

アジア低炭素シナリオの開発

増井利彦

(国立環境研究所)

環境研究総合推進費S-6 一般公開シンポジウム

アジア低炭素社会へのチャレンジ

国連大学 ウ・タント国際会議場

2013年10月17日

アジア低炭素社会シナリオチームの研究参画者

- 甲斐沼 美紀子(国立環境研究所)
- 増井 利彦(国立環境研究所)
- 藤野 純一(国立環境研究所)
- 花岡 達也(国立環境研究所)
- 高橋 潔(国立環境研究所)
- 肱岡 靖明(国立環境研究所)
- 金森 有子(国立環境研究所)
- 芦名 秀一(国立環境研究所 シナリオTF)
- 藤森 真一郎(国立環境研究所 定量化)
- 朝山 由美子(国立環境研究所)
- Diego Silva Herrán(国立環境研究所)
- 亀井 未穂(国立環境研究所)
- 長谷川 知子(国立環境研究所)
- Dai Hancheng(国立環境研究所)
- 榎原 友樹(株式会社E-KONZAL シナリオTF)
- 松岡 譲(京都大学)
- 倉田 学児(京都大学)
- 河瀬 玲奈(京都大学)
- 五味 馨(京都大学)
- Janice J. Simson(京都大学)
- 日比野 剛(みずほ情報総研株式会社)
- 藤原 和也(みずほ情報総研株式会社)
- 元木 悠子(みずほ情報総研株式会社)
- 小山田 和代(みずほ情報総研株式会社 シナリオTF)
- 伊藤 浩吉(日本エネルギー経済研究所)
- 山下 ゆかり(日本エネルギー経済研究所)
- 沈 中元(日本エネルギー経済研究所)
- 松尾 雄司(日本エネルギー経済研究所)
- 永富 悠(日本エネルギー経済研究所)
- 柳澤 明(日本エネルギー経済研究所)
- 柴田 善朗(日本エネルギー経済研究所)
- 小宮山 涼一(東京大学)
- 明日香 壽川(地球環境戦略研究機関)
- 田村 堅太郎(地球環境戦略研究機関)
- 郁 宇青(地球環境戦略研究機関)
- Nanda Kumar Janardhanan(地球環境戦略研究機関)
- 倉持 壮(地球環境戦略研究機関)
- 金 振(地球環境戦略研究機関)
- 金子 慎治(広島大学)
- 市橋 勝(広島大学)
- 後藤 大策(広島大学)
- 藤原 章正(広島大学)
- 張 峻屹(広島大学)
- 小松 悟(広島大学)
- Phetkeo Poumanyvong(広島大学)
- 陳 晋(北京師範大学、中国)
- 力石 真(東京大学・カーネギーメロン大学)
- 亀山 康子(シナリオTF 国立環境研究所)
- 諏訪 亜紀(シナリオTF 国連大学高等研究所)
- 橋本 征二(シナリオTF 立命館大学)
- 松井 重和(シナリオTF みずほ情報総研株式会社)
- 加藤 博和(シナリオTF 名古屋大学)
- 中村 一樹(シナリオTF 名古屋大学)
- 白石 知恵(国立環境研究所 事務局)

はじめに

- アジアは気候、文化、経済活動等多様であるが、アジア全域での指針となるシナリオとして本試算を実施。
- なりゆき社会に対して低炭素社会では、**2050年の世界の温室効果ガス排出量を1990年比半減する**ことを目標として、世界モデルを用いて試算する。
 - 世界の平均気温上昇を産業革命前と比較して2°C以下に抑えることに対応(気候変動枠組条約COP16 カンクン合意(2010年)においても「産業化以前からの世界平均気温の上昇を2°C以内に収める観点から温室効果ガス排出量の大幅削減の必要性を認識する」)。
 - 本報告は、世界モデルを用いたトップダウンのアプローチによる試算。各国の取り組みなど、ボトムアップのアプローチによる分析は松岡譲教授の報告を参照。
 - **交通分野(方策1,2)**及び**産業分野(方策3)**、**ガバナンス・制度(方策9,10)**については、それぞれ**テーマ5(林良嗣教授)**、**テーマ4(森口祐一教授)**、**テーマ3(蟹江憲史准教授)**の成果を踏まえて定量化。

アジア主要国の削減目標

- 日本：
 - － 2050年までに世界全体で温室効果ガス排出量の削減を実現するため、日本として2050年までの長期目標として、現状から60～80%の削減。【低炭素社会づくり行動計画(平成20年7月29日閣議決定)】
 - － 主要国の削減を前提に、わが国の2020年の温室効果ガス排出量(排出量取引等を含めて)を1990年比25%削減。【国連気候変動首脳会合における鳩山総理大臣(当時)演説(平成21年9月22日)】
 - － 2013年初めに安倍首相は2020年目標をゼロベースで見直し、COP19(2013年)までに目標をまとめるように指示するも、目標は未だ策定されず。
- 中国
 - － 2020年のGDPあたりの二酸化炭素排出量を2005年比40%～45%削減
- インド
 - － 2020年のGDPあたりの二酸化炭素排出量を2005年比20%～25%削減
- インドネシア
 - － 2020年のGHG排出量をBaU比26%削減
- 韓国
 - － 2020年のGHG排出量をBaU比30%削減
- パプアニューギニア
 - － 2030年のGHG排出量をBaU比50%削減

アジア低炭素社会への「10の方策」

アジア各国では様々な対策が考えられるが、それらを10個の方策として集約し、検討。



方策1 **都市内交通**
階層的に連結されたコンパクトシティ



方策2 **地域間交通**
地域間鉄道・水運の主流化



方策3 **資源利用**
資源の価値を
最大限に引き出すモノ使い



方策4 **建築物**
光と風を活かす省エネ涼空間



方策5 **バイオマス**
バイオマス資源の地産地消



方策6 **エネルギーシステム**
地域資源を余さず使う
低炭素エネルギーシステム



方策7 **農業・畜産**
高収量・低排出な農業技術の普及



方策8 **森林・土地利用**
持続可能な地域森林管理



方策9 **技術・資金**
低炭素社会を実現する技術と資金



方策10 **ガバナンス**
透明で公正な
低炭素アジアを支えるガバナンス

叙事的なストーリーを、具体的な効果が明らかとなるように定量化。

前提とする2つの将来シナリオ

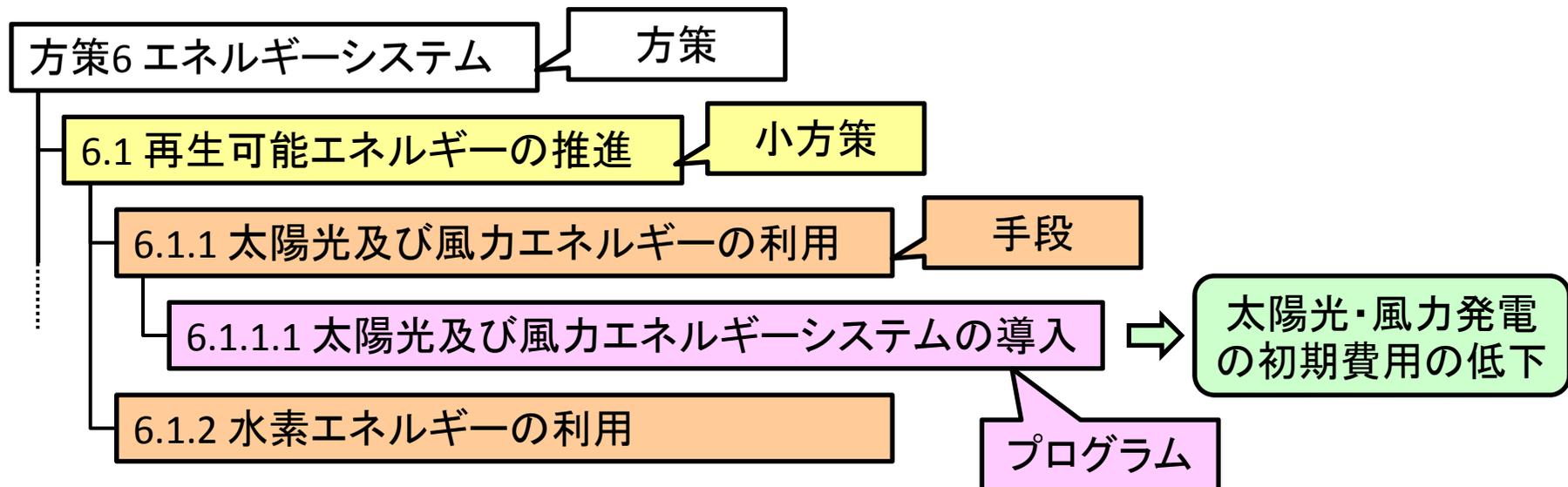
	Advanced Society Scenario	Conventional Society Scenario
全体概要	次世代の社会システム、制度、技術等に向けて変革に意欲的・積極的に取り組む社会。	社会システム、制度、技術等の変化に慎重で、社会変革にかかるトランジションコストを気にかける社会。
経済	年間成長率 : 3.27%/年 (世界) (2005~2050) : 4.16%/年 (アジア)	年間成長率 : 2.24%/年 (世界) (2005~2050) : 2.98%/年 (アジア)
人口	総人口 : 69億人 (世界) (2050) : 46億人 (アジア)	総人口 : 69億人 (世界) (2050) : 46億人 (アジア)
教育	教育の改善に積極的 平均教育年数 : 4-12年(2005年) →11-14年(2050年)	教育政策の標準的な改善 平均教育年数 : 4-12年(2005年) → 8-13年(2050年)
時間の使い方	多様なライフスタイルが混在するが、仕事やキャリアアップに費やす時間が比較的長い	多様なライフスタイルが混在するが、家族や友人との時間に費やす時間が比較的長い
労働	失業率(2075年に0%を達成)	2009年レベルに固定
政府効率性	比較的早い段階から改善	徐々にゆるやかな速度で改善
国際協力	貿易障壁や海外直接投資リスクの低減	アジア各国の協力関係はゆるやかに進む
技術革新	高い改善率	緩やかな改善率
運輸	高い経済成長率に基づく需要増	緩やかな需要増加
土地利用	スピーディーで効率的に土地改良を実施	緩やかで、用心深く土地改良を実施

どのように将来推計を行ったか？

世界を対象とする経済モデル(応用一般均衡モデル)に、各方策で検討されている個別の施策(プログラム)を組み入れて、評価する。

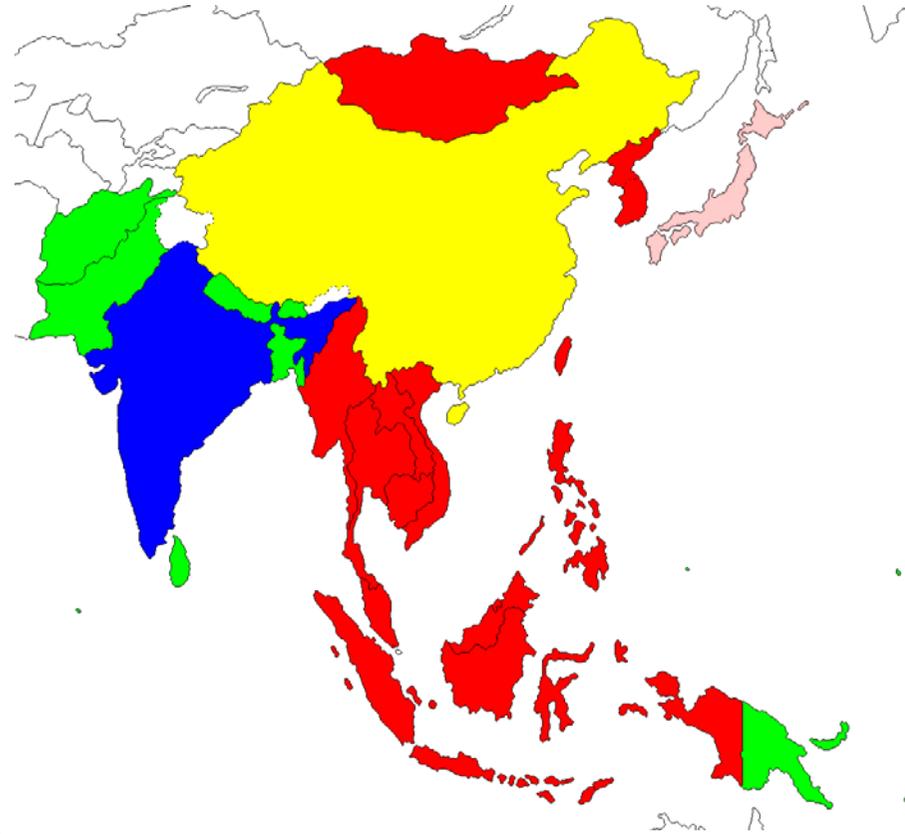
財や生産要素の需要と供給が均衡するように価格が決まる。

モデルの詳細は、Fujimori et al.(2012) AIM/CGE [basic] manual, Discussion Paper Series, Center for Social and Environmental Systems Research, NIES, 2012-01, <http://www.nies.go.jp/social/dp/pdf/2012-01.pdf> を参照。



定量化で対象とした地域

日本		JPN
中国		CHN
インド		IND
インドネシア	東南アジア+ その他東アジア	XSE
マレーシア		
フィリピン		
タイ		
シンガポール		
ベトナム		
ラオス		
ミャンマー		
ブルネイ		
カンボジア		
東チモール		
韓国		
北朝鮮		
モンゴル		
台湾		
バングラデシュ	その他アジア	XSA
ブータン		
ネパール		
パキスタン		
モルディブ		
スリランカ		
アフガニスタン		
フィジー		
パプアニューギニア		
マーシャル諸島		
ミクロネシア連邦		
パラオ		
キリバス		
ナウル		
サモア		
ソロモン諸島		
トンガ		
ツバル		
バヌアツ		



日本	EU25	ブラジル
中国	その他欧州	その他中南米
インド	旧ソ連	中東
東南アジア+その他東アジア	トルコ	北アフリカ
その他アジア	カナダ	その他アフリカ
オセアニア	米国	

モデルで定義されている部門、技術

米	その他畜産	製材	その他製造業
小麦	林業	紙・パルプ ^{注3)}	電力 ^{注1)}
その他穀類	石炭	化学製品 ^{注3)}	ガス
油糧作物	原油	石油精製 ^{注3)}	建設
砂糖作物	天然ガス	石炭転換	交通・通信
その他作物	非燃料鉱物	非金属製品 ^{注3)}	その他サービス
反芻家畜	食料加工	鉄鋼製品 ^{注3)}	燃料型バイオマス ^{注2)}
乳牛	繊維製品	非鉄金属製品	

注1) 電力は、以下の発電技術を用いて生産される。

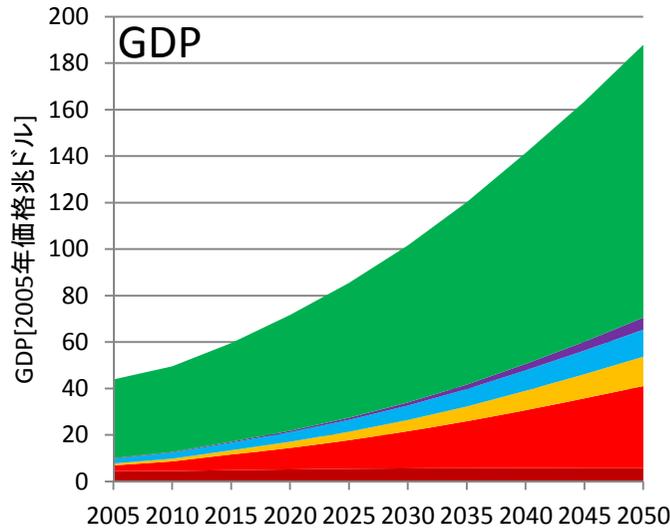
石炭火力 ^{注3)}	ガス火力 ^{注3)}	水力	太陽光	廃棄物バイオマス ^{注2)}
石油火力 ^{注3)}	原子力	地熱	風力	その他再生可能

注2) バイオマスは、以下の3種を対象としている。

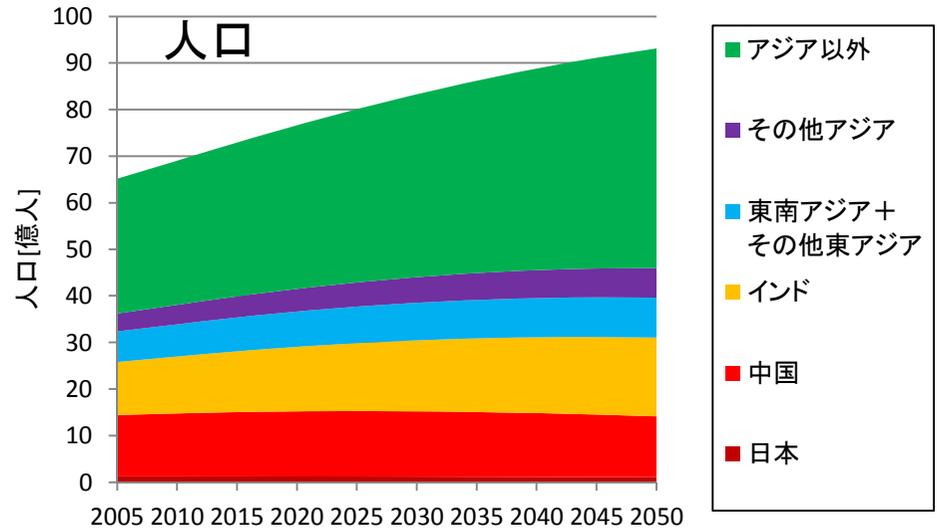
バイオマス転換(第一次世代)／エネルギー作物由来バイオマス転換(第二次世代)／
作物残渣・木材残渣バイオマス転換(第二次世代)

注3) 発電を含め、注3)の付いた部門は、生産時にCCS(炭素隔離貯留)の導入が可能な部門であることを示す。

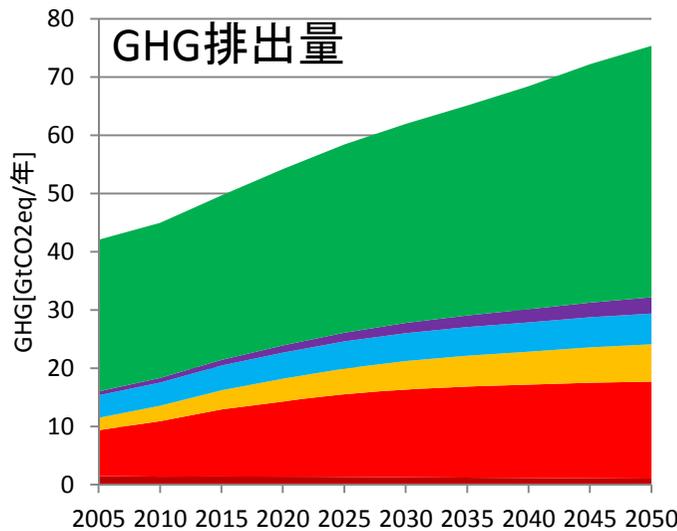
なりゆき社会のアジア



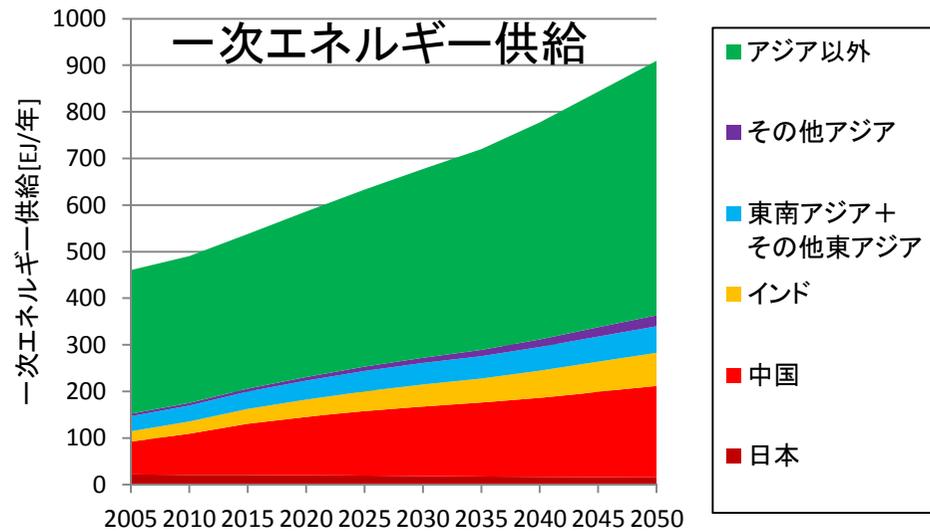
アジアのシェア: 27% (2005年) → 37% (2050年)



アジアのシェア: 56% (2005年) → 49% (2050年)

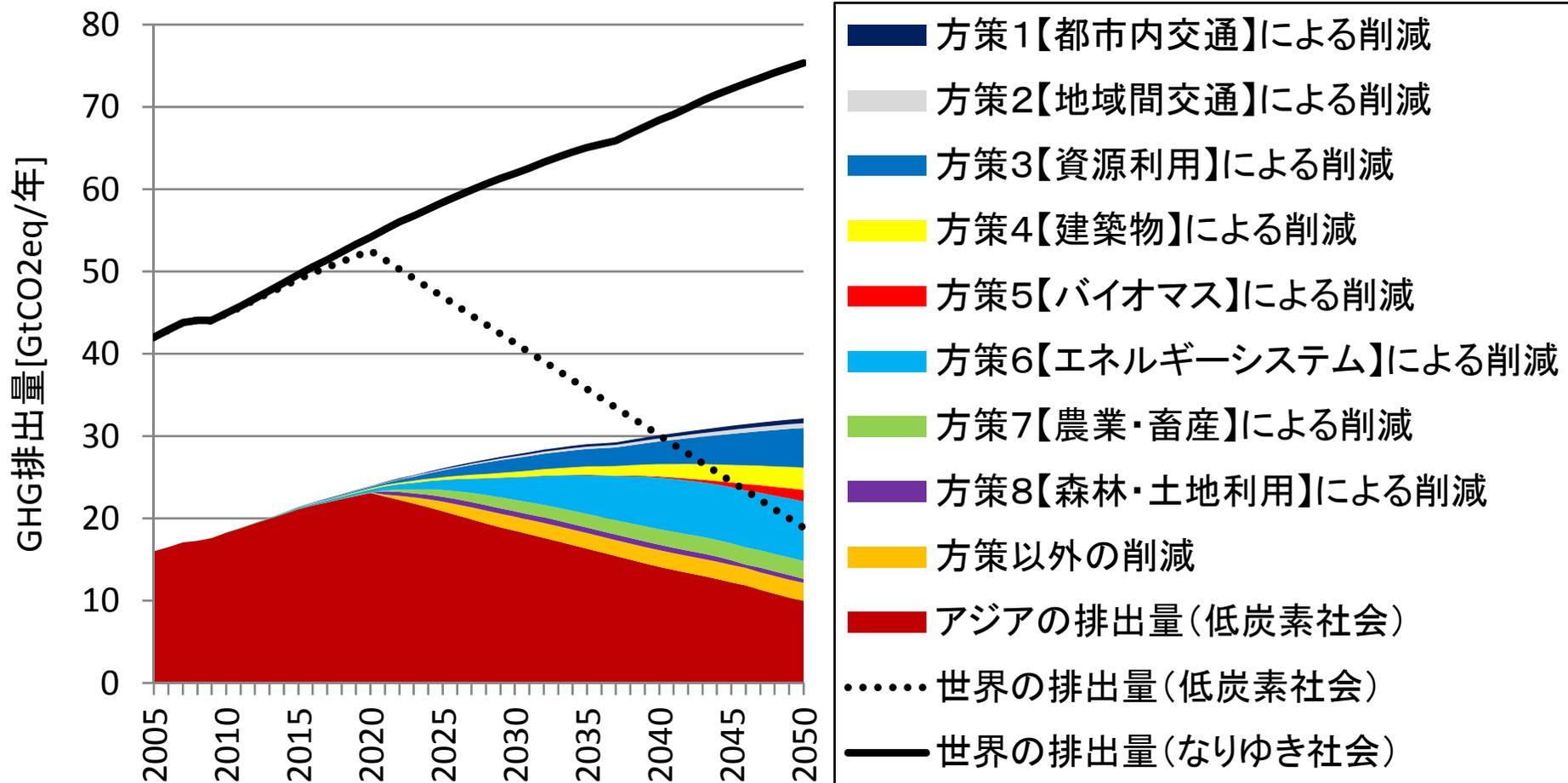


アジアのシェア: 38% (2005年) → 43% (2050年)



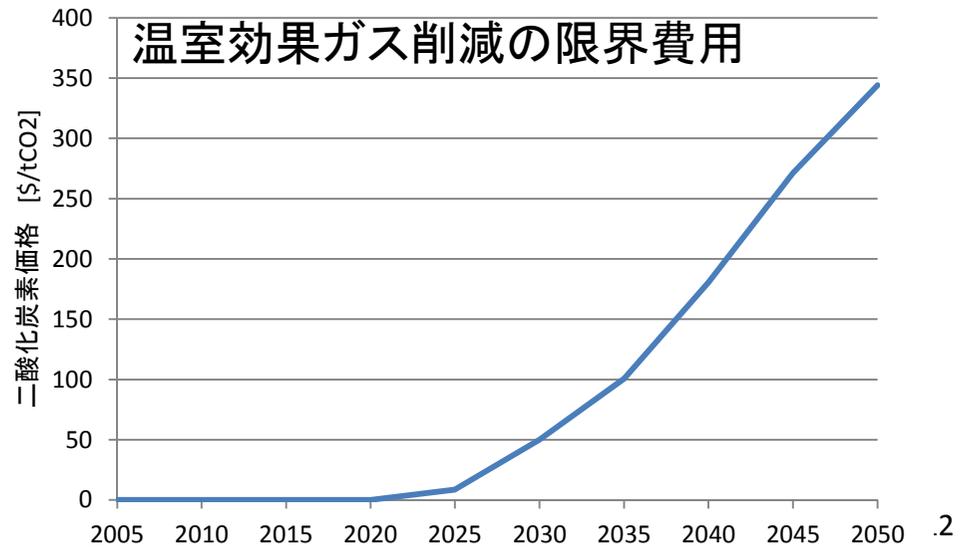
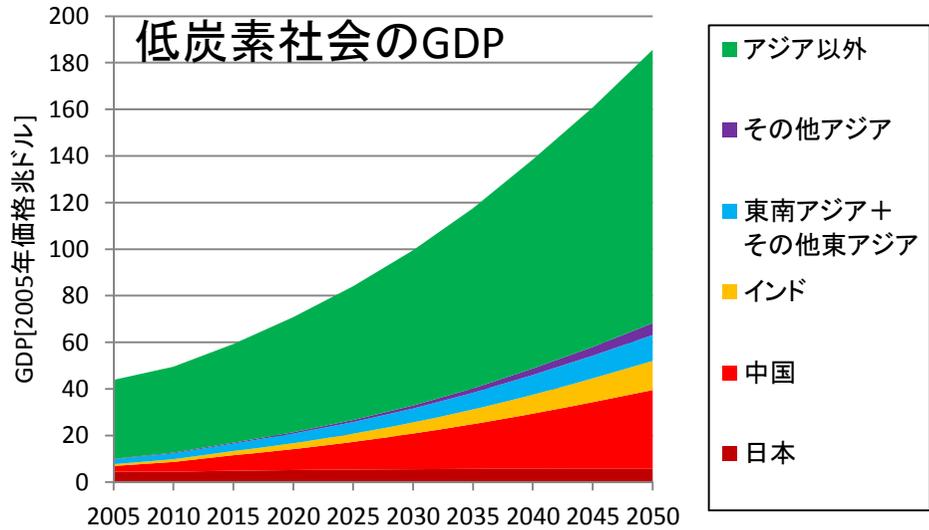
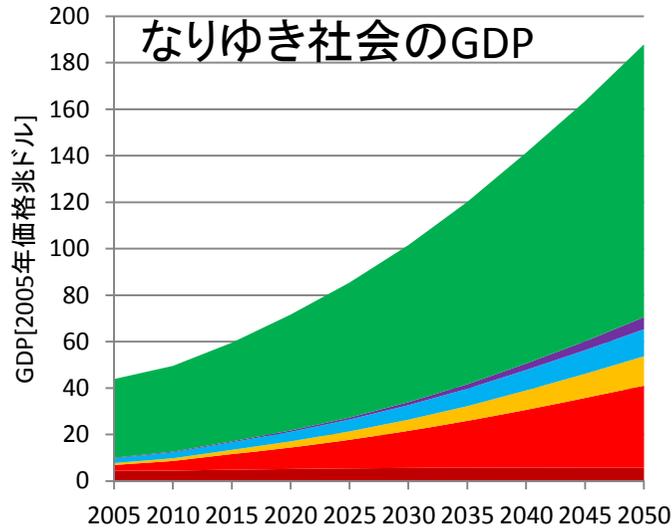
アジアのシェア: 33% (2005年) → 40% (2050年)

アジアにおける温室効果ガス排出量



なりゆき社会において、GHG排出量におけるアジアのシェアは、38%(2005年)から43%(2050年)へ。低炭素社会では、53%(2050年)に。

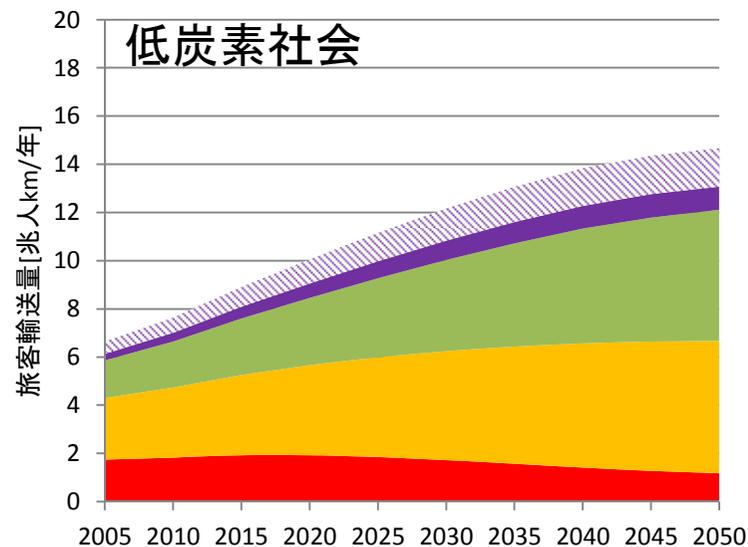
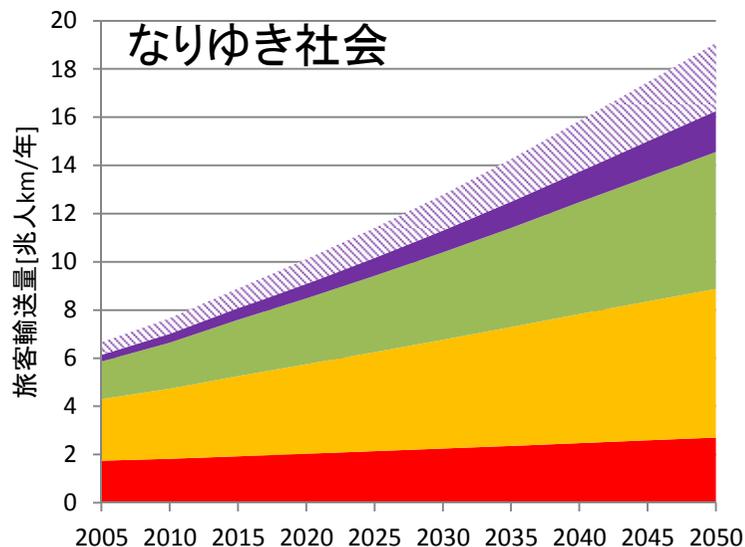
低炭素社会のアジア



方策1: 階層的に連結されたコンパクトシティ

1.1 コンパクトで階層的な中心機能配置 (AVOID戦略)	1.1.1 公共交通幹線軸上の産業拠点開発の促進
	1.1.2 都心部での乗用車利用の排除
1.2 シームレスな階層的交通システム (SHIFT戦略)	1.2.1 新規幹線公共交通網の先行整備
	1.2.2 既存端末交通システムの改善
	1.2.3 統合的な公共交通システムの運営
1.3 自動車の低炭素化 (IMPROVE戦略)	1.3.1 車両の技術改善
	1.3.2 代替エネルギーの利用促進
	1.3.3 都市内物流システムの効率化

- 単位輸送量の削減
- 効率改善
- モーダルシフト



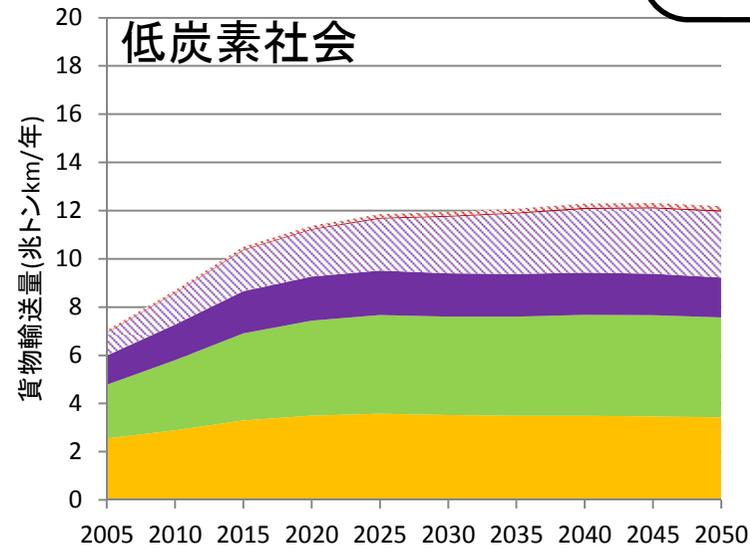
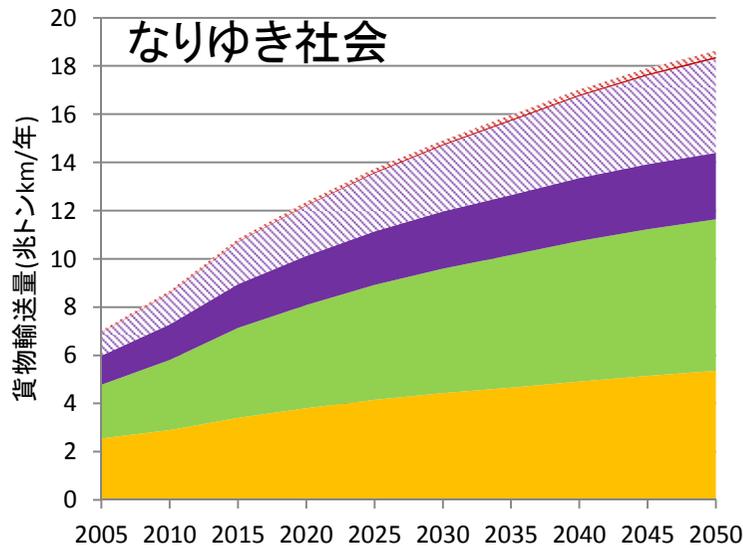
アジアにおける旅客輸送量

輸送量の減少とモーダルシフトの実現

方策2: 地域間鉄道・水運の主流化

2.1 低炭素交通システムによる空間開発(AVOID戦略)	2.1.1 貨物高速鉄道による産業コリドー形成
	2.1.2 貨物高速鉄道の幹線・端末接続拠点への産業集積
	2.1.3 交通需要発生を抑制する制度・システムの構築
2.2 鉄道・水運の整備を軸としたインターモーダルな旅客・物流交通システム(SHIFT戦略)	2.2.1 国際水運を支える港湾拠点の整備
	2.2.2 内陸における高速鉄道を支えるインフラの整備
	2.2.3 低炭素交通機関利用を促す制度の構築
2.3 自動車・航空機の低炭素化(IMPROVE戦略)	2.3.1 輸送手段の技術改善
	2.3.2 バイオ燃料開発・利用の促進
	2.3.3 船舶速度の最適化

- 単位輸送量の削減
- 効率改善
- モーダルシフト
- バイオ燃料



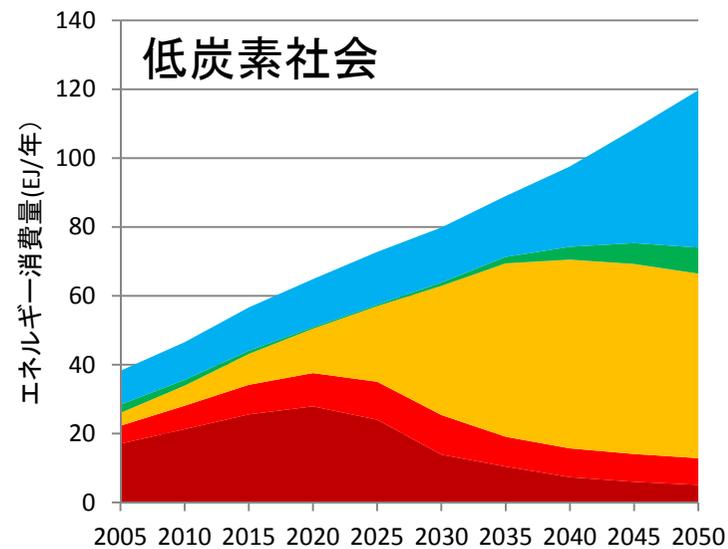
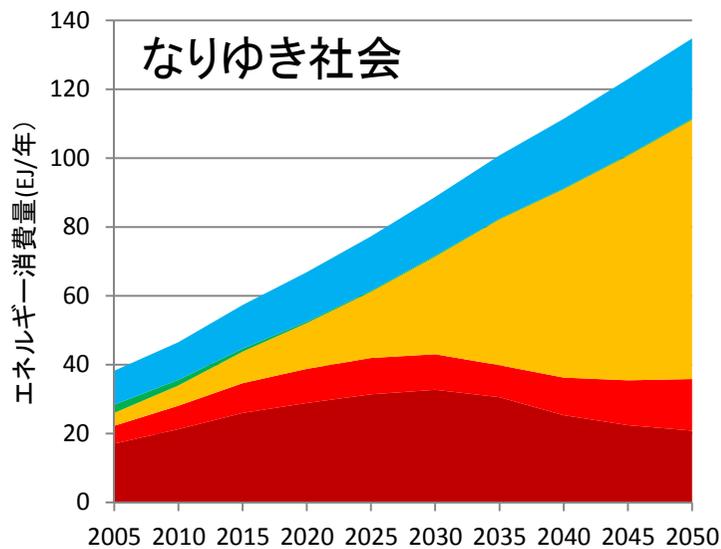
アジアにおける貨物輸送量

効率的な輸送の実現

方策3: 資源の価値を最大限に引き出すモノ使い

3.1 資源の利用を画期的に減らすモノづくり	3.1.1 軽量化・素材代替技術の開発・積極採用
	3.1.2 物質的にはシンプルだが豊かさを感じる生活の創造
3.2 寿命を長くするモノづくり	3.2.1 長寿命化技術・メンテナンスシステムの開発・積極採用
	3.2.2 長期的な視野での都市・国土の開発
	3.2.3 長寿命住宅の建設と住み替え
	3.2.4 資源消費の少ない長寿命でリサイクル・リユース可能な製品の選好
3.3 資源を繰り返し使用するシステムづくり	3.3.1 リサイクル・リユースの技術システムの開発・積極採用
	3.3.2 様々な物品のリサイクル・リユースのシステム構築
	3.3.3(3.2.4) 資源消費の少ない長寿命でリサイクル・リユース可能な製品の選好

- 効率改善
- 物質投入の削減
- 工業製品に対する選好の変化



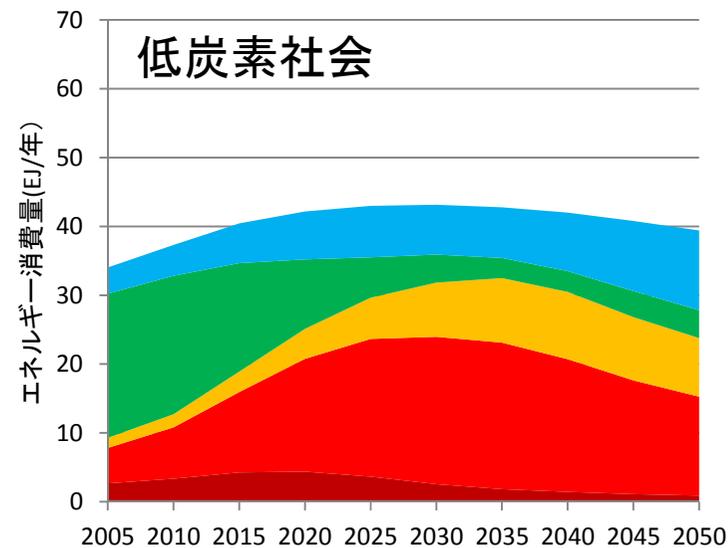
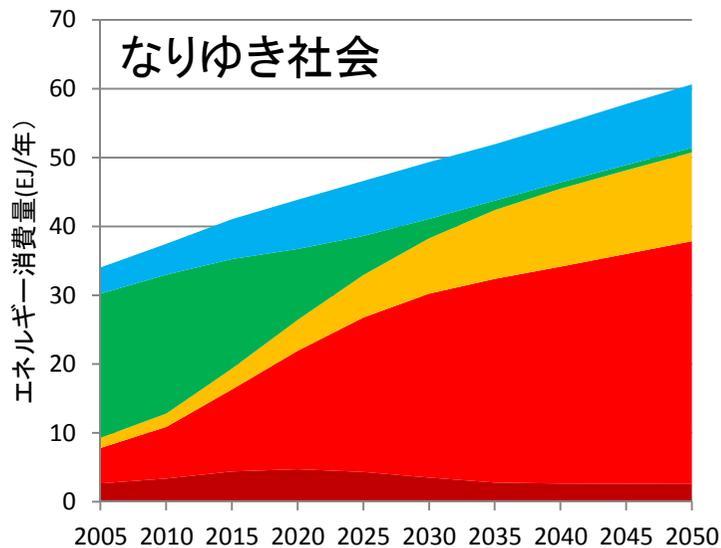
アジアにおける産業部門の最終エネルギー消費量
電化の実現とバイオマス利用

方策4：光と風を活かす省エネ涼空間

4.1 建物の高断熱化による省エネ涼空間の創出	4.1.1 建物省エネ基準の策定と新築・改築時の遵守義務化
	4.1.2 自然エネルギーを最大限に利用した快適空間の創出
	4.1.3 建物の環境性能向上に向けた財政支援制度の創設
4.2 省エネ機器導入のインセンティブ創設	4.2.1 エネルギー機器の効率向上の促進
	4.2.2 省エネ機器の総合的評価システムの開発・普及
	4.2.3 省エネ機器導入に向けた財政支援制度の創設
4.3 第三者機関の評価を通じた努力の見える化	4.3.1 省エネ努力の評価システムの構築と運用
	4.3.2 省エネ努力の見える化結果に基づくインセンティブ制度の創設
	4.3.3 省エネ活動に関する教育と知識共有の促進

効率改善

冷暖房需要の削減



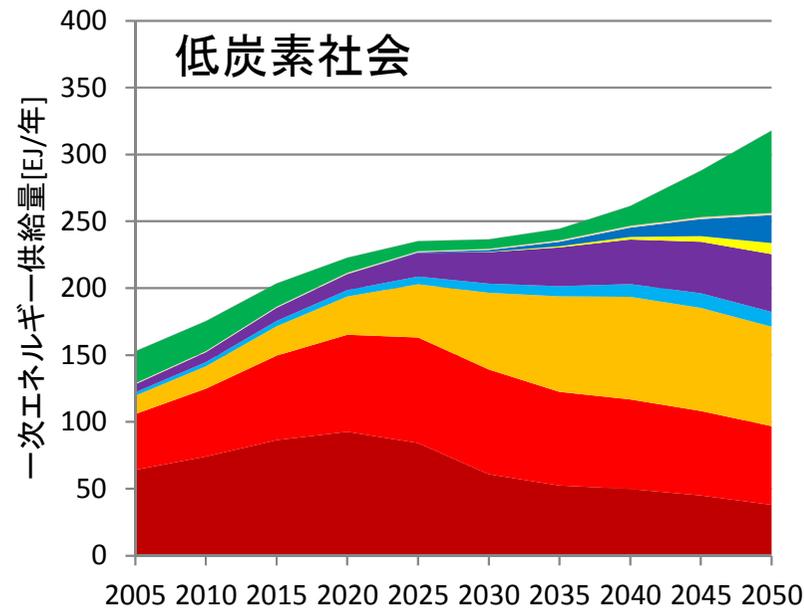
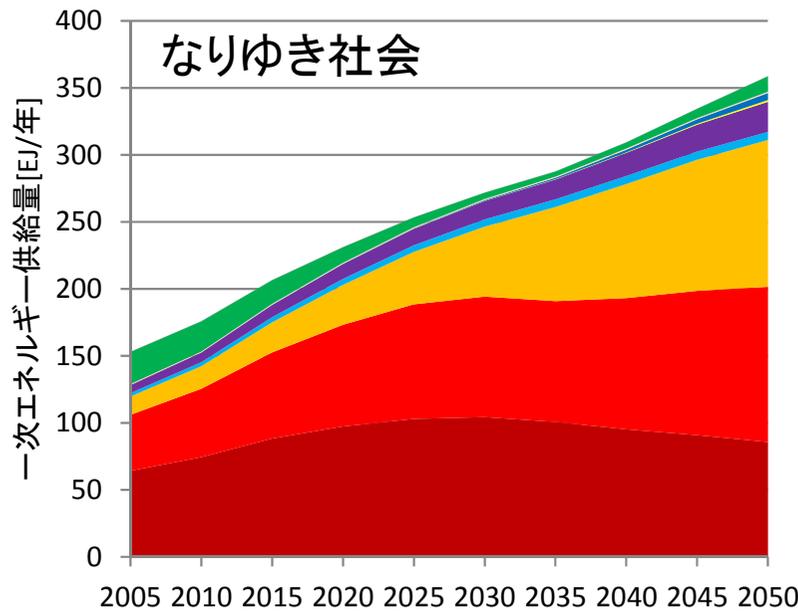
アジアにおける民生部門の最終エネルギー消費量
大幅な省エネを実現

方策5: バイオマス資源の地産地消

5.1 食糧生産と競合しないバイオマスの持続的利用	5.1.1 バイオマス生産技術の改良
	5.1.2 持続可能なバイオマス生産に向けた土地利用
	5.1.3 バイオマスCCSの技術開発と導入
5.2 地域資源を活かした農村の自立的エネルギー供給システムの確立	5.2.1 バイオマス利用エネルギーシステムの設計・導入
	5.2.2 自立的エネルギー供給システムの便益の可視化
5.3 バイオマスの高度利用による住環境レベルの改善	5.3.1 家庭における高効率かまどの普及
	5.3.2 新型バイオマス技術の普及

バイオマスエネルギー導入

CCS導入



アジアにおける一次エネルギー供給量

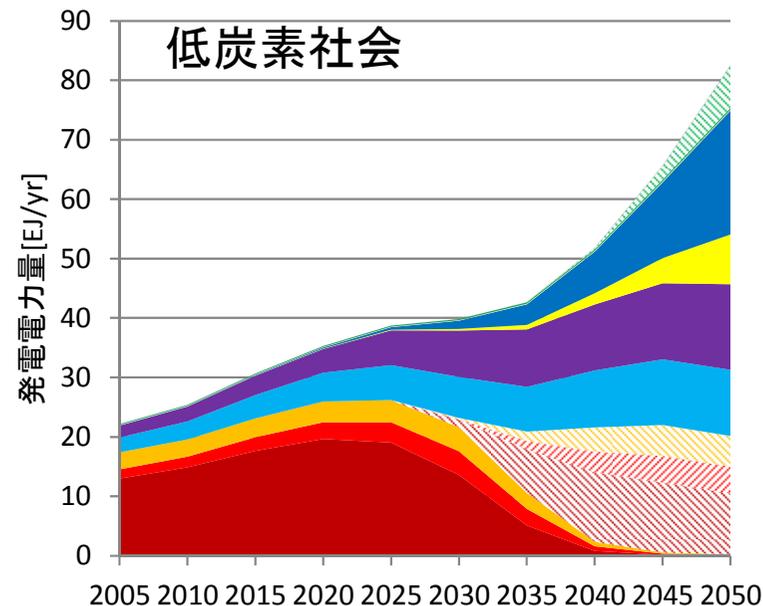
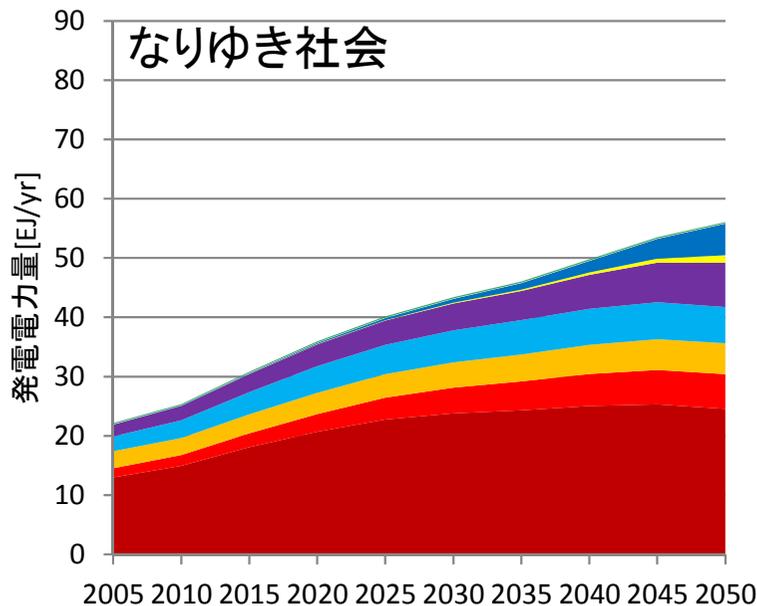
化石燃料から再生可能エネルギーへ。
化石燃料も、CCS付きで利用へ。

方策6: 地域資源を余さず使う低炭素エネルギーシステム

6.1 再生可能エネルギーを中心とした持続可能な地域エネルギーシステムの確立	6.1.1 太陽光及び風力エネルギーの利用
	6.1.2 水素エネルギーの利用
	6.1.3 再生可能エネルギー導入への優遇策
6.2 スマートなエネルギー需給システムの創出	6.2.1 スマートエネルギーシステムの導入
	6.2.2 デマンドレスポンスシステムの導入
	6.2.3 電力マネジメントシステムの導入
	6.2.4 需要マネジメントへの優遇策の導入
6.3 適度に化石燃料と協調した高セキュリティのエネルギー供給の確保	6.3.1 電力供給設備の高効率化
	6.3.2 炭素隔離貯留設備の利用
	6.3.3 国際協力の推進

再生可能エネの
初期費用低下

CCS導入



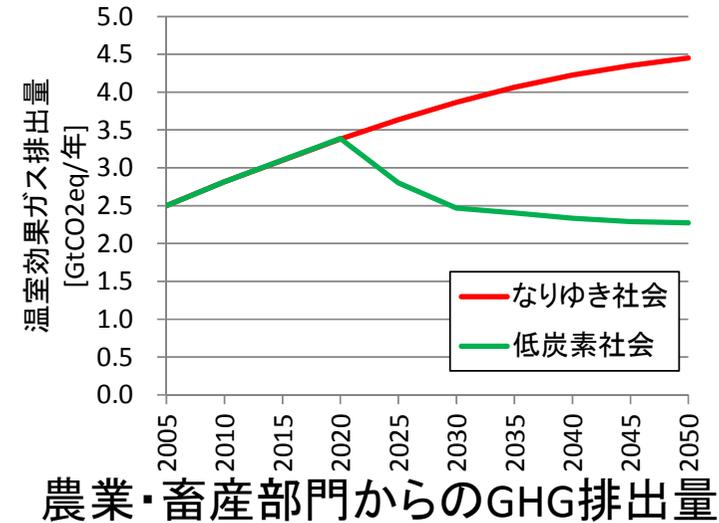
アジアにおける電源別発電電力量

低炭素社会では、再生可能電力のシェアが50%を超える。
火力発電も2050年はほとんどCCS付き。

方策7: 低排出な農業技術の普及

7.1 水田の水管理技術の普及	7.1.1 インフラの建設
	7.1.2 水田水管理技術の開発と普及
7.2 適切な施肥と残渣の管理	7.2.1 施肥に関する技術の開発と普及
	7.2.2 耕作法と作物残渣利用の改善
7.3 家畜排せつ物からのメタン回収・利用	7.3.1 排せつ物管理設備の設置
	7.3.2 家畜排せつ物関連規制の創設

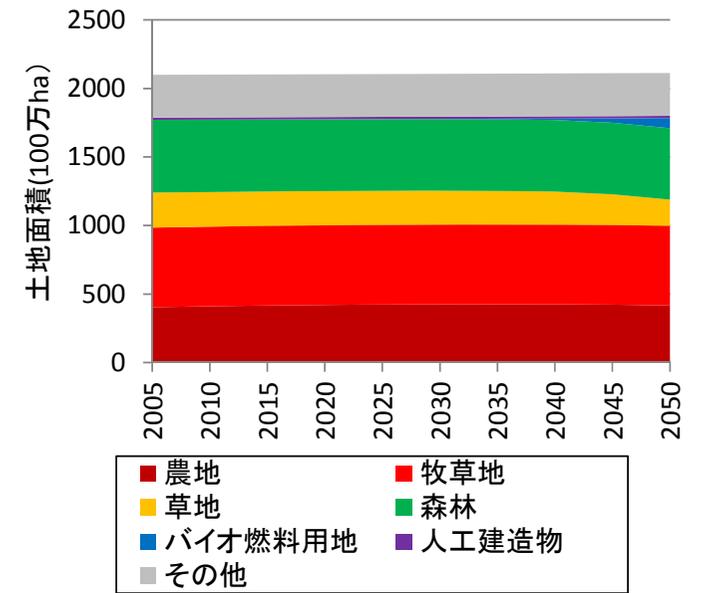
対策費用の
低減



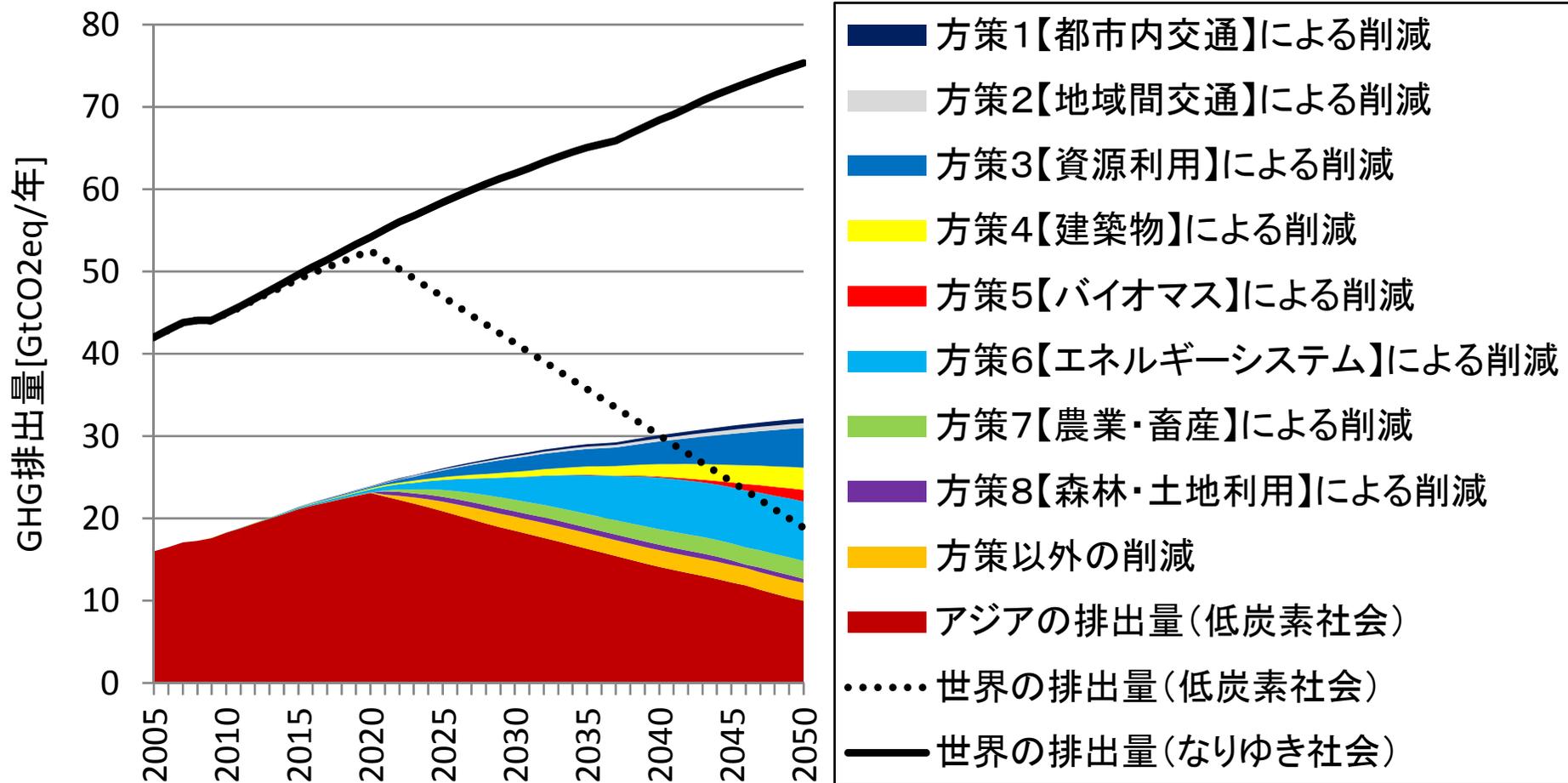
方策8: 持続可能な森林・土地利用管理

8.1 持続可能な森林管理	8.1.1 無計画な森林伐採の減少
	8.1.2 土地利用政策による森林伐採の減少
	8.1.3 木材生産用森林の劣化防止
	8.1.4 森林炭素貯蓄の促進
8.2 持続可能な泥炭地管理	8.2.1 泥炭地管理方法の改善
	8.2.2 泥炭地の再生
8.3 森林火災のモニタリング・抑制	8.3.1 森林開墾のための火入れ防止
	8.3.2 非管理下の火災の防止

対策費用の
低減



アジアにおける温室効果ガス排出量



なりゆき社会において、GHG排出量におけるアジアのシェアは、38%(2005年)から43%(2050年)へ。低炭素社会では、53%(2050年)に。

定量化から明らかになったこと

- 2012年に作成した「10の方策」の効果而定量化した。
- 低炭素社会における2050年のアジアの温室効果ガス排出量は、なりゆき社会のそれと比較して69%削減される。2005年の排出量からは38%の削減に相当する。
- 「10の方策」のうち、再生可能エネルギーを中心としたエネルギーシステムの改善(方策6)や資源利用(方策3)、建築物(方策4)の各取り組みにおいてGHG排出削減の効果が大きい。
- エネルギー効率改善だけでなく、輸送量の削減や物質投入の削減など、関連する様々な対策も実施することでGHG半減は実現される。
- 今回の取り組みでは、2050年における限界削減費用は、344ドル/tCO₂eqとなる。

どのようにアジア低炭素社会を実現するか？

- それぞれの対策をいかに実践するか？
- 既に、アジア各国では低炭素社会の構築に向けて様々な取り組みが実践されつつある。そうした機会を大切にしつつ、リープフロッグ型の発展経路が実現できるように支援していくことが重要。

モデルに関するトレーニングワークショップ(2013.6.10)

インドネシアでの排出削減目標に関する政策対話(2013.10.9)

