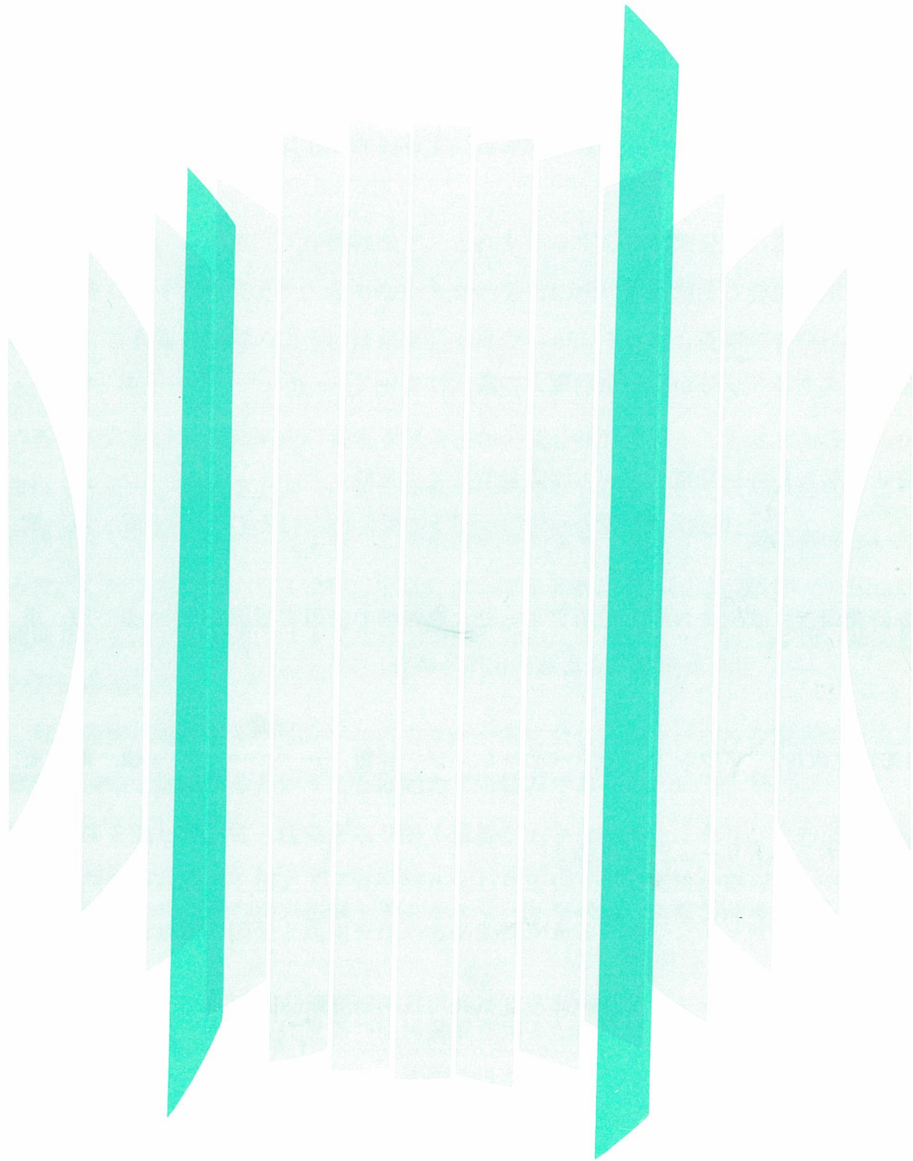


季報 エネルギー総合工学

Vol. 15 No. 2 1992. 7.



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】 わが国における技術進歩と国際貢献 ……東京電力㈱取締役副社長 宮 原 茂 悦…	1
【座談会】 21世紀の火力発電技術について ……佐々木 宜 彦…	2
竹 内 哲 夫	
吉 澤 均	
大 塚 益比古	
【寄稿】 分散型電源と系統連系 ……小 林 哲 郎…	12
【寄稿】 新エネルギー等からの余剰電力の購入について ……木 村 滋…	18
【調査研究報告】 各種発電システムの定量的リスク比較 —健康および環境へのインパクトの視点から—(その1) ……谷 口 武 俊…	30
【調査研究報告】 欧州における船用ディーゼル燃料油の使用実態調査 ……赤 田 卓 己…	43
(A重油製品品質適正化海外調査)	
【調査研究報告】 「グランドソーラーチャレンジ」詳報 ……板 本 直 樹…	54
【随想】 エネテクトリーム21 (その2) 「電力を船で運ぶ—海外クリーンエネルギー輸送技術の夢」 ……与志耶 劫 紀…	64
【訪問記】 おっかなびっくりエレパル&電気利用技術研究所訪問記 …………… I A E 女性研究員取材チーム ……	74
研究所のうごき ……	80
編集後記 ……	82

巻頭言

わが国における技術進歩と国際貢献

東京電力株式会社

取締役副社長 宮原茂悦



いよいよ21世紀まで残すところ9年余りとなったが、今世紀を振り返ると、わが国における技術の進歩と経済の成長にはまことに目覚ましいものがある。日本は狭い国土に多くの人口を抱え、天然資源はほとんどないにもかかわらず、世界的な経済国となれたのは高い技術を実現したからにはかならない。

エレクトロニクス、自動車、工作機械など、どれをとっても技術開発への経営者の決意、技術者の情熱、また、それを支えた、名もない人々の努力に深い感銘を受ける。電力分野における技術進歩は、これらの分野のように華々しくはないが、それでも近年の変化には大きなものがある。

産業の各分野における技術革新の貴重な歴史を体系化し残しておくことは、今後のわが国の技術進歩はもとより、発展途上国への技術移転のためにも有益なことであり、最近、このような歴史の保存、活用を組織的に行なおうとする機運が高まっていることは誠に喜ばしい。

ところで、この5月12日から3日間、東京においてIEAによる国際会議(New Electricity 21)が開催された。この会議にはIEA非加盟国も含め、海外から200名、国内から600名という多くの方が参加した。

特に、電力産業に関係するハイレベルの方々一堂に会し、グローバルな観点から電力技術と経営戦略について議論するということは初めての試みであった。

会議での議論を通して、電力産業を取り巻く情勢が大きな転換点にあり、その活動が資源、環境、技術の問題から国境を超えてグローバル化したという共通認識が得られ、さらに、各国が国際的な視野で新技術の開発と適用を進める必要があるとのコンセンサスに達し、大変意義深いものであった。

今後、発展途上国などを中心に世界の経済発展を図るためには、特に電力分野において、環境を積極的に改善する技術革新が求められるのではないかと思う。また、これらの諸国への技術移転を期待されるわが国として、技術そのものだけでなく、その背後にある技術革新の歴史やプロセスについても紹介できれば、より効果的な貢献ができるのではないかと思う。

座 談 会

21世紀の火力発電技術について

佐々木 宜彦 (資源エネルギー庁公益事業部発電課長)
竹 内 哲 夫 (東京電力㈱取締役火力部担任)
吉 澤 均 (財)エネルギー総合工学研究所専務理事)
司会 大 塚 益比古 (同研究所エネルギー技術情報センター長)



司会 きょうはお忙しいところをお集まり下さいまして有難うございました。

早速ですが、佐々木さんは最近通産大臣に随行されて中国を訪問されたと伺っております。せっかくの機会ですので、初めにそのお話をちょっとお聞かせ願えればと思います。

佐々木 今回の通産大臣の訪中では、今後の日中の環境問題協力のために日本側からグリーンエードプランの提案をし、中国側は期待を表明するといったことにありました。他にもいくつか課題がありましたが、主な目的の一つはそれです。

中国の電源設備はいま1億4千万キロワットくらいです。日本が1億2千万人の人口で約1億9千万キロワットの発電設備をもつのに比べて、中国は人口が11億です。いま第8次5ヵ年計画ということで1990年から1995年までの間に年率7～8%くらいの経済成長を目指しています。その5ヵ年計画の中でも最も力を入れているのがエネルギー需給改善でして、とりわけ電力需給対策が大きな課題とされています。

ご案内のように中国の電力はその8割が石炭によっています。5ヵ年計画では新設火力

には電気集塵器をつけることははっきりしているのですが、既設発電所の脱硫設備についてはほとんどゼロと考えていい状態です。

わが国からの提案は、高硫黄炭を燃料とする中国内の既設火力発電所2ヵ所を選んで、脱硫効率50%以上の比較的簡易な2種類の脱硫方式について実証試験を行うものです。この実施を通して脱硫技術が中国に移転されることになれば中国の環境対策に資するところが大きいと考えております。

わが国は化石燃料の燃焼から年間約110万トンのSO₂を排出していますが、中国はその10倍以上を排出しています。中国はこれまで、日本の酸性雨に影響するようなことは考えられないという立場でしたが、今回は国家計画委員会担当の鄒家華副総理が「揚子江の沿岸に約2千万キロワットの石炭火力発電所があって、その近辺の農作物に亜硫酸ガスによる被害が顕著に出てきている。風が吹けば、日本にもこれが及ぶということはあることだ」という話をされ、去年あたりの酸性雨の影響に関する調査の際の中国の対応とは相当変わってきています。これは中国の改革・開放路線が本格化してきたことの現れで後戻りすることはないと思われます。

日本側から提案した脱硫モデル実証事業は約9年間をかけてやろうとしていますし、中国側は1995年からの第9次5ヵ年計画で新設火力には本格的な脱硫設備をつけていきたいということで、タイミングの点ではマッチしています。ただ、中国の場合は環境問題と言っても資金問題が非常に大きな問題になるので、今回の脱硫実証のコストがどこまで下げられるかに非常に強い関心をもっています。

司会 日本は豊かな国ですが、世界全体を考

えると中国に限らず脱硫・脱硝のコストを下げることは非常に大きな課題になりますでしょうね。

竹内 私はある時期、石炭火力の脱硫・脱硝の技術開発を手掛けましたが、わが国では昭和40年代からばい塵対策に始まって脱硫・脱硝と取り組んで来ました。ご参考までに現状を申しますと、中国との比較ではなくて先進国つまりアメリカ・ドイツ・英国・フランス・カナダの5ヵ国平均との比較ですが、わが国の火力発電所から大気への排出量はキロワットアワー当たりでSO_xで約8分の1、NO_xで約5分の1というレベルにあります。

いま佐々木さんのお話を伺っていて、中国をはじめ発展途上国に対しては特に資金問題を重視した異なったアプローチが求められていると思いました。国内ではいわば完全処理型でやってきましたが、途上国に対しては相手の実情をよく聞いて取り組む必要があると思います。

司会 それに関連して中国あたりは脱硝についてはまだ関心を示していないのでしょうか。

佐々木 脱硝やCO₂問題は中国にとってはまだまだ先の話だといっています。とくにCO₂問題に関しては、これまでのCO₂排出は要するに先進国のせいであり、我々がこれから発展していくときに、CO₂が足かせになって経済成長が妨げられるということはあってはならないこととはっきり言っています。

NO_xに関しては、まず脱硫を進めて、それからの話だということです。

吉澤 わが国のことを思い返しますと、脱硫・脱硝のコスト負担は当時わが国でも相当深刻な問題でしたが、実際には排煙脱硫を本

格的に実施する段階で第1次石油危機に会い、排煙脱硝の本格的実施の段階で第2次石油危機に会って、それに伴って電気料金が大幅に改定され、脱硫・脱硝コストが総括原価の中に組み入れられました。昭和60年以降の石油価格の下降による差益還元後の電気料金体系のもとでも公害対策コストは維持されています。

司会 それでは中国がらみのお話はこのあたりにして今日の本題に入らせていただこうと思います。

今日の座談会の標題は「21世紀の火力発電技術について」とさせていただきますが、火力発電技術そのものの話に入ります前に、その前提として、21世紀には火力発電に対してどういうことが求められるのか、いいかえれば21世紀における火力発電の位置づけといったことについて考えてみたいと思います。

そこでまず佐々木さんからこの点についてお考えをお聞かせ願えませんでしょうか。

佐々木 昨年のことになりますが、電力会社の火力部長をはじめ、電力中央研究所や中央電力協議会の方々にお集まりいただいて、21世紀発電技術懇談会を設けました。懇談会の議論として、一つには地球全体の有限な資源のなかでわが国がどの程度まで化石燃料を利用可能であるのか、そしていま一つには地球環境問題とくにCO₂の排出抑制にどう対応するかといった問題があったわけです。

2010年までについては、すでにエネルギー長期需給見通しおよび電力の長期需給見通しが策定されています。需給計画策定の問題認識としては、第一に地球環境問題があり、第二に石油需給の問題がありました。IEAが

1990年に取りまとめた見通しも、途上国における石油消費量が2005年には現在より64%程度も増加すると予想され、国際的に石油需給は逼迫する恐れがあります。第三に、わが国の最近の電力需要は大きく伸びつつあって2000年までに年3%弱の増加が見込まれています。このような状況のもとで電力に関しては今後も供給力の確保を図る必要があるわけで、非化石エネルギーによる発電利用に努め、省エネルギーを徹底すると同時に、引き続き一定規模の火力発電の開発利用を進めることが必要と考えられているわけです。

昨年我々が議論しましたのはさらにその先の問題でして、化石燃料を燃やして電気をおこすというやり方が技術上のブレークスルーによって継続していけるのか、あるいは根本的に社会システムを変えざるを得ないのか。また将来はCO₂を排出しないで電気をおこせる技術に切替えていくのか、その切替えができるまでの間は化石燃料を焚かざるを得ないとか、いろんな論点があるのですが、当面の二、三十年について考えれば、火力発電に携わる技術者がもっと自信を持って計画を立て、かつ技術開発の目標を明らかにすることが必要だということです。そこで2050年に至るまでの間に、石炭火力なりLNG火力の発電効率を高めていくとともに、化石燃料以外の電源の投入と合わせて炭酸ガス排出量をどのように抑制していけるかという議論をし、そのための試算をしてみました。

その結論を申し上げますと、2010年以降年増加率2%くらいの電力需要を考えますと、2050年には4億5千万キロワットくらいの発電設備が要る時代になる。その100%を原子力というわけには電源構成上も参りませんか

ら、原子力のシェアを4割位までとしても1億5千万キロワット程度のかんりの原子力発電所を作らなければならないことになります。一方、火力発電所の高度化あるいは高効率化の路線を確立することによって、2000～2005年の間には1990年のCO₂の排出レベルよりも引き下げることができるというシナリオを描くことができるということを勉強しました。

特に、石炭火力については相当に加速した技術開発が必要だというシナリオになりました。

いま描ける技術として加圧流動床発電やガス化複合発電があり、その次に来るものとして熔融炭酸塩や固体電解質型燃料電池とかMHD発電—これはもしかすると2050年あたりのことかもしれません——そういう手段で高効率化を図っていけば、CO₂問題に対して一つの見通しが得られるのではないかという勉強を致しました。

また都市近郊のLNG火力の有用性は認識しつつも、2020年ないし2030年以降もLNG火力をどんどん増やしていくことは資源論から言ってもなかなか難しいのではなかろうか。そうだとすれば石炭火力の位置づけを一層明確にしなければならないわけです。

ところでいまの話は電力の立場からだけの議論です。電力が化石燃料を燃やすことによるCO₂の排出は、日本全体の排出量の約3分の1くらいであって、他に自動車もあり、社会のいろいろな分野からCO₂は出てきます。将来のCO₂排出抑制問題に対しては幅広い議論が必要です。いま、通産省の工業技術院では水素エネルギーの可能性とか太陽エネルギー利用についてもっと議論を深めていこう

ということで作業をしていると聞いています。

わが国の経済社会システムを大きく変えてまで対応しようということになれば、水素自動車や公共輸送機関に水素を使うことも可能かもしれないし、水素を燃やすガスタービンなど今のところは夢のような話ですが、本当に戦略として位置づけるとすれば、別の議論をもっと始めなければなりません。平成5年以降の新しい施策展開の中で資源エネルギー庁と工業技術院が共同で21世紀における水素エネルギーに関する戦略を共同で練っていこうということになるかもしれません。

司会 21世紀を展望した幅広いお話を伺いましたが、竹内さんからは、電気事業者のお立場からのご意見をお聞かせ願えませんか。

竹内 いまの佐々木さんのお話にありました21世紀に向けた発電技術懇談会の場で新しい発電方式を含めたシナリオづくりをいろいろと勉強致しました。

いうまでもなく電気事業者としてはお客さんへの電気の供給を全うすることが第一の要素になります。CO₂問題を解決する一番の近道は原子力でしょうけれども、全て原子力というわけにはいきませんから、今後も電源のベストミックスを図っていかなければなりませんし、そのためにはCO₂問題などで環境にやさしい火力発電を実現していかなければならないわけで、そのために現在の技術の延長線上で進められることとしては熱効率を上げることにはほかなりません。

熱効率を上げるにはいくつかのやり方が考えられますが、例えば現在私ども東京電力ではACCと申しまして、ガスタービンの温度を高めることによって、現在43%程度の熱効



竹内 哲夫氏

(東京電力㈱取締役火力部担任)

率をもっと上げる。すでに横浜火力では48%を目標にした計画を進めておりますが、2000年を超える頃には50%台も夢ではないというところに来ています。

例えば熱効率が40%から50%に上がれば、燃料の消費量は25%節減できるわけですし、CO₂発生量もそれだけ減るわけです。

いま石炭利用をめぐるいくつかの新しい発電方式が考えられておりますが、我々としては将来発展する余地の大きな方式にとくに魅力を感じており、その点でいま国が非常に力を入れておられるIGCC—石炭ガス化複合発電—などはその一つであります。しかし発展する余地の大きなものほど逆に開発すべき課題も多く、国のプロジェクトの現場（勿来）には電力会社からも多くの人間が出向して、実地に参加しております。

司会 21世紀での火力発電の位置づけということでお話を伺いましたが、お話をまとめでみますと、今後省エネルギーその他に努力するとしても電力需要はこれからも伸びて2050年頃には4億5千万キロワット、つまり今のレベルの2倍半近いものになるだろう。したがってその時代には原子力発電が頑張ってく

れなければ困るわけですが、かといって原子力で全部を賄うこともできないわけで、火力発電は今以上に増え続けることだろう。その中で環境問題とくにCO₂問題を考えれば、LNGが石炭や石油より有利なことはわかっていても、我々日本だけが好きなだけ使えるといった事情にはなりそうにない。といったことで21世紀になっても火力発電は非常に重要だし、なかでも石炭火力はむしろ増やしていかなざるを得ない。そうだとすれば今後の石炭火力をどういう方向に開発していくのか、そのねらいをはっきりさせ、今後の技術開発を促進しなければならない、といったご主旨だったと思います。

そこで本題の火力発電技術の話に入りたいと思います。

いま国が進めておられるプロジェクトの主なものについて、すでに一部話が出ておりますが、その概要や今後の見通しなどについて佐々木さんからお伺いしたいと思います。

佐々木 将来の石炭火力の役割については先程申し上げましたが、発電効率を向上させて資源の有効利用を図るとともにCO₂の排出を抑えて地球温暖化防止に寄与するという見地から超々臨界圧蒸気タービン発電技術（USC）や各種の複合サイクル発電技術の開発を進めております。

現在福島県いわき市で石炭処理量200トン／日の噴流床石炭ガス化複合サイクル発電のパイロットプラントによる実証試験を行っていますが、この方式では微粉炭をバーナーからガス化炉内に噴射し、高温下で空気が酸素と反応させてガス化した上で、そのガスで複合発電—ガスタービン発電と汽力発電の組み合わせ—を行うものでして、発電端効率で

46%以上が期待されておりまして、21世紀初頭の石炭火力技術の中核になるものと期待されています。

加圧流動床ボイラ複合サイクル発電（PFB C）は、炉内で石灰石と石炭を流動状態で燃焼させるものでして、発電端効率が44%以上と期待されているばかりでなく、炉内で脱硫が行われるものです。現在電源開発㈱若松総合事業所で7万kWクラスのパイロットプラントを建設中です。

超々臨界圧蒸気タービン発電の場合は、蒸気タービンへ送られる蒸気を650℃、350kg/cm²という高圧・高温の状態にすることによって、約43%の高効率発電を行おうとするものでして、これについてはすでに昨年度で実証試験を終えて今年度はその最終評価を行うことになっています。

いま申しました技術は2000年初頭の実用化を目指しておりますが、その後続くものとして、アドバンスドタイプの加圧流動床複合発電、石炭ガス化燃料電池複合発電、石炭直接燃焼MHD複合発電などのより新しい発電技術について本年度から長期的な開発のステップを検討して参りたいと考えております。

この種の高効率発電技術に加えて、燃料の多様化を図る観点から新種燃料などの導入を進めることも大切なことと考えておりまして、比較的クリーンで取扱いやすいメタノール発電の開発にも取り組んでおります。メタノールをボイラー中で燃焼させますと排ガス中の水分が多いために熱損失が大きいのですが、ガスタービンに用いる場合にはそのような効率の低下はありません。またメタノールは低温で改質反応が可能ですので、プラント



佐々木 宜彦氏

（資源エネルギー庁公益事業部発電課長）

の排熱を利用して改質を行えば熱効率の向上を図ることができます。今年の5月から広島県大崎町にあるパイロットプラントで実証運転を始める予定になっています。

また近年の地球環境に対する意識の高まりやエネルギー有効利用の観点から、廃棄物発電の高効率化が望まれておりまして、昨年からNEDOへの補助事業として耐腐食性のスーパーヒーター用材料などの開発を始めております。

なお補足致しますと、国が実施する技術開発だけでは実機の導入までにはどうしても限度がありますので、その点で補助金や低利融資など十分なインセンティブが働くような措置についても配慮する必要がありますし、国際的な共同研究や他国との技術協力などについても積極的に取り組んでいく必要があると考えております。

司会 どうも有難うございました。

いまのお話を伺いますと、石炭火力に関しては当面の技術開発の中心は加圧流動床とガス化複合発電と理解してよいかと思われませんが、双方の比較ということではどういうことが言えますでしょうか。

佐々木 いま申しましたように加圧流動床につきましては国の実証試験を進めつつ、電力会社が実機導入を平行して進めていこうという状況にあります。これらは1,300℃級です。一方ガス化複合発電の場合も当面1,300℃級です。電力の方々から、双方の技術と比較して、それぞれの一長一短をお聞きしているのですが、まだ本命がどちらになるかはわからないのが実情です。

加圧流動床の場合、最終的に問題になるのは送電端での効率がどうなるか、つまり所内用電力をどこまで減らせるかということや、発生する廃棄物の量が比較的多いということの他に、プラントの発電容量をどこまで大きくできるかといったことがあります。

一方、ガス化複合発電についてはいま実証試験運転に入ったところでして、まだ初期トラブルもいくつか出ていますが、大容量化という意味では本命ではないかという意見もあるものの、本命として定着するまでにはまだまだ技術上の課題を詰めていかなければならないという意見もみられます。我々としてはこの二つの技術を加速推進するなかで早く目処をつけたいというのが偽らざる気持ちです。

またこれらの技術が将来融合するかもしれません。それは、さらに将来に何を狙っていくかということにも係わることでして、一つはアドバンスドタイプの加圧流動床ということで1,500℃級になるわけでしょうし、ガス化複合発電の後には本格的な燃料電池による発電ということでしょうが、そこらの見極めができるにはもう少し時間がかかることと思います。

ただ、いま非常に重要なことは、ガス化複

合発電の技術をできるだけ早くマスターしないと次の展望が描けないということだけは非常にはっきりしております。勿来での200トンプラントの運転試験は平成4年度に山場に差しかかります。実機を導入した場合を想定して、技術上の問題を全部つぶすようにということで、必要な金はつけないといけないということで進めています。いずれにしても平成4年度ないし5年度は今後の長期的な石炭火力発電技術路線をひく上で非常に重要な時期であると思っております。

竹内 複合発電について申しますと、我々はLNGを使っでの複合発電では比較的早いテンポで高効率化を実現して来ましたが、石炭の場合には、石炭が含んでいる不純物をどう効率よく取り除くかというところに問題があって大いに悩んでいるわけです。

石炭をガス化した段階で、効率を落とすことなくそれらの不純物を取り除けばよいのですが、これまではガスを一度冷やしてから取るようなことをしていましたが、今回のIGCCで狙っておりますのは乾式と呼ばれる方式でして、生成したガスを高温のまま処理しようとしています。具体的には二、三の方式がありましてその中でいいものを見つきたいわけです。この技術ができれば、後段はガスタービン技術につなげばよいわけですし、また燃料電池が進歩すれば、そのきれいなガスを燃料電池に供給することも可能になるだろうと期待されます。

とにかく環太平洋には多くの石炭資源があり、わが国のように技術を持っている国こそが石炭を使わなければならない時代になってきたといえます。

司会 それでは最後に地球環境問題に触れた

いと思います。この6月にはブラジルで国連の環境・開発国際会議がありますが、これからはどこの国も地球環境問題に十分配慮しながら電源の開発を進めていかなければならないわけで、とりわけ石炭火力の場合それが重要な課題になりますが、それらの点についてご意見をお聞かせ願いたいと思います。

佐々木 私たちは昭和40年代に公害問題を体験したわけですが、今日ではもっとグローバルな意味での環境問題が出て参りました。今後求められる火力発電については環境との調和型の火力発電技術ということになります。

わが国での議論は、少なくとも火力発電に関してはCO₂問題に偏重している嫌いがあると思っています。日本の脱硫・脱硝技術は世界の最高水準に達していることもあって、発電技術に係わる地球環境問題となるとCO₂に焦点が行きやすいことはわかりますが、先ほど中国のお話をしましたように、世界の火力発電所をみれば、ばい塵対策さえできていない発電所がいくつもありますし、脱硫装置のついていない発電所が世界中にどのくらいあるかということを考える必要があります。

わが国には優れた脱硫・脱硝技術がありますが、それをお金のないところに売り込むことはできませんし、コスト的にどこまで下げることができるかということがとても重要なことです。またこの分野は、マーケットがなければ技術開発のインセンティブが働かない分野であることも認識する必要があると思います。

わが国でも、脱硫と脱硝を同時にやる技術とか、脱硫・脱硝に必要な電力量を減らす技術とか、技術開発の余地は残っています。そのような技術開発のためのインセンティブを

どううまく働かせていけばいいのか。それは日本の国際貢献という意味からも必要ではないかと考えております。

酸性雨の問題はヨーロッパあたりで顕著になってきておりますが、お隣の中国からのSO₂排出量が倍々ゲームで増えていきますと、遠からず日本にも酸性雨被害が出てくることは十分予測されることです。また韓国や東南アジア全体でのSO₂排出量も今後増えていくことを考えると、この問題は一国だけの技術なり一国だけの対応で済まない問題であって、互いの協力が必要です。

一方、CO₂の排出問題について申しますと、いま火力発電所から出る排ガスからCO₂を除去して処分しようとする研究開発がいろいろと進められていますが、それが新聞などで大きく取り上げられるものですから、すぐにも出来そうなことと過度の期待を持たれるきらいがあります。

CO₂問題は今では火力発電の立地の際に地元で必ず問題にされますが、この問題は当該発電所の立地対応だけで解決できる問題ではありませんで、CO₂の処理コストはいずれ電気料金になって跳ね返ってくるわけで国民全体で負担することになります。

しかもこの問題は、社会システム全体の中で考えれば、まだいろいろな対応があり得るものです。例えば原子力をもっと増やしたらいいじゃないとか、化石燃料を燃やす火力はある比率にとどめて、他の手段、例えば水素エネルギーに頼れないか、といったこともあります。

経済社会システムを変えていこうということになれば、我々のいまの生活習慣をもう一度見直すことだって、将来のCO₂対策だと思

います。

火力発電所のCO₂処理処分対策技術は本
当のところまだ試験管の段階のものです。そ
の上、それが技術的には可能でも社会に定着
していくには総合コストも含めた上での検討
が必要になります。

火力発電のCO₂対策が今後どうなるかを
今の段階で見極めることは非常に難しいこと
と思っています。将来本当に排ガスから何
パーセントかのCO₂を除去しなければいけ
ない時代がくるかもしれません。それに備え
て今からいろんな芽を出しておいて、その中
から本当に実用化できそうなものは何かを少
しずつ見極めていくのが本当の姿ではないか
と考えています。私としては今の段階で国が
CO₂除去対策技術にどんどん金をかけてい
こうとは考えておりません。技術の芽はたく
さんあった方がいいし、それが少しずつ育つ
中から何を選択するかについて、社会のトー
タルシステムの中で議論され決められたところ
に国が集中して技術開発資金を投入してい
くのがよいのではないかと考えています。

吉澤 いまのお話のなかには重要なポイント
が二つ、三つあるかと思います。

一つはCO₂の直接回収処理は当該発電所
だけの問題ではないし、電力業界だけの問題
でもないということ、第二にはそのためのコ
ストは当然国民全体が負担することになろう
し、また負担すべきであることです。

私は、将来、燃料転換や省エネルギーや熱
効率の向上に努力してもなお対応できないと
きに備えて、CO₂を回収し処分する技術体系
を人類は残さなければいけないと思っている
のですが、そのような技術体系のイメージと
しては、まず第一に工業的な規模で実現でき

る技術であること。つまり大量の排煙を処理
する必要がありますので、反応が速いことが
必要でして、植物で炭酸ガスを固定するよう
な悠長なものでは困る。第二に回収したCO₂
がその回収量に合わせてスムーズに処理でき
る体系でなければならないし、第三にその回
収処理の技術体系は他の産業にも共通に適用
可能なものでなければならない、と思ってい
ます。

最後の条件の各産業に共通に使える技術体
系かどうかに関連して申しますと、排ガスか
らCO₂を回収する技術は、すでに一部C1化
学（炭素原子1個を含む分子を原料とする化
学の総称）の領域で使われていますから、コ
ストは高いけれど技術的な骨格は既にできて
います。だけど、回収後のCO₂を処理する体
系についてはデスクワークに止まっていて技
術開発がほとんどなされていない状況にある
と思います。そこで国としては回収CO₂を迅
速に処理する技術の開発の方に優先的に取り
組むのがよいと考えています。この問題には
人類の文明が21世紀以降も維持できるかどう
かがかかっているわけですから。

竹内 CO₂問題は私どももこの20年間に取り
扱った問題のなかで一番難しいものと受け止
めており、これまでのばい塵やSO_xやNO_x
の問題とは性格を異にしています。

まずその物量ですが、SO_xやNO_xなどは、
含まれる割合が微量であって、排ガスに対し
ppm濃度で議論される量です。CO₂を回収
する技術については割合早く技術的可能性の
目処がつくと思っていますが、CO₂は排ガス
中に多量に含まれており、回収したCO₂をど
うするかというとその物量が問題になりま
す。使用した燃料中の炭素成分に対して約3

倍以上の重量のCO₂が発生するわけですから、処理に必要なコストが問題になりますし、また処理に要するエネルギーが多ければエネルギーの総合効率も問題になります。

もう一点としては、CO₂問題は佐々木さんが話されたようにローカルの問題ではないということにして、それは日本だけの問題ではなく地球全体の問題だということで、そこからシェアの問題が出てきます。地球がどれだけのものを許容できるかとともに、各国の分け前をどうするかの問題が出てきます。

佐々木 吉澤さんのお話を伺っていて確かにそのとおりだと思いましたのは、一番難しい処分という問題に対して国は何らかの方針を明らかにした上で研究投資をもう少し進めるべきではないかといわれた点です。この問題はいろいろな関係各省とも幅広い連携プレーが必要であり、また日本国内だけでなく国際的な広がりでの連携が必要だと思います。

また海洋処分の場合には、現実には一般廃棄物については海域を指定して捨てておりながら世の中ではあまり問題意識を持たれていません。しかし特定の問題になると大騒ぎになることがあるわけですし、技術的研究はもちろんやらねばなりません、安全性の挙証など相当詰めた議論がないと国際的にもなか

なか受け入れられないところがあると思います。だから行政としては国際的なコンセンサスをどうつくるかが重要な仕事のひとつであると思っています。

吉澤 そういう意味で海洋投棄とか処分とか貯蔵とかという言葉は使うべきではないように思います。投棄・処分といった言葉は言語道断ですし、貯蔵というのも後で始末するのにもう一度手をかけるといった感じがあって賛成できません。

私が提案しているのは「化石燃料は地下にあったものです。人間は、人間の居住環境の下に埋まっていた化石燃料つまり太陽エネルギーを採掘して使い、それを人間の居住環境のレベルより下に戻すのであって、そういう意味で還元という言葉を使うべきだ。」ということです。

司会 興味あるご提案ではありますがその議論は簡単に終わりそうもない気が致します。それに予定の時間も少し過ぎましたので、今日はこの辺で終わりにさせて頂きたいと思います。皆さん本日はどうも有難うございました。

(1992. 4. 23)

(佐々木宜彦氏の現職：工業技術院総務部技術振興課長)

分散型電源と系統連系

小林 哲 郎*



I. 分散型電源の種類

(1) 太陽光発電

太陽エネルギーは、クリーン、無限という二つの大きな特徴をもっており、エネルギーの利用に伴う生成物がなく、太陽の寿命のある限り利用できる理想のエネルギー源である。

しかし、この救世主ともいえるエネルギーにも弱点があり、日射量は気候や毎日の天候によって大きく変動する。さらに、地球に降り注ぐエネルギー量は、全体として膨大であっても、その密度は1平方メートルあたり1キロワット程度と少ないことである。太陽電池の研究開発はこの課題の克服に大きな努力がはらわれてきており、その結果、エネルギー変換効率は飛躍的に向上し、本格的なエネルギー供給源として注目されるようになっている。

太陽電池は、太陽光のエネルギーを利用して直接電子の流れ、すなわち電流を作り出すもので、機械的な稼働部分がなく電気エネルギーに変換できる装置で極めて信頼性が高いシステムといえる。太陽電池が生み出す電力は直流であるため、直流を利用できる機器を

接続するか又は交流への変換機器を利用する必要がある。

(2) 燃料電池

燃料電池発電システムは、天然ガス、メタノール等を改質したガスを利用し、改質ガスに含まれる水素と空気中の酸素から触媒によって化学反応をおこし水を生成する際に直接電気エネルギーを得るものである。燃料電池発電システムの特徴として、①直接発電のため発電ロスが少ない、②環境への影響が少ないクリーンな発電システムである、③排熱を利用することによりシステムの総合効率をさらに高めることができる、④多様な燃料を利用できる、⑤負荷変動に素早く対応できる、⑥システムのモジュール化で建設工期が短縮できる 等があげられ、新しい発電システムとして注目されている。

II. 分散型電源の普及促進

(1) 導入見通し

平成2年6月に総合エネルギー調査会がまとめた「長期エネルギー需給見通し」の中で新エネルギー等（太陽エネルギー、メタノール、ゴミ処理排熱等）については、2000年度に1,740万キロリットル（原油換算）、2010年

※ 資源エネルギー庁 公益事業部 技術課 電気用品室長

度には3,460万キロリットル(原油換算)の供給見通しを得ている。

また、その算定の基礎として平成2年6月に電気事業審議会需給部会においてまとめた「電力供給目標」では、分散型電源として2000年度に222万kW、2010年度に1,301万kWが設置される見通しとなっている。(表1参照)

いては、出力100kW未満では、電気事業法に基づく工事計画の認可や設備の完成後に行う使用前検査が不要となった。(出力100kW以上、500kW未満では、工事計画の届出、使用前検査が必要。出力500kW以上は従来通りに工事計画の認可等が必要。)

さらに、自家用の出力500kW未満の太陽電池

表1 電気事業審議会需給部会「電力供給目標」

(平成2年6月)における分散型電源の内訳

(単位:万kW)

	2000年度			2010年度		
	事業用	自家用	小計	事業用	自家用	小計
リン酸型燃料電池	105	90	195	310	280	590
固体電解質・熔融炭酸塩型燃料電池	—	—	—	240	—	240
太陽電池	5	20	25	10	450	460
風力発電	1	1	2	10	1	11
計	111	111	222	570	731	1,301

(表内の事業用とは電気事業用のこと)

(2) 電気事業法関連の規制緩和

これまでの電気事業法に基づく保安規制では、燃料電池発電、太陽電池発電及び風力発電の新エネルギー発電については、すべて通産大臣の工事計画の認可、使用前検査を必要とし、発電所の維持・運用に当たっては、電気主任技術者の選任が義務付けられていた。

今後、これらの新エネルギー発電の実用化に対応して、安全性を確保しつつ、円滑な導入をはかるべく、燃料電池発電、太陽電池発電及び風力発電に係る電気事業法に基づく申請手続きを明確化するとともに、発電方式や出力規模に応じた保安規制の簡素化を図るなどを内容として同法関係政省令の改正が行われ、平成2年6月1日から施行された。

これにより、太陽電池発電に係る設備につ

発電所については、発電所の設置者と保安協会等との間で、当該発電所の工事・維持・運用に係る保安監督業務について委託契約を締結した場合について、専任の電気主任技術者を選任しないことができることとした。また、委託された保安協会等による当該発電所の点検の頻度を100kW以上は2か月に1回以上、10kW以上100kW未満は年2回以上、10kW未満については4年に1回以上とした。

その他、太陽電池発電所に係る各種の届出等について、通商産業大臣に属する権限の一部を通商産業局長の権限に委任するとともに、これまで定められていなかった太陽電池発電に関する技術基準が整備され、届出事項を明確にする等が行われた。(表2参照)

表 2 新エネルギー発電導入に係る制度整備
電気事業法関係法令の一部改正の概要

	改 正 前	改 正 後 (注1)
1. 電気事業法施行規則の一部改正		
工事計画の認可・届出の範囲	新エネルギー発電についてはすべて認可が必要。	燃料電池発電所、太陽電池発電所及び風力発電所のうち500kW未満のものについては届出とし、さらに、太陽電池発電所については100kW未満のものを、風力発電所については5kW未満のものを届出不要とする。
主任技術者の選任義務	新エネルギー発電についてはすべて主任技術者の選任が必要。	燃料電池発電所、太陽電池発電所及び風力発電所のうち500kW未満の自家用のものについては、電気主任技術者の不選任（保安協会等への委託）を可能とする。
	燃料電池発電所については、ボイラー・タービン主任技術者の選任を指導。	改質器の最高使用圧力が1 kg/cm ² 未満の燃料電池設備については、ボイラー・タービン主任技術者の選任を不要とする。
2. 電気設備に関する技術基準を定める省令等の一部改正		
関連技術基準の整備	新エネルギー発電に係る大部分の設備について技術基準が定められていないため、個別に審査が必要。	燃料電池発電所、太陽電池発電所及び風力発電所に係る技術基準を整備。
3. 電気事業法施行令の一部改正		
通商産業局長への権限委任	新エネルギー発電の保安規制（注2）に係る権限は通商産業大臣。	新エネルギー発電の保安規制に係る権限のうち、太陽電池発電所及び風力発電所に係るものについては通商産業局長、燃料電池発電所に係るものについては通商産業大臣。

(注1) 1, 3については、1990年4月10日公布、同年6月1日施行。

2については、1990年5月30日公布、同年6月1日施行。

(注2) 電気工作物の変更の許可、工事計画の認可・届出、使用前検査、保安規程の届出、主任技術者の選任等。

(出所) 公益事業部技術課。

(3) 電気用品取締法による太陽電池応用製品の安全確保(ソーラーエアコンの規制)

太陽光発電システムに関する保安確保については、電気事業法に基づいて自家用電気工作物としての保安体制が整備されているが、これは設置者が電気保安に関する知識を有していることを前提としているものであり、今後、家庭用に導入されることが見込まれる数キロワット程度の小規模発電設備については、むしろ設置者が電気に対する知識の乏しいことを想定した保安確保対策を講ずることが必要である。

このような観点から、当面製品化が期待されるものとして、コンセントを介して商用系統と接続されるソーラーエアコンについて、平成3年10月に電気用品取締法関係省令を改正し、電気用品取締法の規制対象に加えた。

具体的には、電気用品取締法施行規則のエアコンに相当する品目である「電気冷房機」の型式の区分の一部を修正し、「太陽電池モジュールを併用するもの」の区分を設けて規制の対象としたものである。さらに、電気用品の技術上の基準を定める省令を改正し、同省令の技術基準の共通事項として太陽電池モジュールについての技術基準を新たに追加した。

ソーラーエアコンは、太陽光発電とコンセントからの商用電力とを併用して、天候のよい昼間に太陽電池によりエアコンを稼働し、雨天や夜間等は商用電力で補完するもので、一般家庭への普及によって夏の電力需要のピーク対策としての効果が期待されるものであり、省エネルギー・環境対策の観点からもこれからの商品化と普及が注目されている。

さらに、今後ソーラーエアコン以外の太陽光発電応用製品についても、今回と同様の普

及のための保安確保措置がとられることとなる。この措置によって、太陽光発電システムの一般家庭への導入の一層の推進が図られるものと期待されている。

(4) 分散型電源導入への予算措置(新エネルギー発電フィールドテスト事業)

新エネルギー発電の最終普及形態であるサイト(太陽光発電では、公民館、学校、博物館等公共施設等。燃料電池では、ホテル、病院、事務所ビル等。)に太陽光発電、燃料電池を試験的に導入し、実際の負荷の下で運転データ等を収集・分析することで、太陽光発電、燃料電池の一般普及の素地の形成を図るために、「新エネルギー発電フィールドテスト事業」が平成4年度に予算化された。

(実施スキーム図1参照)

① 平成4年度予算:

太陽光発電 845百万円(新規要求)

燃料電池 633百万円(新規要求)

② 平成4年度の事業計画

太陽光発電装置、燃料電池装置等の最終需要形態であるサイトにおけるフィールドテストに必要な経費の補助

補助事業者:新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)

補助率:定額(太陽光発電2/3,
燃料電池1/3)

平成4年度対象件数:

太陽光発電 13件

燃料電池 14件

III. 系統連系

(1) 系統連系ガイドラインの制定と今後の見通し

太陽光発電を始めとする小規模の新エネル

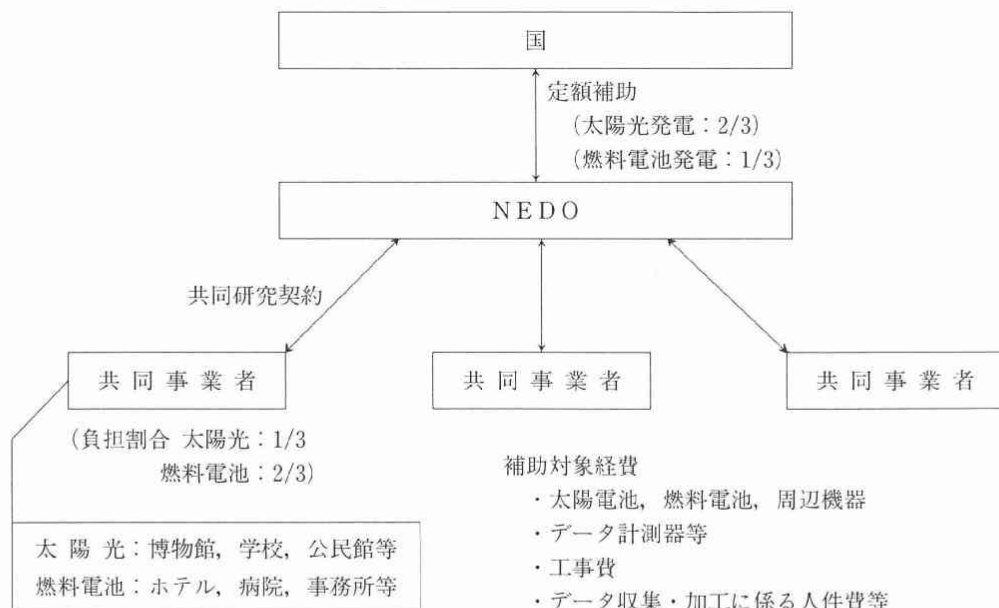


図1 新エネルギー発電フィールドテスト事業の実施スキーム

ギー発電は、自家用発電設備としては一般家庭等の小口の需要家に設置されることが期待されており、その設備容量は数kWから数十kWの小規模なものと考えられている。太陽電池による発電はその発電出力が天候等の影響により変動するため、電力会社の配電線と連系して不足電力のバックアップを受けることにより、安定した電力を得ることが望まれているが、そのためには、設備容量が50kW未満となる低圧（100V又は200V）配電線への連系が必要となる。

電力会社の電力系統との連系については、電気事業法による特段の規制はなされておらず、電力会社と自家用発電設備の設置者との協議に委ねられている。しかしながら、その導入の形態及び程度如何によっては、電力の品質、系統の保護・保安の面で悪影響を与える可能性があるため、自家用発電設備の設置者が適切な技術的対策を行った場合に連系させるという考え方で、判断の基準となる技術

要件として「系統連系技術要件ガイドライン」が作成されている。（これまでは、特別高圧線、高圧専用線、高圧配電線と連系する場合のガイドラインが作成されている。）通産省は、太陽光発電を始めとする小規模の新エネルギー発電を、逆潮流なしで低圧配電線（100V又は200V）に連系するための技術要件を示すガイドラインを作成し、平成3年3月29日に公表した。

低圧配電線との系統連系技術要件ガイドライン（逆潮流なし）では、設備面で要求される安全対策として以下の事項を要求している。①公衆安全、作業安全、供給信頼度関係として、系統の事故や構内事故などの異常時には、電力会社の電力系統との連系を遮断する（系統事故や作業停電に際しての感電防止、構内事故の拡大防止等）。②電力品質関係として、商用電力系統の電圧、周波数、力率等の品質を維持するための対策を実施する（発電出力の力率を95%以内に維持、負荷容量の維

持、高調波電流の抑制)。

今後のガイドライン制定の計画では、逆潮流がある場合の低圧配電線、高圧配電線への連系の場合のガイドラインを、兵庫県六甲アイランドでの系統連系実証試験を踏まえつつ、平成4年度末までを目途に策定する予定である。(表3参照)

火力変動費としている。

また、連系に必要な保護装置の技術要件等については、逆潮流ありの系統連系ガイドラインが作成されるまでの間の暫定的なものを各電力会社により定めており、問い合わせに応じるようになっている。

表3 新エネルギー発電に係る系統連系技術要件ガイドラインの整備状況

商用系統の種類	逆潮流の有無	
	無し	有り
特別高圧送電線	平成2年6月作成	
スポットネットワーク配電線 (特別高圧配電線)	平成3年10月作成	ネットワークの特性上逆潮流はしない
高圧専用線	平成2年6月作成	
高圧一般配電線	平成2年6月作成	分散型新発電技術実用化実証研究(六甲アイランドにおいて実施中)を踏まえつつ、平成4年度末までを目途に策定の予定
低圧配電線	平成3年3月作成	

(2) 電力会社による余剰電力の購入

電力各社は、系統に連系されている分散型電源の余剰電力を平成4年4月から購入することとし、その購入条件の具体的内容を3月末に对外発表した。

購入の対象となるものは、電力10社について、太陽光発電、風力発電、燃料電池、廃棄物発電であり、さらに、東京電力㈱、中部電力㈱、関西電力㈱、九州電力㈱の4社については、従来型コジェネレーションも対象とすることとしている。

購入条件についての考え方は、太陽光発電、風力発電については販売電力量料金見合いとし、燃料電池、廃棄物発電、従来型コジェネレーションについては、余剰電力購入により軽減される火力発電コスト見合いで平日昼間に安定的に供給される電源については火力発電固定費＋変動費、その他の時期については

IV. まとめ

このように、新エネルギーをはじめとする分散型電源については、着々と普及のための環境整備が進められており、地球環境問題等への関心の高まりを背景にして今後急速にその導入が進むものと期待される。

分散型電源は、電力系統との連系によって一層その効果を発揮するものであり、21世紀の電力ネットワークの中で重要な役割を果たすようになるであろう。そのためにも、分散型電源のハードウェアの技術進歩は勿論であるが、今後の普及を通じて、分散型電源と電力系統との連系技術、電力系統の運用技術等のソフトウェア技術の研究開発の一層の進展を期待したい。

(小林哲郎氏の現職：国際協力事業団鉦工業開発調査部計画課長)

新エネルギー等からの余剰電力の 購入について

木 村 滋*



1. はじめに

近年の電力需要の伸びは、今年に入って景気のスローダウンによって大口需要を中心に増勢がやや鈍化しているとはいえ、景気拡大や冷房需要の急増などを背景に年率6～7%を上回り、その結果電力需給は極めて厳しい状況となっています。それとともに、窒素酸化物やイオウ酸化物などとともに、地球温暖化の原因とされた二酸化炭素の排出規制などの環境問題が大きくクローズアップされてきました。

そのような中で、電気事業は、原子力を中心とした新規電源の開発を推進するとともに、電力の広域運営、負荷平準化に資する料金制度の拡充など需給両面にわたる積極的な取り組みを行っております。また、蓄熱式ヒートポンプシステムなどのエネルギー高効率機器や省エネ技術、さらには地下変電所・地中送電線・地下鉄・河川水などの都市排熱を活用した未利用エネルギーシステムなどさまざまな技術開発をすすめることによって、貴重なエネルギーの有効利用を推進しています。

こうした取り組みの一環として、電力10社では、太陽光・風力発電、廃棄物発電、燃料

電池発電などの分散型電源に早くから着目し、開発・普及に取り組んできましたが、この4月より、それらをお客さまが自家用発電設備として設置され余剰電力が発生する場合には、それらを積極的に購入することといたしました。

ここでは、その余剰電力の購入の取扱い等と併せて、新エネルギー等の開発・普及に向けての電気事業の取り組みについてご紹介します。

2. 新エネルギー開発・普及に向けての電気事業の取り組み

総合エネルギー調査会需給部会の「長期エネルギー需給見通し」(平成2年6月)〈表1参照〉にもあるように、今後の電力需給は極めて厳しい状況にあります。その一方でかけがえのない地球環境を守り、限りある資源を大切にしていこうという観点が今まで以上に重要となっています。

そうした中で、環境負荷の小さい非化石エネルギーとして、原子力・水力・地熱などとともに太陽光・風力などの再生可能エネルギーを利用するいわゆる新エネルギーが再び脚光を浴び、とりわけ太陽光発電については

※ 東京電力株式会社 営業部料金課長

表1 電気事業の新エネルギー導入計画（1995年まで）

	目 標	導入見込み	導 入 方 法 等
太 陽 光 発 電	2,000kW	2,400kW程度	太陽電池の耐久性などの実証のため、新增設の事業所の屋上など、市街地における社屋を中心に導入
風 力 発 電	3,000kW	3,700kW程度	着氷雪や風に対する耐久性などの信頼性技術の蓄積のため、立地条件の異なる地点に導入
燃料電池発電	30台	36台程度	運転保守、熱利用などの知見の習得のため、営業所、研修センター等に導入

今年は“普及元年”とも言われています。

このような取り組みは最近になって始められたものではなく、石油ショック直後の昭和50年前後から国のサンシャイン計画、ムーンライト計画などの一環として、また電力、ガス、電機メーカー等の自社研究開発として、他の石油代替エネルギー、省エネルギー技術の開発とともに積極的にすすめられてきましたが、電力需給の逼迫と地球環境問題の中でそれらの一層の開発・普及に大きな期待が寄せられるようになったというわけです。

電気事業としても、総合エネルギー調査会の報告等をうけて、1995年までに太陽光発電100カ所、2,000kW（導入見込み2,400kW）、風力発電16台、3,000kW（同3,700kW）、燃料電池30台（同36台）を目標に事業所等への実証的導入に積極的に取り組んでおります。＜表2、3参照＞

具体的には、例えば太陽光発電については、これまで数kWから数十kW規模のシステムについての研究を行ってきましたが、現在は六甲アイランド（兵庫県）で主に配電線に電力を逆流させる場合の連系上の諸問題について

実証試験が進められているほか、東京電力では本年1月より浦和実験場（埼玉県）において電気事業用だけではなく自家用発電設備として設置された場合も想定した連系実証試験を開始しております。

また風力発電については、研究用として小型機（数kW～数十kW）および中型機（百kW～3百kW）の導入実績がありますが、最近では275kW級のものが北海道泊地区に4基、青森県竜飛地区に5基設置されたほか、東京電力でも来年開館予定の富津新エネルギーパーク（千葉県）に300kWの発電機を設置する予定です。

さらに燃料電池については、小型機（50～200kW）はNEDOから委託を受けてメーカーと共同で六甲アイランドやホテルプラザ（大阪府）で実証試験中であり、また大容量機は東京電力が五井火力発電所（千葉県）内で世界最大級の11,000kWプラントの実証試験中のほか、平成3年から電力9社とガス事業者との共同研究として5,000kW級と1,000kW級の実用化を目指しています。

表2 新エネルギーの当面の導入目標

会社名	燃料電池発電				太陽光発電				風力発電			
	出力× 基 数	設置場所	設置 年度	累計	出力× 基 数	設置場所	設置 年度	累計 (kW)	出力× 基 数	設置 場所	設置 年度	累計 (kW)
北 海 道	200kW×1	社有施設	94～95	1台	120kW程度	社有建物屋上等	94～95	120	275kW×4	泊発電所後 背地	93	1,100
東 北	50kW×2	仙台南営業 所(仮称)	92	2台	30kW (10kW×3) 90kW	秋田支店、郡山 営業所、新泉営 業所(仮称) 検討中	92 94～95	 120	275kW×5	竜飛地区 (青森県津 軽半島)	91	1,375
東 京	200kW×1 1100kW×1 50kW×1 50～200kW ×7	芝浦スクウ ェアビル 五井火力発 電所 富津エネル ギーパーク 検討中	91 91 93 93～95	 10台	25kW 28kW 29kW 388kW	浦和(系統連系 試験所) 浦和(系統連系 試験所) 25kW 宇田川変電所 3kW 富津エネルギー パーク 9kW 電源PR館須田 貝 20kW 事業所建物等 20か所程度	91 92 93 92～95	 470	300kW×1	富津エネル ギーパーク	93	300
中 部	50kW×1 200kW×1 50kW×1 50～200kW ×3	技術研究所 川越火力発 電所 検討中 検討中	92 92 92 93～95	6台	18kW 38kW 40kW 90kW 100kW 114kW	三重エレバル (電化モデルハ ウス) 2kW 静岡防災センタ ー 16kW 碧南火力電力館 他4か所 検討中 40kW 火力センター 20kW 検討中 70kW 検討中 検討中	90 91 92 93 94 95	400	250kW×1	碧南火力電 力館	91	250
北 陸	50kW×1	技術研究所	92	1台	5kW 95kW	技術研究所 検討中	91 92～95	100	15kW×1	検討中 (風況調査 実施中)	93	15

会社名	燃料電池発電				太陽光発電				風力発電			
	出力× 基 数	設置場所	設置 年度	累計	出力× 基 数	設置場所	設置 年度	累計 (kW)	出力× 基 数	設置 場所	設置 年度	累計 (kW)
関 西	50～200kW ×6	総合技術研 究所 関西テック (工場) 南港火力発 電所ほか	92 93 93～95	6 台	50kW 16kW 3kW 13kW 400kW程度	南港発電所 (ラ イトアップ用) 六甲アイランド モデルハウス 総合技術研究所 他 事業所建物、P R 館等	90 91 92～95	460	100kW級×1	風況調査に より選定	～95	100
	500kW×1 (電力共同)	尼崎テクノ ランド (P AFC技術 研究組合)	94									
中 国	200kW×1 50～100kW ×3	柳井発電所 検討中	92 93～95	4 台	15kW 14kW 121kW	本店構内 5kW 島根原子力館 柳井発電所10kW 技術研究センタ ー 検討中	91 92 93～95	150	15kW×1	検討中 (風況調査 実施中)	95	15
四 国	50kW×1 100kW×1	四国総合研 究所 発電所	92 95	2 台	2kW 3kW *400kW 程度	四国総研テスト ハウス 牟礼営業店 検討中*西条太 陽光発電所から の流用	91 92 ～95	400	100kW×1	風況調査に より選定	～95	100
九 州	50～200kW ×2	発電所等で 検討中	93～95	2 台	2kW 198kW	総研エネルギー マネジメントハ ウス 熊本支店他事業 所建物で検討中	91 92～95	200	250kW×1 250kW×1	飯島 風況調査に より選定	90 94	500
電源開発	100kW×1	検討中	95	1 台	20kW	検討中	95	20	15kW×1	検討中	95	15

目標 30台	導入見込 36台程度	目標2,000kW (100か所)	導入見込 2,400kW程度	目標3,000kW (16台)	導入見込 3,700kW程度
--------	---------------	----------------------	-------------------	--------------------	-------------------

表3 新エネルギーの技術開発と導入計画

	燃料電池発電	太陽光発電	風力発電
発電の仕組み特長	天然ガスやメタノール、石炭ガスなどの燃料を改質して得られる水素と大気中の酸素を、水の電気分解と逆の方向に電気化学的に反応させることにより、発電する方法。 排熱を利用すると、総合熱効率は60～80%まで達する。	太陽の光を受けると電気を発生する太陽電池（シリコン半導体を使用）を利用して発電する方法。 エネルギー源が無尽蔵でクリーンであるが、天候に左右され、夜間は使用できない。	風のエネルギーを風車を利用して電気に変換し、発電する方法。 風車の形としてはプロペラ型やダリウス型がある。風況により、発電量が不安定になる。
平成7年度までの導入計画と主な事例	36台（2万kW程度） 東京電力五井火力 11,000kW（H3年） 中部電力川越火力 200kW（H4年） 尼崎テクノランド 5,000kW（H6年） など	2400kW 関西電力南港火力 50kW（H2年） 中部電力碧南火力 10kW（H3年） 富津エネルギーパーク 9kW（H5年） など	3700kW 鹿児島県飨島 250kW（H2年） 青森県竜飛地区 275kWを5基（H3年） 富津エネルギーパーク 300kW（H5年） など
経済性（現状）	建設コスト 150～200万円/kW程度	建設コスト 250～500万円/kW程度	建設コスト 70～300万円/kW程度
今後の課題	・信頼性の確保 ・設備のコンパクト化 ・コストダウン	・コストダウン ・低コスト製造技術と変換効率向上	・信頼性、耐久性の確保 ・コストダウン ・適地選定のための風況把握

3. 新エネルギーからの余剰電力購入

しかしながら、このような技術的課題はもとより、新エネルギーの普及に向けての大きなネックはやはり経済性です。かなりコストダウンが図られたとはいえ、一般的に言われている現状のkW当り建設コストが太陽光発電250～500万円、風力発電70～300万円というような水準では、一般家庭も含めた幅広い普及は難しいと言わざるを得ないでしょう。＜表3参照＞

そこで電気事業としては、これら環境にやさしい新エネルギーの普及促進にできるだけ協力していくため、自ら導入していくことにとどまらず、お客さまが太陽光・風力・燃料電池等の新エネルギーを自家発電設備として設置される場合にも、一定の条件の下で一般配電線も含めた電力系統への連系希望に応じ、余剰電力を積極的に購入していくという基本方針を本年1月に発表しました。この基本方針に沿って、各電力会社では新エネルギー等の分散型電源からの余剰電力購入の取扱いを次のとおりとりまとめ、この4月より実施しております。

①購入単価

太陽光・風力発電については、再生可能な自然エネルギーを利用するもので、小規模な分散型電源として将来性が期待できます。しかし、現状では技術的に発展途上段階にあるため、この普及にできるだけ協力していくため、お客さまがこれらを自家発電設備として設置され余剰電力が発生する場合には、一定の条件の下で電力系統（一般配電線を含む）への連系に応じるとともに、今後の技術開発によって商用化が図られるまでの間は、電力

会社がお客さまに販売している電力量料金単価と同額で余剰電力を購入いたします。

表4 電力各社の余剰電力購入単価
（太陽光・風力発電の場合）
（円/kWh）

会 社 名	お客さまの電気の契約が 従量電灯乙の場合
北 海 道	一律 2 段料金 (28.06)
東 北	一律 2 段料金 (25.28)
東 京	3 段料金から適用 (26.32→23.85→17.80)
中 部	3 段料金から適用 (24.79→22.54→16.59)
北 陸	一律 2 段料金 (24.25)
関 西	一律 2 段料金 (25.39)
中 国	一律 2 段料金 (27.89)
四 国	一律 2 段料金 (26.69)
九 州	3 段料金から適用 (27.40→24.90→18.73)
沖 縄	一律 2 段料金 (25.34)

具体的な料金適用は各社で多少の相違点がありますが＜表4参照＞、例えば東京電力の場合、一般家庭（従量電灯乙）のお客さままでは、3段階料金区分に即して余剰購入電力量に対し3段→2段→1段と単価の高い順に適用いたします。したがって、ひと月の電気使用量300kWh、余剰電力購入量100kWhの場合、100kWhのうち50kWhは3段単価、残り50kWhについては2段単価ということになります。＜図1参照＞

②逆潮流連系の技術的要件

お客さまが新エネルギー等の自家発電設備を設置して、配電線と連系してご利用される場合には、人身や設備の安全を確保するとともに電力品質を維持するため、保護装置の設置や電圧変動対策等の技術的対策が必要となります。



図1 一般家庭（従量電灯乙）のお客さまからの余剰電力購入料金の適用例
（例）使用量300kWh、余剰電力購入量100kWhの場合

これらの対策については、『系統連系技術要件ガイドライン』（資源エネルギー庁公益事業部長通達）により標準的な対策が示されていますが、高・低圧一般配電線へ余剰電力を流す場合の逆潮流連系については平成4年度末を目途に現在検討がすすめられております。＜表5参照＞

そのため、これが制定されるまでの間、逆潮流連系のご希望があった場合には、電力各

社が暫定的に制定した技術取扱いによって進めていくことといたします。東京電力の場合は、発電設備の容量、設備対策について＜表6＞のような内容となっています。

表6 一般配電線への逆潮流連系の技術要件（東京電力）

- (1) 発電設備
発電設備の種類と容量は次の範囲を原則とし、この範囲以外の場合は個別に協議・検討します。

連系する配電線	発電設備の容量	発電設備の種類
低圧配電線	5 kW以下	・インバータを用いた燃料電池、太陽光発電等（太陽光は電流制御形のインバータ）
高圧一般配電線	300kW以下	・誘導発電機を用いたコージェネレーション設備など

- (2) 設備対策
連系に必要な設備対策は現行ガイドラインに準じたうえで、次によるものとします。

- ①安全保護装置の周波数リレー、電圧リレーの検出レベルや検出時限を高感度・高速度に調節
- ②停電復旧時の自動的な連系状態への復帰（低圧連系の場合）
- ③屋外開閉器を設置（低圧連系の場合）

表5 系統連系技術要件ガイドラインの整備状況

商用系統の種類	逆潮流の有無	
	無し	有り
特別高圧送電線	平成2年6月作成	
スポットネットワーク配電線（特別高圧送電線）	平成3年10月作成	ネットワークの特性上逆潮流はしない
高圧専用線	平成2年6月作成	
高圧一般配電線	平成2年6月作成	分散型新発電技術実用化実証研究（六甲アイランドにおいて実施中）を踏まえつつ、平成4年度末までを目途に策定の予定
低圧配電線	平成3年3月作成	

③計量方法

計量器は、電力会社からの供給用とは別に
もうひとつ余剰購入用を取り付け、それぞれ
別計量します。ひとつの計量器を、お客さま
が電力会社の電気を使うときは正回転、お客
さまの余った電気を電力会社が購入するとき
は逆回転するようにしておけば、ひと月の使
用量を検針するのに一目瞭然で便利なので
すが、技術上、税制上、供給規程上などの間

電力会社の低圧配電線側

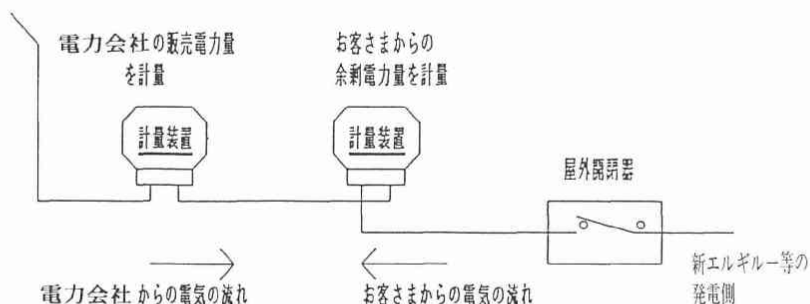


図2 余剰購入電力量の計量方法

題があり、当面は2計量することとしました。
＜図2参照＞

なお、計量器や系統連系に伴う安全保護装
置等の設置費用の負担については、原則とし
てお客さまにお願いすることとなりますが、
東京電力の場合、太陽光・風力発電について
は普及促進の観点から、計量器は当社が負担
します。

④普及のための助成措置

太陽光・風力発電の普及促進については、
以上のような電力会社による余剰電力の購入
のほか、制度的環境整備や税制面の助成措置
の拡充もすすめられています。

まず制度的環境整備としては、前述した『系
統連系技術要件ガイドライン』の整備をスケ
ジュールを前倒しに行っているほか、小
規模な太陽光・風力発電設備の設置に関して

は複雑な手続きが不要となるよう、平成2年
4月に電気事業法関係政省令の一部が改正さ
れ、それらが一定規模を超えない限り、同法
に基づく工事計画の認可や主任技術者の選任
が不要となりました。

また財政・税制面の助成措置としては、4
年度より新たに太陽光・燃料電池発電設備の
設置者を対象とした「フィールドテスト事業
費補助金」が創設されたほか、税制面では「エ

ネルギー需給構造改革投資促進税制」による
特別措置として、太陽光・風力・燃料電池発
電設備の設置者に対し税額控除や特別償却が
認められています。＜表7参照＞

表7 新エネルギーに対する助成措置

	太 陽 光	風 力	燃 料 電 池
補 助 金	○ フィールドテスト 事業費補助金 (補助率2/3) ・ 4年度より創 設 ・ 公共施設を対 象に13件の予 定	—	○ フィールドテスト 事業費補助金 (補助率1/3) ・ 4年度より創 設 ・ 現在14事業者 が導入予定
税 制	「エネルギー需給構造改革投資促進税制」 による特別措置 ・ 取得価額の7%を法人(所得)税から控除 または ・ 30%の特別償却		

⑤お客さまからの反響

平成4年4月より新制度をスタートして以来、東京電力では、制度の概要や購入単価等に関してすでに数十件のお問い合わせをいただいております。具体的な計画があるものとしては、研究機関・電機メーカーの実験設備、住宅メーカーのデモ住宅、ゴルフ場、企業のPR館などとなっています。

4. 廃棄物発電からの余剰電力購入

廃棄物処理は現在重大な社会問題となっておりますが、対策の基本は①ゴミを出さない、②ゴミを減量化する、③エネルギーなどにゴミを有効利用するという3点と言われております。この問題について、東京電力では、リサイクル社会の実現を目指してさまざまな取り組みをすすめておりますが、その代表例が事業所から発生する紙ゴミを再生紙として効率的に活用していくために、その回収を近隣の企業と共同で行う「オフィス町内会」活動の展開です。現在新橋・丸の内地区では59社、114事業所が参加して古紙回収をすすめており、東京電力の本店ビルでは捨てるゴミの量が2分の1に減少するといった成果をあげております。

またエネルギーの有効利用についても、自治体等が行っている廃棄物発電の推進に電気事業として積極的に協力することにより、廃棄物を資源として活用することや環境への影響を極力少なくすることに力を注いでおります。

廃棄物発電は、すでに昭和40年代初めから始められており、現在では全国に約100カ所の発電所があり、認可出力の合計は約30万kWと中規模の火力発電所の1ユニット分にも相当

する規模となっています<表8参照>。そのうち約半数の発電所が電力会社への余剰電力の売電を行っており、その量は年間約6億kWh（これは約20万世帯の1年間の電気使用量に相当する）に達しています。東京電力の場合は、約20カ所の発電所から約3億kWhの余剰電力を購入しております<表9参照>。

表8 廃棄物発電の現状

	全 国	うち東電エリア内
発 電 所 数	約 100カ所	約 40カ所
認 可 出 力	約 30万kW	約 14万kW

(平成3年3月末現在)

表9 電力会社の廃棄物発電からの余剰電力購入状況

	全 国	うち東電エリア内
発 電 所 数	48カ所	18カ所
認 可 出 力	約 23万kW	約 12万kW
余剰購入電力量 (2年度実績)	約 6億kWh	約 3億kWh

(平成3年4月1日現在)

このように電力会社では、従来からも余剰電力の購入を通じて廃棄物発電に積極的に協力してきました。これをさらに推進させるため、すでに昨年1月に技術面の協力と併せ、安定的な余剰電力は高く評価して購入していくことを決定・発表し、これまでに自治体等への周知、具体的購入を行ってきましたが、今後も一層積極的にすすめ、廃棄物発電の推進に協力していく考えです。

具体的には、

- (1) 廃棄物発電が効率良く、安定的となる

よう、電気事業者の発電に関するノウハウを活用し、技術開発、設計、建設、保守・管理、運転員の教育等の各面において、廃棄物発電を導入する自治体等に対し、コンサルト、情報提供を行います<表10参照>。

表10 廃棄物発電推進のための技術協力の具体的内容

- ・ 発電量を一定とさせるための装置開発
- ・ 廃棄物発電設備の設計・建設管理
- ・ 蒸気タービン発電機、発電用ボイラーの保守技術
- ・ 系統保護装置等に関する技術
- ・ 廃棄物発電設備の効率管理
- ・ 大気汚染物質（SO_x、NO_x等）の排出管理
- ・ 廃棄物発電設備の保安管理（可燃物取扱いなど）
- ・ 運転要員の教育（運転シミュレータセンターの利用）など

これについては、すでに全国の電力会社において、火力発電運転シミュレーションの見学・研修、発電所運転員の教育体系の紹介、廃棄物発電所の運転員の教育受入れなどから、ゴミ焼却によって発生する灰の容積を減らすための実証研究などの協力事例が生まれてきています。またその中で、電力会社からアドバイスさせていただく形で、より大きな発電機を設置するケースも出てきています。

(2) 余剰電力の購入

廃棄物発電からの余剰電力の購入については、電気的安全性や品質などを考慮して単価を決め、すでに一部の清掃工場に適用してきましたが、本年4月からはさらに、平日昼間の電力購入単価を見直しました。

電力会社が購入する電気は、清掃工場の中で消費された後の余った電気であることか

ら、とくに発電機出力の小さい工場では、工場内の設備や空調の稼働率が高い夏場の昼間などには逆送量が減ってしまう場合があります。一例をあげますと、<図3>のA清掃工場のようなケースではお送りいただける電力は安定していませんが、図のB清掃工場のような場合であれば電力会社の自前の発電所と同じであると考え、その安定性を評価した高い値段で購入するということです。

具体的には、

- ① 余剰電力の平均が1,000kW以上またはお送りいただく電力の昼間変動率が20%以内
- ② 3年以上安定した電力をお送りいただける
- ③ 夏季期間中は発電関連施設の定期補修を避けることができる

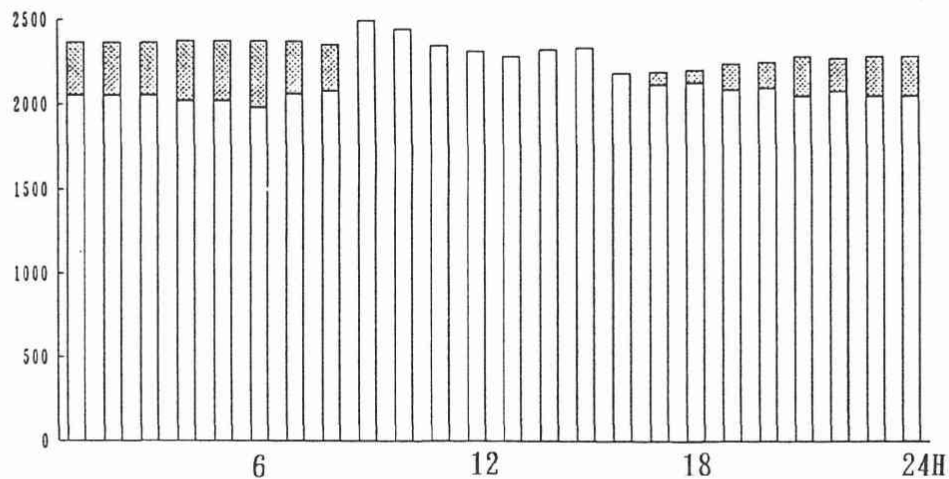
といった3条件を満たしている場合には、その分電力会社の火力発電所の建設・運転が節約できるという考え方に基づいて、その節約分相当の「火力発電燃料費相当+火力固定費相当」の価格で購入し、それ以外の余剰電力については「火力発電燃料費相当」で購入することとしています。<電力各社の購入価格は表11参照>

とくに最近の電力需給は、夏を中心として大変厳しい状況にありますので、購入価格のインセンティブにより昼間の発電を増やしていただければ、電力需給面にも役立つとともに、廃棄物発電推進に貢献できるという双方にとってのメリットになると考えております。

<夏季平日の1日の例>

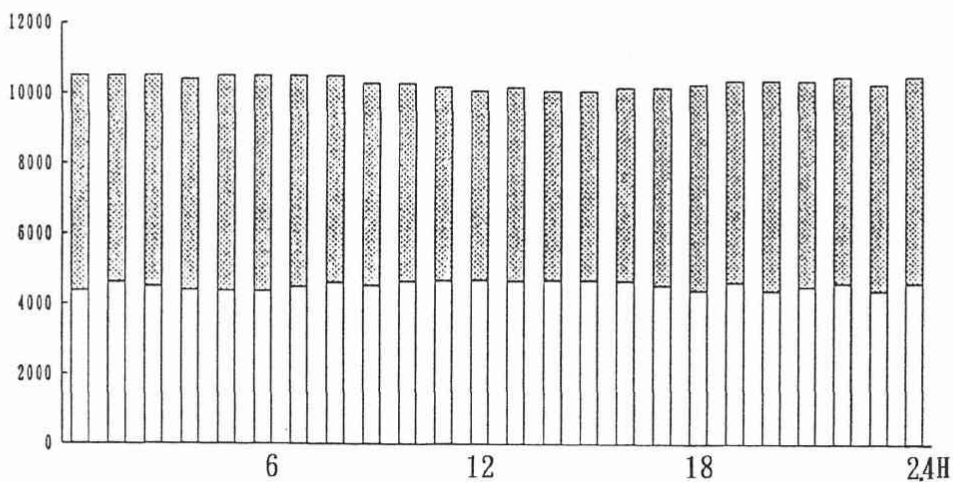
① A清掃工場の場合

単位: kW



② B清掃工場の場合

単位: kW



 余剰送電分
 工場内消費分

図3 清掃工場の発電、余剰電力送電パターン

表11 電力各社の余剰電力購入単価
(廃棄物発電・燃料電池等)

(円/kWh)

	安定的な電力の場合		それ以外の場合	
	平日昼間	その他	平日昼間	その他
北海道	9.90	4.40	6.50	4.40
東北	10.00	4.40	6.30	4.40
東京	12.50	4.20	6.60	4.20
中部	10.70	4.50	5.90	4.50
北陸	9.70	4.20	6.20	4.20
関西	11.00	4.50	6.40	4.50
中国	10.30	4.50	6.10	4.50
四国	9.60	4.10	5.90	4.10
九州	10.80	4.70	6.20	4.70
沖縄	10.00	4.70	6.40	4.70

5. 燃料電池、コージェネ等からの余剰電力購入

以上の太陽光・風力発電、廃棄物発電以外の自家用発電設備からの余剰電力購入については次のとおりとなっています。

(1) 燃料電池発電

熱も併せて利用することにより高いエネルギー効率が得られ、都市型の分散型電源のエース的存在として期待されていますが、すでに商用段階に達していることから、廃棄物

発電と同じ条件・単価を適用します。

(2) コージェネ等その他自家発電

環境対策など一部に解決すべき問題もありますが、エネルギー有効利用の観点から、東京・関西・中部・九州の4社は廃棄物発電と同じ条件・単価で、それ以外の各社は個別協議によって余剰電力を購入します。

6. おわりに

今回の新エネルギー等分散型電源からの余剰電力購入は、電気事業として、できる限りこれらの開発・普及に協力し、トータルなエネルギーの有効利用を図っていこうという考えにもとづくものです。その中でもとくに「環境にやさしい」と言われる太陽光・風力発電については、販売価格と同じ単価で購入するという諸外国にも例をみない最大限の評価となっている点が特徴です。

もちろん、電力系統への連系や余剰電力の購入だけで新エネルギーが普及するものではなく、各分野のさまざまな努力、バックアップが必要であることは言うまでもありません。このような視点から、各メーカーの技術開発の一層の推進や行政による助成などの取り組みなどがあいまって、新エネルギー等の普及に弾みがつくことを願っています。

各種発電システムの定量的リスク比較

— 健康および環境へのインパクトの視点から —
(その1)



谷 口 武 俊*

〈はじめに〉

各種発電システムの定量的リスク比較研究は1980年前後に欧米、特に加・米国においてH. Inhaber, L. D. Hamilton等により健康リスクに焦点を当てた先駆的研究がなされ、また1980年代後半には欧州においてU. Kallenbach (ドイツ), A. F. Fritzsche (スイス)等により自国のエネルギー政策への補完的情報提供という観点から過去の研究事例の再評価とその適用研究がなされている。そして、ここ1, 2年 I A E A を中心とした国際機関において環境へのインパクト比較も含め、この種の評価研究はエネルギー計画問題への組み込みという視点から再び関心を集めている。

一方、わが国においては、この種の評価研究はこれまでなされていないが、次に述べるような観点から今わが国においてもその実施が求められている。

発電技術システムのトータルの安全性レベルの把握とリスクコミュニケーションでの活用

わが国の原子力分野においては近年確率論的安全評価により原子力発電施設のリスクプ

ロファイルが導出されるに至っており、その評価プロセスから得られた知見は運転や保守や緊急時計画におけるリスク管理方策に反映される状況となってきた。それに伴い専門家の間では合理的なリスク管理目標、いわゆる原子力発電施設の定量的安全目標の議論がなされている。一方、一般公衆のエネルギー問題に対する関心が高まっているが、発電技術システムの安全性、特に原子力に対する公衆のリスク認識は未だ専門家との間に大きなギャップが見られることは我々の意識調査でも明かとなっている。

このような状況の下、前者については今後より定量的な議論を深めていくためにわが国の実情に即したエネルギー生産技術や種々の社会活動に伴うリスクの分析作業が必要であり、そして後者については前者の議論と合わせ、より解り易く且つ客観的に情報を提示していく工夫、努力が求められている。

エネルギー（電源）計画に係る意志決定プロセスでの利用

今エネルギー分野、特に電力部門には二つの大きな命題が課せられている。その第一は、

* 財エネルギー総合工学研究所 主任研究員

(現在, Colenco Power Consulting Ltd. Baden/Switzerland 長期出張中)

発電施設立地に伴う大気汚染や有害廃棄物等による局所的な地域環境／健康問題という古典的課題に加え、化石燃料によるエネルギーの生産・消費に伴う二酸化炭素、メタン排出による地球温暖化、硫黄酸化物や窒素酸化物などによるエコシステムの酸性化、原子力発電プラント事故による放射能汚染など地球規模あるいは大陸の規模での環境／健康問題という時間的にも空間的にも広がりを持つ新たな問題に対する社会的関心の高まりである。そして第二には、地球規模で見た電力需要は、経済成長面での制約を唯一の条件とし引き続き増大することは確実と予想されることである。電力供給は社会生活の基盤であり、今後とも重要な役割を果たすものであり、特に発展途上国の潜在的市場を鑑みればその増加は必然である。

しかし、今後30年間で視野に入れた時、エネルギーの安定供給を確保しつつ、この新たな環境問題に対処しうる技術の救世主は今のところ見あたらない。エネルギー計画の立案・意志決定は、従来の経済的視点優先問題からますます時間的、空間的に広がりを持ったマルチクライテリア問題となってきた

り、確固たる解を求めることが困難な状況であるが、そのためにもエネルギーセキュリティ実現を始めとし、経済的競合性、技術適用可能性、環境および社会への適応性そして国際的な適応性等互いに深く関連しあう要素をより定量的に評価し、その関係を明かにする作業が今、より求められている。発電システム間の健康および環境に対するインパクト／リスクの定量的比較評価結果は意志決定過程においては一つの補完的情報にすぎないが、従来よりわが国におけるエネルギー政策や電源設備計画に係る計画・意志決定過程では系統のかつ包括的に定量化した情報の加工とその利用に対する努力に欠けているように見られる。特に、近年社会的共通資本の理論重視で見られる環境税や社会コストの議論には重要な参考情報となるものがある。

以上のような背景を踏まえ、現在当研究所ではわが国の各種発電システムの燃料サイクル全体にわたり適用されている技術や管理方策を踏まえ、それら諸活動に伴い生じると考えられる健康および環境に対するリスク／インパクトを可能な限り定量評価し、社会に対してこれらの比較情報を提供すべく研究を進

表1 比較対象のエネルギー源と発電システム

Energy Group	Energy Source	Electricity Generating Technology
Fossil Fuel	Coal	Pulverized Coal Combustion Atmospheric Fluidized Bed Combustion Pressurized Fluidized Bed Combustion Integrated Gasification Combined Cycle
	Oil Natural Gas	Direct Oil Combustion Gas Steam Boiler Gas Turbine Combined Cycle
Nuclear	Uranium Plutonium and Uranium	LWR FBR
Renewable	Solar	Photovoltaic Cells

めている。本稿では、この作業の第一報として評価フレームと、各発電システムを特徴付けるインパクトならびに今後重点的に定量化

作業を行うべき領域を同定するために試みた定性的な比較評価結果をとりまとめ紹介する。

表2 発電システムの各燃料サイクルステップにおける活動

Activities in Each Fuel Cycle Step

Step	Coal	Oil	Natural Gas	Nuclear	Solar
Extraction	Mine exploration Surface mining Underground mining Mine spoil disposal	On-shore exploration production Off-shore exploration production	On-shore exploration production Off-shore exploration production	Mine exploration Surface mining Mine waste disposal	
Processing	Washing, Sorting Gasification Liquefaction	Gas separation Refining Waste water treatment	Liquefaction Re-gasification	Milling, Mill tailing disposal Conversion to UF6 Enrichment Fuel fabrication Reprocessing of SF	
Transport	All transportation among various steps	All transportation among various steps	All transportation among various steps	All transportation among various steps	All transportation among various steps
Storage (Fuel)	Stockpiling	Crude oil & Refined products storage	LNG storage	Fresh fuel storage Spent fuel storage Reprocessed fuel	
Power Production	Electricity generation Construction O & M Decommissioning	Electricity generation Construction O & M Decommissioning	Electricity generation Construction O & M Decommissioning	Electricity generation Construction O & M Decommissioning	Electricity generation Construction O & M Decommissioning
Waste Management	Solid waste disposal Ash disposal Ash re-use or recycle	Solid waste disposal	Liquid residuals treatment	LLW, MLW, HLW(TRU) storage and disposal	Solid waste disposal

表3 健康リスクおよび環境インパクトの評価ディメンジョン

Dimensions of environmental impacts

- Time: - Short term (up to few years) Space: - Local (in the immediate surrounding: about 20km)
 - Medium term (within decades) - Regional (at a national, district-level)
 - Long term (over longer periods) - Global
 Mode: - Normal operation (including minor accidents)
 - Severe accidents

Receptors: To be classified in terms of ecosystems and anthropogenic environment.

Dimensions of human health risks

- Persons at risk: - Workers (people working within the facility or undertaking the associated activity)
 - Public (members of the general public outside the boundaries of the facility or not directly involved in the undertaking of the facility)
 Type of harm: - Fatality (deaths expressed on a normalized per unit of electricity produced)
 - Non-fatal (diseases or injuries on a normalized per unit of electricity produced)
 For workers, additionally expressed as Work Day Lost/GWe/yr.
 Time: - Short term (up to few days, so-called acute)
 - Medium term (within lifetime, so-called delayed)
 - Long term (crossing generations, so-called mutagenic)
 Space: - Local (in the immediate surrounding: about 20km)
 - Regional (at a national, district-level)
 - Global
 Mode: - Normal operation (including minor accidents)
 - Severe accidents

＜比較評価のフレーム＞

この研究では、表1に示す発電システムを対象とし、表2に示す共通的な6つの燃料サイクルステップ（燃料採掘、処理・加工、輸送、貯蔵、発電、廃棄物管理）における諸活

動に起因するリスク／インパクトを表3に示すディメンジョンの組み合わせで分類、整理し比較評価を試みている。

一例として、石炭燃料サイクルの採掘段階ならびに発電段階に対する評価を図1と表4および表5に示した。

表4 石炭燃料サイクルにおける潜在的環境インパクトとそのストレス源
上段：採掘段階 下段：発電段階

FUEL CYCLE : COAL -- Extraction Phase

	SHORT-TERM	MEDIUM-TERM	LONG-TERM
LOCAL	Land Loss (U&S: earthmoving) Subsidence (U: extraction cavity) Visibility (S: dust) Surface & Groundwater Contamination (U: acid mine drainage) Air Pollution (particulate, SOx, NOx) Radon Emission	Land Loss Subsidence Groundwater Contamination (U: acid mine drainage, S: erosion of spoil materials) Air Pollution (particulate, SOx, NOx) Soil Acidification (same above) Radon Emission	Acidification of Local Environment -- Soil, Forest, Aquatic zone Biotope Changes
REGIONAL		Degradation of Existing Ecology -- Soil, Forest, Aquatic zone Food-Net Accumulation (radon)	Ecological Changes Food-Net Accumulation
GLOBAL			Climate Changes due to Greenhouse Effects (CO2)

U: Underground mining, S: Surface/Opencast mining

Biotope: 小生体圏。特定の生物群集が生ずる均一な環境をそなえた区域

FUEL CYCLE : COAL -- Power Production Phase

	SHORT-TERM	MEDIUM-TERM	LONG-TERM
LOCAL	Air Pollution (particulates, SO2, NOx, trace metals, CO, HC, PAHs) Seawater Pollution (thermal discharge, waste water) Radionuclides Emissions	Acid Deposition (NOx, SOx, Photochemical Oxidants) Damage to Aquatic Food Web (thermal water discharge, trace metals) Radionuclides Accumulation	Acidification of Local Environment -- Soil, Forest, Aquatic zone Biotope Changes Food-Net Accumulation (radionuclides)
REGIONAL	Air Pollution (particulates, SO2, NOx, trace metals, CO, HC, PAHs)	Damage to Vegetation (SO2, Ozone, NO2) Degradation of Existing Ecology -- Soil, Forest, Aquatic zone	Ecological Changes
GLOBAL			Climate Changes due to Greenhouse Effects (CO2)

表5 石炭燃料サイクルにおける潜在的健康リスクとそのハザード源

上表：職業人 下表：一般公衆

FUEL CYCLE : COAL

	SHORT-TERM	MEDIUM-TERM	LONG-TERM
LOCAL	Accidental Deaths and Injuries (AS) Skin, Lung and Eye Irritations-N (EX, PR, TR, ST, PP: dust) Asthma-N (EX: dust)	Pneumoconiosis-F (EX: dust) Meniscus, Asthma-N (EX: dust) ? Stomach Cancer (EX) ? Lung Cancer (EX: radon and its daughter) Respiratory Diseases (PP: SO ₂ , NO _x , particulates, photochemical oxidants)	??? Mutagenic Effects (EX, PR, WM : PAHs, trace metals, radio- nuclides, POM)
REGIONAL			
GLOBAL			

Abbr.: EX=Extraction phase, PR=Processing phase, TR=Transportation phase, ST=Storage phase, PP=Power Production phase,
WM=Waste Management phase, AS=All fuel steps, F=Fatal, N=Non-fatal,
PAHs=Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (多環芳香炭化水素), POM=Polycyclic Organic Matter (多環有機物質)

	SHORT-TERM	MEDIUM-TERM	LONG-TERM
LOCAL	Reduction of Lung Function, Respiratory Diseases in Sensitive Groups-N (PP: SO ₂ , NO _x , particulates, photochemical oxidants) Eye Irritation-N (PP: photochemical oxidants) Accidental Deaths and Injuries (TR)	Respiratory Diseases (PP: SO ₂ , NO _x , particulates, photochemical oxidants) ?? Carcinogenic Effects (EX, PR, PP, WM : contamination of trace metals and/or radionuclides in food chain and/or drinking water)	??? Mutagenic Effects (PAHs, trace metals, radionuclides, POM)
REGIONAL			
GLOBAL			??? Heat disorders, Cardiovascular diseases, Infections, Famine, Poisoning (AS: global warming)

Abbr.: EX: Extraction phase, PR: Processing phase, TR: Transportation phase, ST: Storage phase, PP: Power Production phase,

<生命と健康に対するリスクの比較>

評価対象とした5つの発電システムの通常時およびシビアアクシデント時における職業人と一般公衆の健康リスクの半定量的比較結果を図2に示す。比較は相対的指標として、

High, Medium, Low, Negligibleの4段階に加え、不確かさが非常に大きくUnknownなものについては?印と前述の4段階指標の組み合わせで表示している。なお、この半定量的比較評価は、本研究において検討した結果とこれまで欧米において行われた評価研究の結果

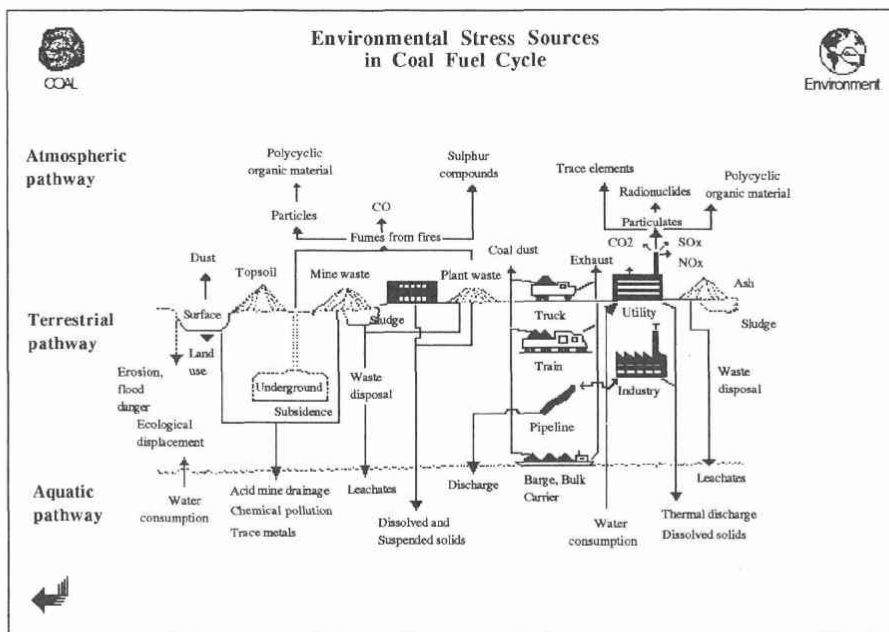


図1 石炭燃料サイクルにおける環境ストレス源の概念図

果を参考とし実施したもので、わが国の実情に即した定量的評価結果に基づいてなされたものではないことから、主観的要素が多く含まれていることに留意されたい。

以下、図2に従って各電力生産システムの特徴を見ていくこととする。

(1) 石炭燃料サイクル

・職業人の健康リスクについて

一採掘段階での急性影響 (fatal, non-fatalとも) が高く、これがサイクル全体では支配的となる。また、採掘段階での晩発性影響についてはfatal riskは低いが、疾病のリスクはやや高くなると考えられる。ラドン娘核種による低線量長期被曝による遺伝的影響については現在のところ解らないが、これはあっても無視しうるレベルであろう。

一処理段階は実際には採炭段階と区別することが困難であると予想されるが、敢えて分け

ればそのリスクは低いと考えられる。

一輸送段階のリスクは主に中国など産炭国における鉄道輸送の事故リスクに支配されることが予想される。具体的数字は未だ無いが、例えば原子力における輸送リスクとの相対で考えれば無視しうるレベルであるとは断言できないであろう。

一発電段階でのリスクは建設時、運転・保守時、廃止措置時における在来型の労働災害が主となるが、わが国の発電所は電気事業者との関係において建設・土木業界も他の建築構造物の場合と比較して極めて厳しい安全管理を行っていることが予想されることから、このリスクレベルは低いと予想される。(これは石油、LNG、原子力にも言えるであろう。) 一まとめると石炭サイクルにおける職業人の健康リスクは従来の研究でも指摘されているように通常時およびシビアアクシデント時とも採掘段階におけるリスクが支配的となると

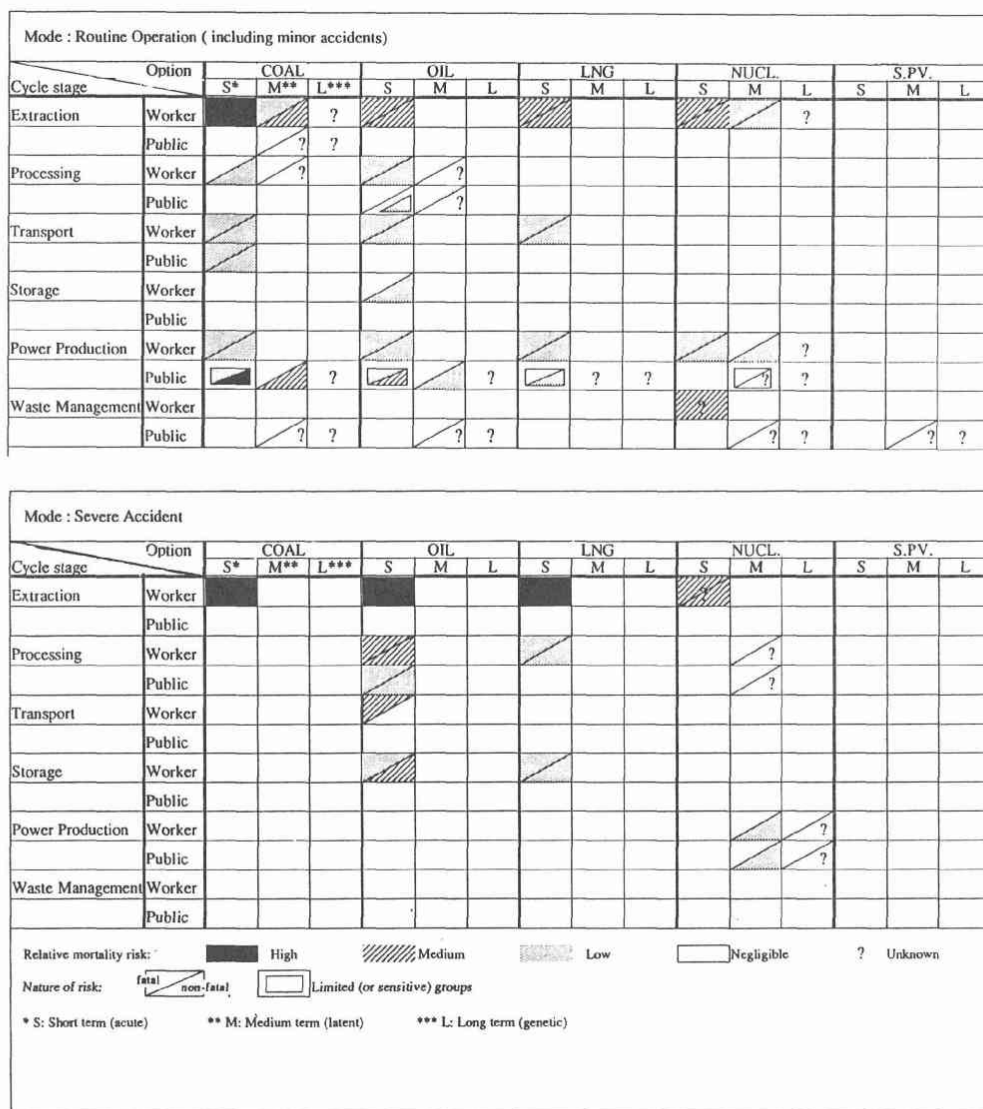


図2 各種発電システムの健康リスクの半定量的比較

上図：通常時

下図：過酷事故時

考えられる。また、前述したように輸送段階も含めるとわが国の石炭燃料サイクルに伴う職業人の健康リスクはその殆どが国外において生じることが他の電力生産システムと比較した場合際立っていることがわかる。

・一般公衆の健康リスクについて

一石炭燃料サイクルにおける一般公衆の健康リスクは通常時の発電段階に支配されること

により特徴付けられる。但し、その対象は極めて限られた地域あるいは高齢者や幼年層の感受性の高い集団に限られると考えられる。一採炭段階、廃棄物管理段階では短期的な影響はないと考えられるが、中期的あるいは長期的に見ると各段階での管理レベルによっては地下水汚染等による健康影響の潜在性是否定できない。但し、これを定量的に評価する

Option		Land use/loss	Air pollution	Surface & Groundwater pollution	Marine pollution (ocean, coast)	Visibility	Odour	Acidification of soil, forest, aquatic zone	Food-net accumulation*	Damage to vegetation	Ecological degradation and changes	Ecocatastrophe**	Climate changes (GHEs)	Radionuclides emission
COAL	Extraction	△	△	△		△		△	?	?	△		■	○
	Processing	△	△	△				?					□	
	Transport		△		■	△		△					■	
	Storage (Fuel)	△				△								
	Power Production	△	●		△	△		●	?	○	?		■	△
	Waste Management	△		△							?			
OIL	Extraction		△	△ ¹	△ ²						△	▲	□	
	Processing		△	△	△		△	?					□	
	Transport		△		■						△ ³	●	□	
	Storage (Fuel)	△												
	Power Production	△	●		△	△		●	?	○	?		■	
	Waste Management	△		△							?			
LNG	Extraction		△	△ ¹	△ ²						△	▲	□	
	Processing		△	△	△		△	?					■	
	Transport		△		□						△ ³		□	
	Storage (Fuel)	△												
	Power Production	△	●		△	△		●		○	?		■	
	Waste Management	△		?							?			
NUCLEAR	Extraction	△	△	△		△		△	△	?	△		□	●
	Processing	△	△	△				?	?		?		□	△
	Transport		△		□								□	△
	Storage (Fuel)													
	Power Production	△			△				?		?	⑦		△
	Waste Management	△												△ ⁴
S.P.V.	Manufacturing		△ ⁵	△					△ ⁵					
	Power Production	▲									?			
	Waste Management			?					?					

* Radionuclides or trace metals
Relative Indicators:

Global	■	▨	▩	□	△
Regional	●	◐	◑	○	⑦
Local	▲	▴	▵	△	△
	large	medium	small	negl.	unknown

** Severe accidents

1: onshore bases
2: offshore bases
3: pipeline
4: due to failure of multi-barrier system
5: Accidental releases of hazardous materials

図3 各発電システムの環境インパクトの半定量的比較

ことは現在の科学的知見を踏まえれば極めて困難なことである。

一輸送段階のリスクについては職業人の場合と同様産炭国における事故リスクに支配されることが予想される。ただ公衆まで巻き込む事故の発生状況については現時点では不明であるが極めて少ないと予想されるので、図2に示した結果は過大評価の可能性があるかもしれない。

一まとめると石炭サイクルにおける一般公衆の健康リスクは前述のとおり通常時の発電段階に支配される。この健康リスクは短期的には感受性の高い集団に対するものであると考えられるが、中期的に見ると大気汚染物質等による気管支系の疾病リスクは地域住民全般に対するものとなることが考えられる。

(2) 石油燃料サイクル

・職業人の健康リスクについて

一採掘段階における通常時のリスクは石炭採掘に比べれば低いことは統計においても示されているが、サイクル全体では大きな寄与因子になると考えられる。なお、健康リスクは急性影響のみに限定されると考えられる。

一処理段階、いわゆる製油段階におけるリスクは潜在的にはシビアアクシデントの可能性を有するが、通常時は在米型の労働災害に支配されると考えられる。このリスクレベルについては、わが国の安全管理レベルを踏まえれば無視しうると予想されるが、典型的な装置産業であり種々の石油製品の生産工程等を考慮し、低いとしている。

一輸送段階におけるリスクは、統計的に見てタンカーやパイプラインの火災／爆発による死亡・負傷が多く見られるが、単位発電量当

たりのリスクでみるとそのレベルは低いと考えられる。

一発電段階におけるリスクは石炭燃料サイクルの場合と同様と考えられる。

一まとめると石油燃料サイクルにおける職業人の健康リスクのレベルは石炭燃料サイクルに比べ総じて低いと考えられるが、異なる特徴としては燃料サイクル全体にわたってある程度のリスク源が分布していること、またシビアアクシデントに伴う潜在的リスクが発電段階以前に存在することが挙げられる。特に製油段階におけるリスクが全体として寄与することが予想されるが、電力用重油が製油所で生産される石油製品に占める割合、加えてわが国の場合は低硫黄原油を生産している量も多いことから、単位発電電力量あたりで見るとそのリスクレベルは小さくなることが予想される。

・一般公衆の健康リスクについて

一石油燃料サイクルにおける一般公衆の健康リスクは、通常時の処理段階および発電段階に排出される汚染物質による健康影響（non-fatal）で支配されると考えられる。但し、その対象は石炭火力発電と同様極めて限られた地域あるいは高齢者や幼年層の感受性の高い集団に限られると考えられる。

一輸送段階におけるリスクはパイプライン、タンカーによる輸送であるため基本的に一般公衆への影響は無視できると考えられる。

一石油燃料サイクルは石炭燃料サイクルと比較した場合、処理段階および貯蔵段階におけるシビアアクシデント時に一般公衆にリスクを与える潜在性を有していることが異なっている点である。

一まとめると石油燃料サイクルにおける一般

公衆の健康リスクのレベルは石炭燃料サイクルに比べ総じて低いと考えられる。

(3) LNG燃料サイクル

・職業人の健康リスクについて

一採掘段階における通常時のリスクは原油採掘同様、石炭採掘と比較した場合低いと考えられるが、燃料サイクル全体のリスクでみると支配的になることが予想される。なお、健康リスクは原油採掘段階と同様、急性影響のみに限定されるであろう。また、シビアアクシデント時のリスクについては原油開発・生産とはほぼ同じ環境条件であることから同程度と考えられる。

一処理段階、いわゆる液化工程は製油所ほど複雑な工程はないことから、通常時リスクは無視しうるレベルと考えられる。シビアアクシデント時リスクについては、現在のところ定量的リスク評価結果が利用可能でないことから判断が困難であるが、ガス処理プロセスにおける漏洩／火災／爆発の潜在的可能性は否定できないため、現時点では低いと考えている。しかしながら、液化工程は産ガス国において行われるため、当該国の安全管理レベルと施設の環境条件にリスクは大きく依存することに留意しなければならない。

一輸送段階におけるリスクは、天然ガス燃料サイクルの中において採掘段階と同様、支配的になると考えられているが、過去の統計に基づけば、その殆どはパイプライン輸送に伴うものである。一方、LNG輸送船による事故は原油海上輸送と同様の事故形態が考えられるが現時点においてはその貿易量（運航実績）が少ないことから、過去の統計に基づけば、そのリスクは無視できるレベルであると

考えられる。加えて、LNG輸送船は特定契約期間中チャーターされその運航には厳しい安全管理がなされていることから、わが国のLNG燃料サイクルの輸送段階におけるリスクは無視できるレベルであると考えられる。

（なお、図2に示した表示はパイプライン輸送も含めたものである。）

一発電段階については石炭火力、石油火力発電と同様と考えられる。

一まとめるとLNG燃料サイクルにおける職業人の健康リスクは石油燃料サイクルとほぼ同じ様なプロファイルをしていると考えられるが、そのリスクレベルは化石燃料サイクルの中でも最も低いと考えられる。そしてLNG燃料サイクルは石炭燃料サイクルと同様、産ガス国におけるリスクが極めて支配的であることが特徴として挙げられる。前述のように輸送段階のリスクは現在のところ無視しうるレベルと考えられるが、今後化石燃料でのLNGシフト化が進むとすれば、このリスクはサイクル全体の中でより支配的になることが予想される。

・一般公衆の健康リスクについて

一LNG燃料サイクルにおける一般公衆の健康リスクは、通常時の発電段階において排出される汚染物質による健康影響（non-fatal）のみで支配されると考えられる。発電段階における健康影響については石炭火力、石油火力と同様であるが、その影響レベルについては硫黄酸化物やばいじんの排出が殆どないことから他の化石燃料に比べ低いであろう。

一輸送段階におけるリスクはパイプライン、タンカーによる輸送であるため基本的に一般公衆への影響は無視できると考えられる。

一LNG貯蔵段階は一般公衆への潜在的なハ

ザード源であるが、わが国のLNG基地の安全管理対策を考慮すれば、そのリスクはシビアアクシデント時においても無視しうるレベルであると考えられる。

—まとめるとLNG燃料サイクルにおける一般公衆の健康リスクは発電段階のみに支配され、そのリスクレベルは化石燃料サイクルの中で最も低いと考えられる。

(4) 核燃料サイクル

・職業人の健康リスクについて

—採掘段階におけるリスク要因は基本的に石炭採掘の場合と同じと考えられるが、そのレベルについては特に放射線防護対策等を通じて全体的な安全管理レベルに差があることを考え、本評価では在来型の労働災害に伴うリスクは石炭採掘よりやや低いと考えている。ウラン採掘が炭化水素系燃料の採掘と大きく異なるのは、放射線被曝（内部被曝、外部被曝）による晩発性影響（発癌）の可能性を有することである。この健康リスクは核燃料サイクル全体では大きなリスク寄与因子となるが、そのレベルについてはこれまでのレポート研究に基づけば相対的には低いと考えられる。

—処理段階、輸送段階、貯蔵段階そして発電段階の通常時リスクは、放射線防護対策が規制面からも事業者自身の管理面からも極めて厳格に実施されていることから放射線被曝による健康リスクは無視しうるレベルであると考えられる。よって、発電段階におけるリスクは建設、保守、廃止措置に伴う在来型の労働災害が主となるが、そのレベルは他の発電プラント同様低いと考えられる。

—廃棄物管理段階におけるリスクについて

は、高レベル放射性廃棄物深地層処分での施設建設に伴う在来型の労働災害リスクが支配的になることが予想される。しかしながら、これについては現時点において具体的な設計がなされておらず、また実施時期までの適用技術の進展を踏まればUnknownであるが、本研究では中程度と判断している。

—まとめると核燃料サイクルにおける職業人の健康リスクは、現在の安全設計、品質管理、運転・保守管理そして放射線防護対策を踏襲する限りにおいては化石燃料サイクルと比較した場合、放射線被曝による晩発性影響の可能性を有するものの、そのリスクレベルは全体として見ても低いと考えられる。

・一般公衆の健康リスクについて

—核燃料サイクルにおける一般公衆の健康影響は、通常時およびシビアアクシデント時とも急性影響は殆ど存在せず、低線量による長期の放射線被曝（内部被曝、外部被曝）に起因する晩発性影響で特徴付けられる。この潜在的ハザード源は基本的には燃料サイクル全般にわたり存在するが、職業人のリスクの場合と同様現在の安全管理対策に基づけば、そのリスクは総じて無視しうるレベルにあると考えられる。

(5) 太陽光発電システム

・職業人の健康リスクについて

—図2には発電設備製造段階のリスクについて示していないが、職業人の健康リスクとしては従来の研究でも指摘されているように単位発電量に要する資材・設備の物量を考慮すれば発電設備製造段階が支配的になると考えられる。しかしながら、そのリスクレベルは半導体産業における在来型リスクの程度と同

じと考えられる。

一発電段階におけるリスクは建設時の在来型労働災害に支配されると考えられるが、そのレベルは無視しうるものと考えられる。

・一般公衆の健康リスクについて

一太陽光発電システムにおける一般公衆の健康リスクとしては太陽電池製造工場における事故時の大規模有害ガス漏洩に伴うリスク、発電施設建設資材の輸送に伴うリスク、廃棄物管理段階における有害廃棄物による潜在的リスク、公衆の健康リスクが考えられる。但し、これらのリスクは安全管理対策に依存するが極めて低く無視しうるレベルであると考えられる。

〈環境への潜在的インパクトの比較〉

評価対象である5つの発電システムの環境に対する潜在的なインパクトを半定量的に比較した結果を図3に示す。なお、この半定量的比較評価は健康リスクと同様、本研究におけるこれまでの検討を踏まえて作成したものであるが、健康リスクの比較評価と比べた場合、次の理由から極めて主観的要素が多く含まれていることに留意されたい；a) これまで定量的評価が系統立って実施されていないことから相対表示する際の判断基準がないこと、b) これまでの環境へのインパクト評価はいわゆる環境へのストレス量(SO₂, NO_x等の排出量など)で比較したもので、その影響(コンセカンス)の大きさを比較したものではないこと、c) 健康についてはfatalとnon-fatalという明確なコンセカンスがあるが、環境の場合は極めて多くのコンセカンスが考えられることから、環境インパクト間の

共通的な指標がないこと(これが定量的評価のボトルネックである)。以下では、各システムのもつ全体的な特徴を明かにするため、図3の定性的評価結果に次の様なスコア(High: 4, Medium: 3, Low: 2, Negligible: 1, Unknown: +0.5(保守的に評価))を与えスコアランキング評価を試みた。

環境への全体的インパクトからみたスコアランキング

まず各燃料サイクルごとに見ると、石炭燃料サイクルでは採掘、発電そして処理、石油燃料サイクルでは発電、採掘、処理そして輸送、LNG燃料サイクルでは採掘、処理そして発電、核燃料サイクルでは採掘、処理そして発電段階でのインパクトが支配的である。太陽光発電システムではローカルなインパクトしかなく、また各段階におけるインパクトはほぼ同じ程度である。

各燃料サイクルを環境への全体的なインパクト、いわゆる環境への全体的な優しさという視点で順位付けを行うと、太陽光、LNGと原子力、石油そして石炭燃料サイクルとなる。但し、以上のような評価はローカル、リージョナル、グローバルなインパクト各々について同じ重み付けを行っているため、各システム間の比較を行う際には以下に述べるようにローカル、リージョナル、グローバルなインパクト別に比較することが必要となる。

(ローカル、リージョナル、グローバルなインパクトに各々異なった重み付けを行えば、総合的な比較を行うことは可能だが、その際にはどの視点に立ち比較を行うかを明確にする必要があり、その点を明かにしない場合は批判を受けることとなる。)

ローカルな環境インパクトからみたスコアランキン

各発電システムとも総じて燃料サイクルのフロントエンドが支配的になっていることが解る。ローカルに見て環境全体に優しいシステムの順位は太陽光，LNG，原子力，石油そして石炭燃料サイクルとなる。

リージョナルな環境インパクトからみたスコアランキン

各発電システムとも発電段階が支配的になっていることが解る。リージョナルに見て環境全体に優しいシステムの順位は太陽光，LNG，原子力，石炭そして石油燃料サイクルとなる。

グローバルな環境インパクトからみたスコアランキン

各発電システムのグローバルな環境へのインパクトについて見ると，化石燃料発電システムでは発電段階と輸送段階が支配的になっていることが解る。なお，石炭燃料サイクルについては採掘段階，LNG燃料サイクルについては処理段階も大きな寄与を示す。一方，核燃料サイクルについてはその程度は小さいが採掘段階，処理段階そして輸送段階が寄与する。グローバルに見て環境全体に優しいシ

ステムの順位は太陽光，原子力，LNG，石油そして石炭燃料サイクルとなる。

くおわりに

本研究は，現在及び近い将来における電力生産活動の姿を健康リスクおよび環境インパクトの視点から定量的に描き，今後のあるべき姿を検討しようという試みである。この作業は基礎的なデータ，情報の利用可能性や信頼性の問題に加え，未だ健康リスクの推定においても環境インパクトの評価においても，科学的知見が十分でなく方法論の問題が多く残されている。しかしながら，我が国においても系統的な評価研究を積み重ね，自ら種々の視点からエネルギー問題を分析していく努力は今後より必要となろう。本研究においても評価結果のトレーサビリティの確保，ユーザーの理解を深めるため，数値情報だけでなく，グラフィック情報や定性的情報も含めたデータベース開発を行っている。極めて労力を要する作業であるが，今後この努力は何らかの形で有用になることを信じて作業を進めていきたいと考えている。本稿ではこの作業の途中経過を紹介したが，近いうちにその後の成果をご紹介できればと思う次第である。

欧州における船用ディーゼル 燃料油の使用実態調査

(A重油製品品質適正化海外調査)

赤 田 卓 己[※]



表1 我が国の燃料油需要の推移〔単位%〕

年 度	昭和60年度 (1985)	平成2年度 (1990)	平成7年度 (1995)
揮発油 ナフサ	20.3 13.6	20.5 14.5	21.4 13.7
軽質留分 計	33.9	35.0	35.1
ジェット	1.7	1.7	1.8
灯油	14.0	12.2	13.3
軽油	14.3	17.3	18.8
A重油	11.2	12.4	12.6
中間留分 計	41.1	43.6	46.5
B重油	1.2	0.3	0.0
電力用C重油	11.4	11.0	9.8
一般用C重油	12.4	10.0	8.5
重質分 計	24.9	21.3	18.4
燃料油 計 (百万kl/y)	(181)	(219)	(261)

(出典：第40回石油審議会石油部会)

1. はじめに

我が国の石油製品の供給については、ガソリン及び中間留分の需要増加とC重油需要の減退から石油製品輸入や白油化対策等がなされているものの、今後、各々の石油製品の需要量と品質を併せて考慮した対応が望まれるところである。

特に、A重油については、今後石油製品各油種の需要量・比率の変化、基材の使用比率の変化に伴って、品質が相当変化することが予想され、対応策の検討が必要になってくると考えられる。

このような状況から、(財)エネルギー総合工学研究所は、通商産業省資源エネルギー庁の委託を受けて「A重油製品品質の適正化調査」を実施した。その一環として海外調査を実施したので概要を報告する。

2. 調査の背景

(1) A重油の需要

石油製品(燃料油)需要の推移と見通しを表1に示した。平成2年度から前後5年間の範囲ではA重油の需要は増加傾向にある。ま

た、軽油の伸びが著しく、C重油の減少傾向が顕著となっている。A重油の産業別消費量の推移を図1に示した。水産業及び運輸部門を除いて1982年度から増加傾向となっている。とりわけ製造業では1987年度から大幅な増加となっている。

(2) A重油の基材比率の変化

我が国のA重油の主要基材は、軽油(脱硫

※ (財)エネルギー総合工学研究所 主管研究員

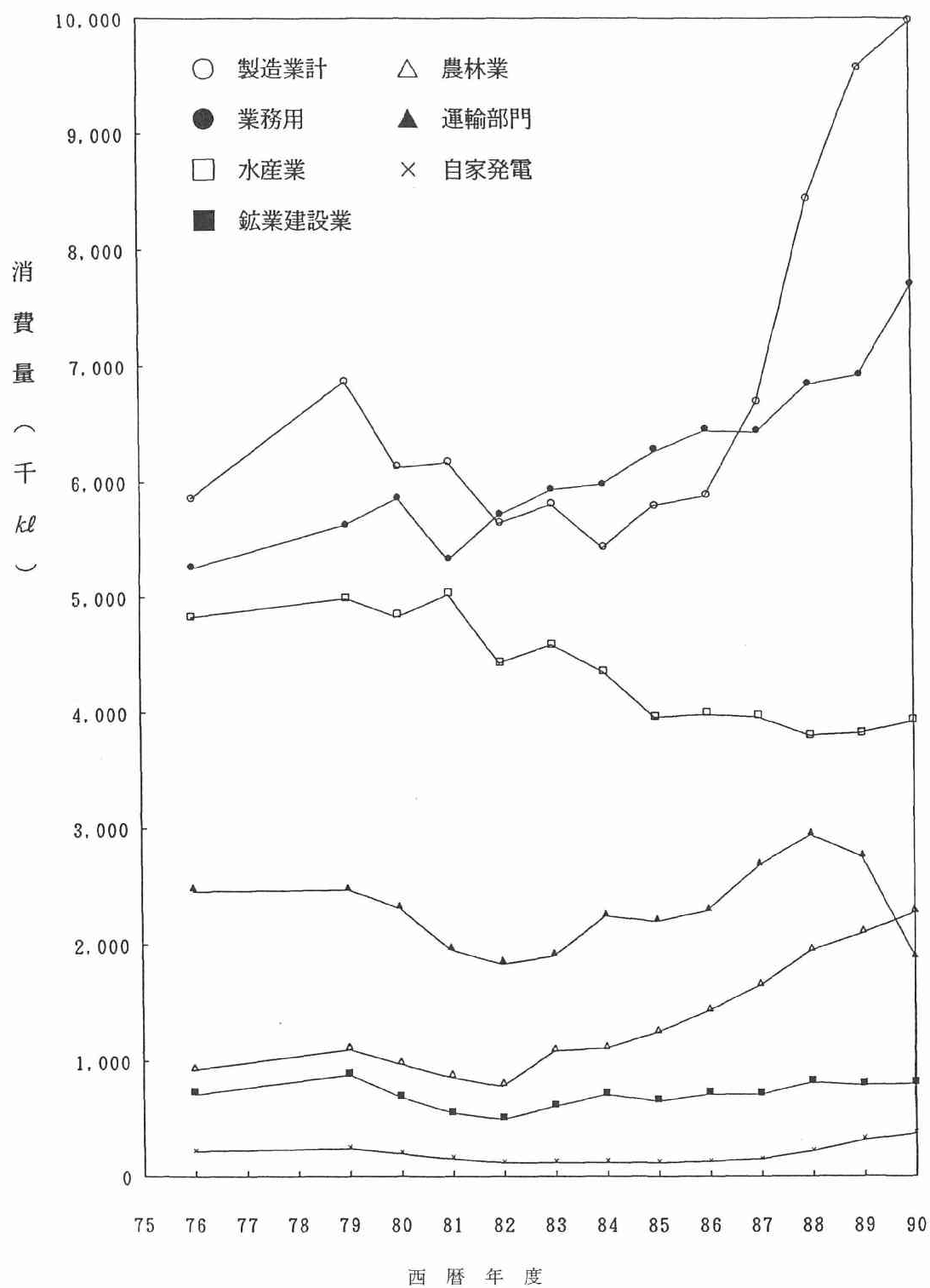


図1 我が国のA重油の産業別消費の推移
(出典：総合エネルギー統計)

軽油、間脱軽油)と分解軽油である。

ガソリンの需要増加とC重油の需要減少から、石油精製各社は接触分解設備を増設して重質油分解を行うと同時にガソリンの増産を図っている。この時副生する分解軽油はその性状からディーゼル軽油に使用できないためA重油とC重油に使用されている。

今後、更に接触分解設備の増設による分解軽油の生産増、C重油の需要減少による分解軽油の使用減により、必然的にA重油への分解軽油の混合比率は増加し、現状の25～26%から、今後平均40%程度までになると推定される。

(3) A重油の性状の変化

分解軽油の組成は通常の軽油よりも芳香族化合物が多く、そのためディーゼル機関の燃焼性の指標となるセタン指数が低い。このため今後の分解軽油の混合比率が高まるA重油のセタン指数が現状の平均51から平成7年度には平均約46程度まで低下することが予想される。

〔注〕ディーゼル機関の燃焼性の指標としてセタン指数は燃料の性状データから計算により求められる。セタン価は試験エンジンによる実測により求められる。両者には相関性がある。

(4) A重油の性状の変化による問題点

A重油需要の約80%はボイラ等燃焼用であり、この用途面では実用性能上セタン指数の制約はないが、残りの約20%がディーゼルエンジン用であり、両者向けA重油を分割供給出来ない現状に鑑み、全てのA重油のセタン指数を一定以上の水準に維持せざるを得ないのが現状である。

A重油のセタン指数は現在JISでは制定

されていないが、漁船用や陸用ディーゼルエンジンに使用するA重油ではセタン指数を45以上とするユーザー規格があり、この下限値が与える影響は大きいと考えられる。

前述のA重油セタン指数は、平成7年度で平均約46程度まで低下するとその約半分が45以下の品質になると推定されたことから、A重油のセタン指数を45以上そのまま維持するとすれば、今後の中間留分の需要増大に対応することが出来難くなる恐れがある。

現在、燃料供給側及びエンジン供給側の対応策については、双方に見解の相違があり、最低セタン指数の設定値をさらに十分に検討し、双方が合意に至ることが、今後の中間留分の需要増大とA重油品質適正化の観点から必要であると考えられる。

3. 海外調査の目的

我が国でディーゼルエンジンに使用しているA重油に相当する海外の油種の一つは、ISO 8217:1987の船用ディーゼル燃料油(以下「MDF」と略す)のDMBグレードであり、そのセタン価の規格下限値は35となっており、我が国のユーザー規格の45よりはるかに低い値となっている。このISOのドラフトは欧州の石油メカ・エンジンメカが中心となり作成したこと、及びこの油種が欧州で広く使用されていることから、我が国のA重油のセタン指数に役立つ各種情報を入手する目的で以下の項目を調査した。

〔調査項目〕

- ① 欧州におけるMDFの使用実態
- ② MDFを使用するディーゼルエンジンの最新の技術開発状況
- ③ MDF規格制定の経緯

4. 調査日程・訪問先・調査メンバー

(1) 調査日程

平成4年2月9日から2月21日までの13日間

(2) 訪問先

訪問先は以下に示すように合計13カ所である。

① 石油関係 (4カ所)

- ・ CONCAWE
- ・ シェルインターナショナル社 (SHELL INTERNATIONAL PETROLEUM COMPANY)
- ・ B P 社 (BP MARINE LTD)
- ・ E L F 社 (ELF AQUITAINE)

② 石油添加剤メーカ (2カ所)

- ・ エチル社 (ETHYL PETROLEUM ADDITIVES LTD)
- ・ エクソン化学社 (EXXON CHEMICAL LTD)

③ エンジン研究機関 (2カ所)

- ・ リカルド社 (RICARDO CONSULTING ENGINEERS LTD)
- ・ A V L 社 (AVL LIST GMBH)

④ エンジンメーカ (5カ所)

- ・ M W M 社 (MOTOREN-WERKE MANNHEIM AG)
- ・ S E M T ピールスティック社 (S. E. M. T. PIELSTICK/ C. E. M. T.)
- ・ W D 社 (OY WARTSILADIESEL INTERNATIONAL LTD)
- ・ M A N B & W 社 (MAN B&W DIESEL AG)
- ・ N S D 社 (NEW SULZER DIESEL LTD)

(4) 調査メンバー

調査メンバーは北海道大学工学部の宮本教授を団長として、石油各社と石油添加剤メーカから11名、事務局は(財)エネルギー総合工学研究所から1名参加して合計13名であり、調査を効率的に行うためA、Bの2チームに分かれて実施した。

5. M D F の供給の状況と品質レベル

欧州において船用ディーゼルエンジン(我が国でA重油が使用されている機種と同等)に使用されている油種はM D F と品質レベルの高い自動車用軽油および船用軽油である。

シェルインターナショナル社の調査による欧州における軽油とM D F の供給状況と性状(密度とセタン価)の現状を表2に示した。

ヨーロッパ11か国における軽油とM D F の供給について調査した結果、M D F を販売し

表2 欧州の船用燃料供給状況とその代表性状

国 名	船用燃料		代 表 性 状	
	軽油	M D F	密 度	セタン指数
スウェーデン	×	○	0.86/0.88	48/50
フ ラ ン ス	○ ¹⁾	×		40
ポルトガル	○	×		
フィンランド	○	○	0.845/0.87	48/52
ス ペ イ ン	○	×		
ド イ ツ	×	○	0.879	38
ノルウェー	○	×		
イ タ リ ア	○	×		
デンマーク	○	○ ²⁾		40以上
イ ギ リ ス	○	○ ³⁾	0.89	42
オ ラ ン ダ	○	○	0.89	37以上

注：○；販売あり，×；販売なし

1) ISO8217：1988 DMAグレードの船用軽油

2) コペンハーゲンのみ販売あり

3) リバプールのみ販売あり

(出典：シェルインターナショナル社)

表3 欧州のMDFの性状

性 状	夏期 (n=10)	冬期 (n=13)
密度 (15℃) kg/ℓ	0.860~0.900	0.850~0.900
動粘度 (40℃) cSt	3.30~11.0	1.50~11.0
曇り点 ℃	-30~15	-30~8
流動点 ℃	-30~0	-30~-2
CFPP ℃	-5~10	-12~4
引火点 ℃	60~86	68~88
セタン価	35~41	35~41
セタン指数	35~45	35~47
残留炭素分 wt%	0.01~0.30	0.01~0.30
硫黄分 wt%	0.2~1.5	0.2~1.5
蒸留性状 IBP℃	180~220	190~220
90%℃	334~380	334

(出典: CONCAWE)

ている国は、スウェーデン、フィンランド、ドイツ、デンマーク、オランダおよび英国の6か国で、その他の国は販売しておらず、実際にはMDFの注文があった場合は船用軽油を供給しており、その場合の販売銘柄はMDFとしている。

また、CONCAWEの情報によると、欧州のMDFの品質レベルは表3のとおりである。

また、BP社による他の市場調査によればMDFのセタン指数は、ワールドワイドで35から58、アフリカで40から53、アメリカで35から44、欧州で35から47、極東で35から52となっている。

MDF (DMB) の品質は需要家がISO規格に合格している前提でコストミニマムを要求しているため石油供給側は規格下限のもの製造しようと努力している。

6. 軽油及び船用燃料油の品質規格体系とその制定の経緯

(1) 欧州の品質規格体系

欧州の品質規格体系とセタン価(CN)、セ

タン指数(CI)、硫黄分の規格値を表4に示す。

(2) MDF (DMBグレード) の規格制定の経緯と実際の実施状況

現在ISO 8217:1988 のMDF (DMBグレード) はセタン価35以上と規定されている。この規格は英国規格BS 2869:1970B1を採用したものである。このBS規格制定時のセタン価35以上を決定した根拠となる資料は当該規格以外に残っていなかった。なお、ISOへの採用に際してもセタン価規格値に関する論争は全く無かった。

また、BS 2869:1970B1が制定されて、既に20年間以上も運用されており、種々の検討はこの規格を前提としてとりすめられている。また、石油メーカーは既存エンジンでセタン価35以上のMDFを支障なく運転出来るようにしている認識となっている。

シェルインターナショナル社によれば需要家がMDFを購入する場合に60%は規格や品質上の指定をしないが、38%はISOまたはBS規格を引用し、残りの2%がCIMACを引用して注文する。ISOは規格値に問題があっても直ちに改訂できないが、CIMACの場合は規格でなく推奨値であるため、ISOと異なり問題があれば短期間で改訂ができる。それにも拘わらずCIMACのDMBグレードのセタン価の要求値に対して改訂の必要性の申し出は無く、改訂されていない。

これらのことからMDFのセタン価35以上の値は問題なく受け入れられていると考えられる。

表4 欧州の軽油および船用燃料の品質規格体系

名 称 (用途)	国 名	規格番号・グレード		C N	C I	硫黄分
AUTOMOTIVE GAS OIL (自動車用軽油)	英 国 フランス	BS 2869 CSR-09	PART-1 A1	48以上	46以上 48以上	0.3 以下
GAS OIL (船舶用軽油)	英 国	ISO 8217 CIMAC BSMA100	DMA DA DMA	40以上 40以上 40以上		1.5 以下 1.5 以下
MARINE DIESEL FUEL (船舶留出油)	英 国 フランス	ISO 8217 CIMAC BSMA100 CSR-10	DMB DB DMB	35以上 35以上 35以上	40以上	2.0 以下 1.0 以下
(同上・残査油含む)	英 国	ISO 8217 CIMAC BSMA100	DMC DC DMC	— 35以上 —		2.0 以下 2.0 以下
AGRICULTURE/ INDUSTRIAL GAS OIL (農業／産業用軽油)	英 国	ISO 8217 BS 2869	DMX PART-2 A2	45以上 45以上		2.0 以下 0.5 以下
MARINE FUEL OIL	英 国	ISO 8217 BSMA100	RMA10~RML55 RMA10~RML55	— —	— —	5.0 以下 5.0 以下

(出典：各国規格)

7. エンジンメーカーの状況

(1) エンジンメーカーの状況

本調査では、欧州の代表的な中高速ディーゼルエンジンメーカー5社を訪問した。

訪問先各社の主要エンジンの仕様及び用途を表5に示す。

欧州のメーカーのエンジン設計に対するコンセプトは、おおむね高熱効率、低品位燃料対応、耐摩耗性、高信頼性等であって、エンジン各部の強度を高めつつ、どのような低品位燃料にも対応することができるように種々の対策をとっていた。

これに対して日本では市販燃料油の性状にあわせたエンジン設計を行い、エンジンのコンパクト化と高出力を目標としており、設計思想が異なっているように思われる。

従って欧州では、原子力発電所の非常用発電機等の特殊用途を除いては、MD Fの場合CIMAC/DB又は、DC、重質油の場合CIMAC/H55又はK55を想定しエンジンの仕様を決めることが多い。

(2) エンジンメーカーのMD Fに対する要求性状

船用燃料油の需要家は一般的に燃料油コストを極力引き下げようとするため、エンジンメーカーは、従来よりできるだけ安価な、すなわちできるだけ低質な燃料油を使えるように技術開発に努力してきた。

MD Fに対する要求性状のうち最も重要な項目は、セタン価やCCAIで示す着火性指標である。燃料油の着火性がよくないと、エンジン内での着火遅れが大きくなり、シリンダー内壁への熱負荷が過大になったりシリン

表5 欧州各社のエンジン仕様及び用途

エンジン メーカー	エンジン 型 式	出力 PS	回転数 rpm	シリンダー 径mm行程mm	用 途	船 舶	発電(EMR)	鉄 道	建 機
MWM社	226	22~146	2500	105 120	○ ○			○ ○	
	234	141~794	2100	128 140	○ ○			○ ○	
	604	769~2039	1800	170 195	○ ○				
	628	1835~4895	1000	240 280	○ ○				
S E M T ピールス ティック 社	P A 4	955~3295	1500	185 210 200	○ ○			○	
	P A 5	1500~5400	1000	255 270	○ ○			○	
	P A 6	2400~8000	750~ 1000	280 290 350	○ ○			○	
	P C	4480~29700	500	400 460	○ ○				
WD 社	V A S A 22	816~3808	720~ 1200	220 240 260	○ ○				
	V A S A 32	2010~10026	720~ 750	320 350	○ ○				
	V A S A 46	4920~22140	450~ 514	460 580	○ ○				
M A N B & W 社	20/27	680~2450	1000	200 270	○ ○			○	
	32/36	3300~9900	750	320 360	○ ○			○	
	40/54	5430~8145	514	400 540	○				
	48/60	7950~11925	450	480 600	○				
	58/64	8040~21200	428	580 640	○ ○				
N S D 社	S 20	700~1960	720~ 1000	200 300	○ ○				
	A T 25	1620~1800	720~ 1000	250 300	○ ○				
	Z A 40 S	5800~17640	510	400 560	○ ○				

(出典：各エンジンメーカー資料)

ダー内圧が過大になったりすることがあり、エンジンの耐久性に悪影響を及ぼす。このため、それぞれのエンジン毎に要求燃料油仕様として適切な着火性指標を設定しているのが一般的である。

今回訪問調査したエンジンメーカーの要求燃料油仕様は、表6に示したように、最も厳しい品質を要求するボアの小さい高速エンジンでも、かなり低質な燃料を使用してよいことになっている。すなわちMWM社の226シリ-

ズエンジンではボア105mm、回転数2500rpmと過酷な設計条件であるが、燃料油仕様はセタン価40までよいことになっており、実態はセタン価37~39のレベルでも着火性不良によるトラブル例は報告されていないとのことである。またS E M T社やM A N社のようにボア200mm、回転数1,500rpm程度までエンジン設計条件が緩和されてくると、要求燃料油仕様も緩和され、M D Fのほか船用重油でも使用できるようになっている。

表6 エンジンメーカーの要求燃料油仕様（主要なもののみ）

エンジン メーカー	エンジン主要仕様			要 求 燃 料 油 主 要 仕 様					
	型 式	Bore	回転数	ISO相当規格	セタン価	CCAI ^{*2)}	密度(15℃)	粘度(@50℃)	残炭(CCR)
MWM社	226シリーズ	105mm	2,500rpm	DMB	40 ↑ ^{*1)}	820 ↓	0.900 ↓	11.0cSt ↓ ^{*3)}	0.25wt% ↓ ^{*4)}
MWM社	234 "	128	2,100	"	"	"	"	"	"
MWM社	604 "	170	1,800	"	"	840 ↓	"	"	"
MWM社	628 "	240	1,000	DMC	35 ↑	860 ↓	0.920 ↓	14.0 ↓ ^{*3)}	2.50 ↓ ^{*4)}
SEMT社	PA4 ^{*4)}	185	1,500	—	40 ↑	870 ↓	0.900 ↓	30 ↓	1.5 ↓
MAN社	20/27 ^{*1)}	"	"	—	—	"	0.970 ↓	30~180	10 ↓
MAN社	" ^{*9)}	200	1,000	DMC	40 ↑	845 ↓	0.920 ↓	14 ↓ ^{*3)}	3.0 ↓
MAN社	" ^{*9)}	"	"	RME25 ^{*5)}	35 ↑ ^{*6)}	"	0.991 ↓	180 ↓	15 ↓
NSD社	520	"	"	RMG35 ^{*5)}	— ^{*7)}	—	"	380 ↓	18 ↓
WD社	VASA22	220	1,200	DMC	— ^{*8)}	880 ↓	—	2.8~14	2.5 ↓
WD社	"	"	"	RMH55	— ^{*8)}	"	0.991 ↓	700 ↓	22 ↓

*1) セタン価として40以上を要求しているが、実態は37~39のものが使用されている。

しかし着火性不良によるトラブル例は報告されていない。

*2) CCAI(Calculated Carbon Aromaticity Index)は、セタン価と同様に燃料油の着火性指標として使われており、次式で計算される。

$$CCAI = D - 141 \log \log (V + 0.85) - 81$$

ここでD：密度 (@15℃) kg/m³

V：粘度 (@50℃) cSt

*3) @40℃

*4) ラムスボトム法による残炭

*5) 主機用の燃料油相当規格

*6) 粘度調整用軽質混合油のセタン価を35以上とする。

*7) エンジンの圧縮比を14と高めることにより、燃料油のセタン価を不要としている。

*8) セタン価35は全く問題なし。セタン価25の燃料油でも使用可能。

*9) PA4および20/27エンジンについてはMDFおよび船用重油それぞれの燃料油仕様を示した。

(出典：各エンジンメーカー資料)

8. セタン価の低いMDFに起因するエンジン ントラブル

近年我が国においては、低セタン価A重油使用による始動不良、白煙排出等のトラブルが報告されている。

今回の欧州の調査においては、石油メーカ、エンジンメーカ、エンジン研究機関等各社では、低セタン価に起因するエンジントラブルは発生していないし、ユーザーからのクレームも発生していないとのことであった。

これは、エンジンメーカによる低セタン価対策もさることながら、軽油、船用燃料油の品質規格を4段階に分け、セタン価も各々“45”、“40”、“35”及び無規定と、使用するエンジンの要求セタン価に合わせ燃料の選択が出来る体制となっていることによる。すなわち需要家は着火性に問題があれば軽油を使用すれば良いという考え方から、用途によるスムーズな使い分けが出来ていることによると考えられる。

9. エンジンの苛酷な使用条件と燃料油による対応

(1) エンジンの苛酷な使用条件

ディーゼルエンジンは、シリンダ内空気を圧縮することにより高温とし、そこに燃料を噴射、自然着火により燃焼させ動力を得る方式である。そのため、圧縮されたシリンダ内空気温度が燃料を着火させるだけの温度まで上昇しているか、又、その温度にて着火する燃料かどうかによりエンジンの始動可、不可が決定することとなる。従って、エンジン始動の最も苛酷な使用条件としては、寒冷地でのコールドスタート、及び即時の全負荷運転である。

これは、日本における最近のディーゼルエンジンのトラブル事例で、非常用発電機の始動時の問題が多く報告されていることから明らかである。

ヨーロッパにおける状況も同様に、即時起動を要求される原子力発電所の非常用発電機が最も過酷な条件と考えられている。また、小型、軽量及び高出力を要求される艦艇用ディーゼルエンジンにおいては、高過給低圧縮比エンジンを使用するため、燃料の着火性及び燃焼性の良いものが要求され、この用途もエンジンとして過酷な条件となる。

基本的には、エンジンサイズとその苛酷度については、燃料の着火遅れに許される時間が短い小型、高速エンジンが最も厳しい。このため小型、高速エンジンには中型、大型エンジンよりも高セタン価燃料が要求されている。このためエンジンメーカーは寒冷地で使用されるエンジンにはトラブルの未然防止策としてグロープラグ等、着火性改善の対策を行

なっている。中型、中速エンジンの使用条件は、小型、高速エンジンよりは厳しくないが、それが使用される条件、エンジンでの対策が十分なされていない場合には、結果的に苛酷な状況になることがあるとの情報もあった。なお、大型、低速エンジンについては、低品位燃料を使用可能とするため高圧縮比エンジンの開発、シリンダジャケット、潤滑油等の予熱装置、供給空気の予熱等種々の対策を講じている。

(2) エンジンの過酷な使用条件に対する燃料油による対応

最も過酷な使用条件とされる原子力発電所非常用発電機の場合でも、使用されるエンジンは通常のエンジンとなるため、即時起動の対応は燃料で行なうこととなる。

このような過酷な使用条件に対する燃料油としては通常はセタン価の高い軽油（セタン価45以上）を使用し、問題を発生させないようにしている。

10. 低セタン価燃料油使用のためのエンジン側の対応技術

(1) セタン価の低いMD Fを利用する上で問題となるエンジン性能と対応策

セタン価の低いMD Fを利用する上で問題となるエンジン性能とその対応策は、基本的には表7のように考えられる。

(2) エンジン側の新技術

エンジン開発の基本的思想は次の項目であると、WD社が紹介している。

- ① 高熱効率
- ② 低質油の利用
- ③ 高信頼性
- ④ 低摩耗性

表7 低セタン価燃料油によるエンジン性能上の問題点と対応策

課 題	対 応 策
NO _x 増大	噴射時期遅延 (高圧噴射、過給度アップ)
熱負荷上昇 (耐久性、信頼性低減)	冷却強化 耐熱材料の採用
騒音、振動増大	主体部強度向上 エンクローズ (遮音対策)
燃焼悪化 (低負荷時) →白煙、CO、HC増大	圧縮比増加 冷却水等の加熱
始動性悪化 →始動不良、煙道爆発	スタートエイド (始動補助剤) の使用 冷却水、吸入空気、潤滑油加熱、グロープラグ

(出典：各社情報)

また、MAN B&W社は、積極的に低品位油の利用へのチャレンジが必要であると述べている。

さらに、排気ガス規制への対応が関心事項となっており、今後はこれらのエンジン性能の改善への研究開発が進められるものと推定される。

具体的には、既存技術の更なる展開をも含めると燃料油との関わりのある事項として次のような新エンジン技術が各社から紹介されている。

- A. 高圧噴射 (噴射期間の短縮)
- B. 燃焼室構造の改善
- C. 着火時期の可変性、最適化
- D. 高圧縮比
- E. 副燃料噴射
- F. 過給度のアップや効率の向上
- G. 各部の材質強化、軽量化
- H. 冷却水、吸入空気温度の制御、系の改

良

- I. 噴射ポンプの改良 (低質油対応等)
- J. 直噴化
- K. ロングストローク化
- L. 脱硝システム (排気処理)
- M. 潤滑油システムの改善

11. セタン価向上剤の使用状況

燃料油のセタン価を向上させるために、セタン価向上剤が使用されるケースがあり、欧州での使用実態を調査した。

欧州においてはセタン価向上剤は陸上用軽油に使用されており、使用量は約1万トン/年である。MDFにはセタン価向上剤は使用されない。これは、ユーザーがセタン価で不満を感じた場合は、セタン価の高い船舶用軽油を使用することが一般的であること、元々からセタン価の低い燃料をある程度セタン価を上げるためには、相当量の添加剤が必要になり、コスト的に引き合わないということが使用されていない原因として考えられる。

12. ま と め

欧州において船用ディーゼルエンジン (我が国でA重油が使用されている機種と同等) に使用されている油種はセタン価35から52のMDFと、品質レベルの高い自動車用軽油および船用軽油である。

現在ISOのMDFはセタン価35以上と規定されている。この規格のベースは英国規格BS2869:1970のB1グレードの規格値である。このBS規格制定時のセタン価35以上を決定した根拠となる資料は当該規格以外に残っていなかった。なお、ISOへの採用に際してもセタン価規格値に関する論争があっ

たという情報は無かった。また、BS2869が制定されて、既に20年間以上も運用されており、使用する燃料油はこの規格値を前提としてとりすめられている。また、石油メカは既存エンジンもセタン価35以上のMDFを使用して、支障なく運転出来ると認識している。

本海外調査の訪問先ではMDFのセタン価に起因するトラブルは生じていなかった。これはエンジン供給側での対策もさることながら、使用燃料油の着火性に問題があれば軽油を使用すれば良いという考え方から、スムーズな燃料油の使い分けがなされていることによると考えられる。なお、欧州におけるディーゼルエンジンの最も過酷な用途は原子力発電所の非常用発電機であり、このディーゼルエンジンにはセタン価45以上の軽油が使用されている。

欧州のエンジンメカの基本姿勢は、世界中の各港で供給される種々の品質の燃料油に対応出来るようなエンジンを製造することである。小型エンジンのメカ（例えばMWM社）はそのエンジン（シリンダー径約200mm以下）に要求される燃料油のセタン価の下限

値は、DMBグレードの規格は35ではあるが、経験上約40が妥当と考えている。他方、他のエンジンメカ（例えばWD社）はその規格値に対して全く異議をはさんでいない。

ディーゼルエンジンの着火は、シリンダーに吸入した空気の圧縮端温度を燃料の自然発火温度よりも高くすることが必要である。従って、セタン価が低い燃料に対してはその着火性が劣るため着火時の空気温度をより高くする等の手法が要求される。各エンジンメカはセタン価が低い燃料を効率的に燃焼させるための各種技術を実機に使用しており、あるいは各種技術を検討中である。

欧州のエンジンメカ等の見解によれば、小型エンジンに使用する燃料は、エンジンに特別の対策がなされて無い場合でも、セタン価約40以上あれば全く問題が無いということである。一方、我が国のエンジンメカは従来の経験からセタン指数45以上が必要との見解である。今後、小型エンジンに使用するA重油のセタン指数45以下の使用を検討するためには、エンジンメカと石油メカが共同して各種調査及びエンジン試験等を実施してゆく必要があると考えられる。

「グランドソーラーチャレンジ」詳報

板 本 直 樹*



1. はじめに

太陽エネルギーへの国民各層の関心を高めるとともに、太陽エネルギー利用技術の高度化とその利用促進を目的とした「グランドソーラーチャレンジ」事業は、昨年8月より全国的に展開してまいりましたが、いよいよ夏の北陸を舞台に本番を迎えようとしています。

金沢市における国際シンポジウムを始めとして様々なソーラー関連のイベントを予定しておりますが、メインイベントとなる「ソーラーカーラリーイン能登」や「ソーラーボートレースイン三方五湖」においては高校、高専、大学等の学生チームや企業など数多くの参加申込みを得ており、この種のイベントとしては世界最大規模となるものと期待しております。

最近、二酸化炭素による地球温暖化や酸性雨による環境破壊など地球環境問題に対する社会の関心は非常に高まってきております。特に、本年6月にはブラジルで地球環境会議が開催されており、このような中でグランドソーラーチャレンジ事業が実施されることは誠に意義深いものと思われま

す。方のご協力とご支援をお願いいたします。

以下、本稿ではこれから実施される北陸でのイベントを中心に紹介したいと思います。

2. ソーラーカーラリーイン能登

能登半島で繰り上げられる「ソーラーカーラリーイン能登」は海外チームを含め106台（平成4年5月19日現在）の参加申込みを得ております。

海外チームとしては一昨年、オーストラリアで開催されたソーラーカーレース「ワールドソーラーチャレンジ」で優勝したスイスのビール工科大学チームを始め、アメリカ、オーストラリア、ロシア等から10台の参加が予定されております。

一方、日本チームも学生、一般チームのユニークで特色あるソーラーカーの参加が予定されており、国際的で、本格的なレースとなるものと期待されます。

(1) 開催日程・場所

①車両搬入・受付

8月22日(土)～8月27日(木)

* (財)エネルギー総合工学研究所 主任研究員

ピットに搬入し、「ソーラーフェスティバル
イン金沢」の一環として、車両整備やデモ
ンストレーション走行を行う。

(石川県産業展示館)

②車両登録・車両検査

8月28日(金)～8月29日(土)

(石川県産業展示館)

③ラリー競技

8月30日 スタート 9:00～

ゴール 14:00～

成績発表 15:30

表彰式 ～16:30

(能登有料道路及び千里浜海岸)

(2) 競技方法

①周回競技

千里浜海岸と能登有料道路(千里浜IC
～今浜IC)を結ぶ1周約11kmの周回コ
ースにおけるラリー競技。

②往復競技

千里浜海岸をスタートし、能登有料道路
(千里浜IC～穴水町此木)を往復するラ
リー競技。(コース距離約114km)

参加申込み集計 (106台)

1. 競技別

周回競技	往復競技	合 計
51 台	55 台	106 台

2. 県 別

周回競技									
北海道	3	石 川	9	岡 山	山 口	1			
青 森		福 山		広 島	徳 島				
岩 手		山 梨	1	山 崎	香 川				
宮 城		野 草	3	愛 媛	高 知				
秋 田		岡 重	2	福 佐	岡 本	1			
山 形	1	三 重	1	熊 大	崎 本				
福 島		滋 賀		鹿 宮	分 崎				
茨 城	1	京 都	1	沖 縄	島 根	1			
栃 木	1	大 阪	3						
群 馬	1	奈 良	2						
埼 玉	1	和 歌 山	2						
千 葉	4	鳥 取							
東 京	1	根 川							
神 奈 川	1	海 外	7	計		51			
新 潟	5								

往復競技									
北海道	2	石 川	5	岡 山	山 口	1			
青 森		福 山		広 島	徳 島	1			
岩 手		山 梨		山 崎	香 川				
宮 城	2	野 草		愛 媛	高 知				
秋 田		岡 重	1	福 佐	岡 本	1			
山 形		三 重	6	熊 大	崎 本				
福 島		滋 賀	2	鹿 宮	分 崎				
茨 城	1	京 都	1	沖 縄	島 根	1			
栃 木		大 阪	1						
群 馬	1	奈 良	8						
埼 玉	1	和 歌 山	1						
千 葉	1	鳥 取							
東 京	9	根 川							
神 奈 川	2	海 外	3	計		55			
新 潟	2								

『ソーラーカーラリーイン能登』参加者リスト

1992.5.19 現在

整理番号	チ ャ ム 名	代 表 者	名
1	トヨタ	後藤 公司〔トヨタ自動車(株)開発企画部〕	愛知県豊田市
2	北海道自動車短大ソーラーカー部	山上 岳士〔北海道自動車短期大学〕	北海道札幌市
3	北海道自動車短期大学 スリスIII	近藤 幹郎〔 〃 〕	〃
4	美濃ファミリーチーム	美濃 伸夫〔 〃 〕	大阪府大阪市
5	羽咋工業高校	齊藤真一郎〔石川県立羽咋工業高等学校〕	石川県羽咋市
6	中部電力(株)加茂電力センター チーム・かもめにてい	豊田 英二〔中部電力(株)岐阜支店〕	岐阜県岐阜市
7	TUYAMAKOSEN E&M	中村 重之〔津山工業高等専門学校〕	岡山県津山市
8	愛知時計電機緑人会 SUN SUN 七兵士	田中 豊〔愛知時計電機(株)〕	愛知県名古屋市
9	HAMA零	富田 豊〔HAMA零〕	静岡県浜松市
10	石川県立工業高校 ソーラーカー研究クラブ	高見 安彦〔石川県立工業高等学校〕	石川県金沢市

整理番号	チー ム 名	代 表 者	名
11	九電みらいくん	力久 勝利〔九州電力(株)広報部〕	福岡県福岡市
12	よんでんルネサンスチーム	明石 雄二〔四国電力(株)〕	香川県高松市
13	MW 335	山本 文俊〔中部電力(株)知多火力発電所〕	愛知県知多市
14	東京電機大学-SUN タフェ	藤中 正治〔東京電機大学電子工学科〕	東京都千代田区
15	関西電力 総研 A	名切 卓男〔関西電力(株)総合技術研究所〕	兵庫県尼崎市
16	関西電力 総研 B	土開 清富〔 〃 〕	〃
17	石川高専テックリーズ	今井 清保〔石川工業高等専門学校〕	石川県河北郡津幡町
18	日産自動車株式会社	入江南海雄〔日産自動車(株)総合研究所〕	神奈川県横須賀市
19	やまなか屋	山中 俊治〔東京大学工学部〕	東京都文京区
20	J. C ² CREW	佐藤 幹雄〔日本キリスト教短期大学〕	千葉県千葉市
21	沖縄・琉球ソーラーチーム	宇地原良夫〔沖縄電力(株)琉球大学〕	沖縄県浦添市
22	ソラリス	木原 克己〔東レ・ダウコーニング・シリコン(株)〕	東京都中央区
23	エネルギー中国電力チーム	吉末 隆〔中国電力(株)〕	広島県広島市
24	坂井電機	坂井 貞夫〔坂井電機〕	石川県羽咋市
25	未定	浅野 隆〔ベルタデザイン〕	石川県石川郡鶴来町
26	MYLD	河野 忠雄〔東北電力(株)応用技術研究所〕	宮城県仙台市
27	「微笑」編集部 未来エネルギー研究グループ	五反田正宏〔「微笑」編集部〕	東京都杉並区
28	ほくでん UFO	表 善次郎〔北陸電力(株)羽咋営業所〕	石川県羽咋市
29	ほくでんフェニックス	橋本 晃〔北陸電力(株)技術研究所〕	富山県富山市
30	ほくでんあすなろ	森井 孝昌〔 〃 〕	〃
31	ほくでんアルプス	白江 孝俊〔北陸電力(株)技術研究所〕	富山県富山市
32	チーム「MIRAI-I」	武岡 明夫〔三洋電機(株)機能材料開発センター〕	大阪府守口市
33	DANDELION RACING PROJECT	村岡 潔〔(株)ダンデライオン レーシング プロジェクト〕	大阪府大阪市
34	金沢工業大学	中村 一郎〔金沢工業大学機械システム工学科〕	石川県石川郡野々市町
35	NNCT (長野高専)	大澤 幸造〔長野工業高等専門学校〕	長野県長野市
36	徳山高専	福山 雄二〔徳山工業高等専門学校〕	山口県徳山市
37	Solars	足立 保〔中部電力(株)関営業所配電課〕	岐阜県関市
38	東北学院大学工学部	渡辺 和也〔東北学院大学工学部〕	宮城県多賀城市
39	チーム S A S	杉木 孝行〔杉木オートサービス〕	愛知県半田市
40	えじり	江尻祝十加	石川県金沢市
41	中部電力(株)研究所 (仮)	山崎 素央〔中部電力(株)電気利用技術研究所〕	愛知県名古屋市中区
42	WAVE	梶尾 勝之〔関西電力(株)兵庫営業所〕	兵庫県神戸市
43	KANDEN NARA Spirits of YAMATO	西 明〔関西電力(株)奈良支店回路課〕	奈良県奈良市
44	SUN 紀の国	内藤 一二〔関西電力(株)和歌山電力所〕	和歌山県和歌山市
45	関電姫路 MARK-I	得平 康弘〔関西電力(株)姫路第二発電所〕	兵庫県姫路市
46	関電庄川・TEAM「(未定)」	平井 澄雄〔関西電力(株)庄川電力所〕	富山県東砺波郡庄川町
47	RACING TEAM 赤城小僧	上林 弘明〔RACING TEAM赤城小僧〕	群馬県太田市
48	福島高専エネルギー研究会	菅原 卓夫〔福島工業高等専門学校〕	福島県いわき市
49	中日本自動車短期大学	西側 通雄〔中日本自動車短期大学〕	岐阜県加茂郡坂祝町
50	かつとび どさんこ	高橋 広文〔北海道電力(株)〕	北海道札幌市
51	日産車体未来21グループ	古屋 嘉〔日産車体(株)研究開発室〕	神奈川県平塚市
52	早稲田大学 永田研究室	宇於崎 充〔早稲田大学理工学部〕	東京都新宿区
53	ソーラーチャレンジ石川	松吉 修〔データマックス電子産業(株)〕	石川県金沢市
54	富山工業高等専門学校	寺田 龍郎〔富山工業高等専門学校〕	富山県富山市
55	たぬきさん&大分大学マルビチーム	細川 信明〔大分大学〕	大分県国東郡安岐町
56	栗本・奈良高専 (仮)	山本 善啓〔奈良工業高等専門学校〕	奈良県大和郡山市
57	富大工燦燦会	多々 静夫〔富山大学工学部〕	富山県富山市
58	J R 金沢フェニックス	山本 善章〔J R 金沢機械区〕	石川県金沢市
59	NAGISA DEL SOL (仮)	今村 陽一〔(株)日立製作所広報部〕	神奈川県横浜市
60	能都町縄文エネルギーズ	府坂 司〔能都町役場〕	石川県鳳至郡能都町

整理番号	チ ャ ム 名	代 表 者	名
61	小山高専 鹿野研究室	鹿野 文久〔小山工業高等専門学校〕	栃木県小山市
62	Labo. Koyo-21	松尾 嘉臣〔光洋精工(株)技術管理部〕	大阪府柏原市
63	アイシン精機株式会社 (AISOL III)	内藤 喜裕〔アイシン精機(株)〕	愛知県刈谷市
64	PFU SOFIX A	大藪 弘隆〔P F U〕	愛知県名古屋市中
65	PFU SOFIX B	堺 一佐武〔 〃 〕	石川県河北郡宇ノ気町
66	AMBITION	滝尾 基〔大宝工業(株)摂津工場〕	大阪府摂津市
67	だぶるえぬしいてい	田緑 正幸〔和歌山工業高等専門学校〕	和歌山県御坊市
68	チームシモン	安井 照雄〔(株)紫紋〕	大阪府大東市
69	チームドラえもん	中原 成起〔 〃 〕	〃
70	久留米工業大学ソーラーカー開発チーム	藤井 修〔久留米工業大学教養部物理〕	福岡県久留米市
71	夢創	川端 俊次〔近畿通商産業局〕	大阪府大阪市
72	ソレイユ	中村 忠能〔 〃 〕	群馬県宇都宮市
73	富士デヴィソン化学 Seas	西本 尚史〔富士デヴィソン化学(株)〕	宮城県日南市
74	Y. N. U. TOYS倶楽部	立脇 修〔横浜国立大学〕	東京都新宿区
75	テクノプラズマ レーシング チーム	杉山 和夫〔埼玉大学工学部応用化学科〕	埼玉県浦和市
76	東海大学	松前 義昭〔東海大学情報技術センター〕	東京都渋谷区
77	Team KOMATSU	竹中 隆文〔コマツ栗津工場〕	石川県小松市
78	HONDA R&D	三木 敏弘〔本田技術研究所〕	埼玉県和光市
79	TEAM ENEMAX	林 俊明〔日本電池(株)広報課〕	京都府京都市
80	京セラ A	手塚 博文〔京セラ八日市工場〕	滋賀県八日市市
81	京セラ B	小谷野俊秀〔京セラ八日市工場〕	滋賀県八日市市
82	北見工大一京セラ	遠藤 登〔北見工業大学〕	北海道北見市
83	富山工業高等学校	込尾 和一〔富山工業高等学校〕	富山県富山市
84	青山学院	寺崎 和郎〔青山学院大学理工学部〕	東京都世田谷区
85	チーム太陽虫	安藤 元晴〔(株)ファーストモールディング〕	三重県亀山市
86	モアコラーシェ太陽虫	八木富士雄〔 〃 〕	〃
87	吉田道路(株)サンロード	吉田 博俊〔吉田道路(株)〕	石川県七尾市
88	日本電子専門学校	江川 康範〔日本電子専門学校〕	東京都新宿区
89	ゼロ TO ダーウィン プロジェクト	高橋 団吉〔小学館ビーバブル編集部〕	東京都千代田区
90	M I T - ジャパン	吉野 利男〔武蔵工業大学機械科〕	東京都町田市
91	ダイハツグループ	北村 晏一〔ダイハツ工業(株)〕	大阪府池田市
92	SOLAR JAPAN	江口 倫郎〔ソーラージャパン〕	愛知県愛知郡日進町
93	SOLAR JAPAN JR.	小坂 壮一〔 〃 〕	愛知県名古屋市中
94	いけいけ大分大学自動車部	豊田 智孝〔大分大学工学部〕	大分県大分市
95	育英高専	松岡 宏〔育英工業高等専門学校〕	東京都杉並区
96	TOKYO GAS	小西 康雄〔東京ガス(株)研究推進部〕	東京都港区
101	ビール工科大学 (車名 "Spirit of Biel-Bienne II")	フレディ・シドラー 〔ビール工科大学〕	スイス
102	メリーランド大学カレッジ・パーク・キャンパス (車名 "Pride of Maryland")	デヴィッド・ハロウエイ 〔メリーランド大学カレッジ・パーク・キャンパス〕	アメリカ
103	クラウドター・カレッジ (車名 "Star II")	アート・ボイト 〔クラウドター・カレッジ〕	アメリカ ミズーリ州
104	Cal State L. A. (車名 "Solar Eagle")	ディー・R. ランディス 〔カリフォルニア州立大学ロサンゼルス校〕	アメリカ
105	Cal State Pomona (車名 "Solar Flair")	ミシェル T. シェルトン 〔カリフォルニア州立大学ポモナ校〕	〃
106	カリフォルニア大学バークレー校 (車名 "Cal Sol")	スペンサー・クォン 〔カリフォルニア州立大学バークレー校〕	〃
107	Solar Flair	フィル・ファランド	イギリス
108	モスクワ	アレクサンダー・ボボロフ	ロシア モスクワ市
109	アネスレー・カレッジ (車名 "EOS")	ピーター・ガブンス 〔アネスレー・カレッジ〕	オーストラリア
110	モナーシュ大学 (車名 "Solution")	ポール・ウェリントン 〔モナーシュ大学〕	〃

3. ソーラーボートレースイン三方五湖

(4) 参加艇

(1) 開催日程

船体搬入・船体検査

8月22日(土) 9:00～

なお、船体検査終了後試走を予定している。

本競技

8月23日(日)

開会式 9:00～

200mタイムトライアル 10:10～

1時間耐久レース 13:20～

表彰式・閉会式 16:00～

タイプ	ボート名称	参加艇数	乗船人員	動力源
I	ソーラーボート	50	1名	太陽エネルギー及び競技委員会支給の蓄電池を推進力とする。
II	ソーラーパドラー	7	2名	2名乗船とし、ソーラーパネル出力及び競技委員会支給の蓄電池、人力を推進力とする。

参加申込み集計 (57隻)

予備日

8月24日(月)

(2) 開催場所

三方五湖・三方湖 (福井県三方町)

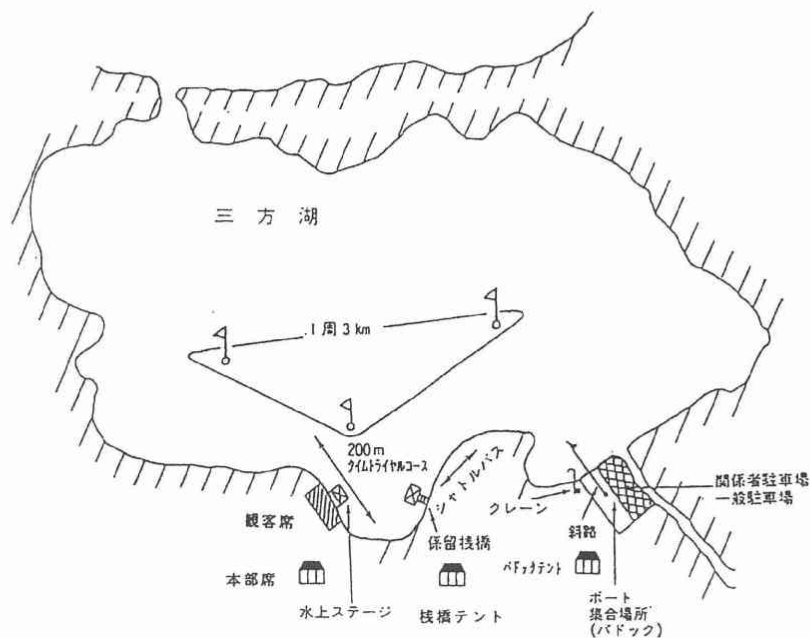
(3) 競技方法

①200mタイムトライアル: 200mの直線コースで勝抜き戦。

②1時間耐久レース: 1周3kmのコースでのスピードレース。

県別

福井県	19隻	静岡県	8隻
東京都	4	兵庫県	6
神奈川県	3	大阪府	3
埼玉県	2	京都府	2
徳島県	1	群馬県	1
富山県	1	広島県	1
愛知県	1	石川県	1
滋賀県	1	千葉県	1
長野県	1	岐阜県	1



ソーラーボートレース参加者リスト

1992.5.19 現在

整理番号	ボート名	代 表 者	名
1	Red Liar	宮下 晃一〔鳴門教育大学〕	徳島県鳴門市
2	あめんぼう SUN	肥田 善雄〔関西電力〕	福井県美浜町
3	FAIT	吉村 利夫〔福井県産業振興財団〕	福井県福井市
4	シルバーラインスマイル オブ アルミ	勘坂 孝志〔井上商事〕	富山県福岡町
5	DENDENMUSI FUJII	藤井 博〔藤井鉄工〕	名古屋市
6	WAKASA クリハラント	瓦 法男〔㈱クリハラント〕	福井県大飯町
7	三菱ぞうさんチーム	佐竹 徳己〔三菱重工〕	神戸市
8	SUN & SAND	沼田 清〔沼田製作所〕	埼玉県日高市
9	ヨーコー	長浜 秀春〔㈱洋行〕	兵庫県姫路市
10	ローランドソーラー研究会	大森 久生〔ローランドディージー㈱〕	静岡県浜松市
11	ミラクルヒューチャー HOKUDEN	河合 慶一〔北陸電力敦賀営業所〕	福井県敦賀市
12	FNC T	川本 昂〔福井工専〕	福井県鯖江市
13	RIGHT STUFF	光安 恒貴〔㈱メイテック〕	広島市佐伯区
14	KIT ゴールデンシーガル	増山 豊〔金沢工業大学〕	石川県金沢市
15	GO GO 美浜	松林 道〔塩野造船所〕	福井県美浜町
16	CRYSTAL QUEEN	井上 欣三〔神戸商船大学ソーラーグループ〕	神戸市東灘区
17	レインボー	村田 孝義〔㈱レインボーライン〕	福井県三方町
18	Joumonmaru	長谷 光城〔美方高校〕	〃
19	ひょっこり縄文号	森下 雅広〔三方町役場〕	〃
20	ソーラードルフィン	森田 昭〔福井県経済連〕	福井県美浜町
21	TEAM DORF	大正 一哉〔ドルフ デザイン〕	京都市北区
22	HAMA 零	山本 勝康〔㈱東海エンジニアリング〕	静岡県引佐町
23	美浜だいすき	三宅 亮二〔関西電力〕	福井県美浜町
24	HIMAWARI	岸本 隆夫〔関西電力大飯発電所〕	福井県大飯町
25	ビューティ アニマル	大野 高治〔関西電力高浜発電所〕	福井県高浜町
26	優勝はしかそーらやるぞ	大浦 史郎〔 〃 〕	〃
27	ゆうゆうくじら (仮)	村田 徹郎〔関西電力小浜営業所〕	福井県小浜市
28	TEAM OYNAS	永井 久雄〔 〃 〕	群馬県大泉町
29	コウサク	上江 勝男〔日本鋼作所〕	埼玉県川口市
30	ヤングチャレンジャーズ	三浦 正司〔関西電力 関西電力学園〕	兵庫県夢前町
31	シーイーグル	石村 久雄〔 〃 〕	福井県高浜町
32	BREAK NOW-今切	山下 銀河〔ヤマハ発動機マリン事業本部〕	静岡県新居町
33	OXYGEN	柳田 憲一〔関西電力大阪北支店〕	大阪市北区
34	夢 COMPANY KANDEN	板敷 貢〔関西電力多奈川発電所〕	大阪府岬町
35	レフレッシュ大津	田中 正成〔関西電力滋賀支店〕	滋賀県大津市
36	アウトドアチャレンジャー今渡	頼頼 忍〔関西電力今渡電力所〕	岐阜県可児市
37	TEAM ビレッジトップ	村上 静子〔 〃 〕	静岡県細江町
38	TEAM SAM	横山 文隆〔ヤマハ発動機〕	静岡県磐田市
39	SUN TECHNO	小林 勝〔三勝電機㈱〕	東京都調布市
40	セキスイ ソーラー クラブ	平尾 健二〔㈱セキスイデザインセンター〕	東京都港区
41	HEART & HEAT II	為近 隆男〔㈱本田技術研究所朝霞東研究所〕	東京都練馬区
42	そうらのむべえ	松川 義之〔日本無線三鷹製作所〕	東京都三鷹市
43	レイノルズ	片山 淳〔N T T〕	神奈川県横浜市
44	かもめ 50	服部 俊介〔東海大学海洋学部〕	静岡県清水市
45	信州山猿軍団	出口 雅文〔石川島芝浦機械〕	長野県松本市
46	光耀	西川 栄一〔神戸商船大学〕	兵庫県神戸市
47	クリーン・エネルギー	松本 件司〔㈱きんでん電力支社〕	京都市山科区
48	SUN SUN CAT 23'S	米沢 篤〔日産自動車〕	神奈川県横浜市
49	ゼロファイターズ	山本 茂〔 〃 〕	〃
50	走れ“コータロウ”	今田 福成〔ワールドインターフェースラボラトリー〕	兵庫県芦屋市

整理番号	ボート名	代 表 者 名
51	オセアン・アウトドア	中村 洋〔㈱関電製作所〕
52	ソーラ・ぼーとしているな号	中島 勝之〔敦賀工業高校〕
53	太陽がいっぱい	金子 良司〔森山工業〕
54	フクイ・テクノ・クロス	村上 政夫〔㈱リューキ〕
55	八千代アローズ	地崎 洋介〔商品研究所〕
56	J Aセーリング	島津 靖夫〔三方五湖農業協同組合〕
57	LAZY RACERS	柳原 序〔ヤマハ発動機堀内研究室〕

4. ソーラーフェスティバルイン金沢

辺を中心に行う。

(1) 開催日程

オープニングセレモニー

8月22日(土) 10:00～

一般公開

8月22日(土) 10:30～18:00

8月23日(日)～8月29日(土)

10:00～18:00

デモンストレーション走行

8月28日(金)～8月29日(土)

「ソーラーカーラリーイン能登」の車両
検査や走行テストを1号館、陸上競技場周

(2) 開催場所

石川県西部緑地公園内

(3) 展示内容

①ソーラーカービット

ソーラーカーラリーイン能登へ参加する
ソーラーカー約100台の整備、車両検査、
走行テストの実施。

②ホビーゾーン

ソーラーエネルギーに関するパネルやア
イディア作品の展示、工作教室、国際交



流プラザ、ソーラーグッズ販売コーナー等。

③ライフゾーン

未来のソーラーライフに関するモデルルームの設置、企業出展ブース、電気自動車の展示等。

④モジュールの森

各種ソーラーパネル300枚の太陽光発電所の設置。

(2) 開催場所

富山県民公園太閤山ランド

(3) テーマ

- ①太陽の恩恵を知る。
- ②太陽の姿を知る。
- ③地球の未来とソーラーエネルギー

(4) 展示内容

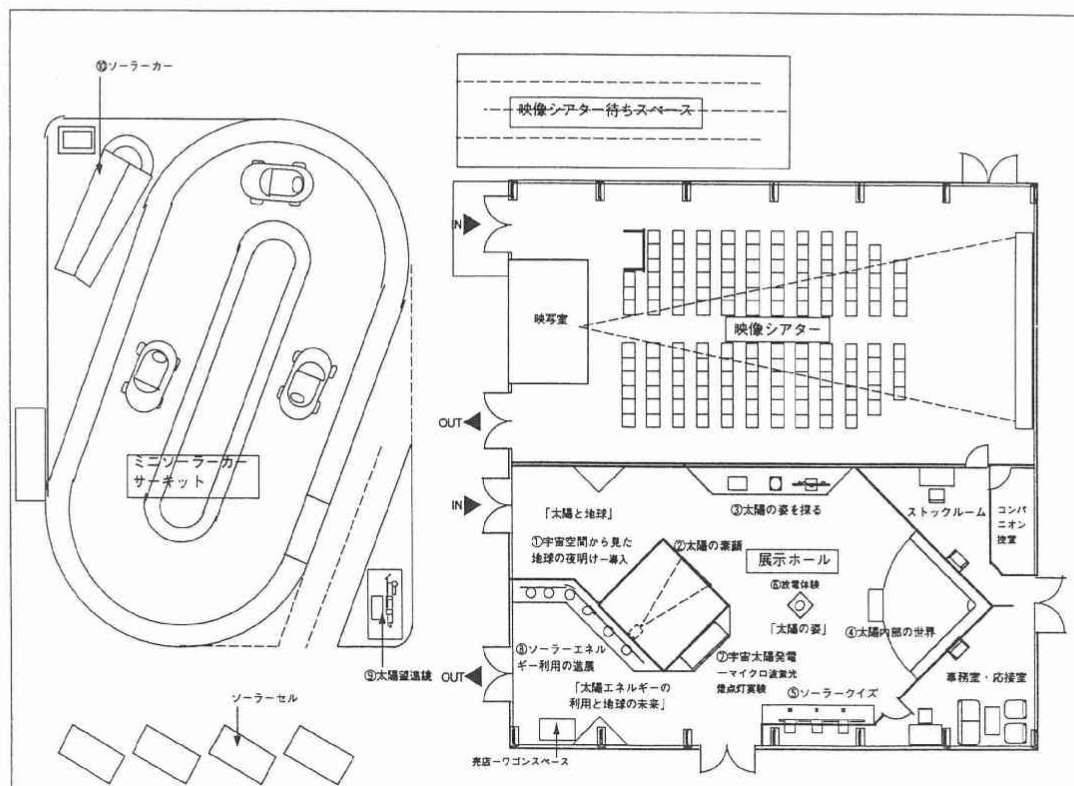
- ①映像シアター：上記3テーマを統合した映像プログラムを上映。
- ②展示ホール：太陽と地球、太陽の姿、太陽エネルギーの利用と地球の未来に関する映像、模型、実験装置、パネル展示
- ③屋外展示：太陽望遠鏡、ソーラーカー、ミニソーラーカーサーキット等。

5. 第1回ジャパンエキスポ富山 '92への出展参加「ソーラーチャレンジランド」

(1) 開催日程

7月10日(金)～9月27日(日)
(7月10日(金)開会式)

ソーラーチャレンジランド平面図



(5) 開会式

セビリア万国博覧会(スペイン), サンタ
マリア号(新大陸発見500年記念)の映像等
を多彩に織り込んで, 国際性の高い開会式
を構成。

6. ソーラーエネルギー国際シンポジウム

全国6ヶ所でソーラーエネルギーフォーラ
ムを開催してきましたが, その締めくくりと
して「ソーラーエネルギー国際シンポジウム」
を開催します。

シンポジウムの日程

1. テーマ 太陽・人類・地球～21世紀のエネルギーコンセプトを探る

2. 期間 平成4年9月5日(土)・6日(日)

3. 場所 石川厚生年金会館(石川県金沢市)

4. 構成

9月5日(土)	10:00～10:30	オープニング・セレモニー	(来賓あいさつ)
	10:30～11:00	イントロダクション	(本シンポジウムへの問題提起)
	11:00～11:45	基調講演	ブラジル文部大臣 ゴールデムバーク(交渉中)
	13:00～14:30	特別講演	「脱・石油文明の条件」 ケンブリッジエネルギー研究所所長 ダニエル・ヤーギン 慶応大学教授 石井威望
9月6日(日)	14:40～18:00	分科会	分科会Ⅰ 「ソーラー技術・現状と将来展望」 分科会Ⅱ 「21世紀の社会と持続的発展」
	10:00～10:15	オープニング	(太陽の恵みを受けながら暮らす世界各 地の人々の生活を紹介)
	10:15～10:35	記念講演	「21世紀のエネルギー・ソーラー」 新エネルギー・産業技術総合開発機構理事長 林政義
	10:35～12:00	分科会の報告と総括	
	13:00～15:00	パネルディスカッション	「太陽・人類・地球」 ～21世紀のエネルギーコンセプトをさぐる～
	15:15～16:15	提言発表	(グランドソーラーチャレンジの成果を踏ま え, ソーラーエネルギー利用に向けた具体 的な第一歩を踏み出すための提言)
	16:15～16:25	エンディング・グランドフィナーレ	
			なお, 出演者については今後変更される可能性があります。



「電力を船で運ぶー海外クリーンエネルギー輸送技術の夢」

よしや こう き
与志耶 劫 紀

§1 はじめに

(1) 電力は船で運ぶことができる

電気エネルギーの流れは、導体の中の電子の移動であるから、実質的に質量を伴わず、質量、体積の移動を伴う化石燃料の場合に比べると大きな優位性を有している。しかしながら、電気エネルギーの輸送は、マイクロウェーブによる場合は別として、導体の内部に限られており、送電線が施設できない所には輸送できない。また、長距離送電は送電ロスが発生し、莫大な建設費を要すること等から、直流送電技術が実用化されたとしても、経済性と技術的信頼性を確保しうる送電範囲は自ら限られることとなる。

そして、「電気エネルギー（電力）の大量輸送は送電線に限られる」との考え方が従来支配的であったために、我が国が海外の水力発電開発プロジェクトに対して資金協力、技術協力、F S事業の受託等を行う場合に、その発生電力の一部を我が国が引取るとの思想は入りえなかった。このため、海外の水力発電開発に我が国が本腰を入れる所とはならなかったのである。

反対に、海外における水量豊富な大型水力発電所が建設される場合であっても、地元に

大きな電力需要が無い場合、小規模な出力しか利用されず、大量の水力資源が未利用のまま流されている事例が多い。数千kmを超える大容量長距離送電は、コストが高くなり、国境を超える単独送電は国際政治情勢から不安定さが伴うのである。

電気エネルギーは、その発見当初から化学エネルギーとの相互変換性が知られていた。従って、これを工業的規模で実現できれば、化学エネルギーの形でエネルギーを担う担体物質は船舶による輸送が可能であることから、電気エネルギー（電力）の船舶による大量長距離低コスト輸送の体系が拓けてくることとなる。このように電力を化学エネルギーの形に変換して海外から運んで来る構想が提案されてからかなりの年月が経っているが、計画が具体化に至らなかったのは、我が国に運んだのちの還元利用の技術的目途が立っていなかったためと思われる。

(2) 電力を船で運んだのち、どう使うのか

電力を化学エネルギーに変換すると、必然的にエネルギーロスが生じ、設備プラントの建設費、運転費等のコストを要する。例えば、転換後の担体を船舶により大量長距離を安価に運んだとしても、その担体から電力エネル

ギーを十分高効率で還元回収することができなければ経済性は確保しえない。ここに、この技術体系の成立の鍵がかかっているのである。

一方、我が国においては、第1次石油危機以降、化石燃料の高効率利用技術として、燃料電池発電、改質型メタノール発電、高効率ガスタービン等の研究開発が官民を挙げて進められ、近年実用化段階に入ってきている。これら省エネルギー技術としての高効率発電技術の実用化は、CO₂発生量の削減の達成と同時に、海外からの電力（太陽、風力、水力等から得られるCO₂の発生を伴わないクリーンエネルギー）を輸送する「海外クリーンエネルギー輸送技術」体系の成立に具体的可能性をもたらす所となったのである。

このような研究開発の情勢を評価した上、平成2年7月の通商産業省産業技術審議会新エネルギー技術開発部会の中間報告書「サンシャイン計画の今後のあり方について（地球環境時代の新エネルギー技術開発戦略）」において、中期的課題（2010年ないし2020年頃実用化）の中で「海外クリーンエネルギー輸送技術」として研究開発計画が提言され、平成3年度以降サンシャイン計画の中で調査研究が推進されている。

§2 「海外クリーンエネルギー輸送技術」開発の意義

(1) 船舶による海外からの電力の大量輸送の実現

送電線以外の手段により、電力を海外から長距離かつ大量に輸送することが可能となる。至近の応用分野としては、海外の大型水力地点の開発・建設に我が国の電気事業が参加し、又は海外の安い水力発電の余剰電力を

輸入することが可能となる。水力発電の電力はCO₂の発生が無く、かつ船舶による電力輸送技術体系がCO₂の発生を伴わないならば、我が国のCO₂削減に最大限の貢献を果す効果がある。

(2) 太陽、風力、水力等再生可能クリーンエネルギー利用のための世界的ネットワークの形成

太陽、風力、水力等CO₂を発生しない再生可能クリーンエネルギーは、その資源的賦存特性から、経済性は地域毎の立地条件に大きく左右される。これら再生可能エネルギーから得られる電力を船舶により輸送する技術体系を保有することは、「最も輸送距離の短い需要地に供給し、見返りとして当該国に近い地点から別のエネルギーの供給を受ける」という互換・融通し合うことを可能とする「クリーンエネルギー利用のための世界的ネットワーク」の形成を実現する。この構想が、通産省工業技術院のサンシャイン計画の中で検討されている「WE-NET構想」（仮称）（World Energy Network）なのであり、21世紀における本格的な水素利用社会実現に向けて官民挙げての意欲的推進が期待されている。

(3) 再生可能エネルギー発電施設の最適立地の実現による経済性の向上・確保

クリーンエネルギー利用のための世界的ネットワークの形成と対をなすものであるが、再生可能エネルギー発電施設の最適立地は、発生電力の経済性の向上・確保に重要な役割を果す。例えば、我が国では、太陽光発電の年間利用率は10～12%にすぎない。風力発電も年間利用率は10%程度に止まる地域が大半

であり、年間利用率が20%を超える地域は青森県北部の下北半島と津軽半島の地域、及び北海道南部の渡島支庁と檜山支庁の地域に限られる。これらの地域は、冬期の季節風に加え、夏期の季節風にも恵まれるからである。その他に年間利用率が20%を超える地点は地形上風の通り道となっている「鞍部」の部分である。現在サンシャイン計画においては、風力について気象の1項目としてではなく、エネルギー資源として着目した「全国風況調査」が平成2年度から実施されており、近く全国的風力エネルギー分布マップが取りまとめられる予定である。また、我が国の水力発電は、開発率66%に達し、残る地点は出力5,000kW以下の中小水力となっている。

一方、これら再生可能エネルギーの立地について、世界的に見ると、①太陽光発電は、日照時間の長い乾燥地域（年間利用率30～40%が期待可能）に、②太陽熱発電は砂漠地域（年間利用率25～35%が期待可能。我が国では10%以下に止まる。）③風力発電は通年で良好な風力が得られる偏西風帯、貿易風帯や地形上年間有風地域に、④水力発電は水量豊富な大水系の未開発地点に立地する等により、最も高い経済性が得られることは明らかである。

(4) エネルギー未来計画「PORSHE計画」及び「GENESIS構想」とのリンク

前号で紹介したとおり、横浜国立大学学長太田時男先生は著書「水素エネルギー」の中で、水素エネルギーの未来計画として「PORSHE計画」を提案しておられる。この「人類究極のエネルギー計画」は、「熱帯の海に大きなかたを数多く浮かべ、太陽エネルギーを有効に利用して、海水から水素を単離し、こ

れをエネルギーに、あるいは化学剤に能率良く使う計画」である。1973年の提案以来計画の発展が図られ、最近の第Ⅲ種PORSHE計画では、第Ⅰ種及び第Ⅱ種の太陽光集光熱発電方式から、発電方式は太陽光発電に変更され、装置体系のシンプル化、コストダウンが図られている。

海外クリーンエネルギー輸送技術体系が確立すれば、このPORSHEいかだにおいて得られた発生電力を化学エネルギーの形に変換して輸送することができることとなり、未来計画は実現性を与えられる。（PORSHE=Plan of Ocean Raft System for Hydrogen Economy：水素経済のための太平洋いかだ計画の略）

一方、三洋電機㈱研究開発本部機能材料研究所長桑野幸徳氏は、グローバルな太陽光発電の利用システムとして「GENESIS」構想を提案しておられる。この構想は、地球上の各地の砂漠に太陽光発電基地を建設し、超電導ケーブルで地球規模のネットワークを構成するというもので、太陽光発電が持つ二つのハンデキャップ、すなわち「天候の影響を受けやすく、かつ昼間しか発電できない」点を克服することを狙いとしている。砂漠なら曇りの日や雨の日は殆んどないし、地球を周回する超電導送電線を張り巡らせば24時間どこかの地域は太陽の直射を受けているから発電できるし、超電導送電だから送電ロスとはゼロというわけである。かつ、海底ケーブルも容易に引けることになっているから、国会の先生方等も含め大向うを唸らせるのに十分な迫力を有している。

海外クリーンエネルギー輸送技術は、このGENESIS構想の壮大さ、困難さを救い、人類

が近い将来保有しうる技術要素でもってこの長期構想の実質的内容を実現するための前置体系として着想されたと言っても過言でない。

すなわち、中近東や中国西部の砂漠地域に太陽光発電基地を建設した場合、アジア大陸を横断し、対馬海峡を海底ケーブルで渡って我が国に電力を送るより、中近東砂漠の海岸近くに太陽光発電基地を建設し、そこから電力を船舶で輸送する方が偉かに安くつくと考えられ、PORSHE計画から発生電力もメタノール、アンモニア、メチルマイクロヘキサン等に変換して、同じ電力輸送船により我が国に運ぶことが出来る。

その前に、再生可能エネルギーの大宗を占める世界の水力発電の発生電力の低コスト輸送体系が実現すること考えられるから、「海外クリーンエネルギー輸送技術」は、エネルギー未来計画「PORSHE計画」及び「GENESIS構想」と「リンクする」ということになるのである。(GENESIS=Global Energy Network Equipped with Solar Cells and International Superconductor Gridsの略)

(5) 海外の大型水力発電開発の促進

我が国の水力発電は、開発可能量1305億kWh/年に対し、水力発電実績は874億kWh/年(1988年)であり、開発率は約67%に達している。

(水力開発率の高い国はカナダ53%、USA 59%、ノルウェー61%であり、我が国は世界最高の開発率となっている。)このため再生可能エネルギーの分野で、国内水力開発は論議の対象外とされている感があり、技術的にも成熟段階にあることから、有識者の主張する所となっていない。

しかしながら、眼を世界に開いて見れば、

先号で述べたとおり、世界の水力発電の開発可能量15兆kWh/年に対し、現在の発電実績は2兆kWh/年であるから、開発率は14%未満ということになる。残る85%の開発可能な水力エネルギーが利用されず無駄に流されている。しかもCO₂1分子も含まないクリーンエネルギーが見逃されているのである。

表1、表2に示すとおり、未開発の大型水力は南米(ブラジル、コロンビア、アルゼンチン、ベネズエラ、チリ等)、アジア(中国、インド、インドネシア、ビルマ、ネパール等)アフリカ(ザイール、カメルーン)、旧USSR、北米(カナダ、メキシコ、USA等)等の地域であるが、電力を化学エネルギーに変換しての船舶輸送に便利な「海岸近くの水力地点」「環太平洋地域における地点」が数多く有在する。「海岸近くの地点」は、変換基地・積出港迄の送電コストが安いことを意味し、「環太平洋地域における地点」は我が国への輸送距離が短かく輸送コストが安いことを意味している。

(例1)南米イタイプ発電所

南米イタイプ発電所(ブラジル、パラグアイのラプラタ川上流のパラナ川水系、出力1,260万kW)、では、地元には大きい電力需要が存在しないため、約600万kW相当分の水量が洪水吐ゲートから放流され続けている。この余剰電力をアンデス山脈を超えてチリの太平洋岸迄約1,000kWを送電し、これを水素エネルギーからメタノール、アンモニア等の化学エネルギーに変換して大量かつ低コストに輸入できたら、一石三鳥の計画となる。

(例2)アフリカ西海岸のザイール水系の発電量とエジプト經由欧州送電計画

ザイール河水系の発電量は、インガダム完

表1 世界の地域別水力発電の開発可能量

地 域	開発可能な 水力エネルギー (億kWh/年)	既設の発電規模 (百万kW)	発 電 実 績 (1988) (億kWh)	建 設 中 の 発 電 規 模 (百万kW)	開 発 率 (%)
アフリカ	11,536	15.84	358	1.573	3.1
南アジア, 中近東	22,807	45.483	1,709	> 25	7.5
中国	19,233	32.69	1,092	16.735	5.7
ソ連	38,310	62.2	2,198	14.5	5.7
日本	1,305	20.25	874	0.92	66.9
カナダ, 米国	9,689	129.09	5,361	5.374	55.3
南アメリカ	31,893	75.975	3,306	27.458	10.3
中央アメリカ	3,466	10.71	322	1.6	9.3
東ヨーロッパ	1,633	16.561	491	1.256	30.1
西ヨーロッパ	9,100	128.441	4,363	4.263	47.9
オーストラリア	2,020	12	369	1.259	18.3
合 計	150,993	549.2	20,443	> 100	13.5

注) 南アジア, 中近東: ソ連, 中国, 日本を除き, トルコ, 台湾を含む

中国: 台湾を除く

中央アメリカ: メキシコ及びカリブ諸国を含む

ソ連: ソ連全体 (ヨーロッパ地域及びアジア地域)

東ヨーロッパ: アルバニア, ブルガリア, チェコスロバキア, 東ドイツ, ハンガリー, ポーランド, ルーマニア及びユーゴスラビアを含む

オーストラリア: オーストラリア, ニュージーランド, パプアニューギニア及びオーストラリアに近い太平洋諸島を含む

成時で2,880億kWh/年と見込まれ, アスワンダムの30倍の発電量, 日本の開発可能量1305億kWh/年の2倍以上に相当する。ザイール政府では, 自国内に大規模な電力需要が存在しないため, ザイール河水系の発生電力をエジプト経由で欧州に送電供給する計画のF Sを実施している。

このエジプト経由欧州送電計画の構想は, 第1段階として, ザイール電力系統をナイル川アスワンダム水力発電を中心とするエジプト電力系統に連結し, 第2段階としてエジプト, ヨルダン, トルコを結び欧州に送電する全長7,000kmの計画構想より成っている。エジプト, ザイール政府間で基礎的F Sが終了し

た段階にある。

しかしながら, サハラ砂漠から中近東を経由する長距離送電供給計画は, 途中に大規模な電力需要が無いことから, 大変に困難なプロジェクトであると考えられる。一方, ザイール河水系のインガダム等の水力地点は大西洋岸から比較的近距离にあり, 電力を水素を介して化学エネルギーに変換して船舶輸送する技術プロジェクトの適用は, 需要地の欧州に近いことから極めて容易かつ有利と考えられる。

この水系の水力開発に我が国の電気事業者が参画する場合について, 得られたメタノール等は輸送距離の短い欧州に供給し, 見返り

表2 世界の水力発電

地域	国名 ¹⁾	理論的水力エネルギー GWh/年	開発可能な水力エネルギー GWh/年	既設の発電規模 GW	発電実績 (1988) GWh	全電力に対する割合 %	開発率 ²⁾ %
南アメリカ	ブラジル	3,020,400	1,194,900	45.247	213,378	96	17.9
	コロンビア	1,290,000	418,200	6.7	24,220	78.2	5.8
	アルゼンチン	535,000	390,000	6.6	15,692	32.4	4.0
	ベネズエラ	440,000	330,000	11	34,203	64.3	10.4
	チリ	181,000	132,433	2.3	11,458	67.8	8.7
	エクアドル	491,000	115,000	1.088	4,532	—	3.9
アジア	中国	5,922,180	1,923,304	32.69	109,177	50	5.7
	インドネシア	3,388,000	709,000	1.9938	5,301	21	0.7
	インド	2,637,800	600,100	17.293	54,555	25.4	9.1
	ビルマ	336,000	160,000	0.258	1,121	—	0.7
	ラオス	—	150,000	0.2	1,050	—	0.7
	ネパール	729,500	144,000	0.16171	413	99.7	0.3
	日本	717,600	130,524	20.25	87,384	12.2	66.9
	マレーシア	289,000	114,800	1.424	5,367	—	4.7
アフリカ	ザイール	—	530,000	2.486	5,156	2	9.7
	カメルーン	172,572	115,000	0.528	2,325	—	2.0
その他	USSR	3,942,000	3,831,000	62.2	219,800	13.2	5.7
	カナダ	1,239,777	592,982	57.731	313,189	62	52.8
	USA	528,500	376,000	71.359	222,938	8.25	59.3
	トルコ	432,986	215,000	6.2	27,450	57	12.8
	ノルウェー	550,000	172,000	24.381	104,343	99.6	60.7
	メキシコ	500,000	159,624	7.734	20,800	20	13.0

(1) 開発可能水力が 10^6 GWh/年以上の国を抽出(2) 開発率: (発電実績/開発可能な水力) $\times 100\%$

[注] The world's hydro resourcesから抜粋

として欧州諸国が引取枠を有する中近東や東南アジアの天然ガスの供給を受ける方途が開かれる。この互換融通の思想が、輸送コストを最小とする世界的エネルギーネットワーク構想の基本となる。

(例3) カナダ東部の水力発電電力の輸出計画

カナダ東部の水力発電は、我が国の水力発電に比べ立地条件に遙かに恵まれており、発

電コストは2円/kWh～5円/kWhといわれる地点が多い。

この安い水力発電の余剰電力を欧州等へ輸出する計画は数年前から本格的にF Sが実施されている。その結果によれば、輸送担体として技術的可能性、経済的合理性を有しうるものとしてメタノール、アンモニア、メチルシクロヘキサンが挙げられており、いずれも現

在の技術体系により輸送可能とされている。
本計画の今後の課題は、事業主体をどうするか、そして欧州に運んだ後の消費をどうするか、の2点となっている。メタノールは化学工業の原料として市場競争力を有すれば、すぐにも市場参入が可能である。

カナダ東部の水力電力の輸入については、我が国にも商社筋を通じて打診されたことがあるが、転換後セントローレンス河を下り、パナマ運河を通して更に太平洋を渡るルートを考えている。時期尚早として対応できないで来ている。カナダ西部のロッキー山脈中の水力地点であれば、我が国は本格的対応を考え得る時が来ていると思われる。

(6) 水力発電による石油代替

①火力発電の燃料消費率（1 kWhを発電するのに消費する原油量）=0.2261 l / kWhであるとして計算すると、

1 億kWhを発電するのに要する原油量= $1 \times 10^8 \text{ kWh} \times 0.2261 \text{ l / kWh} = 2.26 \text{ 万kl}$ であるから、水力発電100億kWh=226万kl、1,000億kWh=2,260万klの原油代替となる。

②水力発電による石油代替

水力発電所の利用率=70~90%とすると、100万kWの水力発電所による年間発電量=60億kWh~80億kWh（年間135万kl~80万klの原油代替）となる。

従って、400万kWの水力開発は年間540万kl~720万klの原油代替となる。

③世界の包蔵水力（開発可能量）15兆kWhの1%（発電所出力で1,900万kW~2,500万kWの開発量）を開発輸入するとすれば、年間1510億kWh=3,413万klの原油代替と

なる。

(7) 電気事業活動の本格的国際化

海外の大型水力への開発参加を嚆矢として、海外諸国の電力開発計画、電力化計画に対する技術協力が本格化するものと見込まれ、従来国内における事業活動に限定されていた電気事業は、海外事業所の開設等本格的国際化の時代に入るものと見通される。特に、土木部門の人材再活用と飛躍が期待される。更に、その先には、太陽光発電等の海外立地も描かれ、極めて現実性と合理性を帯びた夢が広がるのである。

§3 海外クリーンエネルギー輸送技術の概要と開発の見通し

(1) 技術の体系

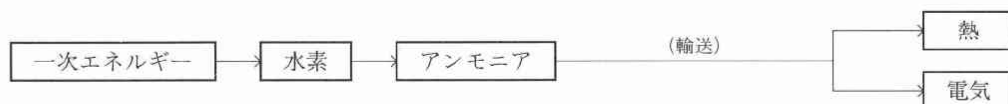
海外の豊富かつクリーンな太陽、風力、水力等の再生可能エネルギーから、リチウムや水素又は水素誘導体（メタノール、アンモニア等）の輸送容易な物質を得、これを我が国に大量輸送した後、再びエネルギーとして利用する技術体系である。

図1に示すように、具体的には、①海外の電力から水を電気分解して得られる水素をメタノール等の輸送容易な物質に変換し、我が国に輸送してエネルギーとして使用する方法、②Li、Mg等の軽金属を海外で還元して輸送し、我が国で酸化させてエネルギーを取出す方法等がある。

(2) 研究、開発の課題と見通し

図1に示されている各サイクルの要素技術について見ると、水の電気分解による水素製造技術は既に実用化されており、水素からアンモニア、メタノールを合成するプロセスも

1. アンモニアサイクル



2. メタノールサイクル



3. リチウムサイクル



4. アルミニウムサイクル



図1 海外クリーンエネルギー輸送サイクルの例

確立されているといえる。また、リチウムサイクル、アルミニウムサイクルにおける還元、酸化反応も実験室レベルでは既知のものであるから、原理的には確立しているといえる。

従って、今後の研究、開発の課題はプラントの大規模化、実用化を目指した領域となる。主な課題を例示すると、次のとおり。

- ①各化学反応サイクルの検証と、エネルギー効率向上の研究開発
- ②エネルギー媒体の輸送技術の開発、実証並びに輸送媒体金属 (Li 等) 確保の研究、開発
- ③化学反応プラントの低コスト化の研究、開発

軽金属の電解装置、水素製造装置、アンモニア合成装置等の大規模な化学反応プラントの低コスト化の研究、開発が必要である。

- ④大規模化等の研究、開発

エネルギー輸送システムの大規模化、実用化のための信頼性、耐久性の確立、低コスト化等各種の課題に対する開発、実証が必要である。

これらの研究・開発課題については、工業技術院試験研究所において要素技術の研究開発が、またサンシャイン計画において平成3年度からシステム検討がなされており、西暦2010年頃には十分実用化の達成は可能と見通される。

§4 各燃料輸送サイクルの発電コストについて

(1) 比較的至近年において実用化が可能な発電方式

§3 で述べた各燃料輸送サイクルにより入荷した燃料を使用する発電方式には、水素燃焼ガスタービン複合発電、燃料電池複合発電、メタノール改質ガスタービン複合発電、メタ

ノール改質燃料電池複合発電等があり、いずれも現在における研究開発の進捗状況から見て西暦2010年頃の実用化は十分可能と見通されている。

(2) 経済性評価の考え方

今後の海外水力開発の有望地点の分布状況から、経済性評価は長距離輸送、大規模開発のケースを想定して行うことが適当である。

- ①現地発電規模：最小規模として100万kW、スケールメリットを評価できる規模として400万kW
- ②現地発電コスト：現状で最も安価なものとして2円/Wh
商用発電コストの上限値として5円/Wh
- ③輸送距離：日本と東南アジアとの往復を想定して片道5,000km

更にその2倍の距離として片道10,000km
なお、水力発電以外の太陽光発電、風力発電等による海外電力の輸送コストについては、まだ不確定要因が大きく、当面、経済性評価の対象とはなり難い。

(3) エネルギー輸送効率

水力発電から得られた電力を転換する時のエネルギーロス、輸送時のエネルギーロスから逃れて我が国に到着した時の歩留りはいくらとなっているかを示す値が、「エネルギー輸送効率」である。NEDOにおける予備的評価結果として公表されたところによれば、液体水素サイクルの場合で70%、メタノールサイクルの場合で66~68%、アンモニアサイクルの場合で68%、マイクロヘキサンサイクルの場合で60%等となっている（サンシャインジ

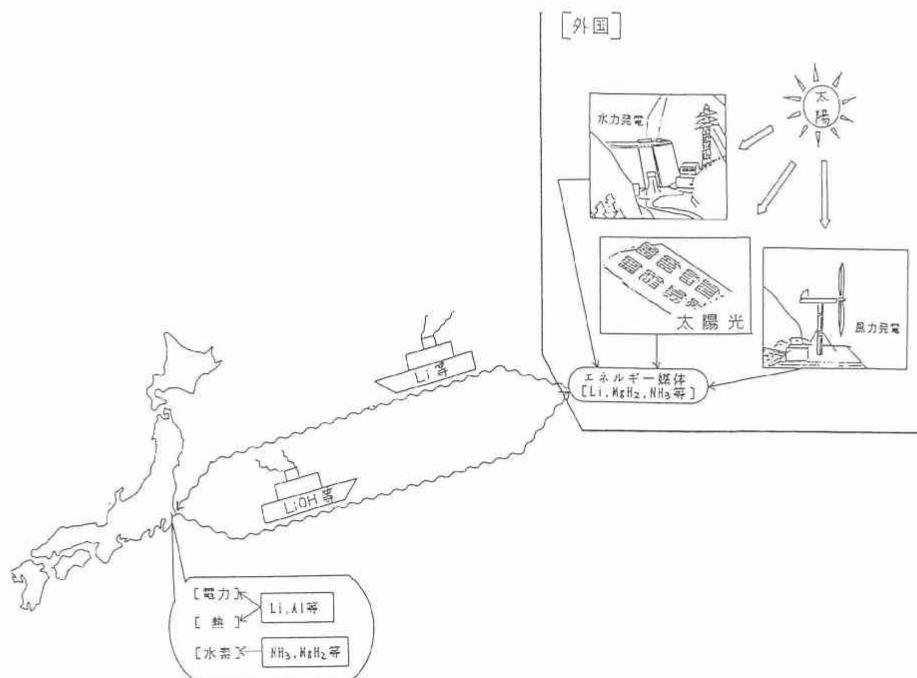


図2 海外クリーンエネルギー輸送技術の概念図

ジャーナルVol.13 No.1, P.7)。すなわち、水力発電の電力を変換し輸送する過程で3割～4割がロスするが、残りの7割～6割のエネルギーは全くクリーンなCO₂を発生しないエネルギーであるから、着地ベースでコスト面で受入れ可能であれば十分成立するものといえる。

(4) 各燃料輸送サイクルの発電コストの評価

(2)で述べた経済性評価の考え方に基づいて、発電規模400万kW（石油代替量は毎年540万kl～720万klに相当）、現地電力単価5円/kWhのケースについて、これまでなされた予備的評価によれば、輸送距離5,000kmの場合で、燃料単価で10円/kWh～15円/kWh、発電原価で20円/kWh～27円/kWh程度になり、また輸送距離が10,000kmの場合となっても燃料単価は10円/kWh～16円/kWh程度、発電原価で20円/kWh～29円/kWh程度と若干の増に止まるといわれている。

この燃料単価10円/kWh～15円/kWhの値は、発電規模が400万kWとスケールメリットを追求したケースとはいえ、現在我が国の地熱発電の蒸気単価が10円/kWh～13円/kWh程度であるのと比較すれば十分魅力的なコストといえることができる。

また、発電規模100万kWのケースについて

も、輸送距離5,000kmの場合で燃料単価は、11円/kWh～17円/kWh程度、輸送距離10,000kmの場合で11円/kWh～20円/kWh程度といわれており、2010年以降の石油価格上昇、CO₂回収、処理の義務付けの時代を想定すると、十分な経済性を有するものと予測される。

§5 むすび——海外クリーンエネルギー輸送技術の確立による「世界的エネルギーネットワーク」の形成

21世紀に向けて人類の文明は危機的状況を迎える。人口の爆発的増加、資源とエネルギー消費の著しい増大は不可避であり、温暖化等気象の激変も危惧される。半径6,370kmに過ぎない地球における人類の文明を次の世代に引継いでいくためには、エネルギーの分野では、直接的にはCO₂回収・処理の開発実用化と、太陽、風力、水力等のCO₂を発生しない再生可能エネルギーの世界的規模での実用化を併行して進めなければならない。

特に、水力発電は時間的にも賦存量の面でも再生可能エネルギーの大宗として正しい認識と評価を与えられるべきと考える。

電力を船で運ぶ夢は、21世紀における人類文明の危機を救う夢なのである。（図、表の出典は工業技術院資料に拠らせて頂いた。）

おっかなびっくり

エレパル&
電気利用技術研究所

訪問記



だ あーれもない家に夜帰るのはいやですね。暗い中でまず鍵を探して、それから鍵穴を探して……。自分より先に電気がついていたらどんなにいいかしらと思います。家の中がこうだったらいいのにとすることが他にもいろいろあります。それを電気で解決してみようとするのでしょうか？

この度は中部電力の、電化住宅“エレパル”と電気利用技術研究所の“電化実験住宅”と“全天候環境実験室（家が一軒丸ごと入っている！）”を訪問しました。

きんさん、ぎんさんも 安心のエレバル

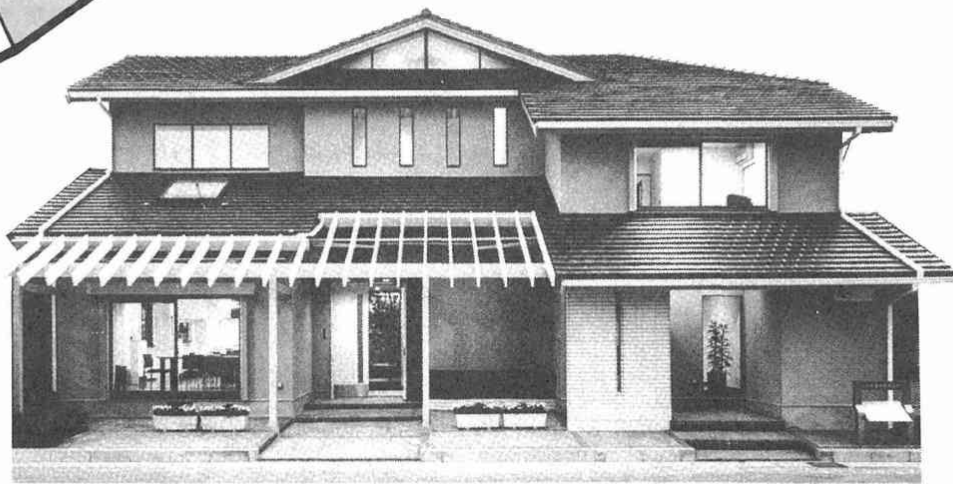
東京から新幹線で約2時間、熱田神宮から目と鼻の先にある住宅展示場の中に目指すエレバルはありました。『エレバル』とは「電気とともにだち」という意味で名づけられたのだそうです。

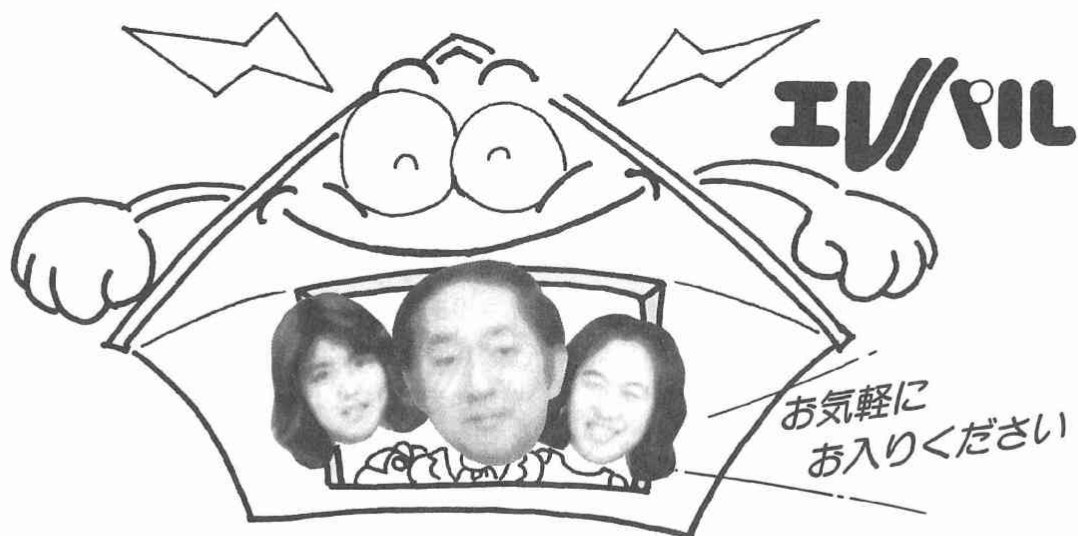
ドアを開けると、館長の松平さんと女性職員の小関さんらが迎えてくださいました。玄関を入った左手はダイニングキッチンで、棚から水道の蛇口まで電気製品がゆきわたっており、特に電気調理器は5タイプも揃っていました。食事の後片付けは自動食器洗い機が

洗いから乾燥までしてくれます。きんさん、ぎんさんのような高齢の方が料理しても、ここは炎をださず **安全** で **清潔**、しかも **使いやすい** クッキングスペースとなっています。

キッチンにはまた、ホームオートメーションといって玄関にいるお客様をキッチンにいたままモニターしたり、防犯・防火の監視や外出先から電話で電気機器のスイッチをコントロールするといったことのできるシステムがありました。

これだけの製品をささえるには電気のパワーが追いつかないのではという気がしていたのですがその点は問題ないそうです。というのは、従来の家庭用の屋内配線は100ボルト





用だけでしたが最近200ボルト配線も加わり2倍の力の電気の供給が可能となったのだそうです。それで各家庭でも必要に応じてパワーの強い電気製品を選ぶことができるようになった、というわけです。

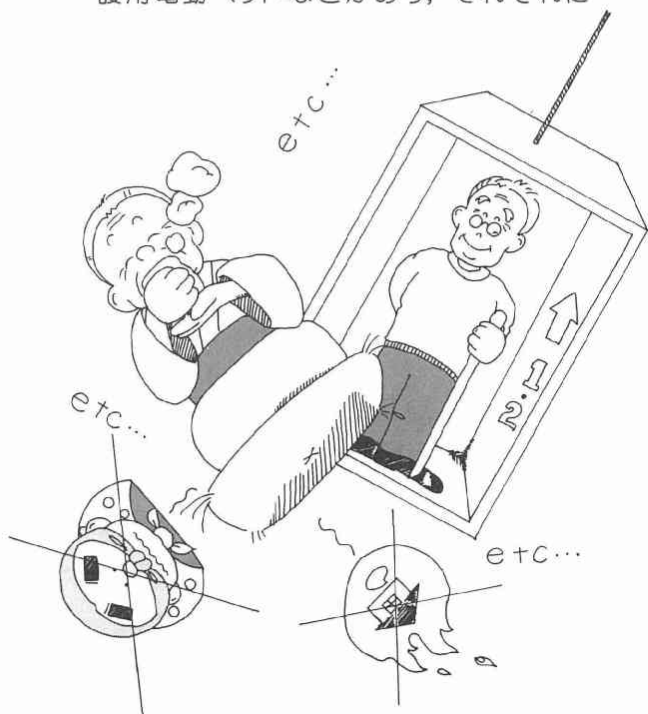
キッチンを出て奥の部屋をのぞくと、年配の方向けの和室があります。こちらには押入れに組み込まれたふとん乾燥機や暖房畳、介護用電動ベッドなどがあり、それぞれに

ちょっとしたアイデアが加えられています。そしてエレバルでは高齢の方にとって非常に危険な階段に、座ったまま階段を登れる電動昇降機やホームエレベーターがあります。

ところで、こちらの給湯や冷暖房の設備には料金の安い深夜電力だけでお湯をわかす方法、必要なときには昼間にもお湯をつくることのできる方法、そしてヒートポンプ機能によって大気からくみあげた熱で追い焚きをする方法という3通りの経済的な工夫がなされています。

松平さんのお話によりますと、昭和62年11月にオープンしてからエレバルには11万1千人の方が訪れているそうです。現在オール電化住宅は中部圏で3万戸建っているとのことでした。

こうして出張第1日目は、かゆい所に手が届くような暮らしの知恵を目のあたりにすることができました。電気製品のなかには、お値段をみると大変高いものもあってその点が残念でした。特に高齢者には必需品とも思える電気調理器がもっと安くなってくれればと思いました。



電化実験住宅

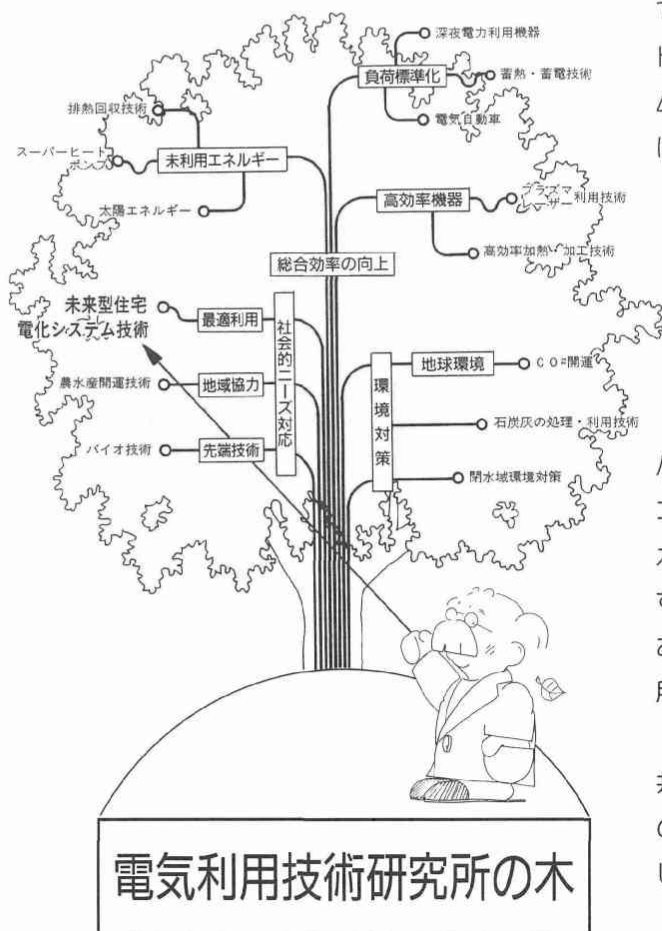
2日目はエレパルで取り入れられているような深夜電力や排熱の利用といった、省エネルギーシステムを研究している、電気利用技術研究所を訪問しました。研究所は大高緑地公園のそばの広大な敷地内にあり、その周りにはいくつもの実験棟が立ち並んでいます。

世界初——たて型蓄熱槽

その中の一つ、電化実験住宅を見学しました。家の中に入って先ず目につくのが直径が1mはあるかと思われる2本の巨大な円柱です。これはたて型蓄熱槽で、この中に深夜電力を使って作った温水と冷水を貯めておいて、それを冷暖房に使用します。同時にヒートポンプの排熱を利用して湯を沸かすシステムも組み込んであります。こういった蓄熱槽はビル等には既に設置されていますが、一般住宅への適用は、これが **世界で初めて** だそうです。現在は地中や床下に蓄熱するような簡単で、スペースをとらない設備を研究中です。

太陽エネルギーを利用するシステムとして太陽光発電があります。屋根にソーラーパネルを設置し太陽エネルギーを吸収しエアコンの電源にします。そして電気によって窓ガラスの色を変えて光や熱の入り具合を調節する実験も行われています。太陽熱を遮断、あるいは取り入れながらエネルギーの有効利用をはかります。

深夜電力で作った温水と冷水を床暖房と天井冷房に利用する研究も行われています。このシステムは頭寒足熱といった快適性を考慮している点も見逃せません。

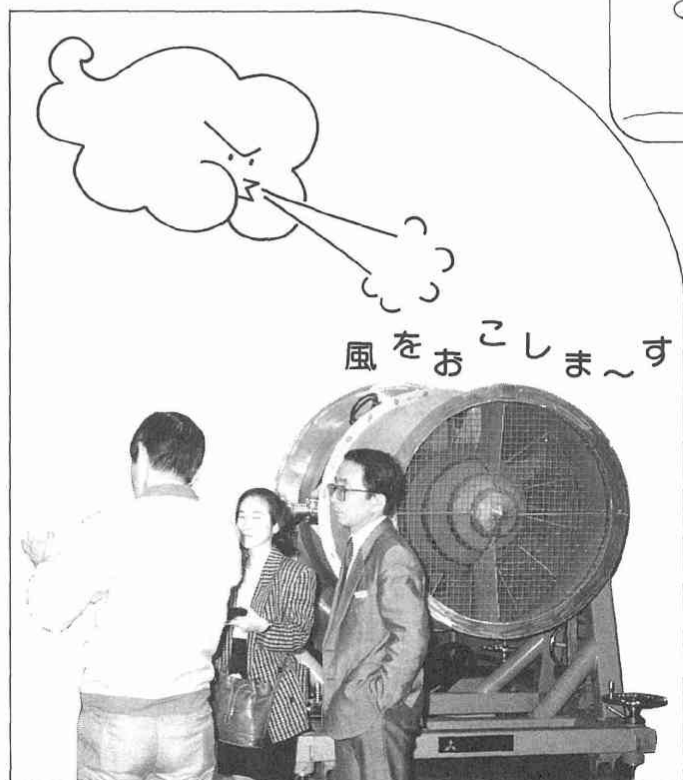


電気利用技術研究所の木



雪や雨も降らせます

全天候環境実験室には、コンピューター制御によって雪、雨、風、温度、湿度等の気象条件を再現できる大がかりな実験装置があります。室内には家が丸ごと一軒設けられており、設定した気象条件のもとで家電機器や電力設備の性能試験を行うことができます。例えば中部地方の真夏の一日の外気条件をシミュレーションし、効率的で



快適性を損なわないエアコンの運転方法を検討するといった具合です。この装置は日本最大の規模で他の会社からの実験の依頼も結構あるそうですが、そこは「開かれた中部電力」ということで快く開放しているとのことです。

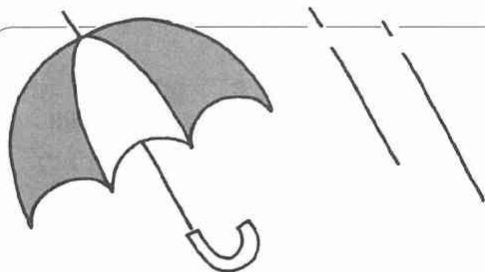




「高齢者へのアンケート調査の中で『歳をとっても自立して生活していきたい。その自立の条件として自分で料理を作りたいが、力も衰えてくるし、油を使ってガスコンロで調理するのは怖い』という答えが印象的だった」と語る寺田さん。そして「安全で制御しやすくクリーンなエネルギーという電気の有効性、特性をきちんとPRしていき、**電気**でしかできない、**電気だからこ**のできる点を活かして利用してもらいたい。そのために、様々な電気利用の可能性を紹介し、快適な生活を送るためのメニューのひとつとしてオール電化住宅を提案している」とも。



電気利用技術研究所
部長の寺田さん。と
ても熱心に説明して
下さいました。



♡取材を終えて♡

初めての出張の朝。緊張した面持ちで名古屋駅に降り立った時にはあいにくの豪雨。びしょ濡れになりながらようやく本社ビルにたどり着き、挨拶もしどろもどろで惨憺たる気持ちでした。

そんな私たちを温かく迎えて下さった営業部長の中山さんをはじめとする中部電力の方々。熱心な説明に耳を傾けているうちにこちらの緊張も徐々にほぐれていきました。外

の会社を実際に見てみる、いろいろな方にお会いしお話を聞く、というのはなんて刺激的で楽しいことでしょう。なによりも、素敵な方々に出会えただけでも名古屋に行って本当によかったと思います。エレパルでは女性社員の方の歯切れのよい説明が印象的でしたし、電気利用技術研究所では女性の専門研究員が数人いて調査研究に活躍しているそう
で、同性として励みにもなりました。

末筆になりましたが、お忙しいなか快く取材にご協力下さった皆様に心からお礼申し上げます。本当にありがとうございました。

(イラスト 摘田徳文氏)

研究所のうごき

(平成4年4月1日～6月30日)

◇ 理事会開催 第35回理事会

日 時：6月18日(木) 12:00～13:30

場 所：経団連会館9階906号室

議 題：

第1号議案 平成3年度事業報告書および
決算報告書(案)について

第2号議案 その他

◇ 月例研究会

第91回月例研究会

日 時：4月24日(金) 14:00～16:00

場 所：霞山会館 まつ・たけ

議 題：

1. 分散型電源と系統連系

(通商産業省資源エネルギー庁公益事業
部技術課電気用品室長 小林哲郎氏)

2. 新エネルギー等からの余剰電力の購入に ついて

(東京電力株式会社営業部料金課長 木
村 滋氏)

第92回月例研究会

日 時：5月29日(金) 14:00～16:00

場 所：霞山会館 うめ・さくら

議 題：

1. 平成4年度施設計画の概要

(通商産業省資源エネルギー庁公益事業
部開発課施設計画係長 浦野宗一氏：開
発課計画班長 中村幸一郎氏代理)

2. 高レベル放射性廃棄物の処分とはどうい う問題か(専門役 村野 徹)

第93回月例研究会

日 時：6月26日(金) 14:00～16:00

場 所：霞山会館 まつ・たけ

議 題：

1. 石油活用型ガスタービンとのコンバイン ドによるごみ発電の効率アップに関する 調査結果 (主管研究員 赤田卓己)

2. 電源地域の振興施策について

(財団法人電源地域振興センター 理事
吉野隆治氏)

◇ 主なできごと

4月3日(金)・「電力と技術」懇談会・第14回ス
タディーグループ

13日(月)・第5回非在来型天然ガス・メタ
ンハイドレート調査分科会

14日(火)・第3回非在来型天然ガス・深層
天然ガス調査分科会

16日(木)・第5回非在来型天然ガス・コー
ルベッドメタン調査分科会

20日(月)・第3回コールベッドメタン資源
導入システムの可能性調査委員
会

21日(火)・第1回21世紀の技術とエネル
ギー委員会

22日(水)・第1回原子炉安全数値解析高度
化委員会開催

23日(木)・第6回原子力発電国際協力懇談
会開催

5月6日(水)・第1回コンセプト研究会開催

8日(金)・第4回原子力熱エネルギー利用
基盤研究調査委員会開催

12日(火)・第3回低品位炭から新燃料油の
製造技術に関する予備調査委員
会

14日(木)・非在来型天然ガス・コールベッ
ドメタン勉強会

18日(月)・第2回21世紀の技術とエネル
ギー委員会

19日(火)・非在来型天然ガス・深層天然ガ
スに関する打合せ

21日(木)・第80回原子力プラント信頼性に
関する研究会

・非在来型天然ガス・海外調査打
合せ

・非在来型天然ガス・深層天然ガ
ス勉強会

22日(金)・非在来型天然ガス・メタンハイ
ドレート勉強会

25日(月)・第15回非在来型天然ガス打合せ

・第4回非在来型天然ガス・深層
天然ガス調査分科会

- 27日(水)・第2回コンセプト研究会開催
 28日(木)・第7回原子力発電国際協力懇談会開催
 ・第6回非在来型天然ガス・コールベッドメタン調査分科会
 6月4日(木)・第3回コンセプト研究会開催
 ・第1回次世代ハウスエネルギー供給利用システム専門委員会
 10日(水)・第4回コンセプト研究会開催
 17日(水)・第5回コンセプト研究会開催
 18日(木)・第5回原子力熱エネルギー利用基盤研究調査委員会開催
 ・第1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
 ・第1回自動車用CGTハイブリッドシステム検討委員会
 22日(月)・第3回21世紀の技術とエネルギー委員会
 25日(木)・第1回原子力サブチャンネル解析に関する国際セミナー ISSCA '92プログラム委員会開催

◇ 人事異動

○4月1日付

(採用)

- 森信一郎 主任研究員に任命
 プロジェクト試験研究部に配属
 坂口弘子 研究員に任命
 総務部に配属
 執行聖子 経理部に配属
 (移動)
 プロジェクト試験研究部
 研究員 黒沢厚志
 プロジェクト試験研究部・企画部兼務を任命
 プロジェクト試験研究部
 研究員 金子裕子
 プロジェクト試験研究部・企画部兼務を任命

○6月26日付

(退任)

- プロジェクト試験研究部
 主任研究員 磯 修 (出向解除)

○6月29日付

(採用)

- 植村卓司 主任研究員に任命
 プロジェクト試験研究部に配属

◇ その他

New Electricity 21の開催

日時：平成4年5月12日(火)～14日(木)

場所：ホテルグランドパレス

主催：国際エネルギー機関(IEA)

通商産業省

New Electricity 21日本委員会

(事務局 ㈱エネルギー総合工学研究所)

◇ 海外出張

- (1) 黒沢厚志研究員は、原子炉シミュレーションシステム実用化に関する調査のため、4月4日から4月18日の間、アメリカに出張した。
- (2) 磯 修主任研究員は、電気自動車のインフラ整備状況調査のため、4月10日から5月2日の間、アメリカへ出張した。
- (3) 蓮池 宏主任研究員は、「都市電気自動車に関する国際会議」参加のため、5月21日から5月19日の間、フランス、スウェーデンに出張した。
- (4) 黒沢厚志研究員は、「シミュレータとプラントアナライザに係る専門家会議」への参加、及び原子炉シミュレーション関連研究動向調査のため、5月21日から5月29日の間、フランス、スウェーデンに出張した。
- (5) 片山優久雄副主席研究員、吉江照一主管研究員の両名は、非在来型天然ガスに関する調査のため、6月14日から6月28日の間、ドイツ、オランダ、スウェーデン、スイス、イギリスへ出張した。

編集後記

巻頭言を寄せられた宮原茂悦氏は現在火力原子力発電技術協会会長であり、去る5月中旬東京で開かれたIEA国際会議では日本委員会委員長を務められた。

充実刷新第2号の本号では所外からの寄稿は2編あって、一つは小林哲郎氏（通産省）の「分散型電源と系統連系」、いま一つは木村滋氏（東京電力）の「新エネルギー等からの余剰電力の購入について」であり、いずれも当研究所の4月の月例研究会での講演内容を中心にしたもので、いま注目されつつある分散型電源とその受入れ態勢の整備状況を知ることができる。

所内からは3編である。

「各種発電システムの定量的リスク比較」を執筆した谷口主任研究員は目下スイスのコレンコ・パワー・コンサルティング社に客員研究員として長期滞在中であり、彼が現在行っている研究の中間速報である。付表が英語なのはそのせいであってご容赦いただきたい。

赤田主管研究員の「欧州における船用ディーゼル燃料油の使用実態調査」は、わが国のA重油の品質が今後変化せざるを得ない

事態を前にして、所要の海外調査を行ったことの概要報告である。

板本主任研究員の「グランドソーラーチャレンジ詳報」は、今夏に本番を迎える同事業の内容を詳しく紹介するものである。当研究所は主催団体の一つであり、事業成功のためにひたすら当日の好天を祈っている。

座談会「21世紀の火力発電技術について」では、佐々木宜彦氏（通産省）が中国から帰国された直後だったため、話は最近の中国の電力事情から始まった。本論では21世紀におけるわが国の火力発電の位置づけを考え、とくに石炭火力については技術開発を加速する必要があること、そのため現在実証試験中の加圧流動床とガス化複合発電の結果が注目されることなどが語られている。

前号から始まったエネテクトリーム21には、ペンネームよしやこうき氏の「電力を船で運ぶ」話が登場する。

当研究所の女性研究員チームの自主企画・編集による訪問記第2号は中部電力のモデル電化住宅と全天候環境実験棟の見学記である。若い女性の感受性の高さが誌面に躍っているではないか！（大塚益比古記）

季報エネルギー総合工学 第15巻第2号

平成4年7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