環境省地球環境研究総合推進費(S-3)「脱温暖化 2050プロジェクト」シンポジウム報告書

Global Environmental Research Fund (GERF/S-3)
Japan Low-Carbon Society (LCS) Scenarios toward 2050 Project Symposium

低炭素社会への道筋：日本とアジア

-「脱温暖化 2050 プロジェクト」研究成果発表会-

Path toward Low-Carbon Society : Japan and Asia
-Results from Japan Low-Carbon Society (LCS) Scenarios Study-

2009.2.12(Thu)　於：ホテルメトロポリタンエドモント
(Hotel Metropolitan Edmont, TOKYO)

環境省
Ministry of the Environment

Japan
Low Carbon
Society 2050

http://2050.nies.go.jp

結局「2050 日本低炭素社会研究」は何をやったのか

プロジェクトリーダー　西岡秀三

本研究は、戦略研究として、
①知見の提供：気候政策の意思決定の各段階において、国際レベルから具体的実行レベルまでに必要となる一連の知見を、適切なタイミングで提供した。
②方法論の確立：また、政策・技術・経済を具体的対応に向けて統合する一連の科学的手法を開発し、気候政策を対象場としてこの科学的手法が政策意思決定に有効に使えることを実証した。
③社会を先導：さらに、その研究成果によって、日本に「低炭素社会」のトレンドを形成した。
本研究は、15 大学、4 研究機関、1 学会、4 シンクタンク、1 企業からの、国際政治学、建築、都市、経済学等々幅広い分野に及ぶ約 60 名の専門家を結集した、学際的プロジェクトである。まだ、要請される課題を十分にはカバーしきれてはいないものの、既に低炭素社会の動きはあらゆる分野で広がっており、研究の使命はほぼ達成した。

１．研究からの主な知見（詳細はそれぞれの発表を参照）

①気候安定化に向けて、日本は 2050 年に 1990 年比で二酸化炭素排出を 70%程度削減した「低炭素社会」にする必要がある。
②70%削減は、エネルギー需要側での 40～45%の省エネルギーと、供給エネルギーの低炭素化で、必要とするサービス需要を満足しながらも技術的に可能である。
③その技術コストは想定される GDP の約 1%（追加費用は 0.1% ）となる。
④その実現には、技術開発と共に、技術の普及のための政策が重要である。都市や交通システムの設計と運営がひとつの鍵となり、情報化の推進も有効。産業構造転換、インフラ整備等を、低炭素社会に向けて確実に、早めに進めてゆくことが必要である。
⑤基幹となる方策（12 の方策）を各セクター、各地域でそれぞれの特性にあわせて、確実に組み合わせて進めることによって具体的削減が可能となる。

２．研究手法の開発

①国際削減分担論理、将来ビジョン・シナリオ構築論理、70%削減目標からのバックキャスティング論理、具体的削減方策効果分析など一連の政策支援論理を開発した。
②論理を定量化するための、削減パス評価、産業構造変化、技術選択最適化、など一連の数量化モデル開発を行った。
③エネルギー関連技術データベースを構築した。
④政策決定者との常時対話による、政策科学結果の実政策プロセスへの埋め込み手順を実施した。

３．戦略的側面：政策への反映と社会普及

本研究は、2003 年後半の研究計画検討から始まり、正式には 2004 年 4 月から開始され、2009 年 4 月に終了する。この期間、特にその後半は、気候変化対応に関して世界的な大転換の時期となった。本研究は「戦略研究」として、先見性のある計画で、日本および世界の政策過程にタイミングのよい知見を提供するものとなった。

気候政策の転機：京都議定書の第一約束期間は、2008 年から開始され最終年度が 2012 年であり、その助走を受けて、2013 年からの京都以降の国際的取り決めが実質世界の気候変化対応の重要なポイントになるであろうし、そのための国際・国内論議が 2007 年あたりに集中するであろうことが予測されていた。

・2005 年の G8 サミットでは、英国が気候変化を重要課題に挙げ、2008 年日本主催の G8 サミットでそれを結論付けるという Gleneagles Process が設定された。2007 年に発表された IPCC 第 4 次報告書が温暖化の人為原因をほぼ確認したこと、既にさまざまな気候変化影響が世界に及んでいること、気候安定化のためには今後大幅な温室効果ガス排出抑制が必要なことが報告され、気候変動防止の科学的基盤が固まった。これらを受けて、同年ハイリゲンダム G8 サミットでは、世界排出量を 2050 年に半減以下の方向が示され、2008 年洞爺湖サミットでも確認された。2007 年バリでの UNFCCC において、2008 年 12 月コペンハーゲンで京都以降の取り決めを行うこととなった。
・本研究に先立ち、研究主導者による欧州の政策決定者、研究機関への 10 日間の現地調査をおこな

い、政策的背景の把握、研究目標の確認、国際研究者組織化の基礎を築いた。
国内政策形成への寄与：国内では、それまで京都議定書の 6%削減可能性の論議が中心であったが、2007 年夏のハイリゲンダムサミットに向けて、日本の長期削減可能性の科学的裏づけが必要となった。本研究は 2006 年までの前期成果として「日本において 2050 年に二酸化炭素 70%削減の技術的可能性がある」ことを示しており、環境省を通じて日本国政府で検討され、安倍首相の「美しい国日本」およびハイリゲンダムでの世界 50%削減提案の基盤となった。また、2008 年洞爺湖サミットに向けた日本の政策形成過程においても、福田ビジョン（「低炭素社会」への志向、2050 年日本 60～80%削減）形成を先導した。
キーワードとしての「低炭素社会」：下記日英共同研究から使われた、「低炭素社会」という言葉は、日本のさまざまな分野での気候変動対応のキーワードとして使われて、気候安定化対策のトレンドを形成、政策促進に役立っている。首相施政方針演説にも組み込まれ、各省政策に織り込まれ始めた。各中央環境審議会では、低炭素社会づくりの政策検討を開始、低炭素都市など地方行政、企業経営、市民社会に定着しつつある（国民の認知率は 1 / 3 とまだ低いが）。「低炭素社会」が具体的に何を意味するかについての具体的イメージは、日英共同研究で、持続可能な社会づくりの一歩としてのあるべき社会・個人の行動、として定義づけがなされているが、今のところそれぞれの主体の認識にまかされている状況である。
国際的研究展開：本研究はまた、Gleneagles Process の一貫として、2006 年 2 月から日英共同「低炭素社会に向けた脱温暖化 2050」研究プロジェクトと位置づけられた。3 回のワークショップを通じて、日英研究者を中核にして先進国・途上国を含む世界的な「低炭素社会*」研究社会が形成された。これが基盤となって、2008 年 G8 サミット前に神戸で開催された 20 ヶ国環境大臣会合では、日本が中心となった「Low Carbon Society Research Network: LCS-RNet」の世界的研究促進を図る提案合意となり、2008 年後半から既に活動が開始されている。
・洞爺湖サミット首脳への国際学術会議申し入れにおいても、「Transition to Low Carbon Society」の促進が重要項目として組み入れられている。
・世界全体でも、日本の削減策として、本研究への関心が高く、気候変動枠組み条約会合でのサイドイベントを 4 回開催し多くの参加者との議論が行われたし、EU、欧州各国、メキシコ、中国等、約 10 ヶ国での講演要請に応えている。
・国際共同研究で得た国際社会との連携を生かし、2009 年度からの推進費研究計画ではアジアを対象とした低炭素世界構築研究が、次期戦略研究として立ち上がっている。
＊英国はそれまで「Low Carbon Economy」という表現を使用。本共同研究では本問題が Economy の範疇だけでは収まらないとの考えから、「Low Carbon Society：低炭素社会」としている。
国内気候変動対応研究の展開促進：政策の進展に伴って、日本の関連各学界（会）も「低炭素社会」形成に向けた研究を強化しようとしている。「日本低炭素社会シナリオ」は、そうした研究展開の骨格概念として、研究方向に示唆を与えている。
研究参加メンバーが、それぞれの学会の中核となって低炭素関連研究プログラムをたちあげている。地球環境研究総合推進費研究でも、特別研究枠に「低炭素枠」がもうけられ、9 課題が進行中である。学会基調講演として「低炭素社会シナリオ」の説明を本研究担当者が行った実績は、この 2 年で数十件にのぼる。
産業界の関心:京都議定書の 6%削減の困難さが論議され続けてとかく閉塞感のあった産業界も、2007 年あたりから長期の産業社会の方向を模索し始めた。これまで、低炭素社会の見通しを明解にした政府計画がなかったため、本研究成果は関連各業界の注目するところとなり、空気調和、輸送、建築、インフラ関連業界・企業さらには労働界での講演要請も多い。
地域社会・国民へのインパクト：いわゆる低炭素都市づくりおよび二酸化炭素吸収やバイオマス利用の基地としての農山村部を含めた地域社会・地方自治体・地方大学での「低炭素社会」への関心が高く、メディアからの発信要請への対応件数も多かった。

以上が、本研究の気候政策推進のための戦略研究としての成果である。

― 目次 ―

開会挨拶　　小野 洋（環境省）

第一部　「脱温暖化 2050 プロジェクトの成果」　　座長：森口 祐一・蟹江 憲史

1．イントロダクション「脱温暖化 2050 プロジェクト」の概要
藤野 純一（国立環境研究所）　.....1

2．2050 年の世界と日本に必要な削減量
蟹江 憲史（東京工業大学）　.....4
コメンテーター：Tae Yong Jung（アジア開発銀行）

3．2050 年 CO_2 排出量 70%削減に向けて：
バックキャスティングによる道筋同定と実現するための 12 の方策
藤野 純一（国立環境研究所）　.....15
コメンテーター：Fwa Tien Fang（シンガポール国立大学）

4．都市の低炭素化のポテンシャルとその解析
花木 啓祐（東京大学）　.....34
コメンテーター：Shobhakar Dhakal（国立環境研究所）

5．低炭素社会の交通　　森口 祐一（国立環境研究所）.....47
コメンテーター：Rizaldi Boer（ボゴール農業大学）

6．IT でナビゲートする低炭素社会
藤本 淳（東京大学）　.....64
コメンテーター：William Wills（リオデジャネイロ連邦大学）

7．まとめ　結局「脱温暖化 2050 プロジェクト」は何をやったのか
西岡 秀三（国立環境研究所）　.....76

第二部　「アジアにおける低炭素社会シナリオ研究の進展」　　座長：甲斐沼 美紀子

1．中国のシナリオ　　Jiang Kejun（国家発展和改革委員会能源研究所）.....83
コメンテーター：槌屋 治紀（(株）システム技術研究所）

2．インドのシナリオ　　P. R. Shukla（インド経営大学院）　.....100
コメンテーター：武藤 めぐみ（国際協力機構（JICA））

3．タイのシナリオ　　Ram M. Shrestha（アジア工科大学院）　.....119
コメンテーター：平石 尹彦（地球環境戦略研究機関（IGES））

4．低炭素社会における陸域炭素排出量の含意
Jae Edmonds（パシフィックノースウェスト国立研究所）　132
コメンテーター：山形 与志樹（国立環境研究所）

5．まとめ　アジアの向う道　　甲斐沼 美紀子・増井 利彦（国立環境研究所）　.....147

閉会挨拶　　大塚 柳太郎（国立環境研究所）

巻末資料

講演者略歴　／　成果物一覧　／　アンケート

— Table of Contents —

Opening Remarks Hiroshi Ono (Ministry of the Environment, Japan)

Part I The results of 'Japan Low-Carbon Society Scenarios toward 2050' Project

Chair : Yuichi Moriguchi , Norichika Kanie

1. Introduction: Outline of "Japan Low-Carbon Society Scenarios toward 2050 Project"
Junichi Fujino (NIES, Japan) 1
2. Emission reduction required for the global and Japan in 2050
Norichika Kanie (Tokyo Institute of Technology, Japan) 4
Commentator: Tae Yong Jung (Asian Development Bank, Philippines)
3. Japan 70% CO_2 emissions reduction scenarios by 2050:
Roadmap and Dozen Actions toward LCSs by Backcasting Methodology
Junichi Fujino (NIES, Japan) 15
Commentator: Fwa Tien Fang (National University of Singapore)
4. Potential of low carbon city formation and its analysis
Keisuke Hanaki (The Univesity of Tokyo, Japan) 34
Commentator: Shobhakar Dhakal (NIES, Japan)
5. Transportation in Low Carbon Society
Yuichi Moriguchi (NIES, Japan) 47
Commentator: Rizaldi Boer (Bogor Agriculture University, Indonesia)
6. Low-Carbon Society Scenario: ICT and Ecodesign
Jun Fujimoto (The University of Tokyo, Japan) 64
Commentator:William Wills (Federal University of Rio de Janeiro, Brazil)
7. Wrap-up:
What has been done in "Japan Low-Carbon Society Scenarios toward 2050 Project"
Shuzo Nishioka (Project leader, NIES, Japan) 76

Part II Advancement of Low-Carbon Society Scenario Studies in Asian countries

Chair : Mikiko Kainuma

1. Low Carbon Society Scenario up to 2050 for China
Jiang Kejun (Energy Research Institute, China) 83
Commentator: Haruki Tsuchiya (Research Institute for Systems Technology)
2. Low-Carbon Society Scenarios for India:
Aligning Sustainable Development and Climate Actions
P. R. Shukla (Indian Institute of Management, India) 100
Commentator: Megumi Muto (Japan International Cooperation Agency)
3. Measures towards a Low Carbon Society : Case of Thailand
Ram Manohar Shrestha (Asian Institute of Technology, Thailand) 119
Commentator: Taka Hiraishi (Institute for Global Environmental Strategies)
4. The 2000 Billion Ton Carbon Gorilla -Implication of terrestrial carbon emissions for a LCS-
Jae Edmonds (Pacific Northwest National Laboratory, USA) 132
Commentator: Yoshiki Yamagata (NIES, Japan)
5. Wrap-up "Direction of Low-Carbon Asia Study"
Mikiko Kainuma , Toshihiko Masui (NIES, Japan) 147

Closing Remarks Ryutaro Ohtsuka (President, NIES, Japan)

Appendix

Biography of Invited Participants / Outcomes of Japan LCS Scenarios toward 2050 Project

開会挨拶

小野 洋（環境省地球環境局　総務課　研究調査室長）

おはようございます。環境省の研究調査室の小野と申します。主催者の一員といたしまして、ひと言ご挨拶をさせていただきたいと思います。

環境省では、地球温暖化、酸性雨、海洋など、地球環境の研究について支援をしています。研究成果の科学的な知見を政策に活かすということを目的とした支援です。このプロジェクトもその中のひとつであり、我々としては戦略的な研究分野ということで、特に重要な研究分野のひとつとしてこのプロジェクトを過去 5 年間に亘って支援をしてまいりました。いよいよ今年度が最終年度で、今日はその成果の総まとめの会合ということです。

地球温暖化ということについて、少し前置きとしてお話をさせていただきたいと思いますが、30 年前からひとつの仮説として、人間が出した温室効果ガスによって地球温暖化が起きるということは一部の科学者が言っていたかと思いますけれども、当時はまるで SF 小説のような話なのではないかという受け止め方もあったと思います。

ただその後、今日まで非常に長い年をかけまして、世界中の科学者が地道にいろいろな研究を積み重ねてきています。観測、モニタリングもありますし、シミュレーションを使った予測もありますし、それからこの研究のように政策に焦点を当てた研究もあります。本当に世界中の研究者が非常に大きな努力を払って、この 20 年間かけて、ついに地球温暖化については、人為起源の CO_2 排出が地球温暖化を起こしているということは疑いのない事実であるという結論が、つい最近出ております。

皆さんご承知のように、科学者というのは非常に用心深い人たちで、なかなか断定をしないのです。このような可能性もあればあのような可能性もあるということを普通いろいろ慎重におっしゃるのですが、しかも世界中の科学者がほとんどの総意として、そのような人為起源の温室効果ガスが温暖化を引き起こしていることが疑いの無いことだという結論に達したことは、ある意味では非常にすごいことではないかなと思っています。

私たち政府ももちろんですが、皆が結果を真摯に受け止めて行動に移していかなければいけない時ではないかと思います。その研究成果の中では、このまま私たちが石油資源、あるいは石炭といった化石燃料に基づいた社会生活を続けていくと、これは地球の仕組みそのものがおかしくなるような非常に大きな影響が出てくるということも予測されております。

我々は今、この時点においてそのような影響をいかにして回避することができるかというのが問われているのです。50 年、100 年後といいますと、我々とはちょっと関係ないのではないかと、将来の話だと一般の受け止め方もあるかと思いますが、これだけ大きな社会的な変革、石油や化石燃料から脱する、いわゆるここで言う低炭素社会ですが、低炭素社会に移行する非常に大きな社会の変革ということを考えますと、もう今すぐその道に着手して、早すぎるということはとても無くて、もう既に遅いのではないかという恐れさえあることかと思います。

将来の世代の人が見た時に、我々の今の世代が科学者の警告を無視して、地球がおかしくなる方向に行くのを許してしまうのか、あるいはその科学者の警告を真摯に受け止めて、その手を打ったのかということが問われている、まさにその時だと思います。

三点目にこの研究の意義をいくつかご紹介させていただきたいと思います。三つほど大きく分けてあるかと思います。一つは低炭素社会という言葉が、まだまだ不十分ではありますが、新聞、マスコミなどで取り上げられて、一般の方々の意識にも上るようになったということです。時々間違えて「低酸素社会」と言われることがありまして、低酸素社会になりますと窒息してしまいますので困りますが、「低炭素社会」ということです。

二点目は政策決定への貢献です。ご承知のように日本も低炭素社会づくり行動計画というのを昨年作りまして、その中で 2050 年までに 60～80％二酸化炭素を減らそうという目標を掲げています。こ

の研究はその目標が技術的に可能であるということを示したという点で、非常に大きな基礎のひとつになっているものです。また、これからいろいろな国際交渉等々ありますが、そのようなものにもひとつの大きな基礎を与えていると考えています。

三点目は国際的な展開ということで、ひとつはこの研究をきっかけといたしまして、日本とイギリスの間で低炭素社会の共同研究が進みました。さらに昨年の G8 の環境大臣会合においては、日英だけではなくて G8 全体、さらには途上国も含めたその他の国々にも低炭素社会の研究を広げて、世界全体で低炭素社会づくりを考えて行こうというネットワークの設立につながっております。次回のイタリアでサミットがありますが、その場で国際ネットワークが本格的に立ち上げられるように、今、研究者の方々を中心に準備が進んでいます。

ということで、我々としても非常に社会的、政策的なインパクトが大きかった、これからも大きい研究であると大変高く評価していまして、私も本日最終的な結果を発表いただけるということで、非常に楽しみにしています。皆様方と一緒に最後まで聞いて低炭素社会づくりのあるべき道筋について一緒に考えさせていただきたいと思います。よろしくお願いいたします。どうもご清聴ありがとうございました。

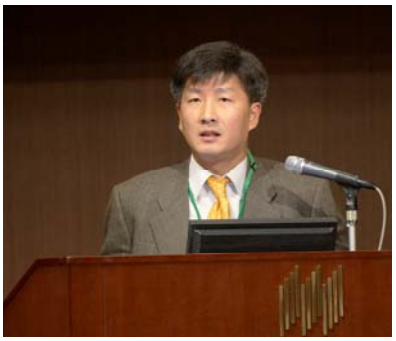
第一部

「脱温暖化 2050 プロジェクトの成果」

Part I　The results of 'Japan Low-Carbon Society Scenarios toward 2050' Project

Mr. Hiroshi Ono

Prof. Norichika Kanie



Dr. Tae Yong Jung

Dr. Junichi Fujino

Prof. Fwa Tien Fang

Prof. Keisuke Hanaki

Dr. Shobhakar Dhakal

Dr. Yuichi Moriguchi

Dr. Rizaldi Boer

Prof. Jun Fujimoto

Mr. William Wills

Dr. Shuzo Nishioka

イントロダクション「脱温暖化 2050 プロジェクト」の概要

藤野 純一（（独）国立環境研究所　地球環境研究センター　温暖化対策評価研究室）

皆さん、おはようございます。年度末のお忙しい時に、わざわざこちらまでいらしていただいてありがとうございます。さきほど、小野室長からご期待の言葉も頂いて、今日の成果がどのように皆さんに伝わるかというところを、楽しみのところもあるし、どきどきすることもあるのですが、まず簡単にこの 5 年間、我々が一体どのようなことをやってきたのかというところについて、ご紹介していきたいと思います。

スライドに示しましたように、約 60 人の研究者が集まって研究プロジェクトを遂行しました。この研究の目的は､2050 年などの中長期を視野に入れた時に温暖化の深刻な影響を受けないような温室効果ガス排出量のレベル、例えば日本で 2050 年までに、CO_2 排出量を 60 から 80%削減になるようなビジョンが描けるか、それも経済発展もして、皆さんが適切に暮らせるような社会の下で低炭素社会（Low-Carbon Society）というものがデザインできるかどうかを研究しました。研究の特徴としまして、政策提言を行う戦略研究という位置づけだったこともあり、次の三つのステップで検討を行いました。

まず最初は、一体どのくらい（先ほど 60 や 80 という日本の数字を出していますが）減らせばいいのだろうかの検討。二番目がシナリオを統合的に開発すること。日本全体の話ですので、そのつじつまが合うかどうかです。そして三番目に、分野毎にどのような対策があるのか。例えば都市システムはどのようになるのだろうか、IT の役割はどのようになるのだろうか、それから交通の役割はどのようになるのだろうか。

これをポンチ絵にするとこのようになります。こちらに Reduction Target study という、東工大の蟹江さんがチームリーダーをされている研究があります。温暖化の科学的知見からどれだけ世界全体で減らす必要があるのか、そして国際的な分担の面から日本はどこまでやればいいのかということの検討です。

そして、こちらの Long-term Scenario Development Study、国立環境研究所の甲斐沼がチームリーダーをやっておりますが、蟹江さんのチームで設定された 2050 年の日本の削減目標に向かって、対策をどのように組み合わせれば実現できるかについてシナリオを作成する研究です。分野ごとの具体的な対策につきましては、次の三つの研究を行いました。一つ目は都市のデザインです。昨年の 4 月辺りから低炭素社会等を目指す環境モデル都市が募集されたりしましたが、低炭素社会に向けた都市の対策についてチームリーダーの東大の花木先生にご発表頂きます。次に IT。今 IT の役割というのはますます重要になっていますが、一体それがどのように社会に組み込まれていくのだろうか、こちらを東大の藤本先生を中心になってやっていただいております。そして交通です。都市と近いところもありますが、都市から交通のところを特だししまして、旅客交通、貨物交通、こちらがどのようなデザインになるか、どのような対策をすればいいのだろうかというところを国立環境研究所の森口がチームリーダーをしています。これらを全部組み合わせて全体のシナリオを作るという、野心的な研究がこの脱温暖化 2050 研究です。

この辺りから、少し写真を使いながら 5 年間、どのようなステップで研究が進んだのか、振り返ってみます。プロジェクトが始まった 2004 年に、この 4 名（西岡、二宮（当時 IGES、現在環境省）、河瀬（京大）、藤野）でヨーロッパ 5 カ国、10 日間の研究調査旅行をし、欧州の温暖化政策・研究の実情を調査しました。

特にイギリスでは、2003 年にエネルギー白書というものが出ていまして、2050 年までに CO_2 排出量を 60%削減する目標を掲げそれに向けた対策をまとめた報告書にブレアもサインしたのですが、どのような背景でその報告書が作成されたのか、シナリオを作成したモデルの中身は何か、ということも含めながら、ヨーロッパの温暖化政策や科学がどこまで進んでいるのか調べに行きました。そこで

我々が分かったのは、確かにヨーロッパはいろいろなことを打ち出しているが、将来のビジョンを描いたり、分野別の対策を積み上げたりするボトムアップの研究はまだまだやる余地があるということです。そこで、脱温暖化 2050 研究ではボトムアップの研究を着実に進めていくというようなことになりました。

研究を進めていくことで、2005 年 12 月の COP11 で日本のシナリオを紹介することができるようになりました。その時に 8 カ国の研究者に集まっていただいて、それぞれの国で描いている低炭素社会シナリオについて発表して頂きました。こういった国際的な活動が日本とイギリスの共同研究を進めるきっかけになりました。そして 2006 年 2 月から日英低炭素社会共同研究プロジェクトを開始し、2006 年 6 月に第 1 回会合を開催しました。約 20 カ国の研究者や政策決定者を招待し、各国で検討されている温暖化対策のシナリオや対策技術について発表や議論を重ね、低炭素社会の定義をつくり、今後行うべき研究の方向性について検討しました。

その間、国内では、2007 年の 2 月 15 日に日本の CO_2 排出量を 2050 年までに 1990 年レベルで 70%削減する技術的ポテンシャルがあるというレポートを出しました。2050 年までに 70%削減は、やればできるということを示しました。

2007 年 6 月にはロンドンで第 2 回日英低炭素社会ワークショップを、2008 年 2 月には東京で第 3 回日英低炭素社会ワークショップを行いました。これらの会合に参加した研究者・ビジネス・行政等の方々の議論の成果を“Call for Action”にまとめ、G8 環境大臣会合に報告することで、先ほども室長からご紹介がありました、低炭素社会国際研究ネットワークの設立につながりました。

このようにご紹介すると、会合ばかりやっているのではないかと思われるかもしれませんが、IT チームでは将来のライフスタイルを中心に成果をまとめた「2050 年脱温暖化社会のライフスタイル―IT 社会のエコデザイン―」(電通)を出版しました。プロジェクト全体の成果を和文誌「地球環境」で「低炭素社会のビジョンと実現シナリオ」論文特集号（Vol.12, No.2 / 2007）を発行して頂き、さらに「日本低炭素社会のシナリオ」という本にまとめて洞爺湖サミットの前に出版しました。現在ではグリーン・ニューディールという言葉も耳にするようになりましたが、その先駆けとなるような内容を、皆さんに投げかけて来れたのではないかと思っています。また、日英共同研究プロジェクトの成果の一環として、英文誌 Climate Policy で“-modeling long-term scenarios for low-carbon societies-”Vol.8 Supplement 2008 という論文特集号も作成しました。

今日は、一日ずっと長丁場になっていくと思うのですが、ぜひ皆さんにお願いしたいところは、我々の研究は一応この 5 年で店じまいというか、一旦終了になりますが、5 年間の成果だけで低炭素社会ができるわけではありませんので、今日の研究成果を聞いていただきながら、まだどこが足りないのか、本当に低炭素社会をつくろうとするならば、何を研究するべきか、または既に実行の段階だということならば、誰が何をすればいいのか、具体的な役割分担を考えていただきたい。

また、午後にはアジアのシナリオの発表がありますが、低炭素社会を世界に展開させる時に、日本にはどのような役割があるのだろうかということについて、ぜひ皆さんも考えていただいて、発表の間の質疑の時間に質問していただくなり、アンケート用紙にご記入いただくことで、率直なコメントを賜れれば、この会合を開催する意義が非常に高まると思っております。

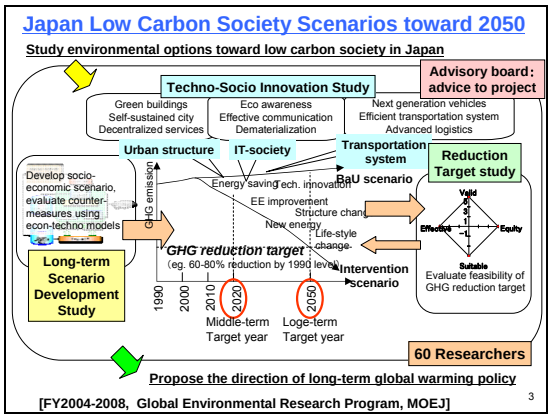
ということで 5 年間かけていろいろなことをやってきましたが、皆さんの目から見てどうすれば低炭素社会の実現に結びつくのか、研究成果を活かすにはどのようにすればいいのかということを含めて、少しお考えいただけたらなと思っています。イントロダクションというかお願いになりました。ご清聴ありがとうございました。

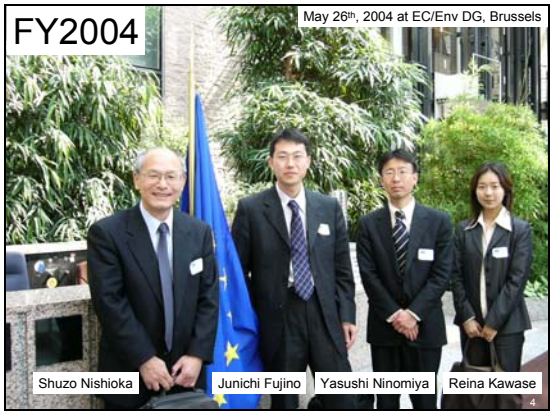
Objectives and Methodology

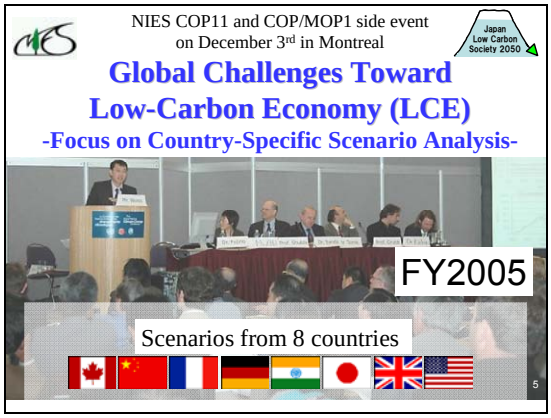
- To show probable paths toward a low-carbon society in Japan which is compatible with economic development

1) long-term GHG reduction target setting considering effectiveness and validity,
2) long-term scenario development study to integrate environmental options consistently using simulation models and,
3) assessment of environmental options considering future socio-economic conditions in a) urban system, b) information technology (IT) society and c) transportation system.

2







2050 年の世界と日本に必要な削減量

蟹江 憲史（東京工業大学大学院　社会理工学研究科）

ただいまご紹介に預かりました東京工業大学の蟹江と申します。よろしくお願いいたします。我々のチームが脱温暖化 2050 のプロジェクトでやってきたことは、目標をいかに設定するか、目標をいかに検討するかということです。リサーチクエスチョン、このようなことを検討していくということに関しては、2 つほど検討課題を考えていきました。ひとつは危険な温暖化を避けるためのグローバルな長期目標というのがどの程度なのかということ。それからもうひとつはその中で日本はどの程度の目標を達成すればいいのか、という 2 つの課題を検討してきました。

検討チームですが、下に小さく書いていますが、東工大、国立環境研究所の方々、京都大学、早稲田大学、国際大学、これらのメンバーで検討を重ねてまいりました。

結論から申しますと、気候変動のリスクというものを最小限に抑えるためには2050年の日本では、90 年比ですが、少なくとも 60%、それから多い場合は 90%程度の温室効果ガスの排出削減をする必要があるだろうということを考えてきました。かなり幅がありますが、この幅というのは科学的な検討というのは常に不確実性がありますので、不確実性を勘案して、幅をもって検討結果を出してきたということです。

それではどれだけ減らす必要があるのかというのを、どのように出していったのかということが課題になるかと思います。我々のチームではひとつ目としては、地球全体としてどの程度を削減する必要があるかということを、温室効果ガスの安定化レベルと温暖化の影響の程度の関係を勘案しながら計算していったということです。

それから二つ目のステップとして、そのグローバルの排出パスというものを考えた上で、2050 年における世界の状態というものがどのようになっているのか、そのようなシナリオを作りまして、その中で日本の役割、日本のあり方というのがどのようになっているのかを考える、それによって日本の必要な削減量というのを計算していったということです。

我々の出発点としては、国連の気候変動枠組条約の二条の中で規定されている、どのようにすれば危険な温暖化を避けられるのかという点を、我々の課題でも出発点としました。この危険な温暖化を避けるというための基準というのがなかなか作りにくいのですが、今の影響に関する最新の知見などを総合すると、どうも気温上昇の抑制の幅というのを産業革命以前と比べて 2℃程度に抑えるというのがスタート地点になりそうだと、もちろんこれが結論というわけではありませんが、この辺りをスタートとして検討していくのがいいだろうと。EU ではたまたまその 2℃上昇に抑えるという究極目標を設定されていますが、それにこだわらずに考えても影響に関する知見を総合して見ると、我々の中でも影響研究の専門家がチームの中におりますので、そのようなことを考えると 2℃というのが、最終的にどうなるのかは不確実性がありますがスタート地点にはなるだろうということで、2℃ということをまずひとつの基準と考えて検討をしてみました。

その結果、我々のチームの肱岡というものが一生懸命計算をして、2050 年あるいは長期的な温暖化の排出パスというものを考えてシナリオを提示しています。それに基づきまして先ほどの二つ目のステップ、排出削減量を今度世界で分配するとどうなるのかという計算をやってまいりました。

いくつか将来の方向性に関しては方向性が考えられた、このシナリオでいうと 4 つの方向性が考えられたのですが、現実的に考えてみて、特に現在の国際政治の状況を勘案すると、大きく 2 つの方向性があるだろうということに、我々、計算上のやり易さということも含めて、結論にたどり着きました。

ひとつは市場経済をより重視するようなシナリオ。この方向性でいうと左側の方ですね。
それからもうひとつが多国間の協調関係を重視するようなシナリオ、その 2 つがあるだろうと。アメリカの政権を見てみると非常に分かりやすいと思いますが、左の方がブッシュ政権寄りのシナリオと、

それから今、オバマ政権になって右の方に寄り戻ってきたという感じが言えるのではないかなと思います。

それでいろいろな計算のしやすさ、あるいは必要なデータ、今、手に入るデータということを勘案しまして、6 通りのパターンで差異化の方法を考えました。その 6 通りの方法で差異化の幅をもって計算するということをやってまいりました。

それから先ほども申しましたが、気候変動、科学には当然不確実性というものもありますので、不確実性も考慮して幅を持って計算するということをやってみました。例えばゴールが、究極の目標が 2℃、2.2℃、2.6℃、このように変わっていったらどのようになるのだろう。それから一番科学的な面での不確実性として考えられるのが気候感度というものですが、気候感度を変えていったらどうなるのだろうか。それから国際的な排出分配の方法を変えていったらどうなるだろうか。そのようないろいろなバリエーションで考えてみたところ、どうも多くの検討結果がこの 60～80 の幅の中に納まっていくということが分かってきました。

例えばこれはひとつの研究結果ですが、そのためにはその中間地点の 2020 年などを見てみますと、例えば 18～44%ぐらいの削減幅が考えられるだろう、そのようないろいろな計算をやってきました。それから気候感度が高くなるとそれだけ削減幅も上がっていくということで、より厳しい目標が必要になると、そのようなことも分かってきたわけです。

先ほど藤野さんのご説明も、時系列を追ってご説明いただいていましたが、そのようなことをやっているうちに 2007 年の 5 月に、一昨年、二年前ですね、5 月に当時の安倍首相が美しい星への誘いということで、世界全体の排出量を現状に比して 2050 年までに半減するという目標を掲げられたということです。

我々もこれに対応して、それでは 2050 年半減という、先ほどの計算ですと、2050 年の世界全体の排出削減の幅、ポイントというのが決まっていなかったのですが、世界全体で 50%になるということを考えるとどうなるかという計算をしてみました。同じようにいろいろな国際的な負担の配分の仕方というのを考えまして、国による差異化というのを考えてみました。計算をしてみたところ、どうも結果としては同じような結果が出てくるということが分かりました。この結果は先ほども藤野さんにご紹介いただいた「地球環境」という雑誌の中に発表していますが、しかも気候感度というものが IPCC の第 4 次評価報告書で上がってきましたので、それに合わせるとかなり目標は厳しくなりそうだということが分かってまいりました。

このような辺りの計算を勘案しても、結果として、はじめにお示ししましたのと同じものが出てきましたが、総合的に判断すると気候変動のリスクを最小限に抑えていくためには、2050 年に 60～80%というレベルの削減の備えをしておくことが少なくとも必要だろうと。これはリスクの問題であると、リスク管理の問題であるということだと思います。

削減幅が右に、信号機で表しましたが、右の青の方に行けば行くほどリスクというのは少なくなってくる。もちろん 60%以下の削減というのもあり得ることだとは思います。ただ日本が 60%以下ということになると低炭素社会に向かう取り組みというのを考えて、リスクが大きくなると、そのリスクというのも考えていかなければいけないということが我々の結論として得られたことです。

とはいえ今後の課題も残っています。安倍元総理の発言で 2050 年世界半減、あるいは国際的にも G8 などでもその辺りの目標というのはある程度固まってきつつあるということが言えると思いますが、とはいえ、そこに至るまでの排出パスというのが、まだいろいろ描ける状態です。先ほどの 2050 年半減の時の排出パスというものでも、実はその辺りが課題になっています。2050 年のひとつの点が決まっても、ここに行く可能性がまだいくつも考えられると。それはすなわち究極目標がいろいろなかたちにまだ成り得るということを意味してもいます。

ということで、低炭素社会を実現していくためには、実は長期的な話ではありますが、中期目標も非常に重要になってくるということです。排出削減の道筋であるとか、安定化レベル、IPCC の報告書などでもさまざまなかたちで報告されていますが、その辺りの問題というのも重要になってくるということです。

それから将来的に今後どうなっていくのかというのは、国際政治あるいは国際交渉、それから国際制度、どの国がどう動くか、そのようなことによっても状況は変わってくる。特に日本がどれだけ排出削減していくか、していかなければいけないかということを考える上では、国際的にどれだけの排出削減の分担を日本がするかということが非常に大きくかかわってくるかと思います。

我々の作った国際制度のシナリオでは、例えば 2050 年に世界の 1 人当たりの排出量が同じになるとか、世界全体で原単位当たりの排出量を改善していったらどうなのかという、他の国の研究などでも行われているのと同じような研究をやってきましたが、必ずしも世界のこれからの状況がそのとおりになるとは限らないのです。ですので、国際政治、国際交渉、国際制度の動向というのもしっかり注視していく必要がある、その辺りの話が本年あたりから非常に重要になってくるということかと思います。

それから、もうひとつ我々がこの研究をやってきて考えたことは、目標を設定するということは、結局我々の価値観にもかかわってくることだということです。目標を検討する、目標を設定するということは、究極的には温暖化の影響をどこまで許容できるか、あるいはどこまで許容するような社会というのを我々が望んでいくのかという価値判断の問題になるのではないかということを考えるに至りました。

なかなか価値判断の問題というと、科学、科学者というのは触れたがらないことですが、ただ価値判断を政策形成のプロセスに活かしていくということは、考えなければいけないのではないかと思います。では一体どのようにすれば科学的手法に基づいて目標の検討や今後の方向性というのを、その目標を検討する過程に、プロセスの中に入れ込んでいくことができるのかということが今後の課題なのではないかなと考えています。

この辺りのことを 5 年間の研究を通じて考えてまいりました。まだ課題はたくさんありますが、とりあえずひとつの結論としては 60～80%の削減というのは日本にはどうしても必要なレベルであると、場合によってはそれ以上の排出削減目標を、はじめに設定しておくのがリスク管理という観点からでは非常に重要なのではないかという結論に至りました。以上で我々のチーム、目標検討チームからの発表を終わらせていただきます。どうもありがとうございました。

EMISSION REDUCTION REQUIRED FOR THE GLOBE AND JAPAN IN 2050

12 February 2009
Japan Low-Carbon Society Scenarios toward 2050 Project Symposium

Norichika KANIE
Graduate School of Decision Science and Technology
Tokyo Institute of Technology
kanie@valdes.titech.ac.jp

1

Research Questions for the Team

Q1.
What level is required for the long-term target to avoid dangerous climate change?

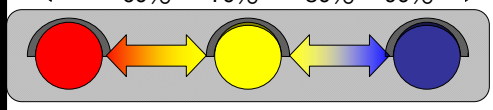
Q2.
What level of target is required for Japan?

2

Answer

In order to limit the negative impact of climate change…

⇦ 60% 70% 80% 90% ⇨



It is safer to prepare the situation where
Japan should reduce emissions by at least **60%** to about **90%** in 2050 (from '90 level)
Taking uncertainty also into account.

3

How much to reduce?

Step 1: How much GHGs have to be reduced at global level?
- Co-relations between GHG stabilization level and impact level (level of temperature increase) is calculated

Step 2: Emission reduction differentiation in 2050 based on the above calculation result
⇒ Emission reduction to be required for Japan

4

Step 1 starts with UNFCCC

ARTICLE 2: OBJECTIVE
The ultimate objective of this Convention and any related legal instruments that the Conference of the Parties may adopt is to achieve, in accordance with the relevant provisions of the Convention, **stabilization of greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system**. Such a level should be achieved within a time-frame sufficient to allow ecosystems to adapt naturally to climate change, to ensure that food production is not threatened and to enable economic development to proceed in a sustainable manner.

ARTICLE 3. 3. The Parties should take **precautionary measures** to anticipate, prevent or minimize the causes of climate change and mitigate its adverse effects.

ARTICLE 4: COMMITMENTS
All Parties, taking into account their **common but differentiated responsibilities** and their specific national and regional development priorities, objectives and circumstances, shall…

5

Step 1 starts with UNFCCC

ARTICLE 2: OBJECTIVE
The ultimate objective of this Convention and any related legal instruments that the Conference of the Parties may adopt is to achieve, in accordance with the relevant provisions of the Convention, **stabilization of greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system**. Such a level should be achieved within a time-frame sufficient to allow ecosystems to adapt naturally to climate change, to ensure that food production is not threatened and to enable economic development to proceed in a sustainable manner.

Avoiding dangerous climate change

ARTICLE 4: COMMITMENTS
All Parties, taking into account their **common but differentiated responsibilities** and their specific national and regional development priorities, objectives and circumstances, shall…

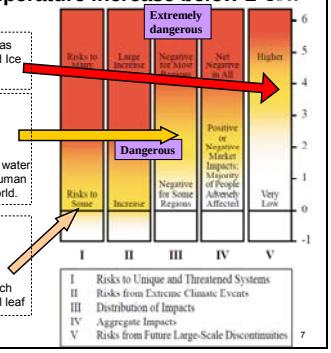
6

For avoiding "dangerous" impact of climate change, we need to keep temperature increase below 2℃ IPCC-TAR

Severe and irreversible impacts such as THC shutdown, collapse of Greenland Ice sheet and West Antarctic Ice sheet

Impacts on various sectors including water resources, agriculture, forestry and human health in many regions around the world.

Impacts on vulnerable ecosystems such as vegetation shift and breech of coral leaf



7

Potential impacts by temperature increase from pre-industrial level (⊿T℃)

○⊿T≦1℃： **Impacts to vulnerable ecosystems are likely to occur even with ⊿T as much as 1℃.** Therefore, if we aim at avoiding the potential impacts to the vulnerable ecosystems, ⊿T needs to be kept below 1℃. On the other hand, considering the temperature increase by about 0.6℃ in the 20th century and the projected changes in population and economic activity in the 21st century, it is prohibitively difficult to keep ⊿T less than 1℃.

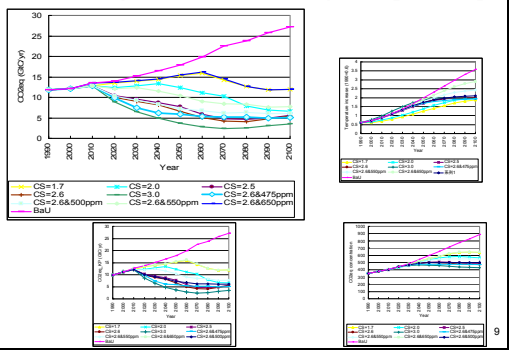
○⊿T≦2℃： With ⊿T by 2 – 3 ℃, it is indicated that adverse impact will emerge globally. Therefore, for proactively preventing global-scale adverse impact from occurring, it is necessary to keep ⊿T less than 2℃. Furthermore, some studies suggest steep increases in adverse impacts with ⊿T by about 2℃. From the point of view of effectively preventing wide spread of adverse impacts, it makes sense to choose 2℃ as upper limit of tolerable ⊿T.

○3℃＜⊿T： According to several scientific evidences, with ⊿T larger than 3℃, threshold to keep stability of climate system is crossed over and probability of singular events such as THC shutdown will increase. Since exceeding this level of ⊿T increases the risk of severe and irreversible adverse impacts globally, we must avoid it definitely. It should be noted, however, that research results regarding levels needed for keeping climate system stability are limited, and therefore more science knowledge development is in demand.

Based on the scientific knowledge above, the idea of **keeping ⊿T below 2℃** can be a **starting point** of discussion about long-term stabilization target.

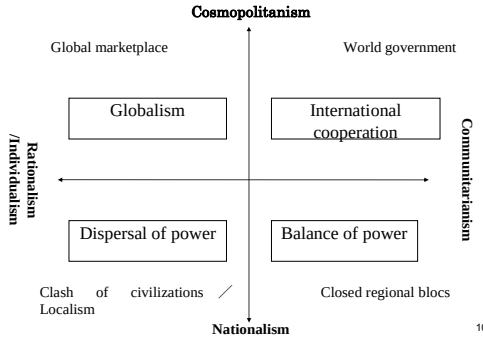
8

Emission path by AIM/Impact [Policy]

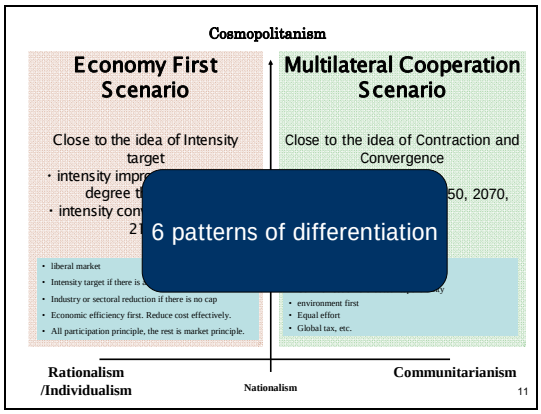


9

international political change according to ideological stances

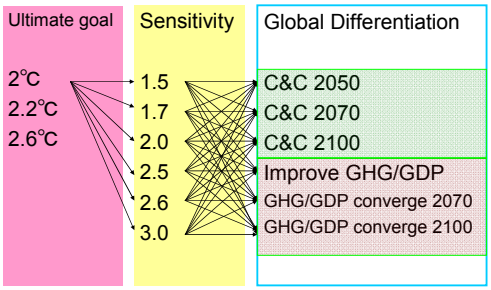


10



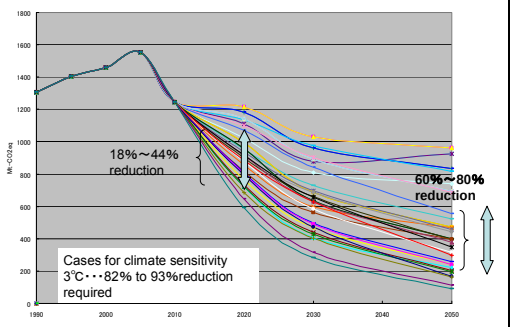
11

Furthermore… Taking uncertainty into account



12

Emission reduction of Japan 2050: range of required reduction for 2℃ target



13

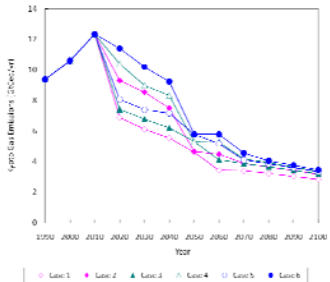
Invitation to "Cool Earth 50“ May 24, 2007

In order to achieve the objective of the United Nations Framework Convention on Climate Change to stabilize the level of greenhouse gas concentrations in the atmosphere, we must curb the global greenhouse gas emissions to the same level as the capacity of natural sinks. Bearing this in mind, I propose setting a long-term target of cutting global emissions by half from the current level by 2050 as a common goal for the entire world. Considering the fact that current global emissions are more than double the capacity of natural sinks, which means that gas concentrations in the atmosphere will only increase, it is imperative that we first share this goal internationally.

14

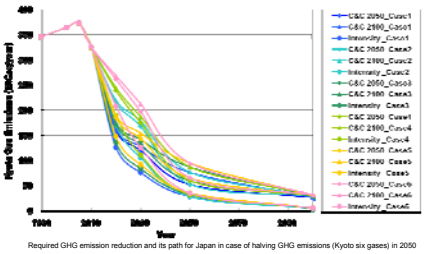
Emission path for 50% reduction in 2050

Global Environment, vol12, No.2



Case1,2 from '90 level, Case3,4 from 2000 level, Case5,6 from 2004 level

15



Required GHG emission reduction and its path for Japan in case of halving GHG emissions (Kyoto six gases) in 2050

Required GHG emission reduction for major emitters (from 1990 level)

C&C 2050

	Japan	USA	EU	Russia	AI	China	India	Brazil	R of Korea
Case1 (2.2℃)	85%	88%	83%	94%	88%	35%	-89%	62%	73%
Case2 (2.3℃)	85%	88%	83%	94%	88%	35%	-91%	61%	73%
Case3 (2.2℃)	83%	86%	80%	93%	86%	26%	-118%	56%	69%
Case4 (2.4℃)	83%	86%	80%	93%	86%	26%	-118%	56%	69%
Case5 (2.3℃)	81%	85%	78%	92%	85%	19%	-137%	52%	66%
Case6 (2.6℃)	81%	85%	78%	92%	85%	19%	-137%	52%	66%

16

Economy First Scenario

Required emission reduction for Japan in case of halving global emissions in 2050 (Equal Intensity improvement Rate)

	2050		2030	
	From 1990	From 2000	From 1990	From 2000
Case1 (2.2℃)	92.0%	92.4%	79.4%	78.3%
Case2 (2.3℃)	91.9%	92.3%	71.2%	69.6%
Case3 (2.2℃)	90.8%	91.3%	77.1%	75.9%
Case4 (2.4℃)	90.8%	91.3%	69.7%	68.1%
Case5 (2.3℃)	90.0%	90.5%	75.0%	73.7%
Case6 (2.6℃)	90.0%	90.5%	65.6%	63.8%

Intensity improvement rate (per year)

period	2010-2050
Case1 (2.2℃)	-6.34%
Case2 (2.3℃)	-6.31%
Case3 (2.2℃)	-6.01%
Case4 (2.4℃)	-6.01%
Case5 (2.3℃)	-5.80%
Case6 (2.6℃)	-5.80%

Idealism

Multilateral Cooperation Scenario

Required emission reduction for Japan in case of halving global emissions in 2050 (C&C 2050)

	2050		2030	
	From 1990	From 2000	From 1990	From 2000
Case1 (2.2℃)	85.2%	85.9%	65.4%	67.2%
Case2 (2.4℃)	85.0%	85.7%	51.6%	54.1%
Case3 (2.3℃)	82.9%	83.8%	61.9%	63.9%
Case4 (2.5℃)	82.9%	83.8%	49.5%	52.1%
Case5 (2.4℃)	81.4%	82.3%	58.6%	60.7%
Case6 (2.6℃)	81.4%	82.3%	43.1%	46.0%

Required emission reduction for Japan in case of halving global emissions in 2050 (C&C 2100)

	2050		2030	
	From 1990	From 2000	From 1990	From 2000
Case1 (2.2℃)	78.2%	79.3%	63.2%	65.1%
Case2 (2.3℃)	78.0%	79.1%	48.6%	51.2%
Case3 (2.2℃)	75.0%	76.3%	59.2%	61.3%
Case4 (2.4℃)	75.1%	76.3%	46.0%	48.8%
Case5 (2.3℃)	72.8%	74.2%	55.5%	57.7%
Case6 (2.6℃)	72.8%	74.2%	38.8%	41.9%

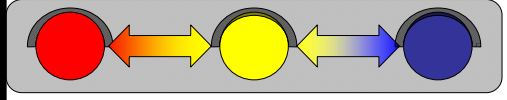
Individualism — Realism — Communitarianism

2050年世界半減の時の日本の排出削減必要量 17

Answer

In order to limit the negative impact of climate change…

⇦ 60% 70% 80% 90% ⇨



It is safer to prepare the situation where
Japan should reduce emissions by at least **60%**
to about **90%** in 2050 (from '90 level)
Taking uncertainty also into account.

18

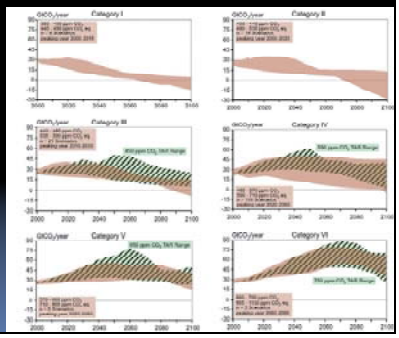
Issues still to be solved

- Mid-term targets are indispensable for realizing low-carbon society
  - As they are related to emission reduction path and emission stabilization levels
  - International politics, international negotiation, international institutions do matter, too.
- Target-setting and the value
  - **Target-setting =to what extent we can accept the impact of climate change. How can we scientifically introduce value judgments into target-setting process?**

19

Emission Reduction Path

Early peak-out is required for low stabilization level. A key is the extent to which emission reduction can be achieved before 2050.



Emission Stabilization Levels

- Next decade or two is vitally important for low stabilization level, according to IPCC AR4.

Table SPM.5 Characteristics of post-TAR stabilization scenarios (Table TS.2, 3 SR)

Category	Radiative forcing (W/m²)	CO_2 concentration[2] (ppm)	CO_2-eq concentration[2] (ppm)	Global mean temperature increase above pre-industrial at equilibrium, using "best estimate" climate sensitivity[3,4] (°C)	Peaking year for CO_2 emissions[5]	Change in global CO_2 emissions in 2050 (% of 2000 emissions)[5]	No. of assessed scenarios
I	2.5-3.0	350-400	445-490	2.0-2.4	2000-2015	-85 to -50	6
II	3.0-3.5	400-440	490-535	2.4-2.8	2000-2020	-60 to -30	18
III	3.5-4.0	440-485	535-590	2.8-3.2	2010-2030	-30 to +5	21
IV	4.0-5.0	485-570	590-710	3.2-4.0	2020-2060	+10 to +60	118
V	5.0-6.0	570-660	710-855	4.0-4.9	2050-2080	+25 to +85	9
VI	6.0-7.5	660-790	855-1130	4.9-6.1	2090-2090	+90 to +140	5
						Total	177

21

Issues still to be solved

- Mid-term targets are indispensable for realizing low-carbon society
  - As they are related to emission reduction path and emission stabilization levels
  - International politics, international negotiation, international institutions do matter, too.
- Target-setting and the value
  - **Target-setting =to what extent we can accept the impact of climate change. How can we scientifically introduce value judgments into target-setting process?**

22

Commentator

Tae Yong Jung（Asian Development Bank, Philippines）

Thank you for excellent presentation by Prof. Kanie. I have to start by echoing what he said at the end. I think in his concluding remark: to set the target and the value judgments, it is really difficult and challenging for Japan, but because of the time constraint, let me just quickly show my point through this slide.

This is done by another Japanese group. This is B2 scenario – the reference B2 scenario, and roughly, globally under the B2 scenario, you can reach around 70 gigatons or 80 gigatons globally by 2050.

The next slide, this is just a simple calculation that I did. Let's say 50% reduction in 2050 globally. I am sorry to say but on Annex I countries, let's say 80% reduction, the base year is 1990 level, then the simple calculation, the residual of non-Annex I countries can be reached, we can calculate. It is roughly 20%. On this B2 scenario, I just got 23%. Anyway, my point is – let's say 2050 the world target is 50% reduction, and Annex I countries reduce by 80% on average, then the remaining 20% will be allocated to the non-Annex I countries. The reason why I did this exercise is I am now doing one small study, so-called mini-Stern for the Southeast Asia, and I tried to calculate what is the share of the Southeast Asian countries under this format to reduce. That is roughly 10% of this 23%. The question is how to reduce 80% in Annex I country, but at the same time how to reduce 20% or 10% or whatever percent for the developing country? That is a more difficult challenge because they need those financial support and the technology. So it is not the issue of how much are you can reduce? The issue is how to achieve that target. So this is just a simple exercise.

Again, this is a simple calculation. This is also done by Prof. Stern in his previous papers in Oxford something, or some other places. The simple calculation is this: in 2050, global emissions should be around 20 gigatons, you know, about 50% reduction, then we can reach 20 gigatons. Let's say – I don't know the global population, but let's say 10 billion around that time, then roughly per capita emissions, everyone has 2 tons CO_2 emissions allowed. What about Japan? The blue one is the Japanese case. Japanese emissions, according to Prof. Kanie's presentation slide, is about 0.2 to 0.6 gigatons. I don't know the population again, but around that time the Japanese population may be 0.1 billion. Now, I don't know if the Japanese population will start to decrease. In the year 2050, the per capita emissions for Japan is two to six tons, depending on the different scenario settings. Then the question is, the world average is around two, and Japan's target is around there, but if I remember correctly, the year 2000 something, Japan's per capita CO_2 emissions is around 10, right? So it is a really big challenge to Japan, but also it is a big challenge to the world.

My last slide, because as he said, as I have no time. How to reach the target? Again, the technology and the lifestyle change, and so on, which will be discussed throughout the whole day today, but I think those are the real challenges. The number is meaningful but how to reach those numbers are more meaningful than just deriving some numbers.

The second challenge is, how to converge the gap between Annex I and non-Annex I countries? Again, Japan's ambitious target, reaching to two to six tons per person in the year 2050 is a really ambitious target, considering the current trend. Last 10 years after Kyoto, Annex I countries agreed to 6% reduction, 8% reduction, whatever, but up to now what is the trend? Is it really increasing or decreasing? So for the next four or five decades, the Japanese 60% or 80% target is

really challenging but the real question is how to reach there?

Global target is really important because this year the Copenhagen – everybody is talking about Copenhagen in December, then it is really a negotiation issue, but the important point I want to make the most are about two: how to reach there? And how to converge – how to fill the gap between Annex I and non-Annex I countries? Thank you for your attention.

蟹江先生、素晴らしいご発表をありがとうございました。まず最初に、最後におっしゃったことに関してひと言コメントをしたいと思います。まとめのところで、価値判断というものが重要になってくる、そして日本にとって非常に大きな課題であるということをおっしゃっていましたが、時間の関係もありますので私のお話したいことをこちらのスライドを使って簡単にご説明したいと思います。

これは日本の別のグループによるシナリオで、B2 シナリオでのものです。このシナリオでは、2050 年には世界全体で 70～80 Gt に達するということです。これに対して簡単に計算してみたものがこちらです。2050 年に世界で 50%削減するためには、附属書 I 国については 90 年比で 80%削減しなければなりません。そして非附属書 I 国については大体 20%ということになります。この B2 シナリオでは 23%ということで計算をしておりますが、2050 年の世界のターゲットが 50%削減なのだとすれば、附属書 I 国は平均して 80%削減しなくてはならない、そして残りの 20%を非附属書 I 国に分配しなくてはならないということです。

なぜこういった計算をしたかと言いますと、現在、東南アジアを対象として、いわゆるミニ・スターンレポートの研究をしておりまして、具体的に東南アジアがこのフォーマットの中でどのぐらいの削減量になるかということを計算しております。その計算ではこの 23%の内 10%が東南アジアになるということです。

ここでの課題、あるいは疑問は、どのように附属書 I 国で 80%削減するかということと、残りのその 20%、10%、あるいはどの程度かを発展途上国でどのように削減するかということです。こちらの方が実は大きなチャレンジです。なぜかというと、財政的支援や技術が欠けているためです。どれだけ減らすかということではなくて、どのように目標を達成するかということが問題なのです。簡単に言うとそういうことなのですが、また別の簡単な計算をお示ししたいと思います。

これはスターン卿が以前オックスフォードかどこかで出された論文にも載っていたかと思いますが、単純計算をしますとスライド 4 のようになります。2050 年の世界での排出量を 50%削減するためにはだいたい 20 Gt 削減する必要があって、排出量は約 20 Gt となります。

そして、世界の人口に関してどうなるか分かりませんが、約 100 億だとしておきましょう。そうすると、1 人当たり 2 t の CO_2 を排出することができるということになります。このとき日本はどうなるのでしょうか。青字で示したものが日本の結果になります。日本の排出量は、蟹江先生のお話によりますと、約 0.2～0.6 Gt ということになります。そして日本の人口がどのようになっているか分かりませんが、とりあえず 1 億人ぐらいだとしておきます。今、日本の人口が減少しつつあるのかどうか分かりませんが、2050 年の 1 人当たりの排出量は、日本においては 2～6 t ということになります。これはシナリオによって多少上下いたします。世界の平均が約 2 t、そして日本のターゲットが大体そこと同じということになるのですが、私の記憶が正しければ 2000 年ごろの 1 人当たり CO_2 排出量は、約 10 t だったかと思います。ということで、これは非常に大きなチャレンジということになるのですが、世界にとっても大きな課題です。

時間が無いそうなので、最後のスライドに行きたいと思いますが、どのように目標を達成するかということで、今日いろいろ話があるかと思いますが、技術そしてライフスタイルの変化などといったところが実際のチャレンジになるのではないかと思います。数字にも意味はありますが、その数字をいかに達成するかという方が実は重要な意味を持っているのです。

そして二つ目の課題ですが、先進国（附属書 I 国）とそうでない国との間のギャップをどのように埋めていくかということです。現在の傾向を考えますと、日本の 1 人当たり 2～6 t という目標は大変に野心的なものです。京都議定書以降 10 年間、附属書 I 国は 6%、8%といったような削減を達成し

ようとしているのですが、実際の傾向はどうでしょうか。増えているでしょうか、減っているでしょうか。これからの 40 年から 50 年の間に日本が 60%、80%という削減をしていくのは非常にチャレンジングなのですが、それをいかに達成するかということが問題なのです。

そしてグローバルな目標というのも重要です。今年の 12 月にあるコペンハーゲンの話が頻繁に口にされておりますが、交渉上の問題ではありますが、重要なポイントは 2 点、どのように達成するのか、そしてどのように附属書 I 国と非附属書 I 国のギャップを埋めていくのかということだと私は思っております。ご清聴ありがとうございました。

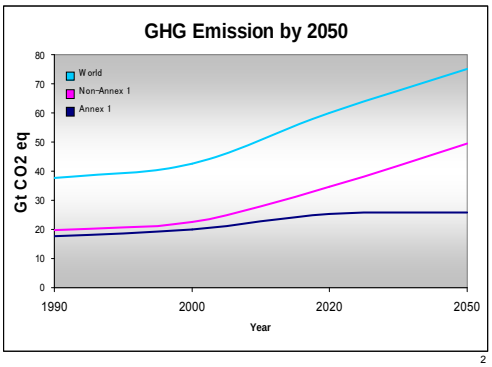
Japan Low-Carbon Society Scenarios
toward 2050 Project Symposium

February 12, 2009
Tokyo, Japan

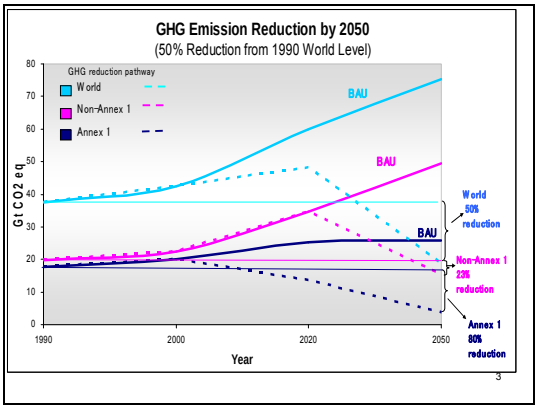
Tae Yong Jung
Asian Development Bank

ADB

1



2



3

Simple Calculation

- 2050 Global Emissions ≈ 20 Gt CO2 eq. (Target)
- 2050 Global Population ≈ 10 Bill.
- 2050 per capita Emissions ≈ 2 t CO2 eq.

- 2050 Emissions (Japan) ≈ .0.2 – 0.6 Gt CO2 eq.
- 2050 Population (Japan) ≈ 0.1 Bill.
- 2050 per capita Emissions ≈ 2 – 6 t CO2 eq.

4

Challenges

- How to reach the target? (Technology/Life style….)
- How to converge the gap between developed and developing countries? (Tech. Transfer, Financial Support,…)
- Global Target? (Negotiation Issues)

5

水口 哲（博報堂）

蟹江さん、どうもありがとうございました。博報堂の水口と申します。冒頭で分析の枠組みとして、Economy First というのと、Multilateral Cooperation というのを対立モデルとして出されたと記憶しています。このような枠組みを作られた経緯を教えていただきたいと思います。というのは、これは必ずしも対立する概念ではないと思うのです。むしろ、市場経済、統制経済、自給経済、共同経済の 4 者の割合がどうなのか。というほうが、炭素の排出量を検討する上では、大きいのではないでしょうか。以上です。

及川 武久

昔、筑波大学におりました及川と申します。先ほどの話でリスク管理の観点から 60 ないし 80%の削減をすれば地球温暖化は 2℃ないし 3℃以内に抑えられるだろうというお話でしたが、その際温暖化すれば、グローバルな水循環が活発になりますよね。そのようなことで雨の降り方やそのような地域性が非常に出てくると思うのですが、そのような観点はどのように評価されたか、その辺りを少し教えていただきたいと思います。

蟹江 憲史

Tae さんのコメント、それから今の 2 つのご質問、ありがとうございました。コメントにもありましたように財政支援､それから技術の問題というのはおそらくこれから非常に重要になってきますし、中期、それから長期ということを考えて非常にやはり重要になってくるのは、この 2 つの課題かと思います。

我々というよりもむしろシナリオで技術の問題、これからどのような技術が出てくるのかという話し合いをやっていますが、それを国際的にどのように技術を移転していったり、それから財政支援のメカニズムというのをどう作っていくかということは、まだあまりこの研究の中では十分やられていたとは言えないのではないかなと思います。

その辺りは我々でも今後の課題として研究していきたいと思いますし、実際に日本のこのようなシナリオができた、それを世界にどのように移していくかというのは、今後の国際交渉を考えても非常に重要になってくるかと思いますので、それは我々でも、今後しっかりと見ていきたいと思っております。それから最後にグローバルのターゲットを世界的に作るのがいいのかどうか、クエスチョンマークということをコメンテーターのコメントでありましたが、我々でもこの辺りのことも少し考えてみました。ただ目標というのはあくまで目安だろうと、ですのでグローバルにひとつの目標を交渉して作っても、2050 年まで今の政治家が必ずしも責任を持って任期 40 年ということはありえないことですので、いろいろな国が目標をプレッジしていって、中期に関しては割と短いところですので、国際交渉で目標を設定していくというのは大事だとは思いますが、長期に関しては交渉する類のものではないのではないかというのが、我々が議論した結果、得た話ではありました。

それからご質問ですが、このモデルですね、どのようにしてこれに至ったかということですが、実は我々の中でも 2 つ同じように極端な世界であって、おそらく実際にはこの中間的な世界になるだろうということを考えました。ただ計算していく上では、極端な世界像を描いておくことがむしろ幅を考えた上では大事だろうと、目標の幅を考えていく上では大事だろうということで、この 2 つのシナリオをある意味極端なケースとして考えていったという次第です。

これを作っていく際には、シナリオプランニングの手法といいますか、シナリオ作成の手法というのを使いまして、上、下、右、左の方に書いてありますが、これからの国際的な政治変動を動かしていく軸というのが、基本的な方向性というのが 4 つあるだろうと。上下にあるのがコスモポリタニズ

ムとナショナリズムですね。ナショナルの方向に民族主義、あるいは非常に国家中心という考え方に行くのか、それともコスモポリタンな考え方にいくのかというのを上下の軸に取っています。

それから左右の軸には共同体主義、コミュニタリアニズムですね、それからもうひとつは合理主義、個人主義。個人を重視するのか共同体を重視するのかという 2 つの方向性を考えました。4 軸できますのでいろいろ検討していったのですが、今の政治的状況を考えると上の 2 つですね、共同体主義でコスモポリタニズムにいくのと、コスモポリタニズムにいくのだけれども個人主義を重視する、そのような 2 つの考え方があるのではないかなと。特に温暖化の対策ということを考えた時に、このような方向があるのではないかなということで検討していったということです。

それから最後のご質問、リスク管理についてですが 60～80%の時の気候の影響ですが、実は我々のチームにも気候の影響を専門としている高橋、原沢が入っていますが、詳しい影響に関しては、環境省地球環境研究総合推進費の別の戦略研究プロジェクトで行っていますので、そちらの研究結果を参照していただければと思います。

2050 年 CO_2 排出量 70%削減に向けて：バックキャスティングによる道筋同定と実現するための 12 の方策

藤野 純一（(独）国立環境研究所　地球環境研究センター　温暖化対策評価研究室）

この話は結構何回もやっていてお聞きになっている方もいらっしゃるかもしれませんが、今日は他のチームの研究も合わせてお知らせすることができるという、ちょっと今までに無い機会なのでその点も含めながらシナリオチームで、全体で何をやったかということをお知らせしたいと思います。

蟹江さんからご発表がありましたように、1 番目のポイントですが、低炭素社会（LCS、Low-Carbon Society）、こちらに向かわないと深刻な温暖化の影響は避けられないのではないか。そうするためには低炭素社会に向かう必要があるだろうと。ただし、2 番目のポイントですが、その時には、Quality of Life、生活の質を高めるまたは適切なサービスを提供しながら、しかしエネルギー需要は減らしていく、さらに提供するエネルギーは低炭素なエネルギーに転換できるのではないか。そして、3 番目のポイントですが、低炭素社会実現のための良いデザイン、早期の行動、それからイノベーションが必要になってくる。

ひとつそのようなものをデザインしたものとして、このスライドの右に葉書の絵がありますが、LCS2050 と、下に富士山の絵が書いてあります。山の右下に矢印が付いていまして、富士山の山の尾根のラインのように CO_2 が減れば、低炭素社会になるのではないか。そうすれば 2℃を守れるのではないか。もしそのラインを超えてしまうと 5℃になってしまうかもしれないと、読み解けるようなデザインなのですが、どのようにしたら良いデザインができるのか、研究としてそのようなデザインを作るのにどのような提供ができるのだろうかということを考えながら研究を進めてまいりました。

その中でバックキャスティングという手法を使っているのですが、なぜバックキャスティングが必要なのか。蟹江さんの発表の中にも日本で 60、90 とかもっと大きな数字が出ましたが、世界で 50%とか、今までのトレンドとはまったく違うような目標値というものが設定された時に、これはどうも後ろから考えていかないとそこにたどり着けないのではないか。

まず 2050 年のビジョンを設定し、2050 年からそれを実現させるイノベーションを導き出す。もちろんフォアキャストとバックキャスト、これを組み合わせていかないと現実的な答えにはなりませんのでうまく組み合わせていくことが必要なのですが、目先のことばかり見てできない、できないと枠の中に閉じこもるのではなく、少し枠を取り払って、バックキャストというのをできるかどうかということを検討したというのが、この研究の大きな特徴です。

しかし、2050 年までに CO_2 排出量を 60 から 80%削減するには、どれぐらいのスピードで対応していかなければならないのか。具体的に理解するために茅恒等式が良い情報を提供してくれます。

CO_2 排出量は、人口と 1 人当たり活動量（例えば 1 人当たり GDP)、エネルギー集約度（例えば鉄で 100 万円分の付加価値を作る時に必要なエネルギーの量で省エネすると良くなる）そして、炭素集約度（1 kl 分のエネルギーを使うときに出てくる CO_2 排出量、再生可能エネルギーや原子力といった低炭素のエネルギーを使えば改善していく）の掛け算に展開できます。これを微分すると、変化率の足し算になります。例えば CO_2 排出量を今後 60～80%削減することは、毎年 2～3%ずつ継続して減らしていくということになります。京都議定書のマイナス 6 も今の段階では大きな努力が必要ですが、そのようなことをもっとずっと続けていくということです。

人口は今が 1 億 2800 万人で既に人口が減少傾向にありますが、2050 年になると 1 億人前後になるという予想があり、変化率ではマイナス 0.5%。1 人当たり GDP の想定は、どのような経済成長を求めるかということによりますが、年率 1.5%とすると合わせて GDP が年率 1%増えることになる。つまり右の 2 つの項で、年率 3～4%ずつ改善していかないといけない。この 3～4 という数字は過去経験したスピードが大体 2 倍です。

このスライドで示されるエネルギー集約度と炭素集約度の合計値について、一番上の過去の傾向を見ると、2050 年の低炭素社会に求められるスピードの大体 2 倍です。後でご紹介する日本のシナリオ A と B、イギリスやフランスやドイツで軒並み行われているような低炭素研究で出てくる数字、こちらも 4%ぐらいになっていて大体 2 倍です。つまり、2 倍のスピードでイノベーションを作り出していく必要があるということを、この分析は教えてくれるのです。

そこで、バックキャスティングというアプローチを取りまして、まず最初にステップ 1 でビジョンを描きました。どのような社会があるのだろうか、そのビジョンの中でどのようなエネルギーサービスがあるのだろうか。2004 年当時に私たちが研究をはじめた時は、どちらかというとエネルギー需要を今までのトレンドで延長したような分析が多かったかと思います。そこで我々は需要を見つめ直し、本当に必要なものは何なのだろうか、つきつめていったところに特徴があります。その需要を満たすためにどのような高効率の機器があるのか、低炭素なエネルギーがどれだけ使えるのか。求められる需要と供給のバランスをチェックしながら、2050 年までに CO_2 排出量を 70%削減できるシナリオを開発しました。

我々が作ったビジョン、こちらの方はお馴染みの方もいらっしゃるかもしれませんが、2 つのビジョンを開発しました。1 つは技術発展志向で、比較的都市に人が集まる社会です。便利で快適な生活がキーワードになるでしょう。もうひとつの社会は、もう少し人が地方に分散して住みながら、ワークシェアという言葉も入ってくるかもしれませんが、コミュニティに時間を使うビジョンです。絵的には少しノスタルジックに見えるかもしれませんが、屋根の上には太陽光が設置され、家の中に最新の IT の機器が使えるようになっており、都会にいるのと変わらない利便性をきちんと担保した社会もデザインできるのではないか。

シナリオチームで行った大きな仕事は、2050 年の社会を具体的に数値計算するシミュレーションツールを作ったことです。例えば、Snapshot model と呼んでいる、ある特定の時点でのエネルギーや経済などのバランスを担保するモデルです。他にマクロ経済のバランスを取るモデル、エネルギー技術を積み上げるモデル、エネルギーの供給のバランスを取るモデル、そして交通の需要を予測するモデルです。さらに、現状から将来までの経緯を表現するトランジションモデルを開発しました。例えば、人口・世帯の推移や住宅の推移を予測するモデルを作りました。住宅のタイプがどのようになるかを予想するモデルです。最後にそれらを組み合わせた統合モデルを作り、2050 年に本当に 70%削減が技術的に可能か検討しました。

そのひとつのモデルとして建築動態モデルのご紹介です。今、日本の皆さんがどのようなタイプの家に住んでいるか、またはどのような断熱のタイプの家にお住まいになっているかはおおよそ分かっていますので、それが年々どのようにシフトしていくのだろうか、または政策が入ると、どこまで高断熱な家にシフトできるのだろうかを想定することで、将来のそれぞれのタイプの家の数が計算できます。

先ほど申しましたように既に人口減少は進んでいますが、人口問題研究所でも行われているような将来人口のシミュレーションを参考にしながら、シナリオチームでも独自の人口世帯動態モデルを構築して分析したところ、若年層や高齢者の単身世帯の数が増え世帯の構成人数が減少するため、人口減少のスピードほどには世帯の数は減らない傾向にあることが分かっています。

それぞれのモデルで計算することで需要シナリオは 2050 年にはこのような数値になりました。人口は 2000 年を 100 とすると 2050 年はシナリオ A で 74、シナリオ B で 79 とどちらも減少しますが、GDP は A、B 共に 2.3 倍から 2 倍に増える想定をしています。

オフィスは増えますが、交通需要等は人口の減少に引っ張られて減るという想定です。産業では、低炭素サービスを提供して生産額が増える部門があれば、エネルギー集約産業のように、既に国内のストックが蓄積されつつあり、現在アジアに輸出している分は将来アジアで作れるようになるという想定をしたために生産額が減る部門があります。これらを反映して将来のシナリオを想定しました。

例えば家ですが、一体どのような対策が考えられるでしょうか。先日、環境省から再生可能なエネルギーの導入に関する提言がありましたが、家の屋根には太陽光や太陽熱を設置できますし、屋上緑

化というオプションもあります。

家の中の機器でも、日本の企業はトップランナーアプローチによりかなり高効率なものを作ることに努力していますが、それをどんどん進めて頂くことによって、少ないエネルギーでより高いサービスを得ることができるようになります。それを IT 等の技術を使いながらモニタリングして「見える化」することで人々の行動をより確実なものにできるでしょう。例を紹介しましょう。エアコンはトップランナーアプローチによって過去 10 年で成績係数（電気 1 を入れた時にどれだけ熱が作れるか）が平均 3 ちょっとぐらいから 5 を超えるところまでいきました。これを将来まで伸ばしていくことで 8 ぐらいまでいけるという予測があります。こういった技術の進歩と高効率な機器をあまねく普及させることで、家庭における生活の質は保つ、または高めながらも、エネルギー需要を 40～50%削減することが十分できるのではないかということがわかりました。

このように家庭に必要なエネルギーの量が半分ぐらいに削減できることが、最初のメッセージですが、家庭で使うエネルギーも大分変わりうるのではないかというのが次のメッセージです。2000 年の時にはオレンジ色で示されている石油（主に灯油）が 4 割、黄色の都市ガスが 2 割、それから電気が 4 割、1%が太陽によるものですが、これが 2050 年になると特に A シナリオではほとんど石油とか天然ガスが無くなっていく。B シナリオでも天然ガスがありますが、うまくいくとバイオマスでだいぶカバーできるかもしれない。A、B どちらの社会にしてもほとんどを低炭素なエネルギーにシフトすることができるし、シフトしなければ低炭素な家というようなデザインにならないということです。

実は、既に 2005 年の段階で、イギリスでは 40%ハウスという報告書が出されていました。また、日本でも自律循環型住宅への設計ガイドラインという報告書で今の技術でも 50%需要削減は可能としています。または東大の小宮山総長は自分のお金をかけて、エコハウスを作って、今のエネルギー需要を 80%削減したとのことです。つまり、既に対策の芽は十分にあり、後はどのような政策を組み合わせていくかの段階なのかなと感じています。

主要な要素についての分析はこの後の各チームのご発表もお聞きいただければと思いますが、各部門で対策普及を徹底すれば、GDP を増やしてもエネルギー需要は 40%削減できるのではないか、経済成長とエネルギーをデカップリングできるのではないかというのが我々の試算の結果です。

ただ 40 だけでは足りませんので、エネルギー供給、こちらもエネルギー供給ワーキンググループというものを作りながら検討していきましたが、原子力なり再生可能エネルギー、さらには炭素隔離貯留を上手く組み合わせることによって、70%削減するエネルギーの供給の組み合わせは十分にできるのではないかと試算しました。

つまり、本研究は、核融合など 2050 年までに開発されているか不透明な技術は入れずに、現時点で実現可能性の高い対策の効率が高まり、徹底的に普及すれば、2050 年に大幅削減することは十分にできるということを示した研究になると思います。

今まではどちらかというと、ここまでしかできないということを示す研究が多かったといったら失礼ですが、できることを示した最初の研究であったのかなと思います。B シナリオでも、若干入る対策が変わりますが、できるのではないかというのが我々の最初の結論です。

できる、できるといって、それではどのようにしてやるのだというところが大分問われるようになってきています。そこで、ここからは研究の範囲なのか政策の範囲なのか、少しグレーになってくるのですが、一体どのようなオプションを選ぶべきなのか、いつやるべきなのか、そしてどのステージでそれぞれどのように組み合わせるのかというものについて、12 の方策にまとめました。

例えば、家庭、業務部門では、建物の構造を良くすることで寒くなくて働きやすい環境にするとか、建物の中の機器を最先端のものにして便利で省エネにすることが考えられます。産業では食料や森林、またはビジネス自体のあり方をどのように変えていくか、交通ではロジスティックスや街づくり、エネルギーの方でも系統電力の役割、それから地域の再生可能エネルギーをどのように使っていくか、水素、バイオマスなどの次世代エネルギーをどうするか。

全部の分野をまたぐものとして CO_2 の排出量をラベル等で明示することで「見える化」して人々の賢い選択を促す方策と低炭素な社会をデザインし、仕組みを作り、実行する人づくりを行う方策を挙

げています。そして、先ほどの 2050 年 70%削減と対応させながらそれぞれの部門でどの時点に何をしていけばいいかということを我々なりに考えました。

また、タイトルをつけるのにも気を遣いました。英語のタイトルは Shukla さんに大分直してもらいましたが、どのような表現なら伝わりやすいかを検討しました。先ほどは 12 の方策を、別々にご紹介しましたが、家を舞台にしてみますと、いろいろなものがきっと組み合わさっていくと思います。このように、方策は、ひとつひとつ切り分けてやる必要もありますが、複数組み合わせることによって大きな効果を発揮するものである。

例えば、方策 1 の快適な住まいと暮らしが出来る家を作るためには、11 番目のラベリングで省エネ性能や CO_2 排出量の具体的な数字を示していくことが大事でしょうし、4 番目の持続可能な国産材の利用を進めることも大事です。

それでは、どのような手順で快適な住まいと暮らしが実現できるでしょうか。先ほどのビジョンの話ではありませんが、将来のありうべき姿（Future Objectives）を示すために、一体それぞれの部門でどのような姿になるのが望ましいのだろうかということを考えていきました。

一方で現状（Current Situation）がどのようになっているのか、具体的には方策の実現を妨げている技術の障壁、経済の障壁、社会の障壁、情報の障壁、このようにいろいろな分類ができ得るかと思いますが、障壁を具体的にしていくことで、それぞれに対してどのような対策をしていけばいいのかを見つけ出し、組み合わせていきました。

方策 1 ですが、家庭やオフィスで太陽光や、風力などの地産地消的なエネルギーをどうすれば使えるようになるだろうか。家計に負担をあまりかけないで家やオフィスの省エネ性能を高める仕組みは作れるだろうか。そういった家やオフィスを設計する人、作る人の能力をきちんと高めるとともに、それらの情報をうまく消費者に伝えられるだろうか。以上の 3 つの大きな目的を立てた時に、現在ある障壁をどのようにして打ち破っていけばよいのだろうか。例えば、建物の性能評価を行う CASBEE という制度が既にありますが、まだ一般の認知度は低いのでどうすれば普及するだろうか。性能評価をラベリングしていくとしたら、どのような政策で実現すればよいだろうか。

もう少し具体的に見ていきますと、スライドの 1 番上に目指すべき目標として環境配慮型のビルのデザインがある。一方、下を見ますと、それを実現させる方法として、建物の性能を評価する測定方法と診断方法の普及が挙げられていますが、現実との間の障壁が見えてくる。これらがうまく解決されて、CASBEE のようなラベリングがうまく普及し、実際に建物のパフォーマンスを良くするために、どのような手順で進めれば良いかという戦略を考えることが大切です。また、右の方に示したように快適で省エネな家をデザインする人、作る人、選択する人の能力を高めるトレーニングも必要でしょう。さて、ここで示した関係図は例題ですのでそれぞれの分野のプロの人にぜひとも作り直して頂きたいのですが、何でこのようなことをやっているかというと、何で時間がかかるのかを見つけ出すためです。2050 年に 70%削減を実現するために、例えばあるトップランナー機器を 2050 年までに 100%入れれば良いというようなことになると、2049 年にばーっとやって 100%にしてしまえばいいというような乱暴な解もありえます。しかし実際の社会でも本当にそうなのか。きっと、さまざまな手順を踏んでゴールに向かっていかなければならず、これはシミュレーションモデルだけでは十分に表現しきれない部分です。もし、シミュレーションモデルにそのような要素を入れるためには、具体的な政策などの情報が必要になりますので、そのようなものを集めるというのがこの 12 の方策のもうひとつの大きなチャレンジになっています。

2008 年 5 月に公表した報告書では、それぞれの方策において、右側に 2050 年を想定し目指す将来像を書き、左に現在抱えている障壁を示して、その間にどのような対策を組み合わせていけばいいのか、ロードマップを提案しています。

何度か触れましたラベリングの制度ですが、デンマークやドイツでは住宅のラベリングが義務化されているんですね、日本ではまだですが。目指すべき将来像に向けてどの時点で義務化しないと 2050 年までに徹底的に普及できないのか、またコストがどのくらいかかるのか、について定量的な分析を進めていくことが、次に我々に求められていることです。また現場のプロの方にもぜひそのような研

究なり分析をして頂ければと思っています。

将来を設定して現在に求められている対策を定量的に導き出すモデルを、バックキャスティング・モデルと呼んでいます。一番冒頭にご紹介しましたような経済モデルだったり、交通モデルだったり、技術モデルだったり、そのような特に需要側の積み上げに特長を持つような要素モデルが導き出す将来像に対して、2050 年に 70%削減を実現するための対策がどのようなスピードで入っていく必要があるのかを、急には対策が入れないなどの制約条件を入れることで、バックキャスト・モデルの大枠のフレームワークを作っています。

以上、シナリオチームによる分析は、1）2050 年に CO_2 排出量を 70%削減することは可能、2）それに向けた 12 の方策はある、3）そして現在開発中のバックキャスト・モデルによる分析による定量的なロードマップの提示、でひとまとまりになります。他にシナリオチームでやっていた主要な成果は、他の国との関係です。

日本の CO_2 の排出の割合というのはせいぜい 4%で、日本だけ減らしても世界の 50%削減にはたどり着きませんので、他の国とどのように協力できるだろうか。特に国立環境研究所ではアジア太平洋統合評価モデル（AIM：Asia-Pacific Integrated Model）をアジアの研究者と協力して作ってきたというバックグラウンドがあり、今回もインド経営大学の Shukla さん、中国エネルギー研究所の Jiang さん、アジア工科大学の Ram Shrestha さんをお招きしていますが、中国やインド、タイなどのアジアがどのようにしたら低炭素化していくのかという検討を進めています。

先ほどイントロダクションで紹介したので簡単にしますが、2006 年 2 月から 2008 年 2 月まで日英で低炭素社会の共同研究を進めました。その間の 2007 年 5 月に安倍元首相が Cool Earth 計画を提案し、2050 年に世界全体の温室効果ガス排出量 50%削減を実現するために、 Low Carbon Society を目指していくことが示されました。また、2008 年 6 月には福田ビジョンが提唱され、日本の CO_2 排出量を 2050 年までに 60～80%削減することが明記されました。また、2008 年 7 月に行われた G8 洞爺湖サミットのサマリーの中で Low Carbon Society という言葉が入りました。日英の共同研究の成果により、2008 年 5 月に行われた G8 環境大臣会合で、低炭素社会研究の国際ネットワークを構築することが強く推奨され、今年の 4 月にイタリアで第 1 回の会合を行うことになりました。

我々の研究としては、日本で作ったモデルをアジアの若い研究者にお伝えして、最近ではアジアだけではなくてブラジルやロシアや南アフリカなども含めながら、キャパシティ・ビルディングも進めているところです。

そのような活動を通じて、中国でも低炭素社会に向けたシナリオ分析が進められています。これは若干古い結果ですが、スライドで示した排出量のシナリオは 2050 年までそれほど削減していないように思われるかもしれませんが、これでも省エネシナリオで、今のところ 1 番下がるシナリオですが、今後研究をさらに進めていくことによって、さらに削減が進む低炭素社会シナリオが描けないだろうか、一緒に研究を進めています。また、このスライドについてはこの後 Shukla さんからご発表があると思いますが、インドでも Sustainable Society のシナリオを既に描き始めています。

特に Shukla さんから言われるのは、Low Carbon Society という言葉も大事だけれども、ぜひ Sustainable というものを付けてほしい、Sustainable Low Carbon Society というものをぜひ日本から提案してほしいということです。

そのようなことで、シナリオチームならびにプロジェクト全体では、今まで 5 年間の中で日英共同研究を進めたり、アジアや他の国とのネットワークを強めていったりしながら、国内では、まず 2050 年 CO_2 排出量 70%削減が出来ることを示し、それから 12 の方策で、70%削減を実現する政策を提案し、そしてバックキャストでいつどのようなタイミングでやっていけばいいのか検討をすることで、低炭素への道筋を大分示せる道具を作ることができたのではないかと思っています。

研究自体は 2009 年 3 月末で一旦打ち止めになりますが、どのようにしたら低炭素都市ができるか、低炭素交通になるか、低炭素なエネルギー供給になるか、などの各セクターの検討は、これからも行われていきますので、今後もバックキャストモデルなどを使いながら、日本低炭素社会に向けた全体像についての分析を続けていければと考えています。

研究成果は、先ほどもご説明しましたが、例えば日英共同研究の成果として各国の低炭素社会シナリオをまとめて、Climate Policy という英文ジャーナルの特集号を作ったり、日本でも低炭素社会のシナリオに関する本にまとめたり､学術論文に投稿したりすることで研究成果を広く示してきました。おかげさまで、何とかお役に立つ成果を示せたのではないかと思っています。

ということで、5 年間長いようであっという間で、最初の段階では、特にエネルギーのプロの人から、2050 年 70%という数字を提案すること自体そもそもおかしいのではないかとかなり言われたのですが、逆に温暖化の影響からやらないといけないという状況になって、実現可能性やそれに向けた方策を示していくと、最近のオバマさんのグリーン・ニューディールの話ではないのですが、社会全体が大分そちらの方向になってきました。ただやはりどのようにしたら低炭素社会ができるかということについては、ここで終わりということではなくて、これからも皆さんと議論しながら、もっといい仕組みで各研究の成果、また行政の成果、各所の役割を結んでいけたらなと思っています。以上で私の発表を終わらせていただきます。ご清聴どうもありがとうございました。

Backcasting and a Dozen Actions for 70% CO2 emissions reductions by 2050 in Japan

1. If we cannot go to LCS,...
2. LCS offers higher QOL with less energy demand and lower-carbon energy supply
3. LCS needs good design, early action, and innovations

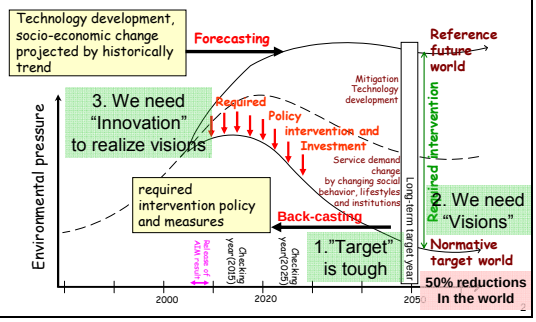
Junichi Fujino (NIES)
Scenario Team

Japan LCS symposium, Feb 12, 2009, Tokyo

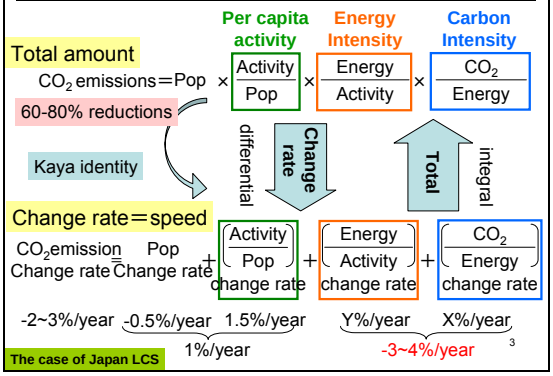
1

Japan Low Carbon Society Scenarios toward 2050

[FY2004-2008, Global Environmental Research Program, MOEJ]

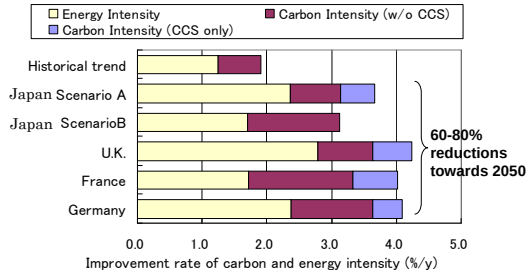


How fast we need to reduce GHG emissions



3

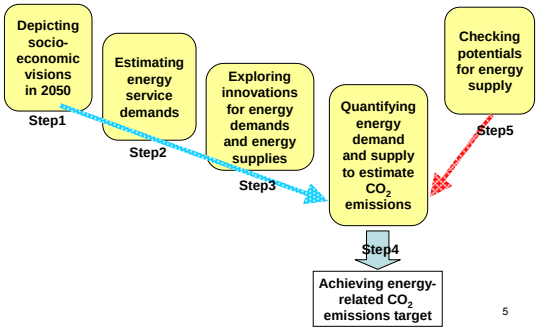
Required improvement rate of carbon and energy intensity to achieve LCS



Keep double speed to improve carbon and energy intensity compared as that of the historical record!

4

Scenario Approach to Develop Japan Low-Carbon Society (LCS)



5

Visions

we prepared two different but likely future societies for Japan

Vision A	Vision B
Vivid, Technology-driven	Slow, Natural-oriented
Urban/Personal	Decentralized/Community
Technology breakthrough Centralized production /recycle	Self-sufficient Produce locally, consume locally
Comfortable and Convenient	Social and Cultural Values
2%/yr GDP per capita growth	1%/yr GDP per capita growth

6

We prepared models to quantify the LCSs

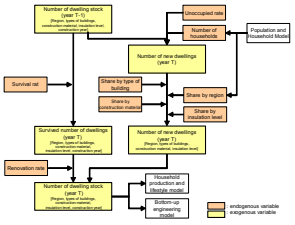
Element models;
1) Snapshot models;
Inter-sector and Macro Economic model
Energy technology bottom-up models
Energy supply model
Transportation demand model
2) Transition models;
Population and household model
Building dynamics model

Integration tool;
Snapshot Integration Tool (SSI)

7

Building Dynamics Model

- Enhancement of building insulation is very effective countermeasures. 60% of the heating demand from the residential sector can be cut down, if appropriate insulation systems are installed. Besides, configuration of buildings in urban and rural area affects social energy efficiency greatly.
- In order to take account these factors, a model of building dynamics (BDM) was developed.
- It is a cohort model with a spatial resolution of climate zones, four heat insulation levels, four residential building types, and six commercial building types.

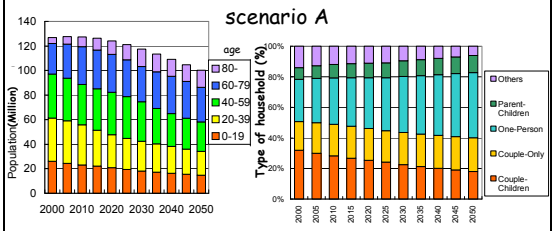


Flowchart of BDM (residential)

8

Step2

Projection Japan population and households in scenario A



year	2000	2050 A	2050 B
Population (million)	126.9	94.5	100.3
Aged population ratio (%)	17.4	43.7	35.8
Average number of household	2.71	2.19	2.38
Single-person households (%)	27.6	42.6	35.1

9

Quantification of Scenario A and B in 2050

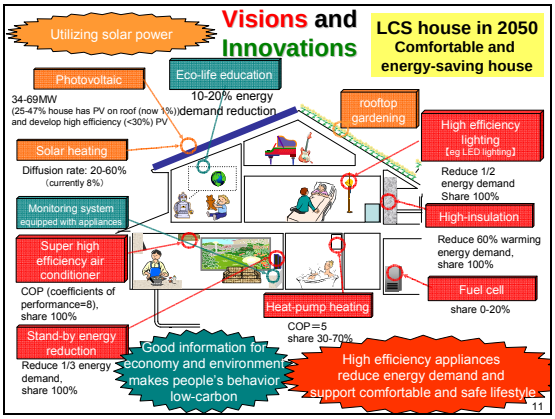
year	unit	2000	2050 A	2050 B	model
Population	Mil.	127	94 (74%)	100 (79%)	
Household	Mil.	47	43 (92%)	42 (90%)	Population and Household model
Average number of person per household		2.7	2.2	2.4	
GDP	Tril.JPY	519	1,080 (208%)	701 (135%)	
Share of production					
primary	%	2%	1%	2%	Inter-sector and Macro Economic Model
secondary	%	28%	18%	20%	
tertiary	%	71%	80%	79%	
Office floor space	Mil.m²	1654	1,934 (117%)	1,718 (104%)	Building dynamics Model & Inter-sector and Macro Economic Model
Travel Passenger volume	bill. p·km	1,297	1045 (81%)	963 (74%)	
Private car	%	53%	32%	51%	Transportation demand model & Inter-sector and Macro Economic Model
Public transport	%	34%	52%	38%	
Walk/bycycle	%	7%	7%	8%	
Freight transport volume	bill. t·km	570	608 (107%)	490 (86%)	
Industrial production index		100	126 (126%)	90 (90%)	
Steel production	Mil.t	107	67 (63%)	58 (54%)	Inter-sector and Macro Economic Model
Etylen production	Mil.t	8	5 (60%)	3 (40%)	
Cement production	Mil.t	82	51 (62%)	47 (57%)	
Paper production	Mil.t	32	18 (57%)	26 (81%)	

(%) is a percentage compared with year 2000

10

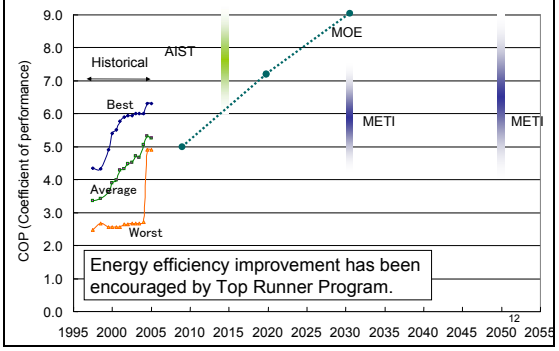
Visions and Innovations

LCS house in 2050
Comfortable and energy-saving house



11

Projected energy efficiency improvement: Air-conditioners for cooling and heating

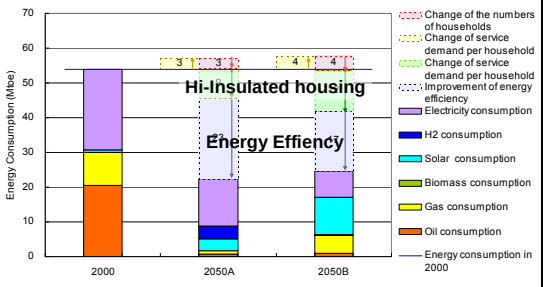


Energy efficiency improvement has been encouraged by Top Runner Program.

12

Residential sector Energy reduction potential: 40-50%

Innovations



Change of the number of households: the number of households decrease both in scenario A and B
Change of service demand per household: convenient lifestyle increases service demand per household
Change of energy demand per household: high insulated dwellings, Home Energy Management System (HEMS)
Improvement of energy efficiency: air conditioner, water heater, cooking stove, lighting and standby power

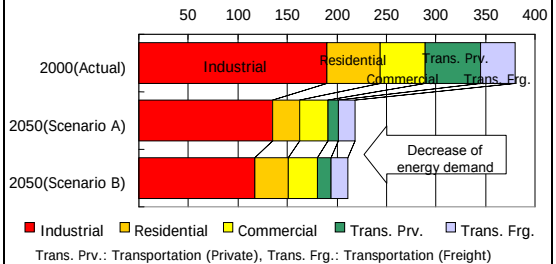
13

UK, February 2005 "40% House" 60% reductions

Japan, June 2005 Guidance for Self-sustained Residential, 50% reductions

14

Seconday Energy Consumption (Mtoe)



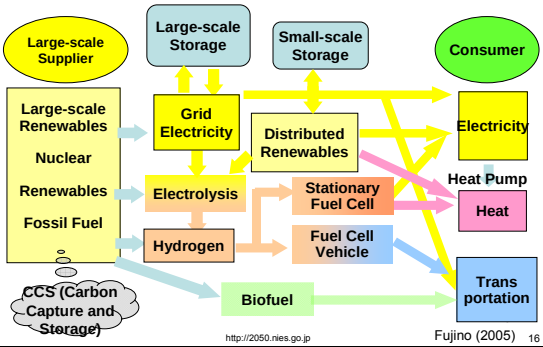
Industrial Residential Commercial Trans. Prv. Trans. Frg.

Trans. Prv.: Transportation (Private), Trans. Frg.: Transportation (Freight)

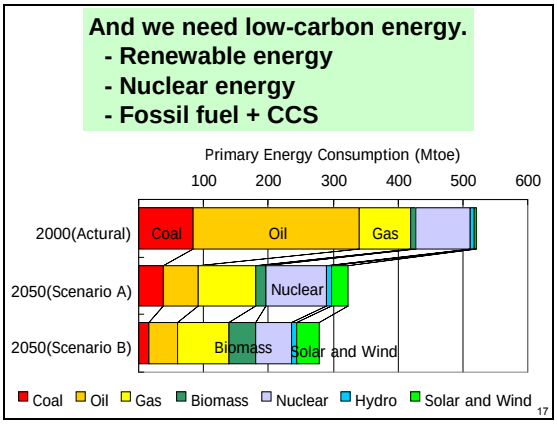
Possible energy demands reductions for each sector:
Industry: structural change and introduction of saving energy tech. 30-40%
Passenger Transport :land use, saving energy, carbon-intensity change 80%
Freight Transport :efficient transportation system, energy efficient 50%
Residential: high-insulated and energy-saving houses 40-50%
Commercial: high-insulated building and energy saving devices 40%

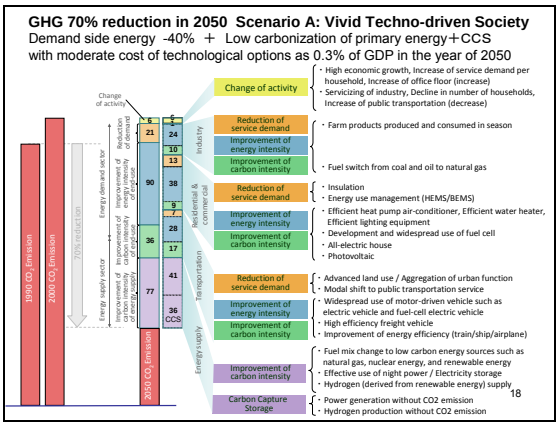
15

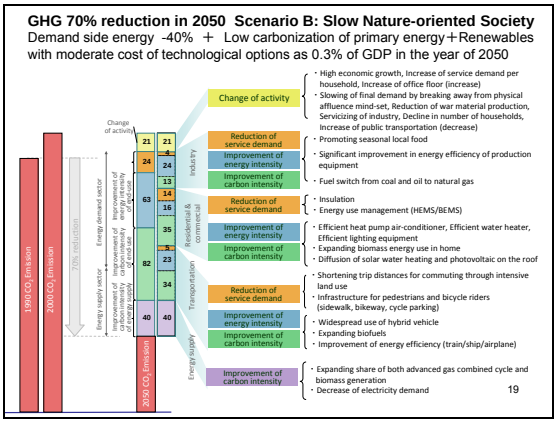
What is Low Carbon Energy Supply System?

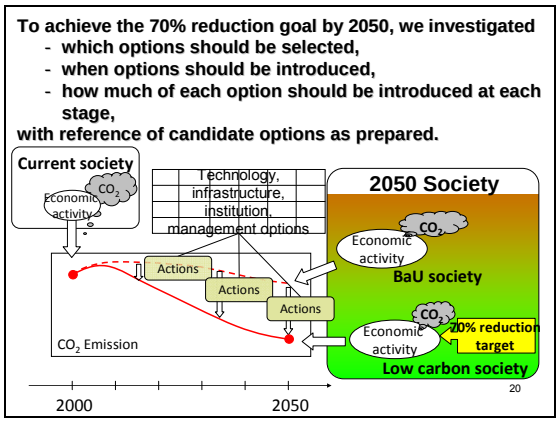


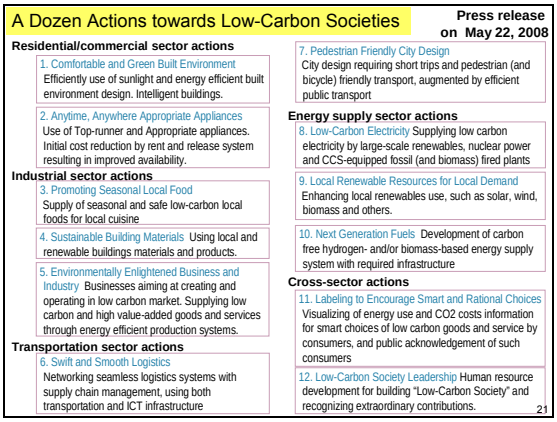
Fujino (2005) 16

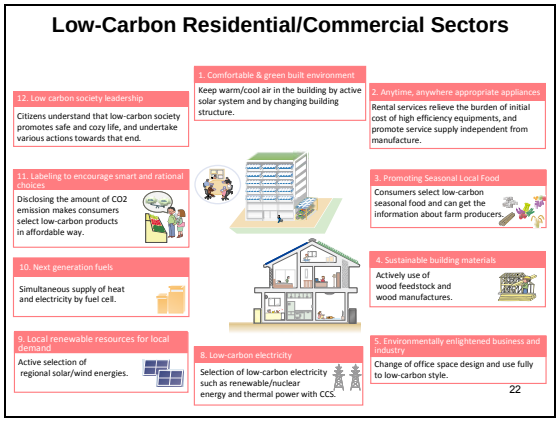

And we need low-carbon energy.
- Renewable energy
- Nuclear energy
- Fossil fuel + CCS
Primary Energy Consumption (Mtoe)
100 200 300 400 500 600
2000(Actural)
2050(Scenario A)
2050(Scenario B)
Coal
Oil
Gas
Nuclear
Biomass
Solar and Wind
Coal Oil Gas Biomass Nuclear Hydro Solar and Wind
17

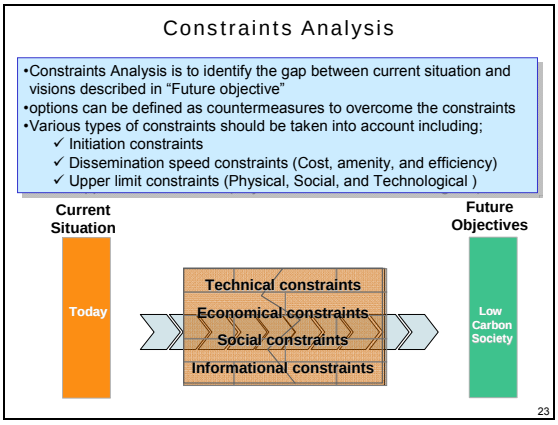

GHG 70% reduction in 2050 Scenario A: Vivid Techno-driven Society
Demand side energy -40% + Low carbonization of primary energy+CCS
with moderate cost of technological options as 0.3% of GDP in the year of 2050
Change of activity
Reduction of service demand
Improvement of energy intensity
Improvement of carbon intensity
Industry
Residential & commercial
Transportation
Energy supply
Carbon Capture Storage
1990 CO2 Emission
2001 CO2 Emission
2050 CO2 Emission
18


GHG 70% reduction in 2050 Scenario B: Slow Nature-oriented Society
Demand side energy -40% + Low carbonization of primary energy+Renewables
with moderate cost of technological options as 0.3% of GDP in the year of 2050
Change of activity
Reduction of service demand
Improvement of energy intensity
Improvement of carbon intensity
Industry
Residential & commercial
Transportation
Energy supply
1990 CO2 Emission
2001 CO2 Emission
2050 CO2 Emission
19


To achieve the 70% reduction goal by 2050, we investigated
- which options should be selected,
- when options should be introduced,
- how much of each option should be introduced at each stage,
with reference of candidate options as prepared.
Current society
Economic activity
CO2
Technology, infrastructure, institution, management options
2050 Society
BaU society
Low carbon society
Actions
CO2 Emission
20% reduction target
2000
2050
20


A Dozen Actions towards Low-Carbon Societies
Press release on May 22, 2008
Residential/commercial sector actions
1. Comfortable and Green Built Environment
Efficiently use of sunlight and energy efficient built environment design. Intelligent buildings.
2. Anytime, Anywhere Appropriate Appliances
Use of Top-runner and Appropriate appliances. Initial cost reduction by rent and release system resulting in improved availability.
Industrial sector actions
3. Promoting Seasonal Local Food
Supply of seasonal and safe low-carbon local foods for local cuisine
4. Sustainable Building Materials Using local and renewable buildings materials and products.
5. Environmentally Enlightened Business and Industry Businesses aiming at creating and operating in low carbon market. Supplying low carbon and high value-added goods and services through energy efficient production systems.
Transportation sector actions
6. Swift and Smooth Logistics
Networking seamless logistics systems with supply chain management, using both transportation and ICT infrastructure
7. Pedestrian Friendly City Design
City design requiring short trips and pedestrian (and bicycle) friendly transport, augmented by efficient public transport
Energy supply sector actions
8. Low-Carbon Electricity Supplying low carbon electricity by large-scale renewables, nuclear power and CCS-equipped fossil (and biomass) fired plants
9. Local Renewable Resources for Local Demand
Enhancing local renewables use, such as solar, wind, biomass and others.
10. Next Generation Fuels Development of carbon free hydrogen- and/or biomass-based energy supply system with required infrastructure
Cross-sector actions
11. Labeling to Encourage Smart and Rational Choices
Visualizing of energy use and CO2 costs information for smart choices of low carbon goods and service by consumers, and public acknowledgement of such consumers
12. Low-Carbon Society Leadership Human resource development for building "Low-Carbon Society" and recognizing extraordinary contributions.
21


Low-Carbon Residential/Commercial Sectors
1. Comfortable & green built environment
Keep warm/cool air in the building by active solar system and by changing building structure.
2. Anytime, anywhere appropriate appliances
Rental services relieve the burden of initial cost of high efficiency equipments, and promote service supply independent from manufacture.
12. Low carbon society leadership
Citizens understand that low-carbon society promotes safe and cozy life, and undertake various actions towards that end.
11. Labeling to encourage smart and rational choices
Disclosing the amount of CO2 emission makes consumers select low-carbon products in affordable way.
3. Promoting Seasonal Local Food
Consumers select low-carbon seasonal food and can get the information about farm producers.
10. Next generation fuels
Simultaneous supply of heat and electricity by fuel cell.
4. Sustainable building materials
Actively use of wood feedstock and wood manufactures.
9. Local renewable resources for local demand
Active selection of regional solar/wind energies.
8. Low-carbon electricity
Selection of low-carbon electricity such as renewable/nuclear energy and thermal power with CCS.
5. Environmentally enlightened business and industry
Change of office space design and use fully to low-carbon style.
22


Constraints Analysis
•Constraints Analysis is to identify the gap between current situation and visions described in "Future objective"
•options can be defined as countermeasures to overcome the constraints
•Various types of constraints should be taken into account including;
✓ Initiation constraints
✓ Dissemination speed constraints (Cost, amenity, and efficiency)
✓ Upper limit constraints (Physical, Social, and Technological)
Current Situation
Future Objectives
Today
Technical constraints
Economical constraints
Social constraints
Informational constraints
Low Carbon Society
23

1. Comfortable and Green Built Environment
Future Objectives
[Solar and Wind Utilization Design]
[Household Finance-friendly Environmental Efficiency]
[Nurturing of Worker Skills; Information Transmission]
Implementation Barriers and Strategic Steps
[Standardization Period]
[Environmental Efficiency Labeling Introduction Period]
24

Identification of necessary actions

Step by step strategies

Diffusion of green design building

Relatively high cost compared to general building

Lack in knowledge of regional specific climatic conditions

Incentives to the higher performance building

Organizing training classes and events

Lack in information of environmental performance of the building

Certification & registration of labeling

Too complicated calculation required

Lack in personnel who can implement the calculation

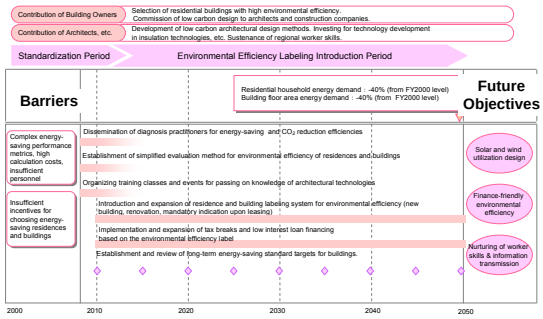
Establishment of simplified evaluation method

dissemination of diagnosis practitioners

Direct options
Indirect options
Barrier breaking

25

1. Comfortable and Green Built Environment



26

Backcasting model (BCM) for Japan's LCS project

Element models

Description and quantification of dynamic characteristics and changing mechanism of social / energy services with a bottom-up approach

1. Transition models
- Population / household dynamic model
- Macro-economic model
- Infrastructure / building dynamic model

2. Snap shot models
- Household production /lifestyle model
- Passenger / freight transportation demand model
- Energy supply and demand balance model
- Energy technology bottom-up model

Backcasting model (BCM)
(multi-sector dynamic optimization model)

MODEL MECHANISM

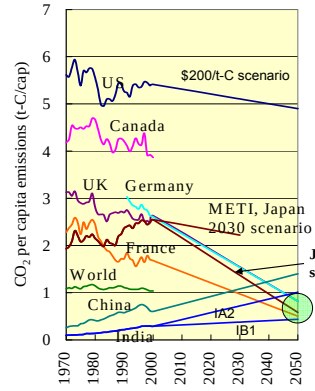
- Combining mechanisms and information described in element models, as a system of linear equations.
- Identify optimal path of infrastructure and capital investment in order to maximize cumulative social utility from 2005 to 2050 under the following constraints:
  - ✓ Balancing demand-and-supply of goods and services
  - ✓ Balancing of energy services and energy demand-and-supply
  - ✓ Balancing of demand-and-supply of labor
  - ✓ Balancing of international payment
  - ✓ Supply of just enough amounts of infrastructure, buildings, and production capital stock

PURPOSE

Analyze required schedule and conditions of introducing policy measures, and quantify roadmaps for achieving the CO_2 reduction target

27

Current per capita CO_2 emissions and Target



US: delay for tech development, global warming business

EU: Initiatives toward LCS
Japan: Need long-term vision

Developing countries: earlier guidance toward LCS is key

Target for Low Carbon Society

Shuzo Nishioka, Junichi Fujino; NIES COP11 and COP/MOP1 side event Global Challenges Toward Low-Carbon Economy (LCE), Dec.3, 2005

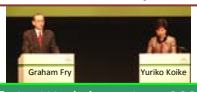
28

Japan-UK Joint Research Project Sustainable Low-Carbon Societies (LCSs)

(Co-chairs : Shuzo Nishioka(NIES) and Jim Skea(UKERC))

In 2006, the Governments of Japan and UK established an innovative joint research project with participation from a diverse group of some 20 countries including most G8+5 countries, Asian countries (Australia, Korea, Thailand, Nepal, Malaysia, Indonesia), African countries, and others.

■ Launch of the Project : 16th Feb 2006 (Anniversary of Kyoto Protocol)



Former Japanese Environment Minister Yuriko Koike and UK Ambassador to Japan Sir. Graham Fry announced the launch of the joint research of the Low-Carbon Society.

■ 1st Workshop: June 2006
Developing Visions for a LCS through Sustainable Development

Tokyo

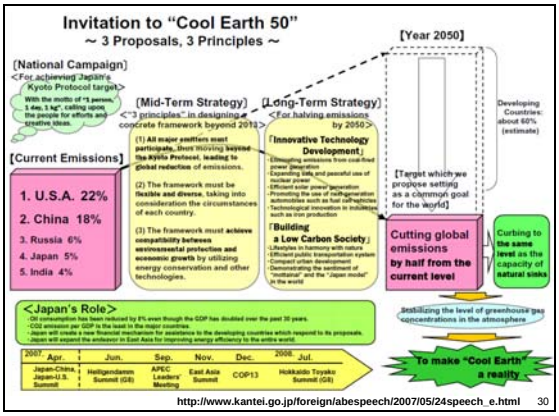
WS: 19 countries, 54 experts
Symposium: around 500 people

- A long-term perspective focusing on the need for urgent action to reduce CO_2 towards 2050.
- Achievement of LCS will involve the development and deployment of low carbon technologies, changes in lifestyles and institutions, and need to align with sustainable development.

29

Invitation to "Cool Earth 50"

~ 3 Proposals, 3 Principles ~



http://www.kantei.go.jp/foreign/abespeech/2007/05/24speech_e.html

30

■ 2nd Workshop: June 2007 **Achieving a Sustainable LCS**

London 30 countries,100 participants

- A wide range of stakeholders- from government, business, and civil society need to be engaged in finding solutions.
- A significant share of GHG is due to cities. Effective Action can be and is being undertaken.

■ 3rd Workshop : Feb 2008 **Roadmap to Low Carbon World**

Tokyo

WS: 18 countries, 79 experts
Symposium: 273 participants

- Creation of appropriate incentives for business using long-term policy signals to strengthen carbon pricing.
- Expanding financial flows, international cooperation in low-carbon approaches.
- Building trust between countries and stakeholders though enhancement of communication is important.

"Call for Action" and WS3 "Executive Summary" were delivered to G20 in Chiba, March 14-16 2008.

G8 Gleneagles 2005 → **G8 Environmental Ministerial Meeting, May 2007**
G8 Japan, July 2008

31

Japanese Former PM outlines green 'Fukuda vision' on 9th June 2008 pledged to cut of 60-80 per cent of greenhouse gas emissions based on current levels by 2050 in Japan.

32

Summary of the G8 Program
on July 8, 2008

(2) Environment and Climate Change
(a) Prime Minister Fukuda stated at the beginning that this was a very important summit, one that should determine whether humanity can move toward a **low-carbon society**, severing its dependence on fossil fuels and addressing challenges including global warming and resource depletion countries.
(b) Long-term Goal
With respect to the goal of achieving **at least 50% reduction of global emissions by 2050**, the G8 leaders agreed to seek to share and adopt it with all Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change.
(c) Mid-term Goals
In order to achieve absolute emission reductions in all developed nations, G8 leaders agreed to implement ambitious economy-wide mid-term goals.
(d) Sectoral Approach
(e) Climate Investment Funds

33

Chair's Summary
G8 Environment Ministers Meeting
Kobe, Japan May 24-26, 2008

*Transitioning to low-carbon societies and establishing an **international research network** on low-carbon societies*

5. To realize such long-term goals, it is necessary to change the current socio-economic structures and transition to low-carbon societies. In so doing, there was general recognition of the importance of all the countries to have a clear vision of low-carbon societies. Strong support for establishing an international research network of institutions involved in the research on low-carbon societies was shown by a number of countries, and other countries also expressed their support for the consideration of its establishment.

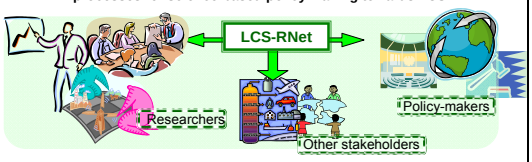
G8 Italy, 2009

34

G8 Japan Initiatives

LCS-Research Network

Linkages and interactions between research activities and policy processes for science-based policy making towards LCS

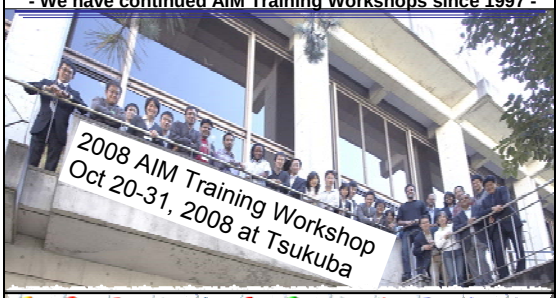


- Information exchange and research cooperation amongst research institutions of any CRS related fields,
- Dialogues with policy-makers, businesses, citizens and others to share possible visions on future LCS,
- Contribution to international political processes on climate change including the G8 process by providing research outcomes and recommendations.

1st workshop will be held in Italy, April 2009

35

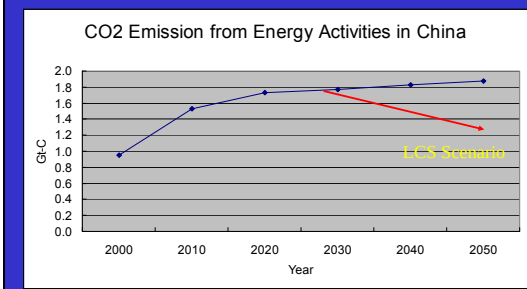
We support country-wise LCS modeling through SD for Asia-Pacific and the world
- We have continued AIM Training Workshops since 1997 -



India China Thailand Korea Malaysia Indonesia Brazil Russia South Africa Taiwan China USA Japan

http://2050.nies.go.jp

36



Jiang Kejun (Energy Research Institute, China),
Low-Carbon Options in China
EMF 22, Tsukuba, Dec 12-14, 2006

China

37

P.R. SHUKLA *et al.*, Low-carbon society scenarios for India, CLIMATE POLICY 8 (2008) S156–S176

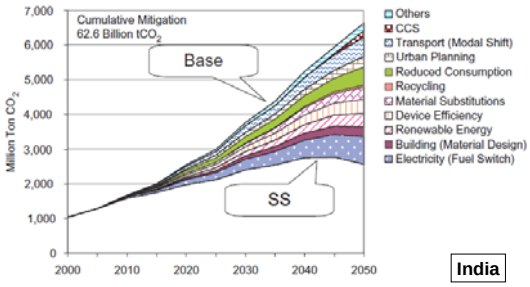
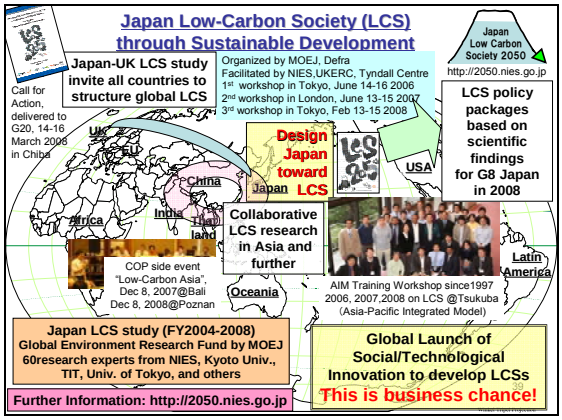


FIGURE 8 Mitigation options in the Sustainable society (SS) scenario.

India

38

Japan Low-Carbon Society (LCS) through Sustainable Development



Further Information:

Japan Scenarios and Actions towards Low-Carbon Societies (LCSs) (2008.6)

Special Issue on "Modelling Long- Term Scenarios for Low-Carbon Societies" CLIMATE POLICY 8 (2008)

Call for Action and Executive Summary of the Third Workshop of Japan-UK Joint Research Project on "a Sustainable Low-Carbon Society" (2008.3)

All materials can be downloaded at the "Japan Low-Carbon Society 2050" homepage: http://2050.nies.go.jp

Japan Low Carbon Society 2050
http://2050.nies.go.jp

40

Contact person: Junichi Fujino (fuji@nies.go.jp)

Commentator

Fwa Tien Fang (National University of Singapore, Singapore)

Good morning ladies and gentlemen. I think all of us have witnessed the increased frequency of extreme climate in different parts of the world in recent years. The most recent one in Australia has caused forest fires and the loss of many lives. Many believe these are the direct consequences of climate change, caused by our excessive use of fossil fuels. The future scenario is rather bleak, if we continue to do what we have been doing. So where should we go from here? What must we do now?

Having listened to Dr. Fujino's analysis today, we must be somewhat relieved that there is still hope. I think the most important conclusion of his analysis must be that reducing CO_2 emissions by 70% in Japan by 2050 can be achieved.

I am heartened by Dr. Fujino's presentation, because the analysis is based on very realistic assumptions, using today's facts to make logical and rational projections. For example, in the analysis, the nuclear energy, hydrogen fuel cell, biomass, solar and wind, are all alternate energy sources which have been found to be workable technologies. The technologies required for structural change in the industrial and manufacturing sector, for example, are also within reach, although there are major costs and investment necessary.

In his analysis, there is also a very high percentage reduction of CO_2 emissions in the residential household, and the transport sector. I think they are not far-reaching, although there are major barriers to be overcome.

In all, I think the basis of the analysis is sound, scientific and realistic. I would like to highlight what I believe are key messages from Dr. Fujino's presentation. Number one: of course, the 70% reduction in emissions is achievable. Number two is that much CO_2 emission reduction can be achieved with effective demand management, even only with existing technologies we have today. I think this is an important message. The other message is that major socio-economic structural changes, as well as changes in the industrial sector, are necessary. That means we have to be prepared for that. It is going to affect everybody in every sector. Message number four, a crucial one I think: the government must take strong leadership and act, and better be sooner than later. Message number five: there will be intense technological competition. Globally, there will be competition. I hope it will be mutually beneficial competition among different countries, technological-wise. Message number six: massive investment and high costs will be involved; it will not come easy. However, along with this investment and costs that have to be committed, there are also ample opportunities and great potential benefits. The last message of Dr. Fujino's presentation must be that international collaboration effort is necessary for the plan to succeed. Now all countries developed and developing, big and small, must participate and contribute.

I sum up that Dr. Fujino's analysis is very detailed, giving very realistic scenarios, and gives an excellent example for other Asian countries in the region to follow.

I would like to end my comment with a question to Dr. Fujino that he has addressed, the technological and implementation issues. We all know that there will be major institutional barriers and also uncertainty in commitment of policymakers. So what is his assessment of the chances of success of his plan? Thank you.

皆さんおはようございます。世界各地で非常に深刻な災害が、今までよりも高い頻度で発生しています。最近オーストラリアでも森林火災により、多くの命が犠牲になりました。これらが、実は気候

変動によって引き起こされている、つまり私たちが過剰に化石燃料を使ったために発生しているとわかってきました。将来のシナリオは非常に暗いものであって、このような生活を続けていけばますます厳しい状態になるだろうと言われています。

そこで私たちは今何をすべきなのでしょうか。藤野先生の今日の分析をお聞きして、私は少し安心しました。まだ希望があるのだなと思えてきました。最も重要な彼の結論のひとつは、2050 年までに日本で CO_2 排出量を 70%削減することが可能であるという結論だと思います。藤野先生のプレゼンテーションで力づけられました。その分析は非常に現実的な前提によるものであり、事実をベースにして、合理的な予測をされたからです。

その分析の中には、例えば原子力エネルギー、水素、燃料電池、バイオマス、また太陽エネルギー、また代替的なエネルギー源、このようなものが使える技術であるということも分かりました。また、産業の中でも社会構造、それから製造部門の変化も必要になってきますが、これも可能であると、しかしその一方で投資がかなり必要になるということも現実です。

彼の分析の中で、高い CO_2 排出量の削減率、これを家庭部門で、また輸送部門で可能であるという話もありましたが､大きな課題もあると思っています｡分析の基盤になっているものは非常に健全で、現実的な科学です。

ひとつ強調したい点があります。これは藤野先生の発表からの非常に重要なメッセージだと思うからです。まずひとつはこの 70%の CO_2 排出量の削減が可能であるということ、そして第 2 に CO_2 排出量の削減量のかなりの部分を、効果的なエネルギー需要の管理でできるのだということです。今ある技術だけでもかなり需要を抑えることができるということが重要なメッセージだと思います。

もうひとつは社会経済的な構造の変化、そして産業部門の変化が必要であるということです。つまりこれに対しては私たちの心構えも必要です。ということは、つまりどの部門の誰にも影響が出てくると思うのです。

そして 4 番目のメッセージ、これは非常に重要だと思います。政府が非常に強力な指導力を発揮し行動をしなければならない、しかも早い段階の介入が必要であるということ。

そして 5 番目のメッセージ。技術的なグローバルレベルの競争があるだろうということ、これは互恵的な各国間にとってメリットとなるような技術競争になることを望みます。

6 番目のメッセージ。大きな投資、コストが必要になる。これは簡単なことではありません。しかしこのようなコストをかけて投資をする、コミットメントをすることによって大きな可能性が見えてくる。そして大きなチャンスが出てくるでしょう。

最後の藤野先生のメッセージは国際協力の努力です。これがこの計画を実現するために必要だということです。これは途上国、先進国、大小の国問わず、すべてあらゆる国が貢献しなくてはなりません。

まとめますと、藤野先生には非常に詳細にわたる分析をしていただきました。非常に現実的なシナリオを出していただきました。これこそがまさに他のアジア各国、この地域が目指すべき模範になると思います。

最後になりますが、藤野先生に質問したいと思います。藤野先生は、技術的なあるいは実施上の問題をお話されました。そこには制度というバリアがあります。そして政策決定における不透明さがあります。藤野先生はこのプランがどの程度成功する可能性があると思っていらっしゃるでしょうか。お答えをお願いします。

藤野 純一

非常に重要な､一番難しいご質問を頂いたのかなと思っています｡我々ができる仕事としましては、数字なりロジックを持ってどこまで減らせるかということを示して、それが政策決定者の人にとってまったくできそうではないと思うと彼らも聞いてくれませんので、できそうだ、または必要だと思っていただけるような情報をきちんとお伝えする。ただ今回の S-3 のプロジェクトで、私自身もそんな

に研究の経験が長いのではないのですが、学んだのは政策決定者の方とかなりの時間を同じくして中身を詰める作業もさせていただきました。

そのような中で、実は政策決定者とこのようなシナリオ研究をやっている人の間のバリアも、いろいろその前にあったのだろうなということを思います。その辺りのバリアについて研究者がどこまで踏み出す必要があるかということは、まだ悩み深いところはありますが、ただ彼らが必要とする情報をできるだけ客観的に示していけるかどうかということで、政策決定者がコミットメントしやすくする材料ということは提供できるのではないかということを、この 5 年間の研究のプロセスの中で私自身は学びました。これは答えになっているか分かりませんが、彼らもやはりできないことは言えないので、どこまで提供すればいいのかは分かりませんが、できそうだということを少なくとも思ってもらえるようなことをお示しするということが、大事なことかなと思います。

村上 周三（(独）建築研究所）

建築研究所の村上といいます。大変包括的で精緻な分析、ありがとうございます。2050 年からバックキャスティングでやろうという、大変私も理解できますし、問題は最初のセッションでも問題になりましたように、本当にそれが実現可能かどうかということですね。

それは私、検証するひとつの方法は、過去 10 年の検討と 1997 年に京都議定書が採択された年に、当時バックキャスティングという言葉を使ったかどうかは別として、国を挙げて同じようなこともやったのではないかと記憶しているのです。ではその結果はどうであったかというと、お世辞にもうまくいっているとは言えないということですよね。それで心配なのは、やはり同じようなことになるのではないかということを、大変心配しているのです。

特に民生が増えておりまして、97 年ですと運輸と産業は 3%と 4%減っていますが、民生は 16%増えていると。例えば増えている理由、住宅は世帯数が増えたと、オフィスは床面積が増えたと、決してこれは無駄遣いをしているのではないのです。ですからこれは価値観の問題に、ライフスタイルまでかかわるのでして、なぜうまくいかなかったかというと、すべて入り口規制だったのです。このように設計をやって、このように良い建物にすればよくなるはずだという、出口規制ではないのですよね。

ですから先ほどの価値観とかライフスタイルの問題というのはやはり資源の最適配分だから、出口規制にしないと、ユーザーに任せていてもうまくいかないのではないかと考えておりますので、出口規制が何かというと、キャップ（排出量の個別の制約）ということです。

それで、東京都はキャップを 2009 年からかけますが、これは建築に限ってです。私は産業用のキャップを言っているのではないのです。建築に限ってです。東京都は全部の住宅に、イギリスも同じようなもので、カーボン・リダクション・コミットメントですか。それで今度のオバマさんも経済全般にキャップ・アンド・トレードを導入すると発表していまして、私の質問はなぜ藤野さんはひと言もキャップについて触れなかったかと、そのようなことです。

藤野 純一

それではお答えします。確かに政策措置のところで一番大事な大前提のところをお知らせすることをしていませんでした。低炭素社会を実現させるためにはコストがもちろん必要ですし、その時には炭素の価格付けというものがまず大前提としてきちんと行われることが必要になっています。

その時に正直、排出量取引、キャップ・アンド・トレードなのか、炭素税なのか、どちらがいいのかというところについて､各部門でまだ十分精査しきれていません｡おっしゃっていただいたように、世帯なり業務部門に対しては、キャップ・アンド・トレードの方が有効な場合もあるでしょうし、場合によっては炭素税のほうが有効な場合もあって、おそらく組み合わせていく、いずれにしても炭素の価格をきちんと付けていくということが大前提になるでしょう。そして、個別のところを、住宅だ

とラベリング規制をしていくとか、そのようなことを組み合わせていくということが大事になっていって、おっしゃるようにそれは大前提で、すみません言い忘れていたところがあります。

森口 祐一（(独）国立環境研究所　循環型社会・廃棄物研究センター）：座長

今、コメントを頂きました点につきましては、次の発表、都市チームの発表の中でも建築の民生部門とかかわりが深いと思います。またそちらでもご議論いただければと思います。それでは、はい、そちらの方お願いいたします。

水口 哲（博報堂）

藤野さん、どうもありがとうございました。先ほど質問しました水口です。7 割削減もできて、技術もあるということを示した功績は、大変あると思います。しかし、現存するのは今ある産業やビジネスです。次のステップは、それらのかたちをどのように変えていくのか、利潤を上げながら、どのように変えていくかという産業政策だと思います。それは次のステップでやられるのでしょうか。

藤野 純一

今のところ簡単な分析で経済分析等もやっておりまして、このような低炭素社会シナリオというものを取った時に、確かにエネルギー集約的な産業は縮小傾向にあるという傾向は出ていますが、省エネ機器を作るとか、新エネ機器を作るとかそのようなところの生産額というものが高まる傾向は出ています。

まずは最初に、雇用が減る産業分野もあるのですが、増えるところもあって、そちらにいかに早く転換させていくかが重要なところだと思います。

さらに本格分析を行うということになると、それは我々がやるのか、経済のプロがそのような低炭素というものを前提にしながら、経済モデルを動かしていただいて分析していただくのか、どちらの役割なのか分かりませんが、おっしゃるようにそれはもっと本格的に国の財政等をどのように変えていくかということも含めて検討されるべきだと思っています。そこまではちょっと我々の力では十分にできているかどうかというのはありますが、そのような分析は必要だということは感じています。

井田 徹治（共同通信）

共同通信の井田と申しますが､藤野さんどうもありがとうございます｡例えばマッキンゼーなどは、最近 10 年遅れたらできなくなるとか、そのような分析をしているのですが、70%、今おっしゃったように 10 年間我々は無駄にしてきたわけで、後 10 年無駄にしたら出来なくなるとか、さらに 5 年できなかったらというか、もう 5 年サボっていたらどれだけ大変になりますとか、そのような分析やメッセージというのはあるのでしょうか。

藤野 純一

そこが悩ましいところというか、まさにやっているところです。現在のところ、制約をどのように入れるかによってシミュレーションモデルの答えが変わってきていまして、制約が緩くても、最後の 20 年、30 年で対策を入れるタイミングを完璧に行えば間に合うのではないかという分析も出て来うるのですね。それは今後 20 年、30 年の後の政策決定者が一歩も間違えないで、その政策をやっていけば、2050 年というタイミングだけ考えれば間に合うかもしれないということです。しかし、12 の方策でお示ししましたように、そのような技術が普及していくには、そのための準備、さらなる技術

開発があったり、仕組みを入れていかなければなりません。

そのような技術が 100%明日入るのではなくて、徐々に入りますからそれの準備を進めていったり、そのような前提を入れていけばいくほど早くやらなければいけないという答えになるのですが、ここは正直まだ苦しいところがあります。皆さんの感覚では対策が入るにはたぶんいろいろな障壁があることが見えていると思うのですが、数字を持って示している材料を我々探しきれていなくて、それをモデルに組み込みきれていないため、最後の結果をお示しできていないのです。そこが言えないと、それでは最後まとめてやればいいのではないかという結論にもなりえてしまいますので、きちんとメッセージが伝わるように最後の追い込みを行っています。

それからもうひとつは、我々2050 年 70%と言っていますが、それでは 2020 年の削減量は全然関係ないのかと、2030 年も減らさなくていいのかということになると、温暖化自体の影響というのは CO_2 の排出量の累積値で決まってきますので、途中のパスも重要です。

そのような中で 2020 年なり 2030 年というものをどのような排出量にするべきかによっても、タイミングは変わってきます。技術の普及や制度的なバリア等も含めながらいろいろな要素を勘案した分析を行うべく、まだ闘っていまして、ズバッと答えを出すまで、もう少しお待ち下さい。

池原 庸介（WWF）

WWF の池原と申します。お二方、お話をありがとうございました。藤野さんに二点ほど質問をさせていただきたいのですが、まず一点目、はじめのほうの微積分の式で、Energy Intensity と Carbon Intensity の、この 2 つの項目の部分にフォーカスをされて、70%という数字を計算されているのですが、仮に Per capita activity のここの部分も例えばライフスタイルの変革などによって減らすことができたという場合は、可能性としては 70%よりもさらに高い目標が、削減が可能だということでよろしいのでしょうか。

藤野 純一

そのとおりです。

池原 庸介（WWF）

それと二点目なのですが、その途中の Energy Consumption の棒グラフがシナリオ A、B 双方について示されていたのですが、A、B どちらの場合につきましても、依然として化石燃料、いわゆる天然ガス、原油、それから石炭の割合が半分ないしそれ以上の割合を占めておりまして、例えば太陽光、風力、バイオマスといったところが、まだ主流にはなっていないということで、ここの部分の要因といいますか、コストその他のいろいろな要因があるのだと思うのですが、どのようにお考えでしょうか。

藤野 純一

こちらは、ひとつはコスト、特に産業界でのエネルギー転換がどこまで進みうるのだろうかというところを勘案した時に、業種によってはやはり石炭を使う必要がある業種もありえるでしょうし、熱源として使っているエネルギーというものを、もちろん再生可能エネルギーができればいいのですが、それがコスト的に見合うかどうかというところを勘案して、まだこのようなところが残っているというのが理由です。

ただ、おっしゃるように例えば太陽熱等ももっと安くできるとか、もっと大量にできるとか、そのようなブレイクスルーがあれば十分そちらの方は変わることもあり得るでしょうし、我々も、何というかこの状況を満足してここで示しているわけではないといったら変な話ですが、70%という範囲の

中でそれぞれのバランスで考えた時にひとつの解としてこのようなものもあり得るのではないかということでお示ししているというのがこの状況になります。

小原 昌（東京都 環境局）

東京都環境局の小原と申します。発表どうもありがとうございました。このシナリオをどのようにして具体化するかという質問が先ほどから何個かあったかと思うのですが、この点についてもう少し、シナリオの中に誰がという要素と時間軸における推移というか変遷のような要素を入れられることを希望いたします。

つまり、例えば 2050 年に要求される省エネ商品のスペックというものがあったとして、そのスペックに適合する商品というのが 2049 年に突然現れるということはあり得ないのでして、その製品を開発するための経費も稼がなくてはいけませんから、当然、今の時点から 2050 年に向かって段階的にものが変わっていき、今入った製品というのはその途中で代替わりをしてという、時間軸によるいろいろな変遷というのがあるはずで、それぞれの時にどのような方々がその変遷に対してどのような役割を果たすのかというのが見えてきますと、その役割に座りたいと思う方々の競争がビジネスの競争として具体的なシナリオを確実なものにするドライブフォースになると見ております。

したがってこのシナリオ、すごく良いシナリオなのですが、そこに対して外に出していくとどのようにして具体化するのだというのは常に言われて、そこが無いではないかという批判に対抗するためにも、やはり時間軸における将来シナリオに向けた変遷の中期的なもののより具体的なイメージと、そこにおいて誰がどのような役割を果たすべきなのかという要素を入れてお示しいただくと、政策担当者としても誰を相手に、ターゲットにしてどのような政策を打てばいいのかが自分で考えなくても分かるようになってしまうということかと思います。以上です。

藤野 純一

本当にもっともなご指摘だと思います。我々の最初の目的では、2050 年の日本の姿を描くシミュレーションツールを作るというところでやっていったのですが、本当に若干ですが、例えばビルのオーナーはどうしたらいいのだろうかとか、物を作る人はどうしたらいいのだろうかというところも若干のヒントは示しているのですが、その辺りについてはますます現場のプロの人とお話を積み重ねながら現実感を持って、それこそバリアですね、それぞれのバリアがもう少し具体的に何なのかというところを問い詰めていくといったら変ですが、積み上げてボトムアップでやっていく必要が非常にあると思っています。

ひとつは、我々ももちろん関心はあるのですが、どのように役割分担をしていくとそのようなシナリオが本当に描けるのか、我々が出張って全部フォローするのが望ましいのか、それともある程度のところがそれぞれの分野のプロの人に業務用のシナリオだったり、家庭用のシナリオだったりをボトムでどんどん作ってもらうというスタイルもあるかもしれませんし、今の段階でこのシナリオ自体が我々の手の中にどれだけあるのか、もう既に皆さんのところにある程度は伝わって渡っていったのかというところで、それこそそれを誰がやるかということについてもうまく考えていく必要があるタイミングになってきているのかな、と私は思います。

行政の人ももちろんそこを率先してやっていただいてもいいですし、その中に地域の研究者を入れていくということもひとつの方法だと思いますし、そこをうまくうまくオーガナイズするような、それこそ仕組みがどのようにしたらできるが、そういったことは研究の枠を超えてしまっているのかもしれないのですが。

でもおっしゃるようにそこが本当にそのような方向に向かう、最初の Fang 先生のご質問のコミットメントのところも、ガバメントのコミットメントのところも、そのようなところになっていくのかもしれませんが、大分そのステージにつながってきているのかなと、今のご質問を聴いて思いました。

森口 祐一

ありがとうございました。今スクリーンにも出ていますが、いつ何をやるべきかということをある程度検討されてきたと思うのですが、それぞれのタイミングにおいて誰がその話をするのかというところまで踏み込んでほしいと、具体的に例えば東京都さんにはこのタイミングで何をしていただきたいということも、場合によってはそのようなことまでブレイクダウンするようにということの励ましかなと受け取りました。

古屋 力（国際通貨研究所）

国際通貨研究所の古屋です。文科系人間なので、理科系の科学者の先生方にいろいろ基本的なことを教えていただきたいのですがね。実は今日看板を見まして、低炭素社会への道筋と書いてありましたが、私、今日から水素社会への道筋と書いてあるのかと思ったら、まだ書き換えていないので少しお聞きしたいのですが、水素の件なのですが、実は先生のペーパーにも書いてありますが、水しか排出しない、しかも貯蔵密度が高い、しかも高い効率で電気と熱を取り出すと、なかなかいいところ尽くしの水素を用いた新しいパラダイムシフトがどのタイミングでできると考えていらっしゃるのか。そのためにハードルとして考えることを上から 3 つ挙げるとなにが課題なのか、3 つ目はこのようなひとつのイノベーションを含めた開発がどの国が一番進んでいるのか、最後ですが、この今回のプレゼンテーションで、それはどこまで盛り込んでいらっしゃるのか、これを教えてください。

藤野 純一

A シナリオには、ここに水素の部分があるのですが、都市型で人が集約しているところについては、比較的水素をうまく運んでいって、住宅でも使え得る可能性はあるのではないかと思っています。ただそれの制約としては、やはりインフラをかなり変えていかなければならないのではないかということです。ガス会社の人にも何度かお話はしているのですが、現在の天然ガスのパイプラインをそのまま水素の導管に使えるかということについては、そう簡単な話ではないということをよく言われますので、水素をパイプラインで運ぶにはかなりのコストがかかる。それからもう一つは、当初予定されているほどの技術革新のスピードで水素技術の開発が進んできているかどうかで、本来ならもう 2010 年にかなりの台数の燃料電池自動車というのが政府の最初の目標だと入っていったのですが、コストや技術革新の問題からどうも入ってきていない。

水素の良さは貯蔵できるというところにあると思うのですが、一方で、電気自動車が今年から本格的に販売されるということで、夜間のあまり電気が使われない時間のものをうまく貯めていければ、日中に必要な分を貯められるようになるでしょう。バッテリーはまだまだ水素よりエネルギー貯蔵の密度がよろしくはないのですが、今の時点ではバッテリーの方が先行しています。ただし、もちろん今後の技術革新の可能性がありますし、もともと燃料電池のように小さくてもエネルギー転換効率がとても高いという利点がありますので、それがどこまでのコストで実現できるのだろうか、また水素技術が都市の中にうまく組み入れられるかどうかということになるでしょう。私も最初はすごく水素に期待しながらいろいろ調べたのですが、調べれば調べるほど難しいところも分かってきました。それでも A シナリオには水素を入れたのですが、プロジェクトの中ではいろいろな意見があって、水素は入らないのではないかという意見も率直にあったりしました。しかし可能性としてはまだ含めているという状況です。よろしいでしょうか。

森口 祐一

ありがとうございました。水素につきましては、午後の最初の私からの交通部門の発表でも、今のご議論に触れさせていただきたいと思います。どうも活発なご討議ありがとうございました。ここまでにさせていただきたいと思います。

都市の低炭素化のポテンシャルとその解析

花木 啓祐（東京大学大学院　工学系研究科）

まず最初に少しご紹介したいと思うのですが、この部屋の外にこのようなリーフレットがありまして、「低炭素都市の実現に向けての解析」というものを作りました。残念ながら日本語しかありませんが、日本の方はぜひご覧頂きたいと思っております。

先ほど藤野さんから、我々は 70%の削減を考えるという話がありました。そのためには技術を入れるということだけではなくて、低炭素社会を作らなければいけないと、それを目指さなければいけないということです。そのためには、その社会が存在する場所としての都市を考えていくということは必ず必要になってくる。そのような認識の下で我々は都市について研究を進めてきたのです。

最初にここにありますのは、よくある図ですが、1 人当たりの現在の CO_2 の排出量と、我々は将来どこを目指すのかということを示した絵です。上からタイ、中国、上海、日本とありますが、私がこれから扱う都市を見ると、都市によって相当の幅がある、ここでは東京、北九州の 2 つを出しております。

東京は製造業がほとんど無い、一方で北九州は非常に重工業が発達しているということがありまして、排出量はこんなに違う、3 倍ぐらい違いますね。東京で言いますと、既に上海よりも少ない、あるいは上海がこんなに増えているということになるのですが、このような都市の CO_2 を減らす場合には、都市の中でどのような活動が行われるか、そしてそれぞれの活動から排出される CO_2 をどのように減らしていくのかということがポイントになっていきます。

基本的な低炭素都市の戦略をここに挙げました。エネルギーの供給側と需要側のマネジメントをするということが基本になります。

その中でエネルギーの供給ということで言いますと、燃料の選択、再生可能エネルギーの導入、そして発電の効率の向上というものが挙がりますし、需要側で言いますと、都市ですからやはり家庭部門が非常に大きい、また商業およびオフィスのセクターも非常に大きいです。そして交通が非常に大きいという、このディマンドをどのように減らすかというのが大きい問題になってきます。

そして、それに加えて Urban form と書いていますが、これは都市のかたち、都市の構造と言ってもよろしいですが、都市の構造をどのように変えていくかということが、都市の固有の問題として上がってまいります。このような都市における CO_2 の排出とその削減を考える時に、どのように解析すれば良いかということを、少しお話をしたいと思っております。

都市からの CO_2 を解析する時には、非常にきめの細かい解析から、また日本全体を扱うところまでを幅広く考えなければいけません。非常に細かい解析というのは、例えば今私たちは飯田橋の駅の近くにおりますが、この辺りで地域冷暖房をやろうとすると、どの範囲までエネルギーを供給すれば、どれだけ CO_2 が削減できるかということの解析、これが細かいスケール。一方で日本全体として都市の人口が変わっていく時に、どのように CO_2 が減っていくのかということは非常にマクロな解析で、この両方をやらなければいけないのです。

都市におけるさまざまな活動の解析をやる時に、非常に有用なツールとして地理情報システム、GIS があります。けれども GIS が常に一番のベストのツールかというとそうではないのです。ここに 2 つの例を挙げていますが、左側に書いているのは GIS を使うことが有効な例、右側は GIS ではなくて統計を使って解析するほうが有効な例です。

GIS を使うことが有効なのは、ここに絵がありますが都市の中の街区を取り上げて、この中にどのような建物が存在していて、どれだけのエネルギーが使われるか、電力が使われるかということを知る場合。あるいは都市の中での下水道のネットワークを解析して、下水の熱をどれだけ使えるかというこのような場合です。

このような場合には、この基本情報を基にして、ある範囲にどれだけ熱を供給できるかという解析

をやり、それによって CO_2 の排出削減を計算するということが必要になってきます。このようなときには GIS は有効なのですね。でもこれを日本全部にやろうとすると、とてもではないけれどもあまりにも膨大でできない。日本全体として GIS よりもむしろ統計資料、例えばある町の人口、あるいは建物の数、建物の種類、そして将来の予測値を使う方がよいのです。そのようなものが有効なのは家庭部門全体としての将来の CO_2 の動向、オフィス全体としての CO_2 の動向、そのようなものを見る時です。必ずしも GIS の情報は必要ではない。むしろこのような従来からある統計データを使う方が必要で、有効だということです。

私たちのチームでは、このように細かい解析とそれから網羅的な日本全体を扱う解析の両方をうまく組み合わせるということを心がけて解析をしてまいりました。このスケールが違う解析というのがひとつのポイントですが、もうひとつのポイントはとりわけ電力の需要と供給の間の相互関係です。都市で消費される電力というのは非常に大きい、それは主として建物で使われるのですが、この電力の需要によって発電側で使用する燃料が変わってくる。そしてさらに発電する側の使用する燃料が変わりますと、建物で省エネルギーを行った時の CO_2 削減効果がまた変わってくると、そのような関係があります。

非常に簡単な例を挙げますと、これは夏の 1 日の発電側のエネルギーの燃料の分布を示したものですが、夏の昼間のピークの時には化石燃料をたくさん使うが、朝の早い時間、夜はあまり使わない。そうしますと昼に省エネルギーを行った方が CO_2 がたくさん減るということになるのですね。これを都市全体として解析するとどのようになるのだろうか、太陽電池で発電するとどのようになるのだろうか、その辺りの解析が必要だろうという認識を私たちは持って、解析を行ってまいりました。

さて、最終的には日本全体の都市から排出される CO_2 を我々は対象にしたのですが、やはりいくつかの都市について詳しく見ていくということから始めました。その時にさまざまな規模の都市を対象にしました。大きい都市から小さい、中くらいの都市まで、そして寒い地域から暑い地域まで行いました。

この後の例でいくつか出てまいりますのが宇都宮という都市です。海外の方はおそらくあまりご存じないと思いますが､宇都宮というのは人口がここに書いてありますとおり 44 万人という都市です。中くらいの都市ですね。そんなに目立たない都市ですが、これからの日本全体の都市の CO_2 の削減を考える時には東京、大阪のような巨大な都市よりもこれぐらいの中規模の都市をどのようにするかということを考えていかないと、日本全体としては答えが出ないだろうということを私たちは考えまして、あえて 40 万規模の都市を対象として詳しい解析を行いました。

ここに出しましたのは、住宅部門からの CO_2 の排出削減に関する解析を日本全体でまとめたものです。このグラフの背景には都道府県ごとの数字があるのですが、ここでは日本全体の値を示しております。現在から 2050 年まで CO_2 の削減を評価するのですが、この中には先ほど藤野さんから説明がありました将来の人口のシナリオ、それから一戸建てと集合住宅がどのように変わっていくかというシナリオも含まれています。

日本の場合には人口が減ってまいりますので、日本全体としては家庭部門から排出する CO_2 が、いわば自然に減る部分がある程度あります。それに加えて建物の対策でどれだけ減るか、あるいは建物に使う電力の対策でどれだけ減るかというのを示したのがこの図ですが、ここに電力の炭素原単位の改善によって減る部分と住宅側で減る部分の両方を示しております。両方を足し合わせると 60%減らすことができるだろうというのが答です。

地域によって住宅の対策が有効な地域は当然違います。寒い地域では暖房に対する対策が非常に多く効きますし、暑い地域では冷房の対策が効くということで、この背景には、このような解析の合計が入っているということです。

ここに示しましたのは非常に小さい図ですが、都道府県ごとにどれだけ CO_2 が減っていく可能性があるかというのを示したものです。ここに東京の値がありまして、4 本の棒がありますが、一番左が 1990 年、次が 2050 年の Business As Usual、何もしなかった場合ですね。そしてぐっと下がっているのが 2050 年に電力の原単位が下がった場合、そして一番右のこの紫が電力の原単位が下がり、建

物の対策を入れた場合ですが、ここでお話したいのはこの 4 つの棒の高さの関係が地域によって違う。なぜ違うかというと 2050 年に人口が大きく減っている都市もあれば、あまり減らない都市もある。また寒い地域と暖かい地域によって電力の使用量も違いますし、それから建物の対策の効果も違いますので、地域によって省エネルギーおよび電力の対策がどれだけ効果を持つかというのも違ってくるのです。我々は、このような地域の特性を活かして解析をするということをやってきておりまして、もし時間があればそれぞれの地域ごとの値も示したいところですが、先ほど示した全国の図をここではお示ししました。

もうひとつ重要な建物群は、商業およびオフィスの部分ですね。このような建物、業務という部分になりますが、業務の建物に対しても電力の原単位で下がる部分と、建物の改善で下がる部分、その両方がエネルギーの低下の理由としてあります。それに加えて長寿命の建物を使用することによって、建物の製造時の材料に伴って発生する CO_2 を減らすという対策も併せて考えております。結果だけ申しますと、70%程度の削減が日本全体として可能であるということを我々は計算をしております。

ここで話題を変えたいのですが、これは太陽電池です。太陽電池による電力の製造ですが、太陽電池による電力の製造を住宅の屋根に太陽電池を設置した場合を考えますと、これもまた地域によって違います。一戸建ての家がたくさんあれば面積が大きい。集合住宅が多いと面積が小さいということになります。ここに示しましたのは都道府県全部を比較したものですが、荒っぽく言いますとあまり違いが無い、どの都道府県も同じぐらいの発電量が期待できるということです。ところが、この発電量と需要とを比べると相当に地域による差がある。これはパーセントで書いているのは、太陽電池による発電が需要の何%を最大まかなうことが可能かという数字です。東京あるいは大阪、このようなところではオフィスが多く、また集合住宅も多いということですので、太陽電池でまかなえる割合が低い。けれども一方でここに鹿児島というのがありますが、鹿児島ですと 20%に達する。これは日射量の関係とそれから一戸建て、オフィスの占める割合が違うからこのような差が出てくるのです。このようなところでも地域の違いを見ながら、我々は解析をしております。

もっと細かい地域差ということで、ここで話をしたいのは、ある都市の中での住宅、それから業務施設の分布についてです。ここに示した例が 2 つありますが、左側の例は廃棄物を集めまして、それからメタンを作る解析をした例です。食品系の廃棄物を集めて、それを下水処理場に持っていってメタン発酵するという技術ですが、そのような解析をする時にどれだけの食品廃棄物の発生量が期待できるのかという解析からスタートしまして、実際にどの範囲に熱を供給することができるかという解析を GIS を使ってやることができます。これは GIS を使った解析例を示したいということで示した例です。

右側にあるのは下水熱を使った解析の例ですが、我々は今、この辺りにいるのではないかと思うのですが、これは東京の大手町、飯田橋、水道橋、大手町、霞ヶ関、ずっと流れていく、芝浦という名前の下水の幹線沿いに下水熱を利用する時の CO_2 削減についての解析です。冬には下水の温度の方が高いですので、下水の温度を使って地域冷暖房に応用するということができます。大手町辺りでそれが可能ですし、今動いているものでいうと、このすぐ隣の駅の水道橋の東京ドームのところで地域冷暖房で下水熱を使っています。これが潜在的にどれだけの量を持っているかということを、地理情報システムを使って解析をすることができます。

やはり地理情報システムを使った別の解析例では、これはごみの焼却工場から出る廃熱を使って地域冷暖房をする時にどれだけ CO_2 が減るだろうかという解析です。ごみの焼却工場の立地というのは、必ずしも熱の需要が大きいところではない、そのような場合が多いですね。それはごみの焼却工場が大体郊外にあるからなのですが、けれども都市によってはごみの焼却工場が都心に近いところがある。そのようなところでは熱を有効に利用することができるのです。これを地理情報システムを使って、このたくさんのごみの焼却工場に対して CO_2 の削減量を計算すると、ここにある年間 280 万 t というと、人口でいうと 28 万人分ですね。1 人 10 t ですから。そのぐらいの CO_2 を削減する可能性があるという結果が出てまいります。

やはり地域で考えるものに、地域冷暖房、それからコジェネレーションというのがありますが、こ

のような地域冷暖房あるいはコジェネレーションは、適応する地域が住宅地域かあるいは商業地域か、商業地域でも密度が高いかということによって効果が違ってくる。我々は都市の中にそのような対策を導入していく時に、効果を見ながら導入していく必要があると考えています。これを評価する時に、まずは GIS を使って評価をするのですが、それを日本全体に拡大して評価をしたいと考えました。これがすごく難しいのですね。全部の都市を GIS で評価するとできるのかもしれませんが、膨大な時間がかかってしまうので、それは必ずしも適当ではないと我々は考えました。

そこでいくつかの都市に対して、都市の密度と実際の CO_2 の削減量の関係を出しまして、それを使って日本全体としての CO_2 削減量を計算するということを行いました。これは字が小さくて大変申し訳ないのですが、それぞれの都市によってこのようなコジェネレーションと地域冷暖房を導入した時の CO_2 の削減可能性が違うということを示した例です。

これはマイクログリッドの例です。我々が電力を使う時に、いわゆる系統電力から来る電力だけではなくて、個別に発電する電力を使うことによって CO_2 を減らす、これがさまざまな可能性を持っているということが言われているのですが、それを具体的な宇都宮について示してみました。これが宇都宮なのですが、ここに太陽電池がある、そしてここにコジェネレーションがある。コジェネレーションは熱のネットワークを形成する。そしてこの青いのは電力のネットワークですが、熱と電力のネットワークの両方をこの町の中に作った時にどれだけ CO_2 が減るかと、そのような計算をやっております。

実際には宇都宮の中でこの全域を対象にして計算を行うのですが、そのような計算の中の一部をここに出しております。地域冷暖房でこのネットワークで熱と電気を供給していく時に、特に熱の場合には広い範囲に供給すると、逆に CO_2 が減らない。それはロスの問題、あるいはインフラストラクチャーとして配管を作らなければいけないという問題がありますので、あまり広い範囲に供給するのは賢くない。このようなものをそれぞれの地域を単位として、地域の中で評価するということを行っています。

これはとても規模の大きい話をここに持ってきました。これは電力の供給側が主に書いてあるのですが、我々の都市側の需要と電力の供給側がどのように対応するかということの例です。ここにありますのは、日本の 9 つの電力会社について、それぞれが排出する CO_2 が将来どのくらいどう変わっていくかということをシミュレーションした例です。

ここでの想定は、電力を発電する側は経済原理に従って発電するための燃料を選ぶ、あるいは施設を建設するということを想定しております。そのようなことをやりますと、炭素税が入った場合と入っていない時で CO_2 の排出量が相当に違ってくる。それは炭素税が入ってまいりますと、太陽電池がより導入しやすくなる、それから石炭が不利になるということが出てきますので、この丸で示してあるようにかなり高い金額の炭素税を入れますと、相当に CO_2 を減らすことができる。ところが炭素税を入れないと、なかなか CO_2 が減らないという結果がここに出ております。

これはその内訳を書いたものですが、炭素税を入れないと石炭がむしろ増える可能性もある。これは価格的に有利になってくると増えるということです。このような解析を都市側の省エネルギーの導入と併せてシミュレーションするということを私たちはやっております。これは炭素税が入った場合ですね。石炭が少なくなっている。

ここに示してありますのは、プラグインハイブリッドの電気自動車と電力の組み合わせです。自動車をどのように考えていくのかというのは、都市としても非常に大きい課題です。その中でここでは電気自動車を考えるのですが、この電気自動車が持つ面とハイブリッドカーが持つ面、両方を活かそうと考えております。左側に書いてありますのは、1 日の間の電力需要です。これは夏の一番ピークの時の電力需要の図を描いておりますが、ここで想定するのはプラグインハイブリッドの充電を夜間に行う。昼間は電力需要が非常に高いですので、この夜の谷になっているところで充電を行うと、それによって CO_2 の排出量の削減を最大にしようという、そのような考え方です。

ここにありますのは、CO_2 の排出量の図です。BAU に対して、まず電力の対策として CO_2 の排出が少ない電力源に変えていくことによって、CO_2 がここまで下がる。そしてプラグインハイブリッド

が入るのはここからですが、プラグインハイブリッドが入ることによって電力の需要は増えますが、当然石油の需要は減りますので、それを差し引いた分がこの削減分になるのです。石油が減って少し電力が増える。けれどもその電力が増える部分というのは、比較的クリーンな時間帯に使うということですので、あまり増えなくてもすむ。それから電気自動車を使うことによって、エネルギーの転換効率が高くなるということもありますので、これだけの削減が可能だということです。これは自動車と電力の供給を組み合わせて考えるということのひとつの例です。

我々は日本全体の物流のことも考えております。物流がなぜ発生するかというと、需要があり供給があるから発生する。その需要と供給が将来変わった時にどれだけ物流も変わるのだろうかということを推定しております。

シナリオチームでシナリオ A、シナリオ B と 2 つのシナリオがありましたが、それぞれのシナリオによって日本の中での人口の分布が相当に違います。シナリオ A の場合には、大都市に人が集まってくる。シナリオ B は日本の中では分かれて住むというシナリオですので、ものの流れも違ってくる、そのものの流れを A、B それぞれのシナリオについて示したのがこの図です。ぱっと見ただけでは分かりませんが、シナリオによって違いが出ています。

次にお話したいのは、コンパクトシティの可能性についてです。コンパクトな都市を作ることによって、CO_2 が削減できるであろうということでさまざまな取り組みがされているのですが、なかなか本当にコンパクトな都市を形成することによって CO_2 が減るかどうか、という評価が難しい面があります。

ここではコンパクトな都市を作ることによって、CO_2 が減る可能性がある事柄を 2 つ挙げています。ひとつ目はコンパクトな都市を作ることに伴って建物からの CO_2 の排出が削減する可能性です。これはコンパクトに密度が高い、このような地域を作ることによって、地域冷暖房の導入がやりやすくなるためです。先ほど宇都宮の例などでお示ししましたが、密度の高いところには地域冷暖房が入りやすい。けれども供給する距離を長くするとなかなか CO_2 が減らないということをお話しました。このことはとりわけ下水の熱、あるいはごみの焼却熱を使う時にあてはまるのです。そのようなことを考えますと、未利用エネルギーを使う、あるいは地域冷暖房を有効にするためには、都市をコンパクトにするということが建物からの CO_2 の排出を減らす道になるのです。また、一戸建てと集合住宅を比べると集合住宅の方がエネルギー消費が運用の時には低いということもありますので、コンパクトな住み方をすることによる建物からの CO_2 の排出を減らす可能性があります。

もうひとつは交通部門への影響です。こちらのほうが分かりやすいですね。コンパクトな都市を作りますと、自動車で通うのではなくて鉄道で通うことが可能になってくる。あるいは鉄道を作るほど都市の規模が大きくなくても、自動車で通う距離が短くなれば、それは当然に CO_2 が減るということですので、交通についてはコンパクトな都市が CO_2 の削減に貢献するということは分かりやすい。この問題については、おそらく後で交通チームにお話をいただけると思っております。

私たちはこのコンパクトな都市をモデル都市のひとつである宇都宮に対して適用した時にどうなるかというような解析もしております。ここで図だけを示しておりますが、難しいのは宇都宮だけというふうに閉じると、なかなか交通面のメリットを表現しにくいのです。このように閉じた都市で解析する時には、建物からの CO_2 は比較的計算しやすいですが、都市の間での動きがある交通についてはなかなか表現がしづらいということですが、建物由来の CO_2 についてもコンパクトな都市にすることによって減る可能性があるということを私たちは示しております。

これは最後のスライドです。我々は都市の解析をしてきました。都市の解析をするというのはどのような意味を持つかというと、地域によって CO_2 の削減効果が違う、それは地域によって CO_2 削減のための戦略が違うということでもあります。

ここでは典型的な 3 つの場合について可能性がある戦略を掲げてみました。まずは非常に大きい都市に対する戦略。東京のような都市ですね。このような都市の場合には効率を求めることによってエネルギー消費を減らすことがかなりできる。それは建物の効率もそうですし、あるいは交通の効率、公共交通機関の効率、また地域冷暖房で効率良くエネルギーを供給する。そこでここにキャップ・ア

ンド・トレードが出てきますが、キャップ・アンド・トレードを導入することによって、より効率の良い建物の使い方、作り方に変えていくということが機能する、そのような可能性があるのですね。

ところが中規模の都市についてはなかなかそうはいかない。中規模の都市でどんどん鉄道を作ろうとしても現状ではなかなか鉄道が入りえない。それはサービスを提供しても十分にビジネスとして成り立たないということがあります。中規模な都市をコンパクトなものにすることによって鉄道が入りやすくなる。最近、路面電車に類似の LRT でうまくいっている例として富山市が挙げられていますが、中規模の都市で都市の構造を変えることによって、鉄道を導入していくということがひとつの大きい対策になるだろうと考えております。このような中規模な都市の場合には、これは当然にそのような交通だけではなくて建物側の対策も必要になっていますが、思い出してほしいのですが私が出したスライドの中で太陽電池が貢献できる比率が高いのは、大都市ではなくてむしろ中規模のところだという話をしました。中規模の都市ですと、太陽電池を一戸建ての住宅に付けるということがかなり大きい意味を持つ。これは大都市よりも大きい意味を持ちますので、そのようなところを考えていくことが必要になってくる。

そして、ここに Small town with agricultural hinterland と書いてありますが、農業を後背地に持つような小さい町の場合です。この場合はバイオマスを使っていく。再生可能エネルギーを生産することによって地域の活性を維持し、またその地域の CO_2 のフットプリントを小さくしていく。あるいは余剰になった再生可能エネルギーを大都市に売るということも可能ですので、このような都市の場合には、都市というよりも集落という方がいいかもしれませんが、このような地域の場合には大都市とは違った戦略が当然考えられなければいけない。そしてこのような大都市から小規模な都市までの分布とそれからどのような戦略を取るかということがこの右側に書いてありますが、日本全体の計画とお互いにやり取りをしながら計画を作り、あるいは実行をしていくということが必要になってくるというわけです。時間がまいりましたのでこれで終わらせていただきます。どうもありがとうございました。

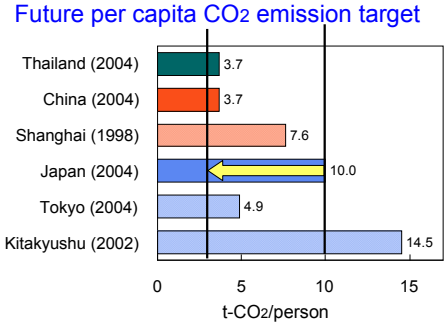
東京大学

都市の低炭素化のポテンシャルとその解析
Potential of low carbon city formation and its analysis

Department of Urban Engineering
Integrated Research System for Sustainability Science (IR3S)
The University of Tokyo
Keisuke Hanaki
hanaki@env.t.u-tokyo.ac.jp

1

Future per capita CO_2 emission target



Per capita CO_2 emission in Asian countries and cities.

2

Strategy for Low Carbon City

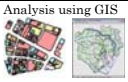
Energy supply side and Demand side management

- Energy supply side
  - Fuel selection, Renewable energy (forest, agriculture and urban sector)
  - Electricity technology
- Demand side
  - Household, Office & commercial, transportation
- Urban form change

3

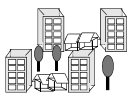
Approach of analysis of urban activity

GIS is useful, but not always necessary and convenient.

	Spatial distribution of land/buildings	Statistics (Amount of buildings, land)
Basic information	Analysis using GIS 	Number of buildings, building use, floor area
Analysis scale	District	Town, city, prefecture
Example of analysis	Effect of district heating using solid waste incineration heat Biomass utilization of solid wastes	Building improvement, Photovoltaic cell

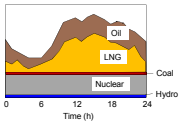
4

Interaction between power demand and power supply



Impact of demand change on fuel composition of power generation

Effect of fuel composition of power generation on CO_2 reduction



5

Target cities

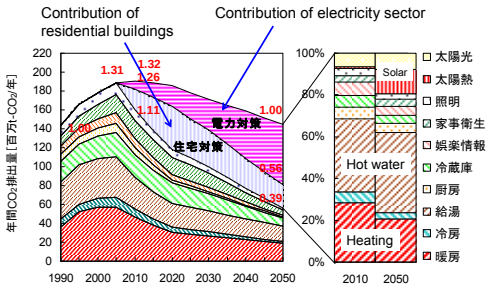
	Cold	Moderate	Hot
Mega	**Sapporo**	Tokyo	
Large	Sendai	**Hiroshima**	
middle	Hakodate	**Utsunomiya**	Kagoshima/**Naha**

City name	Area	Population	Solar radiation time	Heating degree days	Cooling degree days
	km2	In 1000	Hours/y	Degree-day	Degree-day
Sapporo	1121	1823	1774.8	2574	
Utsunomiya	312	443	1938	1416	47
Tokyo (23 districts)	617	8026	1847.2	855	148
Hiroshima	742	1114	2004.9	1033	150
Naha	49	126	1820.9		444

6

CO_2 reduction potential in residential buildings

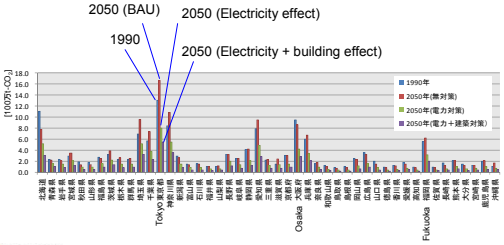
•60% reduction from 1990 level in all Japan



7

Prefectural difference in reduction from residential buildings

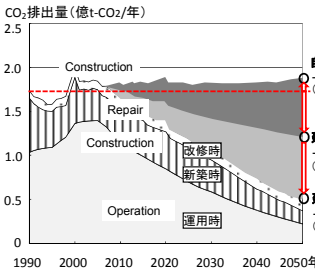
CO_2 emission reduction varies among prefectures depending on climate, population, etc.



8

Office and Commercial buildings

36% reduction by construction, 71% by construction + Electricity



BAU
+9% from 1990

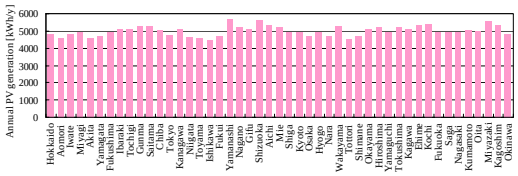
Building effect
-36% from 1990

Building + electricity effect
-71% from 1990

東京大学 9

Regionally estimated PV electricity generation

-3.5 kW residential roof-top PV system
-poly-Si solar cell and a module efficiency of 14 %
-solar radiation data of prefectural capital cities from METPV-2
-correction of PV output using monthly averaged air temperature

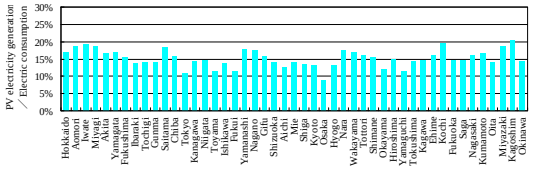


Maximum-Yamanashi : 5,700 kWh/y
Minimum -Ishikawa : 4,500 kWh/y
24 % difference

東京大学 10

Ratio of PV electricity generation to electricity consumption

annual PV electricity generation estimated
annual electricity consumption (2004)

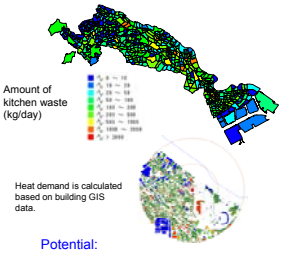


Maximum-Kagoshima : 20 %
Minimum -Osaka : 9.0 %

The ratio depends upon industrial and urban structures as well as degree of urbanization

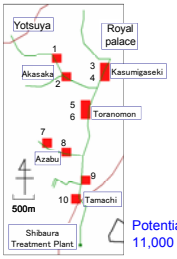
東京大学 11

Biogas and heat supply from kitchen waste & sludge In Kawasaki City



Potential:
12,000 t-CO2/y

District heating/cooling system using sewage heat in Shibaura zone, Tokyo

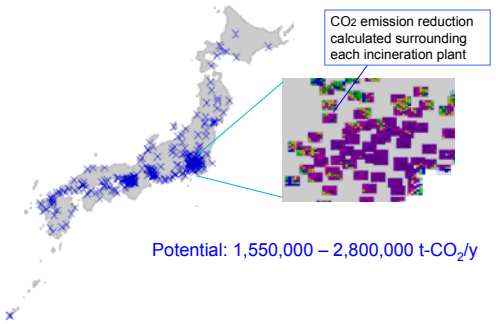


Potential:
11,000 t-CO2/y

Green line: Major sewer line
Brown line: Railway
Red: DHC installed

東京大学 12

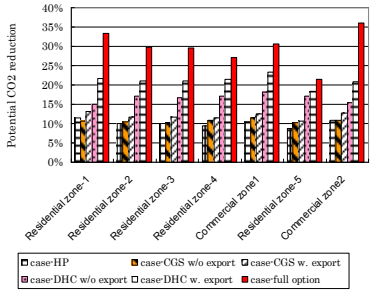
District heating/cooling using solid waste incineration heat



Potential: 1,550,000 – 2,800,000 t-CO_2/y

東京大学 13

Introduction of CGS/DHC, HP - Comparison of Seven Districts in Utsunomiya

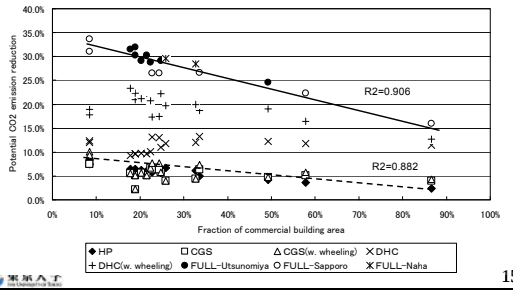


Potential CO_2 emission reduction from base case

東京大学 14

Summary for Potential CO_2 Reduction Sapporo, Utsunomiya and Naha

Relationship between the ratio of commercial building floor area to total building floor area and potential CO2 reduction (Sapporo+Naha+Utsunomiya)



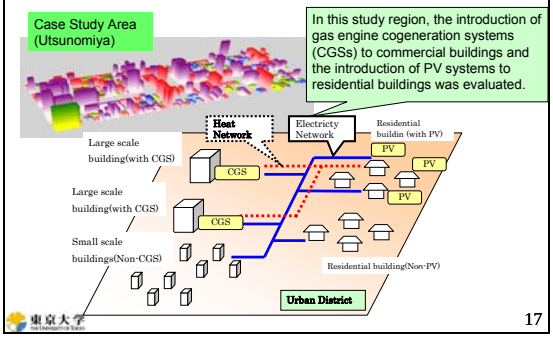
東京大学 15

Estimated results on potential CO_2 emission reduction in the urban area by HP, CGS and DHC with wheeling (aggregated by prefecture)

Prefecture	Potential CO2 reduction rate	Prefecture	Potential CO2 reduction rate	Prefecture	Potential CO2 reduction rate
Hokkaido	16.6%	Ishikawa	18.1%	Okayama	18.1%
Aomori	17.5%	Fukui	17.5%	Hiroshima	18.6%
Iwate	16.0%	Yamanasi	17.9%	Yamaguti	18.0%
Miyagi	18.7%	Nagano	17.9%	Toskushima	18.0%
Akita	15.9%	Gifu	16.5%	Kagawa	21.7%
Yamagata	17.1%	Shizuoka	21.0%	Ehime	18.8%
Hukusima	18.2%	Aichi	23.7%	Kochi	16.7%
Ibaragi	20.9%	Mie	19.3%	Fukuoka	24.3%
Tochigi	18.1%	Shiga	19.7%	Saga	19.6%
Gunma	20.7%	Kyoto	19.0%	Nagasaki	19.1%
Saitama	25.3%	Oosaka	30.0%	Kumamoto	18.5%
Chiba	21.6%	Hyogo	19.8%	Oita	17.0%
Tokyo	30.4%	Nara	22.2%	Miyazaki	17.5%
Kanagawa	29.5%	Wakayama	18.6%	Kagoshima	17.9%
Niigata	17.5%	Tottori	18.7%	Okinawa	21.9%
Toyama	18.4%	Shimane	16.3%	**Japan**	**18.6%**

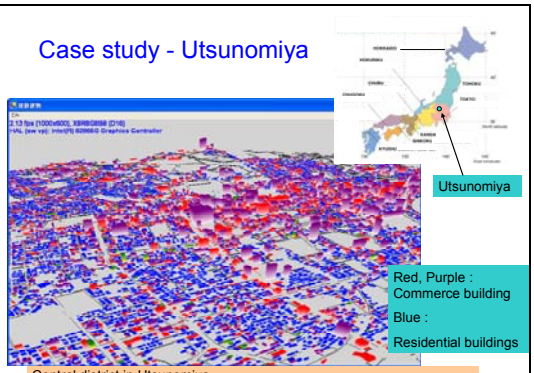
東京大学 16

Distributed energy supply network system



17

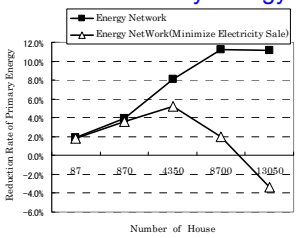
Case study - Utsunomiya



Central district in Utsunomiya
- Interminglement of residential buildings and commerce buildings.

18

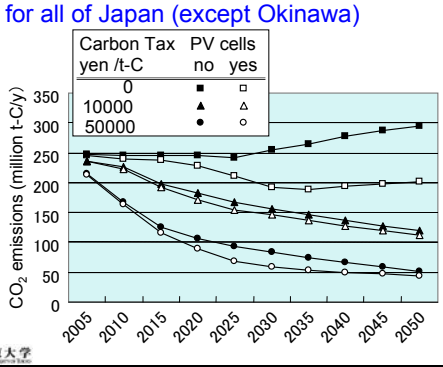
Reduction Rate of Primary Energy CO_2



The energy saving rate was the maximum when the number of residential buildings was under approximately 4000.

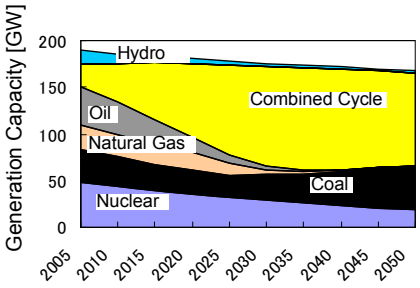
19

Simulation results of CO_2 emissions for all of Japan (except Okinawa)



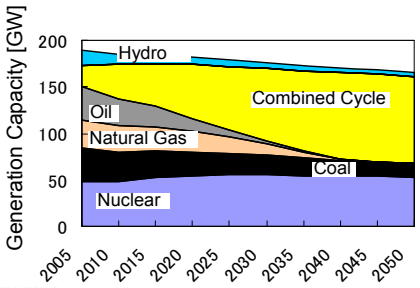
20

Optimized generation capacities for each power generation type (no PV Cells, Carbon tax = 0 yen)



21

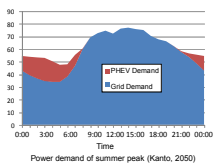
Optimized generation capacities for each power generation type (no PV Cells, Carbon tax = 10,000 yen)

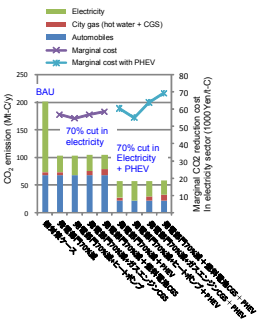


22

Impact of Introduction of PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) on electricity generation

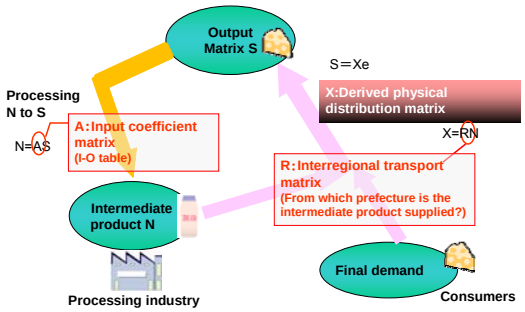
•Electricity demand by PHEV (max range 30 km) was calculated based on transportation data.
•Cost minimum operation of power plants.





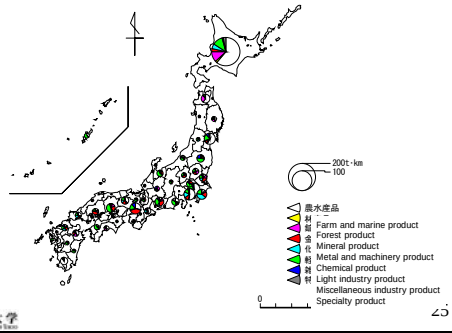
23

Calculation Method of Derived Physical Distribution



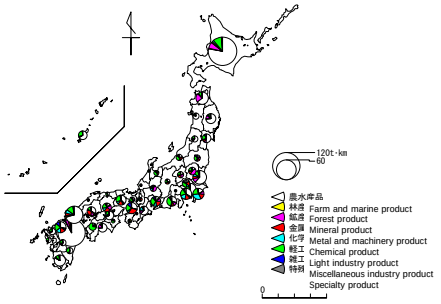
24

Output weight by product and by prefecture when 1000 kg of farm and marine product is demanded in Hokkaido



東京大学 25

Output weight by product and by prefecture when 1000 kg of farm and marine product is demanded in Tokyo



東京大学 26

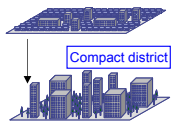
CO_2 emission reduction by compact city

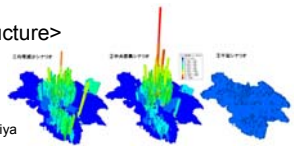
- Reduction from building
  - Effective heating/cooling by District heating system

<Compact district>

- Reduction from transportation
  - Modal shift to railway
  - Short trips

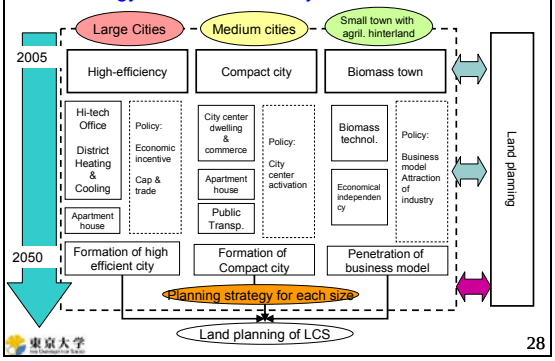
<Compact urban structure>





東京大学 27

Strategy for low carbon city with various scales



東京大学 28

Commentator

Shobhakar Dhakal（NIES, Global Carbon Project）

Thank you Dr. Moriguchi for the invitation, also to Prof. Hanaki for his excellent set of presentations. I think what Prof. Hanaki emphasized is the combination of some of the technological systems and some of the infrastructure systems that they have to go together in an urban-set system and where it works, and where it does not work. He explained the importance of a couple of very good newly emerging – I would say hotly debated energy systems for cities, especially issues like distributed generation, and district heating and cooling systems, smart grids, and some of the incorporation of some renewables into the urban energy systems through – in fact distributed generation and smart grids helps to add some of the renewable system into the urban energy system. This comprehensive analysis of supply-side and demand-side and the scale of urban system is very rare, because we haven't seen many such studies at the urban scale, as urban as a unit of analysis. I think in that respect, not only for Japanese context as such, but even the result of this study is quite important for urban scale energy and carbon analysis outside of Japan.

Also I think what is important to understand is that urban system has different technologies and different choices, so all these different technologies have to work in a bigger system, and every system and every technology has a niche. For the low-carbon city we have to tap those niche that exist for these different low-carbon technologies into the urban system, and we have to match and create a bigger system applicable for cities. This is what I got as the important message from your talk, that basically calls for a system integration. System integration at the level of technology, system integrations at the level of infrastructure, system integration at the level of urban form and land use planning. This whole system in perspective is what was missing for a long time and which is very very important.

Two other things I would like to add and probably Prof. Hanaki partly talked about but I would like to emphasize is one the issue of consumption, and the issue of sink for cities, which are, I think, very important for the concept of low-carbon cities because by definition a city cannot be sustainable. That is what Prof. William Rees, one of the key persons behind ecological footprints, says that a city cannot be sustainable on its own, because a city has very large footprints, that is why they are the key to sustainability because a lot can be achieved by doing intervention in cities. That means cities' footprints extend far beyond its territorial boundary.

How we frame these consumption issues and for what cities should be responsible, for what cities should not be responsible? I think that kind of issue also affects the type of strategy we make for low-carbon cities, and also for sink; whether we are going to include sink in the debate. We know that for the large cities, probably sink is not very important.

I agree for the Japanese context, but when you go outside of Japan, for example, you go to the city like Canberra, cities in South Africa, go to Southeast Asia, sink issues could also be part of the low-carbon strategies.

Lastly, I think that-on Prof. Hanaki's last slide, on the urban typology and different set of actions of urban typology, those are very excellent slides. I am quite aware that putting such kinds of city typology is always very challenging, and it is not very black and white always, but I think that it is very well done, but I will be curious how these strategies will change if sink, and some of the consumption issues are added as one of the components in the low-carbon city scenario.

森口先生、ご招待に感謝します。また花木先生には素晴らしいご発表をいただきました。ありがとうございます。

さて、花木先生が強調されましたのは、技術的なシステムやインフラストラクチャーのシステムの組み合わせと、その双方を都市システムの中に共に組み込んでいく必要があるということ、そしてどのような場所（場面）でそれが機能するか、しないかということでした。花木先生は、とても素晴らしい最新の成果の組み合わせを紹介し、その重要性について説明されました。――私が特に熱心に議論したいと考えているのは、都市のエネルギーシステムについてですが、特に分散型電源、地域冷暖房システム、スマートグリッドや、都市のエネルギーシステムの中に再生可能エネルギーを組み込むなどの話題について議論したいと考えています。――実際に分散型電源やスマートグリッドは、都市エネルギーシステムの中に再生可能エネルギーシステムを付加することを助けています。このような需給サイドや都市システムの規模に関する包括的な分析は非常に希少で、都市規模や都市のユニットに関する分析をこれだけ多く研究されている例を見たことがありません。これは賞賛に値すると思います。また、このような日本のコンテキスト（文脈）の中だけでなく、この研究の成果は日本外での都市スケールのエネルギーや炭素分析についても極めて重要であると思われます。

また、重要なのは、都市システムに色々な技術を適用し色々な選択をするとき、これらすべての多様な技術が、より大きなシステムの中で機能することが必要で、全てのシステムや全ての技術がうまく機能する適所（生態的地位、ニッチ）を得る、ということを理解することです。そして低炭素都市実現のためには、これらのニッチ、多様なこれらの低炭素技術を都市システムの中に存在させるためのニッチを開発していく必要があります。そして、都市に適用が可能なより大きなシステムを創造し調和をさせることが必要なのです。私が花木先生のお話から得た重要なメッセージは、基本的にシステムの統合化といわれるものだと思います。技術的なレベルでのシステム統合化、インフラストラクチャーのレベルでのシステム統合化、都市構造や土地利用のレベルでのシステム統合化、というものです。このような全貌を見通した全体的なシステムという考え方は、長らく見逃されてきましたが、これは本当にとても重要です。

また、2 点付け加えたいと思います。これは花木先生も部分的におっしゃっていましたが、消費に関する課題と都市の吸収源（シンク）に関する話題について強調しておきたいと思います。これらは、低炭素都市のコンセプトとしてとても重要だと思います。なぜならこの定義の仕方によって都市は持続可能ではなくなる可能性があるからです。このことは William Rees 先生――この方はエコロジカル・フットプリントを提唱した方ですが――その先生は、都市というのはそれ独自で持続可能性を達成することはできないということを言っていて、その理由は、都市はとても大きなフットプリントを有しているからだとしています。そのことが都市の持続可能性の鍵となる理由は、フットプリントの大部分が都市間に介在する要素によって成り立っているからです。すなわち、都市のフットプリントは陸域の境界を越えてはるかに大きく拡大しているということになります。

このような消費に関する課題をどのように位置づけていくか、都市がどこまで責任を持つのか、持たないのかについてどのように位置づけていくべきでしょうか？その責任の分担の仕方というのも、低炭素社会を目指した戦略づくりに影響を及ぼすかと思います。また、吸収源についても、どこの吸収に含めるのかを議論していく必要があると思います。大都市に関して考えますと、おそらくこの吸収源というのはそれほど重要ではないかもしれませんが。

日本のコンテキストで考えればこのことは同意できるのですが、日本の外で考える場合、例えばキャンベラ市やあるいは南アフリカの都市、東南アジアの都市で考える場合には、このような吸収源を低炭素戦略の一部として考えるほうがいいのかもしれません。

最後に、花木先生の最後のスライドでは、都市の類型化（タイプ分け）をした上で、その類型（タイプ）に応じてどのような戦略が有効かを示していたと思いますが、このまとめのスライドは大変素晴らしいものだと思いました。都市をどのようにタイプ分けするのか、これ自体とても難しくて挑戦的なことと思いますし、常に白か黒かと決められないところがあると思います。しかしここでは非常に上手にまとめられたと思います。また、吸収源や消費に関する課題が低炭素都市のシナリオの要素

に加わった場合、これらの戦略をどのように変化させていくかについて、とても興味をそそられます。

Jiang Kejun（国家発展和改革委員会能源研究所，中国）

どうもありがとうございます。この話題は非常に好きなトピックです。都市というのは重要だと思います。2 点だけ質問があります。ひとつは、Dhakal さんのコメントに関連するものですが、まず都市を比較する際に、電力に関する 1 人当たり CO_2 排出量を含めて比較しているのでしょうか。二点目は、中国の 2050 年におけるシナリオで、家庭部門ではどのようなライフスタイルが実現されているのかということを考えたのですが、その参考にしているのは日本なのです。つまり日本かアメリカと、私たちの選択肢のひとつになっているわけです。

これまで、つくば市やそのほかの都市などについて取り上げられていましたが、コンパクトシティというものを考える時、長期的に見てこれが日本で本当に実現できるのかどうかは分かりません。おそらくもっともっと、東京の周辺では一戸建ての家が増えていくのではないかと私は思うのですが、そのような観点から、日本の家庭部門で住宅がどのような方向に進んでいるのか教えてください。

花木 啓祐

電力から出る CO_2 を誰が責任を持つものにカウントするかというのは、いろいろな議論がありますが、我々は都市が電力の消費に責任があるので、電力の CO_2 はここでも入れております。それから先ほど Dhakal さんの質問、あるいはコメントの中であったシンクをどう考えるかということと、それから最後のコンパクトシティとの関係がありますので、少しそれをお話したいと思います。

かつて 1960 年代、70 年代の頃には日本はどんどん人口が増えました。都市にどんどん人が集まってくるので、どうしてもスプロールが起きたのです。一戸建てが広がっていくのでコンパクトシティはできなかったのです。今もできていません。けれども我々が可能性があると思っているのは、これから人口が減ってきますので、人口が減る中でうまく人が住む場所を変えていくことができると、コンパクトシティができる可能性があると、そのように思っています。

そしてそのようにしてコンパクトシティができますと、今度は、従来は町が広がっていたところが、その土地利用が自由になりますので、そこを緑に使う、あるいは農業にする、それによって再生可能なエネルギーをつくる。もしくはエネルギーを作らなくても炭素の貯蔵あるいは吸収をそこで図るということが可能かなと思っております。

低炭素社会の交通

森口 祐一（（独）国立環境研究所　循環型社会・廃棄物研究センター）

ご紹介いただきました森口です。私はこの S-3 脱温暖化 2050 というプロジェクトの交通部門のチームリーダーを 5 年間務めてまいりました。交通チームでは、前期 3 年間と後期 2 年間とで重点的に取り組む内容を少し変えましたので、メンバーの交代も行っておりまして、ここにロゴで示しました 9 つの機関からの参加を得ております。今日お話しするのは、これら多くの機関から参加したメンバーによる研究成果のエッセンスです。

今日はこの 4 つの内容についてお話したいと思います。まず、日本の交通部門のこれまでのトレンド、あるいは現状ということについてお話いたします。

CO_2 の排出量については 1990 年、つまり京都議定書の基準年以降について議論されることが多いのですが、我々は 2050 年、今から 40 年先のことを議論しようとしています。したがって、より長期的なトレンドを見ていく必要があるのです。これは過去 40 年の日本の CO_2 排出量を部門別のトレンドとして示したものです。1973 年、オイルショックの年を 100 とした指数で示しています。オイルショック前は各部門とも GDP、この黄色で示したのが GDP ですが、GDP にほぼ比例するかたちで増加していました。

しかしオイルショック以降のトレンドは各部門によってかなり異なります。産業部門、この水色のグラフですが、これはオイルショック以降、高いエネルギー価格への対応が進み、現在の排出量はオイルショック当時と比べて絶対値で見てもより低いレベルにあります。発電などのエネルギー転換部門、あるいは先ほど午前中も議論がありましたが民生部門、このようなところはオイルショック以降しばらく横ばいでしたが、最近排出量が増えています。

我々のチームが対象とした交通部門はこの赤のグラフでして、オイルショック後もこの黄色の線で示した GDP に寄り添うように排出量が伸びてまいりました。特に 1990 年前後には GDP の伸びを上回るような増加を見せていました。幸い 90 年代の後半に入りまして伸びは止まり、最近は下がりはじめています。この辺りの原因につきましては、この後詳しくお話をしたいと思います。

今、部門ごとのトレンドもお見せしましたが、このグラフは CO_2 の排出量の絶対値で見た交通部門の位置づけです。日本では発電等のエネルギー転換部門と製造業とが約 3 割ずつを占めておりまして、交通部門は約 2 割です。欧米諸国に比べるとこの 20%というシェアはやや小さめということになります。

鉄道、海運、航空、このようなところの排出も無視できないのですが、交通部門からの排出に占める割合は、これら 3 つを合わせましても 10%に満たない量です。何といいましても自動車、すなわち乗用車、トラックなどからの排出が交通部門では重要です。

なお、窒素酸化物（NOx）等の大気汚染物質についてはトラック、いわゆる貨物車がとかく悪者にされがちですが、CO_2 につきましては自動車のうち約半分あまりが乗用車からの排出で、先ほど示しました 90 年以降の排出の増加の主に乗用車が寄与しております。その原因としまして、やはり車の数、保有台数が増えたということが挙げられますが、その内訳を少し見ていきたいと思います。

オレンジ色が軽自動車、それからグリーンが小型乗用車、ブルーが普通乗用車、日本の方は良くご存知だと思いますが、このブルーの部門はいわゆる 3 ナンバー車です。ナンバープレートの登録地の後の二桁、三桁の数字がついておりますが、これが 3 ではじまるクラスです。一番上のグラフが保有台数、二番目の折れ線が前年度に比べて保有台数がどのぐらい増減したのか、それから三番目が、下のグラフが新規の販売台数です。

90 年以降、3 ナンバー、つまり大型の乗用車が増えてきたことが顕著に読み取れるかと思います。一方で最近では軽自動車も増えております。その間にある、いわゆる 5 ナンバー、従来からの小型乗用車が減り続けておりまして、これらを合計した保有台数はほぼピークを迎えているということが言えるのではないかと思います。こうした国内の市場が飽和しつつあったところに、昨年秋以降の世界同時不況

で世界的に需要が冷え込んでおります。それが最新の状況かと思います。90 年頃から 3 ナンバーの車が急速に増えたということですが、これはひとつには 89 年に消費税が導入された時に物品税が廃止されまして、大型の乗用車に対する税が軽減された、より安い税負担で大きな車が買えるようになったということがあります。以降、このように日本の車、社会全体としての平均燃費というのは悪化し続けてまいりました。

一方、2000 年には低燃費車、燃費の良い車に対する優遇税制が入りました。そのような税制改革がありました。技術による燃費改善の効果を、この頃も燃費は当然、技術的に改善されてきたのですが、大型化による悪化が上回ってきたのですが、2000 年頃からはこのように国全体で見た燃費も向上しているということです。

それでは、以上お話した過去からのトレンドや現状分析を踏まえて、交通分野の今後のシナリオ、あるいはビジョンにつきまして 2020 年頃、それから 2050 年頃の二つの時期を想定してお話をしたいと思います。

二つの時期と申しましたが、午前中、藤野のプレゼンにも同じようなグラフが出てまいりましたが、この研究プロジェクト全体としても 2020 年頃に向けた中期と、2050 年頃に向けた長期、この二つを見据えて研究を立ててまいりました。2020 年頃からは、研究を開始した時から数えましても 15 年程度しかありませんので、いわゆるフォアキャスト、今からどのような技術をどのように普及させていけば、どの程度まで CO_2 が下げられるのであろうかと、このような予測を行いました。その際、特にリードタイム、対策をはじめてから効果が表れるまでにかかる時間、時間の遅れですね。このようなことにも注意をいたしました。

一方、2050 年という長期を見据え、また 6 割から 8 割といった非常に大きな排出削減について考える場合には、現状から延長していってそれでどうなるのだろうかと、このような予測的な発想だけではなかなか目指すべきところには到達できません。既に午前中の藤野の発表でも触れましたが、バックキャスト、すなわち、まず到達すべき目標点を定めて、そこに到達するための道筋を探索するような、そのような考え方が重要です。

2020 年に向けた中期的な検討では、自動車技術の評価に力点を置きました。先ほどお示ししましたように、交通部門の排出の 9 割以上が自動車からです。むろん自動車以外の交通手段に切り替えていく、つまりモーダルシフトですね。このようなことも非常に重要ですが、そのためには都市づくり、国土づくりを変えていく必要があります。2020 年までにできることは、残念ながら限られていると考えていまして、そのような意味では燃費の良い、CO_2 排出量の少ない自動車を普及させていく。これが 2020 年に向けては現実的な対策と考えまして、さまざまな自動車技術に関する情報を集め、蓄積いたしました。

自動車の走行距離当たりの CO_2 排出量を減らすためには二つの要素があります。ひとつは走行台キロ、よく台キロ、ヴィークルキロメーター(Vehicle-km)という単位を使いますが、1 台の車が 1 km 走るのに対してどれだけ燃料を消費するか、これはいわゆる燃費という数字です。これを小さくすること。もうひとつは低炭素化とこのプロジェクトは呼んでいますが、燃料を低炭素化していくということです。現在の燃料はほとんど石油からできていますので、ほとんどこの数字は一定なのですが、そこを何とか下げていけないかということです。

このため、Well to wheel という考え方をしています。Well というのは井戸、すなわち油田などのエネルギー源を指しておりまして、Wheel というのは車輪ですね、車の回転です。その途中にあるタンク、これは燃料をどのように積むか、あるいはバッテリーで電気を積むのか、このようなことも自動車技術にとって非常に重要なポイントです。このような一連の過程を取り上げて、どのような技術が本当に CO_2 を減らせるのかということを考えたのです。

もう少しこれを詳しくお話したいと思います。これは今お話した Well to wheel のうち、自動車に近い側の半分、つまりタンクから車の回転のところを取ったものです。従来生産されてきた自動車のほとんどが内燃機関、エンジンによって車輪を駆動してきました。それに対して電気自動車、これはモーターで車輪を動かします。最近ハイブリッド車、大変注目を浴びていますが、ハイブリッド車はエンジン

とモーターの両方を使います。この両方を使うことでハイブリッドと呼ばれているのです。

燃料電池自動車、燃料電池、Fuel cell の略称で FC ということで、よく略称で呼ばれますが、これもモーターで車を走らせるという意味では電気自動車の仲間です。違うのは電気自動車はバッテリー、蓄電池を車に積み、これから直接電気を得て車輪を駆動するのですが、燃料電池自動車、これは水素あるいは水素の原料になるものをタンクで車に積みまして、燃料電池と呼ばれる技術で車の上で電気を作る、そしてそれで車を走らせるということです。

いずれも、電気自動車もハイブリッド車も燃料電池車もモーターを使うというところがミソです。これはモーターの方がエンジンに比べてエネルギーの転換効率が高いからです。問題はそのためのエネルギーをどのように車に積むかということです。例えばガソリンタンク満タンのエネルギーを電池で車に積もうと思いますと、車自身が大変重くなってしまってかえって非効率になります。ただ一度にそれほど遠くに走らないなら、今日コンパクトシティの話もありましたが、近場で乗る場合でしたら電気自動車でも大丈夫だと、このようなことになるのです。プラグインハイブリッドという技術も最近出ておりますが、これは現在のハイブリッド車よりは大きめの電池を積んでそれに充電したものでして、これはハイブリッド車よりもより電気自動車に近い技術です。

いずれにしましてもガソリンや軽油など、現在いわゆるガソリンスタンドで給油しているもの以外のエネルギーを使う場合には、何らかの重点設備、新しいインフラが必要です。そのためにコストや普及のための時間がかかる、これがひとつの問題点です。

こちらは Well、井戸といいますか、一次エネルギー源からタンクまでのフローを見たものです。これまでのエンジン車はもっぱら石油に頼ってまいりました。石油を得て、これを運んできて、このルートで給油をするのです。最近バイオ燃料が注目されていますが、これは植物から油を取りだして、これをガソリンなどに混ぜるということです。あるいはそれの代わりに使います。ブラジル等では 100%バイオ燃料も使われているようですが。これはメリットは何かといいますと、燃料の供給設備がそのまま、ほぼそのまま使えるということです。

今日は詳しく触れませんが、燃料作物の生産やあるいは燃料への転換の段階でも実は温室効果ガスが排出されますので、Well to wheel 全体で見て温室ガスの削減効果があるのかどうかということは非常に慎重にみなければいけないのですが、車の排ガスとして出る分については、これはカーボン・ニュートラルということとして CO_2 の排出にはカウントしないというのが現在のルールです。

午前中のご質問の中で水素の話もありましたが、燃料電池自動車ですね、これは水素が必要です。水素自身を積む場合もありますし、ガソリンや天然ガスを積んで車上で改質といいまして、それで水素を作る場合もあるのですが、水素は、これは誤解しないでいただきたいのですが、電力と同じようにいわゆる 2 次エネルギーです。水素がどこからか掘れるというのではない、水素は作らなければいけないのです。水素を何から作るのかということによって、CO_2 の排出量が随分変わってきます。

自動車が走る段階では確かに水しか出ないのですが、化石燃料を改質して水素を作るのだと、作る段階で CO_2 が出てまいります。これはまた CCS で隔離貯蔵をするということも考えられるのですが、いずれにしても電力の場合にしろ、水素にしろそれを何から作るかということが非常に重要でして、電気自動車の場合にも、あるいはプラグインハイブリッドの場合にもその電力は一体何から作ったのかということが非常に大きく影響してまいります。今お見せした 2 枚のスライドで将来の自動車技術、あるいはその燃料には多様な組み合わせがあるということがお分かりいただけたのではないかなと思います。

これは今ご説明した Well to wheel 全体についての CO_2 排出量をさまざまな自動車技術に関して比較した例で JHFC というプロジェクトで報告が出たものを引用してまいりました。従来型のエンジン自動車では 1 台 1 km 走行当たり、大体 200 g ぐらいの CO_2 が出ます。ここに FCHEV（燃料電池車）を書いておりますが、これにつきましても原油から作ったものだとガソリン車と比べてそれほど変わらない。これがハイブリッド車ですが、ハイブリッド車とほぼ同じ程度にしかならないということで、何から燃料を作るかということが非常に重要です。

バイオ燃料については先ほども申しましたように、まだ評価が定まっていない面もありますが、燃料作物の生産、精製に必要なエネルギーを考慮すると、削減効果がほとんど無い、ガソリンと同じくらい

CO_2 が出るのだというケースがあるということが分かってきております。ちなみにバッテリー電気自動車、これはまだまだ 1 充電走行距離等に問題がありますが、日本の電力ミックスですと、この数字ですと 50 g 程度ということで従来のエンジン自動車の 4 分の 1 ぐらいの CO_2 の排出量ですむというアセスメントの結果になっております。

いずれにしましてもそのようなバイオ燃料の供給量の制約や本当に削減効果があるのかといった疑問、あるいは燃料電池自動車のコストの制約などを考えますと、これらを急速に短期に 2020 年に向けて普及させるということは困難です。本研究ではすでに実用化され、普及がはじまっているハイブリッド車の大量普及の効果について試算をいたしました。

これは 3 年ぐらい前に設定した極めて急進的といいますか、ラディカルなハイブリッド車普及シナリオでして、2020 年ぐらいまでに乗用車の 8 割がハイブリッド車に置き換わるという大胆なシナリオです。車の寿命が 10 年ぐらいありますので、2020 年に 8 割置き換わっているためには、もう 2010 年頃に買い換えていただく新車の全部がハイブリッド車でなくてはいけないと、そのぐらいのペースです。そうすると 2010 年までに年間 400 万台というハイブリッド車の生産能力を達成していかなければいけない。

そうするとこのシナリオを考えたのも 4 年ぐらい前なのですが、そこからやはり倍々で生産能力を増強していかなければいけないということでして、やはり自動車メーカーさんにとって、これはやはりあまりにも非現実的だなということをお感じになったのではないかなと思います。

ただ、我々がこのシナリオで示したかったのは何かといいますと、仮にそのような大胆なことをしたとしても 2020 年の CO_2 排出量、交通部門の排出量は 90 年レベルと同じにまでしか下がらない、BAU ですと 19%増になるものが、やっとプラマイ 0%にしか下がらないということを言いたかったのです。

ただし、このシナリオには幸か不幸か誤算がありました。この Business as Usual は道路整備計画の基になる交通量の将来見通しを基に計算をしていたのですが、実は最近のデータを見ますと自動車交通量は既に頭打ちになっておりまして、将来交通量、将来の予測交通量というのは当時の予測というのは過大予測です。最近見直されました。そこでベースラインシナリオでも 8%増ぐらいに止まるだろうというのが現在の見通しです。

そこで当時のラディカルなシナリオを作ってから 3 年ぐらい経っていますので、シナリオも見直しまして、最近、実際に自動車メーカーさんが設備投資をしておられるペースでこのように緩やかに生産設備が増強されていくというような、このようなシナリオにいたしました。この改訂シナリオでは 2020 年のハイブリッド車普及率、約 4 割ぐらいになっています。それでも交通量が下方修正されましたので CO_2 排出量は 90 年比 3%減ぐらいまでは下がります。

今、ハイブリッドについてだけお話しましたが、この 2020 年のシナリオでは他にもいくつかの仮定をおいております。一点大事な仮定は軽自動車の代わりにバッテリー自動車がかなり普及するだろうということを想定しています。また従来のエンジン駆動の乗用車、あるいはトラックということにつきましても多少の技術的な燃費改善がなされるだろうということを見込んでいます。ハイブリッド車や電気自動車の普及に加えて、交通需要管理、デマンドマネージメントが行われた場合には、90 年比 10%削減が 2020 年には十分できるのではないかと、このようなシナリオを立ててまいりました。

ここまでが 2020 年の中期のシナリオですが、次に 2050 年の長期のビジョンについてお話をしたいと思います。

先ほどハイブリッド車は、大量普及は中期のシナリオとしては現実的な手段であるということをお話したのですが、かなり大胆なシナリオで普及させたとしても、それだけでは削減効果は十分ではないのです。ここに示しました式は、交通分野の CO_2 排出量を大幅に減らすには、さまざまな対策を組み合わせてそれらの効果の掛け合わせですね、そのようなものを目指すべきであるということを示したものです。

交通分野の 1 人当たり CO_2 排出量はここに示しました 6 つの項目の積で表現できるのではないかなと思います。1 項目は 1 人当たりの移動の需要量、午前中でも需要量そのものを減らす、そこには手を付けないのかという話がありました。決して我慢しろということではなくて、IT などを使いますと、人

がわざわざ行かなくても用事が足りるということがあります。それによって、まず 1 人当たりの交通需要量を減らせないかということです。

2 番目は移動距離です。同じ何かものを買いたい、何かを見に行きたいと思っても近くに対象とするものがあればアクセシビリティが改善されれば距離は減ります。コンパクトシティになればここの部分が減ってくるのです。

3 つ目はモードの組み合わせです。自動車、鉄道等さまざまな、自転車といった手段、徒歩といった手段もあるのですが、そのようなものをなるべく CO_2 排出量の少ないような交通手段に変えていくというのが 3 番目の効果です。

4 番目は相乗りといいますか、なるべく 1 台の車にたくさん乗ろうということです。考えてみましたら定員 5 人の車にひとりで乗っていることが非常に多いのですね。電車はなぜ効率がいいかというと、たくさん人が乗っているからです。満員電車だと座れないのですが、電車も 5 つの座席のうちひとりしか座っていなかったら、決してそんなに効率が良くないのです。公共交通機関がなぜ効率がいいのかというと、座席数に対してきちんと人が乗っているからということがポイントです。

最後の 2 つは既に 2020 年のシナリオでお示ししましたが、いわゆる燃費を良くするということと、燃料をなるべく低炭素化していくということです。このひとつひとつの項目について、なかなか切り札となるものを探すのが非常に難しいのです。ただこの 6 つの項目がもし 2 割ずつ減らせれば、0.8 の 6 乗は 0.26 である、74%削減ができる。ですから 2 割ずつ、少しずつ頑張ることによって 7 割以上の削減ができると、これがミソであると思います。

もうひとつ大事なことは、交通は地域性が強く、地域によって有効な対策が非常に異なるということです。この地図は現在の自動車からの 1 人当たり排出量を市町村ごとに推計したものです。こちらのグラフは地域の類型ごとに集計したものです。全般に大都市圏では 1 人当たり CO_2 排出量 1 t 程度、それに対しては地方部では 2 t 程度ということですが、同じ大都市圏でも東京や大阪に比べて名古屋は多い。これはやはり自動車が非常に普及しているということです。

今後、日本の人口は減少いたしまして、2050 年には 1 億人を下回ると予測されていますが、大都市圏、それから地方、農山村などどのような地域の人口がどのように変化するかということは交通部門のエネルギー消費とも非常に深く関連しております。我々のシナリオでは公共交通の利用しやすい都市部への人口移動が起こる。都市部での人口はあまり減らず、地方部の人口が減少すると、このような仮定をおきました。

モーダルシフト、公共交通の可能性について少しお話をしておきたいと思います。このグラフは乗用車、バス、トラックといった車が、どの程度の距離帯を走るために、どれだけ CO_2 を排出しているかというものを推計したものです。例えばトラックによる貨物輸送の場合、数百 km 走っているもの、これは結構あります。このようなところは鉄道貨物などへの転換の可能性がありますが、数十 km のところですね。このようなところにも結構排出があるのですが、これをやはり鉄道に置き換えるということは難しい。乗用車の場合、10 km 未満あるいは 10 km から 30 km、このようなところへの距離帯の寄与が大きいですから、ここに公共交通機関が入り込めるかどうかというところは非常に大きなポイントになります。

これは、LRT、Light Rail Transit や BRT、Bus Rapid Transit と呼んでいますが、このような公共交通機関について、インフラの整備を含めて 1 人当たりの CO_2、1 人 1 km 当たりの CO_2 排出量がどの程度になるかを導入される人口と地域の人口密度との関係で見たものです。先ほど公共交通機関が、人がたくさん乗ってなんぼということを申しましたが、人口密度の低いところでは、下手をすると車よりもかえって悪いということになります。人口密度が増えるに従って、効率が高くなってくるのです。

LRT は人口密度で言いますと、6000 人とか 8000 人 / km^2 ぐらい、このぐらいのところまで来ますと、自動車の 5 分の 1 ぐらいの排出係数になってまいりますので、やはりそのようなところに積極的に導入していくということが期待されるのです。

午前中も富山の話が出ましたが、日本でもかつてはある程度大きな規模の都市には路面電車、トラムが使われておりました。自動車の増加とともに多くの都市で廃止されました。しかし、最近復活の動き

があります。ただ LRT を導入、復活させるだけではなくて、それに適した街づくりを同時に進めることが有効だと考えられております。低炭素都市を目指した環境モデル都市、このようなものに選ばれる中で、またそのような取り組みが加速されるのではないかと思います。

少し話が変わりますが、公共交通を利用しやすくするとともに、パーソナルモビリティ、先ほどやはり車にはひとりしか乗っていないといいましたが、やはり結構ひとりで動くことというのは多いのですね。やはり行き先も違う、行きたい時間も違う、ですからパーソナルモビリティを今後どのようにしていくのかということも重要です。

自動車は 1 t の重さがあって、1 人の人間が移動するために 10 倍、20 倍のものを引き連れて一緒に動いているのです。高齢化社会におけるモビリティの確保といったことも課題と合わせて、このような新しいモビリティのかたちを進化させていくということも重要ではないかなと思います。

かたちという点では、都市あるいは地域のかたちがとても重要です。公共交通が利用しやすく、より短い移動距離で必要なサービスにアクセスできるような地域づくりが重要です。アクセスが改善されれば同じ自動車を使う場合でも電気自動車やプラグインハイブリッド車などの活用範囲が広がります。このような地域を実際にかたち作っていくためには、大変に時間がかかるのです。やはり我々このような研究プロジェクトをやることで、将来のビジョンをこのような街に持っていくべきではないかという、望ましい将来の到達度を示す、それが第一歩になると信じております。

具体的な予測例をひとつ、戻って提示しておきたいと思います。仮にこのまま日本すべての地域で人口が均等に減った場合、公共交通が環境面でみても成り立たない地域というのがどんどん増えてまいります。こちらの 2050 年の予測図でピンクで塗ったところがそうですが、このようなところは公共交通よりも自動車の方が効率的だという答えになってしまいます。ですからそのぐらい人口がまばらになってしまうということです。DID、Densely Inhabited District と呼ばれますが、そのような人口密度の高い地域の人口を維持、あるいは人口密度を向上させるような施策の実施が必要だと考えます。

以上、お話してまいりましたように交通部門の CO_2 排出量の大幅削減のためには、さまざまな対策の着眼点を組み合わせて、これは縦軸に示しております、それを掛け合わせていくということが必要です。また横軸に示したような地域の特性に応じた対策を導入していくことが必要です。これは旅客交通による CO_2 排出を 90 年比 7 割削減していくために、それぞれの地域類型ごとの 1 人当たり排出量をどれだけ下げればいいのか、そのためにどのような手段に力を入れるのかということを試算、試算といいますか、半定量的に示したものです。このようにマッピングすることによって、どの地域でどのような対策をしていくことが有効かということを伝えていきたいということです。

同じように貨物輸送、あるいは少し貨物と一緒にくくってしまいましたが、都市間の旅客輸送というのは少し性格が異なりますので、こちらと一緒にグルーピングしてまいりましたが、同じように 7 割削減するためには、どこに着目していくべきかということを示したものです。

サプライチェーンマネージメント、物流そのもののマネージメントを変えていくということについては、やや控えめな数値を挙げておりますが、おそらくこの後は IT チームから、いやいやもっと下げられるよという応援をいただけるのではないかなと思っていまして、そうするとその分他の部分が楽になってくるということです。

いずれにしましても貨物輸送に関するこのような定量的な評価は、非常に難しいと思っておりまして、我々も 5 年間やった中で旅客はかなり緻密な議論をしたなと思うのですが、貨物はまだ引き続き定量的な取り組みを、研究もしていかなければいけない分野なのではないかなと思います。

2050 年までの間には不確実なことがたくさんあります。ひとつずつは詳しく触れませんが、例えばアジア諸国の経済成長の中で、将来の日本の基幹産業というのは一体何になっているのだろうなと。あるいは人口減少、高齢化の中で人口は都市に住んでいるのだろうか、地方に住んでいるのだろうか。あるいは移民はどのぐらい受け入れているのだろうか。このようなことたくさん不確実なものがあるのです。

記憶に新しいことをひとつだけ挙げておきますと、石油価格というのがあります。これは今日お話した交通、自動車技術に大変大きな影響を与えます。これは横軸にガソリン価格を取りまして、縦軸に 1

人当たりの年間のガソリン消費量を示したものです。この左上から右下への曲線状、これは価格弾力性の曲線ですが、これを見ながらも、つまり価格が安くなるとたくさん使いますよというカーブに乗りながらも、長期的には右上の方向、高くてもたくさん使う、つまりやはり国全体としては豊かになってきたのです。

現在 2006 年のプロット、この辺りでありまして、2007 年、2008 年この辺りにこういったかなと思うのですが、今安くなってどちらに向かっていくのか、こちらに突き抜けていくのか。これはやはり将来動向、非常に重要なところではないかなと思います。今回のガソリン価格の上下動というのが自動車の購買行動にどのように影響したのか。これは今後数年かけて慎重に分析をしていくべき、そのような研究テーマではないかなと思います。

では最後に、後 2 枚のスライドでまとめをお話したいと思います。これは先ほどのマトリックス上に対策を後押しするための政策措置の例を重ね合わせたものです。例えば燃費の良い自動車の大量普及には、燃費規制の強化やあるいは優遇税制、このようなものが有効であると思います。先ほど例えば 89 年の税制改革、2000 年の税制改革の前後で、これはたまたま一致した部分もあるかもしれませんが、燃費の悪化、燃費の向上ということと、時期的な非常に大きな相関があるということが見えたかと思います。

一方、このマトリックスの上の方ですね。これは例えばコンパクトシティということになりますと、都市の再開発に止まらず、いわば国土の再開発とも呼ぶべきより長期的な、大掛かりな改革が必要です。

最後にいくつかの要点をまとめておきます。2020 年に向けましては、ハイブリッド車などモーター動力を搭載した車の大量普及が現実的な対策と思います。一方 2050 年に向けては、あるひとつの特効薬を探すのではなくて、地域特性に応じたさまざまな対策を組み合わせていくということが重要です。

取り組みを進めるためには、目に見える、分かりやすい良い事例が必要です。繰り返しになりますが、ハイブリッド車が売れている、実際にハイブリッド車の燃費計を見ると、自分の車よりもはるかに良いところが見えるのですね。悔しいのです、これは。そうするとやはり自分も燃費のいい車がほしいな。モチベーションが沸くかもしれません。そのように見えるようにしていくというのは非常に重要だと思います。

また先ほど富山の例をお示ししましたが、いくつかの都市で LRT が導入され、路面電車の復活の動きが見える。これもひとつの目に見える分かりやすい例ではないかなと思います。

三番目ですが、温暖化対策以外の重要な社会的課題との協調を進めることが重要であると思います。特に高齢化、人口減少の中で地方の交通弱者への対応を考えるということは、今日お話したことと非常に共通性が大きい問題ではないかなと思います。

政策についてですが、我々十分な提案ができるだけの精緻な分析ができたと言えない面もありますが、繰り返しになりますが、過去の税制が自動車の購入行動を通じて燃料消費、CO_2 排出量に大きな影響を与えてきたということが読み取れます。CO_2 削減に資する選択に対する優遇税制は短中期的に作用する有効な政策のひとつではないかと思います。しかし長期的には土地利用と交通、この関係を見据えた地域計画づくり、国土計画づくり、これが重要ではないかなと思います。やや大上段に構えていけば国土の再生が必要ではないかと思います。

どうもご清聴ありがとうございました。

Path toward Low-Carbon Society: Japan and Asia
1st session: "The results of 'Japan Low-Carbon Society Scenarios toward 2050' Project" (Feb. 12th 2009)

低炭素社会の交通
Transportation in Low Carbon Society

(Updated, Feb.11th)

森口 祐一
Yuichi Moriguchi

脱温暖化2050プロジェクト交通チームリーダー
Team Leader, Transport Subproject, LCS 2050 Project

(独)国立環境研究所循環型社会・廃棄物研究センター長
Director, Research Center for Material Cycles and Waste Management, NIES

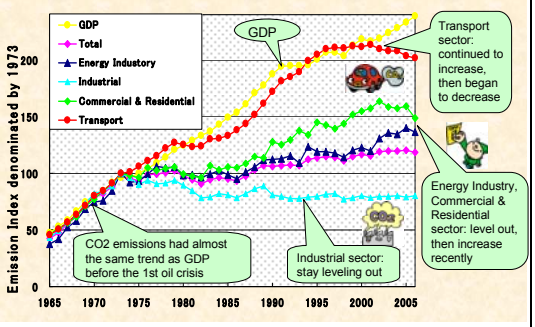
1

Contents

1. Facts and trends in Japanese transport (日本の現状)
2. 2020 Transport Scenarios: Technologies (2020交通シナリオ:技術)
3. 2050 Transport Visions: Combination (2050交通ビジョン:組合せ)
4. Conclusion (まとめ)

2

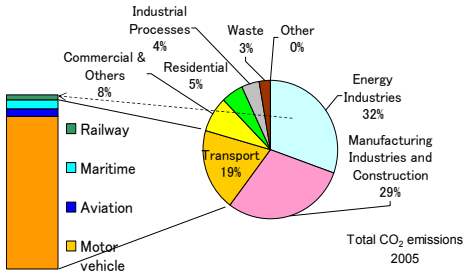
Trend of GDP and CO_2 emissions by sector in Japan



運輸部門排出量は1997年ごろまで伸び続けた

3

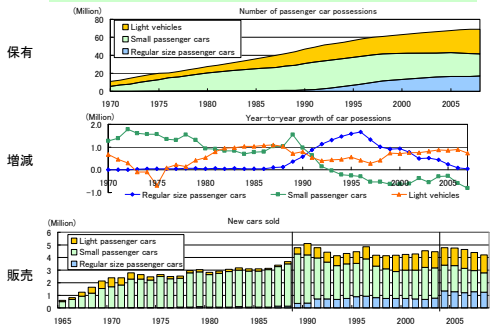
Share CO_2 emissions of transport sector



運輸部門は日本の排出量の約2割を占める。その大半が自動車からの排出

4

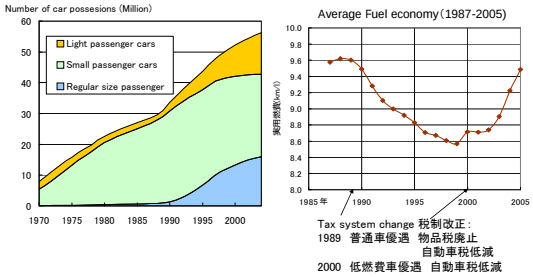
Trend of car possessions



乗用車の保有台数はピークを迎えた

5

Size of passenger cars has been getting larger and causes larger CO_2 emissions



税制の影響が明らか

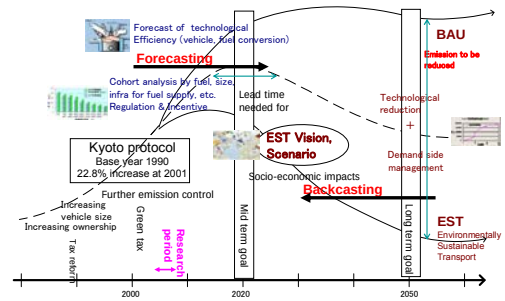
6

Contents

1. Facts and trends in Japanese transport (日本の現状)
2. 2020 Transport Scenarios: Technologies (2020交通シナリオ:技術)
3. 2050 Transport Visions: Combination (2050交通ビジョン:組合せ)
4. Conclusion (まとめ)

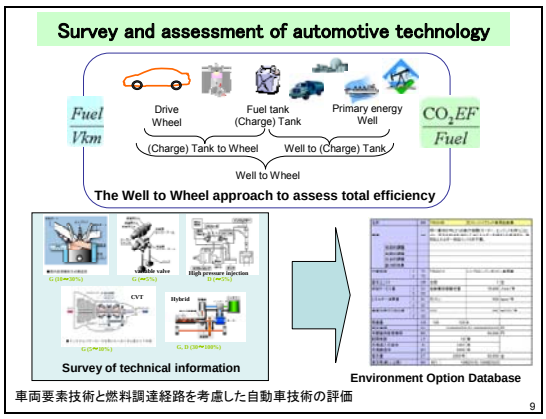
7

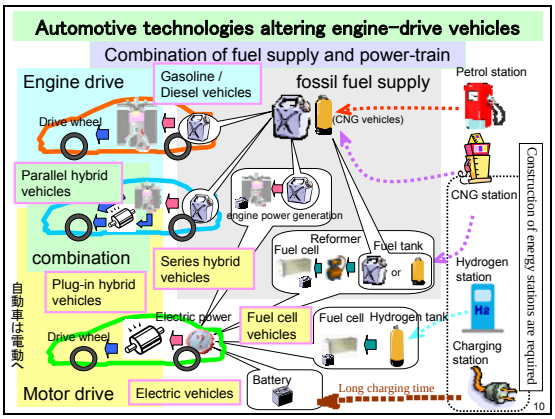
Overview of the project across time horizon

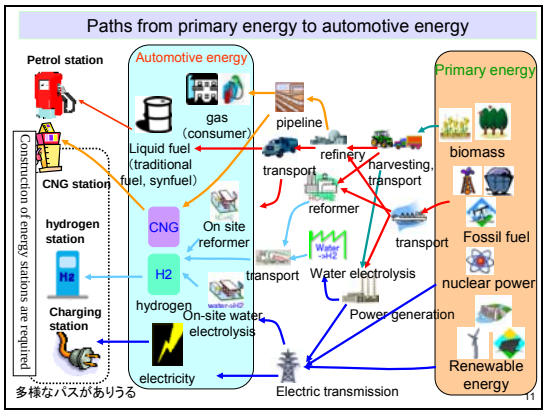


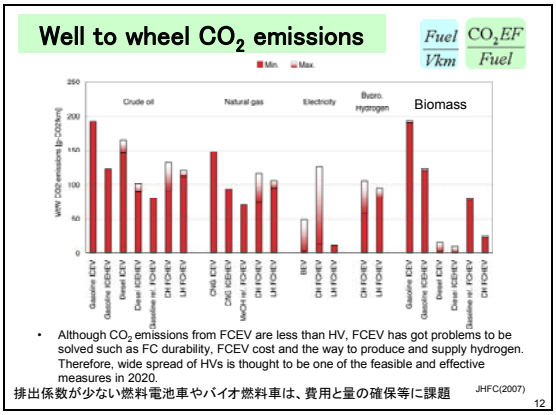
技術を中心とした2020年シナリオと需要変化を組合せた2050年シナリオ

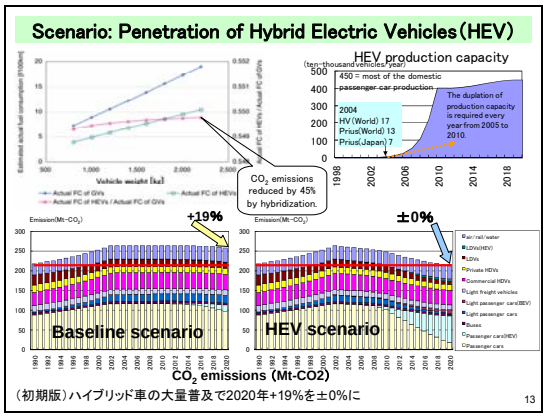
8

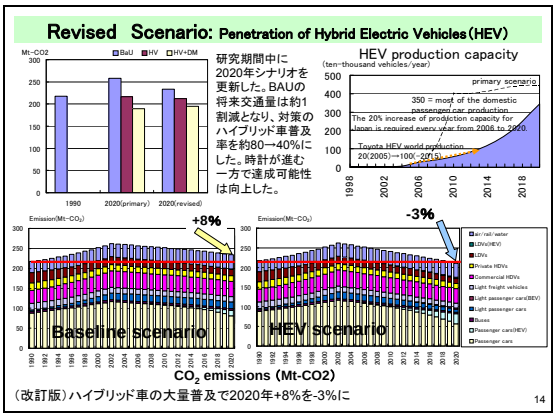












Outline of 2020 scenarios

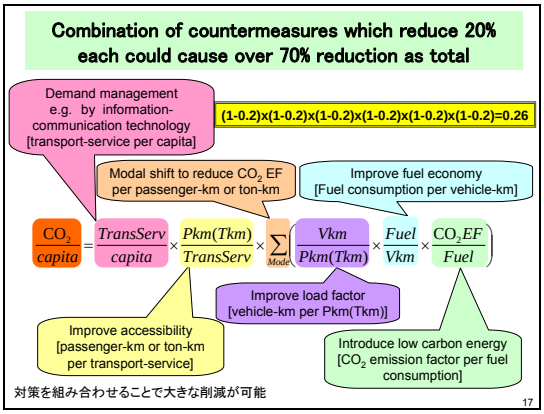
Scenario	Baseline	HEV	+Demand Management
Penetration of HEVs and BEVs	Pass. Car (PC) HEVs 20% Low duty vehicle (LDV) HEVs 10%	PC- HEVs 37% LDV-HEVs 20% Light PC-BEVs 37%	
Fuel consumption of HEVs	40% reduction compared with the current fuel consumption of gasoline / diesel vehicles. LDV-HEV reduce 20% of fuel consumption of current LDV's)		
Improvement of fuel consumption (to 2002)	PCs, buses, LDVs reduce 10% of fuel.	PCs 20%, Buses 10%, Mini car 10%, Heavy duty vehicles 5%, LDVs15%	
Traffic volume (to 2002)	3% decrease of PCs 7% decrease of freight vehicles (FVs)		PCs -13% FVs -16%
Air, rail, marine transport	5% reduction of fuel consumption of air, rail and marine transport. Air transportation increase by 20% compared with current volume.		
CO_2 emissions (compared to 1990)	+8%	-3%	-10%

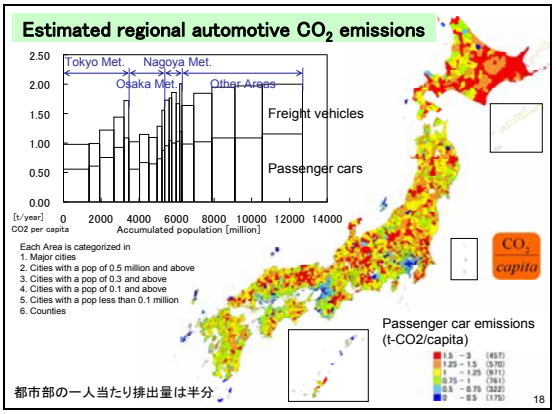
さらに交通需要管理により-10%へ
15

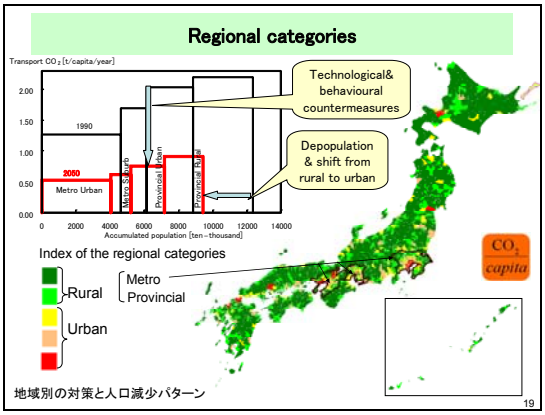
Contents

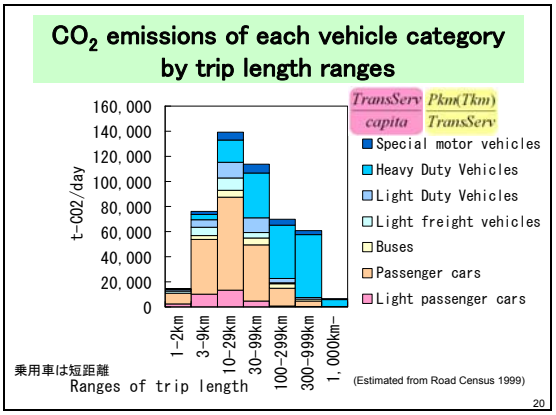
1. Facts and trends in Japanese transport (日本の現状)
2. 2020 Transport Scenarios: Technologies (2020交通シナリオ:技術)
3. 2050 Transport Visions: Combination (2050交通ビジョン:組合せ)
4. Conclusion (まとめ)

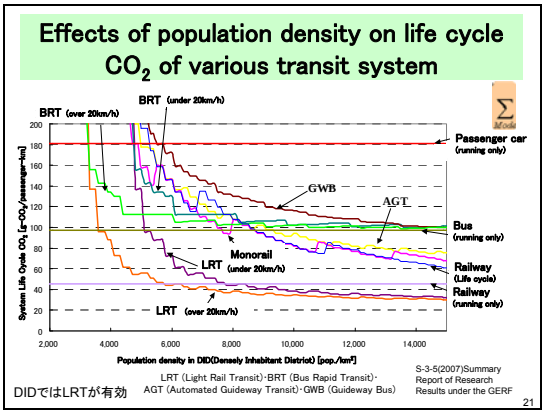
16

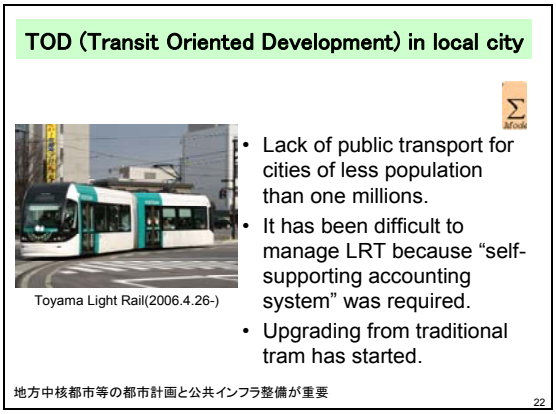

Combination of countermeasures which reduce 20% each could cause over 70% reduction as total
Demand management e.g. by information-communication technology [transport-service per capita]
(1-0.2)x(1-0.2)x(1-0.2)x(1-0.2)x(1-0.2)x(1-0.2)=0.26
Modal shift to reduce CO2 EF per passenger-km or ton-km
Improve fuel economy [Fuel consumption per vehicle-km]
Improve load factor [vehicle-km per Pkm(Tkm)]
Improve accessibility [passenger-km or ton-km per transport-service]
Introduce low carbon energy [CO2 emission factor per fuel consumption]
対策を組み合わせることで大きな削減が可能
17


Estimated regional automotive CO2 emissions
Tokyo Met.
Nagoya Met.
Osaka Met.
Other Areas
Freight vehicles
Passenger cars
Each Area is categorized in
1. Major cities
2. Cities with a pop of 0.5 million and above
3. Cities with a pop of 0.3 and above
4. Cities with a pop of 0.1 and above
5. Cities with a pop less than 0.1 million
6. Counties
Passenger car emissions (t-CO2/capita)
都市部の一人当たり排出量は半分
18


Regional categories
Technological& behavioural countermeasures
Depopulation & shift from rural to urban
Index of the regional categories
Rural
Metro
Provincial
Urban
地域別の対策と人口減少パターン
19


CO2 emissions of each vehicle category by trip length ranges
Special motor vehicles
Heavy Duty Vehicles
Light Duty Vehicles
Light freight vehicles
Buses
Passenger cars
Light passenger cars
t-CO2/day
1-2km
3-9km
10-29km
30-99km
100-299km
300-999km
1,000km-
Ranges of trip length
乗用車は短距離
(Estimated from Road Census 1999)
20


Effects of population density on life cycle CO2 of various transit system
Passenger car (running only)
Bus (running only)
Railway (Life cycle)
Railway (running only)
GWB
AGT
Monorail
LRT
Population density in DID(Densely Inhabitant District) [pop./km²]
LRT (Light Rail Transit)･BRT (Bus Rapid Transit)･AGT (Automated Guideway Transit)･GWB (Guideway Bus)
S-3-5(2007)Summary Report of Research Results under the GERF
DIDではLRTが有効
21


TOD (Transit Oriented Development) in local city
Toyama Light Rail(2006.4.26-)
Lack of public transport for cities of less population than one millions.
It has been difficult to manage LRT because “self-supporting accounting system” was required.
Upgrading from traditional tram has started.
地方中核都市等の都市計画と公共インフラ整備が重要
22

New concepts for personal mobility
電池搭載は小型近距離に適性
Toyota i-REAL
the Segway Human Transporter
Kawamura cycle KE
Yamato transport/ Electric bicycle with a cart
個人利用の軽量電動車両にも大きな可能性がある
(catalog information)
23

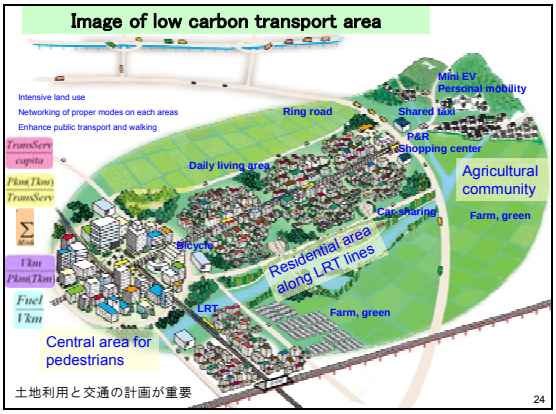
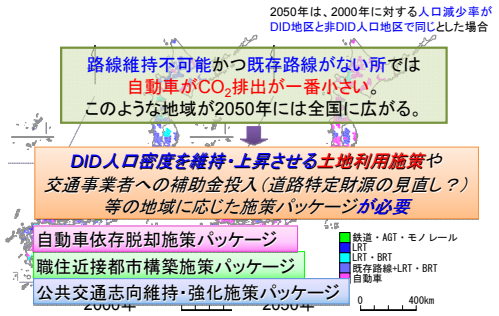


Image of low carbon transport area
Intensive land use
Networking of proper modes on each areas
Enhance public transport and walking
Mini EV
Personal mobility
Ring road
Shared taxi
P&R
Shopping center
Daily living area
Agricultural community
Car sharing
Farm, green
Bicycle
Residential area along LRT lines
LRT
Farm, green
Central area for pedestrians
土地利用と交通の計画が重要
24

Roadmap to reduce regional CO2 of passenger transport(Nagoya Univ.)

導入可能でCO_2排出が最小となる幹線輸送機関の分布



地域に応じた施策パッケージでCO_2削減

25

2050Vision: Passenger transport

		Metro Urban	Metro Suburb	Provincial Urban	Provincial Rural	Total
TransServ/capita	Compact neighborhood	△ Rehabilitation	○ Rehabilitation	△ Rehabilitation	○Compact Settlement	112->33Mt To 1990 − 70% Including (Inter-city Passenger: 30km−) Index: ◎: − 30% ○: − 20% △: − 10% ×: no room
Pkm(Tkm)/TransServ	Compact city	△City center renewal	△Withdrawal	△City center renewal	×	
Σ/Mesh	Enhance public transit	△Pricing	△Park & Ride etc.	○LRT	△van pool, shared taxi	
Vkm/Pkm(Tkm)	Improve load efficiency	△Utilize small vehicles		△Enhance sharing	×	
Fuel/Vkm	Improve fuel consumption	◎Urban mode	○local mode			
CO2.EF/Fuel	Low carbon energy	△less room for improve	○biofuel, Low Carbon Electricity for EV and PHEV etc.			
CO2/capita	pop(million)	46→40	15→12	27→20	35→23	124→94
	t-CO2/capita	0.66→0.27	0.94→0.35	1.03→0.38	1.11→0.51	0.90→0.35

2050年の70%削減に向けたビジョンの例

26

2050Vision: Freight and inter-city passenger transport

	Inter-local Freight: 300km−	Inter-city Freight: 30-300km	Inner-city Freight: −30km	(Inter-city Passenger: 30km−)	Total
Supply Chain Management	○SCM		△SCM		106->32Mt To 1990 − 70% Excluding (Inter-city Passenger: 30km−) Index: ◎: − 30% ○: − 20% △: − 10% ×: no room
Compact city			○Short route	△～× Enhance modal shift	
Enhance public transit	○Marine transport, Rail	△Rail	△Hand cart	◎Rail, Expressway bus	
Improve load efficiency	△Low delivery frequency	△Cooperative delivery	○Cooperative delivery	○Car pooling	
Improve fuel consumption	○ITS, Fuel-efficient truck	◎ITS, Fuel-efficient truck	○ITS, Fuel-efficient truck	◎ITS, Fuel-efficient car	
Low carbon energy	△biofuel			○biofuel, PHEV etc.	
Mt-CO2	33→10	49→15	24→7	(35→10)	

2050年の70%削減に向けたビジョンの例

27

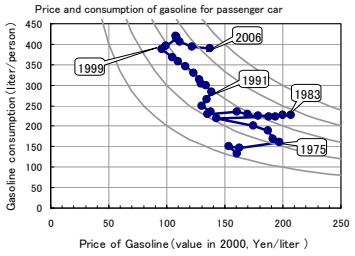
Uncertain issues for 2050 Vision

- Globalization / Regionalism
- Demography : aging society
- Immigration / Emigration
- Spatial distribution of population
- Leading industries
- Busier life driven by IT vs. slow life
- Demand for high speed travel
- Trip frequency and length for leisure
- Price of fossil fuels (especially oil)
- The way to produce and supply hydrogen
- Public perceptions for nuclear technology
- Price of FCEVs
- Preferences on vehicle-size
- Investment balance between road and public transport

さまざまな不確実性がある

28

Gasoline price and consumption



Total expenses for gasoline per person was stable at 30-40 thousand yen from 1975 to 1999. Cheap price have cause large increase of car-usage in 90's. Higher gasoline price may cause large decrease of gasoline consumption in next decade.

中長期的にはガソリン価格の変化に対する反応が大きく出る可能性がある

29

Contents

1. Facts and trends in Japanese transport
（日本の現状）
2. 2020 Transport Scenarios: Technologies
（2020交通シナリオ：技術）
3. 2050 Transport Visions: Combination
（2050交通ビジョン：組合せ）
4. Conclusion
（まとめ）

30

2050Vision: Policy recommendations

		Metro Urban	Metro Suburb	Provincial Urban	Provincial Rural	Total
TransServ/capita	Compact neighborhood	△ Rehabilitation	○ Rehabilitation	△ Rehabilitation	○Compact Settlement	112->33Mt To 1990 − 70% Including (Inter-city Passenger: 30km−) Index: ◎: − 30% ○: − 20% △: − 10% ×: no room
Pkm(Tkm)/TransServ	Compact city	△City center renewal	△Withdrawal	△City center renewal	×	
Σ/Mesh	Enhance public transit	△Pricing	△Park & Ride etc.	○LRT	△van pool, shared taxi	
Vkm/Pkm(Tkm)	Improve load efficiency	△Utilize small vehicles		△Enhance sharing	×	
Fuel/Vkm	Improve fuel consumption	◎Urban mode	○local mode			
CO2.EF/Fuel	Low carbon energy	△less room for improve	○biofuel, Low Carbon Electricity for EV and PHEV etc.			
CO2/capita	pop(million)	46→40	15→12	27→20	35→23	124→94
	t-CO2/capita	0.66→0.27	0.94→0.35	1.03→0.38	1.11→0.51	0.90→0.35

Redevelopment
Renewal
Preferential tax treatments
Approve shared taxi
Infrastructure, Subsidy
Regulation of fuel consumption
Prefential tax treatments
Setting goals for Engineering developments
Provision of infrastructures

2050年70%削減ビジョン達成に向けた政策の例

31

Conclusion

- Opportunities for low-carbon transport:
  - Penetrating HEV for 2020
  - Combination of various countermeasures for 2050
- Best practice examples
  - More hybrid on the market
  - Increasing support for public transit (e.g. LRT)
- Linkages with other policy goals
  - Sound public finance in depopulating society
  - Accessibility for transportation poor in rural areas
- Policy recommendations
  - Preferential tax treatments
  - Regional plan of land-use and transport

ハイブリッド自動車を生かしつつ公共交通と軽量なパーソナルモビリティの組合せへ
人口減少等への対応とあわせて、低炭素化に向けた計画と税制誘導による推進が重要

32

Commentator

Rizaldi Boer (Bogor Agriculture University, Indonesia)

Thank you, Dr. Moriguchi, for a very comprehensive study. I think all the recommendations are very good, and I think – but even though it is very ambitious to achieve the emission reduction by 70% by 2050, but all the technology has been identified, and also a set of policy measures that should be implemented to achieve that.

Before I start I comment – I would like to see actually the global strategy that has been done by McKinsey and Company about the penetration of the hybrid electricity vehicles. When we look at here at the global level of emissions, the contribution of the transportation sector, under the business as usual, it is about 11 gigatons of CO_2 per year. Then using the abatement potential, in particular the penetration of hybrid electric vehicles, emissions could be reduced by up to 3.2 gigatons. If we look at here, between the two, actually the potential reduction is about 28% of the business as usual emissions. Compared with Japan, based on Dr. Moriguchi's presentation, we begin to see here, under the business as usual and mitigation scenario emissions compared to 1990 by in 2020 from Japan's transportation sector – so there is through the hybrid electric vehicle scenario – so the emission from the implementation of the technology can be reduced by about 3%, and then can be further reduced by 7% by combining with the demand-side management. So if we look at them both together, actually the reduction of emissions by implementing these two is about 18%, which is less than the global strategies to about 28%, Even though the target of penetrating the hybrid vehicle I think is quite ambitious.

Of course, as Dr. Moriguchi mentioned, the radical target of emission reduction by 70% by 2050 cannot be done just by penetrating or introducing the electric vehicle, so it also needs to be combined with a number of technical measures, including a set of policy scenarios. The thing that needs to be considered here is actually what will be the impact of introducing a set of policy scenarios and the effectiveness of implementing of all the technologies? Because it is not very clear because there are a number of uncertainty which needs mentioning about the projection of emission reduction that can be achieved in the next 2050s. So probably, I don't know whether this kind of study can be seen also by introducing the use of the dynamic modeling, in order to assess the effectiveness of the implementing of certain technologies under a certain set of policy scenarios, or policy recommendation.

Now I will just – also to compare, but the global scenarios, in which we're reducing emissions by introducing the electrical vehicle – this one, also based on McKinsey's study, by introducing the combustion engine efficiency being introduced by McKinsey here, is the improvement of combustion energy improvement and then mixed technology, and then hybrid electric world. By doing this scenario, the emission reduction could be about 29%. Then by introducing this one – by implementing this scenario it could be further reduced by 33%, and then introducing this one it could be reduced further by 35%. Compared to Japan – we look at here, with the passenger car, using the electric vehicle, there is a 20% share of it, and then using the passenger like light-duty vehicle (LDV) is about 10%. This is under the baseline scenario, because it is based on the revision of the scenario. Under the electric vehicle and demand-side management scenario, there is a drastic increase of share of this technology in reaching the emission, so compared with the global one,

I think Japan actually set up a higher target for that. In order for this to be achieved, within 2020, this will be a challenge for Japan. The other thing is – further reduction can also be done

under the demand-side management. Of course it is already highlighted by Dr. Moriguchi: it is not possible in 2050 to reach the emission reduction by 70%. That is why we also need to introduce another type of technology measure for that.

In the case of doing low carbon society in Japan, why we also need to consider how the developing countries also about to do that. This issue I would like to raise in this opportunity. Actually we looked at how much cost was required for Japan to reduce the emissions using the hybrid electric vehicle, because we know that it is very expensive technology, and probably will not be effective to be adopted by the developing countries.

We know that the contribution of the transportation sector in reducing emission at a global level is very high; it is the third largest after the industry sector. We know that in the developing world, there are two options that can be done: adopt or adapt advanced vehicle technology with less or no CO_2 emissions. One of the examples is using the hybrid electric vehicle, but it is probably too expensive. The second one is to improve transportation management, including advanced transportation control, and development of mass rapid transit system. The last one, if you know that in most developing countries, it has a very diplomatic manner in implementing development of mass rapid transit system, therefore we also need to see how the whole country can push or assist developing countries in reducing emissions from the transportation sector in order to achieve the low-carbon society at the global level, not only in developed countries.

Of course there are a number of ideas that could be proposed, for example, introduce new loan or ODA policies, for example, restriction loan/ODA for toll road construction. Provide more support and types of concessional investment/ODA for supporting the development of Mass Rapid Transportation system because it also requires very high investment. And accelerate transfer of technologies on Mass Rapid Transport System. Then we would probably introduce also the debt swap system for the acceleration of adoption and implementation of cost effective mitigation technologies, and the improvement of transportation management and transportation control.

I think I needed to bring this up because we also need developing countries to achieve the same as what developed countries have done, of course with the assistance from Annex I countries. Thank you very much.

森口先生、非常に包括的な研究のご発表を頂きましてありがとうございました。ご提言のすべては非常に良いものだと思います。2050 年に 70%排出削減を達成することは非常に志の高いものではございますが、これを達成するために導入されるべきすべての技術や一連の政策手段についても述べられておりました。

私のコメントの前に、マッキンゼーによってなされているハイブリッド自動車の普及促進に関するグローバル戦略について見てみたいと思います。世界レベルで 2030 年の CO_2 の排出量を見ると、交通部門からの排出は BAU では年間約 11 Gt CO_2 となっております。特にハイブリッド車の普及によって、排出量は 3.2 Gt CO_2 まで削減できると見積もられております。この 2 つの差を見ると削減可能量は BAU の排出量の約 28%ということになります。森口先生のご発表にあった日本の場合と比較してみましょう。このスライドには、2020 年の日本の交通部門からの CO_2 排出量が BAU ケースとハイブリッド車を導入する緩和シナリオケースについて 1990 年比で示されております。技術の導入による排出削減は約 3%で、デマンドサイドマネージメントと組み合わせるとさらに 7%削減できるとあります。ハイブリッド車とデマンドサイドマネージメントを組み合わせると、これらの導入による削減率は BAU と比べて 18%となっており、これは 28%削減というグローバル戦略には到達しておりませんが、このハイブリッド車の普及目標は極めて野心的だと私は思います。

もちろん先ほど、森口先生がお話しされておりましたが、2050 年までに 70%削減するという急進的な目標は電気自動車の導入、普及だけでは達成できませんので、政策も含めたいくつかの技術的な

対策と組み合わせる必要があります。政策を実施した場合の影響や、いろいろな技術を導入した場合の効果が実際にどのくらいあるのかということをも、ここでしっかり考えておく必要があります。それは、2050 年に達成される排出削減の予測について言及すべき多くの不確実性があるため、これらがあまり明確ではないからです。特定の政策シナリオや政策提言の下での特定の技術の導入効果を評価するために、動的モデルを利用することによって明らかにできるのかどうかは私にはわかりません。

さて、これは電気自動車の導入によって排出削減をするというグローバルシナリオです。これもマッキンゼーの研究結果に基づいたものであります。3 つのシナリオを掲げています。1 つは燃焼エンジンの効率改善シナリオ、2 つ目は技術混合シナリオ、3 つ目はハイブリッド電気シナリオであります。1 つ目のシナリオでは、排出削減は約 28%になります、それから次、この 2 つ目のシナリオ（Mix technology world）では、さらに削減され 33%になり、そして 3 つ目のシナリオ（Hybrid / electric world）では 35%削減になります。日本の研究と比較しましょう。こちらを見てください。改訂版ベースラインシナリオでは、ハイブリッド電気乗用車のシェアは 20%、ハイブリッド軽量自動車のシェアは 10%となっています。電気自動車やデマンドサイドマネージメントシナリオでは、この技術のシェアが劇的に増加しており、それぞれ 37%、20%となっており、マッキンゼーのグローバルシナリオと比較すると、日本は非常に高い目標を掲げたと思っております。

2020 年までにこの普及率を達成できるかどうかというのが日本にとっては大きなチャレンジでしょうが、もうひとつデマンドサイドマネージメントによってもさらなる削減が見込めるということもあります。もちろん、すでに森口先生に強調されていた部分ですが、1 つの技術で 2020 年に 70%削減というのは不可能ですので、そのような意味では、様々な種類の技術対策を打っていく必要があるかと思います。

日本で低炭素社会を実現する場合、なぜ、発展途上国も低炭素社会とするためにどうしたらよいかということを考える必要があるのでしょうか。この機会に、私は問題提起したい。我々は日本の場合にハイブリッド車を導入して排出削減をするのにいくらのコストがかかってきたかを見てきました。非常に高価な技術でありますので､おそらく発展途上国による導入は効果的ではないだろうからです。

交通部門の排出削減への寄与が、グローバルレベルでは非常に大きく、発電、産業部門についで 3 番目に大きくなっていますが、交通部門について、途上国には 2 つの選択肢があります。1 つは、CO_2 を排出しないあるいは排出の少ないハイブリッド車のような進んだ自動車技術の導入です。しかし、非常にお金がかかるでしょう。もう 1 つは、先進の交通コントロールや、MRT（大量高速輸送システム）などによる交通管理の改善です。多くの途上国では、MRT システムを導入する上でさまざまな課題があります。ですので、グローバルレベルで低炭素社会を実現するためには、先進国だけではなく､途上国の交通部門からの排出削減をどのように後押しするかということを考える必要があります。

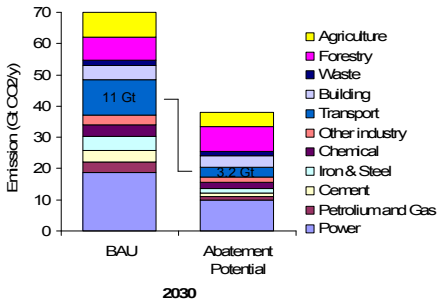
これについて、もちろんさまざまなアイデアがあります。例えば、新しい融資の導入や ODA 政策の導入、例えば、高速道路建設のための制限付き融資・ODA などであります。MRT システムの開発には非常に高額の投資を必要としますので、開発を支えるために、多くの支援やさまざまな譲許的投資・ODA が必要であります。また、MRT システムの技術移転を加速するという方法もあります。そして、導入の加速やコスト効率の良い緩和技術の導入、そして交通マネージメントや交通コントロールの改善のために、我々はおそらく債務交換システムを導入するでしょう。途上国が先進国がやってきたことと同じことができるようになるためには、当然、附属書 I 国からの援助が必要であると私は思います。

Comments on Japan LCS for Transportation Sector (Dr. Yuichi Moriguchi)

Rizaldi Boer
Centre for Climate Risk and Opportunity Management (CCROM)
Bogor Agriculture Uinversity

1

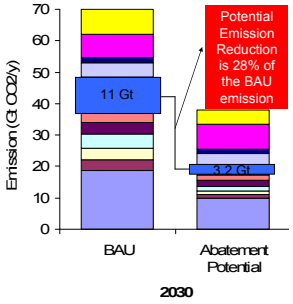
Estimated Global Emission by 2030



Source: McKinsey and Co (2009)

2

Global Emission by 2030



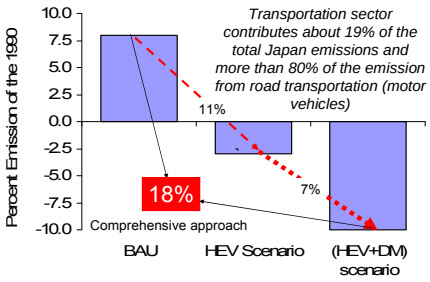
Transportation sector contributes 16% of the total emissions, i.e. 11 Gt CO_2/y. About 83% of the emission from road transportation

Potential Abatement for transportation sector is about 3.2 Gt CO_2/y

Source: McKinsey and Co (2009)

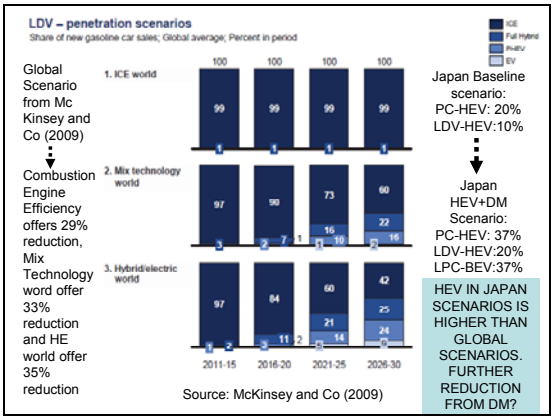
3

BAU and Mitigation Scenario Emission compare to 1990's emission in 2020 from Japan Transportation Sector



Source: Based on Moriguchi (2009)

4



Global Scenario from Mc Kinsey and Co (2009)

Combustion Engine Efficiency offers 29% reduction, Mix Technology word offer 33% reduction and HE world offer 35% reduction

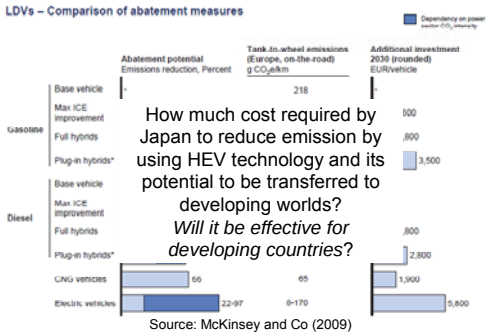
Japan Baseline scenario: PC-HEV: 20% LDV-HEV:10%

Japan HEV+DM Scenario: PC-HEV: 37% LDV-HEV:20% LPC-BEV:37%

HEV IN JAPAN SCENARIOS IS HIGHER THAN GLOBAL SCENARIOS. FURTHER REDUCTION FROM DM?

Source: McKinsey and Co (2009)

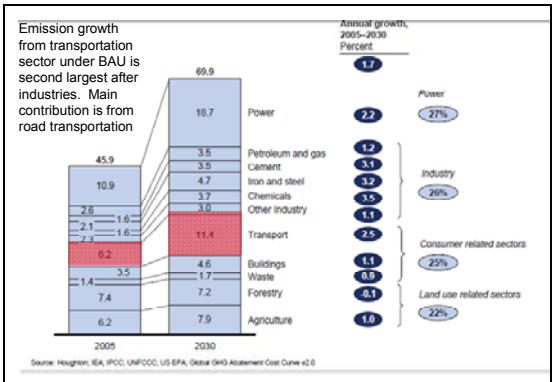
Electric Vehicle is an expensive technology



How much cost required by Japan to reduce emission by using HEV technology and its potential to be transferred to developing worlds?

Will it be effective for developing countries?

Source: McKinsey and Co (2009)



Emission growth from transportation sector under BAU is second largest after industries. Main contribution is from road transportation

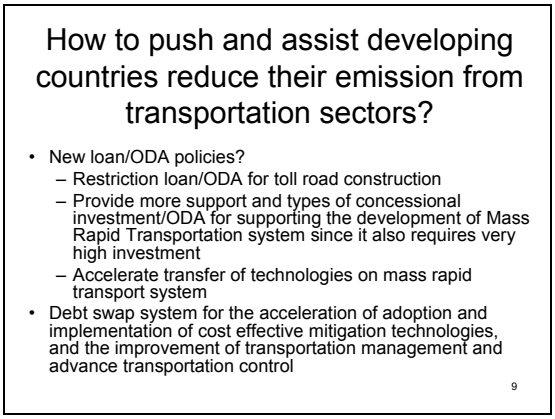
Source: McKinsey and Co (2009)

7

Developing Worlds

1. Adopt/Adapt advanced vehicle technologies with less/no CO2 emission (HEV) ~ too expensive
2. Improve ***transportation management***, including advanced transportation control and ***development of mass rapid transit system***.

8



Jiang Kejun（国家発展和改革委員会能源研究所，中国）

LCS のシナリオ、ハイブリッド車というのがオプションの中で一番重要のようですが、電気自動車はどうなのでしょうか。より長期的な視野で考えますと、興味深いのは LCS の中で、例えば年間どれぐらい移動距離があるのか。おそらくヨーロッパ、アメリカよりはずっといいと思うのです。それから急速に伸びているというようなことを考えますと、将来的なオプションはどのようになるのか。また土地利用のパターン、すなわち人がどのように移動するのか、郊外に移動しているのではないかと思うのですが、実際のところどうなのか分かりません。日本では人口の移動はどのようになっていますか。

P. R. Shukla（インド経営大学院）

既に、日本の方から質問があったかもしれませんが、中国の方の質問がありましたので、インドからも質問したいと思います。大変素晴らしいプレゼンを頂きました。ひとつ質問なのですが、将来の交通のあり方、インドでもあるいは途上国の一国としていろいろ検討をしております。そして実際にこの交通機関を見た場合、本当に必要なもの、例えば経済発展のためにどうしても必要なもの、あるいは個人が使っている交通機関で、自分の楽しみとかそれをエンジョイしたいためにというものもあると思うのです。ただ交通機関の中で、例えばやり方を変えることによって今後このようなことは起こらないようにするというものが必要かもしれません。また、アメリカの場合、間違っていたら訂正していただきたいのですが、30～50%の車の交通量というのは、通勤のためであって人生を楽しもうとかそのような目的ではないと思います。そうしますと、それは低速で、非常に交通渋滞に巻き込まれて、できればやりたくないということだと思います。

将来的な社会を考えますと、特に低開発国ではインフラを整備していくということになった時に、例えば 2 時間、日中に通勤のために使う手段なのか、それとも余暇で楽しむ交通手段なのか、それに合わせてのシステムの構築ということができるのではないか。すなわち捉え方も変えることもできるのではないか。そのような将来の交通機関に対するどのようなアイデアがあるのか。またそれに向けて協力していくことができないかどうかということについてもアイデアがあれば伺いたいと思います。

森口 祐一

Boer さん、Jiang さん、Shukla さんコメントありがとうございます。まず最初に申し上げないといけないことは、私はプレゼンの時に申したつもりなのですが、交通というのは地域によって全然違うのですね。ですから、今日は日本の低炭素社会の話をしましたが、実は発展途上国の都市の交通に

関する処方箋はかなり違ったものになると思います。今日、私は日本の話だけしかしませんでした。ただ我々の今回の研究成果を基に、例えば発展途上国の大都市の交通をどのように考えるかということについてはおそらくまったく違う解になると思います。それは、そのようなことのために我々は研究を続けていかなければいけないと思います。それがひとつです。

それから、今日 2020 年の話と 2050 年の話の 2 つをしたのですが、2020 年で少しハイブリッド車の話を強調しすぎたせいか、それが残りすぎたかもしれません。あくまで今から 2020 年に向けて減らしていける有効な手段はハイブリッド車だと申しましたので、2050 年に向けてはもっといろいろなことをやっていかなければいけないということになります。Jiang さんからハイブリッド車よりも電気自動車のほうがいいのではないかと、このような話もありました。2050 年にはハイブリッド車ではなくて電気自動車がもっと入っているということが十分にあり得ると思います。お話があったとおりで、コンパクトシティにしていけば、電気自動車がより活躍しやすくなります。ただそのためには、2020 年にはまだすぐにはコンパクトシティにはできないのです。

ですから 2020 年に向けてはハイブリッド車が現実的ですよということを申しました。ハイブリッド車を使うことによって、何だ、モーターというのは効率がいいのだなということを皆さんに分かっていただける。その間に電池技術も追いついてくる、そのようにして 2050 年にはハイブリッド車ではなくて、電気自動車、これがもっともっと活躍する社会になるということは十分あり得るのではないかなと思います。

それから、我々のシナリオで何%減らせるかということについて Boer さんからコメントを頂いたのですが、少し私の数字の示し方が悪かったのですが、18%ぐらい減るのですが、これは交通部門の 18%でナショナルトータルの 18%ではないのです。ですから交通部門の 18%ぐらい減るとそのようなシナリオです。日本はもともと交通部門の排出量が世界の他の国に比べるとやや少ない、2 割ぐらいしかありませんので、しかも既にかなり効率的に公共交通機関などが入っています。ですから技術によって減らせるのですが、今それほど無駄遣いをしているのではないので、逆にそこの削減ポテンシャルが世界よりも小さめになっているという、少しトリッキーな状況になっていると思います。

それから、Shukla さんがおっしゃったことも非常に重要だと思います。何のために交通を使っているのかということですね。ひとつだけ、これは少しジョークみたいな話になるのですが、自動車メーカーの方がよくおっしゃるのですが、最近なかなか車が売れないのです。若い人が車を買ってくれないのです。昔であればいい車に乗って、彼女をデートに誘うために車は必需品だったと。最近は携帯電話ですぐにメールに回答するかどうかが彼女との関係をつなぎとめる非常に重要なことである。このようなことによって、やはり車を使う目的というのはどんどん社会とともに変わってくるのですね。ですから本当にニーズとして必要な交通は何なのか、その欲望を満たすために使っている交通は何なのか、このようなことをもう少し見つめていく中で、もっと無駄を減らす余地というのが出てくるのではないかなと思います。どうもコメントありがとうございました。

ITでナビゲートする低炭素社会

藤本 淳（東京大学　先端科学技術研究センター（RCAST））

藤本です。では今ご紹介に預かりましたように、ICT、IT を使ってどのような低炭素化社会ができるかということについてお話いたします。ここに Adagio と書いているのですが、私の前の森口先生は非常に早くて活発な発表をされるだろうと思って、あえてここではゆっくりお話をしようと、皆さんを眠りの世界に導こうというのが私の目的です。これをやりすぎると自分自身眠ってしまう恐れがあるので、そこまでは行かないように、適度にゆっくりしゃべっていきたいと思います。

スライドが日本語で申し訳ないのですが、最初に「古くて新しい ICT と環境」について紹介します。実は 1990 年代ぐらいからコンピューターや通信が、日本のエネルギー消費や CO_2 エミッションへどの程度影響を与えるかという議論がなされてきました。1990 年代でひとつあげれば、旧郵政省によるテレワークやインテリジェント・トランスポーテーション・システム（ITS）等のアプリケーションで二酸化炭素をどの程度減らせるかの試算報告です。アメリカでは、皆さんご存知かもしれませんが、1999 年に Huber らのアメリカの総消費電力の 8%がインターネット由来であるとした推定結果であります。これは「PC が石炭を掘る」というタイトルで、フォーブス誌に掲載され物議をかもしました。ICT の普及により多くの電力を消費し、電力供給にも影響を及ぼすという話でした。その後 GISPRI や総務省での研究会で、ICT が二酸化炭素排出量やエネルギー消費にどのような影響を及ぼしているかという調査が、続けられてきました。そして一昨年になりますが、当時福田首相がダボス会議で世界の CO_2 排出量の半減を目指すというコンテキストの中で、IT の活用が大きく取り上げられています。我々の本プロジェクトでの活動は、この 2003～4 年から 2008 年までに亘ります。我々の成果は何かというと、ICT というのが二酸化炭素削減の大きなツールになり得るということを政府に認めていただいたことではないかと思っています。そこで今日は、今までの成果よりもどのようなことを、今後何が必要になるかを中心にお話をさせていただきたいと思います。

さて最初に、地球環境問題のような大きな環境問題を解決する上でどのような問題があるのかを考えていきます。これはわが国の、家庭からの CO_2 排出量を表したグラフです。2004 年で 1 日 1 人当たり 5.8 kg-CO_2 の二酸化炭素を排出しています。

2007 年、当時の安倍首相の時に“1 人 1 日 1 kg 削減”というキャンペーンを新聞紙上で発表しています。ここで問題は、“1 kg”という感覚を皆さんが分かっていないということです。わかりやすく、これをダイエットに例えてみます。一日の排出量を 10 倍すればちょうど 58 kg になりますので、仮に皆さんの平均体重を 58 kg と考えます。そうすると、1 人 1 日 1 kg 削減というのは、10 倍すると 10 kg のダイエットに相当します。58 kg の平均体重を、皆さん頑張って 48 kg にしましょうということを言っている。

先ほどからあります、例えば 2050 年 70%減ということになれば 18 kg まで平均体重を落とすことになります。18 kg まで平均体重を落とすとどのようになるかというのをお見せします。たぶん人はこのように変わる。今我々が求められているのは、“非常に大きな変化”であり、われわれの生き方、暮らし方を、われわれのメンタルな面も含めて大きく変えないと、18 kg までのダイエットというのは実現不可能であろうと考えています。

最初にメンタルな面ということについてお話いたします。現代社会は、お金をいっぱい持てばいいとか、家は大きければいいとか、物をたくさん所有すればいいとか、という考え方にとらわれている。これは特に先進国で顕著です。

この考え方はどうして生まれてくるかというと、ここにありますように精神的な問題（Mental issues）があって、限りない欲望（unchecked desire）が時代とともにどんどん膨れ上がっている。このような欲望というのは、物を持たないことへの恐怖心とか不安感を産み、さらにモノやお金の所有に固執するようになる。

これらが繰り返されて今の社会、Over Consumption Disorder（資源エネルギー過食症社会）というようなものが生まれてきているのではないか。私の例ですが、最近太ってきました。ストレスがあると食べてしまうのですね。ストレスを忘れようとして物をどんどん食べてしまう。このようにして私みたいに太っていくと、今度は痩せなければいけないというニーズが生まれてくる。糖尿や心臓病が危ないかもしれないと病院に行きます。痩せなければいけないということでスポーツクラブへも行きます。このようなことは必要悪と言われるかもしれませんが、過度な需要を生み出すのです。どんどん食べて、またその問題で新たな需要を生んで、またどんどんエネルギーや資源を消費するというようなものを繰り返して生まれたのが、今、われわれが直面する地球環境問題ではないでしょうか？人々のメンタルな問題が大きな要因だと考えられます。もうひとつは、18 kg を達成するために重要なのは、われわれが今まで行ってきた環境対策の方法論についても言及しなければいけません。それを次の例でお話いたします。

それは、低カロリーピザ（Low calorie pizza）で、世の中に存在しない商品を考えてみます。このスライドを使うたびになぜ Low calorie pizza なのだと、pizza である必然性にこだわる人もいます。それはどうでもいい話であって、例え話であると考えてください。私の会社は Low calorie pizza を開発しました。それで、我が社は、「人々のダイエットに貢献しています」というふうにアピールするのです。これは温暖化対策について、いろいろな会社がアピールしていることと同じです。

ここで良く考えてみると、技術である Low calorie pizza が、社会の人々のダイエットに直接結びついているという“錯覚”を与えていることに気づかれると思います。社会を見てみると、この Low calorie pizza を選択するかどうかという消費者の行動があります。そしてもうひとつ、それを実際に食べて、ここの例ですと Low calorie だからもっと食べられるよと思ったら、これは全然ダイエットにつながらないのです。

ここでの問題点を端的に言うと、いろいろな技術が社会とどのように結びついているのか、どのように活用されるのかを考えることが、18 kg の体重を実現するためには重要であるということです。ちょっと Low calorie pizza ですと具合が悪いので、もう少しきちんとした図でそれを示したいと思います。下に要素技術があります。要素技術というのは、政策やそのようなものについて置き換えても構いません。

それと社会目標があります。先ほどで言うと、2050 年、平均体重 18 kg がこれに相当します。要素技術と社会目標の 18 kg というのが直接結びついていない。これは社会と要素技術の間に、このような雲があって、直接、技術が社会目標に対してどのような効果を生んでいるのかわれわれは分からない。逆に社会目標から下ろそうとすると（トップダウンのアプローチ）、先ほどの 18 kg の例ですと 18 kg にするには頭を 10 kg にして手足を 3 kg、胴体を 5 kg にしなければいけないというところまではたどりつくのですが、しかしそれをどのようにして実現するのかという具体的な行動にまでうまく結びつけることはできないのです。

これを簡単に言うと、社会目標というのをマクロな指標と、ミクロな要素技術とか政策とが、距離がありすぎてうまく結びつかない。ミクロとマクロとの間の中間層というのが全然無くて、我々は議論しているのではないかと思います。

どうすればいいのかということなのですが、単純に言ってマクロとミクロの間に中間層、これはメソ層と呼びますが、このような層を設けて考えればもう少し要素技術と社会目標の一致というのが容易になるのではと考えています。このメソというのは社会の複雑性を表現するものですが、それを例えばロジックツリーで表現すると、この図のようになります。

ここに家庭部門と業務部門とあって、これは産業部門ですね。マクロが日本の CO_2 排出量削減、これが目標になるのですが、これを実現するための対策を展開していきます。そうすると、とてつもなく巨大なツリーが出来上がります。例えばここに黄色に示しているのが技術だとすると、その技術が最終的な日本の排出削減にどのように貢献しているのかを言うのは難しいことがわかります。ここで、この「家庭からの排出削減」というのをもう少し詳しく見ると、需要の削減とエネルギー当たりの二酸化炭素排出の原単位の改善というところからはじまります。需要の削減をもう少し詳しく見ると、単純化しても

このような複雑なツリーができあがる。新たな技術が開発され、それが社会の目標に大きく貢献するには、人の行動や政策など技術以外の複数の要因が、うまくかみ合わなければならない。

これまでの話をまとめると、18 kg の体重を実現するためには 2 つ問題がある、そのひとつは、人や社会のメンタルな問題。もうひとつは、対策の方法で、要素技術と社会目標とを安易に結び付けようとしている、要するに“社会的な受容”という観点が無いということをお話しました。今回このプロジェクトで実施したことは、結局、この“メソ”を叙述的に記述したことになります。

これから ICT 社会でどのような低炭素化シナリオを描いていったかということについてお話いたします。研究の目的を最初にお話しますが、18 kg に向けたダイエットです。58 kg を 18 kg に削減するためには、大きな社会変化が必要となります。環境問題の解決だけでそのような社会変化を起こせればいいのですが、もう少し大きなドライビングフォースが必要となるでしょう。そのドライビングフォースとして ICT の普及というのが考えられるのではないか。先ほど車でデートする代わりに携帯電話というお話がありましたが、ICT はこれからどんどん発達して、社会に普及し、社会の構造を大きく変えていく。ICT により生じる社会変化に環境配慮の視点を入れれば、18 kg の体重をより実現しやすくなるのではないかと考えています。

本題に入ります前に、二つの点に触れたいと思います。ひとつが“2050 年”の意味です。この中にいらっしゃる大半の方々が多分 2050 年には生きていられないと思います。だから私が言うことが嘘か本当かということは、この中のほとんどの人は確かめようが無い。それと技術ということに注目すれば、ICT というのは非常に技術進歩が早い。よく“ドッグイヤー”と比喩されますが、ICT での 1 年は、普通の 7 年に相当するスピードで変化していきます。このことから、現在の技術や社会の延長線上で 2050 年の将来を語ることは非常に難しい。最後に Think boldly と書いてありますが、もっと大胆に考えてこの問題にあたらなければいけない。これを逆に言うと、われわれが望む方向で技術開発が進展していくとも言えます。

もうひとつが、ICT が CO_2 に及ぼす影響です。これは、3 つのカテゴリーに大きく分けることができます。右側にありますのが悪い影響です。ICT 機器の普及が進み台数が増えれば、それだけ稼働するための電力が増加します。また廃棄物も増えますから、ICT の普及が進めば進むほど、これらの問題は顕在化していきます。

もうひとつがリバウンド効果（rebound effect）です。これについては後で述べたいと思います。真ん中に位置するのが、良い影響か悪い影響かよく分からない項目です。産業構造に与える影響についてはよく分からない。左側がポジティブな面です。これは、社会の CO_2 を減らす方向に働くと期待されているもので、移動に伴う CO_2 排出削減等がこれに相当します。ICT が、モノや人の移動の代わりになるように活用できるとか、産業で製造を効率的にできるとか、そのようなことがポジティブな面です。

では、ネガティブサイドのエネルギー上昇について簡単なグラフで紹介いたします。これは日本のいろいろな研究機関で ICT の消費電力を見積もった例です。ここに約 1000 TW（テラワット）とありますが、これは 8000 から 9000 億 kWh で、日本の総発電量に相当します。、現状の ICT の電力消費量はそれより二桁下で、総発電量の 3%～4%になるというのがいろいろな機関での見積りです。

問題は将来の予測値で、2020 年や 2050 年の値は非常にばらつきが大きい。一番多いものでは、現状のわが国の総発電量の 40%ぐらいが ICT で消費されるというものです。我々のチームでは、ICT の電力消費量を大体これぐらいの線を考えています。現状は同じように 330～450 億 kWh でそれが 2025 年ぐらいについては、その倍ぐらいになるのではないかと考えています。先ほど ICT の産業構造に与える影響が不明確であるというお話しをしましたが、ICT の普及によって生産の海外移転（オフショアリング）が進みます。生産の海外移転は、例えば中国やインドの経済を急拡大させています。これらの国に、日本・米国を加えた 4 ヵ国での CO_2 排出量の推移を 2050 年まで予測した結果がこの図です、この 4 カ国の排出量の総量は、これ 2000 年に比べて、2050 年は 4 倍ぐらいになる。この様な変化が、すべて ICT により引き起こされているとは言えませんが、産業構造に与える影響については、日本国内だけではなくて、グローバルで考える必要があることを示唆したものです。この、産業構造に与える影響と、先ほどちょっと述べました“リバウンド効果”を除いた ICT の CO_2 排出量に与える影響について、い

ろいろな研究機関の見積もりがあります。その結果をこの表にまとめています。2010 年では、増加よりも排出量削減の効果が大きく、2～3%ぐらいの削減効果が得られるのではないかという試算です。

われわれ IT チームも、2020 年について同じような試算を行いました。この表の一番左が ICT のアプリケーションで、横の列が各セクターにおいてどのような影響があるかを示しています。欄外は、各項目のインパクトを定量的に示したもので、＋が増加、－が減少を示します。2020 年には－5%程度、これを延長させていくと 2050 年には－10%ぐらいの削減ポテンシャルがあるのではないかと考えました。これはあくまでもリバウンド効果とか産業構造に与える影響というのを省いた数字です。

リバウンド効果について、少しここでお話します。これは、人の意識に関わる問題で、このモデルは、あくまで仮説ですが、リバウンド効果が生じる要因を示しています。左側が社会です、右側が ICT です。ICT の普及は、右側に示したように多様な社会を実現し、最終的には二酸化炭素排出量の削減につながる。一方、左側の社会を見ると、近代の社会構造というのは、基本的、伝統的な価値観を喪失させ、精神の荒廃を招き、人々の空虚感を増加させている。その空虚感を満たすためにモノの所有やエネルギーを使って快適性を求める。それによって、瞬間的に空虚感は満たされるが、再び空虚感を抱きモノの所有やエネルギーの消費に向かう。これを繰り返すことで、資源・エネルギー過食症社会を形成していく。これは、当然、二酸化炭素排出量の増加につながる。この真ん中にあるのが、ICT の社会への影響を示したもので、軽便追求型の生活スタイルや、ワンクリックで人との関係を絶つことができるというような表面的なコミュニケーションが ICT の普及により増加し、先ほどのべた人々のもつ空虚感というのを増している可能性もある。これは結果として、二酸化炭素排出量を増加させる可能性がある。これが“リバウンド効果”の要因モデルです。

これをどうすれば、改善できるのか？これが、われわれが考えた理想系です。社会、人、および技術です。高度な情報通信技術が、真ん中に示した“人との深いつながり”や“生きがいに満ちた生活”をサポートすることで、“心の健全化”と“適度な消費（持続可能な消費）”に貢献する。この社会と技術との融合により、二酸化炭素排出量の大幅削減を実現できる、というものです。この考え方を基本に 2050 年低炭素化 IT 社会シナリオを作成いたしました。

実際の描写方法なのですが、先ほど ICT は技術進展が早く（ドッグイヤー）2050 年の技術が見えないと申し上げました。見えないならばどうするか、ということで、SF 映画やアニメーションを観察しそこから将来起こりそうなことを抽出しました。また、一般生活者約 1000 名に 2050 年や 2100 年に“どのような社会になって欲しいか”に関連したアンケートをとり、そこから望ましい社会のキーワードを合わせて抽出し議論の素材にしました。さらに専門家へのインタビューを行い、最終的にこの図の右側にありますように 4 つの社会像の素描を行いました。その後、先ほど示した“望ましい社会”のモデル（社会と技術が適切に融合）に関するブレストを行って、低炭素化社会の生活シーンを叙述的に描写したわけです。

今日午前中に発表があったシナリオチームが作成した簡易評価ツール（スナップショットツール）を使って、われわれが描いた、望ましい社会、すなわち脱温暖化 2050 年 ICT 社会においてどれくらい CO_2 の削減が可能かというのを試算しました。これが抽出したキーワード例です。このようなキーワードを 50 個集めております。例えば、バーチャル味覚というキーワードが左から二つ目にありますが、味覚、臭覚がバーチャルリアリティで実現でき、健康食を食べながら美食、飽食が楽しめる。ぜひこのような時代になっていただきたいと私は思っているのですが。このようなキーワードをもとに、結局最終的に 7 つの生活シーンとして描写したわけです。

タイトルは、シーン 1 が「離れていても家族は一緒」、シーン 2 が「畑でも IT」、シーン 3、シーン 4 と続きまして、最後のシーン 7 が「お手軽なバーチャル世界旅行へ」となっております。これが最初「離れていても家族は一緒」のシーンです。ここにバーチャル・ドア・システムとありますが、ICT が非常に高度化されて、2050 年には離れていてもそこにいるかのような臨場感あふれるディスプレイが実現していて、人と対面するようなコミュニケーションが可能になっている。旦那さんと息子は田舎で働いていて、奥さんは都会で働いている。娘さんは近くの都市の寮に入っていて、家族はばらばらに住んでいて、自分の好きなことをやっているのだけれども、このように離れて住んでいても深いコミュニケー

ションが得られる。今までの空間的な制約を克服して、精神的な満足感を ICT により実現できる姿を描いています。

次の例は、旦那さんがそのように働いているかを示した例です。彼はこのようなロボットを活用して農業をやっている。それと同時に、ICT を使って、ここの図にありますように投資事業をやっている。ICT による時間・空間の制約の克服で、マルチタスク、要するにひとつの仕事ではなくて自分が望むいろいろな仕事ができるようになっている。田舎に住みたい人は田舎に住めばいい。都会に住みたい人は都会に住めばいい、そのように仕事にとらわれずに多様な場所に住むことが可能になる。選択肢が広がるのではないかと考えてシナリオを作っています。

先ほどのスナップショット・ツールというもので評価した CO_2 排出量の 2000 年と 2050 年における試算です。左側は都市の集合住宅、右側は一戸建てなのですが、これぐらいの削減というのができるのではないかと見積もっています。

まとめに入ります。最初の方でメソレベルというお話をいたしました。社会層というのを考えないといけない、これは Low Carbon Society を実現するためには不可欠じゃないかと考えております。われわれは、2050 年の脱温暖化 ICT 社会シナリオとして、メソ層に含まれる、人々の精神的な面から生じる“リバウンド効果”に注目をして、それを解決した社会をこのプロジェクトで描きました。このような社会を評価してみると、家庭からの排出についていえば 40%ぐらいの削減ポテンシャルがあると試算しました。社会を描いてみて感じたことは、ここの一番下にありますような、大幅な二酸化炭素排出削減と、今よりも望ましいライフスタイルというのは、相反するものではないということです。十分、両立できるのではないのかと考えるようになりました。今回はトップダウンアプローチで、理想的なメソレベルというのを描いて、シナリオを作って評価しましたが、マクロ（社会目標）とマイクロ（具体的な技術や政策）の間の距離というのが大きいなと感じたのも事実です。今回のようなトップダウン的なアプローチと従来のボトムアップ的なアプローチをうまく融合し、このステップを繰り返しながら実行することで、われわれは、正しいソリューションに到達できるのではないかと考えています。

これが最後になりますが、一番最初に社会の問題というのをお話いたしましたが、地球温暖化の問題というのは、自然破壊という環境の問題だけではなくて、社会的な問題というのも提示しているのではないかと思っています。だから 2050 年の脱温暖化社会というのを考える上で、いろいろな技術とどのようにして融合するかという視点とともに、人や社会の“健全性”というものを合わせて考えないと、一番最初にお話しましたような、“18 kg の体重”というのはとても実現できないだろうと考えています。ということで私の話を終わりたいと思います。ご清聴ありがとうございました。

LOW-CARBON SOCIETY SCENARIO: ICT AND ECODESIGN

Adagio

12 February 2009

Jun Fujimoto
(The Univ. of Tokyo)

1

古くて新しい“ICTと環境”

2010年試算

システム名	環境負荷低減量（CO2削減量）
テレワーク	128万t
ITS	110万t
LANによる紙の削減	63万t
インターネット	50万t
ビル管理情報システム	36万t
電子出版・電子新聞	26万t
遠隔教育・在宅教育	3万t
合計	406万t

97年郵政省資料より

“ICTと気候変動”
国際電気通信連合（ITU）

ユビキタスネット社会の進展と環境に関する調査研究会（総務省）
ユビキタスネット社会(2010年)は▲2,650万t（2.0%）のCO2削減に貢献。
（%：2000年のCO2総排出量(13億3,700万t)に対する比率。）

ダボス会議 福田首相講演

グリーンIT推進協議会（経産省）

IT革命が地球温暖化問題に及ぼす影響調査研究会（GISPRI.2001年）

脱温暖化2050プロジェクト（環境省）IT社会チーム

1990年代 2000 2003 2005 2008

アメリカの総消費電力の8%がインターネット由来（Huber、1999年）

IDCの省電力化に取り組むNPO‘Green Grid’を設立（2007.2）

IT業界が占める割合は約2%。これは航空機業界に並ぶ数字。（Gartner2007年4月）

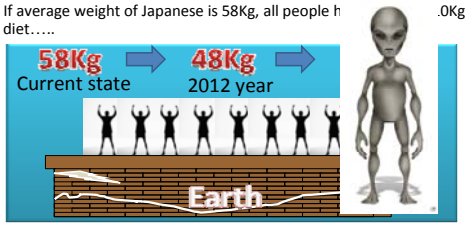
2

FUNDAMENTAL DIFFICULTIES FOR SOLVING GLOBAL ENVIRONMENTAL PROBLEMS

3

Drastic Change is Required?

- CO_2 Emission per person/day from home life, Japan=5.8 Kg-CO_2
- Japanese government made a campaign for reduction 1Kg-CO_2 per person /day toward 2012 in 2007
- The campaign is compared to diet
- If average weight of Japanese is 58Kg, all people h .0Kg diet…..



4

Problems in Society
-Questioning Assumptions-

The more you have, the more you want

- Material possession=“Status”
  - – Bigger is better
  - – Owning is better
  - – More is better
- Mental issues
  - – Increasing unchecked desire
  - – Anxiety of lacking material possession

Over Consumption Disorder?

5

Over Consumption Disorder

6

Our Misconception
-Diet Pizza Problems-

Overall goal is to decrease weight of people

Low calorie pizza contribute to decrease weight of people! But….

Too Expensive!

Technology

Shop Sales

Manufacturing

Consumer Selection

Eat More!

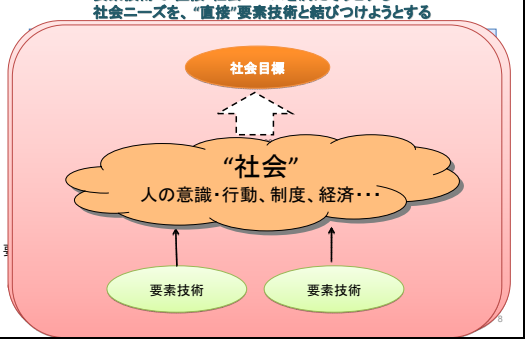
Usage

How to integrate technology with life-style?

7

現状の問題点

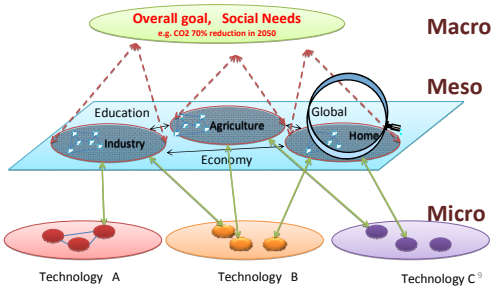
要素技術で“直接”社会ニーズを満たそうとする
社会ニーズを、“直接”要素技術と結びつけようとする

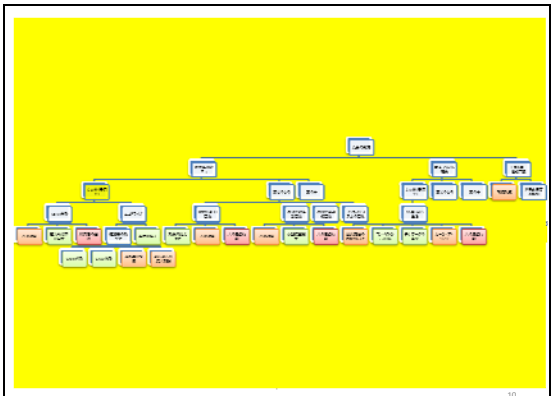


8

What is needed?

-How to introduce a social perspective?-



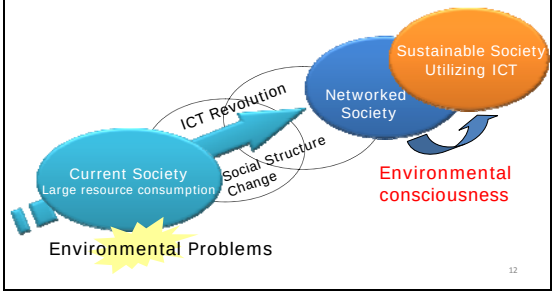


EcoDesign for ICT Society

LOW CARBON SOCIETY SCENARIO TOWARD 2050

Our Research Perspective

Why is ICT essential for achieving low carbon society?



2050 meaning

- I am not alive in 2050
  - Whether our vision is realized or not
- Speed of development differs according to technological situations
  - ICT progresses like a 'dog year'
- It is difficult to think about 2050 society based on the uniformity of changes
- **Think boldly!**

ICT Impact on CO_2 Emissions

The 'EcoDesign' aims at making the positive effect larger than the negative effect.

Obscurity

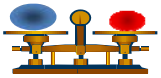
-Changes in the industrial form (Domestic: Positive, World wide: ?)

Positive side

-Improvements in transportation efficiency, etc.
-Advancement and improvement of environmental measures through ICT

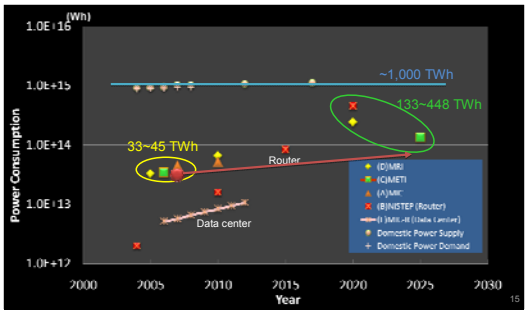
Negative side

-Increases resource , energy consumption, and amount of waste
-Rebound effect



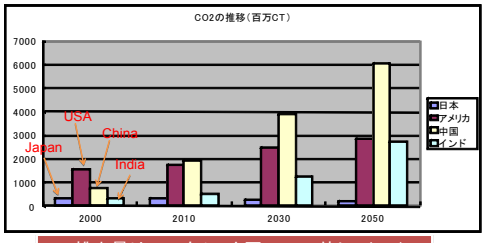
Negative side

Previous Study & Our Reasults Regarding Electricity Consumption from ICT

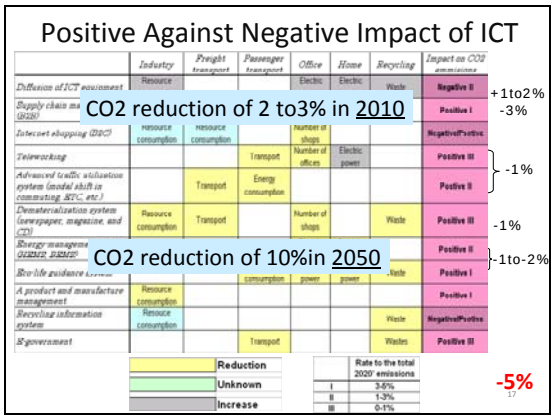


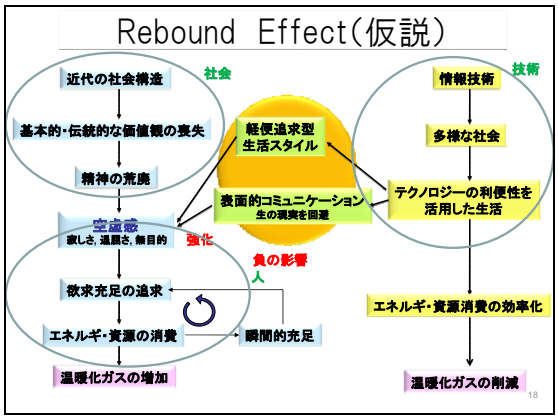
Obscurity

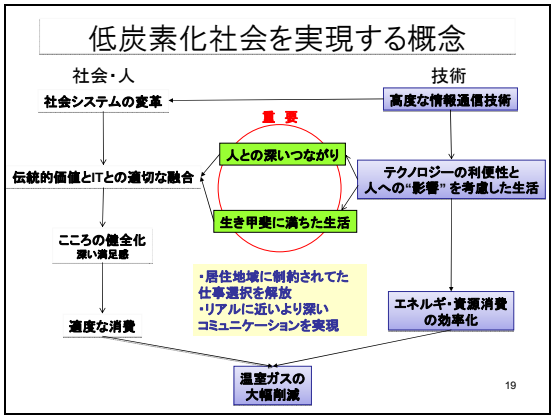
ICT Revolution Changes the Economic Landscape of the World,

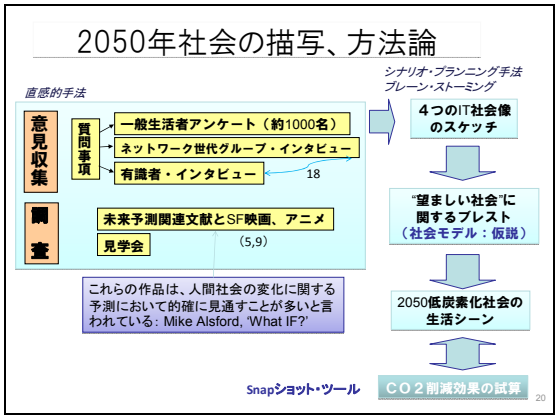


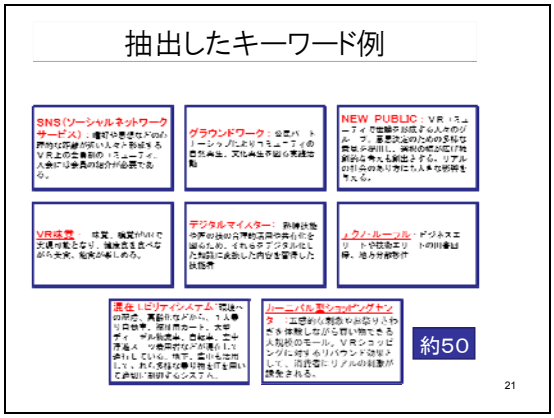
CO2排出量は2050年に4カ国で、119億トン（CT）（2000年には30億トン）





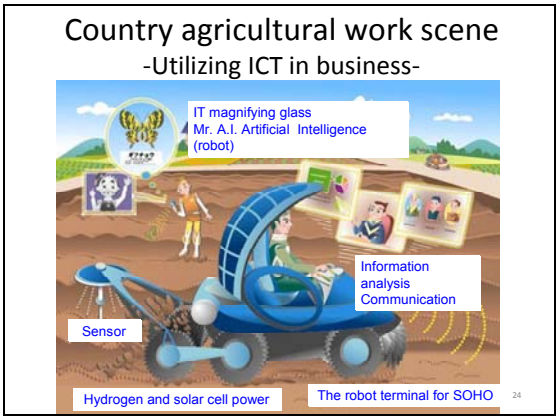


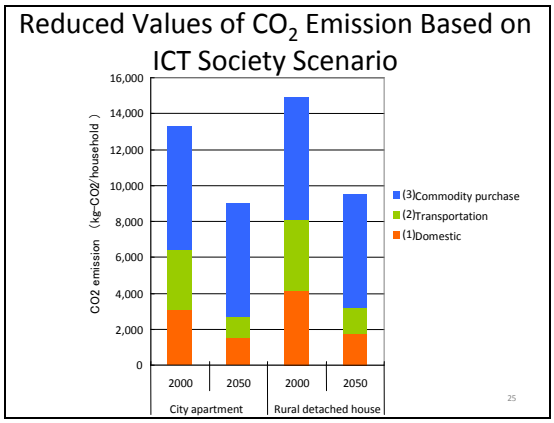


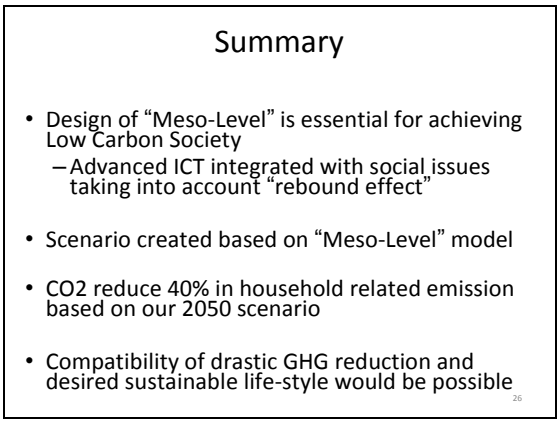


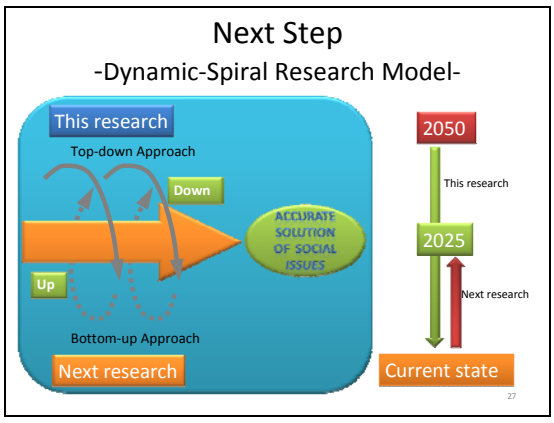
７つの生活シーンと会話

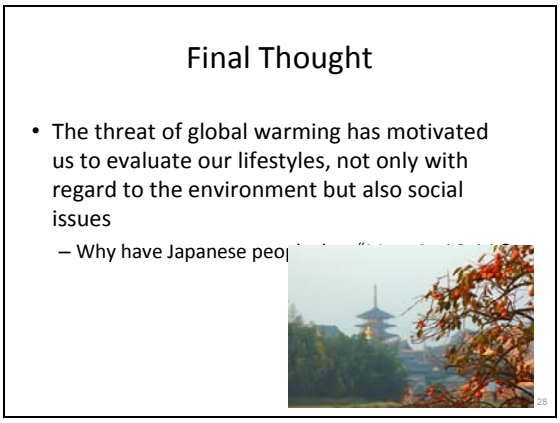
- **シーン1.『離れていても家族は一緒！』**
  - 娘の来夢が、中学校から『シティ』にある寮に帰ってきた。『カントリー地区』に住む父親と弟の歩夢との、"バーチャルドア"を使った会話が始まる。歩夢は、宿題をやっている。そこに、『ビッグシティ』で仕事をしている母親が"帰って（仮想）"きました。家族そろっての食事が始まる。
- **シーン2.『畑でもIT！』**
  - 父親の颯太は、畑で仕事をしている。現在の仕事のやり方とは、ちょっと違うようだ。息子の歩夢は、小学校に行く前に、種まきを手伝っている。
- **シーン3.『ビッグシティのSOHO から世界会議に出席！』**
  - 母親の陽菜は、昨夜、カントリー地区から、娘の来夢がいる『シティ』に寄って、最終のリニアモータで『ビッグシティ』のコントミニアムに到着。今日は、ワールド食品シンポジュウムに参加する。
- **シーン4.『エコマネーでショッピング！』**
  - 母親の陽菜が、一日の疲れをとるために繭型のバスに入っている。環境計でエコポイントを確認中。エコポイントで何を購入するか考えている。
- **シーン5.『世界中からHappy Birthday！』**
  - 今日は、息子歩夢の、9 歳の誕生日。シティの寮から来夢も戻ってきて、家族そろっての誕生日パーティが開かれる。
- **シーン6.『仕事場から授業参観！』**
  - 歩夢の参観日。205X 年の教育現場では、バーチャルとリアルを両方取り入れた、さまざまな体験ができる教育システムが実現されている。
- **シーン7.『お手軽バーチャル世界旅行へ！』**
  - 週末、家族そろって、1 泊2 日でマルチイベントスペースへ旅行に行く。そこは、リニアモータカーで『シティ』から一時間足らずのところに位置している。

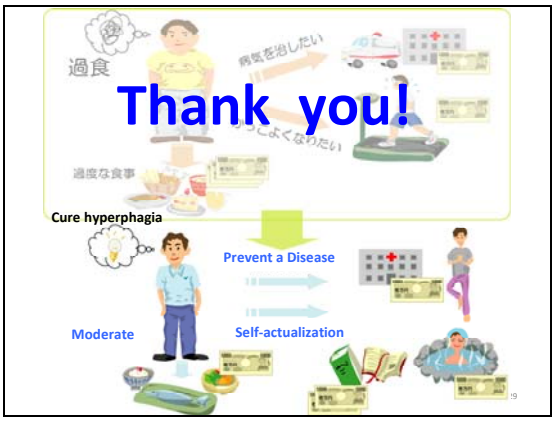












Commentator

William Wills (Federal University of Rio de Janeiro, Brazil)

Good afternoon ladies and gentlemen. Thank you for the nice presentation, Prof. Fujimoto. I have some comments and questions to make. I think ICT is a very important issue for developed countries, especially Japan who is aiming to reduce 70% of its emissions or something like that in 40 of 50 years. It was a nice comparison between reducing CO_2 emissions and diet because we have to change our habits. But we have to make sure that the positive effects are larger than the negative effects, because, like you said, we have the rebound effect, and other effects. We have to make sure that these positive effects are larger.

You put some key words on the slide, and some of them require really deep social structural

change. We know that this is very difficult to happen and we do not see many people talking about this and studying this approach, so I think it is an important point for us to see.

My question is what would be the marginal abatement costs of this kind of technology? Is it feasible for developed countries, like Dr. Fujino said earlier, H_2 technology is too expensive – this technology, what about it, is it feasible? And for developing countries, that is a big question.

In developing countries there are lots of important issues that should be addressed first, like food, education, health system, even electric energy for everybody. So for the developing countries we have to solve these problems before investing in ICT.

Like I said, it is an important issue for Japan, who is aiming to reduce 50% to 70% in 2050, so you have to think of all the possibilities, but for developing countries, I think it would be really difficult to implement ICT in this horizon. Thank you.

皆さんこんにちは。藤本先生、素晴らしいプレゼンテーションありがとうございます。いくつか、私から質問とコメントをさせていただきたいと思います。ICT は先進国にとって非常に重要な課題だと私も思います。特に日本のような先進国でも 40～50 年の間に 70%もの削減を目指しているのですから重要な課題だと思います。CO_2 排出量を削減することをダイエットに例えられているのは、我々の生活習慣を変えねばならないという意味で、とても良い例えだと思います。ただ、プラスの効果がマイナスよりも大きいということを確認する必要があると思います。というのも先ほど先生がおっしゃったようにリバウンド効果やその他の副次的な効果があるからです。プラスの効果が大きいことを確認することが必要です。

先生はスライドの中でもいくつかのキーワードをおっしゃっていましたが、非常に深い社会構造変化を必要とするということでした。この実現は非常な困難を伴うものです。また、このような課題については、まだあまり人々の話題にものぼっていないようですし、このようなアプローチで研究している方もあまり多くないようですので、このような課題について人々が見る（触れる）ようするということが重要なのだと思います。

ここで私の質問なのですが、このような技術の限界削減費用はどれぐらいになるでしょうか。この技術は先進国でも実現可能なのでしょうか――藤野先生が先般おっしゃったように、例えば先進国でも水素技術は高すぎるようですが――この（ICT）技術はどうなのでしょうか、実現可能なのでしょうか。また途上国にとってはどうでしょうか。これも非常に大きな疑問だと考えています。
途上国においては、まず最初に優先して取り組むべき重要課題がたくさんあります。食料、教育、保健システムであったり、全ての人が電気エネルギーを使えるようにしたり、といった重要な課題があるのです。我々はこの ICT のアプローチについて考える前に、これらの重要な課題についてまず考えねばなりません。

ただ、先ほど言いましたように、（この技術は）日本のような、2050 年までに 50%ないし 70%もの大きな削減を必要とする国では重要で、その実現可能性を考えることは必要です。しかし途上国となりますと、この期間中に実行するのは本当に困難なのではないかと思います。以上です。ありがとうございました。

塚本 直也

目黒区からまいりました塚本と申します。職業は国家公務員をしています。大変刺激的な研究で、聞いていてワクワクしました。ありがとうございます。特に、先ほど午前中も人口当たりのサービスの必要量の部分は手付かずですが、ライフスタイルやものの考え方を変えるというところに大きなポテンシャルがあるのではないかという議論がありましたが、今のお話もやはり幸せの価値は必ずしも消費することではないという点を指摘されていると思って、非常に面白く聞かせていただきました。

ただ一点、聞いていて非常に違和感があったのが、CO_2 の削減をダイエットと一緒に比喩されてい

た点で、ひとつ違和感があったのはフローとストックの問題。体重はストック量ですが、CO_2 の 1 日排出量やそのようなものはフローなので、必ずしも比喩としてあまりぴったりこなかったかなと思いましたのと、もうひとつは、CO_2 は排出しなくてもいいエネルギーというのが実際あるのですよね、風力や太陽など。そのようなものに置き換えれば、実は体重はそのままでいいのですよね。だからそのような代替性のあるオプションがたくさんあって、いわゆる食事で例えれば国産のものをたくさん食べましょうとか、そのような話と近い、質の転換を求めている問題が、この CO_2 の場合大きいのではないかなと思うので、必ずしも 18 kg の体重という非常に非現実的なイメージというよりは、むしろ質を転換することで体重は維持した健康なままで、より良い地球の持続的な利用ができるのではないかと、そのような印象を持ちました。

それから最後に、これはまったく個人的な感想というか質問なのですが、どこでもドアといいますか、どこにいても濃密なコミュニケーションができる技術というのが 1 番目のイメージにありましたが、そこで少し面白いなと思ったのは、実際の家族をバーチャルなもので代替して、それぞれがそれぞれの活躍する場で実体として仕事をしているというイメージを描いていらっしゃいましたが、逆もやはり技術は可能にすると思うのですね。家族は実態として存在していて、それぞれがバーチャルにいろいろなところに行って、世界各地で仕事をしている、そのような絵も描けると思うのですが、その辺りの何かどちらをスイッチするかというあたりが、将来の幸せの価値観と非常に関係してくるのではないかなと。いずれにしても非常に刺激的なおもしろいプレゼンテーションをありがとうございました。

蟹江 憲史（東京工業大学大学院）：座長

先ほどの体重の話、最初にピザの話をすると皆ピザにばかり食いつくとおっしゃっていましたが、体重の話、私も少し見ながら考えていまして、例えば 58 kg を 18 kg にするのは難しいと思うのですが、例えば KONISHIKI が 200 kg あるのが 60 kg にするというのは、実際には難しいのかもしれませんが、昔は 200 kg あったのが、ユースフルな必要な体重だったと思うのですが、今は必要ないので 60 kg にしよう、それだったらまだ可能なのかとかですね。いろいろ思いましたので、そのことも含めて後ほどコメントに対するレスポンスをお願いできればと思います。

水口 哲（博報堂）

藤本先生、どうもありがとうございました。二つあります。ひとつは「12 の方策」の中には IT というのが明示的には出ていない気がします。どのように位置づけられているのでしょうか。二番目は、今既に IT の商品がかなりあると思います。それが普及するだけでどれだけ下げることができるのかという数字があるのかどうか。例えば IT を使ったデマンドサイドコントロールとか、がばっと下げられそうなものはいくつかあると思われます。以上二つです。

永田 哲朗（株式会社ユーラスエナジー）

ユーラスエナジーの永田と申します。前半のシナリオ分析にも共通するところだと思うのですが、シナリオ分析で 20 年後や 50 年後どうなるのかというのを示すというのは非常に興味深いことだと思うのですが、両方に抜けているのは、それを実現するためにコストがどのぐらいかかるかという、どのぐらいの痛みを伴うかというのが皆抜けていると思うのです。

例を言えば太陽光とか風力を入れるのにどのぐらい余分なコストを払わなければいけないか、国民 1 人当たりいくら、電気料金か税金かというのはよく分かりませんが、それをだれかが負担するということになりますが、IT の場合でもただで入るのではないので、例えば省エネ型の住宅にしても何にしてもそれを実現するためには何らかのコストが伴います。税金にしろ、公共料金にせよ、それから

自分の建物の建築費、または公共投資ですね。そのようなもので、一体いくらかかるのだというのがあまり議論されていないような気がするのですが、その辺りは今回のシナリオ分析等で技術的に可能だとか、物理的に可能だとか、ライフスタイルで受け入れられるかどうかというのと密接な関連が、どのぐらい経済的に耐えられるかというのはもっと重要な話なのではないかと思うのですが。

藤本 淳

忘れてしまったところがあるので、最後のコストからお話しますと、たぶん私ではないですがシナリオチームでは限界コストは、実際に計算されていると思います。今日の発表に無いだけだと思います。

私自身も、これ経産省の調査研究でやったので、ここで言うのは良くないのかもしれないのですが、例えば太陽光発電の普及に伴うコストですね、そのようなものも研究しております。コストを考慮しているということだけお話しておきます。

その前の方の「12 の方策」の中に IT というのは入っていないのではないかという質問に対してですが、実は入っております。2 つほど入っておりまして、ひとつは先ほど同じ質問の中にありましたが、サプライチェーンマネージメント、もうひとつが LCS（Low Carbon Society）ナビゲーションシステムということで、ICT を使って環境負荷の「見える化」をして生活を低炭素化に導こうという方策、この 2 つ入れていただいていると理解しております。

その前の塚本さんのダイエットというのが適切ではないのかと、もうあまり皆さんにこのように批判されると、ピザの例も止めたほうが良いのではないかと今、考えています。蟹江先生の KONISHIKI の例は使えるかも知れませんね。ただダイエットが適切かどうかはともかく、例えば二酸化炭素の 1 人 1 日 1 kg 削減の大変さを国民の皆さんに求めるならば、その“レベル感”というかその大変さを示さないと何も先に進まない。そのレベル感を示すのに、ダイエットの例を用いたわけで、あまり論理的に攻められると、そこまでまじめに考えていないと申しあげなければなりません。次回このような機会がありましたら他の例えを考えておこうと思います。

最初の質問、コメンテーターの方の質問についてお答えしたいと思います。まず限界コストですね。例えば太陽光発電というものの普及を見て、どうして普及しているのかは経済的な面からだけでは説明できない。既築と新築の割合というのは 7：3 で日本の場合は既築の住宅のほうが多い。このような普及を見てみると、環境対策技術の普及には、やはり人々の意識というものがかなり入っていて、その負担というのは国民といいますか、人々が積極的に負担しようとしているという点を理解しなければなりません。一方、ICT については、これはまだ別の面があって、例えばこの中でご家庭に ALSOK か SECOM を入れられている方がいらっしゃると思います。それは皆さんお金を払って安全システムを入れている。限界費用をいうことを言われていましたが、ICT の対策の多くは、ビジネスのサイドでいろいろな工夫がこれから出てくるのではないのか、例えばセキュリティシステムに環境負荷の「見える化」を乗せたようなビジネスが出てきてそれがどんどん広がっていくというようなイメージを描いています。したがって、限界費用といいますか、導入初期の補助は必要かもしれませんが、基本的には、ビジネスの競争の中で、環境 ICT が普及する姿を描いております。

途上国においてはまったく違うだろうというのは、まったくおっしゃるとおりでして、途上国においてはまったく別の使い方、ICT の貢献というのがあると思います。それは例えば教育であったり、水のモニタリングであったり、大気のモニタリングであったり、食料の安全性であったり、今日お話した ICT アプリケーションとはそれはまったく違う貢献の形になるのではと考えております。

まとめ：
結局 「脱温暖化 2050 プロジェクト」は何をやったのか

西岡 秀三（（独）国立環境研究所　特別客員研究員）

皆さん、よくいらっしゃいました。どうもありがとうございます。おかげさまで5年間のプロジェクトでしたが、今日発表がありましたような調子で、まあまあ終了を迎えたわけです。私が今日は簡単に「結局低炭素社会研究は何をやったのか」というお話をいたします。

もちろん、「日本を対象に、2050年に想定されるサービス需要を満足しながら、CO_2を90年に比べて70%削減する技術的なポテンシャルがあることを明らかにしている」というのが核です。その全体といたしまして、やはり研究ですから知見の提供というのが一番大切な話です。今日いくつか発表がありましたように我々はなぜ70%削減がいるのか、どうすればいいのか、そしてそれぞれの都市である、あるいはITである、交通である、それぞれの場所でどのように具体的にそれをやっていくかということに対する知見を提出したということです。

二つ目が方法論、これは学問ですので単にいろいろ計算しましてこうなりましたという話ではなくて、一種の方法論を確立するということが我々の仕事でもあります。そのような面ではこのような一連のモデルを中心にしたシナリオの手法等々が実際の気候政策を対象にしてアプリカブルであるということを示したと思います。

三番目に、社会を先導したことです。戦略研究というのは、政策に合わせて使えるものにしてくださいということですから、そのもうひとつ向こうにあるのは、結局、それで社会をどのように動かすのに手伝ったかといったことが問われるかと思います。それからその研究のやり方自身も、非常に多くの研究者が一体となってやってきたかどうかということも、ひとつの問われる問題かと思います。

いまだ要請される課題をカバーしきれていない、あるいは今日もいくつかのご指摘がありましたが、まだまだやらなければいけないことがたくさんあるようなのですが、今のタイムフレームの中では一応私はこれで終わらせたと考えています。

我々が最初にやりましたのは、温暖化を防止する、すなわち気候を安定化するために一体どれだけの、何℃ぐらいに抑えたら、どのような道筋で下げていかなければいけないかということをまず検討いたしました。これはIPCCで多くの研究者がやっていることで、我々もIPCCへ出して、皆と一緒に揉んで、我々自身このような結果を得た。ひと言で言って2050年に半分ぐらいにする必要があるということを出したのですが、国の一連の目標を設定することにお役に立ったのではないかと考えております。たまたま、60ないし80%というのはどこでも言われていたことですが、我々の研究からもそのようなことが出ています。

中身のポイントは何といいましても一体どれだけ減らせるかということでして、一番基本的なアウトプットは、まず2000年から2050年にかけてシナリオAでもBでも、二つやらなければいけないことがある。ひとつはエネルギーの需要を削減することであり、それができるということ。そして二つ目がそれだけの需要があるエネルギーをどのようなかたちで低炭素にしていくかという二つのことのコンビネーションでやっていくということです。

特に私がここで強調したいのは、このエネルギーの需要を削減するということで、半分できるよということを明らかにしたというのは、当たり前だろうと皆さんおっしゃるのですが、現在あちこちで論議されておりまして、どうしても供給側がエネルギーを低炭素化していこうではないか、皆さん使っておられる方にはご迷惑をかけませんよというかたちで政策が進むことは非常に多いのですが、そうではないのだ、消費者に向かって、あなた方が鍵を握っているのだ、あなた方がやることによってこの難局を越えられ、あるいはチャンスが訪れるのだということを考えてもらうという点が、このアウトプットの本当に中核だと私は思います。

この供給側につきましては、まだこれからいろいろな路線の検討をする必要がありまして、私たちの研究ではまだ十分にはできませんでした。もちろん最大の力を振り絞ってやったのですが、あまりに複雑で、かついろいろでしたが、まず路線を決めるということが非常に大切だなということでやらしてもらいました。

先ほど費用の話はどうするのだという話がありました。ひと言で言いまして、我々の計算だとGDPの約1%の、ここでは直接費用と言っていますが、それがかかります。これはどのような計算をしているかといいますと、我々積み上げ計算ですから、横軸にどれだけ減らせるか、そして縦軸にコストをとるという、いわゆる限界削減費用のカーブというのをかきます。

そうしますと最初に蛍光灯を入れたらどうなるか。蛍光灯を今入れたら実は得しますよね。蛍光灯を入れて、寿命が6年あって、そしてその期間のエネルギーの費用を今の白熱灯と比べてみるとずっと安い。朝日新聞によると8ヶ月すると元が取れて後全部得、ということです。そのような一番安いのが入ってきますね。その次の技術を今度は入れて、どんどん入れていきますと、いまのエネルギー価格では得する線を越えて、これ以上入れるとひょっとしたらお金がかかるかもしれないというところまで行ってしまいます。そしてそれがだんだん高くなっていく。ある量まで減らさなければいけないのだけれども、その時どれだけの技術が入って、限界削減コストはこれだけ掛かるが示されます。

お金の計算といたしまして、現在のエネルギーのレベルからいって、省エネで得する技術は多くある。それ以上入れてゆくと損する技術になって、追加費用が発生する。このとき、省エネで儲かる分も投資してますから、それ全体を直接費用といっています。年間の追加費用は、全体費用の10分の１ぐらいになります。約1兆円ほどです。私先ほど1%と言いましたが、直接費用が大体1%、10兆円ぐらいです。そして年間の追加費用というのは1兆円ぐらいだということです。それでは追加費用でどれだけCO_2が減ったかという、意味での平均削減費用を取りますと、カーボン当たり3万円ですから、二酸化炭素では約100ドル程度に収まる。ですから我々経済計算をやったのではなくて、むしろ経済の計算をベースにしてこの技術を積み上げたということです。

さて、我々、ここで抜けておりますのは、確かに先ほど東京都の方のご質問にありましたように、そのような負担を一体誰がやるのが一番効率的なのだろうか。それを全部電力会社がやるのだろうか、あるいは消費者がやるのだろうかといった問題が残されております。これは現在、中期目標検討会でもこの作業をこれからやる必要があるのですが、世の中全体として、どのような仕掛けでやっていったら、それが一番うまく安いコストでできるのだろうかということは、まだ我々では十分やっているのではありません。

それからもうひとつ、我々はまだ十分できなくて、今、実はやりつつあるというのは先ほどから問題になっておりますが、2050年にはそうだろうと、それまでにどのような道筋で手を打っていったら一番いいだろうかということです。その評価のひとつのやり方といたしましては、当然ながら経済コストというのがあるのです。どのような道筋でやったら一番いいだろうかという話がありまして、それについてはまだ検討中です。考えてみましたら、普通の経済計算から言いますと、技術というのは後になればなるほど進歩、進化しますから、きっと後でやったほうが安くつくに違いないとされます。それだけを考えたら2050年に70%減らすのなら2049年にドカーンと投資するのが一番安いことになる。しかしとても現実問題そうはいかない。人が育っていないし、インフラができていないし、リードタイムがいるし、資金のショーテージがあるだろうし、いろいろと考えてそのような計算をしていかなければいけないのですが、現在まだやっておりまして、もう少し時間をくださいということです。

我々は最終的に、低炭素社会のイメージというものを書いて、それは例えば人口がこうなりますよ、GDPはどうなりますよといった話が、ここに書いてありますが、はじめから1人当たり2%のGDPの成長、あるいは1%成長を前提としていますから、GDP自身の伸びは、それぞれ例えば1080兆円だとかいろいろ出てくるのですが、このサービス需要はあるものは増え、あるものはそんなにいらなくなるというようなことでこの辺に落ち着くと。これが今の現状ですが、その時に一次エネルギー消費量が少なくて済み、CO_2も減るということで全体の絵は描いております。

次に私たちがやりましたのは、「12の方策」ということです。これは2050年削減ができそうだという

ことが分かったと、それを実現するためにどこでどれだけたくさん出しているか、そのところをきちんと抑えるためには具体的にどのような手を打っていったらいいか。当然一番家庭ではたくさんエネルギーを消費しておりますが、建物自体ですから、建物の構造を克服することで光を取り込んだり、あるいは断熱をしっかりするようなものをやる。そのために何がいるかといったら、そのようなことをやってくれる大工さんがいる、デザイナーがいる、建築学会には基準をお願いするなど、いろいろなことをやらなければならないというようなことを非常に地道にやっていって、そしてその結果民生部分がどれだけ減らせるか、ということをやりました。

先ほどもう少しマクロの政策が入らないのかということで、それでは税金を入れたらどうなるのかということは、これにオンされましてどんどん施策が進んでいくのですが、そこはこの研究ではそこまでは入っていない。

アウトプット自身はそのようなことだということで、それなりにタイミングよく出されたのではないかと思っております。

我々の二番目の問題、方法論の問題です。私たちはこの研究プロジェクト、先ほどからお話しがありますように、やはりバックキャスティングがいるだろう。何でもかんでもバックキャスティングできるのではなくて、たとえば私は私の人生について、もし子供の時にしっかりとした考えを持っていれば、30年後にこれになりたいと思って、そのために努力する。しかもそれを自分でコントロールできる、そのようなものだったら、しかもそれはものすごく大切な問題だということだったら、バックキャスティングが適用できるのです。

ですから私が今この低炭素化の問題というのは必然であり、やらざるを得ない。ですから、2050年に70%削減せざるを得ないだろうと、そのような目標を設定し、そして国民が、世界の人たちがあらゆる努力をそれに向けるという前提でこれをやっているのですね。そのようなことでこのバックキャスティングはそのような事情があった時に応用できます。

ですが、今の経済状況はどうなるのか分からないので、株を買う時にそのようなものはバックキャスティングできません、私たちはそのように経済を動かせるのではない。我々単に株価を見て買うか買わないかなんて話をしているだけですから、それはやはりフォアキャストであろうと思います。そのようなわけで、私たちバックキャストでやってきましたが、このようなバックキャストというのが政策のプロセスとして適応できるということを見せた、あるいは見せようとしているというところは買っていただきたいところです。

それからもうひとつ、方法論的等々から言いますとさまざまなモデルをやりましたし、それに必要なデータをきちんとして集めた。そのようなものは財産として残っている。

それから三番目にそれがどのようにお役に立ったのだろうかいうことです。2004年7月に、このようなタイミングを考えてこれから研究していくよということで出したプランでは、米国大統領選、この前のブッシュさんが勝った時の話ですが、これからどのようなことが将来起こるだろうかという予測を作りまして、それに対応しまして、それぞれシナリオチーム、あるいは都市チーム等々がどのようなタイミングでどのようなものを出していったらいいのか、そのためには何が今求められているのだろうかと。それこそバックキャスティングではないのですが、そのような政策に必要なものが何であるかというのを、むしろ我々から予測しまして、研究のタイミングを作ってゆきました。

後期の研究計画は2006年に作ったのですが、その時はいよいよ国際交渉も山場になってくる。すなわち2009年、COP15コペンハーゲンがやはり山場になるだろう、その前に必ずや日本がどれだけの削減をするということを求められるだろうし、また本当にそれをできるかできないか分からなかったら何も言えないだろうと考えた。そしてそれをターゲットといたしまして、中間発表といたしまして70%できるだろうという結果を2004年に出しています。それでは今日の皆様のご意見のように具体的に何をやるのだと言われた時には、このような手がありますよということで「12の方策」を出している。そしてそれをどのような手順でやるのかということで、現在もう少し研究を続けさせてもらってます。

2006年の研究結果の中間発表は、それぞれ安倍首相の「美しい星」、あるいは「福田ビジョン」等々にも何らかの影響をもたらしたのではないかなと考えております。そのようなわけで、戦略研究といた

しまして、全体の政策の流れを読みながら、きちんとしたアウトプットを出していくということにある程度は貢献したのではないかなと思っています。

国際的にこれからどう政策を作っていくかといったことにつきましては、日英共同研究に持ち込みました。ここで「低炭素社会」という言葉が出てきました。イギリスだと「Low-Carbon Economy」ということを言うものですから、私のほうではこれは経済だけの話ではないだろう、もっと皆に参加を呼びかける時に、やはり社会ということがいるのではないかということで「Low-Carbon Society」という言葉をだしました。

論文としては多くのアウトプットが出ましたし、それから多くの方々の参加を得まして、いろいろ違った学問分野の方々と一緒に研究させていただいたということは非常にありがたいことだと思います。

最後にひとつ申したいことがありますが、それではこの研究は本当に何をやったのだろうかということです。私は、ひと言キーワードを言いますと「希望」です。どのようなことかと言いますと、今、非常に大きな変革の時期にあるかと思います。我々が分かったのは、結局CO_2というのは最終的にはゼロにしなければいけない。気候学者が計算をしていきますと、どうしても最終的に今どんどん出している部分が吸収されるまで100年、200年かかるそうですから、その時は気候が安定化して温室効果ガスの吸収と排出がバランスする。温度がどんどん高まりますと、今度は吸収能力は減ってきますから、結局のところほぼCO_2をゼロの社会にいつかはしなければならない。いつかというのは100年、150年後ですが。ということを考えてみますと、我々は一体どのような時代に生きているのだということを考えます。

産業革命がエネルギーを使ってどのようにして技術を発達させ、我々にどのような幸せを与えてきたかというこの200年、ところが我々今度はCO_2もエネルギーもあまり使わないでくれというほうにいきますと、結局こんな言い方をすると罰が当たりますが、いわばいまは産業革命の尻拭いをする時代といえる。これはものすごく大きな転換の時期だということを、まず我々は考えなければいけない。そのような時期に我が日本では、世界的にも経済的な問題もいろいろ出てきました。オーストラリアの火事ではないですが、火勢に追い込まれても逃げ場を誰も教えてくれない。気候変化の影響の話ではあまりにも危ないぞといった話ばかりが先行していて、それでは具体的にどのようにしたら解決策、逃げ口があるのかは誰も示さない。気候変動だとか経済危機だとかに追い立てられて、どっちに行っていいか分からない。そしてどこに出口があるかと聞いてみると誰も答えてくれない。どうすれば気候が安定できるのかを聞いてみても、特に日本では3～4年前は、あれもだめ、これもだめ、そのようなことはできない、お金がかかる、国際競争力に負ける、国民負担が大きいとか、そのようなお話ばかりだったのです。

しかしながら、我々少し思い切って70%削減がどのようにしたらできるのだろうかということを、このように積み上げ計算してみて、世に問うてみた。私があちこち講演で話しますと、「分かりました。やれば出来るのですね。ようやく希望が持てました。」という言われ方をするのですね。それどころか、むしろ新しい社会が築けるのだ、といったことに、あまり研究としてもやられてこなかった。このことは関係者自身として反省するべきです。

私は、自分たちの役目は何だったのだという話を考えたとき、このようなシナリオ研究が、世の中の人に、そうだ全体の大きな絵はこうなのだな、自分はこのパートで頑張っておけば世の中きちんと動いていくのだね、ということを示せたのではないかと思っています。このことをいま一番言いたいのです。

ですからぜひトップの方々に見ていただいて、きちんとした政策を立てていただく。そして国民の皆さんが安心してそれぞれのことをきちんとひとつずつやっていけばそのようになるのですよ、ということを示すものとして使っていただきたい。そして、それぞれの皆さんがそれぞれの持ち場でこのようなことについて、さらに深く考えていただきたい、以上、私がこの研究が一体何をやったかということで、一番お話をしたいところです。

ここに皆さんに心からのお礼を申し上げたい。ご指導、ご鞭撻、叱咤激励、鼓舞、応援、時々漢字を間違える歳になりましたので、これはみな類語辞典から持ってきたのですが、皆さんに喝を入れていただきまして、援助、助言、スポンサー、見守ってくださった方々、それから研究参加にご協力、ご支援を頂いた皆さんに本当に心からお礼を申しまして、私の総括といたします。どうも皆さんありがとうございました。

環境省　地球環境研究総合推進費　戦略研究開発プロジェクト
日英共同研究「低炭素社会の実現に向けた脱温暖化2050プロジェクト」

結局「低炭素社会研究」は何をやったのか

本研究は、日本を対象に、2050年に想定されるサービス需要を満足しながら、主要な温室効果ガスであるCO2を1990年に比べて70%削減する技術的なポテンシャルが存在することを明らかにしている。

「2050日本低炭素社会」プロジェクト　リーダー
西岡秀三

1

地球環境研究総合推進費　戦略研究ー3
「2050日本低炭素社会研究」
2004-2008年度

本研究は、戦略研究として、

①**知見の提供**：気候政策の意思決定の各段階において、国際レベルから具体的実行レベルまでに必要となる一連の知見を、適切なタイミングで提供した。

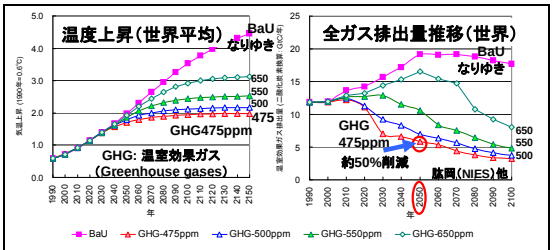
②**方法論の確立**：また、政策・技術・経済を具体的対応に向けて統合する一連の科学的手法を開発し、気候政策を対象場としてこの科学的手法が政策意思決定に有効に使えることを実証した。

③**社会を先導**：さらに、その研究成果によって、日本に「低炭素社会」のトレンドを形成した。

④**学際的プロジェクト実施**：本研究は、15大学、4研究機関、1学会、4シンクタンク、2企業、からの、国際政治学、建築、都市、経済学等々幅広い分野に及ぶ約60名の専門家を結集した、学際的プロジェクトを遂行した。

いまだ、要請される課題を十分にはカバーしきれてはいないものの、既に低炭素社会の動きはあらゆる分野で広がっており、研究の使命はほぼ達成した。

2

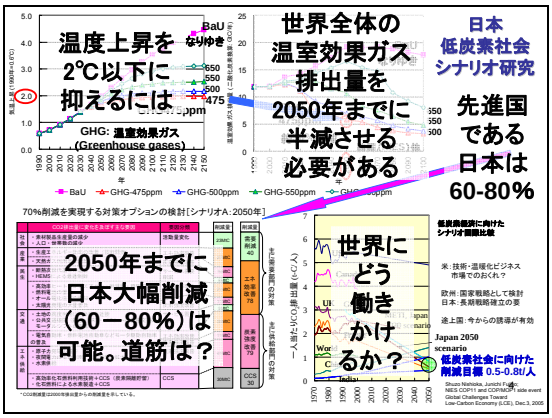


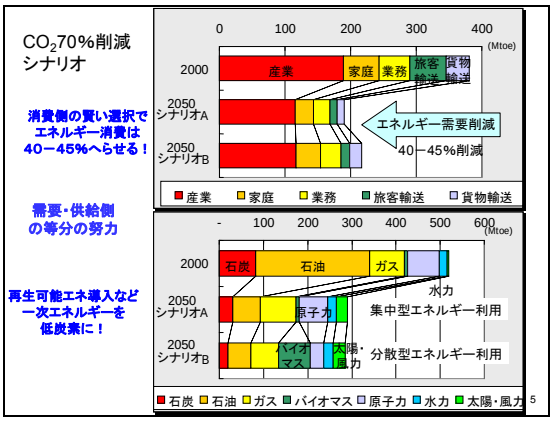
Greenhouse gasesとは温室効果をひき起こすガス：CO_2以外にメタン、亜酸化窒素、フロンなど

中央環境審議会地球環境部会ー気候変動に関する国際戦略専門委員会「気候変動問題に関する今後の国際的な対応について（長期目標をめぐって）第2次中間報告」（平成17年5月）に情報提供

気温上昇を2℃以下に抑えるには、大気中GHG濃度を475ppm以下にする必要がある
・2050年のGHG排出量を世界全体で、1990年レベルの50%以下に削減する必要がある
・日本はそれ以上（60-80%）の削減が求められる可能性。欧州諸国（英国60%削減、ドイツ80%削減、フランス75%削減）でも検討。

3





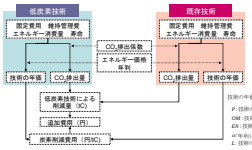
5

低炭素社会への技術費用

	シナリオA	シナリオB
年間直接費用（GDP比）	8兆9千億円(0.83%) ~9兆8千億円(0.90%)	6兆7千億円(0.96%) ~7兆4千億円(1.06%)
年間追加費用[1)]	1兆円~1兆8千億円	7千億円~1兆6千億円
平均削減費用[2)]	24,600~33,400円/tC	20,700~34,700円/tC

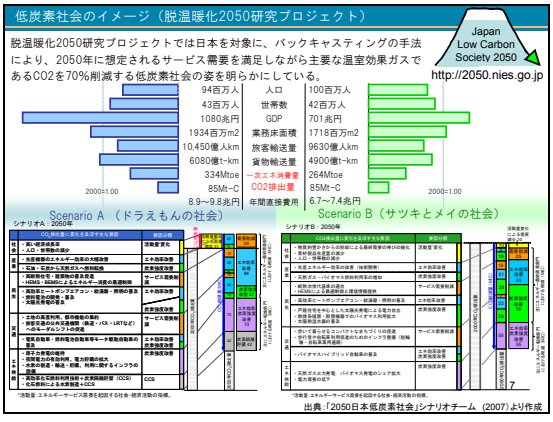
1）追加費用：既存技術（低炭素社会に向けた対策をとらないときに導入される現存する技術）と低炭素技術（70%削減を実現するために必要な技術）の差額。

2）平均削減費用：追加費用/それにより追加的に削減した温室効果ガス排出量。



技術対策の年間追加費用の算定

6



7

低炭素社会に向けた12の方策の効果

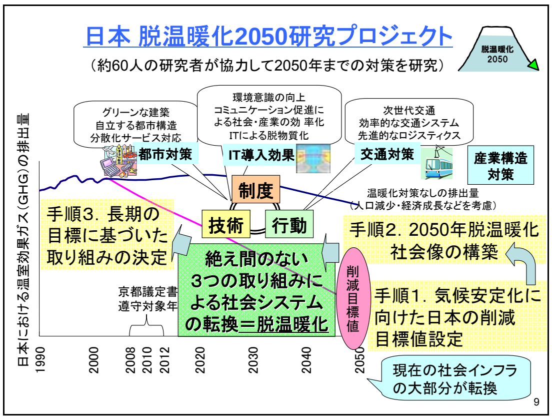
削減量は2000年を基準としている

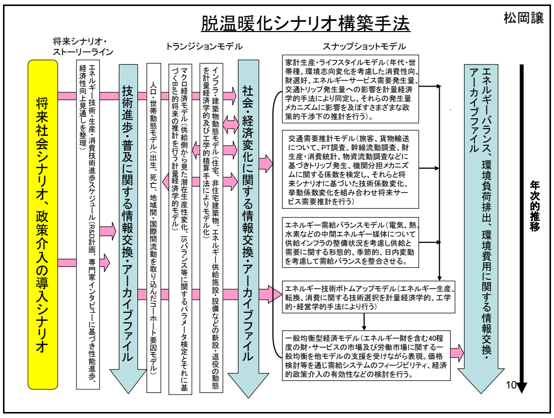
	方策の名称	説 明	CO_2削減量
1	快適さを逃さない住まいとオフィス	建物の構造を工夫することで先を取り込み暖房・冷房の熱を逃がさない建築物の設計・普及	民生分野を中心に 56~48 MtC
2	トップランナー機器をレンタルする暮らし	レンタルなどで高効率機器の初期費用負担を軽減しモノ離れしたサービス提供を推進	
3	安心でおいしい旬産旬消型農業	露地で栽培された農産物など旬のものを食べる生活をサポートすることで農業経営が低炭素化	産業分野を中心に 30~35 MtC
4	森林と共生できる暮らし	建築物や家具・建具などへの木材積極的利用、吸収源確保、長期林業政策で林業ビジネス進展	
5	人と地球に責任を持つ産業・ビジネス	消費者の欲しい低炭素型製品・サービスの開発・販売で持続可能な企業経営を行う	
6	滑らかで無駄のないロジスティックス	SCM*1で無駄な生産や在庫を削減し、産業で作られたサービスを効率的に届ける	運輸分野を中心に 44~45 MtC
7	歩いて暮らせる街づくり	商業施設や仕事場に徒歩・自転車・公共交通機関で行きやすい街づくり	
8	カーボンミニマム系統電力	再生可能エネ、原子力、CCS*2併設火力発電所からの低炭素な電気を、電力系統を介して供給	エネルギー転換分野を中心に95~81MtC
9	太陽と風の地産地消	太陽エネルギー、風力、地熱、バイオマスなどの地域エネルギーを最大限に活用	
10	次世代エネルギー供給	水素・バイオ燃料に関する研究開発の推進と供給体制の確立	
11	「見える化」で賢い選択	CO2排出量などを「見える化」して、消費者の経済合理的な低炭素商品選択をサポートする	分野横断的な方策 上記の数値に含まれている
12	低炭素社会の担い手づくり	低炭素社会を設計する・実現させる・支える人づくり	

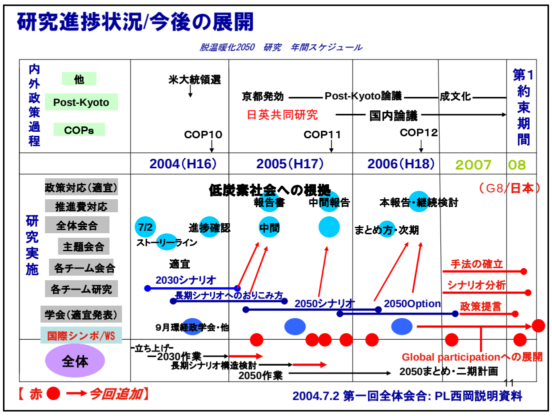
*1 SCM（Supply Chain Management）：材料の供給者、製造者、卸売、小売、顧客を結ぶ供給連鎖管理
*2 CCS（Carbon dioxide Capture and Storage）：二酸化炭素隔離貯留

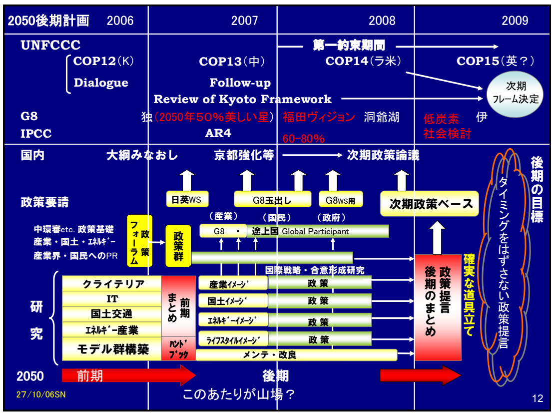
松岡 譲：10/2008

8

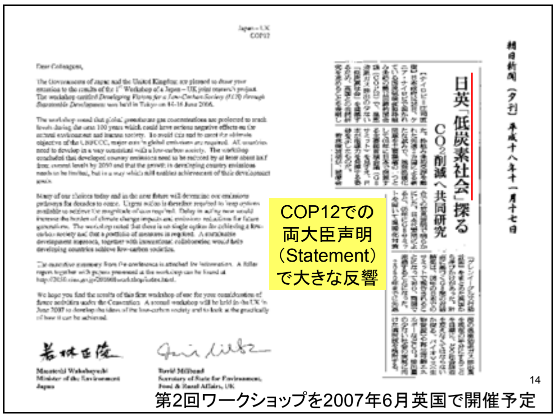

日本 脱温暖化2050研究プロジェクト
（約60人の研究者が協力して2050年までの対策を研究）
脱温暖化 2050
日本における温室効果ガス(GHG)の排出量
グリーンな建築
自立する都市構造
分散化サービス対応
都市対策
環境意識の向上
コミュニケーション促進による社会・産業の効率化
ITによる脱物質化
IT導入効果
次世代交通
効率的な交通システム
先進的なロジスティクス
交通対策
産業構造対策
制度
温暖化対策なしの排出量
（人口減少・経済成長などを考慮）
手順3. 長期の目標に基づいた取り組みの決定
技術
行動
絶え間のない3つの取り組みによる社会システムの転換＝脱温暖化
手順2. 2050年脱温暖化社会像の構築
削減目標値
手順1. 気候安定化に向けた日本の削減目標値設定
京都議定書遵守対象年
現在の社会インフラの大部分が転換
1990
2000
2008
2010
2012
2020
2030
2040
2050
9

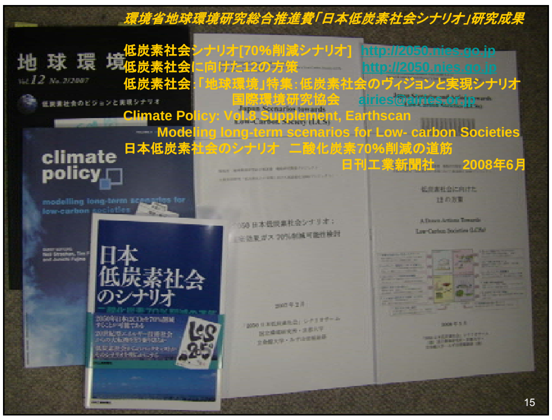

脱温暖化シナリオ構築手法
松岡譲
将来シナリオ・ストーリーライン
トランジションモデル
スナップショットモデル
将来社会シナリオ、政策介入の導入シナリオ
技術進歩・普及に関する情報交換・アーカイブファイル
社会・経済変化に関する情報交換・アーカイブファイル
エネルギーバランス、環境負荷排出、環境費用に関する情報交換・アーカイブファイル
年次的推移
10

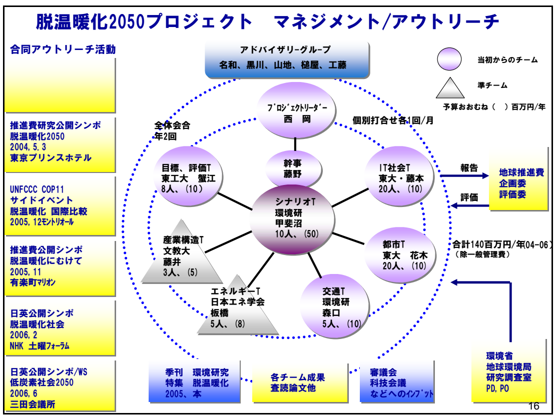

研究進捗状況/今後の展開
脱温暖化2050 研究 年間スケジュール
内外政策過程
Post-Kyoto
COPs
米大統領選
京都発効
Post-Kyoto論議
成文化
日英共同研究
国内論議
COP10
COP11
COP12
第1約束期間
2004(H16)
2005(H17)
2006(H18)
2007
08
研究実施
政策対応(適宜)
推進費対応
全体会合
主題会合
各チーム会合
各チーム研究
学会(適宜発表)
国際シンポ/WS
全体
低炭素社会への模索
（G8/日本）
手法の確立
シナリオ分析
政策提言
Global participationへの展開
2050まとめ・二期計画
【赤 ● → 今回追加】
2004.7.2 第一回全体会合: PL西岡説明資料
11


2050後期計画
2006
2007
2008
2009
UNFCCC
COP12(K)
Dialogue
COP13(中)
Follow-up
Review of Kyoto Framework
第一約束期間
COP14(ラ米)
COP15(英？)
次期フレーム決定
G8
IPCC
AR4
国内
大綱みなおし
京都強化等
次期政策論議
政策要請
研究
2050
前期
後期
このあたりが山場？
後期の目標
12

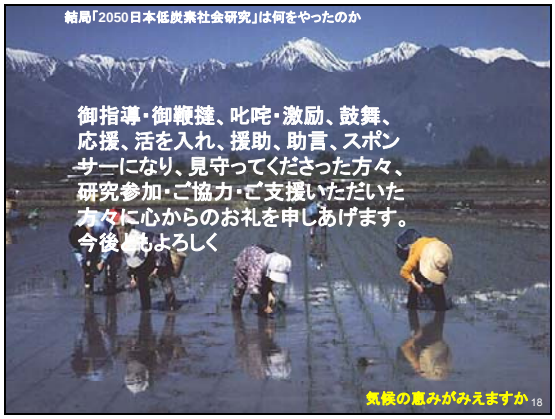
第1回 日英共同研究プロジェクト「持続可能な発展につながる低炭素社会に向けたヴィジョンの構築」ワークシップ
2006年6月13日から16日@東京
19カ国、6国際機関から54名の専門家が参加
アジア：日本、中国、インド、タイ、台湾
アフリカ：南アフリカ、ナイジェリア
ヨーロッパ：英国、フランス、ドイツ、デンマーク、スペイン、オランダ、ロシア
南米：ブラジル、メキシコ、チリ
北米：米国、カナダ
13


日英「低炭素社会」探る
CO_2削減へ共同研究
COP12での両大臣声明（Statement）で大きな反響
第2回ワークショップを2007年6月英国で開催予定
14


環境省地球環境研究総合推進費「日本低炭素社会シナリオ」研究成果
低炭素社会シナリオ[70%削減シナリオ] http://2050.nies.go.jp
低炭素社会に向けた12の方策 http://2050.nies.go.jp
低炭素社会：「地球環境」特集：低炭素社会のヴィジョンと実現シナリオ
国際環境研究協会
Climate Policy: Vol.8 Supplement, Earthscan
Modeling long-term scenarios for Low- carbon Societies
日本低炭素社会のシナリオ 二酸化炭素70%削減の道筋
日刊工業新聞社 2008年6月
15


脱温暖化2050プロジェクト マネジメント/アウトリーチ
合同アウトリーチ活動
アドバイザリーグループ
当初からのチーム
準チーム
全体会合 年2回
個別打合せ各1回/月
報告
評価
地球推進費企画委評価委
合計140百万円/年
推進費研究公開シンポ 脱温暖化2050 2004, 5, 3 東京プリンスホテル
UNFCCC COP11 サイドイベント 脱温暖化 国際比較 2005, 12
推進費公開シンポ 脱温暖化にむけて 2005, 11 有楽町マリオン
日英公開シンポ 脱温暖化社会 2006, 2 NHK
日英公開シンポ/WS 低炭素社会2050 2006, 6 三田会議所
季刊 環境研究 特集 脱温暖化 2005, 本
各チーム成果 査読論文他
環境省 地球環境局 研究調査室 PD, PO
16

アジアを中心とした途上国への
モデルトレーニングWSの開催（1997年から継続）
2006年10月16日から20日＠つくば、国立環境研究所
甲斐沼、花岡 17


結局「2050日本低炭素社会研究」は何をやったのか
御指導・御鞭撻、叱咤・激励、鼓舞、
応援、活を入れ、援助、助言、スポン
サーになり、見守ってくださった方々、
研究参加・ご協力・ご支援いただいた
方々に心からのお礼を申しあげます。
今後ともよろしく
気候の恵みがみえますか 18

第二部

「アジアにおける低炭素社会シナリオ研究の進展」

Part II　Advancement of Low-Carbon Society Scenario Studies in Asian countries

Dr. Jiang Kejun

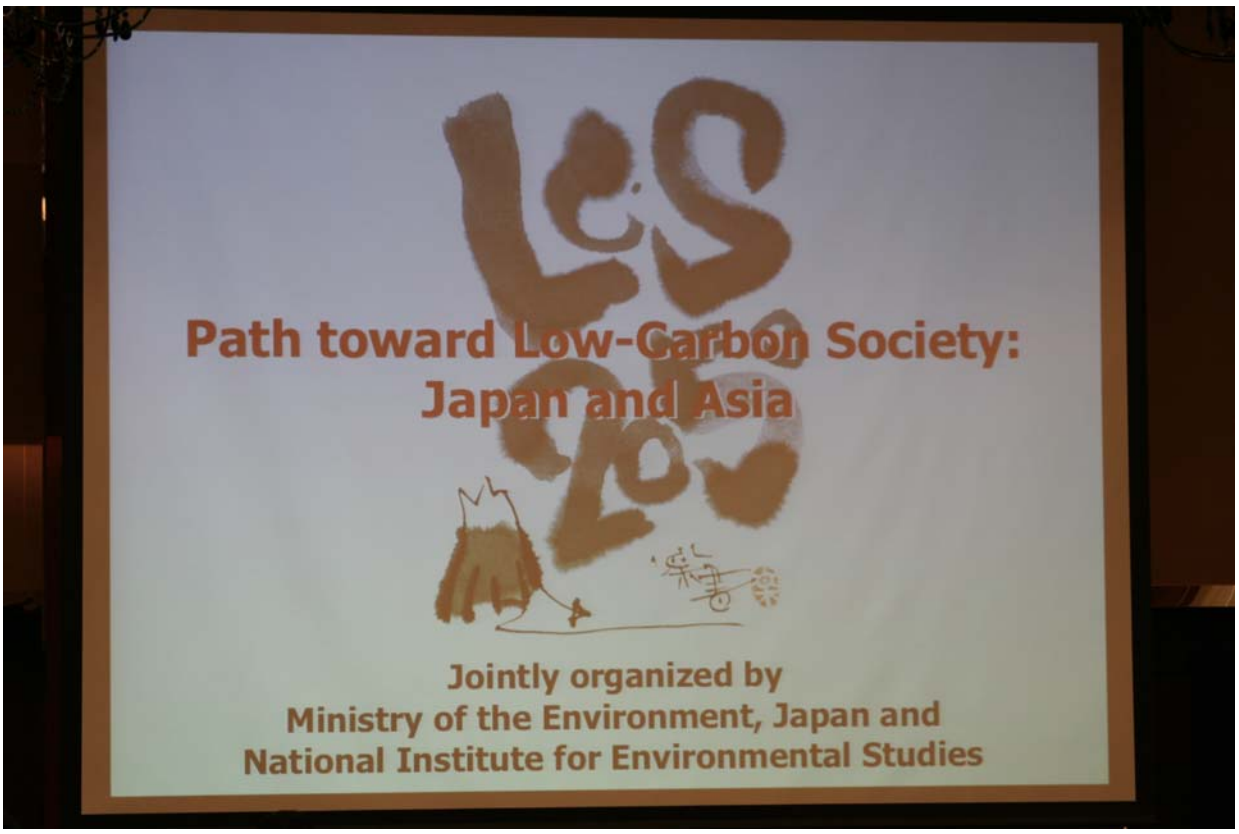
Dr. Haruki Tsuchiya

Prof. P. R. Shukla

Ms. Megumi Muto

Prof. Ram M. Shrestha

Mr. Taka Hiraishi



Dr. Jae Edmonds

Dr. Yoshiki Yamagata

Dr. Mikiko Kainuma

Ryutaro Ohtsuka, D. Sc.,
President, NIES

中国のシナリオ - China Low-Carbon Society Scenarios -

Jiang Kejun

(Energy Research Institute, National Development & Reform Commission, China)

I am just very happy to be here and present our research output together with the Asia-Pacific Integrated Model (AIM) team for the Chinese Low-Carbon Society Scenario of 2050. This is the modeling framework. I think something similar with the Japanese colleagues. We are using the model not only from the technology viewpoint but also try to implement our future for the economic development.

In the meantime – and I also think about global issues – whether China can reach the target together with the global target, for example, for the year 2050, 50% emission reduction, whether it is possible or not. This is a political thing, but we try to use the modeling tool to be used here for the analysis. This is the model framework: right now we are doing – so we have global model just like what I had mentioned and also energy economist model because inside China, many people ask, "Okay right, now China's GDP growth is very fast, how about that after 2030? Whether we can go ahead with this and if so which sector is the key part of that?" And another key part that actually comes from AIM model is that a technology model, this is an end-use model for simulation.

Okay, let's start from our future in China because China now is a very rapidly developing country for GDP. Every year, actually for the last more than 20 years, the annual GDP growth rate is nearly 10% already for the last two decades. For the last several years there that is higher than 10%. I am not sure how about this time's economic crisis – what will happen for that, but economists still have very big confidence on the Chinese GDP growth rate in the future. This is my brief idea for what will happen by year 2030 to 2050 for the Chinese GDP growth rate. For the next 45 years, the average annual growth rate is something like 6.5% for the next 45 years. This is the total GDP amount by the year 2050. You can have some ideas what will happen for that annual total.

If we calculate this on an exchange rate by year 2030, China is the second biggest country in the world for total GDP. But if you calculate it based on PPP, the total GDP of China will be something like the United States together with Japan, so it is very big. And this is a very important figure we have to think about. By year 2030, the GDP per capita if also, again, calculated based on the PPP, so it is similar now with the European range. So that is our internal discussion – maybe by year 2020, 2030, China is no more non-Annex I country. We have to do more than that for climate change mitigation issues.

In order to answer the question from domestic policymakers, they do not worry about – "okay you can go to a Low-Carbon Future but China's steel output and cement output still increase a lot. Why do you give a limitation?" If you do not want them to make more steel, then we have to calculate what is the actual GDP by each sector, then think about what is the possible future and try to re-plan. Okay, even though we will try to control the energy intensive sectors, we still have a very big opportunity for China to reach high GDP growth rate. This is a key task – we used this one.

We also do another kind of study from bottom up to match with these figures. For example, if China wants to go to a similar level with that in Japan, that means per person household space is the same with that in Japan. What kind of newly contract building we need every year? Then

because technically we have each square meter, how much cement and how much steel we need for the construction? Right now we have more than 50% of steel go to construction sector. So we have some idea for such kind of future development of the sectors but we really focus on same kind of development and should really focus on domestic consumption.

Then we have some idea. These figures always give a lot of argument because right now Chinese steel industry grows very quickly but our figures said that by year 2020, the Chinese steel output will start to decrease. Why? Because of the technology progress, because the less steel used per square meter and also we will not be the most important country for export by year 2020 or after that. By that time we are really more focused on domestic demand. This is a similar story; we do all the intensive sectors' development. If we agree with such kind of figure that means in general, the annual demand in China is already fixed. Even though we give very big intention of households' service and the demand in transport, that is not much big space for that one.

Let's see again the population. The total population, just to follow the government planning between 2030 and 2040, we will reach the peak then start to decrease.

Another thing is very important is urbanization rate. By year 2040 or 2050 we nearly catch up with developed countries. The same pattern: that means urbanization that nearly goes to 80%. Important thing is household, we also exactly follow what happened in Japan; the household size is decreasing and smaller numbers of people live here.

So we calculated it based on such kind of data for the household energy demand This figure also raised a lot of argument inside China. Our team actually did a very big forecast for the total vehicle number even though the comparison with Japan, the European Union (EU) and the United States car ownership per thousand people still only half of that. This is big enough but the problem is by just like what I mentioned by 2030, Chinese will already be very rich. What kind of thing we should ask them to spend the money if we don't want them to have a car, only option is we go to something like what happened in Tokyo: a very perfectly developed public transport system. But the problem is such kind of big city in China by year 2040 we will make forecast in something like 15 very, very big cities which have a population of more than 10 million to 20 million. This is what we can learn from Tokyo but we also have tried to design something new like in Europe, some small city like Munich. They have a population of less than 1 million but they still had very good railway-based transport system but this one is very expensive.

We tried to introduce such kind of thing to the transport system in China to do a low-carbon scenario. This is a difference. The first thing is, we have the baseline scenario. This is a low-carbon scenario and the difference is the decrease of vehicles, because we have a better policy on public transport and education for people to use non-vehicle-based transport, for example, like a bicycle or even walk to the office – these are some things. But in the meantime, we also have the better technology just like Dr. Moriguchi mentioned about: the electric car or hybrid car – actually in our scenario, it exactly follows your assumption. We want to increase the hybrid by year 2020 or before 2030 with a very big share. This is the scenario we are dealing with right now.

Another thing, just like the family car, the annual travel distance is a very interesting thing. In China we are higher than that in Japan because right now many cars are owned by family – they have only one car so they normally want to use the car. So every year they travel very long distance but in the meantime, if, for example, in Beijing many families start to have two cars, and the travel distance per car will decrease a lot.

In the meantime, we are also really encouraging people in big cities to use public transport. Beijing is a very good case because Beijing City really learned from Tokyo and they have very big plans for the subway system; by year 2020 they will have something more than 500 kilometers of

subway system. Longer term target will be 1,200 kilometers, so this is bigger than that in Tokyo. So by that time Beijing will be the biggest city with railway-based public transport city.

This is – I just want to show you – and an important thing; we have another very strong assumption that by the year 2030 or even 2025 to 2030, Chinese energy efficiency in major industries will be the best among the world. This is a very strong assumption. We have to check all the technologies. This is the existing best of all our technology, already in the market whether we already use it or not – but the good news is that because the Chinese 20% is an intensive target – the government is strongly pushing this. In several – for example, in steel, cement, aluminum, the newly contracted project from after year 2006 are already nearly 100% using the technologies here.

So if we assume from now okay, like a power generation super critical or ultra super critical, we nearly use 100% for that newly contract project. That means by year 2030, the total capacity in China will be the biggest, but in the meantime also the biggest capacity for best technology available right now. But this is our assumption. We still hope the government continues such kind of policy because the 20% energy efficient target is too tough; many local governments start to worry about whether they can reach this target and they want to withdraw or want to go back. So now they always start to talk about the 12th Five-Year Plan for the 20% energy efficient target. I am not sure but so far what I heard is not a very good result for that one.

Another story is okay; let's come back to the IPCC. We go to look at another interesting story in China: many colleagues ask me what is the meaning of Low-Carbon? Yes, Low-Carbon maybe – first thing is that for London, they proposed the Low-Carbon by year 2020 they want to reduce 60% of CO_2 emission. Today we discussed Low-Carbon Society by year 2050. Total emission is very small; we see some Low-Carbon but this kind of very small emission makes the Chinese industry really worry about. If you want to go to this, that means the limitations is for development.

We also start from this.

We think about the Low-Carbon – that explaines more, then if we use something like indicators for the same issue, like per capita emission, if – same with that by year 2075 per capita emission is the same, then we assume that – we got the conclusion that for China, how to go back to the emission that was something around year 2000 or 2005 by year 2050. This is the least in the case we asked developed countries to reduce more – actually more than 70%. In this study we tried to pick up the policy options in Japanese colleagues and the U.K colleagues to be used in our model.

Anyway the technology is there just like Mr. Moriguchi said that hybrid is a diffused hybrid in Japan. Of course we cannot do that in China – the same situation, and the policy options we also use, let's see what happened for that. This is the key technology bending curve. We were supported by another project to get this way. So we do hope several key technologies will have a very good future for cost reduction. Actually, now that the Chinese manufacturer did a very good job on this, they have already mentioned about the Mega Super Critical and Ultra-Critical, even Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) – much, much cheaper than that in the United States and the EU. Such kind of very cheap technology for best technology could be also used not only for China. Nowadays, China exports are allowed to Indonesia, to Africa and to India. So this is a way we can do together.

And think about power generation – this is a very key issue because when we present our Low-Carbon Scenario, it really makes our coal industry people unhappy because our Low-Carbon Scenario shows that after the year 2010 – this means next year – the newly installed capacity for coal fired power plant will decrease a lot. China has installed something like 60 gigawatt per year for coal fired power plant but after 2010, it decreased suddenly to go to less than 20 gigawatt per

year because we can not go that way otherwise we will have no opportunity for the Low-Carbon Future.

We should encourage the very advanced technology – right now China is really focusing on nuclear and renewable energy and it did a very good job right now. If you go to coal fired power plant, our option is to go to IGCC because IGCC is easier to use the Carbon Capture and Storage (CCS). This is one important assumption. This is the CCS future even though the argument in China is still a lot for CCS but I am really happy to see this time that the modeling team is to prepare for the (Intergovernmental Panel on Climate Change) IPCC. They are running the 2.6 watt per square meter scenarios. That means that after the year 2080, we have to go to negative emission, that means the technology is the biomass with CCS. So the lifespan of CCS is very long and it is not only for the coal fired power plant – we will keep using that. This is the story.

Then after you use the model, we have our Low-Carbon Scenario, something like – we do hope to go to the green line. Personally I think we can do more but even this green line has already made the colleagues in the Government of China worried about it. If we see like this – China – whether they can do it or not, whether it is a limitation of the economic growth rate, so we have to explain from the beginning, carefully preserve it.

This is the story I just mentioned about – Chinese manufacturer IGCC, Super Critical and Ultra Super Critical.

Nowadays project cost is only half of that in United States and Japan so this is the contribution from China. Also an important thing is that this is the opportunity for the economy in future, if we go to Low-Carbon future. So we try to improve like this.

This is another example: hybrid car, electric car but all the other cars are manufactured by Chinese company. This is last year, I think taken from the Beijing Automobile Exhibition. Right now, we already have three hybrid cars out in the market. So they move very quickly.

This is another picture I got from this time in Poznan. Some very new technology, really we hope can come very quickly. This is the technology from the United States for a small company. They make wind turbines – very small sound; it is very quiet so you can install this wind turbine in your backyard.

Together with the solar PV – something like 20 square meters – is already enough for your total annual use in your household. This is also quite to be something new technology we already hope and this electric car I also took the picture from Poznan. They are like a race car. The speed is very high, better than F1 competition cars. Another story, this is a picture I got from San Francisco just by accident. I transferred from here in the airport I found this is a parking lot with a charge, so this is already go to the practical things, not only the moral story.

Whether China can go ahead more than that – this is another story we pick up many times when we present to Chinese delegation. This is what happens in Stockholm and also I heard many cities in Europe how they go around like this way. Bicycle and people who walk to office is already getting to be the major source of transport in the city. If we have a data for that it is a very good example. Now they tried to make the road contractor. In general, if they had two lanes for car but now they have one lane for bicycle and people to walk. So this is a good direction for us to go.

The last question they ask is whether it is a very high cost to go to a Low-Carbon Scenario or Low-Carbon Future. Our answer is that it is not very high, actually sometimes low because investments demand of any industry actually even lower than the baseline scenario because we have smaller energy supply. We need not to go to that high energy demand, just at least something like 25% or lower annual demand, that means any supply system will be lower.

This is the picture always used by International Energy Agency (IEA), The National Annual Expense.

This is the thermal energy used multiplied by the price. So you can see even for the Low-Carbon Scenario, there is not much increase. It is almost the same. This is a very good example for us to think about the Low-Carbon Scenario Future.

Okay I will stop here. I hope I can make this clear and I am happy to answer questions from you.

今日ここで、中国の 2050 年の低炭素社会シナリオについての研究成果を、アジア太平洋統合評価モデル（AIM）チームと共に発表できることを大変嬉しく思っております。これはモデリングフレームワークです。これは日本の研究仲間と同じようなフレームだと思います。技術的観点からだけではなく、未来の経済的発展も視野に入れてこのモデルを利用しています。

同時に、世界的な問題としてとらえています。即ち、中国が世界の目標と一緒に目標を達成できるかどうか。例えば、2050 年までに、50%の排出削減ができるかどうかです。これは政治的な問題ですが、モデリングツールを使って分析しようと思っています。これは今、我々が使っているモデルフレームワークです。ご紹介したように、我々は世界モデルを持っています。また、エネルギー経済モデルを持っています。というのも、中国国内で、多くの人に、「わかりました。今中国の GDP は急速に成長していますが、2030 年以降はどうなりますか。現在と同じような成長を続けていけるのでしょうか。もしそうなら、どのセクターが鍵となりますか。」と聞かれます。AIM モデルからの別の重要な要素は、技術モデルで、これは、シミュレーションに用いるエンドユースモデルです。

それでは、中国の将来から話を始めましょう。というのも中国では GDP が現在急激に伸びているからです。毎年、年間 GDP 成長率は約 10%であり、実のところ、ここ 20 年間このような状況が続いています。過去数年、10%以上の時もありました。現在起きている経済危機や、それに起因してこれから何が起こるのかについて、詳しいことはわかりませんが、エコノミストたちは、将来の中国の GDP 成長に対して大きな自信を持っています。2030 年から 2050 年までの間に中国の GDP 成長率がどうなるか、私の大まかな考えはこうです。今後 45 年の間に、平均年間成長率は 6.5%ほどとなります。これは 2050 年までの GDP の総量です。年間総量がどうなるか、お分かりいただけますでしょうか。

2030 年までの為替レートでこれを計算してみると、中国は総 GDP で、世界で二番目の大国となります。しかし、PPP に基づいて計算を行うと、中国の総 GDP はアメリカと日本を合わせたくらいの値となり、つまり、相当大きなものとなります。これは、考慮すべき重要な数値です。1 人当たりの GDP を PPP に基づいて計算すると、2030 年までにヨーロッパ地域のものと近いものになります。国内での議論においては、2020 年、2030 年には、中国はもはや非附属書 I 国ではなくなります。これまで以上に気候変動緩和問題に取り組まなければなりません。

国内の政治家たちの質問に答える必要があります。次のような質問があります。「低炭素社会を目指すのはいいが、中国の鉄鋼とセメントの産出量はまだまだ大幅に増え続けています。どうしてそれに制限をかけるのですか？」鉄鋼の産出量を増やさせないためには、セクターごとの実際の GDP を計算し、今後どうなるかについて考え、計画を練り直さなければなりません。エネルギー多消費セクターに制限をかけたとしても、中国が高い GDP 成長率を達成するチャンスは大いにあります。これは重要なタスクであり、我々はこれを用いました。

また、これらの値を実現するために、ボトムアップで他の研究もしています。例えば、中国が日本と同じくらいのレベルを目指すのであれば、1 人当たりの住宅面積は日本のそれと同じになるということです。どれくらいの新規の住宅の建設が毎年必要になるのでしょうか。その建設には 1 m^2 あたりどれだけの鉄鋼とセメントが必要となるでしょうか。現在鉄鋼生産量の 50%以上が建設セクターで消費されています。このように、各セクターの将来の発展についても考えながらも、本当に焦点を当てなければならないのは、国内消費です。

我々の考えはこうです。これらの数値は、いつも大きな議論を引き起こします。なぜなら、中国の

鉄鋼産業は急速に成長していますが、我々が推計した数値によると、中国の鉄鋼生産量は 2020 年までに減少し始めることになるからです。なぜでしょうか？その理由は、技術の進歩により、1 m² あたりに使われる鉄鋼の量が減り、2020 年までに、もしくはその後も、中国は鉄鋼の輸出に関して最重要国ではなくなるからです。その頃までに我々はさらに国内需要に焦点を当てることになります。他のエネルギー多消費セクターについても同じようなことが言えます。もしこのような数値に同意するのならば、中国の年間需要は既に一定になっています。住居サービスと交通需要が大きく伸びたとしても、全体の鉄鋼やセメントの重要はそれほど伸びません。

もう一度人口を見てみましょう。政府の 2030 年から 2040 年までの計画によると、総人口はピークを迎え、その後減少します。

もう一つ重要なのは、都市化率です。2040 年、あるいは、2050 年までには、中国は先進国に追いつきます。 同じパターンで。つまり、都市化は 80%まで進むということです。 重要なのは世帯です。日本と同様のことが起こるでしょう。つまり、世帯の規模は小さくなり、即ち、 1 世帯当たりの人数が減るということです。

そこで、家庭のエネルギー需要について、そのようなデータに基づいて計算をしました。この数字についても、中国国内では大きな議論がおきました。我々のチームの総車両数の予測は非常に大きな値となりましたが、日本、EU、アメリカの 1000 人当たりの車所有率と比較すると、中国の所有率は比較対象国の半分にすぎませんでした。これでも十分に大きな数値です。問題は、先ほど述べたように、2030 年までに中国は非常に豊かな国になるということです。もし、豊かな国の国民が車を持たないことを望むようにするためには、一体何にお金を使えというのでしょう。唯一の選択肢は、東京に倣うことです。完璧に整備された公共交通機関です。しかし問題は、2040 年までに、我々の予想によると、中国には、1000 万から 2000 万人以上の人口を有する大都市が 15 もできるということです。東京からももちろん学びますが、ヨーロッパのミュンヘンなどの小さい都市のように、何か新しいものを作り出そうと努力しました。ミュンヘンは人口 100 万人以下の都市ですが、ミュンヘンには非常に優れた鉄道による交通システムがありますが、非常に高価です。

我々は、低炭素シナリオを実行するために、このような交通システムを中国に導入しようと試みました。違いはここです。まず、ベースラインシナリオがあります。低炭素社会シナリオがあります。違いは車両の減少です。自転車を利用したり、徒歩通勤をしたりなど、車両以外の交通手段を使うように勧めるなど、人民の教育と公共交通に関して優れた政策を持っています。これはすばらしいことです。しかし同時に、森口博士がおっしゃったように、我々には、電気自動車またはハイブリッドカーという素晴らしい技術があります。実際、我々のシナリオでも、あなた方の想定に従っています。2020 年までもしくは 2030 年までに、ハイブリッドカーの台数を増やし、非常に大きなシェアにしたいと思っています。これが、我々が今取り組んでいるシナリオです。

もう一つ、ファミリーカーについて言えば、年間走行距離は非常に興味深いです。中国では、年間走行距離は日本のそれより多いのです。なぜなら、中国では、多くの車は家族向けだからです。中国の家族は、多くの場合、車を 1 台しか所有しておらず、その 1 台を使いたいと思っています。このため毎年非常に長い距離を走行します。しかし、一方で、例えば北京では、多くの家庭が車を 2 台所有するようになり、車 1 台当たりの走行距離は大幅に減るでしょう。

同時に、大都市の人々に公共の交通機関を使うように促しています。北京は非常に良い例です。北京市は多くを東京から学び、地下鉄システムに関する大きな計画があります。2020 年までに、500 km に及ぶ地下鉄システムが実現するでしょう。長期的な目標は 1200 km で、これは東京より規模の大きいものとなります。その頃には、北京は最大の鉄道基盤型公共交通都市になっていることでしょう。

これは、みなさんにお見せしたい、重要なものです。我々は、2030 年には、もしくは 2025 年から 2030 年までの間に、主要な産業で、中国のエネルギー効率は世界一になると予測しています。これは非常に大胆な予測です。ここで全てのテクノロジーをチェックしなければなりません。これは、既に利用されているかいないかは別として、市場に出ている現在最高のテクノロジーです。しかし、朗報としては、中国では 20%の効率改善が集中的な目標であり、政府はこれを強く後押ししています。鉄

鋼やセメント、アルミなどのいくつかの分野で、2006 年以降に新規に発足したプロジェクトにおいては、すでにこれらのテクノロジーがほぼ 100%の割合で利用されています。

今からの予測では、例えば、電力部門では、新規発足プロジェクトにおいて、超臨界、超々臨界発電などがほぼ 100%利用されることになります。つまり、2030 年には、中国の全発電容量は最大になり、同時に現在利用可能な最高のテクノロジーが利用される能力も最大になります。しかしこれは我々の予測に過ぎません。エネルギー効率を 20%改善するというような政策を政府が続けてくれることを望んでいます。というのも、20%改善という目標は厳しすぎるので、多くの地方自治体はこの目標を達成できるか不安に思っており、手を引きたい、または後戻りしたいと考えています。 そこで、地方自治体は、エネルギー効率 20%改善に関する第 12 次五ヵ年計画について口にし始めています。これまで聞いたところによると、まだ詳しくはわかりませんが、これについてあまり良い結果は得られていないようです。

この話はここで終わりにして、IPCC の話に戻りましょう。中国における興味深い話をもう一つします。多くの同僚に低炭素とは何か？とよく聞かれます。そう、低炭素は確か、ロンドンで最初に、2020 年に二酸化炭素排出量を 60%削減する、低炭素計画が提案されたのです。今日、我々は 2050 年低炭素社会について議論しました。目標とする総排出量は非常に少ないものです。低炭素社会に近づいてきてはいますが、このような少ない排出量目標に、中国産業は不安を抱いています。しかしこれは発展のための制限なのです。

また、これから始めます。

低炭素について考えるとき、例えば 1 人当たりの排出量など、何か指標のようなものを用いたとき、もし 2075 年の 1 人当たりの排出量を同じと仮定する場合、中国においては 2050 年までに何とか 2000 年か 2005 年あたりの排出量に戻さなければならないという結論が得られます。これは、先進国に削減してほしい最低の量です、実際には 70%以上削減していただきたい。この研究で日本の研究仲間とイギリスの研究仲間と、われわれのモデルで用いる政策オプションを選びました。

とにかく、技術はあります。日本では、ハイブリッドが広まっていると森口さんは言われました。当然、中国で同じ状況は作り出せませんし、政策オプションから考えても中国ではこの通りにはできません。どうなるか見てみましょう。これは重要テクノロジー曲線です。これを作成するために、別のプロジェクトから支援を受けました。重要なテクノロジーは将来コスト削減が実現されることを期待しています。実際、中国の製造業者はコスト削減に成果を上げており、メガ超臨界、超々臨界発電、ガス化複合発電（IGCC）までにも言及しておりアメリカや EU に比べて非常に安価になっています。そういった安くて素晴らしいテクノロジーは中国での利用のみに留めておくべきではありません。近年においては、中国からインドネシア、アフリカ、インドへの輸出が許可されています。こうして、他国と協力していくことができます。

次に発電に関する話ですが、これは重大な問題です。我々が低炭素社会を発表すると、石炭産業の方々は不満に思われます。というのも、我々の低炭素社会シナリオでは、2010 年以降、つまり来年以降、石炭火力発電所の新規生産能力が大幅に減少することになるからです。中国では石炭火力発電所に一年当たり 60 GW の生産能力を追加してきましたが、2010 年以降突然、年間 20 GW 以下に減少します。そうしなければ、低炭素の未来はないのです。

非常に進んだテクノロジーを後押しする必要があります。現在、中国は核エネルギーと再生可能エネルギーに焦点を当てており、今のところうまくいっております。石炭火力発電所に関しては、我々の選択肢としては、IGCC を用いることです。なぜなら IGCC は炭素回収貯留（CCS）を使うことが比較的簡単だからです。これは重要な想定です。中国では CCS に関する議論がまだ多く行われていますが、これが CCS の未来です。今回、モデリングチームが IPCC（気候変動に関する政府間パネル）のために準備してくれたので、よかったです。彼らは、2.6 W / m² シナリオを準備しています。そのシナリオでは、2080 年以降、排出量が負となります。つまり、テクノロジーは CCS とバイオマス発電です。CCS の寿命は非常に長く、それも石炭火力発電所だけの話ではありません。我々は CCS を利用し続けます。これがストーリーです。

モデルを使って、低炭素シナリオを書きます。つまり、この緑のラインを目指したいわけです。個人的には、この緑のライン以上の結果を出せるとは思いますが、既にこの緑のラインですら中国政府内の仲間は不安に感じています。このように見てみると、中国が可能であろうと不可能であろうと、たとえ経済成長率を制限してしまうことになろうと、最初から説明して、慎重に保っていく必要があります。

これが先ほどの、中国の IGCC、超臨界、超々臨界の製造業者に関する話です。

近年においては、これらのプロジェクトにかかるコストはアメリカや日本の約半分で、これは中国が貢献しているおかげだといえます。

もし、低炭素の未来を実現できるならば、これは将来の経済にとってはチャンスとなります。これは非常に重要なことです。ですから、我々はこのように改善を試みていきます。

もう一つの例を挙げます。このハイブリッドカーや、電気自動車、また他の車は全て中国で生産されたものです。これは去年の北京モーターショーにおける写真です。現在、3 種類のハイブリッドカーが市場に出回っています。事態は非常に早く進んでいます。

こちらは、ポーランドのポズナンで入手した写真です。非常に新しいテクノロジーで、早く導入されることを願っています。これはアメリカの小さな会社のテクノロジーです。非常に音の小さい風力タービンを開発したのです。このタービンはとても静かなので、裏庭にもおけるほどです。

20 m^2 ほどの太陽電池と合わせれば、電力は家庭での年間使用には十分な量です。これは前から望んでいる新しいテクノロジーであり、この電気自動車の写真もポズナンで撮ったものです。レーシングカーのような外見です。スピードは非常に速く、F1 のマシンよりも優れています。ここでまた別の話をしますが、これは私がサンフランシスコで偶然撮った写真です。飛行機の乗り継ぎでこの空港にいたのですが、その際この電気自動車のチャージが可能な駐車場を見つけました。これはもう実用段階に入っていて、もはや理想論ではないのです。

中国がさらに先に進めるでしょうか。これは、中国の代表団に対してプレゼンする時に、よく使った話です。これはストックホルムや聞くところによるとヨーロッパの多くの都市での移動方法です。自転車や徒歩通勤が都市部での主要な交通手段になり始めています。もしこれに関するデータがあれば、とても良い例になります。道路工事業者を立ち上げ始めています。一般に、車のために二車線ありましたが、今では、自転車や歩行者のためにレーンを一つ使っています。ですから、これは我々の取るべき方向性として、良いものといえるでしょう。

最後に良く聞かれる質問は、低炭素シナリオや低炭素未来を実現するコストは高いかどうか、ということです。我々の答えはこうです。そのコストはさほど高くなく、むしろ時には低いのです。なぜなら、エネルギー供給が少ないため、あらゆる産業の投資需要はベースラインシナリオよりも少なくなるからです。そこまで高いエネルギー需要を目指す必要はなく、最低 25%かそれ以下くらいの年間需要で十分なので、全ての供給システムも少なくなるということです。

これはよく国際エネルギー機関（IEA）が用いる図で、国別年間経費です。

これは利用された熱エネルギーに価格を乗じたものです。低炭素シナリオについても、見てお分かりいただけるように、さほどの増加はありません。これは、ほぼ同じといえます。低炭素シナリオの未来について考えるには非常に良い例です。

では、ここで終わりにしましょう。お分かり頂けていましたら幸いです。質問には喜んでお答えします。

Low Carbon Sociaty Scenario up to 2050 for China

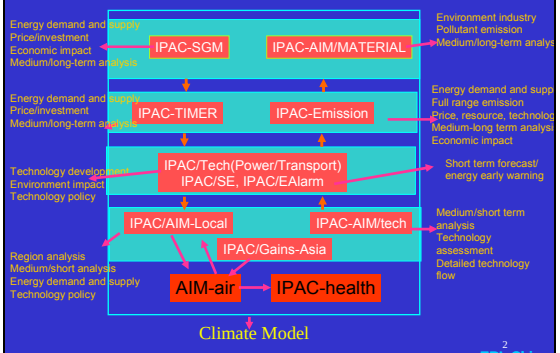
Jiang Kejun

Energy Research Institute

Japan Low-Carbon Society Scenarios toward
2050 Project symposium

1

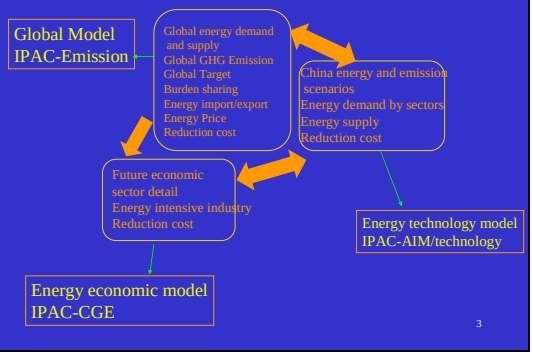
Framework of Integrated Policy Model for China (IPAC)



ERI, China

2

Methodology framework

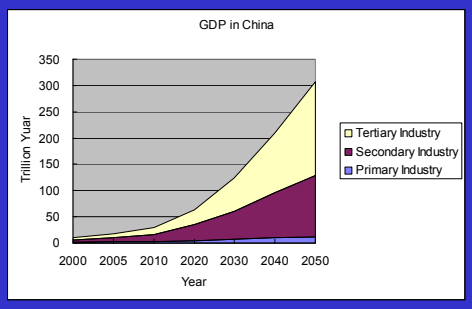


3

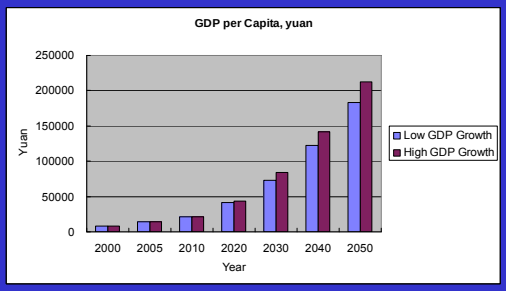
GDP growth rate: BaU

	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2030-2040	2040-2050
GDP	10.04%	7.67%	5.85%	4.09%	2.82%
Primary	4.12%	3.72%	2.60%	2.39%	2.06%
Secondary	10.99%	7.52%	5.22%	3.08%	1.86%
Industry	10.98%	7.47%	5.26%	3.11%	1.90%
Construction	11.06%	7.87%	4.96%	2.88%	1.55%
Tertiary	10.53%	8.59%	6.90%	5.11%	3.57%

4

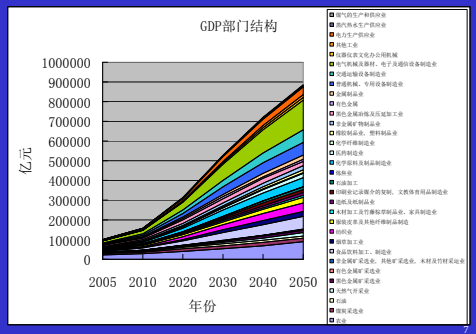


5



6

GDP by sectors



7

Products output in major sectors, BaU

	Unit	2005	2020	2030	2040	2050
Steel	Million ton	355	610	570	440	360
Cement	Million ton	1060	1600	1600	1200	900
Glass	Million Cases	399	650	690	670	580
Copper	Million ton	2.6	7	7	6.5	4.6
Aluminum	Million ton	8.5	16	16	15	12
Zingc&Lead	Million ton	5.1	7.2	7	6.5	5.5
Soda Ash	Million ton	14.67	23	24.5	23.5	22
Caustic	Million ton	12.6	24	25	25	24
Paper	Million ton	62	110	115	120	120
Fertilizer	Million ton	52.2	61	61	61	61
Ethylene	Million ton	7.56	34	36	36	33
Ammonia	Million ton	46.3	50	50	50	45
Calisium	Million ton	8.5	10	8	7	4

8

Population

	2005	2010	2020	2030	2040	2050
Population	1307.56	1360.00	1440.00	1470.00	1470.00	1440.00
Urbanization rate	43%	49%	63%	70%	74%	79%
Urban Population	562.12	666.40	907.20	1029.00	1087.80	1137.60
Person per Household	2.96	2.88	2.80	2.75	2.70	2.65
Urban Household	189.91	221.94	288.00	336.76	364.78	380.38
Rural Population	745.44	693.60	532.80	441.00	382.20	302.40
Person per Household	4.08	3.80	3.50	3.40	3.20	3.00
Rural Household	182.71	189.68	181.03	159.97	151.59	144.00

9

Vehicle fleet, BaU, 10000

	2000	2005	2010	2020	2030	2040	2050
Total Vehicle	1609	3160	6836	19538	39672	56372	60524
Passenger	854	2132	4869	16330	35376	50314	53117
Freight	716	1027	1967	3208	4296	6058	7407
Car	670	1919	4589	15970	34866	49594	52217
Family Car	57	1100	3589	14770	33466	47994	50617
Other Car	613	819	1000	1200	1400	1600	1600
Mini-Bus	108	131	162	202	275	374	450
Large Bus	75.3293	82.3080335	117.6	158.4	234.6	345.6	450
Bus	184	214	280	360	510	720	900
Motor Cycle	3771	6582	9947	10942	12036	12036	11434
	0.2	3.0	9	31	67	93	97

10

Vehicle fleet, Low Carbon scenario, 10000

	2000	2005	2010	2020	2030	2040	2050
Total Vehicle	1609	3160	6227	18583	36318	51717	55810
Passenger	854	2132	4299	15504	32323	46083	48922
Freight	716	1027	1928	3079	3995	5634	6888
Car	670	1919	3921	14982	31558	45075	47662
Family Car	57	1100	3145	14032	30454	43675	46062
Other Car	613	819	776	950	1104	1400	1600
Mini-Bus	108	131	265	313	383	524	214
Large Bus	75.3293	82.3080335	113.4	208.8	382.5	483.84	1045.8
Bus	184	214	378	522	765	1008	1260
Motor Cycle	3771	6582	9848	10613	11193	11193	10634

11

Transport, Low carbon scenario

		2005	2010	2020	2030	2040	2050
Family car ownership, per 100HH	Urban	3.37	14	36	65	77	78
	Rural	0.08	0.2	8	38	70	90
Family car annual travel distance, km		9500	9500	9300	8635	8300	7480
Average engin size of family cars, liter		1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4
Fuel efficiency of car, L/100km		9.2	8.9	7.1	5.9	4.8	4.1
Share of MRT in total traffic volume, %		0.011	0.016	0.025	0.046	0.1	0.21
Share of Biofuel, %		1.10%	1.30%	4.1%	7.70%	12%	13%
Share of electric car, %		0%	0.12%	3.2%	6.80%	12.5%	19.8%
Share of fuel cell car, %		0%	0%	0.80%	1.60%	4.70%	7.90%

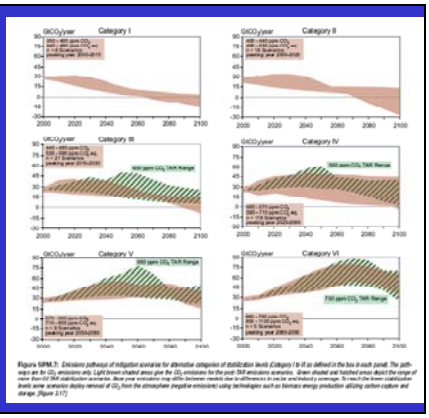
12

Identify efficiency promised technologies: fully used by 2020

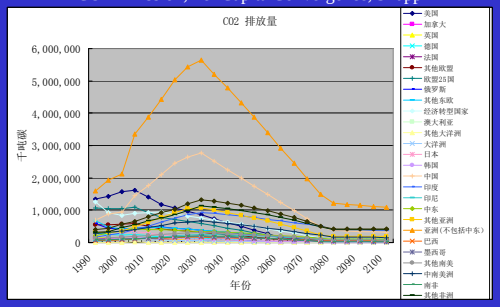
Sector	Technologies
Steel Industry	Large size equipment (Coke Oven, Blast furnace, Basic oxygen furnace ,etc.), Equipment of coke dry quenching, Continuous casting machine, TRT Continuous rolling machine, Equipment of coke oven gas, OH gas and BOF gas recovery , DC-electric arc furnace
Chemical Industry	Large size equipment for Chemical Production, Waste Heat Recover System, Ion membrane technology, Existing Technology Improving
Paper Making	Co-generation System, facilities of residue heat utilization, Black liquor recovery system, Continuous distillation system
Textile	Co-generation System, Shuttleless loom, High Speed Printing and Dyeing
Non-ferrous metal	Reverberator furnace, Waste Heat Recover System, QSL for lead and zinc production
Building Materials	dry process rotary kiln with pre-calciner, Electric power generator with residue heat, Colburn process, Hoffman kiln, Tunnel kiln
Machinery	High speed cutting, Electric-hydraulic hammer, Heat Preservation Furnace
Residential	Cooking by gas, Centralized Space Heating System, Energy Saving Electric Appliance, High Efficient Lighting
Service	Centralized Space Heating System, Centralized Cooling Heating System, Co-generation System, Energy Saving Electric Appliance, High Efficient Lighting
Transport	Diesel truck, Low Energy Use Car, Electric Car, Natural Gas Car, Electric Railway Locomotives
Common Use Technology	High Efficiency Boiler, FCB Technology, High Efficiency Electric Motor Speed Adjustable Motor, Centrifugal Electric Fun, Energy Saving Lighting

13

IPCC Range

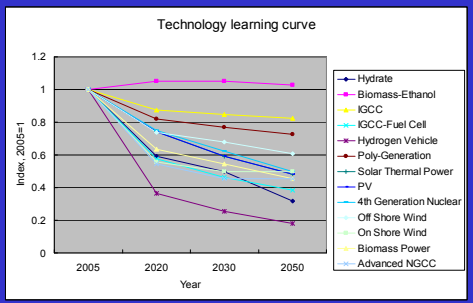


CO2 Emission, Per Capita Convergence, 540ppm

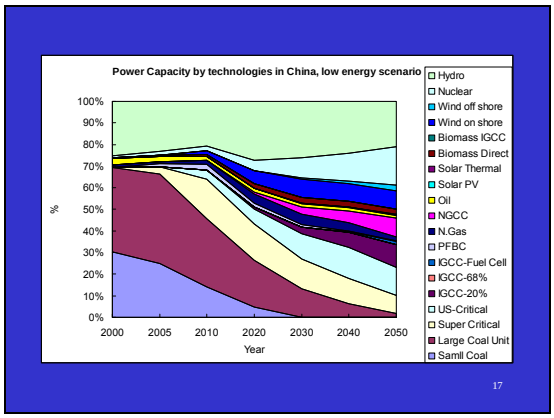


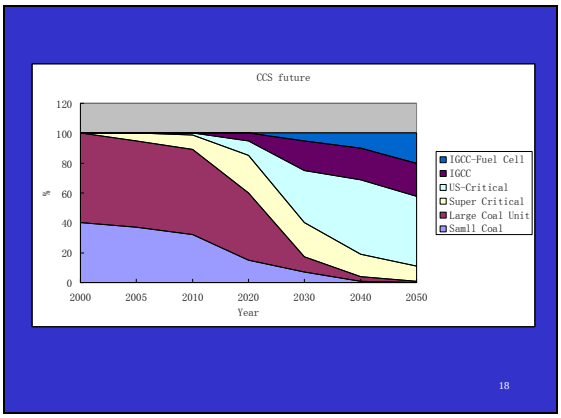
15

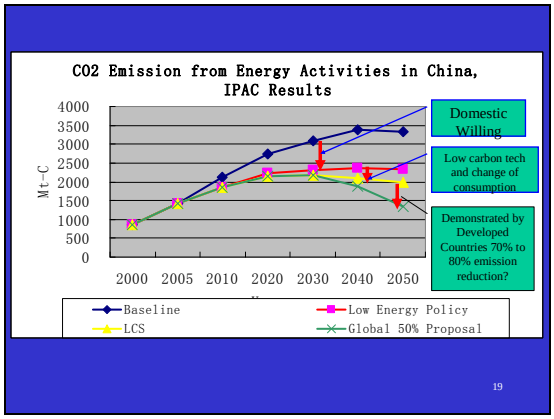
Technology learning curve

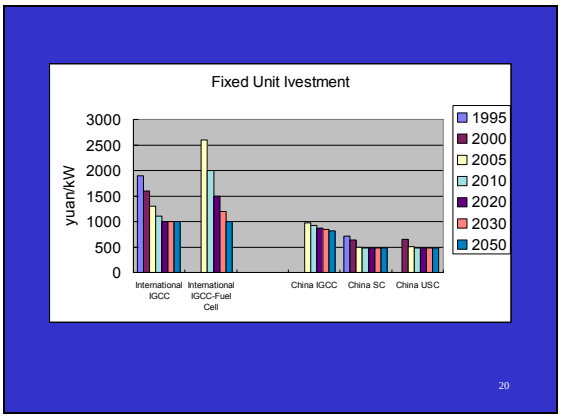


16







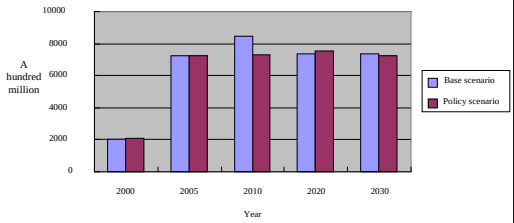


Chinese Manufactured green cars, picture from 2008 Beijing Automobile Exhibition

Stockholm: back to bicycle and walking

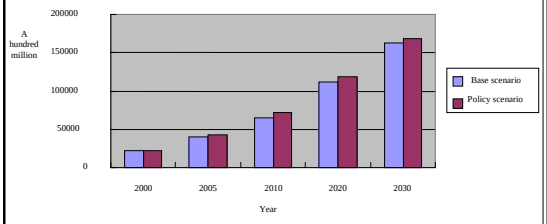
25

Investment Demand of Energy Industry



26

National Energy Expenses



27

Commentator

槌屋 治紀（Haruki Tsuchiya, Research Institute for Systems Technology, Japan）

システム技術研究所の槌屋です。ただいま中国の低炭素社会のシナリオの発表、非常にすばらしい発表を聞いて、これに何かコメントをするために、私なりに少し数字を見てみたいと思いましてパワー・ポイントを作りましたので、これを見ながらお話したいと思います。

まず、今の発表の 2005 年と 2050 年の数字を前もって資料を送ってもらいましたので、ピックアップしてみました。2050 年には大体 GDP などは 14 倍や 17 倍になっている。1 人当たりでみても、GDP は 13 倍や 16 倍となっているのですが、人口は 13 億人から 14 億人ということで 1 割ぐらいしか増えていないというのは非常に印象的でした。これがマクロ変数の一番大きな特徴ではないかと思います

次に産業の各種の材料生産、それから自動車の実際に走行する数などを見てみます。まず 2005 年と 2050 年で鉄鋼の生産量がほとんど変わらないということ、それからセメントの生産もほとんど変わらないとなっています。いつも中国の鉄鋼とセメントの生産を見ているときに感じることなのですが、日本では鉄鋼が 1 億 t、セメントが 8000 万 t とかいうことで両方同じぐらいですが、中国はどういうわけかセメント生産量が鉄鋼の 3 倍という数字になっているのが非常に印象的です。中国の都市を歩いてその理由が分かればいいのですが、私はこの理由が今もって分かりません。

それは別として、2005 年から 2050 年まで鉄鋼やセメントなど主要な基礎資材の生産量がほとんど変わらないということが印象的です。紙の場合は約 2 倍になっていますが、それに対して自動車の走行台数は 2005 年から 2050 年に対して 19 倍、1 人当たりで見ても 17 倍と非常に大きく増大するという計算をされています。

最後に CO_2 の排出量ですが、ベースラインから、2005 年と 2050 年を比較しますと、人口は変わらないけれど経済が 15 倍ぐらいになるということにもかかわらず、CO_2 の排出量は 2.5 倍ぐらいにしかならないという計算になっており、非常に印象的です。

それを Low-Carbon シナリオでは、さらにさまざまな新しい技術を適用して、これが 1.7 倍から 1.4 倍ぐらいまでに下がっていくという計算です。このぐらいになりますと 1 人当たりで見た場合に、2050 年には年間 5 t から 8 t ぐらいになるわけです。日本は現在 1 人当たり 10 t で、これを日本では 70%減らすという計算がでておりましたが、それでも 1 人当たり 3 t ぐらいになるのですから、まだ日本と比較すると削減する余地があると思いますが、でも非常に印象的な削減が可能だということを示しています。

この発表の重要なポイントは、中国においては GDP と CO_2 の排出に関する固い鉄の鎖が、BAU シナリオでも無くなり、壊れていくというメッセージです。そのようなアイアン・リンクはもう無くなるということが、一番の情報ではないかと思います。個別に見ますと、石炭の非常に効率的な利用が含まれていることがわかります。それからリープフロッギング、カエル飛びで先進国のイノベーティブ・テクノロジーを非常にたくさん導入するということがここに表れております。

さらに、エネルギー源として非常に多くの種類の資源利用をここで想定されています。これが将来果たしてこのようなことが可能であるかは私にはよく分かりません。ある特定のいくつかの技術が、非常に大量生産によってコストを下げて、このようにバラエティに富んでいるという状態にならないかもしれないという感じも抱きます。それからリニューアブル･エナジーはもっと入るのではないかと、たとえば風力がかなりありますが、太陽光発電はもっと入るのではないかという感じがします。

最後ですが、この Low-Carbon Scenario には、一体どのような政策が必要だと考えていらっしゃるのかということを質問としてお出ししたいと思います。ありがとうございました。

Comment to Low Carbon Society Scenario up to 2050 for China

Path toward Low-Carbon Society: Japan and Asia

12,Feb,2009

Haruki Tsuchiya
Research Institute for Systems Technology, Japan

1

Macro Variables

Year	2005	2050	2050/2005
GDP (Bau)	18	309	17.2
Trillion yuan (Low)		259	14.4
GDP/capita (Bau)	13	215	16.5
1000 yuan (Low)		180	13.8
Population (million)	1307	1440	1.10

GDP and GDP per capita will go up to 13-17 times in 2050, while population stays nearly the same.

2

Industrial Production and Vehicle Fleet

Year	2005	2050	2050/2005
Steel (M ton)	355	360	1.01
Cement (M ton)	1060	900	0.85
Paper (M ton)	62	120	1.94
Vehicle Fleet (million)	32	605	19.1
Vehicle Fleet /capita	0.025	0.42	16.8

The difference between Bau and Low Scenario is not so large. Material production in 2050 is not so far from today's level, while Vehicle fleet will go up to 17-19 times in 2050.

3

CO2 Emission (G ton CO2/year)

Year	2005	2050	2050/2005
Baseline	5.07	12.46	2.46
Domestic Willing	5.07	8.78	1.73
Low Carbon Tech and Change of Consumption	5.07	7.33	1.45
Global 50% Proposal	5.07	6.96	1.37

CO2 emission per capita in 2050 is 4.83 – 8.65 ton CO2 per year.
CO2 emission per capita in Japan today is 9.8 ton CO2 per year.

4

China Scenario 2050

- Iron link between GDP and CO2 is broken even in BAU scenario.
- Efficient use of coal is widely introduced..
- Leapfrogging is effective. Innovative technology will be transferred from outside.
- Many kinds of energy sources are supplied.
- Share of renewable energy can be expected more (PV, Wind, Biomass)
- What are necessary policies for Low Carbon Scenario?

5

Eric Zusman (IGES)

Jiang先生、すばらしいプレゼンをありがとうございます。非常に励みになるメッセージを頂きました。コメンテーターの方がおっしゃっていた一番最後の点のフォローアップになりますが、想定された、いくつかのシナリオを実現するためにどのような政策が必要かということと、それからデザインインプリメンテーションにおけるバリア、それを実現する時の、例えば新しい技術を導入するリープフロッギングについて、また革新的な石炭技術に移行するにはどのような障害があるかについてお聞きしたいと思います。

林 良嗣（名古屋大学）

ひとつだけコメントさせていただきます。北京と東京の鉄道の総延長についての比較です。ご発表で

は、北京の地下鉄の総延長は、将来500 kmとなり、東京の地下鉄の総延長より長くなるとのことです。しかし、話はそんなに簡単ではありません。重要なことはシステム全体をネットワークとしてみることです。例えば、東京とソウルを比較すると、面積は600 km^2でほぼ同じなのです。ソウルの人口は1000万、東京23区の人口は870万程度です。都市の地下鉄延長は、全長でソウルは東京よりも長い。ソウルのほうが長いですが、それでもより深刻な渋滞、混雑がソウル市内で発生しています。これはなぜか。なぜかというと、東京には2000 kmの郊外の鉄道があって、その鉄道システムが実は東京都内の都市地下鉄網に連携しています。ですので、ほとんどの通勤者は、もちろん混雑はするのですが効率的に中心街に輸送されます。しかしソウルでは自動車需要が多く、というのは都市圏内に入ってくる交通量が多いということです。ですから、全ネットワークを考える必要があります。どこに人がすみ、どこで仕事をしているかです。交通重要は常に地域の中だけで発生するものではありません。どうもありがとうございました。

Jiang Kejun

Yes, actually inside this low-carbon scenario is a package of policies. I did not have enough time to present here because we are actually doing the policy roadmap; the roadmap has nice wide detail actually is at least each five years, sometimes in each two years. They want to tell the Chinese government what to do in order to go to that way otherwise we will lose that. We already have drawn a big table, which I finish the roadmap of the technology, but the roadmap for policy is still undergoing. But in general, I think we have just published some papers to review the existing energy policies for the 20% energy intensity target.

We published a book in Bali, “COP 13”, to try to design the roadmap of policy, for example, by which year what kind of thing to do – for example by year 2020, we strongly push the Chinese government to continue the 20% efficiency target. Now, just like what they say, start to worry about whether the Chinese government wants to continue or not because the political barrier or political fight is getting very serious. They do not like this target because there are many people who are not energy people. They have never heard about the energy efficiency issues but now suddenly you give him an indicator: if you cannot reach 20%, this will be dangerous for your career. So this gets very serious.

After 2020, actually it is just like the GDP per capita is big enough. China from that time actually learned exactly what happened in Annex I country to set up a target for 2030. After that we go to deep reduction. Actually for China, my line shows that by year 2050, compared with that in 2030, is more than 50% emission reduction but within 20 years.

So this is a very tough work, now they will ask you to check whether it is still possible to do that or not, what is the cost for that.

The second point is about technology leapfrog. I can think it because of our model. We are happy to work together with Kainuma-san. The model is a technology model. Now they will have more than 600 technologies inside the model. At least for nearly 100 technologies we keep a very close eye on what happened for that. This also links with technology transfer issues – I am sorry, maybe our team is the only team who says Chinese needs not too much about technology transfer issues within United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) because commercial based technology transfer already did a very good job, just like with the super critical. We got very good help from Mitsubishi. They transferred their technology, not for climate change issue, but for commercial based collaboration. We enjoy a lot but we still need technology leapfrogging.

I am thinking about the next generation because for next generation technology, the R&D will

be very high cost.

We do hope countries, developed countries and also China should join part of that, just like a nuclear fusion project, China starts paying money for that one. This is we can work together to think about the future roadmap of that.

And yes sure, the barriers. This is another project we are doing right now to really focus on. Okay if we design a policy like this, why not we cannot reach that? It is just like a 20% intensive target. At the very beginning we think is very good policy but right now the many province starts to raise questions: please revise our target. They start to fight with the central government. They said "we cannot reach the target of the barrier". At the beginning we do not understand what kind of target we can take. So there is a lot of social barrier and a technology barrier even though the central government has very good incentive to do such kinds of things but still very difficult. I believe there are a lot of barrier inside but here I will not mention because we have announced that we need to do this. It is about the subway or railway based, thank you very much.

Yes, that is right, good idea. Actually that is also my comment or questions in previous sessions. Yes, actually in our scenario, you really take Japan to be well over our target to compare with each other – that the way for people living in Tokyo or the people who live in Chiba or Tsukuba everyday commute to the urban area in Tokyo by taking the railway system. Whether Beijing will do it like this way– Beijing is a little bigger than Tokyo. We have 1000 square meters of urban area but the subway or railway based system – Beijing wants a very big one. We also think about okay now that the railway also go to the neighbor county so they try to link with that, but so far it is not very clear. But my question is compact is about the compact city.

This is also a question I asked whether we want to do something like this, where people work in Tokyo but they live in Chiba or live in Tsukuba. This is not the way of compact city. Maybe that is something our internal project discussion should go ahead with that. I was very happy to hear about the story of Seoul so right now we did not make a detailed study for that but later we will have a look at that. Thank you very much.

そうです。実は低炭素シナリオには、総合的な政策があります。ここで発表する時間がなかったのですが、 我々は政策ロードマップを作っておりまして、そのロードマップは広い範囲にわたって詳細に作っており、少なくとも五年ごとの、時には二年ごとのロードマップとなっています。計画をなしとげるためにしなければならないことを中国政府にアドバイスすることを目的としています。既に我々は大きな表を作成しております。テクノロジーのロードマップはできあがっていますが、政策に関するロードマップは現在調査中です。20%のエネルギー効率目標に関する既存の政策を調べて、これまでにいくつかの論文を発表しています。

何年までに何を成し遂げるか等に関する政策のロードマップを作り上げるべく、バリで開催されたCOP 13 で、本を出版しました。例えば、我々は今、20%のエネルギー効率目標を 2020 年までも引き続き行うよう、中国政府を説得しています。政治的な障害や政治闘争が深刻化してきているので、中国政府が目標に取り組み続けるのか、そうでないのか、政府も懸念しています。エネルギー分野に携わっていない人も多くいるので、人々はこの目標を好んでいません。つい最近までエネルギー効率問題について知らなかったのに、急に指標を与えられて、「20%の目標を達成させなかったら、あなたのキャリアは危ないですよ」などと言われるわけですから。状況は非常に深刻化してきています。

2020 年以降は、1 人当たりの GDP は十分大きいものになります。その頃までには附属書 I 国の事例に学び、2030 年の目標を定めることが出来るでしょう。その後、大きく削減に踏み出します。中国は、この線によると、2050 年は 2030 年に比べ、50%以上の排出量削減に成功していることになりますが、これを 20 年以内に達成しなければならないのです。

ですからこれは非常に厳しいものとなります。これが可能か不可能か、またそのコストについて調

査する必要があります。

二点目は技術のリープフロッギングに関してです。我々のモデルを使って分析可能です。甲斐沼さんと一緒に働けてよかったです。このモデルはテクノロジーモデルです。現在このモデルには 600 以上のテクノロジーが含まれています。少なくとも 100 のテクノロジーに関して、我々はその動向に非常に注意を向けています。これは技術移転の問題とつながっています。残念なことに、我々のチームが唯一、中国が国連気候変動枠組条約（UNFCCC）の枠内で、技術移転を進める必要がないと言っているのだと思います。というのも、商業ベースで、技術移転は既に成功しているからです。例えば、超臨界分野があります。我々は三菱から素晴らしい援助を受けることが出来ました。気候問題のためではなく、商業ベースの協力のために三菱は技術を移転してくれました。我々は恩恵に預かっていますが、まだ技術のリープフロッギングが必要です。

私は次世代のことについて考えています。というのも、次世代の技術は、研究開発費が非常に高くなるからです。

私どもは、世代技術の開発について、先進国が、そして中国も協力して費用を出し合えばよいと考えています。丁度、中国も資金を出している核融合プロジェクトのように。我々は、協力して、未来のロードマップについて考えて行きたいと思っています。

そして、もちろん、障害もあります。これは我々が今焦点を当てている別のプロジェクトです。このような政策を打ち出した場合に、目標を達成できない訳があるでしょうか？これはエネルギー効率 20%改善目標と似ています。当初は非常に良いプロジェクトだと思っていたのに、今では多くの州がそれに疑問を投げかけています。州の目標を改訂して欲しいと。彼らは中央政府と争い始めています。障害があるので、目標を達成することは出来ないと言ってきます。最初は、どのような目標を掲げれば良いかわかりませんでした。中央政府がいくらインセンティブを出しても、社会的、技術的障害が多く存在し、目標達成は非常に難しくなります。たくさんの障害があるとは思いますが、なし遂げる必要があると言った以上、ここでは障害については言及しません。地下鉄、鉄道ベースの話です。ありがとうございました。

ええ、その通りです。とても良い考えです。前のセッションでも同じコメントをしました。
はい、我々のシナリオでは、日本は中国と比較して、我々が目標にすべきレベルよりもさらに上を行っています。東京や千葉、つくばに住む人々が、東京の都心部に鉄道を利用して通勤しています。北京はこのようにできるでしょうか。北京は東京よりも少し規模の大きい都市です。北京には 1000 m^2 の都市部がありますが、非常に規模の大きい地下鉄または鉄道ベースのシステムを必要としています。現在、近隣国にも行き来できる鉄道があるので、それとつなげてしまおうという考えもありますが、まだ今のところそれは具体化していません。ここで、私が質問したいのは、コンパクトな都市についてです。

東京で働いている人が千葉やつくばに住んでいるという、東京のようなシステムを作りたいのかどうかということも一つの疑問として存在します。これは、コンパクトな都市の在り方ではありません。これは、我々が内輪で議論すべき問題でしょう。今日はソウルについての話も聞けて、非常にうれしかったです。今はまだソウルについて詳細な研究はできていませんが、いつか調べてみます。ありがとうございました。

インドのシナリオ - India Low-Carbon Society Scenarios -

Priyadarshi R. Shukla (Indian Institute of Mnagement, India)

To start with, let me thank all the friends who have come and with whom I have worked with. I want first to thank the Japanese government for the support for the work that we have been doing for a long time and I see Tsukamoto-sensei here and Ono-san here and many of those who have supported the work that we have been doing in the Asian developing countries. Of course, I want to thank also all the friends from the AIM team at the National Institute for Environmental Studies (NIES) at Tsukuba and many other friends from the Asian Modeling teams.

After hearing any Chinese presentation, we always believe that if China is going to solve the problems we do not need to do it. But maybe we still consider that they are going to be risks in that policy and so we prepared plan B for managing the climate change problem. So I am going to put to you the Indian vision to look at how we are thinking about looking at this low-carbon society in the long run.

Now, I think this is a daunting figure of last about 20 years, just like in China that everything looks to be going up except that there is a little shade of hope that our energy intensity of GDP has started decreasing, but because all these numbers are going up, then the carbon emissions must go up because the carbon emissions are connected with many of the drivers which are driving these numbers.

This is the past then the future would look bad and so I will just go to some of the future scenarios that we have. This is our current base case scenario which is the benchmarked with the Planning Commission of India's scenario. The base scenario available, which is the official scenario in India, is the Planning Commission's of Integrated Energy Plan. This plan is considering that up to 2032 the Indian GDP to increase at about 8% growth rate annually. This is the lower scenario; the higher scenario is to increase at 9% following the last 30 years of development in China. but We had this base case benchmarked on the Indian Planning Commission scenario.

Now, in this base case if we extend and go up to 2050, although we have the results until 2100 also – but I am just putting here the results to 2050 because the Low-Carbon Society Project was benchmarked on the 2050 horizon for all of us who are working with this project. what is interesting thing that comes out is that when we started looking in 2005 and if we look at 2050, then with this kind of growth rates in India, the Indian economy would be more than 20 times as big in 2050 than what it was in 2005. Now, this was the question that we had also discussed with our policymakers that. We are thinking about a society which is going to be 20 times bigger and we are only 5% of that economy. It should not happen that our minds are too small right now to think about the very large problems, which we are going to face after 45 years.

Of course by that time the Indian population is expected to lower 1.6 billion people from the United Nation's median projections. We do assume that there are some efforts already going on to manage the carbon and so the world would not be going as far as something beyond 650 parts-per-million volume, if at all, under the base scenario also, then we will come to the low-carbon society where the numbers have to come down from that.

If we look at it, there are some dynamics why we believe that the Indian growth rate could be high. One of the reasons is that in India the population increase is going to be high but at the same time our population is increasing between the ages of about 15 to 30 years. That is the range

we have reached, but there was a huge pressure from below, of very young people. Almost half of the population in India now is below the age of about 21 years or something. As we go along the young people or children now will get into the working age group, and so the labor supply is going to increase almost at a ratio which is higher than our population rate. Almost, in between and some periods have 2.5% increase. So, that would mean that if we do not do any productivity improvement in India, 2.5% growth rate at the same productivity also if we can deploy the same percentage of people then can grow as such.

The other phenomena that we are observing that the saving rates in India are going up, which would mean that on one hand we have more people coming up who are in the working age and on the other side, we have the internal generation of the capital from within India and which is pushing up the growth rate in India. Although after all the story that the 7.5% growth rate for another 45 years, the per capita income of India, which is somewhere in the range of about $1,000 or $1,200 at the moment, at the most would go to about somewhere around $10,000 or $11,000, which is still in 2050 about a fourth of the income which is in Japan or United States or something right now. And so it is not going to be that in 2050. The average income in India is going to be so high that we just do not know how to spend money, is still going to be only $10,000 which is one fourth that of what is the income in Japan right now.

Now, this is a picture that we started with. Now, what does this mean for the energy and so when we drive energy. Without having any strong constraint on the carbon, as if the carbon problem more or less is not existing or very mild carbon problem then we find that this is all – a lot of coal, oil and gas are penetrating because we are more or less not thinking about the carbon problem on the baseline type of scenario.

What this would mean to carbon is that in 2000, if we had about a billion ton of CO_2 coming out from the energy system of India, then this would almost reach about seven times as high in 2050. We doubt that if we do not do anything then the carbon emissions are going to grow quite significantly out of India because we have a lot of coal and generally the tendency would be to exploit the coal from within India.

Now, given this picture then we do come to the issue of – well, we will be participating into the global climate regime and we have to start doing something. The question is how do we go about stabilizing the climate or participating in the global regime, which is working towards stabilization of climate? In this particular presentation I am just putting a target which is about three degrees centigrade, of course we are running two degrees centigrade scenarios more lately actually with the global modeling group including at the NIES. I am just putting the results where we have a more concrete bottom up results.

Let us say if we go one better case which is not as stringent as a two degrees centigrade case. We are looking at the issues in two different visions, and just as my friend Jiang Kejun from China put up in his presentation that one is the vision of what we call the “Conventional Vision,” that these CO_2 emissions in India will keep on going up. Then we bring in all these big technologies to solve that problem like the Carbon Capture and Storage (CCS), and some renewable and some nuclear technologies and all that.

There is another vision that probably while we are now going from the very low economic base in the society to a relatively more affluent society, or at least a bit more prosperous society, then within that period we might solve many problems of which climate is going to be one problem.

There might be opportunities of solving several problems at the same time, for instance, of course this year now because we have this economic crisis and the oil prices will come down, but last year the Indian policymakers were very much worried about $140 of oil price – at that kind of

oil – because we are importing almost 70% of oil in India. This would put a huge strain on the Indian economy and this would also make the food prices to increase and so whatever solutions that we were looking for that is going away from the oil to the biomass and other solution, well, we are looking really bad because if we go for a lot of biomass then we will have food security problem coming on hand.

And so what one must observe is that on the policymakers in India on their mind, there are simultaneously many problems to be dealt with, of which of course the climate change is one problem, but the energy security of India is another problem. There is a water security problem of India. There is a food security problem within India.

And so the question was that while we will have to solve all these problems together and we consider, well, let me solve first the energy problem and then I am going to solve the problem of climate change later on, or let me solve the climate change problem first. This is all within the same period.

Well, as we become more prosperous some of these numbers are going to grow and those numbers I told you from the past. All these numbers are increasing. And so, the idea was that, well, we might have to think of the future by another vision, what we call the "Sustainability Vision".

One of the questions when we prepared the scenarios – let's start thinking about preparing the two directional scenarios; one is that we go back on National Vision. We do the same technological change and another thing with the global models we are talking about and then we go by another vision which changes the baseline of India emissions completely, not because we wanted to only solve the emission problem of carbon but we wanted to solve many problems at the same time. How do we make our cities? How do we make the transport in our cities? And to that extent of course I am seeing friends from Bhutan and address it, how do we manage the happiness in the Indian cities and Indian society as such?

The question is, can we think about the vision at the same time. The very conventional way of looking at this is this picture that we have that the world has set us this goal of global greenhouse gas concentration stabilization. When I go outside of India like a framework convention discussions at Poznan or at many other meetings of the IPCC where all of us work together within, there we only talk about mainly this concentration stabilization because that is the goal of that convention. That convention does not think about solving 20 other problems.

The main drivers that we have are the carbon market by which we will solve this problem. We will find some new technologies which are basically energy-related or directly carbon-related technologies, and then to think about what kind of energy resources that we will find out which can be less carbon intensive or we can clean some of the carbon intensive resources. The interventions that we think about are how do we allocate the rights of carbon to different countries? How do we ensure that there will be newer participation? What kind of market structure and rules we will create for carbon and then what kind of technological barriers are there? How do we R&D which is cooperative? Some of these issues are on the mind of the policymakers.

Finally, the issue is that well of course as a country we would be worried about - how do we stabilize this carbon and participate with the minimum loss of GDP? That is the thinking by which the usual modeling that we do and so if I do that then we will have a broad result. I am getting into too many details here. These are like all this top down supply side actions, very high carbon price and the mainstream carbon price going from about some $5 in 2005 to about $100 per ton of CO_2 in 2050 or something. If that is the part for a three degrees temperature, if I go for

two degrees temperature the carbon price is much higher than this.

So, essentially, I just come back and get this answer that I must use for cleaning the coal and some other oil, well, I must have a lot of carbon capture and storage as a technology. Now, and then, we might have to make a lot of fuel switch and electricity – I'm not putting all the details on this – but it could be nuclear and renewable and also get coal to gas or something. All of this, this is a conventional technologically change.

Now, the problem when we put it before the policymakers. Their question is that we just do not know anything about CCS still, because there is not a single plant existing in India and there are 20 which are existing all the world, are about 1 million-ton of pilot plants and let us say this technology does not work or comes out with some other problem, what is our another plan or some issues are there.

Another thing is if we rely a great deal on nuclear for this. Until last year India had no access to the nuclear fuel from the international market. After the new agreement which has been signed with the United States last year, we now have the access to this Nuclear Suppliers Group (NSG). If we do that, still there are going to be risks because India has not signed the Non-Proliferation Treaty (NPT) and so as a result the risk is very high on India, if we go for nuclear and later on somebody does not supply the technology or the fuels.

So, if we go by this route we are engaging for ourselves a lot of this and we are also engaging the world in the risk because if we are unable to solve the carbon problem then we are also putting the world at risk. If we give a promise to the world that this is the way we are going to be helped, probably we will not be able to be helped but finally we can say we are a developing country, we can not do this. All that apart, but finally there are very high risks.

So, this is the last year. The government of India came out with the so called National Action Plan under the Bali discussion and so, the Bali proposal had put up that every country would put up the National Action Plan.

And so, now, the Indian government's document essentially goes completely another direction and it did not talk about that conventional way, it talks about we will go by some different national missions of dealing with climate change. One is the solar energy mission, energy-efficient mission and what they call the sustainable habitat, how do we construct the cities and all that. Some water sector on how do we improve, some water-use efficiency? How do we sustain the Himalayan ecosystems? How do we create a green India, that is forestation all over India? And then what do we call sustainable agriculture? How do we obtain the strategic knowledge of climate change. Now, these are eight missions by which the government of India wants to negotiate the Copenhagen Agreement for India at the end of this year.

Now, if that is the vision, then the other vision, of course, is also important but that's not the way it seems to be driving the mind of the way our policymakers are going for the international negotiations right now.

So, we clear the scenario that now it looks like that the national policymakers have some another kind of targets in mind. If I start looking from the right hand side here then there are some national targets and objectives. Also there are global targets and objectives where India is participating in, but this two are not at alls. However, the national policymakers seem to be thinking about putting all these national objectives and the way of going about dealing with the climate problem through some of these national programs which we would have.

So, our modeling must align with this thinking and make sure that to policymakers review the signals of that. These are alike – meaning that the climate problem and the carbon problem that we want to solve must also produce a lot of co-benefits for some of their objectives and the other

way round that as we go and solve our national problems then we also would be making sure that these actions are climate friendly on the other side, and then there is an alignment between the two.

Now, if I do that, then, well I have a little more backcasting style of thinking instead of going the other way around. And in this thinking, the low-carbon society of course is an aim, but there are different targets on the other side and I do not really talk about the carbon market or something. I start talking about how do I cooperate with some innovations in different areas, not only in the energy or just a few things, some carbons on that but how do I change the way I am constructing my buildings to the building materials, to the constructing cities and all that. And it is a completely different thinking that one comes up with.

If I put this in the model, now the real question is – of course I do not have time to get into that – but how do we translate this into the models and of course to the various other matrices that we transfer this into the various assumptions and the things that we gathered into the model?. It gives us a possibility of making the same transition – between the previous slide that I showed you, where I had some numbers, to this, is that the total mitigation from India between 2005 and 2050 is identical in this and in the other one. But in this case I am not thinking about as a very small way of CCS – I will tell you why. And then of course we are not putting attention to the things like how do we – what kind of motor transportation we are constructing, urban planning that we are doing, can we do something with consumptions and recycling, some basic material substitutions and not only energy substitutions as such. And so a list of things, some of them are maybe overlapping, but some of this could be a very directly different way we might model it. Somebody would say that the very high carbon price would have made the substitution anyway or something, but we do not see that actually the models are doing it that way, or that the reality may end up doing it that way.

And so, we are putting this in upfront – that we want to deal with these things, anyway, because these are finally nothing but the drivers of the carbon emissions anyway, as such. And so, what it would mean – that will be how to think about how we construct our cities and other things that we are already being underway.

Now, in India, you can see on the right hand side, the railway which is coming up from Delhi to Bombay, now, with all the Japanese technology. This is a similar corridor between Tokyo and Osaka on the freight corridor, which is being constructed. The question is – I think, we want to construct entirely all over the India such corridors now. The first one, we have already signed an agreement with the Japanese government to work on this, but the question is that okay when can we start dealing with this? How can we deduce or construct our cities where we might need less steel?

I think someone from Japan was mentioning that why in China there is a lot more steel than cement or something like that. Maybe sometimes, it depends upon what kind of constructions that you are doing. Also a lot of infrastructures and lot of high rise buildings that you are constructing might require a huge amount of steel as compared to only cement or something.

The way we might construct the cities, might make a lot of difference to how much of some of this that we might end up using. And maybe with the IT and all that we might be able to replace a lot of use of paper to many other things. We might make the paperless offices and all that.

There is of course how do we use the water which is coming from Himalayas. None of this is exploited well right now and huge amount of Himalayan potential is not exploited because of many other reasons. It has nothing to do with economic reasons, but the inter-country agreements to the proper tariffs which we might have to probably think of giving to our friends in Bhutan and

Nepal, and there are too many, many other issues which are coming in their way.

If we start looking at this, then we would still be able to reach the same amount of emissions out of India over the 50-year period, but we might have a price signal which might be needed to achieve this. This could be about only $25 per ton of carbon dioxide, as opposed to having $100 a ton of carbon dioxide and maybe because we are thinking of a problem in a more comprehensive way. Of course, I would say that well we cannot solve this problem in India alone because probably the world might be thinking this is a matter of transfer of a lot of technology from elsewhere as we assume also.

Maybe this is a paradigm that we finally apply to the global models, but the question is that we can stabilize the carbon emissions at the low carbon price.

The other way if I tell you is that if I go and tell the Indian policymakers that the carbon price is going to be $100, and $100 of CO_2 price is almost making the electricity price about 2.5 times of what it is to today's price, the mind of the Indian policymakers is that we are too poor right now to think about affording this and please we do not want to engage into this.

The other way of thinking: the policymakers' acceptance of going about it is much more and that is what the Indian plan is already reflecting, which is already submitted to the Framework Convention and in the negotiation anyway.

Now, it is very quickly coming to the later part of my quick presentation. I am seeing the zero minutes on me down here. It seems that we have also started looking even in the low-carbon societies there will be some climate change happening and so what would happen to the cities that we are building? For example, in Delhi, we have right now a population of about 15 million and we expect the population go to about 40 million at the end of the century.

Now, the question is that this is the standard government view of where we will get this water from, from different sources? The government has planned that currently, we are getting the water only from this top source, which is up here mainly, and this river – which is flowing through Delhi. These are other main sources – but as the population increases, the government thinks that I will get the water from another river, another river and we will put all those things at Delhi. This is current plan in India but that plan does not look at because all those rivers are coming through Himalayas as such.

When we put the climate change imposed on this with about four degrees temperature type, with one of the IPCC non-intervention scenarios, well, we suddenly find that we will not be able to get all this water, but we will get water which is much less because of the glacier melt. The change in the snowfall is another thing which is expected in the Himalayas by the climate models. And so, if we think that in 2100 we will be able to serve Delhi with different water, well, a lot of this water would disappear because the climate changes itself which had already been predicted by the various models over the Himalayas are changing this pattern.

This brings us to the point that we must be participating in a global regime to make sure that this climate change does not happen so severely. On the other hand we should and we must participate also in making our cities more compatible with the sustainable development and learn from Japan, learn from all kind of places of the world who run the cities in a more sustainable manner and think about this different design. I am just putting before you this thing. I cannot get into this.

So, what we are currently thinking on including the sustainability in our climate change efforts is of this kind – actually I will not get into all the details, you will have the slide to put on to the website and all that – but we want to broadly answer several questions at the same time while we are solving the climate problem. I will not read again all the conclusions here but basically

conclusions are that we should focus on a larger issue of behavior, technology change and all that, bring the climate change from a marginal issue of environment to, a mainstream issue of development of India, and make a paradigm shift towards a co-benefit and cooperation other than just competition and solving the problem only as a carbon problem as such and think of the problem towards sustainability prism as compared to the lands of climate centric actions only. And as a result, well, we would look at this in the 2012 negotiations of how do we have the mainstreaming of climate action in development priorities of India which the Indian document already talks about. How do we have the global cooperation coming from the developed countries for the research and development and new technologies? And all that too.

There are various other investments which would be more sustainable infrastructure amongst other things, and that we will be able to align our climate and sustainable development policies through various mechanisms, including the carbon prices, as one of the signals but not the carbon price exclusive signal as such. This is a broad vision that we have in India how do we look at this problem. Thank you very much.

はじめに、この場にいらっしゃる友人、これまで共に研究をしてきた友人達に御礼を申したいと思います。またこれまで長期にわたって私どもの研究に支援を頂いた日本国政府に感謝申し上げます。また、そちらの塚本先生、そちらの小野さんや、多くの皆様に、アジア途上国での研究に対する支援に感謝を申したいと思います。もちろんつくばの国立環境研究所の AIM チームの友人の皆様、そしてアジアモデリングチームの友人の皆さんにも御礼申し上げたいと思います。

先ほど中国の方の発表を伺いましたが、中国で問題を解決してくれればインドではあえてやる必要はないと感じるのですが、それでもやはり政策にリスクも一応あるかと思いますので、代替案ということでこの気候変動の問題に対処するための方法をご紹介したいと思います。インドのビジョンということで、どのようなかたちでこの低炭素社会に関して長期的な観点を持っているかをご紹介したいと思います。こちらですが、過去 20 年の数字ということで、中国とちょうど同じようにすべてが上がり続けているという恐ろしい状況に見えます。そして、GDP の伸びが下がりはじめてきたという時にあたっても、炭素排出量は増え続けているということです。炭素排出は、これらの数字を押し上げている背後にある多くの駆動力（ドライビングフォース）と密接に関連しているからです。

ということで、過去を振り返るのはこのくらいにしまして、次に将来のシナリオということで考えてみたいと思います。スライド 3 が、インドの計画委員会の統合エネルギー計画をベンチマークとして作成したベースシナリオです。この計画の中では、2032 年までにインドの GDP が大体年率 8%ほどの成長を続けるであろうということを予測しているのです。そしてより低めに見積もったシナリオもあります。高いほうでは、過去 30 年の中国の発展をもとに年率 9%の成長を置いています。インド計画委員会のこれらのシナリオをベンチマークとして、このベースケースを作成いたしました。

さて 2050 年までこれを延ばしてみるとどうなるかということです。我々は 2100 年までの結果も持っているのですが、今回のプロジェクトに合わせまして 2050 年までの数字で見ております。ここで面白いのは、2005 年から 2050 年までということで見ていきますと、インドでは 2050 年の経済規模は 2005 年の 20 倍以上大きくなるのです。これは政策立案者とも議論すべき問題なのですが、やはり経済の規模が 20 倍以上大きくなる、そして現時点ではその 5%の規模でしかないということになると、これから 45 年に直面するであろう問題に対して今はたいしたことはないと思っていたとしても、非常に大きな問題となって直面することになることもあり得るのです。

そしてそれまでにインドの人口がどのようになっているかということですが、約 16 億人になっているだろうということが国連の中位予測で言われております。もちろん既に一部炭素を管理するための努力は行われていますので、650ppmv といったようなところまでは行かないであろうと思われますが、やはり低炭素社会ということになりますとこの数字は低くならなくてはなりません。

なぜこのインドの成長率が高いままでいられるのかということですが、その理由のひとつとしまし

ては、インドの人口が増加していく、特に 15 歳～30 歳までの間の人口増加が非常に大きいということです。それよりも若い人間の増加圧力も高く、人口の半分以上が現在 21 歳未満ということになっております。ということで、これから先このような若者、あるいは現在子どもである人々が労働人口に入っていくということで、労働の供給が増えていくということになります。これは人口の増加率よりも高いということになり、2.5%の増加になるのです。ということは、例え生産性の向上に関して手を打たなくても、同じ生産性であったとしても 2.5%の成長が見込めるということになるのです。

他にどのようなことが分かっているかですが、貯蓄率です。インドでは貯蓄率が上がっています。一方では就労人口が増えつつある、そしてもう一方ではインドにおける内部資本生成が増えておりまして、インドの成長を下支えしています。そして、7.5%の成長を 45 年続けるということになるのですが、1 人当たりの収入ということになりますと現在は 1000 ドルから約 1200 ドルの間ですが、2050 年には 1 万、あるいは 1 万 1000 ドルにまで上がっていくだろうということですが、これでも日本あるいは米国の現在の収入の 4 分の 1 ぐらいということです。2050 年になりますと平均収入がものすごく高くなりますので、そのお金をどこで使っていいか分からないということになってしまいます。それでもまだ 1 万ドルですから、現在の日本に比べると 4 分の 1 ぐらいです。

さて、エネルギーに関してはどうでしょうか。まず炭素の問題、あるいは制約ということをあまり考えないでエネルギーの状況変化を見ていきますと、石炭、ガスそして石油がたくさん使われるようになることが分かります。これは、ベースラインタイプのシナリオでは、炭素に対する配慮があまり行われていないからです。そして 2000 年の段階でおおよそ 10 億 t の CO_2 がインドのエネルギーシステムから発生しているとしますと、これが約 7 倍になるのが 2050 年であるということになります。ということで、何も手を打たないということになりますと、CO_2 の排出は極端に増加してしまうことになります。というのは、インドは石炭を豊富に持っていて、その石炭を有効利用しようという動きが強くなるからです。

さて、グローバルな気候レジームに参加して何かを始めなければならないということを考えましょう。問題は、気候の安定化に向けてどのようにしてこの気候を安定させるのか、あるいはグローバルなレジームに参加するのか。今回の発表の中では、ひとつの目標をご紹介しております。今回の発表では、3℃を目標値としたときの結果をお示ししたいと思います。もちろん 2℃のシナリオというものも、NIES を含めたグローバルなモデルグループでやっています。今回は、積み上げ型（ボトムアップ）で得られたより具体的な結果をお示しします。

2℃を目標とする場合のように厳しくはないのですが、これからどこに向かえばよいのかについてお話したいと思います。我々は、2 つの異なるビジョンを準備しました。先ほど中国の Jiang さんの発表にもありましたが、ひとつ目が従来型のビジョン、インドにおける CO_2 の排出はこれからも増え続けるという想定で、炭素隔離貯留（CCS）や再生可能エネルギー、原子力などの技術を使って問題を解決することになります。

もうひとつのビジョンというのは、経済的には今のところ弱いかもしれませんが、これから豊かになっていくであろうと、少なくとも今よりは豊かな社会ができるだろうという前提で、その間に気候変動も含めて多くの問題が解決できるだろうというものです。

例えば今年は経済危機、そして原油価格の下降がありましたが、インドの政策決定者は昨年原油価格が 140 ドルになった時に大変心配していました。というのはインドでは石油消費の 70%を輸入に頼っているからです。石油価格の高騰はインドの経済に大きな負荷を与え、食料価格も上昇し、その中でいかに原油から脱却してバイオマスに移行するかといったことを考えました。しかしバイオマスを増やすということになりますと、一方でフードセキュリティの問題が発生してしまいます。

ということでインドの政策決定者はさまざまな複数の問題を一度に、一挙に解決しようとしています。もちろん気候変動はその問題の中のひとつで、インドのエネルギーセキュリティ、水の安定供給、食料の安定供給などさまざまな問題があります。

まずエネルギーの問題を解決してから次に気候の問題を解決する、あるいは最初に気候変動の問題を解決する、といったやり方ではなく、すべて同じ時間枠の中で解決する必要があるのです。

これから豊かになっていくと、さまざまな指標は上昇していくことになります。すべての指標、数値が上昇していく中では、将来に対して別のビジョンを持つべきだろうということで、持続可能なビジョンを設けました。

このシナリオを考えていく中であがった疑問が、気候変動に関する責任を果たしつつ国の発展目標を達成するにはどれがもっとも適した道筋であるか、ということです。これを考えるためにまず、2つのシナリオの方向を考えました。まずひとつが国のビジョンに立ち返って、技術の変化は同じで世界モデルを踏まえるという方法と、もうひとつのビジョンということで、もうひとつのビジョンの場合にはインドの排出量のベースラインを変えて考えていきます。つまり炭素排出のだけを解決するのではなく、他の各種の問題に対して同時に対処する。都市、交通、そしてブータンの方もおっしゃっているようにインドの都市、そして社会における幸せ、幸福をいかに確保するかということも同時に考えていくというビジョンです。

問題は、ビジョンを同時に検討できるかということです。こちらのスライドには、世界の温室効果ガス濃度安定を目標としたときの従来型の見方を書いてあります。私が国外に出張してポズナンの国連気候変動枠組み条約の会議や、IPCC のさまざまな会合などで皆さんとお話をする機会がありますと、そこで話に上がるのは、いかに濃度を安定化するかということばかりです。というのはそのための会議だからです。他の問題を解決するための会議ではないからです。

この問題を解決する重要な駆動力は炭素市場です。解決には、基本的にはエネルギーもしくは直接炭素に関係した新技術や、より低い炭素強度あるいは炭素強度の高い資源のクリーン利用など、どのようなエネルギー資源を使うかを考える話になってきます。市場への介入としては、異なる国家間で炭素排出権をどのように分配するかを考えなくてはなりません。あるいは、新規参入をどのように保証するか。市場の構造やルールをどうするのか、そこにはどのような技術的障壁があるのか、R&Dにおける協力関係をどう構築するか。これらの問題には、政策決定者の意識に関わるものもいくつかあります。

最終的に考えなくてはいけないのは、国としてどのように GDP の損失を最小限にしながら、どのように炭素排出量を安定化させるか、いかにこの枠組みにかかわっていくかということです。これらは通常のモデル研究で考えるべきことで、これによってさまざまな結果が出てくることになりますが、ここではあまり詳細には立ち入らないことにします。トップダウンと供給側の活動の両者を考慮して、炭素価格を高くする、2005 年で 5 ドルくらいだったものが 2050 年では 100 ドルくらいになるということ、などを考えます。これは 3℃の場合ですが、2℃ですと炭素価格はもっと高くなります。

このためには、クリーン・コール技術やクリーン・オイル技術、大量の CCS を使うことが必要です。また、詳しくは書いていないのですが燃料転換と電力における原子力、再生可能エネルギー、そして石炭ガス化などがあります。これらは、通常の技術変化の範囲のものです。

これを政策立案者に見せますと、CCS に関してはまだインドにはプラントがなく、世界全体でも 20 基、合計 1 Mt-CO_2 程度のパイロットプラントしかないので、もしこの技術がうまくいかなかったら、あるいは他の問題が出てきたらどうすればいいのかということを言うのです。

もし原子力への依存度を高めるとしたときにも問題があります。昨年までインドは原子力燃料を国際市場から買うことができませんでした。しかしアメリカとの間で合意が調印されまして、それ以降は原子力供給国グループ（Nuclear Suppliers Group）にアクセスが取れるようになっています。しかし、インドは核拡散防止条約（Nuclear Non-Proliferation Treaty, NPT）には調印していませんので、まだ原子力発電拡大に対するリスクが消えたわけではありません。インドにおいてリスクが高まると、もし原子力に向かったとしても誰も技術や燃料を供給してくれないかもしれないのです。

そして、我々が原子力発電を拡大できるかどうかを保証することは、同時に世界のリスクも保証することになるのです。すなわち、我々が炭素の問題を解決できないことは、世界全体のリスクにもなりうるのです。原子力発電がインドにとって大変役に立つと世界に対して約束できるならば、おそらくそれを避けることが出来ないでしょうし、最終的には発展途上国だから、ということになるのでしょうが、炭素削減を達成することができるのです。これらなしでは、非常に高いリスクになりうるの

です。

そして、昨年ですがインド政府はバリ（COP13）での議論に基づいて国家行動計画（National Action Plan）を策定しました。これは、バリプロポーザルではすべての国が国家行動計画を策定するべきと掲げられているためです。

さて、インドの政府の文章というのはまったく別の方向性を謳っています。つまりその中には従来型のシナリオということは書いていなくて、この気候変動に関しては国のミッションとしてこのようにやっていくということで、太陽エネルギーミッション、高効率機器ミッション、どのように都市を構築していくかについての持続可能な居住環境ミッションなどいろいろなことが謳われています。

また、水環境の改善や利用効率の向上、ヒマラヤ生態系の維持、インド全土における植林によるグリーンインドの確立、そして持続可能な農業の実現、気候変動に対する戦略の獲得など、8 つのミッションを定めて、年末のコペンハーゲン合意に向けてインド政府としての交渉材料にしようとしています。

もちろんどのビジョンでもビジョンは重要なのですが、政策決定者がこれに基づいて国際交渉をやる気になっているか、というとその段階ではまだないように思われます。

ということで、政策決定者が考えている別のターゲットに基づくシナリオをはっきりさせることにします。スライド 10 の右側には国の目標や目的がいくつか並んでいます。もちろん、世界での目標があり、インドもそこに参加しています。しかしこの 2 つがすべてというわけではないのです。しかし、国の政策決定者は、国としての目標を中心に据えて国のプログラムを通じて気候の問題に対処する方法を考えているようです。

やはりモデルとしてはこの考え方にしたがわなくてはならず、政策決定者がそのシグナルをレビューできるようにする必要があります。つまり、気候の問題、そして炭素の問題を解決しなければいけないのですが、その過程でいくつかの目的や解決すべき我々の国を取り巻く問題に対して多くのコベネフィットを生み出す必要があるということです。そのため、我々はこれらの行動が気候に優しいものであり、同時に国と世界の目標に沿ったものであることをはっきりさせる必要があるのです。

そのためには、バックキャスティングのようなかたちの考え方のほうが向いているのだろうと思います。低炭素社会というのはひとつの目的ではありますが、別の側面ではさまざまな他の目標もあります。炭素市場に関してはここでは書いていませんが、どのようにさまざまな分野での技術革新を協調させていくか、エネルギーの問題だけではなくてどのように炭素を置き換えていくのか、そして建物を構築する際にその材料をどのように考えていくのかということで、これまでとまったく違う考え方が必要になってきます。

詳細については時間がないのでお示ししていませんが、これらをモデルにいれるにはどうするか、これらの情報をどのように解釈してモデルに入れるか、もちろん集約してきた仮定や物事をモデルに移すにあたって他の基盤をどのように解釈するか、ということが問題になります。可能性としては同じような推移、すなわち前のスライドで示した数字のようなものになり、そして 2005 年から 2050 年に向けての緩和策というのはこれと同じだったり、もうひとつのものと同じだったりということになるかもしれません。このケースでは、CCS も少し取り入れています。

この理由ですが、もちろんどのような自動車輸送を作り上げるか、都市計画をどうするか、何を消費してリサイクルできるのか、エネルギーに関する代替物だけではなくいくつかの基本的な素材の代替物についてどうか、などに力点を置いているわけではありません。ここに挙げられた事項は、いくつかは重なっているものがありますが、それぞれが大きく異なった方法でモデル化されることになります。たいへん高額な炭素税を賦課するとあるものが何かを代替する、という人もいますが、実際にモデルでそうなるかを見るわけではなく、あるいは現実が結局そうするかどうかを見るものでもありません。

いずれにしても検討したい事項を直接にモデルに投入しますが、最終的には炭素排出量の駆動力として解釈されることになります。つまり、よって我々の都市をどのように建築するか、また現在すでに取り組まれているものもありますが、それらをどのように考えるかを検討しなくてはなりません。

スライド 12 の右図に示していますように、現在、すべて日本の技術でデリーからムンバイに鉄道網を建設しています。現在建設中の東京と大阪を結ぶ貨物輸送路と似たような構想ですが、問題は、このような回廊をインド全土で構築するのかどうかだと思っています。日本政府との合意では、まずデリー、ムンバイ間を結ぶというのはありますが、問題はやれるとなったときにどうするか、どうやって都市建設にあたっての鉄需要の低下を推計するか。

日本の方がおっしゃったように、中国ではセメントよりも鋼材が多いのはなぜかとかいう話がありましたが、それはどのような建造物を作るのか、あるいは建設になるのかによっても変わります。多くのインフラや多くの高層ビルを建設するのであれば、セメントよりも鉄がかなり必要になるのかもしれません。

都市を建設するにあたっては、どのような条件があるのか、どのような使い方をするのかによって大きく変わってきます。また IT の採用によって例えば紙などを減らすことができて、ペーパーレスのオフィスを作ることができるかもしれません。

もちろんヒマラヤからの水をどのように使うかの問題があります。現時点では井戸は全く開発されていませんし、いくつかの理由によってヒマラヤの水供給ポテンシャルの大部分は開発されていません。これには、経済的理由だけではなく、おそらくブータンとネパールの友人達と検討すべき適切な関税に関する国家間の合意、あるいはその他の非常に多くの問題を検討する必要があります。

スライド 15 を見ると、50 年間でインド以外の国の排出量と同程度まで抑制する可能性はまだあるのですが、実現するとなったら価格シグナルが必要になるでしょう。Sustainable society では 25 ドル/ t-CO_2 ですが、反対に Conventional Society では 100 ドル/ t-CO_2 になります。おそらく問題をより包括的に考えていかなくてはならないでしょうが、この問題はインド単独で解決できるものではなく、世界全体でこの問題を多くの技術に対するどこからかの技術移転の問題として考えることが必要かもしれません。おそらくこれは我々が最終的にはグローバルモデルに適用すべきパラダイムだと思いますが、問題は低い炭素価格で炭素排出量を安定化できるかです。

たとえばインドの政策決定者に炭素価格が 100 ドルぐらいになる、このとき電力価格が大体現在の価格の 2.5 倍ぐらいになると伝えたとすると、インドの政策決定者の意識としては、我々は現時点では炭素価格を受け入れることを考えるにはまだ貧困であり、これには組み入れられたくない、ということになります。

ただ、見方を変えますと、これを進めるにあたっての政策立案者のアクセプタンスは、もう気候変動枠組み条約に提出済みのインドの計画にすでに反映されているともいえます。

時間もありませんので、私の発表の残りの部分について簡単にご紹介したいと思います。

我々が低炭素社会に目を向け始めたとしても、気候変動の影響はある程度現れてくるのは否めません。建築中の都市にどのような影響が出るのでしょうか。たとえばデリーですが、現在の人口は大体 1500 万人ぐらいで、今世紀末にはおそらく 4000 万人ぐらいになるだろうと予測しています。

政府の視点では、問題はどこから水源を確保するか、別の水源は確保できるのか、ということです。現在は主にデリーを貫流するヤムナ川を水源としていて他にも水源はあるのですが、政府は人口が増加したときには他の河川から取水することも計画しています。スライド 16 は現在のインドの計画ですが、この計画ではこれらの河川はすべてヒマラヤが源流であることを考慮に入れていません。

IPCC の非介入シナリオのひとつである 4℃上昇シナリオによって起こるであろう気候変動を組み入れますと、氷河の融解によって取水可能量は大きくは減らないものの、すべての水源の利用可能量が減ることがわかります。気候モデルからは、ヒマラヤの降雪量の変化も予測として出てきます。これの 2100 年の変化を検討しますと、さまざまな水源を利用することによってデリーの水供給は確保できるかですが、これまでになされたヒマラヤに関するさまざまなモデルでは気候変動によってこのパターンが変化すると予測されていて、多くの水源はなくなってしまうのではないでしょうか。

つまり、気候変動の影響を出来る限り抑制するためには、我々は世界的なレジームに参加する必要性がある、ということができます。一方で、我々は持続可能な発展とより両立した都市作りに参加し、より持続可能な方法で都市運営がなされていて、かつこの異なる設計に対して検討を加えている日本

や世界のあちらこちらから学ぶ必要があります。

気候変動に対する努力に対して持続可能性を組み入れることに関する現在の考え方は、詳細は Web のスライドを見ていただきたいのですが、気候問題の解決と同時に幅広くさまざまな問題に対して答える必要がある、というものです。結論をすべて読み上げることはいたしませんが、大筋では行動、技術変化の問題、気候変動を環境問題の辺縁的な問題からインドの発展において中心的な問題として据えること、そして単なる競争からコベネフィット、協調へ、単なる炭素問題の解決からさまざまな持続可能性を実現するという問題のとらえ方への転換といったパラダイムシフトが重要となります。気候中心の行動だけと比較すると、結果として、インドの文書ではすでに触れていますが、インドの開発に関する優先度の中で気候変動の対策をどのように主流化するかを、2012 年の交渉では注目しています。どのように先進国からもたらされる研究開発や新技術に関する世界協調を実施するかなども、注目していこうと思います。

多くのことに対してより持続可能なインフラストラクチャーへの投資などができますし、炭素価格に限定するわけではないのですが、そういったシグナルなどのさまざまな仕組みを通じて、気候政策と持続可能な発展政策を協調させることはできます。本日の発表では、インドにおいてこの問題をどのようにとらえているかについて幅広くご紹介いたしました。どうもありがとうございました。

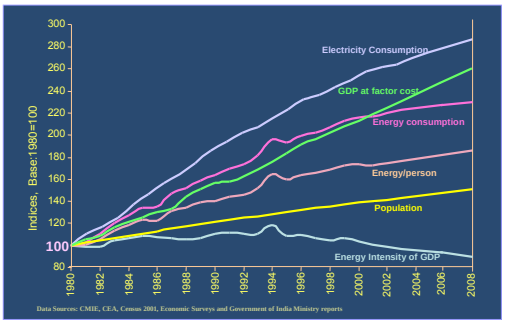
Low-Carbon Society Scenarios for India:

Aligning Sustainable Development and Climate Actions

P.R. Shukla
Indian Institute of Management
Ahmedabad, India

Presented in the
"Japan Low Carbon Society Scenarios toward 2050 Project Symposium"
Tokyo, Japan, February 12, 2009

India Economy-Energy-Emissions Trends



Base Scenario: Assumptions

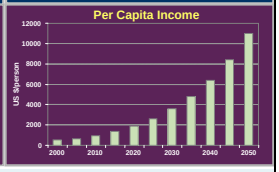
Base Scenario

1. GDP
   - Ann. Growth Rate: 7.2% from 2005-50
   - 2050 Economy: 23 times larger than 2005
2. Population
   - 2000: 1021 Million
   - 2050: 1593 Million
3. 650 ppmv CO2e Concentration Stabilization (or 550 CO2)
4. 4.7 W/m2 Radiative Forcing

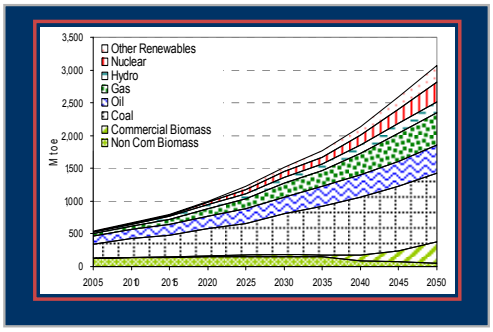
Savings Rate

GDP

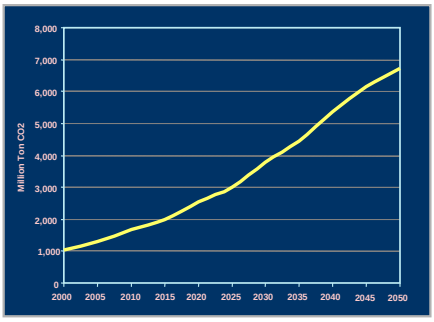
Per Capita Income



Future Energy Mix: India



Future Carbon Emissions: India



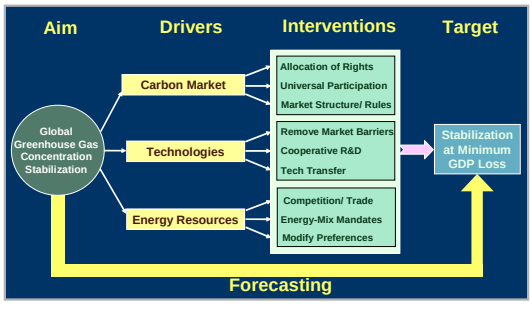
Alternate Development Visions

Stabilization Target and Visions

1. Global Stabilization Target Assumption:
   - 550 ppmv CO2e Concentration
   - 3.4 W/m2
   - @ 3° C temperature increase (50:50)
2. Two Development Pathways for India:
   (with same total CO2 emissions from 2005 to 2050)
   1. Conventional Vision: Climate Actions at Margin of Conventional Development path
   2. 'Sustainability' Vision: Aligning Climate Actions with Mainstream Development Actions

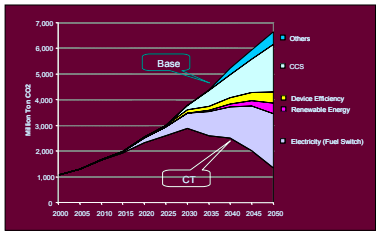
What path shall best deliver national development goals while fulfilling Climate Commitments?

LCS via Climate Centric Actions



Vision I: Climate Centric Scenario

1. Top-down/Supply-side actions
2. High Carbon Price as main instrument
3. Climate Focused Technology Push

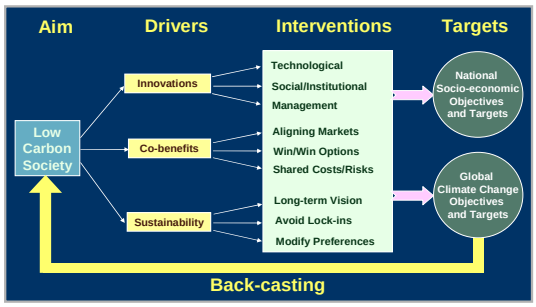


India: National Climate Change Action Plan

8 National Missions:

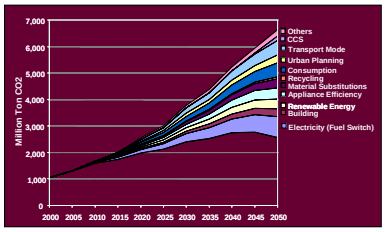
1. Solar Energy (100 MW PV/yr; 1000 MW Thermal by 2017)
2. Enhanced energy efficiency (10000 MW saving by 2012)
3. Sustainable habitat
4. Water Sector (20% water use efficiency improvement)
5. Sustaining the Himalayan eco-system
6. A "Green India" (6 Mil. Hectare afforestation; Forest cover from 23 to 33%)
7. Sustainable agriculture
8. Strategic knowledge for climate change

LCS with Sustainability



Vision II: Sustainability Scenario

1. Low Carbon Price
2. Bottom-up/Demand-side Actions
3. Behavioural Change
4. Diverse Technology Portfolio

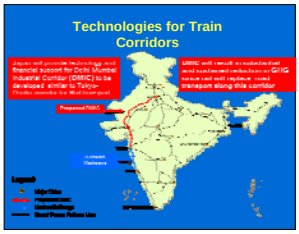


Sustainable Cities: Planning and Infrastructures

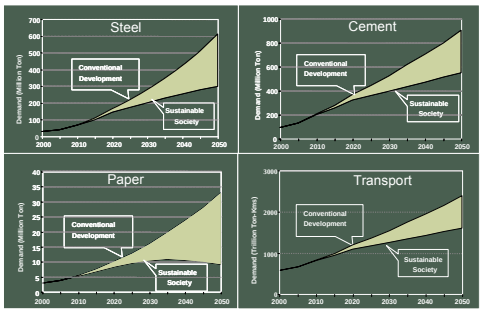
- Land-use Planning
- Building Choices
- Infrastructures
- Service Networks

Bus Rapid Transport System

Technologies for Train Corridors

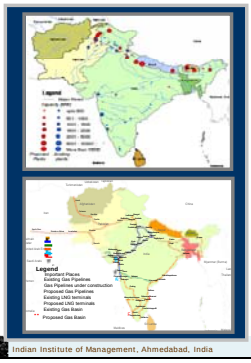


Dematerialization



Co-benefits of Energy Choices

MDG 1: Eradicate extreme poverty and hunger, MDG 7: Environmental Sustainability



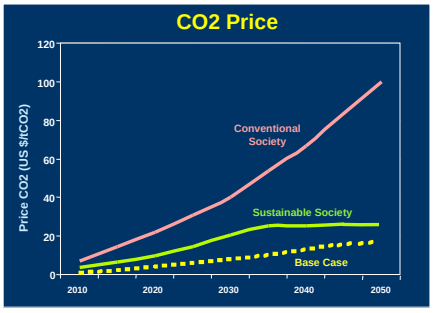
Co-benefits of South-Asia Integrated Energy-Water Market

Benefit (Saving) Cumulative from 2010 to 2030		$ Billion	% GDP
Energy	60 Exa Joule	321	0.87
CO_2 Equiv.	5.1 Billion Ton	28	0.08
SO_2	50 Million Ton	10	0.03
	Total	359	0.98

Spill-over Benefits / Co-Benefits

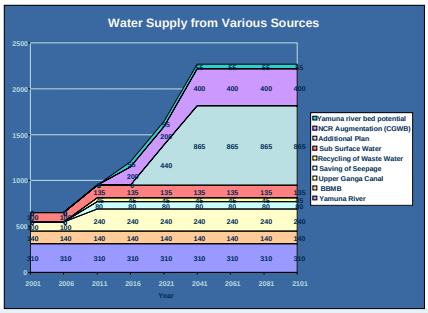
- More Water for Food Production (MDG1)
- 16 GW additional Hydropower (MDG1&7)
- Flood control (MDG1&7)
- Lower energy prices would enhance competitiveness of regional industries (MDG1)

LCS with Lower Carbon Prices



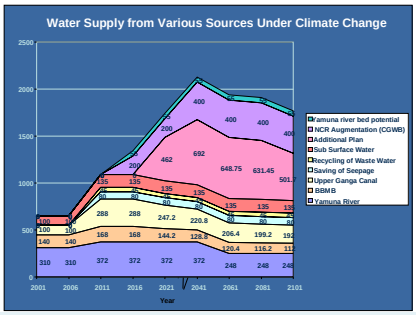
Water Availability: DELHI

Existing and Envisaged Water Sources for Delhi

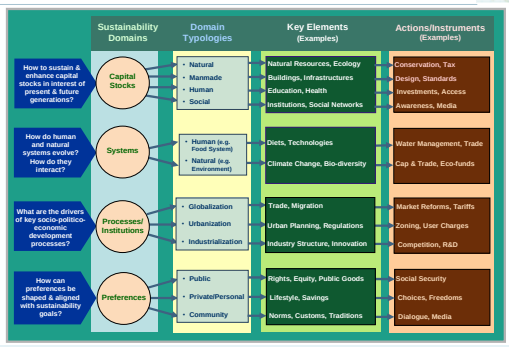


Water Availability: DELHI

Existing and Envisaged Water Sources for Delhi under Climate Change



Sustainability: Domains, Elements and Actions



Conclusions: Low Carbon Transition with Sustainability

- **Focus on Behavior Change & Technology RD&D/ Transfer**
- **Actions to shift from Margin to Mainstream**
  - Development vision matters to LCS transition
  - Investments that avoids lock-ins into high emissions paths
  - Bottom-up actions coordinate with top-down vision and policies
- **'Paradigm Shift towards 'Co-benefits' and 'Co-operation':**
  - Co-benefits makes it a positive-sum game
  - Deliver LCS at Low Carbon Price
  - Focus on Drivers of Long-term Energy and Environment Future
- **Even in LCS with sustainability, exclusive climate-centric actions for stabilization and adaptation will be needed, but their costs and risks shall be much lower**

How this matters to post-2012 negotiations?

- **Mainstream Climate Actions with Development Priorities**
  - Focus on funding for actions which deliver Co-benefits
  - New framework to assess investments
- **Global Co-operation**
  - Technology transfer and cooperative R&D
  - Investments in sustainable infrastructures in developing countries
- **Combination of Climate and Sustainable Development Policies**
  - Combination of Market and Regulations (e.g. Carbon Price, Funds)
  - Investments that avoid long-term carbon emissions 'lock-ins'
  - Measures to alter behavior (e.g. 3R)
  - Varied Targets (e.g. Energy Intensity, CAFE Standards, Sector Targets)

Thank you

Commentator

武藤 めぐみ（Megumi Muto, Japan International Cooperation Agency, Japan）

Thank you very much Chair and Prof. Shukla, ladies and gentlemen. A particular thanks to Dr. Kainuma for giving me an opportunity to comment on the low-carbon society scenario presentation for India.

I am from Japan International Cooperation Agency (JICA) Research Institute. For those who are not familiar, JICA is the aid agency of the Japanese government who had a major reorganization last October when the Research Institute was newly created. As one of the main research themes, there is climate change. What does JICA do in the area of low-carbon society in India?

Let me just briefly mention that we are honored to be the financier of the Delhi Mass Rapid Transit System (MRTS), the Metro, which is not only the best implemented infrastructure project in India, but also accredited as a Clean Development Mechanism (CDM) project.

Now, Prof. Shukla's presentation highlighted all the important policy directions that India wishes to pursue towards low-carbon society. From an economist point of view, my comment is that these scenarios can add perfection if the fundamental shifts in relative prices that take place when a country experiences accelerated growth are considered more explicitly. To suggest this, let me share some of the recent analysis of the World Development Report of the World Bank in which we have participated extensively for the past two years.

As you see here, growth has been accompanied by massive rural-urban migration as we have witnessed in the case of China, creating massive urban agglomeration. The next slide is the case of India. The migration in India may still be modest relative to that in China but yes it is happening.

By showing these trends in migration, I would like to get at the issue of wages. What happens to the wage level in those circumstances? In development economic textbooks, we have learned that there is abundant labor in the rural area, so the minimum urban wage does not increase. However, what we have seen in China these days is an increase in urban wages, suggesting that rural labor has a limit. Prof. Shukla mentioned that there is still abundant labor in India but we may have to keep a close eye on the wages in India. What does this mean to low-carbon society? Higher wage means higher opportunity cost of time, and this can change people's behavior and preferences very fundamentally.

In the next slide, I am showing that in the case of Japan, not only did the urban wage increase but the rural wage started to converge to the urban level. So, both the rural and urban wages increased.

Back to India again. I have some chances to talk to colleagues from TERI, saying that India will remain a low-carbon society even in the future. But I just wonder if these arguments can hold in the future, especially when the opportunity cost of time becomes higher. If the opportunity cost of time is high, people will prefer cars. Also, if opportunity cost of time is high, people will perfer to work under an aircon, and there will be less people to recycle because domestic work will be more costly. These are the examples of the implications of higher wages.

Thus, when we talk about preferences and lifestyles in India, are we talking about status quo preferences? No. We have to predict future preferences based on global experiences in growth and development. In particular, as an economist, I wish to emphasize that we have to consider the impacts of fundamental changes in relative prices, such as the opportunity cost of time.

Let me conclude by saying that an interdisciplinary interaction to bring together the development economics profession and the science academia would add value to the next challenges of low-carbon society studies. Thank you.

議長、Shukla 先生、ありがとうございます。特に甲斐沼先生、今回、インドの低炭素社会へのシナリオに関してコメントする機会を与えていただきましてありがとうございます。私は JICA に所属しておりますが、JICA というのは日本政府の援助機関であり、新しい研究所が昨年設立されております。新しいリサーチの柱として気候変動が挙がっています。

JICA が低炭素社会に関連して何をやっているかご紹介したいと思いますが、このデリーの Mass Rapid Transport System のプロジェクトを支援しております。これはインドにおいて最も効率的に実施されたインフラプロジェクトであるのみならず CDM のプロジェクトとしても認定されております。

さて、Shukla 先生のお話の中で、インドがどのように低炭素社会を目指すかということが述べられました。経済学との接点から申しますと、もしも国が加速的に成長するということになりますと、賃金の変化を忘れてはならないということを述べたいと思います。JICA が論文貢献した世界銀行の世界開発報告書からいくつかの表をご紹介したいと思います。ご覧のように成長過程では必ず、このように農村地帯から都市への人口の流入が発生いたします。中国もそうでした。これにともない人口が都市部に集中するということが起きます。インドの場合は中国に比べるとより穏やかな移動かもしれませんが、このような人口の都市への移動が実際に発生しています。

次に賃金についてお話をしたいと思います。このように人口が動く場合、賃金レベルがどのようになるかということですが、経済の標準的な教科書では、農村地帯には十分な労力があるということで賃金は上がらないことになっていますが、最近の中国の都市部の賃金を見ますと、上昇しはじめています。もちろんインドには十分な労働力があるのかもしれませんが、それでもインドにおける賃金の状況を注意深く見守っていく必要があります。これが低炭素社会にどのような意味を持つのかということですが、賃金が上がりますと、それだけ時間の機会コストが上がります。それによって人々の行動様式が変わります。また、人々の好み、選考が根本的に変わってしまいます。

次にお見せしたいのは、日本のケースですが都市の賃金のみならず農村の賃金もこのように上昇しているということです。両方が上がっているということが分かります。またインドに話を戻しますが、最近インドの研究者の方々がインドは低炭素社会であり続けるだろうと主張されていたのですが、果たしてこれが将来でも正しいのかどうかというところが疑問です。特に時間の機会コストが高くなるということになりますと、もちろん時間が重要になりますので自動車が好まれます。そして生産性を上げためにエアコンをつけている時間も長くなります。またリサイクルをする人が減ります。なぜかというと家事労働のコストが上がってしまうからです。このようなことが高い賃金によって引き起こされうるということです。好み、あるいはライフスタイルは現状のまま推移するのかというとそうではありません。将来の人々の好みがどうなるかということを、成長及び開発における他国の経験を見ながら考えていく必要があると思います。低炭素社会の分析で特に考えなければいけないのは、根本的な相対価格の変化です。特に注目すべきは賃金、そして時間の機会コストの変化です。

最後になりますが、このように様々な学問分野を組み合わせることによって低炭素社会の分析の質は高まると確信しています。ありがとうございました。

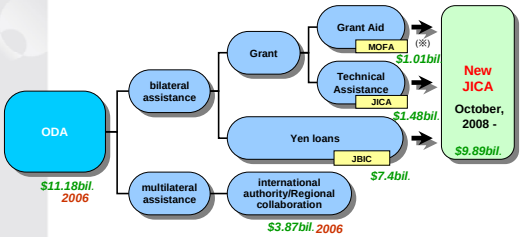
Comments to "Low-Carbon Society Scenarios for India"

Megumi MUTO
Research Fellow
JICA Research Institute
February 12, 2009

1

Outline of Japan's ODA

ODA Reform: Integration of 3 aid schemes



(※) A part of grant assistances will be provided by MOFA and the rest of the financial assistances will be shifted to JICA.

2

Delhi Mass Rapid Transport System Project, India

1st phase 59km of total 415km with civil/electric works and train by ODA yen loan.
Registered: Dec. 29, 2007
Methodology used: AMSIII.C
Emission reduction: 41,160tCO2/year
Investing country: Japan (JCF purchased the CER)
- Energy saving with regenerative brake system
- the service was commenced on Nov. 2006.The mass transit system carries 2.26 million passengers a day

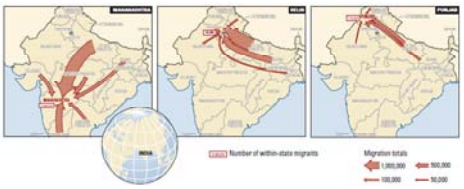
3

Growth affects migration: China

Source: Huang and Luo 2008, WDR09, using data from the population census of China

4

Growth affects migration: also in India



Source: WDR 2009 team, based on census data from the Census of India.

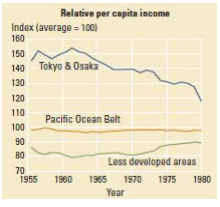
5

Growth affects wage rate: China (abundant rural labor has a limit)

Source: China Statistical Abstract 2007 RIETI (http://www.rieti.go.jp/en/china/07091101.html)

6

Growth affects wage rate: Japan



Source: Otsuka and Muto, WDR 09

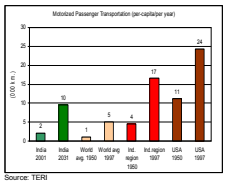
- After wage rate increase in urban areas

-Wage rate may also converge between rural and urban areas, depending on policy interventions targeting rural areas

-Changes the preferences of urban/rural households and individuals through e.g. increase in opportunity cost of time

7

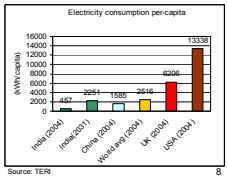
What if rural/urban migration rises and opportunity cost of time increases?



Source: TERI

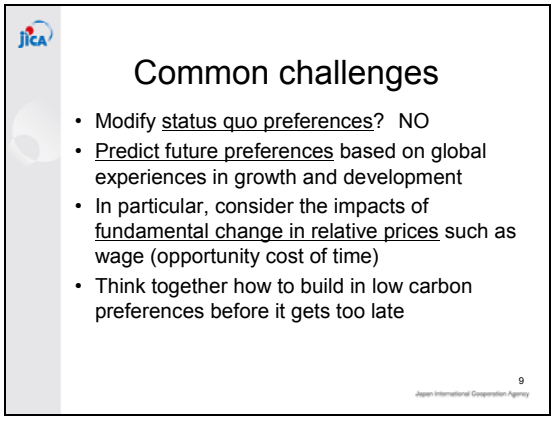
• India's mobility demands are much lower than in other countries …will this still hold?

•India's per capita electricity consumption in 2031 would be less than current world average…..will this still hold?



Source: TERI

8



P. R. Shukla

I do not have to really say much. Let me just say that I agree with Madam Muto and most of the things what she said, more or less supported what I maintain. We do agree that in these two different visions of society, and in general the relative price change is what matters. But this is again an underlying issue that the question is that how do we react to the societies when the relative price change actually manifest? Is this something which is endogenously happening or there is going to be some way of making interventions? I think the plans that I discussed is to, in fact, bring about the relative price change and I thank Madam for that.

Of course the second comment that she made that India will remain the low-carbon society without doing anything - I think this is a kind of misconception which is going on within India for a long time, which I think again, as I was trying to show you the numbers, the Indian numbers will grow and our vision of the low-carbon society as I put was that – and how to bring the numbers very low. Of course, the Indian numbers are very low right now so this kind of perception remains, but the issue is not that how low – how to maybe when you are participating in the global thing that we are thinking about the low-carbon society as where we would be under the baseline, to how far we should come down and what at the global optimum level of participation, what is the best we can do and not because of the numbers are small and maybe made even smaller. We may have to shirk the responsibility of coming into this. Only thing is that we might have a different way of thinking in coming into this. I do agree with all the comments which were made by Madam Muto. Thank you very much.

はい、武藤さんのおっしゃるとおりで、私が申したことを補足していただきました。2 つの異なる社会ビジョンのいずれでも、相対価格の変化は重要です。しかし、これは根本的には、相対価格変化が実際に現れたときにどのように対処するか、その対処方法は内生的に起こるものか、介入が必要なのかが問題だと思います。今回ご紹介したプランでは、実際には相対価格の変化が起こると思います。ご指摘いただきありがとうございます。二つ目のインドは何もしなくても低炭素社会のままである、とのコメントについてですが、長い間インドでもそのような誤解がありました。具体的な数値をお示しできればよいのですが、私がご紹介した低炭素社会のビジョンでも、各種指標は増加していきます。もちろん、インドの各種指標は今はたいへん低い水準にあるのでそのような認識はまだあるのですが、問題はどのくらい低いかではなく、指標の小ささではなく指標が相対的に小さくなっている、世界的な低炭素社会に向けた動きに参加するときにどの程度ベースラインを下回るか、世界的に見て最適な協力水準はどこか、我々が最大限どこまでできるのかではないでしょうか。これに対して、我々はどのような責任を果たすのかということだと思います。これは考え方の違いだと思います。ただ今の武藤さんのコメントはおっしゃるとおりだと思います。

タイのシナリオ　- Thailand Low Carbon Society Scenarios -

Ram Manohar Shrestha (Asian Institute of Technology, Thailand)

First of all, I would like to thank the Low-Carbon Society Project Team in Japan for giving me the opportunity to make a presentation in this meeting and more importantly, for all the support our team at the Asian Institute of Technology (AIT) in Thailand has received from the colleagues in the Low-Carbon Society Project Team in Japan and the AIM colleagues here.

I think having heard from speakers from China and India, you have probably heard already a lot of things about the perspectives and scenarios of developing countries. What I would like to present to you here is the case of Thailand, which is the second largest economy in the Southeast Asian region. Some of the important characteristics of the Thai economy is that it is still an economy with a relatively smaller share of the urban population – presently about 35% of the total population is urban and the rest is rural. However that picture is going to change dramatically by 2050; that is, about 65% are expected to live in urban areas by then and 35% in the rural areas.

Also, one of the important characteristics of the Thai economy is that it is heavily dependent on imported energy. About 50% of the energy at present is imported. Another feature is that the transport sector is one of the major users of oil, which is mainly imported and the sector is highly road-dependent. Very small part of the country's transport infrastructure is based on non-road options like railways and the MRTs. The MRT system has been introduced in Bangkok City but overall, the status of the mass transport system at the national level like long distance railways is very dismal and the transport sector contributes heavily to the carbon dioxide emission in the country. Thailand is among one of the relatively high carbon intensity developing countries in the world. The carbon emission from the country has been growing at about 4.4% per annum since 2001.

There are some optimistic policies from the point of the environmental improvement and also climate change perspective that are taking place in Thailand; for example, in the transport sector, the government has now been promoting the production and use of biodiesel and bio-ethanol. Also, there are some policies like moving towards electric trains, converting diesel trains to electric trains at the national level, and also policy of expanding MRT in Bangkok city.

Another interesting and fairly recent shift in the Thai government policy, as reported in the news, is that there is a ministerial guideline now to reduce the greenhouse gas (GHG) emission per unit of energy use by 20% in some major energy intensive sectors.

In the power sector, the government has been, for a very long time, adopting policies to encourage renewable energy generation from very small producers by providing attractive price incentives for production of renewable electricity by small and very small producers. Another interesting policy shift in the power sector is to adopt nuclear power as an option for the electricity generation by the power development plan of the Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT). There is an indication in the recent Power Development Plan to have the first nuclear power generation capacity installed by year 2020 with a capacity of 2000 megawatts, and similarly another 2000 megawatts maybe by 2021. The nuclear power generation option is still under the public awareness raising phase and it is difficult to call it a definitive policy. It is only an indicative goal that shows that the country is now likely to move to adopt the nuclear power generation option. However, I would rather say that most of these policies are driven probably not

so much out of the immediate concern for low-carbon society or climate change mitigation; they are adopted more from non-climate type of considerations like national energy security.

In the industrial and residential sectors, the country has been doing well, at least, in terms of being an early initiator of the Demand-side Management Program (DSM) since early 1990s. The DSM program has been considered a successful program and it has also been promoting some kind of voluntary measures to have energy efficiency labeling of electrical appliances like refrigerators, air conditioners and so on. On top of that, there is an energy conservation fund to support conducting energy audit and also to provide some kind of support in energy efficiency improvement measures. All these policies I mentioned are fairly supportive of the long-term objectives of having a low-carbon society; however, as I was mentioning earlier, these policies are driven more from the non-climate considerations. I think the main consideration for the policies is to reduce the energy dependency and to improve the energy efficiency.

The energy security consideration has been a major driver in introducing the policies that I mentioned earlier. However, I think that the recently reported ministerial guideline of reducing greenhouse gas emission per unit of energy use in major industries by 20% is a very positive movement towards the goal of low-carbon society. It also reflects the growing awareness on the part of the Thai policymakers about the role the country will have to play in mitigating greenhouse gas emission and ultimately, making the country a low-carbon society in the long run.

I would like to share with you some results based on the analysis that we have carried out under three different scenarios. One is the base case scenario, which is basically having business as usual type of assumption without any carbon reduction policy intervention. The second is the "moderate carbon reduction scenario", which I am calling as LCS20; basically it is a low-carbon society scenario with 20% carbon reduction. Basically, this scenario considers deployment of whatever measures are found to be cost effective to reduce the cumulative carbon emission by 20% from the base case carbon emission level. Also, this 20% reduction target that we have chosen here conforms to the level of emission reduction that would take place if the country is to institute carbon tax $10 per ton of carbon dioxide starting from year 2015 and rising gradually to $100 per ton by the year 2050. This carbon tax policy profile is similar to what is considered necessary from some global models for attaining the GHG stabilization target at 550 ppm.

The third scenario that we are considering is an "accelerated carbon reduction scenario"; we also call it LCS50. Here, basically we are trying to ask what sort of intervention or changes of technology specific and energy resource specific, would be necessary if the country has to attain a cumulative carbon reduction of 50% from the base case level during the period of 2005 to 2050. I should say also that in both of these low-carbon scenarios, apart from the technologies and energy resource options, we are also considering the demand reduction measures like the measures to reduce travel demand, and the measures to reduce energy consumption in the buildings in the residential and commercial sectors through interventions like the building insulation and so on.

To tell you very briefly about the modeling framework in our study, we are basically using the energy system model of Thailand, which we have developed using the MARKAL framework. We also benefit from the use of the AIM energy snapshot model and also we use the concept of backcasting – the concept that we have been getting from the AIM team. We also have some result here based on the AIM snapshot model as to the factors that contribute to the change in the CO_2 emission during the 2015 to 2050 period.

Basically, the low-carbon scenario that we are talking here is in some way different from the concept of low-carbon scenario that we have heard in the case of Japan or European countries. We are not talking about attaining the absolute reduction of the carbon emission by 2050 below the

emission level of year 2000, rather it is about achieving cumulative reduction of carbon emission by a certain percentage from the base case emission level. So we have a base case emission and from that, we want to attain a 20% cumulative reduction in the moderate reduction scenario. In the accelerated case, we want to attain a cumulative reduction of 50% from the base case emission level.

We see that in the moderate low-carbon scenario of cumulative carbon reduction by 20%, most of the CO_2 reduction measures would have to be implemented at a later period during the planning horizon of 2005-2050; that means, the measures are required mostly from year 2020 onwards, whereas in the case of the accelerated low-carbon scenario of LCS 50, the carbon reduction measures would have to start much earlier than 2020.

The key measures that we have considered for the low-carbon society scenarios are basically of four kinds: Use of cleaner fuel and environment friendly public transport measures; energy efficiency improvements in the demand side and in the industrial production side; measures related to low-carbon electricity production; and building insulation in both residential and commercial sectors.

Our analysis on the contribution of different measures that we have considered for attaining the target of reducing cumulative emission by 20% during 2015 to 2050 show that the power sector, energy efficiency improvements and building insulation would be playing a very crucial role in attaining those targets, although there are also few other measures contributing towards that goal. In the case of the accelerated low-carbon scenario that is with cumulative carbon reduction target of 50% or LCS50, the cost effective of measures for attaining the carbon reduction target include energy efficiency improvement in the power sector, which, from our analyses, is found to be the largest contributor. That is followed by the efficiency improvements in energy intensive industries particularly steel and cement, renewable energy based electricity production, fuel switching in the demand side, building insulation as well as the use of biofuel and some other options.

As to the factors that would contribute behind increasing CO_2 emission in year 2050 as compared to that in year 2005, we see that the demand effect, which is the effect due to the economic growth, would play the most significant role behind the increase in carbon emission during the planning horizon. This is true not only in the base case but also in the low-carbon scenarios. The demand effect, also called the output effect, seems to be the most important here. The carbon intensity effect, which is associated with carbon intensity of fuel use, would be another contributor to the increase in carbon emission, whereas the energy intensity effect would be acting towards reduction of the carbon emission during the planning horizon.

The cost implications in my slides I am presenting are rather partial so I would not like to give the impression that this is the complete information about what would be the total cost of attaining the low-carbon scenarios because it has not included the cost of demand side measures; for example, the cost involved in reducing the travel demand and so on. If they are included, then the total cost would be higher than what is shown here. So the costs shown in my slides are partial costs of the technologies and fuels that have to be used.

As to the question of by how much the CO_2 emission would be increased under different scenarios by 2050 as compared to the base year of 2005, our study shows that the carbon emission in 2050 would be eight times higher than that in 2005 in the base case, whereas in the LCS20 scenario, it would be only five times more and in LCS50 scenario, it would be two times higher than that in 2005.

As to the contributions of the different carbon reduction measures by year 2050, we see that in

the case of LCS20 scenario, mainly it would be the energy efficiency improvement in the power sector, followed by insulation in buildings, fuel switching and modal shift in the transport sector, whereas in the case of LCS50, the list is much longer. Many other options are also there to play their role in reducing the emission. One important insight that we get from the study is that in the accelerated scenario of LCS50, renewable energy based power generation will have to play a much bigger role than in the moderate scenario of LCS20.

As to the sectoral contributions to CO_2 emission reduction, we see that the large reduction would take place in the case of residential and commercial sectors under LCS20 whereas the options like freight transport do not appear to play a major role. Our study shows that the residential and the commercial sector would contribute to about 9% of reduction from the total base case emission in the case of the moderate reduction scenario of LCS20. While residential and commercial sectors also play an important role in the LCS50 scenario, the renewables will have to play much bigger and prominent role in power generation under LCS50 than in the LCS20 and base cases.

I would also like to emphasize that we need a lot of behavioral changes and a paradigm shift in terms of not only looking at the carbon problem as the a purely energy related problem, but also to look at it from the overall perspective of infrastructure development in the country in order to attain the goal of low-carbon society. Thus, for example, the transport sector development paradigm in a country like Thailand has to change its focus not only to reduce energy requirement per unit of the transport service demand through expansion of mass transport system but also to try reducing their travel requirement itself, for example, by having a more compact urban planning and so on. All these measures would require a much broader outlook at the problem than the present way of infrastructure development in the country.

Thank you very much.

まず初めに、このような機会を頂いたことに対して、日本の低炭素社会プロジェクトチームの皆さんに御礼申し上げます。また、アジア工科大学院にある私たちのチームに対して、多大なるご支援を頂きました日本の低炭素社会プロジェクトチームやここにいる AIM チームのみなさんに対して、厚く御礼申し上げます。

さて、先ほど中国やインドからの発表を聞いておりますので、発展途上国の将来の見通しやシナリオについて、皆さん既に多くのことを聞いておられることと思いますが、本日ここで私がお話ししたいのは、東南アジアで第 2 の経済規模を誇るタイの場合の低炭素社会シナリオでございます。タイ経済の重要な特徴は、都市部の人口の割合が全人口の約 35%と比較的小さいことにより経済の規模がまだ小さいことにあります。しかし、近年この人口割合が劇的に変わってきており、2050 年までに都市部の人口は約 65%、残りの地方の人口は 35%になるだろうと予測されております。

もうひとつ、タイ経済の重要な特徴の一つが、エネルギー輸入依存度が非常に高いことにあり、現在、エネルギーの約 50%を輸入しております。大部分を輸入に頼っている石油は、主に輸送部門で使われております。この輸送部門の大部分は道路交通に依存しており、鉄道や MRT など道路交通以外の輸送インフラは非常にわずかとなっております。MRT は最近バンコク市で導入されましたが、長距離鉄道のように国レベルの輸送システムとなると散々な状態で、タイ全体の CO_2 排出量への輸送部門の寄与は非常に大きくなっております。タイは、世界の中でも炭素強度が比較的高い発展途上国の一つであり、炭素排出量は 2001 年以来、年 4.4%の割合で増加しております。

タイでは環境改善や気候変動予測という観点から、楽観的な政策がいくつか出てきております。例えば輸送部門において、タイ政府は今、バイオディーゼルやバイオエタノールの生産や利用を促進しております。また、国レベルでディーゼル鉄道から電気鉄道へ転換させるような政策や、バンコク市の MRT を拡大させる政策などがあります。

また、ニュースでも報じられましたが、タイ政府において非常に興味深い政策転換が行われ、主要なエネルギー大量消費部門における単位エネルギー当たりの温室効果ガス排出量を 20%削減するための政府指針が発表されました。

発電部門では、政府は長年にわたって、非常に小規模の発電所で生産される再生可能エネルギーによる電力に対して、魅力的な経済的インセンティブを与えることによって、小規模発電所における再生可能エネルギーによる発電を後押しする政策を導入しております。また、発電部門における興味深い政策転換は、タイ王国電力庁（EGAT）の電力開発計画によって、原子力発電が発電のための選択肢の一つとして導入されることであります。最近の電力開発計画の中で、初めての原子力発電所を導入し、2020 年までに総容量 2000 MW の原子力発電所を、2021 年までにさらに 2000 MW の原子力発電所を導入することが述べられております。ただ原子力発電という選択肢は、国民の意識が高まっている段階で、最終的な政策と呼ぶのはまだ難しい状況であります。国が原子力発電という選択肢を受け入れる方向に動こうとしているということを示し、単に目標が設定されたということであります。しかし、こうした政策の多くが、低炭素社会や気候変動緩和のための差し迫った課題を解決するために導入されたのではおそらく無いということを私はむしろ言いたい。これらの政策は、エネルギー安全保障のような気候に関係ない動機から導入されているのであります。

また、産業部門や家庭部門における政策では、少なくとも、デマンドサイドマネージメント（DSM）事業を 1990 年代前半という早期に始めたことに関してタイは非常に上手くいっております。DSM 事業は、冷蔵庫やエアコンなどの電気製品のエネルギー効率のラベリングのような自発的な対策を促進し、非常に成功した事業として認められております。それに加え、エネルギー監査の実施支援やエネルギー効率改善のためのいくつかの支援を提供するための省エネルギー基金が設立されております。私が話したこれらの政策はすべて、低炭素社会の実現という長期的な目標に資するものでありますが、先ほど申しましたように、これらの政策は気候に対する懸念以外の理由から行われているものであり、特に、エネルギー輸入依存率を減らしたい、エネルギー効率を改善したいということからきているものであると考えております。

エネルギー安全保障を考えることが、これまで私が述べてきた政策を導入する主な原動力となっております。しかし、最近報告された、主要産業において単位エネルギー当たりの温室効果ガス排出を 20%削減する政府指針については、低炭素社会という目標に向かう非常に前向きな動きであると思います。温室効果ガス排出抑制や長期的には国を低炭素社会に変えるために、国が果たすべき役割についての認識が、タイの政策決定者において高まったことを示しております。

ここで、私たちが行った 3 つのシナリオ分析の結果をご紹介したいと思います。一つ目は基本ケースシナリオで、これは基本的に炭素削減のための政策を導入しない BAU の場合を想定したものになります。二つ目は、「中程度の炭素削減シナリオ」で、基本的に 20%の炭素削減を行う低炭素社会シナリオですので私たちは LCS20 と呼んでおります。このシナリオは、基本ケースの炭素排出レベルと比べて累積で 20%削減されるように、コスト効率の高いものから対策を行っていく場合になります。私たちがここで選んだ 20%という削減目標は、この国で 2015 年から炭素税を CO_2 1 t 当たり 10 ドルで導入を始め、2050 年までに段階的に 100 ドルまで増加させた場合の排出削減レベルと対応しており、この炭素税政策は、いくつかの全球モデルの計算結果で、温室効果ガス 550 ppm という安定化目標を実現するために必要であるとされているものに類似したものであります。

私たちが考えている三つ目は「CO_2 削減加速シナリオ」で、同様に LCS50 と呼んでおります。基本的には、2005 年から 2050 年の期間で基本ケースレベルから累積で 50%の炭素削減を達成するために、どのような対策や、どのような技術の変化、エネルギー資源の変化が必要であるかを考えました。これらの両方の低炭素社会シナリオにおいて私がさらに言うべきことは、技術やエネルギー資源のオプション以外にも、旅行需要を削減する方策や、建物の断熱などにより家庭部門や商業部門における建物のエネルギー消費量を削減する方策などの需要削減対策も考えております。

次に、私たちが研究で用いたモデルの概要について簡単にお話ししたいと思います。私たちは基本的には、タイのエネルギーシステムモデルを使っております。これは MARKAL のフレームワークを

用いて開発されたものです。また、AIM のエネルギースナップショットモデルと AIM チームから得たバックキャスティングの概念を利用させて頂いております。また、2015 年から 2050 年にかけての CO_2 排出量の変化に寄与する因子については、AIM スナップショットモデルに基づく結果を用いております。

基本的に、ここで話している低炭素シナリオはこれまでお聞きした日本の低炭素シナリオやヨーロッパの国々のシナリオとはいくつかの点で異なっております。私たちのシナリオは、2000 年の排出レベルを基準とした 2050 年の排出量の削減割合ではなく、むしろ基本ケースの排出レベルからの累積の削減量の達成目標をパーセンテージで示したものになります。基本ケースの排出量というのがまずあって、それと比べて中程度の炭素削減シナリオ LCS20 では累積の CO_2 排出量を 20%削減、加速シナリオ LCS50 では 50%削減を達成したいということであります。

20%の累積削減という中程度シナリオ LCS20 では、CO_2 削減対策のほとんどは 2005 年から 2050 年という期間の後半に実施されなければならない、つまり、大部分は 2020 年以降に必要な対策になります。一方、加速シナリオ LCS50 では、削減対策は 2020 年よりも早い段階で始めなければなりません。

私たちが低炭素社会シナリオで考慮したカギとなる対策は 4 つで、ひとつはこれまでよりクリーンな燃料の利用と環境に優しい公共輸送システム、もうひとつは需要側や産業生産側両方におけるエネルギー効率の改善、次は低炭素電力の生産に関する対策、そして、家庭部門、商業部門における建物断熱であります。

2015 年から 2050 年の間に累積で 20%排出削減するという目標を実現するための様々な対策の寄与の大きさについて分析した結果、発電部門の対策、エネルギー効率改善、建物断熱が非常に重要な役割を果たすが、その他の対策は 20%削減という目標に対してほとんど寄与しないことが分かりました。累積で 50%削減するという加速シナリオ LCS50 では、排出削減目標を実現するためのコスト効率の良い対策として、発電部門におけるエネルギー効率の改善が最も効果が高いことが分かりました。続いて、エネルギー集約度の高い産業、特に鉄鋼、セメントにおけるエネルギー効率の改善や、再生可能エネルギーによる発電、需要側における燃料転換、建物断熱、そして、バイオ燃料の使用などが挙がっております。

次に、2005 年と比較して 2050 年には CO_2 の排出量が増加している要因についてですが、私たちは経済成長によって需要が増加することが最も大きな影響を与えていると見ております。これは基本ケースだけではなく 2 つの低炭素シナリオにおいても同じことが言えます。この需要効果はまた生産効果とも呼ばれますが、ここでは最も重要になっております。燃料使用の炭素強度と関連のある炭素強度の影響が、排出量増加のもう一つの要因となっているようです。一方で、エネルギー強度の効果は、計画期間において排出量の削減の方向に働いているようです。

次に、私の発表のスライドの中のコストの推計結果は部分的なコストで、例えば、旅行需要の減少などの需要側の対策のコストが含まれておりませんので、低炭素社会の実現のためのトータルコストについての完全な情報ではございません。もしそれらのコストが含まれていれば、トータルコストはおそらくここに示した結果よりも高くなると思われます。ですので、私のスライドの中のコストは、用いられるべき技術や燃料などの部分的なコストとお考えください。

次は 2050 年までの異なるシナリオにおいて CO_2 排出量が 2005 年を基準としてどれだけ増加するかということについてですが、私たちの研究では 2050 年の炭素排出量は基本ケースでは 2005 年と比べて 8 倍になっておりますが、LCS20 シナリオでは 5 倍、LCS50 シナリオでは 2 倍となっております。

また、2050 年までの炭素削減対策の寄与についてですが、LCS20 シナリオの場合、主に発電部門におけるエネルギー効率の改善、続いて、建物断熱、燃料転換、輸送部門におけるモーダルシフトなどが大きな寄与率となっております。LCS50 シナリオの場合では、より多くの対策が寄与してきております。多くの他の対策も排出量を減らすための役割を果たすことになります。私たちが研究で得た一つの重要な見識として、LCS50 加速シナリオでは、再生可能エネルギーを用いた発電が LCS20 中

程度シナリオと比較して非常に大きな役割を果たしていかなければならないということであります。

次にセクター別の CO_2 排出削減量についてですが、LCS20 シナリオでは家庭部門と商業部門において大きく削減されており、貨物輸送のようなオプションは主要な役割には登場しておりません。私たちの研究結果では、家庭部門および商業部門で、LCS20 シナリオの全削減量の約 9%を削減するとなっております。LCS50 シナリオにおいても家庭部門、商業部門は重要な役割を果たしており、再生可能エネルギーも LCS20 シナリオや基本ケースシナリオではそれほど大きくないが、LCS50 シナリオでは非常に大きく、突出した役割を果たさなければならないということになっております。

また、低炭素社会を実現するためには、単なるエネルギー問題として温暖化問題を見るだけではなく、国内のインフラ開発の包括的な観点から温暖化問題を捉えるという点で、行動様式の変化や、パラダイムシフトが必要であるということを強調しておきたいと思います。従って、例えば、タイのような国の輸送部門の開発について、大量輸送システムを拡大することによって輸送サービス需要量当たりのエネルギー消費量を減らすということだけに焦点を当てるのではなく、旅行需要そのものを減らす、例えば、よりコンパクトな都市計画などによって需要を減らす工夫もしなければならないということであります。これらすべての対策において、現在のタイにおけるインフラ開発の在り方より、問題に対してもっと広い展望をもつことが必要であると言えます。

どうもありがとうございました。

Japan Low-Carbon Society Scenarios Toward 2050 Project Symposium

Path towards Low-Carbon Society: Japan and Asia
12 February 2009 Tokyo, Japan

Measures towards a Low Carbon Society: Case of Thailand

Ram M. Shrestha and Shreekar Pradhan
Asian Institute of Technology
Thailand

AIT Asian Institute of Technology

1

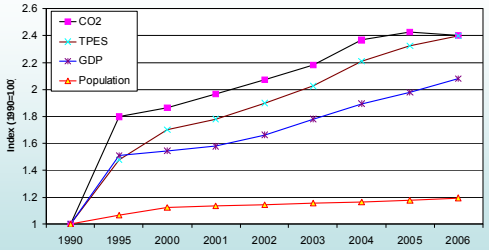
Brief Background on Thailand

- **Location**:
  - Area of 513,115 km^2 and extends about 1,620 km from north to south and 775 kilometres from east to west.
- **Population:** 65 million (2007)
- **Population Density:** 128 people/km^2
- **GDP:** US$ 245 billion in 2007
- **GDP per capita:** US $ 3,740 (year 2007)
- 2nd largest economy in the ASEAN

Source: ASEAN Secretariat, 2007

2

CO_2, TPES, GDP and Population Growth during 1990-2006



AAGR (2001-2006):
CO_2: 4.35% Population: 1.02%
TPES: 5.91% GDP: 5.07%

Source: DEDE, 2006, IMF, 2008, IEA, 2007 and 2008

3

Some Environment Friendly Policies in Thailand (1)

Policies in Transport Sector

- To substitute 10% of diesel use with bio-diesel by 2012.
- Utilization of E10 Gasohol from one million liters per day in 2006 to 3 million liters of ethanol per day by 2011.
- Retail price incentive for ethanol and biodiesel fuels.
- Subsidy for vehicles to convert to CNG.
- Substitution of existing diesel-run trains with electric trains
- Expansion of mass rapid transit (MRTs) in cities (7 lines from existing 2 lines)

4

Some Environment Friendly Policies in Thailand (2)

Power Sector Policies

- Ministrial guidelines to reduce GHG emission per unit of energy use by 20% to major power and oil companies (MOE, 2008).
- Small Power Producer and Very Small Power Producer Policy
  - Feed in tariff for Renewable Power Generation, Soft loan, Tax Incentive
- Renewable Portfolio Standard (RPS)
  - now changed to VSPPs and SPPs.
- Nuclear power proposed in Power Development Plan (Revised 2008)(EGAT, 2008)
  - 2000 MW each in Years 2020 and 2021
- Promotion of clean coal technologies.

5

Some Environment Friendly Policies in Thailand (3)

Industrial and Residential Sector Policies

- Energy efficiency improvement programs
  - Demand Side Management in residential, commercial and industrial sectors
    - Promotion of high efficiency motors
- Energy Conservation fund for supporting energy audit and efficiency improvement measures.
- Building Energy Codes for designated factories.
- Energy efficiency labeling of appliances
  - On voluntary basis for refrigerators, air conditioners, fluorescent lamp ballasts, compact fluorescent lamps (CFLs), electric fans and rice cookers.

6

Scenario Description

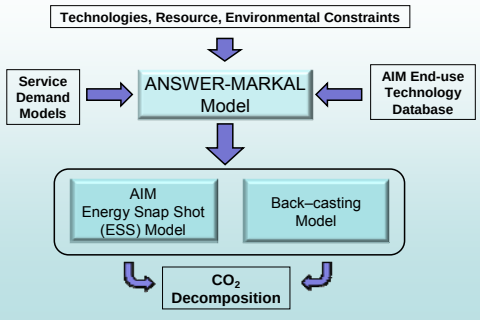
1) Base Case Scenario (Business as Usual)
- Growth (CAGR): GDP (5.6%), population (0.4%) during 2000-2050
- Conventional scenario
- No CO2 Reduction policy.

2) Moderate CO2 Reduction Scenario (LCS20)
- Cost effective CO_2 reduction in the base case
- Least cost measures targeting cumulative CO2 reduction of 20% during 2000-2050
- The target corresponding to cumulative CO2 reduction to be achieved by gradually increasing carbon tax from US$10/tCO2 in 2015 to $100/tCO2 in 2050 in Thailand.

3) Accelerated CO2 Reduction Scenario (LCS50)
- Cumulative CO2 reduction 50% from the base case emissions during 2005-2050
- Comprehensive technological measures
- High cost.

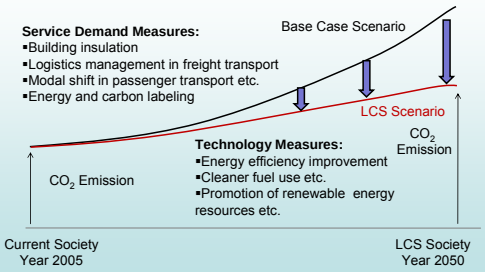
7

LCS Modeling Framework



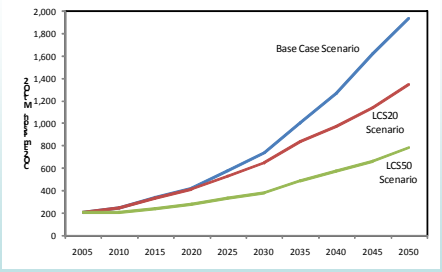
8

Concept of low carbon society scenario in the study



9

CO_2 emission profiles during 2005-2050 in selected scenarios



- In LCS20, most CO2 reduction measures would start 2020 onwards.
- In LCS50, the CO2 reduction need to start much earlier.

10

Measures to achieve low carbon society during 2005-2050

Cleaner Fuel Use and Environment Friendly Public Transport System

- **Use of non-motorized transport systems** - shift to non-motorized transport
- **Master plan for compact cities** - Lowers travel demand
- **Public transport friendly design of cities and transport system** - modal shift, higher use of Mass Rapid Transits
- **Use of clean fuel and efficient vehicles** - improving efficiency and lowering carbon intensity of energy use in transport; promoting biofuels.

Energy Efficiency Improvements (End Use and Industrial Production)

- **Labeling on electrical appliances**
- **Energy auditing – promoting use of efficient technology in industries**
- **Carbon emission labeling of industrial products** - Promoting use of low carbon products.

Low Carbon Electricity Generation

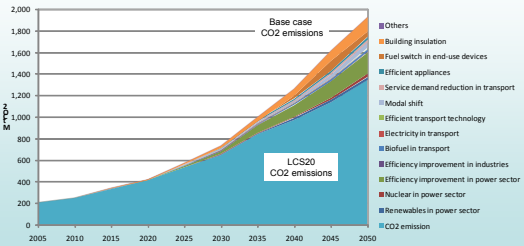
- **Efficient and cleaner power generation** - Promoting natural gas based advanced combined cycle power plants
- **Renewable Portfolio Standard (RPS)** - Biomass based power - Solar based power
- **Nuclear power generation**
- **Natural gas use in electricity generation**

Building Insulation in Residential and Commercial Sector

- **Building codes** - Regulatory measures to lower energy use
- **Financial incentives through Energy Conservation Fund**
- **Public awareness campaign** - to promote voluntary measures

11

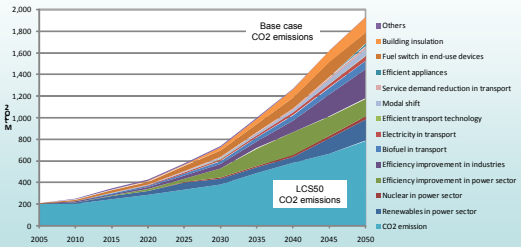
Contribution of different measures in CO_2 reduction in LCS20 during 2005-2050



- Efficiency improvement in the power sector and building insulation: Two largest contributors

12

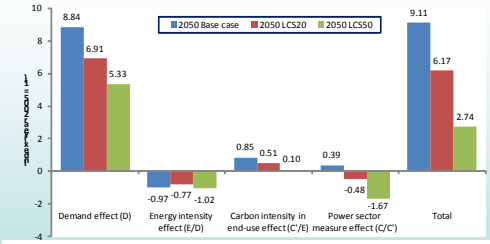
Contribution of different measures in CO_2 reduction in LCS50 during 2005-2050



- Efficiency improvement in power generation – the largest contributor followed by EI industries (steel and cement), RE based power, fuel switching in end use, building insulation, biofuels etc.

13

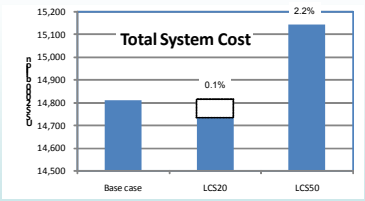
Factors behind the increase in CO2 emission in 2050 in selected cases



- Demand effect (DE) is predominant behind the increase in all cases. DE supported by Carbon intensity effect .
- Energy efficiency effect and power sector measures acting against the increase.

14

Cost Implications



- Total system cost here does not include costs of building insulation and travel demand reduction measures.

15

How much CO2 reduction in year 2050 compared to that in base case?

Increase in CO2 emission in 2050 compared to year 2005 CO2 emission:

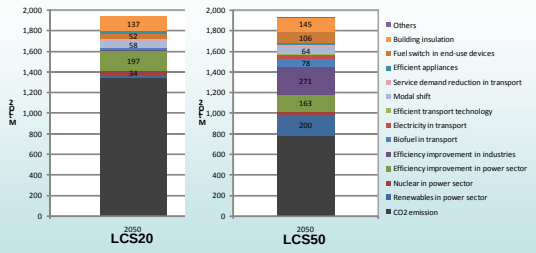
❑Base case: 8 times.

❑LCS20: 5 times.
- ✓ i.e. over 30% CO2 reduction compared to year 2050 base case emissions.

❑LCS50: 2 times.
- ✓ i.e. about 60% CO2 reduction compared to year 2050 base case emissions.

16

Contributions of CO2 reduction measures in year 2050 in LCS cases

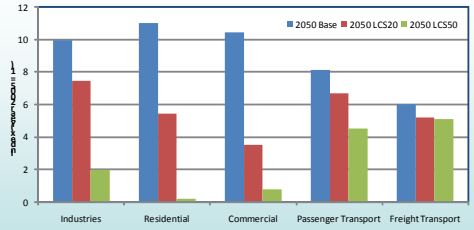


- Efficiency Improvement in Power Sector
- Building Insulation
- Fuel Switch
- Modal shift

- Efficiency Improvement in Power Sector
- Efficiency Improvement in Industries
- Renewables in Power Generation
- Building Insulation
- Biofuel in transport
- Modal shift

17

Sectoral CO2 emission in 2050 in selected cases

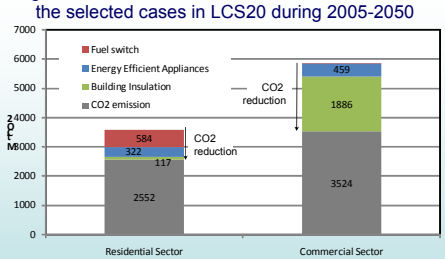


In terms of change in CO2 emission (%) in the economic sectors:

- The residential and commercial sector would have higher contribution in CO2 reduction in both scenarios followed by industries.
- Transport will have a lower contribution in CO2 reduction in both scenarios.

18

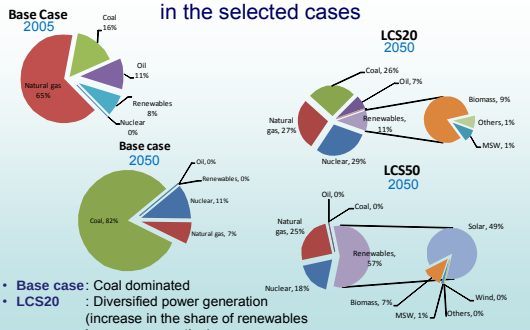
Changes in Residential and Commercial sector emission in the selected cases in LCS20 during 2005-2050



- During 2005-2050, in the residential and commercial Sector during 2005-2050, CO2 emission reduction (including CO2 reduction associated with electricity use) of about 30% and 40% of total CO2 emission from the respective sectors in the base case would be achieved in LCS20.
- Together Res. and Com. sectors contribute about 9% of reduction from total base case emissions.

19

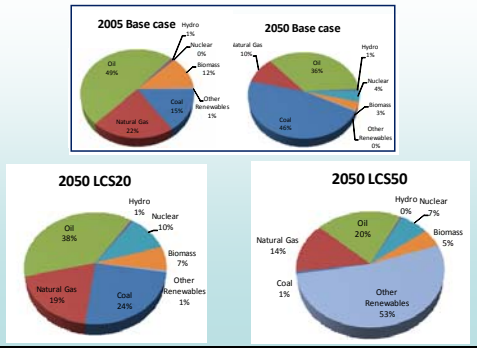
Power generation in year 2005 and 2050 in the selected cases



- **Base case**: Coal dominated
- **LCS20** : Diversified power generation (increase in the share of renewables in power generation)
- **LCS50** : Dominated by renewables

20

Structure of primary energy requirement in the selected cases



21

Concluding and final remarks

- Power sector measures play the largest role in CO2 reductions.
  - Efficiency improvement in the power sector would be the largest contributor to CO2 reductions.
- Higher CO2 reduction (i.e., in LCS50) requires substantial renewable based power generation, particularly from solar.
- Building insulation in residential and commercial sectors would have a significant role in the CO_2 reduction, if emissions from power generation are allocated to the final demand sectors.
- In LCS50, efficiency improvement in steel and cement industries becomes important as well.
- Travel demand measures necessary to have significant contribution from the transport sector.

22

Thank you

ram@ait.ac.th

23

References

DEDE 2006a, Thailand Energy Situation 2005, Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, Bangkok
DEDE 2006b, Alternative Energy Situation in Thailand 2005, Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, Bangkok
EGAT, 2008, Revised Power Development Plan-2007, Electricity Generating Authority of Thailand, Bangkok
EPPO, 2006, Promotion of Gasohol, Postponement of Octane 95 Gasoline Abolition and Liberalization of Ethanol Production Plants, The Energy Policy and Planning Office, Bangkok.
IEA, 2007, CO2 Emissions from Fuel Combustion, 1971 – 2005, 2007 Edition, International Energy Agency, Paris.
IEA, 2008, Energy Balances of Non-OECD Countries, 2008 Edition, International Energy Agency, Paris.
IMF, 2008, World Economic Outlook Database, April 2008, International Monetary Fund
MOE, 2008, Ministerial Five Point Guidelines, Press conference by Ministry of Energy on 27 February 2008, Bangkok.
Shrestha, R. M., and S. Pradhan, 2008b, Analyzing Co-benefits of GHG Reduction Targets in Thailand, Better Air Quality Conference, Bangkok.
Shrestha, R. M., S. Pradhan and M. Liyanage, 2008a, Effects of Carbon Tax on Greenhouse Gas Mitigation in Thailand, Climate Policy, 8, S140-S155.

24

Commentator

平石 尹彦（Taka Hiraishi, Institute for Global Environmental Strategies, Japan）

It is a very encouraging and informative presentation. I do not have so many questions or comments but the technical one is the – page 15 you have the cost graph and there are some percentage of 2.2%, etc., and there is a – but also on the baseline. I do not know what this baseline figure means but anyway, this is a really technical question. But coming more on the substantive point, it is very encouraging to see this kind of research from Thailand. Slide 11 contains a list of measures and I assume because of time, this slide has a lot of types of measures but there is no sort of substantive explanation on that and that is really something missing. I will have to ask you to maybe later tell me what they really mean by those because there are some items, some arguments but very minor or small, but there is something big like nuclear power generation – only one line there, but that really should be very significant in terms of even mitigation or finance and even politics.

Of course, this is the essence of 2050 LCS actions but probably we do not have much time to do this. I just want to raise one question – or a few actually. One is technology, even behind this there is a lot of technologies hidden and of course there has been a lot of discussion about technology transfer and development in the climate convention and very often, those discussions have been rather philosophical than concrete.

I hosted in that before but I really still regret that the discussion is really talking about text and the philosophies, not really concrete technology for the surrounding environment, supporting the transfer of specific technologies. There all sorts of technologies, different and it is not just fair and correct to talk about technology transfer as such. You have to really deal with one type of technology to another technology financing and licensing the IPR, etc. one by one. So behind this, there is a huge amount of maybe research we have to really do.

In that context, there is something called TNA, Technology Needs Assessment. I have been reading the TNA reports of many developing countries but frankly speaking, I was never satisfied with any of them. They tend to be very philosophical again and really that is something you really need, especially when you talk about the future, you should know what kind of technologies you need and how you get them. Really sometimes I tend to be philosophical but today I really don't like the philosophical discussion of the technology transfer.

One more thing is the – two more things. One is the – your slides of the figures of future emission, etc., I do not see any peaking at all.

Your slide goes up, up, up to 2020 and 2050 and of course we cannot see beyond that. I really feel like isn't there any sort of peaking somewhere? Yes, this looks like the emission, of course, is reduced by 2050 measures but it goes forever, up, up, up. It's not – well, maybe I am just only curious.

The last point is the integration. I feel that always I insist like a broken record that the climate discussion should be really integrated with development issues. Even that measures list contains a lot of activities which have implications to the national development, technology development, industry development, investment, etc., and that really has to be quite a really huge task if there is a future LCS50 discussion. Otherwise, the climate action, if it is independent from national development, it does not make much sense actually in the long term. Thank you very much.

どうもありがとうございます。非常に励ましになる発表でした。質問やコメントはそれほどたくさ

んございません。ひとつ技術的な点ですが、15 ページでコストのグラフが示されました。そしてパーセンテージ、2.2%などと書かれております。これはやはり基本ケース、あるいは基準が何なのかなど。少し技術的な細かいところの質問はあるのですが、このような結果が出たということは心強く思います。11 ページには対策のリストがありました。時間の関係で詳しくお話にはなりませんでしたが、さまざまな対策が挙げられておりますが、少し説明が少なかったので、できれば後でどのような意味なのか教えていただきたいなと思います。細かいところもありますし、例えば原子力発電という一項目、これはかなり大きな量になりますし、削減量、あるいはファイナンス、政治という点でも重要と思います。

LCS20 のアクションの中心になると思うのですが、時間が無いのかもしれませんが、ひとつだけ質問をしましょう。技術、この背景にはさまざまな、技術の問題が隠れていると思います。技術移転、あるいは技術の開発は、温暖化条約の枠組みでも出ていますが、そのような議論が実は理念の段階で完結してしまっている、具体性に欠けるという問題があると思って居ます。言葉あるいは理念の話になってしまって、その周辺の、つまり特定の技術の移転を支援する環境については十分な考察が行われておりませんし、個々の技術そのものについても議論が十分でないと思います。

技術移転がそのようなレベルで議論されているのは残念だと思います。必要な技術の個々について融資、ライセンシング、IPR もすべてひとつずつ、個別に議論する必要があると思います。この議論には非常にたくさんの研究が必要になってくると思います。

そのような点で、テクノロジー・ニーズ・アセスメント（TNA）があります。TNA レポートを多くの途上国について読んだのですが、個人的にどれを読んでも満足できないものでした。非常に理念の問題にだけ偏っていると感じています。多くが哲学的な報告書でした。将来の話をするにあたっては、どのようなテクノロジーが必要なのか、そしてどのようにそれを手に入れるのかという具体論が必要だと思います。私自身も哲学的な時はありますが、技術移転の理念だけの議論はあまりないのではないか、と考えています。

あと二つ、将来の排出量の数字を出していただきましたが、ピークが無いと思います。ただただ 2020、2050 年と上がり続けていく、もちろんその先は予測が無いと思うのですが、ピークがどこかで来るのでしょうか。排出量をもちろん 2050 年に下げるという対策なのですが、どうも永遠に上がり続けるように見えましたので、少しお聞きしたいと思いました。

最後にインテグレーションについてです。気候の議論は、開発計画と抱き合わせで考える必要があると思います。対策のリストの中にもさまざまな国家開発、技術開発、産業開発への、あるいは投資への影響が出てくるものがあると思います。これについての研究は非常に大きな作業になります。将来の LCS50 について話し合うということになれば範囲が大きくなると思いますが、気候行動というのは、国家開発と切り離してしまうと長期的には意味をなさないのではないかと思いました。ありがとうございます。

Ram Manohar Shrestha

I think many of the observations and comments made on my presentation are valid and I agree that they need a substantial in-depth research on measures to attain a low carbon society, the interrelations between the development policy and climate policy and how they are translated and integrated. As to the specific measures, like nuclear generation, we have more detailed information on type of nuclear power generation technology option and its capacity considered during the planning horizon. In the interest of time, I was not going into specific details in my presentation.

One of the comments was that the CO_2 emission in our study is having an exponential growth and does not show any sign of declining. It is mainly due to the fact that Thailand is still a developing country with a much smaller GDP and CO_2 emission than the OECD countries in per

capita terms and also because our analysis is limited the planning horizon of 2005-2050. If, however, one takes a longer look up to the end of the century or so, I guess one may see a peaking of carbon emission. Our results are based on the economic and population growth rates that we have considered and the available technological options, which are the key drivers for energy and carbon emissions and for a relatively shorter time frame from the climate perspective. If you consider the longer time horizon, one could expect some kind of peaking and tapering off in CO_2 emission. With that, I would like to thank you again.

ただいま頂きました私の発表に対する見解やコメントの多くは非常に有効なものでありますし、私も低炭素社会を実現するための各対策や、開発施策と気候施策の相互関係、そして、それらをどう解釈して、どのように統合していくか、十分に掘り下げた調査を行っていく必要があると思っております。個別の対策については、例えば原子力発電については、私たちは、どのような原子力発電技術を利用し、計画期間内にどれだけの発電容量を計画しているかの、より詳細な情報を持っております。今回は時間の関係で、個別の詳細の部分まではご紹介いたしませんでした。

頂いたコメントの一つに、私たちの研究での CO_2 排出量が、指数関数的に上昇しており、減少する兆候が見られないというのがございました。これは、タイはまだ、1 人当たりの GDP や CO_2 排出量が OECD 諸国と比較して非常に小さい発展途上国であるというのが主な理由でございます。また、私たちの分析は 2005 年から 2050 年までという計画期間を限定しているためでございます。しかしながら、例えば 21 世紀末までというような、より長期間を対象期間とした場合には、おそらく排出量のピークはどこかに現れるであろうと思います。私たちの結果は、想定した経済成長と人口増加の割合や利用可能な技術オプションに基づいておりますが、これらはエネルギーや炭素の排出のための重要な要素でありますし、また、我々の結果は気候見通しと比べても短い時間枠ものであります。もし、より長期的に見れば、どこかで CO_2 排出量はピークに達し、徐々に減少するということになるだろうと思います。以上です。どうもありがとうございました。

2兆トンカーボンゴリラ―低炭素社会における陸域炭素排出量の含意

The 2000 Billion Ton Carbon Gorilla—Implication of Terrestrial Carbon Emissions in a LCS

Jae Edmonds (Pacific Northwest National Laboratory, USA)

Thank you very much for your kind introduction. I also wish to express my thanks to the Ministry of the Environment Japan and to NIES for the opportunity to be here today. It is good to see so many of my fiends, with whom I have worked on the Low-Carbon-Society over the past years.

[slide1] The title of this presentation is a little unusual. It is the "2000 Billion Ton Carbon Gorilla." That title refers to an English language joke. The joke is that there are two people sitting in a room chatting with each other. Across from them is an 800 pound gorilla. The two people chat away and they talk about the weather, they talk about their families, they talk about everything except the fact that they are in a room with an 800 pound gorilla. They just ignore the presence of the gorilla.

The story of the research that I will report on is a bit like that joke. There is in the climate field, something of an 800 pound gorilla, well in fact, it is really a 2000 billion ton carbon gorilla that we have ignored for the past decades, and that 2000 billion ton carbon gorilla is terrestrial carbon systems.

So the theme of this presentation is to explore the implications of terrestrial carbon systems for stabilizing anthropogenic climate change.

[slide2] I will begin at the end of the story. There are approximately 2000 billion tons of carbon in terrestrial ecosystems. If human society is to limit the concentration of atmospheric CO_2 to 450 parts per million – not CO_2 equivalent but atmospheric CO_2, there are really only about 500 billion tons of carbon that can be emitted to the atmosphere in this century. I contrast that to the 2000 billion tons of carbon in terrestrial ecosystems and assert that it is going to be hard to limit total human emissions to the atmosphere to 500 billion tons and not deal with the 2000 billion tons.

So terrestrial systems cannot be ignored in the development of the strategy to achieve a Low-Carbon Society. As a result of our research we find that society should hold a larger stock of carbon in a Low Carbon Society than it would want to hold in a reference scenario. That is, rather than the present rate of net deforestation, society benefits from afforestation and from an expanding stock of carbon in the form of forests and unmanaged ecosystems.

[slide3] To set the story up, I will begin by telling you a little about the MiniCAM model, which is our integrated assessment modeling system. It includes the energy, the economy, agriculture, and land use. So the demand for bioenergy is derived from a relatively sophisticated model of the global energy system that includes, oil, gas, coal, nuclear, wind, solar, bioenergy, geothermal energy and all of the potential transformations of one energy form into another: hydrocarbons into hydrogen, hydrocarbons from one form into another form, and all of the above into electricity and those fuels into energy services.

Bioenergy production occurs in this integrated assessment framework. The demand for bioenergy comes from the global energy system. The supply of bioenergy comes from terrestrial

systems and involves decisions about land use and land cover. There are three different kinds of bioenergy production that we consider in MiniCAM: (1) traditional bioenergy, which is treated exogenously, (2) co-products, that is the waste streams and biological process residues. Some of these are currently used extensively, such as the waste products from the pulp and paper industry. Another important potential source of bioenergy is crop residues. And, (3) purpose grown bioenergy. We only consider high-productivity "second-generation" cellulosic bioenergy forms of purpose-grown bioenergy in this analysis. In our analysis, we removed the subsidy on American corn and we no longer produce corn as our bioenergy crop. And, as you will see when we discuss our reference scenario, there is relatively little purpose-grown bioenergy before 2050, despite the fact that there is very substantial bioenergy in the reference scenario.

Finally, and very importantly, crop productivity growth is assumed to continue, but slow to 0.25% per year by the year 2050. The rate of crop productivity growth is the rate of increase in the output per ha for crops such as, wheat, corn, all of the things that we grow on the land for food and fiber. We will shortly explore how important this assumption turns out to be.

[slide4] In our reference scenario, most of the bioenergy in our reference scenario is coming from crop residues, not from purpose grown bioenergy, at least through to the year 2050, the period of the Low Carbon Society.

[slide5-6] We next look at the contribution of crop productivity growth in terms of its contribution as a technology for reducing carbon emissions. That contribution can be as much as two wedges as defined by Stephen Pacala and Robert Socolow in their science paper on CO_2 stabilization. Recall that they need seven wedges of 25 Pg-C emissions mitigation by 2050. The crop productivity growth assumed in our analysis produces two "wedges" by 2050.

[slide7] To see this we consider two scenarios. In one we assume that crop productivity growth ceases after 2005. Because food demand is relatively price inelastic more land is needed to provide the food and fiber demands with fixed crop productivity than in the reference scenario in which crop productivity continues to grow. The higher demand for land in the zero crop productivity growth scenario, in turn leads to deforestation and associated CO_2 emissions. In the no crop productivity growth scenario, deforestation rates rise to about 2.5 billion tons of carbon per year by the middle of the century. When crop productivity growth is zero, about 120 billion tons of carbon is released over the course of this century, as compared with our reference scenario, in which crop productivity continues to improve over the course of the century, with less than 50 billion tons of carbon emissions. The difference between our reference scenario and the no crop productivity growth scenario is 72 billion tons of carbon.

[slide8-9] We next turn to the matter of limiting CO_2 concentrations. We consider three different limits: 450, 500 and 550 parts per million of atmospheric CO_2. The choice is arbitrary. It is solely for illustrative purposes. We could have considered lower concentrations and we could have considered higher concentrations.

[slide10] For each of the CO_2 concentrations, we consider two different cases. The first is called FFICT, the fossil fuel and industrial carbon tax. In that case we only tax carbon emissions from fossil fuel and industrial sources. In the FFICT case we do not tax emissions that are released from land use change. They are ignored. We value those carbon emissions at a price of zero. Of course, nature counts all emissions, regardless of the source. So in the FFICT case human systems treat emissions differently than nature.

The second case is called, the UCT or the universal carbon tax case. In this case all carbon counts the same to both human and natural systems. The same carbon tax is applied regardless of the source of carbon emissions to the atmosphere. If you omit carbon and it costs $100 a ton, it

does not matter whether that ton came from land use change emission or whether it came from fossil fuel emissions. All the carbon counts the same. These are two radically different regimes.

[slide11] In the reference scenario anthropogenic emissions of global carbon goes up to about 22 to 23 billion tons of carbon per year by the end of the century. We contrast that to the various stabilization regimes. The FFICT and the UCT lead to two vary different scenarios. Both the FFICT and UCT end up with the same end-of century CO_2 concentrations. The FFICT case has very much higher carbon taxes than the corresponding UCT. Furthermore, FFICT land-use change emissions rise precipitously, peak and then decline dramatically. In contrast the UCT land use change emissions are lower than those in the reference scenario. Note that in the FFICT scenario total global carbon emissions become negative at the end of the century in the 450 ppm scenario.

Compare that to the FFICT scenarios with their UCT counterparts, which value all the carbon the same and in which total global carbon emissions trajectories are much smoother. **[slide12]** Two things become obvious. First, if you do not value carbon on the land you cannot expect people to think that land-based carbon is valuable. If society does not value carbon, individuals will not value it for society. When terrestrial carbon is not valued and fossil fuel and industrial carbon is valued, demands for bioenergy, which we treat as a carbon-neutral fuel, create a derived demand for land and since terrestrial carbon emissions are not valued. This in turn drives the demand for unmanaged land, which in turn leads to deforestation. Terrestrial carbon emissions in all three FFICT CO_2 concentration limit cases peak at over 10 billion tons of carbon per year.

The cumulative difference in terrestrial carbon emissions between the FFICT cases and UCT cases range from 300 to 500 billion tons of carbon for the period 2005 to 2095. The UCT cases exhibit a much more gradual transition in the energy system.

[slide13] If we do not value the carbon on land (the FFICT cases) we end up in a vicious cycle. Bioenergy is demanded to reduce fossil fuel emissions, which leads to land-use change emissions. To counterbalance the land-use change emissions, fossil fuel and industrial emissions must be reduced even further. This in turn leads to even greater demand for bioenergy and more deforestation. That is a very expensive approach to stabilization—two to three times more expensive than when all carbon is valued. In the FFICT 450 ppm case the carbon price reaches almost $3,500 per ton of carbon by the end of the century. FFICT carbon prices are much higher than in the corresponding UCT cases, in which all the carbon is valued. In the UCT 450 ppm case the carbon price reached only $1,000 per ton.

Another interesting contrast between the FFICT and UCT cases is the total demand for bioenergy. Demands for bioenergy are significantly lower in the UCT cases than in the FFICT cases.

[slide14] The disposition of bioenergy is another fascinating story. We allow CO_2 capture and storage, which can be used in conjunction with bioenergy in both the FFICT and UCT cases. In the FFICT case, bioenergy goes into the transportation sector in the early stages of emissions mitigation. The demand for liquid fuels grows until the price of carbon gets high enough, some place around $500 a ton of carbon. Once it gets high enough the bioenergy is shifted to central power generation. Electricity is generated from bioenergy and a CO_2 scrubber is applied to the exhaust stream to scrub carbon emissions. This facilitates negative net carbon emissions for the world by the end of the century. The FFICT case is ironic, however, in that land is deforested to grow bioenergy to go into a power plant to remove carbon from the air and put it under ground.

While the same general pattern of bioenergy use emerges in the UCT scenario, the UCT cases exhibit declining deforestation due to the carbon value being applied to terrestrial carbon as well

as fossil fuel and industrial carbon. This leads to a smaller purpose-grown bioenergy scenario. In the UCT cases that same very powerful effect of bioenergy in combination with CO_2 capture and storage is exhibited. But, the size and scale of the operations are smaller and delayed. (Slide15 was skipped.)

[slide16] We next turn to the effect of limiting atmospheric CO_2 concentrations on prices of crops. In the reference scenario the price of wheat, for example, is relatively stable. In both the UCT and the FFICT cases, wheat prices rise relative to the reference scenario.

[slide17-18] In the UCT scenarios the price of carbon creates a demand to hold larger stocks of carbon, primarily in high carbon density forests. In UCT cases deforestation rates are immediately reduced as afforestation begins. Afforestation is a very important feature of the UCT stabilization regime. Valuing terrestrial carbon also leads to other changes in agriculture and land use systems. Valuing the carbon raises the price of beef relative to poultry and fish. This in turn makes poultry and fish more attractive relative to beef and increases the demand for those protein sources relative to beef. When the cattle head size declines land is freed up for other uses, even as demands for food and protein continue to be met. That freed land can then be used for afforestation,

[slide19] Finally, valuing carbon in and of itself, even in the absence of purpose-grown bioenergy, has an impact on crop prices. We use corn for an example. When purpose-grown bioenergy is not allowed in the model and terrestrial carbon is valued in a stabilization scenario the price of corn rises. The price increase occurs because the carbon price creates a demand to increase the extent of unmanaged ecosystems and forests to increase the carbon storage service they provide. This reduces the amount of land for other purposes, raises land rental rates and thereby increases crop prices. This effect occurs even in the absence of purpose-grown bioenergy as a cropping option. The availability of purpose-grown bioenergy as a cropping option in a stabilization regime adds another demand for land and places additional upward pressure on crop prices, particularly in the second half of the century. Of course, we observe the greatest upward pressure on crop prices in the FFICT cases.

[slide20] In summary, the 2000 billion tons of carbon in terrestrial ecosystems plays an important role in stabilization of atmospheric CO_2 concentrations. At a carbon price of $100 per ton of carbon, 2000 billion tons of carbon have a stock value of $200 trillion, and at a 5% rate of return, the carbon storage service value is $10 trillion a year. That service is comparable in size to United States' GDP. We find that relative to the reference scenario, society benefits from holding a larger stock of carbon in stabilization scenarios. We find that improving conventional crop productivity is as important as other carbon emission mitigation technologies that have received more attention. We find that waste streams are important and the bioenergy combined with CCS is potentially a very powerful technology which allows us to have negative carbon emissions.

ご紹介ありがとうございます。また今回このような機会を与えてくださった日本環境省、国立環境研究所にも大変感謝しております。また LCS の研究に関してこれまでかかわってきた友人の皆さんにも感謝したいと思います。

[スライド 1] さて、今回の演題は少し不思議なものになっていると思います。「2 兆トンカーボンゴリラ」と書いておりますが、これは英語で使われているジョークになっています。

どのようなジョークかといいますと、2 人の人間が部屋の中で椅子に座っておりましてお互いにおしゃべりをしています。そして彼らの向こう側には 800 ポンドのゴリラがいるのです。2 人は話し込んでいて、家族の話、天気の話などをしているのですが、彼らが話すことは、全て 800 ポンドものゴリラが部屋の中に一緒にいる、という事実以外のことなのです。2 人はゴリラに全く気付かないので

す。

今回私が報告しようとしている研究の話は、そのジョークに似たようなところがあるのではないかと思いました。気候の分野では、いわば 800 ポンドのゴリラのようなもの、実際には 2 兆トンものカーボンゴリラがいるのに、今まで無視し続けてきました。この何十年も、いるのにいないと思っていたということです。この 2 兆トンのカーボンゴリラは、陸域の炭素システム（の量）ということになります。

そこで今回のプレゼンのテーマですが、人為的な気候変動の安定化に対する陸域の炭素システムの含意（密接な影響）の調査研究ということになります。

[スライド 2] まず結末からお話ししますと、陸域生態系には約 2 兆トンの炭素が存在しているということになります。もし人類社会が、この大気中の CO_2 の濃度を 450ppm に制限する場合、――これは CO_2 同等ということではなくてあくまでも大気中の CO_2 ということなのですが――450ppm に制限する場合、今世紀末までに約 5000 億トンしかカーボンを大気中に排出できない、ということになるのです。

この陸域生態系の 2 兆トンのカーボンと比べると、大気中への人類の総 CO_2 排出量を 5000 トンに制限する――2 兆トンのカーボンを取り扱わないで 5000 トンに制限するというのは、大変困難であろうと断言します。

よって、低炭素社会を実現するために戦略を打ち立てる時には、陸域の炭素システムを無視できません。我々の研究結果によれば、低炭素社会では、より大きな量のカーボンストックを維持しなければならないことがわかっています。これはリファレンスシナリオで維持したいと考えている量よりも大きな量です。それは、現在世界中で拡大している正味の森林減少率より、植林による利益のほうが大きいということであり、また、森林や人為の及ばない自然生態系を形成し、カーボンストックを拡大することによる利益も、森林減少より大きいということです。

[スライド 3] そこで話を戻して、まず MiniCAM（Mini Climate Assessment Model）というモデルについて少しお話したいと思います。これは我々の（開発した）統合評価モデリングシステムです。このモデルにはエネルギー、経済、農業そして土地利用が盛り込まれております。そしてバイオエネルギーの需要は、精巧なグローバルエネルギーシステムのモデルから導き出しています。このエネルギーシステムのモデルでは、石油、ガス、石炭、原子力、風力、太陽光、バイオエネルギー、地熱エネルギーを評価しており、さまざまなエネルギー転換のポテンシャル――例えば炭化水素から水素への転換、あるかたちの炭化水素を別のかたちのものへ転換するなどの、エネルギー転換のポテンシャルについても評価しています。また（モデルでは）これら全部が電力に転換されるということも想定しておりますし、また燃料をエネルギーサービスに転換して利用するということも想定しております。

では、統合評価モデリングシステムの枠組みの中で発生するバイオエネルギー生産についてお話しします。バイオエネルギーの需要はグローバルエネルギーシステムから導き出されたものです。バイオエネルギー供給は、陸域システムや土地利用選択、土地表面に関連するものから供給されるものです。ここでは異なる 3 種類のバイオエネルギーがありますが、これは我々が MiniCAM の中で考慮しているものです。(1)（一つ目は）外因的に取り扱われてきた伝統的なバイオエネルギー（薪など）、(2)（二つ目は）副生産物――これは廃棄物処理や生物的プロセスの残渣です。これらのうち一部は、例えばパルプ製紙工場からの排出物のように、現在は大規模に利用されています。もうひとつ重要なバイオエネルギー源のポテンシャルを有するものは、作物の残渣です。また、(3)（三つ目は）バイオエネルギー転換を目的とした作物の利用です。この分析では、バイオエネルギー転換目的作物から得られる生産性の高い第二世代のセルロース系バイオエネルギーだけを考慮しております（とうもろこしなどの食物をバイオエネルギーに転換して利用するものは対象としていません）。我々の分析では、アメリカのとうもろこしへの助成金を撤廃し、これ以上とうもろこしをバイオエネルギー用作物として生産しないことにしました。これは後でリファレンス（基準）シナリオの部分でご紹介します。2050 年の前までは、バイオエネルギー目的の生産は比較的小さいのですが、リファレンスシナリオでは相当な量のバイオエネルギーが存在しています。

（このスライドの）最後に、とても重要な点ですが、作物の生産性は今後も向上を続けていくようなのですが、その成長率は、2050 年までには年間 0.25%にまで鈍ってしまうと推測されています。この作物生産性成長率というのは、ha 当たりの収量の増加率でありますが、この作物というのは、小麦やとうもろこし、そのほか食物や繊維をとるために土地に植えて育てているの作物のことです。この推測結果が如何に重要なのかをすぐあとに検討しましょう。

[スライド 4] 我々のリファレンスシナリオでは、――そのシナリオ中のバイオエネルギーの大部分は作物残渣由来のもので、バイオエネルギー目的作物由来のものではありません。――少なくとも今世紀半ばから低炭素社会の時代となる 2050 年までは（作物残渣由来のバイオエネルギーが大部分を占めています)。

[スライド 5-6] それでは、作物の生産性の伸びが炭素排出削減技術としてどのように寄与するかということを見ていきましょう。この寄与は、二つのウェッジ(楔)――これは Stephen Pacala と Robert Socolow が CO_2 安定化に関する科学論文にて定義したものですが、――この楔の二つ分にも相当する量になります。思い出してみて欲しいのですが、彼らは 25 Pg-C の排出を緩和する 7 つの楔を 2050 年までに打ち込む必要があるとしています。我々の分析では、この作物生産性の伸び（が CO_2 排出削減に貢献する量）が、2050 年までにこの「楔」の二つ分の（CO_2 削減）量を生み出すと想定しています。

[スライド 7] では、我々が想定している二つのシナリオを見てみましょう。一つは、2005 年以降は作物生産性の伸びが止まると仮定した場合です。食料需要は比較的価格弾力性がないため、固定化された作物生産性の下では、食料や繊維の需要を賄うためにより多くの土地が必要とされることになります。これは作物生産性が向上し続けるリファレンスシナリオで必要とされる土地よりも多くなります。作物生産性の伸びをゼロとしているシナリオでは、土地への需要が高まるので森林伐採を引き起こすようになり、それにつれて CO_2 排出も増えることになります。作物生産性の伸びを想定しないシナリオでは、森林伐採率は、今世紀半ばまでに、年間約 25 億トンのカーボンに相当する量にまで増大します。作物生産性の成長をゼロとした場合は、実に約 1200 億トンもの炭素が、今世紀を通して放出されることになります。一方、我々のリファレンスシナリオと比較してみると、こちらでは今世紀を通して作物の生産性が伸び続けるということになっていますので、(放出量は）年間で 500 億トン以下になります。そうしますと我々のリファレンスシナリオと、作物生産性の伸びを想定しないシナリオの差は 720 億トンです。

[スライド 8-9] それでは次に、CO_2 濃度の制限に関する部分について見ていきましょう。我々は異なる 3 つの濃度に制限する場合――450ppm、500ppm、550ppm に大気中 CO_2 濃度を制限する場合を検討しています。この選択はあくまで任意のものです。あくまでも単に考え方を描くということで、実際にはこの濃度というのは低いと考えることができるかもしれませんし、高いと考えることができるかもしれません。

[スライド 10] どの CO_2 濃度（シナリオ）でも、我々は異なる二つのケースについて検討しています。一つ目は FFICT（Fossil Fuel and Industrial Carbon Tax)、化石燃料そして産業炭素税というものです。このケースでは、課税対象となる炭素排出は、化石燃料、それから産業に由来するものだけです。FFICT のケースでは、土地利用変化に伴って排出された炭素排出に関しては課税しません。これらは無視されます。これらの炭素排出の価格はゼロと算定します。もちろん、自然はその（排出）起源に関係なく全ての排出をカウントします。よって FFICT のケースでは、人類のシステムは、自然のやり方とは異なったかたちで排出を取り扱うということになります。

二つ目のケースは UCT、Universal Carbon Tax というものです。このケースでは、人類のシステムであろうが自然のシステムであろうが、全ての炭素は同等にカウントされます。大気中に排出された炭素には、その起源に関係なく同様に炭素税が適用されるのです。もし炭素を取りこぼし、また炭素 1 トンが 100 ドルである場合、この 1 トンが土地利用の変化による排出なのかどうか、あるいは化石燃料による CO_2 の排出量なのかどうかは重要ではないのです。全ての炭素は同様にカウントされるのです。これらは二つの全く異なる制度です。

[スライド 11] リファレンスシナリオでは、全世界的な人為起源の炭素排出量は、今世紀末までに年間約 220、230 億トンまでに上昇していきます。そこで、我々は様々な安定化レジーム（政治的な管理体制）を取った場合を比較しています。FFICT と UCT では、全く異なるシナリオが導き出されています。FFICT、UCT は共に、今世紀の終わりには、最終的に同じ CO_2 濃度に落ち着きます。FFICT のケースでは、UCT に対応する（炭素税）よりもかなり高い炭素税が課されます。さらに、FFICT では土地利用変化による排出が急激に上昇し、ピークを迎えた後急激に減少します。比較して UCT では、土地利用変化による排出はリファレンスシナリオよりも低くなっています。注意していただきたいのは、FFICT のシナリオで 450ppm 安定化シナリオの場合には、世界の総炭素排出量が今世紀の終わりにゼロ以下になるということです。

では、FFICT のシナリオに対して UCT のシナリオを比較してみましょう。UCT はすべての炭素に対して等しく課税するものです。このケースでは世界の総炭素排出量の軌道はとてもスムーズになります。

[スライド 12] この二つ（のケースの違い）は明白でしょう。最初に、土地の炭素に価値付けをしなければ、人々は土地に基づく炭素が高価であると考えないでしょう。もし社会が炭素に価値付けを行わなければ、個々人は社会のために炭素に価値を見出さないでしょう。陸域の炭素に価格付けをせずに化石燃料や工業由来の炭素にだけ価値付けを行った場合、バイオエネルギー需要に関しては、カーボンニュートラルな燃料として取り扱うことになり、土地に対して派生的な需要をつくり出すことになります。これは陸域の炭素排出に価値付けをしていないからです。これは人為の及ばない土地への需要を駆り立てて、今度は森林減少を引き起こすようになります。FFICT の 3 つ全ての CO_2 濃度制限ケースでは、陸域の炭素排出量はピークで年間 100 億トン以上にもなります。

FFICT ケースと UCT ケースの間の陸域炭素排出量の累積的な差は、2005 年から 2095 年の間で 3000～5000 億トンもの炭素量の差になります。UCT ケースは、エネルギーシステムにおいて、かなり漸進的な転換がなされることを示しています。

[スライド 13] 土地の炭素に価格付けを行わない（FFICT のケースの）場合、最終的には悪循環がもたらされます。化石燃料由来の排出を減少させるためにバイオエネルギーが求められるようになり、土地利用変化による排出が増加することになるのです。そしてこの土地利用変化による排出を相殺するために、化石燃料や産業由来の排出をより多く削減せねばならなくなるのです。これはまた、さらに多量のバイオエネルギーへの需要増加や森林伐採増加を引き起こすことになるのです。これは（気候）安定化へ向かうための、かなり高額な費用の掛かる経路です――全ての炭素に価値付けを行う場合と比べて、2～3 倍もの高い費用が掛かります。FFICT の 450ppm（安定化シナリオ）のケースでは、今世紀末に炭素価格は 1 トン当たりほぼ 3500 ドルにも達します。FFICT ケースでの炭素価格は、UCT の全ての炭素に価格付けをしたケースに対してかなり高額になります。UCT の 450ppm（安定化シナリオ）のケースでは、炭素価格は 1 トン当たり 1000 ドルに収まります。

もうひとつ面白いのは、FFICT と UCT のケースでバイオエネルギーの総需要量を比較したときです。バイオエネルギーの需要量は、FFICT のケースよりも UCT のケースのほうが著しく低くなるのです。

[スライド 14] バイオエネルギーの傾向については、もうひとつ魅惑的なストーリーがあります。炭素隔離貯留（CCS）を認めると、FFICT と UCT のケースのどちらでも、バイオエネルギーとともに CCS が協調して活用されることになります。FFICT のケースでは、バイオエネルギーが、排出緩和の初期の段階で輸送セクターに利用されることになります。液体燃料の需要は、炭素価格が十分に高まるまで――炭素 1 トン当たり約 500 ドルぐらいになるまで需要は増加します。一旦（炭素）価格が十分に高くなると、バイオエネルギーは集中型の発電所に移行することになります。電力はバイオエネルギーから産生されるようになり、CO_2 回収機が排気流から CO_2 を除去するために取り付けられることになります。これは、今世紀末までに世界の炭素総排出量をマイナスの値にすることを促進します。しかしながら、FFICT のケースでは、皮肉なことに、森林破壊が進みます。これは、大気中から炭素を除去して地中に溜めるための発電所に使われるバイオエネルギーが増加するからです。

一方、同様の一般的なバイオエネルギー利用パターンが UCT シナリオで現れた場合、UCT ケースでは森林伐採の減少が見られます。これは、化石燃料や産業由来の炭素と同様に陸域の炭素にも価値付けが適用されるためです。これはバイオエネルギー目的の作物（の生産）がより少ないシナリオを導き出します。UCT ケースでは、同じく、バイオエネルギーと一炭素隔離貯留の組み合わせによる、とても強力な効果が見られます。しかし、この作用の大きさや程度はより小さく、（影響が現れる）時期も遅れます。（スライド 15 はスキップ）

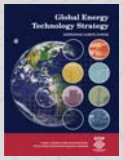
[スライド 16] 次は、大気中の CO_2 濃度の制限が穀物価格へ与える影響についてです。リファレンスシナリオでは、例えば小麦価格は比較的安定しています。UCT でも FFICT のケースでも共に、リファレンスシナリオと比較して小麦価格は上がっていきます。

[スライド 17-18] UCT シナリオでは、炭素価格は、より大きな炭素ストック――第一に炭素密度の高い森林――を維持する需要をつくり出します。よって UCT のケースでは、植林が始まるために森林減少率がすぐに減少します。植林というのは、UCT における安定化レジームの重要な要素（目玉）となります。また、陸域の炭素への価値付けは、農業や土地利用システムに関してほかの変化も引き起こします。炭素への価値付けは、家禽や魚に対して、牛肉の価格を相対的に上昇させます。これ（炭素への価値付け）は、家禽や魚を牛肉に比べてより魅力的にし、蛋白源としてのこれらの需要を牛肉に比べて上昇させるのです。牛の頭数が減少していくと、土地がほかの用途の利用に向けて開放されます――これは食料やたんぱく質の需要は満たし続けながらも、ほかの用途に向けて土地が開放されるということです。すると、この開放された土地は植林に利用することができるのです。

[スライド 19] 最後に、炭素そのものへの価格付けは、バイオエネルギー目的の作物が存在しなくても、穀物の価格に影響を与えます。我々は一例としてとうもろこしを利用しています。モデル中でバイオエネルギー目的の作物生産を認めず、陸域の炭素に価値付けを行った安定化シナリオの場合では、とうもろこし価格は上がっています。この価格上昇は、炭素価格が人為の及ばない生態系システムや森林の拡大――これはこれらが提供する炭素貯留サービスを増大させるために行われるのですが――これらの拡大を増加させる需要をつくりだすからです。このほかの用途への土地利用割合の減少は、土地の借用率を上昇させ、それに関連して穀物の価格も上昇します。この影響は、作物生産のオプションとしてバイオエネルギー目的の作物が存在しない場合でも起こります。作物生産のオプションとして、バイオエネルギー目的の作物を安定化レジームの中で利用できる場合には、さらに土地に対するほかの需要が付加され、追加的な穀物価格上昇の圧力が掛かることになります。これは特に今世紀後半に起こります。もちろん、FFICT のケースでは、穀物価格に最大の上昇圧が掛かることを我々は観測しています。

[スライド 20] まとめとして、陸域の生態系システムにおける 2 兆トンの炭素は、大気中の CO_2 濃度安定化に重要な役割を果たします。炭素 1 トン当たり 100 ドルとした場合、2 兆トンの炭素は 200 兆ドルの価値を持ちます。また 5%の割合でこれを（土地に）返すとすると、炭素貯留サービスの価値は、年間 10 兆ドルになります。このサービスは、アメリカ合衆国の GDP に匹敵するサイズになるのです。また我々は、リファレンスシナリオと比較して、安定化シナリオにおいて大きなカーボンストックを維持することで、社会が利益を得ることを見出しました。さらに我々は、従来の作物生産性の向上が、（これまで）より注目を集めてきたほかの炭素排出緩和技術と同じくらい重要であることも見出しています。また、廃棄物処理も重要であり、バイオエネルギーと CCS の組み合わせは、潜在的にとても強力な技術で、排出量がマイナスになる状態をもたらしてくれることを見出しています。

The 2000 Billion Ton Carbon Gorilla



Implication of terrestrial carbon emissions for a LCS

Global Energy Technology Strategy Program

Low Carbon Society

Marshall Wise, Leon Clarke, Kate Calvin, Allison Thomson, Ben Bond-Lamberty, Ron Sands, Steve Smith, Tony Janetos, Jae Edmonds

February 12, 2009

Pacific Northwest

PNNL-SA-60765 1

Introduction

- There are approximately 2000 PgC in the terrestrial ecosystem. All human activities must be limited to about 500 PgC (2005 to 2095) to limit atmospheric CO_2 to 450 ppm
- Terrestrial systems cannot be ignored in the development of a strategy to achieve an LCS.
- We find that relative to a reference scenario, a larger stock of unmanaged ecosystems and managed forests is desirable to limit carbon concentrations consistent with a Low Carbon Society.

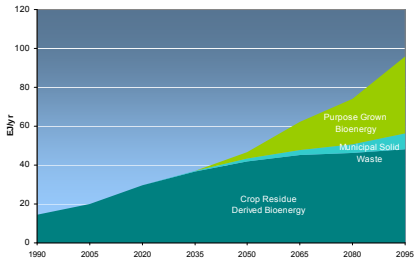
2

Agriculture and Bioenergy Assumptions

- Bioenergy can be an important technology to implement the goals of a Low Carbon Society
- Three types of bioenergy
  1. Traditional—treated exogenously
  2. Co-products, e.g. bark and waste in pulp and paper, but also crop residues,
     - Depend on production of the primary product.
     - Have a price-sensitive availability curve.
  3. Purpose-grown bioenergy crops—high productivity **cellulosic bioenergy** crops—not corn.
- Agricultural crop productivity growth rates
  - Reference scenario—productivity growth declines to **~0.25%/yr by 2050** everywhere.

3

Reference Scenario Bioenergy—*dominated by crop residues and municipal waste*



4

Crop Productivity as a Climate Technology

5

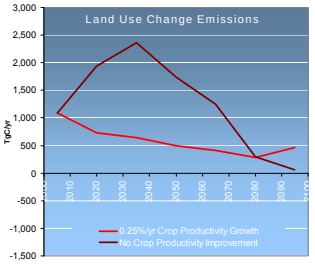
How important is the realized crop productivity growth rate?

- Continued crop productivity growth is as important as many energy technologies—larger in aggregate than a Pacala-Socolow "Wedge".
  - We re-run the reference scenario with a fixed crop productivity assumption and compare to the reference scenario which assumes that crop productivity converges to 0.25%/yr in 2050.
  - We then compare the four scenarios in terms of land-use, crop prices, land-use change emissions, and bioenergy production.

6

Land Use Change Emissions and Crop Productivity

- Cumulative Emissions 2005 to 2095
  - 0.5%/yr crop productivity growth:
    - 50 PgC
  - No crop productivity growth:
    - 122 PgC
  - Difference
    - 72 PgC



7

Bioenergy in the Context of Climate Stabilization

8

Limiting Atmospheric CO_2 Concentrations

- We examine scenarios with the CO_2 concentration limited to 450, 500 and 550 ppm at the end of the century.
- The choice is arbitrary and is used solely for illustrative purposes. This choice should not be interpreted to reflect any belief that these concentration limits are inherently superior to any other CO_2 concentration limits.

9

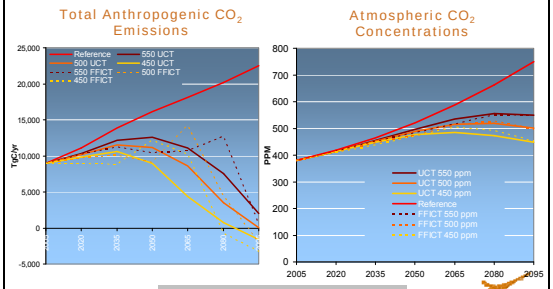
Carbon Pricing

Two alternative carbon pricing regimes

1. Fossil fuel and industrial carbon tax (FFICT)—in this regime only fossil fuel and industrial carbon emissions are valued. Bioenergy is treated as having no net carbon. Terrestrial carbon is valued at **zero**.
2. Universal carbon tax (UCT)—in this regime all carbon is valued equally regardless of either its origins or the activity that introduces it to (or removes it from) the atmosphere.

10

Emissions, Concentrations and Stabilization—UCT Scenarios

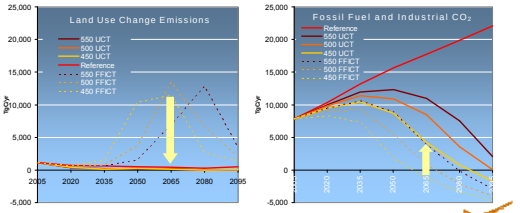


Note: All scenarios are "overshoot".

11

Net Land Use Change Emissions & Fossil Fuel and Industrial CO_2 Emissions—When All Carbon is Valued (UCT)

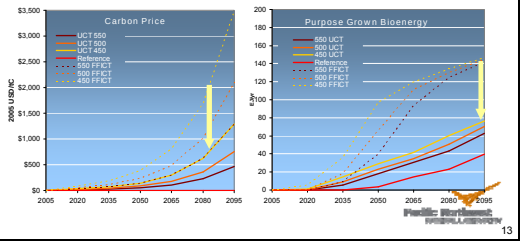
For a given CO_2 concentration limit
- Valuing carbon suppresses land use change emissions.
- Valuing carbon also increases fossil fuel and industrial emissions



12

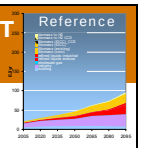
Carbon Price & Bioenergy When Terrestrial Carbon is NOT Valued (FFICT)

Valuing all carbon, including terrestrial carbon
- Dramatically reduces the price of carbon.
- Cuts the price at 450 ppm in half!
- Reduces the amount of bioenergy production in the long term, but increases near-term bioenergy supply, relative to the case in which terrestrial carbon was not valued.

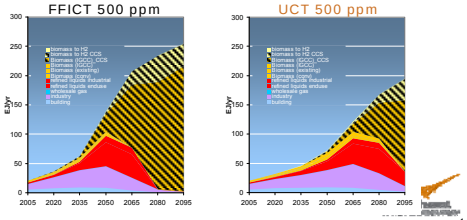


13

Bioenergy Use: FFICT and UCT ppm Scenarios

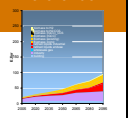


- SUBSTANTIALLY LESS BIOENERGY PRODUCTION OCCURS THAN WHEN TERRESTRIAL CARBON IS NOT VALUED.
- **Most bioenergy still goes to electricity production with CCS** in the concentration limit scenarios.

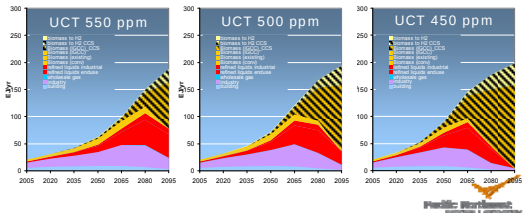


14

Bioenergy Use UCT Scenarios

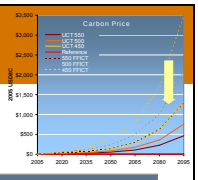


- As the limit tightens, more bioenergy is shifted toward bioelectricity production with CCS.
- **Bioenergy supply grows more rapidly as the CO_2 concentration limit tightens, but maximum production remains below 200 EJ/yr.**

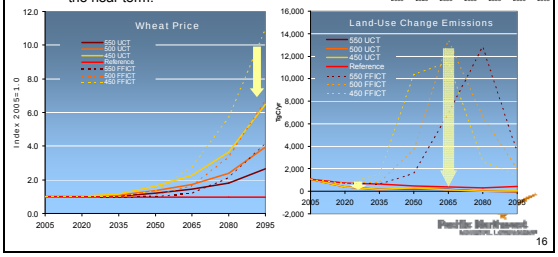


15

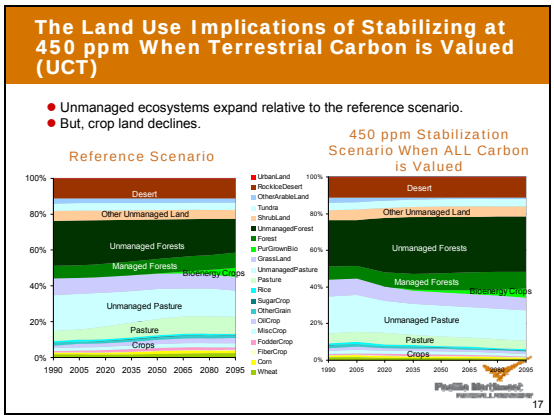
Carbon Prices, Crop Prices, & Land Use Change Emissions

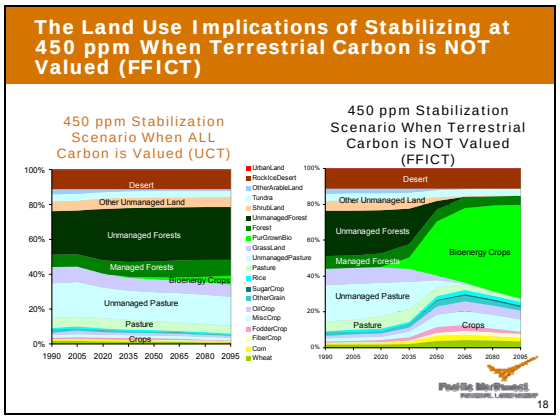


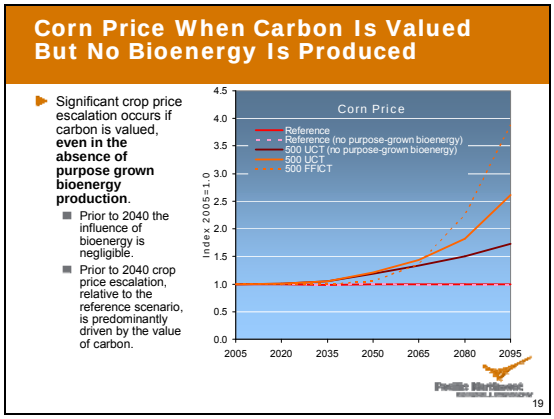
- Carbon prices and land use change emissions decline relative to the stabilization scenario where terrestrial carbon is not valued.
- But, crop prices are even higher, especially in the near term.

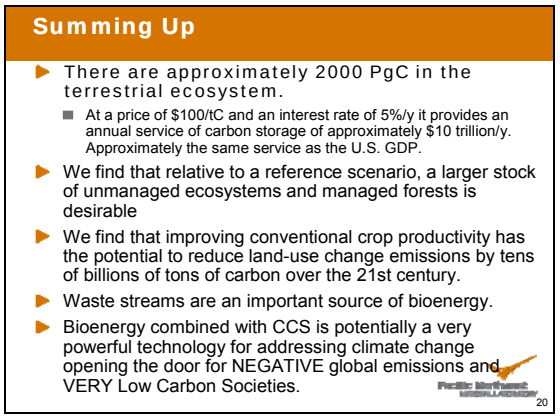


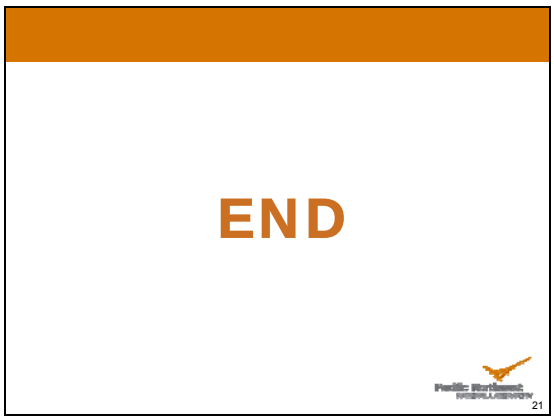
16











Commentator

山形 与志樹 (Yoshiki Yamagata, NIES, Japan)

Thank you Prof. Edmonds. My name is Yoshiki Yamagata, I work at the National Institute for Environmental Studies in geographically explicit land use modeler. Currently, we are looking at how to meet the needs of the IPCC and the five scenarios that is Representative Common Pathways, sometimes called RCP scenarios. Together with the MiniCAM, MESSAGE, IMAGE and AIM modeling team, we are requested to do downscale of our socio-economic scenarios and provide geographically expressed land use scenarios for the stabilization scenario, such as that which Prof. Edmonds has just showed us.

As a colleague working in the same research area, I would like to ask Prof. Edmonds some

questions. First, I would like to thank Prof. Edmonds for showing us these new and interesting MiniCAM results. This is the first time I have ever seen such results successfully combining the modeling of downstream demand-side bio-fuel use and upstream supply-side of forest and agriculture land as a part of low-carbon 450 ppm scenario. I would highlight the importance of your new land use results, but these results lay some questions that I would like to ask you, particularly regarding the 450 ppm land use change scenarios starting in the 21st century.

Firstly, what kind of carbon credit mechanisms are assumed for the land use sectors? Did you assume global crediting for the afforestation forest management, agriculture land management, and avoiding deforestation? Is there any differentiation between the developed and the developing countries for the land use carbon crediting mechanism?

Secondly, in your FFICT case, where there is no credit for the terrestrial carbon, it seems that the 450 stabilization scenario is achieved with the exhaustive use of all forests for biofuel crop productions. I wonder how you dealt with the huge emission from the deforestation. They will be larger than today's carbon emission from the global industry sector. I understand that that is not counted in the target setting but the actual carbon from the deforestation increased the carbon dioxide concentration in the atmosphere, and suddenly it seems that the very fast land use change, mainly deforestation, from forest to bio-crop land might not be realistic. If we consider the global availability of infrastructure and labor capacity for converting land use, I think that such very fast land use change can be an unrealistic scenario. Perhaps – do we need to work together to clarify such constraints to be introduced in our future land use modellings?

Finally, in conclusion, I think that results are showing that the importance of valuing all carbon, including the terrestrial carbon, to make our world a sustainable low-carbon society. Thanks to your presentation, I think we will start seeing the gorilla in this room and in the world and then maybe next, we need to find a way to live with the gorilla. That is all from me. Thank you.

Edmonds 先生、ありがとうございました。国立環境研究所（NIES）の山形与志樹と申します。私は NIES にて空間詳細な土地利用のモデルの構築にあたっております。現在取り組んでいますのは、IPCC の AR5 のシナリオ、すなわち、代表的濃度経路（Representative Concentration Pathways）あるいは RCP のシナリオと呼ばれておりますが、そのニーズに合致させるようなモデルに取り組んでいます。

この、ミニキャム MiniCAM, MESSAGE, IMAGE、AIM モデリングチームとともに、我々の社会経済シナリオのダウンスケールを計り、そしてこの地理的、明示的土地利用のシナリオ、例えば Edmonds 先生が今ご紹介いただきましたような安定化のシナリオを提供できるようにという要請を受けています。

同様の分野を研究する者として、Edmonds 先生にいくつか質問があります。まず、Edmonds 先生が MiniCAM の大変興味深い、最新の結果を示してくださいましたことに感謝致します。初めて私はこのような素晴らしい結果を目の当たりにすることができました。非常に成功裏に、この川下の需要側のバイオ燃料の利用と、それから川上の供給側の森林、あるいは農業地の土地利用のモデリングを組み合わせて、450ppm 安定化の低炭素のシナリオにまとめ上げていらっしゃいます。

私は Edmonds 先生が紹介した新しい土地利用の結果の重要性について大変興味を抱いたのですが、これらの結果についていくつか質問させていただきたいと思います。特に 21 世紀中にスタートしている 450ppm（安定化シナリオ）の土地利用変化シナリオについて質問したいと思います。

まずカーボンクレジットのメカニズムを土地利用部門に適用するにはどのようなものを想定していますか？グローバルクレジットを植林とか森林管理、あるいは農業地管理、森林減少防止のために使うものとして適用されていますか？土地利用のカーボンクレジットのメカニズムは途上国と先進国で異なった設定とされていましたでしょうか？

二つ目は FFICT の例ですが、これは陸域の炭素に関してはクレジットを与えないと算定するということなのですが、450ppm での安定化のシナリオに目を転じますと、すべての森林を全面的に、バイオ燃料作物の生産のために利用するということなのですが、この森林伐採による多大なカーボンの排出をどのように取り扱っていらっしゃるのか疑問に思います。これは今日の世界の産業界から排出される量を上回っていくと思います。このことはターゲットの設定には盛り込まれていないと思いますが、実際の森林減少から発生する炭素というのは、CO_2 の大気中の濃度を高めることになります。それから非常に急速な土地利用変化、これは主に森林減少――森林からバイオ作物生産地への転換によるものと思いますが、このような急激な変化は現実的ではないと思います。世界のインフラストラクチャーの利用可能性やあるいは土地利用転換のための労働力ということを考えますと、このような土地利用の急激な変化というのは、非現実的なシナリオではないかと考えています。おそらく――このような制約条件というのを明らかにし、将来の土地利用モデリングに投入すべく、共同で作業を進めさせていただくべきではないでしょうか。

最後にまとめとして、この結果の中ですべての炭素、すなわち陸域の炭素も含めた全ての炭素の価値付けをすることが、我々の世界を持続可能な低炭素社会にしていく上で重要であることが（この発表で）示されたと思っています。ご発表ありがとうございました。この部屋の中のゴリラ、世界のゴリラを見るようになった、見られるようになったのですから、次はこのゴリラと一緒にいかにしてうまくやっていくかを考える必要がありそうです。私からは以上です。ありがとうございました。

Jae Edmonds

Thank you for those comments and also, by the way, thank you very much for all your work in getting the RCP, the Reference Concentration Pathways in shape for the IPCC 5th Assessment Report. The RCPs are a quite accomplishment and a great deal of work.

You asked three questions. The first question was about carbon pricing and I think there are two pieces to it. The first part of the question was about the technical implementation of the analysis in the MiniCAM modeling framework. Given the limitations we have here with regard to time, I think it best to discuss the technical approach to implementation offline.

The second part of your first question raises a very important matter and that is, treatment of developing and developed countries in the analysis. In this particular analysis we treated all regions the same. Everyone faced the same price of carbon for all emissions in all activities regardless of where in the world activities were undertaken. Our scenario is highly idealized. It is therefore a scenario that is unrealistic and overly optimistic in the sense that it is unlikely that all nations will begin a carbon emissions control regime in the near future with a common carbon price for emissions in all sectors of the economy.

In about a month we have to write a paper for the Stanford Energy Modeling Forum Exercise 22 (EMF22). In that exercise we are going to take on the problem of non-idealized emissions mitigation regimes. In that work we find that very strong pressures are brought to bear by differences in carbon pricing around the world and that terrestrial carbon tends to move toward high carbon prices. We observe that terrestrial carbon stocks increase in countries with relatively high carbon prices or control regimes. Similarly, terrestrial carbon stocks are reduced in places with low carbon prices. Thus, we observe significant terrestrial carbon leakage.

The second question was: How does the MiniCAM deal with carbon in the atmosphere versus the way that we model the human institutions, particularly in this fossil fuel and industrial tax only scenario (FFICT)? With regard to the treatment of carbon in the atmosphere, we run a standard carbon cycle model and so the carbon cycle model does not really care what the anthropogenic source was. This is our understanding of the behavior of the real atmosphere,

which counts all the carbon equally. So if carbon goes up from land-use change emissions, it counts. If it goes up from fossil fuel emissions, it counts. If it goes up from a cement plant, it counts.

So in our CO_2 concentration limit scenarios, we fixed the atmospheric concentration and set carbon prices so that the goal was always met. That is why the prices in the FFICT cases are so much higher than in the UCT cases. So in the FFICT cases, the human institutions are ignoring the way nature values carbon. FFICT institutions place a high price of fossil fuel and industrial carbon and no value on terrestrial carbon.

[slide18] Your final question was, "Could you actually deforest the world as fast as it is deforesting in the scenario here?" In the FFICT scenarios deforestation occurs very rapidly indeed. From about 2035 to about 2065, a period of only 30 years, the world is almost completely deforested. First, I hope we never find out whether we could do that or not. I really hope we do not run that experiment. The optimist in me says that this might not really happen. Either humans will intervene to halt the deforestation if it turns out to be technically feasible, or if it turns out to be technically impossible, that is a good thing.

It is worth pointing out that, it may not be necessary to literally price the carbon in the same way that we think of cap-and-trade regimes pricing carbon literally. It may be possible to create regulatory regimes that accomplish the same end. For example one might consider creating carbon parks. The extent of such carbon parks could be set so as to approximately reflect carbon market prices.

[slide18] Because the cumulative difference in carbon emissions between the UCT scenarios and the FFICT scenarios over the century amounts to between 300 billion and 500 billion tons of carbon, there are hundreds of billions of tons of carbon that can be saved even if a policy only moves in the right direction.

どうもコメントをありがとうございます。そしてちなみに、RCP、代表濃度経路（Representative Concentration Pathways）、これは IPCC の第 5 次評価報告書のためのものですが、このためにたくさん支援を頂きましてありがとうございます。この RCP は、特に優れた業績であり、膨大な仕事です。

さて、（山形先生より）3 つご質問をいただきました。まず最初の質問はカーボン・プライシングについてですが、私はこれに関して 2 つの側面があると考えています。質問のひとつの側面は、MiniCAM モデリングフレームワークの分析に関する技術的な履行に関するものだと思います。今回は時間の制限がありますので、技術的なアプローチをどう実施してきたかいうことについては、オフラインで（この機会とは別に）議論したほうがよろしいかと思います。

一つ目のご質問の第二の側面というのは非常に重要な問題提起であって、この分析の中での途上国と先進国の扱いについてでした。特に今回の分析においては、我々は全ての地域を皆同じに扱っています。皆が、全ての活動に由来する全ての排出に対して同じ炭素価格に直面し、世界のどこの地域の活動でも区別なく責任を負うようにしています。我々のシナリオは高度に理想化したものです。したがって、ある意味では、これは非現実的で楽観的過ぎるシナリオでありますし、全ての国が近い将来に炭素排出を管理するレジーム（体制）を導入する――炭素排出に対する共通の価格を経済のすべてのセクターで設定して、炭素排出を管理するレジームを導入するというのはありえない、という意味では非現実的で楽観的過ぎると思います。

1 ヶ月ほど、我々は Stanford Energy Modeling Forum の Exercise 22（EMF22）のためのペーパーを書かねばならなかったのですが、その Exercise の中では、理想化されない状態の排出緩和レジームの問題について取り上げました。そこでは、世界中で炭素価格の違いによりもたらされる強い圧力が働いていて、陸域の炭素は価格の高いところに向かって移動していく傾向がある、ということを見

出しました。我々は、陸域の炭素ストックが国内で比較的炭素価格の高い部分、あるいは管理体制が敷かれている部分で増加していくことを観測しています。同様に、陸域の炭素ストックが炭素価格の低い場所で減少していることも認めています。すなわち、我々は顕著な陸域炭素のリーケージ（漏出）を認めたのです。

第二の質問についてですが、MiniCAM では大気中の炭素を、人為起源の排出をモデル化するやり方に対してどのように扱っているのか、特に化石燃料や産業由来炭素課税のみの FFICT シナリオでは、大気中の炭素をどのように扱っているのか？ということですね。大気中の炭素の取り扱いについては、我々は標準的な炭素循環モデルを動かしていて、その炭素循環モデルでは、どのようにして人為的に炭素が排出されたのかという起源についてはあまり気にしていません。これは、実際の大気と同じように捉えており、すべての炭素を公平にカウントしています。よって、土地利用の変化によって生じたものもカウントしますし、化石燃料由来の炭素排出もカウントします。セメント工場から発生したものもカウントします。

したがって、我々の CO_2 濃度制限シナリオでは、大気中の濃度を固定して炭素価格を設定するため、最終的な結果（ゴール）はいつもつじつまが合うようになっていました。だから FFICT のケースでの（炭素）価格は UCT のケース（の炭素価格）よりもはるかに高くなるのです。なぜかというと、FFICT のケースでは人間の制度が自然界の炭素の見積もり方を無視しているからです。FFICT という制度は化石燃料や産業由来の炭素に高い価格を設定して、陸域の炭素に価値付けをしないからです。

[スライド 18 を示す] 最後の質問について、「実際に世界で森林破壊がこのシナリオのようにこんなに急なスピードで進み得るか、ということですね。FFICT のシナリオでは、確かに森林破壊が非常に急速に進行しています。（このシナリオでは）2035 年あたりから 2065 年あたりまでのわずか 30 年の間に、世界のほとんどの森林が破壊されています。（これについて）まず言えることは、これがなされ得るか、なされ得ないどうかを、決して我々が発見しないことを願っています。私は、我々がそのような実験をしないことを真に願っています。楽観主義的に言わせてもらえば、このような状況は本当に起こらないのではないかと思っています。人間が介入して森林伐採を停止する、技術的な実現可能性の範囲外だとわかって森林伐採を停止する、もしくは技術的に不可能だとわかって森林伐採を停止するのであればどちらでも、それはいいことだと思います。

これについて重要な指摘をしますが、炭素に文字通りに価格をつける必要はないかもしれません――文字通りに炭素に価格付けを行うキャップ・アンド・トレード制度と同様にしなくても良いと思うのです。最終的に同じ成果が得られる規制的なレジームをつくり出すことは、可能かもしれないと思います。一例として、カーボンパーク（炭素の貯留場）の造成が考えられるかもしれません。このようなカーボンパークの広さは、炭素市場価格をおおよそ反映するように設定され得るかもしれないのです。

[スライド 18 を示しながら]（最後に指摘しておきたいことがあります。）UCT シナリオと FFICT シナリオ間の炭素排出の累積的な違いは、今世紀を通じて大体 3000～5000 億トンもの炭素量になります。よって、政策を正しい方向へ移行させさえすれば、この数千億トンもの炭素（排出）は節約できる（ということを知っていただきたい）のです。

まとめ：アジアの向う道

甲斐沼 美紀子（（独）国立環境研究所　地球環境研究センター　温暖化対策評価研究室　室長）

増井 利彦（（独）国立環境研究所　社会環境システム研究領域　統合評価研究室　室長）

最後になりましたが、私から今日のまとめをさせて頂きたいと思います。「アジアにおける低炭素社会シナリオの進展」ということで、「アジアの向かう道」ということについて、今日の発表を踏まえまして話をさせて頂きます。

今日は「中国のシナリオ」、「インドのシナリオ」、「タイのシナリオ」について話をしていただきました。実はこのセッションの最初に、国立環境研究所の増井から「アジアを対象としたシナリオ研究の必要性」について、話をする予定でしたが、時間が押しておりましたので、最後にまとめて、甲斐沼が話をさせて頂くことにしました。「アジアを対象としたシナリオ研究の必要性」、いまさら言うまでもないことですが、世界で低炭素社会を実現するためには、アジアでの政策オプションを検討することが非常に重要です。

温暖化対策においてアジアの活動は無視できないほど大きいということがあります。アジアの多くの国々は発展途上国であり、今後、大幅な温室効果ガス排出量の伸びが予想されております。

また、国連のミレニアム開発目標に代表されるように、発展途上国は、貧困や飢餓の解決、地域の公害問題の解決など、克服すべき数多くの課題を抱えています。今日の国際的分業化や今後のグローバル化というのは、世界の他の地域の活動と強く関連していまして、優先順位の高い課題を実現しつつ温暖化対策もあわせて実現するような戦略が強く求められているのです。

低炭素社会の実現と各国が抱える問題を同時に克服するため、バイオエネルギーの利用と食料生産の競合に関する問題など、乗り越えるべき課題も多いということです。アジア各国は、自然資源、産業構成、文化、ライフスタイル等の面で、極めて多様な国々で、各国が抱える課題は大きく異なっています。

これらの問題につきまして、今日、中国、インド、タイの方々に、技術的な側面を中心に話をして頂きましたが、中国の Jiang さんからはリープフロッグの可能性、あるいは将来の再生エネルギーの導入戦略等についてもご紹介いただきました。またインドの Shukla さんからは将来の開発ビジョンを持つということの重要性と、さらに持続的発展に関してどのような戦略を持って進んで行ったらいいのかというようなことも合わせてご紹介いただきました。

またアジア工科大学の Shrestha 教授からは、環境にやさしい政策について個別の政策をご紹介していただくとともに、パラダイムシフトというものが重要になってくるということをご紹介いただきました。

Edmonds さんからは、この三つの話とは少し違った観点から、すべてのカーボン・バジェットというかたちからバイオエネルギーをどのように生産していくか、また森林、熱帯雨林を含めた土地利用についてどのような政策を持って、トータルの CO_2、大気中の CO_2 濃度を下げていくか。その際、炭素の価格付けをどのようにすれば、結果がどのように違ってくるのかというような非常に新しい観点からお話を頂きました。

先進国、途上国両方において、将来 2050 年、あるいは 2100 年ぐらいまでには、我々は 2050 年を目標にしているのですが、低炭素な社会を築いていく必要があると思っています。先進国のパスに関しましては、イギリスあるいはフランスといった欧州では既に 60%～80%削減についてのいろいろな政策も出されています。

また、オバマ新大統領は選挙中の公約で 2050 年までに 80%削減していこうということを謳われています。また日本での 60～80%削減というものを 2050 年までに求めていくということは言われております。一方途上国に関しましては 1 人当たり、この図は縦軸が 1 人当たりの温室効果ガス排出量ですが、1 人当たり排出量というのは先進国に比べて、現状では非常に低いです。また、先進国の人間が享受し

ているような、エネルギーをたくさん使った、いわゆるレベルの高い生活ができていません。新興国、途上国が、アメリカ型の生活を目指していくのか、あるいは、低炭素な社会を目指していくのかによって、将来の CO_2 排出量は大きく異なってきます。もし、低炭素な社会に進まない場合には、温暖化影響が顕著になり、将来は経済的にも急激な打撃を受けると予想されます。

発展途上国のパスについて、いかにリープフロッグ等を取り入れた新しい発展パスが考えられるか、その中でもアジアの生活、文化に根ざした発展パスが考えられるかということを今後の我々の研究課題としていきたいと思っています。なかなかすぐには解決できるような問題ではないということは、我々も重々承知しております。我々が今世紀半ばまでに実現を目指したいと思っていますアジア低炭素社会は、ダイナミックに変貌しますアジア経済社会の進展を前提にしつつも、地球全体の低炭素目標、これに整合する各国削減目標を世界的、および国内的な化石・再生エネルギー資源及び土地資源などに係わる制約条件下において、各国の特徴を生かした独自の方策を展開することにより達成するとともに、低炭素化による共便益を享受できる社会、このような社会の実現に向けて研究を進めたいと思っています。

アジア低炭素社会実現の帰趨を決めるエネルギー戦略あるいは国内要素を 5 つ挙げるとすれば、第一にエネルギーの生産・消費施設・機器・技術に関する新しい技術の開発、普及があります。次に、そのための社会インフラの整備が必要です。また、人的資本の整備も必要です。さらに、新しいエネルギー技術を普及し、社会インフラや人的資本を整備するためには、そのための制度を整えていくということが非常に重要です。市場の制度もありますし、地方分権化していく、あるいは国際的、国内的にどのように資金を調達していくかというようなことも重要な課題です。5 番目としては、社会関係資本、慣習、規範に関係する要素があります。アジアは多様性に富んでいます。ライフスタイルも多様ですので、アジア低炭素社会の実現に向けて、このような要素にどのように取り組んでいくかということは大きな課題です。

また先ほども申しましたが、国連ミレニアム開発目標に関連する諸問題というのがあります。貧困をどのようにして削減していくか、あるいは教育レベルを上げていくか、安全な水を供給していくかということも大きな課題です。しかしこのような課題というのは必ずしも温暖化対策とは別の問題ではなくて、温暖化対策と同じ対策をすることによって、同時に解決できる課題です。

また低炭素化と同時に電化率を向上させること、これは生活レベルの向上にも直結します。また大気汚染物質の排出量の低減なども同時に達成することが考えられます。このような要素を組み合わせながら、どのようにして低炭素社会を作っていったらいいかということを、今後引き続き研究していきます。今日、参考となるいろいろなご意見を頂きまして、どうもありがとうございました。

今 100 年目の節目と言われています。ちょうど 100 年前に石油メジャーや T 型フォードに代表されるいわゆるビッグ 3 が誕生して、過去 100 年間というのは石油と自動車の時代とも言われていました。これからの 100 年間どういう社会になるのか、そして、気候変動によって、人類や自然に諸問題が起きない社会にしていくにはどのようにしたらいいのか、今ちょうど岐路に立っていると思います。石油メジャーの代わりに、マスコミなどではグリーンメジャーの台頭という記事も見受けられますが、今後必要になってくるのはメジャーということではなくて、地域に根ざしたエネルギー、自然エネルギーを自然とどのように共生しながら使っていくかということが、重要な課題となってくると思います。研究グループだけでは解決策を提示できるものではありません。我々はアジア地域の研究者や欧米の研究者とも協同しまして、アジア低炭素社会に関する研究を進めてく所存ですが、今後ともどうぞよろしくお願いいたします。

「アジアにおける低炭素社会シナリオ研究の進展」
アジアの向う道

Wrap-up “Direction of Low Carbon Asia Study ”

甲斐沼美紀子・増井利彦
Mikiko Kainuma・Toshihiko Masui
国立環境研究所
National Institute for Environmental Studies

低炭素社会への道筋：日本とアジア
－「脱温暖化2050プロジェクト」研究成果発表会－
Path toward Low-Carbon Society: Japan and Asia
-Results from Japan Low-Carbon Society (LCS) Scenarios Study-

2009年2月12日／February 12, 2009
ホテルメトロポリタンエドモント東京／Hotel Metropolitan Edmont, Tokyo

1

Presentations in “Advancement of Low-Carbon Society Scenario Studies in Asian countries”
「アジアにおける低炭素社会シナリオ研究の進展」における報告

China Low Carbon Society Scenarios
- Dr. Jiang Kejun (Energy Research Institute, National Development & Reform Commission, China)
- Commentator: Dr. Haruki Tsuchiya (Research Institute for Systems Technology, Japan)

India Low Carbon Society Scenarios
- Prof. P.R. Shukla (Indian Institute of Management, India)
- Commentator: Ms. Megumi Muto (Japan International Cooperation Agency (JICA), Japan)

Thailand Low Carbon Society Scenarios
- Prof. Ram Manohar Shrestha (Asian Institute of Technology, Thailand)
- Commentator: Mr. Taka Hiraishi (Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japan)

Implication of terrestrial carbon emissions in a LCS
- Dr. Jae Edmonds (Pacific Northwest National Laboratory, USA)
- Commentator: Dr. Yoshiki Yamagata (NIES, Japan)

中国のシナリオ
- Dr. Jiang Kejun（国家発展和改革委員会能源研究所、中国 ）
- コメンテーター：槌屋治紀（㈱システム技術研究所）

インドのシナリオ
- Prof. P.R. Shukla（インド経営大学院、インド）
- コメンテーター：武藤めぐみ（国際協力機構（JICA））

タイのシナリオ
Prof. Ram Manohar Shrestha（アジア工科大学院、タイ）
- コメンテーター：平石尹彦（地球環境戦略研究機関 (IGES)）

低炭素社会における陸域炭素排出量の含意
- Dr. Jae Edmonds（パシフィック ノースウェスト国立研究所, 米国）
- コメンテーター：山形与志樹（国立環境研究所）

2

Why we need scenario analysis for Asia
アジアを対象としたシナリオ研究の必要性

In order to develop the low carbon world, it is important to develop middle-long term scenarios toward low carbon Asia and to assess various policy options in this area.
アジアを対象とした低炭素社会の実現に向けた中長期的なシナリオを描き、そのための様々な政策オプションを検討することは、地球規模での低炭素社会を構築する上で必要不可欠。

Steps of
Low-Carbon Society Scenario Studies in Asian countries
アジアにおけるシナリオ研究の行程

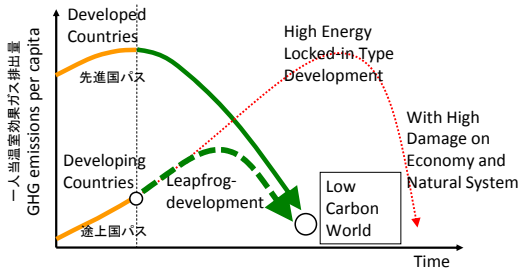
- Clarification of targets to achieve low carbon society and to solve other issues simultaneously in each country/city
- 将来の低炭素社会の実現と各国が抱える諸問題の同時解決に向けた目標を明確化する。

- Sharing cross-cutting issues among countries and considering strategies toward low carbon society
- 低炭素社会の実現に必要な横断的な課題を共有化し、それを踏まえた戦略を検討する。

- Quantitative research applying the integrated assessment models to each country/city
- 地球環境統合評価モデルを各国や主要な都市に適用することで、アジア各国の低炭素社会の実現に向けた定量的な分析を行う。

- Developing the consistent low carbon scenarios and designing the road map to achieve the low carbon society for each country/city
- 整合的な低炭素社会シナリオを構築し、その実現に向けたロードマップをデザインする。

4



Path towards Low Carbon Society
低炭素社会への道筋

5

What are the Asian low carbon societies?
アジア低炭素社会とは

- By the middle of this century (2050), societies which satisfy the followings;
  今世紀半ば（2050）年までに実現を目指す社会とは
  - Accepting drastically transfiguring Asian society and economy,
    ダイナミックに変貌するアジア経済・社会の進展を前提にしつつ
  - conforming each country's reduction target that consists with the global low carbon target,
    地球全体の低炭素目標に整合する各国削減目標を
  - under the global, national and regional constraints on fossil fuel and renewal energy resources, and land resource,
    世界的及び国内的な化石・再生エネルギー資源及び土地資源などに係わる制約条件下において
  - developing various LCS policies based on each country characteristic,
    各国の特徴を生かした独自の方策を展開することにより達成するとともに、
  - also utilizing effectively the co-benefits of LCS policies and neighboring policies.
    低炭素化による共便益を享受できる社会。

6

Five domestic factors and the global trade environment that will determine the realization of Asian low carbon societies
アジア低炭素社会実現の帰趨を決める世界エネルギーの貿易環境と五つの国内要素

(1) **Energy production, consumption, equipment, and technology**: Energy supply facilities, energy-saving technology, and their production system
エネルギー生産・消費施設・機器・技術 (エネルギー供給施設、省エネ技術、機器供給システム、...)

(2) **Infrastructure**: Traffic/transport infrastructure and system for LCS
社会インフラ（低炭素化に向けた、交通インフラ、都市インフラ、...）

(3) **Human capital**: Human resource for developing, managing, and maintaining low carbon societies. Proxy index linked to number of technocrats, engineers and people's potential to accept related innovation.
人的資本（低炭素社会経営を行うテクノラート、エンジニア、市民の受容能力、...）

(4) **Institution**: Creation and existence of efficient market systems for energy and technology. Decentralized governance and privatization of related organization, international and domestic funding system, carbon-emission tax, emissions trading, etc.
制度 (エネルギー・機器などの効率的市場制度、地方分権化、民主化、国際的・国内的資金調達制度、炭素税・排出権取引、...)

(5) **Social capital on reliability, custom, and norm**: Social environmental efficiency at the levels of individual, community, and commercial markets. Energy efficient lifestyle and low material type lifestyle.
社会関係資本・慣習・規範（コミュニティーレベルの社会的環境効率向上、アジアン・ライフスタイルの維持、低エネルギー・低物質型ライフスタイル、...）

7

What are other important problems related with LCS issue?
低炭素社会で考慮すべきその他の重要な要素

1) Various problems related to MDG, such as poverty eradication, education, health improvement, and diffusion of water supply and sanitary services.
国連ミレニアム開発目標に関連する諸問題

2) Quantification of ancillary benefits caused by LCS policies, such as acceleration of electrification rate and regional atmospheric environment.
低炭素化による供便益（電化率の向上、大気汚染物質排出量の低減など）

8

閉会挨拶

大塚 柳太郎（(独）国立環境研究所　理事長）

皆様、こんにちは。本日の成果発表会シンポジウムを、環境省とともに主催しております国立環境研究所理事長の大塚です。まずはじめに、この成果発表会を大変有意義なものにしていただきましたことに対し、講演およびコメントをしていただいた国内外の皆様、そしてご参加いただきましたすべての皆様に厚く御礼申します。

この「脱温暖化 2050 プロジェクト」は、最初にお話があったかと思いますが、環境省環境研究総合推進費として 5 年間実施されました。国内外の多くの方々のご協力を得まして、大変大きな成果をあげることができたと考えています。思い起こしますと、5 年前には今ではごく普通に使われている低炭素社会、Low-Carbon Society という言葉自体、社会ではそれほど一般化していませんでした。ところが、日本を含むアジアにおいて、ヨーロッパはやや先行していたと思いますが、脱温暖化社会、低炭素社会に向けた動きが政界、経済界、そして市民社会で着実に大きくなってきたことを喜んでいるところです。特に政策への反映という点では、昨年の G8 洞爺湖サミットでの貢献が特筆できるものと思っています。

このプロジェクトは、アジアをはじめとする国々、あるいは世界規模での動きに科学的な根拠を与えるという点で、重要な貢献をできたと思っています。そして、この 5 年間のプロジェクトを通して、今日の演題にも含まれていますし、特にプログラムの第二部で焦点を当てていますアジアを、重要な地域として取り上げてきたわけです。これは今さら私が言うまでもなく、チェアをされている甲斐沼さんが今述べたとおり、アジアには面積に比して非常に多くの人口、世界人口の 6 割が居住しているからです。

この地域が、これから気候変動だけでなく環境問題を考える上でのホットスポットであることは間違いありません。私たちはこのプロジェクトを通して、今日も講演を頂きました Jiang さんや Shukla さんをはじめ、アジア各国の多くの研究者と共同研究をし、これらのアジアの研究者が非常に重要な貢献をしてくださいました。そして、アジアの多くの国々が、私たちが発信する低炭素社会に向けたシナリオを真摯に検討していただいてきたと思っています。このような成果は、アジアの低炭素社会の実現に、フォーカスをよりはっきり定めた来年度からのプロジェクトに受け継がれていくものと私は思っています。

私たちの国立環境研究所は、アジア諸国の研究者、研究機関と連携し、さまざまな研究活動を行ってまいりました。その中には低炭素社会を目指すものももちろんありますが、それ以外にも循環型社会を目指すもの、自然共生社会を目指すもの、さらには安全安心な社会を目指すもの等々があります。私たちは低炭素社会をはじめとするより良い社会を創出するための取り組みに、もちろん世界全体を視野に入れながらも、アジア諸国との連携をこれまで以上に深めていきたいと考えています。本日ご参加いただきました皆様には、今後ともご助言、そしてご協力のほどをよろしくお願い申します。本日は遅くまで本当にありがとうございました。

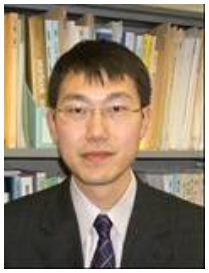
森口　祐一　（もりぐち　ゆういち）

（独）国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センター長

Dr. Yuichi Moriguchi

Director, Research Center for Material Cycles and Waste Management, National Institute for Environmental Studies (NIES), Japan

1982 年京都大学工学部衛生工学科卒、国立公害研究所（現（独）国立環境研究所）研究員。環境庁、OECD 事務局勤務、国立環境研究所資源管理研究室長等を経て、 2005 年より現職。脱温暖化 2050 プロジェクト・交通チームリーダー。交通公害対策、温暖化対策、ライフサイクルアセスメント、物質フロー分析等の研究に従事。OECD の資源生産性指標開発、UNEP の資源管理国際パネル等に参画。東京大学大学院客員教授を兼務。



藤野　純一　（ふじの　じゅんいち）

（独）国立環境研究所 地球環境研究センター 温暖化対策評価研究室 主任研究員

Dr. Junichi Fujino

Senior Researcher, Climate Policy Assessment Section, Center for Global Environmental Research , National Institute for Environmental Studies (NIES), Japan

2000 年東京大学卒 工学博士。北陸先端科学技術大学院大学 客員准教授、東京理科大学 非常勤講師を併任。
専門分野：エネルギー環境システム工学、エネルギー環境経済モデル分析。
主な編著書：「バイオエネルギー」ミオシン出版。

2000 年 4 月より AIM の活動に参加。主にアジアや世界を対象とした多地域モデル構築に携わり、長期を見据えた温室効果ガス排出削減効果や地域間貿易の環境影響などを分析している。「脱温暖化 2050」ではシナリオチームの一員として 2050 年シナリオ構築を行いながら、プロジェクトリーダーを補佐しプロジェクト全体の調整機能を担っている。

蟹江　憲史　（かにえ　のりちか）

東京工業大学大学院 社会理工学研究科 准教授

Prof. Norichika Kanie

Associate professor, Tokyo Institute of Technology (Tokyo Tech), Graduate School of Decision Science and Technology, Japan

1969 年 5 月生まれ。東京工業大学大学院社会理工学研究科准教授。専門は国際関係論、地球環境政治。特に、気候変動やアジアにおける越境大気汚染に関する国際制度研究に重点を置く。IHDP Earth System Governance プロジェクト Scientific Steering Committee 委員。近年の主な論文・著書に Norichika Kanie and Peter Haas eds. Emerging Forces in Environmental Governance, United Nations University Press (2004)、「気候変動国際政治の 2013 年問題－日本は国際制度設計の先鞭をつけられるのか？－」世界 2008 年 6 月など。

Dr. Tae Yong Jung

Senior Economist, The Asian Development Bank (ADB), Philippines
アジア開発銀行，フィリピン

His research areas are energy and environmental modeling, clean energy financing. He has special interest in economic development and environmental concerns. He was one of lead authors of IPCC Special Report on Emission Scenario (SRES). He has been a visiting fellow at Pacific Northwest National Laboratory of USA, Economic Research Institute of Kyoto University, and National Institute for Environmental Studies of Japan. He was in Korea Energy Economics Institute. He joined Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japan in 1999, where he was a project leader for the Climate Policy Project. Before he joined the ADB, he worked at the World Bank where he was involved in the World Bank's activity on 'clean energy and development: towards an investment framework'. Dr. Jung received his Ph.D. in Economics from Rutgers University.

Prof. Fwa Tien Fang

Professor, the Department of Civil Engineering, National University of Singapore, Singapore
シンガポール国立大学，シンガポール

He received his BEng from the National University of Singapore, MASc from the University of Waterloo, Canada, and PhD from Purdue University, USA. He is currently the Director of the Centre for Transportation Research, National University of Singapore. Professor Fwa is active academically and professionally in transportation engineering and transportation infrastructure management. He is presently a Vice President of the International Society for Maintenance and Rehabilitation of Transport Infrastructure, and a Board Member of the East Asia Society of Transportation Studies. He was also the founding President of the Intelligent Transportation Society (Singapore).

花木　啓祐　（はなき　けいすけ）

東京大学大学院 工学系研究科 教授

Prof. Keisuke Hanaki

Professor, Department of Urban Engineering, The University of Tokyo, Japan

1952 年神戸市生まれ。専門は温暖化対策、廃棄物や物質フロー解析、水環境問題、ヒートアイランド対策などを中心とした都市環境工学で、地球温暖化問題を基本として都市の物質代謝の問題、環境の価値の評価などに取り組んでいる。日本水環境学会会長、環境科学会理事、土木学会理事、廃棄物学会評議員などを務める。著書に「都市環境論」（岩波書店）などがある。日本水環境学会学術賞、環境科学会学術賞を受賞。

Dr. Shobhakar Dhakal

Executive Director of the Global Carbon Project (GCP)- an international scientific program hosted by NIES, Japan
（独）国立環境研究所 地球環境研究センター

国際科学プログラムであるグローバルカーボンプロジェクト(GCP)つくば国際オフィス長。名古屋大学客員准教授。研究テーマは、都市のエネルギー利用と炭素排出のシステム解析、低炭素都市づくりの道筋とシナリオ、都市の気候政策とアジア諸都市における相互作用。環境と発展に関する国際共同研究における中国評議会（都市に関する作業部会）、国際エネルギー機関の都市モデリンググループ、地球エネルギーアセスメント、都市と気候変動アセスメントに関する国際パネルにも貢献する。GCP つくば国際オフィスは国立環境研究所に設置されている。

Dr. Rizaldi Boer

Bogor Agriculture University, Indonesia
ボゴール農業大学，インドネシア

Dr. Rizaldi Boer is a teaching staff at the Department of Geophysics and Meteorology and just appointed as the Director of Centre for Climate Risk and Opportunity Management (CCROM) of Bogor Agricultural University for the period of 2009-2013. He got his PhD from University of Sydney in 1994. Since 1995 he actively involves in many regional research activities related to climate variability and climate change. He is now also a member of Task Force Bureau of the IPCC for the GHG Inventory. Since 2001, he is frequently invited by the UNFCCC secretariat to be part of expert review team of the National GHG Inventory of Annex I countries.

藤本　淳　（ふじもと　じゅん）

東京大学 先端科学技術研究センター（RCAST）特任教授

Prof. Jun Fujimoto

Professor, Research Center for Advanced Science and Technology (RCAST), The University of Tokyo, Japan

日本電気（株）中央研究所にて、騒音振動制御技術の開発、人工衛星用振動制御材料の開発を経て、環境情報システム／環境負荷評価手法の研究開発や、エコデザインの研究に従事。世界最大級の EcoDesign シンポジウムの立ち上げ、インバース・マニュファクチャリングフォーラムの運営に携わる。2002 年 4 月より東京大学先端科学技術研究センター特任教授。著書に、『エコデザイン革命』『エコライフのすすめ』（いずれも丸善（株））、『2050 年脱温暖化社会のライフスタイル』（（株）電通）などがある。いずれも筆頭編集者。

Mr. William Wills

Federal University of Rio de Janeiro, Brazil
リオデジャネイロ連邦大学，ブラジル

He received his M.Sc. in 2007 (Energy and Environmental Planning).He is now attending Ph.D. studies in Energy and Environmental Planning at the Federal University of Rio de Janeiro. His main research interests include biofuels, energy efficiency, the transport sector, local and global environmental change and energy/greenhouse gases scenarios. He is now working on greenhouse gases inventories for cities and states in Brazil."

西岡　秀三　（にしおか　しゅうぞう）

（独）国立環境研究所 特別客員研究員、（財)地球環境戦略研究機関 研究顧問、文部科学省技術参与、中央環境審議会臨時委員

Dr. Shuzo Nishioka

Project Leader of “Japan Low Carbon Society Scenarios toward 2050”,
Senior Visiting Researcher, National Institute for Environmental Studies (NIES),
Senior Research Advisor, Institute for Global Environmental Strategies(IGES),Japan

1939 年東京生まれ。東京大学機械工学科卒、同博士課程修了、工学博士。旭化成工業を経て国立環境研究所勤務、東京工業大学教授、慶應義塾大学教授、国立環境研究所理事・参与、地球環境戦略研究機関気候政策プロジェクトリーダーを経て現職。専門は環境システム学、環境政策学、地球環境学。1988 年より IPCC などで、気候変化影響や対策シナリオ研究に従事。2004 年から 2008 年にかけては、環境省地球環境研究計画「2050 年温室効果ガス削減シナリオ研究」のリーダー、および文部科学省気候予測モデル「革新プログラム」共同研究総括を務める。
編著書:「日本低炭素社会のシナリオ—二酸化炭素 70%削減の道筋」 日刊工業新聞社。「地球温暖化と日本—自然・人への影響予測」古今書院。「新しい地球環境学」古今書院など。

Dr. Jiang Kejun

Director of Energy System Analysis and Market Analysis Research Center,
Energy Research Institute, China
国家発展和改革委員会能源研究所，中国

He received his Ph. D in Tokyo Institute of Technology in 1999. From 1993, Jiang Kejun began the research on climate change relative to energy policy analysis, which focuses on energy technology policy assessment, energy supply policy assessment, renewable energy development and energy conservation. Leading Integrated Policy Assessment Model for China (IPAC) team, he is mainly working on policy assessment. Major focus includes energy policy, energy system, energy market analysis, and climate change, local environment policies and international negotiation. Since 1997, he has worked with IPCC for Special Report on Emission Scenario and Working Group III Third Assessment Report. He is leader author for IPCC WGIII AR4 Chapter 3, and leader author for GEO-4 Chapter 2.

槌屋　治紀　（つちや　はるき）

（株）システム技術研究所 所長

Dr. Haruki Tsuchiya

The President of Research Institute for Systems Technology, Japan

東京大学工学部機械工学科卒業(1965)、同大学院博士課程修了、工学博士(1970)、株式会社システム技術研究所を設立(1979)、所長として現在に至る。著作「エネルギー耕作型文明」「エネルギーのいま・未来」「燃料電池」、論文「日本の二酸化炭素削減シナリオ」(1990)など､エネルギー利用効率の向上と再生可能エネルギーに関する研究を行っている。IPCC 第 2 次報告書（1995）の作成に協力し、2007 年度 IPCC のノーベル平和賞受賞時に IPCC より協力証書を授与された。放送大学客員教授（2002-2006）。

Prof. Priyadarshi R. Shukla

Professor in Public Systems Group, Indian Institute of Management, India
インド経営大学院，インド

P.R. Shukla is a Professor in Public Systems Group at the Indian Institute of Management, Ahmedabad, India. He holds a Ph.D. from Stanford University. He is a consultant and advisor to Governments and international organizations. He has been a member of official Indian delegation to the Conference of Parties to the UNFCCC. Prof. Shukla is a member of several international teams working on energy and environment modeling and policy studies. He is a lead author of several international reports including eight IPCC reports. His publications include twelve books and numerous publications in international journals in the areas of development, energy, environment and climate change policies.

武藤　めぐみ　（むとう　めぐみ）

（独）国際協力機構 JICA 研究所 研究員

Ms. Megumi Muto

Research Fellow, JICA Research Institute, Japan International Cooperation Agency, Japan

国際協力銀行開発金融研究所主任研究員を経て、現在国際協力機構 JICA 研究所研究員。主な研究分野は開発ミクロ経済学、特に家計や企業の行動とインフラとの関係。米国プリンストン大学 Woodrow Wilson School of Public and International Affairs 修士、政策研究大学院大学 Ph.D. candidate。

Prof. Ram Manohar Shrestha

Professor, Asian Institute of Technology (AIT), Thailand
アジア工科大学院，タイ

Ram Shrestha is currently a professor of energy economics at the Asian Institute of Technology (AIT), Thailand. Professor Shrestha serves as the Editor of International Energy Journal and as a member of the Editorial Board of Journal of Energy Engineering of the American Society of Civil Engineers (ASCE). Previously, he also served an Associate Editor of Energy-The International Journal and Energy Economics. He is a coauthor of 3 books (namely, Energy Policies in Asia, Bio-coal Technology and Economics, and Baseline Methodologies for Clean Development Mechanism Project: A Guidebook) and has published extensively in refereed international journals including Journal of Environmental Economics and Management, Energy Economics, The Energy Journal, Resource and Energy Economics, Energy Policy, and Climate Policy. He is a recipient of The Energy Journal's Best Paper Award from International Association for Energy Economics (IAEE).

平石　尹彦　（ひらいし　たかひこ）

（独）地球環境戦略研究機関（IGES）理事・上級コンサルタント

Mr. Taka Hiraishi

Member of Board of Directors and Senior Consultant, Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japan

1968 年 3 月東京大学工業化学修士、労働省入省。1971 年環境庁へ。ケニア大使館（環境・技術協力）、OECD 環境局等を経て、1998 年まで国連環境計画（UNEP）事務局勤務。現在、地球環境戦略研究機関（IGES）理事・上級コンサルタント、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）ビューロー委員・温室効果ガス・インベントリータスクフォース共同議長など。

Dr. Jae Edmonds

Chief Scientist and Laboratory Fellow at the Pacific Northwest National Laboratory's (PNNL) Joint Global Change Research Institute, and Adjunct Professor of Public Policy at the University of Maryland at College Park

パシフィックノースウェスト国立研究所，米国

He is the principal investigator for the Global Energy Technology Strategy Program to Address Climate Change, an international, public-private research collaboration. His research in the areas of long-term, global, energy, economy, and climate change spans three decades, during which time he published several books, numerous scientific papers and made countless presentations. His most recent book, *Global Energy Technology Strategy, Addressing Climate Change*, distills more than a decade of research on the role of technology in addressing climate change. Dr. Edmonds has served in the capacity of Lead Author on every major IPCC assessment to date and presently serves on the IPCC Steering Committee on "New Integrated Scenarios". He serves on numerous panels and advisory boards related to energy, technology, the economy and climate change. His received his Ph.D. in the field of Economics from Duke University in 1975.

山形　与志樹　（やまがた　よしき）

（独）国立環境研究所 地球環境研究センター 主席研究員

Dr. Yoshiki Yamagata

Special Senior Researcher, Center for Global Environmental Research (CGER), National Institute for Environmental Studies (NIES), Japan

1961 年、神奈川県生まれ。東京大学教養学部広域科学科卒業（学術博士）。国立環境研究所において、主任研究員、総合研究官等をへて、2006 年より地球温暖化リスク評価研究プロジェクトに取り組む。この間、東京大学・北海道大学・筑波大学等非常勤講師、IPCC「土地利用・土地利用変化および森林」主任執筆者、国際科学会議 GCP 科学推進委員、日本学術会議 IGBP、IHDP 委員、環境省他で検討会委員等を務める。専門は、生態系リモートセンシング、国際レジーム分析、土地利用分野における温暖化対策の評価など。

甲斐沼　美紀子　（かいぬま　みきこ）

脱温暖化社会に向けた対策の統合評価プロジェクトリーダー
（独）国立環境研究所・地球環境研究センター 温暖化対策評価研究室 室長

Dr. Mikiko Kainuma

Project Leader, Climate Policy Project, Center for Global Environmental Research (CGER), National Institute for Environmental Studies (NIES), Japan

京都大学工学部卒業。工学博士。1990 年より温暖化政策評価のための統合評価モデル（AIM）の開発に従事。アジア地域の研究機関と共同して AIM モデルを用いたアジアの温室効果ガス排出削減シナリオの構築や環境保全と経済発展温暖化対策としての緩和策と適応策の両面を考慮に入れた政策の評価などを実施。IPCC 第 4 次評価報告書、UNEP・GEO4 の主執筆者。

増井　利彦　（ますい　としひこ）

（独）国立環境研究所 社会環境システム研究領域 統合評価研究室 室長

Dr. Toshihiko Masui

Head of the Integrated Assessmant Section, Social and Environmental System Division, National Institute for Environmental Studies (NIES), Japan

1970 年生まれ。大阪府出身。専門は環境システム。大阪大学大学院工学研究科で学位を取得し、国立環境研究所で地球温暖化研究に携わるようになって 10 年以上になる。国立環境研究所では、温暖化問題や廃棄物研究など様々な環境問題を、社会・経済の諸活動の中でとらえ、環境問題を解決するための対策や政策を検討する統合評価モデルの開発に取り組んでいる。また、構築した統合評価モデルを用いて、環境、経済、社会を対象とする将来シナリオの作成にも携わっている。2000 年からは東京工業大学大学院社会工学専攻との連携教員として、週に一度は講義や論文指導も行っている。

脱温暖化 2050 プロジェクト成果物一覧

1. 研究成果

1.1 2050 日本低炭素社会シナリオ：温室効果ガス 70%削減可能性検討
1.2 低炭素社会に向けた 12 の方策
1.3 Japan Scenarios and Actions towards Low-Carbon Societies (LCSs)（1.1 と 1.2 の合本：英文）
1.4 低炭素都市の実現へ向けての解析
1.5 地球環境　Vol.12 No.2 / 2007　低炭素社会のビジョンと実現シナリオ　　（社）国際環境研究協会
1.6 Climate Policy -modeling long-term scenarios for low-carbon societies- Vol.8 Supplement 2008 論文掲載（英文）

2. 出版

2.1 「2050 脱温暖化社会のライフスタイル　－IT 社会のエコデザインー」
東京大学 RCAST 脱温暖化 IT 社会チーム・電通消費者研究センター編纂
2.2 「日本低炭素社会のシナリオ　二酸化炭素 70%削減の道筋」　西岡秀三編著　日刊工業新聞社
2.3 Proceedings of the First Workshop of Japan-UK Joint Research Project “Developing Visions for a Low-Carbon Society through Sustainable Development” CGER-Report, CGER-I071-2007（英文）
2.4 Aligning Climate Change and Sustainability - Scenarios, modeling and policy analysis - (AIM, 2007) CGER-Report, CGER-I072-2007（英文）
2.5 我が国における再生可能／分散型エネルギー導入戦略への提言 CGER-Report, CGER-I082-2008
2.6 ～低炭素社会づくりに向けて、私たちがすべきこと～低炭素社会に向けた 12 の方策（2008.8.1~31, 環境省チームー6%主催　日本科学未来館企画展示「みんなの地球展 2008」解説パンフレット）（冊子媒体のみ）

3. 日英共同研究プロジェクト「低炭素社会の実現に向けた脱温暖化 2050 プロジェクト」（英文のみ）

3.1 第 1 回ワークショップ･シンポジウム｢持続可能な発展につながる低炭素社会ビジョンの構築｣(2006 年 6 月)
Workshop Summary／Executive Summary
3.2 第 2 回ワークショップ・シンポジウム「持続可能な低炭素社会の達成に向けて」（2007 年 6 月）
Workshop Report／Executive Summary
3.3 第 3 回ワークショップ・シンポジウム「低炭素社会への道筋」（2008 年 2 月）
Full Report／Call for Action & Executive Summary of the Third Workshop／
Roadmap to Low-Carbon World -Countermeasures and Scenarios for each Country / region-

4. LCS リサーチブックレットシリーズ

4.1 脱温暖化社会に向け―2050 年からのバックキャスティング（和文／英文）
4.2 Country-Specific Long-Term Emissions （英文）
4.3 Development of Japan Low Carbon Society Scenarios（英文）

5. 研究成果報告書

5.1 平成 16 年度研究成果報告書（ディスカッションペーパー）（和文／英文）
5.2 平成 17 年度研究成果報告書（ディスカッションペーパー）（和文／英文）
5.3 平成 18 年度研究成果報告書（ディスカッションペーパー）（和文／英文）
5.4 平成 19 年度研究成果報告書（ディスカッションペーパー）（和文／英文）

Outcomes of Japan Low-Carbon Society Scenarios toward 2050 Project

1. Research Results

1.1 Japan Scenarios and Actions towards Low-Carbon Societies (LCSs)

1.2 Climate Policy - modeling long-term scenarios for low-carbon societies - Vol.8 Supplement 2008

2. Publication

2.1 Proceedings of the First Workshop of Japan-UK Joint Research Project
"Developing Visions for a Low-Carbon Society through Sustainable Development" CGER-Report, CGER-I071-2007

2.2 Aligning Climate Change and Sustainability - Scenarios, modeling and policy analysis - (AIM, 2007) CGER-Report, CGER-I072-2007

3. The Japan-UK Joint Research Project on Achieving a Sustainable Low-Carbon Society

3.1 The 1st Open Symposium and Expert Workshop
"Developing Visions for a Low Carbon Society through Sustainable Development"(June, 2006)
Workshop Summary／Executive Summary

3.2 The 2nd Open Symposium and Expert Workshop *"UK-Japan Achieving a Low Carbon Society"*(June, 2007)
Workshop Report／Executive Summary

3.3 The 3rd Open Symposium and Expert Workshop *"Roadmap to a Low Carbon World"* (February, 2008)
Full Report／Call for Action & Executive Summary of the Third Workshop／
Roadmap to Low-Carbon World -Countermeasures and Scenarios for each Country / region-

4. LCS Research Booklet Series

4.1 Backcasting from 2050 (LCS Research Booklet No.1)

4.2 Country-Specific Long-Term Emissions (LCS Research Booklet No.2)

4.3 Development of Japan Low Carbon Society Scenarios (LCS Research Booklet No.3

5. Interim Reports of "Japan Low-Carbon Society Scenarios toward 2050" Project

5.1 Interim Report 2004

5.2 Interim Report 2005

5.3 Interim Report 2006

5.4 Interim Report 2007

アンケート結果

※　お一人のご意見ごとに区切り線———を入れております。

Q1.　低炭素社会を実現するために、特に何が重要だとお考えでしょうか。また、どのような研究が必要でしょうか。

・インセンティブ経済性／利便性を与える（損なわない）ようにするには、各分野で何が必要か（障壁）を解明する研究
・日本のエネルギー自給率 50%up 達成の研究
———
・2050 プロジェクトの成果を周知させること。低炭素社会実現の可能性を全国民に理解してもらったうえで、必要な負担の理解を得ること。政府一体で制度、財源問題にとり組むこと。国民の消費行動に関しては、将来的には教育が一番重要。2050 年に低炭素社会が実現したとして、国民生活が豊かになるためには、物質的欲望を満すことより精神的な豊かさを求める社会にすることが重要。
———
・低炭素社会構想を理解して支持する議員、政党が増え、それらの議員、政党を有権者が支持すること。対策をとらない場合のコストを明示する研究が必要。できればシナリオごとのコスト差なども出るとベスト。そうすると対策をとるコストと比較しやすくなる（日本版スターンレビュー）。
———
・明確な根拠に基づいた削減数値目標。2050 年 50%削減を確定的な目標とするなら、中期目標もある程度自動的に決まってくると思われる。科学的根拠に基づいた国ごとの削減数値目標に関する研究が必要であると思う。
———
・日本が 2050 年までに 60～80%削減するという目標を、なにがなんでも実行していくことである。他国を先導すべきである。
———
・世界のコミュニティーとコミュニティーとの間での、低炭素なライフスタイル技術の交換（コミュニティーや社会レベルでのブレーンストーミング）
・持続可能な低炭素社会の研究（既存の社会問題の解決・気候変動への適応・緩和・自然資本の回復・持続性を視点に入れた低炭素社会）
・グローバルグリーン経済の研究（間接的エネルギー消費も考慮に入れたグリーン経済のグローバルな展開。太陽電池などグローバル化しやすい製品のグローバル化によって将来的に、地域社会が空洞化しない為の仕組み（持続性）、自律的な経済の研究
———
・私見では、「温暖化」を前面に出しての LCS の主張は exciting だが emotional にも見える。
資源エネルギーの有限性（それによる従来の社会の高コスト性などエネルギー供給サイドの転換が特に必要と思う）の観点から、より logical なアプローチを強めるべきだと思う。この点では、パラダイムシフトの重要性が論じられたのは、私にとっては収穫であった。
———
・今後　様々な技術開発が必要になると思いますが、それは大きなバリアではないと思います。難しいのは “そういう社会をどう作っていくか”です。考え方の転換が必要かと思います。今回の研究の精度を高めていくことも重要かと思います。
———
・2050 年の長期目標に向けて、中短期の目標設定が必要である。そのためにも、民生・産業・交通部門等の各々の部門での目標設定及び具体的な技術開発が重要であると思われる。
———
・「環境を考えて行動している人達」が「得」をする、「尊敬される」社会的価値観の構築が必要だと思います。
———
・「見える化」の推進
個人の意識は、まだまだ低いのではないでしょうか？従って、政府、国際社会の政策も進まないと思います。
・「食料の確保」との関係で、農業分野における研究（吸収・排出抑制）
———

・小中学校での教育：教師の教育（正しい知識）・専門家が直接授業・指導を行う
・気候変動の詳細なシミュレーション
・エネルギー利用について、国際的コンセンサスが必要
・代替エネルギーの開発
・人口問題
———
・省エネの技術開発が必要と考える。ただし、コスト削減が重要と思う。費用対効果がないと家庭においても導入はむずかしい。研究イコール各方面の技術者との共同研究がもっと必要。
———
・実現の可能性については、今回の研究で示されたが、それを如何にして施策にするかが大切。特に国の政治家の役割が重要となる。また、地方レベルも同様である。文化としての側面も重要。人間の生きざま、人は何の為に生きるのかと云った哲学的な思考も、考え方のベースとして必要である。
———
・ICT チームの藤本先生の発表にもあったが、人々のメンタリティをどう変化させるか、という点が今後は大切になるのではないでしょうか。科学的な研究の成果が実社会に浸透するには時間がかかるものですが、低炭素社会実現と温暖化については、こんな悠長なことをしている時間は無いという感があります。
———
・色々話の中にあったように人々の低炭素化のための意識改革が必要だと思う。そのためには“無駄”が“見える化”されて、何を減らすことが必要かということをみんながわかることが大切だと思う。
———
・どういう世界を画き、それに向けてどういうシナリオが必要か、そしてそのための研究が重要であることは、言うまでもないことだと思います。しかし、問題は誰が低炭素社会を実現するのかが、一番重要な問題だと思います。国がするのか、事業者が行うのか、国民が行うのか、それは誰でもなく、この地球に生きとして生きている我々人類一人一人（例外なく）考えなければ、実現できないことだと思います。誰かがやればよいという問題でなく、すべての人類です。そのためにはもちろん、こういった研究についても一般の人にもわかりやすい言葉で情報を与え、考えさせることが必要だと思います。例えば、学校の教育へ取り入れることはもっとも重要なことと思います。
———
・大変にすばらしいビジョンが描けたと思います。具体的にどんなアクションをおこしてゆくか、みんなで考える時期と思います。開発されたモデルをベースとして（メディエータとして）議論をし、新しいアイデアを生み出してゆくようなことはできないでしょうか。
———
技術の革新はもちろんですが
・社会（産業・経済）の仕組の変革とその方法…各部門がどのように円滑にローコストで変革していけるか。
・無関心層への普及、前向きな取り組みへの誘導。
———
・経済的なインセンティブをともなったエネルギー政策（C&T、環境税による持続可能なマーケットを形成）持続可能な再生可能エネルギーを中心としたエネルギー供給システムの構築（市場形成）。エネルギー・セキュリティーの観点からもエネルギー自給率の向上が重要。費用負担に関する国民の合意形成。
———
・国のしっかりとした政策の設定及び推進
・国民の意識を高める
———
・省エネの技術革新。炭素税。Cap & trade、都市計画。それぞれどのくらいのコストがかかり、だれが、どう負担すべきか、先進地はコスト負担をどうしているのかを研究してほしい。
———
・技術的に実現可能かどうかを検証することはもちろん必要ですが、実現した際の生活のイメージ、実現のためのコストを具体的に示し、またそれをどういう形で負担することになるのか（税金か公共料金か個人の出費か）を理解してもらうことが重要だと思います。シナリオ分析は興味深いところですが、上記に加え、実現した時の他の関連指標（たとえばエネルギー輸入依存度）もあれば評価も変わってくると思います。
———

・12 年前の削減の必要性の訴えのみがクローズアップされていた頃から比較して、全体のビジョンやシナリオが明確になってきたことは非常に重要な進歩だと思います。意識のある層に対しては少しずつ具体的な情報、取組みなどが開示されるようになってきていますが、一般的にはまだまだ浸透させ得てないと思います。学術レベルと社会実現レベルとの間の溝をどのように扱うのか、その Gap を埋めるための方策は何なのかがこれからの課題であると感じました。

———

・真に豊かな生き方や他者を思いやる心を大切にする価値観を育てるような教育

———

・技術を普及する制度とその研究
・「大電力会社」のコンバージョン・プラン
・今ある商品で、CO_2 が下がり、利益も上がるという小さな成功体験を科学的に評価する。

———

・2050 年で 60～80%削減は日本にとってはたいへん挑戦的で思い切った削減ですが、それでもなお途上国が納得するものであるかはわかりません。中長期的に見て、世界の人々ひとりあたりに許容される CO_2 排出量ならびに各国が工業化以降累積的に排出してきた CO_2 量にも配慮した目標値の研究が必要と思います。

———

・様々な要素的技術開発の成果（各種電池、ICT、それらの応用機器 etc.）を集積化して社会においてその効果を実証するための税制を含めた新制度整備、それを推進する省庁連携、“社会”を提供する（地方）自治体の協力。
・小学校～中学校における教育カリキュラムに LCS の枠を入れること。

———

・炭素に価格をつけること
CO_2 を排出することで発生する負の影響のコストを、経済に内部化する事が重要だと思う。

———

・“国民に希望を持たすためのプロジェクト”との目標からすれば、プロジェクトは成功だったと思います。ただ本当に 50（60～80）%減の低炭素社会を目指すなら、もう少しリスクを考えたシナリオ、（例えば 2050 には石油とガスは 0 とか、日本の食料自給率が 70%になっているとか）を考えたときの社会を A と B の他に C として画き、それへの 12 or もっと多くの方策を提示してほしいと思いました。

———

・地球温暖化対策地域実行計画を検討中の立場から：
不確実性の高い民生家庭部門の実体把握、目標に対する精度の高いフォローアップが必要です。現状では、家庭部門のエネルギー消費量は、家計調査、住宅、土地統計などから推計されますが、市民一人一人がインセンティブを受ける情報を提供することは難しいのが実態です。

———

・Social Life Style の改善：貧困問題解決、持続成長と温暖化防止を成立させる研究

———

・低炭素社会を実現することの正統性と実現可能性を示すこと。今回の研究はその視点からもすばらしい！

———

・政策課題の優先順位として低炭素化が高い位置を占める人に対しては十分な研究があり、今後は高齢化や産業発展など他の分野に関心の高い人にも相乗りを促すような学際的研究

———

・全国民あげての取り組み。政府等リーダーシップをとるべき立場にある方の、目に見える努力。

Q2. 低炭素社会実現に、何か参考になる事例をご存知でしたらお書き下さい。

・埋立地で発生するガス利用
・バイオマス CHP （発電のみでは効率低すぎる）

———

・家の建て替えで、太陽光発電をとり入れることにしたが、業者から聞くと技術開発はあまり進んでいないようである。技術部門では開発を進めているのであろうが、現実には当面は大量生産にたよる価格低下を目指す方向のようである。皮相的にみれば、革新的技術の開発には相当の努力が官民ともに必要であると思われる。

———

・ソーラーカーテン(10 万円でおつりのくる後付けソーラーハウス）:
既存住宅に対する、建て替えによらない、簡単な断熱・パッシブソーラーへの生活者の費用負担の少ない低炭素化事例（現状→建替までの過渡期の対策）　blog"僕のメタン発酵"
http://bokumeta.blogspot.com/
・商工会の低炭素社会づくり部会：　日本の経済団体で最も会員数が多い。　地域への連携力の強い商工会に低炭素社会づくりの地域への展開を目的に新規の部会を設立した事例。HP "エコの木プロジェクト"（筑西市明野商工会エコの木プロジェクト部会）http://sites.google.com/site/ekonoki/
———
・参考になるかどうか分かりませんが、総合電機メーカーの電力部門ではスマートグリッドがホットな話題です。
———
・昨年訪問したストックホルム、コペンハーゲン、ミラノといったヨーロッパの都市は自転車用道路、電気自動車が､すっかり街になじんでいます｡(日本でもできることから　始められないのでしょうか～？)
———
・個人と社会の両方が大切。自分も個人として省エネの努力をして居り、それなりの成果が得られている。（電気・ガスで前年比 18%削減）　家族全員の理解と協力が欠かせない。
———
・まだ未確認な状態ですが、HOSP というグループが発足した事に期待しております。
（H 本当は　O 大人だって　S すごいんだぞ　P プロジェクト）
———
・2050 年自然エネルギービジョン　http://www.re-policy.jp/
・エネルギー永続地帯　　http://sustainable-zone.org/
（地域毎のエネルギー自給率指標）
———
・スペインの自治体は、各家庭の省エネ対策について総合的に相談にのる「コンシェルジェ制度」をもうけているとか。
・ドイツや中国の新興企業による太陽電池開発・生産
・米シリコンバレーの新興自動車メーカーによる電気自動車の開発。
・欧州各国の「脱原発政策」の見直し　など。
———
・米国の鉄鋼労連は、風力やソーラーが、鉄をたくさん使うという理由で「グリーン・リカバリー」をすすめた。このように高炭素産業でも貢献できる道筋を作ってあげることが大切では。
———
・特定非営利活動法人 APEX では、アジアに適合的な、バイオマスの低コストの熱化学的ガス化の技術開発に取り組んでおり、またその技術も利用した、ジャトロファの複合的利用による環境保全型地域開発（荒れ地の緑化、軽油代替燃料生産、廃棄物のガス化発電、廃熱利用海水淡水化）の事業もインドネシアで始めています。参考になると思います。
———
・日本には「もったいない」と同様、“産霊”の精神的、哲学的支柱があった。LCS 実現に向けた意識の方向付けに資するものとなるはず。
・経産省の技術戦略マップにそれを延長するものとして作成されているアカデミックロードマップ。
———
・卑近な例ですと、電気製品の省エネと、太陽光発電・燃料電池となりますが、よくご存じのことで、特に新しいものではありません。
・化学メーカーの研究として、CO_2 からプラスチックを作る研究をしているとのことで、印象に残っています。
———
・藤野さんの講演にありましたが、次世代省エネルギー基準住宅、太陽光発電の利用は、家庭部門のエネルギー消費量削減に有効です。
———
・環境配慮契約法の範囲を拡大する。
建築の設計　→　（設計、建築、メンテ、すべてに拡大）
官だけ　→　（地方公共団体／民間）義務付け

Q3. 本日のシンポジウムのご感想をお書きください。

・エネルギーコストの長期的な上昇を盛り込むと、それだけで長期的展望は大きく変わるのではないかと思います。

———

・一部しか参加できなかったが、どのような観点で研究を進められたかよく理解できた。フロアとの質疑も内容があり、よいシンポであったと思う。ただ、参加者はかなりこれらの問題にタッチされておられたり、関心の高い方々と思われ、理解を深めるのに役立ったものと思うが、一個国民に対する問題も十分に図って頂きたいと思う（政府各省の施策についても同様）。取り扱うのが難しいが、低炭素社会に至る国民負担の問題も今後の課題であると考える。

———

・蟹江氏の話で、次の点が、不明と思いました：
日本で減らすパスが、世界の排出パスと独立なような印象を受けました。今後の説明の改善をよろしく願います。

———

・「2050 年 70%減」の成果は、この国際交渉のタイミングに実にいいタイミングで発表され日本人の一人として世界的に誇れるすばらしい内容だと思っています。交渉において必ずしもリーダーとはいいがたい日本の姿勢の中で、国内において 2050 年に 70%削減が技術的、コスト的に可能だと示したことを活かせる交渉結果になってほしいと切に願っています。

———

・2050 年 50%削減のためには非附属書Ⅰ国で 23%の削減が必要という報告があったが、中国・インド・タイの研究者の報告ではいずれの国も 2050 年の段階で増加していた。どの非附属書Ⅰ国が削減分を引き受けるのかが疑問に思った。

———

・それぞれの発表に対しコメンテーター及び会場からの質問を受けており、良かった。

———

・IT でナビゲートする低炭素社会でのディスカッション：
もっと、いろいろな側面から議論する必要がある。⇒即効性のある手法を数多く発見できそう！！

———

・世界各地域における社会的状況が均質でないことをあらためて認識し、その中で LCS への道のりにおいては、日本／アジアが大きな役割を担う必要があることを強く感じた。
日本　　—　アジア諸国の「先生」としての役割
アジア　—　Population, Area 等の割合の地球上の比率の大きさ故に、LCS への Contribution が大きいという意味で

———

・大変有意義でした。
藤本先生の“過食症”のたとえは、なるほどと思いました。病気になっているのに気が付かず、食べ続けているのかもしれません。ありがとうございました。

———

・我が国の脱温暖化 2050 の最先端の状況及びアジアの動向について聴講することができ、非常に良かった。業務の参考にして行きたい。有難うございました。

———

・講演内容も充実し、とても興味深く拝聴させて頂きました。事務局のご対応、進行もスムーズで素晴らしかったと思います。お疲れ様でした。

———

・「2050 プロジェクト」の研究成果、各国の動向等を聴講できて大変参考になりました。今後の、国際関係のキーワードとして「LCS」が重要であると認識しました。

———

・コンパクトな都市という考え方に共感します。
・環境を考えるとき、廃棄物問題や、炭素、窒素の蓄積というような問題もありますので、LCS だけでなく、より広い範囲の影響を含むシミュレーションやプレゼンテーションがあれば、説得力が出るように思います。
・この研究をもとにして、2050 年のコミュニティーをバーチャル体験できるようなビデオなどがほしいです。

———

・2050 の方向づけ御苦労様でした。この実現の為に努力しましょう。NPO の一員として、CO_2 削減を市民に訴える活動をして居り、その為に 2050 研究、12 の方策を参考にさせて頂きます。また、市民に訴える為に自ら実行をし、「やってみれば、出来るぞ！」、議論より実行しようと努めたいです。
———
・時間的制約がある中で各チームの研究（検討）内容が良く理解できたと思います。ただ、全体として一つのテーマでのシンポジウムなので各チームの発表のすり合わせをして重複やとりこぼしを防げていれば、もっと良かったのではと感じました。といっても、皆さん大変忙しいので難しいと思いますけど。
———
・このシンポジウムに参加出来て良かったと思います。
・日々の生活の中でニュースなどで断片的な話を聞くことがあっても、詳しく研究結果を聞くことがないため。
———
・研究成果発表ということで、難しい話だと感じました。しかし、仕事柄地球温暖化に携わっていることから、大変参考となる話も聞くことが出来有意義なシンポジウムでもありました。少しでも一般の人に理解して低炭素社会実現のための行動をしてもらえるよう頑張っていきたいと思うことが出来た機会でもありました。
———
・よいアレンジでした。最新のスライドをアップしていただけるとありがたいです。
———
・2007 年に初めてお話を伺ってから、ずっと関心を持ち続ける大切なテーマになりました。本当にありがとうございます。各部門で、各自で、それぞれの視点、視野に持ち帰って具体的な取組み（行動）を起こす時にきているのではないですか、と問われている気がしました。一般層、無関心層への前向きな行動の促進など、自分が力を発揮出来る活動に今後も力を入れていきたいと思います。もちろん、消費者としても賢い選択をしていきます。
———
・LCS 研究のアジアへの展開の方向性を知ることができた。特に、中国への展開の重要性を感じた。
・2050 年シナリオの実現に向け、様々な課題が明確になった。特にエネルギー供給の課題は大きいと感じた。
———
・知識・情報を整理するのにとても役立ちました。
———
・豊富なデータをパワーポイントで示してもらい、また主に外国人研究者によるコメントが付いていて、メリハリのついたプレゼンだった。しかし、コスト面の研究が途上であるなど、これからの課題の方が多いと感じさせる報告会だった。
———
・日頃は風力、太陽光ビジネス周辺に関心が集中しているため、マクロのシナリオ分析、他部門の動向（都市、交通等）は、少し距離をおいて見ることができて参考になりました。どちらかと言えば太陽光に焦点が当たりすぎているような印象ですが、昼休みの風力に関するビデオは良かったと思います。
———
・今日はお招きいただき、ありがとうございました。多くのことを学ばせていただきました。自分は高分子科学の専門から循環型社会における材料の役割について関心を持っておりますが、今回の低炭素社会へのビジョンと物質循環の在り方をより明確にする必要があると感じました。これをきっかけに研究を深めていきたいと思います。また何かの機会があれば御指導お願いします。
———
・5 年間の御努力と成果に敬意を表します。
———
・レポートの行間が分かり、理解が深まった。
———
・5 年間にわたるご研究の成果の全体像が把握でき、運営も行き届いて大変すばらしい内容でした。
———
・LCS 実現性をシナリオを描くことで明確に示したご尽力に感服いたしました。一方、経済的、国際的な富の流れを含むバックキャスティング、具体的な科学外交的な技術（資源確保・人材の確保）を含む技術力を方向づける中期的ビジョンの 2 点をさらに追加して、幅広い分野で活用できる成果として頂きたい。
———

・とても興味深いシンポジウムでした。今後は、こうしたシナリオを実現させるために、私どものような企業など各主体が、それぞれの役割を果すことだと認識しました。
———
・良い勉強を致しました。ありがとうございました。
———
・超長期の目標をどのように考えるのがいいのか、超長期目標の意味など参考になりました。
———
・研究 teams の状況を良く理解できた。政策として実現する戦略について理解できなかった。研究だけの仕事では意味がない。
———
・70%削減は無理と考えていたが、お話を聞いて、その可能性が確信できた。次は我々が実現する番である。
———
・研究の深化を政策が見殺しにしてはいけないと、再認識しました。
———
・参考になりました。最後の西岡先生の希望はまさしくそのとおりと思います。

環境省地球環境研究総合推進費（S-3）「脱温暖化 2050 プロジェクト」シンポジウム報告書

低炭素社会への道筋：日本とアジア
―「脱温暖化 2050 プロジェクト」研究成果発表会 ―

編者：西岡秀三、藤野純一、甲斐沼美紀子
編集協力者：芦名秀一、池上貴志、岩渕裕子

発行年：2009 年

発行：国立環境研究所　地球環境研究センター温暖化対策評価研究室

本報告書は、シンポジウムの発表から印刷物を作成しました。本人の発表そのままでない部分については、主催者（報告書編者）の責任において編集しています。

当日の発表資料とレポートはホームページ（http://2050.nies.go.jp）からダウンロードできます。

Path toward Low-Carbon Society : Japan and Asia
-Results from Japan Low-Carbon Society (LCS) Scenarios Study –

Editors : Shuzo NISHIOKA, Junichi FUJINO, Mikiko KAINUMA
Contributors : Shuichi ASHINA, Takashi IKEGAMI, Yuko IWABUCHI

Published : Climate Policy Assessment Section, Center for Global Environmental Research
National Institute for Environmental Studies

This report is based on the lectures at the Workshop “Toward Low-Carbon Society : Japan Scenarios and Asian Challenge”. All errors in dictation are responsilibity for editors.

Presentation materials and this report can be downloaded from the following web address http://2050.nies.go.jp.

「2050 日本低炭素社会」プロジェクトの概要

（1）プロジェクト名

「脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案手法の確立に関する総合研究プロジェクト」（脱温暖化 2050 プロジェクト）

（2）研究期間

前期：2004～2006 年度、 後期：2007～2008 年度

（3）研究プロジェクトリーダー

（独）国立環境研究所 特別客員研究員 西岡秀三

（4）研究参加機関

（独）国立環境研究所、（独）産業技術総合研究所、（独）森林総合研究所、（財）地球環境戦略研究機関、（社）日本エネルギー学会、京都大学、慶応義塾大学、神戸大学、国際大学、滋賀大学、信州大学、成蹊大学、筑波大学、東京大学、東京海洋大学、東京工業大学、東京理科大学、東洋大学、名古屋大学、日本工業大学、文教大学、立命館大学、早稲田大学、（株）ジェイ・ケイ・エル、（株）日建設計総合研究所、日本電気（株）、日本電信電話（株）、富士通（株）、みずほ情報総研（株）、（株）三菱総合研究所から約 60 名の研究者が参画

（5）研究の概要

脱温暖化 2050 研究プロジェクトは、地球環境研究総合推進費（S-3）により、国立環境研究所が中心となって 2004 年度から実施しており、日本における中長期脱温暖化対策シナリオを構築するために、技術・社会イノベーション統合研究を行い、2050 年までを見越した日本の温室効果ガス削減のシナリオとそれに至る環境政策の方向性を提示するものである。（http://2050.nies.go.jp/index.html）

【問い合わせ先】（独）国立環境研究所 地球環境研究センター 主任研究員 藤野純一（fuji@nies.go.jp）