

II . 各部門別の排出実態と対策の現状

1 . エネルギー転換部門

(1) 排出量の現状と推移

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

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

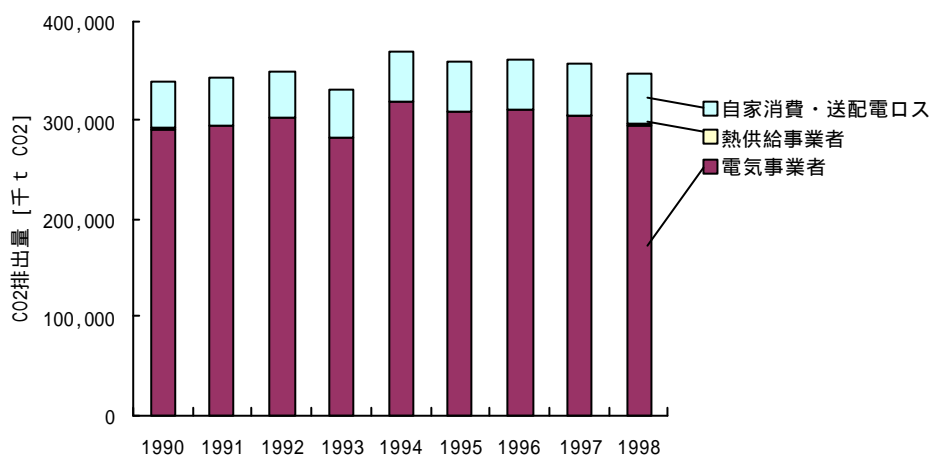


図 6 エネルギー転換部門の排出量(電力配分前)の推移

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

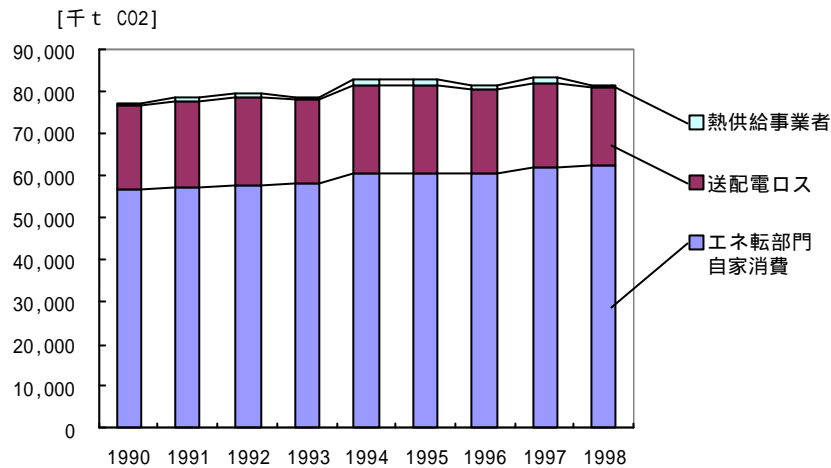
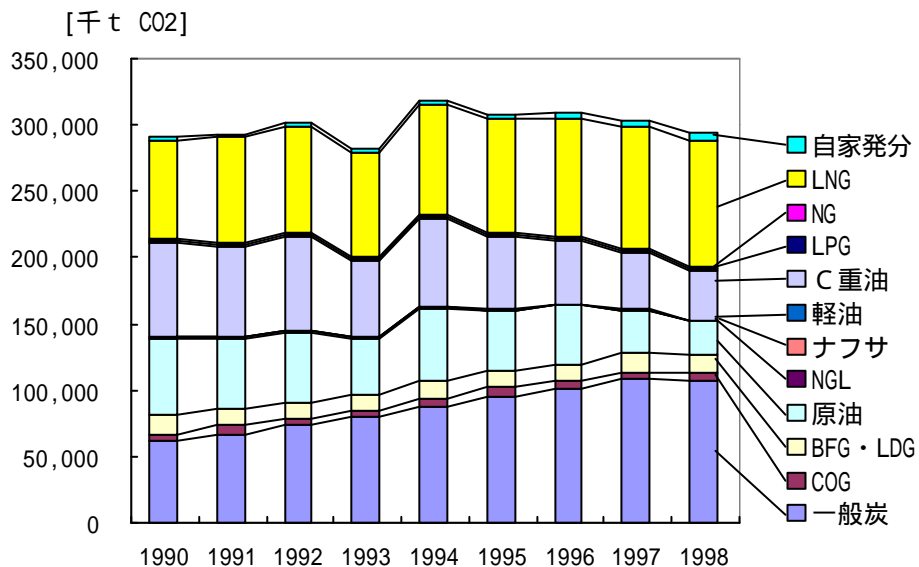


図 7 エネルギー転換部門の排出量(電力配分後)の推移

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

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



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

図 8 エネルギー転換部門(電気事業者)の排出量(電力配分前)の推移

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

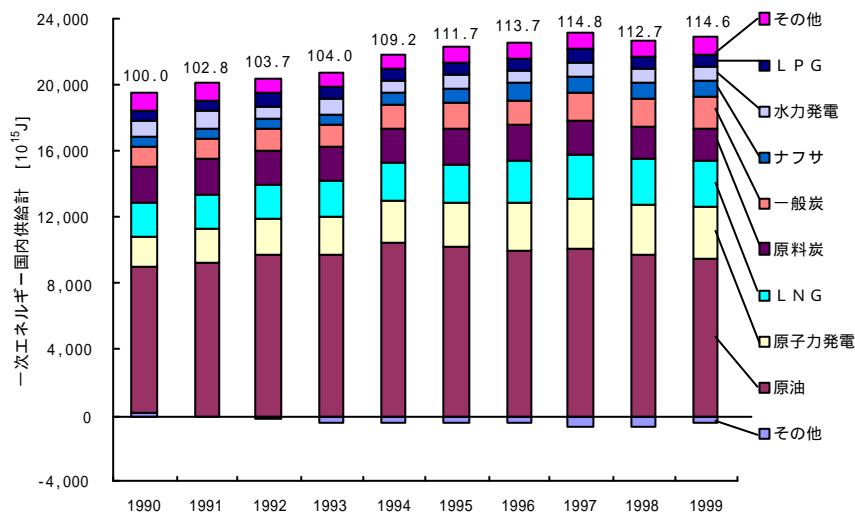
エネルギー転換部門（電気事業者）の排出量は、一般的に、産業部門、民生部門、廃棄物部門などでの自家発電や新エネルギーの導入、エネルギーの有効利用によって減少する。

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

（2）要因分析と課題

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

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



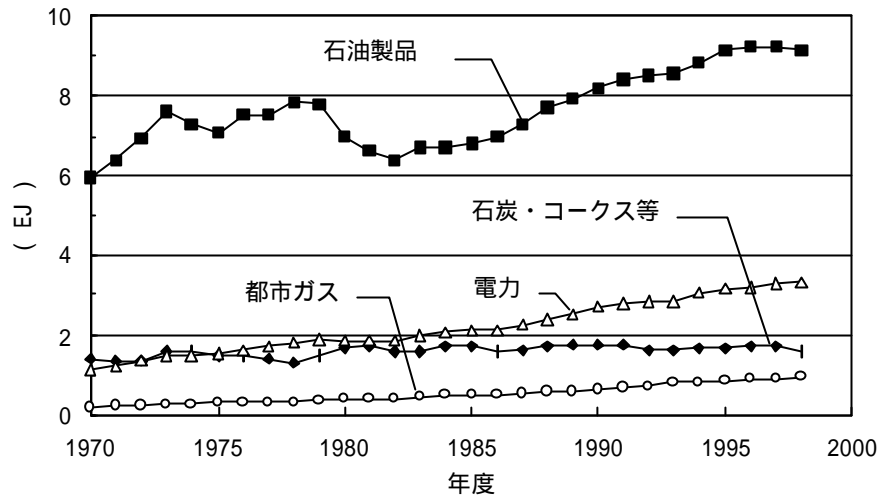
（注）棒グラフ上の数字は1990年度比。その他は輸出品なのでマイナスとなっている。

その他：無煙炭等、N G L、ガソリン、灯油、天然ガス、A重油、オイルコーク、ごみ発電、地熱、太陽熱、その他（新エネルギー）

その他：その他（石油製品）、潤滑油、軽油、コークス、C重油、ジェット燃料油

図9 一次エネルギー国内供給量の推移

（出典：「総合エネルギー統計平成12年版」（資源エネルギー庁編）より作成）



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

図 10 主要エネルギー源別最終エネルギー消費量の推移

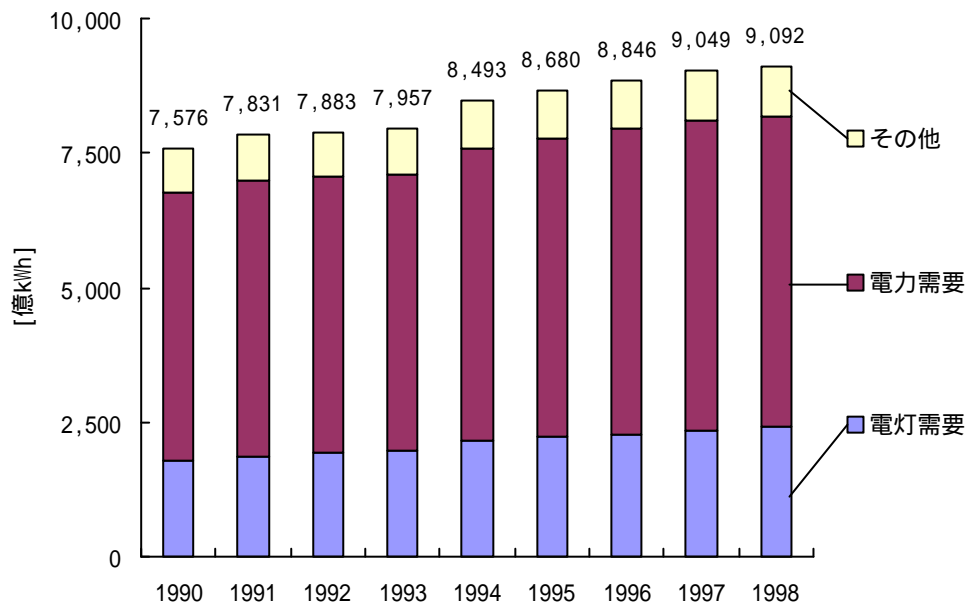
(出典：「総合エネルギー統計平成11年版」(資源エネルギー庁編)より作成)

電気事業者

発電電力量は約20%増加

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

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



(注1) その他：発電所所内消費、送配電ロス、変電所所内消費/等

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

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

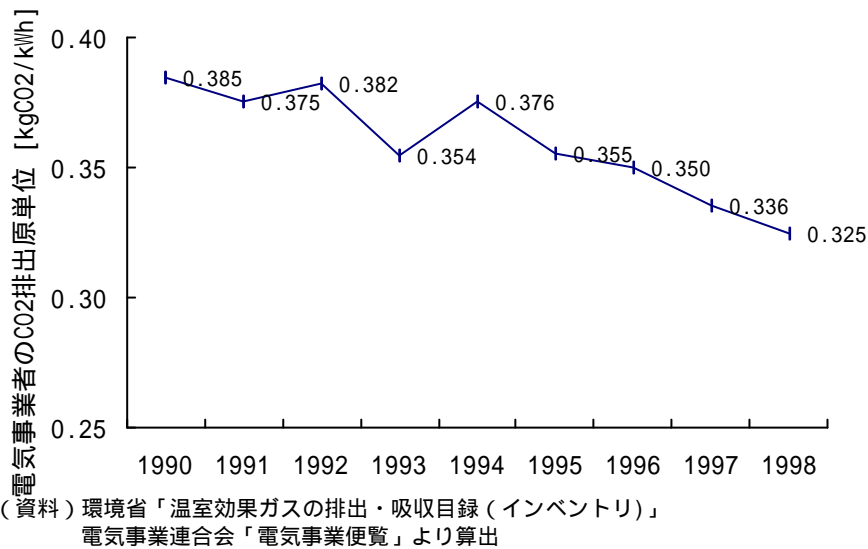
図 11 電気事業者の発電電力量の推移

(出典)「電気事業便覧」(電気事業連合会)より作成

電源構成の変化によりCO2排出原単位は改善

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

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



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

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

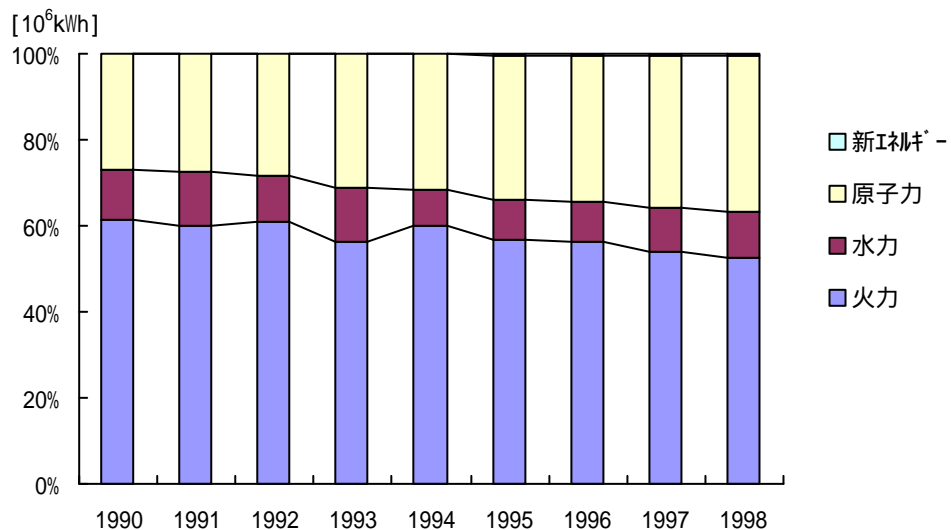


図 13 電源構成の推移

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

火力発電のCO2排出原単位は改善されている

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

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

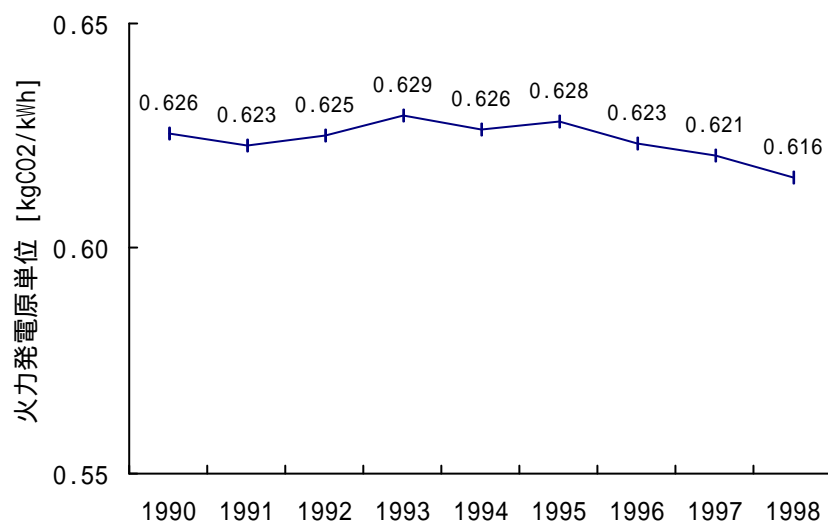
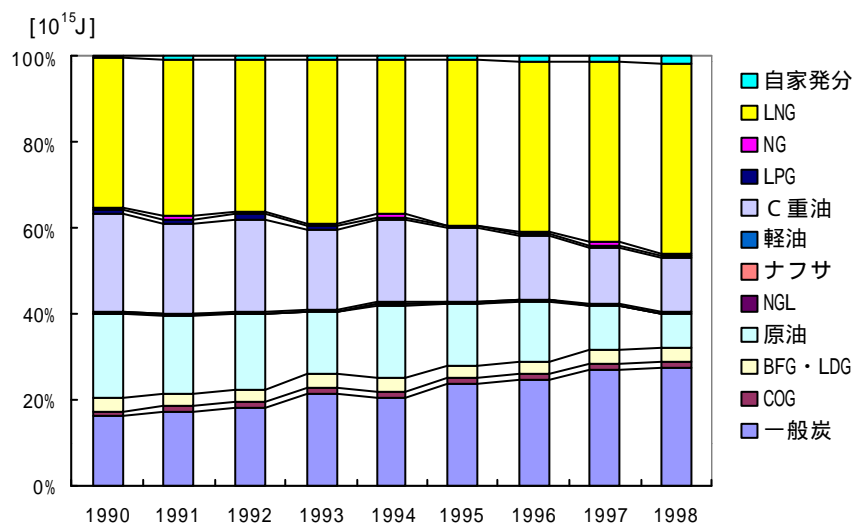


図 14 一般電気事業者及びその他電気事業者の火力発電におけるCO2排出原単位の推移(発電端)

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



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

図 15 火力発電の燃料構成比の推移

(出典：「総合エネルギー統計平成11年版」(資源エネルギー庁編)より作成)

火力発電の設備利用率は気象要因の影響を受ける

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

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

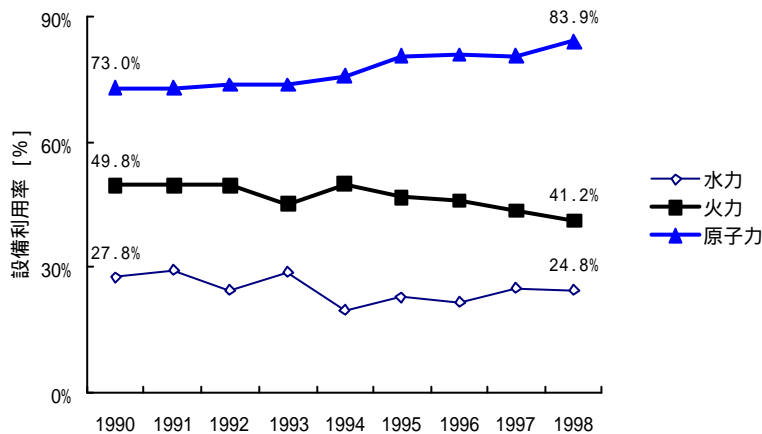


図 16 設備利用率の推移

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

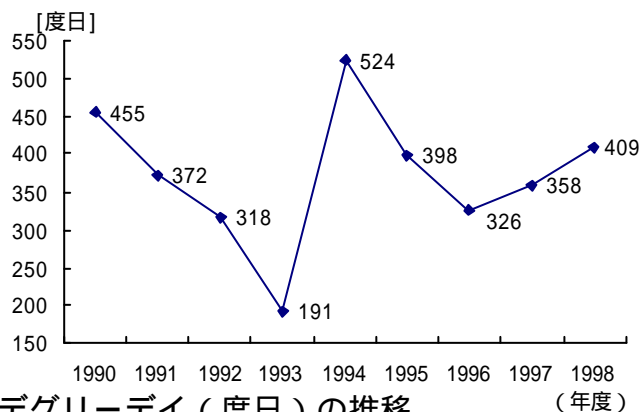


図 17 冷房デGREEデー (度日) の推移

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

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

閏年は未考慮

² 日平均気温より作成。24 を超える日の平均気温と 22 との差を合計。

火力発電における石油から石炭・LNGへの燃料転換が進展

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

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

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

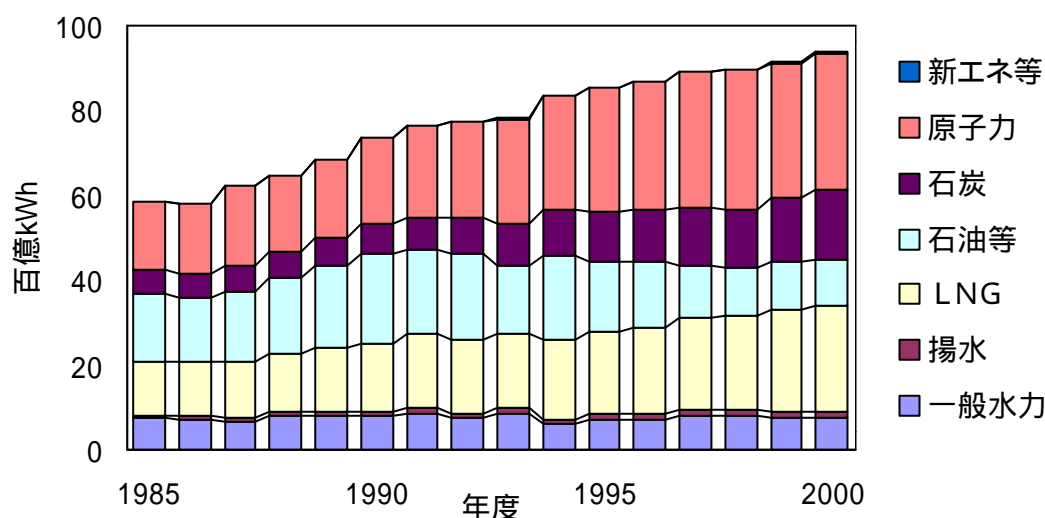


図 18 燃料種別の発電電力量の推移

現行の電気事業者の発電所計画では、将来的に石炭火力と原子力の比率が増加

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

表 3 電気事業者による発電所の開発計画

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

(資料) 資源エネルギー庁「平成13年度の電力供給計画の概要」

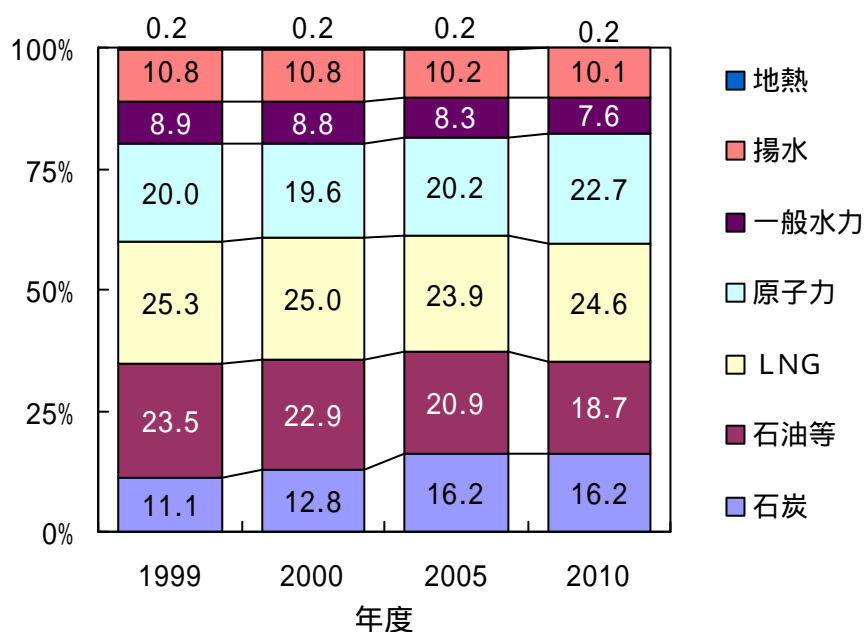


図 19 電気事業者が計画する年度末発電設備構成比

(資料) 資源エネルギー庁「平成13年度の電力供給計画の概要」

(注) 石油等にはLPG・瀝青質を含む。

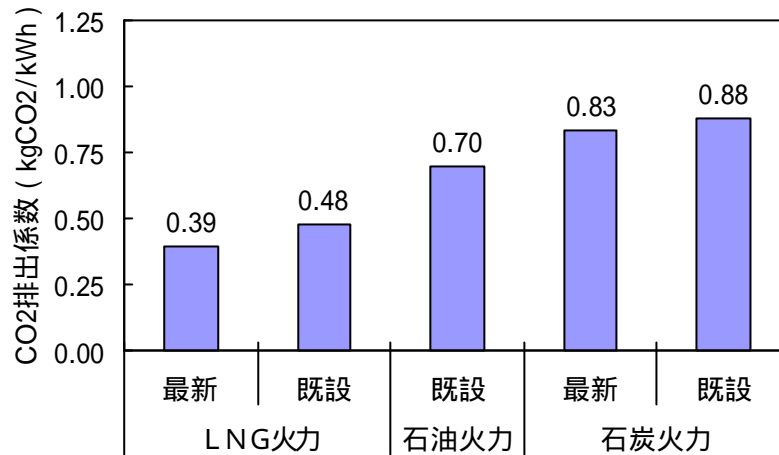


図 20 火力発電における二酸化炭素排出原単位（送電端）の比較

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

電力自由化と温暖化対策の両立が課題

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

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

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

新エネルギー導入の現状と課題

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

(a) 風力発電

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

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

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

以下に、主要な風力発電の導入実績と導入目標を示す。

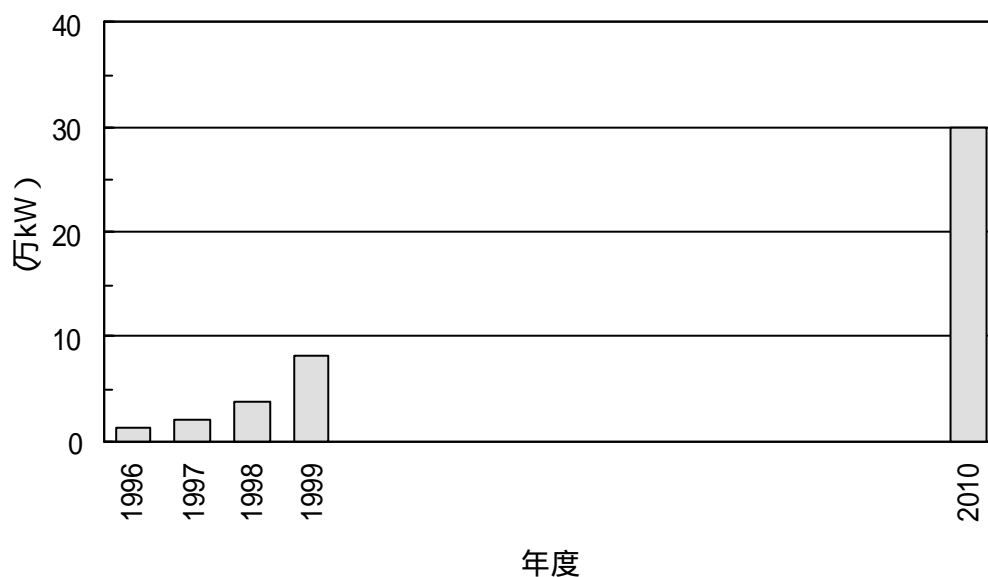
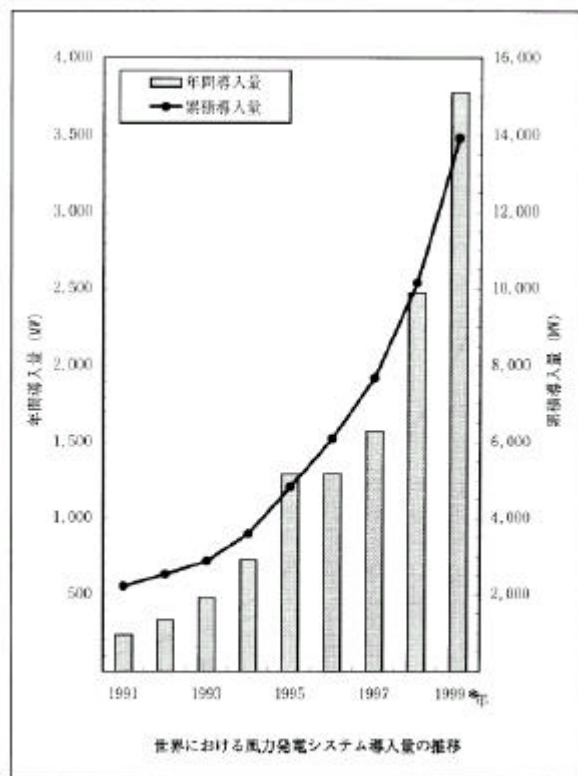


図 21 国内の風力発電の導入実績と目標値

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



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

図 22 世界の風力発電の導入実績

(出典) NEDO「新エネルギー技術開発関係データ集作成調査(風力発電)」

表 4 各国の風力発電に関する目標値(MW:1,000kW)

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

(出典) NEDO「新エネルギー技術開発関係データ集作成調査(風力発電)」

系統への影響緩和が課題

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

今後は、周波数変動等の系統への影響を低減するような技術開発が望まれる。

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

風力発電の経済性を確保するための普及促進策や市場形成方策が必要

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

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

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

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

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

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

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

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

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

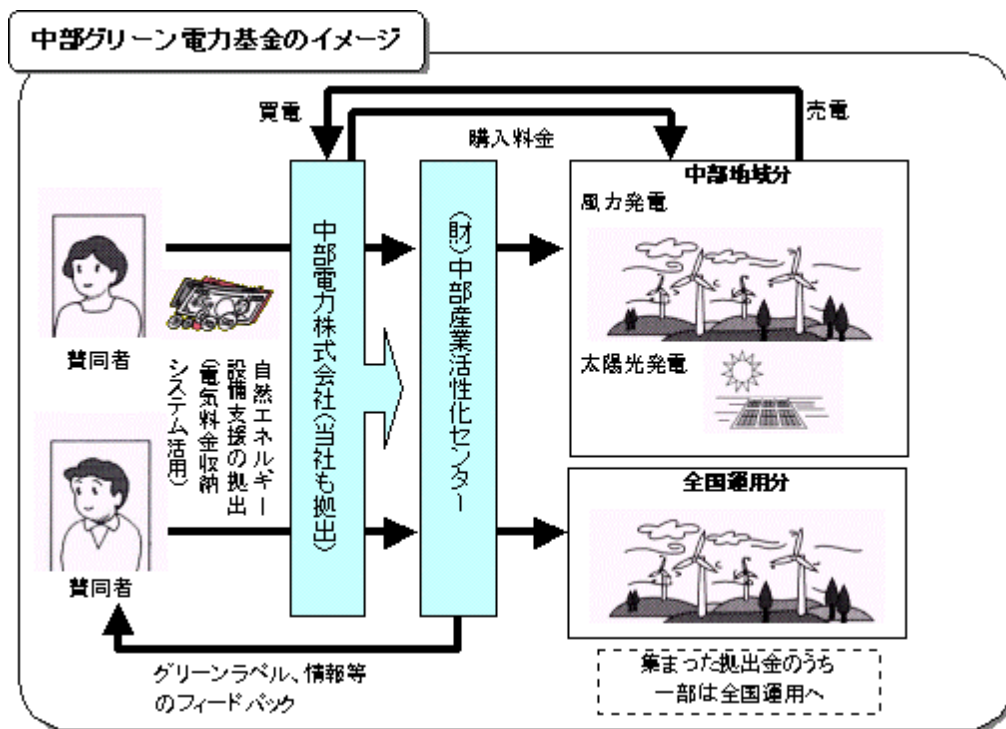


図 23 グリーン電力基金のしくみ（中部電力の例）

出典：中部電力株式会社パンフレットより

(b) 廃棄物発電

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

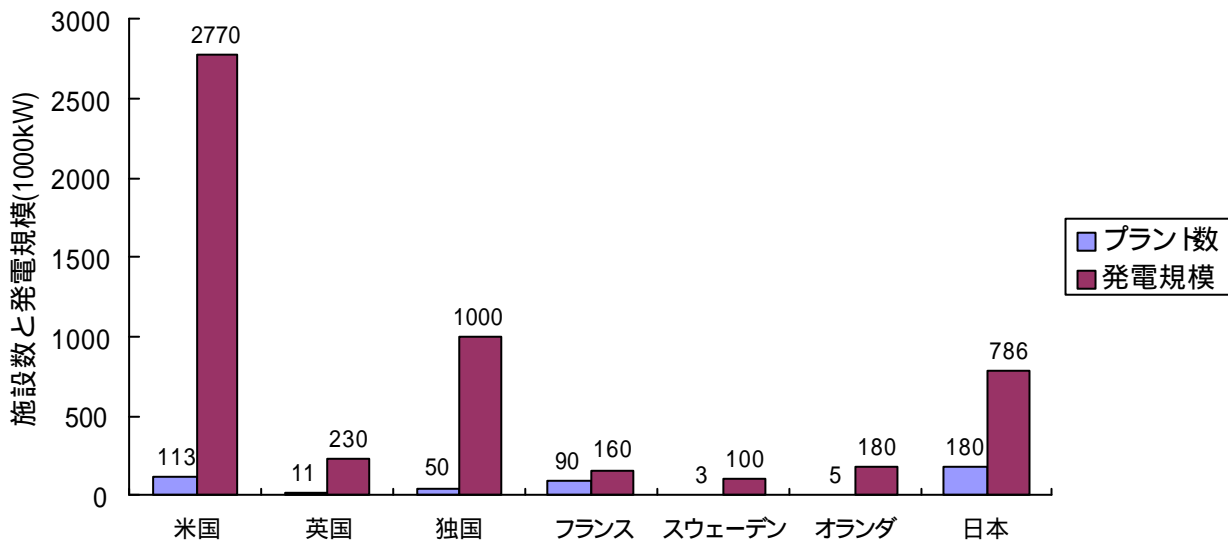
表 5 廃棄物発電出力及び電力量の推移

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

[単位:万kW]

(出典) NEDO「新エネルギー技術開発関係データ集作成調査」

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



(注1)日本は1998年度、米国は97年度、他国は90-93年度ベース。

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

図 24 先進諸国の廃棄物発電（一般廃棄物）の設備数と発電規模

(出典) NEDO「新エネルギー技術開発関係データ集作成調査」

(c) バイオマス発電

木質バイオマスのエネルギー利用

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

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

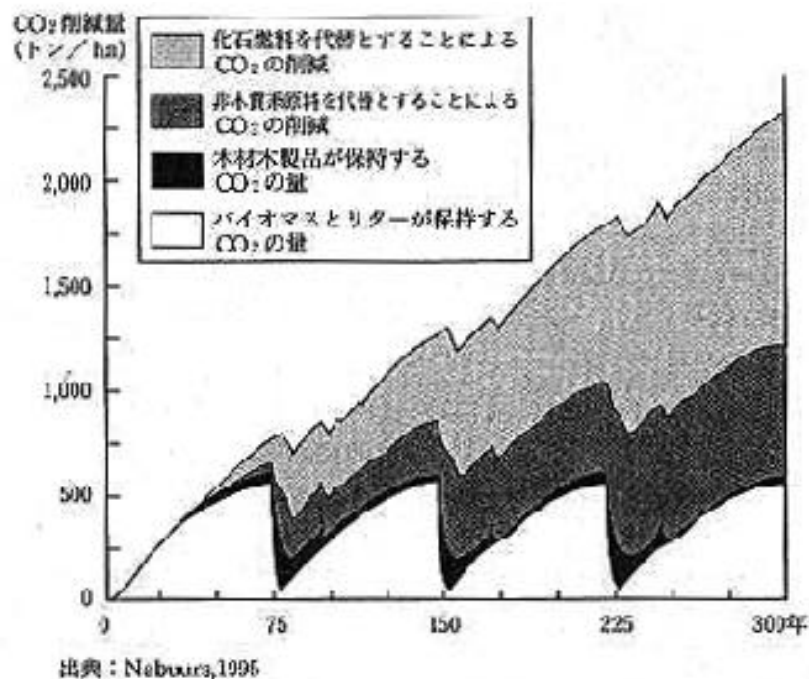


図 25 ヨーロッパでのノルウェイトウヒの造林によって達成されるCO₂の吸収と排出量の削減(累積t CO₂/ha)

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

農業・畜産系廃棄物のエネルギー利用

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

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

各国で注目を浴びるバイオマス発電

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

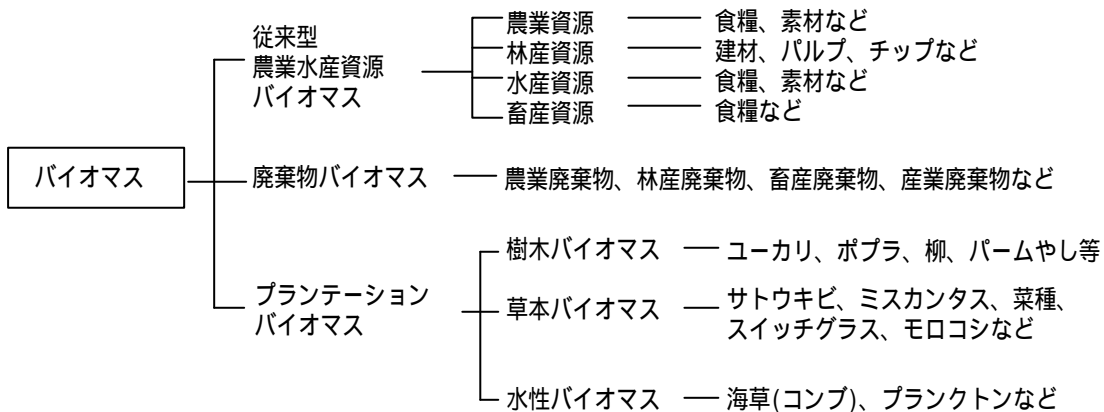


図 26 エネルギー資源の観点からみたバイオマスの分類

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

⁴ 「生物系廃棄物リサイクル研究会報告書」(H11.2)

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

表 6 主要国のバイオマスエネルギー導入計画の概要

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

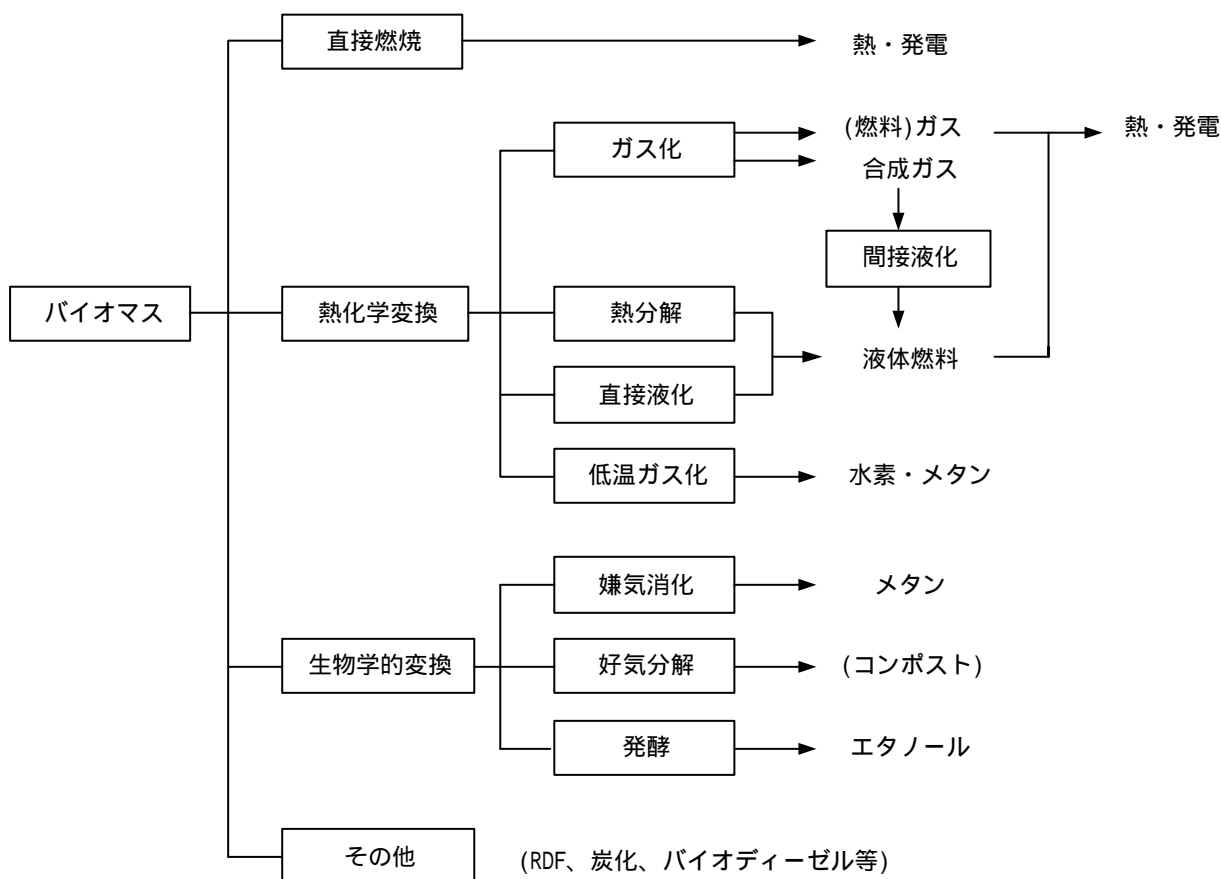


図 27 バイオマスのエネルギーへの変換利用体系

バイオマス発電の普及には経済的措置の充実が不可欠

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

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

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

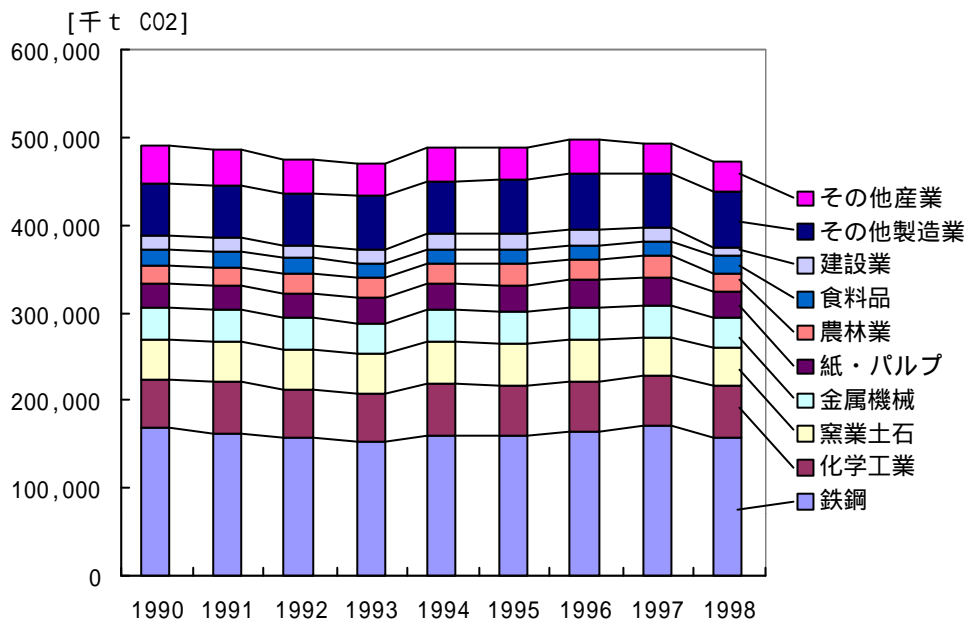
理由としては、i)通常用の材（素材）生産のなかに燃料用チップの生産がスムーズに組み込まれるようになったこと、ii)森林バイオマス用の高性能林業機械の導入や林道、ストックヤードの整備など各種インフラが整備されたこと、iii)木質燃料の分野でも市場の自由化で競争的になり、効率化・企業統合等が進展して取引費用が低下したことが挙げられる。

2. 産業部門

(1) 排出量の現状と推移

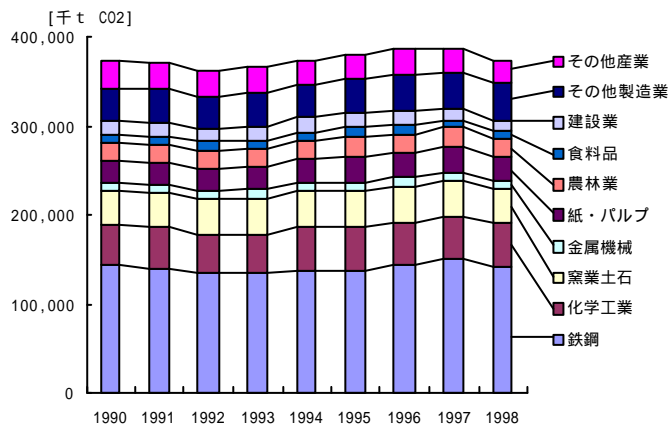
1998年度の産業部門におけるCO₂排出量(電力使用に伴う間接排出分を含む)は474.5[百万t CO₂]であり、我が国におけるCO₂総排出量の約40%を占めている。内訳をみると、排出量の多い業種は、鉄鋼34%、化学工業12%、窯業・土石9%、金属機械7%、紙・パルプ6%となっている。

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



その他産業(非鉄金属、水産業、繊維、鉱業)

図 28 産業部門の業種別排出量(電力配分後)の推移



その他産業(非鉄金属、水産業、繊維、鉱業)

図 29 産業部門の業種別排出量(電力配分前)の推移

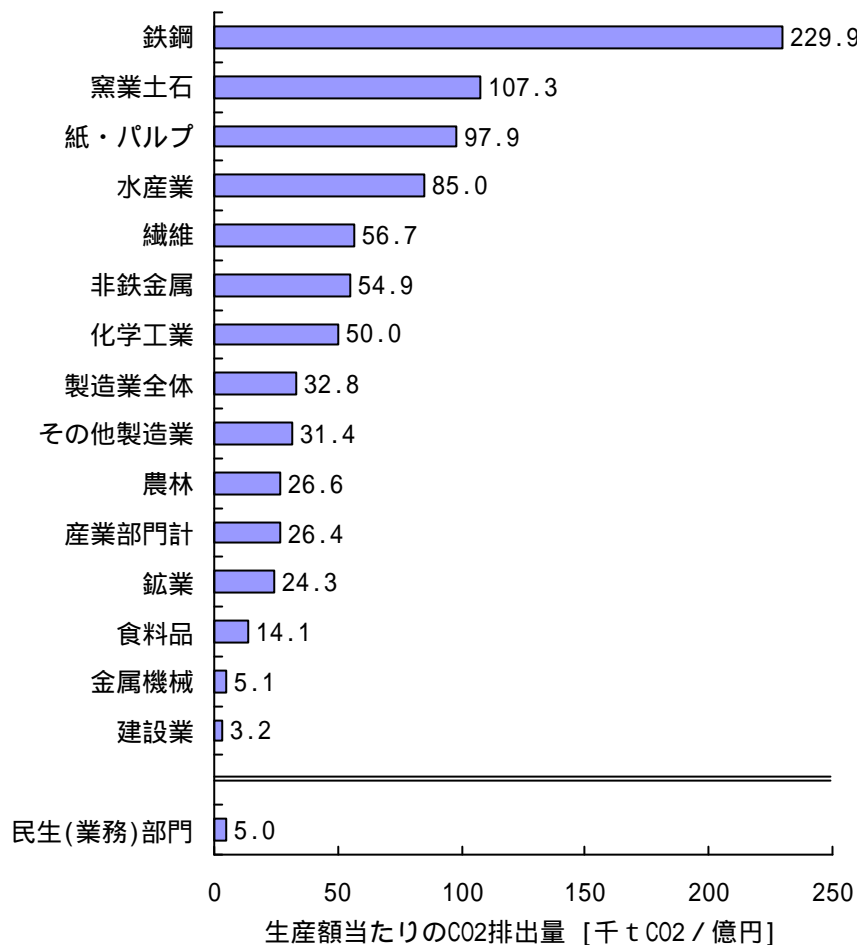


図 30 1998年度の業種別CO2排出原単位(生産額当たり)

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

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

表 7 業種別CO2排出原単位の推移(生産額当たり)

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

(2) 要因分析と課題

金属機械及び化学工業の生産額が増加

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

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

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

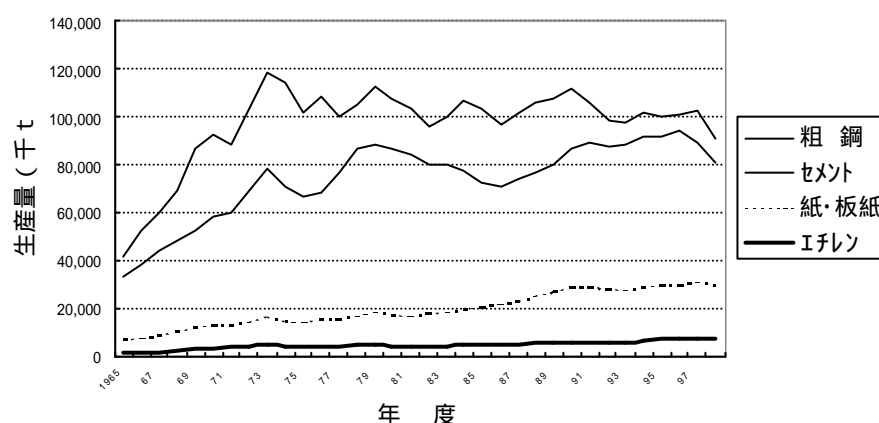


図 31 主要素材の生産量の推移

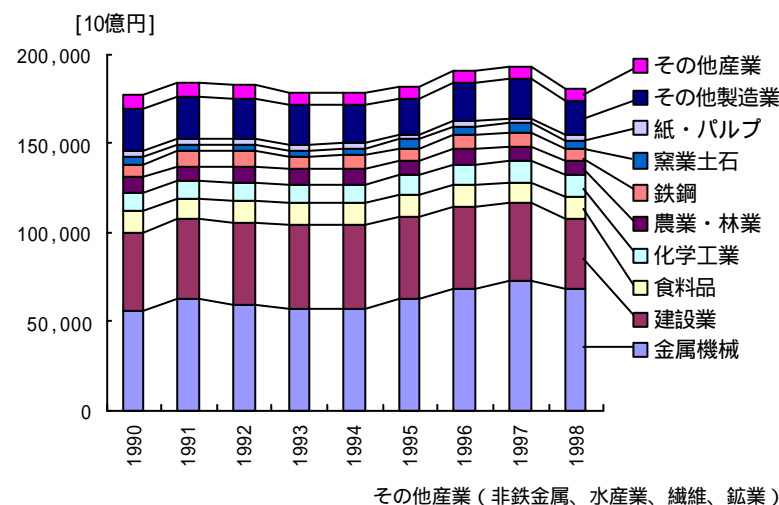
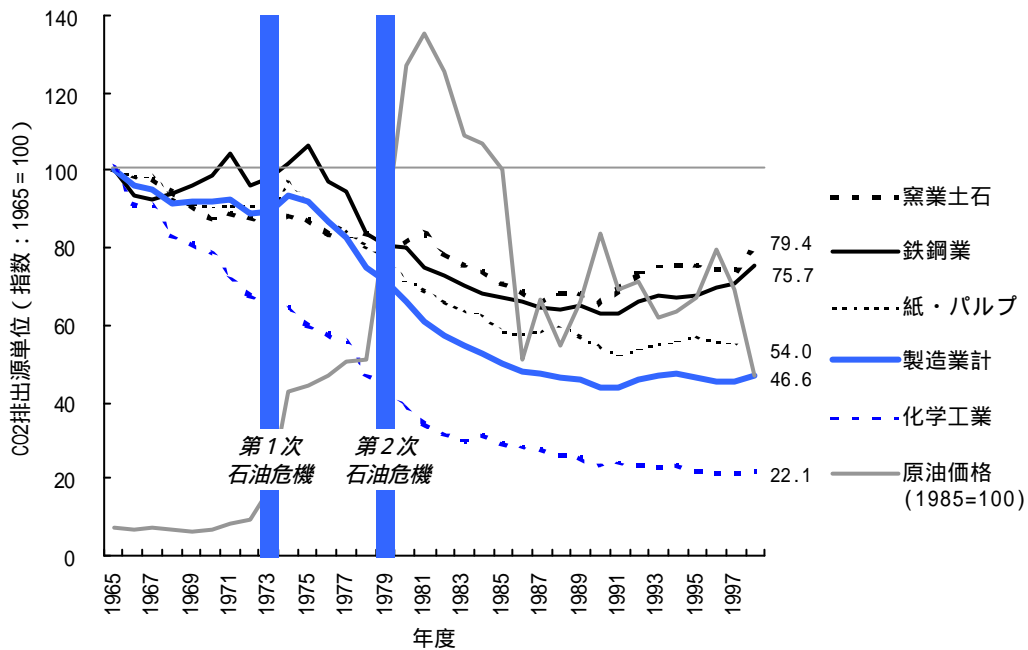


図 32 業種別生産額の推移

CO2排出原単位は近年横ばい傾向

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



(注1)CO2排出原単位は、CO2排出量 / IIP(鉱工業生産指数)
 (注2)原油価格指数は米ドル / パレル換算の原油価格をもとに作成。
 (注3)90年以降の排出量は98年のインベントリで使用している各年度の排出係数を用いて算出し、90年以前の排出量は90年の排出係数を用いて算出した。

図 33 製造業全体と主要 4 業種のCO2排出原単位の推移

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

表 8 業種別IIP当たりのCO2排出原単位の推移

(1990年 = 100)

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

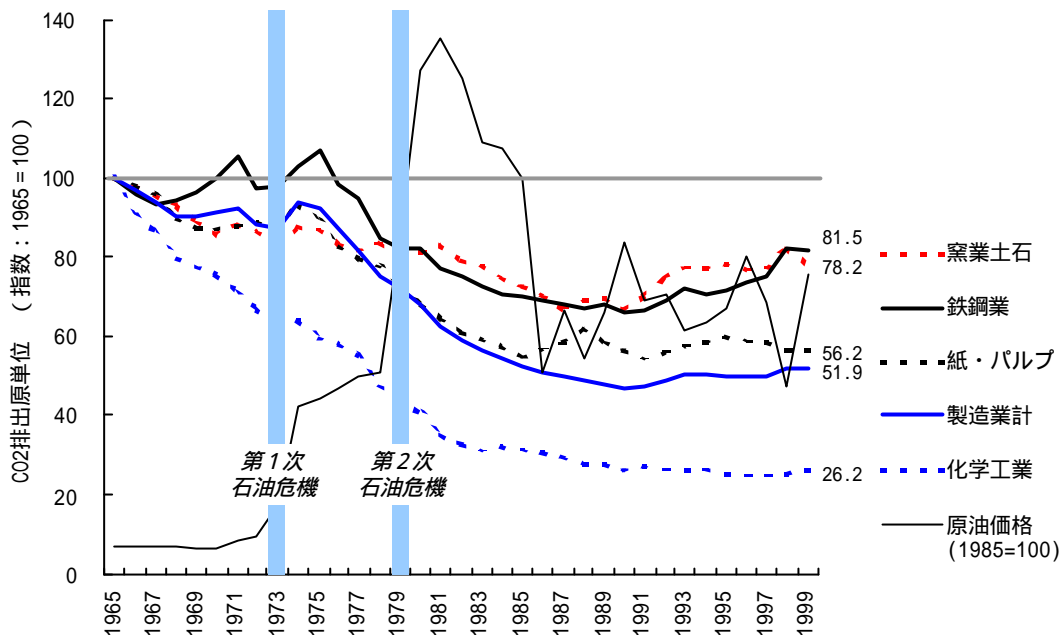


図 34 製造業全体と主要 4 業種のCO2排出原単位の推移(90年の電力の排出係数で固定した場合)

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

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

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

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

産業の高付加価値化やサービス化によって排出量は減少

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

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

表 10 業種別生産額構成比の推移

各年における業種毎の生産額の構成比

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

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

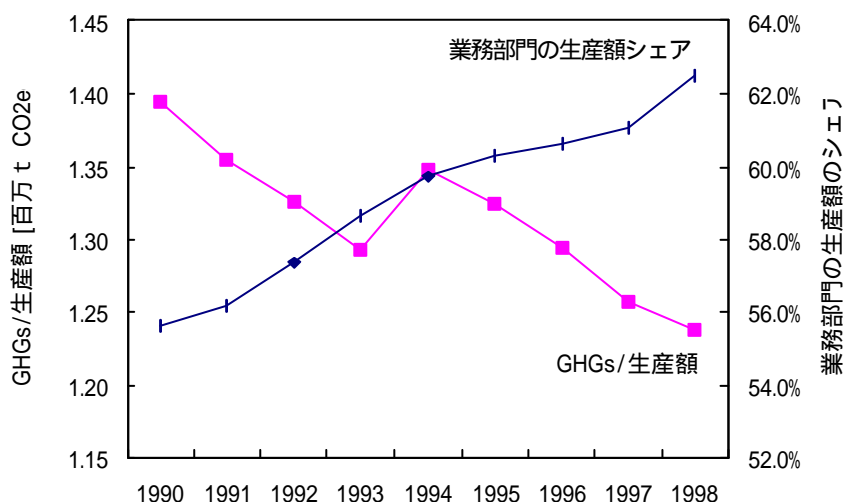


図 35 総生産額(1～3次)当たりの排出量と民生(業務)部門の生産額シェアの推移

生産拠点の海外移転の進展

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

表 11 主要業種の海外生産比率の推移

(単位：%)

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

(注) 海外生産比率 = 現地法人売上高 / 国内法人売上高 × 100

(出典) 「第29回 海外事業活動基本調査」経済産業省

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

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

自家発電は進展しているが発電端の原単位は悪化

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

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

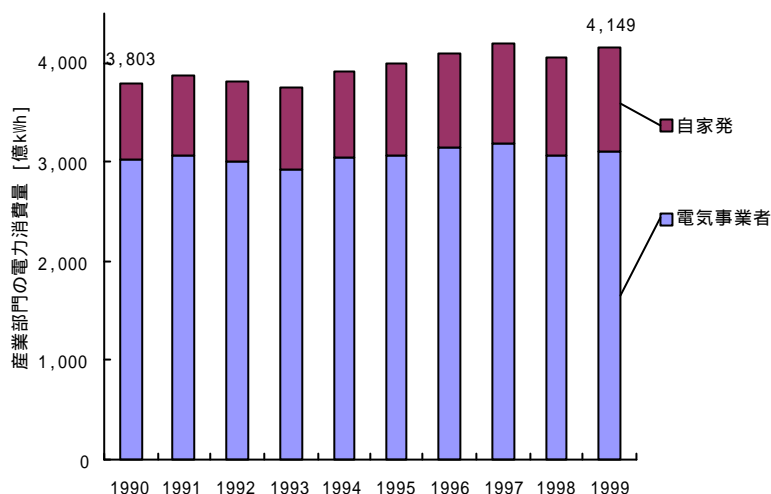
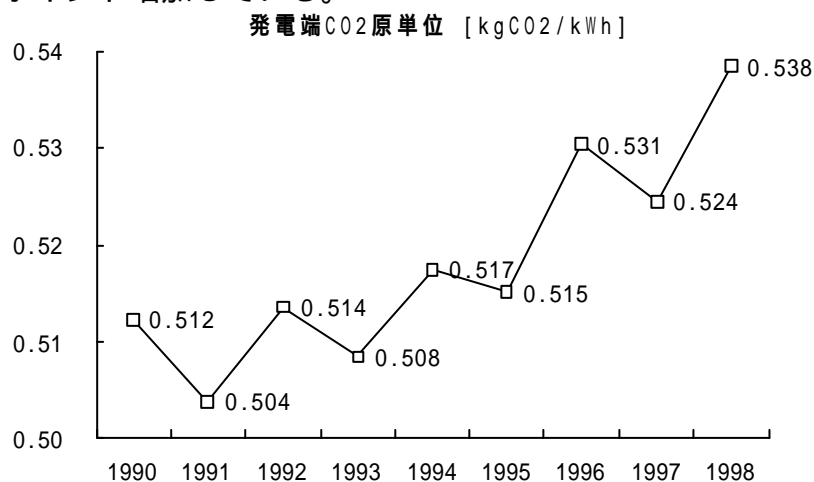


図 36 産業部門の電力消費量に占める自家発電量の推移

(出典)総合エネルギー統計より作成

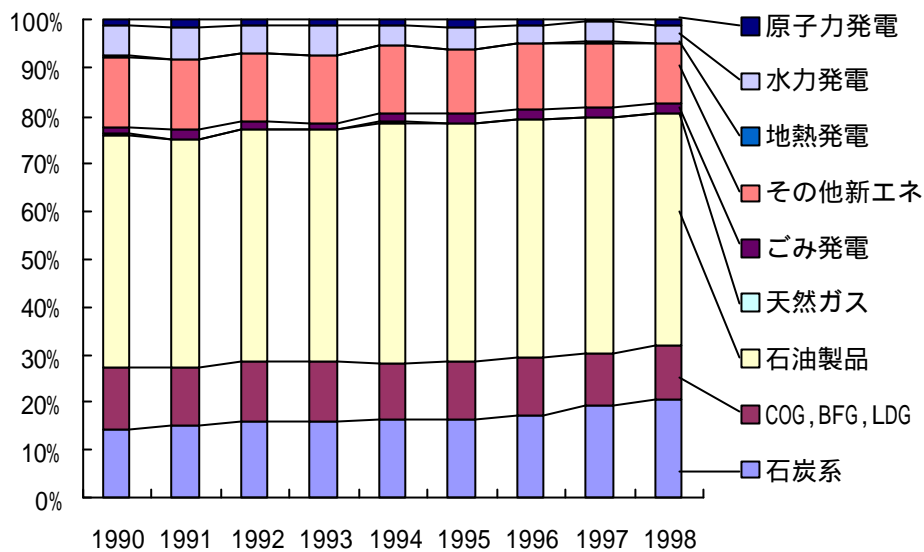
自家発電による単位発電量当たりのCO₂排出量は98年度には0.538 [kgCO₂/kWh]となっており、90年度から5.1%増加している。

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



総合エネルギー統計、電気事業便覧より作成

図 37 自家発電の発電端CO₂排出原単位の推移



(資料) 総合エネルギー統計

(注) BFG：高炉ガス, LDG：転炉ガス, COG：コークス炉ガス

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

着実に普及が進むコージェネレーション

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

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

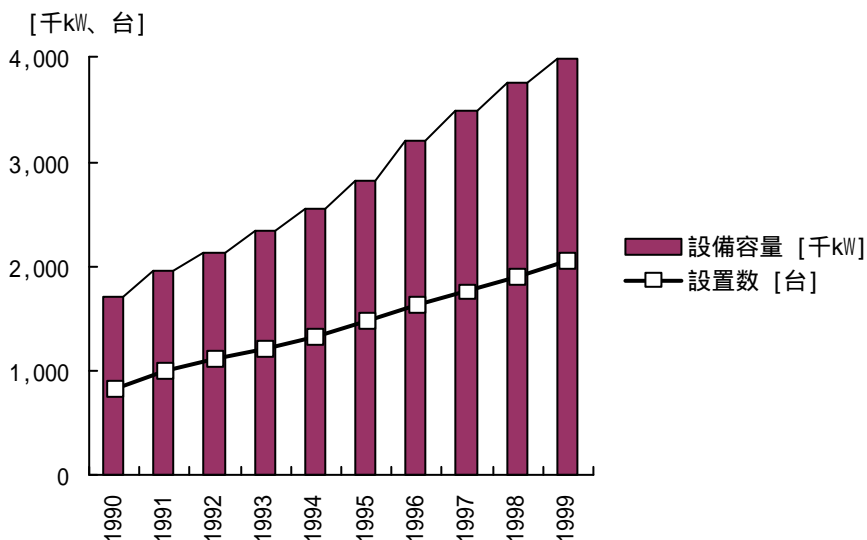


図 39 産業用コージェネレーションの普及状況

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

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

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