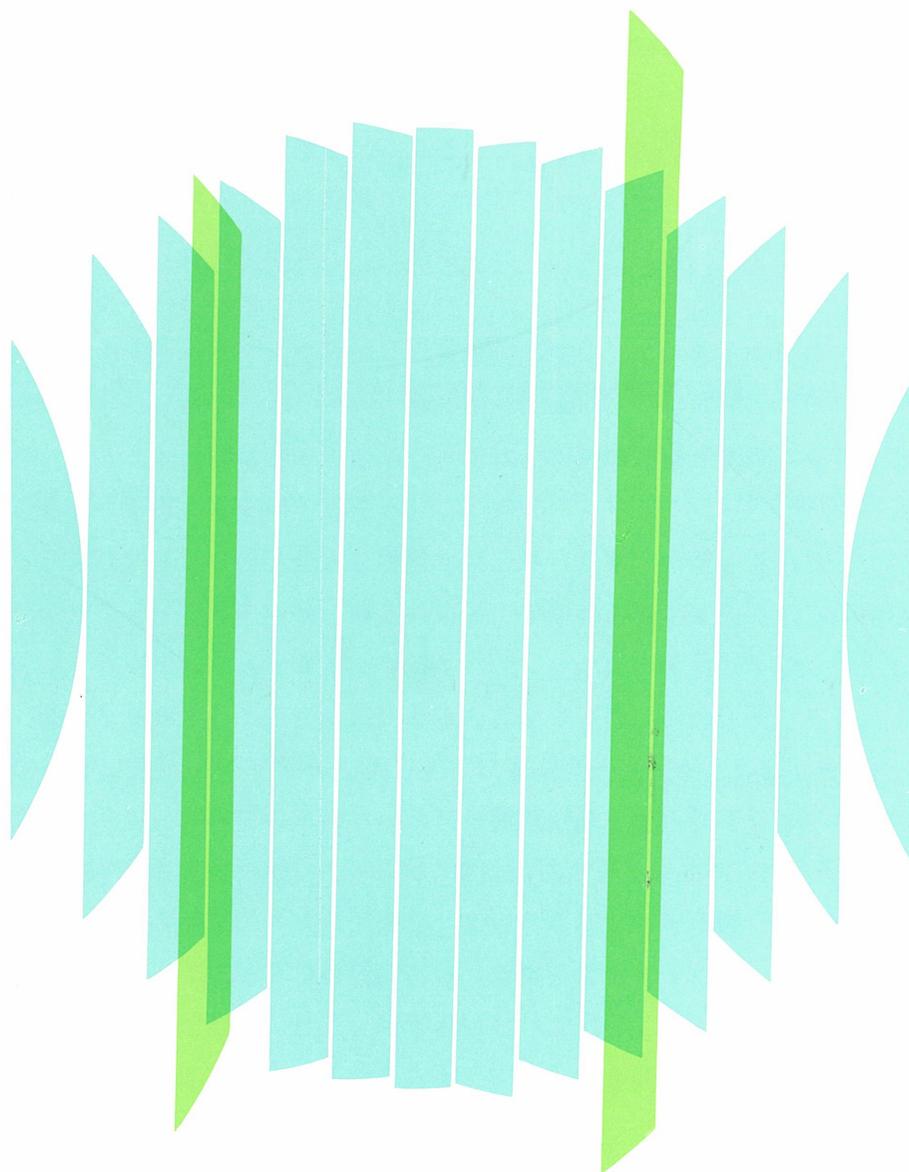


季報 エネルギー総合工学

Vol. 11 No. 4 1989. 1.



財団法人 エネルギー総合工学研究所
THE INSTITUTE OF APPLIED ENERGY

目 次

環境科学における仮説について	日本学術会議会長 近藤次郎.....	1
放射性廃棄物地層処分の基本的考え方.....	村野 徹.....	2
研究者用ネットワークについて.....	黒沢厚志.....	10
天然ガス自動車の最近の海外動向.....	蓮池 宏.....	19
炭酸ガス問題の概要.....	紺谷健一郎.....	29
研究所のうごき.....		43

環境科学における仮説について

日本学術会議 会長 近 藤 次 郎

近頃は炭酸ガスが増えて、地球が温暖化することについて世界的な関心が集っている。すなわち昨年6月にはカナダ政府主催の大気変動に関する国際シンポジウムで、先進国は西暦2005年までに炭酸ガス排出量を2割削減すべきであるという提言を採択した。

炭酸ガスの濃度が大気中に増えているということは、キーリングの観測等によって確かであるが、昨年日本では冷夏であったし、今年の冬も急に寒くなった。しかし一方では、アメリカの中部地区で大旱魃^{かんばつ}があり、ヨーロッパや中国は死者が出る程の暑い夏であったということである。

地球は何しろ大きいので、全体として気温が温暖化している方向に進んでいるかどうかにはわかには断定しがたいが、異状が起こってしまったからでは対策が困難で手遅れになることは明らかであるので、これから科学者は注意深くなりゆきを見守って行かなくてはならないであろう。

ニュートンはかつて自分は仮説を設けないと述べたが、科学を進めるには先ず大胆な仮説を立てて、それを実験、観測によって確かめるのが普通である。環境問題については一般市民に与える衝撃^{インパクト}が大きいので、わが国の環境科学者はややもすれば研究の成果を発表することで遅れをとることが多いのは残念至極である。オゾンホールなどにしても、日本の昭和基地ですでに観測データがあるにもかかわらず、その指摘はカリフォルニア大学のローランド教授に先を越されてしまった。

間違いを犯すことを恐れていたのでは、学問は進歩しないであろう。例えば、1972年の有名なローマクラブの「成長の限界」で述べられている危機でも予測どおりにはなっていないが、このままで行けばという前提条件があるので、たとえ当らなくてもその価値は十分に認められる。科学者はいい加減なことを述べて、いたずらに人心を惑わすようなことがあってはならないが、それと同時に学問の仮説を立てることに於いて大胆でなくてはならないと思う。

(こんどう じろう)

放射性廃棄物地層処分の基本的考え方

村 野 徹

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の処分の方法として、地層処分 (Geological Disposal) の研究が現在活発に行われている。しかし、多くの人々が、廃棄物の処分あるいは地層処分に対して抱いているイメージは、「地下埋設」であり、さらに率直な表現では、「ゴミのダンピング」ではないかと思われる。これは、必ずしも日本だけではなく、海外の新聞の見出しで、Dumping Siteが処分場の立地場所の意味に使われていることは、よく見掛けるところである。

誰でも、地中に何かを埋めた経験はあるだろう。また、ブルドーザーがゴミを地中に埋めている様子は、人々がよく遭遇する光景に違いない。ゴミのダンピングというイメージは、これらの日常的な経験がもとになって、極く自然に生まれたものと考えられる。

さらに、「イメージ」よりもっと突っ込んで、「考え方」についてはどうか。すなわち、放射性廃棄物の処分については、どういう考え方が持たれているのだろうか。実際には、いろいろな考え方が存在し、人々はその間を揺れ動いているように思われる。たとえば、処

分が出来ないのは、トイレがないのと同じで困るという考えもある。また反対に処分は責任を放棄するのと同じなので処分は認められないという考えもある。どのような「イメージ」がより正確で、どの「考え方」がより合理的かは、今後次第に明らかにされなければならないだろう。

本稿では、高レベル放射性廃棄物の地層処分に注目し、その大筋の歩みと地層処分に特徴的な事柄について述べる。上述のような問題を考える一つの材料となれば幸いである。

2. 地層処分の歩み

地層処分の研究開発をもっとも早く開始したのは米国であり、その時期は1950年代に遡る。1970年代の半ばになると、原子力利用を行っている国の殆んど全てがそれぞれのプログラムにより研究を開始し、これと同じ時期にIAEAやOECD/NEAのような機関を中心にしたこの分野の国際協力も始められた。しかし、米国の地層処分の歴史が、その内容も記録も、もっとも豊富であるので、以下、米国を中心に、地層処分の大筋の歩みを辿ってみたい。

2.1 1950年代～1960年代

1955年の9月、米国のプリンストンにおいて、記念すべき会議が開かれた。この会議は、当時の原子力委員会（AEC）が、放射性廃棄物の地層中への処分の可能性を明らかにし、さらに処分のために、如何なる研究が必要かを検討するために、国立科学アカデミー（National Academy of Science）に委託して開催されたものである。

会議に参加した委員は主として地質学者、地球物理学者で、64名という会議の規模と委員の構成からみて、米国がこの問題を、当時としては重要視していたことが推察される。世界的にみても、この種のものとしては、これが第一回の会議であった。

AEC側の出席者の一人、A. E. Gorman（原子炉開発部）は、次のような趣旨の発言をしている。

「顧みると、多くの産業は、廃棄物の処分を軽視する誤りを犯してきたが、放射性廃棄物については、われわれの直面する現実の問題から目を逸らしてはならないと信じている。」

当時の状況としては、軍事用の原子力施設であったハンフォードでは、初期の高レベル廃液用のタンクが小規模の漏洩を起こす一方、ハンフォード、オークリッジ等の原子力施設に隣接するサイトでは、まさに「ゴミのダンプ」と変りのない放射性廃棄物の地下投棄が定期的に行われていた。しかし関係者は、この状況を長期に継続するのは問題であるという認識を持っていたものと思われる。

この会議の成果として出された最も重要な勧告は、放射性廃棄物を岩塩層の中に処分す

る方法が有望であると考えられること、従って岩塩に関する研究を直ちに開始すべきであるということであった。

岩塩層は、放射性廃棄物を長期間閉じ込めるのに極めて好ましい性質をもつものと考えられた。たとえば、可塑性が大きいので、その中に入れた廃棄物をしっかりと包み込んでしまうこと、岩塩は深部において水を全く透さないこと、岩塩層を極めて長期間存続させた広域的な地質条件が存在していること等である。当時の廃棄物の地下投棄の状況からみて岩塩層処分の研究開発は、誠に画期的なことであった。

2.2 1970年代

1970年代に入ると、放射性廃棄物をめぐって、米国では実にさまざまなことが起こった。これらは勿論、米国自身の特定な事情に関連している。なかでも、米国の原子力開発が軍事利用から発足した事を無視しては、正確な理解はできない。しかし、これらの出来事から、より一般的な意味を汲み取り、米国以外の国々にとっても貴重な経験として参考とする見方は、当時としても勿論ありえたのではないかと考えられる。

(1) 2つの事故

ハンフォードの原子力施設においては、1940年代から高レベル廃液がタンク貯蔵されていたが、1972年には、タンク貯蔵の歴史で最大のリークを起こした。しかも、タンク貯蔵の管理責任者は、漏洩が発生して以後6週間もの間、このリークに気がつかなかった。もう少し詳しく言えば、タンクの液面が低下している情報があったのにも係わらず、それ

を廃液の漏洩と結びつけて考えることが出来なかったのである。

この事故は、関係者に衝撃と多くの教訓を残した。第1に、高レベル廃棄物を液体の状態で長期に貯蔵してよいのかどうか、第2に、長期的な人間の管理に果たして全面的な信頼をおいてよいのかどうかを改めて検討する契機となった。

さらに、殆ど同じ時期に、ロッキーフラットにあるPu工場で火災があり、超ウラン元素(TRU)で汚染された大量の放射性廃棄物が発生した。

以上の2つの事故は、米国において、出来るだけ早い時期に処分場の開設をしようとする計画を進める誘因となった。

(2) 2計画の中止

1970年代の初め、AECは2つの計画を立て、間もなく中止した。これらも、歴史の一コマとして無視出来ないものである。

出来るだけ早く処分場をという当時の事情をうけて、AECは地層処分場をKansas州 Lyonsの岩塩鉱床のある場所に立地する計画を決定した(1970)。しかし、この計画は十分な準備を欠いており、2年後の1972年には中止された。およそ立地計画というものに社会的な合意を得ることの重要性について、関係当事者に全くその認識がなかったとして、その後には批判と反省が行われている。

もう一つは、RSSF計画と言われるもので、固化した高レベル廃棄物の長期貯蔵計画である。RSSF計画は、Retriavable Surface Storage Facilityの略で、再取り出しの出来る、地表に建設した貯蔵施設という意味である。勿論、このような施設の設置は、廃

棄物対策として一步前進であることは明らかである。しかしこれを一つの「RSSF計画」という全体計画として見るときには、様子が違って来る。RSSF計画は、立派な貯蔵計画ではあったが、それに伴うべき処分の計画を切り捨てていた。そのために、全体計画としては、むしろ後ろ向きの計画という評価がなされたのである。従って、RSSF計画を認めた場合には、処分の研究開発が進まず、RSSFがなし崩し的に最終処分場になってしまう可能性があるという指摘をうけた。RSSF計画は、このような観点から、環境庁等の反対をうけて、1972年、公式の場面からは姿を消すこととなった。

(3) 地層処分の骨格の成立

上述のような様々な苦い経験の反省に立って、1970年代の後半以降、地層処分に関する本格的かつ組織的な研究が行われることとなった。今日の意味における地層処分の骨格は、ほぼこの時期に出来上がったと言える。

これまでの地層処分は、岩塩層という特殊な地層中に埋設しようというもので、天然の地質環境にのみに依存した方法であった。また、その方法によって何故長期の安全性が保たれるかについて、改めて問われることはなかった。これに対し新しい地層処分では、(イ)要求される地質環境条件を満たすものであれば、どのような地層であっても、地層処分の候補として研究の対象になり得るとされた。(ロ)また地層処分に要求される、廃棄物を隔離する性能は、天然の条件だけに依存するのではなく、工学的な対策をも含む一つのシステム、すなわち地層処分システム全体により達成されるとする考え方が取り入れられた。(ハ)

さらに、地層処分システムの性能が、長期にわたり、満足できるものか否かについては、合理的、科学的な評価が厳密に要求されることとなった。以上の(i)~(iv)は、従来の地層処分との相違点であり、今日の地層処分の技術的な骨格である。地層処分はこの骨格をもとに、適用性の広い信頼性の高い処分方法として発展することとなった。

2.3 1980年代

1980年代に入ると、地層処分の技術的側面に加えて、社会的な側面の整備が進められるようになった。このことは、地層処分が、実際の放射性廃棄物の長期対策になるためには、不可欠な事柄であり、当然の流れと言えるだろう。その代表例が、米国における法律「放射性廃棄物政策法—1982」の成立である。同法は、1983年1月に発効した。この法律は、所見として先ず、高レベル放射性廃棄物の処分についての米国の過去30年の対策が十分ではなかったという認識を述べている。そして、第一に処分対策の責任分担、第二に地層処分場の立地決定のための詳細な手順、第三に処分対策に関する資金の調達等を、明確に定めている。

1980年代におけるもう一つの顕著な動向は、地層処分の分野における国際的協力活動の進展である。既に述べたように、放射性廃棄物の超長期の対策では、どのような目標あるいは基準にそった対策をたてるべきかが重要であり、基本になる基準の確立は、むしろ国際的な性格を持った問題であると考えられた。すなわち、1980年代には、地層処分に関連する基準についての国際的な討議が次第に進み、その成果を示す報告書が次々に発表さ

れた。

3. 問題の整理

以上、地層処分の大筋の歩みを辿ったが、それは文字通り曲折した歴史であり、当初に明確なプログラムが存在し、整然とすすめられたものでは決してなかった。廃棄物処分、特に地層処分をめぐる問題の全体の姿は、上述のような歴史の進展の過程で次第に認識され、明らかにされてきたものである。ここで、もう一度改めて、われわれがどういう問題に当面しているのかを整理してみたい。

およそ、何らかの対策を確実にとろうとすれば、次のような項目について、中身が明確にされなければならない。

- I 如何なる対象について対策をとるべきか
- II 対策の目標あるいは基準は何か
- III 対策の内容あるいは方法は何か

先ずこの3項目を念頭において、出発点から考えてみる。

高レベル放射性廃棄物は、原子力利用が開始された殆ど当初から注目されてきた。それは、廃棄物の放射能が飛び抜けて高く、それに加えて半減期が非常に長く生物的毒性の大きい放射性核種が相当含まれているからである。放射性廃棄物は、普通の化学物質と違って、半減期があるため、その危険性は時間とともに確実に減少する。それでもなお、高レベル放射性廃棄物は、極めて長期間の時間が経過しても、何らかの措置の必要な危険物とすることができる。

それではどの程度の時間スケールを考慮して対策をとる必要があるだろうか。今、その時間スケールを仮におよそ1000年程度として

おこう。上述の危険物について対策をとるということは、I～IIIの項目について、たとえば1000年というような長期の時間スケールの考慮の入った、具体的な内容が盛り込まなければならない。こう考えると、なかなか容易ならない問題であることが理解できると思われる。

上記3つの項目に係わる内容をもう少しだけブレイクダウンし、重要事項をアンダーラインして示してみる。

- (1) 高レベル放射性廃棄物の性質からみて、安全上の対策は、主として放射線安全 (Radiation Safety) についてとられなければならない。
- (2) 対策の目標あるいは基準としては、第一に将来の世代に対するわれわれの基本的な考え方、いわば倫理的な姿勢をきめる必要がある。第二に、放射線安全についての技術的な基準を決めなければならない。
- (3) 対策の内容あるいは方法として、第一に適切な技術的方策が確立され、第二に、あるいはそれと同時に対策を実施するのに必要な社会的、制度的側面を整備しなければならない。

上述の(1)、(2)を考慮し、(3)の具体案の一つとして、技術および経済の両面からみて産業規模の対策として近い将来実現可能と考えられる方策が、地層処分である。地層処分は、一般的概念としては既に確立されたと考えられており、現在は各国の特定の自然的および社会的な条件を考慮した、いわゆるサイトスペシフィック (Site specific) な地層処分システムの確立に向かって研究開発が進められている。地下の研究施設などを使った原位置試

験がそのための重要な研究方法と考えられている。

さらに、地層処分の特徴を示すものとして次の2項目を加えたい。その一つは、新しい地下利用であり、もう一つは、地層処分の有効性を評価するための長期予測である。

以上の他にも、項目あるいは要素がいろいろあり得ると思われるが、これらすべてが、相互に関連し合って事柄が次第に進展していると言える。このような動きの中に、今日の地層処分の姿を見ることが出来る。

4. 地層処分に特徴的な事柄

これまで地層処分全体の概要を述べてきたが、これを補足する意味で、地層処分に特徴的な若干の事柄を個別的に記述してみたい。

4.1 地層処分の基準について

地層処分の基本的な基準については、国際機関が中心になって検討を進めているが、ここでは、議論の詳細には立ち入らず、既に出されている方向または要点について、その一部を示す。地層処分の基準は、倫理的あるいはフィロソフィカルとも言えるものと、技術的なものに大別される。この中では前者すなわち倫理的なものが最も根本にくるのではないと思われる。

(1) その第一は、長期対策を行う際の目標として、将来の世代の安全性のレベルをどう考えるかという問題である。将来の世代の安全性のレベルについては、今日のわれわれ自身の安全性のレベルを下回らないようにするという基本線が出されている。第二は、安全性確保についての将来の世代への負担の問題

である。これについては、原子力を利用した今日の世代は、将来の世代による監視等の特別な活動に依存することなく、安全性が確保できる対策をとろうという考え方である。

(2) もう一つの難しい問題は、先にも触れたが、一体どの位の時間スケールを考慮して対策をとるべきかということである。これについては、IAEAでの討議では、特に明確な時間限度を設けないという方向にあるようである。しかし様々な理由により、約10000年程度と定めている国もある。

何れにしても、さきの1000年を遙かに越える文字通り超長期について、対策をとろうとするのが、世界的な合意の方向である。このように、(1)および(2)を合わせた長期的目標を掲げて廃棄物対策を実施することは、人類の歴史上無かったことである。

4.2 新しい地下利用

次の話題は地下利用についてである。地層処分を地下利用の観点から見るとどのように考えられるだろうか。地層処分とは、地下の地質環境を活用する技術であるが、その活用あるいは利用の仕方の特徴があると言える。従来地下は、主として土木と鉱山あるいは鉱業の分野で利用されてきた。地層処分の場合の地下利用を、これらと比較して考えてみたい。

—土木の分野では、地下に様々な施設を建設し、その地下施設を人間が活用するという形がとられている。たとえば、地下室、地下鉄、地下トンネル、地下発電所等である。

—鉱業あるいは鉱山といわれる分野では、地下に眠っている地下資源を、採掘して人間の利用に供している。

(1) 地層処分も、地下にしっかりと処分施設をつくり、その施設を使って人間が活動する。すなわち、その施設では、放射性廃棄物を地下に運搬し、所定の場所に確実に定置する。このような作業はおそらく、少なくとも数10年続けられるだろう。このような地下施設を作ると言う点で地層処分は、土木技術の力を借りなければならない。

(2) 鉱山の分野では、地下の地層の中に眠っている鉱床を探索し、鉱床の分布等をよく把握して、地下資源として利用出来るものを、効率よく地上にもたらすのである。鉱床を発見するには、地質的な諸条件をより詳細に調査する必要がある、鉱床の分布によっては、より深く地下を掘削しなければならない。

地層処分も、地下の地質的諸条件をよく調査して、サイトを定める。また、鉱山の場合のように、数100m～1000mといった、地下深部が処分の場所として利用される。このようにみると、地層処分は、鉱山の開発と重なるところが多いといえる。

(3) 地層処分が上述の2つの分野と大きく違う点の一つは、考慮する時間帯と時間のスケールである。土木では、最も関心のある時間帯が、現在および比較的近い将来で、長くても、100年～200年程度ではないかと思われる。鉱山では、強いて言えば、現在およびむしろ過去に関心があるのではないかと考えられる。すなわち、鉱床の存在は、過去の長い地球の歴史に由来しており、それを基に探鉱が行われているからである。これに対して、地層処分の関心は、現在および遠い将来にあるわけである。

(4) しかし取分け違う点は、地下のどのような性質を活用するかということではないか

と思われる。地層処分は、廃棄物を地下に超長期にわたり安全に閉じ込めることを目的にした方法であるので、地下の地質環境に備わっていると考えられる物を閉じ込める性質に注目するわけである。先に、鉱床が地下に眠っているという表現をしたが、実は、鉱床が地下で生成して、極めて長い時間スケールにわたり、何故、眠ったまま現在まで残っていたかということは、地層処分にとって極めて重要である。すなわち、鉱床を長い間、四散させずに存続させてきた自然のメカニズムこそ、地層処分が意識して活用しようとするものだからである。

物を長期に閉じ込めるのに関連する地下のメカニズムには、地質的、水理的、地球化学的等、多くの要因が係わってくるのも特徴である。

しかし、よく考えると、人類は有史以来、地下に物を埋めて保存することを無意識に行ってきたとも言える。従って、地層処分はこれをより科学的に活用しようとするものとも言えるだろう。何れにしても、地層処分は、既存の土木や鉱山の技術を基礎にした、新しい地下利用の一つとすることができる。

4.3 長期予測について

先に述べたように、地層処分の関心は、現在から遠い将来に続く超長期の時間帯にあるため、長期的な予測ということは、地層処分という領域の基本要素と考えられる。科学の領域では一般に、予測ということは、極めて野心的なテーマであると言ってよい。見方によっては、未来を予測することは、科学の永遠の課題とも言えるのではないかと思われる。目的を限定せずに、この遠大な課題を追

求するとすれば、今後限り無い研究が必要になるだろう。その場合は、地層処分という対策をタイムリーに実施することは困難になるだろう。では、ここで求められている予測とはどのようなものだろうか。それは、地層処分という対策の適切さを事前に明らかにするのに必要な予測である。すなわち、長期対策のための予測である。このような意味をもつ「予測」の必要性が次第に認識され、性能評価と呼ばれる新しい技術分野が生まれ、今日では国際協力の重要な課題となっている。

既に述べたように、地層処分システムは、地質環境とか、ガラスとか、処分施設というように、様々な異質の要素の集合である。従って、地層処分に関する長期の予測には、以下のような広がりをもった多くの専門分野の協力が絶対に必要である。

- (イ) 地球科学 (地質学, 地球化学等)
- (ロ) 材料科学 (物理学, 化学, 冶金学等)
- (ハ) モデリング (数学, 化学工学等)

このような専門分野の協力の組み合わせは、地層処分の研究開発が契機となって、初めて生まれたものである。実際、こういうことがなければ、顔をあわせることがなかったと思われる多くの研究者達が、地層処分について協力することになった。

長期対策のための予測技術の誕生とそのための研究者の協力の発展は、地層処分の研究開発の基礎であり、これもまた、今日の地層処分の特色と言えるのではないかと思われる。

5. まとめ

高レベル放射性廃棄物の地層処分は、当初、ゴミのダンピングのイメージにまさに相当す

る短期的対策の段階から出発し、長い、しかも曲折した歴史を経て、今日の姿が形成された。地層処分は現在、超長期の信頼性のある対策として具体化することを目標に、技術および社会の両面から、研究および整備が行われているところである。

しかし、地層処分がそのようなものとして、広く理解され、現実の対策として実施されるまでには、なお関係者の努力が必要であるし、なによりも、地層処分の新しい積極的なイメージが人々の中に生まれ、定着される必要があるだろう。

一方、観点を変えて、地層処分を別の面からみることが出来ないだろうか。すなわち、われわれの世界には、放射性廃棄物の他にも、長期的な視点に立って考える必要のある課題が存在するのではないだろうか。さらには、従来の環境問題の把握の仕方では、短期的で

あり過ぎ、より長期的な対策が必要であることはないだろうか。もしそうならば、地層処分の遭遇してきた様々な問題についての、考え方、経験、技術などは、そのような課題の解決にも活用出来る可能性があるだろう。

地層処分は、誠に特殊な課題の長期対策として発展してきた領域であるが、もし上述のような可能性が開けるとしたら、この領域に関係した人々にとって、さらに大きな喜びとなるに違いないし、極めて望ましいことでもある。

本稿では日本の活動については特に触れなかったが、地層処分の分野での日本の寄与はこれまで決して大きいものではなかったと言える。しかし今後は、この分野で日本のなすべきものが少くないのではないかと考えられる。(むらの とおる 専門役)

研究者用ネットワークについて

黒 沢 厚 志

1. はじめに

現在、さまざまな目的、規模を持ったコンピュータネットワーク（以下、単にネットワークと書く）は、世界中に広がっている。研究開発に利用される学術的なものから、銀行間ネットワークに代表される商用のものまで、また、世界中を結ぶ広域のネットワークから、大学キャンパス内ネットワークまで、われわれは何らかの形でネットワークの恩恵を受けている。

日本におけるコンピュータネットワークは、これまで、銀行、JR、航空会社の全国オンラインシステムや、大学間ネットワークなど、大型コンピュータを中心とした広域ネットワークの形態をとってきた。その目的は、主として、ハードウェア、ソフトウェア、データベースなどの「コンピュータ資源の共有」であった。

しかし、昭和60年4月にデータ通信が大幅に自由化され、公衆電話回線へのコンピュータ接続規制は緩和され、ネットワーク上でのメッセージ交換が容易になった。すると、商用の大規模なものから草の根的な小規模のレベルまで、いわゆる「パソコン通信」が出現

した。以後このようなネットワークの数およびその利用者は増加の一途をたどっている。このパソコン通信は、電子メール、電子会議などの「情報交換」を主目的としており、利用者はネットワークに参加することができるので、ネットワーク利用者の裾野は著しく拡大した。

これらの「情報交換」型ネットワークの多くは、商用、ボランティアベースで運営されている。それに対し、国・学会等が整備すべき、研究情報交換の広域ネットワーク環境整備の遅れがクローズアップされている。

現在、日本における研究者用ネットワークとして、(1)国立大学の計算センターを相互に結ぶ、全国大学間ネットワーク(N1ネット) (2)大学、研究機関の物理学関係のユーザーが多いボランティアのBITNET (3)大学、研究機関、企業等のUNIX(オペレーティングシステムの種類)、ユーザーによるボランティアネットワークJUNET (Japanese University Network) (4)プラズマ核融合分野における名古屋大学プラズマ研究所計算機ネットワーク(IPPJNET)などがあげられる。

それに対し合衆国では、1969年に国防総省がデータベース、高速中央処理演算装置、グ

ラフィック設備の資源共有を目的としたコンピュータネットワークARPANETの構築に着手している。当初の目的は資源共有であったが、その後利用者は電子メールなどの情報交換機能に注目し、メールを通じての情報交換が活発になった。

現在でも、ARPANETはInternetというARPANETを含んだより広範囲のネットワークの一部という形態をとりながら、合衆国内の大学および研究機関を結ぶ重要なネットワークとして機能している。その後も合衆国では様々な情報交換型の広域ネットワークが発達し、研究者用に限らず、ボランティアベース、商用ベースのネットワークが整備され、その利用も日本にさきがけて進んでいた。

また、ネットワーク技術のほかにも、コンピュータ利用技術の進歩にはめざましいものがあり、スーパーコンピュータと呼ばれる高速計算機を用いたシミュレーション実験の詳細化、高速化などはそのよい例である。今後とも国内はもとより海外機関との間でもこれらの情報・ツールの活用、かつ効率的利用をめざし、通信ネットワーク技術も含めてコンピュータ資源の有効活用を図る必要がある。

今回、ネットワークの整備状況をはじめとしたコンピュータ利用環境に関する海外調査を実施する機会が与えられたので、その概要を報告する。

2. 調査の目的

調査の目的は、以下の3点にまとめられる。

・計算機統合ネットワーク構築

メインフレーム(汎用大型計算機)、スーパーコンピュータを統合したシステムの可能性

・広域ネットワーク

研究機関・大学・企業等をメンバーとするネットワークの相互乗入れと、基本幹線としての国主導の研究用ネットワーク

・ソフトウェアの共同利用、蓄積

広域ネットワークの資産としての共同利用ソフトウェア

そのうち、今回は研究者用広域ネットワーク関連に絞って紹介する。

3. 合衆国におけるコンピュータネットワーク環境

本章では、調査対象であるエネルギー関連研究のネットワークおよびスーパーコンピュータネットワークを中心に紹介する。

3.1 磁気核融合ネットワーク (MFENET)

プラズマ磁気閉じ込め問題のコンピュータ解析は、50年代に始まり、60年代末には高速コンピュータによって、プラズマ挙動シミュレーションの可能性がでてきた。このような磁気核融合関係研究者の情報交換および計算機資源共有の要望を受ける形で、1974年にエネルギー研究開発局(ERDA、現エネルギー省)は、国立磁気核融合コンピュータセンター(略称NMFEC)を設立した。現在センターはアメリカにおける磁気核融合研究および他のエネルギー研究に関するコミュニケーションを促進し、情報、コード、データ、マンパワー、コンピュータパワーの共有による先端的なコンピュータ環境を提供している。

磁気核融合ネットワークMFENET(Magnetic Fusion Energy Network)は、ローレ

ンス・リバモア国立研究所の国立磁気核融合コンピュータセンターを中心に発展してきた。MFENET構築の目的は、磁気核融合研究者間で、米クレイ社のスーパーコンピュータであるクレイ-1を共同利用し、かつ研究情報交換を行おうとするものであった。このようなスーパーコンピュータのネットワークを通じた外部利用サービスを開始したのはMFENETが最初であるといわれている。ネットワークは電子メール、ファイル転送、リモートコマンド実行などの機能を有している。

1988年現在、全米約120機関の約4400人が、NMFCECの4台のスーパーコンピュータ（クレイ-1 2台、クレイ-X/MP、クレイ-2それぞれ1台）、ネットワーク上の米DEC社VAXコンピュータおよび5つのサービスセンターのコンピュータを共同利用している

(図1参照)。

日本からは名古屋大学プラズマ研究所を中心とする核融合研究のネットワークからMFENETに接続することができる。

MFENETはMFENET IIと呼ばれる新しいハードウェア、ソフトウェア、プロトコル（通信規約）からなるネットワークに3年計画で再構築され、将来はエネルギー省の推進するエネルギー科学ネットワーク（後述）上の1つのネットワークとなる予定である。

3.2 エネルギー科学ネットワーク (ESNET)

米エネルギー省 (DOE) はエネルギー研究のインフラストラクチャーとしてエネルギー一関連研究者のネットワークであるESNET (Energy Science Network) を構築中であ

National MFE Network 1988

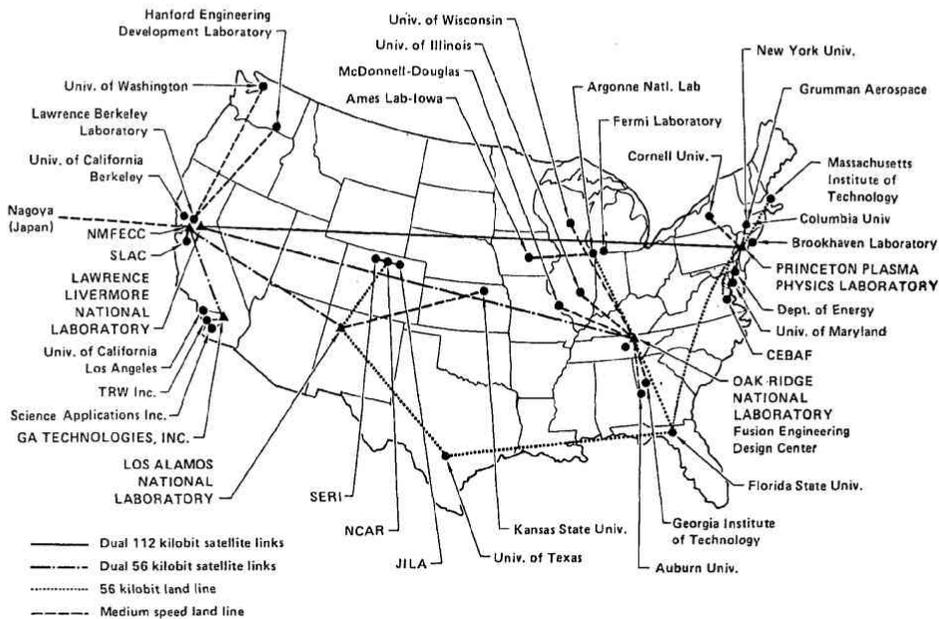


図1 MFENET (1988年現在)

り, ESNET運営委員会, 関連研究機関接続調整委員会およびNMFECCのネットワーク・スタッフなどがネットワーク運営に関与している。このうちNMFECCは実質的業務である計画, 設計, 実施および運用の重要な役割を担っている (図2参照)。

ESNETの目標は, 大きく以下の点で整理

することができる (図3参照)。

- ・エネルギー研究開発の支援

ESNETのカバーする分野は応用数理学, 基礎エネルギー科学, 保健及び環境, 高エネルギー物理, 核融合の5つである。このうち後者2つについてはそれぞれHEPNET (High Energy Physics Network), および

ESnet How is it managed?

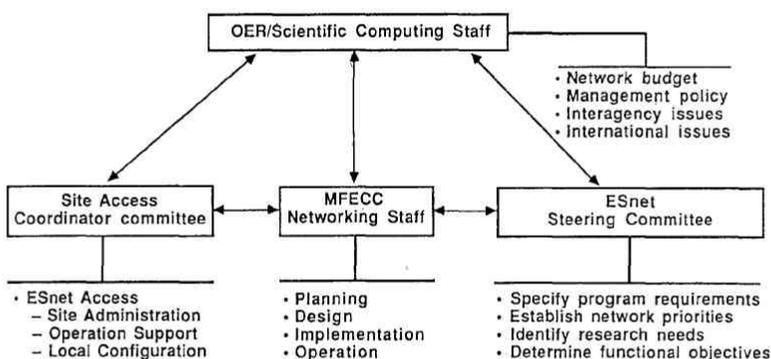


図2 ESNETの運営形態

ESnet Where is it going?

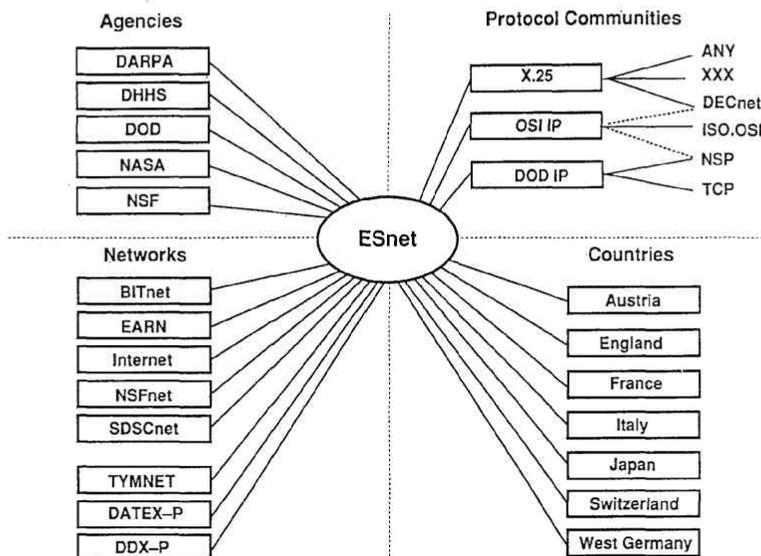


図3 ESNETの目標

MFENETがすでに存在しているため、その2ネットワークを取り込む形でネットワークを構築するとしている。

・国際協力推進

運営委員会は関連機関に対して接続を希望する諸外国機関にはどのようなものがあるかをアンケート調査した。その結果、オーストラリア、イギリス、フランス、イタリア、日本、スイスおよび西ドイツなどのエネルギー関連研究機関がリストアップされた。核融合に関していえば、国際熱核融合実験炉(ITER)設計プロジェクトが西ドイツで実施されるため、ITERへの接続ネットワークを早急に整備する必要があるとのことであった。

・コスト低減

1)ネットワークの統合によるネットワーク間の情報の冗長性の排除およびネットワークの中央管理、2)他省庁および他ネットワークとの接続および操作互換性の確立によって情報収集および交換に関するコストの低減を図ることができるとしている。接続を考えている省庁はエネルギー省のほかに防衛高級研究計画局(DARPA)、厚生省(DHHS)、国防総省(DOD)、国立航空宇宙局(NASA)、国立科学財団(NSF)などである。また、ほかの研究用ネットワークおよび公衆データ回線(日本のものを含む)との接続性も確保する予定である。

・ネットワークの機能拡張

現在、ネットワークのプロトコルは各ネットワークによってまちまちで、これがネットワーク相互接続の障害となるため、国際規格であるISOのプロトコルを含めた現存の種々のプロトコルを利用可能とする一方、ESNET共通のプロトコルも利用可能とする

予定である。その他の機能拡張として、ウィンドウ処理(一画面で多くの処理を並行して行う)、分散処理(2つ以上のコンピュータを使用して1つの処理を行う)などもサポートしていくとのことであった。

3.3 国立科学財団ネットワーク

(NFSNET)

80年代前半、学術研究における先端的コンピュータ施設の不足が認識されはじめ、国立科学財団(以下NSF, National Science Foundation)や国立科学アカデミーは、以下の問題を指摘していた。

1 大型コンピュータは新しい発見の重要な手段となってきている。

2 早急に合衆国の研究者がスーパーコンピュータを利用できるようにする必要がある。

3 研究者とスーパーコンピュータを結ぶコンピュータネットワークが必要である。

この動向を受けて、NSFはスーパーコンピュータに関する2つのプログラムを開始した。そのひとつはスーパーコンピュータ資源配分を目的としたスーパーコンピュータセンターの設立、もうひとつはスーパーコンピュータに接続するための国主導のネットワークNSFNET構築であった。

現在、全米に以下の6つのスーパーコンピュータセンターがある。(カッコ内は設置場所)

・コーネル大学スーパーコンピュータ施設

・ジョン・フォン・ノイマン国立スーパーコンピュータセンター(プリンストン大学)

・国立スーパーコンピュータアプリケーションセンター(イリノイ大学)

・サンディエゴスーパーコンピュータセンター(カリフォルニア大学サンディエゴ校)

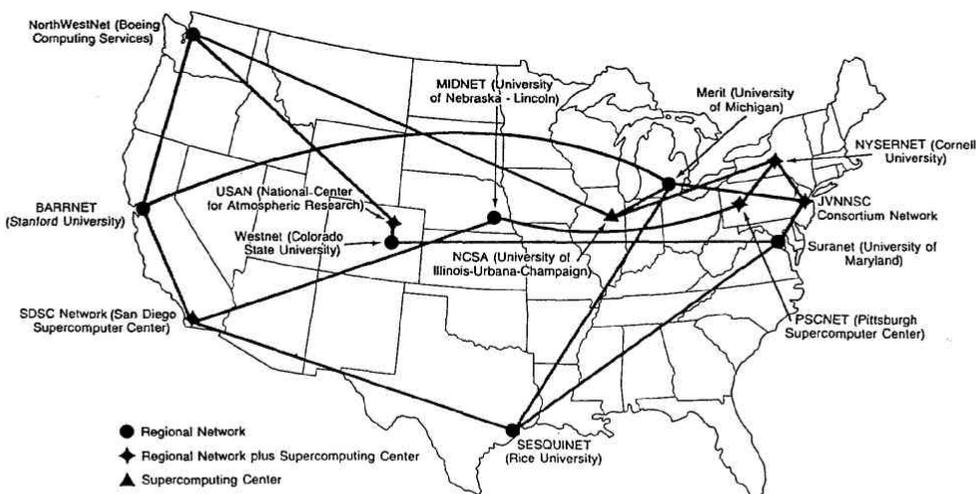


図4 NSFNETにおけるスーパーコンピュータと地域ネットワーク

・ピッツバーグスーパーコンピュータセンター

・国立気体研究所科学計算部門

この6つのセンターはNSFが資金を提供する衛星回線（バックボーン）で結ばれ、ネットワークの中心的役割を果たしている。また、多くの地域ネットワークやキャンパスネットワークがNSFNETの構成要素となっている（図4参照）。

3.4 コンピュータ利用環境の例

(1)サンディエゴ スーパーコンピュータセンター

NSFNET運営の例として、サンディエゴスーパーコンピュータセンター（略称SDSC）を紹介する。センターは1985年にNSFによりコンピュータ（特にスーパーコンピュータ）資源の配分、先端技術の開発を目的として設立された共同利用施設である。センターはカリフォルニア大学サンディエゴ校内にあり、GAテクノロジー社がNSFの契約者

となって運営にあっている。また、25の大学および研究機関をメンバーとする運営委員会はセンター利用機関の調整を行っている。

研究者（運営委員会のメンバー機関に所属していなくてもよい）がSDSCのコンピュータを使用して大規模計算を行いたい場合には、SDSC（NSF資金を使用する場合にはNSFにも）に申請し、SDSCコンピュータ資源配分委員会の認可がおりれば、スーパーコンピュータをはじめとするSDSCのコンピュータ資源を利用することができる。これは科学者たちに自由にスーパーコンピュータを使用する環境を与えることによって、アメリカの科学研究のレベルアップを図ろうとするNSFの政策の一環である。

センターはクレイ社のスーパーコンピュータ、クレー-X/MPを中心としたシステム構成をとっており、参加機関のネットワーク（SDSCNET）、NSFNET、BITNETなどのネットワークおよび公衆回線からのコンピュータ接続が可能な通信システムを備えてい

る。

S D S Cにおける計算プロジェクトは1988年2月現在430にのぼり、120機関の2200人以上の研究者がこの制度を利用している。その研究分野は生物および化学、数学および計算機科学、工学、地球物理学、物理学など多岐にわたっている。

(2) ヒューストン地域研究センター

ヒューストン地域研究センター (Houston Area Research Center, 略称H A R C) は、産官学連携を目的とした公益研究機関である。1982年設立以来、他研究機関、企業研究所、国立研究所、連邦機関、外国機関から共同研究者を受け入れての共同研究に加えて、ライス大学、テキサス農工大、ヒューストン大学、テキサス大学オースチン校のテキサス州4大学との共同研究を実施している。

H A R Cには7つの研究センターがあり、その名称と主な活動内容は以下の通りである。

・テキサス加速器センター

エネルギー省の推進する超電導大型加速器S S C計画に参加

・レーザー応用研究センター

レーザーの産業、医療、軍事応用研究

・地質工学研究所

石油・ガス探査研究

・成長問題研究所

人口、資源、環境、経済などの地球規模問題の研究

・材料科学研究センター

表面科学、レーザー照射時の高温挙動等

・コンピュータシステム応用研究センター

後述

・宇宙技術研究センター

宇宙流体力学、宇宙バイオテクノロジー

などの宇宙関連学際分野の研究

このうち、コンピュータ利用環境の面から興味深いのはコンピュータシステム応用研究センター (Computer Systems and Applications Research Center, 略称CSARC) である。CSARCの目的は、他の6つのセンターとリンクする形で地質工学、医療、材料、製造、通信、加速器物理、レーザー応用、生命医療工学、意志決定モデルなどの分野の高速計算研究を実施するとともに、ソフトウェア、ネットワーク関連の成果をあげていくことにある。

現在、6つのセンターのうち、積極的にCSARCを利用しているのは、地質工学研究所である。人工地震法を利用した石油・ガス資源探査においては、大量のデータを高速に処理する必要があるため、スーパーコンピュータが利用できることは大きなメリットである。特にH A R Cはヒューストン郊外にあるため、石油産業のニーズも大きいとのことであった。

センターは日本電気製 (合衆国において日本製のスーパーコンピュータが導入されているのは、政治的背景もあり珍しい) スーパーコンピュータSX-2を中心としたシステムを有していて、H A R C所内利用および地域ネットワークやNSFNETなどのネットワークを通じた外部からの利用が可能である。

また、H A R Cからは、NSFNETを通じて、NSFのスーパーコンピュータセンターとも接続可能となっている。NSFNETやARPA Internetなどの広域ネットワークへのアクセスのほかにも、SURANET (The Southerneastern Universities Research Association Network)、SESQUINET (The

Texas Sesquicentennial Network)などの地域ネットワークへのアクセスが可能である。

4. その他の主な研究者用ネットワークと相互乗り入れ問題

調査対象以外にも、著名な研究者用広域ネットワークに以下のようなものがある。

・ARPANET

国防総省主導の最初の広域ネットワークであり、パケット交換といわれる通信形式、TCP/IPと呼ばれるプロトコルの実用化、およびコンピュータ資源の共有など、以後のネットワークに大きな影響を与えた。現在は、Internetと呼ばれるより広範囲のネットワークの一部となっている。

・CSNET

主に計算機科学研究者間を結ぶ合衆国を中心としたネットワークで、その接続先はヨーロッパ、イスラエル、韓国、オーストラリア等にも伸びている。日本においては、東大計算機センターのコンピュータを通じて接続可能である。

・BITNET

当初、加入できるコンピュータはIBM機に限られていたが、現在はIBM社以外のマシンでも参加できるようになっている。このネットワークは世界に広がっており、参加機関数は400程度、接続されているコンピュータの数は3000以上といわれている。

・USENET/JUNET

UNIXの使えるコンピュータと公衆電話回線およびモデムと呼ばれる簡単な通信機器があれば、誰でも参加できるボランティアの国際ネットワークである。そのため接続コン

ピュータ数の正確な把握は不可能であるが、世界中で2000台以上といわれている。

日本にも、UNIXマシンのネットワークであるJUNETがあり、民間機関を含め、200台以上の機関が加入している。

・N1ネットワーク

NTTの回線を使用する日本の大学間広域ネットワークである。さまざまなメーカーの多様なコンピュータをつなぐ異機種間ネットワークの形態をとっており、遠隔利用、ファイル転送が可能となっている。また、昭和60年4月の通信化以前は、法規制により電子メール交換が不可能であったが、自由化以降、メール機能の開発が進められ、現在は利用可能となっている。

日本における研究者用ネットワークは、そのカバーする分野の不足に加えて、他のネットワーク利用者とコミュニケーションを図りたい場合には、一部で接続可能であるものの、完全にネットワーク間相互の接続が可能となっているわけではない。他のネットワークに加入している研究者と通信したい時に、合衆国の学術ネットワークに加入し、合衆国内部の接続を利用してコミュニケーションを図るといふ、笑えない話を生みだした状況は、現在は改善されつつある。それに対し合衆国では、今回の調査対象でもある、エネルギー省の推進するESNET構築の動向にもみられるように、ネットワーク設計の初期段階から他のネットワークとの接続を考慮している。

現在育ちつつある情報交換型の研究者用ネットワーク構築においては、将来を考慮して異機種間および異ネットワーク間接続可能な設計が求められるであろう。

5. その他の研究者用ネットワークの課題と コンピュータシミュレーション

相互接続問題のほかにも、ネットワーク設計時における(1)スター型、リング型などのネットワーク形態の検討、(2)スーパーコンピュータ、メインフレーム、ミニコンピュータ、ワークステーション、パーソナルコンピュータそれぞれのレベル、能力に応じたタスクの最適配分、(3)今後開発が進むと思われる高速画像処理、高速数値計算、人工知能処理などの機能をもつインテリジェント小型専用機の有効利用などは、将来の課題として残されている。

また、その重要性を増していくと思われるコンピュータシミュレーションとネットワークは、今後その関係を深めていくといわれている。スーパーコンピュータを用いる詳細なシミュレーション実験は、大量の計算結果を生じるため、結果を数字で追うことが困難となっており、従来も行われていた画像によるシミュレーション結果の表示が画像処理技術の発展とあいまってますます重要かつ高度なものとなっていく。そこで、スーパーコンピュータをネットワークを通じて利用する場合は、画像情報に代表される大量のシミュレーション結果を伝送する高速のネットワークが求められるようになる。

また、電子メールについても、現在は文字情報のみの交換が主な形態であるが、画像情報も転送可能なメールについても試みが行われている。

6. おわりに

研究者用ネットワークは、研究情報の交換をはじめとする知識・技術の共有と有効利用、ネットワーク接続による研究コミュニティおよび研究環境の結合、学会活動など研究広報活動等の目的を持って構築される。その機能は電子メールの交換、ファイル転送、コンピュータの遠隔利用などである。

ネットワーク構築において大きな障害だった通信自由化が現実のものとなった今、商用や草の根レベルのネットワークはその数を増している。それと比較して、公的情報を提供するネットワークや研究情報を交換するネットワークの整備の遅れがめだっている。

より広範囲の情報交換のためには、国際的視野に基づいたネットワークのネットワーク(メタネットワーク)の形成が望まれる。研究分野別ネットワーク構築、(ボトムアップ的アプローチ)およびそれらネットワークの相互乗り入れを可能にする情報流通の基本幹線としての研究者用広域ネットワークの整備(トップダウン的アプローチ)の両方が日本においても待たれるところである。

研究開発の推進にあたって、データベースとならび、いわゆる「情報インフラ」としての認識にもとづいたネットワークの整備が期待される。(くろさわ あつし 研究員)

参考文献

計算機高度利用ネットワーク整備に関する海外調査報告書(昭和63年9月, エネルギー総合工学研究所, I A E-R8804)

天然ガス自動車の最近の海外動向

蓮池 宏

1. はじめに

天然ガス自動車 (NGV: Natural Gas Vehicle) の一般的な利用は、約50年前の1930年代にイタリアで始まったと言われ、現在は世界の20カ国以上の国において合計60万台以上が普及している。

天然ガスは既存ガソリンエンジンに使用できるため、ガソリン車に天然ガスのボンベと燃料ラインを取りつけるだけで利用可能であり、技術的困難さが少なく、導入のリードタイムも短い。また、特に天然ガス産出国では経済的にも有利であることから、自動車用石油代替燃料として有望視されている。

筆者は1988年10月28～30日、オーストラリアのシドニーで開催された「天然ガス自動車に関する国際シンポジウム (NGV'88)」に参加し、最近の天然ガス自動車に関する動向を調査したので、その概要を報告したい。

2. シンポジウムの概要

シンポジウムを主催した国際天然ガス自動車協会 (The International Association for Natural Gas Vehicles Inc.) は、2年前に設

立されたNGVに関しては唯一の国際機関であり、本部はニュージーランドに置かれている。このシンポジウムは同協会として最初の大イベントとなった。

表1 シンポジウム参加者の国別内訳

国名	参加者数	国名	参加者数
オーストラリア	125	インドネシア	11
ニュージーランド	27	中国	9
カナダ	20	タイ	4
米国	13	マレーシア	2
イタリア	10	インド	1
オランダ	10	韓国	1
フランス	7	イラン	1
スイス	7	アルゼンチン	4
スウェーデン	4	ベネズエラ	1
デンマーク	3	トリニダードトバコ	1
ベルギー	1	タンザニア	1
フィンランド	1	日本	3
英国	1		
ソ連	13	合計	281

シンポジウムには26カ国から281名の参加者があり(表1参照)、わが国からの参加者は、大阪ガス(株)奥田氏、Sulzer Brother 社Gutzwiller氏、および筆者の3名であった。シンポジウムは3日間にわたって開催され、44件の発表が行われた。その内訳を表2に示す。

この他に各国の状況報告として、12カ国から普及の経緯、現状、見通し等について発表があった。(残念ながら、わが国からの発表は行われなかった。)

また、シンポジウムと並行して、隣接会場

において最新の天然ガス自動車や関連機器の展示も行われた。

3. テクニカルツアーの概要

シンポジウムの付属行事として10月24～26日にニュージーランドのNGV関連施設の視察ツアーが催された。このツアーには、10カ国から30人が参加した。訪問先の概要は表3のとおりである。

表2 シンポジウム発表論文の分類

	全 般	政 策	市 場	充 填	貯 蔵	デ ィ エ ン ジ ン	L N G	環 境 問 題	合 計
カナダ	2	2		2	1	6			13
ニュージーランド	1		1	1	1	2			6
オーストラリア		2	1	1		4	2		10
中国	1	1							2
スウェーデン					1	1			2
アルゼンチン	1								1
インド	1								1
米国			2					1	3
ソ連	1								1
スランス					1	1			2
イタリア					1				1
イラン	1								1
スイス				1					1
合計	8	5	4	5	5	14	2	1	44

4. 普及の動向

世界各国におけるNGVの普及状況は、国際天然ガス自動車協会によって表4のようにまとめられている。(この表以外にも、NGVが導入されている国が若干あると考えられる。ちなみにわが国は、ガソリン車からの転換が2台、充填ステーションが1カ所ある。)

各国とも転換は、主としてガソリン車からである。ディーゼル車の転換はまだ実績は少ないものの、大気汚染問題との関係で特に欧

表3 ニュージーランドのNGV関連施設視察ツアーの概要

訪問先	内容
カルテックス社CNG充填ステーション	マザーステーション*およびドーターステーション**の設備(コンプレッサー、ディスペンサー、ガス輸送貯蔵用トレーラー等)、充填操作
オークランド大学	ディーゼルエンジン、ガソリンエンジンへの天然ガスの適用に関する研究
オークランド地域公社	天然ガス転換したバス、トラック、乗用車および各種転換用部品
ガス開発センター	自動車の天然ガス転換に関する試験研究状況
ホテル(講演会)	ニュージーランドのNGVプログラムの現状、ディーゼルエンジンの転換、転換技術者の養成システム等について(講演者4名)

* パイプラインに接続されたステーション。自動車のガス充填とともに、ドーターステーションへガスを輸送するためのトレーラーへの充填も行う。

**パイプラインに接続されていないステーション。大容量のボンベを載んだトレーラーにより、ガスの供給を受ける。

米諸国において関心が高まっている。(ディーゼル車の転換については後述する。)

普及台数が多いのはイタリア、ソ連、ニュージーランド、米国、カナダ、アルゼンチンの6カ国で、これらの国ではガソリン車からNGVへの改造が一つの産業として存在している。しかし、これらの国のうちソ連、カナダ、アルゼンチンでは2～3年前に比べて台数が増えているが、イタリア、ニュージーランド、米国ではほとんど増加していない。た

だし、転換がストップしているわけではなく、廃車台数と同程度の転換は行われていると考えられる。例えばニュージーランドでは、石油ショック後、強力にNGVの導入が進められたが、表5に示すように、1985年半ばから転換キットの販売数(すなわち転換台数)が急激に減ってきている。

最近NGVの導入に力を入れているのがオーストラリアである。オーストラリアでは、近年、大規模な天然ガス田が発見され、その

表4 天然ガス自動車の普及状況

COUNTRY	VEHICLES CONVERTED	DIESEL CONVERTED	PETROL CONVERTED	REFUELLING STATIONS
Italy	270000	70	270000	230
USSR	200000	—	—	250
NZ	110000	50	110000	450
USA	30000	50	30000	290
Canada	15000	10	15000	130
Argentina	10000	—	10000	43
China	1500	0	1500	—
Australia	1050	150	900	25
Iran	800	0	800	2
Pakistan	270	—	270	1
Indonesia	100	0	100	6
Burma	50	2	48	1
Bangladesh	31	13	18	1
Czechoslovakia	30	0	30	—
Ireland	22	0	22	1
France	15	0	15	—
Hungary	15	15	0	—
Thailand	11	11	0	1
Malaysia	10	—	—	—
UK	9	2	7	1
Chile	9	1	8	1
Denmark	8	2	6	3
Colombia	5	0	5	1
Belgium	1	0	1	—
Finland	1	0	1	—

利用拡大策としてNGVが注目されている。今回のシンポジウムを誘致したところにもその意気込みが感じられる。

また、東南アジアや南米などの発展途上国が、NGVの導入を始めていることも注目される。これらの国では、石油節約、貿易収支改善というニーズからNGVの導入を進めようとしている。導入計画自体は、数年前から考えられていたが、ここ1～2年でそれが次々と具体化されてきた。先進国のなかでは、ニュージーランドが計画立案、設備供給等の支援を行っており、世界銀行も導入推進に協力しているもようである。

5. 技術の動向

NGVに関しては、一通りの実用技術が開

発されている。残されている主要な技術開発課題は次の4点と考えられる。

- ・ディーゼルエンジンへの対応
- ・天然ガスの特徴を生かした新型エンジンの開発
- ・車載用天然ガス貯蔵容器の改良
- ・家庭用小型天然ガス充填装置の開発

これらのうち今回のシンポジウムでは、ディーゼルエンジンへの対応、天然ガス貯蔵容器、小型天然ガス充填装置の開発について注目すべきものがあった。

(1) ディーゼルエンジンへの対応

先に述べたように、先進国（北米、ヨーロッパ、オセアニア）でのNGVに対する関心（特に技術的関心）は、ディーゼルエンジンへの適用に重点が移っている。シンポジウム

表5 ニュージーランドにおけるCNG転換キットの販売実績

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
JANUARY	624	343	1,493	952	2,342	185	150
FEBRUARY	772	473	741	1,345	2,318	159	133
MARCH	1,363	906	1,550	1,391	2,458	327	298
APRIL	839	1,042	1,319	1,180	3,318	194	—
MAY	1,335	1,006	1,535	1,435	5,482	909	—
JUNE	801	925	2,631	1,922	4,237	486	—
JULY	1,244	1,067	1,854	3,614	1,030	463	—
AUGUST	735	1,329	1,806	4,514	756	162	—
SEPTEMBER	779	1,693	1,691	2,594	649	443	—
OCTOBER	601	1,382	1,608	4,823	556	277	—
NOVEMBER	733	2,366	1,777	2,490	297	484	—
DECEMBER	668	3,040	2,230	3,264	240	335	—
TOTALS	10,494	15,572	20,235	29,524	23,683	4,424	581

GRAND TOTAL=110,882

The above kit sales have been provided by the equipment suppliers, are not audited and would tend to understate the actual figures.

(June 1987, Ministry of Energy)

では、14件のディーゼルエンジン関係の論文が発表された。

ディーゼルエンジンへの天然ガスの適用に大きな関心が持たれている背景には、大気汚染問題、すなわち汚染物質の主要な発生源であるディーゼル自動車の排ガス規制問題がある。しばしば引き合いに出されたのが、米国環境庁（EPA）が示している1991年のバス排ガス規制（表6）である。この規制に対応するため、従来の軽油を使用するディーゼルエンジンに関して、エンジン構造の改良、触媒やフィルターの装着、燃料の組成変更など、さまざまな技術的検討が行われている。しかし現在のところ、コストの大幅な上昇なしに規制に適合できる見通しは立っていない。そこで、燃料を軽油から天然ガスへ転換することにより規制に対応できるならば、これを契機に大型車の分野にNGVを普及させることができるであろうというのがNGV推進グループの読みである。

表6 米国環境庁の1991年ディーゼル車排ガス規制

炭化水素（HC）	1.3	g/BHP-hr
一酸化炭素（CO）	15.5	''
窒素酸化物（NOx）	5.0	''
粒子状物質*	0.10	''
都市バス		
その他	0.25	''

(*1994年からは全ディーゼル車について、0.10 g/BHP-hrとなる)

ディーゼルエンジンへの天然ガスの適用は、ガソリンエンジンへの適用に比べて、技術的にはやや複雑になる。すなわち、天然ガスは自己発火温度が高いため、既存のディーゼルエンジンにそのまま使用することはできず、何らかの着火源を与えるような改造が必要となる。その方式は大きく分けて二つある。

一つは軽油パイロット噴射方式で、二燃料方式とも呼ばれる。吸入空気に天然ガスを混ぜ、シリンダ内で圧縮したところで着火源として軽油を少量噴射して、軽油に続いて天然ガスを燃焼させる方式である。軽油代替率は最大出力時で80~90%であり、天然ガスを使い果たした場合には、元のように軽油のみでも走行することができる。この方式はエンジン本体に手をつけなため、改造コストが安いという利点がある。

二つめはスパーク点火方式で、いわゆるガスエンジン（オートサイクル）への改造である。シリンダヘッドにスパークプラグを取りつけ、ガソリンエンジンと同様に、火花で燃料と空気の混合気に点火する。エンジン本体の改造が含まれるため改造コストはやや高くなる。

両方式とも出力やトルクといった動力性能については特に問題はなく、一部で実用にも供されているが、排ガス性状の改善等については研究開発が継続的に行われている。表7に排ガス特性の比較例を示す。両方式とも黒煙の排出は激減するが、逆に増加する成分もある。したがって、単に燃料を天然ガスに変えただけでは今後のディーゼルエンジンの排ガス規制に対応することはできず、排ガスの処理が必要になる。現在、最も有望と考えられているのは、スパーク点火方式に改造し、理論空燃比付近で運転して三元触媒により、HC、CO、NOxを除去するという方法である。

パイロット噴射方式は経済性と燃料供給確保の点で有利なことから、数年前の時点では大半の検討がこの方式を対象としていたが、今回は、排ガス規制への対応という目的から

表7 軽油パイロット噴射方式とスパーク点火方式の排ガス性状の比較例

	Dual-fuel	Spark ignition
Smoke emission	Decreasing 100%	Decreasing 100%
HC emission	Increasing up to 8000%	Increasing up to 100%
CO emission	Increasing up to 9000%	Increasing up to 100%
NO _x emission	Decreasing 20-50%	Unchanged ?

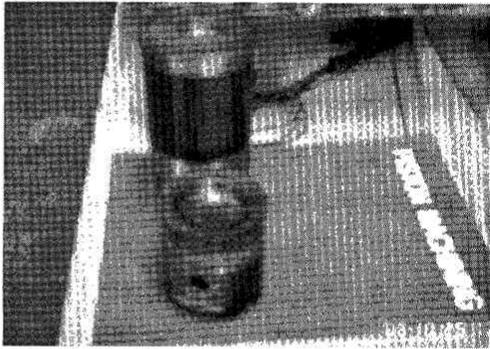


写真1 改造前のピストン(奥)と改造後のピストン(手前)
ピストンの頭部を削って燃焼室を広げ、圧縮比を17.5から13.2に下げている。

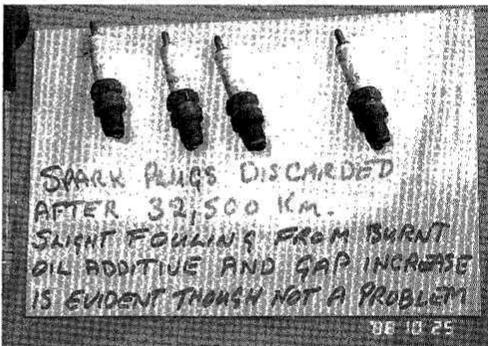


写真2 点火用スパークプラグ (32,500km走行後)

スパーク点火方式に関する研究も多く発表された。

以下、スパーク点火方式への改造例を紹介する。

写真1～3に示すのは、オークランド地域公社におけるバス用ディーゼルエンジンのスパーク点火方式への改造例であり、圧縮比は

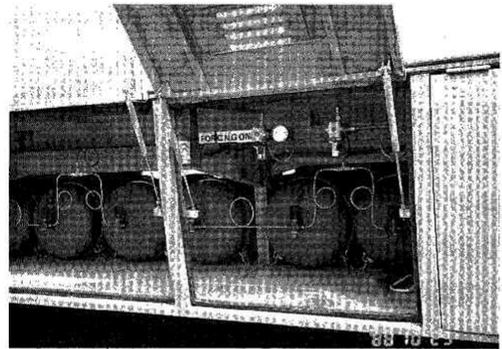


写真3 客室の床下に搭載したCNGボンベ
92ℓ×6本。ガス充填量110m³。航続距離300km。

13程度に下げられている。本来のディーゼルエンジンの圧縮比は17～20であり、オクタン価130の天然ガスはノッキングが起きるからである。図1は出力とトルクを改造前のディーゼルエンジンと比較した例である。改造により出力、トルクとも10%程度向上していることがわかる。また、熱効率率はディーゼルエンジンより少し低下するが、天然ガス価格が安ければ大きな問題とはならない。同社では天然ガスに転換したバス3台とトラック数台を営業用で使用しており、表8に示す例では、転換に要した費用を2.3年で回収できている。

表9は種々のエンジンにおける排ガス性状の測定値である。排ガス性状はエンジンの回転速度、空燃比、点火時期等の運転条件によってかなり変動するが、HCとNO_xを同時に低減させることは難しく、三元触媒をつけ

なければ米国の91年規制への適合は困難と思われる。

今後の課題としては、耐久性、信頼性の実証と天然ガスに最適なエンジンの開発がある。耐久性に関しては、少数の報告があったが、広範な条件下での耐久性、信頼性の実証

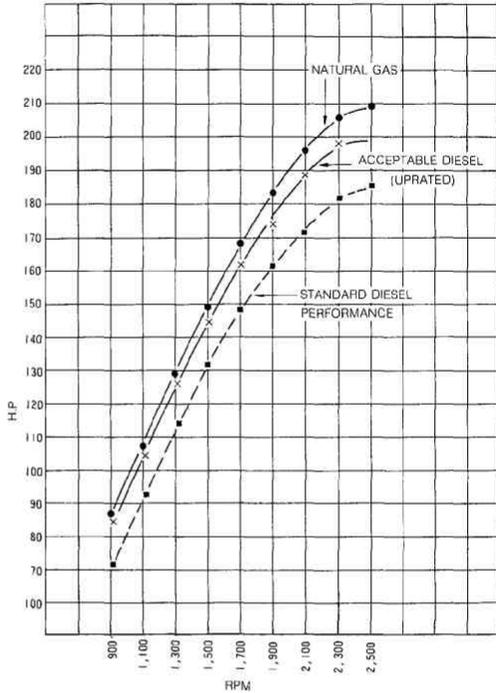


図1 スパーク点火方式に改造したディーゼルエンジンの出力特性とトルク特性

表8 ディーゼルトラックの天然ガス転換の経済性

ディーゼル油価格	NZ \$0.62/ℓ
CNG価格	NZ \$0.48/ℓ*
燃料コスト節約	NZ \$0.14/ℓ* (23%)
年間走行距離	100,000km
燃費	2km/ℓ
年間燃料消費量	50,000ℓ
年間ディーゼル油コスト	NZ \$31,000
年間CNGコスト	NZ \$24,000
年間燃料コスト節約	NZ \$7,000
自動車改造費	NZ \$16,000
投資回収期間	2.3年

*ディーゼル油換算

は、まだ十分ではないと思われる。また、これまでの天然ガス適用例は、パイロット噴射方式を含めて、すべて既存ディーゼルエンジンの改造である。天然ガス用に最適なエンジンを設計すれば、各種性能の一層の向上は十分に期待される所であり、エンジンメーカーや自動車メーカーにおいてそのような研究開発が行われることが期待される。

(2) 車載用天然ガス容器

NGVでは通常、燃料の天然ガスを圧縮天然ガス (CNG: Compressed Natural Gas) として自動車に積むが、ガソリンや軽油などの液体燃料に比べて、高压容器が重くかさばるという本質的な短所がある。単位体積当たりあるいは単位重量 (容器を含む) 当たりの発熱量は200kg/cm³に加圧されたCNGの場合でガソリンや軽油の約1/5であり、LPGやメタノールに比べても劣っている。

体積の低減については、充填圧力の高压化を図る以外に方法はないが、コンプレッサー等のコストアップも勘案しなければならな

表9 スパーク点火方式に改造したディーゼルエンジンの排ガス特性

エンジン	DDA V671A	IVECO	IVECO*	GMC 454 CID V8**	EPA規制値
燃 料	軽 油	軽 油	天然ガス	天然ガス	
排出物(g/hp・hr)					
CO	1.92	2.01	1.27	3.95	15.5
THC	<u>1.36</u>	0.99	<u>1.60</u>	0.31	1.3
NOx	<u>10.83</u>	<u>9.23</u>	<u>17.10</u>	0.61	5.0
Particulates	<u>0.171</u>	<u>0.214</u>	0.028	<0.05	0.10

*触媒なし **三元触媒つき _____ EPA規制不適合

い。現在、充填圧力はカナダおよび米国では170kg/cm²~210kg/cm²、ニュージーランドでは200kg/cm²、イタリアでは220kg/cm²となっているが、これらをさらに高圧にするという動きはない。

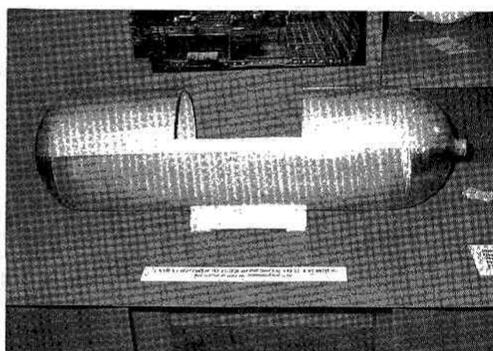


写真4 鋼FRPコンポジット容器

一方、容器の軽量化については、さまざまな試みがなされてきている。

初期のCNGボンベは全て鋼製であった。その後アルミニウムが使われるようになり、さらにアルミまたは鋼と繊維強化プラスチック（FRP）とのコンポジット容器が開発された。コンポジット容器（写真4参照）とは、鋼やアルミの容器のまわりに、液状樹脂を含浸させた高強度の繊維を巻き、樹脂を硬化させたものである。鋼やアルミは、気密性を保つとともに繊維を巻く心材としての役目が主

となり、強度は繊維が担うことになる。このため、鋼やアルミの厚さを大幅に減らすことができ、重量は、アルミニウムコンポジット容器の場合、全鋼製の約60%になる。アルミニウムコンポジット容器は、一時期カナダと米国において相当数が販売されたが、高価であることが原因してか需要が減り、主要メーカーであったCNG Cylinder社も2年前に生産を中止している。これに対し、鋼とFRPのコンポジットが見直されている。

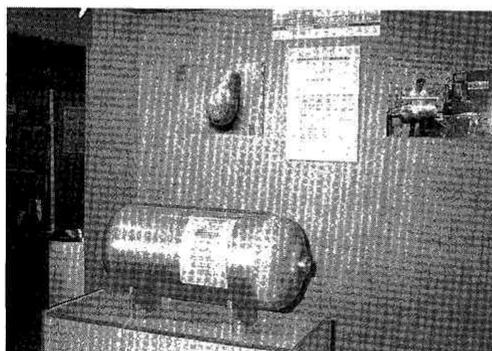


写真5 プラスチックFRPコンポジット容器

今回、注目されたのは、内側の容器にプラスチックを使ったコンポジット容器（写真5）である。重量は全鋼製の1/3、アルミニウムコンポジットに比べても1/2になっている。価格的には、開発メーカーの話によれば、鋼製と同等の価格で供給可能とのことであった。こ

れが普及すれば、容器重量の面でのハンディキャップは、ほぼ問題なくなると考えてよいであろう。

ただし、わが国で使用する場合は、制度面での問題が残っている。現在、高压容器の材質として認められているのは原則として鋼だけであり、他の材質は特例として認可されることになっている。現在のところ、特例の認可を受けているのは消防士用の空気ボンベなど少数に限られている。CNG容器は可燃性ガスを充填することから、許可を得るのが難航することも予想される。

(3) 小型コンプレッサー

自動車用新燃料の導入は、その燃料に適合する自動車の供給と同時に（あるいは先行して）燃料の供給体制を構築していかなければならない、という難しさがある。大口ユーザーであれば専用の設備を設けることも可能であるが、特に個人用の自家用車にとっては燃料の供給が新燃料導入の大きな障害となる。

天然ガス自動車の場合、この問題の一つの解決方法が小型充填設備である。つまり、天然ガスのパイプラインが各家庭まで敷設されている地域では、家庭に置けるような小型コンプレッサーがあれば、燃料供給体制の問題はかなり軽減される。

今回、Sulzer社（スイス）とRix社（ニュージーランド）の小型コンプレッサーが出品されていた。

Sulzer社のもの（写真6）は、電動4段空冷式で、安全装置付電子制御システム、耐候性の防音カバーなどが装備されている。圧縮ガスの製造能力は $2\text{ m}^3/\text{h}$ で標準的な60ℓのシリンダー（充填圧力 $200\text{ kg}/\text{cm}^2$ ）を約6時間で

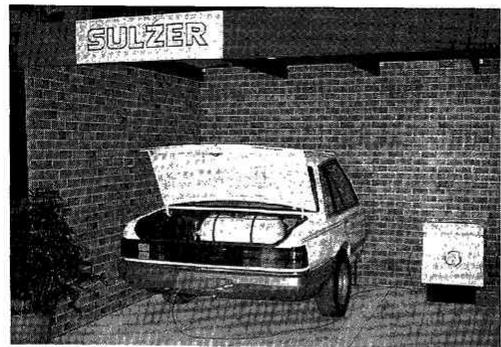


写真6 Sulzer社の家庭用小型コンプレッサー

充填することができる。すでに数百台のプロトタイプ機が製造され、カナダ、オーストラリア、ニュージーランドのガス会社が購入してフィールドテストを実施している。Rix社のもの（写真7）は試作機であったが、圧縮ガス製造能力は $1\text{ m}^3/\text{h}$ 、価格の見通しは10~15万円/台とのことであった。

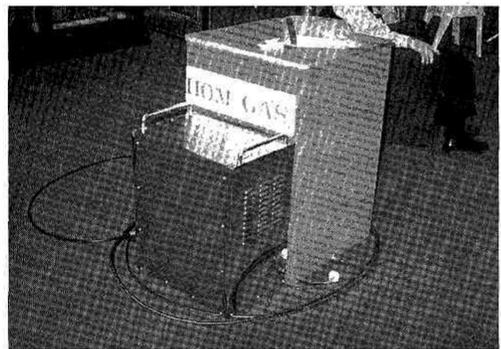


写真7 Rix社の家庭用小型コンプレッサー。

なお、わが国でCNGの充填を行おうとすると、設備の能力が $30\text{ m}^3/\text{d}$ 以上の場合には第1種高压ガス製造設備、それ以下の場合には第2種高压ガス製造設備として、各種の届出や検査、他の建物との一定距離の確保等、さまざまな規制を受ける。このため、小型コンプレッサーを家庭に普及させることは、現状では難しいと思われる。

6. おわりに

ここ数年、石油の需給は大幅に緩和し原油価格は低迷が続けている。

しかし、発展途上国におけるモータリゼーションの進展は、今後の石油需要の増加とそれによる需給の逼迫を引き起こす最大の要因になると考えられている。また、先進国においては、特に都市部での自動車排ガスによる大気汚染問題が一層クローズアップされつつある。このように、発展途上国のモータリゼーションと大都市の大気汚染への対応は、現在の自動車用燃料に関係する大きな二つの課

題であると思われる。

天然ガス自動車は、これらの問題の解決に寄与するものとして、海外ではその導入が着実に進みつつある。

わが国では代替エネルギー自動車としてメタノール車と電気自動車が注目されているが、天然ガス自動車についても、研究開発や導入のための検討がより積極的に行われることを期待したい。さらに、世界第一位の自動車生産国であるわが国としては、国内への導入だけに限らず、他の国との技術協力なども含めて幅広い取組がなされることが期待されよう。(はすいけ ひろし 研究員)

炭酸ガス問題の概要

紺谷 健一郎

1 問題の重要性^{7),9)}

“Global warming is global warning” (地球の温暖化は地球全体への警告である)。これは1988年11月、西独ハンブルグにおいて開催された西ドイツ大統領の後援になる国際環境会議“Climate and Development”において、UNEP (United Nations Environmental Programme) の事務局長 Dr. Tolba が講演の冒頭に述べた言葉である。この会議に出席する機会を得た筆者は、この簡潔にして要を得た表現に感銘を受けた。

近年の大気中の炭酸ガス濃度の上昇が工業化した国々の化石燃料の大量消費と発展途上国の森林、特に熱帯樹林の破壊の結果であるところは疑いのないところである。この傾向は今後の人口増加と生活水準の向上志向により、特に発展途上国のそれによって一層加速されると思われる。

しかし、この炭酸ガスの濃度上昇の影響の程度については気候学者や地球物理学者の見解が一致している訳ではない。それは影響の評価が全てシミュレーションモデルによるコンピューターの計算結果に基づいていること、またその計算結果が必ずしも一致してい

ないことによるものである。その理由は主に自然現象である「雲の分布」と「海の影響」の扱いの難しさに原因している。

気候問題の世界的権威者の一人である西独 Max-Planck 研究所、Dr. H. Grassl の語ったところによれば、高層の雲の量を10%多く評価することは炭酸ガスの大気中濃度を丁度二倍にしたのと同じ効果を与えるという。この評価が正しいとすると、炭酸ガスの大気中濃度を二倍にした場合の計算の際に、雲の量を実際より10%低く入力してしまうと、炭酸ガスの濃度上昇による影響は計算上何も現れないということになり兼ねない。

しかし現段階で正確な影響評価が困難であるからといって、炭酸ガスの濃度上昇の傾向とそれにより生ずると考えられる問題を軽視することは危険である。

1974年、米国のMolinaとRowlandにより発表された“フロンによるオゾン層破壊”論文は当時「理論上の仮説」であった。それから10年後、それは「現実上の脅威」として認識されるようになりウィーン条約が結ばれ、15年後にはその製造と使用に対し厳しい制約をもつ国際条約(モントリオールプロトコール)が施行されるまでになった。

ヨーロッパにおける“酸性雨の問題”も、当初はこの原因が大気に放出された化石燃料からの排気ガス中のSO_xなどの物質であることが中々認められなかったという。これも「理論上の仮説」が「現実上の脅威」に変わった例であろう。しかし、遅ればせながらこの二つの問題に対してはそれなりに対策が講じられ、やがてはその効果も現れて来るものと考えられるが、炭酸ガスの場合憂慮されるのは、それが「現実上の脅威」に変わった時点では、その及ぶ範囲が全地球的となり、そうなるからでは最早如何なる対策も遅すぎるといふ危険があるからなのである。

「環境問題において、その因果関係を100%の確実さで証明することは極めて難しい。従って問題を放置しておくことの危険性と、対策のための規制措置によって生じる社会的負担を常に秤にかけなければならない。

通例かかる際の決定には因果関係の立証が必要とされるものであり、又それは当然のことであるが、環境問題においては大抵の場合それは極めて難しい。しかし因果関係が証明されていないからと言って、何もせずにいて良いであろうか。もしかしたら何もしないことが致命的な誤りを犯していることになるかも知れない。なぜなら、因果関係が100%明らかになった時点ではもはや取返しのつかない事態となっている場合があるからだ。」

これは先の米国環境・健康・天然資源問題担当次官補代理であったリチャード・ベネディックの言葉であるが、この「炭酸ガス問題」が置かれている状況を的確に表現しているものと筆者は思うのである。

2 「炭酸ガス問題」とは何か^{3),5),10)}

「炭酸ガス問題」とは、一言でいえば「大気中の炭酸ガスなどが急激に増えることにより地球大気中の温度が急に上昇し、世界的な規模で気候の変動が生じたり海洋水位が上昇したりすることによって、人間の生活環境が大きく変化する問題」である。

良く知られているように地球の大気中には酸素や窒素などの他に極微量ではあるが炭酸ガスが含まれている。(表-1 参照)

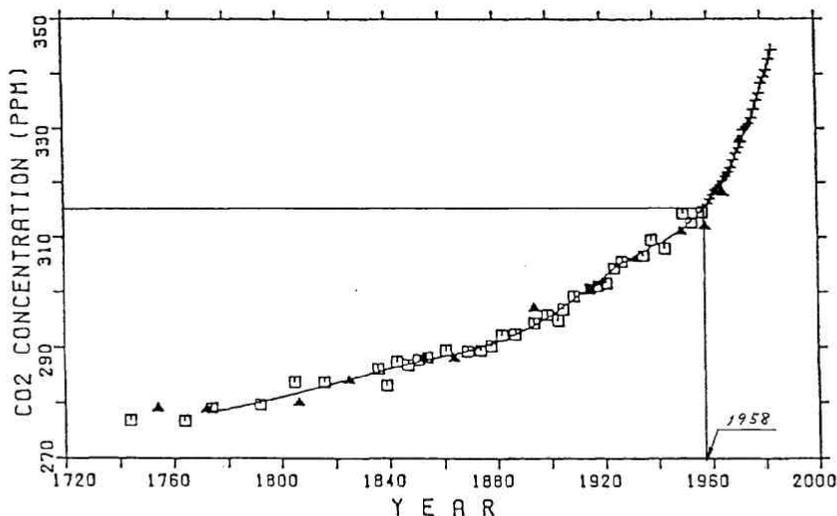
しかし極微量ではあってもこの炭酸ガスが地球の大気中に存在しているゆえに、現在の地球における生態系があり、地球の気温も人類の生存に適したものになっているとよいであろう。

表-1 地球大気の組成

窒素	78%
酸素	21%
アルゴン	1%
炭酸ガス	0.0345%

例えば仮に現在大気中にある炭酸ガスが無くなってゆくとしたら、植物の炭酸同化作用は低下し、気温は急激に下がり始めて大気中の水蒸気は凝結し、やがて地球の平均気温は現在の約15℃から氷点下17℃位まで低下してしまう。このような環境では人類はおろか現在の地上の生態系は文字通り絶滅に近い状態になってしまうであろう。

地球の気温は基本的には太陽から地表に到達した光のエネルギーを地表から逆に赤外線形で放射することによって平衡が保たれている。もう少し詳しく言えば、この地表から放射される赤外線のある波長の範囲が大気中



図一 過去200年間の炭酸ガス濃度の増加傾向

(ベルン大学のグループによる南極サイプル基地での氷床コア中の気泡分析による結果である。ハワイ、マウナ・ロア山における観測は1958年以降のものである。他の研究による評価も入れると18世紀中葉以前の大気中の炭酸ガス濃度は $275 \pm 10 \text{ ppm V}$ 程度であると評価されている)

の炭酸ガスや水蒸気などに吸収され、その一部が再び赤外線の形で地表に向けて放散されて地表を暖め、その上の大気を暖めることによって気温が一定に保たれている。この現象を温室効果と呼んでいるが、これが地球気温の維持に極めて重要な働きを持っているのである。

それではそのような重要な効果を有する炭酸ガスの何が問題となっているのかと言えば、その大気中の濃度がここ数十年来急激に増加しつつあり(図一参照)、その結果、地表から熱が放出し難くなって、地球の気温が急激に上昇する恐れがあるからである⁸⁾。急激とは50年間で約 2°C 程度のことであるが、約二万年前の最後の氷河期から現在の間氷期に至るまでの間の地球の気温の上昇が約 5°C であるから、実にその160倍前後の上昇速度となるのである。

図一からも明らかなように、1800年頃ま

ではほぼ一定(280ppm前後)であった炭酸ガスの濃度が産業革命後急激に増えている。これは前述したように先進工業国が産業活動のために化石燃料を大量消費した結果によるものが大きい。革命後最初の100年間は北米大陸などにおける森林が切り開かれ農地となっていたことが直接の原因と言われている。20世紀の中頃からは森林、特に熱帯樹林の伐採と破壊が大きく寄与している。この傾向がそのまま進むと、過大な温室効果によって地球の温暖化が急に進行し、地球の気候が大きく変わることが予測されるようになってきたのである⁴⁾。

3 炭酸ガス以外の微量ガス¹¹⁾

温室効果によって地球の気温を上昇させているのは実は炭酸ガスだけではない。

この炭酸ガスのように温室効果を有するガ

スを微量ガスと呼ぶが(表一2参照),これに大気中にある水蒸気を加えて温室効果ガスと総称している。(大気の主成分である酸素や窒素やアルゴンは温室効果を有していない)

微量ガスの中でも,最近特に問題になっているのがフロンである。現在フロン(正確にはクロロフルオロカーボン)は成層圏のオゾン破壊する物質として注目され,その使用と製造に対し厳しい制限が国際的に課せられるようになったが,最近はその大きな温室効果からも(一分子当たりで比較すると炭酸ガスの一万倍の温室効果を有している)問題視されるようになった。

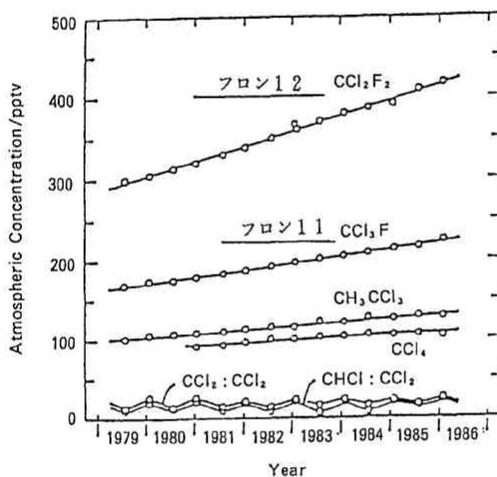
表一2 温室効果を有する微量ガス

炭酸ガス	CO_2
メタン	CH_4
亜酸化窒素	N_2O
オゾン	O_3
フロン	CFC_s

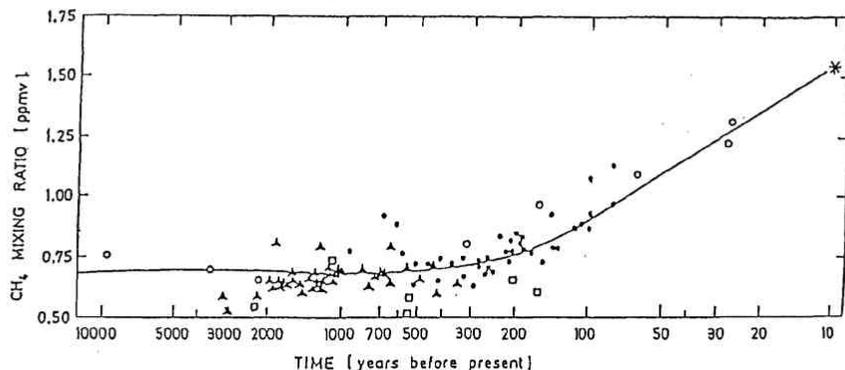
フロンには二十種を越える種類があり,最近までは一般産業において大量に使用され,回収されることなく環境に放出されていた。フロンの中でも特に問題とされているのがフロン-11と-12そして-113である。それはこれらが他のフロンに比べ圧倒的に使用量すな

はち環境放出量が多いということ,またこれらフロンの大気中における寿命が65年~120年と長い理由によるためである。図一2にフロン-12とフロン-11などの大気中における濃度の増加傾向を示す。

またメタンや亜酸化窒素も図(図一3,図一4参照)に示すように,炭酸ガス,フロンと同様急激な増加傾向を示している。メタンガスについてはここ百年間の増加傾向が,亜酸化窒素についてはここ三~四十年の増加傾向が特に著しいが,その原因は主に人口の増加に伴う食料の増産,牧畜の拡大および森林

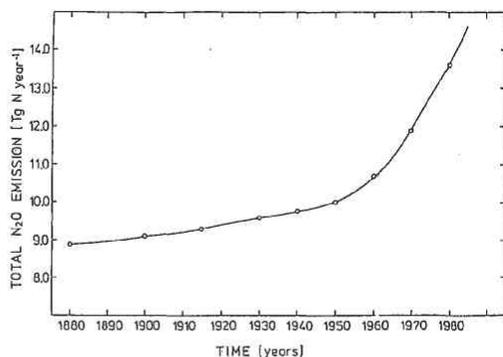


図一2 北半球中緯度(北海道)におけるフロン濃度(pptv)の経年変化(富永(1985)より引用)



図一3 氷床コア中空気成分分析によるメタンガス(CH_4)濃度の増加傾向(SCOPE(1985)より引用)

から農耕地への開拓の結果によるものであるといわれており、発生源は人間の生活領域全体におよんでいる。



図一 4 亜酸化窒素(N₂O)の環境放出量 (SCOPE(1985)より引用)

4 気候への影響¹⁾

炭酸ガス等の温室効果により地球の気温が上昇していく場合、これによる直接の影響として最初に考えられるのは気候と農業に関する問題であろう。特に気温の上昇により地球の気候を決めている地球大気の循環が変わりその結果現在の気候条件の基に成り立っている農作物の適地適作の状態が、気温の変化、雨量あるいは降水パターンの変化によって大きく変わっていくことが予測されるからである。

炭酸ガスによる影響についての初期の検討段階では大気中炭酸ガスの増加は植物の炭酸同化作用を活発にし気温の上昇とあいまって農作物の収穫量を増加させ、また気温の上昇は植生の北限をより高緯度に拡げるという考え方が唱えられた。しかし炭酸ガスによる影響は過大な温室効果によって今やそのような好ましい傾向をはるかに凌駕した苛酷な気象条件となって現れ、それが頻繁に起きるとの見方が有力である。また早魃や集中豪雨といった異常気象による被害が発生する以前にお

いても、気温の上昇に追従し順応していけない農作物が出て、その収穫が激減することも予測されている。

現在の地球科学あるいは気候学の知見では何時頃までにどの程度の温度上昇が起き、どの程度気候が変化するかについて確定的なことは言えない状態であるが、多くの学説によれば異常気象の発生頻度は気温の上昇と極めて密接な関連を持ち、地球の平均温度が現在より2℃上昇した場合には地球の気候は確実に変化するといわれている。

米国の気候学者 Edmonds, Reilly等による数年前の予測では、炭酸ガスの濃度上昇によって地表の平均気温が現在よりも2℃上昇する時期は2040年である。しかし例え平均気温がそこまで上昇しなくても、気温の上昇につれ異常気象は起き易くなり、又その発生頻度も高くなっていくということが確実視されている。それは例えばここ数年続いているアフリカの早魃や1988年夏の米国中西部の大早魃、エジプトやバングラデッシュの洪水のような事態が全世界的により頻繁に起こり始めるということを意味している。

この気候変動の到来時期とその影響の程度予測をより困難、かつ不明確にしているものが、前述した炭酸ガス以外の微量ガスの今後の増加動向である。フロンについてはモントリオール議定書の発効(1989.1.1)を機にその大気中濃度の増加傾向はやがて頭打ちになり、その後緩やかな減少傾向を示すものと期待されているが、前述したように大気圏における寿命が極端に長い残存フロンの影響を無視できない。またメタン、亜酸化窒素はその発生源が炭酸ガス同様人間の生活そのものに密着しているものであり、いわば人間

が生息している全ての地域から発生しているものであるため、今後の発展途上国の人口の増加や食生活水準の向上の程度に大きく左右されることとなる。その影響の予測はなお難しい。

図一5に示すように、最近までは微量ガスの中でも炭酸ガスの温室効果への寄与が大きかった。例えば1970年代まではほぼ効果全体の50%以上を占めている。しかし最近のLacis, Hansen等の評価によれば1990年代にはこの寄与率は逆転し、2000年代には炭酸ガス以外の温室効果ガスの寄与率が55%、2010年代には59%、2020年代には63%と増加してゆく¹³⁾。米国海洋大気局地球物理流体研究所(NOAA)の真鍋主任研究員も幾つかの論文の中でこの点を強調し、炭酸ガス以外の微量ガスについての増加傾向に注意を払うよう警告を出している。

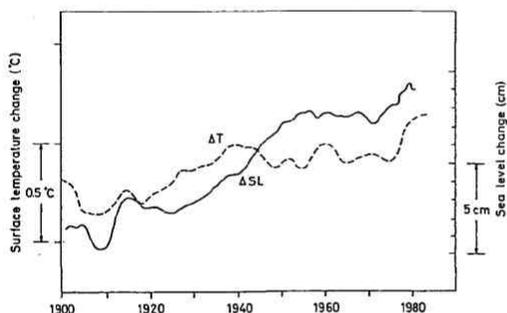
5 海洋水位への影響

大気温度の上昇による影響は気候の変化や農業地帯へのそれに止まらない。これらの問題と並んで、あるいは場合によってはそれ以

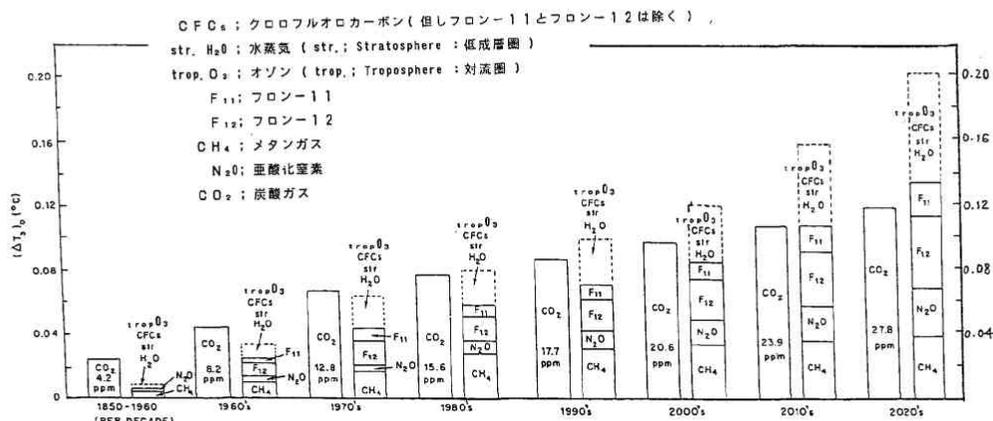
上に深刻な問題が海洋水位の上昇である。

1987年までの測定データによれば過去100年の間に約12cm海面の水位が上昇しており、現在でも年0.2~0.3cmずつ上昇が続いている¹²⁾(図一6参照)。海洋水位の上昇は基本的には海水自身の体積の膨脹と、高緯度の氷河や氷床が融解し水量が増えることの両方の原因による。

最近のUNEP・WMO・ICSU合同の委員会において出された報告によれば、今後とも現状のペースで炭酸ガスが大気中に放出されていくとした場合、2020年頃には高緯度地帯、特に北極圏の気温の上昇により地球の海洋水位は現在より50cm、2050年には140cm上昇するとされている。もっともNOAAの真



図一6 近100年の全球平均地表気温(ΔT)および平均海面(ΔSL)の上昇傾向



図一5 温室効果ガスの温室効果への寄与の大きさ

鍋主任研究員の最近の報告では高緯度地帯でも南極圏の方は気温の上昇量が少ないため、結果的に海面の上昇は70~80cm程度になるであろうと発表されている。しかし1m以下と言えども海洋水位の上昇によってもたらされる影響は重大である。これは海に面している都市（世界の大都市の大部分が港を中心にして発達してきた臨海都市である）にとっては大変な問題である。例えば日本のように主要な大都市が海に面している国では台風による高潮、地震による津波などによって著しい被害を受けることが考えられる。ましてや国土の20%弱が現在の海拔0メートルと言われているバングラデッシュのような国においては、その社会的基盤の脆弱さを考えに入るとやがては悲劇的な事態を迎えることが予想されるのである。

国連統計によれば海洋水位が1m上昇すると東南アジアにおいては約3億人がその生活圏を失うといわれている。

6 炭酸ガスの吸収と固定

良く知られているように大気に放出される炭酸ガスの主な吸収先は海への溶解と炭酸同化作用によってこれを取り込む森林である。海が莫大な容量を持つ炭酸ガスの吸収・固定先であることは広く認められているところであるが、その吸収率（例えば年間当たりの吸収量）については諸説があり学者の間でも評価が分かれている。すなはち、炭酸ガスに対する海の溶解吸収率は現状がその限界であるという説と能力的にもっと吸収されていくだろうという説がある。又、海の熱吸収、熱移動メカニズムが未だ解明されていないことも

加わり、海水の吸収量については定説がない。

一方の森林、特に熱帯樹林を中心とする植生による吸収固定であるが、最近の国連食料農業機関（FAO）の統計によると森林の伐採と伐採後の枝、根などの腐食、森林の焼失及びかって森林であった地域の地下部分における有機物の分解などにより、吸収されなくなった、あるいは放出され始めた炭酸ガスの量は、植林や植生域の拡大などにより回復しつつある吸収量より年間にして16億トン（炭素重量）上回っているという。炭酸ガスの吸収固定先と期待されていた森林地域が今や膨大な炭酸ガスの発生源に変わってしまっているのである。統計によれば化石燃料の消費により放出される炭酸ガスが年間にして52億トン（炭素重量）であるから、森林地帯から放出される量は大気に放出される炭酸ガス全体の約24%を占めることになるのである（なお、森林地帯から放出される炭酸ガスのうち80%は熱帯樹林の伐採と中南米及びアフリカにおける焼き畑によるものである）。1960年頃の世界の森林統計によれば地上には約40億ヘクタール以上の森林地帯があった。しかし前出のFAOの最近の調査によれば、それは現在は28億ヘクタール以下に減っており、しかもここ数年は急激に減り続けているという。

樹木は伐採された瞬間から三重、四重の意味で炭酸ガスの発生源になる。すなはち樹木は伐採された時点で炭酸同化作用が止まるので炭酸ガスの固定化能力を失い、伐採された樹木の大部分は、時間的な遅れはあってもやがては燃やされたり腐食したりして、固定された炭酸ガスは大気中に放出されていく。伐採後の根や枝、残材は腐食して炭酸ガスを発生し、伐採地域の土壌中の有機物は分解して

炭酸ガスを発生し始める。森林の伐採を制限することが炭酸ガスの放出低減に如何に大きく寄与するかはこれからも明らかであろう。

7 炭酸ガス問題の対策

炭酸ガスの発生は基本的には太古以来人類の営みそのものの結果であり、その発生は人類が生存している限り続くものである。しかし最近の膨大ともいふべき炭酸ガスの発生原因は特に米、ソを中心とした先進工業国の化石燃料の大量消費によるものであり、これに発展途上国の森林、特に熱帯樹林の広範囲にわたる伐採が重なった結果である。従って理屈から言えば先進工業国の化石燃料の大量消費を止め、発展途上国の森林の伐採を止めれば良いということになるのであるが、これも実施することは容易ではない。この問題は一国や特定の地域に限ってのことではないので、問題解決のためには国際的な合意と協調が不可欠である。しかしそれには社会体制、経済力、エネルギー需給構造など国情の違いによる問題があり達成は容易でない。

現実問題として現在の先進工業国の国々のエネルギー需給構造、発展途上国の今後の工業化指向、人口の増加と生活水準の向上意欲を考慮すると、炭酸ガスの大気放出を無くすることは不可能であるばかりでなく、その放出量全体を現状以下にすることさえ困難と思われる。先進国を中心とした国際的な討議の場ではこのような状況を打開するための対策として、表-3に示すような提案が今までに出されているが、これを実行するためには、明らかに先進国ばかりでなく発展途上国を含めた全ての国の協力が必要である。環境問題

の難しさは特に地球規模の問題の解決の難しさは、ここにあると言える。

表-3 炭酸ガス放出量削減のための対策

(1)	火力発電、自動車、空調・暖冷房などにおける省エネルギーの推進
(2)	エネルギー利用システムの効率向上 (熱効率、機械的・電気的効率)
(3)	化石燃料需給構造の転換 (石炭、石油から天然ガスへ)
(4)	森林、特に熱帯樹林の伐採制限と保護
(5)	発展途上国の農地・農業改良技術への協力と人口抑制政策への協力
(6)	新エネルギー供給システムの開発促進と実用化のための経済的支援措置
(7)	化石燃料による発電から原子力による発電への転換

この炭酸ガス問題に対する日本への国際的な期待は極めて高い。それは我が国が NO_x 、 SO_x 問題を始めとする大気汚染問題に関する公害対策技術や省エネルギー技術の分野において先進工業国の中で最も進んでいるからである。従ってこの炭酸ガス問題についても近い将来、技術的、経済的な寄与（森林資源の保護や農業改良技術の指導など）を果たすことが国際的な場で求められてくるものと考えられる。特に炭酸ガスの大気放出削減あるいはその低減につながる技術については、現在日本が排出している炭酸ガスの量（世界全体の5%強）に関係なく、その高い工業技術に対する期待に加え、先進工業国の責務としても大きな寄与が期待されている。

8 影響が現われる時期

各国の専門家の予測計算には多くの前提条件が含まれており、その結果は必ずしも一致

していないが、今後とも現在の増加率1.3ppm～1.5ppm/年で大気中の炭酸ガスが増加し続けるとすれば、2050年頃には産業革命前の炭酸ガス濃度の二倍の濃度となる。

そして現在より平均気温で2℃上昇した段階で気候の変動は異常気象という形で確実に現われて来るといふ。Edmonds, Reilly等の予測によれば炭酸ガスの濃度上昇だけによって平均気温が2℃上昇するのは2040年頃である。この予測の根拠となっている炭酸ガスの濃度に、前述の微量ガスの寄与を加え併せると、顕著な気候の変動は早ければ2010年代に、遅くとも2020年代には訪れるという説もある。

9 海外の動き

ここ数十年の大気中における炭酸ガスの異常な増加が主に先進工業国における化石燃料の大量消費と熱帯樹林の広範囲に亙る伐採によっていることは、統計的にもまた宇宙衛星からの観測データなどからも明らかなこととなっており、国際的な認識も一致している。この国際的な認識が具体的な形をとって最初に現われたのは1979年にWMO (World Meteorological Organization: 世界気象機関) が創設した「世界気候計画」であろう。この計画は4種の計画から成っているが、その内の一つに「世界気候影響調査計画」というのがあり、この中でWMOはUNEPと協力して炭酸ガス問題に取り組むこととなった。しかし、最初に炭酸ガスによる地球の温暖化対策を考慮した国際的な動きは、炭酸ガス放出削減の対策ではなく先ず森林の保護に対するものから始まった。

1987年11月、イタリアのベラジオで開かれた「将来の気候変動に対応する政策形成のためのワークショップ」、通称ベラジオ会議とよばれるこの国際会議における「提言」の中で“森林伐採抑制対策としての熱帯樹林行動計画 (TFAP: Tropical Forest Action Plan) の強力な推進”がうたわれた。

化石燃料の消費抑制による炭酸ガスの低減については1988年6月、カナダのトロントにおいて開かれた「大気の変動に関する国際会議」の「提言」において始めて炭酸ガスの放出削減目標と期限に関し定量的な提案がなされた。それは(豊かな)先進国における炭酸ガスの放出量を最終的には現状(1988年)の50%にすることを目標に、当面は2005年までに現放出量の20%を削減しようというものである。そしてこのうちの10%を需要側の省エネルギー努力で、残りの10%を供給側の熱効率の向上努力と燃料構成の転換により達成しようというものである。

この一ヶ月後の7月には米国議会において、炭酸ガスの放出量を削減するための法案がワース上院議員等42名の連名で提出されたがその目標はトロント「提言」よりも厳しい内容のもので、“2000年までに米国における炭酸ガスの放出量を現状より20%削減し、2015年までに現状より50%削減する”というものである。この法案あるいは同種のスタッフォード法案などが近い将来議会においてそのまま立法化されるかどうかは疑問であるが、現在の米国大統領ブッシュ氏は環境問題に対しては極めて熱心な政治家であるので、これらの提案とは別に何らかの施策をまず米国内を対象に行うことが考えられる。

1988年11月、スイスのジュネーブで「WM

O/U N E P 政府間パネル」IPCC(Inter-governmental Panel on Climate Change)が開かれた。

ここでは地球温暖化の対応策として単に炭酸ガスの放出量を削減するというばかりでなく、森林の保護、土地利用の改善策なども盛り込まれている。また対策の対象とする温室効果ガスも炭酸ガスだけでなく、フロン、メタン、亜酸化窒素、オゾンなど他の微量ガスも挙げられており、内容も技術的な対策に限定せず、法的な規制に関するものも平行して検討されることになった。IPCCではこの会議の席上、これらの対策のための活動をより具体化するため、内部組織として「科学的知見の評価グループ」、「環境上及び社会的、経済的影響の評価グループ」、「対応策の定式化グループ」の三つのワーキング・グループを設置し作業を進めることにしており、これらグループの作業の成果は1990年11月に予定されている第2回世界気候会議に反映されることになっている。

このIPCCとほぼ同じ頃、西独ハンブルグにおいて国際環境会議「Climate and Development」が開催された。この国際会議における宣言として主催者側が用意したハンブルグ宣言“The Hamburg Manifesto”の草案(参加者の同意が得られなかったため、結局これは宣言として成立しなかったが)の中で、地球の温暖化を抑制するための最大の方策は炭酸ガスの放出削減であることを第一に強調しており、目標としてその放出量を2000年までに現状の30%、2015年までに現状の50%を削減することを提案している。これは「トロント提言」あるいは「ワース法案」で提示されている削減目標値より、より厳しいもの

である。これら提案された炭酸ガスの放出削減量を比較したものを図-7に示す。

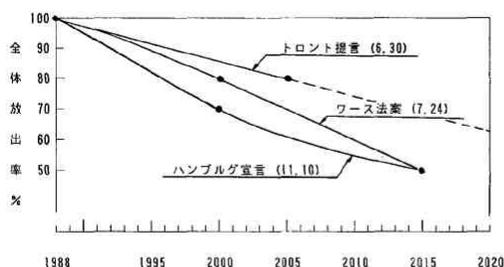


図-7 1988年中に提案された炭酸ガス放出量の削減目標(本図は筆者が提案された数値を基に作成したものであって、図そのものは公けに作成されたものではない。)

しかし、この会議で特に印象的であったのはこの炭酸ガス放出削減手段の一つである森林、特に熱帯樹林の保護と伐採制限に対して、森林地帯を持つ発展途上国の参加者から出されたコメントである。意見はどれもそれぞれの国情に基づいて発言されたのであるが、これらを聞いて思い起こされるのは、『彼等は生きるために環境を酷使し、貧しいが故に環境を破壊せざるを得ないのだ』という言葉である。これは1984年国連に出来た「環境と開発特別委員会」、一般に「ブルントランド委員会」と呼ばれている委員会が1987年に提出した報告書“*Our common future*”の中の一文であるが、事態は改善されるどころか、ますます悪化の方向をたどっていることが伺われた。

先進各国がこの炭酸ガスによる地球温暖化の問題を如何に重要に捉えているかということは最近頻繁に行われている国際会議やその際の「提言」などからも明らかであるが、当初この炭酸ガスの問題は米国が中心になって論議がなされ対策が提案されてきた。米国は

炭酸ガス増加の結果もたらされる影響、特に自国の農業生産地域への影響と森林資源への影響（米国の国土の30%を占めている森林地帯に自生している樹木のうちカエデやアメリカツゲなどは気温の上昇に耐え切れず枯死すると言われている）及び海洋水位の上昇を強く懸念しており、対応としてまず自国における炭酸ガス放出低減対策を率先して行なう姿勢を示している。これと共にWMO（World Meteorological Organization：世界気象機関）あるいはUNEP（United Nation Environment Programme；国連環境保護計画）、ICSU（International Council of Scientific Unions；国際学術連合）などの国際機関を通じて森林、特に熱帯樹木の伐採制限と発展途上国における人口の抑制を重要な課題として訴えている。

国際的な場においてはイデオロギーの立場の違いを越え、ソ連も同じ化石燃料の大量消費国としてこの米国の考えに同調している。どちらかと言えばこの炭酸ガスによる地球温暖化の問題では先進各国の足並を揃えることは困難ではないが、その他の国々、特に発展途上国の同意と協力を求めることが極めて困難な状況にあると言えよう。

10 発展途上国の問題

エネルギー問題と環境問題は深い繋がりがある。正しくは環境問題の背景には常にその国の地域固有のエネルギー事情があると言わなければならない。

現在の世界は一部の先進工業国以外は、従来の化石燃料による熱エネルギーの直接利用から化石燃料による電気エネルギーの比重を

高めて生活向上を志向している国々、膨大な人口を抱え化石燃料以外にエネルギー供給手段を持たない国々、あるいは森林の伐採・輸出を国の主な経済としている国々、森林地帯を切り開き、焼き畑農業以外に食料を得ることが困難な国々、薪を日々の主なエネルギーとする零細な生活を強いられている人々の多い国々などである。

国連の統計によれば現在は世界的なエネルギー危機にあるという。その内最も不足しているのは何億もの人々の日常の生活を支えている薪であるという。統計はこれが世界で最も深刻なエネルギー危機であると語っている。

「現在、ヒマラヤ北方の女性の一日に費やす“薪集め”の時間は4～7時間にも達する。そして毎日の煮炊きに必要な薪が十分に手に入らないため食事を一日二回、日によっては一日一回にしている。また食べ物に充分火を通さないで食べさせるため乳幼児が消化不良を起こし、栄養摂取が不十分なまま病死するケースが多い。（「破壊される熱帯林」より）

この引用例は、あるいは世界のエネルギー事情の現状を説明するのに適当なものではないかも知れない。しかし現状のまま事態が放置され、対策が施されない限り、薪を主なエネルギーの供給手段としている人々にとって事情は似たようなものになって行くであろう。2000年にはこのような状況で生活せざるを得ない人々が20億を越えると国連では予測している。

この炭酸ガス問題の対策を実施するためにはかかる生活環境におかれている人々も例外に置くわけには行かなくなるのである。

我々は炭酸ガス問題による危機を訴え、環

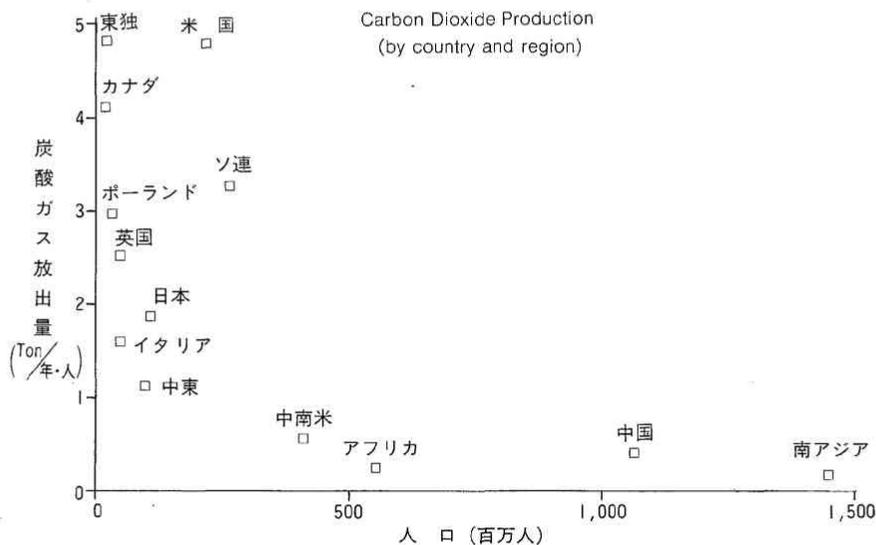
境保護の協力を求めようとしている。しかし訴えるあるいは協力を求める前に我々はその対象とされている国々のエネルギー事情をどうしても知っておかなくてはならない。

発展途上国の森林の伐採はその国の人々にとって生活の基礎そのものとなっているケースが多い。従って炭酸ガス放出量の有効な削減手段である森林の保護を求めることは彼等の生活そのものを抑制することに直接結び付くのである。地球の環境を保護する、あるいは気候の変動を避けるという理由の基にエネルギーの消費を抑え炭酸ガスの放出を抑制することが出来るかも知れないのは、現実問題として一部の先進国だけなのである。

11 対策の展望^{2),3)}

炭酸ガスについては近い将来、まず先進各

国に対してその放出量（又は削減量）に関する値が設定されることになるであろう。そしてそれに引続いて、あるいはそれと平行して関係各国に対し石炭など化石燃料の使用量制限の勧告が出され、これは主として発展途上国になるであろうが、森林の伐採制限の要求が出て来るであろう。しかし前述した理由からその同意を取りつけることは容易ではない。この問題の解決のためには技術的な対策とともに政治的な対策が必要であることは明らかであるが、「しようとするれば何とか出来る」国が「したくても出来ない」国に協力を要求してみても、あるいは対策の実行を迫ってみても問題は容易に解決しないであろう。当面は先進各国の国際協定に基づく炭酸ガスの放出削減だけとなるであろう。炭酸ガス放出量を削減するための施策を強要すれば国際的な炭酸ガス問題の解決のための場はそのま



図一 国又は地域ごとの人口とその一人当たりが一年間に放出する炭酸ガスの量
(炭酸ガス放出量は炭素重量(Ton)で表示)

出典：P.H. Gleick：Global Climatic Changes and Geopolitics, Pressures on Developed and Developing Countries.

ま南北問題討議の場となり、結局は先進工業国、発展途上国それぞれの国民の生活水準をどの辺に置くかといった議論になっていくことと思われる。対策に関する国際的なコンセンサスの見通しは決して明るくないのである。

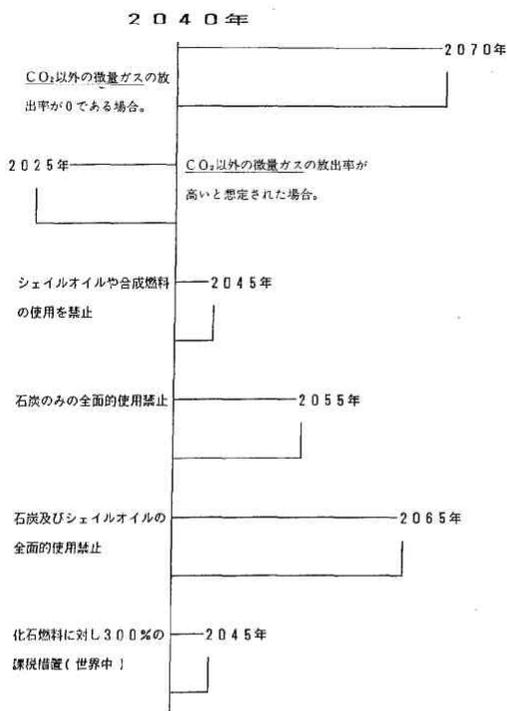
特に発展途上国の中でも莫大な人口を抱えている中国とインドを中心とした南アジア地域に対しては、この問題に関して人口の抑制対策を優先して実施することが要求されるかも知れない。この炭酸ガス問題で関係者が最も憂慮しているのは今後の中国とインドそれにブラジルなど中南米の人口の増加動向である。中でも中国の場合は人口が多いばかりでなく国として工業化を目指しており、当面そのためのエネルギー源として石炭の大量使用が考えられているからである。

図一八は国又は地域ごとの人口とその一人当たりが一年間に放出する炭酸ガスの量を示したものであるが、この図からも如何に中国やインドの今後の動向が重大視されるようになったかは明らかであろう。

1980年代の「炭酸ガスによる問題」は1990年代には「炭酸ガスおよびその他の微量ガスによる温室効果問題」に変わっていくであろうが、何れにしる炭酸ガスの放出抑制と削減が対策の中心であることは変わらない。しかし最大の問題は対策のために残された時間が多くないということである。影響が現れるのは21世紀であってもそのための対策は20世紀中(1990年代)に行わなくてはならないのである。

図一九は化石燃料に対する政策上の措置により地球の気温の上昇時期をどの程度延長出来るかを検討したものである(Seidel and Keyes; Can we delay a greenhouse warm-

ing? EPA (Sep. 1983) より引用)が、この図一八、図一九および今までに公表された文



図一九 政策上の措置による地球平均気温2°C上昇時期(2040年)の延長

出典: Seidel and Keyes; Can we delay a greenhouse warming? EPA, Sep. 1983

献、資料で判断する限り、炭酸ガスを始めとする微量ガスの温室効果による気温の上昇、そしてそれによる地球の気候への影響は多かれ少なかれ避けられないことと思われる。従って残されている選択は、地球全体が過酷な気象条件と生活環境を早期に迎えるか、少しでも状況を緩やかなものにしてその到来を遅く迎えるかということになるであろう。もし後者を選択しようというのであれば、先進工業国の化石燃料の消費制限、エネルギー需給構造の転換は当然のこととしても、発展途上国、特に膨大な人口を抱えている中国やインド、また広大な熱帯樹林を有しているブラジ

ルや東南アジアの国々に対して対策の協力を求めて行かなくてはならないことは明らかである。しかしこれらの国々は恐らくその時点においても、その為に必要とする経済力も、あるいはエネルギー需給構造の構築に対する技術力や社会的基盤も有していないと思われる。従って最終的には日本を始めとする先進工業国がそれまでに築きあげ蓄積した技術や資金を（場合によれば無償で）これらの国々に与えることが必要になるかもしれない。このような発想は現在の世界の政治体制、経済体制を考えると理想論というより夢想論と言うべきかも知れないが、しかしもしそれがこれらの国々の先進国に対する協力の前提とされた場合、そしてそれ以外に協力を得る道がないという状況になれば、この理想論は現実論に変わらざるを得ないであろうと思われるのである。（こんたに けんいちろう 主管研究員）

参考文献

- 1) 「The Global Carbon Cycle」
(B. Bolin, E. T. Degens, S. Kempe, P. Ketner Edition Scope 13)
- 2) 「地球の未来を守るために」
(環境と開発に関する世界委員会；監修 大来佐武郎 福武書店)
- 3) 「21世紀の地球環境 一気候と生物圏の未来一」
(高橋浩一郎, 岡本和人 編著 NHKブックス 525)
- 4) 「Global energy and future CO₂ emissions; 13th Congress of the World Energy Conference '86. 11」
- 5) 「核及び非核エネルギーの環境への影響 評価 ～データに基づく各種エネルギーの相対比較～」
(岡本和人 著 日本原子力情報センター)
- 6) 「Energy in Transition 1985～2010」
(Final Report of The Committee on Nuclear and Alternative Energy Systems. The National Research Council)
- 7) 「昭和63年版 環境白書 一地球環境の保全に向けての我が国の貢献一」(環境庁編)
- 8) 「気象研究ノート第160号 (1987)；『炭酸ガ斯特集』」
(日本気象学会)
- 9) 「二酸化炭素の蓄積による気候変動と資源問題に関する調査報告」
(科学技術庁資源調査会報告 第92号 昭和59年1月24日)
- 10) 「Changing Climate 一Report of the Carbon Dioxide Assessment Committee一」
(National Academy Press. Washington, D. C. 1983)
- 11) 「地球規模の環境問題を考える」
(公害資源研究所第20回研究講演会資料 助日本産業技術振興協会)
- 12) 「Thermal expansion of sea water associated with global warming」
(T. M. L. Wigley, S. C. B. Raper Nature Vol. 330, 12 November 1987)
- 13) 「The Changing Atmosphere 一Dahlem Workshop Reports一」
(F. S. Rowland, I. S. A. Isaksen A Wiley-Interscience Publication)

研究所のうごき

(昭和63年10月1日～12月31日)

◇ 評議員会開催

第9回評議員会

日 時：11月29日(金) 15:00～17:45
場 所：経団連会館(9階)クリスタル・ルーム
議事次第

1. 昭和62年度事業報告および収支決算
2. 昭和63年度事業計画および収支予算
3. 「エネルギー利用と地球環境問題について」(報告 大塚益比古エネルギー技術情報センター長)

◇ 月例研究会開催

第56回月例研究会

日 時：11月25日(金) 14:00～16:00
場 所：大和生命ビル(22階)スカイホールA
議 題：

1. 原子力発電のPAについて(資源エネルギー庁公益事業部原子力発電課長 横江信義氏)
2. 深層天然ガスに関する海外動向について(プロジェクト試験研究部主管研究員 中野重夫)

第57回月例研究会

日 時：12月16日(金) 14:00～16:00
場 所：幸ビル(13階) 1303会議室
議 題：

Recent Topics in Risk Perception Studies
(リスク認識に関する最近の研究動向—公衆はリスクを心理的にどうとらえているか)(ワシントン州立大学 社会心理学 Dr. Eugene A. Rosa, Dr. Randall R. Kleinhesselink)

◇ 主なできごと

- 10月4日(火) 新シーズ委員会(第1回)開催
5日(水) 軽油低硫黄化調査委員会(第1回)開催
12日(水) 無停電電源装置信頼性等評価委員会(第2回)開催

- 21日(金) SPS委員会(第2回)開催
25日(火) 新シーズン委員会(第2回)開催

- 27日(木) 電源計画手法検討委員会(第4回)開催

- 11月7日(月) 電気自動車用電池検討委員会(第1回)開催
FBR新技術F/S検討委員会(第1回)開催
石油コージェネレーションシステム最適化調査委員会(第2回)開催

- 8日(火) 石油トータルエネルギーシステム普及推進調査委員会(第2回)

- 24日(木) 運転自動化関連技術調査委員会(第1回)開催

- 12月5日(月) 新シーズ委員会(第3回)開催
8日(木) 分散型新発電技術実用化実証研究調査委員会(第2回)開催

- 12日(月) 電気自動車用電池検討委員会(第2回)開催

- 23日(金) 運転自動化関連技術調査委員会(第2回)開催

◇ その他

拡大ST部会の開催

日 時：昭和63年12月7～8日 午前9時～午後5時

場 所：虎ノ門パストラル

概 要：スーパーコンピュータ利用の現状と将来—シミュレーション技術の高度化に向けて—をテーマとして、パネルディスカッションを含む拡大ST部会を行った。

第3回確率論的安全評価(PSA)に関する国内シンポジウムの開催

日 時：昭和63年12月19～21日 午前9時～午後5時

場 所：虎ノ門発明会館ホール

概 要：PSAの応用、ヒューマンファクターと人間信頼性解析等を内容とするPSAシンポジウムを行った。

海外出張

- (1) 蓮池宏研究員は、「天然ガス自動車国際会議 参加および天然ガス自動車開発利用動向調査」のため、10月19日から11月3日の間、オーストラリア、ニュージーランド、インドネシアに出張した。
- (2) 白江孝俊主任研究員は、「1988 Fuel Cell Seminar 参加および燃料電池開発動向調査」のため、10月22日から11月4日の間、アメリカに出張した。
- (3) 紺谷健一郎主管研究員は、「国際会議：Climate and Development参加およびエネルギー環境問題調査」のため、11月2日から11月17日の間、西ドイツ、スウェーデン、イギリスに出張した。
- (4) 高倉毅主管研究員は、「The 9th International Electric Vehicle Symposium 参加およびEV開発動向調査」のため、11月12日から11月25日の間、カナダ、アメリカに出張した。
- (5) 大久保克彦主任研究員は、「高度負荷集中制御システム等に関する調査」のため、11月12日から11月27日の間、アメリカに出張した。
- (6) 池松正樹主任研究員は、「コージェネレーションシステムに関する調査」のため、11月19日から12月4日の間、イギリス、スウェーデン、スイス、西ドイツ、フランスに出張した。
- (7) 太田昭司主任研究員は、「分散型電源の系統連系に関する調査」のため、11月20日から12月2日の間、アメリカに出張した。
- (8) 大河内一男副主席研究員は、「地球環境問題とエネルギー政策に関する調査」のため、12月6日から12月16日の間、アメリカに出張した。

季報エネルギー総合工学 第11巻第4号

平成元年1月20日発行

編集発行

財団法人 エネルギー総合工学研究所

〒105 東京都港区西新橋1-14-2

新橋SYビル(6F)

電話 (03) 508-8891

無断転載を禁じます。(印刷) 和光堂印刷株式会社