

平成 17 年度経済産業省委託調査

平成 17 年度

国際エネルギー使用合理化基盤整備事業
(地球温暖化対策の費用対効果に関する政策評価調査)
報告書

平成 18 年 3 月

財団法人 政策科学研究所

はじめに

地球温暖化防止に向けての京都議定書が 2005 年 2 月に発効し、我が国は、同年 4 月に京都議定書目標達成計画を策定した。同計画では、京都議定書の 6 %削減約束の確実な達成と、地球規模での温室効果ガスの更なる長期的・継続的な排出削減を目指すべき方向と位置づけ、対策の基本的考え方として、環境と経済の両立などの 6 項目を定めている。その一つとして、評価・見直しプロセス (PDCA) の重視を掲げ、2007 年度に、本計画に定める対策・施策の進捗状況・排出状況等を総合的に評価し、第一約束期間において必要な対策・施策を 2008 年度から講ずるものとしている。

本調査は、経済産業省における温暖化防止に関する対策・施策の幾つかを取り上げ、費用対効果分析を中心とした定量的な分析を含む政策評価を試行し、同計画の評価・見直しに資することを目的としたものである。定量的な分析は、我が国では経験が少なく、本調査においても中心的な課題としている。

温暖化対策においては、「気候変動に対処するための政策及び措置は、可能な限り最小の費用によって地球的規模で利益がもたらされるように費用対効果の大きいものとする」とについても考慮を払うべきである」とする気候変動枠組み条約や、「効果的かつ効率的に温室効果ガスの排出削減を進めるとともに、我が国全体の費用負担を公平性に配慮しつつ極力軽減」するとする京都議定書目標達成計画にみられるように、費用対効果の高い施策の実施が求められており、そのためにも費用対効果分析を中心とする定量的な分析が必要とされている。また、財政再建が叫ばれる今日、政策の効果や便益を定量的に捉え、評価していく枠組みは、今後ますます重要性を増すものと考えられる。

本調査の実施にあたっては、金本良嗣東京大学教授を座長とし、定量的分析に造詣の深い委員等で構成された「温暖化対策の費用対効果に関する政策評価研究会」を開催し、検討を行った。また、具体的な分析において、多くの方々に多大なご協力を頂いた。関係者の皆様方に厚くお礼を申し上げますとともに、本調査結果が京都議定書目標達成計画における評価・見直しプロセスのみならず、今後の政策評価において、少しでも先導としての役割を果たせれば幸いである。

2006 年 3 月

財団法人政策科学研究所

目 次

1	調査の目的と内容.....	1
1. 1	調査の目的.....	1
1. 2	費用と効果に関する定量的分析.....	2
1. 3	温暖化防止以外の便益.....	2
1. 4	中長期的な施策の効果.....	8
1. 5	より適切な施策やポリシーミックスの在り方の提示.....	8
1. 6	分析対象とした対策・施策と具体的な定量的分析手法.....	9
1. 7	海外講師の招聘.....	12
1. 8	調査体制と進め方.....	13
2	対策コスト把握の必要性.....	16
2. 1	日本の温暖化対策の特徴.....	16
2. 2	コスト意識の欠如.....	17
2. 3	本研究会の意義 その1—今後の本格分析に向けての第一歩.....	19
2. 4	本研究会の意義 その2—資源の最適配分に向けて.....	20
3	家電機器のトップランナー方式規制の評価.....	22
3. 1	省エネルギー法トップランナー方式機器効率規制.....	22
3. 2	トップランナー方式機器効率規制の評価の現状と問題点.....	23
3. 3	トップランナー方式機器効率規制の費用便益分析.....	24
3. 4	「トップランナー方式」機器効率規制の便益評価方法.....	26
3. 5	「トップランナー方式」機器効率規制の費用評価方法.....	29
3. 6	「トップランナー方式」機器効率規制の費用便益試算結果.....	31
3. 7	費用便益試算結果の感度分析.....	36
3. 8	結果のまとめと今後の課題.....	37
4	消費者の新車購入行動に対する自動車グリーン税制の影響評価.....	40
4. 1	はじめに.....	40
4. 2	現行の自動車関連税制と自動車グリーン税制の概要.....	40
4. 3	既往研究の概要.....	42
4. 4	推定モデルとデータ.....	43
4. 5	分析結果と政策的含意.....	47
4. 6	まとめと今後の課題.....	50

5	省エネ法の効果分析ならびに高性能工業炉に関する諸政策の効果分析	54
5. 1	省エネ法の効果分析	54
5. 2	高性能工業炉に関する諸政策の効果分析	66
6	住宅用太陽光発電装置の CO ₂ 削減効果の評価	77
6. 1	はじめに	77
6. 2	評価の方法とデータ	79
6. 3	推計結果	83
6. 4	シミュレーション	87
6. 5	おわりに	90
7	日本経済団体連合会自主行動計画における CO ₂ 排出削減の費用と効果	100
7. 1	はじめに	100
7. 2	自主行動計画フォローアップ調査結果からの概観	100
7. 3	鉄鋼業界における CO ₂ 排出削減対策	104
7. 4	製紙産業	109
7. 5	化学工業	112
7. 6	むすび	112
8	海外招聘者との議論	114
8. 1	講師プロフィール	114
8. 2	講演概要とおもな討議	114
9	温暖化対策の政策評価	122
9. 1	おわりに	122
9. 2	評価対象	122
9. 3	政策インパクトの予測	123
9. 4	政策インパクトの評価	124
9. 5	感度分析	124
9. 6	今後の課題	125

■資料編

A-1	分析対象とした施策等の概要	A-1
A-2	共通原単位等	A-37
A-3	海外招聘者の講演録	A-39

1 調査の目的と内容

1. 1 調査の目的

地球温暖化問題は、人類の生存基盤に関わる最も重要な環境問題の一つである。2005 年 2 月に発効した京都議定書では、我が国について温室効果ガスの 6 %削減が法的拘束力のある約束として定められている。2005 年 2 月の京都議定書発効を受け、京都議定書の 6 %削減約束を確実に達成するために必要な措置を定めるものとして、地球温暖化対策推進大綱、地球温暖化防止行動計画、地球温暖化対策に関する基本方針を引き継ぐ「京都議定書目標達成計画」が閣議決定（平成 17 年 4 月 28 日）された。

同計画では、京都議定書の 6 %削減約束の確実な達成と、地球規模での温室効果ガスの更なる長期的・継続的な排出削減を目指すべき方向と位置づけ、対策の基本的考え方として、環境と経済の両立などの 6 項目を定めている。その一つの項目として評価・見直しプロセスの重視を掲げており、第一約束期間の前年である 2007 年度に同計画の総合的・定量的な評価・見直しを行い、第一約束期間に必要な対策・施策を 2008 年度から講ずることとしている。

この評価・見直しにあたっては、効果的かつ効率的に対策・施策を実施するという観点から、各種対策・施策の費用及び効果・便益を把握し、各種対策・施策間で比較考量することが重要である。「政策評価の基本原則は、政策代替案の社会的便益と社会的費用を総合的に評価することに尽きる」（金本）といえるが、我が国では、このような定量的な分析は経験が乏しく、今後の充実が期待されている。

本調査では、これまで経済産業省が講じてきた温暖化防止に関する主要な対策・施策を事例として取り上げ、2007 年度における目標達成計画の総合的・定量的な評価に向け、温暖化対策における具体的な評価手法を開発することを目的として掲げた。

1. 2 費用と効果に関する定量的分析

本調査における基本的な課題の一つは、温暖化防止に関する対策・施策を対象とした費用と効果に関する定量的分析の試行にある。具体的には、温暖化防止に関する対策・施策の費用と便益を、費用対効果分析や費用便益分析等を用いて定量的に導き出すことである。これらの定量的分析の重要性や必要性は、我が国でも繰り返し議論され、国が行う公共事業等では、具体的な分析も実施されているが、規制や税制といった分野では、経験がほとんどない。

そこで、2007 年度における目標達成計画の総合的・定量的な評価に向けて、具体的な施策を取り上げ、上記分析を試行し、方法論やデータ等についての知見と課題を得ることとした。

1. 3 温暖化防止以外の便益

経済産業省の温暖化対策として講じられている施策の中には、他の政策目的を有するものや他の社会的便益をもたらすものが存在する。これらの施策については、当該他の政策目的や社会的便益の実現により、当該費用の支出が合理化されることも考えられる。このため、政策評価に当たっては、温暖化対策以外の政策目的や社会的便益を出来る限り加味したものとすべきである。

取り上げた対策・施策は、本調査研究の定量的分析の主対象である温暖化防止以外の便益も多く生じている。さらに 2030 年とか 40 年とかの長期的視野で考えていくとなると、先々の R&D なり競争力なりの便益も併せて考えなければならないのではないかという問題がある。これらの便益は、費用対効果分析として取り扱うのは難しく、一般的には費用対効果分析で対象となる便益は部分的であるという認識ができる。

このため、別途温暖化防止以外の便益についてもどのようなものがあるのかをリストアップしておき、今回の費用対効果分析がどの範囲のものであるのかを明確にしておく必要がある。すなわち、政策コストを見るときにはある制約条件があるので、モデルの中で計算するものと、定性的な便益を両方整理しておく必要がある。また、技術のスピルオーバー効果や、世界の中での宣伝効果などもあり、幅広く便益を捉える考え方も政策評価の視点からは重要である。

温暖化対策以外の便益について本研究会内で議論して、類型化を試み一覧として整理を行った。(表 1.1) また、OECD、IPCC における副次便益の議論について調査し、Box で紹介した。

【BOX】 OECD における副次的便益

OECD の「地球温暖化防止政策における副次的費用と便益」という文書に示された付随する便益のカテゴリーは次のようになっている。

生命・健康 (Health effects)

早死、慢性病、急性病、活動できない日々、学習困難、アレルギーなど。副次的便益全体の 70～90%とも言われ、これまでの研究では、発電所や自動車などの固定発生源、移動発生源からの、PM、NO₂、SO₂ などの減少による、死亡数、罹病率の変化をもとに分析がなされている。定量化や重みづけについて議論が分かれるが、近年では WHO と世界銀行が統計的な生命の価値(Value of a Statistical Life)として DALYS(Disability-Adjusted Life Years)を使用している。

生態系の変化 (Ecosystems change)

温暖化効果ガス削減の政策に関係する生態系への影響としては、廃棄物残渣、地形の改変、収穫、外来種の流入などがある。また、大気中に放出される窒素を含む物質は、副次的便益の重要な分野である。水域に排出される排水、土壌汚染の低減も同じく重要な分野である。例えば、風に運ばれた NO_x 排出の低減は、GHG 削減を伴うことができるし、海域と淡水の生態系への硝酸塩の負荷をかなり低減することができる。

経済的効果(Economic effects)

マテリアルダメージ(Material Damage)

ハンガリーのブダペストにおける、建造物の容量と素材の詳細な分析で提唱された。エネルギー消費量削減プログラムにより、SO₂ 濃度が 6%低下し、建造物への影響が年間 3000～3500 万ドルなくなったと分析した。

社会セクターにおける効果 (Sectoral Effects)

例えば、燃料転換を行うことで、あるセクターまたは、ある地域の雇用が減少する。長期的には、他の地域に移動したり、他の職種に転職するなどして影響はなくなるとも言うが、過渡期にはその影響が発生する。場合によっては、失業者が出ることになる。

技術的な変化(Technological change)

技術的变化が便益の場合、技術変化によって使用する資源が変化する場合費用が生じる。この機会費用より、技術的变化による便益が上回れば、正味便益が生じると結論づけられる。気候変動政策から発生する技術的なスピルオーバーを特定する証拠は非常に少ない。特定の技術を加速させた効果を捉えるということのはかる

うじて可能であるが、影響は拡散し、定量的に捉えることは容易ではない。

回避費用 (avoided costs)

気候変動政策を実施したことによる成果から節約できたコストのことである。典型的な例は、アメリカでSO₂ 排出規制に適合するための削減コストである。一定の環境基準を満たすための手段が複数ある場合に、規制的手法が導入されると、この費用はよく生じる。

付随する費用 (マイナスの付随する便益 ; negative ancillary benefits)

付随して費用が発生する場合もある。都市部での天然ガスコジェネは二酸化炭素排出量を削減させるが、Nox は増加する。水力発電は、水域の生態系を破壊したり、水没する地域に住んでいる人の移住を引き起こす。自動車の燃料をガソリンからディーゼルにすることで、炭素排出量は削減されるが、地域の汚染物質を増加させる恐れがある。

社会的効果 (Social effects)

雇用の変化 (Employment changes)

現存する雇用政策の影響と、気候変動政策による影響を分離することが重要である。

安全性と混雑 (Safety and congestion)

交通分野で議論される、安全性と渋滞である。環境政策により、事故が減ったという分析がある。交通量が減少することにより旅行時間が短縮されることで時間的便益が生じる。道路建設により、生態系や地域社会のシステムが分断されるという分析もなされている。

公平性 (Equity)

同世代内の分配という公平性と、世代間の公平性の問題がある。同世代内の議論では、それぞれの社会セクターが応分の負担を負っているかという問題である。また削減のためのコスト（エネルギー税）が、低所得者に対して過負荷となっていないか。世代間の問題では、短期的な便益を取るか、長期的な便益をとるかという問題である。

出典 : OECD(2002), ANCILLARY BENEFITS AND COSTS OF GHG MITIGATION: POLICY CONCLUSIONS

【BOX】 IPCCにおける副次的便益

IPCC の Climate Change 2001 では、これまで論文で研究されてきた副次的便益として次のものを掲げている。

健康 罹患率と死亡率(Health—morbidity and mortality)

マテリアルダメージ(materials damage)

植生への影響(vegetation damage)

森林・湖沼のレクリエーション価値の変化

(recreational value from lakes and forests)

土壌浸食(corrosion)

道路の騒音、渋滞、事故への影響

可視度(Visibility)

また、セクターごとに副次的便益が例示されている。

石炭関連業種

健康への影響(Public Health Impacts)

エネルギー利用効率の向上(energy efficiency)

技術革新（クリーン・コール技術等）

生産性の向上(increased productivity)

石炭資源の保全(extension of the life of coal reserves)

石油・ガス関連業種

油田・ガス田の延命(the rate of depletion of oil reserves will be slowed)

石油・ガスの採掘、精製、消費に伴う大気・水への負荷低減

電力関連業種

新エネルギー関連の売上、収入・雇用の増加

(sales income and employment growth)

新エネルギー発電施設の建設(construct the new generation facilities)

雇用促進、所得増加（逆に作用する可能性もある）

農業経済へのプラスの影響(positive impacts on farm economics)

農地の質の改善による農業経済へのプラスの影響

(improvement of degraded lands positive impacts on farm economics)

田園地域での雇用機会の拡大(enhanced employment opportunities in rural areas)

田園開発(rural development opportunities)

土壌侵食抑制(prevention of erosion)

野生生物の生息地(habitats for wildlife)

地域的な汚染物質の削減(reduce emissions of local pollutants)

燃料多様性の確保(potential for fuel diversity)

収穫残渣のような処理にコストがかかる廃棄物処理費の削減

(elimination of the need for costly disposal of waste materials)

農業関連

揮発性有機化合物(VOC)、NO_x のようなオゾン先駆体排出削減
(reduce emissions of ozone precursors)

製造業関連

地域の大気汚染防止(mitigate local air pollution)

新製品や新プロセスの開発

(development of new products and processes)

技術移転による富の分配公平性(greater equity in wealth distribution)

道路交通関連

燃料消費縮小による大気汚染削減とこれらの排出による被害の低減
(reduced air emissions associated with less fuel use, and therefore consequent reductions in the damages caused by these emissions)

交通渋滞の減少(reduced congestion)

交通事故の減少(fewer traffic crashes)

騒音の減少(less noise)

道路被害の減少(less road damage)

炭素隔離

新しい業種の台頭による雇用増大

(sustainable development in creating new employment)

民生部門

地域の大気汚染防止(CO, NO_x, SO₂ 等)

(reductions in the emissions of local air pollutants)

都市地域における健康改善(health benefits in urban areas)

室内空気環境の改善(improved indoor air quality)

生活の質の向上

(higher quality of life(simplifying household chores, better hygiene and easier cleaning))

燃料消費減少による経済的便益、時間節約便益

(reduce fuel demand with economic and time-saving benefits)

地域の天然資源のサステナビリティ向上

(increased sustainability of local natural resources)

バイオマーストープ使用による健康への悪影響の低減

(reductions in the adverse effects of biomass use on human health)

出典 : IPCC(2001), Climate Change 2001

http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg3/index.htm

表 1.1 温暖化対策以外の便益の例

温暖化対策以外の便益(例)	派生効果(例)	今回取り上げた施策の中で該当するもの(例)
生産性向上	収益力向上、投資の原資確保、雇用確保等	省エネ法(エネルギー管理の徹底)、省エネ法(家電製品等に対するトップランナー方式)、自主行動計画のフォローアップ
交通量低減	事故数、死傷者数の低減、混雑緩和、騒音緩和等	省エネ法(エネルギー管理の徹底)(改正省エネ法)、自主行動計画のフォローアップ
企業・製品等イメージの向上		省エネ法(家電機器に対するトップランナー方式)、自動車税のグリーン化、自主行動計画のフォローアップ
エネルギーセキュリティの向上	電源開発投資等の抑制、石油備蓄量の低減、石油権益確保等の要請緩和、化石燃料等の探掘可能期間の延長、災害等緊急時における電源確保(停電時の独立電源)等	省エネ法(エネルギー管理の徹底)、省エネ法(家電機器に対するトップランナー方式)、エネ革税制(高性能工業炉)、省エネ補助金(高性能工業炉、高性能ボイラー)、住宅用太陽光発電システム導入補助金、自主行動計画のフォローアップ
省エネ・新エネ製品等の市場創出・育成	省エネ・新エネ等関連技術開発の促進、省エネ・新エネ等機器・サービスの創出、量産効果によるコストダウン、投資による経済効果、関連産業の活性化、雇用確保、再生可能資源の利用増加、地域活性化等	エネ革税制(高性能工業炉)、省エネ補助金(高性能工業炉、高性能ボイラー)、住宅用太陽光発電システム導入補助金、自主行動計画のフォローアップ
省エネ・新エネ等関連技術開発の促進	産業競争力の向上、投資による経済効果等	省エネ法(家電機器に対するトップランナー方式)、自動車税のグリーン化、自主行動計画のフォローアップ
環境配慮型行動・価値観の普及	環境配慮型製品の伸長等	省エネ法(エネルギー管理の徹底)、省エネ法(家電機器に対するトップランナー方式)、自動車税のグリーン化、自主行動計画のフォローアップ
環境(大気・海洋・土壌等)負荷の低減	健康面の向上、生態系への影響低減、農林水産物の収穫増、酸性雨の低減、建造物への影響低減等	省エネ法(エネルギー管理の徹底)、省エネ法(家電機器に対するトップランナー方式)、自動車税のグリーン化、エネ革税制(高性能工業炉)、省エネ補助金(高性能工業炉、高性能ボイラー)、住宅用太陽光発電システム導入補助金、自主行動計画のフォローアップ、自主行動計画のフォローアップ
廃棄物等の削減		自主行動計画のフォローアップ
省エネ情報等の提供・収集コストの低減		省エネ法(家電機器に対するトップランナー方式)、自動車税のグリーン化、自主行動計画のフォローアップ

(注) 上記の便益が実際に存在するかどうかは別途精査が必要。

1. 4 中長期的な施策の効果

前項とも関連し、経済産業省の温暖化対策として講じられている施策の中には、例えば R&D 活動の促進による産業界の競争力強化など、効果が現れるまでに時間のかかるような施策もある。短期的な効果や便益だけでなく、これら中長期的にもたらされる効果についても適切に評価に反映させる必要があり、定量的に把握しがたい効果に関しては、定性的に評価していくことが必要である。

1. 5 より適切な施策やポリシーミックスの在り方の提示

施策の評価にあたっては、当該施策だけでなく、ポリシーミックスの観点からその分野における他の排出削減施策も幅広く視野に入れる必要がある。京都議定書目標達成計画では、以下のようにポリシーミックスの活用をうたっている。

効果的かつ効率的に温室効果ガスの排出削減を進めるとともに、我が国全体の費用負担を公平性に配慮しつつ極力軽減し、環境保全と経済発展といった複数の政策目的を同時に達成するため、自主的手法、規制的手法、経済的手法、情報的手法などあらゆる政策手法を総動員し、それらの特徴をいかしつつ、有機的に組み合わせるというポリシーミックスの考え方を活用する。その最適な在り方については、本計画の対策・施策の進捗状況を見ながら、総合的に検討を行う。

(京都議定書目標達成計画より)

2007 年度の目標達成計画の評価・見直しの際には、同時に 2008 年度以降の温暖化対策の策定を行うこととしており、具体的な政策評価に当たっては、各施策に対する評価を踏まえて、より適切な政策ツールやポリシーミックスの在り方を示していくことが求められる。

1. 6 分析対象とした対策・施策と具体的な定量的分析手法

京都議定書目標達成計画においては、温暖化対策として各部門にわたって、多様な政策ツールが予定されている。本調査では、定量的分析の今後における活用の汎用性を高めるために、政策部門や政策ツール間のバランス等を踏まえて、分析対象とする施策を選出した。(表 1.2)

表 1.2 本研究会で取り上げる対策等

		政策ツール			
		法律	税制	予算	その他
部 門	エネルギー 転換部門				(経団連) 自主行動計画 <自主的手法>
	産業部門	省エネ法 (定期報告等によるエネルギー 管理) <規制的手法・ 情報的手法>	エネ革税制 (高性能工業炉 の導入優遇措置) <経済的手法>	省エネ対策 (高性能工業炉 導入補助金) <経済的手法>	
	業務・その他 部門				
	運輸部門				
	家庭部門	省エネ法 (家電機器のト ップランナー方 式規制) <規制的手法>	(自動車税制の グリーン化) <経済的手法>	新エネ対策 (住宅用太陽光 発電導入促進対 策費補助金) <経済的手法>	

政策評価における分析手法の基本的な考え方は、対策・施策がある場合とない場合との比較である。例えば、補助金を出した場合と出さなかった場合とを比較し、国全体としてどれだけ CO₂ の削減量が変わったかを明らかにする。

一般に、当該補助金等の対策・施策があった場合を with と呼び、なかった場合を without と呼ぶことが多い。しかし、実際には対策・施策をうたなかったケースというのは現実にはなく、想定せざるを得ない。

従って、この想定について、どのような方法に基づいて計算するかが重要な課題となる。

本調査では、調査対象とした対策・施策に応じて、それぞれの分析者が適切と考えられる方法を用いたが、これは入手できるデータによっても制約を受ける。例えば、関連する時系列データがあれば、ある政策の導入前と導入後と比較することから、効果を把握することが考えられる。また、例えば、補助政策において補助の対象となったユーザーとはずれたユーザーとの便益に関するデータがあれば、それらと比較するといった方法も考えられる。

本調査において分析に用いたデータは、社会的に公表されているものを基本としたが、一部のデータについては、独自で入手したものもある。なお、CO₂排出原単位、化石燃料等排出係数、事業用電力使用量排出係数については、共通なものを用いている。(資料編 A-2)

家電機器のトップランナー規制方式の評価

主要家電機器の価格と販売数量のデータから、モデルチェンジのための開発費用の付加が累積生産台数に対して平準化されていると仮定し、実際の家電機器の製造費用は累積生産台数に応じて変化していくが、その変化の度合いは量産効果とモデルチェンジ効果のいずれが卓越するかによって決定されていくものと考え、機器別に部分均衡市場を想定し、家電機器の価格推移と累積生産台数の回帰分析において省エネルギー法上の機器効率基準規制が行われた年度にダミー変数を入れ、当該ダミーに対して有意な価格変化を抽出することによって、規制による追加的費用の推計を行った。

自動車税制のグリーン化の評価

自動車グリーン税制が、地球温暖化対策としてどの程度の効果があったのかを検証するための手がかりとして、消費者の新車購入行動への影響に焦点を当てた分析を行った。多項ロジットモデルを応用して、エンジン排気量などの自動車の物理的な属性や車両価格等によって乗用車の車種ごとの新車販売シェアを説明する計量経済モデルを構築し、実際のデータを用いて推定した。また、その結果を用いてグリーン税制がなかったと仮定した場合の新車販売シェアを推計し、自動車グリーン税制の効果を定量的に把握した。

省エネ法（定期報告等によるエネルギー管理）の評価

省エネ法に基づいた定期報告書を利用し、省エネ法導入によるエネルギー使用原単位（エネルギー効率）の改善効果について、原単位の2年前比についての基本統計量算出による実証分析を行った。熱とエネルギー別、生産量の増減別に分析することで、分析の精度が向上し、生産量の増減がエネルギー効率の変化に影響していることを明らかにした。また、省エネに資する個別の取り組み状況について、すでに行っていた事業所と、新たに行った事業所をグループ分けし、管理標準の設定に代表される事業所における個別の省エネ取り組みが効果を持つかについて回帰分析により分析を行い、省エネ法の効果について明らかにした。

高性能工業炉の導入補助金、高性能工業炉の導入優遇措置の評価

高性能工業炉の補助金事業(FT 事業含む)の費用対効果の分析を行った。補助を受けた事業者からの二酸化炭素削減情報をもとに二酸化炭素削減効果を算出し、費用については、補助金を投入する政府の費用とした。すべての補助金対象高性能工業炉が補助金の効果であるとする下位推計と、中小企業の高性能工業炉導入のみが補助金の効果であるとする上位推計を行い、費用対効果の値の範囲を明確にした。エネ各税制については、金額規模の観点から定量的効果は限定的であると思われる。また、窒素酸化物削減の便益を考慮すると費用対効果はさらに高まることを示し、その他に硫黄酸化物や VOC 削減の効果もあることから、副次的便益の金銭的評価が重要であることを示した。また、補助金の効果を厳密に推計するためには、補助金がなければ導入できなかった基数を推計するために、個表ベースのデータが必要となるが、その推計のための方法論を示した。

住宅用太陽光発電装置導入対策費補助金の評価

住宅用太陽光発電装置の発電量当たり CO₂削減効果を推計した。住宅用太陽光発電装置の製造における CO₂排出量を推計し、その排出量を発電量当たりに変換し、ベースライン発電からの発電量当たり CO₂排出量から差し引くことで、太陽光発電装置の発電量当たり CO₂削減効果を推計した。これに実際の装置導入量から推計される発電量を乗じることで、住宅用太陽光発電装置の CO₂削減量を時系列的に求めた。装置価格と補助金政策の推移を基に、太陽光発電装置のユーザーコストを推計し、太陽光発電装置導入量とユーザーコストの回帰分析を行い、補助金によって新規に導入される住宅用太陽光発電装置の量と太陽光発電装置によって削減される CO₂排出量を結びつけ、補助金による CO₂排出量の限界削減費用および平均削減費用を推計した。

自主行動計画の評価

経団連自主行動計画 2005 年度フォローアップ資料から、全産業について、また、CO₂排出量の大きい、鉄鋼、製紙、化学の 3 つの産業について、CO₂排出削減単価を推定した。具体的には、費用は、投資額を年費用に換算し、これからエネルギー節約による利益を差し引いた純費用とし、一方、効果は CO₂削減量を用いた。単価の安い方から並べることで、限界削減費用、すなわち、1 単位の CO₂を削減するためにどれだけの費用がかかるのかの曲線が求められる。負の費用で CO₂を減らす投資が大半を占めたが、正の費用のかかる対策に近づいている可能性が示唆された。今後は個別企業での対策の具体例を見ていく必要がある。

1. 7 海外講師の招聘

地球温暖化問題は、その原因と影響が地球規模にわたることから、地球温暖化対策の国際的な連携が不可欠である。本調査では、費用と効果に関する分析が様々な形で行われている米国から講師を招聘し、温暖化対策及びその政策評価の現状について聴取し、意見交換を行うこととした。

1. 8 調査体制と進め方

本調査にあたって、金本東京大学教授を座長とし、定量的分析に精通している委員で構成した研究会を設置した。研究会には、経済産業省関係各課、及び分析にあたった各委員の関係者の参加があった。事務局は、経済産業省産業技術環境局環境政策課と財団法人政策科学研究所の両者である。各対策・施策の具体的な分析作業は、研究会委員の有村委員、岡委員、戒能委員、藤原委員、吉岡委員が行い、経済産業省関係各課及び事務局が協力した。

【研究会の構成】

(座長)	金本良嗣	東京大学大学院経済学研究科教授
(委員)	有村俊秀	上智大学経済学部助教授
	岡 敏弘	福井県立大学大学院経済・経営学研究科教授
	戒能一成	経済産業研究所研究員
	藤原 徹	明海大学不動産学部専任講師
	山口光恒	帝京大学経済学部教授
	吉岡完治	慶應義塾大学産業研究所教授
(経済産業省)	大臣官房	深野弘行審議官（地球温暖化問題担当）
	産業技術環境局	肥塚雅博産業技術環境局長
		糟谷敏秀環境政策課長
		田中哲也研究開発課長補佐
		坂口利彦環境経済室長
		坂本敏幸地球環境対策室長
		鎌田篤環境政策課政策調整官補佐
		前田康司技術評価調査課課長補佐
		水野正人環境政策課課長補佐
		豊島厚二環境政策課課長補佐
		高橋智之環境政策課経済産業調査員
	資源エネルギー庁	
	長官官房総合政策課	江崎禎英エネルギー政策企画室長
	省エネルギー・新エネルギー部	宮川正政策課長
	省エネルギー・新エネルギー部	三木健省エネルギー対策課長
	省エネルギー・新エネルギー部	安藤晴彦新エネルギー対策課長
	製造産業局	伊藤禎則自動車課補佐
	原子力安全・保安院	谷川浩也保安課長
(事務局)	財団法人政策科学研究所	猪瀬秀博主席研究員
		加藤悟主任研究員
		小松真弓主任研究員
		川島啓研究員

研究会は、7回開催した。

○各研究会の開催日とテーマ

第1回研究会

本研究会の開催について
経済産業省の主な温暖化対策施策について
評価方法に関する基本的な考え方について
本研究会で取り上げる施策について

第2回研究会

本研究会で取り上げる施策について
本研究会の位置付け及び今後の進め方について
各分析委員からの発表

第3回研究会

分析対象とデータ及び分析手法に関する意見交換（その1）
有村委員報告、藤原委員報告
海外講師招聘について

第4回研究会

分析対象とデータ及び分析手法に関する意見交換（その2）
岡委員報告、吉岡委員報告
海外講師招聘について

第5回研究会

各委員の分析の状況報告
温室効果ガス排出削減・抑制以外の便益評価
海外講師招聘について
報告書の構成と執筆について

第6回研究会

海外講師の講演と議論

第7回研究会

各委員の分析結果の報告

また、各章の執筆者は下記の通りである。

第1章	事務局（財団法人政策科学研究所）
第2章	山口光恒 帝京大学経済学部教授
第3章	戒能一成 経済産業研究所研究員
第4章	藤原 徹 明海大学不動産学部専任講師
第5章	有村俊秀 上智大学経済学部助教授
	原野 啓 上智大学大学院経済学研究科博士課程
	岩田和之 上智大学経済学部経済研究科博士課程
第6章	吉岡完治 慶應義塾大学産業研究所教授
	中野 諭 慶應義塾大学産業研究所研究員
第7章	岡 敏弘 福井県立大学大学院経済・経営学研究科教授
第8章	事務局（財団法人政策科学研究所）
第9章	金本良嗣 東京大学大学院経済学研究科教授

2 対策コスト把握の必要性

－日本の温暖化対策と費用便益・費用効果分析－

2. 1 日本の温暖化対策の特徴

日本は京都会議直前の 1997 年 11 月、「地球温暖化への国内対策に関する関係審議会合同会議」の場で、2010 年のエネルギー起源 CO₂排出量を 1990 年と同水準で安定化する目標を策定した。試算では特段の対策をとらない場合、2010 年の CO₂排出量は 1990 年に比べて 20%増であったので、この目標は 20%の削減 (CO₂換算では 2.2 億トン削減) に相当する。これを全て国内対策、即ち産業、民生、運輸、それにエネルギー転換部門でそれぞれ分担する内容であった。当時 EU は一律 15%削減を主張していたが、それをどのような対策で実施するかの中味は全く決まっておらず、この意味で日本の目標は世界に先駆けたものであった。

他方、翌月の京都会議の結果、日本は (温室効果ガス) -6%という思いもかけない目標を背負い込むこととなった。冒頭の、エネルギー起源 CO₂排出量安定化目標策定当時、国内では専ら環境税論議のみが行われ、国際排出権取引が京都議定書に導入されることはほとんど想定していなかった結果、最も困難なエネルギー起源 CO₂排出削減を全て国内で実施する計画を決定した後であったので、追加削減分を吸収源 (シンク) や京都メカニズムで補うという形で 1998 年 6 月に地球温暖化対策推進大綱 (以下第 1 次大綱) を策定した経緯にある。

日本の温暖化対策の特徴として一般的にいわれているのは、直接規制 (省エネ法に基づくトップランナー方式など) と自主協定 (経団連の自主行動計画) が中心であるという点である。これは特に EU との対比で明らかである。EU では 2005 年 1 月にスタートした域内排出権取引制度、さらにはドイツ、イギリスなどでの環境税など経済的手法が大きな比重を占めている (排出権取引は直接規制と経済的手法のハイブリッドであるが、仮にここでは経済的手法としておく)。筆者は直接規制と自主協定を中心とする政策は日本の風土にあったものとして総合的な観点から受け入れているが、純粋にコスト (経済効率) の面からいえば割高である点是否めない。

もう一つの特徴として排出削減の 93%¹を国内で実施するとしている点が挙げられる。IPCC 第 3 次報告書を見るまでもなく、日、米、EU の中で日本の限界削減費用が最も高いことを考えると、これはただでさえ高い日本の目標遵守コストを、相対的に更に高くするもの

¹ 特段の対策を足らない場合 (BAU) の 2010 年の排出量が +20%、これに対して目標は -6%、従って削減量は 26%分である。これに対して第 1 次大綱での京都メカニズム活用は国内対策と目標との差分 (1.8%) とされ、これは削減分全体の 7%にあたる。京都メカニズム利用はその後シンクの増加に伴い 1.6%に減じられたが、これは国内対策分を更に増やそうというものである。但し、最近になって経団連の自主行動計画の目標遵守のために民間ベースでの CDM・JI プロジェクトによるクレジット取得の動きが加速しており、この点を考えると国内対策の割合は若干下がるものと推定される。

である。この理由の一つは上述の通り、京都会議前にエネルギー起源 CO₂ 排出削減を 100% 日本国内で実施することを決めてしまったことにあるが、これに加えて議定書に規定された補完性 (Supplementarity) に縛られた点もある。補完性の原則とは、京都議定書 (6 条、17 条) で京都メカニズム (のうち排出権取引及び共同実施) はあくまで国内での削減に対して補完的でなくてはならないとの規定があり、EU が当初この規定を厳格に運用する意向を示していたことに配慮したものと思う²。しかし当時 EU は他国には補完性の厳格運用を押しつつ、域内ではトリプティックアプローチ (一定の原則に従って国別割当量を定めようとのアプローチ) を基礎にした、いわゆる EU バブルを認めさせるというしたたかな戦術を取り、また、EU 加盟国であるオランダははじめから自国の削減必要量の 50% は京都メカニズムで賄う事を公言していた点を考えると、上記の通り削減量の 90% 以上を国内対策で賄うとした日本の戦略は、少なくとも費用効果の観点からは解せないものがある。

2. 2 コスト意識の欠如

上記を一言でいえば、コスト意識の欠如といえる。筆者は何度も指摘してきたが、そもそも京都議定書を批准した 2002 年はコスト論議が皆無であった。これは驚くべきことである。国際的な義務を負うのにそのコストがいくらかを全く議論しなかったのである。アメリカ経済への打撃を理由の一つに批准を拒否したアメリカとあまりに異なる対応である。

コスト意識の欠如は政府の目標達成計画にも表れている。第 1 次大綱は先述の通り国内対策を固めてしまった後に 6% の削減が上乘せされた事情があるのでやむを得ないとしても、その後 2002 年 3 月の第 2 次大綱、2005 年 4 月の京都議定書目標達成計画と 2 度も修正の機会がありながら極端な国内対策優先政策はそのまま残してしまった。

以上は国内対策と京都メカニズムの関係であるが、国内対策自体もコストを考慮した形跡はない。国内対策はいわばコストの多寡に関わりなく (regardless of cost) 実施するとの前提に立っている。筆者は産業構造審議会の地球環境小委員会への出席を通して国内対策決定の過程を目の当たりにしてきたが、各対策の間のコスト比較は全く行われなかった。例えばエネルギー起源 CO₂ 削減とシンク、京都メカニズムなどとの間の比較検討などである。

つぎに日本の温暖化対策の中心であるエネルギー起源 CO₂ 対策 (省エネや新エネ・技術革新等) についても、それぞれの対策による削減効果 (環境効果) は明示されるものの、そのコストは明示されない (というよりデータ不足等もあって計算できない) 状況である。これでは最も安い対策から実施するという極めて常識的な政策の実施が不可能である。

ここで外国の例を少しだけ見ておこう。アメリカでは 1981 年のレーガン大統領による Executive Order 12291 により、25 年以上も前から主要法令の導入に際して費用・便益分析

² その後のマラケッシュ合意で補完性に関する数字上の縛りはなくなった。

が義務づけられており、大気浄化法などの環境政策についても現実に分析が実施されている³。日本の環境政策についても容器包装リサイクル法（2001年及び2005年）、家電リサイクル法（2001年）に関し当時の通商産業省による分析があるが、この動きは温暖化対策にまでは広がっていない。この他容器包装リサイクル法については総務省による2003年の政策評価もあるが、これは環境効果の検証にとどまり費用便益分析は行われていない（総務省「容器包装のリサイクルの促進に関する政策評価書」2003年1月）。

EUについてはどうか。EUでは1999年以来京都議定書目標達成のための体系的検討が始まり、ここでの議論の結果2000年6月に議定書目標の効率的達成のためのECCP(European Climate Change Programme)が発足した経緯にある。2001年6月にECCPの第1回報告書が発表されたが⁴、そこではエネルギー供給、産業、運輸、家庭、サービス（民生業務に相当）、農業、廃棄物のセクターごとに対策と削減量・コストが列挙され、最終的にEUの目標達成に必要な削減量は336Mt CO₂eであるのに対し、CO₂1トンあたり20ユーロ以下での削減（これを費用効果的削減と呼んでいる）の可能性が664-765Mt CO₂eあるとしている（これ以外に排出権取引がある）。つまり国内対策を費用効果の観点から横並びにし、安いところから実施しようとの姿勢が明確に出ている⁵。EUはアメリカと異なり、京都議定書目標達成を所与とし、同じ環境効果をあげる最も安い対策の選択（費用効果分析）に特化している点に特徴がある。

ここで日本の対策に戻る。既述の通り日本の京都議定書目標達成計画では、各施策の削減見込み量はあるもののそのコストは全く併記されていない。これはコストがいくらかかってその対策を実施するというを前提にした計画である。しかし、対策を実施する主体は民間である。考えるまでもなく、民間では赤字を垂れ流してまで対策を打つことはない。事実、過去2度にわたる温暖化対策推進大綱では、それに基づく所定の対策がせいせいと実施されれば必ず計画通り進むものと予定されているが、経済成長率は計画策定時のそれを下回っているにも拘わらず、見直しの都度目標との乖離が表面化し、計画見直しを余儀なくされてきた（この点については表2.1を参照）。これはコスト無視の政策の当然の帰結である。2005年の議定書目標達成計画も同じ運命をたどる危険性がある。

³ 具体的な事例については岡 敏弘「環境政策論」岩波書店 1999年 125頁以下を参照

⁴ European Commission, "European Climate Change Programme, Report-June 2001"

⁵ 形式的にはこのようになっているが、この計算根拠などが公開されていないので、どの程度まで信頼性がある数字かは不明である。とはいえ、考え方として費用効果に基づき政策を進める点は明確である。

表 2.1 第 1 次、第 2 次大綱および議定書目標達成計画と現実

	京都会議直前(1997 年)時点での 2010 年見通し	第 1 次大綱 1998 年策定	第 2 次大綱 直前 (2001 年) 時点での 2010 年見通し	第 2 次大綱 2002 年策定	議定書目標 達成計画直前(2004 年) 時点での 2010 年見通し	議定書目標 達成計画 2005 年策定
エネルギー起源CO ₂	BAU+20%	±0.0%	+7%	±0.0%	+5.4%	+0.6%
メタン、N ₂ O、非エネルギー起源CO ₂		- 0.5%		- 0.5%	- 0.8%	- 1.2%
革新的技術開発、ライフスタイルの見直し		- 2.0%		- 2.0% ^注		—
代替フロン類		+2.0%		+2.0%	+1.4%	+0.1%
吸収源（森林等）		- 3.7%		- 3.9%		- 3.9%
京都メカニズム		- 1.8%		- 1.6%		- 1.6%
合計		- 6.0%	+7%	- 6.0%	+6.0%	- 6.0%

注 革新的技術開発-0.6%、ライフスタイルの見直し-1.0~1.5%。「達成計画」ではエネルギー起源 CO₂に統合
BAU とはその時点までの対策以外に新たな対策を導入しない場合のシナリオ

2. 3 本研究会の意義 その1—今後の本格分析に向けての第一歩

こうしたことを避け、しかも資源を効率的に使うには対策ごとの削減量に加えてそのコストの把握は不可欠である。本研究会は温暖化に関するこうした試みの嚆矢となるものである。しかし実際にやってみると方法論もさまざま、且つデータの制約が大きな障害となる。この点のはじめから予期していたことである。オランダで各種政策評価を実施している Ecofys（ユトレヒト大学の研究者が主催する研究機関）ではそれぞれの削減技術についてコストを含む膨大な情報（ICARUS）を蓄積している。また、政府系機関である NOVEM（エネルギー環境庁 The Netherlands Agency for Energy and Environment）が個別企業のデータを長期に亘って保有している。また、温暖化対策技術に関する研究で有名なウィーンの IIASA（国際応用システム分析研究所、International Institute for Applied Systems Analysis）では 1600 ものエネルギー技術のコスト及び環境影響のデータを保有している⁶。

日本はこの面で大きく後れをとっているが、こうした中で本研究会の意義は、日本の温暖化政策の費用効果の本格的分析に向けての第一歩を踏み出したところにある。更に、この研究を通してどのようなデータが不足しているかも明らかになりつつある。従来はこうした情報さえ把握できていなかった状況であり、この点でも今回の研究は将来につながるものである。

⁶ Andrii Gritsevskiy and Nebojsa Nakicenovic, "Modeling Undertainty of Induced Technical Change", Chapter 10 of Technological Change and the Environment, Edited by A. Grubler, N. Nakicenovic and W. Nordhaus, Resources for the Future 2002

2. 4 本研究会の意義 その2—資源の最適配分に向けて

温暖化問題はその影響の大きさから現在世界が抱える喫緊の問題である点については些かの疑念もない。とはいえ我が国及び世界全体が直面する課題は他にも多々ある。先ず温暖化に最も関係の深い分野といえば、持続可能な経済発展とエネルギー安全保障問題であろう。あまりにも急激な温室効果ガス削減を目指して温暖化対策にコストがかかりすぎ、持続的経済発展が妨げられるようであれば、適切な温暖化対策とは言い難い。エネルギー安全保障についても同様のことが言える。こうした課題にバランス良く対処しなければならない。つまり、資源を最も効率的に配分しなければならない。

もう1点、2000年の国連総会で世界規模で取り組むべき問題として Millennium Development Goals (MDGs) が合意されたことは周知の通りである。この内容は下記の8項目であり、環境問題はそのうちの一つである(下線は筆者)。

Eradicate extreme poverty & hunger, Achieve universal primary education, Promote gender equality & empower women, Reduce child mortality, Improve maternal health, Combat HIV/AIDS, malaria & other diseases, Ensure environmental sustainability, Develop a global partnership for development

温暖化問題は、上記の7番目の環境問題のうちの1つの問題である。温暖化対策として MDGs の中でどのように有限な資源を配分していくかが今問われている。

必ずしも MDGs ではないが、国連の刊行物を中心に世界の緊急問題を洗い出し(温暖化問題もこのうちのひとつである)、仮に世界に500億ドルの追加的資金があつたらどのプロジェクトに回すのが費用便益の観点から最適かというユニークな試みがなされた。その結果はコペンハーゲン・コンセンサスとして知られているが⁷、ここで温暖化対策の優先順位が(重要問題のうちでは)最下位に位置づけられたことから、環境問題の専門家からは目の敵にされている。確かに、温暖化のように長期的な課題とマラリア対策のようにどちらかというところ短期的対策を同じ平面上で論じることには色々な問題がある。温暖化対策を費用便益の観点から論じることの危険性は色々な人によって論じられているが、このうち良くまとまっているのはスウェーデンの学者 Azar によるものである⁸。Azar はその理由として、非市場価値(人の生命など)の計測不可能性、不連続且つ不可逆性を有する被害(熱塩循環の停止による北欧の寒冷化など)の存在、割引率についての合意困難性、衡平性(費用便益分析は温暖化により利益を得るものから被害を被るものへの仮説的補償を前提にしているが、これは事実上不可能—カルドア・ヒックスの補償原理問題)の4点を挙げている。確かにこれはあたっている。しかし資源は有限であり、問題は短期から長期に至る多岐に亘っている。この間で優先順位を付けねばならない。費用便益だけで優先順位を付けることは上述の理由から決して

⁷ Bjorn Lomborg ed, "Global Crises, Global Solutions", Cambridge University Press, 2004

⁸ C. Azar, "Are Optimal CO2 Emissions Really Optimal?", Environmental and Resource Economics, 11 (3-4), 301-315, 1998

好ましいことではないが、費用便益抜きでの優先順位付けもまた好ましくない。環境の価格付けなど極めて困難ではあるが、費用便益は有力なツールとして使用できる範囲で使用する必要がある。

次に費用効果分析である。優先順位は所与として、仮に温暖化と共に MDGs のすべての項目を目指すとしたとする（現在はこういう状態である）。繰り返しになるが資源は有限である。もし全てに必要とする資源が回るのであれば問題はないが、そうでない場合にどうするか。同じコストで最大の効果が上がるプロジェクトに資源を用いるべき事は言うまでもない。

こうした観点からも我が国の温暖化対策を最も費用効果的に行うことが絶対に必要である。この研究会は第一歩を踏み出したばかりであるが、これを続けることでデータが揃い、方法論も整備され、最終的には日本の環境政策を費用効果的に進める上で活用できるようになる。研究会の重要性はここにもある。

（山口光恒）

3 家電機器のトップランナー方式規制の評価

本章では、エネルギー・環境問題に関する典型的な規制措置である、省エネルギー法に基づく家電機器のトップランナー方式規制の費用便益分析による定量的政策評価を試みる。

一般に、補助金や税制などの財政的措置に関する政策評価と比較して、規制措置に関する政策評価では潜在的費用を推計しなければならない分だけ費用便益分析の手間は増えるが、分析対象を適切に模式化したシミュレーションにより、規制措置であっても定量的政策評価が可能であることに注目ありたい。

3.1 省エネルギー法トップランナー方式機器効率規制

3.1.1 省エネルギー法と特定機器

エネルギー使用の合理化に関する法律(以下「省エネルギー法」)は、1974年の第1次石油危機を契機として1979年に制定された法律である。

本章において政策評価の対象とする措置は、省エネルギー法第6章「機械器具に係る措置」のうち、第78条「製造事業者等の判断の基準となるべき事項」に基づく特定機器に関する一連の政策措置のうち、エアコン、電気冷蔵庫などの一般家庭で使用される家電機器に関する政策措置である。

同条で対象とされている特定機器には、他に自動車、OA機器などの業務用機器が指定されており、また家電機器の一部は飲食店などのサービス業で広く使用されているが、ここでは評価に使用可能なデータの制約から、「家電機器であって家庭で使用されているもの」に限定した評価を行う。

3.1.2 「トップランナー方式」機器効率基準規制

省エネルギー法上の機器効率基準規制は、大きく分けて過去3回実施されてきており、いわゆる「トップランナー方式規制」は、1998年以降に気候変動枠組条約京都議定書の成立を受けて法改正が行われた後の特定機器に関する規制を指すものである。

「トップランナー方式規制」の特徴は、単純な機器の省エネルギー技術の実現可能性に加えて、既に市場で販売されている最もエネルギー効率の優れている機器のエネルギー効率を踏まえた上で、特定機器の選定や目標効率の設定を行うというものである。

1999年度から2002年度迄の期間にエアコン、電気冷蔵庫など8機器が「トップランナー方式」に基づき特定機器に指定され、さらに現在2つの家電機器が指定手続中の状況にある。

3.2 トップランナー方式機器効率規制の評価の現状と問題点

3.2.1 省エネルギー基準部会などにおける評価

「トップランナー方式」の導入及び特定機器の指定においては、経済産業省の審議会である総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会傘下の各機器別の判断基準小委員会が設置され、特定機器の対象範囲、目標年度、目標効率などを検討している。

当該各機器別判断基準小委員会においては、各機器の目標効率と現状での出荷台数・出荷構成比から、各項目が完全に遵守されたと仮定した場合の省エネルギー量や効率向上率を評価し、「政策措置の効果」として評価しているところである。

具体的な現行評価例を表 3.1 に示す。

表 3.1 エアコン・電気冷蔵庫の目標年度におけるエネルギー消費効率の改善に関する
現在の評価例

1) 省エネルギー基準部会エアーコンディショナー判断基準小委員会資料(1998)

エネルギー消費効率の改善に関する試算

1. 1997 冷凍年度に出荷されたエアーコンディショナーの実績値から試算したエネルギー消費効率

冷暖房兼用 2.96 冷房専用 2.80

2. 目標年度に出荷されるエアーコンディショナーの目標値から試算したエネルギー消費効率

冷暖房兼用 4.82 冷房専用 3.21

※ 前提条件として、出荷台数及び構成は 1997 冷凍年度と同じとした。

3. エネルギー消費効率の改善率

(1) 冷暖房兼用 $(4.82-2.96)*100/2.96 = \text{約 } 63\%$

(2) 冷房専用 $(3.21-2.80)*100/2.80 = \text{約 } 14\%$

2) 省エネルギー基準部会電気冷蔵庫判断基準小委員会資料(1998)

消費電力量の改善に関する試算

1. 1998 年度に出荷された対象電気冷蔵庫等の実績値から出荷台数で加重平均して産出した

1 台あたりの年間消費電力量

約 638.5 kWh/年

2. 目標年度(2004 年度)に出荷されると見込まれる対象電気冷蔵庫等の目標基準値から出荷

台数で加重平均して産出した 1 台あたりの年間消費電力量

約 444.5 kWh/年

3. 消費電力量の改善率

$(638.5\text{kWh/年}-444.5\text{kWh/年})*100/638.5\text{kWh/年} = \text{約 } 30.4\%$

3.2.2 現状での評価の問題点

上記現状での省エネルギー基準部会などにおける評価では、政策措置の効果の一部のみを評価しているに過ぎず、政策評価の考え方から見た場合、以下のような問題点が存在している。

- 政策措置の実施に伴う「費用」が評価されていない

各家電機器を特定機器に指定して効率向上を電気機器メーカーなどに義務づける際に、一体いくらの費用が掛かると考えているのかが明らかでない。

- 政策措置の「効果」の評価内容と前提条件が不適切である

各家電機器の規制に伴う「効果」の評価において、どのような家計消費像を前提としたのかが全く明らかでない。また、省エネルギーに伴う電気料金の節減などの二次的な効果が評価されていない。

このような問題点は、単なる手法上の問題に留まるものではなく、費用対効果の予察を十分に考慮しないまま特定機器を指定することに執着することによって、環境税や排出権取引制度などの代替政策措置と比較して費用対効果の著しく低い機器に時間と政策資源を浪費している可能性を示唆するものであり、省エネルギー法の機器効率規制の制度自体が、政策のあり方として根本的な問題を抱えている可能性を示唆するものであると考えられる。

3.3 トップランナー方式機器効率規制の費用便益分析

3.3.1 規制に関する費用便益分析による政策評価

規制に関する政策評価においては、当該規制に関する便益要素と費用要素を列挙し、これを可能なものから定量化していくことによって評価を行うことが多く用いられる。

具体的に、ある家電機器を考えた場合、当該機器を特定機器に指定して効率向上を義務づけようとする場合、以下のような便益要素と費用要素を考えることができる。

(便益要素)

- 電力消費低減による直接的経済便益

電力消費が低減することにより、家計の電気料金負担が軽減されることによる経済的便益。電力会社の利益分を除いて考えれば、当該電力消費の低減により燃料や設備が不要となることによる便益にほぼ等しいと考えられる。

- 電力消費低減による間接的・副次的(経済)便益

電力消費が低減することにより、発電所からの二酸化炭素排出や硫黄酸化物排出などの環境負荷の排出が低減するなどの間接的・副次的な便益。

(費用要素)

- 家電機器の規制対応のための直接的経済費用

家電機器の電力消費を低減させるために、家電機器メーカーが追加的に支出し消費者に転嫁する開発費用などの直接的な費用。

○ 家電機器の規制対応のための間接的・副次的(経済)費用

家電機器の規制対応のための工程変更などによる追加的な製造時点での二酸化炭素排出増や硫黄酸化物の排出増、あるいは家電機器メーカーの規制遵守の監視などの間接的・副次的な費用。

3.3.2 便益要素の定量化

「トップランナー方式」機器効率規制の便益要素については、以下のような方法を用いることにより定量化することが可能である。

○ 電力消費低減による直接的経済便益

特定機器に指定された家電機器の電力消費量の減少を家電機器の販売・保有量の実績値と電力消費量の実績値から推計し、「トップランナー方式」規制の存在時と非存在時を比較して電力の需給に関する経済的便益を定量化する。

○ 電力消費低減による間接的・副次的(経済)便益

「トップランナー方式」の目標効率の達成により、特定機器に指定された家電機器の電力消費量が減少した際に生じる、エネルギー起源二酸化炭素など直接的に費用化されていない経済的便益を定量化する。

本章での評価においては、費用が直接的便益を上回る場合に、当該差分相当のエネルギー起源二酸化炭素の排出削減に関する間接的な便益があったものと見なしてこれを評価する。

3.3.3 費用要素の定量化

「トップランナー方式」機器効率規制の費用要素については、以下のような方法を用いることにより定量化することが可能である。

○ 家電機器の規制対応のための直接的費用

省エネルギー法「トップランナー方式」規制の目標を達成するために、特定機器に指定された家電機器の価格推移の実績値から、規制に対応するために生じた追加的費用を推定し評価する。

○ 家電機器の規制対応のための間接的・副次的費用

省エネルギー法「トップランナー方式」規制の目標を達成するために、特定機器に指定された家電機器の生産工程で発生するエネルギー起源二酸化炭素の排出や、規制の遵守監視自体に係る費用については、これらの費用は「直接的費用」と比較して十分小さいと推定されるため評価から除外する。

3.4 「トップランナー方式」機器効率規制の便益評価方法

3.4.1 家電機器の機器別電力消費量の分析方法

家計部門における家電機器の電力消費量は、世代層別世帯数、世代層別・年式別家電残存数、年式別機器1台当標準電力消費量、世代層別機器1台当使用状況係数の積で表現することができる。

家電機器別の年間電力消費量が推計できれば、これを「トップランナー方式」規制がある場合の標準電力消費量と、ない場合（規制開始直前の実績値で固定した場合）を比較することによって、「トップランナー方式」規制による電力消費量の低減量を推計することができる。

具体的に、電気冷蔵庫に関して試算した結果を図3.1～図3.3に示すので参照ありたい。

但し、ここでの評価においては住宅の断熱効率の向上など、家計の家電機器使用や電力消費に影響を与える他の要因を考慮しない状態での便益を推計しているため、当該評価上の便益の大きさは必ずしも他の既存の評価とは一致しないと考えられる。

○ 世代層別世帯数

世代層別世帯数については、国勢調査による1980～2003年度の実績値を使用し、将来部分については国立社会保障・人口問題研究所による2003年10月の推計値を使用した。

世代層区分は、29歳以下、30～29歳、40～49歳、50～59歳、60～69歳、70歳以上の6世代層区分とした。

○ 世代層別・年式別家電残存数

世代層別・年式別家電残存数については、まず総務省家計調査報告における世帯別・世代層別家電機器販売価格及び数量推移を世代層別実質家計所得、実質家電価格、時系列の3つの変数の関数として解いておき、これを順次解いていくことにより毎年度の家電機器新規購入数量の将来推計を行った。

次に、総務省全国消費実態報告における世代層別家電機器保有量推移と、上記の毎年度の家電機器新規購入数量の関係から、世代層別の家電機器の平均使用年数を求め、当該平均使用年数が将来に亘り一定であると仮定することによって年式別残存数の将来推計を行った。

○ 年式別機器1台当標準電力消費量

年式別機器1台当標準電力消費量については、財団法人省エネルギーセンター「省エネルギー性能カタログ」(家電製品編)や省エネルギー基準部会資料などの文献から、代表的な家電機器1台当たりの年間標準電力消費量の時系列推移を推計し、機器別の1台当標準電力消費量を推計した。

目標年度未到来の家電機器については、現状から目標年度迄の期間を直線補間し、目標年度以降は標準電力消費量が目標水準を維持するものとして推計した。

機器によっては、モデルチェンジサイクルや開発工数の関係から、規制が開始される前の省エネルギー基準部会での目標効率の検討の段階で既に市販品の効率が向上している機器が存在するが、これらの「前倒し」による効果についても広義の「トップランナー方式」規制の効果であると見なして評価することとした。

○ 世代層別機器1台当使用状況係数

世代層別機器1台当使用状況係数については、経済産業省資源エネルギー庁「電力需給の概要」における家計世帯の家電機器別電力消費量実績値と、前述の年式別機器1台当標準電力消費量の推計値の乖離から推計した。

将来における世代層別機器1台当使用状況係数については、当該係数の時系列を実質家計所得、実質電気料金、前期使用状況係数などの関数として解いておき、将来における家計の家電機器の使用状況の「程度」を推計した。

図 3.1 電気冷蔵庫の購入価格見通し

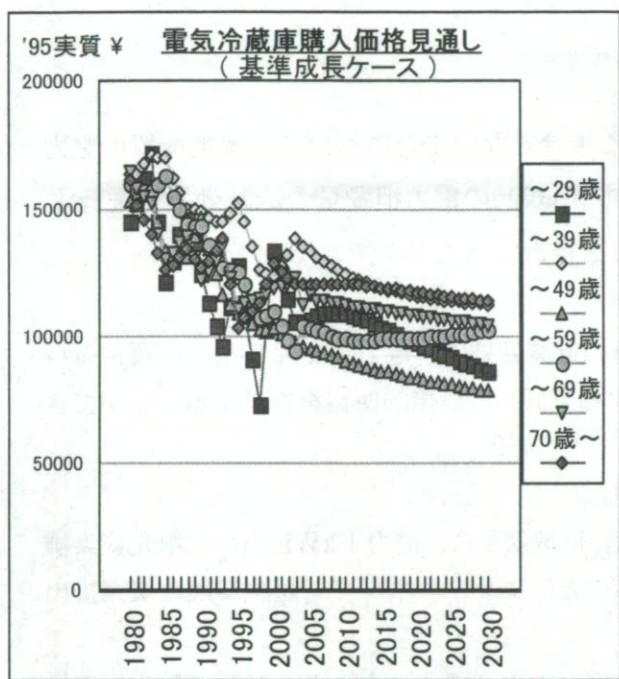


図 3.2 電気冷蔵庫販売数量見通し

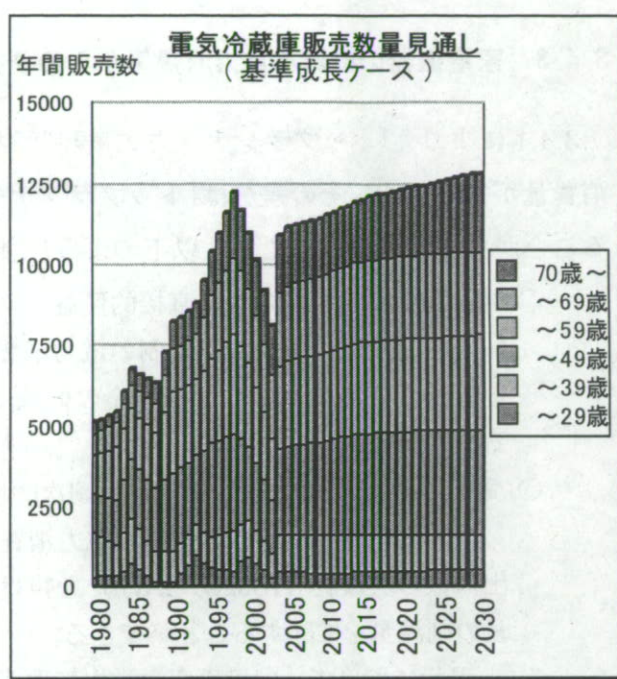
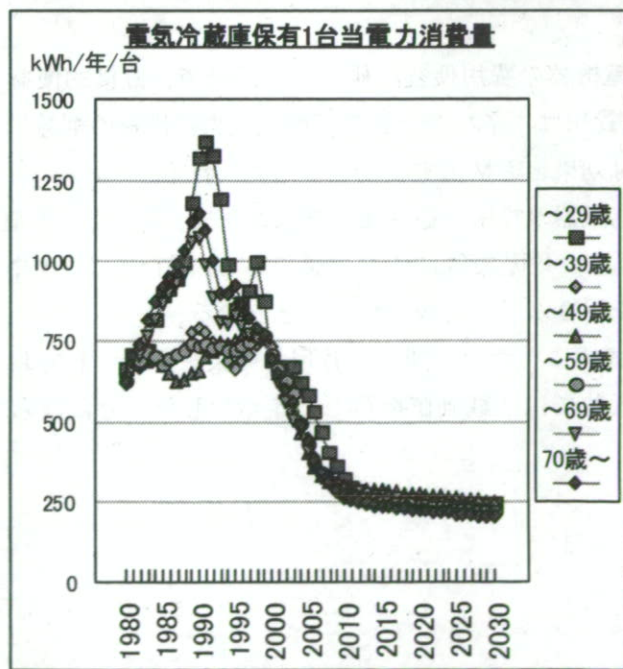


図 3.3 電気冷蔵庫保有1台当電力消費量



3.4.2 家電機器の機器別電力消費量の分析に必要な主要外生変数

3.4.1での分析においては、世代層別世帯数の他に、共通する外生変数として実質経済成長率、実質電気料金についての長期見通しが必要である。

実質経済成長率については、各種の経済見通しを参考に、2005～2015年度迄1%成長、2025年度迄0.5%成長と設定し、これを「基準成長ケース」と名付けた。

実質電気料金については、現状での実績値から当該実質経済成長率と比例的に推移するものとして将来推計を行った。

3.4.3 家電機器の機器別電力消費量からの便益の推計

3.4.1により、「トップランナー方式」規制がある場合とない場合について、家電機器の電力消費量が推計でき、その差分は「トップランナー方式」規制の電力消費量の低減効果と推計することができるため、ここから以下のように便益を推計することができる。

○ 電力消費量の低減による直接的便益

「トップランナー方式」規制の電力消費量の低減効果に、電力1kWh当の実質電気料金を掛けることにより、電気料金の低減による家計への直接的便益を推計することができる。

○ 電力消費量の低減による間接的・副次的便益

「トップランナー方式」規制の電力消費量の低減効果に、電力1kWh当の二酸化炭素排出係数の実績値(103gC/kWh)を掛けることにより、エネルギー起源二酸化炭素排出量の削減量を推計することができる。

現状において、環境税率や排出権取引市況などの形で、エネルギー起源二酸化炭素排出量に金銭価値は与えられていない状況にあるため、便宜的に以下のような定量的評価の手法を用いる。

仮に、個別家電機器の費用便益評価の結果が負で、直接的便益よりも費用が大きい場合には、当該超過費用はエネルギー起源二酸化炭素排出量の削減に充てられたものと見なし、削減の費用対効果を定量化することが考えられる。

逆に、個別家電機器の費用便益評価の結果が正で、費用よりも直接的便益が大きい(=直接的便益を評価した段階で既に便益超過である)場合には、エネルギー起源二酸化炭素排出量の削減は費用0以下で達成されたこととなる。

比較のため機械的に「負の」削減の費用対効果を定量化しておくが、この場合の費用対効果は厳密な意味では金銭価値換算して定量化したことにならないことに注意が必要である。

3.5 「トップランナー方式」機器効率規制の費用評価方法

3.5.1 家電機器の規制対応のための直接的費用の分析方法

一般に、機械器具の製造費用については量産効果による価格低減に従うことがよく知られており、モデルチェンジがない場合における機械器具の製造費用は、製造設備や治具の減価償却、あるいは生産工程の「カイゼン」活動の結果として、累積生産台数に従って低減していくものと考えることができる。

一方で、典型的な消費財である家電製品においては、一定期間毎にモデルチェンジによる商品価値を付与していかなければ消費者に「飽きられる」という特性を持っており、機器毎に頻度の多寡はあるにせよ、モデルチェンジのための開発費用が製造費用に付加されていると考えることができる。

ここで、モデルチェンジのための開発費用の付加が累積生産台数に対して平準化されていると考えると、実際の家電機器の製造費用は累積生産台数に応じて変化していくが、その変化の度合いは量産効果とモデルチェンジ効果のいずれが卓越するかによって決定されていくものと考えることができる。

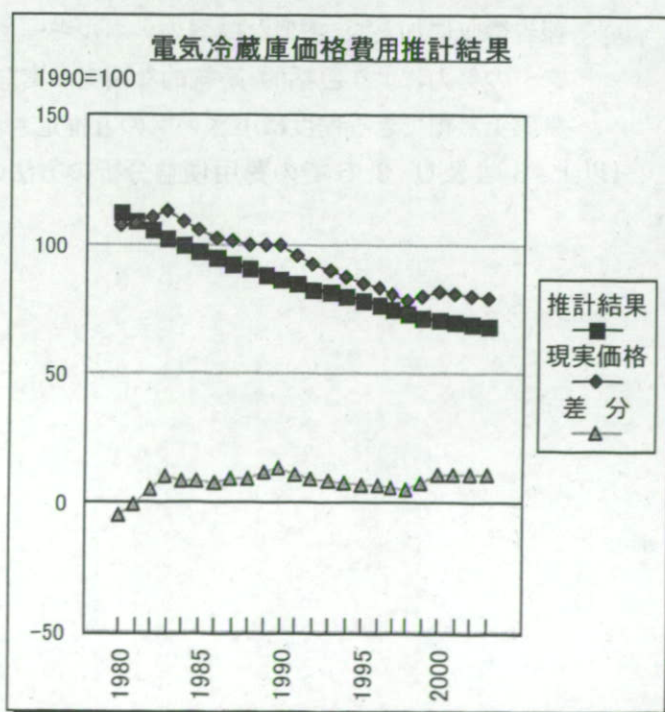
実際に、総務省家計調査報告から実績値が得られる主要家電機器 11 機器について 1980～2003 年度の累積生産台数と実質販売価格の相関を調べた結果、電気冷蔵庫、エアコンなどの主要機器では対数線形で単回帰した際の相関係数が 0.95 を超えており、当該「量産効果・モデルチェンジ効果」が現実の価格推移を非常によく説明していることが観察される。

これらの事実を基礎に、家電機器の価格推移と累積生産台数の回帰分析において省エネルギー法上の機器効率基準規制が行われた年度にダミー変数を入れ、当該ダミーに対して有意な価格変化を抽出すれば、規制による家電機器 1 台当たりの不可逆的な価格変化を規制対応のための追加的費用として推定することができるものと考えられる。

具体的に、電気冷蔵庫の価格推移と「量産効果・モデルチェンジ効果」に基づき累積生産台数から推計した価格推移（理論価格）の比較を図 3.4 に示す。

実際に、当該分析を「トップランナー方式」規制対象機器について試行した結果、1999 年度からの「トップランナ

図 3.4 電気冷蔵庫価格費用推計結果



一方式」規制の導入以降、規制対象機器の多くにおいて約 20%程度の相対的な価格上昇があったものと推計された。但し、当該相対的な価格上昇は量産効果・モデルチェンジ効果による価格低減から分離して抽出・推計されたものであり、実際に消費者が直面している家電機器の価格は前年度より低下している中で「下がり方が多少減った」程度のものであることに注意が必要である。

3.5.2 家電機器の規制対応のための間接的・副次的費用について

○ 家電機器の製造工程におけるエネルギー起源二酸化炭素の排出増加

家電機器が「トップランナー方式」規制に対応する場合においては、機器の設計変更や部品の変更・追加などが行われるため、製造工程でのエネルギー起源二酸化炭素排出が増加していることが考えられる。

ところが、現在日本で販売されている家電機器の大部分は東南アジアで製造されたものであり、直接的に製造工程でのエネルギー起源二酸化炭素排出量の変化を捕捉することが困難であること、国内での電気機器産業の売上高 1 単位当たりのエネルギー起源二酸化炭素排出量と家電機器の総売上高から推計される製造工程でのエネルギー起源二酸化炭素排出量は、家計での使用段階での電力消費に伴うエネルギー起源二酸化炭素排出量の数%を占めるに過ぎないことなどの理由から、当該製造工程でのエネルギー起源二酸化炭素排出量に伴う費用については評価の対象から除外している。

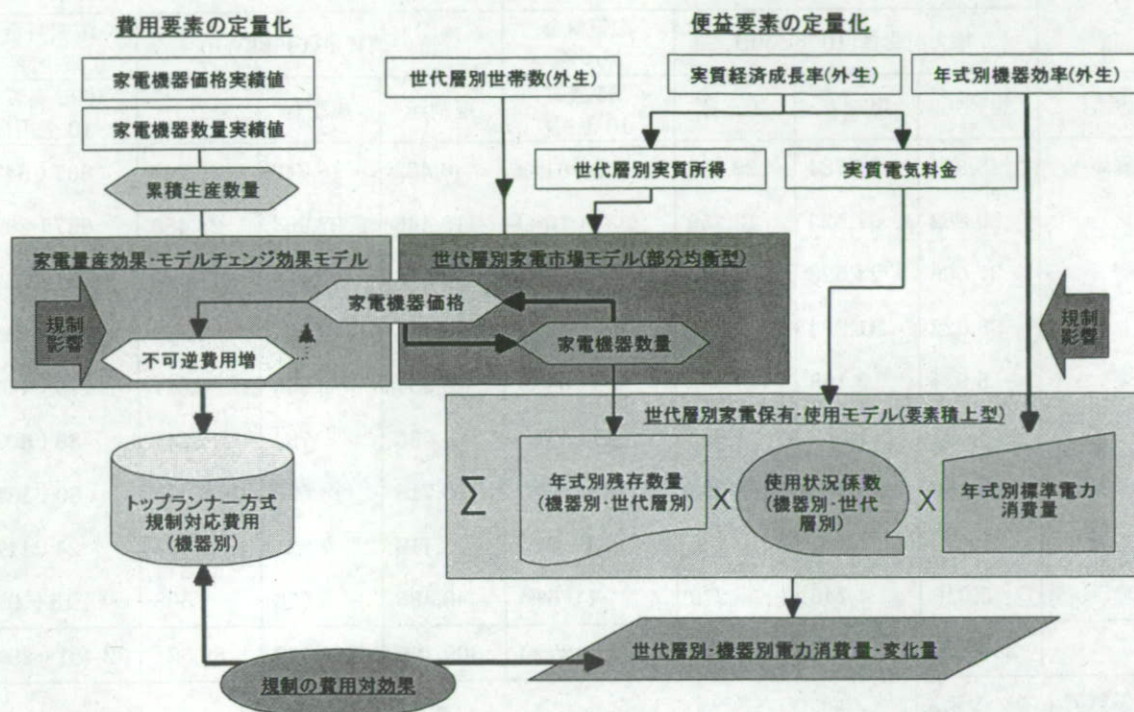
○ 家電機器の「トップランナー方式」規制の遵守監視のための費用

例えば「駐車違反の取締まり」に代表されるように、規制制度においてはその遵守を監視するための費用が馬鹿にならない場合があり、費用便益分析においては遵守監視費用が考慮されることが多い。

しかし、家電機器については、省エネルギー法に基づく家電機器メーカーなどからの報告徴収に加えて、主要な機器のエネルギー消費効率について財団法人省エネルギーセンターの努力により包括的・系統的な調査が実施されてきており、遵守監視のための費用は事実上無視できる程度に小さいものと推定される。

(以上、3.4 及び 3.5 での費用便益分析の方法の概略を図 3.5 に示すので参照ありたい。)

図 3.5 トップランナー方式家電機器効率基準規制の定量的政策評価の枠組み



3.6 「トップランナー方式」機器効率規制の費用便益試算結果

3.6.1 機器別便益試算結果

3.4での方法に従い、「トップランナー方式」機器効率規制の対象となった家電製品についての直接的便益の試算を行った。

「トップランナー方式」効率基準規制の対象機器の電力消費量について、「トップランナー方式」効率基準規制がある状態と、当該規制がなかった状態の値を推計し、その差分の電力消費低減量とこれに対応する家計電気料金減少額を直接的便益として試算した。

試算の結果、「トップランナー方式」効率基準規制の対象機器及び対象予定機器の電力消費低減量は2010年度時点で約688億kWhと推定され、電気料金を約1.74兆円(1995年実質価格)、総家計電気料金の約27%を引下げる便益があると推計された。

さらに、2020年度においては、家電機器の年式更新と家計世帯の家電利用形態の変化によってさらに便益は拡大し、電力消費低減量は約896億kWhと推定され、電気料金を約2.43兆円(1995年実質価格)、総家計電気料金の約29%を引下げる便益があると推計された。

機器別に見た場合、使用時間と電力消費量の大きい電気冷蔵庫やエアコンでは大きな直接的便益が推計されるが、相対的に使用時間・頻度や電力消費量の小さい電子レンジや電気炊飯器では直接的便益が非常に小さいことが観察される。

表 3.2 に機器別の試算結果を示す。

表 3.2 「トップランナー方式」効率基準規制対象機器の直接的便益推計
(基準成長ケース)

	2010 年度				2020 年度			
	電力消費量(10 ⁶ kWh)			電気料金 減少額	電力消費量(10 ⁶ kWh)			電気料金 減少額
対象機器	規制無	規制有	差△分	('95 実質 10 億円)	規制無	規制有	差△分	('95 実質 10 億円)
電気冷蔵庫	45,863	17,784	28,080	-710 (-61%)	46,492	16,742	29,749	-807 (-64%)
エアコン	80,882	67,523	13,359	-338 (-16%)	116,446	92,963	23,483	-637 (-20%)
照明機器	37,666	24,528	13,138	-331 (-35%)	39,218	25,178	14,040	-381 (-36%)
テレビ	38,022	31,284	6,738	-170 (-18%)	48,123	39,304	8,819	-239 (-18%)
パソコン*	5,911	2,108	3,803	-96 (-64%)	8,957	2,346	6,611	-179 (-74%)
VTR	3,521	1,589	1,932	-49 (-55%)	4,035	794	3,241	-88 (-80%)
温水暖房便座	16,450	15,688	763	-19 (-5%)	16,716	14,505	2,210	-60 (-13%)
電気炊飯器	8,411	7,681	730	-18 (-8%)	8,119	7,221	898	-24 (-11%)
電子レンジ	5,016	4,746	270	-7 (-5%)	6,485	5,916	568	-15 (-9%)
合 計	254,380	185,566	68,814	1,741 (-27%)	309,199	219,579	89,621	2,431 (-29%)

表注) 磁気ディスクの効果はパソコンの内数としている。

3.6.2 機器別費用試算結果

3.5 での方法に従い、「トップランナー方式」機器効率規制の対象となった家電製品についての直接的費用の試算を行った。

「トップランナー方式」効率基準規制の対象機器の販売価格について、量産効果・モデルチェンジ効果の代理変数である累積販売台数と、省エネルギー法旧規制・トップランナー方式規制に対応するダミー変数で回帰分析し、規制対応のための追加的費用を試算した。

ここで、総務省家計調査報告により価格実績が判明しない機器については、エアコン・電気冷蔵庫などの実績が判明している機器の平均値から、1990 年度価格比約 20%の追加的費用が発生するものとして試算を行った。

試算の結果、「トップランナー方式」効率基準規制の対象機器の規制対応のための追加的費用は全体で約 1.29 兆円(1995 年実質価格)、家計世帯の総家電機器購入費用の約 17%に相当する費用がかかる見通しであると推計された。

さらに、2020 年度においては、家電機器の年式更新と家計世帯の家電利用形態の変化によって費用は若干拡大し、追加的費用は全体で約 1.44 兆円(1995 年実質価格)、家計世帯の総家電機器購入費用の約 18%に相当する費用がかかる見通しであると推計された。

機器別に見た場合、各機器ともほぼ現在の販売価格の約 20%前後の追加的費用が規制対応のために必要であるという結果となっている。

表 3.3 に機器別の試算結果を示す。

表 3.3 「トップランナー方式」規制対象機器の規制対応追加費用推計
(基準成長ケース)

(95 実質)		2010 年度		2020 年度	
	1 台当追加 費用(円)	総費用 (10 億円)	対家電 購入費比	総費用 (10 億円)	対家電 購入費比
電気冷蔵庫	+15,368	178	+14.5%	190	+15.2%
エアコン	+21,887	267	+22.3%	291	+26.6%
照明機器*2	+1,754	33	+18.9%	34	+17.1%
テレビ	+11,413	263	+16.5%	281	+16.9%
パソコン*1*2	+41,710	398	+20.9%	480	+20.9%
VTR	+5,059	30	+24.5%	35	+27.8%
温水暖房便座*2	+13,686	53	+22.8%	55	+24.2%
電気炊飯器*2	+2,222	20	+20.5%	21	+22.1%
電子レンジ*2	+6,324	46	+23.1%	51	+28.3%
合 計	--	1,288	+17.3%	1,438	+18.2%

表注) *1 磁気ディスクの効果はパソコンの内数としている。

*2 他の機器の趨勢から 1990 年度価格比約 20%の追加的費用が必要であると推計

3.6.3 機器別費用対効果試算結果

「トップランナー方式」効率基準規制の対象機器の電力消費節減に伴う直接的便益と規制対応のための追加的費用の差分を算定し、その差分から電力消費節減に伴う二酸化炭素排出削減の費用対効果を試算した。

電力消費節減に伴う直接的便益が家電機器の耐用年数に亘り徐々に発生するのに対し、規制対応のための追加的費用は各機器の購入時点で発生するという時間的相違が存在するため、2000 年度を起点に割引率を 2.0、3.0、4.0%の 3 段階に設定して、2030 年度迄の累積現在価値をそれぞれ試算して比較することにより費用対効果を試算した。

表 3.4 に機器別の試算結果を示す。

表 3.4 「トップランナー方式」効率基準規制対象機器の費用対効果推計
(基準成長ケース)

('95実質)	年平均CO ₂ 総削減量 (Mt・CO ₂)	直接的便益・追加的費用(10億円)			費用対効果(¥/t・CO ₂)		
		割引率2%	3%	4%	割引率2%	3%	4%
照明機器*2	4.278	+178.05	+147.35	+122.85	-44,156	-36,541	-30,466
電気冷蔵庫	8.832	+292.57	+239.78	+197.69	-35,144	-28,803	-23,764
VTR	0.857	+16.83	+12.83	+9.73	-20,836	-15,886	-12,049
エアコン	6.004	+82.75	+57.60	+38.55	-14,621	-10,178	-6,812
電気炊飯器*2	0.231	-1.07	-1.00	-1.07	+4,910	+4,609	+4,890
温水暖房便座*2	0.482	-10.17	-9.43	-8.72	+22,379	+20,767	+19,207
テレビ	2.419	-77.70	-71.36	-65.87	+34,078	+31,297	+28,892
パソコン*1*2	1.749	-210.73	-181.57	-157.94	+127,786	+110,104	+95,777
電子レンジ*2	0.134	-25.36	-26.39	-29.41	+201,328	+209,462	+233,470
合 計	24.986	+250.90	+177.73	+121.43	-10,653	-7,546	-5,156

表注 *1 磁気ディスクの効果はパソコンの内数としている。

*2 他の機器の趨勢から 1990 年度価格比約 20%の追加的費用が必要であると推計。

その結果、以下のような全く傾向の異なる結果が観察された。

○ 費用対効果が負(費用便益差が正)の機器

照明機器、電気冷蔵庫、VTR、エアコンなど、相対的に使用時間が長い機器、技術的にエネルギー効率向上による節電量の余地が大きい機器においては、節電による直接的便益が既に規制対応のための追加的費用を上回っており、二酸化炭素削減の費用対効果を試算すると「負」となるという結果となる。

これらの機器については、「トップランナー方式」機器効率基準規制は極めて費用対効果の優れた政策措置であると評価することができる。

具体的に、電気冷蔵庫についての費用対効果の試算結果を図 3.6 に示す。

○ 費用対効果が正(費用便益差が負)の機器

パソコン、電子レンジなど相対的に使用時間が短い機器、テレビ、温水暖房便座など技術的にエネルギー効率向上による節電量の余地が小さい機器においては、節電による直接的便益だけでは規制対応のための追加的費用を賄えない結果となる。

これらの機器については、「トップランナー方式」機器効率基準規制は費用対効果の優れた政策措置であるとは評価できない。例えば、特に使用時間の限られているパソコンや電子レンジにおいては費用対効果が 10～20 万円/tCO₂ の水準に達しており、環境税や排出権割当取引制度など国内措置のみで京都議定書の目標達成を図った場合に必要と試算されている限界費用 1～2 万円/tCO₂ を大幅に超える結果

となっている。

具体的に、テレビについての費用対効果の試算結果を図 3.7 に示す。

図 3.6 電気冷蔵庫のトップランナー方式規制の費用便益分析結果

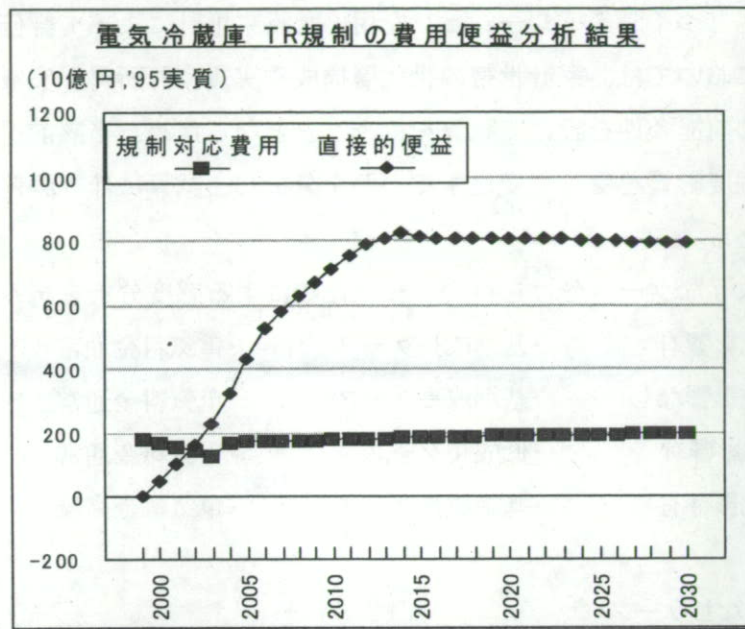
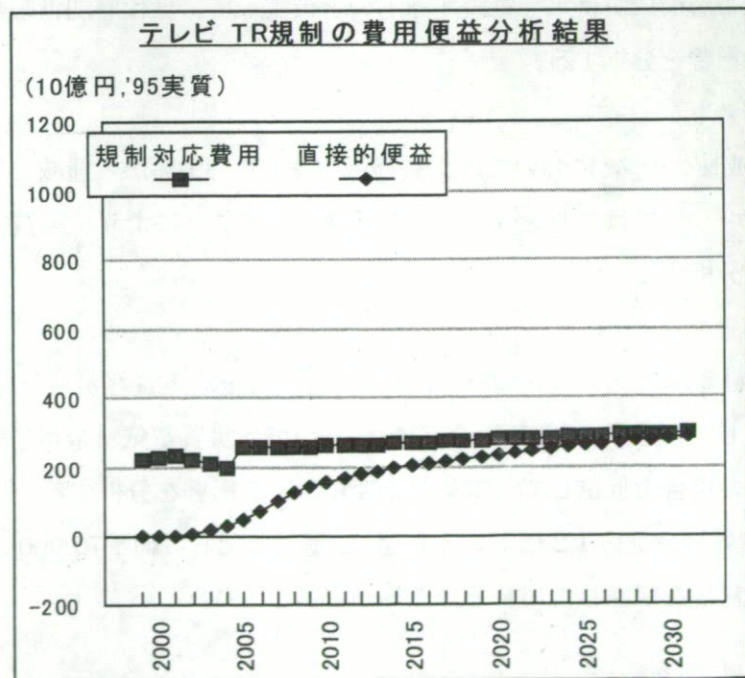


図 3.7 テレビのトップランナー方式規制の費用便益分析結果



3.7 費用便益試算結果の感度分析

3.7.1 感度分析の枠組み

3.4及び3.5での手法においては、費用便益分析において家電機器の部分均衡市場を考え、家計及び家電機器メーカーの家計所得や機器価格に対する反応が大きく構造変化しないこと前提に、回帰分析にもとづくシミュレーションを用いた将来推計によって評価を行った。

しかし、当該手法においては、家計世帯の世代層構成や実質家計所得、実質電気料金の将来推移について特定の前提条件を設けて試算を行うこととなるため、当該前提条件の変化により試算結果がどの程度影響を受けて変化するかを分析し、試算に伴う誤差の大きさを見積もることが必要である。

このため、以下のようなケース分けを行い、相互比較による感度分析を試みた。

- | | | |
|------------|----------|-----------------|
| a. 高齢化影響有 | ・基準成長ケース | ・電気料金通常（3.6の結果） |
| b. 高齢化影響なし | ・基準成長ケース | ・電気料金通常 |
| c. 高齢化影響有 | ・低成長ケース | ・電気料金通常 |
| d. 高齢化影響有 | ・基準成長ケース | ・電気料金高騰 |

○ 高齢化影響なしケース

「高齢化影響有ケース」においては国立社会保障・人口問題研究所予測値の将来世代層別世帯数推計を設定しているが、「高齢化影響なしケース」では2000年度の世代層別世帯層構成が将来も継続するものと仮定して、世代層別世帯数の変化による高齢化の影響を分析する。

○ 低成長ケース

「基準成長ケース」においては実質経済成長率を1.0%から通減と設定しているが、「低成長ケース」ではこれを0.5%から通減とすることにより、実質経済成長率変化の影響を分析する。

○ 電気料金高騰ケース

「電気料金通常ケース」においては実質電気料金が実質経済成長率により増加すると仮定しているが、「電気料金高騰ケース」では実質電気料金が当該仮定の約1.2倍となった場合を仮定して、電気料金変化による影響を分析する。

当該電気料金が約1.2倍という状態は、電気に関して約¥70,000~80,000/tCO₂の温暖化課税を賦課した場合とほぼ等価である。

3.7.2 感度分析の結果

3.7.1の枠組みに従い、3.6での試算を前提条件を変えて繰返し、「トップランナー方式」

規制の対象となった家電機器全体での費用対効果、二酸化炭素排出量変化などを相互比較した。

当該結果から、3.6における試算結果は、最大で約±20%程度の誤差を持っていることが推察される。

○ 費用対効果

費用対効果については、いずれの場合においても便益が費用を上回る状態であることには変わりはないものの、低成長ケースや高齢化影響なしケースでは、家計の家電機器の購入挙動や電力の消費挙動が異なるために、費用対効果において20%程度の偏差を生じることが観察された。

a. (基準状態)	+1780 億円 (1995 年度実質・以下同)
b. 高齢化影響なし	+1580 億円
c. 低成長	+1450 億円
d. 電気料金高騰	+1920 億円

○ 二酸化炭素排出削減効果

電力消費低減に伴う二酸化炭素排出削減効果については、高齢化影響なし及び低成長ケースの場合においては、ほぼ基準状態と同じ試算結果となり、結果の安定性が確認される。

一方、電気料金高騰ケースにおいては、そもそもの母数となる家計の電力消費行動が価格効果による節約挙動の影響を受けて減少するために、二酸化炭素排出削減量が約20%程度の偏差を生じることが観察された。

a. (基準状態)	-25.0Mt-CO ₂
b. 高齢化影響なし	-24.6Mt-CO ₂
c. 低成長	-25.2Mt-CO ₂
d. 電気料金高騰	-21.1Mt-CO ₂

3.8 結果のまとめと今後の課題

3.8.1 「トップランナー方式」規制の費用便益分析結果

本章においては、家電機器を事例として「トップランナー方式」機器効率基準規制の費用便益分析による定量的政策評価を試みた。

当該評価結果においては、「トップランナー方式」機器効率規制対象機器全般について見た場合には、割引率2～4%で現在価値換算した費用便益差は便益が費用を上回る正の値となり、当該規制措置は、年平均約1800億円(割引率3%)の便益と約25Mt-CO₂の二酸化炭素削減効果が同時に得られる極めて優れた政策措置であることが示された。

但し、電気冷蔵庫・エアコンなどの家電機器では費用便益差は正であるが、相対的に使用時

間が短く技術的に効率向上余地の少ない電子レンジなどの機器では費用便益差は負でありかつ著しく費用対効果が悪い結果が示された。

当該結果から、省エネルギー法「トップランナー方式」機器効率規制の対象機器の選択においては、現状では市場での「トップランナー」の効率水準迄は技術的な達成が容易であるとの前提の下、費用対効果についての検討を行わず効果のみによる対象機器の選択が行われているが、今後の対象機器の選択においては費用対効果について慎重な予備的検討を要することが示された。

見方を変えれば、今後の当該規制措置の方向性としては、電力消費量が大きく技術的改善余地の大きなエアコンや待機時電力などの規制・再規制を重点的に行うべきであり、電力消費量が相対的に小さく技術的に効率向上が困難な機器にむやみに対象を拡大することに注力することは、政策措置の費用対効果を下げてしまう危険があることが示唆されたものと考えられる。

3.8.2 費用便益分析における今後の課題

○ 規制対応のための追加的費用の推計手法の確立

本章における定量的政策評価においては、家電機器の規制対応のための追加的費用を量産効果・モデルチェンジ効果を基礎として回帰分析により推計したが、なお相当部分の機器について実績値が判明する機器からの「類推」により追加的費用を設定している。

しかし、本来個別機器の技術開発の内容は目標年度や目標効率水準に応じて差異があると考えられ、当該「類推」による手法は正確性を欠くものと考えられる。

従って、今後の課題として、家電機器を事例として「トップランナー方式」機器効率基準規制の対応のために具体的にどのような費用がどの程度掛かったのかをより精緻に調査し、これから規制される機器の規制対応のための追加的費用を予測推計する手法を開発し、費用便益分析による定量的政策評価を確立させていく努力が必要であると考えられる。

○ 実質電気料金の長期推計手法の確立

本章における定量的政策評価の感度分析の結果のうち、二酸化炭素排出量の評価においては、実質電気料金の将来推計結果が費用対効果の評価に大きな影響を及ぼすことが示された。

輸入エネルギー価格や外国為替相場の将来想定など、本質的に実質電気料金の将来推定には困難な側面があるが、実質電気料金についての的確な将来想定を行い得る手法を開発することにより、当該問題点を補完し、本手法による費用便益分析による定量的政策評価の精度をさらに向上させていく努力が必要であると考えられる。

○ 間接的費用便益や他の政策措置の相乗相殺効果の推計

本章における家電製品の「トップランナー方式」規制に関する定量的政策評価の費用便益分析においては、以下に掲げるような間接的な費用便益や他の政策措置などによる相乗効果・相殺効果を評価分析の対象から外している。

今後、評価分析の精緻化を図っていく上では、これらの問題についての検討を進めていくことが必要であると考えられる。

- － 家電機器の製造過程での温室効果ガス排出量の変化（間接的費用）
- － 家計以外の第三次産業などにおける家電製品の使用による効果（間接的効果）
- － 住宅の断熱化の推進による実質冷暖房エネルギーの変化（相乗/相殺効果）

（戒能一成）

4 消費者の新車購入行動に対する自動車グリーン税制の影響評価

4. 1 はじめに

本稿では、いわゆる自動車グリーン税制が、地球温暖化対策としてどの程度の効果があったのかを検証するための手がかりとして、消費者の新車購入行動への影響に焦点を当てた分析を行う。多項ロジットモデルを応用して、エンジン排気量などの自動車の物理的な属性や車両価格等によって乗用車の車種ごとの新車販売シェアを説明する計量経済モデルを構築し、実際のデータを用いて推定する。また、その結果を用いてグリーン税制がなかったと仮定した場合の新車販売シェアを推計し、自動車グリーン税制の効果を定量的に把握する。

いわゆる自動車グリーン税制は、地球温暖化対策だけでなく、排気ガスによる大気汚染物質の削減等も意図されたものであり、多岐にわたる政策の組み合わせである⁹。本稿では、(1)「自動車税のグリーン化」と(2)「低燃費車の取得に係る自動車取得税の特例措置」の二つを合わせて「自動車グリーン税制」とよぶ。したがって、本稿で定量的に把握している効果は、政策の効果の一部であることに注意が必要である。

本稿の構成は以下のようになっている。次の4. 2において、現行の自動車関連税制を概観し、自動車グリーン税制の概要を紹介する。4. 3は、自動車グリーン税制の導入以前のデータを用いた事前の定量的評価を行っている研究や、消費者の自動車の選択行動モデルを構築して、自動車税制と環境問題に焦点を当てた分析を行っている先行研究の例を紹介する。4. 4では、本稿で用いる多項ロジットモデルの概要と、推定に当たって利用した統計データ等を説明する。推定結果の概略と、その結果を利用したグリーン税制の影響評価の分析は4. 5にまとめられている。4. 6で今回の分析結果をまとめ、今後の課題を展望する。

4. 2 現行の自動車関連税制と自動車グリーン税制の概要

4.2.1 現行の自動車関連税制の概要

現行の自動車関連税制は、主として、①取得段階の課税（以下「取得税」）、②保有段階の課税（以下「保有税」）、③走行段階の課税の3種類に大別できる。乗用車の場合には、①の取得段階の課税は、消費税と自動車取得税からなり、自動車取得税率は取得価額の5%である。②の保有段階の税は、自動車重量税と自動車税からなる。自動車重量税は、車検時に車の総重量に応じて課税され、乗用車の場合は0.5トンごとに年間6,300円が課される。自動

⁹ 詳細については、国土交通省 web ページに掲載されている、「自動車グリーン税制の概要について」を参照されたい (URL: <http://www.mlit.go.jp/jidosha/topbar/zei/mokuji/2.pdf>)。

車税は、毎年4月1日現在の持ち主に対して課される。税額は、エンジン排気量によって定められ、例えば、排気量3ℓの自家用乗用車の場合には、年間51,000円が課されるなど、排気量が大きくなるほど税額が高くなる制度になっている。③の走行段階の課税に関しては、燃料種別の税体系であり、ガソリンの場合は、揮発油税と地方道路税が合わせて53.8円/ℓ課され、軽油の場合には軽油引取税が32.1円/ℓ課される。さらに、消費税が別途課されている。

4.2.2 自動車グリーン税制の概要

乗用車に関する税制のグリーン化は、平成11年度から導入された。当初の2年間は、「低燃費車に係る自動車取得税の特例措置」が主であり、自動車税のグリーン化は導入されていなかった。平成13年度からは、「低燃費車に係る自動車取得税の特例措置」に加え、低燃費かつ低排出ガスと認定された自動車に対して、自動車税を軽減し、逆に、型式の古い車両に対しては自動車税を重課する、「自動車税のグリーン化」が導入された。その後、税の軽減措置に対しての認定基準が徐々に厳格化されている。詳細については付表を参照されたい。

今回分析の対象とするのは、平成16年度の新車購入行動である。グリーン税制による税の軽減措置の対象自動車は、排出ガス性能と燃費性能と二つの基準によって規定されている。排出ガス性能については、平成17年の排出基準値よりも50%低減したものを「新☆☆☆車」、75%低減したものを「新☆☆☆☆車」とし、税の軽減措置の対象としている。燃費性能については、省エネ法に基づいて定められている、平成22(2010)年度燃費基準を達成した自動車を「低燃費車」、さらに5%以上向上した自動車を「優良低燃費車」として軽減措置の対象としている。排出ガス性能と燃費性能ともに優れた自動車のみが税の軽減措置の対象になっており、どちらか一方の基準のみを満たしても対象とはならない。

自動車税のグリーン化については、表4.1に示すように、低燃費車かつ新☆☆☆☆車、あるいは、優良低燃費車かつ新☆☆☆☆車については25%、優良低燃費車かつ新☆☆☆☆車については50%の自動車税の減税となっている。例えば、排気量3ℓの自家用乗用車の場合には、自動車税額は年間51,000円であるので、25%の軽減は約13,000円の、50%の軽減は約25,000円の減税に相当する。軽減措置は、新規登録年度の翌年度1年間のみに限られている。

自動車取得税の特例措置についても同様の基準で運用されており、表4.2に示すように、低燃費車かつ新☆☆☆☆車、あるいは、優良低燃費車かつ新☆☆☆☆車については自動車取得税の課税標準額から20万円が控除され、優良低燃費かつ新☆☆☆☆車については30万円の控除が認められている。自家用乗用車の場合、取得税率は5%であるので、それぞれ1万円、1.5万円の軽減措置となる。

表 4.1 自動車税のグリーン化の対象車両と内容

	新☆☆☆車 (平成 17 年排出ガス基準 より 50%低減)	新☆☆☆☆車 (平成 17 年排出ガス基準 より 75%低減)
平成 22 年度燃費基準達成車 (低燃費車)		25%軽課
平成 22 年度燃費基準+5%達成車 (優良低燃費車)	25%軽課	50%軽課

表 4.2 自動車取得税の特例措置の対象車両と内容

	新☆☆☆車 (平成 17 年排出ガス基準 より 50%低減)	新☆☆☆☆車 (平成 17 年排出ガス基準 より 75%低減)
平成 22 年度燃費基準達成車 (低燃費車)		20 万円控除 (1 万円の軽課)
平成 22 年度燃費基準+5%達成車 (優良低燃費車)	20 万円控除 (1 万円の軽課)	30 万円控除 (1.5 万円の軽課)

4. 3 既往研究の概要

自動車グリーン税制の定量的な評価に関する研究は、政策導入前のデータを用いた事前の評価分析がいくつかなされている。中塚他（2001）は、本稿でも用いている多項ロジットモデルを応用して、消費者の車種選択を階層的にモデル化し、グリーン税制の効果を予測している。そこで検討されている政策は、①旧運輸省による 2000 年度税制改正要望案、②旧運輸省他による 2001 年度税制改正要望案、③完全燃費比例型の燃費税等である。現行のグリーン税制に近いのは、②の案であり、その概要は、環境に優しい車を購入した場合に、3 年間にわたって自動車税を 10～20%減税するものであるが、この施策による CO₂ 排出量削減効果は 0.1%程度と、非常に小さいという結果を得ている。

藤原・蓮池・金本（2002）は、自動車の耐久性を考慮に入れるために消費者の動学的な行動をモデル化し、実際の統計データに基づいたシミュレーション分析を行っている。そこでは、ミクロ経済学のモデルに立脚して、税収中立的な取得税・保有税の変更や燃料税の増税といった自動車関連税制の変更が、消費者の便益や環境負荷にどういった影響を与えるのか、社会的な便益・費用を計算している。藤原・蓮池・金本（2002）の分析は、現実のグリーン税制よりも単純化した施策の分析であるが、取得税や保有税による資源配分の歪みを考慮すると、取得税や保有税はゼロが望ましく、税収中立的な取得税・保有税の変更は、CO₂ 排出量の削減効果はほとんどないという結論を得ている。

計量経済学的手法を用いてグリーン税制の効果分析に焦点を当てた中塚他（2001）、ミクロ経済学のモデルを用いてシミュレーション分析によって費用便益分析を行った藤原・蓮

池・金本（2002）とも、現実的な税額ではグリーン税制のCO₂排出量削減効果はほとんどないという結論になっている。本稿では、実際にグリーン税制が導入された後の統計データを活用して、グリーン税制の効果について事後的な検証を行うことを目的としている。

消費者の車種選択行動について、自動車の様々な特性に関するデータを用いて分析した例としては、日引・有村（2001）がある。日引・有村（2001）では、わが国における自動車の燃料税のいわゆる油種間格差に焦点をあて、自動車燃料税改革が消費者の車種選択行動にどのような影響を与え、その結果として窒素酸化物（NO_x）等による大気汚染など環境負荷にどの程度インパクトを与えるのかを定量的に分析している。本稿における計量経済学的な推定は、この研究の手法を参考にしている。

4. 4 推定モデルとデータ

4.4.1 多項ロジットモデル

本稿では、以下のような標準的な多項ロジットモデルを用いる。

すべての消費者をまとめた代表的消費者の存在を仮定し、代表的消費者が n 種類の型式の自動車の中から、ある特定の型式の自動車 i を購入した場合の効用を U_i とする。 U_i は確定的な効用 f_i と確率的な部分 ε_i とに分解でき、

$$(1) \quad U_i = f_i + \varepsilon_i$$

と表されると仮定する。確率的な効用 f_i は、燃費、馬力、車両重量といった、自動車 i の各種の特性 $z_{k,i}$ から構成され、

$$(2) \quad f_i = \sum_{k=1}^N \beta_k z_{k,i}$$

と表現できるとする。ここで、 β_k はパラメータであり、自動車の特性の数を N としている。

効用の確率的な部分 ε_i は、効用のうちで、確定的な効用 f_i に含まれない部分を表す。 ε_i について、独立で同一なガンベル分布（第一種極値分布）を仮定すると、消費者がすべての自動車の型式の選択肢の中から特定の型式の自動車 i を選択する確率 P_i が、

$$(3) \quad P_i = \frac{\exp(f_i)}{\sum_{j=1}^n \exp(f_j)}$$

となることが知られている。ここで、 n は選択肢の数である。したがって、代表的消費者が購入する自動車の総台数のうちで、ある特定の型式の自動車 i が占めるシェア S_i は、

$$(4) \quad S_i = \frac{\exp(f_i)}{\sum_{j=1}^n \exp(f_j)}$$

と表される。以下では、代表的消費者の新車購入行動に焦点を当てて、型式の選択に影響を

与えらるゝと考ゑらるゝ様々な特性を考ゑ、実際の統計データを用いてパラメータ β_k を推定する。

4.4.2 変数の定義と統計データ

本稿では、ある特定の型式の自動車 i のシェア S_i を説明する属性 $z_{k,i}$ に関する変数として、大きく分けて2種類の変数を考ゑている。一つは自動車の物理的な属性に関するもので、もう一つはコストに関する変数である。本節では変数の定義と利用した統計資料について簡単に説明する。

被説明変数（シェア、新車台数）

本稿では、平成16年度の新車台数のデータを用いて、平成16年度の自動車グリーン税制の効果を推計する。自動車グリーン税制は、自動車の型式を分類した「型式指定番号」別の区分よりさらに一段階細かい、「類別区分番号¹⁰⁾」によって税の軽減対象が指定されているので、類別区分番号まで分かる形での自動車の新車台数のデータが必要である。統計資料としては、財団法人自動車検査登録協会（以下自検協）が管理している、自動車登録データベース（以下「自検協データ」）から、初度登録年月が平成16年4月から平成17年3月までのものを抽出している。一年以内の事故等による廃車台数はほとんど無視できるレベルであると判断し、これを平成16年度の新車台数とみなしている。なお、予算の制約等から、対象を三重県に絞っている。

実際の推計に当たっては、以下で説明する様々な属性を見た上で、燃費、グリーン税制適合か否か等、主要な性質が明らかに異なると判別できる場合を除いて、類別区分番号別に区別せず、同じタイプの自動車であるとみなしている。¹¹⁾ ¹²⁾ また、価格に関するデータが国産車と同じ統計資料から得られなかった外国車、属性等が不明な自動車等はサンプルから除外した。その結果、693種類の自動車に分類された。総台数は61,018台である。

物理的属性に関する変数

先行研究にならい、自動車の物理的属性として、自動車の大きさ（長さ・幅・高さの積）、車両重量、エンジン排気量、馬力等を変数として考ゑた。新車台数のデータと同様、これらも類別区分番号別の細かいデータが必要となる。本稿で考ゑる自動車の物理的属性に関する変数とその統計資料は、表4.3にまとめてある。

¹⁰⁾ 類別区分番号は、同じ型式の自動車に対して、装備品等の違いによってきめ細かく番号を設定して区分するものである。

¹¹⁾ 車両の長さ、幅、高さの5mm程度の差等は捨象した。

¹²⁾ 改造車等は類別区分番号が振られないので、同じ型式番号の類別区分番号が分かる自動車から適宜判断し、分類した。

表 4.3 物理的属性に関する変数と利用した統計資料

属性変数	備考	統計資料
車両寸法	車両の長さ・幅・高さの積、単位：m ³	『自動車諸元表』
馬力/車両重量	単位：kw/トン	『自動車諸元表』 自検協データ
エンジン排気量	単位：1,000cc	『自動車諸元表』
AT ダミー	オートマティクトランスミッション車の場合に1、そうでない場合にゼロ。	『自動車諸元表』
燃料種ダミー	ディーゼル車、LPG 車、ハイブリッド車それぞれについて定義。	自検協データ
メーカーダミー	トヨタ以外の各メーカーそれぞれについて定義。当該メーカーの自動車であれば1を、そうでなければゼロ。	自検協データ

自動車の乗り心地や乗員定員等に関する指標として、車両の寸法を考えた¹³。これは社団法人自動車技術会が公表している『自動車諸元表』等を資料として利用している¹⁴。また、オートマティクトランスミッション（AT）に関するダミー変数、燃料種によるダミー変数を考慮に入れている。日引・有村（2001）では、一般に、ディーゼル車はガソリン車に比べて乗り心地が劣るとされていると指摘している。その場合には、ダミー変数のパラメータが負になることが予想される。本稿では、LPG 車やハイブリッド車も含まれているが、これらの燃料種特有の性質が消費者の選択確率に与える影響が正なのか負なのかは不明である。

自動車の運動能力に関する指標としては、Berry *et al.* (1995) や日引・有村（2001）にならい、車両重量あたりの馬力を用いている。

その他には、エンジン排気量、メーカーダミー等を考えた。メーカーダミーは、トヨタ以外のメーカーについてそれぞれ定義している。

コストに関する変数

自動車の取得及び保有コストに関しては、（１）自動車の車両価格、（２）取得税額及び保有税額を考慮した。類別区分番号別の車両価格に関するデータは、『自動車取得価額一覧表』

¹³ 日引・有村（2001）等の先行研究では、室内容積を利用しているが、それと同様の指標であると考えられる。ここでは、他の変数と同じ統計資料を利用したため、車両自体の大きさになっている。

¹⁴ 自動車諸元表から値を得られなかった一部の型式については、Web 上の自動車カタログデータ (<http://autos.goo.ne.jp/catalog/index.html> 等) から判断した。他の変数についても同様である。

を利用した¹⁵。グリーン税制適合車については、それぞれの軽課額を控除している。本稿では、動学的な要素を捨象して、これらの単純合計を「車両コスト」として説明変数に加えた。車両価格についてそのまま合計に加えることは、グリーン化による減税額の効果を小さく推定する傾向をもつと考えられる。同様に、購入後の課税負担額や車検・駐車場代等の維持費用を捨象することは、グリーン化による減税額の効果を大きく推定する傾向をもつと考えられる。全体として、動学的な要素を捨象することの効果は不明である。

自動車の走行に関するコストは、1ℓあたりの平均的な燃料価格を、『自動車諸元表』等から得られる燃費で割って求めた。石油情報センターが公表している『給油所石油製品市況調査』等を参考に、1リットルあたりの燃料価格を、ガソリンが116円、軽油が92円、LPGが58円とした。本稿では、簡単化のため、各車両の走行距離については捨象し、「走行単価」として説明変数にしている。

4.4.3 統計データのまとめ

パラメータの推定の前に、サンプルとなるデータの概要を見ておく。はじめに、グリーン税制の対象車のシェアを見ると、表4.4に示すように、新☆☆☆☆車かつ優良低燃費車のシェアが23.3%となっており、約4～5台に1台は、自動車税の50%の軽課と自動車取得税の1.5万円の軽課措置を受けていることになる。また、新☆☆☆☆車かつ低燃費車が2.3%、新☆☆☆☆車かつ優良低燃費車が32.3%となっている。したがって、全体の34.6%が自動車税の25%の軽課と自動車取得税の1万円の軽課措置を受けている。合計すると、57.0%と、半分以上の自動車グリーン税制の対象となっている。金額ベースでみると、自動車税に関しては、総額で約4.7億円の軽課となり、自動車税収（約19.0億円）の約24.6%に相当する。自動車取得税も同様に計算すると、総額で約4.2億円の軽課であり、自動車取得税収（約47.8億円）の約8.9%に相当する。

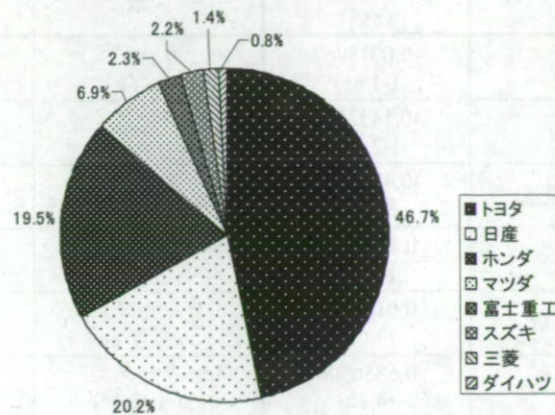
表 4.4 グリーン税制対象自動車のシェア

	新☆☆☆☆車	新☆☆☆☆車	
低燃費車		2.3%	
優良低燃費車	32.3%	23.3%	55.6%
		25.5%	

次に、メーカー別のシェアを見てみると、図4.1に示すように、トヨタが46.7%、日産が20.2%、ホンダが19.5%等となっている。これは、全国的な乗用車のメーカー別販売シェアの値と大差なく、サンプルとして偏っていないと考えてよいであろう¹⁶。

¹⁵ この資料には外国車が掲載されていないので、外国車は今回の分析の対象から外している。
¹⁶ 社団法人 日本自動車販売協会連合会 web ページ (<http://www.jada.or.jp/index.html>) を参照。

図 4.1 メーカー別シェア



燃料種別のシェアを見ると、ガソリン車が約 98%と大半を占め、ハイブリッド車が約 1.6%となっている。ディーゼル車と LPG 車は 0.1%程度と、新車としてほとんど購入されていない。また、AT 車の割合は、95.5%と、ほとんどの自動車は AT 車であることが分かる。シェアで重み付けした平均的な燃費は 15.6km/ℓ (10・15 モード) である。

4. 5 分析結果と政策的含意

4.5.1 推定結果の概略

パラメータの推定結果は表 4.5 にまとめている。コストに関する変数は、車両コストの t 値が若干小さめではあるが、車両コスト、走行単価ともにマイナスの値であり、有意な値を得られた。類別区分番号ごとの価格のばらつきが大きいにもかかわらず、ある程度同じ属性の自動車を同じ型式とみなしたことが、車両コストの推定値の t 値が低い原因の一つであると推測される。

ダミー変数以外の属性に関するパラメータも全て有意な推定値を得られている。日引・有村 (2001) はエンジン排気量のパラメータとして正の値の推定結果を得ているが、本稿ではマイナスの推定値である。これは、優良低燃費車ダミーおよび新☆☆☆☆車ダミーが正の推定値で有意であることも含め、近年の環境意識の高まりに伴って、低排気量の自動車が好まれる傾向にあると解釈することが可能かもしれない。

表 4.5 パラメータの推定結果

変数	推定値 (t 値)	変数	推定値 (t 値)
車両コスト	-0.0015967 (-1.61)	メーカーダミー (スズキ)	-0.1818111 (-0.63)
走行単価	-0.1432689 (-2.35)	メーカーダミー (ダイハツ)	-1.388833 (-5.08)
エンジン排気量	-0.4214949 (-1.81)	メーカーダミー (マツダ)	-0.2295628 (-1.10)
車両寸法	0.2902079 (4.32)	メーカーダミー (三菱)	-1.282671 (-5.93)
馬力/車両重量	0.0180807 (3.69)	メーカーダミー (日産)	0.1763301 (0.98)
オートマダミー	0.6856508 (4.42)	メーカーダミー (富士重工)	-0.0843579 (-0.29)
燃料種ダミー (ディーゼル)	-1.658579 (-4.16)	メーカーダミー (ホンダ)	-0.686399 (-3.85)
燃料種ダミー (LPG)	-0.3837585 (-0.80)	優良低燃費車 ダミー	1.520774 (9.19)
燃料種ダミー (ハイブリッド)	-0.3236871 (-0.47)	新☆☆☆☆車 ダミー	0.4556777 (1.86)

Number of observations = 693, R-squared = 0.2929

燃料種ダミーについてみると、ディーゼル車ダミーが有意な推定値を得ている一方、LPGやハイブリッド車ダミーは有意な推定値を得られていない。ディーゼル車に関しては、日引・有村（2001）が指摘した、ディーゼル車の乗り心地の悪さを反映している可能性が示唆される。

メーカーダミーに関しては、ダイハツ、三菱、ホンダが有意な値になった。推定値が負であるということは、代表的消費者は、メーカー以外はまったく同じ属性を持つ自動車であれば、これらメーカーの自動車よりもトヨタ車を好むことを意味している。

4.5.2 シミュレーションによる自動車グリーン税制の効果の推計

この項では、表 4.5 に示した推定値を用いて、簡単なシミュレーションによって自動車グリーン税制の効果把握する。分析の流れは以下になる。

- （１） パラメータの推定値と属性変数の値から、各型式の自動車のシェアの予測値（当てはめ値）を求める。
- （２） グリーン税制がなかった場合についての属性変数の値を代入し、自動車の各型式のシェアの予測値を求める。
- （３） （１）の結果と（２）の結果を比較する¹⁷。

シミュレーション結果から、グリーン税制ありの場合となしの場合とで、グリーン税制適合車両の選択確率がどの程度異なるかを比較した。表 4.6 に示すように、低燃費車に関して

¹⁷ 予測値にはパラメータの推定誤差が含まれているので、サンプルデータとシミュレーションのアウトプットとを比較するのは望ましくない。

は選択確率にほとんど差が見られない。優良低燃費車に関しては、グリーン税制がなければ 9.2 ポイントと大幅にシェアが低下する。ここでは、「グリーン税制がないケース」として、①税の軽減措置がない、②「新☆☆☆☆車」および「優良低燃費車」の認定をしない、というケースを想定している。①の税の軽減措置がないことをもって「グリーン税制がないケース」と考えることも可能であるが、②の認定は平成 16 年度のグリーン税制とともに導入されたものであり（付表参照）、税の軽減措置と密接不可分のものであると考えた。仮に①の軽減措置のみを考えた場合について計算すると、グリーン税制ありの場合となしの場合で、グリーン税制適合車両の選択確率はほとんど変化がなかった。したがって、税の軽減措置そのものが車種選択に与える効果はそれほど大きくないと考えられる。

表 4.6 グリーン税制による環境負荷の小さい自動車の普及効果の推定

	新☆☆☆☆車	新☆☆☆☆車	
低燃費車		0.1%	
優良低燃費車	5.2%	4.0%	9.2%
		4.1%	

注) グリーン税制ありの場合となしの場合のシェアの差分をとっている。

次に、地球温暖化対策としての効果を見るために、CO₂排出量の変化を計算した。統計資料からは、10・15 モードの燃費の値は分かるが、走行距離に関するデータが得られない。そこで、簡便な方法として、表 4.7 に示した、中塚他（2001）の排気量帯別平均年間走行距離の推定結果を利用し、これを各型式の自動車に当てはめて CO₂排出量を求めた。

表 4.7 排気量帯別平均年間走行距離（中塚他（2001））

排気量区分 (cc)	平均年間走行距離の推定値 (km/年)
1,000～1,500	8,650
1,500～2,000	9,430
2,000～3,000	9,520
3,000～	10,190

グリーン税制がない場合には、グリーン税制がある場合に比べて、CO₂排出量が 1.7% (464t・C) 程度増加する。金本・蓮池・藤原（2006）が設定している、外部費用の貨幣評価原単位 (30,000 円/t・C) を用いて貨幣価値に直すと、約 1,400 万円程度に相当する。グリーン税制の軽減額 5.1 億円に比べると小さな値になっている。ただし、ここで計算しているのは 1 年間の排出量の比較であるので、自動車の耐久性や燃費の悪い自動車から燃費のよい新車への代替等による、長期的な排出量の削減効果を考慮していない点に注意が必要である。また、ガソリン消費量の減少に伴って、大気汚染物質の削減等の副次的な便益も発生するので、それらの定量的な評価も必要である。

4. 6 まとめと今後の課題

本稿で得られた結果をまとめると以下ようになる。

消費者の新車購入行動を、自動車の価格や属性で説明する計量経済学モデルを構築し、実際のデータを用いてパラメータを推定した結果、車両コストや走行コストだけでなく、環境負荷が小さいかどうかということ自体が消費者の車種選択に影響を与えていることが分かった。

パラメータの推定結果を利用して、グリーン税制がない場合を仮想的に想定すると、優良低燃費車のシェアが9.2ポイント程度低下するなど、環境負荷の小さい自動車のシェアは相当程度低下すると考えられる。ただし、税の軽減による効果そのものは必ずしも大きくないと考えられる。

CO₂排出量に関しては、グリーン税制がない場合には排出量が1.7%程度多くなる。これを貨幣価値で考えると、約1,400万円分の社会的外部費用の増大になる。一方で、グリーン税制による税の軽減額は5.1億円程度であり、(長期的な効果や副次的な効果を捨象して)単純にそれと比較すると小さい額になる。

本稿での分析は、グリーン税制による効果の一部をごく大雑把に把握したものであり、今後の課題は少なくない。例えば、以下のような点が挙げられる。

第一に、走行距離に関してより精確な値を用いて分析する必要がある。中古車市場に出回っている自動車については、個々の自動車の走行距離が分かる一方で、グリーン税制適合車かどうかを把握できない可能性がある。中古車の走行距離のデータと、本稿で用いているような類別区分番号別の属性データとをうまく活用するなどして、走行距離に関してより精確な値を用いてCO₂排出量の削減効果を把握する必要がある。

第二に、計量経済学的な推定の精度を上げる必要がある。本稿は平成16年度の三重県のデータを利用したが、都道府県の数を増やしたり、複数年度にわたるデータを利用したりするなどしてサンプル数を増やすほうが望ましい。特に、グリーン税制は制度の改定が何度も行われているので、時系列方向に拡大して分析する必要性が高い。また、データの質の向上とともに、推定モデル自体の再検討も必要である。本稿では普通車と小型車等の区別をしていないが、選択を階層型にするなど、より消費者の現実の選択行動に近い推定モデルを構築する必要がある。

第三の課題は、本稿のモデルでは把握しきれていない効果にも焦点を当てることである。例えば、グリーン税制が、燃費の悪い中古車を廃棄して新車を購入する行動を促す効果などは、本稿のモデルでは把握できない。また、一時点のデータを利用しているので、新車購入後のライフサイクル全般にわたって、CO₂排出量の削減効果がどの程度あるのかといった点も把握していく必要がある。さらに、例えば大気汚染物質の排出量の削減効果など、CO₂排出量の削減以外の効果についても、どのような効果がどの程度あるのか検討していく必要が

あろう。

第四は、費用の扱いである。税収の増減そのものは、所得移転であり、社会全体を考えた場合には費用ではない。税制度等の変更によって消費者の利便性等が貨幣換算でどの程度低下したかといった目に見えない費用は本稿の分析では捉えられていないが、重要な費用の項目の一つである。これらの費用の定量的な評価は必須である。

(藤原徹)

参考文献

- [1] 太田誠 (1980)、『品質と価格』、創文社。
- [2] (社)自動車技術会 (2005)、『2005 年版自動車諸元表 (検索版)』。
- [3] (社)日本自動車販売協会連合会 (2005)、『自動車取得税額一覧表<中古車編>平成 18 年版』。
- [4] 石油情報センター、『給油所石油製品市況調査』、URL: <http://oil-info.iej.or.jp/cgi-bin/index.cgi>。
- [5] 金本良嗣、蓮池勝人、藤原徹 (2006)、『政策評価マイクロモデル』、東洋経済新報社。
- [6] 中塚晋一郎、石谷久、松橋隆治、吉田好邦 (2001)、「階層型ロジットモデルを用いた自動車関連税のグリーン化に関する定量的評価」、第 17 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集。
- [7] 日引聡、有村俊秀 (2001)、「自動車燃料税改革と環境負荷低減の効果：離散選択モデルの車種選択への応用」、『環境経営学会大会報告論文 (要旨) 集』、pp.113-120。
- [8] 藤原徹、蓮池勝人、金本良嗣 (2002)、「地球環境対策における自動車税制活用の評価」、『応用地域学研究』、第 7 号、pp.39-50。
- [9] Berry, S., Levinson, J., and A. Pakes., (1995), "Automobile Price in Market Equilibrium," *Econometrica* Vol.63, No.4, pp.841-890.

付録

1. 多項ロジットモデルにおけるシェア方程式の重回帰式への変換方法

すべての属性が平均的な値をもつ仮想的な自動車 A を考えると、そのシェア S_A は、(4)式から

$$(5) \quad S_A = \frac{\exp(f_A)}{\sum_{j=1}^n \exp(f_j)}$$

となる。ただし、

$$(6) \quad f_A = \sum_{k=1}^N \beta_k z_{k,A} = \sum_{k=1}^N \beta_k \left(\frac{\sum_{i=1}^n z_{k,i}}{n} \right)$$

である。ある特定の型式の自動車 i のシェア S_i と S_A の比率の自然対数をとると、

$$(7) \quad \ln \frac{S_i}{S_A} = \ln S_i - \ln S_A = f_i - f_A = \sum_{k=1}^N \beta_k (z_{k,i} - z_{k,A})$$

となる。これをすべての i について足し合わせると、

$$(8) \quad \sum_{i=1}^n (\ln S_i - \ln S_A) = \sum_{i=1}^n (f_i - f_A) = 0$$

となるので、

$$(9) \quad \ln S_A = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln S_i)}{n}$$

である。したがって、(7)を書き換えた以下の(10)式は、通常重回帰分析によってパラメータ β_k を推定することができる。

$$(10) \quad \ln S_i - \ln S_A = \sum_{k=1}^N \beta_k (z_{k,i} - z_{k,A})$$

付表 自動車税のグリーン化と低燃費車に係る自動車取得税の特例措置の経過

	自動車税のグリーン化の概要	低燃費車に係る自動車取得税の特例措置の概要
平成 11 (1999) 年度	なし	省エネ法に基づくトップランナー基準を達成した自動車に対して、課税標準から 30 万円を控除
平成 12 (2000) 年度	なし	上記施策の延長
平成 13 (2001) 年度	① 低公害車（除ハイブリッド車）、低排出ガス認定（☆☆☆）車かつ低燃費車に対して 50%の軽課。 ② 低排出ガス認定（☆☆）車かつ低燃費車に対して 25%の軽課。	省エネ法に基づくトップランナー基準を達成した自動車に対して、課税標準から 30 万円を控除。ただし、低排出ガス車に限定。
平成 14 (2002) 年度	③ 低排出ガス認定（☆）車かつ低燃費車に対して 13%の軽課。 ④ 車齢 13 年超のガソリン車、車齢 11 年超のディーゼル車に対して、10%の重課。	上記施策の延長
平成 15 (2003) 年度	① 低公害車（除ハイブリッド車）、低排出ガス認定（☆☆☆）車かつ低燃費車（LPG 車を追加）に対して 50%の軽課。 ② 車齢 13 年超のガソリン車（LPG 車を追加）、車齢 11 年超のディーゼル車に対して、10%の重課。	低排出ガス認定（☆☆☆）車かつ低燃費車（LPG 車を含む）に対して、課税標準から 30 万円を控除。
平成 16 (2004) 年度	① 低公害車（ハイブリッド車）を除く、低排出ガス認定（新☆☆☆☆）車かつ 2010 年度燃費基準+5%を達成した自動車に対して 50%の軽課。 ② 低排出ガス認定（新☆☆☆☆）車かつ 2010 年度燃費基準を達成した自動車に対して 25%の軽課。	① 低排出ガス認定（新☆☆☆☆）車かつ 2010 年度燃費基準+5%を達成した自動車に対して、課税標準から 30 万円を控除。 ② 低排出ガス認定（新☆☆☆☆）車かつ 2010 年度燃費基準を達成した自動車に対して、課税標準から 20 万円を控除。
平成 17 (2005) 年度	③ 低排出ガス認定（新☆☆☆）車かつ 2010 年度燃費基準+5%を達成した自動車に対して 25%の軽課。 ④ 車齢 13 年超のガソリン車（LPG 車を追加）、車齢 11 年超のディーゼル車に対して、10%の重課。	③ 低排出ガス認定（新☆☆☆）車かつ 2010 年度燃費基準+5%を達成した自動車に対して、課税標準から 20 万円を控除。
平成 18 (2006) 年度	① 低排出ガス認定（新☆☆☆☆）車かつ 2010 年度燃費基準+20%を達成した自動車に対して 50%の軽課。	① 低排出ガス認定（新☆☆☆☆）車かつ 2010 年度燃費基準+20%を達成した自動車に対して、課税標準から 30 万円を控除。
平成 19 (2007) 年度	② 低排出ガス認定（新☆☆☆☆）車かつ 2010 年度燃費基準+10%を達成した自動車に対して 25%の軽課。	② 低排出ガス認定（新☆☆☆☆）車かつ 2010 年度燃費基準+10%を達成した自動車に対して、課税標準から 15 万円を控除。

参考：国土交通省 web ページ等

5 省エネ法の効果分析ならびに高性能工業炉に関する諸政策の効果分析

本章では、(1) 省エネ法の費用対効果の分析、及び(2) 高性能工業炉に関する諸政策の効果分析を試みた。

5. 1 省エネ法の効果分析¹⁸

5.1.1 省エネ法及びその改正

本節では、省エネ法（エネルギー使用の合理化に関する法律）による省エネ効果（及びそれを通じた CO₂削減効果）の分析を通じて、同法の二酸化炭素の排出削減効果について分析を行う。

省エネ法は、石油危機以降、エネルギー安全保障の観点からエネルギーの効率的な利用のために昭和 54 年に導入された法律である。近年では温暖化対策としても位置付けられており、温暖化対策の目標達成計画の中でも明確に省エネ法が言及されている。

省エネ法は、対象の事業所に対して、熱管理士や電気管理士を規模に応じた人数だけ配置することを義務付けるとともに、エネルギー（熱および電気）の利用に関する定期報告書の提出を義務付けている。そして罰則はないが、原単位あたり 1%削減の目標を掲げている。

対象事業者は、エネルギーの消費量、そして業種によって決定される。省エネ法では、使用燃料を「熱」と「電気」に二分し、それぞれについて、一定の使用量の事業所を規制対象としている。熱には、原油、揮発油、ナフサ、灯油、軽油、A 重油、B・C 重油、石油アスファルト、石油コークス、石油ガス、可燃性天然ガス（液化天然ガス等）、石炭、石炭コークス、コールタール、コークス炉ガス、高炉ガス、転炉ガス等が含まれており、それらの使用量を原油換算（k l）し、3,000kl/年度を越えると熱管理指定工場となる。電気についても 1,200 万 kWh/年度を越えると電気管理指定工場となる。

平成 11 年の法改正により、上記の旧省エネ法対象事業者（製造業、鉱業、電気供給業、ガス供給業、熱供給業の 5 業種）を「第一種エネルギー管理指定工場」（以下、第一種）とし、新たに「第二種エネルギー管理指定工場」（以下、第二種）という区分を追加設置した。「第二種」では「第一種」とは異なり、対象業種を限定せず、全産業を対象とし、燃料等の使用量が原油換算（k l）で 1,500kl/年度を越えると熱管理指定工場、600 万 kWh/年度を越

¹⁸本節の分析用のデータ入手にあたっては、資源エネルギー庁省エネルギー課にご協力いただいた。ここに謝意を表したい。

えると電気管理指定工場となる。さらに、平成 14 年の法改正により「第一種」の指定 5 業種が撤廃され、全ての業種が規制対象となり、事業所のエネルギー消費量によって「第一種」か「第二種」に振り分けられることとなった。

定期報告書では、電気と熱の個別の消費量や、生産量ならびに、生産原単位あたりの消費量を報告している。さらに、電気・熱のそれぞれについて、省エネに関する個別取り組みの実施状況を報告している。

省エネ法は、導入以来多くの改正を経て現在の形になっている。改正により、対象エネルギー消費量を小さくしたり、対象業種を拡大したりして、対象事業所数を増やしてきた。本分析では、景気の影響をコントロールするため、一業種を選択して分析を行うこととした。業種としては、「旅館・ホテル」業種を対象とし、エネルギー効率の推移や、個別取り組みの効果について実証分析を行った。

「旅館・ホテル」業を対象としたのは、データが利用可能な業種である他、平成 11 年に省エネ法の対象となったため、導入効果が判別しやすいと考えられることが挙げられる。さらに、過去十数年に渡り、製造事業所からの二酸化炭素排出量は減少横ばい傾向にあるが、家庭、運輸、さらには製造事業所以外の産業（「旅館・ホテル」を含む）からの排出量が増加傾向にあり、対策が必要となっているからである。

また、事業所における個別の取り組みが省エネに効果を持つかどうかを実証的に分析する。最近では、CSR に代表されるように、企業が自発的に環境負荷削減に取り組むことが注目されている。企業が自ら環境負荷削減に取り組む管理システムを構築し、そのシステムの国際認証を受ける ISO14001 などは代表的な例であろう。これらの自発的な取り組みは、単なるイメージアップで効果がない批判がある一方、実際に環境負荷低減効果があるという報告もある (Johnstone et al.(2006), Arimura et al.(2005))。温室効果ガス削減につながる省エネルギーについても、これらの研究同様に、事業所における取り組みが、個別に省エネ効果を持つかどうかの分析が必要である。本稿ではこの分析にも取り組んだ。

5.1.2 分析

データ

本節での分析は、省エネ法で提出された定期報告書を利用する。分析対象の概要は以下の通りである。

業種 : 旅館・ホテル

期間 : 平成 14 年～16 年

観測数 : 142 事業所

燃料種 : 熱及び電気

省エネ法導入効果（原単位の変化）

初めに、省エネ法が目標として掲げているエネルギー効率の改善がみられるかどうかを調べた。定期報告書では、電気と熱の2種類にエネルギー使用を分類した上で、生産量当りのエネルギー消費量を原単位として報告している。より詳細には、次のようなエネルギー原単位を算出・報告している。「熱」については、燃料を原油換算し、次のような原単位を求めている。

$$\text{熱の原単位} = (\text{燃料等使用量（原油換算kl）}) / (\text{生産数量又は建物床面積その他のエネルギーの使用量と密接な関係をもつ値})$$

電気使用の原単位は、報告書では以下のように定義されている。

$$\text{電気の原単位} = \text{電気使用量（千kWh）} \times \alpha^{19} / (\text{生産量又は建物延床面積その他のエネルギーの使用量と密接な関係をもつ値})$$

両エネルギーとも前年度からの改善度（対前年度比）を報告している。省エネ法では、年1%の効率改善目標を掲げているので、前年度比が99%あるいは以下であることが望ましい。

本報告書では、省エネ法の効果を2年間の影響を見ながら分析することとした。単年度では各年の個別事情によるばらつきが大きく、二年間のパフォーマンスの方がより効果を客観的に反映していると考えられるからである。

エネルギー効率の改善の指標としては、以下のように定義した原単位の2年前比（以下、「2年前比」）を利用した。

$$(\text{熱の原単位の2年前比}) = (\text{平成16年度の熱原単位}) / (\text{平成14年度の熱原単位}) \times 100$$

表5.1では、平成14年から16年の2年にかけてのこの原単位の2年前比の記述統計を示した。定期報告書の原単位前年度比を2年間にわたって入手して、この2年前比を計算した。この指標は、エネルギー効率に改善が無い場合は100であり、改善していれば100を下回る。100を超えていれば効率の悪化である。

熱については、平均が97を下回っており、3%以上エネルギー効率が改善されている。省エネ法の改善目標は、年率1%であるから、2年間の目標は98である（ $0.99 \times 0.99 = 0.9801$ ）。したがって、熱については、目標以上にエネルギー効率の改善が達成されていることが分かる。原単位の変化のばらつきが大変大きいことも注目に値する。熱の場合、原単位の変化は

¹⁹ α については、定期報告書を参照されたい。

最小 71（30%の改善） から、119.7（20%の悪化） とかなりばらつきが大きい。

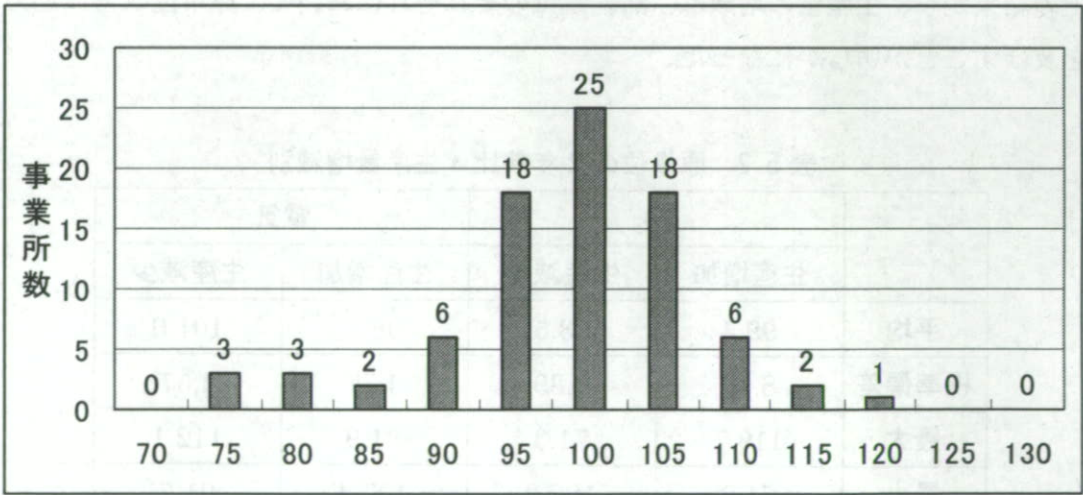
表 5.1 原単位の 2 年前比：平成 14 年～16 年

	熱	電気
平均	96.2	99.4
標準偏差	8.7	5.0
最大	119.7	112.1
最小	71.2	81.9
観測数	84	107

熱の原単位の 2 年前比のヒストグラムを図 5.1 に示した。また、電気の原単位の 2 年前比のヒストグラムを図 5.2 に示した。ともに、ばらつきが大きいことが確認される。

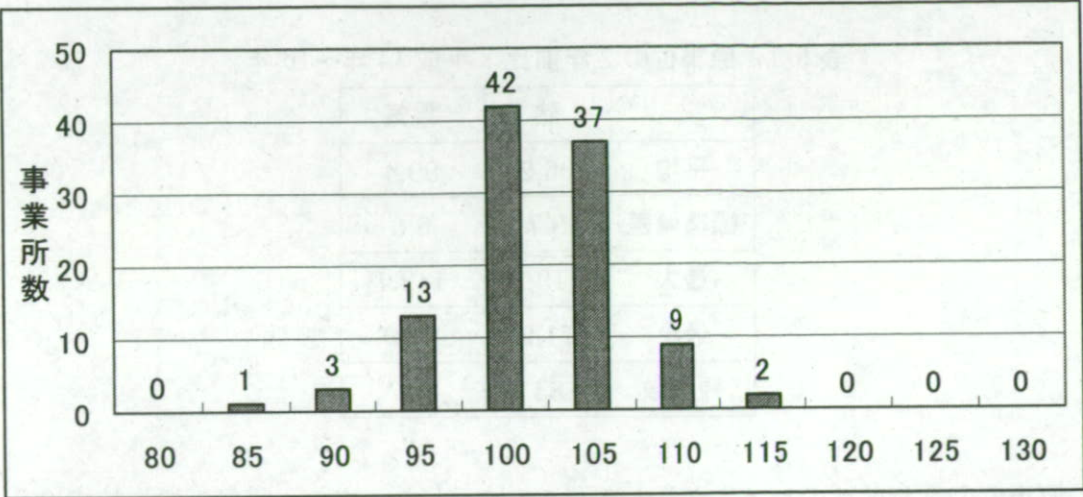
一方、電気の 2 年前比は平均で見ると、99.4 であり、省エネ法の目標には達成していないが、エネルギー効率が改善傾向にあることが示されている。2 年前比のばらつきをみると、熱同様大きい。

図 5.1 熱使用の原単位 2 年前比（平成 14 年～16 年）



原単位の変化は生産量の変化によっても影響を受けると考えられる。表 5.2 には、生産量が増加した事業所と減少した事業所別に、原単位 2 年前比の統計量をまとめた。熱の原単位 2 年前比が生産減少する事業所では、原単位は 93.5 であり改善傾向が大きい。生産が増加する事業所では、原単位は 99.4 である。これは、生産減少事業所で改善効果が大いことを示している。原単位の差が統計的に有意かどうかの検定を異分散の仮定のもとで行うと、帰無仮説は有意水準 1% で棄却される。生産量の増減によって熱の原単位の変化が影響することが示されている。

図 5.2 電気使用の原単位 2 年前比（平成 14 年～16 年）



これに対し、電気では、生産増加事業所の電気効率が改善しており、生産が減少している事業所の原単位は悪化している。原単位の差が統計的に有意かどうかの検定を行うと、有意水準 1% で帰無仮説が棄却される。電気についても、生産量の増減によって原単位の変化が影響することが確認されるのである。

以上の結果から、生産量の増減は、熱、電気のそれぞれにおいて、原単位改善に逆方向に影響を及ぼすことが明らかになった。

表 5.2 原単位の 2 年前比：生産量増減別

	熱		電気	
	生産増加	生産減少	生産増加	生産減少
平均	99.4	93.5	98.1	101.6
標準偏差	8.10	8.39	4.77	4.57
最大	119.7	71.3	81.9	112.1
最小	71.2	107.3	107.4	91.7
観測数	39	45	66	41

以上の分析から、省エネ法導入以降、ホテル・旅館業界では、エネルギー効率改善傾向があることが確認された。特に熱については、平均的にみて、省エネ法の目標を上回る効果を生み出していることが分かった。化石燃料の構成比に変化がないとすると、それだけ二酸化炭素削減効果も削減量だけあることが示唆されている。

省エネに資する個別取り組み

省エネ法での定期報告書では、エネルギーの消費量の他、事業所におけるエネルギー管理の個別取り組みについても報告されている。初めに、「熱」については、「燃料の燃焼の合理化（燃焼設備）」、「加熱及び冷却並びに伝熱の合理化（熱利用設備）」、「放射、伝熱等による熱の損失の防止（熱利用設備）」、「廃熱の回収利用（廃熱回収設備）」、「熱の動力等への変換の合理化（発電専用設備及びコージェネレーション設備）」の各項目について、「管理標準の設定の状況」、「計測・記録に関する遵守の状況」、「保守・点検に関する遵守の状況」、「新設に当たっての措置の状況」が報告されている。

本稿では、これらの個別取り組みの効果があったかどうかを分析した。個別取り組みの中でも、事業所間のばらつきが大きい「管理標準の設定の状況」をとりあげ、その個別取り組みがエネルギー効率改善に寄与しているかどうかを分析することとした。

表 5.3 では、この個別取り組みの状況が記されている。「管理標準の設定」がされている場合を 1、そうでない場合を 0 として、平均を計算している。平成 14 年時点で管理標準が設定されているかどうかを表しているのが、「設定済み」の変数である（下五行の変数）。項目別でみると、最も「管理標準の設定」割合が低いのは、「廃熱の回収利用」で 10.7%であり、最も割合が高いのは、「加熱及び冷却並びに伝熱の合理化」で 29.3%である。

一方、上五行は、平成 15 年と平成 16 年に新たに管理標準の設定を行ったどうかを表している。例えば、「平成 15 年～16 年にかけて、新たに 20%（1 行目）の事業所が「燃料の燃焼の合理化（燃焼設備）」の管理標準の設定を追加したことが示されている。

項目別でみると、最も「管理標準の設定」割合が低いのは「設定済み」と同様、「廃熱の回収利用」で 9.3%である。最も割合が高いのは、「加熱及び冷却並びに伝熱の合理化」と「放射、伝熱等による熱の損失の防止」の 21.3%である。

「設定済み」と「追加設定」の合計が、平成 16 年時点での当該項目の管理標準の設定割合である。したがって、「廃熱の回収利用」の管理標準設定がその他の項目に比べて普及していないことが分かる。

なお、エネルギー効率の増減は、生産量の増減によっても影響を受けることが考えられる。したがって、生産量が増加したサンプルと減少したサンプルに事業所を分離した場合の統計も合わせて記述した。

表 5.3 熱～「管理標準の設定の状況」記述統計 (平均値)

		全サンプル	生産増加	生産減少
追加設定	燃料の燃焼の合理化(燃焼設備)	0.200	0.152	0.238
	加熱及び冷却並びに伝熱の合理化(熱利用設備)	0.213	0.242	0.190
	放射、伝熱等による熱の損失の防止(熱利用設備)	0.213	0.182	0.238
	廃熱の回収利用(廃熱回収設備)	0.093	0.121	0.071
	熱の動力等への変換の合理化 ⁽¹⁾	0.107	0.091	0.119
設定済み	燃料の燃焼の合理化(燃焼設備)	0.227	0.212	0.238
	加熱及び冷却並びに伝熱の合理化(熱利用設備)	0.293	0.303	0.286
	放射、伝熱等による熱の損失の防止(熱利用設備)	0.187	0.212	0.167
	廃熱の回収利用(廃熱回収設備)	0.107	0.121	0.095
	熱の動力等への変換の合理化 ⁽¹⁾	0.133	0.121	0.143
観測数		75	33	42

注(1)発電専用設備及びコージェネレーション設備

「電気」についても、「電気の使用の合理化に関する判断の基準の遵守状況」として、「加熱及び冷却並びに伝熱の合理化(熱利用設備)」「抵抗等による電気の損失の防止(受変電設備及び配電設備)」「電気の動力、熱等への変換の合理化(電気使用設備)」の各項目について、「管理標準の設定の状況」、「計測・記録に関する遵守の状況」、「保守・点検に関する遵守の状況」、「新設に当たっての措置の状況」が報告されている。

表 5.4 電気～「管理標準の設定」(平均値)

管理標準の設定		全サンプル	生産増加	生産減少
追加設定	加熱及び冷却並びに伝熱の合理化(熱利用設備)	0.247	0.186	0.342
	抵抗等による電気の損失の防止(受変電設備及び配電設備)	0.247	0.203	0.316
	電気の動力、熱等への変換の合理化(電気使用設備)	0.443	0.390	0.526
設定済み	加熱及び冷却並びに伝熱の合理化(熱利用設備)	0.216	0.220	0.211
	抵抗等による電気の損失の防止(受変電設備及び配電設備)	0.216	0.237	0.184
	電気の動力、熱等への変換の合理化(電気使用設備)	0.381	0.373	0.395
観測数		97	59	38

「電気」についても、平成 14 年時点で管理標準が設定済みであるかどうか、設定済みでない場合、15 年～16 年にかけて新たに管理標準を追加設定したかどうかを記述した。下三行は、平成 14 年時点での管理標準設定割合、上三行は、15 年～16 年の管理標準追加設定の割合を

表している。例えば、平成 14 年に「加熱及び冷却並びに伝熱の合理化（熱利用設備）」の管理標準の設定済みである事業所は 21.6%（上から四行目）であった。15 年～16 年にかけて新たに 24.7%（上から一行目）の事業所で管理標準を設定している

以上の二つの表から分かるのは、省エネ法の対象となつて以降、多くの項目で管理標準が追加的に設定されていることである。このことは、省エネ法が、事業所における省エネ促進に関わる取り組みを促進していると考えられる。

事業所における取り組みの省エネ効果：回帰分析

次に、「管理標準の設定」に代表される事業所における個別の省エネ取り組みが効果を持つかを回帰分析によって分析した。被説明変数については、平成 14 年から 16 年にかけてエネルギー原単位がどう変化したかの自然対数を用いた。

$$\text{Log（熱の原単位効率改善）} = f \text{（14 年時点における管理標準設定、15～16 年の追加設定）} \dots\dots\dots (1)$$

表 5.5 回帰分析
従属変数：熱の原単位 2 年前比

説明変数		係数	t 値
追加設定	燃料の燃焼の合理化(燃焼設備)	-0.0019	-0.04
	加熱及び冷却並びに伝熱の合理化(熱利用設備)	0.0506	0.97
	放射、伝熱等による熱の損失の防止(熱利用設備)	-0.0001	0.00
	廃熱の回収利用(廃熱回収設備)	-0.0057	-0.11
	熱の動力等への変換の合理化 ⁽¹⁾	-0.1228***	-2.56
設定済み	燃料の燃焼の合理化(燃焼設備)	0.0420	0.79
	加熱及び冷却並びに伝熱の合理化(熱利用設備)	0.0275	0.50
	放射、伝熱等による熱の損失の防止(熱利用設備)	-0.0165	-0.31
	廃熱の回収利用(廃熱回収設備)	-0.0238	-0.45
	熱の動力等への変換の合理化 ⁽¹⁾	-0.0712	-1.62
定数項		4.562	284.4
観測数		75	
修正済み決定係数		0.040	
F検定の P 値		0.246	

注(1)発電専用設備及びコージェネレーション設備
*** 有意水準 1%、** 有意水準 5%、* 有意水準 10%

表 5.5 には、上記式を回帰分析した結果を示した。観測数は 75 である。回帰係数が負となっている場合は、その取り組みが省エネ効果を持つことを示す。全サンプルの回帰分析では、「熱の動力等への変換の合理化」の管理標準の追加設定の係数（一番目の変数）が -0.1228 で統計的に有意である。「熱の動力等への変換の合理化」は設定後、すぐに効果が出ることが示唆されている。ただし、12%近い原単位改善効果を持つことから、コージェネ導入の代理変数になっている可能性もある。

一方、「熱の動力等への変換の合理化」の管理標準が既に設定されている場合は、係数は -0.0712 と負ではあるが、統計的に有意ではない。このことは、「熱の動力等への変換の合理化」の管理標準は、設定後すぐに効果があるが、数年後にはそれ以上の改善が望めないことを示している

ただし、修正済み決定係数が 0.04 と低いこと、さらには、全係数ゼロの帰無仮説が有意水準 10%でも棄却できなくなっており（F 検定の P 値が 0.246 であり）、全体的に回帰式の当てはまりが弱いことに留意が必要である。なお、不均一分散の検定を行ったが帰無仮説は棄却されなかった。

この当てはまりの低さは、生産量の変化などの他の要因が影響している可能性がある。実際に前節で紹介したように、原単位の 2 年前比は生産が増加している事業所と減少している事業所とで、有意に異なることが分かっている。そこで、生産量の増加している事業所と生産減少事業所とに分けて²⁰、構造が異なるかどうかの構造変化の検定を行ったが、構造変化がないという帰無仮説は有意水準 1%で棄却された。したがって、標本を生産増加事業所と減少事業所に区分し、式（1）を推計した。推定結果を表 5.6 に示した。

²⁰ 生産量の増減を右辺の説明変数として取り入れることも検討した。しかし、左辺の原単位の 2 年前比にも生産量が間接的に含まれているため、説明変数とすることはしなかった。

表 5.6 回帰分析～生産量増減別

従属変数：熱の原単位 2 年前比

説明変数		生産増加			生産減少		
		係数		t値	係数		t値
追加設定	燃料の燃焼の合理化(燃焼設備)	0.029		0.37	0.013		0.18
	加熱及び冷却並びに伝熱の合理化(熱利用設備)	0.016		0.29	-0.002		-0.02
	放射、伝熱等による熱の損失の防止(熱利用設備)	-0.035		-0.41	0.034		0.36
	廃熱の回収利用(廃熱回収設備)	0.023		0.34	-0.213**		-2.05
	熱の動力等への変換の合理化 ⁽¹⁾	-0.164**		-2.6	0.037		0.45
設定済み	燃料の燃焼の合理化(燃焼設備)	0.047		0.64	0.123		1.07
	加熱及び冷却並びに伝熱の合理化(熱利用設備)	-0.080		-1.12	0.062		0.53
	放射、伝熱等による熱の損失の防止(熱利用設備)	0.037		0.49	-0.117		-1.60
	廃熱の回収利用(廃熱回収設備)	-0.032		-0.44	0.088		1.08
	熱の動力等への変換の合理化 ⁽¹⁾	-0.040		-0.67	-0.198***		-2.74
定数項		4.622***		202.5	4.525***		237.9
観測数		33			42		
修正済み決定係数		0.120			0.178		
F検定の P 値		0.230			0.086		

注(1)発電専用設備及びコージェネレーション設備

*** 有意水準 1%、** 有意水準 5%、* 有意水準 10%

グループを区分した結果、生産増加する事業所の数は 33、生産減少した事業所の数は、42 となった。このグループ分けにより、修正済み決定係数が大きくなった。さらに、生産が減少する事業所の回帰分析においては、定数を除く全係数ゼロの帰無仮説も有意水準 10%で棄却できる。したがって、回帰分析の結果の信頼度が上昇したと言える。

個別の説明変数について推定結果を検証すると、生産減少の場合、平成 14 年時点で「熱の動力等への変換の合理化」が設定されていた場合の省エネ効果は統計的に有意である。さらに「廃熱の回収利用」の管理標準の追加設定の係数が-0.213 で統計的に有意である。

生産増加事業所においては、「熱の動力等への変換の合理化（発電専用設備及びコージェネレーション設備）」の管理標準の追加設定の係数が-0.164 がかつ、有意である。したがって当該項目が短期的に有効であることが示唆されている。以上まとめると、生産が増加する局面と減少する局面で、効果的な取り組みが異なる可能性のあることが示されている。

電気

次に、電気の原単位の 2 年前比についても同様の分析を行った。式 (1) を全サンプルについて回帰分析した結果を表 5.7 に示した。観測数は 97 である。やはり、決定係数が 0.018 と低い。さらに、全係数ゼロの帰無仮説も棄却できない (F 検定)。

表 5.7 回帰分析

従属変数：電気の原単位 2 年前比

説明変数		係数	t 値
追加 設定	加熱及び冷却並びに伝熱の合理化(熱利用設備)	-0.0269	-1.15
	抵抗等による電気の損失の防止(受変電設備及び配電設備)	-0.0044	-0.16
	電気の動力、熱等への変換の合理化(電気使用設備)	0.0520**	2.02
設定 済み	加熱及び冷却並びに伝熱の合理化(熱利用設備)	-0.0160	-0.68
	抵抗等による電気の損失の防止(受変電設備及び配電設備)	-0.0043	-0.17
	電気の動力、熱等への変換の合理化(電気使用設備)	-0.0382*	-1.94
定数項		4.602***	623.4
観測数		97	
修正済み決定係数		0.018	
F 検定の P 値		0.270	

注*** 有意水準 1%、** 有意水準 5%、*有意水準 10%

既述のように、生産が増加する局面と減少する局面で、効果的な取り組みが異なる可能性のあることが示されている。ここでも、生産量の増加している事業所と生産減少事業所とに分けて²¹、構造が異なるかどうかの構造変化の検定を行ったが、構造変化がないという帰無仮説は有意水準 1%で棄却された。したがって、熱同様、標本を生産増加事業所と減少事業所に区分し、式 (1) を推計した。観測数は、生産増加、減少事業所それぞれ 59、38 である。推定結果を表 5.8 に示した。

グループに区分し、推定した結果においても、全係数ゼロの帰無仮説は有意水準 10%で棄却できない。しかし、F 検定の P 値が小さくなり、回帰係数の説明力が増していることが示唆されている。

²¹ 生産量の増減を右辺の説明変数として取り入れることも検討した。しかし、左辺の原単位の 2 年前比にも生産量が間接的に含まれているため、説明変数とすることはしなかった。

表 5.8 回帰分析～生産量増減別

電気 OLS～生産量別

説明変数		生産増加			生産減少		
		係数		t値	係数		t値
追加 設定	加熱及び冷却並びに伝熱の合理化(熱利用設備)	-0.0576**		-2.12	0.0569		0.94
	抵抗等による電気の損失の防止(受変電設備及び配電設備)	0.0200		0.52	-0.0157		-0.46
	電気の動力、熱等への変換の合理化(電気使用設備)	0.0161		0.43	-0.0092		-0.19
設定 済み	加熱及び冷却並びに伝熱の合理化(熱利用設備)	-0.0148		-0.59	0.0958		1.23
	抵抗等による電気の損失の防止(受変電設備及び配電設備)	0.0329		1.01	-0.0920		-1.57
	電気の動力、熱等への変換の合理化(電気使用設備)	-0.0230		-0.68	-0.0435*		-1.98
定数項		4.589***		518.5	4.625***		433.0
観測数		59			38		
修正済み決定係数		0.080			0.078		
F検定のP値		0.109			0.205		

注 *** 有意水準 1%、** 有意水準 5%、* 有意水準 10%

個別の取り組みでみると、生産増加事業所では、「加熱及び冷却並びに伝熱の合理化（熱利用設備）」の管理標準の追加設定の係数が-0.0576で統計的に有意である。この管理標準の追加設定により5%近い減少が可能ということである。一方、生産減少事業所では、「電気の動力、熱等への変換の合理化（電気使用設備）」の管理標準設定済みの場合、係数が負でその有意水準10%である。電気の場合も、熱同様、減少事業所と増加事業所で減少の個別取り組みの効果が異なることが示された。

5.1.3 今後の課題

本節の分析では、旅館・ホテル業に焦点を当て、省エネ法の温暖化対策の効果分析をした。「熱」に関する分析から、生産量当たり化石燃料消費量原単位は、省エネ法で掲げた以上に改善していることが明らかになった。また、省エネ法導入以降、「熱」、「電気」とも、様々な燃料消費に関する項目の管理標準設定が促進されていることも明らかになった、以上から、省エネ法は、温暖化対策として有効に機能していると判断される。

一方、「電気」に関しては、原単位が減少傾向にあるものの、省エネ法の目標は達成されていないことも確認された。これは、今回用いた指標が、平成16年の原単位が、平成14年のそれからどれだけ改善したかを指標としたこと関係していると考えられる。今回の分析対象がホテル・旅館であったこと、平成16年夏が記録的な猛暑であったことを考慮すると、冷房

用電力が例年になく必要となったことが考えられる。このため、原単位改善が熱ほど進まなかったと考えられる。

なお、今回の分析では、省エネ法の費用は試算しないこととした。行政にとっての費用を考えた場合、行政全体で、省エネ法のみに関わる費用を抽出することは困難だからである。企業にとっては、熱管理士などを抱えることが費用と考えられる。しかし、この費用は省エネ効果の燃料削減によって相殺される可能性もある。この精査には、消費している化石燃料の種別が必要となるが、今回の分析ではその情報は入手できなかったため対象外とした。

また、今回の分析における個別取り組みの効果については、頑健性に欠ける面があることも否めない。個別取り組みの係数が統計的に有意な場合もその規模が大きく、投資の代理変数となっている可能性がある。今後は、省エネ投資データを入手し、その分析に取り入れる必要があるだろう。また、長期に渡るデータを用いて分析をすることにより頑健性の改善が期待される。さらに、省エネ法の効果分析ということであれば、他の業種も含めた分析を行うことにより、さらに包括的な評価を行えるだろう。

5. 2 高性能工業炉に関する諸政策の効果分析²²

5.2.1 背景

1995 年当時、工業炉は製造業のエネルギー消費の約 4 割を占めていた。このため、製造部門における二酸化炭素削減を行うことを目的として、高性能工業炉の開発と導入促進が検討された。ヨーロッパでは、既に高性能な工業炉が利用されていたが、日本では同型の工業炉を利用できなかった。これは、同型の工業炉では、日本の厳しい窒素酸化物排出の総量規制をクリアできないためである。そのため、日本における窒素酸化物規制を満たし、かつ、二酸化炭素排出量が低い（エネルギー効率の良い）工業炉の開発が必要とされたのである。そこで、新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、NEDO）は、日本工業炉協会を中心とした工業炉メーカーの共同研究開発を補助した。この共同開発により、日本の窒素酸化物規制をクリアし、かつ、エネルギー効率が従来型に比べ 2～3 割高い工業炉の開発に成功した²³。

この研究開発の成功を受け、NEDO は高性能工業炉の普及に取り組んだ。具体的には、NEDO のフィールドテスト事業（平成 10～12 年）や導入補助事業（平成 13～15 年）を行った。本節ではこれらの補助事業を中心に、高性能工業炉の普及政策の効果の定量的分析を試みた。

²²岸本充生氏に貴重なコメントをいただいた。また、社団法人日本工業炉協会と大木伸銅工業株式会社には貴重なインタビューの機会を与えていただいた。ここに謝意を記す。

²³ この研究開発は、メーカーが技術と知識を共有しながら、クラブ財の開発に成功し評価することができる。公共部門（NEDO）のコーディネートなしでは、開発は困難であったであろう。

5.2.2 高性能工業炉と導入補助政策

高性能工業炉の特徴

高性能工業炉は、従来型の工業炉と比べ、エネルギー効率が改善されていることに特徴がある。日本工業炉協会でのインタビューによると、従来型の工業炉より平均で二～三割燃焼効率が良い。工業炉の燃料は化石燃料であるため、燃料構成に変化がないとすると、省エネ割合だけ二酸化炭素の排出を削減できることとなる。一方で、高性能工業炉の設置費用は、従来型の工業炉に比べ二～三割高めであり、ここにトレードオフが存在する。

しかし、高性能工業炉の従来型に対する優位性は、省エネ、二酸化炭素排出削減だけではない。その他に、他の大気汚染物質削減につながる場合もある。

なお、高性能工業炉の設置費用は数億円単位である。工業炉協会によると、技術進歩による値段の低下は観測されていないということである。

高性能工業炉の導入推移

高性能工業炉導入の推移を大企業と中小企業別に、助成事業別に表 5.9 に示した。平成 10 年から 15 年までの間に大企業で 223 台、中小企業で 317 台、全体で 540 台の設置が行われている。

政府はこの高性能工業炉普及のため様々な施策を行っている。第一に、NEDO のフィールドテスト事業（FT 事業）がある。これは、平成 10 年から 12 年にかけて行われた事業であり、その内容は高性能工業炉を導入する事業所にその設置費用を共同研究開発費として三分の一まで補助しようというものである。この制度を利用した導入基数は、大企業で 94、中小企業で 73、合計 167 となっている。

平成 13 年～15 年にかけては、FT 事業の後継事業として、NEDO の補助事業が実施された。この事業の内容は FT 事業と同様であり、設置費用の三分の一が補助されるものである。この制度を利用して、大企業で 11 台、中小企業で 41 台の高性能工業炉が導入されている。

さらに、エネ革税制という補助制度も存在する。この税制は高性能工業炉に特化したものではなく、様々な分野において省エネを促進させることを目的とした制度である。この税制によって高性能工業炉導入の際に利用できる制度は、特別償却と中小企業のみを対象とした税額控除である。エネ革税制を利用して、平成 10 年～15 年に 99 台の高性能工業炉が中小企業に導入された。これに対し、大企業ではこの制度の利用はない。これは、大企業が利用可能な特別償却の金銭的なメリットが限定的であるからだと考えられる。

なお、この他にもエネルギー転換事業を利用して 5 台の工業炉が中小企業に導入されている。

この表から、工業炉導入に当たって補助を受けない「独自設置」の工業炉が相当数あることが分かる。このことは、高性能工業炉の省エネ効果が大きく、行政からの支援を受けなく

でも導入が経済的にメリットのあることを示している。導入初期から、大企業では、独自設置の割合が半数近くあったのに対し、中小企業では、独自設置の割合は全体の一割程度でしかない。このことから、導入初期において、中小企業対象に対する何らかの補助が必要であることが示唆されている。この事実は、後に示すように、中小企業の場合は、政府の支援が補助金だけではなく、技術的な援助の必要性があることと符号している。

表 5.9 高性能工業路導入推移（基数）

企業規模	区分	平成 10 年	平成 11 年	平成 12 年	平成 13 年	平成 14 年	平成 15 年	合計
大企業	FT 事業	30	30	34	N.A.	N.A.	N.A.	94
	NEDO 補助事業	N.A.	N.A.	N.A.	0	8	3	11
	エネ革	0	0	0	0	0	0	0.
	エネルギー転換事業	0	0	0	0	0	0	0.
	独自設置他	25	20	39	18	9	7	118
	合計	55	50	73	18	17	10	223
中小企業	FT 事業	28	21	24	N.A.	N.A.	N.A.	73
	NEDO 補助事業	N.A.	N.A.	N.A.	0	33	8	41
	エネ革	4	32	22	31	10	0	99
	エネルギー転換事業	0	0	0	0	3	2	5
	独自設置他	4	7	3	4	46	35	99
	合計	35	60	49	35	92	45	317
総計	FT 事業	58	51	58	0	0	0	167
	NEDO 補助事業	0	0	0	0	41	11	52
	エネ革	4	32	22	31	10	0	99
	エネルギー転換事業	0	0	0	0	3	2	5
	独自設置他	29	27	42	22	55	42	217
	合計	91	110	122	53	109	55	540

注：N.A.は、当該企業は対象外、あるいは補助が存在しないことを示す。

「独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（参考文献(4)）」から引用。

5.2.3 温室効果ガス削減効果と費用

ここでは、NEDO の FT 事業による二酸化炭素削減用の費用対効果分析を行う。炉種別に

平均補助費用と平均二酸化炭素削減量を表 5.10 に示した。

NEDO の報告（参考文献（1））では、工業炉を、連続式加熱炉、バッチ式加熱炉、レードル、連続式熱処理炉、バッチ式、熱処理炉、ガス処理炉、連続式溶解炉に分類している。これらの分類は以下のような根拠に基づいている。

まず、操業方式による分類として、連続式・バッチ式による区分を設けている。すなわち、連続式とは被加熱材が工業炉内に連続的に装入されるものである。バッチ式とは被加熱材を炉内に装入すると、その材料の加熱処理が終わるまでは次の材料を入れることが出来ないものである。次に、材料の熱処理目的による分類として、加熱・熱処理・溶解・レードルによる区分を設けている。さらに、ガス処理炉は熱源としてガスを使用している工業炉を指しているが、ガス処理炉は省エネルギー率が非常に高いことが知られている。これらの区分を根拠に工業炉を七つに分類している。

二酸化炭素削減効果

FT 事業では、補助を受けた事業者から二酸化炭素削減情報の提供を受けている。同事業による年間二酸化炭素削減量は、絶対量の報告のあったものだけを集計すると、平成 10 年から順に、12.5 万トン、14.6 万トン、9.6 万トンである（参考文献(1)）。

表 5.10 FT 事業の平均補助金額と二酸化炭素削減効果（炉種別）

炉種	平成 10 年		平成 11 年		平成 12 年	
	補助額 (万円)	CO ₂ 削減 効果(トン)	補助額 (万円)	CO ₂ 削減 効果(トン)	補助額 (万円)	CO ₂ 削減 効果(トン)
連続式加熱炉	37,492	12,278	66,300	15,812	63,525	12,796
バッチ式加熱炉	9,097	3,287	12,129	1,691	9,173	996
レードル	2,271	1,325	2,483	1,420	3,150	634
連続式 熱処理炉	19,595	915.54	19,420	1,039	15,828	950
バッチ式 熱処理炉	5,169	207	7,055	199	10,137	1,063
ガス処理炉	66,386	8,041	8,198	2,193	12,611	3,456
連続式溶解炉	58,467	908	10,240	459	NA	NA
合計	8,227 (百万円)	125,748	7,754 (百万円)	146,468	9,508 (百万円)	96,179

補助金の費用対効果

ここでは補助金を投入する政府の立場から、二酸化炭素削減の費用対効果を試算する。政府にとっての費用は補助金であると考え、炉種別に平均補助金額を求め、それを政府にとっての費用とした。また、二酸化炭素削減量は、同じく炉種別に、年間削減量（従来型の工業炉との差）に耐用年数 15 年²⁴を乗じて求めた（表 5.10）。

補助金の二酸化炭素削減効果については二つの考え方が存在する。第一の考え方は、補助金を受けた高性能工業炉導入は、全て補助金の効果とする考え方である。この場合、補助金額を二酸化炭素削減量で割ることによって平均削減費用が求められる。これを二酸化炭素削減費用の下位推定として、平成 10 年から 12 年まで表 5.11 に示した。

第二の考え方は、補助金を受けている工業炉の設置が、全て補助金の効果とみなすことができないという考え方である。独自設置をしている事業所も多く、補助金を受けた事業所の中には、仮に補助金を受けることが出来なくても高性能工業炉の設置を行った事業所が在りうるからである。一方、インタビューでは、当初中小企業での導入は困難であったことが指摘された。そこで、本稿では、中小企業については補助金なしでは導入では不可能であったと仮定して、この場合の削減費用を上位推定として求めて表 5.11 に掲載した。従って、削減費用の試算には、次の二つのケースを考えた。

①全ての補助金対象高性能工業炉導入は、補助金の効果である場合：下位推定

②中小企業の高性能工業炉導入のみが、補助金の効果である場合：上位推定

なお、FT 補助を受けた事業所のうち中小企業の割合は、平成 10 年から 12 年まで 48%、41%、41%と推移しており、その割合をケース②の試算に用いた。

表 5.11 二酸化炭素削減費用（円／CO₂トン）（副次便益無し）

炉種	平成 10 年		平成 11 年		平成 12 年	
	下位 推定	上位 推定	下位 推定	上位 推定	下位 推定	上位 推定
連続式加熱炉	3,847	8,014	3,734	9,107	65,893	160,714
バッチ式加熱炉	6,386	13,304	5,882	14,346	10,128	24,702
レードル	2,030	4,229	1,572	3,834	3,312	8,079
連続式熱処理炉	28,484	59,342	20,493	49,983	22,681	55,320
バッチ式熱処理炉	36,075	75,156	35,806	87,331	38,052	92,809
ガス処理炉	49,194	102,488	4,663	11,373	2,689	6,559
連続式溶解炉	12,528	26,099	73,154	178,424	NA	NA

²⁴ 日本工業炉協会のインタビューに基づく。

この表から、高性能工業炉の中でもその種類によって削減費用が大きく異なることが示されている。レードルの場合には、EUの排出権価格（トン当たり数千円）と比較しても、温暖化対策の観点からだけでも正当化される。

ただし、このデータについてはいくつかの留意が必要である。第一に、二酸化炭素削減効果に欠損値がある。平成10年～12年の経年変化を追うために参考文献(1)を用いたが、事業所の中には、削減量ではなく削減率を報告しているものもある。

第二に、同一の炉種の中でも平均削減費用にはばらつきが大きい。例えば、平成10年度にFT事業によって導入された連続式加熱炉9台のうち、二酸化炭素排出削減量を報告している7台について平均削減費用をみると、下位推定で1100円～12500円とばらつきが大きい²⁵。したがって、ある種の炉が費用対効果の観点から効率的であると結論付けることは困難である。むしろ、工業炉を導入する工場の個別事情（従来の工業炉の性能や、導入の技術的な難しさ）などの要因が大きいと推測できる。

第三に、高性能工業炉導入には、温室効果ガス削減以外の便益があることを忘れてはならない。他の大気汚染物質削減を初め、場合によっては製品の質の改善も報告されている。

なお、エネ革税制も経済学的には、導入補助金と同様の効果を持つと考えられるが、定量的効果は限定的であると考えられる。例えば、1億円の設置費用が必要な場合、税額控除による節税額は最大で700万円であり、NEDOの導入補助金3000万円に比べると効果は小さいと考えられる。特別償却の場合、その節税額はさらに小さい。従って、NEDOの補助事業に比べれば、定量的効果は限定的であると考えられる。

副次便益を考慮した場合の削減費用

一般に、温暖化対策は温暖対策以外の副次的便益を持つと言われている。例えばBurtraw et al.(2003)は、米国の発電所における温室効果対策が、地域的な大気汚染抑制に大きな効果を持つことを指摘している。これと同様に、高性能工業炉も温室効果ガス削減以外の便益を持っている。そもそも窒素酸化物削減は、研究開発当初からの目的の一つであった。大気汚染については、二酸化硫黄の削減効果も挙げられている。近年問題となっているVOCの削減効果も確認されている。さらに、製品の質の改善を報告する事業所もある²⁶。

そこで本稿では、副次的便益のうち、金額換算可能な窒素酸化物の削減に注目し、この削減便益を費用から差し引いて、二酸化炭素削減費用の再試算を行った。NEDOの報告書では、窒素酸化物削減を濃度で報告しているものが多く、量で報告しているのは僅か三炉であった。以下では削減濃度ではなく削減量で報告しているこの三ケースについて試算を行った。

再計算の際には、窒素酸化物の外部費用の推定は日本では知られていないため、欧州での推定額を用いた。なお、欧州の試算では、窒素酸化物はそれ自体というよりPMの二次生

²⁵ 参考文献(1)より計算。

²⁶ 参考文献(4)。

成を通じて健康被害をもたらすと考え外部費用を推定している。その試算によるとフランスで窒素酸化物 1 トン 8,200 ユーロ (Holland and Watkiss) ²⁷である。1 ユーロ 143 円²⁸として計算すると、1 トン当たり 1,117,260 円となる。以下では、この外部費用額を用いて二酸化炭素削減費用の再計算を行う。平成 10 年に導入されたある高性能工業炉の二酸化炭素削減費用の下位推定は、7,513 円であるが、導入によって削減された窒素酸化物は 773Nm³である。これを二酸化窒素重量に換算すると 1.587 トンである。工業炉の耐用年数が 15 年だとすると、工業炉導入によって削減される窒素酸化物の外部費用額は $1.587 \times 1,117,260 \times 15 = 27.92$ 百万円となる。これを便益として補助金の費用から差し引くと、当該工業炉における二酸化炭素削減のための費用は 1 トンあたり、6,110 円となる。さらに平成 11 年に導入したものについても、8,162 円が 6,756 円、5,574 円のものが 4,494 円になることが明らかになった。いずれにしる窒素酸化物の削減効果を考慮すると温暖化削減費用は、二割以上減少することが分かる。

副次的便益は、窒素酸化物削減に止まらない。硫黄酸化物の削減効果も報告されている。また、ガス処理炉については、近年大気汚染物質の規制対象になっている VOC 削減効果があることも報告されている。これらのことを考慮すると、高性能工業炉の二酸化炭素削減費用は、表 11 に掲載されているより、数割低くなる可能性があることが明らかになった。

ここで、EU での排出量取引に注目すると、同排出量取引では二酸化炭素が数千円/トンという金額で取引されている。大気汚染物質の外部費用額の推定に不確実性が伴うことを考慮しても、政府が限られた予算で京都議定書の目標を達成しようとする場合、高性能工業炉の導入の補助金を用いるべきか、あるいは EU の市場で排出枠を購入するべきかという判断は、副次的便益を含めた計算をすることによって変わってくる可能性があることを示唆している。

補助金の経済学的評価

高性能工業炉の導入補助事業は、省エネ促進、温室効果削減、そしてそれにとまなう大気汚染物質減少による環境負荷削減という効果の他、新しい技術の普及という側面からも評価されるべきである。

Jaffe et al が指摘するように、市場経済では、新技術は社会的にみて望ましい水準より低い水準でしか普及しない可能性がある。これは、新しい技術の導入には技術そのものへの不信などがあり、導入促進には困難な側面があるのだが、その一方で、新技術は普及すればするほど、学習効果により、後続の事業者の導入が容易になるということである。すなわち、技術導入には正の外部性があることが指摘されているのである。この意味においても、導入補助金は評価されるべきである。

²⁷ 参考文献(10)。

²⁸ 2006 年 3 月 20 日の為替レート

もう一つ指摘しておくべきことは、流動性制約の緩和の効果である。工業炉導入の補助対象となっている中小企業は流動性制約が大きく、実際、インタビューでもそのことが確認された。下記の表 5.12 でもこの点は裏付けられる。流動性制約緩和の観点からも補助金は評価されるべきである。

キャパシティ・ビルディングの必要性

温暖化対策におけるキャパシティ・ビルディングとは、京都議定書で規定されているクリーン開発メカニズムや共同実施に携わる人々の能力を、教育やトレーニングを通じて増加することである²⁹。キャパシティ・ビルディングを通じて、多くの温室効果ガス削減が効果的に行われると期待されている。しかし、このような国際的な文脈だけではなく、以下に示すように、国内でもキャパシティ・ビルディングが必要である。

この根拠は、第一に、高性能工業炉の存在が知られていないことである。NEDO は、日本工業炉協会に委託し「高性能工業炉に係わる導入可能性調査（平成 17 年 3 月）」を行っている。同調査は、高性能工業炉導入が有望と思われる業種・団体に、5,834 通のアンケートを送付したものである。その結果、2,128 事業所から回答を得ている。高性能工業炉の認知度に対する質問では、有効回答数 960 のうち、44%の事業所がその存在を知らないと回答している。この事実は、認知のための活動が必要であることを示している。

第二に、技術的なキャパシティが不足していることである。工業炉協会に委託された同調査では、高性能工業炉を導入しない理由を質問している（表 5.12）。有効回答をした 555 の事業者のうち、15%の事業所は技術ノウハウが不足していることが原因であるとしている。従って日本国内の事業所においても、技術的なトレーニングが必要であり、キャパシティ・ビルディングが必要であると考えられる。

表 5.12 高性能工業炉を導入しない理由

回答	回答数
1 導入経費が高すぎる	27%
2 自社内に技術ノウハウが不足していて、導入検討が進まない	15%
3 製品市況が不安定で投資回収に不安がある	20%
4 その他	34%
5 特に無い	21%
有効回答数	555

注) 資料 (5) より引用。

²⁹ 京都メカニズム情報プラットフォーム (<http://www.kyomecha.org/jkap/capacity.html>)。

5.2.4 結論と今後の課題

本節では、NEDO の FT 事業の費用対効果の分析を行った。その結果、二酸化炭素トン当たりの削減費用は、導入した工業炉の個体差が大きいことが明らかになった。また、ケースによっては、欧州での排出量取引の価格などと比較しても、費用対効果が高い場合があることが示された。

次に、窒素酸化物削減の便益を考慮すると、費用対効果性はさらに高くなることも明らかにした。具体的な試算を行った結果、外部費用の計測の不確実性を考慮しても、窒素酸化物削減の社会的便益が無視できない大きさである可能性が示された。高性能工業炉は、窒素酸化物の他、硫黄酸化物や VOC の削減効果も持つ。したがって、温暖化対策の費用対効果を論じるには、副次的便益の金銭的な評価が極めて重要であると言える。

さらに、高性能工業炉の普及のためには、国内的なキャパシティ・ビルディングが必要なことも示された。温暖化対策では、国際的なキャパシティ・ビルディングの重要性が認識されているが、国内でも中小企業を中心にキャパシティ・ビルディングが必要である。

一方、今回の分析は定量的な精度においては改善の余地があることも指摘しておきたい。特に、補助金の効果を厳密に計測するには、補助を受けた事業所のうち、補助がなければ導入できなかったか基数を特定しなければならない。なぜならば、本文中にあるように工業炉を独自設置している事業所もあり、補助金が単なるフリーランチである可能性もあるからである。この分析は Appendix 1 に記載した計量経済学的手法によって可能になる。ただし、この分析には、工業炉を導入した工場と、導入していない工場の個票ベースの情報が必要となる。本稿では、これらの情報は入手不可能であったため分析は行えなかった。工業炉のように個別事情の影響が大きい技術導入の評価には、このようなマイクロデータが不可欠である。

さらに、導入に当たっては、特に中小企業において、流動性制約が問題となっていることも示された。補助金はこの流動性制約の緩和に大きく寄与していると考えられる。補助金のこの側面の定量的な評価も、Appendix 1 に記載した方法によって可能となる。この分析のためにも今後は個票情報の充実が望ましい。

(有村俊秀、原野啓、岩田和之)

参考文献

- [1] 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (平成 11 年 3 月) 『高性能工業炉導入フィールドテスト事業 平成 10 年度評価事例集』、(請負先 社団法人 日本工業炉協会) (平成 10～12 年度各編)
- [2] 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (平成 13 年 3 月) 『平成 12 年度 分野別戦略調査(省エネルギーグループ:高性能工業炉の開発とその導入普及状況に関する調査)』、(委託先 株式会社 富士総合研究所)

- [3] 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (平成 17 年 3 月) 『平成 16 年度 エネルギー使用合理化事業者支援事業 (調査研究事業) 「高性能工業炉に関わる導入可能性調査」調査報告書』、(委託先 社団法人 日本工業炉協会)
- [4] 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 エネルギー対策推進部 (平成 15 年 12 月) 『高性能工業炉導入フィールドテスト事業 成果報告書 (第 1 回成果報告会資料)』
- [5] 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 エネルギー対策推進部 (平成 17 年 3 月) 『高性能工業炉導入フィールドテスト事業 成果報告書 (第 2 回成果報告会資料)』
- [6] Toshi H. Arimura, Akira Hibiki, Hajime Katayama (2005) "Is a Voluntary Approach an Effective Environmental Policy Instrument? A Case of Environmental Management Systems" ,2005. Paper prepared for the 2005 Australian Conference of Economists and Business Symposia, Melbourne, Australia
- [7] Dallas Burtraw, Alan Krupnick, karen Palmer, Anthony Paul, Michael Tomen and Cary Blond (2003) "Ancillary benefits of reduced air pollution in the US from moderate greenhouse gas mitigation policies in the electricity sector", *Journal of Environmental Economics and Management* 45, pp650-673.
- [8] Adam B.Jaffe, Richard G.Newell and Robert N.Stavins "A Tale of Two Market Failures: Technology and Environmental Policy", forthcoming in *Ecological Economics*.
- [9] Nick Johnstone forthcoming "Environmental Policy and Corporate Behaviour", OECD-Edward Elgar
- [10] Mike Holland & Paul Watkiss "Benefits Table database: Estimates of the marginal external costs of air pollution in Europe"
<http://www.europa.eu.int/comm/environment/enveco/air/betaec02aforprinting.pdf>

Appendix 1 : 高性能工業炉導入モデル

工場 i の管理者が、高性能工業炉と従来型とどちらを導入するかを決定するモデルを考える。

(1) 従来型工業炉を導入する費用 C^1_i は次の式で与えられる。

$$C^1_i = IC^1_i + FC^1_i$$

IC^1_i = (従来型設置費用)

FC^1_i = (従来型工業炉の年間燃料費用) × 使用年数

(2) 高性能工業炉の導入費用 C^2_i は次の式で与えられる。

$$C^2_i = IC^2_i + FC^2_i + TC^2_i$$

IC^2_i = (高性能工業炉の設置費用)

FC^2_i = (高性能工業炉の年間燃料費用) × 使用年数

TC^2_i = 高性能工業炉導入の導入取引費用

TC^2_i は、工場の業種、規模、技術レベルを表す変数 (技術者の数等)、流動性制約の変数とする。これらの変数のベクトルを Z として、

$$TC^2_i = -\beta Z_i - \varepsilon_i$$

であると仮定する。投資が回収されることが予想されるにも関わらず高性能工業路の導入が

進まないのは、分布までしか特定できない誤差項 ε_i を含めてこの TC^2_i が存在するからだと考えられる。

高性能工業炉が導入されるのは、 $C^1_i > C^2_i$ の時、その時のみである。ここで、 $Y = C^1_i - C^2_i$

と定義する。すると、導入の是非は、 Y の正負によって決定される。

$$\begin{aligned} Y &= (IC^1_i + FC^1_i) - (IC^2_i + FC^2_i + TC^2_i) \\ &= (IC^1_i - IC^2_i) + (FC^1_i - FC^2_i) - TC^2_i \\ &= (IC^1_i - IC^2_i) + (FC^1_i - FC^2_i) + \beta Z_i + \varepsilon_i \end{aligned}$$

ここで、 $X_i = (IC^1_i - IC^2_i, FC^1_i - FC^2_i, Z_i)$ として、 ε_i を正規分布に従うと仮定すると、高性能工業炉の導入の行動は、 X_i を説明変数、 Y_i を潜在変数とするプロビットモデルと定義できる。

なお、高性能工業炉の設置費用が、従来型の価格が数割増しであることを考慮すると、その割合を γ で表し、

$$IC^2_i = (1 + \gamma) IC^1_i$$

と表すことができる。これを変形すると、 $IC^1_i = IC^2_i / (1 + \gamma)$ となり、□に代入すると、

$$Y = -IC^2_i \times \gamma / (1 + \gamma) + (FC^1_i - FC^2_i) + \beta Z_i + \varepsilon_i$$

となる。両辺を IC^2_i で割ると

$$Y / IC^2_i = -\gamma / (1 + \gamma) + (FC^1_i - FC^2_i) / IC^2_i + \beta Z_i / IC^2_i + \varepsilon_i / IC^2_i$$

となる。ここで、 $Y^*_i = Y / IC^2_i$ 、 $\varepsilon^*_i = \varepsilon_i / IC^2_i$ 、 $Z^*_i = Z_i / IC^2_i$ と書き換えると、この式は

$$Y^*_i = -\gamma / (1 + \gamma) + \text{投資回収年}_i + \beta Z^*_i + \varepsilon^*_i$$

と、投資回収年を変数と持つプロビットモデルに書き換えることができる。また、 ε_i の分散が事業所の規模に比例すると仮定すると、投資費用 IC^2_i も事業所規模に比例することが予想されることより、 ε^*_i 均一分散を仮定できることになる。

補助金や諸政策の効果を定量的に分析するためには、上記のモデルを推定することが望ましい。しかし、この分析においては高性能工業炉を導入事業所と否導入事業所の情報が必要となる。現状ではこのような個票データは存在しない。また、サーベイを行いこのような情報を収集することは難しく、本報告書では分析は行えなかった。

6 住宅用太陽光発電装置の CO₂削減効果の評価

6. 1 はじめに

わが国における太陽光発電装置の普及率は、諸外国と比較して著しく高い(表 6.1)。この高い普及率を支えているのは、住宅用太陽光発電装置導入の際の補助金政策であると言われている。補助金政策が住宅用太陽光発電装置の普及に与える効果を評価するために、本稿では、ユーザーコストの理論を用いて、住宅用太陽光発電装置導入量と補助金政策の関係を明らかにする。また、太陽光発電装置の導入によってどの程度の CO₂が削減されるかを推計し、補助金政策と CO₂削減効果の関係も捉えている。

本稿では、まず住宅用太陽光発電装置の発電量当たり CO₂削減効果を推計する。太陽光発電装置の導入に当たっては、既存の発電インフラを利用するわけではなく、新たに装置を製造する必要がある。そのため、装置の運用時に既存の発電インフラ(ベースライン発電)による CO₂排出量からどの程度 CO₂が削減されるかを推計するだけでなく、装置の製造によって増加する CO₂排出量を考慮するライフサイクル的視点が不可欠である。6.2.1 では、住宅用太陽光発電装置の製造における CO₂排出量を推計している。6.2.2 では、6.2.1 で求めた太陽光発電装置の出力当たりの CO₂排出量を発電量当たりに変換し、ベースライン発電からの発電量当たり CO₂排出量から差し引くことで、太陽光発電装置の発電量当たり CO₂削減効果を推計している。これに実際の装置導入量から推計される発電量を乗じることで、住宅用太陽光発電装置の CO₂削減量を時系列的に求めることができる(6.2.3)。

次に、住宅用太陽光発電装置のユーザーコストを推計し、ユーザーコストと導入量の関係を明らかにする。消費者が直面するコストを考えた場合、単に装置価格のみを捉えるのではなく、税金、補助金、割引率、経済的減価償却、装置価格の変化を考慮したユーザーコストを用いることが望ましいだろう。6.2.4 では、装置価格と補助金政策の推移を基に、太陽光発電装置のユーザーコストを推計している。これに基づき、6.2.5 では、太陽光発電装置導入量とユーザーコストの回帰をとることで、経験則的な両者の関係を導出している。

推計結果を 6.3.1～6.3.5 で示した上で、補助金によって新規に導入される住宅用太陽光発電装置の量と太陽光発電装置によって削減される CO₂排出量を結びつけ、補助金による CO₂排出量の限界削減効果を計測している(6.4.1)。また、6.4 ではその他にも若干のシミュレーションを行っている。

詳細な分析に入る前に、わが国の住宅用太陽光発電装置の導入状況とそれに対する補助金政策について概観したものが表 6.2 である。太陽光発電装置の導入に対する補助金の効果を CO₂の平均削減費用で評価すると、1994 年では 13 万円/t-CO₂であったのが、住宅用太陽光発電装置の普及にともない、2004 年には 7 千円/t-CO₂まで低減している。補助金の CO₂の平均削減費用は、11 年間平均では 2 万円/t-CO₂となっている。また、後に住宅用太陽光発電

装置のユーザーコストと新規導入量の関係を示すが、住宅用太陽光発電装置導入の初期段階、つまり 1994 年頃の高い補助率によって家計の負担を軽減させたことが、住宅用太陽光発電装置の導入を促し、結果として他国と比較しても高い普及率に達することになったと考えられる。

表 6.1 IEA Photovoltaic Power Systems Programme 参加国の太陽光発電累積導入量 (MW)

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
日本	19	24.3	31.2	43.4	59.6	91.3	133.4
ドイツ	5.6	8.9	12.4	17.7	27.8	41.8	53.8
アメリカ	43.5	50.3	57.8	66.8	76.5	88.2	100.1
オーストラリア	7.3	8.9	10.7	12.7	15.7	18.7	22.5
オランダ	1.3	1.6	2	2.4	3.3	4	6.5
IEA合計	110	136	164	199	245	314	396
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
日本	208.6	330.2	452.8	636.8	859.6	1132	
ドイツ	69.4	113.7	194.6	278	431	794	
アメリカ	117.3	138.8	167.8	212.2	275.2	365.2	
オーストラリア	25.3	29.2	33.6	39.1	45.6	52.3	
オランダ	9.2	12.8	20.5	26.3	45.9	49.1	
IEA合計	520	729	989	1334	1829	2596	

出所：IEA (2005), "TRENDS IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS

- Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2004"

注：IEA 合計は Photovoltaic Power Systems Programme 参加国合計である。

表 6.2 わが国の住宅用太陽光発電装置の導入状況と補助金政策

	住宅用 導入量 (新規)	発電量 (新規)	家計投資額			CO ₂ 削減量 (新規)	平均 削減費用
	万kW	GWh	億円	家計 負担額 億円	補助金 億円	t-CO ₂	万円/t-CO ₂
1994(FY)	0.2	2.1	40	23	17	681.7	12.7
1995(FY)	0.4	4.2	68	39	29	1363.4	10.7
1996(FY)	0.7	7.4	84	47	37	2386.0	7.7
1997(FY)	2.0	21.0	208	178	30	6817.0	2.2
1998(FY)	2.4	25.2	245	168	77	8180.5	4.7
1999(FY)	5.8	61.0	539	402	137	19769.4	3.5
2000(FY)	7.4	77.8	622	414	208	25223.1	4.1
2001(FY)	9.1	95.7	683	583	100	31017.6	1.6
2002(FY)	14.1	148.2	1,001	856	145	48060.2	1.5
2003(FY)	17.4	182.9	1,201	1,010	190	59308.3	1.6
2004(FY)	20.0	210.2	1,340	1,245	95	68170.4	0.7
計	79.5	835.7	6,030	4,964	1,066	270977.5	2.0

出所：太陽光発電協会データ(住宅用太陽光発電装置の導入量およびシステム価格、補助金実績額)

家計投資額、家計負担額、CO₂削減量、平均削減費用は本稿で産出したものである。

注：1)発電量は利用率を 12%として算出したものである。

2)家計投資額は、太陽光発電装置の平均システム価格を導入量に乘以て算出している。

3)補助金は、住宅用太陽光発電装置の導入時に支払われた実績額である。

4)家計投資額から補助金を差し引いたものを実際に家計が負担する金額とした。

5)住宅用太陽光発電装置導入による CO₂削減量は、本稿で計測された結果である。

6)平均削減費用は、1tの CO₂を削減するのに何万円の補助金が投入されたかを示す指標である。

ただし、削減効果は装置が償却するまで続くので、耐用年数 20 年で割り引いている。

6. 2 評価の方法とデータ

6.2.1 装置製造における CO₂排出量の評価

住宅用太陽光発電装置の出力当たりの CO₂排出量を推計する前提として、1つのモデルケースとして最大出力 3kW を想定する³⁰。また、太陽光発電装置の CO₂排出量は、運用時には発生しないため、装置製造時のみを算定する。その CO₂排出量の推計には、産業連関分析のオープンモデルを用いている((1)式)。

(1)式は、太陽光発電装置の年換算 CO₂国内排出量(E)の推計式であるが、最終需要は3つの部分に分けられる。1つは家計が投資する太陽電池本体の投資額(f_1)であり、もう1つは太陽電池の投資額(f_2)、そして残る1つはインバーターの投資額(f_3)である。太陽電池は長期的に利用可能な耐久消費財であるため、最終需要を耐用年数で除して年換算値にするが、本稿ではすべて同じ耐用年数である($T_1 = T_2$)と想定している。太陽光発電装置製造によって誘発される生産量は、最終需要にレオンチェフ逆行列($[I - (I - \hat{M})A]^{-1}$)を乗じることで求められるが、財の輸入に伴って発生する海外での CO₂排出量は評価の対象としていないため、投入係数(A)から輸入分($\hat{M}$)を差し引いている。太陽光発電装置の年換算 CO₂国内排出量(E)は、装置製造によって誘発される生産量にそれぞれの経済活動部門の CO₂排出原単位(c)を乗じて推計される。

$$E = c \left[I - (I - \hat{M})A \right]^{-1} \left[\frac{1}{T_1} (f_1 + f_2) + \frac{1}{T_2} f_3 \right] \quad (1)$$

E : CO₂国内排出量 (スカラー)

c : CO₂排出原単位 (ベクトル)

$[I - (I - \hat{M})A]^{-1}$: 産業連関表のレオンチェフ逆行列

f_1 : 太陽電池本体の資本形成ベクトル

T_1 : 太陽電池の耐用年数 (スカラー)

f_2 : 太陽電池設置 (配線, フレーム, 設置等) の資本形成ベクトル

f_3 : インバーターの資本形成ベクトル

T_2 : インバーターの耐用年数 (スカラー)

推計に用いた最終需要の太陽電池データは、化学工学会 CO₂ 研究会『太陽光発電技術の評価 II』(1994) から抽出した多結晶型シリコンを用いた太陽電池の製造費用データを 2000 年

³⁰ 導入される住宅用太陽光発電装置の実際の平均値とは異なるので、注意を要する。

価格に調整している。また、インバーター価格は、NEDO 技術開発機構ホームページより 2000 年の屋根置型 3kW 太陽光発電システム販売価格のデータを用いた。CO₂原単位データは基本的に『平成 12 年環境分析用産業連関表』(2005)を使用した³¹。(1)式のその他の係数は、『平成 12 年産業連関表』(2004)を用いている。耐用年数は、20 年と 30 年の場合を想定した³²。

6.2.2 太陽光発電の kWh 当たり CO₂削減量の推計³³

太陽光発電の発電量(kWh)当たり CO₂削減量は、既存のベースライン発電の発電量当たりの CO₂排出量の年平均値(BCO₂)から太陽光発電装置の発電量当たり CO₂排出量(SCO₂)を差し引くことで推計される((2)式)。その際、前項で求めた太陽光発電装置の最大出力当たりの CO₂排出量(E)を発電量当たり(SCO₂)に変換する必要があるが、太陽光発電装置の年間発電量(H)を導出するに当たって、利用率を 12%と想定した。したがって、出力 3kW の太陽光発電装置の年間発電量は、 $3(\text{kW}) \times 365(\text{day/year}) \times 24(\text{hour/day}) \times 0.12 = 3153.6(\text{kWh})$ と求められる。太陽光発電装置の発電量当たり CO₂排出量は、最大出力当たりの CO₂排出量(E)を年間発電量(H)で除することで算出される。

$$\text{太陽光発電の kWh 当たり CO}_2\text{削減量} = \text{BCO}_2 - \text{SCO}_2 \quad (2)$$

BCO₂： 既存のベースライン発電の kWh 当たりの CO₂排出量（年平均）

SCO₂： 太陽光発電装置の kWh 当たり CO₂排出量（E/H）

H： 出力 3kW の太陽光発電装置の年間発電量（想定：設備容量×12%）

BCO₂： 現在整備が進められている温室効果ガス排出量の算定・報告・公表制度の実施のための政省令案によると、一般電気事業者による受電端 CO₂排出量は、391g -CO₂/kWh である(建設時の負荷は含まれていない)。

6.2.3 住宅用太陽光発電装置による CO₂削減量

表 6.3 は、わが国における太陽光発電装置の導入量の推移を示したものである。1994 年度では 0.2 万 kW であった住宅用太陽光発電装置導入量は、2004 年度には 79.5 万 kW（累積）となり、急速に太陽光発電装置が普及していることが窺える。

表 6.3 と前項の方法で推計された太陽光発電の発電量(kWh)当たり CO₂削減量を用いることで、これまでにわが国で導入された住宅用太陽光発電装置によって、どの程度の CO₂排出量が削減されたかを算定することができる。

³¹ ただし、消費燃料の単位当たり炭素排出量は、環境省によって整備が進められている温室効果ガス排出量の算定・報告・公表制度の実施のための政省令案に示される値で修正している。

³² 政府の試算等では、耐用年数を 20 年とすることが多い。

³³ 太陽光発電システムの LCA は、本藤他(2000)、太陽光発電技術研究組合(2001)、山田・小宮山(2002)、新エネルギー・産業技術総合開発機構(2003)など多くの事例が存在するが、2000 年という現時点で最新の技術構造を表している産業連関表を用いた評価は、本稿がはじめてであろう。

表 6.3 わが国の太陽光発電装置導入量(万 kW)

	全導入量 (累積)	住宅用 導入量 (累積)	住宅用 導入量 (新規)
1993(FY)	2.4		
1994(FY)	3.1	0.2	0.2
1995(FY)	4.3	0.6	0.4
1996(FY)	6.0	1.3	0.7
1997(FY)	9.1	3.3	2.0
1998(FY)	13.3	5.7	2.4
1999(FY)	20.9	11.5	5.8
2000(FY)	33.0	18.9	7.4
2001(FY)	45.2	28.0	9.1
2002(FY)	63.7	42.1	14.1
2003(FY)	86.0	59.5	17.4
2004(FY)	113.2	79.5	20.0

出所：太陽光発電協会データ

注：住宅用新規導入量は、今期と前期の住宅用累積導入量の差である。

6.2.4 太陽光発電装置導入のユーザーコストの推計

Hall and Jorgenson (1967) の研究で示されたユーザーコストの導出は以下のとおりである。まず、 t 期における投資財価格 $q(t)$ は以下の式で表される。

$$q(t) = \int_0^{\infty} e^{-r(s-t)} c(s) e^{-\delta(s-t)} ds \quad (3)$$

ここで、 r は時間割引率、 $c(s)$ は s 期のユーザーコスト、 δ は減価償却率である。これは、「投資財の価格」が「将来の収益を割り引いた価値」と一致するということを示している。これを t で微分すると以下の式が導かれる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial q(t)}{\partial t} &= -e^{-r(s-t)} c(t) e^{-\delta(s-t)} + r \int_0^{\infty} e^{-r(s-t)} c(s) e^{-\delta(s-t)} ds + \delta \int_0^{\infty} e^{-r(s-t)} c(s) e^{-\delta(s-t)} ds \\ &= -c(t) + q(t)(r + \delta) = \dot{q} \end{aligned} \quad (4)$$

これより、 t 期における資本のユーザーコスト $c(t)$ は以下の式で表される。

$$c(t) = q(t) \left(r + \delta - \frac{\dot{q}}{q} \right) \quad (5)$$

また、吉川（1984）、吉岡（1989）では、 $q(t)$ 円の借り入れを行って投資財を購入する場合を想定し、1 期後の収益と返済額が等しいという条件からユーザーコストが導かれるという説明がなされている。なぜなら、この条件が満たれないならば、利潤機会ないし損失が生じて裁定行動が起こるからである。たとえば、1 単位の投資財を価格 $q(t)$ 円で購入してレンタル市場に出し、 h 時間経過した後に売却したとしよう。レンタル収入を $p(t)$ とすると、 h 期後の収益は $p(t) + (1 - \delta)q(t + h)$ であり、かかった元利支払いは $(1 + r)q(t)$ なので、競争市場均衡においては

$$p(t) + (1 - \delta)q(t + h) = (1 + r)q(t) \quad (6)$$

が成り立つ。ここで、 h がきわめてゼロに接近するケースを考えれば

$$p(t) = q(t) \left(r + \delta + \frac{\dot{q}}{q} \right) \quad (7)$$

となる。完全競争市場ではユーザーコストがこの収益と一致するので、(5)式が導かれる。

このユーザーコストの理論を太陽光発電装置のケースに適用する。まず、太陽光発電装置の税抜き価格 q は次のように表される。

$$q = \frac{1}{1 + \nu} \{ i(f_1 + f_2 + f_3) \} \quad (8)$$

q : 消費税を含まない装置全体の投資財価格（出力 3kW あたり）

ν : 消費税率

i : i -order vector

また、太陽光発電装置の kWh あたりのユーザーコストは、消費税率 ν と補助金による補助率 sub によって次のように表される。

$$C = \frac{1}{H} (1 - sub)(1 + \nu)q \cdot \left\{ r + de - \frac{(1 - sub_{+1})(1 + \nu_{+1})q_{+1} - (1 - sub)(1 + \nu)q}{(1 - sub)(1 + \nu)q} \right\} \quad (9)$$

C : kWh あたりのユーザーコスト

sub : 補助金補助率

r : 長期割引率(想定 : 0.01)
 de : 経済的減価償却率 (economic rate of replacement)
double declining method を用いて $de = 2/T_1$

6.2.5 ベースライン発電との価格差と普及率の評価

ベースライン発電の受電端単価 B と太陽光発電装置のユーザーコスト C との時系列比較を行って、太陽光発電装置の普及率(新規導入量) y との経験式を回帰で推定する。

$$y = f\left(\frac{C}{B}\right) \quad (10)$$

B : ベースライン発電の受電端単価 (kWh あたり)

y : 太陽光発電装置の新規導入量

被説明変数 y のデータは、表 6.3 で示した住宅用太陽光発電装置の新規導入量(万 kW)を使用している。また、説明変数の C は、前節の方法で導出された太陽光発電装置のユーザーコストを、 B は『EDMC エネルギー経済統計要覧』(2005)に記載されている電灯用電力の価格データを用いている。

経験式として様々な関数形が考えられるが、本稿では次のような対数線形に定式化した。

$$\ln y = a + b \ln x \quad (11)$$

6. 3 推計結果

6.3.1 装置製造における CO₂ 排出量の評価

(1)式に基づいて推計された住宅用太陽光発電システムの生産・流通プロセスにおける CO₂ 排出量は、多結晶型シリコン太陽電池の年間生産規模 10MW の場合で、701.7t-CO₂(耐用年数 20 年)である。ここには、インバーターの生産・流通プロセスにおける CO₂ 排出量も含まれている。

住宅用太陽光発電システムの生産・流通プロセスにおいてどのような財・サービスに関連する CO₂ が排出されているかは付表を参照されたいが、そこでは生産・流通プロセス全体における CO₂ 排出量のみならず、生産プロセスをシリコンウェハ製造、セル化、およびモジュール化の 3 つに分けて、それぞれの CO₂ 排出量を示している。

本来、太陽電池の生産プロセスにおいては規模の経済性の効果が働くが、本稿では、生産規模 10MW の場合の CO₂ 排出量を本稿で扱う 3kW の排出量に変換する際に、CO₂ 排出量は

生産規模と比例的に変化すると想定している。

その結果、住宅用太陽光発電システム(出力 3kW)の生産・流通における CO₂ 排出量は、耐用年数 20 年の場合で 211kg-CO₂、耐用年数 30 年の場合で 140 kg-CO₂ となった(表 6.4)。

表 6.4 住宅用太陽光発電装置(出力 3kW)の生産・流通における CO₂ 排出量

E	kg-CO ₂ /3kW
耐用年数20年	211
耐用年数30年	140

6.3.2 太陽光発電の kWh 当たり CO₂ 削減量の推計

前項で推計された住宅用太陽光発電装置の出力当たり CO₂ 排出量を、年間発電量 3153.6kWh で除したものが、表 6.5 の(b)である。これを既存のベースライン発電の kWh 当たりの CO₂ 排出量(表 6.5 の(a))から差し引くことで、太陽光発電の kWh 当たり CO₂ 削減量(表 6.5 の(a)-(b))が求められる。太陽光発電の kWh 当たり CO₂ 削減量は、耐用年数 20 年の場合で 324 g-CO₂、耐用年数 30 年の場合で 347 g-CO₂ である。

表 6.5 住宅用太陽光発電の kWh あたり CO₂ 削減量

	(a)BCO ₂	(b)SCO ₂	(a)-(b)
	g-CO ₂ /kWh	g-CO ₂ /kWh	g-CO ₂ /kWh
耐用年数20年	391	67	324
耐用年数30年	391	44	347

表 6.6 によって太陽光発電の kWh 当たり CO₂ 排出量と他の電源の排出量を比較すると、原子力発電の約 2～3 倍であるが、化石燃料を電源とする発電方式と比べ、はるかに少ないことが確認される³⁴。

³⁴ 表 6.6 の電源別 CO₂ 排出量は、その推計に用いられたデータが本稿で用いたデータと年次が異なる点には注意が必要である。

表 6.6 電力生産 1kWh 当たりの CO₂ 排出量 (g-CO₂/kWh)

	経常運転時	建設時	合計
SPS	0	20	20
SPS(ソーラーリーダー)	0	11	11
石炭火力	1,222	3	1,225
石油火力	844	2	846
LNG火力	629	2	631
原子力	19	3	22

出所：『環境分析用産業連関表』(2001)

6.3.3 住宅用太陽光発電装置による CO₂ 削減量

表 6.3 で示される住宅用太陽光発電装置の導入量と表 6.4 の太陽光発電装置の CO₂ 削減量から、これまでにわが国に導入されてきた住宅用太陽光発電装置による CO₂ 削減量を推計することができる(表 6.7)。

導入当初の 1994 年度時点では、住宅用太陽光発電装置による CO₂ 削減量が 680 t-CO₂(耐用年数 20 年)であったのが、2004 年度には、新規に 6.8 万 t-CO₂(耐用年数 20 年)の CO₂ 排出量が削減され、累積ベースでは 27.1 万 t-CO₂(耐用年数 20 年)もの CO₂ 排出量が削減されている。耐用年数 30 年で評価した場合は、1994 年度では CO₂ 削減量が 730 t-CO₂、2004 年度では新規ベースで 7.3 万 t-CO₂、累積ベースで 29.0 万 t-CO₂ であった。

表 6.7 住宅用太陽光発電装置による CO₂ 削減量 (t-CO₂)

	耐用年数20年		耐用年数30年	
	CO ₂ 削減量 (累積)	CO ₂ 削減量 (新規)	CO ₂ 削減量 (累積)	CO ₂ 削減量 (新規)
1994(FY)	681.7	681.7	728.5	728.5
1995(FY)	2045.1	1363.4	2185.4	1457.0
1996(FY)	4431.1	2386.0	4735.1	2549.7
1997(FY)	11248.1	6817.0	12020.0	7284.8
1998(FY)	19428.6	8180.5	20761.7	8741.8
1999(FY)	39198.0	19769.4	41887.7	21126.0
2000(FY)	64421.1	25223.1	68841.6	26953.8
2001(FY)	95438.6	31017.6	101987.5	33145.9
2002(FY)	143498.8	48060.2	153345.5	51358.0
2003(FY)	202807.1	59308.3	216723.5	63378.0
2004(FY)	270977.5	68170.4	289571.8	72848.2

6.3.4 太陽光発電装置導入のユーザーコストの推計

表 6.8 に住宅用太陽光発電装置導入のユーザーコストの推計結果を示した。同表には、住宅用太陽光発電システム価格を投資財価格として、3kW の住宅用太陽光発電装置投資額に対する補助金支給額の割合を補助率としてそれぞれ載せている。

太陽光発電装置の投資価格が年々減少するとともに、ユーザーコストも減少してきたが、

1998 年度前後に補助金制度の変更があったため、1999 年度に一旦急激にユーザーコストが低下している。

補助金制度がなかった 1993 年度では太陽光発電装置導入のユーザーコストは約 2,800～2,900 円であり、ベースライン発電の受電端価格 24.9 円/kWh の 100 倍以上であった。それが、10 年後の 2003 年度には、ベースライン発電の受電端価格 21.5 円/kWh に対し、ユーザーコストが 21～41 円とほとんど同じ水準まで差が縮まっている。

表 6.8 太陽光発電装置導入のユーザーコストとベースライン発電の受電端価格

	耐用年数20年	耐用年数30年	投資財価格	補助率	電力単価
	円/kWh	円/kWh	万円/kW		円/kWh
1993(FY)	2,946.36	2,825.51	370	0.000	24.87
1994(FY)	363.52	327.59	200	0.450	24.76
1995(FY)	238.59	210.83	170	0.500	24.56
1996(FY)	75.45	52.58	120	0.417	24.16
1997(FY)	82.11	59.24	104	0.327	24.44
1998(FY)	154.62	131.98	102	0.333	23.33
1999(FY)	25.97	5.99	93	0.355	23.07
2000(FY)	80.31	59.00	84	0.238	23.08
2001(FY)	89.20	68.22	75	0.160	22.78
2002(FY)	77.01	56.70	71	0.141	21.84
2003(FY)	40.95	20.98	69	0.130	21.51
2004(FY)			67	0.067	

出所：電力単価は、『EDMC エネルギー経済統計要覧』(2005)に記載されている電灯用電力の価格

注：投資財価格とは、住宅用太陽光発電システム価格である。また、補助率とは、3kW の住宅用太陽光発電装置投資額に対する補助金支給額の割合である。

6.3.5 ベースライン発電との価格差と普及率の評価

表 6.3 で示される住宅用太陽光発電装置の新規導入量を被説明変数、前節で計測されたユーザーコストとベースライン発電の受電端価格の比を説明変数とする回帰を(11)式の関数形で行った。その結果が、表 6.9 に示されている。

耐用年数 20 年、30 年いずれの場合も、電力の価格比のパラメータ(b)が有意に負値で推定されている。これは、太陽光発電装置のユーザーコストの相対的に低下するほど、太陽光発電装置の新規導入が増加することを意味している。その程度は、価格比が 1%低下すると、耐用年数 20 年の場合では装置の新規導入が 1.5%増え、耐用年数 30 年の場合では 0.9%増加する。

表 6.9 太陽光発電装置導入とユーザーコストの関係

	coefficient	t-value	
耐用年数20年			
a	3.077	3.875	***
b	-1.490	-2.916	**
R ²	0.515		
耐用年数30年			
a	1.883	3.433	***
b	-0.890	-2.322	**
R ²	0.403		

注) *** : 有意水準 1% で有意、** : 有意水準 5% で有意

6. 4 シミュレーション

6.4.1 太陽光発電装置の CO₂ 削減に関する補助金の費用対効果

住宅用太陽光発電装置導入に対する補助金政策によって、太陽光発電装置の普及が進み、それがどの程度の CO₂ 削減の実現に繋がったかを評価するために、補助率が各年 1% 上昇した場合、あるいは 1% 低下した場合に CO₂ 削減量がどのように変化するかというシミュレーションを行った。補助率の変化は住宅用太陽光発電装置のユーザーコストに影響を与え、表 6.9 で示される関係を通して、太陽光発電装置の新規導入量を変化させる。それとともに、表 6.7 の住宅用太陽光発電装置導入による CO₂ 削減量も変化する。

表 6.10、表 6.11 に耐用年数が 20 年の場合に補助率の変化が太陽光発電装置による CO₂ 削減量に与える影響を示した。補助金率を上昇させる場合と低下させる場合で太陽光発電装置による CO₂ 削減量に与える影響は非対称である。また、各年で補助金率の変化が CO₂ 削減量に与える影響の大きさが異なっている。

表 6.11 によれば、2003 年度の累積ベースでの太陽光発電装置による年間 CO₂ 削減量の変化率は、補助率が 1% 上昇した場合で 2.1%、1% 低下した場合で -2.0% である。各年の補助率をそれぞれ 1% 上昇させることは、1994～2003 年度の 10 年間累積で約 9.8 億円の補助金の増額を意味する。また、同期間で累積した CO₂ 削減量の増分、つまり 2003 年度における累積ベースでの年間 CO₂ 削減量の増分は、表 10 より CO₂ 削減量(累積)における 2003 年度の 1% 増の値から基準の値を差し引いた約 4,200t・CO₂ である。したがって、太陽光発電装置が償却されるまで CO₂ 削減効果が続くことを考慮して、CO₂ 削減量当たりの補助金投入額を算定すると 9.8 億円 ÷ 4,200t・CO₂ ÷ 20(耐用年数) = 1 万 2 千円 / t・CO₂ である。この数値だけを見ると、CO₂ 削減コストが高いと判断されるかもしれないが、ここには新技術の導入当初に必要な高い補助金負担も含まれていることに留意されたい。

新規導入ベースでは、1999 年度における CO₂ 削減量の変化率が、補助率が 1% 上昇した場

合で9.4%、1%低下した場合で-9.7%と補助金の増減による影響が大きい。これは、先に述べた補助金制度の変更による影響と考えられる。

視点を変え、家計の費用負担、つまり住宅用太陽光発電装置のユーザーコストが1%変化した場合のCO₂削減量に対する影響を見ると、その変化率は0.89%であり、これは負担が増える場合と減る場合で対称である。

表 6.10 補助率の変化が太陽光発電装置によるCO₂削減量に与える影響
(単位：t-CO₂、耐用年数が20年の場合)

	CO ₂ 削減量 (累積)			CO ₂ 削減量 (新規)		
	基準	1%増	1%減	基準	1%増	1%減
1994(FY)	682	686	678	682	686	678
1995(FY)	2,045	2,087	2,004	1,363	1,401	1,327
1996(FY)	4,431	4,573	4,292	2,386	2,487	2,288
1997(FY)	11,248	11,428	11,072	6,817	6,854	6,780
1998(FY)	19,429	19,645	19,215	8,180	8,218	8,143
1999(FY)	39,198	41,362	37,159	19,769	21,716	17,943
2000(FY)	64,421	67,065	61,908	25,223	25,703	24,749
2001(FY)	95,439	98,254	92,754	31,018	31,190	30,846
2002(FY)	143,499	146,510	140,619	48,060	48,255	47,865
2003(FY)	202,807	207,009	198,752	59,308	60,499	58,133
2004(FY)	270,977	-	-	68,170	-	-

注) 基準：観測値から算出した結果(再掲)、1%増：補助率が1%上昇した場合、
1%減：補助率が1%低下した場合

表 6.11 補助率の変化が太陽光発電装置によるCO₂削減量に与える影響
(基準に対する変化率、耐用年数が20年の場合)

	CO ₂ 削減量 (累積)			CO ₂ 削減量 (新規)		
	基準	1%増	1%減	基準	1%増	1%減
1994(FY)	-	0.60%	-0.60%	-	0.60%	-0.60%
1995(FY)	-	2.01%	-2.01%	-	2.70%	-2.73%
1996(FY)	-	3.16%	-3.18%	-	4.13%	-4.19%
1997(FY)	-	1.58%	-1.58%	-	0.55%	-0.55%
1998(FY)	-	1.11%	-1.10%	-	0.46%	-0.46%
1999(FY)	-	5.37%	-5.34%	-	9.39%	-9.69%
2000(FY)	-	4.02%	-3.98%	-	1.88%	-1.90%
2001(FY)	-	2.91%	-2.85%	-	0.55%	-0.55%
2002(FY)	-	2.08%	-2.03%	-	0.41%	-0.41%
2003(FY)	-	2.05%	-2.02%	-	1.99%	-2.00%
2004(FY)	-	-	-	-	-	-

注) 基準：観測値から算出した結果、1%増：補助率が1%上昇した場合、
1%減：補助率が1%低下した場合

6.4.2 政府の「地球温暖化対策推進大綱」の目標を達成した場合

政府の「地球温暖化対策推進大綱」においては、2010 年度に新エネルギーの導入によって 1,910 万 kl のエネルギー消費を削減するという目標が掲げられている。目安ではあるが、その内訳の 118 万 kl が太陽光発電の導入分として見込まれており、これは同発電システム 482 万 kW 分に相当する。また、太陽光発電協会ホームページによれば、482 万 kW のうち、390 万 kW(約 100 万台)が本稿の対象である住宅用太陽光発電装置、残りが非住宅用（公共・産業用）太陽光発電装置であるとしている³⁵。

本稿で推計した住宅用太陽光発電装置の発電量当たり CO₂削減量を用いて、上で述べた住宅用太陽光発電装置の見込まれる導入量(390 万 kW=3kW×130 万台)が達成された時点での CO₂削減量を計測すると、耐用年数 20 年の場合で年間 132.9 万 t・CO₂、耐用年数 30 年の場合で年間 142.1 万 t・CO₂となった。

6.4.3 一戸建て住宅すべてに太陽光発電装置を設置した場合

表 6.12 は、わが国の一戸建て住宅数を示したものである。建築面積や部屋数などの住宅属性や気象条件などの地域属性によって、家計の電力需要を満たすために必要な太陽光発電装置の出力規模は当然変化する。しかし、ここでは全国一律で一戸建て住宅 1 件当たりに設置する太陽光発電装置の出力を 3kW、その利用率が 12%であると仮定し、一戸建て住宅すべてにした場合の CO₂削減量を計測する。

一戸建て住宅のうち持ち家のみ太陽光発電装置を設置すると、その導入量は、
3kW×24,245,400 台＝約 7,274 万 kW となる。このとき、CO₂削減量は、耐用年数 20 年の場合で年間 2479.2 万 t・CO₂、耐用年数 30 年の場合で年間 2649.4 万 t・CO₂である。

また、借家を含むすべての一戸建て住宅に太陽光発電装置を設置すると、その導入量は、
3kW×26,491,200 台＝約 7,947 万 kW となり、CO₂削減量は、耐用年数 20 年の場合で年間 2708.9 万 t・CO₂、耐用年数 30 年の場合で年間 2894.8 万 t・CO₂となった。

³⁵ これらの内訳は、経済産業省および太陽光発電協会によって示された目安であって、目標ではないことに注意されたい。

表 6.12 わが国の一戸建て住宅数(建築面積別・所有形態別)

一戸建 建築面積(9区分)	総数	持ち家	借家				
			総数	公営の借家	公団・公社 の借家	民営借家	給与住宅
総数	26,491,200	24,245,400	2,086,700	63,500	0	1,890,400	132,800
19 m 以下	51,100	19,300	31,900	100	-	31,000	800
20 ~ 29m	479,500	322,300	157,100	4,100	-	149,000	4,000
30 ~ 39	1,361,900	1,015,100	346,800	18,500	-	318,600	9,700
40 ~ 49	2,177,500	1,799,700	377,700	12,200	0	349,400	16,200
50 ~ 74	8,852,600	8,093,700	758,900	22,800	-	680,700	55,400
75 ~ 99	6,376,600	6,114,900	261,700	4,900	-	231,300	25,400
100 ~ 124	2,985,100	2,909,500	75,600	600	-	67,300	7,700
125 ~ 149	1,958,000	1,920,300	37,700	100	-	32,900	4,700
150 m 以上	2,089,800	2,050,600	39,300	100	-	30,100	9,000
1住宅当たり建築面積(m ²)	86	88	58	49	48	57	78

出所：総務省『平成 15 年住宅・土地統計調査(全国編)』(2005)

6. 5 おわりに

本稿では、ユーザーコストの理論を用いて、住宅用太陽光発電装置導入量と補助金政策の関係を明らかにした。また、太陽光発電装置の導入による CO₂削減量を推計し、シミュレーションを通して補助金政策と CO₂削減効果の関係も捉えた。

このようなアプローチから補助金政策の費用対効果を捉えた研究は本稿がはじめてであり、それは温暖化対策に関する新たな政策評価ツールを提供するという意味で重要である。

本稿では政策評価のみならず、太陽光発電装置の CO₂の削減ポテンシャルの推計も行っている。わが国は補助金政策によって太陽光発電装置の普及率が高いと言われているが、シミュレーションの結果から判断すれば、いまだ太陽光発電装置の導入ポテンシャル、それによってもたらされる CO₂の削減ポテンシャルが高いと言えよう。

電力会社による余剰電力の買い取り制度の効果を考慮していないなど、本稿で十分議論できなかった点もある。それらは、今後の課題としたい。

(吉岡完治、中野諭)

参考文献

- [1] IEA (2005) "TRENDS IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2004", Report IEA-PVPS T1-14:2005.
- [2] Jorgenson, D.W. (1963) "Capital Theory and Investment Behavior", *The American Economic Review*, Vol.LIII, May, pp.247-259.
- [3] Hulten, C.R., Wykoff, F.C. (1981) "The Measurement of Economic Depreciation", *Depreciation Inflation & The Taxation of Income from Capital*, The Urban Institute Press, pp.81-125.
- [4] 朝倉啓一郎・早見均・溝下雅子・中村政男・中野諭・篠崎美貴・鷲津明由・吉岡完治 (2001) 『環境分析用産業連関表』、慶應義塾大学出版会。
- [5] 化学工学会 CO₂ 研究会 (1994) 『太陽光発電技術の評価 II』。
- [6] 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2003)、『即効的・革新的エネルギー環境技術開発に関する

- る LCA 調査』、平成 14 年度調査報告書。
- [7] 総務省（2004）『平成 12 年産業連関表』、財団法人 全国統計協会連合会。
- [8] 総務省（2005）『平成 15 年住宅・土地統計調査(全国編)』、総務省ホームページ。
- [9] 太陽光発電技術研究組合（2001）、『太陽光発電評価の調査研究』、（ニューサンシャイン計画）
平成 12 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書。
- [10] 中野諭（2005）『平成 12 年環境分析用産業連関表－推計方法および計測結果－』、KEO ディスカッションペーパー、No.98、慶應義塾大学産業研究所。
- [11] 本藤祐樹・内山洋司・森泉由恵（2000）、『ライフサイクル CO₂ 排出量による発電技術の評価 - 最新データによる再推計と前提条件の違いによる影響-』、電力中央研究所報告 Y99009。
- [12] 山田興一・小宮山宏（2002）『太陽光発電工学』、日経 BP 社。
- [13] 吉岡完治（1989）『日本の製造業・金融業の生産性分析』、東洋経済新報社。
- [14] 吉川洋（1984）『マクロ経済学研究』、東京大学出版会。
- [15] NEDO 技術開発機構ホームページ (<http://www.nedo.go.jp/>)
- [16] 太陽光発電協会ホームページ (<http://www.jpea.gr.jp/>)

付表 1: 多結晶型シリコン太陽電池製造プロセスからの CO₂ 排出量(10MW, 耐用年数 20 年, インバータを含む)(単位: t-CO₂)

直接効果		間接 1 次効果		間接 2 次効果		間接 3 次効果		間接 4 次効果	
事業用発電	234.94	事業用発電	53.46	石炭製品	23.09	石炭製品	8.77	鉄鉄	4.15
板ガラス・安全ガラス	49.89	自家発電	30.56	事業用発電	19.34	自家発電	8.25	自家発電	3.89
アルミニウム (含再生)	11.90	その他の窯業・土石製品	14.00	自家発電	18.55	事業用発電	7.63	事業用発電	3.33
熱可塑性樹脂	10.32	石油化学基礎製品	5.17	鉄鉄	13.74	鉄鉄	4.83	石炭製品	3.20
研磨材	8.84	板ガラス・安全ガラス	4.97	石油製品	3.85	石油製品	1.84	石油製品	0.86
道路貨物輸送	7.06	石炭製品	4.52	脂肪族中間物	2.35	脂肪族中間物	1.19	脂肪族中間物	0.52
その他の無機化学工業製品	5.05	自家輸送 (旅客自動車)	4.22	石油化学基礎製品	2.33	石油化学基礎製品	1.11	石油化学基礎製品	0.49
その他のガラス製品	3.48	ソーダ工業製品	3.56	自家輸送 (旅客自動車)	1.93	自家輸送 (旅客自動車)	0.91	自家輸送 (旅客自動車)	0.43
アルミ圧延製品	3.46	アルミニウム (含再生)	3.43	自家輸送 (貨物自動車)	1.75	自家輸送 (貨物自動車)	0.83	洋紙・和紙	0.36
プラスチック製品	3.42	自家輸送 (貨物自動車)	2.77	その他の窯業・土石製品	1.54	洋紙・和紙	0.70	自家輸送 (貨物自動車)	0.30
沿海・内水面輸送	3.14	脂肪族中間物	2.64	道路貨物輸送	1.51	道路貨物輸送	0.60	道路貨物輸送	0.26
環式中間物	2.73	熱可塑性樹脂	2.62	ソーダ工業製品	1.16	セメント	0.55	パルプ	0.24
無機顔料	2.51	石油製品	2.51	沿海・内水面輸送	0.94	沿海・内水面輸送	0.47	沿海・内水面輸送	0.20
合成ゴム	1.99	道路貨物輸送	2.26	環式中間物	0.93	ソーダ工業製品	0.41	セメント	0.20
脂肪族中間物	1.43	その他の有機化学工業製品	1.99	洋紙・和紙	0.84	石油化学系芳香族製品	0.40	石油化学系芳香族製品	0.18
その他の金属製品	1.19	廃棄物処理 (産業)	1.49	熱可塑性樹脂	0.68	その他の窯業・土石製品	0.39	その他の窯業・土石製品	0.17
卸売	1.10	沿海・内水面輸送	1.39	石油化学系芳香族製品	0.61	環式中間物	0.33	ソーダ工業製品	0.17
ソーダ工業製品	0.72	環式中間物	1.36	その他の有機化学工業製品	0.58	板紙	0.30	粗鋼 (転炉)	0.17
その他の有機化学工業製品	0.71	企業内研究開発	1.02	廃棄物処理 (産業)	0.57	粗鋼 (転炉)	0.27	板紙	0.15
炭素・黒鉛製品	0.53	その他の無機化学工業製品	0.93	板ガラス・安全ガラス	0.52	パルプ	0.26	廃棄物処理 (産業)	0.11
圧縮ガス・液化ガス	0.38	プラスチック製品	0.88	アルミニウム (含再生)	0.50	廃棄物処理 (産業)	0.26	環式中間物	0.11
窯業原料鉱物	0.25	石油化学系芳香族製品	0.73	塩	0.28	熱可塑性樹脂	0.20	航空輸送	0.07
耐火物	0.13	窯業原料鉱物	0.66	航空輸送	0.28	その他の有機化学工業製品	0.18	熱可塑性樹脂	0.07
港湾運送	0.11	航空輸送	0.62	プラスチック製品	0.26	航空輸送	0.15	熱間圧延鋼材	0.07
貨物運送取扱	0.09	その他の合成樹脂	0.61	その他の無機化学工業製品	0.25	熱間圧延鋼材	0.12	その他の有機化学工業製品	0.06
小売	0.07	熱硬化性樹脂	0.57	企業内研究開発	0.23	その他の無機化学工業製品	0.10	冷間仕上鋼材	0.04
電線類	0.06	高機能性樹脂	0.57	化学肥料	0.21	塩	0.10	その他の無機化学工業製品	0.04
電線・ケーブル	0.05	炭素・黒鉛製品	0.57	板紙	0.21	企業内研究開発	0.09	企業内研究開発	0.04
食卓	0.03	洋紙・和紙	0.50	パルプ	0.21	化学肥料	0.09	合成ゴム	0.04
上水道・簡易水道	0.03	ガラス繊維・同製品	0.47	セメント	0.20	プラスチック製品	0.09	その他の化学最終製品	0.04
鉄道貨物輸送	0.01	研磨材	0.39	熱間圧延鋼材	0.19	冷間仕上鋼材	0.08	ハイヤー・タクシー	0.04
原油・天然ガス	0.01	合成ゴム	0.39	染色整理	0.18	その他の化学最終製品	0.08	塩	0.04
		再生資源回収・加工処理	0.37	その他の合成樹脂	0.18	ハイヤー・タクシー	0.08	化学肥料	0.03
		ハイヤー・タクシー	0.36	その他の化学最終製品	0.16	アルミニウム (含再生)	0.07	プラスチック製品	0.03
		その他のガラス製品	0.30	熱硬化性樹脂	0.16	板ガラス・安全ガラス	0.06	フェロアロイ	0.03
		卸売	0.29	窯業原料鉱物	0.16	メタン誘導品	0.06	下水道★★	0.03
		分類不明	0.27	炭素・黒鉛製品	0.16	その他の合成樹脂	0.06	卸売	0.02
		冷間仕上鋼材	0.24	ハイヤー・タクシー	0.15	下水道★★	0.06	メタン誘導品	0.02
		可塑剤	0.22	高機能性樹脂	0.15	合成ゴム	0.06	その他の合成樹脂	0.02
		建設補修	0.21	合成ゴム	0.14	卸売	0.06	分類不明	0.02
		下水道★★	0.21	メタン誘導品	0.14	港湾運送	0.06	鋳鉄品及び鍛工品 (鉄)	0.02
		ゼラチン・接着剤	0.18	冷間仕上鋼材	0.14	分類不明	0.05	港湾運送	0.02
		アルミ圧延製品	0.16	下水道★★	0.13	染色整理	0.05	不動産賃貸業	0.02
		鉛・亜鉛 (含再生)	0.16	卸売	0.12	高機能性樹脂	0.04	染色整理	0.02
		塩	0.16	粗鋼 (転炉)	0.12	熱硬化性樹脂	0.04	粗鋼 (電気炉)	0.02
		セメント	0.15	分類不明	0.11	不動産賃貸業	0.04	印刷・製版・製本	0.02
		無機顔料	0.15	再生資源回収・加工処理	0.10	印刷・製版・製本	0.04	アルミニウム (含再生)	0.02
		不動産賃貸業	0.15	港湾運送	0.10	再生資源回収・加工処理	0.04	熱硬化性樹脂	0.02
		その他の化学最終製品	0.14	その他のガラス製品	0.09	鋳鉄品及び鍛工品 (鉄)	0.03	高機能性樹脂	0.01
		その他の金属製品	0.13	不動産賃貸業	0.08	建設補修	0.03	建設補修	0.01
		その他計	2.67	その他計	2.21	その他計	1.11	その他計	0.52
その他計	0.01								
合計	355.68	合計	158.37	合計	104.40	合計	43.62	合計	20.93
累積	355.68	累積	514.04	累積	618.44	累積	662.06	累積	683.00

1) 上位 50 位かつ排出量 0.01t-CO₂ 以上の財について表示。

2) 「その他計」は上位 51 位以下の部門を合計したものであり、各波及段階ごとにその部門内訳は異なる。

付表 1: (続) 多結晶型シリコン太陽電池製造プロセスからの CO₂ 排出量(10MW, 耐用年数 20 年, インバータを含む)(単位: t-CO₂)

間接 5 次効果		間接 6 次効果		間接 7 次効果		間接 8 次効果		直接間接合計	
鉄鉄	2.27	鉄鉄	1.30	鉄鉄	0.64	鉄鉄	0.30	事業用発電	321.49
自家発電	1.88	自家発電	0.86	自家発電	0.39	自家発電	0.18	自家発電	64.70
事業用発電	1.52	石炭製品	0.70	石炭製品	0.35	石炭製品	0.17	板ガラス・安全ガラス	55.47
石炭製品	1.44	事業用発電	0.69	事業用発電	0.32	事業用発電	0.15	石炭製品	42.40
石油製品	0.38	石油製品	0.17	石油製品	0.07	石油製品	0.03	鉄鉄	27.14
脂肪族中間物	0.22	脂肪族中間物	0.09	自家輸送（旅客自動車）	0.04	自家輸送（旅客自動車）	0.02	その他の窯業・土石製品	16.26
石油化学基礎製品	0.21	自家輸送（旅客自動車）	0.09	脂肪族中間物	0.04	洋紙・和紙	0.02	アルミニウム（含再生）	15.92
自家輸送（旅客自動車）	0.20	石油化学基礎製品	0.08	洋紙・和紙	0.04	脂肪族中間物	0.02	熱可塑性樹脂	13.95
洋紙・和紙	0.18	洋紙・和紙	0.08	石油化学基礎製品	0.04	石油化学基礎製品	0.02	道路貨物輸送	11.90
自家輸送（貨物自動車）	0.13	自家輸送（貨物自動車）	0.06	自家輸送（貨物自動車）	0.03	自家輸送（貨物自動車）	0.01	石油製品	9.75
パルプ	0.12	パルプ	0.05	道路貨物輸送	0.03	道路貨物輸送	0.01	石油化学基礎製品	9.45
道路貨物輸送	0.12	道路貨物輸送	0.05	パルプ	0.02	パルプ	0.01	研磨材	9.26
粗鋼（転炉）	0.10	粗鋼（転炉）	0.05	粗鋼（転炉）	0.02	粗鋼（転炉）	0.01	脂肪族中間物	8.52
沿海・内水面輸送	0.09	その他の窯業・土石製品	0.04	その他の窯業・土石製品	0.02	自家輸送（旅客自動車）		自家輸送（旅客自動車）	7.86
セメント	0.09	沿海・内水面輸送	0.04	沿海・内水面輸送	0.02	その他の無機化学工業製品		その他の無機化学工業製品	6.41
その他の窯業・土石製品	0.08	セメント	0.04	セメント	0.02	沿海・内水面輸送		沿海・内水面輸送	6.29
ソーダ工業製品	0.07	ソーダ工業製品	0.03	ソーダ工業製品	0.01	ソーダ工業製品		ソーダ工業製品	6.15
石油化学系芳香族製品	0.07	石油化学系芳香族製品	0.03	板紙	0.01	自家輸送（貨物自動車）		自家輸送（貨物自動車）	5.89
板紙	0.05	板紙	0.02	廃棄物処理（産業）	0.01	環式中間物		環式中間物	5.52
廃棄物処理（産業）	0.05	廃棄物処理（産業）	0.02	石油化学系芳香族製品	0.01	プラスチック製品		プラスチック製品	4.71
環式中間物	0.04	航空輸送	0.02			その他のガラス製品		その他のガラス製品	3.93
航空輸送	0.04	熱間圧延鋼材	0.02			アルミ圧延製品		アルミ圧延製品	3.66
熱間圧延鋼材	0.03	環式中間物	0.02			その他の有機化学工業製品		その他の有機化学工業製品	3.57
熱可塑性樹脂	0.03	熱可塑性樹脂	0.01			無機顔料		無機顔料	2.75
その他の有機化学工業製品	0.02	その他の有機化学工業製品	0.01			洋紙・和紙		洋紙・和紙	2.74
冷間仕上鋼材	0.02	フェアラロイ	0.01			合成ゴム		合成ゴム	2.65
合成ゴム	0.02					廃棄物処理（産業）		廃棄物処理（産業）	2.53
その他の無機化学工業製品	0.02					石油化学系芳香族製品		石油化学系芳香族製品	2.03
企業内研究開発	0.02					卸売		卸売	1.61
フェアラロイ	0.02					企業内研究開発		企業内研究開発	1.41
ハイヤー・タクシー	0.02					その他の金属製品		その他の金属製品	1.38
その他の化学最終製品	0.02					炭素・黒鉛製品		炭素・黒鉛製品	1.30
プラスチック製品	0.01					セメント		セメント	1.25
塩	0.01					航空輸送		航空輸送	1.19
化学肥料	0.01					窯業原料鉱物		窯業原料鉱物	1.12
鉄鉄品及び鍛工品（鉄）	0.01					パルプ		パルプ	0.92
下水道★	0.01					その他の合成樹脂		その他の合成樹脂	0.89
卸売	0.01					熱硬化性樹脂		熱硬化性樹脂	0.80
粗鋼（電気炉）	0.01					高機能性樹脂		高機能性樹脂	0.78
分類不明	0.01					板紙		板紙	0.77
						粗鋼（転炉）		粗鋼（転炉）	0.75
						ハイヤー・タクシー		ハイヤー・タクシー	0.66
						塩		塩	0.60
						ガラス繊維・同製品		ガラス繊維・同製品	0.58
						冷間仕上鋼材		冷間仕上鋼材	0.54
						再生資源回収・加工処理		再生資源回収・加工処理	0.54
						熱間圧延鋼材		熱間圧延鋼材	0.52
						化学肥料		化学肥料	0.48
						圧縮ガス・液化ガス		圧縮ガス・液化ガス	0.48
						分類不明		分類不明	0.47
						その他計		その他計	9.72
その他計	0.32	その他計	0.24	その他計	0.15	その他計	0.11	合計	701.67
合計	9.97	合計	4.83	合計	2.28	合計	1.06	合計	701.67
累積	692.97	累積	697.80	累積	700.08	累積	701.13	累積	701.67

付表 2: シリコンウェハ製造プロセスからの CO₂ 排出量 (多結晶型シリコン太陽電池, 10MW, 耐用年数 20 年)

(単位: t-CO₂)

直接効果		間接 1 次効果		間接 2 次効果		間接 3 次効果		間接 4 次効果	
事業用発電	185.43	事業用発電	18.48	事業用発電	4.71	鉄鉄	1.66	鉄鉄	2.60
研磨材	8.84	その他の窯業・土石製品	10.40	自家発電	2.96	事業用発電	1.66	自家発電	0.87
環式中間物	2.73	自家発電	8.12	石炭製品	2.30	自家発電	1.45	事業用発電	0.77
道路貨物輸送	2.58	石炭製品	3.01	その他の窯業・土石製品	0.78	石炭製品	1.16	石炭製品	0.56
無機原料	2.51	自家輸送 (旅客自動車)	1.39	石油製品	0.74	石油製品	0.32	石油製品	0.15
その他の無機化学工業製品	2.49	自家輸送 (貨物自動車)	0.92	鉄鉄	0.68	セメント	0.29	自家輸送 (旅客自動車)	0.11
沿海・内水面輸送	2.21	石油製品	0.86	自家輸送 (旅客自動車)	0.56	自家輸送 (旅客自動車)	0.25	洋紙・和紙	0.10
その他の金属製品	1.18	廃棄物処理 (産業)	0.72	自家輸送 (貨物自動車)	0.37	粗鋼 (転炉)	0.23	粗鋼 (転炉)	0.09
ソーダ工業製品	0.72	石油化学系芳香族製品	0.69	道路貨物輸送	0.31	洋紙・和紙	0.22	自家輸送 (貨物自動車)	0.08
炭素・黒鉛製品	0.53	道路貨物輸送	0.66	洋紙・和紙	0.28	自家輸送 (貨物自動車)	0.21	脂肪族中間物	0.07
卸売	0.32	ソーダ工業製品	0.59	脂肪族中間物	0.26	脂肪族中間物	0.15	パルプ	0.07
窯業原料鉱物	0.25	その他の有機化学工業製品	0.58	石油化学系芳香族製品	0.24	道路貨物輸送	0.13	石油化学基礎製品	0.06
耐火物	0.13	沿海・内水面輸送	0.54	石油化学基礎製品	0.20	石油化学基礎製品	0.13	セメント	0.06
圧縮ガス・液化ガス	0.06	研磨材	0.39	沿海・内水面輸送	0.19	その他の窯業・土石製品	0.12	道路貨物輸送	0.06
貨物運送取扱	0.05	石油化学基礎製品	0.38	ソーダ工業製品	0.18	沿海・内水面輸送	0.09	その他の窯業・土石製品	0.06
港湾運送	0.03	洋紙・和紙	0.35	廃棄物処理 (産業)	0.16	石油化学系芳香族製品	0.09	沿海・内水面輸送	0.04
倉庫	0.02	その他の無機化学工業製品	0.33	熱間圧延鋼材	0.16	パルプ	0.08	板紙	0.03
原油・天然ガス	0.01	企業内研究開発	0.29	その他の有機化学工業製品	0.12	板紙	0.07	石油化学系芳香族製品	0.03
		環式中間物	0.26	粗鋼 (転炉)	0.12	ソーダ工業製品	0.07	ソーダ工業製品	0.03
		ガラス繊維・同製品	0.24	環式中間物	0.11	熱間圧延鋼材	0.07	熱間圧延鋼材	0.03
		航空輸送	0.22	セメント	0.11	廃棄物処理 (産業)	0.06	廃棄物処理 (産業)	0.03
		冷間仕上鋼材	0.22	染色整理	0.10	環式中間物	0.04	フェアラロイ	0.02
		熱硬化性樹脂	0.20	冷間仕上鋼材	0.09	航空輸送	0.04	航空輸送	0.02
		ゼラチン・接着剤	0.18	航空輸送	0.09	冷間仕上鋼材	0.04	環式中間物	0.02
		セメント	0.15	パルプ	0.08	その他の有機化学工業製品	0.03	冷間仕上鋼材	0.01
		塩	0.15	熱硬化性樹脂	0.06	粗鋼 (電気炉)	0.02	その他の有機化学工業製品	0.01
		鉛・亜鉛 (含再生)	0.13	塩	0.06	ハイヤー・タクシー	0.02	熱可塑性樹脂	0.01
		ハイヤー・タクシー	0.13	その他の無機化学工業製品	0.06	その他の無機化学工業製品	0.02	粗鋼 (電気炉)	0.01
		アルミニウム (含再生)	0.12	板紙	0.05	熱可塑性樹脂	0.02		
		建設補修	0.12	ハイヤー・タクシー	0.05	企業内研究開発	0.02		
		合成ゴム	0.11	その他の化学最終製品	0.05	その他の化学最終製品	0.02		
		脂肪族中間物	0.08	企業内研究開発	0.05	染色整理	0.02		
		卸売	0.08	合成ゴム	0.04	塩	0.02		
		熱間圧延鋼材	0.08	化学肥料	0.04	化学肥料	0.02		
		化学肥料	0.07	めっき鋼材	0.04	鋳鉄品及び鍛工品 (鉄)	0.01		
		自然科学研究機関 (産業)	0.07	アルミニウム (含再生)	0.04	卸売	0.01		
		分類不明	0.06	卸売	0.03	合成ゴム	0.01		
		炭素・黒鉛製品	0.06	下水道★	0.03	プラスチック製品	0.01		
		不動産賃貸業	0.06	窯業原料鉱物	0.03	下水道★	0.01		
		織・スフ織物 (含合成繊維織物)	0.06	分類不明	0.03	分類不明	0.01		
		造紙・建設用加工紙	0.05	熱可塑性樹脂	0.03	フェアラロイ	0.01		
		その他の化学最終製品	0.05	不動産賃貸業	0.03	印刷・製版・製本	0.01		
		油脂加工製品	0.04	プラスチック製品	0.02	不動産賃貸業	0.01		
		港湾運送	0.04	建設補修	0.02	めっき鋼材	0.01		
		下水道★	0.04	合成繊維	0.02				
		その他の金属製品	0.04	印刷・製版・製本	0.02				
		金属製容器及び製缶板金製品	0.03	ガラス繊維・同製品	0.02				
		その他の鉄鋼製品	0.03	研磨材	0.02				
		小売	0.03	耐火物	0.02				
		鋳鉄品及び鍛工品 (鉄)	0.03	メタン誘導品	0.02				
		その他計	0.74	その他計	0.65	その他計	0.35	その他計	0.27
合計	210.12	合計	52.67	合計	17.39	合計	9.29	合計	6.26
累積	210.12	累積	262.79	累積	280.18	累積	289.47	累積	295.74

1) 上位 50 位かつ排出量 0.01t-CO₂ 以上の財について表示。

2) 「その他計」は上位 51 位以下の部門を合計したものであり、各波及段階ごとにその部門内訳は異なる。

付表 2: (続) シリコンウェハ製造プロセスからの CO₂ 排出量(多結晶型シリコン太陽電池,10MW, 耐用年数 20 年)(単位: t-CO₂)

間接 5 次効果		間接 6 次効果		間接 7 次効果		間接 8 次効果		直接間接合計	
鉄鉄	1.14	鉄鉄	0.50	鉄鉄	0.20	鉄鉄	0.08	事業用発電	211.75
自家発電	0.47	石炭製品	0.25	石炭製品	0.12	石炭製品	0.05	自家発電	14.24
石炭製品	0.47	自家発電	0.21	自家発電	0.09	自家発電	0.04	その他の窯業・土石製品	11.40
事業用発電	0.38	事業用発電	0.17	事業用発電	0.08	事業用発電	0.04	研磨材	9.25
石油製品	0.07	石油製品	0.03	石油製品	0.01			石炭製品	7.95
自家輸送 (旅客自動車)	0.05	自家輸送 (旅客自動車)	0.02	自家輸送 (旅客自動車)	0.01			鉄鉄	6.55
洋紙・和紙	0.05	洋紙・和紙	0.02					道路貨物輸送	3.80
粗鋼 (転炉)	0.04	脂肪族中間物	0.02					環式中間物	3.17
脂肪族中間物	0.03	粗鋼 (転炉)	0.02					沿海・内水面輸送	3.10
パルプ	0.03	道路貨物輸送	0.01					その他の無機化学工業製品	2.91
自家輸送 (貨物自動車)	0.03	パルプ	0.01					無機顔料	2.55
石油化学基礎製品	0.03	石油化学基礎製品	0.01					自家輸送 (旅客自動車)	2.40
道路貨物輸送	0.03	自家輸送 (貨物自動車)	0.01					石油製品	2.20
その他の窯業・土石製品	0.03	その他の窯業・土石製品	0.01					自家輸送 (貨物自動車)	1.63
セメント	0.02							ソーダ工業製品	1.62
沿海・内水面輸送	0.02							その他の金属製品	1.24
板紙	0.01							石油化学系芳香族製品	1.07
ソーダ工業製品	0.01							洋紙・和紙	1.04
廃棄物処理 (産業)	0.01							廃棄物処理 (産業)	0.99
石油化学系芳香族製品	0.01							石油化学基礎製品	0.84
熱間圧延鋼材	0.01							その他の有機化学工業製品	0.75
								セメント	0.64
								脂肪族中間物	0.62
								炭素・黒鉛製品	0.61
								粗鋼 (転炉)	0.50
								卸売	0.46
								航空輸送	0.39
								冷間仕上鋼材	0.38
								企業内研究開発	0.37
								熱間圧延鋼材	0.35
								窯業原料鉱物	0.31
								パルプ	0.29
								熱硬化性樹脂	0.27
								ガラス繊維・同製品	0.26
								塩	0.23
								ハイヤー・タクシー	0.21
								ゼラチン・接着剤	0.19
								板紙	0.19
								合成ゴム	0.18
								アルミニウム (含再生)	0.18
								耐火物	0.17
								建設補修	0.15
								鉛・亜鉛 (含再生)	0.15
								化学肥料	0.13
								その他の化学最終製品	0.12
								染色整理	0.12
								分類不明	0.11
								港湾運送	0.11
								不動産賃貸業	0.10
								圧縮ガス・液化ガス	0.10
その他計	0.17	その他計	0.12	その他計	0.11	その他計	0.06	その他計	2.65
合計	3.11	合計	1.43	合計	0.62	合計	0.27	合計	301.03
累積	298.85	累積	300.27	累積	300.90	累積	301.17	累積	301.03

付表 3: セル化プロセスからの CO₂ 排出量 (多結晶型シリコン太陽電池, 10MW, 耐用年数 20 年)(単位: t-CO₂)

直接効果		間接 1 次効果		間接 2 次効果		間接 3 次効果		間接 4 次効果	
事業用発電	46.40	事業用発電	13.70	石炭製品	11.86	石炭製品	3.56	石炭製品	1.04
アルミニウム (含再生)	11.90	自家発電	13.03	鉄鉄	7.70	自家発電	1.79	自家発電	0.70
その他のガラス製品	3.48	アルミニウム (含再生)	1.80	自家発電	4.45	事業用発電	1.60	事業用発電	0.66
その他の無機化学工業製品	2.57	石炭製品	1.45	事業用発電	3.95	鉄鉄	1.42	鉄鉄	0.52
脂肪族中間物	1.43	その他の窯業・土石製品	1.10	石油製品	0.64	石油製品	0.34	石油製品	0.16
道路貨物輸送	0.90	ソーダ工業製品	0.87	道路貨物輸送	0.46	脂肪族中間物	0.21	脂肪族中間物	0.09
プラスチック製品	0.78	自家輸送 (旅客自動車)	0.68	脂肪族中間物	0.40	自家輸送 (貨物自動車)	0.21	自家輸送 (旅客自動車)	0.08
アルミ圧延製品	0.75	熱可塑性樹脂	0.58	石油化学基礎製品	0.37	石油化学基礎製品	0.18	石油化学基礎製品	0.08
その他の有機化学工業製品	0.71	脂肪族中間物	0.53	自家輸送 (旅客自動車)	0.35	自家輸送 (旅客自動車)	0.18	洋紙・和紙	0.07
圧縮ガス・液化ガス	0.32	炭素・黒鉛製品	0.50	沿海・内水面輸送	0.29	道路貨物輸送	0.15	自家輸送 (貨物自動車)	0.06
沿海・内水面輸送	0.24	石油製品	0.46	自家輸送 (貨物自動車)	0.23	沿海・内水面輸送	0.11	道路貨物輸送	0.06
卸売	0.13	道路貨物輸送	0.41	ソーダ工業製品	0.23	洋紙・和紙	0.11	沿海・内水面輸送	0.04
電球類	0.06	自家輸送 (貨物自動車)	0.36	アルミニウム (含再生)	0.23	セメント	0.10	セメント	0.04
小売	0.04	その他の無機化学工業製品	0.32	その他の窯業・土石製品	0.21	その他の窯業・土石製品	0.08	パルプ	0.04
上水道・簡易水道	0.03	石油化学基礎製品	0.24	環式中間物	0.16	ソーダ工業製品	0.08	その他の窯業・土石製品	0.03
港湾運送	0.01	廃棄物処理 (産業)	0.21	熱可塑性樹脂	0.14	環式中間物	0.06	ソーダ工業製品	0.03
		その他の有機化学工業製品	0.21	その他の有機化学工業製品	0.12	板紙	0.05	石油化学系芳香族製品	0.03
		沿海・内水面輸送	0.21	廃棄物処理 (産業)	0.10	石油化学系芳香族製品	0.05	板紙	0.02
		再生資源回収・加工処理	0.21	洋紙・和紙	0.09	廃棄物処理 (産業)	0.05	廃棄物処理 (産業)	0.02
		プラスチック製品	0.18	炭素・黒鉛製品	0.08	パルプ	0.05	環式中間物	0.02
		その他の合成樹脂	0.14	化学肥料	0.08	その他の有機化学工業製品	0.04	粗鋼 (転が)	0.02
		高機能性樹脂	0.13	板紙	0.07	熱可塑性樹脂	0.04	航空輸送	0.01
		企業内研究開発	0.11	塩	0.07	航空輸送	0.03	熱可塑性樹脂	0.01
		熱硬化性樹脂	0.08	その他の無機化学工業製品	0.06	アルミニウム (含再生)	0.03	その他の有機化学工業製品	0.01
		その他のガラス製品	0.08	パルプ	0.06	港湾運送	0.02	熱間圧延鋼材	0.01
		その他の非鉄金属地金	0.08	航空輸送	0.05	塩	0.02		
		航空輸送	0.08	プラスチック製品	0.05	化学肥料	0.02		
		卸売	0.06	港湾運送	0.04	その他の無機化学工業製品	0.02		
		化学肥料	0.06	企業内研究開発	0.04	企業内研究開発	0.02		
		ガラス繊維・同製品	0.06	再生資源回収・加工処理	0.04	プラスチック製品	0.02		
		可塑剤	0.05	窯業原料鉱物	0.03	ハイヤー・タクシー	0.02		
		油脂加工製品	0.04	その他の合成樹脂	0.03	その他の化学最終製品	0.01		
		ハイヤー・タクシー	0.04	その他の非鉄金属地金	0.03	再生資源回収・加工処理	0.01		
		建設補修	0.04	高機能性樹脂	0.03	炭素・黒鉛製品	0.01		
		分類不明	0.04	ハイヤー・タクシー	0.03	卸売	0.01		
		洋紙・和紙	0.03	メタン誘導品	0.03	熱間圧延鋼材	0.01		
		石油化学系芳香族製品	0.03	石油化学系芳香族製品	0.03	冷間仕上鋼材	0.01		
		その他の化学最終製品	0.03	その他のガラス製品	0.02	その他の合成樹脂	0.01		
		鉛・亜鉛 (含再生)	0.03	卸売	0.02	下水道★	0.01		
		アルミ圧延製品	0.03	熱硬化性樹脂	0.02	メタン誘導品	0.01		
		環式中間物	0.03	下水道★★	0.02	合成ゴム	0.01		
		下水道★★	0.02	その他の化学最終製品	0.02				
		自然科学研究機関 (産業)	0.02	合成繊維	0.02				
		合成ゴム	0.02	合成ゴム	0.02				
		港湾運送	0.02	セメント	0.02				
		メタン誘導品	0.02	分類不明	0.02				
		不動産賃貸業	0.02	建設補修	0.02				
		機械修理	0.02	不動産賃貸業	0.01				
		無機顔料	0.02	砕石	0.01				
		圧縮ガス・液化ガス	0.02	ガラス繊維・同製品	0.01				
その他計	0.02	その他計	0.27	その他計	0.33	その他計	0.28	その他計	0.23
合計	69.77	合計	38.78	合計	33.41	合計	11.01	合計	4.11
累積	69.77	累積	108.55	累積	141.96	累積	152.97	累積	157.08

1) 上位 50 位かつ排出量 0.01t-CO₂ 以上の財について表示。

2) 「その他計」は上位 51 位以下の部門を合計したものであり、各波及段階ごとにその部門内訳は異なる。

付表 3: (続) セル化プロセスからの CO₂ 排出量(多結晶型シリコン太陽電池,10MW, 耐用年数 20 年)(単位: t-CO₂)

間接 5 次効果		間接 6 次効果		間接 7 次効果		間接 8 次効果		直接間接合計	
自家発電	0.32	鉄鉄	0.22	鉄鉄	0.12	鉄鉄	0.06	事業用発電	66.85
石炭製品	0.31	自家発電	0.15	自家発電	0.07	自家発電	0.03	自家発電	20.59
鉄鉄	0.29	事業用発電	0.13	石炭製品	0.06	石炭製品	0.03	石炭製品	18.47
事業用発電	0.29	石炭製品	0.12	事業用発電	0.06	事業用発電	0.03	アルミニウム（含再生）	13.96
石油製品	0.07	石油製品	0.03	石油製品	0.01			鉄鉄	10.38
脂肪族中間物	0.04	自家輸送（旅客自動車）	0.02					その他のガラス製品	3.60
自家輸送（旅客自動車）	0.04	脂肪族中間物	0.02					その他の無機化学工業製品	2.97
石油化学基礎製品	0.04	洋紙・和紙	0.02					脂肪族中間物	2.73
洋紙・和紙	0.03	石油化学基礎製品	0.01					道路貨物輸送	2.02
自家輸送（貨物自動車）	0.03	自家輸送（貨物自動車）	0.01					石油製品	1.72
道路貨物輸送	0.02	パルプ	0.01					その他の窯業・土石製品	1.45
パルプ	0.02	道路貨物輸送	0.01					自家輸送（旅客自動車）	1.36
セメント	0.02							ソーダ工業製品	1.23
沿海・内水面輸送	0.02							その他の有機化学工業製品	1.11
粗鋼（転炉）	0.02							プラスチック製品	1.03
その他の窯業・土石製品	0.01							石油化学基礎製品	0.94
ソーダ工業製品	0.01							沿海・内水面輸送	0.93
石油化学系芳香族製品	0.01							自家輸送（貨物自動車）	0.91
板紙	0.01							アルミ圧延製品	0.79
								熱可塑性樹脂	0.77
								炭素・黒鉛製品	0.60
								廃棄物処理（産業）	0.40
								洋紙・和紙	0.37
								圧縮ガス・液化ガス	0.35
								環式中間物	0.28
								再生資源回収・加工処理	0.26
								卸売	0.24
								セメント	0.20
								その他の合成樹脂	0.19
								航空輸送	0.19
								パルプ	0.18
								企業内研究開発	0.18
								高機能性樹脂	0.17
								化学肥料	0.17
								板紙	0.17
								石油化学系芳香族製品	0.16
								その他の非鉄金属地金	0.12
								熱硬化性樹脂	0.12
								塩	0.11
								港湾運送	0.11
								ハイヤー・タクシー	0.10
								分類不明	0.08
								その他の化学最終製品	0.08
								ガラス繊維・同製品	0.07
								建設補修	0.07
								合成ゴム	0.07
								下水道★★★	0.07
								メタン誘導品	0.07
								可塑剤	0.06
								電球類	0.06
								その他計	1.43
その他計	0.14	その他計	0.11	その他計	0.10	その他計	0.05		
合計	1.75	合計	0.86	合計	0.43	合計	0.20	合計	160.50
累積	158.83	累積	159.70	累積	160.12	累積	160.33	累積	160.50

付表 4: モジュール化プロセスからの CO₂ 排出量 (多結晶型シリコン太陽電池, 10MW, 耐用年数 20 年)(単位: t-CO₂)

直接効果		間接 1 次効果		間接 2 次効果		間接 3 次効果		間接 4 次効果	
板ガラス・安全ガラス	49.89	事業用発電	21.27	自家発電	11.14	自家発電	5.02	自家発電	2.32
熱可塑性樹脂	10.32	自家発電	9.41	事業用発電	10.67	事業用発電	4.37	事業用発電	1.89
道路貨物輸送	3.59	板ガラス・安全ガラス	4.97	石炭製品	8.94	石炭製品	4.05	石炭製品	1.60
事業用発電	3.10	石油化学基礎製品	4.54	鉄鉄	5.37	鉄鉄	1.75	鉄鉄	1.03
アルミ圧延製品	2.71	その他の窯業・土石製品	2.50	石油製品	2.47	石油製品	1.19	石油製品	0.55
プラスチック製品	2.65	自家輸送 (旅客自動車)	2.15	石油化学基礎製品	1.76	脂肪族中間物	0.84	脂肪族中間物	0.36
合成ゴム	1.99	ソーダ工業製品	2.10	脂肪族中間物	1.70	石油化学基礎製品	0.80	石油化学基礎製品	0.34
沿海・内水面輸送	0.68	熱可塑性樹脂	2.04	自家輸送 (貨物自動車)	1.14	自家輸送 (旅客自動車)	0.49	自家輸送 (旅客自動車)	0.23
卸売	0.65	脂肪族中間物	2.02	自家輸送 (旅客自動車)	1.01	自家輸送 (貨物自動車)	0.42	洋紙・和紙	0.20
港湾運送	0.06	アルミニウム (含再生)	1.51	ソーダ工業製品	0.74	洋紙・和紙	0.38	自家輸送 (貨物自動車)	0.16
電線・ケーブル	0.05	自家輸送 (貨物自動車)	1.50	道路貨物輸送	0.73	道路貨物輸送	0.32	道路貨物輸送	0.14
貨物運送取扱	0.03	その他の有機化学工業製品	1.20	現式中間物	0.66	ソーダ工業製品	0.27	パルプ	0.13
小売	0.03	石油製品	1.19	その他の窯業・土石製品	0.55	沿海・内水面輸送	0.27	石油化学系芳香族製品	0.12
		道路貨物輸送	1.19	熱可塑性樹脂	0.52	石油化学系芳香族製品	0.26	沿海・内水面輸送	0.12
		現式中間物	1.07	板ガラス・安全ガラス	0.50	現式中間物	0.22	ソーダ工業製品	0.11
		プラスチック製品	0.68	沿海・内水面輸送	0.46	その他の窯業・土石製品	0.19	セメント	0.10
		沿海・内水面輸送	0.64	洋紙・和紙	0.46	板紙	0.18	板紙	0.09
		窯業原料鉱物	0.63	その他の有機化学工業製品	0.34	セメント	0.16	その他の窯業・土石製品	0.08
		企業内研究開発	0.62	石油化学系芳香族製品	0.34	廃棄物処理 (産業)	0.15	現式中間物	0.07
		廃棄物処理 (産業)	0.56	廃棄物処理 (産業)	0.30	熱可塑性樹脂	0.15	廃棄物処理 (産業)	0.07
		その他の合成樹脂	0.48	アルミニウム (含再生)	0.23	パルプ	0.14	粗鋼 (転炉)	0.06
		高機能性樹脂	0.44	プラスチック製品	0.19	その他の有機化学工業製品	0.11	熱可塑性樹脂	0.05
		航空輸送	0.32	塩	0.16	航空輸送	0.08	航空輸送	0.04
		熱硬化性樹脂	0.29	企業内研究開発	0.14	塩	0.06	その他の有機化学工業製品	0.04
		その他の無機化学工業製品	0.29	航空輸送	0.14	その他の無機化学工業製品	0.06	熱間圧延鋼材	0.03
		合成ゴム	0.26	その他の無機化学工業製品	0.13	板ガラス・安全ガラス	0.06	その他の無機化学工業製品	0.03
		その他のガラス製品	0.20	その他の合成樹脂	0.13	プラスチック製品	0.06	塩	0.02
		ハイヤー・タクシー	0.19	高機能性樹脂	0.11	企業内研究開発	0.05	企業内研究開発	0.02
		ガラス繊維・同製品	0.18	窯業原料鉱物	0.10	化学肥料	0.05	その他の化学最終製品	0.02
		可塑剤	0.17	その他の化学最終製品	0.10	その他の化学最終製品	0.05	化学肥料	0.02
		分類不明	0.17	メタン誘導品	0.10	メタン誘導品	0.04	冷間仕上鋼材	0.02
		下水道★	0.15	化学肥料	0.10	その他の合成樹脂	0.04	合成ゴム	0.02
		再生資源回収・加工処理	0.15	板紙	0.09	ハイヤー・タクシー	0.04	プラスチック製品	0.02
		卸売	0.14	熱硬化性樹脂	0.08	熱間圧延鋼材	0.04	ハイヤー・タクシー	0.02
		洋紙・和紙	0.11	合成ゴム	0.08	冷間仕上鋼材	0.04	メタン誘導品	0.02
		無機顔料	0.11	染色整理	0.08	合成ゴム	0.03	下水道★	0.02
		アルミ圧延製品	0.10	下水道★	0.08	下水道★	0.03	その他の合成樹脂	0.01
		その他の金属製品	0.09	ハイヤー・タクシー	0.08	粗鋼 (転炉)	0.03	卸売	0.01
		その他の木製品	0.07	セメント	0.07	アルミニウム (含再生)	0.03	分類不明	0.01
		不動産賃貸業	0.07	炭素・黒鉛製品	0.07	高機能性樹脂	0.03	港湾運送	0.01
		熱供給業	0.07	パルプ	0.07	卸売	0.03	不動産賃貸業	0.01
		石炭製品	0.06	卸売	0.06	分類不明	0.03	鋳鉄品及び鍛工品 (鉄)	0.01
		その他の化学最終製品	0.06	分類不明	0.06	熱硬化性樹脂	0.03		
		建設補修	0.06	その他のガラス製品	0.05	港湾運送	0.03		
		バス	0.06	ガラス繊維・同製品	0.05	染色整理	0.03		
		その他の繊維工業製品	0.05	再生資源回収・加工処理	0.05	不動産賃貸業	0.02		
		印刷・製版・製本	0.05	可塑剤	0.04	印刷・製版・製本	0.02		
		銅	0.05	不動産賃貸業	0.04	再生資源回収・加工処理	0.02		
		こん包	0.03	港湾運送	0.04	建設補修	0.02		
		金属製容器及び製缶板金製品	0.03	建設補修	0.04	窯業原料鉱物	0.02		
その他計	0.01	その他計	0.65	その他計	1.01	その他計	0.56	その他計	0.34
合計	75.79	合計	66.91	合計	53.59	合計	23.31	合計	10.56
累積	75.79	累積	142.70	累積	196.28	累積	219.60	累積	230.15

1) 上位 50 位かつ排出量 0.01t-CO₂ 以上の財について表示。

2) 「その他計」は上位 51 位以下の部門を合計したものであり、各波及段階ごとにその部門内訳は異なる。

付表 4: (続) モジュール化プロセスからの CO₂ 排出量(多結晶型シリコン太陽電池,10MW, 耐用年数 20 年)(単位: t-CO₂)

間接 5 次効果		間接 6 次効果		間接 7 次効果		間接 8 次効果		直接間接合計	
自家発電	1.09	鉄鉄	0.59	鉄鉄	0.32	鉄鉄	0.16	板ガラス・安全ガラス	55.44
事業用発電	0.85	自家発電	0.49	自家発電	0.22	自家発電	0.10	事業用発電	42.88
鉄鉄	0.85	事業用発電	0.39	事業用発電	0.18	石炭製品	0.09	自家発電	29.87
石炭製品	0.66	石炭製品	0.33	石炭製品	0.17	事業用発電	0.08	石炭製品	15.99
石油製品	0.24	石油製品	0.10	石油製品	0.04	石油製品	0.02	熱可塑性樹脂	13.11
脂肪族中間物	0.15	脂肪族中間物	0.06	脂肪族中間物	0.03	自家輸送（旅客自動車）	0.01	鉄鉄	10.20
石油化学基礎製品	0.14	石油化学基礎製品	0.06	自家輸送（旅客自動車）	0.02	脂肪族中間物	0.01	石油化学基礎製品	7.67
自家輸送（旅客自動車）	0.11	自家輸送（旅客自動車）	0.05	石油化学基礎製品	0.02			道路貨物輸送	6.08
洋紙・和紙	0.10	洋紙・和紙	0.05	洋紙・和紙	0.02			石油製品	5.83
自家輸送（貨物自動車）	0.07	自家輸送（貨物自動車）	0.03	自家輸送（貨物自動車）	0.01			脂肪族中間物	5.17
パルプ	0.07	パルプ	0.03	道路貨物輸送	0.01			自家輸送（旅客自動車）	4.10
道路貨物輸送	0.06	道路貨物輸送	0.03	パルプ	0.01			プラスチック製品	3.61
沿海・内水面輸送	0.05	粗鋼（転炉）	0.02	粗鋼（転炉）	0.01			その他の窯業・土石製品	3.40
セメント	0.05	沿海・内水面輸送	0.02	その他の窯業・土石製品	0.01			自家輸送（貨物自動車）	3.35
石油化学系芳香族製品	0.05	セメント	0.02	沿海・内水面輸送	0.01			ソーダ工業製品	3.30
ソーダ工業製品	0.05	その他の窯業・土石製品	0.02		0.01			アルミ圧延製品	2.83
粗鋼（転炉）	0.04	ソーダ工業製品	0.02					合成ゴム	2.41
その他の窯業・土石製品	0.04	石油化学系芳香族製品	0.02					沿海・内水面輸送	2.26
板紙	0.03	廃棄物処理（産業）	0.01					環式中間物	2.06
廃棄物処理（産業）	0.03	板紙	0.01					アルミニウム（含再生）	1.79
環式中間物	0.03							その他の有機化学工業製品	1.72
航空輸送	0.02							洋紙・和紙	1.33
熱間圧延鋼材	0.02							廃棄物処理（産業）	1.13
熱可塑性樹脂	0.02							卸売	0.91
その他の有機化学工業製品	0.01							企業内研究開発	0.86
その他の無機化学工業製品	0.01							石油化学系芳香族製品	0.80
企業内研究開発	0.01							窯業原料鉱物	0.75
合成ゴム	0.01							その他の合成樹脂	0.67
冷間仕上鋼材	0.01							航空輸送	0.61
その他の化学最終製品	0.01							高機能性樹脂	0.60
								その他の無機化学工業製品	0.52
								パルプ	0.46
								板紙	0.42
								熱硬化性樹脂	0.41
								セメント	0.41
								ハイヤー・タクシー	0.35
								下水道★	0.29
								分類不明	0.28
								その他のガラス製品	0.28
								塩	0.26
								その他の化学最終製品	0.25
								ガラス繊維・同製品	0.25
								可塑剤	0.24
								再生資源回収・加工処理	0.23
								メタン誘導品	0.19
								化学肥料	0.18
								粗鋼（転炉）	0.18
								無機顔料	0.16
								港湾運送	0.16
								不動産賃貸業	0.15
								その他計	3.72
その他計	0.24	その他計	0.18	その他計	0.12	その他計	0.11	合計	240.11
合計	5.11	合計	2.54	合計	1.23	合計	0.58	合計	240.11
累積	235.26	累積	237.80	累積	239.03	累積	239.60	累積	240.11

7 日本経済団体連合会自主行動計画における CO₂ 排出削減の費用と効果

7. 1 はじめに

環境対策では一般に、対策の効果は大きければ大きいほど良く、対策の費用は小さければ小さいほど良い。地球温暖化政策の目標は温室効果気体の排出削減であるから、より小さい費用でより大きい排出削減を達成するのが優れた政策と言える。それを実現するには、個別の対策について、削減のための費用のより小さいものから順に採用され、費用の大きい対策が採用されないようにする必要がある。そのような状態を達成するためのどのような政策手法が望ましいかということが、環境経済学の重要なテーマであった。

環境税や排出権取引といった政策手法は、そうした議論の中から出てきたものであるが、現実には、最小費用での目標達成という効率性の視点以外の要因が働いて、理想通りの制度はなかなか現実のものとはなっていない。しかしながら、政策手法として何が望ましいかという議論の前に、現実には採られている対策でどれくらい費用がかかり、どれくらいの削減効果をあげているのか、また、今後必要な対策の効果はどれくらいでそれにどれくらいの費用がかかりそうかといった情報を整理しておくことは、有益であろう。

産業部門、エネルギー転換部門の対策の柱と位置づけられている、日本経済団体連合会(以下「経団連」と称する)の環境自主行動計画の温暖化対策部分について、対策の費用と効果がどれだけであったのかを明らかにすることが、この研究の目的である。もともと、研究は緒についたばかりであり、費用と効果の全体像を明らかにするには至っていない。これは中間報告である。

7. 2 自主行動計画フォローアップ調査結果からの概観

自主行動計画の 2005 年度フォローアップ調査結果によれば、2004 年度に実施された温暖化対策の推定投資額と効果の事例は表 7.1 のようである(日本経済団体連合会 2006、総括-6～7 頁)。

表 7.1 2004 年度に実施された温暖化対策の推定投資額と効果の事例

業種	投資額 (百万円)	省エネ効果 (原油換算 kl/y)	CO ₂ 削減量 (万t- CO ₂)
電気事業連合会	169600	1400000	-
	103500	-	-
	115100	-	-
石油連盟	7968	138000	-
日本ガス協会	2830		-
	642	1142 百万円	7.1
日本化学工業協会	34000	315000	-
日本製紙連合会	43318	15319TJ	-
セメント協会	8500	100000	-
電機・電子 4 団体	33180	252000	-
日本自動車工業会	-	55000	-
日本鋁業協会	64	10	-
日本石灰協会	1000	39000	-
日本ゴム工業会	1183	614 百万円	-
日本製薬団体連合会	2362	-	3.9
板硝子協会	46	340	-
日本アルミニウム協会	718	7800	-
ビール酒造組合	900	-	0.7
	630	-	0.6
日本自動車車体工業会	3250	-	7
日本乳業協会	687	-	1.1
	3	5 百万円	-
	19	103	-
日本伸銅協会	250	1771	-
日本産業機械工業会	2180	-	0.4
日本ベアリング工業会	384	-	0.1
精糖工業会	384	-	0.1
日本衛生設備機械工業会	71	480	0.5
日本清涼飲料工業会	42	1444 千 kWh	-
	1273	4828	-
	143	-	0.02
日本工作機械工業会	581	10525 千 kWh	0.4

出所) 日本経済団体連合会(2006)『環境自主行動計画[温暖化対策編]…2005 年度フォローアップ調査結果(2004 年度実績)…〈個別業種版〉』総括 6-7 頁。

ここから、省エネ効果をすべて原油節約と見なして、2004年の原油輸入価格 24741 円/KI(貿易統計から、原油の輸入額を輸入量で除して算出)。でこれを節約金額に直し、他方、割引率 3%、設備耐用年数 15 年で投資額を年費用に換算する。そして、投資の年費用から省エネによる節約金額を差し引いたものを「純費用」とする。ただし、省エネ効果が kWh で示されているものについては、2004 年の大口電力価格 10.35 円(日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット 2006、55 頁)で節約金額を算出し、省エネ効果が TJ で示されているものについては、2004 年の原油輸入価格 647.65 円/GJ(貿易統計から算出)で節約金額を計算した。省エネ効果が示されておらず、CO₂削減量が示されている事例については、0.068567t・CO₂/GJ で原油省エネルギー量を逆算し、この節約金額を算出した。反対に、省エネルギー効果が示されていて、CO₂削減量が示されていない事例については、2.619t・v/KI によって CO₂削減量を算出した。そうして得られた CO₂削減量で純費用を割ったものを「CO₂削減単価」とする。その結果を示したのが表 7.2 である。

表 7.2 2004 年度に実施された温暖化対策の推定投資額と効果の事例から

算出した CO₂削減単価

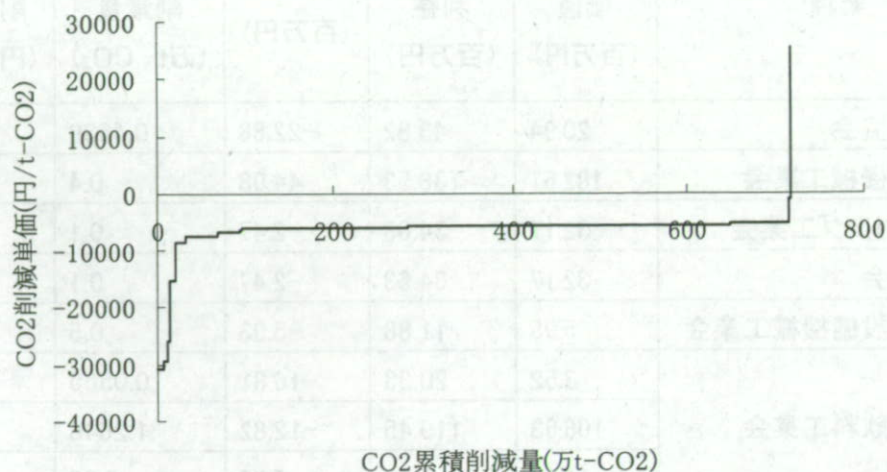
業種	投資の年 価値 (百万円)	省エネ 利益 (百万円)	純費用 (百万円)	CO ₂ 削減量 (万t・CO ₂)	CO ₂ 削減単価 (円/t CO ₂)
電気事業連合会	14206.81	34638.1	-20431.3	366.7127	-5571
石油連盟	667.45	3414.33	-2746.87	36.1474	-7599
日本ガス協会	53.78	1142	-1088.22	7.1	-15327
日本化学工業協会	2848.06	7793.57	-4945.51	82.5104	-5994
日本製紙連合会	3628.6	9921.37	-6292.77	105.0373	-5991
セメント協会	712.02	2474.15	-1762.13	26.1938	-6727
電機・電子 4 団体	2779.38	6234.86	-3455.48	66.0083	-5235
日本鉱業協会	5.36	0.25	5.11	0.0026	195224
日本石灰協会	83.77	964.92	-881.15	10.2156	-8626
日本製薬団体連合会	197.86	1350.72	-1152.86	3.9	-29561
板硝子協会	3.85	8.41	-4.56	0.0891	-5119
日本アルミニウム協会	60.14	192.98	-132.84	2.0431	-6502
ビール酒造組合	75.39	242.44	-167.05	0.7	-23864
	52.77	207.8	-155.03	0.6	-25838
日本自動車車体工業会	272.24	2424.36	-2152.12	7	-30745
日本乳業協会	57.55	380.97	-323.42	1.1	-29402
	1.59	2.55	-0.96	0.027	-3546

業種	投資の年 価値 (百万円)	省エネ 利益 (百万円)	純費用 (百万円)	CO ₂ 削減量 (万t-CO ₂)	CO ₂ 削減単価 (円/t CO ₂)
日本伸銅協会	20.94	43.82	-22.88	0.4639	-4931
日本産業機械工業会	182.61	138.53	44.08	0.4	11019
日本ベアリング工業会	32.17	34.63	-2.47	0.1	-2467
精糖工業会	32.17	34.63	-2.47	0.1	-2467
日本衛生設備機械工業会	5.95	11.88	-5.93	0.5	-1186
日本清涼飲料工業会	3.52	20.33	-16.81	0.0565	-29774
	106.63	119.45	-12.82	1.2646	-1014
	11.98	6.93	5.05	0.02	25259
日本工作機械工業会	48.67	148.17	-99.5	0.4115	-24179

- 1) 省エネ効果が KI で表されている事例で節約される燃料がすべて原油であるとして、2004 年の原油輸入価格 24741 円/ KI でこれを節約金額に直した。省エネ効果が TJ で示されているものについては、原油価格 647.65 円/GJ(2004 年輸入価格)で節約金額を計算。省エネ効果が kWh で示されているものについては、電力価格 10.35 円(2004 年)で節約金額を算出した。
- 2) 投資額は、割引率 3%、設備耐用年数 15 年で年費用に換算。
- 3) 投資の年費用から省エネによる節約金額を差し引いたものを「純費用」とする。
- 4) 省エネ効果が示されておらず、CO₂削減量が示されている事例については、0.068567t-CO₂/GJ で原油省エネルギー量を逆算し、これの節約金額を算出した。反対に、省エネルギー効果が示されていて、CO₂削減量が示されていない事例については、2.619t CO₂/KL によって CO₂削減量を算出した。

この結果を基に、CO₂削減単価の小さいものから順に並べ、累積削減量を横軸に、削減単価を縦軸にとってグラフ化したのが、図 7.1 である。ほとんどの対策は、負の費用で行われていることがわかる。しかしながら、ここでは考慮されていない要素がある。対策に伴って、エネルギーの節約以外の投入物の変化や人件費の変化があるかもしれない。また導入された設備の維持管理費を考慮していない。それらを考慮すると、費用はいくらか上昇するかもしれない。

図 7.1 自主行動計画における 2004 年度の対策事例での CO₂ 排出削減単位費用(全業界)



他方で、エネルギー節約以外の利益があるかもしれない。省エネルギーのための設備投資が省エネルギー以外の便益をもたらすかもしれない。また、設備投資が通常の更新であって、その際最新の省エネ設備に切り替えるのかもしれない。その場合、真の費用はもっと下がると思われる。

それらを考慮した真の削減単価を知るためには、個別の産業の個別の対策事例を検討する必要がある。情報が限られているが、そこに迫ってみよう。

7. 3 鉄鋼業界における CO₂ 排出削減対策

7.3.1 自主行動計画フォローアップ調査結果から得られる情報

CO₂ 排出量の大きい主要な産業の削減対策を見てみよう。自主行動計画の 2005 年度フォローアップ調査結果によれば、鉄鋼業では、2004 年度に、27.2PJ の省エネ効果のある 135 億円の投資が行われた(産業構造審議会・総合資源エネルギー調査会 2005 年度自主行動計画フォローアップ合同小委員会 2006、68 頁)。安く見積もって一般炭が節約されると仮定し、2004 年度の一般炭の輸入価格 192.7 円/GJ で 27.2PJ を金額に直すと、52.4 億円となる。135 億円の投資は、15 年償却、割引率 3% の下では、11.3 億円であり、したがって、純費用は、-41.1 億円である。8.36 万 t・CO₂/PJ とすると、CO₂ 削減は、227 万 t となる。よって、削減単価は -1810 円/t・CO₂ である。

ただし、2004 年度に実施された対策による省エネ 27.2PJ のうち、17.5PJ は「操業改善」

によると報告されている(同)。「操業改善」は大きな投資を必要としないと考えると、135 億円の投資の多くは、残りの 9.7PJ の省エネのために使われた可能性がある。極端に考えて、135 億円すべてが 9.7PJ の省エネのためであったとすると、節約金額は 18.7 億円であり、純費用は 7.4 億円となる。これによって 81 万 t の CO₂ を削減したとすると、削減単価は、-913 円/t・CO₂ に上昇する。「操業改善」による削減にはそれなりの費用がかかっているであろうが、その詳細はわからない。

鉄鋼業の「投資額」は「設備投資調査」(経済産業省 2005)によっている。この調査の省エネ投資は、生産能力増強や更新など、他の目的の投資を含まないものと考えられる。

2000 年度から 2003 年度に実施された対策については得られる情報は以下の通りである。

- ・ 2000 年度から 2003 年度に、93PJ の省エネ効果のある投資が行われた(産業構造審議会・総合資源エネルギー調査会 2004 年度自主行動計画フォローアップ合同小委員会 2005)。
- ・ 投資額は 926 億円である(産業構造審議会・総合資源エネルギー調査会 2005 年度自主行動計画フォローアップ合同小委員会 2006、68 頁)。
- ・ ここから、年費用は 77.6 億円。省エネ便益は 179.2 億円。よって、純年費用は 101.6 億円。CO₂ 削減は 777 万 t なので、削減単価は 1308 円/t・CO₂ である。

2005 年度フォローアップは、「鉄鋼業の省エネ努力分」の CO₂ 削減を表 7.3 のように報告している(同)。

表 7.3 鉄鋼業の省エネ努力分の CO₂ 削減

年	1990～2000	1990～2001	1990～2002	1990～2003	1990～2004
CO ₂ 削減量 (万 t・CO ₂)	935	1013	1188	1344	1422

ここから、2001 年度から 2004 年度の「鉄鋼業の省エネ努力分」の削減は 487 万 t・CO₂ になる。これが、2000 年度から 2003 年度の投資および操業改善によって実現したと考えるのは妥当だろう。その間の投資の省エネ効果は上に記したように、93PJ である。これを CO₂ に換算すると、777 万 t・CO₂ になる。

777 万 t・CO₂ と 487 万 t・CO₂ との差は、「環境対策、リサイクルに伴う増エネ、高付加価値化等の増エネ要因」によって説明できるだろう。実際、1990～2004 年度全体について、そのような増エネは 178PJ と報告されており、省エネ 348PJ の半分を占めている。

主要な企業の環境報告書からは表 7.4 のような情報が得られる(新日本製鐵 2005、JFE2005、住友金属 2005、神戸製鋼 2005)。

表 7.4 鉄鋼業主要企業の環境報告書からの情報

	2003 年度		2004 年度	
	投資	費用	投資	費用
新日本製鐵	74	7	84	8
JFE	94	138	90	144
住友金属	47.3	7.2	31.7	5.4
神戸製鋼	19.2		6.4	
計	190.1		160.1	

出所) 各社の環境報告書から。

*)合計は、JFE の投資額 40%に他社の投資額を加えたもの。

これは、鉄鋼以外の投資も含んでいる。また、JFE の費用は投資の減価償却費を含んでいる。新日鐵の投資は、省エネ以外の効果を併せ持つ投資を含んでおり、省エネだけの投資はこの 40%くらいだと言われている(新日本製鐵 2005)。JFE は省エネだけの投資である(JFE 2005)。

新日鐵の数値から見ると、累積投資額 5000 億円(新日本製鐵 2005)の 40%の 2000 億円に対して 8 億円程度、つまり、0.4%程度の維持費が、省エネについてもかかると見た方がよい。2004 年度の 135 億円の投資に 0.4%の維持費がかかるとすれば、それは、年々 5400 万円程度である。

以上の試算によれば、2000 年度から 2004 年度の鉄鋼業における CO₂排出削減対策は、負の費用の下で行われた可能性もあるが、実際には、これが 0 に近づきつつあるのか、あるいはまた、正の領域に足を踏み入れつつあるのかはわからない。それを別の角度から考察してみよう。

7.3.2 共同実施・CDM 調査からの知見

2004 年度の対策の内、省エネで 17.5PJ 分は「操業改善」に分類されていることを上で見た。残りは、設備高効率化が 6.9PJ、省工程・連続化が 0.7PJ、排エネルギー回収が 1.0PJ、廃プラスチック有効利用が 1.2PJ である。以前は、排エネルギー回収は、省エネルギーのものと大きな割合を占めていた。日本国内では、排エネルギーの回収はやり尽くされ、その他 :

の対策しか残っていないということが、この数値に表れているのかもしれない。CO₂削減効果が大きく、利益にもなる対策が枯渇しつつあるのだとすれば、削減単価はこれから正の領域に入っていくかもしれない。そこで、排エネルギー回収や設備の高効率化といった領域での削減対策の余地が十分ある場合の費用と効果とがどのくらいのものであったかを検討しよう。そのために、共同実施及び CDM の対象となりうる、他国での削減について調査された事例が参考になる。

そのような調査は NEDO の調査として行われ、報告書が公表されている。その中から、比較的最近の 2002 年度及び 2001 年度調査の事例を中心に上げ、費用と効果を計算してみた。その結果をまとめたものが表 7.5 である。それをグラフ化したものが図 7.2 である。

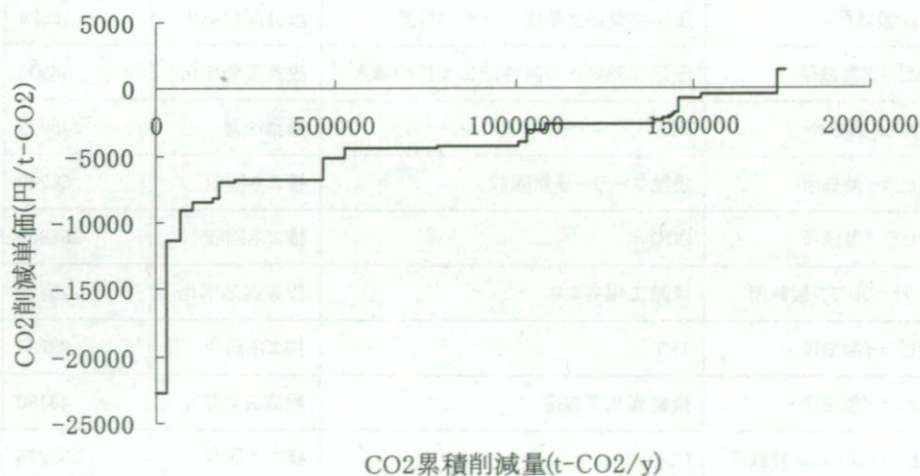
表 7.5 NEDO 共同実施等推進基礎調査事例からの費用と効果

事業	内容	分類	CO ₂ 削減量 (t/y)	削減単価 (円/t-CO ₂)
ベネズエラシデツール社カシマ工場	電炉でのホット DRI の利用	省工程連続化	27414	-22689
ブラジルアソミナス製鉄所	熱風炉及びボイラの排熱回収	排エネ回収	40989	-11279
ブラジル Cosigua 製鉄所	電気炉助燃バーナの設置	設備高効率化	35183	-9073
ポーランドセンジミア製鉄所	TRT	排エネ回収	52016	-8546
ブラジル Cosigua 製鉄所	圧延加熱炉蓄熱式バーナの設置	設備高効率化	16629	-8175
タイ SSI 社サハピリア製鉄所	圧延加熱炉への高性能工業炉の導入	設備高効率化	44903	-7045
インド RINL 社 Visak 製鉄所	PCI	操業改善	245333	-6848
インド鉄鋼公社ビライ製鉄所	焼結クーラー排熱回収	排エネ回収	64240	-5128
インド鉄鋼公社ビライ製鉄所	CDQ	排エネ回収	259864	-4486
エジプト EISCO 社ヘルワン製鉄所	焼結工場省エネ	設備高効率化	223189	-4311
インド鉄鋼公社ビライ製鉄所	TRT	排エネ回収	22237	-3967
インド鉄鋼公社ビライ製鉄所	焼結点火炉改造	設備高効率化	48180	-3081
インド TISCO 社 Jamshedpur 製鉄所	CDQ	排エネ回収	238275	-2668
ポーランドセンジミア製鉄所	転炉排ガス回収	排エネ回収	68362	-2668
ブルガリア Stomana 製鉄所	厚板工場加熱炉炉内改造	設備高効率化	15945	-2280
ブルガリア Stomana 製鉄所	厚板工場加熱炉熱交換器更新	設備高効率化	5299	-2280
ブルガリア Stomana 製鉄所	厚板工場加熱炉開口部シール強化	設備高効率化	5262	-2280
ブルガリア Stomana 製鉄所	棒鋼工場加熱炉開口部シール強化	設備高効率化	1859	-2222
ブルガリア Stomana 製鉄所	厚板工場加熱炉スキッド断熱	設備高効率化	12106	-2173
ブルガリア Stomana 製鉄所	棒鋼工場加熱炉炉内改造	設備高効率化	1988	-2059

事業	内容	分類	CO2 削減量 (t/y)	削減単価 (円/t-CO2)
ブルガリア Stomana 製鉄所	厚板工場加熱炉バーナ改造	設備高効率化	9812	-2056
ブルガリア Stomana 製鉄所	棒鋼工場加熱炉熱交換器更新	設備高効率化	4016	-1895
ブルガリア Stomana 製鉄所	電気炉高速助燃バーナ	設備高効率化	12409	-1772
ブルガリア Stomana 製鉄所	棒鋼工場加熱炉バーナ改造	設備高効率化	3681	-1629
インド鉄鋼公社ビライ製鉄所	コークス炉燃焼管理システム	設備高効率化	45481	-711
インド鉄鋼公社ビライ製鉄所	熱風炉排熱回収設備	排エネ回収	17543	-677
ブルガリア Stomana 製鉄所	電気炉スクラップ予熱	設備高効率化	9781	-428
エジプト EISCO 社ヘルワン製鉄所	高炉コークス中心投入など	設備高効率化	174092	-408
ポーランドセンジミア製鉄所	熱風炉排熱回収	排エネ回収	29209	-390
ブルガリア Stomana 製鉄所	棒鋼工場加熱炉スキッド断熱	設備高効率化	736	-36
ポーランドセンジミア製鉄所	焼結クーラー排熱回収	排エネ回収	23407	1446
インド鉄鋼公社ビライ製鉄所	石炭調湿設備	設備高効率化	5498	49135

注) NEDO 各報告書を基に計算。

図 7.2 NEDO 共同実施等推進基礎調査における CO₂ 排出削減単位費用(鉄鋼業関係)



NEDO 基礎調査の事例の投資額は、日本で同様の投資を行った場合にいくらかかるかという値が採用されている場合が多いので、投資額はそのまま使った。省エネによる節約金額は、報告書で報告されている省エネ量に日本での燃料価格を当てはめて計算した。使用した燃料価格は表 7.6 のとおりである。

表 7.6 燃料価格 (2004 年)

燃料	価格(1)	出典	熱量	価格(2)
コークス	11338 円/t	資源エネルギー統計	7191kcal/kg	376.7 円/GL
原料炭	6755 円/t	貿易統計	6904kcal/kg	233.7 円/GL
一般炭	5569 円/t	貿易統計	6354kcal/kg	209.4 円/GL
重油	26568 円/KL	貿易統計	9962kcal/l	637.1 円/GL
天然ガス	4.24 円/千 kWh	日本エネルギー経済研究所 2006	9771kcal/Nm3	1012.9 円/GL
電力	10.35 円/kWh	日本エネルギー経済研究所 2006		2873.8 円/GJ
原油	24741 円/KL	貿易統計	9126kcal/l	647.7 円/GL

少数の例を除いて、CO₂削減は大きな利益をもたらし、削減単価がマイナス 1 万円以下の例が多く含まれていることがわかる。それに比べると、日本で現在取り組まれている対策の費用は対策が先行している分、上昇しているであろうと推定される。しかし、その詳細は、現在の個別事例を詳しく見なければわからない。

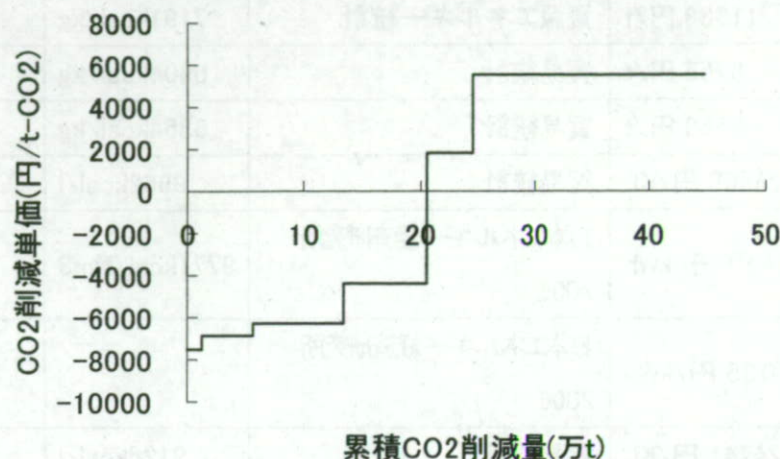
7. 4 製紙産業

2005 年度自主行動計画フォローアップ資料によれば、2004 年度の製紙産業の省エネ投資は 249 億円、省エネ効果は、6273TJ である。その内訳は表 7.7 のとおりであり、CO₂排出削減単価は同じく表 7.7 のように計算される。ここで、投資は、割引率 3%、償却年数 7 年で年費用に直し、重油が節約されるとして、9962kcal/l、26568 円/kl(2004 年価格)で節約費用を計算した。また、2.98t・CO₂/kl により、CO₂排出削減量を算出し、削減単価を計算した。結果を図示すると、図 7.3 である。

表 7.7 自主行動計画 2005 年度フォローアップ資料による製紙産業の CO₂削減単価の推定

投資内容	投資金額 百万円	削減効果 TJ	削減効果 重油 kl	節約 百万円	投資の年費用 百万円	純費用 百万円	CO ₂ 削減 万 t・CO ₂	削減単価 円/t・CO ₂
高効率設備の導入	18,299	2,847	68259	1814	2937	1124	20.4	5521
工程の見直し	1,283	1,099	26349	700	206	-494	7.9	-6289
廃熱回収	560	618	14817	394	90	-304	4.4	-6876
熱効率の改善	2,671	557	13354	355	429	74	4.0	1856
管理の強化	111	176	4220	112	18	-94	1.3	-7494
その他	1,981	976	23400	622	318	-304	7.0	-4353

図 7.3 製紙産業における CO₂ 排出削減単位費用 (2004 年度)



「設備投資調査」による省エネ投資額は、204 億円(15-16 年度共通回答企業の 16 年度実績見込額)ないし 217 億円(16-17 年度共通回答企業の 16 年度実績見込額)であり(経済産業省 2005)、フォローアップの金額と近い。このことから、フォローアップのデータが省エネ投資だけを反映していると推定される。実際、日本製紙連合会での聴取りによれば、自主行動計画フォローアップで報告されている投資の例は、ほとんど省エネ投資であって、他の目的のものは含まないということである。

高効率設備の導入の削減単価が正になっているが、これには注意が必要である。すべてが省エネ投資だったとしても、元からあった省エネ設備を更新した場合、新規省エネ追加分だけが記載されており、したがって、省エネ便益が過小に報告され、結果として CO₂ 削減単価が大きくなっている可能性があるからである。特に、「高効率設備の導入」に分類されている投資にそのような可能性があるものがある。

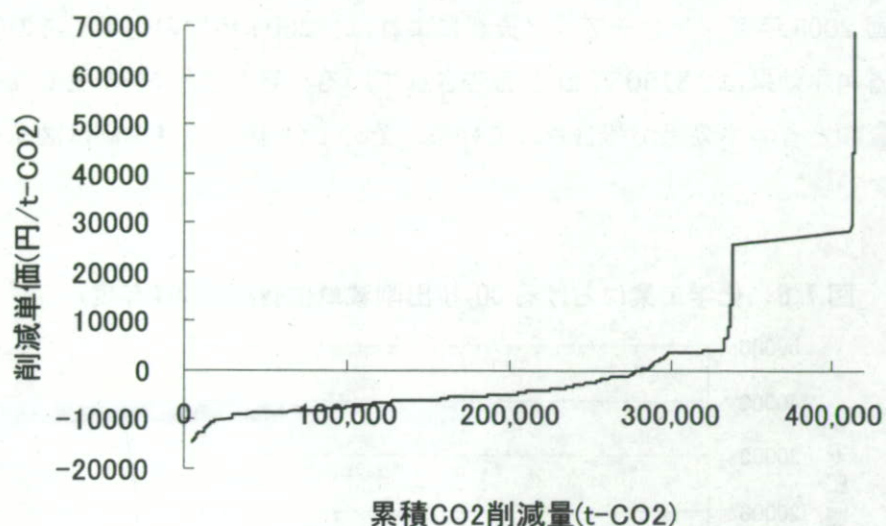
そこで、日本製紙連合会から、製紙産業の個別の省エネ投資 648 事例の投資額と省エネ効果についての情報に基づいて、限界費用曲線を描き直した。

省エネによる節約がどの燃料の節約かによって、節約額が変わるが、ほとんど重油の節約と見て間違いのないようである。よって、重油と見なす。単価は 637.1 円/GJ (表 7.6)とする。もし石炭なら 209.4 円/GJ (同)となるであろう。

CO₂ 削減単価は、投資額の年価値(7 年、3%)に修繕費・固定資産税(投資の 4.4%)を加えたものから燃料節約額を差し引いたものを、CO₂ 削減量で割ったものである。これを、低い順に並べ、CO₂ 累積削減量を横軸にとってグラフに描くと、図 7.4 のようになる。ただし、削

減量で上下 1%ずつを除いている。

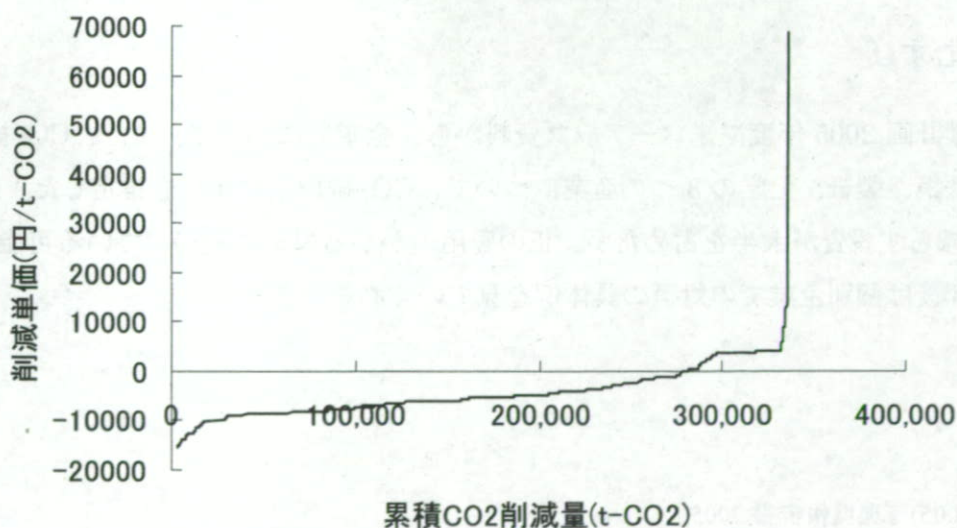
図 7.4 製紙産業における CO₂ 排出削減単位費用 (2004 年度)



上で述べたように、元からあった省エネ設備を更新した場合、新規省エネ追加分だけが記載されており、したがって、省エネ便益が過小に報告され、結果として CO₂ 削減単価が大きくなっている可能性がある。そこで、更新の可能性のあるものを除いてグラフを描くと(やはり上下 1%ずつを除いて)、図 7.5 のようになる。

図 7.5 製紙産業における CO₂ 排出削減単位費用 (2004 年度)

——更新の可能性のあるものを除く——

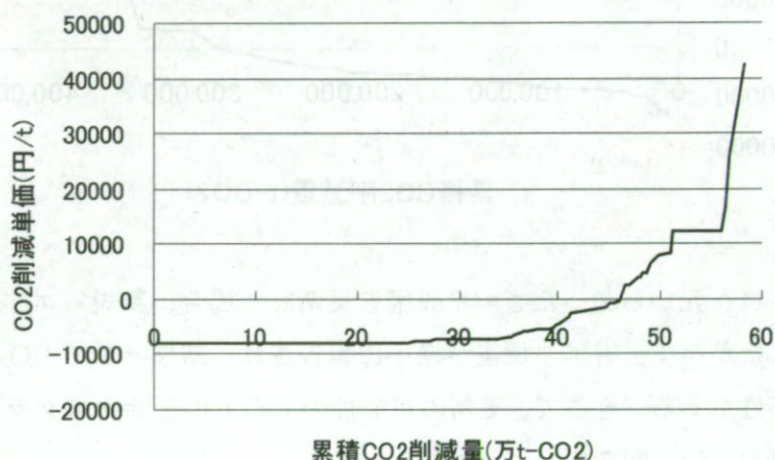


非常に大きい削減量を持った、正の費用をもつ投資がいくつか排除され、負の費用をもつものが大半となった。これが実態を反映していると思われる。

7. 5 化学工業

自主行動計画 2005 年度フォローアップ資料によれば、2004 年度の化学工業の省エネ投資は 340 億円、省エネ効果は、3150 万 kl と報告されている。そのうち 50 の主要な対策について、個別に投資額と省エネ効果が報告されている。その CO₂ 排出削減単価は図 7.6 のとおりである。

図 7.6 化学工業における CO₂ 排出削減単位費用(2004 年度)



化学工業については、これ以上の詳しい情報は入手できなかった。生産増強、更新等、省エネ以外の効果を持つ投資が含まれている可能性がある(「設備投資調査」(経済産業省 2005)での化学工業の省エネ投資は 81 億円ないし 94 億円で、340 億円と比べて小さい。)

7. 6 むすび

自主行動計画 2005 年度フォローアップ資料から、全産業について、また、CO₂ 排出量の大きい、鉄鋼、製紙、化学の 3 つの産業について、CO₂ 排出削減単価を推定した。負の費用で CO₂ を減らす投資が大半を占めたが、正の費用のかかる対策に近づいている可能性が示唆された。今後は個別企業での対策の具体例を見ていく必要がある。

(岡敏弘)

参考文献

- [1] JFE(2005)『環境報告書 2005』。
- [2] 経済産業省(2005)『平成 17 年 3 月 31 日現在における経済産業省設備投資調査』。
- [3] 神戸製鋼(2005)『環境報告書 2005』。

- [4] 日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット(2006)『エネルギー経済統計要覧 2006 年版』省エネルギーセンター。
- [5] 日本経済団体連合会(2005)『温暖化対策環境自主行動計画---2005 年度フォローアップ結果---概要版〈2004 年度実績〉』。
- [6] 日本経済団体連合会(2006)『環境自主行動計画[温暖化対策編]---2005 年度フォローアップ調査結果(2004 年度実績)---〈個別業種版〉』。
- [7] 産業構造審議会・総合資源エネルギー調査会 2004 年度自主行動計画フォローアップ合同小委員会(2005)『資料 6-2 各 WG 資料』平成 17 年 2 月 2 日。
- [8] 産業構造審議会・総合資源エネルギー調査会 2005 年度自主行動計画フォローアップ合同小委員会(2006)『資料 8 各業種における地球温暖化対策の取組』平成 18 年 1 月 20 日。
- [9] 新日本製鐵(2005)『社会・環境報告書 2005』。
- [10] 住友金属(2005)『環境報告書 2005』。

8 海外招聘者との議論

8. 1 講師プロフィール

William A. Pizer 氏 (Fellow, Resources for the Future)

研究領域：計量的アプローチによる環境政策，経済政策

近年の分析：

- ・ 割引率の不確実性の分析
- ・ 蓄積性汚染物質への量的規制に対する価格規制の利点の分析
- ・ 環境規制が企業のパフォーマンスに与える影響に関する不確実性
- ・ コントロール・コスト・アプローチに関する分析
- ・ 自主的行動計画 (voluntary programs) の有効性に関する分析
- ・ 汚染制御努力における技術開発政策の役割に関する分析
- ・ 強固な目標設定と柔軟なパフォーマンス基準アプローチとの相対比較
- ・ 地域的気候変動政策の有効性に関する分析

略歴：

- ・ ノースカロライナ大学キャンベル校卒 物理学 1990 年.
- ・ ハーバード大学 Ph.D. (経済学), 1996 年.
- ・ RFF フェロー 1996 年～現在.
- ・ 米国エネルギー政策委員会 上級エコノミスト 2002 年～現在.
- ・ 経済諮問委員会 上級エコノミスト 2001 年～2002 年.
- ・ スタンフォード大学 Visiting Scholar 2000 年～2001 年.
- ・ ジョンホプキンス大学客員助教授 1997 年～1999 年.
- ・ ハーバード大学研究員および特別研究生 1992 年～1996 年.

8. 2 講演概要とおもな討議

8.2.1 講演概要

日時：平成 18 年 2 月 13 日 (月) 9:30～11:40

場所：経済産業省本館 7 西 1 共用会議室

講師：Dr. W.Pizer (Resource for the Future 特別研究員)

演題：Indexed Regulation (経済指標に基づく規制)

概要：

アメリカにおいて、気候変動に関する政策は、総量規制ではなく排出強度、すなわち GDP あたりの排出量に基づいて行われている。カナダにおいても排出強度による規制が採用され

ており、予測不可能なコスト予測には適切ではないが、フレームの議論には有効である。

一般化された指標による総量(GIQ, $q(x)$)は、 $q(x)=a+rx$ で示される。ここで、 q は総量規制の場合の排出量であり、 x は適切に選ばれた指標の値である。 a と r は政策的なパラメータとして設定される。従来の、指標に基づく規制としては、 $q(x)=rx$ として示されていた。定数項を考慮することで、指標としての精度を向上させ、経済活動によらないオーバーヘッド的排出量を特定することもできる。

先行研究としては、Weitzman が 1974 年に、相関係数の傾きを用いて、税と取引可能な排出権による、価格と量のコントロールについて研究を行っている。また、多くの環境政策は排出率のコントロールを行っており、自動車の燃料価格と消費量（排出量）などがその例である。最近では、地球温暖化効果ガスについて、絶対量による規制がいいのか、排出強度による規制がいいのか議論になっている。

ベースとなる考え方としては、(指標の係数) / (事後的に最適化された指標の係数) が (相関係数 $\times 2$) より小さいときには、すなわち、価格と量との関係が強いということであり、総量規制より、強度規制することによって、費用対効果の高い対策が選択されることになり、政策としてより効果があるということである。

モデルとしては、相関係数と標準偏差を考慮したコストと便益についてモデル化を行い、その上でモデル化されたコストと便益について、その絶対値と分散を用いて、価格規制と総量規制でどちらが相対的に効果があるかを示す指数を定める。

これらを用いると一般化された経済指標による総量(GIQ)は、 $q_{GIQ}(x)=q^*+r^*(x-\bar{x})$ で示すことができる。ここで、 q^* は最適化された量であり、 r^* は x について最適化された q との回帰係数である。

一般化された、指標による総量(GIQ)は、 $q(x)=a+rx$ であるので、指標とコストによる影響の相関関係を見ることになる。従来の、経済指標による総量では、 $q(x)=rx$ というモデルなので、 $q(x)$ の平均と分散が同じパラメータによって影響を受けることになるので、分散の相関係数を見ることになる。

x の分散の値がどのくらいが望ましいかについては、相関係数で最適化された q についての分散の相関係数に合わせるために、経済指標（すなわち割合の変化）に関して、分散の相関係数による。もし $r_{cx}v_{q^*}$ が1より大きい場合には、経済指標に基づく排出量は常に総量規制より好ましくなる。そうでなくても、 $v_x/(r_{cx}v_{q^*}) < 2/(1-(r_{cx}v_{q^*})^2)$ の場合にも、経済指標に基づく排出量規制の方が好ましい。さらに、 b_2/c_2 が大きいとき、 r_{xc} が1に近いとき、 $v_x/(r_{xc}v_{q^*})$ が1に近い場合についても、経済指標に基づく排出量規制の方がよいといえる。

2倍という数値は、総量規制と経済指標に基づく規制とを比較したとき、消費者余剰と消費者損失が一致した場合である。これらの考え方をもとに、 b_2/c_2 の値と、 $v_x/(r_{cx}v_{q^*})$ および $(v_xv_{q^*})/r_{cx}$ の値による、経済指標に基づく規制、総量規制、価格規制などの優位な政策領域を示した。

図 8.1 総量規制と、指標による総量規制の場合の厚生損失

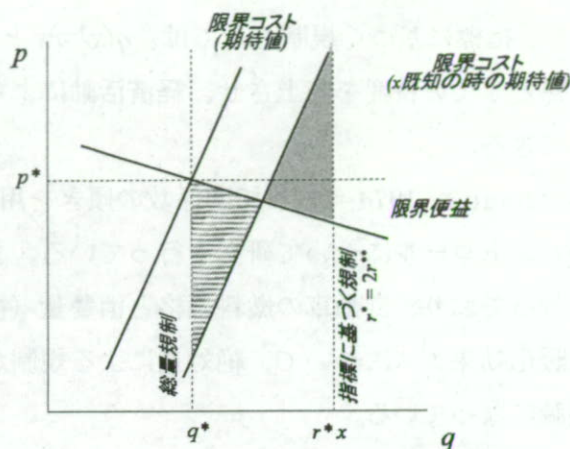


図 8.2 総量規制、指標による総量規制、価格規制の政策優位領域 (1)

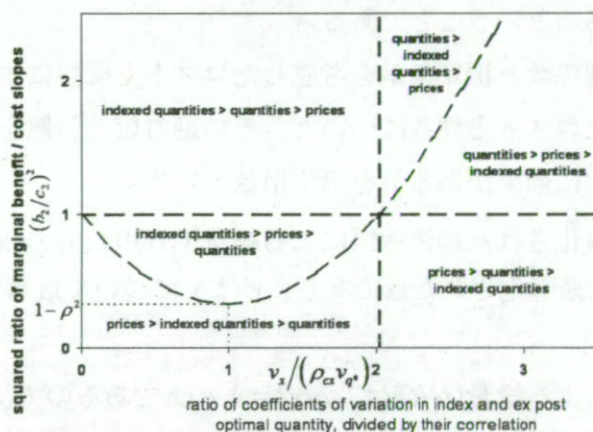
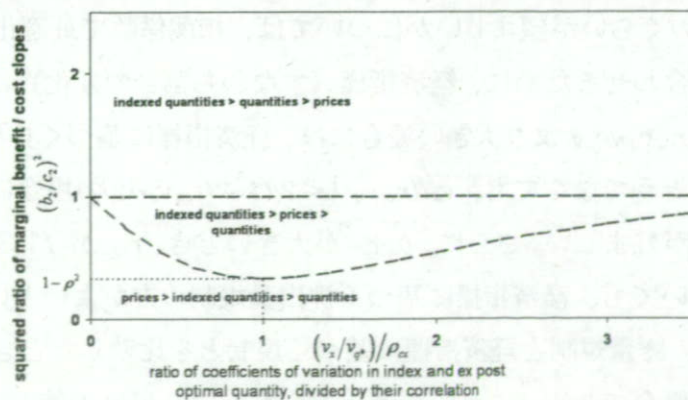


図 8.3 総量規制、指標による総量規制、価格規制の政策優位領域 (2): 拡大図



これらの理論を実際に気候変動問題に当てはめてみる。Energy Information Administration が出している排出に関する 1980 年～2002 年の排出量データ、便益については、Nordhaus(1994)のデータ、コストについては、Weyant and Hill(1999)のデータ、また、Newell and Pizer (2003)による最新の分析データを用いた。

19 カ国について、CO₂排出量と GDP のデータをもとに、相関分析による係数、相関係数についての分析を行った。この分析の結果、指標に基づく規制が優位なのは次の条件によることが明らかとなった。

- ・ 経済指標とコストへの影響の相関関係
- ・ 経済指標と事後に最適化した排出量の 2 つの係数の比
- ・ 相対的な限界コストと限界便益の傾き

指標に基づく規制は、経済指標と事後に最適化した排出量の係数の比が、相関係数の 2 倍以下の時に有効である。(これは経済指標とベースライン排出量の式に単純化できる。) 年次データ分析の結果、19 カ国の内、10 カ国において指標に基づく規制が望ましいことが明らかとなった。これは、産業構造や、電源構成などに大きな影響を受けていると考えられる。

8.2.2 おもな討議

Pizer 氏の講演を受けて、以下の議論がなされた。

- (金本座長) アメリカではどのような政策を考えているのか。
- (Pizer 氏) 総量規制ではなく、何らかの原単位、本日の報告で言えば、GDP のような経済指標をもとにした原単位で目標を決めること(Intensity Target)を考えている。カナダでは原単位を設定することは決めたが具体的にどのようなするかというルールは決めていない。原子力発電の比率が大きい国では、家電製品の使用規制はあまり意味がない。火力発電の比率が大きい国では、原単位による規制の意味は大きいという結論が得られた。
- (金本座長) さまざまな企業が個別に目標を定める場合はどのように考えればよいか。
- (Pizer 氏) どのような業種・地域であっても原単位をベースにするのか、排出量の絶対量をベースにするのかというのは、原単位の分母であるインデックスと排出量の相関関係による。
- (戒能委員) スライド 16 枚目、17 枚目の概念図が、具体的データの分析になるとでてなくなるのはなぜか。
- (Pizer 氏) 資料 2 の 35 ページの表 1 に示したように、限界便益曲線の傾きは 9.2×10^{-13} \$/ton² であるのに対し、各国の限界費用曲線の傾きは 10^{-7} から 10^{-8} の桁である。すなわち縦軸の $(b_2/c_2)^2$ の値はすべての国で 1 より小さく、すべての国で量よりも価格で規制した方がよい領域に入っているからである。

- (戒能委員) この種の研究にはパラメータのロバスト性の議論が必要である。Nordhaus や Weyant のパラメータを使用したそうだが、特に途上国においてこれらのパラメータのロバスト性をどう考えているか。
- (Pizer 氏) 少なくとも便益の傾きについてロバスト性はあると考える。破滅的状況になるもしくは、その状況を緊急回避する措置が必要なときは便益の傾きも変わるかも知れない。しかし、破滅的状況になる温度や濃度について現状では明らかになっていない。また仮に破滅的状況になれば、排出量をゼロにするという選択肢となり、このような分析の枠組みの外である。したがって、ロバスト性はあると考えている。
- (戒能委員) 横軸に関するパラメータのロバスト性はどうか。この値は、インドや中国をみて判断すると、産業構造や、小さな国では経済指標とはあまり関係ないことで決定するのではないか。
- (Pizer 氏) 相関係数は予測モデルで予測しているが、そのときのモデルの精度が重要な点である。また、あくまでも一年のデータを用いていることが問題であるかも知れない。そのために小さめの変動幅に収まっている可能性がある。
- (有村委員) 結論のロバスト性について。今回取り上げたパラメータの値によって、価格政策か量的政策かを決定するのは興味深いが、パラメータの関数形や、今回、取り上げなかったパラメータを考えることにより、結論が変わるようなことは考えられるか。
- (Pizer 氏) 先ほどの質問で回答したように、パラメータ自体に大きな仮定が設定されている。問題は不確実性と考えている。不確実性が小さければ、三次関数でも四次関数でも問題ではない。限界費用は線形ではなく、凹凸があり、今回の分析で言えば2ぐらいのところに屈曲点がある。排出削減の取り組みは簡単なことからやる。省エネ、エネルギー源の転換などやった後は、使っていた施設を使うのをやめる、新しいものに更新などすると限界費用は急激に高くなることが考えられる。標準偏差が大きくなければ問題はあまりない。長い年数にわたって変数が取れば、偏差が小さくなり、不確実性はより小さくなる。
- (有村委員) 定数項を入れたことにどのような意味があるのか。現実の世界でそれに該当するようなことがあったのか。
- (Pizer 氏) アメリカの便益プログラムの1つであるインフレプログラムでは、インフレ率を原単位として政策を行っている。これは直接物価指数(CPI, Consumer Price Index)に定数項を足している。便益は物価指数に比例している訳ではない。一定の定数項が入ったモデルになっている。
- (有村委員) 気候変動関連の例で定数項を入れた議論はあるか。

- (Pizer 氏) 気候関連の政策議論の中で出てきた実例はない。
- (金本座長) カナダのような intensity で規制すると、時間の経過とともに調整が必要ではないのか。すなわち、定数項が変わり、原単位自体は厳しくなる可能性はないか。
- (Pizer 氏) 価格で規制することの重要性については変わらない。指摘の件に関しては、家電メーカーなどから法的罰金を取ることが考えられる。その例がアメリカの燃費基準(CAFE)であり、燃費基準を満たさない場合には、1/10 ごとに 5 ドル 50 セントの罰金を払うというもの。日本のメーカーは支払ったことはないが、ヨーロッパの会社は恒常的に支払っていると聞く。
- 今日本で様々な政策を検討していると思うが、理想的にはいろいろな複数の政策が、すべて何かの価格をベースにしたもので、連携が図られ、トータルに見ると効果が高いという形が良いと思う。補助金ベースでも税金ベースで、全体としての連携が重要である。日本は京都議定書の批准国なので、CDM のクレジットの価格としてそれをベースにして政策が結びつけて展開することが考えられる。カナダの場合は排出量取引に係わっている会社について 1 トンあたり 15 ドルを提示し、これを満たすことが法的義務となっている。国としては議定書の義務を負っている。メーカーから見ると国の基準を満たせばそれでいいということになっている。
- (金本座長) 日本では自主的な取り組みが多い。
- (Pizer 氏) アメリカもその意味では同様の状況である。
- (金本座長) 指標に基づいた政策は合理的だが、価格政策はなかなか難しいのではないか。
- (Pizer 氏) 参考になると思うので、アメリカ上院で Bingaman 議員が提出した、税でも価格でもない政策について紹介する（参考資料 1 スライド 8 枚目参照）。昨年の夏に成立したエネルギー政策法に対する改正（Amendment）として提出されたものである。上院に提案はされたが、評決には至らなかった。ベースとなっているのは、NGO である National Commission on Energy Policy の考え方。ここで重要なのは、原単位を使ったターゲットであること。原単位も 5 年～10 年の単位でターゲットを作成するというもの。価格として CO₂ トンあたり 7 ドルとして、追加の割当(allowance)を購入することができるというもの。これを安全弁と呼んでいる。意味合いは価格政策だが、税金や補助金政策とは異なる。あくまでも取引をするプログラムとして活用されるもの。Bingaman 氏は民主党のエネルギー委員会の有力者であり、Domenici 氏は共和党所属で、エネルギー委員会の議長をしている。この二人が二週間ほど前に提出したペーパーがあり、2 点についてステークホルダーたちにコメントを求めている。どこで規制をするか。上流で規制するか、

下流で規制するか。割当をどうしているか。エネルギー委員会のホームページで見ることができる。

※ホームページ (<http://energy.senate.gov>)

(戒能委員) 今回の枠組みを、フロンガスのモントリオール議定書、SOx のクリーンエア法などの議論に当てはめたことはあるか。京都議定書を考えている人は、これらの議論をベースに考えているように感じるが。

(Pizer 氏) フロンガスの場合は、確立している代替物質があったので、限界削減費用はフラットであった。不確実性はない。ある閾値レベル以上で税を投入した場合であっても、フロンガス全面禁止と効果的には同じである。汚染物質をゼロにしようというターゲットの場合は、価格政策でも量的政策でも、結果的には同じになる。

硫黄に関しては全く異なり、2段階プログラムとなっている。第1段階は簡単で、第2段階のハードルは高くなっていると思われていたが、アメリカ西部から低硫黄石炭が入り、最初の段階で多くの企業が入り、相当量の allowance の蓄えができた。価格政策に代わるような効果があった。蓄えを使い果たした場合どうなるかという議論は残る。

CO₂ について削減量が小さく、最初に 50%削減して、追加的割当分として設定することはできないからである。

(戒能委員) 京都議定書の場合はクレジットを買うことができるので結果が変わるか。

(Pizer 氏) あくまでも今回の分析は厚生便益の計算をしたもの。便益を無視してコンプライアンスだけを考えた場合、便益曲線がどのように変わるかを考えなければならない。世界の排出権市場では、便益関数はフラットになるのではない。世界の排出量の価格がどうなるかも推定しなければならない。一番好ましいのは、その排出権の価格に沿った形で、いろいろな政策が講じさせるのがよいのではない。順守コスト、順守をする価値をどのように考えるかも重要。加盟国が決めることにより影響を受ける。CDM executive board で決めると、プロセスや CDM のクレジットの量も大幅に変化する可能性がある。第一期間のターゲット達成により第2期間のターゲットがゆるまるなら、第一期間でがんばる国があるかも知れない。そもそも順守する意思があるかということもある。日本だって、価格を見てやめる可能性がないとは言えないのではない。

(戒能委員) 京都議定書の下では、ロシアやウクライナには第1約束期間のストックがある。長期的には枠組みは妥当かも知れないが、第一約束期間のような短期的な場合は、アメリカの硫黄のケースと同じようになりかなり余裕があるのではない。

- (Pizer 氏) いくつか京都議定書の第一約束期間を見れば類似点はあるが、異なる点もいくつかある。類似点としては、京都に参加している国はバランスがとれていて正味の削減をあまりしなくてもよい。その点は硫黄の第一期と大変似ている。違うのは二酸化炭素では主権国同士の取引になるので、どうなるか。硫黄の場合は、割当量はあると思っていたが、京都議定書の場合は、ロシアにせよ、ウクライナにせよ、第二期が全く見えない状況になっている。
- (金本座長) 5年ほど前の会議でも話題になったが、日本の場合は、排出権取引は難しいだろうという意見が大勢を占めていた。特にアロケーションはできないとの意見が大変を占め、今もそれは変わらない。だからこそ現在自主的取り組みが盛んになっている。きちんとした行政施策となっていない。
- (Pizer 氏) アロケーションを決めるのは大変大きなステップで非常に難しい。ターゲットを設定するのは経済的な観点から妥当であると決めるのは可能だが、実際に割当をどうするかは非常に難しい。アメリカでは Bingaman 氏と Domenici 氏が真剣に議論していて徐々に議論する環境が整ってきている。パフォーマンススペースの施策にするか税にするか補助金にするかというのは目に見えないアロケーションをしていることとも捉えることができる。
- (水野課長補佐) それぞれ政策は温暖化対策以外の効果・便益が考えている場合もあるが、温暖化以外の便益をどのように考えたらよいか。
- (Pizer 氏) 副次的便益がどのような分野かによる。それが既に規制されている分野かどうかにもよる。すなわち、アメリカの大気汚染は既にきちんと政策が打たれているので、温暖化対策で大気汚染防止に関する追加的メリットを考えるのは難しい。安全保障を考えると、副次的にはメリットもデメリットもありうる。燃費基準は気候変動として正当化することはしにくい、原油の輸入の懸念という理由で納得を得ることは可能である。電力で言えば、天然ガスは輸入しなければならない。石炭は国内にたくさんあるという状況を考えると自分の国の石炭にマイナスとなるものは安全保障上よくないという考え方もある。
- Bingaman の提案にも財政的な考え方がある。IGCC (ガス化のコンバインド・サイクル) を二酸化炭素の隔離につながるというようなことで入れてある。バイオ燃料や原子力にも触れている。いずれにしても定量的に計測するのは難しいが、定性的にサイド便益を考えることは可能。安全保障は、高い目的でもある。その他には、有権者がどう感じているか。気候変動以外の側面にも目を配る必要がある。

9 温暖化対策の政策評価

9. 1 おわりに

温暖化対策の政策評価を行う際には、政策評価の基本的な構造をおさえておく必要がある。特定の施策は何らかの効果を生むことを目的として行われる。当然のことながら、目的の効果を十分に発揮しないこともあるし、目的外の効果を生むこともある。また、当初から複数の目的を念頭において企画立案されることも多い。副次的な効果が失敗のいいわけに使われることもある。いずれにせよ、政策評価の基本は、施策がどういう効果を生んだか、あるいは、生むであろうかを推定し、発生した効果を何らかの基準を用いて評価することである。

金本・蓮池・藤原(2006)が解説しているように、一般的に、政策評価の主要なステップは、

- (1) 何を評価するか（評価する政策プロジェクト代替案）を決定
- (2) 各代替案についての政策インパクト（効果・影響）を予測
- (3) 政策インパクト（効果・影響）を評価
- (4) 感度分析を行う

というものである。これらのステップに対応させながら、本報告書の内容を振り返ってみよう。

9. 2 評価対象

本調査で検討した政策には、補助金（高性能工業炉、太陽光発電装置）、税制上の優遇措置（エネ革税制、自動車グリーン税制）、規制（家電機器のトップランナー方式規制、省エネ法）、自主行動計画がある。たとえば、自主行動計画のように、これらの政策のなかにはその内容が必ずしも明確でないものがある。政策の中身が明確に定義できない場合には、その効果を予測することも困難になる。また、複数の政策ツールが組み合わされていることもあり、その場合には、その一部を取り上げるのか、全体をセットとして取り上げるのかについて決定しておく必要がある。

評価対象については、必ず2つ以上のものを比較することになる。最も簡単な比較は、政策を実施するケースを何もしないケース（ベースライン）と比較することである。公共事業評価においては、通常、With ケース（投資を行うケース）と Without ケース（投資を行わないケース）の比較と言われている。

政策には様々なバリエーションがある。「住宅用太陽光発電装置のCO₂削減効果の評価」においては、動学的なモデルを用いて、補助率を経年的に低下させることの効果も分析している。

9. 3 政策インパクトの予測

政策インパクトの予測については、比較するケースのそれぞれについて行う必要がある。しかし、少なくとも一つは実際に起きていないケースであり、この予測は簡単でない。事前評価の場合には、どのケースも実際には起きていないので、予測モデルを用いて、すべてのケースの政策インパクトを予測しなければならない。事後評価の場合には、政策が実施されたケースは観察可能であるが、実施されなかったとすると何が起こったであろうかは観察されない。実施されないケースについての推定が必要となる。

インパクト予測の通常のアプローチは、何らかの構造モデルを推定することである。本報告書における「日本経団連自主行動計画におけるCO₂排出削減の費用の推計」はその一例である。この場合には、フォローアップ調査資料から排出削減費用を個別省エネ投資について推計している。これは、企業の費用構造をアンケート調査データから推計しているものと解釈できる。

「家電機器のトップランナー方式規制の評価」においては、規制対応のための追加的費用を回帰分析によって推定している。ここでは、家電機器の価格推移が累積生産台数によって説明されるとし、さらに、規制が行われた年度のダミー変数が規制による追加費用を表すと仮定している。これらの先験的な仮定を導入することによって、費用構造を推定していると考えられる。

補助金や税制の効果を推定するためには、それらによって消費者や企業の行動がどう変わるかを推定しなければならない。「消費者の新車購入行動に対する自動車グリーン税制の影響評価」においては、自動車の販売シェアのデータを用いて、消費者の行動を表す多項ロジットモデルを推定している。これは需要構造を推定したものであり、その結果を用いて政策効果のシミュレーションを行っている。

構造モデルを推定し、推定したモデルのシミュレーションを行うことによって政策効果の推定を行うアプローチは、構造モデルの推定がうまくできれば有益なものである。しかし、予測結果がモデルに依存するという欠点を持つ。構造モデルの定式化や推定にバイアスが存在すると、誤った答えを出すことになる。特に、集計データを用いて推定する場合には、同時方程式バイアスが発生することが多く、適用には注意が必要である。なお、構造モデルを推定せずに、政策効果の評価を行う誘導形手法も存在し、主として社会実験を用いた評価において欧米諸国で用いられている³⁶。

³⁶ 誘導形手法については、以下の文献を参照されたい。

Heckman, J. and J. Smith (1997) "Evaluating The Welfare State," in Strom S. (ed.) *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium*, Cambridge University Press.

Heckman, J., H. Ichimura and P. Todd (1998) "Matching as an Econometric Evaluation Estimator: Evidence from Evaluating a Job Training Program," *Review of Economic Studies* 64, pp. 605-654.

政策効果の予測についてもう一つ重要なのは、直接効果に加えて、副次的な効果も考慮する必要があることが多い点である。たとえば、自動車関係の温暖化対策はS P MやN O_x等の大気汚染や騒音等の他の外部不経済に対する影響が存在しうる。また、企業の技術開発に対する影響も考慮する必要がある。

副次的効果については、市場を通じる効果なのか、あるいは市場を通じない（技術的）外部性なのかを区別しておく必要がある。たとえば、地域の雇用や所得に対する影響は市場を通じる効果であり、上記の大気汚染に対する影響は技術的外部性である。前者については、価格体系に歪みがないファーストベストのケースでは、便益と費用が相殺し合うことが知られている。したがって、貨幣単位で便益評価を行うときにはこの種の副次的効果は無視して良い。このことを反映して、公共事業の費用便益分析では、市場を通じる副次的な効果は無視されている。しかしながら、税制等によって価格体系の歪みが存在する場合には、これらの効果は追加的な社会的便益や費用をもたらすので、それらの評価が必要になる。

9. 4 政策インパクトの評価

政策インパクトの評価においては何らかの評価基準を設定する必要がある。最も頻繁に採用されるのは、貨幣単位で便益と費用を集計する費用便益分析のアプローチであるが、これが唯一のものではない。規制評価等では費用効果分析が多く用いられる。これは、一定の効果を達成するために必要な費用を計算するものである。たとえば、温暖化対策においては、CO₂を1トン削減するために必要な費用といったものが考えられる。

予測と同様に、評価においても副次的効果を考慮する必要があることが多い。ただし、これらについては、定量的な評価が困難で、定性的な評価にとどめざるを得ないこともある。

9. 5 感度分析

政策評価においては、感度分析も重要な構成要素である。インパクトの推定においても、その評価においても、大きな不確実性が存在する。これらの不確実性を扱う手法の一つが感度分析である。推定したパラメータの値やモデルの構造等の様々な前提条件について、それらの不確実性の程度を評価して、それらが評価結果をどの程度左右するかを分析するのが感度分析である。

感度分析の最も単純な方法は、パラメータ等について、ベストの予測値である中位値に加えて、それを超える可能性がほとんどない高位値と、逆にそれより低くなる可能性が小さい低位値を設定して、これらの3つのケースそれぞれについての推計を行うことである。もう少し複雑な方法としては、各種のパラメータを同時に変化させたときの最善ケースと最悪ケ

Heckman, J., H. Ichimura and P. Todd (1998) "Matching as an Econometric Evaluation Estimator," *Review of Economic Studies* 65, pp.261-294.

ースを計算する最悪・最善分析（Worst- and Best-Case Analysis）やモンテカルロシミュレーションによって推計値の確率分布を計算するモンテカルロ感度分析がある。本報告書ではシステマティックな感度分析を行っておらず、今後の課題として残されている。

9. 6 今後の課題

本調査では、温暖化対策の政策評価として、補助金、税制上の優遇措置、規制、自主行動計画の具体的な事例について、予備的な政策評価を行った。データと時間の制約から十分な分析ができたわけではないが、温暖化対策の政策評価が実務的に可能であることが明らかになった。今後の課題としては、以下の点があげられる。

- (1) システマティックなデータ整備のために、こういったデータが必要かを検討し、整備のプライオリティーを整理する。
- (2) 政策インパクトの予測の手法を類型化して、データや人的資源の利用可能性や予算制約等に応じて実務で選択できるようにする。
- (3) 各種評価基準について、類型化と適用可能性の検討を行い、実務での選択を容易にする。たとえば、費用便益分析、費用効果分析のうちでどれを選択するか、費用効果分析においてどういう指標をもちいるかといった課題についての検討が必要である。
- (4) 横並びの比較や評価結果の誤差やバイアスの評価が容易になるように、評価結果のプレゼンテーションについてのガイドラインの検討を行う。
- (5) ポリシーミックスや時間軸上の変化を含む各種の政策について、利用可能な分析手法を整理する。
- (6) 政策の副次的な効果についての予測手法と評価手法を検討する。

(金本良嗣)

資料編

- A-1 分析対象とした施策等の概要
- A-2 共通原単位等
- A-3 海外招聘者の講演録

A-1 分析対象とした施策等の概要

1. 家電機器におけるトップランナー方式－省エネ法－
2. 低燃費車に係る自動車取得税の軽減措置（税制）
3. 最新排出ガス規制適合者の取得に係る自動車取得税の特例措置
4. エネルギー管理の徹底－省エネ法－
5. エネルギー需要構造改革推進設備等を取得した場合の特別償却又は法人税額（所得税額）の特別控除－エネ革税制－
6. 住宅用太陽光発電－予算－
7. 経団連・環境自主行動計画の着実な実施とフォローアップ

1. 家電機器におけるトップランナー方式 ー省エネ法ー

■本施策について	省エネルギーセンターHPより抜粋
・ 家電機器におけるトップランナー方式 ・ 正式名称:「エネルギーの使用の合理化に関する法律」(省エネ法)に基づくエネルギー消費効率向上の目標設定方式	
所管:経済産業省(一部、国土交通省)	
施策・制度の根拠法令 ・ エネルギーの使用の合理化に関する法律……第4章(機械器具に係る措置) ・ エネルギーの使用の合理化に関する法律施行令…第7条(特定機器)他 ・ エネルギーの使用の合理化に関する法律施行規則…第13条(エネルギー消費効率)他 ① 説明: ・ 平成10年度から省エネ法に基づき家電・OA機器の省エネルギー基準、自動車の燃費基準について、トップランナー方式を導入した。トップランナー方式とは、自動車の燃費基準や電気製品等の省エネ基準を、それぞれの機器において現在商品化されている製品のうち最も優れている機器の性能以上にするという考え方である。これにより、家庭やオフィス等で使用される機器の効率向上・普及を図り、業務その他・家庭部門のエネルギー消費量を抑制し、エネルギー効率を実現してきた。 ・ ※平成17年12月現在、18機器を指定する。 ・ ※乗用自動車、エアコンディショナー、蛍光灯のみを主光源とする照明器、テレビジョン受信機、複写機、電子計算機、磁気ディスク装置、貨物自動車、ビデオテープレコーダー、電気冷蔵庫、電気冷凍庫、ストーブ、ガス調理機器、ガス温水機器、石油温水機器、電気便座、自動販売、機変圧器 ・ 電気製品がトップランナー方式による省エネ基準に達しているかどうかを「省エネラベリング制度」で表示。 平成17年の省エネ法改正によって、省エネルギー機器等の普及促進として、トップランナー基準の対象拡大・強化(電子レンジ、電気炊飯器、液晶テレビ、プラズマテレビ、2.5トン超の重量貨物車等を追加) ②目標(目指す結果、効果): 省エネルギー型設備及び機器の導入を促進し、省エネルギー対策の実現を図る。 ③指標: 個別機器の省エネルギー効果等をもとに、省エネルギー効果を推計する。 ④モニタリング方法: 事業単位毎に実態を把握する。 ⑤目標達成時期: 平成 22 年度	

■関連施策：省エネ設備・機器の導入支援	事前評価書より抜粋
＜施策目的＞ 平成9年12月の気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)において我が国がコミットした温室効果ガスの削減目標(平成22年度において平成2年度比▲6%)を達成すべく、平成10年に決定された省エネルギー対策を着実に実施し、さらに平成16年7月に取りまとめられた「総合資源エネルギー調査会省エネルギー部会中間とりまとめ」及び平成17年4月に閣議決定された京都議定書目標達成計画に盛り込まれた省エネルギー対策を確実に実行することを目的とする。	
＜施策の背景＞ エネルギーの安定供給の確保及び環境保全の観点から、省エネルギーの重要性はますます高まっており、特に、温室効果ガスの削減目標の達成の観点では、我が国のCO2排出量の約9割がエネルギー起源であることから、省エネルギー対策の徹底が必要不可欠である。 しかしながら、平成15年度における温室効果ガスの排出量実績は、平成2年度比で8.3%の増加となっており、京都議定書(平成14年批准)の目標を達成するためには、より一層の取組が必要である。こうした中、平成16年7月、総合資源エネルギー調査会省エネルギー部会において、今後の省エネルギー対策について中間とりまとめを行い、これをうけて、エネルギーの使用の合理化に関する法律(以下「省エネ法」という。)の一部改正をはじめ、施策の具体化、実施を進めているところである。 さらに、平成17年4月に京都議定書目標達成計画が閣議決定され、京都議定書で定められた目標の達成のため、民間部門である産業、民生及び運輸の各部門と、政府とが一体となって、我が国の省エネルギーの潜在力を最大限に顕在化させる具体策が定められた。今後は、これらを計画にそって着実に推進していくことが求められている。	
＜行政関与の必要性＞ 近年の景気動向を背景として事業者や一般消費者による設備投資が回復基調にある中、省エネルギー投資も近々に回復基調になるものと思われるが、前述の平成22年の目標達成には不確定要素が多く、より一層の省エネ設備や機器の導入の促進を促していく必要がある。 産業部門においては、最終エネルギー消費の約半分に占める部門として目標達成のためには更なる対応が求められているものの、既に長期にわたり徹底した省エネルギーに取り組まれてきており、全くの自由な事業活動に委ねるだけでは十分な対応が期待できない。したがって、より省エネルギーに配慮した投資行動等を促すために行政の関与が不可欠である。一方、エネルギー消費の伸びの著しい民生部門においては、産業部門に比し、省エネルギーによって得られる経済的メリットが必ずしも顕著でなく、対応が不十分となる傾向にあることから、行政の関与により、省エネルギー対策を講じるよう促す必要がある。さらに、運輸部門においては、輸送機器の燃費効率向上を図る一方、物流の効率化が不可欠であるところ、その抜本的な省エネルギーを進めるに当たっては、商慣行など、大きな変更を要する要素も少なくなく、それを促すためには行政の関与が必要になる。 さらに、併せて国民の省エネルギーに対する意識喚起や、情報入手機会を高めるため、広報活動等を引き続き実施することも必要である。	
＜閣議決定等上位の政策決定＞ ・エネルギー基本計画(平成15年10月閣議決定)＜抜粋＞ 第1節エネルギーの需給に関する施策の基本的な枠組み	

(中略)

「エネルギーの需給に関する施策についての基本的な方針」を実現していくためには、まず省エネルギー対策を中心として需要面での効率化を図る取組が必要となる。

(中略)

以上の取組を進めるに当たって、国は、(①②略)③望ましいエネルギー需給構造の構築に資する取組に関しては、地方公共団体や事業者、非営利組織、国民に対して必要な範囲で政策誘導を行う、④エネルギー需給及びエネルギー政策についての情報を積極的に国民に提供する、といった施策を講ずることとする。

(中略)

第2節エネルギー需要対策の推進

エネルギー需要やその変動パターンについては、これを所与のものとせず、政策を通じていかに効率的なエネルギー利用に誘導するかという視点が重要である。このような視点に立った上で、以下のとおり省エネルギー対策及び負荷平準化対策を推進する。

1. 省エネルギー対策の推進と資源節約型の経済・社会構造の形成

省エネルギー対策は、安定供給確保と地球温暖化防止の両面に資するものであり、加えて、機器の開発や投資、新規産業の創出を通じた経済活性化の効果もあることから、「経済と環境の両立」の達成に資することが期待される。

我が国は、石油危機以降、省エネルギーが世界との比較においても相当進んでいるが、近年、民生・運輸部門においてエネルギー消費の伸びが著しいことから、世界の模範となる省エネルギー国家として、民生・運輸部門を中心に省エネルギー対策を強化することが必要である。

・地球温暖化対策推進大綱(改定)(平成14年3月地球温暖化対策推進本部決定)〈抜粋〉

国民経済上できる限り効用を変えない範囲での最大限の省エネルギーを図ることは、最も優れた温暖化対策の一つである。また、エネルギーの需要主体は極めて多岐に亘り、個々の需要者の創意工夫等の主体的対応なくして、二酸化炭素排出量削減への実効性ある効率的対応は難しい。かかる認識の下、エネルギー需要面の対策は、産業部門における自主的対応と民生・運輸部門における省エネ機器・システムの技術開発・導入促進、これに必要な環境整備を中心とする。

・京都議定書目標達成計画((平成17年4月地球温暖化対策推進本部決定)〈抜粋〉

第2節地球温暖化対策の基本的考え方

1. 環境と経済の両立

京都議定書の6%削減約束の達成への取組が我が国の経済活性化、雇用創出などにもつながるよう、技術革新や創意工夫をいかし、環境と経済の両立に資するような仕組みの整備・構築を図る。具体的には、環境負荷の少ない健全な経済の発展や質の高い国民生活の実現を図りながら温室効果ガスの排出を削減すべく、省エネ機器の開発・普及、エネルギー効率の改善、技術開発の一層の加速化、環境意識の向上に加え、広範な社会システムの転換を伴う地球温暖化対策を大胆に実行する。

＜施策目標(目指す結果・効果)＞

- ・ 京都議定書目標達成計画により、平成22年度においてエネルギー起源CO₂排出量の平成2年度比＋0.6%を達成すべく、産業部門、民生部門、運輸部門において省エネルギー潜在力を最大限に顕在化させ

る具体策が定められた。これを受け、省エネルギー対策を確実に実施し、省エネ機器の開発・普及、エネルギーの効率の改善等の一層の加速化を実現するための諸施策を実施する。

- ・ 平成22年度においてエネルギー起源CO2排出量を産業部門で平成2年度比－8.6%、同、民生部門＋10.7%、同、運輸部門＋15.1%が目標となっている。

<指標>

事業実施件数、普及台数、補助金の利用件数と個別機器の省エネルギー効果等を元に、省エネルギー効果を推計する。

<概要>

省エネルギー対策の実現を図るため、規制的手法、助成的手法の両面から所要の施策を展開する。規制的手法としては、省エネ法において、ア)工場・事業場、イ)建築物、及びウ)運輸(今般の改正により新設)という、エネルギー消費に密接に関連する各分野について、エネルギーの使用の実態把握と標準的な省エネルギーの取組の実施を促し、特に、エネルギー消費量の多い者に対しては、国への定期報告等の義務を課して、より徹底した取組を促している。また、同じく省エネ法において、エネルギー多消費機器のエネルギー消費効率の改善を進めるために、機器製造事業者等に対して、一定期間内に、想定されている最高の効率実現を義務付ける、トップランナー制度を設け、機器の使用による民生部門でのエネルギー消費量の抑制を図っている。

以上の規制的手法の多くは、エネルギーを消費する各主体に対し、様々な行動等の選択の機会に、省エネルギーを重要な判断要素として留意するよう促すための、緩やかな枠組みの制度化を企図しているものであり、いわば、省エネ対策のボトムアップを図る機能が中心であって、例えば、特定のエネルギー消費の削減量等を義務付けるような措置とは異なる。それゆえ、各主体のエネルギー消費の実態に即した具体的な省エネ対策の内容や、その効果の大小等については、このような規制的手法によって個別に義務付けるものではなく各主体の自主的な対応を期待するにとどまるものである。

他方、京都議定書で決定された目標の達成には、技術開発を含め、より大きな省エネ効果の期待される、野心的な取組を各主体に求める必要がある。助成的手法は、主として、このような野心的な取組を各主体に促すために用いられるものであり、規制的手法と補完関係を成している。助成的手法の機能を概括するならば、各主体による省エネルギー効果の高い設備・機器の導入の支援であると言える。その手法は、ア)導入に伴うコスト削減のための補助・融資制度、イ)導入の検討を加速化させるための情報の提供や、情報提供主体の活動を促すための助成等、ウ)設備等の導入の方法、効果、留意すべき問題点等の検討を事前に行うための調査、ビジョン策定等の支援、に大別され、それぞれにつき、産業部門、民生部門等、対象部門の軸でさらに分けられる。なお、これらのほかに、エ)政府部門自らによる省エネルギー対策の取組がある(率先実行計画の実施等)。

<目標達成時期>

平成22年度

<中間・事後評価時期>

平成17年度、平成19年度(中間)、平成22年度(事後)

<目標達成状況に影響しうる外部要因など考慮すべき事項>

経済情勢等

■事前評価の結果（施策全体）	事前評価書より抜粋
①手段の適正性 導入促進を図る手法としては、 (i)予算措置を伴わない誘導策、(ii)民間企業や消費者への規制の強化等が挙げられるが、 (i)予算措置を伴わない誘導策のみ行う場合、投資余力が小さくなっている我が国企業等が省エネ設備に多額の投資を行うインセンティブとなり得ない。 (ii)規制強化により国民一律に過剰な規制をかけることは膨大な社会コストがかかり、国民の総意が得られるとは考えにくい。 従って、省エネ設備導入への補助、財政投融資及び利子補給、税制優遇を行うことが最も適切である。また、これを補完する観点からも、省エネルギー施策に係る広報普及活動を補助することは適切である。	
②効果とコストの関係に関する分析 省エネルギー設備導入への補助、財政投融資及び利子補給、税制優遇を行うことは、省エネ設備の投資回収年数を短縮することで省エネルギー投資促進につながる。また、省エネ設備等の生産増加による価格低減効果を併せて実現することにより、更なる省エネ設備導入促進につながる。これにより、国民一律に過剰な規制をかけるなどの膨大な社会コストをかけず効率的に目標の実現が可能となる。 また、省エネルギー施策に係る広報普及活動を補助することは、省エネ設備導入等に対する補助、財政投融資及び利子補給、税制優遇措置の効果を高めるだけでなく、これらインセンティブによらない設備導入効果をも期待できることから、効率的である。	
③適切な受益者負担 事業者の設備導入に対する支援等については、個別に適切な補助率を設定することにより、適切な受益者負担を求めている。	
④有識者、ユーザー等の各種意見 特に記述無し	

2. 低燃費車に係る自動車取得税の軽減措置（税制）

■本施策について	事前評価書より抜粋
低燃費車に係る自動車取得税の軽減措置(税制) 正式名称： 地方税法改正による特例措置	
事業担当課：自動車課	
所管：総務省	
施策・制度の根拠法令： 地方税法……………第699条～第699条の33(自動車取得税) 地方税法附則(抄)……第3条(自動車取得税)	
①説明： 省エネ法に基づく燃費基準(トップランナー基準)を早期に達成した自動車で、かつ、国土交通省告示の低排出ガス認定実施要領に基づく最新排出ガス規制より75%以上低減した自動車(以下、「低燃費車かつ低排出ガス認定車」という)の取得に係る自動車取得税の軽減措置を講ずる。 自家用：1.5万円軽減、営業用・軽自動車：0.9万円軽減 ②目標（目指す結果、効果）： 燃費、排ガス両面において、平成22年度までのできるだけ早い時期に低公害車の1,000万台以上の普及を図る。 ③指標： 低燃費かつ低排出ガス認定車の導入台数；現状値約458万台(H15.3現在) ④モニタリング方法： 自動車登録、販売統計データにより実態を把握する。 ⑤目標達成時期： 平成22年度 ⑥中間評価（事業単位）時期： 平成17年度 ⑦事後評価（事業単位）時期： 平成23年度 ⑧行政改革（特殊法人改革、公益法人改革など）との関連： なし	
税目：地方税	
創設年度：平成11年度	
適用期限：平成15年度～16年度	
主な対象者：自動車購入者	
減税見込額：	
総減税見込額：405億円	
■上位施策：『低公害車関係予算・税』	事前評価書より抜粋
<施策目的> 航続距離、使用する燃料の供給地域等の制約を克服する技術開発や、現行の低公害車導入にあたってのインセンティブ付与等を推進し、高効率・低公害なクリーンエネルギー自動車を含む低公害車を、今後、より広い地域・事業者を対象として普及させていく。	

＜施策の背景＞

大気汚染問題や地球温暖化問題等の環境問題に対する関心が高まりつつあり、自動車に起因する排ガス対策等への対応は喫緊の課題であり、これまで以上にクリーンエネルギー自動車を含む低公害車の開発・普及を促す必要が高まっている。こうした社会的要請に応えていくためには、自動車単体の燃料の改善に資する技術開発を促進することで、運輸部門における地球温暖化対策を抜本的に進めるとともに、ディーゼル自動車を中心とした大型車等の排気ガス対策等につながる技術開発を同時に推進することによって、これらの環境問題への対応を大幅に加速化することが必要である。

他方、我が国自動車メーカーは、欧米各国と環境対策技術の激しい開発競争を繰り広げており、その優劣がすなわち競争力につながっていく状況にある。欧州規制体系が導入されている中国などのアジア諸国においては、従来は日本車が主流であったが、欧米自動車メーカーのアジア進出が加速化している。

国内的には、昨今のディーゼル車排出ガス対策に対する社会的要請の高まりを反映し、平成14年4月に中央環境審議会が取りまとめた「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について（第五次答申）」では、平成16年度末までに達成すべきディーゼル新長期目標について、最新の排出ガス規制値（新短期目標）から大幅に削減（PMを85～75%減、NOxを50～40%減）した世界で最も厳しい目標が設定されるなど、ディーゼル車への排出ガス規制強化の動きが強まっている。

また、総合資源エネルギー調査会の新エネルギー部会においては、クリーンエネルギー自動車（※1）の実用化技術開発の推進の重要性の観点から、今後も継続して取り組んでいくべき対策としてクリーンエネルギー自動車の開発が挙げられている。また、省エネルギー部会でも技術開発の一環としてクリーンエネルギー自動車の高性能化による効果も期待されている。

加えて、平成13年の小泉総理の発言（※2）を契機として低公害車導入に対する社会的要請が高まっており、平成13年7月に経済産業省、国土交通省及び環境省で「低公害車開発普及アクションプラン（※3）」を策定し、実用段階にある低公害車（天然ガス自動車、ハイブリッド自動車など）を2010年までのできるだけ早い段階までに1,000万台以上の普及促進を目標に掲げるとともに、次世代低公害車と目される燃料電池自動車を2010年に5万台の普及促進を目標に掲げているところ。

こうしたことから、ガソリン乗用車から大型ディーゼル貨物車まで、ユーザーの多様なニーズに対応できる高性能な低公害車の普及が求められている。こうした情勢に鑑み、乗用車分野での燃料電池自動車の開発等を推進する一方で、大型車を中心とした分野において、革新的な環境技術の開発や普及促進策等、包括的に次世代低公害車の実用化に向けた環境整備を行い、ひいては我が国自動車メーカー等の国際競争力強化を狙う。

※1：ハイブリッド自動車、天然ガス自動車、電気自動車、メタノール自動車、低燃費かつ低排出認定車

※2：第151回国会における総理大臣所信表明演説における「政府は原則として全ての公用車を低公害車に切り替えてまいります。」の部分

※3：実用段階にある低公害車の普及（2010年のできるだけ早い時期に1,000万台以上）、燃料電池自動車等の次世代低公害車（2010年度において5万台）の普及

＜行政関与の必要性＞

自動車に起因する環境問題への対応のためには、環境負荷の高い従来の大型ディーゼルエンジンに変わる高効率でクリーンなエンジン等を開発することによって、国として、大型ディーゼル車の環境面における懸念を払拭する見通しを示す必要がある。また、先般行われたCOP6の結果を受け、地球温暖化問題に対する具体策の検討が求められている。

また、自動車の新技術の実用化には長期にわたる研究開発の取組が必要であり、上記のような背景に鑑み平成22年以降に高効率なクリーンエネルギー自動車の実用化を実現するためには、現時点で基礎技術レベルでの研究開発・評価を行い、今後の実用化に向けた取組についての明確なビジョンを構築することが喫緊の課題である。こうした目的の施策は他に類を見ないものであり、目標達成に向け引き続き取り組んでいくことが必要である。

排出ガス対策は、大気環境改善における最優先の課題として取り組まれており、より環境負荷の小さい自動車（低公害車、最新規制適合車など）の普及促進の必要性が指摘されているが、通常の自動車に比べ割高であるため、早期普及促進を図るためには、税制上のインセンティブや長期低利の政策金融を通じて、事業者の前向きな取り組みを支援していくことが必要。

＜閣議決定等上位の政策決定＞

- ・低公害車開発普及アクションプラン（平成13年7月11日）
- ・地球温暖化対策推進大綱（改定）（平成14年3月地球温暖化対策推進本部決定）
- ・京都議定書目標達成計画（平成17年4月閣議決定）

＜施策目標（目指す結果・効果）＞

（低公害車開発普及アクションプラン）

実用段階にある低公害車の普及（2010年のできるだけ早い時期に1,000万台以上）、燃料電池自動車等の次世代低公害車（2010年度において5万台）の普及

（京都議定書目標達成計画）

2010年度にはガソリン自動車（新車）の100%がトップランナー基準を満たす「低排出認定車」に切り替わる。

＜指標＞

事前評価書・目標計画より抜粋

新車登録台数に占める低燃費車・低排出車の割合（H15年度65%、H16年度72%※1）

全保有台数に占める低燃費車・低排出車の割合（H15年度14%）

減税額総額（H16年度221億円）、増税額総額（H16年度164億円）※2

低排出認定車の対95年基準の燃費の差がもたらす省エネ効果及びCO₂削減効果

※1:JAMAデータより<http://www.jama.or.jp/eco/eco_car/shipment/index.html>

※2:総務省発表資料<http://www.soumu.go.jp/s-news/2005/050815_6.html>

＜概要＞

事後評価書より抜粋

省エネ法に基づく燃費基準（トップランナー基準）を早期に達成した自動車で、かつ、国土交通省告示の低排出ガス認定実施要領に基づく最新排出ガス規制より75%以上低減した自動車（「以下、「低燃費車かつ低排出ガス認定車」という）の取得に係る自動車取得税の特例措置を講ずる。＜自家用:1.5万円軽減、営業用・軽自動車:0.9万円軽減＞

＜目標達成時期＞

2010年度（平成22年度）

＜中間・事後評価時期＞

平成15年度（中間）、平成23年度（事後）

＜目標達成状況に影響しうる外部要因など考慮すべき事項＞

- ・ 低公害車の普及状況、自動車メーカーの技術開発の向上等を踏まえ、平成15年10月より、最新の排出ガス基準値から有害物質の低減レベルに応じ、低排出ガス性能の認定等を行う「低排出ガス車認定制度」に、平成17年排出ガス基準値に対応した新しい低排出ガス認定レベル（「新☆☆☆☆（平成17年排出ガス基準値より75%以上低減）」※¹及び「新☆☆☆（平成17年排出ガス基準値より50%以上低減）」※²を追加するとともに、これを示すステッカーを車体に表示することとした。
- ・ また、運輸部門における省エネルギー対策及び地球温暖化対策を推進する観点から、自動車の燃費性能に対する一般消費者の関心と理解を深め、一般消費者の選択を通じ燃費性能の高い自動車の普及を促進するため、自動車メーカー等の協力を得て、「燃費基準達成車」※³及び「燃費基準+5%達成車」※⁴のステッカーを車体に表示することとした。

※1「新☆☆☆☆車」 ※2「新☆☆☆☆車」 ※3「燃費基準達成車」 ※4「燃費基準+5%達成車」



■事前評価の結果

事前評価書より抜粋

①手段の適正性

本事業を実施しない場合、環境負荷の小さい自動車の普及や最新規制車への買い替えが遅れ、大気環境の改善、CO2排出の抑制が進まないおそれがある。また、環境負荷の小さい自動車の普及が遅れる結果、環境関連技術に関する開発が遅れるおそれがある。

②効果とコストの関係に関する分析

【コスト】総減税額は調整中

【効果】自動車ユーザー等に対し、取得段階、保有段階において税制によるインセンティブを付与することにより、環境負荷の小さい自動車の普及が図られ、大気環境の改善、CO2排出の抑制が図られることから、極めて効果が高い。

③適切な受益者負担

特に記述なし

④有識者、ユーザー等の各種意見

特に記述無し

■ 京都議定書目標達成計画における記述	目達計画より抜粋
＜位置づけ＞ 機器単位の対策・施策 運輸部門 ○トップランナー基準による自動車の燃費改善 トップランナー基準適合者のほか、燃費性能に優れた自動車の普及を促進するため、税制上の優遇措置及び自動車燃費性能に関する評価・公表制度の活用等の措置を講ずる。 また、製造事業者と消費者との接点である小売事業者が省エネルギーに関する適切な情報を提供する仕組み作りを進める。 さらに、ディーゼル自動車はガソリン車と比べ燃費が優れていることから、将来、ガソリン自動車と遜色のない排出ガス性能を有するクリーンなディーゼル乗用自動車が開発される場合には、その普及について検討する。	
＜二酸化炭素削減量の根拠＞ 具体的な対策：トップランナー基準による自動車の燃費改善 排出削減見込量：約2,100万t-CO₂ 積算時に見込んだ前提： ・2010年平均新車理論燃費 ・既に燃費基準を策定している自動車につき対策を講じた場合の平均保有理論燃費 ・対策がなかった場合の平均保有理論燃費 ・総走行人キロ、トンキロ 注）ガソリン乗用車の燃費改善効果には、国内製造事業者による燃費基準の前倒し達成分を見込んでいる。 排出削減見込量の算出に至る計算根拠・詳細説明 ・ トップランナー基準の達成自動車への入れ替えが進む（目標年度以降は出荷機器の全数が達成自動車となる）ので、トップランナー基準の達成自動車への入れ換えがない場合のエネルギー消費量と比較して省エネとなる。 ・ 現行対策については、当初の目標年度（ガソリン自動車：2010年度、ディーゼル自動車：2005年度）に全出荷車が基準を達成することによる効果を見込む。ただし、ガソリン乗用自動車については、主要国内メーカーによる2005年度への前倒し達成分を見込む。 ・ 追加対策については、LPガス乗用自動車の対象追加による効果を見込む。 ・ 現行の規制措置等により漸次達成自動車に入れ換わるので、導入量の達成が見込まれる。 ○エネルギー消費量の計算の基本的考え方は以下のとおり。 ・エネルギー消費量＝「2010年度における総走行人キロ（貨物車は総トンキロ）」／「1台当たりの平均保有燃費」 ここで、 ・ 「2010年度における総走行人キロ（トンキロ）」とは、交通量の潜在需要を規定する活動量として国土交通省道路局が算出したもの。 ・ 「平均保有燃費」とは2010年度までの各年度ごとの平均新車燃費に2010年度における各年度製ごとの残存台数をかけて総台数で割ったストックベースの平均燃費。なお、平均保有燃費算出の基となる平均新車燃費は、直近（2002年度）までは実績値、それ以降目標年度までは過去のトレンドにより推計、目標年度以降は基準値通りとした。	

- ・ トップランナー基準を達成した自動車への入れ替えが進んだ場合（対策を講じた場合）の平均保有燃費に基づくエネルギー消費量と、対策がなかった場合（トップランナー基準が無かった場合）の平均保有燃費（95年から一定値）に基づくエネルギー消費量の差から省エネ効果量を算出。
- ・ 以上の計算方法に基づき、ガソリン車（乗用・貨物）、ディーゼル車（乗用・貨物）、LPG車（乗用）についてそれぞれ省エネ効果を算出し、積み上げると約810万kl。

ガソリン車794万kl＋ディーゼル車7万kl＋LPG車9万kl（追加対策）＝合計約810万kl

■本研究会で抽出した主要な便益要素

研究会資料

- ・ 温暖化対策と大気汚染対策（NOX、PM）の両方の観点から優れた低公害車を、消費者が選好するようなインセンティブ制度

3. 最新排出ガス規制適合車の取得に係る自動車取得税の特例措置

■本施策について	事前評価書より抜粋
最新排出ガス規制適合車の取得に係る自動車取得税の特例措置(税制) 正式名称： 地方税法改正による特例措置	
事業担当課：自動車課	
所管：総務省	
施策・制度の根拠法令：	
地方税法……………第699条～第699条の33(自動車取得税)	
地方税法附則(抄)……第3条(自動車取得税)	
①説明：	
(要望)	
・中央環境審議会第5次答申で示された平成17年規制適合車(ディーゼル車)を取得する場合の自動車取得税の特例措置を追加。	
平成16年4月1日～平成17年9月30日税率を2.5%軽減	
平成17年10月1日～平成18年3月31日税率を1.3%軽減	
(既存)	
・中央環境審議会第3次答申で示された平成15年規制適合車(ディーゼル中量貨物車、重量貨物車)を取得する場合の自動車取得税の特例措置を以下のとおり講ずる。	
平成14年4月1日～平成15年9月30日税率を1.0%軽減	
平成15年10月1日～平成16年2月29日税率を0.1%軽減	
・中央環境審議会第3次答申で示された平成16年規制適合車(ディーゼル重量貨物車)を取得する場合の自動車取得税の特例措置を以下のとおり講ずる。	
平成15年4月1日～平成16年9月30日税率を1.0%軽減	
②目標(目指す結果、効果)：	
二酸化窒素及び浮遊粒子状物質に係る大気環境基準達成及び確保をするために、排出ガス性能(NO_x・PM等)を低減した環境負荷の小さい自動車の早期普及を図る。	
③指標：規制値(NO _x :0.06ppm、PM:0.1mg/m ³)	
④モニタリング方法：自動車登録、販売統計データにより実態を把握する。	
⑤目標達成時期：平成22年度(自動車NO _x ・PM法によって決まっている)	
⑥中間評価(事業単位)時期：平成17年度	
⑦事後評価(事業単位)時期：平成18年度	
⑧行政改革(特殊法人改革、公益法人改革など)との関連：なし	
税目：地方税	
創設年度：昭和62年度	
適用期限：平成16年度～18年度	
主な対象者：自動車購入者	
減税見込額：	
総減税見込額：400億円((平成13年度～15年度)	

■上位施策：『低公害車関係予算・税』

事前評価書より抜粋

＜施策目的＞

航続距離、使用する燃料の供給地域等の制約を克服する技術開発や、現行の低公害車導入にあたってのインセンティブ付与等を推進し、高効率・低公害なクリーンエネルギー自動車を含む低公害車を、今後、より広い地域・事業者を対象として普及させていく。

＜施策の背景＞

大気汚染問題や地球温暖化問題等の環境問題に対する関心が高まりつつあり、自動車に起因する排ガス対策等への対応は喫緊の課題であり、これまで以上にクリーンエネルギー自動車を含む低公害車の開発・普及を促す必要が高まっている。こうした社会的要請に応えていくためには、自動車単体の燃料の改善に資する技術開発を促進することで、運輸部門における地球温暖化対策を抜本的に進めるとともに、ディーゼル自動車を中心とした大型車等の排気ガス対策等につながる技術開発を同時に推進することによって、これらの環境問題への対応を大幅に加速化することが必要である。

他方、我が国自動車メーカーは、欧米各国と環境対策技術の激しい開発競争を繰り広げており、その優劣がすなわち競争力につながっていく状況にある。欧州規制体系が導入されている中国などのアジア諸国においては、従来は日本車が主流であったが、欧米自動車メーカーのアジア進出が加速化している。

国内的には、昨今のディーゼル車排出ガス対策に対する社会的要請の高まりを反映し、平成14年4月に中央環境審議会が取りまとめた「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について（第五次答申）」では、平成16年度末までに達成すべきディーゼル新長期目標について、最新の排出ガス規制値（新短期目標）から大幅に削減（PMを85～75％減、NOxを50～40％減）した世界で最も厳しい目標が設定されるなど、ディーゼル車への排出ガス規制強化の動きが強まっている。

また、総合資源エネルギー調査会の新エネルギー部会においては、クリーンエネルギー自動車（※1）の実用化技術開発の推進の重要性の観点から、今後も継続して取り組んでいくべき対策としてクリーンエネルギー自動車の開発が挙げられている。また、省エネルギー部会でも技術開発の一環としてクリーンエネルギー自動車の高性能化による効果も期待されている。

加えて、平成13年の小泉総理の発言（※2）を契機として低公害車導入に対する社会的要請が高まっており、平成13年7月に経済産業省、国土交通省及び環境省で「低公害車開発普及アクションプラン（※3）」を策定し、実用段階にある低公害車（天然ガス自動車、ハイブリッド自動車など）を2010年までのできるだけ早い段階までに1,000万台以上の普及促進を目標に掲げるとともに、次世代低公害車と目される燃料電池自動車を2010年に5万台の普及促進を目標に掲げているところ。

こうしたことから、ガソリン乗用車から大型ディーゼル貨物車まで、ユーザーの多様なニーズに対応できる高性能な低公害車の普及が求められている。こうした情勢に鑑み、乗用車分野での燃料電池自動車の開発等を推進する一方で、大型車を中心とした分野において、革新的な環境技術の開発や普及促進策等、包括的に次世代低公害車の実用化に向けた環境整備を行い、ひいては我が国自動車メーカー等の国際競争力強化を狙う。

※1：ハイブリッド自動車、天然ガス自動車、電気自動車、メタノール自動車、低燃費かつ低排出認定車

※2：第151回国会における総理大臣所信表明演説における「政府は原則として全ての公用車を低公害車に切り替えてまいります。」の部分

※3: 実用段階にある低公害車の普及(2010年のできるだけ早い時期に1,000万台以上), 燃料電池自動車等の次世代低公害車(2010年度において5万台)の普及	
<行政関与の必要性> 自動車に起因する環境問題への対応のためには、環境負荷の高い従来の大型ディーゼルエンジンに変わる高効率でクリーンなエンジン等を開発することによって、国として、大型ディーゼル車の環境面における懸念を払拭する見通しを示す必要がある。また、先般行われたCOP6の結果を受け、地球温暖化問題に対する具体策の検討が求められている。 また、自動車の新技術の実用化には長期にわたる研究開発の取組が必要であり、上記のような背景に鑑み平成22年以降に高効率なクリーンエネルギー自動車の実用化を実現するためには、現時点で基礎技術レベルでの研究開発・評価を行い、今後の実用化に向けた取組についての明確なビジョンを構築することが喫緊の課題である。こうした目的の施策は他に類を見ないものであり、目標達成に向け引き続き取り組んでいくことが必要である。 排出ガス対策は、大気環境改善における最優先の課題として取り組まれており、より環境負荷の小さい自動車(低公害車、最新規制適合車など)の普及促進の必要性が指摘されているが、通常の自動車に比べ割高であるため、早期普及促進を図るためには、税制上のインセンティブや長期低利の政策金融を通じて、事業者の前向きな取り組みを支援していくことが必要。	
<閣議決定等上位の政策決定> ・自動車NOx・PM法改正(平成13年6月) ・地球温暖化対策推進大綱(改定)(平成14年3月地球温暖化対策推進本部決定) ・京都議定書目標達成計画(平成17年4月閣議決定)	
<施策目標(目指す結果・効果)> (低公害車開発普及アクションプラン) 実用段階にある低公害車の普及(2010年のできるだけ早い時期に1,000万台以上), 燃料電池自動車等の次世代低公害車(2010年度において5万台)の普及 (京都議定書目標達成計画) 2010年度にはガソリン自動車(新車)の100%がトップランナー基準を満たす「低排出認定車」に切り替わる。	
<指標> 新車登録台数に占める低燃費車・低排出車の割合(H15年度65%, H16年度72%^{※1}) 全保有台数に占める低燃費車・低排出車の割合(H15年度14%) 減税額総額(H16年度221億円), 増税額総額(H16年度164億円)^{※2} 低排出認定車の対95年基準の燃費の差がもたらす省エネ効果及びCO₂削減効果 ※1: JAMAデータより<http://www.jama.or.jp/eco/eco_car/shipment/index.html> ※2: 総務省発表資料<http://www.soumu.go.jp/s-news/2005/050815_6.html>	事前評価書・目標計画より抜粋
<概要> 平成15年規制に導入された最新排出ガス規制に適合する自動車の取得に関し、軽減する特例措置	事後評価書より抜粋
<目標達成時期> 2010年度(平成22年度)	

＜中間・事後評価時期＞ 平成16年度、平成19年度（中間）、平成22年度（事後）	
＜目標達成状況に影響しうる外部要因など考慮すべき事項＞ ・低公害車の普及状況、自動車メーカーの技術開発の向上等を踏まえ、平成15年10月より、最新の排出ガス基準値から有害物質の低減レベルに応じ、低排出ガス性能の認定等を行う「低排出ガス車認定制度」に、平成17年排出ガス基準値に対応した新しい低排出ガス認定レベル（「新☆☆☆☆（平成17年排出ガス基準値より75％以上低減）」※1及び「新☆☆☆（平成17年排出ガス基準値より50％以上低減）」※2を追加するとともに、これを示すステッカーを車体に表示することとした。 ・また、運輸部門における省エネルギー対策及び地球温暖化対策を推進する観点から、自動車の燃費性能に対する一般消費者の関心と理解を深め、一般消費者の選択を通じ燃費性能の高い自動車の普及を促進するため、自動車メーカー等の協力を得て、「燃費基準達成車」※3及び「燃費基準＋5％達成車」※4のステッカーを車体に表示することとした。 ※1「新☆☆☆☆車」 ※2「新☆☆☆☆車」 ※3「燃費基準達成車」 ※4「燃費基準＋5％達成車」 ☆☆☆ 低排出ガス車 ☆☆☆ 低排出ガス車 ☆☆☆☆ 燃費基準達成車 ☆☆☆☆ 燃費基準＋5％達成車	
■事前評価の結果 事前評価書より抜粋	
①手段の適正性 本事業を実施しない場合、環境負荷の小さい自動車の普及や最新規制車への買い替えが遅れ、大気環境の改善、CO2排出の抑制が進まないおそれがある。また、環境負荷の小さい自動車の普及が遅れる結果、環境関連技術に関する開発が遅れるおそれがある。	
②効果とコストの関係に関する分析 【コスト】総減税額は調整中 【効果】自動車ユーザー等に対し、取得段階、保有段階において税制によるインセンティブを付与することにより、環境負荷の小さい自動車の普及が図られ、大気環境の改善、CO2排出の抑制が図られることから、極めて効果が高い。	
③適切な受益者負担 特に記述なし	
④有識者、ユーザー等の各種意見 特に記述無し	

■京都議定書目標達成計画における記述	目達計画より抜粋
＜位置づけ＞ 機器単位の対策・施策 運輸部門 ○トップランナー基準による自動車の燃費改善 トップランナー基準適合者のほか、燃費性能に優れた自動車の普及を促進するため、税制上の優遇措置及び自動車燃費性能に関する評価・公表制度の活用等の措置を講ずる。 また、製造事業者と消費者との接点である小売事業者が省エネルギーに関する適切な情報を提供する仕組み作りを進める。 さらに、ディーゼル自動車はガソリン車と比べ燃費が優れていることから、将来、ガソリン自動車と遜色のない排出ガス性能を有するクリーンなディーゼル乗用自動車が開発される場合には、その普及について検討する。	
＜二酸化炭素削減量の根拠＞ 具体的な対策：トップランナー基準による自動車の燃費改善 排出削減見込量：約2,100万t-CO₂ 積算時に見込んだ前提： ・2010年平均新車理論燃費 ・既に燃費基準を策定している自動車につき対策を講じた場合の平均保有理論燃費 ・対策がなかった場合の平均保有理論燃費 ・総走行人キロ、トンキロ 注) ガソリン乗用車の燃費改善効果には、国内製造事業者による燃費基準の前倒し達成分を見込んでいる。 排出削減見込量の算出に至る計算根拠・詳細説明 ・ トップランナー基準の達成自動車への入れ替えが進む(目標年度以降は出荷機器の全数が達成自動車となる)ので、トップランナー基準の達成自動車への入れ換えがない場合のエネルギー消費量と比較して省エネとなる。 ・ 現行対策については、当初の目標年度(ガソリン自動車：2010年度、ディーゼル自動車：2005年度)に全出荷車が基準を達成することによる効果を見込む。ただし、ガソリン乗用自動車については、主要国内メーカーによる2005年度への前倒し達成分を見込む。 ・ 追加対策については、LPガス乗用自動車の対象追加による効果を見込む。 ・ 現行の規制措置等により漸次達成自動車に入れ換わるので、導入量の達成が見込まれる。 ○エネルギー消費量の計算の基本的考え方は以下のとおり。 ・ エネルギー消費量＝「2010年度における総走行人キロ(貨物車は総トンキロ)」／「1台当たりの平均保有燃費」 ここで、 ・「2010年度における総走行人キロ(トンキロ)」とは、交通量の潜在需要を規定する活動量として国土交通省道路局が算出したもの。 ・「平均保有燃費」とは2010年度までの各年度ごとの平均新車燃費に2010年度における各年度製ごとの残存台数をかけて総台数で割ったストックベースの平均燃費。なお、平均保有燃費算出の基となる平均新車	

燃費は、直近(2002年度)までは実績値、それ以降目標年度までは過去のトレンドにより推計、目標年度以降は基準値通りとした。

- ・ トップランナー基準を達成した自動車への入れ替えが進んだ場合(対策を講じた場合)の平均保有燃費に基づくエネルギー消費量と、対策がなかった場合(トップランナー基準が無かった場合)の平均保有燃費(95年から一定値)に基づくエネルギー消費量の差から省エネ効果量を算出。
- ・ 以上の計算方法に基づき、ガソリン車(乗用・貨物)、ディーゼル車(乗用・貨物)、LPG車(乗用)についてそれぞれ省エネ効果を算出し、積み上げると約810万kl。

ガソリン車794万kl＋ディーゼル車7万kl＋LPG車9万kl(追加対策)＝合計約810万kl

■本研究会で抽出した主要な便益要素

研究会資料

・温暖化対策と大気汚染対策(NOX、PM)の両方の観点から優れた低公害車を、消費者が選好するようなインセンティブ制度

4. エネルギー管理の徹底

－省エネ法－

■本施策について	省エネルギーセンターHPより抜粋
・ エネルギー管理の徹底 ・ 正式名称:「エネルギーの使用の合理化に関する法律の一部を改正する法律」(平成17年法律93号)に基づくエネルギー管理に関する事項	
所管:経済産業省(一部、国土交通省)	
施策・制度の根拠法令 エネルギーの使用の合理化に関する法律の一部を改正する法律(平成17年法律93号) ① 説明: ・ エネルギー管理指定工場の指定について、熱と電気の区分を廃止し、熱と電気を合算した使用量が一定以上の工場を指定する。 ・ 指定工場の裾切り値については、事実上の引き下げを行うことにより、省エネ対策の義務を負う工場、事業場を拡大する。 ・ 第1種エネルギー管理指定工場については、熱電双方の専門的知識を備えたエネルギー管理士の資格保持者を必置とする。 ・ 第2種エネルギー管理指定工場については、熱電双方の知識に関する講習を受講したエネルギー管理員を必置とする。 ② 目標(目指す結果、効果) 地球温暖化防止に関する京都議定書の発効を踏まえ、各分野におけるエネルギー使用の合理化を一層進めるため、工場・事業場及び住宅・建築物分野における対策を強化する。 ③指標:規制値 ④モニタリング方法: ⑤目標達成時期:平成22年度	
■関連施策: エネルギーの使用の合理化に関する法律の一部を改正する法律(平成15年改正)	
規制影響事前評価書より抜粋 ＜規制の目的＞ 以下の措置を講ずることにより、民生業務部門等の省エネルギー対策の強化を図り、もって平成13年6月の総合資源エネルギー調査会省エネルギー部会報告書に盛り込まれた省エネルギー目標量(原油換算5,700万klの削減)の実現に寄与する。 (1) 大規模オフィスビル等について、そのエネルギー需要の実態を踏まえつつ、大規模工場に準ずるエネルギー管理の仕組みを導入する。 (2) エネルギー多消費工場と同様に、エネルギー消費が中規模程度の工場・事業場においても、これらのエネルギーの使用状況等を国がより適切に把握し、対策を講じることができる仕組みを構築する。	

＜規制等の必要性＞

エネルギー供給の大部分を海外に頼る我が国のエネルギー政策は、「環境保全や効率化の要請に対応しつつ、エネルギーの安定供給を実現する」という基本目標を掲げ、その同時達成の実現を目指してきた。

しかしながら、我が国のエネルギー需要構造をみると、エネルギー消費の増加傾向に歯止めがかからず、とりわけ、オフィスビル、大規模小売店舗、ホテル、病院等の民生業務部門等におけるエネルギー消費の増加傾向が著しい状況にある。

このような状況下において、上記目標を達成するためには、現行の対策に加え、エネルギー需要面の対策として、民生業務部門等の省エネルギー対策の強化を図る必要がある。また、現行法では記録義務にとどまっていた二種工場(中規模工場)についても国が定期的に当該工場におけるエネルギー使用量や設備改廃の状況を把握することにより、より適切な措置を採ることが重要である。

＜規制等の導入・改廃により期待される効果・費用＞

(効果)

・省エネ効果；約160万kl（平成22年度）

これまで一種工場の対象外であった大規模オフィスビル等において、大規模工場に準じたエネルギー管理の仕組みを導入し、また、第二種工場に対しては、従来のエネルギー使用量等に関する記録義務に代え、定期報告の義務を課すことにより、エネルギー消費原単位が年平均1%以上改善されるオフィスビル等の割合が高まることが期待される。

本措置をBEMS（ビルエネルギーマネジメントシステム）の普及、ESCO 事業の活用と併せて実施することにより、オフィスビル等の民生業務部門における空調・照明等の省エネが進むと仮定した場合、省エネ効果は2010年度時点で原油換算で約160万klに及ぶと推計される。

(費用)

- ① 新たに一種工場となる事業場(約1,000箇所)の事業者における中長期計画(毎年)の作成費用
- ② 新たに一種工場となる事業場において、引き続き所定の講習を終了した者からエネルギー管理者を選任する場合、中長期計画作成にエネルギー管理士を参画させる費用
- ③ 現行の二種工場の事業者(6,650事業者)における、定期報告(毎年)の作成費用(※他方で、従来の「使用量の記録義務」の廃止に伴う便益が生じる。)

＜規制等の概要＞

(1) 第一種エネルギー管理指定工場（一種工場）の対象業種限定の撤廃

従来、相当のエネルギーを使用する製造業等5業種(製造業、鉱業、電気供給業、ガス供給業及び熱供給業)の工場に限定されていた一種工場の指定対象を、業種で限定せずに、全業種に拡大(大規模オフィスビル等にも拡大)し、これらについても、将来的な省エネ計画(中長期計画)の作成・提出、定期報告等を義務づける

(2) エネルギー管理者選任義務についての例外規定の創設

エネルギーの効率的な管理をする目的で第一種エネルギー管理指定工場ごとに置かれるエネルギー管理者の選任義務について、本改正で新たに一種工場の指定対象に追加される大規模オフィスビル等においては、そのエネルギー需要の実態を踏まえ、専門知識の高いエネルギー管理士資格を有する者(エネルギー管理者)の代わりに、エネルギー管理講習を受けたエネルギー管理員の選任で足るものとする。ただし、その場合には中長期計画の作成時のみエネルギー管理士が参画することとする。

(3) 第二種エネルギー管理指定工場（二種工場）についての定期報告

二種工場の事業者に対し、当該工場のエネルギー使用量等の状況を定期的に把握するため、従来のエネルギー使用量等に関する記録義務に代えて、主務大臣に対してエネルギー使用量等を定期的に報告させる義務を課すこととする。

<想定される選択肢の比較>

選択肢1：現状維持

新たな費用は発生しない。しかしながら、現行法においては、エネルギー増加傾向が著しい民生業務部門等は、一種工場の指定対象外となっており、製造業等の大規模工場とは異なり、エネルギー管理の仕組みが徹底されていない。このため、現行措置だけで民生業務部門のエネルギー需要の増加傾向に歯止めをかけることは困難。

選択肢2：新たに一種工場となる事業場に対するエネルギー管理士常駐の義務付け

本選択肢は、新たに一種工場となる事業場についても、現行の一種工場と同様にエネルギー管理士の常駐を義務付けるもの。本選択肢は、以下の点において、事業者にとって過重な義務と考えられる。

- ① 新たに一種工場となる事業場（オフィスビル等）については、空調・照明等がエネルギー消費用途の大宗を占め、その使用形態が定型的であるため、エネルギー管理を簡易に行うことが可能である。このため、現行どおり講習を受けた程度の専門知識を有する者をエネルギー管理員として選任・常駐させることで、日々のエネルギー管理、定期報告の義務を履行することは可能である。
- ② 一種工場に対して義務付けられる中長期計画の作成に当たっては、現状の設備の診断や最新の省エネルギー技術の動向等、エネルギーに関する高い専門知識が必要である。しかしながら、同計画の作成は一年に一回であり、このために高い専門性を有するエネルギー管理士を常駐させることは、事業者にとって過重な負担といえる。

選択肢3：本措置

- ① 有効性；我が国のエネルギー消費の増加傾向に歯止めがかからず、とりわけ、オフィスビル、ホテル等の民生業務部門等におけるエネルギー消費の増加傾向が著しい状況において、本措置をその他の対策と併せて実施することにより、平成22年度時点で省エネ効果が約160万klに及ぶと推計されることから、本措置は選択肢1より有効である。
- ② 効率性；本措置は、新たに一種工場となる事業場に対して、当該事業場のエネルギー需要の実態を踏まえ、エネルギー管理員の常駐で足りるとしており、この点で、高い専門性を有するエネルギー管理士を常駐させる選択肢2よりも効率的である。
- ③ 省エネ法に基づく工場・事業場に係る措置は、量的規制をかけるのではなく、中長期計画の作成・定期報告など最低限の費用負担で、事業者の自主的なエネルギー管理を構築するものである。これは、経済的かつ技術的に可能な範囲でエネルギー消費の無駄をなくすことから、経済合理性との両立を図りつつエネルギーの使用の合理化を図られる点で、適正な政策手段といえる。

<有識者の各種意見>

- ① 平成14年2月の総合資源エネルギー調査会省エネルギー部会において、平成13年6月の同部会報告書で提言された業務用ビルにおける需要マネジメント対策の実施状況について、「業務用ビル等について、工場に準じたエネルギー自主管理の仕組みを導入するため、省エネルギー法改正法案を今国会に提出予定」と報告し、省エネ法の改正について、審議の結果、了承された。

- ② 京都議定書の約束達成に向け、平成14月3月に政府の地球温暖化対策推進本部においてとりまとめられた新たな「地球温暖化対策推進大綱」においても、省エネルギー対策の推進が大きな柱として位置づけられ、今回の省エネ法改正もその追加対策の一つとして位置づけられた。

5. エネルギー需給構造改革推進設備等を取得した場合の特別償却又は法人税額（所得税額）の特別控除
－エネ革税制－

■本施策について	事前評価書より抜粋
エネルギー需給構造改革投資促進税制(税制) 正式名称:「エネルギー需給構造改革推進設備等を取得した場合の特別償却又は法人税額(所得税額)の特別控除」	
事業担当課:総合施策課	
所管:資源エネルギー庁新エネルギー対策課	
施策・制度の根拠法令: 租税特別措置法……第10条の2(所得税)、第42条の5(法人税) 租税特別措置法施行令…第5条の4(所得税)、第27条の5(法人税) 租税特別措置法施行規則…第5条の7(所得税)、第20条の2(法人税) ①説明: 省エネルギー型設備や機器の導入を行う者に対して、30%の特別償却または7%の税額控除(中小企業者に限定)の選択適用を認め、初期の設備投資軽減する。 ②目標(目指す結果、効果): 省エネルギー型設備及び機器の導入を促進し、2010年度における省エネルギー対策の実現を図る。 ③指標:減税見込額(平成15年度実績:250億円(エネ革税制全体)) ④モニタリング方法:毎年度、利用実績を把握する。 ⑤目標達成時期:平成18年度 ⑥中間評価(事業単位)時期:平成17年度 ⑦事後評価(事業単位)時期:平成18年度 ⑧行政改革(特殊法人改革、公益法人改革など)との関連:なし	
税目:所得税、法人税	
創設年度:平成4年度	
適用期限:平成16年度～18年度	
主な対象者:民間事業者等	
減税見込額:250億円(平成15年度)	
総減税見込額:1550億円(平成12年度～15年度)	
■上位施策:『省エネ設備・機器の導入支援』	事前評価書より抜粋
<施策目的> 1997年12月の気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)において我が国がコミットした温室効果ガスの削減目標(2010年度において1990年度比▲6%)を達成すべく、1998年に立ち上げた省エネルギー対策を着実に実施し、さらに2004年7月に取りまとめられた「総合資源エネルギー調査会省エネルギー部会中間とりまとめ」に盛り込まれた省エネルギー対策の実現を図る。	

＜施策の背景＞ エネルギーの安定供給の確保、環境保全の観点から、省エネルギーの重要性はますます高まっており、特に、温室効果ガスの削減目標の達成の観点では、我が国のCO2排出量の約9割がエネルギー起源であることから、省エネルギー対策の徹底が必要不可欠である。 しかしながら、2002年度における温室効果ガスの排出量実績は、1990年度比で7.6%の増加となっており、京都議定書（2002年批准）の目標を達成するためには、より一層の取組が必要である。こうした中、2004年7月、総合資源エネルギー調査会省エネルギー部会において、今後の省エネルギー対策について中間とりまとめを行ったところであり、その具体化を図っていくことが必要である。 同中間とりまとめにおいては、2010年度に向けた追加対策を打ち出したところであり、この現のため、産業部門、民生部門、運輸部門、政府が一体となって我が国の省エネルギーの潜在力を最大限に顕在化させる取組が必要である。
＜行政関与の必要性＞ 近年の景気動向を背景として事業者や一般消費者による省エネルギー投資が減少する中、省エネ設備や機器の導入を促進するためには、「エネルギーコスト削減の利益」というインセンティブだけでは限界がある。したがって、各主体による省エネ機器・設備の導入を支援し、もって国が掲げた省エネ目標を達成するため、こうした取組に国が関与する必要がある。 また、併せて国民の省エネルギーに対する意識喚起や、情報入手機会を高めるため、広報活動等を引き続き実施することも必要である。
＜閣議決定等上位の政策決定＞ ・ エネルギー基本計画（平成15年10月閣議決定） ・ 地球温暖化対策推進大綱（改定）（平成14年3月地球温暖化対策推進本部決定）
＜施策目標（目指す結果・効果）＞ 2010年度（平成22年度）においてエネルギー起源CO2排出量の1990年度比±0%を達成すべく、省エネルギー対策の実現を図る。
＜指標＞ 事業実施件数、普及台数、補助金の利用件数と個別機器の省エネルギー効果等を元に、省エネルギー効果を推計する。
＜概要＞ 省エネルギー対策の実現を図るため、省エネ機器・設備の導入を支援する。
＜目標達成時期＞ 2010年度（平成22年度）
＜中間・事後評価時期＞ 平成16年度、平成19年度（中間）、平成22年度（事後）
＜目標達成状況に影響しうる外部要因など考慮すべき事項＞ 経済情勢等

■事前評価の結果	事前評価書より抜粋
①手段の適正性 省エネルギー設備は従来設備と比較して割高となる。本税制では、省エネ効果が極めて高い設備を指定し、その導入に際して、一定率の特別償却もしくは税額控除を認めることで、導入を促進するものである。省エネ効果を把握した上で、設備を指定することによって、省エネ効果が確実に担保される制度となっている。また、幅広い事業者を対象に効果を期待するには、減税という手法が適切である。	
②効果とコストの関係に関する分析 本税制は、初期投資の大きい設備の導入立ち上げを押し上げる目的で導入されており、一定の導入率に至るまでの間、適用されるものである。本税制は、設備が導入されたことによる直接的な省エネ効果の他、市場の立ち上げ支援による設備の価格低減効果にも間接的に資するものであり、コストに見合う効果を上げているものとする。	
③適切な受益者負担 本税制を適用した場合でも、初期投資は従来型設備を導入した場合より高いのが常であり、適正な受益者負担となっている。	
④有識者、ユーザー等の各種意見 ・省エネ部会中間取りまとめ（2004年7月） エネルギー消費が製造業分野の約40%を占める産業用工業炉と約20%を占める産業用ボイラーについて、従来と比べて大幅な省エネルギーが可能な高性能工業炉及び高性能ボイラーの普及が進んでおり、今後ともこれら高効率機器の着実な普及を図るべきである。 ・地球環境小委員会中間取りまとめ案（2004年8月） これまでに重点的に実施してきた対策は、工場の省エネルギー等エネルギーコストに敏感な製造業・エネルギー転換産業の取組に着目したもの（中略）が中心であったが、企業の主体的な努力もあって、一定の成果を挙げてきた。	
■京都議定書目標達成計画における記述	目標達成計画より抜粋
<位置づけ> 機器単位の対策・施策 産業部門 ○省エネルギー性能の高い機器・設備の導入促進 自主行動計画に基づく各種省エネルギー機器の導入に加え、旧来機器と比べて大幅な省エネルギーが可能な高性能工業炉等の普及を促進するため、重点的に支援措置を講ずるとともに、次世代コークス炉の導入を支援する。 また、低燃費型建設機械の使用を奨励し、公共工事において積極的に活用することにより低燃費型建設機械の普及を促進する等、建設施工分野における省CO2化を推進する。	

<二酸化炭素削減量の根拠>

具体的な対策:高性能工業炉の導入促進

排出削減見込量:約200万t-CO2

積算時に見込んだ前提:

高性能工業炉(中小企業)の省エネ量

中小企業向けの高性能工業炉の平均的な実績値(約400kl/基)

2003年度までに導入済の約550基(中小企業分。基数について以下同じ。)に加え、これまでも年間約60基の導入実績(うち約1/4が補助対象)があることを踏まえると、引き続き毎年約60基の導入が進み、2010年度に累計約1000基の導入が見込まれる(約40万kl)。

$(約400kl/基) \times 約1,000基 = 約40万kl$

これに加え、予算を2004年度の約138億円から2005年度には約203億円の増額し、その一部を充てることとしており、今後6年間で追加的に約1000基の導入を支援(約40万kl)。

$(約400kl/基) \times 約1,000基 = 約40万kl$

$約40万kl + 約40万kl = 約80万kl$

■本研究会で抽出した主要な便益要素

研究会資料

- ・ 地球温暖化対策
- ・ 設備投資の促進により、以下のエネルギー政策を推進
 - 省エネ対策の強化
 - エネルギー安定供給の確保(新エネ等の石油代替エネルギー導入促進等)
- ・ マクロ的な日本のエネルギー供給環境の安定化効果⇒日本経済のパフォーマンスにプラス
- ・ エネルギーコストの抑制による企業競争力向上効果(コスト競争力と、節約されたキャッシュを他の投資・R&Dに振り向けられたことの効果)⇒日本経済のパフォーマンスにプラス
- ・ エネルギー需給環境変化(価格急騰等)への適応能力向上による企業競争力向上効果⇒日本経済のパフォーマンスにプラス
- ・ 高性能工業炉メーカーの成長、企業競争力向上効果⇒日本経済のパフォーマンスにプラスの効果

6. 住宅用太陽光発電

－予算－

■本施策について

事前評価書より抜粋

住宅用太陽光発電(予算)

正式名称:住宅用太陽光発電導入促進対策費補助金(予算:補助事業)

事業担当課:新エネルギー対策課

所管:資源エネルギー庁

① 説明:

設置する者に対し、設置費用の一部の補助を行う。(補助率:定額(2万円/kW))

② 目標(目指す結果、効果):

太陽光発電の市場自立化を誘導するため、個人等が設置する太陽光発電システムの初期需要創出を行い、もって平成22年度新エネルギー導入目標達成に資する。

③ 指標: 交付件数(平成15年度46,760件)→応募件数(平成16年度61,407件)

・住宅用太陽光発電設備の導入量(平成15年度実績 173,687kW)→

導入量(応募にかかる申請出力合計)(平成16年度 233,026kW)

・設置単価、発電コスト、競合エネルギーとのコスト比

④モニタリング方法: 補助金交付の際、実績報告を条件として義務付ける。

⑤目標達成時期: 平成 22 年度

⑥中間評価(事業単位) 時期: 中間評価時期:

3年毎(平成16年度、平成19年度)に中間評価(※)を行い、評価結果をもとに必要なに応じて事業の見直しを行う。

※中間評価に当たっては、事業毎に費用対効果(=新エネ導入量/ 投下費用(補助金額等)等を分析・評価し、その結果をもとに事業毎に見直しを行う。

⑦事後評価(事業単位) 時期:平成 22 年度

⑧行政改革(特殊法人改革、公益法人改革など)との関連:

財団法人新エネルギー財団については、補助金依存型公益法人として第三者配分型補助金の廃止等による補助金年収比率の改善のため、補助事業について事業を精査して予算計上を検討している。

⑨科学技術関係経費の対象か否か; 対象

事業名;住宅用太陽光発電導入促進対策費補助金

<予算額等>

開始年度	終了年度	事業実施主体	主な対象者	
平成9年度	平成17年度	(財)新エネルギー財団	太陽光発電システム設置者	

H17FY 予算額 2,625,000[千円]	H16FY 予算額 5,250,042[千円]	H15FY 予算額 10,500,084[千円]	総予算額 (H9FY~16FY) 118,807,400[千円]	総執行額 (H9FY~H16FY) 98,222,260[千円]
-----------------------------	-----------------------------	------------------------------	--	---

予算費目名：〈高度化〉 (項)エネルギー需給構造高度化対策費 (目)エネルギー使用合理化設備等導入促進対策費補助金 (目細)住宅用太陽光発電導入促進対策費補助金	
■上位施策：『新エネルギー設備・機器の導入支援』	事前評価書より抜粋
＜施策目的＞ 「石油代替エネルギーの供給目標」(平成14年3月閣議決定)を達成するため、下記の新エネルギー目標量(総合資源エネルギー調査会需給部会(平成17年3月))を平成22年度までに導入する。	
＜施策の背景＞ 新エネルギーについては、環境に与える負荷が小さく、石油依存度低下に資する石油代替エネルギーとして、エネルギー安定供給の確保(経済安全保障)や地球環境問題への対応(環境負荷低減)等の意義を有することから、その開発と導入の一層の促進が求められている。 このように、新エネルギーに対する期待は大きく、かつ長期的には一定の供給力を担う可能性も有しているものの、現時点では、その特性や技術面、経済面等における諸制約により、一次エネルギー総供給に占める割合が1%台にとどまっている。今後は、一層の導入促進に向けた経済性の向上や技術的課題への対応等が不可欠となっているが、競合エネルギーに比較して設置・導入コストが高い反面、環境面等での効果は必ずしも企業収益に反映されない等、いわゆる外部経済性が存在し、市場機能の活用のみで十分な普及を図ることは困難だと考えられる。 このため、新エネルギーの利用・普及のために必要な設備・機器で、「公共財」としても価値が認められるものについては、市場の健全な育成を阻まない範囲で、経済性の制約の除去(規模の確保によるコスト助成)をも視野に入れた措置を講ずる必要がある。 また、新エネルギーの導入促進を行うためには、国民一人一人が主要な担い手として期待されることから、今後、国が各種の広報活動等を通じて、環境負荷の低減や我が国のエネルギー安定供給確保に資するなどの新エネルギー導入に伴う意義及び経済性や技術面における課題等その現状を広く国民に情報提供することにより、一定のコスト負担の問題を含め、国民の意識の一層の喚起や合意を得て新エネルギー導入の必要性について共通認識を醸成することが必要となる。 また、新エネルギーについては、エネルギー事業者のみならず、地方自治体や地域住民などが、例えば、地域活性化や街づくりの観点や、廃棄物の有効利用などの観点から、草の根レベルで取り組むことが期待される分野であり、このような地域住民に対する普及啓発や学校における教育などを通じて、広く意識の高揚を図るとともに、個人や民間団体などによる新エネルギー導入の取組が進展するよう、きめ細かな環境整備を行うことも重要である。	
＜閣議決定等上位の政策決定＞ 新エネルギーの導入促進を図るため、昭和55年に制定された「石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律」の特別措置法として、平成9年に「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」を制定した。 平成9年5月、閣議決定された「経済構造の変革と創造のための行動計画」において、「新エネルギー・省エネルギー分野」は新規産業として今後成長が期待される15分野の一つとして位置づけている。また、平成16年6月に閣議決定された「経済財政運営と構造改革に関する基本方針2004」において「燃料電池」は我が	

国の将来の発展を支える戦略分野として位置づけられている。 平成14年3月、地球温暖化対策推進本部により決定された「地球温暖化対策推進大綱」において、新エネルギーは、「エネルギーの安定供給の確保に向けた対策であるほか、エネルギー発生の過程において追加的な二酸化炭素の排出がなく、又は環境負荷を低減しつつ化石エネルギーの使用の合理化が可能となるものであり、結果として二酸化炭素の排出量が削減されることにより地球温暖化対策にも資することを踏まえ、積極的な導入を進める必要がある。」とされ、「エネルギー供給面の二酸化炭素排出削減対策の推進」の一つとして位置付けにより「今後の新エネルギー対策については、①導入段階における支援、②技術開発・実証段階における支援、③環境整備・普及啓発等、④電力分野における新市場拡大措置の導入等の諸施策を一層積極的に推進する。」とされた。なお、新エネルギーは、その利用形態が分散型となることから、風力発電、廃棄物発電、バイオマス・エネルギー等の導入においては地方公共団体や事業者レベルの取組、太陽光発電、太陽熱利用等の導入においては、住宅用等個人レベルの取組が重要になることを踏まえつつ、施策の実施に当たることとしており、当該施策の強力な実施により平成22年度までに1910万klの新エネルギー導入を図り、追加対策分として約3,400万t-CO₂の削減が数値目標として掲げられている。
<施策目標（目指す結果・効果）> 石油代替エネルギーの供給目標を達成するため、新エネルギー供給目標量として、平成22年度までに原油換算1910万kl(1次エネルギー総供給に占める割合を3%程度)。
<概要> 平成22年度における新エネルギー導入目標を達成するため、初期需要創出のための設備設置補助を行うとともに、新エネルギーの導入促進に資する普及啓発活動等に対する支援を行う。
<目標達成時期> 平成22年度
<中間・事後評価時期> 3年毎(平成16年度、平成19年度)に中間評価を行い、評価結果をもとに必要に応じて事業の見直しを行う。 事後評価時期:平成22年度
<目標達成状況に影響しうる外部要因など考慮すべき事項> ・新重点4分野における絞込みの考え方 新エネルギー利用は、「地球温暖化対策推進大綱」において、エネルギーの安定供給の確保と、二酸化炭素の排出量が削減されることにより地球温暖化対策にも資するものと示されている。今後は新エネルギー対策として、①導入段階における支援、②技術開発・実証段階における支援、③環境整備・普及啓発等、④電力分野における新市場拡大措置の導入等の諸施策を一層積極的に推進するべきと指摘されており、本施策の実施により新エネルギーの多様な利用形態や特質による課題を解決し、地方公共団体や事業者レベル及び住宅用等個人レベルへの取組との連系によって、2010年度までの新エネルギー導入目標1,910万kl、及び地球温暖化大綱による追加対策分の約3,400万トン-CO₂の削減の達成を目的とすることから、本施策を重点施策「循環型社会の構築・地球環境問題への対応」に位置づけることとした。

■事前評価の結果	事前評価書より抜粋
①手段の適正性 新エネルギーの円滑な導入及び事業化の推進には、地域の知見、技術及び人材を効果的に連携するためのコーディネーター等の育成が重要であるとされている。 しかし、新エネルギーの地域への円滑な導入を担う専門的な人材が不足しているところであり、民間等において新エネルギー利活用に資する人材育成のための十分なインフラが整備されていないのが現状である。 本事業は、これらの人材に求められるスキルスタンダードを明らかにし、それに適合した人材を育成するためのカリキュラム及び教材を開発及び人材育成研修を実施するとともに、当該研修で育成された人材によるコーディネート活動に対し支援を行うことにより、全国あらゆる地域における新エネルギーの導入等を推進するものであり、国が主体となって実施していくことが効果的である。	
②効果とコストの関係に関する分析 新エネルギー導入におけるコーディネーター等の人材育成及びそのコーディネート活動支援のためのシステムを構築、実施を通じて、地域の新エネルギー導入が円滑化されることにより、エネルギーの安定供給、地球温暖化の防止、循環型社会の形成といった投資コストを大きく超える効果が期待できる。	
③適切な受益者負担 本事業は、新エネルギーの導入促進のための環境整備を行うものであり、公共性も高いことなどから受益者負担を求めることは困難。したがって、新エネルギーの導入促進を図っている国が負担することが適切である。	
④有識者、ユーザー等の各種意見 <直接的な支援について> (総論) ・国会審議 国会審議(衆参委員会)において、以下のような発言がなされた。 ○21世紀のエネルギーについて、再生可能エネルギーや燃料電池、マイクロガスタービンなど新しいエネルギーについて、もっと力を入れていくべきではないか。 ○燃料電池や再生可能エネルギーの開発などに、もっと力を入れていくべきではないか。 (以上参・予算委) ○国として、新しいエネルギーの開発を進めていく中で、自然エネルギーを促進すべきではないか。 (衆・内閣委) ○「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」制定した際に、法の施行に当たり政府に求める措置として、次の内容を含む付帯決議がなされた。「新エネルギー等の普及を一層促進するため、関係税制の整備に努め、事業者等への助成策の充実強化、電力系統連系対策等への財政的支援の検討等」。(参・衆経済委) ・報道機関 読売新聞(2001年7月27日)「日本のCO2排出量再び増加したが・・・」と題して、地球温暖化の原因となる温室効果ガスの日本の排出量は、1999年度に3年ぶりに増加したことが最新のまとめで判明したことを受けて、温室効果ガスの削減では、「エネルギー分野のCO2排出が全体の80%を超えるため同分野の対策が基	

本となる。」として、今後のエネルギー対策は、「クリーンエネルギーの供給増加、特に自然エネルギー発電の普及は、①産業、民生など運輸部門以外の各部門に影響が及ぶ②99年度の排出量増加要因は一時的に景気が回復し生産活動が活発化したこととされるものの、民生部門は運輸部門とともに今後、排出量が増えていく見通しーなどのことから特に重要課題となる。」と述べている。

朝日新聞社説(1999年8月30日)「学校を発電所にしよう」において以下の記述がされている。「太陽の光を直接、電気エネルギーに変える太陽光発電は、発電段階で二酸化炭素を出さず、廃棄物も残さない。人類が持続可能な発展を望むなら、地球環境への負担が少ないクリーンなエネルギーの大量利用が不可欠になる。」と太陽光発電の効用を紹介し、「太陽光発電システムをもつ学校が少しずつ増え、全国で80校を超えた。公共施設への普及を目指して、通産省などが補助金を出しているからだ。」「5年前に、住宅用の太陽光発電に対して国の補助制度が始まってからは、その需要が年間5百戸から1万戸へと大幅に伸びた。」として、太陽光発電の導入が伸びた背景に国の補助制度があるからと評価し、「それでも、日本の発電量全体から見れば、太陽光の割合は微々たるものだ。」とし、「日本は、地球温暖化防止京都会議で、2010年前後に排出される二酸化炭素などの温室効果ガスの量を、90年水準より6%削減する国際公約を負った。この約束を実行するためにもクリーンエネルギーの拡大に思い切った政策を打ち出さなければならない。太陽光発電を21世紀の新しい社会資本として位置づけて、一気に普及させる。それで、コストを大幅に下げて普及を促進する、という好循環を図る必要がある。」と述べている。

日本経済新聞(2001年6月5日)で「役割増す環境技術の進展」という特集を組み、「一新エネルギー開発急ピッチー」と表題を掲げ、循環型社会を目指した動きとして、太陽光発電、風力発電、燃料電池、エコカーなどの各新エネルギーの現状や課題等について取りまとめ紹介している。

日経産業新聞(2001年7月3日)「エコデータは語る」において、2000年度の太陽光発電と風力発電の実績から、「NEDOなどの補助金も活用し、企業が導入を試み始めた成果が出てきている。」「ただ、新エネルギーは導入費用が高く、量産効果を考慮しても、目標達成には多額の補助金が必要とされる。」と分析し、「導入促進には低コスト化につながる技術革新が不可欠だ。」と結んでいる。

・産業界

社団法人経済団体連合会の「エネルギー政策の重点に関する見解」(2001年5月22日)において、「エネルギーの安定供給、環境保全、経済合理性の確保を一体的に実現することを政策の基本とし、中長期的な国家戦略に基づき、その推進を図ることを政府に求めるものである。」として、以下の内容が記されている。

「新エネルギー、とりわけ太陽光・風力はエネルギー密度が低いものの、枯渇することのない未利用の国産エネルギーであり、また環境面では発電時にCO₂を排出しないクリーンなエネルギーであることから普及拡大を推進すべきである。」

(各論)

・住宅用太陽光発電導入促進対策事業について

平成12年度の募集では、応募が殺到し、募集開始後早い段階で募集を打ち切らざるを得なくなった。これに対し、当局には消費者から個人向け太陽光発電に対する補助金の打切りは、個人の新エネルギー導入意欲を損なうものであるとの指摘が多数寄せられた。こうした応募殺到による予算オーバーに伴う募集停止の事態について、平成12年7月14日の朝日新聞朝刊は「増額できなければ補助金の単価を切り下げるしかないが、メーカーの生産意欲を減退させ、軌道に乗り始めた太陽光発電の普及にも水を差しかねない。」と報道し

ている。

個人の導入意欲に関する調査としては、平成12年10月の(財)新エネルギー財団が実施した一般消費者調査(サンプル1400件)によれば、購入規模である3.5kWの住宅用太陽光発電に関しては「90万円以下なら購入希望」とする者が83.4%を占めた。

購入希望価格[万円]	280	230	210	190	180	150	120	90	購入しない
導入顕在化率[%]	1.9	3.4	6.1	9.8	20.1	25.8	35.5	83.4	16.6

・新エネルギー部会報告書(2001年6月)【抜粋】

初期コストが高い住宅用太陽光発電システムやクリーンエネルギー自動車については、導入者の負担軽減を図ることにより、その導入を促進し、さらに量産化を通じてコスト低減による市場自立化を早期に実現することを目指して、一定の期間における集中的な導入補助を実施しているところである。

このような導入補助については、機器・システムの高度化や車種の多様化等を通じた性能向上やコスト低減を促進する観点からも重要であり、一層効果的な導入促進を図るため、必要な見直しを行いながら進めていくべきである。

7. 経団連・環境自主行動計画の着実な実施とフォローアップ

■本施策について	産構審地球環境小委員会第2回資料ならびに経団連 HP より抜粋
自主行動計画フォローアップ	
事業担当課：環境政策課	
主な実施機関：日本経済団体連合会	
①説明： (産構審資料) 現行の経団連・環境自主行動計画は、産業・エネルギー転換部門の2010年におけるエネルギー起源CO2排出量を1990年レベル以下にする等温室効果ガスの排出削減のための対策として1997年に策定された。参画する工業会・企業は、製造工程の改善、運転管理の高度化、生産設備の効率化や廃熱回収、新たな技術の導入といった省エネルギー対策のほか、原子力発電の推進、燃料転換、廃棄物利用等のCO2排出削減対策等に努めることにより、CO2等温室効果ガスの排出削減に取り組んできている。 産業界の自主的な取組は、迅速で柔軟な対応が可能であり、業種の特性に応じた最適な方法を業種自身が選択できる等のメリットがある。 ②目標（目指す結果、効果）： (経団連 HP) 多くの業種が具体的な目標を設定しており、製品当たりのエネルギー原単位あるいはCO2原単位の改善を掲げたのが18業種、エネルギーあるいはCO2の総量の削減を掲げたのが14業種、サービスあるいは製品の使用段階での省エネ化を掲げているものが8業種となっている。目標の設定年としては、至近時点の2000年としている産業もあるが、多くの産業が2010年を目標年としている。 ③指標：CO2 排出量の推移 ④モニタリング方法：審議会による進捗状況のフォローアップ (産構審資料) 経済産業省においては、このような経団連・環境自主行動計画など産業界の自主行動計画を、1998年度以降毎年、関係四審議会（産業構造審議会、総合資源エネルギー調査会、産業技術審議会、化学品審議会）においてその進捗状況をフォローアップしてきたところである。また、1999年度以降毎年、地球温暖化問題への国内対策に関する関係審議会合同会議及び地球温暖化対策推進本部において産業界等の行動計画の事後点検が行われている。 ⑤目標達成時期：平成 22 年度 ⑥中間評価（事業単位）時期： ⑦事後評価（事業単位）時期： ⑧行政改革（特殊法人改革、公益法人改革など）との関連：なし	
■関連施策：地球温暖化対策推進大綱	大綱より抜粋
<施策目的> 今後の地球温暖化対策に当たっては、まず、増加基調にある温室効果ガスの総排出量を早期に減少基調に転換し、その減少基調を京都議定書の6%削減約束の達成、更なる長期的・継続的な排出削減へと導くことを目指す。	

＜施策の背景＞

地球温暖化問題は、人の活動に伴って発生する温室効果ガスが大気中の温室効果ガスの濃度を増加させることにより、地球全体として、地表及び大気の水温度が追加的に上昇し、自然の生態系及び人類に悪影響を及ぼすものであり、その予想される影響の大きさや深刻さから見て、まさに人類の生存基盤に関わる最も重要な環境問題の一つである。

「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」の報告によれば、全球平均地上気温は1861年以降現在まで $0.6\pm0.2^{\circ}\text{C}$ 上昇していること、全球平均海面水位は20世紀中に10cmから20cm上昇していること等が明らかにされており、氷河の後退、永久凍土の融解等の観測の結果、地域的な気候変化が世界の多くの地域における種々の物理・生物システムに影響を既に与えているとしている。そして、その原因に関して、過去50年間の温暖化の大部分が人間活動に起因しているという、新たな、かつ、より確実な証拠が得られたと述べている。また、将来予測については、21世紀中に全球平均地上気温は 1.4°C から 5.8°C 上昇し、海水の膨張などにより21世紀末には海面が9cmから88cm上昇すると予測している。さらに、その影響としては異常気象の発生のほか、生態系への影響や、マラリアなどの感染症や浸水被害を受ける人口の増大等の人間社会に対する影響があるとしている。さらに、どのような温度上昇でも開発途上国で正味の経済的損失が生じ、先進国でも数 $^{\circ}\text{C}$ 以上の温度上昇で正味の経済的損失が生じ、これにより南北格差が拡大するとしている。

＜行政関与の必要性＞

- ・ 京都議定書の6%削減約束の達成(大綱)
- ・ 温室効果ガスの更なる長期的・継続的な排出削減(大綱)
- ・ 地球温暖化対策推進大綱において重要な柱として位置づけられている自主行動計画の進捗状況の点検を行い、実効性を確保することが必要。(産構審資料)

＜閣議決定等上位の政策決定＞

- ・ 京都議定書(平成9年12月採択)
- ・ 地球温暖化対策推進大綱(平成10年6月地球温暖化対策推進本部決定)
- ・ 地球温暖化対策推進大綱(改定)(平成14年3月地球温暖化対策推進本部決定)

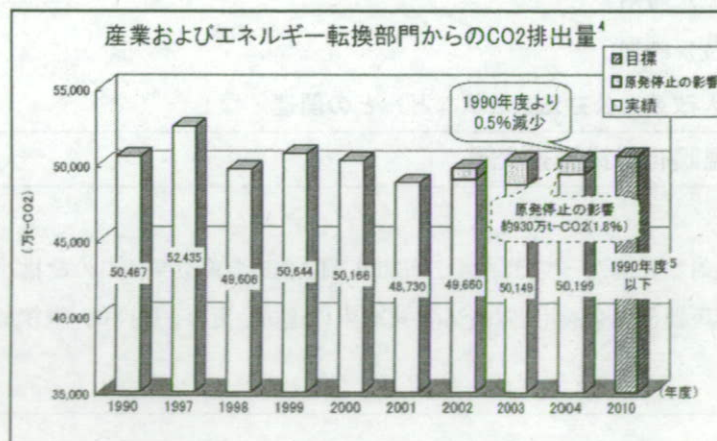
＜施策目標(目指す結果・効果)＞

(産構審資料)

自主的な取組のメリットを最大限維持しつつ、一層、透明性、信頼性、実効性を高めるための取組を進める。

＜指標＞

経団連「2005年度フォローアップ結果」より抜粋



■京都議定書目標達成計画における記述	目標計画より抜粋
＜位置づけ＞ 施設・主体単位の対策・施策 産業部門・エネルギー転換部門 ○自主行動計画の着実な実施 産業・エネルギー転換部門においては、1997年に日本経済団体連合会が率先して環境自主行動計画を策定し、2010年度の二酸化炭素排出量を1990年度比±0%以下に抑制することを目標として掲げている。また、これまでに34業種が業種ごとに定量的に目標を設定した環境自主行動計画を策定してきており、産業・エネルギー転換部門の約8割をカバーするに至っている。 * 業種ごとの自主行動計画の目標として、各業種の自主的な判断によって、エネルギー原単位、エネルギー消費量、二酸化炭素排出原単位、二酸化炭素排出量の4通りの指標のいずれかが選択されている。このような事業者による自主行動計画はこれまでのところ成果を上げてきており、産業・エネルギー転換部門における対策の中心的役割を果たすものである。自主的手法には、各主体がその創意工夫により優れた対策を選択できる、高い目標へ取り組む誘因があり得る、政府と実施主体双方にとって手続きコストがかからないといったメリットがあり、事業者による自主行動計画ではこれらのメリットが一層いかされることが期待される。 * 我が国が京都議定書の削減約束を達成していくためには、こうした産業・エネルギー転換部門における自主行動計画の目標が達成されるべく、産業界がエネルギー消費原単位や二酸化炭素排出原単位の改善等の排出量を抑制する努力を進めていくことが極めて重要である。こうしたことから、産業界の自主行動計画の目標、内容についてはその自主性にゆだねられるべきものであることを踏まえつつ、社会的要請にこたえ、日本経団連自主行動計画目標が十分に達成され、また、個別業種が自らの自主的な目標達成に向けて積極的に取り組むことが奨励されるところであり、その透明性・信頼性・目標達成の蓋然性が向上されるよう、引き続き関係審議会等において定期的にフォローアップを行う。 * また、こうした自主行動計画を未策定の事業者が、自主行動計画を策定し、特性に応じた有効な省CO2対策を講ずることが期待される。	
＜二酸化炭素削減量の根拠＞ 35業種の業界団体からのアンケート調査による実態把握 板硝子協会、住宅生産団体連合会、情報通信ネットワーク産業協会・電子情報技術産業協会・日本電機工業会・ビジネス機械・情報システム産業協会、精糖工業会、製粉協会、石油鉱業連盟、石油連盟、石灰石鉱業協会、セメント協会、全国清涼飲料工業会、電気事業連合会、日本アルミニウム協会、日本衛生設備機器工業会、日本化学工業協会、日本ガス協会、日本建設業団体連合会・日本土木工業協会・建築業協会、日本鉱業協会、日本工作機械工業会、日本ゴム工業会、日本産業機械工業会、日本産業車両協会、日本自動車工業会、日本自動車車体工業会、日本自動車部品工業会、日本伸銅協会、日本製紙連合会、日本製薬団体連合会・日本製薬工業協会、日本石灰協会、日本造船工業会・日本中小型造船工業会、日本鉄鋼連盟、日本鉄道車両工業会、日本電線工業会、日本乳業協会、日本ベアリング工業会、ビール酒造組合（五十音順）。	

■本研究会で抽出した主要な便益要素	研究会資料
・ 省エネ効果 ・ 新技術開発、コスト削減による産業競争力の強化 ・ クリーン・テクノロジーの技術向上と導入促進 ・ 設備投資に伴う経済効果	

A-2 共通原単位等

表 1 エネルギー起源二酸化炭素

対象となる排出活動	算定方法	単位生産量当たりの排出量(排出係数)		
		区分	単位	値
燃料の使用	(燃料種ごとに)燃料使用量×単位使用量当たりの発熱量×単位発熱量当たりの炭素排出量×44/12	別表 1		
他者から供給された電気の使用	(電気供給者の種類ごとに)電気使用量×単位使用量当たりの排出量	一般電気事業者	tCO ₂ /kWh	0.000391
		その他	tCO ₂ /kWh	0.000558
他者から供給された熱の使用	(熱の種類ごとに)熱使用量×単位使用量当たりの排出量	産業用蒸気	tCO ₂ /GJ	0.0601
		温水・冷水・蒸気(産業用のものを除く)	tCO ₂ /GJ	0.0568

表 2 非エネルギー起源二酸化炭素

対象となる排出活動	算定方法	単位生産量当たりの排出量(排出係数)		
		区分	単位	値
原油又は天然ガスの試験	試験された坑井数×単位井数当たりの排出量	—	tCO ₂ /井数	0.000028
	性状に関する試験が行われた井数×単位実施井数当たりの排出量	—	tCO ₂ /井数	5.7
原油の生産	原油生産量×単位生産量当たりの排出量	—	tCO ₂ /千kl	0.27
	生産された坑井数×単位井数当たりの点検に伴う排出量	—	tCO ₂ /井数	0.00048
	原油生産量×単位生産量当たりの通気弁からの排出量	—	tCO ₂ /千kl	0.012
	原油生産量×単位生産量当たりのフレアリングによる排出量	—	tCO ₂ /千kl	67
天然ガスの生産及び処理	天然ガス生産量×単位生産量当たりの排出量	—	tCO ₂ /百万m ³	0.095
	天然ガス生産量×単位生産量当たりの成分調整等の処理に伴う排出量	—	tCO ₂ /百万m ³	0.0027
	生産された坑井数×単位井数当たりの点検に伴う排出量	—	tCO ₂ /井数	0.00048
	天然ガス生産量×単位生産量当たりの生産時フレアリングによる排出量	—	tCO ₂ /百万m ³	1.8
	天然ガス生産量×単位生産量当たりの処理時フレアリングによる排出量	—	tCO ₂ /百万m ³	2.1
セメントの製造	クリンカ生産量×単位生産量当たりの排出量	—	tCO ₂ /t	0.510
生石灰の製造	(原料種ごとに)使用量×単位使用量当たりの排出量	石灰石	tCO ₂ /t	0.428
		ドロマイト	tCO ₂ /t	0.449
ソーダ石灰ガラス又は鉄鋼の製造	(原料種ごとに)使用量×単位使用量当たりの排出量	石灰石	tCO ₂ /t	0.440
		ドロマイト	tCO ₂ /t	0.471
ソーダ灰の製造	原料としてのCO ₂ 使用量	—	—	—
ソーダ灰の使用	ソーダ灰使用量×単位使用量当たりの排出量	—	tCO ₂ /t	0.415
アンモニアの製造	(原料種ごとに)原料使用量×単位使用量当たりの排出量	別表 2		
シリコンカーバイドの製造	石油コークス使用量×単位使用量当たりの排出量	—	tCO ₂ /t	2.3
カルシウムカーバイドの製造	カルシウムカーバイド製造量×単位製造量当たりの排出量	石灰石起源	tCO ₂ /t	0.76
		還元剤起源	tCO ₂ /t	1.1
カルシウムカーバイドを原料とするアセチレンの燃焼用途での使用	アセチレン使用量×単位使用量当たりの排出量	—	tCO ₂ /t	3.4
エチレンの製造	エチレン製造量×単位製造量当たりの排出量	—	tCO ₂ /t	0.028
粗鋼の製造における電気炉の使用	電気炉における粗鋼製造量×単位製造量当たりの排出量	—	tCO ₂ /t	0.0050
ドライアイスの使用	ドライアイスとしてのCO ₂ 使用量	—	—	—
噴霧器の使用	噴霧器の使用によるCO ₂ 排出量	—	—	—
廃棄物等の焼却及び原燃料としての利用	(炉種・廃棄物の種類ごとに)焼却・利用量×単位焼却・利用量当たりの排出量×44/12	別表 3		

別表 1 燃料の使用に関する排出係数

対象となる排出活動	区分	単位	値
燃料の使用	原料炭	tC/GJ	0.0245
	一般炭	tC/GJ	0.0247
	無煙炭	tC/GJ	0.0255
	石炭コークス	tC/GJ	0.0294
	コールタール	tC/GJ	0.0209
	コークス炉ガス	tC/GJ	0.0110
	高炉ガス	tC/GJ	0.0266
	転炉ガス	tC/GJ	0.0384
	原油	tC/GJ	0.0187
	NGL・コンデンセート	tC/GJ	0.0184
	液化石油ガス(LPG)	tC/GJ	0.0163
	ナフサ	tC/GJ	0.0182
	ガソリン	tC/GJ	0.0183
	ジェット燃料油	tC/GJ	0.0183
	灯油	tC/GJ	0.0185
	軽油	tC/GJ	0.0187
	A重油	tC/GJ	0.0189
	B・C重油	tC/GJ	0.0195
	石油アスファルト	tC/GJ	0.0208
	石油コークス	tC/GJ	0.0254
	石油系炭化水素ガス	tC/GJ	0.0142
	液化天然ガス(LNG)	tC/GJ	0.0135
	その他可燃性天然ガス	tC/GJ	0.0139
	都市ガス	tC/GJ	0.0138

別表 2 アンモニアの製造に関する排出係数

対象となる排出活動	区分	単位	値
アンモニアの製造	石炭(一般炭・輸入)	tCO ₂ /t	2.4
	ナフサ	tCO ₂ /kl	2.3
	オイルコークス	tCO ₂ /t	3.3
	LPG	tCO ₂ /t	3.0
	LNG	tCO ₂ /t	2.7
	天然ガス(LNGを除く)	tCO ₂ /千m ³	2.0
	コークス炉ガス	tCO ₂ /千m ³	0.85
	石油系炭化水素ガス	tCO ₂ /千m ³	2.3

別表 3 廃棄物等の焼却及び原燃料としての利用に関する排出係数

対象となる排出活動	区分	単位	値
焼却施設における廃棄物等の焼却	廃合成繊維の焼却	tC/t	0.624
	廃タイヤの焼却	tC/t	0.479
	廃合成繊維及び廃タイヤ以外の廃プラスチック類(産業廃棄物に限る。)の焼却	tC/t	0.697
	その他の廃プラスチック類の焼却	tC/t	0.735
	廃油の焼却	tC/t	0.796
	ごみ固形燃料(RDF)の焼却	tC/t	0.149
	ごみ固形燃料(RPF)の焼却	tC/t	0.404
工業炉等における廃棄物等の原燃料としての利用	廃タイヤの焼却	tC/t	0.479
	廃タイヤ以外の廃プラスチック類(産業廃棄物に限る。)の焼却	tC/t	0.697
	その他の廃プラスチック類の焼却	tC/t	0.735
	廃油の焼却	tC/t	0.796
	ごみ固形燃料(RDF)の焼却	tC/t	0.149
	ごみ固形燃料(RPF)の焼却	tC/t	0.404

※出典：「温室効果ガス排出量の算定・報告・公表制度のための政省令の整備（特定排出者・排出量算定関係）について」（環境省 平成 17 年 11 月 22 日）

A-3 海外招聘者講演録

日時：平成 18 年 2 月 13 日（月）9:30～11:40

場所：経済産業省本館 7 西 1 共用会議室

講師：Dr. William A Pizer (Fellow, Resource for the Future)

演題：Indexed Regulation

“Indexed Regulation(Presentation for this Meeting) “を用いて講演

Dr. Pizer: First of all I want to thank you all for inviting me here. I realize that this is a very practical group that you put together to try to evaluate proposals. What I am going to be talking about for the next hour is a bit more academic — there are going to be some equations and graphs and things like that —but I think it bears importantly on the choices that you are making in terms of which policies are more effective than others.

We have been struggling with this in the United States. Part of the motivation for this talk was the fact that four years ago now when I was working at the Council of Economic Advisors in the Bush Administration, the United States chose to take a target-base on emissions intensity, that is emissions per dollar of gross domestic product (GDP). Now that has not actually translated into a particular mandatory policy, but it suggested an interest in that sort of a target. That is, instead of just emissions, focusing on emissions related to some other quantity such as GDP. Also if you look at the Canadians, they have adopted an intensity-based approach for their large final emitters program.

When we were looking at it, when I was working in the Bush Administration, I had always felt like indexing emissions to GDP was a good way to describe a target, but it was not necessarily a good way to actually run an emissions trading program, that is you imagine having an emissions trading program and every year you mechanically adjust the number of allowances based on how GDP goes up or down. At the time, I really did not think that was a particularly good way to deal with unexpected cost shocks, which is presumably one of the motivations for indexing.

By the way, if you have any questions while I am talking, if I am not clear about something, feel free to interrupt me, I do not mind that as we are going along.

First of all, let me just tell you what I am talking about when I say indexed quantities. There are

really two types of indexed quantities you can think about, the policies at least that I talk...that Richard and I should say first of all, this is joint work with Richard Newell who somewhat ironically now has my job at the Council of Economic Advisors. Those of you who are not familiar with it, the Council has economists who basically rotate in for one year and get to work at a very high level in the government. He is now in the middle of that year. So he worked on this table with me and we came up with two types of indexed quantities that we talk about in this paper.

One is what I will call a generalized index quantity and that is, q here throughout the paper you should think about as the level of emissions. It is designed to be generic for any sort of regulatory situations. But imagine q is always emissions. There are two types of things you could imagine doing; one is having a linear relationship where there is a constant, and then a rate times x which again you should think about as being GDP, the thing we are indexing to. Then you contrast that with what is really the ordinary way we think about index policies, that is you just say the emissions is going to be equal to a rate times the index, the GDP number. So for example in the president's plan, the target worked out to be something like, I do not know, I think it was 300 tons per US\$1,000 of GDP was the target, so that was the r in the president's plan. You multiply it times a number of dollars of GDP and you come up with what the emission target actually was.

Why do we even think about trying to do this? Either this what we think of as a regular index policy where we just say the emissions are going to be equal to some rate times the index, or the more general one where there is a constant in this relationship. You can kind of imagine saying, "Well we are going to say emissions are going to be five billion tons is our target, and we are going to adjust it up or down based on whether or not the index hits some expected value or not." So that is the general version.

The motivation for this paper was, for those of you who are familiar with work by Marty Weitzman in the 1970s, he wrote a very influential paper comparing price-based regulatory mechanisms to quantity-based regulatory mechanisms. He was very concerned about welfare maximization under uncertainty and made the observation that when we have uncertainty about costs, you are the regulator, you are trying to regulate a market and you do not know what the costs are going to be, taxes and tradable quotas, which are the two regulatory policies you might think about, it could also be subsidies — I noticed that was one of the things in your list — those are going to have different outcomes. The preference for one or the other, it turns out, hinges critically on the relative slopes of marginal cost and marginal benefits, and I will show you the intuition for that in just a minute.

But Weitzman was looking at fixed quantities and prices. It turns out that most of the environmental policies we have in the United States at least, look more like indexed quantities, that is there is some sort of rate-based regulation. The most widespread of these are new source performance standards in the United States which basically specify that if you are building a new factory, you have to meet some sort of emissions rate per million British thermal unit (Btu) of energy that you use. More familiar to you folks here might be the idea of having appliance standards or fuel economy standards where you do not regulate the total amount of energy that is being used, but you regulate the amount of energy that is used per output of the appliance, or per output of the car. Those are like indexed regulations; that is you are not regulating the total quantity, but you are regulating a rate.

No one has actually looked at how these sorts of regulations compare to prices and quantities in this very simple Weitzman framework. This was, as I noted earlier, also spurred by this more recent debate in the climate change world about absolute quantity targets versus intensity-based quantity targets. There had been some work, and I cite a number of papers here that I describe in more details in the working paper that do different things. This paper by myself, which is actually coming out in climate policy this year, does not do this very technical analysis thinking about welfare, but more describes some of the qualitative advantages of intensity. A lot of people, just to give you the rationale, a lot of people in the United States and especially in developing countries as well, are concerned about emission caps because they might limit growth. If you describe it not as a cap, but as something indexed output, it sounds much better, it does not sound like it is actually limiting growth. So focusing on intensity targets has potentially some political appeal not related to this welfare analysis I am going to talk about. That is what this paper is about.

These three papers are all about costs. They actually may be more, a little bit more relevant to what you are thinking about, because I noticed that you described your question as cost-effectiveness. That is, perhaps you are assuming a particular emissions or environmental goal, and you are looking to achieve that goal as cheaply as possible. The framework that this paper by Quirion, as well as the paper I am going to be presenting to you, we are in a welfare framework, so we are actually trying to measure benefits and costs at the same time. So some of the things may not exactly carry over and we can come back to that towards the end if you want to.

So I am going to go ahead and give you the punch line from the kind of technical side of the paper, which is the number two; so it is a very easy thing to remember. It turns out that two is a

quantitative result in this paper, that if you are comparing indexed quantities like a performance standard, to fixed quantities like a cap, it turns out that the index quantities are going to be preferred if this condition holds. The ratio of the coefficient of variation in the index, so that is like the percent error in your forecast of economic growth, divided by the optimal quantity coefficient of variation, which is kind of the percent error you have in your optimal quantity that you want in this analysis. If this ratio is less than twice their correlation, then it turns out the indexed quantities are preferred. I am going to spend a bit of time explaining to you why this is true. But it should generally make sense that the higher the correlation between the index and the thing you care about, the more likely this condition is to hold. So there is a little bit of intuition for you right now.

If you have something like GDP that has nothing to do with emissions, then it is not going to do you a lot of good to index to GDP. We will see some countries where that turn out to be true. It turns out that for Japan, at least our simple quantitative analysis suggests that it may not make sense to index in an aggregate level, even though it may be that at a sectoral level it might. So if that is true, then indexed quantities are preferred.

So I apologize for it being a somewhat technical paper. I am going to try to give you the intuition so that you can use this in your study group. But for those of you who like equations, these are the equations we use and this is the same as the Weitzman framework; that costs are a quadratic function of quantities approximated around some arbitrary point q which actually in the paper and in these slides, should be the optimum, but I think I changed the notation here a little bit. Similarly benefits are approximated as a quadratic function around the optimum, that should be a q^* , so I apologize. Just so you notice in the basic mathematics, costs have to be convex so this has to be positive, benefits have to be concave, so this b_2 has to be positive as well otherwise the rest of the parameters are not restricted.

This is the basic result that Weitzman has, and I will show you a graph if the equations are not your favorite thing. He showed that the welfare advantage that is whether you like prices or quantities, hinges on this expression which involves the difference between the slope of the marginal costs — this parameter here — and the slope of the marginal benefits — this parameter here. In general when costs are more steeply sloped than benefits then prices are preferred.

Now it turns out that for climate change, which is a stock pollutant, this b_2 is very, very small. It turns out that prices are almost always preferred. So we will come back to that in a second.

This expression could be rewritten just by dividing through by c_2 to give you this expression which will make a little more sense when we see some other expressions. But you can see the intuition is the same here. If c_2 is really big, at least it is bigger than b_2 , then this number is going to be very small. One minus this number is going to be positive and prices are going to be preferred. So again, the Weitzman intuition is that if costs are more steeply sloped than benefits, prices are preferred.

So let us just look at a picture, because I always think pictures are particularly useful. Here I have drawn a marginal cost schedule. So in this case you can think about quantity reductions, although maybe that is not the easiest thing to think about. Basically as you have higher and higher quantities produced, or quantities reduced in the case of a pollutant, the costs seem to get higher. So your first reductions are really cheap, the later reductions are much higher. On the other hand, you assume that marginal benefits are declining, so as you get a cleaner environment, the benefits for every additional ton declines. If we knew these two schedules exactly, then this intersection we know would be the optimum and we could use a price equal to this value here, or quantity equal to this value here to deliver the optimum.

The problem is typically we do not have exact information about costs or benefits and so we have to set policies based on expectations. What happens when we are wrong? Well, let us say this is the actual margin cost schedule that is realized as opposed to expected. If you fix this price with a tax or a subsidy, firms are going to continue to obey until the costs get up to that tax level or to that subsidy level, and you are going to end up at this point right here. On the other hand, if you have a fixed quantity policy, you are going to be stuck here no matter what, even though the costs in this case are much lower. Where do you want to be? You want to be right there and these two shaded areas show the reality deadweight loss of either having a quantity policy, in which case this large triangle is your loss. If you have a price policy you end up over here instead of there where you want to be, this is your deadweight loss. So in this picture for the values that I have drawn, you can see the deadweight loss, the loss is much larger for the quantity policy than it is for the price policy. This is because the benefit schedule is relatively flat and the cost schedule is relatively steep.

As I mentioned for climate change, because it is a stock pollutant — the consequences of climate change do not depend on the emissions we have in a given year, they depend on how much accumulates in the atmosphere — it turns out that this marginal benefit schedule is very, very flat. So one of the results that you have in the literature is that prices generally are much better than

quantities, for this reason. But as we started out by saying, a lot of the debate is not about prices, it is about quantities and quantities versus index quantities. Or in the case that you guys might be looking at, it is about an emissions cap versus some sort of standards, which look like an intensity target.

So let us just keep going here. Now suppose, the intuition behind the index is suppose I could get better information about what the marginal cost schedule is in real time and adjust the policy. So here is the deadweight loss when I am forced to fix the policy either at this price or this quantity, and here is the case where the price, or the quantity policy presumably, but you could also think about an indexed price policy, is somehow adjusted in response to the uncertainty, as the uncertainty is resolved. So we have a case where we do not know what the costs are going to be, this turns out after everything happens to be the realized cost, but we can index the quantity to something that is related to that uncertainty. So I can improve...that is I can somehow adjust the quantity from here to here based on the index. In doing so, I reduce the deadweight loss from this big triangle to this slightly smaller triangle. Prices are still much better in this case, but index quantities are better than ordinary quantities. So that is the idea of the index, and somehow I am going to change the quantity policy in response to the cost shock in a way that makes the deadweight loss smaller.

So here is the mathematical result for the optimal policies. And I talk a lot about it in the paper; I am going to talk about it briefly here, if you do any statistical analysis this is very easy to explain. It turns out that the optimal quantity, generalized index quantity policy where we have a constant as well as a coefficient, it turns out that these parameters just end up being the parameters you would get if you addressed the optimal quantity you want after uncertainty is resolved, on the index. So it is just like a regression, it is the best linear predictor of the optimal outcome given the index; that is the intuition for this. The ordinary index quantity, this expression here, this similarly ends up being a regression coefficient, but this time it is a regression without a constant. So here you have a constant, here you do not have a constant. This coefficient has to do two things; it has to balance trying to match the mean and trying to match the variants of this more general policy. So what happens, this parameter ends up being a weighted average of two terms; one if the rate that would exactly give you the optimum — stars here are optimal things. So you put in this value r into this equation, on average you would get q^* which is what you want on average, but the variants would be wrong. On the other hand if you put in this expression from up here, this regression coefficient, you would get the right variants, but you would not get the right mean. So the optimal coefficient in this case ends up being a weighted average where, not surprisingly, the

weight is the coefficient of variation in the index. So if the index had no variation at all, you would just set it so that you got the optimal quantity because that is the best you can do. If it had tremendous amounts of variation, and we will talk about whether that is a really sensible thing in a minute, well then you would basically set it equal to the coefficient you got in the generalized case up here.

So I am going to talk briefly about this first case, but then I am going to spend most of my time on this one, because this is the one that people in the policy world are thinking about. So just to kind of run through the results; this is a standard result when you have an optimal fixed quantity policy from the old Weitzman paper. This is the optimum. If you could actually adjust the policy after you have observed uncertainty, you would get this extra benefit. that has to do with the error in the cost function. So this is if you had to fix the quantity ahead of time and cannot adjust it, this is if you could actually achieve the optimum after the fact. Well the generalized index quantity achieves this. What is this parameter here? This is the correlation coefficient between the index and the shock squared. It also can be interpreted as the r squared in a regression. If I can perfectly predict the optimal outcome with my index, then I can actually achieve the optimal outcome. If this is a zero and it has no value, well then I cannot improve against the fixed quantity. So that is the intuition. Compared to a fixed quantity, obviously the difference is just this term. If this is one, I get a very high improvement. If this is zero, I get no improvement.

Then the expression for prices is more complicated, I am not going to spend a lot of time of the price index quantity comparison. I can answer questions about it later or people can look at the paper.

So now let us talk about the index quantity, because that is the more interesting one I think from a practical policies standpoint. Here, just to kind of lead you through the results if you like these sorts of algebraic things, this is just writing out the expression for benefits minus the expression for quantities, with the policy variable for q written in each of these places. Now if I put a fixed quantity in there, that is if I just put q^* , I would get this. I would just get these two terms here because these would all be zero. Well if I instead put the optimal index quantity policy in there, I am going to get a different expression, it is a little more complicated but it has two new terms; this term and this term. This term basically says that as long as there is positive correlation between the index and the shock, index policies offer some improvement; that is there is a plus sign here. But at the same time, the index improves the welfare measure, there is a cost. The cost comes from the fact the index introduces variation in the quantity control. When you have convex costs and

concave benefits, that variation have a welfare cost and that is this term right here. It is proportionate to the variation, actually the squared error, which equals the variation plus the bias away from the optimum. So this is the welfare cost because you are adding variation into an otherwise fixed quantity, and this is the benefit because you are improving relative to the fixed quantity. So as long as this is positive there is some positive influence, but then you have to weigh it against this negative influence here. So this is just kind of some intuition.

Now I am going to rewrite this expression in a more convenient way to do the welfare analysis. I will show you in just a second. Remember this is the benefits from the generalized index quantity which is just the fixed quantity plus a term measuring how much of the gain towards the optimum I get, which again depends on how much correlation there is. Well the index quantity adds another term, multiplying it, where this term actually vanishes, it becomes one if this expression — which if you remember from our very, very beginning slide was the thing I said had to be less than two for preference — this whole thing in parenthesis vanishes if that expression equals one. We will see something special also happens when it equals two. But if it equals one, this whole thing vanishes and index quantities are just as good as generalized indexed quantities. So that is the expected benefit. Obviously if I compare it to quantities I just subtract this term and I get this one. And if I compare it to prices I get the more complicated expression, which we will skip right now.

But again the important thing to realize is that when this expression, this ratio of the coefficient of variation in the index, the coefficient of variation in the optimal quantity, divided by their correlation, when that expression equals one, this whole thing in parenthesis will vanish and all that matters is how big is the correlation between the index and the cost shock. As this thing moves away from one, index quantities get worse. Now if this thing was zero, the whole thing collapses and just becomes the fixed quantity. But if this thing can get arbitrarily big, we will see some other stuff happens and we will have to talk about that in just a second.

So let us first summarize some observations, and we will go back and talk about that ratio which turns out to be so important. For the generalizing next quantity, very simple intuition. All that matters is the correlation between the index and the shock. If I can find an index that is highly correlated with the cost shock, I can use this generalized indexed quantity policy to achieve better outcomes than ordinary fixed quantities, no matter what. If I am restricted, which is the normal policy situation, that is I do not have this sort of policy, I just say emissions are going to be 300 tons per thousand dollars of GDP, if all I have is this sort of policy, correlation continues to matter. But also, the coefficient of variation matters. It matters because this term is fixing both the mean of

the policy as well as the variation in the policy. I have to be careful about how well that is going to work.

So let us talk about that expression because it turns out is an important expression. Well there are two ways to interpret this expression and I talk about this in more detail in the paper. You can rewrite this expression here in this form. Basically it follows from the fact that the regression coefficient, where I described this before as a regression coefficient of optimal quantities on the index, that is going to have basically the correlation between the index and the cost shock as well as the level, the variants of each. So when I plug all that stuff in here, this actually simplifies to this. I am not explaining that very well, but hopefully you will take my word for it.

So what is the intuition behind this? Well when this expression is equal to one, then the coefficient I need in order to match the mean is exactly the same as the coefficient that matches the variants. So if I go back all the way to here. If that expression equals one, then this expression and that expression are exactly the same, and this coefficient and that coefficient are exactly the same, it turns out this is going to be again equal to q^* . These policies exactly equal each other. So if that expression is one, then the policies exactly match. The more they differ, the harder it is for the index quantity to do well because it cannot match the mean that you want in terms of the desired emission level, and the variants. That is why the further that ratio differs from one, the harder time it is for an index quantity.

The other way you interpret this is to think about it asking the question, how much variation do I want in the index? You can think of coefficients of variation as just percentages; how much error is there in the index every year from its forecast level, how much error is there in the optimal quantity that we want in percentage terms? The question is how much of this percentage error is there in the x , how much is desirable? Well based on this, it is going to be equal to the amount of percent error that there is in the quantity, times the correlation. If the correlation is one, then I want those to exactly be the same. But if the correlation gets smaller, then I actually want the variation in the index to be smaller. Why? Well if there is not as much correlation, then the index is introducing just random noise into the policy, which is bad. So we want to have less variation. But if this is one, then we want this variation to exactly match that variation; that is we want the index to vary just as much as the optimal quantity does. So that is just repeating what I just said.

So just to kind of go back, I mentioned that when this expression is zero it is basically going to match just a fixed quantity. Well it turns out that in the case where — this is kind of a weird

mathematical thing in my mind, but there is intuition behind it — if the coefficient of variation, the optimum times its correlation is bigger than one...this is a very strange case because it basically says that I do not know what the quantity control is that I want. It could be positive, it could be negative, I mean you are basically saying the error that you see after uncertainty is resolved in the level of control is on the same order of magnitude as its mean. So if the target was 5,000 or five billion tons, you know you are guessing, and then uncertainty is resolved, you are saying well the actual target could be 10,000 or it might be zero. That is what it means for this number to be greater than one; that the error is on the same order of magnitude as the mean for the emission level that we are regulating. This is a very unusual situation. But if there were that much variation, then it is pretty easy to show the index quantities are always preferred. That is that expression with the big parenthesis around it, is always positive, the index quantities are preferred.

This is kind of not a relevant case for climate change. Usually we are talking about a variation in the quantity that might be five or ten percent. That is we know the target to be five billion tons, but maybe it should be 4.5 or maybe it should be 5.5, but our error is not in the order of billions and billions of tons. So the more likely case is that if this number is actually maybe 0.1 or 0.05 or something like that, in which case index quantities are going to be preferred as long as this ratio is less than two divided by this thing. But this thing is basically one, because if this is 0.1 and you square it, you get 0.01, one minus 0.01 is basically one. On the right hand side of here, it is two.

So you like index quantities as long as its ratio is less than two. Why is two so important? I am going to show you a graph that explains it. Here is where you were going to be before you had any uncertainty resolved. Then I tell you what the index is. Based on the index, and knowing its correlation with the error, you can guess that this is the optimum based on knowledge of the index. You still do not know what the real optimum is going to be, but based on the index this is what you think it is. If you had a generalized index quantity, you could make yourself go to that point. But if you only have an ordinary index quantity, you are stuck because you have to match the mean and the variants of one parameter. If it turns out that this ratio that I am talking about is equal to one, you are going to get to exactly that place just because the variants happens to be right at the index. But if it is twice as big as that, that is that at the adjustment with the index quantity is twice the adjustment with the generalized index quantity, you are going to go twice as far as you want to go. If you go twice as far as you want to go, this welfare gain right here is exactly offset by this welfare loss right here. If you go any further, the welfare loss is actually bigger, and that is why index quantities are not going to be preferred if this ratio is bigger than two. So the ratio is equal to one,

you get to the optimum, you get as good as you can do based on knowledge of the index. If it is bigger than two, you are overshooting where you want to go by so much that it actually erases any gain the index quantities have. This is a problem simply because index quantities, because they do not have that extra constant term, they cannot deliver the best outcome, they are constrained.

All right, let me show you some pictures just to kind of explain. I think all these figures are useful, some people have told me they are not as useful. But you can see in a two dimensional space where all the different policies are preferred. So on the x-axis here I have this ratio between the coefficients of variation and their correlation. On the vertical axis I have the ratio of the slopes. What I just was arguing was that basically if this ratio was less than two, then index quantities are better than quantities, but if it is bigger than two then quantities are actually preferred, because you introduce too much variation into the policy.

This is just the Weitzman result, that if this ratio between the benefit and cost slopes is bigger than one, quantities are preferred to prices. If it is less than one, then prices are preferred to quantities.

The third graph is a little bit harder to understand but it is basically when index quantities are preferred to prices and vice versa. The intuition is that when this ratio is close to one, then generally index quantities are going to be better than prices, but it also matters how steeply sloped benefits are. When benefits are very flat, prices are always better, but as they get more steeply sloped, index quantities are going to be better. Then the other thing that matters is the correlation. When this correlation gets close to one, it actually expands the area where index quantities are preferred.

So we can put all those three things together and we get these six regions that depend on the value of this expression and that expression, determines what the ranking of the policies are. Now I mentioned you get these weird results when this coefficient of variation in the quantity is big. Typically we think that this number is a couple of percent and this graph is right. If this number gets close to one, then this graph is not going to be right. What happens is you have this kind of weird situation where quantities are never preferred to index quantities, and that is just because there is so much variation in the optimal policy that you always want to index it, no matter how much variation there is in the index. But that is, in my mind, kind of a weird case, but I drew this graph and these are for the cases of this is for a 30% error in the quantity, this is for like a 70 and this is for like a 200% error. So you can see how it affects the range here. But generally this is the

case you are at, I think that is the more logical thing to think about.

All right, so I have done a lot of math, I am about to do the application which is perhaps mostly what the people here care about, I do not know how much of the theory you like. To do the application, it is useful to think about the cost shock that I have been describing all along as coming from two sources. This may actually be useful for your own work thinking about cost effectiveness if you are concerned about uncertainty. One source is uncertainty about what the uncontrolled emission level is going to be. This is the part that has to do with growth, whether or not you have a cold winter or a warm summer and use a lot of extra energy. This shock has to do with technology. So given a particular emission level, there is another shock that has to do with how costly it is to reduce from that emission level. This just shows you that we assume that this is the piece that is correlated with the index and this is the piece that is not. This is just the expression for the things we care about in the model I have described to you in terms of parameters related to both the coefficient of variation and this baseline quantity level which is bq^- as opposed to bq^* . This is the correlation coefficient between the total cost shock and the index related to the coefficient of variation and the baseline quantity and the index.

What you can see is that in this case, you basically have to expand the coefficient of variation in the baseline quantity to account first of all for the fact that the baseline quantity is generally going to be bigger than the optimal quantity, so this number is bigger than one it is going to make this number bigger. This allows for the fact that there is actually additional error in this optimum compared to this baseline quantity that has to do with the second source of error.

The reverse happens for the correlation. If this is the correlation between the index and the baseline quantity, you actually have to shrink it because there are two pieces to this error. This piece is uncorrelated, this is the piece I am talking about. So the total correlation is going to be the correlation with this piece divided by something that measures how big the second piece is, and that is exactly what that piece there does. So that is just some algebra.

So how do I do the calculations? What we are going to do is we are going to take time series data on emissions and output from the United States, Energy Information Administration, they have data going back to 1980 for hundreds of countries. The other parameters in terms of the benefit cost slopes, as well as uncertainty about costs, the technology piece, those are going to come from a couple of different studies. The benefits comes from Nordhaus' book on the Dynamic Integrated Climate Economy (DICE) model. The cost uncertainty comes from a study that some of you may be

familiar with by Weyant and Hill summarizing the energy modeling form work, looked at a cross section of about a dozen models. You can use that to estimate the modeling uncertainty associated with a certain amount of reductions. Then Richard and I had a paper a couple of years ago, we synthesized this for a similar sort of calculation and we just updated that work, pulling it all together.

So what happens? Well this is a very tedious table. If you have the paper, "Indexed Regulation", you might just look in the paper, where is it, it is actually table three and table four put together. The first column is just coefficients of variation and baseline emissions, and coefficient of variation in the index which in this case is GDP for every entry except for this United States Electricity which is...the index is really just total electricity usage. The emissions here are just emissions from electricity.

So what you see is that the error...and these are very simple errors, so I just imagine that there is a linear model for predicting the level of emissions and output in logs, very simple model. How much error is there in that model? Well what you see from this is that that error is somewhere between 2.5% up to some countries having about 7% error in emissions. So what this means is that Poland, doing a very simple linear prediction of emissions, I would on average have about a 7% error, whereas for the world as a whole, I would only have 1.5%. It kind of makes sense that the world has a lower coefficient of variation, because various errors in some countries are averaging out, so you have highs in Poland and you have lows in the United States.

For output, it is the same sort of range; you have lows of maybe 1.1% for the world versus a high of almost 7% for Poland. Poland has a lot of variation, at least over this time period which kind of makes sense I guess, they were going through a lot of structural changes.

The other important thing to look at is how correlated are emissions and output. So in the United States electricity sector, the correlation is very, very high. When we have a year that we make a lot of electricity, we have a lot of emissions, the correlation is 85% on those. Now meanwhile France has a correlation of only 0.1%. Why? France has a mostly nuclear power base so when they have a lot of economic growth or a very cold winter, they use a lot of nuclear power but that does not increase emissions. You can see Japan actually has a fairly low correlation and you folks might have more of a sense than I do of why that correlation is low, but I assume that Japan also has a lot of nuclear, is that right? So that kind of makes sense.

So you feed these things into this formula and you get this ratio that we said ideally should be near one, but certainly should be less than two if we are going to prefer index quantities. So I have highlighted here the countries where that is less than two. If you look at this, which is the welfare advantage of index quantities over quantities, these countries all have positive values and the numbers in this table are in billions of dollars. So if this number is less than two, that is that the correlation is sufficiently high and importantly the variation x , the index, GDP is not too big, then this number is going to be less than two and index quantities are going to be preferred to quantities. This is really the important comparison for the paper.

A lot of studies have already shown that prices are better than quantities, so all these numbers are positive for every country in the world. Similarly prices always beat index quantities and they always beat generalized index quantities. Prices are the best, so that is one lesson you can walk away with. It just follows from the simple intuition that climate change is a stock externality; the marginal benefits do not change very much based on the emission level in a single year. Maybe emissions over 10 years or 20 years would make a difference in marginal benefits, but certainly not over one year. And prices are always better.

Here is actually the column comparing the generalized index quantity. I guess the one thing I would note about this column, again it is not as relevant in practical policy situations, we just do not see these sorts of policies. You could make one, but if you are talking about appliance standards or intensity targets, that is not general enough. But what you see is that when this number is close to one, these two things are basically the same. Because what we said is that when this number is equal to one, the index quantity works just as well as the generalized index quantity and indeed that is the case. When the number is a lot different than one, like for the world or for China, you see some difference between these two policies. There is a little bit of difference here, because this number is getting close to two.

Now this number is always positive, that is if I could have a constant and a slope term in my model, then it is always better than just fixing quantities because I can always make the slope term zero. So really the interesting thing in this graph is this column here. The yellow ones, again, are the countries where we prefer index quantities which interestingly includes the United States, it excludes Japan, it also excludes France and the United Kingdom, leaving European countries.

So let me just wrap up, summary comments and then. Index quantities, which we have described as being performance standards, intensity targets, things like that, in a welfare sense they are

going to do well, but it hinges on how high the correlation is. It does not make sense to index emissions to something that are not correlated with emissions. It also depends, for ordinary index quantities, the coefficient of variation in the index. Even if they are highly correlated, if the index is much noisier than the underlying emissions uncertainty, it could be bad to index. You saw that here. In the case of... what is a good example? I mean here you have Iran that had a pretty high correlation, I mean not one, but almost 50% here, and it still turns out that index quantities are bad. Why? Because the index has too much variation, it is actually larger than the variation in the emissions. So even though it has a decent correlation, index quantities are not good because the index is too noisy.

Then, of course, if you are concerned about comparing prices, you are also going to be concerned about marginal costs and marginal benefits. I will just note that if all you are concerned about is comparing index quantities to quantities — which in kind of this debate over absolute versus intensity targets is the only thing you care about — then the relative slopes does not matter because you cannot do prices. This just restates the observations we made that what really matters is the coefficient is a variation of the index and the quantity being less than twice their correlation, which again has to do with the fact that you do not want to overshoot the optimum.

Then the quantitative results I just presented which is a very simple empirical analysis showed that for about half the countries we looked at, including the United States and the world as a whole, generally prefer index quantities but it really varies a lot from country to country.

<Presentation Paper>

Indexed Regulation

Billy Pizer

*Study Group on Policy Evaluation
using Cost-Effective Analysis of
Global Warming Prevention Policies*

Tokyo – February 2006



Motivation (1)

- U.S. climate change policy based on intensity – emissions / GDP.
- Canadian LFE program also intensity based.
- Work suggesting intensity a good way to “frame” debate, but not such a good way to deal with unexpected cost shocks.



Indexed Quantities

$$q(x) = a + rx$$

generalized index quantity (GIQ)

q is regulated quantity level
 x is the level of the proposed index
 a and r are policy parameters

$$q(x) = rx$$

(ordinary) index quantity



Motivation

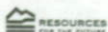
- Weitzman (1974) compares price and quantity controls (taxes and tradable quotas) with simple intuition that preference depends on relative slopes.
- Many environmental policies look like controls on emission rates: NSPS, vehicle fuel economy / emissions.
- Recent debate over absolute versus *intensity* targets for greenhouse gases.
- Limited existing work (Pizer 2004, Quirion 2003, Ellerman and Sue Wing 2003, Jotzo and Pezzey 2005, Sue Wing et al 2005).



2

$\frac{\text{index coefficient of variation}}{\text{ex post optimal quantity coefficient of variation}} < 2 \times \text{correlation}$

then indexed quantities preferred to quantities



Model

- Costs

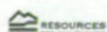
$$C(q) = c_0 + (c_1 - \theta)(q - \bar{q}) + \frac{c_2}{2}(q - \bar{q})^2$$

- Benefits

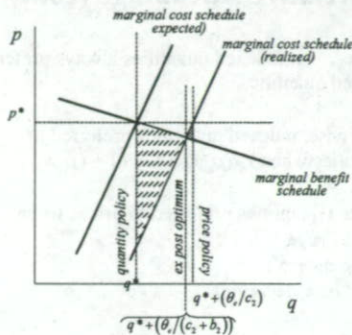
$$B(q) = b_0 + b_1(q - \bar{q}) - \frac{b_2}{2}(q - \bar{q})^2$$

- Relative advantage of prices v. quantities

$$\Delta_{P-Q} = \frac{\sigma_\theta^2(c_2 - b_2)}{2c_2^2}$$



Welfare Losses Under P & Q Policies



RESOURCES
FOR THE FUTURE

Optimal Index Policies

- Generalized Indexed Quantity (GIQ):

$$q_{GIQ}^*(x) = q^* + r^*(x - \bar{x})$$

q^* is optimal fixed quantity,

r^* is regression coefficient of ex post optimal q on x .

- (Ordinary) Indexed Quantity: $q_{IQ}^*(x) = r^*x$

$$r^* \text{ equals } \frac{(q^*/\bar{x}) + v_x^2 r^{**}}{1 + v_x^2}$$

v_x is the index's coefficient of variation

RESOURCES
FOR THE FUTURE

Generalized Indexed Quantities

- Expected Net Benefit

$$E[NB_{GIQ}] = b_0 - c_0 + \frac{\sigma_\epsilon^2}{2(b_2 + c_2)} \rho_{\pi}^2$$

- Relative to quantities

$$\Delta_{GIQ-Q} = \frac{\sigma_\epsilon^2}{2(b_2 + c_2)} \rho_{\pi}^2$$

- Relative to prices

$$\Delta_{GIQ-P} = \frac{\sigma_\epsilon^2}{2(b_2 + c_2)} \left(\left(\frac{b_2}{c_2} \right)^2 - (1 - \rho_{\pi}^2) \right)$$

RESOURCES
FOR THE FUTURE

Indexed Quantities: Prelims

$$E[NB_{IQ}] = b_0 - c_0 + r^* \sigma_\epsilon^2 - \frac{b_2 + c_2}{2} \left((r^*)^2 \sigma_x^2 + (r^* \bar{x} - q^*)^2 \right)$$

$$E[NB_Q] = b_0 - c_0$$

RESOURCES
FOR THE FUTURE

Indexed Quantities

- Expected net benefit

$$E[NB_{IQ}] = b_0 - c_0 + \frac{\sigma_\epsilon^2}{2(b_2 + c_2)} \rho_{\pi}^2 \left(1 - \frac{1}{1 + v_x^2} \left(1 - \frac{v_x}{\rho_{\pi} v_{q^*}} \right)^2 \right)$$

v_x is coef of variation in index; v_{q^*} is coef of variation in ex post optimal quantity; ρ_{π} is their correlation

- Relative to quantities

$$\Delta_{IQ-Q} = \frac{\sigma_\epsilon^2}{2(b_2 + c_2)} \rho_{\pi}^2 \left(1 - \frac{1}{1 + v_x^2} \left(1 - \frac{v_x}{\rho_{\pi} v_{q^*}} \right)^2 \right)$$

- Relative to prices

$$\Delta_{IQ-P} = \frac{\sigma_\epsilon^2}{2(b_2 + c_2)} \left(\left(\frac{b_2}{c_2} \right)^2 + \rho_{\pi}^2 \left(1 - \frac{1}{1 + v_x^2} \left(1 - \frac{v_x}{\rho_{\pi} v_{q^*}} \right)^2 \right) - 1 \right)$$

RESOURCES
FOR THE FUTURE

Observations

- Generalized Indexed Quantity (GIQ)

- $q(x) = a + rx$

- Correlation between index and cost shock matters.

- (Ordinary) Indexed Quantity

- $q(x) = rx$

- Correlation matters

- And coefficient of variation, because mean and variance of $q(x)$ are governed by the same parameter.

RESOURCES
FOR THE FUTURE

What is $v_x/(\rho_{xc}v_{q^*})$?

- Equals ratio of index rates, $(q^*/\bar{x})/r^{**}$
 $q^*/\bar{x}$ matches desired mean
 r^{**} matches desired variance
more they differ, harder time for IQ.
- How much variation in x is “desired”?
Want coefficient of variation in index (e.g., percent variation) to match coefficient of variation in ex post optimal q , adjusted by correlation.

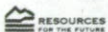
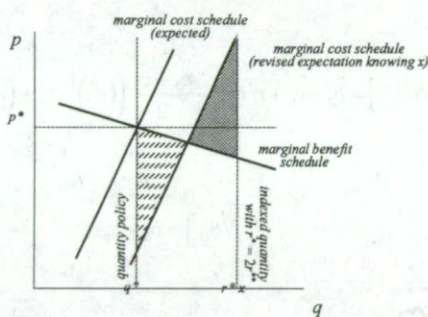


Relative Advantage (cont)

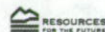
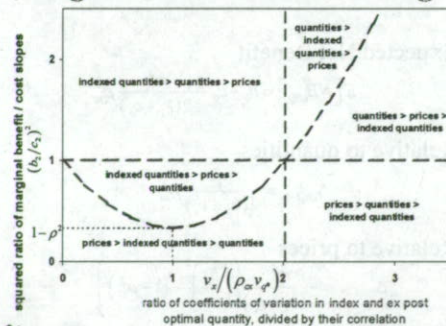
- If $\rho_{cx}v_{q^*} > 1$, indexed quantities always preferred to fixed quantities.
- Otherwise, indexed quantities preferred to quantities when $v_x/(\rho_{xc}v_{q^*}) < 2/(1 - (\rho_{cx}v_{q^*})^2)$.
- Indexed quantities preferred to prices when
 - b_2/c_2 large
 - ρ_{xc} close to 1
 - $v_x/(\rho_{xc}v_{q^*})$ close to 1



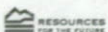
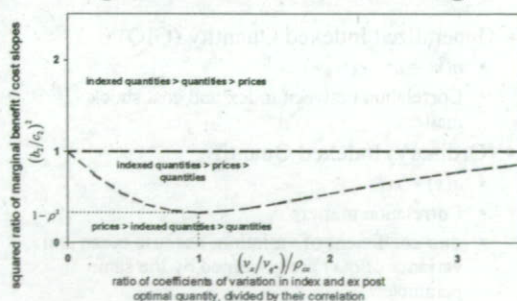
Why “2”?



Regions of Relative Advantage



Regions of Relative Advantage

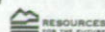


Cost Shock Decomposition

- Consider decomposition of cost shock: $\theta_c = \theta_m + c_2\theta_q$
 θ_m is “model” uncertainty; θ_q is uncertainty in the baseline q level.
- Resulting expressions for
 - coefficient of variation in ex post optimal q

$$v_{q^*} = v_{\bar{q}} \left(\frac{\bar{q}}{q^*} \right) \sqrt{\left(\frac{c_2}{b_2 + c_2} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_m}{(b_2 + c_2)\sigma_q} \right)^2}$$
 - correlation with index

$$\rho_{cx} = \frac{\sigma_{cx}}{\sigma_c \sigma_x} = \frac{c_2 \sigma_{qx}}{\sigma_c \sigma_x} = \frac{c_2 \sigma_q \rho_{qx}}{\sigma_c \sigma_x} = \frac{\rho_{qx}}{\sqrt{1 + (\sigma_m/c_2 \sigma_q)^2}}$$
 $v_{\bar{q}}$ is coef of variation in baseline emissions; ρ_{qx} is correlation with x .



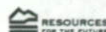
Application to Climate Change

- Time series data (1980-2002) on emissions and output from Energy Information Administration.
- Other parameters from
 - Benefits: Nordhaus (1994)
 - Costs: Weyant and Hill (1999)
 - Synthesis / updating: Newell and Pizer (2003).



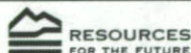
Summary

- Preference for indexed quantities hinges on
 - (a) correlation of index with cost shock;
 - (b) ratio of coefficients of variation of index and ex post optimal quantity
 - (c) relative slopes of marginal costs/benefits
- Indexed quantities preferred to quantities when ratio of coefficients of variation of index and ex post optimal quantity less than twice their correlation (can simplify to same expression with index and baseline quantity)
- For nineteen countries, ten (+ US electricity and world as a whole) prefer indexed quantities based on annual data.



Results for CO₂ and GDP in 19 countries

Country	Coef. of variation in emissions (v_q) [†]	Coef. of variation in output (v_x)	Correlation of emissions and output (ρ_{qx}) [‡]	$\frac{v_x}{\rho_{qx} v_q}$ ^{††}	Δ_{P-Q}	Δ_{Q-Q}	Δ_{GQ-Q}	Δ_{Q-P}	Δ_{GQ-P}
Australia	0.026	0.016	0.20	3.1	19	-2	1	-21	-18
Brazil	0.046	0.032	0.72	1.0	44	22	22	-22	-22
Canada	0.035	0.023	0.54	1.2	45	12	12	-33	-33
China	0.030	0.030	0.74	1.4	195	85	96	-110	-99
France	0.046	0.018	0.10	3.9	51	-4	1	-55	-51
India	0.040	0.021	0.20	2.6	102	-5	4	-107	-98
Indonesia	0.042	0.047	0.45	2.5	33	-7	6	-39	-26
Iran	0.052	0.066	0.51	2.5	59	-15	15	-74	-44
Italy	0.035	0.014	0.31	1.3	35	3	3	-32	-32
Japan	0.037	0.028	0.19	4.0	102	-25	3	-128	-99
Korea (South)	0.062	0.036	0.65	0.9	102	42	42	-60	-60
Mexico	0.048	0.034	0.53	1.3	51	12	14	-39	-38
Netherlands	0.047	0.021	0.35	1.3	35	4	4	-31	-31
Poland	0.072	0.068	0.40	2.4	83	-9	13	-92	-70
Saudi Arabia	0.045	0.045	0.42	2.4	40	-5	7	-45	-33
South Africa	0.040	0.022	0.19	3.0	37	-3	1	-40	-35
Spain	0.054	0.019	0.28	1.3	60	4	4	-56	-56
United Kingdom	0.028	0.018	0.25	2.7	29	-2	2	-31	-27
United States	0.024	0.018	0.70	1.1	230	97	97	-133	-133
U.S. Electricity	0.025	0.020	0.84	0.9	91	55	56	-35	-35
World	0.014	0.011	0.55	1.4	431	77	90	-354	-341



平成 17 年度
国際エネルギー使用合理化基盤整備事業
(地球温暖化対策の費用対効果に関する政策評価調査)
報告書

平成 18 年 3 月発行

財団法人 政策科学研究所

〒100-0014 東京都千代田区永田町 2-4-8 東芝 EMI 永田町ビル 5F

TEL : 03-3581-2141 FAX : 03-3581-2143

<http://www.ips.or.jp/>
