

『低炭素社会に向けた 12 の方策』
開発マニュアル

Development Manual of
“A Dozen of Actions towards
Low-Carbon Societies (LCSs)”

2009 年 10 月

脱温暖化 2050 プロジェクト

責任編集：「2050 日本低炭素社会」シナリオチーム

目次

1. はじめに.....	1
2. 「方策」検討の目的.....	2
2.1. 「方策」検討の目的.....	2
2.2. 本マニュアルの対象範囲.....	2
3. 用語の整理.....	4
4. 「方策」の位置づけ.....	5
4.1. 方策の実施主体.....	5
4.2. 方策の枠組み.....	5
5. 「方策」検討の手順.....	6
5.1. 検討フロー.....	6
5.2. 方策の枠組みの検討（イノベーションの抽出・整理）.....	7
5.3. 「目指す将来像」の検討・記述.....	10
5.4. 「実現への障壁と段階的戦略」の検討（制約条件分析・ステークホルダー分析）.....	12
(1) 制約条件分析.....	12
(2) ステークホルダー分析.....	16
5.5. 各方策の親和性・競合の再検討.....	16
6. 「12の方策」の解説.....	17
6.1. 快適さを逃さない住まいとオフィス.....	17
(1) 目指す将来像.....	17
(2) 実現への障壁と段階的戦略.....	21
6.2. トップランナー機器をレンタルする暮らし.....	25
(1) 目指す将来像.....	25
(2) 実現への障壁と段階的戦略.....	30
6.3. 安心でおいしい旬産旬消型農業.....	33
(1) 目指す将来像.....	33
(2) 実現への障壁と段階的戦略.....	36
6.4. 森林と共生できる暮らし.....	40
(1) 目指す将来像.....	40
(2) 実現への障壁と段階的戦略.....	43
6.5. 人と地球に責任を持つ産業・ビジネス.....	51
(1) 目指す将来像.....	51

(2) 実現への障壁と段階的戦略	55
6.6. 滑らかで無駄のないロジスティクス	64
(1) 目指す将来像	64
(2) 実現への障壁と段階的戦略	72
6.7. 歩いて暮らせる街づくり	77
(1) 目指す将来像	77
(2) 実現への障壁と段階的戦略	84
6.8. カーボンミニマム系統電力	92
(1) 目指す将来像	92
(2) 実現への障壁と段階的戦略	96
6.9. 太陽と風の地産地消	105
(1) 目指す将来像	105
(2) 実現への障壁と段階的戦略	113
6.10. 次世代エネルギー供給	121
(1) 目指す将来像①	121
(2) 実現への障壁と段階的戦略①	124
(3) 目指す将来像②	127
(4) 実現への障壁と段階的戦略②	132
6.11. 「見える化」で賢い選択	137
(1) 目指す将来像	137
(2) 実現への障壁と段階的戦略	142
6.12. 低炭素社会の担い手づくり	147
(1) 目指す将来像	147
(2) 実現への障壁と段階的戦略	148
7. 引用・参考文献	155

1. はじめに

気候変動による人類への負のインパクトをできるだけ抑えるには、世界の温室効果ガス排出量を2050年までに半減以下にするなどの、大幅な削減が求められる。化石エネルギーの大量消費に伴う経済発展を謳歌してきた日本をはじめとする先進国の責任は大きく、さらに大幅な削減が求められることになるだろう。

環境省地球環境研究総合推進費戦略研究「脱温暖化社会2050研究プロジェクト」(S-3)では、2004年度から5年間をかけて、温室効果ガスの排出量を大幅に削減する社会である「低炭素社会」の社会像およびそれを実現するための政策手段を検討してきた。

これらの研究成果として、2007年2月に報告された「2050日本低炭素社会シナリオ：温室効果ガス70%削減可能性検討」(以下、「70%削減可能性報告書」)、2008年5月に公開された「低炭素社会に向けた12の方策」(以下「12の方策報告書」)などがある。

「12の方策報告書」は、「70%削減可能性報告書」で示したシナリオを実現する施策群を提案したものである。作成にあたり、脱温暖化2050研究プロジェクトに参画している約60名の研究者の協力によって収集した、20を超える施策群のアイデアをベースにその内容を検討・精査し、さらに有識者や実務にあたる行政官などとの意見交換を通じて、最終的に12の方策にまとめあげたものである。シナリオチームが中心となって報告書をまとめる際に、12の方策の説明を各1ページに収めるなどコンパクトに成果をまとめたため、掲載できなかった情報が多くある。それらの情報の中には、具体的内容が多く含まれているため、実際に低炭素社会づくりのための方策を考える際にはむしろ貴重な情報といえよう。

本マニュアルは、「12の方策」報告書をどのように作成したのか、収集した20を超える施策群、方策の作成方法やその情報源、方策の実例などについてとりまとめたものである。これらが実際の方策づくりに役立てられることを期待したい。

以下に「12の方策」作成にあたり情報作成を行った主たる研究チームを示す。

各方策づくりの情報作成を行った主たる研究チーム

方策1	都市チーム、シナリオチーム	方策7	交通チーム、シナリオチーム
方策2	ITチーム、シナリオチーム	方策8	エネ供給チーム、シナリオチーム
方策3	シナリオチーム	方策9	エネ供給チーム、シナリオチーム
方策4	森林チーム、シナリオチーム	方策10	シナリオチーム
方策5	シナリオチーム	方策11	ITチーム、シナリオチーム
方策6	ITチーム、シナリオチーム	方策12	シナリオチーム
方策の構成/全体の調整：シナリオチーム			

2. 「方策」検討の目的

2.1. 「方策」検討の目的

「70%削減可能性報告書」では、2050年時点における低炭素ビジョンを構築するとともにCO₂大幅削減を実施する技術的ポテンシャルがあることを示した。当該研究においては1990年比でCO₂排出量を70%削減するような整合性ある低炭素社会なるものが存在しうることは示せたものの、その社会を実現するまでの道のりについての検討は十分には実施できていない。

一方で、実際に低炭素社会を実現するためには、社会システム、技術革新、ライフスタイルなどの大幅な変更（イノベーション）が求められる。このような大きなイノベーションを2050年までという限られた期間内に起こしていくためには、関連するあらゆる主体が低炭素社会実現のための戦略を共有し、協力・協同して進めていくことが不可欠となる。そこで、低炭素社会を実現するために実施すべき施策を専門家ヒアリングや文献調査をもとに多角的に検討することによって、その実施スケジュールを含め、政策決定者や関連するステークホルダーに提案することが、「方策」検討の主な目的である。

2.2. 本マニュアルの対象範囲

「脱温暖化社会 2050 研究プロジェクト」における低炭素社会シナリオのおおまかな検討手順を以下に示す。

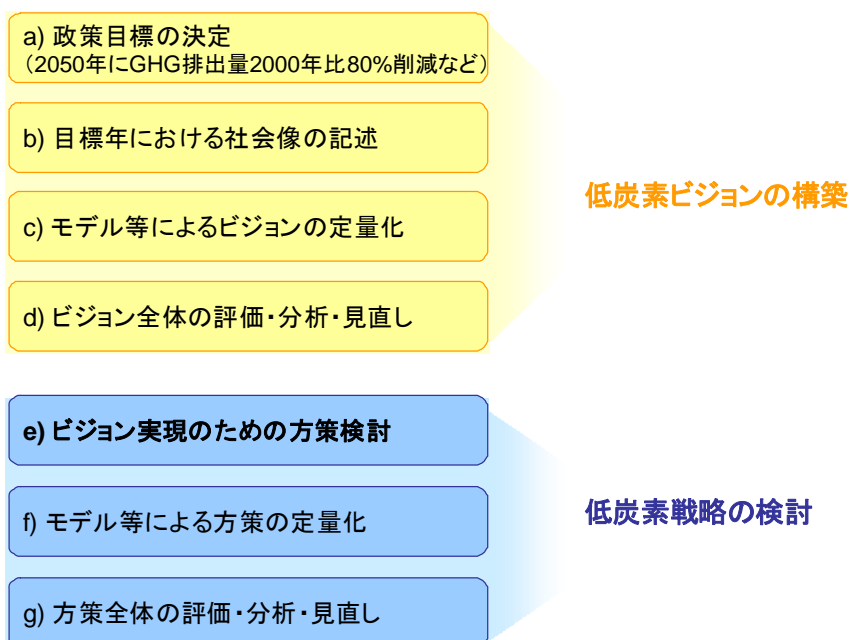


Fig 2-1 脱温暖化社会 2050 研究プロジェクトにおける研究フロー

このうち、a)~d)の低炭素ビジョンの構築にあたる部分が「70%削減可能性報告書」で検討した部分であり、詳細は他の文献(社団法人国際環境研究協会 地球環境 2007 No.2 Vol.12 「低炭素社会のビジョンと実現シナリオ」など)を参照されたい。

本マニュアルは、「e) ビジョン実現のための方策検討」部分を対象としたマニュアルであり、低炭素ビジョンがすでに構築されていることを前提にしている。また、「12の方策」で検討した方策の内容の妥当性や実現可能性などの評価を行うためには、各方策を実施するための時間、コスト、効果などを踏まえたモデル分析が必要となる。「脱温暖化社会 2050 研究プロジェクト」ではこれらの分析を可能とするバックキャストモデルの開発も行っている（上図の f)、g)に該当）が、本マニュアルの対象外であるため、ここでは詳細な解説をおこなっていない。

3. 用語の整理

一般に「政策」・「方策」などの用語は明確に定義されずに使用されているが、本マニュアルにおいては、これらを以下のように定義して使用する。

Table 3-1 用語の定義

用語	定義
イノベーション	低炭素社会を実現するために求められる大幅な社会変化。現在の社会の延長線上には存在せず、大幅なトレンドブレイクを要するような社会システム、技術革新、ライフスタイルなどのあらゆる変化を含む。
施策 (Option)	「低炭素社会」の実現を目的とする活動のまとまりであり、「低炭素社会」を実現するためのイノベーションととらえられるもの（例えば、高断熱住宅の普及、バイオ燃料自動車の普及など）を目的とする関連活動（行政、技術開発、産業化、国民啓発）。施策は直接施策と間接施策に分類される。「直接施策」とは活動量、エネルギー効率、エネルギー種構成などエネルギー消費量やCO ₂ 排出量を決定する要素を直接的に変化させる施策であり、一方「間接施策」は「直接施策」の浸透に影響を及ぼすことでCO ₂ 排出量に間接的に影響を与える施策を言う。
方策 (Action)	一群の「施策」の組み合わせ。そのパッケージが、他のパッケージとはある程度の独立性を持って低炭素社会へのイノベーションとなるようにしたもの。パッケージ全体としての目標、性格、時間スケール、政策・管理体制、現時点での実行容易性が付与されている。
政策 (Policy)	特定の行政課題に対応するための基本的な方針の実現を目的とする活動の大きなまとまり。本プロジェクトでは、低炭素社会を実現するための活動の総体として、「低炭素社会実現のための政策」を定義する

4. 「方策」の位置づけ

4.1. 方策の実施主体

本検討では、イノベーションを引き起こすために、政府（国・公共団体）が果たすべき役割を「施策（オプション）」あるいは「方策（アクション）」として取りまとめている。一方で、実際には社会イノベーションを起こすのは政策の介入が主な原因になるとは限らない。近年の国民の意識変化による消費行動の変化、地球温暖化対応への国際的要請の高まりによる企業の経営戦略変化などは大きなイノベーションの原動力となる可能性を秘めているといえる。

しかし、低炭素社会実現という大きな目標に対して、個人や企業活動にのみ依存することは不確実性が大きい。また方策検討の主たる目的である「戦略の共有」という観点からも政府がリーダーシップを発揮し、積極的に様々な手段を講じることは重要であるといえる。個人や企業が主導するようなイノベーションに対しても政府（国・地方公共団体）が果たすべき役割は極めて大きく、逆に政府の介入なしにはこれらのイノベーションの効果も不十分となる可能性がある。このような観点から、ここで記述する方策の主たる実施主体を政府（国・地方公共団体）として記述している。当然、個人や企業などの他の主体からの協力が得られればこれらのイノベーションはさらに加速すると考えられる。

4.2. 方策の枠組み

一般に、政府が様々な目的のために実施する施策の中には、それ単独として実施するよりも、他の親和性の高い施策と組み合わせ、パッケージ化された方策として実施した方が効率よく効果をあげることができたり、互いの競合を踏まえた上での全体最適化が図れたりすることがある。方策は、このような観点から、他の方策と独立性を持ったある程度のまとまりとして整理されたものであり、全体最適化に近づけるための検討アプローチであるといえる。

一方で、方策はその定義上、「施策の組み合わせ」であるとしているため、その組み合わせ方によって、多様なレベルの枠組みとなりうる。方策の枠組み、組み合わせ方法、レベルについてはそれぞれの検討の目的に応じて検討しておく必要があるが、「12の方策」の検討プロセスにおいては、「低炭素社会実現のための戦略の共有」という目的に重点を置いたため、方策の数を可能な限り少なくすることを重視し、12の方策として取りまとめた。

5. 「方策」検討の手順

5.1. 検討フロー

本研究で採用した方策の検討プロセスを以下に示す。既出のとおり、方策の検討は目標年における低炭素ビジョンをもとに構築するため、あらかじめ定性的・定量的な検討をおこなったビジョンの存在が前提となる。

- 1) 方策の枠組みの検討（イノベーションの抽出・整理）
- 2) 「目指す将来像」の検討・記述
- 3) 「実現への障壁と段階的戦略」の検討・記述（制約条件分析・ステークホルダー分析）
- 4) 方策の親和性・競合の再検討

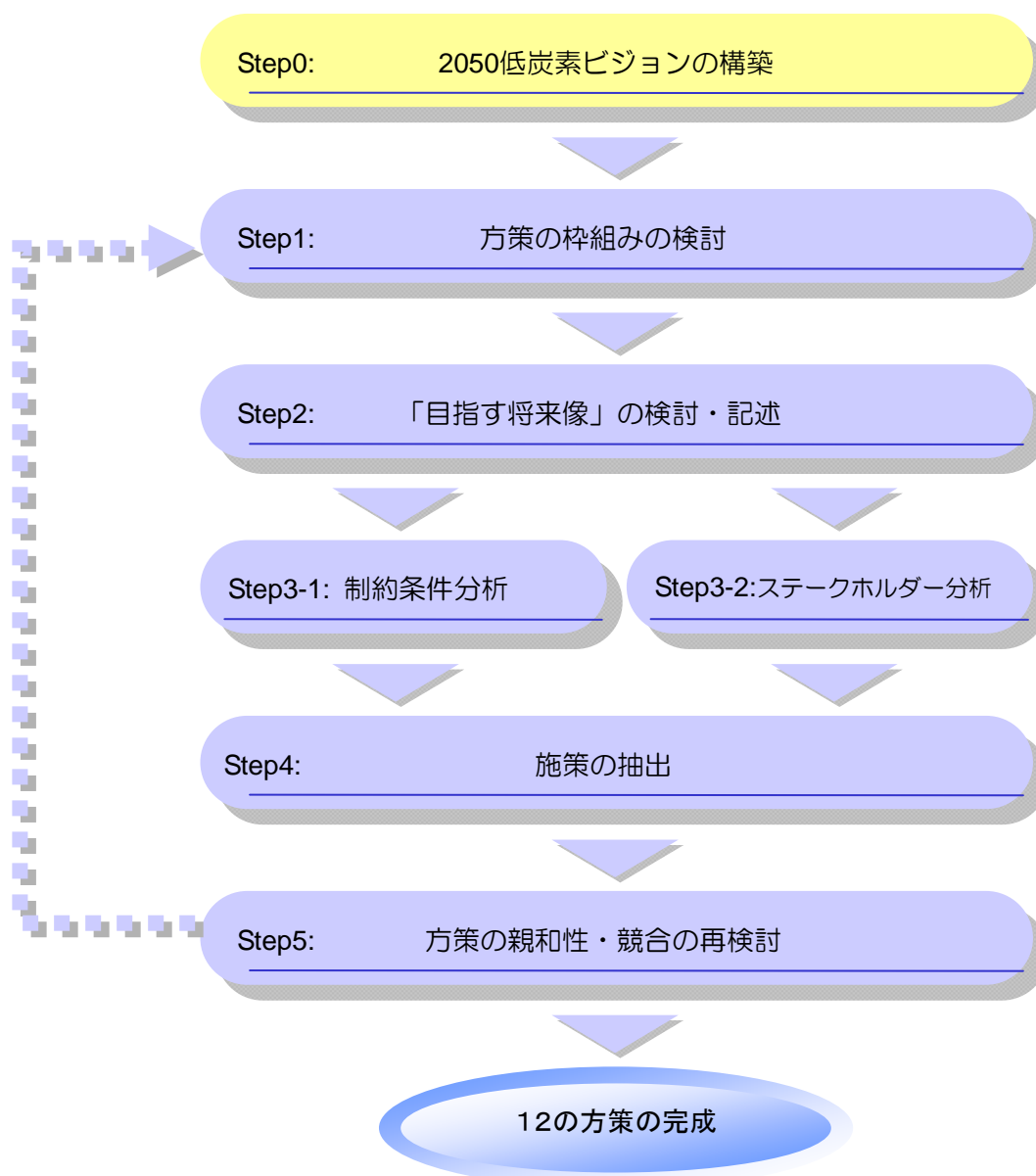


Fig 5-1 方策の検討フロー

5.2. 方策の枠組みの検討（イノベーションの抽出・整理）

上述の通り、低炭素社会と現在の社会には大きな隔たりがあり、低炭素社会実現のためには技術・社会インフラ・制度・国民の意識など様々な面でのイノベーションが必要となる。そこで「70%削減可能性報告書」で検討されたシナリオ A（活発、技術志向の社会）とシナリオ B（ゆったり、自然志向の社会）の2つの低炭素ビジョンと現在の社会（2000年時点）を比較しつつ、どのような項目が挙げられているか抽出し、以下のように整理を行った。

Table 5-1 低炭素社会実現のためのイノベーション

部門	要素	A	B	イノベーション	達成水準
産業	サービス需要削減	○	○	農作物の旬産旬消	農作物あたり平均燃料消費量30%減
	エネルギー効率改善	○	○	高効率ボイラ、高効率モータの利用など	ボイラー効率11%改善、直接過熱効率67%改善、モータ効率25%改善等
	CO2強度改善	○	○	石油・石炭から天然ガスへの燃料転換	蒸気・直接加熱用石油・石炭から天然ガスへのシフト率：70%
○		○	木材などの低炭素型素材への転換	セメント、鉄鋼、非鉄金属、金属製品から建設部門への投入係数2000年比70%	
民生	サービス需要削減	○	○	高断熱住宅・建築物の普及促進	次世代基準住宅の普及：住宅ストックの100%
		○	○	HEMS・BEMSによるエネルギー消費の最適制御	空調サービス需要-10%、照明サービス需要-20%など
	エネルギー効率改善・CO2強度改善	○	○	高効率ヒートポンプエアコン・給湯器・照明の普及	空調用ヒートポンプCOP=8.0、給湯用ヒートポンプCOP=6.0など
		○	○	燃料電池の開発・普及	燃料電池コージェネ普及率：暖房需要の10%
		○	○	太陽光発電の普及	太陽光発電容量：42~86GW
		○	○	太陽熱温水器の普及	給湯用エネルギー供給量：2.0~10Mtoe
○	○	燃焼系暖房・厨房機器でのバイオマス利用拡大	暖房サービスに占めるバイオマスシェア：50%		
運輸	サービス需要削減	○	○	土地の高度利用、都市機能の集約、歩いて暮らせる街づくり	自動車交通量（人キロ）-26%、バス鉄道のシェア増大
		○	○	公共交通機関（鉄道・LRT・バス）への旅客交通のモーダルシフトの促進	
		○	○	歩行者や自転車利用促進のためのインフラ整備（駐輪場・自転車専用通路）	徒歩・二輪による交通量17%増：（人キロベース）
	エネルギー効率改善・CO2強度改善	○	○	電気自動車の普及	軽乗用車：40~100% 軽貨物車：40% など
		○	○	燃料電池自動車の普及	乗用車：60% 軽貨物車：40% など
		○	○	バイオマス燃料の普及	バイオ燃料混合率50~100%
○	○	高効率貨物自動車の普及	燃費：2000年比30%以上の改善		
○	○	鉄道・船舶・航空のエネルギー効率向上	鉄道効率改善：2000年比2倍 船舶効率改善：2000年比1.33倍		
エネ転	炭素強度改善	○	○	低炭素エネルギー（天然ガス、原子力、再生可能エネルギー）への燃料転換	CO2排出原単位：67~99%減
		○	○	夜間電力の有効利用、電力貯蔵の拡大	
		○	○	再生可能エネルギー由来の水素の供給	再生可能エネルギーによる水素供給量：4.5Mtoe
		○	○	CCSによるCO2フリー電力・水素の製造	CO2隔離量：36MtC/年

また、これらをもとに、方策の大まかな枠組みについて検討を行った。ここで検討する枠組みはあくまで暫定的なものであり、以下に示す様々な分析の結果を踏まえて見直し・再検討を行う必要がある。なお、方策の枠組み検討にあたっては、以下の点に気をつける必要がある。

- ・ 構築した方策の枠組みによって上記の表に示される全てのイノベーションがカバーされていること
- ・ 方策を構成する施策の親和性が高いこと
- ・ 方策同士は互いに独立性が高いこと（ただし、どのような枠組みを構築しても各方策が完全に独立となることは困難である）。

「12の方策」を検討するにあたっては、各分野別に必要な施策をブレインストーミングによって抽出し、それらをステークホルダー別に分類することにより、方策の枠組みについて検討を行った。以下に検討時に用いたフレームワークを示す。

ステークホルダー別の方策 2007.10.4

排出部門	活動主体	生活												企業				インフラ		
		a. 低炭素型「買物」	b. 低炭素型「食」	c. 低炭素型「住」	d. 低炭素型「余暇」	e. 低炭素型「移動」	f. 低炭素型「働き方」	低炭素型 g. マニファクチャリング (⑦の再掲)	低炭素型 h. オフィス環境	低炭素型 i. ビジネススタイル (企業の変勢)	低炭素型 j. 情報通信システム	低炭素型 k. 交通システム (再掲)	低炭素型 l. 教育システム	低炭素型 m. エネルギー の目的 利用	低炭素型 n. 脱炭素系 電力					
家庭	① 低炭素型 居住空間	グリーン購入 (省エネ家電)	高効率調理機器 高効率冷蔵庫	省エネ・創エネ 機器、高断熱、 見える化、省エ ネ行動	高効率映像機 器、エコアプ ス	SOHO、在宅勤 務	省エネ家電の供 給		省エネ家電の供 給、社員教育	高効率IT機 器、HEMS					創エネ機器、 エネ融通、分散 電力制御技術					
業務	② 低炭素型 オフィス・ 商業施設	セクター別の方策				クールビズ、 ウォームビズ	省エネ業務機 器の供給	高効率機器、高 断熱、見える 化、省エネ行 動	省エネ業務機 器の供給、環 境情報公開、 社員教育	高効率IT機 器、BEMS					創エネ機器、 エネ融通、分散 電力制御技術					
運輸旅客	③ 低炭素型 自動車交通				軽量車体、エコ ドライブ、モー タ駆動、パー ナル輸送		良燃費自動車 の供給		良燃費自動車 の供給	ITS、交通 代替設備機 器				地域バイオ燃料 利用、ソーラー パネル自動車						
	④ 低炭素型 短距離交通	買い物/配達		職住近接	公共・徒歩・自転 車、エコドライ ブ、モータ駆 動、パーソ ナル輸送	SOHO、在宅勤 務	高効率輸送機 器の供給	職住近接	高効率輸送機 器の供給	ITS、交通 代替設備機 器		公共交通機関 LRT、自転車 道、シームレ ス輸送、ITS								
	⑤ 低炭素型 長距離交通	グリーン購入 (低炭素貨物輸 送の選択)			脱長距離ドライ ブ、レンタカー	テレビ会議			グリーン購入 (低炭素貨物輸 送の選択)	ITS、交通 代替設備機 器	見える化シ ステム	公共交通機関 LRT、シーム レス輸送、ITS	見える化、環境 教育(自動車教 習所、企業、政 府公報)							
運輸貨物	⑥ 低炭素型 物流		地産地消、見 える化、フード マイレージ				インバースマ ニファクチャー リング (Inv. Mf.)		グリーン購入 環境情報公開、 高効率製造機 器	ITS、輸送 効率改善		貨物鉄道・ター ミナル、貨物港 、ITS		地域バイオ燃料 利用						
製造業	⑦ 低炭素型 マニファク チャリング	グリーン購入 (低炭素製造品 の選択)		木造住宅			高効率製造機 器、LC商品購 入の率先行動、 見える化 Inv. Mf.	木造建築物	グリーン調達 環境情報公開、 高効率製造機 器	高効率制御 機器、 SCM				エネルギー融通						
農林水産	⑧ 低炭素型ア グリ	グリーン購入 (低炭素生産の 農林水産物の選 択)	旬の食材、高効 率農耕器具、高 効率冷蔵	高効率伐採法						見える化技 術				エネルギー融 通、バイオマス 農業						
エネ転換	低炭素エネ ルギーシステム (x.1の再掲)	グリーン電力購 入	部門間エネ ルギー融通	エネルギー融 通、太陽光発 電、燃料電池	バイオ燃料、水 素燃料インフラ			太陽光発電、燃 料電池	グリーン電力購 入	見える化技 術、分散エ ネルギー制 御技術		バイオ燃料、水 素燃料インフラ		地域熱供給	OCS、原子力、 バイオマス、風 力発電					
部門横断															炭素税、カーボンオフセット、環境金融商品					

Fig 5-2 方策の枠組みの検討

これらをもとに、以下に示す方策検討プロセスを繰り返すことで、12個にまとめあげたものが「12の方策」である。

Table 5-2 12の方策の枠組み（最終版）

方策 1.	快適さを逃さない住まいとオフィス
方策 2.	トップランナー機器をレンタルする暮らし
方策 3.	安心でおいしい旬産旬消農業
方策 4.	森林と共生できる暮らし
方策 5.	人と地球に責任を持つ産業・ビジネス
方策 6.	滑らかで無駄のないロジスティクス
方策 7.	歩いて暮らせる街づくり
方策 8.	カーボンミニマム系統電力
方策 9.	太陽と風の地産池消
方策 10.	次世代エネルギー供給
方策 11.	「見える化」で賢い選択
方策 12.	低炭素社会の担い手づくり

以下では本項「5.2 方策の枠組みの検討（イノベーションの抽出・整理）」で抽出されたそれぞれの方策の具体的な内容について検討するプロセスを解説する。

5.3. 「目指す将来像」の検討・記述

上記で抽出されたようなイノベーションが実際に導入されるためには、技術や社会制度、インフラ、人々の考え方など様々な社会要素がそのイノベーションを後押しする状態である必要がある。このような観点から、既に検討されている叙述シナリオの内容との整合性を睨みつつ、それぞれの方策が最終的にどのような社会の実現を目指すのかについて包括的な観点から検討を行い、「目指す将来像」として整理した。「目指す将来像」の記述にあたっては、特に以下の4つの項目に注目し、専門家ヒアリングなどを通じてその実現可能性などにも配慮しつつ記述した。

Table 5-3 目指す将来像の検討項目

項目	検討内容
技術開発・普及	技術はどこにどのように導入されているのか？ どのような技術が主流となっている必要があるのか？
関連インフラの整備状況	どのようなインフラがどの程度整備されている必要があるのか？
社会制度・ガバナンス	どのような社会制度が存在している必要があるのか？ 対策の普及に大きな役割を果たす主体はどの主体か？
国民意識・企業意識	国民意識・企業意識はどのようになっている必要があるのか？

Table 5-4 目指す将来像の具体例（方策1.快適さを逃さない住まいとオフィス）

【太陽と風を活かした建築デザイン】

太陽光や自然風を建築物内に取り込むパッシブデザイン設計など、それぞれの地域風土に合わせた建築技術やデザインが広く普及している。また、断熱技術・日射遮蔽技術・自然通風技術などの個別の技術レベルも向上しているため、住宅・建築物内の快適性を維持しつつエネルギー消費量の削減が可能となっている。この結果、住宅の世帯あたりエネルギー需要は2000年比-40%程度、建築物でも床面積あたりで-40%程度に低減している。さらにそれぞれの建築物の屋根や壁面には、太陽熱給湯器や太陽光発電が標準的に設置されており、特に低層住宅では、高断熱、パッシブデザイン、太陽エネルギー利用の組合せによって、そのほとんどがゼロカーボン住宅となっている。

【家計に優しい環境性能】

新築・改築時における住宅の環境性能（エネルギー消費量やCO₂排出量）認証結果に応じた固定資産税やローン借入金利の減免措置が一般化しており、環境性能の高い住宅建築・購入へのインセンティブとなっている。既設住宅では安価に住宅性能コンサルタントのアドバイスを受けら

れるようになっており、環境性能向上に向けた改築の提案などに加え、コンサルタントを介することにより改築費用の割引制度やローン借入金利の優遇が受けられるようになっているなど、住宅の環境性能の高さを社会全体で高く評価する制度や仕組みが整っている。このため、環境意識の低い市民でも環境性能の優れた住宅を選好するようになっている。

【匠の技の育成・伝承】

地域それぞれの気候を活かした建築デザインと最先端の機器を融合させることができるような設計者・建築家が各地に育成されており、そのノウハウは次世代へと引き継がれている。また、200年住宅などの長寿命型建築物も広く浸透しており、無駄な資源・エネルギーの消費を抑制している。

5.4. 「実現への障壁と段階的戦略」の検討（制約条件分析・ステークホルダー分析）

(1) 制約条件分析

「目指す将来像」の姿は、特に施策や方策を導入しなければ2050年に実現することは到底できない社会像である。裏返せば、現在の社会と「目指す将来像」の間にはイノベーションを妨げる様々な障壁が存在しているということであり、これらの課題・障壁などについてよく理解しておくことはより具体的な施策を検討する上で非常に重要となる。低炭素社会を実現するために乗り越えるべき課題・障壁は、イノベーションが進展していく段階に応じて以下の3段階に分類できる。

Table 5-5 課題・障壁の種類

導入開始制約	導入開始制約は、それら乗り越えない限り、イノベーションという社会変化はほとんど起こりえないという障壁である。具体的には、「導入技術のレベルが実用化に未到達」「環境負荷の測定基準の未整備」といった課題であり、イノベーションが開始されるための条件とも言うべき課題・障壁であるといえる。
導入速度制約	上記の導入開始制約が取り除かれ、イノベーションが進展していったとしても、その社会変化の速度は様々な要因に影響される。2050年までという限られた期間内に達成水準（あるいはそれ以上）までイノベーションを進展させるためには、このような様々な速度制約となる障壁を緩和する、あるいは取り除く必要がある。 例えば、電気自動車や燃料電池自動車などのモータ駆動自動車が実用化されたとしても、全ての自動車が一気にこれらの自動車に置き換わるわけではない。人々が電動自動車を購入するのは現在乗っている自動車を乗り換えるタイミングとなる可能性が高く、普及速度の制約となりうるだろう。また、ガソリン自動車などの競合する技術が存在し、コストや効率性、快適性も含め、その競争力が依然として高ければ、導入速度は限定的となる。生産者側に目を向ければ、これらの電動自動車を製造する工場をつくり、需要に即した台数を供給できるようになるためには一定の期間が必要となる。このように様々な要因が導入速度制約となりうるが、これらのうち、ボトルネックとなる最も制約条件が厳しい障壁を優先的に解決していくことが、導入速度制約の改善には不可欠であるといえる。
導入上限制約	イノベーションの導入上限についても検討を行っていく必要がある。具体的には、バイオマス資源などの資源量制約や太陽光発電や風力発電導入のための土地面積制約などといった制約が挙げられる。また、このような物理的な制約に加え、人々の選好などのような社会的制約、系統容量などの技術的な制約なども含めて導入量上限制約を検討する必要がある。社会的制約や技術的制約に関しては、人々の意識変化や革新的技術の開発などによって変化しうるものであり、政策によってある程度制約条件を緩和することができる場合もあろう。

そこで上記で描いた低炭素社会の「目指す将来像」の姿を実現するためには、どのような制約条件（課題・障壁）を乗り越えなければならないかをブレインストーミングや専門家ヒアリングなどをもとに抽出した。制約条件の抽出に当たっては「技術開発・普及」、「関連インフラの整備」、「社会制度・ガバナンス」、「国民意識・企業意識」のそれぞれについて注目して検討した。なお、

様々な施策を実施し、合理的な方策としてとりまとめるためには実施の手順を検討することが重要となる。そこで、以下に示す「制約条件分析*」という手順を取ることで、目指す社会像実現のための制約条件およびそれを乗り越えるための施策を可能な限り網羅的に抽出するとともに、そのスケジュールや順序について検討を行った。以下にその手順を示す。

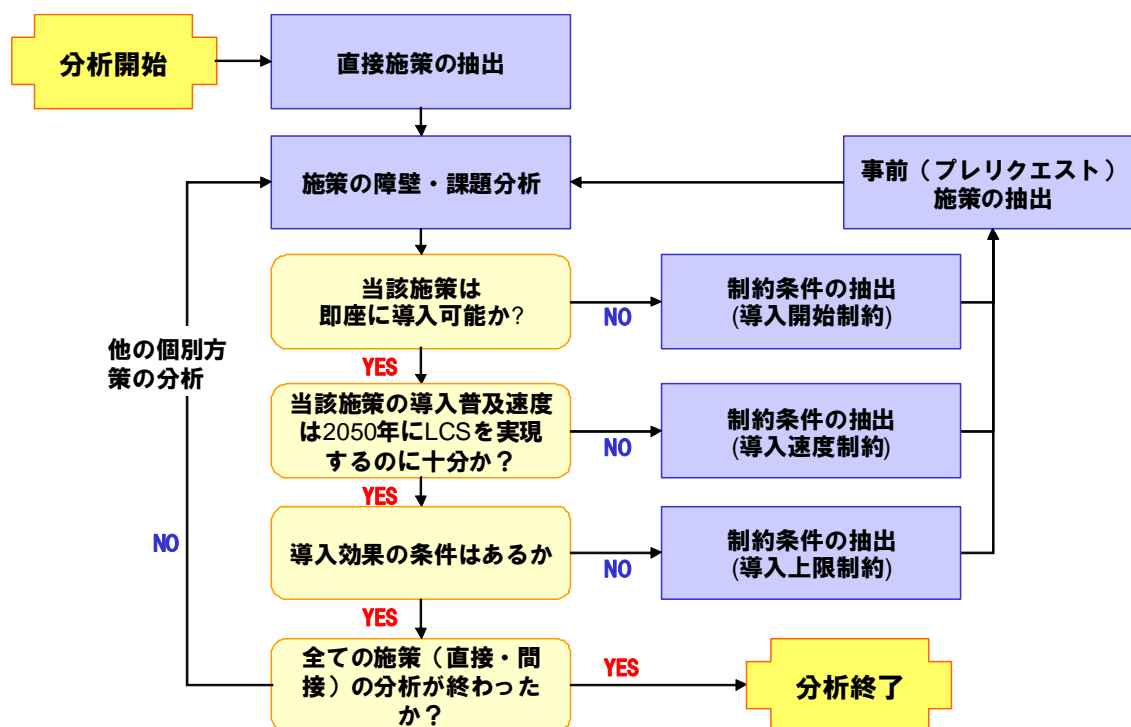


Fig 5-3 制約条件分析のフロー

*制約条件分析：制約条件分析とは各方策の目指す将来像を実現するための課題や障壁を可能な限り網羅的に抽出するための検討手法・プロセスのひとつであり、本研究で開発している手法である。

【手順 1】：直接施策の抽出

まず、目指す社会像を実現するにあたって直接的に活動量、エネルギー効率、エネルギー種構成などエネルギー消費量や CO₂ 排出量を決定する要素を変化させる直接施策の抽出を行う。

以下に「12の方策」における直接施策を整理する。

Table 5-6 12の方策における直接施策

方策 1.	快適さを逃さない住まいとオフィス	環境性能の高い 住宅・建築物の普及
方策 2.	トップランナー機器をレンタルする暮らし	省エネ技術・制御技術の普及
方策 3.	安心でおいしい旬産旬消費農業	農業生産過程における CO ₂ 排出量の低減
方策 4.	森林と共生できる暮らし	木材利用による素材製品代替
方策 5.	人と地球に責任を持つ産業・ビジネス	低炭素型経営の促進
方策 6.	滑らかで無駄のないロジスティクス	流通の効率化・省 CO ₂ 化の推進
方策 7.	歩いて暮らせる街づくり	低炭素型まちづくりの実践（自動車依存からの脱却） 低環境負荷自動車の普及
方策 8.	カーボンミニマム系統電力	系統電力の低炭素化
方策 9.	太陽と風の地産池消	再生可能エネルギーの大量普及
方策 10.	次世代エネルギー供給	低炭素型水素供給 バイオエネルギー供給量の大幅拡大
方策 11.	「見える化」で賢い選択	見える化による消費者行動変化
方策 12.	低炭素社会の担い手づくり	環境意識向上に伴う低炭素型ライフスタイル実践

【手順 2】：直接施策の制約条件分析

次に手順 1 で抽出した直接施策を進めるにあたっての、導入開始制約、導入速度制約、導入上限制約の有無を検討する。例えば方策 1 の場合、直接施策である「環境性能の高い住宅・建築物の普及」に対して、「一般住宅と比較して高環境性能住宅・建築物はコストが高い」という制約条件が抽出された。これは導入速度制約のひとつであると考えられる。

【手順 3】：事前（プレリクエスト）施策の抽出

手順 2 で抽出された各種制約条件に対してはそれを乗り越えるために新しい施策を検討することが必要となる。そこで、直接施策を実施する前に行っておくべき施策（このように特定の施策を実施するために事前に実施しておかなくてはならない施策をプレリクエスト施策と呼ぶ）を検討・抽出する。プレリクエスト施策は多くの場合間接施策であり、ひとつの課題に対して複数のプレリクエスト施策が抽出されることもある。

【手順 4】：間接施策の制約条件分析

手順 3 で抽出された間接施策に対しても制約条件分析を行い、導入開始制約、導入速度制約、導入上限制約の有無を検討し、手順 2、手順 3 のプロセスを繰り返すことで網羅的に施策の抽出をおこなう。

【手順5】

全ての施策が抽出されたら、その施策と制約条件を図示し、その実施手順の大まかな流れを把握する。以下に施策相関図の一例を示す。

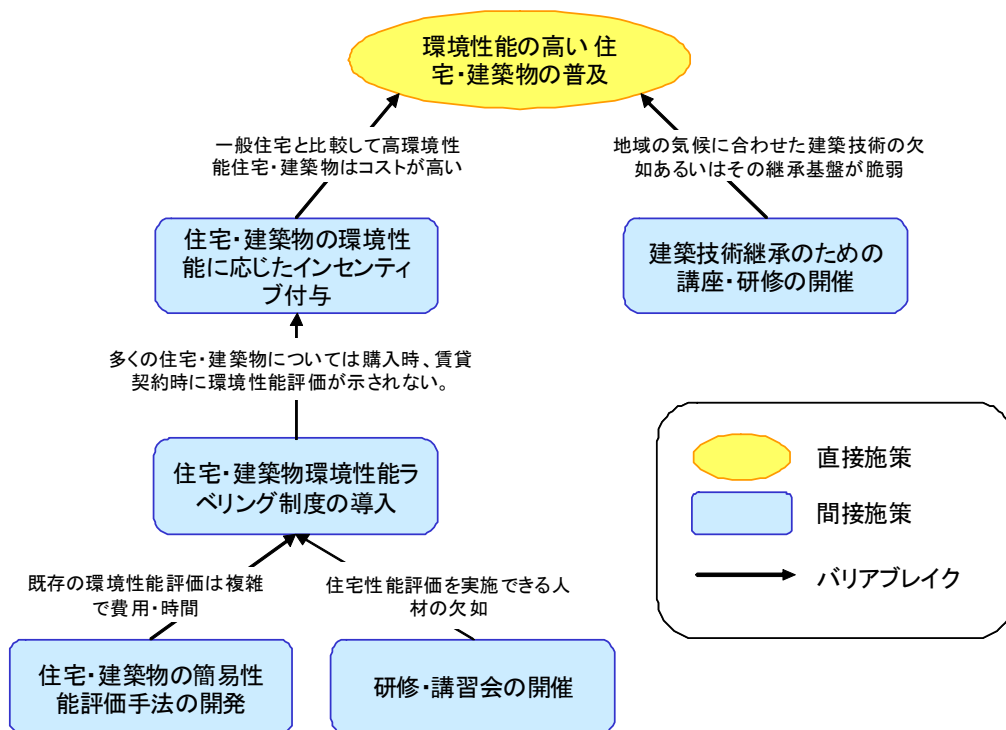


Fig 5-4 施策相関図の例 (方策1)

(2) ステークホルダー分析

ステークホルダー分析とは、方策に関連するステークホルダーを抽出し、それぞれのステークホルダーが方策導入のボトルネックとなっていないかを検討・確認する分析である。

一般に低炭素社会に向けた取り組みが、特定のステークホルダーの不利益に繋がる場合、そのステークホルダーがボトルネックとなり方策が十分な効果をあげないことがある。方策・施策は関連するステークホルダーの利益・便益を制御することによって、それらのステークホルダーの行動を変化させることが可能である。しかし、施策の導入によって新たに特定のステークホルダーの利益を阻害し、新たなボトルネックを生んでしまうこともありうるため、方策がある程度完成した段階で、ステークホルダーの利害を確認し、方策がスムーズに実施されるかどうか検討を行った。

なお、ステークホルダー分析は制約条件分析の補完的役割を持つものであり、制約条件分析によって構築された一連の施策群をもとに、その妥当性を検証するプロセスであるといえる。

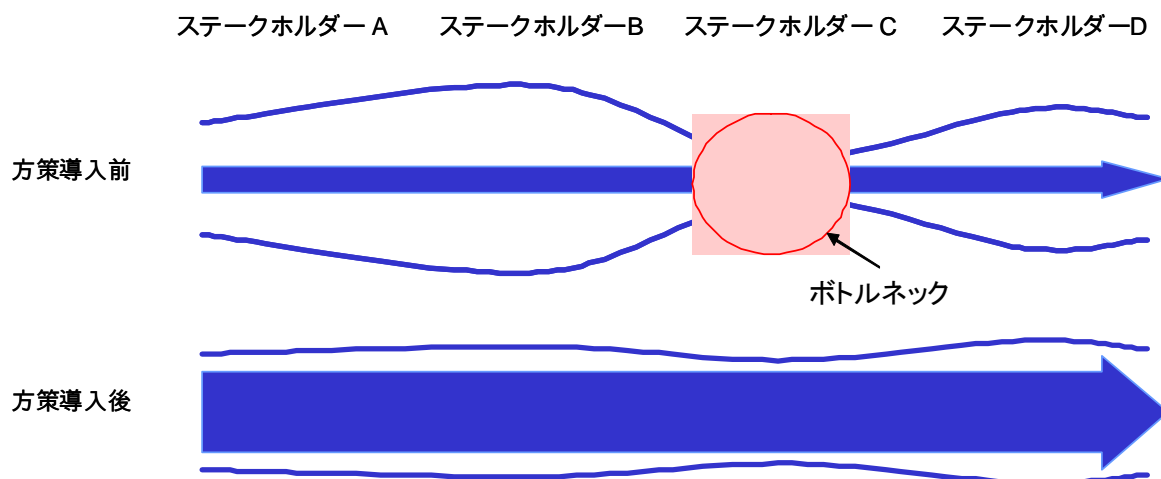


Fig 5-5 ステークホルダー分析の概念図

5.5. 各方策の親和性・競合の再検討

作成した方策をもとに、施策の親和性などを再度見直し、方策の枠組みの再検討を行った。さらに専門家や関係者などへのヒアリングによって方策の妥当性を検討し、最終的には12の方策として全体の整理を行った。

6. 「12の方策」の解説

「12の方策」報告書では、紙面の制約上、方策の構築手法や1つ1つの方策に関する説明を簡略化している。しかし、これらの情報は政府や地方行政による政策立案において、貴重な情報となりうる。そこで、本章では各方策に示される様々な施策の相関関係やそれぞれの特徴、方策には選択されなかった施策とそれらが選択されなかった理由などについて解説を行う。

6.1. 快適さを逃さない住まいとオフィス

(1) 目指す将来像

【太陽と風を活かした建築デザイン】

太陽光や自然風を建築物内に取り込むパッシブデザイン設計など、それぞれの地域風土に合わせた建築技術やデザインが広く普及している。また、断熱技術・日射遮蔽技術・自然通風技術などの個別の技術レベルも向上しているため、住宅・建築物内の快適性を維持しつつエネルギー消費量の削減が可能となっている。この結果、住宅の世帯あたりエネルギー需要は2000年比-40%程度、建築物でも床面積あたりで-40%程度に低減している。さらにそれぞれの建築物の屋根や壁面には、太陽熱給湯器や太陽光発電が標準的に設置されており、特に低層住宅では、高断熱、パッシブデザイン、太陽エネルギー利用の組合せによって、そのほとんどがゼロカーボン住宅となっている。

【家計に優しい環境性能】

新築・改築時における住宅の環境性能（エネルギー消費量やCO₂排出量）認証結果に応じた固定資産税やローン借入金利の減免措置が一般化しており、環境性能の高い住宅建築・購入へのインセンティブとなっている。既設住宅では安価に住宅性能コンサルタントのアドバイスを受けられるようになっており、環境性能向上に向けた改築の提案などに加え、コンサルタントを介することにより改築費用の割引制度やローン借入金利の優遇が受けられるようになっているなど、住宅の環境性能の高さを社会全体で高く評価する制度や仕組みが整っている。このため、環境意識の高くない市民でも環境性能の優れた住宅を選好するようになっている。

【匠の技の育成・伝承】

地域それぞれの気候を活かした建築デザインと最先端の機器を融合させることができるような設計者・建築家が各地に育成されており、そのノウハウは次世代へと引き継がれている。また、200年住宅などの長寿命型建築物も広く浸透しており、無駄な資源・エネルギーの消費を抑制している。

<<解説>>

① 方策の枠組み

家庭やオフィスなどでは、快適で効率的な生活や仕事を行っていくために多くのエネルギー機器が稼動しており、大きなCO₂排出源となっている。民生用のエネルギー負荷の低減のためには大きく分けて建物そのものに対策を導入する方法と、空調機器などの建物内で使われる機器の高効率化を進める方法があるが、この方策では前者に注目したイノベーションを念頭においている。これは、それぞれの土地にあった自然条件を活かすようにデザイン・設計を行うことで、可能な限り化石燃料などの消費に頼らずに快適な生活空間・オフィス空間を維持しようとする考え方である。具体的には住宅・建築物内の熱エネルギーを逃がさない高断熱・高气密化技術や、太陽エネルギーの入射を制御することで冷房需要を低減する日射遮蔽技術、太陽光を最大限に活用する自然採光技術などが挙げられる。

② イノベーションに求められる技術

○ 断熱技術 (高断熱・高气密化)

外壁・屋根・床・窓などに断熱材や空隙などを用いて建物構造の断熱化を図り、熱の流入・流出を抑制しようとする技術である。特に寒冷地においては暖房需要の低減に非常に有効であり、国土交通省では気候区分ごとに住宅・建築物の省エネ基準を設けて高断熱・高气密化技術の普及に力を入れている。

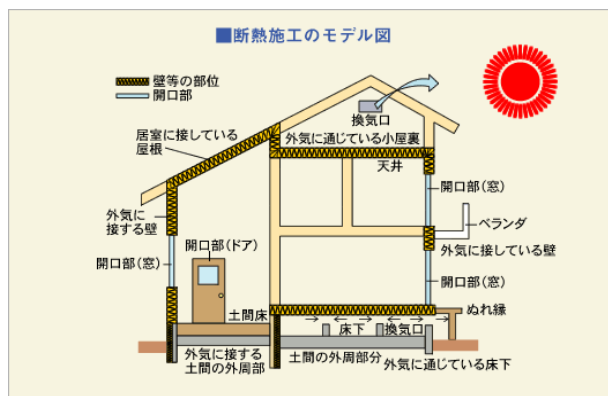


Fig 6-1 断熱施工のイメージ¹

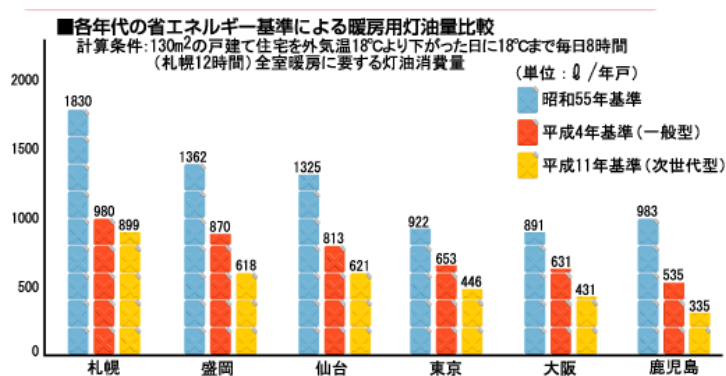
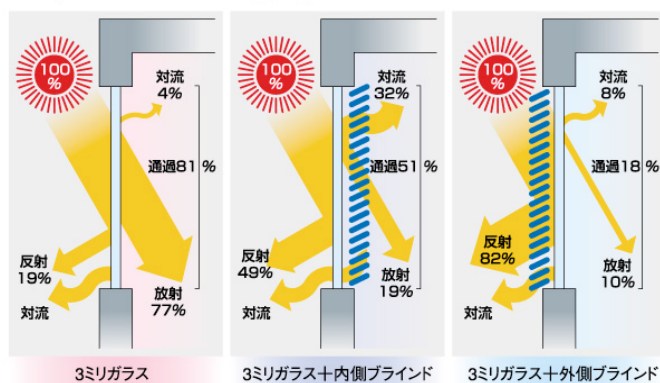


Fig 6-2 断熱化による暖房需要削減効果²

○ 日射遮蔽技術

一方で、夏季の冷房需要に関しては、窓から入る入射熱を窓などの開口部において遮断することによって低減することが可能となる。遮熱複層ガラスやブラインドなどの採用によって、改修工事によって導入できる対策もあるが、例えば建物の向きや窓の大きさなどのように建築時のデザインが非常に重要となる要素も含まれている。

図4 ブラインドによる日射遮蔽



出所:日本建材・住宅設備産業協会

Fig 6-3 開口部における日射遮蔽技術³

○ 自然通風

室外から風を取り入れることにより、室内の温度や湿度を制御する技術。その地域の気候や風土に適合した建築デザインを採用することにより、空調エネルギーの削減につなげることが可能となる。

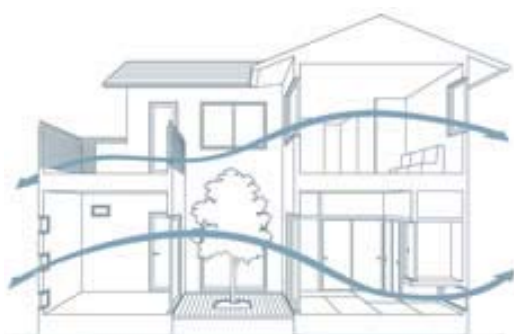
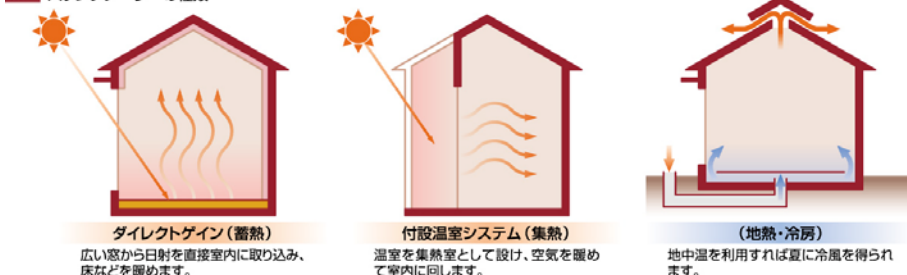


Fig 6-4 通風に配慮した建築デザインのイメージ

図2 パッシブソーラーの種類



出所:日本建材・住宅設備産業協会

Fig 6-5 地域の気候・風土に合わせた建築デザインによる空調需要削減⁴

③ イノベーションに求められる制度・インフラ

一方でこのような環境負荷低減に資する建築技術やデザイン手法が社会に広く受け入れられるためには、住宅・建築物の省エネルギー・省CO₂の性能が容易に比較できる状態であり、かつ環境性能が高い住宅や建築物を選択したほうが居住者やオーナーにとって「得」となるような社会

制度が導入されている必要がある。また、建築家や住宅メーカー側の視点から見ると、建築デザインが普及するためには、地域ごとの特性を活かした設計を行うためのノウハウとスキルが必要となる。このため、地域ごとにその経験が蓄積され、次の世代に受け継がれているような、技術の継承基盤ができていることが目指すべき社会のひとつの重要な項目として掲げられる。

*太陽光発電や太陽熱温水器などは設備としての一面を持ち合わせており、技術対策として認識される場合もある。しかし、これらの機器を建材の一部として導入する建材一体型のアプローチも徐々に広がりつつあり、2050年には基本的にあらゆる建築物にこれらの機器が導入されている必要があることから、ここでは太陽光発電・太陽熱温水器などの機器を建材の一部として捉えて記述している。

Box 1：広がる環境配慮型建築デザイン

積水化学工業グループの積水ハイム（株）では、太陽光発電・エコキュート・高気密・高断熱などの低環境負荷化住宅技術+省エネコンサルティングを提供する「おひさまハイム」の供給^{5,6}を行っている。また、同グループの積水ハウス（株）では、トヨタ自動車（株）など多数の企業と共同して洞爺湖サミットに出展した、大容量太陽光発電システム・高効率照明・家庭用燃料電池・省エネ家電などを搭載した「ゼロエミッションハウス」⁷、自然との調和・エネルギーの効率的利用・3Rをテーマにした快適な住まいの実験・体験施設「サステナブルデザインラボラトリー」⁸など、住宅の省エネ性能向上・パッシブデザイン導入に関して意欲的な取り組みが行われている。

また、YKK AP（株）の、自然風のパッシブデザインをコンセプトにした「グリーンブリーズ」⁹や、ミサワホーム（株）の高断熱・高気密技術と太陽光・太陽熱・自然風などのパッシブデザインの両立と相乗効果を謳った「ECO・微気候デザイン」住宅¹⁰など、多数の企業が住宅の環境性能向上に意欲的に取り組むようになってきている。

(2) 実現への障壁と段階的戦略

【基準策定期】

現状では住宅・建築物の購入時や賃貸契約時には、一般に環境性能についての情報が示されないため、選ぶ際の重要な項目とはなっていない。また、現在でも、住宅・建築物の環境性能評価を行うことは可能であるが、複雑な計算を要するのみならず評価を実施するスキルを有する人材が不足しているために十分に普及していない。そこで、既存の建築評価手法（CASBEE など）や欧州などで実施されている評価方法を参考にしつつ、建築物用途別の簡易性能評価手法の確立を進めると共に、省エネ・省CO₂性能診断に向けた診断士の養成を継続的に進めておく。また、大学などに匠の建築技術を伝える講座を開設したり、各地域で施工者向けの研修会などを開催することで省エネ建築技術・デザインを継承する下地をつくる。

【環境性能ラベリング導入期】

開発した評価手法をもとに、住宅・建築物のラベリング制度を導入し、長期的な省エネ基準の目標値を建築物用途別に定めて段階的に引き上げていく。新築住宅は購入時、既設住宅では改築時、賃貸住宅・業務建築物については定期的にラベリングの認証・登録を義務付け、最低ランクの基準を満たさない新築住宅・賃貸住宅・業務建築物に対しては、高効率機器の導入や太陽光発電・太陽熱利用機器などの導入を通じて基準値を満たすように指導する。環境性能ラベルには、標準世帯の年間エネルギー消費量・CO₂排出量に加え、年平均エネルギー費用などの経済性を表示し、初期投資とランニングコストを比較できるようにする。また、環境性能ラベルに応じた税制優遇や低金利融資制度を組み合わせることで、オーナーやユーザに対して、長期的な視野に基づいた住宅・建築物選好へのインセンティブを与える。

<<解説>>

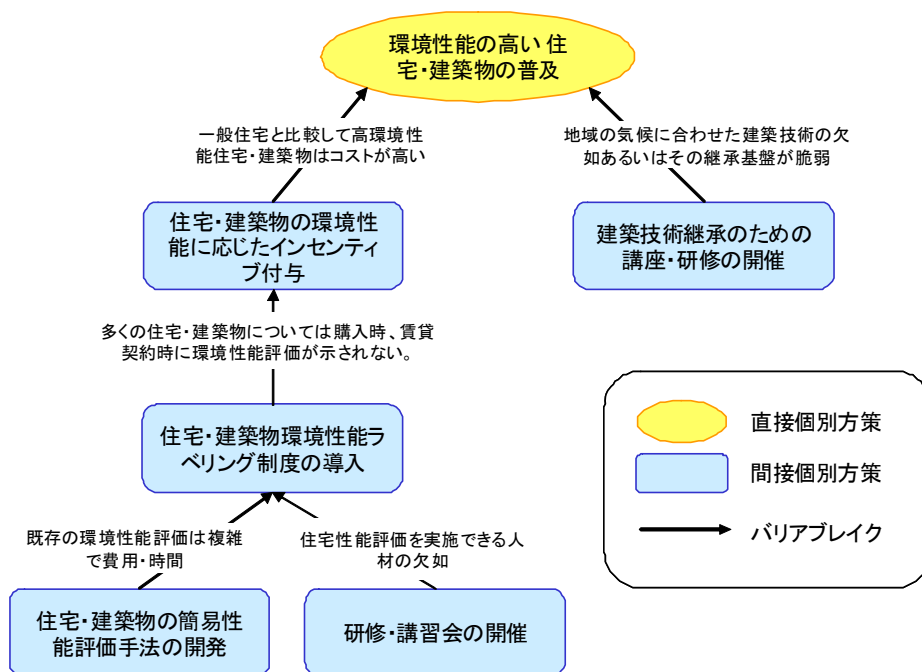


Fig 6-6 施策相関図 (方策1)

① 住宅・建築物の環境性能に応じたラベリング制度の導入

一般に環境性能の高い住宅を建設するためには、追加的なコストが発生することが導入の大きな阻害要因になっている。このため間接施策として最も重要なもののひとつが環境性能の高い住宅・建築物を選択するための(経済的)インセンティブだと考えられる。インセンティブとしては、その環境性能に応じた補助金、固定資産税などの減税(税制のグリーン化)、低金利融資制度などがあり、それぞれ一長一短があるが、これらを組み合わせつつ、実施することが重要となる。

- 固定資産税減税の事例(住宅の省エネ改修促進税制:窓の二重サッシ・天井や壁の断熱工事などの「断熱改修工事」に対して所得税や固定資産税を減額する(国土交通省)¹¹⁾
- 低金利融資制度の事例(フラット35:民間金融機関と住宅金融支援機構が実施する低金利住宅ローン¹²⁾
- 補助金の事例(住宅・建築物高効率エネルギーシステム導入促進事業:省エネルギー性の高い高効率エネルギーシステムを既築、新築、増築及び改築の住宅に導入する際に、その費用の一部(3分の1を上限とする)を補助する((独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下、NEDO))¹³⁾

② 住宅・建築物環境性能ラベリング制度の導入

インセンティブを付与するためには、全ての住宅・建築物の環境性能が目に見える形で提示されている必要がある。しかし日本では、環境性能評価が実施され、それがわかりやすい形で提示されている住宅・建築物は一部にとどまっている。つまり、インセンティブを導入するためには、その前に住宅・建築物環境性能が比較できるように「見える化」（ラベリング制度）を進めておくことが好ましい。さらに、「見える化」が進むことで人々の選択・選好にも影響を与えることが期待される。

③ 住宅・建築物の簡易性能評価手法の開発

住宅や建築物の省エネルギー基準は省エネ法において示されており、地域特性に合わせた建築・設計をするためのマニュアルも出版されている。また、住宅性能表示制度により、現在でも購入者が申し込めば住宅の環境性能も専門の第三者機関に評価してもらうことが可能となっている。しかし、上記のように全ての住宅・建築物に対して環境性能評価を適用し、実施することは困難であろう。これらを実施するためには従来の評価プロセスを簡易化した計算方法を開発しなければならない。既存の評価手法は「厳密さ」という観点からは優れているものの、汎用的に用いるという観点では計算プロセスが複雑で、専門的な知見を要するなどの欠点を抱えている。

④ 研修・講習会の開催

一方で、環境性能評価をあらゆる住宅・建築物に対して実施するためには、手法の簡易化と併せて、実際に建築評価を行う人材の開発も行っていく必要がある。

⑤ 建築技術継承のための講座・研修の開催

また、建築の評価だけではなく、実際に建築を行う建設会社や建築家の技術継承も当然「環境性能の高い住宅・建築物」の普及には不可欠となる。特に地域の特性を踏まえた建築技術・デザインを継承することが重要であり、ノウハウ継承のための講習会や研修会の開催などの支援を通じ、ノウハウ継承を促進することもひとつの策であろう。

Box 2：デンマークの建築物エネルギー性能評価証書公表制度^{14, 15}

デンマークでは、建築物エネルギー性能評価証書公表制度を導入して環境性能の高い住宅・建築物の普及を図っている。これは、建築物の省エネ性能をその規模や用途などに応じて専門技能を有するコンサルタントが客観的に計測・評価してランク付けし、建物所有者がその結果を公開することを義務付ける制度である。新規の建築物や改築に関しては、一定の基準を満たしたものに建築・売買・賃貸・利用などを認可するという仕組みも整備している。省エネ性能が高い建築物については、購入に際しての低利融資や所有に係る税軽減などのインセンティブが与えられる。また、評価に際しては、省エネ性能向上のための提案や改善によるコストパフォーマンス向上などのコンサルティングも含まれており、それをもとにして改善を促す仕組みも備えている。更に、省エネ性能を評価する統一基準を明示したハンドブックを作成したり、コンサルタントの育成・技能水準維持にも厳しい基準を設けたりするなどして、評価の信頼性保証を図っている。

この制度の実施により、デンマーク国内の評価実施済み建築物は順調に増加し、建築物の省エネ性能向上

のための投資やコストパフォーマンス向上が促進されているとの報告がなされている。

EU では建築物のエネルギー性能改善にかかわる欧州指令 (the Energy Performance of Buildings Directive : EPBD) を施行 (2003 年 1 月) し、加盟各国が国内法施行や制度の整備を行っているが、デンマークの制度は先進的な事例として取り上げられることが多い。

Box 3 : 英国のゼロカーボン住宅普及政策^{16, 17}

英国政府は 2007 年 12 月に「2016 年までに全ての新築住宅をゼロカーボン化する」と発表し、指針として「Code for Sustainable Homes」を発行し、2008 年 4 月には基準を明示した「Technical Guidance」を発行してその浸透を図っている (Technical Guidance は 2008 年 10 月に改訂され、現在に至る)。

これは、全ての新築住宅に関してエネルギー消費や CO₂ 排出量、水使用量などに関して基準を設定し、その基準達成状況を 6 段階の星で評価し、公表する指針を定めたものである。達成状況に応じて税制優遇措置を設けるなどの支援策を講じるほか、エネルギー効率や CO₂ 排出量に関する建築基準の段階的強化や、建築物環境性能評価ツールの整備、各地でモデル事業を展開するなどの関連施策が実施あるいは検討されている。

非住宅建築分野への対策は住宅分野の対策を後追いつくかたちで目標設定などがなされている。今後は既存の住宅やその他の建築物への対策が待たれるところである。

Box 4 : 日本の住宅性能評価

日本でも上記と同様の取り組みが進みつつある。住宅・建築物分野の省エネルギー対策の強化を図ることを目的に、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案が閣議決定され国会に提出されており、これが施行されると、建売戸建住宅の販売事業者に対して省エネ性能の計算が義務化されることとなっている²⁶⁴。

また、自治体によっては大規模建物の建築主を対象に住宅・建築物の性能評価である CASBEE 評価書の届出を義務化しているところもあり、このような制度を導入している自治体の数も増加しつつある (横浜市の「横浜市建築物環境配慮制度 (CASBEE 横浜)¹⁸」や東京都独自の「マンション環境性能表示制度」¹⁹ など)。このような取り組みは継続して実施する必要がある、日本全土に定着するまでに数年は要すると思われる。

6.2. トップランナー機器をレンタルする暮らし

(1) 目指す将来像

【省エネ技術・制御技術の普及】

家電製品・業務機器の省エネルギー技術競争の結果、あらゆる機器のエネルギー効率は大幅に向上し、エネルギーは無駄なく効率的に利用されている。また、情報通信技術の活用により機器が自律的に稼働状況を制御することができるようになっており、人のいないスペースや時間帯には自動的に稼働や通電が停止するようになっている。

【サービスを買う暮らし】

空調器や給湯器はリース契約となっており、暖冷氣や湯の使用量に応じた課金システムになっている。電力やガス料金はリース会社が支払う仕組みであるため、リース会社は常に機器修理や部品交換、最新の高効率機器への更新などを通じて機器の高効率化を図り、エネルギー費用を削減しようと努めている。なお、使用済み機器はリース会社に集中するため、不要機器の回収が容易に行われ、資源の有効利用が一層進んでいる。

【世界を牽引】

日本の技術は世界でも最高水準にあり、その先進性を国を挙げて世界中にアピールしている。これらの技術は、世界中に輸出されることで日本の経済の支柱となっていると共に、世界の低炭素社会構築にも貢献している。

<<解説>>

① 方策の枠組み

「6.1.快適さを逃さない住まいとオフィス」のように建物の屋根や外壁に対する対策に加え、家庭やオフィスなどで使用されている機器（家電、オフィス機器）を効率化させることができれば、大幅な省エネルギー・省CO₂の効果が期待できる。本方策は、これらの機器の効率化を進めることによって、大幅なCO₂の削減を目指すものである。

② イノベーションに求められる技術

家庭・オフィスにおけるエネルギー消費量が最も多いのは動力であり、これは昨今の家電製品やオフィス機器の多様化によるものである。また、暖房・給湯も依然として大きなシェアを占めており、これら3つの分野における機器の高効率化は特に大きな効果をもたらすと考えられる。空調用（暖房用・冷房用）、あるいは給湯用の機器の効率改善は目覚しく、今後も大幅な改善が見込まれている。

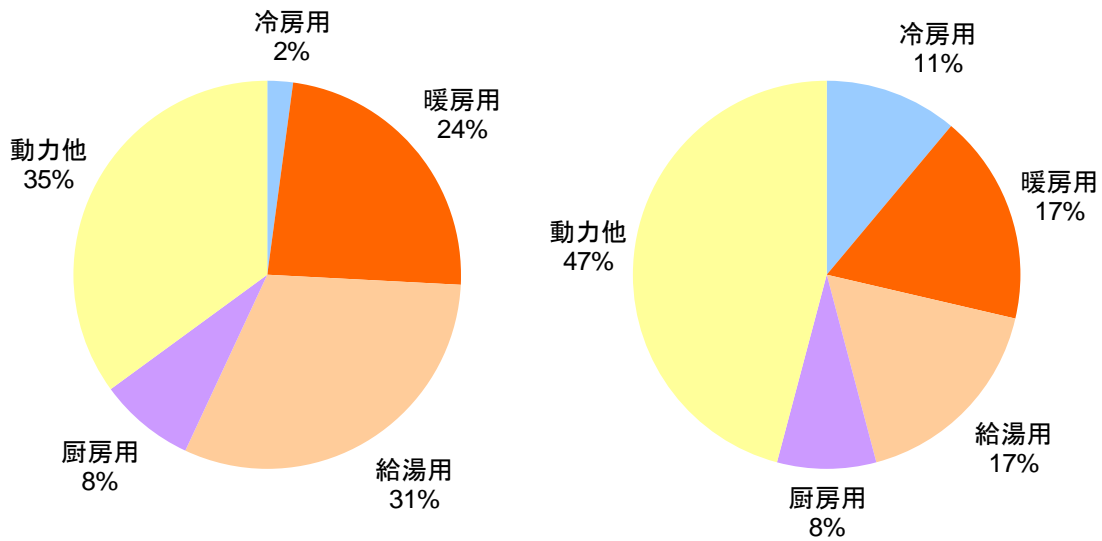
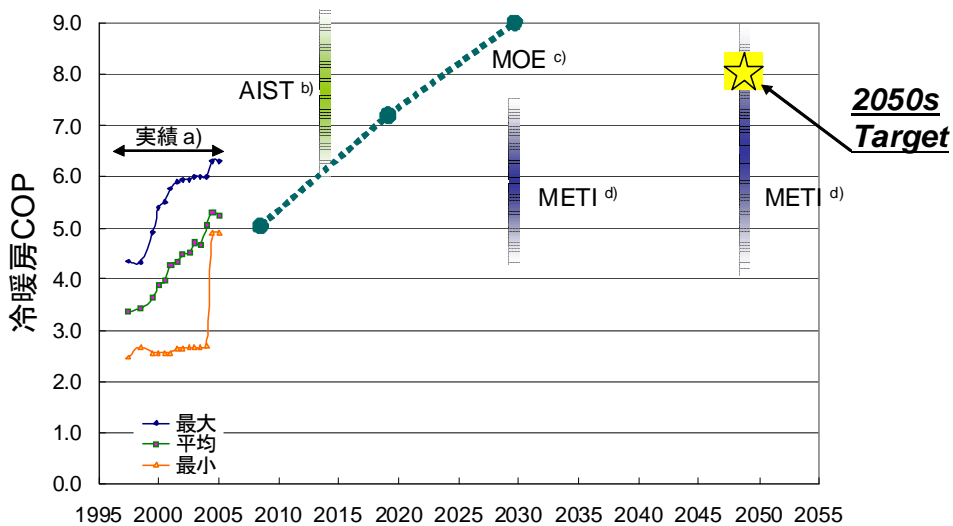
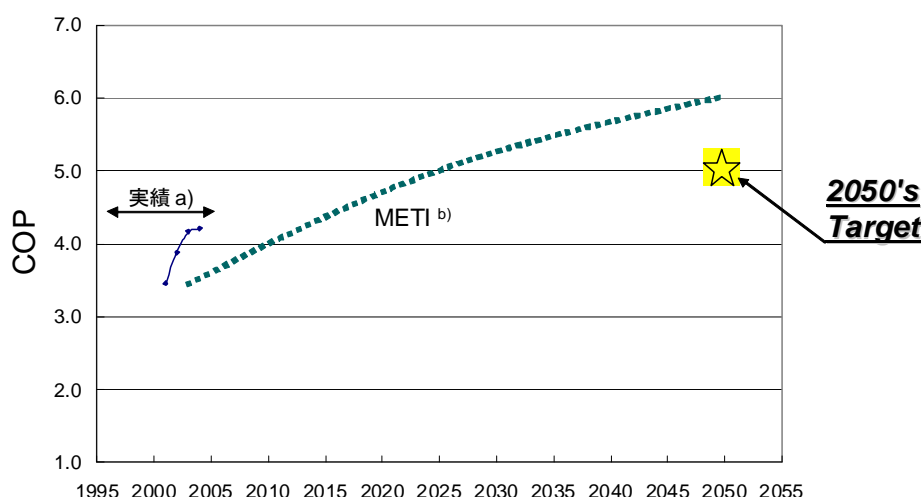


Fig 6-7 用途別民生部門エネルギー消費（左：家庭部門、右：業務部門）の内訳（2006年）²⁰



- 出典： a) 省エネルギーセンター(2004)：省エネルギー性能カタログ
 b) AIST 野村ら(2002)：「エネルギー技術に対する予測と意識の調査」技術実現時期に関するアンケートを実施。「家庭用エアコンの冷暖房効率(COP)が7以上の機種が日本で販売される」時期に関する回答の中間値は2015年。
 c) MOE (2004)：「地球温暖化対策技術検討会」 「2010年頃に年間COPが40%向上、2020年頃に100%向上、2030年より数年前に150%向上するベース」。現状のCOPを3.6と想定し、将来値を図にプロット。
 d) METI(2005)：「超長期エネルギー技術ビジョン」 「高効率ヒートポンプ 2030 COP5~7 2050 COP5~8」

Fig 6-8 既存文献におけるエアコンの効率向上の見込み^{21、22、23、24}



出典：a) 省エネルギーセンター(2005)：省エネルギー技術普及促進事業調査報告書
 b) METI(2005)：「超長期エネルギー技術ビジョン」

Fig 6-9 既存文献におけるヒートポンプ給湯器の効率向上の見込み^{24, 25}

単に個々の機器効率を改善することに加え、近年では先進的な制御技術によって省エネ・省CO₂につなげる方法が注目されている。これは、必要な空間のみに適度なサービスを供給することによって、サービス需要自体を削減するという考え方である。

例えば暖房・冷房などの空調設備を使う際に、全館空調を行うよりは実際に人がいる空間のみを対象に空調するほうが、空調が必要な空間に限られるため無駄なエネルギーの消費を削減できることは明らかである。

Box 5：空調制御技術による省エネルギー

三菱電機より発売されているルームエアコンには、様々なセンサーが取り付けられており、床の温度に加え、人の場所・状態・体感温度・壁からの距離などを自動で検知し、人のいるエリアのみを無駄なく快適に空調する機能を持たせている。この機能を活用することで、年間平均約40%の省エネに繋がるとしている。²⁶

照明などにおいても同様のことが言える。トイレや廊下、階段など、使用時間が比較的短い空間に人感センサーを取り付けて点灯・消灯の制御を行っているオフィスも最近では少なくない。また、昼間には可能な限り採光しつつ、不足する明るさに応じて照度を調節する昼光利用制御、あらかじめ時間帯に応じてスケジュールされた出力に制御するスケジュール制御、ランプ導入直後の余分な明るさを調光によって抑える調光制御などが、業務ビルを中心に多く採用されている。照明学会が実施したアンケート調査によると、オフィスビルにおいて照明制御システムを利用している割合はおよそ42%で、その制御の内訳はFig 6-11のとおりとなっている。

このような合理的な制御手法が今後広く普及すれば、エネルギー消費量・CO₂排出量の削減に大きく寄与するものと期待される。

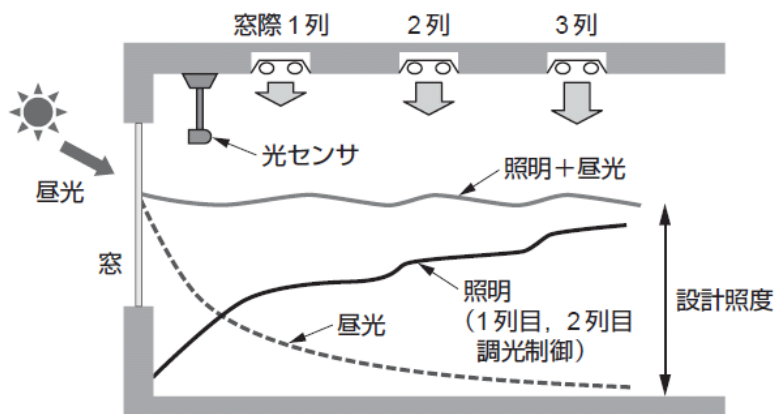


Fig 6-10 日光利用制御システムの例²⁷

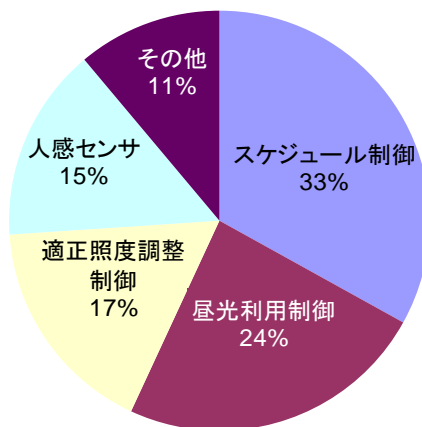


Fig 6-11 オフィスで利用される照明システム制御の内訳²⁸

③ イノベーションに求められる制度・インフラ

家庭やオフィスで使われる機器の効率化がうまく進展するためには技術の「開発」と「普及」の歯車がうまくかみ合っている状態である必要がある。つまり、高効率の機器が市場で好まれて普及することによって効率化に向けた企業の技術開発投資が活性化し、さらに活発な技術開発競争によってさらに低コストで高効率の機器が開発されて普及を後押しする、というサイクルを継続的に生み出さない限り、低炭素社会を実現するような大幅な効率改善はかなわない。

一方で、「普及」のサイクルには大きな制約があることに留意が必要である。一般に新たに技術開発が進み、高効率化が進展したとしても、それらが市場に普及するには一定の時間が必要となる（消費者の機器買い替えのタイミングに依存するため）。技術的ブレイクスルーによって製品の大幅な高効率化が進んだ場合、たとえ製品の寿命がまだ残っていたとしても、新技術へのリプレースを行った方がライフサイクル環境負荷が小さくなるケースもありうるが、実際に消費者がこのような観点から買い替えを行うことは稀である。

新たな技術的ブレイクスルーをいち早く市場に浸透させ、その便益を享受するためにはどうす

ればいいか。その手段の一つにリース方式の普及がある。ここで提案しているリース方式とは、業者が機器そのものを販売するのではなく、その機器を通じて供給される「暖かさ」、「涼しさ」、「温水」、「明るさ」などといったサービスを販売するというビジネスモデルである。

このようなビジネスモデルの利点として、機器の製造時から廃棄時まで消費するエネルギーのデータ、最新の機器と現在使用している機器の効率の差などを踏まえつつ、リース業者が専門的な観点からどの時期に更新を行うべきかを検討し、判断することができる点、機器の一部（部品など）を交換することで大幅な機能の改善ができるような場合には、使用できる部分を最大限活かしつつ、機器の効率を改善できる点、古くなった使用済み機器がリース会社に集中するため、リユース・リサイクルなどの効率化が図れる点などが挙げられる。

ただし、リース方式を導入したとしても、消費者が電気料金・ガス料金などを払い続けるようなビジネスである場合、リース会社にとっては、機器効率を高く維持するためのインセンティブが働きにくい。そこで、リース会社が電気やガスなどを自ら調達しつつ、暖冷気や湯の使用量といったサービスの供給量に応じて、消費者から料金を徴収する仕組みが導入できれば、リース会社は高効率機器への更新が直接利益につながる。また、消費者にとっても、消費するサービスの量を減らすことで公共料金を下げることができるため、省エネルギーへのインセンティブを妨げることもないであろう。

このように、高効率化に向けた継続的な技術開発投資によって生みだされる機器は、日本のみならず、世界各国の低炭素社会づくりにも大きく貢献しうるものであろう。環境省の報告書「低炭素社会づくりに向けて」でも日本の先進技術の普及が謳われており、日本の国際貢献、存在感、経済発展の観点からも大きな役割を果たすことが期待される。

Box 6 : 「あかり」という機能を売るビジネスモデル ^{29, 30, 31}

パナソニック電工（株）の「あかり安心サービス」は、ランプを販売するのではなく、「あかり」という機能のみを提供し、ランプの再資源化を保証して顧客の排出者責任を代行するビジネスである。

ランプはサービス会社の所有物とするため、不要になったランプはサービス会社が責任を持って回収し、適正処理・リサイクルにまで繋げる仕組みとなっている（再資源化率 95.0%以上：成型品で回収された直管蛍光灯の場合）。2009年7月時点で約6,100事業所と契約実績があるとのことである。

現在はリサイクルに重点が置かれているが、顧客に対してランプだけでなく照明器具などについてもコンサルティングしながら省エネ・低環境負荷への解決策を提案できるようになれば、低炭素社会にも大きく寄与するビジネスモデルとなる可能性がある。

このようなリース型ビジネスモデルは、家庭部門を対象にしたものは今のところほとんど見られないが、上記のように、オフィスなどでは既に存在している。

経済産業省では、このような「モノの販売」から「機能の提供」へシフトしたビジネスを「グリーン・サービサイジング事業」としてその発展拡大を奨励しており、各種の支援や実証事業公募などを通してその育成を図っている。

(2) 実現への障壁と段階的戦略

【制度改正期】

トップランナー制度はこれまでも大きな効果をあげてきた制度であるため、その経験を踏まえつつ、業務部門を中心に適用範囲を拡大する。また、空調や照明において、自律的制御による省エネルギー効果も適切に評価されるよう、トップランナー基準値の評価方法の見直しを進める。トップランナー基準値については、定期的に見直しを行い、新たな機器や技術の登場に応じて適用範囲を拡大したり、利用方法に応じた適切な評価方法を検討・開発しながら進めていく。

【ビジネスモデル転換期】

改正トップランナー制度のもと、機器単体での効率向上を進めると同時に、機器効率や省エネルギー、CO₂削減に向けた企業ごとの貢献度を第三者的に評価する制度を業界団体と協力しながら創設し、優秀な企業に対しては毎年表彰するなどの報奨制度を導入する。また、我が国発の技術・評価技術などが国際標準となるよう戦略的活動を推進する。一方で、機器ごとの最低回収率を設け、その基準を段階的に強化することで、売り切りのスタイルからリース業へのビジネスモデルのシフトを後押ししていく。さらにリースを行う企業に対しては、企業が所有するトップランナー機器や省CO₂型機器（太陽光発電・太陽熱温水器など）の固定資産税の減免などの経済的インセンティブを与える。

<<解説>>

現状から目指す将来像へと移行するための障壁およびその障壁を乗り越えるために取りうる施策として抽出された主な項目は以下の通りである。

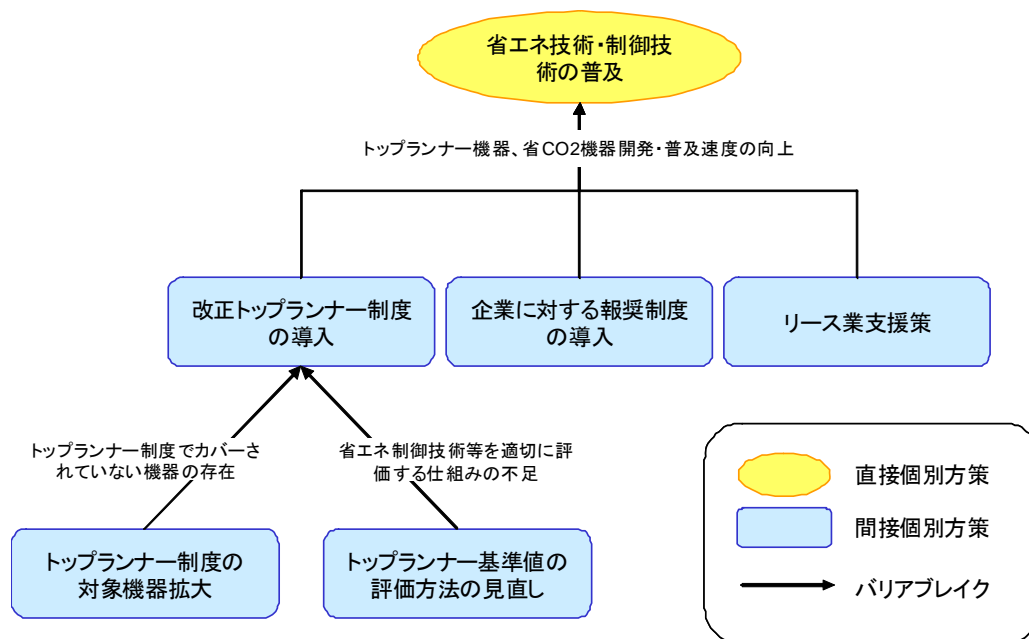


Fig 6-12 施策相関図（方策2）

① 改正トップランナー制度の導入

「家電製品・オフィス機器の高効率化」については、日本独自の制度であるトップランナー制度を今後も継続・発展させていくことが効果的であると考えられる。

トップランナー制度は基準値策定時点において最もエネルギー効率が優れた製品の値をベースとして、今後想定される技術進歩の度合いを効率改善分として加えて基準値とし、対象とする機器に対して、製造事業者毎、区分ごとに出荷台数の加重平均で目標値を達成することを求める制度である。日本の技術力の維持・向上に大きな役割を果たしてきた制度であり、世界各国からも高い評価を受けてきた制度であるといえる。

Table 6-1 各機器のエネルギー消費効率改善の見込みと実績³²

機器名	基準年⇒目標年	エネルギー消費効率改善（当初見込み）	エネルギー消費効率改善（実績）
テレビジョン受信機（ブラウン管テレビ）	1997⇒2003 年度	16.4%	25.7%
ビデオテープレコーダー	1997⇒2003 年度	58.7%	73.6%
エアコンディショナー（ルームエアコン）	1997⇒2004 年度	66.1%	67.8%
電気冷蔵庫	1997⇒2004 年度	30.5%	55.2%
電気冷凍庫	1997⇒2004 年度	22.9%	29.6%
ガソリン乗用自動車	1997⇒2010 年度	22.8%	22.8%
ディーゼル貨物自動車	1997⇒2005 年度	6.5%	21.7%
自動販売機	1997⇒2005 年度	33.9%	37.3%
電子計算機	1997⇒2005 年度	83.0%	99.1%
磁気ディスク装置	1997⇒2005 年度	78.0%	98.2%
蛍光灯器具	1997⇒2005 年度	16.6%	35.6%

② トップランナー制度の対象機器拡大

一方で、トップランナー制度が対象としている機器はエネルギー多消費機器を中心に 21 機器となっているが、カバー率が 2 割程度となっている業務機器（家庭の機器のカバー率は 7 割程度とされる）については、随時対象範囲を拡大していく必要があり、また今後普及が進んでくる機器などについても継続的な検討・範囲拡大が必要となる³³。

③ トップランナー基準値評価方法の見直し

また、上記で示した様々な制御技術（主に空調・照明）が普及してくる中で、機器のエネルギー効率のみを対象とした評価手法から、更に一歩進んだ新たな評価手法の開発が求められる。具体的には人々の建物内でのいくつかの行動パターンに基づいた評価や、実際の体感温度に近い評

価方法の開発が必要となると考えられる。

④ 企業に対する報奨制度の導入

一方で、企業の技術開発のインセンティブを高める施策も有効な手段のひとつである。現在、企業が省エネ・省CO₂技術の開発を進めるインセンティブとしては、製品の付加価値向上、企業の社会的責任などが考えられるが、現行のトップランナー基準においても、「エネルギー消費効率に関する実績が判断基準に照らして著しく低く、相当程度エネルギー消費効率を向上させることが必要であると認められるときは、経済産業大臣（自動車にあつては、経済産業大臣および国土交通大臣）が当該製造事業者等に対して所要の勧告を行い、さらに、これに従わなかった際には、その旨の公表、勧告に従うべき旨の命令を行うことができる」としている。

これらに加え、優れた省エネ・省CO₂製品の開発を通じて、低炭素社会構築に貢献した企業を大々的に発表するなどの報奨制度を追加すると、企業の技術開発投資が環境負荷低減に向かうことを後押しすることができると期待される。

6.3. 安心でおいしい旬産旬消型農業

(1) 目指す将来像

【食卓が育てる低炭素農業】

スーパーやレストランで食料品を選ぶ際、健康などに関する情報に加え CO₂ 排出量などが表示され、国産品・輸入品を問わず、低炭素型の農作物が人気を博している。具体的には旬のものが選好されたり、ハウス栽培の野菜であっても太陽熱やバイオマスを利用して作られたものが選好されるため、農家も様々な工夫をこらして低炭素化の努力を続けている。また、スーパーなども低炭素食料品にエコポイントをつけるなどしてこれらの努力を後押ししている。

【生産プロセスの低炭素化】

旬産旬消が進む一方でエネルギーを多く消費するハウス栽培は大幅に減少しており、実施する場合でも太陽熱やバイオマス、地域の中小水力などが積極的に利用されている。この結果、野菜・果物の収量あたり CO₂ 排出量は現状の半分以下に低減している。また、農業機械の燃料としても規格外農作物や農業廃棄物起源のバイオ燃料が利用されており、農作物生産プロセスの低炭素化に貢献している。

【温室効果ガスを出さない田畑・牧場】

新たな農業生産手法への取り組みや技術開発、品種改良などによって田畑・牧場からの N₂O、CH₄ などの排出も大幅に低減している。

《解説》

① 方策の枠組み

この方策は、食物の生産時における CO₂ 排出量の削減に注目した方策である。最近では、旬の季節以外の野菜や果物などが年中手に入るようになった。これは裏を返せば、化石燃料を投入してそれぞれの作物生産に適した空間を人工的に作り出すことによって実現されている。

一方で、農業生産プロセスにおいて発生する廃棄物の中にはそれを（バイオマス）エネルギーとして有効利用できる可能性のあるものも含まれている。ここではこれらの点に注目し、農業生産における CO₂ 排出量の削減に向けた方策について検討した。

なお、「地産池消」や「フードマイレージ」などといった言葉に代表されるように、可能な限り農業生産の国産化を進めることによって農産物輸送に関わる CO₂ 排出量を低減させる試みがあるが、国内の温室栽培で生産したほうが海外の適地で生産するよりも（輸送による排出量を含めても）CO₂ 排出が多くなる場合があることも指摘されているため、本方策では「国産品・輸入品を問わず、低炭素型の農作物が人気を博している」との表現を採用している。

② イノベーションに求められる技術

旬産旬消が進み、農業生産の化石燃料依存度を下げることができたとしても、施設園芸が完全になくなることは考えにくい。このため、施設園芸の省エネ・省CO₂対策が重要になると考えられる。また同時に、農業機械に使用される燃料の低炭素化（バイオマス燃料利用）も重要となろう。さらに、田畑からは肥料投入に伴うN₂O、CH₄が、畜産業においては家畜の糞尿やゲップなどからCH₄が排出される。これらはCO₂以上の温室効果を有するガスであるため、排出を抑制のための技術開発も重要な要素のひとつとなる。

Box 7：トリジェネレーションシステム^{34, 35}

トリジェネレーションシステムとは、園芸用に使用される照明などの電力をガスエンジンなどによって賄い、排熱を温水・空調などに用いるとともに、発電時に排出されるCO₂を光合成促進の目的で使用するというものである。大阪ガス（株）などが、各地の自治体・研究機関・農家などと共同で実証試験を行っている。大阪ガス（株）と協力機関などが茨城県つくば市のバラ農家において実施した実験では、バラの育成期間が10～15%短縮されたほか、品質向上効果も確認されるなど、販売単価の向上につながり、トータルとして出荷額が40%アップしたとの報告がなされている。

Box 8：稲わら、麦わらなどからのバイオ燃料

バイオマス利用技術は多岐に渡るが、食料生産プロセスにおいて発生する稲わら・麦わらなどを用いてバイオ燃料を効率的に生産する技術開発が進められている（燃料への変換プロセスについては下図参照）。このような技術開発研究・実証実験は日本のみならず世界の各地で実施されている。

日本政府は地球温暖化防止に向けて、現在では小規模にとどまっているバイオ燃料の生産可能量を、2030年ごろには600万kl（原油換算で約360万kl）まで拡大する方針を発表した。農林水産省はこのうち、稲わら、麦わらなどで180万～200万kl、間伐材などの木材と耕作放棄地の活用などによる資源作物で、それぞれ200万～220万klを生産する計画を立てている³⁶。

特に稲わら・麦わらの利活用に向けては、「ソフトセルロース利活用技術確立事業」として32億円を予算化し、平成20年4月よりモデル地区の募集を行った結果、北海道と兵庫県より応募の2件が採択され実証事業が開始されている。モデル地区では基本的に、ソフトバイオマスの収集運搬とバイオ燃料製造に関する実証事業を行い、必要に応じて車両走行についても実証事業を行うとのことである^{37, 267}。

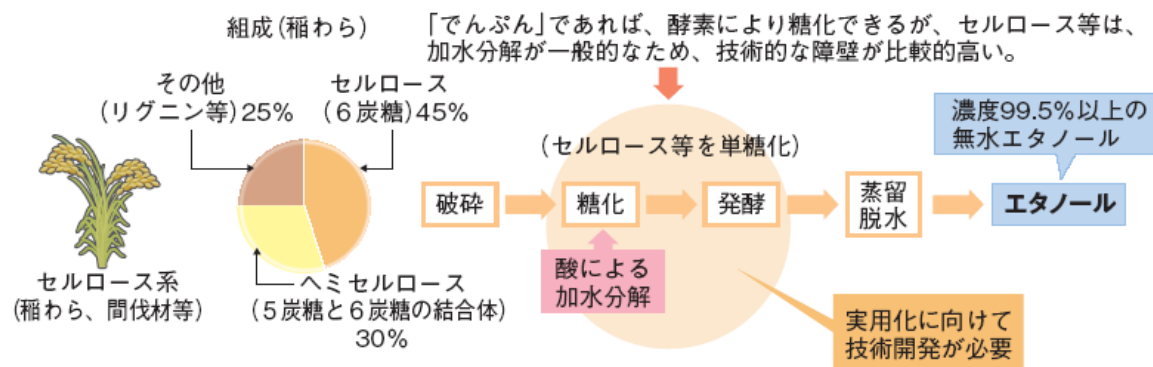


Fig 6-13 セルロース原料からのエタノール製造技術³⁸

③ イノベーションに求められる行動

農業生産の低炭素化が進むためには、現在と消費者選好が大きく変わっている必要がある。スーパーやレストランで食料品を選ぶ際、健康などに関する情報に加えCO₂排出量などが表示され、国産品・輸入品を問わず、低炭素型の農作物が製品選択の大きな基準のひとつとなっている必要がある。また、旬のものをできるだけ選んで消費することで、結果的に農業生産者の旬産を後押しすることに繋げることができる。

④ イノベーションに求められる制度・インフラ

消費者が環境負荷の低い農作物を選択するためには、まずそれらが分かりやすい形で提示されている必要がある。また、消費者の低炭素型製品選好を後押しするためには、低炭素製品を選択するためのインセンティブが必要となる。これには税金控除などの政策に加え、エコポイントなどの小売店の努力も有効な手段になると考えられる。

(2) 実現への障壁と段階的戦略

【実証期】

低炭素農業の認証を希望する農家を募集し、農作物ラベリングの実証試験を行う。低炭素農業の実証試験参加者と共同で更なる低炭素化に向けた手段を議論することで低炭素農業に向けた経験・知見を蓄積すると共に、実務ベースで経験を積んだ低炭素農業アドバイザーを育成しておく。

【普及期】

農作物ラベリング制度や低炭素農業認証制度の対象区間を全国へと拡大していく。ただし、実際に低炭素化を進めるためには高効率機器や太陽熱温水器、バイオマスボイラなどの導入が必要な場合があるため、これらの設備に対しては自治体からの貸し出し（リース制度）や補助金制度を導入する。また、低炭素農業による生産物が消費者に受け入れられやすいように、認証付きの農作物についてはその味や安全性なども評価し、政府広報などを通じて国内外に積極的にアピールしていく。さらに農作物の主要貿易相手国とは、認証結果を相互に承認できるように制度設計を行うとともに、日本の低炭素農業の知見を広く伝えることで、低炭素社会の実現に大きく貢献していく。

【定着期】

消費者は低炭素農作物を選択することが容易となり、また、生産者にとっても重油などのランニングコストの低減が図れるため、低炭素農業は標準的な手法となる。このため政府・自治体からの補助を徐々に減らし自立を促す。

《解説》

現状から目指す将来像へと移行するための障壁およびその障壁を乗り越えるために取りうる施策として抽出された主な項目は以下の通りである。

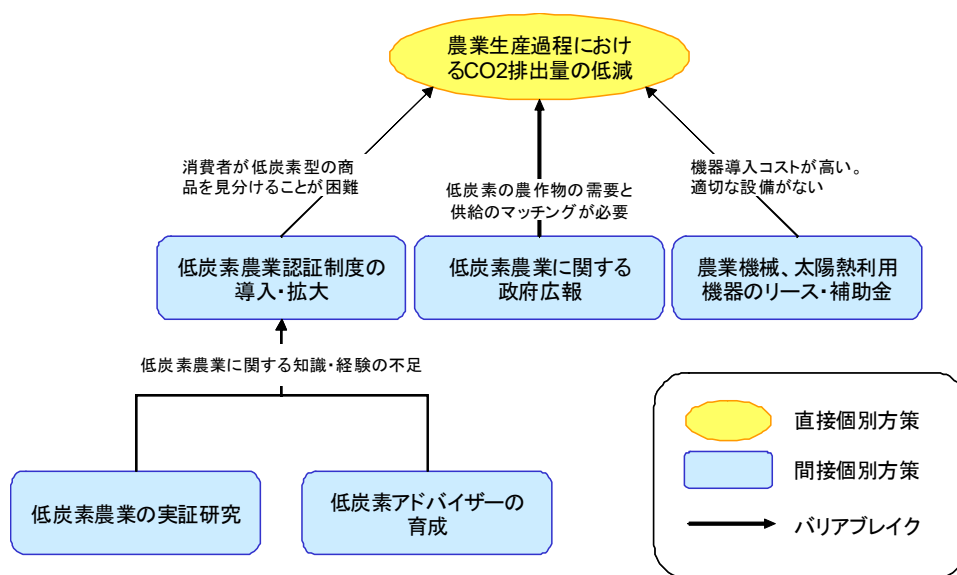


Fig 6-14 施策相関図（方策3）

① 低炭素農業認証制度の導入

消費者がスーパーなどの小売店において製品を購入する際、生産時のCO₂排出量は一般に記載されていないため、低炭素型の製品を選択することはできない。そこで、低炭素農業認証制度を導入することで、消費者に対して低炭素製品選択の基準を与えることが重要となる。また、認証制度が確立されれば、農家にとっても生産物の差別化・付加価値向上につながるため、低炭素型農業への移行を後押しすることができると思われる。

これら低炭素農業の認証制度に、生産者の情報やカロリー、投入肥料などの健康・安全に関する情報、さらには味などの評価項目を追加することで、低炭素農業の付加価値を高めるような工夫も効果的である。

Box 9：英国のスーパー、Tesco（テスコ）のカーボンラベリングの取り組み³⁹

英国の小売大手のTesco（テスコ）は、英国環境・食料・農林地域省（DEFRA）、英国規格協会（BSI）、及びCarbon Trust社と共同で、販売商品の全ライフサイクルにおけるCO₂排出量を表示する（カーボンラベリング：Carbon labelling、もしくはカーボンフットプリント：Carbon footprintともいう）試みを実施している。これは商品や製品へのCO₂排出量表示の国際標準規格化を視野に入れた試みでもある。

同社は、まず英国内のTesco製品について生産・流通・消費までのLCA（ライフサイクルアセスメント）を実施し、ジャガイモ、トマト、電球、洗濯洗剤、オレンジジュースの5カテゴリーに含まれる30製品のCO₂排出量を算定した。更に、この算定結果をもとにしてCarbon Trust社と共に商品への表示方法を検討し、上記のカテゴリーのうち4つの20製品について、CO₂排出量を表示するラベル（Carbon Trust社が考案したラベル：英国で試行中）を貼り付けている（トマトは季節商品なので秋冬は除外）。

このような表示で商品のCO₂排出量に関する情報を提供することにより、顧客は地球温暖化に係る環境負荷に配慮した商品選択が可能になるとしている。また、CO₂排出量増加と気候変動の関係や、それに対して個人ができる取り組みに関して、わかりやすく解説したリーフレットを作成・配布して顧客の意識向上を図っているとのことである。

同社は今後、全ての商品への適用を目標としているが、算定方法や表示方法について未だ調整が続いている状態である。

Box 10：日本のカーボンラベリングの取り組み（サッポロビールなど）

サッポロビール（株）では、2004年にビール業界初のLCA（ライフサイクルアセスメント）を実施し、2007年には同手法を用いて年毎のCO₂排出量を比較して商品単位でCO₂排出量削減評価を行うなど、経営ツールとしてのLCA手法活用促進や、商品へのカーボンフットプリント（CO₂排出量）表示実施の基盤づくりに取り組んできた。

同社のカーボンフットプリントの値は、原材料の大麦・ホップの生産からビールの製造工程、アルミ缶の製造にかかったエネルギー、ビールを缶に詰めて配送し、廃棄（リサイクル）するところまでの、全プロセスにおける温室効果ガスの排出量を算定し、CO₂量に換算している。食品のLCAに関しては、特に原材料の生産過程からの環境負荷算出のためのデータ収集が困難である場合が多いが、同社では、生産地や肥料使用量、農業機械のエネルギー使用量等の把握が可能な「協働契約栽培」を実施しているため、データ収集の点では好条件であった。

同社は2008年の夏に、翌年から主力商品「サッポロ生ビール<黒ラベル>350ml缶」において、カーボンフットプリント表示商品の通年販売を検討している旨を発表した。

しかし、カーボンフットプリント制度の普及・定着には、一社のみならず多くの企業の参加・協働が不可欠との判断に及び、2008年度の経済産業省の「カーボンフットプリント制度の実用化・普及推進研究会」に参加し、算定方法の統一基準構築や調整に貢献した。2008年12月のエコプロダクツ展では、研究会参加企業がその取り組み成果などを発表して話題を集めた。

その後同社は、同研究会の統一基準に従って算出・表示を施したカーボンフットプリント商品の販売に向けて準備を進めており、2009年2月には北海道地区において試験販売も実施している。（参考までに、北海道での試験販売に供した、「サッポロ生ビール<黒ラベル>350ml缶」1缶当たりのCO₂排出量試算定結果は、計295gということである。）

2008年夏に発表した「2009年からの通年販売開始予定」は、算出基準統一化等への対応が必要なことから、2009年内の実施は見合わせの可能性が高いが、鋭意実現に向けての調整作業を進めているとのことである^{40、41、42}。（この内容は、左記の出版番号の資料（巻末に記載）とサッポロビール（株）広報室よりご提供いただいた情報から記述したものである。）

このほか、農林水産省は、スーパーなどの店頭に並ぶ農産物を対象に、生産や流通の過程でどれだけのCO₂が排出されたかを表示する仕組みづくりの検討に入っている。現状ではまだ調査段階のようであるが、今後の取り組みや会合などでの議論の動向に注目したい⁴³。

それぞれの独自基準でCO₂排出量を算出・表示する仕組みは、各事業者のCO₂排出量削減努力の促進・評価に一定の効果が期待できる。しかし、それだけでは消費者の商品比較検討の際に混乱を来す可能性が高いため、やはり統一基準の下でのCO₂排出量算定・表示の仕組みを整えることが肝要である。ただし、サッポロビールの例にも見られるように、その基準統一には様々な対応や配慮が求められ、調整には関係者間の多大な努力と膨大な情報の蓄積・共有が必要とされる。解決すべき課題は多いが、事業者にとっても消費者にとっても、信頼性が高くわかりやすい表示の実現に向けて、関係者の積極的・継続的な協働が望まれる。

② 低炭素農業の実証研究

低炭素農業認証制度を導入するに先立って、低炭素農業に関する技術や知見、ノウハウを十分に蓄積しておく必要がある。そこで実際に特区制度などを活用しつつ、低炭素農業に関する実証試験を行うことなどが考えられる。

Box 11：日本における温室効果ガス発生低減型農業の動向

農林水産省では、原油価格の高騰や、農業に係る温室効果ガス排出量増加に対応するために、施設園芸や農業機械の省エネを促進して農業経営体質の強化を図る施策を実施したり、農地から発生するCH₄・N₂Oの排出量を低減する農業技術の研究や普及の検討を行っている。

施設園芸・農業機械の省エネについては、2005年度を基準とし、2010年度までにCO₂排出量を約174,000t-CO₂削減することを目標として、日本各地で様々な実証事業が実施されている。

施設園芸の省エネに関する具体的な技術としては、先に挙げたトリジェネレーションシステムや、農業用水を利用した小水力発電をはじめ、ハウス暖房への木質バイオマス利用加温器・ハイブリッド加温器の導入、多重被覆や被覆素材の工夫によるハウスの断熱性向上などの取り組みがある。また、家畜排泄物の発酵などを利用した農業システムなども検討されている。

農業機械の省エネに関しては、機器の高効率化やハイブリッド化に加え、バイオディーゼル燃料（BDF）の利用促進などの取り組みがなされている。

農地から発生するCH₄・N₂Oの排出量の低減については、稲作（水田）に伴い発生するCH₄の排出削減と、施肥に伴い発生するN₂Oの排出削減を図る取り組みの推進により、2010年度までに181,000t-CO₂の削減を見込んでいる（CH₄・N₂OをCO₂に換算）。具体的には、稲わらの施用方法転換（農地直接鋤き込みから堆肥施用へ）によるCH₄発生抑制効果の研究報告や、施肥の改善（減肥）によるN₂O発生抑制効果の研究報告がなされており、これらの技術の確立・実証・普及を行う事業の実施を検討しているとのことである⁴⁴。

③ 低炭素アドバイザーの育成

低炭素農業で得られた知見を全国に広げて普及させるためには低炭素農業アドバイザーなどの普及員制度を整備しておかなければならない。これらのアドバイザーには実証試験に参加してもらい、低炭素化に向けた手段を議論して共に作り上げていってもらうことで、実務ベースで経験を有する普及員の育成が可能となる。

④ 国際相互認証制度の導入

基本的に国内で生産するほうが、農作物輸送に関わるCO₂排出量を低く抑えることができるため有利ではあるものの、作物によっては海外の気象条件の方が好ましく、エネルギー・CO₂の観点からも効率がいい場合がある。国産・輸入品を問わず合理的な消費者選択を促すことが望ましく、その手段のひとつとしては国際相互認証制度（相手国の農産物を相互に認証する制度）を導入することが挙げられる。

⑤ 低炭素農業に関する政府広報

低炭素農業による農産物の市場を拡大させるためには、需要と供給のマッチングが不可欠となる。ラベリング制度が一定程度定着した後は、政府広報などによる低炭素農産物への積極的な後押しをおこなうことによって、その市場拡大に向けた取り組みが効果的であろう。

⑥ 農業機械、太陽熱利用機器のリース・補助金

低炭素農業ラベリング制度ができたとしても、農家にとって低炭素型農業への移行は容易ではない。太陽熱利用の集熱器を導入するにしても、バイオマスボイラを導入するにしても新たに設備投資が必要となる。そこでこれらの設備に対しては自治体からの貸し出し（リース制度）や補助金制度を導入することで設備投資の導入障壁を低くする取り組みが必要となる。各農家に貸し出すのではなく農業組合に貸し出してコミュニティで共同利用するなどの工夫をすることによって機器の効率的利用が促進され、自治体などの負担も軽減することができると考えられる。

6.4. 森林と共生できる暮らし

(1) 目指す将来像

【木に囲まれる生活】

低層住宅に加えて中層住宅にも木造住宅が普及し、学校・病院・公共の建築物や低層の大型店舗・工場などにも強度や耐火性が高い木材（大断面集成材構造など）を用いた建築が普及して建築物の木造率は70%を超えている。家具・建具についても木製率は大幅に向上し、土木・建築用基礎杭、ガードレール・遮音壁など様々な用途に木材が利用されている。

【復活する林業ビジネス】

作業道ネットワークの整備や林業機械の高度利用などにより、林業の労働生産性は2000年平均の7倍以上となっている。また、木質バイオマスの有効活用技術が確立され、林地残材は年間800万BDT（Bone Dry Tonne: 絶乾重）以上利用されている。丸太生産量は4,300万 m^3 に拡大し、木材自給率は40%を超えて海外輸出も増加している（2006年時点の国内木材生産量は1,748万 m^3 、木材自給率は20.3%「林野庁「平成18年木材需給表」」が、皆伐は成長の低下した高樹齢の林分を中心に行われ、低コスト造林技術による再生林も適切に行われているため、持続可能な林業ビジネスが成立している。

《解説》

① 方策の枠組み

ここでは森林セクターにおける方策を取りまとめている。木材を最大限利用することによって、鉄やセメントなどの素材需要を減らし、社会全体としての温室効果ガス排出量を低減させることが可能となる。

② イノベーションに求められる技術

木材製品の需要として最も大きいのは建築部門であるため、木材建築物を増加させることが第一に考えられる。3階建てまでの建物については木造建築でほぼ代替することが技術的に可能とされる。木材建築の弱点のひとつとして火災が挙げられるが、適度に間隔をあける、耐火性の外壁を採用する、適切な防火装置を配置するなどによって、大火のリスクを低減することが可能となる。

さらに、大断面集成材構造¹を採用することによって大規模な建築物（工場・校舎・店舗など）にも木材を利用した建築が可能であると考えられる。

¹構造用集成材とは、構造物に要求される強度性能を満足するようひき板を積み重ね接着した集成材で、骨組みの主要部分となる柱など、主として木造建築物の力が加わる部分に使われるものであり、このうち、短辺が15cm以上、断面積が300 cm^2 以上のものを大断面集成材という（農林水産消費安全技術センターホームページなどより）

また、このほか木材需要として大きいのが家具や建具である。家庭・オフィス・学校などの家具のほとんどが木製となり、建具も木製サッシ・木製防火ドアなどが広く普及することで木材利用による鉄やコンクリートなどの削減効果が期待できる。さらに土木・建築用基礎杭、ガードレール・遮音壁などにも木材適用は可能であり、石油化学製品の代替として木材由来の物質の普及が期待される。

木材を利用するにあたっては、残材などの有効利用が重要となる。製材・合板業などの残材のうち質の高いチップはパルプ・ボード用として販売され、樹皮などの低質なものは自社エネルギー用となり、鋸屑・プレナー屑は燃料ペレットに加工されれば効率的な利用が進むと考えられる。また建築解体材・家具廃材などにおいても、木材が分別されて再資源化工場に集められ、大きな部材は材料リサイクルされ、小部材・複合部材などを破砕して燃料用チップとして販売することなどが考えられる。

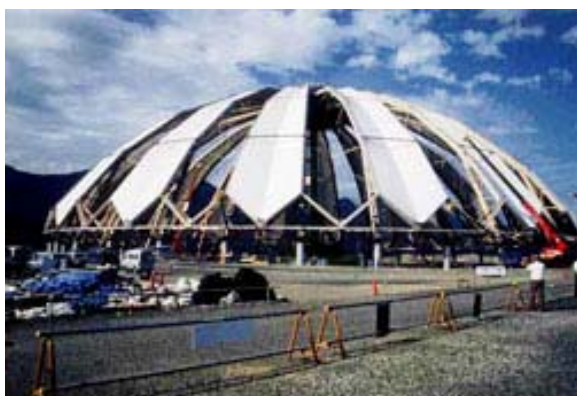


Fig 6-15 大断面集成材を用いた構造物例（出雲ドーム）⁴⁵

Box 12：身近な高層木造建築普及に向けて：日本の取り組み例⁴⁶

高層木造建築の施工例は欧米の事例が紹介されることが多いが、日本でも、上記の出雲ドームのような大規模建築などを中心に施工例が増えつつある。ただし、建築物の木造率を大幅に引き上げていくためには、このような大規模建築だけではなく、身近な中高層建築についても木造を採用していく必要がある。これに資する取り組みを行っている事例として、P.O.W.S（Possibility of Wooden Skyscraper：高層木造研究会、2008年よりtimberize tokyoとして活動）の活動がある。これは、木を使った建築の可能性を模索する有志の研究チームであり、木材を活用した中高層建築の普及拡大を目指している。建築設計者（意匠・構造・設備）、研究者（構造・防火・材料）、施工者、材料メーカーなどの有志が集まり、2001年から木造耐火建築物の試設計、木造耐火部材の開発、接合部の強度実験などを行いながら施工技術の確立・普及を図っている。

実際に、耐火性能や構造性能に関する各種実験・検証を行いながら、東京都世田谷区に5階建ての木造集合住宅を建設し、更なる技術向上のためのデータ収集や解析を行っているとのことである。性能については、国の建築基準法令を適正に満たしているのみならず、デザイン性や快適性にも配慮した設計となっている。

また、林地残材有効利用のための林業機械の開発も必要である。

③ イノベーションに求められる制度・インフラ

木材利用が進むためには、林業の労働生産性の向上が欠かせないが、このためには林業機械の

利用促進がカギとなる。また、そのためには林業機械が入れるような基幹作業道ネットワークを含めた林業インフラの計画的な整備も重要となろう。労働生産性の向上に伴って、林業労働力を確保するために必要な収入が担保できるようなビジネスモデルへの転換が可能となるが、同時に丸太価格が安定あるいは上昇するような木材利用促進のための支援策なども求められる。

(2) 実現への障壁と段階的戦略

【競争力回復期】

建材として利用できる木材を最大限利用するために、木材製品に関する規格や規制の見直しを進める。一方で現在の林業では、森林所有者にとって収益性の観点から間伐・皆伐を行うインセンティブが極めて乏しい。その一因に、森林施業の単位が小さく効率的な森林経営の実施が困難であるという問題がある。そこで、森林管理の集約化（事業の共同実施）と補助金などによる機械化の推進によって丸太生産の低コスト化を促進させると共に、小規模林業経営者が森林管理を適切に実施できる林業事業体（森林組合など）に森林を長期管理委託あるいは売却し、これによって森林経営の規模拡大が進むような政策を展開する。また高い供給コストと高含水率・不定形のために利用が進んでいない林地残材の利用を促進するため、政府は林地残材収集システムに必要な機械の開発、機械投資や残材搬出に対する補助を講じる。

【利用拡大期】

公共インフラ建設時のグリーン調達徹底を図ると共に、木材の利用とマテリアルリサイクルに対して固定資産税の優遇措置や環境税などを導入してその利用を促進する。一方で木材需要の拡大によって利益中心の無秩序な伐採が発生することを防ぐため、林業のガイドラインを定めて持続可能な森林経営や環境に配慮した伐採を行う事業体を第三者機関が認証する制度を確立する。同時に、木材の主要貿易相手国とも、認証結果を相互に承認できるように制度設計を行い、海外における違法伐採などの抑制にもつなげていく。また、国内では森林の高樹齢化にともなう立木の大型化に対応するための新たな林業機械開発が必要となるため、大型トラックの走行可能な基幹作業道ネットワークを整備していく。

【利用確立期】

木材の多様な利用方法が確立し、建築木造率・家具木製率は70%程度へと近づく。それと共に環境配慮型国産木材製品の競争力が世界水準に到達するため、海外への国産木材販路が開拓されるよう木材産業を支援していく。このころにはバイオマス需要の拡大に対して、林地残材の供給は頭打ちとなるため、短伐期バイオマス生産を開始する。

<<解説>>

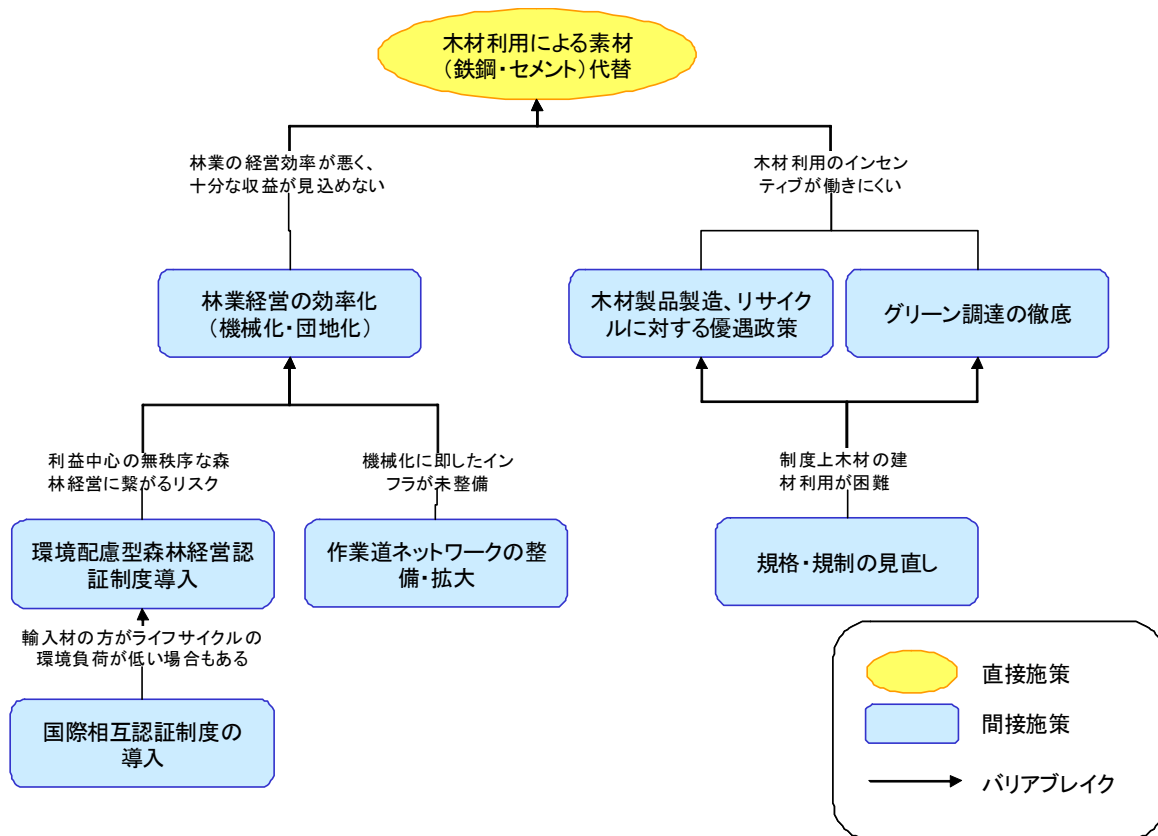


Fig 6-16 施策相関図 (方策4)

① 木材製品製造、リサイクルに対する優遇政策

② グリーン調達の徹底

木材利用の可能性について分析した研究⁴⁷によると、煩雑な手続きなしに建てられる3階建て以下の建築物を木造化（技術的には4階建てまで可能）することによって、着工木造率は70%にものぼるとしており、2001年時点より約1,300万m³木材投入量を増加させることができるとしている。さらに家具などの木製率を70%程度に高めることにより（2001年はおよそ35%と推定）、追加的に380万m³の需要が見込まれるとしている。

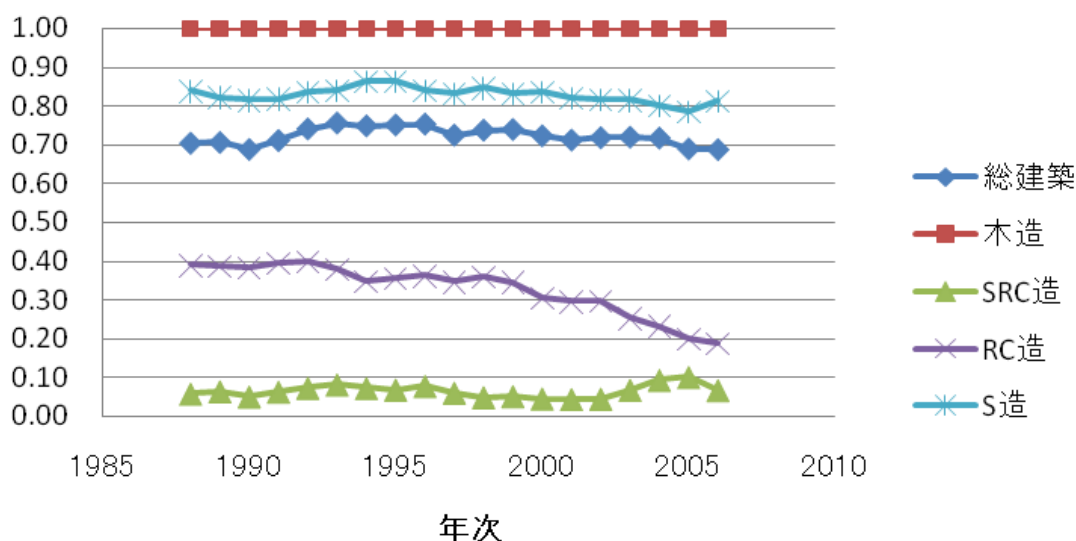


Fig 6-17 工法別3階以下着工床面積率²⁶⁰

このように木材利用による素材代替を進めるためには、木材を利用することに対するインセンティブを高める必要がある。具体的には木材の利用とマテリアルリサイクルに対して固定資産税の優遇措置や環境税などを導入することなどが考えられる。

また、行政機関の建築物や構造物においては、グリーン調達観点から木材利用を積極的に進めることによって、木材需要の創出を後押しすることも有効であろう。

なお、建築廃材の利用については建設リサイクル法などにより現在でも奪い合いの状況であり、今後自然と利用が進むことが想定される。ただし、家具・プレカット工場残材については小口収集システム構築や一般廃棄物分別処理システムが必要となろう。

③ 規格・規制の見直し

住宅に占める木造率は5割弱であり、意識調査結果では8割以上が木造を希望しているとの結果もある。ただし、一部地域では消防法などの規制により木造建築不可能となっている。そこで建築基準法・消防法の改正や木材製品にかかる品質基準など、木材代替に関わる規制の緩和や規格化を進めることが必要となる。

④ 林業経営の効率化（機械化・団地化）

現在の林業では、森林所有者にとって収益性の観点から間伐・皆伐を行うインセンティブが極めて乏しい。その一因に、森林施業の単位が小さく効率的な丸太生産の実施が困難であるという問題がある。Fig 6-18、Fig 6-19は、2005年農林業センサスによる保有山林面積規模別の林家数と林業経営体数の内訳である。また、Fig 6-20は林業経営体の組織形態別の内訳である。これらから日本の林業は比較的保有山林面積が小さい森林所有者が多く、家族林業経営が中心であることがわかる。

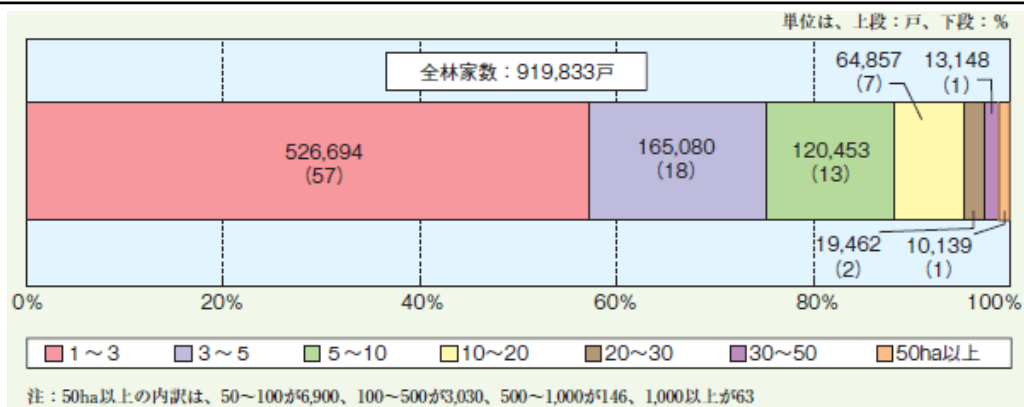


Fig 6-18 保有山林面積規模別林家数⁴⁸

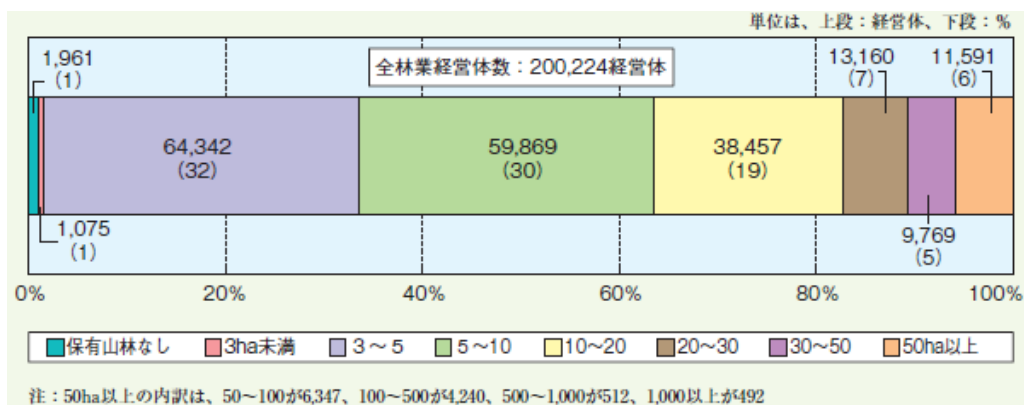


Fig 6-19 保有山林面積規模別林業経営体数⁴⁸

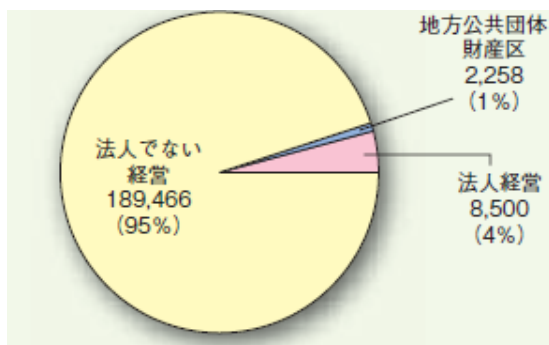


Fig 6-20 林業経営体の組織形態別内訳⁴⁸

そこで、森林管理の集約化（事業の共同実施）と補助金などによる機械化の推進によって丸太生産の低コスト化を促進させると共に、森林の管理を行う意志の乏しい小規模森林所有者が森林管理を適切に実施できる林業事業体（森林組合など）に森林を長期管理委託あるいは売却し、これによって森林管理の集約化や効果的な道路作設が進むような政策を展開する必要がある。

また、機械化に関しては、現在急速に進められているものの、欧米と比較すると労働生産性が未だ低い状態にある。そこで主・間伐事業の共同実施などによるスケールメリットを活かした林業機械の高度利用を急速に進めることが重要である。

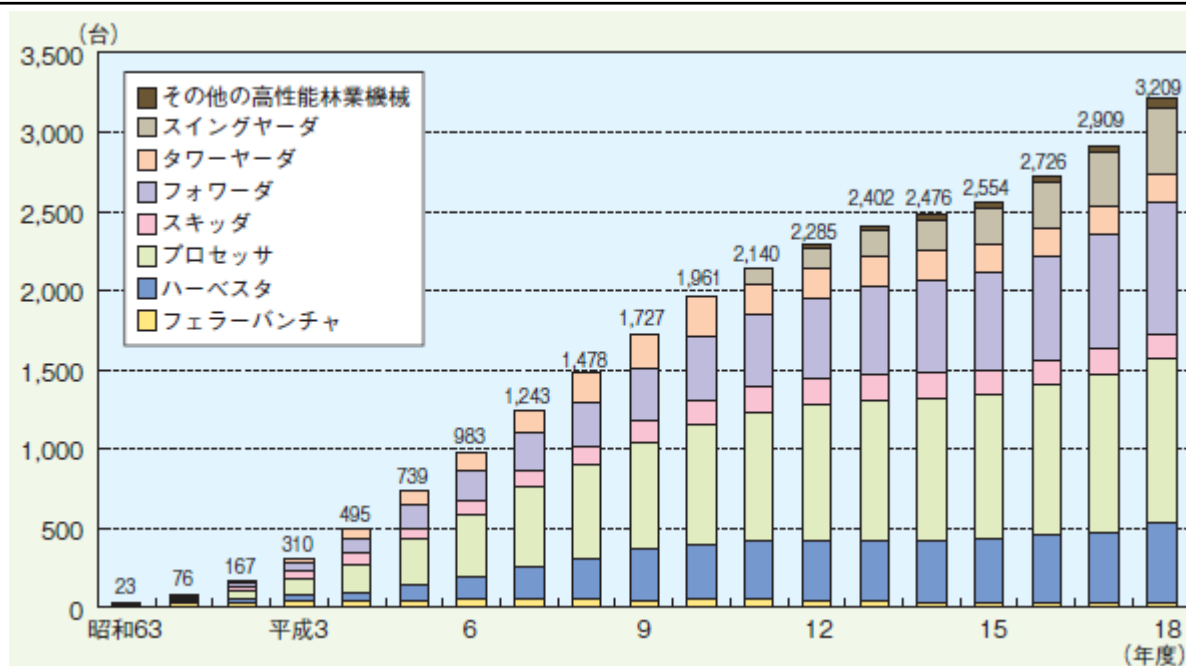


Fig 6-21 高性能林業機械の導入台数推移⁴⁸

Box 13: 高性能林業機械⁴⁹

上記 Fig6-21「高性能林業機械の導入台数推移」に掲載されている高性能林業機械の機能概要を解説する。

・スイングヤーダ

油圧ショベルをベースとし、集材用のウィンチを搭載した機械である。機体を旋回させることで引き上げてきた伐倒木を仕分けしたり、機体の横でワイヤロープを外したりできる。また、アームに取り付ける作業機によって別の作業を行うことも可能になる。機能的にはタワーヤーダと同じである。

・タワーヤーダ

移動しやすくするために、トラックや林内作業車、トレーラーをベースとし、集材用のウィンチを搭載した機械である。集材時にワイヤロープを高く上げる必要があるため、タワーを装備している。さらに、特殊な搬器やウィンチの制御機構を利用して、索張り（架線を張り、材を空中に吊って集材する方法）に必要なワイヤロープの本数を少なくしている。長所として、従来の架線集材の方法に比べ必要な機材を少なくできること、ワイヤロープや搬器などの機材を一緒に運べるので架設が短時間でできることなどが挙げられる。しかし、ワイヤロープを張り上げる高さが従来架線に比べて低く、架線本数も少ないことから、集材可能な領域は狭くなり、一つの作業現場で数回の張替えを行う必要が出てくるため、作業能率を最適化する架線計画を立てる必要があるとされる。

・フォワーダ

造材された材を積み込み運搬する集材用車両で、積み込み用のグラブローダ（材を掴む機能を持つ）を装備している。国内で最も普及しているのは積載量 2.5t の総輪駆動ホイール式の機種であるとされる。しかし、近年はこの機種に代わりゴムクローラ（ゴム製キャタピラ）式の機種の導入台数が増えているという。この機械は全木材や全幹材のような長材の運搬には適していないが、玉切りされた丸太を積載して運ぶことができるため、泥などの付着が少なく製材時の鋸刃の損傷を減らせる利点があるとされる。

・スキッド

材を掴むグラブを車体後方に装備し、全木材や全幹材を牽引集材する林業用トラクタである。この機械は、伐倒木を内装のウィンチにより林道や作業道まで引き上げ、その片方を持ち上げた状態で引きずりながら走行する。運転席からの操作で数本の木を掴むことができ、ワイヤロープやチェーンなどでこれらを束ねる手間が省ける。

・プロセッサ

林道や土場などで全木集材した材の枝払いと玉切りを行う機械である。油圧ショベルのアームの先に、材を掴むグラブ・枝払い用の刃・材送り装置・測尺装置・玉切り用のチェーンソーで構成される作業機が装備されている。この機械は、まずグラブで伐倒されて横倒しになった材の根元を掴み、どこから長さを測るかを決定する。材を掴んだ時点で、枝払い用の刃が幹に沿って並ぶようにセットされ、材送り装置で送ると刃に当たった枝が自動的に伐り払われる仕組みとなっている。そして、測尺装置が装備されている機種では、予め設定した長さで材送り装置がストップし、装備されたチェーンソーで自動的に玉切

りを行う。基本的に、プロセッサを用いた枝払い・玉切りに掛かる時間は1本あたり2~3分とされる。一方、チェーンソーを用いて人力でこれらの作業を行う場合は、枝払いに約10分、玉切りに約6分掛かるとされるため、プロセッサを導入することにより、造材の時間と労力を大幅に削減することができる。

・ハーベスタ

伐倒、枝払い、玉切り、集積の作業を一つの作業機で行えるように設計された機械である。プロセッサは、伐倒されて横向きになった材しか掴めない機構だが、ハーベスタは立木を掴めるような縦向きグラブを装備している。北欧では、この機械の導入により作業能率向上と労働災害減少に成功しているが、日本ではこの機械が作業を行える林地が少ないため、プロセッサと同じような方法で使われることが多いようである。枝払い、測尺、玉切りの手順はプロセッサと全く同様である。

・フェラーバンチャ

立木を伐採し、集材しやすいように特定の方向に倒して集積する機械である。油圧ショベルのアームの先に伐倒用の機構を備えたようなかたちをしている。ハーベスタと同じく、多くの機種はあまり傾斜地での作業に適していないため、あまり普及していないとされる。しかし、作業機を軽量化することができ、長いブーム・アームを取り付けて作業範囲を広げた機種や、小型軽量で急傾斜地でも作業可能な機種が開発されるなど、日本の林業に適した工夫や改良も行われているという。

これらについては森林利用学会のホームページにて写真・図を用いた説明がなされている。詳細は以下を参照されたい。

http://jfes.ac.affrc.go.jp/machine/high_p.html

Box 14: ドイツの林業・木材産業⁵⁰

ドイツの森林面積は日本の人工林とほぼ同じ規模の約1,000万haとされ、特に山間部であるシュヴァルトツヴァルト(黒い森)やバイエルンなどの南部においては、日本と同様の小規模所有形態が多く見られる。しかし、そこからは毎年6,000万m³もの(日本の約4倍)木材が安定的に生産され、これを加工・利用する木材関連産業の売り上げは、約880億€(ユーロ)(約1兆2,000億円)、対GDP比は5%にも達するといわれる。ドイツの木材価格は日本のスギに比べ3割程度安いが、生産コストは日本と比較してかなり低い上に、一人当たりの生産効率は大幅に高く、小規模林家でも林業の採算性が十分に確保されているという。また、人工林を構成する樹木の林齢も、弱齢林から100年を越える高齢級林までバランスよく構成されており、近年では広葉樹の面積・蓄積も拡大するなど、森林の機能を十二分に引き出しているとされる。さらに、木材関連産業はほとんどが森林資源に近接して立地し、地域で産出される資源を地域で加工し地域で利用する安定的な木材チェーンも成立しているとされる。

これには、以下のような施策や流通形態が一般化されていることにより、低コストな森林管理・木材生産・運搬・流通を実現しつつ、多様な規模や質の需要が安定的に確保されているためとされる。

- ・ 森林施策形態として、「長伐期・非皆伐・間伐(収穫)・天然更新活用」というかたちが採用され、林地の作業路網も充実しているため、最小のコストで効率的な維持管理を行い、間伐で一定収入を維持しつつ継続的に高品質・高価格木材の生産も可能な基盤が整っている。
- ・ 森林の蓄積量や年間成長量の調査が徹底され、それをもとに年間伐採量のガイドラインが設定されるなど、木材供給量の把握が容易であるため、林家、製材工場、住宅メーカーなど、流通のどの段階においても生産や操業・設備投資などの計画が立てやすい。
- ・ 製材には適さない夏季伐採の忌避や、製材時における材の含水率や使用部位へのきめ細やかな配慮、外部検査が義務付けられた厳しい品質認証規格を業界で自主的に構築するなど、各段階で積極的に品質管理徹底の努力がなされている。
- ・ 木材の流通形態として、林家と製材工場、製材工場と工務店など、供給元と需要先との直接取引が主流で、このような取引形態は、安定供給や品質維持・向上、高効率化・低コスト化など、各主体が取引先確保のために継続的な努力を重ねる好循環を促進する。
- ・ 小規模林家~中小製材工場~中小工務店間では、受注生産や注文製材など柔軟な対応が求められる木材の取引が行われ、量産規格品など一定の量・質が求められる木材に関しては、大規模林家(小規模林家の共同販売)~大規模製材工場・大手建具メーカー~大手住宅メーカー間での取引が行われるなど、各主体が規模や特性などを活かした取引を行う住み分けができています。

詳しくは富士通総研(FRI)経済研究所・主任研究員梶山恵司氏の研究レポート「ドイツとの比較分析による日本林業・木材産業再生論」

<http://jp.fujitsu.com/group/fri/downloads/report/research/2005/report216.pdf>

を参照されたい。

⑤ 環境配慮型森林経営認証制度の導入

⑥ 国際相互認証制度の導入

国産材の利用が拡大した場合、無秩序な伐採に繋がらないよう配慮する必要がある。輸入材に対しても世界的な森林面積の減少や森林の状況の劣化が問題となっている場合もあることから、持続可能な森林経営のもとで生産された木材であることを認証し、認証を受けた木材を積極的に利用するような仕組みをつくっていく必要がある。このような取り組みは既に様々な団体によって実施されているが、認知度が低く、消費者選択のインセンティブとなっていないため、国レベルでの広報活動と併せて推進していくことが求められる。

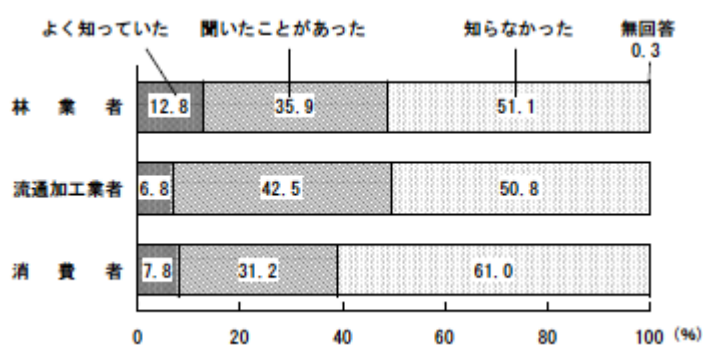


Fig 6-22 森林認証・ラベリングの認知度⁵¹

Box 15: 森林認証・ラベリング制度⁵²

森林認証・ラベリングは、独立した第三者機関が一定の基準などをもとに、適切な森林経営や持続可能な森林経営が行われている森林又は経営組織などを認証し、それらの森林から生産された木材・木材製品へラベルを貼り付けることにより、消費者の選択的な購買を促し、持続可能な森林経営を支援する取り組みである。また、ラベリングした木材・木材製品の流通に関して、流通に関与する者が、消費者の手元に届くまでの各段階にて、認証された森林からの木材・木材製品をそれ以外のものとは区別して取り扱う体制になっていることを認証される（Chain of Custody 認証：CoC 認証）必要がある。

現在では世界各地で森林認証制度が創設され、世界的規模のFSC（森林管理協議会）をはじめ、一定地域の国々で横断的に活用される制度や、国独自の制度なども存在している。日本独自の制度としては、SGEC（緑の循環認証会議）がある。

森林認証を取得するには、独立した第三者機関（認証機関）の実施する審査に合格する必要がある、それぞれの森林認証ごとに定められている基準などを満たしていることを、認証機関に対して証明することが求められる。森林認証の基準などには、下記の事項が含まれることが一般的となっている。

- ・国内外の法律・規則などを守ること
- ・森林の状況、施業の結果、生産の結果などをモニタリングにより把握すること
- ・長期及び短期の森林の経営計画を立てること
- ・環境や地域社会などに配慮した森林経営をすること

世界の主な森林認証⁵³

FSC (Forest Stewardship Council) ⁵⁴	<ul style="list-style-type: none"> ・WWF（世界自然保護基金）を中心としてFSCが発足（1993年） ・世界的規模で森林認証を実施 ・10の原則と56の規準にもとづき、独立した認証機関が認証審査を実施 ・国別、地域別規準の設定が可能 ・認証森林は世界81カ国、940カ所で、認証面積は約102,531,951 ha、CoC認証は、全世界で10,613件（2008年9月） ・日本国内では、認証森林が24カ所で約263,455 ha、CoC認証が787件（国別では米国、英国について日本は3番目）
---	---

PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes) 55	<ul style="list-style-type: none"> ・ヨーロッパ11カ国の認証組織がPan European Forest Certification を設立(1999年)し2003年に改称 ・汎欧州プロセスなどの規準・指標に基づく各国独自の認証制度を認証する仕組み ・現在31の認証が加盟し、そのうち22の認証制度が相互認証を取得 ・相互認証した森林面積は、約197,205,828ha, CoC 認証は4,418件(2008年11月)
SFI (Sustainable Forestry Initiative) 56	<ul style="list-style-type: none"> ・AF&PA(全米林産物製紙協会)が原則・目標を策定し、会員企業に実施を要求(1994年) ・1999年、第三者による審査システムを創設 ・認証森林面積は、約6,060万ha(2009年1月時点のHP公表値) ・PEFCに加盟
CSA (Canada Standard Association) 57	<ul style="list-style-type: none"> ・CSA(カナダ標準化協会)がカナダ版規準・指標から、独自の認証資格を開発(1996年)。 ・認証森林面積は、約7,930万ha(2007年6月)。 ・PEFCの相互認証を取得。
SGEC (Sustainable Green Ecosystem Council) 58	<ul style="list-style-type: none"> ・我が国の林業団体、環境NGOなどにより、SGECが発足(2003年) ・人工林のウエイトが高いことや零細な森林所有者が多いことなど我が国の実情に応じた制度を創設 ・認証森林は、74カ所で740,193,58ha(2008年12月)
MTCC (Malaysian Timber Certification Council) 59	<ul style="list-style-type: none"> ・木材業界などからなるMTCC(マレーシア木材認証協議会)が独自の森林認証制度を創設(2001年) ・マレーシア版持続可能な森林経営の規準・指標(MC&I 2001, 2002)を適用 ・認証面積は、9カ所のFMU(Forest Mngement Unit)で計約448万ha(2009年1月現在のHP公表値)
<p>林野庁の森林認証・ラベリングの解説・紹介ページの「世界の主な森林認証」 http://www.rinya.maff.go.jp/seisaku/sesakusyokai/ninsyou/4.html 掲載表の一部を各認証機関のHPなどの情報に基づき改変</p>	

⑦ 作業道ネットワークの整備・拡大

機械化のためには林業機械や大型トラックの走行可能な基幹作業道ネットワークを整備する必要がある。そこで森林所有者の合意形成を促進する補助制度のもとで計画的に作業道ネットワークを構築していく。

6.5. 人と地球に責任を持つ産業・ビジネス

(1) 目指す将来像

【40%以上の効率改善】

企業の絶え間ない努力とそれを支援する社会制度によって、各業種の実質生産額あたりのエネルギー消費量は2000年比で40%以上（各部門において年率1%程度の削減努力に相当）削減されている。

【「低炭素」価値浸透による需要プル】

消費者が低炭素型製品・サービスを選好するようになってきていることもあり、企業の製造技術やサービスの低炭素化への開発投資は益々進展している。また、低炭素化を積極的に行う企業に対する金融投資も拡大することから、企業活動の低炭素化は企業の競争力の観点からも重要な要素となっている。その結果、水素を還元材として用いた製鉄技術など、多くの革新的技術が実用化されている。

<<解説>>

① 方策の枠組み

低炭素社会の実現には産業界の削減努力が欠かせない。ここでは製品製造に伴うCO₂排出量にとどまらず、オフィスビルのエネルギー利用や、社員の移動（営業、通勤）に伴うものも含めて企業の営業活動全般に関わるCO₂の削減を目指す方策である。

② イノベーションに求められる技術

企業の営業活動全てにおける削減を実施するためには、あらゆる分野のあらゆる企業活動における削減が求められるため、ここで全ての技術を列挙することはできない。しかし大きな削減が期待される分野としては以下のものが挙げられる。

○各種革新的製造技術

経済産業省が2008年3月にとりまとめた「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」によると、将来大幅な削減が期待される製造技術として以下のものを挙げている。

- ・ 革新的ガラス溶融プロセス
- ・ 高機能チタン合金精製プロセス
- ・ バイオリファイナリー技術
- ・ 革新的分離膜装置による水処理
- ・ 輸送機器の省エネ材料・設計技術
- ・ コプロダクション
- ・ 蒸気生成ヒートポンプ
- ・ 革新的製鉄プロセス

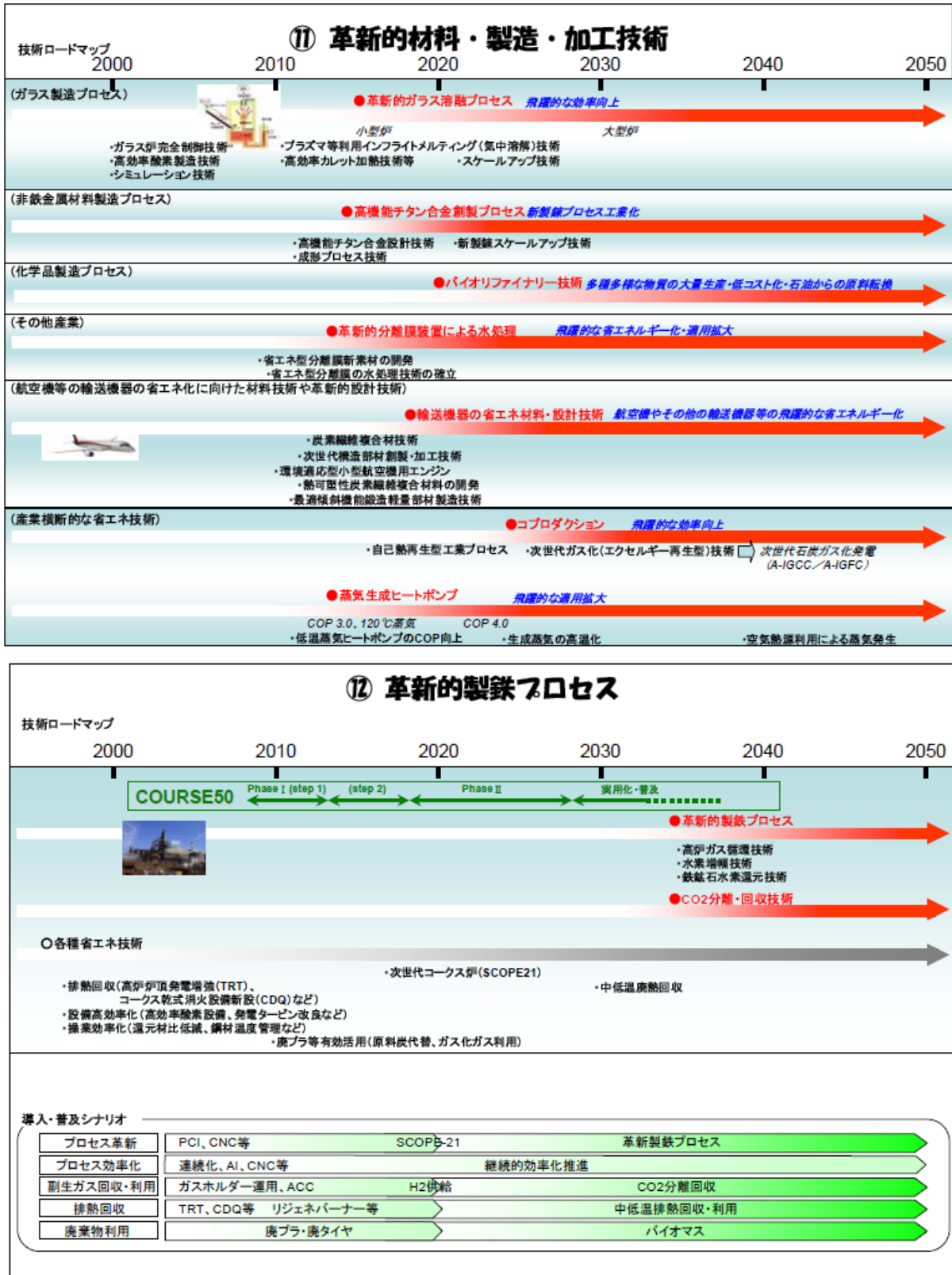


Fig 6-23 製造業の革新的技術
出典: Cool Earth-エネルギー革新技術計画⁶⁰

○高性能工業炉・高性能ボイラ

高性能工業炉とは廃熱を有効に利用することによって効率性を高めた工業炉のことである。従来型の工業炉と比較して30%程度の省エネ効果があるとされる。バーナー2台を有し、それぞれに蓄熱機能と燃焼機能を持たせているのが特徴で、2台のバーナーを一定の時間間隔で切り替え、一方が燃焼時に他方のバーナーで蓄熱することによって効率性を高めたものである。

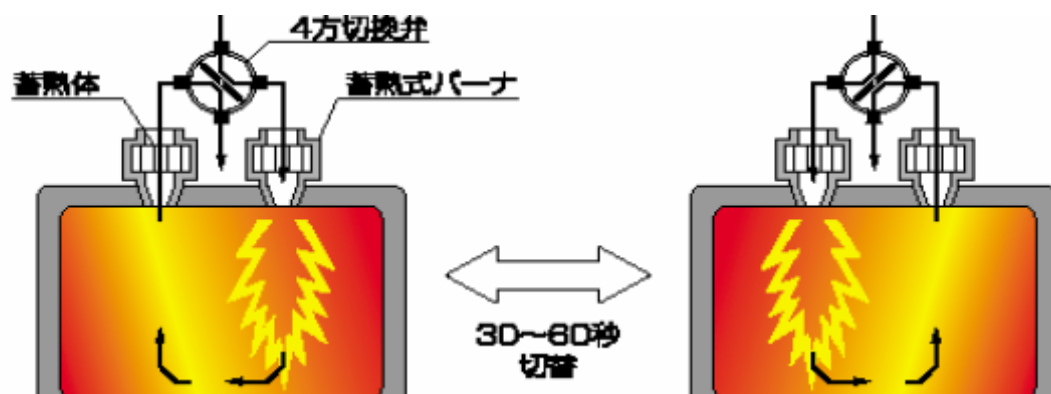


Fig 6-24 高性能工業炉⁶¹

一方で高性能ボイラは排ガス熱回収給水加熱器（エコマイザ）を備えたボイラであり、同じく廃熱を有効に利用することで効率を高めたものである。

③ イノベーションに求められる制度・インフラ

企業が継続的に低炭素化に向けた努力を行うためには、低炭素への取り組みが正しく評価され、それが営業利益に結びつく構造が社会に出来上がっていなければならない。具体的には、企業の低炭素に向けた努力が正当に評価され、公平な形で示される仕組みがあることがまず重要であり、高い評価を得た企業に対しては政府の各種支援策、消費者に対するイメージ向上などのメリットが受けられることが重要になろう。

Box 16 : Sitra (フィンランド国立研究開発基金) の企業支援・育成⁶²

フィンランドは、持続可能な発展に資する先進的な技術やビジネスなどの研究・開発を積極的に育成・支援し、その革新的技術やビジネスをもって国際競争力を維持する戦略を立て、様々な施策を実施している。

例えば「Sitra」は、保健衛生分野、食糧・栄養分野、エネルギー分野、産業分野などに関する研究、新製品開発、ビジネス開発、事業資金助成などを行っているフィンランドの独立公共財団であるが、世界各国との共同プロジェクトも多数実施し、国外の研究者に対する奨学金交付なども行っている。

2007年初めには、国として「クリーンテック」を国家の主要産業として発展させ、2012年までに世界トップの「クリーンテック国家」になることを目指すと宣言している。また10月には、Sitraが主導して「クリーンテック」分野に焦点をあてるベンチャーキャピタルファンドの設立を宣言している。(クリーンテックとは、「環境への悪影響を減らす製品、サービス、プロセス及びシステム」と定義されており、具体的にはクリーン産業プロセス、再生可能エネルギーの利用、省エネルギー、材料節減、廃材などのリサイクル、環境監視技術、土壌浄化技術などを指す。)この10月の報道発表では、Sitraがスウェーデンのベンチャーキャピタル会社 Provider Venture Partners と協力してファンドを設立することで、将来的には両国のみならず

らず北欧全体のクリーンテック業界への継続的な投資環境を整えたいとし、目標とするファンド規模は 1～1.6 億€（ユーロ）としている^{63, 270}。

また、Sitra は INNOFINLAND Prizes Award という、革新的なビジネスや取り組みを表彰する制度を設けており、毎回テーマを設定して公募している。2007 年に公募された第 14 回目のテーマは「イノベーションと年齢」と設定され、特に高齢者向けの製品やサービスを提供する企業や組織に焦点が当てられた。この回は、応募総数 181 件の中から 5 社が賞に選ばれ、大統領より表彰を受けたとのことである⁶⁴。

(2) 実現への障壁と段階的戦略

【制度設計期】

企業の低炭素化に向けた努力を客観的に把握するために、統一化（標準化）された書式で企業別あるいは事業所別のCO₂排出量を公開すると共に、その企業の持続可能社会に向けた取り組みなども開示する制度を確立し、それらを第三者の立場から評価・認証する公認CO₂会計士制度を導入する。一方で、金融機関に対しても環境に配慮した「社会的責任投資行動」を実施する方針を明確に打ち出し、貸し出し資産の一定比率を低炭素型ビジネスに向けている機関を公表し、その取り組みを後押ししていく。さらに、これらの低炭素型投資や金融商品などに対しても減税など様々な優遇措置を導入することで、低炭素型の経営を行う企業にお金が集まる仕組みを構築していく。

【導入期】

「見える化」が進んだ企業のCO₂排出量データをもとに、低炭素型経営を行う企業を後押しするような制度を導入する。具体的には企業活動におけるCO₂の排出に対して炭素税を課す一方で、CO₂排出削減目標に関して政府と合意し、その目標を達成した企業にはインセンティブ（大幅減税措置や削減目標を実現するための技術開発補助）を与えていく。CO₂排出削減目標は第三者機関が評価し、その達成難易度に応じて、受けられる減税措置や技術開発用の補助金などのインセンティブを差別化する。また、環境税の導入に併せて排出量取引制度を導入し、企業のCO₂排出削減コストや目標未達のリスクを最小限に抑えるような制度設計を行う。炭素税の税率については徐々に拡大していくが、企業が将来の税率を踏まえた経営計画や技術開発投資計画を立てやすいように、将来の長期的な税率変化についても公表する。さらに、特に先進的な取り組みを行った企業に対しては、例えば「Low Carbon of the year」などとして大々的に表彰を行う。これらにより、企業の低炭素製造技術・サービスへの転換を後押ししていく。

【競争力の確保】

国際競争にさらされやすい産業などでは、炭素税の導入などによる国際競争力の低下を招きかねない。また、企業への過度の負担は製造業の海外流出に繋がってしまう。そこで政府は国際交渉などを通じて特定の産業の不利益が甚大とならないよう国際的な枠組みのスキーム（セクターアプローチ、国境課税など）の導入を世界各国に働きかける。これらが不十分であり、十分なスキームが構築されていない期間中は柔軟な税制措置を行っていくものの、2020年までにはこのような税制の特別措置を撤廃する。

<<解説>>

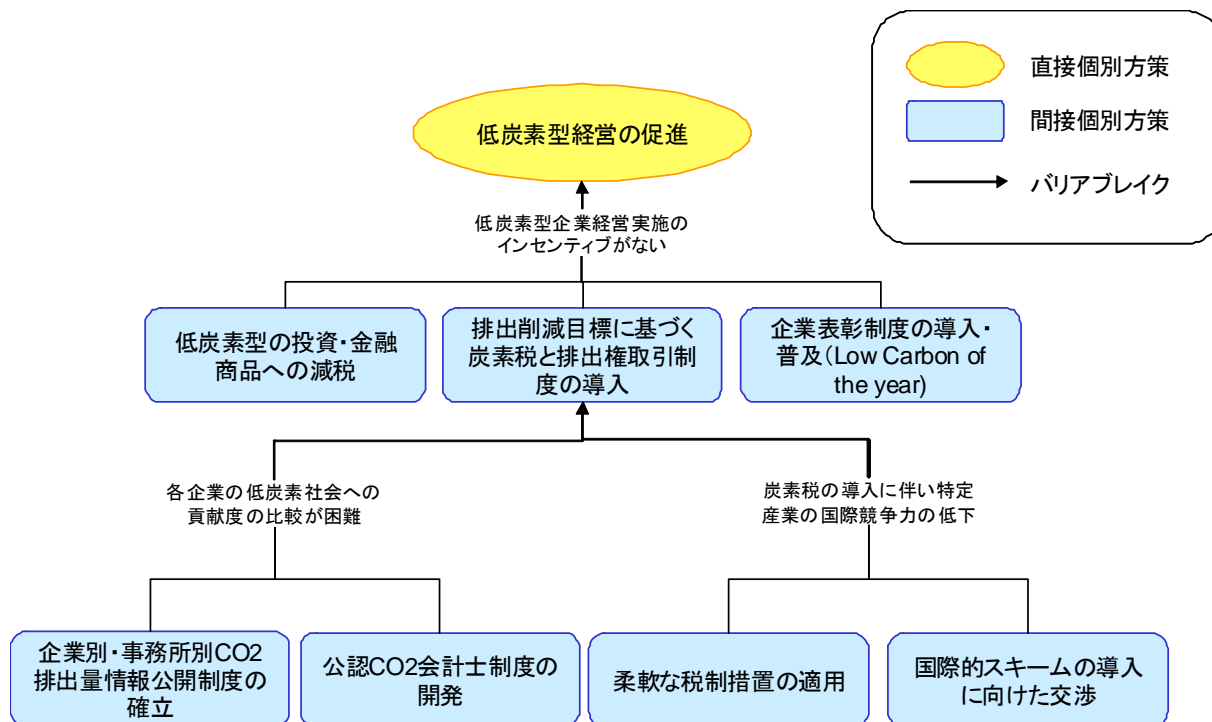


Fig 6-25 施策相関図（方策5）

① 排出削減目標に基づく炭素税と排出権取引制度の導入

企業に対して低炭素型経営のインセンティブを与える最も直接的で効果的な手法は、温室効果ガスの排出削減が直接利益に結びつく（温室効果ガスの排出がコスト増に繋がる）社会システムをつくり出すことである。これらの手段としては、「排出量取引制度」、「環境税」、「税制のグリーン化」などの手法がある。

Table 6-2 企業の低炭素化に向けたインセンティブ^{65, 66}

排出量取引制度	参加企業が排出量や原単位についての目標を設定し、その目標を達成するために各種の排出枠（クレジット）の売買を活用できる仕組みである。目標以上の削減を実現すると、排出枠を販売できることから削減に向けた大きなインセンティブとなりうる。
環境税（炭素税）	環境税は、炭素排出に価格をつけて、市場メカニズムを通じて、低炭素社会を実現する手段である。多種多様な分野・主体に対して公平に課すことができ、特に排出量が小さい分野や主体に対しても適用できるなどのメリットを有する。
税制のグリーン化*	既存税制の枠組みを低炭素化の観点から見直すことであり、低炭素化を促進する技術に対して減税を行うなど、インセンティブとして税制を活用することなどが検討されている。

*環境税（炭素税）と税制のグリーン化については必ずしも独立した概念ではなく、「低炭素社会づくり行動計画」においても「税制の抜本改革の検討の際には、道路財源の一般財源化後の用途の問題にとどまらず、環境税の取り扱いを含め、低炭素化促進の観点から税制全般を横断的に見直し、税制のグリーン化を進める」こととされている。

排出量取引制度は、大規模な排出企業を対象に、コストが比較的安価なところから優先的に削減できるため、短期的な排出量削減策として有効である一方で、排出量が小さい分野や主体に対しても適用できるが、大規模排出企業に急激に過度な負担を与える可能性がある環境税とは相互補完的な関係にあるとされる。これら二つの制度をうまく活用した制度として英国の排出量取引制度がある（Box 17 参照）。

Box 17：英国の排出権取引制度（ベースライン&クレジット）とEU-ETS（キャップ&トレード） ^{67, 68,}
268

英国の気候変動税や排出量取引制度は、先進的な CO₂ 排出削減の取り組みとして評価されてきた。

気候変動税は、電力やガス、ガソリンなどエネルギーの最終消費者から料金とあわせて徴収する仕組みで、税収は再生可能エネルギー導入補助や、エネルギー効率化計画への資金調達などに充てられる。そして、英国気候変動協定（Climate Change Agreements: CCAs）目標（任意参加の自主協定）を達成したエネルギー多消費型産業の企業は 80%、園芸関係企業は 50%の減税措置が受けられるという仕組みも備える。

排出量取引制度は、エネルギー多消費型産業を対象とした制度であるが、CCAs 目標の排出枠（ベースライン）に対し実際の排出量が小さい場合、排出枠を下回った分を排出権（クレジット）として他の企業などに売却できる仕組みでもある。

英国の制度は、このような減税措置や排出権売却というインセンティブを設定することで、排出枠目標を達成した企業が更に排出量を抑制することが見込まれるため、市場メカニズムを巧みに取り込んだ効果的な CO₂ 削減策として、高く評価されてきた。

一方、EU-ETS（The EU Emissions Trading Scheme: EU 域内排出量取引制度）は、発電所や石油精製、製鉄など、エネルギーを多く消費する施設を対象に、温室効果ガスの排出枠の上限（キャップ）を設定し、排出枠を割り当てられた企業などの主体同士で取引（トレード）する仕組みを定めた制度である（2005 年 1 月より開始）。

加盟各国は、まず排出枠の国家配分計画（National Allocation Plan: NAP）を作成し、EU 委員会の承認を受けた上で、対象施設に排出枠を交付する。対象となった各施設（企業）は、毎年末に、排出枠の遵守状況を政府に報告する必要がある。この際、各施設（企業）は排出枠などを購入して対応することが可能であり、割り当てられた排出許容量を達成できた企業と、未達成の企業間で排出権を売買できる。仮にこの排出枠を遵守できない場合、第 1 期間（2005～2007 年）の排出超過分については、1t の CO₂ 当たり、40€（ユーロ）（約 5,400 円）の課徴金が課せられるとのことである。

この制度は 2008 年 1 月より第 2 期間に入っているが、第 1 期間の各国での排出枠の割り当て方法に関して、実質的な削減への効果が薄いなどの問題点が指摘されており、制度の大幅な変更が提唱された。具体的には、無償付与としていた排出許容量当量の 60%以上を競売制にすることや、CO₂ のみに留まっていた削減対象を CH₄、N₂O に拡大することが検討されるなどしている。

EU-ETS は、英国の制度も参考にして設計された経緯があるが、以下を例として様々な相違点があり、より規制色の強いものとなっている。このため、英国では、EU-ETS への対応のために国内制度の変更・再整備を迫られた部分も存在する。

- ・ 英国の制度が任意の参加であるのに対し EU は法的義務となっている
- ・ 英国の制度は CO₂ 排出削減の取り組みに対し補助金を支給する仕組みがあるが、EU-ETS には存在していない
- ・ 英国の制度が発電施設や暖房施設（直接排出源）を対象外とし、エネルギーの最終消費者（間接排出源）を対象としているのに対し、EU-ETS はこれらの直接排出源を対象としている

具体的な情報については、英国環境・食糧・農林地域省のサイト（以下）を参照されたい。

<http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange/trading/index.htm>

また、排出量取引制度の難点としては、各企業の目標値の設定にある。多種多様な業種において、公平な削減目標を設定するのは極めて困難である上に、これらの目標値が結果的に企業の経営条件にも直結することから、政府と企業の癒着や汚職にも繋がりがかねない。そこで、政府と企

業が合意した削減目標を第三者機関が評価することが重要であり、その削減目標の達成難易度に
応じて受けられる減税措置や技術開発用の補助金などのインセンティブを差別化することによっ
て、企業の低炭素化投資などを促進させることを提案している。

なお、炭素税の税率の変化は企業にとって大きな経営リスクとなる。多額の投資によって開発
した商品が税率の変化によって市場競争力を持たなくなれば、企業の損失は甚大なものとなっ
てしまう。逆に税率の変化が先にわかっているならば、現在は競争力を有しない技術に対する先行投資
も進むものと考えられる。このため、企業に対して安定的な経営環境を与えつつ、低炭素化を進
めるためには、長期的な税率の変化を政府が明示することがきわめて重要となる。

② 低炭素型の投資・金融商品への減税

低炭素型企业経営を支援するためには、そこに投資が集まる仕組みをつくることも効果的であ
る。既に、世界の機関投資家の中には、企業の環境活動に注目して投資活動を行う主体も存在し
ており、環境配慮を行わない企業は経営リスクが高いとの評価をしてその企業への投資を避ける
流れもある（Box 18 参照）。この潮流は低炭素社会に向けた大きな力となる可能性を秘めている
といえる。また、金融機関が投資先を決定する際には、その社会的責任として、投資先機関の環
境配慮などの項目にも着目すべきとの考え方も広がりつつある（Box 19 参照）。

そこで、低炭素型投資を行う金融機関や低炭素型金融商品に対して様々な減税措置を行うこと
によって、これらの流れを後押しすることが可能になると考えられる。

Box 18：カーボンディスクロージャープロジェクト（CDP：The Carbon Disclosure Project）⁶⁹

CDPは、気候変動によってもたらされる企業価値や企業活動への影響に対応するための、株主と企業の永
続的な関係づくりを促進するために組織されたNPO団体で、両者の適切な情報に基づいた対話のための基盤
づくりを行っている。CDPに参加している機関投資家の運用資産の総計は57兆ドルにのぼる。

CDPは、過去8年間の調査を通して、企業のCO₂排出に関する情報開示についての基準を確立してきた。
2008年には世界の主要企業3,000社（2007年には2,400社）を調査し、気候変動や温室効果ガスの排
出による事業へのリスクや事業機会に関する情報を収集してデータベース化し、Webサイトなどを通して公
開している。様々な企業から収集されたデータは、政策立案やコンサルティング、企業会計、市場調査など
の分野でも活用されている。

Box 19：国連の社会的責任投資行動⁷⁰

国際連合（United Nations）は2006年に、国連環境計画（UNEP）、国連グローバル・コンパクトと共
に、投資行動に関して「責任投資原則」（PRI：Principles for Responsible Investment）を定めて公表し、
世界の機関投資家に向けて参加を呼びかけている。

この責任投資原則に法的拘束力はないが、機関投資家の意思決定プロセスに、環境上の問題、社会の問題
および企業統治の問題（ESG）を、受託者責任の範囲内で反映させるべきとした世界共通のガイドライン的
な性格を持つ。

原則は6つの柱からなり、その下にESG課題を投資行動に反映させるための具体的な35の行動につい
て示している。

- ① 投資分析と意志決定のプロセスにESGの課題を組み込む
- ② 活動的な（株式）所有者になり、（株式の）所有方針と（株式の）所有慣習にESG問題を組み入れる
- ③ 投資対象の主体に対してESGの課題について適切な開示を求める
- ④ 資産運用業界において本原則が受け入れられ、実行に移されるように働きかけを行う

⑤ 本原則を実行する際の効果を高めるために、協働する
この原則には、2006 年の公表以来、世界各国の年金基金、資産運用会社、投資顧問会社など、多くの機関投資家が賛同を表明して署名している。具体的な署名機関については、国連の PRI ポータルサイト（以下）から参照できる。

<http://www.unpri.org/principles/japanese.html>

③ 企業表彰制度の導入・普及（Low Carbon of the year）

企業が低炭素型の経営を消費者などにアピールすることによって、自社の製品のブランド価値を高めることが容易にできれば、経営者にとっては経営の低炭素化に向けたモチベーションが上がると思われる。そこで企業の低炭素努力を正当に評価し、特に優れた企業に対して大々的に表彰する制度を導入することは、企業に対して一定のインセンティブを与えることになる。なお、企業にとって表彰されることが特別な名誉でありつづけるためには、受賞できる企業の数可能な限り少なくする一方で、受賞機会が大規模企業のみならず、中小企業など様々なレベルの企業にも与えられるよう、適切なカテゴリー分けが重要となろう。このような表彰制度の事例としては NGO や出版社などの組織が独自に行っている評価制度などが参考になる。

Box 20 : 日本の環境問題関連活動表彰制度

地球環境大賞は、1992 年に創設されたフジサンケイグループが主催する環境活動への表彰制度である。「産業の発展と地球環境との共生」を目指し、産業界を対象とする顕彰制度として、(財)世界自然保護基金(WWF)の特別協力を得て創設された。表彰の対象は、持続可能な循環型社会実現に寄与する製品・商品・サービス・技術などの開発、環境保全活動・事業の推進と 21 世紀の社会システムの探究、地球環境問題に対する意識の一段の向上などの面で顕著な成果を上げ、社会の模範となる功績を収めた企業、自治体、学校、市民グループなどとしている。受賞者はこれまでに延べ 172 件を数える⁷¹。

eco japan cup は、環境ビジネスウィメン、三井住友銀行、環境省、総務省の 4 者が主催となり、官民協働事業として行う「エコビジネスの芽を見つけ、育てる。」ことをコンセプトとするコンテストである。大企業からベンチャー企業、あるいは個人から組織まで、経済に関わる様々なステークホルダーを eco で繋ぐことで、新たな経済価値を創り出していくことを目指している。具体的には、経済に関わる 3 つの部門、企業（ビジネス）、市民（ライフスタイル）、それを繋ぐ文化（カルチャー）の部門を設け、そのそれぞれの分野で eco をテーマにしたビジネスプランや活動、作品などを公募して審査・表彰している。またこれらとは別にスペシャル部門というものもあり、その年ごとにテーマを設定し、特別企画コンテストを行っている⁷²。

環境コミュニケーション大賞は、環境省と(財)地球・人間環境フォーラムが主催し、表彰を通じて事業者などの環境コミュニケーションへの取り組みを促進するとともに、その質の向上を図ることを目的に毎年実施されているものである。表彰部門は、CSR（企業の社会的責任：Corporate Social Responsibility）報告書や持続可能性報告書なども含む環境報告書を対象とする「環境報告書部門」、エコアクション 21 に基づく環境活動レポートを対象とする「環境活動レポート部門」、テレビ放送で放映された環境コマーシャルを対象とする「テレビ環境 CM 部門」の 3 部門となっている。

もとは企業の環境報告書などを対象とした表彰制度であったため、「環境レポート大賞」の名前を冠していた。しかし、環境コミュニケーションの方法の多様化に伴い、第 8 回より表彰対象にテレビ環境コマーシャルを加え、「環境コミュニケーション大賞」へと改称している⁷³。

また、(財)地球・人間環境フォーラムが主催する表彰制度には、エコプロダクツ大賞というものもある。これは、優れたエコプロダクツ・エコサービスを表彰することを通じて、エコプロダクツの供給者である企業などの取り組みを支援するとともに、エコプロダクツに関する正確な情報を需要者サイド（事業者、消費者など）に広く伝えることを目的として、2004 年から実施されているものである。財務省、厚生労働省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省が後援している。

過去 4 回実施されたエコプロダクツ大賞は、企業から高い関心を集め、毎回 100 件を超える応募があるとのことである。受賞者からは「受賞によって、受賞製品・サービスはもちろん、企業自体の知名度や認知

度、ブランド価値が高まった」という声が多く寄せられているという⁷⁴。

ただし、これらの表彰制度は、現在「知る人ぞ知る」というような知名度に留まっている感も否めず、今後、賞自体のブランド価値向上についても検討が必要であろう。

逆に環境配慮が不十分な会社を公表するような制度であっても、企業はレピュテーションリスク（評判リスク）を恐れるため、低炭素化経営努力の後押しになると考えられる。

Box 21 : 製品の環境負荷に関連するレピュテーションリスクとその対応例

現代では、情報が企業価値を大きく左右するようになり、不測の事態や事件により、企業評価を低下させる風評が流れる可能性が常にある。これは単なる冤罪的な要因に由来するものから、コンプライアンスやコーポレートガバナンスの不徹底に由来する、内外への深刻な被害をもたらすものまで、様々なものが存在する。いずれにせよこのような風評は、顧客離れや株価の下落など、企業経営に甚大なマイナス影響を与えるリスクを持っているために、慎重・緻密かつ迅速な対応が求められる。特に大企業においては、レピュテーションリスクが企業の存続をも左右する重大な懸案事項にもなりうるので、常時からこれに対応するマニュアルを設けているところが多い。また、信用が重要視される金融業界では、特にきめ細やかな対応を定めているところも多い。

欧米では NGO などを中心に、このような企業のレピュテーションリスクへの対応をうまく活用し、環境問題への取り組みを促進する活動の実施事例が多く存在しており、日本にもその動きが波及した例もある。

グリーンピースは、1992年にドイツでの委託研究でノンフロン冷蔵庫（グリーンフリーズ）の試作に成功したことを機に、市民を巻き込んでフロンや代替フロンの生産中止を求める大々的なキャンペーンを行うとともに、ノンフロン冷蔵庫の生産を進めるよう、メーカーに強力な働きかけを行った。従来技術の維持を指向していた大手メーカーは、当初この動きを警戒して猛烈な攻撃を行ったが、ノンフロン冷蔵庫が第三者機関によるエネルギー効率規格の認証を取得したことなどで、広く欧州全体にその有効性が認められるようになったため、こぞってノンフロン冷蔵庫の開発・販売に力を入れるようになった。現在では、ドイツの家庭用冷蔵庫のほぼ100%がノンフロン冷蔵庫であると見られている。

この運動は1993年以降日本でも展開され、グリーンピース・ジャパンとその動きに呼応した市民が、主要家電メーカーに対してハガキで質問や要望を送付するなどの働きかけを行った。この動きに対して、松下電器産業（株）（現・パナソニック（株））は同団体と折衝を続けながら技術開発を行い、ノンフロンのみならず、大幅なエネルギー効率向上を達成する技術の開発に成功し、2001年11月に、「2002年2月よりノンフロン冷蔵庫の本格的な販売を開始する」と表明した。販売開始以降は、当該商品の売り上げが急速に伸び、環境問題対応に熱心な企業として、同社のブランド価値も共に向上させることに成功したといわれている。その後、同様の動きは東芝、日立、サンヨー、シャープ、三菱など、日本の主要な家電機器メーカー各社に急速に拡がり、企業・NGO・生活者の協働が生み出した環境問題への取り組み事例の一つとして高く評価されている⁷⁵。

このように、環境配慮が不十分な商品やサービスに関してその生産・販売の中止や削減を求める運動は、企業にとっての大きなレピュテーションリスクになる可能性は高いが、真摯に対応し、効果的な代替技術やサービスを開発・提案することで、企業のリスク回避とブランド価値向上の両方を達成できる可能性も秘めているといえよう。

Box 22 : 温室効果ガスの排出量の算定・報告・公表制度⁷⁶

この制度は、改正された地球温暖化対策の推進に関する法律（温対法）に基づき、平成18年4月1日から施行されている。これは、温室効果ガスを多量に排出する者（特定排出者）に、自らの温室効果ガスの排出量を算定し、国に報告することを義務付ける制度である。国は報告された情報を集計し、公表することとしている。

算定対象期間は、代替フロンなど3種類のガス（HFC、PFC、SF6）以外の温室効果ガスは年度ごと、代替フロンなど3種類のガスは暦年ごととなっている。報告の不履行、又は虚偽の報告をした場合には、20万円以下の過料の罰則を設けている。

この制度は、以下の観点から導入された経緯があるが、まだ制度自体の国民への知名度も低く、今後の周知や活用方法についてより一層の工夫と努力が必要であると考えられる。

- ・ 温室効果ガスの排出の抑制を図るためには、まず、各事業者が自らの活動により排出される温室効果ガスの量を算定・把握することが必要である。これにより、排出抑制対策を立案し、実施し、対

策の効果をチェックし、新たな対策を策定して実行することが可能になる。

- ・ 算定された排出量を国が集計し公表することにより、事業者は自らの状況を対比し、対策の見直しにつなげることが可能になるとともに、国民各界各層の排出抑制に向けた気運の醸成、理解の増進が図られるものと期待される。

この制度において、排出量は事業者単位で公表されるので、事業者総体の削減努力が年毎に比較できるという利点がある一方、各地に事業所が点在している企業などは各所の排出量を合算した値が公表されることとなり、事業者内での排出の地域性を見ることができない（例：公表値から〇〇会社の△△支社の排出量がいくらかを知ることは不可能）という一面もあり、運用・公表方法については今後も議論が必要であると思われる。

④ 企業別・事務所別 CO₂ 排出量情報公開制度の確立

排出削減にもとづく炭素税や排出量取引制度を導入するためには、統一化（標準化）された書式で企業別あるいは事業所別の CO₂ 排出量が比較できる状態である必要がある。日本公認会計士協会でもこれらの課題について調査・議論が行われており、日本において、気候変動リスクに関する情報開示フレームワークをどのように構築すべきかについて検討している（下記 Box を参照）。

Box 23 : 日本公認会計士協会による気候変動リスクに関する開示フレームワークの検討⁷⁷

近年、世界的な流れとして、気候変動に伴うリスクや機会が企業などの財務状況に大きな影響を与える要素となりつつある。それに対応して、投資家はその影響を分析して投資行動を検討・判断する必要があるため、投資先企業の気候変動リスクに関する情報開示を求める流れが強まりつつある。ところが、現状ではそのような情報開示に関して様々な媒体・基準が存在し、開示フレームワークが統一されていないため、投資家が投資リスク・機会を分析・判断しにくい状態となっている。

これに対応するために、国際的な開示フレームワークを構築しようとする動きも加速しており、2007 年の世界経済フォーラム（ダボス会議）で設立された「気候変動に関する開示基準審議会（Climate Disclosure Standards Board : CDSB）」が、年次報告書などの制度開示を前提にしたフレームワークの提言をしたり、前述の CDP のような機関投資家グループが、独自に質問表を送付して回答を求め、それを集約して開示する取り組みなどを実施している。

また日本国内では、企業が発行する CSR 報告書・環境報告書などでの自主的な開示や、会社法・金融商品取引法にもとづく書類などの財務報告制度における開示、日本政府が定める「地球温暖化対策の推進に関する法律（温対法）」にもとづく温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度」における開示なども存在している。

日本公認会計士協会では、これらの世界的な動向や国内動向を調査し、企業が投資家に開示すべき情報の開示フレームワークを検討している。

まず、気候変動は、企業の財務状況に関して以下のようなリスクと機会を生じさせると分類している。

- ・ 規制等リスクと機会（温室効果ガス排出抑制を目的とする規制や経済制度による影響）
例：排出量取引制度導入による排出枠の購入あるいは売却による影響など
- ・ 物的リスクと機会（地球温暖化と気候変動によってもたらされる物理的影響）
例：局地的な異常気象、海面上昇、永久凍土の融解などに伴う設備などの損害、保険金支払の増加、原材料調達の不安定化による影響など
- ・ 市場・評判リスクと機会（気候変動リスクが市場における競争上の地位に与える影響）
例：気候変動に対する消費者意識の向上と商品選択の変化に伴い、市場における商品の優位性が変化することの影響、規制や消費者ニーズの変化に対応するため、取引先からの要求が高度化することに伴う影響、気候変動リスクへの対応状況が企業の評判に影響し、結果的に市場競争に与える影響など

次に、「これらのリスクや機会に関して、企業がどのように認識しているか（リスクと機会の認識）」、「企業が現状でどのくらいの温室効果ガスを排出しているか（温室効果ガス排出量などの実績情報）」、「これらのリスクや機会の認識と現状の排出量を踏まえ、今後どのような取り組みを検討・実施していくのか（排出量マネジメントとリスク対応）」についての観点から取りまとめて情報を開示する必要があるとしている。

さらに、これらの情報について、企業の自主的な開示に委ねたほうがよい部分と、制度的に開示を義務付けるべき部分への区分を検討し、開示フレームワーク構築について提言をしている。具体的には、以下のよ

うにまとめている（以下引用・一部説明付記）。

① リスクと機会の認識

- ・規制リスクと機会、物的リスクと機会、市場・評判リスクと機会の有無については投資家にとって重要な情報である。しかもCSR報告書等で自主的に開示される可能性は小さく、また、たとえCSR報告書で記載されても他の項目に埋もれてしまう可能性がある。したがって少なくともそれらのリスクと機会の有無をどのように認識しているのかについては、制度として開示が求められると考えられる。
- ・物的リスクと機会、市場・評判リスクと機会に関しては、外部の投資家はその財務的影響を評価することは難しいので、重要性がある場合には、企業としての影響に関する評価や対応策についても情報があることが望ましい。
- ・規制等リスクと機会に関しては、投資家はその財務的影響を評価できるための情報が提供されることが必要である。具体的には、まず業種や立地に応じた規制内容に関する情報と、具体的な規制値や目標値に関する情報が必要である。
- ・②に示す排出量等の実績情報は、将来の排出量等を予測する上での基礎となるので、リスクの評価の観点からも必要である。
- ・排出枠及び排出クレジットの購入は実際排出量と関連し、規制リスクとも関係するので、すべての企業が関係するわけではないが、重要性がある場合には開示が必要になると考えられる。

② 温室効果ガス排出量等の実績情報

- ・気候変動問題における企業の位置付けを理解するための基礎的な情報であり、重要性の高い情報である。
- ・CSR報告書でも詳細な開示がなされる傾向にあるが、CSR報告書は自主的開示であってすべての企業が作成しているわけではなく、また、一定の標準化が必要であるため、今後は制度としても一定の対応が求められると考えられる。
- ・その場合、我が国では温対法の情報（「温対法」による温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度のデータ）を基礎とすることにより、特定排出者となる国内の事業所に関しては、追加的なコストをかけずに、標準化された情報が得られる点に留意すべきである。

③ 排出量マネジメントとリスク対応

- ・規制リスクと機会、物的リスクと機会、市場・評判リスクと機会が、将来どの程度の財務的影響をもたらすかを評価する上で、重要な情報である。
- ・ただし各社独自の判断によってCSR報告書等の自主的開示で自ずと記載が進展すると思われることに加え、企業ごとに内容が異なり、標準化し難い情報である。しかも相当の記述量を必要とすることが多い点からも、詳細な説明については、各社の創意工夫の余地が大きく、自由に記載できる自主的開示に委ねることが適当と考えられる。
- ・一方、制度開示の中でも、リスクの認識の記載とともに、その対応についての概要を示すことが必要と考えられる。また具体的な対策については現状でも「研究開発活動」（有価証券報告書の記載カテゴリーのひとつ）等の中で一定の記載が可能であり、実際の開示事例も多い。

詳細については、日本公認会計士協会ホームページにて該当資料を参照されたい。

<http://www.jicpa.or.jp/>

⑤ 公認CO₂会計士制度の導入

統一化（標準化）された書式で比較を行うためには、定められた方法で正確な報告がなされていることを保証する必要がある。その観点から、公認会計士と同様に公認CO₂会計士制度の導入を行う。

⑥ 柔軟な税制措置の適用

⑦ 国際的スキームの導入に向けた交渉

国際競争にさらされやすい産業などでは、炭素税の導入などにより国際競争力の低下を招きかねない。また、企業への過度の負担は製造業の海外流出に繋がってしまう。そこで政府は国際交渉などを通じて、特定の産業の不利益が甚大とならないよう国際的な枠組みのスキームの導入を世界各国に働きかけるなどの工夫が必要となる。これらが不十分であり、十分なスキームが構築

されていない期間中は柔軟な税制措置を行っていくものの、2020年までにはこのような税制の特別措置を撤廃する。

Box 24 : セクトラルアプローチ、国境課税

セクトラルアプローチ（セクター別アプローチ）とは、温室効果ガスの国別削減量を定めるための手法のひとつであり、産業・運輸・家庭などの部門（セクター）ごとに温室効果ガス削減可能性を算出し、その合計を国別の総量目標とする方法である。温室効果ガス削減可能性は、省エネ技術の普及率などを調査し、最も効率の良い技術を導入した場合を想定して算出する。この方式は積み上げ方式ともいわれ、政治判断で削減目標を義務づけた京都議定書とは違い、公平で統一的な基準に基づいて削減目標を定めようとする考え方である。

日本政府が提唱するセクトラルアプローチは、2008年ダボス会議での福田首相発表当初は、あまり各国の理解が得られなかった。しかし、その後様々な国際交渉の機会にて説明・議論を重ねるうち、同アプローチが公平な国別総量目標の設定に有効であるという認識が醸成されつつある。

セクトラルアプローチの利点としては、以下のような点が挙げられている。

- 1) 削減目標を産業別に科学的、技術的に割り出して設定できる
- 2) 先進国と途上国に共通な尺度を提供でき、成長を制約しないため途上国も参加しやすい
- 3) セクターごとの重要技術の特定や適切な技術協力を迅速かつ容易に行える
- 4) 各国の目標の透明性や検証可能性、公平性が確保しやすい

ただし、同アプローチの適用に関しては、以下のような留意点も指摘されている（「セクター別削減ポテンシャルの積み上げに関する国際ワークショップ（2008年5月；フランス・パリ開催）」より）。

- 1) セクター別アプローチは国別総量目標に代わるものではない
- 2) 先進国と途上国に一律の基準を当てはめるものでもない
- 3) 先進国・途上国の官民が共同でセクターごとに各国の削減行動や協力のあり方を議論し、実際の行動に移していくべき
- 4) 具体的な削減行動を取る上でセクターごとの特性や国ごとの事情に配慮することが重要
- 5) 実施にはデータ収集の強化が必要

このほか同アプローチの適用には、国際的な交渉プロセスの複雑化や、具体的な制度化には課題が多いという指摘もあるものの、2013年以降の気候変動枠組協定のあり方（ポスト京都議定書）を議論する上で、重要なテーマのひとつとなっている⁷⁸。

また、日本では、温暖化問題対策に係る国境課税について検討がなされたこともある（以下は2004年当時の資料の情報である）。

これは、輸出品に対して、製造工程などにおいて払った温暖化対策税を輸出時に還付する、温暖化対策税が課税されていない輸入品に対して、輸入段階でそれまでに使用したエネルギーの量に応じて温暖化対策税を課税するといった国境税調整を行い、一国のみの温暖化対策による当該国の国内産業に負担が生じることを防止するような課税措置を想定している。

ただし、このような国境税調整を行うには、税適用による輸出元での排出削減効果と輸出先での価格インセンティブ効果の相殺の問題、GATTやWTOなどの国際貿易上のルールとの整合性の問題、実際の製品のエネルギー使用状態の詳細把握が技術的に可能かどうかの問題などを解決する必要があるとしている。さらに、これらを解決して温暖化対策税に国境税調整を導入した例はないとのことである。

なお、米国では化学物質税やODC（オゾン破壊化学物質）税などの環境関連税制で国境税調整を行っている例があり、これらの事例に倣えば、理論的には温暖化対策を目的とした国境税調整は可能であるとされる。しかし、これらは該当物質の使用状態が明快でかつ把握しやすいために課税が可能であったという。

今後は、温暖化対策に関連する国境税調整の導入が技術的に可能か否かの検討とともに、税率の軽減措置など、産業の国際競争力に配慮するための様々な手段の実施可能性なども含めて、総合的に検討を進めていく必要があるとしている⁷⁹。

6.6. 滑らかで無駄のないロジスティクス

(1) 目指す将来像

【SCMによる無駄の徹底排除】

原材料や部品の調達から製造、流通、販売という、生産から最終需要（消費）にいたる商品供給の流れを「供給の鎖」（サプライチェーン）と捉え、ビジネスプロセスの全体最適化を図る「サプライチェーンマネジメント（SCM）」が普及している。SCMでは、高度情報通信技術により供給網に参加する企業間で情報を相互に共有・管理しており、これによって、需要と供給が同期化され、在庫・仕掛品の削減が進む。その結果、不必要な生産が抑制され、産業が効率化されている。

【鉄道・船舶輸送インフラの充実と繋ぎ目のない流通網の実現】

主要な拠点間を結ぶ区間では船舶や鉄道による大量貨物輸送網が十分に整備され、さらに主要な荷捌き拠点において異なる輸送手段間の貨物の受け渡しがスムーズにできるシステムが構築されている。その結果、低炭素かつ効率的な長距離輸送ネットワークが実現されている。

【高効率自動車による域内輸送】

域内輸送は電動もしくはハイブリッド貨物自動車を中心となる。また、情報通信技術の進展や業界再編によって共同配送が進み、積載効率が大幅に向上している。大都市中心部では台車による集荷・配達も行われている。

《解説》

① 方策の枠組み

現在においても、必要以上に製品が製造され、不良在庫となって経営を圧迫したり、それらが売れ残りとして利用されずに廃棄されるケースが見られており、原材料や部品の調達から製造、流通、販売という、生産から最終需要（消費）にいたる商品供給の流れをさらに合理化させることは可能であると考えられる。

また、自動車による小口輸送が主流になりつつあり、鉄道・船舶などの公共交通機関の有効活用による物流の合理化の余地は十分に残されている。そこで、本方策では流通・物流に伴うCO₂排出量に着目し、これらの合理化・高効率化に伴うCO₂削減を目指す手段を検討している。

② イノベーションに求められる技術

○サプライチェーンマネジメント（SCM）

サプライチェーンマネジメント（SCM）とは原材料や部品の調達から製造、流通、販売という、商品供給の流れを「供給の鎖」サプライチェーンと捉え、それに参加する部門・企業間で情報通

信技術（ICT: Information & Communication Technology）を活用して情報を相互に共有・管理することでビジネスプロセスの全体最適化を目指す戦略的な経営手法である。SCMはサプライチェーンの鎖の一つ一つの部分最適化ではなく全体最適化を目指すアプローチであり、納期短縮・欠品防止による顧客満足度の向上、流通在庫を含む在庫・仕掛品の削減によるキャッシュフローの最大化などの経営の効率化という目的で導入されることが多いが、ICTを通じた需要と供給の同期化によって無駄な生産・流通プロセスを排除することができ（中間製品や返品物流の削減にも繋がる）、これによって低炭素の観点からも一定の効果が期待されるものである。

ICTを活用することで、「Dellモデル」のようなネット販売などによる製造直販化やBTO（Build to order）に代表されるように、顧客が必要とする機能や仕様に合わせて製品を生産することにより、中間流通や小売業者を介さずに直接販売することが可能となる。顧客にとっては自分が望む使用の製品を入手でき、流通業者の排除によって中間マージンがなくなることによる価格低減が期待できる。さらに製造メーカーにとっても流通在庫や完成品在庫がなくなり、売れない不良在庫を抱えるリスクをなくすることができるというメリットがある。

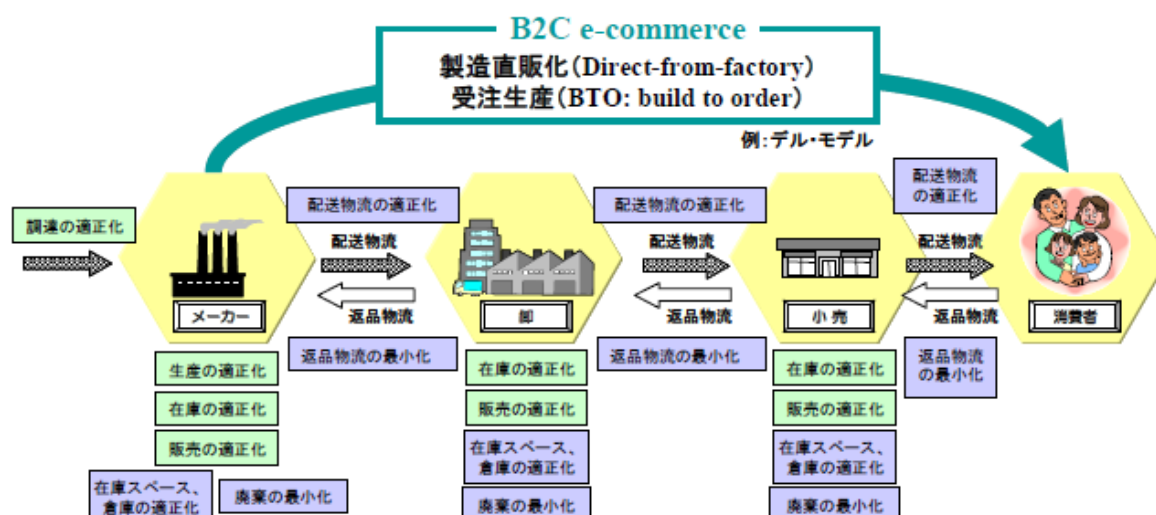


Fig 6-26 サプライチェーンの最適化⁸⁰

*B2C: Business to Consumer の略語であり、企業と一般消費者との間で取り交わされる電子商取引のこと。

SCMに関わる経営手法やソフトウェアは多種多様である。代表的なものを以下に示す。

Box 25 : 既存のSCM手法

- ① MRP（Material Requirements Planning；資材所要量計画 / 資材所要量計算法）
生産・在庫管理における手法のひとつで、完成品レベルの生産計画に基づいてその生産に必要な資材の所要量を求め、品目、納期と併せて所要量計画を求めるロジック。または、この計画を基準にして資材の手配（購買オーダー、生産オーダー）、納入、出庫の計画・管理をタイムバケットという時間単位で繰り返す管理手法。
- ② ERP（Enterprise Resource Planning；企業資源計画）
企業全体を経営資源の有効活用の観点から統合的に管理し、経営の効率化を図るための手法・概念。これを実現するための統合型（業務横断型）ソフトウェアを「ERPパッケージ」と呼ぶ。代表的なERPパッケージ

としては、ドイツ SAP 社の R/3、PeopleSoft 社の PeopleSoft、データベースベンダとして有名な Oracle 社の Oracle Applications、オランダ Baan 社の BAAN IV などがある。

③ CRM (Customer Relationship Management ; 顧客関係管理)

ICT システムを応用して企業が顧客と長期的な関係を築く手法。詳細な顧客データベースをもとに、商品の売買から保守サービス、問い合わせやクレームへの対応など、個々の顧客とのすべてのやり取りを一貫して管理することにより実現する。顧客のニーズにきめ細かく対応することで、顧客の利便性と満足度を高め、顧客を常連客として囲い込んで収益率の極大化をはかることを目的としている。

④ MES (Manufacturing Execution System ; 製造実行システム)

受注から製品の完成までの生産活動の最適化を促進するための情報を取り扱い、リアルタイムで正確なデータを『見える化』し、工場において発生した諸活動に基づいて活動の指針を示唆し、その報告を行う。常に変化する状況にすばやく反応し、付加価値のない業務を削減することによって、効率的な工場の業務とプロセスを導き、納期遵守、在庫回転率、粗利益、キャッシュフローに交換するとともに、ROA (Return on Assets : 総資産利益率) を改善する。このように MES は、双方向のコミュニケーションを通じて、企業全体の、また、サプライチェーン全体にわたってキーとなる生産活動の情報を提供する。SAP をはじめとする ERP などの計画系ソフトウェアとは異なり、逐次修正を旨とする実行のソフトウェア。製造現場だけでなく、病院・原子力発電所などの複雑なシステムを要する所にも導入されつつある。また米国では従来型の企業特種的な MES を、『オープン・オブジェクト指向型 MES (Open Object-oriented MES)』に高める動きがあり、各種装置を広範囲にネットワーク化し、各工程間の相互依存関係を、生産に携わる多くの人にわかりやすく示し、生産システム内の“部分と全体”の関係をリアルタイムに近い形で『見える化』する。

⑤ ECR (Efficient Consumer Response ; 効率的な消費者対応)

消費者のニーズへの対応を目的として、メーカー・卸業者・小売業者が連携し、流通システム全体を効率化しようとする取り組みのこと。1992 年に米国の食品産業界で誕生し、生産から販売までのサイクルを短縮するクイックデリバリー、商品在庫を抑えることでの低コスト化を推進する考え方。消費者を基点とした、製品補充、販売促進、品揃え、新製品導入の効率化を目指す。

⑥ VMI (Vendor Managed Inventory ; ベンダー主導型在庫管理)

サプライヤ(供給サイド)が顧客との間で事前に取り決めた在庫レベルの範囲内で適切な在庫レベルと在庫ポリシーを決め在庫を補給すること。顧客は発注をしない代わりに ICT を用いて情報(製品の利用または売上げ記録、現在の在庫量、プロモーションなどのマーケティング活動の予定など)をサプライヤと共有する。サプライヤには主に以下 3 点のメリットがある。

- ・ 顧客の受注行動を考慮する必要がなくなり需要予測が比較的容易になり、不必要な予備在庫を減らすことが可能
- ・ サプライヤは予想外の短期需要に応えるための追加の生産コストを減らすことが可能
- ・ ストックアウトの頻度を減らすことが可能で顧客サービスを向上することが可能

顧客のメリットには、在庫レベルの減少、ストックアウト頻度の減少が考えられる。また、顧客は製品が使われるか売れるまで在庫に注意を払わないと言われていたことからキャッシュフローへ改善の効果も期待できる。VMI の活用事例として、Walmart 社や P&G が有名である。P&G では、オンタイムデリバリーと在庫回転率の向上に大きく貢献したといわれている。

⑦ CRP (Continuous Replenishment Program ; 連続自動補充方式)

POS データから消費者が購入した分だけ補充するシステムである。小売業の店舗や物流センターの在庫管理を小売業が行うのではなく、サプライヤが管理する VMI の一方式である。小売店舗の在庫が減少した場合、次に納入される日までの需要予測を行い、それに対応した量を機械的に発注・補充する仕組み。ECR 戦略の具体的な施策の一つとして利用されている。米国では今や大手小売業のほとんどが採用している。

⑧ POS (Point of sale ; 販売時点情報管理)

店舗で商品を販売するごとに商品の販売情報を記録し、集計結果を在庫管理やマーケティング材料として用いるシステム。緻密な在庫・受発注管理ができるようになるほか、複数の店舗の販売動向を比較し、天候と売上げを重ね合わせて傾向をつかむなど、他のデータと連携した分析・活用が容易になるというメリットがある。このため、特にフランチャイズチェーンなどでマーケティング材料を収集するシステムとして注目されている。POS システムと経理システムなどを連携させ、クレジット決済や税額の自動算出なども一元的に管理するなど機能を拡張したシステムもある。

⑨ EDI (Electronic Data Interchange)

商取引に関する情報を標準的な書式に統一して、企業間で電子的に交換する仕組み。受発注や見積もり、決済、出入荷などに関わるデータを、あらかじめ定められた形式にしたがって電子化し、専用線やVANなどのネットワークを通じて送受信する。紙の伝票をやり取りしていた従来の方式に比べ、情報伝達のスピードが大幅にアップし、事務工数や人員の削減、販売機会の拡大などにつながる。データ形式やネットワークの接続形態は業界ごとに違うため、他の業界の企業との取引をEDI化するのが困難となっているのが課題である。最近ではインターネットの普及に伴い、WebブラウザやXMLなどインターネット標準の技術を取り入れ、通信経路にインターネットを用いることが増え、業界を超えた標準化、オープン化が期待される。

⑩ 求車求荷システム

Fig 6-27のように、空車情報と貨物情報をマッチングさせて、特に帰り便が低積載で運行している貨物車を有効に利用しようとするものである。一般的には中長距離での利用が多い。代表的な求車求荷システムとして次のようなものがある。食品メーカのキューピーでは、キューソー流通システムが運営しているQTISを用いて、物流事業者と貨物情報と空車情報をマッチングさせ、輸送車両1台あたりの積載率を、2001年では77.5%であったものを2004年では89.6%に改善している。

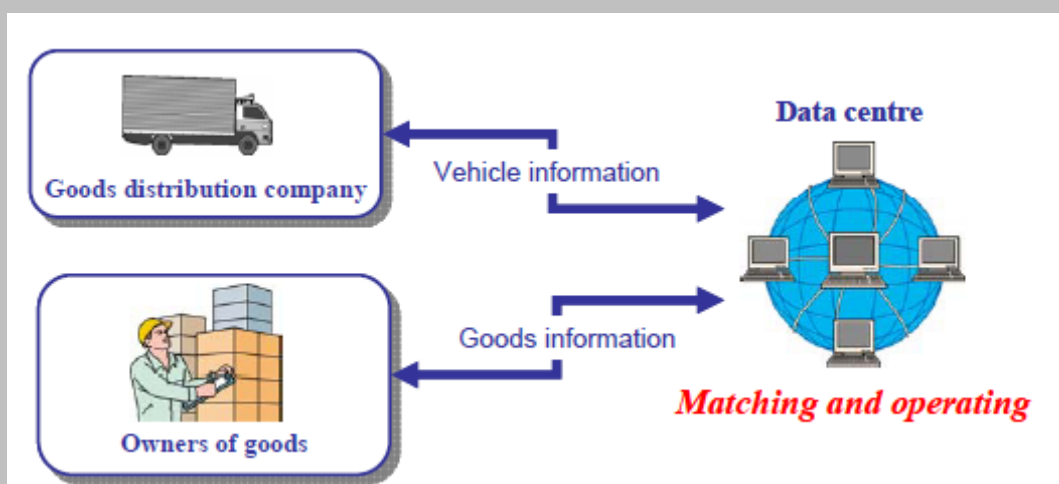


Fig 6-27 求車求荷システム

⑪ 走行管理システム

アイドリングストップ、急ブレーキ、急発進などを無くし、エコドライブを徹底することによって、環境負荷を削減しようとする試みは、多くの企業で運転手に義務付けが図られ、実施されている。あるスーパーでは、アイドリングストップの実施でCO₂排出量が2%削減したとしている。走行管理システムは、アイドリングストップなどの状況を定量的に把握し、徹底化するものとして、導入されている。セブンイレブン・ジャパンでは、Fig 6-28に示すように、車載端末とGPSを活用することによって、物流センターから店舗への商品の配送状況をリアルタイムで把握している。これによって、各貨物車のアイドリング状況や急ブレーキ・急発進状況の定量的把握を実施している。これによってドライバーごとに管理し、個人指導を実施し、貨物車の燃料あたりの走行距離が5.9 km/lから6.3 km/lへと向上している。



Fig 6-28 走行管理システム⁸¹

また車両メーカーが、運行状況を管理するシステムを提供する事例も出てきている。いすゞが提供している「みまもりくんオンラインサービス」は、その代表例である。車両から運転操作情報、エンジン稼働情報、車速、加減速情報、燃料消費情報などの車両からの運行データを、パケット通信網によって「みまもりセンター」に収集し、それらのデータをもとに、「みまもりセンター」で解析作業を行い、省燃料診断、稼働情報、運送品質情報、環境負荷レポートなどのサービスを提供している。毎日の運行状況をリアルタイムに把握できるだけでなく、環境への対応の面から見ると、運転状況を分析することによって、省燃料診断を詳細にすることが可能であり、エコドライブの徹底ができる。特に、最近の IT 対応車では、CAN-BUS（車内 LAN 標準インターフェイス規格のひとつ）アダプタを利用して、車両を制御しているコンピュータから直接データを取り込むことによって、燃料消費量、アクセルの踏み方、ギア段の使われ方、ブレーキ操作状況など詳細な運転操作データを収集することが可能となっている。運転日報には、速度超過、急加速、急減速、アイドリング、エンジン回転が表示されるほか、細かな運行区間ごとの燃費も把握できる。そのため、運送事業者と運転手が、一緒に運転状況を把握でき、どこが問題か、どこを改善すれば良いかの詳細な情報に基づいて、改善することが可能となっている⁸²。

⑫ RFID (Radio Frequency Identification)

ID 情報を埋め込んだタグから、電磁界や電波などを用いた近距離（周波数帯によって数 cm～数 m）の無線通信によって情報をやりとりするもの、および技術全般を指す。RFID を用いたシステムとして、ヨーロッパの大手卸業 Metro が実験的な施策として行っている The Future Store “extra” がある。ここでは商品に RFID をつけ、入出庫管理（在庫管理）や自動会計、マーケティングなどに活用している。

地球環境研究総合推進費（S-3） 平成 19 年度成果報告書より

[http://2050.nies.go.jp/material/H19-S-3/S-3-4/H19_S-3-4\(3\).pdf](http://2050.nies.go.jp/material/H19-S-3/S-3-4/H19_S-3-4(3).pdf)⁸⁰

○ASP SaaS

SCM に関しては、現在でも大企業を中心として導入されているが、各企業とその周辺のサプライチェーンのみの最適化となっている。そこで中小企業なども SCM に参加しやすくするための手段として ASP (Application Service Provider) や SaaS (Software as a Service) などの適用がありうる。これらは SCM に参加する企業が必要とするシステム機能を、ネットワークを通じて提供するサービスあるいはそのビジネスモデルのことであり、これらのシステムを参加企業で共有することで

全体最適化が図れる可能性があると考えられる。

○電動自動車・ハイブリッド自動車

ハイブリッド自動車や電動自動車などでは、減速時の回生エネルギーを二次電池などに貯蔵し、加速時などに利用することによって効率化を図っている。このため、主に一定速度で高速道路などを走行する大型トラックなどにおいてはハイブリッド化などによる効率化はさほど大きくない。また、二次電池のエネルギー密度は相対的に小さいことから、長距離走行に必要な二次電池の搭載による車体の重量化などのマイナス面も大きくなるため、必ずしも効果的であるとはいえない。しかし、輸送機関のシームレス化が進み、長距離輸送を公共交通機関が分担するようになると、トラック輸送は街中小口輸送を担うことが想定され、このような場合、電動自動車やハイブリッド自動車の利点が十二分に活かされると考えられる。

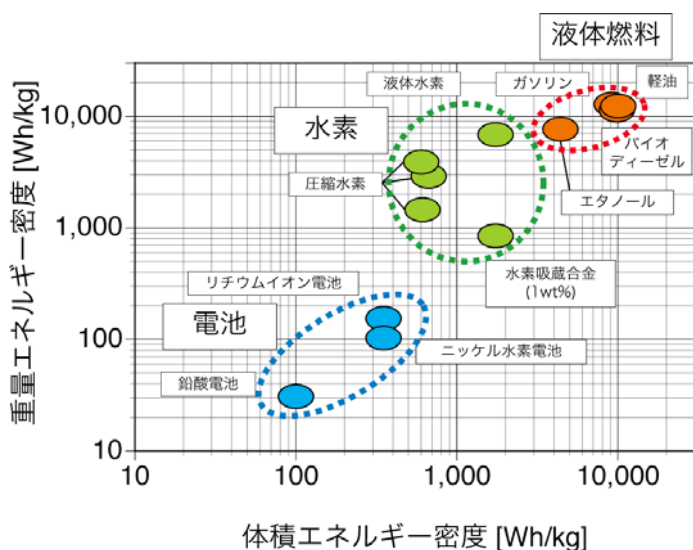
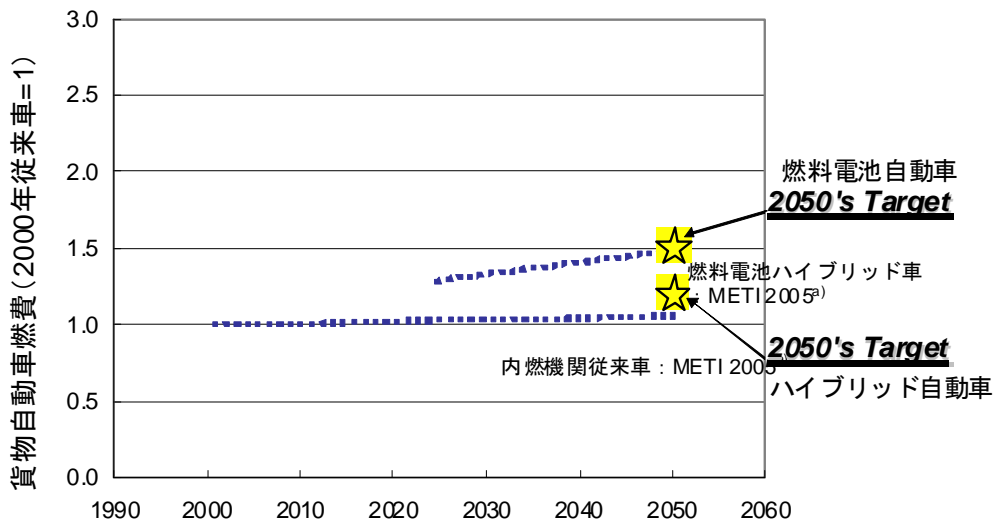


Fig 6-29 自動車用のエネルギー貯蔵密度⁸³



出典 : a) METI(2005) : 「超長期エネルギー技術ビジョン」
 b) Lovins(2004) : Winning the Oil Endgameより推計

Fig 6-30 貨物自動車の燃費向上^{24, 84}

③ イノベーションに求められる制度・インフラ

ICT システム導入の目的は経営効率の向上による収益向上である。環境効率を経営指標に用いるような社会の仕組みや企業カルチャーが備わるようになると、さらにICTが進むと考えられる。また、流通は日本国内に限定されるものではないため、SCMのためのインターフェースが国内外で統一されている状態であることも重要な要素であろう。

さらに物流の観点からは、シャーシプール、バンプールの整備拡充、鉄道貨物路線の増強などのインフラ整備が重要なカギとなるとともに、国際貨物と鉄道貨物のコンテナの規格の統一、鉄道貨物の空車情報開示システムなどの整備が必要と考えられる。

Box 26 : 諸国のインターモーダルの取り組み^{85, 86}

北米では、貨物を効率的に輸送するために国際インターモーダル輸送体制が整備され、その重要性が高まっている。NAFTA (North American Free Trade Agreement : 北米自由貿易協定) 内では、テロ対策の枠組の中で越境交通の円滑化も進められており、スムーズな貨物輸送が可能になっている。現在では、大陸を横断する長距離輸送の需要が生まれ、それまで稼働率の低かった鉄道を利用した貨物輸送が大きな役割を果たすようになってきているという。例えば、アジアから大量に到着するコンテナ貨物は、事前に積荷目録が送られ通関処理が完了しているため、西海岸の港に到着後はただちに貨物列車に積み込まれ、米国中部、東部へと運ばれる。また、カナダのバンクーバーで揚げたコンテナ貨物が米国に輸送される場合は、米国への越境時に手続きなどで止められることなく通過が可能となっている。さらに、米国内の鉄道ターミナルから物流拠点までの保税輸送の許可、荷主への貨物到着の報告なども共通のプラットフォーム上で処理されているため、情報管理も非常に効率よく行われているようである。

フランスでは、空港・鉄道・道路輸送のインターモーダルが促進されている。まず、パリを基点として放射状に延びる高速道路とそれを結ぶ環状道路が整備されており、その結節点を中心として物流ターミナルが整備されている。また、パリ近辺の空港(オルリー空港など)には、大規模な物流ターミナルが隣接して立地し、高速道路や鉄道網にもリンクしている。また、シャンパーニュ・アルデンヌ地方圏にあるヴァトリー

国際空港は、パリから150kmの位置に立地する貨物専用の空港として1999年に設置されたが、大規模な経済地域に隣接し、高速道路やパリ～ストラスブール幹線上の鉄道への連絡が容易になっている。

日本では、国際標準コンテナによる輸出入の大幅増加への対応や、アジア圏の経済発展に伴う物流活発化を見据え、国土交通省を中心に主要な港湾・空港設備への道路アクセスの改善や、国際標準コンテナトレーラーが通行可能な幹線道路ネットワークの整備を行っている。

空港・港湾へのアクセス道路は、高速で走行できる規格の高い道路と人流・物流の拠点である空港・港湾とを結ぶ道路であるが、地理的条件や埋め立てなどの影響で、主要な道路との距離が遠い場合が多かった。それに、距離的には短い場合でも、市街地の交通と輻輳して激しい混雑に悩まされる場合があり、改善が望まれていた。

また国際標準コンテナトレーラーの通行に関しては、これまで、物流上重要なルート上においても橋梁の強度やトンネルの高さの問題などにより、通行が制限される区間が存在し、そのため迂回や積み替えなどが発生してリードタイムやコストが増加するなど、国際競争力強化の観点から大きな課題となっていた。

これらの改善・整備は重要性が高い道路区間や港湾・空港周辺から順次進められており、道路アクセス率（高規格幹線道路、地域高規格道路又はこれらに接続する自動車専用道路のインターチェンジなどから10分以内に到達が可能な拠点的な空港・港湾の割合）は平成9年度の約30%から平成17年度には約66%に上昇している。長期的には、欧米並みの9割が目標とされている。

また、アジアでもインターモーダルシステムの整備が検討されている。

ASEANでは、JICAの支援により海運開発調査が行われたが、その中で国際インターモーダル輸送ルートの比較検証も行われた。その結果、ラオスのビエンチャン～シンガポール間の5通りの経路のなかでは、バンコク経由の道路と海運を組み合わせたルートが比較的所要日数が短く、費用が安いことが示された。しかしその後、ラオス～ベトナム間の越境手続きが、ワンストップ化推進のために簡略化されてきた結果、ベトナムの港を経由して海運を利用するルートの優位性も高まってきているとのことである。このように、各ルートの競争力は政府間の連携によって大きく変化することもわかってきた。アジアは欧州、北米と比較し、シームレスな国際インターモーダル輸送ネットワーク構築上の障害が残っているが、これからのインフラや制度、ネットワークの整備次第でそれを克服することは可能であるとされており、今後の取り組みの動向が注目される。

(2) 実現への障壁と段階的戦略

【SCM 推進期】

SCM を導入して供給プロセスの全体最適化を実現するためには、関連する全ての企業が協力し必要な情報を共有することが重要であるが、SCM の導入コストが高いことや企業内情報を社外に提示することに抵抗がある企業が多いため参加企業が限定的となり十分な効果が得られていない場合がある。そこで様々な事例に対し、SCM の投資対効果を評価して、その優良事例を紹介すると共に、SCM をネットワーク経由で共有利用するシステムなどの導入を後押しし、参加企業の投資費用の分散化・低廉化を進めることで中小企業でも参画できるようにしていく。また、日本で開発した企業内／企業間の電子情報の規格を国際標準化させる戦略的な取り組みを実施し、システムコストの低減、ひいては普及促進に繋げていく。

【インフラ整備期】

国際基準（海上コンテナ）と同じ寸法の鉄道用の新コンテナを開発・統一化するなど、複数の輸送機関間の障壁をなくすような制度を整備する。同時に、貨物路線や貨車ターミナルの増設、港でのコンテナ搬送用台車や空コンテナの置場の拡充などといった必要インフラの設備に対して公的補助を行うと共に、鉄道や船舶の固定資産税の減免制度などを導入することで、幹線貨物輸送インフラのネットワーク構築を後押ししていく。

【低炭素ロジスティクス実現期】

トップランナー制度の対象範囲を自動車のみならず全ての輸送機関へと広げ、各貨物輸送機関の高効率化を継続的に行っておく。また、輸送用エネルギーに対して炭素含有率に応じた課税を行うことで低炭素型の貨物輸送機関の競争力を高めていくと共に、各輸送機関の輸送枠の空き状況や CO₂ 排出量、コスト、リードタイムなどがリアルタイムで閲覧できるシステムや、エコレーンマークなどのラベリング制度の普及を支援することによって、貨物輸送に伴う温室効果ガス排出の「見える化」を推進させ、荷主が輸送機関を選ぶための情報を容易に入手できるようにしていく。

<< 解説 >>

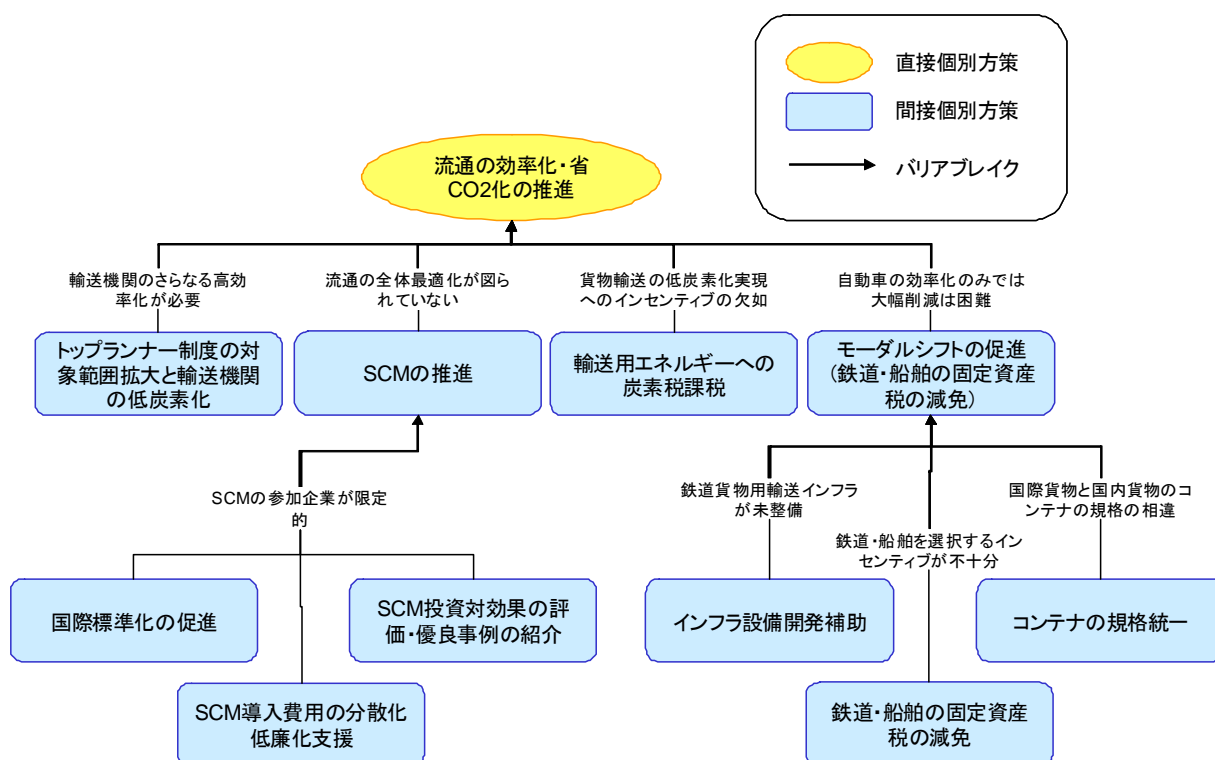


Fig 6-31 施策相関図（方策6）

① SCMの推進

SCMについては、既に一部の企業で導入されているものの、全体最適化には向かっておらず、このシステムを導入している企業あるいはその周辺のみ限定した部分最適化となっているケースがほとんどである。そこで全体を最適化するようなSCMの導入支援を行う必要がある。

② SCM導入費用の分散化・低廉化支援

③ SCM投資対効果の評価・優良事例の紹介

SCMを導入して供給プロセスの全体最適化を実現するためには、関連する全ての企業が協力し必要な情報を共有することが重要であるが、SCMの導入コストが高いことや企業内情報を社外に提示することに抵抗がある企業が多いため参加企業が限定的となり十分な効果が得られていない場合がある。そこで様々な事例に対し、SCMの投資対効果の評価して、その優良事例を紹介すると共に、SCMをネットワーク経由で共有利用するシステムなど（SaaS、ASPなど）の導入を後押しし、参加企業の投資費用の分散化・低廉化を進めることで中小企業でも参画できるようにしていく。

④ 国際標準化の促進

企業連携を進展させるために、企業内／企業間のインターフェース EDI を国内外で統一化させ

なければならない。日本の競争力を維持・向上させるためにも、ITU (International Telecommunication Union: 国際電気通信連合) や IEC (International Electrotechnical Commission: 国際電気標準会議) などの国際標準化機関に、日本で開発した ICT を標準化させる戦略的な取り組みが必要である。

⑤ トップランナー制度の対象範囲拡大と輸送機関の低炭素化

流通における CO₂ 排出量を大幅に低減するためには、鉄道・船舶・トラックなどの輸送機関のさらなる効率化が求められる。そこで、トップランナー制度の対象範囲を現在の自動車から鉄道・船舶などにも広げ、各機関の高効率化を継続的に進めることを提案している。

⑥ 輸送用エネルギーの炭素税課税

また、貨物輸送の低炭素化を進めるためには、運送会社のみならず、荷主に対しても低炭素型の流通へのインセンティブを与える必要がある。そこで輸送エネルギーなどに対して炭素税などを課して、低炭素型の輸送手段の競争力を高める必要がある。

⑦ モーダルシフトの促進

一般に、トラックによる輸送と船舶・鉄道による輸送とを比較すると、船舶・鉄道の方が、輸送効率が高く CO₂ の排出を抑えることができる。既出のとおり、特に長距離輸送においてはトラックの大幅な効率向上は期待できないため、船舶・鉄道で代替可能なものは可能な限り船舶・鉄道で輸送することによって大幅な削減が可能となる。代替促進のためには、輸送力増強と共に、船舶・鉄道の高速度化や積み替えの迅速化が重要である。

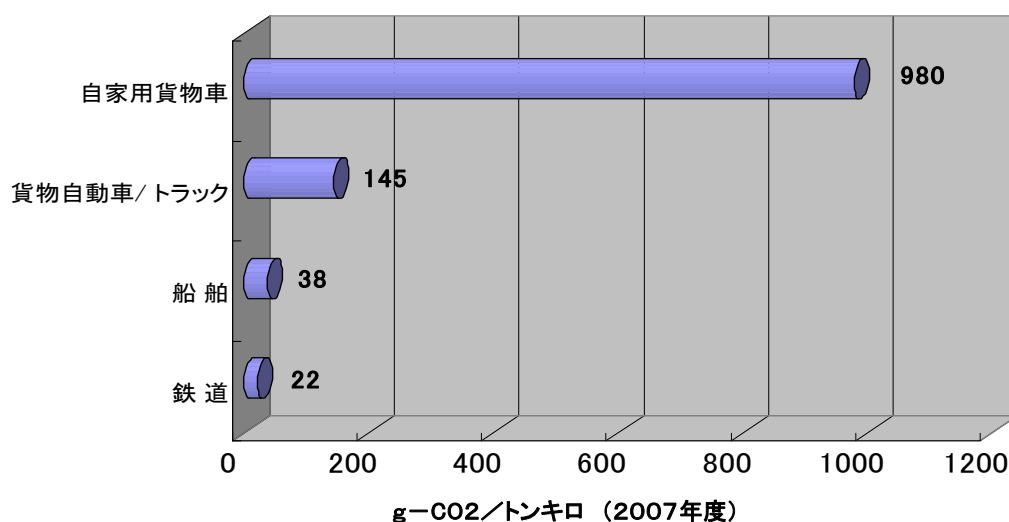


Fig 6-32 貨物輸送量あたりの CO₂ 排出量の比較⁸⁷

⑧ インフラ設備開発補助

モーダルシフトを進めるにあたっては、鉄道・船舶輸送のためのインフラ整備が急務となる。特に鉄道貨物のインフラは脆弱であり、船舶に関しても、港頭地区における駐車場やシャーシプールなどの不足を指摘する声がある⁸⁸。ただし、一般に輸送インフラの開発の投資額は極めて大きく、民間のみに依存しては進展しにくい場合が多い。そこで物流インフラ設備の開発にあたっては、国による適切な補助が必要になると考えられる。

Box 27 : 日本の鉄道貨物インフラ整備^{89, 90, 91}

日本の鉄道貨物輸送の大部分を占める日本貨物鉄道（株）（JR 貨物）では、貨物輸送の鉄道へのモーダルシフトを進めるためのインフラ整備を、国などの支援（税制優遇措置や国庫補助など）を受けながら実施している。

路線の整備については、特に需要の高い東海道・山陽線を中心に、輸送力の増強（貨物列車の長編成化（1,300t けん引化）など）を行っている。

平成 5～9 年度：「東海道線コンテナ貨物輸送力増強事業」（東京貨物ターミナル駅～吹田信号場間）
東海道線の電力設備・待避線設備・駅構内配線の整備など

平成 10～13 年度：武蔵野線・京葉線貨物列車走行化対応事業
信号機の増設・待避線整備など

平成 14～18 年度：「山陽線鉄道貨物輸送力増強事業」（吹田信号場～北九州貨物ターミナル駅間）
山陽線の変電所の新設・増強、待避線の延伸など

平成 19～22 年度：「鹿児島線（北九州・福岡間）鉄道貨物輸送力増強事業」（北九州貨物ターミナル駅～福岡貨物ターミナル駅間）
貨物ターミナルの改良、待避線の延伸など（平成 22 年度末開業予定）

貨物駅の整備については、荷役効率化や国内外への多様な規模の輸送に対応するためのインフラを備えた駅の整備が順次行われている。

平成 11～14 年度：「北九州貨物ターミナル駅」新設
24 両編成列車の着発線 6 線・仕分線・コンテナ荷役ホーム 3 面・駅総合事務所・屋根付荷捌場・通運事務所などを整備
※コンテナ荷役ホームのうち 2 面は着発線荷役方式（E&S：Effective&Speedy Container Handling System：コンテナを本線上の列車から積卸しする）を採用
もう 1 面はトップリフターを整備し大型コンテナや海上コンテナの取り扱いが可能
平成 19～22 年度：「米原貨物ターミナル駅（仮称）」の新設（滋賀県米原地区：計画中）

Box 28 : 日本の船舶貨物輸送インフラ整備^{92, 93}

平成 14 年の交通政策審議会（国土交通大臣諮問機関）において、船舶貨物輸送において大きな国際競争力を保持できるような「スーパー中樞港湾」の育成が提案された。これは、近隣アジア主要港の躍進によって日本のコンテナ港湾の相対的な地位が低下してきたことへの対策として、港湾のコスト・サービスの構造改革を官・民連携のもとで行い、アジア主要港湾を凌ぐコストパフォーマンス・サービスの実現を図ろうとするものである。

スーパー中樞港湾として、京浜・伊勢湾（名古屋・四日市）・阪神地域の港が指定されており、各港湾で鉄道や航空、トラック輸送とのスムーズな連携も視野に入れた、様々なインフラ整備や企業・人材育成のための社会実験などが行われている。

具体的には、国有財産法などの特例を利用した岸壁ヤードの長期貸付、奥行き 500m 以上・水深 16m・延長 1,000m 以上の高規格コンテナターミナルの整備、24 時間フルオープン（夜間・雨天時対応）支援施設の整備、鉄道積み替え施設の整備、共同デポ（コンテナ相互利用への対応）施設整備、内航フィーダーコンテナ輸送効率化の社会実験、埠頭公社の民営化、高度荷捌き施設などの整備に対する無利子貸付、ターミナルの共同オペレーションシステムの開発などが実施されている。

これらの施策を展開することで、中間輸送の削減、リードタイムの短縮、輸送コストの削減などが期待され、国際競争力の強化と共に、環境負荷の低減にもつながるとしている。

⑨ 鉄道・船舶の固定資産税の減免

モーダルシフトを推進するためのもうひとつの大きな障壁は鉄道・船舶を荷主が選好するインセンティブがないことである。そこで鉄道・船舶に課せられる、固定資産税などの課税額を軽減することによって、鉄道・船舶の価格競争力を高めることを提案している。

⑩ コンテナの規格統一

モーダルシフトを推進するにあたり、海上コンテナと鉄道コンテナの規格の統一が必要になる。一般に内航船舶では国際規格であるISO規格のコンテナが用いられるが、鉄道貨物に用いられるコンテナはこれよりも一回り小さいものとなっているため、船舶-鉄道間の積み替えがスムーズに行われず、鉄道貨物利用の制約のひとつとなっている。そこでコンテナの規格統一を進めることで各輸送機関の流通のシームレス化を図ることが重要となる。

6.7. 歩いて暮らせる街づくり

(1) 目指す将来像

【中心と周辺市街地をつなぐ公共交通機関】

各都市ともいくつかに分けられており、利用頻度の高い施設は中心市街地に、利用頻度が低い施設は中心市街地からやや離れた地域に立地しており、利便性の高い都市構造が形成されている。また、各区分の中心地は、公共交通機関のネットワークで結ばれているため、公共交通機関が利用しやすくなっている。

【安心して歩ける地域】

道路が終日、歩行者や自転車利用者に開放されているエリアが都市や郊外などの各地に設けられており、そのエリア内は通過交通となる自動車の進入が規制されているため、車椅子やシニアカー（福祉用電動車両）などでも、安全・安心に通行できる地域となっている。自転車での移動が安全かつ便利な構造となっている。

【乗用車は電動軽量化】

乗用車は主に土地利用密度が比較的低い郊外での住宅地域内の移動を受け持ち、都市との連絡地点では公共交通機関とパークアンドライドや乗合タクシー、カーシェアリングなどの手段で連携し都市中心部に連絡している。また、車両は電気自動車あるいは燃料電池自動車などの電動自動車が一般的となっている。これらの電動自動車ではエネルギー貯蔵装置（二次電池、水素貯蔵装置）の高性能化が進んでいると共に、高張力材料の開発で車体も軽量化されているため、走行時のエネルギー効率は大幅に改善している。電気自動車ユーザの多くは、家庭用の設備で充電を行っているが、利便性を重視して充電済み電池パック取り替えサービスを頻繁に利用するユーザもいる。

《解説》

① 方策の枠組み

ここでは旅客交通（人の移動）に関連するCO₂排出を抑制するための方策を検討している。旅客交通部門において大幅削減を実現するためには、街づくりによる交通需要そのものの削減（移動距離の短縮）から、輸送機関の転換（モーダルシフト）、輸送機関の高効率化、輸送用燃料の低炭素化など様々な要素・手法がある。以下に旅客交通部門のCO₂排出に関連する要素を示す。

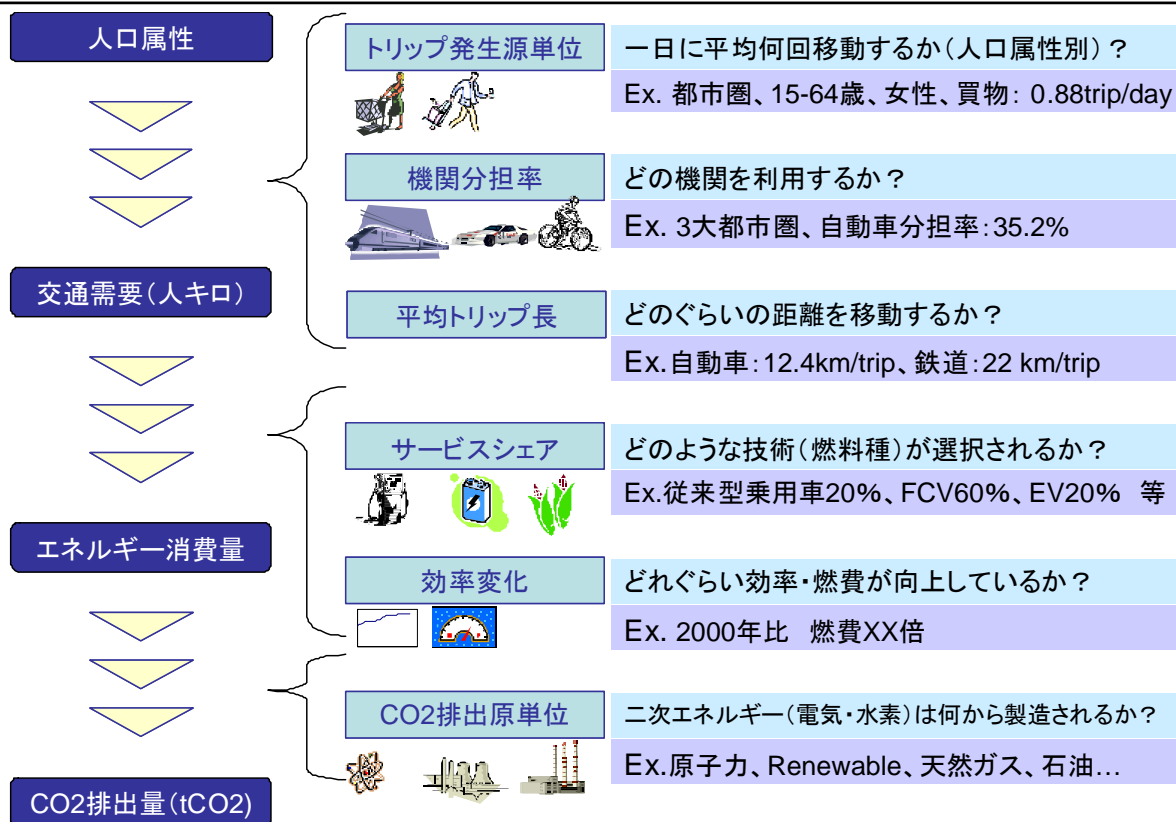


Fig 6-33 旅客交通のCO₂排出に影響する要素群

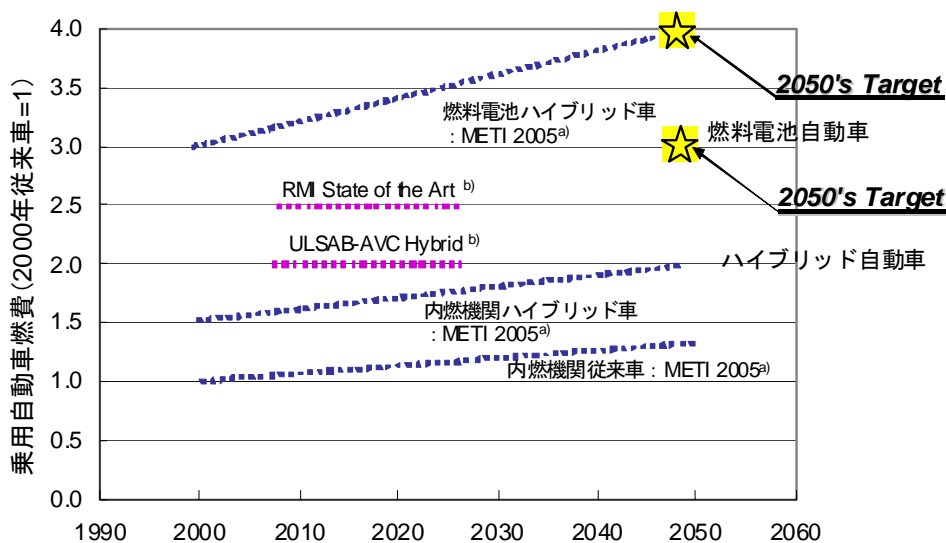
② イノベーションに求められる技術

○電動自動車

電動自動車は、電気自動車や燃料電池自動車などのようにエンジンではなくモータを車両の駆動力として利用する自動車のことである。エンジンは化石燃料の燃焼により駆動力を得るのに対し、モータは二次電池や燃料電池によって発電された電力により駆動力を得るため、電動車両は走行中のCO₂排出がないことが特徴として挙げられる。

電気自動車の場合、充電時間が長いことや、1回の充電で走行できる距離(航続距離)が短いこと、二次電池の価格が高いために車両価格が高くなることなどが問題点として指摘されている。電気自動車の普及は二次電池の技術開発に依存する部分が多いが、特に、軽自動車やパーソナル輸送などの小型の車両で、移動距離がある程度短い用途での普及が期待される。

一方で、燃料電池自動車は比較的短時間の燃料充填が可能であることや、1回の充填による走行距離も電気自動車よりも長いなどの利点を有する。しかし、現段階では車体価格が極めて高いことに加え、追加的に水素インフラの整備が必要などの課題を有しているため、燃料電池自動車が一般に普及するためにはより長い年月を要するとの見方もある。



出典：a) METI(2005)：「超長期エネルギー技術ビジョン」
 b) Lovins(2004)：Winning the Oil End game より推計

Fig 6-34 乗用自動車燃費向上の見込み^{24, 84}

○車体の軽量化・小型化

自動車の車体を軽量化・小型化すれば、移動に要するエネルギーが少なくなり駐停車の場所も効率的になるため、CO₂ 排出削減に繋がる。一方で自動車には安全性の観点から一定の強度も求められる。そこで、安全性を損なわずに車体を軽量化するための技術として、高張力鋼などの材料の開発が行われてきた。今後は超高張力鋼やアルミ、樹脂、さらには炭素繊維強化プラスチック (CFRP) などの採用によって大幅な車体の軽量化が期待されている。

Box 29：車体への炭素繊維強化プラスチック (CFRP) 採用の効果

自動車の車両重量と燃費は密接な関係にあり、重量が 100kg 軽くなることで燃費が 7~9%改善されるといわれている。その自動車重量の軽量化に関しては、これまでプラスチックの利用率増加が大きく寄与してきたが、特に CFRP は、金属材料で最高強度を有する高張力鋼と比較しても軽量かつ強度に優れるため、航空機材料や自動車材料の有望な素材として注目されてきた⁹⁴。

炭素繊維を生産する各社が加盟して組織されている炭素繊維協会の試算によれば、一定条件において従来自動車に CFRP を 17%適用して車重の 30%軽量化を図り、日本の乗用車保有台数 4,200 万台 (軽自動車を除く) に普及させると、2,100 万 t-CO₂/年の削減に繋がるとしている (日本国内の CO₂ 総排出量約 13 億 t の 1.5%程度に相当)⁹⁵。

しかし、高い安全性と軽量性は実証されているものの、生産性やコストが妨げとなって一般の乗用車への本格的な普及には至っておらず、国内各社がその課題解決のための技術開発を行ってきている。

一例として、東レ (株) は、2003 年度から日産自動車株式会社との共同プロジェクトである「自動車軽量化炭素繊維強化複合材料の研究開発プロジェクト」(NEDO) からの受託事業) の一環で、CFRP 成形時間の短縮に資する「超ハイサイクル一体成形法」を開発し、量産と低コスト化に目処がついたと報告している。

このプロジェクトでは、スチール対比 50%軽量、衝突安全性で 1.5 倍のエネルギー吸収量を有する CFRP 製自動車車体の試作と実証を目標としており、「金属など他素材との接合技術」と「安全設計技術」、および「リサイクル技術」の各開発テーマについて技術確立を図り、2 兆円規模といわれる大きな自動車車体材料市場において、CFRP の本格展開を目指すとしている⁹⁶。

③ イノベーションに求められる制度・インフラ

○低炭素型まちづくり

一般に人口密度が高い都市部などと比較して、都市機能が郊外に展開し人口が分散した地域では、日々の生活に必要な施設への移動距離が長くなる傾向が指摘されている (Fig 6-35)。また、人口密度が小さい地域では公共交通機関が整備されていないケースが多いこともあり、相対的に自動車の依存度が高くなることも広く知られている (Fig 6-36)。

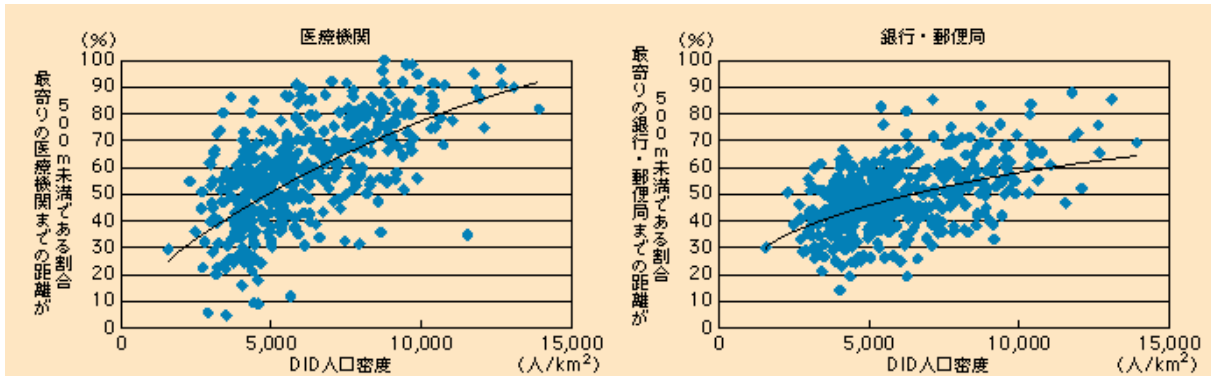


Fig 6-35 DID*人口密度と医療機関、銀行・郵便局への距離の相関⁹⁷

*DID (Densely Inhabitant District) : 1km²に4,000人以上居住する国勢調査の基本単位区などが隣接して、総計で5,000人以上の人口を有する地区を指し、人々が集まる「都市的地域」として捉えられる。ただし、空港、工場、学校などが大きな面積を占めている地区では、人口密度が4,000人未満でもDIDに含まれる場合がある。

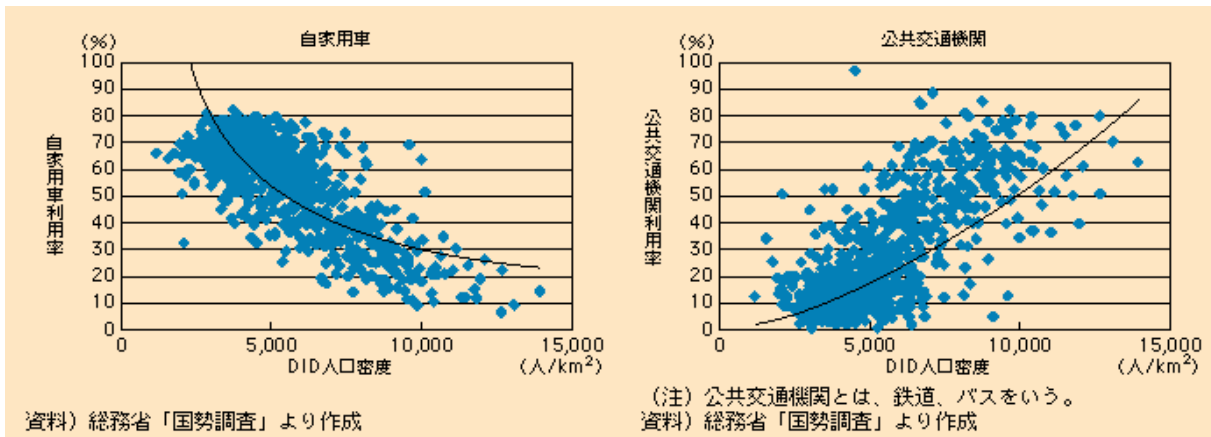


Fig 6-36 DID人口密度と自家用車・公共交通機関利用率との相関⁹⁷

このため、都市機能を中心市街地に集約し、その都市規模に適した公共交通機関を整備することによって、交通需要の削減や公共交通機関へのシフトによるCO₂排出量の削減が期待できる。ところが近年では大規模商業施設も郊外立地化が進展してきており、公共・公益施設が郊外に移転するケースも見られるようになっている。

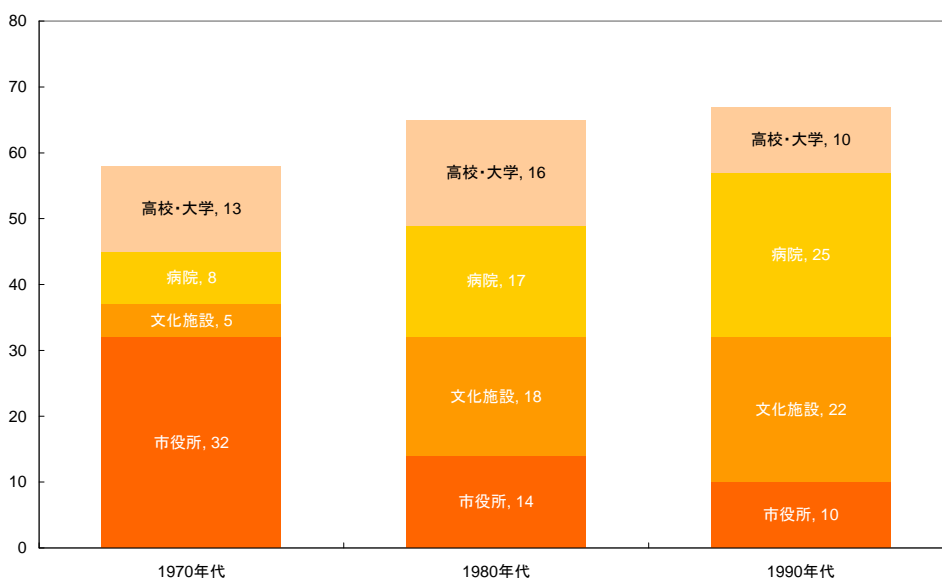


Fig 6-37 中心市街地から郊外部への移転件数の推移⁹⁷

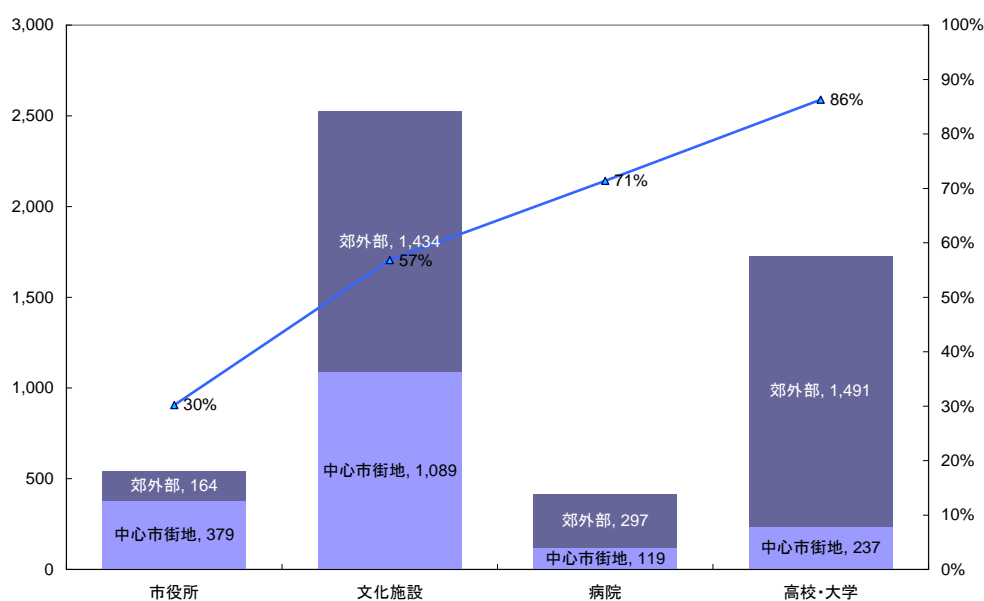


Fig 6-38 公共・公益施設の中心市街地と郊外部への立地内訳⁹⁷

Box 30 : 富山市のコンパクトシティの取り組み^{98, 99}

富山市では、「公共交通の利便性の向上」「賑わい拠点の創出」「まちなか居住の推進」を柱としたコンパクトシティ化事業を実施している。

「公共交通の利便性の向上」では、LRT（Light Rail Transit：軽量軌道輸送機関→日本では次世代型路面電車と訳される）路線の整備と共に、バス路線の整備や運賃定額化・割引などの公共交通機関相互利用の促進施策や社会実験などを展開し、中心市街地内でも郊外の主要拠点までも、車に頼らずにスムーズに移動できるようなインフラやシステムの整備に力を入れている。

「賑わい拠点の創出」では、交流サロンやご当地料理を提供する飲食施設などの交流・集客拠点整備、商業施設利用促進イベントの定期開催、魅力的なタウン情報誌の発行、交通機関 IC カードの商業施設への利用拡大、公園や緑地の整備、ビルの再開発など、ハード・ソフト両面での様々な事業を実施し、中心市街地の活性化を図っている。

「まちなか居住の推進」では、中心市街地に隣接した地域に集合住宅などの整備を促進する施策や、郊外立地住宅からの住み替え促進施策などを実施している。具体的には、まちなか居住を推進する地区への居住

や住宅取得・商業ビルの住宅転用に際して補助金や優遇措置を設けたり、郊外に立地しているまちなか居住希望高齢者世帯の持ち家を借り上げて、子育て世帯に転貸する制度の創設などを検討している。

これらの事業は、富山市と富山商工会議所、富山市中心地区に位置する商店街組合や商業者を中心とする中小企業者などの出資による第三セクター「(株) まちづくりとやま」という TMO (Town Management Organization) が主導で行っている。

Box 31 : 青森市のコンパクトシティの取り組み

青森市は、基本理念として「青い森、青い海に抱かれたコンパクト・シティの形成」を基本理念として、「雪に強い都市」「高齢・福祉社会に対応した都市」「環境調和型の都市」「災害に強い都市」「効率的で快適な都市」の実現を目指している。実際の施策を展開する範囲としては、市街地をインナー (Inner-City)・ミッド (Mid-City)・アウトター (Outer-City) に分けて考え、上記の 5 つの都市像に沿ってその地区に必要な機能やインフラなどの整備を実施・検討している。

インナー (Inner-City) では、居住人口増加、起業環境整備、来訪人口増加、バリアフリー化などを図るために、「ウォークブルタウン (遊歩街) の創造」をコンセプトにして、高齢者向け集合住宅の整備、文化・交流・観光拠点となる複合商業ビルや多目的ホールなどの整備、回遊性を高める歩行者ネットワークや駐車・駐輪インフラの整備、冬季積雪に対応する融雪設備の整備などを検討している。

ミッド (Mid-City) では、緑豊かで快適な居住環境の実現や近隣コミュニティの充実、マイカーへの過度依存払拭などを図るために、都市拠点間の幹線道路整備や、自転車・自動車・バスのスムーズな乗り換え環境整備、バス交通の利便性向上、史跡を活かした街づくりなどを検討している。

アウトター (Outer-City) では、近郊農地の維持と担い手人口保持、自然環境の保全と生活との調和、産業拠点の振興などを図るために、農業集落環境の整備や都市拠点間の幹線道路整備、林地や農地の保全施策、流通・工業団地の整備、温泉地やスポーツ施設を含むレジャー・レクリエーション機能の整備などを検討している^{100, 101}。

交通体系については、「バスの効率的な運行に資する道路等、必要な道路網整備を進めながら、公共交通の利便性向上と、利用の促進を図る」「中心市街地地区においては、再活性化に向け、多様な交通手段による来街利便性の向上と、魅力的な歩行者・自転車環境の創出を図る」とし、インナー (Inner-City) からアウトター (Outer-City) まで放射状に延びる幹線道路の整備と同心円状に伸びる環状線の整備などを通して、各地区内や地区間の移動の利便性向上を目指している¹⁰²。

〇水素供給インフラ・急速充電インフラ

電気自動車あるいは燃料電池自動車が普及するためには、ガソリンスタンドの代替りとなるインフラが必要となる。電気自動車の場合は家庭での充電設備などが必要であり、燃料電池自動車普及のためには水素供給スタンドが全国に整備される必要がある。

Box 32 : 日本の水素供給インフラ整備状況

日本では、経済産業省が主導して進める NEDO 事業、水素・燃料電池実証プロジェクト (Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project (JHFC)) にて、燃料電池自動車と水素ステーション実用化に向けた研究や事業が行われている。

このプロジェクトにおいて、首都圏・中部地区・関西地区に合わせて 11 基の水素ステーションを整備し実証実験を行っているほか、企業協賛のステーションが 1 基存在している。水素の製法としては、脱硫ガソリン・ナフサ・LPG・メタノール・都市ガスなど炭化水素原料の水蒸気改質 (各種燃料を水素に転換すること)、製鉄 COG (Coke Oven Gas: 製鉄用原料炭からコークスを製造する際に発生する副生水素) からの精製分離、アルカリ水電解など様々な方式を採用している。各ステーションでは、これらの水素をプロジェクト参加車両に供給する活動を通じて、水素ステーションをより実使用に近い条件下で評価している¹⁰³。

ただし、水素供給ステーションの新設費用は現状で 1 基あたり約 6 億円といわれ、このコスト削減が課題とされている¹⁰⁴。また、既存のガソリンスタンドへ水素ステーションを併設して運用する実証事業では、設置に係る安全基準の整備やそれに係る運用方法の徹底、ステーションスタッフへの教育研修の充実なども課題として挙げられており、本格的な水素インフラ普及に向けて解決せねばならない課題は数多い¹⁰⁵。

Box 33 : 電気自動車の急速普及につながる可能性のあるビジネスモデル

米国の三大自動車メーカーの業績不振が続き、好調を維持してきたはずのトヨタ自動車（株）でさえが業績不振を理由に生産を縮小する中、プロジェクト・ベター・プレイス（Project Better Place）社という米国のベンチャー企業が、電気自動車とそのインフラ普及のビジネス展開を契機として、自動車業界の牽引役として注目されつつある。

同社は、シリコンバレーを本拠とする企業で、電気自動車のための充電ステーションを整備・運用するインフラ会社である。「携帯電話事業とほぼ同様」とされる電気自動車普及のビジネスモデルを武器に、多方面から多額の投資資金を獲得し急成長を遂げている。現在はルノー・日産など世界の主要な自動車メーカーとも業務提携を結び、米国はもとよりイスラエル、デンマーク、オーストラリア各国でも電気会社と提携してビジネスを拡大させており、現在は世界30カ国を越える地域とビジネス展開について交渉しているという。

同社の具体的なビジネスの手法は、まず同社が再生可能エネルギー電力を大規模に買い取るシステムを整え、それを既存の電気系統に載せるとともに、随所に蓄電設備を併設した充電ステーション整備を行う。それと同時に、ほぼ無料で電気自動車の車両を使用者に提供し、走行距離に応じて課金し料金を徴収する契約システムを整備して契約者を募る。これは、現状で個人が車両を所有する場合のコストをサービス料金へ内在・分散化させることで、車両所有に係る個人のイニシャルコスト負担の劇的な削減を可能にする。この強力なインセンティブ付与により多数の契約者獲得が見込まれるようになり、車両配備やインフラ整備に係るコストを相殺し、利益獲得も可能になるという筋書きである。

これは、丁度携帯電話サービス事業のように、使用者は電話機というハードウェア自体は当初ほとんど無料で取得可能で、通信会社と通話時間ごとの契約を結び、サービス提供企業はその料金徴収で電話機やインフラ整備コストを回収し利益も得る、というビジネスモデルとよく似ている。

同社のプロジェクトが最も先行しているイスラエルでは、2009年に500台の電気自動車を投入し、1万ヶ所の充電ステーションを設置してシステムのテストを行う予定としている。その後は徐々に数を増やしていき、2010～2011年には充電ステーションを35万～50万ヶ所に拡大し、車両も大量投入する体制を敷くほか、最終的には使用電力は再生可能エネルギー由来の電力で全て賄う予定とのことである。このプロジェクトにはイスラエル政府も強力な支援を行っており、電気自動車保有者に対する各種優遇制度も実施されている。

充電ステーションは、町中の駐車場、集合アパート、住宅地、オフィス街などに設置され、駐車場の5分の1が電気自動車の充電ステーションという想定になるとされる。電気自動車は現状で約160km走行ごとに充電が必要になるが、その際には自動車に搭載されたGPSが近くのステーションの場所を表示する仕組みを適用するなど、長距離移動における利便性も考慮している。また各所に電池交換ステーションも設置され、充電の時間をかけることなく電池交換を続けながら目的地を目指すこともできるという。

同社の試算によれば、同国のプロジェクトにおける契約者1人当たりのコストは約500ドルとなる計算で、契約者自身は現在のガソリン自動車の購入価格やその後にかかる維持費よりも安い契約費で運転ができ、その上原油価格の変動に影響されることもなくなるとしている。さらには、電力の完全再生可能エネルギー供給化が実現すれば、自動車に係るCO₂排出量が大幅に削減されることにもつながり、結果としてどの主体にとっても経済性・快適性・環境配慮性をも満足する自動車利用スタイルが実現することになる。

このビジネスモデルが発表された当初は、需要側と供給側のメリットが両立するかどうか疑問視する声や、既存の石油業界や自動車メーカーとの関係を危惧する声もあり、その先行きに懐疑的な評価も少なくなかった。しかし現在では同様のビジネスモデルが、フランスのフランス電力（EDF）とトヨタ自動車（株）、プジョー、ルノー・日産間の提携、またドイツのライン・ヴェストファーレン電力（RWE）とダイムラー間の提携などでも広がっており、今後の展開が注目されている^{106, 107, 108}。

日本では、神奈川県など一部の自治体がインフラ整備や普及施策の展開に力を入れたり（後に詳述）、電力会社、郵便局、ショッピングセンターなどの業務車両を中心に電気自動車の配備が試行され、自動車製造企業も積極的な広報を行うなど、徐々に普及の機運が盛り上がりつつあるが、今後の取り組み展開について、このようなビジネスモデルも参考になるかもしれない^{109, 110, 111, 112}。

(2) 実現への障壁と段階的戦略

【計画立案期】

土地の公共性について市民に十分に理解してもらい、中長期的な視野に基づく都市計画を実行するため、市民と一体となり、低炭素社会や人口減少社会に適した集約型土地利用を明確に打ち出した土地利用・交通計画を立案する。またそれを都市計画マスタープランおよび総合計画に位置づけることにより、低炭素の観点も含めた土地利用や交通整備を進める。また、電動自動車の普及を後押しするため、エネルギー貯蔵装置（高性能二次電池、水素貯蔵装置など）や車体軽量化などの研究開発を進め、さらに公共交通機関の効率向上に向けた研究開発も行っておく。

【都市構造変革期】

中心市街地の土地の有効活用を図ると共に、公共交通利用に適した地域に集客施設などの立地が促進されるよう、中心市街地における税制上の特例措置などを実施する。また上下分離方式を導入し、多くの地方都市でLRTなどの事業化が進むよう経済的支援を行う。自動車交通に対してもライフサイクルで環境負荷の低い車両の普及を後押しするグリーン税制を導入したり、環境負荷の小さい車両のみが通行できる優遇レーンや優先駐車場を広く設置するなど、様々な観点から利用者に対して低炭素化へのインセンティブを与えていく。また、電動車両の大量普及に向けて、二次電池、燃料電池およびモータに用いるレアメタルの資源量を確保する戦略を立て、代替材料の研究開発も同時に行っておく。

【浸透期】

低炭素型地域の実現可能性およびその地域の魅力が目に見えるようになり、住宅建て替えのタイミングに併せてその地域への住み替えが進み、居住エリアが集積的に形成されていく。また、個人の移動手段については小型軽量化がさらに進み、電動カートや電動車椅子、電動アシスト付き自転車、i-REALのような形の都市内交通手段のシェアが増大する。

<<解説>>

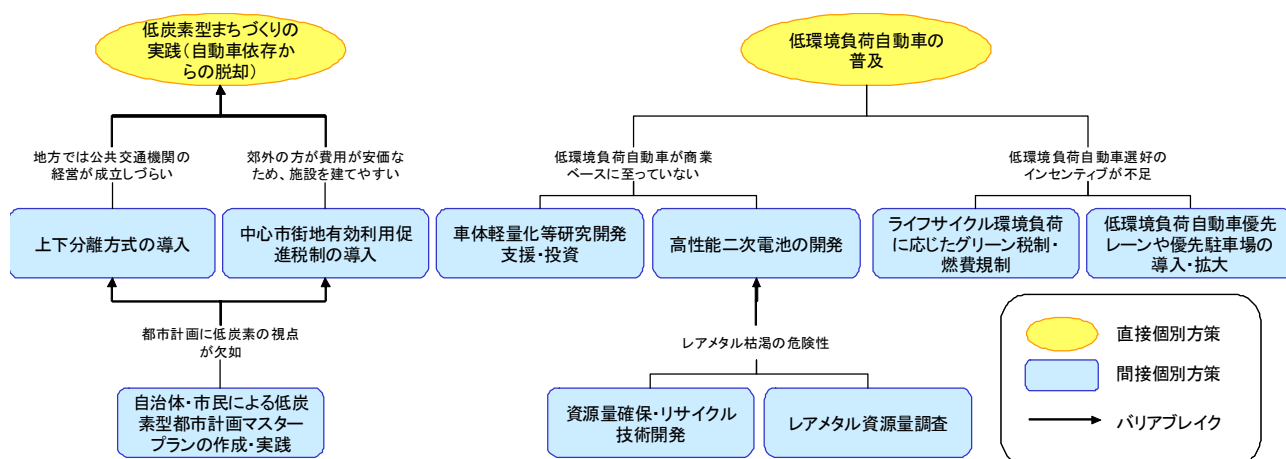


Fig 6-39 施策相関図（方策7）

① 上下分離方式の導入

低炭素型のまちづくりには、公共交通機関が十分に整備され、自動車以外の手段で目的地へと移動できるようなインフラ整備が欠かせない。しかし一方で、インフラ整備のための初期投資額や維持管理費用は一般に高額であるため、民間企業が参入することは困難となっている。

そこでインフラ（下部）を行政が保有・管理し、事業の運営（上部）を民間企業に委託することによって、官・民のお互いの強みを活かして経営の効率化を図る「上下分離方式」を導入し、地方都市などにおける公共交通機関の導入を支援するなどの方法がある。この方式を導入することにより、民間会社はインフラ設備の更新や固定資産税などを支払う必要がなくなり、経営の効率化が図れるといわれている。

Box 34 : 鉄道整備における上下分離方式の明暗^{113, 114}

日本では一般的に、鉄道のような公共交通機関の整備には、新設・改修を問わず「上下分離方式」の採用が主流となっている。だが、「上下分離方式」とひとくちにいっても、大都市や地方都市、小規模市町村など、その地域の実情に応じた方法を採用しなければ、運営事業者の安定経営が図れずに路線廃止という事態にもなりうる。実際、上下分離方式による地方鉄道再生で成功している事例は大変少なく、地方鉄道路線維持にはかなりの困難が伴うとされる。数少ない成功事例としては、富山県の富山LRT、三重県の三岐鉄道北勢線、福井県のえちぜん鉄道、和歌山県のわかやま電鉄などが挙げられているが、運営主体の経営の継続的な黒字化は、かなりハードルが高いともいわれている。

日本で採用されている「上下分離方式」は、大別して以下のような分類がされている。

- ・償還型：公的主体などが建設した施設を運営業者に貸し付けることにより、最終的には利用者負担により投下した資金を回収する。
- ・公設型：公的主体が施設を建設・保有し、運営事業者を確保した上で、投下資金回収にはこだわらずに運営業者に貸し付ける。

「償還型」と「公設型」の大きな違いは、「償還型」が基本的には施設整備費用を事業者が負担することを原則としているのに対し、「公設型」は鉄道を社会資本の一部と考え、その整備費用についてより広く浅く負担を求める仕組みとなっている点である。日本においては、新幹線などは「公設型」の、空港アクセス線や都市鉄道などは「償還型」の方式が採用されることが多い。上記の地方鉄道再生の成功は、国や自治体などからの補助金給付などにより「公設型」の条件が整ったことが寄与した面が非常に大きいといわれる。他にも、改修や再編などを通じた利便性向上による利用者増や、周辺自治体、商業施設、住民などの積極的な協力が得られたという事情も成功に貢献しているものの、運営事業者の資金負担がかなり軽減されたことは大きい。また、現状では成功例とされていても、運営事業者の更なる経営努力はもちろんのこと、自治体・企業・住

民など、地域社会が一体となって地域の交通施策を強固に支え、鉄道事業が長期にわたって安定的に継続されなければ本当の意味で成功とはいえず、今後の取り組みこそが肝要であるともいえる。

ヨーロッパ諸国でも、鉄道運営には上下分離方式の採用が主流であるが、それは「公設型」であることが多い。これは、鉄道を取り巻く社会的な条件が影響しているようである。ヨーロッパ諸国では、従来から幹線鉄道・都市鉄道・地方鉄道ともに多額の公的助成を受けて成り立っており、特にインフラ整備に関しては、国の租税を原資とした補助金により整備が進められていることが多い。また運営に関しても、幹線鉄道では特に手厚い公的助成が行われており、都市鉄道・地方鉄道でも、運賃収入は運営費の5割未満で残りは補助金で賄われる場合も多く、補助金が8割を占める例も存在するという。これは、鉄道は公共サービスであるという視点が社会全体で普遍的であり、公共サービスを支えるために公的資金を使うのは当然という社会通念があるためかもしれない。

そして、上下分離方式の採用においては、資金面ではほぼ公的運営の安定性を活かしながらも、民間の競争原理を働かせて利便性やサービス向上を図るといった例が多いようである。それは、同じ路線に複数の運行主体が参画するオープンアクセス採用という形態に反映されており、これが効を奏している例も多い。

上下共にオープンアクセスを採用した例もあるが、これは下側を管掌する民間企業にかなり高度な経営手腕と長期の事業継続に耐えうる経営体力が求められるようである。

英国の旧英国国鉄民営化に伴い、上下共それぞれに民営主体が管掌した例では、線路の保守不良など管理機能の低下やサービス水準の低下が露呈し、破綻という結果に陥ってしまった。これは、施設保有主体が民間企業であったため、近視眼的な収益性を偏重しがちになり、長期的視野で必要な保守や設備更新が行われなかったり、上下間の契約形態において下側（施設保有主体）に競争原理が働かない仕組みであったため、業務改善などの経営努力がおざなりになり、鉄道全体の利便性低下を招いたことが原因とされている。これより、施設保有主体には、鉄道が公共サービスであることの意識のもと、長期的視野での投資と経営資源配分を行う能力が必要であるということで、公共的性格を帯びた組織が担うべきだとの議論がなされているという。

このように、上側の運行主体は短期的視野で収益性の最大化が必要なのでそれを得意とする民間企業が担い、下側の施設保有主体は長期的視野での管理維持と安定的な資金力が必要とされるので公的機関が担う、という組織の特性による分離が主流となりそうである。

② 中心市街地有効利用促進税制の導入

低炭素型のまちづくりには都市機能の集約化、中心市街地の活性化が欠かせないが、大型のショッピングセンターなどが比較的地代の安価な郊外に建設される傾向があるなど、むしろ郊外化が進んでいるのが現状である。そこで郊外立地に対して規制・課税を強化するなど中心市街地有効利用のための法整備・税制改革を行うことが有効であると考えられる。

Box 35 : 各国の大型ショッピングセンター（SC）郊外立地規制¹¹⁵

世界各国でも、大型SCの郊外立地による弊害が問題となり、規制が敷かれているところが多い。

米国では、国レベルの統一的な法制度は存在しないが、各州の州法にもとづき、大部分の自治体が個別にゾーニング条例を制定している。これは、各ゾーン毎に用途などをきめ細かく設定して規制するもので、各ゾーンに許容される建物用途は極めて限定的なものになる。立地が許容されていないゾーンで大規模商業施設を開発する際には、土地所有者が「ゾーン変更アピール」を申請して一定の手続きを経た後、ゾーン変更により対応することとなっている。各自治体では、基本的にこれらのゾーニング規制により大型SCの郊外立地を規制しているが、さらに規制を上載せしている以下のような例もある。

サンフランシスコ市では、大規模商業施設の立地はダウントウン商業地区、ヘビーコマース地区に限定されている。更に、ゾーニング変更禁止を目的として、新規出店しうる小売店の規模の上限を定め、それを上回る規模の出店を規制するリテール・サイズ・キャップ制が敷かれている。

ロサンゼルス市では、大規模商業施設の立地は商業系地区に限定する規制を敷いているが、上載せ規制として、大規模開発が計画された場合、開発申請時に「その開発によって地元の社会・経済にどのような影響があるか」を調査するCIR（Community Impact Report）という事前アセスメントの実施・提出を義務付け、その結果に基づき個別審査を行っている。

ドイツでは、土地利用の前提として、自治体の全域を対象とした土地利用計画（Fプラン）と、地区レベルの詳細計画（Bプラン）が策定され、それに基づいて建物の建築許可が出される仕組みとなっている。そして、延べ床面積 1,200m² 超の大型店舗の立地に関しては、Bプランにて「中心地区」として設定されている区域、あるいは大型店舗を目的とした「特別地区」の指定がされた区域でのみ立地が可能としている（一部例外はあるものの、それに関しても規制は強化されつつあるという。）。大型店を郊外に立地するには、ほとんどの場合 Fプランの変更が必要となり、Fプランの変更には上級官庁（州）の認可が必要とされ、広域的視点からの検討が行われることになる。

英国では、原則として全ての建築・開発行為に関して地方計画庁の計画許可（Planning Permission）を要する。計画許可の判断基準は「周辺状況との適合」または「都市計画（Development Plan）との整合」としており、都市計画の策定、計画許可の運用は、中央政府の発する PPG（Planning Policy Guidance）を考慮して実施される。（2004年の法改正により PPGはPPS（計画方針声明）に改められた。）

この中で、大規模商業施設の立地については以下のような規制が敷かれている。

- ・シーケンシャル・アプローチ：
大規模商業施設の立地場所は、中心市街地、中心市街地の隣接地の順に可能性を検討し、不可能な場合にのみ郊外での立地を許可する。
- ・RSC（Regional Shopping Center）の原則禁止：
床面積 50,000 m² 以上の RSC の立地は原則禁止し、国の策定する地域空間戦略（RSS）に位置づけられない限り、許可されない。
- ・国による強制介入権（Call in）の設定：
商業施設の床面積が 10,000 m² 以上の開発で、都市計画に整合しないものを地方計画庁が許可しようとする場合、国への通知を義務付けている。国は地方計画庁に代わって直接審査を行うことが可能で、実際にこの制度が適用されて不許可となった開発案件も存在する。
- ・グリーン・ベルト内の開発規制：
この区域内での新規建設は、原則として農林業目的、屋外スポーツや屋外レクリエーション、墓地、既存住宅の限定的な増改築、既存集落内の建築、地域のための社会住宅、都市計画に示された大規模既存開発の再開発などに限定されている。

フランスでは、国レベルの都市計画として、都市計画全国規則（RNU）が制定され、「既存市街地以外での建設可能性制限の原則」が定められており、都市計画で開発が指定されていない場所以外は、いかなる場所でも原則として開発や都市化が制限される仕組みとなっている。地方レベルの都市計画としては「広域一貫スキーム（SCOT）」と「地域都市計画プラン（PLU）」で構成される枠組みが設定され、ここでも拡散的な都市化進行の抑止と農村部の自然的空間の保全を図ることとなっている。PLUの前身である土地占用プラン（POS）でも、区域・地区毎、界隈部、階別、建物用途別に容積率が定められ、それを通じて建物の立地制御が行われ大規模商業施設の立地が規制される仕組みがあり、それは現在にも引き継がれている。

また、ラファラン法という商業規制法があり、300 m² 以上の商業施設の新設、増設、用途変更は許可制となっている。そして、1,000 m² 以上の店舗出店に際しては、当該店舗の商圈における既存商業への影響、雇用、環境に対する影響などのアセスメントを義務付け、更に 6,000 m² 以上の店舗出店に関しては、公開意見聴取を義務付けている。

お隣の韓国では、2003年より国土全体に関して都市計画制度を適用し、用途地域・地区・区域を都市計画に定めて土地利用を規制するようになった。土地には全て、都市地域、管理地域、農林地域、自然環境保全地域のいずれかを指定し、必要に応じて重複指定も可能としている。この都市計画制度において、売り場面積の合計が 3,000 m² 以上の大型小売店舗が立地可能な地域は、原則として中心商業地域、一般商業地域、流通商業地域とし、その他の地域に関しては延べ面積や階数などの規制を設け、都市計画条例での決定に基づいて建築が許可される仕組みを取っている。これらの規制を緩和する動きが一部であるものの、自治体毎に条例によって更に厳しい立地規制を行っているところもある。

③ 自治体・市民による低炭素型都市計画マスタープランの作成・実践

中心市街地有効利用促進税などの導入は地域住民の理解がなければ難しい。日本では土地は土地所有者のものとする考え方が強いが、諸外国においては、個人・企業の所有を保障する一方で、その公共性から公共の福祉を優先させるものと考えられている国も多く、様々な規制などによって利用方法が制約されている。そこで地域住民と自治体が一体となって低炭素型街づくりのコン

セプトを織り込んだ都市計画マスタープランを作成することで、土地の公共性の意識を高め、住民の主體的な協力のもとで土地の公共性・社会性に関する意識を高め、低炭素型のまちづくりを推進することが求められる。

④ 車体軽量化等研究開発支援・投資

⑤ 高性能二次電池の開発

一方で、全ての人が都市部に住むことは考えられず、自動車は、引き続き一定の役割を果たすものと考えられる。既に述べたとおり、車体軽量化は自動車の高効率化に向けてカギとなる技術のひとつである。特に車体の軽量化により、走行に必要なエネルギーを削減できるため、電気自動車に搭載する二次電池の重量削減にも役立つことが期待される。

また、電気自動車の普及という観点からは二次電池の開発がカギである。そこで、政府としてもこれらの材料開発・技術開発を積極的に支援するとともに、ライフサイクル環境負荷の視点も踏まえつつ最適な技術を選択していくことが重要となろう。

⑥ 資源量確保・リサイクル技術開発

二次電池や燃料電池の開発が進み、電動自動車が大量に普及した場合、二次電池や燃料電池などに使用される各種レアメタルなどが不足し、大きな制約条件となってしまう可能性がある。そこで電動自動車の大量普及が起こる前に、調査などによってレアメタルの資源量を十分に把握しつつ、電動自動車や他のレアメタル利用技術の開発動向に合わせてレアメタルのリサイクル技術の開発を進めておくことが極めて重要となる。

Box 36 : 都市鉱山探掘 (Urban Mining : アーバン・マイニング)

(独)物質・材料研究機構(NIMS)では2008年1月に、将来の利用が危惧されている金属資源に関して、国内に蓄積されリサイクルの対象となりうる金属の量(「都市鉱山」の規模)を算定し、その量は世界有数の資源国に匹敵する規模になっていると発表している(2008年1月11日発表時の情報)。

(この計算方法については、NIMSのプレスリリースにて概要説明がなされているので、そちらを参照されたい。<http://www.nims.go.jp/news/press/2008/01/p200801110.html>)

その計算結果によれば、日本には、金：約6,800t(世界の現有埋蔵量の約16%)、銀：約60,000t(世界の現有埋蔵量の22%)をはじめとし、他にも世界埋蔵量に対してインジウムが61%、錫が11%、タンタルが10%を占めているなど、世界埋蔵量の1割を超える金属が多数あるとしている。また、白金など、国別埋蔵量保有量と比較すると世界ベスト5に入る金属も多数あるとしている。

そして現状ではこのような国内の都市鉱山資源が、使用済製品の廃棄物処理の過程で、本来得られる価値よりも安価に国外に放出されている状況が見られるとし、都市鉱山資源を、都市鉱石としてより積極的に有効活用する技術確立と流通システムの整備が必要であると呼びかけている¹¹⁶。

このような都市鉱山資源回収に関しては、研究機関以外にも企業や非営利団体など様々な主体が実際に動き始め、ビジネスとして展開されている例もある。

例えば、DOWAホールディングス(株)傘下のエコリサイクリングシステム(株)では、廃棄物や廃液処理などを通じ、貴金属など有価資源の回収を主体としたビジネスを展開している。また、DOWAグループでの長年の研究・製造技術の蓄積にもとづいた総合的な金属資源回収のノウハウを活かし、メタルリサイクルだけでなくファインケミカル品や精密加工品用の原料供給も行っているという¹¹⁷。

また、特定非営利活動法人・都市鉱山開発機構は、資源回収・リサイクル技術の確立や都市鉱山の有効活

用の浸透を目指して活動しており、ここでは各種調査研究や実際の回収事業、国内外のネットワークづくりも行われている¹¹⁸。

⑦ ライフサイクルで環境負荷の低い車両の普及を促進するグリーン税制の導入・燃費規制の強化

⑧ 低環境負荷自動車の優遇レーンや優先駐車場の導入拡大

電動自動車の開発後は普及中心の施策が必要となる。普及策としては利用者、メーカーの双方に対してインセンティブ・規制をバランスよく導入することが必要である。利用者に対しては、グリーン税制などの導入によって価格インセンティブを与えることはもちろん、低環境負荷自動車でなければ通過できない優遇レーンや優先駐車場などを設置すれば、価格以外の利便性の面からも低環境負荷自動車の競争力を高めることができる。一方ですでに日本でも導入されている燃費規制なども、技術開発を進める上では有効な手段であるといえる。

Box 37 : 米国・カリフォルニア州のカープールレーン (Car Pool Lane) ^{119, 120, 121}

米国・カリフォルニア州の都市部の高速道路では、エネルギー節約や通勤時間帯の自動車台数の削減を図るために、「カープールレーン (Car Pool Lane)」という車線が設けられている。(一定数以上の乗員のいる乗用車は HOV (High-occupancy vehicle) と呼ばれるので、その専用車線は HOV レーン (High-occupancy vehicle lane) とも呼ばれている。) これは、通常フリーウェイの一番左側のレーン (追い越し車線) で、朝夕の交通量の多い時間帯には、運転手を含めて2人 (場所によっては3人) 以上が乗車している自動車とバスしか通行できないとする規制で、違反者には罰金措置も課される。通勤時間帯には、ほとんどの車両が1人しか乗っていないことが多いため、他の車線が渋滞していても、カープールレーンの利用者はスムーズに目的地に到着できることが多いそうである。

このカープールレーンには、電気自動車やCNG (圧縮天然ガス) エンジン自動車、燃料電池自動車に限り、1人乗車での走行が認められるという優遇措置も設けられている。これらの認定車は、カリフォルニア運輸局 (California Department of Motor Vehicles : DMV) に「クリーン・エア・ビークル・ステッカー」の交付を受けて車体に貼り付ければ、カープールレーンでの走行が可能になる、というシステムを取っている。2005年からは、トヨタ自動車 (株) のプリウスや、本田技研工業 (株) のインサイトなど、一定の燃費基準などを満たす一部ハイブリッド車においても1人乗車走行が認可されるようになり、その人気を促進することとなった。

また、2~4人で乗り合い乗車をすればガソリン代を割り勘にできるなどのメリットもあり、同じ目的地へ向かう車に相乗りをしたい人たちのマッチングを仲介している組織もある。そのような組織は、各所に待ち合わせ場所を設定して利用者を集め、自動車を持たない人でもそこまで行けば相乗りが利用できるようになっている。それに、待ち合わせ場所のほとんどは「カープール・パーキング」といわれる大きな駐車場となっているため、自家用車で来てそこに駐車して相乗りを利用し、また帰りにそこから自家用車を利用して帰宅することも可能である。

Box 38 : 神奈川県における電気自動車普及 (EV) の取り組み ^{109, 122, 123}

神奈川県では、電気自動車 (EV : Electric Vehicle) の普及に向けて、2008年3月に産学公からなる「かながわ電気自動車普及推進協議会」を設立し、電力会社や自動車メーカー・電池メーカーとの連携に基づく実証実験の実施や、公的機関へのEV導入、EV取得や使用に係る優遇措置 (取得支援の補助金や税制優遇) の設定や、インフラ整備 (急速充電ステーションなどの整備) を積極的に行っており、国内でも有数のEV推進県として注目を集めている。

また、EVの取得や使用に係る優遇措置に関しては、2008年4月に「EVイニシアティブかながわ」を発表し、2014年度までにEVを県内に3,000台普及させるとの目標を掲げて様々な取り組みを開始している。具体的な優遇策としては、以下のような施策を設定している。

・EV購入時の優遇策

購入補助 : 2009年度からEV購入時に国の補助金の半額を更に県が上乗せして補助

税軽減措置 : 2009年度からEVの自動車取得税及び自動車税の90%を減額

(購入費用がガソリン車 100 万円、EV300 万円として、購入補助により EV 取得費用 150 万円、税を含めた優遇措置と燃料削減効果で、ガソリン車比負担増分の 50 万円を 5 年間で回収可能としている。)

・EV 利用時の優遇策

有料駐車場の割引：

2009 年度から県所管の有料駐車場 5 ヶ所にて 50%程度の料金割引を実施し、他 40 ヶ所の県所管駐車場についても順次割引適用を拡大の予定

民間駐車場や市町村にも有料駐車場料金の割引を働きかけ

高速道路料金の割引：

2009 年度より、県内区間で ETC 利用走行時に高速道路料金の 50%程度を割引(キャッシュバック方式)

・充電インフラの整備

急速充電器の設置：

2010 年度までに急速充電器を県施設に 10 基程度設置(2008 年度は平塚合同庁舎、小田原合同庁舎などに設置予定)

2010 年度までに東京電力や自動車メーカーに働きかけて 20 基程度の EV 用急速充電器を設置

100V・200V コンセントの設置：

2011 年度までに商業施設や公営駐車場管理者の協力を得て EV 充電用の 100V・200V コンセントを 70 基設置(2008 年度は 10 基設置)

2014 年度までに、商業施設や公営駐車場内の既設 100V・200V コンセントの利用協力や新規設置を働きかけ、1,000 基の「EV 充電ネットワーク」を構築

・その他の率先した取り組み

公用車への率先導入：

2014 年度までに EV に転換可能な公用車 100 台を EV に順次転換

2007 年度から既に東京電力(株)・富士重工業(株)との実証実験が開始

県民意識の醸成に向けたイベント・モデル事業：

2014 年度まで、毎年 EV の環境性能や走行性能などの理解を促進するイベントフォーラムの実施や、小中学校での環境教育の実施

2009 年度以降、自動車メーカーや関係団体に働きかけ、県民がレンタカー・タクシーなどとして EV を利用できるようにモデル事業の実施

最近では、2008 年 12 月に開始された、日本郵政グループの業務車両 EV 導入実証実験の選定地域にも選ばれるなど、神奈川県は日本における EV 活用に関しての技術やノウハウの集積先進地域へとなりつつある¹¹¹。

Box 39 : EU と日本の自動車規制

EU では、自動車の CO₂ 排出量に関して規制が掛けられている。欧州委員会は 2007 年 12 月に、自動車の 1km 走行当たりの CO₂ 排出量を、2012 年に現状の平均約 160g/km から 130g/km (タイヤ・燃料・付帯設備などの技術開発も合わせて 120g/km) へ引き下げることを義務付け、同年から 1 台当たり 1g 超過すごとに 20€ (ユーロ) 以上の制裁金を科す規制法案を発表していた。これは、EU 域内で販売されるすべての新車が対象とされることから、日本や米国を含む大手自動車メーカー各社にとっても、非常に厳しい規制内容となった。

しかし、2008 年秋以降の景気後退の影響により政策見直しを余儀なくされているようで、同年 12 月には、自動車の CO₂ 排出量を 2012 年から約 20%削減するためのメーカー規制導入を一部延期し、20 年に約 40%削減するとの新たな規制案に合意がなされた。この合意は、2012 年は規制対象となる車両を新車の 65%にとどめ、2013 年には 75%、2014 年には 80%と段階的に対象を拡大して、2015 年に 100%とすることを柱としている。また、2015 年以降の目標は「2020 年に 95g/km」と明記しており、引き続き世界の規制をリードしていくスタンスも保持している^{124, 125}。

一方日本では、燃費基準というかたちでの規制がなされている。「エネルギーの使用の合理化に関する法律(省エネ法)」において、乗用自動車や貨物自動車エネルギー消費効率向上を図ることが特に必要な「特定機器」として定められており、前出のトップランナー基準が適用されている。現在では平成 22 年度を目標年度とする燃費基準が車種により細かく設定されている(基準の所管官庁は経済産業省と国土交通省)。

これにより、自動車の製造事業者など(自動車メーカー及び輸入事業者)は、目標年度までに各区分毎の自動車の平均燃費値(自動車の燃費値を出荷台数で加重調和平均をした値)を燃費基準値以上にするよう、燃費性能を改善することが求められている。

さらに、自動車ユーザが燃費の優れた自動車を選択できるよう、燃費値に関する表示事項を定めており、原則として自動車の燃費値を商品カタログに表示することとしている。また、燃料基準を達成している自動

車には「平成22年度燃費基準+20%達成車」などのステッカーが貼りつけられ、その性能をPRすることができる。さらに、排出ガス性能や燃費性能に優れた自動車を対象に、自動車税などを軽減する「自動車グリーン税制」が設定されており、燃費の優れた自動車を選択するインセンティブが提供されている。

平成19年度の国土交通省白書によれば、平成17年度時点では、出荷ベースで約8割以上のガソリン自動車が、平成22年度を目標年度とする燃費基準を達成するまでに至ったという。また、各年に新車として販売されたガソリン乗用車の燃費平均値は、平成7年度から平成17年度までに約23%の改善が見られたとしている。さらに現在は、新たな燃費基準として平成27年度を目標とする燃費基準が策定されており、これにより、燃費性能の優れた乗用車などの普及や燃費改善技術の更なる向上が期待されている。この基準が達成された場合、平成27年度の乗用車の燃費は平成16年度と比較して23.5%改善されることになるという^{126, 127}。

6.8. カーボンミニマム系統電力

(1) 目指す将来像

【低ロスで低環境負荷】

石炭火力発電、天然ガス火力発電のいずれでも、超超臨界タービンの複合サイクルが一般的になっており、発電効率は全てのプラントが55%以上（発電端）を達成している。一部の大規模かつ先駆的プラントでは発電効率60%を達成している。また、プラントには炭素隔離貯留設備（CCS）が併設され、CO₂をできる限り発電所外に放出せず、かつ一次エネルギーを効率的に二次エネルギーに変換できるシステムが広く普及している。

【再生可能エネルギーを活かす連系システム】

大規模太陽光発電や風力発電が系統に連系されて基幹電源の一翼を担っている。また、一部の再生可能エネルギー発電所には、蓄電池や水素製造設備などの出力平準化設備が併設されており、電力系統への影響を抑制しつつ連系量を拡大できるシステムが普及している。

【適切な原子力の利用】

電力需要推移や他の発電技術の開発動向を見据えた上で、政府、電力会社のみならず、市民も巻き込んで発電における原子力発電の位置づけに関して合意形成されている。安全性確保とそのため情報開示制度の徹底を前提とし、適切な放射性廃棄物管理のもと、国際的な核拡散防止の観点も加味した上で適切な水準での維持、稼働が進められている。

【エネルギーをそのまま運ぶネットワーク】

基幹送電網は、100万Vの超超高压送電が用いられている。電力会社をまたぐ送電路や、原子力発電所と需要地を結ぶ送電路では超高压直流送電が採用されており、可能な限り送電損失を低減する対策が講じられている。

<<解説>>

① 方策の枠組み

需要側にて効率の高い電化製品の普及が進んだとしても、使用される電力の排出係数が高いままであれば、CO₂削減への寄与は限定的なものとならざるを得ない。特に民生部門にてヒートポンプ機器が普及したり、交通部門にて電気自動車利用が増加するなど社会の電化が促進される場合には、発電部門の低炭素化の影響は極めて大きい。2050年においては、分散型電源やマイクログリッドなどの需要地に近い分散型電源が、電力供給全体において一定程度の役割を果たしているものと考えられるが、大規模発電所から送配電線を経由して需要地に電力供給を行う従来型の系統電力も、引き続き重要な役割を演じているものと想定される。ここでは、これらの系統電力

の低炭素化を実現するための方策を検討しており、太陽光発電・風力発電においても基幹電源となりうるメガソーラーやウィンドファームなどを対象としている。

② イノベーションに求められる技術

CCS

炭素隔離貯留（Carbon Capture and Storage：CCS）とは、発電所・工場などから発生した二酸化炭素を回収し、地中あるいは海中に注入して貯留・隔離する技術である。「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」においても低炭素社会を実現するための21のエネルギー革新技術に選定されており、その普及に向けた取り組みが開始されている。

Box 40：福島県いわき市の石炭ガス化複合発電実証試験+炭素隔離貯留可能性調査^{128, 129}

国内の電力会社10社が共同設立した（株）クリーンコールパワー研究所では、石炭ガス化複合発電（Integrated coal Gasification Combined Cycle：IGCC）と炭素隔離貯留技術（CCS）を組み合わせた実証実験が計画されている（IGCCについては後に詳述）。これは、NEDOの「革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト」の一環として行われるものである。本実験は、世界最先端のIGCC+CCSの実証実験として国内からは大きな期待が寄せられているようである。

具体的には、福島県いわき市の同社IGCC実証プラントからCO₂を回収し、そこから約70km離れた沖合の枯渇ガス田（旧磐城沖天然ガス田）にパイプラインなどで輸送し隔離貯留が実施されることになる。枯渇ガス田へは約2,000万t以上のCO₂を貯留できる見込みとしている。

また別途に、発電からCO₂の分離・回収・輸送・貯留までのトータルシステムに関して、技術面や経済面などからの事業可能性調査が行われている。この調査は、日本CCS調査（株）が2008年7月よりNEDOからの委託事業として実施しており、2011年を目処に評価報告がとりまとめられる予定となっている。（日本CCS調査（株）は2008年6月に電力・鉄鋼・石油販売・石油開発・化学など計29社の協同出資により設立された会社である。）

Box 41：ドイツのCCS実証事業^{130, 131}

ドイツ国内4大電力会社の1つバッテンファル・ヨーロッパ（Vattenfall Europe）は、ドイツ東部・ブランデンブルク州のシュヴァルツェ・ブンペにて、石炭火力発電（出力約30MW）とCCS技術を組み合わせたパイロット・プラントを建設し、2008年夏から稼働を開始して実証実験を行っている。また、同州のイェンシュヴァルデとデンマーク北部でも、それぞれ石炭火力発電技術改良の実証実験とCO₂地中隔離貯留の実証実験を行い、それらの技術改良見込みも総合して商業利用に堪えうる石炭火力発電・CCS事業の確立を目指している。これらの実験は遅くとも2015年あたりまで継続し、2020年にはこれらの技術の商業利用を開始する予定とのことである。

石炭火力発電技術に関しては、「酸素燃焼（オキシ燃焼）技術」（燃料を空気中ではなく酸素中で燃焼させ、排出ガスをほぼCO₂のみとする技術）の最適化と改良を行うとしている。CO₂の分離回収には発電したエネルギーの一部を回す方式で、その分エネルギー効率は低下することになるが、石炭乾燥など既存発電技術の改良により、2020年までには改善可能との見通しを立てている。

CCS技術に関しては、デンマーク北部では発電プラントから貯留サイトまでCO₂をパイプラインで運び、地下1~2kmにある帯水層に圧入する実験が行われている。そのほか、シュヴァルツェ・ブンペで分離回収されたCO₂は、天然ガス採掘促進手段として、ザクセン・アンハルト州・アルトマルクにある天然ガス田での利用にも供される予定とのことである。これに関連して、同社は2007年9月にフランスのガス公社との技術協力提携に合意している。

バッテンファル・ヨーロッパはプレスリリースで、「石炭は重要なエネルギーである。本計画により、石炭を用いたエネルギー供給を保証するとともに、2030年までにCO₂排出量を50%削減するという自社の設定目標も達成することになる」として、石炭火力発電・CCS技術の将来性に自信を示しているという。

Box 42 : 電源開発(株)・(株)IHI・三井物産(株)によるCCS実証事業 132, 133, 134

電源開発(J-POWER)とIHI(旧・石川島播磨重工業)、三井物産は、オーストラリア・クイーンズランド州のカライド(Callide)A石炭火力発電所で行われている日豪酸素燃焼CCS実証プロジェクトに参画している。これは、既存の石炭火力発電所を活用する大規模な実証プロジェクトで日豪7社が参画しており、費用総額は2億600万豪ドル(約200億円)を予定しているとのことである。このプロジェクトはAPP(アジア・パシフィック・パートナーシップ)のフラッグシッププロジェクトに位置づけられており、日本政府とオーストラリア連邦政府の補助事業となっている。オーストラリアからは、クイーンズランド州営電力会社(CS Energy)、石炭供給大手のエクストラータ社(Xstrata)、地中掘削エンジニアリング大手のシュルンベルジェ社(Schlumberger)が参加するとともに、豪州石炭協会(ACA)が設立したCOAL21ファンドから資金が拠出されている。

事業内容としては、まずカライドA発電所(発電容量30MWe)の改造工事が2008年前半に開始され、2010年末からは酸素燃焼技術によるゼロエミッション発電の実証試験を開始する計画としている。この酸素燃焼技術は、日本で発案され電源開発とIHIが開発を行ってきたもので、予め空気から窒素を取り除いた高濃度の酸素で石炭を燃焼し、排ガス中のCO₂の比率を90%以上に高めて分離回収を容易にするものである。CO₂は液化して回収され、発電所の西約250kmに位置する貯留サイトに輸送され地中深層部(枯渇ガス田)に圧入される予定で、その容量は約1,300万t-CO₂という。

③ イノベーションに求められる制度・インフラ

○送電技術

送電系統に接続された太陽光発電や風力発電によって生じる周波数・電圧変動の抑制には、電力会社間の電力融通が有効な手段のひとつである。これはある電力会社の系統に生じた周波数・電圧のインバランスを、隣接する電力会社の設備を使って解消する方法であるが、このためには電力会社間の連系線の強化と柔軟な電力融通を支援するような制度の導入が求められる。

また、高圧送電や直流送電を行うことで送電ロスの低減が可能となる。

Box 43 : 日本における広域的な連系送電網の構築について 135, 136, 137

日本には、北海道、東北、東京、中部、北陸、関西、中国、四国、九州、沖縄の10の電力会社があり、それぞれの地方の電力事業を管掌している。これらの電力会社は、その地域ごとに需給バランスを維持させることを基本として発展してきたため、沖縄電力を除いて会社間の連系送電線は補完的な位置づけとして整備・運用されてきた。しかし、近年は電気の安定供給や電源脱落などの事故リスク低減のために、広域的な電力融通を視野に入れた連系送電線網整備が検討され、各所でその増強や新設が行われるようになった。

ただし日本の特殊な事情として、東日本と西日本では交流電源の周波数がそれぞれ50kHz、60kHzと異なっており*、東～西日本間での電力融通は、現在では中部電力と東京電力間の周波数変換所(佐久間、新信濃1号・2号、東清水)を介して行われているのみである。

系統連系方法には直列的な「くし型系統」と並列・複線的な「メッシュ系統」があるが、日本全体で見ればくし型系統の性格が強い。

くし型系統では、連系送電線の故障が生じた場合には電力品質維持に協調できる地域が大きく限定される。一方で、電力品質低下が起こった地域を1点で切り離すことができるため、他地域への波及防止が容易であるという特徴も併せもつ。ただし、長距離大電力送電を行う場合には安定度に問題があるとされる。

メッシュ系統では、送電線の容量が十分に大きければ、ある送電線が故障しても他の送電線がその役割を補完することができる。この場合、残りの送電線の電力潮流は大幅に変化するものの、系統全体としては周波数の変化は起こりにくく故障の影響はほとんど無いとされる。ただし、容量が不十分な場合は送電線への過負荷が連鎖的に発生して、広範囲に影響が波及するおそれがある。メッシュ系統で過負荷が発生した場合は、系統に接続しているすべての地域が協調して需給調整し送電線潮流を制御する必要があるが、短時間での対応は非常に困難であるとされる。メッシュ系統では、それぞれの送電線の状態によって電力潮流の状態(大きさ・向き)が変わり、予期しない部分で電力潮流が大きくなる場合もあり(ループフロー問題)、高度な制御技術が求められる。

送電方式には交流送電と直流送電があり、それぞれの送電の特徴や地域の系統構成、連系要件などに応じて選択されている。

交流送電の長所は、変圧器により電圧の変換が容易なこと、直流と比較して事故発生時に遮断しやすいこと、比較的短距離の送電であれば直交変換設備が不要となるために直流送電に比べて初期投資が安価なことなどが挙げられる。送電ロスも電圧が高いほど小さくなるので、一般に送電線には電圧変換が容易な交流送電が採用されていることが多い。一方短所は、直流送電と比較して同程度の電流を確保するのに要する最大電圧が大きいため絶縁の強化が必要であること、導体利用率が直流より低く電力あたりの電流が大きいため電圧降下・電力損失が大きくなること、三条の導体が必要であるゆえに比較的長距離の送電では直流送電よりも初期投資が高額になること、交流ループが存在すると瞬時の潮流調整が難しく潮流の振動による大停電が発生する可能性があることなどが挙げられている。これらの交流送電の短所を補完する目的で、部分的に直流送電を組み込んだ系統構成にすることが多い。例えば、中部電力と北陸電力間の南福光BTBでは、背合わせ方式（Back to Back）と呼ばれる交直変換方式を採用した連系線を設置している。これは、中部電力と北陸電力間を交流で連系すると、既設の関西電力との連系線も含めてループ状になるため、安定度保持の観点から直流送電を介して連系することとしたものである。

直流送電の長所は、最大電圧が小さく絶縁が容易であること、導体利用率が高く電力あたりの電流が小さいため電圧降下・電力損失が小さいこと、二条の導体で送電できること、潮流調整が容易なことなどが挙げられている。短所としては、大容量の直流送電を遮断する場合や、交流～直流変換の調整を行う場合には技術的な工夫が必要とされるため、その分交流送電よりも初期投資を要することなどが挙げられる。主な用途としては、交流送電では充電電流が大きくなってしまいう海底ケーブル送電や、異周波数間の連系、交流送電ループをつくらないための非同期連系用がある。海底ケーブル送電の用途としては、北海道の函館変換所と本州の青森県上北変換所を結ぶ「北本連系線」や、紀伊水道を挟んで徳島県の阿南変換所と和歌山県の紀北変換所を結ぶ「阿南・紀北直流幹線」で採用されている。異周波数連系の用途としては先述の中部電力～東京電力間の周波数変換所が挙げられ、交流送電ループ回避の非同期連系用としては前述の南福光BTBがある。

*日本は、一国内で異なる標準周波数を並立して採用している世界でもほとんど例を見ない国である。これは、明治時代に関東と関西で異なる周波数の発電機を採用した発電事業が開始され、それを中心として電力網が整備されていったという事情による。当初は、関東の東京電燈では50kHz仕様のドイツ製発電機を採用し、関西の大阪電燈では60kHz仕様の米国製の発電機を採用し、以降各社ごとに同周波数の発電機を導入して現在の電力部門を形成している。

境界線は、おおそ静岡県富士川と新潟県糸魚川を結ぶ線とされる。しかし、実際には電力会社ごとに標準周波数を定め、管轄区域内でも地域により特例を設けた運用がなされているために、厳密な境界を形成しているわけではない。（特殊な事情により周波数変換を行っている事業者なども存在する。）

(2) 実現への障壁と段階的戦略

【将来像共有期】

政府、電気事業者、需要家を巻き込み、中長期的な電力供給のあり方を議論し、認識を共有化するためのシステムを構築する。ここでの議論をもとに産・学・官・民が協同して将来像実現に不可欠な各種技術（再生可能エネルギー技術、超超臨界タービン、超超高压送電技術、低損失 CCS、電力品質管理・制御技術など）の開発を強化していく。同時に、政策的に将来の低炭素電力供給を指針などで既定路線化し、既存電力会社以外のアクターに対して参入・協調インセンティブを与える。原子力発電については、安全保持機構の維持と適切な情報開示制度のもとでの運用スタイルをさらに強化すると共に、非専門家とのコミュニケーションを通じて適切な原子力発電に対する理解の醸成に努める。また、再生可能エネルギー導入に伴う電力品質維持費用の分担については、需要家への価格転嫁が進むようにする一方で、電力価格上昇による低所得者層への影響が最小限になるよう配慮するなど、電力料金制度の抜本的見直しを行う。

【低炭素電力ニーズ拡大期】

個人が直接発電事業者を選択できるように規制や制度の改定を行うと共に、電力に関わる税制のグリーン化を進める。これによって需要家の低炭素電力へのニーズを高め、発電事業の低炭素化、送配電ロスの低減などに対して付加価値を与える。このころまでに CCS 技術や超高効率発電技術、超高压送電技術の実用化に一定の目処をつけるよう技術開発を進めておく。電力会社は長期的な指針に基づき、系統インフラ設備を更新するタイミングでの低損失線路への交換、長距離直流送電線の敷設、配電系統の容量拡大などを進め、エネルギーロスが少なく、再生可能エネルギーを受け入れやすい電力送配電網をつくり上げる。

【低炭素型電力供給期】

開発、実証してきた各種高効率化技術の普及を推し進めると共に、二酸化炭素削減技術を新設する全ての発電所に導入する。

<<解説>>

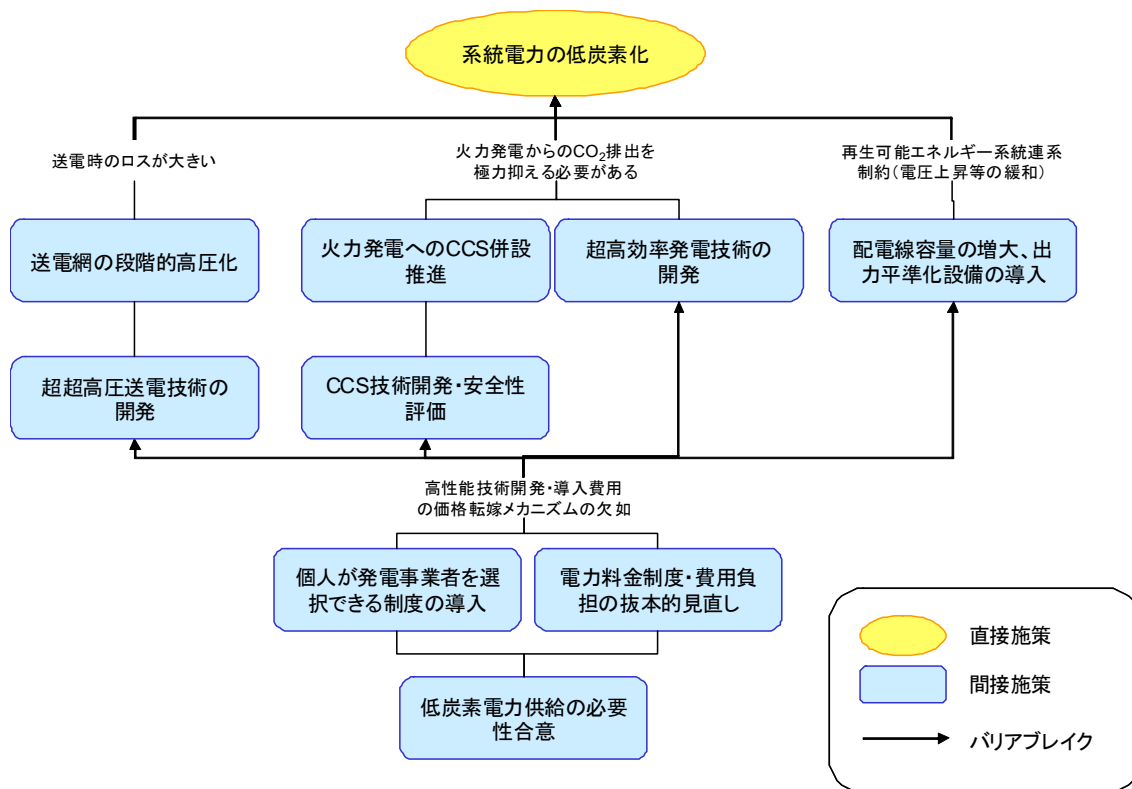


Fig 6-40 施策相関図（方策8）

① 超高効率発電技術の開発

発電部門におけるCO₂排出は基本的には火力発電由来であるが、発電技術の高効率化により発電電力当たりのCO₂排出量を削減することが可能となる。

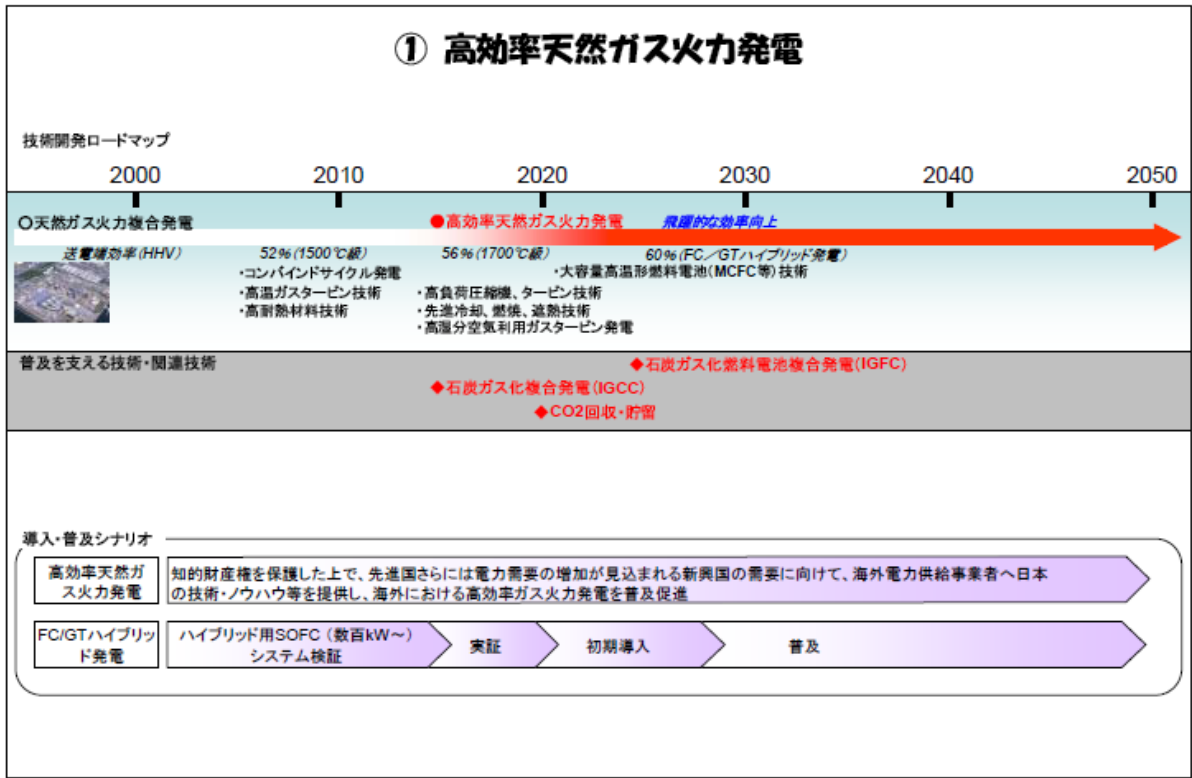


Fig 6-41 天然ガス火力発電の効率向上ロードマップ⁶⁰

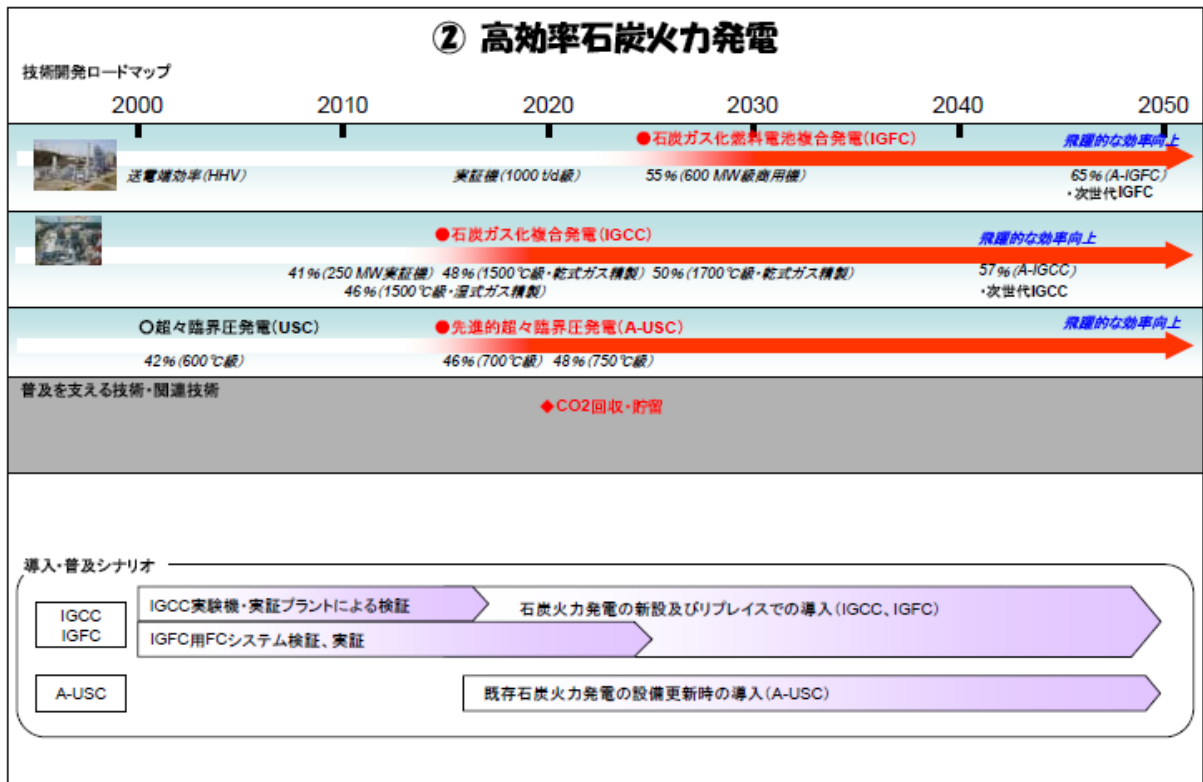


Fig 6-42 高効率石炭火力発電の効率向上ロードマップ⁶⁰

Box 44 : (株) クリーンコールパワー研究所の石炭ガス化複合発電 ^{138, 139}

IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle) とは、まず石炭や重質油などをガス化炉でガス化し、そこに含まれる可燃性ガス（主に一酸化炭素と水素）でガスタービン発電機を駆動させ、さらにその排熱で蒸気をつくって蒸気タービン発電機により発電する複合発電方式である。

通常の火力発電では、ボイラ内で燃料を燃焼させて蒸気を発生させ、その蒸気の膨張力により蒸気タービン発電機を回す仕組みとなっている。C/C (コンバインドサイクル) 発電では、一般的に圧縮した空気の中で天然ガスなどの燃料を燃やして燃焼ガスを発生させ、このガスの膨張力によりまずガスタービン発電機を回す。さらに、熱交換器を介してガスタービンから発生する高温の排ガスをボイラに導き、蒸気を発生させて蒸気タービン発電機を回す。なお、この熱回収～蒸気タービン駆動の部分を C/C と呼ぶ。このように、ガスタービンと蒸気タービンの二段で発電するために、投入エネルギーを高効率で二次エネルギーに変換することができる。C/C 発電は、既に天然ガス火力発電で普及し 50% を超える高効率を達成しており、東北電力東新潟火力発電所 4-1 号系列のように 55% を超えるものもある。発電効率は、ガスタービンの入り口温度を上げれば将来的に 60% 近くまで高まると見込まれている。C/C 発電の前に燃料のガス化装置を取り付けたかたちになる IGCC も、原理的には 50% 以上の発電効率が可能とされる。

福島県いわき市のクリーンコールパワー研究所では、石炭を粉碎して蒸し焼きにし、ガス化して利用する IGCC の実証研究が行われている。同所の石炭 IGCC の利点としては、高効率化の他に以下の点が挙げられている。

- ・従来の石炭火力発電では利用が困難であった灰融点の低い石炭の利用が可能
- ・高効率化により発電電力量当たりの SO_x、NO_x、煤塵の排出量が低減できる
- ・石炭火力発電では大量の石炭灰が発生していたが、石炭 IGCC ではガラス状のスラグとして排出されるため容積が半減できる
- ・スラグはセメントの原材料や路盤材として再利用が可能
- ・石炭火力発電に比べて温排水や水使用量の低減が図れる

この石炭 IGCC 技術は、日本の電力会社 9 社と電源開発、電力中央研究所が主体となって開発が始められ、1986 年度～1996 年度にはパイロットプラントによる試験が行われた。2001 年度からは、クリーンコールパワー研究所が実証機を建設して稼動を開始し、商用化に必要な各種検証を行うための実証試験段階に入っている。この石炭 IGCC 実証機は、出力 25 kW、石炭使用量 1,700t/日、発電効率 42% を目指して設計され、実験は 2010 年 3 月まで続く。実験では、システムの安定性 (安定的な発電維持、事故発生時の安全停止)、設備の信頼性 (最低 2,000 時間の連続運転検証)、炭種適合性 (複数の炭種使用)、高効率性 (目標効率の達成)、耐久性 (長期運転による設備機器の耐久性)、経済性 (建設費・運転費・保守費などの総合的な評価) の観点から検証を行い、2015 年ごろに実用化の予定としている。2015 年ごろには、発電効率は約 2 割程度向上し、CO₂ 排出量は 2 割程度減少が可能との見込みである。また先述のように、この実証機から発生する CO₂ を分離・回収し貯留隔離を行う CCS の実用可能性検証プロジェクトも始動しており、石炭火力発電の総合的な低炭素化システムの確立が期待されている。

Box 45 : EAGLE プロジェクト (電源開発) ^{139, 140, 141}

EAGLE (多目的石炭ガス化製造技術開発: Coal Energy Application for Gas Liquid & Electricity) プロジェクトは、石炭ガス化複合発電、石炭ガス化燃料電池複合発電 (Integrated coal Gasification Fuel cell Combined cycle: IGFC) などの高効率複合発電を利用することにより、従来の微粉炭火力発電に比べて大きく発電効率を向上させ、単位発電量当たりの CO₂ 排出量低減を目指す技術開発プロジェクトである。

特に石炭ガス化燃料電池複合発電は、究極の石炭利用発電技術とされる。これは、石炭をガス化したときに発生する可燃性ガス (水素、一酸化炭素など) を、まず高温型燃料電池による直接発電の燃料として利用し、次に可燃成分を含んだ燃料電池からの排ガスをガスタービンで利用して発電し、さらにその排ガスを利用して蒸気タービンで発電を行うという、三段階で発電する方式である。実現すれば 55% 程度の発電効率が見込まれ、既存の微粉炭火力発電に比べて CO₂ 排出量を約 30% 低減できる見込みとしている。

このプロジェクトでは、電源開発が福岡県北九州市に 2 万 kW 級のパイロットプラント (石炭使用量 150t/日) を建設して試験を行っている。2004～2006 年には、酸素吹石炭ガス化炉 (粉碎石炭粒子に純度の高い酸素を供給してガスを発生させる) や、ガス精製 (発生した可燃性ガスから不純物を除去する) 技術の確立を中心としたパイロット試験を実施しており、これらの技術性能や連続運転性能、機器の信頼性についても問題ないことが確認されたとしている。2007～2009 年には、CO₂ 分離回収試験や多種炭対応試験、微量物質の挙動調査などを行うとしている。

Box 46 : 1700°C級ガスタービンの開発 ¹⁴²

タービンとは、流体の位置エネルギーや圧力エネルギー、速度エネルギーなどの運動エネルギーを回転翼で受け、回転力として取り出す原動機である。発電所では、このタービンの回転軸が発電機に接続されており、電磁誘導の原理を利用して運動エネルギーから電力エネルギーに変換することで発電を行っている。

ガスタービンは、燃料の反応熱などで生成された高温のガスの運動エネルギーを利用するタービンである。他の内燃機関と比べるとその重量や体積の割に高い出力を得ることが可能で、かつ起動と停止が比較的容易であり、起動後は短時間で大きな出力を得ることができるなどの特長がある。その用途には航空機や船舶などの推進力を得る内燃機関や、火力発電所の発電機を動かす原動機などがある。特に火力発電所では、起動後短時間で最大出力に到達できると共に出力調整も容易なことから、電力需要の変動に柔軟に対応しやすいという観点で、ガスタービンが広く採用されている。ただし、発電用のガスタービンはそのほとんどが最大負荷近傍での長期間連続運転となるため、かなり高い耐久性と信頼性を要求されることになる。

ガスタービンの機構は、圧縮機・燃焼器・タービンという 3 つの部分から成っており、その駆動の仕組みは次のような経路を取る。まず、圧縮機で空気を圧縮して燃焼器に送る。燃焼器では、圧縮された空気に燃料が投入されて高温で燃焼し、高温・高圧の燃焼ガスが発生してタービンに向かって流れていく。燃焼ガスは急激に膨張を始め、ガスタービン出口に向かって高速で流出する。タービンでは、ケース内壁に固定されている静翼が燃焼ガスの流速や流向を調整し、中心の回転軸に取り付けられた動翼がガス流を受け止めて回転する仕組みになっている（静翼と動翼はそれぞれのユニットが一組のセットになるよう配置されている）。

ガスタービンの効率は熱効率で測られ、ガスタービンに投入した燃料が燃焼する際に理論上最大限発生させることのできる熱量のうち、どれぐらいの割合をタービンで回収できるかによって決まる。よって、燃焼温度が高くなるほど、ガスタービンが発電に使える熱量が大きくなるので効率が高くなることになる。また、同じ量の燃料から、タービン入口でより高温の燃焼ガスを発生させることのできるタービンほど、大きな電力を得ることができるともいえる。

日本の代表的なガスタービン製造企業である三菱重工業は、1963 年に米国ウェスティングハウス社との技術提携によりガスタービンの生産を開始した。その後、1991 年からは技術提携を解消し独自のガスタービン技術開発を積み重ね、1997 年には世界初の 1500°C 級の高温ガスを動力とするガスタービン（G 形）の開発に成功した。現在では日本を始め世界各国の発電所に 1500°C 級のガスタービンを供給している。

近年はさらに高温の 1700°C 級ガスタービンの研究開発を進めているが、そのような超高効率ガスタービンの開発には、タービン入口温度向上に伴ういくつかの難しい課題をクリアしなければならないとされる。それは、高温燃焼に伴って発生量が増加する NO_x 排出量の抑制、燃焼ガスの高温や高速回転に伴う巨大な遠心力に耐え得るタービン翼の開発・設計と、それに伴う冷却技術の革新とされる。これらの要素技術については、以下のようなものが開発・検討されている。

- ・高温燃焼に伴い発生量が増加する NO_x 排出量抑制
 予混合燃焼方式：燃焼前に空気と燃料を予め混合させて燃焼させ、火炎の局所的な高温部発生を低減する
 低エミッション燃焼システム（EGR）：酸素濃度が低下した燃焼後のガスを圧縮機に還流して新たな空気と混合し、燃焼器に送る空気に含まれる酸素の割合を減少させ、窒素との反応を抑制する
- ・耐高温・耐遠心力タービン翼の開発・設計
 超耐熱材料の開発：原子レベルの素材設計計算プログラム、合金開発データベース活用シミュレータなど
 遮熱コーティング技術：セラミックコーティング技術など
 タービン翼の設計技術向上：設計時誤差低減追求のための緻密なデータ収集・分析技術（数値流体力学（CFD）技術、大規模回転試験装置など）
- ・冷却技術*の革新
 既存の冷却技術の高性能化：インピンジメント冷却・フィルム冷却・ピンフィン冷却・タービュレーター冷却など様々な方式がある
 冷却構造の微細化：一枚のタービン翼内部を既存の様々な冷却方式の組み合わせで細かく制御して冷却することが可能になる

*タービン翼の冷却は、主にタービン翼を内部から冷やす「内部冷却」と、冷たい空気をタービン翼表面から吹き出させて薄い空気層を形成し、高温の燃焼ガスが直接翼表面に触れないようにする「フィルム冷却」の二通りに大別される。どちらの方式も、圧縮機が取り入れた空気のうち燃焼器をバイパスさせた空気の一部（圧縮機吐出空気）を利用している。冷却空気を大量に使うことができればタービン翼の冷却は難しいことではないが、あまりたくさん冷却空気を用いるとガスタービンの熱効率低下につながるため、タービン翼の冷却空気量は必要最小限にする必要がある。

② 火力発電への CCS 併設の推進

また、発電効率の向上には限界があるため、やはり一定の割合で CO₂ の排出を避けることはできない。そこで火力発電に CCS 設備を併設することにより、火力発電からの CO₂ 排出量を実質ゼロに近づけることが可能となる。

③ CCS 技術開発・安全性評価

CCS を導入すれば、火力発電プラントからの CO₂ 排出量を大幅に低下させることが可能ではあるが、CCS 実施可能エリアの特定や環境影響評価、安全性評価、コスト低減技術、各種インフラ整備など、実際に導入する以前に超えるべきハードルがいくつも残されている。実際に CCS が火力発電に併設されるまでには少なくとも 10 年程度はかかると想定されるため、2020 年ごろまでにこれらの諸問題をクリアしておくことが重要となろう。

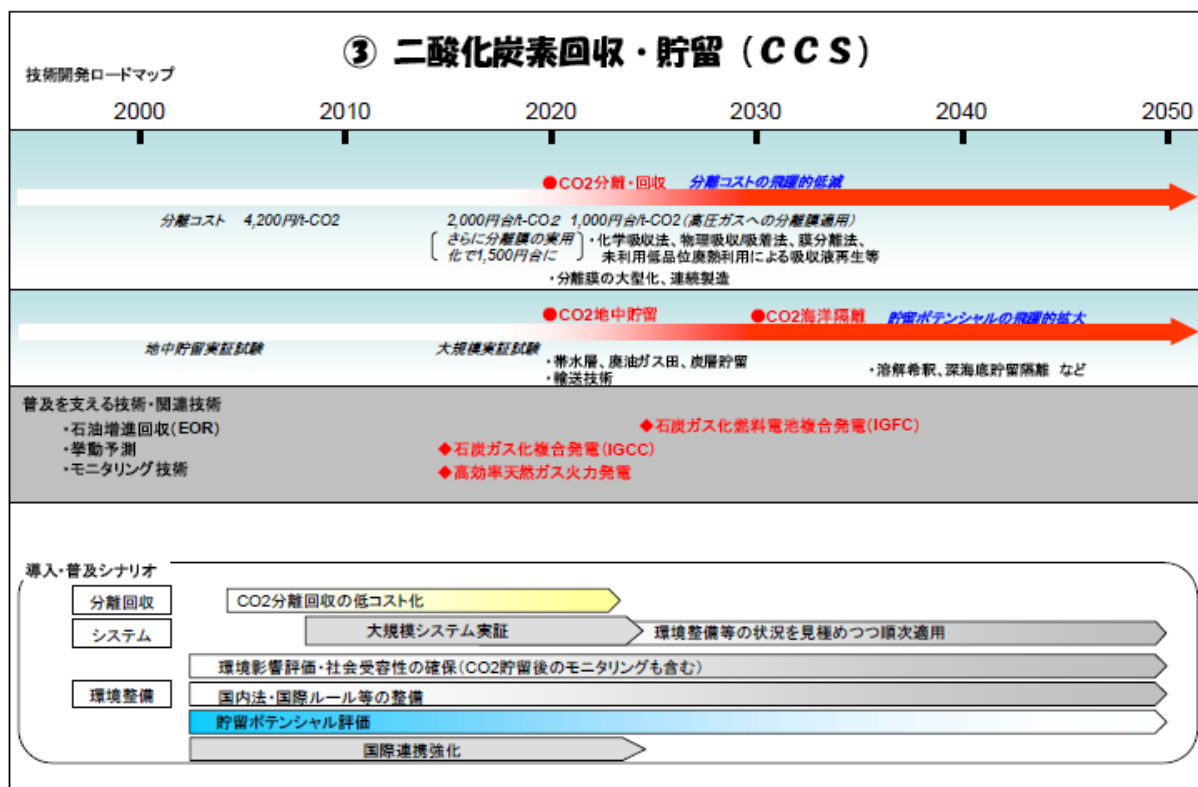


Fig 6-43 CCS 技術のロードマップ⁶⁰

④ 送電網の段階的高圧化

⑤ 超超高压送電技術の開発

発電技術の高効率化に加え、発電した電力をロスなく効率的に需要家まで運ぶことも重要である。一般に、送電においては高圧であればあるほど効率が高くなることが知られている。そこで、既存のインフラ（鉄塔）などを可能な限り活用できるように配慮しつつ、系統の事故発生時など

のリスク評価、電磁波の影響などにも配慮した送電技術について継続的な開発が必要となろう。ただし、インフラの再敷設にあたっては、多大なコストがかかるため、設備の更新に応じて段階的に高圧化を進めることが重要である。

⑥ 配電線容量の増大、出力平準化設備の導入

再生可能エネルギーは系統電力の低炭素化のカギとなる技術であるが、出力変動に伴う系統電力品質の低下が課題のひとつとなっている。特に分散型電源からの逆流が発生する場合の電圧上昇などが、短期的には主たる課題となる可能性がある。そこで、送電網と同様に配電網についても設備更新のタイミングで配電容量の拡大、出力平準化設備などの導入を計画的に行っていく必要がある。

⑦ 高性能技術開発・導入費用の価格転嫁メカニズムの欠如

⑧ 個人が発電事業者を選択できる制度の導入

これまでに述べてきたような送配電インフラの増強や出力平準化設備などの導入には、相応のコストが発生する。一方で国内の電力会社は民間企業であるため、これらの分野への投資額には限りがあり、2050年までに十分なインフラ整備や技術開発が進まない可能性がある。そこで電力品質維持費用の分担については、需要家への価格転嫁も含めて制度の再検討が必要となる。Box 47にも示されるとおり、ドイツでは再生可能エネルギーの導入促進策としてフィードインタリフ制度（電力固定価格買取制度）を導入しているが、これによる電力会社の負担は需要家へと転嫁されている。

一方で、電力などの生活に必要なものの費用の増大は、特に低所得者層への影響が大きくなるため、柔軟な電力価格の設定を含めた電力料金制度の抜本的見直しが必要となる。

Box 47 : ドイツのフィードインタリフ制度^{143, 144, 145}

ドイツで採用されている「フィードインタリフ制度（固定価格買取制度）」は、再生可能エネルギーによる発電電力を、発電手段別に一定価格で長期間（20年間）全量買い取ることを送電事業者に義務づける制度である。この制度で特に重要なのは、再生可能エネルギー発電電力の買取価格設定を市場に委ねず、発電手段、発電規模ごとに発電コストを上回る価格での購入を義務づけている点である。

再生可能エネルギー発電普及にあたっての障壁は、現状で設備投資に係るコストが高く、既存の化石燃料を用いた発電方式に比べて価格競争力が低いことである。また、普及が進まない故に高コストなままという膠着状態に陥っているともいえる。

しかしフィードインタリフ制度では、発電コストを上回る価格での買い取りが保証されるために、発電事業者は利益を確保しつつ高コストの再生可能エネルギー発電設備を導入できることになる。またこの制度は、再生可能エネルギー発電設備の普及拡大や生産コストの変化に伴い、定期的に見直し計画的に逡減していくが、既に導入された分についてはこの見直しは影響しない。そのため、早期に導入すればするほど大きな利益を確保できることになり、導入規模拡大や新規参入を促すことになる。また、技術進歩によるコストの低下を買取価格に反映させることで、設備導入主はより低コストで高効率の設備を求めるようになる。それは結果的に設備製造企業の一層の技術革新を促すことにもなり、さらにコスト削減と普及が促進されることになる。

また、もうひとつの重要な点は、送電事業者が再生可能エネルギー電力を購入することで発生するコスト

増分は、その事業者の売電価格に上乗せされて販売されるという仕組みである。これにより、送電事業者も経営を圧迫されることなく再生可能性エネルギー電力の買取と販売を行うことが可能となる。その上、コスト増分が広く分散されるために、消費者も大きな負担なく電力を使用することができるのである。この制度を英語でfeed-in tariff（負担金による投入）というのは、消費者全体が広く薄く負担することを表している。

実際、2007年時点では家庭の電力料金における負担額は0.01€（ユーロ）（約1.6円）/kWh程度であり、これは電力料金の5%程度で徴収額は標準的な家一軒当たり3€（約480円）/月であるとされる。この負担額は、2016年に約0.015€/kWhでピークとなりそれ以降は減少する見込みとなっているという。

Box 48：日本の電力自由化と低炭素電力取引への準備

日本では、1951年に地域ごとに9社の電力会社が発足し、1972年に設立された沖縄電力も加えて地域への電力供給事業を担うようになった。当時の戦後復興期の中では、電力供給事業は公益性の高い基幹事業として位置づけられていたため、電気事業法によって保護育成・管理的な措置が取られた。その主な措置として、すべての費用をまかないつつ一定の利益を確実に保証する「総括原価方式」での料金設定義務付けや、新規参入の規制などが定められている。この体制の下で、電力会社は計画的に設備投資を進め、停電が少なく電圧の乱れもほとんどない高品質の電力を供給する体制が整備されるに至った。しかし、このようなほとんど競争相手がいない寡占状態や、電力供給に要する費用をすべて回収可能な料金設定方式を適用している状態は、コスト削減努力を促すインセンティブが働きにくい構造をつくっていた。その結果、日本の電力料金は世界各国と比較してかなり高い水準に留まり、国際競争力の点で問題があると指摘されるようになった。経済界からは、電力料金の内外格差による製造拠点の海外流出や国内産業の空洞化への危機感から、是正を求める声も出るようになった。

このような日本の電力の高コスト構造や内外価格差の問題は、1990年代の世界的な流れとなった規制緩和の進展とも相まって、自由化により競争原理を取り入れることで是正が検討されることになる。1993年には、総務庁（当時）がエネルギーに関する規制緩和への提言を行い、それを契機として電気事業審議会での電力自由化に関する審議が始まった。そして1995年4月には31年ぶりの電気事業法改正が施行され、以後3回の法改正がなされている。

改正に際しては、既存の電力会社（一般電気事業者）に電力を供給する事業者（独立系発電事業者（IPP：Independent Power Producer））の参入要件緩和がなされたり、既存の電力会社以外の特定規模電気事業者（PPS：Power Producer & Supplier）の電力小売が認められたりと、電力の取引に関して大幅な規制緩和が実施された。特にPPSは、自社で発電設備を確保して自由に設定した価格での電力販売を行うことが可能で、電力会社のように担当地域での供給義務はなく、電力供給にあたっては自社の発電所のみならず他社の余剰電力の買い取りも許されている。PPSとしては、商社系、鉄鋼メーカー系、ガス会社系など、さまざまな企業が参入して実績を残しつつあるが、既存の電力会社の市場優位性を大きく左右するまでには至っていない。

また、自由化範囲は2000年3月に使用規模2,000kW以上（大規模工場や百貨店など大規模ビル）が対象となって以降、2004年4月からは500kW以上（中規模工場やスーパーなど中小ビル）、2005年4月からは50kW以上へと段階的に拡大された。その結果、一般家庭や個人商店などを除くほとんどの消費者が自由化対象となり、全国に10ある電力会社の総販売電力量の6割が自由化対象となった。

しかし、家庭など小口の低圧需要家への自由化はまだ適用されておらず、電力小売の完全自由化はなされていない。2007年4月には総合資源エネルギー調査会・電気事業分科会において、家庭部門も含めた全面自由化の是非についても検討されたが、現時点での自由化範囲の更なる拡大は家庭部門の需要家にメリットがもたらされない可能性が高いとして、一定期間において改めて検討されることとなっている^{146, 147, 148}。

さらに、電力自由化のハード面の運用を調整する中立期間として、有限責任中間法人「電力系統利用協議会（ESCJ）」が2004年2月に設立され、2005年4月より運用を開始している。ここでは、系統運用に関する基本的なルール策定や監視、紛争処理などを管掌している¹⁴⁹。

加えて、電力小売自由化の拡大に伴い電源調達が多様化を図るため、有限責任中間法人「日本卸電力取引所（JEPX）」が創設され、2005年4月より電力の卸取引をスタートさせている。この電力取引所では「スポット取引」と「先渡し取引」が行なわれる。スポット取引は、1回ごとの契約で翌日に販売される電気を1日前に取引し、先渡し取引は、1ヶ月ごとの電力供給契約の取引が行われる。ここでは、PPSにとって補完的な電力調達方法となりうる自家発電所などの余剰電力も取引が可能のため、競争力アップにつながる事が期待されている。同時に、取引所の相場形成機能も重視されており、取引所での取引量が少なければ相場の妥当性が得られないことからここでの取扱量の行方が注目されている¹⁵⁰。

このJEPXでは、2008年11月よりグリーン電力や京都メカニズムクレジットの試行取引も開始しており、今後市場拡大が予想される低炭素電力の本格的な取引に向けてノウハウの蓄積がなされている。現状ではまだ活発な取引がなされていないが、今後は国内排出量取引制度の試行などとの関連で利用の増加が期待されている¹⁵¹。

このほか、電力の自由化に関しては、適正な制度設計や信頼性の確保、過当競争の防止など、日本より先行して自由化が導入された欧米の失敗事例や成功事例などをもとに、様々な課題が指摘され議論が重ねられている。

失敗事例としては、1998年に電力小売自由化を実施した米国・カリフォルニア州の電力危機が有名である。当時カリフォルニアはIT化の進展により電力需要が大幅に増加していたが、それを賄うだけの発電所を自州内に確保できていない状態にもかかわらず自由化を導入した。その状況が投機的な動きを助長したり、電力料金の高騰を忌避する他州からの電力融通を受けにくい状況を招いたりしたとの指摘がある。2000年から2001年にかけては電力価格の高騰が主因とされる大規模な停電が発生しているが、これには、発電事業者による不適正な価格操作の可能性も指摘されている。2003年に起きた大規模な停電は、多数の電力会社が網目状につながった複雑な供給体制のため、事態の把握や事業者間の連絡が不十分だったことが原因の背景にあるとも指摘されている。

また、競争原理の導入により逆に競争力の弱体化が起こった事例もある。1998年に家庭用も含めて全面的な電力自由化を行ったドイツでは、導入当時電力会社間の競争が激化して一旦電気料金は安くなった。しかし、その後電力会社の合併が進んで寡占化し、過当な競争によって疲弊したため値上げを行う電力会社も出てきたという。

成功例としては、米国東部の独立送電運用機関・PJMが取り上げられることが多い。PJMは、ペンシルバニア州、ニュージャージー州、メリーランド州などの5州1地域の送電線運用と卸電力取引を管轄している。送電の信頼性保証のために、送電事業者としての参入にかなり厳しい規制が敷かれていることなどが課題として指摘されることもあるが、本来公益的な性格が強い電力供給を、自由競争を維持しつつも安定的に運用している実績には定評がある。

また北欧を中心とする国際電力市場であるNord Poolは、自由競争のもとで効果的に国境を越えた電力融通を行い、古くから安定した電力需給体制を維持してきた例として名高い。Nord Poolの主構成国はノルウェー・スウェーデン・フィンランド・デンマークであるが、水力・原子力・火力など、それぞれの国で電源構成やその比率は異なる。Nord Poolの電力市場では、それらの国の間で電力を融通しあうことで、その電源構成の違いを活かしつつデメリットも相殺している。特に、この地域全体で見ればシェアの高い水力発電の季節変動性を、国際電力融通により補完し電力需給を安定させている実績は高く評価されている。

またNord Poolの取引システムは、前述のカリフォルニア電力取引市場の制度設計の際に参考とされたが、両者でその信頼性が大きく異なってしまったという点でも注目されている。具体的には、制度の運用方法や連系インフラに関する以下のような点が、両者の明暗を分けた要素として指摘されている。

- ・Nord Pool：相対取引を主流としているため、スポット市場の価格変動の影響が限定的で適度な価格抑制機能が発揮されている。また、歴史的に国際連系線設備が充実している。
- ・カリフォルニア：市場取引を主流としているためスポット市場の価格変動の影響が大きく、投機的な動きによる価格高騰を制御しにくかった。その上、連系線設備が必要に対して脆弱気味であった。

これらの事例を概観すると、自由化による効率化や低コスト化を図りながらも、安定的かつ信頼性の高い電力供給体制を日本で確立するには、まだ多くの課題が残されていることがわかる。その調整・対応には多くの時間が要されると思われるが、関係諸機関の連携のもとにできるだけスムーズな移行がなされることが望まれる^{152, 153, 154}。

⑨ 低炭素電力供給の必要性合意

まず、既存電力会社以外のアクターに対して参入・協調インセンティブを与えることが重要である。また、電力価格の改定や原子力発電、CCSといった設備の導入には様々なステークホルダーの合意が重要となる。そこで、本方策では政府、電気事業者、需要家を巻き込み、中長期的な電力供給のあり方を議論し、認識を共有化するためのシステムを構築することを提案している。ここでの議論をもとに産・学・官・民が協同して目指す将来像の実現に不可欠な各種技術（再生可能エネルギー技術、超超臨界タービン、超超高压送電技術、低損失CCS、電力品質管理・制御技術など）の開発を強化していくことで、産官学協調のもとでの低炭素社会づくりの礎とする。

6.9. 太陽と風の地産地消

(1) 目指す将来像

【太陽が支える暮らし】

低コストの太陽電池が、全ての住宅やビルに設置されている。また住宅・建築物の美観を損なわないようにデザインも工夫されているため、屋根や壁面、窓など多様な設置形態が可能となっている。さらに、住宅や建築物のみならず、遊休地などを利用して売電目的で設備を設置するケースも多く見られるようになっている。

【地域のシンボル風力発電】

陸上では海岸沿い、高原、農牧地などを中心に、風況のよいところでは大型風車の設置が当たり前になっている。生態系などへの影響にも十分配慮した上で導入されているため、地域のシンボルとしての役割を果たしている地域もある。洋上では比較的大型のMW級風車で構成される大規模な洋上ウィンドファームが設置され、水素などの蓄積・運搬可能なエネルギーに変換されて定期回収が行われている。

【再生可能エネルギーの地産地消】

太陽光発電や風力発電などにはエネルギー貯蔵設備が併設されており、安定的な電力供給が可能となっている。発電電力の一部は水素製造に利用され、家庭やオフィスの燃料電池に供給されるほか燃料電池自動車に供給されるケースも見られる。また個別のエネルギー貯蔵システムにとどまらず、太陽光、風力、バイオマス、水素、地熱、中小水力などを組み合わせつつ、域内で電力需給調整を行う電力供給システムを形成している地域もある。

この結果、再生可能エネルギーによる発電量は総電力需要量の15~20%程度を占めるようになっている。

《解説》

① 方策の枠組み

本方策では太陽光発電や風力発電などを中心に分散型電源の導入普及を検討している。2050年においては分散型電源やマイクログリッドなどの地域系統が電力供給に一定の役割を果たすことが想定される。

② イノベーションに求められる技術

○再生可能エネルギー発電技術（太陽光発電・風力発電）

本方策には低コストで入手できる再生可能エネルギーによる発電技術（太陽光発電、風力発電）の大量普及が求められる。本シナリオでは、総合資源エネルギー調査会のデータをもとに、シナ

リオ A では 42GW、比較的戸建住宅比率の高いシナリオ B では 86GW の導入量を想定しているが、2004 年に公表された NEDO の「2030 年に向けた太陽光発電ロードマップ (PV2030)」¹⁵⁵ の試算によると、技術開発がロードマップに従って行われた場合の設備容量を 101.9GW と見積もっている。これは、4kW の太陽光発電システムがあらゆる戸建住宅世帯 (およそ 2500 万世帯) に設置されている状態に匹敵する量である。実際には日射量が不十分な住宅もあるため、住宅の屋根に設置されている従来型の太陽光発電システムに加え、様々な形態の太陽光発電システムが普及していることが求められるであろう。ヨーロッパでは、遊休地を利用した数十 MW クラスの太陽光発電所が広く普及してきており、日本でも電気事業連合会が 2020 年までに電力 10 社合計で 30 地点 14 万 kW (140MW) のメガソーラー発電の建設導入計画を発表している。

これらに加え、環境省の低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及方策検討会では、国内で太陽光発電の導入を拡大し、その量産効果によりコストの大幅な低減を達成するためには、国内累積導入量として 2020 年に約 3,700 万 kW (現状の約 25 倍)、2030 年に約 7,900 万 kW (現状の約 55 倍) を導入ターゲットとする必要があるとしている²⁶⁵。

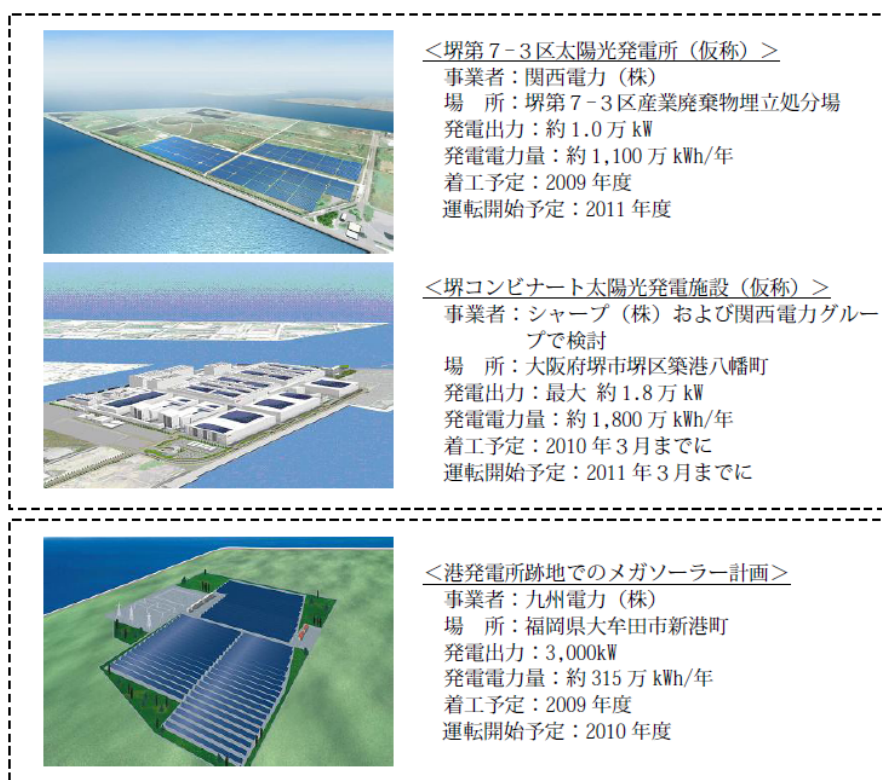


Fig 6-44 電力会社によるメガソーラー発電事業¹⁵⁷

以下に既存文献における導入形態別の太陽光発電の導入ポテンシャル試算を示す。なお、各文献のポテンシャル推計値の差は、計算の前提条件の差に起因する。

Table 6-3 既存文献における太陽光発電導入ポテンシャルの推計

文献名	ケース名	導入ポテンシャル推計値(GW)			
		戸建住宅	集合住宅	その他建築物	非建築物 (未利用地など)
電力中央研究所 1995 ¹⁵⁸	A			1.2	37.3
	B			0.6	18.3
	C			0.3	7.9
総合資源エネルギー 調査会新エネルギー 部会 2001 ¹⁵⁹	物理的限界潜在量	72.7		62.7	37.5
	実際の潜在量 A	36.4		49.7	
	実際の潜在量 B	18.2		23.8	
太陽光発電技術組合 2001 ¹⁶⁰	A ランク	48.8	6.5	19.1	53.6
	B ランク	24.4	3.3	9.5	24.5
	C ランク	12.2	1.6	4.7	11.0
NEDO 2004 ¹⁵⁵	ケース 1	37.1	8.2	8.9	0.0
	ケース 2	45.4	16.5	25.2	14.8
	ケース 3	53.1	22.1	75.2	51.4
みずほ情報総研 2005 ¹⁶¹	総合評価 A				62
	総合評価 A+B				126
	総合評価 A+B+C				128
環境省 2009	2030年導入目標				79

○再生可能エネルギー（風力発電）

風力発電においてもさらなる技術開発が必要となる。特に日本固有の気象や地形に適した日本型風車の開発や、洋上風車・超大型風車などの開発の必要性が強く指摘されている。以下に NEDO のロードマップに示される風力発電の技術的課題と課題解決に向けた推進方策を示す。

Table 6-4 風力発電の技術的課題と推進方策¹⁸⁴

技術的課題	課題解決のための推進方策
コスト	低コスト技術：翼の複合材料と制御システムの技術開発による低コスト化
	高耐久性（長寿命化）：材料開発、寿命予測手法／評価手法などの開発
	量産化システム：機器/施行方法の標準化・規格化のためのシステムづくり
	リサイクル/リユース：FRP、スチールなどの有効利用
信頼性の欠如	日本型風車：日本の気象に適合した風車の設計指針の策定とその周辺機器などの開発
	電力安定化：電力安定化に係る諸方策の検討／開発
	環境配慮型風車：環境にやさしい風車の開発
次世代技術の 必要性	風況：LAWEPS(局所的風況予測モデル)と同一の非線形風況シミュレーションモデルの計算時間の短縮のための開発
	洋上風力発電：超大型風車／洋上風車ガイドライン策定などに係る開発
	風車の設計技術：風車の設計技術の開発
	エネルギー変換/貯蔵技術：水素、メタノールなどの風力エネルギー転換技術、蓄電技術などに係る開発

Box 49：米国の風力発電増強シナリオ^{162, 163, 164}

米国エネルギー省（U.S. Department of Energy: DOE）は2008年5月に、2030年までに国内電力需要の20%を風力発電で供給するための技術的可能性を検討する報告書を公表した。

報告書では、2030年までに風力発電の発電量を現在の16.8GWから304GWまで引き上げるシナリオとして、送電用インフラの整備、立地・許認可制度の合理化や国内での風力関連設備の生産能力強化が必要

としている。また、目標達成のためには以下の点が重要としている。

- (1) 年間の風力発電タービン設置数を2017年までに現在の3倍以上とする
- (2) 風力発電のグリッド接続コストを1kWh当たり0.5セント未満とする
- (3) 銅・グラスファイバーなどの原料が風力発電設備の需要増加による制約を受けない
- (4) 送電線の配置及びコスト配分の見直しを図る

この目標の達成により、CO₂排出量を2030年までに累積で76億t、それ以降は毎年8億2,500万t削減できる見通しとしている。なお、米国内では2007年に風力発電に対して90億ドルの投資がなされて5,000MWを上回る容量の風力発電施設が設置され、新設の電力源としては天然ガス発電に次ぎ第2位となった。米国におけるここ5年間の風力発電産業の成長率は目覚しく、将来的にも発展が見込まれているため、雇用創出についても大きな貢献が期待されている。

Box 50 : デンマークの風力発電国外売電戦略

デンマークでは1980年代より風力発電分野の成長が始まり、最近の10~15年間に特に急拡大を遂げ、現在では国内の電力供給において大きな割合を占めるようになってきている。その割合は現在も上昇しており、2006~2007年には16.8%から19.7%となるなど、今後も増加が見込まれている。

デンマークが風力などの再生可能エネルギー拡大に注力するようになったきっかけは、1970年代の石油ショックにさかのぼることができる。当時、デンマークではエネルギーのほとんどを輸入原油に頼っていたが、石油ショック後の度重なる原油価格高騰からエネルギー源分散化と自給率向上を図るようになり、特に風力発電施設の設置に重点を置いた。当初は風力発電建設に補助金制度を設けるなどの施策が実施され、ある程度普及が促進されたが、これは段階的に補助率が引き下げられ1989年には廃止されている。

ただし、これで風力発電拡大政策が終息したわけではなく、今度はCO₂排出量削減と風力発電拡大の強力な政策目標（エネルギー計画2000）が掲げられ、様々な取り組みが推進されるようになった。この計画では、まず地球温暖化の原因となるCO₂排出量を2000年までに1988年の水準から20%削減することが明示された。そして、その達成のために火力発電削減と再生可能エネルギー活用拡大を図るとし、なかでも採算性の高い風力発電を増設して、2005年まで国内電力消費量の10%を賄うことなども明記されている。さらに、この目標を実現するために1995年には炭素税が導入された。炭素税は1kWhあたりの電力消費量に対し、0.1クローネ（約2円）の割合で徴収される目的税で、風力発電、バイオガス発電などCO₂を排出しない発電への売電価格の補助に当てられる仕組みとしている。この他にも、電気税の一部を売電補助金に当てると常に風力発電が儲かる仕組みがつけられた。この間、風力発電施設に関する技術的な進歩もあり、一基あたりの発電容量の大型化や洋上風力発電施設建設技術の確立など、風力発電に関する産業は目覚ましい発展を遂げた。現在では国際競争力を持った産業として輸出を行うようにもなっている。

また、デンマークにおいて風力発電が大規模に普及した背景には、個人や協同組合が風力発電施設を所有し、売電収入が地域住民の収入増につながる仕組みを構築したことにあるといわれている。デンマークでは、風力発電施設を所有するのは85%が個人や協同組合で、電力会社が保有するのは残りの15%に過ぎない。例えばユトランド半島北西部のVestervigという町では、人口1万2,000人に対して150基もの風力発電施設が設置され、稼動している。その結果、この地域では発電量が地域の消費電力を上回り、売電収入によって地域が豊かになったとされている^{165, 166}。

近年では、政府が特に大規模洋上風力発電施設の設置拡大に力を入れており、詳細な調査に基づいて発電可能量や経済性評価を行い、系統連系や自然環境影響評価なども含めたパイロットプロジェクトなども実施され、そのノウハウを蓄積している。

2007年4月には、2025年までの海上風力発電立地計画についての調査報告が発表されており、最大で約4,600MWのポテンシャルがあると試算されている。これはおおよそ18TWh（テラワット時：10¹²Wh）の電力量に相当し、デンマークの全エネルギー消費量の8%超を占めるほか、全電力消費量の50%に相当する量とされる。

報告書では、1,012km²にわたる7つの海域について詳細な調査結果が記されており、送電経路や風況の安定性、景観や自然環境への影響、資源量制約などの面から評価がなされている。また、技術的・経済的な面も含めた国内電力網との連系に関する評価、水深の深い海域への風力発電施設建設技術やそのコストに関する評価なども行われており、経済的可能性を最大に引き出すための送電ネットワーク構築や設備建設の計画・調整の重要性について示唆している¹⁶⁷。

ちなみに、「エネルギー供給における再生可能エネルギーシェア100%達成」を掲げて様々な取り組みが実施されているサムソ島は、デンマーク有数の大規模洋上風力発電実験地である。ここでは洋上風力発電の設置により、電力供給については再生可能エネルギー100%を達成するとともに、本土への売電も行われるまでになっている¹⁶⁸。

○エネルギー貯蔵設備

一般にわれわれが利用する電力は、周波数や電圧などが一定の範囲内に収まるように制御されて供給されている。しかし、低炭素社会づくりの担い手として大きな期待がかかる大規模太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーは、天候などの条件に左右されるため出力の変動が大きい。このため、導入量増加とともに、周波数や電圧など系統電力の品質に悪影響を及ぼすことが懸念されている。

これらの出力変動の対応策として期待される技術のひとつが、二次電池や水素製造設備などのエネルギー貯蔵技術である。発電量が電力消費量を上回るときには、余剰電力を電力あるいは水素のかたちで蓄え、逆に発電量が電力需要を下回るときには、発電することによって再生可能エネルギー発電設備からの出力を制御することができ、系統連系可能容量を拡大させることが可能となる。

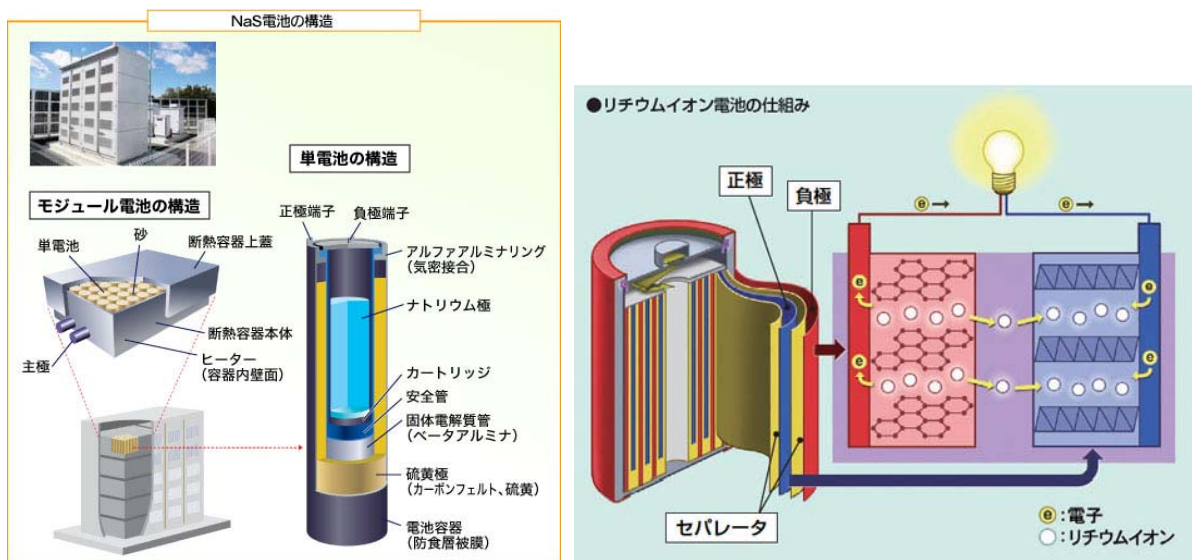


Fig 6-45 NaS 電池¹⁶⁹ とリチウム電池²⁶⁶

Box 51 : V2G (Vehicle to Gridpower) (米国)¹⁷⁰

V2Gとは、ハイブリッド車や電気自動車、燃料電池自動車などに搭載されている高容量蓄電池（バッテリー）を電力系統に接続し、電力融通を行う設備として利用して電力需給の平滑化を図り、系統電力の安定性を維持するシステムである。

一般に、天候などによる出力変動が大きい太陽光発電や風力発電が大量に電力系統に接続された場合、周波数変動のリスクが増大して安定的な系統運用に支障を来す可能性が高まる。しかし V2G の電力系統システムでは、発電出力変動を調整するバッファとして車両バッテリーを利用できるため、上記のような再生可能エネルギー発電の導入量が増大しても系統不安定化のリスクを低く抑えることができる。具体的には、駐車車両のバッテリーを系統に接続し、発電出力低下時には車両バッテリーから系統へ給電し、逆の出力上昇時には系統から車両バッテリーへ充電することで、変動調整を行うことになる。

V2Gに必要な要素は、電力系統への接続インフラ、電力の制御機構、車両バッテリーの充電電状態を示す計測器と電力会社との通信システム（テレマティクス）とされ、これらを適切に運用することにより、集中型発電の容量をかなり削減することができる。

これは、米国・デラウェア大学のカーボンフリー・パワー・インテグレーションセンターの研究者を中心に研究や実証・評価などが行われており、日本の研究者との共同研究も行われている。

③ イノベーションに求められる制度・インフラ

○域内エネルギー調整

再生可能エネルギーを含む分散型電源が広く普及するためには、システムシステムの増強や出力平準化設備の併設などが求められるが、複数の分散型電源および負荷を統合的に管理・制御することで、システムシステムに与える影響を可能な限り緩和する考え方も広く普及しつつある。NEDOでは、群馬県太田市における太陽光発電集中連系実証試験や、青森県八戸市、愛知県豊田市、京都府京丹後市でのマイクログリッドの実証試験などを通して、その課題や実現可能性を検討している。また電力中央研究所では「需要地システム」というコンセプトのもと実証研究を進めており、さらに北海道大学なども FRIENDS「高柔軟・高信頼電気エネルギー流通システム」と呼ばれる高度情報通信技術を用いた制御手法を提案している。

このような研究は欧米でも非常に盛んであり、CERTS と呼ばれるマイクログリッドの実証事業（米国）や DISPOWER プロジェクトと呼ばれる分散型電源の系統連系に関する研究（欧州）など、活発な研究開発・実証事業が進められている。

Box 52 : マイクログリッド

マイクログリッドとは、需要地内で複数の分散型電源や電力・熱貯蔵システムを組み合わせ、分散型電源の発電量を需要状況に合わせてIT技術などで制御し、電力の地域自給が可能な小規模電力供給網を構築する電力需給システムである。基本的には、需要家と分散型電源との間は既存の電力システムとは独立した自営線で結ばれる。

元々は米国で考案された概念であり、現在では電力システムとの接続により電力の安定供給を図っている（系統連系型・系統連系方式）例が多いが、究極的には電力システムから独立した運転や、他のマイクログリッドと連携した運転（自律運転型・系統分離方式）を目指すものとされている。

このような分散型エネルギーシステム導入のメリットとしては、送電設備投資などの設備投資コスト抑制、廃熱損失の低減などによるエネルギー効率向上、廃熱やCO₂排出量削減といった環境負荷の低減、災害時停電のリスク低減、特定電源への依存解消による発電方法多様化とエネルギーセキュリティの向上などが挙げられている。

マイクログリッドでは、風力や太陽光といった自然エネルギー発電設備の導入も進められているが、これらの発電量は、自然環境や季節間、昼夜間などの条件の影響を受け出力変動が生じやすい。そこで、変動電源である自然エネルギーと、その他の新エネルギー（燃料電池・バイオマス発電など）や電力・熱貯蔵装置などを適切に組み合わせ、これらを制御するシステムを開発することにより、特定地域内で安定した電力・熱供給を行うことを目標としている。

現状では、電力需給のバランスや電力品質の維持を電力システムに依存する系統連系方式が多い。この方式では、その地域の電力需要が分散型電源では賅い切れない場合に電力システムが補完し、電力が余剰の場合は電力システム側に電力を供給する運用がなされている。マイクログリッド内で電力変動を極力平準化して電力品質を制御できれば、システム側の負担を軽減することも可能である。また、電力システムとの連系により、分散型電源の故障やメンテナンス時には電力システムをバックアップとして利用でき、また電力システムの停電時には分散型電源を非常用として利用するなど、信頼性も向上する。

2005年に愛知県で開催された愛・地球博では、商用電力システムとも接続しながら、太陽光発電、生ごみのメタン発酵・廃木材や廃プラスチックの高温ガス化による水素製造システムと燃料電池、高性能蓄電池のNaS電池による電力貯蔵システムなどが組み合わせられ、会場内の施設に電気や空調用のエネルギーを供給した。

また京都府では、風力や太陽光発電に加えて、食品廃棄物由来のバイオガスを活用するガスエンジンや燃料電池による発電なども組み合わせつつ、一般の電力網や公衆の通信回線を活用した、中・大規模で汎用性の高い電力需給システムの構築を目指す「京都エコエネルギープロジェクト」という実証研究が実施された。

一方、電力システムに接続しない系統分離方式も、限られた用途で利用されている。この場合、電力システムとの連携に必要な設備投資や電力会社との契約などが不要となり、まさに地産地消や自給自足型の小規模な電力需給システムを構築することになる。また例は少ないものの、日本でも青森県八戸地域にて、系統分離方式で小型分散電源から安定した品質の電力供給を行う制御システムの開発・実証実験が行われた。ここでは、東

北電力との系統連系線は維持しつつも、半独立的な電力需給網を構築し、太陽光・バイオマス・風力などの自然エネルギー発電と、下水処理場から発生するバイオガス発電などを組み合わせてネットワーク化し制御する実験が行われた。これらの電力は、自営線を通じて市庁舎や小中学校などに供給された^{171, 172}。

また、マイクログリッドに関する実験プロジェクトはアジア地域にも広がりを見せている。一例として、四国電力(株)はタイ王国ピサヌーク県・ナレスアン大学の再生可能エネルギー技術研究所と共同で、NEDOからの受託事業として「マイクログリッドの安定化に係る実証研究」(2006～2008年度)を実施している。

このプロジェクトでは、大学構内に設置した太陽光発電とディーゼル発電を電源として、太陽光発電の比率を全電源容量の50%以上に高めたマイクログリッドを構築し、系統連系のための安定的な運転・制御技術の開発(電圧・電力潮流変動抑制)や、電力系統事故時などに系統から分離した場合の電力安定供給・制御技術の開発などを行っている¹⁷³。

Box 53 : スマートグリッド^{174, 175, 176}

スマートグリッドとは、デジタル情報通信技術を活用して様々な集中型・分散型電力供給源や送電インフラ、需要先などを効率的に管理し、運用の最適化を図るシステムのことである。具体的には、以下のような管理・運用システムが検討・試行されている。まず電力消費の詳細やリアルタイムの電気料金を示す「スマートメータ」という装置が各需要先に設置され、電力供給元が電力消費情報を正確に把握・管理するシステムが整備されている。電力供給元は、この情報に基づいて需要量を予測し、電力余剰地域から不足地域へ送電するなどの制御を行うことができる。また、真夏日などの電力消費ピーク時には、自動的にシステムもしくは電化製品がオン/オフ制御をして電力需要を自律的に抑制するなどの運用も可能である。

米国では、ITやエレクトロニクスの最先端技術を活用して発電所～送配電線～家電・ワイヤレス機器など、電力系統全体を管理すると同時に、需要予測に基づいて電力需給の平準化を図る機能も組み込み、系統全体の効率化と安定化を達成するという構想の下、活発な研究開発が行われている。

例えば、テキサス州のエネルギー供給会社 Center Point Energy は、IBM との提携のもとに1万件程度の顧客に対してスマートメータを導入し、系統全体の電力需給管理や付随サービス提供を行うパイロット実験を実施した。この実験で同社は、顧客への情報提供やサービス提供のカスタマーポータルサイトを導入・運用し、遠隔検針や機器のコントロール、利用電力量の確認や価格比較、コスト評価ができるサービスの提供などを行っている。

また、同州の電力供給会社 TXU Electric Delivery は、CURRENT Communications Group との提携のもと、2005年12月に同州ダラス/フォートワース都市圏の電力供給網に電力線ブロードバンド(Broadband over Power Lines: BPL)の配備を開始している。BPLシステムの構築により、TXUは電力供給網をリアルタイムで監視し、セキュリティを強化することが可能となった。また、BPLネットワークで結ばれた電力コンセントを通じて、音声/動画/データ通信サービスの提供も検討されているという。

スマートグリッドはEUでも開発に力が入れている。現在では「従来型の大容量集中発電と、低CO₂排出で効率的な需要反応が可能な分散型電源との共存」や、「時間帯・負荷状態に応じた料金メニュー・課金設定による負荷平準化・コスト最適化」、「双方向コミュニケーション促進と情報制御による事業者と顧客の統合」などをコンセプトとしたスマートグリッドの推進が検討されており、その研究開発プロジェクトへの投資額は約1億€(ユーロ)(約160億円 1€=160円で計算)以上に達しているとされる。

EUのスマートグリッド推進例となるProject DISPOWERでは、欧州の地域間を結ぶ相互連結グリッドや隔離されたグリッドにおいて、多極・分散型電源を取り込むための枠組み準備を進め、グリッドコントロール、電力安定供給手法、電力品質維持と安全性両立などについて机上検証と実証実験を積み重ねている。

Box 54 : 需要地系統 ((財) 電力中央研究所)^{177, 178, 179}

需要地系統とは、分散型電源の一定規模以上の導入により従来の電力系統配電系に大幅な逆流が生じる可能性を考慮し、配電線をループ状にネットワーク化して自立的に分散制御を行い、電力潮流変動や電圧変動などを平準化しようとするシステムである。

このシステムは電力中央研究所を中心に研究や技術開発・実証実験が行われており、都市部を中心とした電力需要の増加や多数の分散型電源による潮流変化に対して、複雑な制御を要することなく柔軟に対応できるシステムの構築を目標としている。

系統の形状は、電圧変動抑制や潮流均化などを図るためにループ系統を基本構成としている。各ループ点には潮流や電圧を制御するループコントローラが設置される。また供給側と需要家側それぞれの情報に基づき、経済性などに配慮しながら分散型電源を制御する需給インターフェースを需要家ごとに設置することとしている。配電系をループ状にして制御する場合、このネットワークを活用した顧客への情報提供サービスの実施も可能であり、電力会社や通信会社、ケーブルテレビ、自治体などの情報提供基盤としての活用にも期待が掛かっている。

需要地システムの構造はマイクログリッドの構造によく似ているが、需要地システムは制御を中央コントロールセンターで行うのではなく各地に置かれたループコントローラで行うため、その小型化などの技術開発が課題となっているという。

Box 55 : FRIENDS (高柔軟・高信頼電氣流通システム) ^{178, 179, 180}

FRIENDS (Flexible, Reliable and Intelligent Electric eNergy Delivery System : 高柔軟・高信頼電氣需給システム)とは、配電用変電所と需要家との間に電氣改質センター (Quality Control Center : QCC) を設け、電氣品質維持や負荷平準化、効率化、静止型開閉器 (電氣回路の入・切を操作する装置 : いわゆるスイッチ) を活用した柔軟な電氣需給ネットワーク制御、多品質電氣供給、需要家情報サービスシステムなどの実現を図るシステムである。

QCCは需要家近くに設置され、これらを高圧配電線で結ぶことにより全体の電氣エネルギー流通ネットワークが構成されている。電氣システム側から見ればQCCが1個の電氣需要先として機能するが、QCCの先のネットワークでは、需要家の目的に応じその時々で柔軟に様々な品質の電氣供給を行うサービスの提供が可能である。現行の電氣システムからの配電システムは、一般的に放射状の配電線に沿って柱上変圧器から単一品質の電氣が送られている状態なので、このような柔軟な変更はできない。QCCには、静止型開閉器や分散型電氣源、トランス、電氣貯蔵装置、制御・通信用設備などが設置されており、電氣システムや分散型電氣源などからの電氣供給を受けながら、その品質を柔軟に調整して需要家に供給することができる。電氣システムの事故発生時などには、QCC内の蓄電設備や分散型電氣源より給電を持続することもできるし、分散型電氣源の出力変動が起きた場合でもそれを調整することが可能である。また、QCCは情報伝達センターとしても機能し、電氣制御のほか顧客への情報提供サービスなども行われる。

このシステムは、北海道大学をはじめとした研究グループによって提案され、実証実験などが行われている。研究グループでは、将来の分散型電氣源大量導入や多品質の電氣需要に対応でき、柔軟性と安定性に優れた効率的なマネジメントが可能な電氣供給システム構築を目指すとしている。

Box 56 : ホロニックエネルギーシステム ¹⁸¹

ホロニックの語源である「ホロン (HOLON)」は、ギリシャ語の「ホロス (HOLOS)」(全体)と「オン (ON)」(個や部分)との合成語で、「個と全体の有機的調和」を意味するという。この概念をエネルギーシステムに適用したものがホロニックエネルギーシステムで、面的な拡がりをもった地域単位でのエネルギー需給に関して、電氣、ガス、熱、水素、再生可能エネルギーなどの多様なエネルギーを組み合わせるネットワークを構築し、全体最適化を図るものとしている。

東京ガス(株)では、「集中と分散」、「大規模と小規模」、「エネルギー転換と利用」などの幅広い視点でエネルギーシステム全体を俯瞰しながら、コージェネレーション(熱電併給)など分散型エネルギーシステムの最適な導入規模・形態・運用についての設計技術や、風力・太陽光・バイオマスなどの再生可能エネルギー利用や貯蔵・熱利用などの要素技術、それらの最適な組み合わせについて、同社横浜研究所にて2006年10月から研究を行っているとのことである。このホロニックエネルギーシステムの技術が確立・普及すれば、エネルギーの安定供給・環境保全・経済活性化の同時実現を図り、新しいエネルギービジネスの創出・環境共生型ライフスタイルの定着・地域経済活動の活性化も期待できるとしている。

(2) 実現への障壁と段階的戦略

【コスト対策期】

太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギー普及にあたって、当面の最大の課題であるコスト低減に向けて、各種技術開発プログラムを強化する。また、これらのコスト低減のためには、大量生産によるスケールメリットも有効であるため、電力会社による再生可能エネルギー発電電力あるいは余剰電力の買取価格の引き上げを行い、導入年における電力買取価格を一定期間（10～25年間など）保証して導入を後押しする。電力買取価格は各種システムコストの低減の見込みにあわせて年々低下させるが、再生可能エネルギーの発電事業者が設備投資をしやすいように長期的な買取価格変化を明示した上で実施する。一方で、再生可能エネルギー大量導入に伴って系統電力の電圧や周波数などに影響が出る可能性があるため、エネルギー貯蔵装置の技術開発を促進し、安価かつ小型・高性能の電力貯蔵技術・水素製造技術の確立を後押しする。さらに、電力会社に対しても、送配電線の増強や各種系統電力品質維持のための設備投資を行うことに対して一定の補助金を導入すると共に、電力品質を維持するための追加費用を電気料金などを介して消費者に転嫁することに対して、国民に理解が得られるよう広報活動を行っていく。

【自律システム普及期】

太陽光発電や風力発電などの新規導入にあたっては、エネルギー貯蔵システムと併せて導入することを義務づける一方で、エネルギー貯蔵システムの導入に対して補助金を導入することで、系統電力への影響を最小限にとどめた自律型の再生可能エネルギー発電システムの普及を後押ししていく。

【システム統合期】

太陽光発電や風力発電に併設された個々のエネルギー貯蔵システムでの対応に加え、地域のエネルギー需要や気象条件を踏まえて、他の分散型電源や水素エネルギーシステムとの最適な組み合わせを検討し、地域内での電力融通が実施できるように適宜電力供給ネットワークの構築を支援することで、全体としてのシステムコスト低減に貢献する。

＜解説＞

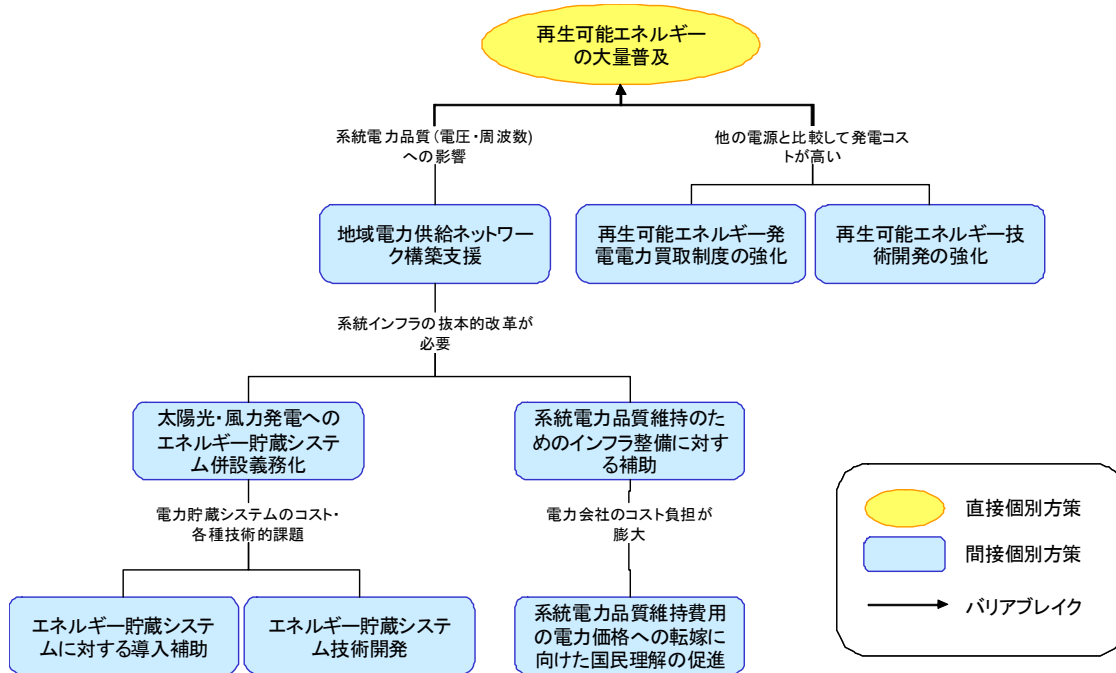
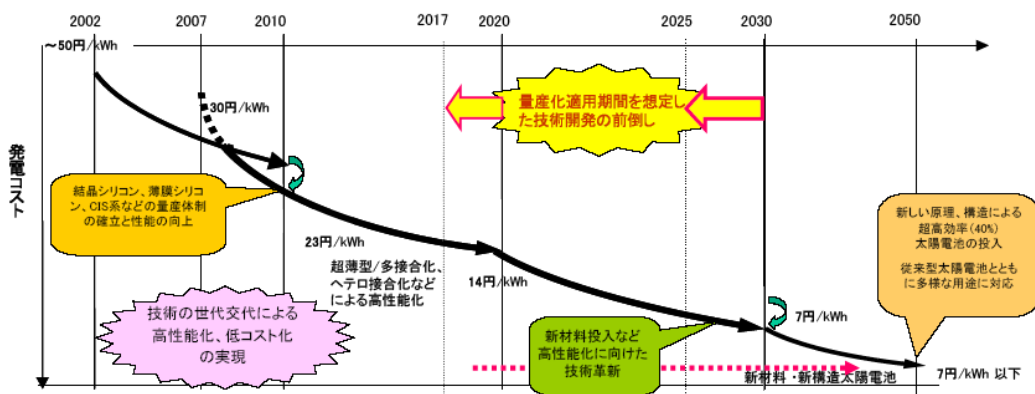


Fig 6-46 施策相関図（方策9）

① 再生可能エネルギー技術開発の強化

再生可能エネルギーの大量普及に向けては、コストの大幅削減が必須条件となる。一般に太陽光発電・風力発電などは他の電源と比較して発電コストが高額であり、この差を縮めない限り大量普及は望めない。太陽光発電、風力発電の技術ロードマップにおいても、コスト低減に向けた技術開発の必要性が言及されている。

● 低コスト化シナリオと太陽光発電の展開



実現時期(開発完了)	2010年以降	2020年(2017年)	2030年(2025年)	2050年
発電コスト	家庭用電力並 (23円/kWh)	業務用電力並 (14円/kWh)	事業用電力並み (7円/kWh)	汎用電源として利用 (7円/kWh以下)
モジュール変換効率 (研究レベル)	実用モジュール16% (研究セル20%)	実用モジュール20% (研究セル25%)	実用モジュール25% (研究セル30%)	超高効率モジュール40%
国内向け生産量(GW/年) (海外市場向け(GW/年))	0.5~1 ~1	2~3 ~3	6~12 30~35	25~35 ~300
主な用途	戸建住宅、公共施設	住宅(戸建、集合) 公共施設、事務所など	住宅(戸建、集合)公共施設、 民生業務用、電気自動車など 充電	民生用途全般 産業用、運輸用、 農業他、独立電源

Fig 6-47 太陽光発電技術ロードマップ¹⁵⁶

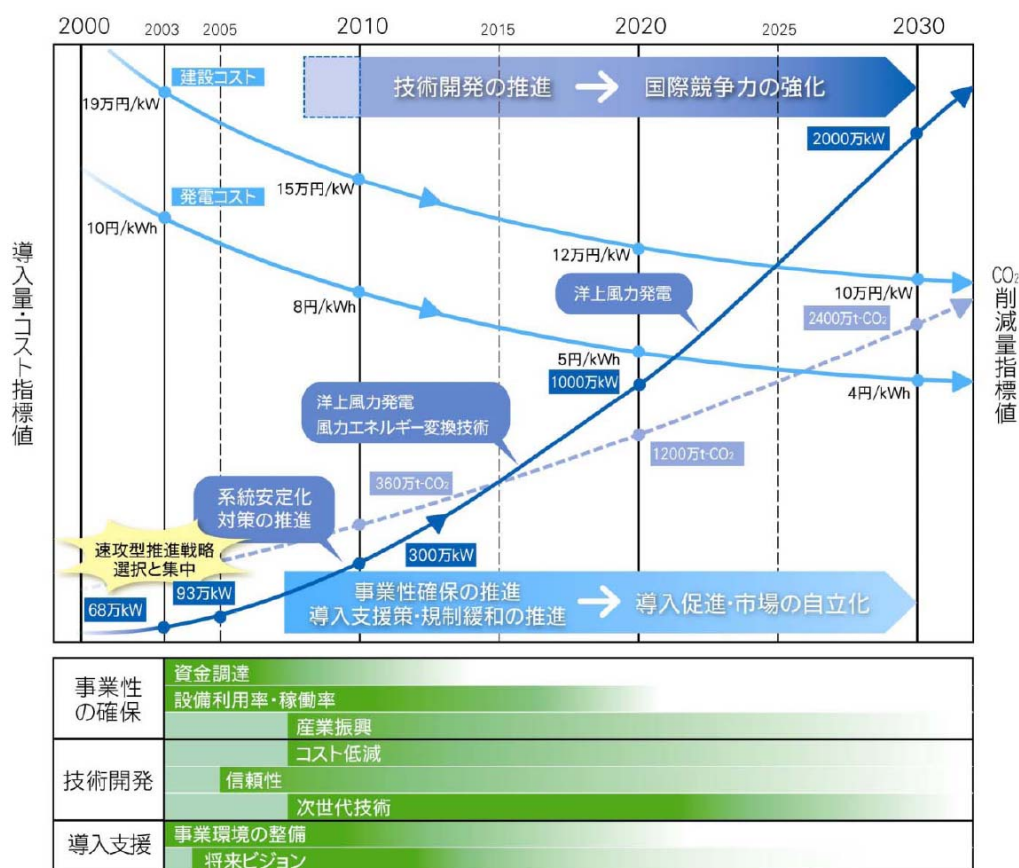


Fig 6-48 風力発電技術ロードマップ¹⁸⁴

② 再生可能エネルギー発電電力買取制度の強化

太陽光発電や風力発電が既存電源と競合できるレベルにまでコスト削減を進めるためには、技術開発とともに継続的な導入支援制度が必要となる。導入支援制度としては、一般に導入時にかかる初期費用に対して導入支援を行う手法（補助金など）と再生可能エネルギーによる発電電力を優先的に高く買い取るなど発電電力に対して支援を行う手法（固定価格買取制度、余剰電力買取制度など）、さらには電力会社などに対して一定の導入を義務付ける手法（RPS 制度など）に大別される。

初期費用に対する導入支援制度としては、わが国では太陽光発電に関して 1994 年度から導入補助金が導入され、日本の太陽光発電産業の発展に大きく貢献したものの、2005 年度に打ち切られ、その後導入速度が停滞しているのが現状である。なお、2009 年 1 月より 7 万円/kW の導入補助金制度が再導入されたが、その影響は未だ明らかではない。また風力発電においても一定の条件を満たした風力発電システムに対する導入補助金制度が導入されている。

発電電力に対する支援としては、日本では電力会社が自主的に余剰電力を購入しているが、法的拘束力を有する固定価格買取制度を導入し非常に高い買取価格を設定した一部の国に、近年導入量で大きく水をあけられる結果となっている。

このようなことから、2009年2月には環境省に設置された「低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及方策検討会」が、普及政策として固定価格買取制度の採用を提案している。また経済産業省でも、家庭などで太陽光発電によって発電された電気を電力会社が買い取ることを義務付ける制度の導入を発表した。買取金額は従来の自主的な制度のおよそ2倍程度にあたる金額が想定されており、10年程度の買取を義務付ける方針が示されている。

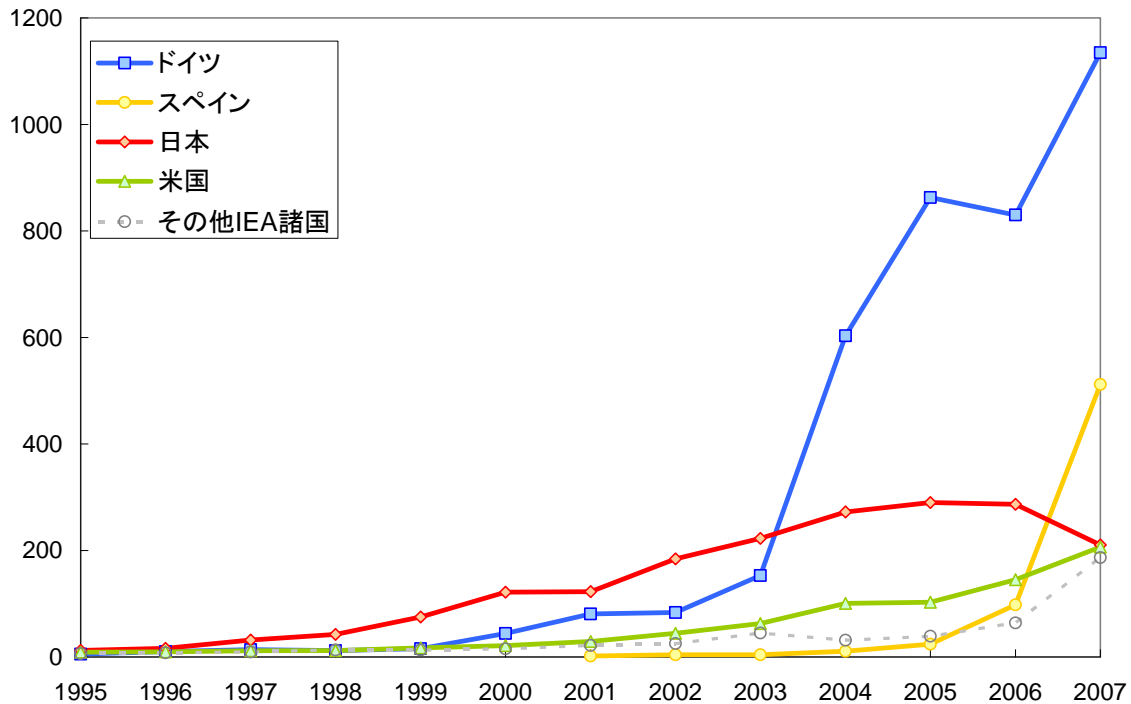


Fig 6-49 太陽光発電年間導入量の国別推移 (単位: MW) ¹⁸²

Table 6-5 風力発電国別導入量 ¹⁸³

導入量順位 (2007年)	国	導入量合計 (MW)	年間導入量 (MW)	成長率 (%)
1	ドイツ	22.247,4	1.625,4	7,9
2	米国	16.818,8	5.215,8	45,0
3	スペイン	15.145,1	3.515,1	30,2
4	インド	7.850,0	1.580,0	25,2
5	中国	5.912,0	3.313,0	127,5
6	デンマーク	3.125,0	-11,0	-0,4
7	イタリア	2.726,1	602,7	28,4
8	フランス	2.455,0	888,0	56,7
9	英国	2.389,0	426,2	21,7
10	ポルトガル	2.130,0	414,0	24,1
11	カナダ	1.846,0	386,0	26,4
12	オランダ	1.747,0	188,0	12,1
13	日本	1.538,0	229,0	17,5
14	オーストリア	981,5	17,0	1,8
15	ギリシャ	873,3	115,7	15,3

ただし、固定価格買取制度と余剰電力購入制度のどちらが優れているかを結論づけるのは早計である。ドイツ・スペインにおける急激な再生可能エネルギー発電導入量の増加は、固定価格買取制度と余剰電力購入制度の違いによる影響というよりも、電力の買取価格の差による影響が極めて大きいと考えられる。他方、ドイツをはじめとする EU の諸制度が 15 年、20 年といった長期的な買取価格を明示的に示し、導入者が投資しやすいように配慮している点などについては、日本の政策デザインとしても十分に考慮すべき点といえる。

	日本	ドイツ
買取価格 (太陽光)	23円/kWh (余剰電力中心)	75円/kWh (売電目的中心)
設置目的別 導入割合	<ul style="list-style-type: none"> ■ 住宅用が6割。住宅での自家消費が主。 ➢ 総発電量：17.1億kWh ➢ うち、RPS買取分：5.4億kWh (13.6%) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 非住宅用が6割。売電目的が主。 ➢ 公共施設・商業施設等：50% (設備容量に占める割合 2005年) ➢ 地上設置型：10% (設備容量に占める割合 2005年)

Fig 6-50 日本とドイツの買取価格の違い¹⁸⁵

余剰電力購入制度では、施設内で省エネをすればするほど販売できる電力量が増えるため、需要家に対して省エネのインセンティブを与えることができる上に、逆潮流として系統に流れ込む電力量を減らすことができるため、配電系統への負担を減らすことができるなどのメリットもある。東京都が独自に実施している環境価値の買取制度なども参考にしつつ、より詳細な政策分析を実施し、日本の社会に適した制度設計を実施していく必要があるだろう。

Box 57 : ドイツ・フィードインタリフ制度の買取価格設定 143, 144, 145, 186

前述の通り、ドイツのフィードインタリフ制度では、再生可能エネルギー発電設備導入時より 20 年という長期に渡って買取価格を固定することになっている。また、再生可能エネルギー発電設備の普及拡大や生産コスト低減の推移に従って定期的に固定買取価格設定を逡減していき、導入開始が遅くなるほど固定買取価格が低くなる仕組みとしている。よって、早期に導入すればするほど大きな利益を確保できることになり、導入規模拡大や新規参入を促進しつつ、制度実施期間全体を見通した時の消費者に係る負担金の総額は過大にならないように調整がされていることになる。

また再生可能エネルギー設備の導入が進まない初期には、多少高額ともいえる買取価格設定をすることで導入を促進し、普及が進んできたら固定買取価格を逡減していき、企業の利益（消費者の負担金）が過大にならないように調節していくのがこの制度の肝要な点ともいえる。また、制度開始当初に買取価格設定の逡減を予告することも重要であり、国によっては逡減速度まで決定・公表しているところもある。この買取価格設定逡減により、企業などはその後の競争力維持のためにコスト削減や技術革新を進め、より低コストな再生可能エネルギー発電設備の普及を促進することになるという。

Box 58 : 東京都の環境価値買取制度

東京都は、2016 年までに 100 万 kW 相当の太陽エネルギー活用機器を都内に導入することを目標に掲げている。そしてこの実現に向け（財）東京都環境整備公社と連携し、2009 年 4 月から 2 カ年にわたり、4 万世帯への太陽エネルギー利用機器導入を目指した補助事業を実施することとしている。

具体的には、太陽光発電で発電した電力に環境価値をつけて買い取る「グリーン電力証書制度」を活用すると共に、暖房や給湯器で太陽熱を活用する家庭が使用した熱量に環境価値をつけて買い取る「グリーン熱

証書制度」を全国で初めて導入するとしている。また、都内の住宅に新規に設置される太陽光発電機器や太陽熱機器に対して補助金支給（太陽光発電：10万円/kW、太陽熱機器：9千～3万3千円/m²）を行う方針も固め、家庭からの温室効果ガス排出削減の促進を図っている。

事業の流れとしては、まず都が出捐金（しゅつえんきん）を準備して公社が基金を造成し、それを原資として補助金を支給することとなっている。補助金の交付条件として、機器の設置者は10年分の環境価値を公社に譲渡することが定められており、公社は譲渡された環境価値を証書化して企業などへ販売することで、今後の更なる支援に向けた資金を確保することとしている。これは、都の条例でCO₂の排出量削減を義務づけられた大規模事業所が、都の買い取った環境価値を購入してCO₂排出削減目標を達成できる仕組みも備えている。また、対象となるシステムの設置後申請や販売店などによる代理申請を認めて、申請者の手続きの負担軽減を図ったり、標準的な場合は国や区・市などの補助金との併用を可能にしたりするなど、制度利用促進への配慮もなされている。

上記「グリーン熱証書制度」は、CO₂を排出する化石燃料や電力などのエネルギーに代わり、太陽熱の利用で節約できたエネルギー量に「環境価値」をつけ、都が金額に換算して家庭から買い取る制度である。その環境価値の算定については、（財）日本エネルギー経済研究所・グリーンエネルギー認証センターにおいて検討が進められている¹⁸⁷。

対象となるのは太陽熱温水器・ソーラーシステムなどだが、現状でこれらの機器は設置費用を含めると約30万～100万円と高価で、都内で太陽熱を利用する機器の設置住宅は全体の1%程度に留まるとされている。都内のCO₂排出量のうち家庭からの排出は全体の約1/4で、エネルギー需要の半分は暖房と給湯であり、いずれも数十℃程度の低温熱需要であるとされる。夏場では60～70℃、冬場も30～40℃の熱供給を期待できる太陽熱はこうした低温熱需要に合致するため、太陽熱活用機器の普及は都のCO₂排出削減促進に弾みをつけるものとして期待されている¹⁸⁸。

③ 地域電力供給ネットワーク構築支援

既出の通り、風力発電や太陽光発電などのように出力が不安定な電源が多く系統に連系されると、周波数変動や電圧変動が生じて電力品質に影響を与えることが懸念されている。そこで高度な情報通信技術を駆使しつつ、分散型電源および電力需要（電力負荷）を統合的に制御する電力供給ネットワークを構築していることが望ましい。ただし、このような電力供給ネットワークが実現するためには、電力貯蔵設備や電圧制御機器の整備、送配電容量の拡大といった送配電インフラの整備と共に、情報通信インフラの整備も必要となる。

④ 系統電力品質維持のためのインフラ整備に対する補助

⑤ 系統電力品質維持費用の電力価格への転嫁に向けた国民理解の促進

このような系統電力品質維持のためのインフラ整備を進めるためには大幅な投資が必要であり、現行の社会システムのもとでは電力会社の負担は大きくなってしまふ。そこで、再生可能エネルギーの大量普及に伴って増加する系統電力品質維持のためのインフラ整備に対して一定の補助金を導入すると共に、電力品質を維持するために追加的に発生した費用を需要家全員で負担するような仕組みが必要である。

⑥ 太陽光・風力発電へのエネルギー貯蔵システム併設義務化

⑦ エネルギー貯蔵システムに対する導入補助

太陽光発電・風力発電による発電量が全発電量の一定割合を占めるようになると、系統のみによる電圧変動や周波数変動の吸収が困難となってくると想定される。そこで、再生可能エネルギー

ーシステムにエネルギー貯蔵システムを併設し、出力変動への対応機能を再生可能エネルギー自身に持たせ、系統と協調させることができれば、大幅な変動抑制が可能になると推察される。さらに、このようなシステムを普遍化させれば系統への影響を低減できることから、再生可能エネルギー発電の系統連系量も拡大できるものと期待される。しかし、エネルギー貯蔵システムを併設することによって発電単価は高くなることが想定されるため、一定期間はエネルギー貯蔵システムに対する支援策を併せて導入することが必要となる。

⑧ エネルギー貯蔵システム技術開発

エネルギー貯蔵システムの併設義務といった施策を実施するためには、それ以前に十分に技術開発を行っておく必要がある。近年のエネルギー貯蔵技術の進展は目覚しいが、大規模普及のためにはまだまだ乗り越えるべき障壁が多く残されている。

Box 59 : 中国で普及が進む太陽熱温水器

中国では、近年急速に太陽光などの再生可能エネルギー利用機器導入が進んでおり、特に太陽熱温水器の普及は世界トップクラスである。

中国太陽光エネルギー協会の2008年4月の報告によると、2007年の中国の太陽熱温水器生産量は2,300万 m^2 、保有量は1億800万 m^2 に達し、世界の76%を占めるに至ったとのことである¹⁸⁹。

2006年4月時点での「中国環境報」では、2005年末に公布された「科学技術発展中長期国家計画要綱」や、2006年に中国政府建設部が公布した「建築物省エネ第10次5ヵ年計画及び2010年計画」に係る、太陽エネルギー利用機器普及促進の動きについて報告しており、実際の普及・設置に係る問題点や対策の考え方などが紹介されている。以下はその要約である。

2005年末に公布された「科学技術発展中長期国家計画要綱」では、再生可能エネルギーの低コスト化と大規模化による開発利用推進を目的とする重点研究対象として、太陽エネルギー利用設備と建築物の一体化技術の推進を優先課題として掲げている。

太陽エネルギー利用設備を建築物に導入すると、現状で建設コストは1 m^2 当たり230元増加するが、暖房用エネルギーを70%近く節約することが可能で、熱循環システムや床暖房などの省エネ技術を同時に採用すれば、80%以上ものエネルギー節約が可能になるとされている。

北京市の清上園住宅小区的の整備にあたっては、計画段階から太陽エネルギー利用のコンセプトが取り入れられており、同市で初めて太陽熱温水器を全面的に採用した都市が建設された。ここでは、これまで温水器の使用が困難であった高層建築にも、ベランダの手すりに埋め込む形でソーラーパネルを設置するなどの工夫が施されているという。ただし、不動産開発業者側はこのビジネスへの出資に消極的とのことであった。

これに関して専門家は、太陽エネルギーを採用する不動産開発業者に対し、政府が財政支援や税収上の優遇制度など奨励措置を講じ、経済的な利益にもついた太陽エネルギー利用建築開発を促進する必要性があると指摘している。また太陽エネルギー利用建築について、系統的な国家基準や業界基準が制定されていないことも問題点として指摘している。今後はそれらの基準の整備を含め、太陽エネルギー利用建築に対する定量化指標・評価システムを構築できるよう、早期に研究を進める必要があるとしている。

さらに、現状で中国の都市部では、高層建築や準高層建築と共にスロープ型屋根構造も増加中で、物理的に太陽エネルギー利用機器の設置が困難な状況も存在するほか、各建築物がそれぞれ独自に屋上に設置した機器が景観上の問題ともなっているという。この状況に関して専門家は、設計の当初から太陽エネルギー利用を考慮すべきと主張しており、そのほうが竣工後に設備を設置する場合に比べ建設コストを低減できるほか、建築物との調和も確保でき、周囲の景観に影響を及ぼすこともなくなると言及している。

2006年に中国政府建設部が公布した「建築物省エネ第10次5ヵ年計画及び2010年計画」では、全国の実用太陽熱温水器普及率を2015年に20%~30%に引き上げることを目指すとしている。これに対し、各省や都市でも関連の規定制定が進んでいるとのことである。

例えば、深圳（しんせん）市建設局は「深圳市太陽エネルギー利用建築発展計画」の制定を進め、「深圳経済特区建築省エネ条例」にも太陽熱温水器に関する強制条項を設けた。この強制条項は、多層式民間用建築を新築する場合、太陽熱温水システムを導入しない建設計画に対し、建設主管部門は施工許可証を交付せず検収も行わないとするものである。

また、江蘇省建設工事基準ステーションも、同省初の太陽熱温水器据付推薦基準となる「住宅用太陽熱温水システムの一体化設計と据付、検収規定」を制定、施行した。この基準では、各規定に従い据付の全体計画を行うほか、太陽熱温水システムの設計時には建築物に対する据付方向や建築物間の距離を考慮し、機器配置に必要とされる適度な空間を確保し合理的な計画を行うよう規定している。また同基準は、温水器の配置について、周囲の環境との調和を保ち外観も統一するよう規定しており、集熱器の反射光が付近の建築物に光汚染をもたらさないよう最大限に配慮する必要があるとしている¹⁹⁰。

6.10. 次世代エネルギー供給

① 方策の枠組み

本方策においては、次世代エネルギーとして期待される「水素燃料」および「バイオ燃料」について記述している。特に貨物自動車や長距離移動に利用される旅客自動車には、これらの次世代燃料の果たすべき役割は大きい。2050年における交通用のエネルギーとしては電気自動車の可能性が指摘されているところではあるが、貨物自動車や比較的長距離の移動用には適用しにくいことが指摘されているためである。ただし、これらの次世代燃料に関する技術に関しては、将来に対する不確実性も大きいため、継続的に技術開発を進めながら、その技術開発の進捗に応じて方策を選択していく必要があると考えられたため、ここでは2つの異なる方策を並列して記述している。

(1) 目指す将来像①

【低炭素型水素が主流化】

水素は工業プロセスなどから生成される副生水素に加え、CCS付きの改質プラントや洋上風力発電電力による電気分解などから製造されており、製造時において温室効果ガスを排出しない製造方法が主流となっている。また製造された水素は主にパイプラインなどを通じて輸送され、輸送用、電力需給調整用、あるいは燃料電池の燃料として利用されている。

＜解説＞

① イノベーションに求められる技術

水素製造においては、短期的には副生水素の有効利用や天然ガスなどの改質による水素製造技術などが実用化に近いといえるが、低炭素社会実現のためには、水素製造時にCO₂を排出しない製造法を開発する必要があり、究極的には再生可能エネルギーからの水素製造が期待される場所である。

② イノベーションに求められる制度・インフラ

水素燃料が自動車用燃料として供給されているためには、全国に水素ステーションが配置されている必要がある。また水素輸送技術としてはパイプラインのほか、圧縮水素・液体水素のタンクローリー輸送や水素貯蔵材料を用いた輸送・貯蔵などの手法があるが、大規模普及のためにはそのかなりの部分を水素パイプラインに依存する社会が現実的であると考えられる。

一方で、水素パイプラインによる大規模水素供給インフラが整備されている場合、水素製造プラントやパイプライン周辺においては、有効に水素が利用されている状態を想定した方が自然であり、合理的である。そこで電力調整用や民生用としても水素が活用されている社会を目指す将来像とした。

Box 60 : アイスランドの水素社会^{191, 192}

アイスランド政府は、1998年に「2050年までに全ての化石燃料を、水の電気分解で得る水素に切り替え、国内で発生する温室効果ガスをゼロにし、世界規模での気候変動対策に貢献する」旨を宣言しており、それにもとづいて国内では様々な研究・技術開発と実証プロジェクトなどが実施されている。アイスランドは、水力・地熱などの再生可能エネルギーに恵まれており、これを背景として、輸送用のエネルギーとして再生可能エネルギー起源の水素を用いることにより、エネルギーの純国産化とCO₂の排出抑制を目指している。

2006年のデータでは、一次エネルギー総供給量の77.4%を地熱と水力を主体とする再生可能エネルギーで賄い、残りを輸入石油に頼っているが、陸上交通車両用燃料と漁船用燃料は全面的に輸入石油に依存している。この輸入石油は貿易赤字の大きな要因のひとつであり、輸入額の8.4%を占める石油製品がなければ赤字幅は20%以上改善するとの試算もある。また、85%の世帯には地熱起源の熱供給が普及しているとされ、全発電電力量の82%が水力発電、残り18%が地熱発電であり、電気料金も安価である。経済性を考慮した地熱発電潜在可能量は200億kWh/年、水力発電潜在可能量は300億kWh/年と見積もられているが、2006年の電力生産ベースでは地熱が潜在可能量の13.1%、水力が24.5%しか利用されておらず、未利用の再生可能エネルギーは膨大である。

水素製造方法に関しては、水力・地熱起源電力による水の電気分解が検討されており、この場合の水素価格は同じエネルギー量のガソリンに比べ2倍以上となるが、燃料電池の効率がガソリンエンジンより高いことから価格競争力はあると考えられている。また、火山国アイスランドには多くの噴気井があり、噴気ガスの体積の40%近くが水素であるとされ、この水素を分離・精製する方法も有効と考えられている。さらには、噴気ガス中に20~30%含まれる硫化水素を電気分解して水よりも効率よく水素を回収したり、地熱による高温を利用して水の電気分解効率を高めたりすることも検討されているようである。

研究・技術開発の中核拠点としては、1999年にアイスランド大学の研究部門が独立し、アイスランド新エネルギー（INE: Icelandic New Energy）社が設立されている。国内の民・官・学の共同出資体VistOrkaが51%を出資し、残り49%をDaimlerChrysler社（水素自動車の製造を担当）、Shell Hydrogen 社（エネルギー流通面を担当）、Norsk Hydro Electrolysers 社（電気分解による水素製造を担当）の外資系3社が均など出資している。INE 社は、現在は主に化石燃料からの転換を図る陸上輸送・船舶を含むトータルエネルギーシステムの開発に注力しており、水素エンジン（水素あるいは混合ガス使用の内燃機関）の開発も視野に入れているという。

アイスランドの水素エネルギー社会への移行は、以下の段階を踏んで推進され、2040年までの移行完了を目指しているという。

- 第1段階：燃料電池バスのデモンストレーション
- 第2段階：レイキャピク市及び他のバスフリートの順次燃料電池化
- 第3段階：燃料電池自家用車の導入
- 第4段階：燃料電池船のデモンストレーション（試験船1隻）
- 第5段階：漁船フリートの順次燃料電池化

第1段階の取り組みは、ECTOS（Ecological Clean Transport System）プロジェクトとして実施された。これは、首都レイキャピク市内で水素燃料電池バス3台を公共輸送手段として試験運行し、社会・経済および環境面から評価を行うというものであった。期間は2001年から4年間で、2003年4月にShell Hydrogen社の水素製造・供給ステーションが稼動を開始し、10月にDaimlerChrysler社製の3台の水素燃料電池バス（250kW固体高分子形燃料電池（PEFC）搭載、最高時速80km、10分間・30kgの水素充填で市内を200km走行可能、乗客定員70名）が導入された。2005年8月までの間、バス燃料としての水素の信頼性・有効性の確認、コスト効率と水素導入プロセスの研究、水素ステーションと水素製造サイトの選択と安全対策の確認などが行われた。実運用の結果、稼働率は90%程度と高く、配管やバスでのモニタリングなどの面で若干の技術的問題が生じたものの、全て解決したと報告されている。また、住民の受容性も高く、93%の人々が燃料の水素化に賛成しており、40%の人々は、導入期にはガソリンより高コストであることも前向きであると回答したそうである。また、水素と聞いて爆発を連想する人は3%に留まり、危険であるとのイメージは少ないとのことであった。

第2段階以降の取り組みとしては、国外との同時実施も含め、以下のようなプロジェクトが実施されている。

- ・HyFLEET: CUTE プロジェクト（2006年～）
欧州6・中国1・オーストラリア1の8都市とレイキャピクの9都市で、燃料電池バス33台を運行すると共に、ドイツのベルリンで（液体）水素内燃機関バス14台を運行して、燃料効率・燃料電池耐久性などを検証するプロジェクトである。2008年からは、改良バス模型試作や水素充填インフラの改良を目指した取り組みを行う予定としている。
- ・SMART-H2（Sustainable Marine and Transport, Hydrogen in Iceland）プロジェクト

(2007年～)

①ECTOS より規模を拡大した陸上車両の実験（乗用車の参入・水素ステーションの増設）

実験乗用車の一部として、燃料電池車に改造されたメルセデスベンツ1台とトヨタ・プリウス10台が納入された。プリウスは2007年11月末にユーザ3社による走行を開始しており、3台はレンタカー会社のHertz スルーで一般ユーザ向けとしても利用されているという。

②船舶へ搭載する予備動力（Auxiliary Power Unit：APU）としての燃料電池の設計・研究

（Smart-H2 Boat プロジェクト）

レイキャビクを母港とする鯨観察船（125t, 150人乗）に、デンマークのH2logic 社開発の燃料電池規格をベースとする、バラード社の10～15kW燃料電池スタックを補助エンジンとして搭載した、APUハイブリッドシステムのデモンストレーションとして実施

北大西洋を舞台に2008年5月から18ヵ月間の運行テストを予定

③陸上車両プロジェクト・船舶プロジェクトのデモンストレーションデータにもとづく社会経済および環境に及ぼす影響の調査・研究（上記①・②の検証など）

・EURO-HYPORT プロジェクト

このプロジェクトでは、アイスランド産の水素を欧州大陸へ輸出する場合のインフラ建造コストおよび市場と需要の可能性調査が行われた。輸出方法としては、海底パイプライン（気体水素）または船舶（液体水素）によるガス輸送と、大陸側で電気分解により水素を生産するための電力を供給する海底ケーブル送電などが検討された。

この成果は、2004年2月から15ヵ月間実施された欧州委員会のNEW-H-SHIPプロジェクトに組み込まれている。これは、燃料電池や水素を航海に利用する場合の船舶・地上インフラに関して、技術面・運行面での問題点確認を目的とする机上検証プロジェクトである。

アイスランドの水素社会への移行構想は、将来にわたり豊富な国内水力・地熱を活用して一次エネルギー供給を賄うことが可能という、アイスランド特有の状況に立脚したものである。これをそのまま日本に当てはめることは出来ないが、日本においては、電力との役割分担、交通・運輸用エネルギーとしての水素の位置づけやその普及の波及効果、熱需要への対応法の選択、国際的なエネルギーネットワークとの関係、二次エネルギーとしてだけでなく種々のプロセスの中での化学物質としての水素の位置づけなど、様々な観点から検討を行う必要があるとの指摘がなされている。

(2) 実現への障壁と段階的戦略①

【計画立案・実証期】

将来の水素需要を睨みつつ、必要なインフラが最小限にとどまるように、需要密度の高い地域を特定し、水素集中製造拠点の配置計画・供給計画を立てる。また、工場の副生水素発生源などのように、既存の水素製造設備があり比較的水素を利用しやすい地域を選定し、これらの限定的なエリア内で水素輸送、貯蔵インフラの整備を進めて水素配給を開始する。これらの地域では水素供給先として実証的に燃料電池バスを巡回させ、水素利用技術の低コスト化・高効率化を同時に進めておく。さらに水素供給計画にもとづいて再生可能エネルギーからの水素製造技術や、水素貯蔵、輸送技術など、長期的な観点から必要な技術開発に対して支援を行う。

【導入拡大期】

水素拠点配置計画にもとづき水素供給地域を増加させると共に、これらの地域が相互に接続されるよう後押ししていく。例えば、水素製造拠点と大消費地を結ぶ幹線水素輸送パイプラインなどについては、公的資金を投入してインフラの整備を支援する。一方で、製造された水素の排出原単位に応じて税制優遇などの経済的インセンティブを導入し、低炭素型の水素製造を主流化させていく。

<<解説>>

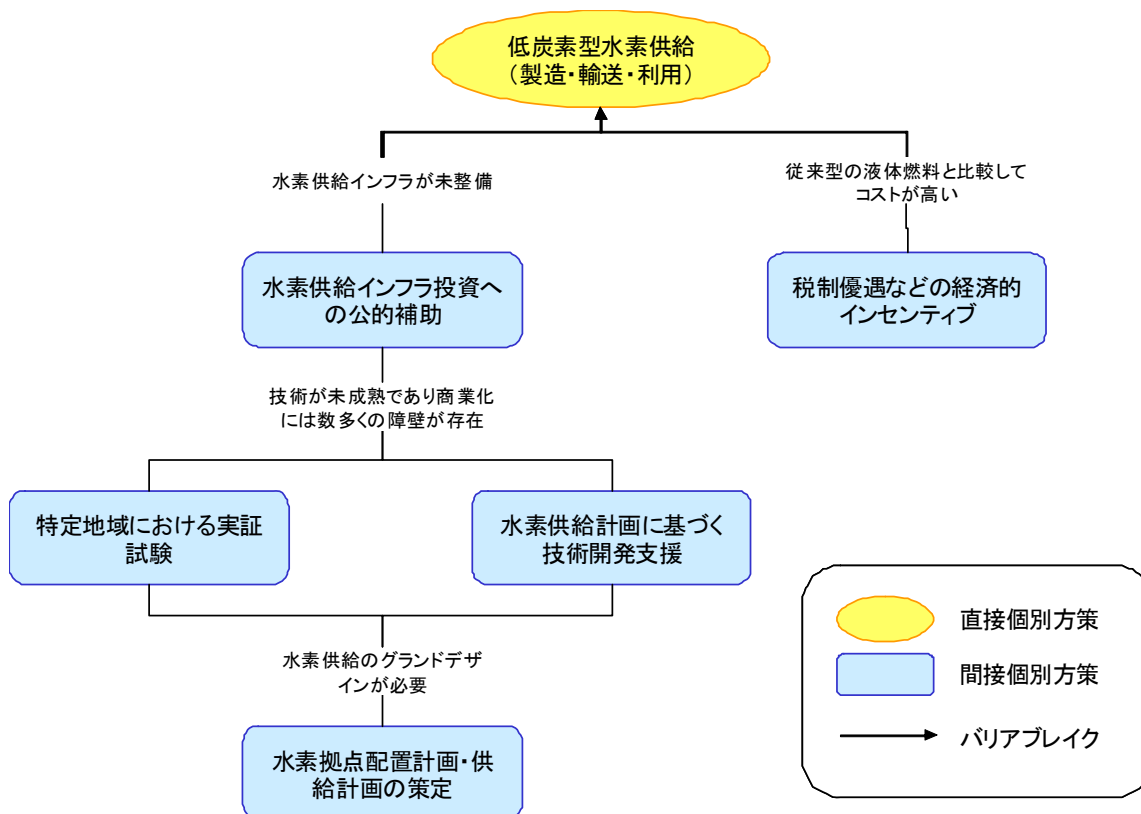


Fig 6-51 施策相関図 (方策10:水素関連)

① 水素供給インフラ投資への公的補助

水素供給における最大の課題のひとつが、水素供給インフラの整備である。特にパイプラインのコストは高く、天然ガスなどのパイプラインであっても1km当たりで数億円程度のオーダーであるとされるうえに、水素の場合は、安全面や漏洩などの課題も踏まえるとさらに追加的なコストがかかる可能性もある。さらに、水素供給ステーションの整備や水素製造プラントなど、新規に必要なインフラ整備だけでもコストは非常に大きくなるため、基盤となる水素インフラについては、一定の公的補助がなければ普及は困難になると考えられる。

② 特定地域における実証試験

また、コスト面や技術面のみならず、各種規制整備や規制緩和、安全性の評価など社会的課題も併せて克服していく必要がある。そこで、副生水素が入手しやすい地域などを中心に実証試験を繰り返しつつ、課題をひとつずつクリアしていく過程が極めて重要となる。

Box 61 : 水素インフラ設置に係る規制緩和と規制強化¹⁰⁵

前出のJHFCプロジェクトを紹介したBox32では、首都圏・中部地区・関西地区に合わせて11基の水素ステーションを整備しているほかに、企業協賛のステーションが1基存在していると紹介した。

この企業協賛ステーションは、出光興産（株）の協賛で千葉県市原市に設置され、2006年5月から稼動を開始しているものである。これは日本初のガソリンスタンド併設型の水素ステーションであり、この設置が可能になった背景には、水素ステーションの設置基準に係る規制緩和があった。

従来、水素ステーションの設置基準はガソリンスタンドの設置基準よりも厳しく、ガソリンスタンドで遵守が求められる消防法以外にも、高圧ガス保安法や建築基準法などでも厳しい規制が敷かれていた。また、消防法と高圧ガス保安法との兼ね合いで、水素ステーションとガソリンスタンドの併設も認められていなかった。しかし、自動車燃料として水素の活用を考えていく場合、既存のガソリンスタンドへの併設を促していくことが合理的であることから、規制緩和の必要性が指摘されていた。

その後、2005年4月の法改正により、ガソリンスタンドとの併設が可能になり、それまで工業地域にしか認められていなかった設置基準が商業地域や準工業地域にも拡大された（市街地にも設置が可能になった）。また運用に関しては、高圧ガス保安責任者の有資格者が常駐していなくても、運用・水素供給作業が可能になるなどの規制緩和がなされ、上記水素ステーションの発足に繋がっている。

ただし、設置基準の緩和に引き替えて安全基準はより厳しくなっており、ガソリン～水素双方で互いの火災の影響を避けるための堅固な壁面を設ける、市街地で万一爆発があっても被害を出さないような構造にするなどの規制強化が行われている。元々水素ステーションに係る安全設備には、消火器以外にも散水設備が必要であったり、水素漏出を検知して事前に危険を察知する設備の設置が義務付けられていたりなど、厳しい基準が設けられていたが、ガソリンスタンドとの併設を認めた分、より安全性に配慮した規制が敷かれることとなった。

また水素ステーションが、現在のガソリンスタンド並みに稼動されるようになることを考えると、1日に100～150台の自動車に水素を供給することが想定されるため、その供給作業を行う有資格者以外のスタッフの教育や、供給設備の大規模化に伴うリスク理解についても配慮が必要であるとされる。

例えば、水素はガソリンと異なり高圧ガスのかたちで供給を行うため、確実な供給操作が必要である。もし供給操作を誤り、水素ガスが漏出して空気と混合し、さらに何かに接触して着火した場合、大爆発を起こす危険性もあるということを、スタッフは理解していなければならない。また、ステーション内で水素を製造するオンサイト水素ステーションの場合は、製造過程で相当な高温（700～800℃）での加熱や高圧での圧縮を伴う場合があるため、そのような装置の運転に関しても習熟していなければならない。このように、ステーションスタッフは、様々な実運用時のリスクを理解して対応できるようにしなければならないのである。このほかにも、水素ステーション稼動の安全面に関してはハード面・ソフト面双方において様々な配慮が必要とされるため、今後も実地でのデータ・ノウハウ蓄積を図りつつ、適切な規制のあり方や運用に係る改善点を検討していくことが重要になる。

市原水素ステーションではこのような安全面の課題に関して、インフラ整備的な面から運用・スタッフ教育研修の面からもデータを蓄積し、長期間の実績を残して普及の基礎となることを目指しているという。

③ 水素供給計画にもとづく技術開発支援

水素インフラ整備を行う以前に、乗り越えるべき技術的課題が多く存在している。メーカ各社やエネルギー会社、NEDOなどを中心に、これらの様々な技術的課題を乗り越えるための研究開発が行われているところであるが、長期的な水素供給計画にもとづく開発目標のもとで継続的な研究開発を進めていく必要がある。

④ 水素拠点配置計画・供給計画の策定

また、水素供給インフラは新たに構築するインフラであるため、副生水素発生源や将来的な水素製造拠点といった供給地と需要地、およびそれを繋ぐ輸送インフラをうまくデザインすることにより、投資コストを大幅に削減することができる。

⑤ 税制優遇などの経済的インセンティブ

水素燃料電池自動車などが市場に広く普及するためには大幅なコストダウンが必要であるが、一方でコストダウンには市場への普及によるスケールメリットを十分に活かす必要がある。そこで税制優遇などの経済的インセンティブを導入することによって普及を後押しし、コストダウンと普及の相乗効果を加速させることが必要である。

(3) 目指す将来像②

【安定したバイオ燃料供給】

地域に応じたバイオマス生産・利用計画が立てられており、計画にあわせて食料・木材・飼料などの生産が行われていると共に、域内で発生した廃棄物系バイオマスは最大限利用されている。日本国内で不足する分は海外から輸入されて利用されているが、国際的なバイオマス資源管理の協定が結ばれており、生産国における生産方法やその環境負荷にも十分配慮されている。輸送用燃料など、液体燃料が有利な用途にバイオマス由来の液体燃料が優先的に使われている。また、熱と電力におけるバイオエネルギーの供給シェアが高まっている。

<<解説>>

① イノベーションに求められる技術

○バイオマス利用技術

「バイオマス」とは、動植物から生まれた再生可能な有機性資源のことである。バイオマス資源に含まれる炭素は、元々大気中にあったCO₂を植物が光合成により固定したものであるため、燃焼などによりCO₂が発生しても、実質的に大気中のCO₂を増加させないとされる。なお、バイオマス資源は多様なプロセスから発生する上、その利用方法も多様であることに注意が必要である。以下に現在の各種バイオマスの利用ポテンシャルとその利用状況を示す。







対象バイオマス		年間発生量	バイオマスの利活用状況	
廃棄物系バイオマス	家畜排せつ物 	約8,700万トン	たい肥等への利用 約90%	未利用 約10%
	下水汚泥 	約7,900万トン	建築資材・たい肥等への利用 約75%	未利用 約25%
	黒液 	約7,000万トン	エネルギーへの利用 約100%	
	廃棄紙 	約3,600万トン	素材原料・エネルギー等への利用 約60%	未利用 約40%
	食品廃棄物 	約1,900万トン	「肥飼料等への利用 約25%	未利用 約75%
	製材工場等残材 	約430万トン	製紙原料・エネルギー等への利用 約95%	未利用 約5%
	建設発生木材 	約470万トン	製紙原料・家畜敷料等への利用 約70%	未利用 約30%
未利用バイオマス	農作物非食用部 	約1,400万トン	「たい肥・飼料・家畜敷料等への利用 約30%	未利用 約70%
	林地残材 	約800万トン	「製紙原料等への利用 約1%	ほとんど利用なし

Fig 6-52 バイオマスのポテンシャルと利用状況¹⁹³

Box 62 : 木質バイオマス液体燃料化の動向^{194, 195, 196}

トウモロコシなどの食糧を、バイオ燃料をはじめとした様々な化学製品に変換する「バイオリファイナリー」の原料にすることは、食糧問題や倫理問題上多くの課題がある。その上、耕地面積に限界のある日本で

は適用しにくく、草や木などのセルロース系バイオマスの利用が求められている。

バイオリファイナリーの研究開発に焦点を当て、政策的にも特に力を入れて技術開発を推進してきたのは米国である。日本でも2004年に、バイオリファイナリーに関する米国の動向と国内での可能性などを調べる大規模な事業が行われた。その結果、日本のバイオ変換技術がバイオリファイナリーに大きく貢献する可能性があること、セルロース系バイオマスから効率よく糖を取り出すことの重要性などが確認されている。さらに2008年3月には、産学官の協力のもと、バイオマスによる日本のエネルギー需給や地球温暖化対策への貢献、未利用バイオマスの利用促進などを検討した「バイオ燃料技術革新計画」が策定され、これにバイオリファイナリーも取り上げられている。

セルロース系バイオマス資源の利用については、日本では現在二つの考え方がある。ひとつは、バイオマス・ニッポン総合戦略推進会議で主に検討された、廃棄物と未利用バイオマスの有効利用と、もうひとつはバイオ燃料技術革新協議会で検討された資源作物栽培がある。

廃棄物・未利用バイオマスには、下水汚泥、家畜糞尿、稲ワラなどの農業残渣、建築廃材、間伐材や枝葉などが含まれる。特に木質系の廃棄物・未利用バイオマスである建築廃材や間伐材、林地残材については、その多くが焼却炉でエネルギーをかけて処理されたり、森林内に放置され自然に腐るのを待つだけになっていたりすることから、できるだけ早く技術開発を達成して有効利用を開始すべき資源として位置づけられている。しかし、その資源量には限界があり、国内各地に薄く広く存在するため収集・運搬コストも掛かるので、これらを使う燃料や化学製品の製造コスト低減には限界があるとされている。そのため、木質系バイオエタノールは、免税によってガソリンと価格競争力を持たせた100円/literが当面の目標とされている。この価格では、ブラジルから40円/liter程度で輸入した方が安くなってしまいが、エネルギーセキュリティや地球温暖化対策、間伐促進による農山村の活性化などの観点から実用化が目指されているという。

一方、廃棄物・未利用バイオマスの不足を補うため考えられているのが資源作物の栽培である。バイオマス資源を目的とした資源作物としては、日本の南西部でエリアンサスなどの巨大草本植物で検討され、北海道などの比較的冷涼な土地ではヤナギなどの早生樹を中心に検討が進んでいる。ただし、資源作物の栽培試験やその作物に合わせた画期的な低コストのバイオマス変換方法を開発するには、多くの時間が掛かると見られている。将来、米国やブラジルで生産されたバイオマス由来のエタノールやガソリンと比較して、価格競争力のある40円/literのエタノールをつくるには、一定規模のまとまった面積の畑で作物を栽培し、大型の工場で効率的にバイオエタノールをつくる必要があるという試算が発表されている(約4万haの面積でヤナギやポプラを育て、年間10~20万klのバイオエタノールを生産するような規模とされる。)

次に技術動向であるが、木質バイオマスから液体燃料をつくるには主に二つの方法がある。ひとつは、植物の主要な構成成分で、ブドウ糖(グルコース)が鎖状に連なった高分子であるセルロースを分解してブドウ糖を取り出し、様々な発酵方法で変換させる方式である。この方式では、ガソリンを代替するバイオエタノールや軽油を代替するバイオブタノールを製造することができる。もうひとつは、バイオマスを高温処理して液体燃料を得る方法であるが、これはさらに二つの方法に大別される。ひとつはバイオオイルを生成する方法であり、もうひとつは水素ガスや一酸化炭素ガスを発生させ、石油の主成分である炭化水素をつくり液体燃料を合成する方法である。後者の方法では、リグニン分解物や精油成分も原料にすると、石油資源由来の物質のほぼ全てを代替することも言われている。

一つ目の分解・発酵などによるアルコール化に関しては、まず材料となるバイオマスにより変換のしやすさが異なることに注意が必要である。現在実用化されている、または実用化に向けて研究されている材料の例で比較すると、サトウキビジュース>トウモロコシデンプン>草本のセルロース>木材のセルロースという順で変換しやすくなるとされる。デンプンとセルロースは、共にブドウ糖がいくつも直鎖状に連なった高分子であるが、双方はブドウ糖の結合の仕方が異なるため、デンプンは生物的または化学的に分解しやすいがセルロースは分解しにくい。その上に、草本や木材ではヘミセルロースやリグニンと呼ばれる難分解性の高分子有機物がセルロースを保護するように取り囲んでいるため、草本や木本のバイオマスはより分解しにくいとされる。

木質バイオマスを燃料用アルコールに変換するには大きく分けて四つの工程がある。これに関しては国内の多くの機関が、様々なアイデアでセルロース系バイオマスからアルコールをつくる研究を進めているが、それぞれの技術には一長一短があるのが現状のようである。またこれらの技術は、対象となるバイオマスが草本なのか広葉樹なのか針葉樹なのか、含水率が高いのか低いのかなどによっても変換効率が変わってくるとされる。それぞれの工程に関わる技術開発のポイントを以下に示す。

①前処理：集荷された木質バイオマスの水分調整や粉碎を行った後、セルロースをブドウ糖に分解しやすい状態にする工程

この工程では、セルロースを取り囲むリグニンのガードをうまくかわす方法や、リグニンを分離して除去してしまう方法が研究されている。

②糖化：セルロースやヘミセルロースをブドウ糖などの糖にする工程

この工程では、効率よくブドウ糖を得るためにセルロース結晶をどうやって分解するのが重要とされる。

③発酵：糖を酵母などの微生物の働きによりエタノールに変換する工程

この工程では、発酵しにくいヘミセルロース由来の糖を効率よく発酵できる微生物の開発と、濃いエタノールを迅速に生産できる微生物の開発が重要とされる。

④蒸留：エタノールと水の混合物を蒸留して100%に近いエタノールにする工程

蒸留工程では、エネルギーをあまりかけずに水とエタノールを分離するために、特殊な膜で分離する技術が期待されている。

二つ目の高温処理に関しては主に二つの方法があると紹介したが、まず、木質バイオオイルの製法について解説する。その製法は大きく分けて二通りあり、ひとつは無酸素状態で500℃以上に急激に温度上昇させる方法と、300℃・10MPa程度の高温高圧の水で処理する方法（水熱処理）などがあり、様々な反応条件での製造が検討され実験が行われている。木質バイオオイルの生成時にはガスと炭状物質も生成されるが、この副生成物を燃焼させて熱回収を行うとプロセスの熱効率が向上する。木質バイオオイルは木材成分が熱分解してできた液体だが、高分子成分を含むため粘度が高く、一部が熱で変性して酢酸などの有機酸を生成するため酸性（pH2～3）を示す。バイオオイル化により、固体である木質バイオマスがスラリー状（泥状）となり輸送性を向上させることができるほか、噴霧燃焼すると液体燃料として使用できるようになる。この製法に関しては、まだ実用化に堪えうる成果は得られていないとされる。

次に高温処理して炭化水素を生成する方法だが、これは、木材や草本に700～1000℃前後の熱を加えて主に水素（H₂）、一酸化炭素（CO）、二酸化炭素（CO₂）からなるガスを発生させ、この水素と一酸化炭素を用いて、メタノール、DME（ジメチルエーテル）および炭化水素由来の液体燃料をつくる方法である。特に一酸化炭素と水素から炭化水素を合成する反応はFT合成反応と呼ばれ、生成した炭化水素からはガソリン、灯油、軽油が合成される。このFT反応は、石炭や天然ガスを原料とした大規模なものでも、まだ石油精製から得られる場合のコストを下回ることができていない。ましてバイオマス由来では、原料の収集コストを考慮するとより小規模なものになりがちで、さらに不利となるので、効率良く合成を進める触媒の開発などが必要とされている。

これらの技術の多くは、現在のところ石油などの化石燃料と比較して安価に目的物質をつくることができないため、ほとんど実用化・商用化はされていない。しかし、原油価格の高騰やカーボンニュートラルな燃料の必要性が高まり、バイオリファイナリー技術の革新などが進めば、実用化の可能性はあるとされている。

Box 63：木質バイオエタノール製造の事業化実践例（日本）

バイオエタノール・ジャパン・関西（株）は、大成建設（株）・大栄環境（株）・丸紅（株）・サッポロビール（株）・東京ボード工業（株）が共同出資して設立した企業で、木質系バイオマス（建設廃木材、木くず、剪定枝など）を主原料に燃料用エタノールの製造・販売を行っている。これは、環境省地球温暖化対策ビジネスモデルインキュベーター事業の採択を受けて行われている事業である。リサイクル率の向上が求められていた建設廃木材などを有効活用することで循環型社会の形成を目指すとともに、石油などの化石燃料に替わるエネルギーの製造と温室効果ガスの排出量削減により、地球温暖化防止に貢献するとしている。

同社は大阪府堺市西区の大阪エコタウン内にエタノール製造プラントを建設し、2007年1月より稼働を開始している。このプラントは、破碎設備（180t/日）、発酵設備（82t/日）、ボイラ設備（86t/日）、発電設備（1,900kw）の処理能力を持つ設備を備えており、木質系バイオマス（建設廃木材、木くず、剪定枝など）、紙くず、食品残渣（おからなど）計4～5万t/年の処理が見込まれている。製品エタノールは初年度に1,400kl/年、設備増強後4,000kl/年の生産を目指しているという。

その製造工程は、まず家の解体などで発生した建設廃木材を細かいチップに破碎し、エタノール原料用とボイラ燃料用に分けることから始まる。次に、エタノール原料用チップに水と硫酸を加えて化学反応により分解させると、糖分を含んだ分解液と未分解の木材残渣となる。その分解液を濾過機で分離回収し、さらに中和してエタノール発酵用の糖液とし、エタノール発酵菌を加えて発酵させる（このとき、エタノール発酵菌が糖分を効率よく発酵してエタノールに変換させやすくするために、栄養材としておからを添加する。）。発酵工程を経てできた低濃度エタノール液は、濃縮・蒸留・脱水工程を経て、ガソリンに添加できる濃度まで濃縮し、製品エタノールが完成する。

前処理設備のチップサイロからコンベアで運ばれたボイラ燃料用チップは、ボイラで燃やされて熱をつくり、蒸気を発生させる。これは工場内で熱源として利用されるとともに、電気に換えて使用される。

また、加水分解設備で発生した未分解の木材残渣はペレット成型された後、リグニンペレットとしてホッパーに貯蔵され、工場内のボイラ燃料として利用されると共に、バイオマス燃料としても出荷される¹⁹⁷。

岡山県真庭市では、三井造船（株）を事業主体として、木質エタノール製造実証プラントを市内の工業団地に建設し、NEDOとの共同研究として実証事業を行っている。この事業では、木質バイオマス資源由来のエタノール生産プロセスの効率化と、商業設備としてのコスト低減化を目標としているとのことである。

このプラントでは、真庭地区から供給される未利用の林産資源を主原料として燃料用エタノールを生産し

ている。その工程としては、原理的に上記と同様な破碎、加水分解による糖化、微生物による発酵、精製の過程をたどる。特に発酵過程では、フィンランド技術開発センター（VTT）が開発した高効率でエタノール発酵を行う酵母を用いているとのことである。

日処理量は原料で最大 2t/日、日製造量は無水エタノールで 250kg/日程度と見積もられている。精製したエタノールは、三井造船が開発した、浸透圧原理を用いたゼオライト（ケイ素、アルミニウム、ナトリウム、酸素を主な組成とする珪酸塩鉱物によって構成される）の膜により無水化され製品となる。ここで製造された無水エタノールを利用して、ガソリンに 3%混ぜた燃料（E3）として公用車に使用する実証実験も行っている¹⁹⁸。

Box 64 : スウェーデンの自動車用バイオ燃料事情^{199, 200, 201}

スウェーデンでは、小麦や大麦などの穀物を原料とするバイオエタノールを混合した E5・E10・E85 や、植物由来のバイオディーゼル燃料（Bio Diesel Fuel : BDF）、下水処理場やごみ処理場から得られるメタンを主成分とするバイオガスなどの利用が促進され、ガソリンや軽油などの代替自動車用燃料として普及が図られている。

バイオエタノールに関しては、55,000 m³が穀物から、16,000 m³が亜硫酸パルプから生産されており、2009 年までにはセルロース由来のバイオエタノール生産技術の商用化が達成される見込みとしている。また、南ヨーロッパのワイン由来エタノールや、ブラジルや熱帯の国々からサトウキビ由来エタノールの輸入も行っている。これらのエタノールは、スウェーデン全土でエタノール 5%混合ガソリン（E5）として、またエタノールフレックス燃料自動車用のエタノール 85%混合ガソリン（E85）として利用されている。これらのバイオエタノールは、スウェーデン運輸部門の総エネルギー量約 1,000TWh（テラワット時：10¹²Wh）のうちの 1.6TWh を占めているという。

BDF に関しては、菜種油から取れる菜種メチルエステルから 45,000m³が生産され、これもディーゼル燃料に 5%の割合で混合され利用されている。

バイオガスに関しては、下水処理場やごみ処理場、埋立地などより 1,600 万 N m³（0℃・1 気圧の標準状態での体積）が生成・回収され、様々な自治体の都市バスやごみ収集車などのガスフレックス燃料自動車にて利用されている。

また、木質バイオマスやパルプ廃液をガス化して製造するジメチルエーテル（DME）や FT 合成燃料、メタノール、水素ガスの製法に関する研究も進展しており、15~20 年以内の商用化が見込まれているという。

政策的な部分では、混合ガソリンへの課税軽減措置や、原料作物栽培に関する補助が制度として定められている。加えて、CO₂ 排出量が 120g/km 以下の自動車を「グリーンカー」として認定し、1 台当たり 1,070 €（ユーロ）の補助金を支給する制度を 2009 年 12 月から適用する予定で、年間約 5,400 万€（約 10 億円）の税金割り当てを見込んでいるそうである。また、グリーンカーは公共の駐車場に無料で駐車できる権利が与えられるなどの優遇措置も設けられるとしている。

自動車製造企業もバイオ燃料に対応した自動車の開発に余念がなく、スウェーデンの代表的な乗用車メーカーとして知られるサーブでは、E85 とガソリンを併用できる「フレックス・フューエル・ビークル」の販売に力を入れているほか、E100 専用の「バイオパワー100 コンセプト」を開発するなど、バイオ燃料を活用する自動車の普及が促進されている。

Box 65 : ブラジルのフレックス燃料車^{202, 203, 204, 205}

ブラジルは、自動車燃料へのエタノール活用先進国である。現在では全ての国内流通ガソリンに基本的に 20~25%以上の割合でエタノールが混合され販売・利用されており、エタノール 100%の自動車用燃料（E100）も販売されている。このエタノールは主に国内のサトウキビ由来バイオエタノールであり、バイオ燃料活用の先進事例として紹介されることが多い。

ブラジル政府は 1960 年代末から 1970 年代のはじめにかけ、経済的に妥当な石油代替燃料に関する研究を積極的に進めた。その結果、サトウキビを原料とする燃料用エタノールが有望であるとして、1975 年に国家アルコールプログラム（Pro-Alcool）を策定し、各種の施策やインフラ整備・技術開発を推進するようになった。このプログラムは、ガソリンの代替品として燃料用エタノールの活用を促進し、産業に活用されるバイオエタノール生産量増加を目的としたものである。これを背景として、当初は E100 専用自動車が開発され大規模に普及したが、石油価格下落や砂糖価格急騰などによりバイオエタノール供給不安定が生じたため需要が著しく落ち込み、バイオエタノール活用促進が危ぶまれた時期もあった。

しかし、どのようなエタノール混合比の燃料であっても問題なく駆動できる Flex Fuel Vehicle（フレックス燃料車：エンジンはエタノール混合比に応じて自動に稼働調整を行う仕組みとなっている）が開発され、2003 年に本格的な発売が開始されると、その後数年間で急速に普及が進んだ。給油時に、燃料販売価格に応じてガソリンまたは燃料用エタノールを自由に選ぶことができる点が、消費者の購入意欲を促

進したようである。同年のフレックス燃料車販売台数は8万台に達し、2006年には国内自動車販売台数の56%に相当する140万台（トラック、バスを除く）が同方式を採用するに至り、2008年半ばまで市場は順調に拡大成長を続けていた。エタノール混合燃料は、従来のガソリンと比較して燃費効率などが悪いとされているが、安価なためにエタノールの割合が大きい燃料を選択する消費者は多く、効率改善のための技術開発も鋭意進められているという。ただし、2008年9月に端を発した世界不況の影響により、ブラジル国内の自動車販売台数そのものが減少している。また最大の燃料用エタノール輸出先である米国でも自動車販売台数が大幅に減少しているため、国内外の燃料用エタノール需要が減少するとの予想もなされており、今後の市場動向は現状で不透明な状態になっている（注：これは2008年9月周辺の様態・見解であり、必ずしも現況に合致するわけではない。）。（2009年1月のブラジル国内での自動車販売台数は前月比微増と持ち直したが、これは自動車販売・購入に係る各種の期限付き減税措置（2009年3月まで）の効用が大きいとされている。）

ちなみに、食料生産と競合するバイオエタノール生産には問題が多いとされるが、ブラジルでは最近の数十年間にサトウキビ生産性向上技術への投資が進んで生産性が30%向上し、栽培面積の拡大抑制を図る取り組みもなされているという。また、栽培地に関しては、主にアマゾン熱帯雨林から遠く離れた国内中南部地域の劣化した放牧地を活用しているため、アマゾン熱帯雨林にも食料の生産にも悪影響を与えないように配慮をしているとブラジル政府は主張している（ただし、もともとアマゾン地域はサトウキビ栽培に適していないとされる。）。ほか、ブラジルのサトウキビ栽培では、農薬使用量抑制、生物的な手段による病害虫管理、土壌浸食の抑制、残留物リサイクルの促進、水質汚染防止、有機栽培面積拡大などの取り組みを大規模に展開し、効果を挙げているとしている。

ブラジルのサトウキビ由来バイオエタノール生産については、食料問題や原油価格変動に伴う投機誘引の面などで課題が指摘されることも多いが、国家戦略としてインフラ整備や技術開発を推進し、国際競争力を持つ産業に育て上げた実績には見習うべきところも多い。

(4) 実現への障壁と段階的戦略②

【利用拡大・コスト削減期】

各地域でバイオマス利用拡大が図られているが、原料の収集や運搬・エネルギー転換にコストがかかるだけでなく、既存の規制により低品質のバイオエネルギー利用やバイオマスの混合処理によるエネルギー生産が進んでいない。コスト削減・規制緩和を行うとともに、ライフサイクル分析などで持続可能なエネルギー供給が行われていることを確認する。

【導入拡大期】

地域の農林業の計画とエネルギー需給計画の関係を強化し、用途を考えたゾーニングを行うことで地域の食料・木材・エネルギーの自給率を高め、地域の持続可能性を高める商品の付加価値をつける。国内だけでなく、アジアのバイオマス利活用を視野に入れたバイオマス転換技術の開発・コスト削減を行う。日本国内では不足するバイオエネルギーは海外から輸入するが、生産プロセスにおける環境負荷を適切に評価できるよう国際的な枠組みづくりを支援する。

<< 解説 >>

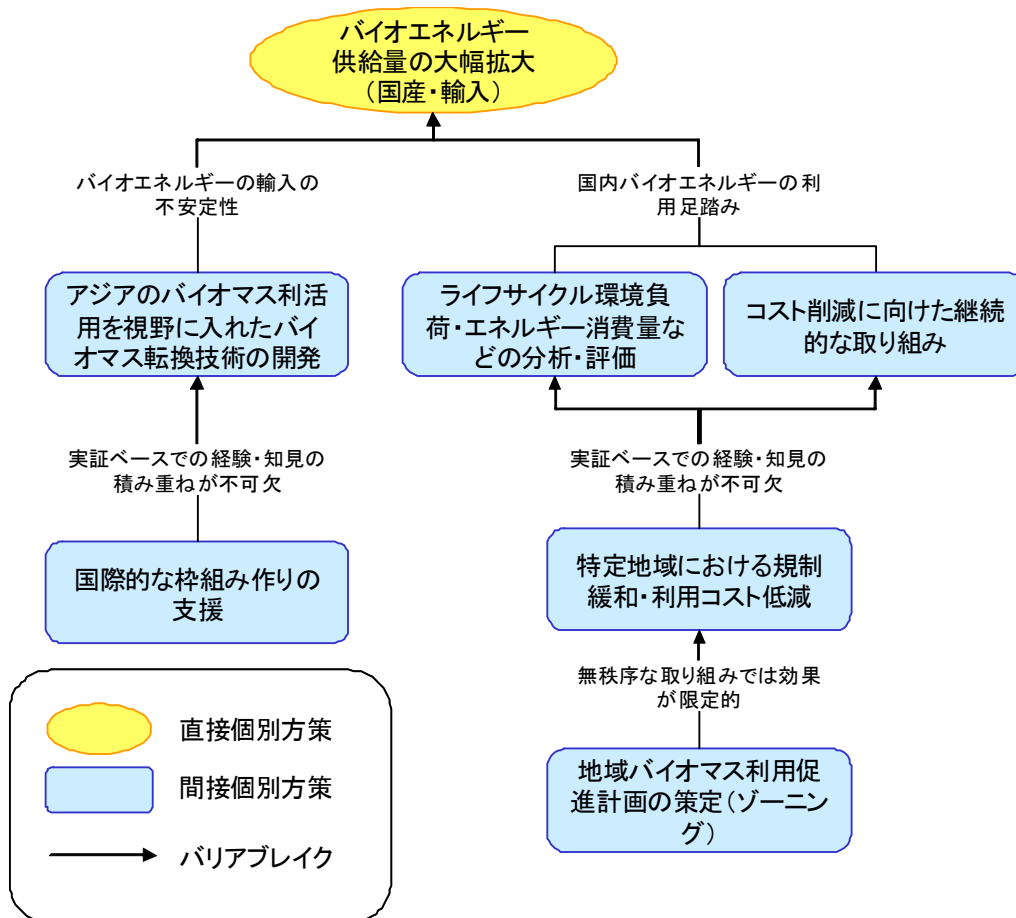


Fig 6-53 施策相関図 (方策10: バイオマス関連)

① ライフサイクル環境負荷・エネルギー消費量などの分析評価

② コスト削減に向けた継続的な取り組み

バイオマスをエネルギー源として利用するにあたっては、各種バイオマスのライフサイクル環境負荷や二次エネルギーへの転換時のエネルギー消費量などについて、分析評価を実施する必要がある。また、バイオマス資源の収集なども含め総合的なコスト削減に向けた取り組みを継続的に実施していく必要がある。

Box 66 : バイオ燃料活用の持続可能性検証に関する議論

バイオ燃料の導入については、欧州委員会が2007年2月に「2020年までに輸送用燃料の10%以上をバイオ燃料にする」という導入目標を掲げたのをはじめ、地球温暖化対策のひとつとして世界的に積極的な推進が図られている。しかし現状で進んでいる取り組みの効果については、科学的な面から否定的な見解が示されていることもあり、2008年1月23日に、欧州委員会はバイオ燃料の導入目標を維持しつつも、環境持続性基準を導入することを発表している。

英国政府はこの欧州委員会の発表について支持する見解を表明したが、こうした欧州委員会の動きに先立って、英国国内ではバイオ燃料活用の持続可能性に関する議論が活発化していた。具体的には、作物可食部由来のデンプンや糖からつくるバイオ燃料生産体制のもたらす悪影響に関し、英国王立協会（Royal Society：英国の科学学術団体）や英国議会から、現状のバイオ燃料推進体制に関する否定的な公式見解が発表されていた。そして2008年2月21日には、2010年以降の欧州委員会の目標の検討の裏付けとなることを視野に入れて、バイオ燃料の間接的な影響の検討を行うとの政府発表もなされている。²⁰⁶

また、2008年2月には、米国のミネソタ大学と自然保護団体ネイチャーコンサーバンシー（the Nature Conservancy）の研究グループが、土地本来の生態系を改変してバイオ燃料用作物を栽培することは、むしろCO₂排出量を増加させ地球温暖化を加速させることになると発表している。

それによれば、熱帯雨林や泥炭地、サバンナ、草地などを開墾して、バイオエタノール用のトウモロコシやサトウキビ、あるいはバイオディーゼルのアブラヤシや大豆などを栽培すると、植物や土壌中に蓄積されていた炭素がCO₂として大気中に放出されることになり、こうして失われる炭素蓄積量は、化石燃料の代わりにバイオ燃料を使用することで得られる1年当たりの排出削減量に対して、17～420倍にもなると報告している。

例えば、インドネシアで行われている泥炭地のパームオイルプランテーションへの転換は、カーボンニュートラルな状態になるまでに423年間掛かるとされている。また、ブラジルのアマゾン地域でのバイオディーゼルの大豆生産に関しては329年間掛かるとの試算がなされており、このようなバイオ燃料生産は持続可能性に関して大きな問題があるとしている。

研究グループの一人は、「こうした問題が生じるのは、バイオ燃料用作物の栽培が奨励される一方で、生態系保全による炭素蓄積の効果が正当に評価されていないため」と指摘しており、燃料による地球温暖化への影響を評価する際には、生態系保全による効果も含めて考えるべきと主張している。なお、バイオ燃料の中でも生態系の改変を伴わないもの、例えば農林業における廃棄物や、農耕に適さない土地から得られる草や木質バイオマスから生産されるものは生態系への影響が小さく、地球温暖化の抑制にも効果が期待できるとしている^{207, 208, 209}。

このように、バイオ燃料活用に関してはその環境負荷に関して様々な面から検討・評価が行われている段階であり、持続可能なかたちで生産・利用を維持できるかどうかに関して、今後は慎重な判断が求められるようになると思われる。

③ 特定地域における規制緩和・利用コスト低減

バイオマスの利用を促進させるためには、実証ベースでの研究、およびそれに伴う様々な知見やデータの蓄積が必要である。また、条件のよい地域に優先的に導入することによってコストダウンを図るという意味でも、特定地域において規制緩和によってバイオマス利用が進むための制度を整備することは意義深いと考えられる。規制緩和の具体例としては、農業残渣（稲わら）や規格外農作物（小麦、米、芋）の国際バイオマスを地域内で有効に利用するために、これらによ

って製造された燃料の規制を緩和し、ある程度低品位であっても自動車や農業用機械などに利用できるようにすることなどが挙げられる。

④ 地域バイオマス利用促進計画の策定（ゾーニング）

特定地域における先行的なバイオマス導入を進めるためには、地域のバイオマス利用促進計画を立て、適切なゾーニングを行った上で実施しなければ、ほかの環境負荷を引き起こしたり、コストダウンなどの効果が十分に発揮されない可能性がある。

⑤ アジアのバイオマス利活用を視野に入れたバイオマス転換技術の開発

国産バイオマスのみでは資源量が不足する可能性がある。そこでアジアのバイオマス利活用を視野に入れ、日本のみならずアジア各国でも利用できる技術の開発も併せて行っていくことが望ましい。

Box 67：アジア地域のバイオ燃料生産とヤトロファブーム²¹⁰

先にも述べたとおり、バイオ燃料利用に関しては持続可能性の観点からの検証が必要であるが、アジア地域でもその検証が不十分なまま、アブラヤシなどの原料作物の大規模生産が行われている例も多い。これは、バイオ燃料が化石燃料と同じく国際的な投機の対象になっていたり、商品作物のプランテーションと同様の考え方で生産を行う構造が維持されていたりするなどの事情が寄与しているようである。

近年は、食料生産と競合しないバイオ燃料原料作物という評判のもと、中南米原産のヤトロファ（ナンヨウアブラギリ：Jatropha curcas L.）という植物が注目されており、アフリカ・中南米やアジア地域でも急速に導入が進んでいるようである。ヤトロファは樹高 3～8m 程度の樹木で、種子に含まれる油脂に毒成分を含むため食用不可だが生産性は高いとされている。

例えば、インド政府は 2003～2007 年の間に 40 万 ha のヤトロファを栽培する計画を検討している。具体的には、2012 年までに 1,000 万 ha の荒地でヤトロファを栽培し、ディーゼル燃料消費の 2 割をヤトロファ油製バイオディーゼルで賄い、500 万人の雇用を生み出す目標を立てているという。また中国の国家林業局も、4,000 万 ha のヤトロファやトリハゼノキなどのバイオディーゼル向け原料生産を行なう「能源林」開発計画を作成しているという。日本の商社などにより、東南アジア地域やブラジルなどにおけるヤトロファ由来バイオ燃料生産・調達も始まっており、数万 ha から数百万 ha にも及び土地が次々とヤトロファ畑に変えられつつあるという。

しかし、食料生産を行っている土地をヤトロファ生産に転換したのでは、食料との競合問題解決への貢献にならないことは明白である。それにも関わらず、ヤトロファはより高い生産性を求めて既存の食料生産用地も侵食しているとされ、その生産形態や利用の持続可能性について十分な検討・評価がなされて推進されているとは言い難い。2008 年の FAO（国連食糧農業機関）食料農業白書によれば、この植物に関する研究は「養分要求・水利用・労働投入が少なく油の収量が高い、食料生産との競合はない、病害虫に強いといった主張は科学的証拠による裏づけがないと結論した」とされている。

ヤトロファの特徴と可能性としては、以下の点などが挙げられている。

- ・乾燥に強く貧栄養の土壌でも生育可能であることから、従来の耕作不適地を有効活用できる可能性がある
- ・油脂だけでなくタンパク質が豊富なミール（搾りかす）も得られるため、飼料化に成功すればエネルギー・食料の両方の生産性向上に資する可能性がある
- ・耕作適地での栽培においてはパームに次ぐ油脂量と大豆と同程度のミール（搾りかす）が得られるため、乾燥・貧栄養の条件下でも高い生産性を実現できる可能性がある

ただしこれらはあくまで可能性であり、実現のためには地域環境に応じたそれぞれの条件下での適応品種開発および栽培方法の確立が必須であるとされ、それが実現しなければ一過性のブームに終わる可能性が高いとの指摘もなされている。このため、EU、インド、中国、シンガポールなど、世界各国の研究機関や企業で品種選抜や改良、遺伝子解析や組み換え技術などの開発が行われており、日本でも（財）地球環境産業技術研究機構（RITE）と日本植物燃料（株）が共同で品種開発などの研究を行っている。

⑥ 国際的な枠組みづくりの支援

国産のバイオマスで供給できるエネルギー量には限りがある。国産のバイオマスで供給できるエネルギー量としては、賦存量、利用可能量がそれぞれ1,667PJ/年（原油換算：4,334万kL）、1,261PJ/年（原油換算：3,279万kL）と推計されており、わが国の一次エネルギー供給量、年間23,823PJ（2005）のそれぞれ、7.0%、5.3%程度である。

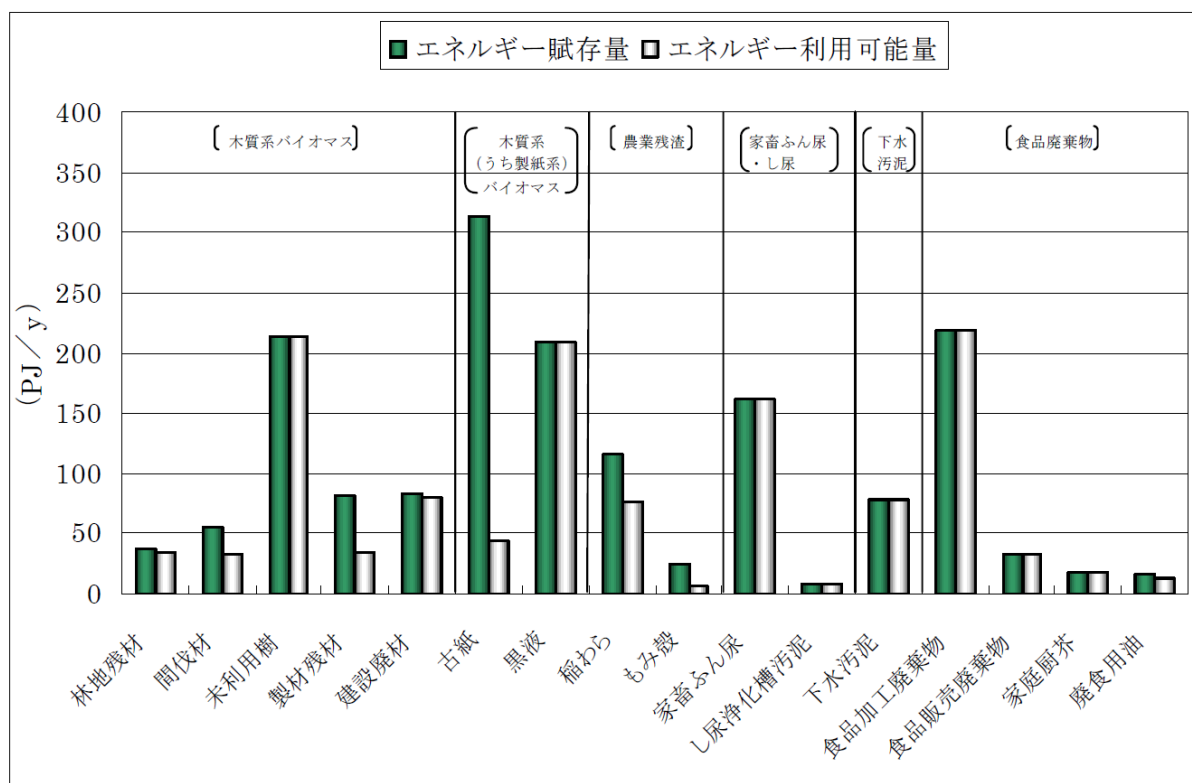


Fig 6-54 バイオマスエネルギー賦存量・利用可能量の推計²¹¹

国産の資源だけで不十分である場合、海外からの輸入という手段もあるが、これらは食料生産との競合や森林伐採の促進に繋がるなどの批判もある。このため、国際的な協定を結んで生産国における生産方法やその環境負荷にも十分配慮した制度が整備されている必要がある。

Box 68 : バイオ燃料利用の国際基準に関する国内外の動向^{212, 213}

国際バイオエネルギー・パートナーシップ（Global Bioenergy Partnership : GBEP）は、G8各国とブラジル、中国、インド、メキシコ、南アフリカの5カ国の首脳の間で合意のもと発足した枠組みで、2006年5月1日に、バイオエネルギーの持続的発展を目的としてFAO（国連食糧農業機関）の下部に組織された。

その具体的な活動の趣旨は以下のようにまとめられる。

- ・再生可能エネルギーの開発及び商業化を促進し、特にバイオマスの利用が普及している開発途上国において、より広範で費用対効果の高いバイオエネルギーやバイオ燃料の導入を支援する
- ・投資や技術移転促進の方策や手段を見出すための、実効性ある政策枠組みに関する対話の機会を提供する
- ・環境、社会、経済的要素を踏まえ、バイオエネルギーが持続可能な開発に最大限貢献することを念頭に置いた協カプロジェクトの形成・実施
- ・バイオエネルギーの生産、輸送、転換、利用、通商に関する国際的な研究や開発、実証、商業活動などの形成実現のための自主的・非拘束的枠組みの提供

GBEPは現在、バイオ燃料の持続可能性に関する科学的な基準や指標の策定作業を行っており、2009年4月までにレポートをまとめてイタリア・マッダレーナ島にて開催予定のG8サミットに提出することとしている。この基準・指標策定作業については、2008年7月に開催されたG8北海道洞爺湖サミット首脳宣言においてもその支援が表明されており、宣言中に「我々は、国際バイオエネルギー・パートナーシップ（GBEP）の作業を支持するとともに、バイオ燃料の生産と使用について科学に基づく基準と指標を策定するために、GBEPが他の利害関係者と共に、取り組むことを呼びかける。」と盛り込まれている。

これを踏まえ、日本の農林水産省では有識者による「国際バイオ燃料基準検討会議」が組織された。具体的な活動としては、GBEPのバイオ燃料持続可能性基準・指標検討へのインプットを企図して日本の立場について議論を重ね、2008年11月に議論のとりまとめ結果を公表している。その基本的な考え方として、バイオマスの利活用に関する基準は、地球温暖化防止、循環型社会形成、エネルギー安全保障向上、地域や農林水産業活性化、食料安全保障への貢献などの意義を踏まえる必要があるとしている。また、特に地域経済や農林水産業振興の観点から、国産エタノールと輸入エタノールの共存を図る必要があるとしている。

また、「温室効果ガス」や「土地利用変化／炭素ストック／森林減少」「生物多様性及び生態系保全」「食料安全保障」など、バイオ燃料生産・利用により影響を受けるさまざまな要素についての基準策定に対する考え方をまとめている。特に温室効果ガスについては、バイオ燃料のライフサイクル全体を通じた環境負荷発生量を把握し、化石燃料由来の排出量と比較した上でその効果の評価を行う必要があること、そのライフサイクルの考え方は土地利用変化を考慮したものにすべきであること、対象となる温室効果ガスはCO₂だけでなくメタン（CH₄）や一酸化二窒素（N₂O）を含めるべきであること、副産物や廃棄物利用のバイオ燃料生産を促進するような指標が必要であることなどが挙げられている。

6.11. 「見える化」で賢い選択

(1) 目指す将来像

【省エネ効果の見える化】

住宅やオフィスには、デジタル式の電気・ガスメータ（スマートメータ）が広く普及しており、個別の機器の使用に伴うエネルギー消費量や CO₂ 排出量を常時計測することが可能となっている。また、得られたデータを分かりやすいかたちでユーザに表示し、それぞれ個人の行動パターンやライフスタイルに合わせてさらなる省エネ・省 CO₂ に向けたアドバイスを提供したり、空調や照明などを自動制御したりする LCS（Low Carbon Society：低炭素社会）ナビゲーションシステムが、全ての新築住宅・オフィスに普及している。これらのシステムの多くは高齢者の安全安心、家庭・オフィスのセキュリティ監視機能など、多様なサービスと併せて提供されている。

【製品環境情報の見える化】

商品の購入時には、製品に取り付けられたタグを携帯端末で読み込むことで、各製品の環境性に関する情報（ライフサイクル環境負荷など）やそれを選択した時の多様なメリットが、消費者に理解しやすいかたちで示されている。また、電化製品などでは、ネットワークを介して機器稼働状態がメーカーに送られ、メーカーから適切な指示（修理や買換え助言、廃棄処理方法）を受けられるようになっている。

＜解説＞

① 方策の枠組み

これまでの方策にも示されるとおり、低炭素社会実現のためには、まず各主体の行動がどのように温室効果ガスの排出に繋がっているのかを理解することが極めて重要である。本方策では主に消費者に焦点をあて、「見える化」による行動変化（低炭素型の消費行動へのシフト）を促す各種手段について検討したものである。ここで検討する方策は直接排出量の削減には寄与しない一方で、低炭素社会へのイノベーションには欠かせない重要な要素を含んでいる上、分野横断的な取り組みが求められることから、独立した方策として取り上げたものである。

② イノベーションに求められる技術・制度・インフラ

○デジタル電気メータ・ガスメータ（スマートメータ）

電力・ガス・水道の自動検針（AMR：automatic meter reading）から IT 活用による分散型発電に対応した次世代電力網（Smart Grid:高度情報化電力網）が整備され、家庭内総消費エネルギーの“見える化”や制御に活用されている。

OLCS ナビゲーションシステム

ここでは、人々の生活や業務活動を環境負荷の小さいものに導くための情報提供または制御を行うものを「LCS ナビゲーションシステム」と定義している。この代表的なものが HEMS (Home Energy Management System : 家庭エネルギー管理システム)、BEMS (Building and Energy Management System : ビルエネルギー管理システム) である。購買においては、製品に取付られたタグを携帯端末で読み込むことで、各製品の環境性能に関する情報 (ライフサイクル環境負荷など) やそれを選択した時の多様なメリットが、消費者に理解しやすい形で示される。製品の使用段階では、ネットワークを介して機器の稼働状態がメーカーに送られ、メーカーから適切な指示 (修理や買替え助言) を受けることができる。廃棄段階では、メーカーは稼働履歴より適切な処理方法を消費者に提示する。実際の処理は、機器およびその構成部品につけられた ID を参照することで行われ、稼働状況から判断した部品余寿命により、部品のリユースが活発に行われる。

消費財の購入や、電気・ガス・水道料金の支払い、公共交通の利用は、携帯端末で一元管理され、家計簿や環境家計簿として活用している人が多い。

なお、LCS ナビゲーションシステムの普及により、情報通信量が増加し、その流通を担うデータセンターの消費電力量が大きな問題となる可能性があるが、IT メーカーの自主努力や法規制により、増加を抑えることが必要となる。

LCS ナビゲーションシステムの具体的な内容としては以下のようなものが考えられる。

- ① 家庭内のエネルギー使用： 家庭内の電力・ガスをはじめとするエネルギー消費状況やその機器別の内訳が計測され生活者に提示される。
- ② 家庭内のエネルギー生産： 家庭に設置された発電システム (太陽光発電システムや燃料電池システム) や熱利用システム (太陽熱給湯器、地熱利用システム) などがあれば、そのエネルギー生産量とその家での使用エネルギーも提示される。
- ③ 自動車のエネルギー消費： 運転中の燃費状況が提示されると共に、燃費改善の余地なども運転者に提示される。
- ④ 移動全般のエネルギー消費： 携帯端末の GPS 機能や携帯マネー (Felica や Suica に相当) などにより個人の移動量や移動手段が特定され、移動に伴う CO₂ 排出量などが推計されて個人に提示される。
- ⑤ 購入物の生産のエネルギー消費： 買い物をするとき、それを生産・流通するのに要したエネルギー量が消費者に提示される。情報が提示されるのは食品や家電製品をはじめ商品全般に及ぶ。また生産した企業の環境経営度の情報なども提示される。
- ⑥ 住居のエネルギー効率の情報： 住居を購入・賃貸する際に、その住居の断熱性や明暗などの情報が提示される。

- ⑦ 個人・世帯のエネルギー消費： 以上①～⑤の情報を統合して、個人や世帯の生活全体に伴うCO₂排出量が計測され提示される。
- ⑧ 電力消費の自動管理： 不必要な空調・冷蔵庫・照明などの電力消費を自動的に削除する。
- ⑨ 電力のピーク管理のための家庭の電力消費制御： 各家庭の電力使用状況の情報（①と②の情報）と電力会社の電力供給状況の情報とを統合して、電力ピークを管理するための電力消費制御が図られる。
- ⑩ エネルギー消費の状況から、省エネ製品への代替や使い方の工夫によるメリットが提示され、省エネ製品（家電/自動車/住宅/エネルギー生産システム）の普及が促進される。
- ⑪ 個人・世帯のエネルギー消費・CO₂排出量の計測の結果から、CO₂排出抑制のための各種の奨励が与えられる。個人・世帯単位の排出量取引もそのひとつである。
- ⑫ 高齢者の安全・安心や、家庭やオフィスのセキュリティ・システムを兼ねる。
- ⑬ データセンターやIT機器の省エネ推進に資する技術や制度・仕組みなどが統合・最適化される。
- ⑭ 生活やビジネスのあらゆる側面でITによる社会全体の環境負荷削減貢献が「見える化」、普遍化される。

移動時に適用したケース



家庭での家電製品の使用に適用したケース



Fig 6-55 LCS ナビゲーションシステムの例²⁶³

Box 69 :LCS ナビゲーションシステムの例

上記①～⑭で紹介した LCS ナビゲーションシステムの基礎となる具体事例やヒントとなりそうな事例を以下に示す。

- ① 情報家電のモデルルーム。中国電力で家全体の電力使用状況が見られるシステムをつくっている。²¹⁴ 四国計測工業（株）の「省エネナビ」（電気の使用量や料金を表やグラフなどで表示することができ、目標値設定や比較なども可能である。）²¹⁵ 東京ガス（株）の「エネルギーリモコン」（給湯器で使用した水・ガスの使用量を表示する給湯器リモコンである。オプションで電力使用量表示も対応可能。）^{216, 217}
- ② シャープ（株）の省エネナビ機能を内蔵した「カラー電力モニタ」（太陽光発電システムの発電状況や自家消費電力量・料金など、発電・消費・売電状況をリアルタイムで表示する。）²¹⁸
- ③ 燃費メータは業務用のトラックなどには普及が進んでいる。一般用の燃費メータも対応車種に対しては2～4万円程度で販売されている。燃費を意識した運転をすることにより、燃料節約やCO₂排出削減効果が期待できるという。最近ではエコドライブのサポート機器として紹介されていることも多

い。219, 220

- ④ 路線検索ソフト「駅すばあと」((株) ヴァル研究所)では、検索した経路を電車やバス、飛行機、自家用車などの交通機関で移動した場合のCO₂排出量が表示され、比較が可能になっている。²²¹
- ⑤ 英国(Tesco)やオランダ(Royal Ahold)などでカーボンラベリングが実施されている。^{39, 222}国内では、サッポロビールが2009年からの実施を公表しているほか^{40, 41, 42}、大手スーパーがプライベートブランド商品での実施を検討している例もある。
- ⑥ デンマークでは既に義務化されており¹⁴、東京都では「マンション環境性能表示制度」¹⁹など、導入に向けた動きがある。
- ⑦ 携帯電話を利用したシステムとして、北米では生活に伴う温室効果ガスの排出量(カーボンフットプリント)を、携帯電話を用いて試算することができるサイト「ecorio」が開設されている²⁶¹。EUでは、ユーザの二酸化炭素排出量を測定し、環境問題への貢献度を測る携帯電話用のアプリケーション「mobGAS」が提供されている。「ある家電機器を使った」などの特定の活動、または「バスで出勤した」などの特定の日において、どれだけ二酸化炭素を排出したか知ることが出来るシステムである²⁶²。

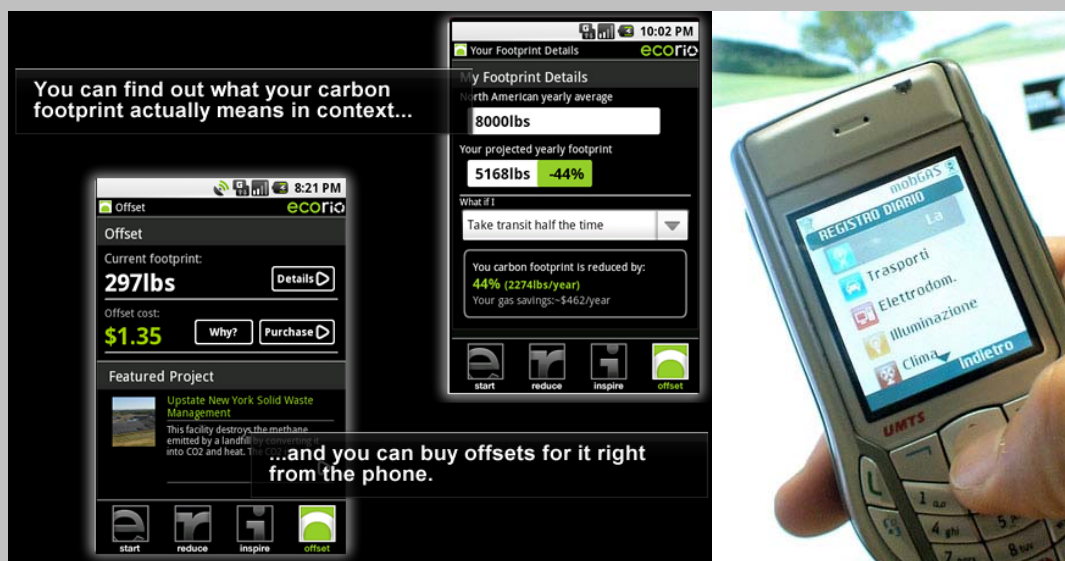


Fig 6-56 携帯電話を用いた LCS ナビゲーションシステム Ecorio²⁶¹ (左)と mobGAS²⁶² (右)

- ⑧ HEMS (Home energy management system) や BEMS (Building and Energy Management System) の実証実験が、NEDO などを中心に行われており、大手家電メーカー各社も技術開発を行っている^{225, 226}。実用化段階に入った事例としては、店舗の冷設機器や照明設備の制御を対象にした三洋電機(株)の「エコストアシステム」²²⁷や、ビルの空調を制御するダイキン工業(株)の「省エネ当番」²²⁸があり、これらは2008年のエコプロダクツ大賞(エコサービス部門)を受賞した。三菱電機(株)のエアコンの「ムーブアイ」なども相当する²⁶。
- ⑨ 欧米における電力マネジメントは自動検針(AMR: Automatic meter reading)自動制御に始まり、電力量の「見える化」による省エネルギー効果が期待されている。すでにイタリアでは、2005年に2,700万世帯にAMRが普及しており、また米国ではニューヨーク州にて2008年度を初年度とするAMI(Automatic Metering Infrastructure)化実施計画が進んでいる(100万世帯規模)。米国電気業界の認識として、この先に分散型発電に対応したSmart Grid(次世代網)の構想がある。²²³

国内のAMRの例としては、東京水道局、東京電力および東京ガスの3事業者による自動検針の共同化の検討についての実証実験(平成12年4月~平成14年3月:東京都内の戸建・集合住宅の約160世帯を対象とする)が行われた。²²⁴

また、民間各社が開発したシステムもある。Panasonic 電工(株)では「エミット・ホームシステム」(携帯電話やパソコンと建物内の電気機器をインターネットで結び、状態確認や遠隔制御を可能とするシステムで、住宅のセキュリティ向上に関する機能もある。)を応用した「ライフィニティ・ECO マネシステム」(部屋単位や機器別の電気使用量・料金・CO₂排出量の表示機能と、目標設定や様々な時間単位での比較機能があり、省エネアドバイスやピークカット機能もある²²⁹。)があり、既に実用化・販売されている。さらに、東京ガス(株)とNTT(株)が共同で「リモートプラス(Remote+)」(上記のエミット・ホームシステムと類似しているが、電気機器だけでなく給湯機器やガスの制御に関してもIT機器を通じて状態確認や遠隔制御を行うシステムで、やはりセキュリティ向上に配

- 慮した機能も提供している²³⁰。)を開発し、こちらも既に実用化・販売がなされている。
- ⑩ 日立建機(株)の「e-Service Owner's Site」(ネットワーク通信インフラを機器に装備して機器の保守管理をサポートしたり、異常発生時には位置情報や機器状況の情報をメーカーが取得して対応の迅速化に役立てるなどのサービス提供を行う²³¹。)
- 環境省の省エネ製品買い替えナビゲーション「しんきゅうさん.com」(エアコン、テレビ、冷蔵庫、照明器具の家電4品目について、買い替えたときに電気料金やCO₂排出がどれだけ減るかを検索できるシステムをWeb上で公開している。また、大手の家電量販店などと協力し、店頭でも携帯電話を使って同様の情報が検索できるようにしている。)²³²
- のようなサービスを組み合わせて、製品メーカーや販売店などが利用者に情報提供を行うイメージに近いのではないかと思われる。
- ⑪ 英国で Personal carbon allowance の実施の試みがある²³³。
- ⑫ EcoDesign2007などで検討例がある²³⁴。
- 上記のPanasonic 電工(株)のエミット・ホームシステムや東京ガス(株)+NTT(株)のリモートプラスも同様のコンセプトを持つシステムである。
- また、誰にとっても使いやすい製品やシステムの構築を目指す「ユニバーサルデザイン」のコンセプトの中に、高齢者の安全・安心やセキュリティ向上、環境負荷低減や持続可能性への配慮も盛り込まれている。
- ⑬ 米国では政府レベルでIDC(Internet Data Center)の電力消費量増加に関する懸念が示されている。具体的な動きとしては「IDCの省エネ法」が2006年7月に可決され、米国環境保護庁が政府管轄にあるIDCをモデルケースとして、エネルギー消費量の特定と、よりエネルギー効率の良いサーバーに置き換えた場合のコスト削減効果を調査するように指示を出した。米国政府試算によると、IDCは年間33億ドルに匹敵するエネルギーを消費しており、今後5年間で電力消費量は倍になると予測されている²³⁵。
- また、民間でもAMD、HP、IBM、Sun、intel、DELL、MicroSoftらがIDCの省電力化に取り組むNPO「The Green Grid」を設立(2007年2月)している²³⁶。この「The Green Grid」には、日本のソフトバンクIDC(株)も2008年5月に加盟しており、既存データセンター設備の空調効率を改善する冷却方式の実証実験のほか、太陽光発電の採用、排熱の効果的活用など、データセンターのグリーンITについて継続的に取り組んでいくとしている²³⁷。
- ⑭ 経済産業省「グリーンITイニシャティブ会議」(2007年12月6日)が設立され、「ITの省エネ」と「ITによる省エネ」の実現をコンセプトに議論が重ねられている。産業界でもこれと連動してグリーンIT推進協議会を2008年1月に設立している^{238, 239, 240}。

○製品環境情報の見える化(カーボンフットプリント)

消費者が商品を選択する際の判断基準は多様であるため、環境性能のみに注目した商品開発が進むことは考えにくい。しかし、環境負荷情報が何らかのかたちで購入時に示されることによって、消費者の消費行動は確実に変わるはずである。課題は製品製造時・使用時・廃棄時の環境負荷情報をどのように算出し、かつ消費者が容易に入手できるような仕組みをつくり出すかである。商品購入時に関してはレジを通した製品のCO₂排出量が自動的に端末機器に送信され、毎月のCO₂排出量が示されたり、CO₂排出量を下げたためのアドバイスが得られたりすれば、消費者の商品選択に際しての環境意識を喚起することができる。その上、このような消費行動を促進することによって環境の付加価値も高まるため、結果的に企業の排出量削減に向けた努力を後押しすることになると期待される。一方で商品の廃棄については、商品の使用状況などによって適切な買い替え時期は変わってくる。これらを個人消費者が独自に判断するのは困難であるため、ネットワークを介して機器の稼働状態がメーカーに送られ、メーカーから適切な助言(修理や買換え助言、廃棄処理方法)を受けることができるようになるなど、消費者に負担をかけずに環境負荷を低減させることができるような仕組みをつくるのがカギとなろう。

(2) 実現への障壁と段階的戦略

【基盤整備期】

LCS ナビゲーションシステムを導入する上で基盤となるスマートメータを普及させるため、明確な普及目標（5年以内に全ての住宅やオフィスに普及させるなど）を定め、需要家への啓発やキャンペーン、エネルギー会社への導入資金援助などを通じて導入を後押ししていく。一方で、コンビニやスーパー、生協、家電量販店などの小売店と協力し、ライフサイクル環境負荷などのデータが得やすい商品（例えば自主企画商品など）を対象に試験的にライフサイクル環境負荷情報の表示（カーボンラベリング）を行う。同時に、これらの制度の実施に協賛するメーカを広く募集して、環境情報を表示する対象商品を徐々に拡大していき、ラベリングに必要なデータやノウハウの蓄積を進めておく。また環境負荷計算方法やラベリングの表示方法などの規格を定めると共に、第三者機関によるカーボンラベリング認証制度を整備し、消費者が統一した指標で商品の環境負荷を比較することができるように、制度設計を行っておく。

【システム開発・統合期】

様々な情報を統合的に整理して表示するLCSナビゲーションシステムの開発には、開発段階から利用者やシステム導入者とのニーズを十分に理解して開発することが重要となるため、潜在的なシステム購入者を選定してヒアリングを行いニーズの把握を行う。これらのニーズをもとに、技術者・有識者・ユーザが議論する場を提供し、合議の下で決定したシステムの技術仕様を提示して開発事業者を公募する。あらかじめニーズを把握し、一定数の需要を確保することで開発者にシステム開発のインセンティブを与えつつ、利用者やシステム導入者が求める製品機能、価格、エンターテインメント性が付与されたシステムデザインの実現を追求していく。さらに、家電製品やオフィス機器には、環境情報をやりとりするための情報通信機能の設置を機器メーカなどに義務付け、全ての機器の情報がLCSナビゲーションシステムに集約されるようシステムの統合を押し進める。

【インセンティブ導入期】

カーボンラベリング制度やLCSナビゲーションシステムを活用し、企業や政府による個人・事業者の環境負荷低減のインセンティブ制度導入を進め、個人・事業者の環境意識向上による低炭素型ライフスタイル・ビジネススタイルを浸透させていく。

<<解説>>

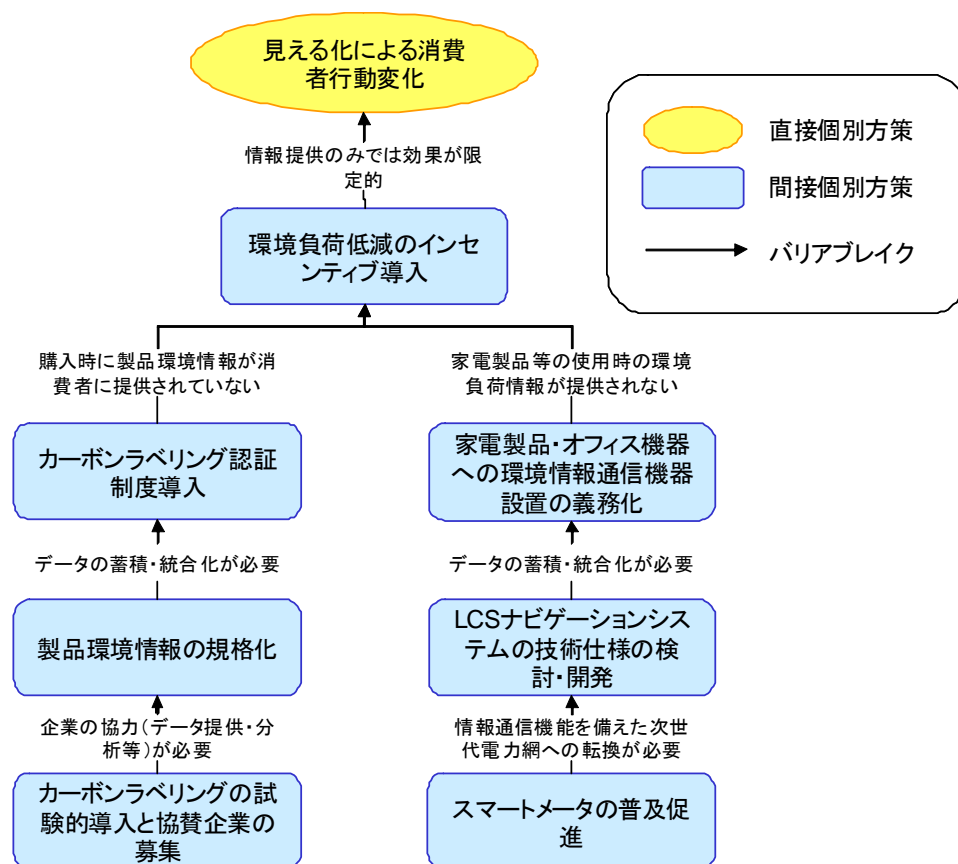


Fig 6-57 施策相関図（方策11）

① 環境負荷低減のインセンティブ導入

本方策の目的は「見える化」の促進のみならず、それによって消費者の選択・行動に変化を起こすことである。意識の高い消費者の中には、環境情報の見える化が進むことによって環境負荷低減に向けた行動へと自発的にシフトさせることができる人もいと考えられるが、その効果を後押しするためには経済的・社会的インセンティブを導入することが必要不可欠である。

Box 70 : 環境省のエコ・アクション・ポイント²⁴¹

環境省ではエコ・アクション・ポイントという公募型事業を試行している。これは、消費者が温暖化対策型の商品やサービスを購入する際などにポイントを付与され、貯まったポイントで様々な商品・サービスとの交換や、その他のポイントや電子マネーとの交換などができる仕組みの事業となっている。

この事業の実施が検討された背景には、一般消費者は、温暖化問題への意識は高いものの、その意識が実際の「温暖化対策型商品・サービスの選好」や「省エネ行動」にあまり繋がっていないという状況が存在していた。（流通業界の見方では、地球温暖化に対して「関心がある」層は9割を超えているが、「温暖化対策型商品の選択」という積極的な行動を起こしている人は、5%程度に留まるとの指摘がされている。）

そこで、消費者にとって「温暖化対策行動を取ることが魅力的だ」と感じるようなインセンティブの提供と、企業がビジネスとして自立発展させることのできるモデルとして普及させるという観点から、ポイント付与システムの応用が考案された。

エコポイントが付与される行動は、ハイブリッド車やリサイクル製品、地産地消商品、カーボンオフセットつきツアーなどの温暖化対策型商品・サービスの購入など、温室効果ガス削減に資するものに限定される。それに対して、エコポイントを利用できるメニューは柔軟性を持たせ、様々な商品・サービスとの交換、な

なかなか手に入らない限定商品との交換、他のポイントや電子マネーとの交換など、大多数の一般消費者がメリットを感じる広範なメニューを設定するとしている。

この事業の仕組みは、現在、企業で発行している販促ポイントと同様のもので、商品やサービスを提供する企業などがポイントの原資を出資し、必要な設備も既存のものとなるべく活用することとしている。よって、企業の販売促進・環境コミュニケーション活動にリンクさせつつ、自立したシステムとすることが可能であり、更なる拡大・発展が期待できるとしている。今後は、既存の市場に適合したビジネスモデルの構築と、今後も拡大が予想されるポイント市場規模（2006年時点で約6,600億円）に埋没しないように、エコポイント市場を拡大させることが必要との指摘がなされている。

② カーボンラベリング認証制度の導入

環境負荷低減のインセンティブを導入するためには、個別の製品の環境負荷が比較可能なかたちで提示されている必要がある。そこで、本方策ではカーボンラベリング認証制度を提案している。ここでいうカーボンラベリング認証制度とは、いわゆる「カーボンフットプリント」情報を公的機関や第三者機関が認証する制度のことである。多種多様な製品の環境負荷をある程度統一的な算出方法によって計算することが重要であるが、このような情報を提供することにより、CO₂排出量に対して支払意思額の高い消費者などに対して、消費行動変化のインセンティブを与えることができる。

③ 製品環境情報の規格化

上記のようなカーボンラベリング認証制度を導入するためには、製品のライフサイクル環境負荷の算定手法について統一的な規格を設ける必要がある。比較的環境負荷の大きい製品や環境負荷情報が入手しやすい製品などから、徐々に規格化の範囲を広げていくことが必要となろう。

④ カーボンラベリングの試験的導入と協賛企業の募集

カーボンラベリング制度の規格化を進めるにあたっては、製造プロセスにおける環境負荷も把握しておく必要があるため、企業の協力が必要となる。また、実際にカーボンラベリング制度を試験的に導入してその課題や問題点について十分に検討しなければ、規格そのものの意義や信頼性が失われる結果ともなりかねない。そこで、特定の地域において代表的な製品を例に協賛企業を募り、カーボンラベリング認証制度の試験的導入を行うとともに、継続的なデータの収集・分析作業を行っていく必要がある。

⑤ 家電製品・オフィス機器への環境情報通信機器設置の義務化

製品購入時とともに、製品の使用時・廃棄時における環境配慮型行動への誘導も重要である。特に家庭内においては、それぞれの世帯のCO₂の排出特性が示されれば、不要なエネルギー消費の削減に繋がると期待される。このためには、家電製品やオフィス機器の環境負荷をリアルタイムにモニタリングし、それらを統合的に評価するシステムの導入が期待される。一般に家電製品やオフィス機器の耐用年数は比較的短期のものが多いため、環境情報通信機器設置が標準装備さ

れるようになって以後、10～20年で全ての家電機器の情報を統合的に取り扱えるようになると考えられる。

⑥ LCS ナビゲーションシステム技術仕様の検討・開発

多様な家電機器の情報を統合的に取り扱うためには、統一した規格のもとでLCSナビゲーションシステムを開発する必要がある。NECなどによって提案されている「INEMS」など既存のシステムを参考にしつつ、データ授受のインターフェースなどLCSナビゲーションシステムの技術仕様について、需要家も巻き込んだ幅広い議論にもとづいて開発を行うべきであろう。

Box 71 : INEMS (情報通信機器の消費電力自動管理システム) (NEC (株))^{242, 243}

NEC (株) では、(独) 国立環境研究所、東京大学先端科学技術研究センターとの共同で、ソフトウェアでパソコンの使用電力量のモニタリング・制御を可能にする「情報通信機器の消費電力自動管理システム」(INEMS) に関する技術を開発し、2007年5月に発表している。これは環境省地球温暖化対策技術開発事業の一環として行われたものである。

INEMS は、「機能別の消費電力情報の常時モニタリング」「過去データとの比較」「利便性を失わず最適な稼働モードへのシフト」「消費電力量目標値設定」「ネットワークを介した複数のパソコンの同時管理」などの機能を有し、2007年発表時には2年後の商品化を予定しているとした。また当時の試算では、2020年のパソコン使用に伴うCO₂排出量は約590万t-CO₂に達するとされ、INEMSのモニタリングシステム・制御システムが全てのパソコンに行き渡った場合は、約160万t-CO₂の削減効果が見込まれるとしていた。

⑦ スマートメータの普及促進

各種家電製品・オフィス機器のデータを統合的に取り扱い、分析可能とするためには、既存のメータから情報通信機能も備えた電気メータ（スマートメータ）への移行を急ぐ必要がある。関西電力（株）では、2008年9月に約1,200万台の電力メータを、通信機能を持つ新型メータに交換することを発表しており、これにより消費者が、日別・時間帯別の使用量データなどをインターネット上で確認できるサービスの導入も検討している。

Box 72 : 関西電力（株）のスマートメータ²⁴⁴

関西電力（株）では、家庭に設置されている約1,200万台の電力メータを、通信機能を持った新型メータ（スマートメータ）に交換すると共に、同社の光ファイバー網を活用した自動遠隔検針システムを敷くと発表している（2008年9月）。このシステムについては、1999年より研究が開始され、現在では約3,000台のスマートメータを導入した実証実験を進めており、順次規模を拡大しながら本格導入に向けて取り組みを進めていくとしている。

また、このシステムの導入により、以下のような顧客サービスの向上や業務運営の効率化が期待されているという。

顧客サービスの向上

・エネルギーコンサルティングの充実

従来は月単位での電力使用量に応じたコンサルティングが行われていたが、新システム導入後は30分単位での計量が可能となるため、きめ細かな料金試算や契約の提案が可能となる。また、希望に応じて家電製品などの機器毎の使用量計算も可能で、機器の使い方に関するコンサルティングも可能となることである。さらに、日別・時間帯別の使用量データをインターネット上で確認できるサービス導入についても検討しているという。

・停電復旧作業の迅速化

現状では停電が発生した際、その該当地域に職員が出向いて調査を行ってから復旧作業が開始されていたが、新システム導入後は、スマートメータの稼働状況から停電状況を遠隔から確認できるため、停電の範囲や原因箇所を特定しやすくなり、早期復旧に繋げることができるとしている。

業務運営の効率化

・現場作業の効率化

従来、膨大で多岐に渡る計量関係業務（毎月の検針業務・引越時処理・契約変更に伴うメータ取替え・メータのカレンダー設定など）は、作業員が現地に赴いて一つひとつ対応するしかなかったが、新システムの導入により、その作業が軽減・効率化されると共に、作業現場が危険箇所（屋上・工事現場など）である場合の安全確保にも寄与できるとしている。

・設備形成の効率化

従来は、柱状変圧器などの配電設備設計の際には、月単位の電気使用量にもとづいて負荷計算を行っていたが、新システム導入後は、30分単位での計量が可能なため、顧客の電気使用状況に即した負荷計算による効率的な設備形成が可能になるとしている。

6.12. 低炭素社会の担い手づくり

(1) 目指す将来像

【スペシャリストの育成】

大学・大学院および研究所に在籍する地球温暖化の研究者・専門家は1万人程度になっており、温暖化問題に対する理解や対策技術の開発も進んでいる。また、低炭素社会づくりに関する広範な知識を持ち、多角的な視点から家庭内や企業活動に伴うCO₂排出量削減のアドバイスを提供する「低炭素アドバイザー」が社会で活躍しており、この資格の取得者は5万人を超えている。

【知識と情報の共有】

地球温暖化問題に関する基礎的な知識や様々な温暖化対策については、学校での環境教育や企業での研修などを通じてあらゆる世代の人々に浸透している。また放送や新聞など各種メディアは、環境問題に関するコンテンツを提供し、最新の研究で得られた知見など常に新しい情報を提供している。また、その他にも各種環境イベントの開催や、Webを利用したエコライフ実践に関する情報交換などを通じて、低炭素型のライフスタイルやビジネススタイルを確立するための情報や知識が共有されるようになっている。

【低炭素型ライフスタイル・ビジネススタイルの浸透】

地球温暖化問題に関して、科学的知見にもとづいた正しい知識を持ち、その知識にもとづいた低炭素型のライフスタイル・ビジネススタイルを実践することが、一般の人にとっても当たり前となっている。また、低炭素社会づくりを実現するために主体的に行動する人が多くなっており、自分が居住する地域の都市計画や地方行政の施策などに積極的に参加している。

＜解説＞

① 方策の枠組み

本方策も「方策11」と同様分野横断的なものである。低炭素社会に向けた社会イノベーションを起こすためには、これまでに示したような技術・制度・インフラのイノベーションのベースとなるものとして、人々の環境意識や価値観のイノベーションが求められる。そこで、一般の人々への環境意識の醸成、低炭素社会の専門家の育成、情報共有のための様々な手段（メディア）・経路の確保などに着目した方策を提案している。

② イノベーションに求められる制度・インフラ

○低炭素アドバイザー制度

CO₂排出量削減のための専門的な知識や最新のノウハウを国民全てが理解することは、理想ではあるものの現実的ではない。低炭素社会づくりに関する広範な知識を持ち、多角的な視点から家庭内や企業活動に伴うCO₂排出量削減のアドバイスを提供する専門家が、あらゆる地域に分散していることが望ましい。

(2) 実現への障壁と段階的戦略

【教育スタイル確立期】

教育年齢に合った環境教育の教材やカリキュラムを作成する。また、子どもに環境意識を浸透させることによって、親や兄弟にも環境の意識や行動が波及的に浸透するよう、親子参加型の教育プログラムを開発し、各種教育プログラムの効果を分析して効果的な教育プログラム実施のためのノウハウを蓄積しておく。一方で、教職員の知識レベルの向上を図るため、教員採用試験に環境問題に関する科目を追加すると共に、教職員を対象とした環境の研修も開催していく。また、低炭素社会アドバイザーの資格制度の構築に向けて、有識者を集めて議論を開始する。また、一般の人に対しても適切な情報提供を行うために、NGOや企業などと協力しつつ、各地で環境イベントや講習会を開催すると共に、情報提供・情報交換用のWebサイトの開設などを行う。

【環境教育浸透期】

小学校、中学校、高など学校までの教育機関において、環境に関する授業を必修科目とし、各種教育プログラムを実施していく。また、低炭素アドバイザーの資格制度を導入すると共に、大学・大学院に資格取得のための専門学科を設置する。さらに、企業に対しては一定数の低炭素アドバイザー有資格者の雇用を義務付け、社員全員が低炭素アドバイザーによる研修を定期的に受講するよう指導していく。

【教育効果安定期】

環境問題に対する対策の必要性が市民に浸透し、新たな対策を行う際に、効果的かつ適切な宣伝や教育が行われる。教材などは新しい知見に基づいて常に改訂し続けていく。また、市民が常に環境問題に対し深い関心を持ち続けるよう、環境教育や環境行政の在り方などについて議論する場を提供し続けていく。

<< 解説 >>

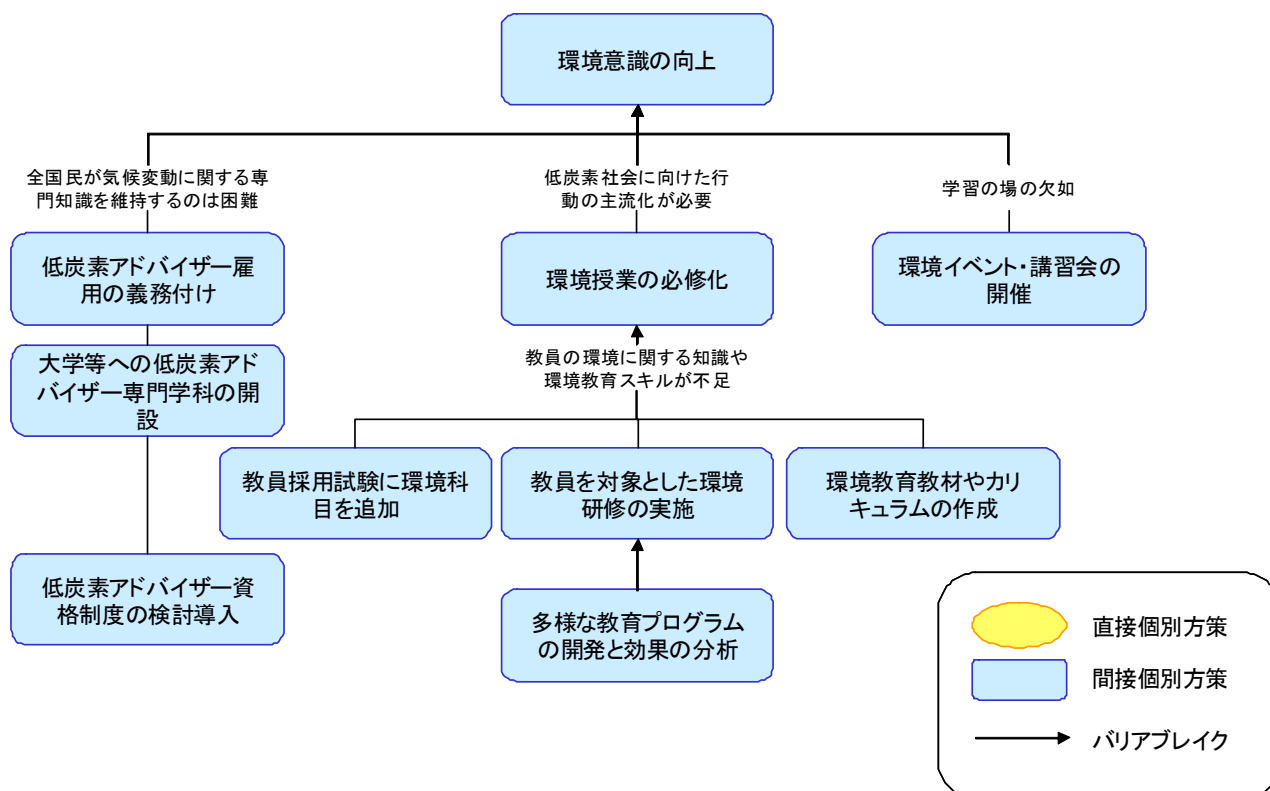


Fig 6-58 施策相関図（方策12）

① 低炭素アドバイザー雇用の義務付け

低炭素社会づくりの専門家である「低炭素アドバイザー」の雇用を企業の規模に応じて義務付け、企業活動における低炭素化へのアドバイスや排出量の計測・報告、社員への環境意識教育などを行う専門家を各企業に配置する。また、各自治体においても一定の低炭素アドバイザーを配置し、一般国民向けの情報提供を行ったり、相談窓口をつくるなどし、低炭素の専門家を広く育成するとともに、有資格者の受け入れ先を確保する。

低炭素アドバイザーの数については、企業活動および家庭内の活動に伴うCO₂排出量に関する報告が適切に行われているかを評価・証明する必要があることから、少なくとも公認会計士と同程度の有資格者数が必要であると仮定し、ここでは5万人（金融庁では平成30年までに公認会計士の総数が5万人になると想定）とした²⁶⁹。また、地球温暖化の研究者・専門家に関しても正確な統計が存在しないため、大学・大学院および非営利組織・公的機関に属する研究者のおよそ5%が継続的に気候変動を専門に研究していると想定しているが、ここで示した研究者数や有資格者数などの目標値の妥当性については、今後詳細な分析が必要である。

Box 73 : 家庭版 ESCO 推進事業と家庭省エネ診断員養成 ^{245, 246, 247}

環境省は2007年6月に、専門家のアドバイスや低利融資制度などを通じて、家電製品の買い替えやリフォームなどの家庭の省エネを促す制度の普及を図ることを発表し、同年7月から滋賀県で省エネ性能の高い家電への買い替えなどを対象としたモデル事業を開始している。この事業開始に際して、びわこ銀行や滋賀県電器商業組合、滋賀県、滋賀県地球温暖化防止活動推進センターの連携のもと、「滋賀県家庭版 ESCO 推進協議会」が設立されている。

この事業は、企業の省エネ対策のコンサルティングから施工、施工後の評価や保守管理などまで一括して請け負い、削減された光熱費から収益を得る ESCO (Energy Service Company) 事業*を、家庭に適用しようという試みである。この家庭版 ESCO 事業では、省エネの専門知識を持つ電器店員のような「家庭省エネ診断員」が、省エネ機器の導入やリフォームなどにより、光熱費削減などのメリットがあることを消費者に示してその導入を促し、機器の購入や施工などに係る費用については、低利で融資が受けられるようにし、その返済には光熱費削減分を充てる、という仕組みを採用している。

「家庭省エネ診断員」は、県が候補者を募集して養成している。候補者は講座や実地研修等を通して ESCO メカニズムや診断ツールの操作等について学び、最終的には認定試験が課され、合格者に対して認定証が交付される。認定者は ESCO 推進協議会に登録し、要請に応じて各家庭に派遣される仕組みとなっている。

具体的な事業の流れは以下のようになっている。

- ① ESCO 推進協議会などによる広報を通じ、省エネ・ESCO 診断に興味をもった家庭が ESCO 推進協議会に診断を申し込む。
- ② ESCO 推進協議会では、登録されている家庭省エネ診断員を当該家庭へ派遣する。
- ③ 診断員は ESCO 診断ツールを用いて、省エネ対策、省エネ製品への買い替えを提案する。
- ④ 家庭は金融機関の家庭版 ESCO ローン(優遇金利)を利用し、地域の電気店から省エネ機器を購入する。
- ⑤ 事業を利用した家庭は、光熱費節減額を原資の一部としてローンを返済する。

従来、高効率機器は購入価格が割高なため、消費者は買い替えの際に安価だが省エネ性能も劣る機器を選ぶケースが多いが、この事業が軌道に乗れば、家庭部門からの CO₂ 排出量削減への貢献とともに、地域の活性化にも貢献できると期待されている。

* ESCO 事業は、1970 年代の石油危機による原油価格の高騰を契機として米国で誕生した「省エネルギーサービス事業」で、省エネルギーに関する包括的サービスを顧客に提供し、改修に必要な経費を顧客のエネルギーコスト削減分から賄うビジネス形態をいう。

一般的な省エネルギー改修工事の場合、設計、工事、設備の運転管理などのそれぞれの契約は別々となることが多いため、省エネルギー効果が保証されるわけではない。しかし、ESCO 事業の場合は、省エネルギーの予備診断、詳細診断、実施計画の立案、施工、省エネルギー効果の計測・検証などを一括して請負うため、省エネルギー効果の保証が可能となる。さらに、設備の運転管理・保守・点検まで契約に含める形態を取ることで、顧客・事業者ともにより多くのメリットが期待できるとされる。

この事業形態では、省エネルギーで実現する経費節減分で省エネルギーへの投資を賄うために、実質顧客に新たな費用負担が発生しないことになる。また、この事業は省エネルギー効果の保障を含む契約形態を取ることが多い。これは、省エネルギー効果が発揮できず顧客が損失を被るような場合には、損失分を ESCO 事業者が補填する仕組みを備えており、顧客の利益最大化を企図するものとなっている(逆に予想以上に省エネが達成された場合には双方にボーナスが発生する)。こうした契約は一般的に「パフォーマンス契約」と呼ばれ、ESCO 事業の重要な要素になっている。

② 大学などへの低炭素アドバイザー専門学科の開設

このような低炭素アドバイザーを普及させるにあたっては、アドバイザーを育成する機関が必要である。そこで、あらかじめ低炭素アドバイザー育成のための専門学科を大学・大学院に設置する。

Box 74 : 「低炭素社会デザイン」の大学院専門学科発足 (慶應義塾大学大学院) ^{271, 272}

慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科には、修士課程に「低炭素社会デザインコース」が設置され、2009年4月より開講している。これは、環境省が実施する平成20年度「環境人材育成のための大学教育プログラム開発事業」の一環で設置されたコースである。低炭素社会を構築していく際に求められる事業の企画・開発、炭素削減クレジットの市場流通拡大などについて、実践的なスキルを持つ職業人(環境人材リ

ーダー)の育成を目指している。

講師陣としては、慶應義塾大学政策・メディア研究科の教官のほか、CDM事業開発や炭素クレジット市場で先進的な取り組みを行っている民間企業、NPOや研究機関から特別研究教員を招請予定とのことである。

授業内容としては以下が予定されている。

- ・気候変動問題の科学的基礎、気候変動国際レジーム形成過程、排出量の把握・可視化と自己管理
 - ・各分野の低炭素化対策の技術の内容、削減効果、費用、課題
 - ・温暖化対策の経済学的基礎、低炭素化事業の利害調整・合意形成、資金調達(CDM、自主炭素市場、グリーン電力等)、投資効率・相乗便益効果分析
 - ・ベースライン排出量・吸収量算定演習、低炭素化対策事業実施による削減量(CER、VER)算定演習
- このような講義・演習を通して低炭素社会構築のための専門的知識と基礎的なスキルを養い、さらにインターンシップやアジア地域でのフィールドワークなどを通して、より実践的なスキルを養うとしている。

修了者は、行政における低炭素社会政策立案や、環境経営・ビジネス分野でのリーダー、コンサルタントやアドバイザーとしての活躍が期待されている。

Box 75 : 大学におけるサステイナブル・キャンパス (Sustainable Campus) の取り組み

2008年7月の北海道洞爺湖サミットに合わせて開催されたG8大学サミット(G8メンバー国内にある27大学の総長などが集まり、世界において大学が果たすべき役割について議論する)では、世界のサステイナビリティ(持続可能性)実現のために大学が果たすべき責務と、その達成のための具体的な取り組みについて議論し、「札幌サステイナビリティ宣言」を採択した。そして、この成果をG8首脳や国際社会に対して積極的に提案し、働きかけていくこととしている。

その宣言の中で、大学自身がその運営や研究教育を通し、社会の様々なステークホルダー(利害関係者)との交流を行い、持続可能な社会実現のモデル実験の場として自らのキャンパスを活用していくことの重要性が確認されている。大学をこのような社会実験の場とすることは、将来社会の持続可能性を担う学生のスキルや行動様式を育むという意味でも重要であり、次世代の社会づくりにも貢献することになるとしている²⁴⁸。このようなサステイナブル・キャンパスの取り組み構想は、2006年のダボス会議(世界経済フォーラム年次総会)での会長提言や、国際研究型大学連合(International Alliances of Research Universities: 世界トップクラスの10大学が持続可能性や高齢化などのテーマに関して共同研究を行う枠組み)の取り組みをきっかけとして生まれてきたもので、現在ではケンブリッジ大学やスイス工科大学、エール大学、東京大学など、世界の主要な大学が「サステイナブル・キャンパス・プログラム」の一環として、CO₂排出量削減の実験に取り組むに至っている²⁴⁹(CO₂排出量削減の他にも、社会の持続可能性に寄与する様々な要素は存在しているが、緊急性の高い課題としてまずキャンパスの低炭素化に取り組むことが重要との認識に基づいているようである)。

例えば東京大学では、学内に東大サステイナブルキャンパスプロジェクト(Today Sustainable Campus Project; TSCP)室という専門組織を設置し、そこを中心としてキャンパス低炭素化の取り組みを進めていくとしている。具体的には、「2008年度から2012年度までの間に、非実験系からのCO₂排出量の15%削減(2006年度比)」という目標を掲げ、電力計の設置(見える化)や省エネ機器への更新支援、大量調達による省エネ機器普及モデル作成などを通じて、その目標達成を目指しているとのことである(TSCP-2012アクションプラン)。また、「2030年度までに、CO₂排出量を2006年度比50%削減」を目標とし、更なる高効率機器の導入や創エネルギー技術の適用などを通じて、その目標達成を図ることとしている。その具体案は2012年までに検討するとしている(TSCP-2030アクションプラン)²⁵⁰。

また、米国のエール大学(Yale University)では、キャンパスから発生する環境負荷の削減や地産地消、社会的な側面の改善など、キャンパスのサステイナビリティを高めるためのさまざまな活動が推進されている。具体的には、2020年のキャンパスからのCO₂排出量目標を1990年比-10%に設定し、その達成のために、再生可能エネルギー積極活用、カーボンオフセットの活用、廃棄物処理適正化、大学を含む街全体の交通政策の検討などが実施されている。この実施に関しては、学内に専門オフィスを設置して全学的な取り組みとして研究教育と一体化して推進する体制を整え、他大学との連携も積極的に行っていくとしている²⁵¹。

③ 低炭素アドバイザー資格制度の検討・導入

このように低炭素アドバイザーの普及施策を実施するためには、低炭素アドバイザーの資格制度について検討し、制度を構築しておく必要がある。

④ 環境授業の必修化

上記のような専門家の育成に加え、学校教育の中で環境教育を主流化させることも有効である。そのひとつとして考慮すべきは環境科目の必修化である。児童への教育を充実させることにより、その兄弟や家族への波及効果も期待できる。

Box 76 : エネルギー環境教育・ESD・科学教育²⁵²

エネルギーは、人類社会の基盤となる重要な要素であり、エネルギー需給の安定性維持は世界や国家の根幹となる重要な課題として取り組まれている。また、地球温暖化問題はエネルギー問題と深い関係にあり、エネルギー利用に係る環境負荷の低減は、低炭素社会の実現において重要な課題となっている。それらの問題解決に取り組むには、政府や自治体、産業界だけではなく、一人ひとりの市民がエネルギー問題や環境問題に対して関心や理解を深め、エネルギーの開発・利用・供給と環境保全の在り方について総合的な観点から考え、状況に応じたバランスのとれた判断ができるようにしていくことが重要であるとされる。

このような考え方に基づくエネルギーや環境の問題に関する教育は、世界各地でその重要性が認識されているが、統一的な呼称や概念として整理されているわけではないようである。いずれにせよ、このような教育の対象として特に重要なのは、次の時代を担う青少年層であり、将来世代がエネルギーや環境に関する問題に対して適切な意思決定と行動を行う素地を養うために、学校教育のカリキュラムの中で、これらの問題に関して体系的に学ぶ機会を設ける必要があるとされている。また、その効果的な学習方法に関する研究・実践や支援の促進とともに、それらの学習を支える教員の養成も大切であるとされる。加えて、学校教育だけでなく生涯学習の場においても、このような観点からの取り組みを促進していく必要があるとされる。

エネルギー環境教育は、複雑多岐にわたるエネルギーや環境に関する問題への理解や、それに対する適切な行動の促進を目的とする教育を表すものとして、日本の教育界で提示されている概念である。ただし、そのカリキュラムのあり方や方法論などが確立されているわけではなく、エネルギーや環境問題に関して素養のある現場の教員の裁量によって行われていることが多いようである。

一方、欧米では、その方法論や実施形態は多様ではあるが、エネルギーや環境の問題を国や地域の重要な教育課題として位置づけ、積極的に学校教育や社会教育の中に取り入れていることが多い。

ヨーロッパでは、もともと環境教育に力を入れてきた国が多いが、これは自然保護的なものに限らず、エネルギー問題なども含んだ総合的な意味での環境教育として取り組まれてきた例が多いようである。近年は、さらに経済問題や社会問題の観点なども含んだ概念である「持続可能な開発のための教育（Education for Sustainable Development : ESD）」の一環として、エネルギーや環境の問題が取り扱われている。これらは独立した科目として取り扱われているわけではないが、重要な教育課題に位置づけられており、生徒の実践や探求、生活や実社会との関連性を重視したプログラムや教材の開発が行われ、そのノウハウが蓄積・継承されているという。また、ヨーロッパの教育では、国の政策への理解を求めるスタンスではなく、あくまで国民自身が政策に関する選択や価値判断をするために、必要な知識や技能を提供することを主眼としている点が特筆される。

米国は、科学教育や技術教育の範疇の中で、エネルギーやそれに関連する環境の問題が取り扱われている傾向が強く、エネルギー安全保障の観点や経済発展と環境対策の両立問題などの関連の中で、エネルギーをどのように確保し、有効に活用していくかについて学ぶことが主な目的となっているようである。その教育カリキュラムや教材開発には、国や州の公的機関だけでなく、NGOなどの各種団体や企業なども積極的に参画しており、やはり生活や実社会との関連性を意識した、体系的で完成度の高いものが提供されているという。また、社会全体でこのような教育に関して経済的・人的支援を行う体制が充実しているとされる。

⑤ 教員採用試験に環境科目を追加

⑥ 教員を対象とした環境研修の実施

⑦ 環境教育教材やカリキュラムの作成

これらの環境教育に関する課題としては、教える側、すなわち教職員に環境に関する知識が備わっていないことが挙げられる。そこで教職員の知識レベルの向上を図るため、教員採用試験に環境問題に関する科目を追加すると共に、教職員を対象とした環境の研修も開催していく必要がある。また環境教育の教材やカリキュラムを作成し、学際的な面を有する環境問題を様々な分野

から考えることができるようなプログラムをつくっていく必要がある。

⑧ 多様な教育プログラムの開発と効果の分析

学校教育における環境教育プログラムに関しては、その内容について専門家の知見や海外の環境教育などを参考にしながら、その効果について十分に分析した上でプログラムを開発する必要がある。

⑩ 環境イベント・講習会の開催

国民に対しては、継続的に様々な学習の場を提供することが重要である。具体的には、環境に関するイベントやセミナー、講習会などを開催することによって、情報収集や議論の場を提供し続けることが極めて重要である。また各種メディアを通じて、最新の研究成果に基づく知見を伝え続けることも重要なアプローチとなる。これらは目に見える効果としてはあらわれにくい、継続的な取り組みによってイノベーションに向けた大きな力になると期待される。

Box 77 : 環境社会検定試験 (eco 検定) (東京商工会議所) 253, 254

「環境社会検定試験 (通称 eco 検定)」は、環境に対する幅広い知識をもち、社会の中で率先して環境問題に取り組む人材の育成と、環境と経済を両立させた「持続可能な社会」の実現に貢献することを目的として、2006年より東京商工会議所が主催し、全国の商工会議所で実施している検定試験であり、近年受験者数が増加し人気を集めている。

出題はマークシート方式による選択式で、制限時間は2時間、100点満点のうち、70点以上の獲得で合格となる。出題内容は、東京商工会議所が編集・出版する公式テキストに掲載されている基礎知識と、それを理解した上での応用力を問うものであり、出題範囲は基本的に公式テキストに準じるが、時事問題などについては環境省が発行する環境白書・循環型社会白書などからも出題するとしている。また、各地の商工会議所で事前のセミナーを行うほか、通信講座も用意されている。

実受験者数は、2007年度は23,508名、2008年度は39,849名となっており、合格率は70数%前後である。2008年度は過去2年と比較して特に受験者数が多く、北海道洞爺湖サミットの効果で環境問題への関心が高まった結果ではないかとの分析がなされている。受験者は環境問題に関心の高い一般市民や学生(就職活動へのメリットを期待しての受験も多い)のほか、会社の奨励で多数の社員が団体で受験するケースもあり、今後も人気は続く予想されている。

公式サイトで紹介されている検定取得のメリットとしては、以下のようなものが挙げられている。

- ・企業人に関して
企業の社会的責任(CSR)対応や、今後の環境ビジネスの展開に向け、知識を活用できるようになる。また、取得する社員が増えることで、企業のイメージアップにもつながる。ISO取得後の継続学習の一環として、社員の意識改革や自己啓発にも役立てられる。
- ・学生に関して
環境保全に取り組んでいる企業・団体などへの就職活動や進学時のアピール材料になる。知識の幅を広げ、国際的な視野でこれからの社会の姿を考えられるようになる。
- ・一般に関して
日常生活の中で、環境に配慮した生活知識を身につけることができる。また、環境への知識をもとに、地域再生や地域振興のための活動に活かすことも期待される。

また、受験勉強により幅広い環境知識が得られるだけでなく、合格すると「エコピール」(幅広い環境問題に対する基本的な知識を持ち、そこから生まれる問題意識を日常の行動に移そうとしている人、またはすでにそうした活動を行っている人として定義)の称号が与えられ、マーク入りの名刺やシールを購入・使用できるといった利点も用意されている。加えて、エコピールの活動をサポートするためのポータルサイト(<http://www.eco-people.jp/>)も整備されている。

Box 78 : 持続可能な発展に関する政策を司る省

フランスでは、行政機構が官僚主導ではなく内閣主導で設置されるため、内閣の交代とともに省庁自体や管掌範囲の改編が比較的頻繁に行われることが多く、一つの省に複数の大臣を置くこともある。環境問題に関する政策課題は、始めは他の政策課題と共に所管される場合もあった。近年では、2002年に「環境国土整備省」が「エコロジー・持続可能な開発国土整備省」(Minister of Ecology, Sustainable Development and Territorial Development)に改組され、環境憲章の策定、自然保護政策や産業にも関連する政策などを実施してきた。2008年には、さらに「エコロジー・エネルギー・持続可能な開発国土整備省」(Minister of Ecology, Energy, Sustainable Development and Territorial Development)として改組が行われ、エネルギーに関連する政策も所管するようになっている²⁵⁵。

また、スウェーデンでもフランスと同様なかたちで省庁改編が頻繁に行われることが多い。例えば、2004年11月には、「環境省」(Ministry for the Environment)を改組して「環境と持続可能な発展省」(Ministry for Sustainable Development)が設置されているが、持続可能な発展大臣と環境大臣が存在する体制を取っている。この省は、旧環境省の業務を全て引き継ぐとともに、新たに持続可能な開発のための国家戦略を策定したり、エネルギーや住宅分野など、分野横断的に各省庁における持続可能な発展に関連する課題を、独立あるいは共同で管掌するなどしていた。しかし2006年には、この省は政権交代に伴う省庁改編で「環境省」に名称変更がなされ、エネルギー分野の課題に関しては「企業・エネルギー省」と「環境省」の共同主管というかたちになっている²⁵⁶。

Box 79 : ポートランド市持続可能な発展事務所 : Office of Sustainable Development (米国)^{257, 258, 259}

ポートランド市は、温室効果ガス削減に消極的な傾向にあった米国の中でも、いち早く温暖化対策を実行、継続してきた都市(実質30年ほど前から取り組みは始まっていたとされる)であり、先進的な取り組みを推進して成果を挙げてきた都市として世界的にも知られている。

2001年には、2010年までにCO₂排出量を1990年比で10%削減を目標とした、短期～長期に渡る100以上の施策が盛り込まれた地域アクションプランを策定してそれを遂行してきた。実施された施策は主に政策・再生可能エネルギー・交通・建築・廃棄物・緑化などの分野に渡っており、具体的な内容としては以下のようなものがある。

- ・公共交通機関(LRTなど)や自転車道の整備・充実
- ・リサイクルの推進(現状で63%達成)
- ・集合住宅の断熱性向上やグリーンビルディング(低環境負荷で生物多様性にも配慮した建築)の建設推進(これは建物の環境性能に係るLEED(Leadership in Energy and Environmental Design)基準建築建設奨励や補助金・税優遇制度などを含む)
- ・植林推進(1996年から現在まで約75万本の植林を実施)
- ・上下水道環境の整備と下水活用
- ・エネルギー効率化や再生可能エネルギー促進(継続的な投資実行や評価機関の設立)
- ・地域再生可能燃料基準の策定と義務化(バイオディーゼル5%混合燃料やE10)

これらの施策を実施してきた結果、人口増加や経済成長にもかかわらず、2006年のCO₂排出量はほぼ1990年の水準にまで下がっており(1人当たりのCO₂排出量は15%削減)、これからも更なる取り組みを推進し、2050年までに1990年比80%削減を達成したいとしている。今後は、さらに建築分野のエネルギー高効率化促進(規制や優遇措置など正負のインセンティブ設定)やそのための投資環境整備、コンパクトシティ化などの施策を推進していく予定とのことである。

これらの取り組みの中核を担うのが、市の持続可能な発展事務所(Office of Sustainable Development)であり、企業やNGO、NPOなどの組織、地域住民との密なコミュニケーションや連携を図りながら、施策の策定・実施や普及などの事業を行っている。上記に挙げたような施策の実行は、幅広い分野の知識・技術実施ノウハウの蓄積と共にその総合化が必要とされ、さらにそれを様々な市の構成主体に理解してもらい、実施を促進していくプロセスの緻密な積み重ねが必要である。低炭素社会を含む持続可能な社会の実現には、このような分野横断的な場面でリーダーシップが取れる組織と、さまざまな主体の協働が必要不可欠であるといえよう。

7. 引用・参考文献

1. (社)日本住宅・建材設備産業協会 HP 「省エネ建材で、快適な家、健康な家」Q&A 快適な住まいづくりについて Q1「家の断熱工事の基本は何ですか？」
http://www.jkiss.or.jp/syoene/qanda/kaiteki/a_1.html
2. (社)日本住宅・建材設備産業協会 HP 「省エネ建材で、快適な家、健康な家」Q&A 省エネの費用について Q5「省エネルギー基準で家を建てると、どれだけ暖房費が節約できるのですか？」
http://www.jkiss.or.jp/syoene/qanda/hiyou/a_5.html
3. 出典：環境省「省エネルギー住宅ファクトシート」全国地球温暖化防止活動推進センター（JCCCA）Webサイトよりダウンロード <http://jccca.org/content/view/1278/820>
引用元図版：開口部 省エネ住宅に必要な要素② 図4ブラインドによる日射遮蔽（出所：（社）日本建材・住宅設備産業協会）
4. 出典：環境省「省エネルギー住宅ファクトシート」全国地球温暖化防止活動推進センター（JCCCA）Webサイトよりダウンロード <http://jccca.org/content/view/1278/820>
引用元図版：自然エネルギー 『省エネ住宅』をサポートする住宅設備機器③ 図2パッシブソーラーの種類（出所：（社）日本建材・住宅設備産業協会）
5. 積水ハイム（株）おひさまハイム FAN サイト <http://www.zero-club.net/>
6. 積水ハイム（株）おひさまハイムコンセプト解説ページ
http://www.sekisuiheim.com/concept/zero.html?banner_id=nor&link_id=link110
7. 積水ハウス（株）Sekisui House News Release（平成20年6月17日）
<http://www.sekisuihouse.co.jp/company/newsobj1094.html>
8. 積水ハウス（株）Sustainable Design Laboratory <http://www.sekisuihouse.co.jp/sdl/index.html>
9. YKKAP（株）商品紹介「グリーンブリーズ」<http://www.ykkap.co.jp/gb/index.asp>
10. ミサワホーム（株）微気候デザイン <http://www.misawa.co.jp/kodate/tokutyou/kankyoubikikou/>
11. 国土交通省「住宅の省エネ改修促進税制の創設について」<http://www.mlit.go.jp/common/000031105.pdf>
12. 住宅金融支援機構 フラット35 ホームページ <http://www.flat35.com/>
13. (独)新エネルギー・産業技術総合研究機構（NEDO）「平成20年度住宅・建築物高効率エネルギーシステム導入促進事業」
<https://app3.infoc.nedo.go.jp/informations/koubo/koubo/DA/nedokoubo.2008-11-05.7760149747/>
14. Danish Energy Agency の「Building」解説ページ <http://www.energistyrelsen.dk/sw12325.asp>
15. 欧州連合（EU）European Commission の「EPBD Buildings Platform」 <http://www.buildingsplatform.org/cms/>
16. 英国政府の Code for Sustainable Homes の解説ページ
<http://www.planningportal.gov.uk/england/professionals/en/1115314116927.html>
17. 国土交通省・社会資本整備審議会・建築分科会・建築環境部会（2008年11月26日）の伊香賀俊治教授（慶応義塾大学理工学部）の発表資料「海外における住宅・建築物の低炭素化対応」
<http://www.mlit.go.jp/common/000027781.pdf>
18. 横浜市まちづくり調整局 建築・宅地指導センター 建築環境課「横浜市建築物環境配慮制度（CASBEE 横浜）」の解説ページ <http://www.city.yokohama.jp/me/machi/center/kankyo/casbee/casbee.html>
19. 東京都環境局「マンション環境性能表示制度」の解説ページ
<http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/building/eco/index.html>
20. エネルギー・経済統計要覧 2008 日本エネルギー経済研究所
21. 省エネルギーセンター(2004)：省エネルギー性能カタログ
22. AIST 野村ら(2002)：「エネルギー技術に対する予測と意識の調査」
23. MOE(2004)：「地球温暖化対策技術検討会」
24. METI(2005)：「超長期エネルギー技術ビジョン」
25. 省エネルギーセンター（2005） 省エネルギー技術普及促進事業調査報告書
26. 三菱電機（株）「ルームエアコン霧ヶ峰ムーブアイ」ムーブアイ Fit 解説ページ
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/home/kirigamine/09/moveeyefit/>
27. 垣谷勉・北村紀之 2005 東芝レビューVol.60 No.7 p.p.104-107 「快適な照明環境と省エネを実現する蛍光灯用電子安定器」http://www.toshiba.co.jp/tech/review/2005/07/60_07pdf/a0404.pdf
28. 照明学会 2002 「オフィス照明の実態」
29. パナソニック電工（株）「あかり安心サービス」の解説ページ
<http://denko.panasonic.biz/Ebox/akarianshin/index.html>（リンク内容は予告なしに変更されることがあります。）
30. TBR 産業経済の論点（（株）東レ経営研究所）No.6-11（2006年10月25日）『あかり』と『安心』というサービスを提供する松下電工の『あかり安心サービス®』 環境と経済の両立を目指す新たな環境ビジネスとは（1）東レ経営研究所産業経済調査部 福田佳之 http://www.tbr.co.jp/pdf/report/mon_c004.pdf
※「松下電工」は2008年10月1日より「パナソニック電工」に社名変更
31. 経済産業省 産業技術環境局 環境政策課 環境調和産業推進室「グリーン・サービス化事業」の解説ページ http://www.meti.go.jp/policy/eco_business/servicizing/gs-index.html

32. 資源エネルギー庁 省エネルギーセンター (2007年12月改訂版)「トップランナー基準」
http://www.eccj.or.jp/top_runner/img/toprunnerj.pdf
33. 総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 第9回 資料 「トップランナー制度の現状と評価について」(<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g70305a05j.pdf>)
34. 大阪ガス(株) プレスリリース「コージェネレーションシステムの進化形である二酸化炭素を利用する農業用トリジェネレーションシステムについて共同実証実験を開始します。」(平成16年3月18日)
http://www.osakagas.co.jp/Press/pr04/040318_2.htm
35. 茨城県つくば市のトリジェネレーションシステム成果紹介ページ
http://www1.city.tsukuba.ibaraki.jp/dl/file/1577_1.pdf
36. バイオマス・ニッポン総合戦略推進会議(平成19年2月)「国産バイオ燃料の大幅な生産拡大」
http://www.maff.go.jp/j/biomass/b_energy/pdf/kakudai01.pdf
37. 農村振興局整備部地域整備課(平成20年1月25日)「ソフトセルロース利活用技術確立事業について」
http://www.maff.go.jp/j/biomass/b_opinion/h20_1/pdf/data2.pdf
38. 平成20年度 食料・農業・農村白書 第1部 食料・農業・農村の動向 第II章 食料・農業・農村の主な動向 第2節 農業の体質強化と持続的発展 (6)資源・環境対策の推進状況 p.p.102-107
http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h20/pdf/z_1-2-2-6.pdf
39. TESCO ホームページ
http://www.tescopl.com/plc/corporate_responsibility/caring_environment/climate_change/empowering_customers/carbon_labelling/
40. サッポロビール ホームページ ニュースリリース(2008年6月19日)「カーボンフットプリント商品の通年販売を予定 ～ビールでは世界初 2009年から黒ラベル缶で順次全国展開～」
<http://www.sapporobeer.jp/CGI/newsrelease/detail/00000010/>
41. サッポロビール ホームページ ニュースリリース(2009年1月8日)「カーボンフットプリント商品を試験販売 ～環境対策への貢献を目的に、2月に北海道にて実施～」
<http://www.sapporobeer.jp/CGI/newsrelease/detail/00000113/>
42. サッポロビール ホームページ 「ものづくりノート」 <http://www.sapporobeer.jp/note/interview/10/index.html>
43. 農林水産省 ホームページ 食料・農業・農村政策審議会企画部会地球環境小委員会 林政審議会施策部会地球環境小委員会 水産政策審議会企画部会地球環境小委員会合同会議(第8回)(平成20年11月26日開催) 配付資料 参考資料2 <http://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/kikaku/goudou/08/>
44. 農林水産省 地球温暖化対策総合戦略 地球温暖化・森林吸収源対策推進本部第5回会合(平成19年11月16日) 配布資料
http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/s_ondanka/honbu/pdf/05_data03_4.pdf
45. (財)日本木材総合情報センター 木net 木と森の情報館「木材とその技術」 集成材についての解説ページ
http://www.jawic.or.jp/tech/syurui/syurui2_2.php
46. 高層木造研究会 (P.O.W.S) のホームページ <http://wood.iis.u-tokyo.ac.jp/pows/>
※2008年より timberize tokyo として活動
47. 外崎ら(2005):「二本林業のための木材利用」日本エネルギー学会誌 Volume 84 Number 12 December 2005
48. 農林水産省(2007):平成19年度森林・林業白書 http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_rinya/h19/pdf/data1-2.pdf
49. 森林利用学会「高性能林業機械」の解説ページ http://jfes.ac.affrc.go.jp/machine/high_p.html
50. 富士通総研(FRI) 経済研究所研究レポート No.216 February 2005 「ドイツとの比較分析による日本林業・木材産業再生論」(主任研究員梶山恵司)
<http://jp.fujitsu.com/group/fri/downloads/report/research/2005/report216.pdf>
51. 農林水産省 統計情報 森林認証に関する意識・動向 平成14年度農林水産情報交流ネットワーク事業全国アンケート結果:「森林認証に関する意識・意向」
<http://www.maff.go.jp/j/finding/mind/pdf/shinrin-ninshou2002.pdf>
52. 林野庁の森林認証・ラベリングの解説・紹介ページ
<http://www.rinya.maff.go.jp/seisaku/sesakusyokai/ninsyou/t.html>
53. 林野庁の森林認証・ラベリングの解説・紹介ページの「世界の主な森林認証」
<http://www.rinya.maff.go.jp/seisaku/sesakusyokai/ninsyou/4.html>
54. 特定非営利活動法人日本森林管理協会(FSC日本ワーキンググループ事務局)のホームページ
<http://www.forsta.or.jp/>
(平成21年4月13日よりアドレス変更:<http://www.forsta.or.jp/fsc/>)
55. PEFC(Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes) アジアプロモーションズのホームページ
<http://www.pefcasia.org/japan/index.html>
56. SFI(Sustainable Forestry Initiative)のホームページ <http://www.sfiprogram.org/>
57. CSA(Canada Standard Association)の森林認証制度の紹介ページ
http://www.csa-international.org/product_areas/forest_products_marking/
58. SGEN(Sustainable Green Ecosystem Council)のホームページ <http://www.sgen-eco.org/>
59. MTCC(Malaysian Timber Certification Council)のホームページ <http://www.mtcc.com.my/>
60. 経済産業省 資源エネルギー庁 Cool Earthーエネルギー革新技術計画

- <http://www.enecho.meti.go.jp/policy/cool-earth/energy/cool-earth-hontai.pdf>
<http://www.enecho.meti.go.jp/policy/cool-earth/energy/cool-earth-roadmap.pdf>
61. 内閣府沖縄総合事務局 HP 中 経済産業省「燃料転換説明会」(平成18年2月7日開催)配布資料「高性能工業炉による省エネルギー対策等」 http://ogb.go.jp/move/seminar/kekkaoukoku/energy_ef2.pdf
 62. Sitra (フィンランド国立研究開発基金) のホームページ <http://www.sitra.fi/en/>
 63. Sitra の報道発表資料より
「フィンランドの環境ビジネス立国について」
http://www.sitra.fi/en/News/MainNews/2007-02-12_media_release.htm
 64. Sitra の報道発表資料より「INNOFINLAND 2007 Prizes Award について」
http://www.sitra.fi/en/News/news_2007-11-21.htm
 65. 低炭素社会づくり行動計画 2008年7月
http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=11912&hou_id=10025
 66. 環境省 中央環境審議会 総合政策・地球環境合同部会 グリーン税制とその経済分析等に関する専門委員会 資料「環境税等のグリーン税制に関わるこれまでの議論の整理」
http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=12462&hou_id=10427
 67. 環境省 中央環境審議会 地球環境部会 第26回会合(平成17年2月3日開催)参考資料1「EU域内排出量取引制度(EU-ETS)の開始について」<http://www.env.go.jp/council/06earth/y060-26/ref01.pdf>
 68. 英国環境・食糧・農林地域省(Defra)の排出量取引の解説ページ
<http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange/trading/index.htm>
 69. The Carbon Disclosure Project (CDP) のホームページ <http://www.cdproject.net/index.asp>
 70. 国連のPRIポータル：<http://www.unpri.org/>
 71. 地球環境大賞ホームページ <http://www.fbi-award.jp/eco/>
 72. eco japan cup ホームページ <http://www.eco-japan-cup.com/>
 73. (財)地球・人間環境フォーラムのホームページ 「環境コミュニケーション大賞」
http://www.gef.or.jp/activity/economy/environment_prize/index.html
 74. (財)地球・人間環境フォーラムのホームページ 「エコプロダクツ大賞」
<http://www.gef.or.jp/activity/economy/eco-products/index.html>
 75. グリーンピース・ジャパンホームページ 「グリーンフリーズ」についての解説ページ
<http://www.greenpeace.or.jp/info/features/greenfreeze/>
 76. 環境省のホームページ 「温室効果ガスの排出量の算定・報告・公表制度」
<http://www.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/>
 77. 日本公認会計士協会 経営研究調査会研究報告第34号 「気候変動リスクに関する投資家向け開示フレームワークの現状と方向性」(平成20年6月10日) <http://www.jicpa.or.jp/>
 78. 環境 goo 環境用語集～環境について調べる～「セクター別アプローチの詳細解説」
http://eco.goo.ne.jp/word/issue/S00302_kaisetsu.html
 79. 環境省 中央環境審議会 総合政策・地球環境合同部会 第4回環境税の経済分析等に関する専門委員会(平成17年6月21日開催)配布資料「国境税調整について」
<http://www.env.go.jp/council/16pol-ear/y163-04/mat03.pdf>
 80. 地球環境研究総合推進費S-3 平成19年度成果報告書
[http://2050.nies.go.jp/material/H19-S-3/S-3-4/H19_S-3-4\(3\).pdf](http://2050.nies.go.jp/material/H19-S-3/S-3-4/H19_S-3-4(3).pdf)
 81. セブン・イレブン・ジャパン ホームページ 社会・環境への取り組み『『物流』の効率化 車載端末を利用した運行管理システム』<http://www.sej.co.jp/corp/social/distribution/wireless.html>
 82. いすゞ ホームページ <http://www.isuzu.co.jp/cv/cost/mimamori/index.html>
 83. 西岡秀三編著(2008)「日本低炭素社会のシナリオ 二酸化炭素70%削減の道筋」日刊工業新聞社刊 p.141
「図7.17 自動車用のエネルギー貯蔵密度」を元に一部修正
 84. Lovins (2004) Winning the Oil Endgame
 85. 一橋大学広報誌「HQ」Vol.16 夏号(2007年7月)連載企画「世界を解く—第8回テーマ『越える』」
「ロジスティクス」商学部 根本敏則教授 p.p.12-13 <http://www.hit-u.ac.jp/hq/vol016/p12-13.pdf>
 86. 国土交通省道路局「物流施策」の解説ページ
<http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/butsuryu/Top03-02-03.htm#1>
 87. 国土交通省 ホームページ 「運輸部門の地球温暖化対策について」
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000006.html
 88. 日本物流団体連合会 2003「モーダルシフト推進に関する要望書」
<http://www.butsuryu.or.jp/news/pdf/20030730.pdf>
 89. JR貨物(株)ホームページ 「モーダルシフトに向けたインフラの増強」
<http://www.jrfreight.co.jp/transport/improve/infra.html>
 90. 国土交通省 ホームページ 我が国の鉄道貨物輸送 「鉄道貨物輸送へのモーダルシフト」
http://www.mlit.go.jp/tetudo/kamotu/08_04.html
 91. JR貨物(株)ホームページ 「サービスアップに向けて」北九州貨物ターミナル開業についての紹介ページ
<http://web.archive.org/web/20050206044924/http://www.jrfreight.co.jp/eigyouservice/kitakyu.html>
 92. 国土交通省港湾局 「スーパー中核港湾プロジェクトの推進」

- http://www.mlit.go.jp/kowan/nucleus_harbor/nucleus_harbor2.html
93. 国土交通省港湾局 「スーパー中枢港湾選定委員会第7回委員会議事概要」(平成17年12月7日開催)配布資料 資料7-1, 7-2, 参考資料1, 2 http://www.mlit.go.jp/kowan/nucleus_harbor/7/051207.html
94. (社)日本化学会「化学と教育」54巻4号(2006年)p.p.228-231 シリーズGSC 三菱化学(株)保谷敬夫「自動車の燃費向上のための軽量化」 http://www.chemistry.or.jp/journals/chem-edu/cemok/54_p184-185.pdf
95. 経済産業省産業構造審議会・環境部会・地球環境小委員会 環境省中央環境審議会・地球環境部会・自主行動計画フォローアップ専門委員会合同会議第1回(2008年6月19日開催)配布資料 資料3「素材産業からの低環境負荷社会への提言-LCA(ライフサイクルアセスメント)の重要性-『LCAによる環境負荷定量化-炭素繊維の事例ご紹介-』」
<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g80619b05j.pdf>
96. 東レ(株)プレスリリース(2005年4月22日)「炭素繊維自動車車体への本格実用化加速-新工法で成形時間を10分以下に-」
<http://www.toray.co.jp/news/carbon/nr050422.html>
97. 国土交通省 国土交通白書2008 第1部 進行する地球温暖化とわたしたちの暮らし 第2章暮らしにおける地球温暖化の緩和に向けた課題 第3節都市・地域づくりにおける地球温暖化の緩和に向けた課題 1.集約型の都市・地域づくり <http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/hakusho/h20/index.html>
98. 富山市中心市街地活性化計画(概要)パンフレット
<http://www7.city.toyama.toyama.jp/policy/plan/shigai/pamphlet.pdf>
99. (株)まちづくりとやま 会社案内 <http://www.tmo-toyama.com/company/index.html>
100. 青森市都市計画マスタープラン http://www.city.aomori.aomori.jp/toshi/mata00_0.pdf(平成21年1月15日時点の情報)
移動先(平成21年5月18日時点): <http://www.city.aomori.aomori.jp/view.rbz?of=1&ik=0&pnp=14&cd=1277>
101. 青森市中心市街地活性化基本計画 <http://www.city.aomori.aomori.jp/koho/plan/pdf/jigvo020.pdf> 平成21年3月27日変更
<http://www.city.aomori.aomori.jp/view.rbz?nd=1137&ik=1&pnp=116&pnp=119&pnp=1099&pnp=1137&cd=1878>
102. 青森市総合都市交通体系整備計画の概要 <http://www.city.aomori.aomori.jp/toshi/mat010.html>(平成21年1月15日時点の情報;平成21年5月18日時点でアドレス消去されている状態)
103. JHFC(水素・燃料電池実証プロジェクト)ホームページ JHFC 水素ステーション ステーション一覧
<http://www.jhfc.jp/station/index.html>
104. JHFC(水素・燃料電池実証プロジェクト)ホームページ パンフレット「JHFCプロジェクト概要 ダイジェスト版」
http://www.jhfc.jp/data/pdf/stake_d.pdf
105. JHFC ホームページ「JHFC コラム インタビュー第8回 水素社会実現に向けて!ガソリンスタンド併設型の市原水素ステーション誕生!」
<http://www.jhfc.jp/column/interview/09/01.html>
106. (株)ダイヤモンド社 Diamond online 掲載ニュース記事(2008年11月13日)「エコに群がる世界マネー Going Green 第5回 電気自動車は無料で提供!インフラで稼ぐベター・プレイス社の勝算」
<http://diamond.jp/series/ecobiz/10005/>
107. (株)ダイヤモンド社 Diamond online 掲載ニュース記事(2008年8月11日)「NEWS maker 第4回 プロジェクト・ベター・プレイス CEO アガシ『クルマは無料で供給!充電インフラ使用料で稼ぐ』」
<http://diamond.jp/series/newsmaker/10004/>
108. (株)ルノー・日産 プレスリリース(2008年1月21日)「ルノー・日産アライアンス、プロジェクト・ベター・プレイス社と初の量販電気自動車へ向けた準備を開始-イスラエルにおいて初の実用化に向けた覚書をエルサレムにて締結-」
<http://www.nissan-global.com/JP/NEWS/2008/STORY/080121-02-j.html>
109. 神奈川県「かながわの電気自動車(EV)への挑戦」
<http://www.pref.kanagawa.jp/osirase/taikisuisitu/car/04ev.html>
110. 三菱自動車(株)iMiEVの解説ページ
<http://www.mitsubishi-motors.co.jp/special/eco/index.html>
111. 日本郵政グループ プレスリリース(2008年11月25日)「環境対応車両の試行配備と実証実験」
http://www.post.japanpost.jp/whats_new/2008/1125_01_c01.pdf
112. イオン(株)イオンレイクタウン ホームページ 「イオンレイクタウンのエコ 電気自動車 急速充電ステーション」
<http://www.aeon-laketown.jp/about/eco/04.html>
113. (社)日本民営鉄道協会 都市鉄道整備問題研究会「大都市における鉄道整備の将来像~鉄道と都市の活性化に向けた官民連携のあり方について~(2003年5月)」
<http://www.mintetsu.or.jp/rail/pdf/toshi.pdf>
114. (社)日本民営鉄道協会 地方民鉄活性化研究会「地方民鉄の活性化と再生を求めて-地方民鉄活性化研究会 報告書-平成17年3月」
http://www.mintetsu.or.jp/rail/pdf/local_report17.pdf
115. 国土交通省 社会資本整備審議会答申「人口減少等社会における市街地の再編に対応した建築物整備のあり方について」補足資料 「7. 海外制度の状況」
<http://www.mlit.go.jp/singikai/infra/toushin/images/04/038.pdf>
116. (独)物質・材料研究機構(NIMS)プレスリリース(平成20年1月11日)「わが国の都市鉱山は世界有数の資源国に匹敵-わが国に蓄積された都市鉱山の規模を計算-」
<http://www.nims.go.jp/news/press/2008/01/p200801110.html>
117. エコリサイクリング(株)(DOWAグループ)ホームページ <http://www.dowa-erc.co.jp/hp/index.html>
118. 特定非営利活動法人・都市鉱山開発機構 ホームページ <http://umdo.jp/>

119. 環境 goo 「カリフォルニアのエコライフ クルマ社会の交通システム 自動車利用を減らそうよ みんなで乗ればスイスイ早いカープール」 <http://eco.goo.ne.jp/life/world/california/traffic/car2.html>
120. California Department of Motor Vehikles (DMV) “Clean Air Stickers - High Occupancy Vehicle Lane Usage” <http://www.dmv.ca.gov/vr/decals.htm>
121. California Environmental Protection Agency, Air Resources Board (ARB) Website “Eligible Vehickles – Single Occupant Carpool Lane Use Stickers – AB2628” <http://www.arb.ca.gov/msprog/carpool/carpool.htm>
122. かながわ電気自動車普及推進協議会「かながわ電気自動車普及推進方策」(平成20年3月) <http://www.pref.kanagawa.jp/osirase/taikisuisitu/car/04ev/0411/housaku-zenbun.pdf>
123. 神奈川県 記者発表(平成20年4月15日)「電気自動車(EV)購入時等の優遇策を2009年度から推進ー『EVイニシアティブかながわ』ー」 <http://www.pref.kanagawa.jp/press/0804/027/EVIK.pdf>
124. EU Environment -CO₂ from Cars 「Regulation on CO₂ from light commercial vehicles」 http://ec.europa.eu/environment/air/transport/co2/co2_cars_regulation.htm
125. EU Environment -CO₂ from Cars 「Reducing CO₂ emissions from light-duty vehicles」 http://ec.europa.eu/environment/air/transport/co2/co2_home.htm
126. 国土交通省自動車交通局「自動車の燃費目標基準について」 <http://www.mlit.go.jp/jidosha/sesaku/environment/ondan/ondan.htm>
127. 国土交通省 平成19年度国土交通白書 第I部進行する地球温暖化とわたしたちの暮らし～地球温暖化対策に向けた国土交通行政の展開～ 第2章暮らしにおける地球温暖化の緩和に向けた課題 第1節運輸分野における地球温暖化の緩和に向けた課題 I. 国内輸送における二酸化炭素排出削減に向けた課題 1. 自家用自動車からの二酸化炭素排出削減に向けた課題 <http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/hakusho/h20/>
128. 経済産業省 二酸化炭素回収・貯留研究会 平成20年度第1回会合 配布資料「最近のCCSに関する国内外の動向」 <http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g81030d06j.pdf>
129. 「主要諸国・石油会社の二酸化炭素回収・貯留(CCS)取り組みの現状(2008年上半期)」(2008年9月18日)(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)調査部 宮本善文 http://oilgas-info.jogmec.go.jp/pdf/2/2103/0809_out_e_CCS.pdf
130. 参考資料: 日本貿易振興機構(JETRO)「日刊通商弘報」(2008年6月13日)『電力大手、世界初のCO₂貯留型石炭発電所を建設』ジェトロ・ベルリンセンター 太田雄彦 <http://www.jetro.go.jp/world/europe/de/biznews/4851c4b062b7d>
131. Vattenfall Europe ホームページ PRESS & NEWS Press Kit: CCS 「Vattenfall and Carbon Capture and Storage」 <http://www.vattenfall.com/www/vf.com/vf.com/370103press/1344388css-p/index.jsp>
132. 電源開発(株) ニュースリリース(平成20年3月31日)「日豪共同の酸素燃焼による石炭火力でのCCS技術実証プロジェクトの開始」 http://www.jpowers.co.jp/news_release/news080331-1.html
133. (株)IHI プレスリリース(平成20年3月31日)「日豪共同の酸素燃焼による石炭火力でのCCS技術実証プロジェクトの開始」 <http://www.ihico.jp/ihico/ihitopics/pressm/10105.html>
134. 三井物産(株) ニュースリリース(平成20年3月31日)「日豪共同の酸素燃焼による石炭火力でのCCS技術実証プロジェクトの開始」 http://www.mitsui.co.jp/release/2008/1187874_2817.html
添付資料「日豪カライドA酸素燃焼実証プロジェクト」 http://www.mitsui.co.jp/release/2008/_icsFiles/afildfile/2008/04/02/ja_080331_01.pdf
135. 電力系統利用協議会「連系線整備(建設・増強)に関する勉強会取りまとめ報告書」(平成19年2月) 本文: http://www.escj.or.jp/news/2006/070222_benkyoukai.pdf
資料編: http://www.escj.or.jp/news/2006/070222_benkyoukai_shiryoku.pdf
136. 新エネルギー特措法検証委員会 系統連系研究会 第2回会合 配布資料「電力会社における周波数調整と会社間連系について(東京電力)」(平成15年9月12日) http://www.re-policy.jp/keito/2/030912_09.pdf
137. 東京電力(株) ホームページ おもしろ情報館 大学生のためのインターネット電力講座 <http://www.tepco.co.jp/kouza/menu-j.html>
138. (株)クリーンコールパワー研究所 ホームページ <http://www.ccpower.co.jp/index.html>
139. 経済産業省 資源エネルギー庁 石炭政策 施策関連情報 関連資料 「クリーン・コール・デー2008国際会議」(2008年9月4日)講演資料「我が国石炭政策の現状と今後の方向性」 <http://www.enecho.meti.go.jp/policy/coal/images/080904.pdf>
140. 電源開発(株) 企業情報 技術開発 http://www.jpowers.co.jp/company_info/rd/index.html
141. (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) 定期情報誌「FORCUS NEDO」第28号(2008年春発行) p.p.12-15 「J-POWER(電源開発株式会社)が取り組む多目的石炭ガス製造技術開発『EAGLE』プロジェクト」 <http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/focus/28/tokusyu2.pdf>
142. 三菱重工(株) ホームページ ものづくり物語「ガスタービン」 <http://www.mhi.co.jp/story/gasturbine/story.html>
143. 大阪経済大学地域活性化センター「年報2005」(2006年3月掲載)「ドイツの固定価格買取制度」(遠州尋美地域活性化センター長) http://www.osaka-ue.ac.jp/gp2006/doc/att_3.pdf
144. ドイツ環境省(BMU) Renewable energy sources in figures (2008年6月) http://www.bmu.de/files/english/renewable_energy/downloads/application/pdf/broschuere_ee_zahlen_en.pdf
145. 環境省・低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及方策検討会 「低炭素社会に向けた再生可能エネルギー普及方策について(提言)」 http://www.env.go.jp/earth/ondanka/conf_re-lcs/rcm.html

- 参考資料3「再生可能エネルギー普及のための具体的な導入方策」p.6 1.2 特徴的な関連施策 (1) ドイツの再生可能エネルギー法 (EEG 法)
http://www.env.go.jp/earth/ondanka/conf_re-lcs/rcm/ref03.pdf
146. FP 総研 ホームページ 知っておきたい資産運用(2005年4月27日)「電力の取引所?電力自由化って何?」
http://www.fpsoken.co.jp/cgi-bin/view/column.cgi?PAGE=20050427_asset_sav
147. 電気事業連合会 でんきの情報広場 電気事業のいま「電力自由化」
<http://www.fepc.or.jp/present/jiyuuka/index.html>
148. 経済産業省 資源エネルギー庁 電気事業制度についてのホームページ
<http://www.enecho.meti.go.jp/denkihp/index.html>
149. 有限責任中間法人 電力系統利用協議会 (ESCJ) のホームページ <http://www.escj.or.jp/>
※情報検索当時 (2009年1月) は有限責任中間法人、2009年5月19日現在は一般社団法人
150. 有限責任中間法人 日本卸電力取引所 (JEPX) のホームページ <http://www.jepx.org/>
151. 日本卸電力取引所 (JEPX) 「グリーン電力の卸電力および京都メカニズムクレジットの試行取引の実施について」(取引概要資料) (2008年11月14日) <http://www.jepx.org/pdf/green/handout1.pdf>
152. 経済産業省 資源エネルギー庁 総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会 第3回会合 (平成14年1月11日) 参考資料「カリフォルニアの電力危機と PJM の概要」
<http://www.enecho.meti.go.jp/denkihp/bunkakai/3rd/3rdshiryoku4sankoushiryoku.PDF>
153. (財) 日本エネルギー経済研究所 ホームページ 2005年掲載「海外における電力自由化動向～PJM と Nord Pool を中心として」(小笠原潤一, 森田雅紀) <http://eneken.ieej.or.jp/data/old/pdf/pjm.pdf>
154. (株) 富士通総研 Economic Review Vol.5 No.4 2001年10月 武石礼司「カリフォルニアの電力危機とその教訓」
<http://jp.fujitsu.com/group/fri/report/economic-review/200110/page11.html>
本文 pdf : <http://jp.fujitsu.com/group/fri/downloads/report/economic-review/200110/11takeisi.pdf>
155. NEDO 新エネルギー技術開発部 2030年に向けた太陽光発電ロードマップ (PV2030) 検討委員会「2030年に向けた太陽光発電ロードマップ (PV2030)」(2004年6月)
http://www.nedo.go.jp/informations/other/161005_1/gaiyou_j.pdf
156. NEDO 新エネルギー技術開発部・2030年に向けた太陽光発電ロードマップ (PV2030) に関する見直し検討委員会「太陽光発電ロードマップ (PV2030+)」概要版「2030年に向けた太陽光発電ロードマップ (PV2030) に関する見直し検討委員会」報告書 (2009年6月7日発表)
<https://app3.infoc.nedo.go.jp/informations/koubo/kaiken/BE/nedopressorder.2009-06-08.2039491773/gaiyou.pdf>
157. 電気事業連合会(2008):「メガソーラー発電ならびに電気自動車の導入計画について」
http://www.fepc.or.jp/about_us/pr/oshirase/_icsFiles/afieldfile/2008/09/30/siryoku09_1_1.pdf
158. 電力中央研究所 (1995):「多種設置工法の研究開発」
159. 総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会 資料(2001)
160. 太陽光発電技術組合 (2001):「太陽光発電評価の調査研究」
161. みずほ情報総研(2004):「太陽光発電システム共通基盤研究開発 -非建造物分野における太陽光発電システム」
162. (独) 国立環境研究所 環境研究技術ポータルサイト 海外環境ニュース (2008年5月12日)「米国エネルギー省、2030年、までに風力発電で国内電力需要の20%を供給するシナリオを公表」
<http://ecotech.nies.go.jp/fnews/detail.php?i=833>
163. 米国エネルギー省 (U.S. Department of Energy: DOE) プレスリリース「Wind Energy Could Produce 20 Percent of U.S. Electricity By 2030」
<http://www.energy.gov/news/6253.htm>
164. 米国風力発電協会 (American Wind Energy Association: AWEA) ホームページ “View the 20 Percent Wind Energy by 2030 presentation”
http://www.20percentwind.org/20percent_Summary_Presentation.pdf
165. デンマークエネルギー省 (Danish Energy Agency) ホームページ Renewable Energy -Wind
<http://www.ens.dk/sw14294.asp> (2009年2月3日時点)
※2009年5月19日より新サイトに移行: 風力発電に関するページはこちら
<http://www.ens.dk/EN-US/SUPPLY/RENEWABLE-ENERGY/WINDPOWER/Sider/Forside.aspx>
166. Towards Sustainable Future ホームページ (Naoya Furuta) 「再生可能エネルギー, 新エネルギー いまデンマークの風力は投資格付け『a』ランク」
<http://www.geocities.co.jp/NatureLand/5908/windfarm.html>
167. デンマークエネルギー省 The Committee for Future Offshore Wind Power Sites April 2007 “Future Offshore Wind Sites -2025”
http://www.ens.dk/graphics/Publikationer/Havvindmoeller/Fremtidens_%20havvindm_UKsummery_aug07.pdf
※2009年5月20日現在、上記アドレスをクリックすると、下記アドレスに転送される (内容は同一)
http://193.88.185.141/Graphics/Publikationer/Havvindmoeller/Fremtidens_%20havvindm_UKsummery_aug07.pdf
168. Samsø Energy Academy ホームページ http://www.energiakademiet.dk/default_uk.asp
169. NEDO ホームページ よくわかる! 技術解説 新エネルギー・省エネルギー技術分野 分散型エネルギーシステム関連プロジェクト「愛・地球博出展! 新エネルギープラント」
http://app2.infoc.nedo.go.jp/kaisetsu/egy/ey07/ey07_p.html (2009年3月27日時点)
<http://app2.infoc.nedo.go.jp/kaisetsu/neg/neg07/p01.html#elmtop> (2009年7月28日時点)

170. 米国 デラウェア大学 (University of Deilawere) Carbon Power Integlation Center “V2G: Vehicle to Grid Power” ホームページ <http://www.udel.edu/V2G/>
日本語の概要解説 <http://www.udel.edu/V2G/>
171. NEDO ホームページ よくわかる！技術解説 新エネルギー・省エネルギー技術分野技術解説 「マイクログリッドって何だろう」 <http://app2.infoc.nedo.go.jp/kaisetsu/egy/ey07/index.html> (2009年2月5日時点)
2009年5月29日現在：<http://app2.infoc.nedo.go.jp/kaisetsu/neg/neg07/index.html>
172. (社)建設電気技術協会 季刊誌「TESURA (建設電気技術)」Vol.151 (2005年5月号)基礎講座「マイクログリッド」http://www.kendenkyo.or.jp/pdf/technology/151_basic.pdf
173. 四国電力(株) プレスリリース(平成19年9月14日)「タイにおける『マイクログリッドの安定化に係る実証研究』および『太陽光発電システム等に係る保守・管理能力向上支援事業』について」
<http://www.yonden.co.jp/press/re0709/j0ypr007.html>
174. スマートエナジーグループ ホームページ コラム (株)スマートエナジー 森裕子「時代は“エコ”から“スマート”へ～電力自由化、スマートグリッドがもたらす未来～」(2008年12月17日)
<http://www.smart-energy.jp/column/mori-081215.html>
175. 経済産業省 資源エネルギー庁 総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会 制度改革WG 第6回会合資料「安定供給と環境保全に向けた欧米の事例紹介～スマートメーター・スマートグリッド」(日本IBM(株))
<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g71101c04j.pdf>
176. japan.internet.com ニュース「テキサス州で大規模なBPL サービス計画」(2005年12月20日) Roy Mark氏執筆記事 <http://japan.internet.com/webtech/20051220/11.html>
177. (財)電力中央研究所 ホームページ システム技術研究所 需要家システム領域 紹介ページ
<http://criepi.denken.or.jp/jp/system/unit/02/research1.html>
178. 三菱電機(株)省エネサポートサイト 「プロフェッショナルに学ぶ攻めの省エネパワーアップ講座」Vol.8 「電力自由化時代の電力システムとエネルギー有効利用《後編》」(横山隆一)
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/shoene/kouza/vol08/index03.html>
179. 文部科学省 科学技術政策研究所 科学技術動向研究センター 「科学技術動向」2003年4月号 特集2「分散型電源を用いたシステムの構築—我が国の地域特性に応じたシステムの構築を目指して—」(橋本幸彦)
http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt025j/0304_03_feature_articles/200304_fa02/200304_fa02.html
180. FRIENDS 研究会(北海道大学大学院情報科学研究科システム統合学研究室)ホームページ 「FRIENDS とは 将来の電気エネルギー流通システムとは？」<http://si.ssi.ist.hokudai.ac.jp/friends/frame/FPDS/index-j.htm>
181. 東京ガス(株)ホームページ 東京ガスの環境への取り組み「アクセス！エコ」—「ホロニックエネルギーシステム」<http://www.tokyo-gas.co.jp/env/challenge/category01.html>
182. IEA PVPS ホームページ (<http://www.iea-pvps.org/>)
183. World Wind Energy Association プレスリリース
http://www.windeia.org/home/images/stories/pr_statistics2007_210208_red.pdf
184. NEDO イー・アンド・イー ソリューションズ株式会社(2005):「風力発電利用率向上調査委員会の風力発電ロードマップ検討結果報告書」報告書管理番号:100005564
185. 電気事業連合会(2008):「低炭素社会の実現に向けた電気事業の取り組みについて」
http://www.fepc.or.jp/about_us/pr/kaiken/_icsFiles/afiedfile/2008/08/20/200805.pdf
186. 「固定価格買取制度入門—再生可能エネルギー導入の切り札」ビジネス版 Ver.3.1:2008.8.15(独)産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 化合物薄膜チーム 櫻井啓一郎
<http://ksakurai.nwr.jp/R/slides/WhyFIT/WhyFIT.pdf>
187. 東京都環境局 東京都環境整備公社 報道発表資料(2008年12月18日)「目指せ！太陽エネルギー100万キロワット 住宅用太陽エネルギー利用機器導入促進事業補助金交付要綱の策定について」
<http://www.metro.tokyo.jp/INET/OSHIRASE/2008/12/20icj200.htm>
事業スキームについての別紙資料 <http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/sgw/20081218.pdf>
188. MSN 産経ニュース(2008年8月31日)「東京都が家庭での太陽熱量を買取り 地球温暖化防止に向け、全国初」<http://sankei.jp.msn.com/life/environment/080831/env0808312005000-n1.htm>
189. サーチナ(<http://searchina.ne.jp/>) 経済ニュース(2008年4月25日)「中国の太陽熱温水器保有量 世界の76%に」http://news.searchina.ne.jp/disp.cgi?y=2008&d=0425&f=business_0425_017.shtml
190. 環境情報案内・交流サイト EIC ネット((財)環境情報普及センター) 海外ニュース(2006年4月6日)「中国 太陽エネルギー利用建築一体化の有望な展望」
<http://www.eic.or.jp/news/?act=view&serial=15996>
191. NEDO 海外レポート1015号, p.p.18-21 2008年1月23日「アイスランドの水素社会計画」
<http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/1015/1015-03.pdf>
192. 中部電力(株)ホームページ 技術開発ニュース 2006年5月 120号 トピックス「水素エネルギー社会とアイスランド」(名古屋大学工学研究科 鈴置保雄教授)
<http://www.chuden.co.jp/torikumi/study/library/news/pdf/list120/N12003.pdf>
193. (社)日本有機資源協会(JORA) HP 平成21年度 農林水産省 環境バイオマス総合対策推進事業 普及・啓発パンフレット「あなたのまちもバイオマスタウンに！」
http://www.jora.jp/txt/katsudo/k_biomass/h21_kbst/pdf/biomassstown0903.pdf

194. 北海道立林産試験場 林産試だより 2008年12月号 特集『木質バイオマス研究の今、石油に取って代われるか』「バイオリファイナリーで循環型社会を目指す」利用部再生利用科 檜山亮
<http://www.fpri.asahikawa.hokkaido.jp/dayori/0812/1.htm>
195. 北海道立林産試験場 林産試だより 2008年12月号 特集『木質バイオマス研究の今、石油に取って代われるか』「バイオマス変換技術について～バイオマス講演会の報告」利用部再生利用科 檜山亮
<http://www.fpri.asahikawa.hokkaido.jp/dayori/0812/2.htm>
196. 北海道立林産試験場 林産試だより 2007年7月号 特集『バイオエタノール』「バイオマスからの液体燃料について」利用部再生利用科檜山亮 <http://www.fpri.asahikawa.hokkaido.jp/dayori/0707/3.htm>
197. バイオエタノール・ジャパン・関西(株) ホームページ <http://www.bio-ethanol.co.jp/>
198. 岡山県真庭市「バイオマスタウン真庭」ホームページ http://www.net626.co.jp/maniwa_baio/index.html#eta
199. (独)国立環境研究所 環境研究技術ポータルサイト 環境技術ライブラリ 環境技術解説「バイオエタノール」 <http://ecotech.nies.go.jp/library/description/detail.php?id=6>
200. The Swedish Bioenergy Association (Svebio) ホームページ “Biofuels for transports”
<http://www.svebio.se/?p=780&m=523>
201. 日経BP nikkeiBPnet ECO JAPAN—成長と共生の未来へ—「人とクルマと地球の良い関係！」第17回「環境先進国スウェーデンのクルマ事情その2」(2007年7月24日)
http://eco.nikkeibp.co.jp/style/eco/column/shimizu/070724_sweden02/index.html
202. 駐日ブラジル大使館 ブラジル国概要 「工業発展 燃料用エタノール工業(アルコール)」
http://www.brasemb.or.jp/info/industry_ethanol.php
203. バイオマス情報ヘッドクォーター～バイオマス利活用促進のための情報拠点～ HP 海外動向「燃料用バイオエタノール(ブラジル)」 http://www.biomass-hq.jp/foreign/pdf/ethanol_brazil.pdf
204. SBIホールディングス(株)商品先物取引サービスの比較サイト ALL先物比較 商品先物銘柄トピックス「2009年も低迷が予想されるエタノール需要」((株)フィスココモディティ 津賀田真紀子)
<http://www.allsakimonohikaku.jp/column/column.php?tk=fiscomm&cpage=090105>
205. 参考資料:日本貿易振興機構(JETRO) 日刊通商弘報 記事詳細(2009年2月10日)「減税効果で1月の自動車販売は前月比微増に—金融危機下の好調業種を探る—(ブラジル)」
http://www.jetro.go.jp/biznews/cs_america/498fcc40a1220
206. NEDO 海外レポート1023号 p.p.42-44 2008年6月4日 再生可能エネルギー特集「英国におけるバイオ燃料をめぐる注視すべき議論」 <http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/1023/1023-07.pdf>
207. (独)国立環境研究所 環境研究技術ポータルサイト 海外環境ニュース(2008年2月7日)「生態系改変によるバイオ燃料用作物の栽培は、地球温暖化のために逆効果」(ミネソタ大学, ネイチャーコンサーバンシーによる研究成果紹介) <http://ecotech.nies.go.jp/fnews/detail.php?i=558>
208. 米国 ミネソタ大学(University of Minnesota) ホームページ UM News “University of Minnesota study: Destroying native ecosystems for biofuel crops will worsen global warming”
http://www1.umn.edu/urelate/newsservice/NS_details.php?release=080207_3750&page=UMNN
209. ネイチャーコンサーバンシー(The Nature Conservancy) ホームページ Climate Change “New Study Raises Major Questions on Biofuels” <http://www.nature.org/initiatives/climatechange/press/press3345.html>
210. NPO法人バイオマス産業社会ネットワーク(BIN) バイオマス白書2009 特集1「2.2008年バイオ燃料の国際的動向」 http://www.npobin.net/hakusho/2009/topix_02.html
211. NEDO(2006):「バイオマスエネルギー導入ガイドブック(第2版)」
http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/pamphlets/shinene/baiomass2_kai.pdf
212. Global Bioenergy Partnership(GBEP) ホームページ Purpose and Functions
<http://www.globalbioenergy.org/aboutgbep/purpose0/en/>
213. 農林水産省 プレスリリース(平成20年11月5日)「国際バイオ燃料基準検討会議のとりまとめについて」
http://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/kankyo/081105_1.html
添付資料:「バイオ燃料の持続可能性に関する国際的基準・指標の策定に向けた我が国の考え方 取りまとめ概要」 http://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/kankyo/pdf/081105_1-01.pdf
「国際バイオ燃料基準検討会議」(概要図) http://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/kankyo/pdf/081105_1-02.pdf
214. 中国電力(株) ホームページ 「照会できます!お客様の電気料金」
<http://www5.energia.co.jp/EIGYO/JSP/LW1W4009.jsp>
215. 四国計測工業(株) ホームページ 製品紹介 省エネ製品「省エネナビ」
<http://www.yonkei.co.jp/products/openplanet/energysaving/o001.htm>
216. 東京ガス(株) ホームページ ピピッと!ガス百科(The Dictionary of Gas)「エネルギーリモコン」
<http://www.tokyo-gas.co.jp/encyclopedia/dictionary/dictionary14.php>
217. 東京ガス(株) プレスリリース(平成21年2月10日)「ご家庭向け『省エネ診断レポート』の実証実験の実施について」 <http://www.tokyo-gas.co.jp/Press/20090210-01.html>
218. シャープ(株) ホームページ シャープ技報 新製品解説「省エネナビ機能を内蔵したカラー電力モニター」
http://www.sharp.co.jp/corporate/rd/28/pdf/93_13.pdf
219. (株)テクトム ホームページ 製品案内「燃費向上に!リアルタイムデジタル燃費計 燃費マネージャー」
<http://www.techtom.co.jp/FCM2000W.html>

220. ルノー・日産 (株) TIIDA ティーダ Web カタログ「液晶オド・ツイントリップメーター (燃費表示機能付)
<http://www2.nissan.co.jp/TIIDA/C11/0801/XML/card/eq4isr000004maq.html>
221. (株) ヴェアル研究所 ホームページ 駅すばあと World 製品・サービス「経路・運賃検索ソフトのベストセラー駅すばあとの機能」
<http://ekiworld.net/service/package/function/index.html>
222. Royal Ahold CSR レポート2007 Climate Action “Measuring our impact” (ICA)
http://csr2007.ahold.com/case_measuring_impact.html (2009年2月21日時点)
http://www.ahold.com/files/cr-2007_2.pdf (2009年6月2日時点ではこちらから情報参照)
223. Energy Bulletin ホームページ Emerging Trends Report (2007) <http://www.emergingtrendsreport.com/>
“Electrifying change” by Richard Karn <http://www.energybulletin.net/node/29104>
224. 東京電力 (株) ホームページ プレスリリース (平成12年4月25日)「東京都水道局、東京電力及び東京ガスの3事業者による自動検針の共同化の検討について」
<http://www.tepco.co.jp/cc/press/00042501-j.html>
225. (独) 国立環境研究所 環境研究技術ポータルサイト 環境技術ライブラリ 環境技術解説「ホームエネルギーマネジメントシステム (HEMS)」
<http://ecotech.nies.go.jp/library/description/detail.php?id=17>
226. (財) 省エネルギーセンター ホームページ 平成16年度省エネルギー技術普及促進事業調査報告書 第7章省エネルギーニーズ技術調査「7.8 BEMSによるエネルギー利用管理技術」
http://www.eccj.or.jp/diffusion/04/diff_07_08.html
227. 三洋電機 (株) ニュースリリース (2008年11月12日)「<ご参考>スーパーマーケットの省エネを実現する「エコストアシステム」が“エコプロダクツ大賞 (経済産業大臣賞)”を受賞」
<http://www.sanyo.co.jp/koho/hypertext4/0811news-j/1112-1.html>
228. ダイキン工業 (株) ニュースリリース CORPORATE NEWS 「ダイキンソリューションサービスシステムエコプロダクツ大賞「環境大臣賞」受賞 ビル空調向け「遠隔省エネチューニングサービス『省エネ当番』」
<http://www.daikin.co.jp/press/2008/081112/index.html>
229. Panasonic (株) ホームページ 照明・電気設備のEbox「ライフィニティーECO マネシステム」
http://denko.panasonic.biz/Ebox/kahs_eco/index.html
230. 東京ガス (株) ホームページ ガス器具・設備「リモートプラス (Remote+) 東京ガスホームオートメーションシステム」
<http://home.tokyo-gas.co.jp/tes/remote/index.html>
231. 日立建機 (株) ホームページ 製品情報「ZAXIS135US 特長 (e-Service Owner's site)」
http://www.hitachi-kenki.co.jp/products/excavator/medium/zx135us-3/feature_8.html
232. 環境省 省エネ製品買い替えナビゲーション「しんきゅうさん.com」
<http://shinkyusan.com/index.html#/index/top>
233. 英国 環境・食糧・農林地域省 (Defra) ホームページ Climate change & energy Action in the UK Individual and community action “Personal carbon trading”
<http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange/uk/individual/carbontrading/index.htm>
234. Eco Design 2007 ホームページ <http://ecodenet.com/ed2007/index.htm>
235. Energy Star Program ホームページ Partner Resources “EPA Report on Server and Data Center Energy Efficiency”
http://www.energystar.gov/index.cfm?c=prod_development.server_efficiency_study
EPA Final Report to Congress:
http://www.energystar.gov/ia/partners/prod_development/downloads/EPA_Datacenter_Report_Congress_Final1.pdf
236. The Green Grid ホームページ <http://www.thegreengrid.org/home>
237. ソフトバンク IDC (株) ホームページ プレスリリース (2008年5月22日)「ソフトバンク IDC データセンターのグリーンIT強化の取り組みを推進・強化」
<http://www.sbidc.jp/pressrelease/2008/20080522001.html>
(2009年2月22日時点)
<http://www.idcf.jp/pressrelease/2008/20080522001.html> (2009年6月2日時点)
238. 経済産業省 商務情報政策局 報道発表 (平成19年12月7日)「第1回グリーンITイニシアティブ会議の開催について」
<http://www.meti.go.jp/press/20071207005/20071207005.html>
239. 環境 goo 環境用語集～環境について調べる～「グリーンITイニシアティブの詳細解説」
<http://eco.goo.ne.jp/word/ecoword/E00693.html>
240. グリーンIT推進協議会 ホームページ <http://www.greenit-pc.jp/>
241. 環境省 エコ・アクション・ポイント公式サイト <http://www.eco-action-point.go.jp/>
242. NEC (株) ホームページ プレスリリース (2007年5月16日)「環境ソリューション事業の強化について」
<http://www.nec.co.jp/press/ja/0705/1601.html>
243. (独) 国立環境研究所, 東京大学先端科学技術研究センター, 日本電気株式会社基礎・環境研究所 (2007年2月) 平成16～18年度地球温暖化対策技術開発事業「パソコン消費電力自動管理システム INEMS」パンフレット
244. 関西電力 (株) ホームページ プレスリリース (2008年9月26日)「新計量システムの導入に向けた取り組みについて」
<http://www.kepco.co.jp/pressre/2008/0926-1j.html>
245. 共同通信社配信 47ニュース 共同ニュース 記事詳細 (2007年6月18日)「家庭のCO₂削減に新支援策 環境省、診断士や融資活用」
<http://www.47news.jp/CN/200706/CN2007061801000107.html>
246. 滋賀県庁 HP 県政 e しんぶん news release 2007年9月10日号「家庭版ESCO事業についてのお知らせ」
<http://www.pref.shiga.jp/hodo/e-shinbun/de00/20070910.html>
247. (独) 国立環境研究所 環境研究技術ポータルサイト 環境技術ライブラリ 環境技術解説「ESCO」

- <http://ecotech.nies.go.jp/library/description/detail.php?id=14>
248. G8 大学サミット ホームページ 「札幌サステナビリティ宣言」(2008年7月1日)
<http://g8u-summit.jp/ssd/index.html>
249. 日経 BP bpSPECIAL ECO マネジメント インタビュー「日本が主導する持続可能な社会づくり[前編] 大学がビジョンとアクションを示す(東京大学総長 小宮山宏氏)」(2008年3月13日公開)
<http://premium.nikkeibp.co.jp/em/interview/22/index.shtml>
250. 東京大学 東大サステナブルキャンパスプロジェクト室 ホームページ 「取り組み概要」
<http://www.tscp.u-tokyo.ac.jp/about.html>
251. 米国 エール大学 (University of Yale) Yale Office of Sustainability ホームページ
<http://www.yale.edu/sustainability/>
Climate Strategy “Yale’s Greenhouse Gas Reduction Commitment” : <http://www.yale.edu/sustainability/climate>
Strategy Presentation “Progress Towards a Sustainable Yale” :
<http://www.yale.edu/sustainability/YaleSustainability.pdf>
252. (社) 科学技術と経済の会監修 エネルギー環境教育研究会編(2008)「持続可能な社会のためのエネルギー環境教育 ~欧米の先進事例に学ぶ~」(国土社) 主に1章、2章の内容を要約
253. 東京商工会議所 ホームページ 検定試験情報サイト「環境社会検定 (eco 検定)」
<http://www.kentei.org/eco/index.html>
254. eco people 公式サイト (エコビープル支援協議会) <http://www.eco-people.jp/>
255. 環境情報案内・交流サイト EIC ネット ((財)環境情報普及センター) 海外ニュース フランス関連記事
「環境憲章を準備」(2002年6月20日) <http://www.eic.or.jp/news/?act=view&serial=3206&oversea=1>
「環境省2003年度予算案を発表」(2002年9月24日) <http://www.eic.or.jp/news/?act=view&serial=3865&oversea=1>
「フランス内閣改造 エコロジー・エネルギー・持続可能な開発国土整備大臣に呼称を変更」(2008年3月19日) <http://www.eic.or.jp/news/?act=view&oversea=1&serial=18274>
256. ノルウェー オスロ大学 Centre of Development and the Environment 研究プロジェクト The SusNordic Gateway サイト “The Swedish Government - and government agencies”
http://www.sum.uio.no/susnordic/sweden/national_authorities/government/index.html (2009年2月25日時点) (2009年6月3日現在、組織改変により閲覧停止状態)
257. 米国 ポートランド市 (City of Portland) Office of Sustainable Development ホームページ
<http://www.portlandonline.com/osd/>
258. つくば3Eフォーラム 「第2回つくば3Eフォーラム会議 報告書」(2008年5月31日~6月1日開催) p.p.32-35, p.p.104-108 (Ms. Megan Stein 氏の発表部分)
報告書前半 : http://www.sakura.cc.tsukuba.ac.jp/~eeeforum/2nd3EF/2nd_report_former.pdf
報告書後半 : http://www.sakura.cc.tsukuba.ac.jp/~eeeforum/2nd3EF/2nd_report_latter++.pdf
259. 全国地球温暖化防止活動センター (jiccca) ホームページ「海外先進都市事例集」
<http://www.jiccca.org/content/blogcategory/169/610/>
第2部 アメリカ合衆国・ポートランドの事例紹介部分
http://www.jiccca.org/component/option.com_docman/task.cat_view/gid.104/dir.ASC/order.name/limit.1/limitstart.1/
260. 脱温暖化2050プロジェクト 森林チーム (独) 森林総合研究所 外崎真理雄氏 提供資料
261. Ecorio ホームページ “How it works” <http://www.ecorio.org/>
262. EU ホームページ “mobGAS: Use your mobile phone to check your impact on climate change”
<http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm?id=4420&lang=en>
263. 東京大学 (2004年): 温暖化対策のための技術とライフスタイルの統合的対策の予備的研究-IT社会のエコデザイン-
264. 国土交通省 社会資本整備審議会 建築環境部会 第4回会合 (2009年1月16日開催) 資料3: 改正省エネ法の施行に向けたスケジュール
<http://www.mlit.go.jp/common/000031042.pdf>
265. 環境省・低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及方策検討委員会 (2009): 「低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及方策について(提言)」 http://www.env.go.jp/earth/ondanka/conf_re-lcs/rcm.html
p.26 4. 太陽光発電の導入 4.1 導入ターゲットの設定 (2) 太陽光発電についての導入ターゲット
http://www.env.go.jp/earth/ondanka/conf_re-lcs/rcm/main.pdf
266. 日経 BP nikkeiBPnet ECO JAPAN ー成長と共生の未来へー リポート第20回「主役はリチウムイオン電池 容量や小型化に課題が残る」(2007年11月6日)「リチウムイオン電池の仕組み」(イラスト: タジマヤスタカ) http://eco.nikkeibp.co.jp/style/eco/report/071106_lithium-ion/index1.html
267. 農林水産省 プレスリリース (平成20年7月1日)「ソフトセルロース利活用技術確立事業の事業実施地区決定について」 <http://www.maff.go.jp/j/press/nousin/sousei/080701.html>
関連資料: <http://www.maff.go.jp/j/press/nousin/sousei/pdf/080701-01.pdf>
268. EU ホームページ “Emission Trading System (EU ETS)”
http://ec.europa.eu/environment/climat/emission/index_en.htm
269. 金融庁 (2002): 「公認会計士監査制度の充実・強化」
http://www.fsa.go.jp/singi/singi_kinyu/siryou/f-20021224-3/01.pdf

270. Sitra の報道発表資料より「Sitra と Provider が新しいベンチャーキャピタルファンドを創設」
http://www.sitra.fi/en/News/release_2007-10-11.htm
271. 慶應義塾大学 大学院 政策・メディア研究科「低炭素社会デザインコース」概要紹介ページ
http://www.sfc.keio.ac.jp/academics/graduate/low_carbon.html
272. 慶應義塾大学 大学院 政策・メディア研究科 低炭素社会デザインコースホームページ
<http://lcs.sfc.keio.ac.jp/>

脱温暖化 2050 研究第Ⅱ期（2007-2008 年度）参画研究者メンバー（所属は当時）

	プロジェクトリーダー：西岡 秀三（国立環境研究所） プロジェクト幹事：藤野 純一（国立環境研究所）
シナリオチーム	甲斐沼 美紀子、増井 利彦、藤野 純一、花岡 達也（国立環境研究所）、 松岡 譲、河瀬 玲奈（京都大学）、島田 幸司（立命館大学）、日比野 剛、 榎原 友樹、藤原 和也（みずほ情報総研（株））、うちエネルギー供給チーム： 板橋 重幸（日本エネルギー学会）、うち世界エネ供給モデルチーム：長田 紘一、 森 裕子（（株）ジェイ・ケイ・エル）、うち森林チーム：外崎 真理雄、 久保山 裕史、立花 敏、岡 裕泰、恒次 祐子、青井 秀樹（森林総合研究所）
産業チーム	小嶋 公史、木村 ひとみ（地球環境戦略研究機関）、藤井 美文、山田 修嗣（文 教大学）、石川 雅紀（神戸大学）
目標検討チーム	蟹江 憲史（東京工業大学）、太田 宏（早稲田大学）、亀山 康子、原沢 英夫 （FY2007のみ）、久保田 泉、高橋 潔、肱岡 靖明、花崎 直太（FY2008のみ） （国立環境研究所）、鈴木 政史（国際大学）
都市チーム	花木 啓祐、藤井 康正、吉田 好邦、クレイネス・スティーヴン（東京大学）、 伊香賀 俊治（慶應義塾大学）、林立也（（株）日建設計総合研究所）、高橋 伸英 （信州大学）、荒巻 俊也（東洋大学）、森 俊介（東京理科大学）、石田 武志（日 本工業大学）
IT チーム	藤本 淳（東京大学）、松本 光崇、増井 慶次郎、近藤 伸亮（産業技術総合研究 所）、西 史郎、中村 二郎（FY2007のみ）、折口 壮志、染村 庸（FY2008のみ）、 飯橋 真輔（FY2008のみ）、由比藤 光宏（FY2008のみ）、津田 昌幸（FY2007 のみ）、原 美永子（FY2007のみ）（日本電信電話株式会社）
交通チーム	森口 祐一、小林 伸治、松橋 啓介（国立環境研究所）、田原 聖隆、 工藤 祐揮（産業技術総合研究所）、原田 昇、高見 淳史（東京大学）、加藤 博和 （名古屋大学）、兵藤 哲朗（東京海洋大学）、奥村 泰宏（（株）三菱総合研究所）

責任編集

（独）国立環境研究所 地球環境研究センター 温暖化対策評価研究室 主任研究員 藤野 純一
みずほ情報総研（株） 環境・資源エネルギー部 チーフコンサルタント 榎原 友樹
（独）国立環境研究所 地球環境研究センター 温暖化対策評価研究室
NIES アシスタントフェロー 岩淵 裕子