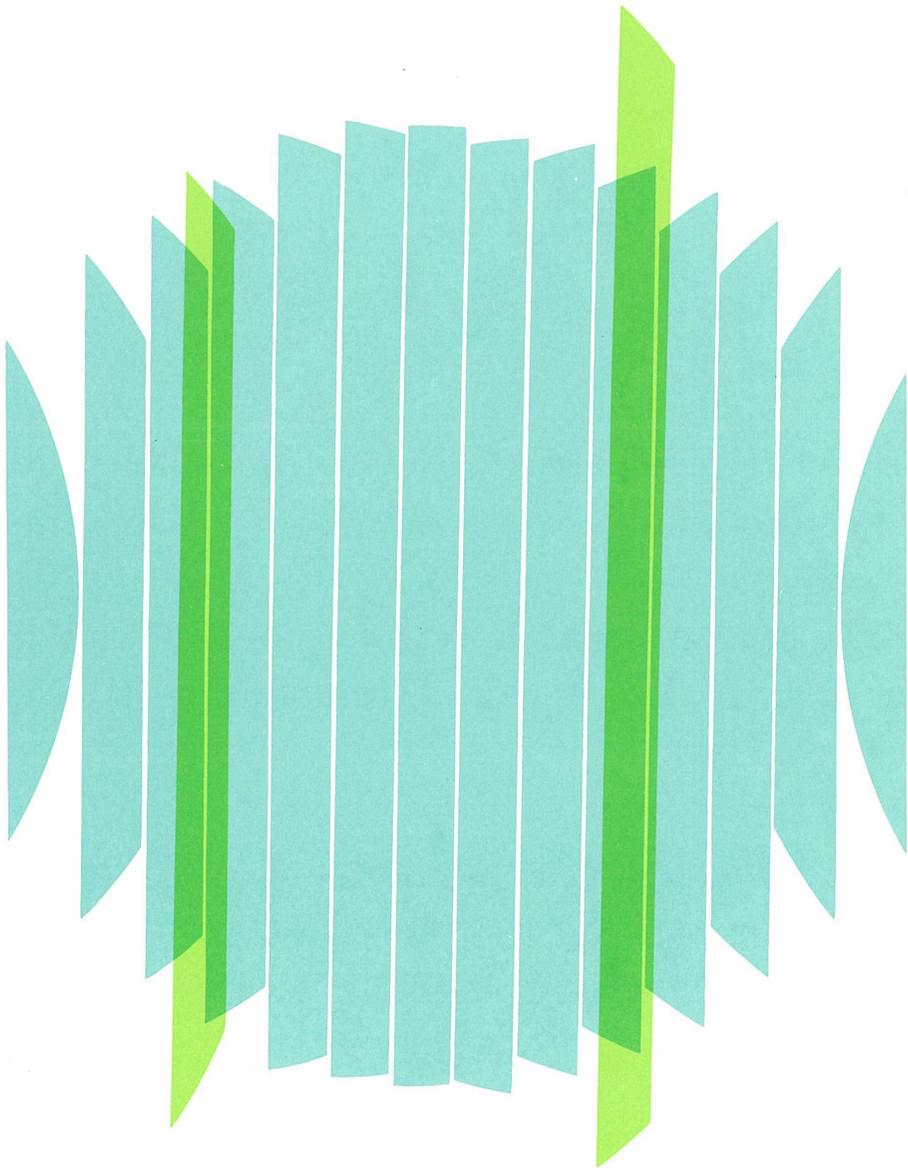


# 季報 エネルギー総合工学

Vol. 16 No. 4 1994. 1.



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

# 目 次

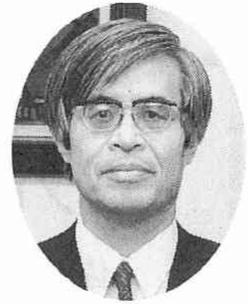
【巻頭言】 創造的破壊 —変革への挑戦— .....資源エネルギー庁長官官房審議官 並 木 徹	1
【座談会】 「新水素エネルギー実証技術開発プロジェクトの進め方について」 佐々木 宜 彦 伊 藤 正 昭 岡 本 眞 實 國 松 敬 二 松 井 一 秋 浅 見 直 人 栗 原 史 郎	2
【寄稿】 新水素エネルギー実証技術開発計画について	渡 邊 昇 治...25
【寄稿】 天然ガス検討会LNG分科会中間報告(案)の概要について	甲 斐 宗 太...32
【調査研究報告】 CO <sub>2</sub> 回収・処理技術のシステム評価	加賀城 俊 正...42
【調査研究報告】 メタンハイドレートに関する海外の研究開発動向	寺 崎 太二郎...52
【調査研究報告】 大阪電気自動車コミュニティーシステム事業の現状	植 村 卓 司...64
【海外出張報告】 ベラルーシにおける放射能汚染状況と対策	和 達 嘉 樹...71
【随想】 エネテクトリーム21 (その6) 「人事を尽すための5つの“つぼ”原子力電源信頼性向上対策の体系」	与志耶 劫 紀...79
【訪問記】 関西電力(株)宮津エネルギー研究所 研究所のうごき	I A E女性研究員取材チーム...92 .....98
編集後記	.....102

# 巻頭言

## 創造的破壊 —変革への挑戦—

通商産業省資源エネルギー庁

長官官房審議官 並木 徹



〔激動の90年代を経て21世紀への期待〕

変化の脈動が世界を揺り動かしている。東欧、旧ソ連、中東… そのいきおいは留まるともみられない。本年は、イスラエル・パレスチナの和解が行なわれるとともに、日本でも連立政権が誕生するに至った。

わずか数年前には考えられなかったこのような変化が、今後も生じるのであろうか。

民主化、自由化、生活の向上への期待は、情報化の進展と対応して、それを封殺することを不可能としているが、一方で民族紛争とか過度の対立への懸念も生じている。

〔技術革新と産業基盤の確立〕

さて、我が国としての対応はどうだろうか。

先般、首相の諮問機関である経済改革委員会（平岩委員会）が規制緩和に関する中間とりまとめを行なった。この委員会への内外の期待は大きい。この中間とりまとめにおいても「聖域」を認めず、国際環境、技術革新への対応を求めたものとして高く評価されるものである。

我が国は、今後国際経済社会での貢献が求められるが、一方で、高齢化時代への対応、製造業の弱体化への懸念、社会基盤整備の必要性等多くの課題を抱えているところでもあり、同委員会の検討に期待するところである。

〔エネルギー分野における挑戦〕

地球環境問題と経済成長を両立させながら、エネルギーの供給を進めて行くことは至難な課題である。

経済、生活の基盤ともいべきエネルギー環境問題については、グローバルな視点が重要であるが、原子力、新エネルギー、省エネルギー、環境、安全対策における我が国の技術への期待は極めて大きい。21世紀に向けた我が国の技術開発、技術移転についても必ずしも従来の延長に留まらない提案と挑戦が必要ではなかろうか。

## 座 談 会

# 新水素エネルギー実証技術開発 プロジェクトの進め方について

- 佐々木 宜 彦 (資源エネルギー庁公益事業部技術課長)  
伊 藤 正 昭 (新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)理事)  
岡 本 眞 實 (東京工業大学原子炉工学研究所教授)  
國 松 敬 二 (イムラ・ジャパン(株)取締役社長)  
松 井 一 秋 (㈱エネルギー総合工学研究所新水素エネルギー実証研究センター長)  
浅 見 直 人 (㈱エネルギー総合工学研究所新水素エネルギー実証研究センター  
プロジェクトマネージャー兼新水素エネルギー実証ラボラトリー長)  
司会 栗 原 史 郎 (㈱エネルギー総合工学研究所プロジェクト試験研究部長兼企画部長)



### 1. プロジェクト発足の意義と研究開発の動向

**司会** 本日は大変お忙しいところをお集まりいただきましてありがとうございます。

きょうは、新水素エネルギー実証研究の今後の進め方、これまでの経緯などにつきまして皆様のご意見を賜り、そして、今後の将来展望ということにまで話を発展させていただきたいと思います。

では、まず初めに資源エネルギー庁技術課長の佐々木様のほうから、本プロジェクトの目的・意義などに関しましてお願いしたいと思います。

**佐々木** それでは、皮切りにこのプロジェクトの目的・意義についてお話ししたいと思いますが、もうご案内のとおりですけれども、1989年にフライシュマン・ポンズ両博士が、重水素中に陽極にパラジウム、陰極にプラチ

ナを用いて電気分解をすることによって過剰熱が発生するという発表を行ってから約5年になります。

この現象そのものがいわゆるコールド・フュージョンであるかどうかというようなことがいま大変議論になっているわけです。これを私どもの資源エネルギー庁の国家プロジェクトで取り上げてみようという一つの意義は、従来、技術開発の国家予算の考え方は、ある一定の理論が確立している現象について、その現象再現を積み重ねながら、実証研究を行い工業的な利用開発の技術というものを構築していくというのが基本的なプロジェクトへの取り組みパターンだったと思います。今回は、理論的な機構解明はともかく、現象が起こっているという事態があり、現象から理論の解明が必要であり、さらにその現象が工業的に技術化、利用ができるかどうかというプロジェクトですから、やや従来の国家プロジェクトの取り組み方とは違う行き方をとっているという意味では、新しい技術開発への取り組みといえます。しかも、この現象そのものの科学的な機構解明ということが、学会でも議論が行われているというところでもあり、そういう意味で壮大な技術開発チャレンジに国家プロジェクトとして挑んでいるといえます。今後の国の技術開発のあり方を考える上で一つのモデルケースになるのではないかがまず第一点であります。

2つ目は、当面、このプロジェクト遂行により、こうした研究分野にある一定の糸口を与える、あるいは、一定の見極めをつけてみようという、先導的な取り組みであるということも、従来の技術開発への取り組みとは多少異なるスタンスではないかと思えます。



佐々木 宜彦氏

(資源エネルギー庁公益事業部技術課長)

私どもの資源エネルギー庁のポジションから申し上げますと、現象自身がコールド・フュージョンであるかどうかという研究目的よりも、むしろこうした過剰熱の発生現象そのものが、いわゆるエネルギーとして将来われわれの財産になり得るのか、これをほんとに工業的に利用できるのかということが基本的なこの研究開発の目的・意義になります。当面、水素の新しいエネルギー利用形態というものの見極めをつけたいというのが正直なところではあります。

このプロジェクトは将来、非常に大きな世界共有の財産になるかもしれません。そういう意味で、日本が先駆けてこうした国家プロジェクトとしてこの問題を取り上げていくことによって歴史的な意義もたらされる可能性もある。また、日本のエネルギー問題のバーゲニングパワーになるかもしれない、あるいは将来、世界のエネルギー情勢、エネルギー問題に対しての貢献という可能性もあると、こういうふうにご考えております。

司会 どうもありがとうございました。

それでは、引き続きまして、この新水素エネルギー研究のこれまでの沿革ということに関

しまして、学会の立場から東京工業大学の岡本先生のほうからお願いしたいと思います。

**岡本** 水素エネルギーというのは、私も前から非常に興味ある分野でして、皆さん御存知のように、水から酸素と水素をつくって、それを燃やせばまた水に戻る。燃やせば熱、燃料電池のような形をとれば電気になる。エネルギーを途中でいただいて、またもとの原料に戻る。それだけのことを考えると、原理的に極めてクリーンなエネルギーソースだと思います。

もう一方を見ると、地球は水どぶづけの唯一の惑星ですから、地球の一番多い資源は何か、それは水です。これは本当に無尽蔵な資源で、その中に軽水素と重水素が入っている。それを、いま申し上げたような、酸素、水素をつくってエネルギーを得てまた戻すというのは、言うなればケミカルなエネルギー在庫ということととらえられます。

このサイクルは非常に興味があって魅力的なわけですが、実は、水を壊して酸素と水素にするところのエネルギーはどこから持ってくるか、これがいま勝負なのです。それで、太陽の光を水に当てて直接分解生産物として水素をつくる。あるいは、現実論的に言うと、原子力の、いまの軽水炉のタイプではないかもしれませんが、高温炉をつくって、その高いガスの温度で水を分解して酸素と水素にする。あるいは、熱分解方式という非常にソフィスティケートされた素晴らしい方式があるのですけれども、それは、それ自身がやはり一次エネルギーとしての熱をもらわなければいけない。そういうことで、いま、少なくともエネルギー関係として水素では非常に話題になっているところだと思うのです。



**岡本 眞實氏**

(東京工業大学原子炉工学研究所教授)

資源が無量大だということもありますし、クリーンだということもあるのですが、その水素と酸素というもののうちの水素をエネルギーソースと考えたときに、もう一つのやり方に、具体的に言えば核融合——水素と言うよりは水素原子と言ったほうが正しいのですが、その原子の持っている核力を開放してつかまえてくる。これが軽い原子核を結びつけて少し重いものをつくる。そのときの過剰エネルギー、要するに開放されてくるエネルギーが核融合エネルギーになるわけです。

したがって、今度、そういう新しい見方というか、水素のエネルギーという化学エネルギーに対して、次のエネルギーソースとしての核融合については、プラズマ核融合という巨大なプロジェクトが走っておりまして、その核エネルギーを利用できる。それまでが、われわれがもう手をつけてしまって、ある開発段階にあるという意味では、コンベンショナルなコンセプトなわけです。

高温核融合——プラズマ核融合——のほうはいまだにまだエネルギーを出すところを保障するまでには行ってませんけれど、一種の

コンベンショナルな、技術的な問題はたくさんありますけれども、物理としてはわかっていることをやっている。それから、水素サイクル、化学サイクルも、化学あるいは物理としてはわかっている。そういう水素を原料とするときの新しいエネルギーソースの形態としてこの新水素エネルギープロジェクトというのとはとらえられているのだらうと思います。

したがって、それは核融合反応なのか、あるいは別の、われわれがまだ認識していないプロセスによるものなのかはこれから極めるべきことであって、それに発端から4年強の間進んできたわけです。

その間、幾つかの段階を経てやってきたわけですが、最初の、佐々木課長から紹介があった、フライシュマン・ポズ両教授による過剰熱ということが発端になっているわけですが、サイエンスのほうから見た場合には、その後の約5年間というのはやはりいろいろ進歩といいますか、変遷がありまして、現在では、その途中でいろいろ言われた——マスコミ的にも言われたし、あるいは学会としても、非常にナンセンスな話だから面白いというところまで幅広い議論を呼び起こしたわけです。かなりの部分で、確実と言いますか、正確なフェーズ、要するに、落ち着いて着実に現象を見ようとするフェーズが展開されてきたと思います。要するに、整理されるものは整理されて、議論の対象にできる正確な情報あるいはデータというものに基づいて議論が始まったのがこの2年ぐらいかと思います。わずか約5年間の歴史ですから、沿革的で細かくなってしまいかもしれませんが、質の上ではそういうように見て取れると思います。

したがって、こういう物理あるいは化学がわかっていないところから国家プロジェクトとして推進を図られるということは、日本の一番の弱点である基礎研究、世界の基礎研究に対して日本が大きく貢献できるフェーズではないかと思います。

これがもっと進んだ後で、高度化とか、経済性の議論にまで行ってからの話であればいままでと全く同じですから、それ以前の萌芽期においてこういうプロジェクトを組まれたということは非常に意義があるのではないかと考えております。

沿革といっても、短い歴史ですので、質的な話だけにしておきたいと思います。

## 2. プロジェクトの研究開発体制

**司会** どうもありがとうございました。以上で、イントロと言いますか、このプロジェクトがどういう経緯で組まれてきたかおわかりになったと思います。

次に、そのナショナル・プロジェクトをどういう体制で進めていくようになっているのかということですが、このプロジェクトは国の補助事業というものと民間事業というような二つの体制がございます。その辺の全体的な見通しを佐々木課長のほうからお願いしたいと思います。

**佐々木** いまお話がありましたように、このプロジェクトの進め方として、いろいろ多方面の研究ネットワークというものを構成して進めていこうということです。これもいままでの研究推進のあり方に対し先進的な取り組みをしているのではないかと思います。平成5年度から立ち上げをいたしまして、概ね4

年間でとりあえずの目処をつけたい。総額、官民合わせて40億円程度の規模を想定いたしておりますが、国の予算というのは毎年毎年財政当局と交渉をして進めていく話でありますので、必ずしも4年間でということがもうリジットでこれは動かせないというものではありません。

まず、国の事業につきましては、まず当初の2年間でこの現象の再現性というものを確認することを中心に進めていく。次の後段の2年間は、最も効率のよい熱の取り出し方式を見極めまして、どういう形で工業的利用可能な熱の取り出しができるのか、その辺を見極めてみたい。したがって、前段の2年の成果を踏まえて、きちんと評価し、その上で次の計画を練っていきたいと考えております。

プロジェクトの推進は、集中研究方式をとりまして、研究員の方々が実際に研究現場でプロジェクトを推進していただくような体制を組みたいと思っております。

一方、基礎的な現象機構の解明という非常に科学的なアプローチについては、大学側の研究支援を得たい、またこのネットワーク構成をしたいと考えておりますが、その資金については、民間企業からの協力を仰ぎたいという考え方で進めております。

**司会** それでは、国の補助事業に関しましては新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）のほうで集中的に開発をされるという体制になっておりますので、NEDOの伊藤理事のほうから全体的な開発体制についてお話をいただきたいと思えます。

**伊藤** 私は、この新水素エネルギーについて、約5年前にフライシュマン・ボンズ両教授の発表以来、大変興味深く注目をし、また何人



伊藤 正昭氏

(新エネルギー・産業技術総合開発機構)  
(NEDO) 理事

かの先生のお話も伺ってまいりました。それがまさか私の担当になろうとはと、極めて奇縁でもございます。いま佐々木課長のお話にございましたように、このプロジェクトは全体としては約40億円規模、そのうち、国の補助事業として、いまのところ見積りでは30億円を4年間ということになっております。

この分をNEDOはお引き受けいたすわけですが、NEDOとしましてその開発体制についてご案内のように、NEDO自身が直接やるということとはなかなか体制上困難でございますので、まず私どもとしましては、諸先生方にご参集いただきまして、この新水素エネルギーの研究推進委員会というものを設置いたしました。石井威望先生にも引き続きご尽力を頂戴いただいておりますが、併せて諸先生並びに民間会社の幹部の方々にもご参加いただいております。

それから、その過程で、2年後に、一大評価があるわけでございますけれども、その間でもいろいろな評価をしながら、結果のレビューをしながら進めていく必要があろうということから、この研究推進委員会に並びまし

て、開発調整推進委員会——いささか長い名前でございますが、研究・評価というものを重点にした委員会を、先生方を中心といたしまして設置いたしました。

また、実際に研究を推進するための、計画、立案、実行を効果的に進めるために、核になる小人数の先生方にお集まりいただきます実証研究の推進委員会というものを下部に設置いたしました。

このスキームがNEDOとしての開発体制になろうと思いますが、そのほか外国との情報交換、あるいは国際共同研究といったような、国際交流を進めるため、NEDOはただいまは米国・電力研究所（EPRI）との国際共同研究ができないかということをお打診しつつございます。EPRIも大変乗り気でございますし、これはNEDOが直接EPRIと覚書の形でやっていくようなことになろうと思いますが、こういうことで国際交流を進めることがチャンネルとしてあると思います。これは、ただいま佐々木課長のおっしゃる、いろいろなネットワークを活用するということの一環としてこういうことを進めたいと思います。

加えて、実際に実行していただきますことに関しまして、先ほど申し上げましたように、NEDOの体制からして、やはり委託をお願いしなければならないと思います。かねてより関わってまいりましたエネルギー総合工学研究所へ私どもは委託をお願いして、そこで実行的なことの集中研究、および民間事業との情報交換をここの場でぜひお願いしたいと思っております。

なお、実証研究の推進委員会の場では、実際に委託先で中心となっていたらいい、

今日ご出席の浅見さんをお願いをいたしまして、これを実効的に、あるいは効果的に、効率的に進められるようなタスクもお願いいたしております。

**司会** どうもありがとうございました。

では、ただいまNEDOのほうから業務の一部を委託ということで、受託先になりますエネ総工研の松井センター長のほうから、どういう体制で開発を進めていかれるかということをご説明いただきたいと思います。

**松井** いま、全体のプロジェクトの開発体制について佐々木課長並びにNEDOの伊藤理事のほうからお話があったわけですが、実際実行する場としては私どもの研究所ということで、11月1日付けで所内に新水素エネルギー実証研究センターという機構を設置いたしました。不肖私とそのセンター長ということで、このプロジェクトの面倒を見るようにということになり、11月1日付けで就任しております。

このセンターの当研究所の中での位置づけは、このプロジェクトを推進するべく特別に設置したセンターでございまして、このセンターを中心に実際の実験のラボラトリーを設置して、そこで当面の課題である熱発生再現性の確認を、たぶん2年間——実質的には1年半もない状況だと思っておりますが、その間に集中的に取り組んで実施するということが、当面の課題だと思っております。

センターとしては、それだけではなくて、民間事業の基礎研究支援のほうも行うわけでありまして、実際にその方をやっていただくのは岡本先生をはじめ学会の方々のネットワークで実施していただくわけです。その部分の、言うならノリというか、お手伝い部分

もこのセンターの仕事の一部であり、また、このプロジェクト自身は、このネットワークというか、再現性を確認するという部分と理論的解明の部分とが有機的に結合してこそ効果的であり、そのほかには、国際協力、国際交流というものも含めてだろうと思いますが、そういう有機的な、総合的な活動でもって効果的に推進されるべきものだと思っております。

センターが、実際にどこで実験をやるかということにつきましては、先ほどNEDOの伊藤理事のほうからもお話がありましたように、まずいろいろな各協力機関からのご専門家の方々の参加を要請いたしまして、特に浅見さんには当研究所に来ていただき、このセンターの中でプロジェクトマネージャーとしてこの研究全体の指揮をお願いするということになっております。

実際のラボラトリーは、この後ご紹介していただけたらと思うのですが、この新水素エネルギー関係の研究というか、コールド・フュージョンの研究というか、先導的にもおやりになっておりますイムラ・ジャパンの札幌の研究所の建物にちょうど具合のいい場所があるということと併せて、イムラ・ジャパンからのノウハウ的な研究支援も期待できるということもあり、その場所に設定したいということではいま現在準備中でございます。

そのほか、ラボラトリーでは再現性の実験がまず当面の主テーマであります。後半は、もしその再現性なりが確認されたならば、理論的解明等とジャンクションしたうえで大規模利用と言いますか、工業的利用へ向けての考察というか、試みみたいなものがその次のテーマになると思います。それが主体でござ

いますが、そのほかに、この件は特に幾つか、いまからでも見えている課題があるかと思っております。

というのは、まず材料の問題があって、一般的には「どうもパラジウムというものが重大な役割を果たしているのではないか」と言われていても、マクロスコピックな性状はわかっているながら、実際、重水素あるいは水素同士がどんなことになっているのかということに関してはまだまだいろいろ問題があるということで、材料関係については、また分析等も含めて専門のところをお願いするとか、また、もし、この反応自身では、それが核反応か化学反応か、あるいはほかの反応であるかは別にいたしまして、熱の測定というものも非常にキーポイントになります。

あるいは、もしそれが核反応であるとする、必ずやその核反応の生成物があるはずでございまして、その大小はいろいろメカニズムによって違うかもしれませんが、それもわかりませんが、そういうものの検出というものも非常に大きな課題でございますので、今後、その辺をどうしていくかということに関しても一部、ご専門のところをお願いするといったことで進めていきたいと考えております。

### 3. 実証ラボラトリーの概要とプロジェクトに対する学会の期待

司会 どうもありがとうございました。

ただいまの話にございましたように、エネ総工研のほうでは、北海道に実証ラボを設置するという計画になっておりますが、イムラ・ジャパン株式会社の國松社長のほうから、実証ラボの概要・規模等に関しましてお話を

伺いたいと思います。

また、國松社長はフライシュマン先生のお弟子さんでもあられるということを知っていますので、その辺も併せてお話しいただければ幸いです。

**國松** 先ほど、実証ラボの概要ということでお話があったのですが、実証ラボができる地域は札幌の厚別区というところにある札幌のテクノパークというところであります。周囲には、日本IBM、オムロン、ナショナルなどいろいろな企業の研究所がかなり進出しているようなところなんです。背後には、野幌の広大な原始林を控えたような、非常に研究環境としてはいいところでありまして、そこにイムラ・ジャパンという会社の建物があるわけですが、ここは去年の5月に竣工しまして、私どもが実際にそこへ移転したのはちょうど5月のやはり中頃で、イムラ・ジャパンの開所式というのを7月17日にやったわけです。

その当時、私どもが新しい建物に入ったときに、ほんとは3階まで全部使ってしまう計画を立てたんですが、ところが、その当時の豊田稔名誉会長（故人）というアイシンググループの総帥の方が、「最初から全部使うようでは夢も希望もない。将来、どんな新しいプロジェクトを立ち上げる必要が出てくるかもしれないから、3階はとにかく空けておいてくれ」ということで、急速、私どもは1、2、3階を使う予定を2階までにとどめて、3階は空けておくことになったのです。

そのスペースが、大体、30m×30mのほぼ四角い建物ですので、約900㎡で、実際の実験スペースとしては800㎡くらいの空間が、いわば全く仕切りがない状態で空いてまして、そこを現在、本格的な実験室に使えるように改



**國松 敬二氏**

(イムラ・ジャパン 取締役社長)

装中であります。中身としては、事務所と、過剰熱測定には不可欠の恒温室——部屋の温度を±1℃くらいに保つような、9m×6mくらいはかなり大きな恒温室と、これからたぶん材料関係の研究で必要になるようないろいろな分析機器を置く、空調をきちんとしたような分析機器室と、またいろいろな化学実験をするようなスペースと、さらに、100㎡ぐらいはやはり将来の新しい実験のためのスペースが取れるような空間がありまして、そういう意味では、たぶん非常に本格的な研究施設の形体を成すような感じになっています。

ここでは、私から申し上げるのもちょっと変なんですけど、「研究従事者」は、初年度は全部で5名ということで、私どもからは2名の若い研究者と、あとは日立、東芝、三菱重工から各々1名ずつということで、現場で研究実験をやる人数としてはそのような体制で始めることになっていて、その改装工事も現在ほぼ半ばを過ぎて、今月いっぱい済むということになっているわけです。

それで、私どもの会社の3階という場所にこういうプロジェクトを立ち上げていただいたというのは、ある意味では非常に名誉なこ

となのですが、これが決まりましたから私自身、実証ラボでの研究とイムラ・ジャパンでの研究の関係をどう考えたらいいかということが常に頭から離れておりません。端的に申しますと、協力関係になるのか、あるいはライバル関係になるのかということでありまして、少なくとも変なライバル関係ではないということにははっきりしてまして、うちの研究員を送るわけですから、それこそライバルに塩を送るのではないのですけれども、兵隊を送るようなことはあり得ないので、そういう意味では、ライバル関係ではなくて、たぶんいい意味での協力者でありライバルであるというような、そういう関係になっていくのだと私自身は考えているのです。

この件に関しては、まだいろいろ具体的なことでたくさん私が考えていることがありますし、申し上げたいこともあるのですが、ちょっと長くなるからそれはカットすることにいたします。

先ほどちょっと誘導質問のような形でありました、私とフライシュマン教授との関係ですが、私は1976年から81年までイギリスに留学していたことがあるのです。そのうちの4年半くらいをフライシュマン教授のところで過ごしまして、そのうちの1年半くらいをポンス教授と一緒に、まさに同じ実験室で一緒にのテーマを研究しておりました。

そういう意味で、彼らが89年にこのコールド・フュージョンの発表をしたときには、これも非常に奇縁なのですが、私が諸般の事情から大学をやめるちょうどその3月の末だったのですが、その日にそのような話が出てきたので、愕然としたことを覚えております。

私は大学を去るというのはある意味では非

常に不本意なことで、意気消沈してたのですが、昔の師匠あるいは同僚がそういう華々しいことをやったということで、コールド・フュージョンがどれくらい画期的ということとは別に、個人的には非常に自分自身の境遇というのがガックリきたわけです。

ただ、世の中は非常に面白いんですね。

入った会社がアイシンAWという会社で、その総帥が先ほど申しあげました豊田稔という方で、会社に入ってから、そのコールド・フュージョンの話をつままたま豊田稔名誉会長にしたところ、非常にこれに興味を持たれて、「それならすぐ両教授を日本に呼んで話を聞きたい」というように話されたのです。

その当時、そんなことを言われても、無理に決まっていると私は思ったのですが、ただ、やはり会社というところは、上司の命令だということで、とにかく万難を排して、昔のよしみで日本に来てもらわなければいけないという立場になりまして、国際電話その他でいろいろあったのですが、結局、9月に来日されて、アイシングループの会社に来ていただいて講演会をやったということで、それからアイシングループでコールド・フュージョンの研究をやるようになったのです。

やはり豊田名誉会長の指示でコールド・フュージョンを本格的に研究しなければいけないということでイムラ・ジャパンができて、なおかつ、フライシュマン・ポンス両教授を、あの当時は「アメリカから逃げた」というように言われたんですけど、イムラ・ヨーロッパというフランスにある研究所に招聘して、まさにアイシングループ——イムラ・ヨーロッパ、イムラ・ジャパン——でコールド・フュージョンの研究をやるようになったと

いう、そんなところがイムラの経緯（いきさつ）でございます。

**司会** どうもありがとうございました。以上が、国の補助事業の体制でございます。

民間事業の開発に関しましてはすでに、その役割、基本的な考え方について、先ほど佐々木課長のほうからお話がありましたので、学会のお立場から、この民間企業にどういう期待をされているかということを中心に岡本先生のほうからお願いできればと思います。

**岡本** 極めて簡単に申し上げます。大学はいま非常に貧乏でございます、なかでも、新水素エネルギーに関連して仕事をなさっている方はちょっと苦戦中でしょう。

といいますのは、この現象というのは非常に複雑現象だと思われまして、一面からアクセスしても、その一面では一流というか、エキスパートとしてアクセスしても、多面から見た時には素人ですね。したがって、一つの小さい研究室で大事にしてきたそのエキスパートぶりでアクセスしても、反対側ではいろいろ抜けるところがある。したがって、その抜けるのを充填してちゃんとやろうとすると、いままでには用がなかったような機器とか、能力とか、そういうものを借りてこななければいけない。特に機器はお金はかかりますし、またそれを長い時間使えるものかどうかという不安もありますから、結局、同じ研究室の中でも、その人たちだけですべてを補うということはずっと不可能に近いでしょう。

先ほどからネットワークという、あるいは集中だとかいう議論が出てますけれども、そういうことを解決して、多方面すべてがそのエキスパートであると、そういう攻め方がこのプロジェクトは非常に大切だと思うんです

が、そのうちでも、大学がこれから民間事業の支援を受けて、ネットワークづくりと一緒にそういうことで充実させていけるという非常にありがたいチャンス——大袈裟に言うと、千載一遭のチャンス——をいただいたというように見ております。

したがって、大学のいままでの経済的な要素といいますか、そういうのをある一定の程度補助いただいて、もう一歩二歩踏み込んだ議論ができる貢献、知見を大学の中から出せるのではないかとこのように思っております。

それから、交流研究協力というのも先ほどイムラ・ジャパンとこのプロジェクトの間の話があり、ライバルか仲間かという話がありましたけれど、個々のライバルとか業績主義とかいうのを排除して、新しい体制で、外部の研究者がチームを組んで、しかもその補助事業の方々とチームを組んで、ある目標を持った仕事ができるというのは、佐々木課長の新しい思想に基づいたプロジェクトと同様に、そういう面からも期待が大きいのではないかなと思います。

#### 4. 国の補助事業での研究開発の内容

**司会** どうもありがとうございました。

このプロジェクトは、いまのお話のように、産・官・学それぞれのお立場から非常に大きな期待が寄せられています。さらに、基礎研究から工業的な利用まで広範囲なプロジェクトであるというようなことがおわかりになったのではないかと思います。

以上で、開発論と言いますか、開発の体制についてのお話を終わらせて、いよいよ、

それでは過剰熱をどうやってつかまえるのだろうかという、研究の本論のほうに話を進めていきたいと思います。

本プロジェクトの総括的なプロジェクトマネージャーである浅見さんのほうから、まず、どういう仕掛けをつくって過剰熱をつかまえようとしているかというお話をお聞きしたいと思います。

浅見 冒頭に佐々木課長のほうから、いまフライシュマン・ボンズ両教授のアナウンスから約5年経っているというお話があったんですけど、いまだに学会のなかでは現象の存否について議論がまとまっていない、そういう段階なわけですね。コールド・フュージョンの研究者の方は大方は肯定的——一部、否定的な人ももちろんいる——ですけれども、科学界全体としてはやはり、否定的な論者のほうが圧倒的に多いという分野でございます。

いわゆる従来の常識的な核物理ではこの現象を説明することができない。核物理というのは長年実績のある学問分野でございますから、そういった核物理の分野の常識を打ち破るためには、それだけの実験的ないわゆる実績の積み重ね、それから、それに対する理論的な裏付け、こういったものを確実にしていくことがそれを世の中に一般化していくということの本当のベースだろうというように私は認識しております。

そういった観点で、このプロジェクトの、いわゆる「過剰熱発生実証モデル試験」というようにうたっておりますが、この実験のやり方につきましては、ステップ・バイ・ステップに取り組む必要があるのではないかと思います。



浅見 直人氏

(勸エネルギー総合工学研究所新水素エネルギー  
実証研究センタープロジェクトマネージャー兼  
新水素エネルギー実証ラボラトリー長)

従来より有意な過剰熱の発熱が測定され、しかも、再現性が比較的よいと云われている幾つかの例がございます。これには、ここにおられる國松さんのところのイムラ・ジャパンでやられている方式、それから、フライシュマン・ボンズ両教授の方式、SRI方式、或は阪大の高橋先生のところの方式等がございますけれども、こういったものからわれわれなりにこれを評価・選択して、それをまずできるだけ忠実な格好で追試をする、そしていままでの現象を再現してみる、これを私は確認試験というように呼んでおりますけれど、これが第一ステップでございます。

そして、それが同じような熱発生現象が計測・測定できれば、次の段階で、これをどのようにしたら制御できるのか、再現性を向上できるのかといったような、熱発生の制御性の追求を行うというステップを考えております。これを改良試験という名前でお呼びしておりますけれど、改良試験の段階で、いわゆる熱測定が発熱が10%とか20%というような状態ですと、この熱測定というのはかなり難しい技術でございますので、いわゆる精密な熱測

定法を開発しつつ、在来の幾つかの有効なセルにそれを適用していく。

さらに、この基本的な現象としてメカニズムがやはり重要であるということは、先ほど岡本先生からご指摘があったとおりでございますので、われわれとしても核生成物、そういったものについての究明もぜひやってみたい、できればその場測定というやり方で検証していきたいというように考えております。それにはいろいろな手段をここで使わなければいけないわけですが、熱測定の他、核測定、その他物性測定等反応セルに適合した測定手法の開発も必要になります。これが改良試験の段階での取り組みでございます。

それが、当初期待どおり進めば、その次のステップとしては熱発生率を向上していくという、いわゆる確証試験と呼んでおりますが、そういった段階に進み、それが順調に進めば、できればキロワット級の実証試験装置といったものを設計してつくり、キロワット級の発熱を実証してみたい。これが全体のストーリーでございます。

このプロジェクトはもともと、エネルギー応用といったようなものの展望をつくっていく、そのペースをつくるのであるということが目標でございますから、いままでお話ししたようなことがメインのアクティビティになると考えております。

それからやはり基本的に重要なことは、材料の中で何が起きているのか、核反応か、化学反応か、あるいは状態変化なのかを見極めることだと思います。さらには、固体中での反応であるのか、あるいは固体表面での反応であるのか、そういったことを検証するのが重要なことだと認識しております。

したがって、材料そのものの試験前及び試験後の変化をよく観察すれば、化学反応にせよ核反応にせよそれに付随した変化あるいはその痕跡は必ずその材料の中に残されているはずであるということで、その材料の分析と解析といったことは手段として重要視しております。したがって、できるだけ最新の技術で、しかし堅実な方法で、それを分析、解析していくということを考えております。

さらに、材料開発といった面でも、将来の展望を開くためには大変重要でございます。純粋なパラジウムのほかに、パラジウムを合金化してより重水素の吸蔵率の高いものを選び、そしてより反応過剰熱を多く出させる、さらにはパラジウム以外の新規の材料・システムといったような開発も重要な開発要素ではないかと考えております。

一方、このプロジェクトの中に情報収集と整理といったことも併せてやっていきたい。これは約5年という浅い歴史ゆえに、この分野の技術進展というのは、紆余曲折もございますけれども、非常に著しい。そういった情報をうまくとらえて、このプロジェクトとして効果的に、しかも効率的にそれを把握し、それを取り込んでいくことが肝要であると考えております。

そのために、内外の研究機関のデータを、学会ベース、あるいは個人的なコンタクトも含めましてデータを収集し、それを整理していくということをしてできるだけやっていきたい。そうすることは、国内の大学との協力関係を結ぶうえでも必要であり、当センターがデータセンターとしての役割もできれば果たしていきたいと考えております。

さらに、そのデータベースをつくることによって、NEDOのほうで考えておられます国際協力のベースともそれがなるということで、できるだけお互いにオープンな格好で効率的に研究が進められるようにデータベースの構築と国際協力を進めていきたいと、そのように考えております。

## 5. 民間事業での大学の役割りと研究開発の内容

司会 どうもありがとうございます。

先ほどセンター長のほうから、有機的な連携が必要だというお話があったわけですが、国の補助事業と大学での研究というのは両輪のように進んでいくことが大切だと思います。そのような観点と、さらに、大学では現象の背後に潜んでいる理論といったようなものも探究していく、大学本来の役割りというものもあるかと思えます。

余談でございますが、岡本先生のお名前は「まこと」というふうにお読みするんだと思いますが、いくら事実を重ね合わせても真理には到達しないというような言葉もあるわけでございますけれども、その辺も踏まえて、大学、学会ではこの問題にどういうふうに取り組んでいかれるかをお聞かせいただければと思います。

岡本 大学というか、日本のこの関係のアクティビティというのは、これまではおそらく大半は大学にしかなかったという状態があったわけです。もちろん、民間企業の研究所やその他でいろいろ手を染められた方々は聞いておりますが、それにご発表される部分もございましたけれども、全体のなかで大学が負

うべきことというのは、先ほどの浅見さんのお話にも出てきましたモデリングだと思うのです。理論とモデル。どういうことが起こっているかという、自分たちの科学的な知見に基づいたモデルがない。

それから、コンセプトというか、そういうものができて、それが正しいかどうかを実験的にチェックする。これは、生意気な言い方をしていますけれど、いままで全部やられてきた当然の科学的な手法です。決して新しいことではない。それをもう一度、これを機会に再構築してみる必要があります。

それは、オープンなディスカッションをやることによって出てくると思うのです。データを隠し合ったりしますと、自分のコンセプトなりモデルが間違っている、自分のデータからは見つからないことがありますから、お互いにやはりオープンにネットワークの中でディスカッションすることによって、真実に近いモデル、そういうものを求めてそれを実証していく。そして、それが違っていれば別なモデルを立てる。これが俗に言う理論ベースだと思います。そういうことを、「のんびり」と言ってはちょっと語弊がありますがけれども、楽しくやれるのは大学かなというのが当然にありますので、大学の最も貢献すべき、担うべきエリアだと思っています。

それで、この4年間の動向を見ての私の印象がありまして、それは簡単に言いますと、熱を測定する人は熱ばかり。これは、技術的な向き不向きがありますから、怠け者だというわけではないのですけれども、熱を測定する人は一生懸命熱を測定する。そして、できるだけ精密に測定したい。そういうグループがある。それから、当初、私などもそうでした

けれども、核反応ということにこだわりました、その生成物を見つけてやる。どういう素性の生成物が見れるのかということを追っ掛ける。それから、もう一つは物性的なアプローチ。物理系のアプローチになりますけど、物性物理からのアクセスがあった。それからもう一つ、核物理ですね。核反応というものを自分の得意とする場としてアタックした。

これが実はバラバラだったわけです。そのバラバラだったところが、最近少し変わってきました。それから、このプロジェクトでぜひそのバラバラを有機的に結合していければ素晴らしいことになるだろう、そういう役割を大学は担えるのではないかと思います。

と言いますのは、幾つかのグループがございまして、それぞれに得意とする科学を持っておりますから、その人たちが一カ所で議論すればそれが自動的に可能になる。そういう意味で、このプロジェクトは非常に意義があると思っております。

核と熱を結びつけたのは阪大の高橋先生のところで、1年ぐらい前からですか、実験系だったと思うのですが、それをもっと浅見さんのベースで、EPRIのケース、何のケースというところでそれが進むのではないかと思います。日本の大学、外国の大学との間でも大学ベースでももちろんできますけれども、おそらく浅見さんのやられるグループがそれに一番適したことになるかと思えます。

それから、核と物性の間の関係。これは材料という話に非常に近いことですが、そのコネクションというか、結びつき。それから最後に、これこそ大学でしかやれない核物理的なアクセスです。これは非常に大事ですね。いままで、否定的あるいは否定され

る立場で議論される人の分野は物性物理と核物理です。はっきり言いまして、ほかの物理をやっている方は、あまり興味がないということもありまして、わざわざその勉強をしなければ意見も出ない。この物性、これは材料ですね。それから核物理です。

それで、そのようないわゆるいまの物理の常識では、外挿した、あるいは内挿して出てこないことが議論されてますから、当然そういうところから否定派が出てくる。

そういう意味で、いま私は大学としての一つの特徴は、核物理的な、しかも実験核物理として真理を見つけていく、こういうことが起こり得るのかどうかということを見つめることが大学の特徴であるということ、民間事業としてはぜひご理解をいただきたいというのが私の意見です。

実際に、核物理の世界でいま私たちがいじっているようなソリッドステートの中の重水素の動きとか何かというのは、いわばコールド・フュージョンですが、常温の状態で作るのは超々低エネルギー領域です。実験データがない領域です、中性子以外は。あとは全部クーロンバリアで邪魔されますから。そんな確率の低いのはわかっているのに実験をやる人はおりません。常識的には、それこそそんなことは一生かかっても一つもデータがとれないような領域です。そうすると、超々低エネルギー領域の物理学というものの新しい面がこれから出てくるかもしれないし、その確証をやる、あるいは信頼性を得る因子として非常に大きなものになっていく。それらを、できれば緊密なネットワークでやっていきたいと、そう思っております。

## 6. 新水素エネルギーの将来展望

司会 どうもありがとうございました。

以上で、司会者に課せられましたシナリオは消化できました。あと30分弱時間があります。これから、フリーディスカッションと言いますか、将来展望ということで皆さんのご意見をお伺いしたいと思います。

私なりに皆さんのお話をお伺いしていますと、まず冒頭は佐々木課長のほうから、エネルギー問題への世界的な貢献というようなことを目指したいということがありまして、もしうまくいけばということですが、通産省のほうにげにチャレンジをするんだと。これは、いままでifにチャレンジしたことがなかったとは申しませんが、どちらかというと工業的応用のほうに非常に力を注いできた。それがifへのチャレンジをやるということやはり、わが国が総体的な意味で非常におとなの国になってきた。成熟した国になってきた。文明だけではなくて、文化も非常に大事なものだということが皆様の認識になってきたという、そういう余裕が出てきたのではないかと思います。

一方、学会のなかでは、ただいま岡本先生のほうから出ましたように、肯定派と否定派、それぞれ論議が分かれているところであります。それに、ある程度の応用の目処をつけると言いますか、そういうこともまたこのプロジェクトの目的だというお話が冒頭、佐々木課長のほうからございましたので、いろいろなこれからの展望、科学技術的な面だけではなくて、一つの社会的な現象であるというように岡本先生もペーパーなどで言われていますけれども、その辺も含めまして、このプロジ

ェクトをどういうふうに進め、かつまた、どういうふうに関との対話と言いますか、このプロジェクトの進捗状況をどういうふうに関とコミュニケーションしていったらいいかというようなことも含めまして、ご自由に思っているところをお聞きいただければと思います。

もしよろしければ、佐々木課長のほうから……。

佐々木 いま司会の栗原さんがよくまとめていただいたと思うのですが、このプロジェクトを進めるにあたり、オン・ザ・ジョブの積み上げということと、ステップ・バイ・ステップということが非常に大事だと思うのですね。したがって、決していわゆるフィーバーするわけではなく、まさに粛々と進めていくということがまず肝要ではないかと思えます。やはり、先ほどからもお話が出てますように、この現象そのものに科学的な根拠をきちんと与えるということが進んでないと、プロジェクトのステップアップに対する社会的な意義や信頼性が確立しないということがあると思えます。

そういう意味では、岡本先生がおっしゃった、プロジェクトの成果を公開する、そして、研究遂行の透明性を確保していくことはほんとにこのプロジェクトの進め方としては大切なことではないかと思っています。

およそ、世の中でいまわれわれが享受している、先端技術の工業的利用というのは、現象なり理論が構築されて、日常生活で使えるようなものになるには、原子力、あるいは半導体、いろいろそれぞれの技術がありますけれども、おそらく数十年ぐらいのオーダーでかかっているのではないかと思います。そうすると、いままさに栗原先生がおっしゃった

ような、われわれの後世に対してのエネルギー文明というものをどう構築していくのかという考え方も、こういうプロジェクトへの取り組みの姿勢が関わってくるのではないかと思います。

いろいろなご議論があると思うのです。冒頭申しましたような「粛々」という意味は、そんなにたくさん金をかけなくてもできるじゃないかとか、あるいは、何も4年で集中的にやらなくても、まさに長期的に粛々とやったらいいじゃないかとか、いろいろなご議論があると思うのですけれども、未来のエネルギーとしていま進められているような高温核融合の世界にしても、日常的工業的利用の意味から言えば、まだまだ端緒にもついていないというのが実態だと思うのです。

そういう意味では、当面、過剰熱が出ているという現象が一体何だということも少しでも早く見極めてみようという取組姿勢は、今後のわれわれのエネルギー文明というものを考えて、何を子孫に残していくかという考え方に立てば決して早くもない。いまから取り組んで決して早くないという意識を皆さんが持っていただくことも、こうした座談会を通じてPRできればということも言えると思うのです。

それから、もう一つ。大学側の研究支援ということで、民間企業からの資金的協力を仰ぐということでこれを進めていくわけですが、できるだけたくさんの方に関心を持っていただいて、たくさんの方に参加をしていただくという方法をもっと進めていきたいというように思っております。

仮に、ある一定の期間で、これがほんとにコールド・フュージョンらしいぞということ



になれば、われわれがこうした研究開発に取り組んでいるいまのこのプロジェクトが、いわば先駆け的な役割を果たすわけですし、その次のステップはまた、単に通産省という枠内に止まらず、科学技術庁なり、文部省なり、国を挙げてまた新しい開発体制を組んでいく必要もあるのではないかと。そういう意味では、私どもの資源エネルギー庁としての取り組みは、ステップ・バイ・ステップの進展に応じて、また次の作戦を考えていくというオープン・マインドな姿勢で取り組んでいくのが適切ではないかなと考えております。

**司会** どうも大変ありがとうございました。

ただいま佐々木課長のほうから、非常に大局的な本プロジェクトの意義、今後の進め方等サゼスチョンがございましたけれども、岡本先生いかがでしょうか、学会のほうから。

**岡本** やはり学者ですからね。先ほども言っているのですけれども、こういうときに一番大事なのはオープン・マインドなディスカッションなのです。これは、この4年間、社会的に悪いほうの風評を得た一つには、何か隠している、聞いても答えない、事実、そういう人が結構多かった。そういうことはもうサイエンスの取り組みとしては最悪なわけです。企業開発で、ノウハウとか企業秘密ということは社会的に成り立つことですが

も、科学者の間でそういうことがあるというのは、それだけでも嫌われるということはありません。やはりディスカッションをいかにオープンにやれるか。

これはたぶん、いろいろ企業の方が関わっていらっしゃるから、逆に言いますと、大学でそれができないようでは企業では絶対にできないですね。ですから、このプロジェクトのなかでは、企業の方も大学側の研究者も同じように、同じ土俵の中で、なぐり合っても蹴飛ばしてもいいですから、オープンにディスカッションをする。それで、自分たちの考えをブラッシュアップしていく。精神論みたいなものですが、それは非常に大切だと思います。

それから、技術的な展望と言いますか、これからについてちょっと申し上げますと、先ほど浅見さんからもお話があったのですが、私の知る限りでは、やはり過剰熱という絶対量を見ますと、時々どこかの火山みたいな話がありますけれど、非常にクールに見ていきますと、測定が大変だということもあるかもしれませんが、正直に申しまして現象自身のエビデンスは強度なものはそんなにありません。そのか弱いものをいかに強く育てていくかということがこのプロジェクトだと思うのです。浅見さんがおっしゃったとおりなんですけれども、そのか弱いものがいかにサイエンティフィックに科学的に確実なのかと、それをいまのところずっと見極めてきているわけですが、集中的にそれをこの半年ぐらいで官民協力してやれば、次のステップは開けてくるのではないかというように見ております。

**司会** どうもありがとうございました。

先ほど國松社長のほうから、国の補助事業もやるし、わが社の研究もということで、いろいろお悩みだと思いますけれども、大学の立場と、また企業の立場というのもあるのかもしれない。その辺、これからの高い展望をお持ちだと思いますが話していただけませんか。

**國松** 私自身は4年前は大学にいましたので、いまはまだ完全に企業人になり切れません。

いま岡本先生がおっしゃったのですけれども、オープン・マインドということの重要性ということで、私などは、研究成果が出たら学会で発表するというのはいわば研究者の本能みたいなものですね。そういう意味で、イムラ・ジャパンができてからも、1年半ほどは発表ができなかったというか、もともと私どもの親会社のほうが、結果が出たらすぐに学会で何かを発表するという習慣や経験があまりなかったということもありまして、私自身が学会発表をするという決心をして、いろいろな社内的な手続きをとったわけです。その後は大体スムーズに発表できるようになりました。いままで特に電気化学協会の大会を中心に、全部で連続で19報ぐらいの発表をさせていただいており、これからもそういう意味で同じようにオープンな形でやっていきたいと思っています。

ただ、企業ですから、当然パテントとかそういうことはずっと出していかなければいけないという仕組みもありますので、そういう意味で、3階のこの新水素エネルギーの研究プロジェクトが実際に発足して、私どもの会社との研究の関連性をどう考えるかというのは非常に重要で、たぶんオープンにお互いに

いろいろディスカッションするという事はこれはもう基本的に重要なことだと思っております。

ただ、おそらく、いま岡本先生がおっしゃいましたように、いまか弱い状態だということは、たぶん浅見さんがおやりになられて半年くらいすると、私の希望的な観測では、確認されるのではないかと思うのです。その後、さらにそれをどういうふう強く育てていくかという辺りの研究方針なり、体制なりが、たぶんずいぶんお悩みになると思うのです。私どもがいまやっているところは大体その辺りのところに差しかかっているというのが現状でありまして、その後、お互いに区別がつかなくなる。その辺りでいま実際悩んでまして、うちから送る研究員なども、いまはその辺りをやっているということで、たぶんだいぶ混乱するという事です。

そういう意味で、折角同じ建物にいるわけですから、ぜひある時期になったら、一部オーバーラップするようなアイデアが出てくるでしょうし、当然、各企業のいわばエキスパートの方が来られて、浅見さんの下で一生懸命やられるわけですから、私たちの及ばないようないろいろな研究手法なりアイデアなりが当然出てくると思うのです。私どももそういう意味では、それらの新しい研究の考え方にぜひ少しずつ触れながら、自分たちのアイデアも伸ばしていきたいということで、そういう意味でほんとに協力し合ってやっていけるような関係になればと思っております。いろいろな意味で一企業の研究所と、半ば国家プロジェクトとの関係というのは私、全然いままで経験がないのですが、私どものできる限り、ほんとにオープンな関係を維持してい

きたいと思っております。

**岡本** 私、今回の組織の規模からいって、どこのオリジナルというのは、オープンなディスカッションのときに自明だと思っているのです。それを、オフレコにしてほしいのですが、こっそり持って行ってどうこうするというのはやはりオープンではないからだと思います。逆転使ってオープンにしておけば、大学側は少なくともサイエンティフィックなオリジナリティは要求しないことにしますから、そういうことをやっていれば、國松さんがこういうアイデアを出されていたというのはみんな知っているわけでしょう。そこが技術的な拠り所になると思うのです。そうではないと、企業秘密の泥棒さんなんて昔流行りましたけれども、裏で、そういうことがかえってhibicorなのでしょう。それから、そんなに多くの方が直接携わることではないし、そういう意味では、もう少しだけは悩みが救われるのではないかなと思っておりますけれど、どうでしょう。

**浅見** そう思いますね。國松さんがライバルになればという話ですけれど、私はいい意味でライバルになることを実は密かに期待はしているのです。ただ、國松さんの所から派遣いただく人を除いて他の企業から集まってくる方々及び、私自身も、Pd-重水素については実験をしたことが実際はございません。文献などをいろいろ調査したり、一部少し予備的なことはやったことがございますけれども、現在は素人集団である訳です。

各企業の方がそれぞれのいままでの専門分野の技術、知識、経験、そういったものを生かしてやれば、早い時期に國松さんといろいろディスカッションできるような段階に到達

し、新しいアイデアも出していけるのではないかと思うのです。

まあ、当面は國松さんのところの技術をま  
ずいろいろ教えていただいて、それを再現し  
て、それから話であって、それがどの段階  
でできるかということについては実際はやっ  
てみないとわからないというようなことで  
ございます。国のプロジェクトですから可能  
な限りオープンマインドに大学や国立研究機  
関の方々、民間の方々とも議論して進めたい  
と思います。

**佐々木** 開発に関連してちょっとコメントを  
申し上げさせていただきたいんですが、国の  
補助事業は集中研究方式ということで、國松  
さんのイムラ・ジャパンの3階のスペースを  
お借りすることになったわけです。これが極  
めて象徴的であります。イムラ・ジャパン、  
イムラ・ヨーロッパ——アイシングループと  
してこの分野でかなりの業績と実績を積んで  
こられたのが、その2階です。その上の3階  
に集中研究の場所を設けさせていただくとい  
う主旨は、今迄の成果の上にできるだけこの  
国のプロジェクトを効率的に進めたいという  
ことと、折角やるなら世界の最先端を狙って  
いくということをぜひ実現したいとの願いが  
込められています。

一方で、イムラ・ジャパンのいままでの特  
許なり、ノウハウなり、貢献度に対して、こ  
れから参入されます企業に対して、それが明  
確な形でやはりきちんと評価されるという体  
制はきちんと組んでいきたいと思えます。岡  
本先生がおっしゃるように、その一つの手段  
として、むしろ公開することこそがそういう  
体制を組みやすいといういまのお話を承っ  
て、非常に心強くしたのです。

**伊藤** 事例はちょっとそぐわないかもしれま  
せんが、かつて高温超電導ブームのときに、  
洪水のように多くのデータが学会で報告され  
ました。

特に企業側からは、争うように色々なデー  
タが報告された。実は、私ども前職では、ユ  
ーザーながらかなりの実験室をつくって、報  
告された物質の評価をしてみた。そうしたら、  
報告されたデータとはかなり異なるデータが  
得られた。

このことから、企業側はチャンピオンデー  
タの発表が多かったことが分る訳ですが、私  
どもは、あえて私どもの実験結果にもとづく、  
いわば平均値を学会に報告しました。言葉は  
悪いのですが意地悪爺さんの立場でした。

それが逆に相乗効果を生み出した感もあり  
ます。メーカーとしては、分っていても開発  
競争の最中ではチャンピオンデータしか発表  
できない。よくぞユーザーがそのようなデー  
タを発表してくれたと、このようなことがま  
た議論をかもしだしている。

いかに公開ということが大切かというの  
を、あの当時身にしみて感じたわけござい  
ます。

なぜそぐわないかもしれないと申し上げま  
したのは、高温超電導の場合と、いまの現段  
階でのこのテーマの場合はちょっとステージ  
が違いますね。コールド・フュージョンのほ  
うがよりプレサイエンスですね。あの時点  
での高温超電導はサイエンスになりかかって  
いるというぐらいの段階だった。だから、よ  
り一層こちらのほうが公開の原則というのは  
絶対に必要だと思います。

**司会** やはりオープンな議論であるべきだ  
ということではなくて、オープンな議論がなけ

れば前に進まないという、そういうような積極的な意味で議論しながらつくっていくという、科学技術の世界だけではないと思いますけれども、そういう左でも右でも、とにかく前向きに議論をしていくということが非常に大切ではないかなという印象を受けました。

それで、NEDOの伊藤理事にお伺いしたのは、日本の国内の研究者が技術課長がおっしゃるように3階のフロアで非常にオープンな議論をするということも大切ですが、また、国外との交流もやられるというようにお伺いしました。このプロジェクトを外国に対してどのようにプレゼンテーションしていくかということもまたそのオープンな議論を外国とやるときの前提になるかもしれませんが、その辺も含めまして、国際交流と言いますかNEDOの事業としてどういうふうにお考えになっていらっしゃるかお聞かせいただきたいと思います。

**伊藤** 先ほどEPR Iということを申し上げましたけれど、EPR IグループにはSRIがついておりまして、SRIの研究業績もかなり進んでいる。従ってその辺との交流ということが一番いまのところは効果的であろうと考えております。具体的には、EPR Iがアメリカ国内でどういう研究テーマがいいのかということで、たしか公募の形で集めたようでありまして、その締め切りはもう終わったころでしょうか。それで、その中から日本との共同研究にそぐうもの——目的にそぐうものと言ったほうがより正確かもしれませんが——EPR Iが絞っている段階で、それを日本側に提供するという形になっております。

この場合に、それぞれお金の折半とかそういうことよりも、むしろお互いに研究テーマを確認し合いながら、より相乗効果を生むような研究テーマに絞った形がEPR Iから提示されるようでございます。それを私どもが、もちろん皆さん方へご相談申し上げる、そういうことのための委員会でもございますが、お互いに情報を、データを公開し合うということが覚書で盛りられることになろうと思います。

お互いに情報を支援し合う、こちらの情報は、向こうで米国内にはね返す、向こうの情報は、国内にはね返す。そしてあらたな進展と、研究の効率性を生み出す、これこそが国際研究交流の意義だと思っておりますし、NEDOはその役割を積極的に果して行きたいと思っております。

**司会** どうもありがとうございました。

それでは最後に、本プロジェクト事業に関しましてエネ総工研のほうの総括責任者としての松井センター長のほうから、どういう意気込みでこのプロジェクトをマネージされていくかについて決意を表明していただければと思います。

**松井** エネ総工研は昭和53年4月創立以来、今年で15周年を迎えました。当研究所の事業は、いわゆる調査研究であり、実際に研究開発の実業をやるのは今回が初めてということになります。

私は、昭和55年4月当研究所に参加しましたが、それ以前は研究開発の実業をやっていましたので、今回の新水素エネルギー実証研究については、ラボラトリーで分野は違うのですが、ある程度の自信というか経験はあります。

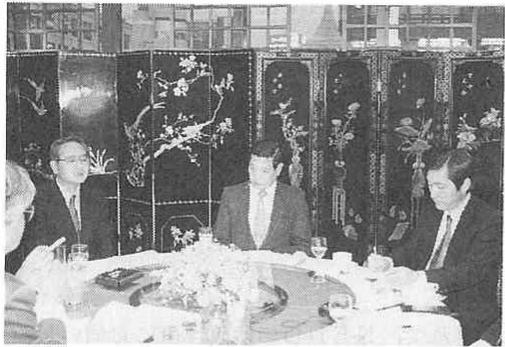
コールド・フュージョンについては、フライシュマン・ボンズの発表を初めて聞いたときは、「そんなバカな！」というのが実感でした。しかし、それ以降多くの結果が発表され、わが国では国家プロジェクトとして、新水素エネルギーの実証研究プロジェクトが実施されることになったわけですが、幸いエネ総工研が実証研究の部分を担当することになりました。

私は、本年11月所内に設置された新水素エネルギー実証研究センター長を拝命し、15年ぶりに実際の研究開発ができるチャンスが出て来たわけです。

年令的にも、この程度の実業っぽいものをやるのは最後のチャンスかも知れないと思い、或る種の意気込みを覚えます。私はセンター長なので実務をやるわけにはいかないかも知れませんが、もし何か本当のことがあるのだったらこの手でつかまえてやる位の意気でやらせて頂ければ有難いと思っています。

ただ、先ほどから皆さん方から大変心強いご意見をいただいていると同時に、今後のセンターとしてやっていかなければいけないこととして、オープンにしていくということが非常に重要なことと同時に、それがやはりファンクションとしてちゃんと機能していくことも私どもの責任の一つだと深く心に留めて、今後のことを維持していきたいと思っています。

これはまた、特にエネ庁さん、NEDOさん、それから大学、当然そのほかの民間各会社の方々——イムラ・ジャパンさんを含め——のご協力がなければ、今後のこと——オープン性も含めて——をやっていけないことだと思いますので、よろしくご協力のほどと同時にご教授のほどお願いしたいと思います。



## 7. 夢を語る

**司会** どうもありがとうございました。

世の中は大変な不況でございますが、もうすぐ正月でもありますので、皆様から一言、夢を語っていただくということで、まず佐々木課長のほうから……。

**佐々木** 初夢ですか。財政当局がかなり厳しい予算をつけちゃったら、先ほど申し上げた夢に近づく過程が少し時間がかかるという夢を見ないようにしたい。(笑声)

**司会** 岡本先生、どうでしょうか。

**岡本** 私も毎日夢を見てますのでね。実験は毎日夢を見ているのです。朝行って、これはどうなっているかなど。これに限らず仕掛けてありますから、あるいは学生がやっているから、「どうなった?」、「どうなった?」とね。すると、大体、夢のほうが先へ行っちゃってるんですよ。

**司会** 正月に見たい夢というので、こういう夢を見たいとか。

**岡本** これがキーだというのを、鍵だというのをやはり特定できて飛び上がる夢でしょうね。それを見たいですね。

**司会** それでは、フライシュマン先生のお弟子さんのほうから、御正月に見たい夢はこれ

だというのを……。

**國松** うちの研究開発はイムラ・ジャパン独自でやっているわけではなくて、本社のほうで会長の諸戸という方が非常にいろいろな意味で研究開発に熱心な方で、自ら現場に来られて、進捗状況を点検したり、熱がどれくらい出たとか、それはほんとに出ているのかとかという辺りまで議論されるんです。そのような意味で、冗談なのですが、アイシンググループでは苫小牧のほうに10万坪ぐらいの土地があるのですが、「おまえらがこういう札幌の研究所で実験をやっているということは、大体、熱が出ないと信じているからではないのか」という話がありまして、本来ならこういう実験というのは、苫小牧の10万坪の真ん中に掘って建て小屋を建ててやるぐらいの意気込みでなくてはいけないと言われてるのです。

そういう意味で、夢といえば、理屈はともかく、ある朝、会社で大騒ぎになって、どうも一つのセルが熱が出過ぎてもう危険な状態になったというようなことを、1回でもいいから、夢でも見たいですね。

**司会** NEDOの伊藤理事はお立場からして……。来年のお正月かもしれません、再来年のお正月かもしれませんが……。

**伊藤** NEDOの立場というのは、こと、核融合であるということがはっきりした段階でこのプロジェクトから手を引かざるを得ないかも知れないと云う若干の現実的懸念はあります。しかし、そういうことを離れまして、これがたとえば体積当たりとか面積当たりの過剰エネルギーが自然エネルギー程度であっても、これは希望がもてる。一步前進して、たとえば燃料電池など、ムーンライト、あのクラスになってくるとかなり有望かなと。そ

ういう意味で、電気自動車ならぬ核自動車が走り回ったら、これは大変面白いことだと思います。

もう一つは、夢をものすごく壮大に馳せますと、自然界を支配している4つの力に加えて、いま第5の力の議論というのがあります。これは重力の一種でマクロ的には中距離。そして、このプロジェクトの中にミクロ的長距離力としての第6の力というのがこの中に潜んでいはいはしないか、などというのは全く素人の夢ですが……。そのような新しい「力」に夢をはせると150億光年まで夢を見られますね。ビックバン当初のような熱い時代でなくて現在の非常にエントロピーが拡大された宇宙の中では、収縮するのか拡大するのかということは永遠の議論になっています。

案外、このコールド・フュージョンのような現象に新しい力が潜んでいたなら、非常に冷たい現在の超々低エネルギーと岡本先生はおっしゃいましたが、まさにそこから宇宙論が見直しされますと、現代の冷えた宇宙、この宇宙論がひょっとするひっくり返るかもしれないと。そんなことまで実は夢を馳せまして、ひっくり返った宇宙の夢を初夢として見たいと思っております。

**司会** これは大変なことになりましたね。宇宙論が出て、それから非常に力強いと言いますか……。

最後にプロジェクトマネージャーの浅見さんから、こういう夢を見たいというのを一言。**浅見** 最初にも申しましたように、科学界全体としては否定的な見方をされている分野でございまして、極論する人は「これはバッドサイエンスだ」ということを言う人がいます。私としては、そのバッドという部分を、

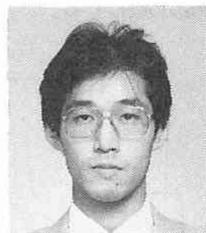
堅実な事実、あるいは科学の目で忠実に取り除いていくこと、そうすることによって残る部分が必ずあるはずであろう。ないと困るんですが。そのある部分というのがいわゆる Cold Fusion と、Core になる。この Core の C に 1 本楔を打ち込む。そうすると、C は G に変わります。コールド・フュージョンはゴールド・フュージョンになる。それが私の夢

でございまして、そういった密かな期待で自らを鼓舞し、このプロジェクトに取り組んでいきたいと思っております。

**司会** 黄金の夢ですね。

ということで、きょうの座談会を終わらせていただきます。長時間にわたり、どうもありがとうございました。(1993.11.12)

# 新水素エネルギー実証技術 開発計画について



渡 邊 昇 治\*

## 1. はじめに

英国サザンプトン大学のフライシュマン博士と米国ユタ大学のポンス博士が重水の電気分解の際に理論的に解明できない大量の過剰熱の発生を観測し、これを常温での核融合ではないかと報告し、一躍脚光を浴びたのは1989年のことであった。以後、世界各地で追試実験が行われ、早くも4年間が経過したが、過剰熱発生再現性が低く、発生熱量や反応生成物の精密な測定が難しい等の問題もあって、その現象の正体は明らかにされていない。しかしながら、重水素やパラジウムを扱う多くの研究者が、その研究の中で同じように不可解な経験をしており、現在の理論では考えられないような現象の解明に向けて研究に取り組むべきだという声が多い。

エネルギー問題や地球環境問題がますます深刻化する中で、この現象はクリーンで経済的な新たなエネルギー源として活用される可能性を秘めており、この現象を実証し、実用化するための研究は、エネルギー資源に恵まれない我が国としては早急に取り組まなければならない課題である。

また、国際的にも、我が国がその先端技術

を駆使してこのような困難な課題に取り組む、その研究成果を海外に向けて発信することに対する期待が高まっており、本件への取り組みは、我が国にとっては国際的な貢献を果たす大きなチャンスでもある。

しかしながら、本件は実証研究ではあるものの、研究のリスクの観点からは民間企業が研究資金や人材を拠出できるレベルにはない。しかも、本件の研究を効率的に実施していくためには、電気化学、物理、原子核、金属等、様々な学問分野で有数の実績を有している一流の研究者が一堂に会し、短期決戦で実用化の見通しを立てることが必要である。

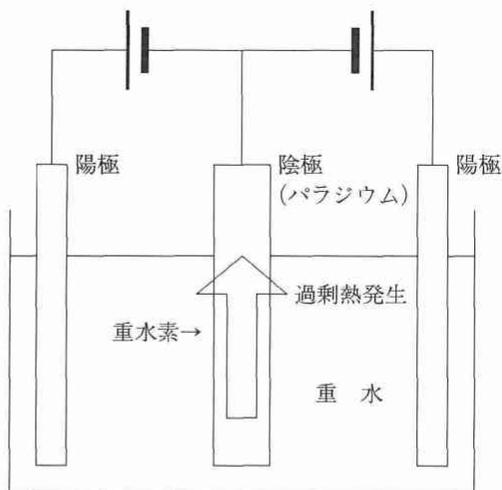
このような状況から、本件の研究を進めるためには、政府による資金負担とコーディネートが必要不可欠であり、また、民間企業、大学等の研究者の積極的な参画が得られなければならない。通産省では本件を「新水素エネルギー実証技術開発」と称して、平成5年度より、まずは4年間の計画で研究開発プロジェクトを開発することとした。

## 2. 国家プロジェクトの研究概要

重水を電気分解する際に、陰極に用いたパラジウム系合金に重水素が高密度に吸蔵され

\* 資源エネルギー庁公益事業部 電気用品室 企画班長

ると、通常の化学反応では考えられない過剰熱が発生する。



図一 過剰熱発生システムの一例

また、加速した重水素をパラジウム系合金に打ち込み続けると化学反応では考えられない過剰熱が発生するという実験報告もある。

電気分解を用いる方法は電解法と呼ばれ、フライシュマン、ポンス両博士や、米国SRI (Stanford Research Institute) インターナショナル、IMRAジャパン社などの実験はこのタイプにあたる。一方、加速した重水素を用いる方法はNTTの山口氏が行ったもので、一般に真空法と呼ばれる。もちろん、この二つ方式の他にもいくつかのバリエーションがある。

この現象の中で発生する過剰熱を利用して、投入された電気エネルギーよりも大きなエネルギーを取り出すことによって、新たな発電システムが成立すると期待される。

## (1) 過剰熱発生実証モデル実験

### ① 電解法による過剰熱の計測

プロジェクトの開始にあたり、まずは、既に再現性が確認されているいくつかの方式を

ベースとして過剰熱発生の実証、定量化のための実験を行うことが重要である。そして、再現性を上げ、発生熱量を大きく、かつ、発生熱量のコントロールを可能とすることを検討し、将来の実用化に向けた要素技術を確認しなければならない。

この一連の研究のために、まず、信頼性が高く、精密な測定が可能な熱計測技術の開発が必要である。

### ② 過剰熱発生時の反応生成物の検証

次に、過剰熱発生時の反応生成物の種類、量を in-situ で厳密に計測し、反応生成物と過剰熱発生量との定量的相関関係を検証することが必要である。これによって、この現象を引き起こす反応を理論的に示すことが可能となる。

### ③ 電解法と真空法の結合による非定常下における過剰熱の検証

研究がある程度進展した場合には、いくつかの方式の組み合わせが有望な検討課題になってくる。例えば、電解法は、重水中で反応が起こるため、反応生成物などに関して計測できる情報が限られるといった欠点があり、また、真空法は、重水素の吸蔵率が低く、過剰熱の発生量、再現性が低い等の欠点があるが、それぞれの欠点を補うために、両方式を結合し、電解法で合金の重水素の吸蔵率を上げ、その状態で、重水素やトリチウムを合金に打ち込むといった方式も考えられる。

このような応用型によって、重水素の吸蔵率が高い状態における過剰熱発生時の金属材料、反応生成物の精密な観測、分析を行い、過剰熱発生制御因子を解明することが可能となる。

## (2) 材料分析及び材料開発

### ① 材料分析

現在の過剰熱発生再現性が低い理由の一つとして、電極に使用される材料に関する情報がほとんど明らかにされていないことがあげられる。まず、過剰熱を発生するために必要な材料の資質を明らかにすることが必要である。このために、既に発熱が観測された材料と発熱が起らなかった材料との相違点についてデータを蓄積し、発熱のために必要な因子を明確化する。もちろん、最終的には、材料の組成と発熱現象との定量的因果関係を明らかにする。

### ② 材料開発

発熱現象のトリガーと目される因子は複数存在すると考えられるが、それぞれの因子を予め人為的に組み込んだ材料を多数用意し、これらを用いて実験を行い、熱発生量の定量的比較を行うことにより、熱発生の制御因子を確認する。この結果は、材料開発において重要な指針となる。

なお、プロジェクト開始当初の過剰熱発生実証モデル実験は、主として常温における電気分解を想定しているが、将来、この現象を発電システムなどに利用する場合も考え、材料開発側からの検討課題として、例えば、高温高圧下で長時間耐用可能な材料の低コストでの開発なども目指すこととしたい。

さらに、今後の研究の進展に併せて、セラミックス等の金属以外の材料についても研究することが考えられる。

材料解析などの研究は、主として、このプロジェクトの研究を実施する北海道の研究施設に設置する装置を用いて行うが、これらの装置は、プロジェクトの中で使用するのみな

らず、国内外の多くの研究者にできる限り開放していきたい。各研究機関からの要望に応じて、実験材料の事前、事後解析を引き受けるなどの活動を展開することによって、材料に関するデータベースが早く構築できると考えられる。

### (3) 情報の収集

本件のように独創的な研究の場合、忘れてはならないのが、関連情報を正確に素早く入手することである。特に、異分野での研究がヒントになることも多く、研究者にとっては横の連携が重要だと言われる。プロジェクトの中では、新水素エネルギーに関する情報の収集、整理、分析を効率良く行い、研究に役立てるとともに、内外の研究者に情報を提供していきたい。

### (4) 国際研究協力

米国や英国、仏国などの欧州の研究機関でも、本件に関する研究が行なわれている。今後は、例えば、米国のE P R I (Electric Power Research Institute) との間で研究に関するシンポジウムの共催、研究者の交流等を行ない、円滑な情報交換による研究の効率的推進を図る。なお、E P R I の傘下では、S R I インターナショナルの研究所が、極めて精密な熱測定の研究を行なっている。

## 3. 大学の支援

本件は、先に述べたように民間企業が独自に研究資金を拠出し難しい内容ではあるが、極力、民間企業からの協力も得て研究を進めていきたい。その一つとして、プロジェクトの中では、民間企業の研究者の参加を得て、か

表一 新水素エネルギー実証技術開発予定(平成5年度～8年度)

研究項目	5年度	6年度	7年度	8年度
過剰熱発生実証モデル実験				
電解法による過剰熱の計測	←			→
過剰熱発生時の反応生成物の検証		←		→
電解法と真空法の結合による非定常下における過剰熱の検証			←	→
材料解析及び材料開発				
材料解析		←		→
材料開発	←			→
情報収集等	←			→

つ、民間企業の製造設備、試験設備等も借用しながら研究を進めていく。

そして、これと並行して進めて行きたいのが大学での研究を支援することである。本件は、実証研究ではあるものの、理論的に未知の部分が多く、過去の研究の蓄積を有する者も少ないといった事情から、大学での基礎的な研究に依存する部分が多い。そこで、研究のリスクの面では判断に迷いがあるものの、複数の民間企業が大学での研究に対して資金的支援を行なうこととしている。

プロジェクトの予算は特別会計から拠出するため、実証研究、実用研究が中心となっており、しかも、民間企業が研究実施者となっているので、民間企業の優れた製造技術、計測技術等を活用した実験重視の研究が進められる。

これに対して、大学での研究は、民間企業が出資者ではあるものの、大学の研究者が研究実施者なので、かなり基礎的・理論的な部分を中心に研究が進められると期待される。

特別会計による国の研究と民間企業からの

支援による大学での研究が相互補完的な役割を果たすことが何よりも強く期待される。

大学での研究の内容としては以下のようなものが考えられる。

- ①過剰熱の精密な測定方法の確立
- ②反応生成物の精密な測定方法の確立
- ③反応機構の解明
- ④重水素の吸蔵率の向上、重水素局部異常集積の研究
- ⑤原子、電子の挙動等に関するマイクロ領域の研究

#### 4. 研究の実施体制

研究内容に次いで重要なのは、研究の実施体制である。

政府予算によって行われる研究は、通産省からの補助を受けてNEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)が(財)エネルギー総合工学研究所に委託して進められる。同研究所は北海道に研究施設を設置し、ここに、三菱重工業(株)、日立製作所(株)、東芝(株)、アイシン精機(株)等の民間企業及び大学から

研究者を集めて研究を実施する。また、材料解析、材料開発などの一部の研究は、大規模な装置が必要となることから、上記の企業や田中貴金属工業(株)などの材料メーカーに委託することになる。

一方、民間企業からの支援を受ける大学の研究は、東京工業大学の岡本教授がコーディネーターとなって、北海道大学、東北大学、横浜国立大学、名古屋大学、大阪大学等、多くの大学の研究者が参加して行なわれる。基本的には、各大学において、現在行なっている研究をベースに研究を実施することになるが、今後、新規なアイデアを持つ若い研究者の飛び入りにも期待したい。

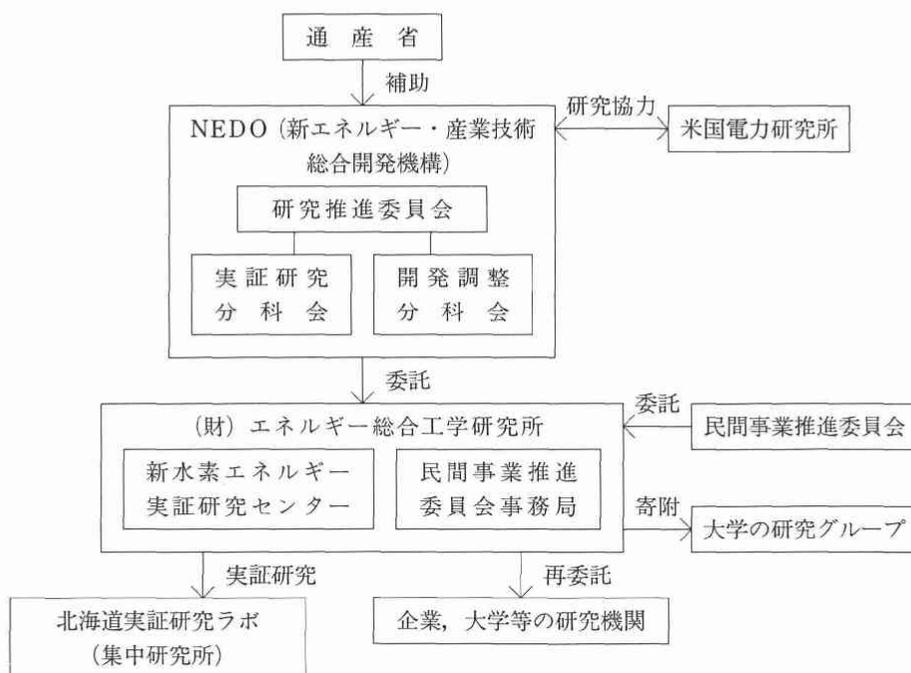
海外との関係では、NEDOと米国EPR Iとの間で情報交換等を図っていく他、今後、広く欧米の各地の研究機関との間で研究者交流等を深めていきたい。

プロジェクト全体の取りまとめ、方針決定

は、NEDOに設置する研究推進委員会（委員長：石井威望 慶応大学教授）で行う。この委員会が本件について事実上の最高意志決定機関となる。

この委員会の下には、実証研究分科会（会長：浅見直人 新水素エネルギー実証研究センタープロジェクトマネージャー）を設置し、実際に研究に携わっている研究者を委員に任命し、実質的な議論を行なうとともに、プロジェクトの計画、成果を評価するための第三者による組織として開発調整分科会（会長：池上英雄 文部省核融合科学研究所教授）を設置する。

本件の実施にあたっては、委員会等の数はできる限り減らし、実質的・機能的な意志決定システムを構成することを心がけた。特に、研究の先行きを読みにくい基礎的な研究の場合には、研究計画の変更などが、研究者の意思に基づいて柔軟に行えるよう配慮する必要がある。



図一 2 研究の実施体制

## 5. 研究が産業、社会に与える影響

新水素エネルギーの実用化に成功すれば、その燃料とも言える重水は地球の海水中にはほぼ無尽蔵に存在することから、石油火力、原子力などの従来のエネルギーに代わる大きなエネルギー源として期待されることとなる。また、クリーンで、簡易かつ安価なエネルギー源として、環境保護の観点からも、分散型電源の普及促進の観点からも実用化が期待される。

さらに、研究の過程で、計測技術や材料開発などの領域で新しい技術が誕生する可能性も十分に考えられる。未だ完全な実用化には遠い感もあるが、既に政府が取り組んできた高温核融合、常温超電導、原子・分子極限操作技術等の分野でも、同じように最終目標を達成するまでの過程で様々な新しい技術の芽が生まれている。

## 6. 通産省が取り組むもう一つの意義

自国のエネルギー事情や環境保護の観点から、本件のようなプロジェクトに踏み切ったところだが、通産省が本件のような基礎的独創的研究に取り組むことには、また違った意味もある。その一つが、諸外国からの期待である。

現在の日米の先端技術を巡る摩擦は、独創的な基礎研究の多くが米国で生まれ、その成果を日本が商業化し、結果的には日本だけが利に浴しているという技術情報の一方向性から生じたものだとされている。この問題の根幹は、日米の研究主体の違いによると言われる。一般的に、米国は大学での基礎研究が盛んで、日本は民間企業での応用研究に優れ

ている。大学で研究を行なっている以上、米国の研究成果は対外的にオープンとなっており、諸外国に流出し、活用される。日本は、民間企業が留学生を米国の大学に送り込む等の努力を重ね、米国の技術シーズを獲得し、それを育ててビジネスに活かしており、育てた結果を払い戻していないと批判されている。

この状況を打破するために、米国はかつて日本の民間企業の研究成果を海外に開放するべきだといった議論を持ちかけてきたことがある。しかしながら、民間企業が利益に結びつく研究成果をある程度囲い込むのは、企業の哲学としては当然のことでもあり、それを開放するのは難しい。むしろ、この問題の根本的な解決策は、日本の大学や国立研究機関を米国の大学のように独創的研究情報の発信源として育成し、諸外国への貢献を果たすことである。日本の大学の研究施設の衰退などはかねてより取り上げられている問題でもあり、是非ともこの点の解決を急がなければならない。

現実に、米国をはじめとする諸外国は、研究資金や人材の不足、あるいは、産業界の国際競争力低下の危機から、基礎的な研究に取り組む余裕が減じている面があり、日本での基礎研究の進展とその公開への期待が高まっている。一方で、環境問題やエネルギー問題で悩む東南アジアから日本に来た留学生が、新水素エネルギー技術の研究に取り組みたいと希望する事例もあると聞いた。

このような状況の中で通産省が本件に取り組むことは、基礎研究による国際貢献という新たなスキームへの挑戦でもある。特に、大学での研究を支援することは、日本の基礎研

究の立て直しのために絶対に必要なことである。このことはまた、日本の大学が独創的な研究者を育て、世に送り出すことにもつながり、民間企業にとっても十分にメリットがあることと思われる。

## 7. おわりに

独創的な人材を育てなければならないと叫ばれて久しい。小中学校や大学でも個性を伸ばすための様々なプログラムが組み込まれている。

独創的な研究には失敗や試行錯誤があるのが当然である。実験で失敗を繰り返すことによって、実験を成功させるために必要な条件が絞り込まれていく。先日、友人のアメリカ人に、日本には「失敗は成功のもと」という諺があると言ったところ全く理解してもらえなかったが、本件のような研究にはこの失敗を恐れない精神が必要である。

近年の日本は、いくつかの分野の技術開発

で、間違いなく世界のトップランナーとなった。これまでの日本は、先人が見つけたテーマについて、キャッチアップすることを目的に研究に取り組むことが多かった。そういった時代には、明確な目標が見えていたが、これからは、自ら日本が研究テーマを探し、目標を創り出す立場となった。このような立場になったからには、失敗を恐れずに新しい技術シーズを発掘し、挑戦すべきである。フイージビリティが明らかになってから研究を開始するといった時代から、フイージビリティを見極めるために研究を開始する時代になったのではなかろうか。

以上、個人的な見解も交えて新水素エネルギー実証技術開発について紹介してきた。本件においては、難しい研究に半ば人生を賭けて取り組む人達もいる。最後に、彼らに対して改めて敬意を表するとともに、我々は少しでも研究し易い環境を整備するべく努力し、研究の成功を祈ることとしたい。

# 天然ガス検討会LNG分科会 中間報告(案)の概要について



甲斐宗太\*

## 1. はじめに

天然ガス検討会は、天然ガスの開発及び利用に関する経済的・技術的諸問題等を調査・検討することを目的に、資源エネルギー庁石油部長の私的諮問機関として平成元年度より設置された。

平成5年度においては、LNG、受入・流通システム及びアジア・太平洋の3分科会が設置され、LNG分科会では、これまで4年間の検討結果をまとめることを目的に、「天然ガス検討会LNG分科会中間報告書(案)」が

取りまとめられている。

本稿の目的は同報告書の要約であるが、要約を行う過程において、報告書本来の意図が十分に伝わっていないことがあるかも知れない。ご容赦願いたい。

## 2. 検討の目的

LNGが1969年に初めてアラスカから輸入されて以来、1992年には3,900万tの輸入規模となり、一次エネルギー国内供給全体に占める天然ガスの割合も、LNG導入以前の約1%から約11%へと増大した。

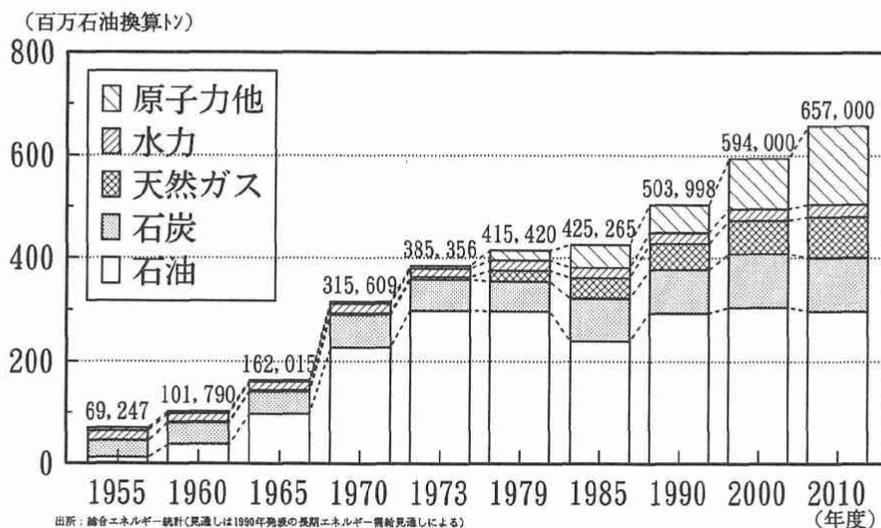


図-1 日本の一次エネルギー供給の推移と見直し

\* 石油公団 天然ガス・新石油資源室

当初、大量輸送を可能とした液化技術の確立を踏まえ、硫黄酸化物等の大気汚染問題対応の必要性、高発熱量による供給効率の向上等を背景とし導入されたLNGも、導入以降四半世紀近くを経て、契約の多くが延長等の第二世代に入ってきている。

しかしながら、地球温暖化問題等の環境問題への関心の高まりの中で、環境面での優位性を持つエネルギーとしての天然ガスへの期待が更に高まっている一方で、プロジェクトの開発環境、事業環境及び市場環境は困難化或いは不透明化しており、LNG利用の拡大を支えてきた他エネルギーとのエネルギー・コストにおける相対的な競争性の確保に懸念が生じかねない。

同分科会では、こうした問題意識の下に、①LNGをめぐる最近の環境変化について概観し、②次第に難しくなる新規プロジェクトの開発を円滑化するための課題を検討するとともに、③セキュリティに配慮した天然ガスの安定的かつ円滑な供給のための課題、④天然ガス関連の技術開発・新資源開発の動向についても検討が加えられている。

### 3. 現状の把握

LNG事業は、天然ガスの探鉱、開発、液化、海上輸送、受入の各段階がチェーンとなった事業であるという観点から、既存プロジェクトの概要等が以下のようにまとめられている。

#### 3-1. 資源及び貿易の現状

LNGの供給ソースとしての世界の天然ガス埋蔵量は140兆 $m^3$ 程度と、熱量換算でほぼ原油と同等の埋蔵量(Oil & Gas Journal 誌、

1992年末推定)を有しており、賦存状況に関しても、70%近くを中東一地域に依存する石油に比べて、世界に広く分布している(旧ソ連圏40%、中東31%、アジア・太平洋7%、南北米大陸11%、欧州4%、アフリカ7%)。

世界の1992年の天然ガスの消費量は約210億 $m^3$ で、この内約16%の約34億 $m^3$ が国際貿易の対象となって取引されている。また、この国際貿易量の76%がパイプラインで、24%がLNGで輸送されている(CEDIGAZ, 1992年推定)。日本は、世界の天然ガス貿易量の約16%、LNG貿易量の70%弱を占めている。

#### 3-2. 天然ガスの特性とLNG

天然ガスは常温では気体であるが、約-162℃(大気圧下)で約600分の1に凝縮して液化することから、容積の圧縮が可能であり、生産地と消費地を結ぶ輸送には、パイプライン輸送の他、特殊タンカーによる輸送も可能である。

天然ガス輸送手段は大規模な設備となるため、巨額な投資が必要で、投資採算を確保するためには、天然ガスの埋蔵量や生産量がある程度の規模で集中していること、需要規模も一定量が一定期間にわたって継続されること等が前提条件になっている。

#### 3-3. LNGプロジェクト・スキーム

資源国に利権契約等を通じて古くから地歩を固めてきた国際石油メジャーが、石油事業等を通じての豊富な経験、技術開発力及び資金力等をもって主導し、LNGプロジェクトの事業化を推進してきた。

我が国企業も、設備・船舶等の建設当事者として関与すると共に、商社等がLNGプロ

ジェクトへ直接あるいは間接的に参画し、日本側買主等とのコーディネイターとしての機能を果たしてきている。

また、最近では、産ガス国がプロジェクトへの参画度を高め、国際石油メジャーの技術力、資金力等の支持の下で、プロジェクトの推進主体としての役割を担ってきている。

### 3-4. LNG海上輸送

国際石油メジャー系あるいは産ガス国側の輸送会社とともに、我が国大手海運会社も船舶の所有および運航に関与し、安定供給に貢献してきている。

輸送条件面では、売主側の包括責任体制による引渡しである Ex-ship 契約が主流であるが、最近では、FOB契約の下で我が国側自らが船舶を所有し、弾力的な運航を確保し得る体制を適切に組合せ構築していく必要性も指摘されている。

### 3-5. ファイナンス

初期のLNGプロジェクトでは、天然ガスの開発から海上輸送まで全ての所要資金を開発企業が自己資金で調達を行っていたが、プロジェクトの大規模化による所要資金の巨額化等もあって、国際シンジケートによるファイナンスが一般化している。

また、石油公団の投融資・債務保証、日本輸出入銀行の融資、日本開発銀行の計画造船融資等の我が国の制度金融も効果的に活用されている。

更に、近年においては、プロジェクト当事者自らの担保能力にも限界があって、LNGプロジェクト自体の収益性を担保力として資金を調達（プロジェクトファイナンス）しよ

うとする傾向が強まりつつある。

### 3-6. LNG契約価格

1969年にアラスカLNGの導入が開始された当時のLNG価格は、コストベースに基づく固定価格であったが、1973年の石油危機以降原油価格の値上げが繰り返され、原油価格との大幅な乖離が生じたことから、油価に見合った価格設定方式として、原油GSP（政府公式販売価格）にリンクする価格方式が採用された。

その後、1985年になって、原油の過剰生産を背景に原油の市場実勢価格が暴落し、原油GSPから乖離したことを受け、原油の市場実勢価格が反映されるJCC（全日本輸入原油平均CIF通関価格）にリンクする価格を採用することが趨勢となった。

### 3-7. 数量引取条件

LNGプロジェクトでは、テイクオアペイ条件が一般化しているが、最近の契約の中には、受入量未達成の場合の削減許容量の拡大（年3%から10%程度）及びプール運用、買主側の希望により引取数量を増量できるアローワンス・オプション等を規定するケースがあり、安定供給に貢献している。

## 4. LNGをめぐる環境変化

今後のLNGプロジェクトの成立の困難化が議論されていることを踏まえ、1980年代後半からのLNGプロジェクトをめぐる環境の変化が以下のようにまとめられている。

### 4-1. 天然ガスの需要増加と需要形態変化

LNGの主要ユーザーは電力会社及び大手

都市ガス会社であるが、電力においては、電力需要構造の変化により、冬期においても需要ピークが発生するようになってきた一方で、ミドル・ピーク運用としての火力発電の役割が明確化してきており、年間を通じて均等引取りが望ましいLNG需要についても、季節間の需要差は増大する傾向にある。

また、都市ガスにおいては、大都市圏の家庭用に加え、工業用や商業用等の分野で着実に需要が高まり、需要の平準化が進む一方で、天然ガス自動車や分散型電源向けの需要、地方中小都市ガス会社の原料転換も進められており、需要形態の多様化・広域化が進んでいる。

#### 4-2. 開発環境の変化

開発環境の中でも、資源環境については、ガス田が氷海・深海に存在するといった厳しい自然的条件、ガス田から積出港までの距離が長いといった地理的条件、生産井1本当たりの生産性が低いといった地質条件、及び、炭酸ガス等不純物の多量の含有といったガスの品質等の条件等、各種の条件がより厳しくなってきている。

投資環境についても、これまでは、日本に近いアジア・太平洋地域のなかで、ガス埋蔵地にアクセスすることが容易であったが、天然ガス供給地はより遠隔化する傾向にあり、カントリー・リスクを含めて、従来とは異なる投資環境になることが予想される中東やロシア等でのLNGプロジェクトの事業化も検討する必要がでてきている。

#### 4-3. 事業環境の困難化

1986年以降の原油価格の低位安定が、プロ

ジェクト開発の主体となってきた国際石油メジャー等の体力を低下させると同時に、原油価格とリンクしているLNGの新規プロジェクトの採算性を低下させ、開発の遅延を招いている。

表-1 メジャー4社の探鉱開発投資額

(単位:100万\$)

	1981~1985	1986~1990
EXXON	27,897	19,319
Mobil	11,396	8,430
Chevron	11,917	8,546
Shell	20,896	19,024
4社計	72,106	55,319

出所:石油開発資料

また、ユニット・コスト低減のためのプロジェクト規模の大型化が、所要資金を巨額化させる方向にあることに対して、BIS規制の強化とバブル経済破綻後に表面化した多額の不良債権が、LNG事業の採算性の悪化傾向や新規ガス開発国の政治・経済面での不確実性の増大と相俟って、金融機関の貸出姿勢を慎重にしている。

#### 4-4. 市場環境の変化

NIEsを中心とした諸国での経済規模の拡大と環境問題への関心の高まりを背景に、環太平洋圏での天然ガス需要が高い伸びを示している。

これまでの環太平洋市場圏は、少数の売り手と1カ国の買い手からなっており、日本のエネルギー事情を比較的反映しやすかったが、今後は、韓国や台湾のエネルギー事情や取引行動等をも考慮する必要がある。

北米市場圏においては、域外輸入量の大幅増大は考え難いが、中南米及びアフリカ等の新規ガス供給の部分的導入が考えられる。

欧州市場圏においては、これまで天然ガス

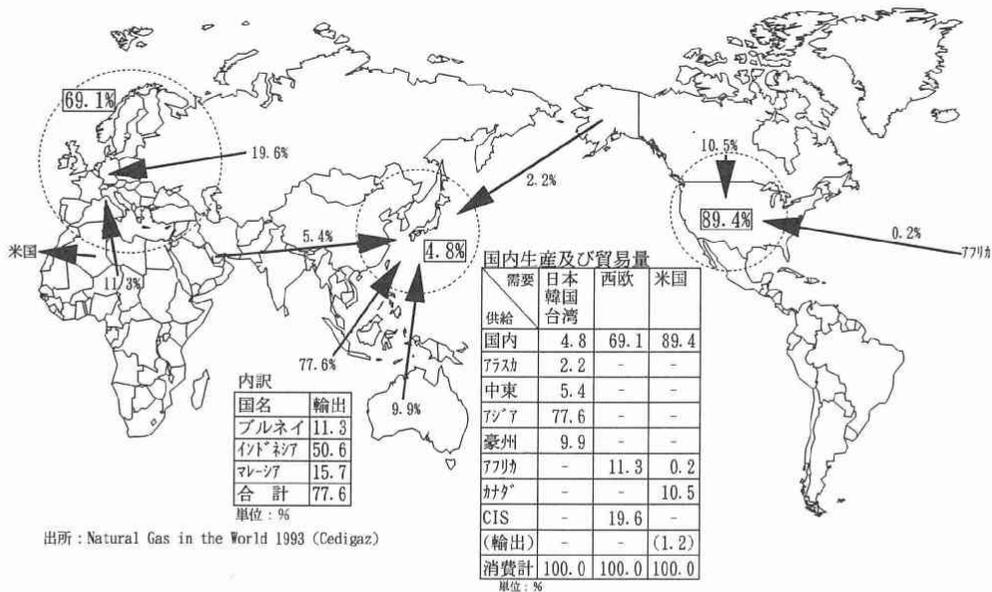


図-2 三大市場圏の天然ガス自給状況

消費量の70%以上を域内で生産していたが、需要の増大に伴い、既存のアルジェリア、リビア、新規のナイジェリア等のアフリカやロシアに加え、部分的にはカタール、オマーン等、中東の天然ガスにもその需要が向かうものと予想される。

## 5. プロジェクト推進上の課題と対応の方向

今後のプロジェクトを、①資源量が十分発見されていないものの開発可能とみられる案件、②相当規模の埋蔵量が予想されているガス田ではあるが、自然条件が困難なため、開発が遅れていたり、未着手となっているような案件に整理し、プロジェクト化の可能性向上のための方策が表-2のようにまとめられている。

また、市場経済移行国、民族・宗教上の原因から紛争要因を抱える国等からのLNG供給についても考慮する必要性があり、法制・税制等の整備について働きかける等の官民挙

げた取組みを通じて、当該国のプロジェクトのリスク低減のための共同購入等の必要性も指摘されている。

更に、新規プロジェクト実現のための課題や対策が以下のようにまとめられている。

### 5-1. プロジェクトスキーム

民間の中核企業グループが中心となり、国際石油メジャーの総合力、民間金融機関の資金調達力、商社の金融面での調整機能等が組み合わされた上で、公的措置が活用されるべきである。

また、LNG事業は商業ベースで進められることが基本であるが、産ガス国においては政府や国営石油ガス会社が当事者となる場合が多いことから、我が国政府としても、相手国の制度面での問題等公的立場から関与が必要な場合には、相手国政府との関係で適切な対応を図るべきである。

表-2 開発の困難が予想される新規LNGプロジェクトの分類と対策

分類		対策
資源量が十分に発見されていない近隣諸国の案件	・ 経済的生産量が2トレン(500万t/年)	・ 近隣を含めたガス田の積極的探鉱開発 ・ 複数のガス田から回収されたガスの集約
	・ 輸送距離が近いため経済的生産量は1トレン(200~300万t/年)	・ 1トレン分のガス埋蔵量の確保 ・ 生産等の合理化
	・ 埋蔵量規模が1トレン(200~300万t/年)未満で独立	・ 可動式天然ガス洋上液化プラントの開発
困難な自然条件に係る案件	・ 長距離パイプライン等のインフラ整備が必要	・ 複数による共同開発と共同購入 ・ ODAの活用 ・ 他の産業基盤整備プロジェクト等との連携
	・ 氷海や深海でのガス田開発が必要	・ 流水に耐え得る生産施設の設置、操業の経済性等の確保 ・ 深海開発のための最適技術の確立、適用 ・ 段階的開発 ・ 複数による共同開発と共同購入
	・ 炭酸ガス等の含有不純物の処理が必要	・ 不純物除去の実証試験

#### 5-2. ファイナンスの円滑化と公的支援の充実

ファイナンスの円滑化によるプロジェクトの採算性の確保が重要な課題である。

リスク及びコストの低減に資するとともに、呼び水の効果を有する措置の充実が必要であり、石油公団の探鉱投融资及び債務保証、日本輸出入銀行の融資、通商産業省の貿易保険制度等の活用はもちろんのこと、政策的資金供給メカニズムの更なる拡充を検討する必要がある。

探鉱段階に関しては、運用上、案件に応じた出資比率の弾力的調整適用及び部分減免制度、開発、液化段階等に関しては、エクイティーマネーの供給と債務保証措置の適切な組み合わせを可能とする投融资制度の整備が石油公団に望まれる。

こうした公的措置の下で、プロジェクトファイナンス等における貸付側の一定範囲のリスク負担が容易となり、また、返済リスクも軽減されよう。更に、リスクの高い案件については、減免付融資制度の可能性も今後の検討課題である。

なお、石油公団の債務保証制度の運用に際しては、財務運営の健全性にも留意する必要がある。貿易保険制度についても財政基盤の強化が望まれる。

#### 5-3. 経済性の確保

石油・石炭等のエネルギーと競合関係にあることを考慮すれば、現行の原油を基礎とする価格形成から、LNG価格が大幅に乖離することはありえないが、新プロジェクトを立ち上げるにあたり、LNG価格の安定性を求める声も強まっている。

プロジェクト当事者による商業上の話し合いを通じて適切な価格が形成されることとなろうが、産ガス国側においても、原料ガス価格の設定に対する配慮、税制面等における適切な取扱い、競争的環境の醸成・整備が重要である。

#### 5-4. 今後の関係者の課題

国内石油関係企業については、長期的な競争促進、ガス開発技術・ノウハウの蓄積、上

流・下流の垂直統合を通じたエネルギー供給の安定化、我が国の発言力の強化等に寄与するために、上流部門にも積極的に参画していくことが期待される。

ユーザーについては、ユーザー自身としてのプロジェクト評価能力の強化や新規プロジェクト推進等の観点から、ユーザーが参画することが望ましいケースも考えられることに加え、リスク分散等の観点から、近隣諸国を含めたユーザー間で、複数の企業の協力により対応することが望ましいケースも想定される。

また、LNGの長期安定供給等の観点から、ただ単にプロジェクトのファイナンス面等に協力するだけにとどまらず、例えば産ガス国の天然ガスの利用等の面に関しても協力する等により、広く産ガス国と我が国との友好関係を一層発展させていくことが重要である。

## 6. 安定供給のための課題と対応の方向

我が国のLNG取引においては、これまでのところ過去において重大な供給中断は発生していないが、エネルギーとしての天然ガスの重要性の増大に伴い、安定供給のための一層の配慮が必要とされるとし、以下のようにまとめられている。

### 6-1. 天然ガス国内供給の現状

供給国との関係においては、LNG貿易の多くが長期継続取引を前提とした相対取引である上に、政治的・経済的基盤が比較的安定している環太平洋地域を中心に、現在、米国、ブルネイ、UAE、マレーシア、インドネシア、オーストラリアの6ヶ国、7液化基地に供給源を分散している。

設備的にも、液化設備及びLNG船については、複数化及び数%~10%程度の供給余力の確保、受入基地については、標準化、複数化、基地間パイプライン連携及び買主間の配船計画調整により、供給の安定性が確保されている。

また、電気事業者については、その他発電設備の稼働率のアップ、デュアルファイアリング可能なLNG火力（現在、88基中50基）の燃料切替、電力会社相互間での電力融通が可能であり、各大手ガス事業者については、年間平均使用量の30日分以上の備蓄の確保、天然ガスと同組成のガスを製造するSNG設備の保有、緊急時対策としての相互融通協定による対応が可能である。

### 6-2. 最近の環境変化

今後堅実なLNG需要が予想される中で、①プロジェクト形成上のリスクの増大、②カントリーリスクの増大、③需要の季節間変動幅の増大、④新規受入基地立地の制限等の環境変化が生じつつあり、従来以上に安定供給対策が重要となる。

### 6-3. 供給面での安定供給対策

LNGの供給地域の分散化を含め、プロジェクト形成に関わる取組みを強化することが、セキュリティ上も重要である。

特に、天然ガスの膨大な埋蔵が期待されているものの、その確認のための十分な探鉱が行われていない状況にある東シベリア、中央アジア等の未探鉱地域について、先行的取組みを行う必要があり、石油公団の地質構造調査制度の拡充により、地質やガス層の状況、インフラの在り方等を調査・分析する体制を

整える必要がある。

#### 6-4. 供給条件の確保

供給量の増大は安定供給にも寄与することから、今後も、供給余力の確保、増量アローワンス、優先引取条件等引取数量の上方調整面での弾力性の確保を図る等、テイクオアペイ条項の弾力的な運用の可能性を迫及する必要がある。

弾力性の拡大と経済効率の迫及は、相反する面もあるが、プロジェクトとしての成立条件を踏まえつつ、売主・買主双方が商業ベースで納得できる水準を目指して、今後とも努力を継続することが望まれる。

#### 6-5. ユーザー等における安定供給対策

電力にとってのLNGのリスクマネジメントは、適正な電源構成の維持である。石油火力のバッファ的役割を考慮すれば、LNG火力への過度の依存は、需給変動に対する弾力性を低下させることから、ミドルピーク運用を担う石炭火力、LNG火力、石油火力の適切な電源構成の達成に努める必要がある。

また、LNGを導入している大手都市ガスは、既に、天然ガスの国内市場への供給者としての立場にあるため、他燃料との適正な構成（ベストミックス）によって代替エネルギーを確保することは困難であることから、今後ともLNGの調達面における安定供給基盤・条件の確保や供給源の分散等を図っていくことが基本である。

また、同一プロジェクトから共同購入しているユーザー間での相互融通、更には、非共同購入ユーザー間での相互融通が可能となる

ようなシステムを検討することも必要である。

#### 6-6. 中長期的な安定供給対策

国内受け入れ以降の段階においては、各ユーザーは、緊急時に備えた諸対策の点検及び対策の充実に努めるとともに、国においても関係者による諸対策が有効に機能するよう全体の整合性の確保を図る必要がある。

また、今後、長期的観点に立脚し、流通・受け入れシステムの在り方を検討していく中で、ピーク時対策、緊急時対応を念頭に置いた、天然ガスの地下貯蔵の可能性も検討しておくことが有益であろう。

我が国には、日本海側に枯渇油ガス田が多数存在しており、一部小規模ながら同方式による天然ガスの地下貯蔵が実施されており、技術面からの適用可能性は高い。なお、海外における天然ガスの地下貯蔵は、545カ所で実施されており、その内約80%は、枯渇油ガス田利用である。

### 7. LNG関連技術開発の現状

LNGプロジェクトに関わる技術開発の成果及び課題としては、段階別に以下のような要素が挙げられている。

#### 7-1. 探鉱及び開発

3次元（3D）地震探査技術の充実に加え、掘進中に坑井の方位及び傾斜データばかりでなく、地層評価データ及び掘削パラメータを地表に伝達するMWD（Measurement While Drilling）システム、高い掘削率と長い寿命を有する人造多結晶ダイヤモンドコンパクトビット、薄くタイトな油ガス層等の開発

に有効な水平掘削，掘削の径を小さくしてコスト等の大幅な削減が可能なスリムホールドリリング等が注目される。

## 7-2. 生産設備

主に海洋生産に関して，プラットフォームの建設工法の改良や無人化，パイプラインのモニタリング技術，海底セパレーターや多相流ポンプ等の新海底生産システム等が注目される。

## 7-3. 液化及び海上輸送

LNG液化プラントの面では，設計の最適化，1トレン当能力の大型化のための熱交換器，圧縮器及びガスタービン等の大型化，ユニット化を含めた建設の最適化，予冷の混合冷媒化，熱交換器のパッケージ化等が検討されている。

また，特に，アジア太平洋地域に多く賦存する，1トレン規模以下の埋蔵量の海洋ガス田の商業化のための洋上液化プラントの開発も求められる。

海上輸送の面では，LNG船の延命化と共に，LNG船の大型化については，技術の焦点が当たっているが，積・揚基地の諸施設とのバランスがとれることが大前提であり，既存の基地設備では困難が予想される。

## 7-4. 技術実証及び国際協力

技術実証では，我が国企業の技術力を補完し，プロジェクト参加を促進する意味において，石油公団と我が国企業の共同技術実証事業の実施が有効である。

国際協力としては，IEAが進めているIEA天然ガス技術情報国際センターの活動に

期待が持たれる。

## 8. 新資源開発の現状

新資源としては，深層ガス，メタンハイドレート及びコールベッドメタンが取り上げられており，以下のように評価されている。

### 8-1. 深層ガス

成因論に関する学術的検討・議論は別にして，従来開発対象とされてきたものより深部のガス貯留層開発の可能性そのものが重要である。

従来，探鉱・開発の対象とされてきた深度以深に存在する可能性のある経済規模のガス鉱床の探鉱・開発に関する研究開発を継続するとともに，国による基礎調査制度の活用も検討していくべきであろう。

### 8-2. メタンハイドレート

研究開発の初期的段階にあり，従来とは異なる生産技術が要求されることから，生産のエネルギーコストの評価を含むデータの蓄積が必要である。

オホーツク海，南海トラフ等での存在も指摘されているものの，国内資源としての正確な評価は今後の課題である。

### 8-3. コールベッドメタン

賦存量について，世界全体で数十兆 $m^3$ と大規模な量が推定されているものの，有利な条件が整っている米国にしても税制優遇が行なわれている等，経済的に生産することは現状では困難であり，商業的生産の可能な国内資源としての評価は時期尚早である。

## 9. む す び

今回の報告書は、天然ガスの有用性を踏まえ、天然ガスの供給及び利用の健全なる拡大のための課題が取りまとめられている。

現在、天然ガスは環境に優しいエネルギーとして脚光を浴びているが、ハンドリングを

含め、全てが優れているというわけではない。

また、私見ではあるが、最近散見される将来の天然ガスについて、いたずらに危機感を喚起させるような議論は、むしろ天然ガスの健全なる利用拡大の妨げになるのではないかと思うが、如何なものであろうか。

今後の議論の展開を期待したい。

# CO<sub>2</sub>回収・処理技術のシステム評価



加賀城 俊 正<sup>※</sup>

## 1. はじめに

世界各国の首脳が参加した「環境と開発に関する国連会議（1992年6月）」において、地球温暖化を中心とする地球環境の危機が人類共通の問題として認識された。1900年に約15億であった世界の人口が現在は約55億、21世紀には100億人を越えると予想されており、このままでは人類の活動が地球のキャパシティを越えることは明白である。一時のブームにとどまらず、地球環境問題に対し常に真摯な姿勢で臨み長期的視点で対策を講じ続けることが我々人類の責務と言える。

現在、地球温暖化対策として研究が推進されている火力発電所からのCO<sub>2</sub>回収・処理は、回収CO<sub>2</sub>の海洋処理等に伴う環境影響、安全性等に不確定性があるものの、工業的プロセスとして大量のCO<sub>2</sub>を削減できる可能性を有する。そのため、将来の対策オプションの一つとして、長期的視点で研究開発を進めておくことが重要と考えられる。

財エネルギー総合工学研究所（筆者は1993年9月迄在籍）では、新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託を受け、火力発電所からのCO<sub>2</sub>回収・処理の総合的評価研究に着手

している。本稿では、この研究の中で、ケーススタディによりCO<sub>2</sub>回収・処理トータルシステムのエネルギー収支、CO<sub>2</sub>収支、コストを体系的に評価し、その実現可能性や有望システムについて検討した結果を紹介する。

## 2. ケーススタディの前提条件、内容

近年、国内外で、火力発電所からのCO<sub>2</sub>回収・処理のフィージビリティスタディが実施されている。しかし、これらの多くは次の問題点を有する。

- ①スタディがCO<sub>2</sub>回収工程に限られ、回収CO<sub>2</sub>の処理を含むトータルシステムを対象としていない。
- ②燃料種・発電方式毎に、各種CO<sub>2</sub>回収・処理システムを体系的に評価比較した例はない。
- ③コストについての詳細検討がない。

そこで今回は、図1に示す回収CO<sub>2</sub>の輸送・処理を含むトータルシステムを対象とし、エネルギー収支、CO<sub>2</sub>収支、コストを試算して本技術の工業的プロセスとしての実現可能性を検討した。また、燃料種・発電方式毎に可能性のあるCO<sub>2</sub>回収・処理方式を比較評価した。

### (1)前提条件

※ 大阪ガス(株)基盤研究所 副課長（元財エネルギー総合工学研究所 主任研究員）

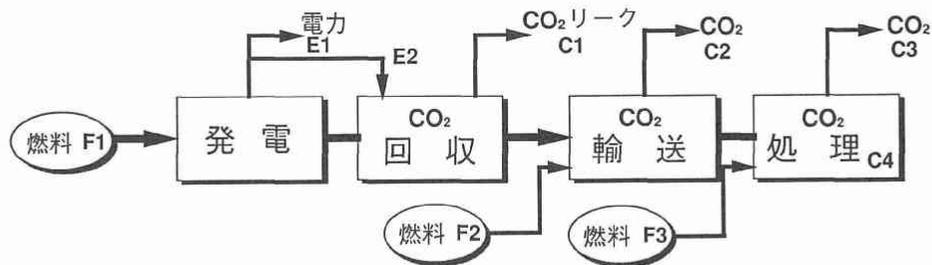


図1 CO<sub>2</sub>回収処理トータルシステム

ケーススタディの前提条件を表1に示す。  
CO<sub>2</sub>を回収しないベースケースの発電所容量は600MWとし、CO<sub>2</sub>回収ケースは、発電所への燃料供給量をベースケースと同一に設定した。

主力発電技術として、①LNG複合発電、②微粉炭火力(超々臨界圧)、③酸素吹き及び空気吹き石炭ガス化複合発電(IGCC)、④メタノール改質型発電を選定した。

発電プラントとしては、2000～2010年頃の (2)CO<sub>2</sub>回収方式

表1 ケーススタディの前提条件

発電プラント	・ 2000～2010年の新設プラント			
発電容量	・ ベースケース：発電端出力600MW ・ CO <sub>2</sub> 回収ケース：ベースケースと同一の燃料使用量			
発電技術諸元		発電方式	ベースケースの送電端効率(%)	
	LNG複合発電	ガスター/1350°C級	46.5	
	微粉炭火力	超々臨界圧(USC) 316K, 593/593/593°C	40.9	
	石炭ガス化複合発電(IGCC)	酸素吹き、空気吹き	43	
	メタノール改質発電	ガスター/1350°C級	44.8	
排ガス組成		LNG複合発電	微粉炭火力	IGCC
	SO <sub>x</sub> (ppm)	0	50	20
	NO <sub>x</sub> (ppm)	10	45	20
	ダスト(mg/m <sup>3</sup> N)	0	10	2
* メタノール改質発電はLNG複合発電と同等レベルとした。 * 化学吸収法により排気からCO <sub>2</sub> を回収する場合は、吸収液劣化防止のためSO <sub>x</sub> 除去レベルを10ppm以下とした。				
酸素製造		酸素製造方式	酸素純度(%)	酸素製造動力(kWh/m <sup>3</sup> N-O <sub>2</sub> )
	酸素吹きIGCC用 O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> 燃焼用	深冷分離 深冷分離	95.0 99.5	0.34 0.37

次の3方式を検討した。(図2参照)

① 燃焼前分離・回収

燃料を水蒸気改質反応でCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>に転化した後、燃焼前にCO<sub>2</sub>を分離する方法である。排ガスからの分離・回収に比べ、CO<sub>2</sub>分離時の処理流体の量が少なく(約6割)、CO<sub>2</sub>濃度が高い(1.5~2倍)利点があり、理論的には高い効率を期待できる。

② 排ガスからの分離・回収

N<sub>2</sub>が主成分の燃焼排ガス(微粉炭火力の場合でN<sub>2</sub>75%、CO<sub>2</sub>15%、O<sub>2</sub>5%、H<sub>2</sub>O5%)からCO<sub>2</sub>を分離する方法である。米国では、天然ガス燃焼排ガスから化学吸収法により、1,000t/日規模でCO<sub>2</sub>を回収した実績がある。しかし、本法は、排ガスにSO<sub>x</sub>が存在すると吸収液(アミン)が劣化する問題がある。

③ 排ガスからの直接回収

空気の代わりに純酸素で燃料を燃焼し、排

ガス中のCO<sub>2</sub>濃度を100%近くに高め直接回収する方法である。燃焼温度を調整するため、回収CO<sub>2</sub>の一部が燃焼器へリサイクルされる。本法は、CO<sub>2</sub>吸収液の劣化をもたらすSO<sub>x</sub>の多い石炭火力で有利になる可能性がある。

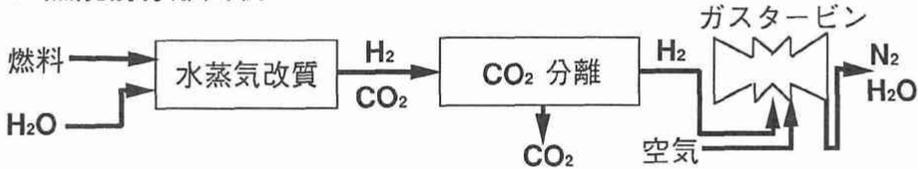
なお、燃焼前分離・回収及び排ガス分離・回収に適用するCO<sub>2</sub>分離技術としては、化学吸収法(MEA法、BASF-MDEA法)、物理吸収法(SELEXOL法)、物理吸着法(PSA法)等が考えられるが、今回は、発電所規模での実用化可能性が高く、発電方式毎にそのCO<sub>2</sub>分圧等に適すると推定される技術を選定した。

(3) 回収CO<sub>2</sub>の輸送・処理方式

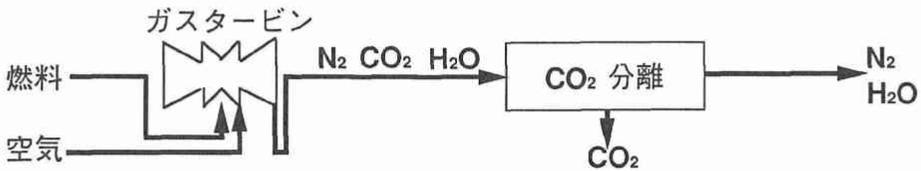
次の輸送、処理方式を組み合わせた5種類のシステムをスタディ対象として選定した。

(表2参照)

1. 燃焼前分離回収



2. 排ガス分離回収



3. 排ガス直接回収(O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>燃焼)

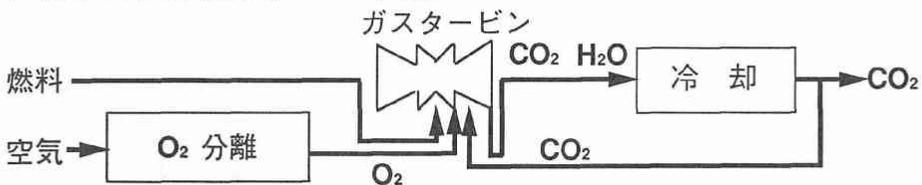


図2 CO<sub>2</sub>分離回収技術

### ①輸送方式

イ. 回収CO<sub>2</sub>を直接パイプラインで輸送する方式

ロ. 回収CO<sub>2</sub>を液化後船舶で輸送する方式

### ②処理方式

イ. 深海処理

- ・ CO<sub>2</sub>を深層海水に吸収させる方式
- ・ CO<sub>2</sub>をクラスレート\*化し海底へ還元する方式

\*CO<sub>2</sub>クラスレート

水6～7分子中にCO<sub>2</sub>1分子が取り込まれた氷状の結晶物質である。環境影響を抑制するため、CO<sub>2</sub>を低温・高圧下でクラスレート化し、水分子中にCO<sub>2</sub>を封じ込めた状態で海底に還元する方式が提案されている。

ロ. ガス田、油田処理

- ・ 天然ガス田や油田にCO<sub>2</sub>を貯留する方式

## 3. CO<sub>2</sub>回収プロセスのスタディ結果

各発電技術に対し、可能性のあるCO<sub>2</sub>回収

方式を適用した場合(回収CO<sub>2</sub>の輸送、処理を含まず)の送電端効率、送電端コストの試算結果を図3に示す。

### (1)送電端効率

CO<sub>2</sub>回収による各プロセスの送電端効率の低下(ベースケースに対する相対的低下)は、9～27%と試算された。このうち発電方式毎に効率低下の小さいプロセスは次の通りである。

- ・ LNG複合発電：排ガス分離・回収(化学吸収)
- ・ 微粉炭火力：排ガス直接回収(O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>燃焼)
- ・ IGCC：燃焼前分離・回収(物理吸収)
- ・ メタノール改質発電：排ガス分離・回収(化学吸収)

### ①LNG複合発電

排ガス分離・回収(化学吸収)は、所要エネルギーの大半を占めるCO<sub>2</sub>吸収液の再生(130～160℃)にプラント内の低質排熱を有効利用できるため高い効率を示す。

表2 回収CO<sub>2</sub>の輸送、処理プロセス

## 1. 想定プロセス

- (1) パイプライン → 深海
- (2) 液化 → 船舶 → 洋上基地 → 深海
- (3) 液化 → 船舶 → クラスレート(洋上基地) → 深海
- (4) パイプライン → ガス田、油田
- (5) 液化 → 船舶 → 受入基地 → ガス田、油田

## 2. CO<sub>2</sub>輸送距離、注入深度の仮定

	深海	ガス田、油田
輸送距離(km)	100～500	100～12,000
注入深度(m)	3000	2000

これに対して、燃焼前分離・回収では、燃料の天然ガスをCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>に転化するための水蒸気改質（800～900℃）に多量のエネルギーを消費するため効率低下が大きい。

また、排ガス直接回収（O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>燃焼）は、LNGの場合はH/C（水素／炭素原子数比）が高いため、燃料中の水素の燃焼用に多量の酸素製造動力を必要とすることから、CO<sub>2</sub>回収量に比し効率低下が大きい。

### ②微粉炭火力

H/Cの低い（炭素含有率の高い）石炭を燃料とする場合は、排ガス直接回収（O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>燃焼）用の酸素製造動力はCO<sub>2</sub>回収量の割に少なくて済む。

一方、微粉炭火力に排ガス分離・回収（化学吸収）を適用する場合は、吸収液の劣化を防止するため排ガス中のSO<sub>x</sub>を10ppm以下にする高次脱硫動力が必要となる（表1参照）。

これらの理由で、微粉炭火力では、排ガス直接回収（O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>燃焼）が有利になると予想

された。

### ③IGCC

IGCCの燃焼前分離・回収の場合、燃料である石炭ガスの主成分がCOとH<sub>2</sub>であり、シフト化反応（CO+H<sub>2</sub>O→CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>）で容易にCOをCO<sub>2</sub>に転化できる。また、燃料ガスが約27ataと高圧のため、減圧操作により低エネルギーでCO<sub>2</sub>吸収液を再生できる物理吸収法を適用できる利点もある。このため、本ケースでは、燃焼前分離・回収が高い効率を示す。

### ④メタノール改質発電

メタノール改質発電は、メタノールを水蒸気改質反応でCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>に転化後ガスタービンで燃焼し発電する方式である。この場合燃焼前分離・回収（化学吸収）の効率が排ガス分離・回収（化学吸収）に比べ低いのは、改質反応を受けた燃料ガス（約230℃）をCO<sub>2</sub>吸収（操作温度約50℃）のために冷却する際エネルギーロスが生じることによる。これは、本発電方式が複合発電でなくガスタービン単

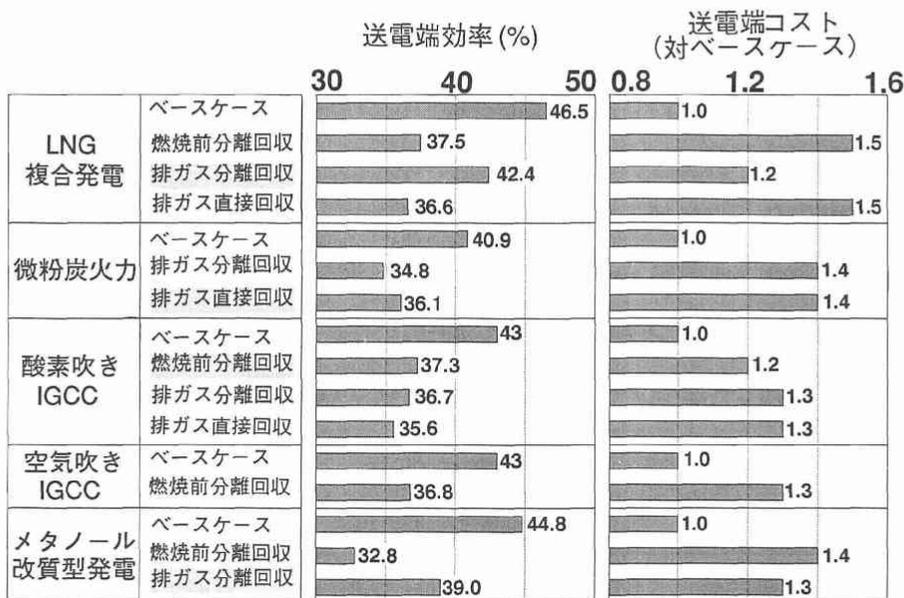


図3 CO<sub>2</sub>回収プロセスのケーススタディ結果

段の特殊なプラント構成であるため、ガス冷却時に回収される熱の有効利用が十分に図れないことによる。

## (2)送電端コスト

今回のスタディでは、CO<sub>2</sub>回収により各プロセスの送電端の電力コストは1.2~1.5倍に上昇すると予測された。なお、送電端効率の高いシステムがコスト面でも有利な傾向にある。

以上の送電端効率、送電端コストの結果より、高効率のCO<sub>2</sub>回収システムを開発するためには、燃料種、発電方式毎に、その特性に適応したCO<sub>2</sub>回収技術を開発する必要があることが分かる。

## 4. トータルシステムのスタディ結果

回収CO<sub>2</sub>の輸送・処理を含むトータルシステムを評価する際は、上記スタディで可能性が高いと推定された次の発電技術/CO<sub>2</sub>回収方式を対象とした。

- ・LNG複合発電/排ガス分離・回収（化学吸収）
- ・微粉炭火力/排ガス直接回収(O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>燃焼)

- ・IGCC/燃焼前分離・回収（物理吸収）
- ・メタノール改質発電：排ガス分離・回収（化学吸収）

これらの各システムに対し、2.(3)で説明した5種類の回収CO<sub>2</sub>の輸送・処理方式を各々適用した場合のトータルシステムのスタディ結果を以下に記す。

### (1)総合効率、送電端コスト

各ケースの総合効率及び送電端コストを表3に示す。

トータルシステムの総合効率は、CO<sub>2</sub>回収・処理により12.9~32.8%低下（ベースケースに対する相対的低下）すると試算された。また、CO<sub>2</sub>回収・処理の総コストを考慮した送電端コストは、ベースケースに対し1.3~2.3倍上昇すると予測された。

このうち、CO<sub>2</sub>負荷の小さいLNG複合発電、メタノール改質発電は、微粉炭火力及びIGCC等の石炭火力より効率低下やコスト上昇の割合が小さい。

### (2)CO<sub>2</sub>回収・処理動力

処理したCO<sub>2</sub>量当たりの所要動力を表4に

表3 CO<sub>2</sub>回収処理トータルシステムの総合効率、コスト

発電システム /CO <sub>2</sub> 回収方式	総合効率 (%)	総合効率の低下 (%) (対ベースケース)	送電端コスト の上昇 (対ベースケース)
LNG複合発電 /排ガス分離回収	37.7~40.5	12.9~18.9	1.3~1.6
微粉炭火力 /排ガス直接回収	27.5~31.1	22.5~32.8	1.7~2.3
酸素吹きIGCC /燃焼前分離回収	29.8~34.3	20.2~30.7	1.4~2.0
メタノール改質発電 /排ガス分離回収	33.7~36.6	18.3~24.8	1.4~1.8

示す。

トータルシステムの各工程の中では、CO<sub>2</sub>回収工程の所要動力が最も大きい。また、トータルの所要動力に着目すると、先の総合効率の傾向とは逆に、石炭火力の方が、LNG複合発電及びメタノール改質発電より単位CO<sub>2</sub>量当たりの所要動力は小さく有利な傾向にある。この理由は後で考察する。

### (3)CO<sub>2</sub>回収・処理コスト

CO<sub>2</sub>回収・処理コストは、4.9~14.0千円/t-CO<sub>2</sub>と試算された。(表5)

前述の送電端コストの傾向とは逆に、石炭

火力の方が、LNG複合発電及びメタノール改質発電よりCO<sub>2</sub>量当たりの回収・処理コストは安い傾向にある。これらの結果は次のように解釈できる。

図4は、各発電プラントのCO<sub>2</sub>発生量と、処理ガス中のCO<sub>2</sub>濃度を示している。図から分かるように、LNG複合発電及びメタノール改質発電は、石炭火力に比べCO<sub>2</sub>発生量(処理すべきCO<sub>2</sub>の絶対量)が少ないため、CO<sub>2</sub>回収・処理による効率低下、送電端コストの上昇割合は小さい。

しかし、石炭火力の場合は、高濃度でCO<sub>2</sub>が発生するため、CO<sub>2</sub>量当たりで考えると、より

表4 CO<sub>2</sub>回収処理の所要動力

発電システム /CO <sub>2</sub> 回収方式	所要動力 (kWh/t-CO <sub>2</sub> )				
	回収	液化	輸送	処理	トータル
LNG複合発電 /排ガス分離回収	242~244	148	1~167	0.4~71	355~555
微粉炭火力 /排ガス直接回収	148~171	215	1~198	0.4~71	286~549
酸素吹き IGCC /燃焼前分離回収	197~198	158	1~154	0.4~71	300~520
メタノール改質発電 /排ガス分離回収	295~297	148	1~167	0.4~71	408~608

表5 CO<sub>2</sub>回収処理の所要コスト

発電システム /CO <sub>2</sub> 回収方式	所要コスト (X10 <sup>3</sup> 円/t-CO <sub>2</sub> )				
	回収	液化	輸送	処理	トータル
LNG複合発電 /排ガス分離回収	4.9	2.7	0.4~5.6	0.5~2.7	6.8~13.6
微粉炭火力 /排ガス直接回収	3.7~4.3	2.5	0.4~6.3	0.5~2.7	5.9~12.8
酸素吹き IGCC /燃焼前分離回収	3.1	2.6	0.4~5.5	0.5~2.7	4.9~11.7
メタノール改質発電 /排ガス分離回収	5.3	2.7	0.4~5.6	0.5~2.7	7.3~14.0

コンパクトな設備で効率的にCO<sub>2</sub>を回収できると考えられる。このため、CO<sub>2</sub>量当たりの所要動力及びコストについては、石炭火力の方が有利になると推定される。このことは、同一量のCO<sub>2</sub>を回収・処理する場合には、石炭火力の方がトータルの所要動力、コストの点で有利になる可能性があることを示している。

#### (4)CO<sub>2</sub>輸送・処理方式間の比較

例として、LNG複合発電から回収したCO<sub>2</sub>を、各種方式で輸送・処理した場合の所要動力及びコストを試算・比較した結果を図5に示す。

輸送距離が100kmの場合は、パイプライン輸送ケースが所要動力が少なく、コストも安い傾向にある。しかし、図5より、輸送距離が500km以上の長距離になると船輸送の方が有利になる可能性のあることが分かる。特に、深海処理のパイプライン輸送の場合は、可とう性の高価な特殊パイプの使用を前提としているため、輸送距離が長くなるとコスト面で

不利になると予想される。なお、CO<sub>2</sub>をクラスレート化し、海底に還元する方式は、環境影響を抑制する効果を期待できるが、所要動力、コスト面では今回検討したシステムの中で最

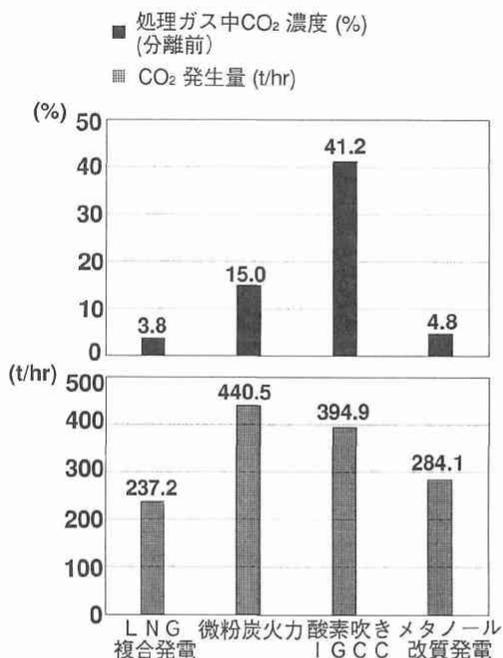


図4 各発電システムのCO<sub>2</sub>発生量と処理ガス中のCO<sub>2</sub>濃度

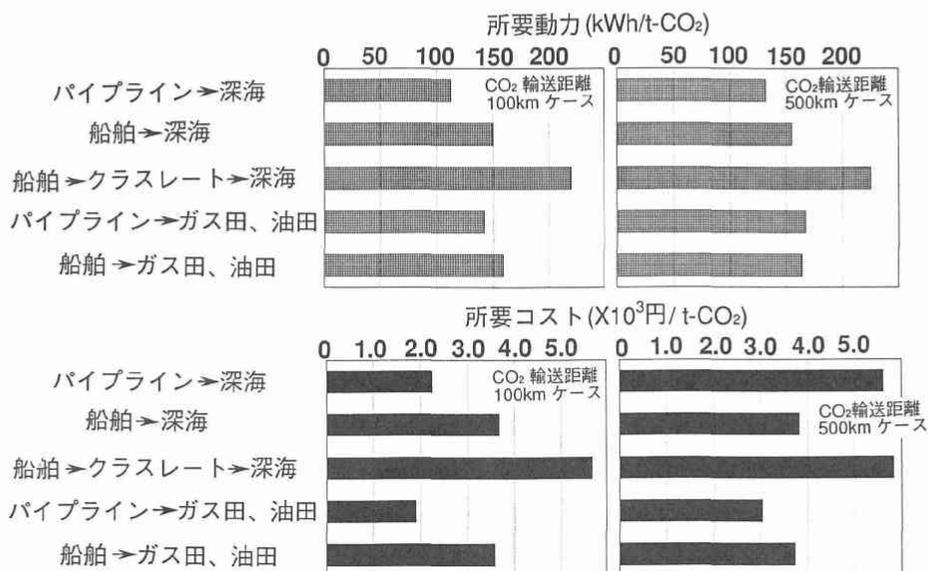


図5 CO<sub>2</sub>輸送、処理工程の所要動力、所要コスト (LNG複合発電ケース)

表6 トータルシステムのCO<sub>2</sub>排出量削減効果

発電システム /CO <sub>2</sub> 回収方式	CO <sub>2</sub> 排出量削減効果 (%)
LNG 複合発電 /排ガス分離回収	79~89
微粉炭火力 /排ガス直接回収	72~100
酸素吹き IGCC /燃焼前分離回収	76~87
メタノール改質発電 /排ガス分離回収	78~88

も不利と試算された。

(5)CO<sub>2</sub>削減効果

発電所からCO<sub>2</sub>を回収しても、回収CO<sub>2</sub>の輸送・処理工程で燃料を消費し多量のCO<sub>2</sub>を発生すればトータルシステムとしてのCO<sub>2</sub>削減効果はなくなる。

そこで、トータルシステムのCO<sub>2</sub>収支を計算した結果、CO<sub>2</sub>輸送・処理工程で発生するCO<sub>2</sub>量は発電所で発生するCO<sub>2</sub>量の8%未満と少なく、今回の検討システムは最終的にいずれもネットで72%以上のCO<sub>2</sub>削減効果を有することが確認された。(表6参照)

表7 火力発電所におけるCO<sub>2</sub>回収処理と脱硫、脱硝の比較

	脱硫、脱硝 (微粉炭火力)	CO <sub>2</sub> 回収処理
効率低下 (%)	2~3	13~33
送電端コストの上昇 (%)	25~28	30~130

5. CO<sub>2</sub>回収・処理技術の位置付け

上記のプロセス評価結果を基に、他技術との比較から、火力発電所からのCO<sub>2</sub>回収・処理の有効性、位置付けについて考察してみる。

(1)既存環境対策技術との比較

環境対策技術として火力発電所に既に導入されている脱硫、脱硝による発電所の効率低下は2~3%、送電端コストの上昇は約25~28%である (いずれも微粉炭火力の場合)

これに対し、今回のスタディでは、発電所からのCO<sub>2</sub>回収・処理による効率低下は13~33%、送電端コストの上昇は30~130%と予想された。両技術の比較から、環境対策技術として火力発電所にCO<sub>2</sub>回収・処理技術を直ちに導入するのは難しいことが分かる。(以上表7参照)

(2)他のCO<sub>2</sub>固定化技術との比較

CO<sub>2</sub>固定化技術のコスト試算例として、以

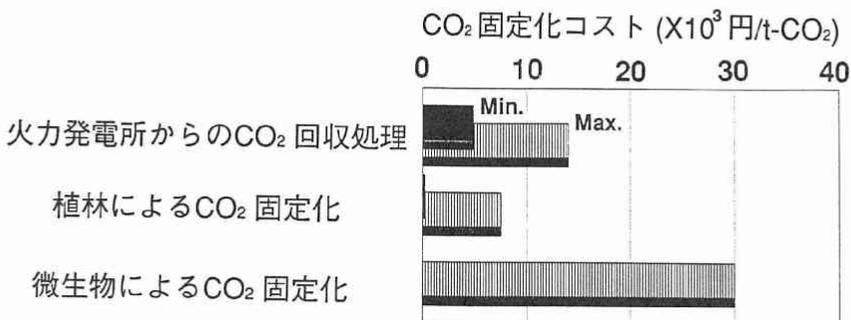


図6 CO<sub>2</sub>回収処理と他のCO<sub>2</sub>固定化技術の比較

下の例がある。

- ・植林：0.2～7.6千円/t-CO<sub>2</sub>
- ・微生物固定：30千円/t-CO<sub>2</sub>

これらの値と、今回試算したCO<sub>2</sub>回収・処理コスト（4.9～14千円/t-CO<sub>2</sub>）とを比較すると、火力発電所からのCO<sub>2</sub>回収・処理は、将来のCO<sub>2</sub>削減対策としては経済的に成立する可能性を有すると言える。（図6参照）

## 6. まとめ

今回のケーススタディ結果を基に、火力発電所からのCO<sub>2</sub>回収・処理に伴う効率低下、コスト上昇、CO<sub>2</sub>削減効果を纏めると次のようになる。

- ①総合効率の低下：12.9～32.8%
- ②発電コストの上昇：1.3～2.3倍
- ③CO<sub>2</sub>回収・処理動力：286～608kWh/t-CO<sub>2</sub>
- ④CO<sub>2</sub>回収・処理コスト：4.9～14千円/t-CO<sub>2</sub>
- ⑤CO<sub>2</sub>削減効果：72%以上

先に述べたように、これらの結果から、火力発電所からのCO<sub>2</sub>回収・処理は、現状では実用化が難しいものの将来のCO<sub>2</sub>削減対策としては成立する可能性があると考えられる。

また、現在の世界のCO<sub>2</sub>排出量約216億t/年に対し、本技術に基づくCO<sub>2</sub>処理可能量は次のように試算されており、処理容量の点からも将来の地球温暖化対策のオプションの一つとして長期的視点で本技術評価や研究開発を進めておくことは意義のあることと考えられる。

〔CO<sub>2</sub>処理可能量の試算例〕

- ・油田処理（EOR）：約600億t

- ・枯渇ガス田処理：約1,800億t
- ・地下帯水層処理：約3,200億t
- ・海洋処理：海洋は人類の排出するCO<sub>2</sub>量を遙に越えるCO<sub>2</sub>溶解能力があると推定されている。

本技術に関する重要な研究開発課題としては、次の2点が挙げられる。

- ①省エネルギー、低コスト化を図るため、燃料種、発電方式毎に、その特性に適応した高効率のCO<sub>2</sub>回収技術を開発する必要がある。
- ②海洋や天然ガス田、油田等でのCO<sub>2</sub>の大量処理に伴う環境影響評価を充分行い、その安全性を確認する必要がある。

なお、IEA（国際エネルギー機関）では、1991年から火力発電所からのCO<sub>2</sub>回収・処理をスコープに入れた「IEA温室効果ガス関連技術研究開発計画」をスタートしている。1992年時点で12ヶ国が参加し、我が国でも新エネルギー・産業技術総合開発機構が締結機関として参画しているこのプロジェクトでは、1994年以降海洋処理に関する基礎的研究や生態系への影響評価に重点が置かれる予定である。今後はこのような国際的枠組みの中で、回収CO<sub>2</sub>の処理技術を中心とした長期的・体系的な研究開発が推進され、本技術の可能性や有効性が明らかにされることが望まれる。

最後に、本研究にご尽力された工業技術院機械技術研究所の赤井誠主任研究官をはじめ、(財)エネルギー総合工学研究所内の「火力発電プラントからのCO<sub>2</sub>回収システムに関する調査委員会」の関係者の皆様に厚く感謝の意を表する次第である。

# メタンハイドレートに関する 海外の研究開発動向



寺崎 太二郎\*

## 1. はじめに

メタンハイドレートとは、水分子とメタン分子とからなる氷状の固体物質である。これは、複数の水分子が籠状の格子を作って配列し、そこにできた空隙中にメタンが取り込まれたもので、この時のメタン分子と水分子の数の比は1:5.75になる。一般に低温ほど、また高圧であるほど生成し易い。地球上では、極地方、あるいは深海の海底下がこの条件を満たす。例えば、シベリアやアラスカの永久凍土地帯や、ペルー・チリ海溝、中央アメリカ海溝等の深海域がこれに当たる。その量は炭素量として $10^{19}$ g (Kvenvolden 1993) を越える程で、これは世界の在来型天然ガスの確認埋蔵量と比較してはるかに大きなものである。

そもそもガスハイドレートが注目され始めたのは、天然パイプラインの閉塞トラブルが、ガスハイドレートによるものであるという報告(1934)が出たことで、ガスパイプライン中に水が混入すると、低温高圧という条件下でガスハイドレートが形成されることが知られるようになった。シベリアの化学プラントで閉塞トラブルが頻発していたため、その対

策上、研究が進展した。その後、1960年代にシベリアの凍土の下から現実にメタンハイドレートが発見され、さらに海域の地震探査から世界各地の大陸縁辺の海底下に広く賦存している場所のあることがわかってきた。

日本でも近年、南海トラフ、奥尻海嶺、十勝・日高沖、網走沖、西津軽海盆等でその賦存が確認され、メタンハイドレートに対する関心が高まっている。その推定賦存量は合計約6兆 $m^3$ といわれており、これは炭素量として約 $3 \times 10^{14}$ gになり、国内における天然ガス年間消費量の約百倍に相当する。資源が乏しい我が国としては非常に魅力のあるエネルギー資源といってよい。

今後、これをエネルギー資源として実際に開発・利用していくためには、ガスハイドレートの基礎的な性質(生成、分解、安定性、物性)の研究、探査技術、生産技術(掘削技術、開発技術)の確立、経済性評価等これから為すべきことが多くあるが、日本としては、まだ研究開発の緒についたばかりといってよい。

今回、限られた範囲ではあるが、ガスハイドレートの研究では世界的にみてもトップレベルにある米国およびカナダの諸研究機関を

\* (財)エネルギー総合工学研究所 主管研究員

訪れ、彼らの研究開発動向を調査した。

## 2. 米国の研究開発動向

米国はアラスカ凍土地帯、及び大西洋岸や太平洋岸縁辺部のようなメタンハイドレートが賦存している広大な地域を有しており、各方面の関心をよんでいる。例えば、資源としての面からはエネルギー省（DOE）が、軍事的な利用面からは海軍（US Navy）が関心をもっているようである。しかし、在米型の天然ガスがまだまだ多量にあるためか、現在は主に地質学的な面から探査・研究が進められており、その活動を担っているのが地質調査所（US Geological Survey）である。そこで、今回はこの地質調査所を訪れた。

### 2.1 地質調査所における探査・研究

米国の地質調査所は、内務省に属する組織で、管理部門のほか、水資源部門、地質部門、マッピング部門の四つの部門より成り、職員数は全体で約1万人に及ぶ大きな組織である。本部はバージニア州レストンにあるが、支所の方は各部門が横断する形で組織されて

おり、国内各地にある。メタンハイドレート関係の調査・研究についてみると、太平洋の海洋環境関係はカリフォルニア州メンロパークにある支所が、大西洋の海洋環境関係はマサチューセッツ州ウッズホールにある支所が、そして資源関係はコロラド州デンバーにある支所が各々担当している。

#### (1) 太平洋海洋地質課

サンフランシスコ南の緩やかな丘陵地にメロンパーク支所があり、その中に太平洋及びアラスカの地質学研究を担当する太平洋海洋地質課がある。ここでやっている研究は、(1) Environmental Marine Geology, (2) Coastal Marine Hazard, (3) Sea Floor Resources, (4) Data Baseの4分野にわたっている。海洋資源については、主にマンガン、コバルトクラスト、熱水鉱床に関する研究を行っており、現在は、特に開発における環境影響評価に関する研究に力を入れている。これは他所にもいえることであるが、近年、米国においては環境関連テーマに研究費が付きやすいためか、ここでも海底環境やメタンと地球温暖化の関係など、環境問題に研究がシフトしてい

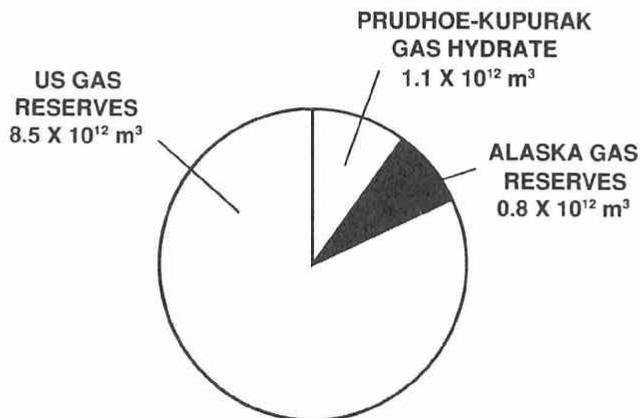


図1 米国における天然ガス埋蔵量 (Kvenvolden [1993])

るようである。

メタンハイドレートの研究は、地質学的研究面の第一人者といえるDr. Kvenvoldenが中心となって少人数で行っている。主として学術的な観点より研究が進められているようで、現在は地質学的災害あるいは地球規模の気候変化という点から、太平洋・アラスカのメタンハイドレートの研究を行っている。なお、メタンハイドレートを資源として捉えた研究は、前述のようにデンバー支所でDr. Colletが主体となって行っている。

Dr. Kvenvoldenは、世界各所で行われているメタンハイドレート探査研究の最新情報をもとに総説を著しており、その中で賦存量の推定を行うとともに、ハイドレートの世界的分布図をまとめている。図2は1993年に出したもので、前回発表のもの（1988年）と比較すると、新たにアメリカ大陸縁辺部、南極大陸縁辺部、アリューシャン列島周辺、ロシア

のバイカル湖など十数箇所が追加されている。

太平洋地質課としては、従来使用していた調査船が廃船になって以来、しばらく海洋調査が停滞していたが、海軍の船を改造し、グロリアやシーマーク等の近代調査機器を装備した全長70mの新調査船が93年11月に就航することになっており、今後調査活動が活発になると思われる。

対外的関係についてみると、92年に行われたソ連の調査船によるオホーツク海の調査航海に研究者を派遣しており、これにはカナダからも参加者があった。本調査は、研究所としての公式の共同研究ではなく、あくまでも研究者レベルでの一時的な研究交流として行われたものである。この調査航海では、サハリン東方の水深500m以深の海域でグラビティコーアによりハイドレートを採取しており、同課はサンプル中のガス分析にかかわる

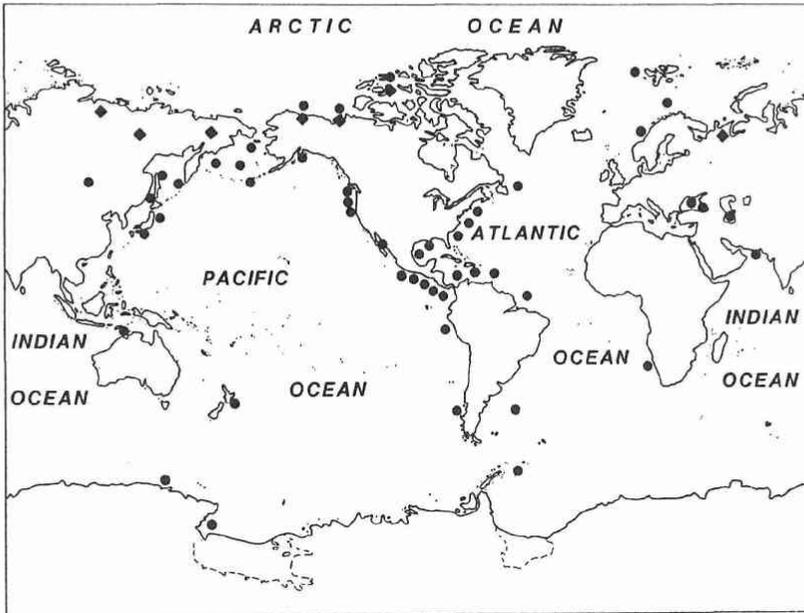


図2 メタンハイドレートの世界的分布 (Kvenvolden [1993])

- 海洋性（水性）堆積層中
- ◆大陸（凍土）域

研究の一部を分担した。

## (2) 大西洋海洋地質課

ボストン市から東南約100マイルの所にウッズホール支所があり、その中に大西洋の海洋地質学研究所を担当する大西洋海洋地質課がある。研究施設は閑静な森に囲まれており、車で5分程の距離の湾周辺にも海洋関連の研究施設があり、湾内には大きな調査船が繫留されている。

ウッズホールにおけるメタンハイドレートの研究は、Dr. Dillonが中心となって5～6名で行われている。

Dr. Dillon達の主な研究として、大西洋岸大陸縁辺部における地震探査法による地図作成が挙げられる。これによって、大西洋岸大陸縁辺部にはメタンハイドレートが広範囲に存在することがBSR (Bottom Simulating Reflector) から確認されている。特に水深700m近辺の海底にハイドレートの存在する場所が広く分布していることがわかってきた。これら海洋ハイドレートの探査は、深海が対象とはいえ、海底下の探査距離は比較的短いと

いえる。このため、通常の探査では、160inch<sup>3</sup>のエアガンが用いられるが、Dr. DillonらのBSRの測定では5 inch<sup>3</sup>のエアガンが使用されているようで、これによって解像度の高い探査データを得ている。

対外的な共同調査としては、バイカル湖の地質調査が挙げられる。これはミシガン大学等いくつかの米国の大学、及びロシアの科学アカデミーと共同で行っているものであり、89、92年に実施した物理探査データからBSRが確認された。それによれば、湖の中央盆では水深1,500m以深の湖底下250～500mに、南盆では水深1,000～1,450m以深の湖底下200～325mにBSRが分布しており、両盆の間にあるセレンゲデルタにもBSRが見られた。バイカル湖には、北モンゴルに端を発するセレンゲ川が流れ込んでおり、これによってもたらされた有機物質がガスハイドレートの成因になったと考えられている。

以上のような探査活動に加えて、Dr. Dillonらは調査データをもとに、メタンハイドレートの賦存量を推定するため、BSRの強さに

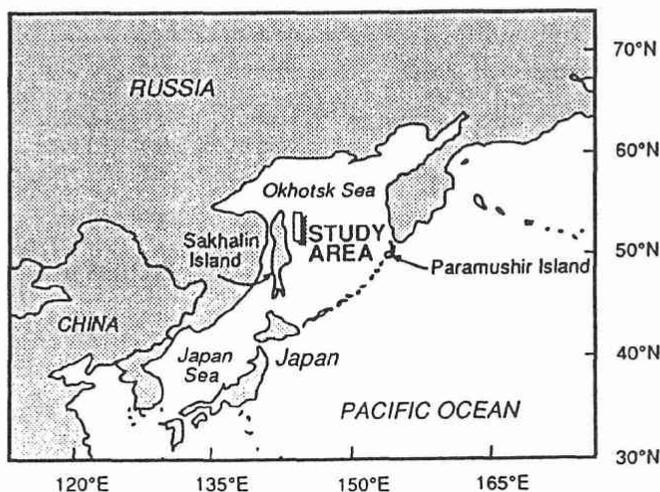


図3 サハリン東部オホーツク海調査区域

よって、海域を3階級に分け、階級別に対象海域のハイドレート量の推定を行うことを試みている。その際、対象海域における堆積層中のハイドレート、水、岩石の存在割合を知る必要があるため、彼らはハイドレート層の速度解析から時間平均式 (Time Average equation) によって推定するような工学的方法を適用している。海域全体のハイドレート量は、海域面積、ハイドレート層の厚さ、ハイドレートや水の存在割合等より求めようというものである。彼らはこのような方法により大西洋岸大陸縁辺部におけるメタンハイドレート賦存量の推定を行おうとしている。

さらに彼らは、このような賦存量推定に必要となる物性データを得るために、ガスハイドレートの生成・分解実験を行おうとしている。

海域のメタンハイドレートは、メタンガスが海底堆積物の間隙中に浸透し、そこに存在

する間隙水に溶解した状態で、ある温度、圧力になった時に形成されると考えられる。その際、堆積物の間隙の大小や海水、堆積物に含まれる化学成分などの様々な要因が生成に影響を与えると考えられる。

これまで研究者たちの多くは、メタン、エタンのような純ガスと水を用い、圧力容器中でガスハイドレートの生成・分解実験を行ってきた。しかし、実際のガスハイドレートは前述のように堆積物の狭い間隙中で、気液両相とも様々な不純物を含んだ状況下で生成や分解が進むので、これまでのような実験結果とはズレがあると考えられる。

彼らの実験装置は、実際の海底堆積物を用いて大陸斜面での温度、圧力の状態とその変化を模倣的に再現出来るシステムで、これによる実験で海底堆積物の間隙率、コアー水ーガス組成、速度等の関係を明らかにすることが可能である。

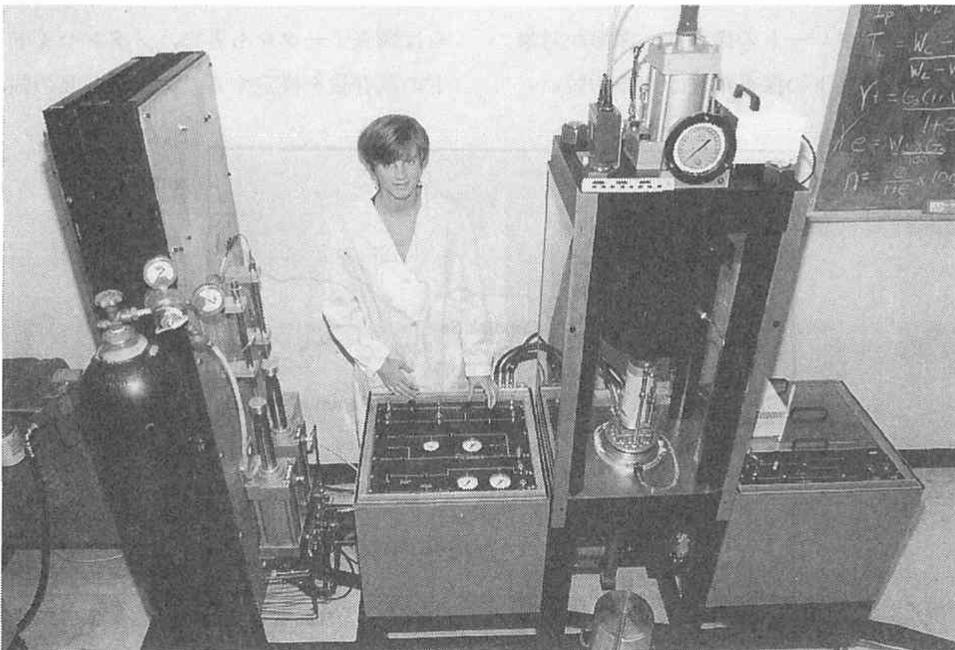


写真1 メタンハイドレート生成実験装置 (USGSウッズホール)

実験装置はコンピュータで制御され、堆積物を収納する円筒形の高圧セルは最高25 Mpa (水深2,500m相当)の圧力を加えることが可能で、温度は $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ づつコントロールできるものとなっている。通常の実験は、 $0^{\circ}\text{C}$ 付近で行われ、メタンをはじめとした炭化水素ガスは堆積物中へ浸透するようになっている。

ハイドレートの形成を検知する方法として、日本では光学的方法が用いられているが、この装置では比抵抗と音速を測定して検知するようになっている。また、形成したハイドレートを低温試料室を付けた走査型電子顕微鏡により観察することも考えているようである。当実験装置は、現在最終組立を行っているところであった。

以上のように彼らの研究は、海域におけるメタンハイドレートの地質学的調査ばかりでなく、その物性を調べるための基礎的な実験も並行して行おうというものである。この研究は海域におけるメタンハイドレートの様々な評価を行うための工学的な基礎データをもたらしてくれるであろうと期待される。

### 3. カナダの研究開発動向

カナダはガスハイドレートの賦存の可能性が高いとされるマッケンジーデルタを含む広大な永久凍土地帯を有し、しかも北極海に面しているため、先進諸国の中でも早くからガスハイドレートに関する探査・研究を行ってきた。メタンハイドレートの物性に関する基礎的な研究は大学が、探査を含めた地質学的な研究はカナダ地質調査所 (Geological Survey of Canada) が、また掘削技術の開発等実用的な面は石油関連産業が中心となって行

われているようである。

#### 3.1 地質調査所における探査研究

カナダ地質調査所は1993年に設立150周年を迎え、我が国の地質調査所とも盛んな交流がある。管理部門の他、地球物理・海洋地質学部門、鉱物・大陸地質学部門に分かれており、ガスハイドレートの探査・研究面では世界的なレベルにある。

メタンハイドレートの研究活動は、北極海、ポーフォート海、西海岸のヴァンクーバー沖、東海岸のノバスコチア周辺等で行われている。ODP (国際深海掘削プログラム) に対して研究分担金を支払い、ヴァンクーバー沖 (米国と共同) やノバスコチア周辺での地震探査データの基本解析やこれらに関する検討に参加している。これらの活動はノバスコチアの大西洋地質学センターやブリッティッシュコロンビアの太平洋地質学センター、オタワにある地質調査所のTerrain Science部門で行われているが、その中心人物はDr. Judgeである。彼は長年、ガスハイドレートに関する研究を行っており、米国のDr. Kvenvolden やDr. Dillonと共にハイドレートに関する地質学的な面からの研究の牽引者である。

彼によれば、カナダにおいて、ガスハイドレートに関する研究が本格的に行なわれるようになったのは数年前のことであるが、これは石油掘削時の安全性の確保や環境保全の観点から取り組んだもので、ガスハイドレートの資源的な評価は行なっていない。カナダ地質調査所では、マッケンジーデルタ、ポーフォート海、東部地区 (ニューファウンドランド沖等) で石油会社や掘削会社等が行った1970年代からのWell logのデータを集め、解

析を行っている。

例えばボーフォート～マッケンジー地域のハイドレート探査データによれば、500mより浅いところには、メタンハイドレート全体の5%以下しか存在しない。これは気候等の物理的条件の変化により浅部では簡単にハイドレートが分解してしまうからである。また、ハイドレート層は連続して存在しているのではなく、60%は厚さが80m以下のものである。

図4は探査データから作成したハイドレートが存在する最深度線であるが、地温によるシミュレーションとよく一致している。ただし、推定では1,400mが最深度となったが、実際には1,800mであった。図4の影をつけた部分は推定深さに対して実際には400m以上深かった場所である。この誤差については、地温勾配、地殻熱流量等の推定条件が実際と違うためと思われるが詳細は不明である。

ハイドレートを資源としてみた場合、経済

的観点からの評価も必要であるが、その場合、回収の容易さから2,000mより浅いところにどれだけ存在するかが重要となる。BSR等でボーフォート地域を探査したところでは80%の場所でハイドレートの徴候があり、深さ800～900mの所に最も多く存在していることが確認されている。これらのデータは、94年に日本で開催される国際海洋極地工学会議で発表される予定である。

新しい探査技術の開発という点では、水面が水で覆われた海域や水域の探査に有用であるパーティカル・アレー法という新しい地震探査法を開発し、実際の調査に適用を試みていた。

対外的な活動としては、ODPへの参加や米国との共同調査以外にシベリアのメタンハイドレートに関する調査をロシア、米国と共同で行っていることが挙げられる。ただし現時点では、地質調査所の組織としては対応し

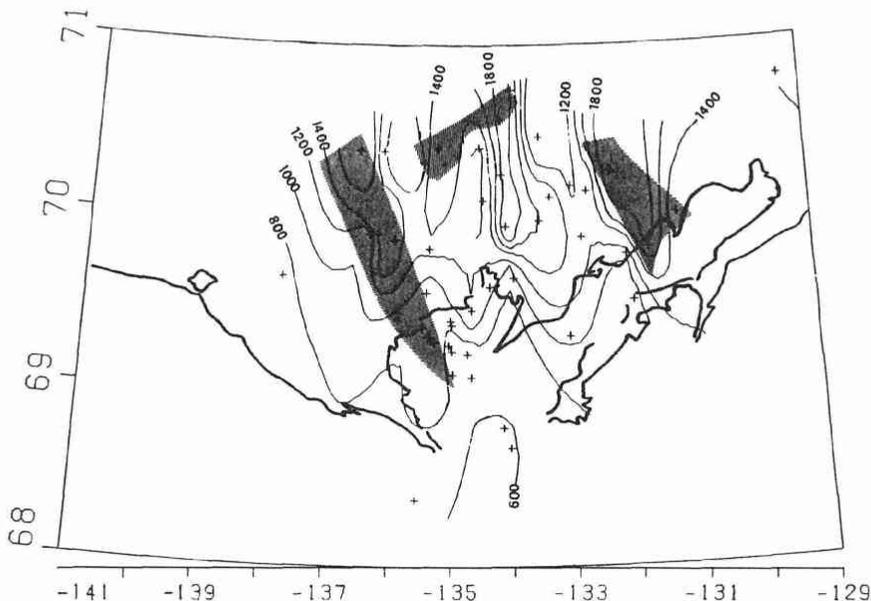


図4 ボーフォート海におけるハイドレートゾーンの最深度 (Judge et al [1992])  
アミ掛けはシミュレーションと400m以上の誤差があった場所

ておらず、研究者・技術者の個人レベルでの参加が主のようである。しかし、今後は、地質調査所の組織として対応するためにプロジェクトに格上げする動きがあるようであった。このような動向は、カナダ地質調査所に限らず、米国地質調査所のメロンパークやウッズホールでも感じられた。米国では、メタンハイドレートの研究を将来の資源としての評価に結び付けていく必要性を感じている旨の発言が見られたし、今後ハイドレートに目的をしぼった専用の掘削についての期待が述べられていた。

### 3.2 カルガリー大学における研究

カルガリー大学は、石油の町カルガリーの郊外にキャンパスがあり、2万人の学生を有している。今回、訪問したP. Raj Bishnoi教授の属する学部では、バイオ、重質油、プロセス、貯留層シミュレーション等の研究が行われており、15人の教授と55人の学生が所属している。Bishnoi教授は、ガスハイドレートの基礎的な研究に関する世界的権威で、数多くの研究成果を発表している。

カナダでは、第一次オイルショック以降、国内、国外の多くの会社が北極海で石油・ガスの開発をめざした掘削をしようと、カナダ政府へ許可を求めてきた。カナダ政府としては、ガスハイドレートからのガス放散による環境への影響、災害等が予測されたため、新たに許認可のガイドラインを策定する必要に迫られた。このため、政府は教授らに研究を委託し、これがBishnoi教授にとってガスハイドレート研究の発端となった。現在までカナダの企業・団体のみならず、オランダ・シェル、ノルウェーのスタト・オイル、米国のガ

ス研究所（GRI）等から多くの研究が委託されている。

このような経緯から、Bishnoi教授らの研究では、ガスハイドレートの化学熱力学から出発して、結晶核形成・成長、ガスの溶解を考慮したハイドレート生成機構、分解機構の解明、さらには速度論的解析等がメインテーマとなっており、貴重な研究が多い。さらに、これらの研究は、電解質（塩化ナトリウム、塩化カリウム等）や、アルコール、界面活性剤等を添加した系でも行なわれ、ハイドレートの生成・分解に与える影響を調べ、現場に適用できるような解析が行なわれている。

彼らは、先ず深海におけるガスハイドレートの生成挙動を解析するため、高压条件のもとで模擬海水中にメタン、エタン等からなる天然ガス成分をバブリングさせて、疑似的に深海条件をつくり、膨大な時間をかけて、様々な成分のガスハイドレートの生成・分解の熱力学データを収集した。

これらのデータをもとに、ガスハイドレートの分解・生成機構の解析モデルを構築した。これは、ガスハイドレートの生成は結晶核形成・成長という結晶化理論とガスの溶解に関する二重境膜説を基にしたモデルで、一つのパラメーターを変更するだけで実験結果とよく一致することが実証された。混合ガス系においても、個々の成分についてはその純ガス系の生成機構と変わらないと仮定すると現象をよく説明することができるという。一方、ガスハイドレートの分解速度は、温度、圧力以外にハイドレート粒子の表面積に依存するようである。

さらに、メタノール、電解質、表面活性剤等の水溶液におけるハイドレート生成反応に

については、最近はガスハイドレートの熱力学的研究を中心に行なっており、メタノールや電解質を含む系の平衡データを集めている。

これらに加え、Bishnoi教授たちのグループは多成分系プロセスシミュレーターを開発しており、彼等の提案している熱力学モデルを

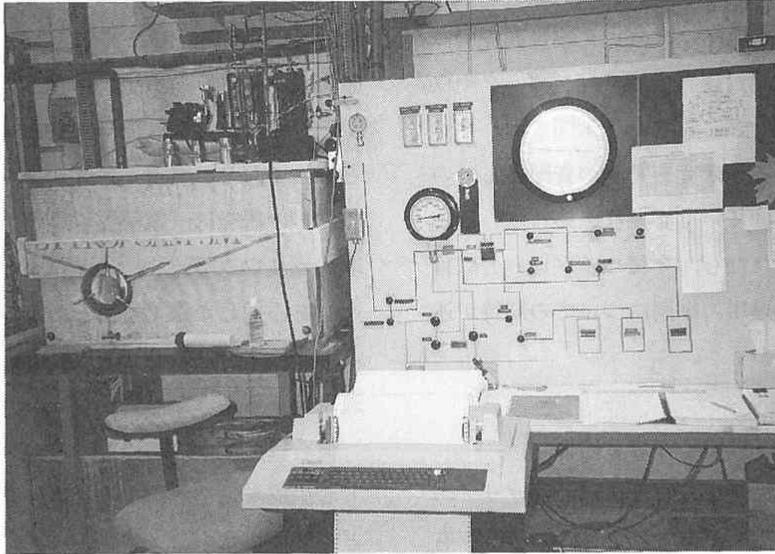


写真2 メタンハイドレート生成実験装置 (カルガリー大学)

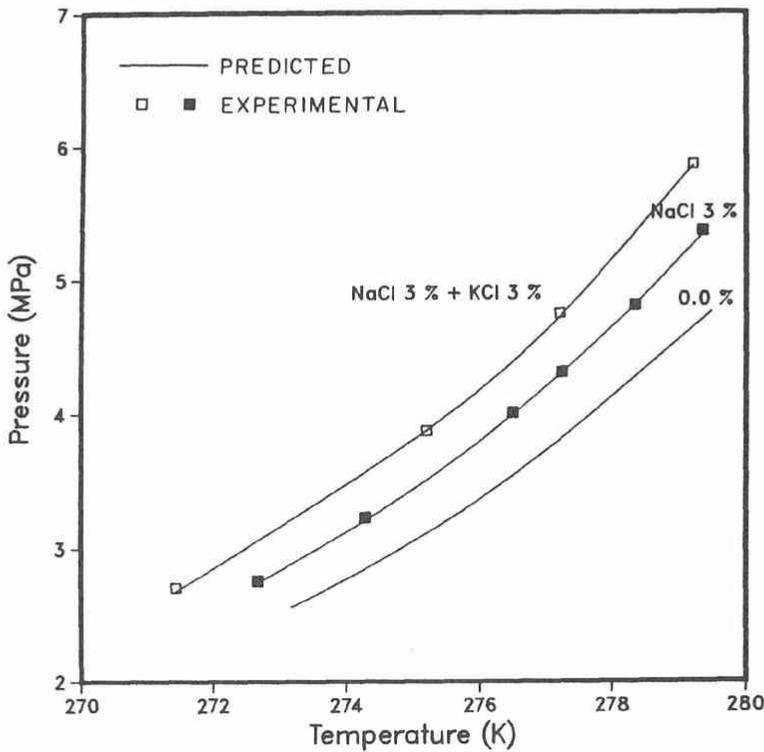


図5 メタン-電解質水溶液系のメタンハイドレート生成圧力 (Bishnoi [1992])

用いば、気液が共存する多成分系におけるガスハイドレート生成プロセスのシミュレーションが可能である。

企業からの委託研究の例として、寒冷地の海底天然ガスパイプラインにおけるハイドレート生成・閉塞トラブルに関する研究がある。これは、天然ガス成分、窒素、二酸化炭素混合ガス系で実験したもので、ハイドレート生成に対して水分量が大きく影響することがわかった。

以上のような彼らの研究は、実際にハイドレートの掘削やプラントオペレーションを行なう際に有用な情報をもたらしてくれる貴重なものといえ、今後の研究にも期待したい。

### 3.3 エネルギー庁の考え方

カナダのエネルギー庁 (National Energy Board) は、1959年11月2日に設立された連邦政府機関で、その役割は石油、天然ガス、電力等の事業活動の許認可行政により公共の利益を守ること、エネルギー資源の開発やエネルギーの使用について政府に提言したり、政府のエネルギー政策を実行することにある。1991年の組織改正により、NWT (North

West Territories) を含む北方フロンティア地域 (カナダ東岸海域を除く) の石油、天然ガス探鉱・開発の鉱区管理行政が追加された。

ここでは、カナダ北西フロンティア地区におけるエネルギー資源の探査・開発、特にハイドレートの探査・開発に対する考え方を聴取したが、それらを要約すると以下になる。

カナダのエネルギー資源に対する考え方として、石炭、オイルサンド等、既に実用化されているエネルギーや実用化がもっと近いエネルギーが豊富にあるため、ガスハイドレートへの取り組みの優先順位は低いということが出来る。また、ガスハイドレートそのものに対する関心の順序についても、(1)災害等、(2)資源、(3)環境であり、現時点では必ずしも資源としてのみとらえているわけではない。

エネルギーと環境の問題に関していえば、ガスハイドレートが分解して気候に影響を与える可能性があると考えた人達がいるが、本当にどの程度なのかはまだ定説がなく、例えばロシアでは影響を与えているかどうか議論が分かれているくらいである。したがって、地球温暖化防止のためには、IEAもいって

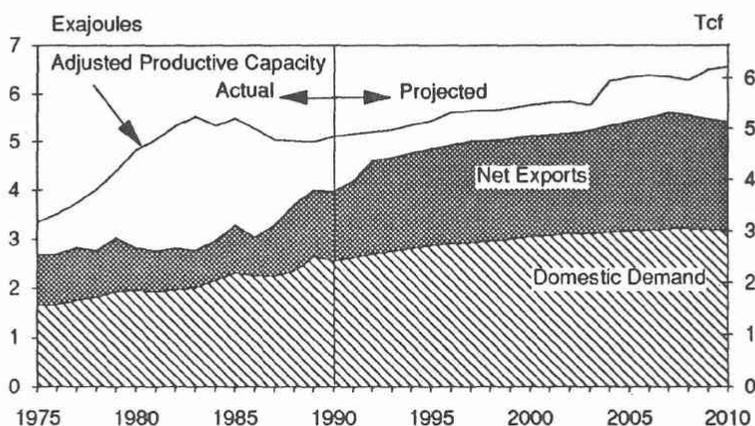


図6 カナダにおける天然ガスの需要供給

いるように、各種エネルギーの使用効率をアップさせることが何より最優先されるべきであり、天然ガスへシフトするのはその次であろう。従って、今すぐにガスハイドレートに関する研究費等を増やして行く計画はない。

以上がカナダエネルギー庁のエネルギー資源に対する基本的な考え方であった。ここには、エネルギー資源に恵まれたカナダという国の現在の状況がよく反映されているといえる。

### 3.4 石油産業の状況

カナダエネルギー庁における会合に同席したEXXONやAMOCO等の石油会社数社から得た話によれば、彼らとしてもガスハイドレートに対する関心は一応持っており、前述したように早くからボーフォートマッケンジ地域等で掘削を行っている。しかし、経済性の面からみて、今のところ油価格が高くない限り、ハイドレートからのガスの生産には魅力がないと考えている。

彼らが現在、ガスハイドレートの存在に関心をもっているのは、エネルギー資源としてではなく、むしろ石油掘削時のリグの安全性の確保のためである。これは、掘削中にハイドレート層に突きあたり、ガスハイドレートの急激な分解を誘発して暴噴するのを避けるためである。また、たとえ極地のハイドレートを資源として開発するにしても、凍土の融解による環境への影響や掘削用泥水の処理等について事前に十分検討しておく必要があるし、海域の深部にあるハイドレートに至っては、他のエネルギー資源が豊富にある現在の状況では、資源としてみる段階ではないとい

うことであった。

このような視点は、これまで述べてきたように単に石油産業に限られたものではなく、カナダエネルギー庁と同様のものである。

### 4. おわりに

米国やカナダ等の在来型のエネルギー資源に恵まれた国々は、メタンハイドレートを資源として今すぐどうこうする考えはなく、主に地質学的時間スケールでみた時の環境に与える影響、例えば地球温暖化に対する影響等の面からとらえているように見える。また、実験室的な規模でガスハイドレートの基礎的な研究が行われたり、地質調査の一環として掘削が行われたりするにしても、メタンハイドレートだけを目的とした掘削が大々的に行なわれることはあまりなさそうである。このような状況下で研究者達の中には国際的な共同研究を望む声が高かったように感じられた。

一方、日本周辺海域にはガスハイドレートの賦存が確認されているが、これを資源として開発するには、今後さらに十分な探査を進めるとともに、優れた生産技術の開発が必要となるが、近い将来、これについては他国にあまり期待できない以上、日本が独自に努力する必要があると思われる。

### 謝 辞

本文をまとめるにあたり、調査団の石井吉徳団長をはじめ、メンバーの奥田義久、岩下篤、近藤健比古、松本清一、井上淳各氏に多大なお世話になりました。紙面を借りて篤く御礼申し上げます。

### 参 考 文 献

- (1) K.A.Kvenvolden, Gas hydrates Geological perspective and global change, *Reviews of Geophysics*, 31, 2/MAY, 173 (1993)
- (2) K.A.Kvenvolden, et al, Worldwide distribution of subaquatic gas hydrates, *Geo-Marine Letters*, 13, 32 (1993)
- (3) A.S.Judge et al, Geothermal conditions for gas hydrates stability in the Beaufort-Mackenzie area : the global change aspect, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 98, 251 (1992)
- (4) P.R.Bishnoi et al, Formation and decomposition of gas hydrates of natural gas components, *Journal of Inclusion Phenomena and Molecular Recognition in Chemistry*, 3, 89 (1990)

# 大阪電気自動車コミュニティー システム事業の現状



植村卓司\*

## (要約)

大阪では、電気自動車を普及させるためのコミュニティーシステムを1991年から3箇年計画で構築している。このシステムは、10箇所の急速充電スタンドと約130台の電気自動車で構成されている。

昼間走行時の補充電設備であるこれらの急速充電スタンドは、約30分で走行可能電池容量の50%を回復する能力を有しており、共同利用ができる。電気自動車は大阪市域の一般事業所に貸し出されて、様々な業務に試用されている。

今回は、「大阪電気自動車コミュニティーシステム事業」の現状を紹介する。

## 1. まえがき

電気自動車は、大都市の自動車公害問題や地球的規模で見た環境問題に対応できる理想的な自動車として期待されており、その普及拡大が求められている。また一部の電気自動車は現在既に都市の交通手段として実用化されている。

現在の電気自動車は性能・価格面で課題を残すものの、利用しやすい環境を整備することで適応範囲を拡大できる可能性が大きい。

例えば利用環境整備の1つとして共同利用を考えた急速充電スタンド（急速充電による補充電や車両の保守点検等のサポートを行う）の設置など、ガソリン車の燃料供給体制と同様のインフラストラクチャ整備が不可欠である。

大阪市では、急速充電スタンドと電気自動車で構成する現実に近い規模のコミュニティーシステムを1991年から3箇年間で構築し、電気自動車の普及促進に向けてのインフラストラクチャのありかたを検討する試みが現在実施されている。

## 2. システムの概要

本システムは10箇所の急速充電スタンドと約130台の電気自動車で構成されている。急速充電スタンドは公共駐車場等に昼間走行時の補充電設備として設置されている。電気自動車はできるだけ現実に近い形で評価するために、市内の事業所に貸し出して実業務に試用されている。

事業を円滑に進めるため、大阪市、大阪府、日本電池(株)、ダイハツ工業(株)、関西電力(株)および電気自動車利用者から構成される『大阪電気自動車コミュニティーシステム事業推進

\* (財)エネルギー総合工学研究所 主任研究員

協議会 (Electric Vehicle Osaka Community system (E V O C) , エボック』を組織し、急速充電スタンドの設置及び管理運営、試用のための電気自動車貸出、電気自動車利用者に対するサービス等を行っている。

新規の電気自動車の利用者は本協議会 (E V O C) に加入し、入会金及び年会費を支払うことで電気自動車の借用及びすべての急速充電スタンドのサービスを受けることができる。

貸し出される電気自動車はフルメンテナンスで、急速充電スタンドを使用するための I D カードが与えられる。また、既に電気自動車を保有している利用者についても協議会への加入を求めており、新規の利用者と同様の急速充電スタンドの使用や種々のサービスが受けられる。(表 1)

表 1 入会金および年会費

加入者の種別	入会金	年会費
新規に電気自動車を利用する加入者	25万円	40万円
既に電気自動車を有している加入者	10万円	5万円

本協議会 (E V O C) はインフラストラクチャの検証実験が目的であるため、利用者は電気自動車の走行距離や充電状況等の運転日報を報告することが義務づけられている。

### 3. 急速充電スタンドの構成

急速充電スタンドは、現在我が国で利用されているほとんどの電気自動車に対して、接続コネクタを取りつけるなど若干の改造だけで急速充電のサポートが受けられるよう設計されている。

1 回の充電時間は最大で30分で、充電率30%まで放電した電気自動車を充電率80%まで回復できる。

#### (1) 基本仕様

充電率20% (40km定速走行限界) に到る前に充電スタンドまで到達しなければならないことや運転者の心理を考慮し、急速充電を開始する充電率は30%が下限と考えられる。また、充電の末期には充電効率が急に悪化 (温度上昇、ガス発生等による) することから、充電率80%が急速充電の上限と考えられる。従って、急速充電により電力補給する補充充電率の目標は+50%程度 (30%→80%) が妥当である。

電気自動車用鉛電池に使用される充電器の安全に関する基準 (SBA 8509—1989) で充電時の最大電流値は初期の最大電流値は 1 C 以下と規定されており、電池のサイクル寿命を短縮しない範囲という観点を含めて、本急速充電スタンドにおいてもこの値を採用している。現在電気自動車に多く使用されている「ED—150 (150Ah/5 h)」鉛電池では最大急速充電電流は150Aとなる。例えば、同種の電池 (ED—135) による 1 C 急速充電特性を図 1 に示す。

電気自動車の場合、電池群を構成しているセル数が多く各電池の放電状態もまちまちであるため、充電の終期で過充電によるガス発生等深刻な問題がある。このため本急速充電スタンドの制御方式は、定電流定電圧充電方式を採用している。

30%まで放電した電気自動車が80%まで補充充電するには、1 回の最大充電時間は30分であり、待ち時間の限度を勧案するとこの時間

が許容限界と考えられる。(表2)

## (2) 急速充電スタンドの配置計画

貸し出される電気自動車の市街地走行での一充電走行距離は、60～70km程度である。従って、充電スタンドへ向かうための無駄な走行距離を1割以下に抑えようとする、約5km圏内に1箇所の割合で急速充電スタンドを

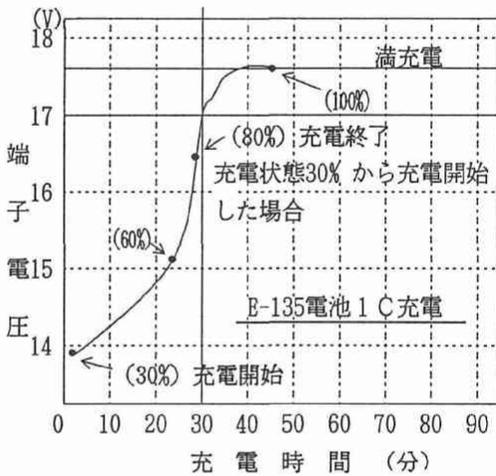


図1 電池の急速充電特性

配置する必要がある。大阪市の場合、市域(約210km<sup>2</sup>)をカバーするためには、8箇所の充電スタンドが必要となるので、EVOCでは10箇所の急速充電スタンドを設置することとしている。

## (3) 操作方法

急速充電スタンドは、複数の電気自動車の利用者が共同利用することを前提に設計されており、次のように、システム的に新たな試みを盛り込んでいる。

- 無人(セルフサービス)で運営でき、十分な安全対策が図られていること
- 複数の種類の電気自動車に対応するため、充電電圧等を自動選択設定し、車載電池に応じた適正な充電が自動的にできること
- 充電電力量に応じた料金徴収が将来的に可能であること

写真1～4に急速充電スタンドの外観を示す。今回の事業ではこの急速充電スタンドを大阪市域10箇所に設置している。

表2 急速充電スタンドの概略仕様

・充電方式	: 定電流定電圧方式
・交流入力	: 3相200V±10% 50/60Hz
・直流出力	: 最大165V, 最大150A(自動選択)
・対象自動車用電池	: 48, 96, 120, 192V(150～200Ah)
・充電時間	: 最大30分
・充電台数	: 1箇所あたり最大同時2台充電可能
・設置環境	: 屋外
・制御方式	: 直流出力については搭載した電池に応じ自動切換する。 また磁気IDカード方式を採用するなど無人運営できるよう考慮した制御方式を採用する。



写真1 急速充電スタンドと電気自動車



写真2 急速充電風景

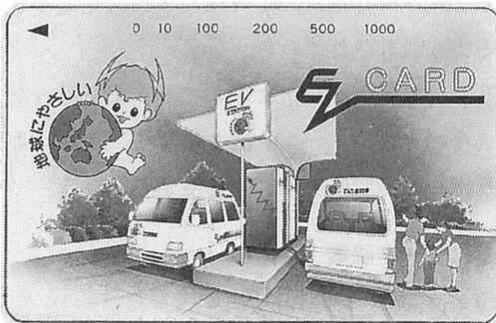


写真3 磁気IDカード

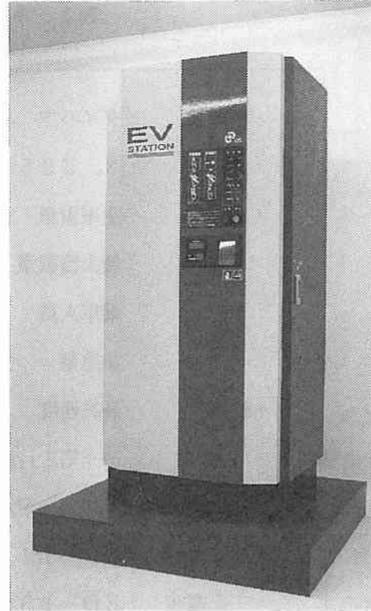


写真4 急速充電スタンド正面

#### (4) 貸し出される車両の仕様

急速充電スタンドは、ほとんどの電気自動車に対応できるように設計されており、図2に示すように、車両側は急速充電回路を付加するだけの簡単な改造で済む。

大阪の一般事業所に貸し出される電気自動車は、都市走行に最もふさわしい660ccに相当する「ミニバン」タイプである。走行距離や積載量からみて、ミニバンタイプの車両が電気自動車にまず転換していくものと考えている。(表3、写真5)

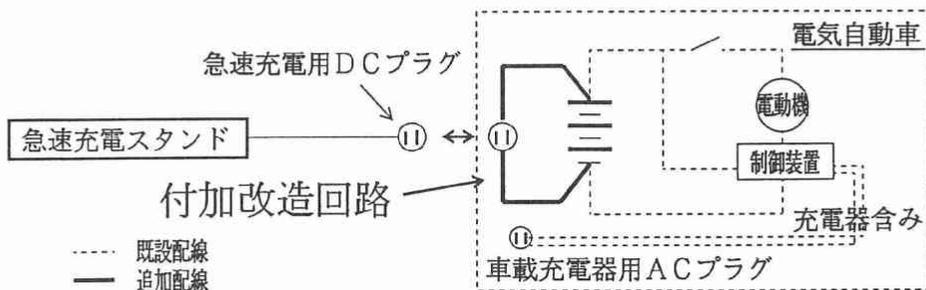


図2 車両側に付加する急速充電回路

表3 車 両 の 仕 様

・車両名	: ダイハツ ハイゼットバン電気自動車(660ccミニバン相当)		
・寸法	: 3, 295 * 1, 395 * 1, 790 <mm>		
・重量	空車重量	1, 085	<kg>
	最大積載量	200 (100)	<kg>
	乗車人員	2 (4)	<人>
	総重量	1, 395 (1, 405)	<kg>
・性能	最高速度	75	<km/h>
	一充電走行距離	100	<km>
	(40km/h定速走行, 電池容量80%消費)		
・モーター	: DC 14kw (90V)		
・主要電池	: ED-150A (鉛-酸)		
	容量 (12V, 150Ah/5h) * 8 = 96V, 150Ah/5h		
・積載充電器	: 入力 200V, 20A (8-10hr 満充電時間)		



写真5 貸し出される電気自動車

#### (5) 負荷平準化タイプのスタンド

設置されている急速充電スタンドの一つは負荷平準化タイプ(ロードレベリングタイプ, LLタイプ)であり, 電力の発電と消費の面から要求されている夜間と昼間の電力負荷を平準化させるために, この急速充電スタンドのLL電池は, 夜間(午後11時から午前7時)

に充電され, 昼間の急速充電に使用される。LL電池の容量は, 1日当たり10台充電できるように設計されている。

急速充電スタンドにおいて補充電を行った場合の走行パターンを図3に示す。これにより走行可能距離を約50%程度延長できる。

#### 4. データ収集

システムの総合評価を行うためには, 急速充電スタンドの稼働状況を詳細に把握する必要がある。

また, 電気自動車ごとの急速充電スタンド利用状況, 走行距離, 積載重量などの走行状態についても把握しておく必要がある。

今回の検証では, これらのデータを次の2種類の方法で収集し, 利用者IDをもとにホスト計算機側で統合することにより総合評価データを作成することとしている。(図4)

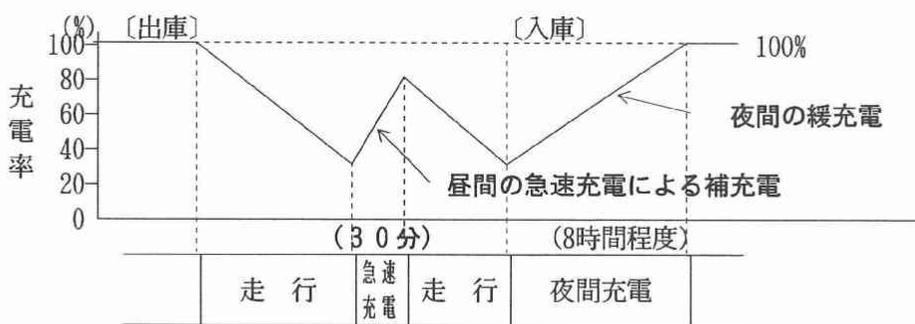


図3 急速充電スタンドで補充電を行った場合の走行パターン

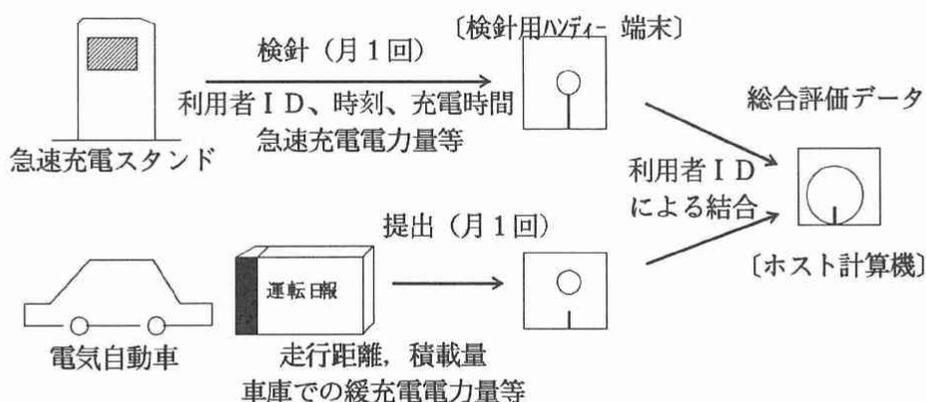


図4 データ収集方法

### (1) 急速充電スタンドでの自動記録

- ・利用者IDカードから次のデータ項目を自動記録する。記録されたデータは毎月1回の検針時に検針用ハンディー端末を経由してホスト計算機に移される。

(記録するデータ項目)

利用者ID、充電開始時刻、充電時間、急速充電電力量 (Wh) 充電終了の条件 (電圧検出による終了 or 時間切れによる終了)

### (2) 利用者の運行記録表による記録

- ・(1)で自動記録できない次の項目については、利用者が毎日記録する運行記録表をも

とにデータ収集する。データはホスト計算機に入力される。

(記録するデータ項目)

利用者ID、自所の車庫充電器による夜間充電電力量 (Wh)、急速充電実施直前の走行距離と電池残量、入庫時の走行距離と電池残量

また、これと並行して利用者に対する聞き取り調査を実施し、急速充電スタンドの設置場所の良否、充電時間に対する許容度、スタンドの付帯設備や期待する付帯サービスの内容等が調査される予定である。

## 5. 実施状況

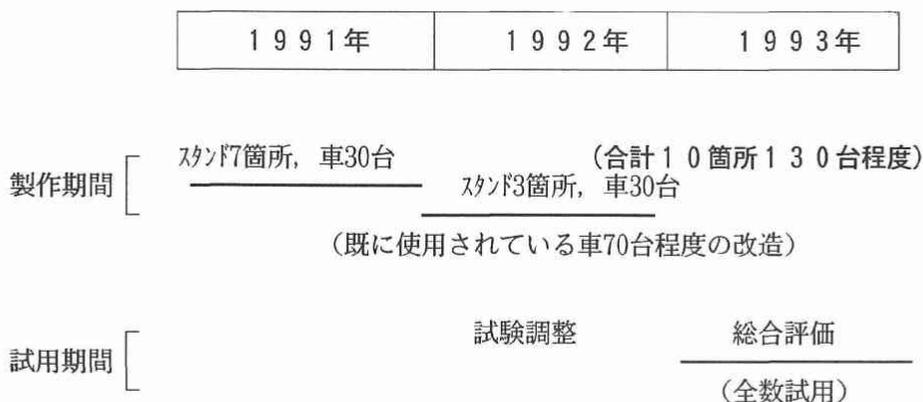


図5 概略スケジュール

1991年と1992年の2年間で、急速充電スタンドと電気自動車整備された。そして1993年4月から、全設備の試用を開始している。概略のスケジュールを図5に示す。

試用を開始して、実際に本システムを試用してみた利用者からは、次のような感想が出されており、本事業は順調に進行しているようである。

- ・「急速充電を予定に入れて1日の走行計画を立てられるようになったので、行動範囲が広がった」
- ・「ふだんはせいぜい40～50キロしか走らないので、あまり利用しなくても済んでいるが、たまに急に走行距離が増えることもあり、そんな日は本当に助かっている。」

また、本システムに使用されている急速充電スタンドは、第30回東京モーターショー（1993年秋、幕張メッセにて開催）にも出展され、「既に実用化されている急速充電スタンド」ということで、大いに注目を集めた。

## 6. あとがき

本報告では、大阪で試行されている『電気自動車コミュニティシステム事業』についての現状を紹介した。

これだけ多くの電気自動車を使った、一般市民参加による急速充電スタンドの共同利用という試みは、世界でも初めてであり、その成果がおおいに期待されている。

# ベラルーシにおける 放射能汚染状況と対策



和 達 嘉 樹\*

## 1. 緒言

1986年4月のチェルノブイリ原子力発電所の事故により、ロシア、ウクライナ及びベラルーシの国土が放射能汚染を受けた。中でもベラルーシの被害は大きく、国土(207,600km<sup>2</sup>)の約1/5が汚染し、その汚染除去が国家的課題となっている。図1は、チェルノブイリとロシア、ウクライナ、ベラルーシの位置関係を示すものである。



図1 チェルノブイリとロシア(首都Moscow)、ウクライナ(首都Kiev)、ベラルーシ(首都Minsk)の位置関係

ベラルーシでは最近、チェルノブイリ事故による放射能汚染の除去や汚染拡大防止のため、

関係機関が参加した国際コンソーシアム「クリーンアップ」が設立された。1993年1月には、ベラルーシの政府、研究機関、産業界のメンバーからなる「クリーンアップ」代表団が来日し、日本側に対して、放射能汚染状況等の対策に関する協力並びに日本の専門家のベラルーシへの派遣要請が行われた。

今度、日本原子力産業会議の専門家派遣の依頼を受け、ベラルーシにおける放射能汚染状況及び対策並びに協力の可能性等について調査を行うこととなった。このため、ベラルーシに赴き、放射エコロジー研究所及びチェルノブイリ国家委員会において調査を行った。その結果に、日本における補足調査及び文献調査の結果を加えて報告する。

## 2. 調査日程

- 9月12日(日) 成田発、モスクワ着
- 13日(月) モスクワ発、ミンスク着  
調査日程の調整\*
- 14日(火) 放射エコロジー研究所における調査\*\*
- 15日(水) 同上
- 16日(木) 資料整理
- 17日(金) チェルノブイリ国家委員会にお

\* (財)エネルギー総合工学研究所 専門役(理学博士)

ける調査\*\*\*

ミンスク発、モスクワ着

18日(土) モスクワ発

19日(日) 成田着

23日(木) 日本に於ける補足調査\*\*\*\*

\* 面会者：ベラルーシ科学・工業協会副会長 N.A.STRELTSOV

\*\* 面会者：所長 G.A.SHAROVAROV  
副所長 V.U.SKURAT  
室長 G.A.KOVKHUTA, 他

\*\*\* 面会者：副議長 N.M.MARKOVSKY

\*\*\*\* 面会者：Sosny所長 S.E.CHIGRINOV

### 3. 調査結果

#### 3-1 ベラルーシにおける汚染状況と対策

##### (1) 全般的調査

この全般的調査は、チェルノブイリ国家委員会及び放射エコロジー研究所で得た情報に、一部文献調査を加えたものである。(以下、放射能の単位にはCiを用いる。)

公式見解によれば、チェルノブイリ事故により環境に放出された全放射能は  $5 \times 10^7$  Ci であり、その約70%がベラルーシに降下し、国土の23%が汚染した。汚染した46,450km<sup>2</sup>のうち、1～5 Ci/km<sup>2</sup>の汚染地域は29,920km<sup>2</sup>、5～15Ci/km<sup>2</sup>は10,170km<sup>2</sup>、15～40Ci/km<sup>2</sup>は4,210km<sup>2</sup>である<sup>1)</sup>。

現在は短寿命核種は減衰し、汚染の主体は長寿命核種<sup>137</sup>Cs、<sup>90</sup>Sr及びPu(<sup>239</sup>Pu、<sup>240</sup>Pu等)である。汚染による被害を具体的に示すと、農地2,600km<sup>2</sup>(260,000ha)が汚染のため使用不能となっており、その中、1,410km<sup>2</sup>(141,000ha)が<sup>15</sup>Ci/km<sup>2</sup>以上の汚染を受けている。又、森林1,890km<sup>2</sup>(189,000ha)が<sup>15</sup>Ci/km<sup>2</sup>以上の汚染のため利用不能となっている<sup>2)</sup>。

汚染除去については、面談により得た情報を以下に述べる。汚染除去は事故直後軍隊により、先ず居住区域、即ち市街地について行われた。一方、汚染土壌の除去は、現在のロシア、ウクライナ、ベラルーシの3国に亘り、主として<sup>137</sup>Csのスポット汚染地域(>40Ci/km<sup>2</sup>)について行われた。汚染除去の方法は、ブルドーザーにより20～30cmの厚さで土壌を剝離することにより、除去対象面積は65km<sup>2</sup>、剝離土壌量は約200万m<sup>3</sup>に達した。剝離した土壌は、各貯蔵所あたり3万m<sup>3</sup>、77箇所の貯蔵所において貯蔵されている。汚染土壌(>40 Ci/km<sup>2</sup>)の除去は、ベラルーシでは今も続けられているとのことであり、将来、500万m<sup>3</sup>の土壌廃棄物の発生が予想されている。但し、農地については、全て耕し直され、汚染度の高いところは、30～40cmの深さで掘り返しが行われたとのことである。

なお、ここで指摘しておきたいことは、今迄の汚染土壌の除去は、事前に放射線安全評価を行って、除去すべき汚染レベルや土壌剝離の深さを決めた訳ではない。即ち科学的根拠に基づいて行われたものではなく、応急処置的な性格のものであった。

現在の汚染除去の中心は、居住区域である。これは、<sup>137</sup>Csについて<sup>15</sup>Ci/km<sup>2</sup>以下の汚染地域であるが、一部は汚染度が相当高い。除去作業は、幼稚園、学校、医療機関等について行われており、その主なるものは、汚染土壌を撤去し、清浄な土壌と取り換えることである。

##### (2) 放射エコロジー研究所における調査

本研究所は、3研究所(放射エコロジー研究所、エネルギー研究所、放射線物理・放射化学研究所)から成る組織 Sosny の1つであり、チェルノブイリ事故による汚染の測定、

汚染除去及び廃棄物処理の研究開発の中心的機関である。予算は、チェルノブイリ国家委員会から75%、科学アカデミーから25%の割合で受けている。

本研究所では、チェルノブイリ事故対策として、以下の項目を実施してきた。

- 1)放射能放出量の特定
- 2)地表面（河川を含む）汚染の測定
- 3) 1 Ci/km<sup>2</sup>以上の汚染分布の把握
- 4)大気、水、人間の活動等による汚染の拡がりの調査

これらの結果を基に作成されたベラルーシ地表面汚染図を、政府は1992年に出版してい

る。この汚染図によると、<sup>90</sup>Sr及びPuによる汚染の殆どはチェルノブイリに近い地域に限定されているが、揮発性の<sup>137</sup>Csによる汚染は広い地域に及んでいる。図2に一般向けの簡略化した<sup>137</sup>Csの地表面汚染図を掲げるが、これを見ると、チェルノブイリ近傍の他は、風により運ばれた<sup>137</sup>CsがGOMEL及びMOGILEV地区に集中していることがよく分かる。

さらに、調査の結果分かったことは、以下の通りである。

- 1)風により汚染が運ばれ、清浄な地域を二次的に汚染するケースは少ない。



図2 ベラルーシの<sup>137</sup>Csによる地表面汚染図  
(Belarus : Life in the Beams of Chernobylより転載)



写真1 放射エコロジー研究所

2) この7年間の汚染の未攪乱土壤中への移行は、 $^{137}\text{Cs}$ についてみると5 cm程度である(ウクライナの発表でも同様の報告をしている<sup>3)</sup>)。

3)  $^{90}\text{Sr}$ は $^{137}\text{Cs}$ より土壤中移行は速い<sup>4)</sup>。

1)については、従来心配されていたとは違う結果であり、2)については、今迄の知見から予想されたことである。3)については、今迄の知見通りであり、Puの土壤中移行については、 $^{137}\text{Cs}$ よりさらに遅いと考えられる。

参考に、ベラルーシにおけるチェルノブイリ事故前の土壤中放射性核種量<sup>4)</sup>を示しておく。

$^{137}\text{Cs}$  : 0.01~0.05Ci/km<sup>2</sup>

$^{90}\text{Sr}$  : 0.04~0.05Ci/km<sup>2</sup>

$^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$  : 0.001~0.0016Ci/km<sup>2</sup>

環境試料(土壌、水、植物、食物)の放射能測定を担当している同研究所の環境物理研究室と環境放射化学研究室を見学した。

測定は、現地での測定と実験室での測定の両方を行っている。実験室での測定では、 $^{137}\text{Cs}$ はGe検出器の $\gamma$ 線スペクトロメータにより、1日に20~40試料を測定している。一方、 $^{90}\text{Sr}$ とPuについては、水試料は濃縮、化学分離を行い、土壌試料は加熱、化学処理を行った後、各々1日に8~11試料を測定している。

試料の前処理法及び測定法には特に新規な

ものはないが、着実にやっているものと見受けられた。しかし、実験室の設備、放射能測定装置及び化学分析機器類はいずれも古いもので、精度及び能率の面から新型で自動化されたものが必要と感じた。これについて室長、研究員達にも意見を聞いたところ、同意見であった。実験室の写真(写真2~4)を示すが、これらの写真からも上述の事情は察せら

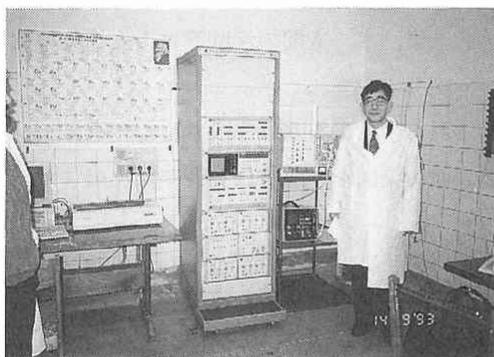


写真2  $^{137}\text{Cs}$ 測定用 $\gamma$ 線スペクトロメータ

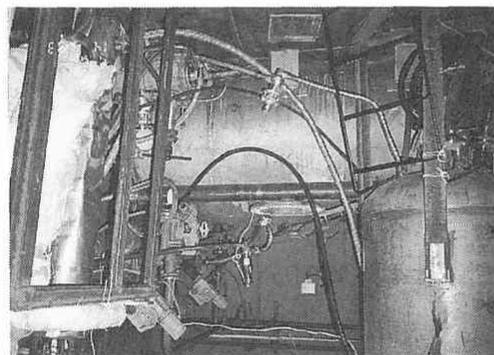


写真3 水試料の濃縮装置



写真4 グローブボックス内での放射性核種の分離

れることと思う。

今後、「クリーンアップ」による本格的な汚染除去にあたり、大幅な環境試料の増加に対処するためには、上述の点は課題の一つと考える。

### 3-2 チェルノブイリ国家委員会における調査

以下に、チェルノブイリ国家委員会副議長 MARKOVSKY氏との面談及び関連文書により得た調査結果を記す。

チェルノブイリ事故対策は、チェルノブイリ国家委員会の所管であり、委員長は副首相である。「クリーンアップ」は政府機関ではないが、チェルノブイリ国家委員会の監督下にある（図3組織図参照）。

チェルノブイリ事故関係の予算については、1991年まではソ連の援助があったが、1992

年以降はベラルーシ独自の予算で賄っている。国家予算の1/5を占め、大きな財政負担となっているのが現状である。1993年度の予算は1,540億ベラルーシルーブルであるが、インフレのため9月現在、3,670億ベラルーシルーブルとなる。このうち汚染除去には、30億ベラルーシルーブルを充てている。

「クリーンアップ」は研究開発を目指して、活動を1年前から開始している。現在、アメリカとフランスが参加している。即ちアメリカは、BCPアンダーソン社がすでに汚染除去機器開発に100万ドルを支出している。一方、フランスはCOGEMA社であるが、参加にサインした段階である。

表1に「クリーンアップ」が作成した汚染除去計画の概要を示す。但し、今迄の達成度

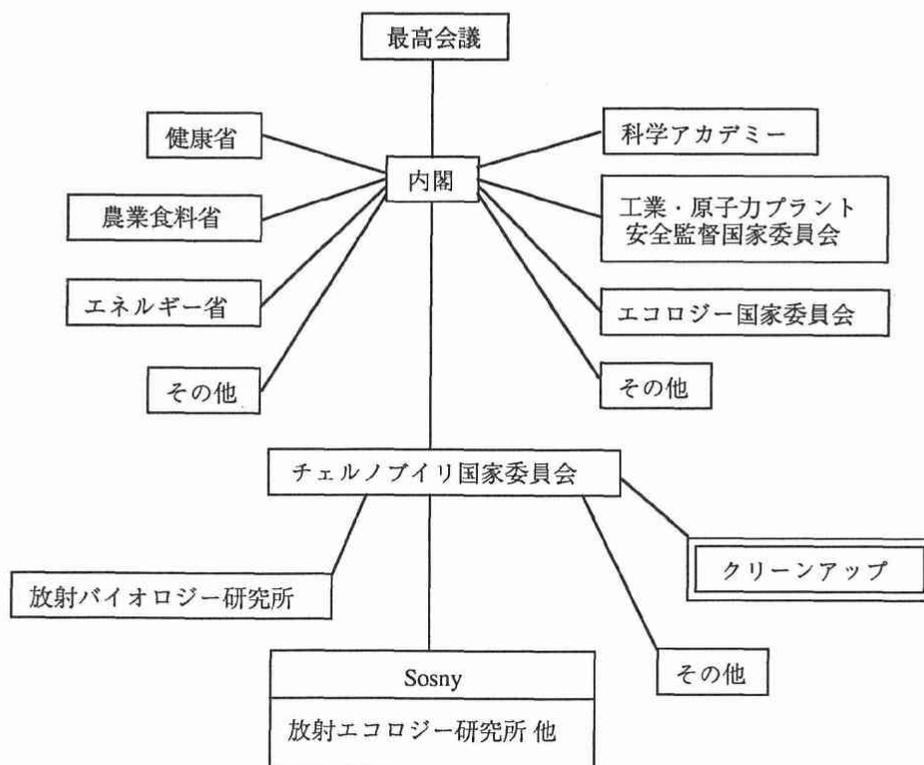


図3 組織図

及び将来計画の可能性については、現在のところ情報が得られていない。

チェルノブイリ国家委員会は、現在、「クリーンアップ」の改革を考えている。改革の目的は、フィールド汚染除去を本格的に行なうため、権限の強化と外国からの援助を受け易くすることにある。「クリーンアップ」としては、農業が出来るように広域に亘る汚染土壌の除去方法及び除去機器の開発を推進するが、そのために、外国からの資金と技術の援助を必要としている。

ベラルーシが日本に期待する援助をMARKOVSKY副議長の言葉により示す。「街中の

密集した建物間の狭いところ及び植樹地帯での汚染土壌の除去作業を可能にする機器を購入するため、資金援助をして戴ければ感謝する次第である。」

ベラルーシは、外国及び国際機関との協力関係を大いに歓迎しており、活発に活動を行っているところである。現在関係を持っているところは、UNESCO, IMF, ウクライナ等である。

なお、チェルノブイリ事故対策に関する国の計画については、MARKOVSKY氏より回答がなかった。このようなベラルーシ側の対応は、国の経済事情のため将来計画が立てら

表1 「クリーンアップ」の汚染除去計画の概要

(The program of the work of the consortium for the transformation of the territory of Belarus contaminated as a result of the Chernobyl catastropheの計画表を引用 )

計画の内容	開始～終了
1. ベラルーシの汚染地域を生態学的に清浄に変換するための科学的原則と可能性研究の検討	1992年6月～1992年9月
2. ベラルーシの汚染地域を生態学的に清浄に変換するための国際プロジェクトの検討	1992年1月～1993年7月
3. 事故や自然災害の場合に地域を防護する技術的方法を確立するための国際プロジェクトの検討	1993年1月～1994年12月
4. 国際基準に基づき回復した地域に住民が住み、働くことを実現するための保証を規制する法令の作成	1992年9月～1993年12月
5. ベラルーシ科学・工業協会のプラントにおいて、軍需産業の変換により使用されなくなった施設、機械による特殊な機器の生産に関する開発	1992年11月～1993年9月
6. 特殊機器の製造のための技術開発と生産に関する組織編成	1993年6月～1993年12月
7. 放射性廃棄物の埋設及び技術プロセスに関する機器の開発と修繕のため、生産及び技術に係る組織の設置	1992年9月～1993年12月
8. 特殊な機器の一連の製品の製造 --チェルノブイリ影響の決定のため --大事故及び自然災害の場合の地域防護のため	1993年～2004年 1995年～
9. 材料、技術、人間、及び社会の供給を考慮して、ベラルーシの汚染地域を生態学的に清浄に変換するための事業の実施	1992年12月～2006年

れない状態にあるとも推察され、「クリーンアップ」の改革も関連あるものと考えられる。

### 3-3 ベラルーシの原子力エネルギー分野における活動

Sosny所長CHIGRINOV博士からの情報及び文献調査により、要点を以下に記す。

- (1) ベラルーシにおける総発電量は、1991年時点で石炭、石油、天然ガス、水力合わせて387億kWhである<sup>5)</sup>。このように、ベラルーシでは原子力発電は行われていないが、電力不足（25%）はリトアニアとロシアの原子力発電所からの供給によって賄われている。最近ベラルーシ政府は、電力の自給自足を目的に、2005年までに出力50～100万kW級の原子力発電所を設置する計画を発表している<sup>6)</sup>。
- (2) 放射線の利用としては<sup>60</sup>Co照射があり、農作物、医療器具等の殺菌、消毒を行っている。
- (3) ラジオアイソトープ利用については、ロシアからラジオアイソトープを輸入し、種々の産業で使用している。
- (4) 研究開発はSosnyが中心であり、原子物理学、放射化学、放射エコロジー等の研究を行っている。線型加速器も備えている。
- (5) 原子力の安全に関しては、工業・原子力プラント安全監督国家委員会が内閣の下に設けられており、規制面を所管している。一方、チェルノブイリ国家委員会が設置され、チェルノブイリ事故による汚染の除去等を所管している（図3組織図参照）。

## 4. 結言

今回の調査は、種々の事情により十分なも

のとは言い難いが、ベラルーシ科学・工業協会副会長STRELTSOV氏及びSosny所長CHIGRINOV博士の協力もあり、一応所期の目的を達成することが出来た。

3-1で報告したが、チェルノブイリ事故によるベラルーシ国土の汚染は広大な範囲に亘っている。現在の汚染除去は居住区域が中心であるが、3-2でチェルノブイリ国家委員会副議長MARKOVSKY氏が述べたように、今後「クリーンアップ」としては、農業が出来るように広域に亘る汚染土壌の除去が課題である。

汚染土壌の除去等フィールド汚染除去の本格化のため、チェルノブイリ国家委員会は「クリーンアップ」の改革を行う考えである。ベラルーシ側は「クリーンアップ」に外国からの援助を期待しているところであり、我が国に対する期待も少からず感ぜられた。

我が国の「クリーンアップ」に対する協力については、ベラルーシ側の実状、希望等を考慮した上で、研究開発面に重点を置くことが適切と判断した。参考のため、以下にその内容を示す。

- (1) 関連研究機関（例えば、放射エコロジー研究所）への協力として、
  - ・新しい放射能測定装置及び化学分析機器の整備。
  - ・大量環境試料の迅速化学処理法—放射能測定法の確立。
- (2) フィールド汚染除去、特に汚染土壌の除去への協力として、
  - ・汚染除去の事前、事後に於ける放射線安全評価の実施。

以上の協力は、大きな資金を必要とせず、ベラルーシ国土の清浄化に有効な寄与をなすものとする。

## 5. 感想

空港から首都ミンスクに至る車中から見た風景は、農地、牧草地そして林の連続で、まことに穏やかな国との印象を受けた。又、ミンスクは美しい都市で、ヨーロッパに近いため、人々の服装もモスクワより垢抜けていると感じた。しかし、経済状態は悪く、ひどいインフレーションが進行しており、街中で活気を感じることは無かった。電力事情も悪く、訪問した研究所や政府機関において、文字が読めない程室内が暗くても電燈をつけないのには驚かされた。

チェルノブイリ事故により、ベラルーシは国土が放射能汚染を蒙り、その除去は国家的課題となっている。政府は、広大な農地の汚染除去を推進するため、国際コンソーシアム「クリーンアップ」を設立し、外国からの資金と技術の援助を期待している。今回の政府機関（チェルノブイリ国家委員会）の訪問においても、我が国への期待が大きいことが感ぜられた。

我が国からの援助については、研究開発面に重点をおくことが適切と判断した。つまり、国土の汚染除去は時間とお金がかかるため、結局はベラルーシの経済状態が良くならなければ進捗は望めないものである。

最後に、今回の調査にあたり、種々の御配慮を頂いた日本原子力産業会議森一久専務理事、原子力安全研究協会田島英三理事長及びエネルギー総合工学研究所山本寛理事長に感謝の意を表す。

## 6. 参考文献

- 1) V.M.Efremenko et al.; "Problems of Radioactive Waste Disposal in the Territory of Republic Belarus", Proceeding of the 1993 International Conference on Nuclear Waste Management and Environmental Remediation, Vol. 2, pp. 157-158, (1993), Prague.
- 2) V.M.Efremenko & I.I.Matvienko; "Clean up in Belarus: help needed," Nuclear Engineering International, August 1992.
- 3) A.Jouve et al.; "Rehabilitation of Soils and Surface after a Nuclear Accident: Some Techniques Tried in the Chernobyl Zone," Proceeding of the 1993 International Conference on Nuclear Waste Management and Environmental Remediation, Vol. 2, pp. 391-396, (1993), Prague.
- 4) I.I.Matvienko & O.M.Zhukova; "Dynamics of the Radiation Situation on the Territory of the Republic of Belarus," *ibid.*, pp. 557-561.
- 5) 海外電気事業統計1993, p.337, 海外電力調査会.
- 6) The Nuclear News Network of the European Nuclear Society, News No. 323/93, 9th September, 1993.

## 「人事を尽すための5つの“つぼ”

### 原子力電源信頼性向上対策の体系」

よしや こう き  
与志耶 劫 紀

#### はじめに

##### (1) 我が国の原子力電源の信頼性

我が国の原子力電源は、関係者の渾身のご尽力により、近年安全性の確保は勿論、年間設備利用率は72%～75%と極めて高い水準を達成しており、また計画外運転停止回数も年間1.1～1.3回程度に減少させて来ており、「ベース電源としての信頼性」を十分実証しているといえる。

しかしながら、このような世界最高水準の実績にもかかわらず、原子力電源の新規立地に関する社会的合意形成は、ますます困難になってきている。原子力発電所用地は、炉心位置から450～500mの敷地境界を設定するのが通例であり、土地所有者が細分化されている地域では数百人にも達する地権者の同意を先ず得なければならない。この点がLNG火力や石炭火力の立地の場合と大きく異なる点であるが、更に原子力電源は「偏に社会性を有する技術」であるという宿命を背負っている。即ち、核分裂生成物という潜在的危険性を内包しているがために、原子炉事故が発生すれば発電所敷地外の周辺公衆に、放射線による災害もしくは障害をもたらす可能性を有することから、原子力電源の新規立地並びに

運転管理における技術水準は、周辺公衆即ち地域社会の住民から「許容され信頼される技術体系」であることが求められる。常に社会との関連性において実現の可否が決定されるという「偏に社会性を有する技術」なのである。

近年の原子力電源の新規立地に対する社会的合意が形成され難い事由について、住民の側に視点を置いて考察すると、次の諸点を挙げることができよう。

- ① 全国の原子力発電所では、発生件数が減少しているとはいえ、毎年多くの「故障、トラブル等」が発生しており、大事故につながる危険性があると危惧されること。かつ、それらの原因については、機器の設計不良や製作不良、不適切な運転操作、機器の誤作動、メンテナンス不良等の明らかな「人為ミス」が挙げられており、原子力技術は未熟であるといわざるを得ないこと。
- ② 外国の原子力発電所のずさんな運転管理状況が盛んに報道されていること。
- ③ チェルノブイリ原子力発電所事故のそのごの状況についても次第に明らかになってきていること。
- ④ 高レベル放射性廃棄物の処理・処分技術は研究開発中であり、事業化の目途が立っ

ている段階には至っておらず、「工学的完結性」が達成されているとは考えられないこと。

- ⑤ 地球温暖化防止対策上最も有効な電源であることは理解できるが、不安と背中合せのままでの立地には同意が難しいこと。
- ⑥ 原子力発電所は安全であるとの説明はよく聞かされるが、「何故安全になるのか」についての説明は少ないこと。何故、人為的ミスによる事故（「故障、トラブル」と表現されているが）の発生は防止できないのか疑問に思われること。

## (2) 運転中における機能・性能の劣化

自動車であれ、航空機であれ工学的に設計・製作された機械装置は、運転時間の経過とともに機能・性能が劣化することは、広く認められている。このため、工学的手法としては、運転時間の経過に伴う機器の機能・性能の劣化の速さを想定し、当該機器の機能・性能が「使用可能レベル」の下限に近づいたときは機械装置の運転を停止してオーバーホールを行い、劣化部品の取替等により「初期の機能・性能レベル」を回復する方法が採用されている。このメンテナンス作業が、原子力発電所の場合、「定期点検」と呼ばれているもので、原子炉施設については、12～13ヶ月毎に実施されることとなっている。

ここで大切なことは、「運転時間の経過に伴う機能・性能の劣化」とは、工学的にはいわゆる「自然劣化」であり、「人為的ミス」による急速な劣化は含まれていないことである。人為的ミスによる機能・性能の急速な劣化は、工学的手法として想定されたこととして社会的に「広く認められる」ところとはなりえな

い。

## (3) 「人事を尽し」て、「人為的ミスをZeroに近づける」ためのテクノロジー

手許にある広辞苑によれば、「人事=③人のなし得る事柄。人間わざ。」とあり、用例として、「人事を尽して天命を待つ=人力のあるかぎりを尽して、その上は天命に任せて心を勞しない。」と例示されている。これは原子力電源の設計・建設・運転の各段階に携る当事者の立場の表現であるが、**原子力関係当事者が真に「人事を尽し」ているのであれば「人為的ミス」は排除されることになるから、残り**は運転時間の経過に伴う機能・性能の劣化、すなわち工学的に想定されている「自然劣化」のみということになる。このような状態における「故障、トラブル」の発生であれば、地域住民から「広く認められるところ」となりうると考えられる。

地球環境保全のため、及びエネルギーの安定供給の確保のため、何よりも原子力電源の立地を円滑に推進していくことが重要であるが、そのための条件整備のひとつとして地域住民の不安を解消するため、「人為的ミスを限りなくZeroに近づける」ためのテクノロジーを確立することが求められている。

「人事を尽す」ことは、即ち「人智を尽す」ことであり、工学的手法として演繹的かつ体系的に確立されなければならないのである。

同じく、広辞苑によれば、「つば=⑤こと見込んだ所、④ずぼし。⑩急所。要点。かんどころ。」とあり、用例として「つばを押える。」と示されている。（その他の意味の部分では、「灸をすえるべき場所。灸点。」とも示されているが、原子炉施設に灸をすえても全く効果

はないのだから本稿の目的とするところではない。)

このような見地から、原子力電源の設計、建設、運転及びメンテナンスの各段階において、「人事を尽し」て「人為的ミスを取りなく Zero に近付けるためのテクノロジーの要点」という意味で、「原子力電源信頼性向上対策 5 つの “つぼ”」を探ることとしたい。

## § 1. 原子力電源の信頼性向上のために「人事を尽す」べき 5 つの “つぼ”

### (1) 5 つの “つぼ” と、原子炉技術の洗練・高度化

原子力電源の設計、建設、運転及びメンテナンスの各段階において、「人為的ミスを取りなく Zero に近づける」よう「人事を尽す」ためには、各段階における管理手法（工学的な手法）を「方法論的に欠陥がなくかつ体系的なもの」としなければならない。

原子力電源の計画段階から運転段階までを機械工学的見地から区分すると、①基本設計段階、②詳細設計段階、③製作、組立、据付段階、④運転段階及び⑤メンテナンス（保守管理）の各段階に分けられる。これらの各段階において、製造者（設計者を含む。）、事業者及び第 3 者認証者としての行政庁のそれぞれの責務に応じ、「方法論的に欠陥がなく、かつ体系的な管理手法」を確立することにより、「人為的ミス」を排除していかなければならない。この 5 段階におけるそれぞれの「方法論的に欠陥がなく、かつ体系的な管理手法」が “つぼ” どころということになる。

我が国における原子力電源は、既に 25 年以上の運転実績を有しており、各段階における

管理手法も充実されたものとなってきている。にもかかわらず、現時点で “つぼ” どころを探る余地があるのだろうか。この試みは、過去の実績と経験から「方法論的に欠陥がなく、かつ体系的な管理手法」を求めるものであるから、「学」の領域に属するものではなく、まさに「法」（やり方）の領域に属するものである。原子炉技術は、21 世紀を間近に迎え、「技術の実用化段階」から、「技術の洗練・高度化の段階」に入ろうとしている。「法」の完成と確立こそ、原子炉技術の洗練・高度化の時代に求められている「テクノロジー」なのである。以下に 5 つの “つぼ” につき、各論と関係者の責務を探ることとする。

## § 2. 基本設計の審査（基本設計終了段階）

### (1) 審査の対象

- (i) 原子炉施設の基本設計又は基本的設計方針
- (ii) 多重防護の思想に基づく事故防止対策の体系及び周辺公衆との隔離の確保

### (2) 行政庁及び原子力安全委員会による審査

原子炉等規制法に基づく原子炉設置許可時における行政庁（通商産業省）審査及び原子力安全委員会によるダブルチェック審査（これら 2 機関による審査は、「安全審査」といわれている。）において、十分になされている。

- ・原子力委員会及び原子力安全委員会による各種指針への適合性の確認
- ・電気事業法技術基準への適合方針の確認等

### (3) 事業者審査

行政庁及び原子力安全委員会によるいわゆる「安全審査」への対応の過程において、基本設計又は基本的設計方針の策定は身ら実施して社内審査に付議するとともに、LOCA等事故解析等は製造者等に作業を外注してその得られた成果を評価・審査するという方式により行われている。

### (4) 基本設計又は基本的設計方針の体系的整理

「どの範囲の事項（ヨコ幅）について、どの程度の詳しさ（深さ）で審査すれば原子炉施設の安全性確保上必要にしてかつ十分であるか」の体系的整理は、昭和55年7月段階で行政庁の内部作業としてPWR、BWRについて一応の成果が得られている。

総じて言えば、基本設計の審査は十分すぎる程詳しく行われており、運転実績、補修実績、外国の事故例等も逐次反映され、充実された内容となってきたといえる。

## §3. 詳細設計の審査（詳細設計終了段階）

### (1) 審査の対象

- (i) 各原子炉設単体の詳細設計  
機械設計における機能・性能設計、構造・強度設計、計測制御設計、安全保護設計、安全防護設計の結果
- (ii) 主要原子炉施設単体の生産設計  
溶接方法、組立方法、据付方法等

### (2) 事業者審査

- (i) 製造者における「設計者」による詳細設計が終了した段階で、各原子炉施設単

体（燃料集合体、圧力容器、再循環ポンプ、蒸気発生器、バルブ等）の機能・性能のほか、各部の構造、寸法、材料が所定の強度の下に決定される。

- (ii) この詳細設計の結果等に基づき、ユーザーである事業者に対して「設計承認申請」「図面承認申請」がなされる。
- (iii) 事業者においては、通常の場合、担当縦ラインの審査を経て、設計承認及び図面承認がなされる。

（製造者においては、この事業者の承認を経て、工場の生産部門における生産段階に移される。）

- (iv) 事業者における詳細設計の審査の内容を各原子炉施設における機能・性能の発揮、安全性の確保上より十分なものとするためには、その方法論を確立するとともに、適切な組織体制と十分な要員を充てる必要がある。

### (3) 行政庁審査

- (i) 原子炉施設の詳細設計の審査は、電気事業法に基づく工事計画の認可、使用前検査合格条件の審査（溶接方法認可、燃料体設計認可）に際し「詳細設計の一部」について行われる。これら電気事業法に基づく詳細設計の審査は、自主保安体制に基づく事業者の高度な自主審査を前提として、技術の進展を考慮した規制の簡素化の観点から体系が作られているためである。

〔参考表1〕に示すとおり、これまで我が国の原子力発電所で発生した「故障、トラブル」の原因を分析整理した結果を見ると、原因として「詳細設計不良」とさ

れる事例は全事例の約10%に達しており、決して少い数字であるとはいえない。

故障、トラブルの発生が原子力電源に対する不安を招いている大きな要因と考えられるところ、自主保安・規制の簡素化の方向との兼合いで、より効果的な行政庁としての詳細設計の審査の在り方が求められる。

・構造・強度の技術基準への適合性等  
(ii) 詳細設計の審査は電気事業法の規制体系に基づいて行われるが、現行の法律は昭和40年7月1日から施行され、そのご大枠は変更されていない。一方、基本設計又は基本的設計方針の審査は原子炉等規制法に基づく原子炉設置許可に際し行われるため、政令、省令、告示等の下部規定についてみると、行政庁による設計審査が一貫性・継続性を持ってなされている体系にあるとは読み取り難い。両方とも行政手続であるから、国民にとって分りやすくかつ信頼性が担保しやすい体系への切替えが必要と考えられる。

#### (4) 詳細設計事項の整理

各原子炉施設の詳細設計事項については、未だ体系的、包括的整理はなされていない。しかしながら製造者における「設計者」は、基本設計作業の結果を受けて機械設計作業として機能・性能設計、構造・強度設計、計測制御設計、安全保護設計、安全防護設計を実施してゆき、各部の構造、寸法、材料を決定して部品図を作成するという一連の作業を実施するのであるから、製造者においては「詳細設計事項の体系」は存在するのである。

従って、行政庁審査の対象としての「詳細

設計事項」も必ず存在しうるのであるから、審査の効率化、合理化の見地からその体系的、包括的整理が望まれる。

#### §4. 運転管理要綱、運転操作要領書の審査(運転開始段階)

##### (1) 審査対象

(i) 原子炉施設保安規定、電気工作物保安規程等法令要求規定類

(ii) 運転管理要綱

原子炉施設の運転管理に関する基本的事項について、社内文書として取まとめたもの。

(iii) 運転操作要領書(運転操作手順書)

原子力発電所において運転員が個々の運転操作をどのように行えばよいかについて、具体的に記載した文書である。各原子炉施設毎に各運転操作パターンについて取まとめられているのが通例である。運転操作手順書(通称「運転マニュアル」ともいわれるが、その書き方の「基本通則」については未だ定められていない。

##### (2) 事業者の自主審査

① 運転管理要綱、運転操作要領書は、製造者から提出のあった取扱説明書等に基づき、社内担当者が原案を作成する。

② 形式的には、原子炉主任技術者の意見聴取、各発電所保安運営委員会の審議を経て制定される。

##### (3) 行政庁審査

① 原子炉施設保安規定は、認可に際し審査

される。標準案文は、整理済み。

- (ii) 運転管理要綱については、事業者の社内規定であるため、説明を受けるに止まっているようである。

#### (4) 運転管理要綱、運転操作要領書の記載通則（基本通則）の整理確立

- ① 運転員に対し、「未知なる操作、不確定な操作、操作要領書外操作をさせてはならない。」との原則の確立が必要である。
- ② 要綱、要領書を作成するに当たって、どのような事項についてどう記載しているかを保証する「記載通則」は未だ民間規程としても定められていない。従って、要綱、特に要領書の記載は各社毎、各炉毎に少しずつ異なっているものと考えられるが、我が国原子力発電所の信頼性向上のため、原子炉の運転管理の「基本原則」を明確に確認することにより、「基本通則」として確立する必要がある。

原子力発電所は人智により地上に創り出したものであるから、基本通則もまた人智により必ず制定することが可能なのである。

### § 5. 各原子炉施設で発生する異常、故障、事故の体系的整理と対応操作要領の用意

原子炉の運転においては、運転員に対して未知なる操作並びに不確定な操作をさせてはならない。また、運転員による運転操作は、原則としてすべて操作要領書に規定されており、常に高度なよい状態の意識と判断を期待するものであってはならない。このため、次

の対策が求められる。

- ① 運転中の各原子炉施設において発生する運転状態の異常、故障、事故について体系的、包括的に摘出、整理することにより「予期せざる事象」の発生の可能性を排除すること。
- ② これらの事態における対応のための運転操作の要領を、運転操作要領書において作成用意しておくこと。
- ③ 各種事故についても、同様に操作要領を用意しておくこと。

そして、事業者における原案作成と自主審査の体系を整理確立する必要がある。また、各種事故以上の事態における緊急時措置要領は、どの原子炉についても策定されているが、①及び③については体系的手法が確立されておらず、故障、異常時における操作要領のメニューを揃える迄には至っていない。この点が第4の“つぼ”なのである。

### § 6. 定期点検、補修の実施（メンテナンス段階）

#### (1) 各原子炉施設の機能・性能の劣化特性

一般に機械装置の部品や機械要素は、運転時間の経過に伴い、機能・性能は劣化する。各部品や要素毎にこの劣化の速さが分っていれば、運転開始段階の「当初レベル」から機能・性能は低下していき、「使用可能レベル」の下限に近づいていく。

機器の機能・性能の劣化特性の差によりメンテナンスのやり方が異なってくる。即ち、①劣化特性が緩やかな機器（油タンク、空気だめ等）にあっては、数年に1回のメンテ

ナンスの実施で十分であり、⑩劣化特性が急で著しい部品、要素にあつては一定の期間毎に消耗品として取替える手法が採用される。この両者の中間の機器に対しては、一定の期間毎に分解、点検、補修を行うメンテナンス作業が実施される。このような見地から、原子力電源における1次系、2次系など主要原子炉施設（高温、高圧、腐食環境等にさらされるもの）に対しては、1年（原子炉回りの施設）もしくは2年（蒸気タービン、所内ボイラー等）毎の「定期点検」及び第3者認証としての国（又は指定検査機関）による「定期検査」が義務付けられているのである。

## **(2) 機能・性能の劣化特性の定量的把握と、定期点検及び定期検査時期の導出**

各機器、部品や要素の運転時間の経過に伴う機能・性能の劣化特性は、運転中のすべての原子力電源を対象として、運転中における故障、異常の発生実績、定期点検における補修実績、並びに設計及び製作の思想（部品等の数替え、腐食劣化の進行をどう想定しているか）に基づいて、定量的に把握することが可能である。

火力発電分野及び原子力電源における蒸気タービン回り施設については、全数をカバーした過去10年間の実績から、各機器、部品や要素の機能・性能の劣化特性を定量的に把握し、この結果に基づいて「機能・性能レベルが運転可能レベルを下回る前に、点検補修を行う」との考え方により、事業者が実施する定期点検のインターバルと範囲、並びに第3者認証としての国（又は指定検査機関）の定期検査のインターバルを演繹的に導出して、運用している。即ち、火力発電用のボイ

ラー、蒸気タービン、ガスタービンにあつては、国による定期検査は電気事業法の施行規則に定められている期間の、実質2倍の期間まで延長することが承認される制度となっている。しかし、事業用のみでなく、自家発電設備のボイラー等についても全く同じ規制緩和の運用がなされているのである。

## **(3) 原子力電源における蒸気タービンに対する定期点検及び定期検査の実施**

(i) 原子炉に対する国の定期検査は原則として「1年1ヶ月±1ヶ月」毎に受けなければならない。これを2回繰返すと、「2年2ヶ月±2ヶ月」となるので、蒸気タービン側の「2年±1ヶ月」の期間と合致しなくなる。さすれば「蒸気タービン側の国の規制の事情のために原子力発電所の年間利用率が上らない」との非難が起ることは明白である。しかしながら、このような電気事業者の非難は生じていない。それは、何故か。その答えは、蒸気タービンについては、既に火力電源における蒸気タービンやガスタービンにおけるのと同様の手法により、各機器、部品や要素の機能・性能の劣化特性を定量的に把握し、この結果に基づいて定期点検のインターバル及びその範囲を導出してメンテナンスを実施し、国側はその自主保安の状況を踏えて国による定期検査の時期を「最大限12ヶ月」延長する弾力的運用を行っているからである。即ち、技術的、定量的な裏付けの上に、合理的行政手続が採用されているのである。

(ii) ここで注目して頂きたいのは、事業者

が自主保安のために実施する「定期点検」とその自主保安の実施状況を第三者認証行為として実施される国（又は指定検査機関）による「定期検査」とが明確に異なるものとして分別されていることである。

(iii) 以下に、「原子炉回りの施設」における「定期点検」及び「定期検査」の方法の高度化及び合理化について、述べることにする。従来から原子炉回りの施設に対しては、「国による厳重な定期検査」が実施されてきている。しかしながら、国による厳重な定期検査が終了した直後と立上り時の運転段階において、バルブやパッキンからの蒸気漏れ、点検補修されなかった溶接箇所からのひび割れ水漏れ、分解修理後の組立復旧作業における作業ミスによる運転支障等が、多発した。このような事態の発生は、「国の検査」に対する地域社会の信頼性をその都度大きく損うところとなった。一般的に言って、オーバーホール後の立上り運転段階では各機器、施設の運転状態の調整は不可欠である。

このような事実を踏まえ、国による定期検査の対象期間は、オーバーホールによる点検補修の期間に加え、立上り調整運転段階の期間をも加えるよう制度運用が変更されて今日に至っているのである。

#### (4) 原子炉回りの施設の定期点検及び定期検査の方法の高度化及び合理化の方向

##### ① 「定期点検」と「定期検査」との分別

事業者は一義的に自主保安の責務を有しており、この見地から毎年定期的に原

子力電源の運転を計画的に停止して、各機器のオーバーホール(分解点検、補修)を実施している。これが機械工学上採用されている「運転時間の経過に伴い機能・性能の劣化が進む機械に対して実施する定期点検」なのであって、基本設計において「一定の運転時間毎にオーバーホールを行う」ことは、寿命設計の一分野として重要な諸計思想なのである。

この定期点検と、国が自主保安の状況を第三者認証として事業場に立入り介入して行う「国による定期検査」とは、機械工学の体系上、明確に分別されなければならない。この差異が未分明である限り、原子炉の洗練・高度化は望み得ないのではないだろうか。このような理由から、先ず「定期点検」と「定期検査」は、明確に区別して用いられるべきである。

##### ② 機能・性能の劣化特性の定量的把握

原子炉回りの各施設について、設計・製作の思想(寿命設計)、運転段階における故障、異常、事故の発生状況とその原因の分析、メンテナンスにおける補修、取替実績に基づき、運転時間の経過に伴う「機能・性能の劣化特性」を定量的に把握することは、可能である。この結果に基づいて、「機能・性能レベルが運転可能レベルを下回る前に運転を停止して点検、補修を実施する」との考え方により、各施設毎に定期点検のインターバルを導出することが可能となる。

##### ③ 定期点検における点検補修の範囲、内容及びインターバルの演繹的、体系的整理の確立

この場合、機能・性能の劣化特性は、

各原子炉施設を構成する機器、サブシステム、要素、そして部品レベルまで展開して定量的に把握することが可能であるから、メンテナンスのインターバル(時期)と範囲(どの範囲を点検、補修すればよいか)も体系的に明らかとなる。このインターバルと範囲を系統毎にグルーピングする手法により、プラント全体の計画停止時期及び点検、補修の範囲・内容を決定することができるのである。

火力発電設備及び原子力タービンについては、このような作業は既に昭和62年～63年にかけて終了している。このような演繹的、体系的手法の確立によってのみ定期点検から見逃される故障や事故象を限りなくZeroにすることができるようになるのである。本稿の主たるテーマである「人事を尽す」手法とは、こういうことなのである。

#### ④ 全数点検思想への回帰

我が国の軽水炉のメンテナンスにおいては、「初期高品質一抜取検査」の思想が導入された。

即ち、「原子炉施設は、①ステンレス鋼などの高級な材料を用い、②コンピュータコードによる詳細な応力解析を行なって製作し、かつ③製造された機器、部品に対しては品質保証計画に基づきありと全ゆる種類の高度な品質検査を実施しているのであるから、火力機器のように全数検査は必要でなく、供用期間中検査は合理的な抜取検査で十分である。」との主張に基づくものである。結果はどうか。

米国の軽水炉技術者には、高級なステンレス鋼材を多く使用する化学工業プラントにおける応力腐食割れ現象は、思考の中に入っていなかった。我が国でも昭和40年代初期においてさえ、化学工業プロセスにおけるステンレス鋼材の応力腐食割れの発生は、「耐腐食性の確保に伴うヒステリー」として広く認識されていたのである。ステンレス鋼材に対する「初期高品質一抜取検査」は通用しなかった。応力腐食割れは、時間の経過につれて発生するものだったからである。

原子力電源に対する社会的信頼性を向上させていくには、「人事を尽し」て人為的ミスを限りなくZeroに近づけていくことが求められている。

原子力電源のメンテナンスにおいて、今最も強く求められているのは、国内の運転経験と実績を分析し、機械工学の手法に基づいて、方法的に欠陥のないメンテナンス体系を確立することである。

そこには事業者の自己都合による抜取検査を修正し、地域住民に安心し信頼して貰えるよう「社会的信頼性」確保の視点を加え、必要な部位に対しては「全数検査」の思想へ回帰すべきことが明らかである。

「人事を尽し」てこそ、社会的信頼性が与えられ、それが新しい原子力立地への道を拓くのである。

これから多くの軽水炉が運転時間15万時間を超える「経年ユニット」の時代を迎えるが、定期点検に対する機械工学的再評価の必要性が痛感される。(火力電源

では「ユニット別履歴管理システム」として既に確立済みのことなのだが。）

#### ⑤ 国による定期検査の弾力的運用

④までに述べた事業者における自主保安による工学的合理性に裏付けられた定期点検の実施体系が確立された場合においては、第三者認証としての国の検査は、検査の対象である原子炉技術の実状と水準に照らし、運用を弾力化することが十分可能と判断される。

即ち、①定期検査時期変更承認の大幅拡充、②定期検査の対象項目の合理化、簡素化の方途が、外部への挙証能力を備えたものとして可能となるのである。

むすび—原子炉技術の洗練と高度化のために

以上述べたところを、原子力電源信頼性向上対策として、「人事を尽すための5つの“つぼ”どころ」として提案したい。私達は、地域住民の立場に立って、「原子力電源はどうあってくれば安心できるのか、安全であると信頼できるのか」について、原子炉技術が地域社会に許容され立地できるまで「技術の洗練・高度化」を達成し、テクノロジーの夢を実現すべきと考える。（なお、運転操作要領書基本通則のあり方については、別稿を起させて頂きたい。）（了）

## 〔参 考〕

### 我が国の原子力発電所の故障・トラブル等の分析調査（抜粋）

#### 1. 目 的

本調査は原子力発電所における故障・トラブルの発生状況を分析し、我が国の原子力発電所の運転実績の履歴を把握することにより、原子力発電所の安全確保及び信頼性の向上の視点から、各種トラブルの経験が活かされ、設計改良、製造段階での品質管理の徹底、運転管理の改善、予防保全の徹底等の対応が如何に図られ、どのように今日の我が国独自の軽水炉技術が確立されてきたかを明確にすることを目的とする。

#### 2. 分析対象範囲

分析の対象とするプラント及び対象期間については以下の通り。

##### (1) 対象原子力発電所

平成3年までに営業運転を開始した原子力発電所(炉単位)

(BWR：21基，PWR：19基，GCR：1基)

##### (2) 対象事象

1969年(東海発電所の運転開始年)～1992年3月末(平成3年度末)の間に発生した以下の事象

①法律(原子炉等規制法及び電気事業法)に基づき報告された事故・故障等(あ；444件)

②大臣通達に基づき報告された故障等(計；315件)

以上、総計759件の事象を対象として取り上げた。

(出典；(財)エネルギー総合工学研究所  
「日本におけるマネジメントカルチャー  
に関する調査」(平成5年3月))

表 1 故障・トラブル等の原因分類（法律+通達事象）

（ ）内は通達事象件数で内数

原因		炉型別	BWR	PWR	GCR	計
基本設計不良			0	0	1 ( 0)	1 ( 0)
詳細設計不良			56 ( 17)	59 ( 24)	7 ( 5)	122 ( 46)
製作不良(機器関連)			137 ( 55)	199 ( 68)	22 ( 16)	358 (139)
内 訳	材料不良・鋳造不良		23 ( 10)	39 ( 16)	2 ( 2)	64 ( 28)
	溶接不良		38 ( 11)	15 ( 5)	0	53 ( 16)
	加工・組立不備		89 ( 29)	141 ( 44)	12 ( 11)	222 ( 84)
	運搬・据付不良		7 ( 5)	4 ( 3)	8 ( 3)	19 ( 11)
製作不良(計測制御系統)			108 ( 23)	35 ( 11)	7 ( 0)	150 ( 34)
内 訳	部品不良		35 ( 11)	13 ( 4)	4 ( 0)	52 ( 15)
	設定不良		9 ( 2)	3 ( 1)	0	12 ( 3)
	計器誤作動		54 ( 9)	18 ( 6)	3 ( 0)	75 ( 15)
	システム配置不良		10 ( 1)	1 ( 6)	0	11 ( 7)
使用前自主検査不良			4 ( 2)	3 ( 0)	14 ( 0)	21 ( 2)
運転・運転管理不良			66 ( 18)	85 ( 15)	19 ( 5)	170 ( 38)
内 訳	誤操作・不適切操作		17 ( 8)	13 ( 9)	6 ( 1)	36 ( 18)
	手順書不良・不備		16 ( 5)	9 ( 4)	2 ( 1)	27 ( 10)
	運転管理不良		33 ( 5)	63 ( 2)	11 ( 3)	107 ( 10)
メンテナンス不良			131 ( 47)	54 ( 15)	17 ( 14)	202 ( 76)
内 訳	メンテナンス方法論不備		12 ( 6)	8 ( 3)	0	20 ( 9)
	メンテナンス作業不良		80 ( 33)	32 ( 10)	16 ( 14)	128 ( 57)
	作業手順書不備		39 ( 8)	14 ( 2)	1 ( 0)	54 ( 10)
外部要因			18 ( 4)	7 ( 0)	6 ( 0)	31 ( 4)
自然劣化			71 ( 26)	35 ( 5)	12 ( 5)	118 ( 36)
その他			18 ( 16)	7 ( 7)	1 ( 1)	26 ( 24)
計			609 (208)	484 (145)	106 ( 46)	1,199 (399)

(注) 原因が複数のものは共通要因として複数カウント

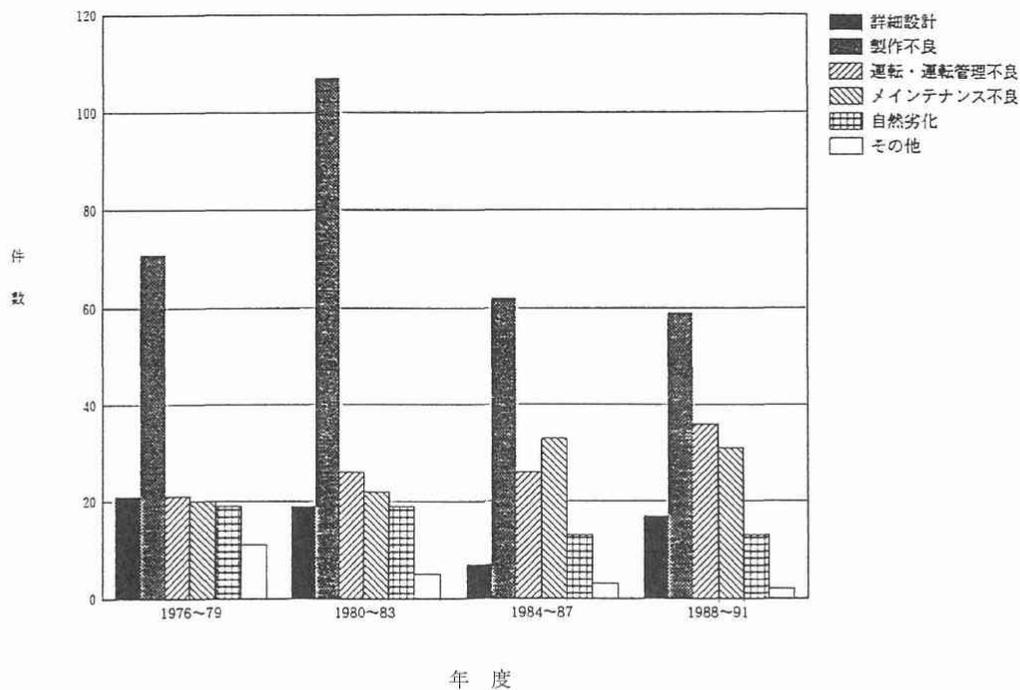


図 1 故障・トラブル等の報告件数 (原因別・総計+(法律))

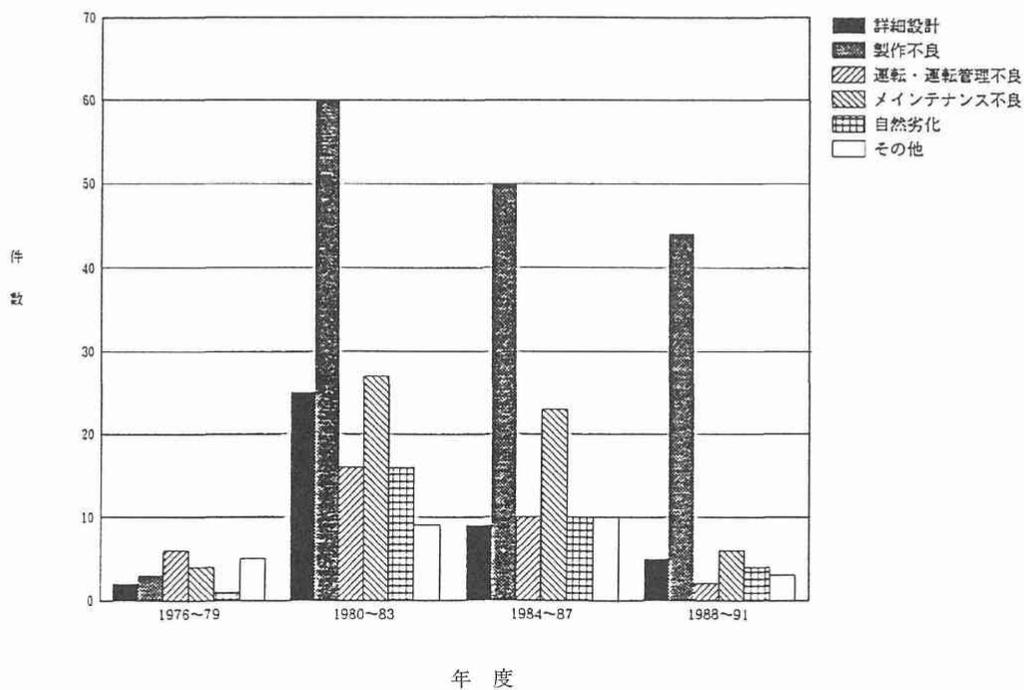


図 2 故障・トラブル等の報告件数(原因別・総計+(通達))



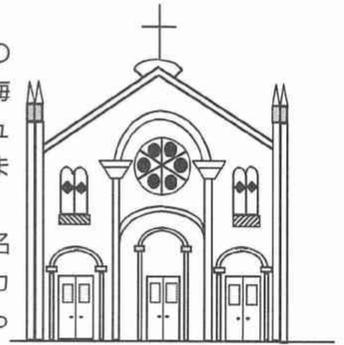
“股のぞき”といえは、天橋立。

今回は天橋立に程近い、京都府は宮津市にある関西電力株式会社宮津エネルギー研究所に、羽田野、姫野、金子の3研究員がお邪魔しました。この研究所、研究だけしているのではないそうです。温排水利用に関する研究のため発電設備もあり電気を供給しているそうです。そのあたりをいろいろと伺ってきました。

## 宮津はどんなところ？

東京から新幹線、山陰線、北近畿タンゴ鉄道乗り継ぐと5時間余り。日本海の厳しい荒波を想像していたのですが、訪問初日は素晴らしいお天気で、穏やかな海が私たちを出迎えてくれました。西舞鶴からの車中、対岸に見えたソルトベージュ色(というそうです。専門家の間では。)の研究施設が空と海の青と木々の緑に囲まれて、そこだけが一枚の絵のようだったのが印象的でした。

ここ宮津はかつて城下町だったところで、大手川、大手橋といった名前にその名残を留めています。また、ステンドグラスはパリ直輸入で日本有数の古さを誇るカトリック宮津教会聖ヨハネス天主堂や、江戸時代の家屋が、町の歴史をものごとっているようでした。



## 宮津エネルギー研究所 研究設備



# ルギー研究所

✎ I A E女性研究員取材チーム ✎



さあ、いよいよ見学！

まずは“丹後魚っ知館(たんごうおっちかん)”

駅から車で目的地の“丹後魚っ知館”へ。魚っ知館でなかなかしゃれたネーミングだと思いませんか。「平成4年8月、来館者100万人突破を記念して、名称を宮津エネルギー研究所PR館から、企業名を抜いた愛称にしようということで、一般公募によってこの名がつけました。」とは、私たちの説明役をかってくださった伊藤研究課長さんです。この魚っ知館には、水族館・展示コーナー・3Dシアター・タッチングプール（魚を手にとってさわることができます。夏の一番人気だそうです。）があり、今やここ宮津の新名所だそうです。



伊藤研究課長さん



## 研究所はこうしてできました

設計段階では来館を年間3万人と予想していたそうですが、いざふたをあけてみるとなんとその10倍、年間35万人もの人々が訪れているそうで、最初はその誘導にてんてこまいだったとか。今でこそ、うれしい悲鳴を上げていますが、この研究所をここに造ろうという声があがってから、完成に至るまでに20年以上の月日がかかっているそうです。伊藤課長さんのお話によると、昭和40年に市議会でご宮津に火力発電所を誘致する決定がなされましたが、地元漁協の反対が強く一旦は白紙に戻され、昭和52年に発電設備をもつ、エネルギー研究所としての発足を認められ、昭和60年に着工、平成元年に開所、営業運転も開始したのだそうです。発電設備は、37万5千キロワット2機を擁しています。そして、この発電設備を造るにあたって、削りだされた土砂を運び出さずに構内に坂を造ることで処理したり、防油堤になる小山にはエコロジー緑化手法といって、木々を密接して植え競争させることによって早く大きくさせる方法をとったり、構内の建物はもちろん近隣の鉄塔の色も周囲の景観にあうよう専門家の考えた配色がほどこされているなど、環境対策にも力をいれていることを女性の案内役の今井さんが説明して下さいました。



今井さん

## 地元共生型の研究所とは？

構内には風力・波力・太陽エネルギーを利用した研究設備がありますが、なんといてもこちらの目玉は、発電設備から出る温排水を利用した、魚の種苗生産・育成試験や、地元の農業特産物の栽培に関する研究だそうです。定期点検中のお忙しい中、途中から説明に加わって下さった春木所長さんのお話です。「宮津エネルギー研究所の特徴は地元共生型であることです。つまり電力の安定供給はもちろん、温排水を利用した研究は地元の農業・漁業の振興に、魚っ知館は観光の振興に、役だっているのです。」

では、その温排水を利用した研究をみてみましょう。

次のページへ  
まいります。



発電設備見学用のバスです

# 水産研究棟

水産研究棟では温排水(\*)を利用して2種類の仕事が行われていました。1つは、「水温変化研究」という基礎的な研究、もう1つは「種苗生産・中間育成」という実益的な研究です。研究されているのは、クルマエビ、アワビ、マダイで、いずれも“ごちそう”の海の幸。高い魚でないと、採算がとれないのだそうです。

前者の「水温変化研究」では、「暖かい海水は、魚や貝の孵化率・成長速度・成熟時期にどれくらい影響を与えるか」を調べているそうです。これまでの研究でわかったことの一部を伺ったところ、温度による成長速度の差が最も顕著なのはマダイで、場合によっては1.5~2倍の成長速度になるそうです。また、アワビでは産卵時期を数カ月から5カ月程度ずらすことが可能で、そのような稚貝を育てて年末やお正月に合わせて出荷するという事も行われているそうです。

後者の「種苗生産」というのは、人工産卵

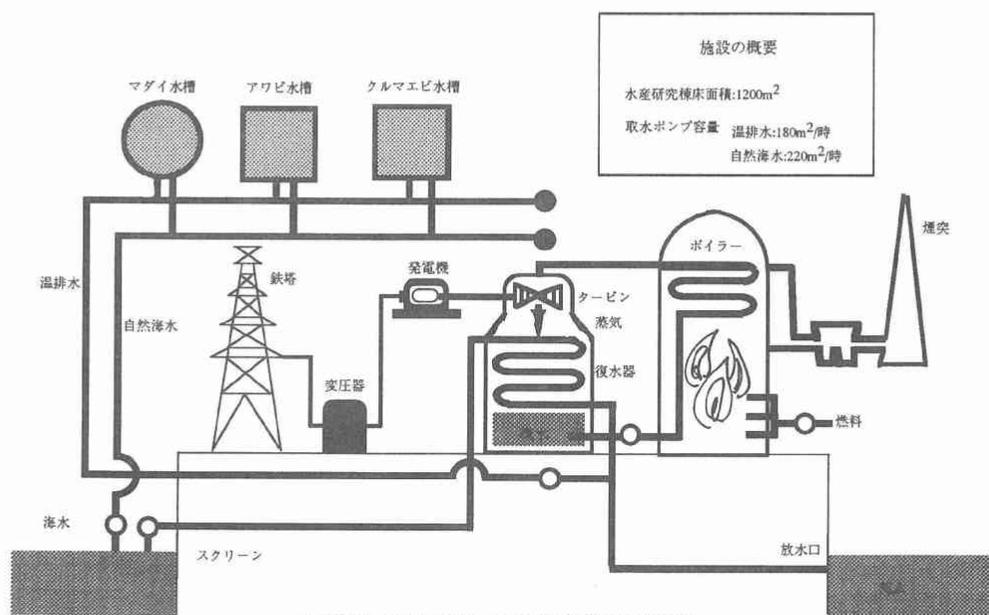
させた魚の卵を孵化させ、小さい稚魚になるまで育てること、「中間育成」というのはこの稚魚を放流できる大きさになるまで育てることだそうです。平成4年の「種苗生産・中間育成」の実績としては、クルマエビ種苗生産97万匹、中間育成55万匹(放流数)、アワビ中間育成7万個(放流数)、マダイ中間育成10万匹(放流数)ほどだったそうです。



(\*1) 温排水：

タービンから出てきた蒸気を冷やして水に戻すために使う、復水器冷却用の海水のこと。復水器通過に伴う海水の温度上昇は、7℃となっています。

ちなみに、ここの発電所の稼働率は、昨年から今年にかけて20~30%程度だったそうで、温排水が手に入らない時は取水した自然海水をヒーター加熱しておられるようです。



温排水利用のしくみと施設の概要

海沿いの発電所に隣接して魚の養殖場があるのはよく目にするところですが、その理由の1つはエネルギーの利用効率を高めることにあると思われます。聞き及んだところによると、エネルギーとは、電気エネルギー、位置エネルギー、化学エネルギー等のどんな形をしていても、最終的には熱に変わり、環境中に散逸していってしまうとのこと。特に温排水のように環境中温度とあまり差がない場合は、熱に仕事をさせることは難しく、そのままの形で利用できる用途に供するのが一番であるとのこと。また一般に、国内の全エネルギー消費量のうち電力の占める割合が高くなればなるほど(つまり電化が進むほど)、エネルギー利用効率は下がってしまうとのこと。

これは非発電用途でガスや石油をそのまま燃焼させて使った場合と比べ、電力では発電段階におけるエネルギー損失が大きいのだそうです。省エネを第5のエネルギー源だと言う人もいる世の中で、温排水を利用してエネルギー利用効率を高めるのは、無駄を減らす大事な仕事なんだと感じました。現在は温排水のほんの一部を利用しているだけで、今後はさらに利用を拡大され、より一層貢献されることと思いました。



大水槽の前にて

## 水族館&展示ホール

水族館と展示ホールは"魚っ知館"と呼ばれる大きい建物を二分していました。

水族館では24個の水槽で約340種2900匹の魚を展示していました。ここは最近、(社)日本水族館協会に加入され、全国でも中規模にあたる水族館だそうで、見応えがありました。館内では温排水排出口付近のモニタカメラから送られてくる映像を常時見ることができ、イカが泳いでいる面白い姿を観察しました。

また、この春から夏にかけては、日本海産のアマエビを飼育していたそうで、子をもったメスが時々腹肢5対を動かして体内に水を送り込む動作をするのが見られたそうです。なんとなくこれからアマエビを食べるのがかわいそうになってしまうようなお話でした。



"問題の"アームロボット

展示ホールでは、火力・水力・原子力・風力・波力の各発電のしくみがパネルや模型で説明されていました。また、ソーラーカー・アームロボット・熱気球といったゲーム的要素をもった展示もありました。特にアームロボットでは、アームをボタン操作して制限時間内に3つのボールを所定の場所に移動するという内容で、なかなか難しかったです。



次の頁へ行きましょう

## 研究所のうごき

(平成5年10月1日～12月31日)

2. ニューサンシャイン・ネットワークシステムの構築について  
(新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO情報センター長 石丸利道氏)

### ◇ 第14回評議員会開催

日 時：11月17日(水) 15:00～17:45

場 所：経団連会館(9階)901号室

議事次第

1. 平成4年度 事業報告および収支決算
2. 平成5年度 事業計画および収支予算
3. 講演「新水素エネルギーの研究開発の現状について」  
(東京工業大学 教授 岡本眞實氏)

### ◇ 月例研究会

#### 第107回月例研究会

日 時：10月29日(金) 14:00～16:00

場 所：航空会館6階 中ホール

議 題：

1. 原子力用先進的シミュレーターの研究開発動向  
(主任研究員 黒沢厚志)
2. 原子力を巡る最近の情勢について  
(通商産業省資源エネルギー庁公益事業部 原子力発電安全管理課長 藤富正晴氏)

#### 第108回月例研究会

日 時：11月26日(金) 14:00～16:00

場 所：航空会館6階 中ホール

議 題：

1. インドネシア科学研究都市計画  
(試験研究部部長兼副主席研究員 松井一秋)
2. メタンハイドレートの海外における開発の動向  
(主管研究員 寺崎二郎)

#### 第109回月例研究会

日 時：12月24日(金) 14:00～16:00

場 所：航空会館6階 中ホール

議 題：

1. TRU廃棄物処分に関する動向  
(専門役 和達嘉樹)

### ◇ 主なできごと

10月1日(金)・第5回エネルギー需給に関する検討委員会

5日(火)・第2回FBR新技術フィージビリティスタディ調査検討委員会開催

7日(木)・第2回高効率発電技術調査・A-PFBC発電システム調査検討会

・第4回非在来型天然ガス調査分科会開催

・第2回実用発電用原子炉廃炉技術調査手続分科会開催

12日(火)・第3回石油活用型ガスタービン複合ごみ焼却発電システムの実用化調査分科会開催

・第3回製油所における電・熱有効利用に関する調査分科会開催

・第2回石油活用型ガスタービン複合ごみ焼却発電システムの実用化調査委員会開催

15日(金)・第1回地球環境から見た総合的化石燃料サイクル分析評価手法の調査委員会

21日(木)・第3回分解軽油の利用拡大に伴うA重油品質のあり方に関する調査分科会開催

・第2回分解軽油の利用拡大に伴うA重油品質のあり方に関する調査・海外調査WG開催

22日(金)・第1回石炭層ガス調査委員会開催

・第2回自動車用メタノール燃料に関する調査WG開催

25日(月)・第3回エネルギー環境予測検討委員会・WG開催

27日(水)・第2回環境調和型エネルギーコミュニティ調査委員会

・第1回石油活用型ガスタービン複合ごみ焼却発電システムの実

- 用化調査・海外調査打合せ開催
- 10月28日(木)・第1回高効率LNG複合発電システム調査ワーキング
- ・第6回エネルギー需給に関する検討委員会
- ・第3回原子炉総合数値解析システム実用化検討委員会開催
- ・第2回実用発電用原子炉廃炉技術調査物量等分科会開催
- 29日(金)・第6回エネルギー需給に関する検討委員会
- 11月1日(月)・第3回分解軽油の利用拡大に伴うA重油品質のあり方に関する調査・海外調査WG開催
- ・第5回高効率発電技術調査委員会
- 2日(火)・第5回高効率発電技術調査委員会
- ・第2回実用発電用原子炉廃炉技術調査再利用分科会開催
- ・第3回軽水炉技術開発の方向に関する調査委員会開催
- ・第10回原子炉安全数値解析高度化委員会開催
- ・第4回製油所における電・熱有効利用に関する調査分科会開催
- 4日(木)・第1回石炭技術に係わる技術データ検索及び研究設備の体系化調査研究委員会開催
- ・第1回地球環境保全型化石エネルギー技術と炭酸ガス回収技術調査委員会
- ・第3回実用発電用原子炉廃炉技術調査手続分科会開催
- 5日(金)・第1回既設火力の高効率化可能性調査検討会
- ・第1回TRU廃棄物処分に関する調査検討委員会開催
- 9日(火)・第2回実用発電用原子炉廃炉技術調査委員会開催
- 10日(水)・第2回エネルギー環境予測検討委員会開催
- 15日(月)・第5回非在来型天然ガス調査分科会開催
- ・第2回地球環境から見た総合的化石燃料サイクル分析評価手法の調査委員会
- 17日(水)・第7回エネルギー需給に関する検討委員会
- 18日(木)・第1回自動車用CGTハイブリッドシステム検討委員会
- ・第1回地層処分研究委員会開催
- 22日(月)・第1回環境調和型エネルギーコミュニティ調査W/G
- 24日(水)・第4回エネルギー環境予測検討委員会・WG開催
- 25日(木)・第2回既設火力の高効率化可能性調査検討会
- 26日(金)・第4回軽水炉技術開発の方向に関する調査委員会開催
- 29日(月)・第4回分解軽油の利用拡大に伴うA重油品質のあり方に関する調査・海外調査WG開催
- 30日(火)・第2回都市エネルギーセンター導入にかかわる調査・検討ワーキング・グループ
- 12月1日(水)・第1回新水素エネルギー基礎研究推進委員会開催
- 6日(月)・第2回分解軽油の利用拡大に伴うA重油品質のあり方に関する調査委員会開催
- ・第2回メタノール火力発電所の環境影響評価実証調査ワーキング・グループ
- ・第8回エネルギー需給に関する検討委員会
- 7日(火)・分散型新発電技術実用化実証研究に関する調査委員会・幹事会
- ・第4回原子炉総合数値解析システム実用化検討委員会開催
- 8日(水)・第3回高効率発電技術調査・A-PFBC発電システム調査検討会
- ・第2回非在来型天然ガス調査委員会開催
- 9日(木)・第3回高効率発電技術調査・A-PFBC発電システム調査検討会
- ・第2回石炭層ガス調査委員会開催
- ・第4回分解軽油の利用拡大に伴うA重油品質のあり方に関する

- 調査分科会開催
- 12月9日(木)・第1回自動車メタノール燃料に関する調査臨時WG開催
- ・第4回実用発電用原子炉廃炉技術調査手続分科会開催
- 13日(月)・第4回石油活用型ガスタービン複合ごみ焼却発電システムの実用化調査分科会開催
- 14日(火)・第6回高効率発電技術調査委員会
- ・第2回環境調和型エネルギーコミュニティ調査WG
- 15日(水)・第1回環境調和型エネルギーコミュニティ調査海外調査打合せ
- ・第6回高効率発電技術調査委員会
- ・第5回軽水炉技術開発の方向に関する調査委員会開催
- 16日(木)・第3回地球環境から見た総合的化石燃料サイクル分析評価手法の調査委員会
- 18日(土)・第2回地球環境保全型化石エネルギー技術と炭酸ガス回収技術調査委員会
- ・第2回石炭技術に係わる技術データ検索及び研究設備の体系化調査研究委員会開催
- 20日(月)・第5回製油所における電・熱有効利用に関する調査分科会開催
- 22日(水)・第3回自動車用メタノール燃料に関する調査WG開催
- ・第2回自動車用メタノール燃料に関する調査臨時WG開催
- ・第1回小規模燃焼機器に係わるばい煙低減技術調査委員会開催
- ・第2回環境調和型エネルギーコミュニティ調査委員会

◇ 人事異動

○10月1日付

(採用)

- 外川守人 主管研究員に任命  
プロジェクト試験研究部に配属
- 加藤吉伸 主管研究員に任命  
プロジェクト試験研究部に配属

田村 至 研究員に任命  
プロジェクト試験研究部に配属

○11月16日付

(採用)

浅見直人 副主席研究員・新水素エネルギー実証研究センタープロジェクトマネージャーに任命

○11月21日付

(退任)

プロジェクト試験研究部  
副主席研究員 鹿毛 量 (出向解除)

○11月22日付

(採用)

加藤恭義 副主席研究員に任命  
プロジェクト試験研究部に配属

○11月24日付

(採用)

南雲利夫 主管研究員に任命  
プロジェクト試験研究部に配属

藤原鉄也 主管研究員に任命  
プロジェクト試験研究部に配属

○12月1日付

(採用)

祐延 悟 主管研究員に任命  
新水素エネルギー実証ラボラトリーに配属

高橋正典 主任研究員に任命  
新水素エネルギー実証ラボラトリーに配属

齊藤俊哉 研究員に任命  
新水素エネルギー実証ラボラトリーに配属

長谷川規史 研究員に任命  
新水素エネルギー実証ラボラトリーに配属

◇ その他

11月1日 新水素エネルギー実証研究センター開設

12月1日 新水素エネルギー実証ラボラトリー開設

◇ 海外出張

(1) 黒沢厚志主任研究員は、エネルギー環境予

- 測検討のため、10月2日から10月17日の間、フランス、デンマーク、スイス、オーストリアへ出張した。
- (2) 原田義也主任研究員は、「新型原子力プラントの設計、技術、安全および導入のための戦略に関する国際シンポジウム」参加のため10月17日から10月23日の間韓国へ出張した。
- (3) 福井康博主任研究員は、高度負荷集中制御システムに関する調査のため、10月30日から11月14日の間、イギリス、フランス、スペイン、ドイツへ出張した。
- (4) 高瀬 哲主任研究員と松本一彦主任研究員は、高効率発電技術調査のため、11月6日から11月19日の間、ドイツ、スペイン、イタリア、スウェーデン、フランスへ出張した。
- (5) 吉田隆夫主管研究員は、分解軽油の利用拡大に伴うA重油品質のあり方に関する調査のため、11月6日から11月21日の間、アメリカ合衆国へ出張した。
- (6) 藤倉 明主管研究員は、FBR新技術フィージビリティ調査のため、11月7日から11月18日の間、アメリカ合衆国へ出張した。
- (7) 大門昶雄副主席研究員は、製油所における電・熱有効利用に関する調査のため、11月14日から11月28日の間、ドイツ、イギリス、オランダ、フランス、アメリカへ出張した。
- (8) 楠野貞夫副主席研究員は、Safety ScienceおよびPLEX'93国際会議出席のため、11月20日から12月4日の間、ハンガリー、イギリス、スイスへ出張した。
- (9) 赤田卓己主管研究員は、石油活用型ガスタービン複合ごみ焼却発電システムの実用化調査のため、11月27日から12月9日の間、アメリカ合衆国へ出張した。
- (10) 和達嘉樹専門役と杉本雄二主任研究員は、TRU廃棄物処分に関する調査のため、11月27日から12月9日の間、イギリス、フランス、ベルギー、ドイツへ出張した。
- (11) 植村卓司主任研究員は、大阪電気自動車コミュニティシステム事業実施に伴う技術検討のため、11月29日から12月19日の間、ドイツ、ベルギー、オーストリア、オランダへ出張した。
- (12) 松井一秋副主席研究員は「第4回低温核融合国際会議」参加のため、12月5日から12月9日の間、大久保憲一主任研究員は同じく「第4回低温核融合国際会議」参加のため、12月5日から12月12日の間、アメリカ合衆国（マウイ）へ出張した。

## 編集後記

巻頭言は、並木資源エネルギー庁長官官房審議官から頂戴した。激動する国際情勢の中において、技術革新と産業基盤の確立を図りながら、エネルギー技術開発への新たな対応の必要性を強く訴えられている。

本号は、「新水素エネルギー実証技術開発プロジェクト」を中心に据え、まず、渡邊昇治氏（資源エネルギー庁）にご寄稿を頂き、このプロジェクトの全容をご紹介いただくとともに、これの研究開発の進め方について、資源エネルギー庁佐々木技術課長をはじめ、本事業の推進に携わる関係者の方々による座談会を開催し、あまり聞き馴れない「新水素エネルギー」について、ご理解を深めて頂くため企画したものである。

この未知の熱発生現象が、21世紀の新しいエネルギー源として大きく開花することを、期待しているものである。

所外からは、甲斐宗太氏（石油公団）に、「天然ガス検討会LNG分科会中間報告(案)の概要」についてご寄稿頂いた。

所内からは、調査研究報告3編と海外出張報告1編である。調査研究報告では、このたび出向解除となり、大阪ガス(株)に戻られた加賀城俊正氏から、当所在職中に担当された「CO<sub>2</sub>回収・処理技術のシステム評価」につい

て、寺崎主管研究員には、「メタンハイドレートに関する海外の研究開発動向」について、また、植村主任研究員には、「大阪電気自動車コミュニティシステム事業の現状」について、それぞれ読み応えのある研究報告を取りまとめて頂いた。

海外出張報告では、和達専門役に、チェルノブイリ原子力発電所の事故により惹き起こされたベラルーシにおける放射能汚染状況等の対策に関する協力の一環として、専門家として現地へ赴き、調査、体験した最新の貴重な情報を取りまとめて紹介して頂いた。

今回のエネテクトドリーム21は、原子力発電所における人為的ミスゼロに近づけるため、五つの“つば”を設けてこれらを排除するための建設的なご意見を披露されている。

女性研究員取材チームの訪問記は、関西電力(株)宮津エネルギー研究所の見学記事である。この研究所は、火力発電所と一体となっており、排出される温排水を漁業面、農業面に活用した地域共生型のモデルとなるものであり、発電所が地域と共生することによりいかに魅力あるものとなるか。この記事からは是非お読みとり頂きたい。

女性による感受性豊かな訪問記事を今後も大いに期待したい。(石崎 一夫記)

# 2050年への挑戦

—21世紀の技術とエネルギービジョン—

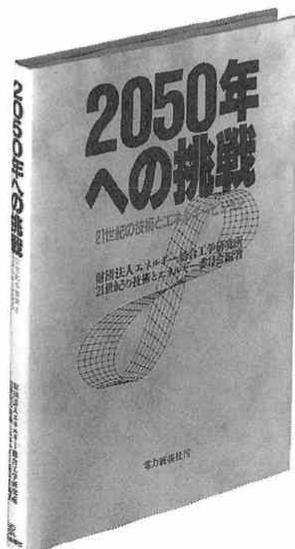
財団法人エネルギー総合工学研究所      電力新報社刊  
21世紀の技術とエネルギー委員会編著      定価 1880円  
1993年12月3日初版発行

## [本書の特色]

- ① 本書は、21世紀中葉（2030年及び2050年）における我が国の「1次エネルギー供給構成の見通し」と、その実現のための技術開発と実用化のシナリオを、地域環境問題の解決を至上の課題としつつ、各エネルギー分野毎に初めて本格的に提示したものです。
- ② 本書は、単にエネルギー技術の見通しに止まらず、21世紀社会を展望し、文明史的見地から21世紀文明で利用される技術体系の変化の方向を見据えることにより、「21世紀社会で支持され得るエネルギー技術体系は、いかにあるべきか」をも明確に提示した画期的内容となっています。
- ③ 更に、「21世紀における理想のエネルギーシステムの実現に向けての戦略的視点」として、「ライフスタイルと思考方式の変革による文明の転換」、「省エネ・節エネ・創エネ」を基本とする「全員参加型エネルギー確保社会の実現」、「エネルギー技術の社会的受容性の確立によるエネルギー施設の立地促進」等、合計12の大胆かつ斬新な政策提言を行っています。

本書は、以上のように、エネルギー関係技術開発、政策立案、事業化、マーケティング等に携っておられる方々にとって、極めて示唆に富む内容になっており、21世紀以降もその価値を失うことはないと考えられます。

是非、ご一読をお薦め致します。全国の書店にて発売中です。



# 石炭技術総覧

—21世紀への石炭利用と地球環境—

財団法人エネルギー総合工学研究所 電力新報社刊  
石炭研究会編著 定価 2500円

1993年9月25日初版発行

## [本書の特色]

- ① 本書は、化石燃料資源の大半を占める石炭の採掘・ハンドリング・輸送・利用・環境保全等に関わる諸技術について、判り易く解説し、且つ炭酸ガスを含む環境汚染物質の排出を最小限度に止めるために、現在開発中もしくは検討中の石炭利用に関する新技術についても解説を加え、将来の有るべき石炭利用の方向性をも提示した初めての石炭の総合的な技術解説書です。
- ② 本書は、石炭関連技術の一般的な解説書とは異なり、著者の日頃の研究活動の中で培われた哲学をベースに各技術を判りやすく解説しているため、読み物としての面白さも持っております。
- ③ また、本書は、石炭を高度に、しかも地球規模の環境に優しく利用するためには、どうすれば良いかを判り易く纏めてあるため、入門書としても利用できます。

本書は、以上のように、石炭諸技術の解説のみならず、且つ将来の利用技術開発の方向性を示唆する内容となっており、今後の石炭に携わる人々を勇気づけ、役立てれば幸いです。是非、ご一読をお薦め致します。全国の書店にて発売中です。



## 「第1回燃料電池シンポジウム」開催のお知らせ

- 主 催：燃料電池開発情報センター（FCDIC）
- 後 援：財団法人 エネルギー総合工学研究所 他
- 会 期：平成6年6月27日(月)～28日(火)，(懇親会 6月27日夜)
- 会 場：学士会館（東京神田錦町 3-28）
- 講演申込期限：3月18日(金)      ●講演予稿期限：5月20日(金)
- 参加申込期限：6月3日(金)
- 講演・参加申込方法：下記連絡先までお問い合わせ下さい。
- 参加費（期限までに申し込みの場合）：
  - ・会 員 8,000円      ・会員外 15,000円      ・懇親会 10,000円
  - （会 員：主催，共催，後援，協賛の各機関・団体会員を「会員」とします）
- 連絡先：燃料電池開発情報センター（FCDIC）  
〒101 千代田区神田小川町 2-1-7 TEL (03)3296-0935, FAX (03)3296-0936

### 季報エネルギー総合工学 第16巻第4号

平成6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S Yビル(6F)

電 話 (03) 3 5 0 8 - 8 8 9 1

無断転載を禁じます。(印刷)和光堂印刷株式会社