

地球温暖化と原子力発電

大阪ニュークリアサイエンス協会 専務理事 上原利夫

ドイツ「シュピーゲル」誌（1月25日）によれば、原子力発電所廃止をめぐるドイツ政府と電力会社側の正式協議が1月26日に始まると報道しているが、両者の主張の隔たりは大きく、早くも協議に行方に暗雲が垂れ込めているという。

「シュピーゲル」誌によると、協議は1年近く続くとみられ、当面の課題は使用済み核燃料の国外での再処理禁止問題である。連立与党の社会民主党と90年連合・緑の党は1月13日原子力関連法案を年内に改正、2001年1月から国外での再処理を禁ずることで合意した。これに対して電力会社側は「5年以内」の禁止を主張している。VIAG社のウイルヘルム・シムソン社長は同誌に対し「1年以内の再処理禁止はあまりにも性急で、考えられない」と述べた。ドイツは国内に使用済み核燃料施設を持たず、英仏両国に処理を委託している。独政府は再処理契約破棄で英仏の再処理会社が被る損害の賠償に応じる考えのないことを表明、英仏は反発を強めて外交問題にも発展しかねない情勢だ。英仏両政府は20日、英国内で保管されている使用済み燃料約650トンを未処理のままドイツに返還することで合意したが、賠償問題では決裂。仏政府も、ドイツが一方向的に再処理契約を破棄すれば損害賠償を請求する姿勢を示している。こうした中、同誌は国際環境保全団体グリーンピースの情報として、「ドイツの複数の電力会社が使用済み燃料をロシアに輸送して再処理を委託することを検討し、ロシア当局と交渉している」と報じた。独環境省は同誌の報道に対し、「バカげた話だ、実現するはずがない」と真っ向から否定している。原発廃止問題めぐっては、即時、廃止を主張する緑の党のトリッテン環境相と、経済への配慮から段階的廃止を主張する社民党のシュレーダー首相が対立、「せめて使用済み核燃料の再処理だけでも早急に禁止を」との環境相の要求を首相が受

け入れ、妥協が成立した経緯がある。電力会社側の環境相に対する反発が強く、協議は難航しそうだと報じている。

ところで、日本国内を見れば、総理府世論調査（1997.7.6）で地球温暖化を防止するために生活の便利さや快適さを今より抑制する必要があるとしたら、どれ位前の生活であれば我慢できると思えますかという質問をしたところ、約7割の人がエアコンの普及率が50%程度、乗用車の普及率が70%となった1985年頃であれば我慢できると回答している。では、1985年頃と比べて、現在はどの位エネルギーを使っているのだろうか？

日本のエネルギー消費を見ると、図1のように社会全体では1985年に比べ1996年では約3割増えしており、家庭で使っているエネルギーも4割近く増えている。また、電力はおよそ5割も増えており、省エネで1985年の水準まで戻すのは大変な努力を必要とする。同じ世論調査で、今後温暖化防止のために行なうエネルギー対策として、あなたの考えに最も近いものはどれですかとの質問に、約50%の人は太陽や風力など新しいクリーンエネルギーを開発し利用したいと回答しているが、(財)電力中央研究所試算では、経済的に設置可能な両としては太陽光発電は現在の総発電量の約5%、風力発電は約2%以下と両方合わせても6%しかない。

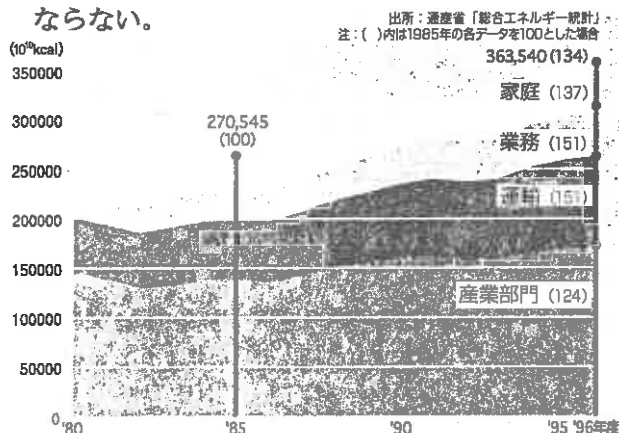


図1. 部門別最終エネルギー消費

現在、日本の電力は1997年度実績で52%は火力発電、36%は原子力発電、11%は水力発電でつくられている。この半分以上を占めている火力発電をしぜんエネルギーに置き換えることは、今のところ現実的な話ではない。

1997年12月の地球温暖化防止京都会議で、日本は二酸化炭素(CO₂)の排出量を2008~12年までに1990年より6%少なくすると国際的に約束し、昨年からは各種の対策が行なわれている。

エネルギー消費の面では「エネルギーの使用の合理化に関する法律」を昨年5月に改正し、家電製品・自動車の省エネ基準の大幅な引き上げや、工場等に対するエネルギー使用の合理化義務を強化、さらに10月に「地球温暖化対策の推進に関する法律」を制定し、国や地方自治体に温暖化ガスの削減計画の立案と実施状況の公表を義務付けた。

エネルギー供給面では、省エネ推進や新エネルギー導入の加速と同じように原子力発電所も2010年までに20基程度増設することとしている。

日本では現在、52基の原子力発電所が運転されているが、例えば、三菱重工業㈱では、日本の原子力発電設備の4割以上を供給していて、より高い信頼性と経済性を備えた改良軽水炉APWR(Advanced Pressurized Water Reactor)の開発を完了し、さらに将来を見据えた次世代型軽水炉の開発をおこなっていて、これまでの技術開発は既に運転中の原子力発電所でも採用されている。これは、原子炉から熱を取り出す蒸気発生器は初期のものよりも耐腐食性に優れた伝熱管など、信頼性を向上させた製品を開発し、早い時期に建設された発電所では既に、新製品と取り替えを完了し、信頼性を高めている。原子力発電所の信頼性を高め、稼働率を向上させることは、その化石燃料を使用しないで済むため、間接的にCO₂排出量削減に寄与することになる。

一方、エネルギー問題としての放射線・放射能に対する国民、特に学校教育現場での基礎的理解を深める取り組みの重要性も増している。大阪では「みんなのくらしと放射線」知識普及実行委員

会を組織し、これまで一般大衆を対象に『みんなのくらしと放射線展』や講演会を開催して、過去15年の歴史をもっている。全国的には「放射線教育フォーラム」が中心となって学校現場での教育普及活動に努めていて、昨年12月11~12日には神奈川県葉山町湘南国際村：生産性国際交流センターで『放射線教育に関する国際シンポジウム』が開催され、関係団体の取り組みも含めるとその活動範囲は広まりつつある。

この国際シンポジウムに参加したので、イギリス・オックスフォード大学教授が「地球温暖化と原子力発電」という演題で講演(演者の方に急なアクシデントがあったので、予定講演原稿をもとに財団法人環境科学技術研究所会長の更田豊次郎先生が代演した)の要旨を次のとおり紹介する。

地球温暖化と原子力発電

Peter E. Hodgson

原子核および素粒子物理研究所
オックスフォード大学物理学部

大気中の二酸化炭素濃度は着々と増加しており、地球規模の温暖化を生じ、地球上の生命に重大な結果を及ぼすと広く信じられている。天候異変に関する政府間調査委員会は、地球の温度は次世代に摂氏1~3.5度上昇すると推定した。これにより、南極氷冠部が溶け、海面が上昇して多数の低地表面の国々が浸水し、それと共に地球天候において予想もつかない異変が生じている。二酸化炭素の放出を低減する可能な方法を検討する。

化石燃料の燃焼を低減するのが本質であるが、我々には必要なエネルギーを如何に確保するかにある。エネルギー使用の低減を試みることはできるが、しかしまだ莫大な量のエネルギーを必要とする。これを行なう可能な幾つかの方法は、風力及び太陽発電、水力及び潮汐発電、そしてまた原子力発電である。これらの可能性を重点的に検討する。

1. 序 論

1997年12月、京都において地球規模の温暖化、そしてその解決策についての議題で、大規模な国際会議が開かれた。これは1992年リオの地球サミットでの先進国による二酸化炭素のレベルを2000年までには1990年の温室ガス放出レベルへの低減に努力する提言に続くものである。これを行なうには、場合によっては大きなコストがかかり、或は政治に馴染まず、多数の国々が効果的な活動を明らかに躊躇してきた。京都會議において、政府がその状況を総括し、二酸化炭素放出低減を標的にし、緊迫した地球規模の大災害に直面していることに同意した。これらの同意はまだ批准されなければならないが、批准されたとしても、如何にこれらの低減を達成するかという問題が残っている。

化石燃料木材、石炭、そして石油の度重なる燃焼による、大気中の二酸化炭素濃度は着々と増加していることは長く知られてきた。このガスは、温室のガラスと同様な働きをする。それは太陽光線を通すが、二次放射を阻止する。その結果、地球は温まり、南極氷冠部が溶け、海面が上昇し、沿岸領域が浸水する。我々多数が温暖気候を歓迎する一方で、他の予想もつかない天候異変が生じるかもしれない。

温室効果に寄与する他のガスとして、特にメタン、亜酸化窒素そしてクロロフルオロ・カーボン(CFS)がある。これら後者の二つは、二酸化炭素よりも、分子当たり危険度は遥かに大きい。これらガス濃度は毎年、二酸化炭素は0.4%、メタンは1.2%、亜酸化窒素は0.3%、そしてCFSは6%増加している。

地球規模の実際の温暖化については検討は多数あり、天候異変に関する政府間調査報告による重要な科学的意見では、次世紀において地球は摂氏1~3.5度上昇し、それにより海面は50cm上昇する。これらの検討をここでは繰り返さないが、その代わり、それに対し我々が出来ることに集中して注意を喚起する。これらの検討を信じない人で

も、二酸化硫黄、亜酸化窒素そして有害物質全体からなる化石燃料生成物以外のものを考えざるをえない。これらは酸性雨を降らせ、そして湖や森林を酷く汚染し、魚類や樹林が減る。さらにこれらは我々が呼吸する大気を汚染し、呼吸器病が増加し、そして我々の寿命を短縮する。

近い将来とは別に、地球規模の温度上昇により地球天候において将来、異変を生じることになる。我々は、数ヶ国での温暖気候でこれらの効果、そして他では洪水及び干ばつを見ることが出来る。より長期的には、海面上昇によりバングラディッシュ及び太平洋やインド洋における多数の諸島のような、多くの低地国を実際的に失い、そしてオランダや英国を含む、その他多数の領土は低減し、そこに生活する人々を荒廃させることになる。我々は、遅くならないうちに、これらの問題を解決すべき厳しい道徳上の義務を持っている。

2. 汚 染

石炭火力発電所は特に汚染されつつあり、典型的なある場所での年間放出量は、二酸化炭素が1,100万トン、灰が100万トン、石膏が50万トン、二酸化硫黄が1.6万トン、亜酸化窒素が2.9万トン、汚泥が2.1万トン、ばい煙が0.1万トン、その他カルシウム、チタンやヒ素等の他の化学物質は少量である。年間1ギガワットの電力を確保するためには、350万トンの石炭燃料を要し、これらには5.25トンのウラニウムを含有する。このほとんどはフィルターで捕獲される。しかし、数千トンの灰は通り抜け、ウラニウムが対応する割合でそれとともに運び出される。これが、石炭火力発電所で放出される放射能の説明である。全てのガス状廃棄物が、我々が呼吸する大気中へ吐き出され、そして我々の健康を著しく害する。

この問題は非常に重要なので、我々にはできるかぎり各種提起される解決策の結果を評価して、実際的に検討しなければならない。これには感情や説得、偏見や政治の入り込む余地はない。

3. 二酸化炭素放出を低減する方策

化石燃料の燃焼を低減することが本質である。ただ一つの実用的な方策は、その価値を上げること、あるいはいくらか清浄な燃料源と取り替えることである。単にエネルギーの価格を上げるのは絶望的な提言であり、貧者に重圧をかけることになる。ある差別的な税率システムをとらないと、彼らの家庭を蝕み、あるいは料理すらも不可能になる。

他の解決策をとるほうが遥かによい。一つの可能性は、エネルギーをもっと効率よく使用することである。空調温度の調節を行ない、我々の生活様式をもっと緩やかにし、 unnecessaryな旅行を避け、自動車を運転するかわりに歩行し、そして可能な限り公的輸送機関を用いる。我々の家庭では保温被覆を施し、パイプ類は保温材で包み、そして二重窓にすることができる。さらに、産業工程を再検討し、エネルギー使用の効率を再設計し、エネルギー使用の効率を改善することができる。どんな価格上の削減をしてもエネルギー使用の増加には未だ不満足な効果となる。これらの方策には、エネルギーの低減の努力にもかかわらず、まだ急激な増加が続く。さらに、それを制限しようとしても、特に貧しい人々に対し酷くなる。

このように、効率を上げることは意味がある。しかし、正味の効果は限られる。従って、汚染のない他のエネルギー源があるかどうかを探さなければならない。新しいエネルギー源は、製造による放出と無関係な完全に汚染のないエネルギー源として、特に魅力がある。水力発電は長く重要なエネルギー源であったが、しかし、先進国においては可能な最大の程度にまで、既に利用し尽くされている。もう十分に適応する河川はない。ノルウェーやスイスには素晴らしいものがあるが、デンマークやバングラディッシュでは使えない。

次に最も可能性のある新しいエネルギー源は風である。ここ数年、風力タービンは効率が増加しており、その価格も安価になった。風によるエネルギー量は巨大であるが、しかし普及程度が非常

に少なく、石炭火力発電所と同程度の出力を得るには、数百個の風力タービンを必要とする。風速は非常に変わりやすく、従ってタービンの稼働は制限される。風速が小さいと、出力が少なくなり、もし非常に大きいと、損傷を回避するため、羽を水平にして風を抜かねばならない。その結果、風力は信頼性に乏しく、他のエネルギー源にくらべていくらか高価になる。現在、英国のエネルギー必要電力に対する、風力の寄与は0.16%であり、これが十分に寄与するには時間を要する。

他の新しいエネルギー源は、太陽、潮汐、波及び地熱は、全て容量が限られており、或は有効な電力量を確保するのにあまりにも高価につく。最近発刊された、ヨーロッパ共同体（EU）の計画によれば、新規の寄与を倍増して、2012年に12%にするためには、110億ポンドを要することが示されている。この殆どは水力発電（98%）、そして木材及び農業廃棄物の燃焼である。1995年には風力の寄与は4 TWh（ 10^{12} ワット・時）でEC全体の0.2%、そして2010年では80 TWhでEC全体の2.8%に増加すると提言している。太陽電力は、0.35%に増加すべきとし、そして地熱は全体の0.2%になるとしている。総括して、風力、太陽及び地熱に43億ポンドを費やして、82.5 TWhの電力、これはEC全体の丁度3%を確保する。全体として不相応な出費で、非常に乏しい見返りであると結論せざるをえない。

4. 原子力発電

もう一つのエネルギー源として、原子核がある。同じ投資をして、100基の原子力発電所を建設することが可能となり、少なくとも1000 TWhの信頼性のある発電を行なうことができる。これは熟達した技術であり、既に世界電力の約20%を発電しており、従って容易にふやすことができる。フランスでは既に80%の原子力発電所を有し、その結果、西ヨーロッパでは最も安価な電力をもち、そして英国、スイスやイタリアに輸出可能である。

西ヨーロッパでは、全体として50%の原子力発

電を持っている。例えば、1988年において、1866億キロワット時の電力を原子力により発電している。同じ電力を発電するのに9億トンの石炭、或は6億トンの石油の燃焼を必要とする。このようにして、二酸化炭素30億トンの放出が、石炭や石油のかわりに原子力を用いることにより、省かれることになる。原子力を用いる国は、それだけ二酸化炭素の放出を低減できる。

1970年以降、フランスでは、その放出が半減し、日本（32%が原子力発電）では20%の低減を達成したが、一方アメリカ（20%が原子力発電）では6%の低減をただけである。二酸化硫黄の毒性ガスの放出も原子力によって低減することができる。

英国政府は、1990年から2010年の間、10%の低減を目標にした。1995年では、6%の低減を達成し、これは1990年から1994年にかけての39%の原子力発電の出力増加に基づくものである。しかしながら、もしも原子力発電所を建設しなかったら、より古い原子力発電所の廃止により、これは急激に上昇し、そして政府はその目標が不可能であることに気づくであろう。多数のガス火力発電所が現在建設中であり、そしてこれらは石炭火力発電所に比べて、二酸化炭素の放出量はただの半分である。しかしながら、これはメタンの漏洩によって相殺し、メタンは二酸化炭素の60倍も地球温暖化の可能性をもつ。これら二つの効果がほぼ同じなので、もし本当なら、ガス火力発電所に取り替えても、地球規模の温暖化の低減は期待できない。この効果を見逃したとしても、もしも石炭が2.5%低くなる一方、ガスが43.5%に上昇すると、二酸化炭素の放出は10%の低減が期待できるが、一方石炭に変わり、原子力が43.5%に上昇すると、低減は20%となる。各種電力源に対する、二酸化炭素の放出量（ギガワット時当たりのトン数）の最近の試算によれば、石炭 870、油 750、ガス 500、原子力 8、風 7 そして水力 4 となる。

二酸化炭素の放出低減における原子力発電の重要性は、貿易及び産業に関する議会選抜委員会の

最近の報告で認められており、ここでは“原子力発電の重要要素なくして2010年以降1990年のレベルの二酸化炭素の低減20%の達成、或は維持する政府委託は疑問である”としている。もしも英国において、これ以上原子力発電所を建設しなければ2015年には発電所はただの3ヶ所になるだろう。

このように、さらに新規の原子力発電所ができなければ、地球規模の温暖化にどのように対処できるか考えられなくなる。原子力発電所は統計的分析によれば、他のエネルギー源に比べてより実証的に安全であることを示している。多くの人々にとって驚くべきことには、原子力発電所は石炭発電所より放射能の放出が少なく、その廃棄に伴う費用は比較的安価である。汚染廃棄物の問題は解決した。放射能核分裂片は不溶性セラミック内に封止することができ、ステンレス製容器内に置き、安全な地殻形成深部に埋めることができる。長時間を経て、放射能が漏洩する以前に、周囲の岩石と同程度のレベルの自然放射能にまで崩壊低減する。地球規模の温暖化を解決する良い方法は原子力発電に反対する人々に、この方法を実証する責任のもとにある。

次世代の中頃までに、二酸化炭素の放出を安定的にするには、次の40年間に2000ヶ所の化石燃料発電所を建かえる必要があり、これは週当たり1ヶ所の割合となる。毎週、4000基の風車を建設するために、500km²土地をみつけることができるだろうか？或は、毎週 10km²の荒野を太陽パネルで覆い、常時清浄に維持できようか。

潮汐電力は莫大なエネルギーを発生するが、5週間ごとに9億ポンドを費やして、Severn河口に似た新しい場所を見付けることができようか？同じ様な疑問が、原子力発電に対しても言える。それに対する答えは、1980年代の原子炉建設の最盛期には、平均建設基数は年間23基であり、1983年の最盛期には43基であった。このように、毎週当たりの建設割合は全く妥当な数字である。これは熟達し、信頼できるエネルギー源である。ところが、他のエネルギー源は主として希望的思考だけ

に基づくものである。

5. 長期予測

もしも我々が、今この問題を解決しなければ、やがてそれは我々に決着をつけるようになることを反省することになるかもしれない。我々は人類の歴史において、石油、ガス及び石炭が十分に使用可能な特別な時期に生活している。現在のエネルギー消費率でいくと、図2に示すように急激に下降する。石油の世界での平均供給期間は45年、ガスは45年である。石炭埋蔵量は世界の平均供給期間は約200年である。その後、化石燃料は途絶え他のエネルギー源を見つけなければならない。唯一つ実際的な大規模エネルギー源は、原子力発電であり、明らかに大規模に展開しなければならない。化石燃料を燃焼し続けると、我々地球を汚染するのみならず、地球温暖化を招き、石油化学産業の基盤である貴重な物質を次世代に渡せなくなる。原子力発電をさらに発展させ、これらの問題を今解決するのがよいのか、それとも遅きに失するまで待つほうが良いのだろうか？

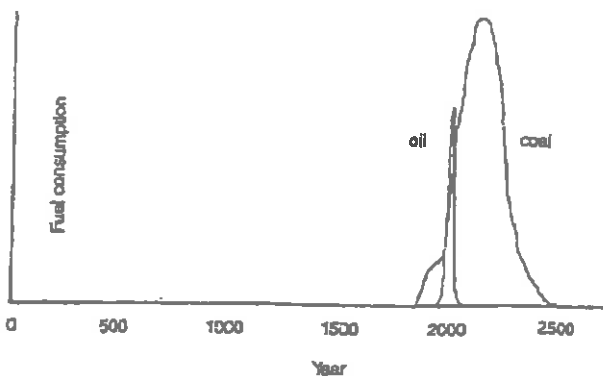


図2 西暦0～3000年における化石燃料の使用期待期間、石油及び天然ガスは人類の歴史上において単に一時期だけである（王位協会会長 George Porter著、“科学は必要か”、オックスフォード大学編集部、1991年、Max Perutz編集より転載）

『科学技術週間』と第14回先端科学研究会

4月12日から18日までは科学技術庁の提唱する科学技術週間である。

この事業計画に基づき、「第14回ONSA放射線科学講演会」を、次のとおり開催します。

多数の参加者が集うことを期待しています。

1. と き 平成11年4月16日午後1時半～
2. と ころ 大阪市北区扇町2-1-7
「扇町キッズパーク」3F
サイエンス・サテライト

3. テーマ

1) 原子力発電所の高経年化対策

日本における最初の商業用軽水炉が運転を開始して以来、既に30年近くが経過しており、運転年数の長い(高経年化)原子力の今後の安全性・信頼性の確保は重要な課題である。関西電力では、最も運転期間の長い美浜1号機を対象に高経年化対策の検討を行い、安全性・信頼性の一層の向上に取り組んでいる。この課題に関連した全般的な活動内容について概説する。〔関西電力(株)原子力・火力本部 松枝 啓之〕

2) アイソトープを用いた“がん”の疼痛緩和剤

(放射線医薬品 ^{131}I , ^{89}Sr を投与された患者の退出基準について)〔大阪府立成人病センター アイソトープ診療科 井深 啓次郎〕

3) 放射線による高分子材料の改質技術—その歴史と将来展望—

成形加工条件によって多様に変化する高分子の固体モルホロジーは高分子材料の放射線反応性に著しい影響を及ぼす。放射線分解型ポリプロレンでも、固体モルホロジーを制御すれば、ポリエチレンに匹敵する架橋反応性が得られる。放射線による高分子改質技術の新展開に向けて、高分子固体モルホロジーの役割に注目し、将来を展望する。〔京都大学大学院研究科 西本 清一〕