

OECD主要国におけるエネルギー政策と環境政策

富田輝博

Energy and Environmental Policies in Major Countries of the OECD

Teruhiro Tomita

Abstract

This paper analyzes the energy and environmental policies in seven major OECD countries: U.S.A., Canada, U.K., Germany, France, Italy and Japan. In the 1997 Kyoto Protocol, these countries promised to reduce greenhouse effect gas emissions by more than 6%. A decomposition model of CO₂ emissions is used to analyze the change rate of carbon dioxide (CO₂) emissions decomposed of three factors: the change rate of energy intensity (Energy-GDP ratio), the change rate of carbon intensity (Carbon-Energy ratio), and the change rate of real GDP from 1971 to 1996.

The following results were obtained from the analysis. Germany and United Kingdom have achieved a considerable decrease in CO₂ emissions for this period mainly due to improved energy efficiency and fuel switching. On the contrary, Japan has increased CO₂ emissions for this period. Japan will need strong efforts to carry out the Kyoto Protocol in terms of both energy and environmental policy.

Key Word : Decomposition Model, CO₂ Reduction, Energy Policy, OECD

1. はじめに

1997年12月京都において気候変動に関する国際連合枠組条約第3回締約国会議 (UNFCCC/COP3) が開催され、京都議定書(Kyoto Protocol)が採択された。京都議定書においては、先進国全体の温室効果ガスの排出量を、2008年から12年までの期間中に、1990年の水準より少なくとも5%削減することを目的として、先進各国の削減目標を設定し、欧州連合は8%、米国7%、我が国は6%削減を世界に約束した。

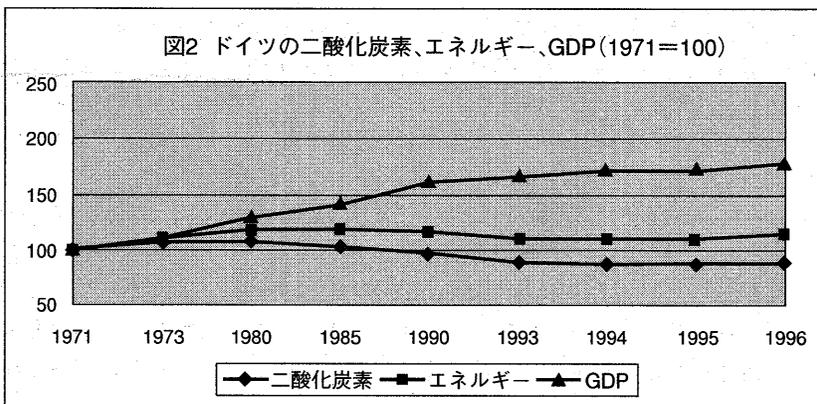
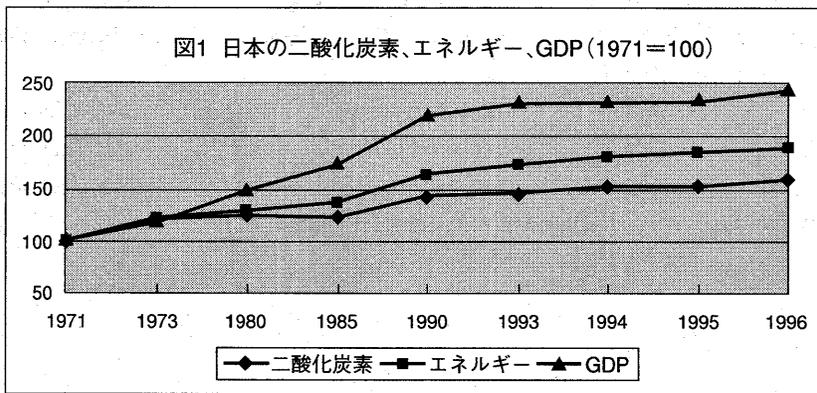
表1に示すように、OECD主要国のエネルギー消費量は1990年から96年までにドイツを除く6ヶ国が5~16%増加しており中でも日本は一番増加率が大きい。これに対応して二酸化炭素排出量もドイツ、英国を除き1~10%増加しており、やはり日本の増加率が最も高い。現在、総発電電力量に占める原子力発電の比率が約3分の1を占め、ドイツとほぼ同じ我が国が今後二酸化炭素削減に関して正反対とも思える対応策を採ろうとしている。つまりドイツは原子力発電から撤

退しながらCOP3の目標以上に二酸化炭素を削減しようとしているのに対して、我が国は原子力を大幅に増加させることによって目標を何とか達成しようとしている。図1と図2は我が国およびドイツにおける二酸化炭素排出量、エネルギー消費量、実質GDPの1971年から1996年までの推移を比較したものである。各項目の1971年値を100とにおいて26年間の時系列データを指数化すると、我が国はGDPが2.5倍増加しているのにエネルギー消費量は2倍弱、二酸化炭素排出量は1.5倍とエネルギー効率化とエネルギー転換による炭素排出量の削減にかなりの努力を払った成果がみられる。しかし、ドイツは日本以上にエネルギー効率化と脱炭素化を成し遂げている。1990年に東ドイツと統合し、エネルギー供給に占める石炭の割合が高いにもかかわらず96年の二酸化炭素排出量が100を切っている。

表1 OECD主要国のエネルギー消費量、CO₂目標削減率、原発比率

国名	エネルギー消費量 [100百万トン] (倍率)			CO ₂ 排出量 [100百万トン] (倍率)			CO ₂ 削減率	原発比率
	1990	1996	96/90	1990	1996	96/90		
アメリカ	1926	2135	1.11	1334	1457	1.09	7%	20%
カナダ	210	236	1.12	118	129	1.09	6%	14%
イギリス	213	235	1.10	162	161	0.99	8%	28%
ドイツ	356	350	0.98	266	245	0.92	8%	32%
フランス	228	254	1.11	104	105	1.01	8%	78%
イタリア	153	161	1.05	112	115	1.03	8%	0%
日本	439	510	1.16	290	320	1.10	6%	35%

出所：IEA,IAEA,COP3



本稿はOECD主要国の二酸化炭素排出に影響を及ぼす要因を経済成長、エネルギー集約度および炭素集約度に分解して、1970年代から現在に至る長期的な変化を実証的に分析することが目的である。本研究により、エネルギー政策及び環境政策に対して有用な情報が提供できると考える。

本稿の構成は次の通りである。まず2節ではOECD加盟24カ国全体の要因分析を行い、3節でOECD主要7カ国についての各国別要因分析を行う。4節でまとめと政策提言を行う。

2. OECD全体の二酸化炭素排出量要因分析

二酸化炭素排出量要因分析のためのモデルを次のように規定する。いま、OECD全体および各国別の二酸化炭素排出量をそれぞれ C 、 C_i とし、エネルギー消費量を E_i とすると、エネルギー単位当たりの二酸化炭素排出量は C_i/E_i でこれを炭素集約度(c_i)とよぶ。各国のGDPを Y_i とするとGDP当たりのエネルギー消費量は E_i/Y_i で、これをエネルギー集約度(e_i)とよぶ。エネルギー集約度はエネルギーの利用効率や産業構造のエネルギー依存度、気候条件などによるエネルギー利用度を表している。炭素集約度はエネルギーに占める化石燃料の割合や、石炭、石油、天然ガスといった化石燃料の構成に左右される。燃料別の二酸化炭素排出係数は、石炭1に対して、石油0.84、天然ガス0.64である。OECD全体のGDP(Y)に占めるOECD各国のGDPのシェアは $Y_i/Y = s_i$ とする。以上のように定義すると、二酸化炭素排出量は炭素集約度、エネルギー集約度、GDPシェア、GDPの積で表すことができる。式で表すと(1)式のようになる。¹⁾

$$\begin{aligned} C &= \left(\sum_{i=1}^{24} C_i / E_i \right) \times (E_i / Y_i) \times (Y_i / Y) \times Y \\ &= \sum_{i=1}^{24} c_i \times e_i \times s_i \times Y \end{aligned} \quad (1)$$

ある t 期間におけるOECDの二酸化炭素排出量の変化は(2)式に示すように、炭素集約度効果(α)、エネルギー集約度効果(β)、GDPシェア効果(γ)、およびGDP効果(δ)の各要因の効果の和で表される。²⁾

$$\Delta C = \alpha + \beta + \gamma + \delta \quad (2)$$

(2)式で、GDP効果(δ)は二酸化炭素排出量の基準時よりのトレンドを決定する主要な効果である。 δ は経済活動によって生じる二酸化炭素排出量の理論値とみなすことができる。従って(2)式は、二酸化炭素排出量の減少は $\alpha + \beta + \gamma < 0$ の時に生じ、二酸化炭素排出量の増加は $\alpha + \beta + \gamma > 0$ の時生じるということを示している。なぜなら $\alpha + \beta + \gamma < 0$ の時、 $\Delta C < \delta$ だからである。つまり、このことは二酸化炭素排出量の実際の変化は経済活動によって生じる二酸化炭素排出量の増加の理論値より小であることを意味している。二酸化炭素排出量の増加も同様に示すことができる。従って、二酸化炭素排出量の減少は次のように計算される。

$$\text{二酸化炭素排出量の減少} = -(\alpha + \beta + \gamma) \quad (3)$$

t 期の二酸化炭素排出量の減少率は

$$t \text{ 期の二酸化炭素排出量の減少} / (C_{t-1} + \delta_t) \quad (4)$$

全期間の二酸化炭素排出量の減少率は

$$\sum_j \text{j 期の二酸化炭素排出量の減少} / (C_0 + \sum_j \delta_j) \quad (5)$$

として算出される。

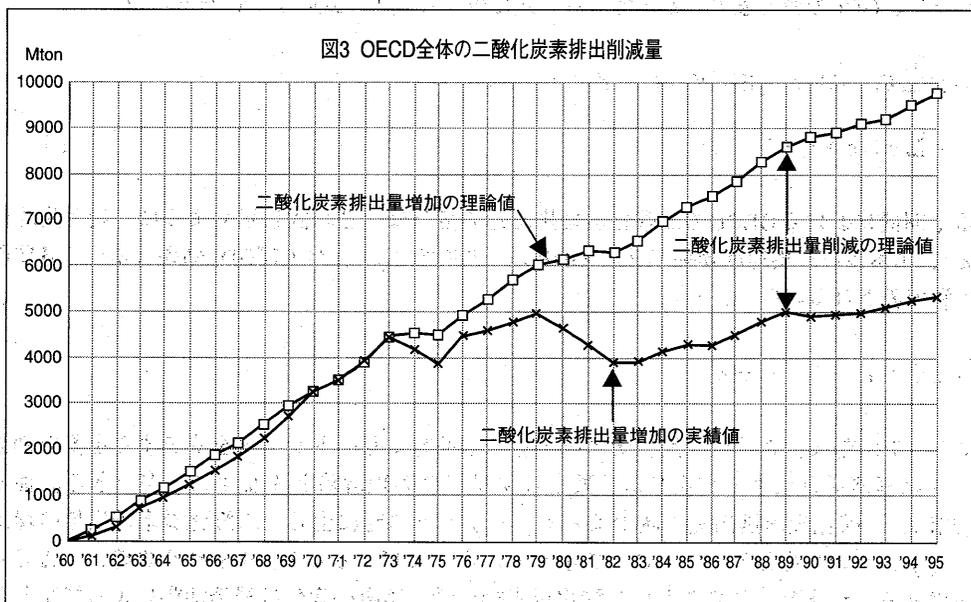
表2は1960から1995年までの5年毎の二酸化炭素排出量変化の要因分解結果である。

表2 OECD全体の二酸化炭素排出量変化の要因分析（5年間平均）（単位：百万トン）

期間	δ	α	β	γ	ΔC	CO ₂ 削減量
1960-65	298.50	-26.86	-8.18	-16.55	246.92	51.59
1965-70	350.15	-46.83	167.80	-46.04	425.10	-74.94
1970-75	248.24	-64.63	-83.93	-14.49	92.60	163.05
1975-80	324.45	-41.52	-120.70	-7.38	154.85	169.60
1980-85	221.30	-82.37	-219.05	3.15	-76.97	298.27
1985-90	311.84	-51.63	-125.66	-13.37	121.19	192.85
1990-95	180.19	-66.11	-40.34	18.86	92.51	87.58

出所：Sun (1999)

図3はOECDの二酸化炭素排出量の理論値と実績値を示したものである。全期間中の二酸化炭素排出量の理論的増加量は9673Mtonである。

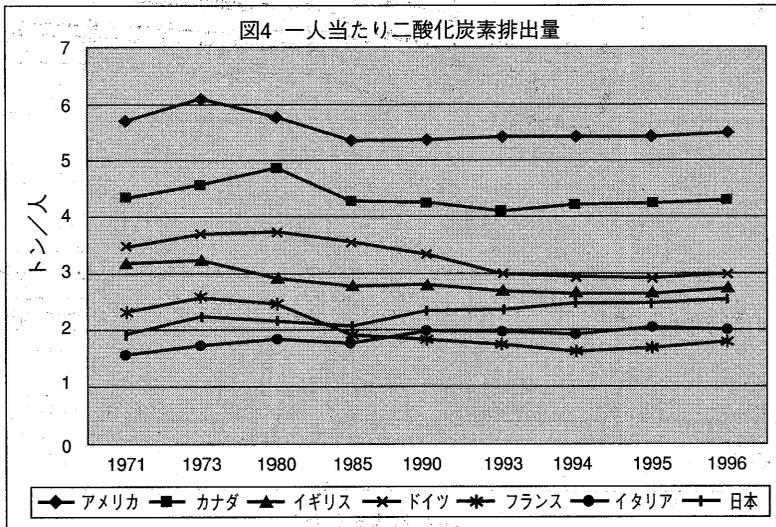


出所：Sun (1999)

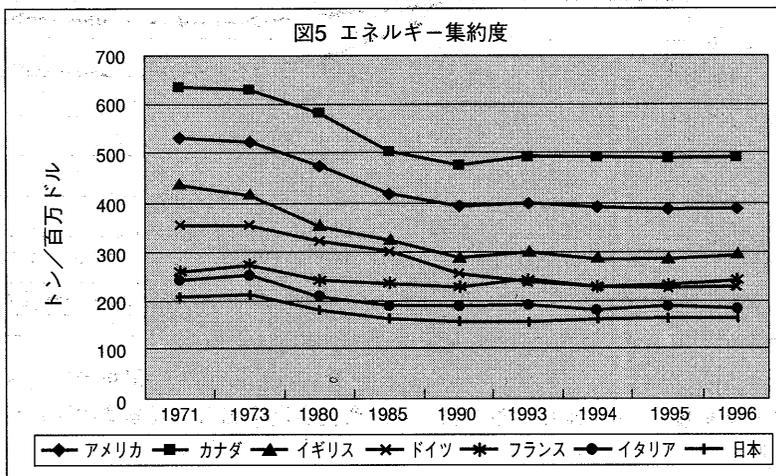
しかし、燃料転換、エネルギー効率の改善および構造変化による二酸化炭素排出量の減少量はそれぞれ1900Mton, 2150Mton, 379Mtonであった。実際の二酸化炭素排出量は5244Mtonであるから、合計で4429Mtonの二酸化炭素排出量の減少で、全期間の減少率は30%である。したがってOECD全体としてみれば当該期間中顕著な削減効果があり、有効なエネルギー政策と環境政策が採られたと総括することができよう。

3. OECD主要国の二酸化炭素排出量の要因分析

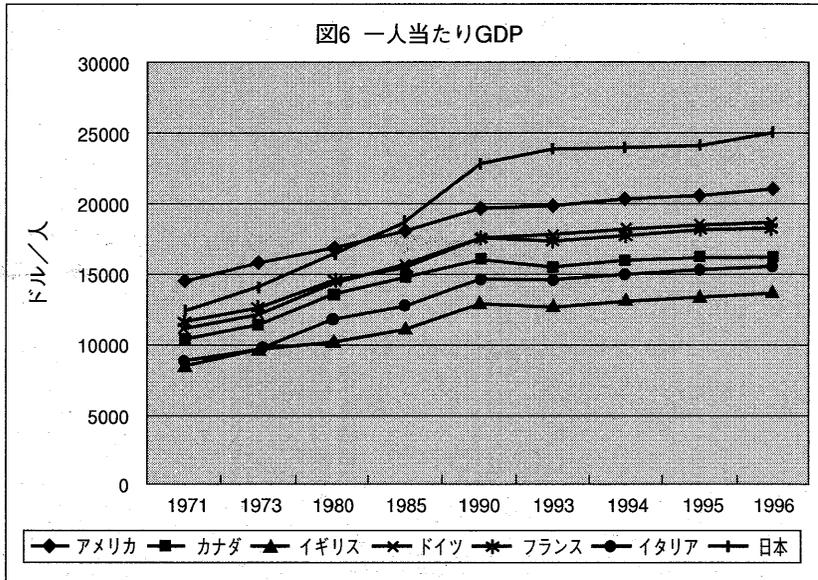
本節ではOECD主要7ヶ国についてエネルギー消費量、経済成長と二酸化炭素排出量の関係を定量的に分析する。モデル分析をする前にこれらの変数の推移を見ることにしよう。一人当たり二酸化炭素排出量で見ると、全期間を通じてアメリカが5～6トン台、次いでカナダが4トン台と高く、イタリアが70、80年代1.5～2トンと最も低く、90年代はフランスが1.6～1.8トンと最も低い。原発比率8割のフランスが低いのは理解できるが、原発比率ゼロのイタリアも低いのは興味深い(図4)。



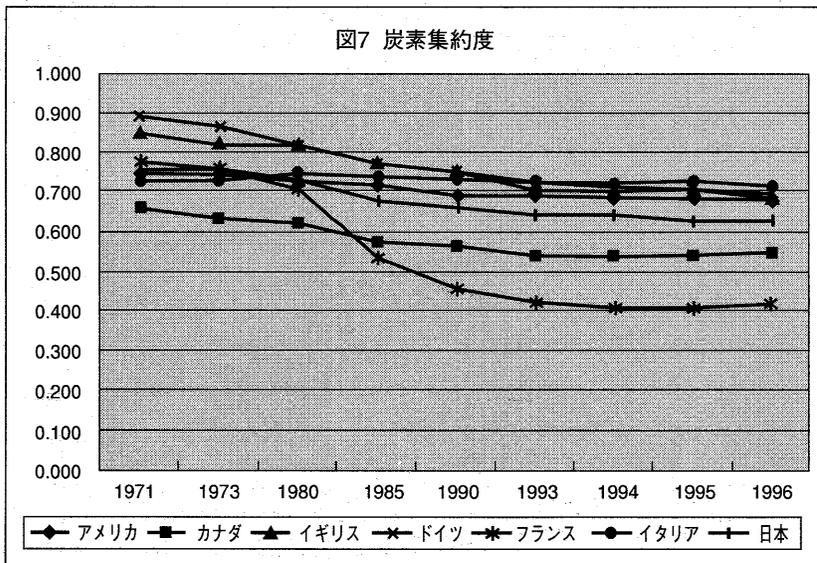
イタリアの一人当たりエネルギー消費量は2トン台と7ヶ国中最低の水準でこれが影響していると思われる。エネルギー集約度はカナダが500～600トン/百万ドルと最も高く我が国が150～200トン/百万ドル程度と最も低い(図5)。



一人当たりGDPは我が国が12000ドル～25000ドル（1987年ドル価格）と最も高く、英国の8500ドル～13000ドルが最も低い（図6）。



炭素集約度は石炭の割合の高いドイツが0.9～0.7と最も高く、フランスは0.8から0.4へと劇的に低下している（図7）。



以上の観察をもとに次のようなモデルを考える。二酸化炭素排出量をGDP当たりエネルギー消費量（エネルギー集約度）、エネルギー単位当たり二酸化炭素排出量（炭素集約度）およびGDPの積に分解する。³⁾

$$C = (E/Y) \times (C/E) \times Y \quad (6)$$

記号は2節と同じであるが各国共通のため国別を表す添字は省略する。対象国は米国、カナダ、英国、ドイツ、フランス、イタリア、日本のOECD主要7ヵ国、対象期間は1971年から1996年までである。⁴⁾

(6)式の両辺の対数を取り時間tで微分すると次式が得られる。

$$g(C) = g(E/Y) + g(C/E) + g(Y) \quad (7)$$

ここで、g(*)は変化率を示す。(7)式より、二酸化炭素排出量の変化率は、エネルギー集約度変化率、炭素集約度変化率およびGDP変化率に分解されることがわかる。

表3は(7)式による分析結果である。二酸化炭素排出量の変化率を見ると、我が国では70年代の年率2.3%増加から80年代には1.5%へと減少したにもかかわらず、90年代再び1.7%へと増加している。炭素集約度は70、80、90年代とも減少している。この原因は燃料転換、すなわち石油から天然ガスへのシフトおよび原子力発電の増加による。またエネルギー集約度は70、80年代減少したが90年代増加した。これはエネルギー効率化や省エネが90年代に入って頭打ちになったことを示している。GDPは70、80年代の4%成長から90年代の1.8%成長へと成長率は半減した。米国も各要因の変化率は我が国と大きさは異なるが符号条件を見るとほぼ同じ動きを示している。これに対して80年代以降の英国とドイツは二酸化炭素排出量の変化率はマイナスを示しており対照的な結果となっている。とりわけ90年代のドイツのエネルギー集約度が1.9%減少したのは7ヶ国中最大の成果となっている。炭素集約度に関しては全期間を通じてフランスが最大の変化率を示しているがこれは原発比率の高さ(発電比率の8割を占める)との相関を示していると考えられる。

表3 炭素要因分解分析

炭素排出量の変化率

年	アメリカ	カナダ	イギリス	ドイツ	フランス	イタリア	日本
71-80	0.0109	0.0269	-0.0097	0.0075	0.0123	0.0235	0.0233
80-90	0.0020	-0.0008	-0.0012	-0.0100	-0.0250	0.0084	0.0145
90-96	0.0148	0.0150	-0.0010	-0.0136	0.0016	0.0044	0.0165

GDPの変化率

年	アメリカ	カナダ	イギリス	ドイツ	フランス	イタリア	日本
71-80	0.0266	0.0445	0.0191	0.0285	0.0320	0.0382	0.0444
80-90	0.0255	0.0289	0.0266	0.0219	0.0236	0.0228	0.0397
90-96	0.0215	0.0155	0.0130	0.0160	0.0108	0.0104	0.0180

エネルギー集約度の変化率

年	アメリカ	カナダ	イギリス	ドイツ	フランス	イタリア	日本
71-80	-0.0119	-0.0098	-0.0242	-0.0108	-0.0079	-0.0166	-0.0153
80-90	0.0052	0.0029	-0.0048	-0.0073	-0.0374	-0.0009	-0.0034
90-96	-0.0039	0.0049	0.0029	-0.0185	0.0071	-0.0018	0.0074

炭素集約度の変化率

年	アメリカ	カナダ	イギリス	ドイツ	フランス	イタリア	日本
71-80	-0.0035	-0.0070	-0.0041	-0.0098	-0.0112	0.0024	-0.0049
80-90	-0.0038	-0.0082	-0.0057	-0.0092	-0.0276	0.0001	-0.0070
90-96	-0.0027	-0.0053	-0.0166	-0.0109	-0.0162	-0.0041	-0.0087

我が国政府は10年前、炭素排出量を下げるにはエネルギー集約度も炭素集約度もこれ以上上げるのは困難なので、経済成長率を1%台に落とさなければならぬがこのような低成長政策は採らないと明言した。表3の結果を見ると経済成長率は1.8%と10年前には想定しなかった低成長になったにもかかわらず、炭素排出量は減少するどころか1.7%増と増加している。これに対してOECD7ヶ国中、唯一原子力発電設備を全く持たないイタリアが二酸化炭素排出量の増加を0.4%と微増に抑えていることは注目に値する。この期間中、我が国は原子力発電を強力に推進したことを考えると、政府のエネルギー政策および環境政策が妥当であったか否か再考を要するといえよう。⁵⁾

4. まとめ

政府は平成10年6月、地球温暖化対策大綱を公表した。そこでは、「省エネルギーや新エネルギー導入及び安全に万全を期した原子力立地の推進を中心とした二酸化炭素の排出量の削減その他の温室効果ガスの排出削減対策を、2010年までに想定されるあらゆる革新的技術をも駆使して強力に進める」としている。ここで注目すべき点は温室効果ガス削減のため100万KW級の原子力発電所を今後10年間で20基建設するという計画である。しかし、我が国政府と対照的なエネルギー政策を採っているのがドイツ政府である。

ドイツは昨年、社会民主党と90年連合・緑の党との連立政権が成立し、脱原発を柱とするエネルギー政策を進めようとしている。特に、緑の党は2004年末までに全原発の運転停止を主張している。これにたいしてドイツ電気事業連合会（VDEW）は、原発が変わるエネルギーがないこと、地球温暖化対策などから、政府の早期撤退政策に反対している。しかし長期間かけた段階的撤退には賛成している。1998年12月15日、ドイツ電気事業連合会主催のコンファレンスが行われ、脱原発の時期を早めるか否かでどのような経済上、環境上の差異がえられるか比較分析した結果が発表された。分析者はドイツ電事連より研究依頼を受けたブレーメンエネルギー研究所のPfaffenberger教授（ドイツエネルギー経済学会会長）である。緑の党が主張している早期撤退シナリオは2004年に全原発を停止し、電気事業者の主張する段階的撤退は2030年までに停止するというシナリオである。⁶⁾

モデル分析による主な結論を列挙すると、早期撤退シナリオと段階的撤退シナリオを比較して、前者の方が、

- ① コスト（代替電源建設費など）は880億マルク余計にかかる
- ② CO₂の排出が18億トン増加する
- ③ 原発産業の労働者38000人の雇用が失われる

と試算している。

推定期間は2000年から2030年までの30年間で、これをさらに、2000年から2023年と2024年から2030年までの2期に分割し、二つのシナリオの比較結果が示されている。しかしモデルそのものが不明なのでどのような前提とモデルの構造のもとで、このように推定されたのか詳細は不明であるが、その概要をみてみよう。

表4に見るように2000-2023年においては早期廃止が段階的廃止より1220億マルクコスト高になるが、2024年以降はむしろ340億マルクのコスト安となる。因みに、シュレーダー首相に近いとされるニーダーザクセン・エネルギー・エージェンシーのコーラー所長は、全原発19基が操業25

年を越える2015年までの段階的停止を提案している。

表4 早期撤退シナリオと段階的撤退シナリオのコスト差

(単位：10億マルク)

期間	2000-2023	2024-2030	2000-2030
早期撤退シナリオ	1,100	407	1,507
段階的撤退シナリオ	978	441	1,419
両シナリオの差額	122	-34	88

出所：Pfaffenberger (1998)

二酸化炭素の排出に関しては、表5に示すように代替電源として化石燃料発電を考えているので、早期撤退シナリオは当然多くなる。ドイツの場合、これまでは石炭火力が中心であったが、最近天然ガスへのシフトが行われている。

表5 二酸化炭素排出量のシナリオ別比較

(単位：百万トン)

	二酸化炭素排出量
	2000-2030
早期撤退シナリオ	9,980
段階的撤退シナリオ	8,130
両シナリオの差	

出所：Pfaffenberger (1998)

以上のPfaffenbergerの試算に対して、フライブルグ・エコ研究所のSeifriedは「2020年のエネルギー転換シナリオ」による試算を行って異論を唱え、両者間で論争が行われている。⁷⁾ SeifriedはPfaffenbergerのシナリオではコスト算出の根拠が不明であり、モデルのパラメータの値も疑問があるとしている。また代替電源として二酸化炭素を発生しない再生可能エネルギーをほとんど無視していることも批判している。さらに雇用に関しては、4万人弱の失業者が生まれるという結果であるが、ドイツの大企業ダイムラー社1社でもこれだけの解雇を行っているので、この論理はおかしい。Seifriedによれば逆にエネルギー産業と鉱山産業において20万人の増加があるとしている。

一方、我が国は政府の地球温暖化対策大綱において、温暖化を抑制する主役が原発20基の新設としているがもしそうであるならば、詳細なエネルギー計画を政府が公表し、この計画に対して原発撤退を含む代替案を専門家グループが提出して活発な議論が行われなければならない。その際、計画の前提条件、モデルのパラメータなどを明らかにし、既存エネルギー、新エネルギー、原子力発電の建設費のほか、核燃料サイクル費用、放射性廃棄物の処理処分費用および各省庁に分散している5000億円を超えるといわれるエネルギー予算等々、総合的な比較検討が早急の課題である。⁸⁾ 従来のエネルギー計画は基本的には経済成長率を想定して、エネルギー需要を予測し、この需要を満たす供給設備計画を立てるという物量計画である。過去の総合エネルギー調査会の「長期エネルギー需給見通し」が常に過大想定となっているのは、経済成長率の想定誤りのほかにエネルギー需給の詳細な資金計画や、省庁を越えた統一かつ長期的エネルギー予算を持たないことおよび電源立地の実現可能性に関する認識の甘さなどの要因が考えられる。また環境問題上望ましいと考えられる自然エネルギーや小型分散型電源の開発をうたいながらこれまで原子力予算と比べるときわめてわずかの予算と人員しか計上していない。21世紀初頭に自動車用の小型燃料電池が実用化し普及すれば、これを家庭用電源として転用することは容易である。このプロ

トン交換膜型燃料電池は二酸化炭素の排出も少なく、オンサイト型のため原子力発電所のように数百キロも離れた過疎地から100万ボルトの超高压で送電するというロスもない。⁹⁾ 政府のエネルギー計画が絵に描いた餅に終わらず京都議定書で約束した温室効果ガス削減の実現を期待したい。

注

- 1) 以下のモデルはSun(1999)による。
- 2) (2) 式の導出はSun and Meristo(1999)参照。
- 3) OECD諸国の炭素要因分析については富田(1992)も参照されたい。地球温暖化の経済学的分析については宇沢(1995)、Hohmeyer and Rennings(1999)参照。
- 4) エネルギーデータはIEA(1998)および日本エネルギー経済研究所(1999)による。
- 5) 松岡・松本(1999)はアジア諸国について次のようなモデルに基づいた経済成長への寄与度分析を行っている。本節と同じ記号を用いると、一人当たりGDP (Y/N) は二酸化炭素排出量当たりGDP (Y/C)、エネルギー消費量当たり二酸化炭素排出量 (C/E)、一人当たりエネルギー消費量 (E/N) の積である。

$$(Y/N) = (Y/C) \times (C/E) \times (E/N) \quad (8)$$

(8) 式の両辺対数を取り時間 t で微分すると、(9) 式が得られる。

$$g(Y/N) = g(Y/C) + g(C/E) + g(E/N) \quad (9)$$

1975年～85年の日本、中国などアジアについての分析結果は表6の通りである。

表6 アジア経済成長への寄与度分析

	日本	中国	NIES	東南アジア	南アジア
CO2量当たりGDPの経済成長への寄与度	1.27	0.24	0.10	0.05	-1.18
エネルギー消費当たりCO2量の経済成長への寄与度	-0.36	-0.01	-0.10	-0.32	0.00
一人当たりエネルギー投入増加の経済成長への寄与度	0.20	0.68	1.02	1.41	1.24

出所：松岡・松本（1999）に基づいて作成（PPPドル表示GDPによる算出）

- 6) 以下の記述はPfaffenberger(1998)による。
- 7) Hannenmann(1999)による。
- 8) このような試算はかつて富田(1981)が行ったことがある。電気事業およびその関連業界、関係団体の原子力研究開発予算は控えめに見積もっても数千億円に及ぶと思われる。原発推進を主張している人々でも2010年までに10基の増設が精一杯であると考えている。増設とは既設発電所の敷地内に建設することであり、新設はまったく不可能とみている。
- 9) プロトン交換膜型燃料電池の解説書は最近多数出版されている。地球温暖化に対する問題意識を持って書かれた本では赤池・藤井(1998)が良い。この技術開発で最先端をいくカナダ・バラード社の会長へのインタビュー記事は「週間東洋経済」99年12月25日号参照。

参考文献

- Hannenmann,U. 1999, "Kostet Atomausstieg Arbeitsplätze oder schafft er welche ? ", Weser-Kurier.
- Hohmeyer,O. and K. Rennings (eds.) 1999, Man-Made Climate Change, Springer-Verlag.
- IEA 1998. Energy Balances of OECD Countries, OECD/IEA.
- Pfaffenberger,W.,1998, "Schneller Ausstieg aus der Kernenergie belastet Volkswirtschaft und Umwelt", VDEW-Presskonferenz ,15 Dez.1998.
- Sun,J.W. and T.Meristo, 1999, " Measurement of Dematerialization/Materialization: A Case Analysis of Energy Saving and Decarbonization in OECD Countries,1960-95", Technological Forecasting and Social Change ,Vol.60,pp275-294.
- Sun,J.W., 1999, "Decomposition of Aggregate CO₂ Emissions in the OECD: 1960-1995" Energy Journal, Vol.20 no.3,pp147-155.
- 赤池学、藤井勲 1998,『「温もり」の選択』TBSブリタニカ
- 宇沢弘文 1995,『地球温暖化の経済学』岩波書店
- 富田輝博 1992,「OECD諸国におけるエネルギー需要と環境の計量分析」文教大学情報学部紀要『情報研究』第13号,pp67-81.
- 富田輝博 1981,「電気事業資金問題の長期展望」電力中央研究所研究報告書
- 日本エネルギー経済研究所1999,『エネルギー・経済統計要覧』省エネルギーセンター
- 松岡俊二、松本礼史1999,「アジアの経済成長とエネルギー・環境問題」環境経済・政策学会編『アジアの環境問題』東洋経済新報社