

温暖化対策の経済性評価 ボトムアップ方式による評価

1．基本的考え方

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

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

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

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

ここでは、まず、ボトムアップ方式による経済性評価を試みた。

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

2．各ケースと活動量シナリオ

各ケースの定義

ケース設定は、2001年11月末までに条約事務局に提出することとなっている第3回国別報告書の作成のためのガイドラインを参考（図1参照）とし、表1のように設定した。

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

表1 ケース設定

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

また、温室効果ガスは、様々な社会経済活動に伴って排出されるものであるため、その将来の排出量を推計するにあたっては、主要な社会経済活動についての想定として、主として関係省庁で発表している将来予測等を参考として、表2のとおり設定した。

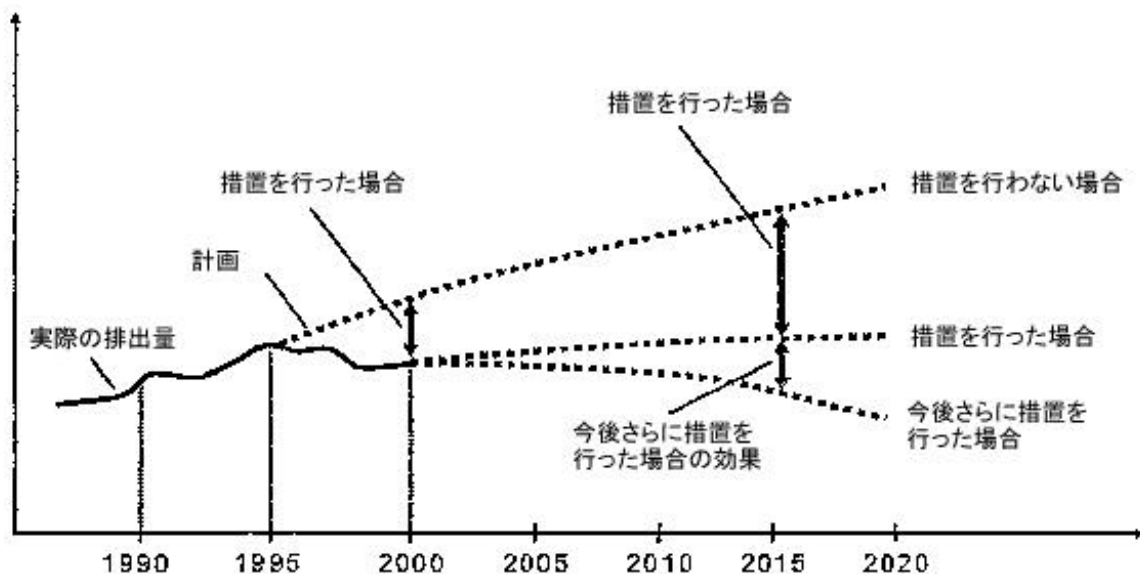


図1 温室効果ガスの排出に関する計画

(出典：国連気候変動枠組条約国別報告書の作成ガイドライン)

活動量シナリオ

下記項目のうち、大綱策定時には原子力発電所の増設数を約20基としたが、今回は13基(ケース1：平成13年度電力供給計画によるもの)と7基(ケース2：電源開発調整審議会に答申され、2010年度までに運転開始されるもの)の2ケースを想定して算定結果を示した。

なお、本小委員会では、ケース2をもとに検討を行った。

表2 関連する活動量のシナリオ

項目名		1990年 実績値	2010年 想定値	単位等	2010/1990
国内総生産		430	593	兆円	1.38
年平均経済成長率 2.0% (2001-2010)					
人口		123,611	127,623	千人	1.03
原子力発電の 将来設備量	ケース1	3,148	6,185	万kW	1.96
	ケース2	3,148	5,325	万kW	1.69
		ケース1：13基増設、ケース2：7基増設			
素材製品生産量	粗鋼	11,171	9,651	万t	0.86
	エチレン	581	666	万t	1.15
	セメント	8,943	8,279	万t	0.93
	紙板紙	2,809	3,374	万t	1.20
水田作付け面積		2,050	1,860	千ha	0.91
家畜飼養頭数	乳用牛	207	180	万頭	0.87
	肉用牛	280	317	万頭	1.13
	豚	1,134	929	万頭	0.82
世帯数		40,670	49,142	千世帯	1.21
住宅着工件数		167	約100	万戸	0.60
業務用延床面積		1,377	2,034	百万m ²	1.48
旅客輸送量	自動車	685	892	10億人・km	1.30
	鉄道	387	400	10億人・km	1.03
	船舶・航空機	58	107	10億人・km	1.84
旅客用自動車保有台数		35,394	61,086	千台	1.73
貨物輸送量	自動車	274	310	10億t・km	1.13
	鉄道	27	26	10億t・km	0.96
	船舶・航空機	246	238	10億t・km	0.97
貨物用自動車保有台数		21,841	20,269	千台	0.93
廃棄物排出量	一般廃棄物：5億t	5,044	5,000	万t	0.99
	産業廃棄物：48億t	39,500	48,000	万t	1.22

3．追加的削減費用の算定

(1) 算定方法

追加的削減量

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

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

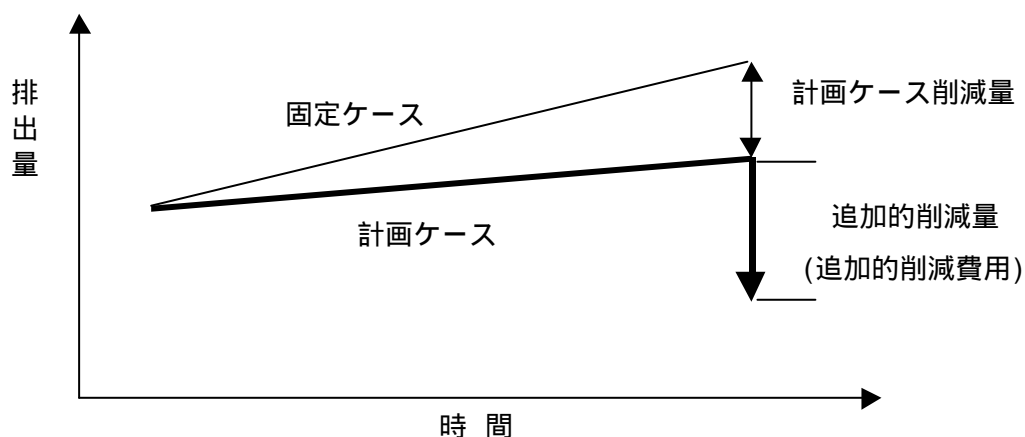


図2 計画ケースと追加的削減量との関係

- (a) 一般電気事業者から購入した電力を利用した場合、その利用に伴う排出量の算定を行う場合は、地球温暖化対策推進法施行令において全電源平均排出係数を用いることとしているが、対策技術の導入効果について評価する際、電力の削減および新エネルギー発電が電源構成に影響を与えていると考えられる面があるため、電力の削減量や増加量を二酸化炭素排出量に換算する排出係数については、火力の排出係数を使うべきか、全電源平均の排出係数を用

いるべきか、またはそれ以外の排出係数を用いるべきかという問題がある。しかし、ここでは簡便のため、火力平均の排出係数を用いることとした。このため、強化ケースを定める場合には、対策技術導入の電源構成に対する影響をさらに精査する必要がある。

- (b) 削減ポテンシャルはあるものの、制度的制約等のため現時点で導入可能性が危ぶまれる対策は除外した。ただし、対策技術シートには残している。(例：原子力発電の利用率向上)
- (c) 電力の排出係数による以外の普及率の設定等による理由で削減ポテンシャルに幅(低位水準と高位水準の幅)があった対策については、費用評価の結果、トン炭素当たり費用が10万円以下の場合は比較的容易な対策として高位水準を追加的削減量とし、100万円以上の場合は困難な対策として低位水準を追加的削減量とし、10万から100万円の間の場合は、低位水準と高位水準の平均値を追加的削減量とした。
- (d) 運輸部門において、低公害車の購入量、車から公共交通機関への転換される輸送量等の想定には、価格やサービスの質についての利用者自身の判断が深く関係するとともに、自動車の保有、購入、輸送機関選択等は相互に関連し、単純な積み上げ計算ではこの連関が考慮されないため、他の部門の想定以上に困難である。このため、(3) で述べるように、動学的応用一般均衡モデルを用いて、各種対策の総和としての追加的削減量を求めた。

追加的削減費用の定義

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

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

追加的削減費用の算定方法

追加的削減費用は、以下の基本式で算出する。

$$\begin{aligned} & \text{追加的削減費用(単位炭素当たり)} \\ & = \text{削減費用(tC当たり)}C_s - \text{エネルギー費用軽減効果(tC当たり)}P_s \\ & \quad - \text{その他の利益(費用)・効果}E_s \end{aligned}$$

$$C_s = [(\alpha \times C_a^{\text{inv}} + C_a^{\text{O\&M}}) - (\beta \times C_b^{\text{inv}} + C_b^{\text{O\&M}})] / R_s$$

a : 新規技術

b : 既存技術

$$C^{\text{inv}} = \text{設備投資費用}$$

$$C^{\text{O\&M}} = \text{維持管理費用}$$

$$R_s = \text{温室効果ガスの年間削減量}$$

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

$$r = \text{社会的割引率} = 4\%$$

$$n = \text{耐用年数}$$

$$P_s = (P_b - P_a) / R_s$$

$$E_s = \text{快適性、輸送頻度、時間、安全性、リスク回避、大気汚染防止等の副次的効果を費用換算したもの。}$$

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

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

投資回収期間を考慮した産業部門、民生部門の追加的削減費用の算出

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

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

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

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

一般に、設備投資を行うかどうかの判断は、製造設備の場合、投資回収期間が3年程度以下であると言われているため、法定耐用年数と3年で計算した差額が経営上のリスク回避効果と見なすことができる。

このため、集計の際には、法定耐用年数を用いた場合と、3年を用いた場合の2つの方式による算定結果を基いている。

また、家計についても、同様に投資回収期間を考慮できることから、4(1)に示す3つの方式により分析を行った。

動学的応用一般均衡モデルによる運輸部門の追加的削減費用の算出

運輸部門の対策のうち、低公害車の導入、乗用車から軽乗用車への転換、公共交通機関の活用、貨物のトラック輸送から鉄道・船舶への転換等については、動学的応用一般均衡モデルにより算定した。

これは、温室効果ガス削減に効果のある技術が、既存技術を単純に代替するとする想定が適切ではなく、輸送機関の購入（低公害車など）・選択が、輸送機関ごとに異なる価格やサービスの質についての利用者自身の判断の下になされるとの考え方に基づいている。

< 一般均衡モデルについて >

一般均衡モデルを用いることのメリットは、CO₂削減政策の負担について市場を介してもたらされる家計の負担費用まで含めて計測できる点である。その家計の負担費用を推計するためには、自動車購入や利用時の様々な利用交通機関の選択についてのモデル化が必要であり、それを行ったものが本モデルである。検討にあたっては、まず、最も効率的に各種のモードの変更が行われる場合に、どの程度モードの変更が行われるか、また社会的な負担がどの程度かを推計した。（具体的には、燃料に対する課税が最も効率的なモードの変更を促すことを仮定している）

なお、推計にあたっては下記を前提としている。

- ・日本全国を対象とした。
- ・旅客輸送および貨物輸送の対象となるモードは表のとおりとした。
- ・追加的削減費用の算定年は、2010年とした。
- ・政策（燃料税）の導入年は、2003年とした。

表3 対象とする交通モード

旅客輸送	自動車、鉄道、バス、航空機
貨物輸送	自動車、鉄道、内航海運

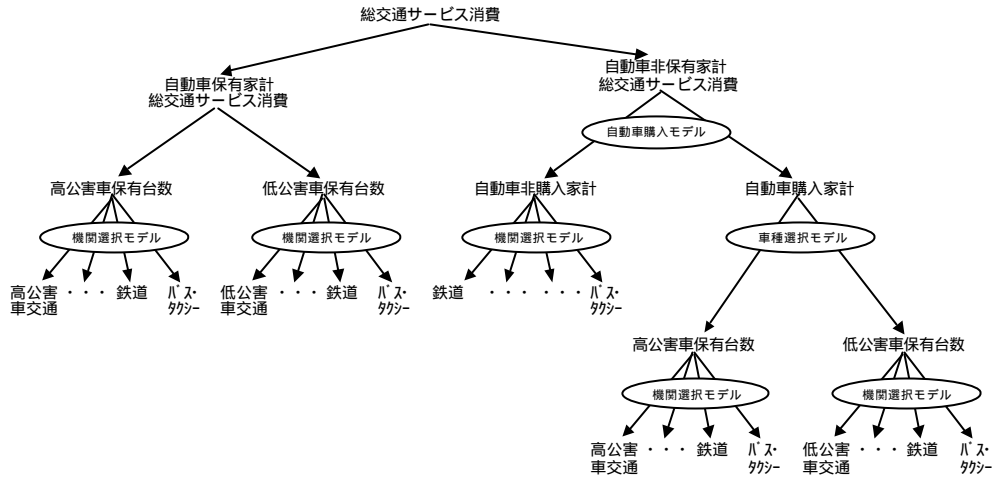


図3 家計の交通サービス消費行動

< 燃料税を課税する場合 >

燃料税が増徴されると、一般に、自動車保有者は自動車の利用を控えたり、その代わりに鉄道等の他の交通機関を利用することとなり、この結果CO2の排出は削減される結果となる。

表4 交通量及び自動車保有台数の増減

(燃料税14.5% (注) の場合)

		交通量の増減	自動車保有台数の増減		
旅客輸送	鉄道	0.05 億人キロ	ガソリン車、ディーゼル車	-1.6 万台	
	バス	-4.6		低公害車	-0.0 万台
	自動車	-365.3			
貨物輸送	鉄道	-1.1 億トンキロ			
	自動車	-67.9			
	船舶	-1.1			

(注) 運輸部門の削減ポテンシャルの高位水準を達成するために必要な燃料税を算定した。

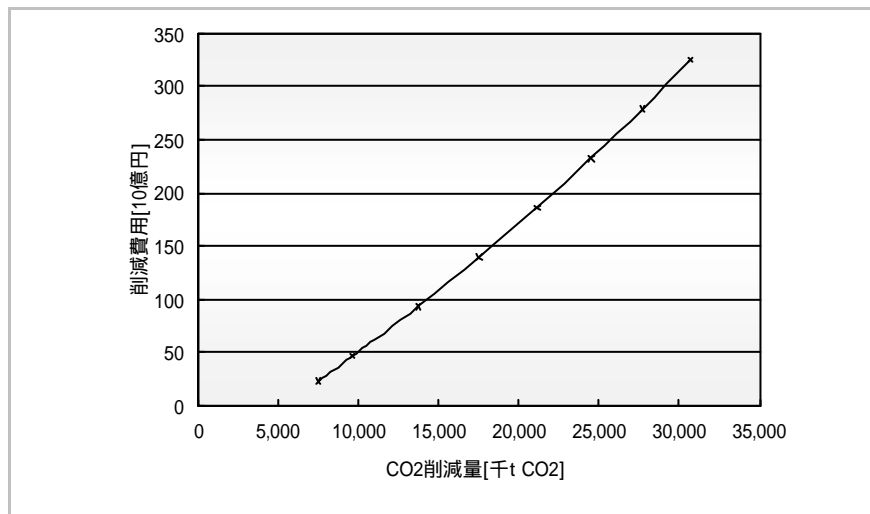


図4 燃料税導入の場合のCO2削減量と削減費用

(2) 削減量と費用の集計方法

目標達成に必要な追加的削減費用の把握

各対策技術別の追加的削減費用をもとに、以下の図5のような費用カーブを作成することにより、目標達成に必要な追加的削減費用を把握する。

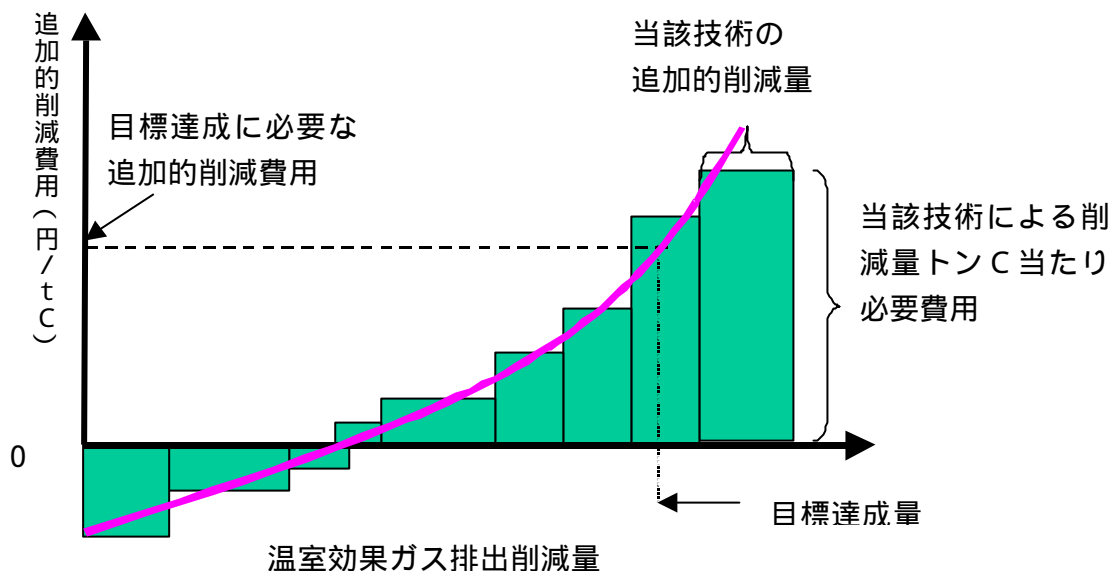


図5 温室効果ガス排出削減量と費用の関係

追加的削減費用別対策技術の整理

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

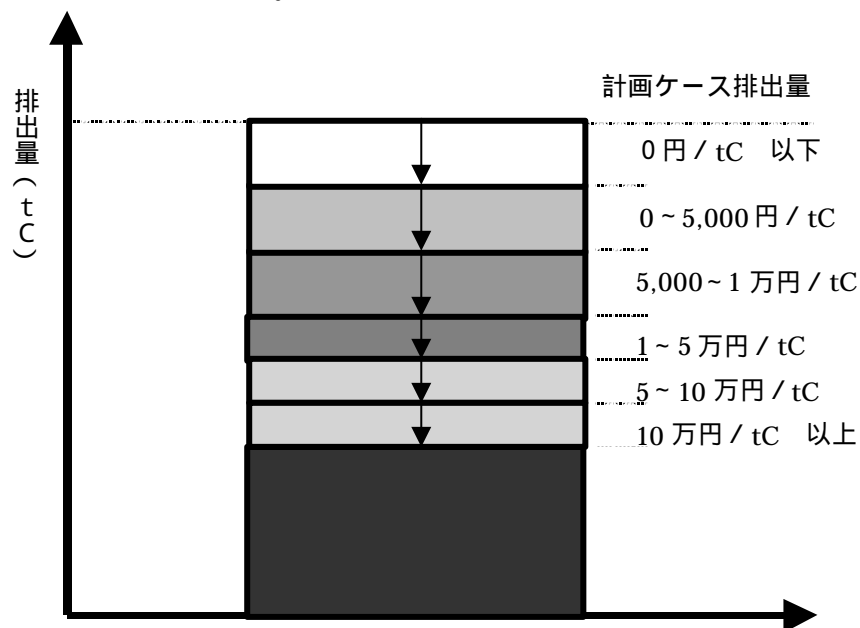


図6 追加的削減費用別削減量

総費用について

各対策技術に要する費用を加算すると、目標達成のための総費用の算定が可能ではないかと考えることもできるが、追加的削減費用として示した図5は、厳密な限界削減費用曲線を示すとは言えないため、このようにして算定した総費用は、目標を達成する上での目安とはなっても、厳密な意味での必要費用とは言えない。

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

また、費用の算定は、次の理由により過大評価されているのではないと言える。

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

算定対象とした対策技術

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

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

表5 費用算定ができなかつた対策技術一覧

		[千トンCO ₂]
部門	技術	削減ポテンシャル
産業	燃料転換	7,755
民生	次世代省エネ基準の普及	1,102
	サマータイムの導入	932
	LED交通信号の導入	308
運輸	テレワーク、テレビ会議の推進	1,500
HFC	ポリエチレンフォームのHFC発泡剤の代替技術	972
	フェノールフォームのHFC発泡剤の代替技術	29
	溶剤、洗浄剤の使用に伴うPFCの代替技術	2,625
合計		15,224

追加的削減費用の換算

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

4．温暖化対策の経済性評価

(1) 追加的削減費用の把握

目標達成に必要な追加的削減費用(通常の耐用年数のケース)

各対策技術の削減ポテンシャル量を追加的削減費用の安価な順に積算した結果が図7である。

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

< 作成中 >

図7 我が国の温室効果ガス排出削減量と費用の関係(法定耐用年数使用)
(注)図を見やすくするため、追加的削減費用20万円以上の対策技術を除いている。

投資回収リスクの分析

前述のように、投資回収リスクを考慮に入れた追加的削減費用を把握するため、耐用年数を以下の条件で変更した場合の経済性への影響について分析を行う。

選択肢	産業部門のみ3年で計算。
選択肢	産業部門だけでなく民生(業務)、運輸など民間事業に関しては3年、家計関係は5年、公共的な投資は通常の耐用年数で計算。
選択肢	民間事業、家計ともに3年で計算。

選択肢 : 産業部門のみ3年で計算したケース

< 作成中 >

図8 我が国の温室効果ガス排出削減量と費用の関係(産業:耐用年数3年)

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

選択肢 : 産業及び民生(業務)部門3年、民生(家庭)部門5年で計算したケース

< 作成中 >

図9 我が国の温室効果ガス排出削減量と費用の関係

(産業、業務：耐用年数3年、家庭：5年)

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

選択肢 : 産業及び民生(業務)部門、民生(家庭)部門3年で計算したケース

< 作成中 >

図10 我が国の温室効果ガス排出削減量と費用の関係

(産業、業務、家庭：耐用年数3年)

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

追加的費用別削減量

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

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

<作成中>

図11 追加的削減費用別の削減量(法定耐用年数)

＜ 暫定版 ＞

表 6 追加的削減費用別対策技術一覧（その1）

価格分類 (tC当たり)	分野	対策技術	追加的削減量 [千トンCO ₂]	追加的削減費用 [円/t-C]	
0円以下	民生	内炎式ガステーブル	780	-171,000	
	民生	給湯器にエコマイザーを導入	160	-160,000	
	民生	潜熱回収型温水ボイラー	250	-160,000	
	民生	待機電力の節電	710	-150,000	
	民生	非常口高輝度誘導灯	530	-150,000	
	民生	エレベータの省エネルギー	370	-150,000	
	民生	自動販売機の省エネルギー	2,500	-150,000	
	民生	ガスコージェネレーション(業務部門)	460	-70,000	
	産業	上水処理施設へのインバータ制御の導入	150	-45,000	
	産業	エチレンプラントガスタービン電力回収	510	-44,000	
	産業	スクラップ鉄の転炉投入	1,400	-35,000	
	産業	廃プラスチックのセメント原料化	1,900	-33,000	
	産業	高性能工業炉	8,300	-30,000	
	産業	高効率型嫌気性排水処理	400	-24,000	
	産業	廃プラの高炉原料化	1,300	-22,000	
	転換	低損失型柱上変圧器の導入	760	-21,000	
	産業	縦型ミル内部セパレータの効率改善	100	-21,000	
	民生	超高効率変圧器の導入	290	-20,000	
	非エネ	混合セメント利用拡大	1,400	-6,000	
	産業	下水処理施設へのインバータ制御の導入	17	-1,100	
	民生	潜熱回収型給湯器	2,100	-980	
	非エネ	エコセメント利用拡大	550	-27	
	0～5,000円	非エネ	家畜糞尿処理方法の変更	1,700	0
		非エネ	廃プラスチックの発生抑制	1,500	0
		HFC	HCFC-22の生産に伴う副生HFC-23の回収処理技術	8	73
		HFC	家庭用冷蔵庫のHFC冷媒の代替技術	73	1,100
		HFC	押出発泡ポリスチレンフォームのHFC発泡剤の代替技術	910	1,800
非エネ		最終処分場の覆土	300	2,400	
HFC		噴霧器で使用するHFCの代替技術	2,600	3,600	
産業	仕上ミルの縦型化	59	4,800		
5,000～1万円	HFC	ウレタンフォームのHFC発泡剤の代替技術	970	5,000	
	転換	廃棄物発電の導入促進	9,300	7,900	
	HFC	ドライエッチング、CVDクリーニング用途におけるPFCおよびSF6の代替技術	5,800	9,900	
1～5万円	民生	家庭用燃料電池コージェネレーション	1,300	12,000	
	転換	木質バイオマスのエネルギー利用(製材工場等の残廃)	700	15,000	
	転換	火力発電の燃料転換	1,800	16,000	
	HFC	業務用冷凍空調機器のHFC冷媒の回収処理技術	75	17,000	
	非エネ	下水汚泥焼却炉の燃焼効率の改善	360	20,000	
	HFC	カーエアコンのHFC冷媒の回収処理技術	490	22,000	
	産業	ファンプロア用インバータの導入	840	24,000	
	民生	燃料電池コージェネレーション(業務部門)	2,600	29,000	
	運輸	自動車に対する燃料税の導入(14.5%の税を導入した場合)	23,400	34,000	
	転換	木質バイオマスのエネルギー利用(除間伐材 林地残材)	3,000	44,000	
	産業	気相法ポリエチレンプロセス	400	44,000	
	転換	風力発電量の導入促進	5,800	47,000	
	産業	地域熱供給	260	48,000	

< 暫定版 >

表 7 追加的削減費用別対策技術一覧 (その2)

価格分類 (t-C当たり)	分野	対策技術	追加的削減量 [千トンCO ₂]	追加的削減費用 [円/t-C]
5~10万円	転換	下水汚泥のメタン発酵処理によるエネルギー利用(消化ガス発電)	93	51,000
	産業	苛性化工程軽カル製造技術	91	58,000
	産業	高性能触媒利用プロセス	440	59,000
	民生	太陽熱温水器(家庭部門)	2,400	65,000
	産業	ガスタービンの複合発電システム	650	69,000
	産業	ナフサ接触分解	300	71,000
	産業	メンブレンリアクター利用プロセス	360	73,000
	HFC	家庭用冷蔵庫のHFC冷媒の回収処理技術	170	77,000
	民生	食器洗い機	1,300	96,000
	10万円以上	民生	ビルのエネルギー管理システム	1,300
運輸		テレワーク、テレビ会議の推進	1,500	130,000
非エネ		生分解性プラスチックによる廃プラ発生抑制	39	160,000
転換		畜産廃棄物のメタン発酵処理によるエネルギー利用	5,300	170,000
民生		太陽光発電の導入(家庭部門)	1,500	200,000
民生		太陽光発電導入(業務部門)	410	200,000
民生		太陽熱温水器導入(業務部門)	230	230,000
民生		パッシブソーラーハウス	1,200	240,000
産業		気相法ポリプロピレンプロセス	730	360,000
転換		最終処分場から発生するメタンガスの有効利用	4	510,000
非エネ		水田からのCH ₄ 発生を抑制する技術(水管理方法の変更)	1,800	567,000
非エネ		家畜の飼料構成の改善	40	770,000
民生		屋上緑化	140	790,000
運輸		都市部での自動車走行環境の改善(TSの活用)	320	2,260,000
非エネ		GHG排出抑制型下水処理システム	89	2,800,000
非エネ		食品廃棄物のリサイクル	260	3,900,000
非エネ		バイオ・エコエンジニアリングを活用した生活系排水の処理	290	4,200,000
非エネ		施肥方法の変更(局所施肥)	98	5,000,000
民生		都市緑化	2	20,000,000

(注)部門名の略称について

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

5 . 部門別の温暖化対策の経済性評価

(1) エネルギー転換部門

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

新エネルギーのうち、廃棄物発電(都市の木質廃棄物を含む)は、資源の有効利用との政策面での整合性を図る必要があるが、材料となる廃棄物を逆有償または無料で確保できることから、追加的削減費用はトン炭素当たり約8,000円と比較的安価である。

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

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

畜産廃棄物のメタン発酵処理は、追加的削減量は大きいものの、大規模な設備投資等が必要であることから追加的削減費用はトン炭素当たり17万円と高価である。

< 暫定版 >

表8 対策技術の経済性評価

対策技術名	追加的削減量 [千トンCO ₂]	追加的削減費用 [円/t-C]
低損失型柱上変圧器の導入	760	-21,000
廃棄物発電の導入促進	9,300	7,900
木質バイオマスのエネルギー利用 (製材工場等の残廃材)	700	15,000
火力発電の燃料転換	1,800	16,000
木質バイオマスのエネルギー利用 (除間伐材 林地残材)	3,000	44,000
風力発電量の導入促進	5,800	47,000
下水汚泥のメタン発酵処理によるエネルギー利用 (消化ガス発電)	93	51,000
畜産廃棄物のメタン発酵処理によるエネルギー利用	5,300	170,000
最終処分場から発生するメタンガスの有効利用	4	510,000

(2) 産業部門

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

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

耐用年数15年でみると費用がマイナスになる技術は、耐用年数3年でみるとプラスに転じるものが大半である。例えば、追加的削減量13万トンCO₂が見込まれる高性能工業炉は、法定耐用年数で見ると、追加的削減費用はトン炭素当たり - 3万円であるが、投資回収年数を3年でみた場合、トン炭素当たり7,000円となる。

< 暫定版 >

表9 対策技術の経済性評価(法定耐用年数)

対策技術名	追加的削減量 [千トンCO ₂]	追加的削減費用 [円/t-C]
上水処理施設へのインバータ制御の導入	150	-45,000
エチレンプラントガスタービン電力回収	510	-44,000
スクラップ鉄の転炉投入	1,400	-35,000
廃プラスチックのセメント原燃料化	1,900	-33,000
高性能工業炉	8,300	-30,000
高効率型嫌気性排水処理	400	-24,000
廃プラの高炉原料化法	1,300	-22,000
縦型ヨレ内部セパレータの効率改善	100	-21,000
下水処理施設へのインバータ制御の導入	17	-1,100
仕上ヨレの縦型化	59	4,800
ファンブローア用インバータの導入	840	24,000
気相法ポリエチレンプロセス	400	44,000
地域熱供給	260	48,000
苛性化工程軽カル製造技術	91	58,000
高性能触媒利用プロセス	440	59,000
ガスタービンの複合発電システム	650	69,000
ナフサ接触分解	300	71,000
メンブレンリアクター利用プロセス	360	73,000
気相法ポリプロピレンプロセス	730	360,000

< 暫定版 >

表10 対策技術の経済性評価(耐用年数3年の場合)

対策技術名	追加的削減量 [千トンCO ₂]	追加的削減費用 [円/t-C]
スクラップ鉄の転炉投入	1,400	-35,000
上水処理施設へのインバータ制御の導入	150	-27,000
豎型ミル内部セパレータの効率改善	100	-21,000
高性能工業炉	8,300	7,000
高効率型嫌気性排水処理	400	8,000
エチレンプラントガスタービン電力回収	510	13,000
廃プラの高炉原料化法	1,300	19,000
廃プラスチックのセメント原燃料化	1,900	23,000
下水処理施設へのインバータ制御の導入	17	35,500
ファンプロア用インバータの導入	840	70,000
仕上ミルの豎型化	59	154,700
ガスタービンの複合発電システム	650	166,000
地域熱供給	260	205,000
気相法ポリエチレンプロセス	400	241,000
高性能触媒利用プロセス	440	267,000
苛性化工程軽カル製造技術	91	276,000
メンブレンリアクター利用プロセス	360	322,000
ナフサ接触分解	300	332,000
気相法ポリプロピレンプロセス	730	1,850,000

(3) 運輸部門

運輸部門の対策のうち、低公害車の導入、乗用車から軽乗用車への転換、公共交通機関の活用、貨物のトラック輸送から鉄道・船舶への転換については、動学的応用一般均衡モデルにより、燃料税の効果として算定した。個別の対策技術別の費用を示すことはできないが、総和として2,340万t CO₂の追加的削減量を実現するための追加的削減費用は、34,000円/t Cである。

< 暫定版 >

表11 対策技術の経済性評価

対策技術名	追加的削減量 [千トンCO ₂]	追加的削減費用 [円/t-C]
自動車に対する燃料税の導入(14.5%の税を導入した場合)	23,400	34,000
テレワーク、テレビ会議の推進	1,500	130,000
都市部での自動車走行環境の改善 (ITSの活用)	320	2,260,000

(4) 民生部門

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

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

< 暫定版 >

表12 対策技術の経済性評価(法定耐用年数)

対策技術名	追加的削減量 [千トンCO ₂]	追加的削減費用 [円/t-C]
内炎式ガステーブル	780	-171,000
給湯器にエコマイザーを導入	160	-160,000
潜熱回収型温水ボイラー	250	-160,000
待機電力の節電	710	-150,000
非常口高輝度誘導灯	530	-150,000
エレベータの省エネルギー	370	-150,000
自動販売機の省エネルギー	2,500	-150,000
ガスコージェネレーション(業務部門)	460	-94,000
燃料電池コージェネレーション(業務部門)	2,600	-53,000
超高効率変圧器の導入	290	-20,000
潜熱回収型給湯器	2,100	-980
家庭用燃料電池コージェネレーション	1,300	12,000
太陽熱温水器(家庭部門)	2,400	65,000
食器洗い機	1,300	96,000
ビルのエネルギー管理システム	1,300	120,000
太陽光発電の導入(家庭部門)	1,500	200,000
太陽光発電導入(業務部門)	410	200,000
太陽熱温水器導入(業務部門)	230	230,000
パッシブソーラーハウス	1,200	240,000
屋上緑化	140	790,000
都市緑化	2	20,000,000

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

< 暫定版 >

表13 対策技術の経済性評価（耐用年数：家計5年、民間事業3年）

対策技術名	追加的削減量 [千トンCO ₂]	追加的削減費用 [円/t-C]
内炎式ガステーブル	780	-171,000
待機電力の節電	710	-150,000
非常口高輝度誘導灯	530	-150,000
潜熱回収型温水ボイラー	250	-150,000
エレベータの省エネルギー	370	-150,000
自動販売機の省エネルギー	2,500	-150,000
給湯器にエコノマイザーを導入	160	-130,000
ガスコージェネレーション(業務部門)	460	-71,000
燃料電池コージェネレーション(業務部門)	2,600	78,000
家庭用燃料電池コージェネレーション	1,300	110,000
潜熱回収型給湯器	2,100	138,400
超高効率変圧器の導入	290	210,000
太陽熱温水器(家庭部門)	2,400	419,000
食器洗い機	1,300	666,000
屋上緑化	140	790,000
太陽光発電の導入(家庭部門)	1,500	930,000
パッシブソーラーハウス	1,200	1,420,000
太陽熱温水器導入(業務部門)	230	1,430,000
太陽光発電導入(業務部門)	410	1,580,000
ビルのエネルギー管理システム	1,300	1,850,000
都市緑化	2	20,000,000

< 暫定版 >

表14 対策技術の経済性評価（耐用年数：3年）

対策技術名	追加的削減量 [千トンCO ₂]	追加的削減費用 [円/t-C]
内炎式ガステーブル	780	-171,000
待機電力の節電	710	-150,000
非常口高輝度誘導灯	530	-150,000
潜熱回収型温水ボイラー	250	-150,000
エレベータの省エネルギー	370	-150,000
自動販売機の省エネルギー	2,500	-150,000
給湯器にエコノマイザーを導入	160	-130,000
ガスコージェネレーション(業務部門)	460	-71,000
燃料電池コージェネレーション(業務部門)	2,600	78,000
超高効率変圧器の導入	290	210,000
家庭用燃料電池コージェネレーション	1,300	240,000
潜熱回収型給湯器	2,100	325,060
太陽熱温水器(家庭部門)	2,400	775,000
屋上緑化	140	790,000
食器洗い機	1,300	1,429,000
太陽熱温水器導入(業務部門)	230	1,430,000
太陽光発電の導入(家庭部門)	1,500	1,580,000
太陽光発電導入(業務部門)	410	1,580,000
ビルのエネルギー管理システム	1,300	1,850,000
パッシブソーラーハウス	1,200	2,480,000
都市緑化	2	20,000,000

(5) H F C 等 3 ガス

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

< 暫定版 >

表15 対策技術の経済性評価

対策技術名	追加的削減量 [千トンCO2]	追加的削減費用 [円/t-C]
HCFC-22の生産に伴う副生HFC-23の回収処理技術	8	73
家庭用冷蔵庫のHFC冷媒の代替技術	73	1,100
押出発泡ポリスチレンフォームのHFC発泡剤の代替技術	910	1,800
噴霧器で使用するHFCの代替技術	2,600	3,600
ウレタンフォームのHFC発泡剤の代替技術	970	5,000
ドライエッチング、CVDクリーニング用途におけるPFCおよびSF6の代替技術	5,800	9,900
業務用冷凍空調機器のHFC冷媒の回収処理技術	75	17,000
カーエアコンのHFC冷媒の回収処理技術	490	22,000
家庭用冷蔵庫のHFC冷媒の回収処理技術	170	77,000

(6) 非エネルギー起源の CO2、CH4、N2O

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

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

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

＜ 暫定版 ＞

表16 対策技術の経済性評価

対策技術名	追加的削減量 [千トンCO ₂]	追加的削減費用 [円/t-C]
混合セメント利用拡大	1,400	-6,000
エコセメント利用拡大	550	-27
家畜糞尿処理方法の変更	1,700	0
廃プラスチックの発生抑制	1,500	0
最終処分場の覆土	300	2,400
下水汚泥焼却炉の燃焼効率の改善	360	20,000
生分解性プラスチックによる廃プラ発生抑制	39	160,000
水田からのCH ₄ 発生を抑制する技術 (水管理方法の変更、稲わらの分解促進)	1,800	567,000
家畜の飼料構成の改善	40	770,000
GHG排出抑制型下水処理システム	89	2,800,000
食品廃棄物のリサイクル	260	3,900,000
バイオ・エコエンジニアリングを活用した生活系排水の処理	290	4,200,000
施肥方法の変更 (局所施肥)	98	5,000,000

6 . 今後の検討について

経済モデルを用いたトップダウン方式との比較分析及び統合化の検討

現在、我が国の代表的な6種モデルを用いて、京都議定書の目標を達成するために必要な経済的措置や、温暖化対策がもたらす国内経済への影響などに関して分析を行っており、これらの経済モデルを用いたトップダウン方式の分析結果との比較分析を行う。

また、トップダウン方式の分析では、エネルギー起源のCO₂の排出量を中心に検討することから、ボトムアップ方式で得られた非エネルギー起源のCO₂、CH₄、N₂O、HFC等3ガスの追加的削減量と経済性の検討結果との統合化の可能性についても検討する。

経済性評価の対象技術の追加検討

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

費用評価の精査

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

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

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