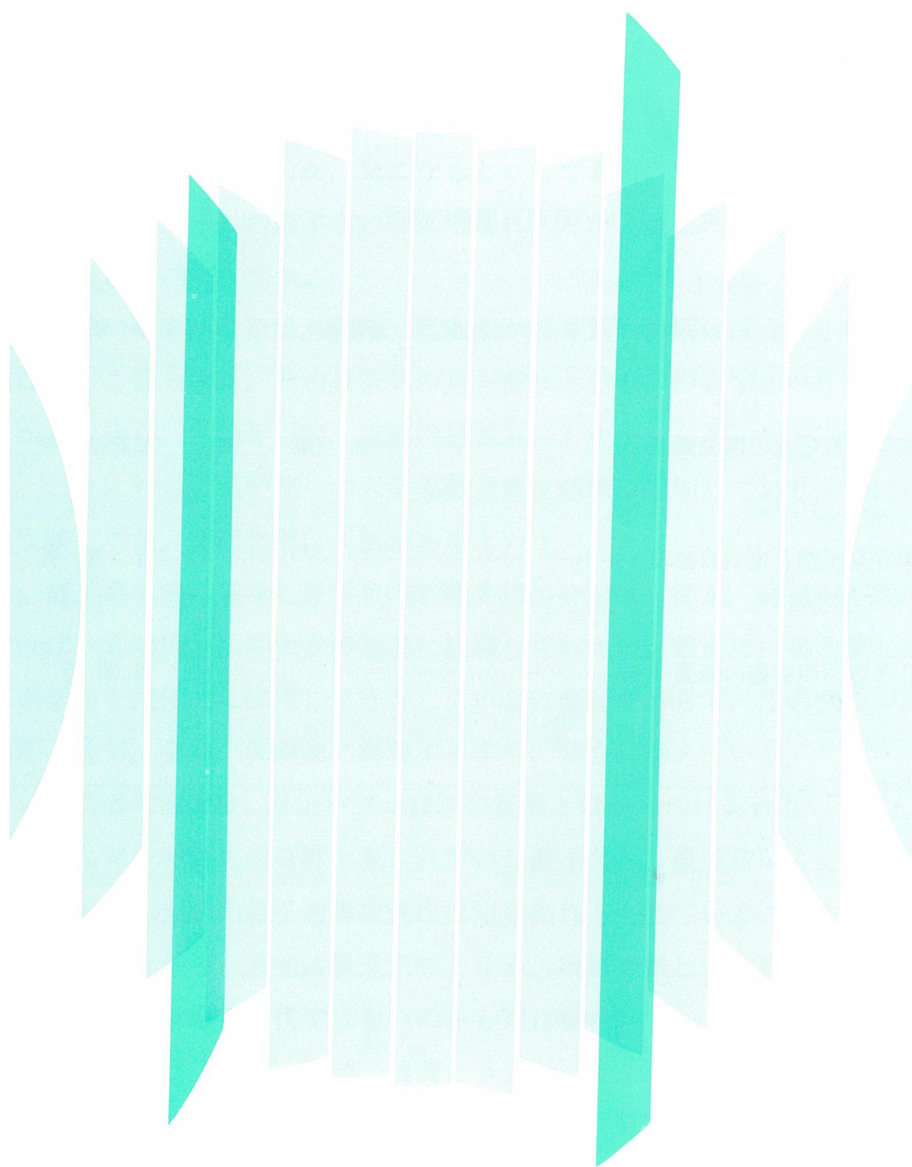


季報 エネルギー総合工学

Vol. 14 No. 2 1991. 7.



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

目 次

若者にとって魅力あるエネルギー産業へ

.....資源エネルギー庁 長官官房審議官 末 広 恵 雄..... 1

米国における原子力発電プラントの許認可更新の動向.....敷 地 明..... 2

“シュミレーション・マルチコンファランス1991”に参願加して黒 沢 厚 志.....16

リン酸型燃料電池の開発動向.....松 葉 明 加賀城 俊 正.....25

自動車安全規制と電気自動車.....宮 嵯 拓 郎.....44

平成3年版通商白書の概要.....那 須 野 太.....61

研究所のうごき.....74

若者にとって魅力あるエネルギー産業へ

資源エネルギー庁

長官官房審議官 末 廣 恵 雄

証券・金融スキャンダルが相次いで白日のもとにさらけ出され、バブル経済の崩壊について話題に事欠かない昨今である。バブルの清算にともない、今後の景気の先行きが専ら論議されているが、バブル経済とともに顕著となった理工系人材の就職動向の変化が今後どうなるか、気になるところである。つまり、ここ数年の風潮である「高校から大学への進学者の理工系離れ」とか「理工系学生の製造業離れ」が、今後とも続くのだろうか。

理工系学部への志願者数は、従来、製造業が好景気の時期には大きく伸びるが不況時には落ちこむ。また、その後景気の立ち直りとともに持直すという傾向にあった。しかしながら、1988年以降、空前の好景気にもかかわらず、減少に転じたままである。これに対し文系学部への入学志願者数は順調に増加しており、特にバブル経済を反映してか、経済学部は人気があるという。

また、理工系学部へ進学した学生の就職先については、従来、経済が不況の時期をのぞけば、6割以上の学生が製造業に就職していたが、最近では、製造業が絶好調で理工系学生を積極的に採用しようとしているにもかかわらず、この割合が減少傾向にある。他方、金融、保険業に就職する学生の割合が増えている。

こういう若者の風潮は、単にバブル経済の反映とは決めつけられない。たとえば、かつてエネルギーの最先端分野と見られていた原子力が、最近若い人に対し求心力を失いつつある。大学の原子力専攻課程は定員割れを生じているところもある。苦勞の多い仕事となると、若者は敬遠気味となる。現場で難しい仕事に立ち向うことのみにやりがいを求める時代ではないのかも知れない。

エネルギー産業は、生産、輸送、消費と多分野にまたがり巾広い人材に支えられて発展してきた。技術開発の最先端部門のみでなく、既存の部門についても、維持管理はもとよりその向上発展に優秀な人材を充てる心要有る。そのためにはパソコン世代と言われる若い世代に対して魅力あるエネルギー産業であることが求められる。(すえひろ しげお)

米国における原子力発電プラントの許認可更新の動向

敷 地 明

1. はじめに

“原発寿命さらに20年”（朝日新聞、平成3年6月29日）という記事をご覧になった方もあろう。これは、米国原子力規制委員会（NRC）が、国内の商業用原子力発電プラントの運転期間に関し、当初の設計寿命である40年を超えて、さらに最長20年間を可能とする許認可更新の新たな基本方針を承認したというものである。

1950年代に原子力発電が開始されてからすでに40年近くが経過した現在、世界25ヵ国においては、約400基の原子力発電プラントが稼働中である。

米国においては、1990年12月末現在112基1億610万kWの原子力発電プラントが稼働中であり、1990年における原子力発電の全発電電力量に占める割合は、20.6%（約5768億kWh）となり、石炭火力発電（55.5%、約1兆5575億kWh）に次ぐ第二の電源となっている。

米国の原子力発電プラントにおいては、現在その運転許可期間が、『原子力法』によって最大40年間と定められている。そのため、現在稼働している112基の原子力発電プラントのうち、2000年には米国で現在運転中の商業用原子力発電プラントで最も古いヤンキー・ローが、運転許可期間の満了を迎える。なお、

2000年から2010年の間には500万kWに相当する10基が、運転許可期間の満了を迎えることになり、2030年にはその大部分が運転許可期間の満了を迎える。

一方、米国では、1982年から高い電力需要の伸びが続いており、この状況で推移すると1990年代の後半には需給バランスが著しく悪化し、今後10年間に約1億～2億kWの電源設備が必要になると予想されている。しかしながら、現在建設中の原子力発電プラントは僅か9基（1082万kW）であり、2000年までに新規プラントの発注がない場合には、深刻な電力供給不足に陥ると予測されている。

このような背景から、米国においては1985年より原子力規制委員会（NRC）、エネルギー省（DOE）をはじめ、電気事業者、プラントメーカー等が参加して、原子力発電プラントの寿命延長と許認可更新を図るための研究開発、ならびに規制・基準の整備が積極的に実施されている。

本稿では、許認可更新に関するNRCの基本方針、1990年7月に公表された原子力発電プラントの許認可更新に関する規則案の内容、規則案に対するNRCの考え方、産業界の対応状況、および更新申請の動向について紹介する。

2. 許認可更新に関する規則の現状

2-1. 許認可更新に関する基本方針

米国原子力規制委員会（NRC）は、許認可更新に関して、現在運転中の原子力発電プラントの経年劣化の実態を把握し、これを処置していくことが、非常に重要なことであると考えている。その理由としては、『安全系の系統およびコンポーネントは、安全性を確保するため多重に用意されているが、これらが経年劣化することにより、当初想定していた深層防護（Defence in Depth）の厚みを、減少させてしまうのではないか？』というものである。

経年劣化という問題の把握およびその管理に対するNRCの考え方は、以下に示すとおりである。

- ① プラントの最初の設計内容とその運転経験の記録について十分な検討を行い、その結果について専門家の意見を求める。
- ② 確率論的リスク評価（PRA：Probabilistic Risk Assessment）という手法を用いて、経年劣化がプラントの安全性に与える影響を評価する。
- ③ 経年劣化が問題となるような系統、構造物、およびコンポーネントを摘出して、これらに技術的検討を加える。

なお、ここで言うところの技術的検討とは、

- ・現場における検査や評価、
- ・使用期間が過ぎた機器の検査と検討、
- ・経年劣化が認められる部材に関する試験とその試験結果の評価、
- ・必要な監視試験やモニタリング手法の開発、
- ・問題とされる機器や部材に対して、補修

を行うか、もしくは交換するかということについて、最終的な判断を行うこと、などであり、NRCは、このような手法や手段が講じられることによって、機器材料の時効効果、経年劣化というものを正しく理解、認識し、その上に立ってプラントの安全性が確保されるとしている。

2-2. 許認可更新に関する規則案

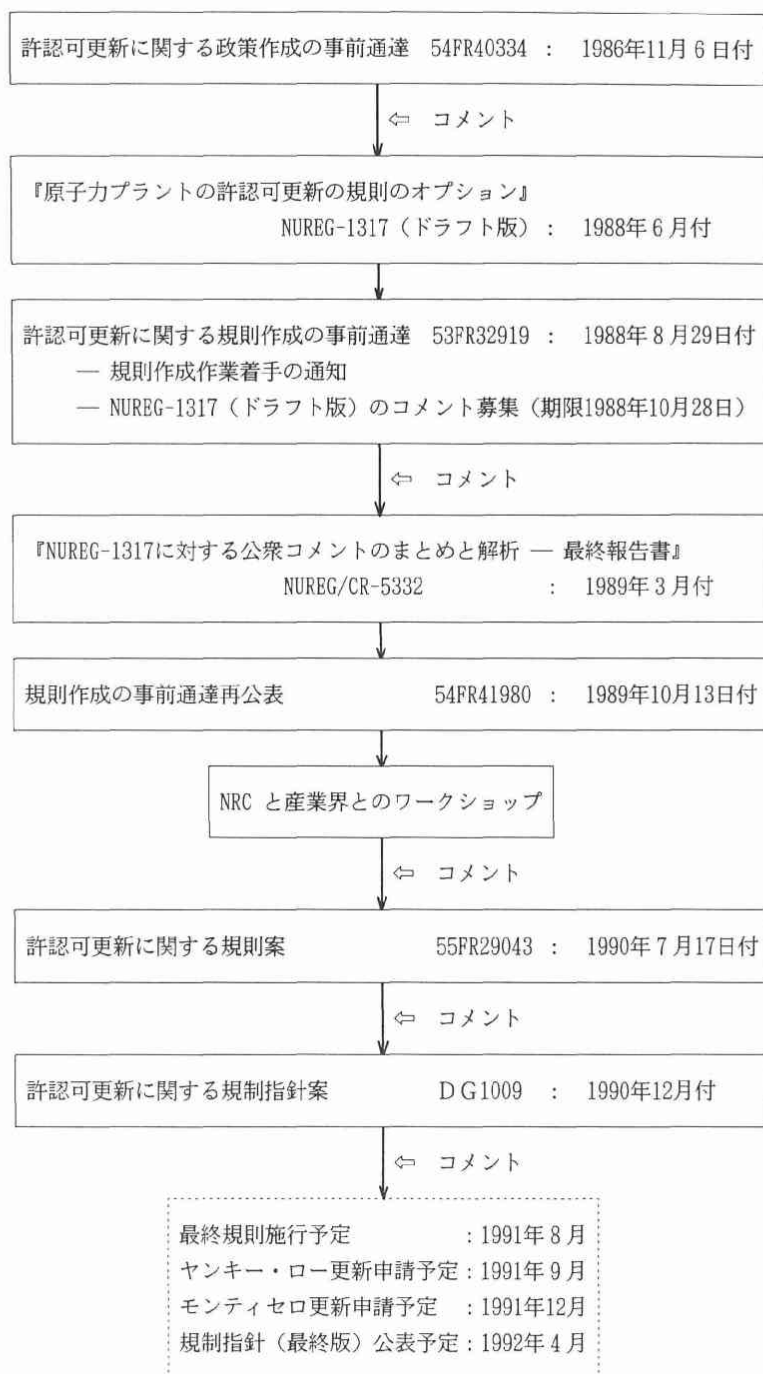
NRCは、1990年7月17日付け（55FR29043）で、原子力発電プラントの許認可更新に関する規則（10CFR Part54、新規作成）のドラフト版を公表した。この規則案は、現行の40年間の許認可が終了した後、さらに20年間まで許認可を更新して運転を継続することを可能とするものである。

NRCは、許認可更新の規則に関して1986年11月6日付けで政策作成の事前通達を公表して以来、図-1に示す許認可更新に関する規則作成の流れのように、積極的に規制体系の整備に取り組んできた。この背景には、米国の産業界が行った原子力発電プラントの運転経験に基づく技術的寿命評価、経済的寿命評価、電力需給バランスおよび代替発電施設を設置する場合との経済性比較結果などから、原子力発電プラントは60年間以上運転することが望ましく、現行の最長40年間の許認可が終了した後も、運転を継続することが可能となるような手続きの確立を、米国の産業界全体として強くNRCに要求してきたことによる。

1990年7月17日付けで公表された規則案は実質的な規制概念を示した規則作成の事前通達（54FR41984、1989年10月13日付け）に対するコメントに基づいて作成されている。

規則の原則としては、あくまでも現行の許認可ベースに基づいた規制であり、設置者の安全プログラムとNRCの規制監視活動によ

って、更新期間中の安全性の維持を図るものとされている。



図ー1 許認可更新に関する規則作成の主な流れ

許認可更新の手続きとしては、

- ・更新申請の受付は、許認可終了の20年前から3年前迄、
- ・許認可更新期間は20年間迄、
- ・更新申請のレビュー期間は2～3年、
- ・10CFR Part51 Subpart A の要求を満足するような、環境評価報告書を作成すること、
- ・許認可更新にあたっては、原子炉安全諮問委員会(A C R S : Advisory Committee on Reactor Safeguards) が許認可更新申請書をレビューして申請記録報告書を作成し、公聴会を開催する、

としている。

次に、許認可更新の条件としては、以下に示すとおりである。

- ① 許認可更新する上で重要な系統、構造物、およびコンポーネントを同定する手法とそのリストを示すこと。
- ② 許認可更新する上で重要な系統、構造物、およびコンポーネントの中で、安全機能に影響を与えるもののリストとその選定基準を示すこと。
- ③ 安全機能に影響を与えるものの中で、許認可更新期間中においても、その安全機能が維持できるということを証明しなければならない系統、構造物、およびコンポーネントのリストとその選定基準、およびそれを同定する手法を示すこと。
- ④ 安全機能に影響を与えるものの中で上記③に含まれないものについては、経年劣化メカニズム(疲労、クラックの進展、熱脆性、照射脆性、腐食、浸食、供用磨耗、生物学的効果、クリープ、収縮)について適切な評価を実施するとともに、経年劣化に

よる影響について、更新期間中を通して十分に管理できることを明らかにし、その経年劣化が現行の許認可ベースを維持する上で問題にならないことを示すこと。

- ⑤ 経年劣化の対策としては、少なくともコンポーネントの交換プログラム、運転方法の変更プログラム、許認可更新期間中の経年劣化を評価するプログラム、経年劣化の傾向を分析するプログラムについて示すこと。

- ⑥ 最終安全解析報告書(FSAR: Final Safety Analysis Report)の補足資料(Supplement)として、上記5項目に基づいた総合プラント評価(Integrated Plant Assessment)の結果を取りまとめ、許認可更新の申請書に記載すること。

今回の規則案において、実質的な規制概念を示した規則作成の事前通達(54 F R 41984, 1989年10月13日付け)からの主な変更箇所としては、以下に示すとおりである。

- ① 事前通達の段階においては、個別プラント評価(IPE: Individual Plant Examination)と事故管理(Accident Management)プログラムを実施することを、許認可更新の条件の一つに挙げていたが、規則案においてはこれを要求していない。
- ② 事前通達の段階においては、「安全上重要な・・・」という表現が使用されていたが、規則案においては、「許認可更新上重要な・・・」という表現に変更され、これによって安全に直接関連しない機器であっても、重要なものは評価の対象とすることになった。
- ③ 許認可更新に際して必要となる技術的情

報は、最終安全解析報告書の補足資料として取りまとめられる。

なお、この規則案に対しては、産業界および一般公衆などから表-1に示すようなコメントが出され、NRCにおいて検査方法など

の再検討が行われていたが、1991年6月28日NRCは4人の委員の全員一致で、許認可更新に関する手続きをNRCの新しい規則とすることを承認した。最終規則は、1991年8月にも公表される予定である。

表-1 規則案に対するコメントの概要

〔現行の許認可ベースとは何かを定義した部分に関するコメント〕

- ・定義は、現行許認可ベースで凍結すべきである。
- ・定義の範囲が、広すぎて不明瞭である。
- ・NRCが口頭で述べた事項についても、規則に含まれているように思える。
- ・定義の新解釈や新しい情報については、認められない。

〔現行の許認可ベースで更新認可を取得するための妥当性に関するコメント〕

- ・現行の許認可ベースだけで十分である。
- ・現行の許認可ベースだけでは不十分であり、現在の基準をレビューして使用すべきである。
- ・現行の許認可ベースに関する新しい情報や技術的成果については、レビューおよび公聴会の段階で、考慮されなければならない。

〔条項の実証性に関するコメント〕

- ・実証が必要である。
- ・条項に記載されていないことについても、実証する必要がある。
- ・条項は、許認可更新時のレビューの一部として明確にすべきである。

〔条項の必要性に関するコメント〕

- ・更新許認可のためだけに、重要な系統、構造物、コンポーネントの類別を行う必要はない。
- ・条文化ということは、更新許認可のためには基本的なことである。

〔総合プラント評価に関するコメント〕

- ・NUMARC（原子力発電事業者管理・人材協議会）の手法を使用すべきである。
- ・総合評価プログラムの定義範囲を、部品の修理や交換にまで広げるべきである。
- ・PRA（Probabilistic Risk Assessment）を実施するためのオプションを規定すべきである。
- ・総合評価プログラムの使用は、運転中の安全余裕を低下させることになる。
- ・系統、構造物、およびコンポーネントの摘出方法が不明瞭である。
- ・PRAの実施を要求すべきである。

〔許認可更新する上で重要な系統、構造物、およびコンポーネントに関するコメント〕

- ・安全に直接関連しない機器は、許認可更新する上で重要な機器から削除する。
- ・レビュー範囲が広すぎる。

〔廃炉措置に関するコメント〕

- ・もし、この許認可更新が適用されないとすると、廃炉措置計画に大きな混乱を招くことになる。
- ・もし、この許認可更新の申請が否定された場合、規則案の文章では、現在発給されている運転許可の早期廃止を求めることになってしまう。
- ・廃炉措置用の積立金の支払い額は、追加される運転期間を考慮して減額されるべきである。
- ・廃炉措置に必要な資金の保証は、許認可更新の申請にかかわらず維持されなければならない。

〔バックフィットに関するコメント〕

- ・経年劣化を防護するために、バックフィット解析を実施しなければならない。
- ・経年劣化の現象を把握するために、安全上重要な改善策を提示しなければならない。

〔その他のコメント〕

- ・一般的安全性問題に関しては、バックフィット規則が適用されないことから、20年間以上運転した時の価値やインパクトおよびその影響に基づいて、更新許認可のやり方について法定で審議されるべきである。
- ・公聴会のスケジュールに関しては、原子炉安全許可・会議（Atomic Safety Licensing Board）が選択できるようにすべきである。
- ・反トラスト法のレビューに関しては、一人が許認可更新の内容についてはレビューが必要であるとし、二人がレビューは不要であるとしている。

2-3. 規則案の考え方

規則案においては、許認可更新時の安全性の評価について、現行の許認可ベースに経年劣化の評価とその管理を追加したものとなっているが、NRCはこれを決定するにあたって、以下に示すような案を検討した上で、費用便益分析の結果に基づいて、B案が優れていると結論づけている。

A案：現行の許認可ベース。

B案：現行の許認可ベースに経年劣化の評価と管理を追加したケース。

C案：現行の許認可ベースに経年劣化の評価と管理を追加するとともに、一部の新設プラントの標準との設計上の相違点を、PRAによって評価するケース。

D案：現行の許認可ベースに経年劣化の評価と管理を追加するとともに、全ての新設プラントの標準との設計上の相違点を、PRAによって評価するケース。

規則案における更新期間の20年という期間については、明確な技術的根拠はないものの、経年劣化メカニズムの把握と評価に関して、現時点における不確定要素などを考慮して決定されている。なお、NRCは更新申請の回数については何も規定しておらず、もし電気事業者が20年以上の更新を希望するならば、その時点において再度更新許認可を申請すればよいことになり、NRCもこれを禁止してはいない。

次に、更新申請の受付期間が、許認可終了の20年前から3年前迄となっていることに関しては、3年前とはNRCが最終安全解析報告書、環境評価報告書をレビューするための

期間であり、20年前とは十分な運転経験とデータがないようなプラントの更新申請を排除するためのものである。

3. 産業界の対応状況

米国の産業界においては、エネルギー省(DOE)の予算と電力研究所(EPR I)を通じてプールされた電気事業者(海外の電気事業者も含む)の資金に基づいて、1985年から『軽水炉プラントの寿命延長』(PLEX: Plant Life Extension)という研究開発計画が実施されてきた。このPLEX計画においては、電気事業者が許認可更新の申請を行う場合の技術的、制度的な問題点が検討、解明されるとともに、原子力発電プラントの寿命延長を実現するための根拠となるような二つの手法が、現在までに開発された。この二つの手法とは、

① 重要な機器などを絞り込むための同定手法、

② 経年劣化メカニズムの評価とその対策を立案する手法、

である。上記①の重要な機器などを絞り込むための同定手法とは、軽水炉プラントの系統、構造物、およびコンポーネントにおいて、経年劣化が寿命を左右するという観点から何を対象として詳細な検討を開始するのか、また、どのようなものが重要であるのかを合理的に推定するための手法である。また、②の経年劣化メカニズムの評価とその対策を立案する手法とは、何がどのような経年劣化メカニズムの影響を受けやすいかを評価するとともに、プラントの寿命に関係するような影響を緩和するための対策案を立案する手法である。

このPLEX計画で開発された二つの手法は、既に実際のプラントに適用されており、その実証性が確認されている。この実証研究は、PLEX計画とは別にサンディア国立研究所(SNL)が、DOEの予算に基づいて実施していた『軽水炉プラントの寿命改良』

(PLIM: Plant Life Improvement)に関する研究開発計画の中で行われ、実際に手法が適用された実プラントは、将来運転許認可期間の延長申請の第一号となる先行プラント(加圧水型軽水炉: ヤンキー・ロー, 沸騰水型軽水炉: モンティセロ)が選定されている。

PLEX計画で得られた二つの手法の成果と、これらの手法を実際のプラントへ適用した実証研究の成果については、原子力発電事業者管理・人材協議会(NUMARC: Nuclear Utility Management and Resources Committee)という原子力産業の連合組織を通じて、規則案(10CFR Part54)に対してコメントする際のバックデータとしてNRCへ提出されている。これが、産業界の10分冊の技術報告書(10 Industry Technical Reports)と言われるものであり、現在NRCスタッフによって、この技術報告書の詳細なレビューが実施されている。これらの報告書においては、PWR(加圧水型軽水炉)およびBWR(沸騰水型軽水炉)の両炉型について、各種の系統、構造物、コンポーネントごとに、さまざまな経年劣化のメカニズム(表-2参照)を評価するとともに、その対策を立案しており、いずれの系統、構造物、コンポーネントにおいても、寿命に関係してくると思われる経年劣化のメカニズムについては、すべて取り上げられている。

技術報告書の目的およびその狙いとして

は、軽水炉プラントの運転許認可期間を延長するにあたっての技術的な判断基準を提供することにあるが、そのためには20年間の更新期間中において、各系統、構造物、コンポーネントの安全性が維持できることを実証する必要がある。なお、この“実証”という中には、

- ・運転性能に関する取得データ
- ・経年劣化が、許容範囲内にあるということを確認するための分析、および定期検査もしくはモニタリング
- ・経年劣化が、許容範囲内のものであることを保証するための予防策、もしくは経年劣化の緩和策
- ・各系統における構造物、コンポーネントの取り替え

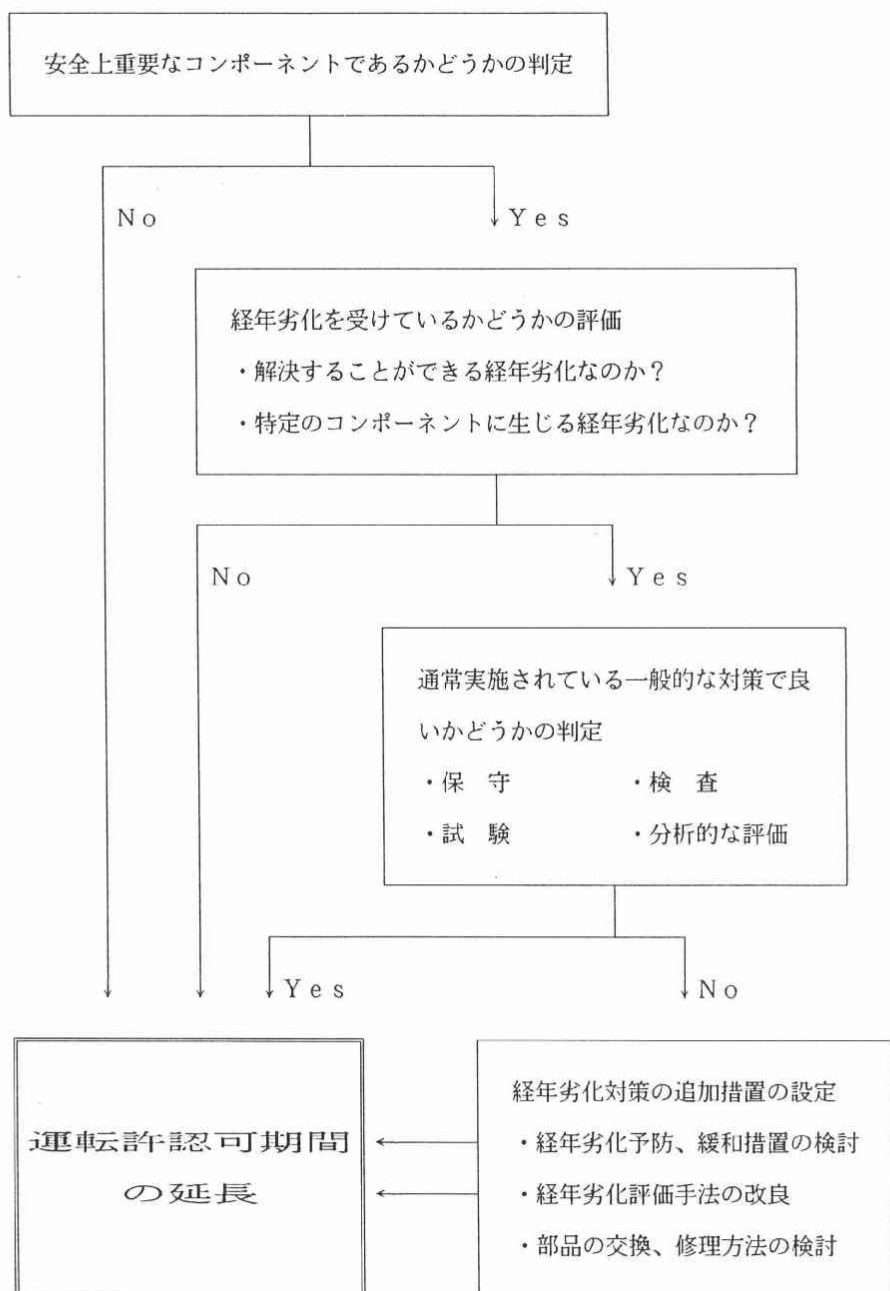
というような事項が含まれている。

表-2 沸騰水型軽水炉に関する経年劣化形態

対 象	経 年 劣 化 の 形 態
原子炉圧力容器	(1) 全面腐食 (2) 減肉/腐食 (3) 中性子照射脆化 (4) 物理的な磨耗
炉内構造物	(5) 低サイクル・高サイクル疲労 (6) 応力腐食割れ (7) 酸化堆積物
一次冷却材 圧力バウン ダリー	(1) 疲 労 (2) 腐 食 (3) 照射誘起応力腐食割れ (4) 粒界応力腐食割れ (5) 減肉, 減肉/腐食 (6) 中性子照射脆化 (7) クリープ (8) 機械的な磨耗 (9) 熱脆化

図－２に技術報告書で述べられている「実証」の具体的な手順を示す。「実証」の手順は、まず安全上重要なコンポーネントであるかどうかを判定した後、図に示すような３段階の

ステップを踏むことによって、これらのコンポーネントが２０年間の更新期間中において、それぞれ想定した安全機能が保持できることを示している。



図－２ 技術報告書（10 Industry Technical Reports）の実証手順

4. 更新申請の動向

4-1. ヤンキー・ロー原子力発電プラント

4-1-1. 経緯

ヤンキー・ロー原子力発電プラントは、1957年に建設が開始され、1961年に営業運転を開始した電気出力18万5千kWのPWRである。同プラントは、これまで安定した運転を続けてきているが、法規制上、西暦2000年の7月9日で運転許可期間の満了を迎えることから、設置者のヤンキー原子力発電会社は、

- ① 最初の時点において保守的な設計を実施したことから、プラントの各設備は十分な余裕を持っている、
- ② これまで良好な運転実績をあげている、
- ③ これまで良好な保守・点検実績を持っている、

との判断から、20年間の運転許可期間の延長を目指して、1987年初旬からNUMARCが設置した軽水炉寿命延長（NUPLEX）運営委員会と、各種検討会に参加して研究を開始した。（参考として表-3に、現在米国で稼働中の商業用原子力発電プラントにおける運転許可期間の一覧を示す。米国では、2000年から2012年の間に17基の原子力発電プラントが、運転許可期間の満了を迎えることになる。）

その後、同社は、寿命延長のアプローチ方法に関してNRCの許可を取得するとともに、当初計画した研究の全てを完了したことから、DOEとEPRIによる先行プラント計画に応募した。その結果、同社は1989年1月からPWRの代表として、先行プラント計画を開始した。

先行プラント計画は、5ヶ年計画で実施さ

れ、その目標は以下に示すとおりである。

- ・許認可更新計画を開発して完成する。
- ・産業界が開発した許認可更新のための評価手法を実証するとともに、その開発を支援する。
- ・許認可更新の申請を行い、許認可を取得する。

表-3 米国の商業用原子力発電プラントの運転許可期限

プラント名	運転期限
・ヤンキー・ロー	西暦2000年
・コネティカット・ヤンキー	西暦2007年
・サン・オノフレ1号機	〃
・ロバート・E・ギネイ	西暦2009年
・ナイン・マイル・ポイント	〃
・オイスター・クリーク	〃
・ドレスデン2号機	西暦2010年
・ミルストン1号機	〃
・モンティセロ	〃
・ポイント・ビーチ1号機	〃
・ドレスデン3号機	西暦2011年
・パリセード	〃
・クアド・シティーズ1号機	〃
・メイン・ヤンキー	西暦2012年
・ポイント・ビーチ2号機	〃
・サリー1号機	〃
・バーモント・ヤンキー	〃

4-1-2. 申請資料の内容

許認可更新の申請資料として規制で要求されているものとしては、

- ・安全解析報告書（最終安全解析報告書を補足したもの）
- ・環境報告書
- ・技術仕様書の改訂版

- ・プラント個別の免除項目のリスト

である。

安全解析報告書を作成するにあたっての具体的な検討としては、以下に示す事項について実施しなければならない。

- ・許認可更新する上で重要となるプラントの系統、構造物、およびコンポーネントの摘出
- ・摘出した系統、構造物、およびコンポーネント（S S C s : Systems, Structures and Components）の絞り込み
- ・絞り込んだS S C sを構成するコンポーネント類について、経年劣化評価の必要性の検討
- ・経年劣化の原因、誘発因子となるような材料、運転条件、環境などによる負荷や、これらの相互作用に関する評価

環境報告書の記載内容としては、以下に示すとおりである。

- ・電力供給の必要性
- ・原子力による発電と環境とのインターフェース
- ・原子力発電プラントの新規建設が環境に与える影響
- ・原子力発電プラントの運転が環境に与える影響
- ・原子力発電プラントから放出される物質に対する対策とその監視計画
- ・想定される事故の環境へ与える影響
- ・原子力発電プラントの経済的、社会的影響
- ・原子力発電プラントと化石燃料を使用した発電プラントとの比較
- ・経済評価（費用便益の分析）

4-1-3. 申請作業の状況

ヤンキー原子力発電会社においては、プラントの系統および構成機器（その基礎支持構造も含む）に対する絞り込みを実施した。その結果、系統に関しては78のうち43の系統について、より一層の点検と検討が必要であることが判明するとともに、構造物に関しては46のうち34の構造物について、詳細な検討が必要であることが判明した。また、これらのスクリーニング作業と並行して、プラント構成機器の総点検（Plant Walkdowns）も実施された。

図-3にプラント構成機器の総点検結果について示す。点検した構成機器の総数は、15,165点に及んでいる。このプラント総点検時においては、機器や構造物に対して、表-4に示すような経年劣化形態の検討も実施されている。このうち、許認可更新に関係がないと判断された機器は、全体の約27%に相当する3,999点であり、点検の結果許認可更新する上で問題なしと判断された機器は、全体の約45%に相当する6,852点であり、経年劣化の兆候が何も認められない機器としては、全体の約27%に相当する4,121点であった。この結果、許認可更新を実施する際に、より詳細な検討が必要となる機器としては、全体の約1%に相当する193点となっている。

同社においては、その後もこれらの結果に基づいて検討作業が実施されており、現在までに許認可更新を行う上で重要な系統、構造物として72点を選定している。

現在、同社において、許認可更新を支援するための研究プログラムとして実施中のものとしては、

- ・振動の発達をモニタリングする手法の開発

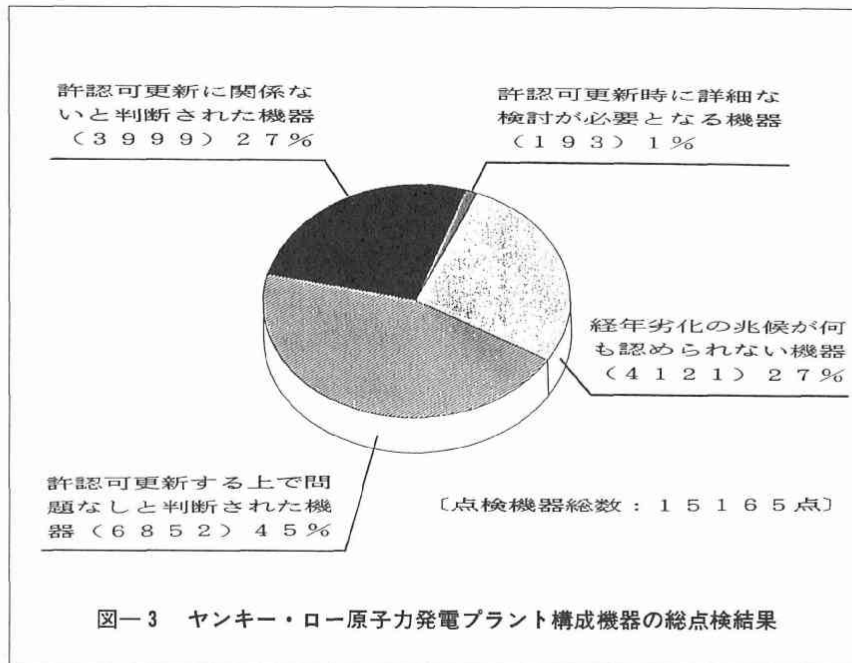


表-4 プラント総点検時に検討した
経年劣化形態

経 年 劣 化 の 形 態
・全面腐食 ・減肉／腐食 ・二相流エロージョン ・微生物腐食 ・粒界応力腐食割れ ・粒内応力腐食割れ ・照射誘起応力腐食割れ ・粒界腐食 ・隙間腐食、孔食 ・熱脆化（475℃脆化、青熱脆性、焼き戻し脆性） ・中性子照射脆化 ・水素脆化 ・選択溶出（脱亜鉛、黒鉛化） ・電位差腐食

・減肉／腐食に対する超音波探傷装置によるモニタリング手法の開発
 ・仕切り弁のモニタリング手法の開発
 ・供用期間中試験の強化
 ・経年劣化対策として構造物の総点検などがある。

同プラントの許認可更新に伴う資本費の増加分としては、現時点における試算によると150～400 \$ / kWであるが、kW当たりの費用で比較した場合、化石燃料を使用した発電に比べて十分に競合できるものとなっている。

現時点における同プラントの許認可更新に関するスケジュールは、以下に示すとおりである。

- ・1991年9月：NRCへ申請資料提出
- ・1993年9月：NRCの安全性評価終了
- ・1995年5月：全ての公聴会終了
- ・1995年10月：許認可更新の発効

4-2. モンティセロ原子力発電プラント

4-2-1. 経緯

モンティセロ原子力発電プラントは、1967年に建設が開始され、1971年に営業運転を開始した電気出力56万9千kWのBWRである。同プラントは、法規制上、西暦2010年で運転許可期間の満了を迎えることになる。

設置者のノーザン・ステーツ発電会社の許認可更新に対する取り組みは、最初DOEとEPRIからBWROG (BWR Owners Group) に対して、運転期間の延長を希望するBWRプラントについて打診があった時に、同社は許認可更新のパイオニアを目指すために、自ら更新申請することを提案したことから開始された。その結果、同プラントは、BWRプラントの代表として1985年から1988年まで、PLEX計画のパイロットプラント研究を実施することになった。

このパイロットプラント研究においては、原子炉圧力容器と炉内構造物が重要な検討事項となり、経年劣化メカニズムとしては照射による影響が加わった応力腐食、中性子照射脆化、熱疲労、高サイクル疲労などの検討が実施された。このパイロットプラント研究の成果としては、

- ・経年劣化による損傷形態とその影響のおよぼす範囲、
- ・経年劣化の進行速度、
- ・検査および保守プログラムの有効性、
- ・交換および補修範囲、

などが確認された。

その後、同社は、1989年1月から5ヶ年計画でDOEとEPRIによるBWRの先行プラント計画を開始した。

4-2-2. 申請作業の状況

現在ノーザン・ステーツ発電会社は、許認可更新のための研究プログラムを、機械系と計装制御・電気系とに分離して実施している。同プラントの許認可更新申請を行う上で、重要と考えられる研究プログラムとしては、

- ・仕切り弁の供用期間中検査プログラム、
- ・ポンプの供用期間中検査（起動試験）プログラム、
- ・計装制御設備の機能試験プログラム、
- ・大型モーターの供用期間中検査（起動試験）プログラム、

などがあげられる。

同社の許認可更新に対する考え方は、『経年劣化問題を処理するためには、更新許可を求める範囲とそのレベルに関して、詳細な検討を実施しておく必要がある』というものである。特にプラントの安全性に係わる緊急時の運転システムについては、今回の規則案では厳しい検討が課せられており、今後ともNRCと協議を実施していくものの、最終的にはNRCの判断が優先されることになるというものである。

同社は、これまでもプラントの維持と管理に十分な注意をはらってきており、特に機器構成材料の経年劣化に注目している。現在、経年劣化対策の一つとして、戻り復水系に脱酸のために水素注入を行っているが、この他にもオーステナイト系ステンレス鋼配管の内面に酸化クロムの皮膜を形成させるために、酸化亜鉛の注入を実施している。

同プラントの運転期間を2010年以降20年間延長するために必要な費用としては、現時点の試算で約1億ドルであるが、ここに現在のプラントと同一規模のプラントを建設しよう

とした場合は、その種類が火力発電でも原子力発電であっても、必要となる費用としては約4億ドルになると評価されている。なお、この数値には、今後のインフレーションによる費用の増加が考えられることから、不確定因子としてそれぞれ1～1.8倍を考えておく必要がある。

現在、同社は、許認可更新の申請を1991年の12月に予定しており、これに対するNRC側の審査は約2年間位かかると考えている。

5. おわりに

米国では、本稿で紹介したように原子力発電プラントの寿命延長と許認可更新を図るための規則・基準の整備ならびに研究開発が積極的に実施されている。現在発表されている規則案では、安全に直接関連しない機器であっても重要なものは評価対象になるとともに、許認可更新後の経年劣化に対して適切な管理を行うことを設置者に求めている。これに対して産業界では、許認可更新に関してプラントの安全性、経済性、技術的可能性といった観点から、PLEX計画という研究開発プロジェクトが実施されており、ここでは現在までに重要な機器などを絞り込むための同定手法、経年劣化メカニズムの評価とその対策を立案する手法が開発されている。

一方、我が国においても、1991年7月末現在41基3222.4万kWの原子力発電プラントが稼働中であり、運転実績も20年を超える原子力発電プラントが現れ始めたことから、官民協力のもと原子力発電プラントの経年劣化／長寿命化研究が着実に進められている。

我が国における原子力発電プラントの運転継続に関しては、米国のように運転許可期間

の法的な定めはなく、電気事業法に基づき一定期間（原子炉施設は1年±1ヶ月、タービン施設は2年±1ヶ月）毎に国による定期検査を受けることが義務づけられており、この定期検査に合格することにより、次の定期検査までの運転が認められるというシステムとなっている。我が国においては、監督官庁および電気事業者によるプラントの設計、建設、運転、保守という各段階における徹底した品質管理と予防保全活動によって、材料、機器などの経年劣化を軽微な段階で発見することに努めている。因みに、我が国における原子力発電プラントの運転・保守技術は非常に優れており、大きなトラブルも少なく、アンアベイラビリティの90%以上は、計画的な検査を行うための停止となっている。

今後、経年劣化／長寿命化の研究開発は、我が国のエネルギー問題への対応を考えるならば、ますます重要となってくる。

我が国の研究開発が、着実に進展することが望まれるが、その推進に当たっては、

①我が国の法規制においていうところの経年（劣化）の定義と、対象となる具体的劣化現象の整理・検討を行うこと、

②経年劣化現象が、プラント全体の安全性に与える影響をより理解するため、リスク指向的なアプローチによる検討対象機器・構造物などの同定と、劣化影響シナリオの整理・検討を行うこと、

③我が国の規制・基準などの中で、経年劣化に係わる部分の整理と、我が国の実情に即した形へ変更などを実施しようとした場合の研究開発課題と実施状況の検討を行うこと、

④プラントの経年化に伴った定期検査（検

査項目、内容、頻度、技術など）のあり方の検討を行うこと、

を考慮することが重要であると考えられる。

また、米国の原子力発電プラントの許認可更新の手続きは、米国固有の問題であるものの、プラントの経年劣化への対応についての知識、理解向上、および我が国におけるプラント長寿命化の是非の検討への情報という観点からは、米国でDOE、EPRIを中心に行われている長寿命化計画の成果は重要なものであり、今後とも米国との研究協力、情報交換を強力に推進していくことが必要であると考ええる。（しきち あきら 主任研究員）

参考文献

- (1) Federal Register (Proposed Rules), Vol.55, No.137, Tuesday, July 10, 1990. (NRC)
- (2) 7590-01, Nuclear Power Plant License Renewal, Proposed Rule, July 10, 1990. (NRC)
- (3) NUREG-1362, Regulatory Analysis for Proposed Rule on Nuclear Power Plant License Renewal, Draft Report for Comment, June 1990. (NRC)
- (4) NUREG-1398, Environmental Assessment for Proposed Rule on Nuclear Power Plant License Renewal, Draft Report for Comment, June 1990. (NRC)
- (5) NUREG-1411, Response to Public Comments Resulting from the Public Workshop on Nuclear Power Plant License Renewal, June 1990. (NRC)
- (6) NUREG-1412, Foundation for the Adequacy of the Licensing Bases, Draft Report for Comment, June 1990. (NRC)
- (7) Commission Briefing, Status of Final Rule on Nuclear Power Plant License Renewal (Part54), February 1, 1991. (NRC, RES)
- (8) Draft Regulatory Guide DG-1009, Standard Format and Content of Technical Information for Applications to Renew Nuclear Power Plant Operating Licenses, December 1990. (NRC, RES)

"シミュレーション・マルチコンファレンス1991"に参加して

黒 沢 厚 志

1. はじめに

コンピュータ上にシステムの振舞いを模擬するソフトウェアモデルを構築し、対象とするシステムの設計等の研究開発や運転訓練に用いられる装置は、コンピュータシミュレータ（以下シミュレータと省略）と呼ばれ、原子力発電などのプラント産業、航空機、自動車などの運輸産業で幅広く利用されている。シミュレータのベースとなる技術は、コンピュータのハードウェアとソフトウェア、画像処理、制御技術など、多岐にわたるものであり、近年のこれらの技術の進展は、シミュレータの性能向上にも寄与している。

わが国では、従来よりBWR運転訓練センター、原子力発電訓練センターといった原子力発電プラントの訓練センターにある標準型の大型シミュレータを使用した運転訓練を実施している。それに加えて、近年は電力会社所有のプラント固有のシミュレータも設置されるようになってきている。

原子力発電所においては、常に安全性および信頼性の確保が求められ、設計、運転管理、安全評価を正確に行うことがきわめて重要である。プラントライフサイクル全体にわたる安全性および信頼性の確保のために、原子力プラントシミュレータは有効なツールであ

り、その高度化のためには、進展が著しい並列処理等の計算機技術、画像処理技術などを導入して、現在よりも詳細かつ高速で、現実感のある現象シミュレーションを可能としなければいけない。

以上の視点に基づき、将来のシミュレータのあるべき姿を探るべく、国際会議"シミュレーション・マルチコンファレンス1991"に出席し、あわせて原子力および情報処理関連の機関を訪問して情報交換を行った。

コンピュータシミュレーション学会主催の国際会議シミュレーション・マルチコンファレンス1991は、1991年4月1日～5日に米国ルイジアナ州ニューオーリンズで開催された、①第24回シミュレーションシンポジウム年会②第8回シミュレータ国際会議③人工知能とシミュレーション④飛翔体シミュレーション⑤環境の理解に向けて、といった5つの会議の合同コンファレンスである。今回は、そのうち「第8回国際シミュレータ会議」に参加し、同会議は、シミュレータ技術の応用、シミュレータ技術の最前線、シミュレーションモデル、コンピュータコードの可視化と評価、事故に関する解析・訓練・対応、CAEと製造業といった6つのトラックで構成された。

以下では、シミュレーション・マルチコン

ファレンスを中心として調査内容の要約を報告するとともに、現在の原子力プラントシミュレータの高度化に向けての課題をまとめることとする。

2. 原子力プラントシミュレーション

(1) プラントシミュレーションとシビアアクシデント、安全規制

従来の原子力プラントの挙動シミュレーションにおいては、設計上の発生確率は非常に低い、原子炉燃料の破損にともなう放射性物質の放出、燃料溶融、格納容器への放射性物質の拡散といったシナリオに代表される、いわゆる「シビアアクシデント（苛酷事故）」挙動の詳細なモデル化は不十分なものであった。現在は、スリーマイルアイランド事故の解析など、シビアアクシデントに関する研究開発を日本を含む各国ですすめており、その成果の一部はすでに公開されている。シミュレーション・マルチコンファレンスでは、シビアアクシデント対応のための解析および訓練のためのシミュレータの必要性、F P (Fission Products, 核分裂性生成物) 挙動のシミュレーションなどに関する発表、パネルディスカッションがあった。

また、米国原子力規制委員会（Nuclear Regulatory Commission, 以下NRC）は、1991年3月26日から、原子力発電プラントにおいて、プラント固有のシミュレーション機能を持つ運転訓練シミュレータの性能証明を要求する規制を発効させた。米国では、この規制を満足していない原子力発電プラントの運転は許可されなくなる。シミュレーション・マルチコンファレンスは規制発効直後に開催されたわけである。数多くの原子力発電

所を有する米国では、原子力発電所運転の要件としてシミュレータの設置とその性能証明という今回の規制にともない、シミュレータ関連産業に新たな需要がもたらされたという側面も持っている。会議では、NRCコミッショナーのロジャーズ（Rogers）氏の招待講演をはじめとして、規制に関するパネルなどで、活発な議論が展開された。同氏は、最近発効したNRCによるシミュレータ規制の背景を踏まえ、原子力シミュレータの過去、現状における実績と将来展望に関する招待講演を行った。その内容を以下に簡約する。

(2) ロジャーズ氏（NRCコミッショナー）の講演「原子力プラントシミュレーションの過去の実績と将来展望」

本会議開催時点では、111の性能証明の必要なシミュレータのうち、94は報告書を期限までに提出し、残り17は証明報告書提出スケジュールの延期を申請している。また、NRCの別途承認を求める申請は1件で、他に運転休止プラントであるための技術的内容の免除の申請3件が提出されている。

現在の規制は、Regulatory Guide 1.149 “Nuclear Power Plant Simulation Facilities for Use in Operation License Examinations” の保証するANSI/ANS 3.5-1985によって定義されるプラント準拠のシミュレータ施設で運転員の初期訓練と再訓練を行うように要求している。NRCは、この基準を訓練効率および現実感の確保の手段とし、物理的・機能的にプラント準拠精度のシミュレータにより、運転員の認識を高めて運転手順における対応の正確さを保証することができるとしている。従来のプラント審査は書類ベースの定式的なものであり、今後の規制の方

向は、安全確認のための装置であるシミュレータに対してライセンス責任を持つという、パフォーマンススペースの評価に向かう。

シミュレータは、起動、出力変更、停止といった通常時、および異常時の訓練に用いられ、運転員のスキル向上に役立ってきた。シミュレータもしくはワークステーションベースのシミュレーション装置は、運転員、管理者、公衆に対して、専門知識を要せずにプラント全体のレスポンスといったサイト固有の概念や詳細技術の学習環境を提供するデモンストレーション用のニーズも有している。緊急時情報管理、表示システムとシミュレータを組み合わせれば、規制とは別に、連邦、州、地方レベルでの放射性物質放出をとまなう緊急時計画と緊急時ライセンスに寄与する意志決定ツールともなり、そのコンセプトは、シビアアクシデントに対しても拡張可能である。また、シミュレータは、設計時のシステム解析やPRA (Probabilistic Reliability Assessment, 確率的信頼性評価) 研究に対して定量的データを提供するほか、炉心損傷回避のための運転員行動の信頼性・安全研究、緊急時手順の評価、運転員支援、訓練用ツール評価、計算機化された運転手順・エキスパートシステム評価等の幅広い応用範囲を有している。

NRCにとって、シミュレータは運転審査とともに、制御盤の理解やプラント技術仕様の理解といったスタッフ訓練にメリットを有するものである。NRCの検査官、試験官は、審査および運転員評価の経験を有していることに加え、テネシー州チャタヌガの技術訓練センター(TTC)において、スケールモデルや3次元画像、および原子炉シミュレータ

により、緊急時運転理解を含めた訓練を受けている。TTCには4プラントメーカ(GE, WH, CE, B&W) 炉型に対応したシミュレータが整備され、訓練を実施している。現在は、スーパーミニコンピュータへのレベルアップ、インストラクタ卓機能拡大(入出力オーバーライド機能等)、熱水力コードの精度向上による性能、機能の向上をすすめている。今後は、緊急時対応データベースの整備などを実施する予定である。

今後の展望は、①プラント挙動を模擬する制御室シミュレータと「制御ループ中の運転員」の組み合わせは、「開かれた」規制の進展に影響を与え、規制が必要でないことを実証する可能性もある②NRCは、ヒューマンファクタ研究施設設置の実用可能性研究を開始する予定であり、シミュレータのネットワークは共同研究に利用する価値を有している③新型軽水炉ABWRとAPWR、金属燃料高速炉、ヘリウム冷却高温ガス炉に採用されると予想される情報集約型ディスプレイによる自動化システムでは、運転員にとって安全なプラント制御のために技術・スキルの維持を図る唯一の方法はプラント準拠のシミュレータ訓練であり、従来の運転時以外の訓練とは異なり、運転中訓練の可能性も有している、といった3つの視点でまとめられるだろう。

21世紀において技術が進歩しても、訓練による運転の質の維持は必要であり、このニーズは、緊急時にのみ運転員を必要とする自動化の進行した状況下では、ますます大きくなる。単純でより頑丈な受動的設計の原子力プラントにおいても、経済的訓練ツール、異常時・緊急時に対する唯一の安全な訓練装置といった2つの理由でシミュレータが必要である。

将来の原子力パブリックアクセプタンスにとって重要なのは、全米の原子炉、原子力施設の安定運転であり、シミュレータはその要求にこたえることのできる重要なツールである。

3. シミュレータに適用される情報処理技術

(1) 並列処理と画像処理

スーパーコンピュータ、メインフレーム、ミニコンピュータ、ワークステーションにいたるまでの種々のCPU(Central Processing Unit, 中央処理装置)に、多数のプロセッサを搭載するマルチプロセッサ化が進行しており、現在その並列度は実用レベルのもので数個～十数個オーダーにある。また、従来からその概念が提唱されており、最近注目を集めている超並列(Massive Parallel)と呼ばれるアーキテクチャがあり、その並列度は最高で数万のオーダーにまで達するようになった。さらに、ネットワーク上の分散処理も、広い意味での並列処理であり、ネットワーク性能の向上によって、計算効率を低下させずに、必要に応じたハードウェア、ソフトウェアの選択による柔軟なシステム構築も可能となった。

そのような並列計算機利用環境の例として、訪問したコーネル大学のスーパーコンピュータ施設では、図1に示すように、IBM社3090/600J(6プロセッサ)2台、画像処理装置などの資源を有している。さらに、同じくコーネル大学内にある先端コンピューティング研究所のIntel社iPSC/2、トランスピュータ、さらにシラキウス大学にある北東部並列アーキテクチャセンターにあるコネクションマシン等の並列計算機をネットワーク

を通じて利用することができる。

訪問した機関では、このような並列計算機を活用すべく、軽水炉用安全解析コードの並列計算機への移植(アイダホ国立工学研究所)、並列FORTRAN用のコンパイラ(コーネル大学)、並列FORTRANライブラリの整備(アルゴンヌ国立研究所)といったソフトウェア開発もあわせてすすめられている。

また、現象の詳細解析により生じた大量のデータの効率的な処理と結果の確認のために、画像処理技術は必須のものとなってきている。ワークステーション上での3次元画像処理(コーネル大学)、画像処理専用プロセッサ(アイダホ国立工学研究所)の使用等により、シミュレーションの現実感や画像処理効率の向上を図ることが可能となってきている。

シミュレーション・マルチコンファレンスでの発表のひとつに、大手シミュレータメーカであるS3テクノロジー社のマジョリ(Mahjouri)氏の講演があった。その内容は情報処理技術を背景としたシミュレータ技術の今後の進展を見通す上で参考となると思われる。以下にはその概要をまとめる。

(2) マジョリ氏(S3テクノロジー社)の講演「1991年におけるシミュレータ技術」

1990年代のコンピュータのハードウェアは、大規模、高速のコンピュータと、マイクロプロセッサ利用の小規模、可搬性のあるコンピュータの2極に分化していくであろう。今後の技術のキーワードは、集積度向上による多機能のシングルチップ化、クロック速度向上、新しいアーキテクチャの採用、64メガビットに達するであろうメモリ容量拡大である。また、ソフトウェアにおける過去10年のトピックは、OS(Operating System)、

Supercomputer Facilities

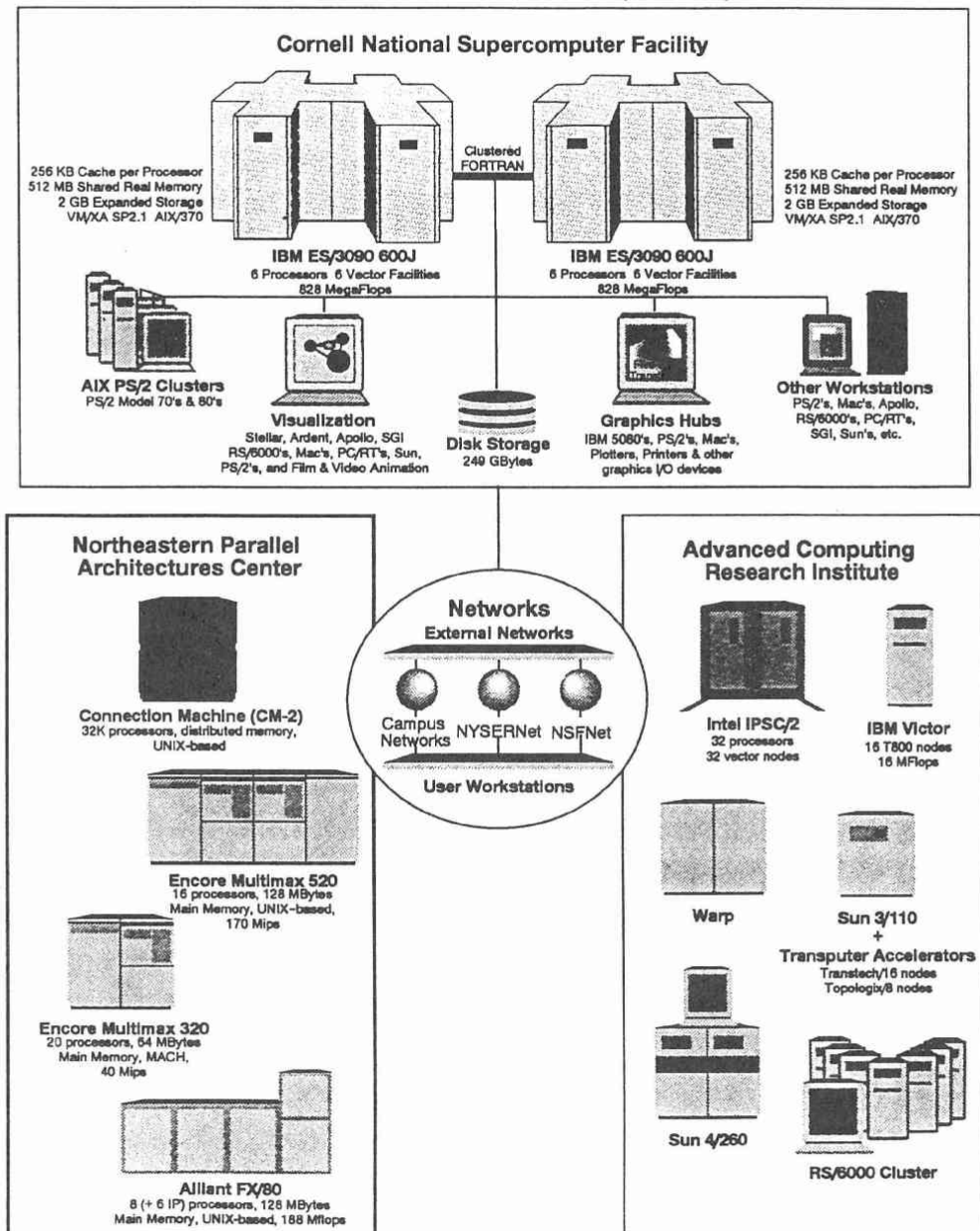


図1 CNSFの計算機資源

オブジェクト指向，C A S E (Computer Aided Software Engineering) であった。今後は，グラフィックユーザインターフェイス (以下G U I) によるユーザ個別の環境構築，マルチメディア対応のソフトウェアライブラリ整備が課題となろう。また，コンピュータの取り扱う情報は文字，テキスト，シンボルと変化しており，近年のG U I 利用はシミュレータ技術にも影響を与えるものである。

シミュレータに関していえば，数年前までは訓練シミュレータ用にリアルタイム性能を提供できるコンピュータメーカは1社だけであり，シミュレーションモデルの高度化を制限していた。その意味では，近年のインストラクタステーション分離は画期的で，ワークステーションの利用によるメインC P U の負荷低減は，シミュレーションモデル計算に対して，より多くのC P U 資源割り当てを可能とし，分散コンピューティングへの道を開くものである。

高性能ネットワークは，分散コンピューティングを実用化に近づけている。非均質 (heterogeneous) な環境下での機能分散は，ユーザーに理論上無制限のパワーを与えるものであり，システムの自由度は拡大して設計の制約を低減させる。各プロセッサは「計算エンジン」として独立性を保ち，分割したタスクごとに性能向上を図ることで，全体システム性能向上を達成することができる。分散コンピューティングは，プログラム並列化，高精度化，移植性向上にメリットを有するが，前提条件としてネットワークの信頼性，システムの統一性の確保を必要とする。分散コンピューティングは，非均質環境下での低コストシミュレータを可能とし，モジュール型ソフ

トウェアの再利用はシミュレータ性能向上に寄与するであろう。

物理現象は本質的な並列性を有しているためもあり，近年は特に並列コンピューティングが注目を集めている。並列性導入はプログラムを複雑にするものであり，現在のシーケンシャルプログラムでは考慮されていない，データオブジェクト，演算，各モジュールの相対的タイミングに注意し，並列化の可否についてデータ共有性の確認が重要である。単一プロセッサ用の10年前のソフトウェアは，現在も使用される寿命の長いものとなっているが，並列コンピュータ用のソフトウェア開発者は，ハードウェア進展が急速なためソフトウェア寿命は短いと思っている。現在の並列計算パフォーマンスの評価の視点は，プロセッサ遊休時間を最小にするワークロード分散，プロセッサの協調性，データの内容・順序の正確さの保証である。しかし，シミュレータ技術への並列コンピューティングの最初の適用は，従来から存在し，その取り扱いに慣れている大規模シーケンシャルアルゴリズムのパフォーマンス向上のための，並列化されていないソフトウェアのマルチプロセッサ利用によるスピード向上となろう。

画像インターフェイスにおいて，表示オブジェクト間での注意の切り替えが可能なウィンドウマネージャを通してのシミュレータ制御は現在および今後の主流である。また，日常生活では，位置，目的の異なる種々の音を聞き分けており，音響プロセッサによる音響インターフェイスも近いうちに利用可能となろう。

近い将来のシミュレータ技術は7つの情報技術を必要とする。それらは，シミュレータ

と実プラントのデータのやりとりを行う「リモート・コミュニケーション」、従来型タスクを実行する「計算システム」、データログや初期条件等を記録する「データベース・システム」、訓練生、モデルの両者が使用する「計装制御システム」、推論ルールを含む点でデータベースと異なる「知識ベース」、知識ベースを利用してシナリオを実行する「エキスパート・システム」、オンライン専門家コンサルタント機能を担う「シミュレーション・スタディ」である。システム統合化のためには、どの技術も重要である。図2には、7つの情報テクノロジーによりオペレータを支援する、「インテリジェント・シミュレータ・サービスステーション」の概念を示す。

システムまたはオペレータの起こす故障について、シミュレータのサブシステムであるオペレータには、今後認知能力と意志決定能力が問われるようになる。強力なマイクロプロセッサはシミュレータ技術を大きく変革し、分散コンピューティングとオブジェクト指向設計は、オペレータがワークステーションベースのマルチメディアに慣れてくるにつれて、支持を得るようになるだろう。シミュレータ設計における、リアルタイム性確保には、古いソフトウェアと新しいハードウェアの組み合わせは不適切であり、高精度、使いやすさ、低コストの条件を満足するソフトウェア、ハードウェアを適宜利用していく必要があるだろう。

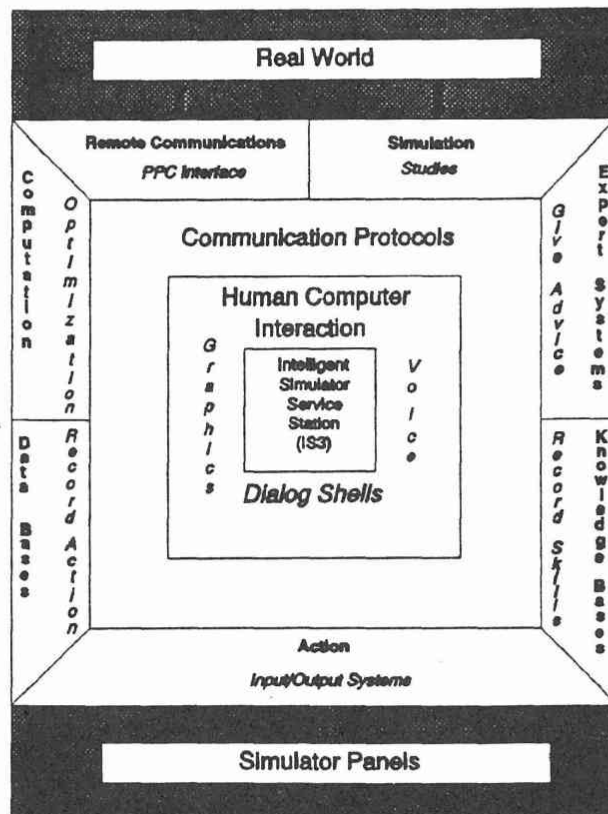


図2 インテリジェント・シミュレータ・サービスステーションの概念図

4. まとめ

今後の原子力プラントシミュレータ高度化に必要な視点は、以下のようにまとめられる。

(1) シミュレーション範囲拡大と、詳細化、高速化

シビアアクシデント研究の進展により、今後は、シミュレータにシビアアクシデント模擬機能を組み込むことが徐々に可能となると思われる。また、過渡事象等の短時間を対象としたシミュレーションに加え、実際の運転中のプラント特性の変化に対応するため、経年劣化問題に代表される長時間にわたるシミュレーションも今後は必要となるであろう。このようなシミュレーション範囲の拡大のためには、従来扱っていた現象に加えて新しい挙動モデルを開発して、通常運転状態からシビアアクシデントまでの広範囲な現象を扱うソフトウェアの一部として組み込む必要がある。

計算機性能の向上を背景として、従来よりも時間および空間の精度において詳細で、かつ実時間より高速のシミュレーションが可能となっており、シナリオの拡大とともに、シミュレーションの高度化に寄与するものとなるだろう。

(2) 並列処理技術の適用

ハードウェアのマルチプロセッサ化、ネットワーク上での分散処理など、今後のコンピュータ技術のキーワードのひとつは広義の並列処理である。シミュレーション高速化や柔軟なシステム構成を可能とする並列コンピューティングのポテンシャルを十分に引き出すためには、コンパイラ、ユーザーインターフェイス等の利用環境を整備しなければいけな

い。

原子力プラントシミュレーションにおいても、既存のソフトウェアの並列化、新しい並列ソフトウェアといった、並列コンピューティングを意識することが必要である。

(3) 画像処理技術の適用

シミュレーションの結果の後処理である画像処理は、大量のシミュレーション結果の確認や、データ中に隠されている変数間の関係の発見などに非常に有力な手段である。

今後は、シミュレーション結果のリアルタイム3次元表示などにより、原子力プラントシミュレータにおける現実感を高めるとともに、実際にみることのできないプラント内部の状態把握にも利用できるであろう。

(4) 安全性確保とシミュレータ

米国NRCは、訓練によるプラント運転員の質の維持を主目的として、原子力プラント固有の模擬機能を持つ運転訓練シミュレータの性能証明を要求するという規制を発効させた。規制の要求する性能は、現在の技術で充分クリアできるものと思われる。

実事象をできるだけ正確に模擬できる解析手法の確立による、詳細にわたる安全裕度確認、原子力発電プラントの改良等におけるプラント機能や安全性の効率的かつ高精度事前評価が可能となるなど、安全性確保におけるシミュレータの適用範囲は幅広いものとなる。幅広い観点から、安全性確保のためのツールとしてのシミュレータを考慮していくことが重要である。

5. あとがき

原子力を今後の重要な発電用エネルギー源として位置づけるならば、安全性確保の手段

として、オリジナリティをもち、かつこれまでに述べた技術やノウハウを活用した高精度かつ高速の原子力プラントシミュレーションソフトウェアの必要性は今後ますます高まるであろう。国際的視野のもとに、原子力プラントを対象とした高精度かつ高速のシミュレーションのニーズを認識した、ハードウェアおよびソフトウェア両面での学際的な協力体制の整備が必要となろう。(くろさわ あつし 研究員)

参考文献

原子炉シミュレーションシステム実用化に関する海外調査報告書，財団法人 エネルギー総合工学研究所，I A E—R9101，平成3年6月

リン酸型燃料電池の開発動向

松 葉 明
加賀城 俊 正

I. はじめに

21世紀に向けて、国民生活におけるゆとりと豊かさが求められる中で、エネルギー供給はその低廉性をベースとし、これに加えその利便性・信頼性・安全性に対するニーズがますます高まり、その高度化とともに、エネルギー需要は今後確実に増加していくものと見込まれている。一方、近年特にクローズアップされている地球温暖化問題を中心とする地球環境問題は、将来予想されるエネルギー需要の逼迫ともあいまって、再生可能エネルギーや新エネルギーシステムの開発・導入および省エネルギーの徹底追究の必要性を強く示唆している。このような状況下において、燃料電池は高効率、優れた環境適合性等から、新エネルギーシステムとして大いに期待されている。

また、昨（1990）年発表された電気事業審議会需給部会の中間報告によれば、燃料電池は分散型電源として、西暦2000年には190万kW（電気事業用：105万kW，自家発用：85万kW），2010年には820万kW（電気事業用：550万kW，自家発用：270万kW）の導入目標が設定され、具体的導入に向けて着実な開発が要求されている。

本稿では、当エネルギー総合工学研究所に

おいて、「新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）」の委託により平成2年度に実施した「大型燃料電池導入形態調査」及び「分散型新発電技術実用化実証研究に関する系統連系課題の解析・評価」の検討結果の中から、電気事業用及びオンサイト用の分散配置用リン酸型燃料電池について、開発状況と技術的な見通し、及び経済性・市場性的見通しについて、その要旨を紹介する。

II. 電気事業用リン酸型燃料電池

1. 国内における電気事業用リン酸型燃料電池の開発状況

リン酸型燃料電池は、通産省工業技術院のムーンライト計画の一環として、昭和56年から本格的な技術開発が始まり、NEDOの委託により、低温低压型・高温高压型の2方式の1MW発電プラントが国内メーカーと電力の協力のもとで開発され、さまざまな技術開発・運転研究を実施してきた。また、東京電力ではUTC製4.5MWの実証試験を行い、MW級燃料電池発電の可能性を実証するとともに、本（1991）年、東芝／IFC製11MWの発電に成功し、引き続き実証試験が行われている。このように、実用化に向けての動きが活発化する中で、実用機の研究を目指した「リン酸型燃料電池発電技術研究組合」が電力会

社・ガス会社によって設立され、電力用として5 MW級、オンサイト用として1 MW級の
実証試験・研究が、平成8年度までの予定で

進められている。図-1に大型（MW級）リン酸型燃料電池の開発動向を示す。

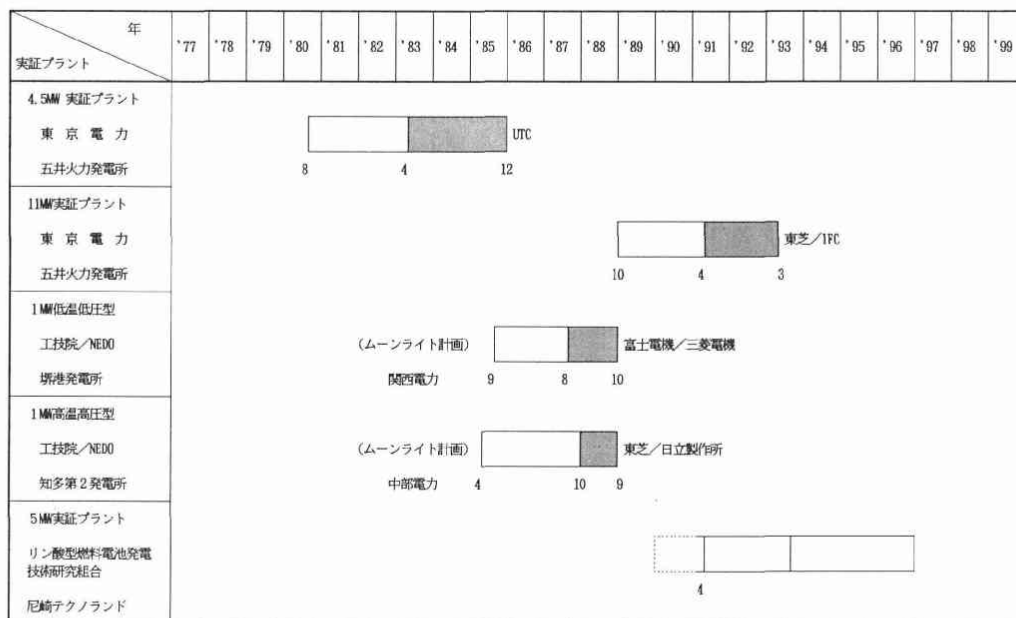


図-1 大型（MW級）リン酸型燃料電池発電の開発動向

2. 電気事業用リン酸型燃料電池の導入用途

火力・原子力発電設備は経済性・効率の観点から大容量化されており、その敷地も広大なものとなることから、需要地近傍に設置することは用地費の高騰や環境問題の深刻化によりますます困難となり、電源の遠隔化・偏在化の一因となっている。また、このことは送変電設備の増加、送電損失の増大を引き起こし、エネルギーコスト・エネルギーロスの増大を招くことにもなる。しかし、燃料電池は小容量でありながら高い発電効率が期待され、かつ従来の火力・原子力発電のように復水器に必要な大量の冷却水（海水等）が不要、NO_x排出量も少ない等、環境負荷が非常に小さいことから、都市近郊に設置する分散型発電システムとしての導入が期待されている。

中でも、電熱併給システムのパワーソースとして、その優れた発電効率と共に、排熱を利用した高効率なシステムの構築が考えられている。電気事業用として、その具体的導入用途は以下のようなものが考えられる。

(1) エネルギーセンター

都市再開発地域やニュータウン地域の一角に燃料電池発電システムを中心としてヒートポンプ等を集中設置し、その地域に必要な電力・温熱・冷熱等のエネルギーをクリーンで安全に供給する。

(2) 変電所設置

需要地近傍の配電変電所の1次側（66～77kV母線）、2次側（6.6kV母線）あるいは1次変電所の2次側（66～77kV母線）等に連系し、既設変電所敷地内、あるいは変電所新增設時

に合わせて、その地域負荷に合わせた燃料電池を設置する。

(3) 離島の発電所

現在、主にディーゼル発電によっている離島の発電所に燃料電池を設置し、クリーンで高効率な電源として活用する。ディーゼル発電は、大気汚染、騒音等、環境問題における難点があり、古い設備も多いため、設備更新時や、新設時の導入が期待される。

(2), (3)についても、近傍に熱需要があれば、電池排熱を利用した高効率システムの構築が可能である。

3. 電気事業用リン酸型燃料電池導入における将来の見通し

3.1 導入量の見通し

電気事業用燃料電池について、燃料電池の排熱利用を基本とした場合の潜在導入可能量

が推定されている。

具体的には、個々の建物用途（事務所・ホテル・店舗・住宅等）により熱需要が異なることから、全国の都市再開発・ニュータウン計画地域において、その地域における建物構成を想定し、全体の熱需要量を算定することから、燃料電池の潜在導入可能量を推定している。算定結果を燃料電池の容量に換算したものを表－1に示す。これは、あくまで最大限の推定値であることを念頭に置く必要があるものの、5 MW級として年間1,872MW、約218台／年となり、潜在的にはかなり大きな市場が存在することが分かる。また、この数値は先に述べた電気事業審議会需給部会中間報告の導入目標値においても、十分な可能性を有していることを示している。さらに表から、導入可能量はその80%以上が関東圏及び近畿圏の2大都市圏に集中しており、大需要地の

表－1 都市再開発とニュータウン計画の燃料電池導入可能量〔台／年〕

	都 市 再 開 発						ニュータウン計画					
	1 MW	3 MW	5 MW	10MW	20MW	30MW	1 MW	3 MW	5 MW	10MW	20MW	30MW
北 海 道	10.3	3.5	2.2	1.0	0	0	27.3	9.3	5.7	2.7	1.4	0
東 北	15.1	5.1	3.2	1.5	0	0	38.0	12.9	8.0	3.8	1.9	1.3
東 京	485.7	164.5	102.0	48.6	24.3	16.2	92.3	31.3	19.4	9.2	4.6	3.1
関東(除東京)	158.2	53.6	33.2	15.8	7.9	5.3	263.3	89.2	55.3	26.3	13.2	8.8
東 海	15.1	5.1	3.2	1.5	0	0	57.4	19.5	12.1	5.7	2.9	1.9
北 陸	0	0	0	0	0	0	10.8	3.7	2.3	1.1	0	0
近 畿	259.4	87.9	54.5	25.9	13.0	8.6	284.5	96.4	59.7	28.4	14.2	9.5
中 国	52.1	17.6	10.9	5.2	2.6	1.7	35.2	11.9	7.4	3.5	1.8	1.2
四 国	0	0	0	0	0	0	2.1	0	0	0	0	0
九 州	39.7	13.5	8.3	4.0	2.0	1.3	25.0	8.5	5.3	2.5	1.3	0
全 国	1035.6	350.8	217.5	103.5	49.8	33.1	835.9	282.7	175.2	83.2	41.3	25.8

エネルギー需要密度がさらに増大する傾向にあることが窺える。

しかし、実際の導入においては、需要家の熱負荷特性、プラント運用と経済性、制度面、競合技術との比較検討等、総合的な評価を行うことが必要である。

3.2 燃料供給面の見通し

リン酸型燃料電池は燃料として天然ガス(LNG)・LPG・メタノール等が使用可能であるが、主に都市部における分散型電源としての導入が考えられるため、燃料は天然ガスが主体になるものと思われる。

先に述べた、西暦2000年に190万kW、2010年に820万kWの導入目標が、仮に全てLNGにより、リン酸型燃料電池によって実現された場合のLNGの供給を考えてみると、2000年における燃料電池用LNGは190万トン／年程度と推定され、同年時点での全LNG供給予測量4,500万トン／年に占める割合は4%程度である。また、2010年においては、供給予測量5,500万トン／年に対し、燃料電池による消費量は820万トン／年と推定され、同じく15%程度である。これは、燃料電池によってエネルギーの有効利用がなされ、将来のエネルギー供給の一端を担うものとすれば、天然ガス供給量としてはさほど大きなウエイトを占めるものではないと思われる。また、供給設備面から見れば、エネルギー需要の増大が見込まれる関東、関西圏においては天然ガスの供給網が発達しており、この面において特に問題はないものと考えられるが、具体的な計画にあたっては、個別に検討が必要であろう。

4. 電気事業用大型リン酸型燃料電池の概念設計と運用・経済性の検討

4.1 電気事業用大型リン酸型燃料電池の概念設計

電気事業用リン酸型燃料電池の単機容量は、都市部の需要密度、変電所設置時の供給信頼性、改質器の陸送制限等を勘案すれば、5～10MWが適当であると考えられ、設備規模が大きい場合には、このユニットを複数台設置することによって対応することになると思われる。

ここで、大都市部の再開発計画地域における平均的規模として20MW(単機容量：5MW×4台)の容量を設定し、エネルギーセンター用(電熱併給型)、変電所設置用(電力供給主体型)の燃料電池発電プラントについて概念設計を行なったので、これについて紹介する。概念設計仕様は表-2のとおりである。

図-2に、電力・熱併給型発電プラントの

表-2 20MW燃料電池発電プラントの仕様

種 類	水冷式リン酸型燃料電池
定 格 出 力	20MW(単機容量：5MW×4台) (交流発電端)
送 電 端 効 率	*41.2%以上(HHVベース)
燃 料	都市ガス(13A)
運 転 方 法	系統連系運転
ス タ ッ ク 数	24スタック(6スタック×4)
改 質 器 型 式	水蒸気改質 単管式(5MW×4)
直交変換装置	自励式
出力調整範囲	30%～100%
出 力 電 圧	6600V
環 境 規 制 値 (定常運転時)	NO _x ：10ppm以下(残O ₂ ：7%換算) SO _x ：0.1ppm以下 騒音：55dB(A)以下 (プラント境界点において)
起 動 時 間	暖起動：3時間以内
負荷変化速度	±20%/分

*電力供給主体型の場合

プロセスフローと熱・物質収支を示す。電力供給を主体とした発電プラントについては、**図2**の余剰蒸気を排ガスタービンに導き、排ガスタービン発電出力を増加させている。

発電プラントは、水素を作り出す原料・改質系、加圧空気を電池へ供給する空気系、燃焼排ガス系、水・蒸気系、および電力を取り出す電力変換系から構成されている。

4.2 リン酸型燃料電池を熱源とした熱供給システム

エネルギーセンター用として、前述の20MWリン酸型燃料電池からの排熱を利用した熱供給システムについて紹介する。

燃料電池からの排熱は、大別して47℃程度

の低温水排熱、92℃程度の中温水排熱、182℃、8 atgの蒸気排熱の3系統に分類される。

これらの排熱を最大限に利用できるような熱源機器の選定を行った場合の熱供給プラントのシステム系統を**図-3**に示す。なお、本プラントを設計するにあたり使用した熱負荷パターンは、実際の地域冷暖房地区の熱負荷パターンを基に、時間最大電力が約20MWの地域冷暖房地区を想定したものである。参考までに熱負荷パターンを**図-4**に示す。ここで、燃料電池の排熱だけでは賄い切れない熱供給部分については、電動ターボ冷凍機あるいはヒートポンプにて対応することとしている。

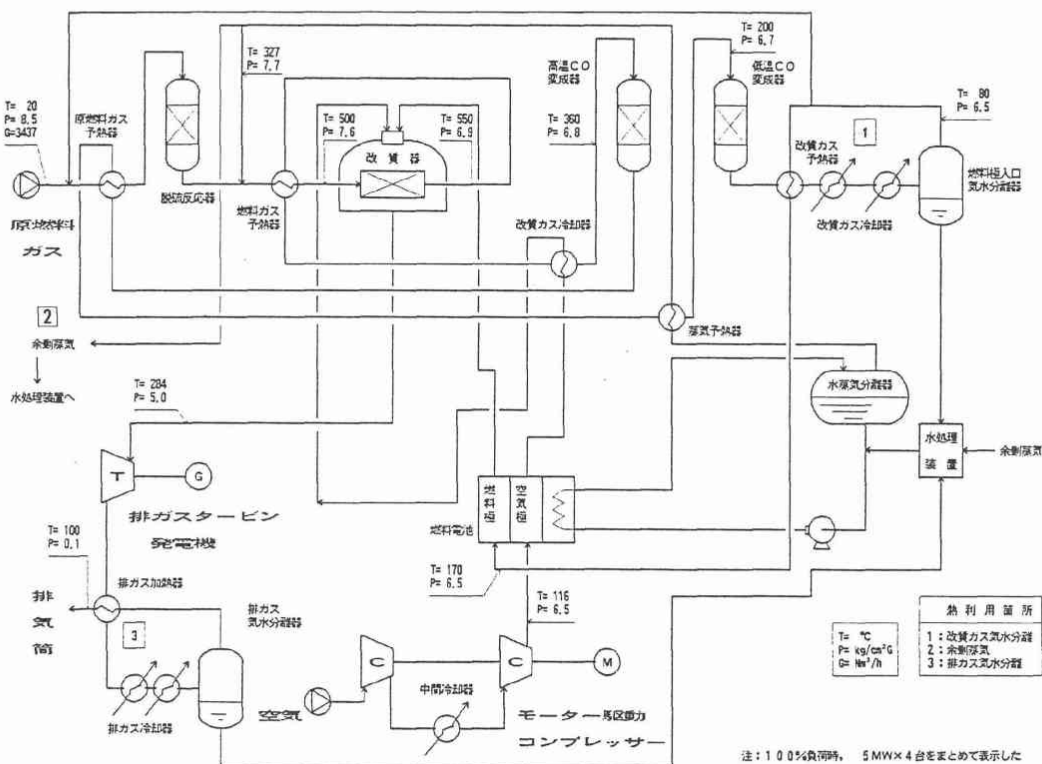
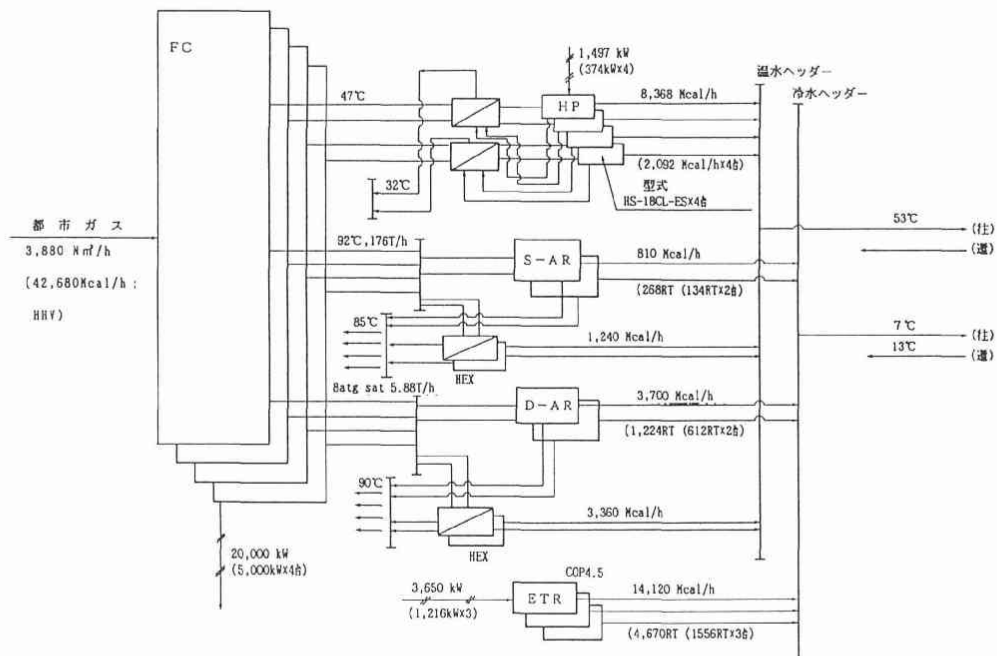


図-2 20MW(単機容量: 5MW×4台)燃料電池発電プラントのプロセスフローと熱・物質収支



回収熱が余剰時には大気へ熱を
放散する。放散のための設備は
FC設備に組み込まれる。

主 要 設 備		熱出力 (Kcal/h)	電気入力 (kW)
温 熱 機 器	47℃熱源水利用 ヒートポンプ	8,368	1,497
	熱交換器 92℃/53℃	1,240	—
	8atg sat./53℃	3,360	—
冷 熱 機 器	一重効用 吸収式冷凍機	810	—
	二重効用 吸収式冷凍機	3,700	—
	電 動 ターボ冷凍機	14,120	3,650

FC : 燃料電池
HP : ヒートポンプ
S-A-R : 一重効用吸収式冷凍機
D-A-R : 二重効用吸収式冷凍機
HEX : 熱交換器
ETR : 電動ターボ冷凍機

蓄熱槽を含まず

図-3 20MW燃料電池による熱供給システム系統図

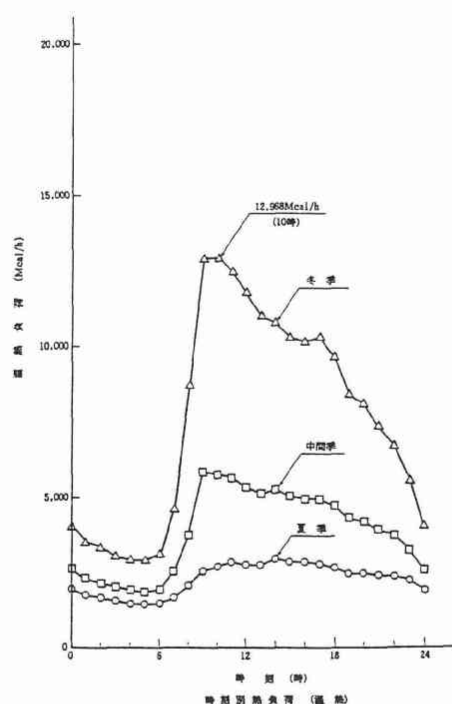
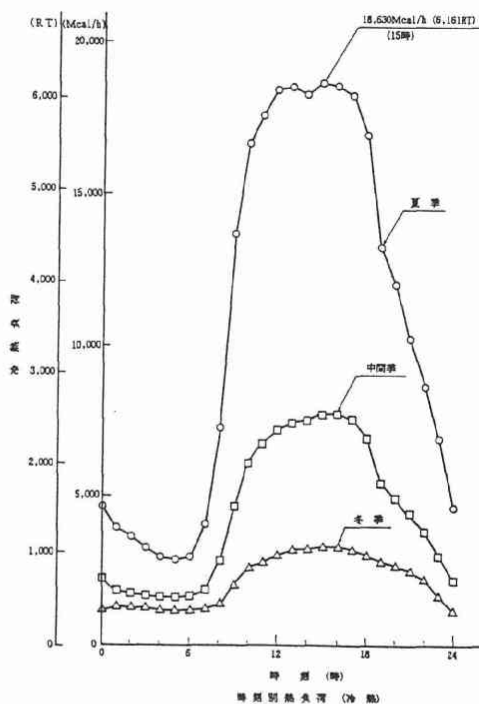


図-4 熱 負 荷 パ タ ー ン

この結果、熱供給を含めた総合効率は、電熱併給型で67.5%、電力供給主体型で49.7%となった。なお、機器据付開始からプラント運用開始までの建設工程は、試運転期間を含め、燃料電池、熱供給プラント共、9ヶ月程度である。

5. 大型リン酸型燃料電池導入における経済性の見通し

リン酸型燃料電池は技術的にはほぼ完成の域に達していると考えてよいものの、製造コストについては、現時点で100~150万円/kWと言われており、今後の導入にあたり、火力発電に対抗するためにはこれを20~25万円/kW程度にまで引き下げる必要がある。

今後の燃料電池発電システムのコスト低減方策項目として、表-3の4点が上げられる。

表-3に示すような技術開発努力や市場導入のための環境整備等による導入量の量的拡大を積極的に図っていった場合、プラントコストは表-4のようになるものと予測され、2000年頃には商用ベースに乗る程度までコストダウンが可能であると思われる。なお、図-5に、各開発ステップにおけるプラントコストの構成要因別の低減予測を示す。

さて、前述の様に、25万円/kW程度までコストダウンが図られた場合の、燃料電池による熱供給システムの経済性について試算した。

これは、前章で述べた熱供給システムにおいて、図-6に示す代表的な4パターンで燃料電池を運用した場合に、燃料ガス単価及び熱供給単価をパラメーターとして経済性の比較を行ったものである。図-7に試算結果を

示す。燃料電池の運用によっては系統からの電力供給の増減が生じ、燃料電池以外の電源の燃料の増減が生じるが、試算時にこの燃料単価を11円/kWhとしたため、電力供給単価がこれより安ければ採算性があるといえる。図-7において、定量運転時の電力供給単価が最も安く(即ち最も経済的運用)、次いで昼夜分割、熱需要追従、電力需要追従の順となっているが、この結果は設備利用率の高い順と同じであり、燃料電池の経済性は設備利用

率の影響が大きいことが分かる。図-8は、前述の燃料電池による熱供給システムと、ガスタービンによるシステムとの比較であるが、ここでは、電力需要追従以外は燃料電池の方が経済性が高いことが分かる。これはガスタービンの発電効率が低いことに起因すると考えられるが、いずれにしても、燃料電池の高効率性を有効に利用することにより、従来のシステムと比較しても経済的なシステムの構築が可能である。

表-3 燃料電池発電システムのコスト低減方策

項 目	具 体 的 内 容
システムの設計の簡素化・標準化	・各装置の複合化、小型化、簡素化 ・配置設計の最適化(機器配置のコンパクト化)
構成機器の高性能化、コンパクト化等の要素技術開発と標準化	・セルの電流密度向上(300~400mA/cm²程度)、及びセル面積増大(1~1.2m²)によるスタック当たりの出力密度の向上 ・触媒量の低減、セルの耐熱性の向上、信頼性の向上 ・改質器における、触媒の高性能化、長寿命化、コンパクト化 ・空気圧縮機について、タービン・圧縮機のコンパクト化を図る。 ・直交変換装置については、半導体素子の高性能化、大容量化、ブリッジの簡素化、コンパクト化を図る。
製造・試験・検査ライン自動化、合理化等の生産技術開発と標準化	(1) 電池本体 ・製造方法の改良、専用機の導入 ・電極基材板、基材溝の連続押し出し成形化を含めた電池組立ラインの自動化 ・大面積セルのハンドリング技術開発 (2) 改質器 ・製造・加工方法の改善、専用加工機の導入 (3) 熱交換器、補機 ・専用加工機の導入、歩留り改善 (4) 計測制御装置、直交変換装置 ・制御盤等の組立方法の改善
量産効果、習熟効果によるコスト低減の効果的实施	(1) 量産効果 ・設計費、ソフト作成費の低減 ・量産による加工工数の低減 ・大量購買による材料費の低減 (2) 習熟効果 ・作業の習熟度向上

表-4 分散配置用燃料電池(5MW)のプラントコスト

開発ステップ	開 発 機	導 入 機	商 用 機
プラントコスト	90万円/kW	50万円/kW程度	20~25万円/kW程度
製作年度	1992年	1996年頃	2000年頃
製作台数	1台	数台	数十台
備考	現状技術によるもの	商用機の前段階	本格導入の段階

(注) 製作台数は、1メーカーにおける値を示す。

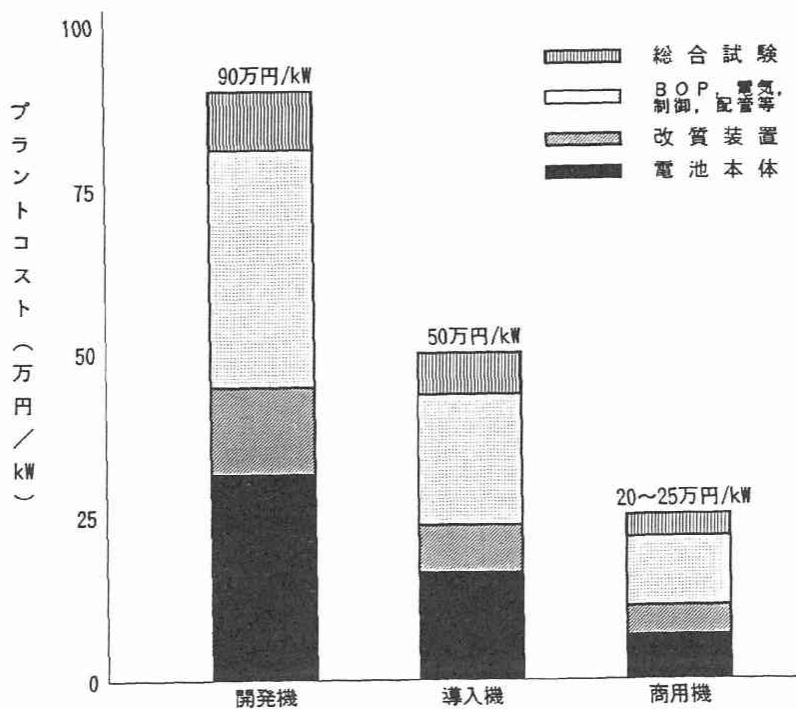
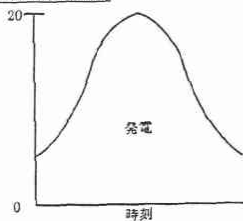


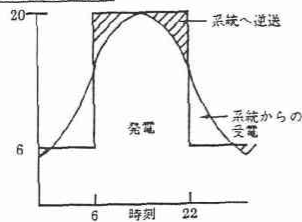
図-5 5 MW燃料電池のプラントコスト構成要因別の低減予測

(1)20MW電力追従運転



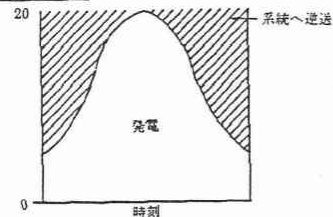
電力需要に追従して発電する。

(2)20MW昼夜分割運転



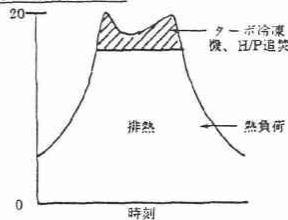
日中時間帯(6時~22時)は20MWの定量化電。夜間時間帯(22~6時)は6MWの定量化電。

(3)20MW定量化電



常時20MWの定量化電。

(4)20MW熱需要追従運転



熱需要に追従して燃料電池から排熱を得る。このため電力負荷と発電電力はマッチングしない。

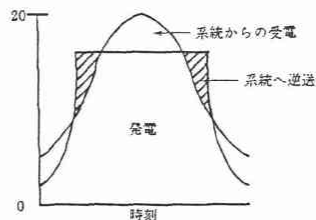


図-6 燃料電池運用パターン

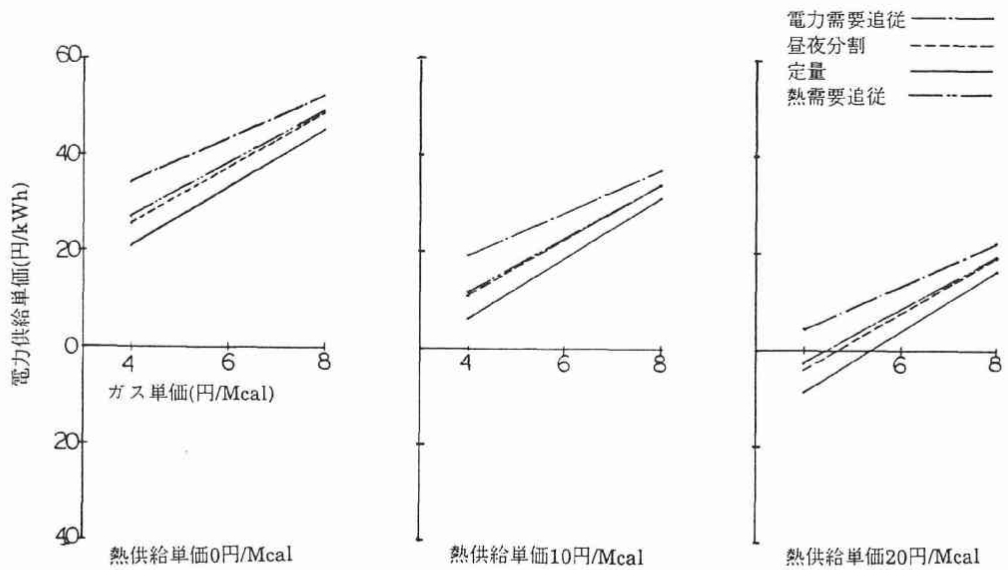


図-7 燃料電池発電プラントによる熱供給時の経済性試算結果

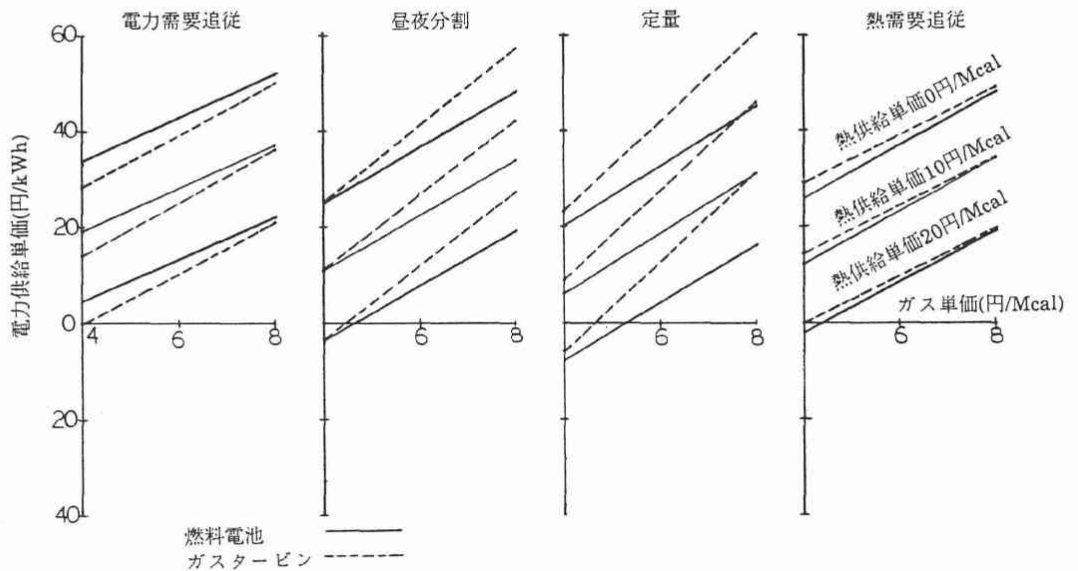


図-8 燃料電池とガスタービンによる熱供給時の経済性比較

6. 今後の燃料電池技術開発に対する期待

電力業界は原子力立地問題と地球環境問題の狭間で、さらなる高効率・低公害発電シス

テムの実現を望んでいる。この点においても、化学力発電としての燃料電池における将来性には計り知れないものがあり、中でも、その

一番手としてリン酸型燃料電池にかかる期待は非常に大きいものである。

昨年、電気事業法について、燃料電池等新エネルギー技術に関しての改正がなされる等、燃料電池の具体的導入に向けての整備も着々と進められている。

このような燃料電池にとっては絶好な追い風の下、高信頼性・低コストの商用機の実現に向けて、今後の実証研究の成果に大きな期待がかかるものである。

Ⅲ. 自家用オンサイトリン酸型燃料電池

1. 国内におけるオンサイト用リン酸型燃料電池の開発状況

需要家のオンサイトに設置し、高効率で電気・熱を併給し、低NO_x、低騒音で、効率の高さに見合ったCO₂排出量の低減が可能なオンサイト用燃料電池コージェネレーションシステムは、省エネルギー性、環境保全性に優れる都市型エネルギーシステムとして、その普及に期待が寄せられている。

オンサイト用リン酸型燃料電池は、米国機(40kW、200kW)の導入・評価、通産省工業技術院によるムーンライト計画の推進(200kW機の製作・運転研究)、メーカーとユーザー(ガス会社・石油会社等)による研究開発等、多数のプロジェクトで技術開発・フィールドテストが重ねられ、現在は商品機完成を目指した実用化開発の段階に至っている(表-5)。

なかでも、東京ガス・大阪ガス・東邦ガス・富士電機の商品化プロジェクトは、50kW、100kWの商品機を1993年度から販売することを目標としており、また米国のIFC社は200kWの商品機を1994年より販売する計画

を発表し、その前段階として、ガス3社(東京ガス、大阪ガス、東邦ガス)が量産試作機を21台導入・評価する予定になっているなど、50～200kWのオンサイト用リン酸型燃料電池は、完成したエネルギーシステムとして、市場へ本格導入される時期が間近に迫っている。

これら小容量のリン酸型燃料電池については、今後は、安定した量産化技術の構築による信頼性の向上・設備費の低減(目標25万円/kW程度)、導入促進のための環境整備等、普及のための方策が主要課題になると考えられる。

一方、近年のウオーターフロントや都市部の再開発など地域開発の活発化、ビルの高層化・複合化等で、需要家のエネルギー需要規模が大型化する傾向にあり、より大型の燃料電池コージェネレーションシステムに対する開発ニーズも高まってきている。

図-9に、最近のガスエンジン・ガスタービンによるコージェネレーションシステムの設置実績を示すが、設置台数は300kW以下の小容量機が多いものの、発電容量は1,000～5,000kWクラスの大容量機によるものが300kWクラスの4～5倍に達している。特に単機容量1,000kW級については、発電容量だけでなく設置台数も多く、これらの状況から、小型燃料電池の開発過程で蓄積された技術を発展させることにより、1MW(1,000kW)級のオンサイト用燃料電池コージェネレーションシステムが開発されれば、相当量が普及し、省エネルギー、環境保全に寄与しうものとの期待されている。そこで以下では、1MW級の大型のオンサイト用リン酸型燃料電池の開発の見通しについて紹介する。

表-5 小型オンサイト用燃料電池の開発・導入計画

プロジェクト名	段 階	容量	台数	82-86	87	88	89	90	91	92	93	94	備 考
ムーンライト計画 (業務用)	試作機	200kW	1										ホテルプラザ 三菱電機-関西電力・大阪ガス
分散型新発電技術 実用化実証研究	試作機	50kW	16										六甲アイランド 富士電機-関西電力
		200kW	1										三菱電機-関西電力
石油産業 活性化センター	試作機	50kW	1										富士電機-出光興産
		100kW	1										富士電機-昭和シェル石油
		100kW	1										三洋電機-日本鉱業
		200kW	1										I F C-日本石油
ガス会社商品化 プロジェクト	試作機 (プロトタイプ)	50kW	1										富士電機-東京ガス
		100kW	1										日立製作所-東京ガス
	試作機	50kW	16										富士電機-ガス3社
		100kW											
	量産試作機	50kW	50 (予定)										
	商品機	50kW	—										
I F C P C 25 商品化プロジェクト		100kW	—										
	試作機	P C 18 (40kW)	4										東京ガス 2台
													大阪ガス 2台
	試作機 (プリプロトタイプ)	P C 25 (200kW)	4										東京電力 2台
													大阪ガス 1台
I F C P C 25 商品化プロジェクト													日本石油 1台
	初期市場 導入機	P C 25 (200kW)	21										東京ガス 10台
													大阪ガス 10台
													東邦ガス 1台
I F C P C 25 商品化プロジェクト	商品機	P C 25 (200kW)	—										

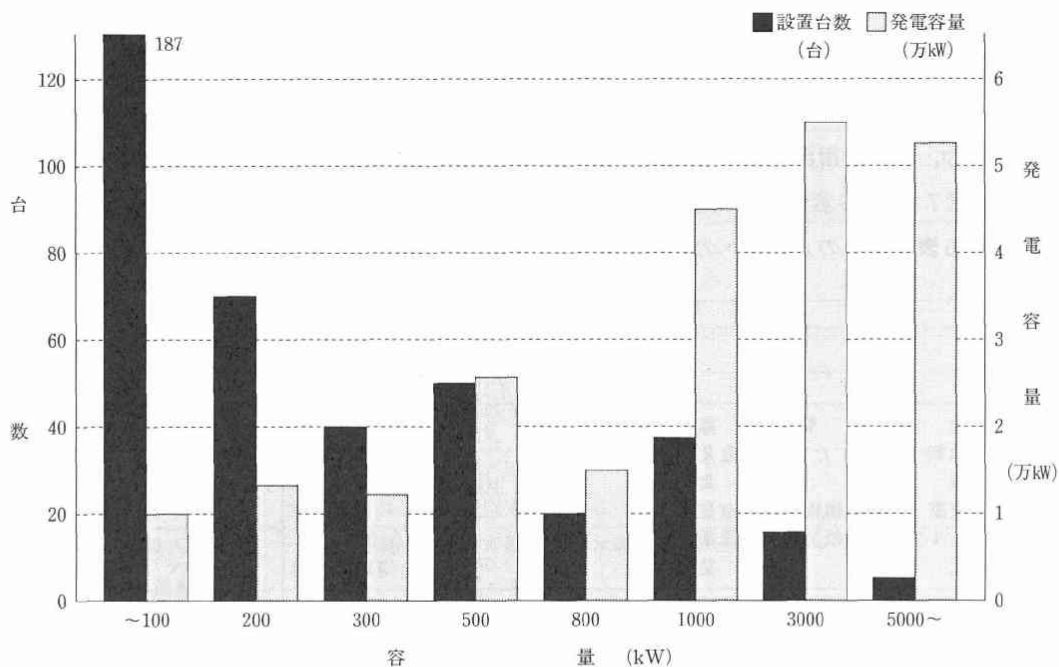


図-9 コージェネレーションシステムの設置実績 ―ガスエンジン、ガスタービン式―
(社)日本ガス協会調べ 1990年3月

2. オンサイト用1MW級リン酸型燃料電池の開発について

2.1 導入が予想される市場

50~200kWのオンサイト用リン酸型燃料電池は、比較的小規模で熱需要の多いレストラン、病院、ホテル等業務用施設への導入が有望視されているが、発電容量の大きい1MW級リン酸型燃料電池は、次に示すように

業務用に加え、大規模施設が多く蒸気等の熱需要も多い産業用分野でも相当量普及が可能と考えられている。

(1) 業務用

大規模業種でエネルギー需要規模の大きい、事務所ビル、病院、ホテル、店舗ビルが導入有望業種と考えられ、そのストック量は表-6のように推定されている。

表-6 業務用における導入対象施設数

業 種	推定年	契 約 電 力 規 模		
		1,000kW以上	2,000kW以上	3,000kW以上
事 務 所	1990年	1,360	480	230 (件)
	2000年	1,680	590	280
病 院	1990年	1,180	270	120
	2000年	1,270	290	130
ホ テ ル	1990年	450	140	70
	2000年	580	190	100
店 舗	1990年	1,730	360	140
	2000年	2,130	460	180
合 計	1990年	4,720	1,250	560
	2000年	5,660	1,530	690

(2) 産業用

熱／電比（熱需要と電力需要の比）が1以上でコージェネレーションシステムの導入に適し、かつ、熱の利用温度レベルが燃料電池の回収熱（7 kg/cm²G蒸気、65℃温水）にマッチングする表－7中の6業種への導入が有望

と考えられている。ただし、産業用（製造業）については有望6業種以外の他の業種も、蒸気需要が多く、排熱の利用形態も蒸気ボイラー用給水の加温等多種多様に考えられ、導入の可能性が充分あるため、表－7には、製造業全体のストック量についても記載してある。

表－7 産業用における導入対象施設数（1988年）

業 種	契 約 電 力 規 模		
	1,000kW以上	2,000kW以上	3,000kW以上
食 料 品 製 造 業	350	80	40 (件)
飲料・飼料・たばこ製造業	120	50	10
織 維 工 業	240	60	20
衣服・その他繊維製品製造業	0	0	0
パルプ・紙・紙加工品製造業	130	50	30
化 学 工 業	640	410	170
有 望 業 種 合 計	1,480	650	270
製 造 業 計	6,690	2,840	1,620

2.2 技術的な見通し

オンサイト用1MW級リン酸型燃料電池開発の技術的な見通しを調べるため、概念設計が行われている。

表－8に、概念設計の主要目標仕様を示すが、大容量化以外の技術開発要素として次の点が挙げられる。

(1) 高温蒸気の高効率回収

従来のオンサイト用燃料電池は、排熱の大半を70℃前後の温水として回収していたため業務用の暖房・給湯や、効率の低い単効用吸収式冷凍機（COP0.6～0.65）を駆動しての冷房が熱利用の中心であった。

そこで、次の2点を目的とし、排熱から温水（回収率10%以上目標）に加え、高温蒸気（7 kg/cm²G蒸気）を25%以上の高効率で回収することを目標としている。

- ①高温蒸気で、効率の高い二重効用吸収式冷凍機（COP1.1）を冷房用に駆動し、排熱の利用効率を高める。

- ②蒸気需要の多い産業用分野への導入を図る。

(2) コンパクト化・パッケージ化

小型燃料電池同様、需要家の施設内に搬入・設置するため、以下のコンパクト化・パッケージ化を目標としている。

- ①契約電力1,000kW以上の大規模ビルの機械室に設置可能な寸法（高さ3.5m・設置面積0.08m²/kW以内）・重量（1.5t/m²以下）にコンパクト化する。
- ②輸送関連の法規・施設の搬入口サイズ等、輸送・搬入上の制約を満たすサイズ（幅3.2m・長さ6m・高さ3.2m以内、重量25t以下）のセミパッケージに分割できる構造とする。

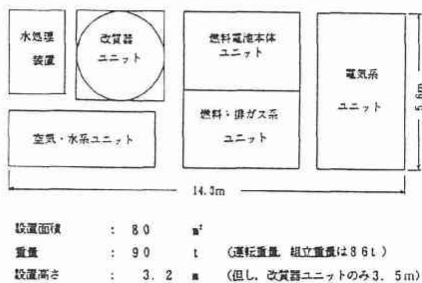
以上の目標仕様に対し、2社で概念設計を行った結果を表－9、図－10、11に示すが、発電効率、熱回収率、コンパクト化・パッケージ化等すべての目標仕様を満足する見通しが得られている。

表－8 オンサイト用1MW級燃料電池の主な目標仕様

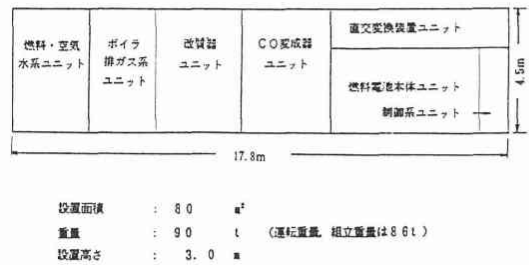
型 式	水冷式リン酸型燃料電池（屋内型・セミパッケージ式）
送電出力（定格）	1,000kW
出力調整範囲	0～100%
発電効率	36%以上 （送電端・HHV基準，50%負荷以上において）
排熱回収	回収率：35%以上（HHV基準） 高温：7kg/cm ² G蒸気 25%以上 低温：65℃以上の温水 10%以上
燃 料	都市ガス（13A）
寿 命	定格出力点において4万時間以上
環 境 条 件	NO _x ：10ppm以下 SO _x ：0.1ppm以下 騒音：55dB以下（機側3mにて）
設置寸法・重量	面積：0.08m ² /kW以内 高さ：3.5m以内 重量：1.5/m ² 以下
輸送・搬入単位 （セミパッケージ） の寸法・重量	寸 法：幅3.2m×長さ6m×高さ3.2m以内 重 量：25t以下

表－9 オンサイト用1MW級燃料電池の主な概念設計結果

		A 社	B 社
発電効率 （送電端・定格時・HHV基準）		36.8%	36.6%
熱回収率 （定格時・HHV基準）	高 温	25.2%	26.3%
	低 温	13.3%	13.0%
電池動作温度／圧力		207℃／常圧	205℃／常圧
セルスタック数		2	2
設置寸法 重 量	面 積	0.08m ² /kW	0.08m ² /kW
	高 さ	3.5m以内	3.0m以内
	重 量	1.1t/m ²	1.1t/m ²
輸送・搬入単位の寸法・重量		輸送・搬入条件を満たす6つのセミパッケージに分割。 （改質器ユニットのみ高さが3.5mとなり輸送時に特認が必要）	輸送・搬入条件を満たす7つのセミパッケージに分割。



A 社



B 社

図－10 オンサイト用1MW級燃料電池システムの概念設計結果（レイアウト）

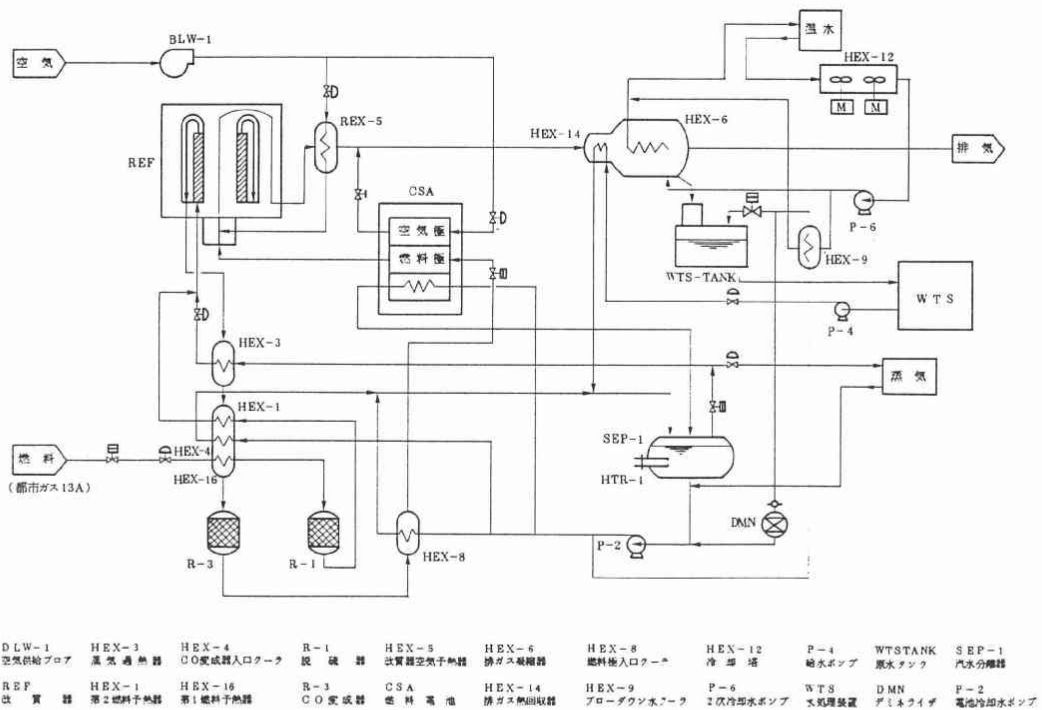


図-11 (1) オンサイト用1 MW級燃料電池システムの概念設計結果 (プロセスフロー)

A 社

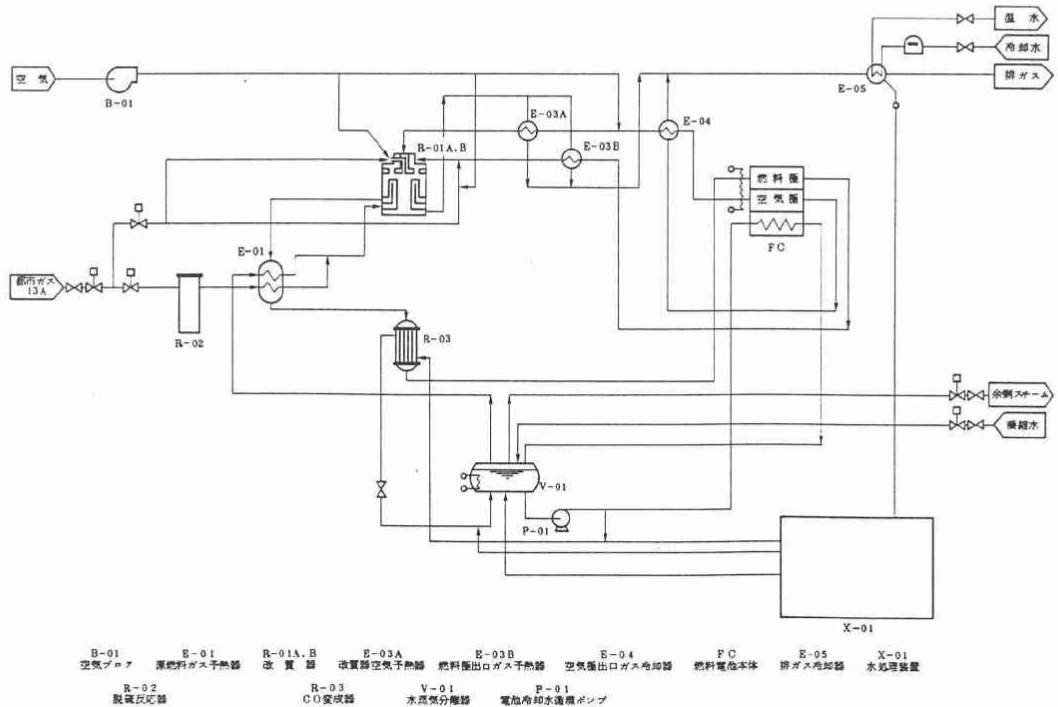


図-11 (2) オンサイト用1 MW級燃料電池システムの概念設計結果 (プロセスフロー)

B 社

なお、概念設計の結果は、いくつかの技術開発課題の解決が前提となっており、その中で特に重要なのは、改質器のS/C比の低減（高温蒸気回収率向上のためのスチーム／カーボン比の低減）、セル特性の向上（コンパクト

化のためのセルの電流密度向上・大面積化）、およびセルスタックの耐久性向上等であるが（表－10）、これらの開発課題は、試作機の設計・製作・実証運転で解決の状況を確認していく予定となっている。

表－10 主 な 技 術 開 発 課 題

項 目	内 容
改質器のS/C比の低減	改質触媒の活性向上等により、燃料中のカーボン量に対する、燃料の改質（水素の製造）に必要なスチーム量の割合を低減し、その分外部へ出力できる高温蒸気の回収率を高める。 S/C低減目標：3.2～3.5→2.5
セル特性の向上	セル単体の大面積化、電流密度の向上により、セルスタック全体のコンパクト化を図る。 大 面 積 化：3,000～4,000→8,000～10,000cm ² 電流密度の向上：約200→250～300mA/cm ²
セルスタックの耐久性の向上	信頼性・保守性向上のため、セルの耐久性の実績向上を図る。 運 転 時 間 実 績：15,000→40,000Hr

なお、燃料電池の設備費は、システムの簡素化・標準化等の技術開発や量産化効果により、初期導入機で約50万円/kW、量産化時の商用機で約25万円/kWまでコストダウンされる見通しが得られている（図－12）。

2.3 経済性・市場性の見通し

燃料電池の導入が有望な分野・業種（表－6、7 参照）毎に、1 MW級コージェネレーションシステムの導入が可能と考えられる契約電力2,000kW以上の施設を対象として、燃料電池と競合システム（買電系およびガスエンジン・ガスタービンコージェネレーションシステム）の設備費・運転経費等の経済性を比較し、導入が可能な業種と潜在需要量が推定されている。

図－13に検討結果を示すが、燃料電池の初

期設備費が、24～25万円/kWになれば、病院・ホテルや、規模の大きい（契約電力3,000 kW以上）事務所・店舗、および産業用分野（有望6業種のみ考慮）への導入が可能と考えられ、2000年の時点で計約160万kWの潜在需要量が見込めると推定されている。この値は導入予想量ではなく、あくまでも潜在需要の推定量ではあるが、平成2年6月の電気事業審議会需給部会中間報告で示された2000年における自家用燃料電池の導入目標（85万kW）の約2倍に相当する量である。

経済性の試算についてはまだ概略評価の段階であり、今後さらに詳細な検討を加えていく必要があるが、概念設計で得られたコストダウンの見通しからも考え、オンサイト用1 MW級リン酸型燃料電池の導入の見通しは有望と言える。

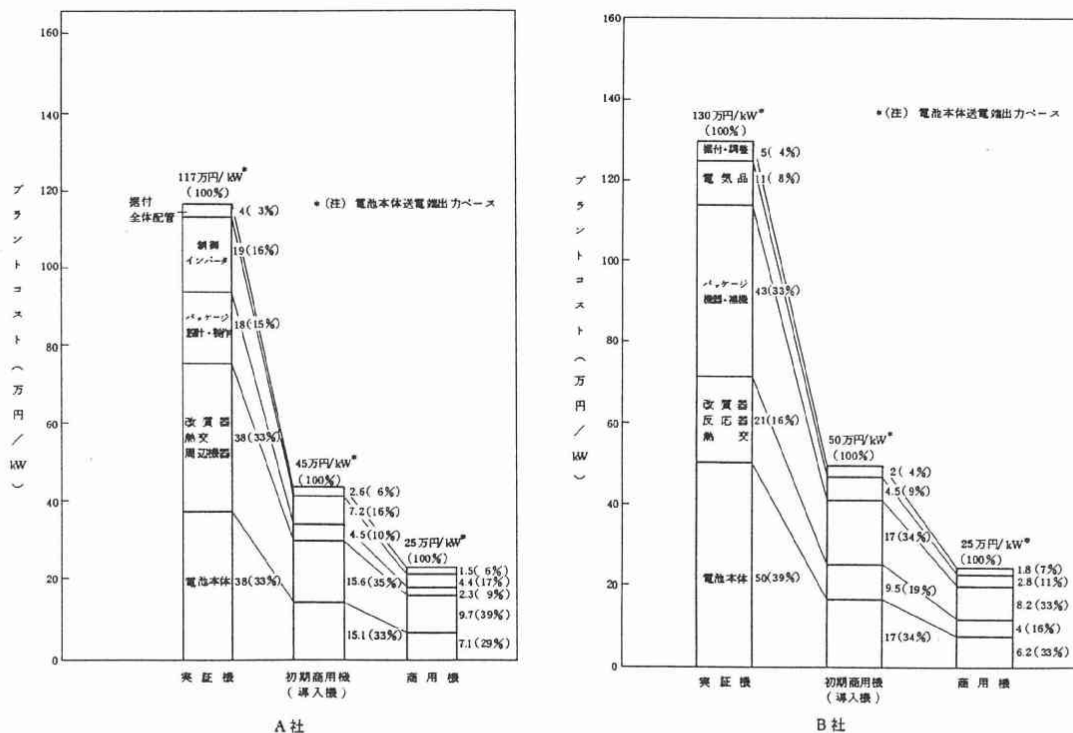


図-12 オンサイト用 1 MW級燃料電池システムのコスト低減の見通し

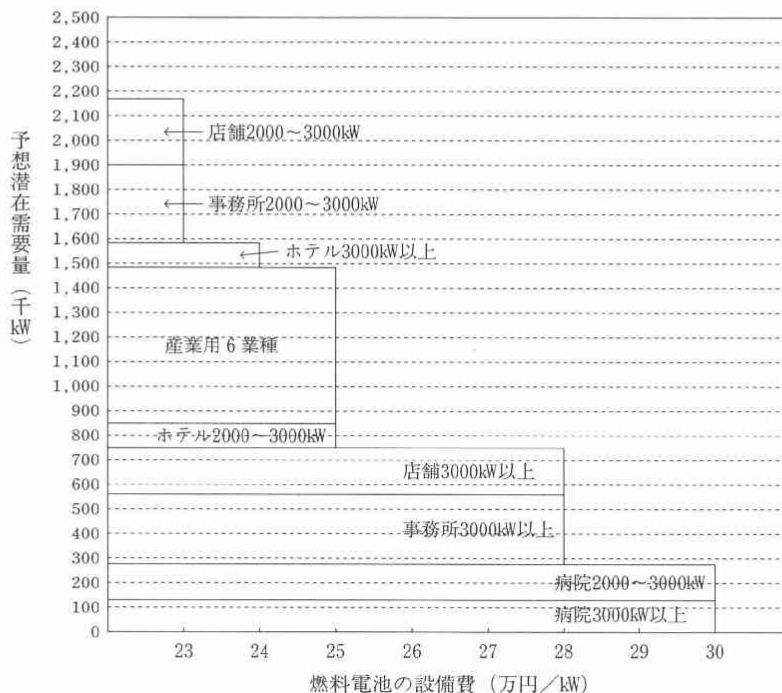


図-13 オンサイト用 1 MW級燃料電池の設備費と予想潜在需要量の関係

(図中の表示は、対象となる業種と契約電力規模を表す。潜在需要量は、2000年における推定量を表す。)

2.4 今後の開発について

オンサイト用 1 MW 級リン酸型燃料電池は前述のように、「リン酸型燃料電池発電技術研究組合」により平成 8 年度迄の予定で開発が進められることになっている。

本燃料電池は、地球環境問題やエネルギー需給の逼迫、およびエネルギー需要規模の大型化傾向といった、最近のエネルギー事情に適合するエネルギーシステムとして、その開発に大きな期待が寄せられている。

これまで開発が進められてきたオンサイト用燃料電池が 50～200kW の小容量システム中心であったため、大型化技術、セミパッケージ化やコンパクト化技術など新たな技術開発が必要とされるが、開発が成功すれば、発電容量の大きさや、高温蒸気の出力の多さ等、従来にない特徴によりこれまで燃料電池の導入対象として考えられていなかった多くの業務用さらには産業用分野の需要家にも燃料電池が普及し、環境問題・エネルギー問題に貢

献しうるものと考えられる。今年度から始まる本燃料電池の開発に期待したい。

IV. おわりに

リン酸型燃料電池の開発動向として、電気事業用およびオンサイト用リン酸型燃料電池の開発経緯と、今後の開発見通しを中心に紹介した。

昨今のエネルギー事情と地球環境問題により、高効率かつクリーンな新エネルギーシステムが求められる中、国・民間の開発努力により実用化が目前に迫ったリン酸型燃料電池は、新エネルギーシステムのトップバッターとして市場へ本格導入されようとしている。

安定した量産化技術の構築による信頼性向上・低コスト化、導入促進のための助成措置等、リン酸型燃料電池の普及実現のための一層の技術開発、環境整備を期待したい。(まづば あきら 主任研究員 かがじょう とし まさ 主任研究員)

自動車安全規制と電気自動車

宮 寄 拓 郎

近年、大都市における自動車のNOx問題悪化の懸念に加え、地球環境問題への関心の高まり、湾岸戦争を契機とするエネルギーセキュリティへの認識の増大等により、電気自動車の開発普及活動が、わが国のみならず世界的にも活発化する傾向にあるように思われる。

当研究所の「自動車の未来研究グループ」は、去る（平成3年）4月25日に「電気自動車の技術開発に関する勉強会」を開催し、その現状等について推進当事者の方々から紹介していただいた。その際、運輸省の宮寄自動車公害対策室長から電気自動車のオンロード使用に当たっての自動車安全規制上の手続き、基準等のほか、今後の問題点についての体系的かつ簡明なお話を伺うことができた。これらは、今後の電気自動車の開発普及を進める上で極めて重要なポイントであり、同室長の了解を頂いてその講演内容を編集して掲載することとした。

私に与えられましたのは「自動車の安全規制と電気自動車」というテーマです。電気自動車はだんだん注目を浴びてきているのですが、この過程で安全規制というものが電気自動車に対してどういう関係を持っているか。ここが特に関係者の最近注目しているところではないか。それで、こういう演題をいただいたのではないかと思います。

私自身は自動車公害対策室長として、運輸省の中で自動車の公害規制を担当しています。安全規制につきましては別に担当部局があるわけですが、かつて安全規制も担当したことがございますので、一応お話はできるのではないかと思います。また電気自動車というものの最近の様子も知っているということで、こういうテーマについてお話を申し上げ

たいと思います。

総合研究開発機構から公刊されたエネルギー総合工学研究所の報告書の中に運輸省関係の記述で、「現在、自動車のナンバー登録は、ガソリン自動車をベースとした道路運送車両法などの関連法規に規定されていて、必ずしも電気自動車に適したものとなっていない。そこで将来、抜本的な見直しが必要となるだろう。」といった問題提起がさらっと書いてあるわけです。私どもがこれを見ますと、どういうことをお考えになっているのかちょっとわからないというのが率直な印象です。現在の自動車関係法規は電気自動車も包摂する恰好で規定してございますし、どのようなことを皆さんがお考えなのかははっきりしません。おそらくこれは自動車関係の法規と

か、安全規制といったものを、あまりご存じない状態で、こういうコメントをされているのではないかという気もいたしますので、そのへんのところを、きょうはお話し申し上げて、また皆さん方のご要望を聞かせていただければ、お互いの認識の違いを修正できるのではないかと思うわけです。前置きが長くなりましたが、お手もとの別添資料に従って説明をさせていただきます。

まず「低公害車の条件と電気自動車の意義」ということでお話を申し上げたいと思います。低公害車の必要3条件とありますが、これは運輸省の方で、いままで私どもがこういう考え方でまとめているものです。低公害車である以上、当然ですが低公害性であることが必要です。そして省エネ、石油代替エネルギー性ということでございます。さらに地球温暖化防止の観点から低温室効果ガス性が必要ですが、これが低公害車の必要3条件なのですが、特に最近、低公害車としていろいろ出てきているのを見ると、自動車の用途に見合った性能というのがこれから非常に重要になってくるのではないかという印象を持ちます。この利便性ということは自動車にとっての大前提になるものだと思いますが、特に電気自動車の場合に必要な条件ではないかということで、あえて付け加えてあります。

具体的に申し上げますと、電気自動車の場合に自動車としての基本的な性能および安全性の2点を今後考えていただくべきではないかと思うわけです。電気自動車につきましては、運輸省といたしましても、低公害車の非常に有力な車種だと考えています。特に小さなものであれば、相当な用途が期待できるのではないかと考えているわけです。そういう

観点から、例えば二輪車とか三輪車なども研究開発をされておりますが、そのための、いろいろな法令等の整備もしていく必要があると考えております。また、ハイブリッド自動車というものもございますが、これも広い意味での電気自動車の1つであるということで、今後、電気自動車が実用化される過程の中で、ある意味でのつなぎになり、また電気自動車が、広く実用化する場合の促進剤の1つになるのではないかと考えます。そういう意味で、このハイブリッド自動車につきましても、今後行政の施策を広く展開していく必要があると思っております。

電気自動車につきましては冒頭申し上げましたように、自動車の一種として整理をしております。基本的にも自動車の大きさとか出力に応じて、例えば普通自動車とか小型自動車といった整理をしているわけです。内燃機関を有するものにつきましては、一般的には原動機の出力などを制度上の区分として使用しております。しかし、電気自動車の場合には主に大きさのみが区分の対象になっています。他に速度なども自動車の分類上、非常に大きな要素でございますが、電気自動車については、大きさのみで整理されるのが現在の状況かと思います。

また、原動機付自転車でございますが、これにつきましては原動機の出力などにつきまして、内燃機関とは別に、特別の区分を設定しております。例えば、第1種の原付自転車では0.6キロワット以下、原付の2種では1.0キロワット以下ということで区分を設定しております。

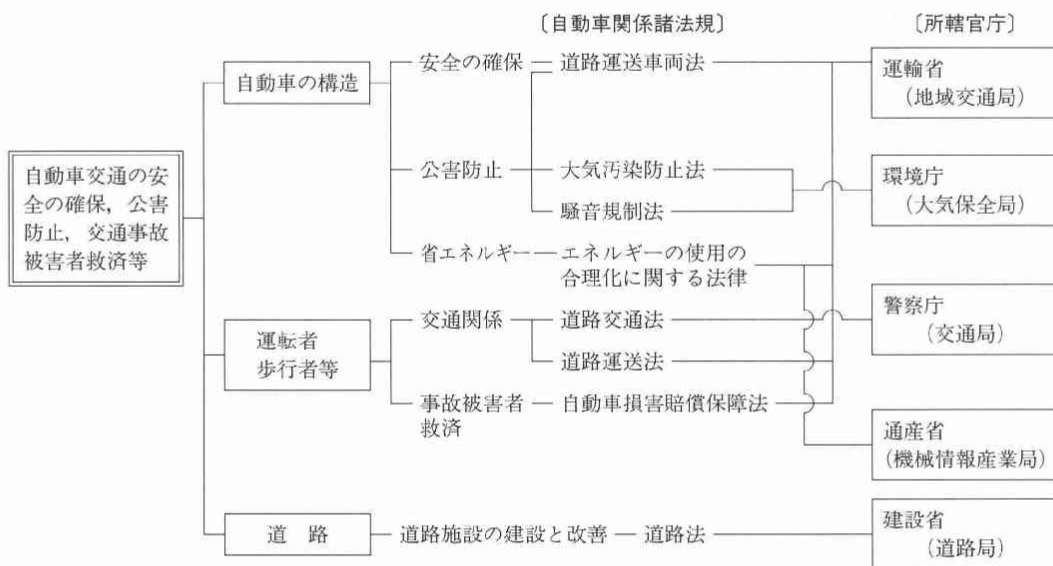
それでは2番目のテーマに入りまして、「自動車関係法規の体系」ということでお話を申

し上げたいと思います(図-1 参照)。自動車の安全公害に関する法規というものを体系的に整理しますと、自動車の構造につきまして、あるいは装置も含むわけですが、主に4つの法規がございます。安全の確保につきましては、専ら道路運送車両法で規定し、施行する

という形になっております。公害の観点では道路運送車両法、大気汚染防止法、騒音規制法といった形で環境庁と共に私どもが所管をしております。その他、省エネ法などもございますが、これも運輸省、通産省がその実施に当たっています。

自動車関係諸法規の体系

自動車交通の安全の確保、公害防止、交通事故被害者救済、資源の有効利用を図るため、各法律が下図の通り自動車の構造・装置に関するもの、人(運転者、歩行者)に関するもの、道路に関するものに分けて定められている。



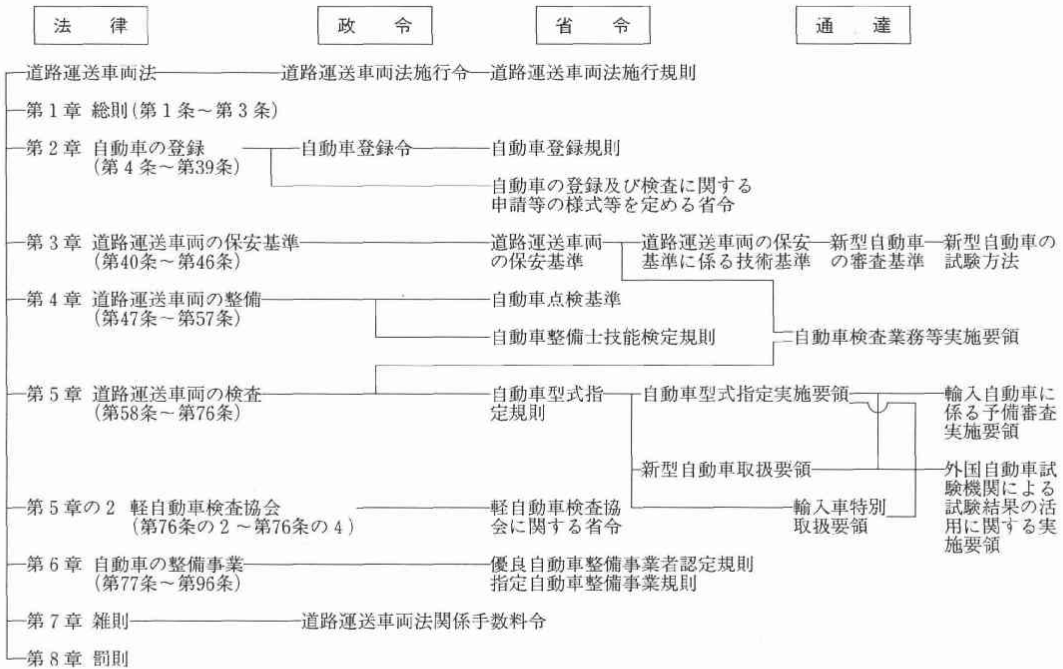


図-2 道路運送車両法の体系

い法律かと思ひます。駆け足でお話を申し上げますが、この車両法というのは基本的には自動車の登録、それから基準、整備、検査と4つの内容が主に盛り込まれておりまして、登録というのはナンバープレートの関係の規定でございます。道路運送車両の保安基準というのが、後ほど詳しく御説明いたしますけれども、自動車の基準に關しての大本となっている規定でございます。それから整備の關係でございますが、これは自動車の点検整備、あるいは整備の要員ということで、整備士とかあるいは整備の技能の關係といったものを規制した内容です。昔は3級電気自動車電機整備士という制度がございました。昭和26年くらいには、そういった制度がございまして、昔電気自動車が広く使われていた時期には電気自動車電機整備士というものが制度化されていたわけですが、現在でも自動車電気装置

整備士ということで、これは特殊整備士というように私どもは言っておりますけれども、今後電気自動車などが広く使われるようになった場合には、この自動車電気装置整備士という資格を持った人が、点検・整備に当たるようになるのではないかと思います。現在この試験においては電気自動車についてあまり詳しく試験をやっておりませんが、今後検討されることになるのではないかと思います次第です。それから検査ですが、型式指定と新規検査、継続検査、これはいわゆる車検のことですが、こういったものがあります。新車につきましては、特に大量に作られるものは型式指定を取得していただくことになります。このほかに個別に1台ごとに検査をするという制度による場合もあります。実際に使用されてから、3年とか、2年ごとに定期的に検査を受けていただくのが車検であります。

次に安全公害基準の体系について御説明申し上げます。道路運送法車両の保安基準というのは運輸省令で決めてあるわけですが、図－２の第３章の保安基準のところをずっと右に見ていただきますと、道路運送車両の保安基準に係わる技術基準というのがございます。通称、私どもが技術基準と申しているのですが、地域交通局長通達で決まっています。この技術基準というのはどういう内容かと申しますと、保安基準では比較的抽象的な規定になっているものですから、その内容を条文ごとにさらに詳しく解釈をしてどのような試験方法で行った場合にどういう基準を満たさなければならないかなどについて具体的にこれを決めたものです。さらに、その右に新型自動車の審査基準がございますが、通称これも審査基準と呼んでおり、新型自動車の型式指定なり新型自動車の届出をするといった場合に、その実施基準などに照らしてどのように審査をするか、その基準を決めたものです。その具体的な試験方法につきましては、さらにその右の新型自動車の試験方法がありまして、これは通常英語で頭文字をとりまして『トライアス』(TRIAS)と呼んでいます。これが具体的に試験をする細かい実施方法を決めたものです。その他に途中から自動車検査業務等実施要領というような枝が分かれていますかと思いますが、これにつきましては自動車の検査の基準でして、検査基準と申していますが、継続検査、いわゆる車検のときだけではなくて、新規検査、新しく登録するときにもこれが適用されるという意味で、基準として適用されているということでございます。それから今申し上げましたのは、ほとんど基幹的な基準ですが、それ以外に運

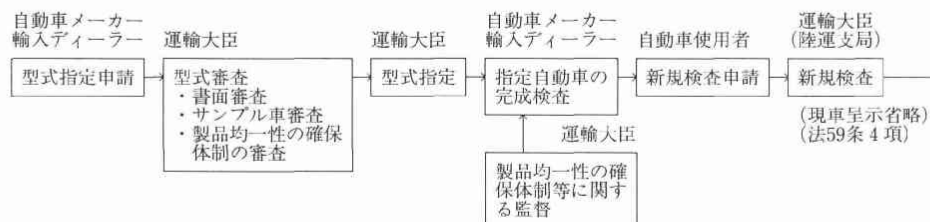
輸省として指導的な基準というのがあります。これは非常に多岐にわたっておりますので、１つ１つ申し上げることが出来ないのですが、法規によるものではございませんが、運輸省としてこういったものが望ましいということで指導的な通達によって指導しているという基準であります。それ以外に業界の自主基準と申しまして、例えば日本自動車工業会とか、あるいは日本自動車車体工業会、そういった業界団体が自主的な基準として決めているものもあります。こういったものも、その効力においては指導基準に準ずるものであり、それらが安全公害基準体系を作っています。

今まで基準のお話をしましたが、今度は自動車の審査、検査制度の手続きはどうなっているかについてお話申し上げます。大きく分けて、「型式指定制度」「新型届出制度」「改造自動車制度」といったところが、今後電気自動車の場合に特に知っておくべき制度かと思っています。図－３をご覧になればそこに概ね違いがわかるように各制度の相違が書いてあります。一番上の型式指定制度はどういうものかと申しますと、自動車メーカーなり輸入ディーラーが運輸省に申請をいたしまして、運輸省の交通安全公害研究所、通称、交通研と呼んでいますが、ここでサンプル車の現車の審査を行います。これはいわゆるタイプテストというような試験でして、代表車について詳細な試験を、技術基準あるいは審査基準やTRIASなどに基づいて行っています。その結果が適当であれば運輸大臣が型式指定をいたしまして、自動車メーカーなり輸入ディーラーが均一性を保証するということで、１台１台の最終的な検査というものは自動車メーカ

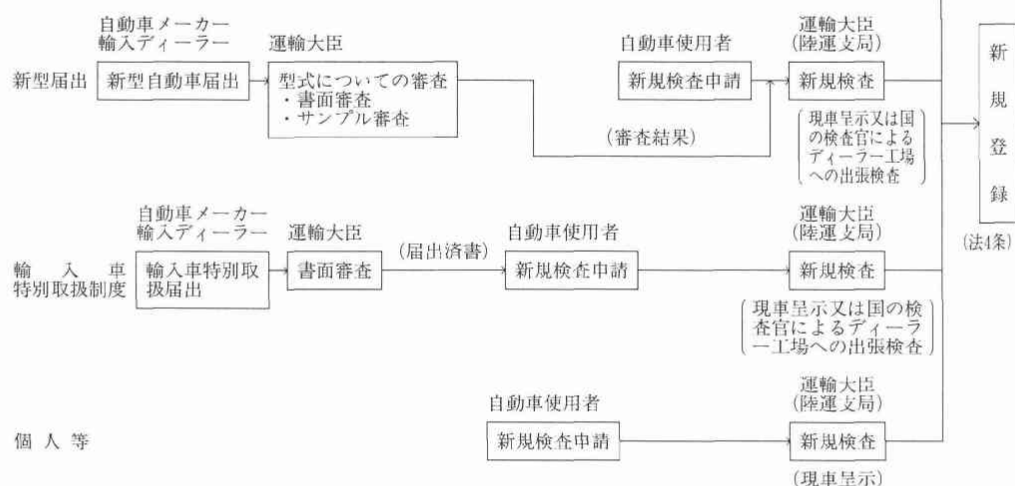
一なりに任せるとい形になっています。その結果、陸運支局などで検査を受けるときには完成検査証という書面だけを出していただければよろしいということで、現車の検査は

省略してよろしいという制度になっているわけです。今のところ電気自動車で型式指定を使用している型式はありません。

I 型式指定制度（法75条、法59条）



II 自動車の新規検査に関する制度（型式指定制度を除く）（法59条）



図－3 自動車の審査・検査・登録に係る手続の流れ

次の、より簡単な制度といたしましては、新型届出制度というのがあります。これにつきましては、自動車メーカーなりが運輸省に対して型式についての審査を依頼いたします。交通研でサンプル車の現車審査を行うところは型式指定と同じです。その審査した結果につきましては、あらかじめ陸運支局などに全て書類等を配付をいたしますので、実際の自動車につきましては陸運支局に持っていった現車検査を受ける必要があるのですが、詳しい事前の審査は終わっておりますので、こ

れは主に資料との突き合わせで済むということで、非常に短時間に終了するものでございます。型式指定の場合としては、国産の乗用車や外車の乗用車もありますし、小型トラックなどでも利用されています。新型届出の場合としては、大型のトラックだとか、あるいはバスなどが主にこの制度によって流れています。

もう一つ改造自動車の制度というのがあります。いままで申し上げた2つの制度では運輸省の交通研が行う審査によっているのに対

しまして、図-4に示したように標準車を改造して登録するということを念頭においた制度です。標準車の場合には左に書いてありますように、生産されて販売され、そして先ほど説明しました型式指定又は新型届出で事前に審査がされた上で陸運支局で登録されるわけですが、それに対して改造車の場合にはユーザーから販売店に対して改造の要請がありまして、その依頼を受けて改造をするということになります。その際、これは通常事前というケースが多いわけですが、陸運局（今でいう運輸局）に審査を依頼します。そして書面で保安基準適合性につきまして、予

め確認をしてもらうということで運輸局では改造申請資料の事前審査が行われます。それを受けて、この審査結果に基づいて陸運支局ではその改造申請資料を用いて現車の審査を行うという形でございます。これまで電気自動車につきましては、そのほとんどがガソリン車の改造という形で製造されるということで、実際には改造自動車制度によって登録されていたのが実態かと思います。今後はいろいろな方法が考えられますが、台数が増えてくれば新型届出制度なり、型式指定制度なりの使用というのも考えていただく必要があるのではないかと考えています。

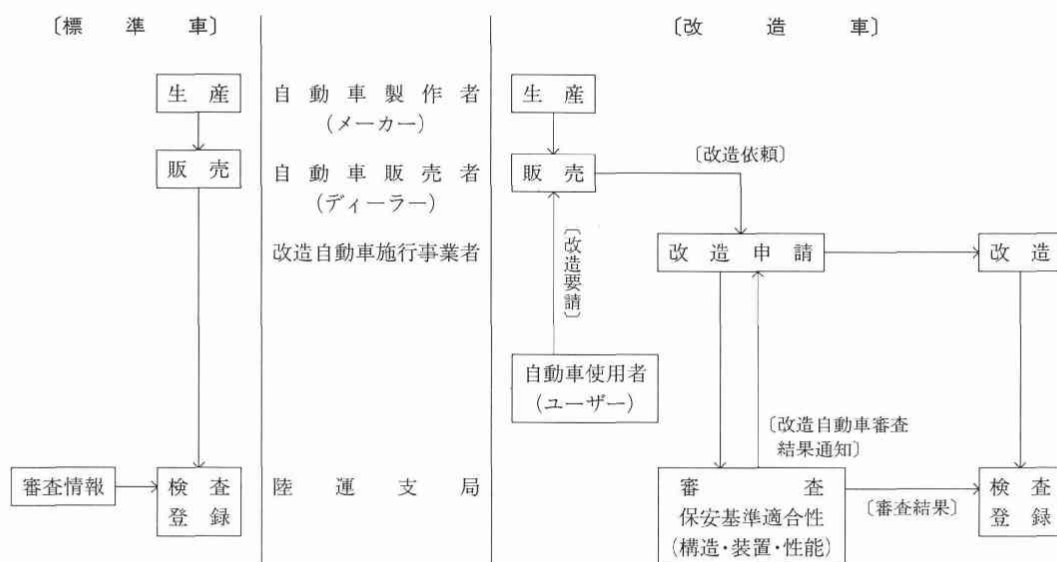


図-4 改造自動車審査の流れ

それからその他の制度について申し上げますと、運輸大臣による試作自動車、試験自動車制度というのがあります。これは保安基準の中で定められた制度でして、保安基準の56条第4項に、構造装置につきましての基準の改善に資するために必要と運輸大臣が認定したものは保安上および公害防止上必要な制限

を付加するというで保安基準の全ての条件に適應しないでも路上運行が許される場合があります。これまでメタノール車とかハイブリッド車というようなものは、この制度によって検査、登録をし、あるいはしようとしているわけです。ある意味で特殊な制度でして、台数がたくさん出るということではなく

て、基準を定めるまでの間、こういった制度によって、とりえず試験的な運行が行えるという制度でございます。その他にご参考までに申し上げますと、輸入車の特別取扱制度として輸入車に対しては、台数が少ないということも考えまして、簡素化した特別な制度

を採用しています。

また図-3になりますが、携帯輸入車あるいは、並行輸入車などの場合の検査につきましては、これは1台ごとであるということで、個別に自動車の資料、あるいは内容に応じた検査を行っています。しかし大変な手間が掛

表-1 道路運送車両の保安基準

道路運送車両法においては、自動車はその構造・装置が保安上の技術基準に適合していなければ運行されないとされており、これは「道路運送車両の保安基準」として定められている。

保安基準の安全規制項目の体系図

安 全 規 制 項 目			具 体 的 要 件 例	保安基準
Ⅰ 事故回避	1. 視認特性	(1) 視界	①窓ガラス	第29条
			②ワイパー，ウォッシャーシステム	45
			③デフロスタ	45
			④後写鏡	44
			⑤直前直左ミラー	44
			⑥前照灯	32
			⑦補助前照灯	33
			⑧側方照射灯	33の2
		(2) 被視認性	①車幅灯	34
			②尾灯	37
			③駐車灯	37の2
			④後部反射器	38
			⑤非常点滅表示灯	41の3
			⑥非常信号用具	43の2
			⑦警告反射版	43の3
	⑧リア・フォグランプ	37の2		
	⑨側方灯又は側方反射器	35の2		
	(3) 防眩等	①前照灯	32	
		②補助前照灯	33	
	③灯光の色等の制限	42		
	2. 情報伝達		①警音器	43
			②方向指示器	41
			③制動灯	39
		④後退灯	40	
		⑤速度表示装置	48の3	
3. 運転特性	(1) 操縦性安定性	①最大安定傾斜角度	5	
		②最低地上高	3	
		③最小回転半径	6	
	(2) タイヤ	①タイヤ	9	
		(3) ブレーキ	①ブレーキ性能	12・13
	②ブレーキ液		12	
4. そ の 他	(1) 警報装置	①ブレーキ液漏れ警報	12	
	(2) 操作装置	①コントロール類の配置，識別	10	
	運転環境	①運転者席	20～22	

安 全 規 制 項 目			具 体 的 要 件 例	保安基準	
Ⅱ 被害軽減 対策	1. 乗員保護	(1)乗員拘束装置	①座席ベルト ②座席ベルト取付装置 ③チャイルドレストレイント	22の 3 22の 3 22の 5	
		(2)室内衝撃保護	①衝撃吸収ハンドル ②インストルメント・パネルの衝撃吸収 ③シートバック後面の衝撃吸収 ④ヘッドレスト ⑤サンバイザの衝撃吸収 ⑥車室内後写鏡の衝撃吸収 ⑦座席取付強度	11 20 22 22の 4 45 44 22	
	2. 車 体	(1)車 体	①ドア開放防止 ②通路 ③非常口	25 23 26	
			(2)ガ ラ ス	①安全ガラス	29
		(3)車両損傷防止	①突入防止装置	18の 2	
	3. 歩行者保護	①巻き込み防止装置 ②車体外突起物 ③車体外後写鏡の衝撃緩和 ④回転部分の突出禁止	18の 2 18 44 18		
		①衝突時の燃料漏れ防止	15		
		①車両諸元等（長さ・幅・高さ、車両総重量、軸重・輪荷重、接地部・接地圧） ②速度計 ③運行記録計 ④消火器 ⑤番号灯 ⑥施錠装置	2，4， 4の2, 7 46 48の 2 47 36 11の 2		
	Ⅲ 火災防止対策				
	Ⅳ そ の 他				

かるということになります。

「安全基準の体系」を表-1に示しています。自動車の安全基準がどのような内容になっているのかというと、大きく分けて、事故回避対策、被害軽減対策、火災防止対策、そしてその他の項目という具合に、大きく3つあるいは4つに分かれています。1番目はいかにして事故を避けるかという観点の対策でして、その中身といたしましては自動車がよく見えるようにとか、あるいは周囲の交通

状況をよく確認できるように、あるいは運転しやすいようにとか、よく止まれるようにといった、そういった種類の項目が入っています。まず第一には『視認特性』ということですが、この中には視界というのがありますが、どういうところが見えるかということですが、この中で電気自動車に特に関係する項目といたしましては、窓ガラスがあります。非常に軽量化したいということで、プラスチックなどを使いたいというような要望が時々出

てくるのですが、これにつきましては窓ガラスの歪みという観点から、プラスチックなどの前面とか側面とか視界に関係するところは制限されています。しかし使えないというわけではありませんで、一定の基準さえ満たせば、使うことができます。電気自動車で問題になるデフロスタというのがあります。これは曇り止めでして、雨の日など前面の視界が曇ってくるのを防止するため、通常はヒーターで熱風を当てることによって露を取るわけですが、そのために電力を消費するということです。電気自動車にとってはなかなか難しい要件の1つであろうと思います。いまのところデフロスタにつきましては、特にこれといった詳細な規定はございませんで、デフロスタというものがついていてということが一応の要件になっています。その他照明灯火、いわゆる前方を照らすヘッドライトとか、あるいはフォグライト、そういった照明灯火について視界の観点を中心に考えます。

それから『被視認性』と申しまして、どのように周りからよく見てもらえるかということなのですが、例えばテールランプとか、あるいは車幅を示すポジショニングランプとか、そういったものが信号灯火としてあります。それから防眩ということですが、これは照明灯火など、例えばヘッドランプなど、それが明るすぎないようにとか、あるいは色などが紛らわしくないようにとか、そういう意味あいの規定が一部あります。後は情報伝達ということで、ターンシグナルといった信号灯火です。それから警報機能といたしまして、周囲にホーンを鳴らす警音器の基準があります。

運転性の方に移りますが、操縦性、安定性、

あるいはタイヤ、ブレーキ、こういったところが運転特性の中に入っています。ブレーキにつきましては、電気自動車の場合、回生ブレーキということが考えられると思うのですが、この回生ブレーキの場合、果たしてブレーキランプを付けた方がいいのかどうか。そういった点も今後基準の中で検討していく必要があるのではないかという感じはしています。今大型車のリターダブレーキについて、いわゆる排気ブレーキのランプを付けるべきではないかということを運輸技術審議会というところで検討しています。こういった検討結果も参考にして電気自動車の回生ブレーキについてはどういように扱っていくか、こういったこともいずれ決まってくるのではないかと思います。

『被害軽減対策』になりますけれども、これは社会的な基準項目ということですが、一番皆さん方にとっては難しい部分かと思います。表中に星印を打ってあるのが技術基準の制定項目であることを示しています。技術基準が制定してあるということは、破壊的な検査であったり、何らかの装置が必要な検査であって、それにより一定の基準を満たしていることを確認するためには手間が掛かりますということで星を打っておいたというようにご理解いただきたいと思います。

その被害軽減対策の中身といたしましては、乗員と歩行者の保護と、大きく2つに分かれているわけですが、乗員の方ということで申し上げますと、乗員の拘束装置ということで、シートベルト、あるいはシートベルトの取付装置についての規制があります。これらにつきましては、細かい基準を決めています。大雑抱にしまえば30Gといった

レベルの衝撃に耐えるということが必要になっています。室内の衝撃保護というのは衝撃吸収ハンドルということで、乗員が車内でハンドルに衝突することがよくありますが、その際の衝撃をどれくらい小さく抑えうるかということを規制しています。またインストルメントパネルに対しては助手席の乗員が衝突時にぶつかるわけですが、これも過度の衝撃が出ないようにということになっています。シートバックの後面については、後席に座っている乗員が前の座席の後ろにぶつかった場合の衝撃を抑制するよう規定しています。こういった3つは大体速度25キロくらいで、頭部の模型だとかボディブロックといったものをぶつけて一定の衝撃以下であることを確認するという試験を行っています。以下一つ一つは申し上げますが、ヘッドレストなりサンバイザーなり車室内後鏡、座席取付強度といったものも同じ考え方で出来ています。ただ、ものによりましては20Gだったり30Gだったりの違いはあります。特に例えば、プラスチックのボディーなどを使いますと、場合によってはクリアーすることが困難になる場合も考えられるわけです。

歩行者保護ということでは、外に付けてありますドアミラーなりが衝撃緩和をする性能を持っています。回転部分の突出禁止というものもあります。今、電気自動車でホイールモーターが注目されていますけれども、一部の自動車にはホイールモーターが外に出ている例がみられますが、それはできるだけボディーの内側に入れるということです。この項目は長い間こういう形でやってきています。ホイールモーターを設計される場合にはそういった点も1つ注意していただければと思います。

検討中の項目として正面衝突の乗員保護と側面衝突の乗員保護というのがあります。これにつきましては現在、国際的な検討の場で検討が進んでいまして、これに使用するダミーをどういうものにするかということをお今日米欧で検討会議を設けてやっているわけです。現在の見通しとしては、これについて近々すぐという話にはならないでしょう。

現在のところ衝突を想定した基準としては、次の『火災防止対策』としてあげられている衝突時の燃料漏れ防止の基準というのがあります。これは前面と後面で衝突させるわけですが、前面につきましては50km/h、軽自動車の場合には40km/h、後面につきましては35から38km/hです。電気自動車の場合、衝突時といえども燃料が漏れるということはありません。したがって、現在のところその規定は適用されていないとご理解いただいてよろしいかと思います。

その他、いろいろ規制が決まっています。ここで申し上げておきたいのですが、なぜ被害軽減対策というものが決められているかということなのです。一部の考え方として、自動車というのは安ければ、それなりに多少安全性が劣っていいのではないかと。あるいは、社会的要請にこたえる車はもう少し安全基準は低くてもいいのではないかとという考え方があるのではないかとと思うのです。この被害軽減対策については昭和47年から基準に取り入れ始めまして、47、48年にさらに大幅な整備が行なわれたわけです。主にアメリカの安全基準であるFMVSSの考え方を大幅に取り入れております。従来の事故回避型の対策だけでは棺桶型の事故がどんどん増えてきており、最近ではそれが加速されているというこ

とで、一昨年、昨年と安全基準の整備に対する社会の要請が高まってまいりました。被害軽減対策はこうした棺桶型の事故対策という観点から出てきています。非常に乱暴な言い方をしてしまいますと、国民の皆さんは、自分達は普段衝突もしないのに、ベルトなり、そういったものに何故お金を払わなくてはいけないのかと思うでしょうが、それは、勝手に怪我をされては困るという考え方であります。怪我をいたしますと、それなりに病院なども作らなければいけませんし、健康保険費用なども掛かります。また、そういったことによって交通渋滞なども発生をするといった、いろいろな考え方から、人命尊重ということは当然あるわけですが、出来るだけ被害を軽減するということについて、相当のコスト負担を国民の皆さんに甘受していただくべきだという考え方から出ていると思います。

逆にこういった基準というのは、どういう自動車でもすべて同じように規定されているかという疑問があるかと思います。これについては、現在の基準の中ではいくつかの例外措置、適用除外が与えられている車種などがあります。現在の基準では、例えば時速が20キロ以下の自動車については衝突関係の規定は適用が除外されています。これは、非常に低速で走行するという事で、その使用の態様から考えて、そういった被害軽減対策は適用しなくてよいだろうという考え方です。もう一つございますのは、例えば35キロ以下で走行する大型の特殊自動車、これについてもごく一部の項目でございますが基準の適用が除外されています。今はあまりそういった規制がなくなっておりますので、軽自動車については、最高速度の制限速度が、例えば80km/h

以下ということもありまして、一般の自動車の最高速度100km/hに比べますと、速度が低いということで、軽自動車の場合には、例えばウィンドウォッシャーなどはいらないとか、いろいろ規制が免除されていたものもかつてございました。しかし、事故の実態などを私どもが継続的に昭和47年から調査をしていまして、その結果から、やはり軽自動車であろうとも一定の危険性があるという考え方で、最近では軽自動車につきましても、除々に一般の自動車と同じ安全性を求めるという方向に基準は進化してきています。

最後の項目で電気自動車の普及のために運輸省としてどういうことをやろうとしているかということをお話申し上げたいと思います。主に三つ考えておりまして、一つは制度面の方策ということで、運輸大臣認定の試験自動車・試作自動車制度という制度があるわけですが、これにつきましては、いろいろこれから新しい種類の自動車なども出て参りますので、現在の基準では走ることとは出来ないと思われるようなものに適用されます。その他いろいろ考えられるわけですが、このへんは皆さん方のお考えを今後お聞かせいただきながら、制度的にもいろいろ努力をしていきたいと考えています。2点目は安全基準関係の整備ということですが、ここでは既存の基準にないような項目を上げてあります。一つは充電時にガスが出ることから防爆対策があります。電気装置関係の基準がすでに保安基準にあります。昔の電気自動車についての基準であり、非常に緩い基準になっています。こういった点、高性能の電池は急速充電などもされますので、基準見直をしていく必要があるだろうと考えています。また、大電力を

使用するという自動車もだんだん出てきていまして、高電圧化、あるいは高電流化するというものも考えられます。また急速充電などという場合には当然大電流が流れることになり、そういったものに対しても、今後何らかの基準整備が必要ではないかと思います。バッテリー上がり時対策というものを書いておきましたが、普通の自動車の場合、踏切内や交差点の中で止まってしまう場合にはスターターモーターを回すことによって、移動を可能にしており、そういう教習なども自動車教習の際に行っているわけです。電気自動車の場合もこういうことに対して対策をとっていく必要があるという感じをもっています。電気自動車の基本性能要件の制定ということが書いてありますが、これは取りあえずアイデアということでお聞きいただきたいのですが、今の定速走行で走行距離を表示するのは、ユーザーに誤解を与えているのではないかと、運輸省としては考えています。もっと実的な走行距離を表示すべきだと思います。発進加速の試験について電気自動車は免除されているのですが、やはり一定の加速度というのは当然必要ではないでしょうか。例えば、最高速度100キロというのですが、この100キロに達するのにものすごい時間が掛かるというのは、これを最高速度とはいえないわけです。日本の場合にはドイツなどと違って、こういう最高速度試験を今までやってこなかったわけですが、こういった点についても今後は条件を決めていく必要があるのではなからうか。こういったところを、今後私どもは検討していきたいと考えています。その他、危険物該当電池、二次公害該当電池についての基準の検討と書いてありますが、

例えば、ナトリウム硫黄電池とか、ニッケルカドミウム電池なども最近だいぶ使われるようになってきています。これらは消防法などがクリア出来たとした場合でも、衝突時とか、あるいは火災時において、果たして大丈夫なのだろうか。電気自動車が大量に今後普及していくということを考えた場合には、それに合わせた基準というものが当然必要なのではないかというように思われるわけです。基準の関係では最後に低騒音対策の検討と書いてありますが、電気自動車は非常に静かすぎるということで、歩行者などにとっては、むしろ非常に察知しにくいと言われていいます。こんなことも今後研究していく必要があるかと思われます。

その他の普及促進策ということで、ディーゼル・電気ハイブリッドバスにつきましては平成3年度にバス活性化の補助金を用いまして、助成することになっています。今後、他の車種につきましても、例えば集配トラックなどに展開をしていくということも充分考えられますし、またディーゼル・電気ハイブリッドバスに限らず、純粋の電気自動車につきましても今後、運輸業界に使用してもらう等によりいわゆるユーザーサイドからの評価をしていくということも必要だと思われますし、また、電気を広く運輸に使用した場合にエネルギー供給面から、果たしてどういう問題点があるのだろうか等についても検討していく必要があると考えています。このへんについて今後、運輸省としても、検討を行なった上で、さらに新しい普及促進策を考えていきたいと思っているところでございます。

大変駆け足の話をしてしまして、あるいは皆さん方にとっては、ごくあたりまえの話が多

かったかもしれませんが、ひとつ今日の話を参考にしていただきまして、また必要があれば直接ご相談いただければ有難いと思います。私もこの7月から環境対策室という名前に変わりますが、低公害車の普及促進について今後一層進めていきたいと考えておりますので、皆さん方のご協力をお願いします。どうも、ありがとうございました。

——どうもありがとうございました。それでは若干時間を取りまして、質問をお受けしたいと思います。

Q：先ほど検査制度についてご説明いただいたのですが、新型届出制度、改造自動車制度、それぞれどれくらいの生産量まで対象基準になるのか。どれくらいのオーダーを越えると、型式指定制度で対応しなければいけないのか。そのへんについてお教え下さい。

A：ただ今のご質問ですが、型式指定、新型届出、改造自動車などいろいろな制度がございます。それぞれに枠があるのかというご質問ですが、枠はございません。例えば型式指定を使うか新型届出を使うかは、申請者の随意ということになっています。時々、電気自動車には改造自動車の台数制限があるのだという話を聞くわけですが、私どもの気持ちといたしましては、ある程度台数が増えれば、できれば上の制度に上がっていただきたい。これは常々お願いを申し上げています。というのは実際に検査場に持って来ていただく場合にそれなりの設備もないし、また実際に現場は非常に繁忙ですので、できるだけ型式指定なり、新型届出といった制度をご利用いた

いた方がたくさん台数が出る場合にはよろしいのではないかと。改造自動車の場合に、例えば自動車メーカーなどであれば運輸局によっては何台ぐらいになったら新型届出を使っていたきたいというお願いをしているところではありますが、それは絶対的な条件ということではありません。あくまで改造でやりたいということであれば、それを拒むものではありません。

Q：電気自動車の区分につきまして、現在は大きさのみで区分されるとお伺いしました。将来的にはどうでしょうか。それと原付自転車の区分についてはもう少し容量をアップするという計画はありますか。

A：自動車の区分を電気自動車の大きさ以外に出力によって区分するかというお話ですが、今のところそういった必要性はないというように私どもは認識しています。もし皆さん方からそういう声が出てきた場合には検討することになると思いますが。例えば、ディーゼル車などの場合、必ずしも、出力と言いますか、原動機の排気量などでガソリン車と同じ区分をしているわけではありません。そこで電気自動車の場合も今のところ必要がないのではないかと。つぎに原付自転車の件ですが、これにつきましては現在のところ見直しの予定はありません。しかし、一部にそういう声が上がっているということも承知していますので、そういった問題を私どもなりに聞かせていただいて、それがもし可能であって、そして妥当であれば取り組んでいきたいというふうに思っています。

Q：法規、規準というのは年をふるごとに、どんどん精緻になり、洗練されていくわけ

です。それについてその運用にはコストが
どんどん掛かってくるのではないかと。現在の
自動車に関連する諸法規というのは、お
そらく1920年以降、自動車の発達に伴って
どんどん発展してきた。現在、わが国には
50兆円近いマーケットとすでに5600万台近
い普及台数がある、そういう前提の上に
諸法規がなりたっており、そのコストは非
常に大きいと思うのです。一方、電気自動
車の場合、車をつぶしてみないとデータが
得られないといった問題があれば、その経
済的負担にたえられないでしょう。結局そ
れがネックになって発展が期待できないと
いう場合もあり得るのではないかと思います。
そういった意味では現在の内燃機関を
ベースとしていろいろ要求されている基準
や法規といったものが、まだ未熟な電気自
動車に適用された場合に、あまりにもコス
トが掛かりすぎる、あるいは時間が掛かり
すぎる、マンパワーが掛かりすぎず、そう
いうように考えられる方がいるかどうかで
す。現状から言うと、一般的印象としては、
大学院の試験問題を幼稚園に要求するよう
な部分があるのではないかという意見が、
私自身はこのへんについてよく知らないの
ですが、聞かれるわけです。そのへんにつ
いてご意見を伺いたいと思います。

A：先ほど説明の中で申し上げたつもりで
すが、自動車の場合は一つの道路という同じ

場面の中で、全ての車が走っているわけ
です。それが小学一年生であろうと、老人で
であろうと、大学生であろうと同じ自動車な
のです。ですから電気自動車に対して特別
な扱いをしてほしい、いままで長い歴史を
必ずしも持っていないと皆さんおっしゃる
わけですが、実際には電気自動車は昭和26
年の時点ですでに走っていました。そして
たまたま一時ガソリン自動車とかディーゼ
ルエンジン車との競争に負けて、一旦は敗
退した時期もあるわけですが、今の時点で
広く認められていくためには、当然現在の
道路の中で使われるということを前提にし
た開発をしていかなくてはなりません。こ
のことは私ども強く確信しています。先ほ
ど車をつぶす必要があるという話がありま
したが、自動車を衝突させ壊してみる必要
があるかという、今のところ電気自動車
についてはその必要はないのではないかと
思います。例えば、シートベルトとか、そ
ういった装置としての基準はありますが、
それはそういった部分の強度を確認する
ということで、必ずしも実車試験によらない
方法もいろいろあります。そのへんは甘え
というのですか、電気自動車だから社会の
要請にこたえるよいものだから基準は緩く
ていいのではないかと、そういう考え
方で進まない方がいいのではないかと私ど
もは考えています。

別添資料

自動車安全規制と電気自動車

1. 低公害車の条件と電気自動車の意義

(1) 低公害車の必要3条件

・低公害性- NO_x 、黒煙

・省エネルギー・石油代替エネルギー性-
良燃費、メタノール/天然ガス

・低温室効果ガス性- CO_2 、 CH_4 、 N_2O

- ・利便性－自動車の用途に見合った性能

(2)電気自動車の意義

- ・低騒音性も具備した低公害車としての有力車種の一つ
- ・二輪車、三輪車等も有力な低公害車
- ・ハイブリッド自動車も広義の電気自動車の一つ

(3)電気自動車の関係法規上の位置付け

- ・自動車の一種として整理
- ・原動機付自転車についても、原動機出力等について特別の区分を設定

2.自動車関係法規の体系

(1)自動車の構造・装置

- ・安全性の確保－道路運送車両法
- ・公害の防止－大気汚染防止法と道路運送車両法
- ・交通方法等から見た自動車の構造・装置－道路交通法

(2)道路運送車両法の体系

- ・登録－ナンバープレート
- ・道路運送車両の保安基準
- ・整備－点検、整備、整備士、整備事業
- ・検査－型式指定、新規検査、継続検査（車検）

(3)自動車の安全公害基準の体系

- ・道路運送車両の保安基準－「保安基準」（運輸省令）
- ・道路運送車両の保安基準に係る技術基準－「技術基準」（局長通達）
- ・新型自動車の審査基準－「審査基準」（課長・交通研部長通達）
- ・新型自動車の試験方法－「TRIAS（トライアス）」（部長・交通研所長通達）
- ・自動車検査業務等実施要領－「検査基準」

（局長通達）

- ・その他諸通達－運輸省指導基準
－業界自主基準

3.自動車の審査・検査制度

(1)型式指定制度

- ・型式審査－交通研によるサンプル車の現車審査
- ・完成検査－メーカー等による現車検査
- ・新規検査－陸運支局による完成検査証の書面審査

(2)新型届出制度

- ・型式審査－交通研によるサンプル車の現車審査
- ・新規検査－陸運支局による新型届出資料を用いた現車検査

(3)改造自動車制度

- ・改造審査－運輸局による改造申請資料の事前審査
- ・新規検査－陸運支局による改造申請資料を用いた現車検査

(4)その他の制度

- ・運輸大臣による試作自動車・試験自動車制度
- ・輸入車特別取扱制度
- ・携帯輸入車（並行輸入車）の検査

4.自動車の安全基準の体系

(1)事故回避対策

- ・視認特性
 - －視界
 - －窓ガラス＊
 - －デフロスタ等
 - －照明灯火
- －被視認性
- －信号灯火
- －防眩
- －照明灯火等

- ・情報伝達
 - －信号灯火
 - －警報機能
- ・運転特性
 - －操縦安定性、タイヤ、ブレーキ
- ・その他
 - －ブレーキ、操作装置、運転環境

(2)被害軽減対策（＊：技術基準制定項目）

- ・乗員保護
 - －乗員拘束装置－シートベルト＊
 - －シートベルト取付装置＊等
 - －室内衝撃保護－衝撃吸収ハンドル＊
 - －インストルメントパネル＊
 - －シートバック後面＊
 - －ヘッドレスト＊
 - －サンバイザー＊
 - －車室内後写鏡＊
 - －座席取付強度＊
- ・車体
 - －ドア開放防止＊
 - －安全ガラス＊等
- ・歩行者保護
 - －後写鏡衝撃緩和＊
 - －回転部分突出禁止等
- ・（検討中）
 - －正面衝突の乗員保護
 - －側面衝突時の乗員保護

(3)火災防止対策

- ・衝突時の燃料漏れ防止＊

(4)その他

- ・車両諸元
- ・速度計

- ・消火器
- ・施錠装置

5.電気自動車の普及のための運輸省の方策

(1)制度面の方策

- ・運輸大臣認定の試験自動車・試作自動車制度の運用
- ・その他

(2)安全基準の整備

- ・充電時における防爆対策の基準の整備
- ・大電流による感電防止対策の基準の整備
- ・バッテリー上がり時対策の基準の整備
- ・電気自動車基本性能要件の制定－実用走行距離、加速度、登坂性能、最高速度
- ・危険物該当電池、二次公害該当電池の基準の検討
- ・低騒音対策の検討

(3)その他の普及促進策

- ・ディーゼル・電気ハイブリッドバスの導入実証（平成３年度）
- ・その他

（注）低公害車については、平成３年７月１日以降、自動車交通局技術安全部保安・環境課環境対策室が総合的な企画業務を担当することとなる。

（みやざき たくろう （当時）運輸省地域交通局自動車公害対策室長、（現）同省自動車交通局環境対策室長）

平成3年版通商白書の概要

奈須野 太

はじめに

「平成3年版通商白書」が5月31日に発表された。通商白書は、通商産業省が、毎年、我が国の通商とそれに関連する世界経済・貿易の問題を調査分析して公表しているものである。

今回の白書では、局面の変化を迎えた世界経済情勢及び我が国通商関係について分析するとともに、地域主義的動きへ警鐘を鳴らし、多角的自由貿易体制を通じての世界経済の発展のために主要国が協力する必要性について提言すると共に、内需主導型の成長を通じての輸入の拡大や先進国の貯蓄増強、経済協力の充実等による途上国への資金還流の必要性について述べている。

本白書全体は4章で構成されており、その概要は以下の通りである。

まず、第1章「新たな局面を迎えた世界経済・貿易」では、世界経済・貿易について1980年代全体を振り返り、90年の動向を概観している。また、湾岸危機が世界経済に与えた影響、世界の経常収支・資金フローの変化について分析し、経済協力充実の必要性について述べている。

第2章「国際秩序強化への世界の取り組み」では、GATTウルグアイ・ラウンドにおけ

る取り組みとその背後にある世界経済上の大きな潮流を見ている。また、国際秩序強化が要請される課題について紹介するとともに、地域的経済統合と国際貿易体制について考えている。

第3章「我が国貿易構造の変化と経常収支黒字の縮小」では、我が国経済の動向を踏まえ、緩やかな伸びを続けた輸出と順調に拡大した輸入の特徴を分析するとともに、90年の経常収支黒字の減少とその要因を概観した。また国民生活と貿易の関係について、主に輸入の観点から考えるとともに、我が国企業の国際的事業展開について概観している。

第4章「経済基盤強化に向けた各地域経済の動き」では、欧州経済・アメリカ経済の動向について概観するとともに、なかでもその動向が懸念されるソ連・東欧経済について見ている。また、総じて着実な成長を続けるアジア太平洋地域経済について分析している。

以下では、本白書の中から、特に重要と思われる項目についてトピックス的に紹介することとする。

1. 湾岸危機と世界経済への影響

イラク及びクウェイトは、世界有数の産油国であり、各国の禁輸措置の発動は、国際石油市場から世界の原油輸出の約12%、石油製

品輸出の約7%が失われることを意味するものであった。また、石油の安定的供給に対する不安感もあって、原油価格の急騰をもたらした。石油製品価格については、一部油種において、原油価格以上の上昇を見せた。

このような事態に対応して湾岸諸国を中心とした増産が行われたこと等の結果、需給は緩和の方向に向かい、原油価格は1月初めには10ドル台後半の水準となった。湾岸戦争の開始後も、イラクによるクウェイト以外の油田破壊がないことが明かになったことから、一部石油製品価格に上昇が見られたものの、原油価格はむしろ下落する等、石油市場に対する大きな影響はなかった。

湾岸危機は、イラクに対する包括的な経済制裁が行われたこと、多国籍軍とイラクとの間で戦闘が行われたこと等から、世界経済に直接・間接に多様な影響を与えている。経済制裁の影響を振り返ってみると、以下の3つの点を挙げることができる。

それは第一に、イラク及びクウェイトに対する輸出金額の減少である。90年8月の湾岸危機発生から、2月の戦闘停止までの期間に限ってみても、世界各国は全体で83億ドルの輸出減少の影響を被っていることになる。なお、金額では、先進国が全体の7割、発展途上国が3割ということになる。

第二に、石油輸入代金支払の増加である。輸入禁止措置による影響を量的な側面から見ると、各国は概ね代替輸入を確保しており、資源の量的な制約による経済活動の縮小といった直接的な影響は幸い小さなものとどまったといえる。しかしながら価格面では、石油価格の上昇が広く非産油国に影響を与えることとなった。湾岸危機に伴う世界の非産油

国の石油輸入代金支払増加額を、世界各国の石油輸入価格上昇率が我が国の価格上昇率と同じであったとして試算すると(図-1)、90年8月から91年1月までの半年間に約650億ドルの対外支払増加となっている。

そして第三に、貿易外収入の途絶がある。各国は、貿易面での影響以外にも、労働者送金の減少、観光収入の減少等貿易外収入の減少による影響も被っている。なかでも、対外収入に占める労働者送金の割合の高い南アジア諸国や地理的に近接している中東周辺諸国が、大きな影響を受けたと考えられる。

以上に述べた世界各国・地域への影響のうち、輸出収入減少と石油輸入支払代金の増加は、世界経済が受けた影響であると同時に、世界各国が国連決議に賛成し、自らの意志で実施した、覚悟のうえでの負担である。世界平和回復のための価値ある負担であった。

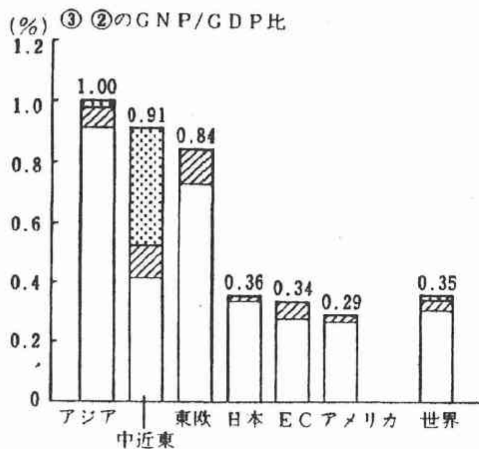
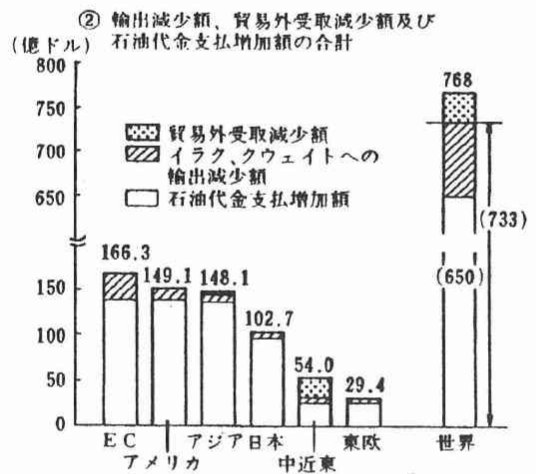
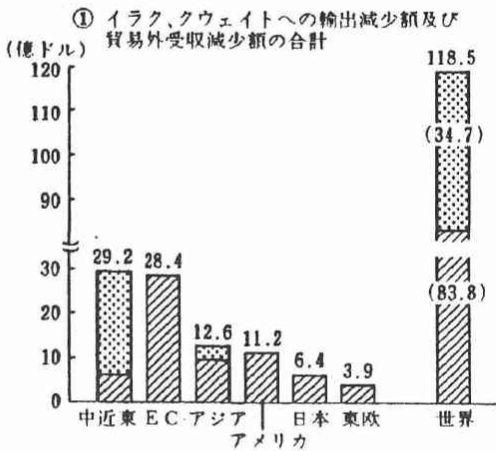
また、これらの負担は金額的に見れば先進国の方が多いが、対名目GNP比で比較してみると、アジア、中近東(湾岸周辺国)及び東欧が相当大きい。

次に、第1次石油危機、第2次石油危機と今回の湾岸危機とを比較すると、世界全体でみたマクロ経済への影響は幸い第1次、第2次石油危機時と比べ小さいものとどまった。その要因としては、まず石油輸入支払代金増加額が、過去2度の危機時と比べ小さいものであったことが背景として重要である。先進国を例にとり、石油輸入支払代金増加額を今回の湾岸危機と第1次、第2次石油危機時とで比較してみると、石油価格の上昇幅が過去2度の石油危機に比べ小さなものに止まったこと等から、金額ペースでも第1次危機時の810億ドル、第2次危機時の1,900

億ドルに比べ、今回650億ドルと相対的に小さい。また、各国のGDPに占める支払増加額の割合を見てみると、過去二度の危機に比べ金額でみた以上に低い影響にとどまった(図-2)。

過去の危機時と比べ影響を受けにくいものとした要因の第一は、世界経済の景気局面が異なっていたことである。すなわち、今回は、

景気が世界全体としても減速局面に転じており、また、物価が比較的落ちついている中で、起きているということが重要である。第二は、過去に二度の危機を経験したことによる学習効果があったことである。第三は、石油備蓄が過去の危機時に比べ高水準であり、供給の量的側面からの制約のおそれが小さくなっていることである。



- (備考) 1. 石油輸入代金支払増加額は、各国・地域の前年の輸入額に我が国の石油入着価格の上昇率を掛けて算出。先進国及び共產圏は純輸入増加額。
2. イラク、クウェイトへの輸出額は輸入国側のデータを用いた。
3. 湾岸危機に伴う貿易外受取減少は、最も大きな影響を受けた途上国9カ国(エジプト、ヨルダン、モロッコ、スーダン、インド、パキスタン、バングラディッシュ、スリランカ、フィリピン)及びトルコ分についてのみ計上(世界銀行試算による)。

(資料) IMF「DOT」、OECD「MEI」、
「Energy Balances」OPEC「Annual Statistical Bulletin」、大蔵省「貿易統計」等

図-1 対イラク経済制裁の各国・地域経済への影響(試算)(期間:90年8月~91年1月の半年間)

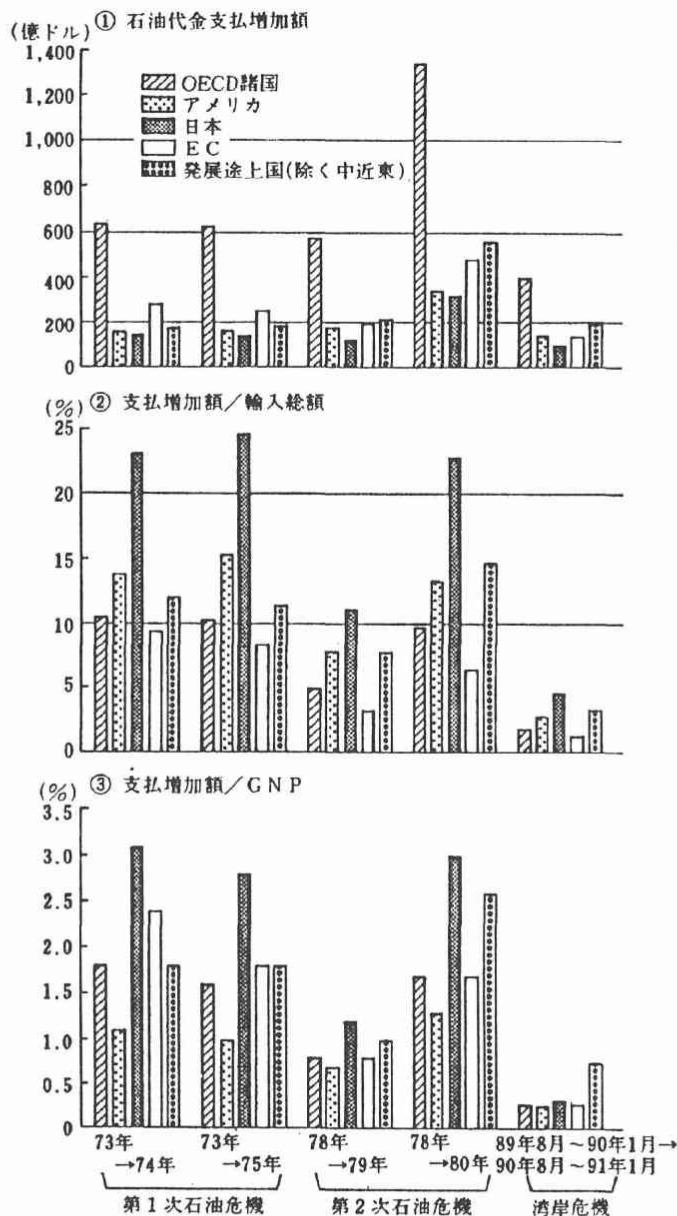


図-2 石油代金支払増加額の比較

- (備考) 1. 発展途上国には、中近東は含まない。
 2. 湾岸紛争の支払増加額は、各国・地域の89年の石油輸入総額の半分に我が国の同期間の石油入着価格の上昇率(59%)を掛けた。

(資料) IMF「DOT」、OECD「MIE」、
 「Energy Balances」、OPEC「Annual Statistical Bulletin」、大蔵省「貿易統計」等

2. 経済統合・地域協力と国際貿易体制

現在、欧州においては92年末のEC市場統合に向けた動きが本格化し、また、米州においても米墨自由貿易協定締結のための交渉が開始されたこと等、地域内における特定国との経済的つながりを強めようとする動きが世界経済において本格化している。

このような経済統合に伴って発生する可能性のあるプラス効果、マイナス効果を整理すると以下ようになる。

まず、域外国にプラスの効果を及ぼすものは、①統合による域内貿易創造効果や域内経済の規模・範囲の経済の実現等により、域内国の経済成長率が高まり、二次的に域外国からの輸入が拡大する効果、②域内の規制、障壁等の標準化、簡素化により、域外国の域内との取引コストを低下、交流を促進させる効果が考えられる。逆に、域外国にマイナスの効果を与えるものでは、関税等の障壁が域内のみにおいて撤廃されることにより、域外国からの輸入が域内国からの輸入に比べ価格面で相対的に不利になることから、域外からの輸入が域内の輸入に転換される貿易転換効果が特に重要である。

各経済統合ともにGATTウルグアイ・ラウンド交渉が行われていることもあって、現在のところ総じて域内貿易比率の顕著な高まり等の、強いブロック化傾向は見られない。

ECを例にとり、経済統合が参加国の域内・域外貿易の動向にどのような効果を与えているのかについて検討しよう。ECの行う域内輸入及び域外輸入の伸び率（実質）を比較すると、域内からの輸入の伸び率が域外からの輸入の伸び率を上回っているものの、幸

いECにおいては、域内、域外とも輸入が伸びる形で経済統合が進んでおり、現在までのところ、貿易転換効果というマイナスの効果が顕在化している状況にはないものと理解される。また、ECの実質経済成長率と域内・域外輸入実質伸び率の推移を見てみると、成長率が高い場合には、域内輸入・域外輸入ともに伸びるが、成長率が低くなるに従い、域内輸入伸び率が域外輸入伸び率より高くなる傾向にある（図-3）。

ここで、経済統合が持つ各種の効果及び過去の教訓を踏まえて、経済統合が世界経済・貿易の拡大発展に貢献するものとなるために満たすべき条件について検討してみる。

第2次世界大戦後の世界貿易は自由・無差別・多国間主義の3原則からなる多角的自由貿易体制（GATT）によって支えられ発展してきたものである。そのことから、第一の条件として、経済統合がGATTの定める各種の規定を満たすことが求められる。また、その際同時に、経済統合を承認したGATT 24条の規定を明確化し、運用を厳格なものにすること等により、経済統合のあり方をGATTの場での審査に服させることが必要となろう。

ここで改めて現行GATT上のルールを離れて経済統合の満たすべき基本的条件を考えてみると、まず第一の条件として、域内国の利益のみではなくて世界経済全体及び域外国の利益に対する十分な配慮が払われることが必要である。第二に、域内の障壁を低減すると同時に域外との障壁も低減し、統合過程の透明性を確保していくことが重要である。

以上が経済統合が満たすべき基本的条件と考えられるが、以上のような条件を満たした

としても、経済統合は、基本的には、GATTの重要な原則のうち自由を当事国間のみの自由に矮小化し、無差別・多国間という原則を侵食することで、GATTルールを形骸化させる危険性を内包するものであることには変わりがない。このため、すべてのGATT加盟国、特に統合非参加国は、経済統合が域外国に対して排他的にならないよう、また域

外国が不利な取扱いを受けることのないよう注意深く監視していく役割を担う必要がある。特に今日、かつてのような関税引き上げ等目に見えるブロック化よりも、非関税障壁の高まり等目に見えにくいブロック化の懸念の方が大きくなっていると考えられることから、より注意深い監視を行っていく必要が生じていると考えられる。

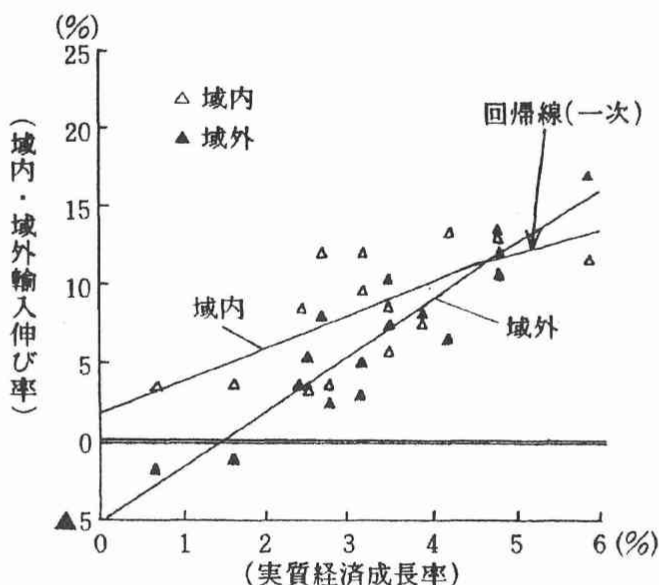


図-3 ECの域内・域外輸入伸び率(実質)と実質経済成長率の関係(1970~1989年)

- (備考) 1. 第1次、第2次石油危機時(74, 75, 80, 81年)は、除いた。
2. 輸入額は、OECD諸国の輸入デフレーターを用いて実質化した。
(資料) OECD「A統計」、IMF「IFS」等

3. 消費者の立場から見た我が国の輸入

近年の我が国の消費者ニーズの多様化・高度化の中で、輸入品はその高度な要求水準に答えながら、着実に消費生活に浸透してきている。

製品輸入促進協会(MIPRO)が90年7月に行った調査によると、家庭における輸入品の使用状況において、ほとんど全ての品目

で使用率が上昇しており、逆に全く輸入品を使用していない家庭は、90年ではわずか0.3%と、ほとんどすべての家庭が輸入品を使用するようになっている。

このような輸入品の消費生活への浸透は、近年の消費財の輸入額の増加からも顕著にわかる。消費財輸入額は、81年から85年まではほぼ横ばいで推移しているのに対し、86年以降急激に増加基調に転じ、90年には85年の3

倍近くにまで達している。また、輸入品の消費生活への浸透は、我々が実際に使用する品物の輸入依存度の増加にも顕著に現れている。85～89年の家電製品における輸入依存度と輸入台数の推移を見ると(図-4)、いずれ

の品目においても輸入台数、輸入依存度とも近年大幅な伸びを示しており、輸入品はより豊かな消費生活を支えるものとして、欠くべからざる存在となってきた。

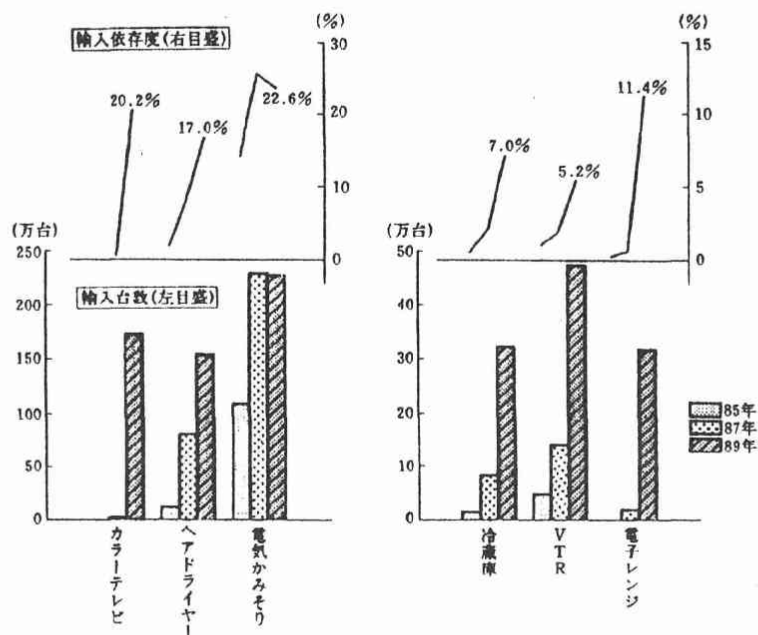


図-4 家電製品の輸入台数及び輸入依存度の推移

(備考) 輸入依存度 = $\frac{\text{輸入台数}}{\text{国内生産台数} - \text{輸出台数} + \text{輸入台数}} \times 100$ とした。

(資料) 大蔵省「貿易統計」、通産省「機械統計年報」

しかし、真に豊かな消費生活を実現させるためには、いまだ多くの課題が残されている。以下、主な課題を見てみる。

まず第1に、内外価格差の問題である。同一製品において外国よりも我が国市場での価格の方が高く設定されている場合がしばしば見受けられるが、これには、①地価高騰等により日本の方が外国に比べて販売コストが高くなっていること、②日本と外国で製品の仕様を変えていること、③輸入総代理店がブラ

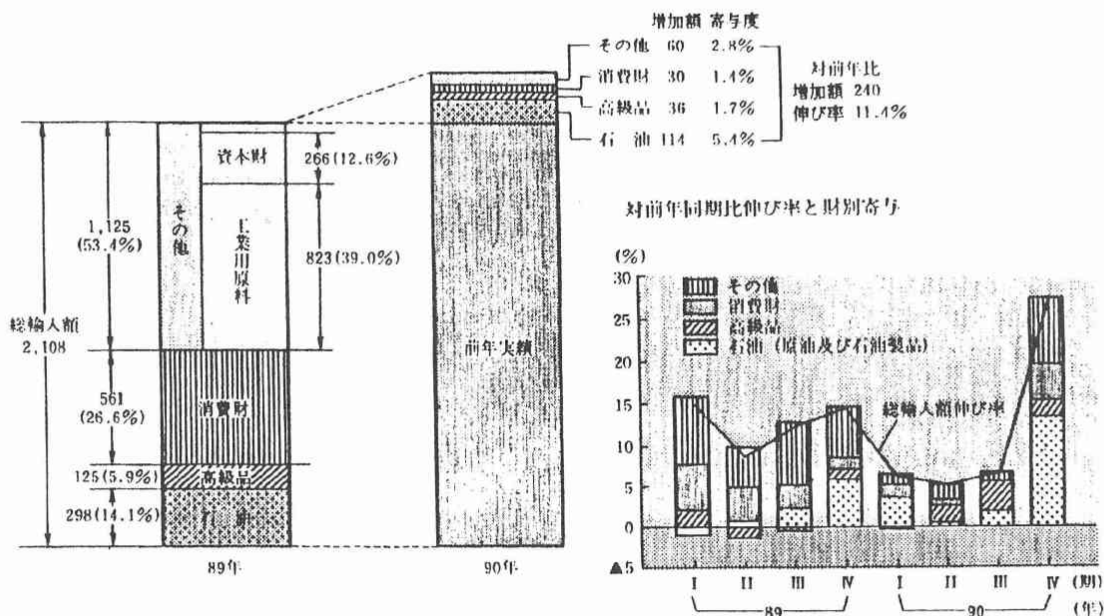
ンド・イメージを守るため、高価格を維持していること等様々な要因が挙げられるが、内外価格差は基本的に解消されることが望ましいと言える。理論的には、内外価格差の著しい品目については、輸入の拡大によって国内市場で競争原理が働くため、内外価格差が是正される方向に働くはずである。しかし、最近の著しい輸入拡大にもかかわらず、依然として内外価格差の問題は解消されていない。政府も内外価格差問題を重視し、「政府・与党

内外価格差対策推進本部」を設置し取り組んでいるところであるが、今後、企業・消費者も含めて積極的な対応が望まれるところである。

第2に、輸入品のよりいっそうの品質向上と消費者ニーズへの対応の必要性である。MIPROの90年7月の調査によると、今までに輸入品を買って不満を感じたことがある消費者は年々増加しており、90年には実に4割の消費者が不満を感じたことがあるという結果が出ている。この要因として、①輸入品が我々の生活により密着してきたため、輸入品に接する機会が飛躍的に増えたこと、②消費者の意識として、国産品を見る目と同じ厳しい目で輸入品を見るようになってきていること等

が挙げられる。今後、輸入品においても国産品同様、厳しい我が国消費者の要求にいかに対応していくかが大きな課題と言えよう。

最後に、より豊かな消費生活の実現に向けて、特に我々の生活に密着した分野でのいっそうの輸入拡大が望まれる。85年のプラザ合意以降の円高を契機として、我が国の輸入は急速に増加してきたが、一部には、その増加は昨今の投機ブームを反映した書画・骨董品、金・ダイヤモンド等の貴金属、高級乗用車等通常の実生活からほど遠い品目の輸入によるものもある。我が国の輸入を石油（原油及び粗油＋石油製品）、高級品、消費財、その他の4つに分類してその推移を見ると（図－5）、



図－5 総輸入額における高級品及び石油の占める割合

- (備考) 1. 高級品として、高級腕時計、ヨット、美術品、金、銀・白金、貴石・半貴石、ダイヤモンド、大型乗用車（排気量2,500cc超）、ミンクの9品目を選んだ。
 2. 図中の消費財には高級腕時計、ヨット、美術品、ミンク、大型乗用車を、工業用原料には銀・白金、ダイヤモンド、貴石・半貴石、石油を除いてある。
 3. 図中の数値は断りが無い限り、全て輸入額（億ドル）。

但し、左図の（ ）内の数値は、89年の総輸入額に対する各品目の割合を示す。

(資料) 大蔵省「貿易統計」

書画・骨董品、貴金属等のいわゆる高級品は89年で全体の約6%程度となっている。また、我が国の輸入で大きなウェイトを占める石油も86年以降、原油価格の下落により、輸入全体に占める割合は低下し、14%となっている。近年我が国の輸入の拡大は、高級品や石油関係といった部分の増加によるものではなく、資本財や消費財等、我が国産業に不可欠なものや我が国国民の生活に密着したものの増加によるものを基本としている。しかしながら、対前年同期比伸び率における財別の寄与度を見ると、90年に入って高級品や石油等の増加寄与が大きくなっており、90年だけに限って見れば、石油と高級品が輸入の伸びに寄与した割合も高い。我が国の一人あたりの消費財の輸入額は年々飛躍的に増大し続けているものの、その額は90年で約540ドル(日本円で約7万8000円)である。また、90年の一人あたり消費支出約105万円(総務庁「家計調査報告(90年)」)に対しても約7%であり、現在の国民生活から見れば、まだまだ輸入拡大の余地は残されている。我々の生活に密着した輸入品を中心にして、今後ともいっそうの輸入拡大努力を続け、真に豊かでゆとりのある消費生活を実現していくことが期待されている。

4. 90年の日米貿易の動向と日米貿易構造

日米間の貿易不均衡は、着実に不均衡縮小に向けての動きが進んでいる。我が国の通関統計で見ると、90年の対米輸出はドルベースで前年同期比3.1%減、対米輸入は同8.5%増となった結果、90年の対米収支黒字は380億ドルとなり、89年に比べ70億ドルの黒字縮小となった。

輸出減少の要因としては、①設備投資、個

人消費の停滞を中心としたアメリカの景気減速傾向の強まり、②日本企業のアメリカでの現地生産へのシフト等が考えられる。今後も、アメリカの景気の停滞や製造業の現地生産に伴う輸出代替効果の進行等を背景に、対米輸出が伸び悩むことが考えられる。

一方、輸入拡大の要因としては、①日本の内需主導の高成長により、資本財、消費財を中心として輸入需要が拡大したこと、②在米日系企業による逆輸入品の増加や政府の輸入促進努力も一定の成果をあげたと見られること等が指摘できるであろう。

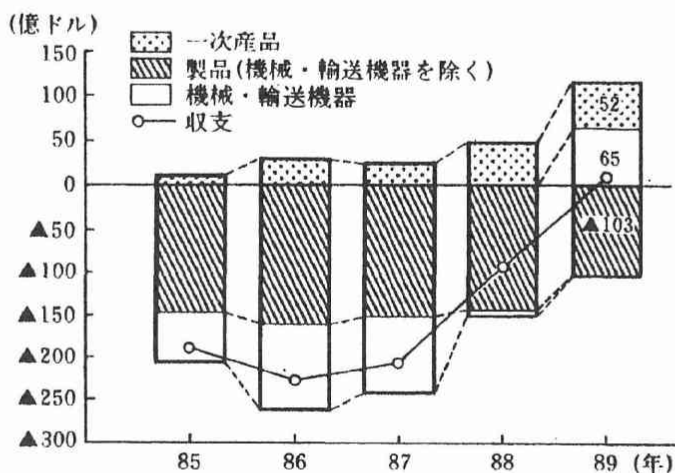
このように日米間の貿易不均衡は改善傾向にあるが、これまで収支不均衡の存在がアメリカの保護主義的な動きを助長し、良好な日米関係を阻害してきたことを考えれば、このような傾向が定着することは望ましいと考えられる。しかし、実際の世界経済の中では、二国間の収支が均衡することは希なことであり、二国間の貿易収支は、両国の貿易構造に大きく依存するものである。そこで、日米間の貿易収支不均衡の実態をつかむため、日米間の貿易構造を米・EC間貿易構造と比較した後、我が国の対米輸出構造について見てみることにする。

まず、アメリカの対EC貿易収支は、86年をピークに縮小傾向をたどり、89年には黒字に転じ、90年には61億ドルとその黒字幅を拡大させている。このように、アメリカの対ECの貿易収支が黒字に転じているのに対し、対日貿易収支は、縮小しているものの依然として赤字となっている要因として、米・ECと日米の貿易の品目構成に差があることが大きい。商品別に収支の推移を見てみると(図-6)、アメリカの対EC貿易は、機械、輸送機

器の収支赤字幅がもともと小さく、水平分業的な貿易関係にあったため、80年代後半のEC側の需要拡大要因により、所得弾性値の高い機械等の対EC輸出が伸び、その結果収支不均衡が改善したものと思われる。一方、対日貿易においては、80年代前半より機械、輸送機器の赤字幅が大きく広がったまま推移し

ている。この分野は日本の輸出競争力が高い分野であり、アメリカの対日赤字が減少していく原因となっている。このように、米・EC間の貿易が水平分業的な構造となっているのに対し、日米間の貿易は垂直分業的な構造となっており、この貿易構造の違いが、両者の収支の変動の違いとなって表れていると思

①対EC貿易収支



②対日貿易収支

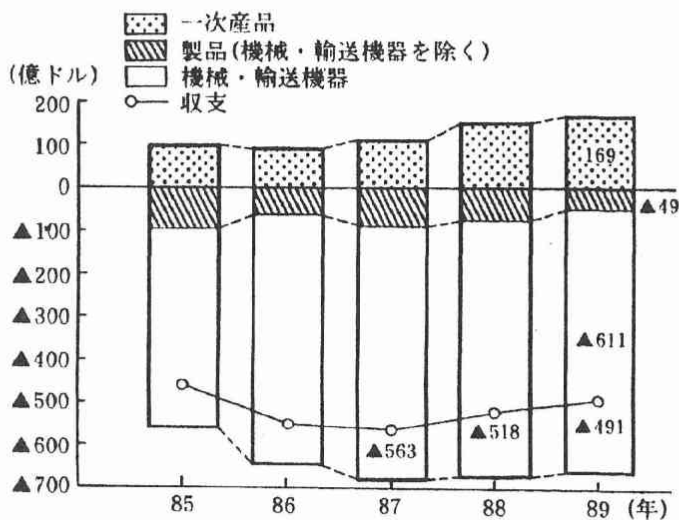


図-6 アメリカの財別対EC・対日貿易収支の動向

(資料) アメリカ商務省「U. S. Foreign Trade Highlights」

われる。

次に、我が国の対米輸出構造について見てみると、対米消費財輸出は、85年以降の円高・ドル安による価格調整効果が浸透したこともあり、87年以降その額を減少もしくは低い伸びにとどめたのに対し、資本財及び部品は、円高下においても為替による価格変化に左右されず、90年まで一貫して増加基調をたどっていた(図-7)。このことより、85年以降に我が国の対米輸出が増大した要因としては、資本財及び部品の輸出増大の寄与が大きかったことがわかる。また、通商産業省が各産業ごとに、我が国の対米輸出品を需要目的別に

分類し、それぞれの対米総輸出額に占める比率について行ったアンケート調査によると、化学、金属製品、家電機器、コンピュータ等の産業において、米国製造業が自社製品の一部として使用する部品等の輸出が対米輸出額の2～3割を占めている。このように、我が国の対米輸出品目の中には、資本財を中心として、アメリカ企業の生産工程に強く組み込まれている部品やアメリカ企業が生産活動をしていく上で欠かせない機械設備等が多く含まれており、これらの輸出品はアメリカ産業を支え、産業競争力の維持・強化に寄与している面もあると考えられる。

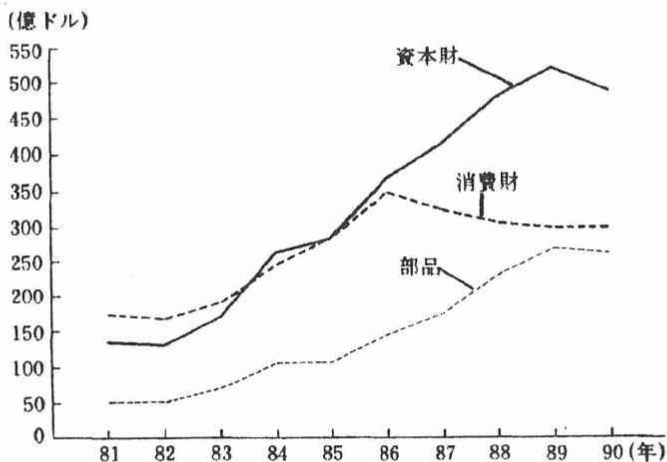


図-7 我が国の対米資本財、消費財、部品輸出の推移

(資料) 大蔵省「貿易統計」

5. EC経済と東西ドイツ統一の影響

EC経済は、80年代後半、堅調な個人消費、設備投資に支えられ内需主導型の着実な成長を続けてきたが、90年に入り、経済成長率はやや鈍化している。EC委員会の見通し(90年12月)では、GDP成長率は、89年の3.3%に対し、90年は2.9%とされている。旧西ドイツでは内需主導型の成長を遂げ、実質経済成

長率は前年比4.6%増と76年以来の高い伸びを記録した。フランスでは90年に増勢はやや鈍化している。イギリスでは景気後退の様相がはっきりしてきている。イタリアでは経済成長の減速が顕在化しつつある。失業率は、85年以降の経済成長のなかで低下してきているが、イギリス、イタリアでは90年に入り再び悪化しつつある。物価水準は、石油価格の上昇等の影響から90年後半やや上昇したが、

イギリスを除き、ほぼ安定している。

湾岸危機のEC経済に与えた影響は、比較的小さいものとどまっと考えられる。しかし、企業心理、消費者心理の悪化や軍事費等各国の財政負担の増加、商用の旅客、観光客の減少による航空会社の経営圧迫、観光収入の減少等様々な影響も生じた。

1990年10月3日、東西両ドイツは第二次世界大戦後、41年にわたる国家、民族の分断の歴史に終止符を打ち、統一ドイツが誕生した。ドイツ統一は、米ソ間の協調の進展、東欧諸国の民主化等による東西間の緊張緩和という新たな流れのなかで達成された。統一ドイツの経済規模は、人口で7,800万人とEC12か国の約四分の一を占め、GNPは約1兆3,500億

ドルとEC第2位のフランスを大きく上回る事となった。

旧東ドイツ経済が復興し、統一ドイツが発展していくためには、先に述べたようにインフラの整備等、旧東ドイツ地域への公共投資が必要である。この他にも、統一に伴うコストは、失業者の増大に対する社会保障費の支出の増加等があり、ドイツの財政を圧迫している。連邦政府と州政府、地方公共団体を合わせたドイツ公共部門の財政赤字は政府見通しで91年には1,400億マルクに達するとされており、これはGNPの5%に相当する。ドイツ政府は「増税なき統一」を公約として掲げていたが、91年3月、91・92年の2年間で460億マルクの増税を行うことを決定した。旧

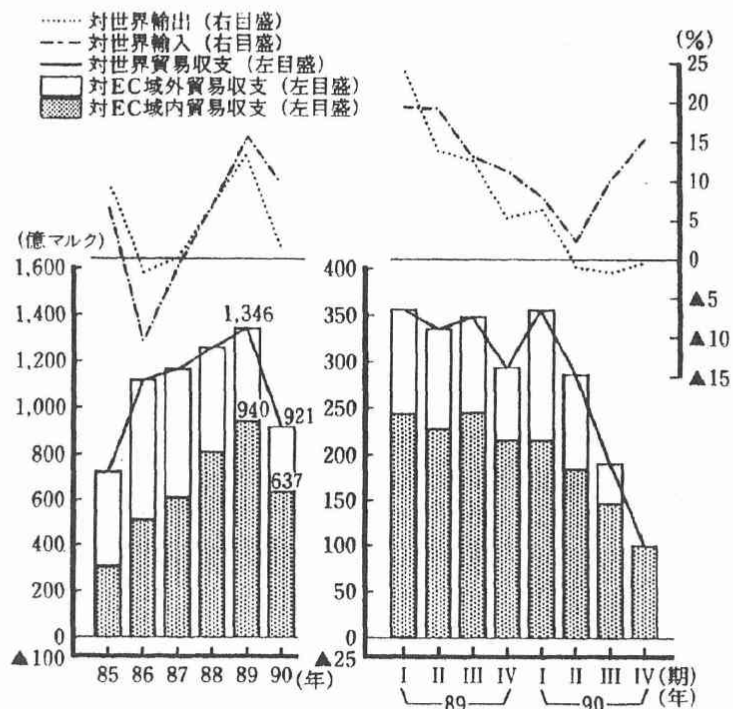


図-8 旧西ドイツの輸出入と貿易収支の推移

(備考) 対世界輸出入のデータは前年(同期)比増減率。

(資料) プンデスバンク月報

西ドイツ経済は堅調な成長を持続しているものの多額の財政赤字、金利の高止まり、マルクの為替動向等様々な課題を抱えている。また、旧東ドイツ経済の破綻は深刻なものとなっており、統一ドイツが直面している課題は重いものと考えられる。

旧東ドイツ地域を中心とするドイツの需要増大は、設備稼働率が高水準にある旧西ドイツだけの供給では賅いきれず、ECを中心とする各国の対ドイツ輸出を増加させている。一方、輸出は輸出余力の低下から90年第2四半期以後、前年同期比で減少を続けている。その結果、80年代後半を通して着実に増加していた旧西ドイツの貿易黒字は期を追って減少し、90年は930億マルクと89年の1,350億マルクから大幅に減少した(図-8)。これに伴い旧西ドイツのEC域内の貿易黒字も89年の950億マルクから90年には640億マルクへと大幅に減少している。EC各国にとっては経済成長が鈍化するなかでドイツ向け輸出が増加したことは貿易の面に限って言えば、ひとつの明るい材料となっている。EC域外諸国も

ドイツ向け輸出の増加により、統一のメリットを享受している。

一方、統一に伴うコストの増大によるドイツ国内の資金需要の増加は、インフレ抑制策とあまって、ドイツの金利を高水準にしている。現在、EC各国の通貨当局の政策運営はEMSのなかでドイツ連邦銀行の金利政策に大きくかかわっており、EC各国は、景気減速に歯止めをかけるための金融緩和政策を採りにくい状況に置かれている。

ドイツ国内での資金需要の高まりにより、世界の資金フローにも影響が生じている。統一後、旧西ドイツからの長期資本輸出は減少し、長期資本輸入が増加傾向を強めている。従来、旧西ドイツは世界経済のなかで資金供給国として世界の資金フローの一翼を担ってきたが、ドイツ国内の資金需要は当分の間、続くと考えられることから、今後、ドイツの資金供給国としての役割は限られたものにならざるをえないと考えられる。(なすの ふとし 通商産業省通商政策局通商調査室通商産業事務官)

研究所のうごき

(平成3年4月1日～6月30日)

◇ 理事会開催

第33回理事会

日 時：6月17日(月) 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2年度事業報告書および収支決算書(案)について

第2号議案 専務理事の退任および選任について

第3号議案 退任役員に対し慰労金の贈呈について

—— 理事の改選 ——
(退任理事)

専務理事 越川文雄

(新任理事)

専務理事 吉澤 均

◇ 月例研究会

第80回月例研究会

日 時：4月26日(金) 14:00～16:00

場 所：航空会館(6階) 中ホール

議 題：

1. 廃棄物発電技術の動向と今後の課題
(元 都立科学技術大学教授 山口保男氏)
2. 廃棄物処理・再資源化問題への取組について(通産省立地公害局公害防止指導室 室長 湯本 登氏)

第81回月例研究会

日 時：5月31日(金) 14:00～16:00

場 所：霞山会館(まつ・たけ)

議 題：

1. 発電技術をめぐる動向と課題
(資源エネルギー庁公益事業部発電課総括班長 福島 章氏)
2. 高増殖炉(FBR)に関する最近の技術開発動向——FBR新技術のフィージビリティ調査の概要——(主管研究員

藤井外志雄)

第82回月例研究会

日 時：6月28日(金) 14:00～16:00

場 所：航空会館(6階) 中ホール

議 題：

1. 発電用プラントのエネルギー収支分析とCO₂排出量(財電力中央研究所経済研究所経済部エネルギー研究室 主査研究員 内山洋司氏)
2. LNGシフトによる二酸化炭素排出抑制について(主管研究員 重田 潤)

◇ 主なできごと

- 4月2日(火) 第2回ハイレベル懇談会の開催
10日(木) 第3回火力発電ボイラー用パルスプラズマ脱硫・脱硝技術調査委員会開催
17日(木) 第1回非在来型天然ガス・深層天然ガス調査分科会開催
22日(月) 第4回火力発電ボイラー用パルスプラズマ脱硫・脱硝技術調査委員会開催
23日(火) 第1回非在来型天然ガス・コールベッドメタン調査分科会開催
24日(水) 第9回MTBE導入に関する調査・試験分科会開催
25日(木) 第1回非在来型天然ガス・一般調査分科会開催
第1回プルトニウム等利用方策開発調査委員会開催
5月14日(火) 「電力と技術」懇談会・第1回スタディグループ開催
15日(水) 第10回MTBE導入に関する調査・試験分科会開催
16日(木) 第1回非在来型天然ガス・メタンハイドレート調査分科会開催
18日(土) 第1回非在来型天然ガス・深層天然ガス作業会開催
22日(水) 第7回非在来型天然ガス調査委員会・打ち合わせ開催
火力発電ボイラー用パルスプラズマ脱硫・脱硝技術調査委員会・報告書原稿検討委員会開催
28日(火) 第5回火力発電ボイラー用パル

- スプラズマ脱硫・脱硝技術調査委員会開催
- 5月29日(水) 「電力と技術」懇談会・第2回スタディグループ開催
第2回プルトニウム等利用方策開発調査委員会開催
- 6月3日(月) 第6回BWRサブチャネル解析コード開発に関する打ち合わせの開催
- 5日(水) 第1回非在来型天然ガス・コールベッドメタン作業会開催
第4回構造材料の経年劣化特性に関する調査研究委員会開催
- 6日(木) 第1回非在来型天然ガス・メタンハイドレート作業会開催
第8回非在来型天然ガス調査委員会・打ち合わせ開催
- 18日(火) 第11回MTBE導入に関する調査・試験分科会開催
MTBE導入に関する調査委員会・打ち合わせ開催
第74回原子力プラント運転の信頼性に関する研究会開催
- 20日(木) MTBE導入に関する調査委員会・打ち合わせ開催
- 24日(月) MTBE導入に関する調査委員会・打ち合わせ開催
高レベル放射性廃棄物の管理に関する意見交換会開催
- 25日(火) 第3回MTBE導入に関する調査委員会開催
第2回非在来型天然ガス・深層天然ガス作業会開催
第3回プルトニウム等利用方策開発調査委員会開催
- 28日(金) 第1回EDB石炭技術分科会開催

◇ 人事異動

- 5月1日付
(採用)
楠野貞夫 副主席研究員に任命
プロジェクト試験研究部に配属
- 6月1日付
(採用)
鹿毛 量 副主席研究員に任命
プロジェクト試験研究部に配属
- 6月15日付
(採用)
吉澤 均 研究顧問を委嘱
(期間は平成3年6月30日迄)
- 6月30日付
(退任)
専務理事 越川文雄 (委嘱解除)
経理部長 中込利男 (出向解除)
プロジェクト試験研究部
主管研究員 藤井外志雄 (出向解除)
主任研究員 古沢貴和 (出向解除)
主任研究員 太田昭司 (出向解除)
主任研究員 白江孝俊 (出向解除)
主任研究員 安田健次 (出向解除)

◇ 海外出張

- (1) 谷口武俊主任研究員は、Senior Expert Symposium on "Electricity and Environment" 等への出席のため、5月11日から5月23日の間、フランス、スイスへ出張した。
- (2) 石丸利道副主席研究員は、IEAシンポジウムに関する国際会議に出席するため、5月26日から6月1日の間、フランス、イギリスへ出張した。
- (3) 蓮池宏主任研究員は、電気自動車用電池に関する調査、第6回日仏専門家会議出席及び、調査委託調査打ち合わせのため、5月28日から6月13日の間、フランス、ベルギー、イタリア、ドイツ、イギリスへ出張した。

季報エネルギー総合工学 第14巻第2号

平成3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