

目標達成シナリオ小委員会中間取りまとめ
[詳細版]
(案)

平成13年6月

目標達成シナリオ小委員会

< 目次 >

はじめに.....	1
I. 温室効果ガスの排出実態とその要因分析.....	5
1. 温室効果ガスの排出構造.....	5
(1) 各部門の排出量内訳.....	5
(2) 温室効果ガスに関する部門間の関係.....	5
2. 各部門の排出量の推移とその要因分析.....	9
(1) 各部門の排出量の推移.....	9
(2) 要因分析手法の概要.....	10
(3) 要因分析結果.....	11
II. 各部門別の排出実態と対策の現状.....	14
1. エネルギー転換部門.....	14
(1) 排出量の現状と推移.....	14
(2) 要因分析と課題.....	16
2. 産業部門.....	34
(1) 排出量の現状と推移.....	34
(2) 要因分析と課題.....	36
3. 運輸部門.....	43
(1) 排出量の現状と推移.....	43
(2) 要因分析と課題.....	45
4. 民生部門.....	51
(1) 排出量の現状と推移.....	51
(2) 要因分析と課題.....	53
5. HFC等3ガス部門.....	62
(1) 排出量の現状と推移.....	62
(2) HFC等3ガスの排出特性.....	63
(3) 要因分析と課題.....	64
6. 非エネルギー起源CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O.....	67
(1) 排出量の現状と推移.....	67
(2) 要因分析と課題.....	69
7. 分野横断的対策.....	72
(1) 情報通信技術の活用.....	72
(2) リサイクル.....	75
(3) 分散型電源.....	77
III. 2010年のわが国の温室効果ガス排出量予測.....	79
1. 各ケースと活動量シナリオ.....	79
(1) 各ケースの定義.....	79
(2) 活動量シナリオ.....	80
2. 2010年の温室効果ガス排出量予測(計画ケース).....	81
IV. 2010年の温室効果ガス削減ポテンシャル.....	84
1. 削減ポテンシャルの算定方法.....	84
(1) 削減ポテンシャルの基本的な考え方.....	84
(2) 他人から供給された電力消費削減等によるCO ₂ 排出削減量と費用の基本的な考え方.....	85
2. 2010年の温室効果ガス削減ポテンシャル.....	87

(1) 火力平均排出係数を用いて算定した場合	87
(2) 全電源平均排出係数を用いて算定した場合	89
3. 部門別の温室効果ガス削減ポテンシャル	91
V. 温暖化対策の費用評価	98
1. 基本的な考え方	98
2. 追加的削減費用の算定	99
(1) 追加的削減量の算定方法	99
(2) 追加的削減費用の算定方法	102
(3) 追加的削減費用についての不確実性評価	104
(4) 削減量と費用の集計方法	106
3. ボトムアップ方式による経済性評価	115
(1) 追加的削減費用の把握	115
(2) 投資回収リスクを考慮した分析	116
(3) 追加的費用別の削減量の把握	117
4. 部門別の温暖化対策の経済性評価	121
(1) エネルギー転換部門	121
(2) 産業部門	122
(3) 運輸部門	123
(4) 民生部門	124
(5) HFC等3ガス	125
(6) 非エネルギー起源のCO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O	126
VI. 対策技術の主要課題と普及促進に必要な対策手法の選択肢	127
1. エネルギー転換部門	127
2. 産業部門	130
3. 運輸部門	132
(1) 自動車単体からの二酸化炭素排出量削減について	132
(2) 大都市と地方の特性に応じた対策について	132
(3) 個々の主体からの排出総量管理のための枠組みについて	133
(4) 各種政策手法について	133
4. 民生部門	135
(1) 家庭部門	135
(2) 業務部門	136
5. HFC等3ガス	138
6. 非エネルギー起源のCO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O	140
(1) 農業・畜産分野	140
(2) 廃棄物分野	141
(3) 工業プロセス分野	142
VII. 温暖化対策の経済性評価 - 数量モデルによる評価 -	145
1. 背景・目的	145
2. 分析を行ったモデルの概要	145
(1) AIMエンドユースモデル (AIM: Asian-Pacific Integrated Model)	145
(2) GDMEEM (Goto's Dynamic Macroeconomic-Energy Equilibrium Model)	145
(3) MARIA (Multiregional Approach for Resource and Industry Allocation)	146
(4) SGM (Second Generation Model)	146
(5) AIM/Materialモデル	146
(6) WWFシナリオ ((財)世界自然保護基金ジャパン)	147
3. ベースラインシナリオについて	149
(1) 経済成長率	149

(2) 人口	149
(3) 原油・石炭・天然ガス価格	149
(4) 二酸化炭素排出量削減の目標値	150
4 . AIMエンドユースモデルによるシミュレーション	150
(1) シミュレーションの結果	150
(2) 考察	151
5 . GDMEEMによるシミュレーション	154
(1) シミュレーションの結果	154
(2) 考察	155
6 . MARIAによるシミュレーション	157
(1) シミュレーションの結果	157
(2) 考察	157
7 . SGM日本モデルによるシミュレーション	159
(1) シミュレーションの結果	159
(2) 考察	160
8 . AIM/Materialモデルによるシミュレーション	162
(1) シミュレーションの結果	162
(2) 考察	164
9 . WWFシナリオによるシミュレーション	166
(1) シミュレーションの結果	166
(2) 考察	167
10 . シミュレーション結果の比較	168
(1) 経済的措置（炭素税）について	168
(2) 経済的措置（炭素税）の導入が我が国経済に与える影響	169
(3) 二酸化炭素排出量の削減の可能性について	170
11 . 経済性評価の結果	171
VIII . 今後の検討について	172
まとめ	173

＜参考資料＞

- 参考資料 1 温室効果ガス削減対策技術シート
- 参考資料 2 温室効果ガス削減対策と効果の関係図
- 参考資料 3 一般均衡モデルを用いた運輸部門の限界削減費用の検討
- 参考資料 4 EUにおける部門別の温室効果ガス排出削減の経済性評価について

はじめに

我が国では、1990年(平成2年)に「地球温暖化防止行動計画」を策定し、二酸化炭素排出量を「2000年以降1990年レベルで安定化させる」という目標を達成するため、各種の温室効果ガス削減対策を推進してきた。しかし、1998年における二酸化炭素排出量は1990年に比べて既に5.6%増加しており、2000年の達成は極めて困難な状況にある。一方、1997年(平成9年)に京都で開催された気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)において京都議定書が採択され、我が国は、温室効果ガス排出量を基準年*)に比して6%削減することを約束した。政府の地球温暖化対策推進本部は、これを受け1998年(平成10年)に「地球温暖化対策推進大綱」を策定し、各部門ごとに取り組むべき具体的対策と削減目標量を明らかにして取組を進めてきている。しかし、個々の対策を具体的に推進する制度、資金等が十分整備されている状況ではない。

本年1月に発表されたI P C C (気候変動に関する政府間パネル)の第3次評価報告書第1作業部会報告書では、従来の予測を上方修正して、2100年にはおよそ1.4~5.8度の温度上昇が生ずるとの予測が出され、地球温暖化問題は、一層差し迫った問題として認識されつつある。また、I P C Cの第2次評価報告書では、大気中の二酸化炭素濃度を安定化するためには、ただちに50~70%の温室効果ガスを削減する必要があるとされているとおり、京都議定書に定められた先進各国に対する削減割合は、それだけで十分なものではなく、第一約束期間以降もさらに抜本的な対策が求められる。

温室効果ガスは、あらゆる経済社会活動に伴って排出されるものであるが、その削減を図ることは、社会経済活動の自由を制限しかねないとする見方もある一方で、エネルギー、交通などのシステムの転換は、新たなビジネスと雇用を生み出し、新しい環境規制に適合した製品開発への努力は、我が国の経済の国際競争力を付けることへとつながると言える。また、温室効果ガスの排出量削減の検討にあたっては、グローバル化、エネルギー市場などの自由化、地方分権化、IT技術の進展等、我が国の将来像の在り方を踏まえた検討を行う必要がある。

このような状況の下、平成12年9月に環境庁(当時)において、「温室効果ガス削減技術シナリオ策定調査検討会」を設置し、1990年以降の排出量増減の要因を明らかとするとともに、現行の対策によって、2010年にどれだけの削減量

が見込めるか、また、今後、技術的、時間的（2010年まで）な条件の下で、制度的、資金的な制約を捨象した場合、最大限どれだけの削減ポテンシャルがあるかについての検討を行った。

この検討結果を受けて、本年2月、地球温暖化防止のための国内対策の在り方を技術的な観点からさらに深く検討するため、中央環境審議会地球環境部会の下に、本小委員会が設置された。本小委員会では、検討会の成果を活用して、各部門ごとの基本的方向性を審議した上で、各対策の削減ポテンシャルを精査し、制度的・社会的制約、副次的効果等を明らかにするとともに、各追加的対策の経済性評価を行い、考えられる対策手法の選択を示して、国内制度小委員会の審議に反映させて行った。

今後、環境省においては、本報告書を参考として、費用や削減量の観点から優先度の高いと判断される対策について、更に具体的な課題を明らかとした上でその推進を図るとともに、京都議定書の目標を達成するため、個々の対策の導入を促す国内制度が構築されることを期待する。

*)基準年は、二酸化炭素、メタン及び一酸化二窒素については1990年
HFC、PFC及びSF6については1995年

「目標達成シナリオ小委員会」委員名簿

敬称略：50音順

委員長 西岡 秀三	国立環境研究所理事
飯田 哲也	(株)日本総合研究所主任研究員
内山 洋司	筑波大学機能工学系教授
浦野 紘平	横浜国立大学大学院環境情報研究院教授
太田 勝敏	東京大学大学院工学系研究科教授
小高 松男	交通安全環境研究所環境エネルギー部長
木谷 収	日本大学生物資源科学部環境工学科教授
熊崎 實	岐阜県立森林文化アカデミー学長
佐土原 聡	横浜国立大学大学院環境情報研究院教授
大聖 泰弘	早稲田大学理工学部教授
槌屋 治紀	(株)システム技術研究所所長
中上 英俊	(株)住環境計画研究所所長
永田 勝也	早稲田大学理工学部教授
藤井 美文	文教大学国際学部教授
松尾 陽	明治大学理工学部建築学科教授
水谷 洋一	静岡大学人文学部助教授
森田 恒幸	国立環境研究所社会環境システム研究領域 領域長
山地 憲治	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
渡辺 征夫	国立公衆衛生院地域環境衛生学部環境評価室長

目標達成シナリオ小委員会 会合の経緯

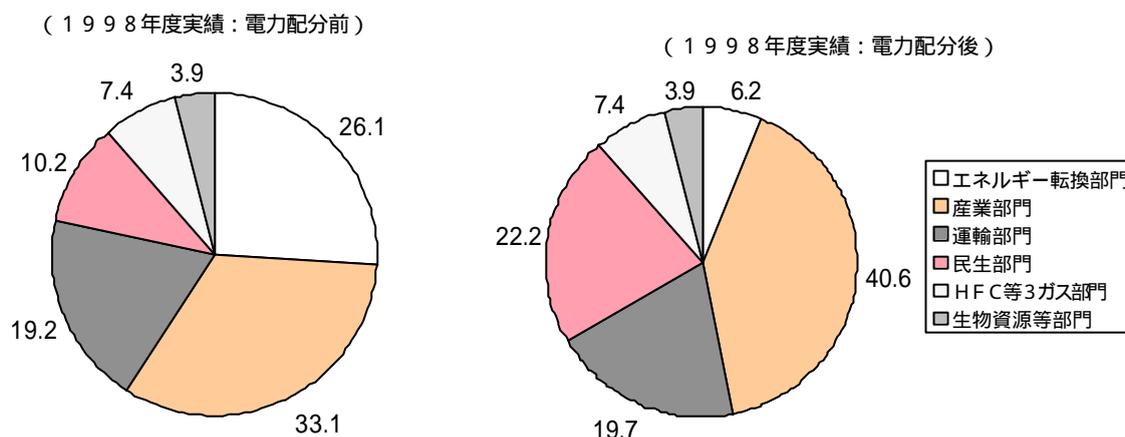
- 第1回 3月29日(木) 10:00~12:00 東条イパリアパレス 千鳥の間
目標達成シナリオ小委員会の今後の検討方針について
地球温暖化に関する最新の科学的知見について
温室効果ガス削減技術シナリオ策定調査検討会報告について
- 第2回 4月9日(月) 10:00~12:00 東条イパリアパレス 九重の間
今後の審議の進め方について
民生部門及び非エネルギー起源二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素における現行
施策の評価と今後の削減ポテンシャルについて
- 第3回 4月26日(木) 15:00~17:30 虎ノ門パストラル 藤の間
運輸部門及びHFC等3ガス部門における現行施策の評価と今後の削減ポテ
ンシャルについて
- 第4回 5月10日(木) 14:00~17:00 東条イパリアパレス 千鳥の間
エネルギー転換部門及び産業部門における現行施策の評価と今後の削減ポテ
ンシャルについて
- 第5回 5月31日(木) 14:00~17:00 東条イパリアパレス 扇の間
関係諸団体からのヒアリング
- 第6回 6月14日(木) 14:00~17:00 東条イパリアパレス 扇の間
温暖化対策の経済性評価について
- 第7回 6月20日(水) 10:00~12:00 東条イパリアパレス 千鳥の間
各種モデルによる削減可能性及び中間とりまとめ案について
- 第8回 6月28日(木) 15:00~18:00 東条イパリアパレス 扇の間
中間とりまとめ案について

I. 温室効果ガスの排出実態とその要因分析

1. 温室効果ガスの排出構造

(1) 各部門の排出量内訳

1998年度温室効果ガス排出量の各部門ごとの内訳を、図1に示す。電力の使用に伴う二酸化炭素を、電力を使用したところで排出したと見なし、各部門に配分すると、各部門の排出量内訳は、図1の右側に示すとおりである。これによれば、産業部門が全体の約40%を占め、最大の排出源となっている。次いで、割合の高いのが、民生部門、運輸部門であり、それぞれ約22%、20%を占めている。



(注) 二酸化炭素だけでなく、温室効果ガス全体の内訳であり、HFC等3ガスは、潜在排出量で集計している。また、生物資源等部門には、工業プロセス(セメント製造に伴うCO₂排出等)、農業・畜産、廃棄物、土地利用変化及び林業を含む。

図1 各温室効果ガス排出量の割合 (単位：%)

(2) 温室効果ガスに関する部門間の関係

温室効果ガスは、さまざまな社会経済活動に伴って排出されるが、それぞれの社会経済活動の部門間においても、エネルギーの供給、製品・資源の供給、廃棄物の移動等、種々の関係が存在する。温室効果ガス排出量の削減を推進するためには、各部門間の関係を踏まえて、効果的な対策を立案する必要がある。各部門間の主要な関係は、図2のとおりである。

エネルギー転換部門

エネルギー転換部門（電気事業者）から排出されるCO₂排出量は、産業部門、民生部門、運輸部門におけるエネルギー需要の変化の影響を大きく受けるが、電源構成による影響も大きい。

エネルギー転換部門（電気事業者）の排出量は、一般的に、産業部門、民生部門、廃棄物部門などでの自家発電や新エネルギーの導入、エネルギーの有効利用によって減少する。

産業部門

産業部門の排出量は、民生部門などと同様に、エネルギー転換部門（電気事業者）の排出係数の改善によって減少する。一方、産業部門での自家発電やコージェネレーションの導入、製造工程で発生するエネルギーの有効利用を通じてエネルギー転換部門の排出量を削減することができる。ただし、エネルギー転換部門と産業部門全体でみた排出量は必ずしも減少するとは限らない点に留意する必要がある。

温暖化対策として、単に産業部門におけるCO₂排出量を削減することだけでなく、燃費の良い自動車や省エネ性能の優れた家電・OA機器の提供、HFC等3ガスの他の物質への代替、荷主としての物流の効率化、廃棄物量の削減などの活動を通じて、温室効果ガス排出量の少ない社会づくりを進めることが産業界に期待されている。

運輸部門

旅客部門は、民生（家庭）部門での世帯数の増加、移送需要の変化や民生（業務）部門での通勤形態の変化の影響を大きく受ける。

貨物部門は、民生（業務）部門や産業部門における物流需要の変化の影響を受け、物流の効率化を図ることによって貨物部門の排出量を削減することができる。

また、運輸部門は、産業部門で製造される自動車や各種車両等のエネルギー消費原単位の改善や、エネルギー転換部門（電気事業者）の排出係数の改善によって減少する。

なお、温室効果ガスの排出抑制は、一般に燃料消費の抑制を通じて窒素酸化物等の大気汚染物質の低減に資するものであり、特に大気保全対策の重要な都市地域では、大気を保全するためにも温暖化対策が重要な意味を持つ。この意味で、

特に都市地域における交通需要マネジメント対策等については、運輸部門における温暖化対策と大気保全対策の双方の観点から進めることが求められる。

一方、大気保全の観点から相対的に好ましいガソリン車は、一般に燃費の観点ではディーゼル車に劣ること、また、窒素酸化物削減のための触媒装置が、一酸化二窒素の増加をもたらすなど、必ずしも両立しない場合があり、地域の大気保全の必要性に即した対策を考える必要がある。

民生部門

民生部門(電力配分後)の排出量は、産業部門で製造される家電製品等のエネルギー消費原単位の改善や、エネルギー転換部門(電気事業者)の排出係数の改善によって減少する。地域によっては、産業部門の工場排熱やバイオマスエネルギーによる電気、熱が供給され、排出量削減に資することになる。

民生部門における太陽光発電の電力分は、間接的にエネルギー転換部門の化石燃料消費を軽減することができる。

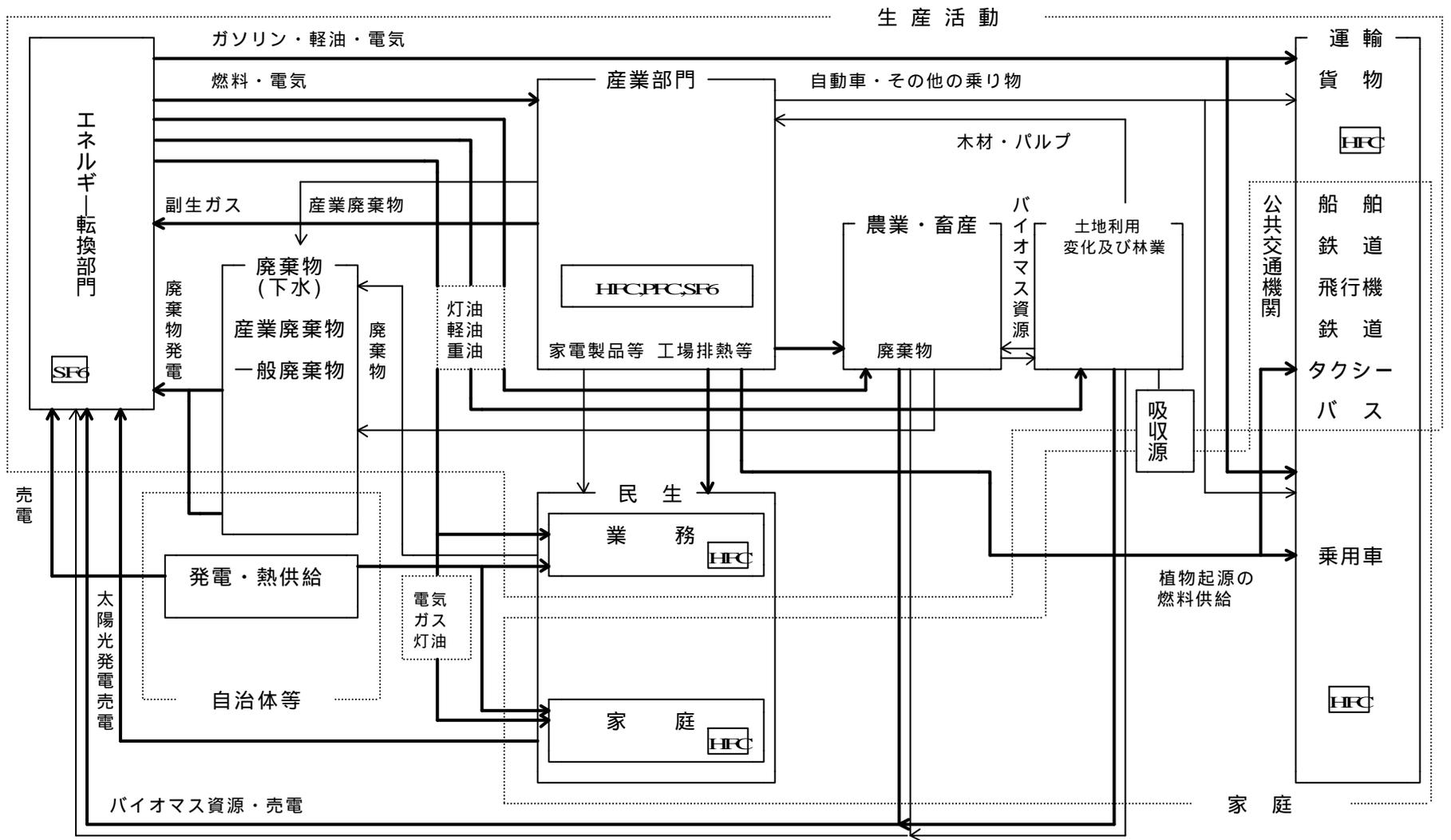
各家庭やオフィス等から排出された廃棄物は、廃棄物部門で焼却・埋立処理され、間接的に温室効果ガスを排出することになる。

非エネルギー起源の CO₂、CH₄、N₂O

廃プラスチックの高炉利用のように、産業部門や民生部門、農業・畜産・林業における廃棄物の発生抑制・リサイクル等を推進することによって、廃棄物部門の温室効果ガス排出量を削減できる。

また、廃棄物やバイオマスエネルギーを利用することによって、エネルギー転換部門の化石燃料使用量を削減することになり、温室効果ガスを間接的に削減することができる。

これらの対策については、インセンティブを付与する観点から、このような間接的効果をどの部門の効果として評価するか等について、今後さらに検討する必要がある。



凡例 → エネルギーの供給 → 製品・資源の供給 → 廃棄物の移動

図 2 温室効果ガスに関する部門間の関係

2. 各部門の排出量の推移とその要因分析

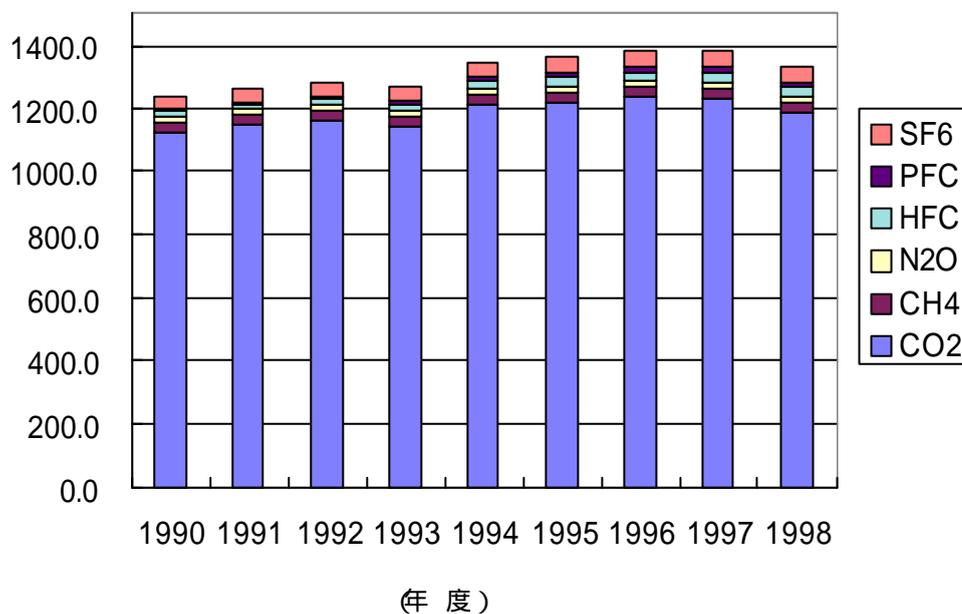
(1) 各部門の排出量の推移

平成12年に発表した1998年度までの温室効果ガス排出量の推移を示す。

表 1 我が国の温室効果ガス排出量の推移

単位 百万CO₂トン

	GWP	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
二酸化炭素 (CO ₂)	1	1124.4	1147.8	1162.2	1144.0	1214.1	1221.1	1236.9	1233.9	1187.6
メタン (CH ₄)	21	32.3	31.9	31.6	31.5	31.1	30.9	30.2	29.0	28.6
一酸化二窒素 (N ₂ O)	310	18.1	17.6	17.7	17.6	18.9	19.3	20.3	21.1	19.9
ハイドロフルオロカーボン類 (HFC)	HFC-134a: 1300など	17.6	18.1	19.4	20.9	28.1	29.8	30.0	33.6	31.6
パーフルオロカーボン類 (PFC)	PFC-14: 6500など	5.7	6.4	6.4	8.7	11.7	15.3	16.2	16.4	17.8
六ふっ化硫黄 (SF ₆)	23900	38.2	43.5	47.8	45.4	45.4	52.6	50.2	49.7	50.0
計		1236.3	1265.2	1285.2	1268.1	1349.4	1369.0	1383.8	1383.7	1335.5



(注) HFC等3ガスについては、潜在排出量を用いている

図 3 我が国の温室効果ガス排出量の推移 (単位: 百万CO₂トン)

(2) 要因分析手法の概要

エネルギー転換部門、産業部門、運輸部門(旅客、貨物)、民生(業務、家庭)部門のそれぞれについて排出されているエネルギー起源の二酸化炭素については、要因分析手法を用いて、各要因の増減に対する寄与度を明らかにした。

要因分析手法とは、各部門毎の排出量の変動を諸因子に分解する手法であり、各部門毎の排出量をいくつかの因子の積として表し偏微分することにより、それぞれの因子の変化分が与える排出量変化分を定量的に表すことができる。

$$E = (A \times B \times C \times D)$$

偏微分

$$E = (A \times B \times C \times D) + \text{交絡項}$$

= 第1要因 + 第2要因 + 第3要因 + 第4要因 + 交絡項

(注)交絡項は、A、B、C、Dのうち複数の要因の同時変化による変化分。

例(産業部門)

- A : エネルギー消費当たりの二酸化炭素排出量
- B : 生産額当たりのエネルギー消費量
- C : 産業の国民生産に対するある業種の生産額の割合
- D : 産業の国民生産

表 2 要因分析に用いた要因項

要因項	説明
CO2排出原単位項(注)	エネルギー消費当たりの二酸化炭素排出量で表され、エネルギー転換部門での省エネルギー対策や燃料転換等による排出係数の改善などが反映される。
エネルギー消費原単位項(注)	活動量当たりのエネルギー消費量で表され、エネルギー消費機器効率の改善、市民や事業者の省エネ活動などが反映される。
構造要因項	産業構造の変化(業種別生産額構成比)やモーダルシフト(輸送分担率)など、エネルギー消費構造変化が反映される。
活動量項	生産額や交通量、事業所床面積、世帯数などの活動量の増減が反映される。

(注) 学術用語としては炭素強度(Carbon Intensity)、エネルギー強度(Energy Intensity)と表現するのが一般的だが、広く市民に理解を得ることを目的にこの用語を用いている。

(3) 要因分析結果

1990年度から98年度の8年間でエネルギー起源の二酸化炭素の総排出量は、66,874千トン(90年比6.4%増)増加した。部門別の内訳をみると、運輸部門(44,876千トン増)、民生部門(32,974千トン増)が増加に大きく寄与しているのに対し、産業部門(15,522千トン減)は減少している。

[エネルギー転換部門]

エネルギー転換部門(電力配分前)のうち、電気事業者からの総排出量は微増にとどまっているが、これは、総電力需要によって大きく増加したものの、電源構成の変化や火力発電の燃料構成の変化等によって大きく改善されたことによる。

[産業部門]

産業部門は減少したが、産業構造変化とCO₂排出原単位の改善による減少分が大きく寄与しており、エネルギー効率は悪化している。

[運輸部門]

運輸部門のうち旅客部門の増加が著しいが、主として自家用自動車による要因で増加しており、自動車の大型化、渋滞等による実走行燃費の悪化等のエネルギー効率が悪化したこと、旅客輸送量が増加したことによる。貨物部門も増加しており、海運や鉄道など輸送量当たりの排出量の少ない輸送手段から自動車・航空という排出量の大きい輸送手段にシフトしたことによる。

[民生部門]

民生部門のうち、業務部門では、産業構造の変化による業務部門床面積の増加によって急増している。また、家庭部門では、核家族化等による世帯数の増加によって増加しており、電力消費機器の増加を背景とした1世帯当たりのエネルギー消費の増加も排出量の増加に寄与している。

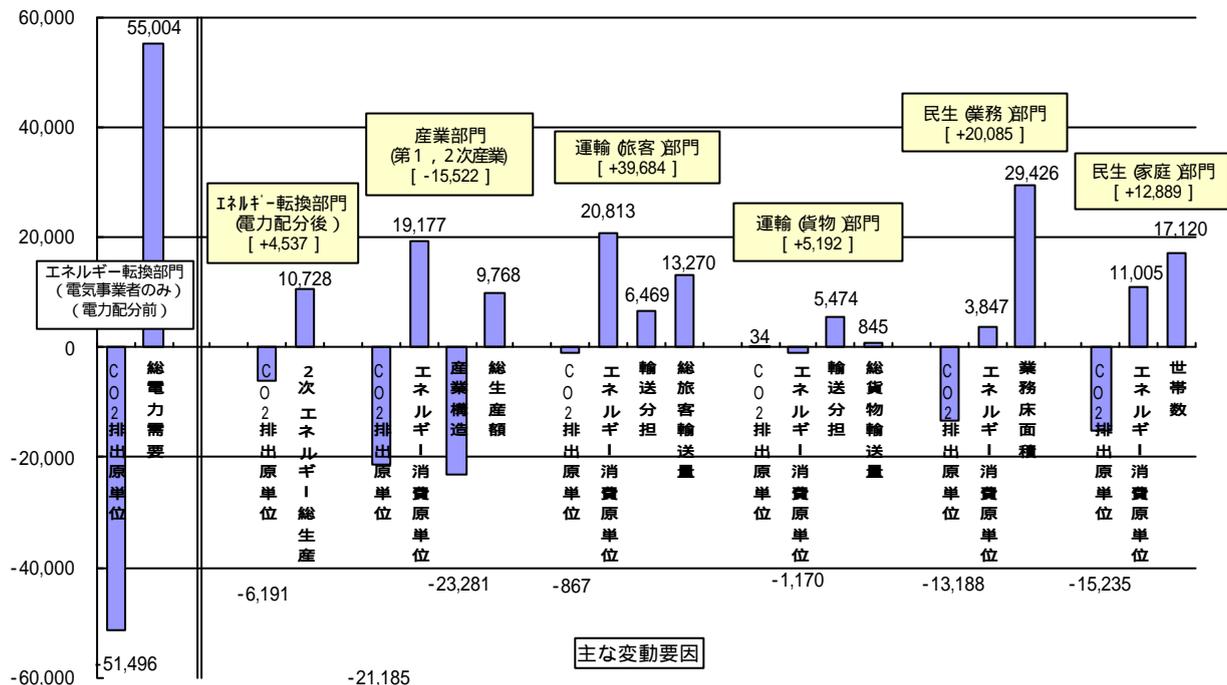
[その他]

非エネルギー起源の二酸化炭素及びその他の温室効果ガスの増減については、「II.各部門別の排出実態と対策の現状」で述べるが、工業プロセスにおけるCO₂排出量が大きく減少しているのは、主にセメント製造工程からの排出量が減少したことによる。

各部門においてCO2排出原単位が改善されている原因の大部分は、エネルギー転換部門(電気事業者)において、発電電力量当たりのCO2排出原単位が改善(原子力発電量の増加等)されていることによる。

また、産業構造の変化については、第3次産業が増加するのに伴って第1～3次産業の総生産額当たりの排出量(産業部門と民生業務部門の合計)が年々低下していることから、排出量減少に寄与していると考えられる。

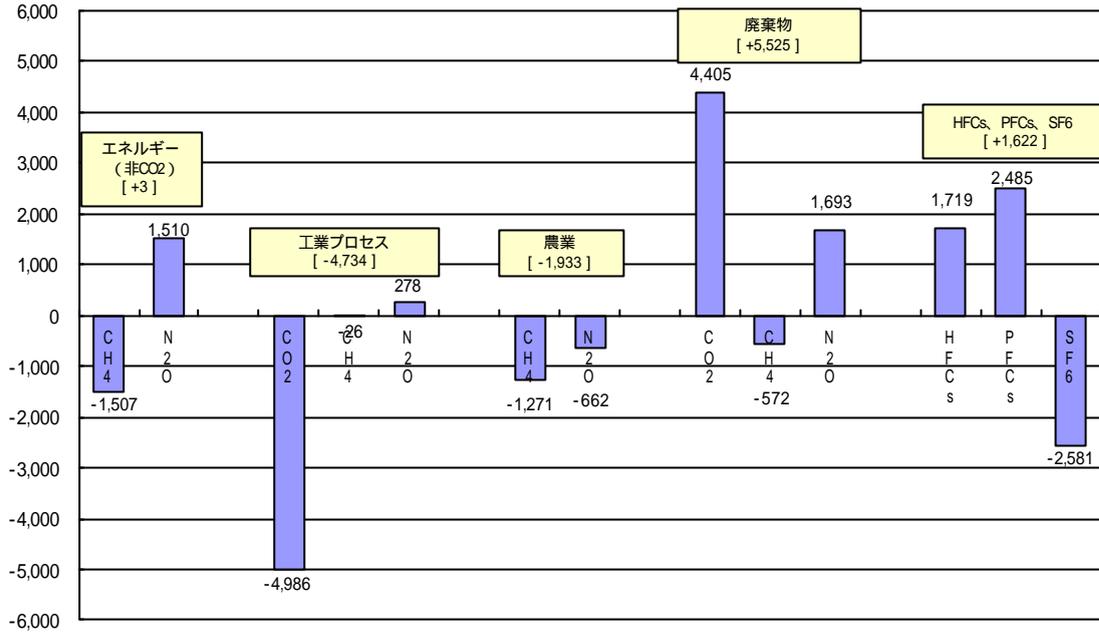
増減 [千トン CO2]



- (注1) 1990年度から1998年度の間で二酸化炭素は 66,874 [千トン CO2] 増加した(対90年度比6.4%増)。各部門の増減量は[]の中に示した。
- (注2) 各部門の要因分析によって生ずる交絡項は省略しているため、各部門の要因毎の増減値の合計と各部門の増減量とは一致しない。
- (注3) 産業部門の産業構造項は、第1、2次産業の総生産額に占める各業種の割合で表される。生産額項は、第1、2次産業の総生産額。
- (注4) 各部門のエネルギー効率項は、需要要因項(総生産額、総旅客輸送量、総貨物輸送量、業務床面積、世帯数)当たりのエネルギー消費量で表される。

図 4 エネルギー起源のCO2排出量の増減要因

増減 [千トン CO2 換算]



- (注1) 1998年度のGHGs排出量(「土地利用、土地利用変化および林業」を除く)は基準年比で 63,048 [千トン CO₂ 換算] 増加した(対基準年比5.0%増)。各部門の増減量は[]の中に示した。
- (注2) 「土地利用、土地利用変化および林業」部門は、1995年度以降温室効果ガス排出・吸収目録に計上されていないため除いてある。
- (注3) エネルギー(非CO₂)は燃料の燃焼に伴うCH₄、N₂の排出および、燃料の漏出に伴うCH₄排出が含まれる。
- (注4) CO₂、CH₄、N₂の基準年は1990年度。HFCs、PFCs、SF₆の基準年は1995年度とし、潜在排出量を用いている。

図 5 非エネルギー起源の二酸化炭素及びその他の温室効果ガス排出量の増減
(基準年～1998年度)

II . 各部門別の排出実態と対策の現状

1 . エネルギー転換部門

(1) 排出量の現状と推移

エネルギー転換部門における排出量（直接的な排出量）は、我が国における温室効果ガス総排出量の約26.1%を占める。また、同部門の二酸化炭素排出量の内訳（電力配分前）は、電気事業者が84.8%、熱供給事業者が0.2%で、残りがエネルギー転換部門自家消費及び送配電ロスであり14.9%を占める。なお、エネルギー転換部門自家消費には、ガス供給、石油精製等が含まれる。

98年度のエネルギー転換部門(電力配分前)の総排出量は、対90年比で2.7%増加になっている。

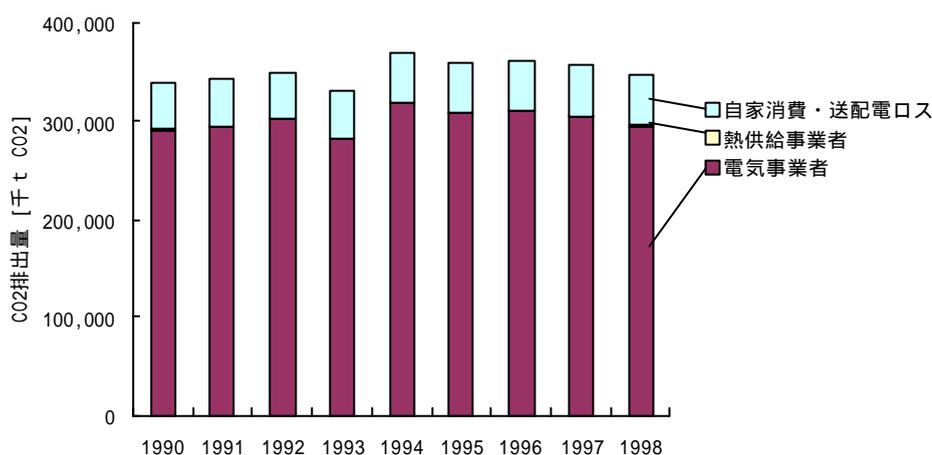


図 6 エネルギー転換部門の排出量(電力配分前)の推移

発電に伴う排出量を電力消費量に応じて最終需要部門に配分した後のエネルギー転換部門における排出量は81,844 [千 t CO2] であり、我が国における温室効果ガス総排出量の約6.2%を占める。98年度のエネルギー転換部門(電力配分後)の総排出量は、対90年度比で5.7%増加になっている。

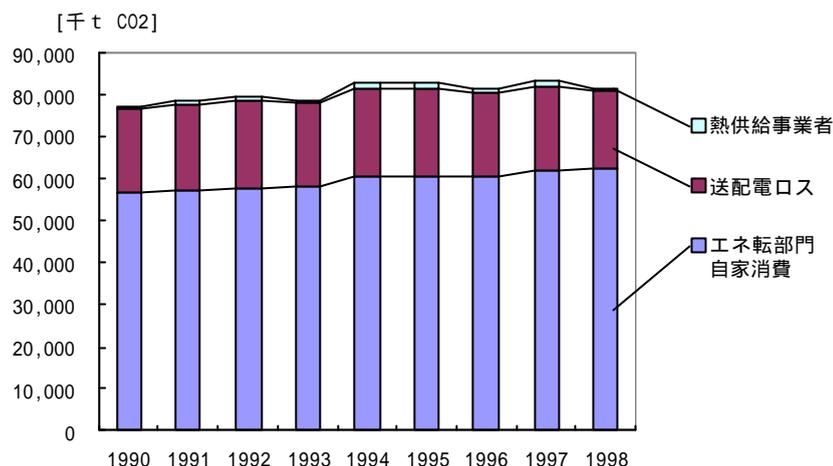
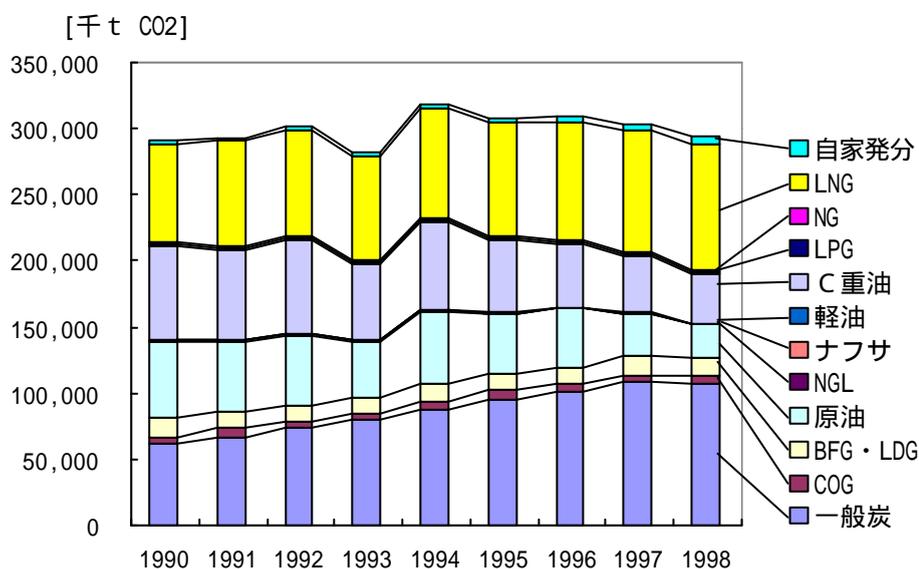


図 7 エネルギー転換部門の排出量(電力配分後)の推移

1998年度の電気事業者(電力配分前)の総排出量は295,074 [千 t CO₂]で、対90年度比で1.2%の増加となっている。

石炭の利用に伴う排出量が急増しており、発電用の石炭消費量で見ると、1990年に2,724万トンであったのが、99年には約2倍の5,180万トンとなっている。一方、LNGについても発電用の消費量は増加しており、90年の2,762万トンに対し、98年は3,536万トンとなっている。



(注)自家発分：電気事業者以外からの受電分、LNG：液化天然ガス、NG：天然ガス、LPG：液化石油ガス、NGL：天然ガス液、BFG：高炉ガス、LDG：転炉ガス、COG：コークス炉ガス

図 8 エネルギー転換部門(電気事業者)の排出量(電力配分前)の推移

エネルギー転換部門（電気事業者）から排出されるCO2排出量は、産業部門、民生部門、運輸部門におけるエネルギー需要の変化の影響を大きく受けるが、電源構成による影響も大きい。

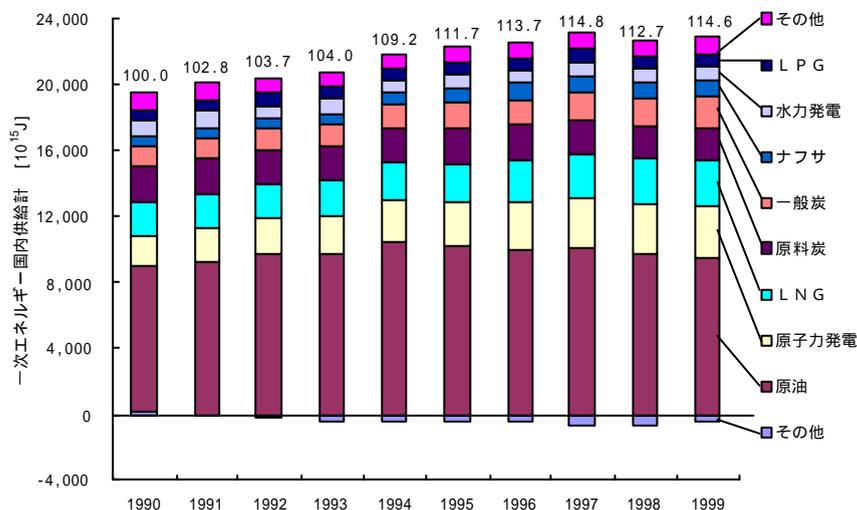
エネルギー転換部門（電気事業者）の排出量は、一般的に、産業部門、民生部門、廃棄物部門などでの自家発電や新エネルギーの導入、エネルギーの有効利用によって減少する。

以下、要因分析では、エネルギー転換部門（電気事業者）からのCO2排出量の増減要因と新エネルギー導入の現状と課題について検討する。

（2）要因分析と課題

一次エネルギー供給量及び最終エネルギー（石炭・コークスを除く）は一貫して増加
一次エネルギー供給量及び最終的に消費されるエネルギー種類別に、消費量の推移をJの単位で表示すると以下の図のとおりである。

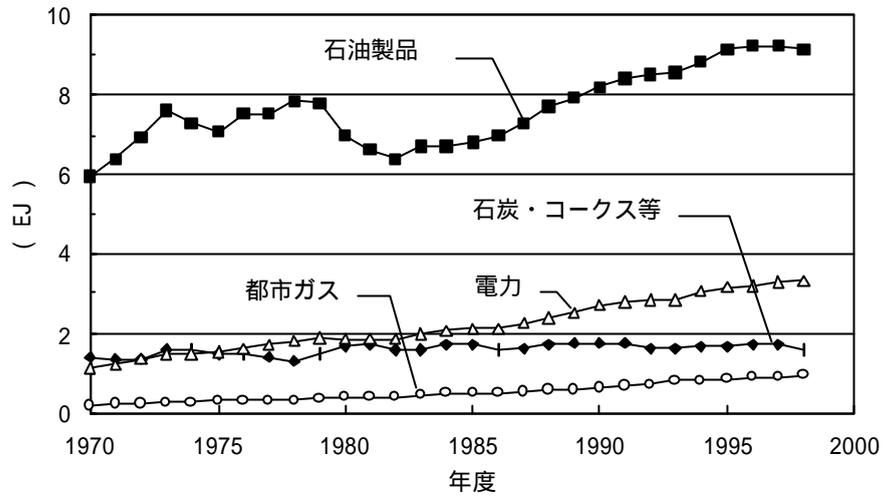
最終エネルギー消費のうち、最も消費量の多い石油製品は、1982年以降増加傾向にあり、電力及び都市ガスも一貫して増加していることが示されている。



（注）棒グラフ上の数字は1990年度比。その他 は輸出货量なのでマイナスとなっている。
 その他：無煙炭等、N G L、ガソリン、灯油、天然ガス、A重油、オイルコーク、ごみ発電、地熱、太陽熱、その他（新エ）
 その他：その他（石油製品）、潤滑油、軽油、コークス、C重油、ジェット燃料油

図 9 一次エネルギー国内供給量の推移

（出典：「総合エネルギー統計平成12年版」（資源エネルギー庁編）より作成）



(注) コークス等はコークス、コークス炉ガス、高炉ガス・転炉ガス、練豆炭。
電力は二次エネルギー換算(3.6MJ/kWh)。EJ：エクサジュール、 10^{18} J

図 10 主要エネルギー源別最終エネルギー消費量の推移

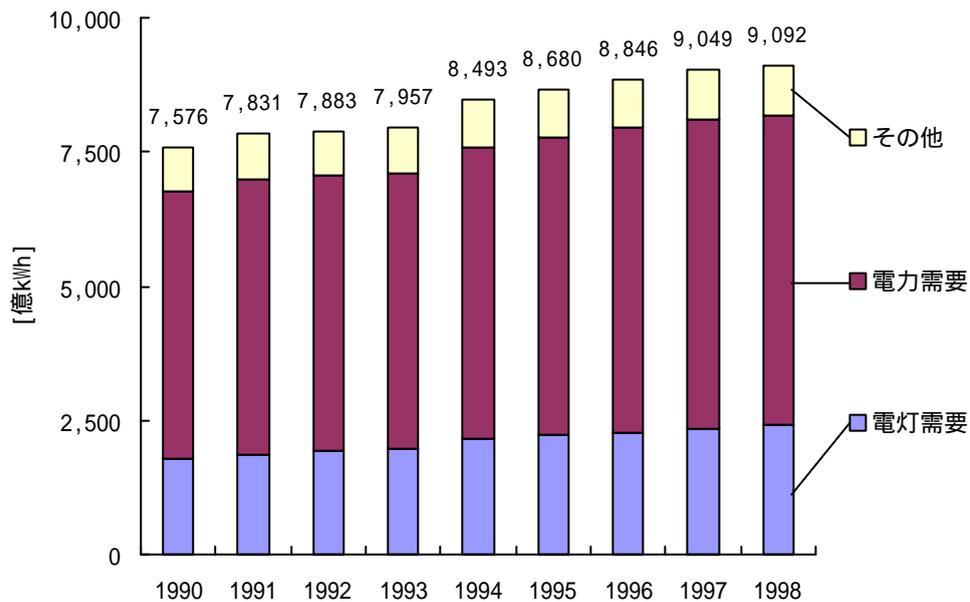
(出典：「総合エネルギー統計平成11年版」(資源エネルギー庁編)より作成)

電気事業者

発電電力量は約20%増加

98年度の電気事業者の発電電力量は909,150 [10⁶kWh]であり、対90年比で20%増加している。その内訳は、電力需要が63.5%で、電灯需要が26.5%、その他が10%となっている。

電灯需要は対90年度比で35.8%増加しており、電力需要の15.3%と比べて大きく増加している。



(注1) その他：発電所所内消費、送配電ロス、変電所所内消費/等

(注2) 電力需要：オフィスビル、デパート、病院等の「業務用電力」と工場、鉄道の動力・熱源の「小口・大口電力」の2つを指す。

(注3) 電灯需要：上記の電力需要以外の一般家庭、街灯などの電気需要を指す。

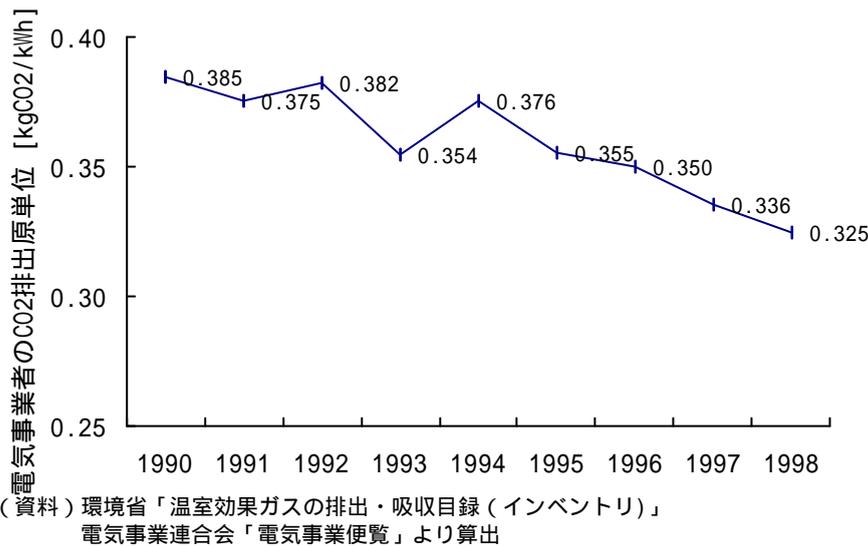
図 11 電気事業者の発電電力量の推移

(出典)「電気事業便覧」(電気事業連合会)より作成

電源構成の変化によりCO2排出原単位は改善

発電事業者における電源構成の変化により、CO2排出原単位(単位発電量当たりのCO2排出量)は、1990年度から1998年度にかけて約16%改善されている。

原子力、水力及び再生可能エネルギー利用に伴う発電については、排出係数をゼロとして算定することとしているため、電源構成に占めるこれらの割合の増加が、排出源単位の改善に寄与していると言える。



(注) 地球温暖化対策推進法施行令に基づく排出係数は、一般電気事業者とその他電気事業者は区別して設定されているが、ここでは、両者を区別していない。

図 12 一般電気事業者及びその他電気事業者の単位発電量当たりのCO2排出量の推移(発電端)

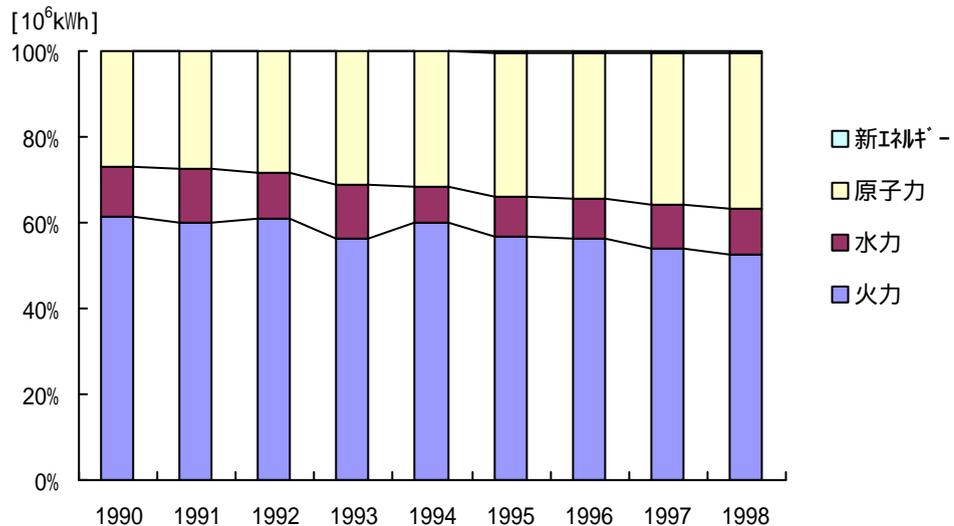


図 13 電源構成の推移

(出典: 「電気事業便覧平成11年版」(電気事業者連合会統計委員会編)より作成)

火力発電のCO2排出原単位は改善されている

一方、火力発電のCO2排出原単位も1990年度から1998年度にかけて1.6%改善されている。これは、発電効率の向上と燃料構成の変化などによる。

火力発電の燃料構成の推移をみると、排出係数の大きい一般炭（輸入炭の排出係数は90.0gCO2/MJ）が増加しているものの、排出係数の小さいLNG（排出係数は50.8gCO2/MJ）の割合が増加している。

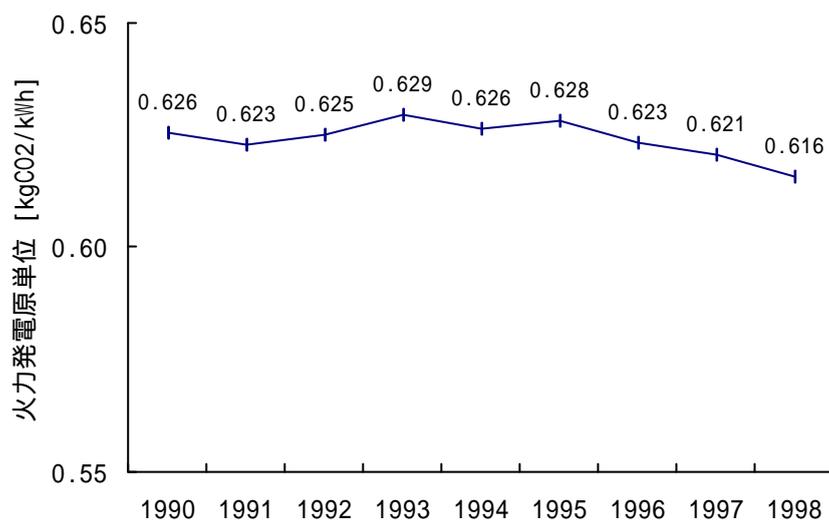
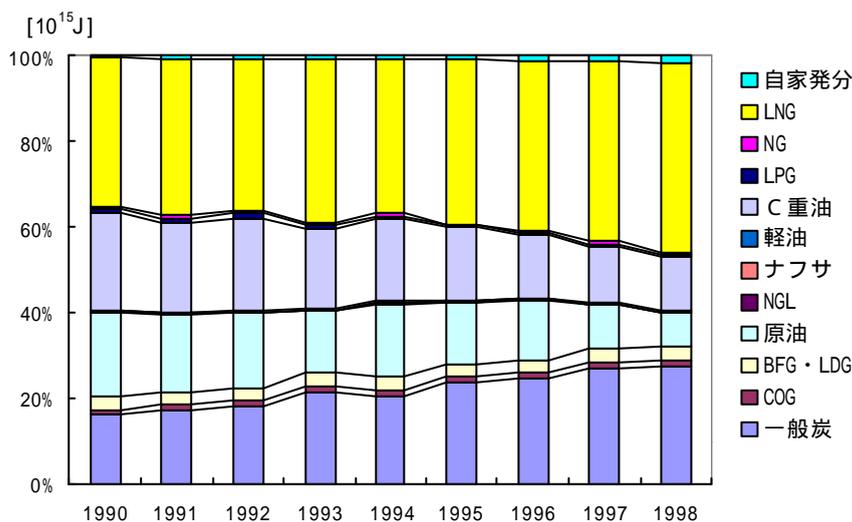


図 14 一般電気事業者及びその他電気事業者の火力発電におけるCO2排出原単位の推移(発電端)

(出典：「温室効果ガス排出吸収目録」(環境省)及び「電気事業便覧平成11年版」(電気事業連合会統計委員会編)より作成)



(注)LNG：液化天然ガス,NG：天然ガス,LPG：液化石油ガス,NGL：天然ガス液,
BFG：高炉ガス,LDG：転炉ガス,COG：コークス炉ガス

図 15 火力発電の燃料構成比の推移

(出典：「総合エネルギー統計平成11年版」(資源エネルギー庁編)より作成)

火力発電の設備利用率は気象要因の影響を受ける

電力需要は、気象変化によって変動するため、原子力発電や水力発電による電力供給を基本とし、不足分が生じた場合に火力発電で調整される。従って、ピーク電力といわれる夏の昼間の冷房需要等の増減がCO2排出量の増減に大きく寄与する。

設備利用率¹と冷房デGREEデー²の推移をみると、ベース電源となっている原子力発電の設備利用率は98年で83.9%となっており、90年度に比べて10.9ポイントの増加となっている。一方、火力発電の設備利用率は98年度で41.2%となっており、90年度に比べて8.6ポイントの減少となっている。1993年は冷夏であり、ピーク電力が低く抑えられたため火力発電の設備利用率は低くなっていることがわかる。また、1994年は猛暑で湯水も発生したため、水力発電の利用率が大きく減少し、ピーク電力の増加が著しく火力発電の設備利用率が最も高くなった。

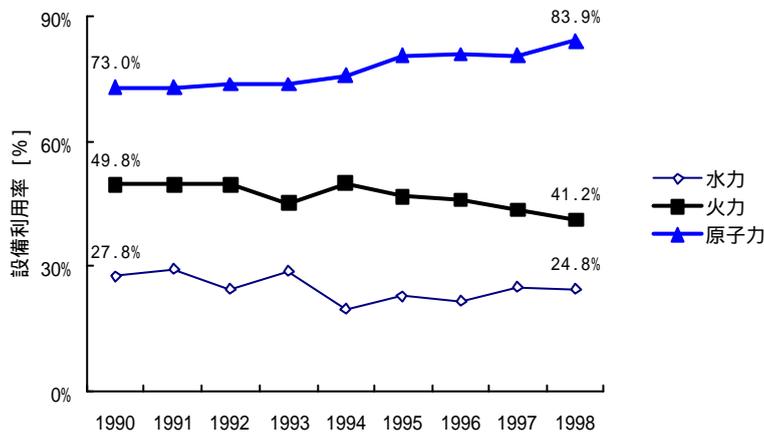


図 16 設備利用率の推移

(出典：「電気事業便覧平成11年度版」(電気事業連合会統計委員編)より作成)

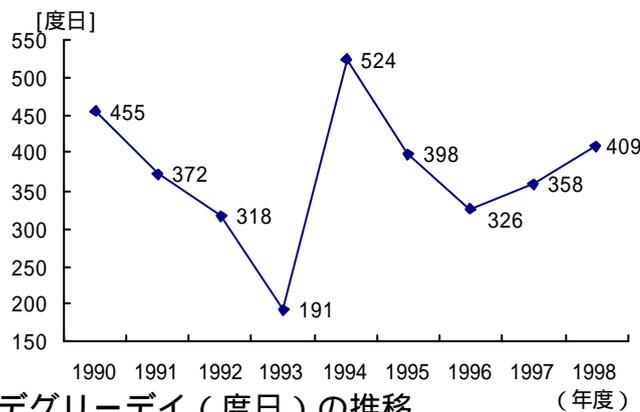


図 17 冷房デGREEデー (度日) の推移

(出典：「エネルギー・経済統計要覧平成11年版」(日本エネルギー経済研究所編))

$$^1 \text{ 設備利用率 [\%] } = \frac{\text{発電電力量 [10}^6\text{kWh]}}{\text{最大出力 [10}^3\text{kW]} \times 24[\text{h}] \times 365[\text{day}] \times 10^3}$$

閏年は未考慮

² 日平均気温より作成。24 を超える日の平均気温と 22 との差を合計。

火力発電における石油から石炭・LNGへの燃料転換が進展

石油火力については、オイルショック以降は石油代替エネルギーの開発や導入によって減少基調で推移しており、一般電気事業用の総発電量に占める石油火力の割合は1990年の26.5%から1998年には10.8%に減少した。

石炭については、埋蔵量が豊富で、政情が比較的安定している国々に広く存在していることから、安定供給性に優れており、また、石油やLNGよりも相対的に安価なこと等から、石油代替エネルギーの柱として積極的な導入が図られてきた。その結果、一般電気事業用の総発電量に占める石炭火力の割合は、1990年の9.7%から1998年には14.9%に上昇した。また、火力発電量に占める割合も、1990年の16.1%から1998年の28.8%に大きく上昇した。

LNGについては、石油代替エネルギーの柱の一つとして、また、都市圏の大気汚染防止対策における極めて有効な発電燃料として、積極的に導入が図られてきた。その結果、一般電気事業用の総発電量に占めるLNG火力の割合は、1990年の22.2%から1998年24.6%に上昇した。また、火力発電量に占める割合も、1990年の36.7%から1998年の47.5%に上昇した。

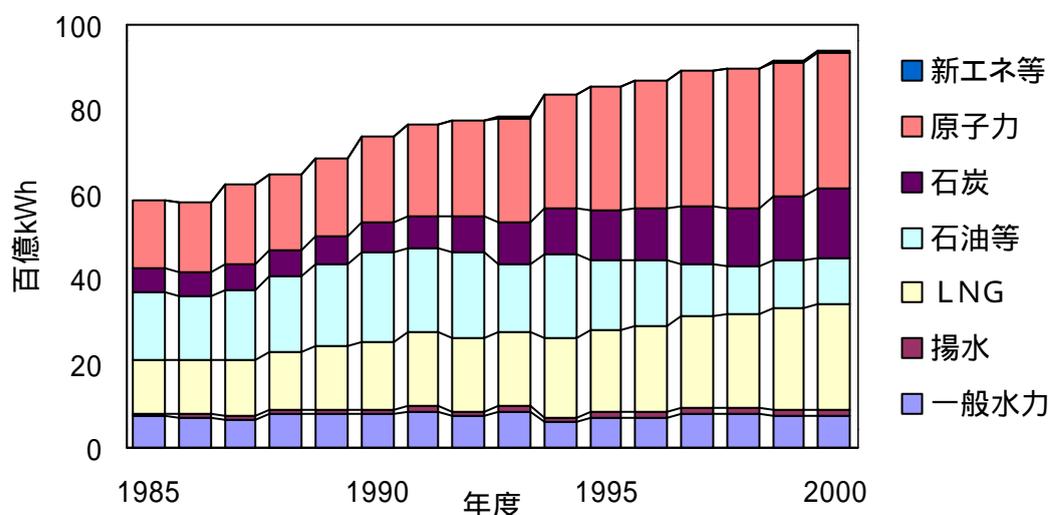


図 18 燃料種別の発電電力量の推移

現行の電気事業者の発電所計画では、将来的に石炭火力と原子力の比率が増加

電気事業者が、平成13年度から平成22年度までにおいて、新たに運転開始する予定となっている発電所（調達予定となっているIPP電源を含む）の出力を下表に示す。平成22年度末の設備構成で見ると、LNG、水力、石油等の比率が減少し、石炭火力と原子力の比率が増加する計画となっている。

表 3 電気事業者による発電所の開発計画

電源種	開発計画 (万kW)	2010年度末 出力(万kW)
原子力	1,694 (13基)	6,185
一般水力	70	2,069
揚水	270	2,741
石炭火力	1,565	4,413
LNG火力	1,100	6,696
石油火力	169	4,694
LPG・瀝青質	39	377
地熱	2	54

(資料) 資源エネルギー庁「平成13年度の電力供給計画の概要」

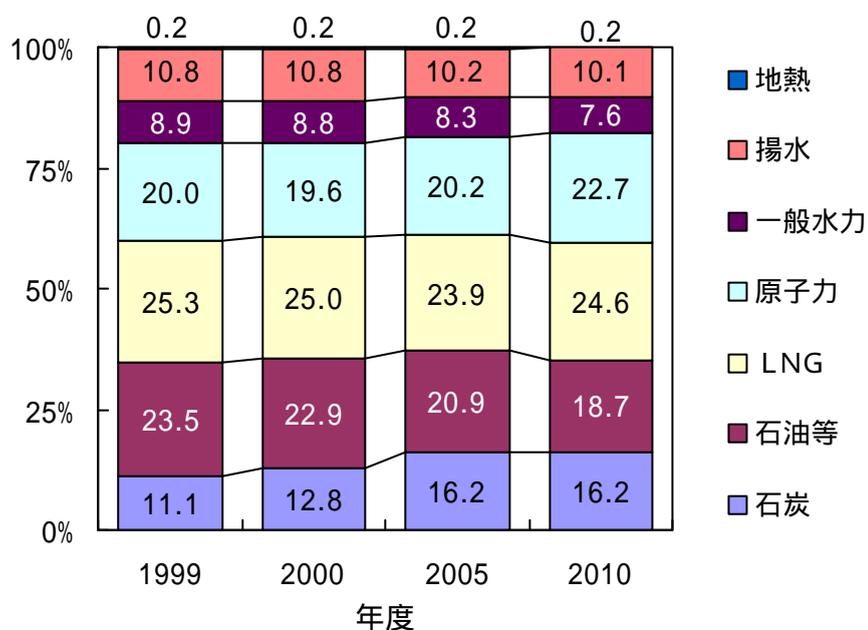


図 19 電気事業者が計画する年度末発電設備構成比

(資料) 資源エネルギー庁「平成13年度の電力供給計画の概要」

(注) 石油等にはLPG・瀝青質を含む。

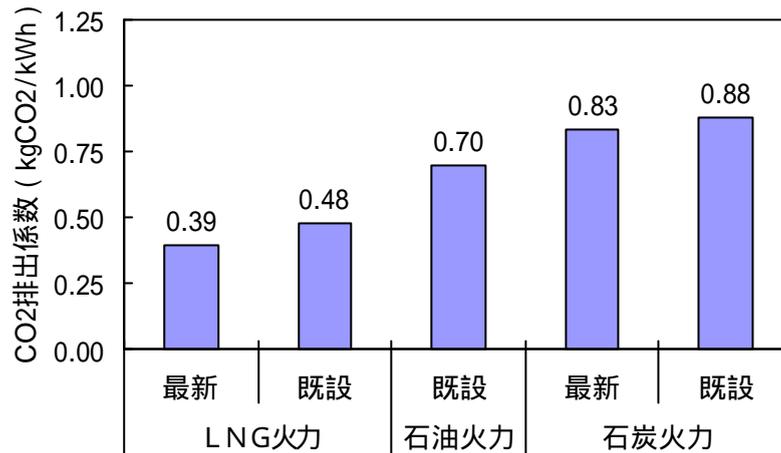


図 20 火力発電における二酸化炭素排出原単位（送電端）の比較

(注)排出原単位は次の条件で算定した。発電端熱効率：LNG火力の最新49%、既設39.5%、石油火力の既設39.5%、石炭火力の最新42%、既設39.5%。所内率（自家消費電力量/発電電力量）：LNG火力の最新3.5%、既設3.5%、石油火力の既設5.5%、石炭火力の最新6.0%、既設6.0%。

電力自由化と温暖化対策の両立が課題

現在、わが国においては、電気料金の低廉化へ向けた社会的要請の高まりから、電気事業の自由化が進められており、1995年と1999年の2度にわたる電気事業法の改正により、1995年には発電市場の一部が自由化され（卸供給事業の創設）、2000年3月には小売市場の一部が自由化された（特定規模電気事業の創設）。このうち、小売自由化については、制度開始から3年後を目処に、制度の見直しが行われる予定となっている。

こうした新規参入事業者では、火力発電が主な電源となり、その発電用燃料としては、経済的に有利な石炭や残さ油が使用される可能性が高いため、自由化の進展に伴って、発電による二酸化炭素の排出が増大することが懸念される。

そのため、地球温暖化対策の観点からは、電力自由化の制度設計と併せて、コストによる競争原理だけでなく、例えば、二酸化炭素の排出量に応じて経済的措置を施す制度や、再生可能エネルギーによる一定の発電量を義務付ける制度など、二酸化炭素排出が少ない電源が導入される仕組みを検討していくことが必要である。

新エネルギー導入の現状と課題

ここでは、風力発電及び廃棄物発電、バイオマス発電、太陽光・太陽熱(民生部門資料の再掲)の現状と課題について検討する。

(a) 風力発電

国内でも最近、1,000kWを超える規模の風力発電機を多数設置するような発電施設の建設が各地で始まり、2010年度の目標値である30万kWは大幅に超える見通しとなってきた。

一方で、EU諸国では強力な推進政策を背景に、ドイツ、スペイン、デンマークなどで急増しており、また、大型機の開発に遅れをとった米国でも風力発電に対する見直しの機運が高まり、大きな目標値を掲げ再び増加傾向にある。

デンマークでは、2030年の風力発電の導入目標値を550万kWとするなど、欧州各国では大きな目標値を設定している。

以下に、主要な風力発電の導入実績と導入目標を示す。

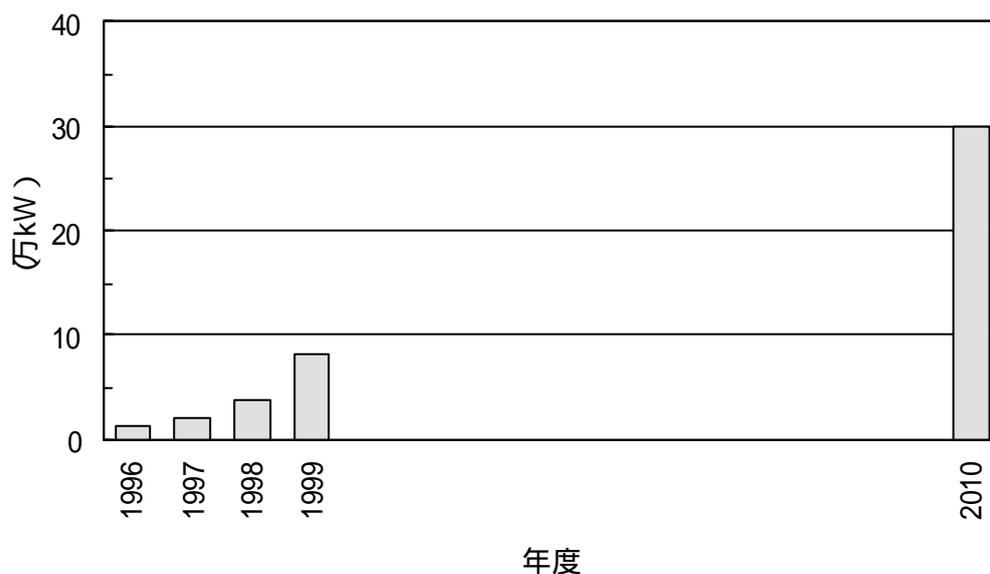
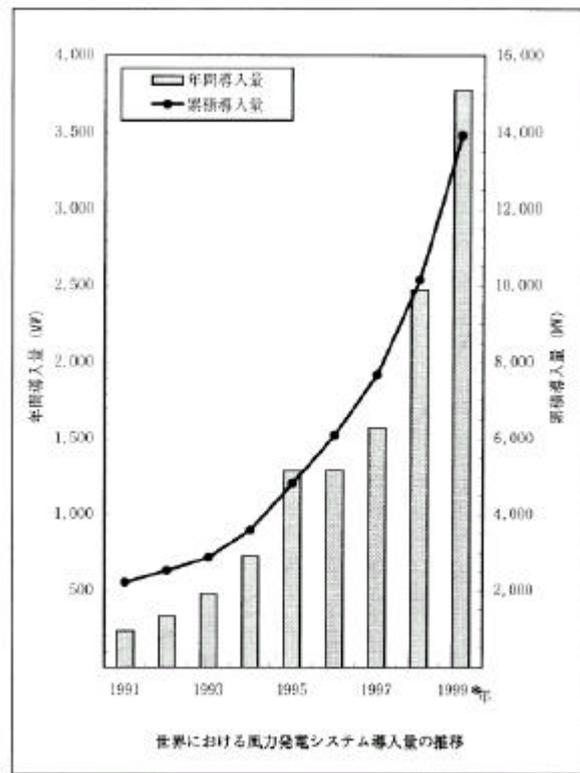


図 21 国内の風力発電の導入実績と目標値

(出典) 1999年度までの導入実績は総合エネルギー調査会新エネルギー部会資料
(第9回、平成12年10月)による。



出典: European Commission Directorate-General for Energy, "Wind Energy-The Facts", April 1998
 → BTM Consult ApS, "International Wind Energy Development", March 2000

図 22 世界の風力発電の導入実績

(出典) NEDO「新エネルギー技術開発関係データ集作成調査(風力発電)」

表 4 各国の風力発電に関する目標値(MW:1,000kW)

国名	1999年末導入実績(MW)	導入目標
日本	68	・ 300MW (2010年度)
アメリカ合衆国	2,445	・ 2002年までに平均風速5.8m/sの地域で売電価格 \$0.04/kWh、平均風速6.7m/sの地域で\$0.025/kWhを達成する。 ・ 2005年までに世界における導入量の25%を占め、国内電力供給量の5%を占める。 ・ 2010年までに全米で合計10,000MWを導入する。
欧州	9,737 (欧州全体)	・ EU加盟国において ・ 40,000MW (2010年: EU White Paper) ・ 再生可能エネルギーによる電力供給を2010年までに全電力供給の12% (現状6%)とする。
ドイツ	4,442	・ 風力発電の導入目標値はない。
スペイン	1,812	・ 地方自治体ごとに目標を設定し ・ 1,020~9,300MW (2000年~2012年)
デンマーク	1,738	・ 1,500MW (2005年) ・ 5,500MW (2030年: うち洋上4,000MW)
オランダ	433	・ 2,750MW (2020年: うち洋上1,250MW) ・ 再生可能エネルギーによる電力供給を2020年までに全電力供給の20%とする。
イギリス	362	・ 再生可能エネルギーによる電力供給を2010年までに全電力供給の10%とする。
イタリア	277	・ 3,000 MW (2010年)

(出典) NEDO「新エネルギー技術開発関係データ集作成調査(風力発電)」

系統への影響緩和が課題

北海道や沖縄等の離島など比較的規模が小さい系統では、その規模に対して過大な風力発電が連系する場合には、周波数変動等の問題が指摘されており、北海道電力では、当面の間15万kWを風力発電の入札の上限と設定している。

今後は、周波数変動等の系統への影響を低減するような技術開発が望まれる。

また、気象データから風力発電による発電量を予め予測し、他の電源と効率的に調整できるようなシステムの開発が望まれる。

風力発電の経済性を確保するための普及促進策や市場形成方策が必要

現在、風力発電の経済性を確保するには、補助金の獲得と電力会社の買い取り（2,000kWを超える規模では、入札にて落札）が条件になり、これが満たされない場合は、発電事業の成立は困難である。

実際に、当面の入札枠を北海道電力では15万kW、東北電力では3年間で30万kW、九州電力では3年間で15万kWというように一定の制約を行っている。

このような入札枠の設定は、系統への影響を抑制する目的と経済性を確保するために実施されており、今後は、どの程度までなら、導入可能であるか技術的、経済的な検証が期待される。

最近、電力会社が中心となってグリーン電力基金が設立され、一般需要家が月々の電気料金に上乗せして基金への寄付金を拠出し、これと電力会社による原則同額の拠出金とを合わせた寄付金によって自然エネルギー発電の普及・促進に充てる制度が発足した。これについては、今後の成果が期待されるものの、どこまで一般市民が寄付を行い、普及するか明確にはなっていない。

他方、ドイツ等では、風力や太陽光による電力は、電力会社が一定の優遇価格にて買い取ることが法律によって義務づけられており、計画的な事業の実施が可能であるとされている。

米国では、電力の自由化による低価格燃料（化石燃料）への集中を防ぎ、自然エネルギーの普及を図るために風力を含む再生可能エネルギーの導入を割り当てる手法（RPS：Renewable Portfolio Standard）の制度が複数の州にて実施されたり、検討され始めている。この制度は、電気事業者や最終消費者に対し、一定の時期までに一定割合の再生可能エネルギーの導入を割り当てるプログラムで、対象とする比率を遵守しない場合罰則が適用される。

また、オーストラリアでは、国内の電力事業者に対して2010年までに再生可能エネルギーによって、全電力の2%に相当する電力を供給するよう義務づけた「2000年再生可能エネルギー法」が施行されている。

電力市場の自由化に伴い、買い取り義務づけによる価格保証的な支援制度に替え、オランダのように「グリーン証明書」を発行し、再生可能エネルギーの普及を支援する制度も存在する。これは、再生可能エネルギーによって発電を行った発電事業者は、発電した電力を一般の電力市場において市場価格に基づき販売し、割高な再生可能エネルギーによる発電コストと電力市場価格との差額分は、証明書を販売することによって補填するしくみとなっている。このグリーン証明書の制度は、オランダ以外にイタリア、デンマークで導入が予定され、また、スウェーデンでも類似の「クライメイト証明書」システムが提案されている。

国内での本格的普及のためには、これらの支援制度に関しても検討していく必要がある。

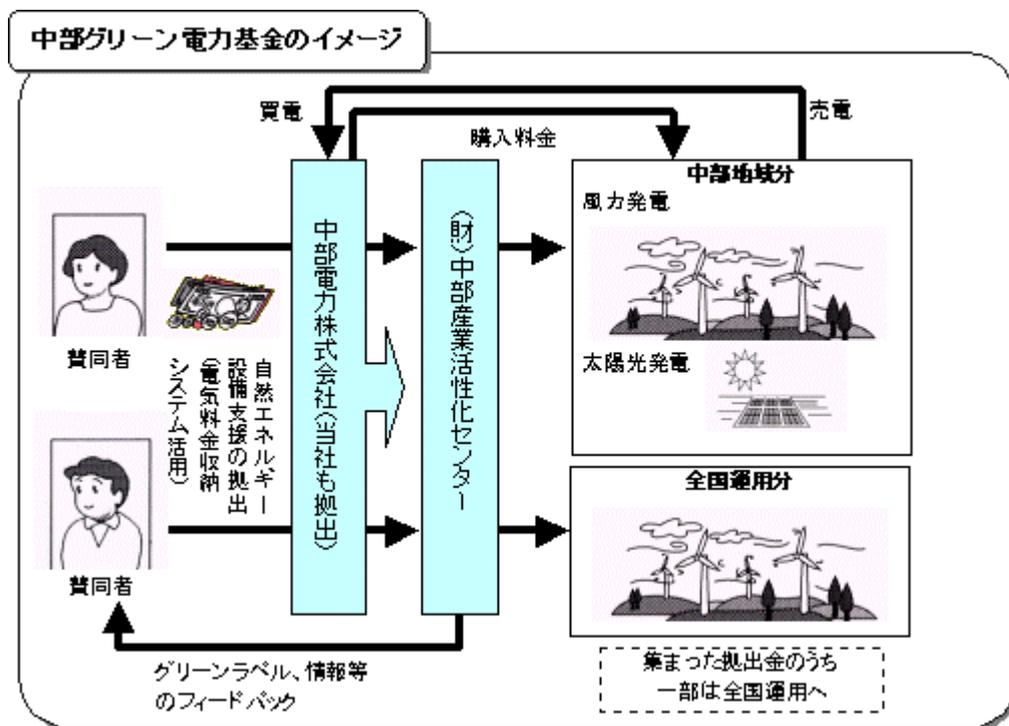


図 23 グリーン電力基金のしくみ（中部電力の例）

出典：中部電力株式会社パンフレットより

(b) 廃棄物発電

廃棄物発電については、1998年度末において、一般廃棄物発電の設備容量が78.6万kW、産業廃棄物発電の設備容量が14.7万kWとなっており、合計で93.3万kWである。一方、現行の目標値は、2010年度において500万kWとなっている。

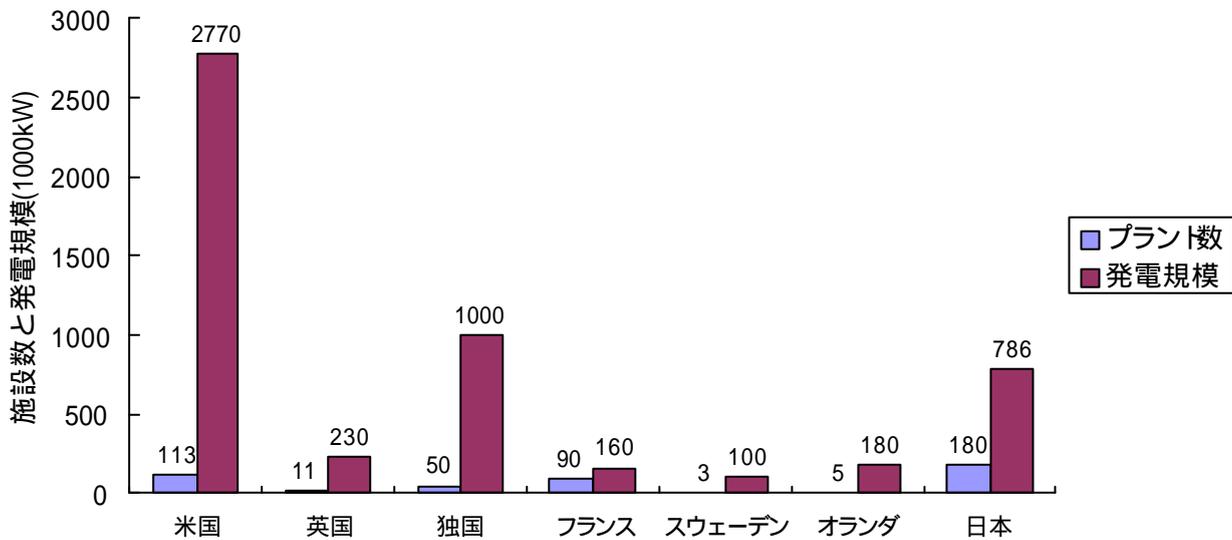
表 5 廃棄物発電出力及び電力量の推移

廃棄物発電		平成6年度	平成7年度	平成8年度	平成9年度	平成10年度	平成22年度目標	
発電出力	一般廃棄物	46.0	55.8	65.8	70.8	78.6	基準ケース	213万kW
	産業廃棄物	8.0	9.1	10.2	10.7	14.7	対策ケース	500万kW
	合計	54.0	64.9	76.0	81.5	93.3		
発電電力量	一般廃棄物	24.0	30.0	33.2	37.7	41.6		
	産業廃棄物	3.0	3.3	4.1	4.0	5.4		
	合計	27.0	33.3	37.3	41.7	47.0		

[単位:万kW]

(出典) NEDO「新エネルギー技術開発関係データ集作成調査」

日本の廃棄物発電の設備数は、諸外国と比較して多く、また設備容量についても、アメリカ、ドイツについて大きい。



(注1)日本は1998年度、米国は97年度、他国は90-93年度ベース。

(注2)本グラフは、各国の総括に関するものであり、各種情報等を参考に作成した。

図 24 先進諸国の廃棄物発電(一般廃棄物)の設備数と発電規模

(出典) NEDO「新エネルギー技術開発関係データ集作成調査」

(c) バイオマス発電

木質バイオマスのエネルギー利用

IPCC³の第2次評価報告書(1995年)は、「森林分野の温暖化対策の貢献としては、木材利用によってエネルギー集約型の原料を代替する省エネ効果、木質バイオマスのエネルギー利用によって化石燃料を代替する効果等が有効である。」と指摘している。

わが国においては、森林による国土の被覆率が7割に達し、第2次世界大戦以降の積極的な植林により1,000万haの人工林を造成してきた。現在、この人工林が成熟し、伐期を迎えようとしているが、年々の伐採量は森林の成長の3割程度であり、間伐材の多くも山で切り捨てられている。従って、持続可能な森林経営の観点からも、化石燃料代替方策を検討することが重要である。

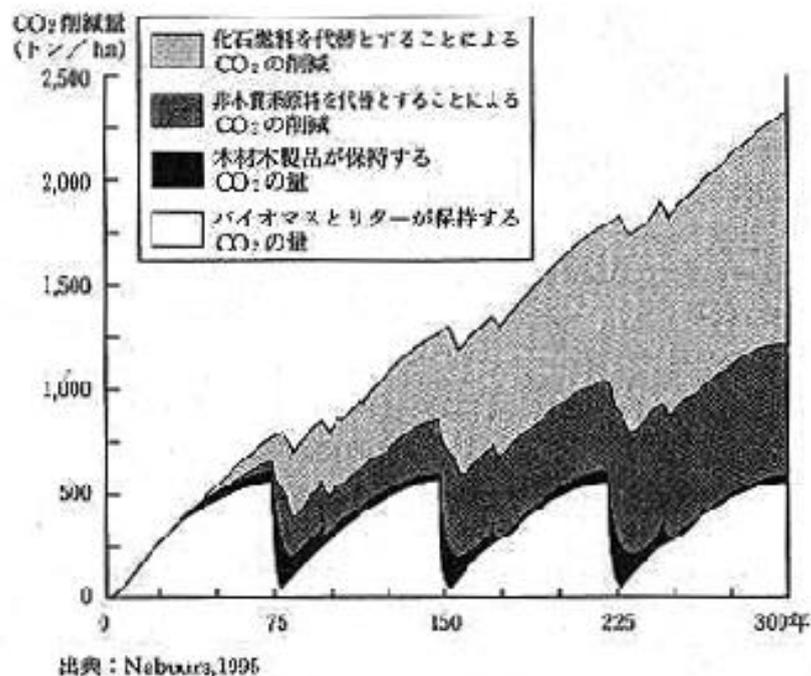


図 25 ヨーロッパでのノルウェイトウヒの造林によって達成されるCO₂の吸収と排出量の削減(累積t CO₂/ha)

³ 1988年に設立された世界の科学者2000人以上で構成する気候変動に関する政府間パネル。

農業・畜産系廃棄物のエネルギー利用

物質循環の観点からは、農業・畜産系廃棄物は可能な限り農地へと還元していくことが基本である。しかし、食糧自給率の低いわが国では農地で受容することができないほどの有機性廃棄物が発生しており、これに含まれる窒素量は農地の容量の2.6倍⁴ともいわれている。受容量を超えた農業・畜産系廃棄物については、メタン発酵/コンポスト処理や、サーマルリサイクル等により有効に活用されることが望ましい。また、過剰な窒素分は脱窒素処理や排ガス中窒素酸化物処理で窒素ガスに還元するなどして、自然界への負荷の低減も考慮する必要がある。

ただし、発生する農業・畜産系廃棄物の発生形態・発生量などを勘案した結果、2010年の対策技術としては、メタン発酵処理によるエネルギー利用を中心に検討している。

各国で注目を浴びるバイオマス発電

バイオマスとは「太陽エネルギーを貯えた生物体」のことで、あらゆる植物や動物が含まれる。バイオマスには厳密な定義は未だなく、分類法も確立していない。従って、生態学、エネルギー工学、その他の観点により定義が異なっている。エネルギー資源としての観点からは、従来型の農林水産資源はエネルギー源とはなりえず、廃棄物バイオマス、また近い将来にはプランテーションバイオマスが有望と見なされており、概ね下図のように分類できる。

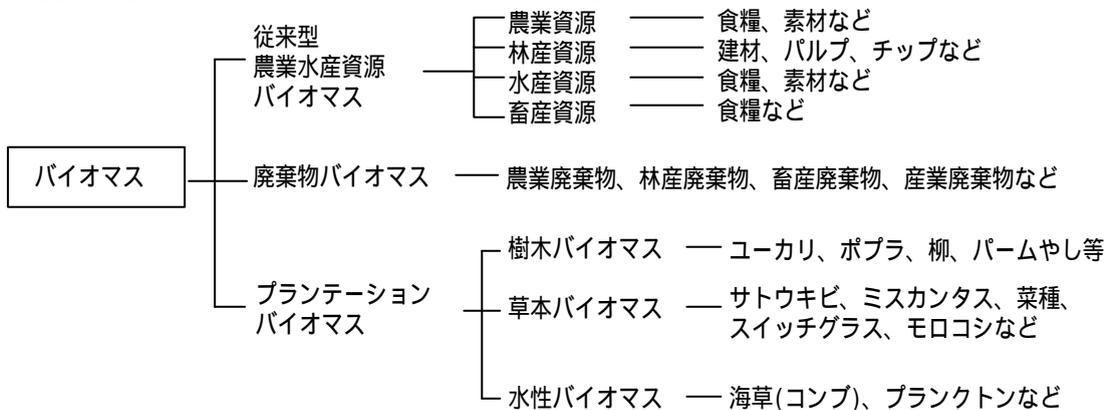


図 26 エネルギー資源の観点からみたバイオマスの分類

バイオマスエネルギーは、再生利用が可能な資源であること、再生時に大気中のCO₂を吸収するので、エネルギーとして利用してもトータルバランスでは大気中のCO₂濃度を高めないこと、広域に分布していること(分散型エネルギー源)、廃棄物を利用できること、資源として、また生産物(気体/液体燃料)

⁴ 「生物系廃棄物リサイクル研究会報告書」(H11.2)

として貯蔵が可能で、既存のシステムに代替できること等から、世界的に注目され、各国で導入またはその計画が進められつつある。

表 6 主要国のバイオマスエネルギー導入計画の概要

国名	計画の概要	出典
米国	・バイオ製品、バイオマスエネルギー消費を1990年の3倍にする(2010年)	「バイオ製品とバイオエネルギーの開発及び促進」についての大統領令公布(1999年8月)
EU	・再生可能エネルギーの比率5.3%(1995年) 11.6%(2010年) ・再生可能エネルギーのうちバイオマスエネルギーの比率61%(1995年) 74%(2010年) ・石油2000万トン分の化石燃料を節約し、80%はバイオマスで賄う(推計値)。	EU「自然エネルギー利用行動計画」
デンマーク	・年率1.7%の経済成長(GDP)を維持しながら、エネルギー消費を17%削減(2030年) ・「再生可能エネルギーの最大利用」において、地域のバイオマス燃料プラントを熱電併給に切り替えるための助成や技術開発を積極的に推進。	“Energy 21 Project”
日本	・再生可能エネルギーの比率5.2(1997年)% 7.5%(2010年)	通産省「長期エネルギー見通し」

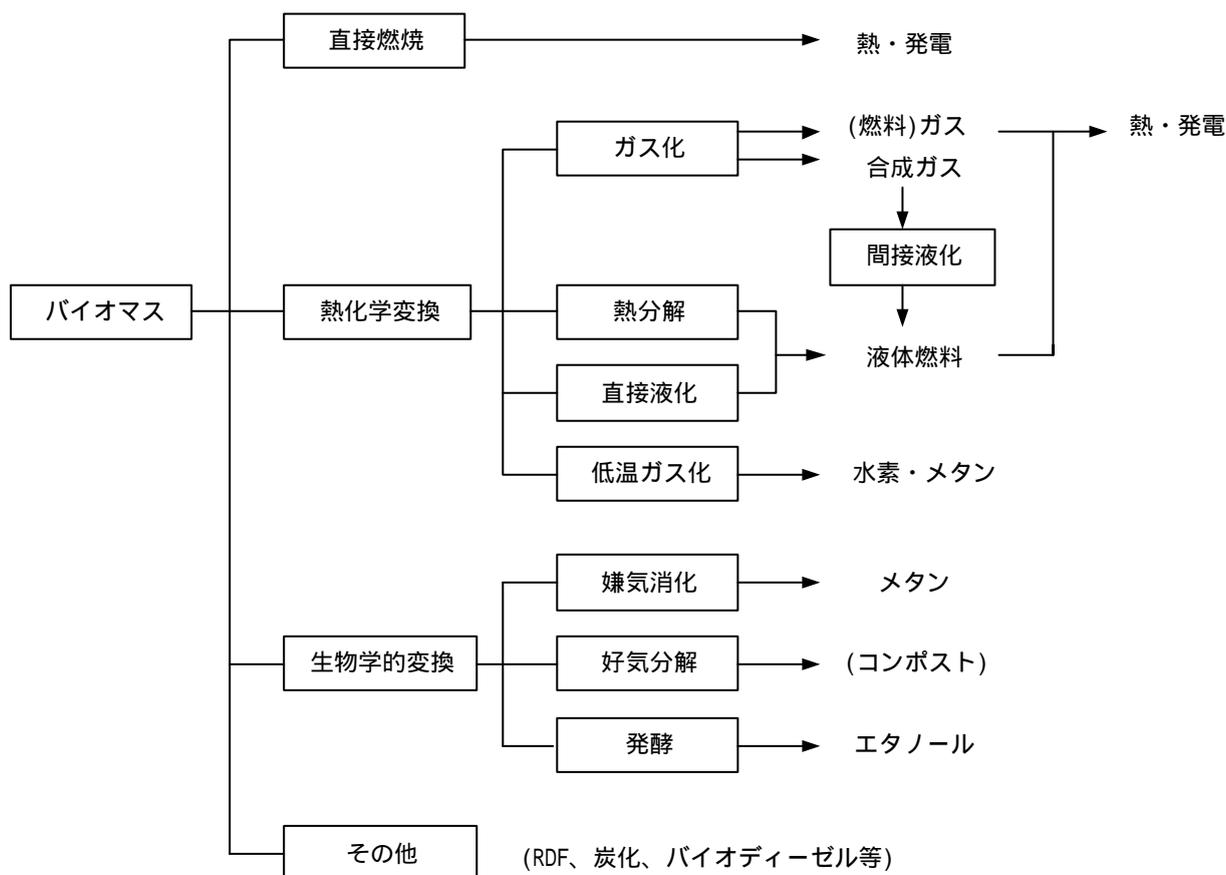


図 27 バイオマスのエネルギーへの変換利用体系

バイオマス発電の普及には経済的措置の充実が不可欠

バイオマス発電は、石油や一般電力とのコスト格差を削減するための経済的措置の充実が不可欠である。

スウェーデンを例にとると、化石燃料の消費削減を目指す政府の課税政策が重要な役割を果たしている（地域暖房用の化石燃料には高額な税が課せられ、木質燃料は最も安い燃料になった。コージェネレーション・プラントを導入する際にも公的な助成がなされてきた）。

これらの政策的なサポートを背景に森林バイオマスによるエネルギー供給が順調に増加（林地残材の利用は最近の7年間で3倍に増加）し、価格もこの20年ほどの間に大幅に低下している。

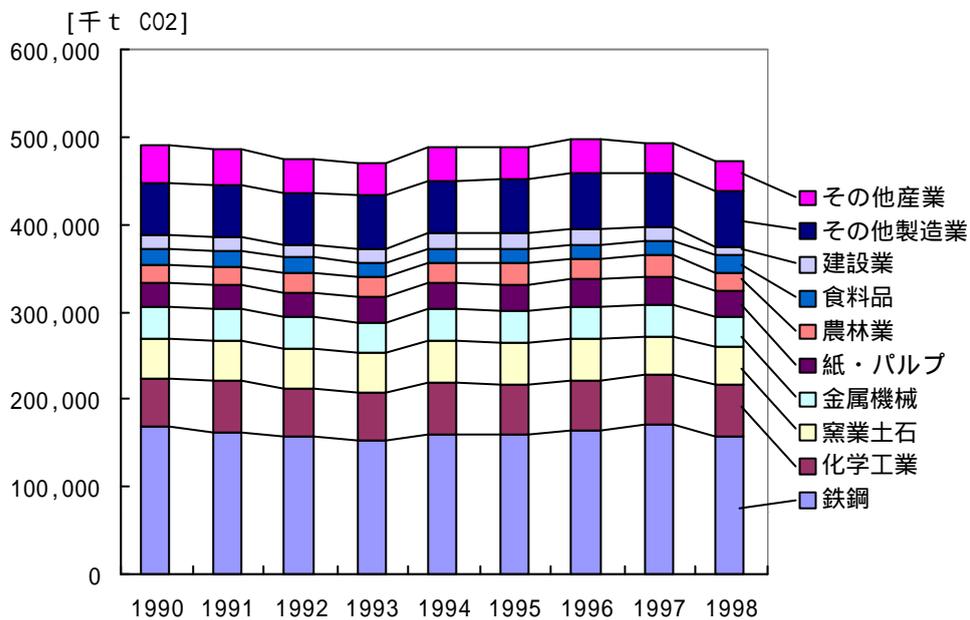
理由としては、i)通常用の材（素材）生産のなかに燃料用チップの生産がスムーズに組み込まれるようになったこと、ii)森林バイオマス用の高性能林業機械の導入や林道、ストックヤードの整備など各種インフラが整備されたこと、iii)木質燃料の分野でも市場の自由化で競争的になり、効率化・企業統合等が進展して取引費用が低下したことが挙げられる。

2. 産業部門

(1) 排出量の現状と推移

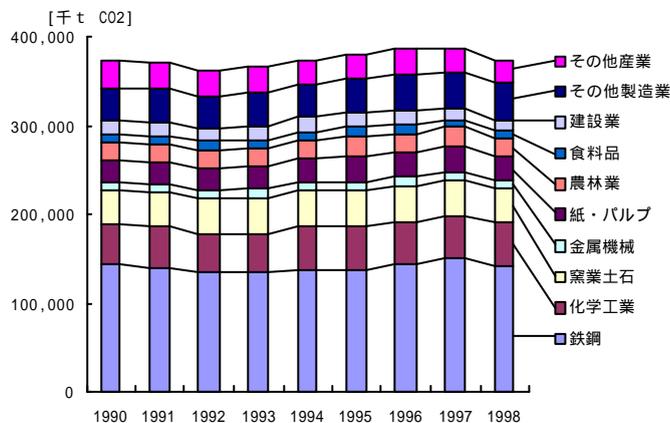
1998年度の産業部門におけるCO₂排出量(電力使用に伴う間接排出分を含む)は474.5[百万t CO₂]であり、我が国におけるCO₂総排出量の約40%を占めている。内訳をみると、排出量の多い業種は、鉄鋼34%、化学工業12%、窯業・土石9%、金属機械7%、紙・パルプ6%となっている。

1998年度の産業部門のCO₂排出量は、90年のCO₂排出量に比べて3.2%の減少となっている。



その他産業(非鉄金属、水産業、繊維、鉱業)

図 28 産業部門の業種別排出量(電力配分後)の推移



その他産業(非鉄金属、水産業、繊維、鉱業)

図 29 産業部門の業種別排出量(電力配分前)の推移

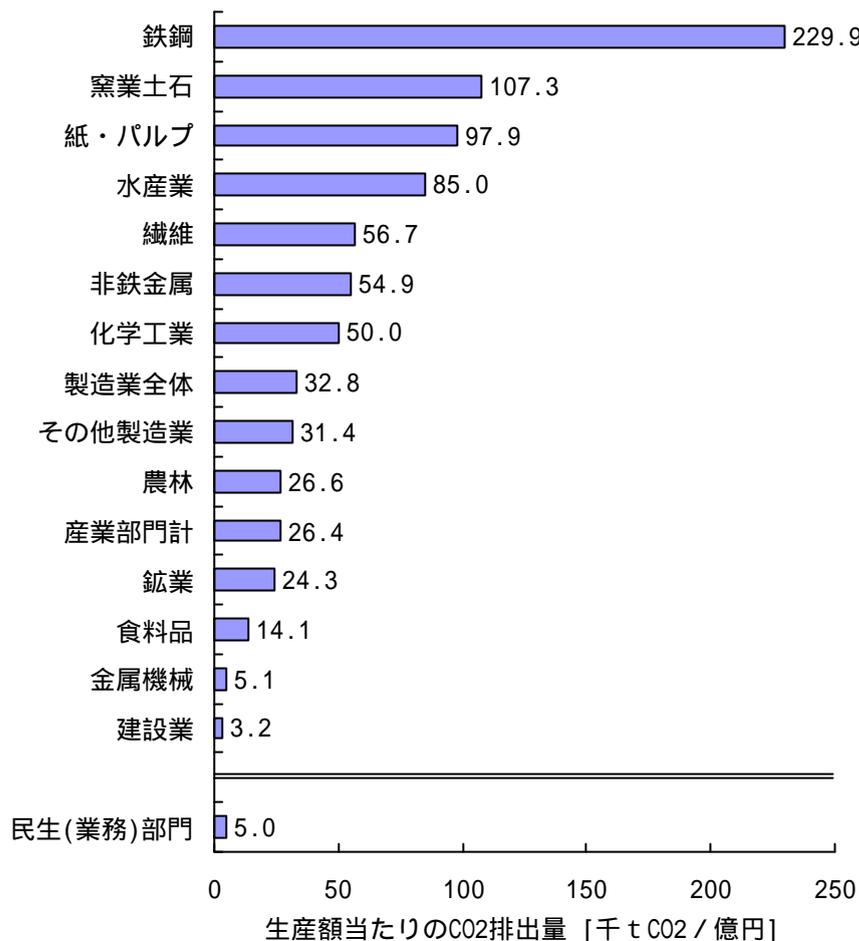


図 30 1998年度の業種別CO2排出原単位(生産額当たり)

(注)民生(業務)部門の生産額は経済企画庁「国民経済計算年報」における下記の業種の合計

- ・ 産業：卸売・小売業、金融・保険業、不動産業、運輸・通信業(通信業のみ)、サービス業
- ・ 政府サービス生産者(「電気・ガス・水道業」を除く)：サービス業、公務
- ・ 対家計民間非営利サービス生産者

表 7 業種別CO2排出原単位の推移(生産額当たり)

	[千 t CO2/億円]									
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	
産業部門計	27.7	26.5	26.0	26.4	27.5	26.9	26.1	25.6	26.4	
農林	23.7	26.4	24.8	30.2	26.4	29.8	28.4	28.5	26.6	
水産業	70.4	70.3	70.0	67.4	74.0	78.1	67.7	73.6	85.0	
鉱業	18.5	20.7	21.9	23.1	29.2	31.5	31.8	26.3	24.3	
建設業	3.7	3.5	3.3	3.6	3.6	3.8	3.6	3.2	3.2	
製造業全体	36.1	34.1	33.7	34.5	36.3	34.4	33.0	31.8	32.8	
食料品	13.7	13.3	13.6	13.2	14.1	13.8	14.1	14.1	14.1	
繊維	46.4	45.8	44.1	42.8	47.8	50.3	55.7	51.6	56.7	
紙・パルプ	86.2	87.1	87.8	92.9	102.6	101.8	100.1	101.7	97.9	
化学工業	59.3	59.5	51.9	50.3	54.6	53.0	49.2	49.1	50.0	
窯業土石	101.2	106.3	104.3	108.8	108.9	107.5	102.8	100.5	107.3	
鉄鋼	237.9	229.0	218.0	222.5	221.0	213.9	213.9	207.0	229.9	
非鉄金属	59.0	62.6	64.9	74.0	74.6	57.4	52.2	44.6	54.9	
金属機械	6.5	5.9	6.1	6.0	6.4	5.7	5.3	5.0	5.1	
その他製造業	26.0	25.2	25.2	26.8	28.4	30.0	30.0	28.4	31.4	
民生業務	5.2	5.3	5.3	5.0	5.4	5.3	5.1	5.0	5.0	

(2) 要因分析と課題

金属機械及び化学工業の生産額が増加

産業部門の各業種の排出量は、それぞれの生産量(需要量)に大きく影響を受ける。鉄鋼、化学工業、窯業・土石、紙・パルプの主要4業種の排出量は、産業部門全体の排出量の約6割を占める。98年までの各業種の主要素材の生産量の推移をみると、CO2排出原単位の大きい粗鋼とセメントの年毎の変動が大きく温室効果ガス排出量の変化に大きな影響を与えていることがわかる。

これらの主要素材を除くと、様々な中間生産物が存在し、各業種の生産量を代表する指標を作成することが困難なため、生産額の推移をみることにする。98年の産業部門の総生産額は約180兆円となっており、90年比1.8%増となっている。構成比をみると、製造業では、金属機械(38%)、食料品(7%)、化学工業(6%)等のシェアが大きい。

90 - 98年度で生産額の増加が著しいのは、「金属機械」(90年比20.7%増)、「化学工業」(同24.8%増)である。

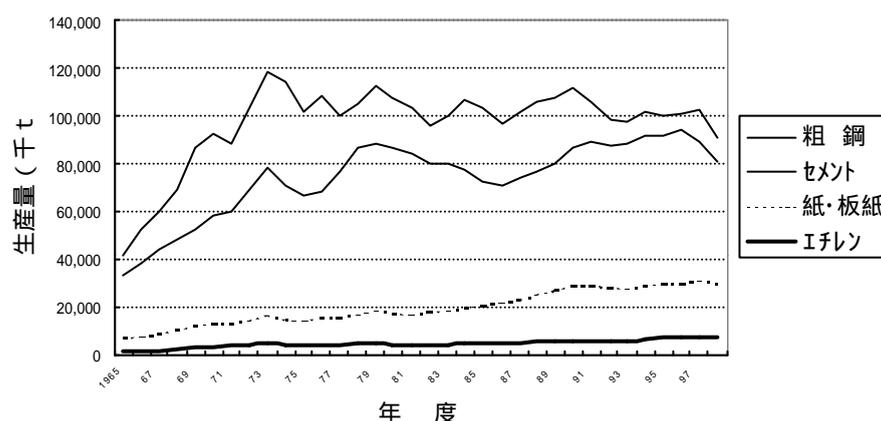


図 31 主要素材の生産量の推移

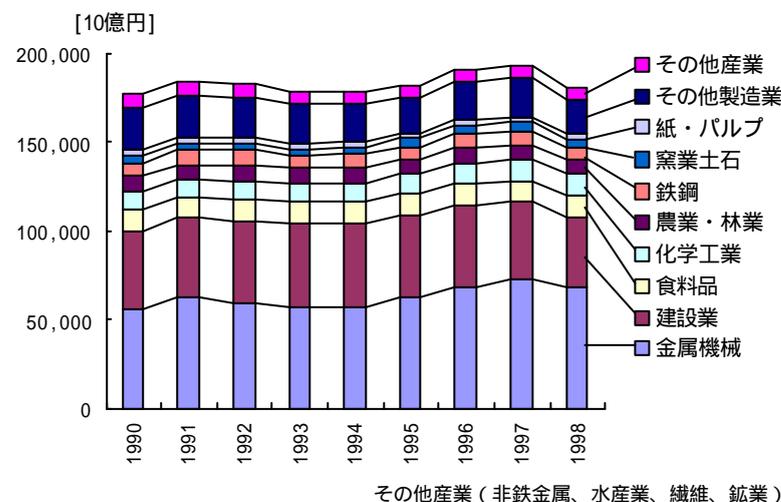
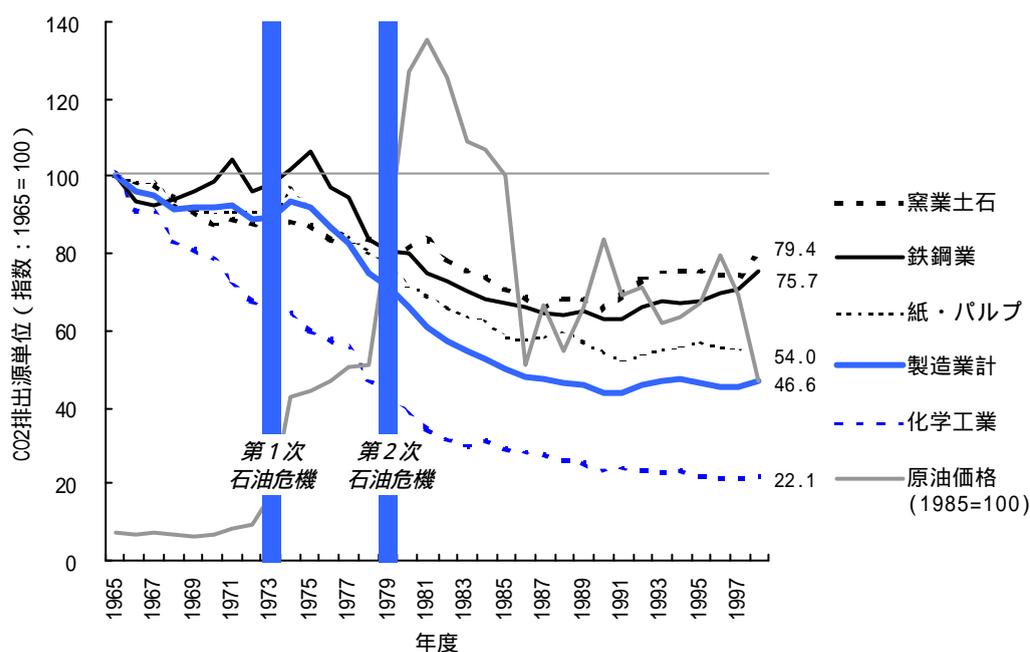


図 32 業種別生産額の推移

CO2排出原単位は近年横ばい傾向

80年代半ばにエネルギー価格が低下したこと等によって、この10年の間、省エネ設備の新規導入が進んでおらず、90年代にはむしろCO2排出原単位が増大している業種も多く見られる。また、エネルギー効率向上や温室効果ガス削減に結びつく新たな技術の開発も少ない。景気後退下でのエネルギー効率の悪化は、省エネ設備投資の停滞のほか、生産量低下に伴う設備の稼働率の低下や、製品の多品種少量生産の進展等による影響と考えられる。



(注1)CO2排出原単位は、CO2排出量 / IIP(鉱工業生産指数)

(注2)原油価格指数は米ドル / パレル換算の原油価格をもとに作成。

(注3)90年以降の排出量は98年のインベントリで使用している各年度の排出係数を用いて算出し、90年以前の排出量は90年の排出係数を用いて算出した。

図 33 製造業全体と主要4業種のCO2排出原単位の推移

(資料)「鉱工業指数年報」(経済産業省)及び「日本貿易月表」(財務省)より作成。

表 8 業種別IIP当たりのCO2排出原単位の推移

(1990年 = 100)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
製造業全体	100	100	104	106	107	105	103	102	106
食料品	100	99	101	96	101	103	103	103	106
繊維	100	95	103	112	117	126	121	119	132
紙・パルプ	100	96	98	101	103	105	103	102	99
化学工業	100	104	100	99	101	95	93	93	95
窯業土石	100	106	112	115	116	115	114	114	122
鉄鋼	100	100	104	107	107	107	110	112	120
非鉄金属	100	103	101	99	100	92	84	83	85
金属機械	100	100	109	107	110	103	99	96	101
その他製造業	100	103	104	107	111	115	120	116	125

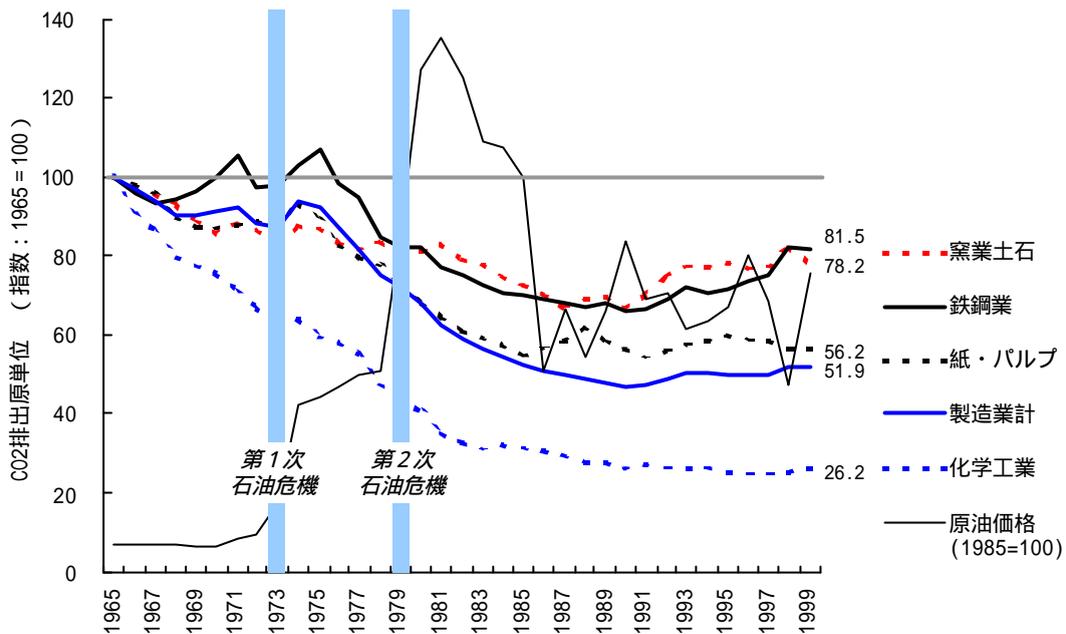


図 34 製造業全体と主要 4 業種のCO2排出原単位の推移(90年の電力の排出係数で固定した場合)

(注1) アンモニアの原料消費量を1954年まで遡って把握できないため、アンモニア製造に伴うCO2排出は化学工業に含めることとした。

(注2) 炉頂圧発電の発電電力量を1954年まで遡って把握できないため、燃料種「新エネ その他」から控除を行わないこととした。(インベントリにおいては炉頂圧発電分を控除している)

表 9 CO2排出源単位の推移(単位IIP当たり)(90年の電力の排出係数で固定した場合)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
製造業計	100.0	100.6	104.1	107.8	107.8	106.9	105.7	105.8	110.2	110.6
食料品	100.0	100.3	101.7	100.4	102.5	107.5	108.1	109.9	114.5	112.6
繊維	100.0	97.1	104.8	115.1	119.8	130.1	125.7	126.4	140.0	152.2
紙・パルプ	100.0	96.3	98.6	102.2	103.7	106.4	103.9	103.6	99.6	99.5
化学工業	100.0	104.1	100.1	99.9	100.9	96.0	94.2	95.2	95.5	99.8
窯業土石	100.0	105.8	112.4	116.1	115.7	117.3	115.0	116.2	123.6	117.3
鉄鋼	100.0	100.4	104.4	108.3	106.9	108.2	111.3	113.7	123.7	122.8
非鉄金属	100.0	102.9	100.1	101.7	99.5	94.3	86.8	86.8	91.1	90.5
金属機械	100.0	101.9	109.8	113.4	111.7	108.5	106.0	106.5	113.2	109.3
その他製造業	100.0	103.9	104.2	110.6	112.4	119.2	125.1	122.5	133.4	144.4

産業の高付加価値化やサービス化によって排出量は減少

98年度までの生産額構成比の推移をみると、エネルギー消費原単位が小さい「金属機械」が5.9ポイント増加している。一方、エネルギー消費原単位が大きい「鉄鋼」「紙・パルプ」「窯業土石」がそれぞれ減少し、基礎素材型産業から高付加価値型産業にシフトしていることがわかる。

産業部門全体の排出量の増減は、エネルギー消費原単位の大きい鉄鋼業や化学工業などの業況に左右される。

表 10 業種別生産額構成比の推移

各年における業種毎の生産額の構成比

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	90-98 増減%	生産額当たりの エネルギー消費 量 (90-98平均)
農業・林業	5.1%	4.5%	4.9%	4.4%	4.9%	4.6%	4.4%	4.2%	4.4%	-0.7%	39.3
水産業	1.1%	1.0%	1.0%	0.9%	0.8%	0.7%	0.8%	0.8%	0.7%	-0.3%	105.6
鉱業	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	-0.1%	31.1
建設業	24.6%	24.5%	24.8%	26.3%	26.3%	24.6%	23.9%	22.2%	21.9%	-2.7%	5.0
食料品	7.0%	6.9%	7.0%	7.0%	6.9%	7.1%	6.7%	6.5%	7.0%	0.0%	17.3
繊維	1.4%	1.3%	1.4%	1.4%	1.3%	1.2%	1.0%	1.0%	0.9%	-0.5%	63.5
紙・パルプ	1.9%	1.8%	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%	1.6%	1.6%	1.7%	-0.2%	132.1
化学工業	5.3%	5.3%	5.9%	6.2%	6.2%	6.1%	6.2%	6.2%	6.5%	1.2%	168.5
窯業土石	2.5%	2.3%	2.4%	2.3%	2.4%	2.4%	2.4%	2.3%	2.3%	-0.2%	119.6
鉄鋼	4.0%	3.9%	3.9%	3.9%	4.1%	4.1%	4.0%	4.3%	3.8%	-0.2%	232.9
非鉄金属	1.3%	1.3%	1.2%	1.0%	1.1%	1.3%	1.3%	1.5%	1.2%	-0.2%	71.8
金属機械	32.0%	33.6%	32.5%	32.0%	32.0%	34.6%	35.9%	37.7%	37.9%	5.9%	6.5
その他製造業	13.2%	13.1%	12.8%	12.3%	11.9%	11.2%	11.5%	11.4%	11.2%	-2.0%	36.1

また、産業構造の変化については、第3次産業が増加するのに伴って第1～3次産業の総生産額当たりの排出量（産業部門と民生業務部門の合計）が年々低下していることから、生産額当たりの排出量原単位の改善に寄与していると考えられる。

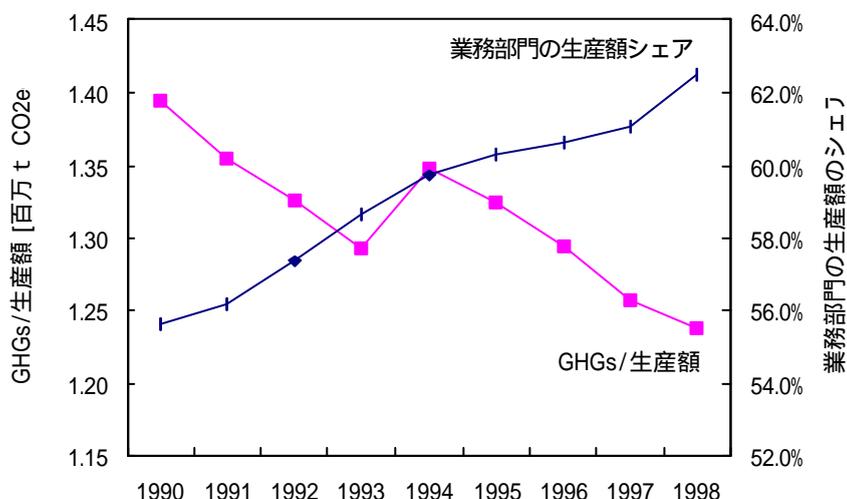


図 35 総生産額(1～3次)当たりの排出量と民生(業務)部門の生産額シェアの推移

生産拠点の海外移転の進展

近年の円高の進行などの社会経済状況の変化に伴い、製造業における生産活動は、為替変動リスクの回避、人件費節減等の観点から、海外への移転が進んでいる。表2に業種別海外生産比率を示す。98年度をみると輸送機械（30.8%）や電気機械（20.8%）など組立産業で高い海外生産比率を示している。

表 11 主要業種の海外生産比率の推移

(単位：%)

	89年度	90年度	91年度	92年度	93年度	94年度	95年度	96年度	97年度	98年度	99年度 見通し
食料品	1.3	1.2	1.2	1.3	2.4	3.2	2.6	4.0	2.8	2.8	3.0
繊維	1.3	3.1	2.6	2.3	3.2	4.0	3.5	7.6	8.0	8.9	9.1
木紙パ	1.9	2.1	1.6	1.4	1.9	2.1	2.2	2.9	3.8	3.6	3.9
化学	3.8	5.1	5.5	4.8	7.0	8.1	8.3	10.0	12.4	11.9	13.3
鉄鋼	5.3	5.6	4.9	5.0	6.3	5.4	9.2	12.1	13.1	10.9	13.1
非鉄金属	6.4	5.2	5.2	7.8	6.5	8.8	6.7	11.1	10.9	9.3	9.3
一般機械	3.8	10.6	7.6	4.1	5.8	8.1	8.1	11.7	11.5	14.3	14.4
電気機械	11.0	11.4	11.0	10.8	12.6	15.0	16.8	19.7	21.6	20.8	22.7
輸送機械	14.3	12.6	13.7	17.5	17.3	20.3	20.6	24.9	28.2	30.8	33.2
精密機械	5.4	4.7	4.4	3.6	5.6	6.0	6.6	8.6	9.1	10.3	10.7
石油石炭	0.1	0.2	1.2	5.2	7.1	5.6	3.7	2.8	1.7	2.3	1.5
その他	3.1	3.1	2.6	2.3	2.8	3.0	3.0	4.3	4.1	4.6	4.9
製造業全体	5.7	6.4	6.0	6.2	7.4	8.6	9.0	11.6	12.4	13.1	14.1

(注) 海外生産比率 = 現地法人売上高 / 国内法人売上高 × 100

(出典) 「第29回 海外事業活動基本調査」経済産業省

電気機械等の組立産業においては、東アジアを中心に、製品の資本集約度、付加価値、需要変化への対応などを考慮して、国際分業が行われ、高付加価値商品を日本で生産し、低付加価値商品をアジア地域で生産するなど、国境を超えた生産の最適化が進められている。自動車産業においても、グローバルな再編成が進んでおり、国際的な協調が進展している。このため、素材産業においては、組立産業による素材使用量が頭打ちの状況であり、稼働率の低下、エネルギー原単位の下げ止まりないしは増加の原因の一つになっていると考えられる。

また、これらの状況とともに、国際競争力を維持するために、国際的な業界の再編成の必要性に迫られている状況である。このような経営合理化が求められる中、投資回収年数が長い省エネ投資などは行いにくい環境にあり、生産設備稼働率低下と相まって、省エネルギーが進んでいない要因のひとつとなっている。また、業界再編に伴い、今後は素材産業においても海外移転がさらに進む可能性があり、この点だけに着目すれば、国内での温室効果ガスは減少するものと予想される。

自家発電は進展しているが発電端の原単位は悪化

産業部門における自家発電に伴うCO₂排出は、自家発電を行った当該業種の排出として計上される。

1999年度の自家発電量は産業部門の電力消費量の約25%を占めており、対90年比で28%増加している。

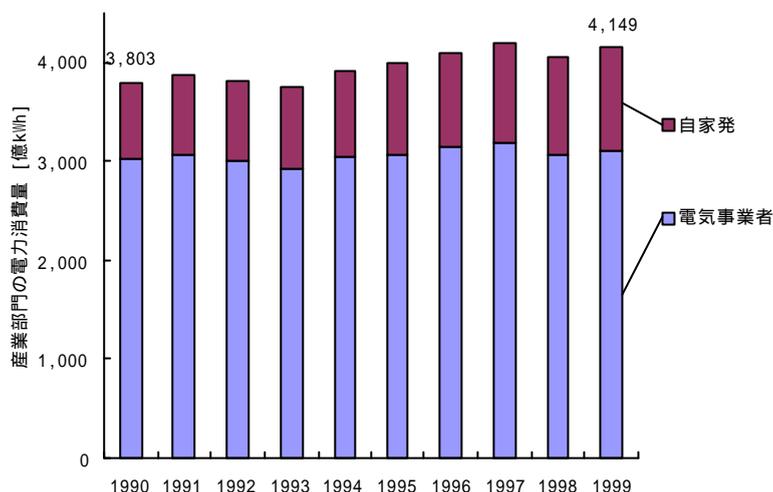
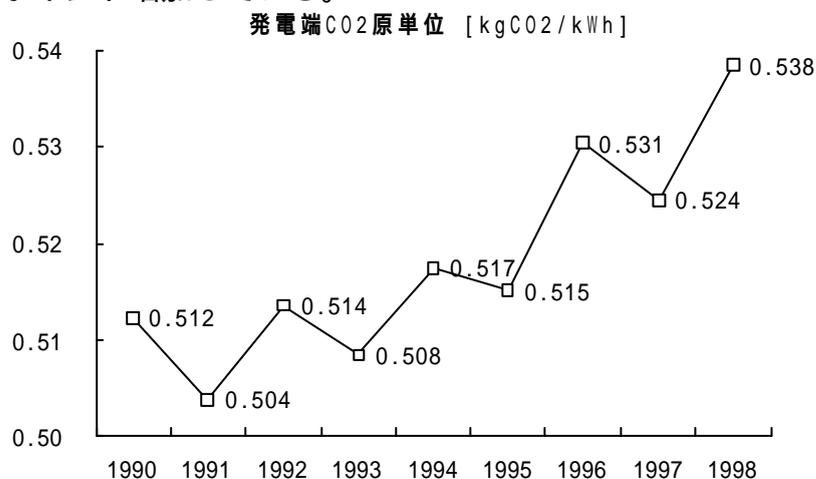


図 36 産業部門の電力消費量に占める自家発電量の推移

(出典)総合エネルギー統計より作成

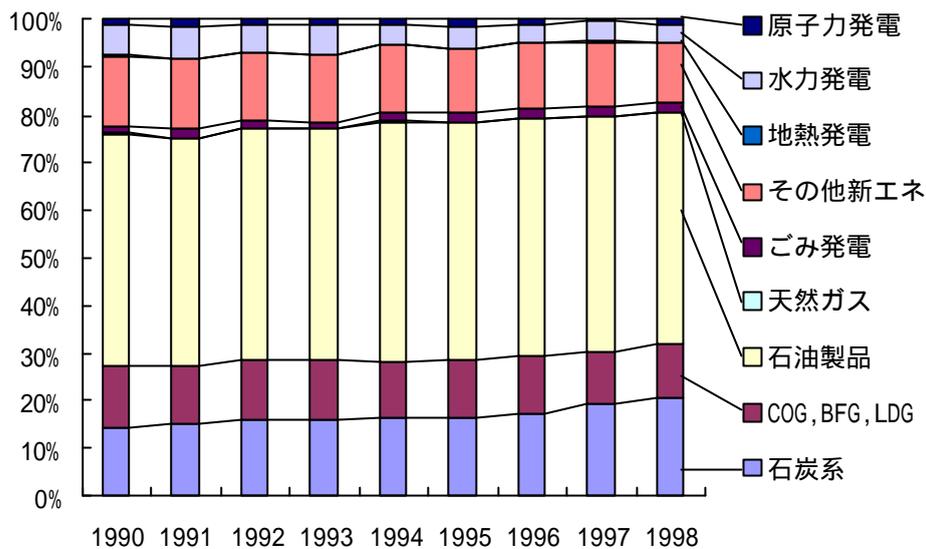
自家発電による単位発電量当たりのCO₂排出量は98年度には0.538 [kgCO₂/kWh]となっており、90年度から5.1%増加している。

これは、CO₂排出量が相対的に多いエネルギーである石炭の全燃料種に占める割合が増加し、CO₂排出量が少ないエネルギーが減少していることによる。石炭(一般炭、無煙炭)の構成比は、90年度には14.4%であったが98年度には20.5%と6.1ポイント増加している。



総合エネルギー統計、電気事業便覧より作成

図 37 自家発電の発電端CO₂排出原単位の推移



(資料) 総合エネルギー統計

(注) BFG：高炉ガス, LDG：転炉ガス, COG：コークス炉ガス

図 38 自家発電（発電所の自家消費分を含む）の燃料種別エネルギー消費量構成比の推移

着実に普及が進むコージェネレーション

1998年度の産業用コージェネレーションの導入状況(発電容量ベース)は3,989[千kW]であり、90年度の約2.3倍の規模になっている。

また、1998年度の導入件数も2,049台と90年度の約2.5倍になっている。

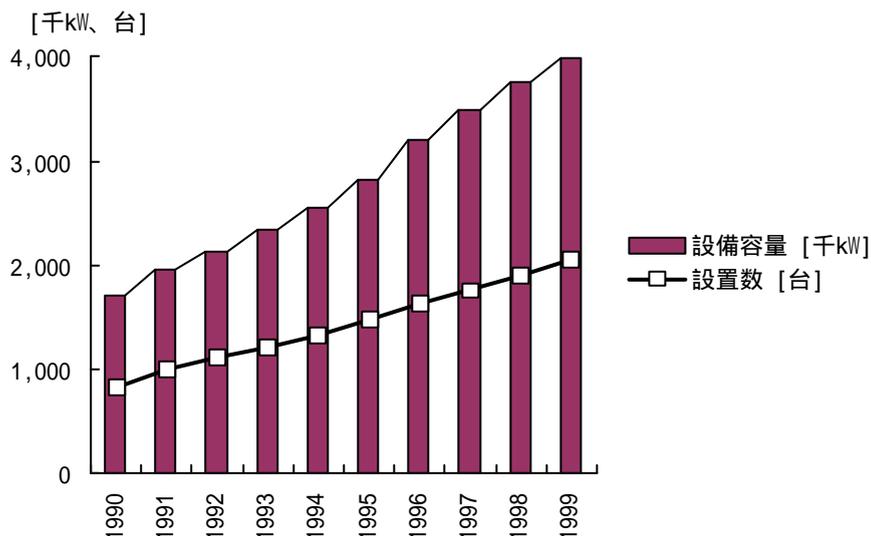


図 39 産業用コージェネレーションの普及状況

(出典) 日本コージェネレーションセンター「コージェネレーションシステム導入実績表」(2000年版)より作成

(注1) 掛け部分は、CO2削減量の表記が見つからなかった項目について、省エネ量を用いて按分した値。

(注2) 主要4業種とは、鉄鋼業、セメント産業、紙・パルプ産業、石油化学産業をいう。

3 . 運輸部門

(1) 排出量の現状と推移

1998年度における運輸部門におけるCO₂排出量（電力使用に伴う間接排出分を含む）は、我が国におけるCO₂総排出量の21.7%を占めている。大綱の2010年の目標は90年比+17%であるが、98年度の排出量は90年比21.1%と大きく増加している。

旅客部門の98年のCO₂総排出量は、対90年比で32%の増加となっている。輸送手段別にみると、自家用乗用車の占める割合が大きい。

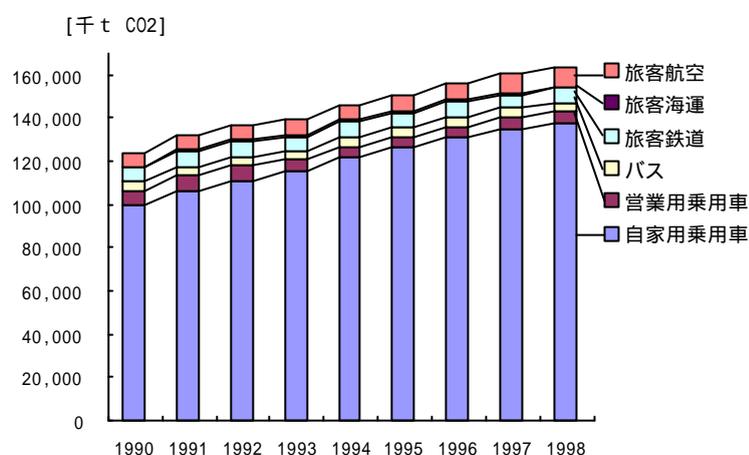


図 40 旅客部門の排出量の推移

貨物部門の98年のCO₂総排出量は、対90年比で5.9%の増加となっている。輸送手段別にみると、83.2%を自動車占める。

増加が顕著であるのは、貨物航空(53%増)である。

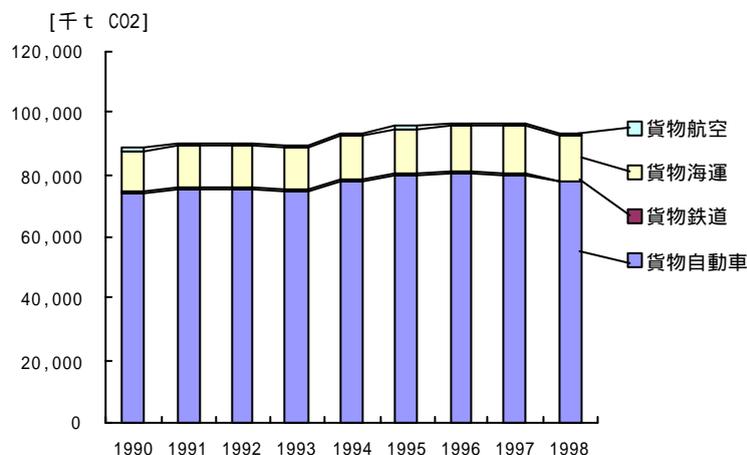


図 41 貨物部門の排出量の推移

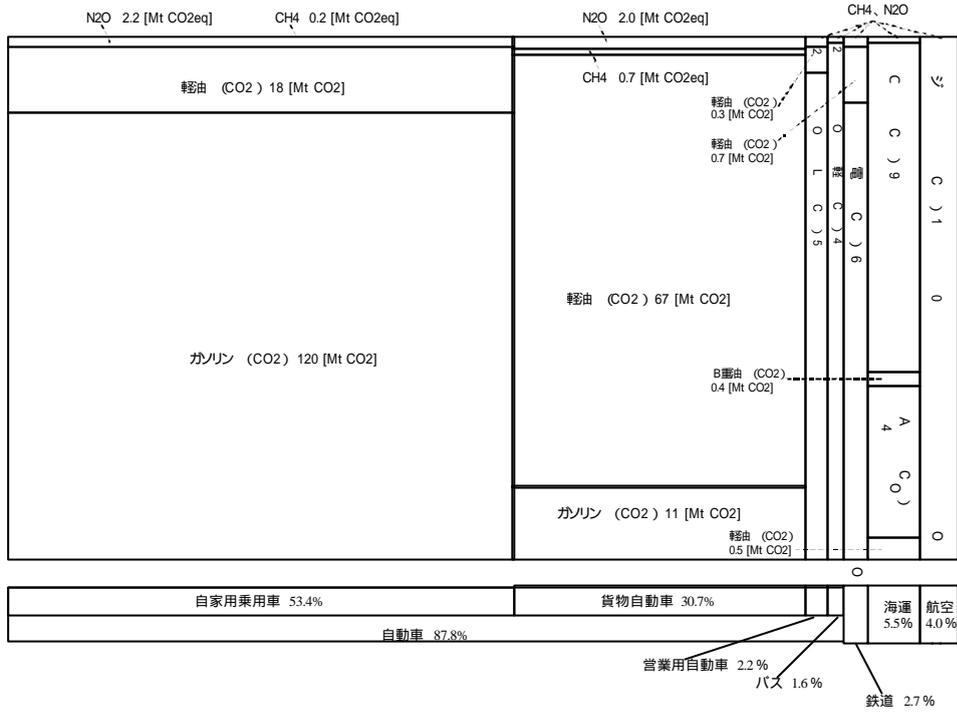


図 42 輸送機関別温室効果ガス排出割合と発生源毎の温室効果ガス発生量
 (出典) 「温室効果ガスの排出・吸収目録(インベントリ)」及び「総合エネルギー統計」、
 「運輸関係エネルギー要覧」、「エネルギー・経済統計要覧」より作成

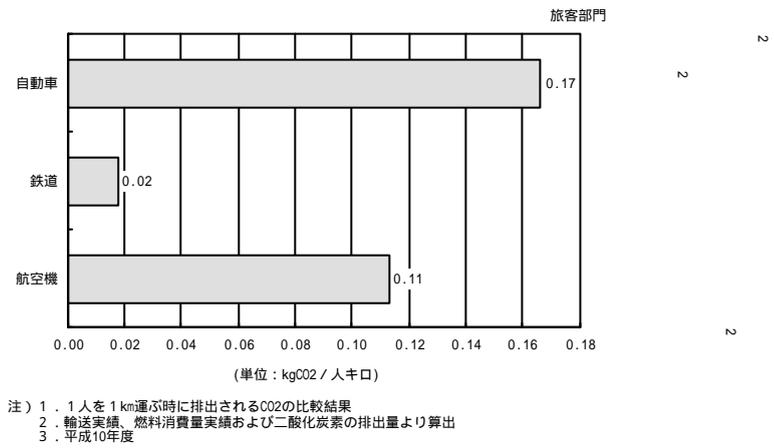


図 43 旅客輸送機関の二酸化炭素排出原単位

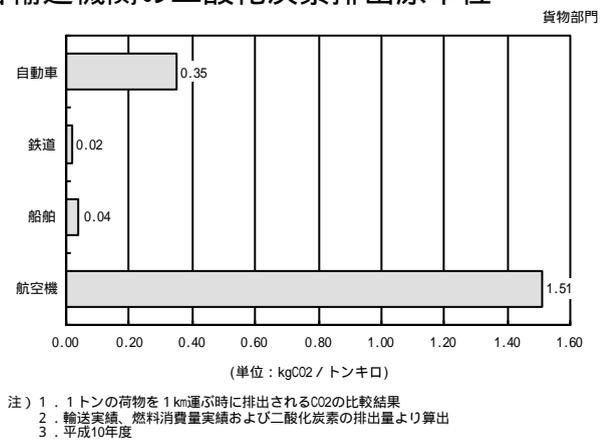


図 44 貨物輸送機関の二酸化炭素排出原単位

(2) 要因分析と課題

1998年における先進諸国の運輸部門からの排出量は、90年比でそれぞれ、米国14%、ドイツ11%、英国5%、フランス14%に増加しているところであるが、わが国ではこれらの国より急速に増加している。

旅客部門

自家用車、旅客航空の輸送量が増加

98年度の総旅客輸送量は、90年度比で9.8%増加した。なかでも「自家用乗用車」「旅客航空」が90年度比で、それぞれ17.2%増、45.0%増となっている。

地方においては、公共交通機関の衰退が進み、自家用乗用車へのシフトが進む等、自動車中心のライフスタイルとなっている。

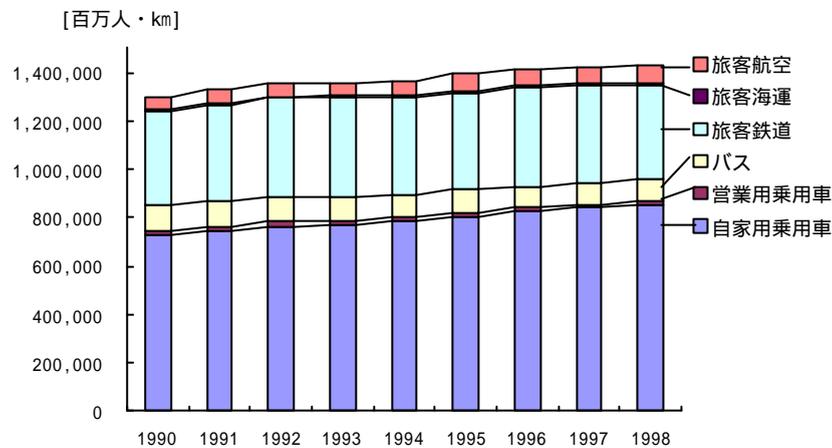


図 45 旅客輸送量の推移

(出典：『経済』-経済統計要覧(原典：自動車輸送統計年報、鉄道輸送統計年報、運輸経済統計要覧、航空輸送統計年報))

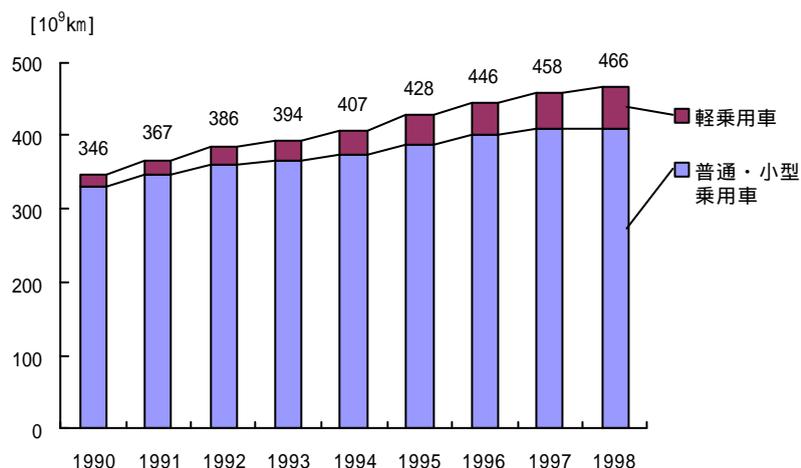


図 46 自家用乗用車の総走行距離の推移

(出典：自動車輸送統計年報より作成)

世帯当たり乗用車保有台数の増加

98年度の世帯当たり乗用車保有台数は、1.07 [台/世帯]となっており、90年度比で27.6%増加している。ただし、軽乗用車の一台当たり走行量が少しずつ増加しているのを除くと、自家用車全体の一台中たり走行量は減少している。

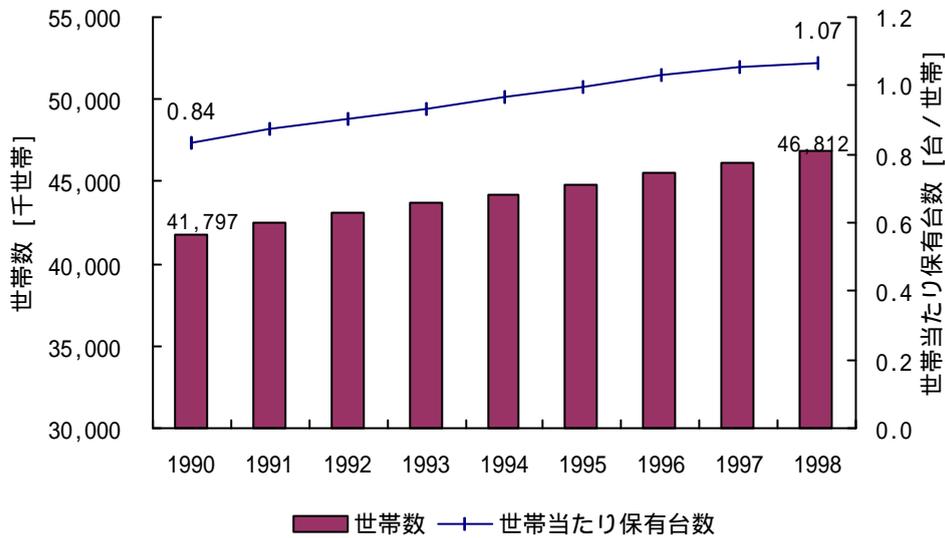


図 47 世帯数と世帯当たり保有台数の推移

(社)日本自動車工業会「2000 日本の自動車工業」及び総務庁「住民基本台帳」より作成

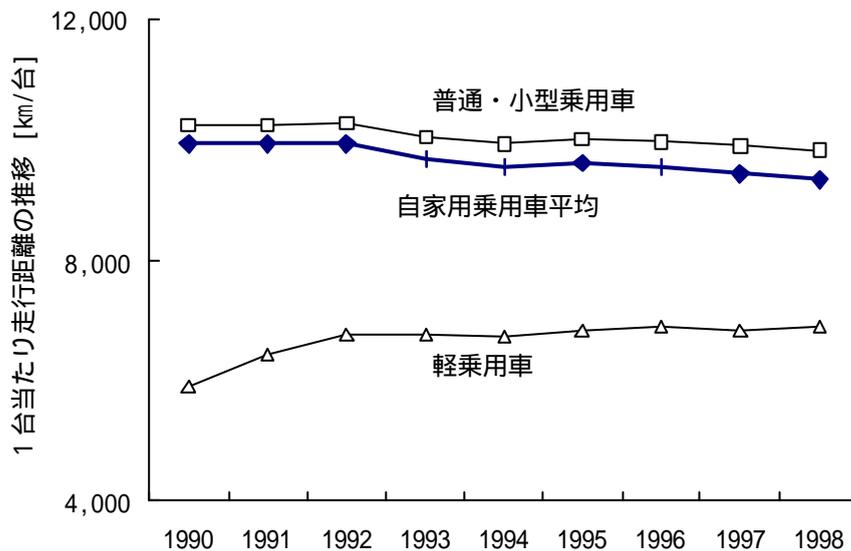


図 48 1台当たり走行距離の推移

(社)日本自動車工業会「2000 日本の自動車工業」及び運輸省「自動車輸送統計年報」より作成

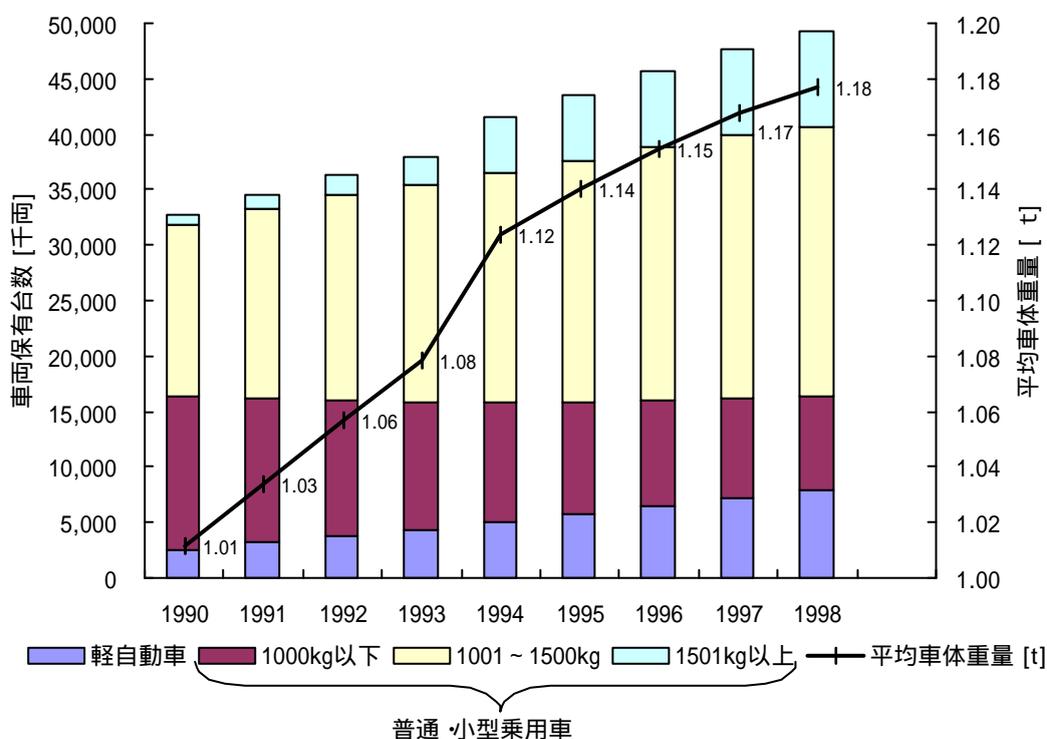
普通乗用車の増加による平均車体重量の増加

98年度の重量別登録台数をみると、「1001～1500kg」が90年度の約1.6倍、「1500kg以上」が11倍に増加した結果、98年度の平均車体重量は90年度の約1.2倍に増加した。

自家用乗用車の保有台数は、98年度で4,990[万台]となっており、90年度比で42.9%増加した。内訳をみると、98年度の普通乗用車の保有台数は90年度の約6.8倍となっている。

1989年(平成元年)に行われた物品税の廃止及び自動車税の税率見直しにより普通乗用車と小型乗用車との税率格差が著しく縮まったことが、消費者の嗜好の変化とともに乗用車の大型化を促進した要因と考えられる。

なお、軽自動車の保有台数は90年から98年にかけて、約3倍に増加している。



(資料) (財)自動車検査登録協会「諸分類別自動車保有車両数」及び日本自動車工業界「2000日本の自動車工業」より作成
 平均車体重量は「その他」区分を除き、各区分の中間値に保有台数を乗じ加重平均により算出。
 軽乗用車の車体重量を750kgと仮定して算出

図 49 車重別保有台数と平均車体重量の推移

トップランナー方式により理論燃費は向上したが実走行燃費は横ばい

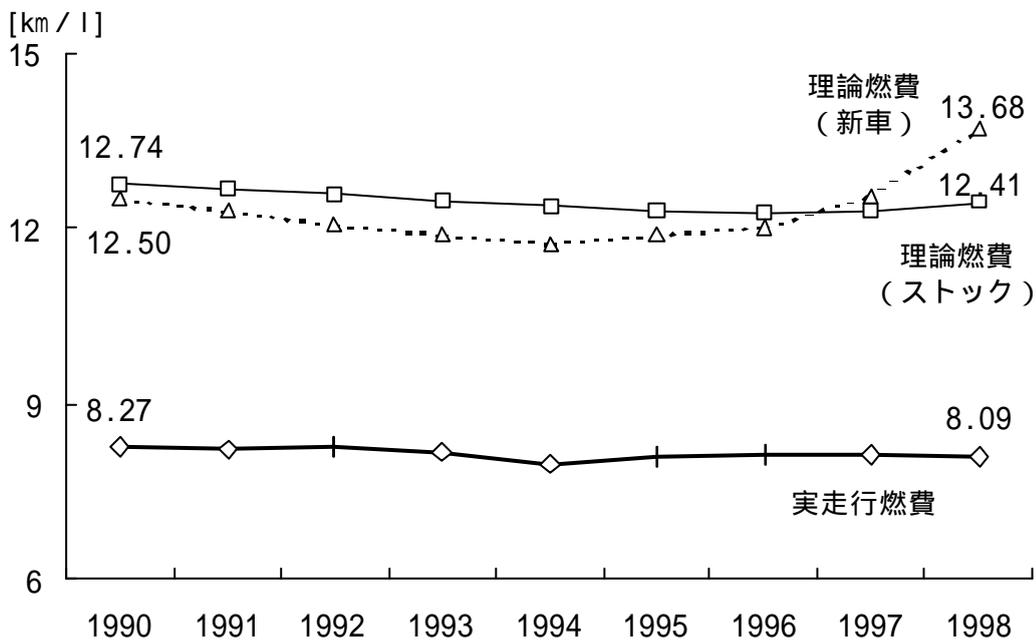
省エネ法の改正(1998年6月)による自動車燃費目標の強化により、トップランナー方式による目標値の設定が行われた。

- ・ガソリン自動車及び軽・中量貨物車(車両総重量2.5t以下)について2010年度の目標値の設定(全体の向上率は95年比で21.4%)
- ・ディーゼル乗用車及び軽・中量貨物車(車両総重量2.5t以下)について2005年度の目標値の設定(全体の向上率は95年比で13.1%)

90～94年度までは新車の理論燃費が悪化していたが、95年度から著しく改善している。

前述の車両の大型化によって、ストックベースの理論燃費が悪化していると考えられるが、97年度以降はストックベースの理論燃費は改善に向かっている。平均車齢(5.84年⁵)を考慮すると、新車の理論燃費の改善効果が、2～3年遅れてストックベースの理論燃費に反映されていると考えられる。

1998年時点での実走行燃費は、渋滞等の道路状況の変化や運転状況、積載状況などの実走行条件の変化により、ストックベースの理論燃費と同じような改善の兆しは見られない。



実走行燃費：「運輸関係統計要覧」の自家用乗用車及び軽自動車の走行距離を、ガソリンと軽油の総量で除して算出

理論燃費：「エネルギー・経済統計要覧」(10モード)

図 50 理論燃費(新車、ストックベース)と実走行燃費の推移

⁵ (財)自動車検査登録協会「平成 12 年度 わが国の自動車保有状況」

表 12 省エネ法燃費基準の動向

(単位：km/l)

車両重量(kg) 目標年度	~ 702	703 ~ 827	828 ~ 1015	1016 ~ 1265	1266 ~ 1515	1516 ~ 1765	1766 ~ 2015	2016 ~ 2265	2266 ~
旧々基準 (1985)	18.0	17.1	15.2	11.1		8.3		5.2	
旧基準 (2000)	19.2	18.2	16.3	12.1		9.1		5.8	
現行基準 (2010)	21.2	18.8	17.9	16.0	13.0	10.5	8.9	7.8	6.4

表 13 出荷ベースの理論燃費の推移

(単位：km/l)

車両重量(kg) 年度	702.5未満	702.5以上 827.5未満	827.5以上 1015.5未満	1015.5以上 1515.5未満	1515.5以上 2015.5未満	2015.5以上	ガソリン 乗用車全体
92	18.1	16.8	15.4	11.3	8.2	6.3	12.3
93	18.2	16.8	15.3	11.3	8.1	6.3	12.3
94	18.8	16.8	15.4	11.3	8	6.4	12.2
95	19.1	16.8	15.6	11.3	8.2	6.4	12.3
96	19.2	16.7	15.7	11.4	8.3	6.1	12.1
97	19.1	17.1	15.9	12	8.7	6.9	12.4
98	19.3	17.7	16	12.3	8.9	6.7	12.9
向上率(%)	6.6	5.4	3.9	8.8	8.5	6.3	4.9

(資料)「自動車燃費一覧」(運輸省)

ハイブリッド乗用車の量産・普及が始まる

乗用車においては、ハイブリッド乗用車の量産・普及が始まり、次世代自動車としての燃料電池自動車の開発等が活発化してきている。

表 14 クリーンエネルギー自動車普及台数

(単位：千台)

年度	1996年	97年	98年	99年
クリーンエネルギー自動車	4.3	8.6	28.8	45.4
電気自動車	2.6	2.5	2.4	2.6
ハイブリッド乗用車	0.2	3.7	22.5	37.4
天然ガス自動車	1.2	2.1	3.6	5.2
メタノール自動車	0.3	0.3	0.3	0.2
ディーゼル代替LPガス自動車	11.8	14.7	18.3	19.2

(資料) 経済産業省調べ

貨物部門

エネルギー多消費型の輸送形態にシフト

98年度の総貨物輸送量は90年度比で0.9%増加しており、「貨物自動車」、「貨物航空」は、90年度比でそれぞれ、9.6%、22.4%増加した。

90年から98年の輸送機関毎の構成比をみると、貨物輸送量当たりのエネルギー消費量が相対的に多い「貨物自動車」が90年度比4.4%増加している。

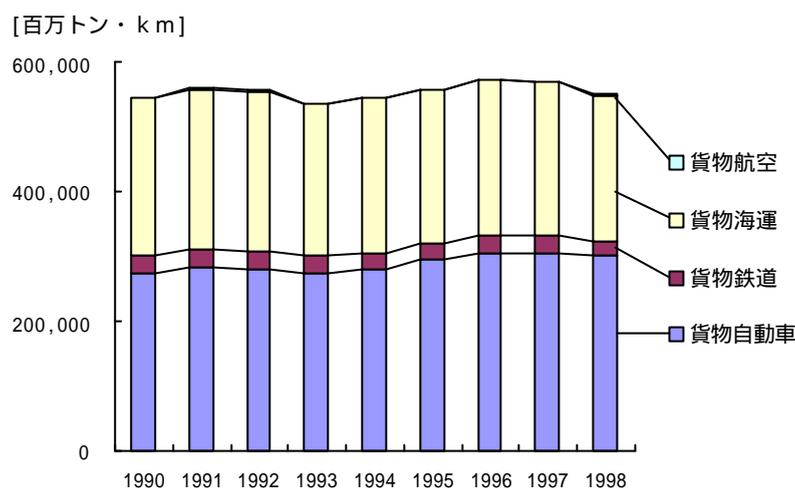


図 51 輸送手段別の総貨物輸送量の推移

表 15 貨物輸送量の輸送機関別構成比の推移

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	90-98 増減%
貨物自動車	50.2%	50.7%	50.5%	51.5%	51.5%	52.7%	53.3%	53.8%	54.5%	4.4%
貨物航空	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.0%
貨物鉄道	5.0%	4.8%	4.8%	4.7%	4.5%	4.5%	4.4%	4.3%	4.2%	-0.8%
貨物海運	44.7%	44.3%	44.5%	43.6%	43.8%	42.6%	42.2%	41.7%	41.2%	-3.6%

物流の小口化・多頻度化が進展

企業の在庫圧縮のため、物流はますます小口化・多頻度化する傾向にあり、今後は、インターネットの活用による通信販売や注文販売の増大により、その傾向がさらに進む可能性がある。

一方、NOx、PM等の排出規制強化や地球温暖化への対応のため、共同輸配送やモーダルシフトなど、環境に配慮した物流を志向する「グリーン物流」の動きが一部先駆的企業で進められている。

また、空荷で走行する貨物車を削減するため、インターネットなどの情報ネットワークを用いて、求車情報や求荷情報をやりとりする「求荷求車情報システム」等、積載効率の向上への動きも進んでいる。

4. 民生部門

(1) 排出量の現状と推移

1998年度における民生部門における排出量（電力使用に伴う間接排出分を含む）は、我が国における温室効果ガス総排出量の約22.1%を占めている。大綱の2010年の目標は90年比±0%であるが、98年度の排出量は90年比12.6%と大きく増加している。

1998年度の二酸化炭素の排出量のうち、家庭部門は51.1%、業務部門は48.9%である。

家庭部門の二酸化炭素消費量は、気象条件により大きく左右され、また確固たる統計は存在しないものの、おおむね、給湯用3割弱、冷暖房用3割弱、その他用4割強と推定される。

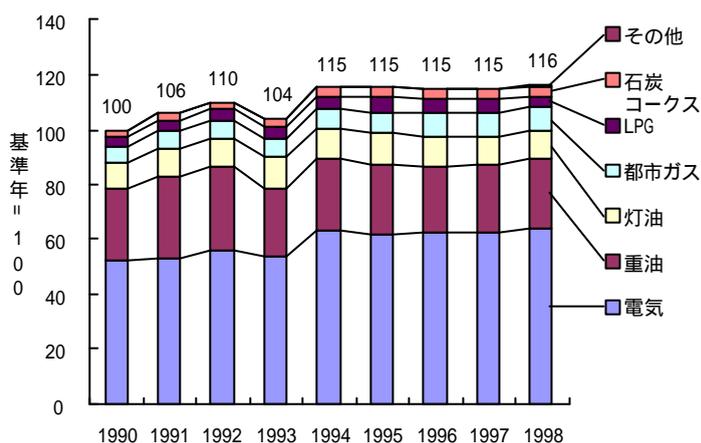


図 52 民生（業務）部門の排出量の推移

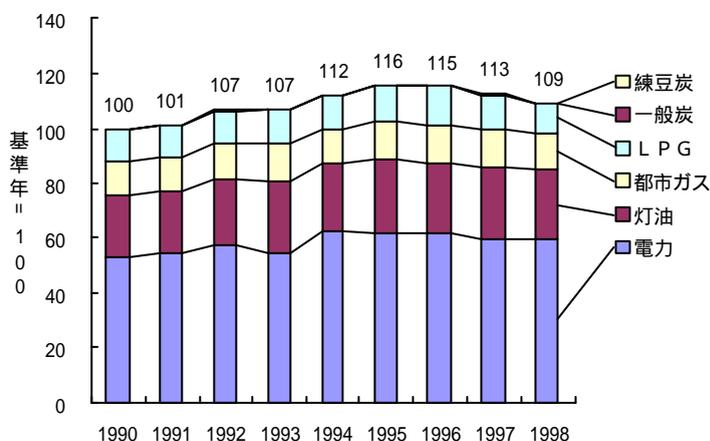
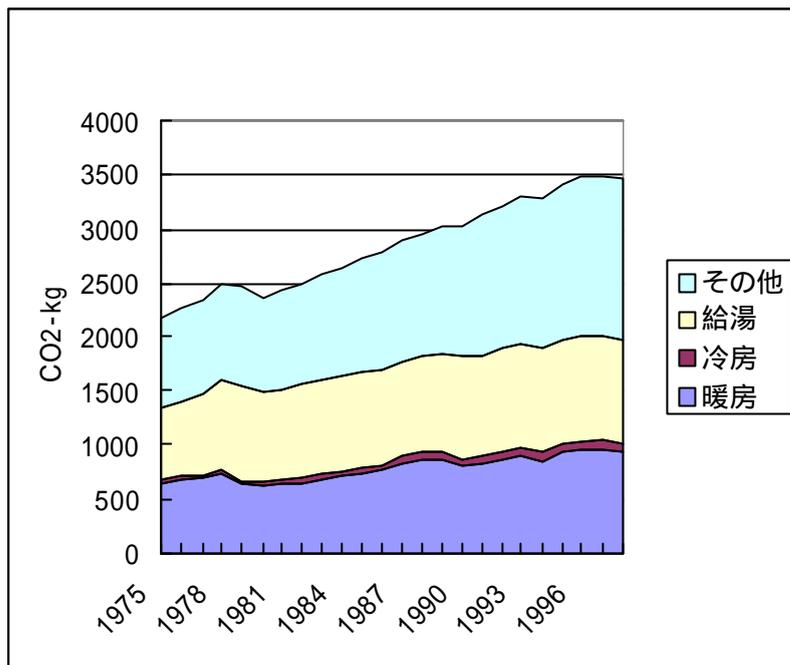


図 53 民生（家庭）部門の排出量の推移



(注) 2人以上の世帯、気温補正済み
 (注) CO2排出原単位は1998年値を固定値として計算

図 54 用途別世帯当たり排出量の推移

(出典「家庭用エネルギー統計年報 平成12年版」住環境計画研究所、平成12年3月)

(2) 要因分析と課題

家庭部門

家庭部門の排出量は、気象条件に大きく左右されるため、近年の動向の把握は困難であるが、世帯当たりのエネルギー消費原単位と世帯数の増加の双方が家庭部門のCO₂排出量増加に寄与している。

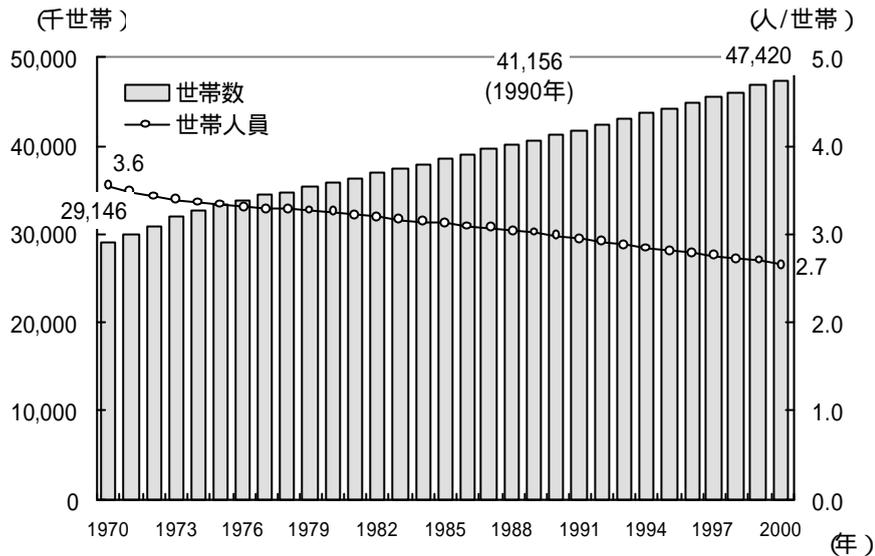


図 55 我が国における世帯数・世帯員数の推移

(出典「住民基本台帳人口要覧 平成12年版」市町村自治協会、平成12年8月)

延床面積や冷暖房設備等の住宅水準の充実化が、省エネルギーによる効果を相殺している状況に留意する必要がある。

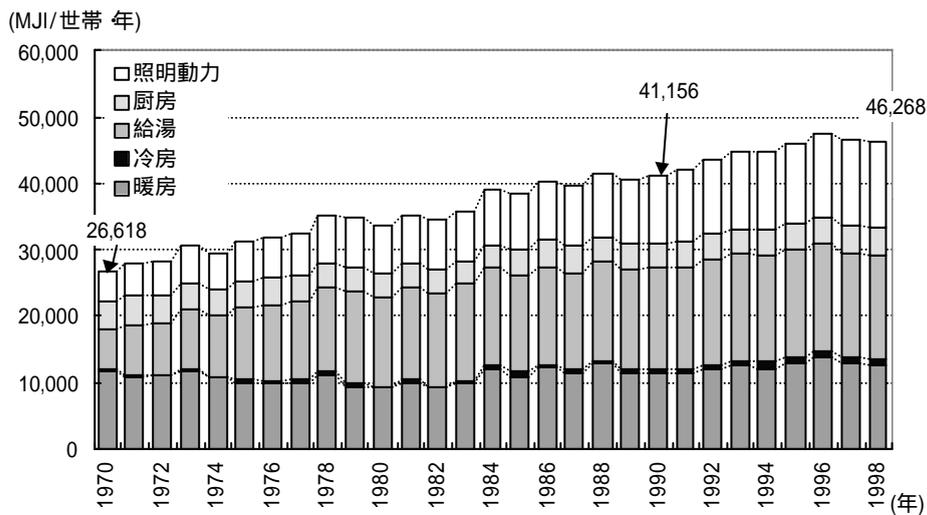


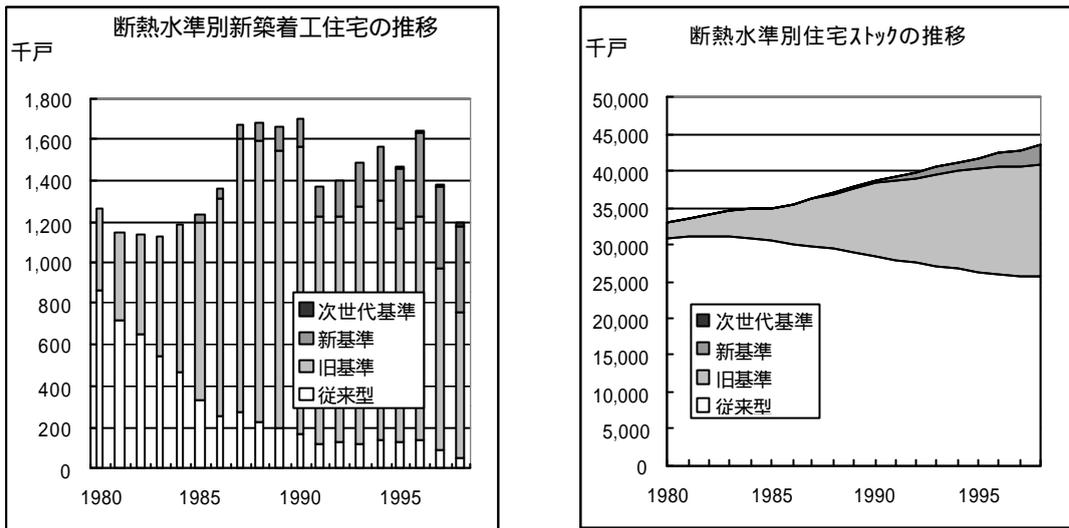
図 56 世帯あたりエネルギー消費原単位の推移

(出典「家庭用エネルギー統計年報 平成12年版」住環境計画研究所、平成12年3月)

住宅の断熱性能の向上

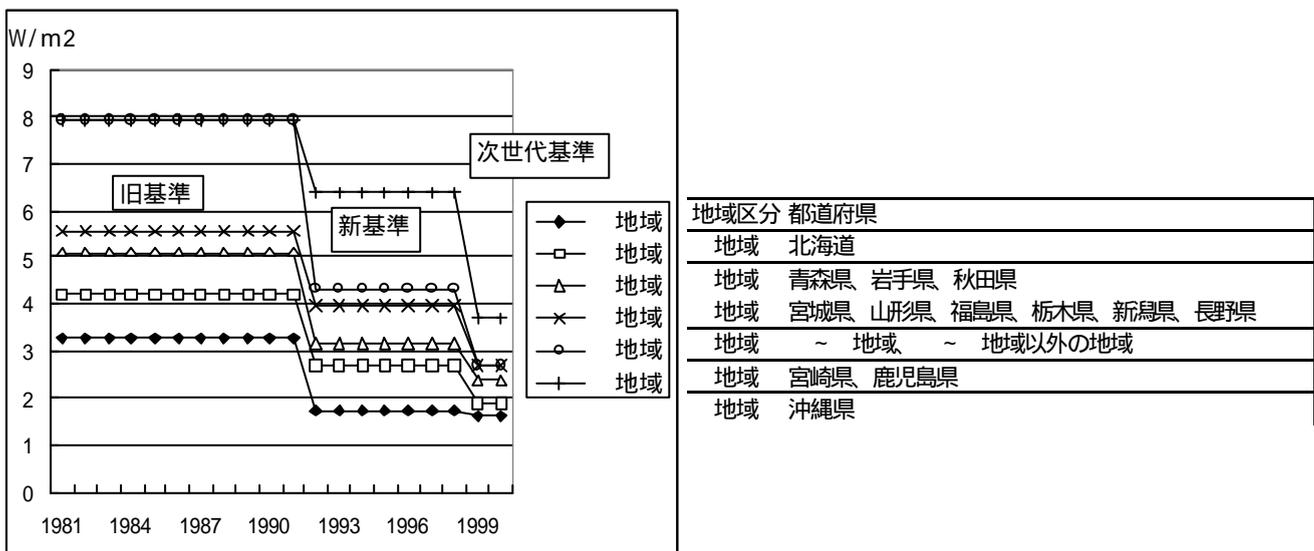
住宅の断熱水準は徐々に向上しており、断熱性能の指標である全住宅平均の熱損失係数は徐々に低下していると推計される。

ただし、新築着工住宅において断熱性の良い住宅のウエイトが増加しているが、住宅のリプレースには長期間を要するため、住宅ストック全体で見れば、大半の住宅が旧基準以下の断熱性能しか持っていないのが現状である。



(注)省エネ法以前のほとんど断熱されていない住宅を「従来型」、1979年の省エネ法での断熱水準を満たした住宅を「旧基準住宅」、1992年の断熱の強化を満たした住宅を「新基準住宅」、1998年の省エネ法の改正に伴う断熱基準を満たした住宅を「次世代基準住宅」と呼ぶ

図 57 断熱水準別住宅戸数の推移 (出典：住環境計画研究所推計)



(注)熱損失係数：外気温と室内温度の差が1 の場合に住宅の延べ床面積当たり、1時間当たりに住宅から逃げる[冷房の場合は住宅に入り込む]熱量

(注)次世代基準においては、気候条件により市町村別に地域区分がされているが、右表におおむね一致。

図 58 住宅の断熱性能に関する省エネルギー基準(熱損失係数)の推移

トップランナー方式による省エネ推進

現在家電製品でトップランナー基準⁶が設定されているのは、エアコン、冷蔵庫、カラーテレビ、蛍光灯、パソコン、VTRの6種類である。

表 16 1998年の改正省エネルギー法に基づく家電製品の基準

対象機器	設定対象	目標達成年	想定省エネ率
エアコン	冷房能力 28kW 以下のエアコンで、自動車用等を除く	冷暖兼用；2004 冷凍年度（2003 年 10 月から 2004 年 9 月）冷房専用；2007 冷凍年度	冷暖房兼用のもので 63%（家庭用以外の機種も含んだ平均値）
冷凍庫・冷蔵庫	冷凍庫、冷蔵庫、冷凍冷蔵庫（吸収式、ベルチェ式冷蔵庫、横置型冷蔵庫、業務用冷蔵庫を除く）	2004 年度	30.4%
カラーテレビ	カラーテレビ（液晶、プラズマ、デジタル放送受信機内臓等を除く）	2003 年度	16.4%
蛍光灯	特殊な蛍光灯を除く（防爆型など）	2005 年度	16.6%（家庭用以外も含む）
電子計算機（パソコン）	パソコン及び中央処理装置	2005 年度	56%（大型も含む）
VTR	ハイビジョン、デジタル対応型を除く VTR の待機時消費電力	2003 年度	59%

（注）想定省エネ率は基準作成時点における出荷構成と同じ出荷構成を前提とした場合の目標達成年における機器効率の向上率であり、経済産業省における省エネルギー部会資料に掲載されている。

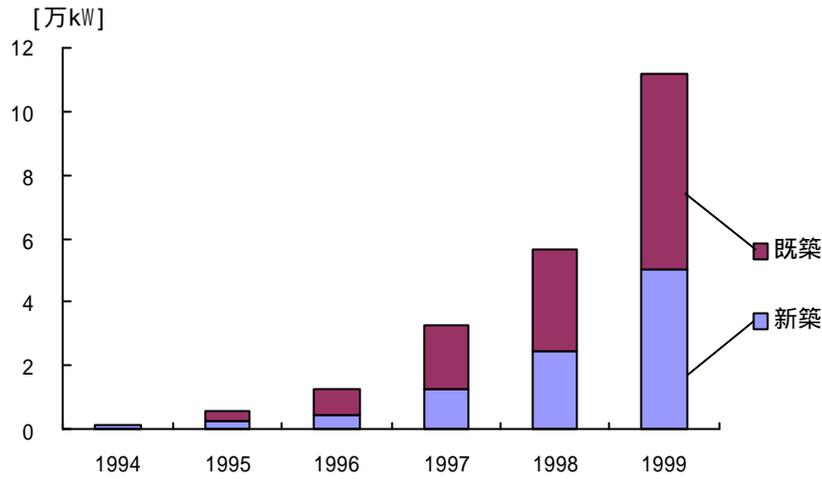
太陽熱温水器・太陽光発電の導入

家庭用のエネルギー供給設備として、太陽熱温水器、太陽光発電設備による削減効果が期待できる。太陽熱温水器については助成が行われてきたが、近年販売量は急速に低下している。

太陽光発電設備は、国の助成制度（1994～96年：太陽光発電システムモニター事業、1997～99年太陽光発電導入基盤事業）により普及が進み、2000年度末までに同助成制度を受けた住宅総数は約1万6千戸に達する。

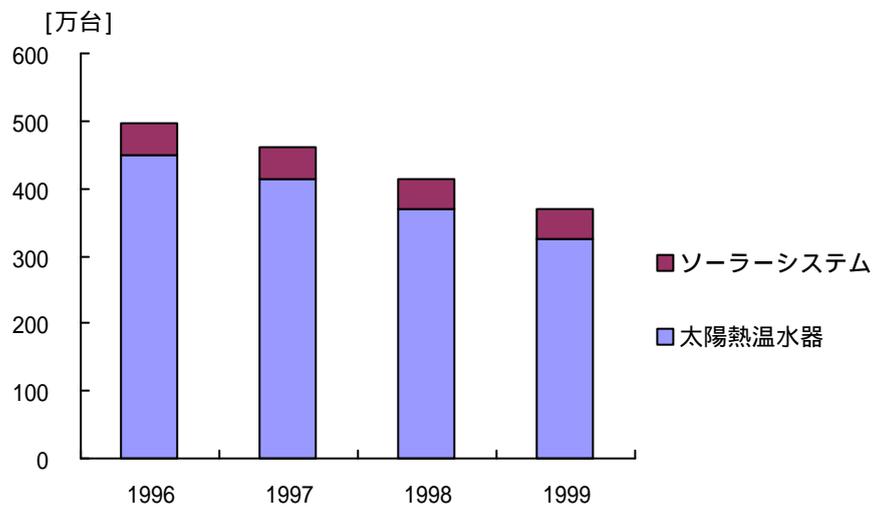
ただし、同制度は2001年度に終了する予定であり、それ以降に助成制度が継続されるかについては現時点では明らかではない。なお、将来的には、家庭用の燃料電池コージェネレーションも期待される。

⁶ 1998年の省エネルギー法の改正とともに、家電機器のトップランナー基準が導入された。これは、現状において商品化されているもののうち最もエネルギー効率の良い家電機器をトップランナーとし、この値を将来時点の基準値とするものである。



(出典) 総合エネルギー調査会新エネルギー部会資料より作成

図 59 太陽光発電（住宅用）の普及状況



(出典) 総合エネルギー調査会新エネルギー部会より作成

(注)ソーラーシステム：電気・機械を用いた高性能な強制循環式の太陽熱利用システム

図 60 太陽熱温水器の普及状況(基数ベース)

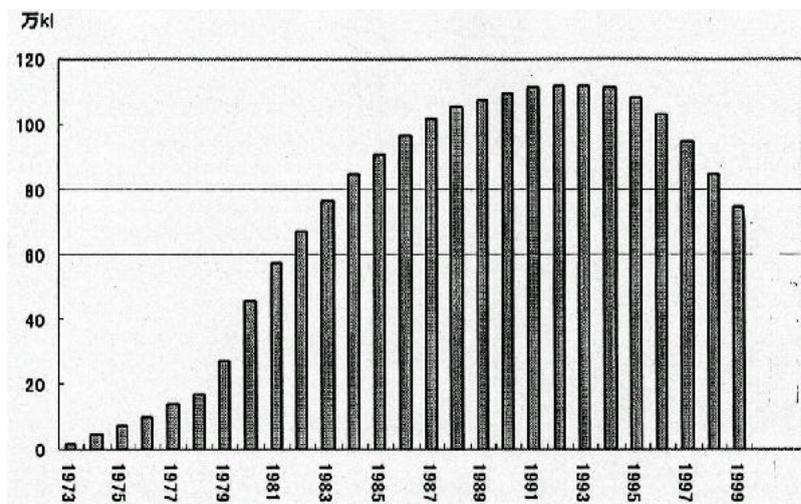


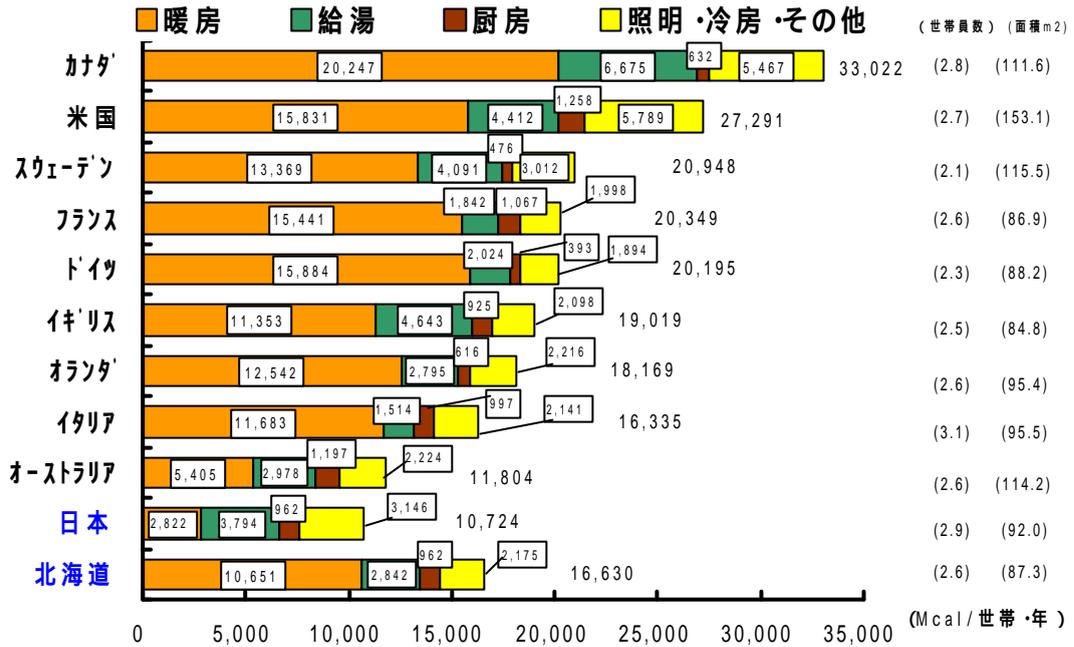
図 61 太陽熱温水器の普及状況(エネルギー供給ベース)(原油換算)

(資料)総合エネルギー調査会新エネルギー部会

わが国の潜在的暖房需要増の可能性

主要国の世帯当たりのエネルギー消費原単位をみると、わが国に比べて先進諸外国は暖房用のエネルギー消費原単位が大きいことがわかる。

なお、わが国の暖房用エネルギー消費原単位が比較的低い水準にとどまっているが、「潜在的な暖房需要がある」とも言われており、今後暖房需要が伸びる場合には、温室効果ガス排出量を増加させずに地域熱供給を可能にする対策・技術の導入が必要である。



注) 気候条件の補正は行っていない。

図 62 家庭用用途別エネルギー消費原単位の国際比較 (1994)

(資料)住環境計画研究所

業務部門

業務部門の排出量の増加は、主に産業構造の変化により第三次産業の割合が増加し、これが業務部門の延床面積の増加という形で現れることによりもたらされている。ただし、生産額あたりのエネルギー需要量では、一般的には、第二次産業に比較し第三次産業の方が少ないことから、産業構造の変化による第三次産業のエネルギー需要の増加が、必ずしもわが国全体のエネルギー需要総量での増加とはならないことに留意する必要がある。

業務部門では、エネルギー需要総量の増加に加えて、単位面積あたりのエネルギー需要量（エネルギー消費原単位）が増加傾向にある。業種別に90年度比の単位面積あたりのエネルギー需要量を見ると、「事務所・ビル」「病院」の2業種のみが減少し、他の業種のほとんどが増加傾向にある。

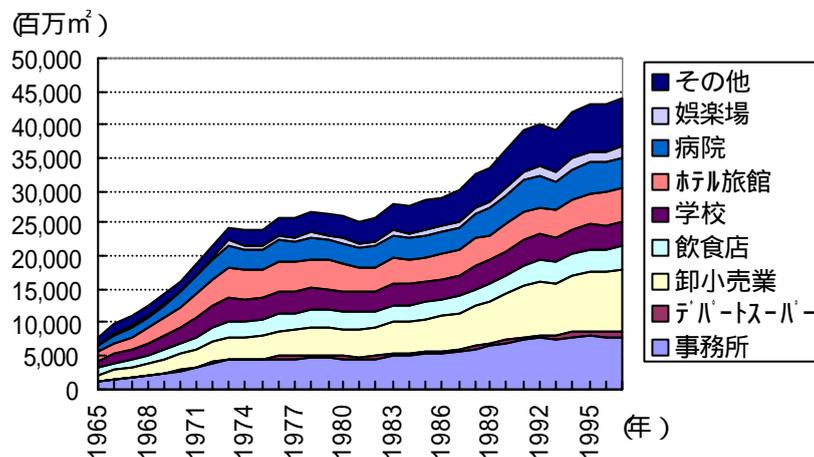


図 63 業務用延床面積の推移

（出典 「I社」-経済統計要覧 1999年」 日本I社」-経済研究所I社」-計量分析センター）

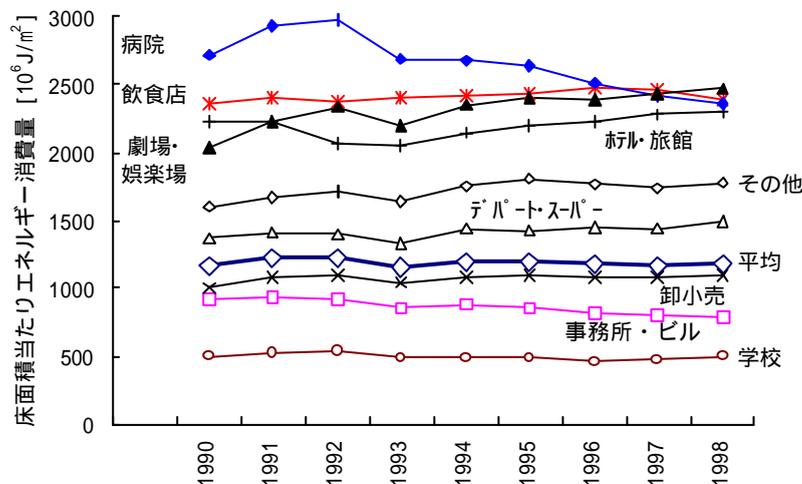


図 64 業務延床面積当たりのエネルギー消費原単位の推移

（出典 「I社」-経済統計要覧 1999年」 日本I社」-経済研究所I社」-計量分析センター）

業務部門でもトップランナー基準が適用され、着実な効果が期待される

業務部門の対策としては、業務用のエアコン（28kW以下のエアコン、ビルマルチ[室外機1台に数台の室内機を付属させたエアコン]が主体）、照明、コピー機、電子計算機に関してトップランナー基準が1998年の法改正において実施されており、着実な効果が期待できる。

規制による省エネルギー性能向上の程度は不明

建築物については、建築物の省エネルギー性能の基準であるPAL、CECの強化が行われている（PAL：建築物の断熱性能に関する基準、CEC：建築物の設備のエネルギー効率に関する基準）。PAL、CECの規制は2,000㎡以上の延べ床面積を持つ特定建築物についてはエネルギー計画書を提出することとしている。

この規制は建築確認申請の際に行われているものであるが、従来この規制値を凌駕した申請が大半であり、規制によって建築物の省エネルギー性能がどれだけ向上してきたかは不明である。また、竣工後のエネルギー効率に関しては、規制がないため、この面からもこのPAL、CECの規制の効果は把握しがたい。

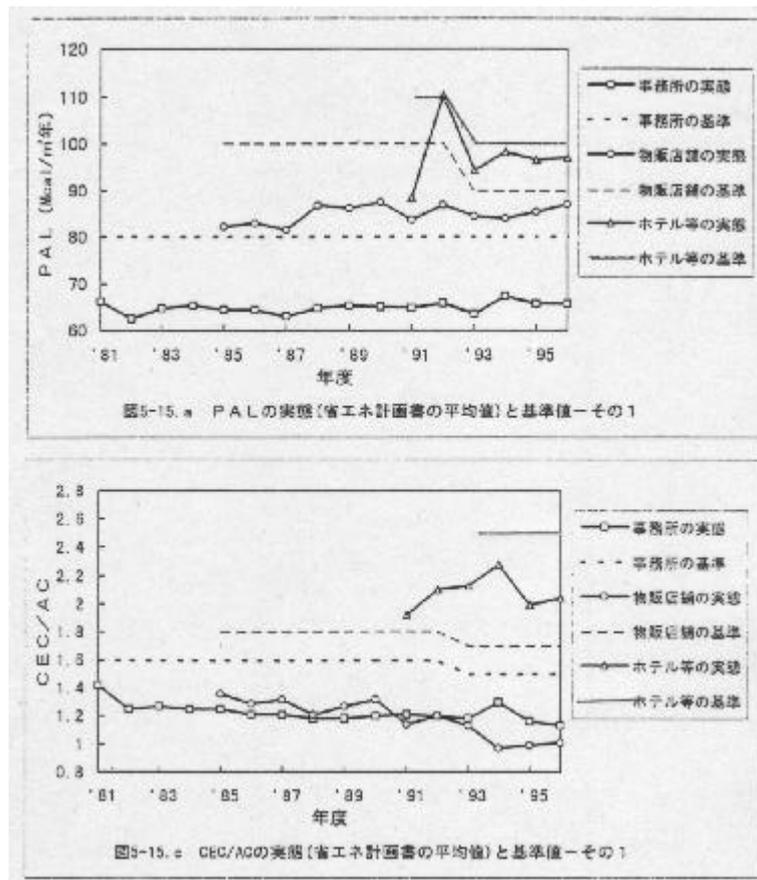


図 65 建築物のPAL/CECの達成状況

出所) (財)住宅・建築 省エネルギー機構 平成11年度建築環境・省エネルギー講習会テキスト

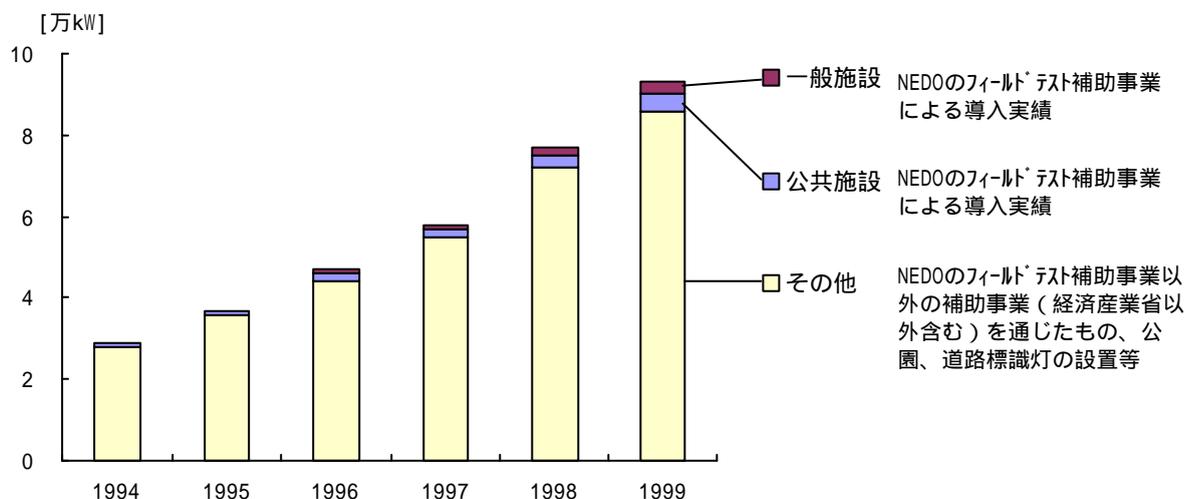
第2種エネルギー管理指定工場が指定されたが、省エネ目標値はない

また、更に、98年の法改正により、従来の特定5業種（製造業、鉱業、電気供給者、ガス供給者、熱供給者）のうち一定規模以上のエネルギー消費量を有する事業者を対象とする「エネルギー管理指定工場」（これを「第1種エネルギー管理指定工場」と指定）に加え、オフィス、病院、学校、ホテル、デパートなどの業務部門の施設を含むあらゆる事業場において、一定量以上のエネルギー消費量（原油換算1,500kl/年以上又は電力600万kWh/年以上）を有する施設が「第2種エネルギー管理指定工場」と新たに指定されている。

「第2種エネルギー管理指定工場」については、エネルギー使用状況の記録とエネルギー管理員の選任が必要であるが、省エネルギー目標値等を定めているものではない。

近年公共施設を中心に太陽光発電の導入が進展

これまでは公園、道路標識等の設置を中心に普及してきたが、近年公共施設を中心に太陽光発電の導入が進展しつつある。



(出典) 総合エネルギー調査会新エネルギー部会資料より作成

図 66 太陽光発電（非住宅）の普及状況

未利用エネルギー導入機会は都市計画等に大きく依存

工場排熱や温度差エネルギーなどの熱供給事業が増加しつつあるが、その導入機会が都市計画等の進展などに大きく依存するという課題がある。

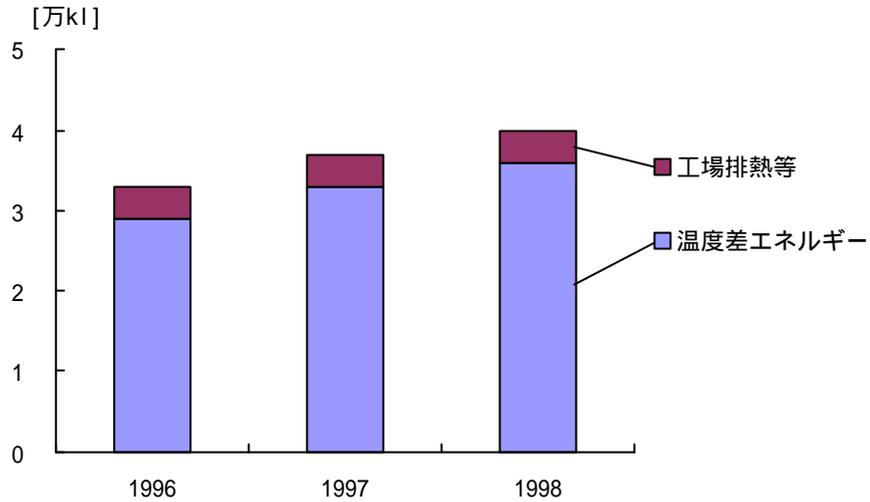


図 67 未利用エネルギーの普及状況(原油換算)

(出典) 総合エネルギー調査会新エネルギー部会より作成

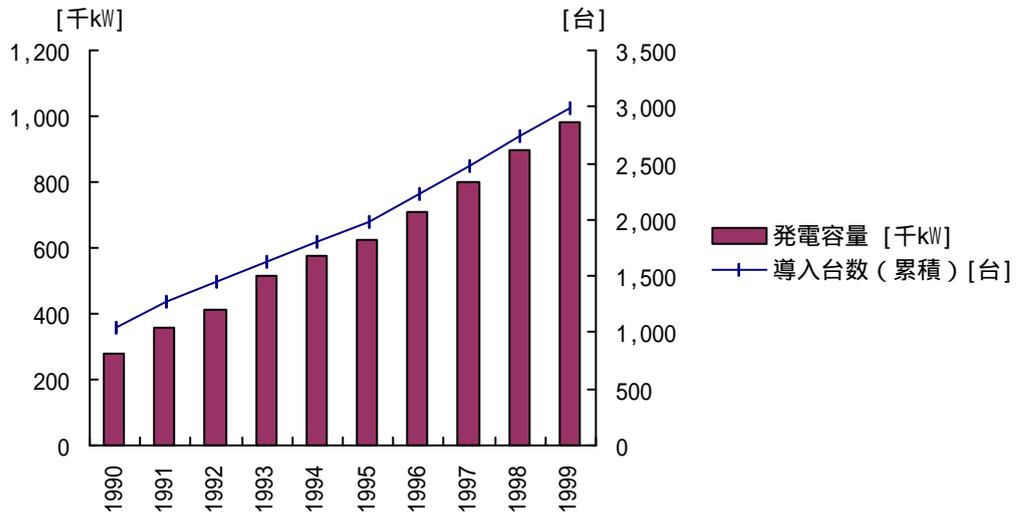


図 68 民生用コージェネレーションの普及状況

(出典) 日本コージェネレーションセンター「コージェネレーションシステム導入実績表」(2000年版)より作成

5 . H F C 等 3 ガス部門

(1) 排出量の現状と推移

1998年度のH F C 等 3 ガス部門における排出量は、我が国における温室効果ガス総排出量の約7.4%を占めており（ただし、潜在排出量[生産量 + 輸入量 - 輸出货量 - 破壊量]による割合）、H F C、P F C、S F₆の内訳は、それぞれ2.4%、1.3%、3.7%となる。

1999年度のH F C 等 3 ガスの実排出量は41.3百万 t (二酸化炭素換算)であり、基準年比（H F C 等 3 ガスの場合1995年）で18.5%減少している。

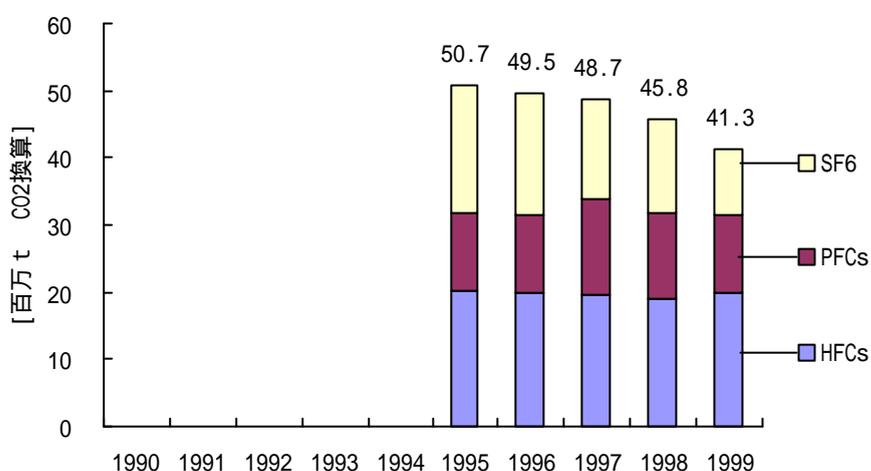


図 69 H F C 等 3 ガス実排出量の推移(単位：百万 t (炭素換算))

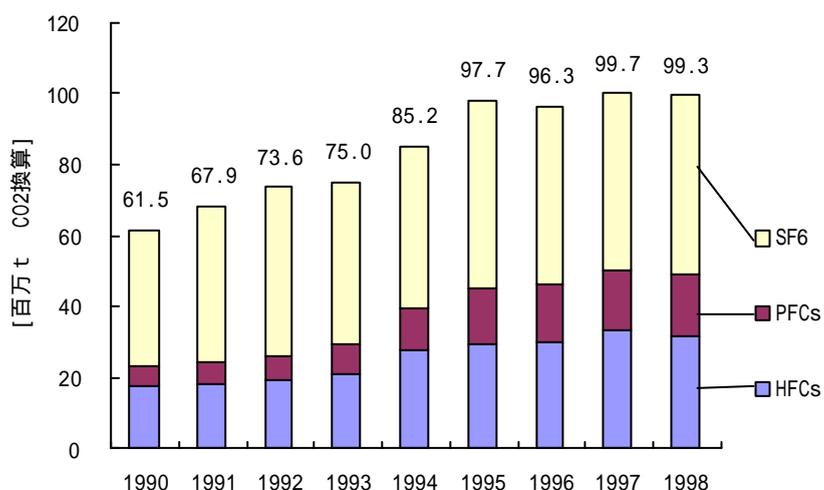


図 70 H F C 等 3 ガス潜在排出量の推移(単位：百万 t (炭素換算))

(2) HFC等3ガスの排出特性

HFC等3ガスは、冷媒、発泡、エアゾール及び電気絶縁剤として製品への充填や、電子部品等の溶剤・洗浄剤や半導体、液晶のドライエッチング・CVD⁷クリーニング(LSIの製造プロセス等ではウエハー上に膜形成と加工を繰り返すが、その際膜形成に使用された各種の化合物がチャンバー[反応容器]内に付着する。これをPFCなどを使って取り除く。)等さまざまな用途に使用されており、CO₂、CH₄、N₂Oの排出とは異なり、ガスの生産、使用、保有、製品廃棄の各段階において、排出される特性がある。

特に、製品へ充填される用途については、製品のライフサイクルに依存するため、ガスの充填から製品廃棄によるガスの放出まで数年～数十年にわたる時間のずれを生じることになる。

産業部門では、HFC、PFC、SF₆の製造時、HCFC-22の生産に伴うHFC-23の副生時、冷媒使用機器、発泡プラスチックフォーム、エアゾール等への充填時、電子機器等の洗浄や半導体・液晶のドライエッチング・CVDクリーニング時にHFC、PFC及びSF₆が排出される。

エネルギー転換部門では、変圧器、開閉器、遮断器等の電気絶縁ガス使用機器の使用・点検・廃棄時にSF₆が排出される。

民生部門では、電気冷蔵庫、エアコン、噴霧器・消火器等の使用・廃棄に伴いHFC、PFCが排出される。

運輸部門では、自動車用エアコンの使用・廃棄に伴いHFCが排出される。

⁷ CVD法は「Chemical Vapor Deposition Method」の略で、日本語では「化学気相法」。

(3) 要因分析と課題

HFC

HFCは冷媒など幅広い用途に使用され近年生産増大

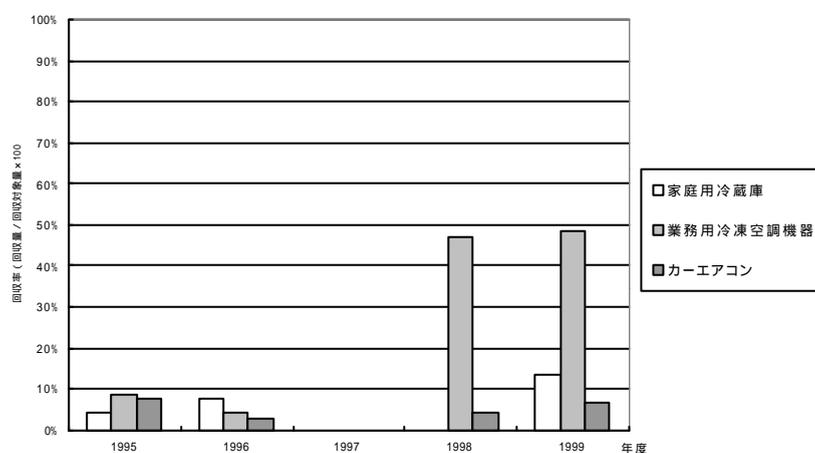
オゾン層破壊物質であるCFCは、モントリオール議定書に基づき、我が国においては1995年末にほぼ生産が中止され、HCFCについても2019年末に中止されることから、その代替ガスとしてHFCの開発と生産設備投資が実施され、近年の生産が増大している。

現在、HFCは、冷媒、溶剤・洗浄剤だけでなく、従来より炭化水素などが使用されてきたエアゾールの分野や、二酸化炭素や炭化水素が使用されている発泡分野にも用途が拡大している。

CFCの自主的な回収が進められているが回収率は低い

現在、オゾン層保護対策として冷媒用CFCの自主的な回収が進められているが、その回収率は低レベルに留まっている。

なお、現在、CFC、HCFCだけでなく、HFCも含めた冷媒用フロンの回収破壊に係る法制化の検討が行われている。



出典：環境省資料等をもとに作成

図 71 冷媒CFC回収率（回収対象量ベース）の推移

- (注1) 回収対象量の定義については、第1回小委員会 資料3-4-5「HFC等3ガス部門の削減ポテンシャル」(p7)参照
- (注2) 1997年度は機器別回収実施者別回収率としてとりまとめられているため、機器別の回収量に関するデータは出されていない。
- (注3) 1998年度の家​​庭用冷蔵庫については、回収台数ベースで回収率がまとめられており、回収量に関するデータは出されていない。

炭化水素系等の代替物質は既に実用化レベルにある

エアゾール用途で、HFCを利用している主な製品は、産業用および家庭用のダストブローであり、これらの製品は現時点においても炭化水素等の代替物質で十分に対応可能であると考えられること、また開放系の用途であるため回収処理が困難であることから、可能な限り炭化水素等へ代替していく必要がある。

冷媒用途では、現在、わが国においてはアンモニア等の代替物質を使用した業務用冷凍空調機器が僅かではあるが製造されている。一方で、海外では炭化水素系冷媒などの代替物質を利用した製品の開発が積極的に行われており、わが国でも研究開発と一部実用化が行われている。

発泡用途では、現在、家庭用冷蔵庫の断熱材として、炭化水素（シクロペンタン）を用いたものが既に実用化されている。それ以外では、僅かではあるが炭化水素や水を代替物質としてフロン(注)に混合して発泡剤として使用している。将来的には代替物質の混合率を高めていく方向や代替物質単独での発泡の可能性があると考えられる。

(注) 高発泡ポリスチレンフォームはHFCを使用しているが、その他のフォームでは未だほとんど使用されていない。

PFC

PFCは電子部品等の洗浄、ドライエッチング・CVDクリーニング用途に使用

PFCは、約30年前から使用されているが、実質的には1980年代後半からのハイテク関連産業の成長とともに、電子部品等の洗浄用途、半導体・液晶のエッチング、CVDクリーニング用途として使用量が増加してきた経緯がある。

PFC回収処理装置の回収効率が高いが設備の設置率は低い

1999年時点において回収処理装置の回収効率（除害効率）は90%と技術的に高い水準となっている一方で、回収装置・設備の設置率が半導体製造で0.5%（PFC、SF₆同値）、液晶製造で10.4%（PFC）、22.0%（SF₆）と低い水準にある。

PFCの代替物質は調査研究段階

現在、PFCの代替ガスに関する調査研究が政府プロジェクトで開始されたばかりであり、将来の代替の可能性は現時点では不明である。

SF₆

SF₆は弱電機器等利用用途が拡大

SF₆は従来、電気絶縁用として、密閉型ガス開閉装置、遮断器及び変圧器等の電力用機器に使用されている。また、PFCと同様に、半導体・液晶のエッチング、CVDクリーニング用途としても利用されている。

SF₆は、従来の用途に加えて、電子回路や制御回路等の比較的弱い電流を用いる弱電機器での利用が増加しており、また海外においてはタイヤ、靴底、二重防音窓等への利用が報告されているが、小型の製品からのガス回収は困難であることから、これらの用途における利用拡大が懸念される。

SF₆の電気絶縁用途での回収処理は進展

電気絶縁用途のSF₆は、機器の点検時および撤去時に回収が行われており、1999年時点において点検時の回収率が87%、撤去時の回収率が88%と比較的に高い実績となっている。

SF₆の代替物質は研究段階

SF₆の代替ガスに関する調査研究が行われているが、現時点において効果的な代替ガスは開発されていない。

【備考】新たな代替物質としてNF₃(三フッ化窒素)の使用開始

半導体・液晶のエッチング、CVDクリーニング用途においては、PFC、SF₆の代替物質として京都議定書の削減対象に入っていないNF₃(GWP: 8,000)が使用され始めている。

なお、NF₃は、化学物質審査規制法で、指定化学物質に指定されており、平成11年度の製造量及び輸入量の合計値は217トンである。

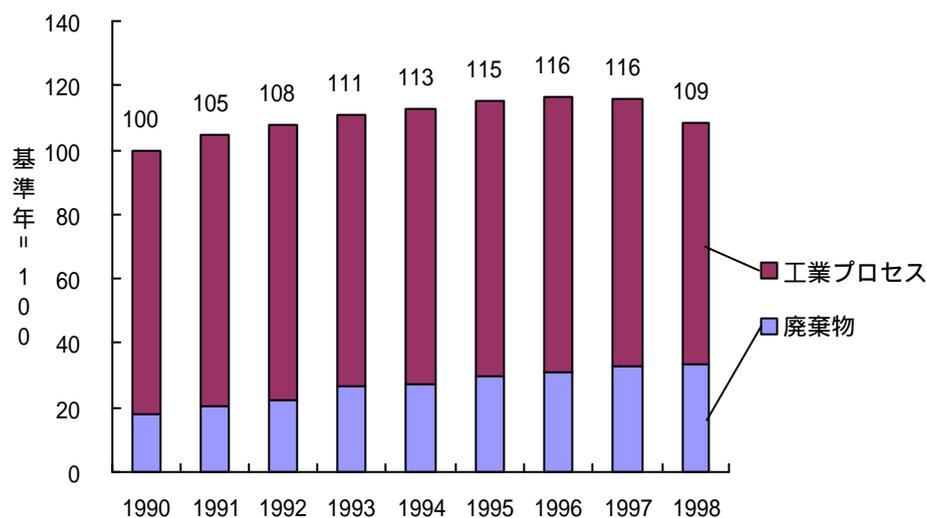
6 . 非エネルギー起源 CO₂、CH₄、N₂O

(1) 排出量の現状と推移

非エネルギー起源CO₂排出量は90年比9%増加

1998年度における非エネルギー起源のCO₂の排出量は、わが国における温室効果ガス総排出量の5.8%を占めている。主な排出源はセメントなどの製品製造時の石灰石、ドロマイト起源の工業プロセスからの排出と、廃棄物焼却（化石燃料由来である廃油と廃プラスチック類が対象）からの排出である。

98年度の非エネルギー起源のCO₂の排出量は90年度比で9%増加している。これは主として廃棄物焼却時のCO₂が増加していることによる(90年比81%増)。なお、98年度はセメント製造時のCO₂排出量(90年比4.7%減)が減ったこと等により減少に転じた。



(注) 「土地利用、土地利用変化及び林業」を除く。

図 72 非エネルギー起源のCO₂の排出量の推移

メタン(CH₄)排出量は90年度比11%減少

98年度におけるCH₄の排出量は、我が国における温室効果ガス総排出量の2.1%を占めている。主要な排出源は、稲作、家畜の消化管内発酵、家畜ふん尿の排出と、廃棄物の埋立からの排出、天然ガス・石炭採掘時の漏出などのエネルギー部門、工業プロセスからの排出である。

98年度のCH₄の排出量は90年度比で11%減少している。各部門ともに減少傾向にある。

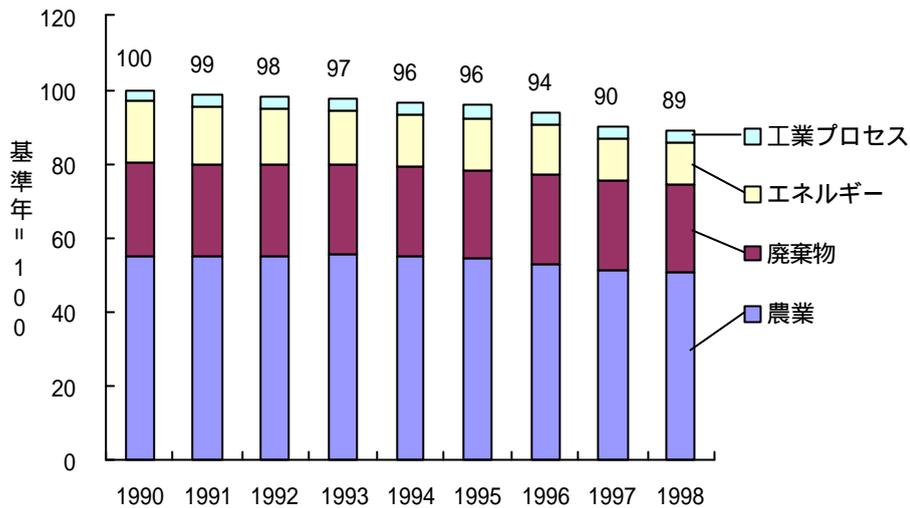


図 73 CH4の排出量の推移

一酸化二窒素(N2O)は90年度比10%増加

98年度におけるN2Oの排出量は、我が国における温室効果ガス総排出量の1.5%を占めている。主要な排出源は、アジピン酸や硝酸製造等の工業プロセス、運輸・その他燃料の燃焼等のエネルギー部門、農業・畜産分野、廃棄物の焼却である。

98年度のN2Oの排出量は90年度比で10%増加している。これは、主として運輸等のエネルギー部門と廃棄物の焼却によるものである。なお、98年度は工業プロセスの排出量が約12%減少したことにより、N2O排出量は減少に転じた。

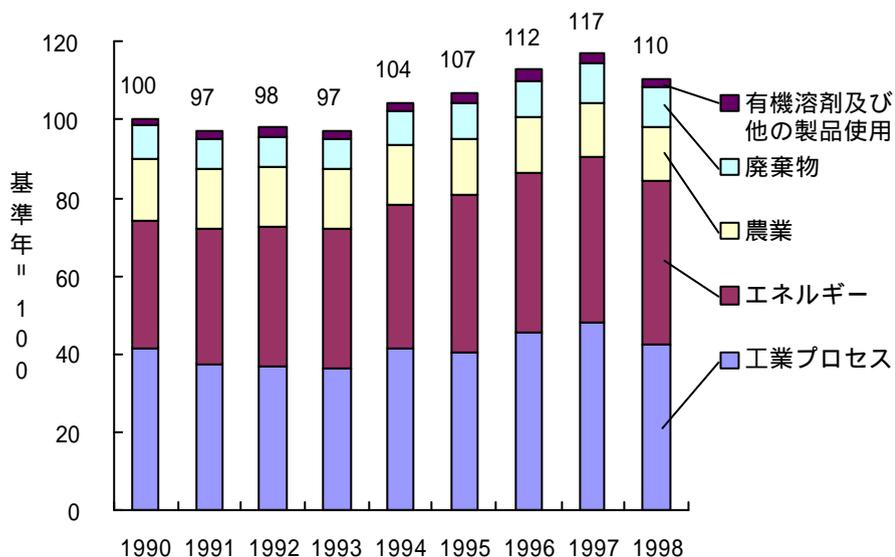


図 74 N2Oの排出量の推移

(2) 要因分析と課題

農業・畜産部門

農業・畜産部門(稲作、家畜の消化管内発酵など)のCH₄及びN₂Oの排出量は、全体的に減少し、90年比で8%減少した。排出量の減少要因は、主として活動量の減少である。例えば、稲作からのCH₄排出量は、水田面積の減少によって減少した。

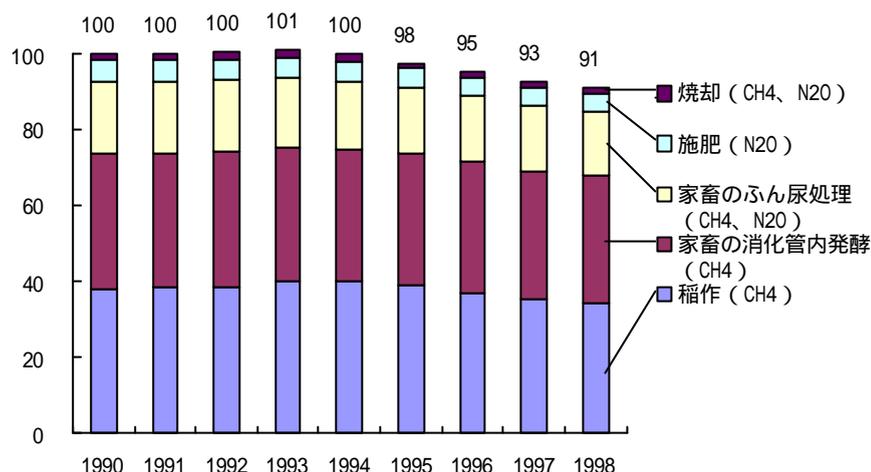


図 75 農業・畜産部門の温室効果ガス排出量の推移

有機性資源(家畜排せつ物の他、生ゴミ、食品産業廃棄物、下水汚泥等[以上は廃棄物分野に含まれる])のリサイクルを促進するため、1999年8月から関係省庁・関係団体による「有機性資源循環利用推進協議会」を組織し、関係省庁・団体による連携事業や横断的プログラムの推進方策について検討を重ね有機性資源のリサイクルの促進に向けた基本方針を取りまとめている。

家畜排泄物については、「家畜排泄物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が1999年12月に施行され、2000年度中には各都道府県において「家畜排泄物の利用促進計画」が策定されることとなっている。各都道府県においては、家畜排泄物の有効利用を図るためにたい肥化等により推進することとしている。

廃棄物部門

廃棄物の焼却量は1990年度以降増加傾向にある。1996年度の焼却量は一般廃棄物と産業廃棄物をあわせて約2,840万トンと1990年度から24%の増加となっている。なかでも、廃油・廃プラの焼却量の増加が著しい。

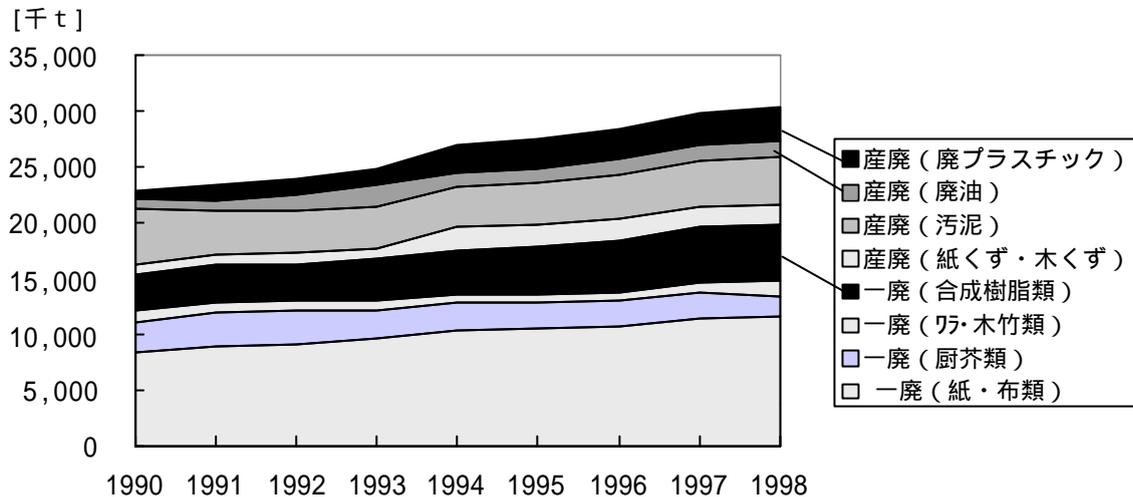


図 76 廃棄物焼却量の推移 [1997年度以降は推計]

(出典：厚生省「日本の廃棄物処理」「産業廃棄物の処理状況等について」等より作成)

1999年9月に、政府は、「ダイオキシン対策推進基本指針」に基づき、2010年度を目標年度とする廃棄物の減量化の目標量を1996年度に対し次のように設定している。

表 17 廃棄物減量化の目標

	一般廃棄物	産業廃棄物
減量化	<ul style="list-style-type: none"> 排出量を5%削減 再生利用量を10%から24%に増加 最終処分量を半分に削減 	<ul style="list-style-type: none"> 排出量の増加を13%に抑制 再生利用量を42%から48%に増加 最終処分量を半分に削減
焼却量の削減	・15%削減	・22%削減

2000年5月に成立した食品循環資源再生利用促進法(食品リサイクル法)では、2001年度の施行から5年間で再資源化率を企業毎にそれぞれ20%向上させることを目指している。本法は資源を有効利用し、加えて最終処分される廃棄物を減らすことが主たる目的であるが、温室効果ガス排出抑制の効果も期待できる。

工業プロセス部門

1996～1998年度にかけて工業プロセス分野における排出量が減少したのは、主にセメント製造時のCO₂排出量がセメント需要の落ち込みによって減少したことによる。

CO₂排出量の少ない混合セメントなどの利用拡大やアジピン酸製造時に発生するN₂Oの回収・破壊などが、自主的取り組みによって進められている。

このアジピン酸製造時に発生するN₂Oの回収・破壊(約9割)は、1999年に回収破壊設備が導入されることにより、その効果が期待されている。

表 18 工業プロセス部門の排出量の推移

	[千t-CO ₂ 換算]									
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	
工業プロセス計	67,229	68,157	68,649	67,832	69,756	69,644	70,379	69,269	62,495	
CO ₂ 計	58,795	60,382	60,999	60,333	61,303	61,237	61,079	59,501	53,809	
セメント	38,685	40,284	41,669	41,581	42,619	42,507	42,884	40,230	35,419	
生石灰	5,195	5,160	5,090	4,661	4,464	4,241	4,179	4,699	4,462	
ソーダ石灰ガラス	921	893	890	879	992	950	838	857	776	
アンモニア	3,377	3,327	3,356	3,183	3,391	3,328	3,453	3,366	3,055	
鉄鋼	10,617	10,718	9,994	10,028	9,838	10,211	9,725	10,349	10,097	
CH ₄ 計	1,019	1,003	956	940	1,007	1,039	1,043	1,050	993	
カーボンブラック	183	182	174	158	168	175	175	179	167	
エチレン	125	129	126	119	136	146	150	156	149	
二塩化エチレン	23	22	23	23	24	25	26	29	29	
スチレン	187	184	182	189	232	247	259	255	233	
メタノール	4	3	1	2	2	3	0	0	0	
コークス	497	483	449	447	445	444	432	431	415	
N ₂ O 計	7,415	6,772	6,695	6,559	7,445	7,368	8,257	8,718	7,693	
アジピン酸	6,650	6,008	5,925	5,804	6,669	6,605	7,514	8,000	6,903	
硝酸	766	763	770	756	776	763	743	718	790	

7 . 分野横断的対策

(1) 情報通信技術の活用

政策的に情報通信技術の活用を促進し温室効果ガスを削減(直接効果)

産業部門では、分散電源を通信ネットワークにより結びつけることによる高効率最適運転、ボイラー等の熱源機器の台数制御の高度化、IT技術の高度化による工場設備の最適制御によってエネルギー消費量を削減し、温室効果ガスの排出量を削減することができる。また、製品設計段階におけるライフサイクルシミュレーション(製造 - 使用 - 廃棄の全段階で最もCO₂が極小になるような設計) によって、ライフサイクルにわたるCO₂の排出を削減することができる。

パソコン、携帯電話等、情報通信技術の急速な普及は、人々のライフスタイル、ビジネススタイルを変えているとともに、図 12 に示すとおり、産業部門だけでなく、温室効果ガスの排出に対して様々な経路を通じて影響を与えている。

地球温暖化対策推進大綱において温暖化対策として掲げられた、「テレビ会議・テレワーク等の普及」、「ITS技術の活用」、「物流の効率化」等の対策・技術は、自動車交通量の低減、渋滞の緩和、過剰生産の抑制等を通じて、温室効果ガス排出量の削減に寄与すると考えられる。

一方、注文生産やE - コマースと言われる通信販売の進展は、多頻度小口輸配送を現状以上に増加させ、これが、逆に交通流の増加や渋滞の悪化を招き、温室効果ガス排出量の増大に寄与するのではないかと、また、ITS等による利便性の向上は、長期的には逆に自動車利用を促進するのではないかとともに憂慮されている。

したがって、温室効果ガス排出量の増加をもたらす経路については、できるだけその影響を最小限に止める対策をとる必要がある。例えば、多頻度小口輸配送の増加に対しては、それを抑制したり、物流の効率化等の推進によりその影響を緩和することが重要であり、また、OA機器の利用増加に対しては、省エネルギー性能の向上によってOA機器利用増の効果を相殺していくことが重要である。

情報通信技術需要の創出による産業のサービス化促進(間接効果)

温暖化対策とは直接関係していないが、情報通信技術の普及は、ハードとソフトの両面を通じて、情報・通信機器関連業種、情報・通信サービス産業の発展をもたらすものであり、エネルギー多消費型の業種に比してこのようなエネルギー消費の比較的少ない高付加価値型の業種が伸びれば、産業部門と民生(業務)部門をあわせた産業界全体における排出量を低下させることとなる。

政策的に産業構造のソフト化を推進することは、間接的な温暖化対策に資すると考えられる。

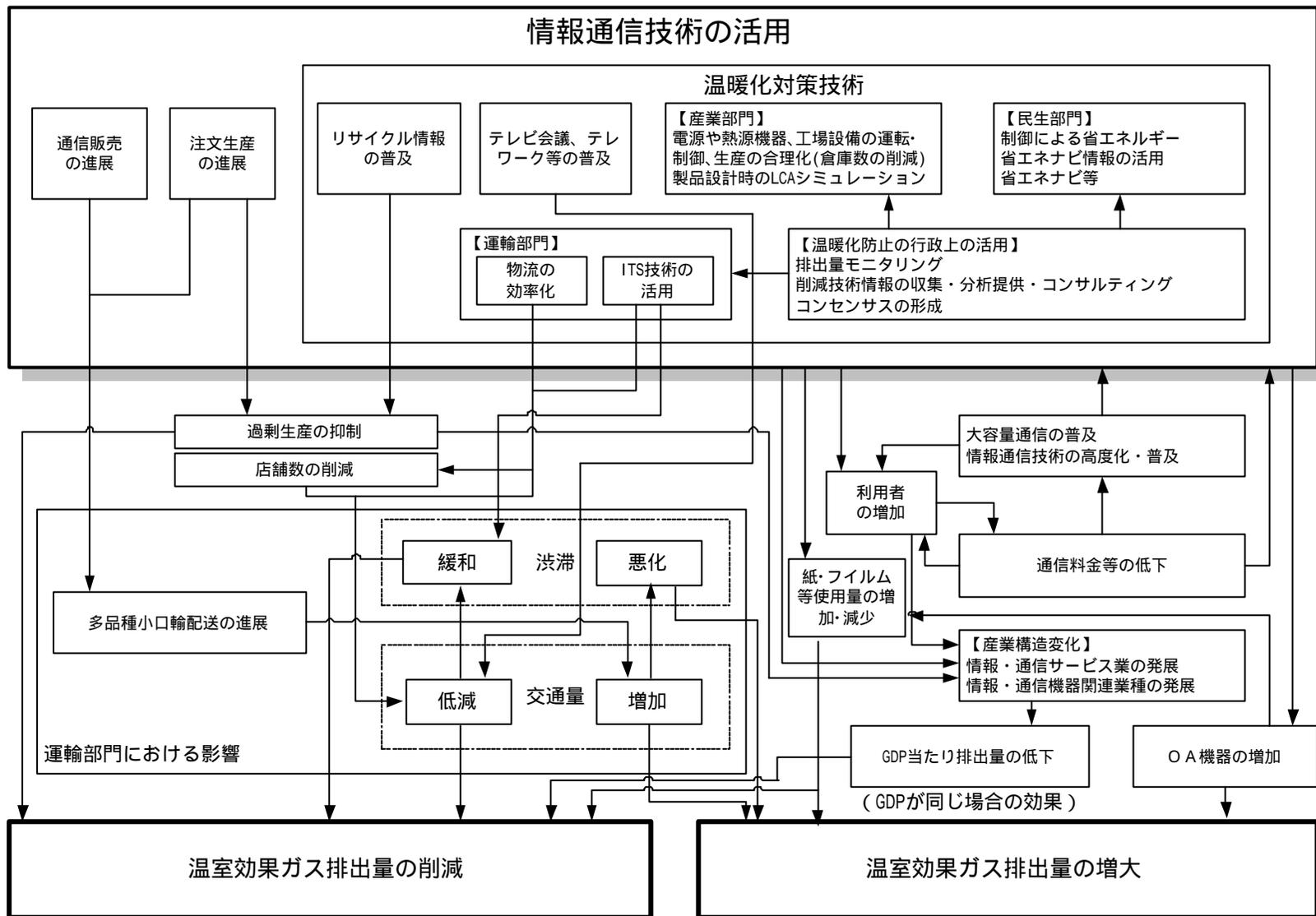


図 77 情報通信技術の活用と温室効果ガス増減との関係

(2) リサイクル

資源リサイクルによるCO₂削減

20世紀を特徴付けた大量生産、大量消費、大量廃棄の経済社会を見直して、資源循環型の社会の形成が強く求められているが、資源の有効な利用は、温室効果ガス、とりわけ二酸化炭素の排出量の削減に大きな寄与が期待される。

排出抑制、再使用、再生利用等は、主として次のような経路を通じて、温室効果ガスの削減に寄与することとなる。

排出抑制、再使用、再生利用とは、基本的には廃棄物量を減少させるために、有用な資源をできる限り循環させて活用する取組であるが、温室効果ガス排出量の算定にあたって対象となる化石燃料由来の廃油、廃プラスチックの焼却量を減少させるだけでなく、物質循環により新規の製造必要量を減少させたり、廃棄物からエネルギーを取り出すことにより従来の化石燃料消費量の減少に資するなど、エネルギー面においても温室効果ガス削減に資する。また、紙・繊維くず、食物くず、木くずの埋立量が減少すれば、メタンの発生量の抑制にも資する。

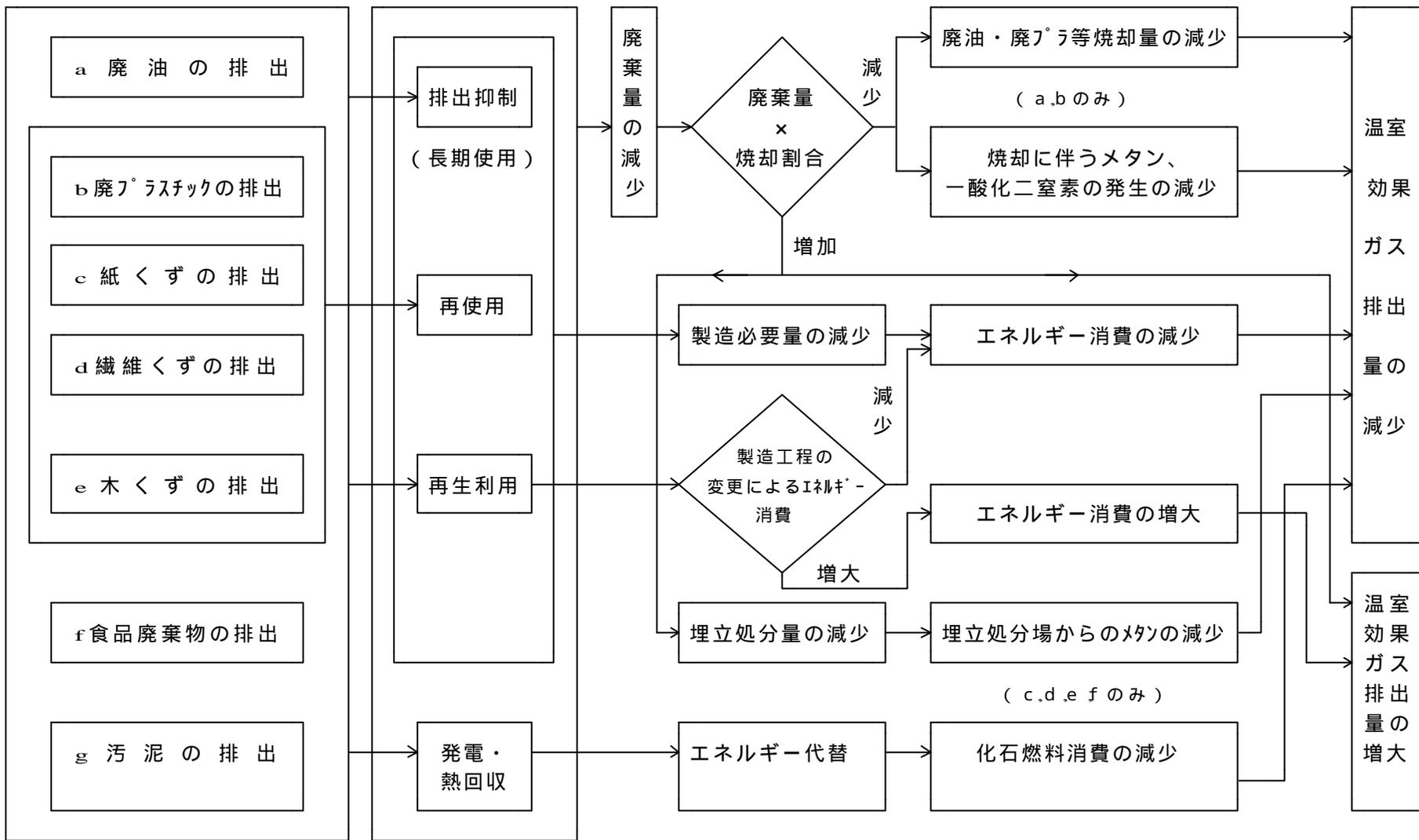


図 78 資源の有効利用と温室効果ガス排出量の削減との関係

(3) 分散型電源

1998年度のエネルギー消費に関わる二酸化炭素の排出は、我が国における温室効果ガス総排出量の約83%を占め、もっとも主要な排出源となっている。産業部門でのエネルギー消費の増加は鈍化傾向を見せているが、民生部門、運輸部門におけるエネルギー消費は着実に増加しつつあり、国民生活の多様化、快適性の追求などから、今後も増加傾向になることが予想される。このため、エネルギーシステムの脱炭素化、高効率化が重要な課題である。

図 79に示すとおり、エネルギーの供給方法は、技術の進展とともに多様化しており、再生可能エネルギー、バイオマスエネルギー、リサイクル型エネルギー等、二酸化炭素の排出を伴わないエネルギー供給技術が開発されており、電力と熱の利用の双方に対して多様な組み合わせ方法が可能となってきた。

特に、今後も増加が見込まれる電力は、従来は規模のメリットから、大規模な発電所で発電した電力を遠隔の需要地に送電するという大規模集中型の供給システムとなっていたが、近年になって、技術の進歩により燃料電池、マイクロガスタービン等の小型で高性能の発電設備の導入が経済的に可能になってきたことなどから、需要地近接型の分散型エネルギー供給システムの可能性が大きくクローズアップされている。

分散型エネルギー供給システムにおいては、需要地に近接しているという利点から、送電損失の低減や、排熱の有効利用が可能となり、電力と熱エネルギーを同時に発生させ、エネルギーの効率的な利用を可能とするコージェネレーションシステム等の活用により、エネルギーシステムの大幅な効率化の可能性を秘めている。反面、実際の利用形態によっては、電気需要と熱需要のバランスが常時確保されていないために、効率の低い場合がある。エネルギーシステムは供給から利用までのトータルシステムとして捉える必要があり、効率的な分散型エネルギーシステムの推進にあたっては、一需要家のみ効率化にとどまらず、地域全体、日本全体の効率化を推進するようなシステムや制度についての検討を進めておく必要がある。

また、分散型エネルギーシステムや運輸部門におけるエネルギー転換の促進にあたっては、供給インフラの整備も重要な課題である。巨額の資金を必要とするため国家的な対応が必要であり、将来の不確実性も考慮しつつ、どのようなエネルギーをどのような形で供給し、その供給網を整備していくかについて長期的な戦略を検討しつつ、2010年に向けての対応を早期に明らかにしていく必要がある。

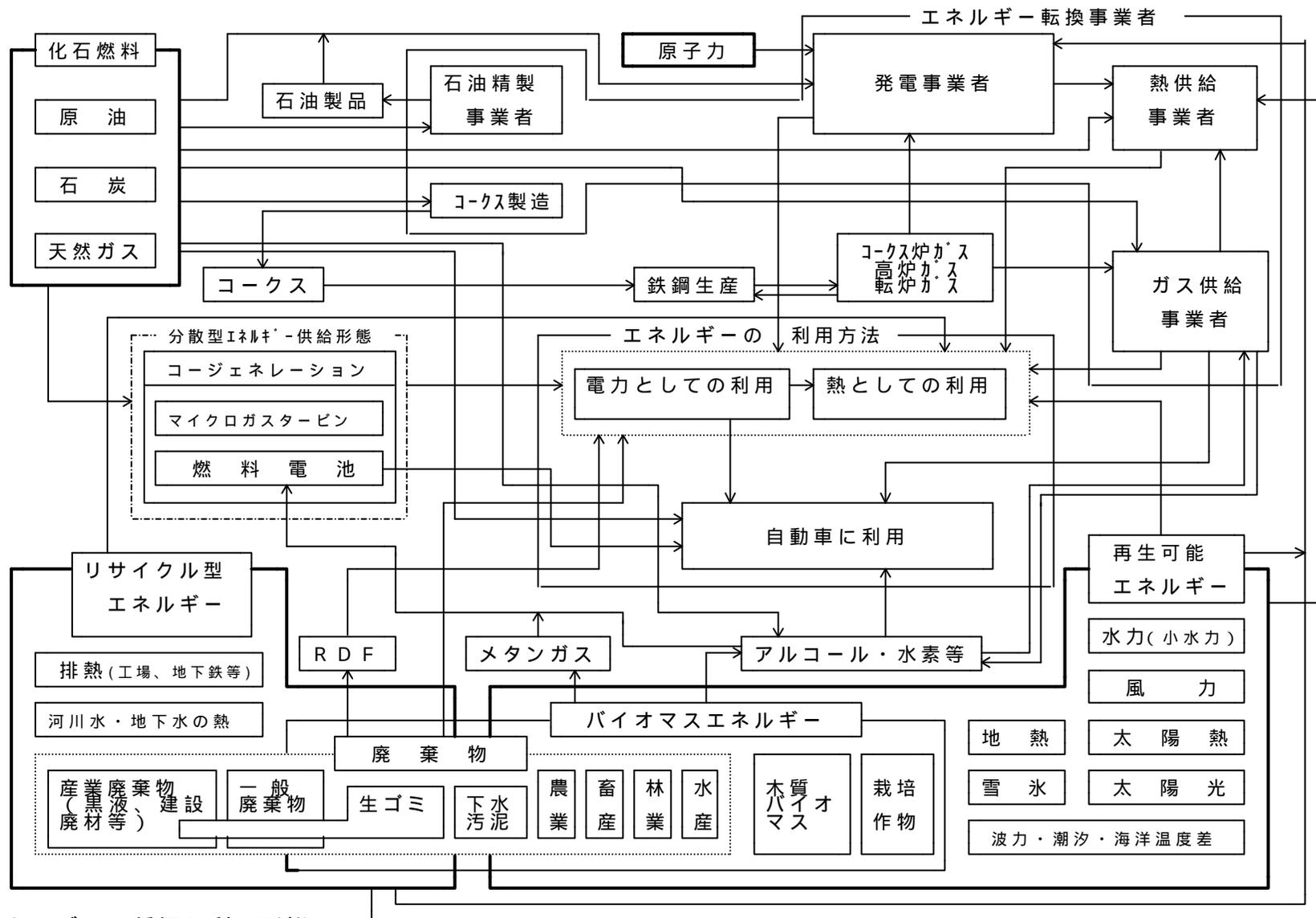


図 79 エネルギーの種類と利用形態

III . 2010 年のわが国の温室効果ガス排出量予測

1 . 各ケースと活動量シナリオ

(1) 各ケースの定義

ケース設定は、2001年11月末までに条約事務局に提出することとなっている第3回国別報告書の作成のためのガイドラインを参考（図80参照）とし、表19のように設定した。

計画ケースの排出量は、98年を起点として2001年2月時点までに決定された確実性の高い政策・対策の実施を前提とした将来の各技術の普及状況と効率等を想定して推計している。

表 19 ケース設定

名称	基本的な考え方	具体的な設定方法
固定ケース	起点となる年までに導入されている政策・対策の効果を考慮し、それ以降は新たな政策・対策の効果がないとした場合の将来予測。ガイドラインの"Without measures"に相当。	各技術の普及状況、または、買い換え時に新規に導入される技術の効率(排出係数やエネルギー消費原単位等)を起点の年のまま一定として設定。
計画ケース	現時点までに決定された確実性の高い政策・対策の実施を前提とした将来予測。ガイドラインの"With measures"に相当。	現状の政策・対策の延長の下における将来の各技術の普及状況と効率等を想定して設定するケース。
強化ケース	更なる政策・対策が追加された場合の将来予測。ガイドラインの"With additional measures"に相当。	政策・対策が強化された場合の将来の各技術の普及状況と効率等を想定して設定するケース。

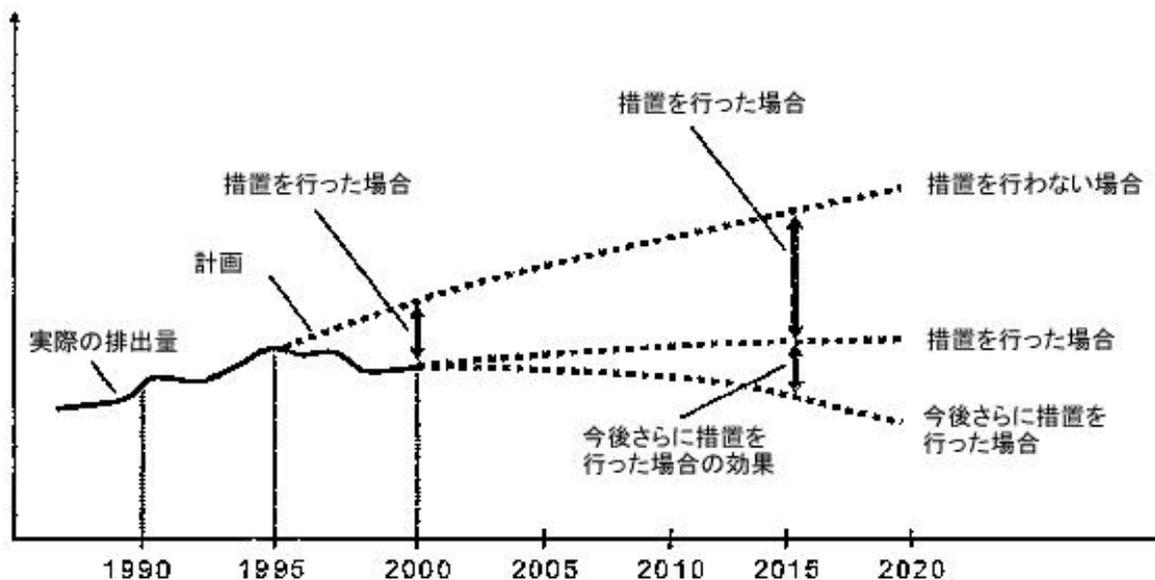


図 80 温室効果ガスの排出に関する計画

(出典：国連気候変動枠組条約国別報告書の作成ガイドライン)

(2) 活動量シナリオ

温室効果ガスは、様々な社会経済活動に伴って排出されるものであるため、その将来の排出量を推計するにあたっては、主要な社会経済活動についての想定として、主として関係省庁で発表している将来予測等を参考として設定した。

これらの項目のうち、原子力発電所の増設数については、大綱策定時には約20基としたが、今回は13基(ケース1：平成13年度電力供給計画によるもの)と7基(ケース2：旧電源開発調整審議会の答申が出され、2010年度までに運転開始されるもの)の2ケースを想定して算定結果を示した。

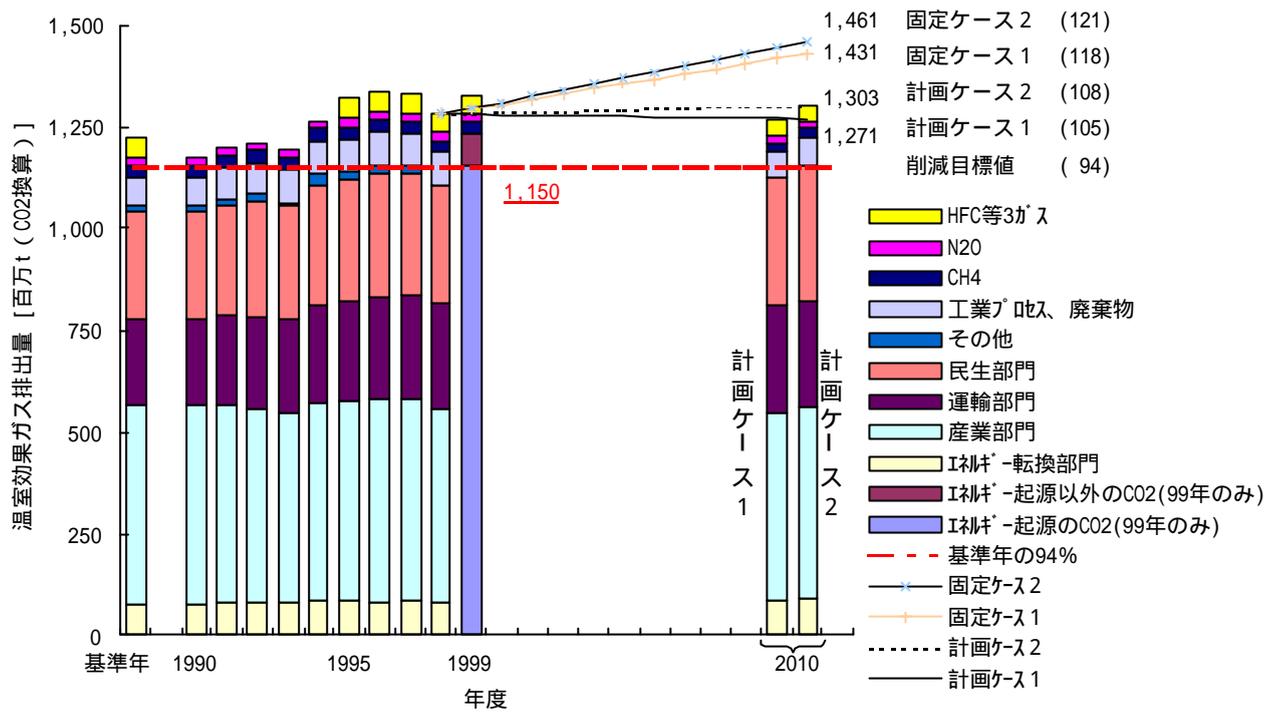
なお、本小委員会では、ケース2を基本として検討を行った。

表 20 関連する活動量のシナリオ

項目名		1990年 実績値	2010年 想定値	単位等	2010/1990
国内総生産		430	593	兆円	1.38
年平均経済成長率 2.0% (2001-2010)					
人口		123,611	127,623	千人	1.03
原子力発電の 将来設備量	ケース 1	3,148	6,185	万kW	1.96
	ケース 2	3,148	5,325	万kW	1.69
	ケース 1 : 1.3 基増設、ケース 2 : 7 基増設				
素材製品生産量	粗鋼	11,171	9,651	万t	0.86
	エチレン	581	666	万t	1.15
	セメント	8,943	8,279	万t	0.93
	紙板紙	2,809	3,374	万t	1.20
水田作付け面積		2,050	1,860	千ha	0.91
家畜飼養頭数	乳用牛	207	180	万頭	0.87
	肉用牛	280	317	万頭	1.13
	豚	1,134	929	万頭	0.82
世帯数		40,670	49,142	千世帯	1.21
住宅着工件数		167	約100	万戸	0.60
業務用延床面積		1,377	2,034	百万m ²	1.48
旅客輸送量	自動車	685	892	10億人・km	1.30
	鉄道	387	400	10億人・km	1.03
	船舶・航空機	58	107	10億人・km	1.84
旅客用自動車保有台数		35,394	61,086	千台	1.73
貨物輸送量	自動車	274	310	10億 t・km	1.13
	鉄道	27	26	10億 t・km	0.96
	船舶・航空機	246	238	10億 t・km	0.97
貨物用自動車保有台数		21,841	20,269	千台	0.93
廃棄物排出量	一般廃棄物 : 5億 t	5,044	5,000	万 t	0.99
	産業廃棄物 : 48億 t	39,500	48,000	万 t	1.22

2 . 2010 年の温室効果ガス排出量予測(計画ケース)

各部門における固定ケース、計画ケースについて、2010年の排出量予測を行ったところ、基準年の排出量を100とすると1998年の総排出量は106であり、2010年の計画ケース1では105、計画ケース2では108となった。したがって、京都議定書で我が国に課せられた6%削減の目標を達成するためには、計画ケースからさらに、吸収源の活用及び京都メカニズムの活用も含めて11~14%相当分の追加的対策が必要であるということになる。



(注) H F C 等 3 ガスは基準年を1995年とすることができるため、1990年～1994年までの排出量に H F C 等 3 ガスの排出量は加えていない。また、1995年以降は、実排出量により算定している。

図 81 温室効果ガス排出量の将来予測

表 21 2010年の排出量予測結果

(単位：百万トンCO₂)

	基準年	1998	固定ケース1	計画ケース1	固定ケース2	計画ケース2	
エネルギー起源の 二酸化炭素	1,043	1,111 (107)	1,234 (118)	1,124 (108)	1,263 (121)	1,157 (111)	
電力配 分前	エネルギー 転換部門	339	348 (103)	408 (120)	341 (100)	438 (129)	373 (110)
	産業部門	377	369 (98)	387 (103)	372 (99)	387 (103)	372 (99)
	運輸部門	204	259 (127)	275 (135)	257 (126)	275 (135)	257 (126)
	民生部門	123	135 (109)	164 (132)	154 (125)	164 (132)	154 (125)
電力配 分後	エネルギー 転換部門	76	82 (109)	92 (121)	83 (109)	95 (126)	87 (114)
	産業部門	495	469 (95)	501 (101)	464 (94)	510 (103)	474 (96)
	運輸部門	210	265 (126)	281 (134)	262 (124)	281 (134)	262 (125)
	民生部門	262	295 (112)	360 (137)	316 (121)	376 (144)	334 (127)
非エネルギー起源 二酸化炭素	68	76 (113)	70 (104)	65 (96)	70 (104)	65 (96)	
メタン	27	24 (88)	25 (91)	23 (85)	25 (91)	23 (85)	
一酸化二窒素	20	21 (105)	18 (90)	18 (87)	18 (90)	18 (87)	
HFC等3ガス	51	46 (90)	84 (165)	40 (79)	84 (165)	40 (79)	
合計	1,210	1,279 (106)	1,431 (118)	1,271 (105)	1,461 (121)	1,303 (108)	

(注1) 下段の()内は、基準年を100としたときの指数を示す。

(注2) HFC等3ガスは実排出量で示す。

IV . 2010 年の温室効果ガス削減ポテンシャル

1 . 削減ポテンシャルの算定方法

(1) 削減ポテンシャルの基本的な考え方

削減ポテンシャルとは、その計画ケースに対して、資金的・社会的・制度的制約条件をある程度捨象した場合の技術的に可能な削減量を示した。資金的・社会的・制度的制約をある程度捨象している一方、技術的制約のほか、2010年までという時間的制約は考慮に入れており、機器の買い換え時期等を踏まえた検討を行っている。

削減ポテンシャル量は2010年の計画ケースで想定された状況における潜在的な最大削減可能量を推計したものであり、不確定要素が多く、推計値にある程度の幅を持って示さざるを得ないため、その上限を「高位水準」、下限を「低位水準」として示している。

テレビを見る時間、シャワーを使う時間の短縮や、自動車利用の自粛等、地球温暖化対策推進大綱で、「ライフスタイルの変革」と呼ばれる対策は、温室効果ガスの削減に有効であることは言うまでもなく、また、環境教育等も含め将来の環境配慮型社会の構築に向けての不可欠な取組である。しかし、これらの対策は、個々人の意識や取組に依存するものが中心であるため、不確定要因が大きく、そのため、今回の検討では、対応する技術が開発されているバス等のアイドリングストップ等、確実性の高い対策を除いて検討対象としていない。

以上のような方針で推計した削減ポテンシャルは、必ずしも全ての対策を網羅しているわけではなく、また、自動車の走行規制、自動販売機やネオンサインの削減等の、一方的に生活の利便性に制約を課す強制的な措置は含んでいないが、今後2010年に向けて削減できる可能性のある対策とその削減量を示すものとして活用できる。

(2) 他人から供給された電力消費削減等による CO2 排出削減量と費用の基本的な考え方

電力の使用に伴う二酸化炭素排出量（間接排出）の削減は、再生可能エネルギー発電や需要側の購入電力消費削減対策等の導入による総電力需要の減少に対応した、電気事業者の電源構成の変化（新規導入における設備選択と電源の運用方法の変化）を通じて決定される。そのため、個別の対策導入による削減量を算定するためには、それぞれの対策が導入された場合の、電気事業者の電源構成の変化を特定する必要がある。

この際、全ての対策を実施した場合の電源構成変化を予測し、その変化を個別対策の寄与に分解するという方法が考えられる。しかし、全体の電源構成の予測自体に不確実性があり、加えて、電源選択と、再生可能エネルギー発電の安定性、対策による負荷曲線の変化、対策導入量や導入時期、長期計画として進められている供給側の電源開発計画や国のエネルギー政策等の要因が、相互に影響を及ぼして決定されていくものであることから、個別対策の寄与を算定するには様々な問題が発生する。

このような個別対策による削減量の考え方については、これまでも各方面で検討がなれているが、現在までにコンセンサスの取れた方法論が確立しておらず、今後とも検討を行っていく必要がある課題の一つと言える。

しかしながら、今回の作業においては、個別対策の削減量とそれに係る費用を算定する必要があったことから、上記のような問題点があることを認識した上で、簡便な手法を用いて、削減量と費用の算定を行うこととした。

具体的には、本検討の出発点となっている2010年度計画ケース（原子力発電に関する2つのケースのうち7基新設ケースを採用）の発電電力量構成を前提として、そこから、各対策が発電電力量に与える影響分だけ、想定した対応電源の発電電力量が減少するという考え方で算定を行った。対応電源としては次の2通りの想定を行った。

全電源平均対応（全ての電源の発電電力量が同じ割合で削減される）

火力平均対応（全ての火力電源の発電電力量が同じ割合で削減される）

このうち、全電源平均対応は、電力需要減に対して、原子力発電や水力発電を含めた形で電源選択が行われると想定されたものであり、これは、計画ケースで前提とした原子力発電所等の想定自体も変化することを意味する。

表 22 電力消費削減技術や再生可能エネルギー発電等の評価を行うための電力のCO2排出係数および電力費用の考え方と設定値

		供給側			需要側	
		再生可能エネルギー発電		送配電 損失低減 技術	電力消 費削減 技術	発電 技術
		不安定な 電源 ^(注5)	安定な 電 源			
分 類 ^(注1)		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
設備代替効果の想定		なし	あり		評価の前提とせず	
対象電力		送電端 発電電力量			購入電力 削減量	発電 電力量
排出係数 (gCO ₂ /Wh) ^(注2)	送 / 需 ^(注4)		送電端係数		需要端係数	
	対応電源	全電源平均		0.34	0.36	
		火力平均	0.65	0.65	0.69	
電力費用 (円/kWh) ^(注3)	対応電源	全電源平均		7.4	購入電力 平均価格	
		火力平均	4.0	7.3		

(注1) (A) 風力発電、(B) 廃棄物発電、バイオマス発電（除間伐材・林地残材を使用した木質バイオマス燃料とするもの）、(C) 低損失型柱上変圧器、(D) 産業部門、民生部門における省エネルギー対策技術全般、(E) コージェネレーション、太陽光発電、製材工場の残材を使用した木質バイオマス発電、メタン発酵処理によるエネルギー利用など、主として売電を目的としない需要地消費型の民生・産業用電力代替技術。

(注2) 本評価における排出係数には、2010年度、計画ケース2（原子力新設7基）の値を用いている。

(注3) 供給側の不安定電源の電力費用4.0円/kWhは、総合資源エネルギー調査会で示された燃料費相当。その他の供給側の電力費用は総合資源エネルギー調査会で示された運転年発電原価。購入電力価格は部門等により異なることから対策・技術毎に設定している（詳細は各対策・技術シートを参照）。

(注4) 需要端係数 = 送電端係数 / (1 - 送配電損失率 / 100)

(注5) 出力が自然条件に左右される不安定な電源は、設備代替効果が無い、あるいは小さいことから、その発電量相当分だけ火力発電の燃料消費が回避されるとした。

2 . 2010 年の温室効果ガス削減ポテンシャル

各部門で見積もった削減ポテンシャルを含めて排出量を算定した結果を、火力平均排出係数を用いて算定した場合、全電源平均排出係数を用いて算定した場合の2通りの結果を示す。

なお、ここでの削減ポテンシャルは、小委員会における作業として行った対策技術の追加、見直し等により、前回検討会の結果と若干異なっている。

(1) 火力平均排出係数を用いて算定した場合

計画ケース1では、低位水準の場合、総排出量は11億3,200万トンとなり、基準年の排出量に対して6%減となる。また、高位水準の場合の総排出量は10億930万トンであり、基準年の排出量に対して10%減である。

計画ケース2では、低位水準の場合、総排出量は11億6,500万トンとなり、基準年の排出量に対して4%減となる。また、高位水準の場合の総排出量は11億2,600万トンであり、基準年の排出量に対して7%減である。

表 23 削減ポテンシャルを加味した温室効果ガス総排出量[百万トンCO2]

	基準年	計画1		計画2	
		低位水準	高位水準	低位水準	高位水準
計画ケースにおける温室効果ガス総排出量推計値	1,210	1,271 (105)		1,303 (108)	
削減ポテンシャルを含む温室効果ガス総排出量	1,210	1,132 (94)	1,093 (90)	1,165 (96)	1,126 (93)

(注) ()内は基準年の排出量を100としたときの指数

表 24 2010年の部門別削減ポテンシャル

対象部門	温室効果ガス削減ポテンシャル					
	直接排出分削減量 [百万トンCO2]		電力消費削減量 [10^9kWh]		総削減量 [百万トンCO2]	
	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準
エネルギー転換部門	2	9	26	26	18	25
産業部門	20	26	30	34	41	50
運輸部門	15	26			15	26
民生家庭部門	14	14	9	9	20	20
民生業務部門	-1	-1	16	16	10	10
HFC等3ガス部門	21	24			21	24
生物資源等部門	6	9			6	9
間接効果	5	10	2	4	6	13
合計	83	118	82	88	138	178

(注)削減ポテンシャルは2010年の計画ケースで想定された状況における潜在的な最大削減可能量を推計したものであり、不確定要素が多く、推計値にある程度の幅を持って示さざるを得ないため、直接排出分削減量と電力消費削減量については、その上限を「高位水準」、下限を「低位水準」として示している。

表 25 6%削減目標の達成に向けた温室効果ガスの種類・部門別の排出量見込み(火力平均排出係数使用)(単位:万トン[炭素換算])

		地球温暖化対策推進大綱			基準年	計画ケース 排 出 量	削減ポテンシャル (電力配分後) 考慮後	削減割合 (%)		
		基準年	削減割合 (%)	排出量						
エネルギー 一起源 CO ₂	産業	13,500	/	12,600	13,500	12,900	11,600 ~ 11,100	/		
	民生	7,200		7,200	7,100	9,100	8,100 ~ 8,000			
	運輸	5,800		6,800	5,700	7,100	6,700 ~ 6,400			
	I転換 [*]	2,100		2,200	2,100	2,400	2,300 ~ 2,300			
	小計	28,700		± 0	28,700	28,400	31,500		28,600 ~ 27,700	± 0 ~ - 2
非I転換 [*] -起源CO ₂		3,700	- 0.5	2,100	3,200	2,900	1,800	2,700 ~ 2,600	- 1 ~ - 2	
CH ₄				700						600
N ₂ O				700						500
その他			- 2	[-600]						
HFC、PFC、SF ₆		1,400(実)	+ 2	2,100(実)	1,400(実)	1,100(実)	500 ~ 400	- 3		
合 計		33,800	- 0.5	33,700	33,000	35,500	31,800 ~ 30,700	- 4 ~ - 7		
吸収源			- 3.7	[-1,200]						
京都メカニズム			- 1.8	[-600]						

(注1)本試算は原子力発電所7基増設を前提としている。

(注2)産業部門の削減ポテンシャルのうち、工業プロセス関係は非エネルギー起源CO₂で計上しているため注意を要する。

(注3)四捨五入の関係で合計の数字が合わない場合がある。

(注4)HFC等3ガスについては、すべて実排出量として算定した。HFC等3ガスの基準量は1995年の数値。

(注5)削減割合は、基準年排出量に対する割合を示す。

(注6)本試算の基準年排出量は、推計値との整合をとるために、同様の推計方法を用いて算定したものであり、実際の基準年排出量ではない。

(注7)エネルギー転換部門での削減量の配分方法：需要部門における電力消費量100に対して転換部門で必要な電力を約110と仮定。転換部門での削減量(再生可能エネルギー導入量等を含む)を需要部門：転換部門=0.91:0.09で按分し、その需要部門の削減量を2010年計画ケースの産業部門と民生部門の購入電力消費量の比率で、それぞれの部門に配分している。

(2) 全電源平均排出係数を用いて算定した場合

計画ケース1では、低位水準の場合、総排出量は11億5,600万トンとなり、基準年の排出量に対して4%減となる。また、高位水準の場合の総排出量は11億1,900万トンであり、基準年の排出量に対して8%減である。

計画ケース2では、低位水準の場合、総排出量は11億8,900万トンとなり、基準年の排出量に対して2%減となる。また、高位水準の場合の総排出量は11億5,100万トンであり、基準年の排出量に対して5%減である。

表 26 削減ポテンシャルを加味した温室効果ガス総排出量[百万トンCO₂]

	基準年	計画1		計画2	
計画ケースにおける温室効果ガス総排出量推計値	1,210	1,271 (105)		1,303 (108)	
削減ポテンシャルを含む温室効果ガス総排出量	1,210	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準
		1,156 (96)	1,119 (92)	1,189 (98)	1,151 (95)

(注) ()内は基準年の排出量を100としたときの指数

表 27 2010年の部門別削減ポテンシャル

対象部門	温室効果ガス削減ポテンシャル					
	直接排出分削減量 [百万トンCO ₂]		電力消費削減量 [10 ⁹ kWh]		総削減量 [百万トンCO ₂]	
	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準
エネルギー転換部門	2	9	26	26	13	20
産業部門	20	26	30	34	31	38
運輸部門	15	26			15	26
民生家庭部門	14	14	9	9	17	17
民生業務部門	-1	-1	16	16	5	5
HFC等3ガス部門	21	24			21	24
生物資源等部門	6	9			6	9
間接効果	5	10	2	4	6	12
合計	83	118	82	88	115	152

(注)削減ポテンシャルは2010年の計画ケースで想定された状況における潜在的な最大削減可能性を推計したものであり、不確定要素が多く、推計値にある程度の幅を持って示さざるを得ないため、直接排出分削減量と電力消費削減量については、その上限を「高位水準」、下限を「低位水準」として示している。

表 28 6%削減目標の達成に向けた温室効果ガスの種類・部門別の排出量見込み(全電源排出係数使用)(単位:万トン[炭素換算])

		地球温暖化対策推進大綱			基準年	計画ケース 排 出 量	削減ポテンシャル (電力配分後) 考慮後	削減割合 (%)		
		基準年	削減割合 (%)	排出量						
エネルギー 起源 CO ₂	産業	13,500	/	12,600	13,500	12,900	11,900 ~ 11,400	/		
	民生	7,200		7,200	7,100	9,100	8,300 ~ 8,200			
	運輸	5,800		6,800	5,700	7,100	6,700 ~ 6,400			
	I初機 [*] -転換	2,100		2,200	2,100	2,400	2,300 ~ 2,300			
	小計	28,700		± 0	28,700	28,400	31,500		29,200 ~ 28,400	+ 2 ~ ± 0
非I初機 [*] -起源CO ₂		3,700	- 0.5	2,100	3,200	2,900	1,800	2,700 ~ 2,600	- 1 ~ - 2	
CH ₄				700						600
N ₂ O				700						500
その他			- 2	[-600]						
HFC、PFC、SF ₆		1,400(実)	+ 2	2,100(実)	1,400(実)	1,100(実)	500 ~ 400	- 3		
合 計		33,800	- 0.5	33,700	33,000	35,500	32,400 ~ 31,400	- 2 ~ - 5		
吸収源			- 3.7	[-1,200]						
京都メカニズム			- 1.8	[-600]						

(注1)本試算は原子力発電所7基増設を前提としている。

(注2)産業部門の削減ポテンシャルのうち、工業プロセス関係は非エネルギー起源CO₂で計上しているので注意を要する。

(注3)四捨五入の関係で合計の数字が合わない場合がある。

(注4)HFC等3ガスについては、すべて実排出量として算定した。HFC等3ガスの基準量は1995年の数値。

(注5)削減割合は、基準年排出量に対する割合を示す。

(注6)本試算の基準年排出量は、推計値との整合をとるために、同様の推計方法を用いて算定したものであり、実際の基準年排出量ではない。

(注7)エネルギー転換部門での削減量の配分方法：需要部門における電力消費量100に対して転換部門で必要な電力を約110と仮定。転換部門での削減量(再生可能エネルギー導入量等を含む)を需要部門：転換部門=0.91:0.09で按分し、その需要部門の削減量を2010年計画ケースの産業部門と民生部門の購入電力消費量の比率で、それぞれの部門に配分している。

3. 部門別の温室効果ガス削減ポテンシャル

ここでは、火力平均排出係数を用いて算出した場合の結果だけを示す。

エネルギー転換部門

本小委員会で得られたエネルギー転換部門全体の削減ポテンシャル（生物資源部門のバイオマスエネルギー利用等を含む）は、47,420～64,241[千t CO₂換算]であり、わが国の基準年排出量⁸の3.9～5.3%に相当する。

原子力発電利用率の向上及び火力発電の燃料転換による削減ポテンシャルは、24,360～34,210[千t CO₂換算]であり、基準年排出量の2.0～2.8%に相当する。

風力発電及び廃棄物発電、バイオマス発電等による削減ポテンシャルは、23,060～30,031[千t CO₂換算]であり、基準年排出量の1.9～2.5%に相当する。

表 29 エネルギー転換部門における温室効果ガス削減ポテンシャル

検討対象とした対策	温室効果ガス削減ポテンシャル					
	温室効果ガス排出削減量 直接排出分[千トンCO ₂]		再生可能エネルギー等 導入量 [10 ⁶ kWh]		温室効果ガス排出削減量 総合計 [千トンCO ₂]	
	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準
風力発電量の導入促進 廃棄物発電の導入促進 低損失型柱状変圧器の導入 火力発電の燃料転換	1,760	8,810	9,400 15,000 1,230		6,110 9,750 800 1,760	6,110 9,750 800 8,810
合計	1,760	8,810	25,630	25,630	18,420	25,470

表 30 生物資源部門(間接効果)における温室効果ガス削減ポテンシャル

検討対象とした対策	温室効果ガス削減ポテンシャル									
	温室効果ガス排出削減量 直接排出分[千トンCO ₂]		電力消費削減量 導入量 [10 ⁶ kWh]		温室効果ガス排出削減量 総合計 [千トンCO ₂]					
	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準				
木質バイオマスの利用 都市の木質廃棄物 製材工場等の残廃材 除間伐材・林地残材	1,859	729	2,251	1,934	-21	2,342	3,116	714	714	3,773
農業 畜産廃棄物のメタン発酵処理による エネルギー利用	2,331		7,514	382		1,232	2,595			8,364
廃棄物 下水汚泥のメタン発酵処理によるエ ネルギー利用[消化ガス発電] 最終処分場から発生するメタンガス の有効利用				75		489	52			337
その他 都市緑化 屋上緑化				4		4以上	3			2
				3		221以上	2			153
合計	4,919	10,494	2,379	4,269			6,483			13,346

⁸ 基準年排出量は 1,210,435[千 t CO₂換算]として計算

産業部門

「温室効果ガス削減技術シナリオ策定調査検討会」で得られた産業部門全体の削減ポテンシャル（非エネルギー起源のCO₂対策を除く）は、38,863～47,586[千t CO₂換算]であり、わが国の基準年排出量⁹の3.2～3.9%に相当する。

業種横断的技術（コージェネレーションシステム、コンバインド発電）の導入や、その他省エネ対策の生産工程の省エネルギー対策による削減ポテンシャルは、14,675～21,586[千t CO₂換算]であり、基準年排出量の1.2～1.8%に相当する。

高性能工業炉の導入、廃プラの高炉原料化法や廃プラスチックのセメント原料化等による素材系産業における削減ポテンシャルは、17,439～18,770[千t CO₂換算]であり、基準年排出量の1.4～1.6%に相当する。

エネルギー供給部門の地域熱供給、非製造業の新エネルギーの導入や小型分散エネルギーシステムなどのその他対策による削減ポテンシャルは、6,749～7,230[千t CO₂換算]であり、基準年排出量の0.6%に相当する。

⁹ 基準年排出量は 1,210,435[千 t CO₂換算]として計算

表 31 産業部門における温室効果ガス削減ポテンシャル

検討対象とした対策	温室効果ガス削減ポテンシャル					
	温室効果ガス排出削減量		電力消費削減量		温室効果ガス排出削減量	
	直接排出分 [千トンCO2]		[10^6kWh]		総合計 [千トンCO2]	
	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準
生産工程の省エネ						
業種横断技術 (コージェネレーション)	-7,034		19,143		6,175	6,175
業種横断技術 (コンバインド)	1,278				1,278	1,278
その他					0	0
小型分散エネルギーシステム (MGTによるコージェネ)	-1,110	-2,220	3,225	6,450	1,115	2,231
燃料転換 (天然ガス)	5,170	10,340			5,170	10,340
ファンプロア用インバータの導入		0	1,358	2,263	937	1,562
非製造業					0	0
農業 (休閑地への太陽光発電導入)			300		207	207
鉄鋼部門					0	0
廃ブラの高炉原料化法	1,327	2,653	-5		1,324	2,650
スクラップ鉄の転炉投入			2,324		1,604	1,604
高性能工業炉	8,348				8,348	8,348
生産工程の省エネ					0	0
竪型ミル内部セパレータの効率改善			156	162	108	112
仕上ミルの竪型化			92	95	63	66
資源の有効利用					0	0
廃プラスチックのセメント原燃料化	1,983		-109		1,907	1,907
紙・パルプ業					0	0
苛性化工程軽カル製造技術	127		-58		87	87
高効率型嫌気性排水処理	297		172		416	416
石油化学					0	0
エチレンプラントガスタービン電力回収	0		821		566	566
ナフサ接触分解	223		122		307	307
気相法ポリエチレンプロセス	298		164		411	411
気相法ポリプロピレンプロセス	546		300		753	753
ガスタービンの複合発電システム	0		1,047		722	722
高性能触媒利用プロセス	326		179		449	449
メンブレンリアクター利用プロセス	271		149		374	374
エネルギー供給					0	0
地域熱供給施設 (都市熱源ネットワークの整備)	320	801			320	801
地域熱供給施設 (工場の未利用エネルギー利用)	6,222				6,222	6,222
合計	18,591	24,458	29,380	33,519	38,863	47,586

資源の有効利用のうち、廃ブラの有効利用、高炉セメント等利用拡大、エコセメント利用拡大の非エネルギー起源のCO2対策は除いている。

運輸部門

「温室効果ガス削減技術シナリオ策定調査検討会」で得られた運輸部門全体の削減ポテンシャルは15,120～25,720[千t CO₂換算]であり、わが国の基準年排出量の1.2～2.1%に相当する。

排出原単位の削減技術・対策では、実走行燃費の改善や購入車両の小型化、都市部での自動車走行環境の改善による削減ポテンシャルは、8,670～10,320[千t CO₂換算]であり、基準年排出量の0.7～0.9%に相当する。

自動車走行需要の他への転換技術・対策では、公共交通機関の活用、トラック輸送から鉄道・船舶輸送への転換（モーダルシフト）による削減ポテンシャルは、1,650～5,700[千t CO₂換算]であり、基準年排出量の0.1～0.5%に相当する。

自動車走行需要の抑制対策・技術では、テレワーク、テレビ会議の推進、貨物輸送効率の改善による削減ポテンシャルは、4,800～9,700[千t CO₂換算]であり、基準年排出量の0.4～0.8%に相当する。

表 32 運輸部門の削減ポテンシャル

検討対象とした対策	温室効果ガス削減ポテンシャル					
	温室効果ガス排出削減量 直接排出分[千トンCO ₂]		電力消費削減量 導入量 [10 ⁶ kWh]		温室効果ガス排出削減量 総合計 [千トンCO ₂]	
	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準
排出原単位の削減						
実走行燃費改善(低公害車)		6,750			6,750	6,750
購入車両の小型車化	1,600	3,250			1,600	3,250
都市部での自動車走行環境の改善(ITS)		320			320	320
自動公共交通機関の活用(バス)	675	2,700			675	2,700
公共交通機関の活用(新交通システム)	675	2,700			675	2,700
貨物のトラック輸送から鉄道輸送への転換(モーダルシフト)		30			30	30
貨物のトラック輸送から船舶輸送への転換(モーダルシフト)		270			270	270
自動車走行需要の抑制						
テレワーク、テレビ会議の推進	1,000	2,000			1,000	2,000
貨物の輸送効率の改善(共同輸送)	3,800	7,700			3,800	7,700
合計	15,120	25,720	0	0	15,120	25,720

民生部門

民生部門全体の削減ポテンシャルは32,268～32,387[千t CO₂換算]であり、わが国の基準年排出量の2.7%に相当する。

家庭部門では、家電機器の制御による省エネや潜熱回収型給湯器、ヒートポンプ給湯器、太陽熱温水器・ソーラーシステムなどによる削減ポテンシャルは、22,173[千t CO₂換算]であり、基準年排出量の1.8%に相当する。

業務部門では、ビルのエネルギー管理システム、潜熱回収型ボイラー、高効率コージェネレーションなどによる削減ポテンシャルは、10,095～10,214[千t CO₂換算]であり、基準年排出量の0.8%に相当する。

なお、「ライフスタイルの変革」と呼ばれる対策としては、サマータイム制の導入、ITを活用した需要マネジメントを確実性の高い対策として検討対象とした。

表 33 検討対象とした対策の削減ポテンシャル

検討対象とした対策	温室効果ガス削減ポテンシャル					
	温室効果ガス排出削減量 直接排出分[千トンCO ₂]		電力消費削減量 [10 ⁶ kWh]		温室効果ガス排出削減量 総合計 [千トンCO ₂]	
	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準
家庭部門						
内炎式ガステーブル	775		0		775	775
潜熱回収型給湯器	2,074		0		2,074	2,074
家庭用ヒートポンプ給湯器	4,306		-9,337		-2,137	-2,137
太陽熱温水器	2,449		0		2,449	2,449
次世代省エネ基準の普及	1,040		100		1,109	1,109
パッシブソーラー設計の普及	2,006		0		2,006	2,006
家庭用燃料電池コージェネ	-603		2,805		1,332	1,332
待機電力の削減			11,457		7,905	7,905
食器洗い機	3,032		-1,736		1,834	1,834
太陽光発電の導入			2,340		1,615	1,615
サマータイムの導入	-994		2,997		1,074	1,074
業務部門						
非常口高輝度誘導灯			859		593	593
ビルのエネルギー管理システム	224		1,480		1,245	1,245
給湯器にエコバグ導入	162				162	162
潜熱回収型温水ボイラー	246				246	246
ガス・コージェネレーション導入	-479		1,359		459	459
燃料電池コージェネレーション導入	-1,205		5,570		2,638	2,638
ILV-タの省エネルギー			529		365	365
超高効率変圧器導入			461		318	318
太陽熱温水器導入	233				233	233
LED交通信号の導入			497		343	343
自動販売機の省エネルギー			3,693		2,548	2,548
上水処理施設へのインバータ制御の導入			240	400	166	276
下水処理施設へのインバータ制御の導入			27	41	19	28
下水処理場の反応タンクにおける超微細気泡散気方式導入			449		309	309
太陽光発電導入			654		451	451
合計	13,265		24,443	24,617	30,131	30,251

HFC等3ガス

回収処理の強化と代替により21,217～23,922[千t CO₂換算]の削減ポテンシャルが見込まれた。

冷媒および発泡用途では、2010年時点において代替による製品使用時のHFC保有量、製品廃棄時のHFC回収対象量の著しい減少は見られなかった。理由としては、代替物質を使用した製品の平均使用年数から考えて、2010年時点に廃棄されるものが未だ少ないことが挙げられる。ただし、今回検討した代替が行われれば、2020年には削減ポテンシャルとしてかなりの削減量が期待できるものと考えられる。

表 34 HFC等3ガス部門における温室効果ガス削減ポテンシャル

検討対象とした対策	温室効果ガス削減ポテンシャル					
	温室効果ガス排出削減量		電力消費削減量		温室効果ガス排出削減量	
	直接排出分[千トンCO ₂]		導入量 [10 ⁶ kWh]		総合計 [千トンCO ₂]	
	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準
HFC HCFC-22の生産に伴うHFC-23の排出		2,856			2,856	2,856
家庭用冷蔵庫のHFC冷媒の代替技術	8		13		8	13
家庭用冷蔵庫のHFC冷媒の回収処理技術		73			73	73
業務用冷凍空調機器のHFC冷媒の代替技術	169		336		169	336
業務用冷凍空調機器のHFC冷媒の漏洩技術		0			0	0
業務用冷凍空調機器のHFC冷媒の回収処理技術		2,098			2,098	2,098
家庭用エアコンのHFC冷媒の代替技術	75		150		75	150
家庭用エアコンのHFC冷媒の漏洩防止技術		0			0	0
家庭用エアコンのHFC冷媒の回収処理技術		333			333	333
カーエアコンのHFC冷媒の代替技術	401		641		401	641
カーエアコンのHFC冷媒の漏洩防止技術		0			0	0
カーエアコンのHFC冷媒の回収処理技術		1,746			1,746	1,746
押出發泡ポリスチレンフォームのHFC発泡剤の代替技術	492		907		492	907
ウレタンフォームのHFC発泡剤の代替技術	910		1,960		910	1,960
ポリエチレンフォームのHFC発泡剤の代替技術	972		1,401		972	1,401
フェノールフォームのHFC発泡剤の代替技術	29		67		29	67
噴霧器で使用するHFCの代替技術		2,334			2,334	2,334
PFC 溶剤、洗浄剤の使用に伴うPFCの代替技術		2,625			2,625	2,625
ドライエッチングCVDクリーニング用途におけるPFC及びSF ₆ の代替技術	291		577		291	577
ドライエッチングCVDクリーニング用途におけるPFC及びSF ₆ の回収処理技術		5,805			5,805	5,805
SF ₆ 電気機械器具の電気絶縁用SF ₆ の代替技術(削除)		0			0	0
電気機械器具の電気絶縁用SF ₆ の回収処理技術		0			0	0
合計	21,217	23,922	0	0	21,217	23,922

非エネルギー起源の CO₂、CH₄、N₂O

農業・畜産部門全体の削減ポテンシャルは3,544～5,923[千t CO₂換算]であり、わが国の基準年排出量の0.3～0.5%に相当する。

廃棄物部門全体の削減ポテンシャルは2,692～3,554[千t CO₂換算]であり、わが国の基準年排出量の0.2～0.3%に相当する。

工業プロセス部門の混合セメントのCO₂削減ポテンシャルは1,433[千t CO₂換算]で基準年排出量の0.1%に相当する。なお、混合セメントのうち、高炉セメントは、高炉による製鋼において副産物として得られるスラグをセメント原料とし、フライアッシュセメントは、火力発電所からの石炭灰をセメント原料とするものである。

また、エコセメントは、現在埋立処理されている都市ゴミ焼却灰や下水汚泥をセメント原料として利用するものであり、CO₂削減ポテンシャルは565[千t CO₂換算] (基準年の0.05%に相当)となっている。

表 35 対策技術の温室効果ガス削減ポテンシャル

検討対象とした対策	温室効果ガス削減ポテンシャル					
	温室効果ガス排出削減量		電力消費削減量		温室効果ガス排出削減量	
	直接排出分[千トンCO ₂]		導入量 [10 ⁶ kWh]		総合計 [千トンCO ₂]	
低位水準	高位水準	低位水準	高位水準	低位水準	高位水準	
農業	658				658	658
家畜(肉用牛[肥育牛])の生産性の向上						
家畜の飼料構成の改善 (乳用牛[泌乳牛]の飼料に脂肪酸カルシウムを添加)	7	74			7	74
家畜ふん尿処理方法の変更	1,711	2,721			1,711	2,721
水田からのCH ₄ 発生を抑制する技術 (「水管理方法の改善」及び「稲わらの分解促進」)	1,148	2,372			1,148	2,372
施肥方法の変更 (全面全層施肥から溝状の局所施肥に変更)	20	98			20	98
非エネルギー起源						
混合セメント利用拡大	1,302		190		1,433	1,433
エコセメントの普及(平均)	424		205		565	565
廃棄物						
食品廃棄物リサイクル	264				264	264
最終処分場の覆土	303	478			303	478
GHG排出抑制型下水処理システム		89				89
バイオ・エコエンジニアリングを活用した生活系排水の処理	182	286			182	286
下水汚泥焼却炉の燃焼効率の改善		363				363
生分解性プラスチックによる廃プラ発生抑制	39	622			39	622
廃プラスチック(一般廃棄物)の発生抑制	1,452				1,452	1,452
合計	7,961	11,203	394	394	8,233	11,475

V . 温暖化対策の費用評価

1 . 基本的な考え方

今後2010年に向けてどのような対策技術によりさらなる削減が見込めるかについて、「温室効果ガス削減技術シナリオ策定調査検討会」で検討したところであるが、本小委員会では、この削減ポテンシャルをさらに精査するとともに、併せて経済性評価についても試みた。

個々の対策技術については、削減ポテンシャル、経済性評価の他、技術の概要、制度的・社会的制約、副次的効果等についてもそれぞれ一枚の対策技術シートに整理し、今後、個々の対策技術について具体的にどのような方策を取れば普及が進むか考察する上で、必要な情報を整理している。

温室効果ガスの削減とその経済性評価については、このような技術的アプローチの他、各経済主体の挙動、政策の発動、技術の開発・普及等を一括して扱う経済分析モデルに基づく経済学的アプローチが存在する。

技術的アプローチがボトムアップ的に個々の対策技術を積み上げて検討するのに対して、このような経済分析モデルはトップダウン的に、生産量変化やエネルギー需給構造変化など、部門間の整合を常に図りつつ、総体としての経済を動学的（ダイナミック）に分析している。

ここでは、まず、ボトムアップ方式による経済性評価を行った上で、6つの数量モデルによる分析を行い、総合的に温暖化対策の経済性評価を試みた。

なお、土地利用、土地利用変化及び林業部門の吸収源については検討対象から除外している。また、削減目標達成のための手段として京都メカニズムの活用は考慮に入れていない。

2 . 追加的削減費用の算定

(1) 追加的削減量の算定方法

「温室効果ガス削減技術シナリオ策定調査検討会」では、2010年時点の温室効果ガス総排出量について、基準年に比して計画ケース1では105%、計画ケース2では108%と推計されたところであり、京都議定書に定められた目標を達成するためには、さらに追加的な削減が必要であることが明らかとなった。

同検討会では、この追加的な削減のための対策技術を検討するため、個々の対策技術について、「削減ポテンシャル」として、資金的・社会的・制度的制約条件をある程度捨象した場合の技術的に可能な削減量を示したところであるが、本小委員会では、各対策技術について、費用評価、制度的・社会的課題等の検討を行うことにより、より実現性の高い削減量を見込むこととし、その削減量を「追加的削減量」として一つの数値とすることとした。なお、次の考え方で、一つの追加的削減量を算定・提示している。

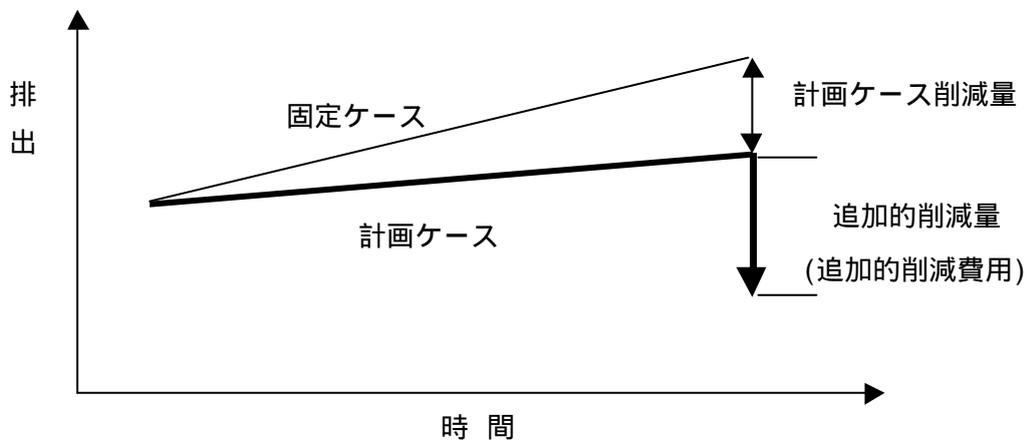


図 82 計画ケースと追加的削減量との関係

追加的削減量から除外した対策技術

追加的削減費用の算定ができず、評価の対象から除外した対策技術

計画ケースに対して追加的削減が見込まれる技術のうち、追加的削減費用の算定ができなかった以下の技術は集計に加えられていない。これらの対策技術については、今後さらに調査を進める必要がある。

なお、HFC等3ガスについては、我が国では費用評価に係るデータが不足しているため、CFC等のオゾン層破壊物質からの代替等、ヨーロッパでは我が国より対策についての実績があると判断し、EUの費用評価結果を活用した。

表 36 費用算定ができなかった対策技術一覧

		[千トンCO2]
部門	技術	削減ポテンシャル
産業	燃料転換	7,755
民生	次世代省エネ基準の普及	1,109
	LED交通信号の導入	343
運輸	テレワーク、テレビ会議の推進	2,000
HFC	ポリエチレンフォームのHFC発泡剤の代替技術	1,401
	フェノールフォームのHFC発泡剤の代替技術	67
	溶剤、洗浄剤の使用に伴うPFCの代替技術	2,625
合計		15,300

追加的削減費用の算定はできるが、評価の対象から除外した対策技術

原子力の利用率向上については、現時点で安全性等についての議論を抜きに想定することは適切ではないとの判断から除外した。

また、熱と電気を同時に供給するコージェネレーション関係の対策技術については、火力平均排出係数を用いて評価した場合は算定に加えたが、全電源平均排出係数を用いて評価した場合は算定から除外した。

これは、コージェネレーションの効率については、熱需要と電気需要のバランスが確保されなければ、実際上の効率は低下すると考えられ、現時点において実際上の効率についての評価が必ずしも十分に行われておらず、特に、全電源平均排出係数を用いて評価する場合には、実際上の効率によっては、二酸化炭素排出量が減少したり、逆に増加することもあり、一定の評価が困難になるためである。

また、コージェネレーションとは逆の理由で、家庭用ヒートポンプについては、全電源平均排出係数を用いて評価した場合は算定に加え、火力平均排出係数を用いて評価した場合は算定から除外した。

なお、いずれの対策も、対策技術シートには評価結果を記載している。

十分な検討ができなかった対策技術

今回、時間的制約上、十分な検討ができなかった技術も算定の対象外として
いる。（例：バイオ燃料、230V化、踏切一旦停止義務の規制緩和）

削減ポテンシャルに幅のある対策技術の取り扱い

電力の排出係数による以外の普及率の設定等による理由で削減ポテンシャルに幅（低位水準と高位水準の幅）があった対策については、費用評価の結果、トン炭素当たり費用が10万円以下の場合は比較的容易な対策として高位水準を追加的削減量とし、100万円以上の場合は困難な対策として低位水準を追加的削減量とし、10万から100万円の間の場合は、低位水準と高位水準の平均値を追加的削減量とした。

(2) 追加的削減費用の算定方法

追加的削減費用の定義

追加的削減費用とは、個々の削減技術別の計画ケースに対して温室効果ガスを削減するために追加的に必要な費用である。費用には、財・サービスの取得・維持に直接必要な設備投資、維持管理費、エネルギー費に加えて、国・自治体のインフラ整備、効用・利益・不利益(例えば、快適性、輸送頻度、時間、安全性、リスク回避、大気汚染防止等の副次的効果等)等を費用換算したものが含まれる。

追加的削減費用は、以下の算定方法で算定され、年間の単位削減炭素当たりの費用(円/tC)で表される。

追加的削減費用の算定方法

追加的削減費用は、以下の基本式で算出する。

$$\begin{aligned} & \text{追加的削減費用(tC当たり)} \\ & = \text{削減費用(tC当たり)}C - \text{エネルギー軽減費用(tC当たり)}P \\ & \quad + \text{その他の利益(費用)・効果(tC当たり)}E \end{aligned}$$

$$C = [(C_a^{\text{inv}} + C_a^{\text{O\&M}}) - (C_b^{\text{inv}} + C_b^{\text{O\&M}})] / R$$

a : 新規技術

b : 既存技術

$$C^{\text{inv}} = \text{設備投資費用}$$

$$C^{\text{O\&M}} = \text{維持管理費用}$$

$$R = \text{温室効果ガスの年間削減量}$$

$$= r / (1 - (1 + r)^{-n})$$

$$r = \text{社会的割引率} = 4\%$$

$$n = \text{耐用年数}$$

$$P = \text{エネルギー軽減費用} = (P_b - P_a) / R$$

$$E = \text{快適性、輸送頻度、時間、安全性、リスク回避、大気汚染防止等の副次的効果を炭素トン当たりの費用に換算したもの。}$$

ただし、一般的に、効用・利益・不利益は費用換算することが困難な場合が多いため、追加的費用のうち未算定の利益、費用、効果については、計算結果と併せて列挙している。

また、大気汚染防止や利便性の向上等の副次的な効果が、温室効果ガス削減効果に比べ相対的に重要で「その他の利益・効果」に算入されていない場合は、追加的削減費用が非常に高くなることがある（例：都市緑化）。このため、追加的削減費用が高いことが、直ちに対策として推進する必要がないことを意味するわけではないことに注意する必要がある。

投資回収リスクを考慮した産業部門、民生部門の追加的削減費用の算出

産業部門の省エネルギーに資する削減対策は、設備投資や維持管理費を合算した削減費用からエネルギー費用軽減効果を差し引くと、年当たりの費用がマイナスになる場合がある。

一方、削減対策に要する追加的削減費用がマイナスであれば、各経済主体は、何ら誘導策がなくともこの削減対策の導入を進めると考えられるが、現実導入が進んでいないのは次のような理由によると考えられる。

- ・削減技術についての情報が十分に提供されていない。
- ・制度的・社会的な制約条件がある。
- ・未算定の不利益、費用が算入されていない。
- ・使用している既存の機器の減価償却が終了していない。
- ・開発されたばかりの技術であったり、資源的制約等のため需要に見合う供給ができない。
- ・生産量が低下傾向にある、将来の経営が不透明等のため設備投資が進まない。

また、同様に、民生(業務)部門、運輸部門、HFC等3ガス対策なども産業活動の1つであり、同じような問題がある。

一般に、設備投資を行うかどうかの判断は、製造設備の場合、投資回収期間が3年程度以下であると言われているため、追加的削減費用を法定耐用年数と3年で計算した差額が経営上のリスク回避効果と見なすことができ、また、家計についても、同様に5年程度の投資回収期間を考慮できる。

このため、産業部門及び民生(業務)部門については投資回収期間を3年とし、民生(家庭)部門については5年に設定し、法定耐用年数を投資回収期間とした場合との比較を行った。

(3) 追加的削減費用についての不確実性評価

本小委員会の検討では、目標を達成するために必要となる総費用の目安を得るため、さまざまな対策について必要となる費用の試算を行ったが、得られたデータが限られることから、必ずしも確実性の高い試算ばかりではない。このため、費用評価結果について、将来の費用低下と温暖化対策以外の目的があるかどうかの評価も含め、全体として費用評価の不確実性がどの程度であるかについて評価した。

費用低下

今後の技術発展や量産効果により、既存技術導入の場合と比較して、相対的に価格が下がり追加的削減費用が低下すると考えられる場合がある。このような対策については「 」印を付した。

：今後の技術発展及び量産効果により、既存技術導入の場合と比較して、相対的に価格が下がり追加的削減費用が低下すると考えられる場合

空欄：上記以外

温暖化対策以外の目的

費用については、専ら温暖化防止の観点から対策技術が導入されるとの前提に立って算定を行っているが、地球温暖化防止以外（省エネルギーを含む）に、大気汚染防止や利便性の向上等の目的を持つ対策については、これら別目的のために対策技術が導入されると考えそのための対策として費用を計上すべきとの考え方も成り立つ。このように、別目的があるかどうか、費用見積もりの不確実性を評価する上で重要な要素となる。

：地球温暖化防止（省エネルギーを含む）以外の目的がむしろ主目的で、その目的が効果・利益として算入されていない場合

：地球温暖化防止（省エネルギーを含む）以外の目的も同じくらい重要で、その目的が効果・利益として算入されていない場合

：地球温暖化防止（省エネルギーを含む）以外に副次的な効果が期待でき、その効果・利益が算入されていない場合（ただし、地球温暖化防止のためではなく、副次的効果のために対策の導入が推進される可能性がある場合に限る）

空欄 : 上記以外

不確実性評価

、 の評価及び算定上の問題等を考慮して、個々の対策技術について全体としての不確実性を、次のとおりA B Cに分けて評価した。

なお、この評価は、当面2, 3年の価格としての評価であり、費用低下、別目的の存在以外にも、次のような場合は確実性が低いとして評価を行う。

- ・ E Uの費用評価と大きく異なる。
- ・ 計画ケースでの導入は安価でも、追加的に導入する場合相当程度高価になる（追加的削減費用として正しくとも、誤解を与えやすい）。
- ・ 土地の確保等、未算定の重要な費用が算入されていない。副次的な効果が算入されていない。
- ・ 事業者側の費用として算定しているが、事業者が価格に上乗せするなどにより、負担が分散できる。
- ・ 温室効果ガス削減量の不確実性が大きい。

A : 費用評価結果の確実性が - 30% ~ + 50%程度におさまる場合

B : 費用評価結果の確実性が - 50% ~ + 100%程度におさまりA以外の場合、または、E Uの費用評価結果を用いた場合

C : 費用評価結果の確実性がA、B以外の場合

(4) 削減量と費用の集計方法

目標達成に必要な平均削減費用の把握

各対策技術別の追加的削減費用をもとに、以下の図 83 のような費用カーブを作成することにより、目標達成に必要な平均削減費用(ある削減量を達成するのに必要な総費用を削減量で除したものを)把握する。

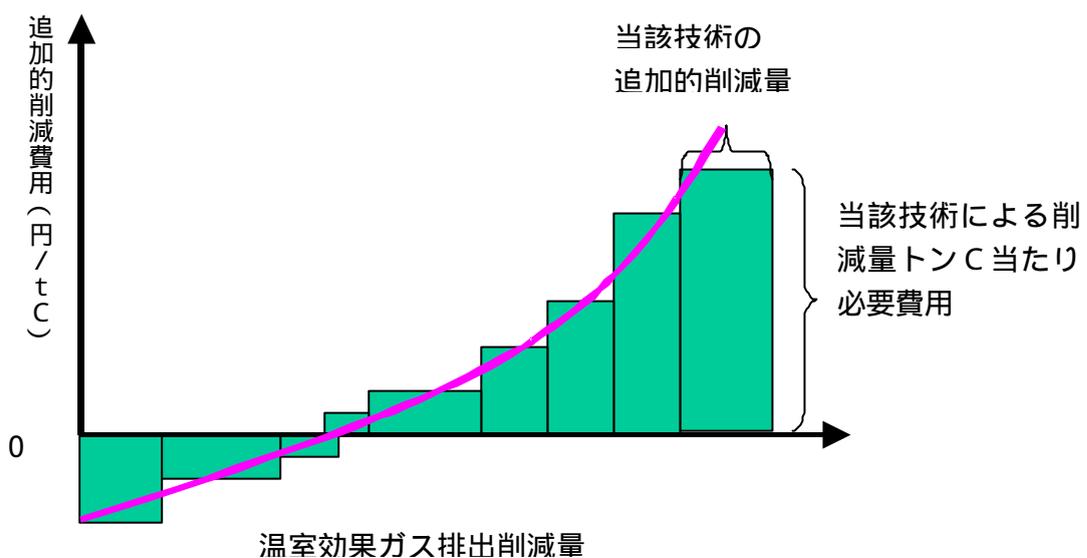


図 83 温室効果ガス排出削減量と費用の関係

グラフの解釈

個々の対策技術についてのボトムアップの分析は、マクロ経済に対する影響を考察することはできないが、温暖化対策を進める上での対策の優先順位を明らかとすることができる。3で論ずるように、次のような対策技術について、優先順位が高いと言える。

- ・追加的削減費用が安価である。
- ・追加的削減量が大きい。
- ・今後の技術開発、量産効果等により追加的削減費用の低下が見込める。
- ・温暖化対策以外の重要な目的に適う。

このような観点から優先順位の高い対策の推進は、いわゆる「No Regret Policy」と言うことができる。

また、このような積み上げ方式は、一般に個々の対策技術の効率性に着目しているため、横軸で示される削減量の累積量には、環境税等の課税により誘因

が与えられる電気の節約や、自動車走行量の抑制等のような削減量は見込まれていない。また、追加削減費用には、環境税等を課税した場合のエネルギー削減効果についても見込まれていない。

したがって、環境税等を課税し、その課税による効果を一種の対策と見なすならば、図 84に示すとおり、この曲線は、さらになだらかとなって右方向に伸び、また、エネルギー消費の節減を伴う対策については追加削減費用がさらに低下するため、一般に下方方向に移動することとなる。

さらに、今回の検討では、費用の算定ができなかった対策の削減量約15百万トンが含まれていないことにも留意する必要がある。もし、これらの費用が炭素トン当たり数万円程度以下の対策であれば、このグラフの立ち上がりはさらに右方向にずれることとなる。

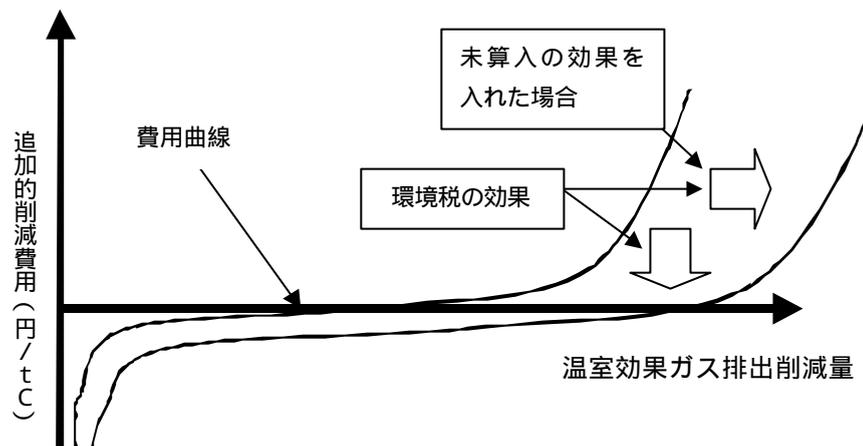


図 84 追加的削減費用と削減量に対する環境税等の効果

追加的削減費用別対策技術の整理

以下のような、追加的削減費用別の削減量を算定することにより、費用別の追加的削減量を把握する。

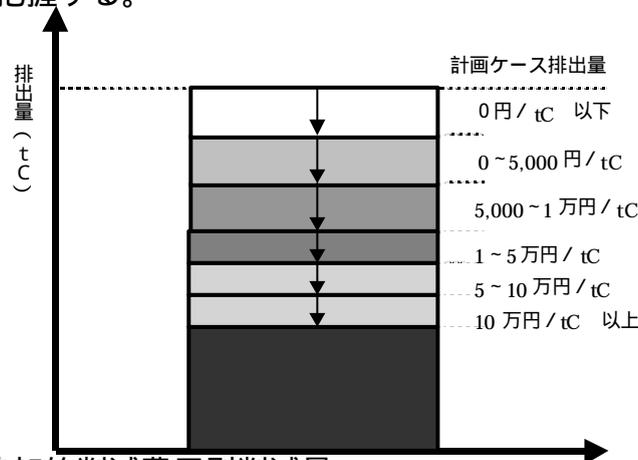


図 85 追加的削減費用別削減量

総費用について

各対策技術に要する費用を加算すると、目標達成のための総費用の算定が可能ではないかと考えることもできるが、追加的削減費用として示した図 84は、厳密な限界削減費用曲線を示すとは言えないため、このようにして算定した総費用は、目標を達成する上での目安とはなっても、厳密な意味での必要費用とは言えない。

特に、追加的削減量は、専門家の判断等に基づいて設定された普及見込み等から算定しているが、算定された追加的削減費用を政府が補助金として支給すれば、必ず設定したとおりの普及が進むとは言えないことに留意する必要がある。

また、費用の算定は、次の理由により過大評価されているのではないと言える。

- ・ 費用算定のできなかった技術がある他、削減費用の安価な技術が検討に加えられていない可能性がある。
- ・ 今後の技術的発展や、量産効果による価格の低下が、限界削減費用を低下させていくことについて考慮されていない。
- ・ 燃料税等かけた場合の節約等の活動量抑制効果に基づく削減量が見込まれていない。また、燃料税の課税により技術革新の速度が上がることも期待される。
- ・ 大気汚染物質の低減、利便性の向上等の副次的効果に見合う費用が差し引いていない。

追加的削減費用の換算

追加的削減費用の計算にあたって、新規に設備を導入するケースと既存設備の改良によって導入するケースを設定する場合があり、この場合には、便宜上、両者の費用の平均を追加的削減費用として設定した。

表 37 追加的削減費用別対策技術一覧(火力平均排出係数) (その1)

価格分類 (€当たり)	分野	対策技術	追加的削減費用 [円/t-C]	追加的削減量 [千トンCO ₂]	不確実性評価			
					価格 低下	別目 的	確実 性評 価	
0円以下	民生	内炎式ガステーブル	-200,000	780			A	
	民生	潜熱回収型温水ボイラー	-200,000	250			B	
	民生	給湯器にエコマイザーを導入	-190,000	160			B	
	民生	待機電力の節電	-140,000	7,900			A	
	民生	非常口高輝度誘導灯	-140,000	590			A	
	民生	自動販売機の省エネルギー	-140,000	2,500			B	
	民生	サマータイムの導入	-140,000	1,100			B	
	民生	エレベーターの省エネルギー	-100,000	370			A	
	民生	超高効率変圧器の導入	-78,000	320			A	
	産業	エチレンプラントガスタービン電力回収	-44,000	570			B	
	民生	上水処理施設へのインバータ制御の導入	-40,000	280			C	
	民生	潜熱回収型給湯器	-35,000	2,100			A	
	産業	廃プラスチックのセメント原燃炉化	-33,000	1,900			B	
	産業	スクラップ鉄の転炉投入	-32,000	1,600			C	
	産業	マイクロガスタービンによるコージェネレーションシステム	-31,000	2,200			A	
	民生	ガスコージェネレーション(業務部門)	-31,000	460			A	
	産業	高性能工業炉	-30,000	8,300			A	
	産業	コージェネレーションシステム	-27,000	6,200			A	
	産業	高効率型嫌気性排水処理	-23,000	420			B	
	産業	コンバインド発電	-22,000	1,300			A	
	転換	低損失型柱上変圧器の導入	-20,000	800			B	
	産業	堅型ミル内部セパレータの効率改善	-19,000	110			A	
	産業	廃プラの高炉原料化法	-18,000	2,600			A	
	非エネ	混合セメント利用拡大	-4,200	1,400			A	
	民生	下水処理施設へのインバータ制御の導入	-940	28			C	
	非エネ	エコセメント利用拡大	-17	570			A	
	0 ~ 5,000円	非エネ	家畜の生産性向上(肥育牛)	0	660			B
		非エネ	家畜糞尿処理方法の変更	0	2,700			C
		非エネ	廃プラスチックの発生抑制	0	1,500			B
		HFC	HFC-22の生産に伴う副生HFC-23の回収処理技術	73	2,900			B
		運輸	トラック輸送から船舶へのモーダルシフト	730	270			C
		HFC	家庭用冷蔵庫のHFC冷媒の代替技術	1,100	13			B
HFC		押出発泡ポリスチレンフォームのHFC発泡剤の代替技術	1,800	910			B	
非エネ		最終処分場の覆土	2,400	480			B	
HFC		噴霧器で使用するHFCの代替技術	3,600	2,300			B	
産業		仕上ミルの堅型化	4,300	66			B	
HFC		ウレタンフォームのHFC発泡剤の代替技術	5,000	2,000			B	
5,000 ~ 1万円		転換	廃棄物発電の導入促進	7,300	9,800			B
		HFC	カーエアコンのHFC冷媒の代替技術	8,100	640			B
	HFC	ドライエッチング、CVDクリーニング用途におけるPFCおよびSF6の代替技術	9,900	580			B	
1 ~ 5万円	HFC	家庭用エアコンのHFC冷媒の回収処理技術	12,000	330			C	
	産業	地域熱供給施設(都市熱源ネットワーク整備)	13,000	800			C	
	転換	木質バイオマスのエネルギー利用(製材工場等の残廃材)	14,000	710			B	
	転換	火力発電の燃料転換	16,000	8,800			A	
	民生	家庭用燃料電池コージェネレーション	17,000	1,300			C	
	HFC	業務用冷凍空調機器のHFC冷媒の回収処理技術	17,000	2,100			C	
	民生	食器洗い機	19,000	1,800			A	
	非エネ	下水汚泥焼却炉の燃焼効率の改善	20,000	360			B	
	民生	下水処理場の反応タンクにおける超微細気泡散気方式導入	21,000	310			B	
	産業	ファンプロア用インバータの導入	21,000	1,600			A	
	HFC	カーエアコンのHFC冷媒の回収処理技術	22,000	1,700			C	
	HFC	ドライエッチング、CVDクリーニング用途におけるPFCおよびSF6の回収処理技術	29,000	5,800			B	
	HFC	業務用冷凍空調機器のHFC冷媒の代替技術	29,000	340			B	
	民生	ビルのエネルギー管理システム	30,000	1,200			B	
	民生	太陽熱温水器(家庭部門)	31,000	2,400			A	
	HFC	家庭用エアコンのHFC冷媒の代替技術	36,000	150			B	
	転換	木質バイオマスのエネルギー利用(除間伐材 林地残材)	43,000	3,800			C	
	産業	気相法ポリエチレンプロセス	44,000	410			B	
	転換	風力発電量の導入促進	45,000	6,100			B	

(注)部門名の略称について

略称	部門名
転換	エネルギー転換部門
産業	産業部門
運輸	運輸部門(旅客・貨物)
民生	民生部門(業務・家庭)
HFC	HFC等3ガス
非エネ	非エネルギー起源のCO ₂ , CH ₄ , N ₂ O

表 38 追加的削減費用別対策技術一覧(火力平均排出係数) (その2)

価格分類 (C当たり)	分野	対策技術	追加的削減費用 [円/t-C]	追加的削減量 [千トンCO2]	不確実性評価		
					価格 低下	別目的	確実性 評価
5~10万円	運輸	実走行燃費の改善(低公害車の普及)	57,000	6,800			B
	運輸	購入車両の小型化(買い換え時のより低燃費な車種への転換)	57,000	3,300			B
	産業	高性能触媒利用プロセス	57,000	450			C
	産業	苛性化工工程軽カル製造技術	61,000	87			B
	転換	下水汚泥のメタン発酵処理によるエネルギー利用(消化ガス発電)	69,000	340			B
	産業	ナフサ接触分解	71,000	310			B
	産業	メンブリアクター利用プロセス	71,000	370			C
	HFC	家庭用冷蔵庫のHFC冷媒の回収処理技術	77,000	73			C
	民生	燃料電池コージェネレーション(業務部門)	87,000	2,600			C
	10万円以上	民生	パッシブソーラーハウス	110,000	2,000		
産業		ガスタービンの複合発電システム	130,000	720			C
非エネ		生分解性プラスチックによる廃プラ発生抑制	160,000	620			C
転換		畜産廃棄物のメタン発酵処理によるエネルギー利	160,000	5,500			B
民生		太陽光発電導入(業務部門)	180,000	450			B
民生		太陽光発電の導入(家庭部門)	180,000	1,600			B
民生		太陽熱温水器導入(業務部門)	200,000	230			A
運輸		トラック輸送から鉄道へのモーダルシフト	200,000	30			C
産業		地域熱供給施設(工場の未利用エネルギー利用)	230,000	6,200			C
運輸		公共交通機関の活用(バス路線の整備)	290,000	1,700			A
産業		気相法ポリプロピレンプロセス	360,000	750			B
産業		休閑地への仮設式太陽光発電導入	400,000	210			A
転換		最終処分場から発生するメタンガスの有効利用	460,000	2			B
非エネ		水田からのCH4発生を抑制する技術(水管理方法の変更、稲わらの分解促進)	570,000	1,800			A
民生		屋上緑化	710,000	2			C
非エネ		家畜の飼料構成の改善	770,000	40			A
運輸		都市部での自動車走行環境の改善(ITSの活用)	2,300,000	320			B
非エネ		GHG排出抑制型下水処理システム	2,800,000	89			B
非エネ		食品廃棄物のリサイクル	3,900,000	260			B
運輸		貨物の輸送効率の改善(共同輸送)	4,100,000	3,800			C
非エネ		バイオエコエンジニアリングを活用した生活系排水の処理	4,200,000	180			B
非エネ		施肥方法の変更(局所施肥)	5,000,000	20			B
運輸		公共交通機関の活用(新交通システムの整備)	6,400,000	680			C
民生		都市緑化	18,000,000	3			B

価格分類 (C当たり)	分野	対策技術	追加的削減費用 [円/t-C]	追加的削減量 [千トンCO2]	不確実性評価		
					価格 低下	別目的	確実性 評価
0円以下	転換	原子力発電利用率の向上	-27,000	25,400			A

(注) 原子力の利用率向上については、計画ケースで利用率が84.2%になると見込んでいる一方、削減ポテンシャルとしては、定格熱出力運転への変更と、連続運転期間の長期化及び定期点検期間の短縮化により、利用率が90%になるとして算定している。なお、原子力の利用率を90%とする対策を実施した場合、表中の数字を元にした算定により、追加的削減費用は約1,870億円削減されるとともに、この対策により削減することが可能となれば、目標達成のために必要より高額な対策を算入する必要がなくなる。

(注)不確実性評価について

分類	表記	説明
価格 低下		今後の技術発展及び量産効果により、既存技術導入の場合と比較して、相対的に価格が下がり追加的削減費用が低下すると考えられる場合
	空欄	上記以外
別目的		地球温暖化防止(省エネルギーを含む)以外の目的がむしろ主目的で、その目的が効果・利益として算入されていない場合
		地球温暖化防止(省エネルギーを含む)以外の目的も同じくらい重要で、その目的が効果・利益として算入されていない場合
		地球温暖化防止(省エネルギーを含む)以外に副次的な効果が期待でき、その効果・利益が算入されていない場合(ただし、地球温暖化防止のためではなく、副次的効果のために対策の導入が推進される可能性がある場合に限り)
	空欄	上記以外
確実性 評価	A	費用評価結果の確実性が-30%~+50%程度におさまる場合
	B	費用評価結果の確実性が-50%~+100%程度におさまるA以外の場合、または、EUの費用評価結果を用いた場合
	C	費用評価結果の確実性がA、B以外の場合

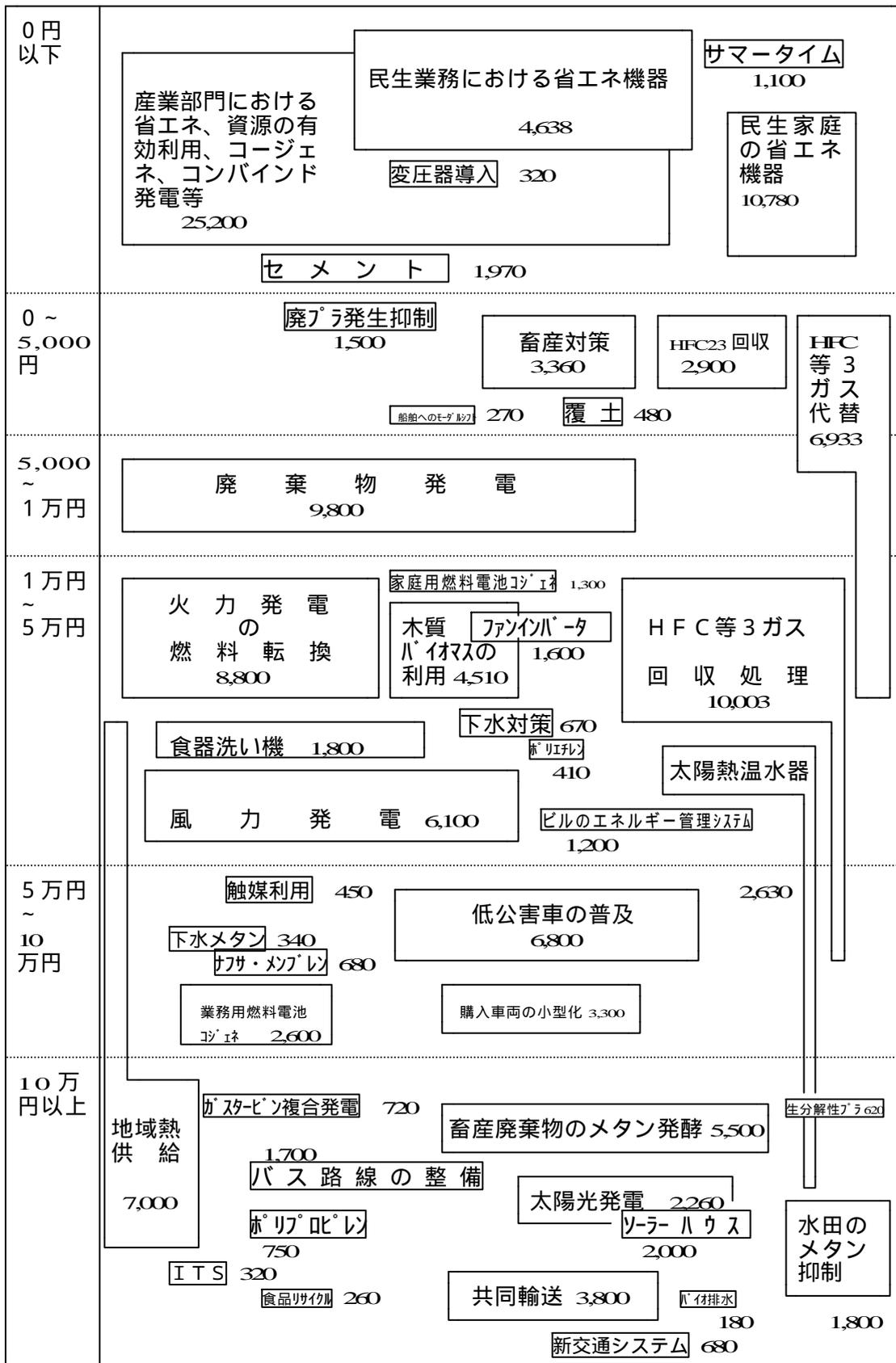


図 86 価格別対策技術の類型(火力平均排出係数)

表 39 追加的削減費用別対策技術一覧(全電源平均排出係数)(その1)

価格分類 (C当たり)	分野	対策技術	追加的削減費用 [円/t-C]	追加的削減量 [千トンCO ₂]	不確実性評価		
					価格 低下	別目 的	確実 性評 価
0円以下	民生	サマータイムの導入	-1,700,000	85			B
	民生	非常口高輝度誘導灯	-260,000	310			A
	民生	自動販売機の省エネルギー	-260,000	1,300			B
	民生	待機電力の節電	-260,000	4,100			A
	民生	内炎式ガステーブル	-200,000	780			A
	民生	潜熱回収型温水ボイラー	-200,000	250			B
	民生	エレベータの省エネルギー	-190,000	190			A
	民生	給湯器にエコマイザーを導入	-190,000	160			B
	民生	超高効率変圧器の導入	-150,000	170			A
	民生	上水処理施設へのインバータ制御の導入	-77,000	140			C
	産業	エチレンプラントガスタービン電力回収	-44,000	300			B
	転換	低損失型柱上変圧器の導入	-38,000	420			B
	産業	堅型モレ内部セパレータの効率改善	-37,000	58			A
	民生	潜熱回収型給湯器	-35,000	2,100			A
	産業	廃プラスチックのセメント原燃料化	-32,000	1,900			B
	産業	スクラップ鉄の転炉投入	-32,000	840			C
	産業	高性能工業炉	-30,000	8,300			A
	産業	高効率型嫌気性排水処理	-27,000	360			B
	産業	コンバインド発電	-22,000	1,300			A
	産業	廃プラの高炉原料化法	-18,000	2,700			A
	非エネ	混合セメント利用拡大	-4,200	1,400			A
	民生	下水処理施設へのインバータ制御の導入	-1,800	15			C
	非エネ	エコセメント利用拡大	-17	500			A
0～5,000円	非エネ	家畜の生産性向上(肥育牛)	0	660			B
	非エネ	家畜糞尿処理方法の変更	0	2,700			C
	非エネ	廃プラスチックの発生抑制	0	1,500			B
	HFC	HCFC-22の生産に伴う副生HFC-23の回収処理	73	2,900			B
	運輸	トラック輸送から船舶へのモーダルシフト	730	270			C
	HFC	家庭用冷蔵庫のHFC冷媒の代替技術	1,100	13			B
	HFC	押出発泡ポリスチレンフォームのHFC発泡剤の代替技術	1,800	910			B
	非エネ	最終処分場の覆土	2,400	480			B
HFC	噴霧器で使用するHFCの代替技術	3,600	2,300			B	
5,000～1万円	HFC	ウレタンフォームのHFC発泡剤の代替技術	5,000	2,000			B
	HFC	カーエアコンのHFC冷媒の代替技術	8,100	640			B
	産業	仕上モレの堅型化	8,200	34			B
	HFC	ドライエッチング、CVDクリーニング用途におけるPFCおよびSF6の代替技術	9,900	580			B
1～5万円	HFC	家庭用エアコンのHFC冷媒の回収処理技術	12,000	330			C
	産業	地域熱供給施設(都市熱源ネットワーク整備)	13,000	800			C
	転換	廃棄物発電の導入促進	14,000	5,100			B
	民生	食器洗い機	14,000	2,400			A
	転換	火力発電の燃料転換	16,000	8,800			A
	転換	木質バイオマスのエネルギー利用(製材工場等の残廃材)	17,000	720			B
	HFC	業務用冷凍空調機器のHFC冷媒の回収処理技	17,000	2,100			C
	非エネ	下水汚泥焼却炉の燃焼効率の改善	20,000	360			B
	HFC	カーエアコンのHFC冷媒の回収処理技術	22,000	1,700			C
	HFC	ドライエッチング、CVDクリーニング用途におけるPFCおよびSF6の回収処理技術	29,000	5,800			B
	HFC	業務用冷凍空調機器のHFC冷媒の代替技術	29,000	340			B
	民生	太陽熱温水器(家庭部門)	31,000	2,400			A
	HFC	家庭用エアコンのHFC冷媒の代替技術	36,000	150			B
	民生	下水処理場の反応タンクにおける超微細気泡散気方式導入	40,000	160			B
	産業	ファンプロア用インバータの導入	41,000	810			A
	産業	気相法ポリエチレンプロセス	44,000	360			B
	転換	風力発電量の導入促進	45,000	6,100			B
	民生	ビルのエネルギー管理システム	47,000	760			B

(注)部門名の略称について

略称	部門名
転換	エネルギー転換部門
産業	産業部門
運輸	運輸部門(旅客・貨物)
民生	民生部門(業務・家庭)
HFC	HFC等3ガス
非エネ	非エネルギー起源のCO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O

表 40 追加的削減費用別対策技術一覧(全電源平均排出係数)(その2)

価格分類 (C当たり)	分野	対策技術	追加的削減費用 [円/t-C]	追加的削減量 [千トンCO ₂]	不確実性評価		
					価格 低下	別目的	確実 性評 価
5~10万円	産業 転換	苛性化工程軽カル製造技術	50,000	110			B
		木質バイオマスのエネルギー利用(除間伐材 林地残材)	54,000	3,000			C
	運輸	実走行燃費の改善(低公害車の普及)	57,000	6,800			B
		購入車両の小型化(買い換え時のより低燃費な車種への転換)	57,000	3,300			B
	産業	高性能触媒利用プロセス	66,000	390			C
	産業	ナフサ接触分解	71,000	270			B
	HFC	家庭用冷蔵庫のHFC冷媒の回収処理技術	77,000	73			C
	産業	メンブレンリアクター利用プロセス	81,000	320			C
	10万円以上	民生 転換	パッシブソーラーハウス	110,000	2,000		
下水汚泥のメタン発酵処理によるエネルギー利用(消化ガス発電)			130,000	100			B
非エネ		生分解性プラスチックによる廃プラ発生抑制	160,000	620			C
		太陽熱温水器導入(業務部門)	200,000	230			A
運輸		トラック輸送から鉄道へのモーダルシフト	200,000	30			C
転換		畜産廃棄物のメタン発酵処理によるエネルギー利用	220,000	5,200			B
産業		地域熱供給施設(工場の未利用エネルギー利用)	230,000	6,200			C
産業		ガスタービンの複合発電システム	240,000	380			C
運輸		公共交通機関の活用(バス路線の整備)	290,000	1,700			A
民生		家庭用ヒートポンプ	300,000	940			B
民生		太陽光発電の導入(家庭部門)	340,000	840			B
民生		太陽光発電導入(業務部門)	340,000	240			B
産業		気相法ポリプロピレンプロセス	360,000	650			B
非エネ		水田からのCH ₄ 発生を抑制する技術(水管理方法の変更、稲わらの分解促進)	570,000	1,800			A
		休閑地への仮設式太陽光発電導入	760,000	110			A
非エネ		家畜の飼料構成の改善	770,000	40			A
転換		最終処分場から発生するメタンガスの有効利用	870,000	1			B
民生		屋上緑化	1,400,000	1			C
運輸		都市部での自動車走行環境の改善(TSの活用)	2,300,000	320			B
非エネ		GHG排出抑制型下水処理システム	2,800,000	89			B
非エネ		食品廃棄物のリサイクル	3,900,000	260			B
運輸		貨物の輸送効率の改善(共同輸送)	4,100,000	3,800			C
非エネ		バイオ・エコエンジニアリングを活用した生活系排水の処理	4,200,000	180			B
		施肥方法の変更(局所施肥)	5,000,000	20			B
運輸		公共交通機関の活用(新交通システムの整備)	6,400,000	680			C
民生		都市緑化	34,000,000	1			B

価格分類 (C当たり)	分野	対策技術	追加的削減費用 [円/t-C]	追加的削減量 [千トンCO ₂]	不確実性評価		
					価格 低下	別目的	確実 性評 価
0円以下	転換	原子力発電利用率の向上	-27,000	25,400			A

(注) 原子力の利用率向上については、計画ケースで利用率が84.2%になると見込んでいる一方、削減ポテンシャルとしては、定格熱出力運転への変更と、連続運転期間の長期化及び定期点検期間の短縮化により、利用率が90%になるとして算定している。なお、原子力の利用率を90%とする対策を実施した場合、表中の数字を元にした算定により、追加的削減費用は約1,870億円削減されるとともに、この対策により削減することが可能となれば、目標達成のために必要なより高額の対策を算入する必要がなくなる。

(注)不確実性評価について

分類	表記	説明
価格 低下		今後の技術発展及び量産効果により、既存技術導入の場合と比較して、相対的に価格が下がり追加的削減費用が低下すると考えられる場合
	空欄	上記以外
別目的		地球温暖化防止(省エネルギーを含む)以外の目的がむしろ主目的で、その目的が効果・利益として算入されていない場合
		地球温暖化防止(省エネルギーを含む)以外の目的も同じくらい重要で、その目的が効果・利益として算入されていない場合
確実性 評価	A	費用評価結果の確実性が-30%~+50%程度におさまる場合
	B	費用評価結果の確実性が-50%~+100%程度におさまるA以外の場合、または、EUの費用評価結果を用いた場合
	C	費用評価結果の確実性がA、B以外の場合

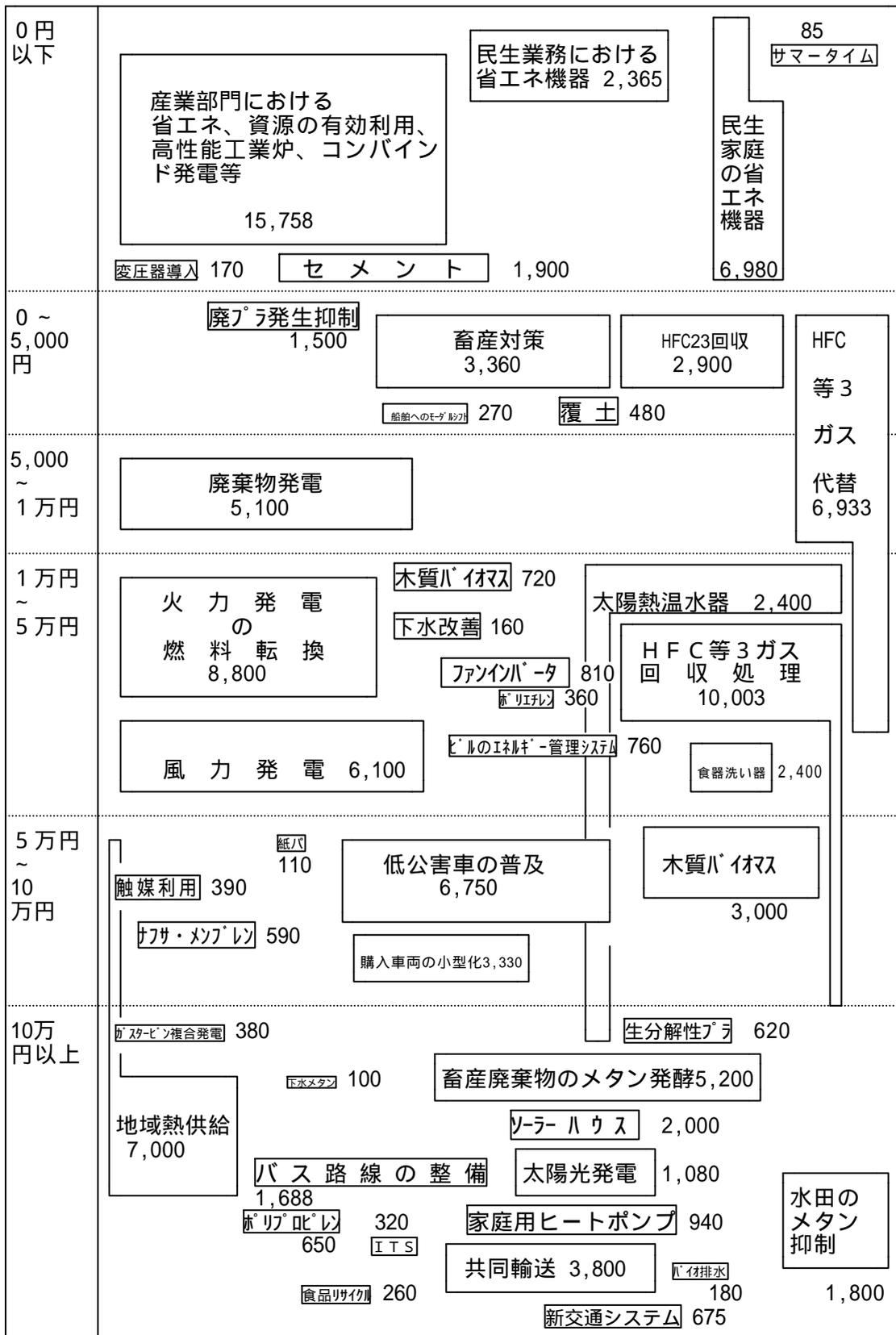


図 87 価格別対策技術の種類(全電源平均排出係数)

3 . ボトムアップ方式による経済性評価

(1) 追加的削減費用の把握

各対策技術の削減ポテンシャル量を追加的削減費用の安価な順に積算した結果が図 88である。

今回、評価の対象とした温暖化対策技術の追加的削減総量は約136百万トンCO₂である。

これらの対策技術の中で、省エネルギー関連技術は、エネルギー費用軽減効果によって追加的削減費用がマイナスになる(省エネ投資費用を回収できる)ものが多いが(グラフ左側)、これらの多くは事業リスク等の他の効用・利益が社会的費用として積算されていないことが理由と考えられる。

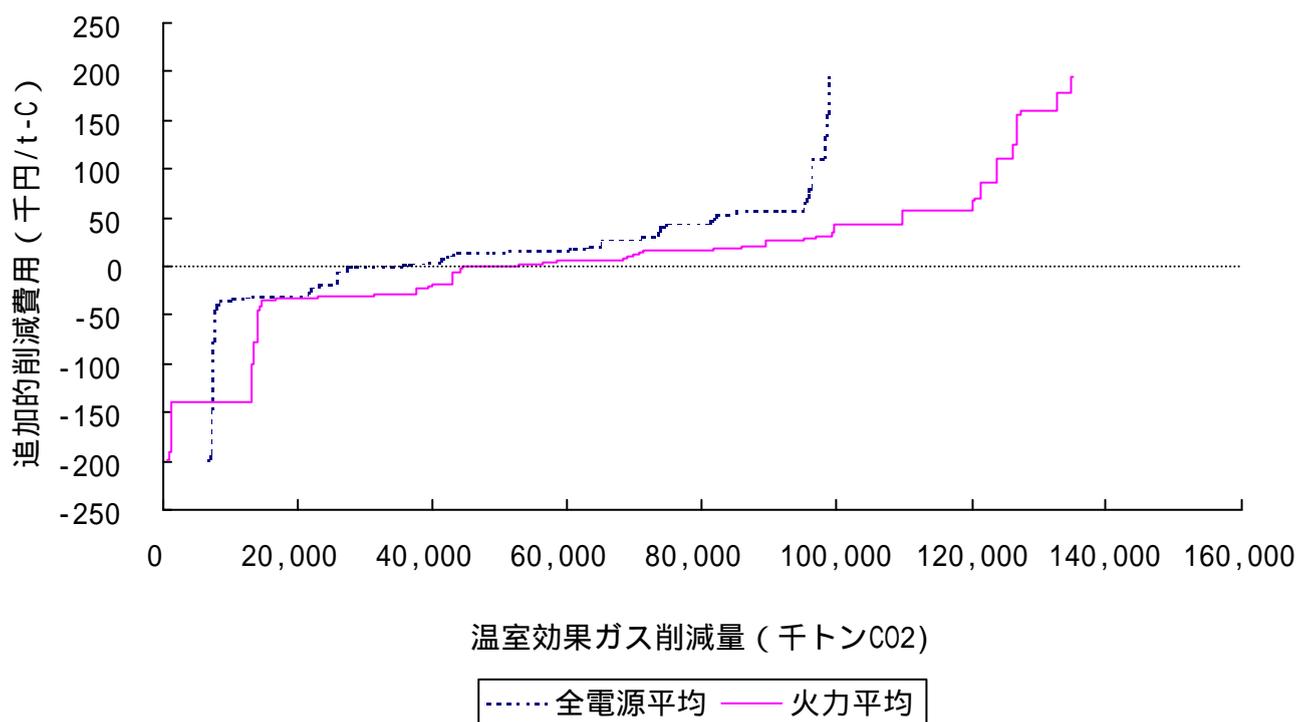


図 88 我が国の温室効果ガス排出削減量と費用の関係 (法定耐用年数使用)

(注)図を見やすくするため、追加的削減費用20万円以上の対策技術を除いている。

(2) 投資回収リスクを考慮した分析

前述のように、投資回収リスクを考慮に入れた追加的削減費用を把握するため、投資回収期間を耐用年数に置き換え、追加的削減費用を産業部門だけでなく民生(業務)などの民間事業に関する3年、家計関係は5年、公共的な投資は通常の耐用年数で計算した。

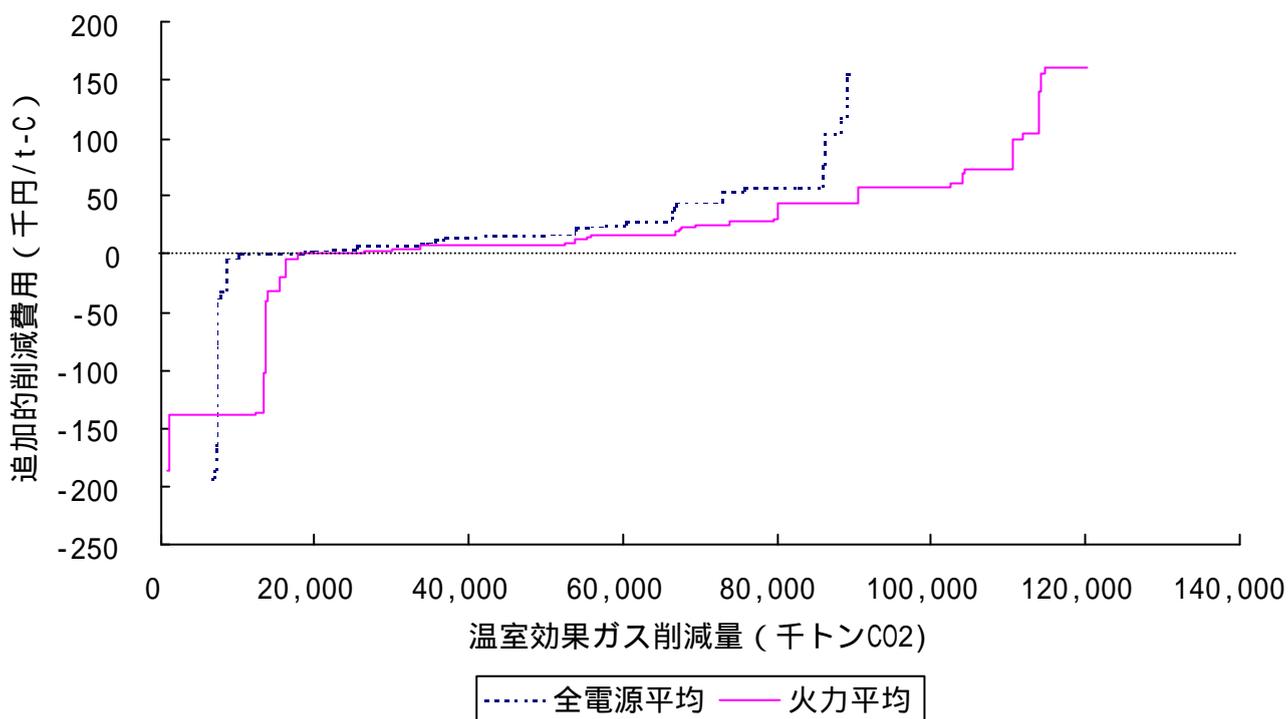


図 89 我が国の温室効果ガス排出削減量と費用の関係

(産業、業務：n = 3年、家庭：n = 5年)

(注)図を見やすくするため、追加的削減費用の20万円以上の対策技術を除いている。

(3) 追加的費用別の削減量の把握

計画ケース2(原子力発電7基新設ケース)の排出量は、基準年比108%になると予測されている。

この計画ケースに対して、追加的削減費用0円/tC以下の対策技術で3.7%削減(基準年比104.3%)のポテンシャルがあり、0～5,000円/tCの対策技術で1.1%削減(103.2%)、5,000～1万円/tCの対策技術で0.9%削減(102.3%)、1～5万円/tCの対策技術で3.3%削減(99.0%)、5～10万円/tCの対策技術で1.2%削減(97.8%)、10万円/tC以上の技術で1.2%削減(96.6%)となる。

なお、費用の算定できなかった対策については、費用が10万円以上の削減量からさらに削減されるものとして図中に表示している。

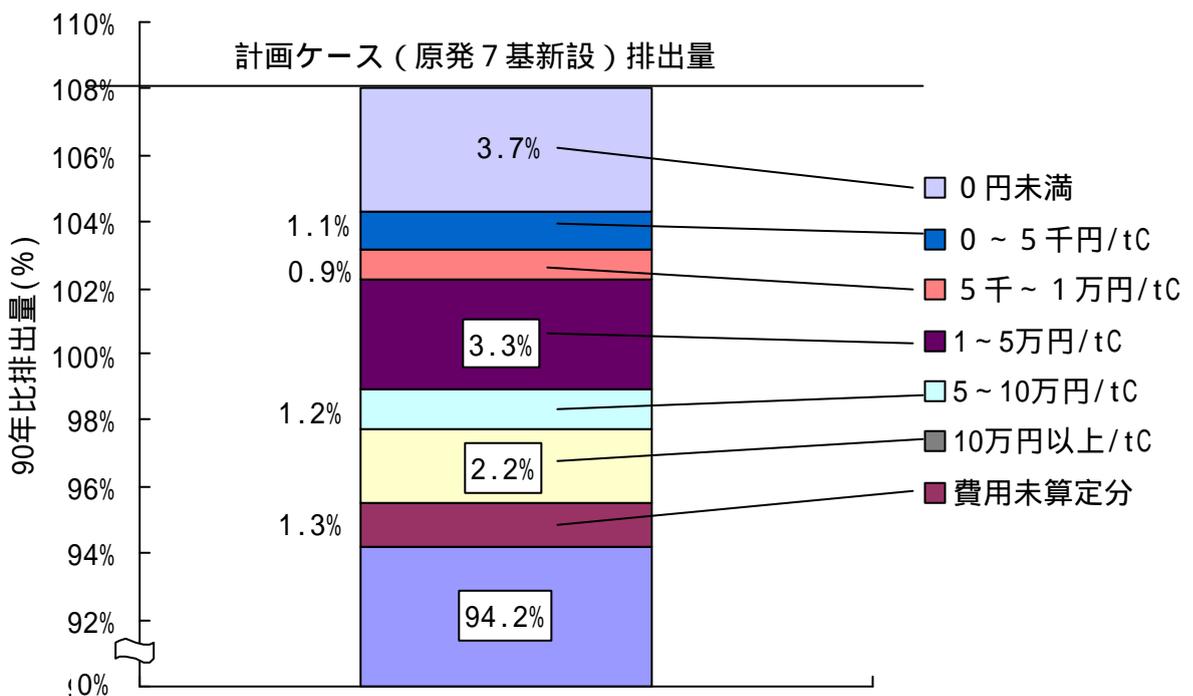


図 90 追加的削減費用別の削減量(火力平均排出係数)

(注) なお、原子力発電所が新たに13基建設されるとした場合、計画ケースは105%であることから、棒グラフは全体におおよそ3%相当分下側にずれ目標達成は一層容易となる。

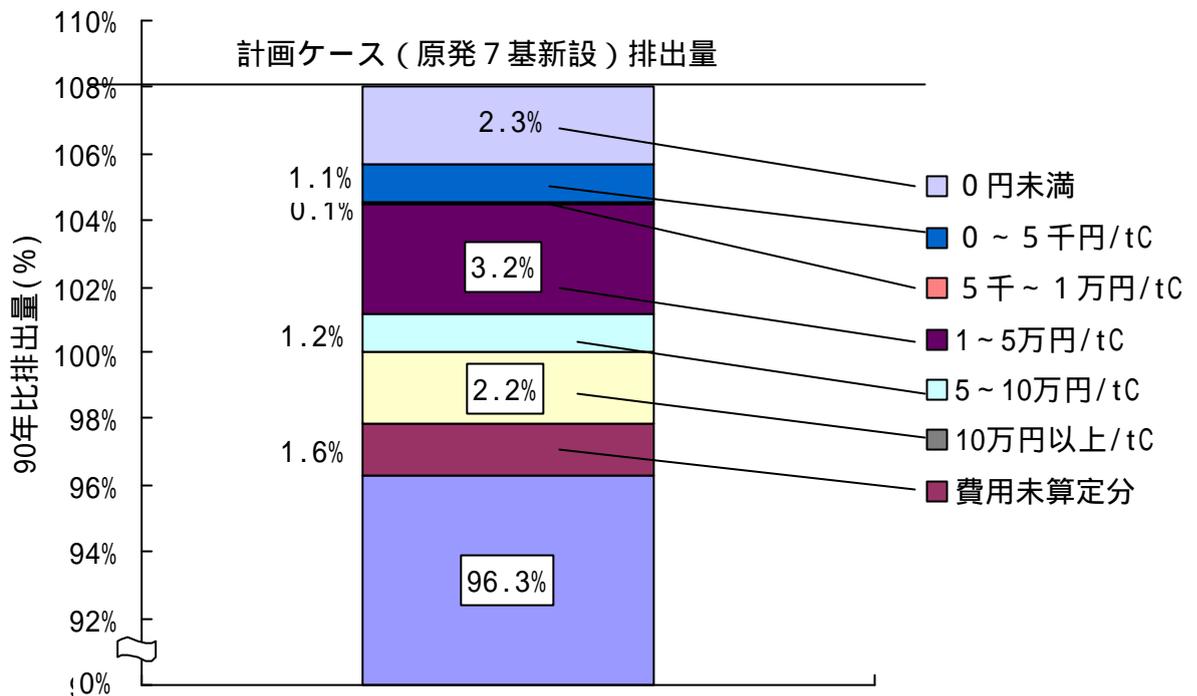


図 91 追加的削減費用別の削減量(全電源平均排出係数)

(注) なお、原子力発電所が新たに13基建設されるとした場合、計画ケースは105%であることから、棒グラフは全体におおよそ3%相当分下側にずれ目標達成は一層容易となる。

投資リスクを考慮した場合、計画ケースに対して、追加的削減費用0円/tC以下の対策技術で1.5%削減(基準年比106.5%)のポテンシャルがあり、0～5,000円/tCの対策技術で1.2%削減(105.3%)、5,000～1万円/tCの対策技術で1.7%削減(103.6%)、1～5万円/tCの対策技術で3.0%削減(100.6%)、5～10万円/tCの対策技術で1.8%削減(98.8%)、10万円/tC以上の技術で3.2%削減(95.6%)となる。

民間企業のリスクを考慮した場合、0円/tC以下の対策技術が減少し、5,000～1万円/tC及び5万円/tC以上の対策技術が増加していることがわかる。

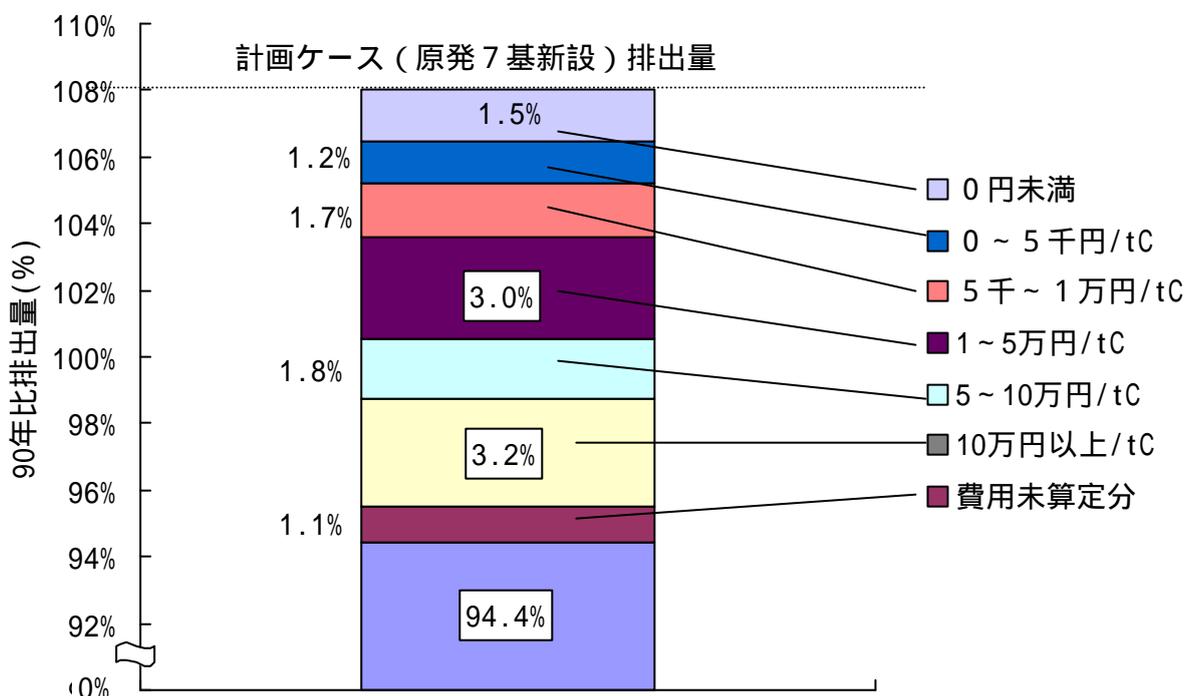


図 92 追加的削減費用別の削減量(火力平均排出係数) (民間企業の投資リスクを考慮したケース)

(注)追加的削減量が図 90と異なるのは、追加的削減費用の価格別に追加的削減量の上限と下限を選択していることによる。

(注) なお、原子力発電所が新たに13基建設されるとした場合、計画ケースは105%であることから、棒グラフは全体におおよそ3%相当分下側にずれ目標達成は一層容易となる。

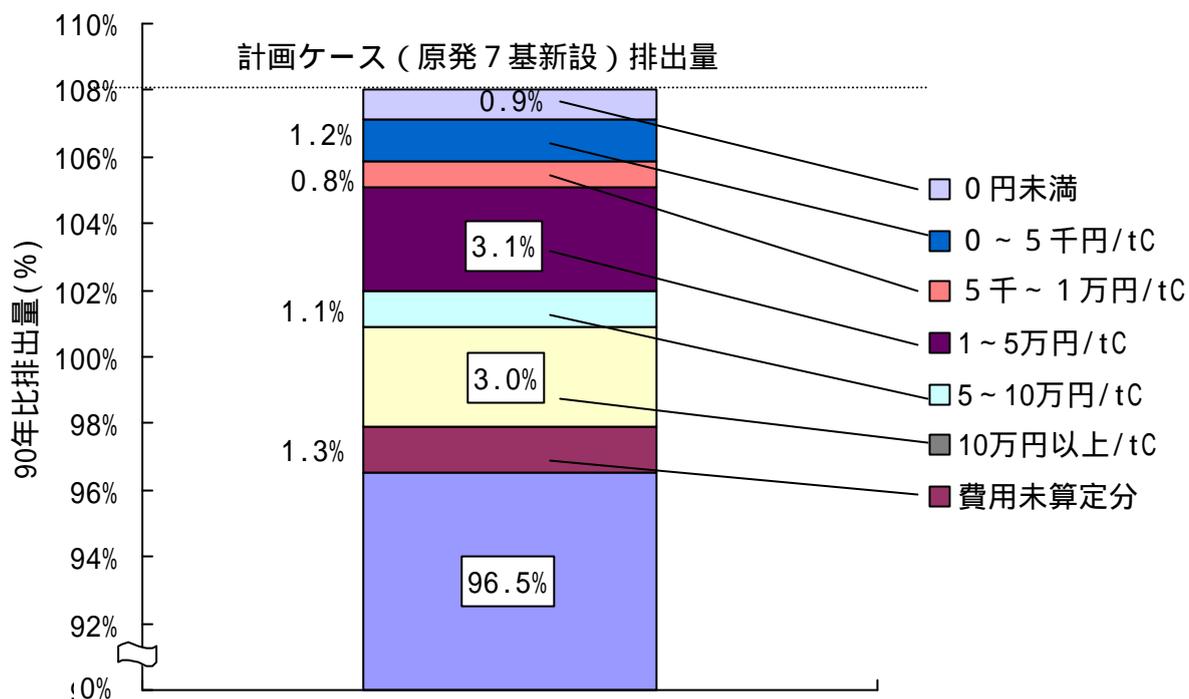


図 93 追加的削減費用別の削減量(全電源平均排出係数) (民間企業の投資リスクを考慮したケース)

(注) なお、原子力発電所が新たに13基建設されとした場合、計画ケースは105%であることから、棒グラフは全体におおよそ3%相当分下側にずれ目標達成は一層容易となる。

4 . 部門別の温暖化対策の経済性評価

ここでは、火力平均排出係数を用いて計算した場合だけを示している。

(1) エネルギー転換部門

低損失型柱上変圧器の追加的削減量は少ないものの追加的削減費用はマイナスとなる。また、現状では生産規模が少ないために従来型に比べて1.3倍程度の導入費用が必要であるが、生産規模が拡大すれば1.1倍程度まで低下するといわれている。

新エネルギーのうち、廃棄物発電(都市の木質廃棄物を含む)は、資源の有効利用との政策面での整合性を図る必要があるが、材料となる廃棄物を逆有償または無料で確保できることから、追加的削減費用はトン炭素当たり約7,300円と比較的安価である。

風力発電は追加的削減費用がトン炭素当たり4万円以上かかるが、風況のよい立地場所と導入規模を確保できれば、追加的削減費用を比較的安価に抑えることができる。

木質バイオマス発電(林地残材・除間伐材)は、運搬費用等の維持管理費用が必要であることから追加的削減費用はトン炭素当たり4万円以上の費用がかかる。

畜産廃棄物のメタン発酵処理は、追加的削減量は大きいものの、大規模な設備投資等が必要であることから追加的削減費用はトン炭素当たり16万円と高価である。

表 41 対策技術の経済性評価(火力平均排出係数)

対策技術名	追加的削減費用 [円/t-C]	追加的削減量 [千トンCO ₂]	不確実性評価		
			価格低下	別目的	確実性評価
低損失型柱上変圧器の導入	-20,000	800			B
廃棄物発電の導入促進	7,300	9,800			B
木質バイオマスのエネルギー利用(製材工場等の残廃材)	14,000	710			B
火力発電の燃料転換	16,000	8,800			A
木質バイオマスのエネルギー利用(除間伐材 林地残材)	43,000	3,800			C
風力発電量の導入促進	45,000	6,100			B
下水汚泥のメタン発酵処理によるエネルギー利用(消化ガス発電)	69,000	340			B
畜産廃棄物のメタン発酵処理によるエネルギー利用	160,000	5,500			B
最終処分場から発生するメタンガスの有効利用	460,000	2			B

対策技術名	追加的削減費用 [円/t-C]	追加的削減量 [千トンCO ₂]	不確実性評価		
			価格低下	別目的	確実性評価
原子力発電利用率の向上	-27,000	25,400			A

(2) 産業部門

産業部門における省エネルギー対策技術の導入は、追加的削減量が多く見込まれ、法定耐用年数で見れば追加的削減費用はマイナスとなることから、特段の対策を講じなくても将来的に普及が進むものと考えられる。しかし、一般的に、製造業はグローバル化や費用競争の激化等で、初期投資が大きく投資回収年数が長い省エネ設備の導入は困難な状況にあり、投資回収が3年程度の技術でないとは投資が進まないといわれている。

従って、追加的削減費用には、事業リスクを回避する効果分を算入しなければならないという考え方もあることから、ここでは耐用年数15年と3年の追加的削減費用を示している。

耐用年数15年でみると費用がマイナスになる技術は、耐用年数3年でみるとプラスに転じるものが大半である。例えば、追加的削減量約8百万トンCO₂が見込まれる高性能工業炉は、法定耐用年数で見ると、追加的削減費用はトン炭素当たり - 3万円であるが、投資回収年数を3年でみた場合、トン炭素当たり7,000円となる。

表 42 対策技術の経済性評価(火力平均排出係数)(n = 法定耐用年数)

対策技術名	追加的削減費用 [円/t-C]	追加的削減量 [千トンCO ₂]	不確実性評価		
			価格低下	別目的	確実性評価
エチレンプラントガスタービン電力回収	-44,000	570			B
廃プラスチックのセメント原燃料化	-33,000	1,900			B
スクラップ鉄の転炉投入	-32,000	1,600			C
マイクロガスタービンによるコージェネレーションシステム	-31,000	2,200			A
高性能工業炉	-30,000	8,300			A
コージェネレーションシステム	-27,000	6,200			A
高効率型嫌気性排水処理	-23,000	420			B
コンバインド発電	-22,000	1,300			A
縦型ミル内部セパレータの効率改善	-19,000	110			A
廃プラの高炉原料化法	-18,000	2,600			A
仕上ミルの縦型化	4,300	66			B
地域熱供給施設(都市熱源ネットワーク整備)	13,000	800			C
ファンプロア用インバータの導入	21,000	1,600			A
気相法ポリエチレンプロセス	44,000	410			B
高性能触媒利用プロセス	57,000	450			C
苛性化工程軽カル製造技術	61,000	87			B
ナフサ接触分解	71,000	310			B
メンブレンリアクター利用プロセス	71,000	370			C
ガスタービンの複合発電システム	130,000	720			C
地域熱供給施設(工場の未利用エネルギー利用)	230,000	6,200			C
気相法ポリプロピレンプロセス	360,000	750			B
休閑地への仮設式太陽光発電導入	400,000	210			A

表 43 対策技術の経済性評価(火力平均排出係数)(n = 3年の場合)

対策技術名	追加的削減費用 [円/t-C]	追加的削減量 [千トンCO2]	不確実性評価		
			価格低下	別目的	確実性評価
スクラップ鉄の転炉投入	-32,000	1,600			C
縦型ミル内部セパレータの効率改善	26	110			A
コンバインド発電	4,000	1,300			A
高性能工業炉	7,100	8,300			A
高効率型嫌気性排水処理	7,900	420			B
地域熱供給施設(都市熱源ネットワーク整備)	13,000	800			C
エチレンプラントガスタービン電力回収	13,000	570			B
廃プラスチックのセメント原燃料化	25,000	1,900			B
廃プラの高炉原料化法	25,000	2,600			A
マイクロガスタービンによるコージェネレーションシステム	58,000	2,200			A
コージェネレーションシステム	74,000	6,200			A
仕上ミルの堅型化	140,000	65			B
ガスタービンの複合発電システム	210,000	720			C
地域熱供給施設(工場の未利用エネルギー利用)	230,000	6,200			C
気相法ポリエチレンプロセス	240,000	410			B
高性能触媒利用プロセス	260,000	450			C
苛性化工程軽カル製造技術	290,000	87			B
メンブレンリアクター利用プロセス	310,000	370			C
ナフサ接触分解	330,000	310			B
休閑地への仮設式太陽光発電導入	1,800,000	210			A
気相法ポリプロピレンプロセス	1,800,000	750			B
ファンプロア用インバータの導入	62,000	1,600			A

(3) 運輸部門

運輸部門の対策のうち、低公害車の普及、乗用車から軽乗用車への転換、貨物のトラック輸送から船舶への転換については、10万円/tC未満の追加的削減費用と見込まれる。一方、貨物のトラック輸送から鉄道への転換については、20万円程度、公共交通機関の活用、ITSの活用、共同輸送に関しては200万円/tC以上の追加的削減費用が必要と見込まれる。

参考までに、運輸部門での各種対策の追加的削減量の総和である2,340万tCO2を燃料税を導入し削減しようとする場合を、動学的応用一般均衡モデルを用いて試算すると、15%程度の燃料税の導入により、34,000円/tC程度の追加的削減費用で達成可能な結果となる。

表 44 対策技術の経済性評価

対策技術名	追加的削減費用 [円/t-C]	追加的削減量 [千トンCO2]	不確実性評価		
			価格低下	別目的	確実性評価
トラック輸送から船舶へのモーダルシフト	730	270			C
実走行燃費の改善(低公害車の普及)	57,000	6,800			B
購入車両の小型化(買い換え時のより低燃費な車種への転換)	57,000	3,300			B
トラック輸送から鉄道へのモーダルシフト	200,000	30			C
公共交通機関の活用(バス路線の整備)	290,000	1,700			A
都市部での自動車走行環境の改善 (ITSの活用)	2,300,000	320			B
貨物の輸送効率の改善(共同輸送)	4,100,000	3,800			C
公共交通機関の活用(新交通システムの整備)	6,400,000	680			C

(4) 民生部門

民生(業務)部門の省エネルギー技術では、追加的設備投資のかからない場合が多く、このような場合は、法定耐用年数としても、耐用年数を3年や5年にしても、追加的削減費用は変わらない。

家庭部門は、一般的に、需要家の地域性、エネルギー消費性向などが多様であり、対策技術の普及の阻害要因を特定するのは困難であるが、これらの対策技術についての情報が十分に提供されていない場合や、家計の中での支出の優先順位に関する理由があるものと考えられる。

表 45 対策技術の経済性評価(火力平均排出係数)(法定耐用年数)

対策技術名	追加的削減費用 [円/t-C]	追加的削減量 [t- CO_2]	不確実性評価		
			価格低下	別目的	確実性評価
内炎式ガステーブル	-200,000	780			A
潜熱回収型温水ボイラー	-200,000	250			B
給湯器にエコノマイザーを導入	-190,000	160			B
待機電力の節電	-140,000	7,900			A
非常口高輝度誘導灯	-140,000	590			A
自動販売機の省エネルギー	-140,000	2,500			B
サマータイムの導入	-140,000	1,100			B
エレベータの省エネルギー	-100,000	370			A
超高効率変圧器の導入	-78,000	320			A
上水処理施設へのインバータ制御の導入	-40,000	280			C
潜熱回収型給湯器	-35,000	2,100			A
ガスコージェネレーション(業務部門)	-31,000	460			A
下水処理施設へのインバータ制御の導入	-940	28			C
家庭用燃料電池コージェネレーション	17,000	1,300			C
食器洗い機	19,000	1,800			A
下水処理場の反応タンクにおける超微細気泡散気方式導入	21,000	310			B
ビルのエネルギー管理システム	30,000	1,200			B
太陽熱温水器(家庭部門)	31,000	2,400			A
燃料電池コージェネレーション(業務部門)	87,000	2,600			C
パッシブソーラーハウス	110,000	2,000			B
太陽光発電導入(業務部門)	180,000	450			B
太陽光発電の導入(家庭部門)	180,000	1,600			B
太陽熱温水器導入(業務部門)	200,000	230			A
屋上緑化	710,000	2			C
都市緑化	18,000,000	3			B

(注)都市緑化、屋上緑化は、都市気候の緩和効果だけを算定しており、炭素貯留効果は見込んでいない。

表 46 対策技術の経済性評価(火力平均排出係数) (耐用年数：家計 5 年、民間事業 3 年)

対策技術名	追加的削減費用 [円/t-C]	追加的削減量 [千トンCO2]	不確実性評価		
			価格低下	別目的	確実性評価
内炎式ガステーブル	-200,000	780			A
潜熱回収型温水ボイラー	-190,000	250			B
給湯器にエコマイザーを導入	-170,000	160			B
待機電力の節電	-140,000	7,900			A
非常口高輝度誘導灯	-140,000	590			A
自動販売機の省エネルギー	-140,000	2,500			B
サマータイムの導入	-140,000	1,100			B
エレベータの省エネルギー	-100,000	370			A
上水処理施設へのインバータ制御の導入	-40,000	280			C
下水処理施設へのインバータ制御の導入	-940	28			C
ガスコージェネレーション(業務部門)	5,000	460			A
下水処理場の反応タンクにおける超微細気泡散気方式導入	21,000	310			B
超高効率変圧器の導入	44,000	320			A
家庭用燃料電池コージェネレーション	100,000	1,300			C
潜熱回収型給湯器	100,000	2,100			A
燃料電池コージェネレーション(業務部門)	310,000	2,600			C
ビルのエネルギー管理システム	350,000	1,200			B
太陽熱温水器(家庭部門)	380,000	2,400			A
食器洗い機	450,000	1,800			A
屋上緑化	710,000	2			C
パッシブソーラーハウス	750,000	2,000			B
太陽光発電の導入(家庭部門)	830,000	1,600			B
太陽熱温水器導入(業務部門)	1,400,000	230			A
太陽光発電導入(業務部門)	1,400,000	450			B
都市緑化	18,000,000	3			B

(5) HFC等3ガス

HCFC-22の生産に伴う副生HFC-23の回収処理は、発生源が工場内であるため、削減費用が安価であるが、冷媒の回収処理については、トン炭素当たり1万円以上の費用がかかる。また、代替技術は、1,000円から1万円の間で収まっている。

表 47 対策技術の経済性評価

対策技術名	追加的削減費用 [円/t-C]	追加的削減量 [千トンCO2]	不確実性評価		
			価格低下	別目的	確実性評価
HCFC-22の生産に伴う副生HFC-23の回収処理技術	73	2,900			B
家庭用冷蔵庫のHFC冷媒の代替技術	1,100	13			B
押出発泡ポリスチレンフォームのHFC発泡剤の代替技術	1,800	910			B
噴霧器で使用するHFCの代替技術	3,600	2,300			B
ウレタンフォームのHFC発泡剤の代替技術	5,000	2,000			B
カーエアコンのHFC冷媒の代替技術	8,100	640			B
ドライエッチング、CVDクリーニング用途におけるPFCおよびSF6の代替技術	9,900	580			B
家庭用エアコンのHFC冷媒の回収処理技術	12,000	330			C
業務用冷凍空調機器のHFC冷媒の回収処理技術	17,000	2,100			C
カーエアコンのHFC冷媒の回収処理技術	22,000	1,700			C
ドライエッチング、CVDクリーニング用途におけるPFCおよびSF6の回収処理技術	29,000	5,800			B
業務用冷凍空調機器のHFC冷媒の代替技術	29,000	340			B
家庭用エアコンのHFC冷媒の代替技術	36,000	150			B
家庭用冷蔵庫のHFC冷媒の回収処理技術	77,000	73			C

(6) 非エネルギー起源の CO₂、CH₄、N₂O

農業・畜産分野では、「家畜のふん尿処理」のように、追加的削減量が比較的大きく、新たな追加費用負担なしに温室効果ガスを削減できる対策技術があるが、これ以外は、費用がかかる割には追加的削減量のあまり見込めないものが多い。

廃棄物分野では、対策技術の追加的削減費用がトン炭素当り100万円を超えるものが多いが、廃棄物の発生抑制、資源の有効利用、水質保全等の目的と温暖化対策とは基本的に両立し、循環型社会六法と呼ばれる法律が制定され、水質に関しては第5次総量規制も実施されることから、今後の温暖化対策は進みやすいものと考えられる。

工業プロセス部門の対策技術としては、費用が安価な「混合セメント(高炉セメント、フライアッシュセメント)利用拡大」、「エコセメントの利用拡大」による石灰石消費量の削減があげられる。

表 48 対策技術の経済性評価

対策技術名	追加的削減費用 [円/t-C]	追加的削減量 [千トンCO ₂]	不確実性評価		
			価格低下	別目的	確実性評価
混合セメント利用拡大	-4,200	1,400			A
エコセメント利用拡大	-17	570			A
家畜の生産性向上(肥育牛)	0	660			B
家畜糞尿処理方法の変更	0	2,700			C
廃プラスチックの発生抑制	0	1,500			B
最終処分場の覆土	2,400	480			B
下水污泥焼却炉の燃焼効率の改善	20,000	360			B
生分解性プラスチックによる廃プラ発生抑制	160,000	620			C
水田からのCH ₄ 発生を抑制する技術(水管理方法の変更、稲わらの分解促進)	570,000	1,800			A
家畜の飼料構成の改善	770,000	40			A
GHG排出抑制型下水処理システム	2,800,000	89			B
食品廃棄物のリサイクル	3,900,000	260			B
バイオ・エコエンジニアリングを活用した生活系排水の処理	4,200,000	180			B
施肥方法の変更(局所施肥)	5,000,000	20			B

VI．対策技術の主要課題と普及促進に必要な対策手法の選択肢

1．エネルギー転換部門

原子力発電の利用効率向上対策については、安全性の確保および住民の理解等のパブリックアクセプタンスを前提にしつつ、原子力発電に関連する制度の見直しが鍵となる。

火力発電の天然ガスへの燃料転換については、天然ガスは石炭に比べて高価であることから、天然ガスへのシフトに価格インセンティブを付与する経済的措置の検討が必要である。なお、地球温暖化対策の観点からは、CO₂排出の多い石炭火力による発電量をできる限り抑えることが望ましいが、エネルギーの安定供給性の観点からどの程度の燃料転換が可能かを検討する必要がある。

風力発電やバイオマス発電など再生可能エネルギーの導入に関しては、導入促進を図る段階においては、経済性を確保するための初期投資費用を軽減する助成制度の整備、電力会社の買い取り制度などの検討が必要である。また、国や自治体等においては、再生可能エネルギーの率先導入(グリーン購入)によって、普及を促進していく必要がある。

また、ヨーロッパなどでは、石油や一般電力との価格競争力を確保するため、炭素税等を導入している国もあり、再生可能エネルギーの導入促進の観点からも税制面について検討する必要がある。

さらに、市場形成を図る段階においては、電力の小売り事業者や最終需要家が購入する電力の一定割合を自然エネルギーにすることを義務づける「クォーター制」や、自然エネルギーからの発電量毎に発電事業者が発行する証書を電力の小売り事業者や最終需要家間で取り引きさせる「グリーン証書」などの導入も検討していく必要がある。

表 49 エネルギー転換部門の対策技術導入にあたっての課題と考えられる対策手法の選択肢(その1)

算定区分	対策・技術名	制度的・社会的課題	考えられる対策手法の選択肢	副次効果
エネルギー転換部門	原子力発電の利用率向上	運転方法等に関する制度の見直し。安全性の確保と住民の理解。	運用方法と定期点検に関する制度の見直し。	大気汚染物質の排出削減
	火力発電における燃料転換	時間的制約(環境アセスメント等に時間を要する)。立地計画の中止は難しい場合が多い。パイプライン網等インフラ整備。エネルギーセキュリティの確保。	天然ガスへの燃料転換を促進させる経済的・規制的措置。天然ガス供給のためのインフラ整備。	大気汚染物質の排出削減
	風力発電の導入	電力事業者による安定的な購入制度、購入枠拡大。自然公園等の景観、騒音、野生動物に対する障害。	導入時の補助金や優遇税制の措置。買取価格補助、買取義務。電気事業者に一定量の導入を義務付ける措置。	大気汚染物質の排出削減
	廃棄物発電の導入	電力事業者による安定的な購入制度。廃棄物処理と再資源化の整合性。住民の理解。	技術開発の促進。導入時の補助金や優遇税制の措置。買取価格補助、買取義務。電気事業者に一定量の導入を義務付ける措置。発電効率向上。	処分場の延命。
	低損失型柱上変圧器の導入	特になし。	導入時の補助金や優遇税制の措置。	特になし。

表 50 エネルギー転換部門の対策技術導入にあたっての課題と考えられる対策手法の選択肢(その2)

算定区分	対策・技術名	制度的・社会的課題	考えられる対策手法の選択肢	副次効果
	木質バイオマスの利用(製材工場等の残廃材)	石油や一般電力との価格差。 建設リサイクル法の遵守。 排出から再利用に至るシステム整備。 処理業者へのコスト支払いの徹底。 採算性を向上するための木屑処理量規模の確保	規模の大きい工場や木材加工団地等に対する普及啓発。	特になし
生物資源等部門 (間接効果)	木質バイオマスの利用(林地残材・除間伐材)	石油や一般電力との価格差。 建設リサイクル法の遵守。 排出から再利用に至るシステム整備。 処理業者へのコスト支払いの徹底。 集荷の利便性、需要地との距離等を総合的に検討する必要あり。	石油や一般電力とのコスト格差を是正するための課税政策等。 余剰電力量を電気事業者へに売電する制度。 導入に係る補助制度、公的部門等での率先導入。 クォーター制等による市場の形成。	特になし。
	畜産廃棄物のメタン発酵処理によるエネルギー利用	現状の売電価格では経済的に見合わない。 廃棄物処理法等の制約。 発酵残さ(液肥)の受入先の不足。	導入費用に対する助成。 売電制度。 液肥の圃場還元への推進。	汚泥発生量を7割削減。
	下水汚泥のメタン発酵処理によるエネルギー利用(消化ガス発電)	発電を促進する制度がない。 他の汚泥処理との競合。 都市部の既存処理場の追加設備用地不足。	消化ガス発電施設整備に対する補助金の上積み。 優遇税制。	特になし。
	最終処分場から発生するメタンガスの有効利用	発電を促進する制度がない。	施設導入に対する補助金。 優遇税制。	特になし。

2. 産業部門

投資回収期間が2、3年以下でないと省エネ設備への投資が行われないのは、有効な政策が取られていないからである。投資回収期間が長期の省エネ設備についても企業が投資し導入することができるように、政策の在り方について考える必要がある。例えば、初期投資が大きく投資回収年数が長い省エネ設備の積極的な導入を促すためには、初期投資に対する補助・経済的支援措置やESCO事業の推進等の対策が考えられる。

また、エネルギー費用軽減効果だけではなく、大気汚染の防止、防災時の非常用電源としての活用など、副次的効果のある対策技術については情報提供等を通じて普及啓発を行うことも必要である。

なお、産業界の自主的取組を促進する意味でも、産業界の協力を得てデータを蓄積してデータベースや環境統計を作成し公開することが重要である。特に中小企業に関するデータが不足している。

表 51 産業部門の対策技術導入にあたっての課題と考えられる対策手法の選択肢（その1）

算定区分	対策・技術名	制度的・社会的課題	考えられる対策手法の選択肢	副次的効果
エネルギー多消費業種における省エネルギーの推進	堅型ミル内部セパレータの効率改善	自家発電比率が100%に近いプラントではエネルギー費用軽減効果が小さい。	当該設備改修工事への補助・支援措置	粉碎能力の増加 ミル振動の低下 外部循環量の減少 製品粒度分布改善。
	仕上ミルの堅型化	他の省エネ技術の導入インセンティブの方が強い 自家発電比率が100%に近いプラントではエネルギー費用軽減効果が小さい	当該技術への助成等の優遇措置	特になし
	苛性化工程を利用した高品質軽カル製造技術	特になし	初期投資、技術開発への助成措置、優遇税制	特になし
	高効率型嫌気性排水処理	特になし	初期投資、技術開発への助成措置、優遇税制	汚泥発生量の抑制 悪臭の抑制
	IFレッププラントがスタービン電力回収	余剰発電分の売買契約	特になし	最新の燃焼技術の導入による低NOx化
	ナフサ接触分解	特になし	特になし	特になし
	気相法ホリレップ脱ス	特になし	特になし	特になし
	気相法ホリレップ脱ス	特になし	特になし	特になし
	ガスタービンの複合発電システム	購入電力の日間変動への対応	特になし	特になし
	高性能触媒利用プロセス	品質・用途の変化に対する社会的受入可能性	特になし	特になし
メンブレンリアクター利用プロセス	特になし	特になし	特になし	

表 52 産業部門の対策技術導入にあたっての課題と考えられる対策手法の選択肢
(その2)

算定区分	対策・技術名	制度的・社会的課題	考えられる対策手法の選択肢	副次的効果
エネルギー供給	コージェネレーションシステム	更なる規制緩和	税制、金利面等での支援措置	非常用電力 余剰電力の売電
	コンバインド発電	がスターピン整備・運用の簡素化 設置制限の緩和	普及啓発 助成措置 優遇税制	余剰電力の売電
	マイクログスターピンによるコージェネレーションシステム	系統連系技術要件がドライン策定 系統連系費用の低減 保守管理の簡素化	助成措置 優遇税制	防災時の非常用電源
	休閑地への仮設式太陽光発電導入	農作業上の制約 農業法規面の制約	助成措置	特になし
	地域熱供給施設（工場の排熱）	熱供給事業者の法的な位置付け。 配管設置ルートの確保。	公共事業による熱供給配管の整備	防災性に優れた都市構造 NOx排出量削減
	燃料転換（天然ガスへの転換）	経済的インセンティブ エネルギー政策との整合性	天然ガスパイプラインの整備	大気汚染の低減 エネルギーセキュリティ向上
生産工程における省エネルギー	高性能工業炉	特になし	導入費用に対する経済的援助 普及啓発	炉のシンプル化 炉内温度の均一化
	ボイラーの燃焼管理	特になし	普及啓発 ESCO事業の推進	経費削減
	上水処理施設へのインバータ制御の導入	特になし	特になし	特になし
	下水処理施設へのインバータ制御の導入	特になし	特になし	特になし
	ファン・プロア用インバータの導入	特になし	特になし	特になし
	スクラップ鉄の転炉投入促進	製品の価格変動 産業構造変化による諸問題	特になし	特になし
資源循環	廃プラの高炉原料化法	一廃の分別収集 産廃（廃プラ）の回収ルートの確立 廃プラ受入用地	行政の継続的支援 高炉でのリサイクルを推進するための法改正等	最終処分場の延命化
	廃プラスチックのセメント原燃料化	容り法の規制 塩素濃度の高い廃プラスチックの混入	容り法の規制緩和	廃プラ受入価格の低下

3 . 運輸部門

(1) 自動車単体からの二酸化炭素排出量削減について

保有される自動車構成の低燃費化・低公害化に関しては、既に自動車税制のグリーン化が実施されている。

ガソリン車より二酸化炭素排出量が少なく、ディーゼル車ほど大気汚染物質を排出しない天然ガス自動車の導入、CO₂ニュートラルなバイオ燃料等の自然エネルギーの活用を進めるべきではないかとの意見がある。(ただし、バイオ燃料については、農地において生産する場合は、世界的な食料事情、経済性等を考慮するとともに、有機性廃棄物を利用する場合は、発電利用との比較検討を行う必要がある。)

なお、削減ポテンシャルとして見込んでいる実走行燃費の改善等の排出原単位の改善や自動車走行需要の他への転換、自動車走行需要の抑制に関する対策・技術は、一般的に、NO_x等の排出削減にも寄与することから、温室効果ガスの排出抑制に向けた取り組みは、大気汚染防止上も重要な対策・技術であり、積極的に推進することが必要である。

(2) 大都市と地方の特性に応じた対策について

実走行燃費の改善、モーダルシフト、積載率の向上など、これらの総合的対策を推進していくには、人々のライフスタイルや企業の業務スタイルの見直しが必要と考えられる。人々のライフスタイルや企業の業務スタイルの見直しを働きかけていくにあたっては、流入規制などの抑制(Push)施策や優遇策などの誘導(Pull)施策と、国土計画や都市計画、交通計画と整合性のある基礎的なインフラを整備していくことが効果的である。

都市または地域レベルの道路交通混雑の緩和のため、道路利用者の時間の変更、経路の変更、自動車の効率的利用、発生源の調整等の交通需要(交通行動)を調整するとともに、環境自動車の導入も組み合わせ、大気汚染や二酸化炭素排出の抑制をも図る交通需要マネジメント(TDM)の手法が全国で採用されつつある。

自家用乗用車の走行距離の増加は、通勤における利用、地方都市の郊外への大型ショッピングセンターの進出などに伴って、地方における乗用車の利用が

増加したことが一因と考えられ、それが併せて公共交通機関の衰退を招いていると考えられる。このように地方と大都市では、状況が異なると考えられるので、まず、その実態を把握する必要がある。

自動車による交通需要を大きく増大させる郊外の新規開発ではなく、地方都市の中心部における再開発を重視するとともに、開発計画申請時に、出入りする交通について事前予測を行い、環境・安全・円滑な走行に及ぼす影響をチェックして適切な対応を求める交通アセスメントを強化する必要があると考えられる。また、その中で、(3)に示すような実行計画(「グリーン交通計画」(仮称))の策定を求め、自動車交通の抑制への取組を求めることが考えられる。

(3) 個々の主体からの排出総量管理のための枠組みについて

地方公共団体及び一定規模以上の事業者に対しては、当該事業活動に起因する二酸化炭素の排出抑制を図るため、従業員の車の利用(通勤、業務)及び製品や原材料の配送等について、指標(公共交通機関利用率、積載率等)に基づく定量的な目標を定めた実行計画の作成を求め、個々の主体からの排出総量の管理に着目した対策の推進を図るべきとの意見がある。

(4) 各種政策手法について

揮発油税や軽油引取税等はすべて道路整備に活用されてきたが、道路の整備は、自動車の利便性を高めるとともに、これにより自動車中心の社会作りを助長してきたと言える。また、税制の改正により大型車(3ナンバーの普通車)が増加したという経緯がある。今後は、既存税制の欠点を洗い出して、税の使い道として、公共交通機関や環境対策に活用することが重要である。なお、税制等の変更によって、自動車使用に関わる実質的費用が減少すると誘発交通を助長するおそれがある点に注意する必要がある。

運輸部門は、費用対効果が良いにも係わらず進捗状況が良くない温暖化対策が多く、他の部門と比べて経済的インセンティブが働きにくいと言える。このため、経済的措置の活用と併せて、例えば、代替手段として利便性の高い魅力ある公共交通機関の整備を図るなど、他の施策と組み合わせた政策を立案すべきである。

また、自動車の利用形態は、物流、業務、私用によって異なるため、運輸部門のみの問題としてではなく、産業部門、民生業務部門、民生家庭部門と連携して削減する方法を検討する必要がある。

なお、自動車の燃費規制の効果については定量的な評価が容易である一方、自動車の利用に関わる諸対策の効果については定量的な評価のためのデータやモデルによるシミュレーション等の手法が未整備であり、規制等の効果を推定するためにも、早急な対応が必要である。

表 53 運輸部門の対策技術導入にあたっての課題と考えられる対策手法の選択肢 (その1)

算定区分	対策・技術名	制度的・社会的課題	考えられる対策手法の選択肢	副次的効果
輸送機器単体のエネルギー消費効率向上	実走行燃費の改善 (低公害車の普及)	車両全体での燃費が改善される仕組み 燃料供給体制(スタンド)の整備	購入に対する補助金の拡充。 ユーザーへの普及啓発。 燃費基準の強化 税制の燃費基準型への改革 ペリク制度の導入 燃料充填所等のインフラの整備	NOx等の大気汚染物質の排出削減。
物流の効率化	貨物のトラック輸送から鉄道・船舶輸送への転換(モーダルシフト)	トラック輸送に比べて荷主の物流ニーズに合致していない。 輸送コストの低減。 物流システム全体の見直しが必要。	トラックと鉄道・船舶との複合一貫輸送方法等、技術開発の促進。 荷痛み等への対策 インフラ整備 鉄道における貨物輸送力の増強 ボトルネック区間の解消	交通渋滞の緩和 NOx等の大気汚染物質の排出削減。 労働力不足解消。 交通事故防止。 電源負荷平準化に寄与。
	貨物の輸送効率の改善(共同輸送)	自家用貨物車での積載率の向上への仕組み 共同配送の事業者間の協力体制が未整備	事業者への普及啓発 事業者間の協力体制の具体化。 輸送効率化計画の策定義務付け 共同輸送車優先制度の確立 インフラ整備	交通渋滞の緩和。 NOx等の大気汚染物質の排出削減。 労働力不足解消。
公共交通機関利用	公共交通機関の活用(バス路線の整備)	道路交通計画上の調整。 優先レーンの整備。 パークアンドライドを促すための駐車場整備。 利用客の確保が必要 渋滞により運行に支障が生じる。	デマンドバス等の需要特性に応じたバス事業の運営 優先レーン等の設定 パークアンドライド駐車場等のインフラ整備 パリアフリー車両等の新型車両の導入 既存鉄道の輸送能力の増強 料金水準の引き下げ 公的補助の拡充	交通渋滞の緩和。 大気汚染、騒音等に妨害されない快適な都市空間の創造。
	公共交通機関の活用(新交通システム等の整備)		公共交通機関を中心とした土地利用計画の策定	

表 54 運輸部門の対策技術導入にあたっての課題と考えられる対策手法の選択肢
(その2)

算定区分	対策・技術名	制度的・社会的課題	考えられる対策手法の選択肢	副次的効果
交通対策の推進	都市部での自動車走行環境の改善（ITSの活用による高速道路料金所での平均車速の改善）	効率的な料金支払システムの構築 インフラ設備の投資。 個々の車載設備、ICカード等のソフト導入必要。	技術開発の促進。 あらたな需要喚起を抑制する施策。 路上駐車対策の強化。	交通渋滞の緩和。 NOx等の大気汚染物質の排出削減。 自動車の利便性、快適性を主目的とした対策。 車載器の普及により新たな対策の実行可能性が高まる。
ライフスタイルの変更	エコドライブ	特になし	事業者、消費者への普及啓発	NOx等の大気汚染物質の排出削減。
	テレワーク、テレビ会議の推進	特になし	事業者への普及啓発	交通渋滞の緩和。 在宅時間の増加による家庭でのエネルギー消費の増加。
	購入車両の小型化（低燃費な車種への転換）	消費者の大型車への志向	消費者への普及啓発	NOx等の大気汚染物質の排出削減。

4 . 民生部門

(1) 家庭部門

新たな家庭用エネルギー消費機器の普及が進展しつつあり、トップランナー基準の対象機器を拡大し、使用機器の高効率化を進める必要がある。

次世代省エネルギー基準適合住宅の普及を促進するため、住宅供給者等への普及啓発・情報提供を強化するとともに、導入促進のための経済的インセンティブの付与を検討する必要がある。

一般家庭へのコスト意識を通じた省エネルギー意識を醸成するとともに、ITを活用した家庭内機器の制御システムの普及を図る必要がある。

表 55 家庭部門の対策技術導入にあたっての課題と考えられる対策手法の選択肢

対策・技術名	制度的・社会的課題	考えられる対策手法の選択肢	副次的効果
パンプソーラーハウス	更なる補助制度 省エネ効果の測定	普及のための優遇策 奨励策	ガスや石油の燃焼が 少なくなる。
食器洗い機	適切な設計基準の遵守	技術規格の制定 効果の社会的認知	水と洗剤の消費の減 少
家庭用燃料電池コージェ ネレーション	普及のための制度の準備 電力供給との兼ね合い	技術規格 電力兼用の制度 ガス供給拡大	排出する水が利用で きる。
待機電力の削減	消費者に待機電力の存在 が見えない	規定以上の待機電力の ある製品の製造・販売 中止 ラベル表示等消費者へ の情報提供の仕組み	製品の長寿命化につ ながる。
家庭用太陽熱温水器	導入に対する補助 関心の低下 開発・技術進歩の停滞	公的補助の復活 適正な販売方式	省エネルギーへの関 心の増大。
家庭用ヒートポンプ給湯 器	設置スペースの確保 コストダウン	技術開発の奨励	災害時の水の供給源 になる。
家庭用潜熱回収型給湯器	買い換えへのインセン ティブの付与	効率向上の周知	NOx排出量の削減
内炎式ガステーブル	買い換えへのインセン ティブの付与	効率の上の周知	安全性の向上
太陽光発電導入（家庭部 門）	長期的な電力買い上げ 導入コストの削減	行政の継続的支援	災害時の電力供給に 役立つ
サマータイムの導入	労働時間制度の例外的 取り扱い 国際航空等のタイムス ケジュール調整 契約等の解釈 人の健康への影響	特になし	環境保全に対する意 識改革 経済浮揚効果

(2) 業務部門

使用機器の高効率化は、温暖化対策としての側面以外に、省エネルギー効果(エネルギー消費コスト削減効果)と普及の進展による機器の費用低減効果をもたらすものであり、トップランナー基準の対象の追加などにより、使用機器の高効率化を推進する必要がある。

建築物の断熱性能をさらに向上させるため、建築物への規制、大規模事業者への指導等の現行制度の運用強化を図るとともに、融資制度、税制等の経済的措置を検討する必要がある。

表 56 業務部門の対策技術導入にあたっての課題と考えられる対策手法の選択肢

対策・技術名	制度的・社会的課題	考えられる対策手法の選択肢	副次的効果
LED交通信号	従来製品の生産設備からの転換 世間の関心の高まり	政府による導入	特になし
燃料電池コージェネレーション	普及のための制度の準備 電力供給との兼ね合い	技術規格 電力兼用の制度 ガス供給拡大	排出する水が利用できる。
非常口高輝度誘導灯	生産・販売体制の移行	設計時の導入に向けた普及啓発 代替へのアドバイス	特になし
給湯器にエコノマイザー導入	新設時の導入の選択 メーカーとユーザーの認知度	ユーザー業界への広報活動	特になし
潜熱回収型温水ボイラー	旧式タイプからの切り換え ユーザーの認知度	ユーザー業界への広報活動	特になし
エレベータの省エネルギー	旧式製品の生産からの切換	特になし	特になし
自動販売機の省エネルギー	省エネの経済性が購入のインセンティブにつながらない	ベンダーと設置者への省エネ開発に向けた勧告	特になし
ビルのエネルギー管理システム	認知度が低い	効果と経済性の周知	特になし
超高率変圧器導入	従来製品の寿命を越えた使用	一定期間を経過した製品の買い換えの奨励	特になし
太陽熱温水器の導入	関心の低下。 経済性の点で立地が限定される。 低コスト化のための技術開発。	技術開発への補助	特になし
ガスコージェネレーション	社会的な周知	普及啓発	特になし
太陽光発電導入	長期的な電力量買い上げ 導入コスト削減	行政の継続的支援	災害時の電力供給に役立つ
都市緑化による都市気象の改善効果	大都市圏での土地の不足	特になし	空気の浄化 騒音の低減 都市アメニティの向上

屋上緑化による冷房電力の削減	特になし	導入費用に対する助成 法的規制	空気の浄化 騒音の低減 都市アメニティの 向上 建築物の保護
----------------	------	--------------------	--

5 . H F C 等 3 ガス

H F C 等 3 ガスの潜在排出量は、二酸化炭素換算で運輸部門の貨物輸送とほぼ同程度で、実排出量でもその 2 分の 1 程度であり、かなり大きな割合を占める。また、大気中に放出されるガスの多くは意図的に生産される物質であることから、削減は技術的に十分対応が可能であることを認識する必要がある。

回収・処理

H C F C -22の生産に伴うH F C -23の回収処理、電子部品の製造時の溶剤・洗浄剤の回収処理、半導体・液晶のドライエッチング・CVDクリーニングによる排ガスの回収処理といったオンサイト（ガスの生産、製品の製造現場）での対策や、電気絶縁用途のように排出する主体と回収処理に係る関係主体が一致している場合においては、比較的回収処理の対策を講じやすい。

一方で、冷媒用途、発泡用途においては製品メーカー、ユーザー、回収事業者など多くの主体が関与するため、回収処理等を進めるためには、役割分担や費用負担を考慮した社会システムづくりが必要であり、法制度や経済的手法を含めた包括的な検討により目標達成のための仕組み作りの検討が必要である。

冷媒や発泡剤等の用途では一般に排出までに長期間を要するため、物質の代替を進めた場合、2010年という短期での効果はあまり現れないが、2020年、2030年という長期にはかなりの削減が見込める。

家庭用冷蔵庫等については、既に家電リサイクル法の対象となっているが、カーエアコンからのH F Cの回収については、法制度を含め今後の国の施策が非常に重要である。

代替

H F Cの使用用途においては、モントリオール議定書に基づいたオゾン層保護対策として1995年前後から今日に至るまでC F C、H C F Cからの転換が行

われてきたところである。したがって、用途によっては更なる代替に要するコスト負担等により積極的に取組まれていない状況があると考えられる。

また、HFCやPFCのフルオロカーボン系物質を炭化水素系の可燃性物質で代替する場合には、消防法などの法規制への対応等で新たな設備投資の費用負担が発生する可能性もあり、中小・零細企業にとっては代替が進まない要因になる可能性がある。

特に、PFC等の溶剤・洗浄剤やHFC等を利用したエアゾールなど回収が困難な用途においては、中小・零細企業に対して、代替を促進するような助成や技術支援、普及啓発を行うことが必要と考えられる。

データの整備について

HFC等3ガスに関するデータについて、関係機関が協力してしっかりとしたマスフローの統計や対策による削減効果の根拠データを収集するべきである。

表 57 HFC等3ガス部門のの対策技術導入にあたっての課題と考えられる対策手法の選択肢(その1)

算定区分		対策・技術名	制度的・社会的課題	考えられる対策手法の選択肢	副次的効果
HFC	生産時、副製品の排出	HFC-22の生産に伴う副生HFC-23の回収処理技術	特になし。	回収処理装置の導入指導、回収処理の義務化 大気への放出の可能性のある用途での使用量や排出状況の報告・管理	特になし
	冷媒	低GWP、非フルオロカーボン系物質への代替技術	法規制への対応等による追加的な設備投資が必要となる場合がある(経済的な課題)。	メーカーに代替を指導、義務化。 HFCの使用規制。 経済的措置(HFC等3ガスの使用税、優遇税制)。 環境パル、グリーン購入の徹底。	長期的には代替により回収処理対象量が減少
		漏洩防止技術	特になし	漏洩防止のための設備基準の設定	特になし
		回収処理(家庭用冷蔵庫、エアコン)	不法投棄製品、自治体での引取製品からの回収処理	家電リサイクル法での回収状況に関する報告と管理	長期的には代替により回収処理対象量が減少
		回収処理(業務用冷凍空調機器、カーエアコン等)	回収処理システムの構築(運用面)。	ユーザー、メーカーに対する回収処理の義務化 各種施策の全国への徹底 社会インフラの整備、回収員の養成、機器の認証・検定制度 経済的措置	長期的には代替により回収処理対象量が減少

HFC	発泡	低GWP、非フルオロカーボン系物質への代替技術	法規制への対応等による追加的な設備投資が必要となる場合がある（経済的な課題）。	メーカーに代替を指導、義務化。経済的措置（HFC等3ガスの使用税、優遇税制）。環境パル、グリーン購入の徹底。研究開発への助成強化	長期的には代替により回収処理対象量が減少
	エアゾール、噴霧器、消火器	低GWP、非フルオロカーボン系物質への代替技術	法規制への対応等による追加的な設備投資が必要となる場合がある（経済的な課題）。	メーカーに代替を指導、義務化。必要不可欠用途の明確化。経済的措置（HFC等3ガスの使用税、優遇税制）。環境パル、グリーン購入の徹底。	特になし。

表 58 HFC等3ガス部門のの対策技術導入にあたっての課題と考えられる対策手法の選択肢(その2)

算定区分		対策・技術名	制度的・社会的課題	考えられる対策手法の選択肢	副次的効果
PFC	溶剤・洗浄（開放系）	低GWP、非フルオロカーボン系物質への代替	法規制への対応等による追加的な設備投資が必要となる場合がある（経済的な課題）。	メーカーに代替を指導、義務化。必要不可欠用途の明確化。経済的措置（HFC等3ガスの使用税、優遇税制）。	特になし。
	ドライエッチング・CVDクリーニング	低GWP、非フルオロカーボン系物質への代替	特になし。	メーカーに代替を指導、義務化。経済的措置（HFC等3ガスの使用税、優遇税制）。研究開発に対する助成。	特になし
SF ₆	クリーニング	回収処理技術	回収処理設備・装置の導入費用が必要。（経済的な課題）	メーカーに回収処理装置の設置を指導、回収処理の義務化。助成措置などの経済的な支援	特になし

6 . 非エネルギー起源の CO₂、CH₄、N₂O

(1) 農業・畜産分野

「稲作における水管理方法の改善」のように、新たな追加費用負担なしに温室効果ガスを削減できる対策・技術については、当該技術の普及啓発の推進や導入に向けてインセンティブを与える必要がある。

家畜排泄物管理法や廃棄物処理法において、家畜ふん尿処理方法のうち、曝気が必要なものについては、N₂Oを1/100に削減できる間欠曝気を推奨する必要がある。例えば、導入のインセンティブとして、間欠曝気処理に伴う維持管理

費用に対する補助金の導入などが考えられる(初期投資については既に補助金あり)。

「施肥方法の改善」は導入費用が割高になるが、水質汚濁防止等の環境問題の解決にも資するため、例えば、普及啓発と併せて、導入費用を軽減できる耕地面積の大きい農家に対する導入促進を図る必要がある。

表 59 農業・畜産分野の対策技術導入にあたっての課題と考えられる対策手法の選択肢

算定区分	対策・技術名	制度的・社会的課題	考えられる対策手法の選択肢	副次的効果
家畜の消化管内発酵	家畜の生産性向上	特になし	特になし	飼養頭数削減や飼養期間の短縮が可能
	家畜の飼料構成の改善	特になし	導入補助金 普及啓発	飼料の削減が可能
家畜のふん尿処理	家畜ふん尿処理方法の変更(連続曝気 間欠曝気)	家畜排泄物管理法などでは、間欠曝気処理を優先的に選択する枠組無し。	間欠曝気を推奨 維持管理費用への補助金	副生成ガス(CH ₄)のエネルギー利用による化石燃料代替効果
稲作	水管理方法の改善	食味・収穫量への影響の有無確認	普及啓発	根の育成促進 過度の中干により、 収穫量の低下の懸念がある
	稲わらの分解促進			地力の向上 病原菌の減少
施肥	施肥方法の改善	農家は既存農法を踏襲する傾向あり。 機器の共同利用が進まない。	施肥基準の見直し 普及啓発 導入補助金(共同購入)	施肥費用の削減 水質汚濁防止

(2) 廃棄物分野

廃プラスチックの発生抑制に関しては、対策を推進させていくためのインセンティブに乏しいことから、流通・小売業者や消費者などへの普及啓発を推進するとともに、よりいっそうの導入促進を図るための各種規制を検討する必要がある。

なお、温室効果ガス削減の観点からは廃プラの焼却を削減すべきであるが、廃棄物の適正処理の観点からは、廃棄物の焼却による減容化を進めて最終処分場の延命化を図るべきであるとの考え方もある。廃棄物処理対策と温暖化対策をどのようにバランスさせていくべきかを検討する必要がある。

当面の水質汚濁防止の観点からは合併浄化槽の普及が進むと考えられるが、温室効果ガスの削減及び水質保全の観点からは、高度合併処理浄化槽の導入促進(普及啓発、経済的インセンティブ付与など)が望まれる。

表 60 廃棄物分野の対策技術導入にあたっての課題と考えられる対策手法の選択肢

算定区分	対策・技術名	制度的・社会的課題	考えられる対策手法の選択肢	副次的効果
埋立	食品廃棄物のリサイクル	リサイクル製品の販路開拓と事業者不足	導入補助金 金融措置(融資) 税制措置(特別償却)	特になし
	最終処分場の覆土	対策導入のインセンティブに乏しい。	各種規制	特になし
下水処理	下水処理システムの改善	特になし	導入補助金 税制措置(特別償却)	水質改善
	生活系排水のバイオ・エコエンジニアリングによる対策技術	特になし	導入補助金 金融措置(融資) 税制措置(特別償却)	水質改善
焼却	下水汚泥焼却炉からの排出抑制	特になし	導入補助金 税制措置(特別償却)	特になし
	廃プラスチックの排出抑制	対策導入のインセンティブに乏しい。拡大生産者責任に基づく検討。消費者の意向の高まりが必要。	大規模小売業者等、消費者への普及啓発	特になし。
	生分解生プラスチックの利用による排出抑制対策	認知度が低い。	普及啓発活動。	特になし。

(3) 工業プロセス分野

混合セメントは、鉄鋼生産量の変動による高炉スラグ発生量の変動や、需要側からのセメント製品構成の変動などの制約により、混合セメントの原料供給量と需要量がアンバランスになるという制約があるが、これを解消して利用拡

大を図るためには、今後の素材提供側及び素材利用側双方の技術向上が必要である。

また、エコセメントについては、塩素分が多いため、鉄筋コンクリートに利用できず、土木用としての利用が主であったが、塩素の低減技術の確立によって幅広い用途を見込むことができるようになり、今後の利用を促進する普及啓発等の対策が必要である。

表 61 工業プロセス分野の対策技術導入にあたっての課題と考えられる対策手法の選択肢

算定区分	対策・技術名	制度的・社会的課題	考えられる対策手法の選択肢	副次的効果
工業プロセス	エコセメントの普及	都市計画区域内への優先的な建設の検討が必要。 工場立地法による規制が適用される。 立地地域の合意形成 焼却残渣の安定的な処理、広域的な処理。 生産物の需要・販路の確保。 技術の普及。	エコセメントの規格化 PFIの活用等による、導入自治体の負担軽減。 一層の低コスト化。	最終処分場の埋立量の軽減・費用削減。 山元還元の可能性。
	混合セメント利用拡大	安価な原料の供給 原料の品質・供給体制の確立。 ユーザーの認知度が低い。 標準が確立していない。	セメント業界での供給誘引向上対策。 需要促進策。 フライアッシュの品質・供給体制の改善。 混合材の優先使用促進、引き取り義務化等 混合セメントの規格化	最終処分場の埋立量の軽減・費用削減。

VII．温暖化対策の経済性評価 - 数量モデルによる評価 -

1．背景・目的

地球温暖化対策による二酸化炭素排出削減の可能性を分析するために、これまでに様々な数量モデルが開発されてきた。ここでは6種の数量モデルを用いて、京都議定書の目標を達成するために必要な経済的措置や、温暖化対策がもたらす国内経済への影響などに関して分析を行うものである。

2．分析を行ったモデルの概要

(1) AIM エンドユースモデル(AIM: Asian-Pacific Integrated Model)

AIMエンドユースモデルは、エネルギーサービスと詳細な条件設定を行った機器を前提として省エネルギーが進む様子をシミュレートするボトムアップ型モデルである。将来必要なエネルギーサービス量を部門毎に積み上げ、そのサービスを最も経済効率的に満たす技術を選択して決定されたエネルギー効率とサービス量とから最終的なエネルギー消費量が求められる。また技術はイニシャル及びランニングコストを個別に考慮するため、炭素税等によるエネルギー価格の引き上げや補助金等による初期投資引き下げからの排出抑制を数量的に評価でき、将来の生活活動に変化なく、技術的な効率改善のみによる削減をシミュレートするものである。

(2) GDMEEM(Goto's Dynamic Macroeconomic-Energy Equilibrium Model)

GDMEEMは、マクロ経済及びそれとリンクしたエネルギー市場を対象とした動態的市場均等モデルであり、想定した技術や経済的諸条件の下で将来のマクロ経済動態、ならびにエネルギー需給均衡をシミュレートするモデルである。市場均衡経路に伴う大気中への二酸化炭素排出量はリンクされたサブ・モデルによってシミュレートされ、これは排出抑制条件としても役割を果たす。よってシャドー・プライス、GDP損失、エネルギー均衡価格の変化などから排出抑

制の有無を評価することが可能となる。AIMエンドユースモデルにおいて考慮した二酸化炭素排出削減技術についてデータを簡略化し、それぞれの技術の省エネ量と導入費用をボトムアップ構造の中に想定した。

(3) MARIA(Multiregional Approach for Resource and Industry Allocation)

地球環境統合モデルMARIAは、世界を8地域に分け、1990年を初期時点として1期10年とする2100年までの超長期シミュレーションを行う非線形最適化モデルであり、国際貿易収支を含めつつ地球環境対策技術、土地利用、気候変動の戦略策定が可能である。ただし、経済部門がマクロ化(マクロ経済活動1部門)されているため、他部門間の相互影響評価や短期的な分析には不向きな点がある。また、炭素税は限界費用変化から求めることができる。

(4) SGM(Second Generation Model)

SGMは、国民所得勘定をベースに構築された古典派型の動学的応用一般均衡モデルであり、4つの経済主体(家計、企業、政府、外国部門)行動をモデル化し、炭素税導入によるエネルギー価格上昇が各部門に与える影響や、それによって新たに生じる財源の利用、すなわち、所得税還付や政府支出増加などの税収還流策が各部門の生産量や実質GDPに及ぼす影響も考慮した分析を行うことができる。これにより経済への影響を最小にしつつ二酸化炭素排出量を削減するための炭素税と税収還流策の最適な組み合わせを求めることが可能となる。

(5) AIM/Materialモデル

AIM/Materialモデルは、AIM日本モデルとして開発された応用一般均衡モデルに、二酸化炭素排出量を評価するモジュール及び廃棄物の排出とその処理を評価するモジュールを組み入れたモデルである。このモデルは二酸化炭素のほかに廃棄物の排出を捉え、排出のみならず処理も分離して評価できる構造であるため、廃棄物最終処分量と二酸化炭素排出量に対して制約を課し、リサイクル政策等の効果を分析することが可能である。

(6) WWF シナリオ(財)世界自然保護基金ジャパン)

WWFジャパンによる我が国における温室効果ガス削減のためのシナリオである。シナリオの主要な要素は、利用効率の高い最新の技術革新、サービス経済への転換、ライフスタイルの変換などである。なお、新しい技術や政策提案の効果を実際にシミュレーション計算を行うにあたり、AIMエンドユースモデルを用いる。

表 62 モデルの概要とケース設定

モデル名	開発者 / 分析者	モデルの概要	ケース設定
AIMエンドユースモデル	国立環境研究所 京都大学	エネルギーサービスと詳細な条件設定を行った機器を前提として省エネルギーが進む様をシミュレートするボトムアップ型モデル。400種を超えるエネルギー技術を用いて、各部門のエネルギー消費構造を詳細に表現する。	基準ケース（技術固定ケース） 対策ケース1（炭素税ケース） 対策ケース2（炭素税+補助金ケース）
GDMEEM	東京大学 後藤則行	マクロ経済及びそれとリンクしたエネルギー市場を対象とした動的市場均等モデルであり、想定した技術や経済的諸条件の下で将来のマクロ経済動態、ならびにエネルギー需給均衡をシミュレートするモデル。AIMエンドユースモデルの技術データを簡略化して、ボトムアップ構造の中に組み込んでいる。	基準ケース（BaUケース） 対策ケース（炭素税ケース）
MARIA	東京理科大学 森 俊介	地球環境統合モデルMARIAは、世界を8地域に分け、1990年を初期時点として1期10年とする2100年までの超長期シミュレーションを行う非線形最適化モデル（トップダウン型モデル）。本分析には日本モジュールを用いる。	基準ケース（BaUケース） 対策ケース（炭素税ケース）
SGM	国立環境研究所 日引 聡 米国バットル研究所	SGMは、国民所得勘定をベースに構築された古典派型の動学的応用一般均衡モデル（トップダウン型モデル）であり、4つの経済主体（家計、企業、政府、外国部門）行動をモデル化している。税の還流方法の違いが各部門の生産量や付加価値額に及ぼす影響を分析することができる。	基準ケース（BaUケース） 対策ケース1（政府支出増大） 対策ケース2（金融市場への還流） 対策ケース3（家計への還流）
AIM/Material モデル	国立環境研究所 増井利彦 京都大学	AIM日本モデルに廃棄物の排出とその処理をはじめとする環境問題を経済活動に統合させた応用一般均衡モデル。二酸化炭素排出量の制約と廃棄物最終処分量の制約を同時に課すことが可能である。	基準ケース（BaUケース） 対策ケース（炭素税ケース）
WWFシナリオ	WWFジャパン 鮎川ゆりか システム技術研究所 槌屋 治紀	AIMエンドユースモデルをベースとし、その対策ケースにさらに先駆的な温暖化対策技術の導入シナリオやライフスタイルの変化シナリオなどを加えたものである。	対策ケース（WWFシナリオ導入ケース）

3. ベースラインシナリオについて

モデル間の比較分析やボトムアップ方式による経済性評価との比較分析を公平に行えるよう、ベースラインシナリオは、基本的に本小委員会の活動量シナリオを用いることとした。下表に主要な要素である経済成長率、人口、エネルギー価格の想定を示す。

(1) 経済成長率

2001年～2010年の経済成長率については、1997年7月に作成された経済計画「経済社会のあるべき姿と経済申請の政策方針」の想定を用いた。

表 63 経済成長率の想定

	'91-'95	'96-'00	'01-'05	'06-'10
経済成長率(年平均)	1.4%	1.0%	2.0%	2.0%

(2) 人口

人口の推移について、国立社会保障・人口問題研究所の中位推計(平成9年度)を用いた。

表 64 人口の想定

	1990	1995	2000	2010
人口 (千人)	123,611	125,570	126,892	127,623

(3) 原油・石炭・天然ガス価格

原油価格は、名目値で2001年25\$から2010年30\$に推移すると想定した。LNG価格は、原油価格に連動すると想定し、石炭価格の年平均伸び率は、原油価格の年平均伸び率 - 0.5%と想定した。

表 65 原油・石炭・天然ガス価格の想定

	1990	1995	2000	2010
原油 (\$/バレル)	23	18	27	30
一般炭 (\$/t)	51	50	35	36
LNG (\$/t)	202	179	239	262
為替レート (円/\$)	142	96	107	120

(4) 二酸化炭素排出量削減の目標値

以上の基本的な前提の下で、2010年時点での二酸化炭素排出量を1990年時点と比較して概ね2%下げること为目标とし、シミュレーションを行った。なお、京都議定書では2008年から2012年までに、温室効果ガス(二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、HFCs、PFCs、SF6)の排出量を1990年時点と比較して6%削減することを我が国の目標としている。今回の試算では二酸化炭素以外のガス、二酸化炭素の吸収源、排出権取引やCDMなどの柔軟性措置についてはモデルの対象としていないため、暫定的にエネルギー起源の二酸化炭素排出量を基準年(1990年)比2%削減すること为目标とした。

4. AIM エンドユースモデルによるシミュレーション

(1) シミュレーションの結果

AIMエンドユースモデルでは以下のケースについてシミュレーションを行なった。

基準ケース(技術一定ケース)

現行のエネルギー消費技術の使用シェアが将来にわたり変化しないと想定した技術一定ケースのシミュレーション結果を表 66に示す。このケースの場合、2010年における二酸化炭素排出量は1990年と比較して18%増となる。部門別にみると、1990年と比較すると産業部門で4%、家庭部門で34%、業務部門で35%、運輸部門で30%、エネルギー転換部門で17%増加になる。

対策ケース1(炭素税ケース)

二酸化炭素排出量を削減するために炭素トン当たり3万円の炭素税を導入したケースである。各主体は、技術の初期コストとエネルギーコストの両方を勘案し、合理的な選択を行う。投資回収年数は3年以内を仮定している。炭素税を導入することでエネルギーコストが上昇するため、省エネ投資に対する動機付けが働き、初期投資コストが高い技術の導入が進む。このケースの結果を表 67に示す。2010年での二酸化炭素排出量は1990年と比較して2%減となっている。部門別にみると、1990年の排出量からの変化は産業部門で8%減、家庭部門で5%減、業務部門で2%減、運輸部門で15%増、エネルギー転換部門で7%減となり、運輸部門以外では1990年の排出量を下回っている。

基準ケースにおける2010年の排出量との比較では、産業部門は12%減、家庭部門は29%減、業務部門28%減、運輸部門12%減となり、家庭部門や業務部門の削減の割合が大きくなっている。

対策ケース2（炭素税+補助金ケース）

炭素トン当たり3千円という(b)に比べ低額の炭素税を導入し、その税収を二酸化炭素削減排出技術・設備導入のための補助金として、最も効率的に還流させるケースである。炭素税によるエネルギーコストの上昇が低くなるため、課税効果による設備等の導入促進効果は大きくないが、導入費用に対する補助が行なわれるために結果として大きな削減効果が見込まれる。

このケースでは、表 68に示すような二酸化炭素排出削減技術に補助金が還流され、表 69に示すように2010年の二酸化炭素排出量は1990年と比較して2%減となり、炭素トンあたり3万円の炭素税を導入した(b)と同様の結果となっている。

(2) 考察

AIMエンドユースモデルによるシミュレーションによって、限界費用3万円までの技術のスムーズな導入によって、二酸化炭素排出量を1990年比2%削減することが可能であると示された。そして、排出量の削減効果はどの部門においても非常に大きいものであるが、特に民生部門が大きいという結果が示された。また、例えば、炭素トン当たり3,000円の補助金でも、その税収を二酸化炭素排出削減技術の導入のための補助金として最適に還流することができれば、その効果は、炭素トン当たり3万円の炭素税(補助金としての還流はない)と同程度のものとなることも示された。

但し、以上の結果については、モデルの特性に基づくいくつかの留意点がある。まず、技術導入についてであるが、このモデルでは、経済合理的な判断による技術選択を仮定している。つまり、社会的な障害などを考慮していないため、経済性を持った技術はスムーズに導入が進むことになる。したがって、このモデルが示すような技術普及を実現化するためには、消費者の地球温暖化問題に対する理解を進めるための啓蒙活動や規制緩和等によって技術選択の障害を少なくしていく必要がある。

また、このようなボトムアップ方式のモデルに共通する問題であるが、技術の網羅性に関する問題がある。技術の積み上げ方式による二酸化炭素排出量の削減量の推計は、現実的に導入可能な二酸化炭素排出削減技術をどの範囲まで考慮で

きるかが推計結果に影響を及ぼすことになる。AIMエンドユースモデルは、各部門のエネルギーシステムを400種を越えるエネルギーサービス技術によってモデル化しているが、それでも対象としていない技術は多数存在する。例えば、素材産業以外では、モータやボイラなどの汎用的な技術は対象としているが、組立用ロボットやダイカストマシンのような特定製品を生産するため用いられるような技術は情報収集の限界から分析の対象としていない。分析する技術の範囲をさらに広げていけば、さらなる削減の可能性は見込まれるであろう。

さらに、今後、普及が進むことによって価格の低下が予想される技術、例えば、太陽光発電、ハイブリッド自動車、燃料電池などは、現状の価格を用いてシミュレーションを行なっているため、炭素トン当たり3万円の炭素税では市場性を持たず、排出の削減に寄与していない。したがって、このような技術の将来価格の動向次第では、さらなる排出量の削減も充分にありうる。

表 66 基準ケース（技術一定ケース）：二酸化炭素排出量・エネルギー消費量

	単位	1990	1998	2005	2010
二酸化炭素排出量	百万tCO2	1,051	1,120	1,212	1,239
	'90年=100	(100)	(107)	(115)	(118)
産業部門	百万tCO2	514	499	541	536
	'90年=100	(100)	(97)	(105)	(104)
家庭部門	百万tCO2	139	152	176	186
	'90年=100	(100)	(109)	(126)	(134)
業務部門	百万tCO2	123	143	157	166
	'90年=100	(100)	(116)	(128)	(135)
運輸部門	百万tCO2	217	265	272	283
	'90年=100	(100)	(122)	(125)	(130)
エネルギー転換部門	百万tCO2	57	61	65	67
	'90年=100	(100)	(107)	(114)	(117)
最終エネルギー消費量	PJ	14,004	15,662	16,850	17,186
	'90年=100	(100)	(112)	(120)	(123)
一次エネルギー消費量	PJ	18,868	21,433	23,021	23,555
	'90年=100	(100)	(114)	(122)	(125)

表 67 対策ケース1（炭素税ケース）：二酸化炭素排出量・エネルギー消費量

	単位	1990	1998	2005	2010	対基準比
二酸化炭素排出量	百万tCO2 '90年=100	1,051 (100)	1,134 (108)	1,124 (107)	1,027 (98)	-17.1%
産業部門	百万tCO2 '90年=100	514 (100)	511 (99)	512 (100)	472 (92)	-11.9%
家庭部門	百万tCO2 '90年=100	139 (100)	156 (112)	153 (110)	132 (95)	-29.0%
業務部門	百万tCO2 '90年=100	123 (100)	143 (116)	137 (111)	120 (98)	-28.0%
運輸部門	百万tCO2 '90年=100	217 (100)	262 (121)	262 (120)	249 (115)	-11.9%
エネルギー転換部門	百万tCO2 '90年=100	57 (100)	63 (110)	60 (105)	54 (93)	-20.2%
最終エネルギー消費量	PJ '90年=100	14,001 (100)	15,660 (112)	15,961 (114)	15,252 (109)	-11.3%
一次エネルギー消費量	PJ '90年=100	18,868 (100)	21,433 (114)	21,861 (116)	21,002 (111)	-10.8%

表 68 補助金の対象となる二酸化炭素排出削減技術・設備

部門名	二酸化炭素排出削減技術・設備
産業部門	高炉廃プラ利用施設，高効率連続焼鈍設備，高性能ナフサ分解装置 高性能工業炉，リジェネボイラ，リパワリング
家庭部門	高断熱住宅，高効率エアコン，潜熱回収型給湯器（LPG）， インバータ・省電力型蛍光灯，高効率冷蔵庫， その他動力（待機電力削減タイプ）
業務部門	ビルエネルギーマネジメントシステム，高効率エアコン， 高効率ガスヒートポンプエアコン，潜熱回収型給湯器（LPG）， Hfインバータ照明，空調搬送動力（VAV制御等） その他動力（待機電力等削減），高効率吸収式冷暖房（都市ガス）
運輸部門	小型乗用車（直噴式エンジン搭載車） 普通乗用車（直噴式エンジン搭載車） 営業乗用車（直噴式エンジン搭載車）

表 69 対策ケース 2（炭素税 + 補助金ケース）：二酸化炭素排出量・エネルギー消費量

	単位	1990	1998	2005	2010	対基準比
二酸化炭素排出量	百万tCO ₂ '90年=100	1,051 (100)	1,120 (107)	1,127 (107)	1,030 (98)	-16.8%
産業部門	百万tCO ₂ '90年=100	514 (100)	499 (97)	513 (100)	475 (92)	-11.4%
家庭部門	百万tCO ₂ '90年=100	139 (100)	152 (109)	153 (110)	132 (95)	-29.0%
業務部門	百万tCO ₂ '90年=100	123 (100)	143 (116)	138 (113)	120 (98)	-27.8%
運輸部門	百万tCO ₂ '90年=100	217 (100)	265 (122)	262 (120)	249 (115)	-11.9%
エネルギー転換部門	百万tCO ₂ '90年=100	57 (100)	61 (107)	60 (105)	54 (93)	-20.2%
最終エネルギー消費量	PJ '90年=100	14,001 (100)	15,660 (112)	16,007 (114)	15,292 (109)	-11.0%
一次エネルギー消費量	PJ '90年=100	18,868 (100)	21,433 (114)	21,913 (116)	21,055 (112)	-10.6%

5 . GDMEEM によるシミュレーション

(1) シミュレーションの結果

GDMEEMでは以下のケースについてシミュレーションを行なった。

基準ケース(BaU ケース)

新たに追加的な対策をとらないと仮定した基準ケースにおけるシミュレーション結果を表 70に示す。二酸化炭素排出量は1990年時点と比べて20%増加している。また、国内総生産は2001年から2010年にかけて年率2.1%で増加している。

対策ケース(炭素税ケース)

2010年時点での二酸化炭素排出量を基準年比2%削減するために必要な炭素税（税収は全額経済に中立的に還流）は、炭素1トンあたり34,560円と推定された。また、炭素税導入に伴う経済的影響については、GDPを基準ケースと比較した場合、2010年の総額で0.7%減少という結果となっている。この影響は各部門に

よって異なっており、特にエネルギー多消費産業では経済的影響が大きく、付加価値額が鉄鋼業では基準ケース比10.5%減、紙パルプ6.7%減、窯業土石4.6%減となっている。

(2) 考察

GDMEEMはボトムアップ式モデルとトップダウン式モデルの間を結ぶモデルと言える。AIMエンドユースモデルにおいて考慮した二酸化炭素排出削減技術のデータを簡略化して、それぞれの技術の省エネ量と導入費用をボトムアップ構造の中に想定している。エネルギー消費の削減量を個別技術の積み上げによって集計することで、各部門のエネルギー効率の変化を推計する。このような定式化はボトムアップ構造を有するモデルの利点であり、弾力性のみでエネルギー消費構造を表現するトップダウンモデルでは定式化困難な部分である。

GDMEEMのシミュレーションによると2010年時点で二酸化炭素排出量を基準年比2%削減するために必要な炭素税は、炭素1トンあたり3万5千円程度であり、AIMエンドユースモデルによる結果と同程度である。このモデルも省エネ量を技術データに基づくボトムアップ方式であるため、AIMエンドユースモデルと同様に技術データの網羅性や将来の技術価格に関する問題を含んでいる。対象技術の拡大や技術価格の習熟曲線を考慮することで、より低い税率での目標達成の可能性もある。

一方、炭素1トンあたり3万5千円程度の炭素税を導入した場合の経済に対する影響は、2010年時点でGDPが0.7%減少という結果となっており、マクロ経済への影響は軽微といえる。しかし、業種ごとに影響の割合は異なっており、特に鉄鋼業や紙パルプなどのエネルギー多消費産業に対する影響が大きくなっていることに留意する必要がある。

表 70 基準ケース (BaUケース) : マクロ指標結果

	単位	2000	2005	2010	年率 ('01-'10)
二酸化炭素排出量	百万tCO2 '90年=100	1,101 (106)	1,160 (112)	1,243 (120)	1.2%
国内総生産	兆円	486.0	536.2	597.9	2.1%
農林水産業	兆円	9.7	9.8	9.8	0.1%
鉱業	兆円	0.9	0.9	0.9	-0.1%
建設	兆円	42.9	45.4	47.9	1.1%
食料品	兆円	12.7	12.8	13.0	0.2%
繊維	兆円	1.9	1.9	1.9	-0.2%
パルプ・紙	兆円	3.5	3.6	3.9	1.0%
化学	兆円	12.6	15.0	18.0	3.6%
窯業・土石製品	兆円	4.6	4.9	5.2	1.1%
鉄鋼	兆円	8.7	8.7	8.9	0.1%
非鉄金属	兆円	2.9	3.0	3.2	1.1%
金属機械	兆円	74.7	89.2	106.5	3.6%
その他製造業	兆円	17.7	18.4	19.2	0.9%
サービス業	兆円	278.7	307.9	344.2	2.1%
最終エネルギー消費量	PJ	14,143	15,047	16,370	1.5%
産業部門	PJ	10,320	10,915	11,807	1.4%
家計部門	PJ	3,823	4,132	4,564	1.8%

* 国内総生産は1990年価格。

* 国内総生産のマクロ数値と各部門の合計との差は、石油・石炭製品およびエネルギー転換部門の値に相当。

表 71 対策ケース (炭素税ケース) : マクロ指標結果

	単位	2000	2005	2010 (対BaU)	年率 ('01-'10)
二酸化炭素排出量	百万tCO2 '90年=100	1,100 (106)	1,158 (111)	1,019 (98)	-18.0%
国内総生産	兆円	486.0	536.1	593.6	-0.7%
農林水産業	兆円	9.7	9.8	9.6	-1.9%
鉱業	兆円	0.9	0.9	0.9	-1.1%
建設	兆円	42.9	45.4	47.8	-0.2%
食料品	兆円	12.7	12.8	12.9	-0.9%
繊維	兆円	1.9	1.9	1.8	-2.7%
パルプ・紙	兆円	3.5	3.6	3.6	-6.7%
化学	兆円	12.6	14.9	17.5	-2.6%
窯業・土石製品	兆円	4.6	4.9	4.9	-4.6%
鉄鋼	兆円	8.7	8.7	7.9	-10.5%
非鉄金属	兆円	2.9	3.0	3.1	-3.2%
金属機械	兆円	74.7	89.2	106.0	-0.4%
その他製造業	兆円	17.7	18.4	18.8	-2.1%
サービス業	兆円	278.7	307.8	342.8	-0.4%
最終エネルギー消費量	PJ	14,143	15,035	13,875	-15.2%
産業部門	PJ	10,320	10,902	9,605	-18.7%
家計部門	PJ	3,823	4,132	4,271	-6.4%
炭素税額	円/tC	-	-	34,560	-

* 国内総生産は1990年価格。

* 国内総生産のマクロ数値と各部門の合計との差は、石油・石炭製品およびエネルギー転換部門の値に相当。

6 . MARIA によるシミュレーション

(1) シミュレーションの結果

MARIAでは以下のケースについてシミュレーションを行なった。

基準ケース(BaU ケース)

新たに追加的な対策をとらないと仮定した基準ケースにおけるシミュレーション結果を表 72に示す。二酸化炭素排出量は1990年時点と比べて22%、最終エネルギー消費量も22%増加している。また、国内総生産は2001年から2010年にかけて年率1.9%で増加している。なお、日本以外の地域は基本的にIPCC-B2Markerをトレースしている。

対策ケース(炭素税ケース)

2010年時点での二酸化炭素排出量を基準年比2%削減するために必要な炭素税額(税収は全額経済に中立的に還流) 及びその制約のもとでの最終エネルギー消費量や国内総生産を表 73に示す。目標を達成するために必要な炭素税は、炭素トンあたり13,148円と推定された。また、経済への影響では、基準ケースとの比較において、2010年でGDP損失が0.40%となっている。

(2) 考察

MARIAは一期を10年とする2100年までの超長期シミュレーションモデルであり、さらに経済活動はマクロ経済一部門で表現されているため、他部門間の相互影響評価や短期的な分析には不向きな点がある。しかし、世界モデルであることから、日本が対策を行った場合の経済的影響を世界全体のエネルギー構造の状況を踏まえて概観することは可能であろう。

MARIAのシミュレーション結果によると、2010年時点で二酸化炭素排出量を基準年比2%削減するために必要な炭素税は炭素トンあたり1万3千円程度であると推定された。また、経済への影響は基準ケースとの比較において2010年でGDP損失0.40%となり、マクロ経済への影響は軽微なものといえる。

表 72 基準ケース マクロ指標結果

	単位	1990	2000	2010	年率 ('01-'10)
二酸化炭素排出量	百万tCO2 '90年=100	1,135 (100)	1,227 (108)	1,381 (122)	1.2%
最終エネルギー消費量	PJ '90年=100	13,598 (100)	15,257 (112)	16,587 (122)	0.8%
一次エネルギー消費量	PJ '90年=100	18,394 (100)	19,535 (106)	21,049 (114)	0.7%
国内総生産	兆円	430.0	494.3	595.8	1.89%

* 国内総生産は1990年価格。

表 73 対策ケース マクロ指標結果

	単位	1990	2000	2010 (対BaU)	年率 ('01-'10)
二酸化炭素排出量	百万tCO2 '90年=100	1,135 (100)	1,174 (103)	1,104 (97)	-20%
最終エネルギー消費量	PJ '90年=100	13,598 (100)	15,038 (111)	15,288 (112)	-8%
一次エネルギー消費量	PJ '90年=100	18,394 (100)	19,332 (105)	19,642 (107)	-7%
国内総生産	兆円	430.0	494.3	593.4	0%
炭素税額	円/tC	-	-	13,148	-

* 国内総生産は1990年価格。

7 . SGM 日本モデルによるシミュレーション

(1) シミュレーションの結果

SGM日本モデルでは以下のケースについてシミュレーションを行なった。

基準ケース(BaU ケース)

新たに追加的な対策をとらないと仮定した基準ケースにおけるシミュレーション結果を表 74に示す。二酸化炭素排出量は1990年時点と比べて24%、一次エネルギー消費量も28%増加している。また、国内総生産は2001年から2010年にかけて年率1.8%で増加している。

対策ケース(炭素税ケース)

2010年に時点での二酸化炭素排出量を基準年比2%削減するために必要な炭素税(税収は全額経済に中立的に還流) について、以下の3ケースの還流方法について、それぞれシミュレーションを行なった。

・ 対策ケース1 (政府支出増大)

炭素税収による増収分だけ政府支出(政府消費支出と政府資本支出) を増加させるケース

・ 対策ケース2 (金融市場への還流)

政府による国債の償還などによって、炭素税収の全額を金融市場に供給するケース

・ 対策ケース3 (家計への還流)

炭素税収による増収分を所得税還付による家計への税収還流の財源にあてるケース

炭素税額は、どのケースにおいても炭素トンあたり2万円程度であると推定された。この課税に伴いエネルギー価格が上昇し、その結果、エネルギー消費量が

減少する。エネルギー消費量の減少率は、一次エネルギーベースでどのケースも16%程度である。

炭素税導入に伴うGDP損失は、還流方法によって異なっている。炭素税額によって政府の支出を増大させるケース1と炭素税収による増収分を所得税還付による家計への税収還流の財源にあてるケース3ではGDP損失が同程度であり、2010年において基準ケース比0.30%減程度である。一方、政府による国債の償還などによって、炭素税収の全額を金融市場に供給するケース2が他のケースよりもGDP損失が小さく、2010年において基準ケース比0.06%である。

(2) 考察

SGMのシミュレーション結果によると、2010年時点での二酸化炭素排出量を基準年比2%削減するために必要な炭素税は、税収の還流方法によって大きな違いはなく、概ね炭素トン当たり2万円程度である。しかし、その際のGDP損失については、還流方法によって違いが生じている。税収をどのように還流させても、最終的には税収全額が最終需要を喚起させることになるが、資本ストックの減少が少なく経済への生産力効果への影響が少ない還流方法ほど、実質GDPへの影響を小さくすることができる。SGMのシミュレーションでは、ケースによって、税収が資本ストックに至るまでの経路が異なっている。対策ケース1では、炭素税収が政府消費支出と政府資本形成（国・自治体が有する企業、学校、医療施設などの消費、投資）に当てられるため、政府資本形成の分だけ経済全体の資本ストックが増加する。対策ケース2では、政府による国債の償還などによって、炭素税収の全額が金融市場に供給される。利子率の低下を通じて、炭素税が資本形成の財源に使われる。対策ケース3では、所得税還付などによって家計へ直接税収を還流する。この場合、家計消費だけでなく、民間資本形成も増加する。なぜなら、家計消費の増加が貯蓄を増加させ、その結果、実質利子率の低下を通じて、企業の設備投資を増加させるからである。

SGMのシミュレーション結果によると、ケース2が他のケースと比べてGDP損失が小さくなっているのは、このケースが他の2ケースと比較して資本ストックの誘発効果が最も大きいからである。

このことは、長期的な経済影響の観点からすると、資本形成を促進するような還流方法を採用することがより小さいGDPの減少を実現するために望ましいことを意味する。AIMエンドユースモデルのシミュレーションにおいて設定した

「税収を省エネ及び新エネ設備の導入に還流する」というケースは、まさに資本形成を促進するような還流方法となり得るであろう。

表 74 基準ケース マクロ指標結果

	単位	1995	2000	2005	2010	年率 ('01-'10)
二酸化炭素排出量	百万tCO2 '90年=100	1,139 (109)	1,201 (114)	1,242 (118)	1,301 (124)	0.8%
一次エネルギー消費量	PJ '90年=100	21,383 (110)	22,472 (115)	23,456 (120)	25,010 (128)	1.1%
国内総生産	兆円	505.6	530.7	579.2	636.6	1.8%

* 国内総生産は1995年価格。

表 75 対策ケース マクロ指標結果

	単位	対策ケース 1	対策ケース 2	対策ケース 3
税収の還流方法	-	政府支出増大	金融市場への還流	家計への還流
二酸化炭素排出量	百万tCO2 '90年=100	1,028 (98)	1,028 (98)	1,028 (98)
国内総生産	兆円	634.7	636.2	634.9
	対BaU	-0.30%	-0.06%	-0.28%
民間消費支出	対BaU	-1.8%	-1.5%	-0.7%
資本ストック	対BaU	0.0%	0.5%	0.0%
一次エネルギー消費量	PJ	21,019	21,022	21,031
	対BaU	-16.0%	-15.9%	-15.9%
炭素税額	円/ ㉿	20,424	21,100	21,080

* 国内総生産は1995年価格。

8 . AIM/Material モデルによるシミュレーション

(1) シミュレーションの結果

AIM/Materialモデルでは以下のケースについてシミュレーションを行なった。

基準ケース(BaUケース)

新たに追加的な対策をとらないと仮定した基準ケースにおけるシミュレーション結果を表 77に示す。2010年における二酸化炭素排出量は1990年時点と比べて18%増加している。また、国内総生産は2001年から2010年にかけて年率1.8%で増加している。

対策ケース A(炭素税ケース)

このケースでは、他のモデルとの比較を行なうため、廃棄物モジュールを用いずに、2010年時点での二酸化炭素排出量を基準年比2%削減するために必要な炭素税及びそれに伴う経済に対する影響を推計した。

2010年時点での二酸化炭素排出量を基準年比2%削減するために必要な炭素税は、表 78に示すように炭素トンあたり15,587円であると推定された。また、炭素税導入に伴う経済的影響については、GDPを基準ケースと比較した場合、2010年で0.54%減となっている。

対策ケースB(炭素税 + 廃棄物対策ケース)

廃棄物対策がもたらす地球温暖化対策への副次的効果を推計するために、2010年の廃棄物最終処分量の制約を現状の半分と想定し、その制約のもとで二酸化炭素排出量の目標を達成するために必要な炭素税及びその経済への影響を推計した。廃棄物対策の実施レベルに以下のような2ケースを想定し、比較検討を行なった。

・対策ケースB-1(リサイクル水準固定ケース)

2010年時点での二酸化炭素排出量を基準年比2%削減するとともに、現状レベルでのリサイクルの水準によって、廃棄物最終処分量を現状の半分程度にするケース。

・対策ケースB-2（リサイクル拡大ケース）：

2010年時点での二酸化炭素排出量を基準年比2%削減するとともに、表 76に示すような対策によって、廃棄物最終処分量を現状の半分程度にするケース。

2010年の廃棄物の最終処分量に対して現状水準の半分程度という制約を課し、2010年時点での二酸化炭素排出量を基準年比2%削減するために必要な炭素税及びそれに伴う経済に対する影響を推計した結果を表 79に示す。このような制約にも関わらず、リサイクル水準が現状のままの場合、2010年の二酸化炭素排出量を基準年比2%削減するために必要な炭素税は、炭素トンあたり21,238円であると推定された。また、基準ケースと比較したGDP損失は、2010年において0.94%減となっている。それに対して、様々な廃棄物対策を実施し、リサイクルを拡大した場合には、表 80に示すように炭素税もGDP損失も低くなっている。2010年における排出量の目標を達成するための炭素税額は炭素トンあたり15,409円であり、また、基準ケースと比較したGDP損失は2010年で0.6%減となっている。

表 76 AIM/Materialモデルの廃棄物対策

部門	廃棄物対策
農業	コンポスト（肥料）の利用
繊維	繊維くずの利用
紙・パルプ	古紙・木くずの利用
窯業土石	セメント原料等に鉱さい等を利用
金属	金属くず・廃プラスチック（コークスの代替）の利用
その他（プラスチック）	廃プラスチックの利用
その他（製材）	木くずの利用
建設	建設材料・路盤材等に鉱さい等を利用
発電	廃棄物発電

(2) 考察

AIM/Materialモデルの特徴は、経済フローとマテリアルフローを同時に推計し、さらに、廃棄物フローを推計するモジュールを持つことで、二酸化炭素排出量と廃棄物発生及び処分量を整合性のとれた枠組みで推計できる点にある。しかし、他のモデルは廃棄物に関するシナリオまでは考慮していないため、まずは、廃棄物モジュールを用いずにシミュレーションを行なった。2010年時点での二酸化炭素排出量を基準年比2%削減するための炭素税は、1万5千円程度と推定され、その際のGDP損失は0.54%となっている。

続いて、廃棄物最終処分量に対し、現状の半分程度という制約を課し、シミュレーションを行なった。その際に、現状程度のリサイクル水準のまま推移すると想定したケースと、今後、様々な廃棄物対策の実施を想定したケースの2ケースにおいて、目標達成のための炭素税や経済的影響を推計した。必要な炭素税額を両ケースで比較すると、リサイクル水準が現状のままの場合には、炭素トンあたり2万1千円程度となるが、廃棄物対策を実施した場合には炭素トンあたり1万5千円程度となり、廃棄物対策によって大幅なコストの削減が行なわれている。また、GDP損失においても大きな差があり、リサイクル水準が現状のままの場合には、基準ケース比0.94%減に対して、廃棄物対策を実施した場合には基準ケース比0.6%減となっている。このことは、廃棄物の最終処分量を削減することを目的として行なわれた廃棄物対策が、副次的に二酸化炭素排出量の削減にも繋がっていることを示している。二酸化炭素削減効果だけに着目した場合に経済性を持たない技術も、廃棄物削減に対して非常に効果的である場合には、地球温暖化対策以外の要因によって導入が進む。この例は、廃棄物問題だけではなく、大気汚染問題、水質汚濁問題に対する対策の全てに言えることである。つまり、温室効果ガス削減対策を実施する際に、その他の対策を複合的に実施することによって、その費用は大幅に削減できる可能性があることが示唆された。

表 77 基準ケース マクロ指標結果

	単位	1995	2000	2010	年率('01-'10)
二酸化炭素排出量	百万tCO ₂	1,244	1,277	1,365	0.7%
	'90=100	(108)	(111)	(118)	
国内総生産	兆円	486	532	638	1.8%

表 78 対策ケースA マクロ指標結果

	単位	1995	2000	2010	(対BaU)	年率('01-'10)
二酸化炭素排出量	百万tCO ₂	1,244	1,277	1,129	-17.3%	-1.22%
	'90=100	(108)	(111)	(98)	-	
国内総生産	兆円	485.9	532.5	634.9	-0.54%	1.78%
炭素税	円/tC	0	0	15,587	-	-

表 79 対策ケースB-1 マクロ指標結果

	単位	1995	2000	2010	(対BaU)	年率('01-'10)
二酸化炭素排出量	百万tCO ₂	1,244	1,277	1,129	-17.3%	-1.22%
	'90=100	(108)	(111)	(98)	-	
国内総生産	兆円	485.9	532.5	632.4	-0.94%	1.73%
炭素税	円/tC	0	0	21,238	-	-

表 80 対策ケースB-2 マクロ指標結果

	単位	1995	2000	2010	(対BaU)	年率('01-'10)
二酸化炭素排出量	百万tCO ₂	1,244	1,277	1,129	-17.3%	-1.22%
	'90=100	(108)	(111)	(98)	-	
国内総生産	兆円	485.9	532.5	634.6	-0.60%	1.77%
炭素税	円/tC	0	0	15,409	-	-

9 . WWF シナリオによるシミュレーション

(1) シミュレーションの結果

WWFシナリオでは、以下のケースについてシミュレーションを行なった。

対策ケース(WWF スタディ)

AIMエンドユースモデルをベースとし、その対策ケースにWWFジャパンの温室効果ガス削減のためのシナリオを導入している。具体的な対策については表 81に示す。但し、他のモデルはCDMや共同実施などを考慮していないため、以降に示すWWFシナリオに基づく二酸化炭素排出量はCDMや共同実施などの対策を除いたものである。

表 81 WWFシナリオの構成

	シナリオの方針	内容
利用効率の高い最新の技術革新	各種の技術革新が進行中であるが、将来、燃料電池やLED照明の機能達成やコスト低下が実現するかは不確定である。しかし、太陽電池の例では学習曲線上に乗ってコストが低下しており、研究開発だけでなく利用普及促進がコスト低下の大きな原因となっている。このメカニズムを積極的に利用する。	ハイブリッドカー 燃料電池自動車 高効率蛍光灯 LED（発光ダイオード照明）、インバータ制御モータ 燃料電池コジェネレーション アモルファストランス 高性能工業炉、太陽電池、風力発電、バイオマス発電など
サービス経済	「もの」の生産・販売・使用・廃棄というビジネスに代わって、「もの」のレンタルまたはリースによりサービスを提供し、修理・リサイクルを積極的に引き受けるビジネスを奨励する。この傾向は材料資源を大切に長期に利用する循環型社会への方向と一致し、同時に新しい雇用の創出に寄与する。	リフォーム・ビジネスの奨励 レンタカー・ビジネスの奨励（カーシェアリングビジネス） 自動車メンテナンス 家電製品の修理・リサイクル オフィス・レンタルサービス モータの効率的利用サービス・ビジネス 効率の高い照明灯配布計画
ライフスタイルの変換	これまで、エネルギーや資源の過剰な消費を社会が容認してきた。今後は、税制、奨励策などを通じて人々のライフスタイルが資源浪費的でない方向へ変化するように働きかける。	軽・小型自動車の奨励 環境定期券 エコドライブ・ライセンス 過剰な照明・冷房・暖房の抑制
CDM/JI	先進国と途上国間(CDM)、先進国間(JI)で、省エネルギーやクリーンな技術のプロジェクトを通し、最も資金効率のよい温室効果ガスの削減を行う。	天然ガス発電所の建設 太陽電池、風力、バイオマス・バイオガス発電の設置 省エネルギー技術の移転

このケースでは、表 82に示すように2010年時点での二酸化炭素排出量は基準年比10%減と推定された。また、部門別に見ると、基準年に対して産業部門で12%減、家庭部門で14%減、業務部門で8%減、運輸部門で6%減、エネルギー転換部門で4%減となっている。なお、この推計結果には、CDMや共同実施による削減分は含まれていない。

(2) 考察

AIMエンドユースモデルやGDMEEMでは、現状のコストにおいて導入の可能性が現実的に可能な技術を対象としており、今後の技術普及や技術開発の動向によって価格が低下する可能性については考慮していない。また、ライフスタイルや商業システムの変化が技術にもたらす影響についても考慮していない。WWFシナリオでは、最新の技術革新の知見やサービス経済へのシフト、ライフスタイルの変換に伴う削減シナリオを作成し、それに基づく排出量の推計を行なった。その結果、2010年における二酸化炭素の排出量は1990年比10%減となり、京都議定書の目標を上回る対策ポテンシャルの存在が示された。

表 82 対策ケース（WWFスタディ）：二酸化炭素排出量・エネルギー消費量

	単位	1990	1998	2005	2010	年率 (’01-’10)
二酸化炭素排出量	百万tCO ₂ '90年=100	1,051 (100)	1,120 (107)	1,072 (102)	943 (90)	-1.7%
産業部門	百万tCO ₂ '90年=100	514 (100)	499 (97)	494 (96)	450 (88)	-1.0%
家庭部門	百万tCO ₂ '90年=100	139 (100)	152 (109)	141 (101)	120 (86)	-2.3%
業務部門	百万tCO ₂ '90年=100	123 (100)	143 (116)	129 (105)	114 (92)	-2.3%
運輸部門	百万tCO ₂ '90年=100	217 (100)	265 (122)	249 (114)	205 (94)	-2.6%
エネルギー転換部門	百万tCO ₂ '90年=100	57 (100)	61 (107)	59 (103)	55 (96)	-1.1%
最終エネルギー消費量	PJ '90年=100	14,001 (100)	15,659 (112)	15,612 (112)	14,311 (102)	-0.9%
一次エネルギー消費量	PJ '90年=100	18,868 (100)	21,433 (114)	21,085 (112)	19,240 (102)	-1.1%

10 . シミュレーション結果の比較

(1) 経済的措置(炭素税)について

2010年時点での二酸化炭素排出量を1990年比2%減するために必要な炭素税を表84に示す。各モデルのシミュレーション結果が示す炭素税は、炭素トンあたり1万3千円から3万5千円の範囲となった。

なお、技術データの積み上げによって省エネルギー量を推計するという特徴を有するAIMエンドユースモデルとGDMEEMは、技術データの範囲を拡張することによって、炭素税額がより低い結果となる可能性がある。また、廃棄物対策や大気汚染対策などの地球温暖化対策以外の対策と合わせて地球温暖化対策を実施することによって、炭素税額が低額になることもあり得る。

さらに、これらのモデルでは、経済合理的な判断により、技術選択が行われること、エネルギー価格の変化がエネルギー効率を弾性的に改善させることなどを前提としており、個別の対策が有する社会的制約は反映されていない。

表 83 各モデルの炭素税額

モデル名	ケース名	炭素税額 (2010)
AIMエンドユースモデル	技術一定ケース	-
	炭素税ケース	30,000
	炭素税+補助金ケース	3,000
GDMEEM	BaUケース	-
	炭素税導入ケース	34,560
MARIA	BaUケース	-
	炭素税導入ケース1	13,148
	炭素税導入ケース2	14,359
SGM	BaUケース	-
	政府支出増加ケース	20,424
	財政赤字削減ケース	21,100
	所得税還付ケース	21,080
AIM/Materialモデル	BaUケース	-
	炭素税導入ケース	15,587
WWFモデル	WWFスタディ	-

単位 :円/ ㏒

(2) 経済的措置(炭素税)の導入が我が国経済に与える影響

2010年時点の二酸化炭素排出量を1990年比で2%程度まで削減するケースを想定して、そのために必要な炭素税を導入した場合におけるGDPの損失を基準ケースとの比較によって表したものを図94に示す。各モデルのシミュレーション結果が示すGDPの損失は、基準ケースと比較して0.06%から0.72%の範囲となった。

表 84 各モデルの炭素税額とGDP損失との関係

モデル	ケース	GDP損失 (対基準,2010年)	炭素税額 (円/tC)
AIM/Material	対策ケース	0.54%	15,587
GDMEEM	対策ケース	0.72%	34,560
MARIA	対策ケース	0.40%	13,148
SGM	対策ケース1 (政府支出増大)	0.30%	20,424
SGM	対策ケース2 (金融市場への還流)	0.06%	21,100
SGM	対策ケース3 (家計への還流)	0.28%	21,080

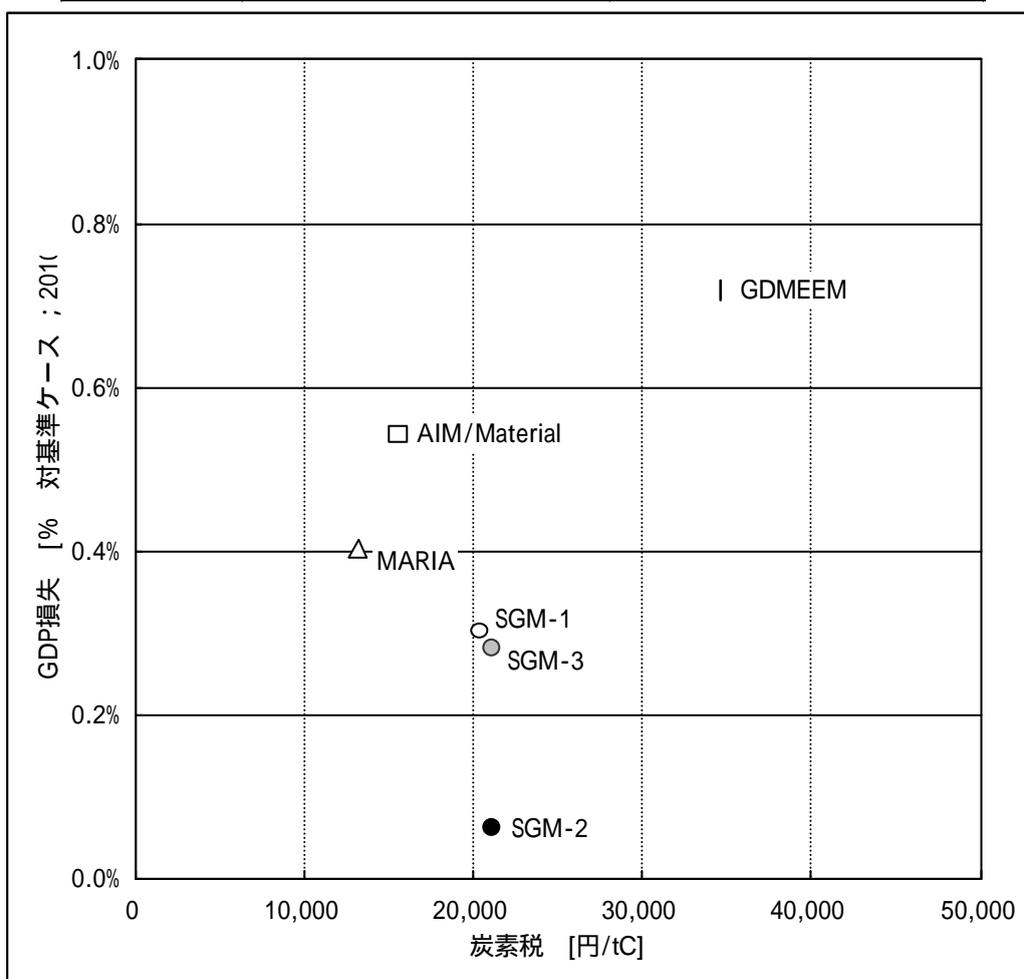


図 94 各モデルの炭素税額とGDP損失との関係

(3) 二酸化炭素排出量の削減の可能性について

各モデルの結果から1万3千円～3万5千円程度の炭素税によって、二酸化炭素排出量は1990年比2%減程度になることが示された。また、AIMエンドユースモデルやGDMEEMでは分析の対象とする技術の範囲に制約があるが、WWFシナリオでは、AIMエンドユースモデルやGDMEEMが扱っていない将来の技術、現状のコストでは市場性を持たないが、今後の技術開発によって価格の低下が見込まれる技術を対象とした。さらに、ライフスタイルや商業システムの変換がもたらす影響も考慮した。その結果、2010年における二酸化炭素の排出量は1990年比10%減となり、京都議定書の目標を上回る対策ポテンシャルの存在が示された。

1 1 . 経済性評価の結果

6種の数量モデルによるシミュレーション分析と、対策技術の評価に基づく経済性評価により、次のようなことが示された。

数量モデルによる経済性評価の結果によれば、炭素トンあたり1万3千円～3万5千円程度の炭素税の課税によって、2010年における二酸化炭素排出量を1990年比2%減とすることが可能である。現状において、限界費用が1万3千円～3万5千円程度までの二酸化炭素排出削減技術の導入によって、2010年における二酸化炭素排出量を1990年比2%減とすることが可能である。

また、炭素トンあたり3千円という低額の課税であっても、その税収を二酸化炭素排出削減技術導入のための補助金として最適に還流することができれば、炭素トンあたり3万円の炭素税と同程度の導入インセンティブ効果を発揮する。

2010年における二酸化炭素排出量を1990年比2%減となるように炭素税を課税した場合の経済的損失（GDP損失）は0.06～0.72%の範囲であり、軽微なものである。

但し、地球温暖化以外の環境問題に対する対策を合わせて実施することによって、地球温暖化対策に係るコストやそれによって生じる経済的損失は小さくなる。

今後の技術導入コストや技術導入に係る施策によっては2010年における二酸化炭素排出量の削減可能性は、1990年比10%程度のポテンシャルを持っている。

「対策技術の評価に基づく経済性評価」は、炭素税を課税した場合のエネルギー価格上昇分や、エネルギー需要そのものを抑える効果が考慮されないこと、原子力発電所新規建設数の想定が異なること（数量モデルの10基に対して7基と想定）、数量モデルがエネルギー起源二酸化炭素を対象としているのに対し、6ガスすべてを対象としていること等のため、単純な比較はできないが、「対策技術の評価に基づく経済性評価」では、火力排出係数を用い

て評価した場合、2010年の排出量を1990年比と同等とするためには、炭素トンあたり4.5万円程度まで、1%減にするためには5.7万円程度まで、2%減にするためには16万円程度の対策技術まで導入すべきことが示された。なお、2%減とするためには、炭素トン当たり平均で2.7万円必要なことが示された。

VIII . 今後の検討について

経済性評価の対象技術の追加検討

今回、追加的削減費用の算定が困難等の理由により、約1,500万t CO₂以上の追加的削減量のある対策技術の経済性を評価していない。これらの対策技術については、今後さらに調査する必要がある。

削減量の精査

削減量については、資金的、社会的、制度的制約をある程度捨象して検討された削減ポテンシャルを費用評価結果に基づいて一本化するとともに、原子力の利用率向上については、現時点で安全性等についての議論を抜きに想定することは適切ではないとの判断から除外しているが、個々の対策技術の社会的、制度的制約については、まだ必ずしも十分な検討が行われているとは言い難い。一般に、普及率等の見込みは、技術開発の動向、燃料にかけられる炭素税等の効果により影響を受けることにも留意する必要がある。

また、電力に伴い排出される二酸化炭素排出削減量を評価するための排出係数として何をを用いるべきかについては、負荷変動等を踏まえた電源構成への影響、電力供給側と需要側の寄与の考え方、排出量算定方法との整合性等、種々の観点を踏まえて引き続き検討していく必要がある。

さらに、コージェネレーションについては、どのような既存の技術、状況に代えて導入されるかについてさらに検討するとともに、熱需要と電気需要のバランスにより影響を受ける実際上の効率を踏まえた評価となるように改善していく必要がある。

費用評価の精査

対策に要する費用の評価は、入手できるデータが限られるため、必ずしも容易な作業ではない。

また、費用評価の結果に基づいて、対策導入の優先順位が決定されるため、その算定には十分に注意を払う必要がある。

このため、どのような技術またはどのような状況に代わって新しい技術が導入されることとなるか、温室効果ガス削減やエネルギー費用削減以外に効果があったり、逆に追加費用のかかることがないかなど、費用の評価については今後とも精査していく必要がある。

対策技術の評価に基づく経済性評価と数量モデルとの統合

個々の対策技術評価結果を活用し、炭素税等を課した場合等に、どれほどの削減量が見込めるか、また経済全体にどのような影響を及ぼすかについて、数量モデルとの統合を図り、さらに検討を進める必要がある。

まとめ

本小委員会では、温室効果ガス削減のための個々の対策技術について、削減可能性と経済性の評価を行った。6種類の温室効果ガスを対象とし、全部門横断的に多くの個々の具体的な技術について費用評価を行ったのは、我が国では初めての試みである。

温室効果ガス削減対策の中には、温室効果ガス削減の効果だけでなく、エネルギー費用の低減等の利益を伴う対策があるため、特に民生、産業部門では、設備投資費用を考慮してもなお利益が得られる（費用がマイナスになる）対策が数多くある。

耐用年数で計算して追加的削減費用が5,000円以下で、追加的削減量が200万トン以上期待できる対策は、削減量の多い順に、高性能工業炉の導入、コージェネレーションシステムの導入、副生物質であるHFC-23の回収処理、自動販売機の省エネルギー、家畜糞尿処理方法の変更、廃プラの高炉原料化法、噴霧器で使用するHFCの代替（我が国ではダストブロワーが多い）、潜熱回収型給湯器の導入、マイクロガスタービンによるコージェネレーションシステムの導入である。これらの対策は、制度的課題、社会的課題等をさらに詳細に検討した上で、優先的に取組を推進する必要がある。

今回検討した対策技術は、すべての技術を網羅しているわけではなく、また、エネルギーの節約、自動車走行量の抑制等、活動量抑制を誘導する経済的措置等による効果は含んでいないため、このようなボトムアップ的に積み上げた方式では、京都議定書に定められた目標を達成するための総費用は必ずしも正しく見積もることはできない。しかし、今回の追加的削減費用の算定によれば、火力平均排出係数を用いた場合では、マイナスの追加的削減費用の技術導入により基準年の排出量と比較して4.3%増となり、炭素トン当たり1万円未満の対策技術導入で同じく2.3%増、1万円～10万円未満で2.2%減、10万円以上の対策導入で4.4%減まで削減することが可能との結果が得られた。

ただし、以上の費用の算定は、次の理由により過大評価されている可能性があることに留意する必要がある。

- ・ 費用算定のできなかった技術がある他、削減費用の安価な技術が検討に加えられていない可能性がある。
- ・ 今後の技術的発展や、量産効果による価格の低下が、限界削減費用を低下させていくことについて考慮されていない。
- ・ 燃料税等を行った場合の節約等の活動量抑制効果に基づく削減量が見込まれていない。
- ・ 特にコストの高い対策には、大気汚染物質の低減、利便性の向上等、温暖化対策とは別目的の対策や副次的効果が期待できるものが多く含まれており、それらの効果に見合う費用が差し引かれていない。

一方、6種類の経済分析モデルにより、2010年において、基準年に比較して-2%レベルを達成するために必要な経済的措置や、温暖化対策がもたらす国内経済への影響について算定を行った。これによれば、基準年比-2%レベルの達成には炭素税として炭素トン当たり1万3千円～3万5千円程度が必要で、その場合の経済的損失はGDPロスで0.06%から0.72%程度になるとの結果が得られた。

今回、優先度が高いと判断された対策については、早急にその具体的検討に入るとともに、推計結果については、今後、国民の各界各層からの批判、意見を取り入れて、より確実なものとするとともに、国民一人一人の負担をできる限り公平なものとし、経済的にも優れた効率的な削減を可能とし、かつ我が国の求めるべき将来像に合ったシナリオへと継続的に改善していく必要がある。

さらに、今回は、2010年を見据えたシナリオを対象としたが、2010年以降を展望した中長期的な視点に立って、温室効果ガス削減のためのシナリオを検討することも必要である。

本報告書は、これまでの審議結果を中間的にとりまとめたものであり、今後、本小委員会においては、C O P 6再開会合の結果も踏まえ、引き続き京都議定書の目標を達成するためのシナリオの検討を深めていくこととしているが、政府においても、本報告書を踏まえ、我が国として京都議定書を締結できるよう、京都議定書の目標を達成するための国内制度の構築に向けて全力で取り組むことを期待する。