

日本温室効果ガス排出量
2020年25%削減目標達成に向けた
AIMモデルによる分析結果

(中間報告)

平成21年11月19日

(独) 国立環境研究所
AIMプロジェクトチーム

日本温室効果ガス排出量 2020 年 25%削減目標達成に向けた
AIM モデルによる分析結果

要旨

2009 年 11 月 19 日
(独) 国立環境研究所

【検討内容】

前回の中期目標検討委員会は 2020 年における削減目標水準を決める検討であった。今回は地球温暖化問題に関する閣僚委員会副大臣級検討チームから、「90 年比 25%削減という中期目標の達成に向けて必要なコスト、十分な温暖化対策を行わなかった場合のコスト等について、早急に検討を行うため、科学的・専門的なモデル分析及びコスト等の計算を行う。また、コストだけでなく、将来に向けた成長戦略の観点からも捉えていく。」という依頼を受けたことから、国立環境研究所として日本が 2020 年に 1990 年比で 25%削減を達成するためにどのような将来像を描くことができるのかという観点から検討を行った。

具体的には、特に以下の 3 点について分析を行った。

- i) 2020 年に国内削減だけで▲25%、▲20%、▲15%、▲10%を行うケースを日本技術モデル (AIM/Enduse[Japan]) と日本経済モデル (AIM/CGE[Japan]) を用いて分析を行った。
- ii) 地球温暖化対策税収を一括に家計に戻す既存のシナリオ (いわゆる定額給付金的な方式) に加えて、全額を環境政策を始めとした財政支出に充てるシナリオ (低炭素投資促進シナリオ) に基づく日本経済モデルによる分析を行った。
- iii) 削減ケースに応じて炭素価格が発生しているにもかかわらず、日本技術モデルでマクロフレームを固定して分析していた手法を改め、日本経済モデルで計算される地球温暖化対策税額によって変化するマクロフレームに基づいた日本技術モデルでの温暖化対策メニューの分析 (日本技術モデルと日本経済モデルが一方通行だった状態から、より現実の社会経済状況に近づけるための改善) を行った。

【日本が 2020 年に 1990 年比で 25%削減する可能性】

結論としては、日本経済モデル及び日本技術モデルによるモデル分析の結果から、日本が 2020 年に 1990 年比で 25%削減を達成することは可能であることが示された。

【日本経済モデルによる分析結果】

まず、日本経済モデルでの分析結果では、「炭素税等による財源を環境政策を始めとした財政支出に充てるシナリオ」と「海外クレジット」を組み合わせることにより、

国民負担をできる限り少なく抑えつつ日本が2020年に1990年比で25%削減という目標を達成しうることが示された。

特に、炭素税等による収入を環境政策を始めとした財政支出に充てることにより国内で高額な炭素価格を設定することなく、国内における排出削減を進めていくことが可能であることが示された。

表1 日本経済モデルでの分析結果

		①家計一括返還シナリオ				②低炭素投資促進シナリオ 環境政策を始めとした財政支出に 充てるシナリオ	
M: 国内削減 (真水)		a) - ① M▲10%	b) - ① M▲15%	c) - ① M▲20%	d) - ① M▲25%	b) - ② M▲15%	d) - ② M▲25%
C: 海外クレジット		C▲15%	C▲10%	C▲5%	C▲0%	C▲10%	C▲0%
実質 GDP	実質	-0.9%	-1.4%	-2.9%	-3.2%	-0.7%	-2.7%
可処分所得	実質	-0.6%	-1.3%	-3.1%	-3.4%	-0.2%	-2.5%
限界削減費用						—	—
温暖化対策税率※	実質	8,678	10,252	23,869	52,438	5,961	8,558

注: %で示されている項目は、レファレンスケースの2020年の値からの乖離を示す。

②低炭素投資促進シナリオでは、排出削減目標に達成するように税率を設定し、目標とする排出量に達するまで税率を調整する。

※ 家計一括返還シナリオでは、原価削減費用と炭素税率は一致するが、低炭素投資促進シナリオの炭素税率は温暖化対策に必要な費用を充足するための税率であり、限界削減費用とは異なる。また、家計一括返還シナリオの同じ削減率と比較すると、GDPのロスは回復していることから、限界削減費用そのものは高くなる。

表2 温室効果ガス削減が可処分所得に与える影響について

政策	目標	2007年	2020年	07年比増分	ベースケース比	備考	
ベースケース	90年比+4%		591万円/年	+22.4% (108万円)	—	・可処分所得はどのケースでも今から100万円程度増加すると見込まれている。 ・特に「低炭素投資促進シナリオ」では可処分所得の減少が小さくなる。	
可処分所得の違い	家計一括返還	483万円/年	90年比-10%	588万円/年	+21.8% (105万円)		▲0.6% (▲3万円/年)
			90年比-15%	585万円/年	+21.1% (102万円)		▲1.3% (▲6万円/年)
			90年比-20%	576万円/年	+19.3% (93万円)		▲3.1% (▲15万円/年)
			90年比-25%	575万円/年	+19.0% (92万円)		▲3.4% (▲16万円/年)
	投資促進 低炭素		90年比-15%	590万円/年	+22.2% (107万円)		▲0.2% (▲1万円/年)
90年比-25%		579万円/年	+19.9% (96万円)	▲2.5% (▲12万円/年)			

注: 本表は、4月までのワーキングチームの結果と対応させるために、これまでのデータを元に作成したものであり、日本経済モデルの結果は「ベースケース比」の変化率にのみ引用されている。「ベースケース比」の()内の金額は、2007年の可処分所得に同欄の変化率を乗じて算出したものである。また、表中の「目標」のパーセントは国内削減分(真水分)であり、この他に海外クレジット分もあわせて25%削減を達成することを想定している。

→参照 本編2(1)10の依頼事項に対する回答

本編4(3)AIMモデルを用いたシミュレーション分析の結果

【日本技術モデルによる分析結果】

次に、日本技術モデルでは、前回の中期目標検討委員会と同一のマクロフレームであっても90年比▲20%削減までの国内削減対策は可能であり、2030年までの省エネ等によるエネルギーコストの削減効果によって、温暖化対策のための追加投資額は概ね回収することが可能であることが示された。

表3 日本技術モデルによる温室効果ガス排出量構成

	1990	2000	2005	2020				
				固定	参照	▲10%	▲15%	▲20%
産業部門	482	467	456	449	442	410	399	391
家庭部門	127	158	174	176	159	119	104	90
業務部門	164	206	237	265	222	173	156	136
運輸部門	217	265	257	240	225	196	186	176
エネルギー転換部門	68	71	79	78	70	57	52	47
エネルギー起源計 (90年比)	1,059	1,167 (10%)	1,203 (14%)	1,208 (14%)	1,118 (6%)	955 (▲10%)	897 (▲15%)	839 (▲21%)
非エネルギー部門	202	179	155	189	188	175	171	162
合計 (90年GHG比)	1,261	1,346 (7%)	1,358 (8%)	1,397 (11%)	1,306 (4%)	1,130 (▲10%)	1,067 (▲15%)	1,001 (▲21%)

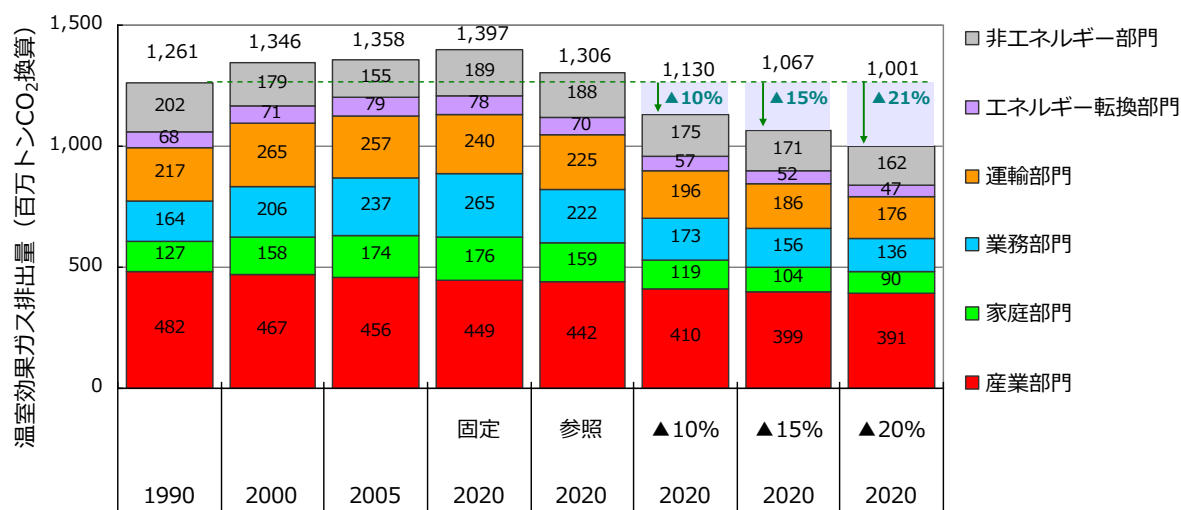


図1 日本技術モデルによる温室効果ガス排出量構成

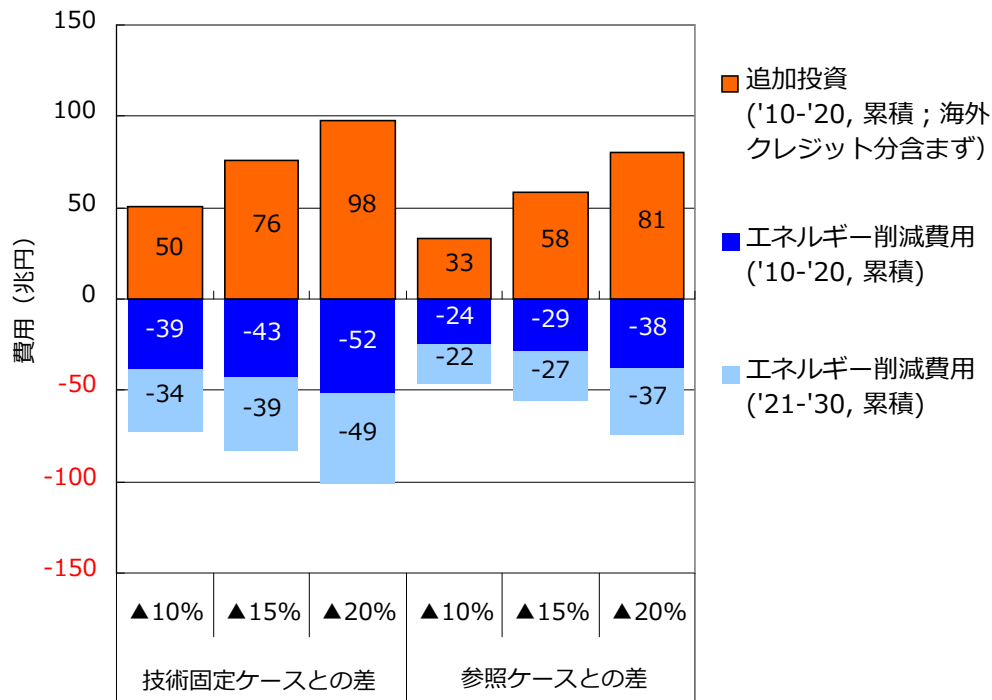


図2 各ケースで見込まれる追加投資額とエネルギー削減費用

表4 各ケースで見込まれる追加投資額とエネルギー削減費用（参照ケースとの差）

(兆円)	▲10%	▲15%	▲20%
追加費用 (A)	33 (100%)	58 (100%)	81 (100%)
エネルギー削減費用 (2010~2020) (B)	-24 (-75%)	-29 (-51%)	-38 (-49%)
エネルギー削減費用 (2020~2030) (C)	-22 (-69%)	-27 (-47%)	-37 (-47%)
エネルギー削減費用を含めた追加費用 (A) + (B)	9 (26%) 【74%回収】	29 (50%) 【50%回収】	43 (53%) 【47%回収】
エネルギー削減費用を含めた追加費用 (A) + (B) + (C)	-13 (-41%) 【141%回収】	2 (3%) 【97%回収】	6 (8%) 【92%回収】

※1 () 内の数字は「追加費用 (A)」に対する割合

※2 【 】内の数字は「追加費用 (A)」をエネルギーコスト削減でどの程度回収できるかを示した割合

また、再生可能エネルギーについては、90年比▲15%削減ケースで大規模水力を含み一次エネルギーに占める再生可能エネルギーの割合を10%に、90年比▲20%削減ケースで大規模水力を含まずに一次エネルギーに占める再生可能エネルギーの割合を10%に示ることが示された。

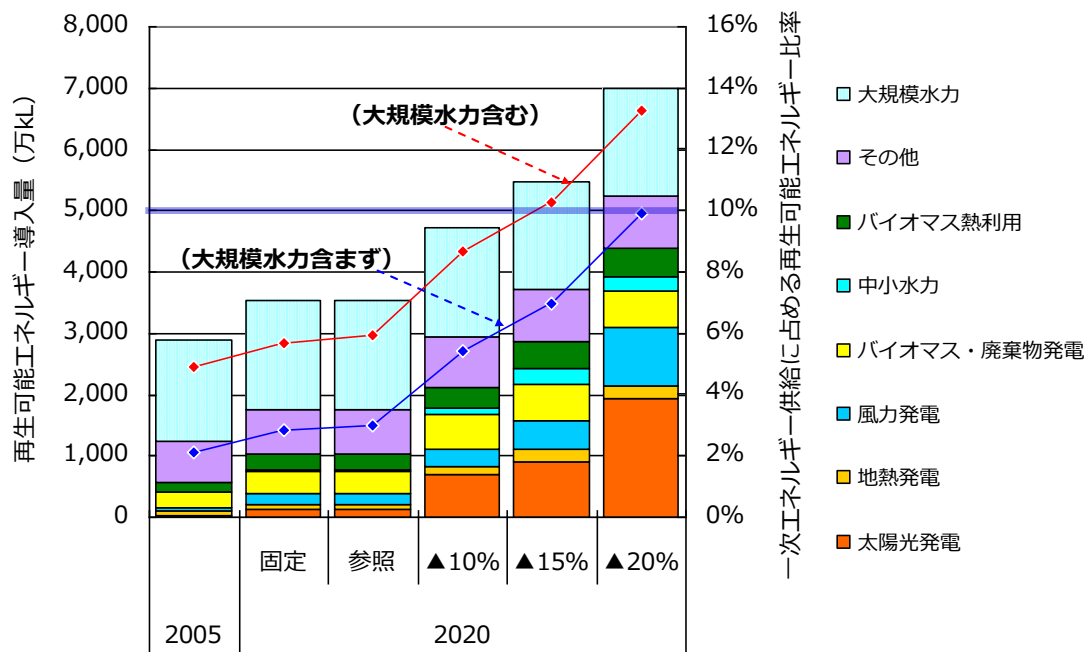


図3 各ケースで見込まれる再生可能エネルギー導入量

さらに、日本経済モデルの分析結果が示す活動量を日本技術モデルのマクロフレームとして用いることで、マクロフレーム固定の場合の▲20%削減ケースにおいて想定した技術メニューによって、活動量変化の効果が加わるために90年比25%削減も達成しうることが示された。

マクロフレーム変動後の▲25%削減ケース
 =マクロフレーム固定の▲20%削減ケース+活動量変化の効果 (排出量は減少する方向に)

表5 日本技術モデルによる温室効果ガス排出量構成
(経済モデルからのフィードバックにより活動量を設定した場合)

	1990	2005	2020					
			固定	参照	▲10%	▲15%	▲20%	▲25%
産業部門	482	456	448	442	409	398	387	366
家庭部門	127	174	176	159	122	106	92	88
業務部門	164	237	265	222	175	157	138	130
運輸部門	217	257	240	225	197	185	176	162
エネルギー転換部門	68	79	78	70	58	52	48	44
エネルギー起源計 (90年比)	1,059	1,203 (14%)	1,208 (14%)	1,118 (6%)	960 (▲9%)	899 (▲15%)	841 (▲21%)	790 (▲25%)
非エネルギー部門	202	155	189	188	173	168	158	156
合計 (90年GHG比)	1,261	1,358 (8%)	1,397 (11%)	1,306 (3.6%)	1,133 (▲10%)	1,067 (▲15%)	999 (▲21%)	946 (▲25%)

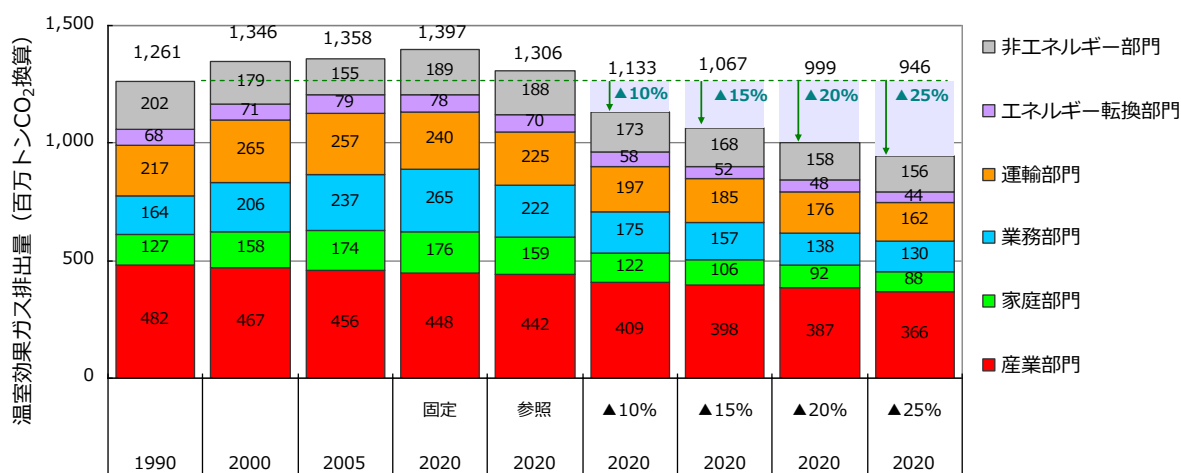


図4 日本技術モデルによる温室効果ガス排出量構成

→参照 本編 2(1) 10 の依頼事項に対する回答

本編 4(3) AIM モデルを用いたシミュレーション分析の結果

【25%削減達成の際の国内での排出削減と海外クレジットの活用割合について】

日本経済モデルと日本技術モデルの結果を総合すると、海外クレジットをより多く活用した方が2020年時点での負担が最も小さくなると分析されるが、国内の排出削減と海外クレジットの活用は、国家戦略に関わる部分であり、どのような割合が望ましいかについては政策決定者の判断事項になると思料される。

留意すべき点としては、海外クレジットの購入は目先の国民負担を小さくすることができるが、他方で、2050年80%削減(鳩山・オバマの合意)に向かって更に国内対策を強化する必要があることをふまえると、2020年以降の省エネ効果を加味すれば国内での排出削減は目先の負担は大きい、日本国内で得るものも大きいことが挙げられる。

2050年までに日本のCO₂排出量を70%削減する試算を行ったところ、対策を先送りするよりも、技術効率改善、コスト削減の効果を見込んで早期の投資を行った方が全体のコストを低く抑えられる可能性があることが指摘された。また、太陽光発電への投資スピードが海外の市場を獲得するチャンスに及ぼす影響について試算したところ、早期の投資が国際競争力をつけるうえで有効なことが示唆された。そして、温暖化対策の大部分は冬寒くない高断熱・高気密建物の新築・改築、歩いて暮らせるコンパクトシティへの転換などの効果があり、その観点からみると温暖化に必要な追加的なコストはより抑えられる可能性がある。また、国内で排出削減のために企業や家計が投資を行うことは、国内での需要を創出し、雇用を創出することとなる。そして、日本全国での削減対策の展開が必要であることから地域活性化の効果も期待できる。これらの効果があいまって国全体としてはエネルギー自給率の向上、さらには持続可能な成長戦略、安全安心な暮らしという副次的効果が見込まれるが、残念ながら本分析にその効果は含まれていない。

なお、日本経済モデルの分析結果においては、家計に一括で返還するシナリオの90年比10%国内削減ケースに比べて、低炭素投資促進シナリオの90年比15%国内削減ケースの方が遙かに国民負担が小さいという分析結果が出ていることを付言しておきたい。国内での「炭素の価格付け」をはじめとした適切な政策措置の実施が望まれる。なお、低炭素投資促進シナリオにおける税収の温暖化対策への還流は、温暖化対策税を目的税化することにもつながるといった懸念が想定されるため、実際に導入する場合には、税率や還流方法などについて更なる議論が必要である。

→参照 本編4(3) AIMモデルを用いたシミュレーション分析の結果

本編5(2) 25%削減実現がもたらす副次的効果

① 積極的な低炭素投資による新産業の機会創出効果

【森林吸収源の取り扱い】

今回の検討では、森林吸収源のルールが国際交渉において決まっていないことから、その活用については考慮していない。

【モデル分析の限界について】

モデル分析には一定の限界があり、今回の分析においても①多様な将来像を想定した分析はできていないこと、②温暖化対策を講じない場合の費用は網羅的には評価できていないこと、③社会構造そのものの変化による効果は評価できていないこと、④技術革新の可能性や新市場創出効果等は十分に表現されていないこと、⑤現行の経済モデルでは温暖化対策を行うとGDPという指標では必ずロスが生じること等の理由により、モデル分析以外の総合的な分析を行うことが必要である。また、モデルで再現される社会像と現実の社会にはギャップがあることから、今回想定したような対策

を導入する場合には、別途、導入実現に向けた障害の克服等を検討する必要がある。

今後も、アカデミックな場でモデルによるシナリオ分析の比較検討を継続的に続けていくことは、モデルの限界を理解し、そのうえで政策決定者の判断材料になりうる情報を提供して行く上で有用である。またモデルの透明性を高め、検証可能性を高めることはモデルによる試算の信頼性を高めるうえで重要である。

→参照 本編 2(2) モデル分析の役割

【モデル分析を補完する考察・知見の紹介について】

モデル分析を補完するものとして、国立環境研究所では、社会の各主体がより長い投資回収年数を許容する政策の必要性、排出量取引、環境税、固定価格買取などの政策措置の必要性、地域の特性を考慮した都市・交通分野の対策の必要性、現在のモデル分析では表せない金銭的・非金銭的価値についての検討、積極的な低炭素投資による新産業の機会創出効果、日本の 25%削減が諸外国に及ぼす効果などの重要な論点についての考察や最新の知見の紹介を行った。

→参照 本編 5(1) 25%削減を実現する上でさらに検討すべき重要な項目
本編 5(2) 25%削減実現がもたらす副次的効果

【終わりに】

モデル分析の限界を理解した上での定量分析とモデル以外の必要な論点の考察を踏まえ、政策決定者、企業、国民等の各主体が俯瞰的な観点から総合的なビジョンと戦略を持って我が国の低炭素社会構築への道を切り開いていくことを祈念する。

温暖化対策は日本、アジア、世界の持続可能な成長戦略、地域住民の雇用・安全安心な暮らしなど、私たちおよび将来世代のためになる社会ビジョンを目指して行うべきものであり、エネルギーと CO₂ の問題だけの範囲にとどめた狭い視野での分析に留まらないことが肝要である。

その点から、論理的に社会経済構造を定式化したモデルにより、適切な前提に従い、定量的な将来を提示することは非常に有益であるが、前提の設定や社会経済の構造の理解には制約があり、さらにそれをモデルで示すには限界がある。政策決定者が、モデルの特性を十分に理解した上でモデル分析結果を参考にしつつ、より深い洞察力を以て、私たちのためになる社会経済像を実現する政策を進めていくことを期待する。

目次

1. 本報告書の位置づけ	1
2. AIM モデルによる「タスクフォースへの依頼事項」への回答	4
(1) 10 の依頼事項に対する回答	4
(2) モデル分析の役割	30
3. 温暖化対策の必要性	36
4. AIM モデルを用いた分析	38
(1) モデル試算の前提条件（マクロフレーム等）について	38
① 想定した前提条件	38
② モデルを用いた感度分析の結果	39
(2) 政策パッケージ・国内削減（真水）の削減割合を考慮した試算	45
① 政策パッケージの効果（一般財源化、低炭素投資）	46
② 国内削減（真水）の削減割合（▲25%,▲20%,▲15%,▲10%）	47
③ 日本技術モデルと日本経済モデルのフィードバックの有無	47
(3) AIM モデルを用いたシミュレーション分析の結果	50
① 削減を実現する対策メニューの分析	50
② 経済影響の評価	66
③ エネルギーコストの削減・新市場創出効果等の分析	71
④ 技術モデルと経済モデルのフィードバックの効果	73
(4) 主要排出国の努力の比較に用いるべき衡平性指標に関する考察	77
(5) 十分な温暖化対策を行わなかった場合のコスト等について	81
5. 考慮すべきその他の事項	83
(1) 25%削減を実現する上でさらに検討すべき重要な項目	83
① 投資回収年数と削減コストの関係について	83
② 排出量取引、環境税、固定価格買取との関係について	87
③ 地域の特性を考慮した都市・交通分野の対策について	88
④ 現在のモデル分析では表せない金銭的・非金銭的価値について	94
⑤ 2050 年 80%削減との整合性について	99
(2) 25%削減実現がもたらす副次的効果	102
① 積極的な低炭素投資による新産業の機会創出効果	102
② 日本の 25%削減が諸外国に及ぼす効果	108
参考資料 1：日本技術モデルの構造と前提	i
参考資料 2：日本経済モデルの構造と前提	iv

1. 本報告書の位置づけ

① 基本的姿勢

本報告書は、タスクフォースに参画する(独)国立環境研究所 AIM プロジェクトチームが、地球温暖化問題に関する閣僚委員会副大臣級検討チームから 2009 年 10 月 23 日に提出された「タスクフォースへの依頼事項」(10 の依頼事項) および 10 月 30 日にまとめた「タスクフォース中間報告(座長取りまとめ)」で提案した「Ⅱ. 今後のモデル分析の方向性について」に答えるべく、知りうる最新の科学的な知見に基づいて分析結果をまとめたものである。

② 経緯

2007 年に、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は、気候変動に関する世界中の研究結果を集大成した第 4 次評価報告書(AR4)を発表し、過去の観測データの詳細な検討から、「気候システムの温暖化には疑う余地がない」ことを結論した。さらには、気候の自然変動および人為起源、自然起源の外部要因に対する気候の応答について検討した結果、「20 世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは、人為起源の温室効果ガス濃度の観測された増加によってもたらされた可能性が非常に高い」ことを示している。

科学的知見を踏まえた温暖化対策の必要性についての認識に基づき、2009 年 10 月 23 日、地球温暖化問題に関する閣僚委員会副大臣級検討チームは、モデル研究者および評価者からなるタスクフォースに対して、「90 年比 25%削減という中期目標の達成に向けて必要なコスト、十分な温暖化対策を行わなかった場合のコスト等について、早急に検討を行うため、科学的・専門的なモデル分析及びコスト等の計算を行う。また、コストだけでなく、将来に向けた成長戦略の観点からも捉えていく。」ことを依頼した。

タスクフォースでは 2 回(10 月 23 日、10 月 27 日)の会合での議論に基づき、10 月 30 日、「タスクフォース中間報告(座長取りまとめ)」を副大臣級検討チームに提出した。そこでは、「Ⅰ. 既存のモデル分析の評価等について」、家計の負担(いわゆる『36 万円』の国民負担額)の誤解を解くとともに、より適切な国民負担の示し方を提案し、「Ⅱ. 今後のモデル分析の方向性について」において、10 の依頼事項に対する基本的考え方と、11 月中旬までに行う作業及び 11 月下旬以降に行う作業を提案した。特に 11 月中旬までに行う作業として、(1) 複数のシナリオ(国内対策で 90 年比▲25%、▲20%、▲15%、▲10%)の分析、(2) 分析内容(マクロフレームの感度解析、共通の政策シナリオの策定、追加的分析)を提案した。

そこで、タスクフォースの 1 機関である国立環境研究所 AIM プロジェクトチームは、モデル分析とモデル以外の重要な観点についての考察を実施した。

③ モデル分析

2008 年 10 月から 2009 年 4 月まで行われた中期目標検討委員会において、

- i) 世界技術モデルを用いて、欧米などの諸外国と日本の排出削減努力を主に限界削減費用(「世界全体で一番安く減らす」という経済的合理性の指標)と一部 GDP あたり対策費

- 用（経済規模に応じた応分な負担を表す指標）で比較することで日本の削減目標値（通称「6つの選択肢」）を設定
- ii) 日本技術モデルで、技術だけでどこまで削減できるかを検討するため、どの削減目標でも同じマクロフレーム（GDP 成長率、鉄の生産量、旅客輸送量、原子力発電所の新設基数など）の想定の下、必要となる対策メニューとその投資費用を試算
 - iii) 日本経済モデルで、日本技術モデルが算出した対策メニューとその投資費用が日本経済に及ぼす影響を分析、

を行い、2009年4月14日の第7回中期目標検討委員会で全ての結果を報告した。これらの活動にも参画していた国立環境研究所 AIM プロジェクトチームは、そのときの分析に対する自己評価も含め、その成果をすべてホームページで公開している（中期目標検討委員会における AIM の計算結果：http://www-iam.nies.go.jp/aim/prov/middle_report.htm）。

2009年10月23日の「タスクフォースへの依頼事項」では、既存のモデル分析の評価等についても指摘がなされており、本報告では、依頼事項に可能な限り対応すると共に、特に以下の3点について分析を行った。

- i) 2020年に国内削減だけで▲25%、▲20%、▲15%、▲10%を行うケースを日本技術モデル（AIM/Enduse[Japan]）と日本経済モデル（AIM/CGE[Japan]）を用いて分析を行った。
- ii) 地球温暖化対策税収を一括に家計に戻す既存のシナリオ（いわゆる定額給付金的な方式）に加えて、全額を環境政策を始めとした財政支出に充てるシナリオ（低炭素投資促進シナリオ）に基づく日本経済モデルによる分析を行った。
- iii) 削減ケースに応じて炭素価格が発生しているにもかかわらず、日本技術モデルでマクロフレームを固定して分析していた手法を改め、日本経済モデルで計算される地球温暖化対策税額によって変化するマクロフレームに基づいた日本技術モデルでの温暖化対策メニューの分析（日本技術モデルと日本経済モデルが一方通行だった状態から、より現実の社会経済状況に近づけるための改善）を行った。

その結果、日本において2020年までに温室効果ガス排出量を1990年レベルに比べて25%削減することは可能であることがわかった。その際、炭素税の税収を家計に還元する（定額給付金的な）方式に比べて、温暖化対策に使う（低炭素投資促進）方式の方が、税額を大幅に低減できることが示された。

一方、日本経済モデルについては、「真水」に加えて海外クレジットを活用することで目標達成のために必要な対策費用が小さくなりうることが示された。但し、これはあくまでも2020年断面での分析であり2050年80%削減のような長期の視点との整合性を考えたものではない。過度に海外クレジットに頼ると、2020年以降も継続してクレジットを購入し続けることに迫られる可能性があること（日本だけでなく諸外国も削減目標が大きくなると国際炭素市場でのクレジットの量が減少し、価格が高騰することが予想される。そして10年、20年と継続

して削減に寄与する対策を導入する機会を逸してしまうことになる。温暖化対策における国内排出削減優先の原則や、2020年以降のエネルギーセキュリティ、産業の国際競争力、長期的な低炭素社会の構築などの観点からどの程度の海外クレジットを活用するかは政策決定者の判断事項であるが、モデルだけでは分析できない要点を含めた判断が求められる。

モデル分析については、①多様な将来像を想定した分析はできていないこと、②温暖化対策を講じない場合の費用は網羅的には評価できていないこと、③社会構造そのものの変化による効果は評価できていないこと、④技術革新の可能性や新市場創出効果等は十分に表現されていないこと、⑤現行の経済モデルでは温暖化対策を行うとGDPという指標では必ずロスが生じること等の理由により、モデル分析以外の総合的な分析が必要である。

このため、国立環境研究所では、社会の各主体がより長い投資回収年数を許容する政策の必要性、排出量取引、環境税、固定価格買取などの政策措置の必要性、地域の特性を考慮した都市・交通分野の対策の必要性、現在のモデル分析では表せない金銭的・非金銭的価値についての検討、積極的な低炭素投資による新産業の機会創出効果、日本の25%削減が諸外国に及ぼす効果などの重要な論点についての考察や最新の知見の紹介を行った。このほか、低炭素投資促進シナリオでは、税収を温暖化対策に活用することから、目的税化の懸念も想定され、実際に導入する場合には、別途、税率や還流方法などを検討すべきである。

これらの結果を、タスクフォースの依頼事項「(8)国民にもわかりやすいように、分析結果の表現方法を見直すべきではないか。その際、モデルの仕組みや前提条件を明確にし、分析過程も含めて提示するべきではないか。」に基づいて、時間制約のある中、出来る限りわかりやすく示そうと努力したのが本報告書である。

本報告書では、25%達成目標の可能性は示したが、誰が、いつ、どこで対策を行えば削減につながるか、といった具体的な対策ロードマップを示すことができなかった。また、成長戦略に基づいた分析ではないため、プラスの経済効果を示すことはできなかった。一方で、現時点でわかっている課題については、できるだけ取り上げるように努力した。

それぞれが役割分担して2020年25%削減を達成できる計画を構築するために、モデル分析ができることについて、今後とも最大限協力していく所存である。

参考文献

- ・ 中期目標検討委員会における AIM の計算結果
http://www-iam.nies.go.jp/aim/prov/middle_report.htm
- ・ 地球温暖化問題に関する閣僚委員会 タスクフォース会合
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/t-ondanka/index.html>
- ・ 地球温暖化問題に関する懇談会中期目標検討委員会（第7回）（2009年4月14日）
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tikyuu/kaisai/dai07tyuuki/07gijisidai.html>

2. AIMモデルによる「タスクフォースへの依頼事項」への回答

(1) 10の依頼事項に対する回答

地球温暖化問題に関する閣僚委員会・副大臣級検討チームによる「タスクフォースへの依頼事項」（平成21年10月23日）では、既存のモデル分析の評価等を、以下の10の観点から行うこととしている。AIMモデルを用いた分析結果に基づく回答は、以下のとおりである。

(1) マクロフレームの設定が不適切ではないか。また、最新の産業連関表（2005年）を反映するべきではないか。

マクロフレームの設定について

将来のマクロフレームの設定には不確実性が伴うが、今回は、粗鋼生産量等の素材生産量は日本エネルギー経済研究所が業界ヒアリング等で設定した数値を、原子力の新增設については長期エネルギー需給見通しを、原油価格については、IEA「World Energy Outlook」等をもとに日本エネルギー経済研究所が想定した数値を、旅客・貨物輸送需要量については、社会資本整備審議会道路分科会で提示された数値など、各機関が想定した数値をそのまま用いた。

本来、国の成長戦略に基づく整合性のとれたマクロフレームを用いて計算すべきだが、そのような数値が存在しないため、寄せ集めの前提になっている。

→参照 本編 4(1)① 想定した前提条件

感度解析について

設定したマクロフレームのうち、粗鋼生産量と原子力発電の発電量、輸送需要量は日本技術モデルを、原子力発電量と原油価格は日本経済モデルを用いて分析した結果は以下のとおり（表 2-1-1、表 2-1-2）。

表 2-1-1 日本技術モデルによる感度分析（90年比▲15%ケース）

	ベースケース	+10%	-10%
粗鋼生産量	1億2,000万トン	+2,000万 t-CO ₂ +1.6%	-2,000万 t-CO ₂ -1.6%
原子力発電の 発電量	4,345億 kWh	-2,400万 t-CO ₂ -1.9%	+2,400万 t-CO ₂ +1.9%
輸送需要量	自動車 (旅客) : 5,190億 km (貨物) : 2,370億 km 自動車以外 (旅客) : 5,160億人 km (貨物) : 2,320億人 km	+2,000万 t-CO ₂ +1.6%	-2,000万 t-CO ₂ -1.6%

変化率は1990年GHG比

表 2-1-2 日本経済モデルによる感度分析 (90年比▲25%ケース)

	ベースケース	+10%	-10%
原子力発電 発電量	4,345 億 kWh	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実質 GDP の変化 <u>+0.25%</u> ・ 可処分所得の変化 <u>+0.17%</u> ・ 限界削減費用の変化 <u>3.8 万円/tCO₂</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実質 GDP の変化 <u>-0.75%</u> ・ 可処分所得の変化 <u>-0.70%</u> ・ 限界削減費用の変化 <u>7.0 万円/tCO₂</u>
原油価格	90 ドル/バレル (2007 年価格)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実質 GDP の変化 <u>+0.22%</u> ・ 可処分所得の変化 <u>-0.00%</u> ・ 限界削減費用の変化 <u>4.8 万円/tCO₂</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実質 GDP の変化 <u>-0.16%</u> ・ 可処分所得の変化 <u>+0.10%</u> ・ 限界削減費用の変化 <u>5.4 万円/tCO₂</u>

→参照 本編 4(1)② モデルを用いた感度分析の結果

炭素価格を反映させたマクロフレームの設定について

そもそも真水 10～25%削減のように温室効果ガス排出量の排出制約が課されている場合には「炭素の価格付け」が行われており、実際の社会経済では活動量そのものが変化しているはずである。そこで、日本経済モデルで分析したところ、活動量の変化は表 2-1-3 のようになった。本来前提とすべきこの結果を日本技術モデルの入力条件にした計算も行っている。

表 2-1-3 日本技術モデルが用いた活動量変化 (参照ケース=100)

	参照	▲10%	▲15%	▲20%	▲25%
食料品	100	98	97	94	91
化学繊維	100	99	98	97	94
紙・パルプ	100	99	99	98	96
化学	100	99	99	98	95
石油化学	100	100	101	100	98
セメント	100	98	97	96	94
窯業土石	100	99	109	109	107
鉄鋼	100	99	99	99	92
非鉄金属	100	100	100	100	99
機械等	100	100	100	100	98
その他製造業	100	99	100	99	96
建設	100	98	97	96	95
農業	100	98	97	95	93
運輸	100	99	98	97	92
廃棄物	100	99	99	98	97
旅客輸送 (自動車)	100	98	97	94	95
業務	100	99	99	98	98

→ 参照 本編 4(2)④ 技術モデルと経済モデルのフィードバックの効果

(2) エネルギー効率向上によるエネルギーコストの削減や環境分野の新市場創出等によるプラスの経済効果が加味されていないのではないか。(プラスの効果とマイナスの効果をそれぞれ提示するべきではないか。)

エネルギーコスト削減の効果

本分析に用いた日本技術モデルでは、技術導入による追加投資のみならず、運用時のエネルギー消費量ならびにエネルギー費用の削減分を考慮して評価を実施している。

日本技術モデルにおける追加投資とエネルギー費用の削減額との関係を図 2-1-1 に示す。2010～2020 年の 11 年間における温室効果ガス削減技術への投資により、2010～2020 年の間にエネルギー費用の削減効果を得られることに加え、2020 年時点で残存する設備は 2021 年以降にもエネルギー費用削減に寄与することができる。そこで、エネルギー費用削減分については 2021 年以降それぞれの寿命まで運用した時の累計を取ることとし、図中に 2021～2030 年の間に削減できるエネルギー費用についても併せて示している。参照ケースとの差で見ると、2020 年までの追加投資は、2020 年までを見てもエネルギー費用削減によって▲10%の場合には 7 割以上、▲20% ケースでも 5 割程度が回収でき、2030 年まで見ると投資の大部分が回収できる(表 2-1-4)。なお、2021～2030 年以降のエネルギー削減費用の推計には 2010 年代のエネルギー価格を用いて推計していることに注意が必要である。国際エネルギー機関や日本エネルギー経済研究所の予測では 2020 年以降もエネルギー価格は引き続き上昇局面であると予測されており、その上昇分を考慮すると、エネルギー削減費用が追加投資額を上回ることは十分可能性として高いと考えられる。

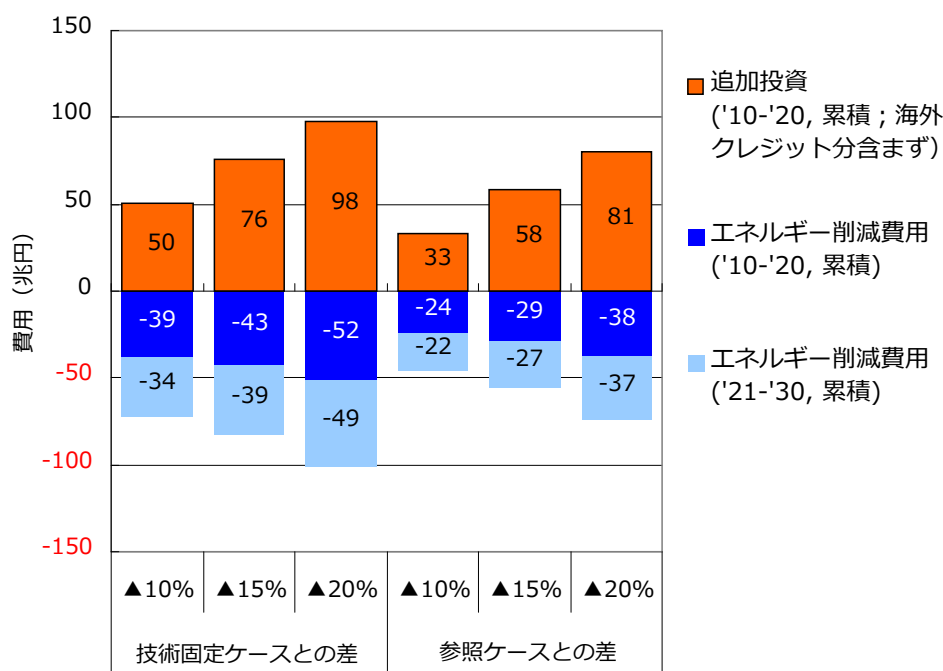


図 2-1-1 各ケースで見込まれる追加投資額とエネルギー削減費用

表 2-1-4 各ケースで見込まれる追加投資額とエネルギー削減費用（参照ケースとの差）

(兆円)	▲10%	▲15%	▲20%
追加費用 (A)	33 (100%)	58 (100%)	81 (100%)
エネルギー削減費用 (2010～2020) (B)	-24 (-75%)	-29 (-51%)	-38 (-49%)
エネルギー削減費用 (2020～2030) (C)	-22 (-69%)	-27 (-47%)	-37 (-47%)
エネルギー削減費用を含めた追加費用 (A) + (B)	9 (26%) 【74%回収】	29 (50%) 【50%回収】	43 (53%) 【47%回収】
エネルギー削減費用を含めた追加費用 (A) + (B) + (C)	-13 (-41%) 【141%回収】	2 (3%) 【97%回収】	6 (8%) 【92%回収】

※1 () 内の数字は「追加費用 (A)」に対する割合

※2 【 】内の数字は「追加費用 (A)」をエネルギー費用削減でどの程度回収できるかを示した割合

→ 参照 本編 4(3)③ エネルギーコストの削減・新市場創出効果等の分析

環境分野の新市場創出効果の分析

省エネルギー技術は、国内市場へ投入されるのみならず通常海外へも輸出され、重要な外貨獲得手段の一つとなっている。たとえば太陽光発電は、2007年度には日本企業の国内販売額が1,200億円に対して海外販売額が3,800億円と、国内市場に比較して3倍もの額を海外へと輸出していることがわかる。米国のグリーンニューディール政策など、世界的に省エネルギー技術導入に対する追い風は年々強くなっている。このような中で日本だけが投資を控えることは、結果として大きな利益を得るチャンスを逃すことになることが推察される。

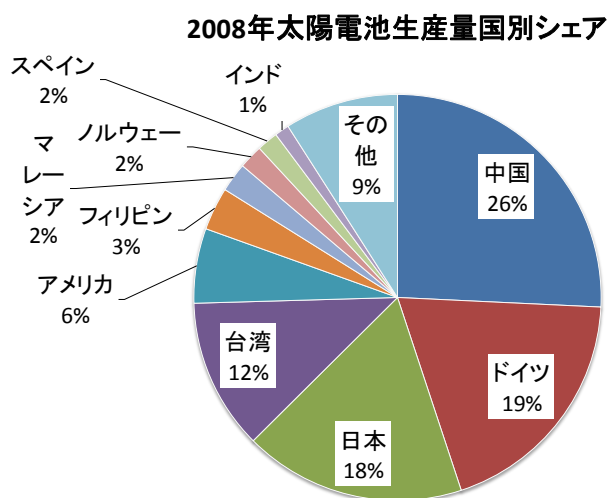


図 2-1-2 太陽電池生産量国別シェア（世界全体）

一例として、太陽光発電を対象に世界市場が今後拡大を続ける中で日本が導入拡大を進める場合と進めない場合でどの程度世界市場を失うかの試算を実施した。太陽光発電の世界市場規模については、EPIA（欧州太陽電池振興団体）の推計に基づき、2005年に300万kWが2020年に1億9,700万kW～2億7,600万kWに拡大すると想定した。これは金額換算して2005年の1.8兆円から2020年に8.2兆円～11.9兆円に拡大することに相当する。

国内市場規模から推計される2020年の日本企業の太陽光発電生産量が世界全体での太陽光発電生産量に占めるシェアは、このままの政策を維持して太陽光発電の導入促進を進めない場合には16%にとどまるが、国内導入量の増加につれて海外販売量も増加する関係があるとすると、例えば1990年15%削減ケース（太陽光導入を積極的に進めて2020年に3,700万kWを達成するケース）では41～57%に上昇すると推計された。これによる輸出額増大効果は、2010年から2020年の累計で9.4～14.5兆円（日額換算で26～40億円増加）であり、2007年の輸出総額が85.1兆円であることを鑑みると、輸出額を1～2%押し上げる効果となる。

→ 参照 本編5(2)① 積極的な低炭素投資による新産業の機会創出効果

投資回収年数と削減コストの分析

削減ポテンシャルおよび削減費用の推計においては、エネルギー価格や対策技術オプションの設定だけでなく、投資回収年数の設定の違いも結果の違いに大きな影響を与える。対策技術情報の不確実性や各行動主体のおかれた状況などにより投資行動や購買行動は異なり、投資回収年数の設定には幅が考えられる。各部門において様々な対策技術が存在するが、投資回収年数とその対策技術の寿命（法定耐用年数）よりも手前になることが多い。そこで、短い投資回収年数（ここでは3年と設定）で対策技術の選択の可否を行う場合、限られた対策のみが選択され、十分な温室効果ガスの削減効果（エネルギー消費の削減効果）が期待できない。一方、投資回収年を長く検討（ここでは主に8年）すると、各対策技術のエネルギー消費削減分をより多く考慮するため追加的な削減費用は安くなり、各対策技術の普及の度合いも変わり、全体として追加的な削減費用は安くなる。各行動主体の投資行動・購買行動の選択基準を変化させることは難しいが、省エネ対策へのソフトローン（低利子融資）、ESCO事業の促進、見える化の徹底など、上手な方策を講じることで、この削減ポテンシャルを顕在することが可能と考える。このように、投資回収年数を長くするような施策の実施は大きな排出削減につながり、各行動主体にとっても、社会全体にとっても、温室効果ガスの大幅削減にむけて賢い選択といえる。

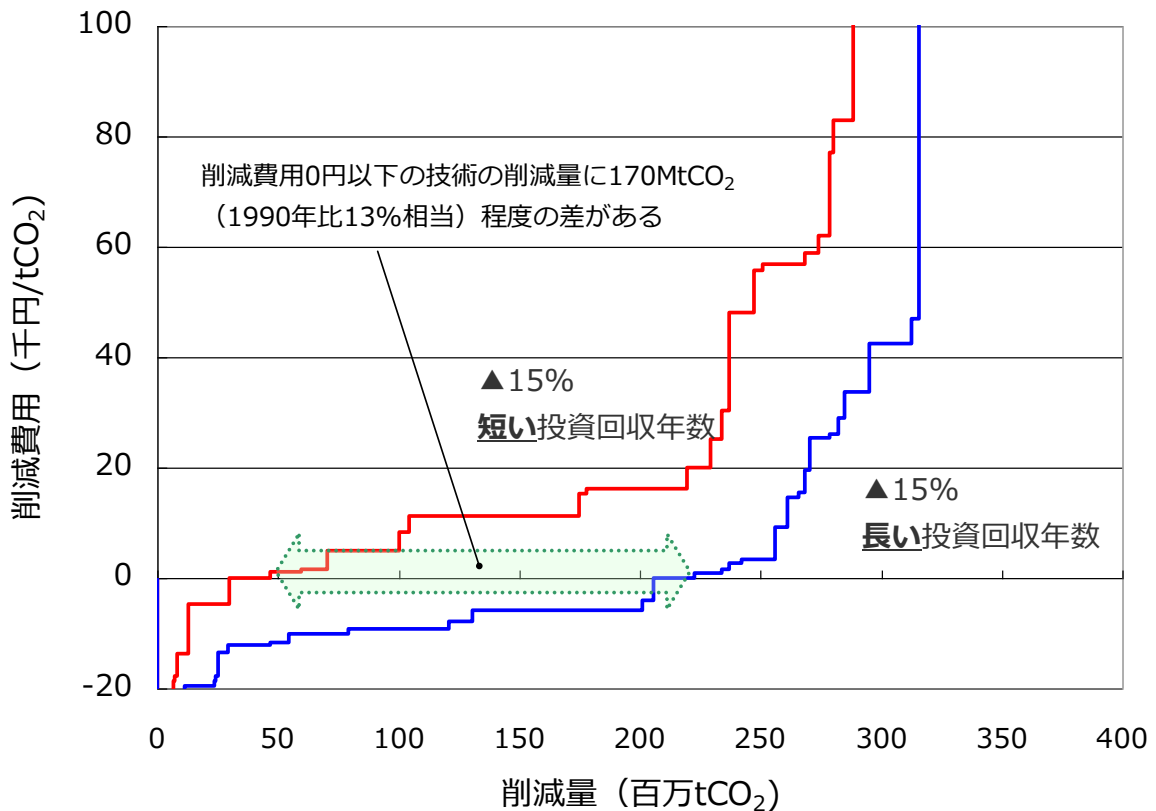


図 2-1-3 投資回収年数の違いによる削減費用・削減量の違い

→参照 本編 5 (1)① 投資回収年数と削減コストの関係について

エネルギーコスト削減以外の便益評価

また、低炭素化対策がもたらす便益には、エネルギーコストの削減のほかにも、経済効果や環境保全上の便益等、対策を評価する際に見落されがちな様々な間接的便益が見込まれ、これらはしばしば NEB (Non-Energy Benefit) と総称される。NEB の貨幣価値換算に関する体系的な手法はまだ確立していないが、その定量的分析を行った例としては、「民生部門の低炭素化に係る対策コストと間接的便益 (NEB) を考慮した費用対便益 (B/C) の評価」(2009 年 11 月:カーボンマイナス・ハイクオリティタウン調査委員会) が挙げられる。この分析では、NEB を考慮することによって評価が大幅に変化し、限界削減費用が大きく低下することが指摘されている。具体的には、NEB が (1) 環境価値創出に対する便益、(2) 地域経済への波及に伴う便益、(3) リスク回避による便益、(4) 普及・啓発効果による便益、(5) 執務・居住環境の向上による便益、に分類されるほか、ケーススタディの結果では NEB を考慮することによって限界削減費用が +6,700 円/t-CO₂ から -20,000 円/t-CO₂ と大きく低下するとの報告がある。

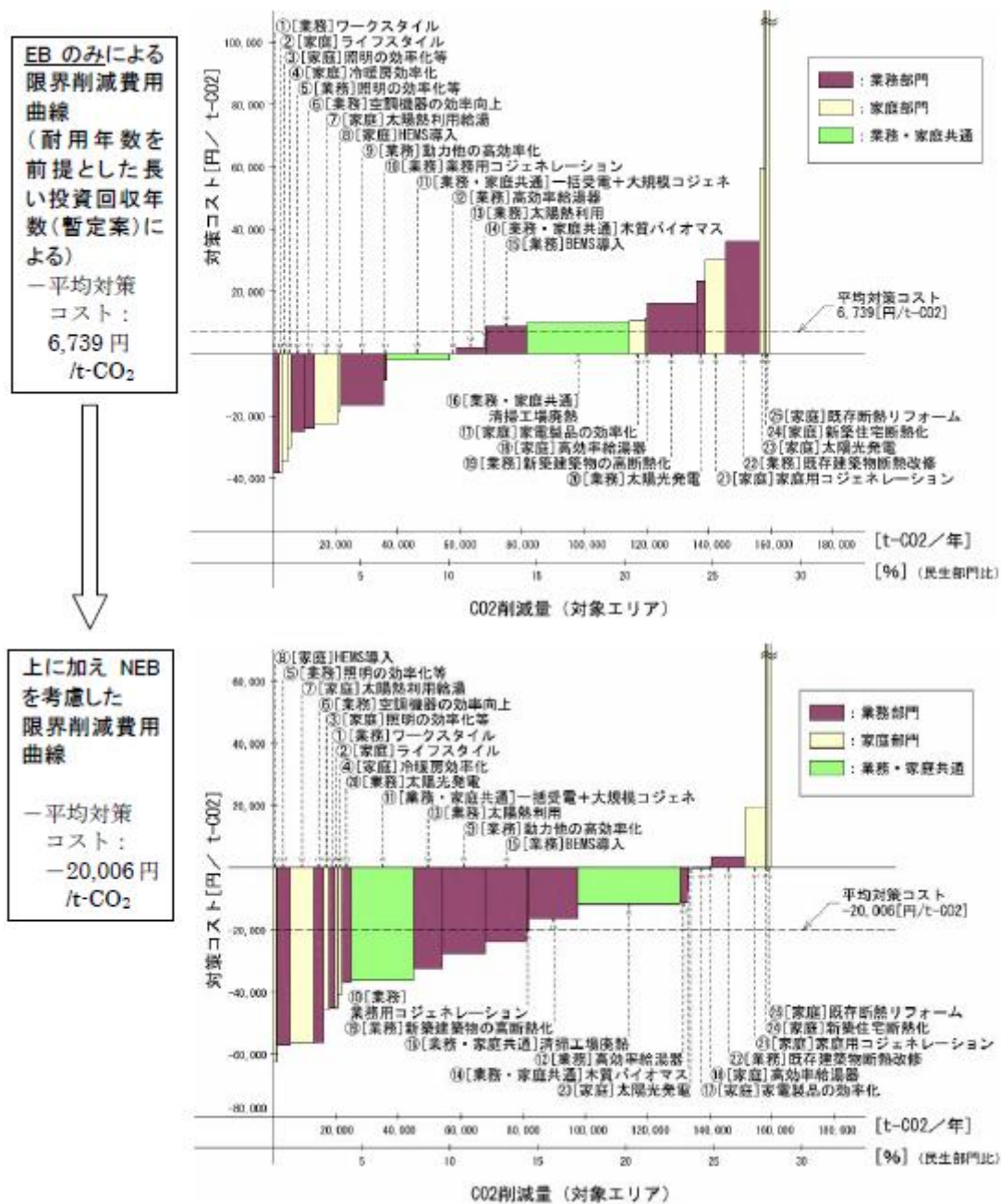


図 2-1-4 NEB を考慮した場合の限界削減費用曲線の変化

→参照 本編 5(1)④ 現在のモデル分析では表せなかった金銭的・非金銭的価値について

(3)炭素貯留・回収 (CCS)、スマート・グリッド、電気自動車等の技術革新の可能性も加味するべきではないか。

炭素貯留・回収 (CCS)、スマート・グリッド、電気自動車のモデルでの扱い

日本技術モデルおよび日本経済モデルのいずれでも、炭素貯留・回収 (CCS) は考慮に入れていない。これは、2020 年までに CCS 技術が広く普及できるかどうかには不確実性があるた

めである。

スマート・グリッドについては、その技術的な構成要素である HEMS や BEMS などは、日本技術モデルの評価対象としている。しかし、スマート・グリッドの概念を構成する集中型電源・送電系統・分散型電源の一体運用の効果や、需要家の電力消費情報を統合・活用してネットワーク全体の高効率かつ高品質、高信頼度の運用を進めることによる便益といった観点はモデル評価には組み込んでいない。

電気自動車については、現在、自動車メーカーが開発したものが既に市場投入段階にあり、プラグインハイブリッド自動車についても、市場への投入が今後予定されていることから、日本技術モデルでは評価の対象としている。例えば、1990年▲15%削減ケースでは2020年に新車で購入される乗用車の約2台に1台が次世代自動車になると想定しており、この次世代自動車のうちの約4割が電気自動車とプラグインハイブリッド自動車になると想定している。ただし、電気自動車を地域の電力系統に接続して再生可能エネルギーの出力や電力需要のバッファとして利用するスマート・グリッドの一部を構成するような運用及び利用による便益は考慮していない。

→ 参照 本編 4(3)① 削減を実現する対策メニューの分析

長期を見据えたイノベーションのモデル化の必要性

また、技術革新の原語はイノベーション（Innovation）であるが、本来は技術のみを対象とした言葉ではなく広く「人々に価値をもたらす行為一般」を指すものであり、制度やインフラなど幅広く対象としている。革新的技術の普及には社会システムの変革が不可欠であり、将来の技術革新の評価にあたっては技術だけではなく社会制度、社会インフラの変革も見据えた評価が重要と考えられる。

例えば、電気自動車の普及には充電のインフラや仕組みが必要であり、高断熱住宅の普及には、住宅性能基準の強化といった政策的システムの変化が欠かせない。特に、社会インフラについては一度建設されると以降長期にわたって利用されるものであるから（表 2-1-5）、2020年までを見据えた考え方ではなく、より長期の2050年あるいは2100年を見て2020年までに何をすべきかというバックキャスト的思考も組み入れたうえで、2020年のCO₂削減に向けた技術導入や社会インフラ整備を評価することが必要である。

表 2-1-5 社会インフラの部門別平均耐用年数¹

部門	平均耐用年数
道路	51年
港湾	49年
航空	16年
旧国鉄	22年
日本鉄道建設公団等	26年
地下鉄等	34年
旧電電公社	18年
下水道	57年
廃棄物処理	40年
水道	39年
都市公園	43年
文教施設（学校施設・学術施設）	39年
文教施設（社会教育施設・社会体育施設・文化施設）	41年
治水	85年
治山	50年
海岸	30年
農林漁業（農業）	44年
農林漁業（林業）	49年
農林漁業（漁業）	50年
郵便	18年
国有林	47年
工業用水道	38年

→参照 本編 5(1)④ 現在のモデル分析では表せなかった金銭的・非金銭的価値

b) 技術革新の可能性について

2050年80%削減との整合性について

2009年11月13日の日米首脳会談において、鳩山総理とオバマ大統領は2050年までに温室効果ガスを80%削減することを発表した。2050年80%削減に至る道筋に関する研究は今のところ発表されていないが、2050年までにCO₂排出量を70%削減した社会を実現するために、最も総費用が安価な道筋は何かを検討した研究に基づく、2050年の社会として想定したシナリオA、Bのいずれでも初期には燃料費節減分を加味しても年間5兆円程度を投資して低炭素技術や制度の普及を進めることが、2050年低炭素社会を実現するまでに要する費用の総和の観点では最も安価な道筋となり得ることが示唆されている(図2-1-5)。この分析では2020年のCO₂削減目標検討に当たって十分考慮されているとはいいがたい、産業構造の低炭素化や都市構造変化、運輸部門のモーダルシフトなども対象としており、本解析にて想定する諸条件と必ずしも整合するものではない。しかし、上述のように革新的技術の評価には社会インフラの変化や産業構造の変化も加味して評価、シナリオ検討することが肝要であることから、当該研究から得られる示唆は、本分析に対しても有用と考えられる。

2000年から2050年までの総和で見ると、習熟効果などにより固定費用の追加分が逡減するために、2010年から2050年までの総追加投資額は、シナリオAで12.7兆円、シナリオBでは7兆円となる。特にシナリオBでは従来型機器への投資と比較して低炭素技術への投資

¹内閣府政策統括官「日本の社会資本」(2007)

が安価になる可能性が示唆されているが、初期の大規模な投資による高額な低炭素型技術の導入なしには低炭素技術の価格低下は引き起こされず、その先の低炭素社会には進んでいかない。2050年70%削減を超える80%削減社会の実現には、これよりもさらに対策を強化する必要があるが、2020年までに低炭素社会構築への投資を進めることがより一層重要であるといえる。

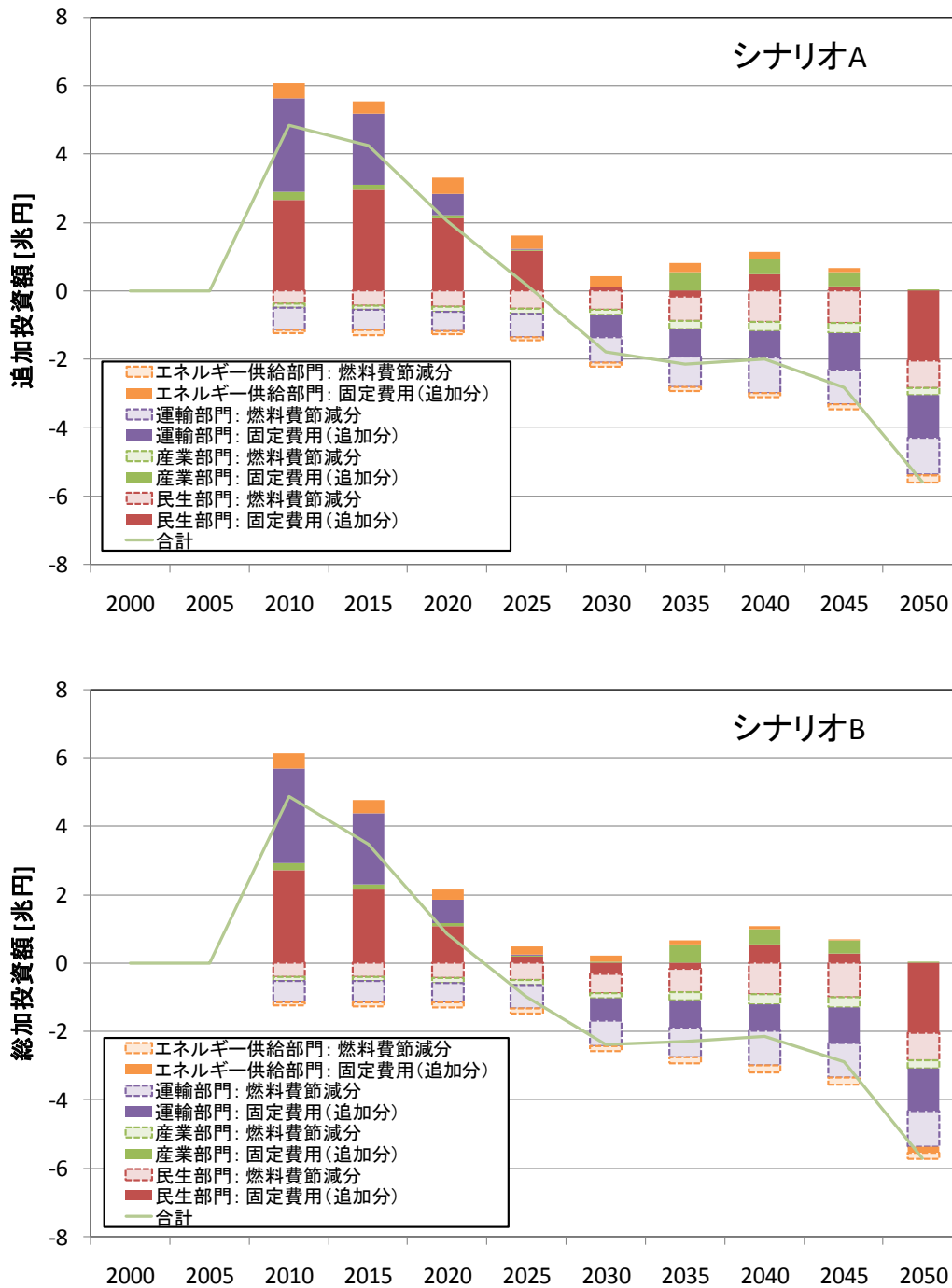


図 2-1-5 実現に要する総費用最小化の観点から得られた道筋の追加投資額の推移

世界的に低炭素社会実現のトレンドが形成されつつあることを鑑みると、日本が低炭素化技術へ投資しない場合には、他国で低炭素技術への投資と習熟が進み、将来的にわが国の産業が国際競争力を失う可能性もある。

仮に 2050 年近くになってから、急激な低炭素技術導入普及拡大政策を導入しても、技術普及のためには継続的な開発と、普及のための生産基盤の整備を行っていないければ、国際的な企業とのコスト競争に参入することはできず、結果的に海外の企業に資金が流出することになる可能性が高くなるといえよう。日本で対策を後送りして、他国で低炭素技術への投資と習熟が進んだ場合、結果として国内産業の衰退に結びつく可能性をはらんでいる。その観点では、わが国が率先して低炭素技術への投資をする、あるいは他国よりも先に厳しい環境規制をかけることによって早期に低炭素技術への投資を促して技術習熟を進めることは、国内産業の国際競争力の強化につながるものであるといえる。

→参照 本編 5(1)⑤ 2050 年 80%削減との整合性

(4)「すべての主要排出国による、公平かつ実効性のある国際的枠組みの構築」と「意欲的な目標の合意」という鳩山スピーチの「前提」を踏まえ、主要排出国の温暖化対策の程度に応じたケース分けをするべきではないか。

国際交渉および政策研究において、多様な衡平性指標が検討されており、大きく分類するならば、以下の3つに分けられる。

- i) 気候変動を生じさせた責任(responsibility)という観点からの指標：例えば、一人当たり排出量、過去から現在までの歴史的な排出量など
- ii) 支払い能力 (capacity) に応じた指標：例えば、GDP または一人当たり GDP、人間開発指標 (HDI) など。
- iii) 実効性 (capability) に応じた指標：例えば、生産原単位あたり排出量、GDP あたり排出量、限界削減費用など。

これらの衡平性指標の中で、どれが正しい、という回答があるものではなく、「公平かつ実効性」の概念はそれぞれの立場で主張されるものである。様々な異なる価値観を持った国々が集まる国際社会では、他国との間で衡平性の観点から説得力のある根拠をふまえて提示できなくてはならないが、現在の国際交渉へのサブミッションの中で、衡平性を測る指標として限界削減費用だけを中心に掲げている国は日本以外にはない。したがって、もし、主要排出国の温暖化対策の程度に応じたケース分けをするのであれば、限界削減費用だけでなく、一人当たり排出量や累積排出量等、温暖化の責任を示す指標や、一人当たり GDP 等、支払い能力を示す指標や、これらの複合指標も合わせて検討する必要がある。

→ 参照 本編 4(4) 主要国の努力の比較に用いるべき衡平性指標に関する考察

(5) 温暖化対策基本法案に示された政策等のパッケージによる効果等を加味するべきではないか。

温暖化対策を行う上で様々な施策の検討が可能であり、また、温暖化対策基本法案には様々な政策が列挙されているが、今回の試算では、①再生可能エネルギーの導入割合（一次エネルギーの10%）、②地球温暖化対策税もしくはキャップアンドトレード型の排出量取引制度（両者はモデル上、炭素排出量の上限を与えるか、価格を与えるかの違いのみで、数学的には同値である）を中心に分析を行った。②については、税収もしくはオークション収入をどのように活用するかにより、a) 税収の家計一括返還、b) 税収を温暖化対策に活用する、の2点を分析した。

詳細な定量的な結果は、次項以下に示すこととし、ここでは概要のみを示す。

①再生可能エネルギーの一次エネルギー供給に占める割合については、20%削減ケースでは、大規模水力を除いて10%導入することが可能であることを示した。15%削減ケースでは、大規模水力を含めると10%の導入目標に到達する。それ以下の削減目標では、一次エネルギー供給量そのものが大きくなることから、10%という目標を達成することができなくなる。

②地球温暖化対策税・排出量取引制度の効果について。図2-1-6にその概要を示す。二酸化炭素排出量を抑えるためには、図の斜線部の費用をかけて対策を導入する必要がある。a) 税収を家計に一括返還するケースでは、温暖化対策の導入に向けたインセンティブとして高額の炭素税率を導入するもので、この場合、レファレンスケースの実質GDPに対して-0.9%（▲10%ケース）～-3.2%（▲25%ケース）の変化となる。一方、b) 税収を温暖化対策に活用するケースは、温暖化対策に必要な追加費用を補助金として与え、その費用をすべて温暖化対策税の税収でまかなうことを想定したもので、対策技術の費用の低下が温暖化対策導入へのインセンティブとなるとともに、必要となる税率も低額に抑えることが可能となる。その結果、同じ対策を導入する場合でも実質GDPのロスを抑えることが可能となる。また、追加で必要となる温暖化対策費用が財政支出でまかなわれることから、温暖化対策投資向けの資金が生産投資として活用されるメカニズムが日本経済モデルには組み込まれている。

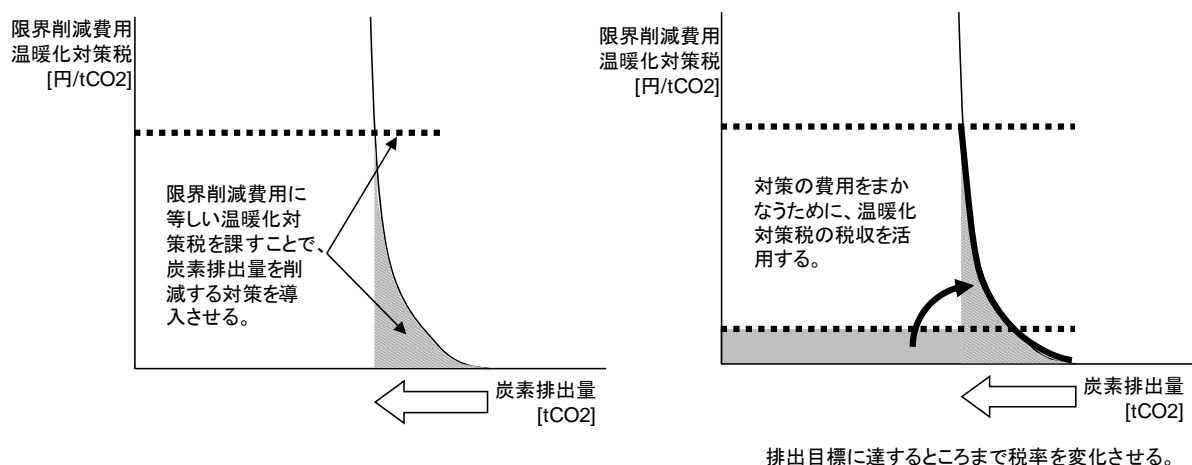


図 2-1-6 a) 家計一括返還ケース（左）と b) 税収活用ケース（右）

なお、税収の利用については、「二重配当」を目的として、既存税制の歪みを解消するような減税政策とパッケージ化することも重要な検討項目の1つではあるが、こうしたことは極めて政治的であり、今回のタスクフォースの趣旨を逸脱すると判断し、分析は行っていない。

また、今回示した政策のパッケージの効果や影響については、「必ずそうなる」といった類のものではなく、「そうした傾向になる」といったあくまで参考としてとらえるべきものである。これは、実際に政策を実行する際には様々な配慮が必要であり、そうした詳細まで今回は分析しておらず、また使用したモデルもそうした点を分析することを目的として構築されたものではないためである。

→ 参照 本編 4(2) 政策パッケージ・国内削減（真水）の削減割合を考慮した試算
本編 4(3) AIM モデルを用いたシミュレーション分析の結果 ② 経済影響の評価

(6)真水の削減割合を複数のケースに分けて分析を行うべきではないか。(5%きざみでの分析、前政権の目標と比較可能な分析等。)

日本技術モデルと日本経済モデルを用いて、真水の削減割合を▲10%～▲25%の5%きざみのケースを想定して分析を実施した。表2-1-6に、分析した各ケースの概要を示す。表中の「○(実施)」を付した試算を本タスクフォースにおいて実施している。2009年4月まで開催された中期目標検討委員会から新たに設定した主なケースは、日本経済モデルを用いた低炭素投資シナリオ(温暖化対策税の収収を温暖化対策に充当するケース)と日本技術モデルを用いた▲25%削減ケース(日本経済モデルの結果をフィードバックして、マクロフレームを調整するケース)である。

表2-1-6 今回想定したシミュレーションケース

モデル	技術モデル・経済モデル間のフィードバック	財源の扱い	真水の割合			
			▲10%	▲15%	▲20%	▲25%
日本経済モデル	—	家計一括返還	○ (実施)	○ (実施)	○ (実施)	○ (実施)
	—	低炭素投資	—	○ (実施)	—	○ (実施)
日本技術モデル	フィードバック無 (マクロフレーム固定)	—	○ (実施)	○ (実施)	○ (実施)	—
	フィードバック有 (マクロフレーム変更)	—	○ (実施)	○ (実施)	○ (実施)	○ (実施)

家計一括返還：地球温暖化対策収収を一括に家計に戻すシナリオ

低炭素投資：炭素税等による収入全額を環境政策を始めとした財政支出に充てるシナリオ

※日本経済モデルについては、この他に海外クレジット分もあわせて25%削減を達成すると想定している。

① 日本技術モデルを用いた分析結果

ケース設定：「▲10%～▲25%、5%きざみで分析を実施」

日本技術モデル(AIM/Enduse[Japan])を用いて2020年の温室効果ガス排出量を推計した。共通のマクロフレームの前提として、国内対策によって▲10%、▲15%、▲20%を実現する排出構成を推計した。

マクロフレームを固定しても▲約20%は達成可能

炭素制約をかけてもマクロフレームが固定された前提でも、日本技術モデル(AIM/Enduse[Japan])で想定した技術メニューを積み上げることにより、日本2020年温室効果ガス排出量を約20%削減することは可能である。

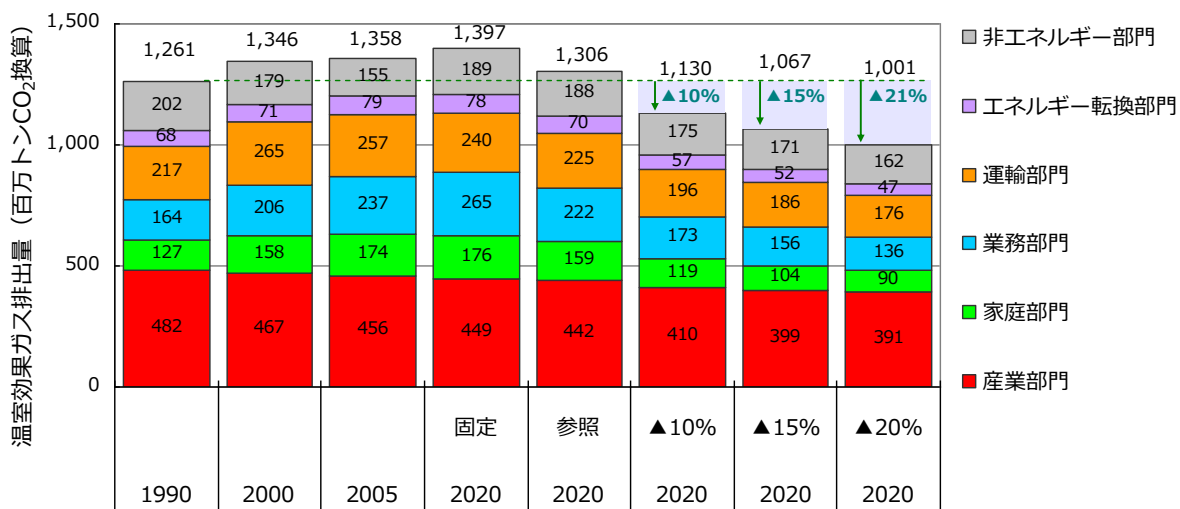


図 2-1-7 温室効果ガス排出量の部門別構成

再生可能エネルギー：「▲15%以上の削減で一次エネルギー供給比10%目標到達」

再生可能エネルギー導入量が一次エネルギー供給に占める比率の10%という目標は、削減率が小さいケースでは、再生可能エネルギー導入量が少ないだけでなく、目標値の分母となる一次エネルギー供給量の値も大きくなるため、目標の達成は困難である。大規模水力を再生可能エネルギーに含めてもよい場合には▲15%削減ケースにおいて目標を達成し、大規模水力を含めない場合には▲20%削減ケースにおいて目標達成している。

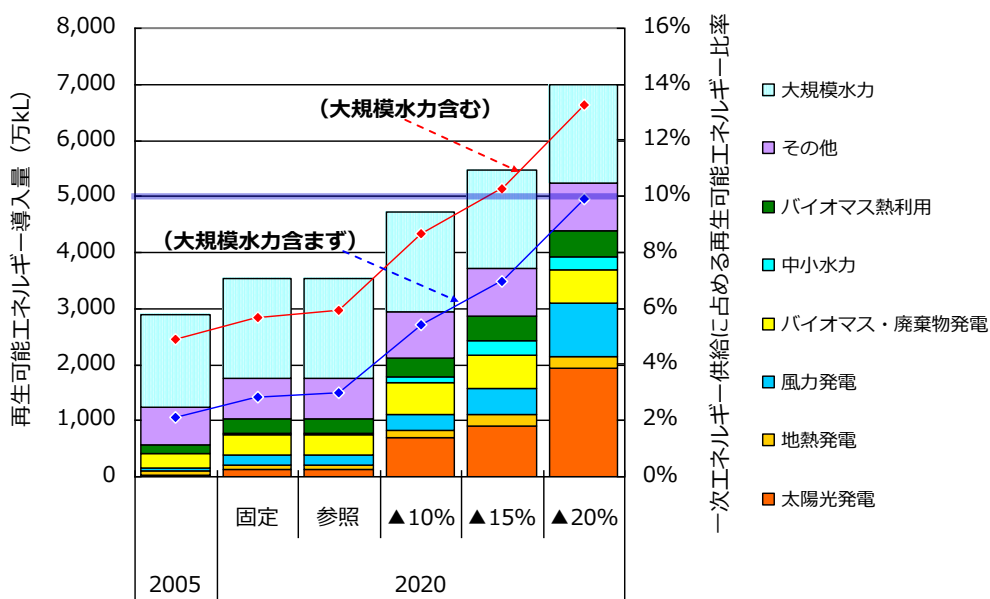


図 2-1-8 2020年における再生可能エネルギー導入量

削減のための追加投資とエネルギー費用削減：「2020年までの温室効果ガス削減のための追加投資は2030年までに回収が可能」

最終需要部門の削減対策と再生可能エネルギー導入のための追加投資は▲10%削減ケースでは2010～2020年の11年間で50兆円、▲15%削減ケースでは76兆円、▲20%削減ケースでは98兆円となる。その投資によって節約することができるエネルギー費用を計算し、追加投資と比較したところ、2020年までの追加投資は2020年までのエネルギー費用の削減によって▲10%削減ケースの場合には7割以上、▲20%削減ケースでも5割程度回収されている。さらに2030年まで見ると、投資の大部分は回収されている。

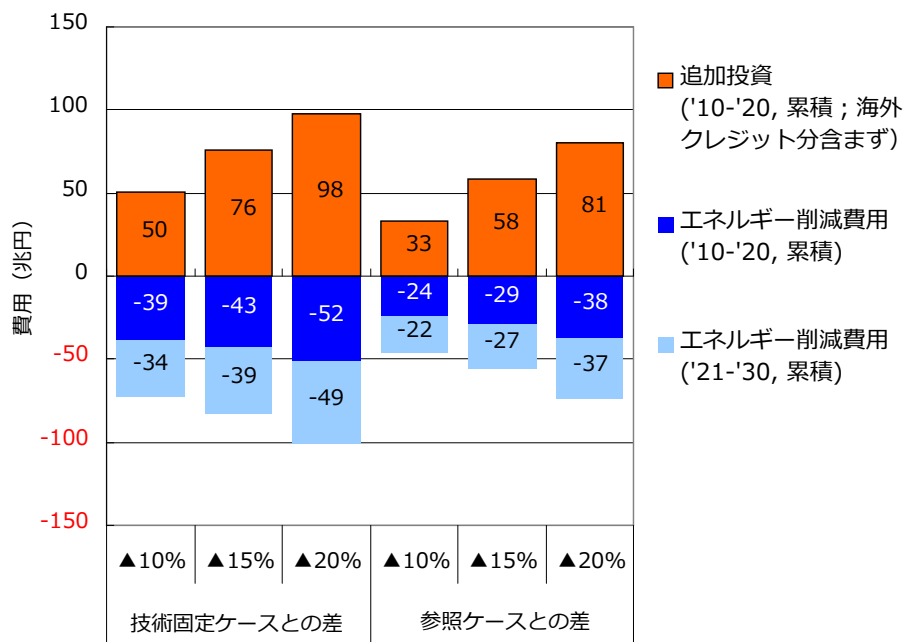


図 2-1-9 温室効果ガス削減のための追加投資とエネルギー削減費用

表 2-1-7 各ケースで見込まれる追加投資額とエネルギー削減費用（参照ケースとの差）

	▲10%	▲15%	▲20%
追加費用 (A)	33 (100%)	58 (100%)	81 (100%)
エネルギー削減費用 (2010～2020) (B)	-24 (-75%)	-29 (-51%)	-38 (-49%)
エネルギー削減費用 (2020～2030) (C)	-22 (-69%)	-27 (-47%)	-37 (-47%)
エネルギー削減費用を含めた追加費用 (A) + (B)	9 (26%) 【74%回収】	29 (50%) 【50%回収】	43 (53%) 【47%回収】
エネルギー削減費用を含めた追加費用 (A) + (B) + (C)	-13 (-41%) 【141%回収】	2 (3%) 【97%回収】	6 (8%) 【92%回収】

※1 () 内の数字は「追加費用 (A)」に対する割合

※2 【 】内の数字は「追加費用 (A)」をエネルギー費用削減でどの程度回収できるかを示した割合

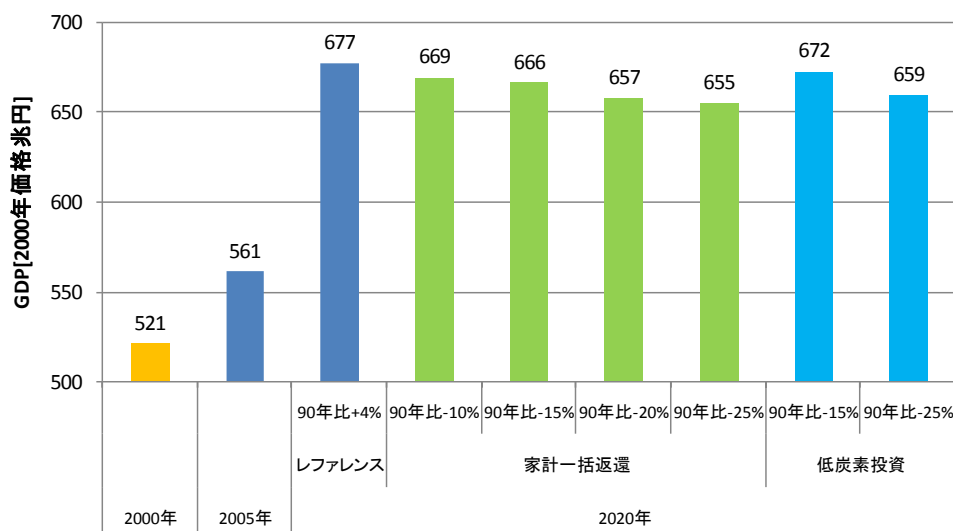
② 日本経済モデルを用いた分析結果

ケース設定：「▲10%～▲25%、5%きざみで分析を実施」

日本経済モデル（AIM/CGE モデル）を用いて、2020年の温室効果ガス排出量を、国内対策によって▲10%、▲15%、▲20%、▲25%、残りを海外クレジットで合計▲25%目標を達成するケースを分析した。エネルギー効率改善とそのために必要な投資額については①で結果を示した日本技術モデルによる試算結果を用いている。なお、海外クレジットは、2010年に30ドル/tCO₂、2020年に50ドル/tCO₂と設定した。

政策パッケージ：「地球温暖化対策税について、税収を一括して家計に還流するシナリオと温暖化対策投資に充てるシナリオを分析した」

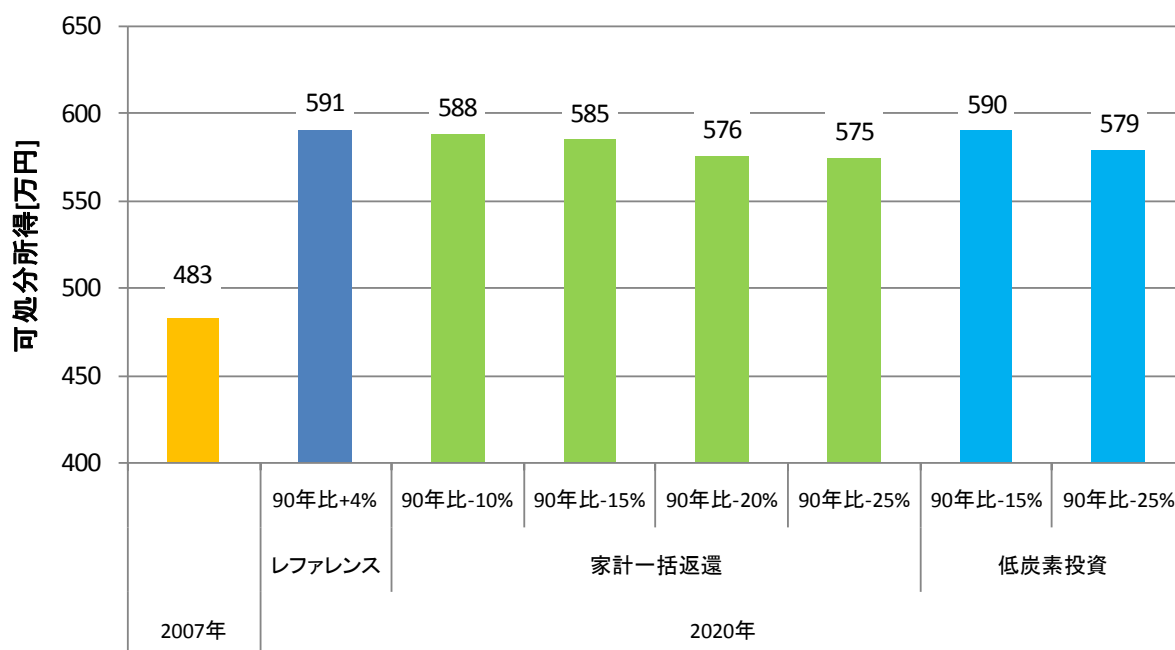
日本経済モデルにおいては、日本技術モデルで示された再生可能エネルギー導入割合10%を前提とするとともに、地球温暖化対策税、キャップアンドトレード型の排出量取引を考慮した。税収（地球温暖化対策税の税収、又は国内排出量取引のオークション収入）については、①一括して家計に還流するシナリオ、②温暖化対策投資を促進させるシナリオを実施した。なお、③国債償還に充てるシナリオについては、直接分析することは不可能であるが、国債償還により投資がどの程度増加するかという情報が得られれば、国債償還に対応するケースとして試算を行うことが可能である。また、②については、温暖化対策投資に必要な追加費用分に相当する税収だけを徴収することを想定している。このため、②における温暖化対策税の税率は、価格インセンティブにより温暖化対策の導入をはかる地球温暖化対策税と比較して、低く抑えることが可能となる。



注：2000年のGDPは産業連関表から計算されるGDPであり、SNAで報告されている値とは異なる。

2005年以降については、計算値である。

図 2-1-10 各ケースにおける GDP



注：4月14日の資料と同じ手法で、本図は作成されている。つまり、2007年家計調査による勤労者世帯の平均可処分所得483万円に、2020年レファレンスケースとの差(%)を乗じることで、現状との差額を計算した。レファレンスの値は、経済成長等をもとに設定した。

なお、可処分所得の定義が、4月までのワーキングチームでは「資本所得+雇用者所得」であったのに対して、上記の試算では「資本所得+雇用者所得+移転所得(温暖化対策税の還流分)」と異なっている点に留意が必要である。

図 2-1-11 各ケースにおける可処分所得

海外クレジットの比率が高い方が、すなわち、国内対策分の比率が小さい方が、経済活動への影響は小さいという結果が示されている。しかし、これは2020年までを見た場合の結果であり、2020年以降、更なる温暖化対策が想定されており、そうした将来を見越した対策に着手する必要があるといえる。

国内削減▲15%の場合、①一括して家計に還流するケースでは、2020年のレファレンスに対するGDPの変化が-1.4%となるのに対して、②温暖化対策投資を促進させるケースでは、GDPの変化は-0.7%にとどまる。また、可処分所得への影響も①では-1.3%となるのに対して、②では-0.2%と緩和され、国内削減▲15%と同等の効果を持ちながら、国内削減▲10%（家計一括変換シナリオ）を下回る影響に抑えることが可能になることを示している。

国内削減▲25%の場合、実質GDPの変化は-3.2%（①）から-2.7%（②）に、可処分所得の変化は-3.4%（①）から-2.5%（②）となり、国内削減▲20%（家計一括変換シナリオ）と同程度の経済影響に緩和させることが可能となる。

表 2-1-8 温室効果ガス削減の経済影響

		①家計一括返還シナリオ				②低炭素投資促進シナリオ 環境政策を始めとした財政支出に 充てるシナリオ	
		a)－① M▲10% C▲15%	b)－① M▲15% C▲10%	c)－① M▲20% C▲5%	d)－① M▲25% C▲0%	b)－② M▲15% C▲10%	d)－② M▲25% C▲0%
M：国内削減（真水） C：海外クレジット							
実質 GDP	実質	-0.9%	-1.4%	-2.9%	-3.2%	-0.7%	-2.7%
可処分所得	実質	-0.6%	-1.3%	-3.1%	-3.4%	-0.2%	-2.5%
限界削減費用						—	—
温暖化対策税率※	実質	8,678	10,252	23,869	52,438	5,961	8,558

注：％で示されている項目は、レファレンスケースの2020年の値からの乖離を示す。

②低炭素投資促進シナリオでは、排出削減目標に達成するように税率を設定し、目標とする排出量に達するまで税率を調整する。

※ 家計一括返還シナリオでは、原価削減費用と炭素税率は一致するが、低炭素投資促進シナリオの炭素税率は温暖化対策に必要な費用を充足するための税率であり、限界削減費用とは異なる。また、家計一括返還シナリオの同じ削減率と比較すると、GDPのロスは回復していることから、限界削減費用そのものは高くなる。

- 参照 本編 4(2) 政策パッケージ・国内削減（真水）の削減割合を考慮した試算
 本編 4(3) AIM モデルを用いたシミュレーション分析の結果
 参考資料 1 日本技術モデルの構造と前提
 参考資料 2 日本経済モデルの構造と前提

③ 日本技術モデルと日本経済モデルの結果をそれぞれにフィードバックさせた分析結果

これまでの分析において想定されていたマクロフレーム下では、温暖化対策技術を積み上げて 1990 年比 20%削減までしか到達できなかった（25%削減については、高額な炭素税が導入されることで達成が見込まれるという曖昧な表現となっていた）。また、ほかのケースにおいても、炭素排出量に対して何らかの費用が発生するため、本来であれば、そうした影響もマクロフレームには反映させる必要がある。こうしたことを踏まえ、日本経済モデルの分析結果が示す活動量を日本技術モデルのインプットとして用いることで、活動量変化がもたらす影響について分析した。その結果、マクロフレームを固定した場合に▲20%ケースで想定した技術メニューを用いても、活動量変化の効果が加わるために 90 年比▲25%も達成した。

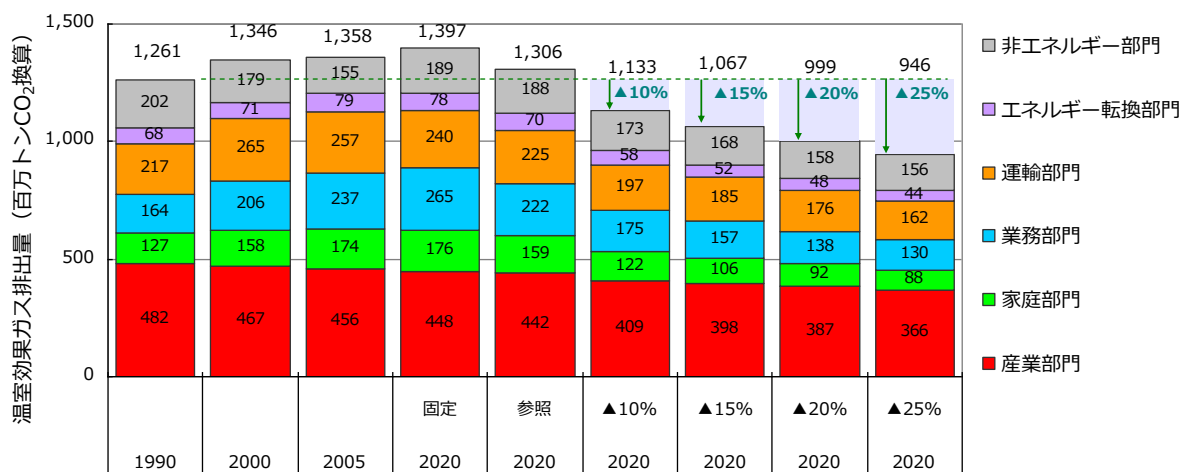


図 2-1-12 日本技術モデルによる温室効果ガス排出量構成（日本経済モデルの結果を反映した試算）

→ 参照 本編 4(3)③技術モデルと経済モデルのフィードバックの効果

(7)十分な温暖化対策を行わなかった場合のコストも加味するべきではないか。

温暖化影響総合予測プロジェクトにおいて、国内の複数の影響項目の被害量・被害額が示されている（図 2-1-13、表 2-1-8）。

しかし、上記以外の影響も考えられること、温暖化対策の効果は世界的規模で発生すること、450ppm に安定化した場合でも一定程度の被害が生じることなどから、我が国の温暖化の影響によるコストを網羅的かつ定量的に評価することは困難である。そのため、十分な温暖化対策を行わなかった場合のコストを日本技術モデルや日本経済モデルに直接反映させることは、必ずしも適切ではない。

いずれにせよ、十分な温暖化対策を行わなかった場合、負の影響を及ぼすことは疑いの余地がないことから、モデル分析の結果を国民に伝える際には、定量的あるいは定性的な記述と共に、十分な温暖化対策を行わなかった場合のコストについて言及することが必須である。

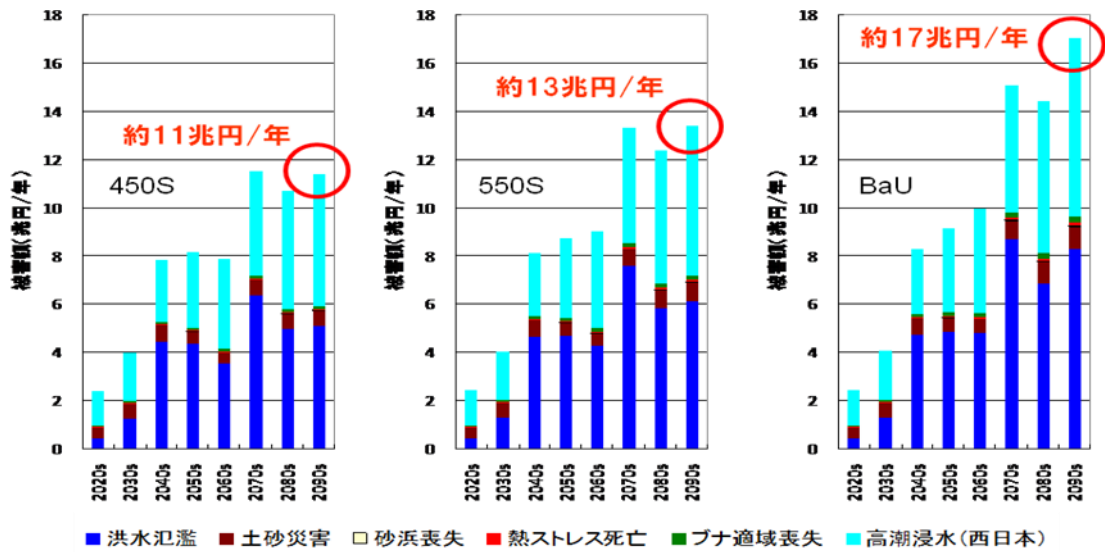


図 2-1-13 安定化水準別の分野別影響（全国値）

表 2-1-9 安定化水準別の分野別影響（全国値）

影響分野			2030s			2050s			2090s		
			450s	550s	BaU	450s	550s	BaU	450s	550s	BaU
洪水氾濫	洪水氾濫面積	1000km ²	0.2	0.2	0.2	0.6	0.7	0.7	0.5	0.6	0.8
	浸水被害コストポテンシャル	兆円/年	1.3	1.3	1.3	4.4	4.7	4.9	5.1	6.1	8.3
土砂災害	斜面崩壊発生確率	%	3	3	3	3	4	4	4	5	6
	斜面崩壊被害コストポテンシャル	兆円/年	0.60	0.60	0.60	0.49	0.52	0.58	0.65	0.77	0.94
ブナ林	ブナ林の適域	%	79	77	77	72	65	61	64	50	32
	ブナ林の適域喪失被害コスト	億円/年	778	829	851	1034	1273	1381	1325	1811	2324
マツ枯れ	マツ枯れ危険域	%	15	16	16	22	26	28	27	37	51
コメ	コメ収量	t/ha	4.9	5.0	5.0	4.9	5.0	5.1	4.8	4.9	5.1
砂浜	砂浜喪失面積	%	13	13	13	19	21	23	29	37	47
	砂浜喪失の経済価値	億円/年	116	118	121	176	192	208	273	338	430
高潮	高潮浸水人口(西日本)	万人	12	12	12	19	20	21	32	37	44
	高潮浸水人口(三大湾)	万人	11	11	11	17	17	17	30	32	35
	高潮浸水面積(西日本)	km ² /年	60	60	61	92	97	102	155	176	207
	高潮浸水面積(三大湾)	km ² /年	24	24	24	37	38	39	63	67	72
	高潮浸水被害コスト(西日本)	兆円/年	2.0	2.0	2.0	3.1	3.3	3.5	5.4	6.2	7.4
	高潮浸水被害コスト(三大湾)	兆円/年	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	1.8	2.0	2.3
熱ストレス	熱ストレス死亡リスク	—	1.5	1.6	1.6	1.8	2.1	2.2	2.1	2.8	3.7
	熱ストレス(熱中症)死亡被害コスト	億円/年	243	265	274	373	480	529	501	775	1192

→ 参照 本編 4(5) 十分な温暖化対策を行わなかった場合のコスト等について

(8)国民にもわかりやすいように、分析結果の表現方法を見直すべきではないか。その際、モデルの仕組みや前提条件を明確にし、分析過程も含めて提示するべきではないか。

10月30日の座長とりまとめにもあるとおり、より適切な国民負担の示し方について注意を払うほか、「実質可処分所得」等、大多数の国民にとって馴染みの薄い概念・用語を極力排除するため、「我が家の低炭素生活実現計画」のように、国民負担の相場感を示す、別のアプローチも試みた。

「我が家の低炭素生活実現計画」では、積極的な省エネ投資を行ったある家庭が、現状のエコポイントやエコカー減税、将来想定される固定価格買い取り制度、太陽光発電のコスト低減効果などの普及効果等を活用することで、どの時点で追加投資額（省エネ対策とその時点の一般的な対策の初期費用の差額）を光熱費節約分や政策的なインセンティブ等で回収できるのかについて分析し、現状で二酸化炭素を年間 5,000kg 排出している家庭が、年間 1500kg に抑えることができることを示したものである。

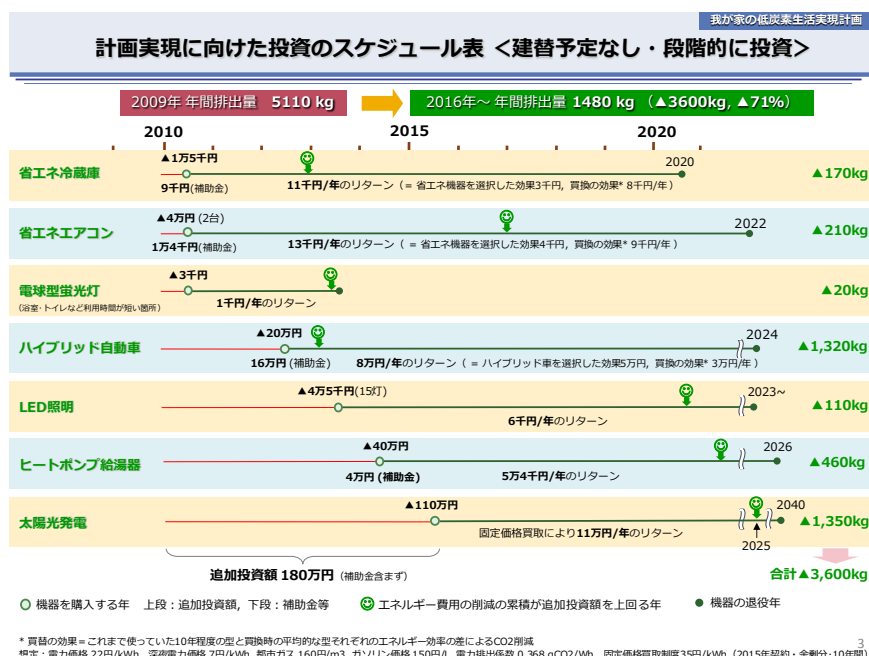


図 2-1-14 我が家の低炭素生活実現計画

一方で、こうしたわかりやすい表現は、科学的に正確な情報を捨象している可能性がある。上図の例では、政策的なインセンティブは税金や国民負担で行われるため、可処分所得の減少につながっていることに留意が必要である。こうした科学的に正確な表現と、わかりやすい表現を両立させることについては、今後も随時、工夫していきたい。

→ 参照 本編 4(3) AIM モデルを用いたシミュレーション分析の結果 内の参考

(9) 諸外国等のモデル分析との対比を行うべきではないか。例えば、IPCC、IEA、その他諸外国が採用しているモデル分析との比較検証を行うべきではないか。

現在までに、国立環境研究所 AIM チームでは、気候変動に関する政府間パネル (IPCC と略称: Intergovernmental Panel on Climate Change) における「温室効果ガス排出シナリオに関する特別報告書 (IPCC SRES と略称)」、「第 3 次評価報告書 (IPCC TAR と略称)」および「第 4 次評価報告書 (IPCC AR4 と略称)」の執筆に関わり、国際的な研究機関による様々なモデル分析および将来シナリオに関する比較をおこなってきた。また、現在、IPCC 第五次評価報告書 (IPCC AR5 と略称) に向けて貢献するために、Integrated Assessment Modeling Consortium (IAMC と略称) において国立環境研究所、Energy Modeling Forum (EMF と略称)、International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA と略称) が共同で幹事を務め、世界の研究機関 (国立環境研究所や地球環境産業技術研究機構も含む) の多くのモデルが参加し、世界の温室効果ガス排出緩和シナリオの分析を進めている。このほか、前述の EMF や Innovation Modeling Comparison Project (IMCP と略称) などの、国際的な研究機関によるモデル分析の結果を比較する様々な国際モデル比較プロジェクトにも多く参加してきている。さらに、国立環境研究所地球環境研究センターでは「温室効果ガス排出シナリオに係るデータベース」を構築および公開し (<http://www-cger.nies.go.jp/scenario/index-j.html>)、IPCC SRES, IPCC TAR, IPCC AR4 といった評価報告書を中心に、国際的な研究機関の様々なモデルによる様々な将来シナリオのデータの比較検証を行ってきた。

それらの経験により、様々なモデルによる分析結果の違いは、モデル構造の違いだけでなく、前提条件 (モデル計算の基礎となる人口、GDP、各種活動量や、エネルギー価格、対策技術の想定など) の違いによって結果に大きな差異があることが分かっている。そのため、国際モデル比較において、モデル分析結果の比較検証を行う場合は、GDP や人口などの前提条件やベースライン排出量など、各研究機関である程度整合を持たせた上で比較分析を行っている。また、IPCC は様々な文献をレビューしているが、前提条件を揃えた比較検証は困難であるため、複数の分析結果を収集し、ベースライン排出量やベースラインからの削減量など比較結果を「幅」で示す方法をとっている。

したがって、本タスクフォースにおいて、他報告書および他研究機関によるモデル分析結果と比較検証する場合は、単に結果のみを比較検証するだけでは評価が困難であり、その前提条件等の違いを十分に理解することが重要である。特に、ひとつの国際機関の結果だけでなく、複数の結果を比較検証し、結果を「幅」で示すことが重要である。世界技術モデルの結果比較については、前中期目標検討委員会において(財)地球環境産業技術研究機構(RITE)と国立環境研究所(NIES)の間で十分に比較検証しており、またその結果が海外でも引用され評価されている。11月中旬以降に議論を行う世界経済モデルについては、今後も引き続き、比較検証を行っていく必要がある。

(10)その他

25%削減達成シナリオを分析するのに必要なプロセスについて

① モデルにはできること、できないことがあることの正しい理解

- ・ モデルは、入力条件と出力結果の間を論理的に結ぶ箱であり、入力に対する出力は客観的である。
- ・ モデルという箱の論理にも一般均衡モデルやケインズ型マクロ経済モデルのように複数の思想に基づいた考え方がある。このように箱自体の設計については、モデルを作る人の主観が反映される。
- ・ 社会経済の不確実性を踏まえた幅をもった入力条件を想定しないと、箱を通じて出てくる出力結果も幅の少ない固定的なものになる。将来我が国を引っ張っていくような新産業の想定を、具体的な数値で入力しない限りプラスの経済効果が出ることはない。
- ・ モデルは不確実な将来を見通すときに、こうなったら、こういう結果になるという傾向を分析するための目安の道具である。モデル分析から自動的に良い仕組みは生まれない。良い仕組みの想定を、その専門家が具体的・定量的に設定してモデルを動かすことで、その効果を定量的に評価し、その良しあしを判断する目安の材料を得ることができる。

① 成長戦略に基づいたマクロフレームの設定

- ・ 現状分析を足るに十分なデータの収集。排出量の多い工場でもデータが開示されていない現状。中小規模の工場、業務・家庭レベルでのエネルギー使用・温室効果ガス排出量状況のデータを整備しないと、詳細な対策を想定することができない。省エネ法の有効活用が必要。
- ・ 業界の枠の取り合い（民生・運輸への排出の押しつけ）にならない整合的な活動量を想定することを前提とした調査、専門家インタビュー。
- ・ 国際競争力を持つ、適切な生産性を持つ、地域の雇用を確保する新産業に対する展望と定量的なデータの準備。

② 日本 2020 年の温室効果ガス排出量を 25%削減するために、より実現可能な解決策を見つげ出すには、具体的な削減メニュー、制度設計の前提が必要。

- ・ モデルは論理の詰まった箱であり、その箱に適切なデータセットがないと良い結果は出力できない。今回用いた日本技術モデルでは、2020 年までということもあり、導入量はともあれ、ほとんどの対策は確実に普及させることが可能なものだけを含めている。成長戦略に基づいたより野心的な技術メニューを想定することは、モデル分析の醍醐味である。それに資する定量的なデータセットを、データ提供者とモデル作成者が協力して作っていくことが必要である。
- ・ 今回用いた日本経済モデルでは、国内炭素税と国内排出量取引の取り扱いは同じことになるなど、モデルによってうまく取り扱える制度がある。モデルの特性を踏まえながら、よ

り具体的で定量的な制度設計に落とし込んで分析し、モデルが示す定性的な傾向を理解したうえで政策判断することが期待される。

③ 世界の状況、2050年80%削減などの長期を見据えた分析が必要

- ・ 日本経済は輸出入に強く依存している。現在、自動車、素材、電子機械などを輸出して、エネルギー、食料等を輸入している。大手企業の大半は海外に生産設備を持ち、その割合は増える一方である。また、温暖化は日本だけの排出量が問題なのではなく、世界の排出量が重要である。そのため世界技術モデル及び世界経済モデルを用いた分析が必要になる。
- ・ 温室効果ガス排出量の削減は2020年で終わるものではなく、2020年以降2050年、さらにその先に向けて、求められる削減量は大きくなる一方であることが予想される。また、世界の状況を鑑みると途上国も具体的な削減対策を進めていけば国際炭素市場で常に安価な炭素クレジットが購入できることを期待することにはリスクが伴う。
- ・ 2000年から2005年にかけて日本では経済成長の伸びに比べてCO₂排出の伸びが大きくなった（つまり、高炭素な社会経済構造に転換した）。この反省に立って、社会経済構造、国土デザインが安全安心に暮せ、働け、低炭素につながるインフラや個別対策の導入に資するような長期を見据えた戦略に基づいた2020年対策を検討する必要がある。

④ 温暖化対策が社会経済に対してエネルギーとCO₂の問題以外に及ぼす影響（追加性）を踏まえた分析の必要性

- ・ 温暖化対策の効果をエネルギーとCO₂の問題だけで捉えると、住宅の断熱化は削減費用の高い対策になるが（エネルギー経済研究所やAIMが示している結果）、そもそも住宅の断熱化が冬寒くない快適な居住空間を得るための投資だと考えると、エネルギーコスト削減効果は副次的な（おまけの）効果になり、削減費用をマイナスとカウントすることも可能になる（McKinseyが示している結果）。どこをベースラインに置くかで必要となるコストの考え方（追加性）は大きく変わってくる。
- ・ 地域やコミュニティで行われる温暖化対策の中には、青森市で行われている街なか活性化・高齢者対策がメインの目的のコンパクトシティ、風力やバイオマスをきっかけにしたまちおこしなど、エネルギー・CO₂削減以外の価値をもった対策が多く存在する。それぞれの便益・トレードオフをよく踏まえた分析が必要になる。
- ・ 温暖化対策を行う第一の目的は温暖化影響を緩和するためである。日本だけの被害にとどまらず、長期に影響を及ぼす問題であることを理解し、金銭的換算できない部分についても、十分に斟酌する必要がある。

⑤ 継続した分析が必要

- ・ 今回の結果で日本でも2020年までに温室効果ガス排出量を25%削減できる可能性は示された。しかし、確実に実現する方策を探るには、以下の2点が重要である。
 - 1) アカデミックなモデル比較分析の継続
 - 2) 政策決定者、成長戦略や温暖化対策のアイデアを提供する専門家、対策を実行するステ

ークホルダー、それを中立的に分析するモデル研究者等の協調的なシナリオ作りの場

(2) モデル分析の役割

① モデルとは

本分析におけるモデルとは、現実の社会経済活動やそれに伴って発生する温室効果ガスの過程を方程式群によって定義したツールの 1 つである。モデル分析では、作成されたモデルを用いてシミュレーションを行うことで、将来想定される様々な状況の帰結としての温室効果ガス排出量の推計や、想定される政策目標（温室効果ガス排出量の削減）の実現に必要な個々の政策手段の導入量やその費用、影響を推計する。モデルとは、現実社会を投影したものではあるが、1 つのモデルに現実社会を構成する全ての要素を組み込むことは不可能であり、目的に応じてモデルが使い分けられている。

モデルでは、全ての要素を取り込むことができないので、モデルで取り扱う内容と対象としない内容を境界条件によって区別する。つまり、モデルの結果は境界条件内に設定されたことについてのみに有効であり、境界条件の外側は前提であったり、分析対象外となる。各モデルでは、内生変数と呼ばれるモデル内部で決定される変数と、外生変数と呼ばれる一種の前提条件となる変数がある。当然のことながら、前提条件である外生変数の値が変わることで、モデルの結果である内生変数の値は変化する。モデルの主たる役割は、外生変数を様々な条件をもとに想定し、その帰結として得られる内生変数について分析を行うことである。将来を特定することは、様々な不確実性から不可能とってよく、想定される様々な将来の状況を前提として得られる帰結から、とるべき政策を検討することが重要である。

② 国立環境研究所が使用する AIM モデル

分析の目的や対象に応じてモデルを使い分けることは既に述べた。2008 年に始まった中期目標検討委員会では、2020 年の中期目標の設定に関する選択肢を提示することを目的として、A.わが国と主要国の削減努力、費用に関する分析、B.わが国における温室効果ガス排出量の削減に向けた政策手段の検討とその効果に関する分析、C.前項の削減が実施される場合の経済影響に関する分析、が求められ、それぞれ a. 世界を対象とした技術選択モデル（以下、「世界技術モデル」と略称）、b. 日本を対象とした技術選択モデル（以下、「日本技術モデル」と略称）c. 日本を対象とした経済モデル（応用一般均衡モデル）（以下、「日本経済モデル」と略称）を用いて分析を行うこととした。

一方、2009 年秋から行われたタスクフォースでは、2020 年の温室効果ガス排出量を 1990 年比 25%削減することを達成するような経路についての検討が行われている。ここでも、世界全体の活動との関係は検討項目ではあるが、まずはわが国においてどのように 25%削減という目標を達成するかということが検討課題として与えられたことから、前述の日本技術モデルと日本経済モデルを用いて分析を行うこととした。

各モデルの概要は、以下の通りである。

世界技術モデルと日本技術モデルは、技術積み上げ型のモデルとも呼ばれており、様々な前提の下で設定されるエネルギーサービス需要（すなわち各部門の活動量）を満たすようにエネルギー消費技術が選択される。世界技術モデルでは、世界全域をカバーしているが、世

界の統計データの利用可能性の制約やそれらの信頼性などの課題もあり、部門や技術種についてはある程度集約した形で表現されている。一方、日本技術モデルでは、対象地域は日本のみであるが、詳細な対策技術を対象に、そうした対策の導入条件となるような政策の組合せとセットで評価することが可能となるようにしている。日本経済モデルは、応用一般均衡モデルを基礎としている。日本技術モデルの試算結果や統計情報から得られた様々な想定での効率変化や、その技術を導入するための追加的な費用、技術導入のための補助金額を組み入れて計算を行い、炭素税導入と追加的対策の導入によるマクロ経済への影響を分析する。各モデルの概要の解説については、下記の URL を参照して頂きたい。

http://www-iam.nies.go.jp/aim/prov/middle_report.htm

③ 日本技術モデルと日本経済モデルのリンクについて

日本技術モデルと日本経済モデルは、本来なら相互補完的なモデルである。つまり、日本技術モデルは、マクロフレームから想定されるサービス需要量を満たすようにエネルギー技術が選択されるボトムアップ型のモデルであり、日本経済モデルは、エネルギー効率を前提にマクロ的に整合的な活動水準や価格を計算するトップダウン型のモデルである。

ところが、2008年に始まった中期目標検討会では、日本技術モデルと日本経済モデルの関係は、「日本技術モデル→日本経済モデル」の一方通行であり（図 2-2-1）、日本技術モデルの前提であるマクロフレームは、日本経済モデルから計算される活動水準と必ずしも整合していない。国立環境研究所では、2つの日本モデルを用いた分析を行っていることから、各モデルを用いた計算を何度か繰り返すことで（図 2-2-2）、2つのモデルに整合的なマクロフレームを検討する。ただし、2つのモデルを完全に整合させることは困難であるため、主要な要素（発電電力量、粗鋼生産量等）について収束させるようにする。

よって、2008年に始まった中期目標検討委員会では、

日本技術モデル…マクロフレーム固定（炭素価格を反映せず）

日本経済モデル…「真水」のみ、炭素価格は設定したが、温暖化対策に税収を使わず

という検討であったが、2009年秋から行われたタスクフォースでは、

日本技術モデル…マクロフレーム固定（炭素価格を反映せず）とマクロフレームを日本経済モデルと整合をとったもの（炭素価格を反映する）

日本経済モデル…「真水」と「真水」に加えて海外クレジットを活用したケース、税収を家計に戻すケース、温暖化対策に税収を活用するケース

という分析を実施する。

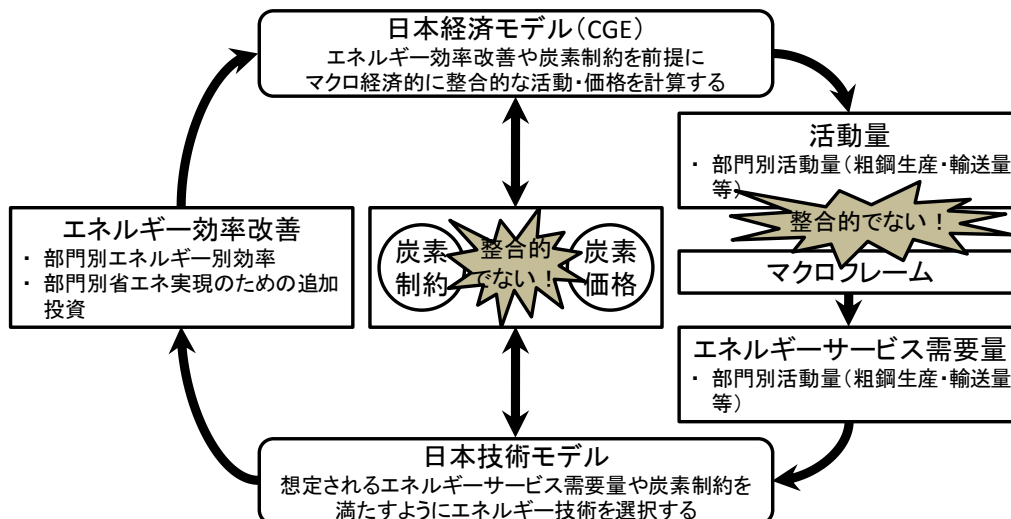


図 2-2-1 2008 年に始まった中期目標検討委員会で用いたモデルのフレーム

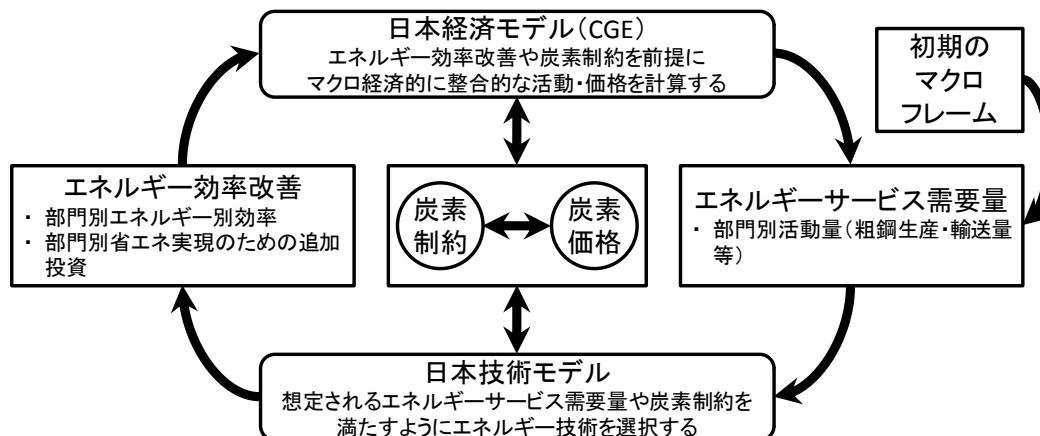


図 2-2-2 今回（2009 年 10 月～）取り組もうとするモデルのフレーム

④ 今回の AIM モデル分析の限界

国立環境研究所が使用する A.世界技術モデル、B.日本技術モデル、C.日本経済モデルの三つのモデルについては、上述の通りであるが、それぞれのモデルは目的に応じて使い分けられ、各モデルにおいて分析できることには限界がある。その限界は大きく分類して「モデル自体の限界」および「データの利用可能性の限界」の両方が存在する。そこで、以下に、モデル分析の限界について整理する。

i) 多様な将来像を想定した分析はできていない

ここで取り上げているモデルは、これまでの社会（特にエネルギーの供給、消費構造）を再現することを基本としたものであるため、低炭素社会の構築に向けて必要な、社会そのものを大きく転換した場合の分析はできていない。まずは、どのような社会を我々の子孫に残したいのかというビジョンを明確にし、それにあわせて、例えば、モデルで用いている係数

の設定や対策の導入などを表現し、多様な将来像を描き、議論の材料を提供することがモデルの役割といえる。前回の中期目標検討委員会では、2020年の温室効果ガス排出量の数値を出すことが目的であって、そうした排出量を規定する土台となる社会像の検討については、これまでのトレンドの延長を基本としており、低炭素社会の実現に向けた社会像の検討は必ずしも十分ではなかった。

ii) 温暖化対策を講じない場合の費用が評価できていない

温暖化対策を講じない場合の費用は、温暖化の程度および温暖化による影響によって決まる。温暖化影響の費用を計算するには影響モデルが必要であり、温室効果ガスの排出量及び削減対策を推計するモデルだけでは評価できない。したがって、タスクフォースにおいて評価される費用は、温暖化対策の費用のみを取り上げたものとなっている。

iii) マクロフレームの設定：対策が導入されれば、活動量そのものも変わりうる

前回の中期目標検討委員会における世界技術モデル及び日本技術モデルの評価においては、あらかじめ活動量を想定（固定）し、選択肢によって活動量は変化しないとしていた。これは、技術選択モデルの役割が、想定されている活動量に対して技術的な対応がどこまで可能かという命題に答えるものであったためではあるが、現実の社会では、対策の導入に伴って活動量そのものが変化する可能性がある。活動量だけではなく、消費行動そのものも（想定されている代替関係を超えて）大きく変化する可能性がある。したがって、技術モデルでは、対策の導入による産業構造の変化や需要の変化などが考慮されていないため、日本技術モデルと日本経済モデルのリンクにおいて述べたように、お互いのモデルを補完する形で分析を行うことが重要である。

iv) 社会構造そのものの変化による効果は表現されていない

今回取り上げている省エネ機器の導入といった対策技術は、概ね10年程度の寿命を持った機械が主であり、構築に時間を要し、交通需要などの活動量にも影響をもたらすような都市構造や交通システムの変革といった社会のインフラなどを大胆に更新するような効果については別途シナリオなどで与えることが必要である。エネルギー効率改善以外の対策（コンパクトシティ、モーダルシフト、国民運動など）は考慮されていないが、長期的な観点からは、こうした社会構造そのものを変化させるような対策も重要となり、こうした対策を今から計画的に実行することが効果的である。

v) 技術革新の可能性や新市場創出効果等は十分に表現されていない

世界技術モデルおよび日本技術モデルの評価においては、既存の対策技術（効率やコストの情報が入手できるもの）に基づいた削減ポテンシャルを評価の対象とし、2020年時点で期待される革新的な技術は十分に考慮されていない。また、技術モデルにおいては、「技術的な削減ポテンシャル（technological mitigation potentials）」を評価するものであり、新市場創出効果を分析することができない。一方、日本経済モデルにおいて、個別技術を明示して評価す

ることができないため、どのような技術革新が起こるかを表現することはできない。新市場創出効果についてはモデルの設定を工夫することにより評価することはできるが、ただし、モデルの表現方法にもよるため明示的に評価することは困難である。

vii) 現行の経済モデルでは温暖化対策を行うと GDP という指標では必ずロスが生じる

日本経済モデルでは、温暖化対策を設定しないケースにおいて GDP が最も高く、対策が強くなれば GDP のロスが発生する結果となっている。これは、経済モデルで設定されている条件（生産者、消費者ともにすべての情報を把握した上で、それぞれの行動規範に基づき合理的に活動している）から、制約が追加されると必ずロスが発生するためである。現実の社会では、ポーター仮説に代表されるように、規制を導入することで、それまで想定もしなかった新たな技術開発が実現され、新たな産業として社会を牽引し、規制によるロスを上回る便益をもたらすこともあるが、モデル上でそうしたことを定量的に分析することができない（温暖化対策を講じて GDP が向上することがわかっていれば、あらかじめそうした経路を選択する）。i)で述べたように、低炭素社会の実現には、社会のトレンドを大きく変える必要があるが、今回使用した伝統的な経済モデルでは、十分に対応できていない可能性がある。

viii) 国際交渉の前提は適切か検証する必要がある

中期目標検討の最終目的は、地球温暖化を避け、その被害をできる限り小さくすることにある。このためには、先進国だけではなく、発展途上国の協力が不可欠ではあるが、そうした途上国の参加を引き出すためにも先進国が今まで以上に削減努力を行うことが求められている。前回の中期目標検討委員会において、長期目標との整合性の検討では、途上国や先進国の将来の排出経路は大幅に削減するということを前提とし、その前提の下では前回の中期目標のどの選択肢でも長期目標を実現することができるとされたが、わが国を含む先進国の目標設定次第では、途上国の参加が大きく遅れるあるいは限定的なものとなる可能性がある。そうした場合、発展途上国において 2040 年から 2050 年に大幅な削減を行っても長期目標である 2050 年の世界の排出量を現状から半減するという目標には到達しない可能性がある。しかし、わが国による途上国の削減行動への影響の評価については、国立環境研究所が使用した世界技術モデル、日本技術モデル、日本経済モデルでは評価はできず、別途検討する必要がある。

ix) 国内の成長戦略を踏まえた、各国との削減努力の比較評価がなされていない

前回の中期目標検討委員会では、世界技術モデルを用いて、わが国の国内削減努力と他国の削減努力の比較評価において、衡平性の指標として限界削減費用が用いられた。これは、各国の過去の削減努力の程度や将来の社会経済発展など様々な状況を踏まえた有益な評価指標の一つではあるが、一方で、人口、GDP、エネルギー価格、割引率、対象技術のコストや普及率など、外生的に設定する変数が多種多様にあり、同じモデルを用いていても、それらの設定次第で各国の限界削減費用曲線が大きく変わりうるため、評価指標として用いるには難解なものである。また、世界技術モデルにおいて比較検討した各国の限界削減費用曲線は

「対策のために追加的にかかった費用」という意味だけではなく、将来の温暖化を緩和させるための「国内投資」ともいえる。したがって、日本国と他国の限界削減費用の程度を見比べて、「他国の削減費用の方が安い場合、国内削減努力は低く設定し、他国からの大量にクレジットを購入した方が得」とのみ解釈すると、2020年の1時点の断面だけをみて議論しているため、2020年に対策が導入されたことによる2020年以降に及ぼす効果が考慮されず、国内対策への投資を先送りした分だけ、2020年以降も外からクレジットを買い続けることになる。どの程度の国内削減努力を設定するかは、わが国の成長戦略に関わる議論であり、他国との限界削減費用の比較結果だけをみて国内目標を評価することはできない。

3. 温暖化対策の必要性

① 過去の気候変動の理解と将来予測

2007年に、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は、気候変動に関する世界中の研究成果を集大成した第4次評価報告書（AR4）を発表し、過去の観測データの詳細な検討から、「気候システムの温暖化には疑う余地がない」ことを結論した。さらには、気候の自然変動および人為起源、自然起源の外部要因に対する気候の応答について検討した結果、「20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは、人為起源の温室効果ガス濃度の観測された増加によってもたらされた可能性が非常に高い」ことを示した。

将来については、「温室効果ガスの排出が現在以上の割合で増加し続けた場合、21世紀にはさらなる温暖化がもたらされ、世界の気候システムに多くの変化が引き起こされるであろう」とし、具体的には、積極的な対策がなされない場合、将来の社会経済発展および科学的な不確実性に応じて、今後100年間で1°C~6°C程度の世界平均気温の上昇を予測した。

なお、これらの知見に対して、対立する言説や不確かさを強調する言説が一部に見られるが、子細に検討すると科学的に健全な議論といえないものが多い（明日香ほか，2009）。

② 温暖化の影響と危険な水準

IPCC AR4によると、世界各地で既に気候変動の影響が現れていることが指摘されている。また、将来予測として、21世紀中に、淡水資源の減少、生物種の絶滅、高潮による浸水、海面上昇による水没、食料生産・健康への影響などの深刻な影響が拡大するとしている。日本においても、温暖化の各種影響による今世紀末の被害額の合計は、年あたり約17兆円（現在価値）とする試算がある（温暖化影響総合予測プロジェクトチーム，2009）。日本への影響については、本報告書4(5)「十分な温暖化対策を行わなかった場合のコスト等について」も参照のこと。なお、温暖化の影響を軽減するために適応策をとることも重要である。

国連気候変動枠組条約では、第2条において、その究極の目標を「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させること」としている。「気候システムへの危険な人為的な干渉」とは何かの決定には価値判断を含むため、IPCCはこれに対して科学的な情報に基づく意志決定の支援を行うという立場をとっている。

危険な水準の問題に関連して、IPCC AR4では「世界平均気温が1990年~2000年水準より2~4°C上回る変化は、主要な影響の数をあらゆる規模で増加させることになるだろう。例えば、生物多様性の広範な喪失、地球規模での農業生産性の低下、グリーンランドと西南極の氷床の広範な後退の確実性などが挙げられる」としている（ただし、ここで1990年~2000年水準より2°Cの上昇は産業化以前の水準より2.5°Cの上昇を意味することに注意）。また、個別には、例えばグリーンランド氷床の広範な後退は1990年~2000年水準より1°C~4°Cの上昇で生じるとしており、すなわち、産業化以前の水準より1.5°Cの上昇でも大規模な変化が生じる可能性がある。

これらを背景に、2009年7月のG8ラクイラ・サミット的首脳宣言では、「産業化以前の水準からの世界全体の平均気温の上昇が摂氏2°Cを超えないようにすべきとの広範な科学的見解を認識する」とされた。

③ 排出削減シナリオと将来の気温の関係

IPCC AR4では、その時点までに研究として発表されていた排出削減シナリオを整理し、I～VIの6区分に分類している。これらの区分に対して、温室効果ガスの安定化水準と世界平均気温の上昇量の関係について次の表のように整理している。

表 3-1 温室効果ガスの安定化水準と世界平均気温の上昇量の関係

カテゴリー	二酸化炭素安定化濃度 (2005年=379ppm) ^b	温室効果ガス安定化濃度(二酸化炭素換算)(エーロソル含む) (2005年=375ppm) ^b	二酸化炭素排出がピークを迎える年 ^{a,c}	2050年における二酸化炭素排出量の変化 (2000年比のパーセント) ^{a,c}	気候感度の“最良の推定値”を用いた平衡時の世界平均気温の工業化以降からの上昇 ^{d,e}	熱膨張のみに由来する平衡時の世界平均海面水位の工業化以降からの上昇 ^f	評価されたシナリオの数
	ppm	ppm	西暦	%	°C	m	
I	350~400	445~490	2000~2015	-85~-50	2.0~2.4	0.4~1.4	6
II	400~440	490~535	2000~2020	-60~-30	2.4~2.8	0.5~1.7	18
III	440~485	535~590	2010~2030	-30~+5	2.8~3.2	0.6~1.9	21
IV	485~570	590~710	2020~2060	+10~+60	3.2~4.0	0.6~2.4	118
V	570~660	710~855	2050~2080	+25~+85	4.0~4.9	0.8~2.9	9
VI	660~790	855~1130	2060~2090	+90~+140	4.9~6.1	1.0~3.7	5

すなわち、世界平均の気温上昇が産業化以前の水準から2°Cを超えないようにするならば、IPCCの区分のうち最も厳しいIを目指す必要がある。

また、政策決定にともなうリスクについては、「気候感度」（地球の温度の上がりやすさ）、「気候-炭素循環フィードバック」（気温上昇による二酸化炭素吸収量の変化）といった主要な科学的不確実性を考慮しなければならない。気候感度と気候-炭素循環フィードバックの不確実性を網羅的に検討した最近の研究によれば、2100年の気温上昇が50%の確率で2°Cを超えないようにしようとするならば、2050年までに世界の温室効果ガス排出量を1990年比で半減する必要があるとされている（UK Committee on Climate Change, 2008; Meinshausen, 2009）。

参考文献

- ・ 明日香壽川ほか：地球温暖化懐疑論批判，IR3S/TIGS 叢書 No.1，2009。
(<http://www.ir3s.u-tokyo.ac.jp/pages/236/all.pdf>)
- ・ 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム：地球温暖化「日本への影響」－長期的な気候安定化レベルと影響リスク評価－，2009。(http://www.nies.go.jp/s4_impact/pdf/20090612.pdf)
- ・ IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007.
- ・ Meinshausen et al.: Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C. Nature, 458, 1158-1162, 2009.
- ・ UK Committee on Climate Change: Building a low-carbon economy – the UK’s contribution to tackling climate change, 2008. (<http://www.theccc.org.uk/pdf/TSO-ClimateChange.pdf>)

4. AIM モデルを用いた分析

(1)モデル試算の前提条件（マクロフレーム等）について

① 想定した前提条件

今回の試算では、前回同様、コスト最小化を実現するための最適化計算ツールを用いず、具体的な対策技術を外生的に設定した上で、その導入強度を複数ケース想定し、それぞれのケースについて排出量・削減量を推計した。

将来の社会や経済に関するシナリオについては、近年の行政機関・研究機関における推計値を用いた。素材生産量・業務床面積については総合資源エネルギー調査会「長期エネルギー需給見通し」、鉱工業生産指数については日本エネルギー経済研究所見通し、世帯数について社会保障・人口問題研究所の見通し、輸送量については国土交通省の見通しなどを参考にして設定した。

表 4-1-1 各部門の活動量に関する想定

			1990	2000	2005	2020	
産業	素材生産量	粗鋼	万トン	11,171	10,690	11,272	11,966
		エチレン	万トン	597	757	755	706
		セメント生産量	万トン	8,685	8,237	7,393	6,699
		紙・板紙生産量	万トン	2,854	3,174	3,107	3,244
	鉱工業生産指数	食品	2005年=100	102.9	102.8	99.5	87.2
		化学	2005年=100	84.0	97.1	99.5	116.6
		非鉄金属	2005年=100	90.6	98.9	100.7	103.3
		機械他	2005年=100	89.2	95.7	101.5	136.2
	その他	2005年=100	84.7	108.8	100.0	94.0	
家庭	世帯数	万世帯	4,067	4,678	4,906	5,044	
業務	床面積	百万 m ²	1,286	1,655	1,764	1,957	
運輸	旅客輸送量	総量	億人キロ	11,313	12,969	13,042	12,918
	貨物輸送量	総量	億トンキロ	5,468	5,780	5,704	6,225
農業	家畜頭数	乳牛・肉牛	万頭	487	453	439	451
	作付面積	総量	万 ha	524	483	469	440
廃棄物	発生量	一般廃棄物	百万トン	51	55	53	51

出典等・素材生産量：総合資源エネルギー調査会（2008）

・鉱工業生産指数：日本エネルギー経済研究所見通し（2009）

・世帯数：国立社会保障人口問題研究所（2006）

・業務床面積：総合資源エネルギー調査会（2008）

・旅客輸送量：社会資本整備審議会道路分科会（2008）における走行量（km）の将来推計値と、現在のトレンドから設定した「輸送量（人 km）/走行量（km）」（輸送効率）の将来値から算出。鉄道・船舶・航空は日本エネルギー経済研究所（2006）。

・貨物輸送量：設定・出典は旅客と同様。

・家畜頭数：「食料・農業・農村基本計画」（農林水産省、2005）における2015年度目標値、及び現在のトレンドから推計

・作付面積：「食料・農業・農村基本計画」（農林水産省、2005）における2015年度目標値を外挿し推計

・一般廃棄物：1人1日当たりの発生量原単位（kg/人・日）に将来推計人数を乗じて算出。

② モデルを用いた感度分析の結果

a) 日本技術モデルでの感度分析

粗鋼の生産量、原子力発電の発電電力量、旅客・貨物の輸送量について、それぞれが±10%変化した場合に CO₂ 排出量がどの程度変化するかといったモデルの感度分析を実施した。ここでは▲15%削減ケースにおける感度分析の結果を示すが、他のケースでも概ね同様の結果となっている。また、±20%の変化の場合は、ここでの結果を 2 倍することで排出量変化を概ね推計することができる。

ア) 粗鋼生産量±10%

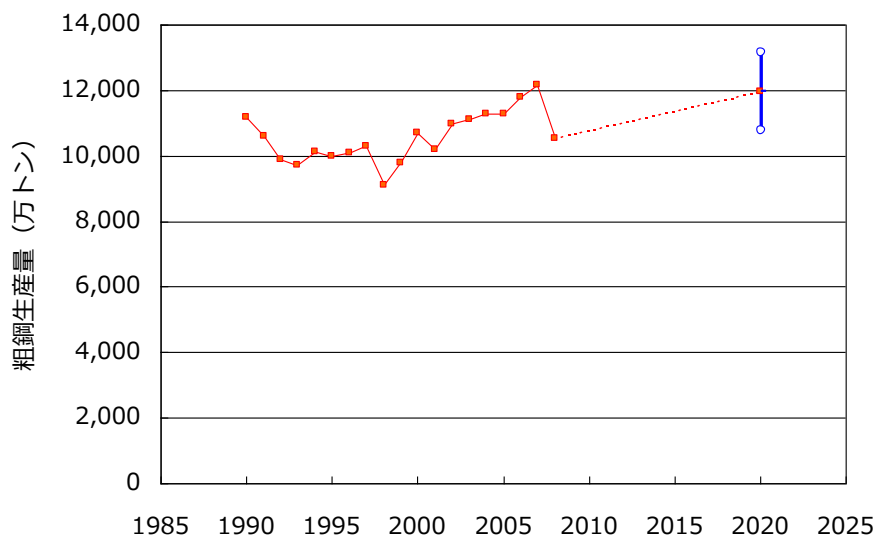
2020 年粗鋼生産量の想定は 1 億 2,000 万トンであり、生産量を±10%変化させた場合、1 億 800 万トン～1 億 3,200 万トンとなる。▲15%削減ケースにおいて粗鋼生産量を±10%変化させた場合、CO₂ 排出量は±2,000 万トン CO₂ 増減する。この量は日本の 1990 年温室効果ガス排出量の 1.6%に相当する。

▶ 2020 年粗鋼生産量の想定

1 億 2,000 万トン (±10%変化した場合:1 億 800 万トン～1 億 3,200 万トン)

▶ 2020 年粗鋼生産量が±10%変化した場合

排出量変化 ±2,000 万トン CO₂ (1990 年 GHG 比 1.6%相当)【▲15%ケース】



注) 2020 年値は想定値 (1 億 2,000 万トン) を±10%変化させた場合の振れ幅を示す。

図 4-1-1 近年の粗鋼生産量の推移と 2020 年生産量の想定

イ) 原子力発電からの発電電力量±10%

2020年原子力発電の発電電力量の想定は4,345億kWh（長期エネルギー需給見通し2009年8月）であり、今後9基の新增設、設備利用率約80%を前提としている。2020年における発電電力量を±10%変化させた場合、発電電力電力量は3,911～4,780億kWhとなる。このモデルでは水力発電や再生可能エネルギー発電の電力量は外生的に与えているため、原子力発電の発電電力量の増減は火力発電の発電電力量を調整することによって対応している。

以上のような前提で▲15%削減ケースにおいて原子力発電所の発電電力量を±10%変化させた場合、CO₂排出量は±2,400万トンCO₂増減する。この量は日本の1990年温室効果ガス排出量の1.8%に相当する。これは、原子力発電の新增設でいうと4～5基分、設備利用率でいうと約10%分に相当する。

▶ 2020年原子力発電の発電電力量の想定

4,345億kWh（9基新增設、稼働率約80%が前提）

（±10%変化した場合：3,911～4,780億kWh）

▶ 2020年原子力発電の発電電力量が±10%変化した場合

排出量変化 ±2,400万tCO₂（1990年GHG比1.9%相当）【▲15%ケース】

▶ 原子力発電の発電電力量の±10%変化とは

新增設4～5基分又は設備利用率の約10%分に相当

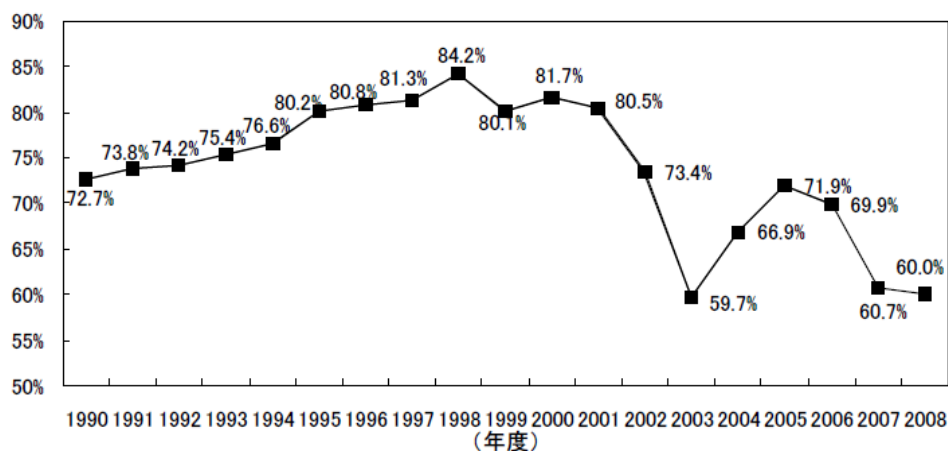


図 4-1-2 原子力発電の設備利用率の推移

ウ) 旅客・貨物の輸送量±10%

2020年旅客需要量の想定は、自動車：5,190億km、自動車以外：5,160億人km、貨物輸送量の想定は、自動車：2,370億km、自動車以外：2,320億トンkmである。2020年における輸送需要量を±10%変化させた場合、旅客需要量は自動車：4,670～5,710億km、自動車以外：4,650～5,680億人km、貨物需要量は自動車：2,130～2,610億km、自動車以外：2,080～2,550億トンkmとなる。

▲15%削減ケースにおいて旅客及び貨物輸送量を±10%変化させた場合、CO₂排出量は±2,000万トンCO₂増減する。この量は日本の1990年温室効果ガス排出量の1.6%に相当する。

▶ 2020年輸送需要量の想定	
旅客輸送需要 自動車	5,190億km (±10%変化した場合：4,670～5,710億km)
自動車以外	5,160億人km (±10%変化した場合：4,650～5,680億人km)
貨物輸送需要 自動車	2,370億km (±10%変化した場合：2,130～2,610億km)
自動車以外	2,320億人km (±10%変化した場合：2,080～2,550億人km)
▶ 2020年輸送需要量が±10%変化した場合	
排出量変化	±2,000万トンCO ₂ (1990年GHG比1.6%相当) 【▲15%ケース】

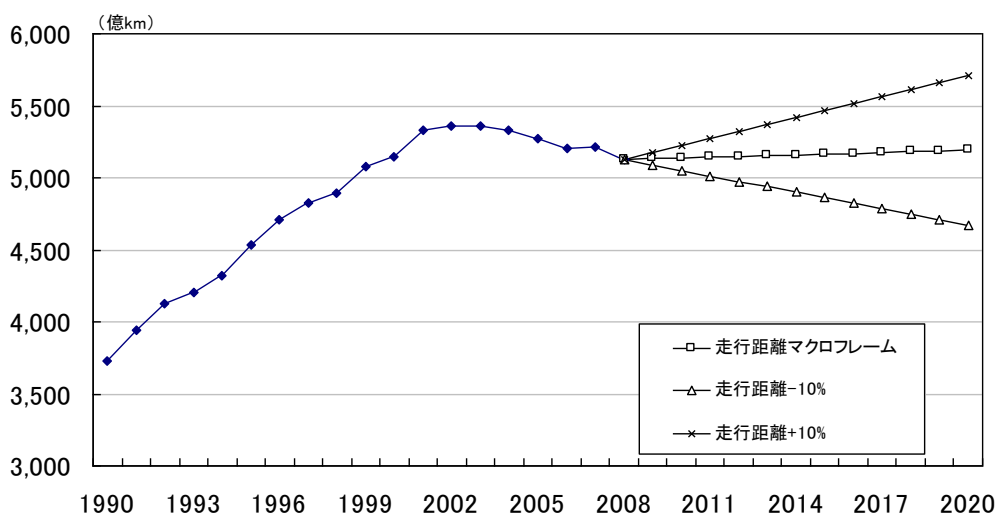


図 4-1-3 自動車走行距離の推移と 2020 年想定 (旅客)



図 4-1-4 自動車走行距離の推移と 2020 年想定 (貨物)

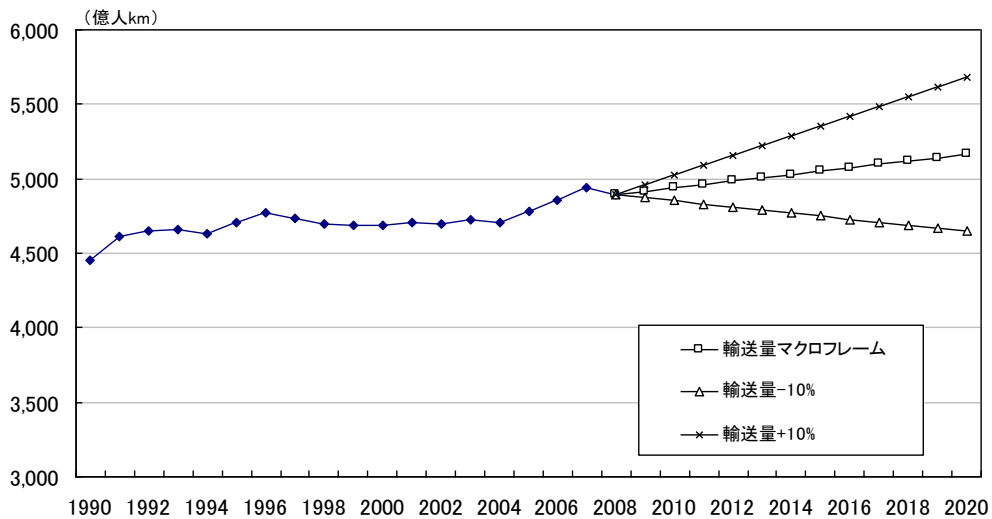


図 4-1-5 自動車以外の輸送量の推移と 2020 年想定 (旅客)

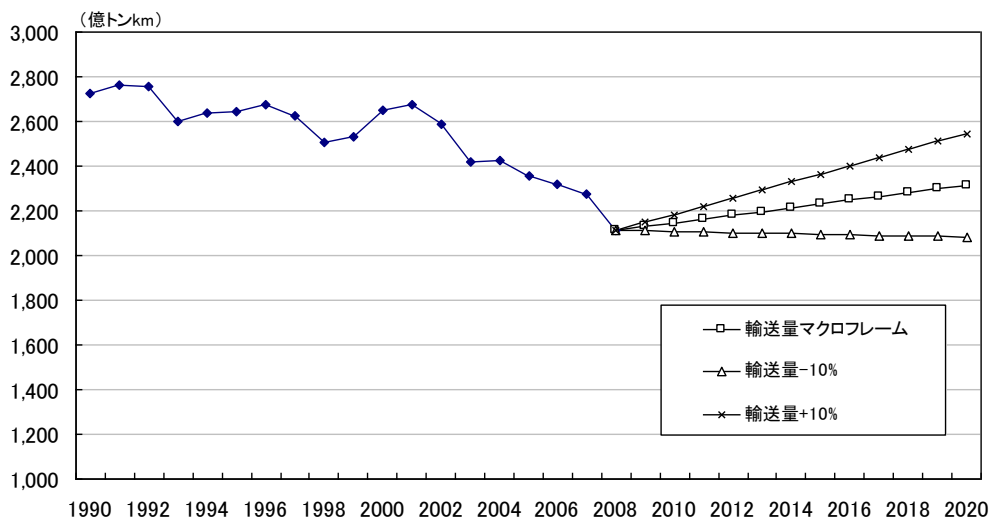


図 4-1-6 自動車以外の輸送量の推移と 2020 年想定 (貨物)

b) 日本経済モデルでの感度分析

日本経済モデルを用いた感度解析の結果を以下に示す。ここではレファレンスケースと25%削減ケース（家計に一括で返還するシナリオ）における感度分析の結果を示す。

ア) 原子力発電からの発電電力量±10%

原子力発電からの発電電力量を±10%ずつ変化させる感度解析を行うために、原子力発電の稼働率を調整して行った。なお、稼働率を下げる場合、他の発電設備からの電力量を上げるといった調整は行っていない。

レファレンスケースにおいて原子力発電からの発電電力量を10%増加させた場合は、実質GDPが約0.13%増加し、CO₂排出量が約1.8%減少する（二酸化炭素排出量の制約は設定していないために、限界費用はレファレンスケースにおいては発生しない）。▲25%削減ケースにおいて原子力発電からの発電電力量を10%増加させた場合は、火力発電からの発電を抑えることが可能となり、限界削減費用が基準ケースより低く抑えることが可能となるが、活動量が増大することでCO₂排出量の減少が相殺され、実質GDPのロスは約0.07%小さくなる。

レファレンスケースにおいて原子力発電からの発電電力量を10%減少させた場合は、実質GDPが約0.14%減少し、CO₂排出量が約1.8%増加する。▲25%ケースにおいて原子力発電からの発電電力量を10%減少させた場合は、電力の減少を補うために火力発電が稼働され、潜在的な排出量が増加する。このため、25%削減を実行するためには限界削減費用が基準ケースより高くなり、実質GDPのロスが約0.4%大きくなる。なお、本モデルは、各期におけるエネルギー間の代替弾力性は0（長期的にはエネルギーの代替はある）と想定していることから、特に、二酸化炭素を多く排出させる方への感度解析については、限界費用が高くなる傾向にある。

イ) 原油価格±10%

想定される国際原油価格が、想定値の1バレル90ドル（2007年価格）から上下10%ずつ変化する場合について感度解析を行った。なお、原油価格の変化によって他の化石燃料価格についても変化が生じる可能性があるが、ここでは原油価格のみの変化を対象とした。

レファレンスケースにおいて原油価格を10%増加させた場合は、実質GDPが約0.03%減少し、CO₂排出量が約0.2%減少する。▲25%ケースにおいて原油価格を10%増加させた場合は、原油価格の上昇そのものが温暖化対策として寄与することから、限界削減費用が基準ケースより安くなり、実質GDPのロスが約0.03%小さくなる。

レファレンスケースにおいて原油価格を10%減少させた場合は、実質GDPが約0.02%増加し、CO₂排出量が約0.2%増加する。▲25%ケースにおいて原油価格を10%減少させた場合は、上記とは逆に、原油価格の低下が温暖化対策と逆行することから、限界削減費用が基準ケースより高くなり、実質GDPのロスが約0.04%大きくなる。

表 4-1-2 レファレンスケースを対象とした感度解析

—	原子力+10%	原子力-10%	原油価格+10%	原油価格-10%
実質 GDP	0.13%	-0.14%	-0.03%	0.02%
可処分所得	0.28%	-0.29%	-0.44%	0.44%
民間設備投資	-0.01%	0.01%	0.00%	0.00%
限界削減費用	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
CO ₂ 排出量	-1.79%	1.79%	-0.16%	0.18%

※変化率の基準はレファレンスケース

表 4-1-3 25%削減ケースを対象とした感度解析

	原子力+10%	原子力-10%	原油価格+10%	原油価格-10%
実質 GDP	0.07%	-0.40%	0.03%	-0.04%
可処分所得	0.29%	-0.92%	0.40%	0.41%
民間設備投資	-0.01%	0.02%	0.00%	0.00%
限界削減費用	33,217 円/tCO ₂	86,798 円/ tCO ₂	52,010 円/ tCO ₂	54,072 円/ tCO ₂
CO ₂ 排出量	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

※変化率の基準は 25%削減ケース 限界削減費用のみ実数。

(2) 政策パッケージ・国内削減（真水）の削減割合を考慮した試算

2008年10月から2009年4月まで行われた中期目標検討委員会では、

- i) 世界技術モデルを用いて、欧米などの諸外国と日本の排出削減努力を主に限界削減費用（「世界全体で一番安く減らす」という経済的合理性の指標）と一部 GDP あたり対策費用（経済規模に応じた応分な負担を表す指標）で比較することで日本の削減目標値（通称「6つの選択肢」）を設定
- ii) 日本技術モデルで、技術だけでどこまで削減できるかを検討するため、どの削減目標でも同じマクロフレーム（GDP 成長率、鉄の粗鋼生産量、旅客輸送量、原子力発電所の新增設基数など）の想定の下、必要となる対策メニューとその投資費用を試算
- iii) 日本経済モデルで、日本技術モデルが算出した対策メニューとその投資費用が日本経済に及ぼす影響を分析、

を行い、2009年4月14日の第7回中期目標検討委員会で全ての結果を報告した。これらの活動にも参画していた国立環境研究所 AIM プロジェクトチームは、そのとき当時の分析に対する自己評価も含め、その成果をすべてホームページで公開している（中期目標検討委員会における AIM の計算結果：http://www-iam.nies.go.jp/aim/prov/middle_report.htm）。

2009年10月23日の「タスクフォースへの依頼事項」では、既存のモデル分析の評価等について、(1) マクロフレームの設定が不適切だったのではないか、(5) 温暖化対策基本法案に示された政策等のパッケージ（注釈：国内排出量取引市場の創設、地球温暖化対策税の導入、再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度の導入、再生可能エネルギーなど）による効果等を加味すべきではないか、(6) 真水の削減割合を複数のケースに分けて分析を行うべきではないか、等の10の指摘がなされた。

そこで本報告では、依頼事項に可能な限り対応すると共に、特に以降の3点について分析を行った。

① 政策パッケージの効果（一般財源化、低炭素投資）

タスクフォースへの依頼事項「(5) 温暖化対策基本法案に示された政策等のパッケージ（注釈：国内排出量取引市場の創設、地球温暖化対策税の導入、再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度の導入、再生可能エネルギー導入割合 10%目標など）による効果等を加味すべきではないか」に対して、次のようなケースを設定した。

a) 地球温暖化対策税の導入のシミュレーション化

地球温暖化対策税収を一括に家計に戻す既存のシナリオ（いわゆる定額給付金的な方式）に加えて、全額を環境政策を始めとした財政支出に充てるシナリオ（低炭素投資促進シナリオ税）について日本経済モデルによる分析を行う。なお、全額を国債償還に充てるシナリオも考えられるが、AIM プロジェクトで実施していない。

b) 再生可能エネルギー導入割合 10%目標のシミュレーション化

できるだけ、一次エネルギーに占める再生可能エネルギーの比率が 10%（大規模水力除く）になるように検討した。

c) 全量全種類フィードインタリフ導入のシミュレーション化

太陽光等への固定価格買い取り制度（たとえば 48 円/kWh）を導入すると、投資回収年数の間に売電することで収益が上がり限界削減費用が低減することが期待される一方で、電力買い取りによる家計負担が増すために電力価格が上昇することも予想される（ただし、ドイツでの電力価格の上昇はせいぜい 1 円/kWh 程度）。

現時点では、全量買い取りか余剰買い取りか、買い取りの料金がいくらになるかなどの条件がはっきり示されていない。また、固定価格買い取り制度は価格付けによる再生可能エネルギー導入促進のインセンティブ付けの政策だが、その効果を織り込んだ 2020 年までの再生可能エネルギー導入量を想定しているため、今回再計算を行っている日本技術モデルおよび日本経済モデルの双方とも、固定価格買い取り制度の導入の直接的な効果は分析していない。

d) 国内排出量取引市場の創設のシミュレーション化

AIM/CGE[Japan]（日本経済モデル）では、各主体は最適な行動をとると想定しているため、国内炭素税と国内排出量取引は双対の関係にあり、論理的にはどちらの分析を行っても同じ結果が出る。このため、モデルでは、これら 2 つの区別は行わずに分析を行っている。なお、一般均衡タイプのモデルで算出されたセクター別の排出量と異なるキャップをかけると、最適解からずれることになりモデルが表す経済に対して悪影響を及ぼすことになる。一方で、国内排出量取引は、モデルでは表現できていない社会経済の歪みを考慮しながら、主体ごとに排出削減の義務を明確化させ効率的に削減活動を促すことを目的にしているものである。

② 国内削減（真水）の削減割合（▲25%、▲20%、▲15%、▲10%）

タスクフォースへの依頼事項「(6) 真水の削減割合を複数のケースに分けて分析を行うべきではないか。(5%きざみでの分析、前政権の目標と比較可能な分析等。)」に対して、国内削減（真水）で▲25%、▲20%、▲15%、▲10%のケースを想定し、残りをクレジットで購入すると想定した。そのときの価格は2010年30ドル/t-CO₂から2020年に50ドル/t-CO₂まで線形に上昇すると仮定した。

③ 日本技術モデルと日本経済モデルのフィードバックの有無

日本技術モデルと日本経済モデルは、本来なら相互補完的なモデルである。つまり、日本技術モデルは、マクロフレームから想定されるサービス需要量を満たすようにエネルギー技術が選択される技術ボトムアップ型のモデルであり、日本経済モデルは、エネルギー効率を前提にマクロ的に整合的な活動水準や価格を計算するトップダウン型のモデルである。

ところが、2008年4月まで行ったに始まった中期目標検討委員会では、日本技術モデルと日本経済モデルの関係は、「日本技術モデル→日本経済モデル」の一方通行であり(図4-2-1)、日本技術モデルの前提であるマクロフレームは、日本経済モデルから計算される活動水準と必ずしも整合していない。国立環境研究所では、2つの日本モデルを用いた分析を行っていることから、各モデルを用いた計算を何度か繰り返すことで(図4-2-2)、2つのモデルに整合的なマクロフレームを検討することができる。ただし、今回は時間が限られた範囲での計算のため、2つのモデルを完全に整合させることは困難であるため、主要な要素（発電電力量、粗鋼生産量等）についてだけフィードバックするケースを想定した。

よって、2008年に始まった中期目標検討委員会では、

日本技術モデル…マクロフレーム固定（炭素価格を反映せず）

日本経済モデル…「真水」のみ、炭素価格は設定したが、温暖化対策に税収を使わず

という検討であったが、2009年秋から行われたタスクフォースでは、

日本技術モデル…マクロフレーム固定（炭素価格を反映せず）とマクロフレームを日本経済モデルと整合をとったもの（炭素価格を反映する）

日本経済モデル…「真水」と「真水」に加えて海外クレジットを活用したケース、税収を家計に戻すケース、温暖化対策に税収を活用するケース

という分析を実施する。

以上の①から③での検討事項を組み合わせることで、表4-2-1で示したシミュレーションケースを設定した。また、2009年4月までの中期目標検討委員会での計算からの変更点を同表に示した。

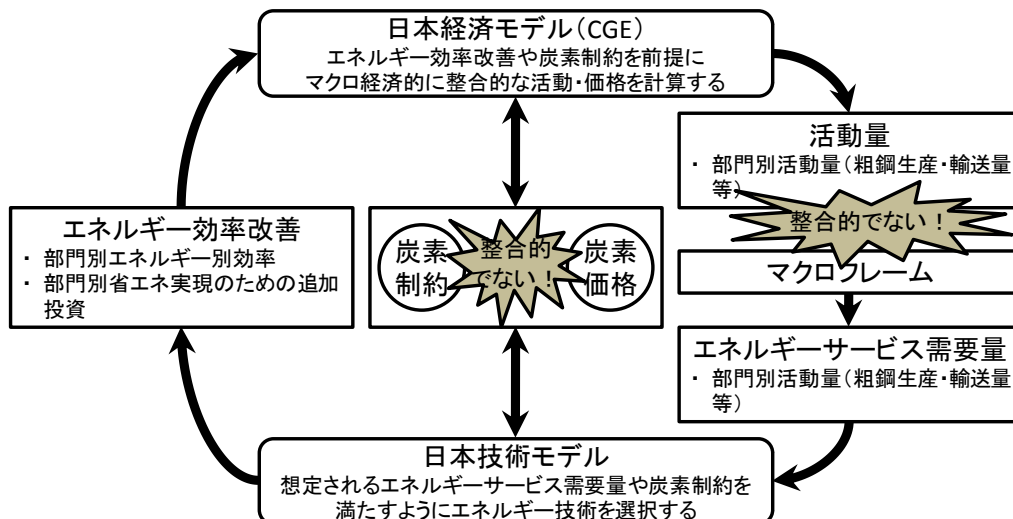


図 4-2-1 2008 年に始まった中期目標検討委員会で用いたモデルのフレーム

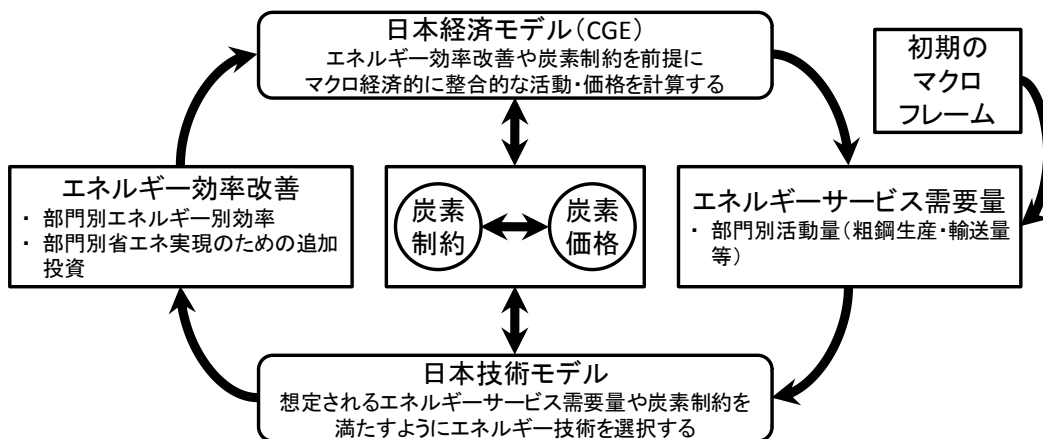


図 4-2-2 今回（2009 年秋～）取り組もうとするモデルのフレーム

表 4-2-1 今回想定したシミュレーションケース

モデル	技術モデル・経済モデル間のフィードバック	財源の扱い	真水の割合			
			▲10%	▲15%	▲20%	▲25%
日本経済モデル	—	家計一括返還	○ (実施)	○ (実施)	○ (実施)	○ (実施)
	—	低炭素投資	—	○ (実施)	—	○ (実施)
日本技術モデル	フィードバック無 (マクロフレーム固定)	—	○ (実施)	○ (実施)	○ (実施)	—
	フィードバック有 (マクロフレーム変更)	—	○ (実施)	○ (実施)	○ (実施)	○ (実施)

家計一括返還：地球温暖化対策税収を一括に家計に戻すシナリオ

低炭素投資：炭素税等による収入全額を環境政策を始めとした財政支出に充てるシナリオ

このため、今回の分析では、以下の表に示すとおり、政策パッケージを加味した分析を追加して実施した。

表 4-2-2 国立環境研究所の日本技術モデル及び日本経済モデルの
前回計算と今回計算との相違

	モデル名	前回（～4月14日）	今回（10月～）
マクロフレーム 【業種別活動量 （産業・農業・業 務）、旅客・貨物 輸送量等】	日本技術 モデル	固定 （炭素価格を反映 せず）	固定 （炭素価格を反映せず） 可変 （日本経済モデルにおける炭素価格に応じた活 動量変化の結果を技術モデルにフィードバッ ク。変化後の活動量に基づき推計）
	日本経済 モデル	可変 （炭素価格を反映）	可変 （炭素価格を反映）
炭素価格設定に より得た資金の 使途	日本技術 モデル	使途を考慮せず	使途を考慮せず
	日本経済 モデル	家計に一括で返還 （ランプサム）する ランプサムケース を実施	家計に一括で返還する（ランプサム）するラン プサムケースを実施 環境政策を始めとした財政支出に充てるシナリ オ（低炭素投資促進シナリオ）を実施
「真水」（国内で の排出量削減）の みの分析か	日本技術 モデル	「真水」のみを分析	「真水」のみを分析
	日本経済 モデル	「真水」のみを分析	「真水」のみを分析 「真水」に加え海外クレジット購入を考慮して 分析

なお、国内炭素税と国内排出量取引の詳細な設計、国際排出量取引の影響分析を行うには、今回のモデルの精度では対応が困難であるため、モデル以外の定性的・定量的分析を行うことが必要である。また、見かけの数値（計算結果）のみに注目するのではなく、どのような政策を、どのように実行していくかという点について、分析結果を踏まえ、議論を深めていく必要がある。

(3) AIM モデルを用いたシミュレーション分析の結果

① 対策を実現する対策メニューの分析

a) ケース設定

日本技術モデル（AIM/Enduse[Japan]）を用いて削減対策のメニューの分析を実施した。将来の排出量については、以下の3つのケースについて推計を行った。

ア) 固定ケース

技術の導入状況やエネルギー効率が現状（2005年）の状態に固定されたまま将来にわたり推移すると想定したケース。但し、下表に示すように部門に応じて固定ケースの考え方を変えている。

表 4-3-1 固定ケースの考え方

フロー/ストック	具体的内容	適用した部門
ストック固定	機器のストック平均効率を現状のまま将来にわたり固定	産業部門・業務部門・ 運輸部門（自動車以外）
フロー固定	機器のフロー平均効率を現状のまま将来にわたり固定	家庭部門・ 運輸部門（自動車）

イ) 参照ケース

これまでの効率改善については既存技術の延長線上で今後も継続的に実施すると想定した（「長期エネルギー需給見通し」の努力継続ケースにおける対策を考慮した）ケース。

ウ) 対策ケース

様々な政策を講じることで、エネルギー効率やCO₂排出効率の改善が見込まれる機器について、その普及を加速させ進展させるケース。講じる施策のレベルに基づき、▲10%、▲15%、▲20%、▲25%のケースについて推計を行った。なお、▲25%ケースについてはマクロフレームを固定した場合では推計が困難であることから、日本経済モデルとのフィードバックを考慮した場合で示すこととする。

対策ケースでは、以下に例示するような対策の導入を前提として将来の排出量を推計した。対策ケースによって、対策導入の強度が異なってくることから代表的な対策についてその導入量の違い等を記載した。

b) 削減を実現する対策メニュー

ア) 工場「引き続き世界最先端の省エネ技術を最大限導入」(産業部門)

- 業種ごとに最先端技術を導入：
鉄鋼、セメント、石油化学、紙パルプ等のエネルギー多消費産業に世界最先端の技術が更新時・新設時に導入されることを想定。
- 業種横断的高効率設備の導入：
工業炉、ボイラーなど業種横断的な技術については、更新時期に最高効率な技術が全て導入される。

イ) オフィス等「最先端の省エネ機器の急速な普及」(業務部門)

- 建築物の省エネ性能の向上：
最も厳しい断熱基準を満たす建築物が急増していくと想定。

表 4-3-2 高断熱建築物の普及シナリオ

	現状	2020年			
		参照	▲10%	▲15%	▲20% ≤
新築に占める割合 ^{*1}	56%	80%	85%	100%	100%
既築改修の割合	—	—	—	1%/年 ^{*2}	1%/年
BEMS普及率	—	10%	30%	40%	40%

*1: 1999年基準の新築建築物が全新築建築物に占める割合

*2: 既築建築物のうち、毎年1%程度改修される。

- エネルギー効率の高い給湯器の導入：
電気ヒートポンプ給湯器や高効率燃焼型給湯器など効率の高い給湯機器の普及が促進されると想定。

表 4-3-3 電気ヒートポンプの普及シナリオ

	現状	2020年			
		参照	▲10%	▲15%	▲20% ≤
普及量(万kW)	—	—	310	310	1,000

- 業務用の空調機器の高効率化：
更新時には全てその時点の最高水準の機器が導入されると想定。
- 業務用の照明機器・電力消費機器の高効率化：
更新時には全てその時点の最高水準の機器が導入されると想定。

ウ) 住宅「断熱性等の省エネ性能の向上、太陽光パネルの設置、最先端の省エネ機器の急速な普及」(家庭部門)

- 住宅の断熱性能の向上：
最も厳しい断熱基準を満たす住宅が急増していくと想定。

表 4-3-4 高断熱住宅 (H11 基準) の普及シナリオ

	現状	2020 年			
		参照	▲10%	▲15%	▲20% ≤
新築に占める割合 ^{*1}	30%	70%	80%	100%	100%
既築改修の割合	—	—	—	1%/年 ^{*2}	1%/年

*1：1999 年基準及び 1999 年基準超の新築住宅が全新築住宅に占める割合

*2：既築住宅のうち、毎年 1%程度改修される。

- 住宅用太陽光発電の大量普及：
住宅用太陽光パネルの普及施策とコスト低下が相俟って大量普及が実現されると想定。

表 4-3-5 住宅用太陽光発電の普及シナリオ

	2005 年	2020 年			
		参照	▲10%	▲15%	▲20% ≤
普及量 (万 kW)	114	460	1,400	1,620	3,600

エ) 家庭の機器・設備「最先端の省エネ機器の急速な普及」(家庭部門)

- 家庭用の電気機器の高効率化：
更新時には全てその時点の最高水準の機器が導入されると想定。
- エネルギー効率の高い給湯器の導入：
電気ヒートポンプ給湯器、潜熱回収型給湯器など効率の高い給湯機器の普及が促進されると想定。

表 4-3-6 高効率給湯器の普及シナリオ

	現状	2020 年			
		参照	▲10%	▲15%	▲20% ≤
普及量 (万台)	70	850	2,520	3,410	4,160
電気ヒートポンプ効率	100	120	120	120	120

オ) 自動車「最先端の高効率自動車の急速な普及」(運輸部門)

- 従来自動車の燃費の継続的改善：
更新時には全てその時点の最高水準の機器が導入されると想定。

表 4-3-7 従来自動車の燃費改善率シナリオ

		現状	2020年			
			参照	▲10%	▲15%	▲20% ≤
燃費改善率 (保有ベース)	乗用車	100	117	122	125	126
	貨物車	100	112	116	118	118
燃費改善率 (販売ベース)	乗用車	100	109	119	126	141
	貨物車	100	107	117	120	120

- 次世代自動車の加速的普及：
ハイブリッド自動車、電気自動車などの次世代自動車について、普及施策とコスト低下が相俟って、大量普及が実現されると想定。

表 4-3-8 次世代自動車の普及シナリオ

		現状	2020年			
			参照	▲10%	▲15%	▲20% ≤
普及率 (保有ベース)	乗用車	0%	4%	20%	24%	37%
	貨物車	0%	0%	0%	2%	5%
普及率 (販売ベース)	乗用車	1%	4%	44%	53%	88%
	貨物車	0%	0%	0%	7%	16%

カ) 発電所等

- 太陽光発電：

工場、公共施設等大型建築物への太陽光発電の導入。太陽光発電の普及施策とコスト低下が相俟って、大量普及が実現されると想定。

表 4-3-9 工場・公共施設等太陽光発電の普及シナリオ

	2005	2020 年			
		参照	▲10%	▲15%	▲20% ≤
普及量 (万 kW)	30	115	1,400	2,080	4,300

- 風力発電：

風力発電の普及施策とコスト低下が相俟って、大量普及が実現されると想定。

表 4-3-10 風力発電の普及シナリオ

	2005	2020 年			
		参照	▲10%	▲15%	▲20% ≤
普及量 (万 kW)	109	403	661	1,100	2,000

- 原子力発電：

総合資源エネルギー調査会（2009）における見通しに準じると想定。

表 4-3-11 原子力発電の普及シナリオ

	現状	2020 年			
		参照	▲10%	▲15%	▲20% ≤
発電容量 (万 kW)	4,958	6,015	6,015	6,015	6,015

キ) エネルギー起源 CO₂ 以外

- 業務用冷凍空調機器における HFCs 冷媒の回収量改善 (F ガス部門) :
業務用冷凍空調機器の廃棄時に、冷媒として使用されている HFCs を執行強化等により回収されると想定。

表 4-3-12 HFCs 冷媒の回収率シナリオ

	2005	2020 年			
		参照	▲10%	▲15%	▲20% ≤
冷媒回収率	—	29%	60%	60%	60%

- 下水汚泥焼却施設における燃焼の高度化 (廃棄物部門) :
産業廃棄物として処理される下水汚泥について、燃焼時の温度を上昇させることで N₂O の排出量を抑制。京都議定書目達計画において 2010 年に高温燃焼が 100%になると見込んでおり、2020 年度までそれを維持すると想定。

表 4-3-13 高分子流動床炉の高温燃焼の割合シナリオ

	2005	2020 年			
		参照	▲10%	▲15%	▲20% ≤
高温燃焼の割合	34%	34%	100%	100%	100%

- 排せつ物管理方法の変更 (農業部門)
CH₄、N₂O の排出係数が高い排せつ物管理区分 (「堆積発酵」・「貯留」など) から低い排せつ物管理区分 (「強制発酵」・「浄化」など) へ転換。環境保全型農業を進展される政策などにより転換が進むと想定。

表 4-3-14 排せつ物管理割合の転換シナリオ

	2005	2020 年			
		参照	▲10%	▲15%	▲20% ≤
乳用牛の強制発酵 (ふん) の処理割合	9%	9%	39%	39%	39%
豚の強制発酵 (ふん) の処理割合	62%	62%	72%	72%	72%

c) 温室効果ガス排出構成

前述までの想定に基づき、日本技術モデル（AIM/Enduse[Japan]）を用いて国内対策によって2020年に▲10%、▲15%、▲20%を実現する排出構成を推計した。▲25%まで行くと、社会・経済構造が現状よりも大きく変化してくることが想像され、マクロフレームを維持したまま▲25%を実現する社会を想定することは全体的なバランスを悪くするおそれがある。そのため、マクロフレームを固定した前提では▲25%ケースの推計は技術モデルでは行っていない。

表 4-3-15 日本技術モデルによる温室効果ガス排出量構成

	1990	2000	2005	2020				
				固定	参照	▲10%	▲15%	▲20%
産業部門	482	467	456	449	442	410	399	391
家庭部門	127	158	174	176	159	119	104	90
業務部門	164	206	237	265	222	173	156	136
運輸部門	217	265	257	240	225	196	186	176
エネルギー転換部門	68	71	79	78	70	57	52	47
エネルギー起源計 (90年比)	1,059	1,167 (10%)	1,203 (14%)	1,208 (14%)	1,118 (6%)	955 (▲10%)	897 (▲15%)	839 (▲21%)
非エネルギー部門	202	179	155	189	188	175	171	162
合計 (90年GHG比)	1,261	1,346 (7%)	1,358 (8%)	1,397 (11%)	1,306 (4%)	1,130 (▲10%)	1,067 (▲15%)	1,001 (▲21%)

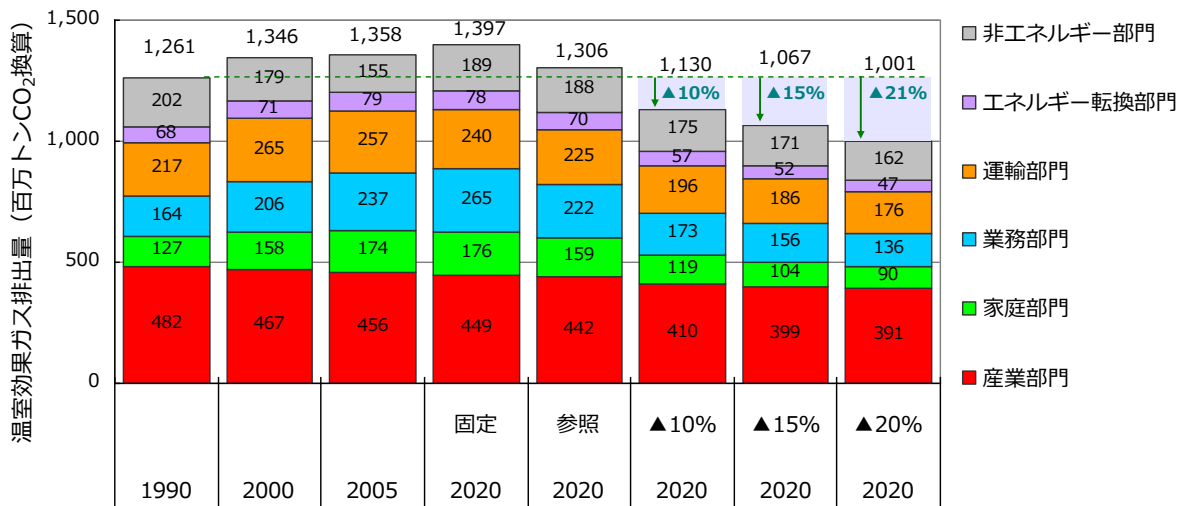


図 4-3-1 日本技術モデルによる温室効果ガス排出量構成（マクロフレーム固定）

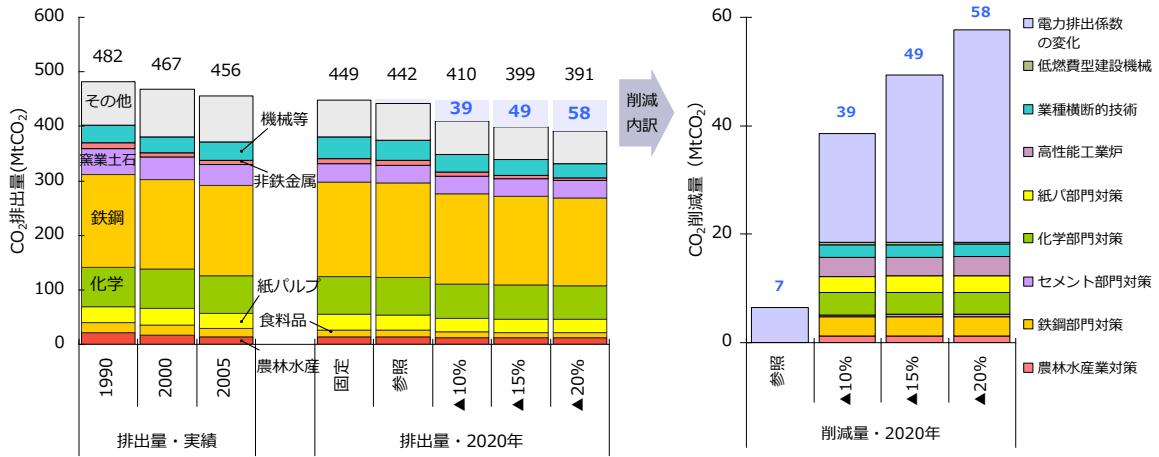


図 4-3-2 産業部門の排出構成と削減内訳

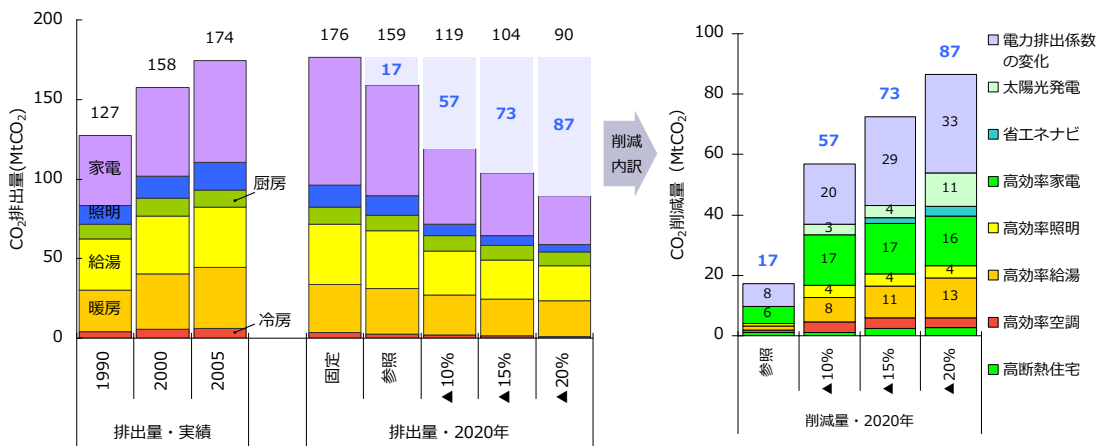


図 4-3-3 家庭部門の排出構成と削減内訳

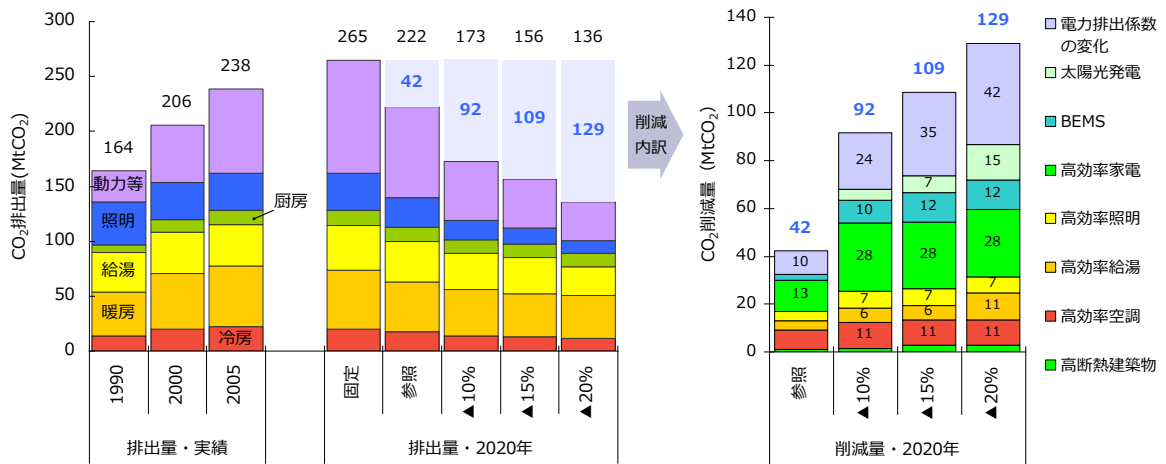


図 4-3-4 業務部門の排出構成と削減内訳

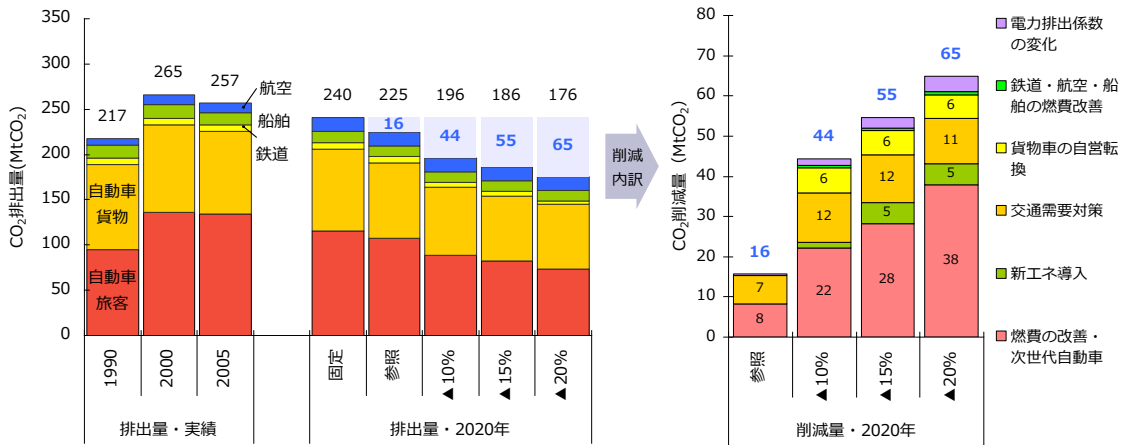


図 4-3-5 運輸部門の排出構成と削減内訳

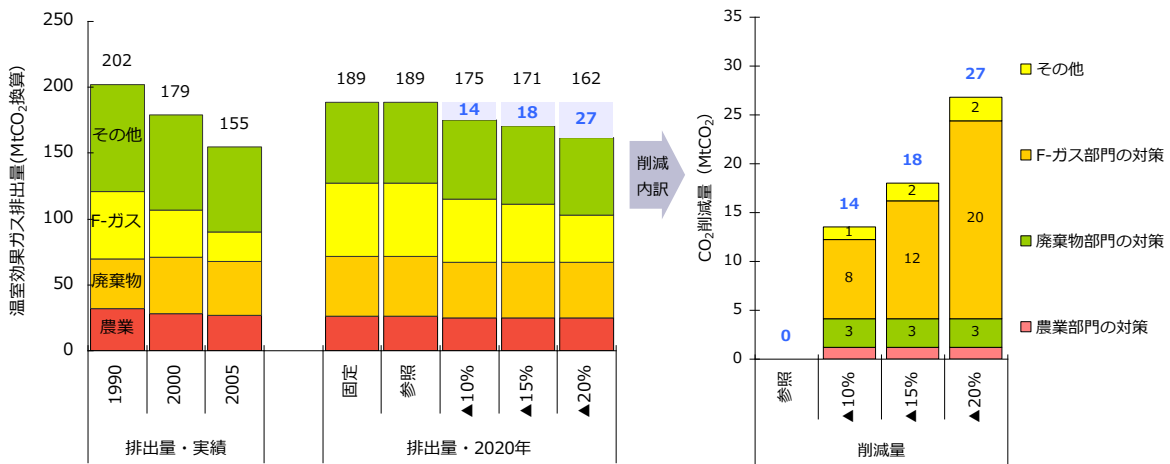


図 4-3-6 非エネ部門の排出構成と削減内訳

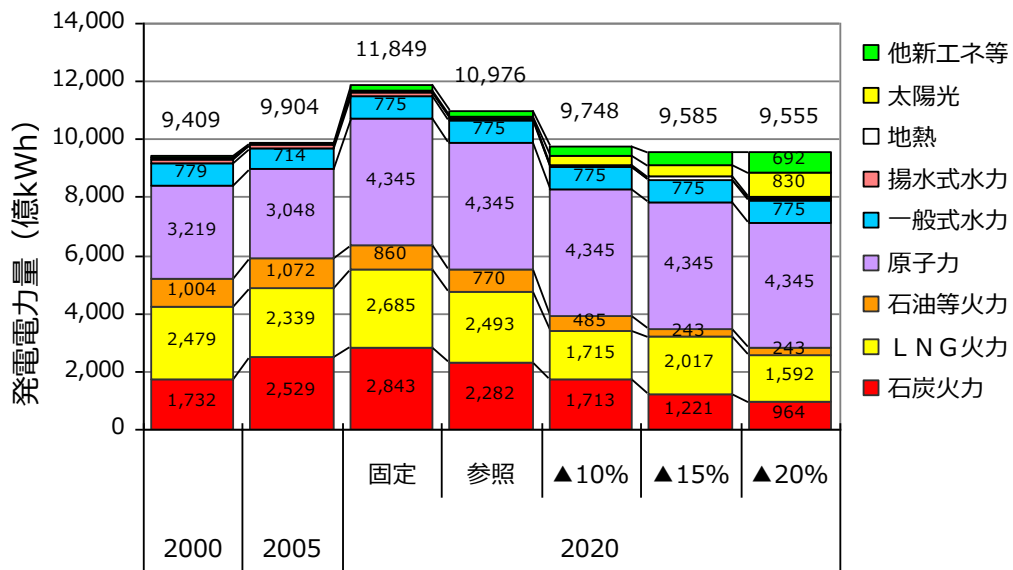


図 4-3-7 発電電力量構成

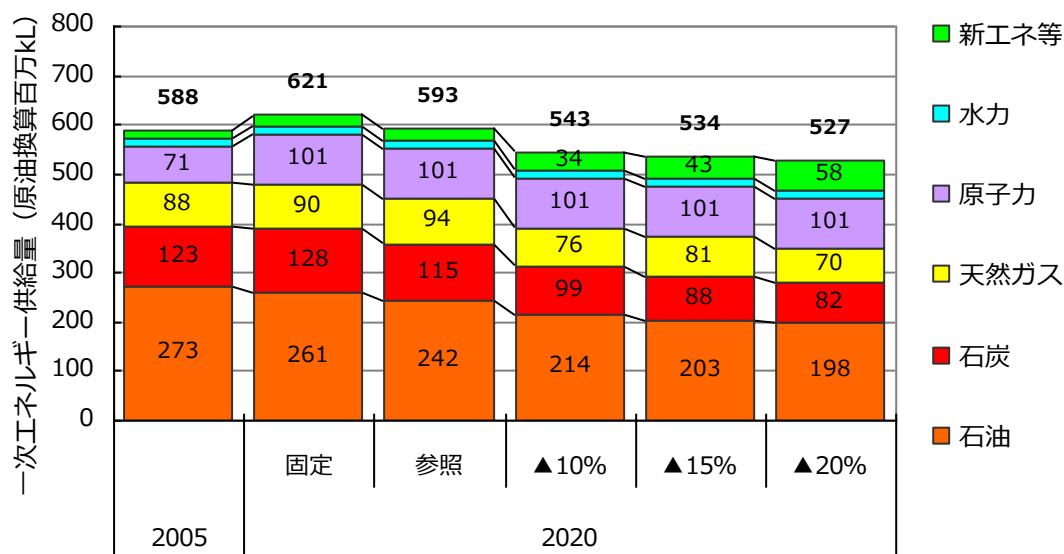
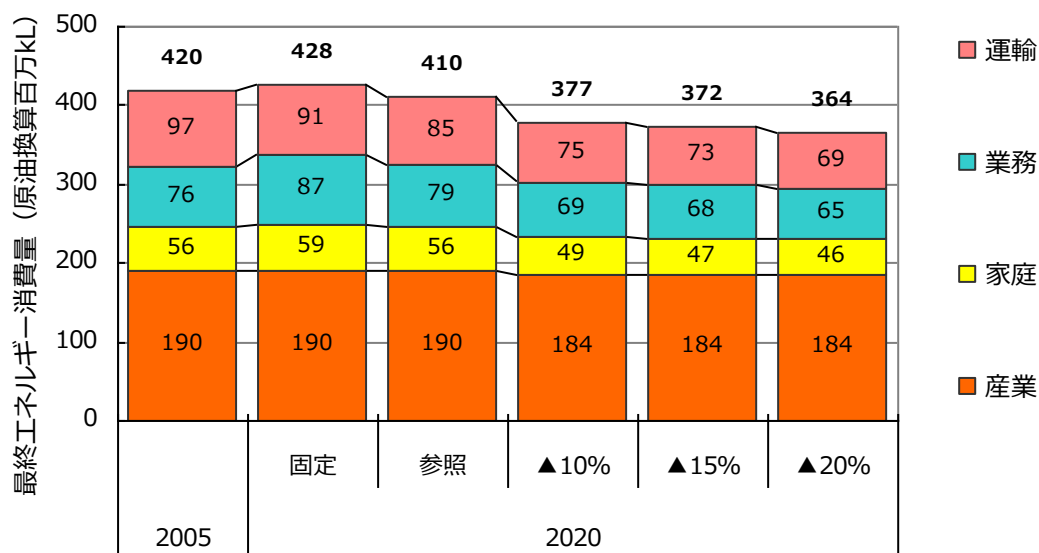


図 4-3-8 一次エネルギー供給量



注) 上記グラフにおいて産業部門の自家発電による発電電力量は消費電力量ではなく、自家発電に投入されるエネルギー量で勘定している。

図 4-3-9 最終エネルギー消費量

d) 再生可能エネルギー

再生可能エネルギー導入量が一次エネルギー供給に占める比率の 10% という目標は、削減率が小さいケースでは、再生可能エネルギー導入量が少ないだけでなく、目標値の分母となる一次エネルギー供給量の値も大きくなるため、目標の達成は困難である。大規模水力を再生可能エネルギーに含めてもよい場合には▲15% ケースにおいて目標を達成し、再生可能エネルギー導入量に大規模水力を含めない場合には▲20% ケースにおいて達成している。

表 4-3-16 再生可能エネルギー導入量

		2005	2020				
			固定	参照	▲10%	▲15%	▲20%
太陽光発電	(万kL)	35	140	140	685	903	1,930
	(万kW)	144	573	573	2,802	3,694	7,900
地熱発電	(万kL)	74	74	74	148	208	208
	(万kW)	52	52	52	104	146	146
風力発電	(万kL)	44	164	164	269	468	957
	(万kW)	109	403	403	661	1,100	2,000
バイオマス ・廃棄物発電	(万kL)	252	364	364	586	586	586
	(万kW)	223	325	325	523	523	523
中小水力	(万kL)	16	30	30	99	248	248
	(万kW)	11	21	21	70	174	174
大規模水力	(万kL)	1,644	1,771	1,771	1,771	1,771	1,771
	(万kW)	2,060	2,156	2,156	2,156	2,156	2,156
バイオマス熱利用	(万kL)	142	258	258	317	458	458
その他	(万kL)	687	725	733	839	839	839
合計 (大規模水力含まず)		1,251	1,755	1,764	2,942	3,710	5,226
	(一次エネルギー供給比)	2%	3%	3%	5%	7%	10%
合計 (大規模水力含む)		2,894	3,526	3,535	4,714	5,481	6,997
	(一次エネルギー供給比)	5%	6%	6%	9%	10%	13%

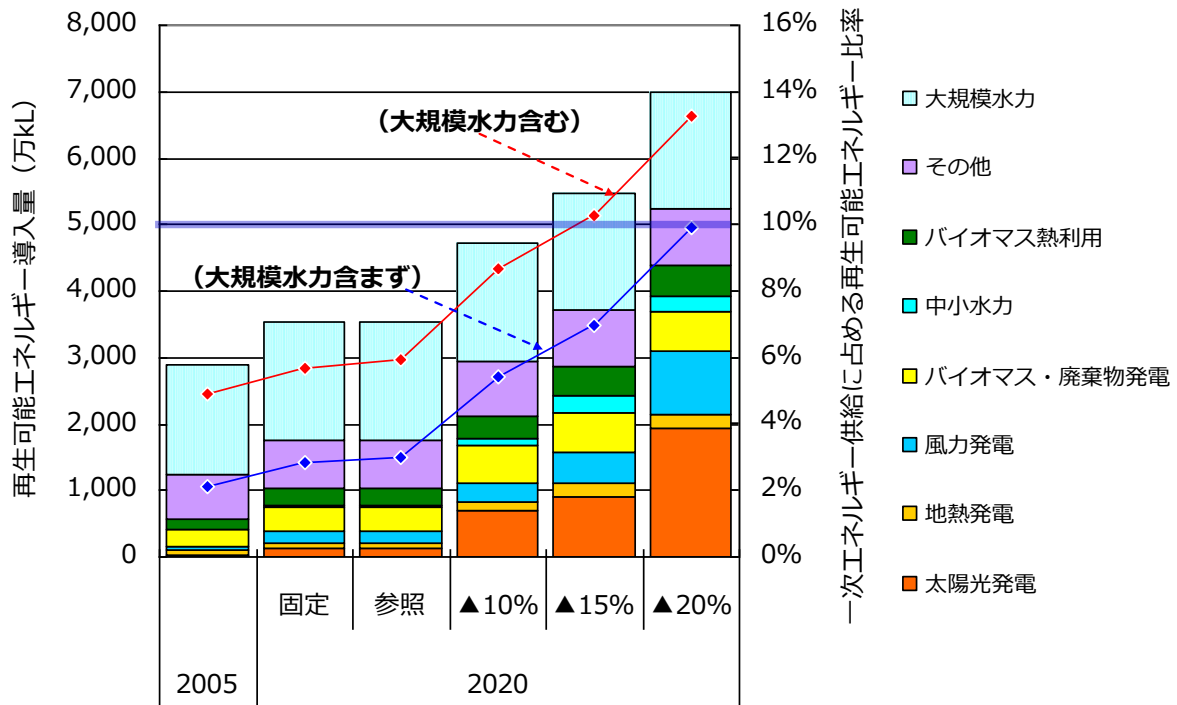


図 4-3-10 再生可能エネルギー導入量

e) 短期・中期・長期を見据えた低炭素社会実現のための戦略

「2050 日本低炭素社会」プロジェクトチーム（国立環境研究所・京都大学・立命館大学・東京工業大学・みずほ情報総研）による“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（2007 年 2 月）”、環境省による“温室効果ガス 2050 年 80%削減のためのビジョン（2009 年 8 月）”によると、2050 年に 1990 年比 70～80%削減し、低炭素社会を構築するためには、

- a) 電力については、再生可能エネルギー、原子力発電、CCS 火力発電の組み合わせにより、カーボンフリー電源とする必要がある。
- b) 民生部門（家庭・業務）や運輸部門については、省エネ（効率改善）とカーボンフリー電源や太陽熱・バイオマス等のカーボンフリー熱源の活用により、それぞれの部門の温室効果ガス排出量をほぼカーボンニュートラルにする必要がある。
- c) 産業部門については、省エネ（効率改善）とカーボンフリー電源や太陽熱・バイオマス等のカーボンフリー熱源の活用に加え、水素還元製鉄などの革新的技術により、化石燃料の消費量を必要最低限にする必要がある。

という分析がなされている。この長期的な目標を踏まえ、社会のシステムを既存のものから変えていくという考えが、スマート・グリッド、スマート・エネルギーネットワークといった用語で語られている。

日本技術モデルの分析における対策技術としては、民生部門（家庭部門・業務部門）におけるエネルギー使用用途（冷暖房・給湯・照明・動力）を踏まえ、

- ・住宅や建築物の断熱化
- ・家庭用や業務用の冷暖房機器（エアコン等）の効率化
- ・家庭用や業務用の給湯機器の効率化、太陽熱温水器の導入
- ・家庭用や業務用の照明機器の効率化
- ・家電製品や OA 機器などの電力消費機器の効率化
- ・省エネナビ、BEMS・HEMS の導入
- ・太陽光発電の導入

については、情報通信機能の標準化や電力供給網との接続によりエネルギーの需給バランスを需要側と供給側の双方から調整するスマート・グリッドの構成要素となっていることから、それらの普及を拡大していくことが、内需の拡大とスマート・グリッドという新たな社会インフラの構築、低炭素社会の構築の 3 つを統合的に結びつけるものになると考えられる。

同様に、運輸部門については、

- ・プラグインハイブリッド自動車の普及拡大
- ・電気自動車の普及拡大

が、エネルギー供給部門については、

- ・太陽光発電、風力発電、地熱発電、水力発電、廃棄物・バイオマス発電等の再生可能エ

エネルギーの普及拡大

- ・蓄電池の普及拡大

が、内需の拡大とスマート・グリッドという新たな社会インフラの構築、低炭素社会の構築の3つを整合的に結びつけるものになると考えられる。

また、これらは単なる内需の拡大に留まらず、地域の身近な社会インフラを改変していくことで地方に雇用を生み出し、日本企業にビジネスチャンスをもたらすとともに、副次的効果として国際競争力の強化という便益をもたらすものと考えられる。

短期・中期・長期を見据えた一貫性・整合性のある戦略が必要

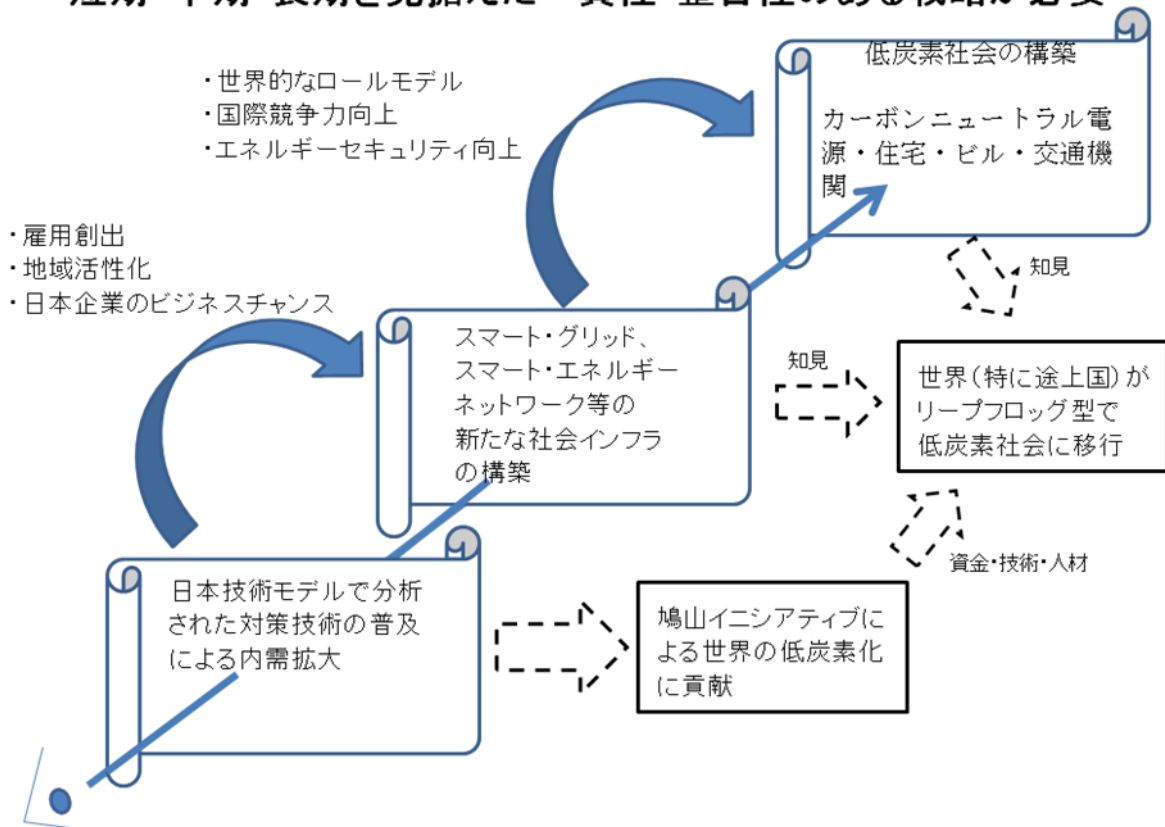


図 4-3-12 短期・中期・長期を見据えた低炭素社会実現のための戦略 (例)

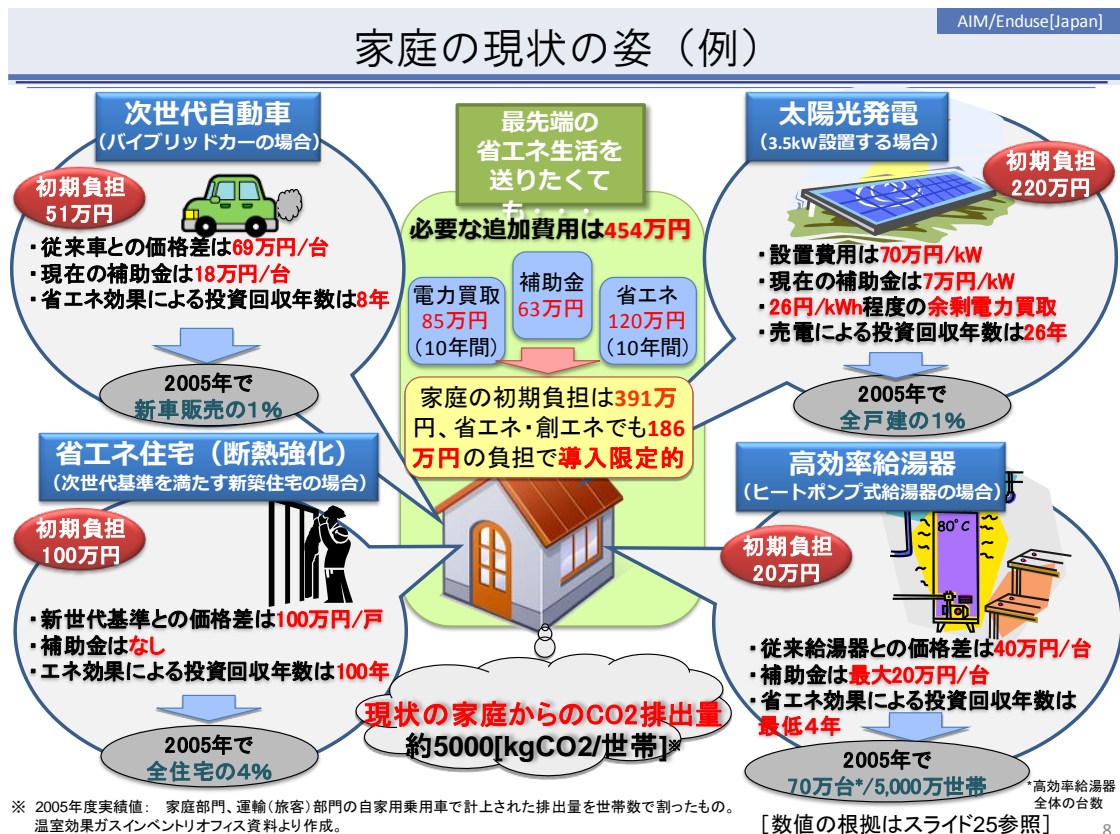
(参考：日本技術モデルで得られた結果のわかりやすい表現例について)

1) 先行投資した家庭における初期投資と将来の節約効果についての説明例

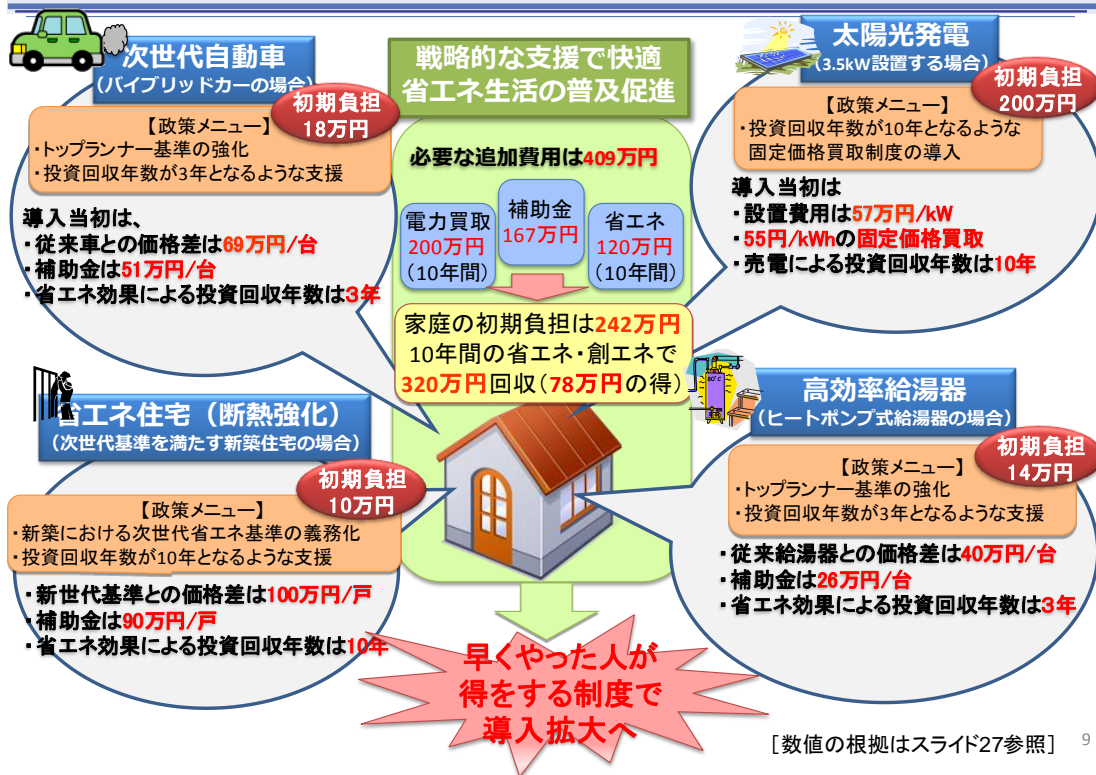
(第6回中期目標検討委員会 (2009年3月27日) 資料2-4 ①より

http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tikyuu/kaisai/dai06tyuuki/siryou2/4_1.pdf

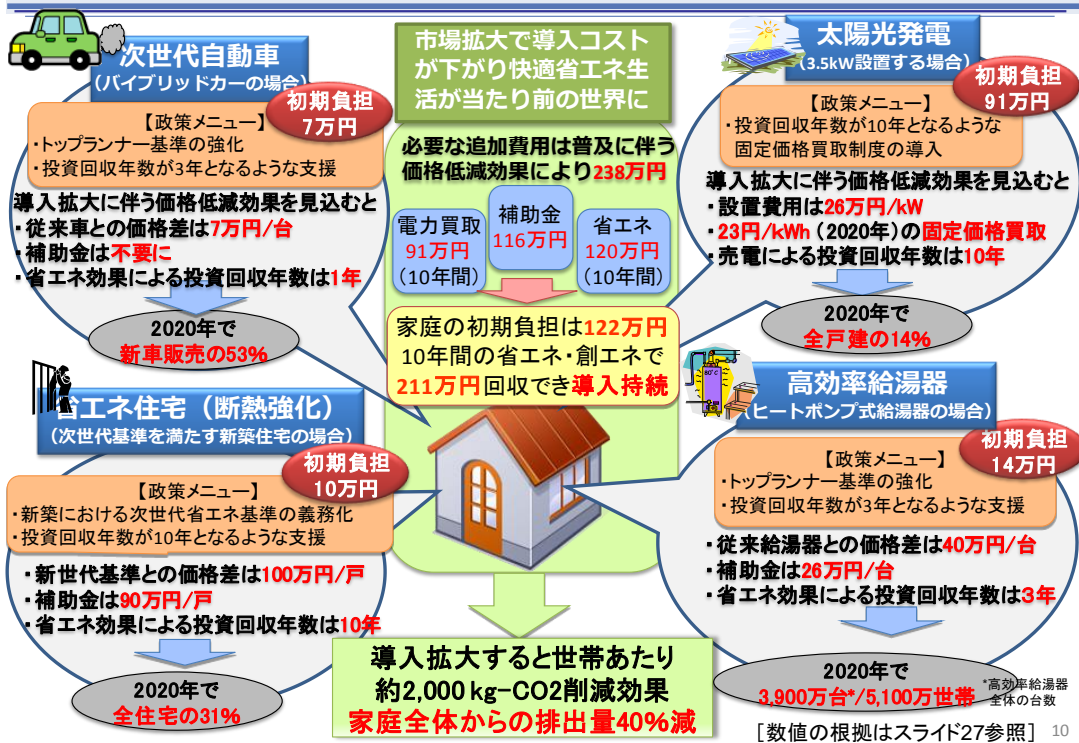
- ・ 現状 (2009年3月時点) ではエコカー減税やエコポイント、固定価格買い取り制度等がなく、投資の費用は莫大
- ・ 家庭レベルにおける省エネ技術投資に補助金等のインセンティブを与えるなどの得する仕組みで普及拡大。実際に2009年3月時点ではハイブリッド自動車とそれ以外の同タイプの車の初期投資の差額は51万円だったのが、現在は18万円まで縮まっている。
- ・ さらに普及拡大が進めば、対策技術の単価が下がり、効率があがり、より多くの人が恩恵を受けられるようになる。



2010年快適省エネ生活に向けた政策開始（対策Ⅱを例に）



2020年快適省エネ生活が当たり前の世界（対策Ⅱを例に）

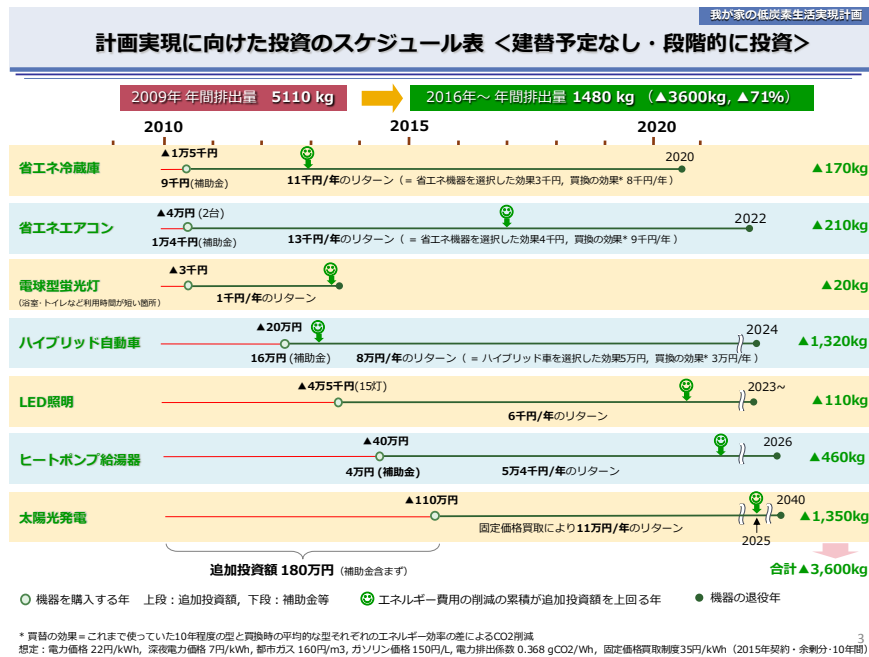


2) 我が家の低炭素生活実現計画

(平成 21 年 10 月 27 日第 2 回タスクフォース検討資料 1-1(2))

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/t-ondanka/dai2/siryou1-1-2.pdf>

- ・ 積極的な省エネ投資を行った家庭が、現状のエコポイントやエコカー減税、将来想定される固定価格買い取り制度、太陽光発電のコスト低減効果などの普及効果等を活用することで、どの時点で追加投資額（省エネ対策とその時点の一般的な対策の初期費用の差額）を光熱費節約分や政策的なインセンティブ等で回収できるのかについて分析した。
- ・ 一方で、政策的なインセンティブは税金や国民負担で行われるため、可処分所得の減少につながっていることに留意が必要である。



我が家の低炭素生活実現計画

低炭素計画実現のストーリー <建替予定なし・段階的に投資>

2010年	<ul style="list-style-type: none"> ● 10年使った冷蔵庫を買換。15,000円を払って省エネ型を選択。エコポイント (9,000円相当) を獲得。冷蔵庫を買い替えたことによって毎年11,000円の電気代が節約された。うち3,000円は省エネ型冷蔵庫を選択したことによる効果。 ● 10年使ったエアコンを2台買換。2台で40,000円を払って省エネ型を選択。エコポイント (2台で14,000円相当) を獲得。エアコンを買い替えたことによって毎年13,000円の電気代が節約された。うち4,000円は省エネ型エアコンを選択したことによる効果。 ● 我が家ではリビングなど長時間使用するところでは蛍光灯が使用されているが、トイレ・浴室などでは白熱灯だった。残り3灯の白熱灯を電球型蛍光灯に切り替えた。3灯で3,000円の出費が、この買い替えにより年間1,000円の電気代が節約。
2012年	<ul style="list-style-type: none"> ● 10年で9万km乗った愛車を手放し、を購入。ハイブリッド自動車は普通の自動車に比べて20万円高かったが、エコカー減税によって自動車に関わる税金の支払いは16万円安く済んだ。自動車の買い替えによって年間8万円の節約になったが、うち5万円はハイブリッド型を選択したことによる効果である。 ● 省エネ冷蔵庫を購入するための追加的な投資額が光熱費の節約で元が取れた。
2013年	<ul style="list-style-type: none"> ● 電球型蛍光灯・ハイブリッド自動車を購入するための追加的な投資額が光熱費の節約で元が取れた。 ● 全ての部屋の照明を蛍光灯からLED照明に。全てで15灯あり、蛍光灯を買い替えるのと比べて45,000円多く費用が生じた。年間6,000円の電気代が節約された。
2013年	<ul style="list-style-type: none"> ● ガス給湯器をヒートポンプ給湯器に置き換え。新品のガス給湯器にするのと比べて、40万円多く費用が生じた。ガス代の節約、電気代のアップで差し引き、年間5万4千円の節約できた。
2015年	<ul style="list-style-type: none"> ● いよいよ太陽光発電を購入。たぶん値段も安くなったものそれでも110万円の支出は大きい。でも固定価格買取制度が導入されているため、年間11万円は収入が発生する。
2016年	<ul style="list-style-type: none"> ● 省エネエアコンを購入するための追加的な投資額が光熱費の節約で元が取れた。
2020年	<ul style="list-style-type: none"> ● LED照明を購入するための追加的な投資額が光熱費の節約で元が取れた。 ● これまでの低炭素生活実現のための投資による総リターンが総投資を上回る。
2021年	<ul style="list-style-type: none"> ● ヒートポンプ給湯器を購入するための追加的な投資額が光熱費の節約で元が取れた。
2025年	<ul style="list-style-type: none"> ● 太陽光発電の購入のために支払った金額を収入の増加が上回る。

② 経済影響の評価

日本経済モデルを用いて、90年比25%削減を達成するため、国内削減（真水）と海外クレジットの購入割合を組み合わせた上で家計に一括で返還するシナリオと、環境政策を始めとした財政支出に充てるシナリオ（低炭素投資促進シナリオ）を比較した。なお、低炭素投資促進シナリオについて、温暖化対策税の税収を温暖化対策に限定的に使用することは目的税につながるといった懸念もあり、制度化においては、税率の設定や還流方法等も含めて改めて検討する必要がある。

日本経済モデルにおいて、国内削減（真水）の削減割合を a) 90年比▲10%、b) 90年比▲15%、c) 90年比▲20%、d) 90年比▲25%とした場合にレファレンスケースとして設定した90年比+4%（これまでの温暖化対策を踏襲し、既存技術のエネルギー効率等が現在の延長線上で改善し、今後も継続的に自主的な取り組みで温暖化対策を実施していくと想定したケース）と比べて実質GDP、可処分所得等にどの程度の影響が生じるかについて分析を行った。海外クレジットについては、2010年にCO₂トンあたり30ドルを想定し、2020年のCO₂トンあたり50ドルまで線形で上昇していくと想定した。

a)～d)のそれぞれのケースについて炭素価格を設定することで我が国の各主体に炭素税又は100%のオークション方式による排出量取引制度が導入されているケースを想定し、そこから生じる税収もしくは排出量取引制度による財源については「家計に一括で返還するシナリオ」を想定して分析を行った。

加えて、財源を「環境政策を始めとした財政支出に充てるシナリオ（低炭素投資促進シナリオ）」について、b) 90年比▲15%、d) 90年比▲25%の2ケースで分析を行った。

結果を、表4-3-17に示す。結果の概要は以下のとおりである。

a) 家計に一括で返還するシナリオ

ア) 実質GDP

レファレンスケースに比べ、a)-1 真水▲10%の場合で▲0.9%、d)-1 真水▲25%の場合で▲3.2%という結果となっている。日本経済モデルにおいては、真水の削減率を高くするためには炭素価格を高くする必要があり、その結果、電力価格やエネルギー費用・光熱費が上昇し、各産業の生産量を低下させる。また、産業活動の低下は、雇用者報酬の減少となり、家計消費支出も減少させることから実質GDPがレファレンスケースに比べて悪化するという結論となる。なお、民間設備投資については他の要素と比較して変化の幅が小さいが、これは、本モデルが、想定される経済成長を達成するようにあらかじめ投資額を設定しているというモデルの特性によるものである。

イ) 限界削減費用

レファレンスケースと異なり、真水▲10%の場合で二酸化炭素1トンあたり約8,700円、真水▲25%の場合で同約52,000円の限界削減費用が必要となる結果となっている。企業や家計

に省エネ等の温暖化対策を講じさせるための経済的なインセンティブとして、高率の炭素税に相当する炭素価格が設定されることを示している。

b) 環境政策を始めとした財政支出に充てるシナリオ（低炭素投資促進シナリオ）

ア) 実質 GDP

レファレンスケースに比べ、b)-2 真水▲15%の場合で▲0.7%、d)-2 真水▲25%の場合で▲2.7%という結果となっている。これは家計に一括で返還するシナリオと比較すると概ね b)-2 真水 15%の場合が a)-1 真水▲10%の場合と同等以上に実質 GDP のロスが軽減され、d)-2 真水 25%の場合が c)-1 真水▲20%の場合と同程度に実質 GDP のロスが軽減されるという結果となっている。

これは、温暖化対策を、高額な炭素価格によるインセンティブではなく、低率の炭素価格と財政支出による補助金率によってインセンティブを与えることであり、高額な炭素価格によって生じる急激な経済環境の変化とそれによる経済の需給ギャップを抑えることが可能となること、各主体が負担する追加費用としての支出が財政支出により補填されることで、温暖化対策として使用されていた投資が、生産投資に回されるためである。なお、生産投資の回復により、経済活動の潜在的な規模が増大することから、二酸化炭素排出量も増加する傾向にある。このため、限界削減費用としては、税収一括返還ケースよりも高い対策の導入が必要となる。

イ) 炭素税

家計に一括で返還するシナリオのように、高額な炭素価格をインセンティブとして民間企業や家計が全ての温暖化対策費用を負担するのではなく、低率の炭素税による税収により、民間企業や家計の温暖化対策費用をサポートすることで対策のインセンティブを高めるとともに、高額な炭素価格下で見られるような経済の需給ギャップを解消し、実質 GDP 等の経済指標の悪化を改善することができる。

今回の分析では、b)-2 真水▲15%の場合で約 6,000 円、真水▲25%の場合で約 8,600 円という結果となっている。これは家計に一括で返還するシナリオと比較するといずれも a)-1 真水▲10%の場合を下回る価格となっている。

低炭素投資促進シナリオにおいては、税の減免措置等を行わず、二酸化炭素を排出する部門には均等に課税し、その税収が温暖化対策の追加費用分と均衡するように税率を定めている。このように、これらの値は、温暖化対策に必要な費用を税収でまかなうために必要な税率であり、限界削減費用とは異なる点に留意が必要である。

表 4-3-17 日本経済モデルでの分析結果

		①家計に一括で返還するシナリオ				②環境政策を始めとした財政支出に充てるシナリオ (低炭素投資促進シナリオ)	
		a)－① M▲10% C▲15%	b)－① M▲15% C▲10%	c)－① M▲20% C▲5%	d)－① M▲25% C▲0%	b)－② M▲15% C▲10%	d)－② M▲25% C▲0%
M：国内削減（真水） C：海外クレジット							
実質 GDP	実質	-0.9%	-1.4%	-2.9%	-3.2%	-0.7%	-2.7%
雇用者報酬	実質	-1.2%	-2.0%	-3.5%	-11.2%	-1.1%	-3.6%
可処分所得	実質	-0.6%	-1.3%	-3.1%	-3.4%	-0.2%	-2.5%
家計消費支出	実質	-1.1%	-1.8%	-4.4%	-4.0%	-0.3%	-3.0%
民間設備投資	実質	-0.6%	0.1%	-0.2%	-0.4%	1.1%	1.6%
輸出	実質	-0.1%	-0.1%	-0.2%	-2.3%	-0.1%	-0.2%
輸入	実質	-1.9%	-1.9%	-3.4%	-4.0%	-1.2%	-3.7%
粗生産（全産業）	実質	-1.0%	-1.4%	-2.5%	-3.2%	-0.1%	-0.4%
粗生産（製造業）	実質	-0.8%	-0.9%	-1.9%	-3.1%	0.7%	0.8%
粗生産（エネ多消費産業）	実質	-3.5%	-4.3%	-6.2%	-8.0%	-2.9%	-4.1%
粗生産（資本財製造業）	実質	0.9%	0.8%	0.9%	0.5%	2.3%	3.3%
CPI	価格	0.6%	0.8%	1.0%	5.9%	0.7%	1.3%
電力価格	価格	12.8%	19.6%	43.6%	113.6%	5.2%	30.9%
光熱費	名目	5.5%	9.1%	22.3%	93.2%	-3.4%	11.5%
最終エネルギー消費	J	-5.3%	-5.4%	-6.5%	-8.6%	-5.2%	-7.0%
民生家庭エネルギー消費	J	-11.3%	-13.9%	-16.2%	-16.3%	-12.5%	-16.5%
電力需要	kWh	-6.9%	-7.1%	-7.1%	-9.8%	-7.4%	-9.2%
雇用者数	人数	-	-	-	-	-	-
一人当たり労働時間	時間	-	-	-	-	-	-
失業率	%	-	-	-	-	-	-
限界削減費用	実質	8,678	10,252	23,869	52,438		
炭素税※						5,961	8,558
二酸化炭素排出量	MtCO ₂	960	896	837	791	896	808

4月までのワーキングチームでのモデル・入力情報の違いは以下の通りである。

- ・ 今回の試算を行うにあたって、タスクフォースメンバーからレファレンスにおいて GDP 成長率をきちんとあわせるべきという意見があり、日本経済モデルにおいても4月までの試算では、2005年から2020年までの平均経済成長率が年率1.5%となっていたところを、年率1.3%となるように見直した。これに伴って、レファレンスにおける2020年のCO₂排出量が3%低下する結果となり、これに伴って、経済影響や限界削減費用がこれまでの試算結果から変化している点に留意されたい。
- ・ 4月の試算では、日本技術モデルの状況（90年比20%削減までしか技術が積み上がらない）とあわせるために、ベースとなる経済成長率を年率1.6%から1.2%に変更した（2010年から2020年）。今回の試算では、25%削減ケースにおいても他のケースと同じ経済成長率を想定している。
- ・ 本タスクフォースにおいて、財政破綻の懸念から、利子率もしくはそれに変わる指標（資本収益率など）の提示が求められている。日本経済モデルでは、実物経済を対象としたモデルであり、金融については明示的に取り扱っておらず、利子率については本モデルでは取り扱っていない。仮に財政破綻を対象とする場合には、財政破綻が生じた場合の経済フレーム（経済成長率など）を新たに設定し、これに基づいて試算を行う必要があると考えている。
- ・ なお、本モデルで計算される資本収益率は、基準年の資本ストックを資本収益率と整合するように想定していないので、収益率そのものではなく基準年のモデル上の収益率に対する変化率で見ると、2020年までに16%まで向上している。
- ・ 4月までの中期目標検討会では、可処分所得として雇用者所得と資本所得の合計で定義した数値を示していたが、今回の分析では、政府からの移転所得（一括還流される税金も含めて）についても加えることとした。このため、4月の結果と比較すると可処分所得の減少幅が小さく示されている。同じ定義で計算すると、d)-①国内▲25%ケースでは、レファレンスケースの結果と比較して-11%となる。
- ・ 家計一括返還シナリオでは、原価削減費用と炭素税率は一致するが、低炭素投資促進シナリオの炭素税率は温暖化対策に必要な費用を充足するための税率であり、限界削減費用とは異なる。また、家計一括返還シナリオの同じ削減率と比較すると、GDPのロスが回復していることから、限界削減費用そのものは高くなる。

※税金を一括して還流するケースでは、炭素税率は限界削減費用と等しくなるが、低炭素投資促進ケースでは、税率は温暖化対策に必要な対策の費用から決まるので、限界削減費用には一致しない。限界削減費用と税率との間については、税金による財政支出分で補填される。なお、低炭素投資促進ケースでは、経済活動が回復していることから、潜在的なCO₂排出量は増大することから、対応する家計一括還流ケースの限界削減費用と比較すると増加する。

(参考：海外クレジットについて)

国内の排出削減と海外クレジットの活用は、国家戦略に関わる部分であり、どのようなバランスが望ましいか政策決定者の判断事項となる。

一般に、海外クレジットの購入は目先の国民負担を小さくすることができる。但し、購入により、国内に蓄積されるものは海外クレジットの購入ノウハウということとなる。海外クレジットの購入が海外の省エネ市場の獲得とセットで行われるのであれば日本企業にとって一定のメリットがあると考えられるが自国市場での普及やメンテナンスのノウハウを持たずに海外市場を獲得できるかどうかは未知数などところがある。海外クレジットの価格は将来的に価格高騰が見込まれることから、中長期的な観点からは結果的に高く付く可能性もあるということを視野に入れた検討が必要である。たとえば、国際エネルギー機関のエネルギー技術見通し（Energy Technology Perspective 2008）では、世界全体で2050年までに温室効果ガス半減を実現させるためには（BLUE Mapシナリオ）、2050年の限界コストが200-500 \$/t-CO₂となると試算している。ただし、この試算では必ずしも日本の削減量が1990年比60～80%であることを保証していないことに注意が必要である。

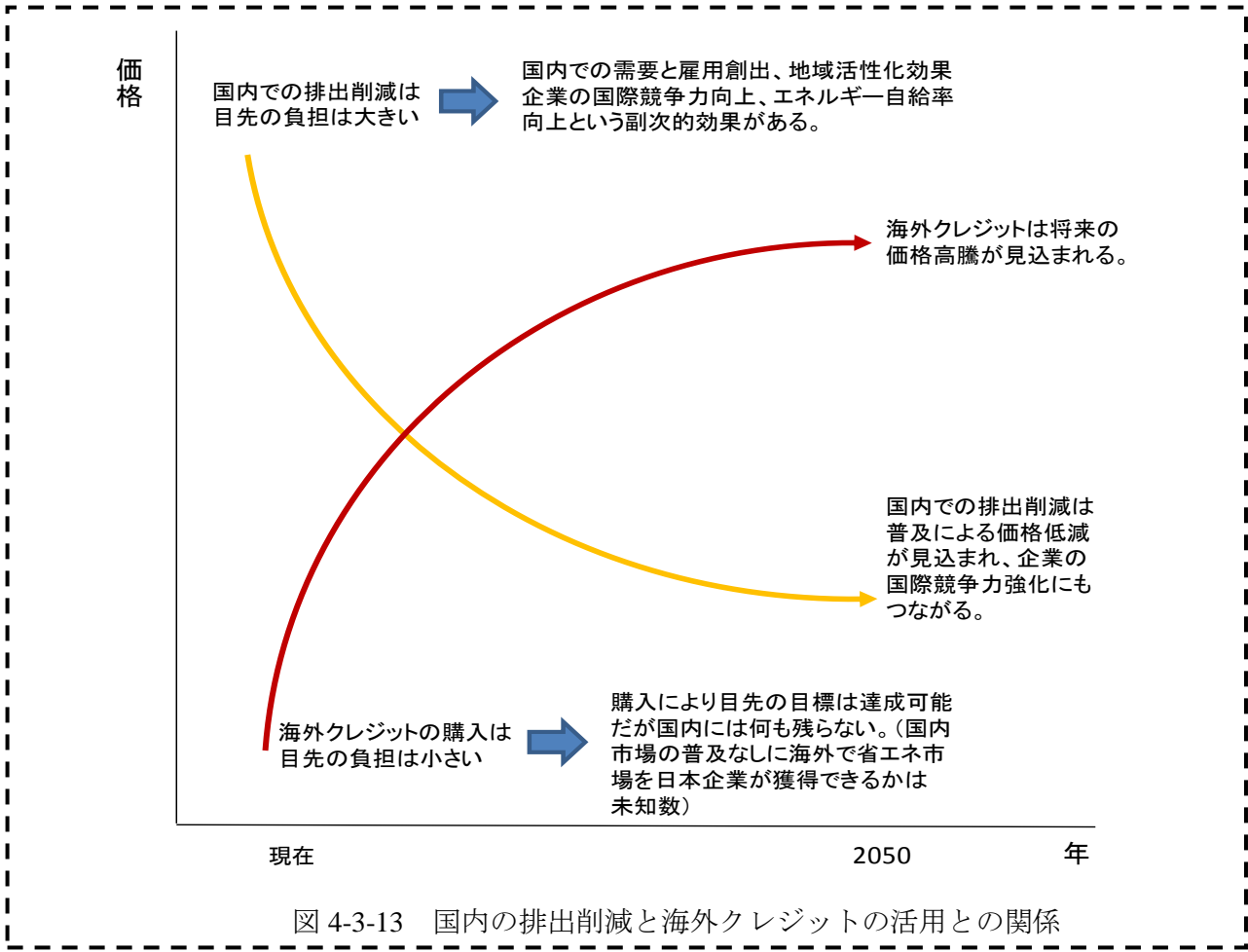
他方で、国内での排出削減は目先の負担は大きい、日本国内で得るものも大きいことに留意が必要である。国内で排出削減のために企業や家計が投資を行うことは国内での需要を創出し、雇用を創出することとなる。また、日本全国での削減対策の展開が必要であることから地域活性化の効果も期待できる。これにより、企業は国際競争力を高めることが可能となり、国全体としてはエネルギー自給率の向上という副次的効果が見込まれる。日本技術モデルで見込まれているような工業製品は累積生産量に応じて価格が低減することも見込まれることから、中長期的な観点からは結果的に総対策費用が安くなる可能性もあるということを視野に入れた検討が必要である。

なお、海外クレジットの活用については、現在の京都議定書においても国内の削減行動に対して補足的なものとするのが定められており、COP15に向けた国際交渉の中でも途上国を含め各国の立場は国内削減を優先すべきという立場である。

気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書（抄）

第十七条

締約国会議は、排出量取引（特にその検証、報告及び責任）に関する原則、方法、規則及び指針を定める。附属書Bに掲げる締約国は、第三条の規定に基づく約束を履行するため、排出量取引に参加することができる。排出量取引は、同条の規定に基づく排出の抑制及び削減に関する数量化された約束を履行するための国内の行動に対して補足的なものとする。



③ エネルギーコストの削減・新市場創出効果等の分析

a) 削減対策のための追加投資額

2020年の温室効果ガス排出量を1990年比▲10%～▲20%とするために2010～2020年の11年間に必要となる追加投資の総額を以下に示す。追加投資額とはエネルギー消費量や温室効果ガス削減するために、効率のよい機器を購入するために追加的に支払う費用を指し、エネルギー消費量の削減分は含んでいない。温室効果ガス削減のために固定ケースとの差をみると追加投資額は約50兆円～95兆円が必要となる。また参照ケースとの差で見ると追加投資額は32兆円～78兆円となる。部門別にみると、家庭部門、業務部門、再生可能エネルギーの導入に多額の投資が必要となっている。

表 4-3-18 温室効果ガス削減のための追加投資額

		固定ケースとの差			参照ケースとの差		
		▲10%	▲15%	▲20%	▲10%	▲15%	▲20%
産業部門	エネルギー多消費産業 革新的プロセス	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	エネルギー多消費産業 省I ₂ ・代I ₂ ・I ₂ 回収	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
	業種横断的技術（工業炉・ボイラ）	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
		2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
家庭部門	高断熱住宅	6.5	21.1	22.0	0.8	15.4	16.2
	高効率給湯器・太陽熱温水器	7.3	8.5	9.6	5.5	6.7	7.7
	高効率家電製品・省エネナビ	7.7	8.3	8.6	5.1	5.7	5.9
		21.6	38.0	40.1	11.4	27.7	29.9
業務部門	省エネ建築物(*1)	4.2	6.7	6.7	1.9	4.4	4.4
	高効率給湯器・太陽熱温水器	0.6	0.5	1.5	0.6	0.6	1.5
	高効率業務用電力機器	5.9	5.9	5.9	3.1	3.1	3.1
		10.6	13.1	14.1	5.6	8.1	9.0
運輸部門	次世代自動車	2.6	3.4	5.1	2.6	3.4	5.1
	燃費改善	3.3	4.3	4.6	1.1	2.1	2.4
		5.9	7.7	9.7	3.7	5.5	7.5
新工ネ	太陽光発電	7.4	9.8	19.2	7.4	9.8	19.2
	風力発電	0.3	0.9	2.1	0.3	0.9	2.1
	小水力・地熱発電	0.3	0.7	0.7	0.3	0.7	0.7
	バイオマス発電	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	電力系統対策	0.6	1.9	8.6	0.6	1.9	8.6
	9.0	13.6	30.8	9.0	13.6	30.8	
非CO2部門	農業	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	廃棄物	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Fガス	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
合計	50.2	75.6	98.0	32.8	58.2	80.6	

単位：兆円

*1 省エネ建築物 = 断熱構造, 高効率空調, 高効率照明, BEMS

a) 追加投資とエネルギー費用の削減額

最終需要部門の削減対策と再生可能エネルギー導入のための追加投資とエネルギー費用の削減額との関係を以下に示す。追加投資は▲10%では2010～2020年の11年間で50兆円、▲15%では76兆円、▲20%では98兆円となる。その投資によって節約することができるエネルギー費用を計算し、追加投資と比較したところ、2020年までの追加投資は2020年までのエネルギー費用の削減によって▲10%の場合には7割以上、▲20%ケースでも5割程度回収されている。さらに2030年まで見ると、投資の大部分は回収されている。

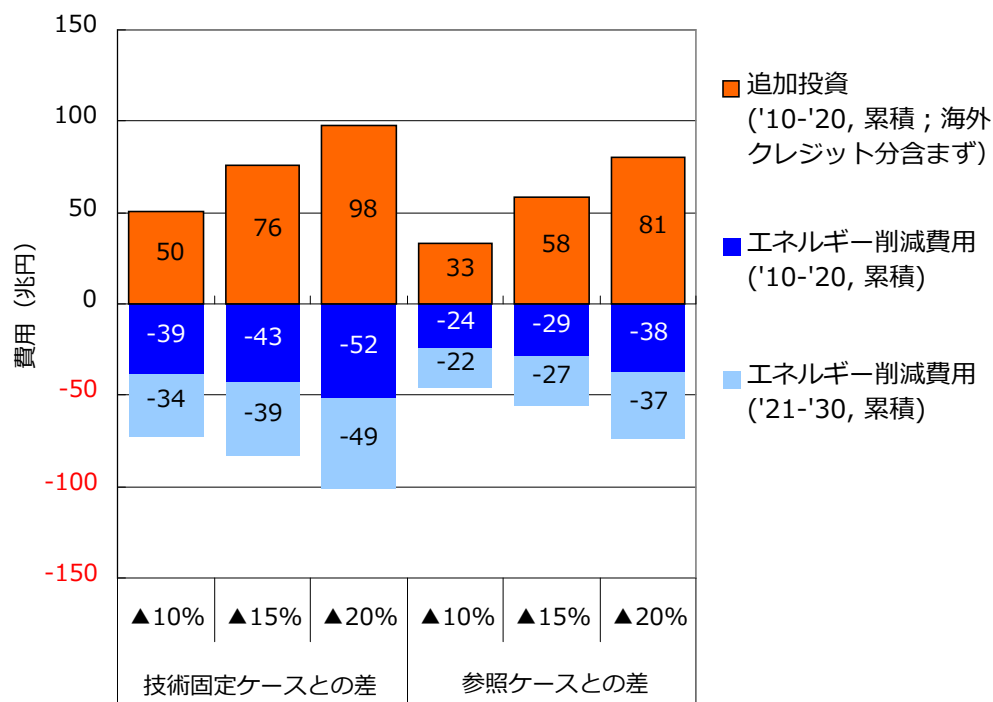


図 4-3-14 ケース毎の追加投資額及びエネルギー削減費用

④ 技術モデルと経済モデルのフィードバックの効果

a) ▲25%ケース

削減率が高くなると、炭素価格が上昇し、活動量を抑制され、温室効果ガス排出量は少なくなる。日本経済モデルの分析結果が示す活動量を日本技術モデルのインプットとして用いることで、活動量変化がもたらす影響について分析した。その結果、マクロフレームを固定した場合に▲20%ケースで想定した技術メニューを用いても、活動量変化の効果に加わるために90年比▲25%も達成した。

表 4-3-19 日本技術モデルが用いた活動量変化（参照ケース=100）

	参照	▲10%	▲15%	▲20%	▲25%
食料品	100	98	97	94	91
化学繊維	100	99	98	97	94
紙・パルプ	100	99	99	98	96
化学	100	99	99	98	95
石油化学	100	100	101	100	98
セメント	100	98	97	96	94
窯業土石	100	99	109	109	107
鉄鋼	100	99	99	99	92
非鉄金属	100	100	100	100	99
機械等	100	100	100	100	98
その他製造業	100	99	100	99	96
建設	100	98	97	96	95
農業	100	98	97	95	93
運輸	100	99	98	97	92
廃棄物	100	99	99	98	97
旅客輸送（自動車）	100	98	97	94	95
業務	100	99	99	98	98

表 4-3-20 日本技術モデルによる温室効果ガス排出量構成
（経済モデルからのフィードバックにより活動量を設定した場合）

	1990	2000	2005	2020					
				固定	参照	▲10%	▲15%	▲20%	▲25%
産業部門	482	467	456	448	442	409	398	387	366
家庭部門	127	158	174	176	159	122	106	92	88
業務部門	164	206	237	265	222	175	157	138	130
運輸部門	217	265	257	240	225	197	185	176	162
エネルギー転換部門	68	71	79	78	70	58	52	48	44
エネルギー起源計	1,059	1,167	1,203	1,208	1,118	960	899	841	790
（90年比）		(10%)	(14%)	(14%)	(6%)	(▲9%)	(▲15%)	(▲21%)	(▲25%)
非エネルギー部門	202	179	155	189	188	173	168	158	156
合計	1,261	1,346	1,358	1,397	1,306	1,133	1,067	999	946
（90年GHG比）		(7%)	(8%)	(11%)	(3.6%)	(▲10%)	(▲15%)	(▲21%)	(▲25%)

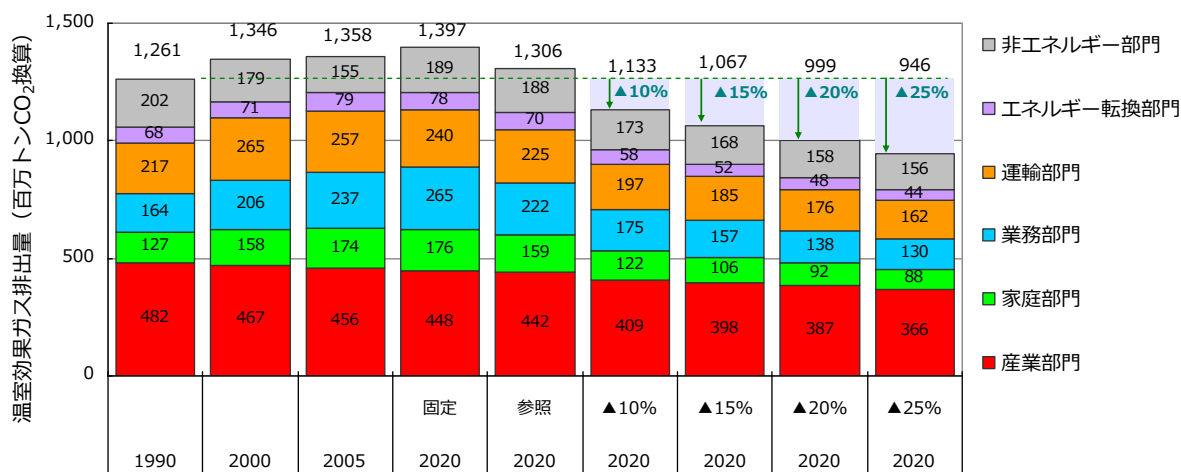


図 4-3-15 日本技術モデルによる温室効果ガス排出量構成

b) フィードバックを加味したことによる違い

活動量が低下すると、その分排出量が低下するため、対策の強度を弱めることができる。

- ▶ マクロフレーム変動後の▲10%・▲15%・▲20%ケース
 - = マクロフレーム固定の▲10%・▲15%・▲20%ケース
 - + 活動量変化の効果（排出量は減少する方向に）
 - + 対策の緩和（排出量は増加する方向に）
- ▶ マクロフレーム変動後の▲25%ケース
 - = マクロフレーム固定の▲20%ケース
 - + 活動量変化の効果（排出量は減少する方向に）

ここでは、再生可能エネルギーの導入率、次世代自動車の導入率などを低くして、それぞれの目標を達成するようにした。その結果、▲15%ケースでは 2.5 兆円、▲20%ケースでは 14.4 兆円の追加投資額が減少した。

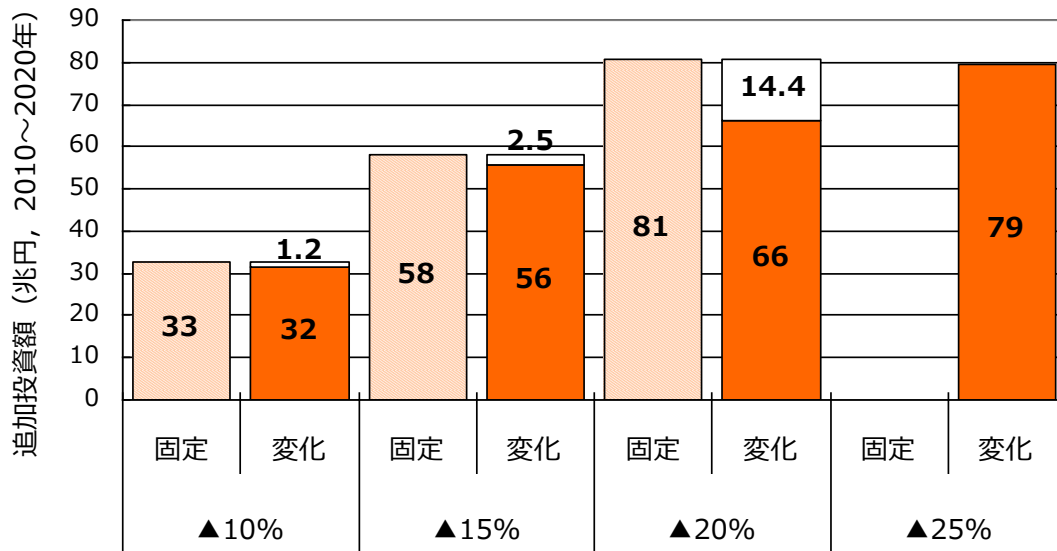


図 4-3-16 削減目標毎の追加投資額

大規模水力を再生可能エネルギーに含めてもよい場合には、マクロフレームを固定した場合と同様に▲15%削減ケースにおいて目標を達成しているが、再生可能エネルギー導入量に大規模水力を含めない場合には▲20%削減ケースでは目標を達成していない。▲25%削減ケースで目標を達成している。

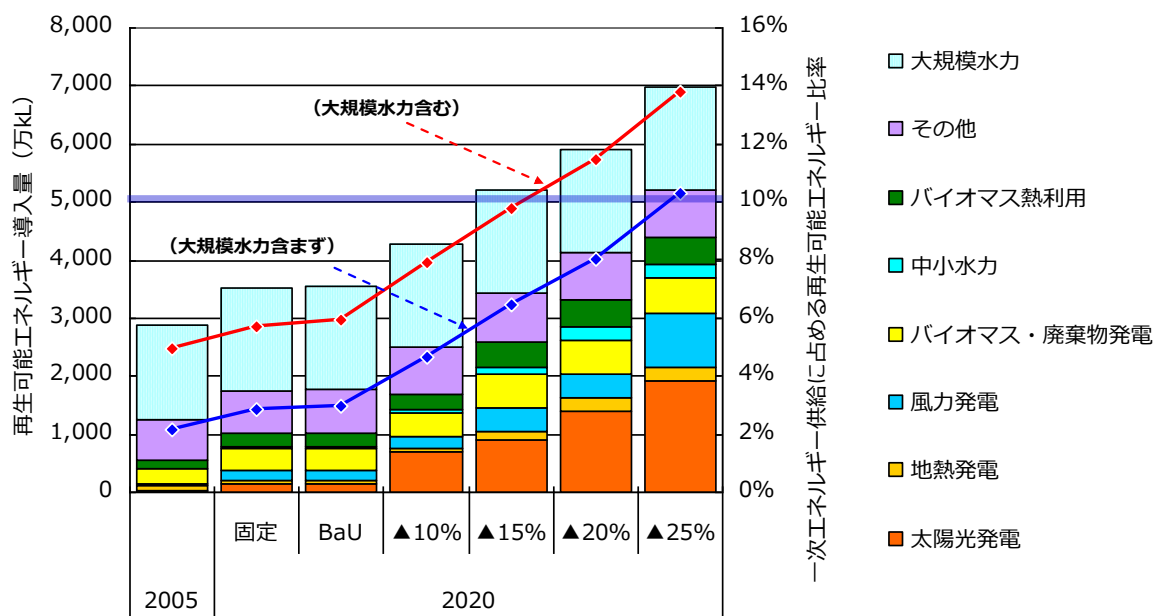


図 4-3-17 再生可能エネルギー導入量と一次エネルギー比率

(参考：鉄鋼生産量の将来見通しについて)

1970年代後半以降、日本の鉄製品生産量はほぼ横ばいとなっており、たとえば粗鋼生産量は年間1億トンで推移している。この傾向が今後も継続するか、上昇あるいは下降するかはこれまでのトレンドの単純な延伸では予測が難しい。

鉄の需要側に目を転じると、今後鉄製品の需要が低下するのではという動きが見られる。日経ビジネス4月6日号には、鉄の主要な需要先の一つである造船業界が日中韓の受注競争により不況に突入し、大きくその生産量を落とすのではとの見方が載せられている。記事によると、日本の造船業界では安定顧客があることから今すぐに生産量の大幅減となることはない模様だが、長期的に見ると必ずしも楽観視できるわけではないと指摘されている。また、日本企業の海外への生産能力移転が進んでおり、企業としての生産能力は維持されるが、国内需要としては減少しかねない状況が訪れるとの指摘もある。たとえば、新日本製鐵は、ポスコとの合弁によりベトナム・ホーチミンに冷延工場を、ブラジルのミナスジェライス州に持分法適用関連会社であるウジミナス社として製鉄所の運営と高級鋼を製造している。

たとえば、上述のような鉄製品需要の低下や海外への製造拠点の移転などが進んだと想定して、2050年の鉄製品需要を試算すると、鉄鋼生産量は2008年から35%減少し、日本国内向け生産量は3割減、海外向けは5割減するとの結果もある。

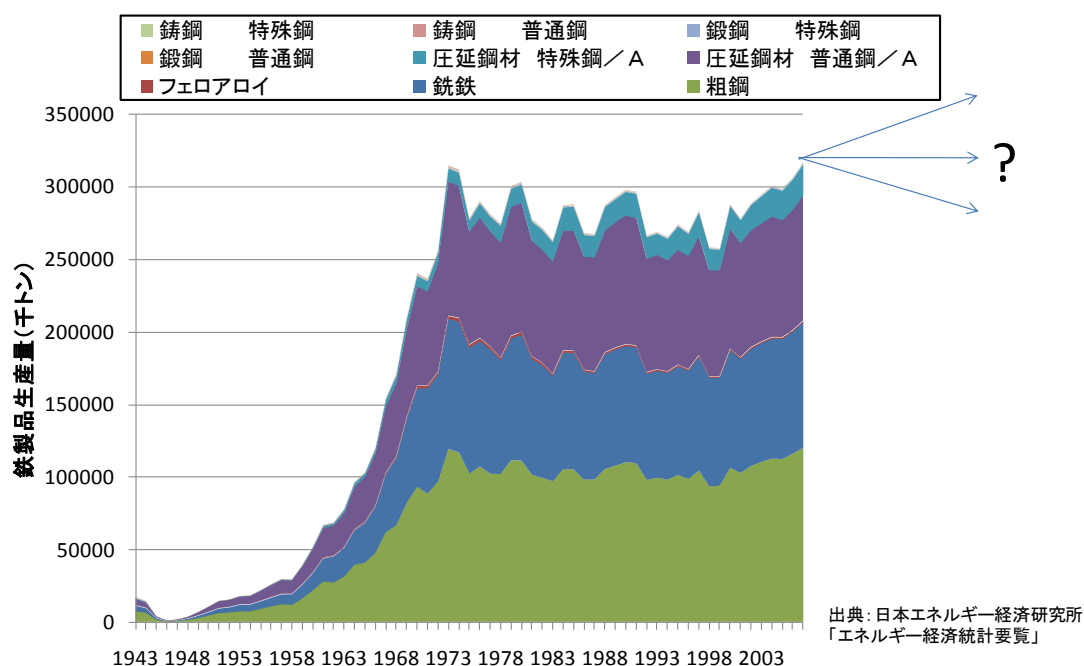


図 4-3-18 鉄製品生産量の推移

参考資料

- ・ 日経ビジネス4月6日号、p,14-15
- ・ 新日本製鐵プレスリリース各種

(4) 主要排出国の努力の比較に用いるべき衡平性指標に関する考察

① 衡平性の考慮はなぜ重要か

2007年 COP13 のバリ行動計画では、先進国の排出量削減目標の設定において「各国間の努力の比較可能性を確保しつつ」決定するよう明記されている。また、今後、途上国とりわけ新興国が自らの約束について検討する際、バリ行動計画等にて明記はされていないものの、先進国の約束の重さとのバランスで相対的に途上国の約束の受け入れの是非を検討していくものと予想される。

以上の観点から、日本の削減目標は、他の先進国との間で衡平性の観点から説得力のある根拠を踏まえて提示できなくてはならない。

② 衡平性の観点から見た 2008 年に始まった「中期目標検討委員会」の問題点

前回の検討過程において我が国の削減目標を決定するにあたっては、衡平性の観点からも、いくつかの重要な問題があった。

- i) 衡平性の指標として、「限界削減費用」だけを用いた点。世界技術モデルにおける各国の限界削減費用曲線は、多種多様にある前提条件の設定次第で大きく変わりうる。また、限界削減費用曲線は「追加的な削減費用が安い対策から順に導入した場合」を表したものであり、附属書 I 国における限界削減費用を用いた比較とは「附属書 I 国全体で最も安く削減する」という経済的合理性に基づいた評価指標といえる。しかし、以下③にあるように、実際の国際交渉等においては経済的合理性を評価指標として主張するのはむしろ少数派であり、多様な指標を念頭においた比較方法が提示されている。限界削減費用はそうした経済的合理性の中の一つでしかない。多様な指標の中でなぜその指標だけを用いたのかという点に関して議論がなかった。
- ii) 欧米が現在提示している削減目標の数字が最終的に決定された数字という前提で、それに見合った日本の数字という観点で議論されており、低炭素社会の構築に向けた議論ではなく、いわば「欧米並み」で満足しているという立場をとっていた。
- iii) 上記 ii) の結果、すべての先進国が「欧米並み」の数字を採用したときに、科学が求める水準、例えば 2050 年半減目標を達成できるのかといった方面からの検討がなかった。
- iv) 新興国をはじめ途上国が今後、それぞれの国内で導入すべき排出抑制活動の水準を検討していくにあたり、日本の削減目標の厳しきは、それらの国の判断にまったく影響を及ぼさないという「小国モデル」を仮定していた。実際の国際交渉では、途上国は、欧州、米国、日本、それぞれの態度を見極めながら自国の主張を判断している（5 章(2)節②を参照）。

③ 国際交渉にて用いられる多様な衡平性指標

衡平性指標として提案されている多様な指標は、大きく分類するならば以下の3つに分けられる。

i) 気候変動を生じさせた責任(responsibility)という観点からの指標。

現在の気候変動は過去の温室効果ガス排出によるものであるから、過去に大量に排出した国ほど今後の対策において厳しい削減目標を設定すべきという考え方である。かつて公害問題の費用負担の議論において原則となった汚染者負担原則(PPP)と呼ばれている考え方に近い。京都議定書交渉時、ブラジルは、気候上昇への歴史的貢献の度合いを基準に排出削減目標を設定すべきだと主張した。この「ブラジル提案」を実際に実現するためには、各国の過去からの排出量に関して正確なデータが必要となるため、技術的にも容易ではない方法ではあるものの、責任者負担という観点から支持を集め、気候変動枠組条約下で正式に技術的な検討が行われた。また、今回の交渉では、中国政府が「一人当たり歴史的累積排出量」という指標を提示し、インド、ボリビアなどの多くの途上国が支持している。

ii) 支払い能力(capacity)に応じた指標。

同額の負担金額であったとしても、裕福な国と貧しい国では、その負担の重みは違って感じられる。豊かな国ほど支払う能力があるのだから、多めに負担すべきだという考え方がこの指標に分類される。一人当たりGDPが多い国ほど、あるいは、人間開発指標(HDI)が高い国ほど、厳しい削減目標を設定すべきだという考え方となる。特に、国際的な排出量取引制度の導入が前提となる場合には、他国の削減コストを自国の支払いで負担できるため、この指標が念頭に置かれやすい傾向がある。例えば、EU域内排出量取引制度(EU/ETS)の加盟国間排出枠配分では、一人当たりGDPが指標の一つとして用いられている。

iii) 実効性(capability)、あるいは削減ポテンシャルで。

物理的に削減しやすいところから削減すべきだという議論で、生産原単位当たり排出量や限界削減費用等がここに分類される。

上記の衡平性指標の中で、どれが正しい、という回答があるわけではない。それぞれの立場で主張されるものであり、合意点は複数の指標の中間点にあると考えられる。研究者等から提案されている指標の中には、複数の指標を用いて複合指標を作成したものも多い。例えば、京都議定書交渉時に実際EUで用いられたトリプティック(ユトレヒト大学が開発)では、各国の排出量を複数の部門(交通、電力、産業の主要業種、等)に分けて、それぞれの部門ごとに異なる衡平性指標を用いて部門ごとの配分を決定し、それを束ねたものを国の排出量とする方法を採用している。また、今年(2009年)1月に欧州委員会が公表したペーパーの中では、先進国の排出量を決定するにあたり、①一人当たりGDP、②原単位排出量、③温室効果ガス排出傾向(1990~2005)、④人口動向(1990~2005)、の4つを考慮する方法を検討している。

④ 評価指標として限界削減費用のみを用いることの限界

「限界削減費用」は、各国の過去の削減努力の程度や将来の社会経済発展など様々な状況を踏まえた有益な評価指標の一つではあるが、一方で、人口、GDP、エネルギー価格、割引率、対象技術のコストや普及率など、外生的に設定する変数が多種多様にあり、同じモデルを用いていても、それらの設定次第で各国の限界削減費用曲線が大きく変わりうる。また、モデル計算の基礎となる活動量などの統計データが途上国だけでなく先進国においても、日本のように十分に整備されていない国も多くある。したがって、限界削減費用は評価指標として用いるには解釈が難解であるという理由だけでなく、分析のためには多くのデータを必要とする中、データの欠如のために結果の不確かさの幅が大きい、という点で、限界削減費用のみを衡平性の指標として国際交渉にも臨むには限界がある。

⑤ 新たな検討に向けて：タスクフォースで用いる AIM モデルで表現できること

今回改めて我が国の 25%削減目標を検討するにあたり、衡平性の観点からは、以下の点で、引き続きモデルでの検討が有用であると考えられる。なお、現在の交渉では、数値目標の衡平性については先進各国についてのみ議論されており、先進国と途上国の努力の比較については、IPCC 報告書の記述を基に、先進国全体で 2020 年に 90 年比 25-40%削減と途上国全体として BaU から 30%削減という形でしか行われていない。将来的には、途上国も数値目標を持つことが必要と考えられるが、現在の交渉下では進んだ一部の国のみが持つ可能性があるといった状況である。

したがって、以下のようなステップで、主要国の努力の比較を行うことが適切であると考えられる。

- i) 衡平性の指標として「限界削減費用」「GDP 当たり限界削減費用」「一人当たり GDP」など複数の指標を用いて、先進国間の相対的数値を求める。我が国の 25%削減を固定し、上記の指標を用いて、欧州や米国等、先進国の削減目標を計算する。また、この計算によって求められた先進国の排出量の総量が 25-40%の幅に収まるかどうかを検討する。
- ii) 衡平性の指標として「一人当たり排出量」「一人当たり GDP」等の複数の指標を用いて、2050 年半減目標を前提とした場合の先進国全体の排出量と途上国全体の排出量との相対的関係を検証する。そして、上記の指標を用いた場合に我が国および主要国の排出目標を提示する。また、我が国の 25%削減を固定し、上記の指標を用いた場合の世界全体の排出量を提示し、それが長期的に 2050 年半減目標に向かっているかどうかを併せて検討する。

⑥ 新たな検討に向けて：タスクフォースで用いる AIM モデルで表現できないが考慮すべきこと

- i) 上述のとおり、どれか一つの指標が正しいということはないため、どれか一つに決め打ちしないことが国際交渉のための準備としては好ましいのではないか。複数の指標を用いた結果を手元に持ち、他国の出方に応じて説得しやすい指標を用いていくことが有用と思われる。
- ii) 上記の指標を用いるにあたっては、森林の吸収量も含めるべきであるが、中期タスクフォースで用いる AIM モデルの計算の中には含まれておらず、他研究機関のモデルでも含まれていない場合が多い。日本では森林による吸収量が少ないので問題とされないが、米国やカナダ、豪州、ロシア等では、森林吸収量の推計方法の違いによって、目標値の持つ実質的な意味が1割ほど変動する。また、途上国では、森林部門に加えて二酸化炭素以外の温室効果ガス排出量の割合も多い。一方で精密な技術積み上げモデルを利用しつつ、他方で、二酸化炭素以外の排出量や森林部門を含めたざっくりとした計算も求められることから、両者のバランス、整合性の取り扱いについて検討が必要である。
- iii) 世代間の衡平性の観点。バリ行動計画等で求められている「比較可能な努力」からははなれず、我が国の気候変動政策の検討にあたっては、現世代と将来世代との間の衡平性も考慮されるべき観点となろう。現世代が対策を怠ると、その分、将来世代にツケが回る。逆に、現世代で早めに低炭素社会に移行し、必要な技術をいち早く普及させておけば、将来世代の対策費用は低くなる。特に、気候変動影響への適応策に必要な費用が将来世代で大きくなることは避けられないため、緩和策だけでも将来世代の負担を軽減する努力が必要という観点からの検討も重要である。

(5) 十分な温暖化対策を行わなかった場合のコスト等について

国立環境研究所 AIM チーム・温暖化影響総合予測プロジェクトは、IPCC 第4次評価報告書ならびにそれ以降の国内外の研究報告を基にして、気温上昇別に懸念される影響（世界）、被害コスト（世界）の推計事例、日本への影響の予測について、中期目標検討支援の観点から整理し、「世界が温暖化対策を講じない場合の被害コストについて」と題し、第7回中期目標検討委員会資料（2009年4月14日）に報告資料を提出した。特に日本への影響に関しては、環境省地球環境研究総合推進費による「温暖化影響総合予測プロジェクト」の最新知見を可能な限り取り入れることで、排出削減対策を講じない場合の影響予測に併せ、GHG濃度安定化（450ppm・550ppm）に対応した排出削減を想定しての影響評価結果を複数の影響分野について示すとともに、洪水氾濫による浸水被害等の一部指標に関しては、影響被害を金銭換算したうえで示した。同報告資料の結論は以下の通りである。

- IPCC 第4次評価報告書によると、世界平均気温の上昇に伴い、水、生態系、食料、沿岸域、健康等の広範な分野で、影響が深刻化することが予測されている。
- 全世界を対象とした既存の報告（Stern, 2006）によると、世界が対策を講じず21世紀末に平均気温が3.1～4.3℃上昇するシナリオでは、全世界GDPの0.9～3%に相当する被害が生じると推計されている。
- 我が国においても、今後、国民生活に関係する広範な分野で一層大きな温暖化の影響が予想される。「温暖化影響総合予測プロジェクト」の研究成果によると、世界的に温室効果ガス排出が大幅に削減された場合、我が国に対する被害も相当程度減少すると見込まれる。しかし、温室効果ガス濃度を450ppmに安定化した場合でも一定の被害が生じることとは避けられない。

さらに、温暖化影響総合予測プロジェクトでは、その後2009年5月29日に上記報告の詳細版として「地球温暖化「日本への影響」-長期的な気候安定化レベルと影響リスク評価-」を公表し、（上記報告に含まれない項目も追加し）国内の複数の影響項目について、被害量・被害額を整理している（図4(5)-1）。それによると、削減対策を講じなかった場合、21世紀末には主要な影響分野の被害額が17兆円/年に達し、450ppmのGHG濃度安定化（安定化時における気温上昇2.1℃）においてもなお11兆円/年の被害が生じるとしている。ただし、「温暖化影響総合予測プロジェクト」では、単一の気候モデル（MIROC3.2-hires）による将来気候予測に基づいて影響評価を実施している。気候変化の大きさ・地域分布について気候モデル間の差異が無視できないことを考慮すると、この影響評価結果は、気候モデルの予測不確実性幅の中の一例を示すものと考えべきである。

影響予測・評価に係る多様な不確実性があるものの、排出削減対策を適切に講じずに気候変化が進んだ場合に国内外の各部門で悪影響が深刻化する（排出削減により気候変化を緩和した場合には悪影響が軽減される）、というIPCC第4次評価報告書及び温暖化影響総合予測プロジェクトを通じた定性的な見通しは揺るぎないものである。しかしながら、定量的評価

結果に関しては、その取り扱いに際して以下の点に留意が必要である。

・気候予測の不確実性

より妥当性の高い影響予測をめざす今後の取り組みとしては、気候モデルの高精度化とともに、複数の気候モデルによる将来気候予測を用いて影響予測を実施し、その幅を示すことが挙げられる。

・評価分野の網羅性

「温暖化影響総合予測プロジェクト」では、各部門の代表的な影響について評価を実施したが、気候変化の結果として生ずる全ての影響を網羅的に評価した訳ではない。その結果、各部門で推計された影響被害額を足し合わせることで影響の総量を示すことは出来ない。また、生態系・生物多様性への影響など金銭的に十分評価できない影響もあるので、金銭的な被害コストだけで影響の全体像を議論できないことにも留意すべきである。

・適応策の考慮

適応策の実施による影響被害軽減の効果については、農作物影響評価における移植日の移動等、一部明示的に考慮されているものの、影響評価手法の制約ならびに適応策の将来想定 の困難等のために考慮が不足している。影響評価手法の高度化により、適応策に関する各種 想定の下での影響評価を今後実施する必要がある。

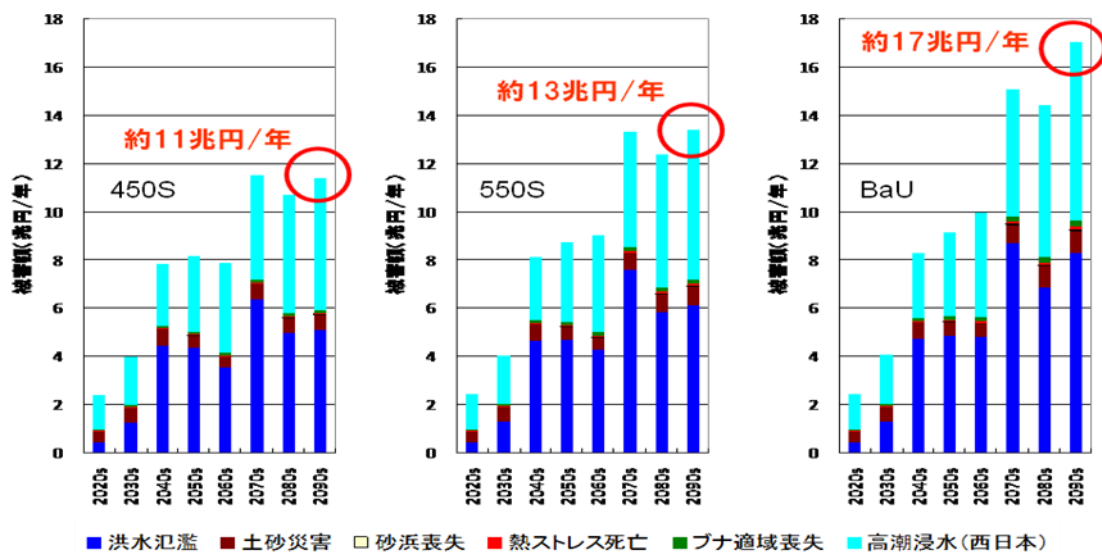


図 4-5-1 安定化水準別の分野別影響 (全国値)

参考文献

- ・ 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム：地球温暖化「日本への影響」－最新の科学的知見－，2008. (http://www.nies.go.jp/s4_impact/pdf/20080529report.pdf)
- ・ 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム：地球温暖化「日本への影響」－長期的な気候安定化レベルと影響リスク評価－，2009. (http://www.nies.go.jp/s4_impact/pdf/20090612.pdf)
- ・ IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007.
- ・ Stern, N., (2006), The Economics of Climate Change. The Stern Review. Cambridge University Press, Cambridge and New York. 692 pp.

5. 考慮すべきその他の事項

(1) 25%削減を実現する上でさらに検討すべき重要な項目

① 投資回収年数と削減コストの関係について

削減ポテンシャルおよび削減費用の推計においては、エネルギー価格や対策技術オプションの設定だけでなく、投資回収年数の設定の違いも結果の違いに大きな影響を与える。対策技術情報の不確実性や各行動主体のおかれた状況などにより投資行動や購買行動は異なり、投資回収年数の設定には幅が考えられるが、投資回収年数の議論については、以下のような点が挙げられる。

- i) 現状では、投資回収年が短い対策が優先的に活用され、回収年数が長いものへのインセンティブが低くなるため、十分に大きなエネルギー消費量の削減が望めない。低炭素社会に向けて、最大限の省エネおよび光熱費削減を実現するには、回収年数の短い対策ばかりではなく、回収年数が長い対策も含め、包括的な対策が必要。
- ii) 温室効果ガスの大幅削減には、対策技術の賢い選択（投資回収年数を長く考慮する）を民間に任せるだけでなく、各国政府による政策の後押しが必要。（様々な不確実性の下で、各行動主体にとっては短い投資回収年数の方が賢い選択かもしれないが、温暖化対策の点で社会全体としては、長い投資回収年を取るの方が賢い選択といえるだろう）。

各部門において様々な対策技術が存在するが、図 5-1-1 に示すように、投資回収年数とその対策技術の寿命（法定耐用年数）よりも手前になることが多い。しかし、短い投資回収年数（ここでは3年と設定）で対策技術の選択の可否を行う場合、限られた対策のみが選択され、十分な温室効果ガスの削減効果（エネルギー消費の削減効果）が期待できない。例えば、90年比15%減を達成するケースにおける技術選択を考える場合、図 5-1-2 に示すように投資回収年を短く設定（ここでは主に3年）すると、限られた対策のみが選択されるため追加的な削減費用が高くなるが、投資回収年を長く検討（ここでは主に8年）すると、各対策技術のエネルギー消費削減分をより多く考慮するため追加的な削減費用は安くなり、図 5-1-3 に示すように、各対策技術の普及の度合いも変わり、全体として追加的な削減費用は安くなる。図 5-1-3 に示すように0円/tCO₂以下の対策による削減量は、投資回収年数の違いによって、約170MtCO₂（1990年温室効果ガス排出量の13%に相当）の差が生じている。

各行動主体の投資行動・購買行動の選択基準を変化させることは難しいが、以下に示すような上手な方策を講じることでこの削減ポテンシャルを顕在することが可能と考える。

- a) 省エネ対策へのソフトローン（低利子融資）：経済的支援措置によって、温暖化対策機器を普及させる施策。例えば、家庭部門において有効な温暖化対策ではあるが、削減費用が高いために導入が十分に進んでいない対策として、太陽光発電、次世代自動車、高断熱住宅、高効率給湯器などがあるが、対策の導入を促進するために、本体購入に対し

て低利子融資を行う。

- b) ESCO 事業の促進：省エネのための追加投資を肩代わりし、その分をエネルギー費用削減分で回収するような仕組みを促進する。
- c) 見える化の徹底：投資判断の主体に技術・機器に関する温室効果ガス排出量、初期費用や運転費用などの正確な情報を行き届け、活動主体のCO₂排出量の自覚を促すとともに、対策選択に関して的確な選択を促進する情報の開示を行う。例えば、カーボンフットプリント（商品の原料調達や製造段階から販売・使用・廃棄に至るライフサイクルを通じた温室効果ガス排出量）の商品への表示の義務化、電力消費のリアルタイムモニター導入の促進など。

このように、投資回収年数を長くするような施策の実施は大きな排出削減につながり、各行動主体にとっても、社会全体にとっても、温室効果ガスの大幅削減にむけて賢い選択といえる。

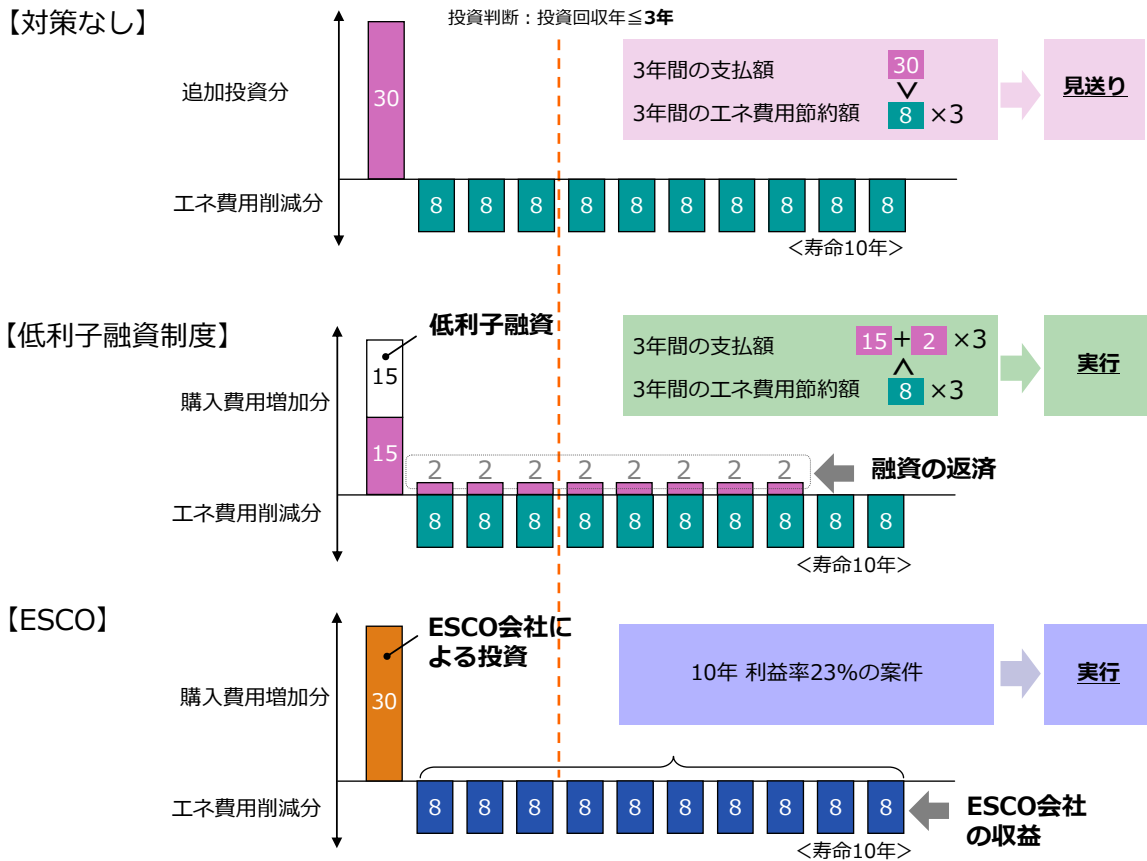


図 5-1-1 投資回収年 3 年を越える投資を促す方策

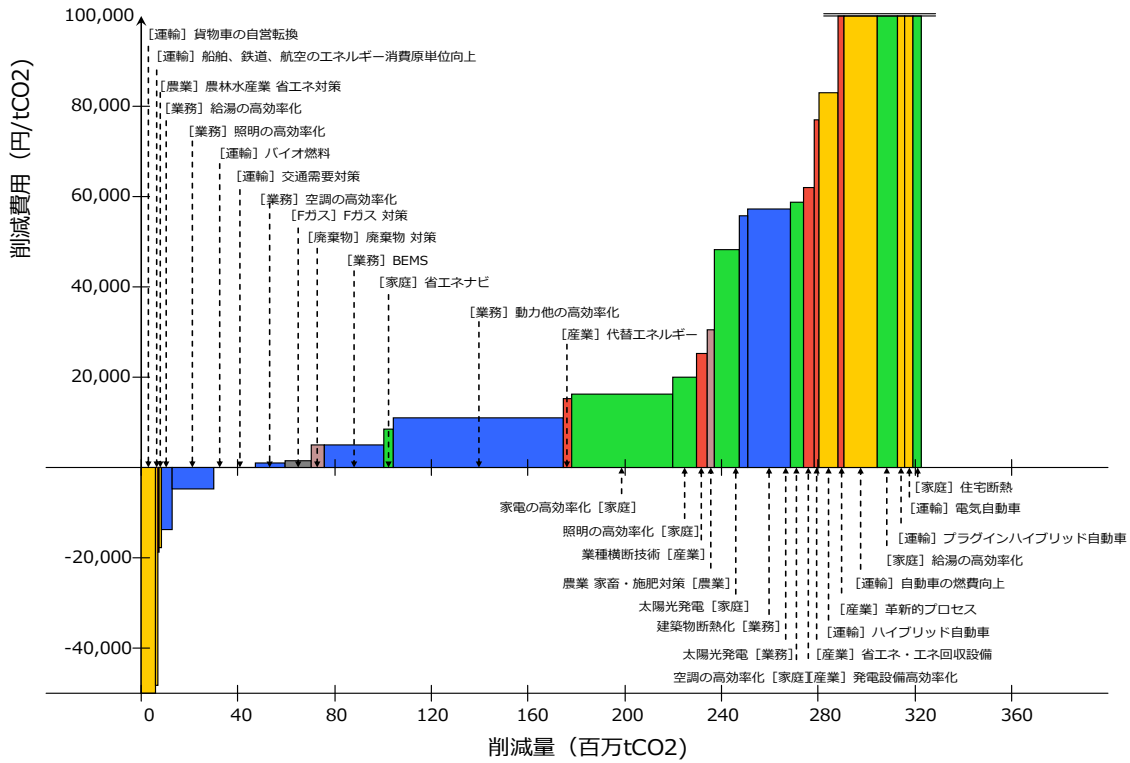


図 5-1-2 削減費用と削減量の関係：90 年比▲15%ケース・投資回収年数 3 年の場合
(ただし、太陽光発電，住宅・建築物断熱は 10 年)

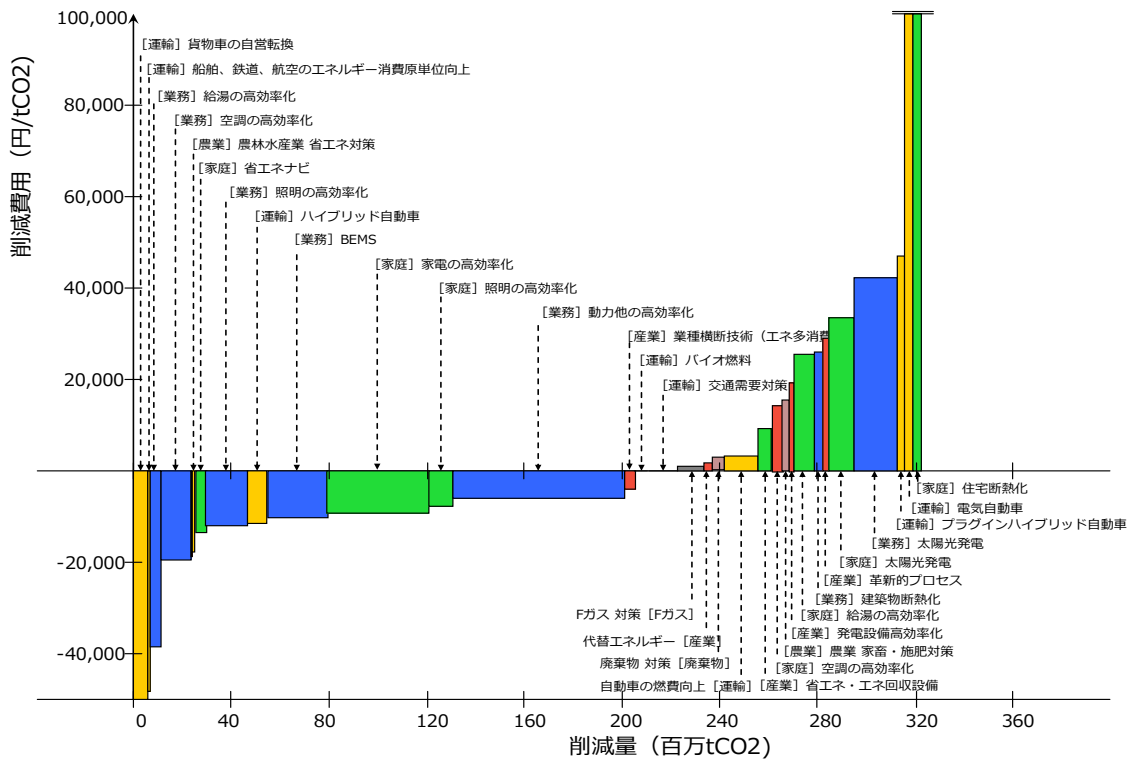


図 5-1-3 削減費用と削減量の関係：90 年比▲15%ケース・投資回収年数 8 年
(ただし、太陽光発電 12 年、建築物断熱は 15 年、住宅断熱 17 年)

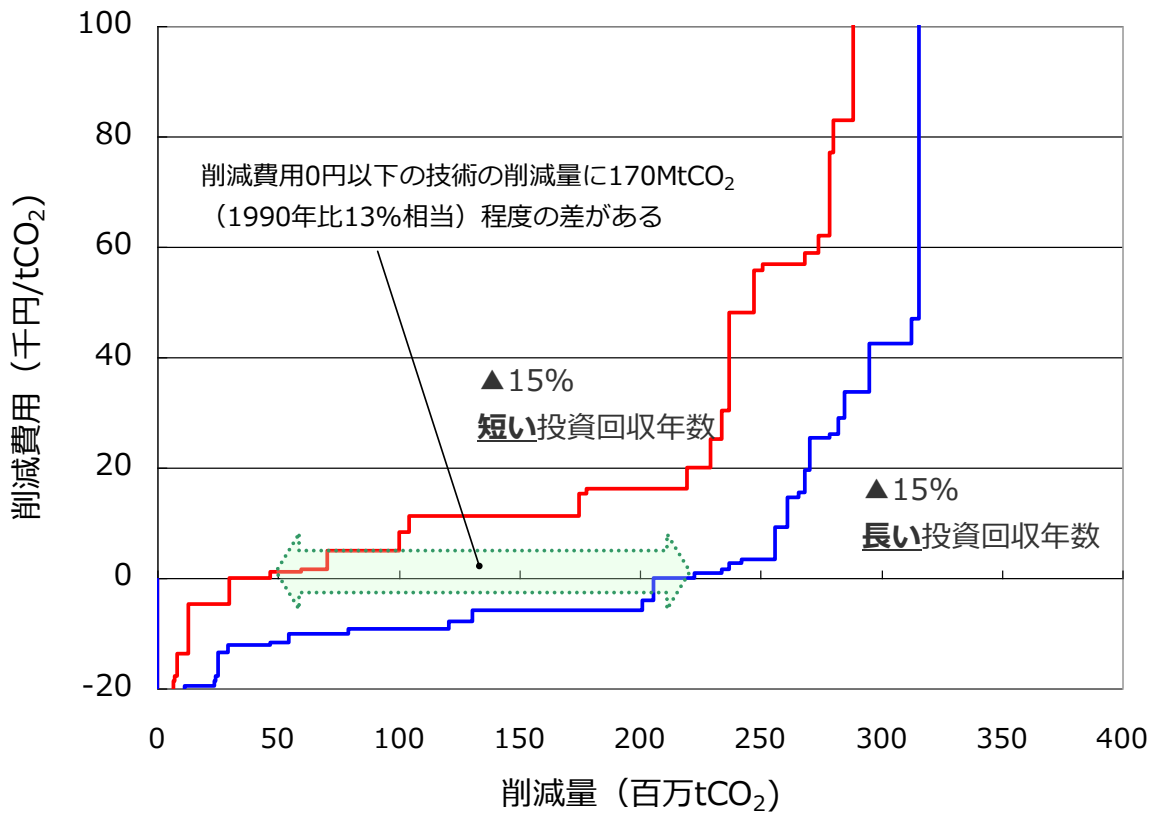
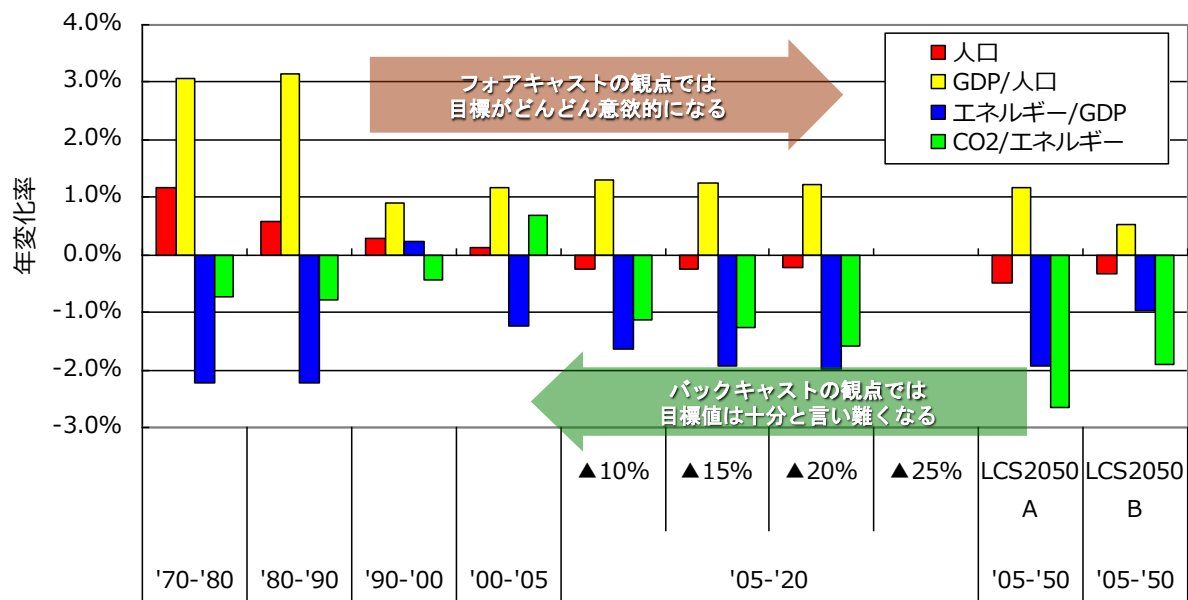


図 5-1-4 投資回収年数の違いによる削減費用・削減量の違い

② 排出量取引、環境税、固定価格買取との関係について

日本経済モデルでは、炭素税導入を前提としており、排出枠を100%オークションする場合の排出量取引と等しい。すなわち、日本経済モデルでは、炭素税と排出量取引は、どちらも炭素価格の導入となるためモデルで区別することができない。

必要なことは、政策手法について別途検討を進めることであり、日本において温暖化対策を行った者や主体が経済的利益を受ける「炭素への価格付け」施策が不可避であるということである。これは、日本技術モデルの要因分析において「GDPあたりのエネルギー消費量」及び「エネルギー消費量あたりのCO₂排出量」の年変化率が自主的な行動を主体にして温暖化対策を実施してきた1990年から2005年に比べて大幅なマイナスとする必要があることから明らかである。



LCS2050 = 「温室効果ガス2050年80%削減のためのビジョン」(2009年8月)

図 5-1-5 2020 年排出見通しを要因分解した分析結果 (日本技術モデル)

③ 地域の特徴を考慮した都市・交通分野の対策について

a) 街区・コミュニティスケールにおける低炭素化の対策について

街区・コミュニティスケールにおける低炭素化の対策としては、「民生部門の低炭素化に係る対策コストと間接的便益（NEB）を考慮した費用対便益（B/C）の評価」（2009年11月：カーボンマイナス・ハイクオリティタウン調査委員会）が既往の研究成果として挙げられる。

同報告書では、既往の対策ごとの低炭素化ポテンシャルやコストに関する検討事例を参考としつつ、エネルギーの面的利用、未利用エネルギーの活用など街区・コミュニティスケールではじめて可能となる対策を加え、対策ごとのコスト評価を行っている。この際に、中長期的視点からそれぞれの対策ごとに適切な投資回収年数の考え方を提示し、それに基づく限界削減費用曲線を作成している。

具体的には、前回の中期目標検討委員会では、対策ごとに3年または10年という、耐用年数に比較して短い投資回収年数を想定しコスト評価が行われているのに対し同報告書では、中長期的視点から耐用年数を前提としたより長い投資回収年数を設定し、対策ごとのコストをケーススタディとして試算している。

【ケーススタディ】都心中心地域（A地区）における評価

・地域の概要

対象地域は、ターミナル駅を中心に業務、商業、住宅、ホテル、大学等が混在する既存市街地で、地区内及び周辺に供給処理施設（清掃工場）が立地する。また、地区内には複数の地域冷暖房施設が整備されており、複数建物間でエネルギーの面的利用が図られている。同地区では、大規模未利用地等での再開発が計画されており、本調査では、今後の再開発等が進展した状況を想定している。環境自治体白書（2005年版）および用途別床面積等に基づいて推計した本地区のCO₂排出量は年間約70万トンであり、そのうち、業務部門が68%を占めている点が特徴的である。（図5-1-6）

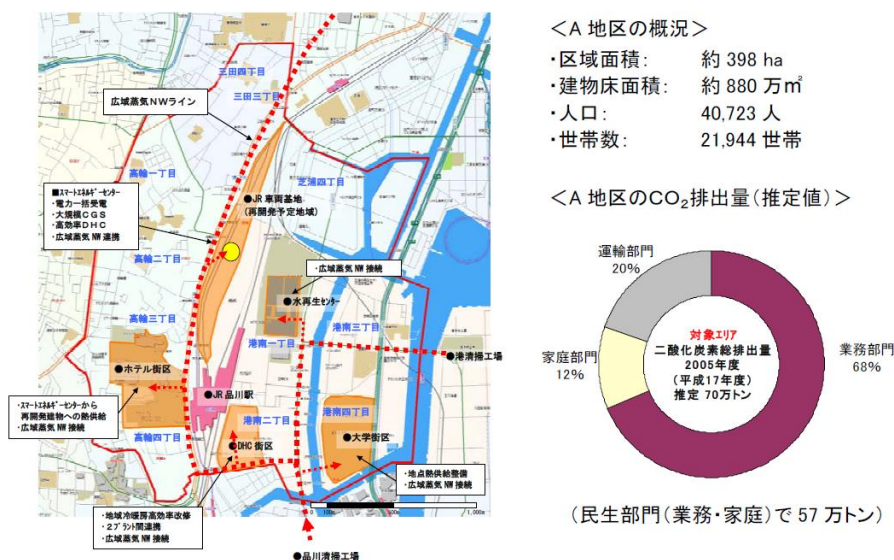


図 5-1-6 地域概況と対策の方向性及び CO₂ 排出量（A 地区）

・ 対策の方向性

本地区では、既にエネルギーの面的利用としてのインフラが整っていること、地区内外に清掃工場廃熱の未利用エネルギー源が賦存していることなどから、建物レベルでの各種低炭素化対策に加え、下記のような未利用エネルギー活用等のインフラ整備を想定した。

- 大規模未利用地における先進的なエネルギー基盤整備
- 高温の未利用エネルギー（＝清掃工場廃熱）の活用
- 既存の地域冷暖房インフラを活用した広域的エネルギーネットワークとの連携等

・ CO₂削減のポテンシャルと対策ごとのコスト評価例

A地区の低炭素化対策のCO₂削減量（削減ポテンシャル）と対策ごとのコストについて、限界削減費用曲線を下図に示す。本地区では「業務・家庭共通」とした街区・コミュニティレベルのエネルギーシステムの整備により大きな削減効果が見込まれる。また、図5(1)③-2で上は中期目標検討委員会で合意された短い投資回収年数を想定した場合、下は耐用年数を前提とした長い投資回収を想定した場合である。投資回収年数を見直すことにより、地区全体での平均対策コストも大きく減少することが見込まれた。

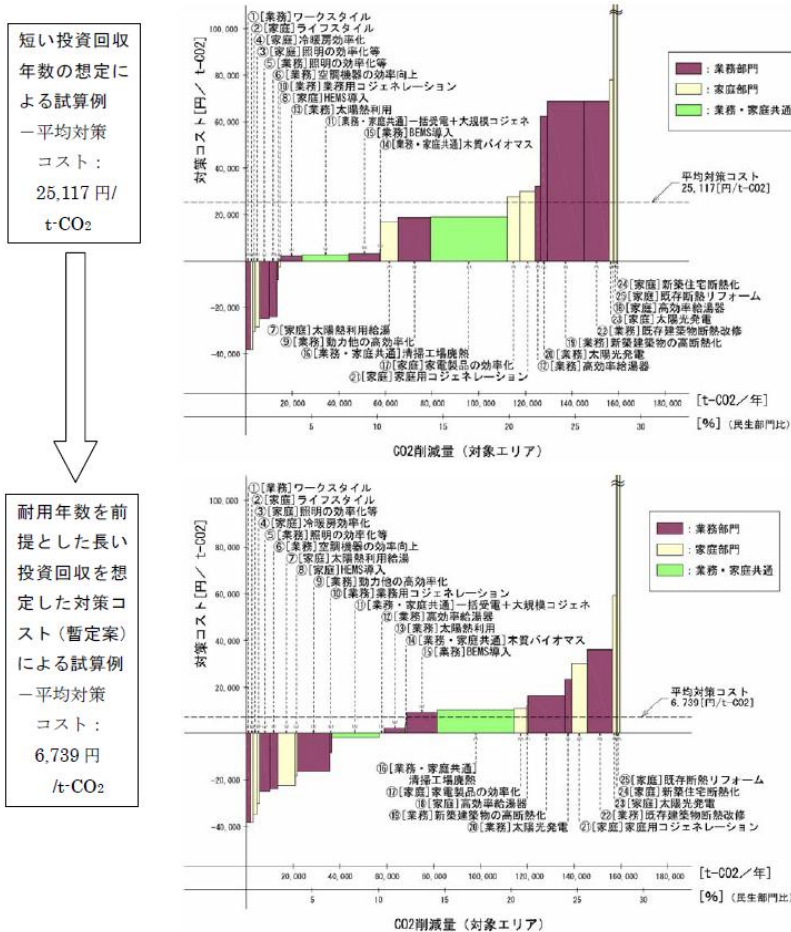


図 5-1-7 投資回収の長さの違いによる限界削減費用曲線の変化

参考文献

- ・ 「民生部門の低炭素化に係る対策コストと間接的便益（NEB）を考慮した費用対便益（B/C）の評価」（2009年11月：カーボンマイナス・ハイクオリティタウン調査委員会）
http://www.jsbc.or.jp/project/2009/bc_interval.html

b) 都市・交通分野の評価について

ア) 低炭素化に向けた国土フレームを都市地域に展開するための留意点

・ 政策目的の重複（低炭素化分の費用の抽出の難しさ）

都市政策としては、都市の集約化（人口減少、高齢化社会への対応、自治体財政等）や都市緑地の回復（ヒートアイランド緩和、快適性、景観等）など、低炭素化以外の観点も重要な要素である。平成21年4月に公表された北九州市、京都市、横浜市、富山市などの環境都市のアクションプランにおいては、温室効果ガスの削減目標に加えて、安全で安心して暮らせる低炭素の街づくり、低炭素に資する産業技術・システムを創り出す「低炭素社会を支える人材の育成」などが盛り込まれている。滋賀県、京都市などでは、モデルを用いた低炭素社会へのロードマップが作成されているが、みどりと共生するまちづくり、人、ものが環境に優しくつながる交通・物流などの達成などが重要な施策群として挙げられており、これらの施策を実現することは長期的に不可欠である。このように、結果として低炭素化にもつながる施策にかかる費用について、すべてを低炭素施策分と見なすことは、実態からかんがみて不適切であるため、どの程度を低炭素施策分の費用として計上すべきか検証する必要がある。

・ マクロ政策目標と都市地域政策目標のフリクション（齟齬）

都市地域レベルでは、顕在化している諸問題へ解決するための都市集約化等を含む様々の取り組みがすでに始動しており、都市地域スケールの政策課題と低炭素化を個別に解決することは社会投資の非効率な配分、都市地域基盤の非効率利用を招くことが強く懸念される。この点から、低炭素都市地域の形成ではこれらの課題と両立する政策シナリオの設計が不可欠となる。また、都市地域のローカルな環境改善事業が低炭素化との相乗効果を持つ場合は、その整備が低炭素社会に加えて活力ある都市地域の活性化の視点でも優先されるべき項目ともなる。

・ 都市地域での目的変数・操作変数を含む分析の必要

都市環境政策では林地や農地、里山などの地域の自然環境資源（エコキャピタル）を活用する環境効率の高い都市地域構造への転換や、産業の循環機能やエネルギー供給機能を効率的に活用する都市-産業連携の空間形成（スマートエコタウンなど）、自動車依存型の空間・基盤の見直しなどの都市地域での検討により、低炭素化について、国土スケールの政策に加えて付加的な効果を期待できる。

環境行動の推進によるエネルギー消費や交通需要の抑制による排出削減が生じる可能性が

ある。その実効性は、都市と地域によってその現状に応じた達成目標とロードマップを描かないと現実的な削減シナリオにならない。具体的には、エネルギー消費者にとっては水、緑の環境資源の立地分布や、交通需要者にとってはアクセスなどの都市地域の空間条件が重要な影響要素となる。そのため、炭素価格が上がった場合の行動を現実的に予測、計画するとともに、都市と地域の特性を反映するには、都市地域単位での地域エネルギー転換や低炭素な交通手段への転換等のための移転の効果を論理的に推定することが必要となる。

・国土計画、都市地域計画の長期政策の短中期の低炭素戦略への反映の必要性

低炭素型の社会資本を形成するためには、中長期の国土計画や都市計画での取り組みが重要であるが、その転換や建設には長い期間がかかり、計画の実施からその効果の発現には数年-数10年のスパンが必要となる。短期的効果だけではなく、中長期的な達成のための投資と整備の短期的なロードマップの合理的な設計とそのための実用的な費用便益的な（重層的な時間境界を内包するなど）の判断が重要となる。

・低炭素社会の構築と地域経済循環

近年の公共事業削減等により、我が国において地域間格差が広がっているとの指摘がある。趨勢的に、我が国の公共事業が削減されていく中で、新たな地方活性化策、地域間格差の是正策が必要とされている。

低炭素社会への取組は、地方公共団体の視点に立つと、ガソリンや灯油等の化石燃料の移入削減、再生可能エネルギー電力や排出権の移出等によって、地域経済循環を改善する側面を持っている（中村ほか 2008、環境省 2009）。特に、エネルギーの需要密度が低く、相対的に低炭素社会への取組による便益が大きいと考えられる中山間地域などは、既に、域外への再生可能エネルギーの供給等による域外マネーの獲得を視野にいれた計画を策定している（「構原町環境モデル都市行動計画」）し、国としてもそのような観点を持つことを地方公共団体に促している（環境省「地方公共団体実行計画（区域施策編策定）マニュアル」）。

また、排出量取引制度の導入は、相対的にエネルギーの需要密度が大きい都市部から相対的に小さい地方部へ、排出権の売買を通じた資金移転を促すと考えられている（「平成21年版環境白書」）。

以上のように、低炭素社会の実現は、我が国の地域間格差の是正に資する可能性があり、特に「コンクリートから人へ」の流れを前提とした場合、従来型の公共事業に代わる地域間格差是正策としての重要性が増すことに留意する必要がある。

イ) 都市地域の環境・交通ツールの研究開発の方向性

・国土-都市地域の費用便益を統合化する議論のフレームの開発

国土的な便益と都市地域スケールでの便益費用を統合的に比較する議論のフレームが必要となる。

すなわち、マクロな経済モデルで国家の低炭素フレームを地域に分配するための方法論を開発することが必要となる。具体的には、都市・交通システムの都市地域特性を簡易に表現

することは難しいが、例えば、**A**：地域の統計値による活動主体別の達成目標の設定、**B**：その物理的な検証のための観測と簡易検証モデル（たとえば1次元都市物理モデル）、さらに、**C**：都市空間の制御や社会資本の整備に反映するための都市地域環境の物理（水・熱大気）・空間（交通・資源循環）モデルの知見の総合化と具体的な利用マニュアルとしてのシステム開発及び、および、**D**：他主体間、マルチスケールでの合理的な負担実現の社会システム設計などが研究の重点課題となる。なお、都市・交通システムの都市地域特性を簡易に表現した例として、都市地域の交通について **DID** 人口密度と乗用車 CO₂ の関係式（環境省）がある。

・個別の機器単位での効果で把握できない都市・地域の複合的効果の同定等

モデルでは、建築物の断熱化、個別の省エネ機器の導入など個別の対策ごとの削減効果を積み上げる手法を用いるが、街区・地区単位での「空調負荷の低減→空調廃熱の低減→大気温度の低減」など大気を通じたフィードバック効果や、分散型エネルギーシステムの配置と既存システムとの協調的な運用による全体最適化、街区間の相乗効果などを考慮することができていない。

また、地域詳細には統計データが存在しないものが多い。特に、都市地域の熱エネルギーの空間代謝効率の改善や緑地・水面資源などの都市地域の環境資本の活用によって、個別の技術に加えての低炭素効果が期待されるが、これらについては効果の越境効果を同定するとともに、他主体間でのアロケーションの論理を用意することが必要になる。

さらに、自然生態資源、水資源、地下資源、廃棄物などの都市や地域に賦存する環境資本は、地域によって差があり、それらを活用した最適な削減手法も異なる。交通についても、都市規模等の地域特性に応じた適切な削減策が求められる。地域間格差是正など地域の視点を取り込んだ場合、より強力に低炭素化の取組を進める動機となり得る。

なお、地域特性を考慮した結果、全国モデルとのズレが生じる場合には補正する必要がある。

・ライフスタイルの変化を考慮した削減効果の推計

モデルでは、効率を改善した技術の普及を主眼とするため考慮できていないが、低炭素化への対応として、ライフスタイルの変化が生じる可能性がある。たとえば、交通のマクロフレームに関連するものとしては、交通手段や休日の過ごし方、商業施設等の立地傾向の変化が挙げられる。また、居住地域、世帯構成、住宅形式、全室空調の普及、あるいは自家用車の保有数や大きさも変化する可能性がある。原油価格高騰時の家計の対応を参考に、ライフスタイルの低炭素化による削減効果を推計することが課題である。

参考文献

○空間特性を考慮した低炭素都市シミュレーションシステム

・地球推進費 H-071；水・物質・エネルギーの「環境フラックス」評価による持続可能な都市・産業システムの設計, 2007-09

・濱野裕之, 中山忠暢, 堀紘子, 藤田壮, 田上浩孝;都市スケールの三次元水熱フラックス解析モデルによる都市の緑化施策の評価, 環境システム研究論文集, Vol.37, pp.93-104, 2009

○交通について

- ・ 「地方公共団体実行計画（区域施策編）策定マニュアル」（環境省、2009）
http://www.env.go.jp/earth/ondanka/sakutei_manual/manual0906.html
 - ・ 国総研総プロ「社会資本のライフサイクルアセスメントシステム」（2008-11）
 - ・ 地球推進費 S-3-(5)；技術革新と需要変化を見据えた交通部門の CO2 削減中長期戦略に関する研究, 2004-08
 - ・ 「低炭素社会に向けた交通システムの評価と中長期戦略」（脱温暖化 2050 プロジェクト交通チーム、2009）
- 資源循環について
- ・ 循環科研 K2162 「有機再生廃棄物を対象とする多層複合型資源循環圏の設計と評価システムの構築」 2008-10
 - ・ Rene Van Berkel, Tsuyoshi Fujita, Shizuka Hashimoto, Minoru Fujii ; Quantitative Assessment of Urban and Industrial Symbiosis in Kawasaki, Japan, Environmental Science & Technology , Vol.43, No.5, 2009 ,pp.1271-1281,0129.2009

④ 現在のモデル分析では表せない金銭的・非金銭的価値について

a) 直接的便益以外の間接的便益について

低炭素化対策がもたらす便益には、光熱費削減という直接的便益（Energy Benefit: EB）のほか、経済効果や環境保全上の便益等、対策を評価する際に見落されがちな様々な間接的便益が見込まれ、これらはしばしばNEB（Non-Energy Benefit）と総称される。NEBの貨幣価値換算に関する体系的な手法はまだ確立していないが、その定量的分析を行った例としては、「民生部門の低炭素化に係る対策コストと間接的便益（NEB）を考慮した費用対便益（B/C）の評価」（2009年11月：カーボンマイナス・ハイクオリティタウン調査委員会）が挙げられる。

同報告書では、街区、コミュニティを対象としたケーススタディにおいて、以下の方針でNEBの貨幣価値換算を試みている。

- a) 各対策の実施に伴うNEBのうち、貨幣価値に換算可能と考えられるものを抽出。
- b) 便益の貨幣価値の試算要領の面からNEBを表に示すとおり5つに分類する。
- c) b) で実施した分類ごとに、既往知見を参考とした貨幣価値換算要領を設定し、ケーススタディから得られる数値と合わせ、NEBの貨幣価値を試算する。

同報告書におけるNEBを検討した結果の結論は以下のとおりである。

- ・ 低炭素化対策によって得られる便益には、直接的便益（Energy Benefit: EB）と、間接的便益（Non-energy Benefit: NEB）がある。NEBの貨幣価値換算の考え方を提案し、ケーススタディを通じ、EB以外に相当程度のNEBが期待できることを明らかにした。したがって、低炭素化対策の議論では、NEBの考慮が重要と考えられる。
- ・ 低炭素化対策の対策ごとのコスト（正味のコスト）は、従来はEBのみで議論されていたが、NEBを考慮することによって評価が大幅に変化し、限界削減費用が大きく低下する。したがって、地区内での有望な対策が増えることにより更なる低炭素化のポテンシャルが期待できると考えられる。

表5-1-1 NEBの貨幣価値換算上の分類案

a. 環境価値創出に対する便益	対策により実現する省エネ量や再生可能・未利用エネルギーの利用量に応じて創出される、市場等で取引可能な価値を便益と考える。
b. 地域経済への波及に伴う便益	対策に要するインフラ・機器設備や、事業運営のために支出する投資や費用に応じ、推定される地域経済への波及効果を便益と考える。
c. リスク回避による便益	対策を実施しなかった場合に、偶発的事故、法規制強化、健康影響等が生じた時に被る損失相当額で、それが回避されることを便益と考える。
d. 普及・啓発効果による便益	対策の実施による啓発・教育効果、広告宣伝効果など、通常、別途コストを負担して実施した時と同等の効果があるとみなせるコストを便益と考える。
e. 執務・居住環境の向上による便益	対策の実施より、知的生産性の向上や健康増進など、建物居住者・執務者にとっての住環境の向上を便益と考える。

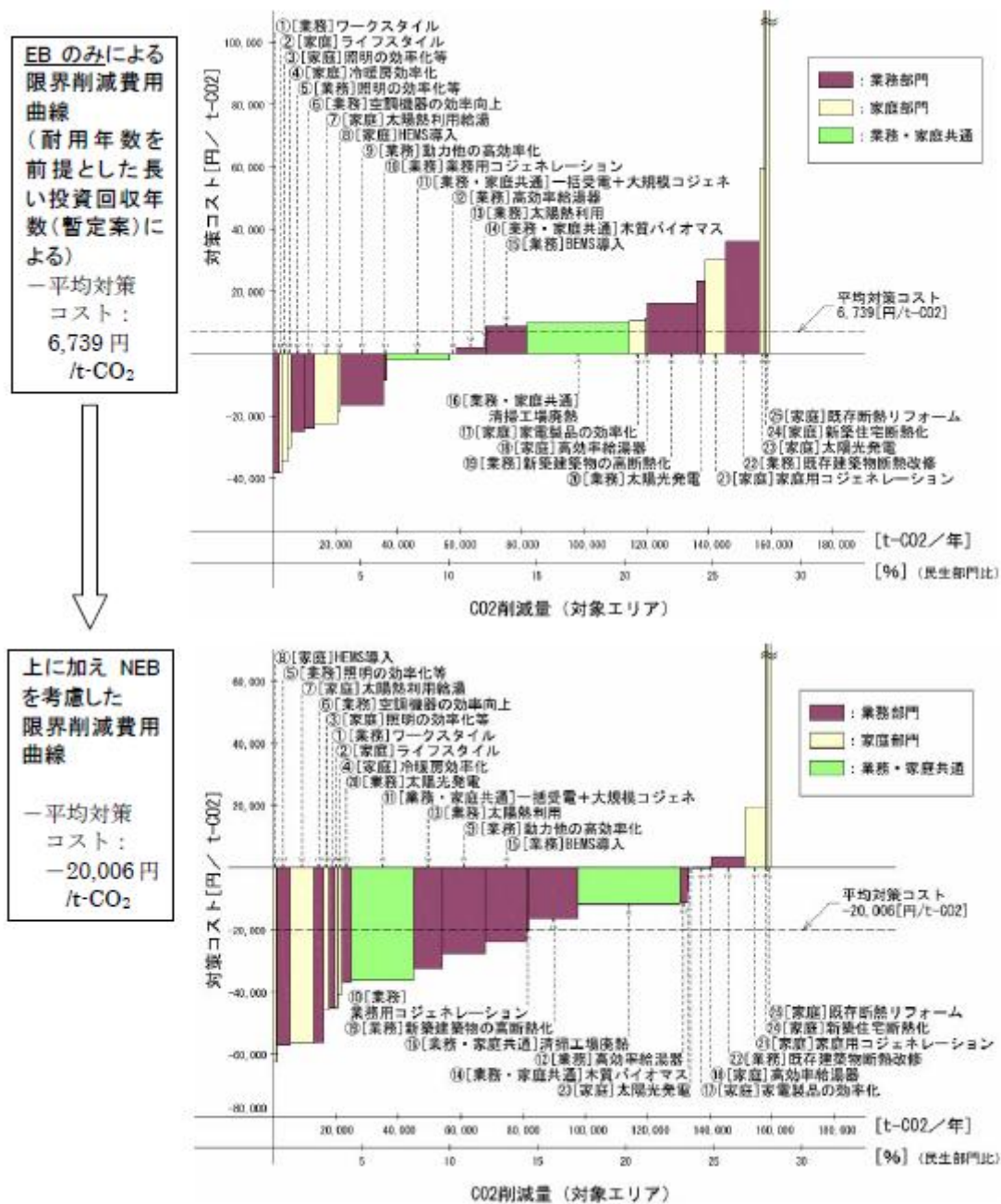


図 5-1-8 NEB を考慮した場合の限界削減費用曲線の変化

参考文献

- 「民生部門の低炭素化に係る対策コストと間接的便益 (NEB) を考慮した費用対便益 (B/C) の評価」 (2009 年 11 月 : カーボンマイナス・ハイクオリティタウン調査委員会)
http://www.jsbc.or.jp/project/2009/bc_interval.html

b) 技術革新の可能性について

将来の技術革新を検討するに当たっては、全く新たな概念の下から生み出される技術の考慮と、革新的技術の普及を支える社会システム・社会インフラの変革を合わせて検討することが望ましい。

技術革新は、既存の技術開発の積み重ねの上に生じるものだけではなく、全く新たな概念の元で提案されるものもある。しかしながら、後者についてはいつ起こり、それが実用段階に至るまでに何年を要するか、社会で普及したときにどのような影響をもたらすかなどの具体的な側面の予測が難しい。我が国では、これまでに水素技術、燃料電池技術、核燃料サイクルなどさまざまな技術がプロジェクトとして最終段階の普及を目指した技術開発を進めて来た。いくつかの技術については、当初の目的通り普及しているものの、いくつかの技術開発プロジェクトは予定通りに進まず、未だ市場投入にたどり着いていないものもある。これは、2020年のみならず2050年を対象として検討する場合も同様である。

現在、政府がグリーンイノベーション²やエネルギー革新技術計画³などで、全く新しいコンセプトのもとでの低炭素社会に資する技術開発を推進している。これらが実現されると、従来考えられていたよりも高い費用対効果でCO₂排出量の大幅削減が達成できるものと期待される。しかし、上述のように革新的技術開発には不確実性があることから、定量的分析に当たっては2020年が2050年の目標値を達成するための中間地点であることを鑑みて、まず2050年の目標値を達成するための技術を中心に据えて削減手段および社会経済影響を評価し、次に革新的技術導入による影響をシナリオの幅として示すことが妥当と考えられる。

併せて、革新的技術の普及には社会システムの変革が不可欠であることから、技術だけではなく社会制度、社会インフラの変革も見据えた評価が重要と考えられる。たとえば、電気自動車の普及には充電のインフラや仕組みが必要である。あるいは、高断熱住宅の普及には、住宅性能基準の強化といった政策的システムの変化が欠かせない。特に、社会インフラについては一度建設されると以降長期にわたって利用されるものであるから、2020年までを見据えた考え方ではなく、より長期の2050年あるいは2100年を見て2020年までに何をすべきかというバックキャスト的思考も組み入れたうえで、2020年のCO₂削減に向けた技術導入や社会インフラ整備を評価することが必要である。

² 民主党「生活・環境・未来のための緊急経済対策」

³ 経済産業省「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」

<http://www.meti.go.jp/press/20080305001/04cool-earth-p.r.pdf>

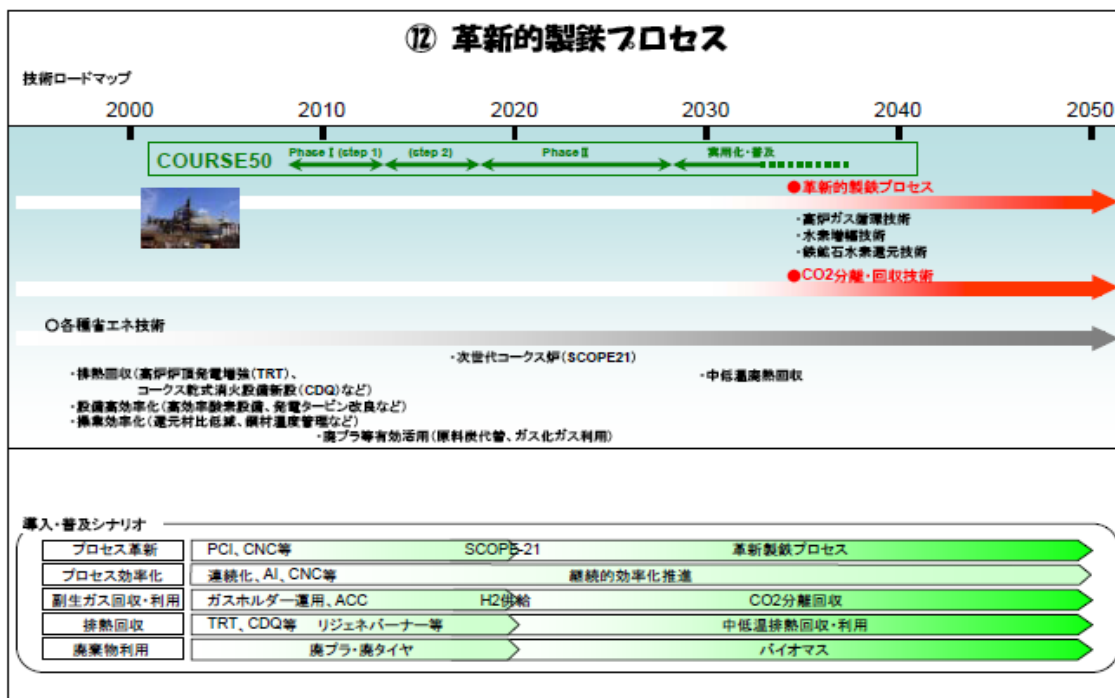


図 5-1-9 革新的技術開発ロードマップ (例：鉄鋼) (エネルギー革新技術計画)

留意すべき点は、温暖化対策を我が国で進めていったときに、低炭素産業のような 2020 年や 2030 年に成長しているであろう新産業は、モデル評価およびシナリオ作成において完全に考慮することが困難であるということである。これは 1990 年に現在の IT 産業や携帯電話市場、ハイブリッド自動車の隆盛を予測しえたかということと同義である。新産業がもたらしうる経済的効果については、5(2)①で後述するとおりであり、今後はこれらの不確実性も勘案したシナリオ分析およびモデル評価が行われることが望ましいが、将来のシナリオ分析に伴う困難性を十分理解した上で、モデル評価の結果を適切に活用し政策措置を図っていくことが必要である (表 5-1-2)。

表 5-1-2 社会インフラの部門別平均耐用年数⁴

部門	平均耐用年数
道路	51年
港湾	49年
航空	16年
旧国鉄	22年
日本鉄道建設公団等	26年
地下鉄等	34年
旧電電公社	18年
下水道	57年
廃棄物処理	40年
水道	39年
都市公園	43年
文教施設（学校施設・学術施設）	39年
文教施設（社会教育施設・社会体育施設・文化施設）	41年
治水	85年
治山	50年
海岸	30年
農林漁業（農業）	44年
農林漁業（林業）	49年
農林漁業（漁業）	50年
郵便	18年
国有林	47年
工業用水道	38年

⁴内閣府政策統括官「日本の社会資本」（2007）

⑤ 2050年80%削減との整合性について

2009年11月13日の日米首脳会談において、鳩山総理とオバマ大統領は2050年までに温室効果ガスを80%削減することを発表した。2020年の通過点を検討する上では、この2050年削減目標を見据えつつ、いつ対策を打つことが最も費用効果的であるかの観点から検討することが不可欠である。

2050年80%削減に至る道筋に関する研究は今のところ発表されていないが、2050年までにCO₂排出量を70%削減した社会を実現するために、最も総費用が安価な道筋は何かを検討した研究に基づくと、2050年の社会として想定したシナリオA、Bのいずれでも初期には燃料費削減分を加味しても年間5兆円程度を投資して低炭素技術や制度の普及を進めることが、2050年低炭素社会を実現するまでに要する費用の総和の観点では最も安価な道筋となり得ることが示唆されている(図5-1-9)。なお、この分析では2020年のCO₂削減目標検討に当たって十分考慮されているとはいいがたい、産業構造の低炭素化や都市構造変化、運輸部門のモーダルシフトなども対象としており、本解析にて想定する諸条件と必ずしも整合するものではない。しかし、5(1)④にて述べたように、2050年のCO₂削減目標も見通して2020年を検討するためには、社会インフラの変化や産業構造の変化も加味して評価、シナリオ検討することが肝要であることから、当該研究から得られる示唆は、本分析に対しても有用と考えられる。

従来型技術と低炭素型技術の固定費用の差分(固定費用の追加分)のみに着目すると、2010年にはシナリオA、B問わず民生部門に年間2.5兆円、運輸部門に年間2.5兆円の投資が必要とされている。運輸部門は、習熟効果と都市構造の変化などによる運輸需要低下もあり以降急激に低下して2025年には追加投資額はほぼゼロとなる。これは、運輸部門では低炭素型技術に投資する場合でも、従来型技術への投資額程度しか要しなくなることと同義である。民生部門については引き続き2030年頃まで低炭素技術へ投資する方が、従来型と比較して2兆円程度高額となっている。しかし、運輸部門と同様、2030年以降には従来型技術へ投資する場合でも低炭素技術へ投資する場合でもほぼ同程度もしくは低炭素技術への投資の方が安価にすむ可能性が高いことが分かる。これらの投資の内訳をみると、民生部門では高効率機器や高断熱住宅、運輸部門では次世代自動車など、効率改善の余地が大きく、コスト低減が見込める対策に向けられる。加えて、低炭素技術導入による燃料費削減効果も加味すると、運輸部門については2020年頃に、低炭素技術導入に要する投資額は従来型技術への投資額とほぼ同程度に抑制される。

2000年から2050年までの総和で見ると、習熟効果などにより固定費用の追加分が逡減するために、2010年から2050年までの総追加投資額は、シナリオAで12.7兆円、シナリオBでは7兆円となる。特にシナリオBでは従来型機器への投資と比較して低炭素技術への投資が安価になる可能性が示唆されているが、初期の大規模な投資による高額な低炭素型技術の導入なしには低炭素技術の価格低下は引き起こされず、その先の低炭素社会には進んでいか

ない。2050年70%削減を超える80%削減社会の実現には、これよりもさらに対策を強化する必要があるが、2020年までに低炭素社会構築への投資を進めることがより一層重要であるといえる。

世界的に低炭素社会実現のトレンドが形成されつつあることを鑑みると、日本が低炭素化技術へ投資しない場合には、他国で低炭素技術への投資と習熟が進み、将来的にわが国の産業が国際競争力を失う可能性もある。

また、将来における新たな産業の確立という意味でも、低炭素技術の継続的な研究開発・投資は重要である。最近の例を挙げれば、日本、ドイツ、米国において太陽電池産業が新たな産業として根付いた背景には、太陽光発電の研究開発を長期間にわたり実施し、産業基盤を作り上げてきたことがあげられる。一方、近年、強力な政策導入によって、急速に太陽光発電の導入量を増やした国では、その多くを輸入に依存している。具体的には、スペインでは2004年までの導入量は累積でわずか22 MWであったのが、太陽光発電の買取価格を高くして導入を促進した結果2008年までの4年間で100倍以上の3,166 MWにまで拡大し、日本を抜く導入量となった。しかし、2008年度は生産が追いつかずに、当該年度に導入された太陽光発電の割も国内で生産されておらず、大部分が海外からの輸入に頼ってしまっており、必ずしも国内産業の振興に結びつくもとはなっておらず、結果的に海外の製品を大量に導入するために多くの社会的コストを費やしたことになる。

仮に2050年近くになってから、急激な低炭素技術導入普及拡大政策を導入しても、技術普及のためには継続的な開発と、普及のための生産基盤の整備を行っていなければ、国際的な企業とのコスト競争に参入することはできず、結果的に海外の企業に資金が流出することになる可能性が高くなるといえよう。日本で対策を後送りして、他国で低炭素技術への投資と習熟が進んだ場合、結果として国内産業の衰退に結びつく可能性をはらんでいる。その観点では、わが国が率先して低炭素技術への投資をする、あるいは他国よりも先に厳しい環境規制をかけることによって早期に低炭素技術への投資を促して技術習熟を進めることは、国内産業の国際競争力の強化につながるものであるといえる。

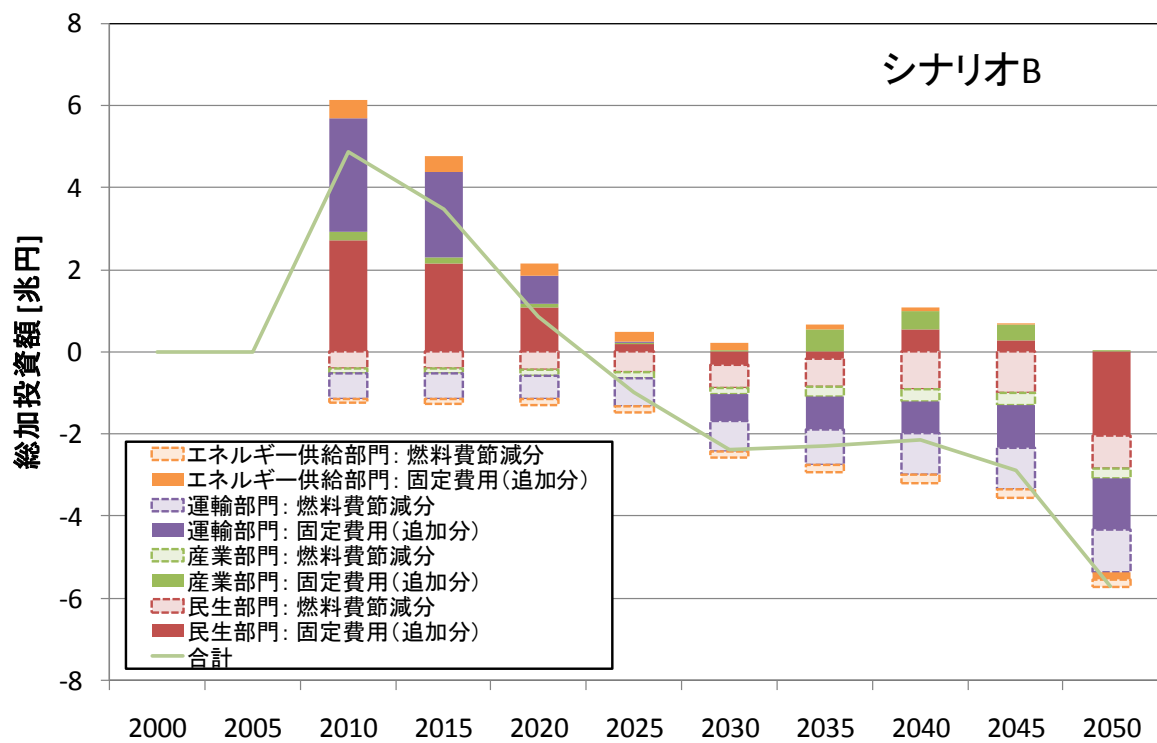
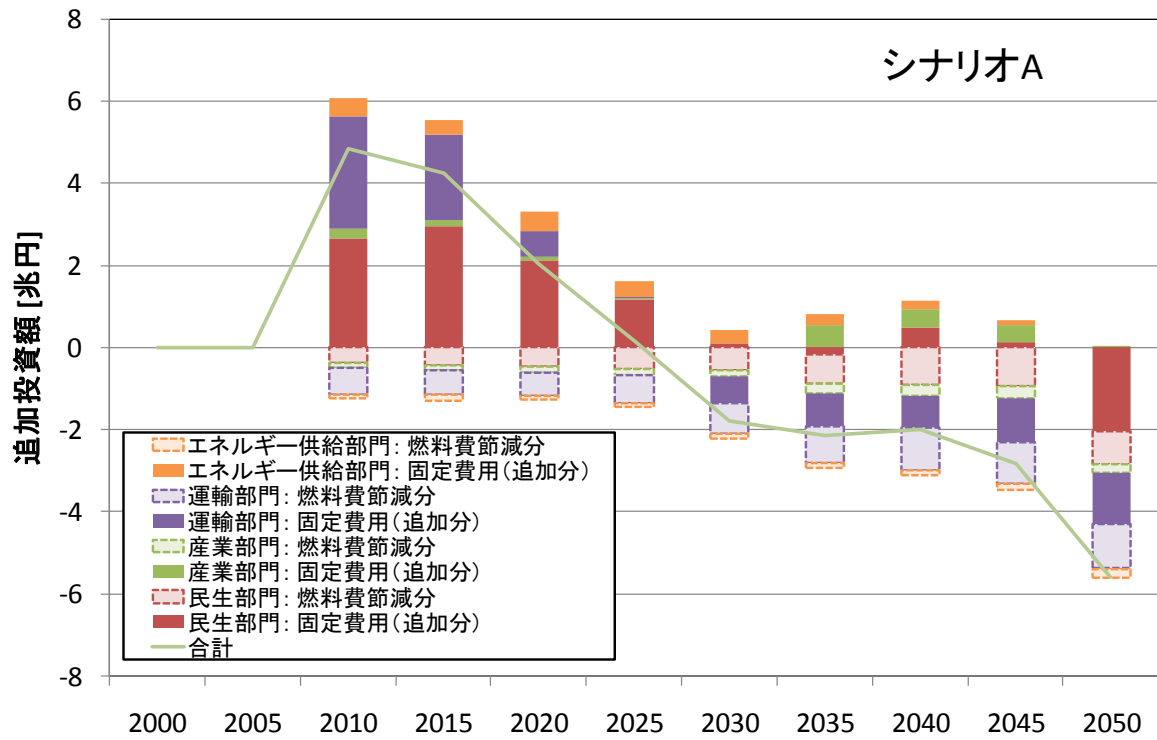


図 5-1-10 実現に要する総費用最小化の観点から得られた道筋の追加投資額の推移

(2) 25%削減実現がもたらす副次的効果

① 積極的な低炭素投資による新産業の機会創出効果

a) エネルギー供給システムについて

ア) 系統対策に要する費用

再生可能エネルギー、特に太陽光や風力発電の大幅導入には、電力系統における出力変動の安定化対策が必要となる。具体的には、電圧調整装置（SVC）の設置、柱上変圧器の分割設置、およびバンク送り出し電圧調整装置の改造といった配電対策、需要側蓄電池の設置、揚水式水力発電の調整運転、火力発電所の調整運転がある。各対策にどの程度費用を要するかは、資源エネルギー庁の新エネルギー大量導入に伴う系統安定化対策・コスト負担検討小委員会と環境省の再生可能エネルギー普及方策検討委員会がそれぞれ試算している。コスト負担検討小委では、2030年の太陽光発電累積導入量を現状の40倍（5,300万kW）に拡大するために必要な系統安定化対策コストを4.6～6.7兆円と試算し、環境省の委員会では2030年の太陽光発電累積導入量を7,900万kWとし、累積で3.5兆円と見積もっている。

系統対策に要する費用の差は、想定する太陽光発電の導入量にも影響されるが、最も大きい差は蓄電池導入量の差によるものである。コスト負担小委では、需要側逆潮流なしとして11時間分程度の蓄電池容量想定のもと費用を積算している。いっぽう、環境省検討会では、需給逼迫期の解列などを想定することで3時間分程度の蓄電池容量で十分であるとしている。

再生可能エネルギーが大量に系統連系された際に、どの程度の蓄電池容量が必要かについて上述のコスト負担小委や環境省検討会も含めてさまざまに研究が実施されてきたが、今のところ統一の見解はない状態である。さらに、NEDO⁵や電力中央研究所の研究報告によると、再生可能エネルギーが大量導入されると設備間で出力のならし効果が生じて出力変動が抑制できるという指摘もある。また、個別の需要側機器の運用調整により需給調整を実施する手法もあり、代表例に欧米ですでに取り組みが開始されているスマートグリッド（Smart Grid）がある。

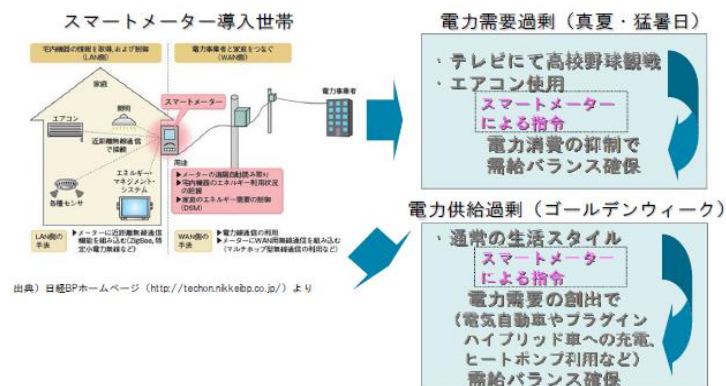


図 5-2-1 スマートメーターによる需給調整の一例

⁵平成 19 年度独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書「広域分散型電源としての太陽光発電システムの利用可能性の調査」平成 20 年 3 月。

イ) 再生可能エネルギー導入による副次効果

現在エネルギー輸入額は輸入総額の約32%を占めており、GDPで見ても5%と巨額の資金が国外に流出していることがわかる(表5-2-1)。2000年と比較すると年々エネルギー輸入額が増加しており、図5-2-2に示すように今後石油価格が増加することも勘案すると、省エネルギーなどを進めない場合には、エネルギー輸入額やGDPに占める割合は増加し続けるものと推察される。この観点では、再生可能エネルギー導入によって、エネルギー輸入額の抑制と国内市場への資金還流が期待される。

表5-2-1 エネルギー輸入額が輸入総額やGDPに占める割合

単位：億円

年度	2000	2006	2007	2008
石炭	6,190	16,124	17,884	32,581
コークス	224	411	726	882
原油	49,157	113,386	135,897	134,922
石油製品	9,785	3,394	4,986	6,466
LNG	14,977	27,299	34,749	44,985
天然ガス	0.004	0.062	-	0.005
LPG	5,622	8,920	10,910	9,913
石油コークス	218	462	591	1,006
エネルギー輸入額合計	86,174	169,996	205,742	230,754
輸入総額	424,494	684,473	749,581	718,703
エネルギー輸入額の占める割合	20.3%	24.8%	27.4%	32.1%
GDP(名目)	5,041,188	5,108,990	5,158,228	4,976,787
エネルギー輸入額の占める割合	1.7%	3.3%	4.0%	4.6%

*エネルギー輸入額については、財務省貿易統計から作成。

(ナフサ、潤滑油・グリースなど、非エネルギー用途と考えられる燃料は除いて集計)

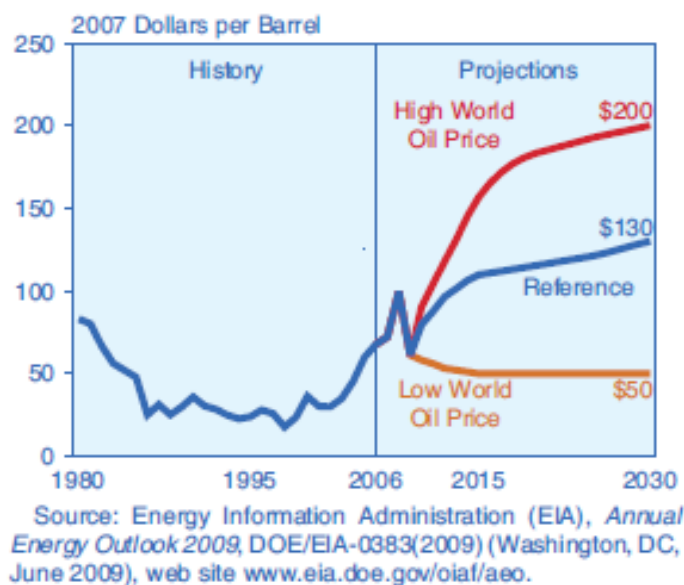


図5-2-2 石油価格の想定の一例

“The impact of renewable energy policy on economic growth and employment in the European Union (2009年4月、欧州委員会)”では、再生可能エネルギーの普及により、2020年までに41万人の雇用と0.24%のGDPがネットで増加すると分析されているなど、米国やEUにおいては、再生可能エネルギーの普及などの温暖化対策を実施することにより、新たな雇用を創出し、経済成長につなげることができるという議論がなされている。また、先行者利益として国際競争力の強化が図られ、エネルギーセキュリティの向上にもつながるとされている。

他方で、国内では、一般に「日本は世界トップクラスの省エネ国家」という論調が見受けられ、更なる省エネは負担となるという見解が示されている。しかし、トップクラスの省エネ国家が事実であるならば、資源・エネルギー・食料を国外に依存する日本は、省エネ技術を開発し、国内で普及していくとともに、海外にも普及していくことで、我が国のもつ強みを更に活かしていくことで外貨を獲得し、エネルギーセキュリティを高めつつ、国内の雇用創出、経済成長を図っていく必要があると考えられる。

しかしながら、近年欧州諸国のみならず中国など、多くの国が低炭素社会の方向性を目指しており、国家計画として政策を立案、実施して急激に省エネルギー、低CO₂排出量社会の構築に舵を切り始めている。実際に、GDPあたりのエネルギー量（エネルギー強度、energy intensity）の尺度で見ると（図5-2-3）、1990年には日本は最高の省エネルギー国家であった。これは、オイルショック以降に産業界と政府とがともに省エネルギー技術に対して投資を進め、その普及に努力を惜しまなかったためである。しかし、以降15年程度はほとんど改善が見られず、停滞の15年となっている。反対に欧州諸国ではこの30年で急速に改善しつつあり、このままの傾向を維持する場合には、2020年には日本は世界一の省エネ国家の座から転落する可能性が高いといえる。

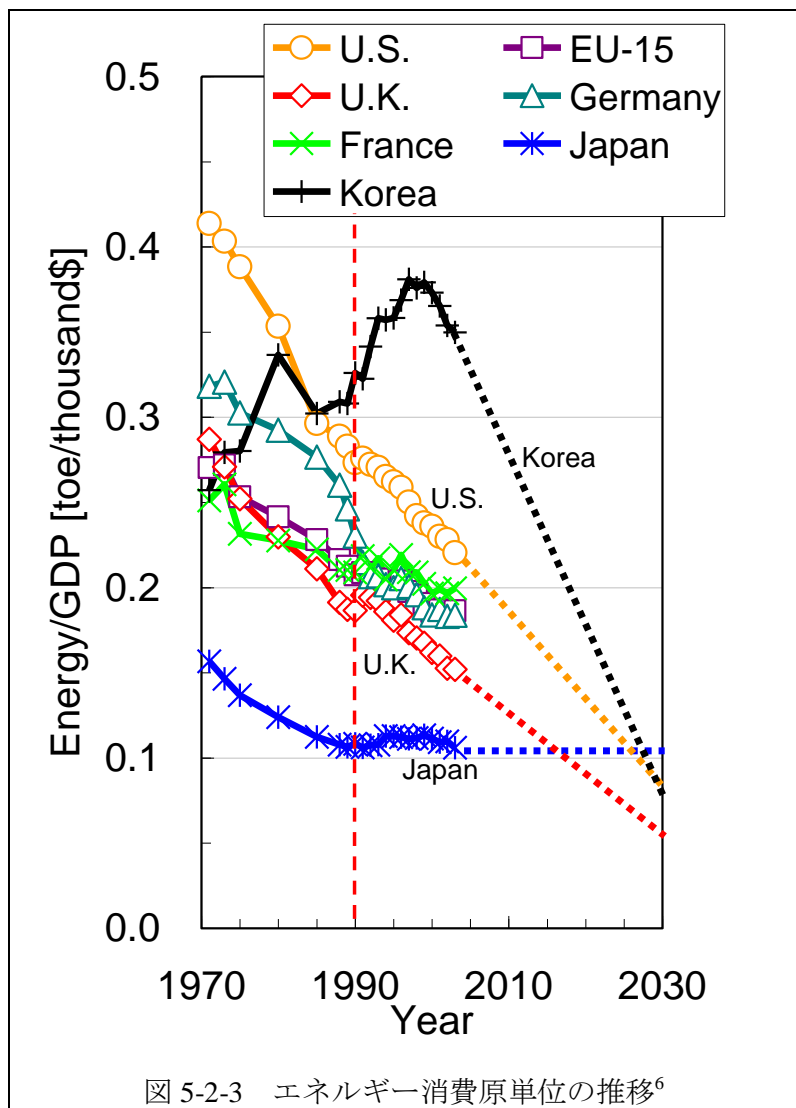


図 5-2-3 エネルギー消費原単位の推移⁶

⁶ IEA “Energy balances in OECD countries”より

省エネルギー技術は、国内市場へ投入されるのみならず通常海外へも輸出され、重要な外貨獲得手段の一つとなっている。たとえば太陽光発電は、2007年度には日本企業の国内販売額が1,200億円に対して海外販売額が3,800億円と、国内市場に比較して3倍もの額を海外へと輸出していることがわかる。米国ではグリーンニューディール政策により大幅な太陽光発電導入が見込まれており、世界の太陽光発電設備生産企業が米国での市場シェア拡大を目指して工場新設と供給量拡大を進めているなど、世界的に太陽光発電や再生可能エネルギーに対する追い風は年々強くなっている。このような中で日本だけが再生可能エネルギーへの投資を控えることは、結果として大きな利益を得るチャンスを逃すことになることが推察される。

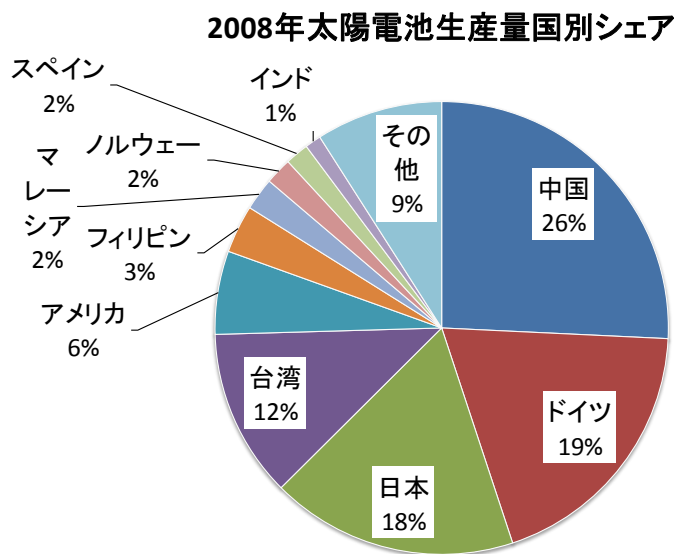


図 5-2-4 太陽電池生産量国別シェア (世界全体)

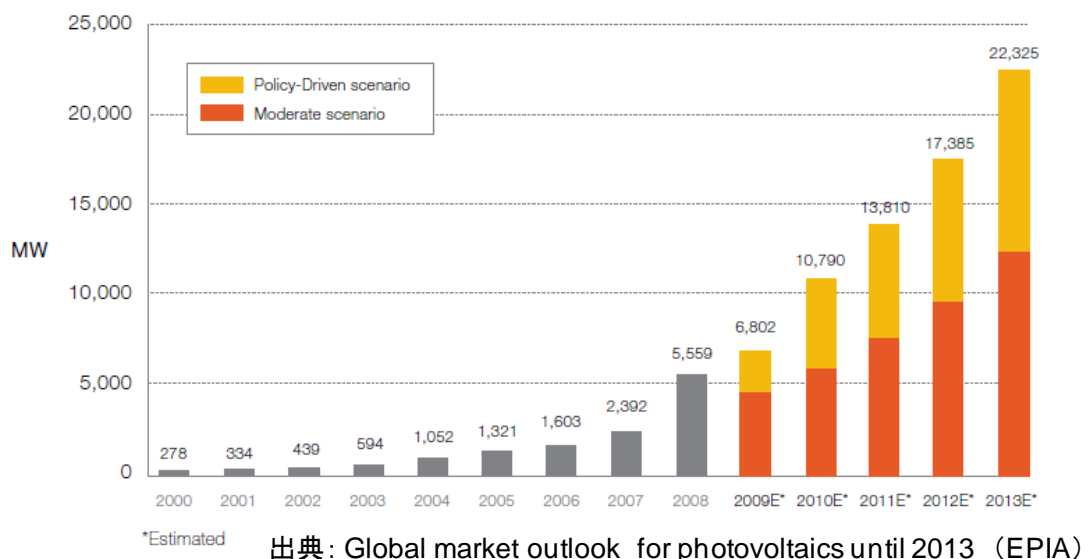


図 5-2-5 2013年までの各年における世界での太陽光発電市場見通し

ここでは、①太陽光発電の世界市場規模についての既存予測を踏まえ、②習熟効果を勘案した太陽光発電の世界市場規模を予測した上で、③日本が太陽光発電への政策支援を行わなかった場合（ケース A）に比較して、導入拡大を進めることが国内の CO₂ 削減に寄与するのみならず、海外への輸出額増大という正の効果を生み出しうることを示す。具体的には、B：余剰電力の買取制度などの現状の支援を継続したケース、C：前回検討した 1990 年 8%削減（2005 年比 15%）削減ケース、D：前回検討した 1990 年 15%削減ケース、E：日本が前回検討した 1990 年比 25%削減ケースにおける日本での太陽光発電量の国内導入量を設定する。

④さらに、太陽光発電の導入は燃料輸入額の削減、排出権購入額の削減につながることも踏まえて、太陽光発電の導入拡大による輸出額増大、輸入額低減の影響を推計した。

太陽光発電の世界市場規模については、EPIA（欧州太陽電池振興団体）の推計より、2005 年に 300 万 kW が 2020 年に 1 億 9,700 万 kW～2 億 7,600 万 kW に拡大すると見込まれており、金額に換算して、2005 年に 1.8 兆円が 2020 年に 8.2 兆円～11.9 兆円に拡大すると見込まれている。

A～E までのシナリオによる 2020 年時点における日本での太陽光発電の国内導入量は、

A：460 万 kW、B：830 万 kW、C：2800 万 kW、D：3,700 万 kW、E：7,900 万 kW

と推計されている。国内市場規模から推計される 2020 年の日本企業の太陽光発電生産量が世界全体での太陽光発電生産量に占めるシェアは、BAU ケースでは 16%にとどまるが、国内導入量の増加につれて海外販売量も増加する関係があるとすると、B：17～18%、C：33～44%、D：41～57%、E：87～100%と推計された。

これによる太陽光導入による輸出額増大効果をまとめると表 5-2-2 のように推計される。なお、これは見方を変えれば太陽光を導入しなかったことによる日本企業の逸失損益であるともいえる。

【各ケースとケース A との差（2010 年から 2020 年までの累積額）】

- ・ ケース B とケース A の差：1.2～2.2 兆円増加（日額換算で 3～6 億円増加）
- ・ ケース C とケース A の差：6.9～10.7 兆円増加（日額換算で 19～29 億円増加）
- ・ ケース D とケース A の差：9.4～14.5 兆円増加（日額換算で 26～40 億円増加）
- ・ ケース E とケース A の差：16.9～30.8 兆円増加（日額換算で 46～85 億円増加）

表 5-2-2 太陽光発電導入量拡大に伴う国内産業への便益

	2020年の日本企業の国内販売額 (兆円) a	2020年の日本企業の海外販売額 (兆円) b	2020年の日本企業の販売額 (兆円) c=a+b	2010～2020年の日本企業の累積国内販売額 (兆円) d	2010～2020年の日本企業の累積海外販売額 (兆円) e	2010～2020年の日本企業の累積販売額 (兆円) f=d+e	2010～2020年の累積化石燃料輸入削減額 (兆円) g	2010～2020年の海外からの排出権購入削減額 (兆円) h
ケースA	0.0 ～ 0.1	1.3 ～ 1.8	1.3 ～ 1.9	0.7 ～ 0.8	8.6 ～ 11.0	9.3 ～ 11.8	0.5 ～ 2.0	0.030 ～ 0.045
ケースB	0.1 ～ 0.1	1.3 ～ 1.9	1.4 ～ 2.0	1.7 ～ 1.8	9.5 ～ 11.9	11.2 ～ 13.7	0.8 ～ 3.4	0.050 ～ 0.074
ケースC	1.1 ～ 1.3	2.3 ～ 2.8	3.5 ～ 4.0	6.8 ～ 7.4	14.3 ～ 16.3	21.1 ～ 23.7	1.6 ～ 7.4	0.103 ～ 0.155
ケースD	1.7 ～ 1.9	2.9 ～ 3.2	4.6 ～ 5.1	9.1 ～ 9.8	16.4 ～ 18.3	25.5 ～ 28.1	2.0 ～ 9.1	0.125 ～ 0.188
ケースE	4.6 ～ 5.1	3.2 ～ 5.7	7.8 ～ 10.8	19.5 ～ 21.1	22.3 ～ 27.3	41.8 ～ 48.4	3.5 ～ 16.4	0.220 ～ 0.330
	2010～2020年の日本企業の累積国内販売額の差 (ケースAとの差) (兆円) i	2010～2020年の日本企業の累積海外販売額の差 (ケースAとの差) (兆円) j	2010～2020年の累積化石燃料輸入削減額の差 (ケースAとの差) (兆円) k	2010～2020年の海外からの排出権購入削減額の差 (ケースAとの差) (兆円) l	2010～2020年の日本企業の累積国内販売額の差を日額換算したものの (ケースAとの差) (億円) m	2010～2020年の日本企業の累積海外販売額の差を日額換算したものの (ケースAとの差) (億円) n	2010～2020年の累積化石燃料輸入削減額の差を日額換算したものの (ケースAとの差) (億円) o	2010～2020年の累積化石燃料輸入削減額の差を日額換算したものの (ケースAとの差) (億円) p
ケースA	-	-	-	-	-	-	-	-
ケースB	1.0 ～ 1.0	0.9 ～ 0.9	0.3 ～ 1.3	0.0 ～ 0.0	2.7 ～ 2.9	2.5 ～ 2.3	0.8 ～ 3.7	0.1 ～ 0.1
ケースC	6.1 ～ 6.6	5.7 ～ 5.3	1.1 ～ 5.4	0.1 ～ 0.1	16.7 ～ 18.0	15.5 ～ 14.4	3.1 ～ 14.7	0.2 ～ 0.3
ケースD	8.4 ～ 9.0	7.8 ～ 7.2	1.5 ～ 7.1	0.1 ～ 0.1	22.9 ～ 24.8	21.4 ～ 19.8	4.1 ～ 19.4	0.3 ～ 0.4
ケースE	18.7 ～ 20.3	13.8 ～ 16.2	3.0 ～ 14.3	0.2 ～ 0.3	51.3 ～ 55.7	37.7 ～ 44.4	8.1 ～ 39.3	0.5 ～ 0.8

b) 財政政策との関連、投資資金について

国内外における温暖化対策を加速し、低炭素社会を構築するためには、官民の資金を効果的に活用することが必要となる。

このうち、政府の支出については、健全な財政基盤の下での支出が前提となるが、一般に財政分野で論じられるペイゴー原則 (paygo = pay-as-you-go の略。義務的経費の増加又は歳入減は、他の義務的経費の削減又は増税により補わなければならないという原則) が重要になると考えられるが、今回の日本経済モデルの分析における税収を財政支出に活用するケースについては、このペイゴー原則に該当するものと考えられる。

また、日本銀行によれば、我が国の個人金融資産は 1,400 兆円とされており、この資産を温暖化対策のような実物への投資に活用することにより、国内での有効需要を創出しつつ、省エネによるランニングコストの低減分をイニシャルコストと金利の返済に借り手側が充てることは、公共事業が削減されていく中で新たな国の成長戦略になりうるものと考えられる。

② 日本の 25%削減が諸外国に及ぼす効果

a) 25%削減及び鳩山イニシアティブの途上国の削減行動への影響

気候安定化のためには、世界の排出量の約半分を占める途上国での削減が必須である。北京やバンコクなどの大都市では、一人当たりの温室効果ガス排出量が、すでに東京など先進諸国の都市のレベルを上回っている。

国際交渉において、途上国が NAMA (Nationally Appropriate Mitigation Action : 温暖化交渉において議論中の途上国における緩和行動) の実施を国際約束とするためには、以下の 2 つの条件がある。第一に、過去に温室効果ガスを大量に排出してきた先進国の大幅な削減。第二に、先進国からの資金・技術支援である。

鳩山総理が表明した日本の削減目標 (2020 年に 1990 年比 25%削減) 及び途上国支援に関する鳩山イニシアティブはこれら条件を満たすものであり、交渉において、途上国の NAMA の約束を後押しするものである。

鳩山イニシアティブ後、多くの途上国から賞賛の声が上がっている。例えば、インドのラメシュ環境大臣は、鳩山総理の演説は非常に大胆で具体的なコミットメントであるとし、「日本は大いなる助けとなる」としてグリーン技術に関する日本との長期的なパートナーシップへの期待を表明した (9 月 24 日付けフィナンシャル・エクスプレス紙 (インド))。

b) 途上国の排出削減の動き

途上国でも排出削減の動きは既にある。バンコクなどのように、自主的に目標を定めて、排出削減に取り組む都市も現れている。エネルギーセキュリティ上の観点からも排出削減を行うメリットは少なくない。

アジア地域は急速に経済発展しており、化石燃料消費量が増大しているが、将来的な石油価格の高騰の可能性から、中国は気候変動国家計画において 2010 年までに一次エネルギー供給全体に占める再生可能エネルギーの比率を 10%まで向上させる目標を掲げ、インドは気候変動に関する国会計画においてエネルギー効率の向上を目標として掲げる等、各国とも自給率の向上に努めている。また、省エネの余地も大きい。初期投資がクリアできれば、多くのネガティブコストの対策があることが国立環境研究所の世界技術モデルなどの研究からも分析されている。

さらに、途上国には、積極的な対応により、先進国からの支援を多く引き込みたいとの思惑もある。そのため、例えば、インドネシアでは、9 月末の G20 でユドヨノ大統領が 2020 年に BaU から自国の資金で 26%削減し、先進国からの支援により 41%削減するという目標を発表した。11 月に開催された日メコン首脳会議でも排出削減に努力すること、鳩山イニシアティブへの評価が宣言に盛り込まれた。

c) 途上国の低炭素型成長が日本にもたらすメリット

このような動きから、国際交渉の結果如何によらず途上国が削減行動を行っていくことは不可避と考えられる。途上国が低炭素型の成長を目指すことは日本にもメリットをもたらす。第一に、化石燃料の削減により、国際的な石油価格の高騰が防止される。第二に、低炭素技術に対する需要が増し、省エネ機器、太陽光発電、ハイブリッド自動車など日本の得意とする技術の市場が拡大する。日本が 25%削減という高い目標を掲げることで、これらの技術が進展し、さらなる国際競争力の強化を図ることが可能となる。

d) 日本が行うべき途上国支援

ただし、途上国では低炭素型の成長を実現するためのキャパシティ（能力）が不足するため、先進国の資金的技術的支援が不可欠である。コペンハーゲンでの最終合意の成否にかかわらず、次期枠組みのアウトラインは概ね判明している。次期枠組みにおいて新たな取組を行うこととなる途上国に対して、その円滑な移行のための支援を速やかに行うことは、喫緊の課題である。

緩和については、次期枠組みにおいて途上国は NAMA を策定することとなる可能性が高い。このため、まず、低炭素型の成長を実現するための計画を策定することが必要となり、そのために、現状を分析し、削減ポテンシャルを明らかにするとともに、中長期的な成長経路を示す低炭素社会研究が資する。国立環境研究所において既に実施しており、アジアの多くの国について豊富な研究実績がある。

また、適応も重視すべき。ほとんどの途上国は僅かしか温室効果ガスを排出していない実態を踏まえると、気候変動問題イコール適応問題である。気候変動は経済発展に悪影響をもたらす。IPCC でも気候変動に関連する気象災害が将来さらに増大すると予測されており、気候変動に対応できる開発が求められている。まずは気候予測、脆弱性評価を実施するとともに、過去に実施された経済社会開発プロジェクトが果たした適応の効果を評価し、それを基に開発計画に適応の観点を組み込んでいくことが必要。日本はこの分野での知見が豊富であり、支援が期待されている。

MRV にかかるルール作りは「鳩山イニシアティブ」にも掲げられているところであるが、これに関連し、国家インベントリ策定能力向上のための支援をベトナムに対し行うことが決まっており、協力内容の詳細を先方政府と協議中。プロジェクトの形成には、我が国における当分野の知見・経験を活用している。国家インベントリの能力強化の必要性は、多くの開発途上国の間で認識されてきており、支援ニーズは高まっている。

CDM については、ホスト国の持続可能な開発への貢献を確保する観点から ODA の活用は意義があり、この関連で、プログラム CDM への支援ニーズもある。また、これまでの CDM の実績が特定の諸国に集中していることに不満を持つ低開発国を中心とした諸国からの要望が高まっている。CDM についても我が国は豊富なリソースを有する。

NAMA については、国際的な議論が行なわれているところであるが、国際的な合意に先立って、いくつかの開発途上国から NAMA の策定にかかる協力要請も挙げられている。

参考資料 1：日本技術モデルの構造と前提

1. 日本技術モデルのロジック

本分析では日本・技術モデルとして用いた AIM/Enduse[Japan]について、温室効果ガス推計のロジックを説明する。図 A-1 に AIM/Enduse[Japan]の機器選択の基本構成を示す。

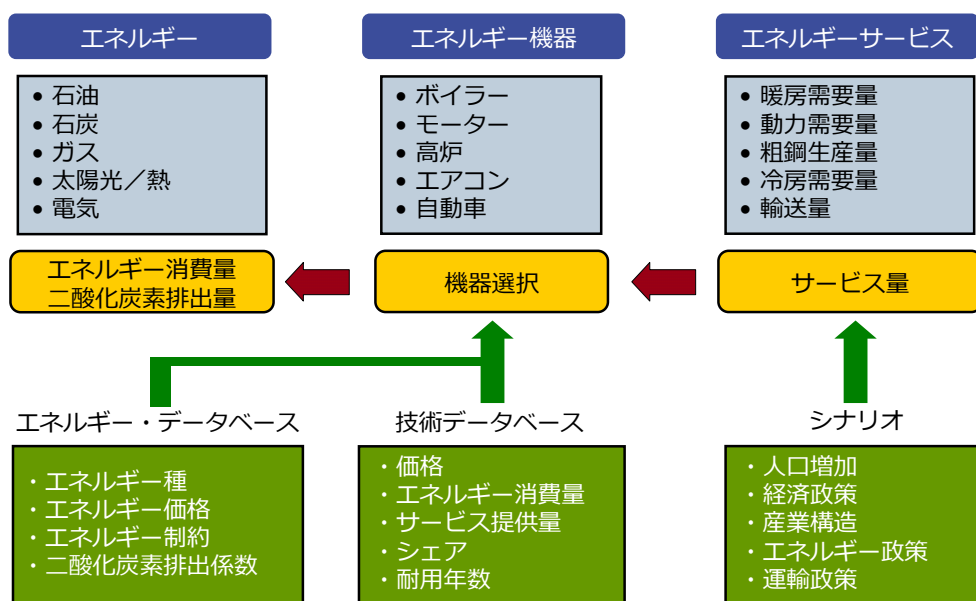


図 A-1 AIM/Enduse[Japan]の機器選択の基本構成

(1) エネルギーサービスとは

活動主体がエネルギーを消費する技術を稼働させるのは何らかのサービスを求めるためである。AIM/Enduse[Japan]では、このようにエネルギーを消費することでサービスを生み出す技術を「エネルギー技術」、また、エネルギー技術から生み出されたサービスを「エネルギーサービス」と定義している。具体的には、電気炉の場合、電気炉がエネルギー技術で、生産される粗鋼がエネルギーサービスとなる。また、自動車の場合には、自動車がエネルギー技術で、輸送がエネルギーサービスとなる。エネルギーサービスの単位はサービスの種類に応じて定義される。

(2) エネルギー消費量・CO₂排出量の算定

AIM/Enduse[Japan]では以下の手順によってエネルギー消費量および CO₂ 排出量を算定する。

- ① モデルの使用者はシナリオや外部のモデルによって算定した各活動のエネルギーサービス需要量を外生的に付与する。
- ② モデルは需要量を満たすエネルギー技術の組み合わせ（技術種、台数、稼働率）を後述の経済性基準に基づいて内生的に算定する。

- ③ それらに基づき、エネルギー技術毎のエネルギー消費量を積み上げ、全体のエネルギー消費量を算定する。
- ④ さらにエネルギー種別の排出係数を乗じることで CO₂ 排出量を算定する。

(3) エネルギー技術データベース

エネルギー技術については、技術（装置）一単位あたりのエネルギー消費量、エネルギーサービス供給量、技術の初期費用・維持管理費用、技術普及率、耐用年数などの情報を収集し、データベースに格納している。技術の積み上げによって全体のエネルギー消費構造を表現するには、省エネルギー技術だけでなく、既に普及が進んでいる在来型の技術についても各種情報が必要になる。そのため、膨大な技術データが必要となり、AIM/Enduse[Japan] 日本版では 500 を超える技術の情報がデータベースに納められている。

(4) 技術選択の経済性基準

AIM/Enduse[Japan] では、エネルギーサービスを満たすためのエネルギー技術の組み合わせをモデル内に構築された経済性基準に基づいて決定する。その基準としては、エネルギー供給や最大普及シェアなどの制約条件下にて、そのエネルギー技術の使用に係わる費用が最も小さい組み合わせを考える。

エネルギーサービス需要の変化、既に導入されている技術の退役や改良は、技術のコーホートを変化させるが、技術選択の判断はこの変化の局面によって異なる。コーホートの変化は次の 3 種類に分けられる。第一は、技術の余命が 0 になったことによる退役及びエネルギーサービス需要の増大に伴う技術の新規導入である。第二は既に導入されているエネルギー技術の改良に伴う変化である。第三はコーホートの余命が残っているにも拘わらず、経済的要因から新規エネルギー技術によって既に導入されている技術のコーホートが代替される場合である。第一の技術の新規導入にあたっては、初期費用と 3 年間分のランニング費用（エネルギー費用やメンテナンス費など）を比較し、その合計が最も安い技術を選択する。第二の既参入機器の改良には、改良に必要な費用と改良後 3 年間のランニング費用の合計と、改良前の 3 年間のランニング費用を比較して改良の実施を決定する。第三の場合は、稼働中のエネルギー技術のランニング費用の 3 年間分と、代替対象技術の初期費用と 3 年間のランニング費用との比較になる。この段階で省エネ技術が導入されるためには、初期費用に相当する分をランニング費用が節約されなければならない。第一の場合と比較して、省エネ技術の導入は難しくなっている。

(5) 炭素税や補助金の導入効果

AIM/Enduse[Japan] では炭素税や補助金は以下のように扱われている。炭素税の導入はエネルギー価格の上昇につながり、技術のエネルギー消費量に応じて各主体の費用負担が増加する。その結果、前述の経済性基準のもと、CO₂ 排出量やエネルギー消費量の少ない機器の導入が有利になり、比較的初期費用の高い技術も導入が促進されることになる。補助金は CO₂ 排出量が少ないエネルギー技術を導入する際にその一部負担に使用される。補助金の交付対

象としては一単位の CO₂ 排出削減にかかる費用が安価な技術を優先させる。炭素税による税収を補助金として還流する場合には、税収と補助金総額を同額にする。

本モデルではエネルギーサービス量を外生的に付与している。そのため、課税に伴うエネルギー価格の上昇が原因となるエネルギーサービス需要の抑制や、貯蓄減少などの効果についてはこのモデルのみでは再現できず、それらの効果はトップダウン型モデルと組み合わせ算定しなければならない。

(6) AIM/Enduse[Japan]の適用範囲

本分析では、エネルギー最終需要部門、エネルギー転換部門、非エネルギー部門を対象に AIM/Enduse[Japan]を適用し、それぞれについて技術積み上げの方式によって温室効果ガス排出量を推計した。エネルギー最終需要部門を産業部門、家庭部門、業務部門、運輸部門に分割し、それぞれの部門において用途に応じたエネルギーサービス需要を外生値として与える。産業部門では素材生産の生産量や鉱工業生産指数、家庭・業務部門では冷暖房、給湯、照明等の需要量、運輸部門では輸送手段別輸送量、これらをエネルギーサービス需要量としている。エネルギー転換部門は、モデルにおいて内生的に推計されるエネルギー最終需要部門の二次エネルギー需要量をエネルギーサービスとしている。電力転換部門の電源構成のうち、原子力、水力、地熱、新エネの供給量については外生シナリオで与えて、需要の増減に対する調整は火力発電によって行われる。エネルギー消費部門以外では、農業・廃棄物起源 CH₄・N₂O 排出部門や F-Gas 排出部門を扱っている。

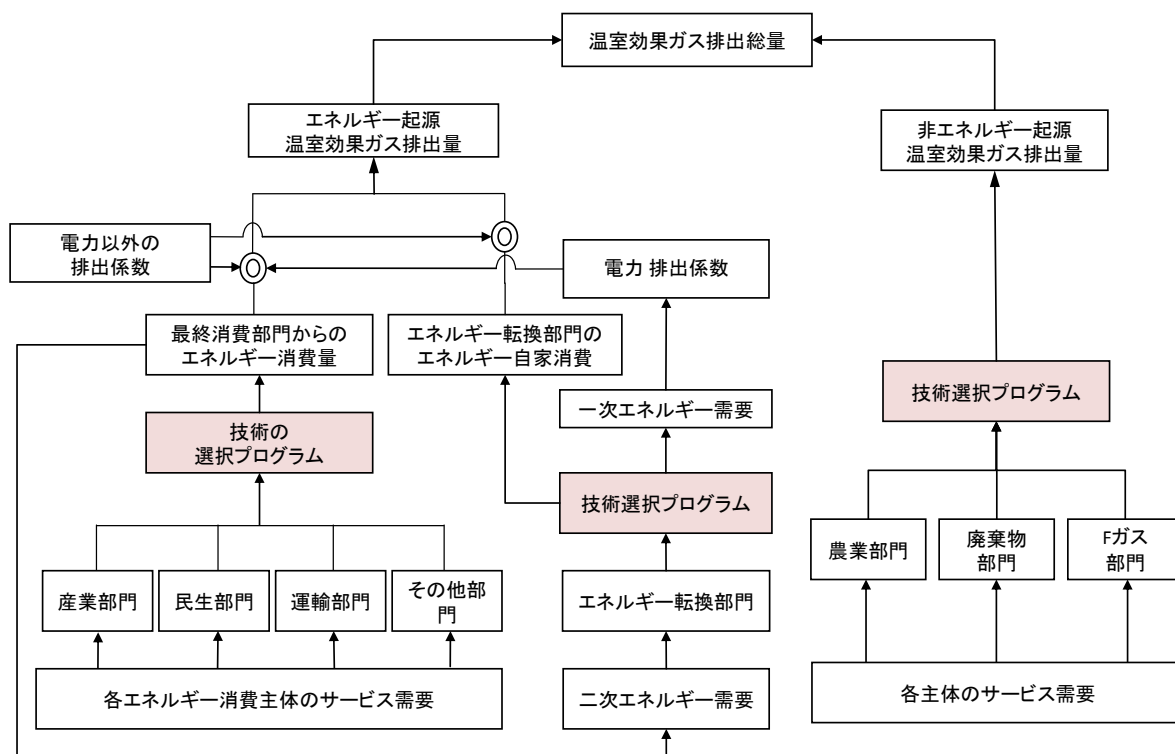


図 A-2 AIM/Enduse[Japan]適用範囲と推計フロー

参考資料 2：日本経済モデルの構造と前提

1. 日本経済モデルのロジック

本モデルは、わが国を対象とした応用一般均衡モデルを核に、エネルギー起源の二酸化炭素排出量やその他の環境負荷の発生と対策を詳細に評価することが可能なモデルであり、トップダウンモデルに類型化されるモデルである。このモデルでは、各主体のエネルギー効率等の技術係数を所与のものとして、統合的な解を導くものである。つまり、日本経済モデル(AIM/CGE[Japan])は、AIM/Enduse[Japan]等他のモデルの試算結果や統計情報から得られた様々な想定での効率変化や、その技術を導入するための追加的な費用、技術導入のための補助金額を組み入れて計算を行い、炭素税導入と追加的対策の導入によるマクロ経済への影響を分析するものである。

本モデルは、2000年をベンチマークとしている。各種パラメータは、2000年の産業連関表等で表される様々な状況を再現するようにキャリブレーション法で設定されている。計算期間は2000年から始まり、将来(2009年11月時点では2020年まで)の毎年を対象としている。異時点の取り扱いが逐次計算としている。つまり、2000年の初期条件を受けて、2001年の条件(資本ストックの賦存量や効率改善)が決定され、それをもとに2001年の均衡解が計算され、その結果が2002年の条件に反映されるという過程を、2020年まで繰り返す。現時点では、様々な用途への拡張を念頭に置いて、産業連関表統合中分類に相当する区分でデータを整備している。本モデルでは、生産部門、家計部門、政府部門の3つの主体が想定されている。図A-3にモデルの全体構造を、表A-1に本モデルの財及び生産部門の内訳を示す。以下では、各部門の概要について説明する。

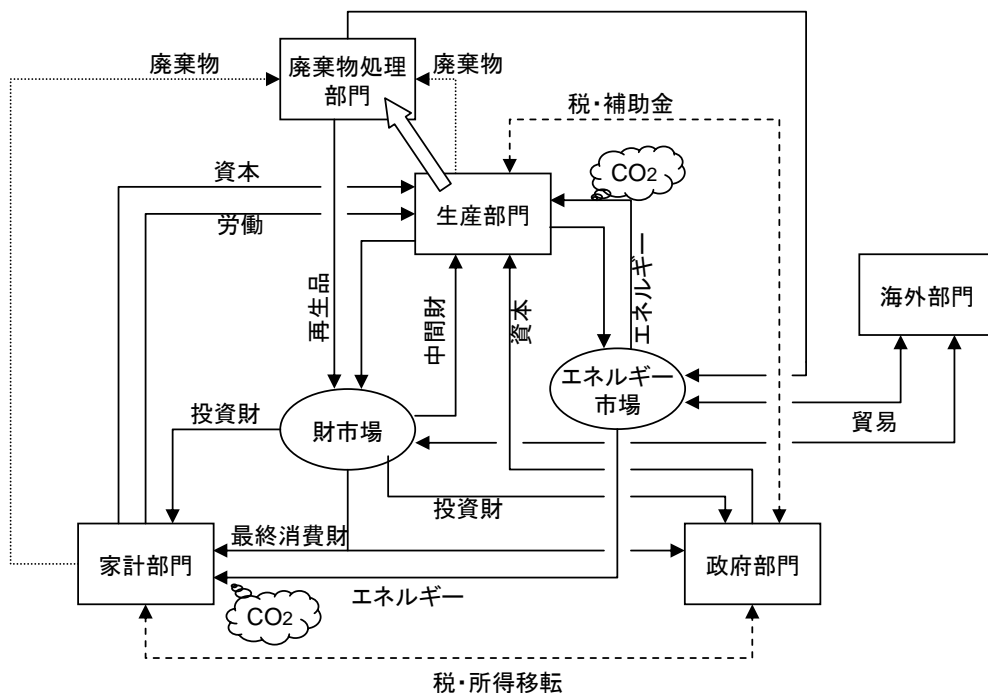


図 A-3 モデルの全体構造

表 A-1 本分析で整備しているデータにおける部門・財の区分

部門		財		部門		財	
001	耕種農業	001	耕種農業	048	その他の一般機器	048	その他の一般機器
002	畜産	002	畜産	049	事務用・サービス用機器	049	事務用・サービス用機器
003	農業サービス	003	農業サービス	050	民生用電子・電気機器	050	民生用電子・電気機器
004	林業	004	林業	051	電子計算機・同付属装置	051	電子計算機・同付属装置
005	漁業	005	漁業	052	通信機械	052	通信機械
006	金属鉱物	006	金属鉱物	053	電子応用装置・電気計測機	053	電子応用装置・電気計測機
007	非金属鉱物	007	非金属鉱物	054	半導体素子・集積回路	054	半導体素子・集積回路
008	石炭	008	石炭	055	電子部品	055	電子部品
009a	原油	009a	原油	056	重電機器	056	重電機器
009b	天然ガス	009b	天然ガス	057	その他の電気機器	057	その他の電気機器
010	食料品	010	食料品	058	乗用車	058	乗用車
011	飲料	011	飲料	059	その他の自動車	059	その他の自動車
012	飼料・有機質肥料(除別掲)	012	飼料・有機質肥料(除別掲)	060	船舶・同修理	060	船舶・同修理
013	たばこ	013	たばこ	061	その他の輸送機械・同修理	061	その他の輸送機械・同修理
014	繊維工業製品	014	繊維工業製品	062	精密機械	062	精密機械
015	衣服・その他の繊維既製品	015	衣服・その他の繊維既製品	063	その他の製造工業製品	063	その他の製造工業製品
016	製材・木製品	016	製材・木製品	064	再生資源回収・加工処理	064	再生資源回収・加工処理
017	家具・装備品	017	家具・装備品	065	建築	065	建築
018	パルプ・紙・板紙・加工紙	018	パルプ・紙・板紙・加工紙	066	建設補修	066	建設補修
019	紙加工品	019	紙加工品	067	土木建設	067	土木建設
020	出版・印刷	020	出版・印刷	068a	事業用原子力発電	068	電力
021	化学肥料	021	化学肥料	068b1	事業用火力発電(石炭)		
022	無機化学基礎製品	022	無機化学基礎製品	068b2	事業用火力発電(石油)		
023	有機化学基礎製品	023	有機化学基礎製品	068b3	事業用火力発電(ガス)		
024	有機化学製品	024	有機化学製品	068c	水力・その他の事業用発電		
025	合成樹脂	025	合成樹脂	069	ガス・熱供給	069	ガス・熱供給
026	化学繊維	026	化学繊維	070	水道	070	水道
027	医薬品	027	医薬品	071	廃棄物処理	071	廃棄物処理
028	化学最終製品(除医薬品)	028	化学最終製品(除医薬品)	072	商業	072	商業
029	石油製品	029a	ガソリン	073	金融・保険	073	金融・保険
		029b	ジェット燃料油	074	不動産仲介及び賃貸	074	不動産仲介及び賃貸
		029c	灯油	075	住宅賃貸料(帰属家賃含む)	075	住宅賃貸料(帰属家賃含む)
		029d	軽油	076	鉄道輸送	076	鉄道輸送
		029e	A重油	077	道路輸送	077	道路輸送
		029f	B重油・C重油	078	自家輸送	078	自家輸送
		029g	ナフサ	079	水運	079	水運
		029h	液化石油ガス	080	航空輸送	080	航空輸送
		029i	その他の石油製品	081	貨物運送取扱	081	貨物運送取扱
		030	石炭製品	030a	コークス	082	倉庫
030b	その他の石炭製品			083	運輸付帯サービス	083	運輸付帯サービス
030c	舗装材料			084	通信	084	通信
031	プラスチック製品			085	放送	085	放送
032	ゴム製品	032	ゴム製品	086	公務	086	公務
033	なめし革・毛皮・同製品	033	なめし革・毛皮・同製品	087	教育	087	教育
034	ガラス・ガラス製品	034	ガラス・ガラス製品	088	研究	088	研究
035	セメント・セメント製品	035	セメント・セメント製品	089	医療・保健	089	医療・保健
036	陶磁器	036	陶磁器	090	社会保障	090	社会保障
037	その他の窯業・土石製品	037	その他の窯業・土石製品	091	介護	091	介護
038	銑鉄・粗鋼	038	銑鉄・粗鋼	092	その他の公共サービス	092	その他の公共サービス
039	鋼材	039	鋼材	093	広告・調査・情報サービス	093	広告・調査・情報サービス
040	鑄鍛造品	040	鑄鍛造品	094	物品賃貸サービス	094	物品賃貸サービス
041	その他の鉄鋼製品	041	その他の鉄鋼製品	095	自動車・機械修理	095	自動車・機械修理
042	非鉄金属製錬・精製	042	非鉄金属製錬・精製	096	その他の対事業所サービス	096	その他の対事業所サービス
043	非鉄金属加工製品	043	非鉄金属加工製品	097	娯楽サービス	097	娯楽サービス
044	建設・建築用金属製品	044	建設・建築用金属製品	098	飲食店	098	飲食店
045	その他の金属製品	045	その他の金属製品	099	旅館・その他の宿泊所	099	旅館・その他の宿泊所
046	一般産業機械	046	一般産業機械	100	その他の対個人サービス	100	その他の対個人サービス
047	特殊産業機械	047	特殊産業機械	101	事務用品	101	事務用品
				102	分類不明	102	分類不明

(1) 生産部門

生産部門は、利潤最大化のもと、資本、労働、中間財（エネルギーを含む）を投入して様々な財を産出する。二酸化炭素の排出は、エネルギー投入のうち、化石燃料の燃焼分のみを対象としている。資本と労働は家計部門より投入される。なお、労働は部門間の移動が自由であるのに対して、資本は一度設置されると部門間の移動は不可能としている。

投入要素間の関係を図 4 に示す。資本と労働間の代替弾力性が 1（火力発電以外の発電については 0）、エネルギーの国産品、輸入品間の代替弾力性が無限大である以外は、代替弾力性は 0 と定義している。これは、1 年という短期間ではエネルギー転換等は起こらないが、

長期的には設備の更新によって転換が可能という発想に基づいている。つまり、図 5 に示すように、エネルギーを消費する設備の更新の程度にあわせて効率改善が進むものとしている。ここで、効率改善は、エネルギー投入量の他、各種汚染物の発生量も対象としている。また、本モデルでは、国産品と輸入品を明確に区分しており、エネルギー以外の財についてはこれらのシェアも固定しているが、シナリオによって変更が可能である（今回の試算では、世界モデルを使用した分析を行っていないために、2007 年までのシェアは産業連関表の延長表をもとに各部門とも同じ比率で変化すると想定し、それ以降は将来にわたって変化しないとしている）。なお、エネルギーについては国産品と輸入品については完全に同質とみなしている。また、リサイクル財（産業連関表で明示されている屑・副産物のような有価物ではなく、処理される廃棄物）についても、生産財との代替弾力性は 0 としている（新規技術の導入により、廃棄物の投入が拡張されるとみなす）。このように、同じ種類の財について、代替弾力性を 0 もしくは無限大と定めている背景には、本モデルでは廃棄物も取り扱っているために、物質収支を保存させる必要がある点が挙げられる。なお、廃棄物処理部門では、廃棄物種別、処理別に活動を定義している。

各部門が産出する財は、産業連関表の付帯表である V 表に従う。各財の分配の弾力性は 0 と仮定している（シェアは固定）。生産された各財は、国内への供給と輸出に配分されるが、これらの区別はないとしている。ただし、本モデルは、一国を対象としているモデルであることから輸出に対しては上限値、下限値を設定している。

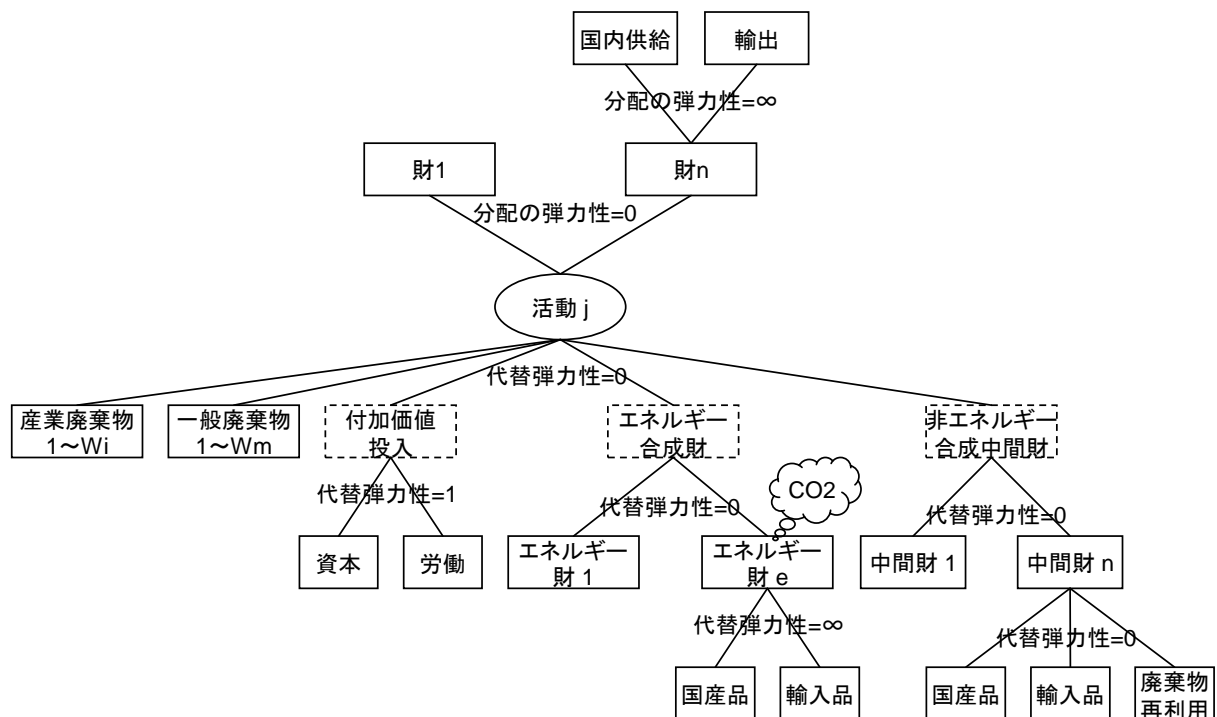


図 A-4 各部門の投入構造

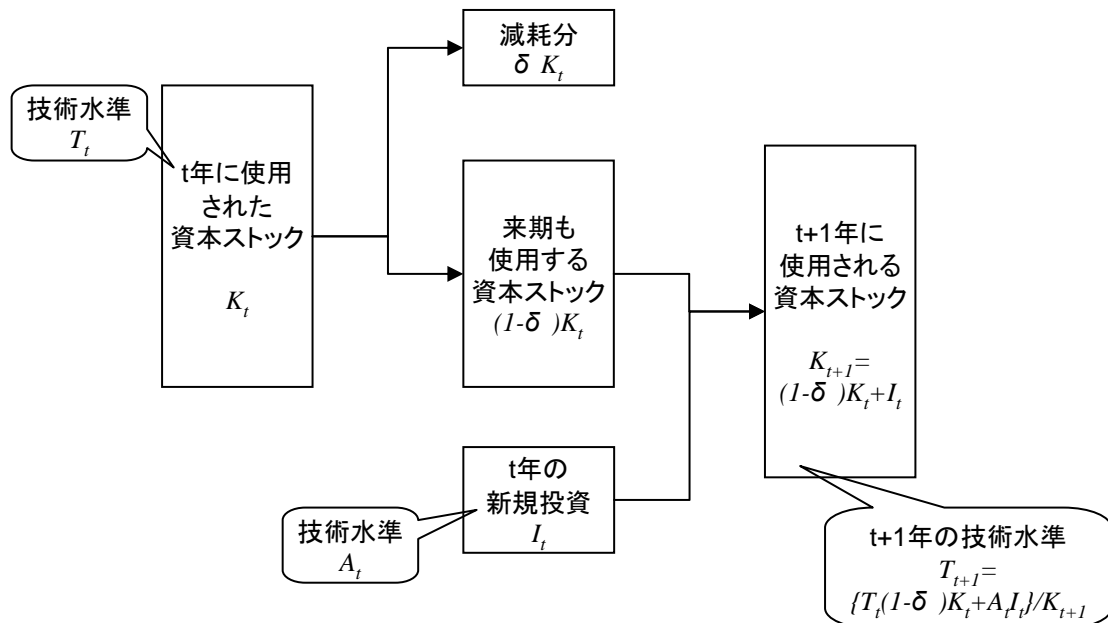


図 A-5 資本ストックと技術進歩の関係

(2) 家計部門

家計部門は、資本と労働を保有しており、これらを生産部門に供給することで、対価として所得を受け取り、最終消費及び貯蓄（＝投資）を行う。

家計の消費構造を図 A-6 に示す。家計では、想定されている将来の経済成長を達成するように貯蓄（総投資額）を行い、残りを最終消費財の購入にあてる。各財の消費は、効用最大化に基づいて選択される。効用関数は、非エネルギー財については代替弾力性を 1 とし、各年におけるエネルギー間の代替は、生産部門と同様に起こらないと仮定している。ただし、生産部門と同様に、省エネルギー設備の導入（新規の電気機械等の購入）により、長期的には代替が発生する。また、最終消費についても、国産品と輸入品は明確に区分されており、それらの比率は各年において固定されている（生産部門と同様に長期的にはシナリオによって変更可能であるが、今回の試算では現状の変化のみ簡略的に反映させている）。

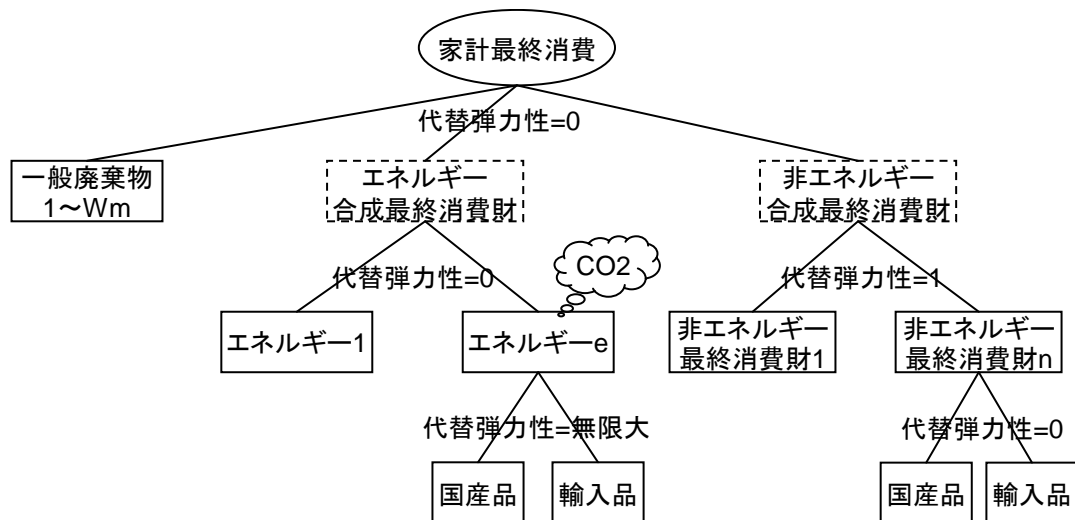


図 A-6 家計最終消費の構造

各部門への投資の配分は家計と政府が行う。エネルギー関連部門を除く総投資を、各部門の資本の収益に従って配分する（各部門に対する民間投資と公的投資の比率は2000年の実績値に基づいて按分している）。このとき、資本ストックの構成は将来も変わらないと仮定し、資本財の耐用年数に従って各部門への投資の内訳は変化する。エネルギー関連部門については、長期エネルギー需給見通し等で示された設備容量を再現できるように各年の投資を外生的に想定する。投資財においても国産品と輸入品間の代替弾力性は0と仮定し、そのシェアはシナリオにより変更可能である。

(3) 政府部門

政府部門は、生産部門や家計部門の活動に対して税を課し、政府最終消費や公的投資を行う。税率については現状から変化はないと仮定している。政府最終消費や公的投資は、経済財政諮問会議で想定されている将来の想定をもとに、トレンドを延長するように設定している。また、産業部門や家計部門に対して、補助金や所得移転を行う。補助金率については、税率と同様に現状から変化はないとしている。

(4) 二酸化炭素排出量

各部門では、化石燃料の燃焼時に、各エネルギーの特性に応じて二酸化炭素を排出する。また、二酸化炭素排出量を削減する場合を想定して、モデル上では、仮想的に二酸化炭素に関する市場を設定している。各部門は、二酸化炭素排出量に応じて排出許可証を購入し、日本全体では政府が発行する許可証総量以下に抑えるというものである。これにより、対策を行わない場合には、十分に大きい（供給量が需要量を上回る）排出許可証を政府が発行することで、各主体は価格が0の許可証を購入して二酸化炭素を排出する。一方、対策を行うケースでは、排出許可証の供給量を調整し、潜在的な需要が供給量を上回る場合には、炭素市場において正の価格が付けられ、各主体は費用を支払って二酸化炭素の排出を行う。

なお、対策ケースにおいて発生する排出許可証の売却利益の社会への還流方法については、様々なオプションが存在するが、本試算では、すべて家計に還流されると仮定する。

(5) 温暖化対策の導入

温暖化対策の導入について必要となる追加費用は、生産部門と家計部門でその扱いが異なる。

生産部門においては、図 A-7 に示すように、追加費用は投資（固定資本形成）の一部と見なし、追加費用に起因する新規投資の技術水準に伴って、ストック全体の効率水準も改善する。ただし、こうした追加投資は、生産規模の増大には直接寄与しないと考え、追加投資が増える分だけ生産投資は減少すると仮定している。

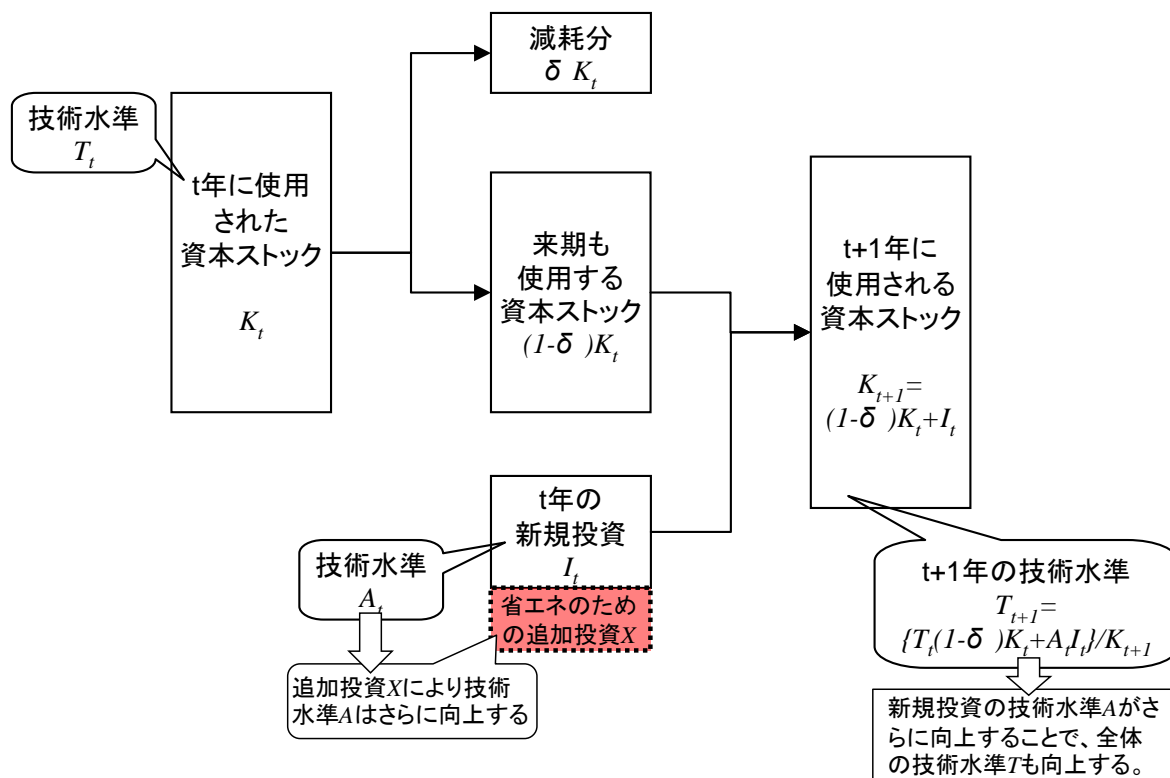


図 A-7 省エネ投資と生産投資

一方、家計部門における温暖化対策は、最終消費の一部として取り扱われる。なお、もともと最終消費として取り扱われていない建築などは、別途、固定資本形成において想定している。また、生産部門、家計部門ともに、これらの温暖化対策に関する取り組みと、その結果として起こるエネルギー効率の改善は、確実に実現される前提として取り扱われる。

2. 4月までの試算結果との相違点

4月以降、一部のデータについてアップデートを行ったり、本TFにおける議論に基づいて変更を加えた。以下にその概要をまとめる。

(1) モデル構造に関する点

① 発電部門

本モデルは、日本技術モデルとの整合性の観点から、発電部門の設備利用率や設備容量について、日本技術モデルの結果をそのまま利用してきた。一方、電力については輸出入を想定していないことから、潜在的な電力需要が供給可能量を上回ると、電力価格が急激に上昇するという問題点があった。4月までの分析では、火力発電について、想定される設備利用率を超えて石油火力発電が利用可能となるように設定していた。今回の分析に当たっては、すでに前項で示したとおり、火力発電については資本と労働の代替弾力性を1と設定し、柔軟性をもたせた。

(2) 前提に関する点

① ベースとなる経済成長

経済成長率は、マクロフレームの1つとして各モデル共通（2005年から2020年まで平均で年率1.3%で上昇）としてきた。しかしながら、4月までの結果では、省エネ効果による経済成長が除外されておらず、レファレンスケースにおいて2005年から2020年まで年率1.5%で成長する結果となっていた（3月27日の説明資料ではこの点は明記している）。本TFにおいてこの点を指摘され、他のモデルと同様、レファレンスケースにおいて2005年から2020年まで年率1.3%で成長するように投資を調整した。なお、これによりレファレンスケースにおいて2020年のCO₂排出量は約3%低下する結果となった。

② 25%削減ケースにおける経済成長

25%削減ケースでは、日本技術モデルにおいて技術を積み上げることができず、マクロフレーム自身を変化させない限り目標が達成できないという結果となった。このため、日本技術モデルと前提をあわせるために、日本経済モデルにおける25%削減ケースでは、経済成長率をあらかじめ低く設定（2010年から2020年までの成長率を年率1.6%から年率1.2%に変更）して試算を行ってきた（3月27日の説明資料、4月14日の経済モデルの一覧表では、この変更は注記として示している）。この点についても、他のケースと同じ成長率で行うべきといった指摘がなされ、今回の試算では、25%削減ケースにおいても同様の成長率の想定を用いた。

③ その他データについて

4月以降、基準年を2005年に変更する以外の更新できるデータについては更新を行った。具体的には、2007年の各種データ（産業連関表延長表を用いた輸入価格、輸出価格の設定、輸入率、輸出率の変化、等）を更新した。

(3) 評価方法に関する点

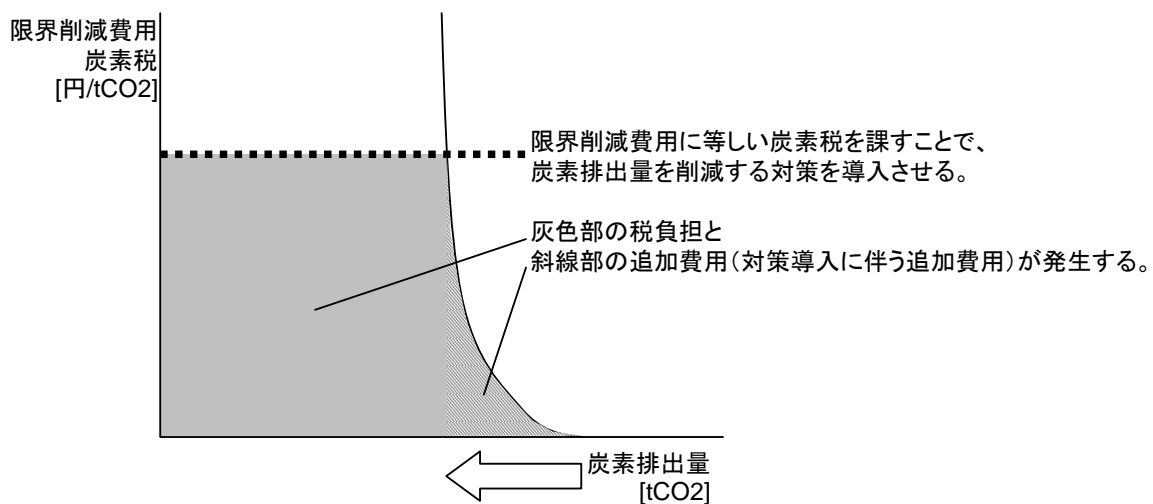
① 可処分所得の定義について

モデル比較では、可処分所得が対象となってきた。4月までの分析では、「労働所得と資本所得の合計」という理解で結果を提示してきたが、炭素税収の家計への一括返還については、家計に還流される炭素税収も考慮するという一方で、「労働所得と資本所得の合計」に加えて「政府からの所得移転」も含めて提示することとした。これにより、可処分所得の減少幅は大幅に縮小する結果となった。

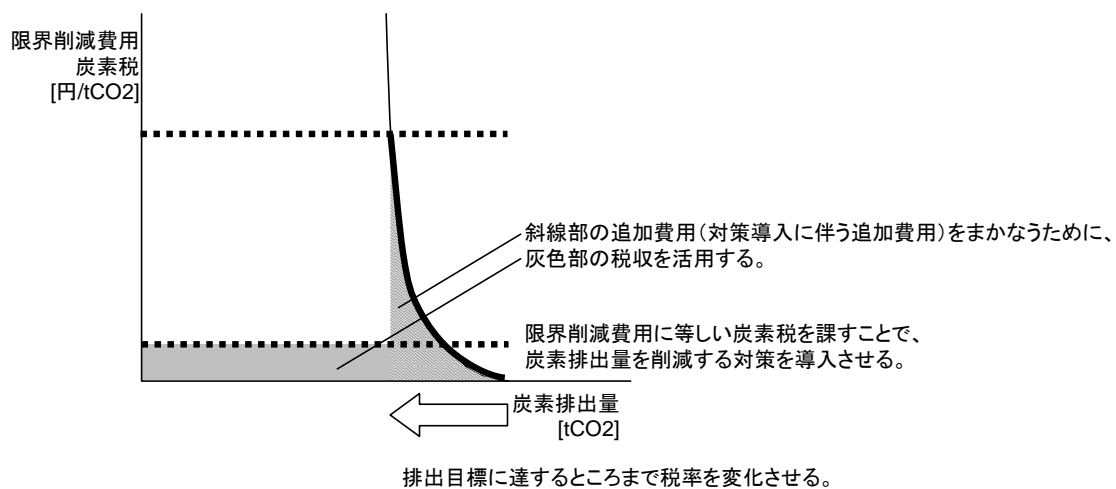
3. 低炭素投資促進シナリオの考え方について

これまで、国立環境研究所では、「低率の炭素税+補助金」という炭素税のパッケージを主張してきた（中央環境審議会地球温暖化対策税制専門委員会における報告資料 <http://www.env.go.jp/council/16pol-ear/y161-12/mat02.pdf> や http://www.nies.go.jp/sympo/2005/pdf/hppy0_02.pdf を参照）。本タスクフォースにおける財政支出シナリオもその考え方を踏襲したものである。以下に、その考え方を示す。

温暖化対策の導入を促進するためのインセンティブとして、炭素税が上げられる。これは、限界削減費用に相当する炭素税率を設定することで、税率以下の技術を導入を促すものである（図 A-8(a)）。一方、こうした対策を促すインセンティブは炭素税だけではなく、対策への補助金もこうしたインセンティブとして作用する。つまり、一般的に高額な温暖化対策技術に対して、従来技術との価格差を埋め合わせるような補助金を導入することで、温暖化対策技術が導入される。ただし、こうした補助金施策の場合、その財源が問題となり、現在のきわめて厳しい財政状況では、補助金の原資を確保することは困難である。そこで、炭素税の税収を活用することで、炭素税の価格効果と炭素税の財源効果の両方を生かす方法が、「低率の炭素税+補助金」の考え方である。つまり、温暖化対策を導入するために必要な費用をまかなうために、税収と対策費用を均衡させるように低率の炭素税を課すというものである（図 A-8(b)）。なお、こうした施策は温暖化対策税の税収を目的税化するという懸念も想像される。実際の制度設計においては、税率の設定や税収の還流方法について、より詳細に検討する必要がある。



(a) 高率炭素税の価格による温暖化対策導入のインセンティブ



(b) 低率炭素税と補助金による温暖化対策導入のインセンティブ

図 A-8 温暖化対策へのインセンティブ

モデル上は、炭素の排出量の上限を設定するのではなく、あらかじめ炭素価格を与え、そのもとでの解を試算し、目標としている炭素排出量の水準に到達するまで炭素価格を変化させるというものである。また、温暖化対策の導入に伴う費用負担は、炭素税収でまかなわれることから、各種対策の導入において追加費用は発生しない。このため、本ケースにおいては、将来の生産投資は、温暖化対策による追加費用分を差し引かれることなく、レファレンスケースと同様の水準に維持できると考える。

なお、レファレンスケースと同水準の生産投資を行うことにより、家計一括返還シナリオにおける資本ストック以上の資本が蓄積する。つまり、生産規模が拡大し、目標量以上のCO₂が排出されることとなる。このため、排出目標に応じて、対策を強化する必要がある。つまり、排出目標を達成するために必要な限界削減費用は、家計一括返還シナリオのそれと比較すると増加する。なお、25%削減ケースについては、日本技術モデルにより対策のメニューが20%削減ケースまでしか設定できないことから、国内対策で対応できない部分については、海外クレジットに追加で依存することとした。

本報告書の執筆者一覧

全般の記述については、

国立環境研究所 増井利彦、藤野純一、花岡達也および甲斐沼美紀子

日本技術モデルに関する記述については主に、

国立環境研究所 増井利彦、藤野純一、花岡達也、

みずほ情報総研（株）石井久哉、日比野剛

三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング 川島一真、榎剛史

日本経済モデルに関する記述については主に、

国立環境研究所 増井利彦、藤野純一、花岡達也

以下、特定の項目については下記の方々に執筆をお願いした。

3. 温暖化対策の必要性について

国立環境研究所 江守正多、西岡秀三、茨城大 三村住男、東京大 住明正

4. AIM モデルを用いた分析

(4)主要排出国の温暖化対策の程度に応じたケース分けについて

（衡平性についての分析）

国立環境研究所 亀山康子、花岡達也

4. AIM モデルを用いた分析

(5)十分な温暖化対策を行わなかった場合のコスト等について

茨城大 三村住男、国立環境研究所 脇岡靖明、高橋潔

5. 考慮すべきその他の事項

(1)25%削減を実現する上でさらに検討すべき重要な項目

③地域の特性を考慮した都市・交通分野の対策について

国立環境研究所 藤田壮、松橋啓介等の情報提供をもとに作成

(2)25%削減実現がもたらす副次的効果

①積極的な低炭素投資による新産業の機会創出効果

国立環境研究所 芦名秀一