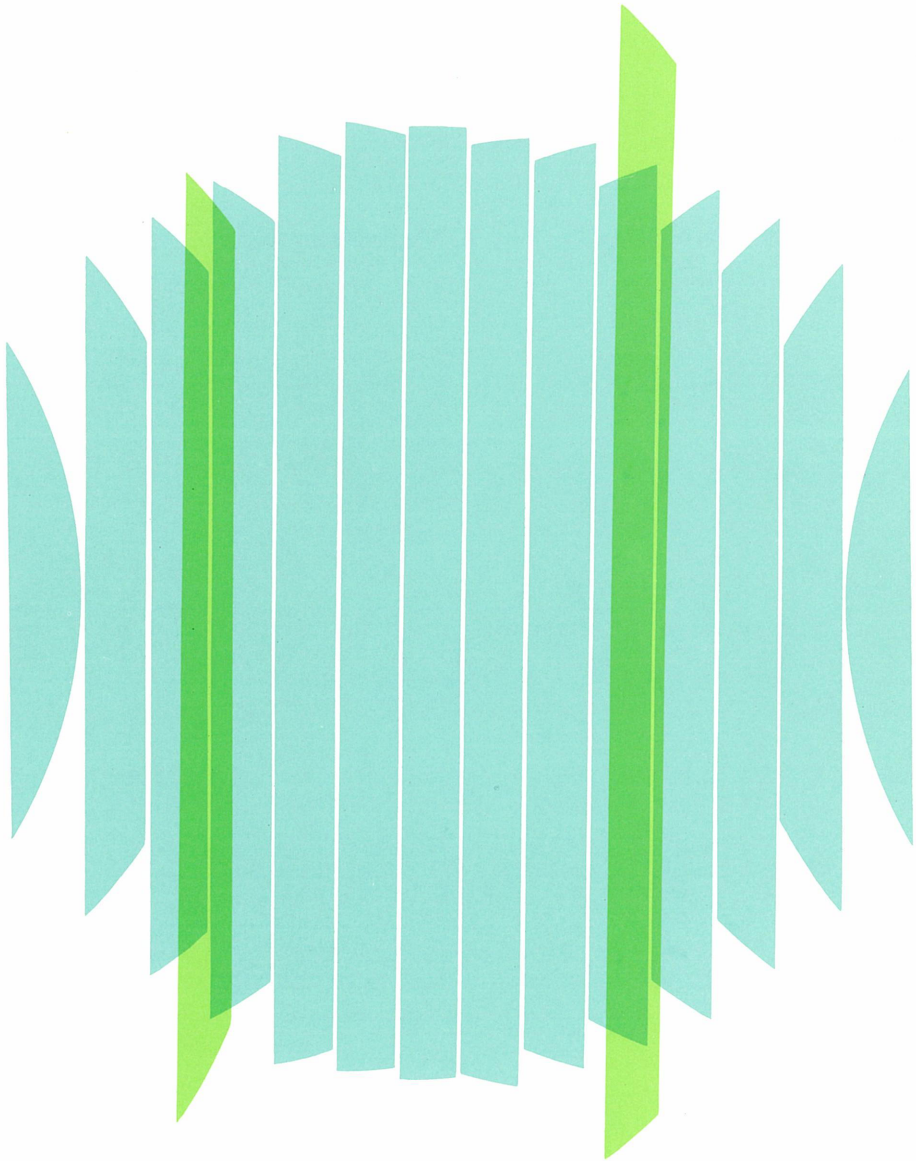


季報 エネルギー総合工学

Vol. 17 No. 4 1995. 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】 21世紀への夢	永 井 信 夫	1
【理事長対談】 グローバル時代における我が国の電力技術	宮 原 茂 悦	2
	山 本 寛	
【関連施策紹介】 「新エネルギー導入大綱」について	藤 間 健 一	15
【内外情勢紹介】 欧州各国におけるTRU廃棄物等の処分の現状	和 達 嘉 樹	26
	杉 本 雄 二	
【調査研究報告】 自動車用CGTハイブリッドシステムの性能検討	蓮 池 宏	36
【調査研究報告】 エネルギー・環境モデルの現状と展望	黒 沢 厚 志	44
【随想】 エネテクトリーム21（その9） 「“国産みの ^{わざ} 技” から “国造りの ^{わざ} 技” へ、 拓 ^{ひら} けるか石炭灰の新たな有効利用技術の体系」	与志耶 劫 紀	54
【訪問記】 東京ガス(株)ガスの科学館	I A E 女性研究員取材チーム	72
研究所のうごき		78
編集後記		80

21世紀への夢

(旧)日本電機工業会

専務理事 永井 信夫



新エネルギー開発の夢を追って、永田町にある日本電機工業会館の屋上にも2kW太陽光発電設備を昨年末に設置した。新エネルギー発電の実用化は、燃料電池、風力、コージェネ等21世紀に向けて夢が尽きない。当会の太陽光発電が、新エネ普及に関連して何かのお役に立てばと思っている次第である。

20年近く前、筆者が勤務していた電力用の重電（送変電）機器の各種制御系装置の製作工場でのことである。当時は機械式の計器がアナログ式に変換され、アナログ式の制御システム全盛時代が到来しようとする時期で、設計者は多忙を極めていた。ところが、筆者の上司は『アナログ技術の陰に隠れているが、技術の底流にデジタル時代の兆候が予見され、デジタル化の基礎技術開発にも着手すべき』と主張した。デジタル素子の信頼性が低かった当時としては、大方の意見は時期尚早で一致したが、我が上司は強引なまでの手法でアナログ方式と併行して将来のデジタルシステムの研究開発に着手した。結果として技術者はますます不足する一方で、連日終電車で帰宅する者が続出した。

思うような成果も出ずに数年が経過したが、昭和60年前後になってデジタル素子の性能と信頼性が急激に進歩し始め、重電機器の分野にも制御システムのデジタル化の波が押し寄せて来た。こうなると過去の蓄積が一度に開花し、コンピュータの活用も含めて、デジタル技術の発展性をフルに駆使するシステムエンジニアの出番が到来した。次々に提案される大規模な制御システムの開発もさしたる困難無しに遂行が可能となり、その後約10年を経た今日、一段と発展したその工場からは社会基盤に貢献するシステム製品が連日送り出されている。技術の予見の難しさに止まらず、成否不透明の課題を推進した我が上司の凄まじい技術者魂を見て、今でも素晴らしい教訓を得たと思っている。勿論、一連のデジタル技術は、新エネルギー機器の分野でもやや裏方的性格はあるものの広く活躍しており、将来も重要な役割を演ずるものと期待している。

21世紀を思うとき、エネルギー問題は人類の幸福に直接関わる重要なテーマであり、『エネルギー総合工学研究所』の英知を結集した夢のある活躍を切に望むものである。

グローバル時代における我が国の電力技術

宮原 茂悦 (社)日本動力協会会長
WEC国内委員会議長

山本 寛 ((財)エネルギー総合工学研究所理事長)



平成7年(1995年)は電力業界躍動の年に

山本 いよいよ平成7年を迎え、21世紀まであと6年となりました。今年は干支でいえば「亥」(いのしし)の年であり、その名のとおり我が国内外の難題を中央突破できる年でありたいですね。電力業界を代表する立場にあられる宮原さんには、今年は更に多忙な1年となるのではないのでしょうか。

宮原さんは、東京電力(株)副社長として長年その重責を果されましたが、退職された現在も、本務が(株)東京電気工務所代表取締役会長として社業に励まれるほか、(社)火力原

子力発電技術協会会長、(社)日本動力協会会長、(財)世界エネルギー会議東京大会組織委員会副会長、更にはWEC日本国内委員会議長など電力技術関係の重要な組織の長として活躍しておられ、深く敬意を表する次第です。

早速ですが、年頭に当たっての所感と抱負をお伺いしましょう。

宮原 昨年は予想以上の猛暑と渇水に見舞われましたが、電力業界では原子力電源の順調な運転、火力電源のフル稼働、電力各社間の電力融通の効率的運用等電力各社の並々なぬご努力によって、無事乗切ることができたと伺っています。今年も電力需要の伸びに対

しては、電力業界は電力供給の責任を十分に果せるよう体制を整えていますから、大丈夫だと思います。

一方、国のエネルギー政策分野におきましては、昨年9月に「長期エネルギー需給見通し」の改訂がなされ、地球温暖化防止のための温室効果ガスの排出抑制と直接リンクした初めての需給見通しが策定されました。この新しい需給見通しの達成のため、特に今年からは省エネルギーの徹底や、新エネルギー導入のための国の新しい施策が追加されますので、電力業界としては民間の立場から、これに積極的に協力していかなければと思います。

また、行政改革の一環として、電力行政分野の規制緩和が大幅に実現する年でもあります。特に、発電市場の自由化につきましては、欧州や米国における実状も十分調査した上で、我が国社会の活性化、電力コストの引下げ効果もあるとして実施されるものと伺っており、電力業界としても、「新しい電力供給体制」時代への対応を適確に果していかなければならないと思っています。

このような新しい時代への対応に当たっては、いかなるシステムでエネルギーの効率的利用、温室効果ガスの排出抑制、そして電力及び熱供給のコストダウンが達成できるのか、客観的に評価していくべきだと思います。また、電力業界でも熱供給や共生型発電所の実現など、事業分野を弾力的に考えていくべきとも考えます。このように考えますと、平成7年は、電力業界にとっては、「新しい躍動の年」になりそうだという予感がします。

成功させたいWEC東京大会

山本 今年はいよいよ10月に「世界エネルギー

ー会議(World Energy Council, WEC)東京大会」が開かれます。宮原さんは、電力業界及びエネルギー産業界を代表する責任者として開催準備に奔走しておられますが、参加者が5,000人を超える大規模な国際会議であり、準備作業は大変なのではないでしょうか。宮原 若干長くなりますが、WECについてご説明させてもらいたいと思います。

WECは、世界の人々のために、エネルギーの安定供給と効率的利用を推進することを目的に活動をしています。1924年に世界動力会議(World Power Conference)として設立された機関が、1968年に世界エネルギー会議と改称されました。WECの組織は、約100ヶ国のメンバー委員会から構成される大規模な民間機関で、メンバー委員会代表より構成される「執行理事会」が事業を管理、決定します。

今年開かれるWEC東京大会は、3年に1度開かれる定期大会であり、第16回定期大会に当たります。大会は、4日間のセッションを中心に構成され、各国から、エネルギー担当大臣をはじめ関連分野の高官、経営トップ、専門家等が、お話しのとおり、5,000人以上参加します。

このWEC東京大会を開催するため、「(財)世界エネルギー会議東京大会組織委員会」が設置(1991年4月1日、設立許可)され、会長には(財)エネルギー経済研究所の生田理事長が就任されました。また、名誉総裁は皇太子殿下、名誉会長は(社)経済団体連合会の平岩名誉会長にお引受け頂いております。

私は、WEC日本国内委員会議長である立場上、組織委員会の副会長も仰せつかついてるわけですが、私の役割には東京大会の開催



宮原 茂悦氏

(社)日本動力協会会長
WECC国内委員会議長

費用と参加者の確保のため、各社、各団体にお願いに回ることもあります。お引き受けする前は、関係者の皆様方からは「大いに協力するから」との言葉を沢山頂いたと記憶しているのですが、その後バブルが崩壊したこともあって、民間資金の確保には大変苦労しています。

また、会議の各セッションの具体的プログラムにつきましても、先程申しましたようにWECCの執行理事会が強大な権限を有しており、「WECC執行理事会が大会を開催するのだ」との意識が強烈ですので、私達の創意工夫も中々簡単には採用されない点がありますが、粘り強く話し合いを続け、ご理解を頂きたいと思っています。

東京大会の具体的準備は、専務理事横堀恵一さん（通産省OB）をヘッドとする組織委員会事務局のスタッフの皆さんにやって頂いています。

山本 参加者のメンバーといい数といい、わが国の電力業界やエネルギー関係業界の実状や技術動向を知って貰う上で、大変有意義とされますが、どうでしょうか。

宮原 おっしゃるとおりだと思います。開催費用はかかるし準備作業も大変ですが、わが国に外国から沢山の人達に来て貰い、情報と意見の交換をするとともに、多くの知己を得るという大きな意義があると信じています。10月の東京大会は、関係者の総力を結集して、是非とも成功させたいと思いますので、宜しくご支援をお願いしたいと思います。

好評だった第1回IEA国際会議

「New Electricity 21, NE-21」

山本 電力関係の大型国際会議としては、1992年5月東京で開催されたIEA（国際エネルギー機関）国際会議「New Electricity 21——21世紀に向けての電力技術と経営戦略」があります。宮原さんは、この国際会議でも「New Electricity 21 日本委員会」委員長として開催に当たられ、大成功をもたらされました。

この会議は、IEAが主催する会議の中でも最大規模のものとなり、参加者は、海外からは35ヶ国、7国際機関から計208名、国内からは572名、合計780名にものぼりました。

我が国で開催した、電力関係最初の大型国際会議の印象について思い出して頂ければと思います。

宮原 「NE-21」は、IEA、通産省、New Electricity 21 日本委員会の3者の主催により、1992年5月12日から14日までの3日間東京で開催されたもので、私もそのお手伝いをさせて頂いたわけです。最初は、通産省の方から日本で会議をやってみようとのお話があり、通産省、電力業界、電機工業会、メーカー等からなる日本委員会が組織され、事務局は（財）エネルギー総合工学研究所に置

かれました。

当時——いまもそうなのですが、ヨーロッパから見ると日本はやっぱり遠いので、外国からの参加者が当初の目標の200名を確保できるか心配でした。このため、高い旅費に見合う内容の国際会議となるよう、I E A加盟国のほか、中国、タイ、インドなどのアジア諸国や、ロシア、ハンガリー、ポーランドなどの東欧諸国からも出席を求めることとしました。

ところが、開催費について民間拠出の分は大体目安がついたのですが、国側の支援措置が当初期待した程には望めないことが分かりました。I E Aの事務局の助言を受け、ヨーロッパや米国の電気事業者及び電力関係国際機関から資金負担のご協力を仰ぐことになりました。この結果、「NE-21」は日本の単独開催でなく、共同開催の形となったことが会議成功の大きな要因になったものと評価しています。

最終的には、200名を超える海外からの参加者がありました。議論の方も21世紀を踏まえた電力の将来や経営の問題とか、技術的な諸問題については、かなり突込んだ議論ができました。特に、発展途上国のエネルギー関係幹部の方々からは、自分達の現状と、技術移転、資金協力など先進国に対する要望を率直に述べる機会となったことについて、大変感謝されました。

ヨーロッパの人から、また発展途上国の人からも、「NE-21」は非常に有意義であった、このような国際会議であれば是非続けて開催して欲しい、という声が多数ありました。

その結果、第2回「NE-21」の会合はヨーロッパで開催し、フランス電力公社 (Electricité



山本 寛

(財)エネルギー総合工学研究所理事長

de France, EDF) が引受けることとなりました。EDFは、第1回の「NE-21」のときも積極的な支援と多数の参加者を派遣してくれましたので、第2回「NE-21」は素晴らしい会合になるのではないかと思います。山本 大抵の会議は、欧米で第1回というのが多いのに、日本での第1回が大変よかったということで第2回が開かれるのは、誠に喜ばしいことです。

ところで、第1回「NE-21」では、電力産業は「グローバル」にやらねばならないという話でしたが、その具体的内容については、回を重ねるごとに論議が深まっていくものと期待してよいでしょうか。

宮原 そうです。私は先進国間もちろんですが、特に途上国とのコミュニケーションが重要だと思います。最近では情報化時代ですから、いろいろな機関を通してあらゆる情報が途上国といえども即座に入手できます。しかし、ああいう会議に技術出身の経営主脳部が集まって真剣に率直な議論をすることは、お互いの立場をよく認識し合えるので、これからは非常に大事なことです。

山本 環境問題とか技術移転の問題を、この

場でやろうと思えばできますね。

宮原 そうです。当然第1回「NE-21」の会議では環境問題も取り上げられました。最近では「環境と開発に関する国連会議（UNCED）」がブラジルのリオでありましたが、環境問題は、政治、経済、技術のあらゆる面から21世紀最大の課題といえます。この会議のようなところで、専門的に、またグローバルな立場から議論し合うことが必要でしょうね。

山本 第2回「NE-21」ですが、大体の骨格はもう決まってると思うんですが、どのような展望をお持ちでしょうか。

宮原 そうですね、私もつい先日、国際発送配電事業者連盟（UNIPED）の方からお話を伺ったばかりなんですが、今度の会議の内容は、電力の需給問題、系統連系、CO₂問題、それに発展途上国問題、規制緩和と自由競争の問題などがあげられています。重点は、前回よりもやや開発途上国問題と、最近話題になっている規制緩和の問題でしょうか。それから、大きい問題では環境問題などの議題が取り上げられることにはなっておりますね。

アピールしたい日本の原子力ビジョン

山本 今年5月の第2回「NE-21」は電力が中心ですが、10月のWEC東京大会の方はエネルギー全体が議論の対象になるわけです。その中で、原子力はどうのような位置づけになるのでしょうか。やはり、WEC東京大会はもっと包括的なことになるんでしょうね。

宮原 そうですね。セッションはたくさんありますし、統一テーマは「エネルギーと人類

の将来、我々は何を求められているか」ですから、電力とか原子力とかいうことだけではなくて、相当グローバルに問題をとらえて議論をしていくのではないかと思います。

ただ、私が申し上げたいのは、日本は確かに資源がない国で、現在諸外国からすべてのエネルギーに支援を仰いでおり、これからもそのような状況は続くものと思います。その面から見ますと、我々には原子力の利用を何とか拡大して、有限で貴重な資源である化石燃料を次世代に残していくという責務がありますね。我々が原子力に取り組むスタンスは、原子力をやっていない国には関係ないというのではなく、これは全人類にとって重要問題であり、また環境問題からみてもクリーンなエネルギーということで原子力を推進していくんだということになります。

ただ、原子力の推進には、安全問題とか廃棄物処理問題とか、いろんな問題があります。これらの難問打開に我々の英知を結集して、後世、次世代に貴重な資源を残し、また環境面ではCO₂や他の環境汚染物の排出を削減して、かけがえのない地球を守って行こうという我々の狙いを少しでもご理解してもらうように運びたいと考えてます。WEC東京大会ではあらゆる機会を通してこのことを発表し、日本の原子力に対する考え方を世界にアピールする絶好の機会にしたいと思っています。

山本 折角日本で開かれるわけですからね。ただ、日本はエネルギー資源が極めて乏しいので、資源に恵まれた国とはものの考え方がちょっと違ってくるのは当然だと思います。現在消費している膨大な量のエネルギーに代り、将来供給できる新しいエネルギー源が開

発されない限り、在来のもののみでは当然枯渇してしまいます。その点を考えれば、新しいエネルギー源が作り出されない限り原子力に頼らざるを得ない、残るものは原子力しかない、という感じがいたします。

宮原 そのとおりです。今、新エネルギーの話が出ましたが、何か画期的な新しいエネルギー源を生み出すには、長期的なビジョンと国を挙げての推進努力が必要ですね。

それと今おっしゃいました原子力への理解、これは国内は当然ですが、諸外国に対する説明も十分拡充強化していくことが大切ではないかと思います。

山本 今、原子力に反対している国も、新しいエネルギー源を開発しない限り、30年、50年、あるいは100年後には、みんな、エネルギー供給面で大変な困難に直面すると思われます。日本は長期計画で非常に先のことまで考えていますが、どうも、アメリカでは長期計画について、余り先のことまでは考えていないのではないのでしょうか。

宮原 そう思いますね。昨年は、関係者皆様のご努力によりまして原子力の長期計画が見直され、特に諸外国が何となく懸念を持っているプルトニウム問題について、我が国は、余剰プルトニウムは持たないという方針を、見直しの一つの柱として明白にされました。あれは諸外国へのはっきりしたPRになり、私は、大変よかったと思っています。原子力は、世界的に見てまだまだ理解の度合いが充分でないようですからね。

山本 日本は、主張すべきことはやはり主張する必要がありますね。

今のアメリカの政権担当者は、プルトニウムというのは原爆に使うもんだ、エネルギー

源ではないと考えている面があるようです。

日本では、専らエネルギーとして使うというのが基本線で、そこが根底から全くかみ合っていないわけですね。ですから、議論にもならないというのが実情なんです。他のエネルギー源が枯渇してくれば、やはりプルトニウムは重要なエネルギー源だということになると思います。

そういう意味では、日本が一生懸命研究を進めておけば、今はプルトニウムに反対している国々も、やはり日本でやってもらってよかったとなるんじゃないかと思います。それまでは大変厳しいでしょうが、日本は日本の立場を主張して研究を進め、技術開発をしていくことが大切だと私は思っています。

宮原 そうですね。今度の長期計画の見直しでは、その点非常にはっきりしてます。余剰のものを持たずにエネルギーとして計画的に利用していくんだということを外国に示せば、外国の方にも徐々に理解してもらえと思うんです。

山本 どんな問題でも、賛成あれば必ず反対ありですからね。

宮原 そうですね。原子力というと軍事用と短絡してきますからね。日本の場合、原子燃料サイクルではこの程青森県に工場を設置してその一部が稼動し、中期的にも再処理まで含め計画面で明確にいたしました。工場建設も、現在、それを目途にやっています。これが完成して、外国に対して日本は口先だけではなく必要なことはきちんとやっている、しかも事故を起こさず安全に運用している、ということを示すのが大事じゃないかと思います。原子力の安全問題は、やはり地道に安全運転を積み重ねて、その結果を示すのが一番

大切なことと思います。

私も、東電在職中はその点を強調してきました。原子力は新しい技術ではありますが、事故なく安全に運転し、何か異常があったら直ちに安全に止めることさえ正しく守れば、本当にこんなにすばらしいエネルギーはないんです。これを実証してお客様に理解を得るべきで、ただ口先だけではいけません。

それには、火力で培った長年の経験を原子力に生かして、事故防止、安全運転に貢献できたらと思ひまして、不肖私も(社)火力原子力発電技術協会の会長をさせて頂いております。世界には、火力と原子力が一緒に協会のいうのは余りないようですが、日本の場合、おかげさまで火力と原子力のエンジニアと一緒に協会をつくって、いろいろの調査研究をやっております。火力の在来技術で苦労した経験をできれば原子力へ反映させて、原子力の稼働率、信頼度をより一層上げられないかと思っております。

東電でもまた関西電力さんでも、最近、火力の経歴の長い方が原子力の最高責任者に就任されています。もちろん、下部の現場同士は技術の交流をやってるんですが、これは、一步先輩である火力の長年の知識、知見をますます原子力に反映させ、安全運転につなげていくということなのではないでしょうか。

進めるべき石炭火力の技術伝承、 クリーン化と高効率化

山本 私も実は、日本でもまだまだ石炭を使ってもいいと思っています。確かに、化石燃料は炭酸ガスを出しますが、排出量を抑制するとか、回収した炭酸ガスを海底などに固定するとかの方策をとれば、石炭を利用してい

くことは可能ではないでしょうか。

宮原 私も火力屋だからいうのかもかもしれませんが、何といても石炭は世界的にまだまだ埋蔵量がありますからね。事実、途上国では、石炭を今後ますます使用するようになるでしょう。

それから、日本には、石炭というと先ず「ダーティ」というイメージがありました。石炭を使う以上「ダーティ」のイメージを払拭して、最近の言葉では「クリーン・コール・テクノロジー」といっていますが、炭酸ガスの抑制、排煙処理、そういう対策を少しでも施したクリーンな状態で使用することですね。21世紀を展望した場合、やはり石炭は原子力と並ぶ非常に重要なエネルギー源となります。

石炭と油を混合し、適当な活性剤を使用すると油のような状態のCOM (Coal and Oil Mixture) ができます。同様に石炭と水だけで、油の様な状態のCWM (Coal and Water Mixture) もできます。そのCOM, CWMが石炭に比べて非常にクリーンであるということ、実証試験の段階から地域のお客様にお話し申し上げて、やっとうご理解を頂いた経緯があります。

COMの場合、石炭と油は親戚同志でうまく混ざるはずだと思っていたのですが、中々うまく混ざらないのです。東電の発電所における試運転のとき、それがパイプとかタンクとかいろんなところに詰まってしまう、発電所の現場の方から「こんな状態じゃ運転できない、おまえは簡単にCOMをやれやれというが。」と反撃されて、あわやギブアップの寸前まで追い込まれたことがありました。

試行錯誤を繰り返して、それを何とか乗り越えて、実証の段階に至ったんです。今考え

てみますと、やはりパイロットプラントからスケールアップするとき、その度合がちょっと大き過ぎたんですね。

研究開発では、スケールアップの度合がいかにか大事であるかということを痛感しました。

山本 石炭の話をもう少し伺いたいと思います。この頃は、流動層燃焼やガス化などの開発も進んできていますが、あれは灰が非常に厄介なのではないでしょうか。石炭というとすぐ灰とくるんですが、やはり今でもかなり難しいですか。

宮原 そうですね。噴流床石炭ガス化は、ご承知のように電中研の横須賀研究所で2トン／日という小容量のベンチスケールプラントからスタートしまして、結果が順調というので、パイロットプラントでは一挙に200トン／日というスケールになりました。

山本 新しいプロジェクトのスケールアップは10倍、20倍位が限度だというような話を聞くんですけども。

宮原 私は、あのプロジェクトを途中からですが参加させて頂いたとき、この100倍という倍率を聞きまして、先程申し上げました私の経験からみて、これはちょっと難しいんじゃないかなと思いました。

昔の石炭ボイラーでも一番の問題は灰の問題ですので、これが石炭ガス化のパイロットプラントガス化炉の連続運転に対して問題にならないだろうかと考えておりました。試運転の過程で、様々な改良を加えましたけれども、やはり灰の詰まりが発生し、連続運転ができないという状態がはっきりしてまいりました。

それで、バーナーの位置、ガス化炉の形状

など、皆さんから頂いたご意見を基に改良を加えました。しかし、国の方からは、中途半端なことにせず徹底的な改造を行って、次の実証化へのデータを得るに必要な試運転だけはやれとの有難いご指示もあり、昨年6月から10月まで5カ月間運転を止めまして大改造をした次第です。

今はこのガス化炉を何とか成功させ、前の第1回「NE-21」のとき途上国から求められた石炭ガス化技術を早く実用化して、これを使用したいという熱意のあるご希望に応えたいと思います。そして、更にガス化炉のコストダウンを図るため、努力を続けたいと思っています。

また、昨年ドイツの火力原子力協会（VGB）の大会で、私が日本の原子力や火力の現状を話させて頂いたときも、ガス化の問題には大きな関心が示されました。

今、オランダが一番早く実用化するんじゃないかという話でした。シェルが既に25万kW規模のスケールでガス化炉をつくっており、私も現場を見学させて頂きました。シェルは、私の言うスケールアップの度合で非常に堅実な歩みをしており、さすがにシェルのことだけあるなと感心しました。

我々も、今度は何とか実証化に必要なデータが取れると思っています。これが成功すれば、私はこれからの石炭利用の一つの大きな方向付けになると思いますね。

山本 発電効率の方は、43～44%まではいつてるわけですか。

宮原 ええ。石炭ガス化複合発電の目標は43～44%です。今度横浜火力に入ってきますLNGアドバンスト・コンバインド・サイクルでは発電効率は48～49%だと思います。今、

さらにその上をいく、タービン入口ガス温度で1,400度という高温のものがあ、この実用化に向けて、電力会社はメーカーと共同研究をやっています。それが実用化できれば50%の壁を越しましてね、52~53%までいくんじゃないでしょうか。このように発電効率を引上げるにより、炭酸ガスの排出を減らすよう最大限の努力をしているのです。

火力発電の効率が上がっていくと、ライバルである原子力も非常に努力しましてね。今、柏崎で建設中の改良型沸騰水型原子炉（Advanced Boiling Water Reactor, A BWR）はもう必死になってコストダウンをやっています。

山本 石炭火力の方が安くなってきますからね。

宮原 ええ。ですから、お互いにそういう面でのよきライバル関係がいい結果をもたらすと思いますよ。



山本 石炭技術者が少なくなってきましたが、その技術の伝承は大切ですね。

宮原 そうですね。石炭技術は、古い先輩の方々が大変苦労されて今日までもってきて頂いたんですが、その技術が果たして今日うまく伝承されているかということを考えます

と、必ずしもそうではないですね。石炭ガス化パイロットプラントで石炭の詰まりの問題で非常に困ったというお話を申し上げたんですが、これは先輩たちが昔から蓄積された石炭の灰詰りについてのノウハウが十分伝承されてないのですね。今回のガス化試験の運転には、電発さんや電力会社で主に石炭に携わられてきた方々、それに常磐共同火力の方などに来て頂きました。その様な経験者の皆さんから、石炭のノウハウ、技術をお聞きして現在の運転に生かすことを考え、非常にプラスになりました。

技術の伝承というのは何も電力だけの問題でなくて、日本のすべての産業技術に係る問題です。技術が今日の水準に達するのに、どれほど先輩の方々がご苦労されてなす遂げられたか、これを現時点で明らかにし何かにまとめて、次世代の若い人に伝承していくことが大切です。通産省では、全産業に呼びかけて大変熱心にその運動を展開されています。私もその一員に参加させて頂き、私自身大変いい勉強になりました。

技術離れの風潮がみられる最近の若い人が、なるほど技術の裏にはそういう苦労があったのか、我々も先人の努力を継承して技術のより高度化に励もうとの意欲を持つよう、我々の運動が何か一助になればと、頑張っておる次第です。日本は資源に乏しく、技術立国に生きねばならない国ですからね。

感謝される技術移転を

山本 ここでちょっと話題が変わりますが、電力は、市場競争のある一般生産物とは違いますし、また、日本が大陸から離れていることもあり、価格という点からは電力そのものに

はそれ程競争はありません。

そこで、例えば日本で開発した発電技術を中国や南方諸国に技術移転しても、これは大変結構なことであって、後で日本の電力業界が困るということは殆どないと思うんです。

宮原 そうですね。私は、電力技術の移転は現在もやっていますが、今後も是非やってほしいと思います。

ただ、相手国にはそれぞれ固有の風土といえますが、テクニカルカルチャがあり、日本とは全く違います。単に技術だけの移転ですとうまくいかない面があり、やはり相手国の文化、風土、歴史をよくこちらが勉強して、それらに適合するものを移転しなければなりません。新しい、優秀というだけの技術を移転しても、それは一時的にはいいかもしれませんが、本当に相手国に感謝され、しっかり土着して、そこで真に生かされるのは難しいんじゃないかならうかと思います。日本が今日のように発展してきたのは、勤勉な国民性、政府の適切な施策などが挙げられますが、やはり基盤となる日本のテクニカルカルチャがしっかりしていて、それが現在の成長を支えた原動力になっているのではないかと思います。

山本 そうしますと、何も最新鋭の技術を出さなくても、相手国にあるいろいろな問題点を理解しながら一緒にやっていくということになるんでしょうか。

宮原 そうですね。日本でもかつていろんな所で環境汚染が社会的に大問題になりました。その中には電力の問題も含まれておりまして、地域の皆様にいろいろとご迷惑をお掛けしました。従って、日本から相手国に技術を移転するときに、このときの二の舞を発生

させたくないと思います。それには、その地域の環境計画とか、いわゆるハードの技術以前の基本的な段階から途上国のご当局と十分打合わせを行い、メンテナンスも出来るトータルの技術を相手国のカルチャにあわせて考え、かつて日本が苦しんだ公害問題を再発させぬよう環境問題をクリアしていくべき、と常々思うわけです。

山本 この前の「NE-21」のとき、途上国から何か技術移転とか援助の話があったんですが、どのようなものでしたか。

宮原 やはり同じですね。後々のメンテナンスもうまくできるような、そこまで含めた技術移転を希望してますね。当初はよくても、後々に問題が起こり得るわけですから。メンテナンスのことは当方も配慮しているわけですが、やはり人の問題とか、相手国技術のレベルアップとか、研修とか、いろんな問題も当然含んできます。簡単ではないかもしれませんが、長い目で見て援助する必要があると思います。

引き出せ明日の電力技術

山本 もう一つ、これからの電力技術についてお伺いしたいのですが、電力輸送と申しますか、エネルギー輸送の問題です。

LNGは海外から船で運んでくるのですし、石炭や石油にしても、大きな専用船を必要とするわけです。通産省では、WE-NE T（水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術、World Energy Network System）が昨年度から始められました。これも広い意味で考えれば、エネルギーの輸送の話ですね。

将来のエネルギー輸送、電力輸送について画期的な技術が出てくれば大変望ましいと思

うんですけれども、その辺について何か、夢で結構でございますからお話し願いませんか。

宮原 おっしゃるとおり、やはりエネルギーの輸送がこれからの一つの大きい問題だろうと思います。電力輸送では電圧を上げたり、直流にしたり、いろんな方策を講じてロスを少なくしてパワーを送ろうと努力しているのですが、端的に言えば、電線を使わないで電力を輸送するということですね。

山本 私もマイクロ波送電とかが思い浮びますが。

宮原 最近は宇宙ステーションの時代に入っているわけですから、何かそういう画期的なものの輸送ができればいいと思います。

山本 可能性はどの辺でしょうか。もちろん、その中には経済性も入れなきゃいけませんから難しいと思いますが。

あともう一つは、超電導ですね。これもうまく実用化されれば、非常に有力な電力輸送手段なんですけど。何も遠方から一次エネルギーを運んでこないで、電気の形にして送ってくるということになるわけですが、そういう時代は来そうもないのでしょうか。

宮原 まあ、21世紀は宇宙ステーションの時代になるわけですから、私なんか考え及ばぬ現象が案外解明されたりして、解決のきっかけになるんじゃないかと思ったりするんですが、これは先のことでまだ実際わかりませんね。

山本 ある程度実用化が見えてこないで、電力会社は乗り出すわけにはいかないのでしょうか。

宮原 そうですね。やはりニーズが強ければ

強いほど、私は新しいシーズが生まれる可能性が大きいと思うんですね。もちろん夢は夢として大事なんですけど、何としてもこれを実現させたい、そのためにはこの方法でということ而努力をすれば、そのものズバリは出ないにしても、ニーズが強ければ必ず何かいいものは出てくると思います。ですから、今先生がおっしゃったマイクロ波による電力輸送のようなことも何とか単なる夢に終わらせないで、何をどういうふうに進めたらいいのかということになるのですけれども。

山本 やはり夢をものにするには、開発の見込みが立ったら、最初は国が研究費を出すという方法でしょうか。

宮原 そうですね。今すでにそのような制度が実施されてますけれども、長期的な研究開発には非常に大事なことだと思いますね。電力オンリーのニーズが進んでいたのでは、夢の実現はなかなか難しいかもしれません。しかし、技術は、いろいろな分野でどんどん進歩してますから、周辺技術といいますか、全然違った分野の材料、システムなど、それらをうまく電力ニーズに結びつけて、画期的なものに作り上げていくことですね。

山本 これからは情報化社会ということですが、情報化が進んだ場合に、情報関係の産業に使うコンピューターなどの機器には、やはり非常に質の高い電気が要るんでしょうか。ある程度のものであればいいんじゃないかと思われるのですが。

宮原 一般に、ああいう機器は非常に質の高い電気が要るんだといわれています。

日本の電気の質は、外国に比べて大変高いと思います。諸外国にこれと同じような高い電気の質を求めて、それに合う機械しか製造

しないとしたら、日本の機械は外国製品に比べ融通性に欠け、恐らく輸出は難しくなると思います。しかし、メーカーさんは必死になってコストダウンを図り輸出に努めています。

山本 そうですね。日本ほど質のいい電気を使ってる国はありませんね。

宮原 東京のような場合には、停電をとり上げて、ちょっとした瞬間的な電圧低下にしても情報機器への影響が大きいですから、特別の仕様が必要であらうと思いますね。

でも、最近は一般的な家庭の電気については自由化して、それこそ規制緩和して一般競争ができるようにしろ、という一部の意見もあるように伺っております。今、国の方でも規制緩和に対応して技術基準の見直しがなされているようです。

このような技術のあり方の基本の一つは、やはりコストダウンであろうと思います。コストダウンというのは、機器そのものを基準を含めて見直していくことも必要ですし、その他いろんな面から今後大いに取り組んでいかないといけないと思うんです。

日本では、今まで電気に高い信頼度を保つため、どうしてもピーク時に必要な発電所を建設する必要があり、これがコストアップの一つの要因となってきましたので、現在コストダウンに懸命な努力を払っております。

ですから、需要家のお客様のご理解を頂いて、効率よく電力を生み出し、限られたエネルギー資源を大切に使用して行くこと、これがこれからの技術のあり方ではないかと思えますね。

若手技術者にやり甲斐を

山本 どうもありがとうございました。

もう直ぐ21世紀なんですからけれども、此の頃は、大学で強電を教える学科が少なくなったとか聞きます。最近入社した電力社員の質を見られて、21世紀にかけての電力技術を支えてくれる人の問題についてはどうお考えでしょうか。

宮原 近頃の学生には、理科離れといいますが、技術離れの風潮があるんです。入社してきた若い人に聞いても、やはり同じ考えを持っておりまして、どうも技術屋は不遇だとか、社会に出て苦勞ばかり多いとかの意見が多く、仕事は苦勞するところこそやり甲斐があるというのが彼らにはよくわかっていないようです。

物造りの技術は現在すでに高度のレベルに達しているので、もはややり得る余地もないんじゃないか。むしろ銀行とか証券会社などでコンピューターソフトの関係の仕事をする方が、自分のためにも、国のためにもなるんじゃないかという考え方です。また、入社後の配属では、研究所の希望が非常に強いのです。ですから、東電というと、みんな技術開発本部へ入りたがる。

山本 花の原子力じゃないんですか。

宮原 いいえ。現場は余り好まれてないですね。特に勤務が三交代になりますとね。やはり会社としてそういうPRが十分でない、それから大学としてもそういう努力をもっとして頂きたいと思うのです。

ただ、大学の先生がおっしゃるには、具体的な物を与えて勉強させると、学生は非常に興味を持つというんですよ。だから決して理科が嫌だとか、工場勤めが全面的に嫌だということでもないようです。むしろ積極的に実際の物を与えて、例えば作らせるとか、分解

して組み立て直させるか、そういう具体的なもので体験させた方が学生は大変関心を持つということ、東工大学長の木村先生は盛んに言っておられますね。

技術への啓蒙の面では、この前の「電子立国」というNHKテレビは大変すばらしい企画でした。半導体は世界に先駆けた日本の優れた技術になったのですが、その発展の経緯を全く素人のディレクタの相田さんが、自分自身でいろいろ調べられ、一般の人に分かりやすく非常にうまく作られました。いわゆる「技術の伝承」を掘り起こしながら編集したんですね。皆さんから、特に若い学生及び女性の方から大変な共鳴者が出てきたそうです。

ああいう努力がどうも技術系の人には足りないんじゃないかと思うんです。ということは、我々にやっぱり責任があるわけですね。今までですと、大学の方もまあ電力は安定しているからといって、原子力などやってれば、黙ってても学生が入ってきてくれた。ところが、最近ではそのまま黙っていればいるほど多くの学生が生産以外の分野に就職しちゃうというのは、どうも学生へのPR努力が足り

ないんじゃないかと思いますね。

山本 現場離れの傾向は、入社後の仕事の与え方によって十分リカバーしていけそうとお考えですか。

宮原 はい、私はそう思いますね。学生は会社での仕事のことは何も知らないわけですから、研究所へ入りたいといえば、それはわかるが、研究所だけが会社の全てではないことを教えるべきです。私は、技術屋が一番やり甲斐があるのは、先程申しました物の改善だと思います。物を対象に少しでも改善すれば、直ぐに結果がはね返ってくる、それがやり甲斐に直結していくんだよと教えてあげる。そうすれば、私は若い技術者に仕事の希望を持たせられると思います。

山本 本日お話をうかがってますと、技術の伝承というのが、現在なお一番大切なんですね。うまく受継がれないと、近代の技術だけでなくて、昔の伝統技術もみんな消えていっちゃうということで、本当に難しいですね。

今日は、平成7年を迎えるにあたっての宮原さんの貴重なご所感をお伺いすることができて、大変有意義でした。

どうも長時間ありがとうございました。

〔関連施策紹介〕

「新エネルギー導入大綱」について

藤 間 健 一 (財エネルギー総合工学研究所)
企画部長



はじめに

昨年末の12月16日に総合エネルギー対策推進閣僚会議が開催され、平成6年9月に閣議決定された「石油代替エネルギーの供給目標」を達成すべく、関係省庁、自治体等国全体の指針として「新エネルギー導入大綱」が定められた。

今回の大綱は、石油代替エネルギーの確保と地球環境問題への対応の重要な施策としての、「新エネルギー導入策」であり、これまで初めての政府ベースでの基本方針である。特に、関係省庁の関連施策を総合的に活用するとともに、地方公共団体等における取り組みを促し、民間事業者及び一般国民の理解と協力を得べく国を挙げて対応することとしているところに特徴が見られる。

そのような背景から、ここでは「新エネルギー導入大綱」の全容について紹介する。

1. 新エネルギー導入の必要性

(1) 第一次石油危機以降、石油依存度低減の努力が続けられているが、依然として高い水準にあり、原油価格が低位安定で推移する中で、石油依存度の低下は足踏み状態である。一方で、アジア諸国を中心に石油需要の高まり、石油供給における中東依存度の高まりが

予想され、国際的な需給逼迫の可能性も指摘されている。したがって、エネルギーの安定供給を図るため、石油代替エネルギーの一層の導入促進が重要である。中でも、資源供給の面から制約の少ない新エネルギーの導入について、特に推進していく必要がある。

(2) 近年、「気候変動に関する国際連合枠組条約」が発効する等地球温暖化問題への取組みについての必要性が国際的に高まっており、非化石エネルギーの導入の推進が、この問題の対応に当たって不可欠となっている。その中でも新エネルギーは、環境負荷が少なく、「地球温暖化防止行動計画」の二酸化炭素排出抑制目標を達成するため、その導入拡大に最大限取り組む必要がある。

(3) 近年、特に、人口や経済活動等が集中する都市では、身近な地域レベルにおいて、アメニティの向上に資する観点からも高密度なエネルギー消費の一層の効率化、クリーンなエネルギーへの転換等が求められている。新しい形態のエネルギー供給は、需要地との近接性によるエネルギー損失の少なさ、負荷平準化に資する等の利点を有していることから、その導入への期待が高まっている。

2. 新エネルギーの現状と課題

新エネルギーについては、過去20年余にわ

たって研究開発が進められ、技術的に見て実用可能な段階に至ったものが出てきている。しかしながら、近年、原油価格が低位安定的に推移している中、経済性に劣る新エネルギーの導入は、はかばかしくない状況にある。コスト引き下げを図るためには、技術開発とともに経済性・制度的環境・関連施設整備等の問題解決のための施策を展開していく必要がある。

3. 新エネルギー導入促進に関する基本的考え方

(1) 重点導入を図るべき新エネルギー

新エネルギーの導入促進を効果的に実施するためには、①技術的に見て実用可能な段階に至っている、②自然環境等の面から見て導入が可能等の観点から、「重点導入を図るべき新エネルギーを選定」し、それらの選定された新エネルギーの導入に焦点を絞った施策を展開していくことが重要である。

本大綱においては、自然エネルギーの利用を中心とした再生可能エネルギー、廃棄物や廃熱の利用を中心としたリサイクル型エネルギーに加え、従来型エネルギーの新利用形態を含めることとする。具体的には、①太陽光発電、②太陽熱利用システム、③廃棄物発電等、④クリーンエネルギー自動車、⑤コージェネレーションシステム、⑥燃料電池、⑦未利用エネルギー活用型熱供給システム、⑧その他の再生可能エネルギー（風力発電、波力エネルギー等）である。

(2) 各新エネルギーに適合した導入促進策の策定

導入が進まない要因は、技術的な問題、経済性、制度的問題等様々であり、新エネルギ

ー毎に置かれている状況は異なっている。また、各導入制約要因の解決の時期・手順等も様々であり、新エネルギーの導入促進を効果的に図っていくため、本大綱を踏まえて、今後各新エネルギーが有する固有の導入制約要因を踏まえた適切な導入支援策を策定する。

(3) 経済性の向上に資する供給需要両面からの施策の展開

新エネルギーの導入に当たっての共通の制約要因は、経済性である。新エネルギーについては、導入初期段階である現時点では、市場での需要拡大に伴う量産効果を通じたコスト低減により経済性が改善するという現象が生じにくい。

したがって、生産・流通の合理化、NEDO等が実施するコスト引き下げ・需要開拓等に資する技術開発等の供給面における対策を講ずるとともに、施策の費用対効果を見極めつつ、新エネルギーの長所を活かせる導入施設を積極的に見いだす努力を行うことを含め、政府を始めとする公的主体による初期需要の創出を行うなどの需要面からの施策を実施する。

また、需要家側に新エネルギーに関する利点及び性能等についての情報が不足している場合も見られ、今後とも適切な情報提供を実施する。

(4) 関係省庁が一体となった施策の推進

関係省庁は、それぞれの施策を実施するに当たり、新エネルギーの導入促進を重要な政策課題として位置づけ、これを推進するとともに、十分な意見交換を行い、具体的な新エネルギー導入プロジェクトについても相互に連携を取りながら推進する。

具体的には、政府は、新エネルギーの導入

に対する支援、規制緩和及びその合理化、並びに、技術的な指針の検討を更に推進するとともに、諸外国の例にもあるように、新エネルギーの有効性及び政府の新エネルギー導入への取組みについての積極的な姿勢を示す観点から、率先して関係施設への新エネルギーの導入を進めていくこととする。また、地方公共団体においても同様の取組みがなされることを期待する。その際、内外無差別を原則とし、低廉で性能の優れた新エネルギー関連機器であれば、海外からも積極的な調達を実施する。

また、政府は、「エネルギー研究開発基本計画」をも踏まえ、新エネルギーの導入のための研究開発を推進する。さらに、政府は情報提供及び普及啓発に努めるとともに、学校教育や社会教育においても、太陽光発電を始めとする新エネルギーに関する教育に配慮する。

(5) 地域レベルでの導入の取組みの期待とこれに対する支援

新エネルギーについては、需要地に近い分散型エネルギーとしての特性を活かすため、エネルギー賦存状況・経済活動の相違等の地域特性を踏まえてその導入を進める必要がある。他方、都市部における環境対策、街づくりの観点から、未利用エネルギーの活用・新エネルギーの導入等の導入に向けた取組みに関心を有する地域が増えてきている。

したがって、今後、新エネルギーの導入促進を図る際には、地域レベルからの積み上げによるプロジェクト形成が重要となっており、地方公共団体等による地域レベルでの新エネルギーの導入の取組みを関係省庁が一体となって積極的に支援する。

(6) 民間事業者・国民の取組みへの期待

民間事業者、国民においても、新エネルギーの長所に着目することにより、特にエネルギー供給事業者においては、在来のエネルギー供給体系との連携を図ることにより、その導入に向けた積極的な取り組みを行うことを期待する。

(7) 国際協力の推進

近年、発展途上国、とりわけアジア太平洋地域の国々においては、経済発展に伴うエネルギー需要の急増からエネルギー安定供給確保の問題に直面する一方、不十分な環境対策のまま化石エネルギーを利用することによる環境問題への意識も高まりつつある。これらの国々においては、新エネルギーの種類によっては、潜在的導入可能量の規模が大きい場合も少なくないと考えられる。

我が国として、アジア太平洋地域を中心に、このような分野での国際協力に積極的に取り組むことは、我が国のエネルギーの安定供給に資するものであり、また、海外での需要拡大に伴う新エネルギー全体の市場規模が拡大するという効果も有する。

また、先進国との間でも、引き続き積極的に技術情報の交換、共同研究に努め、新エネルギー技術の効率的な開発に努める。

4. 重点導入を図るべき新エネルギーに関する導入方策及び目標

(1) 太陽光発電

太陽光発電は、技術開発の成果により、現在、技術的に見て実用可能なレベルに達しており、住宅用・公共施設用を中心として、その導入に向けて、緒についたところである。

しかしながら、既存電源と比較した場合の大幅なコスト高が、最大の導入制約要因にな

っており、今後の導入拡大に不可欠なコスト低減を達成するために、供給需要両面にわたる施策を推進する。

- ① 施工方法を合めたシステム全体の標準化等
- ② コスト低減及び需要開拓に資する技術開発の推進
- ③ 住宅・公共施設分野へのエネルギーシステムの一環としての導入促進
- ④ 政府を始めとする公的主体による調達
- ⑤ 普及啓発及びデモンストレーション
- ⑥ 海外での需要の拡大

上記施策を講ずることにより、2000年度で約40万kW、2010年度で約460万kWの導入を目指す。

(2) 太陽熱利用

太陽熱利用機器は、新エネルギー機器の中で最大の普及実績があり、新エネルギー全体の供給の中で大きな割合を占めるなど、今後、新エネルギー供給の重要な一翼を担っていくものと予想される。太陽熱利用機器の中でも、特にソーラーシステムは、他の太陽熱利用機器に比べシステムの有用性が高いことから、政府も従来からその導入促進を図ってきた。

しかしながら、①ソーラーシステムは国民に馴染みが薄いこと、②イニシャルコストが高いことから、資本回収に長期間を要すること、③販売・メンテナンス体制が未整備であること等の理由のため、普及が円滑に進んでいるとは言い難い。

ソーラーシステムの導入促進のためには、事業者によるコスト低減等の取組みが不可欠であるが、政府としても、家庭部門のみならず、農業・道路融雪等への太陽熱利用の拡大

に資する施策を推進する。

上記施策を講ずることにより、2000年度で約300万kW、2010年度で約550万kW程度の導入を目指す。

(3) 廃棄物発電等

廃棄物の減容化対策のため、焼却施設の整備が進められているが、焼却の際発生するエネルギーの回収を積極的に行うことが必要であり、公共投資基本計画においても焼却処理の際に熱エネルギーを活用する循環型の廃棄物処理の必要性が指摘されている。

一般廃棄物焼却施設は、現在、全国に約2000ヶ所存在し、発電が可能な全連続式のものは約440ヶ所であるが、このうち約130ヶ所で発電が行われているに過ぎない。また、発電に寄与している廃棄物量は全体の約3割であり（我が国全体の廃棄物発電規模は約40万kW）、廃棄物焼却から発生する潜在的エネルギーは十分活用されているとは言えない。焼却余熱の利用を行ったり、各地方公共団体が協力して廃棄物固形燃料を1ヶ所に集めて地域熱供給や発電事業を可能にする試みが始められているが、克服すべき課題も抱えている。

一方、産業廃棄物を利用した我が国全体の発電規模は10万kW程度である。現在導入されている廃棄物発電システムでは、ボイラーの腐食を避けるために蒸気温度が低く設定されていることから、発電効率が低い等の問題があり、付設したガスタービンの廃熱を利用して廃棄物焼却ボイラーからの蒸気を再加熱する等の発電効率向上に向けた取組みもなされつつある。このような現状を踏まえ、廃棄物処理対策との連携を図りつつ、政府の廃棄物発電関連施設に対する支援措置と併せて、以下の施策を推進する。

① 廃棄物発電についての導入促進を図るため、

- 1) コスト低減に資する技術開発の推進
- 2) 電気事業法における規制緩和及びその合理化
- 3) 電気事業者が提示している余剰電力購入メニューにおける、廃棄物発電からの購入単価について、その特性を配慮したものになるよう見直しを促す
- 4) 地方公共団体が公営企業として行う廃棄物発電事業に対して地方債による支援措置の継続実施

② 廃棄物の燃料化（廃棄物固形燃料等）によるエネルギー利用の促進を図るため、

- 1) 廃棄物燃料化のコスト低減等に資する技術開発の推進
- 2) 廃棄物燃料化施設の技術指針の策定、廃棄物燃料について所要の規格化
- 3) 複数の地方公共団体等が共同で廃棄物の燃料化とこれを利用した発電等を行う場合、事業の円滑化に資するため、関係地方公共団体等の連携が進むことを期待する

③ 廃棄物の焼却により発生する熱の一層の活用を図るため、比較的小規模な熱利用に加え産業廃棄物に関するエネルギー利用の促進を図られることを期待する。

④ 廃棄物発電の立地の円滑化を図るため、

- 1) 廃棄物発電に関する知見・ノウハウの地方公共団体等への情報提供
- 2) 廃棄物発電の設置者と買電を行う電気事業者との間の密接な連携の期待

上記の施策を講ずることにより、2000年度に約200万kW、2010年度に約400万kWの導入を目指す。

(4) クリーンエネルギー自動車

クリーンエネルギー自動車は、運輸部門での石油系エネルギー使用に伴う大都市圏での環境への影響の低減、さらには、我が国の運輸部門における石油依存度の低下の観点から、今後積極的な導入が必要である。

(4-1) 天然ガス自動車・電気自動車・メタノール自動車

我が国では現在、地方公共団体等を中心に導入が図られているが、コスト低減、充填所又は充電スタンドの整備という共通の問題に加え、出力や走行距離（電気自動車）、アルデヒドの排出等（メタノール自動車）の技術的な問題がある。今後の導入拡大のため、政府の車体購入・インフラ整備に対する支援措置と併せて、以下の施策を推進する。

① 規制緩和及びその合理化

- 1) 充電又は燃料充填設備の円滑な整備に資するため、既存の給油取扱所に併設する場合の消防法上の技術上の基準の整備（共通的政策）
- 2) 天然ガス自動車の燃料充填設備の円滑な整備・燃料搭載容器の軽量化を図るため、高圧ガス取締法における基準の整備
- 3) 今後の天然ガス自動車の量的拡大を図るため、道路運送車両法上の自動車認証制度への移行についての検討
- 4) 天然ガス自動車の小型充填機が、比較的簡単に設置利用できるよう、ガス事業法における適切な基準の整備

② 技術の高度化

電気自動車・メタノール自動車の走行実証試験を始め技術の高度化の推進

(4-2) ディーゼル代替LPG自動車・ハイブリッド自動車

今後の導入拡大のため、政府の車体購入に対する支援措置と併せて、以下の施策を講ずる。

1) 規制緩和の検討

2) LPガス充填所について、既存の給油取扱所に併設する場合の消防法上の技術上の基準について検討する。

(4-3) 各車種に共通する施策等

① 政府における調達

初期需要の創出、政府のクリーンエネルギー自動車の導入に対する積極的姿勢を示す観点から、官用車等の分野でのクリーンエネルギー自動車の導入促進

② 地方公共団体への期待

1) クリーンエネルギー自動車の導入計画を策定している地方公共団体が、その具体化に向けた作業を行うことを期待する。

2) NOx対策等の観点から、景勝地等限定した地域でのクリーンエネルギー自動車の普及についても、本施策に関心を示す地方公共団体が引き続き検討を行っていくことを期待する。

③ 民間事業者における取組み

残されている技術開発課題等の解決のため、自動車製造業者が政府と密接に連携しつつ積極的に技術開発及び製品開発を推進することを期待する。

上記施策を講ずることにより、2000年度で約68万kl、2010年度で約324万klの導入を目指す。

(5) コージェネレーション

コージェネレーションは、省エネルギー性に優れたシステムであり、需要地に近接して立地することが可能である等の利点を有する

ことから、その導入拡大が期待されている。現在、約1,187万kW(スチームタービン型を含む)が導入されているが、従来型エネルギーの新利用形態(ガスタービン型、燃料電池型等)のコージェネレーションは、既存のエネルギーシステムに比べ、設備費・メンテナンス費等が割高になる傾向があるため、導入促進のためには、一層のコスト低減が必要である。

制度的環境については、電気事業法の保安規制の合理化、余剰電力を電力会社が購入するに当たっての価格等の購入条件の整備がなされてきている。

今後とも、政府は、上記の環境整備、支援措置に加え、事業機会の拡大の観点から、電気事業法において新たな事業類型を創設することによる参入条件の整備を図る。

上記施策の効果と相俟って、再開発事業・産業用(新しい形態による効率向上を目指したりパワリングシステム)での導入が促進されるとともに、比較的小規模な熱利用の需要にも対応できるコージェネレーションシステムの導入が促進されることを期待する。

また、今後とも大気環境への影響に配慮し、技術開発等により環境特性の向上に努める。

上記施策を講ずることにより、2000年度に約1,452万kW、2010年度に約1,912万kW程度の導入を目指す。

(6) 燃料電池

燃料電池は、NOx、CO₂排出の点から環境適合性に優れ、発電効率が高く総合エネルギー効率の向上を実現できる新エネルギーである。燃料電池のうち、最も実用化に近いリン酸型については、基本的技術の開発は終了しているが、今後の導入拡大のためには、電池

の長期信頼性評価手法の確立を始めとする長時間運転に対する信頼性・耐久性の確保・評価に主眼を置くことが重要であり、政府としてもコスト削減の観点から、電気事業法における保安規制を合理化する。

また、次世代の燃料電池である熔融炭酸塩型燃料電池についても、リン酸型での取り組みの過程で得られた経験を活かしつつ技術開発を推進する。

上記施策を講ずることにより、2000年度に約20万kW、2010年度に約220万kW程度の導入を目指す。

(7) 未利用エネルギー活用型熱供給

未利用エネルギー活用型熱供給は、海水・河川水・下水、地下水等の温度差エネルギー、発電所、清掃工場等の廃熱といった未利用エネルギーを活用して熱供給を実施する省エネルギー性に優れたシステム（ヒートパイプ・ヒートポンプ等）であり、近隣に未利用エネルギーが存在する場合、積極的にその活用が進められている地域もあり、今後各種の再開発において、その導入拡大が期待されている。

しかしながら、建設コストが割高であるとともに、関連する基盤施設及びその整備計画等関係諸計画との調整が不十分である等の場合には、事業の円滑な遂行が阻害される場合がある。

したがって、今後は、都市計画で位置付ける等、関連する基盤施設及びその整備計画等関係諸計画との調整を図りつつ事業計画が具体化されることを期待するとともに、政府は、コスト低減のために必要な技術開発・支援措置に加え、事業の円滑な実施を担保する観点から、事業者等に対する指針の策定を検討する。

また、比較的小規模な熱利用の需要に対応できる未利用エネルギー活用型熱供給システムの導入促進が図られることを期待する。

上記施策を講ずることにより、2000年度に約27万kW、2010年度に約72万kW程度の導入を目指す。

(8) その他の再生可能エネルギー（風力発電、波力エネルギー等）

(8-1) 風力発電

風力発電は、クリーンな再生可能エネルギーであり、既に欧米でも相当程度の商業運転が行われているが、①安定的な出力を得られる地点の選定等に係るノウハウが確立していない、②騒音が発生する等の導入制約要因がある。

風力発電の導入促進のために、政府は電気事業法における保安規制を合理化し、地方公共団体が公営企業として行う風力発電事業に対して地方債による支援措置を引き続き実施するとともに、適切な立地地点の確保及びコスト低減を行うためのシステム・機器の標準化、施工方法の合理化等がなされることを期待する。

また、航路標識においても、風力発電の一層の活用を図る。

上記施策を講ずることにより、2000年度に約2万kW、2010年度に約15万kW程度の導入を目指す。

(8-2) 波力エネルギー

波力エネルギーは、クリーンな再生可能エネルギーであり、電源の確保が困難な場所に設置されることの多い航路標識等において既に利用されており、特に航路標識においては、太陽光発電と組み合わせた複合電源としての利用も進められている。

表1 各種新エネルギーの導入計画

年 度 項 目	1992年度 (実績)	2000年度		2010年度	
		現行施策織込 ケース	新規施策追加 ケース	現行施策織込 ケース	新規施策追加 ケース
太陽光発電	—	9万kW	40万kW	98万kW	460万kW
太陽熱利用	113万kℓ	129万kℓ	300万kℓ	185万kℓ	550万kℓ
廃棄物発電	—	140万kW	200万kW	200万kW	400万kW
クリーンエネルギー自動車	0万kℓ	3万kℓ	68万kℓ	31万kℓ	324万kℓ
コージェネレーション	1,187万kW	1,365万kW	1,452万kW	1,723万kW	1,912万kW
燃料電池	1万kW	10万kW	20万kW	150万kW	220万kW
未利用エネルギー活用型熱供給	5万kℓ	16万kℓ	27万kℓ	38万kℓ	72万kℓ
風力発電	—	1万kW	2万kW	11万kW	15万kW

(注) 新規施策追加ケース：「新エネルギー導入大綱」に示される供給需要両面の方策が実施されたときの目標値を示す。

現行施策織込ケース：上記と合わせて対比するために、現在既に具体化されている供給需要対策が行われることを前提とした見通しを示す。

出 所：「新エネルギー導入大綱」および「長期エネルギー需給見通し」より作成。

政府は、今後の導入拡大のために、波力エネルギーを電気エネルギーに変換するタイプの防波堤等に関する技術開発を推進する。

(8-3) その他

政府は、下水汚泥の処理過程で発生する消化ガス、農業副産物等の生物資源をエネルギー源として利用するための施策を推進する。

(本大綱の実施による新エネルギー種別)
の導入目標を表1に示す。

の導入に向けた一連の流れに応じて、新エネルギーの導入についての実績等が異なる各地域の実績に配慮しながら、地域における導入に向けての取組みを支援する。

なお、地域における新エネルギー導入に当たっては、当該地域の都市計画との整合性、地域の環境保全に関する基本的な計画や環境に配慮した都市づくり等関係省庁間の施策の連携に留意する。

5. 地域における新エネルギー導入の取組み に対する支援

新エネルギー導入は地域振興にも寄与するものであり、前述したとおり、地域における新エネルギー導入に関する取組みへの期待は高まっているが、地域においてこれまで取組みの経験があまり多くなかったことから、導入に関する知見・ノウハウの蓄積が少なく、体制も整っていないのが一般的である。このため、政府は、事業の推進に至るまで、実際

おわりに

総合エネルギー調査会における「長期エネルギー需給見通し」の1994年の改定は、前回の策定がバブル経済の最後の1990年であって、それ以降に経済停滞が起き、次いで昨年3月には「気候変動枠組条約」が正式に発効し、政府として温室効果ガスについての排出抑制計画を国際の場に提出することになるなど、諸々の状況変化に対応させる必要からなされたものであろう。

総合エネルギー調査会の長期見通しの有する一つの重要な意義は、「石油代替エネルギーの供給目標」といった政府のエネルギー政策の基本になることであり、そのようなことを背景に、この見通しでは、「現行施策織込ケース」と「新規施策追加ケース」という二本立ての形で示された。すなわち、「需給見通し」というのは、今後どうなるかといういわゆる「予測」ではなくて、今後の「目標」としての性格をもっていることから、「新規政策織込ケース」ということで、それらの目標を達成するための政策を確立し、そのように誘導する必要があるという主旨をよりいっそう明確に示したものである。

昨今は先述したような状況を背景に、新エネルギーへの期待が非常に高い。しかしながら、この「長期エネルギー需給見通し」を前回と対比してみると、結果として2000年で3%から2%へ、2010年で5%から3%へとその供給寄与率を下げた。新エネルギーに関しては、90年の改定から4年を経て、あと6年で前回の見通しを達成するのは困難だということがわかった。新エネルギーのなかには、製紙工場から出るパルプの廃液、廃材が多く部分を占めているが、製紙産業の現状から、この部分も将来それほど大きくは伸びそうもない。

また、太陽エネルギー関係も、4年間でそれほどの伸びを示しているわけではない。そのような現実を踏まえた結果として、このような数字になったと思われる。

この見通しの特徴となった新エネルギー関連の供給目標である「新たな供給形態」では、太陽光発電が「現行施策織込ケース」では2000年で9万kWであるが、「新規施策追加ケー

ス」では約4倍の40万kW、2010年では「現行施策織込ケース」での98万kWが「新規施策追加ケース」では約4.5倍の460万kWとされている。また、廃棄物発電でも「現行施策織込ケース」では2000年で140万kWであるが、「新規施策追加ケース」では200万kW、2010年では「現行施策織込ケース」での200万kWが「新規施策追加ケース」では約2倍の400万kWとされている。

すなわち、新エネ関連については、平成6年度から開始された太陽光発電のモニタリング制度による普及の展開、今後の規制緩和による電気事業者以外からの電力の供給も織り込んで、ここではエネルギー毎に普及量を明確にし、将来にわたって積極的な目標を提示したものである。これも政府としてのターゲットであるから、現在、その裏付けとして電気事業者以外からの電力供給も可能となるような法改正等の作業が進められている。

通産省では、自ら、新エネルギー導入促進のための方策を図るとともに、最近のエネルギー需給をとりまく環境の変化に対応し、新エネルギーの導入を政府全体で促進する必要性があることから、関連省庁の協力も得るべく「新エネルギー導入大綱」を上記のように関係閣僚会議で決定したものであろう。

今後は、この閣議で決定された「新エネルギー大綱」をベースに、関係省庁等で構成する作業グループを設立し、政府全体での具体的導入促進策を検討する、としている。

関係省庁で進められている具体的導入促進策の例として、廃棄物発電導入に関する関係省庁の施策の現状をみると、自治省では、地方公共団体が公営企業として行う廃棄物発電事業（売電事業）に対して、①平成4年度か

ら従来タイプのごみ発電を対象に、②平成5年度からはスーパーごみ発電も対象に、③平成6年度からはその上ごみ固形燃料発電も対象に地方債措置を講じる、などの施策をとっている。また、厚生省では、④平成7年度から、自家発電の余剰分を電力会社に売電する場合にに対し補助施策を、通産省では、⑤卸電気事業としての廃棄物発電に補助施策をそれぞれ講じており、既に関係省庁でそれぞれ普及に向けてバックアップのための施策がとられつつある。

新エネルギーを普及させるための導入策を図ろうとするのが今回の「新エネルギー導入大綱」であるが、本格的な普及が図られるまでには、①まだ高いコストを誰が負担するのか、不安定になり易い供給力を誰がどのように補償するのかといったコスト上の問題、②安全確保をどのように保証するかといった安全上の問題、③導入しようとしても各種のルールにより実態的に導入が困難化される規制上の問題等、多くの解決すべき課題がある。

製造上のコストダウンを図るためには、技術開発による高品質な製品の合理的、かつ高効率な製造方法の確立と並んで、需要の拡大、すなわち、大量生産によるコストダウンを図る方法がある。例えば、太陽光発電に関しては、これまで20年余にわたりサンシャイン計画、ニューサンシャイン計画において太陽電池の開発を進めてきた結果、その製造コストをワット当たり約20,000～30,000円から600円程度にまで下げることができた。

しかしながら、そのように下げられた価格での太陽電池からの発電コストを実際の売電価格と比較すると、まだ太刀打ちできるまでには至っていない。確かに「太陽光発電を初

めとする再生可能エネルギーなどは、地球環境保護という観点からはクリーンなエネルギーであり、他の石油エネルギーに比し環境に与える負荷が小さい。したがって、その分多少コストが高くなっても当然」といった議論もあり、単純にマーケットでの価格比較をすべきではないのかもしれない。しかし、一般への導入普及を考えると、そのような考え方は通じないのが実態であろう。

したがって、さらなるコストダウンが図られる必要があり、そのためには技術開発を強力に進めるとともに関連の施策をフルに利用し、大きな需要を生み出し大量生産によるコストダウンの下地を創設する必要がある。例えば、地球環境保護という観点からも正当化されることから、公的な資金でスイスのように高速道路の防音壁に太陽光発電装置を設備するといった方法なども考えられよう。

そのような公的資金での大規模需要の創出は、また、メーカーへの刺激ともなり、さらなる技術開発を促すとともに一般の関心を高めることにつながり、結果的に普及が図られる、といった良循環の図式になる。そのためには、関係機関が一丸となる必要がある。

諸外国では、そのような新エネルギーの普及を拡大するため新エネルギーから発電される電力は、電力会社に引き取り義務を課している例が多い。

しかしながら、電力のように蓄積することの出来ないエネルギー需給において、一方で供給義務が課せられ、他方で不安定な供給力の引き取り義務があるとすれば、その不安定な供給力の予備力を確保する必要性からコスト的には高くなることも考えられる。未利用エネルギーの利用、地球環境保護という観点

からは評価される新エネルギーの利用も、経済性の観点からは難しい位置づけになる場合もあると考えられるが、諸外国ではその問題をどのように対処していくのだろうか。

他方、我国の現状のように、産業空洞化の危機が叫ばれ、その対策の一つとして規制緩和等によるコストダウン方策が模索されている一方で、地球環境保護の観点から再生可能エネルギーに代表される高コストの新エネルギーを導入しなければならないという問題を、今後どのような方策で解決するのだろうか。

か。

いずれにしても新エネルギーの導入普及にはまだまだ多くの大変難しい課題を解決することが必要である。

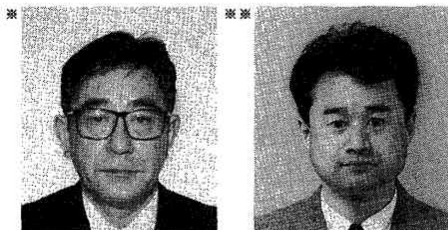
今回の「新エネルギー導入大綱」の関係閣僚会議による決定が、関係機関の協力のもと、我国の新エネルギーの本格的普及のトリガーとなることが、新エネルギーの普及拡大にさいしての必要条件であるが、十分条件ではないことを考えると、今後の関連の諸課題解決等さらなる普及拡大策が求められよう。

〔内外情勢紹介〕

欧州各国におけるTRU廃棄物等の処分の現状*

和達嘉樹* (財)エネルギー総合工学研究所
専門役

杉本雄二** (財)エネルギー総合工学研究所
主任研究員**



1. はじめに

我が国は、使用済燃料を再処理しプルトニウム等の核燃料物質を回収し再利用する「核燃料リサイクル」を基本方針としており、現在、核燃料リサイクルに関する事業は着実に進展している。これらに伴い、超ウラン (TRU) 核種を含む放射性廃棄物、即ち、TRU廃棄物等の放射性廃棄物の発生量の増大が見込まれている。

TRU廃棄物の処分計画については、欧州各国は我が国に比して進んでおり、1990年代後半までにTRU廃棄物の処分方策の見通しを得ようと検討を開始した我が国にとって、これらの国の動向は大いに参考になると考えられる。

1993年末、欧州諸国のうち、自国に再処理施設及び混合酸化物 (MOX) 燃料加工施設の双方を有するイギリス、フランス、並びに核燃料再処理は外国に委託するが自国にMOX燃料加工施設を有するドイツ、ベルギーの4か国を訪問し、TRU廃棄物等の処分方策等

の現状について、所轄官庁及び処分の実施主体の担当者と面談する機会を得た。以下に、それらの面談で得た情報を主として紹介する。

2. 調査機関

調査機関、期日、場所及び面会者は、以下に示すとおりである。

(1) イギリス原子燃料公社 (BNFL)、ドリッグ処分場

期 日：1993年11月29日

場 所：BNFL Sellafield Visitors Centre, Sellafield Seascale Cumbria CA20 1PG, UK

Drigg Repository, Holmbrook Cumbria, UK

面会者：R. R. Marshall, Public Relations Manager, BNFL

W. S. J. Kelly, Assistant Director, Projects and Decommissioning Magnox Reprocessing Division, BNFL

* 本報告は、科学技術庁から委託を受けて実施した「平成5年度TRU廃棄物処分に関する調査」の一部を含むものである。

** 杉本雄二氏の現職：(株)大林組 東京本社 土木技術本部 技術第二部 技術課 課長代理

- Ian G. Fearnley, Manager Strategy & Assessment S. W. T. G., BNFL Engineering
 Andrew Pearson, Information Officer, BNFL
 Glynn A. Crofts, Drigg Operations Manager, BNFL Waste Management Unit BNFL
 Philip Davies, Operations Manager, UK Nirex Ltd.
 Lisa Jones Taylor, Project Liaison Officer, UK Nirex Ltd.
- (2) 汚染査察局 (HMIP), 環境省 (DOE)
 期 日: 1993年12月1日
 場 所: HMIP Office, Romney House
 43, Marsham Street, London
 SW1P 3PY, UK
 面会者: R. J. Brunton, Superintending
 Inspector, HMIP
 J. O. McHugh, Principal Pollution Inspector, HMIP
 Steven Claughton, Radioactive
 Substances Division, DOE
- (3) 放射性廃棄物・核分裂性物質に関する
 国家機関 (ONDRAF)
 期 日: 1993年12月2日
 場 所: ONDRAF/NIRAS Office,
 Place Madou 1, box 25, B-
 1030 Brussels, Belgium
 面会者: Fred Decamps, General
 Manager
 Emiel Biesemans, Attaché to
 the General Manager
- (4) 環境・自然保護・原子炉安全省 (BMU)
 期 日: 1993年12月3日

- 場 所: BMU Office, Husarenstr. 30 D-
 5300 Bonn 1, Germany
 面会者: Helmut Bossy, Nuclear Fuel
 Cycle and Radioactive Waste
 Management Division
 Von Dobschütz, Director,
 Nuclear Fuel Cycle and
 Radioactive Management
 Division
- (5) 経済協力開発機構/原子力機関 (OECD/
 NEA)
 期 日: 1993年12月6日
 場 所: OECD/NEA Office, Le Seine
 St - Germain 12, Boulevard
 des îles 92130 Issy - Les -
 Moulineaux, France
 面会者: Jean - Pierre Olivier, Head,
 Radiation Protection and
 Waste Management Division
- (6) 原子力庁 (CEA), 国立放射性廃棄物管理
 機構 (ANDRA)
 期 日: 1993年12月7日
 場 所: CEA 本部 A 会議室, 31-33 rue
 de la Fédération 75015 Paris,
 パリ15区
 面会者: Pierre Barber, Relations Inter-
 nationales, ANDRA
 Guy Baudin, Research and
 Development Program Man-
 ager for Reprocessing Waste-
 Disposal, CEA
 Dominique Ochem, Division for
 International Affairs Area
 Manager for East Asia, CEA

3. 調査結果

3.1 イギリス

放射性廃棄物管理に係る組織を簡略化して図-1に示す。原子力政策及び原子力安全についてはエネルギー省の所轄であるが、放射性廃棄物管理政策及び環境保全に関しては放射性廃棄物管理諮問委員会の下に、環境省、農業・漁業・食糧省等が責任を有している。TRU廃棄物を含む放射性廃棄物の処分の実施主体は、原子力産業放射性廃棄物管理会社(Nirex)である。

放射性廃棄物は放射エネルギーと熱発生とにより、極低レベル廃棄物、低レベル廃棄物、中レベル廃棄物及び高レベル廃棄物に分類されている。低レベル廃棄物 ($\alpha < 4\text{GBq/t}$, $\beta, \gamma < 12\text{GBq/t}$) は浅地中処分することとして、1959年以来、BNFL のドリッグ処分場で処分が行われている(図-2参照)。当初、ドリッグ処分場での処分は今世紀末までと予測されていたが、近年の圧縮減容法の進展及び原子力発電所建設計画の縮小により低レベル廃棄物の量が大幅に減少したため、2060年頃まで処分が可能であるとの確かな予測が出てきて

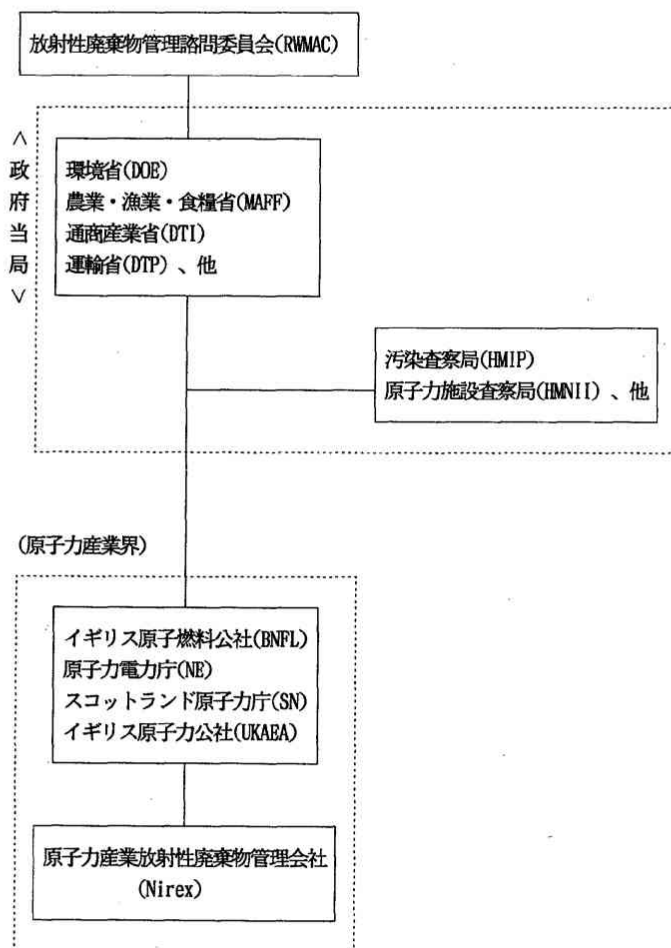
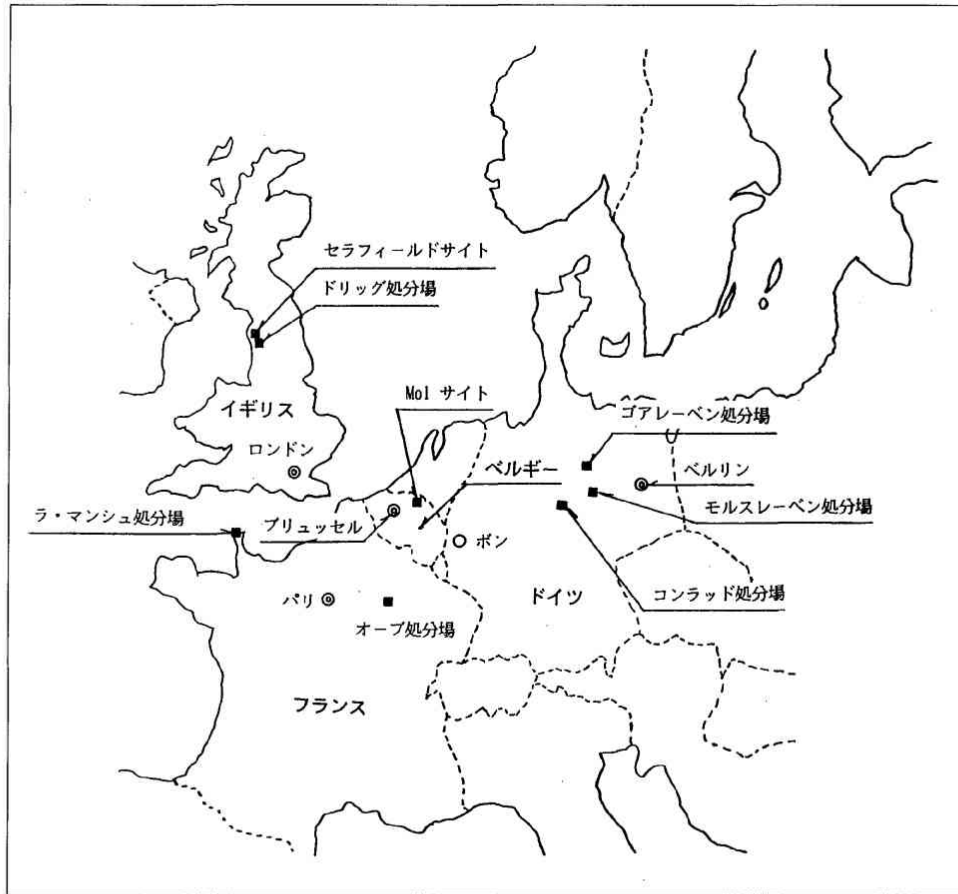


図-1 イギリスにおける放射性廃棄物管理に係る組織



図－２ 欧州４か国の放射性廃棄物処分場及び処分予定地

いる。しかし、化学的或いは放射性核種組成上からドリッグ処分場に処分出来ない低レベル廃棄物は、Nirexにより中レベル廃棄物と共に処分する計画である。中レベル廃棄物(TRU廃棄物を含む)は地層処分する方針であり、貯蔵による放射能の減衰効果が期待出来ないことから早期処分が志向されている。高レベル廃棄物はガラス固化し、少なくとも50年間貯蔵した後、地層処分する方針である。

現在、主として中レベル廃棄物処分を目的とした地層処分場の開発が進められている。処分主体である Nirex は、1991年に BNFL のセラフィールドサイトの近くを処分予定地

に決定しており、その地下800mに処分場を建設する計画である(図－２参照)。この安全評価のため、Nirex は処分予定地内に岩盤特性調査施設(RCF)を処分場に先行して建設することとしている(1994年に計画申請予定)。図－３にRCFの概念図を示す。第１段階では、内径5m、深さ650m、両者間隔50mの立坑2本及び地上設備を建設する。このRCFにより、詳細な地下水理のデータを取得する計画である。建設工期は5年が見込まれている。

一方、処分場の建設の方は1998～99年に計画申請し、10年後に運転開始の予定となっている。

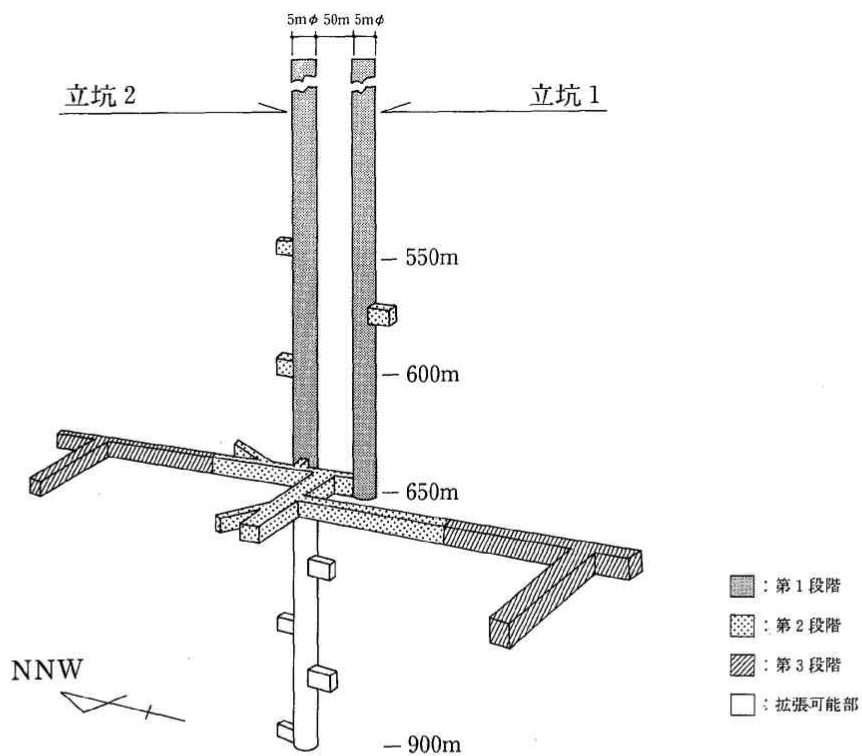


図-3 岩盤特性調査施設 (RCF) の概念図

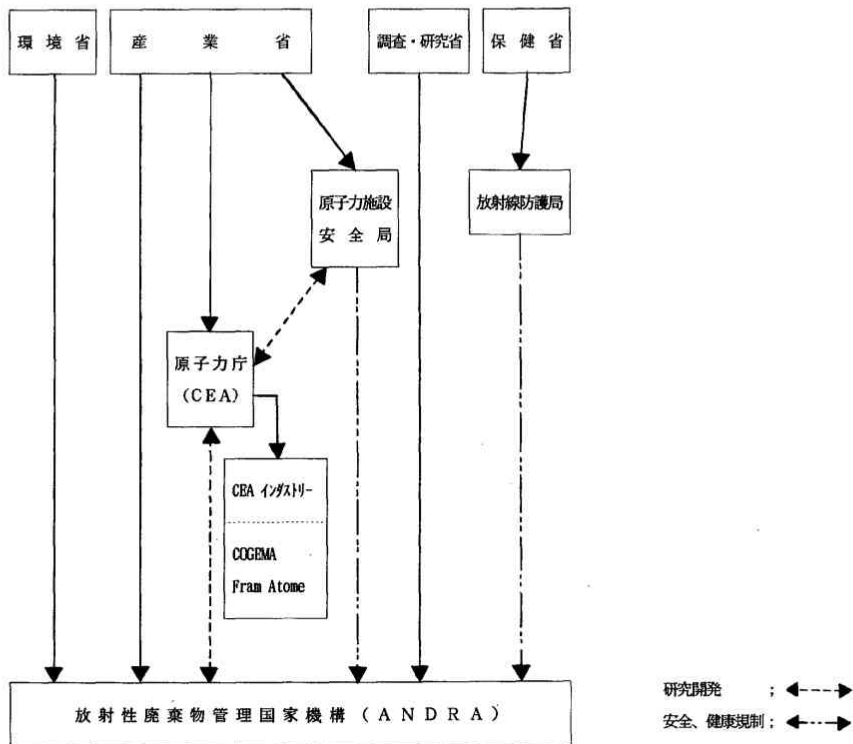


図-4 フランスにおける放射性廃棄物管理に係る組織

3.2 フランス

放射性廃棄物管理に係る組織を図-4に示す。エネルギー政策を立案し実行する責任は産業省にあり、その下に原子力庁(CEA)がある。CEAによってCEAインダストリーが設立され、フランス核燃料公社(COGEMA)、フラマトム社(Fram Atome)等を統括している。COGEMAは核燃料リサイクル事業、Fram Atomeは原子力発電所の建設を行っている。1992年に全ての放射性廃棄物の長期管理のため放射性廃棄物管理国家機関(ANDRA)を原子力庁から分離し、独立した公共産業会社とした。現在、ANDRAは産業省、環境省、調査・研究省の監督下にあり、全ての放射性廃棄物の処分の実施主体となっている。

放射性廃棄物は放射能濃度及び半減期を考慮して、カテゴリーA廃棄物、B廃棄物及びC廃棄物に分類されている。カテゴリーA廃棄物(半減期 ≤ 30 年の短寿命低中レベル廃棄物、 $\alpha < 3.7\text{GBq/t}$)は浅地中処分する方針で

あり、ANDRAのラ・マンシュ処分場(1969~94年)及びオーブ処分場(1992年~)で処分が行われている(図-2, 図-5参照)。カテゴリーB廃棄物(TRU廃棄物等)及びC廃棄物(高レベル廃棄物)の処分コンセプトは地層処分である。高レベル廃棄物はガラス固化し、冷却貯蔵後処分する方針である。

1991年12月の放射性廃棄物管理の研究に関する法律により、長寿命・高レベル廃棄物の管理に関して地下研究所において研究を行い、15年後にその管理について決定を下すこととしている。つまり、具体的なTRU廃棄物及び高レベル廃棄物に関する処分方策が決定されることになる。現在、2ヶ所の地下研究所(地下200~1,000m)設置構想を推進しているところである。1994年1月、4県に候補サイトを選定した。1995年中に建設サイトの決定が見込まれている。

ANDRAが地下研究所において研究を実施する。但し、放射性廃棄物のいかなるパッケージも入れてはならないことが定められて

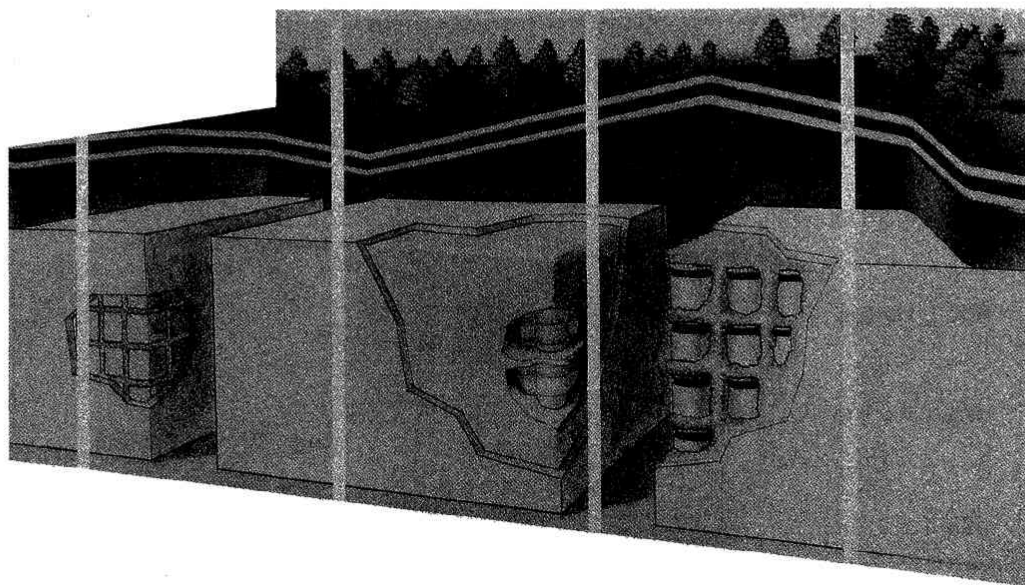


図-5 オーブ処分場の処分施設の模式図

おり、唯一、測定装置内の放射線源だけが一時的に、事前に計画された実験の枠内で使用できるとしている。

3.3 ドイツ

放射性廃棄物管理に係る組織を図-6に示す。放射性廃棄物の処分の責任は連邦政府、即ち、連邦環境・自然保護・原子炉安全省(BMU)にある。原子力法よると連邦放射線防護庁(BfS)が処分施設の建設と運営を行うことになっているが、実際、全ての放射性廃棄物の処分の実施主体は、廃棄物処分場建設運転会社(DBE)である。

放射性廃棄物は、発熱性廃棄物と非発熱性廃棄物に分類され、全て地層処分の方針である。処分方策としては、非発熱性廃棄物(低中レベル廃棄物、TRU廃棄物)は岩塩層中処分(モルスレーベン処分場、深度約500m)及び廃鉄鉱山中処分(コンラッド処分場、深

度800~1,300m)である(図-2参照)。現在、非発熱性廃棄物はモルスレーベン処分場に処分されているが、将来はその多くが1997年に運転開始予定のコンラッド処分場に処分され

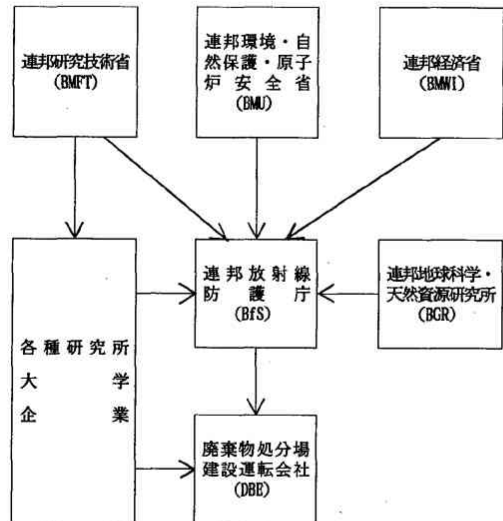


図-6 ドイツにおける放射性廃棄物管理に係る組織

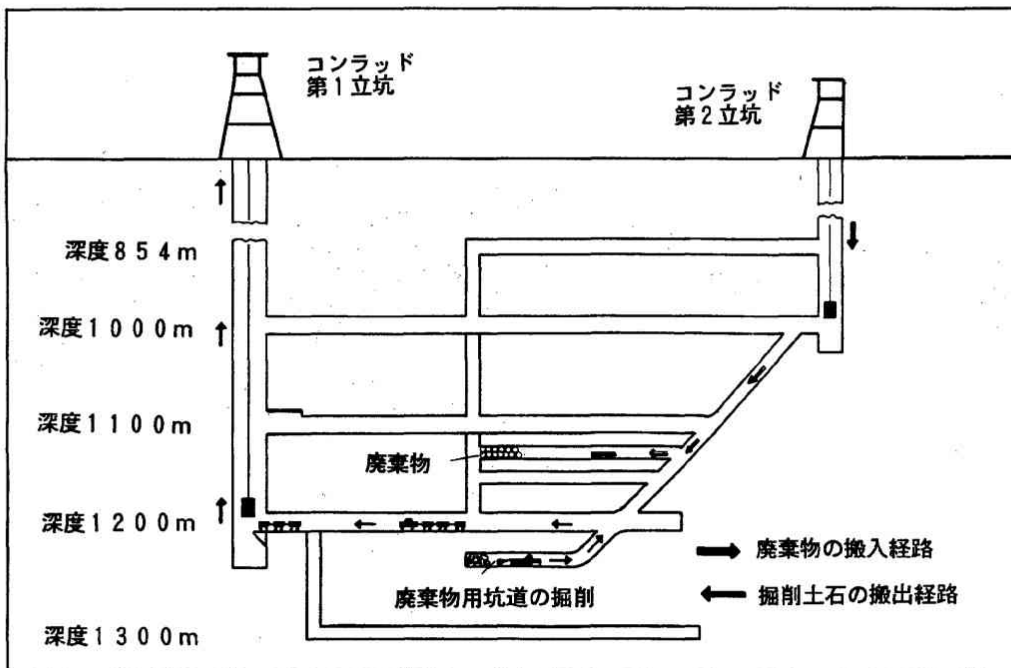
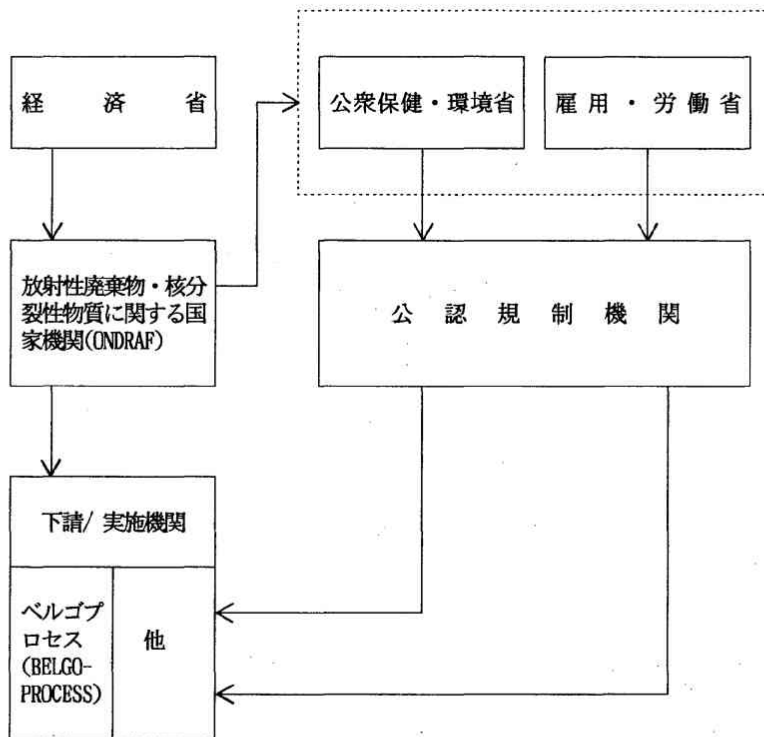


図-7 コンラッド処分場概念図



ることになっている(図-7 参照)。一方、発熱性廃棄物(高レベル廃棄物、ハル・エンドピース等)は、岩塩層中処分として2008年に運転開始予定のゴアレーベン処分場(深度870~900m)に処分されることになっている(図-2 参照)。

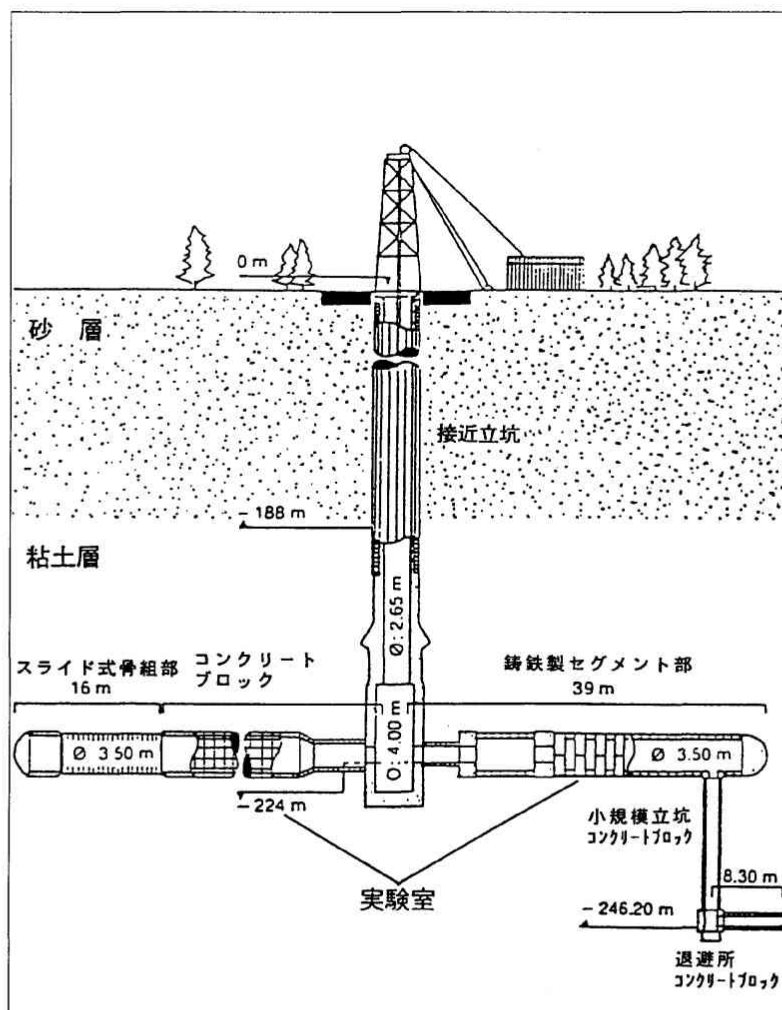
コンラッド処分場の開発では、放射線・環境研究協会が非発熱性廃棄物の処分に対するコンラッド鉱山の適性について調査研究を行ったことが挙げられる。ゴアレーベン処分場の開発では、発熱性廃棄物の処分に関して水文地質学的ボーリング、岩盤ボーリング、深部ボーリングによる現地調査を行った。更に、使用済燃料の直接処分の場合についても、横坑処分の技術的実行可能性に関する大規模実験が実施されている。

3.4 ベルギー

放射性廃棄物管理に係る組織を図-8に示す。経済省が原子力を含む国のエネルギー政策を所轄している。1980年に放射性廃棄物管理のため放射性廃棄物・核分裂性物質に関する国家機関(ONDRAF)が設立された。全ての放射性廃棄物の処分の実施主体は、このONDRAFである。

放射性廃棄物は含まれる放射性核種の性質及び量により、カテゴリーA廃棄物（半減期<30年の短寿命低レベル廃棄物）、B廃棄物（中レベル廃棄物、TRU廃棄物）及びC廃棄物（高レベル廃棄物、TRU廃棄物）に分類されている。

ベルギーでは、当面、固化済廃棄物は全て貯蔵する方策をとっている。カテゴリーA廃棄物の処分方法は未だ決定されていないが、



図－9 Mol サイトの粘土層中の地下研究施設の概略図

フランスのオーブの浅地中処分方式を志向している。カテゴリーB廃棄物及びC廃棄物には地層処分が考えられており、国内の粘土層が処分開発の対象となっている。

放射性廃棄物処分の研究開発のため、世界に先駆けて1980～84年の間に、Mol サイトの粘土層の深さ230mに地下研究施設を建設した(図－2，図－9 参照)。ここで基礎的及び実証的試験，更に，安全解析が行われてきている。特に，Mol サイトへの処分についての安全評価研究では，カテゴリーB廃棄物及び

C廃棄物の粘土層中処分について見通しを得ている。計画では，カテゴリーB廃棄物及びC廃棄物の粘土層中処分は，2025～35年に処分場建設，2030～50年に処分場操業開始，そして閉鎖となっている。

4. おわりに

放射性廃棄物の管理については，イギリス，フランス，ドイツ，ベルギーの4か国ともIAEA や OECD/NEA のメンバー国として，国際的な協調のもとに行っている。また，放

放射性廃棄物管理に係る組織は整備されており、処分の実施主体も明確化されている。

一方、放射性廃棄物の処分方針は、4か国とも放射性廃棄物の分類に従って示されており、基本的に、放射能レベルが低く主に短寿命核種を含む廃棄物は浅地中処分、放射能レベルが高い廃棄物或いは長寿命核種を多量に含む廃棄物は地層処分である。従って、長寿命なTRU核種を含む放射性廃棄物、即ち、TRU廃棄物の処分は、放射能濃度が高いものは地層処分が共通した考えになっている。

しかし、現状では、イギリス、ドイツは高レベル廃棄物の処分に先行してTRU廃棄物を処分しようと考えており、一方、フランス、ベルギーは当面貯蔵し、将来、高レベル廃棄

物と同じ処分場に処分しようと考えているようである。また、処分対象の地層の種類、深さも国によって異なっている。

OECD/NEAの放射線防護・廃棄物管理部長のOlivier氏に面会し、TRU廃棄物処分について意見を求めたところ、いかなる処分オプションでも良いが、大切なことは研究に基づいた安全評価を行い、パブリック・アクセプタンスを得ることであるとの返答を得た。このOlivier氏の言うところは放射性廃棄物処分に関して今や世界共通の認識であり、我が国のTRU廃棄物の処分方法の見通しを得るに当たっても、留意されるべきことと思われる。

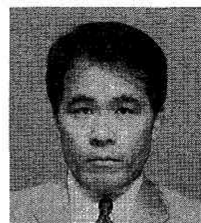
5. 主な参考文献

- [1] OECD/NEA ; NEA/NDC/DOC (93) 4, 1993.
- [2] RWMAC ; Thirteen Annual Report Of : The Radioactive Waste Management Advisory Committee, 1993, London.
- [3] UK Nirex ; Radioactive Waste Arisings in the UK, A Summary, December, 1992.
UK Nirex Report No. 288 (Draft) .
- [4] A. Maurice (ANDRA) ; 「低レベル放射性廃棄物処分サイトの現状」研究会、東京、1993年5月.
- [5] ANDRA ; Les Laboratoires De Recherche Souterrains.
- [6] Von Hubertus Nickel ; Konzept der Entsorgung deutscher Kernkraftwerke, Atomwirtschaft pp. 368-374, Juli 1992.
- [7] OECD ; Nuclear Waste BULLETIN - Update on Waste Management Policies and Programmes No. 8, July, 1993.
- [8] F. Decamps ; The Belgian Agency for Radioactive Waste and Enriched Fissile Materials, ONDRAF/NIRAS, International Conference on Nuclear Waste Management, PRAGUE, 1993.
- [9] F. Decamps ; Radioactive Waste Technical and Organizational Aspects of Waste Management, ONDRAF/NIRAS, 1993.
- [10] F. Decamps et al ; Intermediate Storage and Disposal of Reprocessing Waste, The Belgian Approach, ONDRAF, 1993.
- [11] エネルギー総合工学研究所；高レベル放射性廃棄物に関する国際フォーラム、ウェイトフォーラム'93報告書、平成5年3月.

〔調査研究報告〕

自動車用CGTハイブリッドシステムの性能検討

蓮 池 宏 (財)エネルギー総合工学研究所
主任研究員兼部長補佐



1. はじめに

当研究所では、(財)石油産業活性化センターからの委託により、「自動車用CGTハイブリッドシステムに関する調査」を平成3～5年度に実施した。この調査の目的は、セラミックガスタービン(CGT)と電池とを組み合わせたCGTハイブリッドシステムを自動車の動力源として使用することの可能性を評価し、その技術的課題を明らかにすることである。このうち、平成4年度および5年度はCGTハイブリッドシステムの特性を推定するためのシミュレーションモデルを開発し、これを用いてハイブリッド車両の性能評価を行った。本稿では、このシミュレーションによるハイブリッドシステムの性能検討の結果を紹介する。

2. 調査の背景

自動車交通部門は、わが国のエネルギー消費の20%、石油消費の33%を占めるとともに、大都市においては、NO_xなどの大気汚染物質の主要な排出源となっている。

燃料多様性、熱効率、排気などの点で優れた可能性を持つCGTは、こうした問題に対応する将来の自動車用エンジンとして期待さ

れており、研究開発プロジェクトが、通産省の補助により(財)石油産業活性化センターにおいて実施されている。

一方、やはり環境問題対策の一つとして、電気自動車の開発・導入も各方面で試みられている。しかし、現在の電池技術から考えて、電池のみをエネルギー源とする電気自動車が大量に普及することは短期的には考えにくく、内燃機関とのハイブリッド車が並行して検討・開発されている。ハイブリッドシステム用エンジンとしてみると、CGTは、ガソリンエンジンやディーゼルエンジンに比べて、燃料多様性、熱効率、排気、振動、騒音、メンテナンス性、小型軽量化、などの点で優れたポテンシャルを有している。

こうしたことから、CGTと電池とを組み合わせたハイブリッドシステムは、燃料の多様化に加えて、省エネルギーと排ガスの低減を非常に高いレベルで同時に達成することが可能であると期待される。

これを定量的に予測してみることが、本検討の目的である。

3. CGTハイブリッドシステムの概要

(1) ハイブリッドシステムの構成

図1にCGTハイブリッドシステムの構成

を示す。システムの形式としては、シリーズ、パラレルの2種類がある。

パラレルハイブリッドは、電池の出力をモータで機械的出力に変え、CGTの出力と機械的に結合する。このとき、両者の出力軸の速度を常に一致させる必要があるため、CGTには無段変速機をつけることになる。減速時には、モータが発電機として働き駆動軸に制動がかかる(回生制動)とともに車両の運動エネルギーが回収されて電池に充電される。

シリーズハイブリッドでは、CGT出力は発電機で全て電気出力に変換され、電池の出力と合計されてモータを駆動する。パラレルと同様に、減速時には回生制動によるエネルギーの回収が可能である。

両方式とも、ガソリン、ディーゼルなどのレシプロエンジンと電池との組み合わせでは実車の開発例がある。CGTを用いる場合も、原理的には実現可能と考えられるため、本調査では、両方式とも検討の対象とした。

(2) CGTの運転制御方法

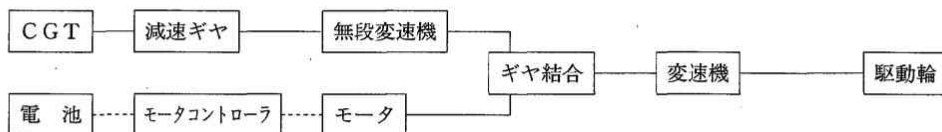
ハイブリッドシステムは駆動源が二つあるので、様々な運転方法が可能である。CGT

ハイブリッドシステムの運転方法の基本的性格を決めるのはCGTの運転制御方法であり、代表的なものは、a. 負荷追従とb. オン・オフ制御の二つである。

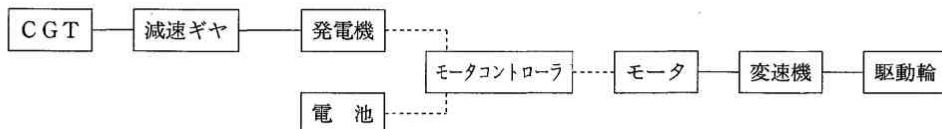
a. 負荷追従

走行のための負荷に合わせてCGTの出力を変動(追従)させ、追従できない分を電池(モータ)が補う。従来は、パラレルハイブリッドにおいて採用されてきたが、シリーズハイブリッドでもこの運転を行うことができる。一般の車では、車速とギヤ比が決まればエンジンの回転速度は一義的に決まる。しかし、今回のシステムでは、パラレルでは無段変速機を用いており、シリーズではCGT出力は全て発電してしまうので、CGTの速度は車速と関係なくほぼ任意に選ぶことができる。したがって、シミュレーションを行うためにはCGTを制御するロジックを定めておく必要がある。ここでは速度維持(=温度を変動させる)と温度維持(=速度を変動させる)の2つの極端な運転方法を検討することとした。

(1) パラレルハイブリッド



(2) シリーズハイブリッド



—— 機械的結合
----- 電氣的結合

図1 ハイブリッドシステムの構成

a-1. 速度維持制御

CGTの回転速度を一定に保ち、運転温度を変えることで出力を調節する。迅速な出力変化が可能であるが、低出力時はタービン入口温度が下がり、効率が低下する。

a-2. 温度維持制御

CGTの温度をほぼ上限に保ち、回転速度を変化させることで出力を調節する。各出力において、ほぼ最高効率を維持する。回転速度の迅速な変化のために工夫が必要である。

b. on-off制御

走行のための負荷に関係なく、効率のよい運転点で出力・速度一定で運転する。走行のための負荷に対して、CGTの出力が足りない場合は電池が不足分を補い、CGTの出力が余る場合は余剰分を電池に充電する。電池の充電レベルが設定値以上になったらCGTの運転を停止する（アイドリング状態に落とす）。シリーズハイブリッドでよく用いられる方式である。

4. シミュレーションモデルの開発

CGTは現在研究開発途上のものであり、こうした実物がまだ存在しないシステムの性能を予測するためには、コンピュータを利用したシミュレーションモデルによる検討が一般的に用いられる。また、モデルの上では、システム構成やコンポーネント特性を変えることも容易に行えるため、従来にない新しい概念の基本的な実現可能性を検討するには、この種のシミュレーションが非常に有効である。

(1) シミュレーションモデルの特徴

本調査において開発したモデルは近似的なダイナミックモデルであり、車両の特性と走

行パターンをインプットし、その走行を行ったときの各サブシステムの動作状況を模擬することにより、エネルギー（燃料）消費量、排ガス排出量等を算出するものである。時間刻みは最短20msであり、これ以内の高速な変化は無視することになるが、入力データや検討の目的からみて、十分な精度と考えられる。車両およびコンポーネントの特性値を変化させて感度分析を行うことも可能である。ただし、そうした特性の最適値の探索は試行錯誤的に行うことになる。

(2) 車両基本仕様

CGTハイブリッドシステムを適用する車種としては路線バスを想定し、ベース車両には、現在使われている最新型の大型路線バス（ディーゼル車）を用いることとした。ハイブリッドシステムの構成は、前出の図1に示したようにシリーズ方式とパラレル方式の2種類があり、その両方について検討を行った。

CGTハイブリッドシステムを搭載した路線バスの性能目標は、実際の路線バスの走行パターンを考慮して発進加速能力を0-30km/hが9.0秒、0-40km/hが15.1秒、また登坂能力を30%の勾配において4.0km/hと設定した。

この性能を満足させるような、CGT、モータ、発電機、電池、トランスミッションの出力と重量を試算した。結果を表1に示す。

以上の想定に基づいて、各方式別にCGTハイブリッド車両の重量を推定した。推定結果を表2に示す。

(3) コンポーネントの特性

(3-1) CGTおよび無段変速機

CGTは「自動車用セラミックガスタービンの開発」プロジェクトで開発中の出力100kW、最高熱効率40%、最大回転数110,000rpm

表1 コンポーネントの諸元

		シリーズ	パラレル
CGT	最大出力(kW)	100.0	100.0
	平均出力(kW)	26.2	19.7
電池	最大出力(kW)	128.8	83.9
	平均出力(kW)	1.5	1.1
モータ	最大出力(kW)	172.2	74.2
	平均出力(kW)	21.2	7.4
発電機	最大出力(kW)	82.5	—
	平均出力(kW)	14.0	—

表2 CGTハイブリッド車両の重量

	ベース	シリーズ	パラレル
車両重量(kg)	9,310	9,889	8,925
乗車定員(人)	88	88	88
車両総重量(kg)	14,150	14,729	13,936

の1軸式エンジンを用いることを想定した。CGTエンジンの各要素の設計点仕様のもとに、タービン入口温度と回転数をパラメータとして燃料流量と出力の関係を計算により求めた。また、車両停止時の燃料消費を試算するためのアイドル回転数とアイドル燃料流量の関係も同様に計算により求めた。

排気特性に関しては、上記プロジェクトの中で開発されている予蒸発予混合燃焼器の単体定常運転試験データを基に、CGTエンジンとしてのNOx排出量を計算した。これにより、ガスタービンへの燃料供給量および回転数をインプットして、その時点のNOx排出量を与えるようなモデル化を行った。

無段階変速機は、英国で開発中のトラクション式を想定し、伝達効率を設定した。また、変速機への入力回転数、ハイブリッド車両の最高速度等から、変速比を設定した。

(3-2) モータおよび発電機

ハイブリッド車両用のモータおよび発電機としては、直流機、誘導機、同期機の3種類が考えられる。本検討では、必要とされる出力と速度範囲、効率特性、メンテナンス性、コンパクト性等を考慮して、誘導機と同期機(永久磁石式)の二種類を想定した。

誘導機は、産業用では最も一般的に使われており、他の型に比べて高速化が比較的容易で、CGTの回転数レベルに近い速度も実現の見通しがある。

同期機はロータに強力な永久磁石を使用しており、誘導機より高効率だが高速化はやや困難である。

ハイブリッド車両の諸元と要求性能からの概算により、モータおよび発電機の基本諸元を設定した。この諸元に基づいて、他用途用のモータ、発電機の実績をもとに概略設計を実施した上で、各種損失を計算し、回転数とトルクをパラメータとした効率特性を推定した。

なお、モータは、表1に示したようにパラレル方式とシリーズ方式とで必要とされる容量が異なるが、本検討においては1例について詳細な特性を計算し、容量が変わった場合については、重量が変わるが他の特性は同一とした。

検討の結果、算定されたモータおよび発電機の諸元、性能値は表3、表4のとおりである。

(3-3) 電池

ハイブリッド車両用に適する電池としては、鉛電池とニッケル-カドミウム電池がある。本検討では、特性推定に必要なデータの入手可能性およびコスト面での実用可能性を

表3 モータの諸元

	誘導機	同期機
連続定格	79.7 kW	86.1 kW
最大回転数	2,834 rpm	2,834 rpm
直 径	525 mm	505 mm
全 長	834 mm	620 mm
質 量	425 kg	425 kg
最大効率	92 %	94 %

表4 発電機の諸元

	誘導機	同期機
連続定格	60 kW	50 kW
最大回転数	50,000 rpm	10,000 rpm
直 径	320 mm	300 mm
全 長	400 mm	400 mm
質 量	90 kg	90 kg
最大効率	91 %	92 %

表5 鉛電池の仕様

項 目	仕 様
公称電圧(V)	12
公称容量(Ah, 5hR 放電)	50
電池重量(kg)	14
エネルギー密度(Wh/kg)	42
出力密度(W/kg)	200

考慮して鉛電池を使うこととし、表5に示す仕様の電池を想定した。

電池の詳細な特性は机上計算により推定することが困難であるため、サンプル電池を使った実験により、電流値をパラメータとした充放電時の電圧特性、充電のAh効率等、シミュレーションに必要なデータを取得した。

5. シミュレーションによるハイブリッド車の特性性能評価

ハイブリッド車の性能のうち、加速能力、

登坂能力、最高速度といった限界性能は、比較的簡単なスタティックモデルにより推定することができる。一方、各コンポーネントの運転パターンや、燃費および排ガス等の特性を推定するにはダイナミックモデルを用いる必要がある。

(1) 加速能力、登坂能力、最高速度

表6は加速能力、登坂能力、最高速度の推定値であり、今回想定したシステム構成で、ハイブリッド車両としての要求性能をほぼ満足することができた。なお、これらの性能のうち、登坂能力と最高速度については、電池の保有エネルギー量の制約から性能を継続できる時間が制限される。表6には、参考として最高速度で連続走行できる距離を示した。これは、エンジンと電池を組み合わせるハイブリッド車両においては止むを得ないことであるが、今回想定した路線バスのような車種であれば、その走行パターンから考えて実用上問題となることはないと考えられる。

表6 ハイブリッド車両の走行性能

	シリーズ	パラレル
加速能力[s] 0-30km/h	9.0	9.0
0-40km/h	15.1	15.1
登坂能力 勾配[%]	30	30
最高速度 [km/h]	109	111
(走行可能距離 [km])	(30.8)	(20.7)

(2) エネルギー効率、排気、動的性能

車両としてのエネルギー効率(燃費)、排気(NOx 排出量)、動的性能については、ハイブリッド構成、CGTの制御方式、モータ/発電機の種類、走行パターンを変えてシミュレ

ーションを行い、これを評価した。

シミュレーションに用いた走行パターンは、4モード、10モード、バス実走行モードの3つである。4モードは、加速、定速走行、減速、停止の4つのモードを繰り返す、比較的単純な走行モードである。10モードは4モードをもう少し複雑にしたもので、ガソリン車の燃費や排気ガスの測定に用いられてきた。バス実走行モードは、営業運転されているバス（ディーゼル車）に測定装置を取り付けて、実際の走行における速度変化の状況を記録したものである。

(2-1) エネルギー効率

図2にシミュレーションによる各ケースのエネルギー効率の試算結果を示す。図の縦軸に示されるエネルギー効率は、燃料投入量と車両駆動輪端での正味出力（回生制動による回収エネルギーを差し引いたもの）との比である。また、表7は、バス実走行パターンの場合について、ハイブリッド形式とCGT制

御方式、発電機種類の組み合わせによる、エネルギー効率を比較したものである。表中の数字は、効率が低い方からの順位である。

表7 エネルギー効率の比較

	パラレル 温度維持	シリーズ 温度維持	シリーズ オン・オフ
誘導機	3	5	6
同期機	2	1	4

シリーズ方式とパラレル方式とのエネルギー効率についての優劣は、シリーズ方式用の発電機の種類によって大きく影響され、誘導発電機を用いるとパラレル方式が、同期発電機を用いるとシリーズの方が優れているという結果になった。

CGTの制御方式としては、タービン入口温度維持、回転数維持、オン・オフ制御の3つの方法について検討したが、温度維持制御がエネルギー効率の点で最も優れていることが示された。これは、負荷に合わせてCGT

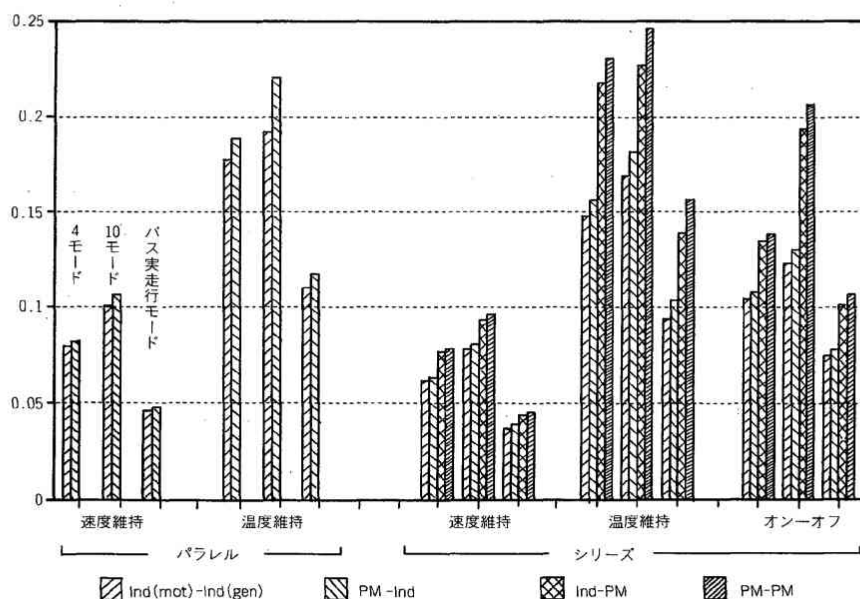


図2 エネルギー効率のシミュレーション結果

を運転して電池の充放電（による損失）を極力減らすとともに、CGTを各出力時に最高効率で運転させるので、もっともな結果と言える。これに対し回転数維持制御は、CGTを低出力で運転したときに効率が大幅に低下するため、総合効率は3つの制御方法のなかで最も低くなっている。

シリーズ方式において検討したオン・オフ制御は、運転しているときのCGTの効率自体は高く、制御も簡単である。しかし、CGTが車両の負荷とは関係なく運転されるため、CGT出力のうち直接、駆動用モータに流れずに電池への充電放電を経由する割合が多くなり、そこでの損失が発生する。また、CGTが稼働中に車両が減速モードに入ると、電池の充電受入容量がオーバーして、回生制動によるエネルギー回収ができなくなる。こうしたことから、総合効率は温度維持制御を下回る結果となった。

モータおよび発電機の種類については、誘導機よりも同期機を用いる方がエネルギー効率が高くなり、特にシリーズハイブリッドの発電機に同期機を用いると効果が大きいことが示された。

燃費については、ハイブリッドの各方式間の比較だけでなく、既存のディーゼル車との比較も重要である。本検討では、完全に同一の車両条件・走行条件におけるデータが得られなかったために正確な評価はできなかったが、類似の条件におけるデータから判断する限りは、ディーゼル車と同等以上の燃費が達成できると推定された。バス実走行パターンを用いたシミュレーションでは、ハイブリッド車の燃費は、乗車率（乗車人数／定員）100％の条件で、パラレル方式で平均2.5km/lit、

シリーズ方式で平均3.0km/litという値が得られた（いずれも同期機使用、温度維持制御）。

これに対し、ディーゼルバスの燃費は2.0～2.7km/lit程度の実績値が得られているが、この場合の乗車率は100％以下と考えられるので、乗車率100％の条件であればもっと悪くなると推測される。このことから、CGTハイブリッド車両はディーゼルバスと同等以上の燃費が達成できる可能性が十分にあることが示唆される。

(2-2) 排 気

NOx排出特性に関しては、入手できた実験データに基づいてシミュレーションモデルを作成したが、実験条件の範囲の問題等により十分な精度を有するシミュレーションが実施できなかった。試験的に行ったシミュレーションでは、CGTハイブリッド車のNOx排出量は、既存のディーゼル車やガソリン車に比べて大幅に減少することが示唆された。

(2-3) 動的性能

10モード走行や4モード走行においては、ほとんど問題なく規定のパターンをトレースできるが、バスの実走行パターンでは、短時間ではあるが加速能力が不足する場合が見受けられた。これは、CGTの負荷応答性の不足と、これを補うための電池の出力が十分でないことによるものである。ただし、現実の運転では、一時的に加速能力が不足して前車両との間隔が開いても、後からこれを縮めるような運転が行われる。このような運転を模擬したシミュレーションにおいては、規定の走行モードに対してほとんど遅れが生じることなく追尾可能であるという結果が得られた。

6. まとめと今後の課題

以上の2年間の調査により、CGTハイブリッドシステムをシミュレートするモデルが開発され、各コンポーネントおよびシステム全体の運転状態や車両の各種性能を定量的に推定することが可能となった。そして、このモデルを用いた検討により、CGTハイブリッドシステムの自動車用原動機としての適合性、さまざまなシステム構成の得失等について、基本的な理解を得ることができた。

ただし、CGTそのものが研究開発中であることに加えて、シリーズ方式で使用を想定している高速同期発電機、パラレル方式で想定している無段変速機は、いずれもバスに適用できるほどの容量のものは、まだ開発実績がない。したがって、これらの機器の実現が、ここでのシミュレーション結果実現の前提となる。

シミュレーション検討という作業の延長上で残された主要な課題は以下のとおりである。

- ・NOx 排出量の推定モデルの改善
- ・既存エンジン車との比較によるCGTハイブリッド車の燃費やNOx 排出量の評価
- ・コンポーネントの出力分担比率、各コンポーネント特性等の最適化検討
- ・様々な車種へ適用した場合の性能検討と適性評価

このような詳細な検討を行うことにより、各コンポーネントごとの技術課題やシステム

全体としての課題もより明確になってくる。

なお、本検討において開発したモデルはシミュレーションモデルであるため、最適化の検討は試行錯誤的に行わなければならない。システム構成や個々のコンポーネントについて本格的な最適化の検討を行おうとすると、シミュレーションのケース数が幾何級数的に増大することになる。このため、モデルの操作性の改善も必要となる。

また、技術開発の面からは、コンポーネント開発に続いて車両開発と実証試験を行うことが必要である。CGTは現在研究開発途上のものであるが、それ以外のコンポーネントも試作段階程度であり自動車用に実用化されているものはない。したがって、各コンポーネントについて、自動車への適用を想定した開発を行い、特性の向上とともに信頼性や耐久性の確保を図る必要がある。

本調査は、当研究所内に「CGTハイブリッドシステムに関する検討委員会」を設置して実施したものである。委員長の東海大学・高田教授、副委員長の東京大学・石谷教授をはじめとする委員各位には多大なご協力をいただいた。紙面を借りて感謝の意を表する次第である。

本調査は、通商産業省の補助金を得て、
(財)石油産業活性化センターが実施して
いる基盤整備事業の一環として行われた
ものである。

【調査研究報告】

エネルギー・環境モデルの現状と展望

黒 沢 厚 志 (財エネルギー総合工学研究所)
主任研究員*



1. はじめに

近年注目を集めている地球温暖化問題をはじめとする地球環境問題への対応策として、エネルギーセクターには、省エネルギーや化石燃料からの燃料転換をはじめとする様々な課題が課せられている。日本の例をあげれば、昨年公開された『「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく日本国報告書』の中ではエネルギー部門（転換、産業、民生、運輸の総計）は、1992年度に、温暖化ガスのひとつ

である二酸化炭素の91.5%を排出していることが示されており、エネルギー部門の影響の大きさが窺える（図1）。

一方、地球規模の問題の解決には国際的な取り組みが不可欠であり、1992年6月にブラジルで行われた「国連環境開発会議」（UNCED, United Nations Conference on Environment and Development）では「気候変動に関する枠組み条約」が調印され、1993年12月に50か国が批准し、昨年3月に発効した。条約では世界各国に対して温暖化防

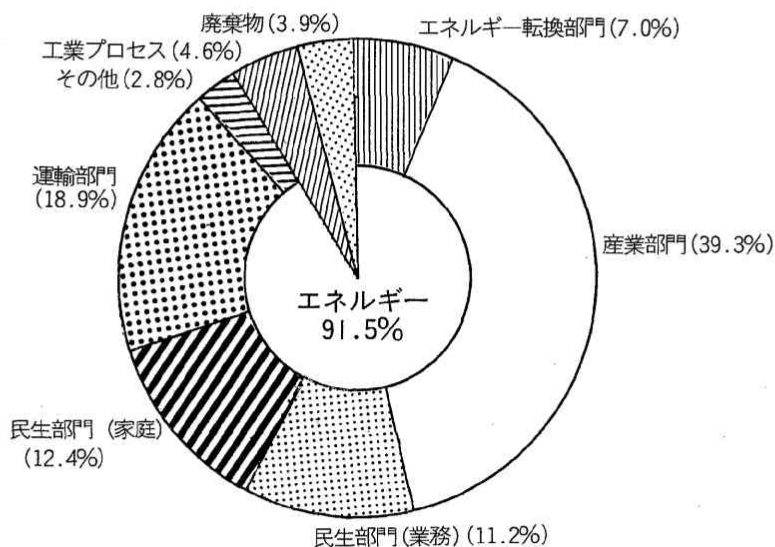


図1 1992年度二酸化炭素排出量の部門別内訳

* 現在、米国スタンフォード大学 エネルギー・モデリング・フォーラムに長期出張中

止行動計画の策定を要望しており、日本は、先進主要各国がその排出抑制のために共通の努力を行うことを前提に、一人あたり二酸化炭素排出量について2000年以降概ね1990年レベルでの安定化を図ることなどを公約している。また、「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)も、世界各国の自然科学者、社会科学者を動員して第二次アセスメントレポートの作成に向けた作業を開始しており、エネルギー分野においても近年の知見の集大成がなされる予定である。

このような長期的な地球規模の環境問題の緩和策や防止策がエネルギーセクターに与える影響を議論する際に有効となるツールが、長期的なエネルギーモデルであり、内外で様々な検討がなされている。しかし、エネルギーセクターのみの評価を行うにしても、地球規模から地域までの「空間的視野」、二酸化炭素、メタン、硫黄酸化物、窒素酸化物といった多岐にわたる「汚染物質」、炭素税などの「経済的視野」、エネルギー効率改善やエネルギー源転換といった「技術的視野」を包括的に取り扱うことは、今後避けて通れない課題となってきた。このことに加えて、マクロ経済パラメータの動きにより全体動向の把握を試みるトップダウン手法や、技術評価の積み上げであるボトムアップ手法という「方法論」をいかに構築していくかが問題となっている。

最近に至って、日本をはじめとして各国で地球規模の長期エネルギー・環境モデルが提案されているが、そのフレームワークはそれぞれ異なっており、試算結果もばらつきをみせている。そこで、以下にはそれらのモデル

の現状を紹介するとともに、エネルギー・環境モデルに対する今後の課題を整理することとする。

2. エネルギー・環境モデルの現状

a. エネルギーモデルから統合モデルへ

二度にわたる石油危機後のセキュリティ論の高まりから、将来のエネルギー需給構造を見通すために数多くのエネルギーモデルが構築されたことが過去にあった。それらのモデルは、技術と経済を中心とした前提条件のもとで、その時点で望ましいと思われたエネルギー部門のシナリオを描くことに活用された。

しかし、近年のエネルギーモデルの特徴は、地球環境問題を加味したより広い視点からの評価が求められていることを背景として、①大気・海洋大循環モデルの組み込み等に見られるような「大規模化」、②気候変動、経済現象、およびそれらの相互作用のメカニズムが解明されていないことに伴う「不確実性の考慮」、③温暖化ガス放出から、温暖化ガス濃度変化、気候変動への影響が具現化するまでのタイムスパンの長さ起因する「超長期化」にある。エネルギー技術、経済の枠内のみでの評価ではなく、長期気候変動、土地利用などの分野からの知見を取り入れたモデルが求められているのである。

このような時間的、空間的に広範な評価を必要とする環境モデルは、その扱う分野も幅広いことから、一般的に「統合モデル」(Integrated model)と呼ばれている。

b. 統合モデルの特徴と問題点

ここでは、時間、空間、詳細度と透明性、

不確実性の面から統合モデルの特徴を整理してみたい。

(a) 時間軸の超長期化

統合モデルでは、経済活動、温暖化ガス排出、大気化学、気候変動をもたらす物理インパクトおよび経済インパクトを扱わなければいけない。しかし、これらの現象は経済活動のように短期的にも大きく変動するものから、温暖化ガスによる気候変動およびそのインパクトのようにその影響が現れるまで数十年から数百年のオーダーを要するものまであり、現在提案されている統合モデルのタイムホライズンは、2050年から2100年、長い場合にはそれ以降となっている。これまでのエネルギーモデルが、経済・技術システムの代替サイクルである評価時点から30年～50年以降程度のシナリオを描くことが普通であったことを考えると、時間の評価軸は超長期化せざるを得ず、一般に言われている在来型資源枯渇の顕在化時期を超えた時間軸を考慮に入れるという発想の転換が求められる。

(b) 空間軸の拡大と多様化

次に、環境評価統合モデルの前提として、地球全体をカバーすべきであることはいうまでもない。しかし、気候変動評価と経済・工学評価では空間軸の発想そのものに根本的な差異が認められ、両者の地域区分は一致しないのが普通である。

自然現象を扱う前者では、3次元大気海洋循環モデルにより、温度、降水量などを地域別に緯度経度ブロックとして見積もるのが自然なアプローチである。一方、人間活動を扱う後者では、文化的、経済的にまとまりのある地域を主観的判断で分割しているものがほ

とんどであり、先進国と発展途上国という分類に代表されるように、空間的に離れているが経済発展状況の似ている社会経済ブロックをまとめて扱う場合も多い。このような不整合が生じている場合は、気候変動や社会経済現象の世界平均値もしくは集計値を全世界に適用して扱うことで対処しているモデルもある。

また、土地利用や環境インパクト評価は、自然科学と社会経済の境界領域に位置することから、衛星画像解析等に基づく膨大なデータベースに基づく場合には緯度経度ブロック的な取り扱いも可能である。しかし、経済影響アセスメント用には国・地域のかなり詳細なデータベースが必要であるため、世界規模での詳細評価は現時点では不可能といわざるを得ない。

筆者は、現在米国スタンフォード大学のエネルギー・モデリング・フォーラム (EMF) というエネルギーモデルに関する各種研究を実施する機関に長期出張中であり、そこでは統合モデルの比較研究を実施するプロジェクトEMF14が進行中である。比較評価の対象となっているモデルは現在のところ16にのぼっており、米国、欧州、日本のモデル作成者が標準的なシナリオのもとに試算を行うことになっている(表1)。日本からは、c.(c)および(d)項に後述する、国立環境研究所森田氏らのモデルAIMと、横浜国立大学藤井氏らのモデルNew Earth 21がノミネートされている。実際に表1であげたモデルの地域分割の欄をみるとわかるように、世界全体をまとめて扱うものから、経済活動を2～19地域に分割して行うもの、土地利用やインパクト評価に至っては緯度、経度で詳細なグリッドに

表1 統合モデル比較プロジェクトEMF14に参加しているモデル

モデル名	開発者	開発状況	モデルの詳細度, その他の特徴							
			地域分割	経済	温暖化ガス排出	大気化学	気候変動	物理インパクト	経済インパクト	不確実性
AIM	森田他 (国立環境研, 日本)	・日本が対象の地域モジュール開発済 ・日本以外の地域モジュールを開発予定	経済地域19, インパクト評価 5' x5'	シンプル	中間	中間	詳細	詳細	評価不可	明示的に 扱われない
CETA	Peck他 (EPRI, 米)	・開発済 ・地域分割, 不確実性評価版開発中	世界全体または12地域 (先進国, 途上国)	中間	中間	シンプル	シンプル	シンプル	シンプル	明示的に 扱われない
CSERGE	Maddison他 (Univ. London, 英)	・テスト版開発済	世界全体	シンプル	明示的に 扱われない	シンプル	シンプル	シンプル	シンプル	評価可能
DICE	Nordhaus (Yale Univ., 米)	・開発済 ・地域分割, 不確実性評価版開発中	世界全体	中間	シンプル	シンプル	シンプル	シンプル	シンプル	明示的に 扱われない
GCAM	Edmonds他 (Pacific Northwest Lab., 米)	・モジュールテスト中	9 地域	詳細	中間	中間	中間	中間	中間	評価可能
ICAM-2	Dowlatabadi他 (Carnegie Mellon Univ., 米)	・ICAM-1 は開発済 ・ICAM-2 はモジュールテスト中	2 地域 (先進国, 途上国)	シンプル	中間	中間	中間	詳細	中間	評価可能
IMAGE 2.0	Rotmans他 (RIVM, オランダ)	・開発済	経済地域10, 土地利用 5' x5', 気候変動10' x10'	評価不可	中間	詳細	詳細	詳細	評価不可	明示的に 扱われない
ISM	Jain他 (Lawrence Livermore National Lab., 米)	・開発済	世界全体	評価不可	評価不可	詳細	詳細	評価不可	評価不可	明示的に 扱われない
MAGICC	Wigley他 (UCAR, 米)	・開発済 ・インパクト評価モジュールと統合中	世界全体 (地域別気候変動評価も可能)	評価不可	評価不可	詳細	詳細	詳細気候図 出力可能	評価不可	気候感度の 評価可能
MERGE	Manne他 (Stanford Univ., 米)	・開発済 ・不確実性評価版開発中	5 地域	中間	中間	シンプル	シンプル	シンプル	シンプル	明示的に 扱われない
Mini CAM	Edmonds他 (Pacific Northwest Lab., 米)	・開発済	9 地域	中間	中間	中間	中間	シンプル	シンプル	評価可能
MIT model	Jacoby他 (MIT, 米)	・モジュールテスト中	経済地域12, インパクト評価 5' x5'	複雑	複雑	複雑	複雑	複雑	未定	未定
New Earth 21	藤井他 (横浜国立大学, 日本)	・炭素排出モデルは開発済 ・拡張版開発中	10地域	シンプル	中間	シンプル	シンプル	シンプル	シンプル	明示的に 扱われない
PAGE	Hope他 (Cambridge University, 英)	・開発済	4 地域	シンプル	明示的に 扱われない	シンプル	シンプル	シンプル	シンプル	評価可能
PEF	Cohan他 (Decision Focus Inc., 米)	・プロトタイプ開発済 ・拡張版開発中	2 地域 (米国, その他世界)	シンプル	シンプル	シンプル	シンプル	中間	中間	評価可能
TARGETS	Rotmans他 (RIVM, オランダ)	・プロトタイプ開発済	可変 (分割詳細度の変更可)	シンプル	中間	中間	中間	中間	シンプル	評価可能

分割するものまで、モデルの開発目的に応じて様々な空間解像度をもっている。

(c) モデルの詳細度と透明性

統合モデルは、経済、技術、気候変動といった元来不確実性を有する現象とそれらのリンクを、超長期的に見通す目的で開発される。これらの現象については、これまで、それぞれ単独でも短期・長期的な各種予測が行われてきており、評価時点での意志決定主体（組織、国家等）が戦略的方向性を打ち出す際に参考とされてきた。その際には、時として詳細なデータベースに基づいて詳細なシナリオを描いた例もある。一方、統合モデルのように対象とする現象の範囲が大規模化すればするほど全体の趨勢を把握しようとした場合に、部分的な詳細さのある程度簡略化したモデルが扱いやすいことも多い。

このようにモデルの詳細度と透明性にはトレードオフが存在するが、モデルの目的によってそのバランスをとっていくことが重要である。

(d) 不確実性

不確実性とひとことで言ってもその原因は、現象およびそのリンク構造とリンクの強さの不確実性、時間的な不確実性、人間の意志決定の不確実性など多岐にわたる。予測は、長期になればなるほどその幅を広げて考えなければならず、ここでは、「決定論的結果は、最良予測値と不確実性の幅によって表現されるべきである」としている後述のTARGET Sモデルの不確実性の2分類を紹介したい。

① 科学的な不確実性

世界気候変動の不確実性に基づくもので、

さらなる科学研究または詳細モデルによってその幅を狭めることができる不確実性。(i)観測データの不足、観測データと未知の排出要因の不一致に起因する温暖化ガスの発生源、吸収源に関する不完全な知識、(ii)生理学的、化学的および生物学的プロセスの知識の不足、(iii)気候変動のもたらす生態系および社会経済系への影響の不確実性、などがその例として述べられている。また、科学的な不確実性を評価するため、TARGET Sでは、経験値に基づく主観的確率分布を利用する確率論的手法、パラメータ値の変動幅によるパラメータ分析、専門家の知見の半定量的分析といった手法が採用されている。

② 社会経済的な不確実性

将来の地理学的現象、社会経済的現象ならびに人口予測などの困難さに起因するか、本質的に不可知または実際に予測不可能である人間システムに起因する不確実性。この不確実性は社会経済的にみた人間の行動ルールおよび意志決定構造に依存するが、ルールまたは意志決定のもととなった情報の不確実性、およびルールまたは意志決定の際の価値判断（文化的背景と言い換えてもよい）まで含めた奥深い洞察が必要とされる。

(e) 土地利用

近年のエネルギー・環境モデルの評価の枠組みが拡大していることはすでに述べたが、気候変動に加えて重要な要因のひとつに土地利用評価の問題がある。土地は食糧生産の不可欠要素であるのはいうまでもないが、同時に薪炭、バイオマスアルコールなどといったエネルギーの供給源でもある。将来を見通した場合、人口爆発と森林破壊によって加速さ

れる耕地化の限界に伴う食糧生産とエネルギー生産のバランス評価や、気候変動に伴う農業部門への影響評価のニーズに対応すべく、土地利用モデルの重要性は増しているといえるであろう。

c. 代表的な統合モデルとその特徴

以下には前述のEMF14でとりあげられている4つのモデルの概要をごく簡単に紹介する。EMF14にノミネートされているモデルの他にも、著名なエネルギーモデルが存在しすることを断っておきたい。

(a) MERGE (Model for Evaluating Regional and Global Effects of GHG

Reduction Policies)

米国スタンフォード大学のA. Manneらは、1970年代後半にETA-MACROというエネルギーモデルを開発したが、地球環境問題が注目されるようになると、それをベースとして世界モデルGlobal 2100を発表している。MERGEは、エネルギー・経済・環境評価世界モデルであるGlobal 2100のタイムホライズンを2200年までに拡張したGlobal 2200の構造を、さらに気候変動モジュールおよびダメージ評価モジュールを加えて拡張したモデルである。地域分割は、米国、その他OECD、旧ソ連、中国、その他地域の5地域であり、二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素といった温

An Overview of MERGE
(model for evaluating regional and global effects of GHG reductions)

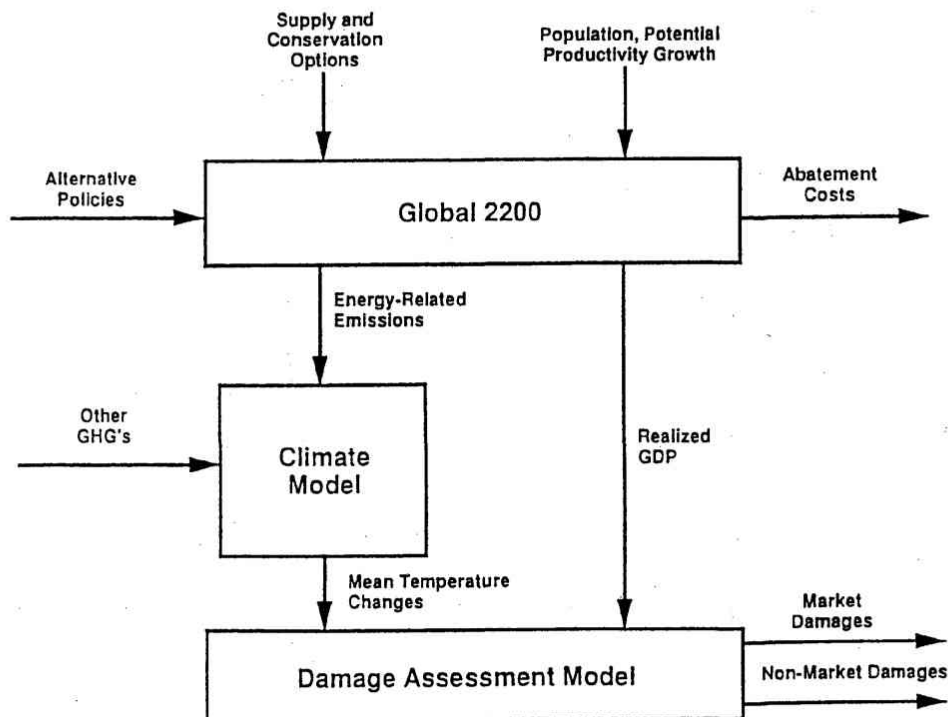


図2 MERGEのモジュール構造

暖化ガスによる気候変動、温度変動に伴う環境インパクトが評価可能となっている（図2）。気候変動のもたらす影響のうち、直接の経済効果として現れない影響（Non-Market Impact）を試算しているのが大きな特徴である。

(b) TARGETS (Tool to Assess Regional and Global Environmental and Health Targets for Sustainability)

オランダ環境研究所(RIVM)では、詳細な

土地利用評価が可能であるIMAGEというモデルをはじめとする環境関連研究の実績をすでに有している。Rotmanらが中心となって開発中であるTARGETSは、現在のところ構想段階にあるが、エネルギー・経済、人口・健康影響、生物物理学、土地利用、水資源等の評価を含めた総合的な環境評価モデルを意図して開発が進められている。図3に示したモジュール群がカバーする現象の範囲は非常に広く、地球環境に対する圧力要因（Pres-

TARGETS 1.0 modular perspective

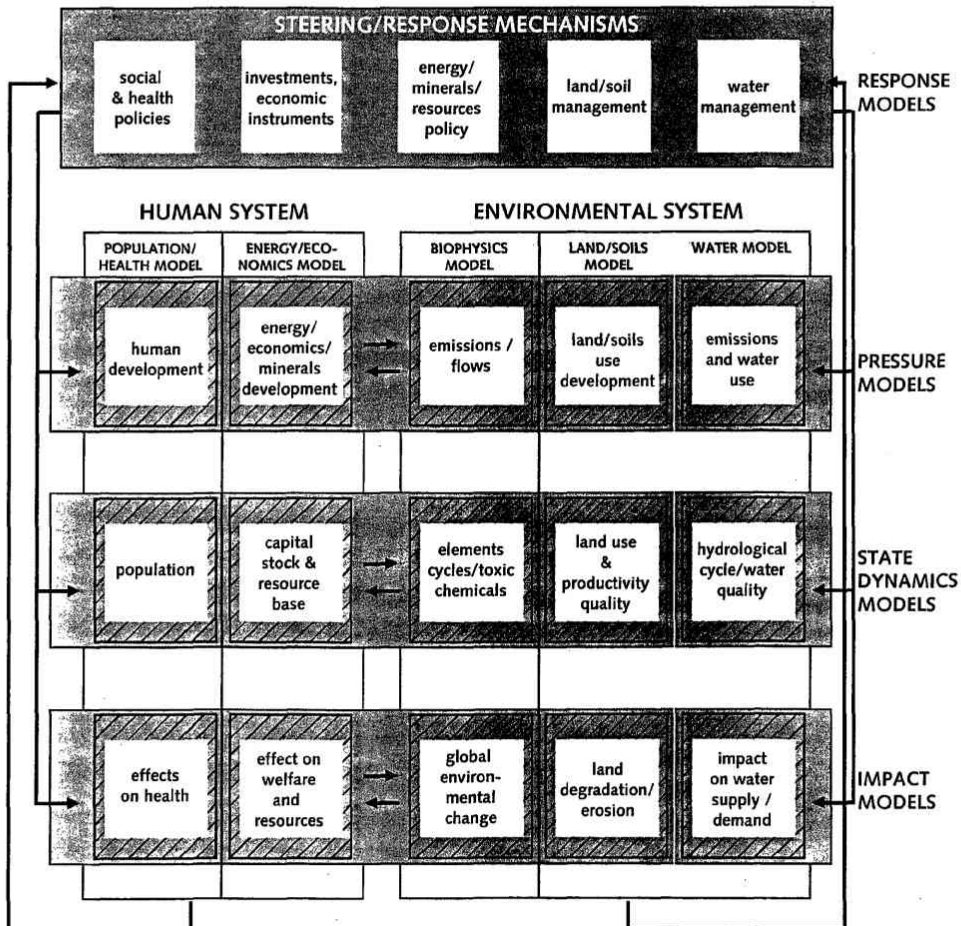
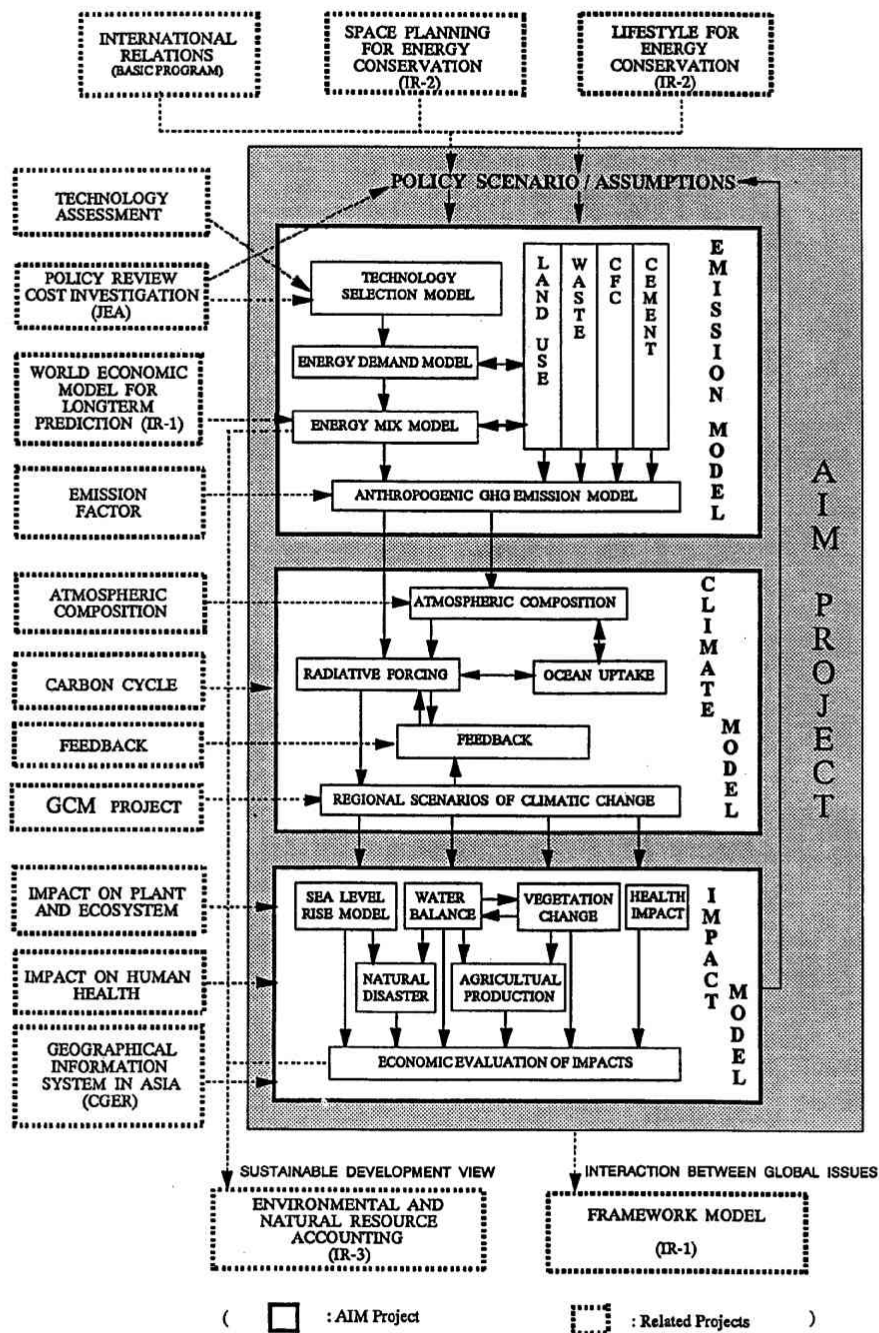


図3 TARGETSのモジュール構造

sure), 状態 (State), インパクト (Impact)
 および対応策 (Response) にわたるモデル化
 が予定されているため, 完成すれば各モジュ

ールとその連関を加味した統合評価が期待で
 ける。

(c) AIM (Asian-Pacific Integrated



AIM PROJECT AND RELATED RESEARCH PROJECTS AT NIES

図4 AIMと関連プロジェクト

Model for evaluating policy options to reduce GHG emissions and global warming impacts)

国立環境研究所においては、アジア太平洋地域を中心とした温室効果ガスの発生および削減対策と、その結果としての気候変動による環境影響を評価する目的で、AIMが開発されている。世界モデルは開発済みであり、現在はアジア地域を中心にデータベースを整備して詳細な地域評価を進めている(図4)。日本のエネルギー部門については、温室効果ガス排出モデルの一部として、エネルギーサービスとその機器に関して詳細な条件設定を行い、それを前提にして省エネのメカニズムをシミュレートすることを目的としたエンドユースモデルが開発され、日本における炭素税および補助金等の二酸化炭素排出量安定化対策についての分析がなされている。

(d) New Earth 21

横浜国立大学の藤井氏が開発したNew Earth 21モデルは、世界を10地域に分割して(日本は独立した1地域として扱われる)、2050年までのエネルギーセクターからの二酸化炭素排出を、各種技術、炭素税の組み合わせのもとで、10年刻みで評価可能なモデルとなっている。モデルは、エネルギー財の貿易を考慮しつつ各種の二酸化炭素排出オプションを評価することができる優れたものであるが、モデルの開発時の評価範囲外にあった気候変動や土地利用変化については評価の対象に含まれていない。

現在、(財)エネルギー総合工学研究所では(財)電力中央研究所からの委託により「長期エネルギー計画モデルに関する研究」を実施している。その一環として藤井氏らの協力を得て、

先進国と途上国で地域差をつけた炭素税導入の与える影響等の試算を通じて、New Earth 21モデルを拡張する試みを行っているところである。

3. 今後のエネルギーモデルに求められる課題

これまでみてきた現在の統合モデル開発においては、常に最新の知見が取り込まれ、その構造およびデータに改良が加えられている。しかし、それでも現在のモデルは完全というわけではなく、様々な課題を有している。以下に、エネルギー・環境モデルに課せられた今後の課題を要約してみる。

a. 評価対象の広がりに対応した協力

地球環境問題は、空間、時間そして専門分野の視点をかなり広げてとらえなければいけないことはこれまでに述べたとおりである。国境、世代、分野を超越した国際協力、価値観の共有、学際協力がこれまでもまして重要となり、それらを支援する活動によって、より厚い研究者層の育成を図っていくことが必要となる。特に日本の統合モデル研究者層は薄いので、その強化がまたれる。

b. ミクロの眼とマクロの眼

現在提案されているエネルギー・環境モデルでは、経済活動や技術革新に代表される社会経済構造を表現する社会経済システムと、気候変動や土地利用といった自然科学システムとをいかにカップリングして、超長期かつ地球規模的な変動を把握するかがひとつの重要なテーマとなっている。そこでは、問題の全体をバランスよくとらえるマクロの眼と、

必要不可欠な要素を見逃さないというミクロの眼との両者の視点にたった方法論の確立が求められている。

c. データベース

本格的な統合モデルの開発は、学際的な分野の専門家のノウハウの集積作業でもあり、多大なマンパワーと経費を要することはいうまでもない。現在のIPCC第二次評価報告書作成の作業は、見方を変えれば、各国の専門家を動員して政府間ベースのペーパーベースでのデータベース作成を行っていることでもある。一般的に言えることであるが、エネルギー・環境関連の研究成果のうち公開可能なデータは、できれば電子化してコンピュータネットワーク上で共有されることが望ましく、専門家の分析や一般の環境意識を高めていくことに寄与していくことが重要である。

4. おわりに

エネルギー・環境問題を見通す際にモデルがなぜ有効かをここでもう一度考えてみたい。エネルギー・環境モデルは、評価時点でのシステムの方向性を示すツール以上のものでも以下のものでもなく、不確実性を有する前提条件、採用手法、データ、そして何よりもモデル作成者の主観にその試算結果は左右されることはこれまでに述べたとおりである。

しかし、不可逆性を有するといわれている地球環境の変化を多少とも望ましい方向にシフトさせる対策を練る上で、問題の全体構造を定量的に把握するための不可欠のツールとして、今後もエネルギー・環境モデルの役割が期待されている。

「^{わざ}国産みの^{わざ}技」から「^{わざ}国造りの^{わざ}技」へ、 ^{ひら}拓けるか石炭灰の新たな有効利用技術の体系」

よ し や こ う き
与志耶 劫 紀

§1. はじめに

(1) 石炭の高度利用の不可欠性

18世紀における石炭のエネルギー利用は、「人間の肉体作業を機械に置き換える」第1次産業革命をもたらした。それまでの農産物が貴重な社会である農耕社会から、工業製品が貴重な社会である工業社会へと転換して、資源とエネルギーの大量消費が始まった。

第1次産業革命の開始から200年が経過した20世紀末において、情報処理技術の発達と生産技術の自動化・ハイテク化により、「人間の頭脳を装置により代行させようとする」第2次産業革命の時代に入っているといわれている。この時代の特徴は情報化社会であり、情報が貴重な社会であるが、文明を支えるものがエネルギーであることに変わりはない。この200年の間に文明を支える基盤エネルギーとして、石油のほか、天然ガス、原子力が新たに実用化されたが、いずれも資源賦存量の制約があり、可採年数が200年を超える「石炭」の高度利用が21世紀社会を維持発展させる上で不可欠となっている。

では、何故「石炭」は嫌われるのか。その原因は、次の「3つの桎梏」を背負っていることによると思われる。

- (i) 固体燃料であり、取扱いが不便であること
- (ii) SO_x , NO_x , ばいじんという大気汚染物質（酸性雨の原因ともされる）を放出すること
- (iii) 温室効果ガスである CO_2 の排出量が多いこと
加えて、わが国の場合は、ごく近年において、
- (iv) 大量の石炭灰が発生するので、その処分場の確保が困難であること
が新たな桎梏となったのである。現代文明の基盤エネルギーでありながら、石炭は4重の桎梏を負わされているのである。

(2) 石炭中に含まれる「灰分」とは

石炭には、燃焼させたときに残る「灰分」として、各種の鉱物質が存在するが、大部分は粘土質とされている。

① 石炭中の灰の起源（表—1 参照）

石炭の中の灰の起源は、次の3種類に区分されている。

- (i) 原料植物に起因するもの（石炭の1～3%程度と推定されている）
- (ii) 堆積及び石炭化の過程で混入したもの
- (iii) 堆積後、地下水等により又は地質的作用

によって、石炭中に外部から供給され、又は外部へ取去られたもの

(iii)～(iii)の割合は、個々の炭種、炭田により異なっており、一定していない)

② 石炭灰の化学成分(図一 1 参照)

石炭灰の化学成分は、主なものだけでも10～15種類が挙げられているが、炭素以外の3主成分、二酸化けい素(SiO_2)、酸化アルミニウム(Al_2O_3)、酸化カルシウム(CaO)の成分系ダイアグラムとして示されているのが、図一1である。

図一1によれば、石炭灰は「粘土」に近い成分であることが分る。このことは、本稿の主目的とする「資材」としての石炭灰の有効利用を考察していく上で、重要な意義を有している。

(i) 粘土との比較

粘土に比較して、二酸化けい素(SiO_2)が少なく、酸化アルミニウム(Al_2O_3)が多い。 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ モル比 ≈ 3.5 であるから、 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ モル比 ≈ 7 の粘土の代替としては、補助原料程度と評価されている。有効利用に当たっては、物理・化学的特性を十分わきまえた工夫が必要であることが看取される。

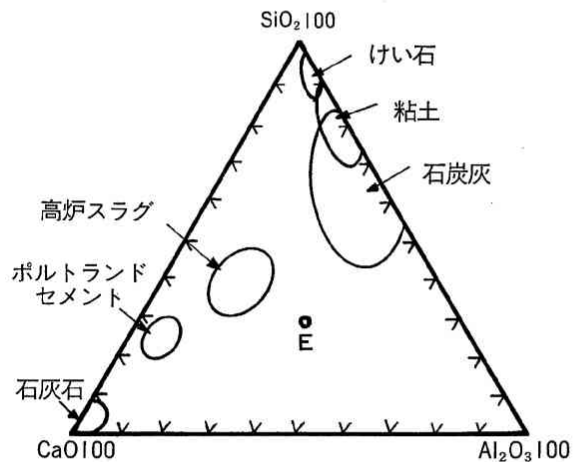
(ii) 高炉スラグとの比較

製鉄業における産業廃棄物として、年間3,000万トン程度発生する「高炉スラグ」($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ モル比 ≈ 3.5)と比較すると、酸化カルシウム(CaO)が少ないこともあって、セメントの補助原料としては、化学成分的には劣位にあるといわざるをえない。高炉スラグが、成分的に石炭灰よりポルトランドセ

メントに近く、それ自体で「高炉スラグセメント」の規格を確立して大きな市場を形成しているのに対して、石炭灰の大量利用が可能な用途分野の開拓は、容易ではないと予想される。

(3) 石炭灰の有効利用の歴史

このような石炭灰であるが、その有効利用の歴史は極めて古いとされている。現在土木工学で用いられている「ポルトランドセメント」が発明されたのは1824年であるが、それ以前にも1756年に「水硬性石灰」が発明され、1796年には「ローマンセメント」が発明されて実用に供されていた。石炭灰のセメント原料への有効利用は、これら18世紀中葉からなされていたといわれている。即ち、セメントクリンカ焼成用の燃料石炭から発生する石炭



三角図の見方

三角の頂点、たとえば SiO_2 と示してある点は SiO_2 100%であることを示しており、その辺、すなわち $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ の線上は CaO と Al_2O_3 のみからなり、 SiO_2 は0%である。頂点から対辺の間を100%から0%まで等分割している。E点は SiO_2 40%、 CaO 30%、 Al_2O_3 30%からなることを示している。

図一1 $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ 系における石炭灰の領域

出典：「石炭灰処理システムと有効利用技術」

(昭和56年9月、㈱フジ・テクノシステム)

灰は、セメントクリンカ製造用粘土質原料の一部として、直接利用ないし自然的に副生利用されていたのである。

そして、現代においても、セメント産業では、特に第2次石油危機以降におけるエネルギー源の石炭転換に際しても、電気事業の場合とは事情が異なり、副生する石炭灰はセメントの原料として全量が極めて合理的プロセスの中で有効利用される体系となっているのである。石油をエネルギー源とした頃と比べれば、CO₂の排出量が増えたことを除けば、一石三鳥（エネルギー源の安定的確保、コストの低減、セメント原料への有効利用）の石炭転換であったのである。

§2. 国の「長期エネルギー需給見通し」の改定(平成6年9月)と、石炭火力の建設計画

(1) 国の「長期エネルギー需給見通し」の改定(平成6年9月)(付表1参照)

政府は、平成6年9月13日総合エネルギー政策関係閣僚会議を開催し、平成2年10月同閣僚会議において決定した(第9次の)「長期エネルギー需給見通し」の改定(第10次版)

を行った。今回の改定は、①前回の見通しの決定以降におけるエネルギー需要の伸びと、エネルギー供給の実績の評価の上に立って、②平成6年(1994年)3月21日発効した「気候変動の防止に関する国際連合枠組み条約」に基づいて、わが国が国際約束した「温室効果ガスの排出抑制目標を達成するための改定」として、特徴づけられている。このように、地球環境対策とリンクした国の長期エネルギー需給見通しの改定は、今回が初めてである。

即ち、わが国は平成4年10月開催された地球環境保全に関する関係閣僚会議において、「地球温暖化防止行動計画」を決定したが、その中において、温室効果ガスの排出抑制目標を定めているが、二酸化炭素(CO₂)についての要点は次のとおり。

- (i) 一人あたり二酸化炭素排出量について、2000年以降概ね1990年レベルでの安定化を図る。
- (ii) 革新的技術開発等が、現在予測されている以上に早期に進展することにより、二酸化炭素排出量が2000年以降概ね1990年レベル

表1 石炭中における鉱物質とその状態

鉱 物	1 次 生 成	2 次 生 成	
		1 次 的	2 次 的
カオリン, その他の粘土質	1. 全組織中に粘土質不純物として 2. 炭質頁岩の形成過程として	—	—
硫 化 鉄 (黄鉄鉱 白鉄鉱)	全組織中に小結核として	き裂や割れ目に	白鉄鉱, 黄鉄鉱が変化して黄鉄鉱が生成
方 解 石, 菱 鉄 鉱	放射線状の結核として	き裂や割れ目に	—
石 英	全組織中に小さな結晶として	き裂や割れ目に	—
白 雲 石	塊状に	—	—
せん亜鉛鉱, 黄銅鉱, 方鉛鉱	別々に単体をなして	き裂や割れ目に	—
赤 鉄 鉱	—	き裂や割れ目に	かつ鉄鉱の脱水により

出典: 「石炭灰処理システムと有効利用技術」(昭和56年9月, ㈱フジ・テクノシステム)

ルで安定するよう努める。

(2) 「気候変動の防止に関する国際連合枠組み条約」に基づく国別報告書の提出（平成6年9月20日）

政府は平成6年9月13日開催の地球環境保全に関する関係閣僚会議において、同条約において義務付けられている温室効果ガスの排出抑制に対する行動状況の報告書を決定し、9月20日付けで同条約締約国会議の事務局に対し提出した。この国別報告書においては、二酸化炭素の排出抑制について、今回の「長期エネルギー需給見通し」の改定を踏まえて行った予測の結果に基づいて、

- (i) 一人あたりの排出量については、2000年時点で1990年レベルでの安定化を達成することができる
 - (ii) 総排出量については、2000年時点では1990年レベルより若干の増（約3.2%増）となり安定化は達成できないが、なお引き続き排出抑制に努力する
- としている。

この国別報告書については、各国からの提出をまって、本年3月以降、国連の場で評価が行われることとなっている。（なお、同条約に罰則はない）

(3) 国の「長期エネルギー需給見通し」（平成6年9月）における石炭エネルギーの位置付け

今回の改定においても、石炭がわが国の基盤エネルギーのひとつであるとの位置付けは変わらず、2010年における石炭の1次エネルギーにおける供給目標は、13,400万トン（供給構成比率15.4%）（新規施策追加ケース）となっている。

一方、この長期エネルギー需給見通しに対

応する「電気事業審議会需給部会中間報告」

（平成6年6月）における「電力供給目標（年度末電源構成）」によれば、石炭火力は2000年3,260万kW（設備構成比率14%）、2010年4,400万kW（設備構成比率15%）となっており、電力業界においても石炭火力の建設を着実に推進していくことが示されている。（付表2、付表3参照）

(4) 石炭火力からの石炭灰の発生量の見通し

① 石炭火力からの石炭灰の発生量の原単位

石炭の発熱量：6,500kcal/kg（瀝青炭の場合）

発電効率：40%（燃料消費率=0.33kg/kWh）

年間設備利用率：75%

電気出力：100万kW

のモデルプラントにおける年間石炭消費量は約220万トンである。

一方、海外輸入炭の灰分を10%～15%と想定すると、石炭灰の発生量は約22万～35万トンと試算される。

従って、「出力100万kWの石炭火力からは、年間30万トン程度の石炭灰が発生する。」とオーダーエスティメートして、考察を進めることとする。

② 事業用石炭火力からの石炭灰の発生量の見通し（表2参照）

平成5年6月資源エネルギー庁「国際石炭問題懇談会報告書」によれば、事業用石炭火力からの石炭灰の発生量は、平成8年度（1996年度）550万トン、平成12年度（2000年度）800万トンに達するものと見込まれている。

また、産業全体では平成8年度730万トン、

平成12年度1,020万トンと見込まれているが、石炭灰の処理問題は事業用石炭火力から発生する石炭灰の問題であることが分る。

§3. 余儀なくされる「灰すて場なき石炭火力」の立地

(1) わが国石炭火力の公害防止対策技術の確立

昭和60年代に入り、わが国の石炭火力の公害防止対策は更に一層の高度化を達成し、 SO_x 、 NO_x 、ばいじんの排出が、石炭火力の立地に際しての阻害要因とはなっていない。即ち、

(i) 硫黄酸化物(SO_x)に対しては、湿式及び乾式の排煙脱硫技術が完成しており、脱硫効率としては91～93%程度まで採用できる状況にある。

(ii) 窒素酸化物(NO_x)に対しては、アンモニア接触還元法を中心とする乾式排煙脱硝技術が完成しており、脱硝効率としては85～90%程度まで採用できる状況にある。

(iii) 「ばいじん」に対しては、昭和60年代に入り、吸着した灰の再飛散が防止できる「湿式電気集じん装置」及び「ノンリーク型ガス・ガスヒーター」が実用化され、計画集じん効率は99.95%迄高められた。この両技術の組合せ採用により、排出ばいじん濃度の計画値は実に $10\text{kg}/\text{m}^3\text{N}$ 迄低減された。平成の年代に入り、コスト低減の見地から「除じん機能付き」の「乾式電気集じん装置」が実用化された。これらの集じん装置が運転実績が計画値を十分下回ってい

ることは勿論であり、石炭火力のばいじん対策技術は完成の域に達しているのである。

(2) 石炭火力の立地動向

公害防止対策技術の完成により SO_x 、 NO_x 、ばいじんの排出が石炭火力の立地における阻害要因となることはなくなり、原子力発電所に比べ石炭火力発電所の立地は、順調に展開しているのは事実である。しかしながら、近年、石炭火力から回収される「石炭灰」の処理については、海面埋立てによる灰すて場の確保が著しく困難となってきており、海域における灰すて場の計画を全く有しない石炭火力の立地を余儀なくされる地点が増えてきている。§2.(4)①で述べたとおり、出力100万kW級の石炭火力から回収される石炭灰の量は年

表一 2 産業別石炭灰発生量見込み

(単位：万トン)

	石炭灰発生量		
	平成2年度 (1990年度) 実績	平成8年度 (1996年度) 見通し	平成12年度 (2000年度) 見通し
紙 パ ル プ	172	80	110
窯 業 土 石			
化 学 工 業		80	110
鉄 鋼 業		20	20
非・微粘結炭			
発電ボイラ用		20	20
そ の 他			
電 気 事 業	410	550	800
合 計	582	730	1,020

出所：石炭灰発生量実績：石炭灰関連全国実態調査報告書

(平成4年3月、財団法人石炭利用総合センター)

石炭灰発生量見通し：資源エネルギー庁石炭部試算(電気事業に
関しては電気事業連合会見通し)

間25万～35万トンであり、このような大量の石炭灰全量を埋立てせず、有効利用することは極めて困難な事業であると考えられ、今後早急に石炭灰の大量有効利用技術を開発実用化して体系を確立していかなければならない。

(3) 「灰すて場なき石炭火力」の立地を余儀なくされる理由

灰すて場を有しない石炭火力の第1号は、北陸電力(株)敦賀1号機(出力50万kW)(平成3年10月運開)であったが、このケースでは隣接するセメント工場での全量有効利用の実現という、特別な立地条件に恵まれていたためと解される。しかしながら、平成5年度に電源開発調整審議会で承認された電源開発(株)橘湾火力1, 2号(出力105万kW×2台)、四国電力(株)橘湾1号(出力70万kW)は、瀬戸内海公園地域との関連から灰すて場の計画はどうしても認められなかった。また、平成6年度に電源開発調整審議会で承認された関西電力(株)舞鶴1, 2号(出力90万kW×2台)は立地地点の地形から海面における灰すて場は望みえないものであった。

このように、今後立地する大型の石炭火力については、次のような事由により「灰すて場を有しない立地」を余儀なくされるものと予想される。

- (i) 公園区域内の立地であるため、海面の灰すて場が認められない場合
- (ii) 立地地点が限られてきており、狭い地形の地点に立地する場合
- (iii) 漁業への支障が生じるとして、反対が提起された場合
- (iv) 潮流、潮汐への影響回避のため、灰すて

場の計画が見送らざるを得ない場合等

(4) 「共生型発電所」の実現と、石炭灰有効利用

最近における電源立地対策に関する基本的理念は、平成4年6月電気事業審議会需給部会電力問題検討小委員会報告書の「第Ⅲ章個別課題への対応方策、1 電源立地の推進、A 電源地域の振興の在り方」において提言された「地域共生型発電所」の実現である。

同報告書で述べている「①地域産業と発電所との共生」において、石炭灰の有効利用に伴う発電所周辺地域における関連工場等の立地は、「地域共生型発電所」の具体的イメージとしては例示されていないが、当時(平成4年6月)としては「灰すて場なき石炭火力」の事例が少なく焦眉のこととはなっていなかったためと史料される。石炭灰の有効利用のための関連工場等の立地は、その前段階の「地域振興型発電所」の目玉対策として挙げられていたものであり、「共生型発電所」の実現のための有力手段であることに変わりはないと考えられる。

§ 4. 石炭灰の生成場所と呼び方、及び石炭灰の性状

(1) 石炭灰の生成場所と呼び方

石炭をボイラーで燃焼させると、残った灰分はボイラーの各部から回収される。その生成場所と回収される灰の呼び方は、図-2に示すとおり。

- (i) クリンカアッシュ 約10～25%
- (ii) シンダーアッシュ 約5%
- (iii) EP灰 約70～85%

シンダーアッシュとEP灰は、分級されたのち、細粉は「JISフライアッシュ」として出荷される。

(2) 石炭灰の性状

石炭灰の物理的性状及び化学的成分含有量を、表一3に示す。石炭灰は普通の土壌とほぼ同じ成分であることが分る。

§5. 事業用石炭火力からの石炭灰の有効利用に関する見通し

平成5年6月資源エネルギー庁「国際石炭問題懇談会報告書」では、事業用石炭火力から発生する石炭灰の有効利用量について、試算結果が示されている。(表一4参照)

この結果について主観的な考察をすると、次のとおりであり、石炭灰の有効利用率の向上が急務である。

- (i) 埋立処分量については、平成8年度310万トン、既に確保している灰すて場の利用によるものと思われるが、平成12年度400万トンについては、灰すて場の新規確保の困難性から見て既に確保している能力の食いつぶしが進むことが懸念される。
- (ii) 有効利用量の見通しについては、平成12年度において全発生量の5割は有効利用したいという期待値として示されているものと考えられ、今後全力を挙げて有効利用技術の研究開発と実用化に取り組む必要があると痛感される。

また、この報告書がまとめられた平成5年6月の時点では、まだ「灰すて場なき石炭火力」の立地が出現していない段階であり、平成5年12月の電調審以降の事態の急変は折込まれていないのである。

§6. 石炭灰の有効利用技術の現状

石炭灰の有効利用を拡大するため、国等の研究機関、石炭産業関連機関、各電力会社及び関連研究機関等において、有効利用技術の研究開発が進められているが、有効利用の分野は多岐にわたっており、その利用技術の現状を表一5に紹介する。

§7. 開拓すべき、文明の資材“石炭灰”の新たな有効利用技術の体系

(1) 昔、石炭火力は「国産みの^{わざ}技」であった

昔、まだわが国の海岸線が多く残されていた頃、電力を産み出す石炭火力は、副生した灰の埋立によって、「広大な陸地」を産み出した。石炭火力発電所が30年間の運転寿命を終えた跡には、10万坪～30万坪という新しい平

表一3 石炭灰の性状

(a) 物理的性状

項 目	性 状
形 状	ガラス状の球体
真 比 重	2.0～2.2
みかけ比重(灰捨場)	0.8～1.0
粒径 フライアッシュ(原粉)	20～30 μ m
クリンカ	0.5～1mm
プレーン値 粗粉	1,800cm ² /g
細粉	3,300cm ² /g
未燃カーボン	5%以下

(b) 化学成分含有量

炭 種 成 分	国 内 炭	外 国 炭
SiO ₂ (%)	50 ～ 55	40 ～ 75
Al ₂ O ₃ (%)	25 ～ 30	15 ～ 35
Fe ₂ O ₃ (%)	4 ～ 7	2 ～ 20
CaO (%)	4 ～ 7	1 ～ 10
MgO (%)	1 ～ 2	1 ～ 3
K ₂ O (%)	0 ～ 1	1 ～ 4
Na ₂ O (%)	1 ～ 2	1 ～ 2

出典：「火力ハンドブック」(1992年2月28, 日電力新報社)

表—5 石炭灰の有効利用技術の現状

分 野	用 途	利 用 技 術 の 概 要
セメント分野	ポルトランドセメント製造用原料	原料のうち粘土の代用として使用 (粘土量の10~20%)
	セメント混合材	普通ポルトランドセメントへの混合率：5%以下
	フライアッシュセメント	セメントとフライアッシュの混合率：30%以下 混合割合によって、 A種 (5~10%) B種 (10~20%) C種 (20~30%) の3種類がある。
	生コンクリート混和材	マスコンクリート，土木・建築構造物に使用 混和率：セメントの20~30%
建築分野	骨材	軽量コンクリートの骨材，またはコンクリートの粗細骨材(砂)の代用
	人工軽量骨材(ALA)	膨張性頁岩の代用として利用する (混合→造粘→焼成)
	瓦，レンガおよびセラミックス	粘土の代替として使用する (混練→押出し成型・加圧成型→乾燥→焼成)
	コンクリート製品	セメント・骨材・石灰・フライアッシュでブロック製造，または砂・セメント・アルミ粉・フライアッシュで気泡コンクリート製造
土木分野	アスファルト・フィラー	アスファルト安定化と骨材の隙間詰めのためのフィラーとして現在用いられている石灰石粉(タンカル)の代替利用
	路盤材	セメント安定処理路盤あるいは石灰安定処理路盤における砂・砂利の代替として利用
	路床材	寒冷地での凍上抑制層，あるいは軟弱地盤での道路建設の土砂の代替利用
	埋戻・埋立・盛土材	石炭灰を含水率調整後，野積み安定化(既成灰化)後，または水およびセメント・石灰等添加材混合後，土木材料として利用
	充填材(炭坑用)	廃石，廃滓，廃泥等に代わって，または併用し坑内の充填に使用
	グラウト工	水・セメント・フライアッシュミルクをグラウティング，トンネル裏込め，ボーリング孔注入基礎工法などに使用 セメントとフライアッシュ混合比：1/1~1/20
農業・水産分野	肥料	フライアッシュ，K，Mg化合物，微粉炭，バインダーを混合し，造粒→乾燥→流動焼成→冷却を行って製品とする 特殊肥料あるいは複合肥料として施肥(グリーンアッシュなど)
	コンポスト	フライアッシュを下水汚泥等とコンポストとして利用
	人工魚礁	フライアッシュを樹脂，砂利とともに成型するか排煙脱硫石こう，セメント等により硬化し，魚礁として海底に沈設する
	FGCコンクリート	フライアッシュ・石こう・セメント系の軽量コンクリートで，軽量構造物，魚礁，ブロックなどに使用 セメント混合率：20~50%，石こう混和率：6~10% (注) F：フライアッシュ，G：石こう，C：セメントの意味

出所：アッシュ情報調査センター：「石炭灰有効利用の現状について」AIRC-R-88-01 (1988)

坦な土地が、地域の発展のための利用を待っていたのである。このような「国産みの物語」は、つい最近、昭和40年代までは、当たり前のことであった。新しい国土には、新規の発電所や工場、あるいは公共施設、スポーツ公園等が作られ、地域社会に幸いをもたらした。

まさに石炭火力は、「国産みの^{わざ}技」であったのである。

(2) 文明がもたらす資材、石炭灰による「新たな国産み」の探求

① 石炭灰は、文明がもたらす資材である

現代の文明は、エネルギーによって支えられている。現代の文明は、その営みのために石炭をエネルギー源として燃焼させて、有用な熱エネルギーを取出した。石炭灰は、その結果副生するものであり、かつ化学的成分は粘土に近く粒径が揃っている資材であるから、単なる廃棄物ではなく、「文明がその活動に伴い、もたらす資材である」ということができる。即ち、「石炭灰は、廃棄物ではなく、有用な資材である。」との逆転の発想が、今こそ求められているのである。

② 文明がもたらす資材、「石炭灰」による「新たな国産み」の探求

今立帰って考えると、昭和60年代以降では、わが国の海岸線において、残されたフロンティアは極めて少いものとなってきた。児島湾、八郎潟等の大型干拓は終了し、臨海工業用地として各地で公有水面の埋立による土地造成が進められた結果、石炭火力発電所用の用地造成はできても、広い区画を必要とする灰すて場用の公有水面埋立の余裕は乏しくなったのである。このため、「灰すて場なき石炭火力」の立地を余儀なくされることとな

ったのである。

一方、石炭火力が運転すると、大量の石炭灰がもたらされる。§2. (4)で述べたとおり、出力100万kWの石炭火力からもたらされる石炭灰の量は、年間30万トン程度にもなる。しかも、発電所が運転される期間中は、毎年継続して石炭灰はもたらされるのである。これらの大量の石炭灰は、発電所構内に貯留するには限度があるから、発電所の外に搬出しなければならない。搬出する先が確保されていなければ、石炭火力は運転できない事態となる。

かかる重大な事態を回避して、国の「長期エネルギー需給見通し」において期待されている役割を、21世紀社会においても石炭エネルギーが果していくためには、「発想の転換」こそが必要である。

最早や、海面埋立てによる「国産み」の舞台は望みえない。これからの石炭火力は、海面埋立てではない「新たな国産み」の方途を探求しなければならないのである。

現代の文明がもたらす資材、「石炭灰」による「新たな国産み」とは、石炭灰によって「陸地ではない何物か」を創り出さなければならないと帰結される。

(3) 21世紀のエネルギー技術に求められる特性

「技術は、科学の原理を実現し、実用化する手段である。」と定義すると、21世紀社会において受容され、支持されうるエネルギー技術であるためには、次のような特性を具有することが求められる。

A. 課題解決への有用性

B. 環境適合性

- C. 人類の健全性の維持
- D. 最少資源・エネルギーの原則
- E. 資源再利用の原則
- F. 廃棄物処理可能性
- G. 人間への奉仕

21世紀の石炭火力技術が、これらの諸特性を有できるかどうか、今後の石炭火力の立地可能性を左右する。石炭火力技術が直面している最大の課題は、「大量にもたらされる石炭灰を円滑にかつ継続的に処理できるか」であるが、21世紀のエネルギー技術が具有すべき諸特性のうち、「F. 廃棄物処理可能性」及び「E. 資源再利用の原則」がまさに該当している。この課題の解決なくしては、石炭火力技術がわが国の21世紀社会において、受容され、支持されることは望みえない。

(4) 石炭灰による「新たな国産み」の方途

現代の文明がもたらす資材、「石炭灰」による「新たな国産み」とは、石炭灰によって「陸地ではない何物か」を創り出さなければならないことが、帰結された。

現代の文明は、より高度で快適な生活を享受するため、都市を造り、建物を造り、道路、公園等のアメニティー施設、そして農業、水産業、機械製造業、情報・サービス産業等の社会基盤を建設している。従って、「現代の国産み」とは「国造り」であり、快適な都市基盤、生活基盤、望ましい技術特性を備えた産業基盤の構築であるといえる。

従って、石炭灰による「新たな国産み」とは、即ち「国造り」「都市基盤、生活基盤、産業基盤の構築」ということになる。石炭灰を都市基盤、生活基盤並びに産業基盤の構築に、有効利用する方途を探さなければならない。

(5) 石炭灰の「国造り」有効利用の方途を開拓するに当たっての基本的視点

石炭灰の有効利用技術については、従前から関係各機関において熱心な研究開発が続けられ、極めて広い範囲にわたって有効利用の方途が確立されている。しかしながら、大気汚染防止対策技術の確立等により、近年石炭火力の立地は比較的順調に進展している事実の反面において、大量に発生する石炭灰の処理用地の確保難が顕在化し、将来における石炭火力の計画どおりの運転操業が危惧されるようになった。

このような課題を克服するための石炭灰の新たな有効利用の方途を開拓するに当たっては、次のような基本的視点に立って検討・考察することが必要である。

視点1. 石炭灰を大量に処理できること

視点2. 社会のニーズに適合する用途であること

視点3. 優れた環境適合性が確保できること

視点4. 長期間の継続受入れが可能であること

視点5. 経済性が成立しうること

特に、視点5について補足すれば、素材及び製品の輸送コスト、素材（各種石炭灰）コスト、素材加工・転換コスト等について評価される必要がある。

(6) 今後有望と考えられる有効利用技術の分野

石炭灰の有効利用技術の現状については、§6、表—5に示されているが、本節では今後有望と考えられる有効利用技術の分野の整理を試みることにしたい。

石炭灰を有効利用する際の態様について、一律的な分類は難しいようであるが、本稿では次の４種類に分類して考察することとする。

- (A) アッシュとして素材利用する
- (B) 硬化体として利用する
- (C) 焼成ペレットとして利用する
- (D) 溶融スラグ化して利用する

〔今後有望と考えられる有効利用技術の分野の例〕

〔Ⅰ〕 セメント及びコンクリートにおけるアッシュ利用

- ① セメント製造における石炭灰の利用
クリンカー用粘土の代替、セメント混合材等
- ② 生コンクリート製造へのフライアッシュの利用
- ③ 建材への石炭灰の利用

骨材、押出し成型体への利用等

〔Ⅱ〕 土木建築工事への利用（図－３参照）

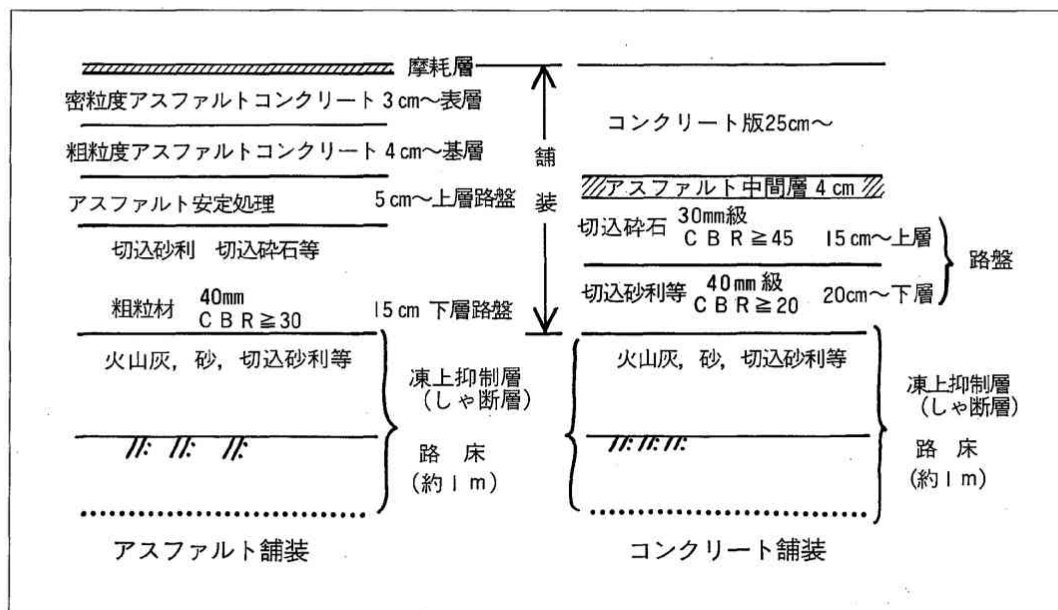
- ① ダム等電力施設へのフライアッシュの利用
- ② 建築物（含原子力）へのフライアッシュの利用
- ③ 道路建設材料としての石炭灰の利用
盛土並びに埋戻し材料、路床及び路盤用材料、舗装用材料等として
- ④ 地盤改良材としてのフライアッシュ利用

盛土材、透水材、充填材、注入材、添加材等として

〔Ⅲ〕 農業分野への石炭灰の利用

- ① 微粉炭燃焼灰（グリーンアッシュ）の農業への利用
- ② けい酸カリ肥料の製造
- ③ 農地造成への石炭灰の利用

〔Ⅳ〕 骨材への石炭灰の利用



出典：「石炭灰処理システムと有効利用技術」（昭和56年9月、（株）フジ・テクノシステム）

図－３ 道路舗装の構造

細骨材としての利用，人工軽量骨材の製造

〔Ⅴ〕 石炭灰等を用いた硬化体の製造

- ① 石炭灰－石灰－石膏硬化体の製造
- ② 流動床燃焼灰の硬化体としての利用

§ 8 新たに開拓すべき石炭灰による「国造り」
のための有効利用の方途

§7(5)において述べた，石炭灰の「国造り」有効利用の方途を開拓するに当たっての基本的視点に基づいて，新たに開拓すべき有効利用の方途について，§7(6)で述べた石炭灰の態様（アッシュ，硬化体，焼成ペレット，溶融スラグ）を踏まえつつ，「テクノロジー・ドリーム」を描いたところは，次のとおり。

A. 美観，快適性に富んだ都市環境，都市基盤の構築への利用の拡大

① 道路建設材料としての石炭灰利用の拡大

従来からの盛土並びに埋戻し材料，路床及び路盤用材料，舗装用材料への利用の拡大のほか，透水性を有する歩道材（焼成ペレット，溶融スラグ等），又は吸音性を有する歩道材，舗装材を開発する。

② 建材への利用の拡大

軽量な壁材，ブロック材等を開発する。
また，色彩豊かな屋根材等を開発する。

③ 基礎工事への石炭灰硬化体利用の拡大

特に，流動床燃焼灰については，重点的分野として研究開発を急ぐ必要がある。等。

④ 公園，庭園等アメニティ施設の建設への石炭灰利用資材の使用の拡大

等。

⑤ 河川，湖沼等水系蘇生工事における石

炭灰利用資材の使用

(i) 河川下流域高機能護岸技術の開発

近年わが国の太平洋側，日本海側いずれの海域においても「砂浜」が衰え，荒れている。昔，白砂豊かであった海水浴場の前面海域には，テトラポット等により防波堤が造られ，景観は一変して了っている。加えて，毎年大量の養生砂を投入して辛くも砂浜の維持が図られている。この主因は，大小を問わず水系下流域の頑丈な護岸工事の実施により，海域への土砂の供給が格段に減少したことにあるといわれている。治水工事は地域住民の水害から免れたいという要求に基づいて行われるものであるから，今後とも継続されると見通される。

ここで提言している「高機能護岸」とは，「治水の機能を果たすとともに，海域への一定量の土砂の供給を継続しうる護岸」である。川底の部分の施工方法，上流部分における土砂の供給の確保対策とを組合せて水系管理を実施することにより，海浜の荒廃と衰退を防止していく必要がある。

(ii) 湖沼の水系蘇生工事への石炭利用資材の活用

湖沼におけるコンクリートブロック等の護岸整備工事は，湖沼の生態系を絶滅させ，その自浄の活力を喪失させて了っていることは，広く認識されている。湖沼の水系蘇生工事は，現代土木工学の反省に立って，今後開始されるべき事業である。

石炭灰の再生利用を，このような水

系蘇生工事に積極的に採用していくことは、文明の健全性の維持の観点から極めて意義が深いのである。

B. 農業基盤，農村工業基盤の整備構築事業における石炭灰利用資材の活用

農産物の輸入自由化への対応と、農業者の所得向上を達成していくためには、農村地域における土地改良事業、圃場整備事業を継続していく必要があるが、農業者の所得向上、生活水準の向上のためには、農村地域に対する製造加工業のほか情報ハイテク産業の立地を推進しなければならない。これら農業基盤の整備、農村工業化基盤の整備工事において、石炭灰利用の資材の活用を図る必要がある。このため、工事の用途に応じた資材の開発研究を行う。

C. 高機能海域環境創造事業，沖合人工島の構築における石炭灰利用資材の活用

① 高機能海域環境の創造

沿岸海域の漁業生産性の向上、藻場の形成、湾内水質交換機能の向上、栽培漁業の基盤を整備するため、「高機能海域環境」を創造する必要がある。

また、「高機能海域環境」は、海域環境の漁業単独利用から住民の親水活動、海岸活動との両立を可能とするものでなければならない。このような「高機能海域環境」の創造事業において、石炭灰利用の資材を広く活用する研究開発を行う。

- (i) 石炭灰利用コンクリートの採用，コンクリートブロック等の利用の拡大
- (ii) 石炭灰利用の「人工砂」の開発
- (iii) 海藻類の付着性の高いブロック材の開発，等。

② 沖合人工島の構築における石炭灰利用

資材の活用

石炭灰スラリーの活用による埋立施工，等

D. 水産業の基盤の構築における石炭灰利用資材の大量使用

① 人工魚礁，藻礁，磯根礁の造成

石炭灰利用のコンクリート，又は硬化体による大量かつ低コストの魚礁を造成する。なお、魚礁ブロックの製作は、発電所の構内で行う。

② 石炭灰利用コンクリート製「大規模人工リーフ」の構築（参考図参照）

石炭灰（フライアッシュ）利用のフライアッシュコンクリートにより，例えば水深20～40mに大型（例えば，底面積100m×100m，高さ20m程度）の「人工リーフ」を構築する。利用目的は，大魚礁は勿論のこと，消波潜堤，離岸堤，津波対策堤，湧昇堤等への適用が可能とされている。

特に，「湧昇堤」の構築は，潮流の条件に恵まれず，生産性の低い海域となっている地点において，栄養塩に富んだ深層の海水を湧昇させて海域の生産性の向上を図ろうとするものであり，わが国の沿岸海域利用における有力な政策手段として高く評価されている。そして規模が大きいため，石炭灰（フライアッシュ）の利用も大量となる可能性がある。今後，水産庁当局や漁業関係機関と連携の上，実用化を進める必要がある。

E. 製造業，情報・サービス産業等の基盤の構築における石炭灰利用資材の使用の拡大

① 石炭灰利用「人工砂」による海水浴場の砂浜の養生

A⑤(i)で述べたとおり、潮流による流失、海域への土砂の供給の減少等による海水浴場の砂浜の減衰に対しては、各地で大量の砂の投入が行われているが、近年では良質な砂の確保が難しくなっている。

このため、石炭灰利用の人体に安全な「人工砂」を開発し、良好快適な砂浜の維持・形成を図るものとする。

等。

F. 発電所と地域社会（産業、住民）との「共生の実現」における石炭灰の有効利用

- ① 発電所周辺地域における石炭灰利用産業の立地、誘致の促進
- ② 石炭灰利用資材の使用による水産業（栽培漁業、養殖漁業等）の基盤の構築
- ③ 石炭灰利用資材を活用した土地造成、地盤改良等の実施
- ④ 石炭灰利用資材を活用した公園、学校等の公共施設の建設
- ⑤ 石炭灰利用資材を活用した水源施設の構築

発電所の深夜の余剰熱負荷を利用して純水の製造を行い（低温造水装置の採用）、貯水設備及び地域社会への供給施設の建設において、石炭灰利用の資材を活用する。等。

§9. 「国産みの^{わざ}技」から「国造りの^{わざ}技」へ

(1) 迫られている「国造りの技」への転換

昔、石炭火力が運転した隣接地には、広大な陸地が石炭灰により産まれていた。使用した石炭は海外から運んで来たものであったから、石炭火力は「新しい国土の造成」、即ち「国産み」を全国各地で行って来た。しかし、今

は、この崇高な営みを地域社会から拒まれようとしている。

本稿において私が提言したいのは、この海外から運んで来た「資材」を、「国造り」に活していこうという発想の転換である。わが国がある限り、よりよい暮らしを求めて日夜「国造り」の営みは続けられよう。この「国造り」の営みの中になら、石炭灰は価値の高い資材として温かく迎えて貰えるのではないだろうか。

勿論、黙っていても、「国造り」に携る人達に石炭灰の優れた特質や利用可能性を分って貰うことは望みえない。当方（石炭灰を発生させる側）における「3倍の努力」、即ち、新しい利用分野を可能とする石炭灰有効利用技術の研究開発と、実用化のための実証を続けなければならぬ。この研究開発に当たっては、新しい利用分野の現場の実状を把握・分析した上で、「国造りの^{たくみ}工匠」達と意気投合することが不可欠と思料される。何故なら、「国造りの^{たくみ}工匠」達は気位が高く、気に入らなければ「他にも良い素材があるから。」として、採用してくれないかも知れないからである。3倍の努力は必要と考えられる。

(2) 「新たに開拓すべき『国造り』のための有効利用の方途」（§8）で挙げている項目こそ、テクノロジー・ドリームである

§8で挙げている新しい石炭灰有効利用の方途は、虚妄ではなく、相手方の業界においては構想として提言され、政策として実行されているものが大部分である。従って、「ニーズ・オリエンテッドの思考」で市場アクセスすれば、実現化の可能性が高いテクノロジー・ドリームといえる。

(3) Beyond the Reef (さんご礁の彼方に)

石炭灰の有効利用の方途を開拓する「テクノロジー・ドリーム」を描くことは難しい。利用分野は多方面にわたっており、各省庁による法規制の制約もまた数多い。当方（電気事業者側）がいくら思い込んでも、使用して貰えなければ無駄になって了う。

「国造り」への参画という発想の転換をして考えると、今後開拓すべき新たな有効利用の分野は、多くのテクノロジー・ドリームとして描くことができる。

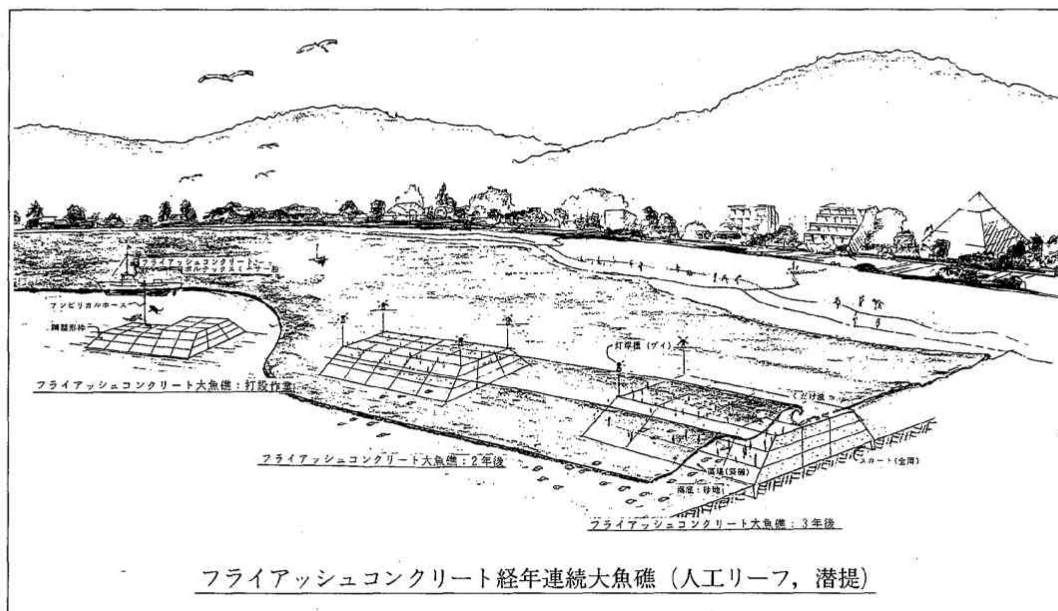
これらの夢を現実のものとするれば、21世紀の石炭火力は、再び繁栄の時代を迎えよう。Beyond the Reef, その方向は、さんご礁の彼方にあるようだ。

(なお、本稿では、石炭中に含まれる灰分を現地に置いて来る方法(例, COM, CW

M, CMS (石炭・メタノールスラリー) 等)については、対象としなかった)

〔引用文献〕

1. 「石炭灰処理システムと有効利用技術」
(昭和56年(株), フジ・テクノシステム)
2. 「火力ハンドブック」(1992年, 電力新報社)
3. 「石炭灰コンクリート人工リーフの設計考察」(平成6年6月, 東海大学名誉教授長崎作治)
4. 「国際石炭問題懇談会報告書」
(平成5年6月, 資源エネルギー庁)
5. 「電気事業審議会需給部会中間報告」
(平成6年6月, 電気事業審議会需給部会)



出典: 石炭灰コンクリート人工リーフの設計考察」(東海大学名誉教授長崎作治氏)

参考図 「石炭灰コンクリート人工リーフ」(説明図)

付表一 長期エネルギー需給見通し（平成6年9月）

一次エネルギー供給の見通し

年 度 項 目	1992年度（実績）		2000年度				2010年度			
			現行施策織込ケース		新規施策追加ケース		現行施策織込ケース		新規施策追加ケース	
一次エネルギー総供給	5.41億kl		5.91億kl		5.82億kl		6.62億kl		6.35億kl	
区 分 エネルギー別	実 数	構成比 (%)	実 数	構成比 (%)	実 数	構成比 (%)	実 数	構成比 (%)	実 数	構成比 (%)
石 油	3.15億kl	58.2	3.16億kl	53.4	3.08億kl	52.9	3.31億kl	50.1	3.03億kl	47.7
石油（LPG輸入除く）	2.95億kl	54.5	2.93億kl	49.5	2.85億kl	48.9	3.04億kl	46.0	2.77億kl	43.6
L P G 輸 入	1,530万 t	3.7	1,770万 t	3.9	1,740万 t	3.9	2,080万 t	4.1	2,000万 t	4.1
石 炭	11,630万 t	16.1	13,400万 t	16.6	13,000万 t	16.4	14,000万 t	15.3	13,400万 t	15.4
天 然 ガ ス	4,070万 t	10.6	5,400万 t	12.8	5,300万 t	12.9	6,000万 t	12.7	5,800万 t	12.8
原 子 力	2,230億Wh (3,440万kW)	10.0	3,100億Wh (4,560万kW)	12.1	3,100億Wh (4,560万kW)	12.3	4,800億Wh (7,050万kW)	16.2	4,800億Wh (7,050万kW)	16.9
水 力	790億Wh (2,100万kW)	3.8	860億Wh (2,220万kW)	3.3	860億Wh (2,220万kW)	3.4	1,050億Wh (2,650万kW)	3.5	1,050億Wh (2,650万kW)	3.7
地 熱	55万kl	0.1	100万kl	0.2	100万kl	0.2	380万kl	0.6	380万kl	0.6
新 エ ネ ル ギ ー 等	670万kl	1.2	940万kl	1.6	1,210万kl	2.0	1,150万kl	1.7	1,910万kl	3.0
合 計	5.41億kl	100.0	5.91億kl	100.0	5.82億kl	100.0	6.62億kl	100.0	6.35億kl	100.0

（注） 1. 原油換算は9,250kcal/lに、バーレル換算は6.29バーレル/klによる。

2. 新エネルギー等の欄には、太陽エネルギー、黒液（パルプ液）、薪炭等を含む。

3. 水力の発電電力量及び設備容量は一般水力のものである。

4. LNGのトン換算は、0.712トン/klによる。

5. 石油の欄には、オイルサンド・シェール油を含む。

6. 構成比の各種の合計は、四捨五入の関係で、100にならない場合がある。

7. 経済情勢及びエネルギー情勢は、今後、流動的に推移するものと見込まれることから、本見通しにおける数値は、硬直的なものとしてではなく、幅をもって理解すべきであることに留意する必要がある。

付表－２ 電力供給目標（年度末電源構成）

（単位：万kW）

年 度 電 源	1992年度末		2000年度末		2010年度末	
		構成比 (%)		構成比 (%)		構成比 (%)
原 子 力	3,442	18.7	4,510	19	7,000	25
石 炭	1,467	8.0	3,260	14	4,400	15
L N G	4,095	22.3	6,160	26	6,450	23
水 力	3,814	20.8	4,550	19	5,700	20
一 般	1,962	10.7	2,080	9	2,500	9
揚 水	1,852	10.1	2,470	10	3,200	11
地 熱	24	0.1	60	0.2	280	1
石 油 等	5,542	30.1	5,340	22	4,500	16
新エネルギー	—	—	50	0.2	180	0.6
合 計	18,383	100	23,930	100	28,510	100

- （注） 1. LNGには天然ガス、燃料電池及びメタノールを含む。
 2. 石油等にはLPG、その他ガス及び歴青質混合物を含む。
 3. 新エネルギーとは廃棄物、太陽光及び風力をいう。

付表－３ 電力供給目標（発電電力量）

（単位：億kWh）

年 度 電 源	1992年度末		2000年度末		2010年度末	
		構成比 (%)		構成比 (%)		構成比 (%)
原 子 力	2,223	28.2	3,080	33	4,780	42
石 炭	870	11.0	1,500	16	1,650	15
L N G	1,758	22.3	2,360	25	2,330	21
水 力	828	10.5	960	10	1,270	11
一 般	730	9.3	800	8	990	9
揚 水	98	1.2	160	2	280	2
地 熱	15	0.2	40	0.4	150	1
石 油 等	2,189	27.8	1,510	16	1,100	10
新エネルギー	—	—	10	0.1	50	0.4
合 計	7,883	100	9,460	100	11,330	100

- （注） 1. LNGには天然ガス、燃料電池及びメタノールを含む。
 2. 石油等にはLPG、その他ガス及び歴青質混合物を含む。
 3. 新エネルギーとは廃棄物、太陽光及び風力をいう。

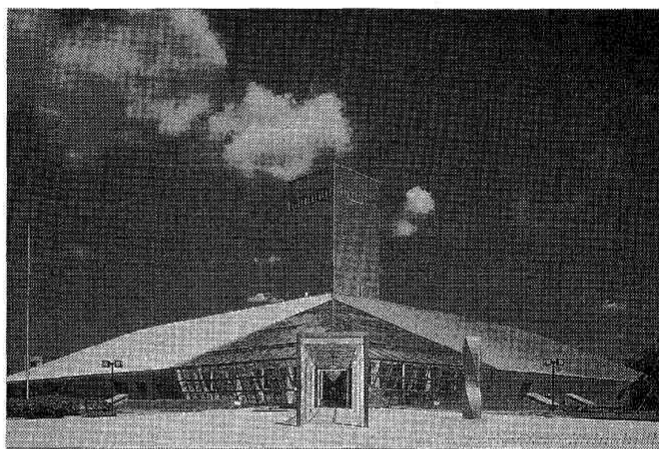


訪 問 記

TOKYO GAS

ガ

Ⅰ AE女性研究員取材チーム



今回は、東京都江東区豊洲にある『ガスの科学館』に、木村・清水の二人が行って参りました。二人とも社会人1年生、初めての取材とあって少々緊張気味。果たして無事レポートすることができるのでしょうか。

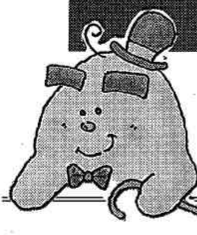
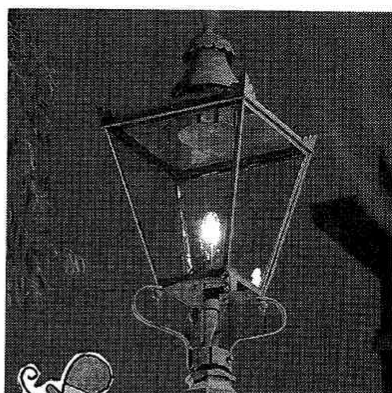
温かい目でお読み頂ければ幸いです。

地上45mのパノラマルームに入って開口一番「うわあ、すごい!」。展望写真を参考に、ディズニーランドや最近オープンした「恵比寿ガーデンプレイス」を探す私たち。「最近の写真が追いつかないくらい、まわりにビルがどんどん建ってしまっていて……。」とは、私たちの案内をして下さったコンパニオンの今井さんのお話。すかさず、「夜景はとてもきれいなんでしょうね。夜も見学できるんですか?」「いえ、夕方4時半までですから。」それは残念!……ではなくて、「取材」でしたね。現実に戻りましょう……



パノラマルームからの眺め

ス 科 学 館 の 学



キャラクターのプーカくん

『ガスの科学館』の誕生

『ガスの科学館』は、東京ガス株式会社創立100周年記念事業の一環として、1986年3月に開館しました。「ガスがどのように作られ、運ばれ、利用されているのか」を、展示物だけではなく、楽しい実験をまじえながら紹介しています。「10月～11月は来館者のピークで、1日約450人になりますね。」館長代理の武笠さんはさらりとおっしゃいました。私たちがお邪魔した日も、小学生の団体（社会科見学でしょうか）や地元江東区の見学会の方々が来館していましたが、見学コースを変えたり、ずらしたりして、ゆつくりと展示物や実験を見られるよう、配慮されていました。「都市生活に欠くことのできないガスについての知識を深め、同時に親しみを持っていただく」という開館の目的が、至るところでかたちになっていると言えます。

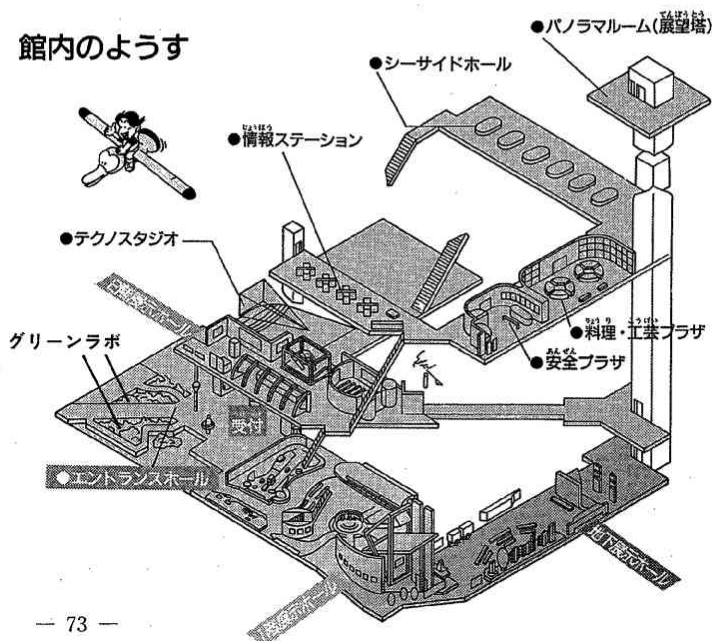
* グリーンラボ *

ガスの科学館を訪れて、最初に目に入ってきたのが、エントランスホールへの通路の両側にある『グリーンラボ』でした。

ガスによって温度コントロールされた（熱帯・温帯・アルプス）の3つのルームにわかれ、都市ガスは快適な環境を自由に創出できるという事実を端的に示している実験温室です。

「熱帯ルーム」の内部は熱帯雨林気候で、最低気温は20℃。毎日ぬるま湯の「雨」が降るそうです。湿度が80%もあり、バナナやパイナップルなどがつくられていましたが、まだ食べごろではなかったものでちょっと残念でした。

館内ようす



「温帯ルーム」では、トマトやバラ、ピーマンなどの、人間が安全に制御する水耕栽培・礫耕栽培が行われていました。水耕栽培のトマトの葉は、しわしわになっていましたが、大丈夫なんだそうです。たまにお客さんで取っていつてしまう方がいるのもうなずけるほど、真っ赤に熟したおいしそうなトマトでした。

「アルプスルーム」の最低気温は10℃、最高気温は25℃で、アルプスの厳しい冬がありません。人工的に花の開花時期を変えているため、1年中高山植物が咲いているそうです。



熱帯ルーム

* LNGを運ぶ *

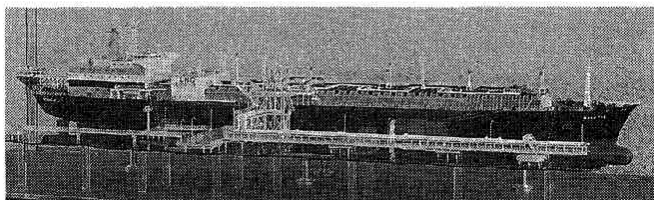
地下数千メートルから採掘された天然ガスを消費地へ輸送する手段は、陸上のパイプラインと海上のLNGタンカーの2つがあるそうです。地下展示ホールでは、LNGタンカーの模型を示しながら、海上輸送についての説明がなされていました。

タンカーで輸送するために、まず採掘された天然ガスを液化して、容積を1/600にしなければなりません。気体を液化するには、高い圧力をかける・温度を低くする・高い圧力をかけ、かつ温度を低くする、という3つの方法があります。天然ガスの場合、圧縮したり、他の物質を利用して冷却し、最終的には-162℃の液化天然ガス（LNG）にするそうです。

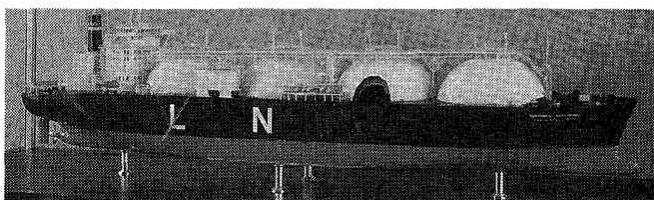
ここでは、LNGのような極低温の世界がどんなものであるかを体験するために、液体窒素（-195.5℃）による花とカラーボールの冷却実験が行われていました。一瞬にして花もボールももろくなり、ボールは上から落とすとこなごなになってしまいました。

LNGタンカーは、このような性質にも耐えられるよう、現在2タイプのものが就航しています。船体の内側に「メンブレン」というステンレス鋼板を張りつけた『メンブレン型』と、LNGを入れるための球形タンクをそのまま積み込んだ『モス型』です。

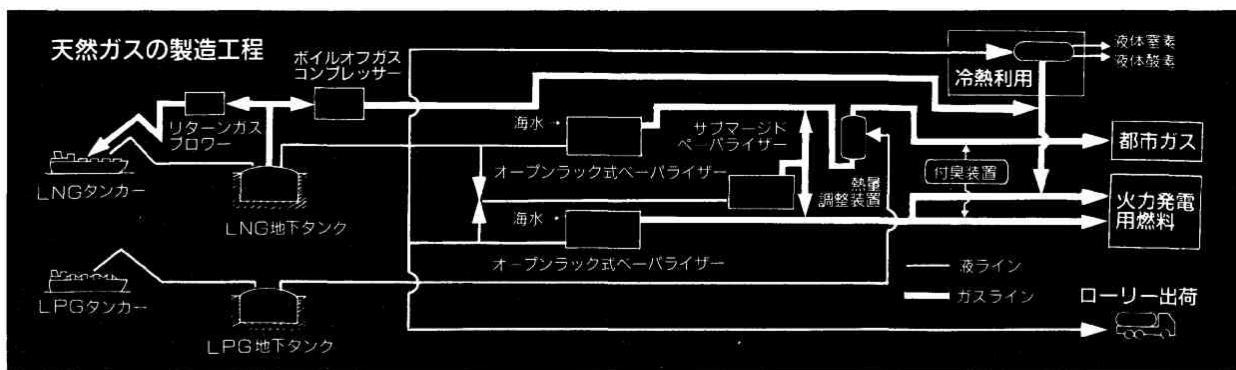
（下写真）



メンブレン型LNGタンカー・パーバティック号
積載量：75,000立方メートル 長さ：257.49メートル



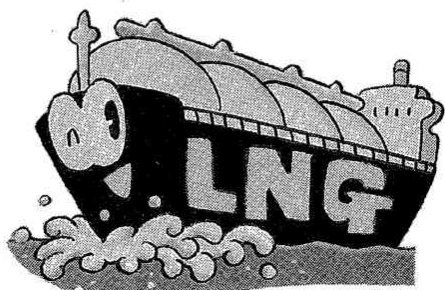
モス型LNGタンカー・ノースウエストサンダーリング号
積載量：129,270立方メートル 長さ：272メートル



* LNGを貯める *

はるばると海を越えてやって来たLNGは『LNG基地』に貯蔵されます。全国に10あまりある基地のすべてが、都市ガス工場や火力発電所と一体となっており、すぐにエネルギーに代えられる仕組みになっています。LNGを貯蔵するタンクは、『地上式』と『地下式』の2つがあり、東京ガスではより安全な『地下式』を採用しているそうです。1階展示ホールでは、LNG基地の設備を東京ガス袖ヶ浦工場の模型で紹介しています。

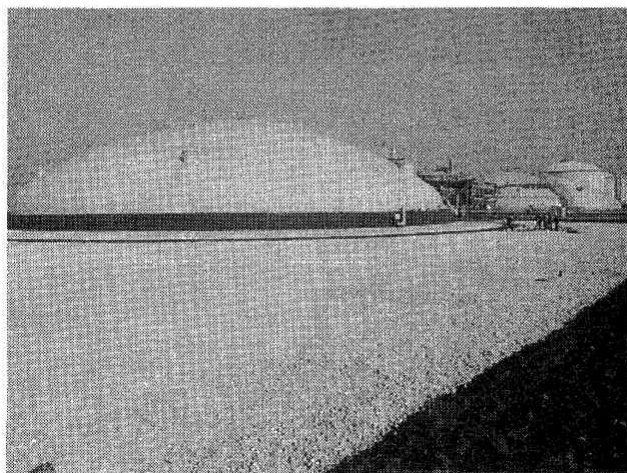
地下深くから採り出された天然ガスですがここで再び『LNG地下タンク』に貯蔵されます。このタンクに、14万k ϕ ・一般家庭約20万戸が一年間に使うガスに相当するLNGを入れることができるそうです。しかも、低温等にも耐えられるよう、タンクの内壁にメンブレンを張り、周囲の土温を一定に保つため外壁と底板にヒーターを入れるなど、複雑な構造からなっています。このタンクを一基造るのに、およそ3年かかるそうです。



* LNGから都市ガスに *

タンクに貯蔵されたLNGは、海水で温められ、気体に戻されます。そして、ここで初めて臭いがつけられます。とても驚いてしまったのですが、あの『ガスの臭い』は、後で付けられたものだったんですね。「甘い匂いもつけられますが、そうするとガス漏れに気づかないという危険がありますから。」(今井さん)。臭いづけには、昔使われていた石炭ガスの臭い(硫化物の臭い)を利用しているそうです。なるほど、と大いに納得したのでした。(フムフム)

こうして『ガス臭くなった』天然ガスは、パイプラインのネットワークを通して家々に送られてゆきます。



袖ヶ浦工場のLNG地下タンク群

* 環境に優しいガス冷房 *

『ガス冷房』には、大型の「吸収式冷房装置」と中小型で冷暖房が可能な「GHP（ガスエンジンヒートポンプ）」の2種類があります。ガスの科学館では、東京ドームや両国国技館など様々な所で利用されている『吸収式冷房装置』を紹介しています。吸収式冷房装置は天然ガスを使うため、空気を汚すことはほとんどなく、オゾン層を破壊するフロンも使っていないので環境にもやさしいと言えます。

〔ガス冷房（吸収式冷房）装置のしくみ〕

ガス冷房装置には、4つの真空中に近い状態（1/100気圧）の部屋があります。

それでは各部屋ごとに、ガス冷房のしくみを見てみましょう。

① 蒸発器

真空の容器の中に、水の流れるパイプを通して、上から水滴を落とします。1/100気圧のとき水は5℃で沸騰するため、水滴は、パ

イプの中を流れる水から熱を奪い、蒸発します。水は蒸発するときに大量の熱（1/100気圧のとき594cal/g）を奪うため、パイプの中の水は冷えます。この冷えた水に空気を吹きつけて送り出せば、冷房となります。

② 吸収器

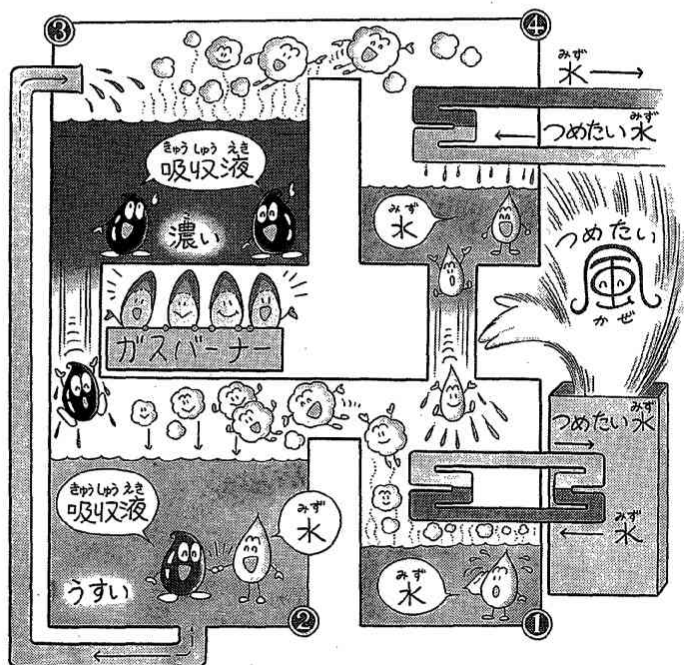
蒸発した水は水蒸気になりますから、水蒸気をたくさん吸収する性質をもった臭化リチウムの水溶液で吸収します。

③ 再生器

水蒸気を吸収して薄くなった吸収液を再び元の状態に戻します。ここで、ガスの炎の登場です。ガスバーナーで吸収液を加熱すると、ふくまれていた水分は蒸発します。そして、元の濃さに戻った吸収液は、再び吸収器に戻します。

④ 凝縮器

蒸発した水蒸気は、冷やして水にしてから、蒸発器に戻します。



このように、
ガス冷房は、蒸発・吸収・
再生・凝縮の基本サイクル
を繰り返しながら行
われています。



コンパニオンの今井さん

*** おわりに ***

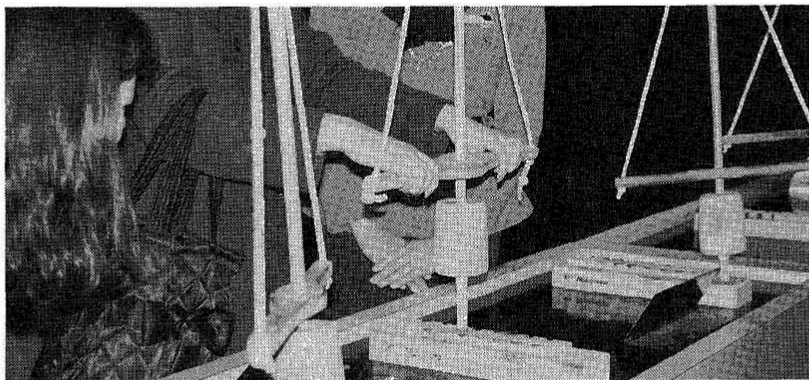
ウォーターフロントというお洒落な場所にあるガスの科学館からの眺めは、とにかく「最高!」の一言でした。また、専用栈橋があり、地上からだけでなく、海上ルートを利用して来館することもできるそうです。

いたるところに見られた見学者の好奇心をそそる工夫や、コンパニオンの方のわかりやすい説明によって、今まで何気なく使っていたガスがより一層身近に感じられました。

最後になりましたが、お忙しい中快く取材に御協力くださいました館長代理の武笠さん、今井さん他、皆様に厚くお礼申し上げます。



館長代理の武笠さん、今井さんを囲んで



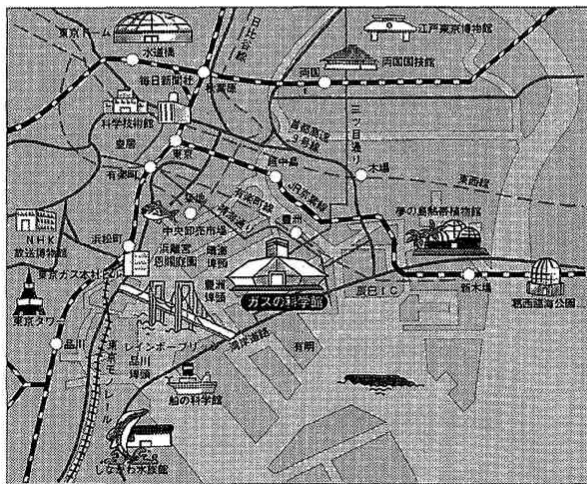
火おこしも体験しました

Information

ガスの科学館

GAS SCIENCE CENTER

- 所在地 〒135 東京都江東区豊洲 6 丁目 3 番16号
- 電話 03-3534-1111
- 開館時間 9:30~16:30
- 休館日 日曜日、祝日、年末年始
会社特別定休日
- 入場料 無料。ただし団体でご予約ください。
- 見学所要時間 約90分。見学コースはすべてコンパニオン
がご案内いたします。



個人見学の日 原則として土曜日、午後2時から個人見学ができます。予約制ですので、「ガスの科学館」までお申し込みください。

研究所のうごき

(平成6年10月1日～12月31日)

◇ 第15回評議員会

日 時：11月17日 (木) 15:00～17:45

場 所：経団連会館 (9階) 901号室

議事次第

1. 平成5年度 事業報告および収支決算
2. 平成6年度 事業計画および収支予算
3. 講演「水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術 (WE-NET) の研究開発について」
(WE-NETセンター プロジェクトマネージャー 福田健三)

◇ 月例研究会

第118回月例研究会

日 時：10月28日 (金) 14:00～16:00

場 所：航空会館6階 中ホール

議 題：

1. 高レベル放射性廃棄物処分について
(高レベル事業推進準備会 <SHP> 事務局長 木佐木 裕氏)
2. 欧米の廃炉対策動向について
(主管研究員 中山雄幸)

第119回月例研究会

日 時：11月25日 (金) 14:00～16:00

場 所：航空会館6階 中ホール

議 題：

1. 「気候変動枠組み条約」に基づく国別報告書
(環境庁地球環境部 環境保全対策課 課長補佐 荒井真一氏)
2. 電力会社の地球温暖化対策について
(中央電力協議会 技術開発部 CO₂ 対策技術専門部会 主査 清原正高氏)

第120回月例研究会

日 時：12月16日 (金) 14:00～16:00

場 所：航空会館6階 中ホール

議 題：

1. 自治省の廃棄物発電政策について
(自治省財政局 公営企業第二課長 中山啓一氏)
2. 厚生省の廃棄物発電政策について
(厚生省生活衛生局 水道環境部 環境整備課長 三本木 徹氏)

◇ 主なできごと

- 10月4日(火)・第2回原子炉総合数値解析システム実用化検討委員会
- 7日(金)・第1回低質燃料利用高効率発電技術調査委員会
- 11日(火)・第1回高効率発電技術調査委員会
・第1回天然ガス開発利用促進調査掘削・開発・生産WG
- 11日(火)・第2回都市エネルギーセンター～12日(水) 導入にかかわる調査・検討WG
- 12日(水)・第1回自動車用CGT社会適合性調査委員会
- 18日(火)・第1回炭化水素類排出低減技術調査委員会
- 19日(水)・第1回天然ガス開発利用促進調査地質・物性・探査WG
- 24日(月)・第1回A-PFBC発電システム調査委員会
- 26日(水)・第1回国際的視点に立った将来軽水炉の設計のあり方に関する調査委員会
- 28日(金)・第2回地球環境対策技術調査研究委員会
・第2回天然ガス開発利用促進調査掘削・開発・生産WG
- 31日(月)・第2回負荷集中制御専門委員会
- 11月2日(水)・第1回TRU廃棄物中深地層処分シナリオ調査検討委員会
- 4日(金)・第1回長期電力需要要因分析委員会
- 7日(月)・第1回次世代ハウスエネルギー供給利用システムの研究専門委員会
- 8日(火)・第1回メタノール利用発電技術総合評価調査委員会
- 11日(金)・第1回家庭用等夜間電力最適運用機器システム検討委員会

- ・第16回原子炉安全数値解析高度化委員会
- 11月15日(火)・第2回天然ガス開発利用促進調査地質・物性・探査WG
- 15日(火)・第2回エネルギー需給構造に
- ～17日(木) 関する検討委員会
- 16日(水)・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普及促進調査委員会
- 17日(木)・第2回低質燃料利用高効率発電技術調査委員会
- 22日(火)・第2回実用発電用原子炉廃炉技術調査委員会
- 28日(月)・第3回原子炉総合数値解析システム実用化検討委員会
- ・第2回地層処分研究委員会
- ・第2回WE-NET革新委員会
- ・第3回天然ガス開発利用促進調査掘削・開発・生産WG
- 29日(火)・第2回FBR新技術フィージビリティ調査検討委員会
- 30日(水)・第3回天然ガス開発利用促進調査地質・物性・探査WG
- 12月5日(月)・第1回非在来型天然ガス基礎調査委員会
- 6日(火)・第3回都市エネルギーセンター導入にかかわる調査・検討WG
- 8日(木)・第2回含酸素燃料に関する調査委員会
- 9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
- ・第2回WE-NET総合委員会
- 13日(火)・第2回国際的視点に立った将来軽水炉の設計のあり方に関する

調査委員会

- 14日(水)・第3回WE-NET安全委員会
- 16日(金)・第1回メタノール利用発電技術総合評価調査作業会
- 20日(火)・第4回エネルギー環境予測検討委員会
- 21日(水)・第4回天然ガス開発利用促進調査掘削・開発・生産WG
- ・第1回天然ガス開発利用促進調査合同WG
- ・第1回石炭灰有効利用拡大技術調査委員会
- 22日(木)・第2回長期電力需要要因分析委員会

◇ 人事異動

○10月31日付

(退任)

エネルギー技術情報センター長 石崎一夫
(依願退職)

プロジェクト試験研究部 主任研究員

杉本雄二(出向解除)

○11月1日付

(昇任)

エネルギー技術情報センター専門役兼プロジェクト試験研究部副主席研究員 小川紀一郎

エネルギー技術情報センター長兼プロジェクト試験研究部副主席研究員を任命

(採用)

大木昌美 非常勤嘱託を委嘱

(期間は平成7年3月31日迄)

編集後記

1995年が幕開けた。

21世紀入りを後6年に控え、世界の動き、特にエネルギーと環境に関する論議はいやが上にも緊迫化の様相を呈してきている。本号が、それにふさわしい内容を伴ったものであるかは読者のご批判を仰ぐとして、本号の構成と特徴を紹介すると次のとおりである。

巻頭言は「21世紀への夢」というテーマで、(株)日本電機工業会専務理事の永井信夫氏に寄稿頂いた。新しい技術の開花に対しては、的確な技術予見と困難の中でも信念を持って遂行することの重要性を強調されている。

対談は、(株)日本動力協会会長の宮原茂悦氏と山本理事長の対談で、本号の目玉記事ともいえる。主に宮原氏を語り手として、同氏の有される発電技術分野における豊富な経験と卓越した見識を基に、本年秋開催予定のWEC国際会議の意味、今後日本が目指すべきエネルギーと環境対応上の方向性等につき、鋭い洞察を踏まえて語って頂いた。現在、エネルギーと環境問題に携る諸兄に大いに参考にして頂けるものと考ええる。

エネルギー政策上の紹介記事として、昨年末閣議決定された「新エネルギー導入大綱」の概要を当所藤間企画部長が取りまとめた。昨年9月に閣議決定された「長期エネルギー需給見通し」とともに、2000年、2010年に向けての新エネルギー政策に関する政府の公式

計画として発表された意義を、年の初めに今一度確認する意味は少なからずあるとして、速報的に紹介したものである。

今回のエネテクトドリームは、「長期エネルギー需給見通し」でも述べられている将来の石炭大量利用時代を予見して、その排出灰の量・規模から紐解いて、従来要領（国産みの技）にとらわれないで新たな発想からの有効利用（国造りの技）の必要を提案されている。これも、将来に向けての夢あるいはヒントとして関係者に興味を持って読んで頂けるものと考ええる。

最後に、毎号の一つの目玉記事である当所女性取材チームの「訪問記」は、今回は、東京ガス(株)「ガスの科学館」の見学記事である。LNGの輸送、貯蔵から利用技術にいたる技術の特徴をイラストも織りまぜ平易な紹介となっている。入社1年目のメンバーによる訪問であるが、本来無臭のLNGが家庭用として送られる際、わざわざ安全のため臭いを付けられる説明を聞き驚いたくだりに見られるように、新鮮さにあふれた探訪記となっている。

今後とも、毎号魅力ある記事を満載した「季報」とすべく、事務局方一同新年を迎え決意を新たにしているが、更に魅力あるものとするために読者諸兄からの率直なご意見、ご叱正等をいただければ幸いである。

(小川 紀一郎 記)

季報エネルギー総合工学 第17巻第4号

平成7年1月20日発行

編集発行

財団法人 エネルギー総合工学研究所

〒105 東京都港区西新橋1-14-2

新橋SYビル(6F)

電話 (03) 3508-8891

無断転載を禁じます。(印刷) 和光堂印刷株式会社