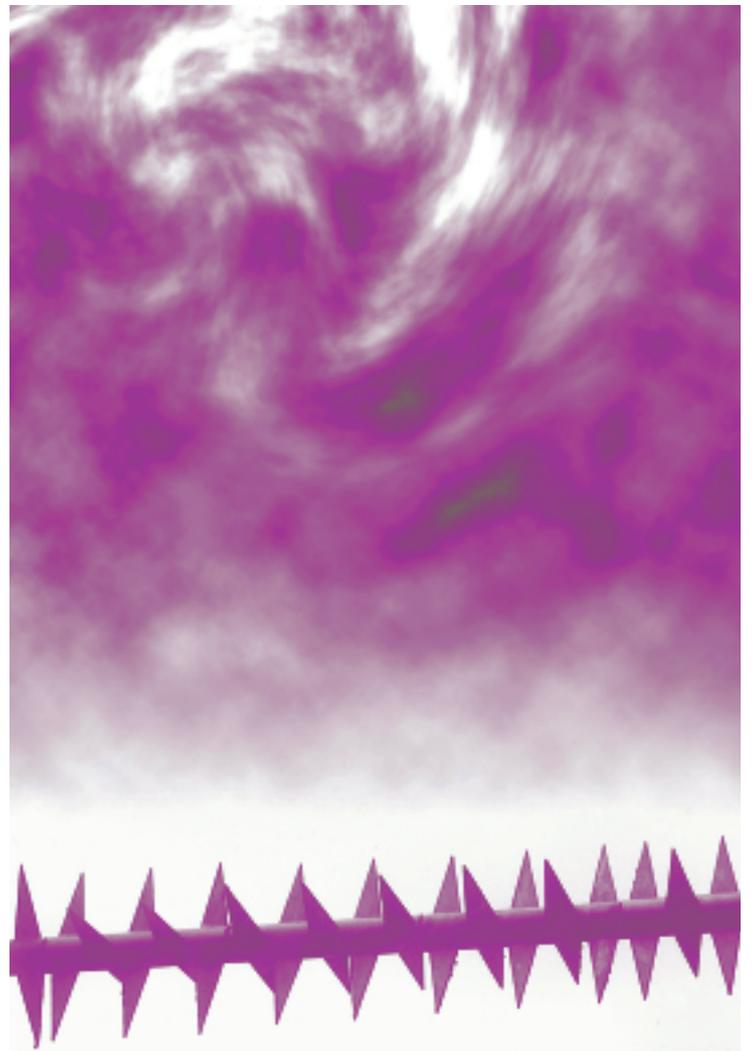




気候変動と原子力発電

Climate Change and Nuclear Power

マイケル・シュナイダー Mycle Schneider



はじめに

WWF の優先事項のひとつは、地球温暖化防止のための解決策を実施し、促進することである。この地球温暖化は、次第に我々の手におえなくなり、世界中の自然に対しますます差し迫った脅威となっている。その兆候は、すべての大陸やほとんどの国ですでに明白になっている。

しかし、気候変動をもたらしている CO₂ (二酸化炭素) 排出を削減するためには、どんな方法をとっても許されるのかというと、必ずしもそうではない。地球規模での自然環境の悪化を防ぎ、人類が自然と調和して生きてゆける未来を創り出していくという WWF の使命には、汚染物質を削減することも含まれている。地球温暖化のようにエネルギーに起因する問題は、人類がエネルギー利用により環境に与えている負荷を実際に削減して初めて長期的に解決できるのであり、負荷の種類を置き換えることで解決できるものではない。

先進国は、京都議定書のもとで CO₂ 排出を制限すると初めて約束したことから、原子力発電をその対策の中心においている国がいくつかある。たとえば日本政府は、京都議定書の削減目標値を達成するために、今後 10 年間で新たに 13 ~ 20 基もの原子力発電所を建設する計画である。

現在各国政府は、京都議定書にある「共同実施」や「クリーン開発メカニズム (CDM)」の国際的なルールづくりに専念しているが、原子力産業界は、これらを利用することで、すでに停滞気味の原子力産業に新しい息吹を吹き込めるのではないかと、チャンスをうかがっている。カナダ、フランス、日本は、京都議定書の CDM の枠組みを使って、開発途上国において原子力発電を推進しようとしている代表的な国々である。CDM は、京都議定書の削減目標値の一部を達成するために先進国が開発途上国で温室効果ガス排出削減プロジェクトを実施し、それにより途上国の持続可能な発展を助けることが目的とされている。

先進国が再び原子力を推進しようとするに、正当性はあるのだろうか。開発途上国は、この「クリーンな開発」の名のもとに、原子力発電を先進国から押し付けられることになるのだろうか。WWF は、WISE パリ (世界エネルギー情報サービス World Information Service on Energy) という機関に、原子力の現状と、CO₂ 削減の他の技術オプションとの比較検討を委託した。

WWF は、過去ではなく未来を見つめることが重要であると信じる。複合的な環境問題が発生することを防ぐために、持続可能かつ経済的なエネルギー技術を開発・推進することは、国際的な共同体の一員としての義務である。WWF はそれゆえ、原子力発電所の建設、レベル向上、改修、保守などに「炭素クレジット」を与えることに反対である。京都議定書は、

クリーンなエネルギー源の技術革新を進め、市場拡大を図るためのツールとならなければならない。私たちはこの見解を、他の環境保護団体や、「エネルギーの効率利用や再生可能エネルギー技術が、クリーンで安全な世界を約束してくれる」と信じる急速成長産業の代表者たちと共有している。

ジェニファー・モーガン

(WWF 気候変動キャンペーン本部長)

) WISE-Paris (World Information Service on Energy) は、フランス、パリに本部を置くエネルギーと環境を専門とした独立情報サービス機関。さまざまな研究を委託事業として行っているが、顧客には世界のメディア、ユネスコ、国際原子力機関 (IAEA)、EC、ヨーロッパ議会、無数の NGO などがある。

著者、マイケル・シュナイダーはドイツ、オーストラリア、ベルギー、フランス、英国、日本、スイスなどで、政府審議委員会や国会議員への証言、情報提供などを行ってきた。1997年には、そのプルトニウムの研究に対し、高木仁三郎氏 (原子力資料情報室代表、当時) とともに、もうひとつのノーベル賞と呼ばれるライト・ライブリフッド賞 (The Right Livelihood Award) を受けた。

本報告および WWF 気候変動キャンペーンに関する問い合わせ・連絡先

鮎川ゆりか

WWF ジャパン

東京都港区芝 3-1-14

日本生命赤羽橋ビル 6F

TEL. 03-3769-1711

FAX. 03-3769-1717

Dr. Stephan Singer

WWF European Policy Office

B-1040 Brussels, Belgium

TEL. +32-2-7438817

FAX. +32-2-7438819

Website :

<http://www.panda.org/climate>

<http://wwwjapan.aaapc.co.jp/>

Andrew Kerr

WWF Netherlands

3707 BM Zeist

TEL. +31-6-5161-9462

FAX. +31-20-676-9058

Jennifer Morgan

Director, WWF Climate

Change Campaign

WWF US

1250 24th Street NY

Washington DC 20037-1175

TEL. +1-202-778-9514

Fax. +1-202-331-2391

も く じ

気候変動と原子力発電 Climate Change and Nuclear Power

マイケル・シュナイダー Mycale Schneider (WISE パリ所長)

1. 原子力発電と気候変動条約交渉	5
2. 原子力の衰退	6
3. 原子力の将来 非現実的な予測	9
4. 気候変動は原子力産業の救世主にはならない	11
5. 原子力発電と他のエネルギー供給オプション	12
6. 供給効率：熱と電力、ガスシステム、再生可能エネルギー	14
7. 需要側の省エネと原子力発電	17
8. 経済問題	18
9. 電力の規制緩和の及ぼす影響	21
10. 組織の問題 規模	22
11. 政治問題 リスク要因	23
12. 原子力発電と気候変動	24

図版

グラフ 1 世界の原子炉 操業開始と操業停止	7
グラフ 2 西欧と北米で稼働している原子炉数の推移	8
グラフ 3 世界で稼働している原子炉数の推移	8
グラフ 4 原子力産業界が認める電源別 1 kWh あたり CO ₂ 排出量	13
グラフ 5 供給システム別 1 kWh あたりの温室効果ガス排出量	13
グラフ 6 原子力発電 + 石油 対 コージェネレーション	15
グラフ 7 世界のエネルギー部門における原子力発電と CO ₂ 排出量	25
グラフ 8 原子力発電と CO ₂ 総排出量と人口	25

気候変動と原子力発電

1. 原子力発電と気候変動条約交渉

原子力産業界は、原子力発電を京都会議後の交渉に組み入れようと努力を重ねている。「原子力発電は、現在も将来も排出削減クレジットを産出する優れた方法である。米国が環境目標を達成するために、排出削減クレジットの創出と取引を意図した市場本位のメカニズム利用を拡大している状況のなかで、そのことを考慮に入れるべきである」と米国の原子力産業ロビー団体の原子力研究所（NEI）は述べている¹⁾。

NEI は原子力発電は京都議定書で採択された柔軟性メカニズム、つまり排出権取引（ET）、共同実施（JI）、クリーン開発メカニズム（CDM）などの全段階に適用されるべきだと考えている。原子力産業界は、原子炉の稼働を「排出回避活動」と考えている。さらに、稼働認可延長・更新によって1990年の基準年以上に増加した原発発電量は、風力や太陽光、水力と同じように排出権取引、共同実施、クリーン開発メカニズムのなかで適用されるべきであるとしている。

今のところ、柔軟性メカニズム適用のための枠組みの明確な定義はない。しかし柔軟性メカニズムが適切に適用されれば「気候システムに人間がもたらした危険な介入」を防ぎ、気候変動枠組み条約の最終的な目的に寄与することは明らかである。

この報告は、原子力が最初から「持続可能性」の定義にはそぐわないことを明らかにしている。その理由は以下のとおりである。

- ・原子力発電への投資は、エネルギー効率利用のために必要とされる資金を流出させている。ほとんどの場合、エネルギーの効率利用に投資することでの温室効果ガス抑制コストは、原子力発電よりずっと低い。
- ・原子力発電には、マイナスの影響が数多くある。たとえば非効率的な大規模配電網システムや高度な技術レベルをもったスタッフが必要であること、需要・供給両分野での革新や効率的な小規模発電の開発を阻害することなどである。
- ・原子力発電推進国は、世界で有数のCO₂排出国である。なぜなら大規模な原子力発電

所は、エネルギーの効率利用よりも電力消費量（それも原子力発電からの電力だけでなく）を増大させる傾向にあるからである。

- ・原子力発電はただ電力をうみだすだけであるが、現代社会は熱や冷気の形でもエネルギーを必要としている。このような状況下では、原子力発電は天然ガスコージェネレーションと比べても温室効果ガス排出の点で有利さはなく、バイオガスコージェネレーションよりはさらに効率が悪い。
- ・最近の日本の事故が物語っているように、原子力発電は依然として危険なものであり、制御することが難しい。放射性廃棄物問題も依然として未解決のままであり、核拡散は世界平和に対する大きな脅威である。

結論：効率の良い温室効果ガス削減戦略は、原子力利用を基盤とするのではなく、エネルギーの効率利用を基盤とするべきである。

2．原子力の衰退

1954年9月、ルイス・ストラウス米国原子力委員会委員長（当時）が、原子力平和利用の時代の幕を開けた。原子力発電所は「メーターで計る意味がないほど安すぎる」電気を発電する、つまり計器類の方が電気を発電するコストより高くなるはずだった。原子炉が急速に世界に普及することによって、すべての人々に対し豊富なエネルギーが供給できると予測された。国際原子力機関（IAEA）は、ストラウスが宣言した20年後の1974年、全世界で100万kWの原子炉4450基が設置されるだろうと予想した。ウランはすぐになくなって、プルトニウムを燃料とする高速増殖炉が、消費量を上回る大量のプルトニウムをうみだし、安価な電気を際限なく供給するはずであった。

1977年、アンドレ・ジローフランス原子力庁（CEA）総裁（当時）は、原子力発電計画が大幅に促進されないのなら「どのみち今世紀が終わる前に」エネルギー危機がやってくると見ていた。フランスのウラン埋蔵量をエネルギー容量に換算すると北海油田に匹敵し、さらに高速増殖炉を利用すればサウジアラビアの石油埋蔵量の2～3倍になるとし、その結果、今世紀末には540基のフランス製スーパーフェニックス級の増殖炉が世界で稼働する、とジローは予測した。

ストラウスの公約の45年後、そしてジローの予測の20年後の今日、様相はまったく異なるものとなった。1998年末には、32カ国（国連加盟国185カ国のうちの17%）で439基の原子炉が稼働しているが、この数は1974年のIAEA予測の8%にも満たない。フランス政府はスーパーフェニックスの操業を停止し、いまや世界で稼働する商業用高速増殖炉は一基もない。米国、フランス、日本、ドイツ、ロシアという5カ国だけが、年100TWh（100億kWh）以上を原子力で発電し、世界の原子力発電の70%を占めている。

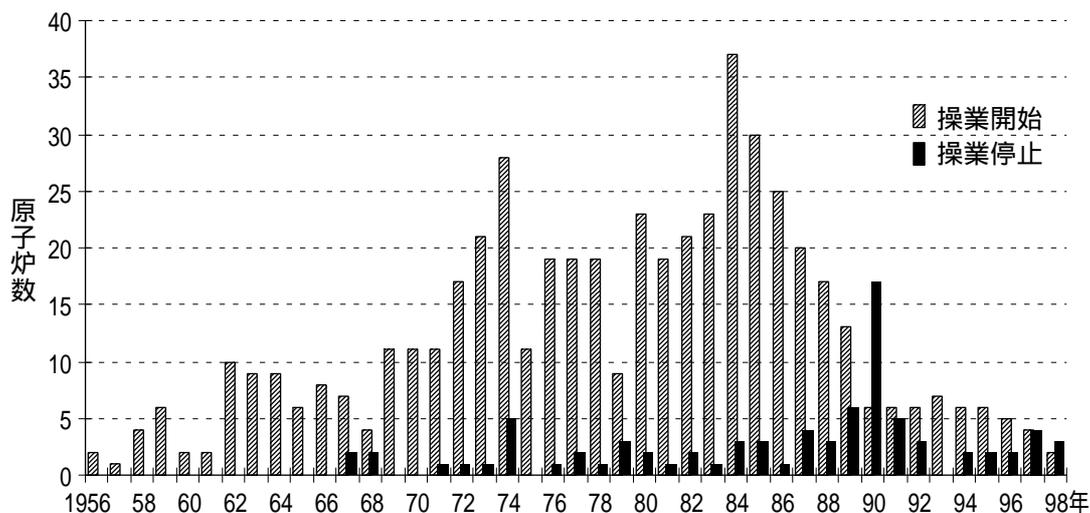
1998年には世界の商業用一次エネルギーの7%が原子力で発電されたが、石油（40%）

や石炭（26％）や天然ガス（24％）には遠く及ばなかった。燃料用木材、バイオガス、わら、牛糞などの潜在的な再生可能エネルギーは商業化がほとんどなされていないので、これらの統計数値には含まれていない。世界の一次エネルギー消費量は1998年に減少したが、これは1982年以来初めてのことであった²⁾。

ここ10年間の目を見張るような技術進歩にもかかわらず、在来型の古いタービンの転換効率はたった35％で、一方、新型の天然ガスによる火力発電所の転換効率は最高でも58％にしかならない。しかし、コージェネレーションは、最新の発電所では最高90％のエネルギー利用率であり、古いコージェネレーション施設でも転換効率は70％以上である。分散型で効率の良いコージェネレーションは、特に住宅の暖房や温水供給などに適している。原子力発電では、熱せられた温水でタービンを回して発電し、その電気が家庭に送られて水や部屋を暖めることになるので、最終的なエネルギー効率も、特に熱利用の面では30％に満たない。地球規模で見ると、原子力発電は全世界の最終エネルギー需要の2.5％をまかなっているにすぎないが、その一方、原子力発電所は全世界の商業電力の17％を供給し、5％以下（ブラジル、中国、インド、カザフスタン、オランダ、パキスタン）から50％以上（ベルギー、フランス、リトアニア）まで国によって大きな違いがある。

原子力発電所は、設計から完成、生産までかなりの期間を必要とする。だから、いつ発注され、いつ建設が始まったかを考えれば、原子力発電の見通しについて全体像を描くのは簡単である。米国で発注されしかもキャンセルされなかった最後の原子炉は、1973年にまでさかのぼる。現在稼働している原子炉はすべて、1963年から73年までの10年間に発注されたものである。1980年以降は、フランス以外の欧州の電力会社による新規発注は一基もない。フランスでは原子炉建設は1993年を最後にしており、その原子炉（Civaux2）は1999年のクリスマスイブに操業開始した。（グラフ1参照）

グラフ1 世界の原子炉 操業開始と操業停止

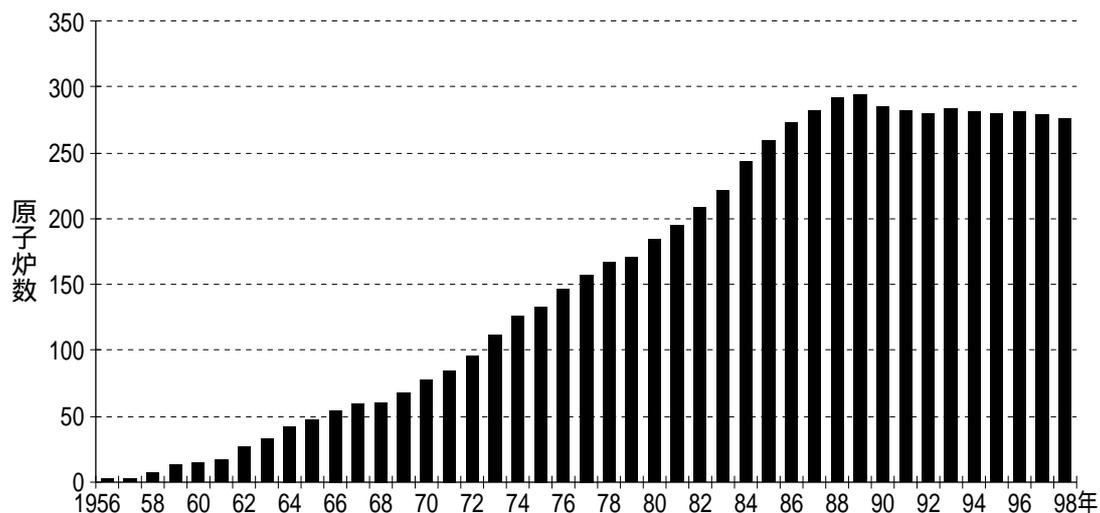


出典：PRES, CEA 1998, ATOMWIRTSCHAFT, Doc. WISE-Paris

2000年には西欧と北米の国々で建設中、発注済み、あるいは計画中の原子炉は一基もなくなる。それどころか西欧や北米で稼働している原子炉の数は、ピークに達した1989年の294基以来減少を続け、1998年には276基³⁾になっている。(グラフ2参照)

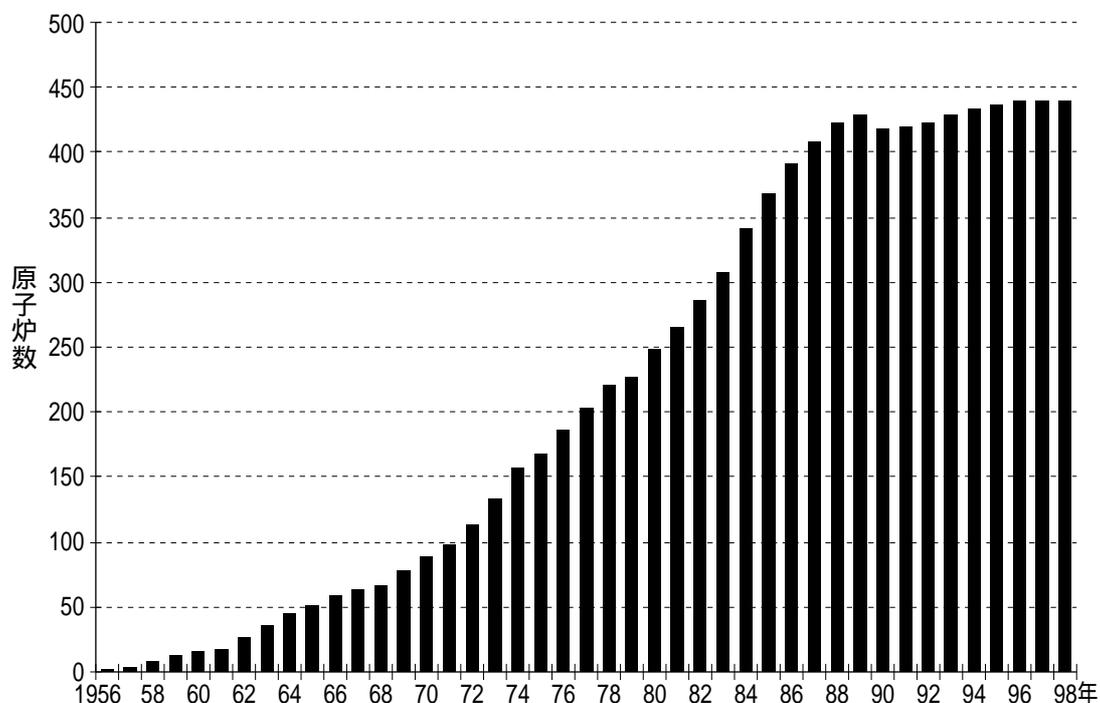
10年遅れて、世界規模における減少も明らかになった。1999年に稼働中としてあげられている原子炉数(436基)はその2年前(440基)より少ない。(グラフ3参照)

グラフ2：西欧と北米で稼働している原子炉数の推移



出典：PRES, CEA 1998, ATOMWIRTSCHAFT, Doc. WISE-Paris

グラフ3：世界で稼働している原子炉数の推移



出典：PRES, CEA 1998, ATOMWIRTSCHAFT, Doc. WISE-Paris

原子力発電の将来像は、ぼんやりとしか見えない。IAEA は、1998 年現在で 14 カ国で 36 基が建設中であることをあげている。しかし詳細に分析してみると、このうちの多くは完成する見込みがほとんどないことがわかる。これらのうち 14 の発電所が、深刻な経済問題を抱える旧東欧の国々にある。それらのほとんどは、15 年以上も「建設中」としてあげられている。アルゼンチン、ブラジル、インド、イランなど、長期にわたり建設中である現場についても同じようなことがいえる。

東南アジアでも同じである。アジアで建設中の原子炉は 17 基ある（中国 7 基、韓国 4 基、日本 4 基、台湾 2 基）。1998 ~ 99 年におけるアジアの経済危機の直接の影響のひとつは、経済成長率の低下であった。アジア全体では平均で 1.5 % の低下だったが、韓国、タイ、インドネシアでは 6 % かそれ以上の低下で、その結果、発電所の発注が大量に取り消された。タイは、現在稼働している発電所のいくつかを一時操業停止にすることさえ考慮中であり、もともと計画されていた新しい発電所のほとんどは、完成が遅れるか、次世紀に持ち越された。特に中国は、今後発電所への投資額を下げるとし、原子力発電は現在、総発電電力量の 0.6 % にすぎないが、今後もまったくわずかな役しか果たさないということを明らかにしている。中国、韓国、タイにおけるエネルギー需要は、1998 年には 3 % 以上低下し、一方旧ソ連の国々の 10 年に及ぶ消費の下落も続いている⁴⁾。

3 . 原子力発電の将来 非現実的な予測

「何年も前から、そしてこれから何年ものあいだ何も建設されないなら、それは人が何と呼ぼうとも撤退の道を歩んでいることになる」

ウェルナー・ミュラー ドイツ経済相 1999 年 5 月

世界の原子力発電計画は、現在明らかに発展のピークをすぎ、衰退に向かっている。問題はどのくらい早く衰退するのか、復活を考えることはできるのかということである。世界的な気候変動の問題は、既存の原子力発電計画や新しい計画の決定権を握っている人たちに影響を与えうる極めて重要な問題であると考えられている。環境の視点以外にも、経済的、政治的観点が、原子力発電に賛成・反対の両側の立場からしばしば用いられてきた。

経済開発機構（OECD）の原子力機関（NEA）は、1999 年初めに原子力発電の将来の発展可能性について表 1 にある 3 つのシナリオをたてた⁵⁾。

第 1 のシナリオでは、原子力発電所は現在建設中のもの以外には補充せず、推定 40 年の寿命がすぎた時点での撤退を考えている。発電設備容量は 2020 年までに 29 % 減少し、最後の原子炉は 2045 年ごろ操業を停止するだろう。NEA の筆者たちは、これが「最も悲観的なシナリオ」ではないことを認めている。なぜなら多くの発電所は、NEA のシナリオよりずっと早い時期に操業を停止すると推定されているからである。米エネルギー省のエネルギー情報局は、最新の世界エネルギー見通しの低調なシナリオでは、2020 年の世界の原子力発

電設備容量は 49 % 減少するだろうとしている⁶⁾。

NEA の筆者たちは、OECD 23 カ国のうち日本と韓国だけが 2015 年まで断固として原子力発電設備容量を増やすつもりでいることに触れている。一方で、1998 年に OECD 諸国で稼働している原子炉 358 基のうち 102 基（あるいは設備容量の 19 %）は、2015 年までに操業を停止するだろうという。このシナリオは、短期的にみて CO₂ 排出量が増え、再生可能エネルギーによる解決策がない状況では、いくつかの国々にとって天然ガスが「唯一のエネルギー源」になるかもしれないというメッセージを伝えている。しかし、これらの国々が需要サイド重視のエネルギー・サービスを基盤にした場合に、どんなエネルギー構成が可能なのかについての問題提起はしていない。

第 2 のシナリオでは、原子力発電の継続的發展を推定している。2020 年に設備容量は 55 % 増加し、2050 年までには 3 倍以上になり、世界の商業一次エネルギー消費量の 12 %、電力消費量の 35 % を供給することになる。このような結果を得るためには、原子力発電の発展に好ましくない条件を「急速に緩和」させる必要があることを筆者たちは指摘している。また人々の信頼を得るために、原子力の安全性や放射性廃棄物の最終貯蔵の問題を「解決」しなければならない。筆者たちは、このシナリオのさらなる「問題点」として、2010 年から 2050 年までのあいだ毎年 3500 万 kW（約 30 基）を建設しなくてはならないというその速度をあげ、これに見合う必要な投資額は膨大であり、建設地を見つけることは大変であるとしている。

最後のシナリオは、原子力発電からの急速な撤退、2020 年に 85 % 減、を描いており、その後第 2 のシナリオにあるように 2050 年の 1120GW（11 億 2000 万 kW）と同レベルに達する急速な復活がある。衰退の理由は「好ましくない価格見積計画と人々の不信」が重なったことである。力強く復活する主な誘因は、世界の電力需要の増加、原子力発電にかわる代替技術の欠如、供給の安定と多様性、そして環境保全の目的などである。復活期間には、原子炉建設産業は空前の規模に達してはならず、それは毎年 5500 万 kW から 7500 万 kW、つまり 50 基から 70 基が設置されることを意味する。これは史上最大規模で建設された 1984 年の 38 基と比較するべきである。この最盛期ですら前後数年間をとると平均 20 基を超えることはなかった。

表 1 2000 ~ 2050 年の世界の原子力発電設備容量
《OECD 原子力機関 (NEA) が描いた 3 つのシナリオ》

シナリオ	2000	2010	2020	2030	2040	2050 年
撤退	360	354	257	54	2	0
継続發展	367	453	569	720	905	1,120
衰退そして復活	355	259	54	163	466	1,120

NEA の筆者たちは、次のような結論を出している。脱原子力シナリオは「環境に非常に厳しい影響」をもたらし、多くの国で安定供給と燃料源の多様性を妨げかねない。一方、第 2 シナリオは「気候変動につながる危険性を減少させ、化石燃料への依存を減らす」とし、これを原子力発電の利点としてあげている。

原子力発電の長期的未来を予測するのは確かに困難かもしれないが、現状と短期的未来を理解するのは極めて簡単である。にもかかわらず、NEA の筆者たちが、達成不可能な想定にそってシナリオをつくっているのは驚くべきことである。次の章では、なぜ原子力発電の復活がありそうにないかだけでなく、なぜ多くの人たちが考えるよりずっと早く原子力発電が消滅しそうなのか、その理由を見てみたい。

4 . 気候変動は原子力産業の救世主にはならない

先に引用した NEA の研究は、気候変動問題を自分たちの生き残りのために利用しようとして原子力推進団体が近年行った試みのひとつである。原子力産業は、多くの国でその問題に関して大々的な広告キャンペーンを展開してきた。よくある基本的なやり方とは、原子力発電を使うことによって「避けられた」温室効果ガス「排出量」を石炭火力発電と比較する計算である。原子力産業界の出している「避けられた排出量」の数字は、誤解を招きやすい。というのも、比較すべきエネルギー源は、必ずしも石炭ではないからである。ヨーロッパでは、新しい発電所のほとんどが天然ガスによる火力発電所である（例外としていくつかの国では風力の発電容量が大幅に増えたところもある）。天然ガスによる火力発電所で発電された電気の 1 kWh（キロワット時）あたりの平均 CO₂ 排出量は、石炭火力発電所の半分から 3 分の 1 である。

米国の原子力産業ロビー団体 NEI は、「世界中で原子力は、温室効果ガスを排出することなく発電される主要な大規模電源であり、これからもそうでありつづけるだろう」⁷⁾と宣言する。さらに分析してみると、NEI は事実にはではなく、希望的観測に基づき宣言していることがわかった。北米や西欧では計画中的新規発電所は一基もなく、極東での可能性も過大に見積もられているのである。

フランス、ドイツ共同の事業計画である欧州加圧水型原子炉（EPR）については、産業としての現実というよりは妄想といえる。ドイツ政府はこの原子炉開発への資金援助をすべて停止し、ドイツの電力会社はその計画にただリップサービスを送っているだけである。ドイツのウェルナー・ミュラー経済相は、はやくも 1994 年の時点で電力会社の代表たちは政治家との内密の会合で、大規模な EPR 計画は実現したくないと語っていたと最近うち明けた。ミュラーはさらに「私は EPR が国際的に競合できるようになるとは思えない」とつけ加えた⁸⁾。

もし稼働中の発電所がなければ、実際に原子炉を売るのさえ難しい。「改良型」原子炉 AP600 の認可過程を強行に押し通した米国の会社ウェスティングハウスは、その苦い経験を

した。ウェスティングハウスの経営責任者（CEO）チャールズ・プライアは、「ウェスティングハウスが中国にそのデザインを売却しようとしたとき、中国の人たちはそれがそんなにすごいのなら、なぜ米国は自分たちでつくらないのかとたずねたんだ」と最近語っている⁹⁾。

原子力発電の将来性に影響を与える政治、経済問題にふれる前に、技術面、組織面についていくつかあげておこう。

- ・「避けられた排出量」のアプローチは、他のエネルギー供給源や省エネにも拡大適用されなければならない。
- ・原子力発電が間接的に温室効果ガス排出をもたらすことも、比較検討の際に考慮されなければならない。
- ・究極の目標は発電ではなく、エネルギー・サービスの供給（室内暖房、温水、照明、通信など）であるべきである。
- ・原子力発電を選択することは配電網の大きさを決定し、大規模な送配電システムが必要となる。
- ・原子力発電を選択することは他にも以下のようなシステム上の影響をもたらす。
 - 燃料効率を改善するよりも、電力消費量を増加させる強力な誘因となる。
 - 原子炉建設や発電所運転に、高度な資格をもった多数のスタッフが必要となる。
 - 一般エネルギー部門における技術革新を抑制する。
 - 雇用確保のため、インフラ全体の長期にわたる円滑な操業が必要であり、かつ核燃料サイクル全般にわたる核物質や放射性廃棄物の高度な管理、放射線管理および監視システムを組織することが必要。

5．原子力発電と他のエネルギー供給オプション

ライフサイクルの比較分析は、原子力発電が、他のエネルギー供給オプションと同様に間接的に温室効果ガス排出をもたらすことを示している。主な要因は、ウラン濃縮施設の膨大なエネルギー消費である。だから核燃料サイクルにおける温室効果ガスの排出量はその国の電力エネルギー構成に大きく依存している。

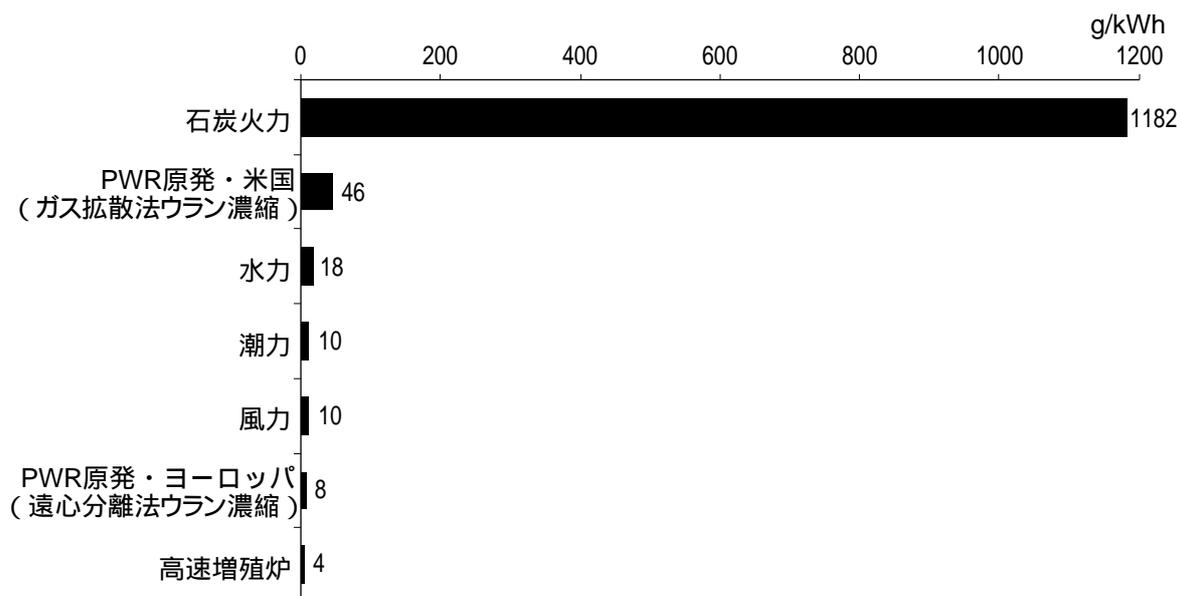
米国の1 kWhあたりの炭素排出量は、欧州諸国の平均と比べずっと多い。また、原子力発電関連の温室効果ガス排出量も、欧州の原子力推進諸国では、ウラン濃縮にエネルギー集約度の低い遠心分離法を用いるのに対し、米国はガス拡散法を用いるためずっと高くなっている。フランスの原子力発電の1 kWhあたりの排出量はまだ計算されていないが、それらは欧州の他の原子力推進諸国と同じくらいであろう。というのもフランスではウラン濃縮にガス拡散法を使っているが、電力構成のなかで（火力発電よりも）原子力発電や水力発電の割合が高いからである。

原子力発電が温室効果ガス排出をもたらすという事実は明らかであり、グラフ4に描かれ

ているように、このことは原子力産業界も認めている。その意味では、NEIの立場はむしろ驚くべきことあり、事実反して誤った声明に固執することに対して、NGO 団体、特にラルフ・ネーダーのパブリック・シチズンは、「誤りで人を惑わせる」広告だとしてアメリカ連邦取引委員会（FTC）に提訴した。

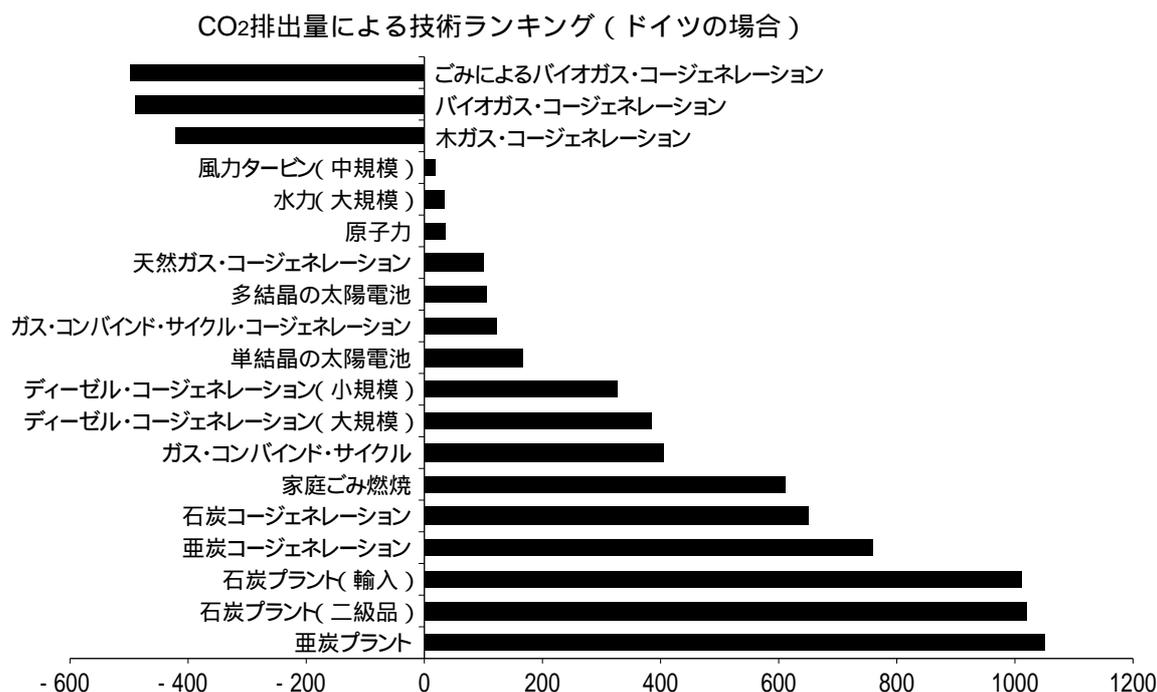
特定の国や地域の状況がどうあろうと、核燃料サイクル全体の電力消費量はかなり大きい。

グラフ 4 原子力産業界が認める電源別 1 kWh あたり CO₂ 排出量



出典：Revue-Générale Nucléaire

グラフ 5 供給システム別 1 kWh あたりの温室効果ガス排出量



たとえばフランスでは、原子力部門の電力消費量は年およそ 25TWh (250 億 kWh) であり、同国の原子炉の平均出力 (90 万 kW) の 4.5 基分に相当する。

さまざまな稼働状況の下でエネルギー供給システムの実績を比べるために、独立した専門家によりさらに詳細なライフサイクル分析が行われた。結果として、ドイツのエコ研究所が出した原子力発電 35g、風力 20g、水力 33g という 1 kWh あたりの温室効果ガス排出の数字と、原子力産業筋が計算した原子力 8g ~ 60g、風力 10g、水力 18g という数字とあいだには相関関係がみられる。他の燃料燃焼技術による排出量が、グラフ 5 で見られるように軽水炉と石炭火力発電所とのあいだの巨大なギャップを埋めている。特に天然ガスや石炭をもとにしたコージェネレーションプラントは、標準的な石炭火力発電所 (約 1000g/kWh) よりかなり低い排出量、100 ~ 650g/kWh である。

最も効率がよいのは、バイオガス (木材、ごみ埋め立て、農産物から発生) をもとにしたコージェネレーション技術からもたらされる。この方面では、かなりの技術進歩が期待できる。米国立再生可能エネルギー研究所 (NREL) によれば、バイオマスを合成ガスへ転換することにより、既存のほとんどのバイオマス火力発電所の発電効率は、ほぼ 2 倍になるという¹⁰⁾。すでに現在の技術でも、バイオマス発電によるガス排出量は、熱転換型の発電方式より低い。つまり、バイオマス以外の方法で熱を生み出すとするなら (現在の計算では石油の燃焼が使われているが) それによる排出量はバイオガスシステムによる熱と発電をたした排出量よりずっと大きくなる。このためバイオガステクノロジーは「排出削減クレジット」が認められることになり、これがグラフ 5 でなぜ排出がマイナスに見えるかという理由となっている。

6. 供給効率：熱と電力、ガスシステム、再生可能エネルギー

先進国社会ではどこでも、エネルギーを熱や電気の形で消費する。平均的なフランスの家庭では全エネルギーのおよそ 3 分の 2 を熱として、残りの 3 分の 1 を電気の形で消費している。従来の火力発電所では、一次エネルギーのおよそ 3 分の 1 が電気に転換され、3 分の 2 は廃熱として環境に捨てられ、さらに 7 % から 10 % 以上が送電システムのなかで消失する。このため消費の場で最終エネルギーとして入手できるのは、一次エネルギーのおよそ 4 分の 1 にすぎない。

熱・電気の複合利用あるいはコージェネレーションプラントは、ほとんどの廃熱を回収し産業工程や都市暖房システムに送る。その効率は、従来の発電所が 35 % から 58 % であるのに対して、75 % から 90 % にも達する。

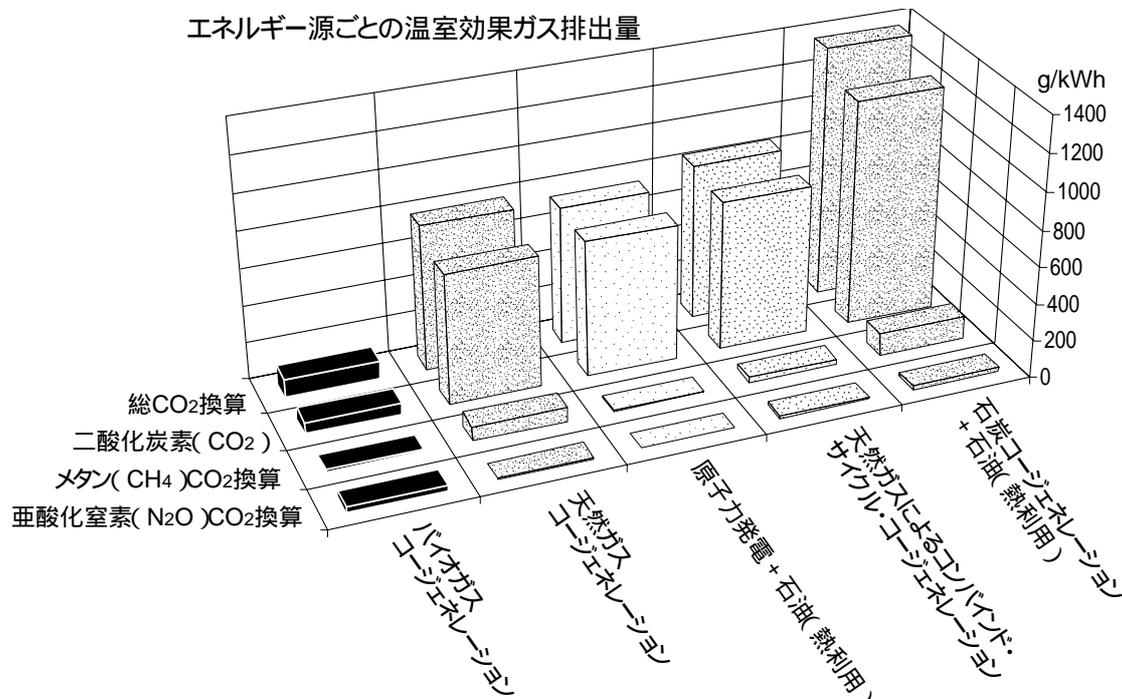
一方、世界の原子力発電所の廃熱は回収されない (旧ソ連の軍事工場を例外として) し、回収しようという計画もない。原子力社会に必要な熱を供給するためには、原子力以外の別のエネルギー源を利用しなくてはならない。実例をあげるなら、原子力による電力供給とは別に、たとえば石油を基盤にした集中暖房システムにより熱を供給することになる。これは

集中暖房に使うガスと電気を比べた場合の仮説である。ガスによる集中暖房システムは、温室効果ガスの排出をより低くするが、電気の場合は、原子力推進国家ほど季節的なピーク時需要にはガス以外の化石燃料を使うことが多いので汚染がよりひどくなる。その結果がグラフ6にみられる。

計算を明確にするために、エコ研究所はさまざまなシステムに関して、1 kWh の電力と 2 kWh の熱をつくるときの温室効果ガスの排出量を比べた。バイオガスと天然ガス発電所は、通常の操業において3分の1を電力で、3分の2を熱としてうみだすが、石炭火力とガス複合サイクル、あるいは原子力をもとにしたシステムの場合は、利用しようのない熱が、利用できたとしてもわずかの熱しかうみださない。原子力発電の場合、石油の集中暖房システムで2 kWh の熱をうみだすときの排出量を原子力発電で1 kWh の電気をうみだすときの排出量に加えなくてはならない。結果は驚くべきものである。原子力と石油のくみあわせの温室効果ガス排出量は、天然ガスをもとにしたシステムとほぼ同量である。石炭火力コージェネレーションと石油のくみあわせと比べてもその排出量は半分でしかない。電気だけをみたとときには原子力による排出量が大規模な石炭火力発電の300分の1であったことを考えると、排出量の差はほとんどなくなってしまふ。最優秀なのはバイオガスで、温室効果ガス排出量は他のシステムの7分の1以下である。

興味深いことに、コージェネレーションによる発電の割合が最も高いのは、非原子力諸国あるいは低原子力諸国、たとえば西欧のデンマーク（1998年が50%で2010年には70%の

グラフ6 原子力発電+石油 対 コージェネレーション



出典：エコ研究所

見通し) オランダ(1998年が35%で2000年は50%)、フィンランド(1998年が33%)である。ドイツでは、1991年から1998年のあいだに小規模なコージェネレーションによって450万kW以上が加えられた。フィンランドでは、木材とピートによるコージェネレーション(27%)が石油(28%)とほぼ同量の一次エネルギーを供給し、そのほとんどが自治体のコージェネレーションプラントへ送られている。原子力発電は17%で停滞している。一方、欧州の原子力推進諸国は、ほとんどコージェネレーションを開発しておらず、フランス(1998年が3%で2000年は5%)、ベルギー(1998年が5%で2000年は11%)、スウェーデン(1998年が7%で2000年は11%)となっている¹¹⁾。欧州委員会は、2010年までにEU内のコージェネレーション設備容量を倍増するよう目標を定めた。現在EU内では、平均13%の発電がコージェネレーションによっている。実際、原子力推進国フランスでさえ、1998年にはコージェネレーションの開発がつかないほど進展し、設備容量は10倍となり530万kWに達する見通しである。

日本はこれまで強力な原子力推進政策をとってきたが、その結果、先進諸国のうちで最もコージェネレーションの割合が低い。1999年3月の時点で、コージェネレーション導入規模は462.7万kWであり、総発電設備容量の1.8%にすぎない。

ガスタービン技術は、ここ10年間ですばらしく効率を上げた。今日の複合サイクルのタービンは60%の効率に達し、今後さらに進展するものと思われる。全体の1kWhあたりの発電コストは、ガスの価格に大きく左右されるので、効率実績が大きな意味をもってくる。

再生可能エネルギーは、短期的にみると、温室効果ガス抑制策としての供給側・需要側効率改善の点で遅れをとることは明らかだが、最近の進歩ははるかに予測を上回っている。

特に風力は、1990年代初頭から強力に推進されてきた。ドイツとインドの風力計画は、その顕著な例である。ドイツではいわゆる「買い取り法」により、電力会社は風力による発電電力を通常平均電力販売価格の75%で独立系発電事業者から買わなければならない。これによって風力発電が盛んになり、1991年から99年までの8年間で世界最大の風力発電推進国となった。1999年だけでもほぼ156.9万kWが加わり、1.5倍に増大し、合計444.4万kWの設備容量になった。これは原子力発電所4基分、あるいは全EUの風力発電容量の半分に相当する。出力も容量と同様に倍増し、1999年は6TWh(60億kWh)に達した。

インドでは風力の設備容量を1993年から97年の4年間だけで5.4万kWから90万kWへと増大させた。またバイオガス発電も、同じ期間に180万ユニットから250万ユニットに増えた。

中国では、石炭につづき再生可能エネルギー、主に水力発電が発電市場で第2の割合を占め、1996年には17%となっている。

7. 需要側の省エネと原子力発電

世界エネルギー会議は、エネルギー事業者の代表者連合であるが、1998年9月のヒューストン会議で以下のような声明を出した。「エネルギーの効率利用こそが、消費を削減し環境悪化を防ぐためには最も直接効果があり、最大の費用効果をもたらす手段である」

中国は、世界人口の21.5%を占めることを考えれば明白なことであるが、気候変動の議論のなかで最大のかぎを握る国というだけでなく、世界の気候に対する大きな脅威として何度もとりあげられてきた。しかし実際には、これまで中国はまったく正反対の状況にあった。中国は、強力な経済成長のもとで燃料効率政策を成功させるすばらしい例を提供してきた。1980年以来、中国は一人あたりのGDPが4倍にふくらむ一方で、エネルギー集約度（GDPのユニットあたりエネルギー消費量）を2分の1に減らした。このような状況のもとで、CO₂総排出量は同時期に136%「控えめに」増大しただけである¹²⁾。

それでも中国のエネルギー消費量は、1978年以来2.5倍に増え、1997年には石炭換算で14億4000万トンに達し、東アジア（日本を除く）の総消費量の約63%を占めている。世界との関係では、中国は1997年に世界のエネルギー消費の9.6%を占めていた。そして2020年までに世界のエネルギー消費のおよそ16%を占めるようになるかもしれない。1997年の米国の一人あたりエネルギー消費量は、世界平均の一人あたりエネルギー消費量の5倍あり、中国の一人あたり消費量のほぼ12倍あった。もし中国が1997年の米国と同量の一人あたりエネルギーを消費することになれば、中国は現在の全世界の消費量よりも多くのエネルギーを消費することになる。一人あたりの炭素排出量は、米国で一人あたり5.6トン、世界平均は1.1トン、中国は0.7トンである¹³⁾。

先進諸国における燃料の効率利用に関する潜在的可能性研究は、数多くある。西欧諸国では通常、その効率を30%から50%に上げられると評価されている。米国では、電力会社の電力研究所（EPRI）が省エネルギー潜在量を電力消費の30%と推定しているが、コロラド州のエイモリ・ロビンズ・ロッキーマウンテン研究所では、70%を超えると示唆している。

ドイツの脱原発シナリオの分析は、1～2年内という短期間で原発を廃棄すると温室効果ガス排出は一時的に増加するが、4年後には排出量が基準値以下に下がることを示している¹⁴⁾。ドイツではかなりの過剰設備があるので、撤退の形は今ある発電設備容量に左右されることはない。エコ研究所によれば、1998年の設備容量は合計109GW（1億900万kW）で、厳密にはそのうちの約100GW（1億kW）が技術的に可能な発電容量である。その年の一日平均ピーク時出力は7240万kWだったので、2700万kWほどが過剰容量だった。原子力発電所の総設備容量が21GWであったことからすると、原発撤退がたとえ短期間になされたとしても、技術的には容量の問題は起こらないということになる。しかしながら、脱原発を段階的に進め、潜在的なエネルギー効率利用の可能性をひき出したり、排出の少ない代替エネルギーの設備が完成すれば、予想される温暖化ガスの排出量をより低く抑えることが

できる。2020年までには、再生可能エネルギーは現在の6%から35%ほどに増加するだろうし、電力の約40%はコージェネレーションプラントからくることになるだろう。

DETENTEによるフランスの脱原発シナリオの分析では、2020年のフランス国内の化石燃料総消費量は、通常のビジネス・シナリオでも脱原発シナリオでも変わらないことを示している¹⁵⁾。フランスにおける電力供給部門の過剰容量は、ドイツよりもさらに大きい。1993年の歴史的ピーク時の出力は7000万kWであったが、現在の設備容量は1億1400万kWであり、そのうちの6300万kW(55%)が原子力発電である。だから現在稼働している59の原子力発電所のうち少なくとも古い35基は操業停止しても何ら問題はなく、それでも悠々と19%の予備発電量を維持していけることになる。

フランスの脱原発シナリオにおけるCO₂排出の安定化に対する主要な問題は、運輸部門におけるエネルギー消費の制限と、室内暖房を電気システムから他の装置、特にコージェネレーションを基盤にした都市暖房へ転換することであろう。

8. 経済問題

お金は一度使ってしまうとそれまでだ。だから本質的な問題は温室効果ガス削減をいくらかけて行うかである。これは別に目新しい問題ではない。エネルギーの効率利用と原子力発電によるCO₂削減費用を比較評価した最初の試みは、1988年12月という早い時期に、当時ロッキーマウンテン研究所にいたビル・キーピンとグレゴリー・キャッツによって行われた¹⁶⁾。ふたりは主要ポイントを以下のように記した。

- ・数十年も続いた大規模な世界的原子力発電計画でさえ、温室効果問題を『解決』することはできなかった。
- ・化石燃料の燃焼によって引き起こされる将来の気候温暖化を改善するカギは、エネルギーの効率利用を高めることである。
- ・米国ではCO₂排出を抑制するには、電化効率を高める方が原子力発電よりほぼ7倍も費用対効果が高い

「原子力発電のメッカ」フランスにおいてさえ、エネルギー効率利用計画の方が圧倒的に経済的優位にあることを、同様の分析は示している。パリに本拠があるINESTENE(エネルギー環境戦略評価研究所)は、10年にわたるフェッセンハイム原子力発電所への投資と15年にわたる同地における省エネルギー対策を比較するユニークな経験に基づく研究を行った。その結論は以下のとおりである¹⁷⁾。

- ・産業界の電力消費節約に投資する方が、その節約量と同容量の原子力発電所を新設する投資額の約半分ですむ。
- ・商業部門や住宅部門でのエネルギー節約への投資は、1.4倍の費用がかかる。しかし世界規模でみるなら、エネルギーの効率利用対策への投資の方が、原子力発電所への投資

より4倍も早く元がとれる。

米国 EPRI の見積もりでは、米国の13事例の消費電力のおよそ28%が、1 kWh あたり4セント以下で節約できることを示している。ロッキーマウンテン研究所は、1 kWh につき5セント以下で節約できる潜在量は70%くらいあるとしている¹⁸⁾。

エネルギー効率利用の潜在的費用対効果については、ほとんど何の議論もされていない。原子力発電の最低コストの数字は、フランス政府から出ている。参照コストとよばれる最新のものは、原子力発電の1 kWh あたりのコストを2.7 ~ 3.4 セントと見積もっている¹⁹⁾。それでもなお、ガスが高価格になるか、ドルの為替相場が悪化する状況下でしか、原子力発電はベースロード（一年中利用できるベース供給力）電源として競争力をもたないだろう。ミドルロードはいうまでもない。フランスでは他の国と同様に、ガスタービンが最も安い選択肢であり、ことにコージェネレーションでは顕著である。また石炭火力蒸気タービンも、ベースロードとして蒸気が完全にその経済性に見合うよう使い尽くされるという条件では競争力がある。

原子力発電のコストは、どの国にしる数字がどこからのものかによって広範囲な数字が出されている。5年前、オランダ環境省に委託された IPSEP（持続可能なエネルギーに関するプロジェクト）は、フロレンチン・クラウスの指導のもと、さまざまな国の発電コストの公式データを詳細分析評価した²⁰⁾。それによると、フランスの原子力発電コストは1 kWh あたり4.8 ~ 7 セント、ドイツとイギリスの原子力発電はそれよりかなり高価であるが見積もられた。クラウスは、以下のように結論づけた。「前記のような経済的および安全性の制約から、原子力発電が温室効果ガス抑制に貢献する度合いは、以前に予想したよりずっと小さくなるようだ。欧州での貢献度は、すでに着工された原子炉増設計画だけかもしれない」。クラウスの言うことは、今のところ正しいだろう。

原子力の経済性問題は増設に関しては明らかである。しかし脱原子力の経済的条件についてはどうなのだろうか。最近コンサルティング会社 LBD は、エコ研究所とともに、ハンブルグ市環境局のために、市営電力会社が株主として参加する4カ所の原子力発電所を緊急閉鎖する場合の経済的条件を徹底的に分析評価した²¹⁾。驚くべき結論が出ている。「短期間に原子力発電から撤退し、複合サイクルガスタービンへ投資することは、明らかにハンブルグ電力会社（HEW）の経済的利益につながる。特にブルンスピュッテルとシュタデの原子力発電所の場合は、短期間で閉鎖することが緊急に求められている」。この注目すべき点は、この評価が原子力発電をガス火力複合サイクル発電に置き換えることに限定して実施されたことである。この分析は、エネルギー効率利用に向けてのどんな努力も勘定にいれていないが、逆にそれを計算に入れるなら、原子力と非原子力による解決策とのあいだに存在する経済的ギャップはより明確になっていたであろう。

この HEW の調査が明らかにしたことは、原子力発電の1 kWh あたりの価格は、バックエンド対策基金（使用済燃料、プルトニウム、廃棄物処理管理）を通じて得た利潤からの収

入により大きく補てんされているということである。最近までドイツの電力会社は、全額でおよそ 700 億マルク、すなわち 375 億ドルという巨額な資金を無税で投資できた。その収入は、実際の原子力発電コストを補てんするために使われていた。今はその資金の一部は取りくずされ（第一段階として 120 億マルクつまり 64 億ドル）、投資からの収入に対してかなりの税金を支払わなければならなくなっている。実際、ドイツにはバックエンド対策基金から投資したお金が、会社の全資本の 50 % 以上になっている電力会社がある。つまり、現金が必要になったら、会社を売却しなければならないということになる。これは高い金融リスクである。

それに比べ、米国のガス複合サイクル発電所の 1 kWh あたりの発電原価は、1982 年から 1999 年のあいだに 44 % 下がった。2007 年までに 15 % のさらなるコスト削減が予想されている²²⁾。まさにこれは、好ましい経済環境におけるダイナミックな技術的文脈、低い資本投入と短い資本回収期間という銀行の好むところである。世界銀行の環境アセスメント資料集は、原子力発電の問題点を以下のようにまとめている²³⁾。

「原子力発電所は稼働コストがいくら低額でも、投資額は高額なので、石炭や石油の価格をどのように見積もろうと、コストが最もかからないエネルギー源として選ばれることはない。

原子力は現在も、また将来も、コストが最もかからない選択肢として選ばれる見込みがほとんどあり得ないわけだから、原子力発電は不経済である。また電力供給者によって引き合いに出されるコストは、通常かなり低く見積もられていて、廃棄物処理や廃炉解体、その他の環境コストを適切に計算に入れていないという事実もある。さらに、原子力発電施設の多くは、開発途上国の電力システムに比べて規模が大きいので、途上国の需要が予期されたように増えないなら、かなりの過剰容量が出てくるリスクを抱えている。……

さらに問題を複雑にしているのは、原子力発電の操業に特徴的な秘密性と率直さの欠如である。近年では多くの事故により、原子力産業の遂行能力とその安全性に対し、人々が疑問を抱くようになってきている。多くの人たちは、原子力産業自体の信頼性を疑問視している。」

世界の銀行業界は、原子力発電を疎んできた。世界銀行もアジア開発銀行も、原子力発電に融資したことはない。欧州再建開発銀行（EBRD）は、ウクライナの K2/R4 という発電所建設計画に全面的なローンを出すか否かという初めての決定に手間取っている。銀行内の多くの人たちは、これに反対している。

気候変動問題は、世界銀行の原子力発電に対するこうした態度を変えはしない。世界銀行のホームページの質問コーナーにはこう書かれている。

質問：二酸化炭素などに潜在価格が付けられていることを考えると、世界銀行は、原子力発電が地球温暖化防止に金額でいえばどのくらい貢献していると思いますか。

答え：原子力発電をとりまく問題は、経済的なものだけではありません。原子力発電は世界の多くの地域で受け入れられていません。原子炉の安全性、放射性廃棄物の処分、そして核分裂性物質の拡散に関する心配からです。このように問題は複雑で、二酸化炭素の潜在価格だけにしぼることはできません。

9. 電力の規制緩和の及ぼす影響

エネルギー部門が自由化へと向かう世界的な傾向は、現在の原子力発電計画に対して大きな影響を及ぼす。いくつかの傾向がすでに明らかになっている。欧州では、競争がすさまじいレベルに達している。先進地域のひとつであるスカンジナビアでは、スカンジナビア電力取引場であるノルド・プール（北欧市場）のもとで、住宅用電気代がここ数年で半額になった。ドイツでは、大量の電力を商社が取得しようと、市場での最適価格を求めてすでに交渉が始まっている。顧客サービスのニーズをパッケージにして売り出そうというのである。米国のある地域では、顧客をそれまでの電力会社との契約に引き留めておくことが難しいので、電力会社側が顧客に高額な解約金を課そうというところがある。

規制緩和の最初の犠牲者は、原子力発電所である。米国ではエネルギー市場競争の幕が切れておとされ、少なくとも6基の原子炉（ビッグロックポイント、ミルストーン1、コネチカットヤンキー、メインヤンキー、ジオン1、ジオン2）がすでに閉鎖された。専門家たちは、米国の原子炉は経済的に競争力に欠けるので、その40%が近いうちに閉鎖されるかもしれないと考えている。また、ばからしいほど安い価格で売却されている原子炉もある。1998年には2基の原子炉が、それぞれ市場価格のわずか3%と4%にあたる2000万ドルで売却された。1999年6月には、ナインマイルポイントの2基が合計2億2670万ドルで売却されたが、その2基目とは63億ドルを投資して1998年に操業を始めたばかりのものである。1999年9月には、ミルストーンの3基が競売にかけられた。憂慮する科学者同盟（UCS）は、原子力発電はいまや「安すぎて問題にもならない」と結論づけている。

自由化された市場における分散型コージェネレーションプラントとの競争は、原発経営者を恐れさせる。フランスの国営電力会社EDFは、内部用分析文書のなかで次のように書いている。「競争は現在、需要サイドに起こっているが、明日はフロントエンド、つまり生産サイドに起こり、価格に対する圧力がかかって、その影響は発電コストにもはねかえるだろう。この状況では価格がかぎになるので、1 kWh あたりのコスト競争力がかつてないほど重要になってくる。送電コストを加えた発電コストは、分散型発電より有利な価格を維持するためにかなり低く抑えなければならないだろう」²⁴⁾

供給の信頼性も重要な追加項目になるだろうと、ロンドンの王立国際問題研究所・環境エネルギープログラムの専門家ウォルト・バターソンは指摘する。「小規模な地域発電への関心の高まりの背景には、自由化時代における在来型の中央集中型電力の信頼性に対する懸念が増大していることがある」²⁵⁾。実際にも、規制緩和は平均的な発電所の規模をさらに小

さくさせることになるかもしれない。

10 . 組織の問題 規模

1960年代以来、火力発電所はどんどん大きくなっていった。1980年にオンタリオハイドロ社は、単位規模あたりの投資コストから、100万kWが理想的な規模であると考えた。しかしそのわずか10年後の1990年、カナダの電力会社は5万kWに「理想的」というラベルを貼った。オンタリオハイドロが1999年10月初め、19カ所の原子力発電所すべてを売りに出すことを発表したのは当然の流れであった。問題は誰がいくらで購入するかということである。

しかし設備規模を縮小する傾向はまだ加速している。産業雑誌『モダンパワーシステム』は、「小規模で大きな容量」という見出しで最近のコンサルタントのレポート²⁶⁾を引用し、小規模発電所(1kWから5000kWまで)の市場は、この先4年で32%のび、2003年までに160億ドル規模を超えるだろうと述べている。

事実、近いうちに大規模システム概念が、すべて時代遅れになるかもしれない。島嶼地域における送電線に接続しない独立型マイクロ規模の自家発電とか小規模地域供給が、先進諸国でも20年以内に主流となるだろう。その利点は明白である。低資本に加えて送電システムの維持費用が低額であること、投資に対する高い柔軟性や送電のロスが少ないことなどすべてがあわさって、この方向性を魅力的なものにしている。

また電力の違法接続も、小さな配電システムのほうが簡単に防げる。今日、特に開発途上諸国では、かなりの電力が、料金未払いが不法な接続によって消失している。専門雑誌『パワーエコノミクス』は、最近号で次のように書いている。「人口の3分の1の人々に電気がゆきわたっていないラテンアメリカでは、違法接続、貧弱な維持管理、非効率によって電気の40%ぐらいが消失していると配電会社は見積もっている。全体でいえば、アフリカ、東南アジア、旧ソ連、東欧の大部分で、配電ネットワークに大きなロスが見られる」²⁷⁾

加えて、配電システムのメンテナンスやアップグレードの費用が高価であることが、小規模自家発電に拍車をかけている。最近の例であるが、ニューヨーク市のセントラルパーク警察は、配電システムの性能向上に120万ドルかけることをやめ、本部に100万ドルで燃料電池を設置した。1999年5月1日、警察は電気系統を送電線から外した。警官の一人はこう語っている。「電気を自給自足できるとはすばらしいことだ」²⁸⁾。開発途上国などは、大規模な送電網の段階を飛び越して、直接小規模な自立型システムに移行することができる。

このような文脈のなかで、原子力発電に将来はない。それだけでなく、原子炉を建設し、操業を続けていくためには、高度な専門性を確立、維持し、高度技術力を持った多数の専門スタッフを抱えなければならない。しかし実際の流れはまったく逆で、原子力を推進している国々においてさえ、原子力エンジニアリング技術は、もはや魅力的なものではなくなっている。学生数は減っており原子力産業従事者の平均年齢は上がっている。米国では、1980年

以来大学の原子炉数が70基から30基以下へと減っている。今後10年以内に、米国の原子力産業従事者の25%が定年間近の年令になる。ドイツでは、原子力発電会社が大学を卒業する学生を直接その場で雇用しようと必死になっている。

建設業界は、ずっと以前にこの状況に適応しはじめた。ドイツでは、巨大な原子力建設業者として唯一ジーメンス社があるが、同社でも原子力関連事業は全体のわずか3%にすぎない(主に維持管理とアップグレード)。フランスでは、国営のフラマトム社が2000年度には非原子力部門の割合を50%以上にひき上げる。このような状況下で、建設業界が前記のNEAの2つのシナリオで提案されたように、短期間に原子力発電拡大計画に乗り出すのは不可能である。

11. 政治問題 リスク要因

最後になったが、政治こそがエネルギー部門の動向を決定する。規制緩和やシステム上の問題や技術発展が原子力発電に対して不利な影響を及ぼしているが、これまで原子力推進国家だったうちの数カ国は、積極的に脱原発政策を策定したり、その方向性を活発に打ち出しはじめている。実際に西ヨーロッパのOECD 18カ国をみてみよう。

- ・ 7カ国は原子力発電をしたことがない(デンマーク、ギリシャ、アイスランド、アイルランド、ルクセンブルグ、ノルウェー、ポルトガル)
- ・ 1カ国は原子力発電から撤退した(イタリア)
- ・ 1カ国は住民投票の結果、建設完了した原子力発電所を操業開始しなかった(オーストリア)
- ・ 9カ国は原子炉を稼働しているが、
 - どの国も新たな投資計画はない
 - 3カ国は確固とした脱原発政策を明らかにした(ベルギー、ドイツ、スウェーデン)
 - 1カ国は原子炉の最終閉鎖日を設定した(オランダ)

政治的な脱原発政策のイニシアチブがとられた主な理由は、社会的政治的な圧力である。エネルギー政策の視点からみて原子力発電は危険であり、必要ではないと人々は考えている。原子力発電が経済性の面からも、採算の面からも納得を得られなくなったことで、政治家は行動しやすくなった。1990年代初期から原子力への人々の支持はさらに薄れてきた。西欧の原子力産業は、チェルノブイリ事故を「西欧では起きない」事故として片づけようとしたが、先進諸国でも最近は大規模な事故がひき続き起こっている。

特に日本のように原子力が集中的に推進されている国で「安全文化」が欠如していることは、内外の人々を震撼させた。過去5年間に少なくとも3件の重大な事故が日本の原発で起きている。

- ・ 1995年12月に起きた高速増殖炉もんじゅにおける液体ナトリウム漏れ事故は、原子炉

の炉心を傷つけることにつながる可能性があった。それに続く事故の隠蔽工作が、動力炉・核燃料開発事業団（動燃）を解体へと導いた。もんじゅ原子炉はいまだに停止されたままである。

- ・ 1997年3月に東海村再処理施設の放射性廃液アスファルト固化処理施設で起きた爆発事故は、施設の外まで放射能を放出した。
- ・ 1999年9月に東海村のウラン転換工場でおきた操作ミスは、チェルノブイリ以来最悪の原発事故となった。制御できない連鎖反応が次々と起こり、それが沈殿槽のなかで18時間も続き、ふつうの部屋で小さな原子炉が稼働しているような状態となった。その後、1人の作業員が死亡した。すぐ近くに住む住民は、中性子の「シャワー」に18時間もさらされた。結果として400人以上の住民が被曝し、そのうち1人は年間許容被曝線量の20倍をあびた。

この事故により、日本で原子力を推進することは、政治的に極めて難しくなった。37年間も計画にのぼっていた芦原原発が中止に追いやられたのも、こうした要因が大きく左右したことは否めない。海外でも大きな懸念の声があがった。こんな事故があんなに進んだハイテクの国で起きるなら、「自分の国でも起こりうる」というメッセージである。

12. 原子力発電と気候変動

以上のような間接的な系統的影響の大きさを念頭に入れて、原子力発電事業者のエネルギー部門におけるCO₂総排出量を評価するのも面白い。グラフ7で明らかのように、最大規模の原子力国は、同時に最大規模のCO₂を排出するエネルギーセクターを抱えている。西欧と米国は、世界の原子力発電のおよそ3分の2を発電しているが、これらの国のエネルギー部門は、世界のエネルギー関連CO₂排出量の39%を排出している。

同様の分析が、国別地域別のCO₂総排出量にもあてはまる。原子力発電とCO₂排出のあいだには、興味深い相関関係がある（グラフ8参照）。世界人口の5%以下しか占めていない米国だけで世界のCO₂総排出量の25%を占め、同時に世界の原子力発電の29.4%を占めている。世界人口の6.5%しか占めていない西欧は、CO₂排出は約15%、原子力発電は34%を占める。逆に中国は、世界人口の21.5%を占めるが、CO₂排出は13.5%、原子力発電は0.6%を占めるにすぎない。

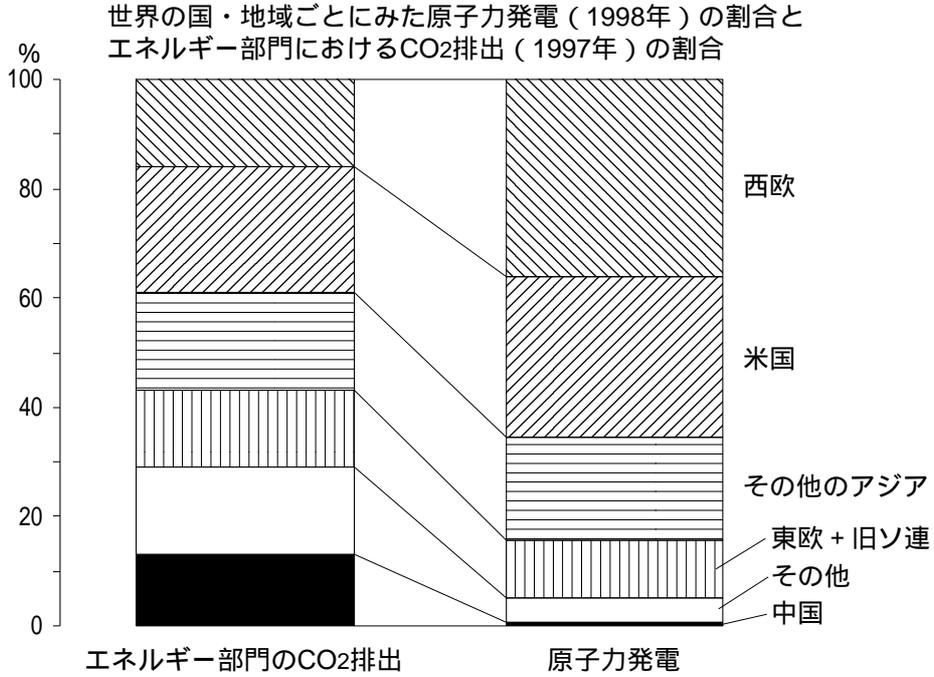
中国の例は、温室効果ガス排出抑制に対してエネルギー効率利用が持つ可能性を示している。1980年から1997年までの発展の分析は、中国が「炭素の出ない燃料」によって削減したCO₂排出は炭素1000万トン以上には達しない一方で、エネルギー効率利用による削減が同期間で炭素4億3000万トン以上に達したことを示した²⁹⁾。

「ドイツに関する予測」では、原子力発電出力は2020年までに40%減少する見込みであり、1kWhあたりのCO₂排出量もかなり減る（多分20%かそれ以上）見込みである。これは燃

料構成で石炭の割合が低くなるためだけでなく、ドイツ経済のエネルギー集約度が 22 %減少する見込みだからである³⁰⁾。

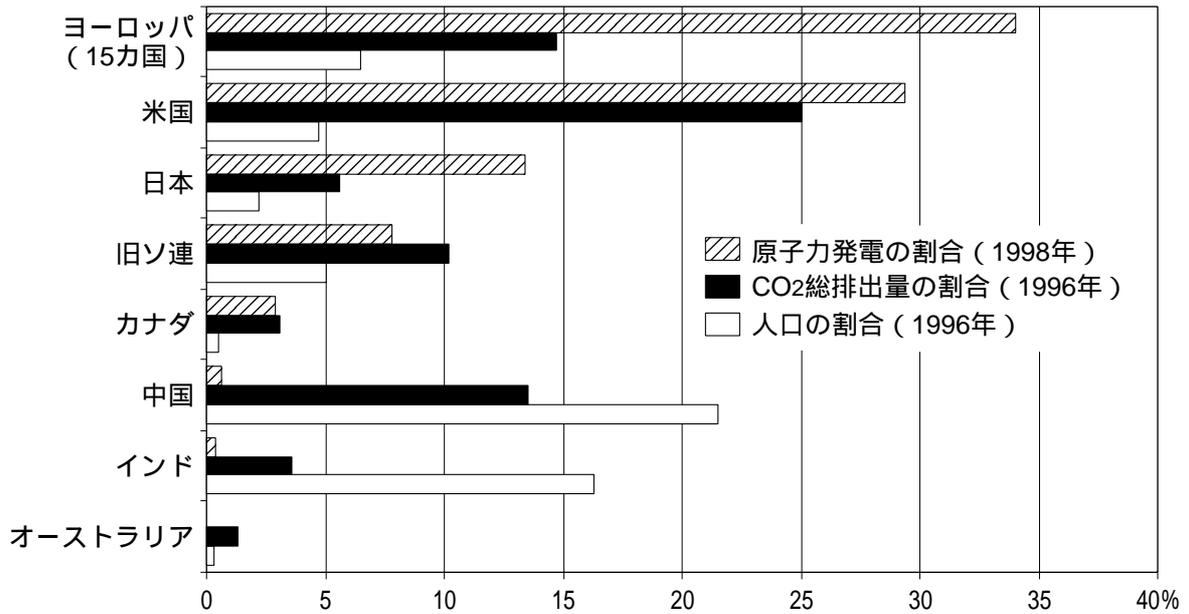
原子力発電のレベルが高ければ CO₂ 排出量が低くなる、という無理やりつくられた相関

グラフ 7 世界のエネルギー部門における原子力発電と CO₂ 排出量



出典： UNDP 1999; IAEA 1999

グラフ 8 原子力発電と CO₂ 総排出量と人口



出典： UNDP 1999; IAEA 1999

関係は存在しないということは明らかだ。今のところフランスは例外である。フランスだけは、リトアニアを除いて世界の原子力国家である。58基の原子炉が稼働し電力の75%を産出し、原子力発電所は電力設備容量のおよそ55%を占めている。同時に、フランスは比較的低い量の温室効果ガスを排出している。だから問題は、原子力発電とエネルギー効率利用との複合政策が、長期的にみて温暖化防止策となりうるか、そしてその費用対効果が高いかどうかということにある。

フランス国家計画委員会は最近、主要な研究を行い、3つの異なったシナリオ（「市場本位」、「産業型」、「環境型」）を詳細に見て、面白い結論に達した。

- ・「環境」シナリオにおいてさえ、フランスの最終エネルギー消費量は2020年までに9%増加する（対してドイツは5%減少と予測されている）
- ・温室効果ガス排出量を最も低くするシナリオとは、原発を最も多く持つことではない。その研究の長期作業部会の議長ベンジャミン・デシュスによれば「フランスにおいてさえ温室効果ガス排出と原子力発電のあいだに明確な相関関係はない」
- ・市場本位のシナリオのもとでは、原子力発電所は寿命が30年から40年に延長されなければ2020年までにほとんどなくなっている。

確かに、今のところフランスのシステムではCO₂排出量は著しく少ない。フランスは欧米で最大量の放射能を排出し、大量の放射性廃棄物（輸出された電力発電から出たものを含む）を蓄積し、日々原子力災害の危険にさらされるという事態に直面していることはさておいても、問題はいつまでこの状態、つまりCO₂排出量を低く維持できるかということだ。システムは極めて脆弱である。1998年にいくつかの原子炉が予定どおり稼働しなかったとき、発電のために化石燃料の使用を急激に増やさなければ（36%増）ならなかった。このためにフランスのCO₂排出は約4%増えた。

フランスは、これまで欧州エネルギー市場の規制緩和に抵抗してきた。積極的に近隣諸国の電力会社と利害関係をもつ一方で、市場開放をできるだけ後回しにしようとしてきた。事実、国営電力会社であるフランス電力公社（EDF）は、競争などしたことがない。1946年に設立されて以来、心地よい独占状態にある。内部戦略文書によると、フランス電力公社はその地位に居座るつもりでいる。残されている2大部門は、巨大な発電容量と膨大な国内の熱部門である。ばかばかしく高価な電気による室内暖房は、およそ280億フラン（43億ドル）の収入をうみだし、温水部門からは100億フラン（16億ドル）の収入がある。世界の多くの電力会社が、意欲的な需要サイドのエネルギー有効利用プログラムを始める一方で、EDFは、家電製品による消費（210億フランあるいは34億ドルの売上高）が「製品のエネルギー消費効率向上によって脅かされる」と真剣に考えている。社内でさえまったく信頼性を失った商品を販売促進するため、会社の重役会は従業員が「再び電気室内暖房を好むように」するための「社内教育」を提案し、EDFスタッフを鼓舞している。

原子力推進諸国においては、供給サイドで大量の過剰設備容量があるため、電力会社が工

エネルギー効率をよくするため長期にわたり努力することを妨げる。これまでの主要な目的は、電力を売ることであった。これは東欧諸国、特にロシア、ウクライナ、リトアニアでも同様である。これらの諸国は、10年のあいだ壊滅的な経済危機と電力消費の減少を経験した。今日では、これら3国においては過剰設備容量の方が、総原子力設備容量よりずっと多い。これが大きな誘因となって、東欧諸国は、規制緩和により各電力会社がコスト削減の可能性を探る欧州エネルギー市場に対し、「安価な」原子力電気を投げ売りしようとしている。

もうひとつの問題は、原子力発電を行ってきた電力会社は、大規模な供給本位のエネルギー配電システムに関する豊富な知識と専門的技術を持っているが、分散型エネルギーシステムや需要サイド消費効率については限られた知識しか持っていないことである。原子力発電（そして他の大規模発電設備）から撤退する確固としたステップがとられるときに、初めて大きな変化や新しい動きへのインセンティブが働くようになるのである。

出典および注釈

- 1) NEI が米国国務省あてに送ったコメント。「炭素削減に果たす原子力の役割堅持政策および、京都議定書削減目標達成方法への提案」(1999年2月)
- 2) BP Amoco Statistical Review of World Energy 1999
- 3) この数字には、現在操業を停止しており、再開の見込みのないカナダの7基とドイツの1基の原子炉も含まれている。
- 4) BP Amoco Statistical Review of World Energy 1999
- 5) NEA, Bulletin, Spring 1999
- 6) <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo99/nuclear.html> 参照
- 7) NEI, op.cit.
- 8) 1999年5月18日にカールスルーエの Jahrestagung Kerntechnik で行われたスピーチ
- 9) Nucleonics Week, 10 June 1999
- 10) Michael T. Burr, "Biogas Rising", Independent Energy, Vol. 29, Issue 6, July-August 1999
- 11) データの引用のほとんどは Market Line より。Peter Hennicke (Wuppertal Institut) の Brandenburg Technical University, 2 July 1999 講演より引用
- 12) Shong Xiang Zhang 氏の論文 "Promoting development while limiting greenhouse gas emissions - Trends and baselines", UNDP - WRI, 1999 中の "Is China taking actions to limit its greenhouse gas emissions? Past evidence and future prospects" を参照
- 13) US DOE-EIA, October 1999, <http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/chinaenv.html>
- 14) "Einstieg in den Ausstieg", Energy Division, Öko-Institut, Darmstadt, July 1999
- 15) INESTENE による DETENTE のシナリオについての記述は、Pierre Radanne 氏による "La sortie du nucléaire en France et la réduction des impacts sur l'effet de serre - l'offre de l'énergie", dans "Stratégies énergétiques entre les risques du nucléaire et de l'effet de serre" (1994年4月8日から10日に開催されたフランス上院議会の会議議事録) を参照
- 16) Energy Policy, Vo. 16, n°6, December 1988
- 17) Pierre Radanne 氏ほか、"Analyse comparative des impacts économiques du site nucléaire de Fessenheim et des actions de maîtrise de l'énergie en Alsace", INESTENE, commissioned by

Groupe Alsacien d'Information sur le Nucléaire (GAIN), March 1989

- 18) 引用は、Peter Hennicke 氏 (Wuppertal Institut), Brandenburg Technical University, 2 July 1999 より
- 19) Ministère de l'Industrie, "Les coûts de référence de la production électrique", DGEMP-DIGEC, May 1997
- 20) Florentin Krause 氏ほか、"Nuclear Power - The Cost and Potential of Conventional and Low-Carbon Electricity Options in Western Europe", IPSEP, オランダ環境省委託 El Cerrito, California, 1994 より引用
- 21) Dieter Viefhues 氏ほか、"Gutachten über die Wirtschaftlichkeit der HEW-Kraftwerke", ハンブルグ市環境庁委託研究, July 1999
- 22) Boni Biagini, Dave King, "Nuclear Power: Too expensive to solve global warming", The Environment Trust, 1999 より引用
- 23) World Bank, "Environmental Assessment Source Book" Vol. III "Guidelines for Environmental Assessment of Energy and Industry Projects", World Bank Technical Paper 154, 1992
- 24) EDF, La Lettre d'Information du Parc Nucléaire, n°33, January 1999
- 25) Modern Power Systems, August 1999
- 26) James Varley, "Small scale, big potential", Modern Power Systems, June 1999
- 27) David Appleyard, "Power theft: an insidious menace", Power Economics, July 1999
- 28) Modern Power Systems, August 1999
- 29) Shong Xiang Zhang, op. Cit.
- 30) Konrad Eckerle 氏ほか、"Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt", commissioned by the Ministry for Economic Affairs, Prognos AG, Basel, October 1998 より参照

Issued by
WWF Climate Change Campaign (2000)
Text : Mycle Schneider, WISE-Paris
Production : Andrew Kerr
Japanese version : Yurika Ayukawa
Cover design : Shunji Arakawa

著者 : マイケル・シュナイダー
制作 : アンドリュウ・カー 鮎川ゆりか
翻訳 : 鮎川ゆりか

表紙デザイン : 荒川俊児

WWF 温暖化防止キャンペーンのお問い合わせは
鮎川ゆりか WWF ジャパン TEL 03-3769-1713

気候変動と原子力発電 Climate Change and Nuclear Power

2000年4月4日発行

発行 WWF 温暖化防止キャンペーン

WWF ジャパン

東京都港区芝 3-1-14 日本生命赤羽橋ビル 6F

TEL. 03-3769-1711

FAX. 03-3769-1717

DTP 制作 : 荒川俊児 印刷 : アクティブサービス



WWF の使命は、次の3つの活動によって、地球の自然環境の悪化をくい止め、人類が自然と調和して生きられる未来を築くことです。

- 世界の生物多様性を守る
- 再生可能な自然資源の持続可能な利用が確実に行なわれるようにする
- 環境汚染と浪費的な消費の削減を進める



WWF 温暖化防止キャンペーン

WWF ジャパン
東京都港区芝 3-1-14 日本生命赤羽橋ビル
6F
TEL. 03-3769-1711
FAX. 03-3769-1717