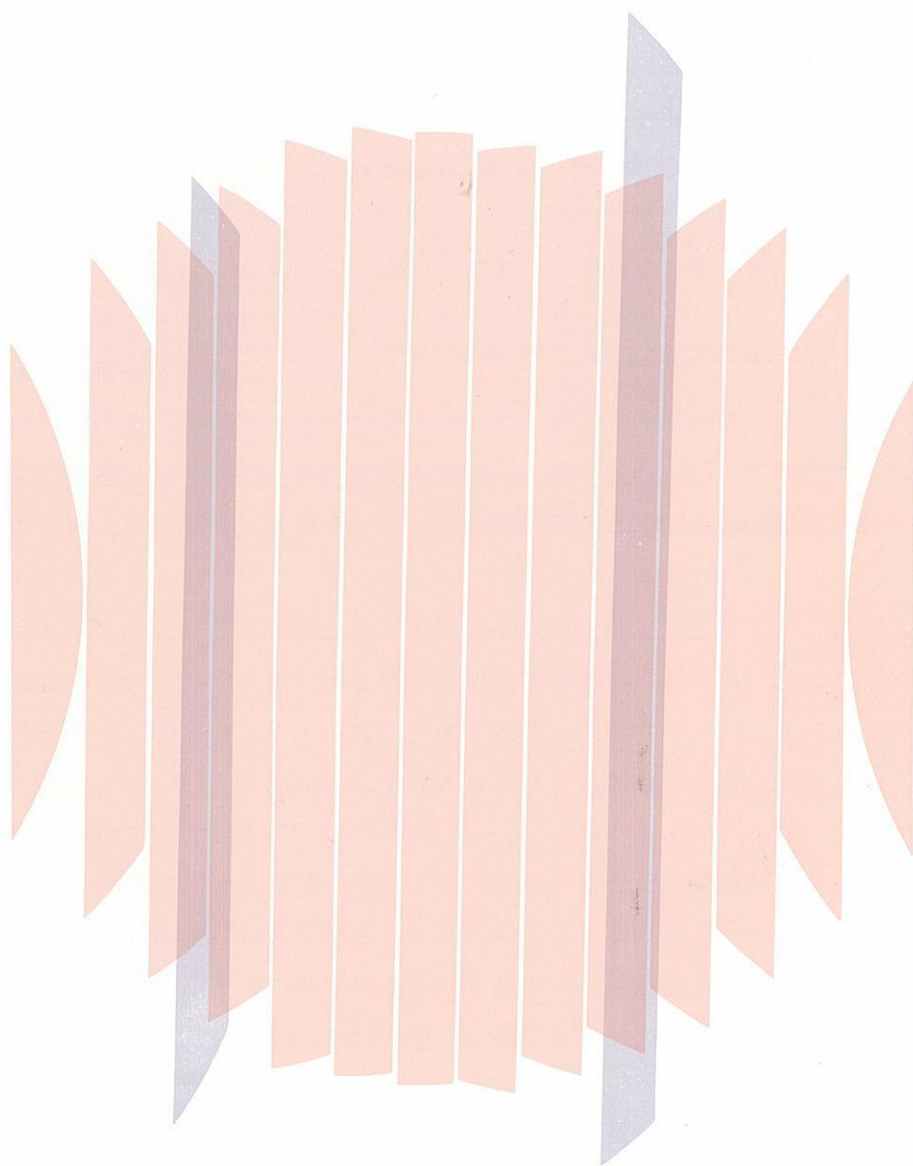


季報 エネルギー総合工学

Vol. 11 No.1 1988. 4.



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

目 次

人口爆発とエネルギー	日本原子力研究所理事長 伊 原 義 徳.....	1
原子炉廃止措置について		
——1987年廃止措置国際シンポジウムに参加して——	三 井 英 彦.....	2
パネル討論『確率論的安全評価（P S A）の活用について』		13
座談会『ソーラーカーについて考える』		
——豪大陸横断レース参加の経験を踏まえて——		39
研究所のうごき		65
第10巻通巻目次		67

人口爆発とエネルギー

日本原子力研究所

理事長 伊 原 義 徳

火の発見以来人類が活用してきたエネルギーは、人力、畜力、水力、風力、薪炭など、すべていわゆる「再生可能」エネルギーであり、石炭、石油などの非再生エネルギーを使用し出したのは、ここ数百年のことにすぎない。その間、石炭、石油は極めて密度の高いエネルギー源として、産業の飛躍的發展に寄与し、過去約300年の間に、世界の人口は5億人から50億人へと爆発的に増加した。

しかし、非再生化石エネルギーは、その名の示す通り有限の資源であり、それに何時まで依存できるかが懸念されていたとき、その代替として華々しく登場したのが核エネルギーであった。

熱中性子炉から高速炉へと核分裂エネルギー資源の効率的使用が目指され、さらに長期の目標として核融合炉の完成が期待されている。これらの技術進歩によって、人類は長期にわたって、少なくともエネルギー資源の心配からは解放されるであろう。

しかし、このような理想的と思える新エネルギーにも弱点がある。核分裂あるいは核融合の際に発生する放射線と残存放射能の環境への影響は、自然放射線の変動幅よりも少ないのであるが、これが石炭、石油よりもクリーンなエネルギーであるという事実が、一般人に感覚的に受け入れられるまでには大変な努力と時間が掛かる。未知への不安である。

そこで、関係者にとっては当然のことと思われる負荷追従運転なり、設計ミスの改修といった問題が、対応を誤ると世の中を引っくり返す大騒動になる。なかには、再生可能エネルギーのみで生きるべきだという極論まで出てくる。しかし、すでに50億人を超え、21世紀末には100億人に達すると予測される世界の人口を考えると、非再生エネルギーを主力とした各エネルギーのバランスの取れた組合せに依存するしか人類の将来はないことを、われわれはいずれ理解せざるを得ないことであろう。

(いはら よしのり)

原子炉廃止措置について

——1987年廃止措置国際シンポジウムに参加して——

三 井 英 彦

1. はじめに

わが国で運転中の原子力発電所は昭和62年12月現在で35基、27,880MWの設備容量を有し、昭和61年度には全発電電力量の約28%を原子力発電が占めるに至っている。このように近年わが国のエネルギー供給における原子力発電の担う役割はますますその重要性を増しつつあるが、一方原子力発電施設がその寿命を全うした後の管理及び処理処分（いわゆる廃止措置）を安全かつ円滑に実施できるよう長期的視点に立って調査研究を進めておくことは重要なことである。このような観点から当エネルギー総合工学研究所は昭和54年度以来通商産業省資源エネルギー庁の委託を受け、原子炉廃止措置に関する調査研究を実施している。

その活動の一環として、昨年10月、当研究所は(財)原子力工学試験センターと合同で海外調査団を編成し、原子炉廃止措置に関する海外調査を実施したが、その際“1987年廃止措置国際シンポジウム”にも参加した。そこで以下、原子炉廃止措置をめぐる国内外の主要な流れを踏まえながら、同シンポジウムを通じて得られた原子炉廃止措置の現状と動向

について述べた後具体的な課題の一端に触れることにしたい。

2. 海外調査の概要

今回の海外調査は、昭和62年10月3日～10月18日の16日間にわたり主として

- (1) 廃止措置に係る規制
- (2) 廃止措置容易化
- (3) 廃止措置廃棄物の再利用
- (4) 廃止措置技術・工法

の4項目に関する調査を行うことを目的として実施したものであり、その前半（10月4日～10月8日）において上記シンポジウムに出席した。

調査団は石樽東京大学教授を団長に、総勢21名で構成された。表2.1に参加者名簿を示す。

3. 廃止措置をめぐる国内外の主要な動き

わが国の場合、商業用原子力発電施設の廃止措置が現実の問題となるのはまだ先のことはあるが、その廃止措置にそなえて種々の

検討が行われている。

一方、海外ではわが国よりも古くから廃止措置に関する検討が行われており、その経験あるいは実績が積重ねられている。

本章では、まず海外の状況を概観し、その後わが国における主要な動きをまとめることにする。

3.1 海外における主要な動き

(1) 米国

米国では、1944年から1978年までに発行された廃止措置関連の文献726件をキーワードにより分類整理した政府刊行物(NUREG/CR-0131)が1978年に刊行されており、廃

止措置に関する歴史が古いことを示している。

1979年及び1980年にはそれぞれ大型PWR及びBWR(いずれも1,000MWe級)原子力発電施設の即時解体撤去及び安全貯蔵後解体撤去の2種類の廃止措置方式について、その計画、費用、被曝線量、廃棄物量等に関する評価を行った政府刊行物(NUREG/CR-0130及びNUREG/CR-0672)が刊行された。これらはその後廃止措置に関する教科書的資料として随所に引用されるようになった。

1982年10月には、DOE主催、IAEA及びOECD/NEA共催の¹⁾1982年廃止措置国

表2.1 調査団の構成

氏 名	所 属
石 樽 顕 吉	東京大学 工学部原子力工学科教授
芦 田 新 典	東京電力(株) 技術開発本部原子力研究所副主任待遇
青 木 紀 彦	関西電力(株) 原子力建設部次長
小野寺 俊 司	中部電力(株) 東京支社付
清 水 清	(株)日立製作所 日立工場副技師長
西 島 義 孝	日立プラント建設(株) 原子力工事部課長補佐
白 岩 孝 則	(株)東芝 原子力システム設計部主幹
石 倉 武	(株)東芝 原子力システム設計部主査
畠 山 隆 雄	三菱重工業(株) 核燃料サイクル技術部ウエストシステム技術課主任
水 越 清 治	富士電機(株) 原子力統括部設計部
佐々木 晴 夫	大成建設(株) 技術研究所仕上材料研究室主任
渡 辺 守 成	清水建設(株) 原子力本部技術部課長
宮 崎 康 信	鹿島建設(株) 建築本部機材部機械課
今 野 孝 昭	鹿島建設(株) 建築設計本部原子力設計部
久木野 慶 紀	(株)竹中工務店 技術研究所主任研究員
田 辺 博 三	(株)神戸製鋼所 技術開発本部技術情報企画部主任部員
川 崎 欽 司	(株)大林組 建築設計第5部設計課長
西 崎 忠	川崎重工業(株) 原子力本部開発部開発第2課係長
三 輪 敏 郎	(財)原子力工学試験センター 理事・開発部長
市 川 弘 行	(財)原子力工学試験センター 開発部長代理
三 井 英 彦	(財)エネルギー総合工学研究所 副主席研究員

際シンポジウム”がワシントン州シアトル市で開催され、各国の廃止措置に関する政策、規制、基準、除染・解体技術等幅広い分野における活動の紹介と討論が行われた。廃止措置に関する総合的な国際シンポジウムとしてはこれが最初である。そして昨年10月、その第2回目ともいうべき“1987年廃止措置国際シンポジウム”がペンシルバニア州ピッツバーグ市で開催され、われわれを含め、世界各国から多数の関係者が参加した。

以上の他に、たとえば廃止措置に係る規制（連邦エネルギー規則10CFR：廃止措置方式、廃止措置費用の確保策＝資金調達、被曝線量、廃棄物処分等に関する規則）の見直し、廃止措置を考慮した設計（いわゆる廃止措置容易化）等についても多くの動きがある。

(2) IAEA

IAEAは1973年以来廃止措置に関する各国の情報交換をはじめとして、技術援助等に関する諸活動を展開しており、報告書を刊行する等世界的な国際機関としての重要な役割を果たしつつ今日に至っている。

(3) EC

ECでは廃止措置に関する第1次（1979年～1983年）及び第2次（1984年～1988年）研究プログラムを実施しており、除染・解体技術、廃棄物処理技術等に多くの成果をあげつつある。

(4) OECD/NEA

OECD/NEAは1985年に“原子力施設デコミッショニング・プロジェクトに関する科学技術情報交換協力計画”を発足させ、現在わが国（JPDR）をはじめとして米国（Shippingport 発電所、West Valley 再処理施設）、英国（Windscale 発電所（WAGR））、

西独（Lingen 発電所、Niederaichbach 発電所）、フランス（Rapsodie 高速実験炉、G2 発電所、AT1 再処理施設）、イタリア（Gargliano 発電所）、カナダ（Gentilly-1 発電所）、スペイン、スウェーデン等がこれに参加、協力している。この国際協力により1985年11月には“原子炉施設解体に関するワークショップ”がわが国で開催された。最近では1987年5月に“WAGRワークショップ”が英国で開催されている。

(5) その他

西独、英国、フランス、カナダ等においても廃止措置に関する活動は活発であり、その成果及び経験は上述の国際シンポジウムあるいは国際協力による会議、ワークショップ等で報告・紹介されている。

3.2 わが国における主要な動き

わが国においても廃止措置に係る動きは多い。既に紹介した分⁽¹⁾を含め主要な動きをまとめると以下ようになる。

(1) 当研究所

当研究所は、既に述べたように、通商産業省資源エネルギー庁から委託を受け、昭和54年度から廃止措置に関する調査研究を実施している。

調査研究の成果は、後述の総合エネルギー調査会原子力部会報告書——商業用原子力発電施設の廃止措置のあり方について——（昭和60年7月15日）にすべて反映されている。

(2) (財)原子力工学試験センター

(財)原子力工学試験センターは通商産業省資源エネルギー庁の委託を受けて昭和57年度以来原子力発電施設の解体撤去に必要な技術の確証試験を実施している。

(3) 日本原子力研究所

日本原子力研究所は昭和56年度以来動力試験炉(JPDR)の解体について解体技術の開発を含む解体計画を推進しており、昭和61年度から本格的な解体作業に入っている。

先に述べた“原子炉施設解体に関するワークショップ”あるいは“1987年廃止措置国際シンポジウム”等においてその成果が発表されている。

(4) 総合エネルギー調査会原子力部会

総合エネルギー調査会原子力部会は原子炉廃止措置対策小委員会を設置し、昭和59年3月以降商業用原子力発電施設の廃止措置のあり方について、わが国の実情に合った合理的な工程、費用対策、廃棄物の処理処分及び技術開発等に関する検討を行い、その結果を報告書にまとめて昭和60年7月15日に発表した。

(5) 原子力安全委員会

原子力安全委員会のもとに昭和59年12月に設置された原子炉施設解体安全専門部会は、原子炉施設解体に係る安全確保の基本的な考え方について検討を行い、その結果を報告書にまとめて昭和60年11月28日に発表した。その内容は、具体的には、日本原子力研究所が昭和61年度からJPDRの解体に着手するので、それに先立ちJPDRを対象とした解体の安全確保に関する基本的な考え方をまとめたものである。

(6) 国際協力(OECD/NEA)

既に述べたように、JPDRの解体計画はOECD/NEAの国際協力の対象プロジェクトの一つに取上げられており、その一環として“原子炉施設解体に関するワークショップ”が開催される等、活発な動きが続いている。

(7) その他

上述の他にも廃止措置に関する動きはいくつかあるが、ここでは省略することにする。

3.3 わが国における廃止措置の主要な課題

廃止措置に係る上述の国内外の流れの中で、わが国において課題として指摘されている主要な事項を挙げると次の通りである。

総合エネルギー調査会原子力部会は前述の報告書の中で次のように述べている。即ち、

「廃止措置に伴って発生する廃棄物は、金属廃棄物及びコンクリート廃棄物が主体であり……廃止措置に伴って発生する廃棄物量は、例えば110万kWe級の原子力施設で約50～55万トンである。……放射能レベルが一般区分値未満の廃棄物は、通常の産業廃棄物と同様の扱いをすることができ、再利用に努めるものとする。……コンクリートは埋め立て用材、骨材、路盤材等としての活用が可能である。また、鉄、ステンレス等金属は、スクラップとしての再利用が可能である……」

また、技術開発課題として次の5項目を挙げている。

- ① 解体前除染技術
- ② 放射性機器・設備の解体技術
- ③ 堅牢な構造物・建屋の解体技術
- ④ 放射性金属廃棄物の再利用のための除染技術
- ⑤ 廃止措置を考慮した設計

つまり、原子力発電施設の廃止措置については、現時点においても、既存技術またはその改良により充分対応できるとしながらも、作業者の受ける線量の低減、作業の効率化をはかるために、廃止措置時に直接必要な解体技術のより一層の開発が必要であると指摘するとともに廃止措置によって発生した解体廃

棄物の再利用とそのための除染技術の開発が必要であるとし、さらに廃止措置以前における廃止措置を考慮した設計（いわゆる廃止措置容易化）についてもその対応策を検討する必要があるとしている。

4. 1987年廃止措置国際シンポジウム

本章では、前章で述べた国内外の廃止措置をめぐる主要な動き及びわが国における主要な課題を念頭におきながら“1987年廃止措置国際シンポジウム”を通してみた廃止措置の現状と動向について述べた後、具体的な課題の一つを取上げ、各国の対応について触れることにする。

4.1 シンポジウムの概要

本シンポジウムは、米国・シアトル市において開催された“1982年廃止措置国際シンポジウム”に引続いて5年ぶりに開催されたものである。その概要は次の通りである。

主 催：米国エネルギー省(DOE)
共 催：国際原子力機関(IAEA)、
経済協力開発機構／原子力機関(OECD/NEA)

場 所：米国・ピッツバーグ市

参 加 国：19ヶ国

参加人員：約600名

発表分野：セッションⅠ～セッションⅥ
b(表4.1.1参照)

発表論文数：64(内招待講演34)

(表4.1.1参照)

他にポスターセッション論文

39

4.2 シンポジウムの特徴並びにシンポジウムを通じてみられる廃止措置の現状と動向

シンポジウム全体を通しての特徴及び動向を要約すると以下の通りである。

- 1) 参加人員：約600名(事務局発表625名)は1982年のシアトルのケースに比べて約2倍である。廃止措置のフェーズが進み、経験、実績が積み重ねられるにつれて関心も高まってきた結果倍増したのであろう。
- 2) 発表分野：米国；すべてのセッションをカバーしている。

日本；J P D R 関係 6 件の
他、J R R－3 関係 1
件の発表があり、セ
ッションⅠ～Ⅱbを除く
全セッションをカバー
している。

フランス及び西独；米国、日
本に次ぐ。

発表分野の動向としては、廃止措置の実績が多くなるにつれて、今回のセッションⅡa(シッピングポート原子力発電所廃止措置プロジェクト)のように、特定の原子力発電所の廃止措置プロジェクトのためのセッションが今後のシンポジウムにおいても設定される可能性が大きいと思われる。

- 3) 発表件数：合 計 64 (34)
米 国 30 (17)
日 本 7 (2)
フランス 6 (4)
西 独 6 (2)
そ の 他 15 (9)

() 内は招待講演数

1982年のシアトルにおける発表件数は36

件であったが、今回は廃止措置のフェーズの進展に伴って増加したものと思われる。今後も増加するであろう。

4) 発表内容

① 廃止措置に係る規制

セッションII bでスウェーデンにおける廃止措置政策の発表があったが、概説に留まっている。むしろ廃止措置廃棄物の再利用及び廃止措置廃棄物の再利用との関連における無拘束限界値に関する具体的な発表が注目され、この分野が急速に進展していることが判明した。詳しくは4.3節でまとめて述べる。

② 廃止措置容易化

今回のシンポジウムでは表立った動きはなかったが、今後議論されるようになる分野であろう。米国NRCはTLGエンジニアリング会社から既に廃止措置容易化に関する委託調査報告書を受取っている。

③ 廃止措置廃棄物再利用

廃止措置廃棄物の再利用及び再利用に不可欠な規制・基準値(無拘束限界値等)に関する分野は急速に具体化しており、欧米諸国の中で特に西独の先行が目立っていた。

この分野に関しては、例えば次のような発表があった。

セッションII b：原子力施設の解体廃棄物の無拘束限界値(フランス)

セッションIII a：グンドレミンゲン・ユニットAの廃止措置(西独)

セッションIII b：廃止措置によって発生するコンポーネントの再利用及び再使用(英国)、廃止措置金属廃棄物の

処理(西独)、金属廃棄物の熔融処理の結果(西独)

これらの発表論文の内容をふまえた廃止措置廃棄物再利用と無拘束限界値の詳細については4.3節でまとめて述べる。

④ 技術・工法

技術・工法については特に目新しいものは見当らず、従来技術の適用による経験の蓄積が着実に行われている。

シンポジウムで発表された技術・工法を例示すると、次のようなものがある。

除染技術：化学除染(ロミ法を含む)、機械的方法(チゼルハンマー、グラインダー、ワイヤブラッシング等)、水圧ジェット法、研磨洗滌法、振動研磨法、超音波法、フロン洗滌法、電解研磨法、泡沫による方法、ストリッパブルコーティング法等

解体工法：電氣的工法(プラズマトーチ、アークソー等)、熱的溶断工法(ガス切断等)、機械的工法(ハンドソー、油圧式シアー、ディスクカッター、ダイヤモンドソー等)、爆破工法(制御爆破等)、高速水噴流破砕工法(ウォータージェット等)等。

日本原子力研究所のマイクロウェーブ除染に関する発表は、技術そのものは従来技術ではあるものの、経験・実績という点から関心を集めた技術ということができよう。

⑤ その他

廃止措置費用については、セッションII bで「廃止措置コスト：原子力対石炭」「廃止措置の電力コストへのインパクト」、セッションV aで「廃止措置

表4.1.1 1987年国際廃止措置シンポジウム発表論文一覧

セッション 国名	I 国際的廃止措置活動の概観	II, a SHIPPINGポート原子力発電所廃止措置プロジェクト(SSDP)	II, b 政策, 基準, 規制公衆関係	III, a 廃止措置プロジェクト経験 I	III, b 廃止措置廃棄物
OECD/NEA	◎OECD/NEA内の廃止措置に関する国際協力				
IAEA	◎廃止措置及び除染におけるIAEAの活動				
EC	◎廃止措置に関するECの研究プログラムの進展				
米 国	◎SHIPPINGポート原子力発電所廃止措置プログラム——概観と現状報告	◎SSDPで得た教訓の要約 ◎一次系コンポーネント及びパイプの撤去 ◎廃止措置プロジェクトのスケジュール ◎RPVの輸送と埋設の準備 ◎サイトの無制限解放のための基準の確立 ◎放射線, 汚染及びアスベスト管理技術	・廃止措置コスト: 原子力対石炭 ◎HPS/ANSI保健物理ガイド ◎公衆と作業して	・燃料製造施設の廃止措置経験 ・Int'l Nucleonics Co ^o 照射施設の廃止措置	・Los Alamos 超ウラン元素廃棄物の減溶施設
スウェーデン			・スウェーデンにおける廃止措置政策		
フランス			◎原子力施設の廃止措置廃棄物再利用の無拘束限界値 ・廃止措置の電力コストへのインパクト (フィンランドと共同)	◎再処理施設AT1の廃止措置経験	
イギリス				◎WAGR他の廃止措置研究プログラム	◎原子力施設の廃止措置によって発生するコンポーネントの再利用及び再使用 ・WAGR廃止措置廃棄物用大型コンテナの開発
日本				◎JPDR廃止措置プログラムの現状	・JPDR廃止措置廃棄物の管理
西 独				◎グンドレミンゲン・ユニットAの廃止措置	◎廃止措置金属廃棄物の処理 ・金属廃棄物の溶融処理の結果
カナダ					
イタリア					
中国					
合 計	4	6	6	6	6

注: ◎招待講演

IV. a 廃止措置プロジェクト 経験II	IV. b 除 染 技 術	V. a プロジェクト計画、 管理、及びコスト推 定	V. b 廃止措置の保健及び 安全	VI. a 廃止措置技術及び 工法	VI. b 大型コンポーネント/シ ステムの撤去、廃止措置 への適用可能な経験	計
						1
						1
						1
◎ウェストバレー再処理施設の化学処理セルの除染と廃止措置 ◎除染用泡沫剤の使用 ◎化学処理セルのコンクリートベダスタルベースの遠隔切断及び除去 ・燃料再処理パイロットプラントの除染及び廃止措置 ・使用済燃料プールのクリーンアップと安定化	◎除染技術—米国の動向 ・廃止措置に適用可能なTMI-2クリーンアップ技術	・汚染土掘削量の推定 ◎廃止措置コスト推定とコンテンツンシー ◎DOEハンフォード・サイトにおける廃止措置プロジェクト準備概観	・残留放射能によるリスク推定 ・放射線サーベイプロセスの自動化 ・居住地域にある建屋外ダクトの撤去における放射線防護手順	・遠隔操作技術に関するTMI-2の経験 ・原子力施設廃止措置及び除染のためのアブレーション・ウォータージェットによる厚いコンクリート切断とウォータージェット・クリーニング	◎サリー原子力発電所における蒸気発生装置の交換	30
						1
		◎G2 廃止措置管理		◎廃止措置プロジェクトのための工法及び遠隔装置の選定法	・軽水炉の部分解体と大型コンポーネント撤去の経験	6
				・WAGRの廃止措置システムのエンジニアリングデザイン		4
	・JPDRにおけるコンクリート表面除染用マイクロウェーブ除染装置	・JPDR廃止措置管理用コードシステムの開発と検証	・JPDR廃止措置に適用可能な放射線管理技術	・JPDRの炉内構造物及び压力容器解体の切断工法の開発	◎JRR-3再建プログラムにおける原子炉ブロックの一体撤去	7
	・原子力プラントの修理あるいは停止時のコンクリート構造物の汚染コーティングの除去プロセスの開発		・ライセンスに係る廃止措置の保健及び安全	・原子炉容器内での爆破によるコンクリート解体の試験結果		6
◎ジェントリー1の廃止措置		・原子力発電所廃止措置コスト推定用コンピュータプログラム	・ジェントリー1の第1期廃止措置期間中の汚染物中の低放射線エミッタの研究		◎大型燃料チャンネル交換プログラム	4
	・ガリリアーノBWR廃止措置関係の除染研究					1
	◎ウラン汚染装置及び部品の除染				◎HWR-1のオーバーホールと再建設：中国における原子炉廃止措置プロジェクト	2
6	6	6	6	6	6	64

コスト推定とコンテンジェンシー」等が発表されたが、この関係の発表は一時期に比べ沈静化した感がある。

- ・ 1982年廃止措置国際シンポジウムでは、廃止措置計画に関する発表が全件数36件中11件であったが、今回は廃止措置の経験に関する発表が多く(セッションII a, III a, III b, IV a, VI a, VI b等), 関心も高くなっている。
- ・ シッピングポート発電所の廃止措置を含め, 招待講演はWAGR(英国), JPDR, JRR-3(日本), グンドレミンゲン・ユニットA(西独), ジェントリー1(カナダ), G2(フランス), HWRR-1(中国)の廃止措置等プロジェクトの総合的な発表あるいは経験に関する発表が多い。
- ・ 今回のシンポジウムでは, シッピングポート原子力発電所の見学ツアーが

行われ, 多数の参加者があったことも特徴の一つといえることがきょう。

4.3 廃止措置廃棄物再利用と無拘束限界値

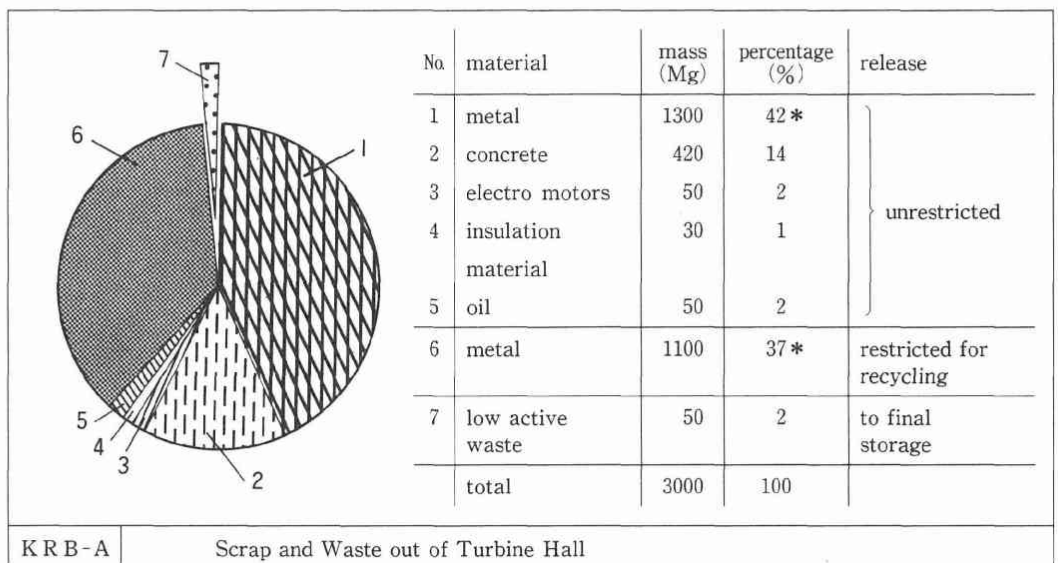
前節で本シンポジウムを通じて得られた廃止措置の現状と動向について述べたが, 本節では具体的な課題として“廃止措置廃棄物再利用と無拘束限界値”を取上げ, 各国がどのように対応しているかについて触れることにする。

廃止措置廃棄物再利用と無拘束限界値に関する具体的な動きは, 特に西独において著しく先行している感があるのでここでは西独の事例を中心に紹介する。

1) グンドレミンゲン・ユニットA原子力発電所(西独)の例

① 再利用

グンドレミンゲン・ユニットA原子力発電所はミュンヘン市の北西約80kmにあ



* 最近のレポートでは, 無制限使用と制限付使用の比率は, 約8:2に変更されているとのこと。

図4.3.1 タービン建屋内から発生した放射性廃棄物の区分

る出力250MWeのBWR型で、1966年から1977年にかけて運転されたが、1980年に廃止措置が決定され、1983年から現在までタービン建屋内機器・設備が解体撤去されている。この間発生した廃棄物の量は金属、コンクリート合わせて約3,000トンであり、その内訳は図4.3.1に示している。

金属についてみると、1300トンは無制限使用に供するものとしてスクラップ市場に放出されたが、1100トンは制限付で使用するものとして、例えば放射性廃棄物用コンテナ等の製造に再利用されている。

また、コンクリートについては、400トンが無制限使用として廃棄された。

② 無拘束限界値

グンドレミンゲン・ユニットA原子力発電所では、廃止措置によって発生した廃棄物の再利用に係る無拘束限界値として表4.3.1に示す値を使用している。表4.3.1の無制限使用の濃度の欄をみると、実際には規制値の $1/10$ の値が使用さ

れていることがわかる。

③ 再利用のための計測

表面汚染の測定には面積200cm²の α 、 β モニターを並列に使用している。1点の測定時間は5～10秒で、測定限界は0.22 Bq/cm²である。

放射能濃度は γ 線測定により算定している。(Co-60等)。

2) その他の国・機関における無拘束限界値
無拘束限界値については各国・各機関において目下検討中であり、最終的な値は存在していないが、一応の目安として次のような値が用いられているか、又は提案されている。

米国：Below Regulatory Concern レベル(BRC)は4mrem/年であるが、これが再利用の基準値ということではない。再利用のための統一された基準値は現在存在しておらず、NRCとしては統一的な値について1988年度から検討を開始するという段階である。

フランス：現在2 μ Ci/kg ($2 \times 10^{-3} \mu$ Ci/g)であるが、これを100Bq/g ($2.7 \times 10^{-3} \mu$ Ci/g)に修正しようとしている。但しこの

表4.3.1 グンドレミンゲン原子力発電所に適用された放射性廃棄物区分値

	Unrestricted Re-utilization or Disposal		Controlled Re-utilization		Derivation from Health Physics Regulations
	approved	used	approved	used	
Surface Contamination (Bq/cm ²)	0.37	0.22	0.37 on the packaging	0.22	§64 in connection with Annex IX
Mass-specific Activity (Bq/g)	3.7 according to the summation formula	0.37	74	1.0	§4 in connection with Annex IV and Annex III No 2
KRB-A	Limits for Re-utilization and Disposal				

基準値は少量の取扱いに対するもので、廃止措置のような大量の廃棄物に対しては不十分であるとしている。現在、IAEA、国際放射線防護委員会(ICRP)がExemption Levelとして提案している値(下行参照)に相当する放射能濃度及び表面密度を、シナリオにより検討している。

英国：不溶性放射性廃棄物に対して 0.4 Bq/g ($10^{-5} \mu\text{Ci/g}$)。

スウェデン：熱交パイプ1500トン $\times$ 500 Bq/kg ($1.5 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/g}$) (γ 線)で再利用した例がある。

IAEA： $10 \mu\text{Sv/年}$ ($=1\text{mrem/年}$)：個人 α の内部被曝に対して。
 $500 \mu\text{Sv/年}$ ($=50\text{mrem/年}$)：個人 α の皮膚被曝に対して。

ICRP：IAEAと同様。

欧州共同体(EC)： $10 \mu\text{Sv/年}$ で算定し、 β 、 γ に対して

1 Bq/g ($2.7 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/g}$) (1トン平均で)

0.4 Bq/cm^2 ($10^{-5} \mu\text{Ci/g}$) (300 cm^2 以上平均で)：非固定の場合

1 Bq/cm^2 ($2.7 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/g}$)：固定の場合

0.04 Bq/cm^2 ($10^{-6} \mu\text{Ci/g}$) (300 cm^2 以上平均で)： α 線に対して

以上のように、現在使用あるいは提案され

ている数値は各国異っているが、今後統一する方向で検討が行われようとしている。

5. むすび

原子炉廃止措置に関する国内外の主要な動き及びわが国における主要な課題を踏まえながら“1987年廃止措置国際シンポジウム”を通じて得られた原子炉廃止措置の現状と動向について述べた後具体的課題の一つとして廃止措置廃棄物の再利用と無拘束限界値を取上げ、各国の対応について触れた。廃止措置廃棄物の再利用と無拘束限界値の問題は急速に具体化しつつあり、今後も引続き海外の動向に注目していく必要がある。この問題はわが国においても目下検討されつつある重要な課題でもある。

今回の海外調査に当って資源エネルギー庁原子力発電課をはじめ、電力会社、原子力メーカー、建設会社、エンジニアリング会社他多数の関係機関のご支援をいただいた。ここに深く感謝の意を表する次第である。(みつひでひこ 副主席研究員)

参考文献

- (1) 三井：原子炉廃止措置の最近の動向，季報エネルギー総合工学 8 (4) 2 (1986)

確率論的安全評価(P S A)の活用について

—— パネル 討 論 ——

司 会：東京大学工学部 教授 都甲 泰正

パネリスト（五十音順）：

日本原子力研究所 原子炉安全工学部 副主任研究員

阿部 清治

通商産業省 資源エネルギー庁 原子力発電安全審査課 統括安全審査官

伊部 幸美

動力炉・核燃料開発事業団 動力炉研究開発本部 主任研究員

可児 吉男

東京大学工学部 原子力工学研究施設 教授

近藤 駿介

(株)東芝 原子炉設計部 主務

佐藤 崇

(財)原子力工学試験センター 原子力発電安全情報研究センター 主任研究員

新居 和男

東京電力(株) 原子力建設部原子力計画課 副長

村上 秀明

司会 それでは、只今から「P S Aの活用について」ということでパネル討論会をいたしたいと思います。まず最初にパネラーの先生方をご紹介いたします。

向かって右側が通産省の伊部さん、その次が原研の阿部さん、先ほどお話しいただきました動燃の可児さん、東芝の佐藤さん、原工試の新居さん、東京大学の近藤先生でございます。

さて、本日のパネルの進め方でございますが、私のほうから最初に簡単なレジメをさせていただきますまして、引き続きまして、各パネリストの方に10分ぐらいを目安に個人的な見解も含めましてP S A活用の現状とか、問題

点とか、今後の方向性についてプレゼンテーションをいただきたいと思います。それが終りましてから、テーマの一つひとつについて、パネリストの間で意見の交換をしていただきます。フロアの方からも、ぜひ、ご質問をいただきたいと思います。そんなことでこのパネルを進めていただきたいと思いますので、どうぞよろしくお願いいたします。

実用期に入ったP S A

司会 では、最初に私の方からごく簡単に皮切りをさせていただきます。ご承知のようにP S Aといますのは、もう10年以上前か

(注) このパネルは当研究所が主催した“第2回確率論的安全評価(P S A)に関する国内シンポジウム”(昭和62年12月14日～16日、於発明会館)において行われた。なお、掲載にあたっては速記をもとにして、講演者の方々に修正・加筆をしていただいた。なお、見出しは編集の際に付けたものである。

ら、たぶん本格的にPRAが始まりましたのは、ラスムッセン報告書と言われているもので、そのドラフト版が出ました2～3年前からやっているわけですので、多分もう十数年やっていることになろうかと思います。

1975年にラスムッセン報告書の最終版が出まして、それにつまましてずいぶんいろいろな議論があったのはご承知のことと思います。一番大きな議論がルイス・レポートでございます。NRC自身がこのラスムッセン・レポートを専門的な立場から評価しようという意味で、ルイス・レポートを出したわけでございます。

また、反対派の意見としては、UCSの専門家グループの分厚い報告書が出たのは、皆さんご承知の通りでございます。

確かにPSAの現状は非常に多くの問題点を抱えているということは私どもも十分承知しているわけですが、その問題点、あるいは弱点を正しく認識していれば、非常に有効に使うことができるというのが専門家グループの結論でございまして、事実その方向に向かって、最近ではいろんな広い分野にそれが活用されてきております。まさに、実用期に入っているということができないのではないかと思います。

皆さんご承知だと思いますが、この9月の始め、チューリッヒで米国原子力学会、欧州原子力学会共催で確率論的安全評価のトピカルミーティングがございましたが、その会議の印象もまさにPSAが実用期に入ったという印象でございまして、非常に広い分野の論文が出ていたと思います。

PSAが有効に使われております分野は、

例えば、安全規制でございます。あるいは、この会場で先ほども佐藤さんからお話がありました、安全設計、あるいはその設計改善、さらには運転とか、管理といったオペレーショナル・セイフティーへの応用、アクシデント・マネジメントとか、リスク・マネジメントの分野への応用、緊急事態対応、新型炉設計への応用、さらには経済的リスクを最適化しよう、あるいは先ほど近藤先生からお話がありましたように、安全目標の議論のバックデータとしてPSAを活用していこう、こういう例が非常にたくさんあるわけでございます。

ただ一つなかったのは、私が常日頃必要性を感じておりますQAへの応用です。原子力発電所の高度化の議論が盛んでございますが、その高度化を本当に正しい方向で議論するには、私はどうしてもQAという手法を一度は本格的に再検討してみる機会ではないかと思っているんですが、これは手法としてもいろいろ難しい点があるようでございまして、今度のチューリッヒの会議でもQAの手法にPSAを使ったという論文はなかったのは大変残念でございました。ついでにちょっと申しておきますが、2年ほど前から、国際機関を中心にして確率論的安全評価手法、PSA (Probabilistic Safety Assessment) という言葉が使われるようになったのですが、そのいきさつは、従来使っていたPRA (Probabilistic Risk Assessment) には、ご承知のようにレベル1、2、3とございまして、本当にリスク評価をやっているのはレベル3だけで、1とか、2というのはコンシクエンスをあまり評価していないから、リスクを評価していないわけです。それで確率論的安全評価のほうがいいだろうというのでPS

Aというふうと呼名を変えたいのですが、今度はチューリッヒの会議で、特にアメリカのC. Starrさんらが猛反対をしております。

要するに、セイフティーは評価できない、評価できるのはリスクだということで、アメリカは依然としてPRAという言葉を使った論文が多かったように思いますので、今後ともPSAとPRAが併用して使われるのではないかと感じている次第です。

さて、チューリッヒ会議の冒頭にラスムッセン教授が「Beyond WASH-1400」というテーマで講演いたしました。PRAの現状とか、今後の方向について大変よくまとまった報告をしておりました。

四つだけ、その要点を申し上げますと、まず一つは、PRAとPSAの結果に存在する大きな不確実性をやはり減少させなければいけないということを主張しております。そのためにデータベースの改良、人間の信頼度データの改善、および共通要因故障の理解、この三つの点を指摘しております。

2番目に、PSA、PRA手法の不適切な応用例として、たとえば、高レベル廃棄物の処分のPRAを挙げています。というのはきわめて長期間の貯蔵の分析結果のエラーバンドが非常に大きくなるのではないかとということでございます。ただこれについては先述のスター氏は反対で、不確実性が大きければそれなりにそれを前提に行動計画をたてるべきで、その観点で有益と反論していました。

第3にはエラーバンドを示さないポイントバリューだけ示したPSAは、不適切で誤解される。つまりどれだけ自信のある分析なのか分からないのはまずいというわけです。こ

の二つを不適切な応用例として指摘しておりました。

第4は、昔からある議論なんですが、いかに大きな事故はどんな事故か、要するに確率を無視して、コンシクエンスの大きさの最大値はどんな大きさかという議論です。

この議論でも、実はWASH-1400では、 10^{-9} というのを発生確率のしきい値として、それ以下は切り捨てる。リスク評価でも対象としない。こういう評価をしているわけですが、やはり、最大事故をいうときは、いま言った発生確率のほうのデ・ミニマス (de minimus)、またはネグリジブル・プロバビリティ (negligible probability) という概念を入れないと議論はできないということでございまして、原子力発電所では、このデ・ミニマス・プロバビリティとしては 10^{-7} とか、 10^{-9} ではないかということを彼は言っております。

この議論は、最近の新型安全炉、あるいは固有の安全炉という議論の時に、そこをどうするかということに直接関連してくるのではないかと、ちょっとご紹介した次第です。最後に、この手法は原子力以外の分野にも徐々に応用されていこうということをいっていましたが、これも大切なことだと思います。

ちょっと、皮切りが長くなりましたが、それでは早速パネラーの先生方にプレゼンテーションをお願いいたします。最初に通産省の伊部さんどうぞ。

安全規制への活用

伊部 それでは、安全規制を行う立場からP

SAをどう活用すべきか、ということにつきまして定性的な意見を述べさせていただきます。

ご承知の通り、現状の安全評価におきましては、範囲が非常に限られますけれども、例えば外的事象に対する考え方など、確率的方法を直接的に用いているいくつかの例がございます。

ここで確率的方法を多少拡大解釈をいたしまして、このような考え方によって評価しているものとしては現状ではどのようなものがあるかということを整理すると、以下に述べるようになると思います。

まず、最初に外的事象で航空機の墜落による影響については、現実的に 10^{-9} /炉年程度の確率、タービンミサイルが重要な施設へ衝突する確率は 10^{-8} /炉年程度ですので、現在安全評価上対策を考慮しておりません。

配管の破断による影響(外的事象ではなく、後で述べる機器の破損に入るかもしれない)につきましては、大口径配管の瞬時破断時の動的な影響、例えば、パイプホッピング、ジェット力、ジェット反力などに対して現状ではパイプホッププレストレイントまたは強度設計で対処しております。しかし、この事象は非常に起こりにくいものであることから、この動的影響に限ってLBB概念(破断前漏洩 Leak Before Break)を適用するように、現在その基準化の作業中であります。

地震などの自然事象による影響につきましては、最強地震として $10^{-2} \sim 10^{-3}$ /年、限界地震としては $10^{-3} \sim 10^{-6}$ /年程度の発生頻度のものを求めまして設計解析を行っております。

2番目としては極めて稀ではありますが、

それが起こると非常に重大な事態に至る可能性のある事象に対する評価であります。例えば、全交流電源喪失につきましては、外部電源2系統が30分以上喪失する確率と、非常用ディーゼル2台が起動失敗する確率から、ほぼ 10^{-8} /炉年クラスということになります。またATWS(Anticipated Transient Without Scram)につきましては、異常な過渡変化が発生する確率、スクラムを失敗する確率、それから大事故に至る確率を併せて考慮しますと、ATWSの後に非常に大きな事故に至る確率は 10^{-7} /炉年程度となります。

さらに、Heat sinkの完全喪失については上の二つとちょっと違って事象が複雑となりますが、いずれにしても、極めて発生確率が低いものとされておりまして。以上述べたような極めて発生確率の低い事象は、安全評価上考慮いたしません。

3番目は機器の破損、または故障についてであります。原子炉容器の破損は極めて発生確率が低いということで安全評価上考慮しておりません。

CRDの落下とか、S/Gの細管破断等につきましては、非常に発生確率は低いということではあります。安全評価上、1本を考慮するということになっております。ただし、S/Gの細管破断については、現在考えているよりもっと発生確率は大きいのではないかというような議論もなくはないようです。

4番目ですが、安全上非常に重要で高い信頼度を要求される系統につきましては、現状では機器の非信頼度を考慮した動的・静的な考え方、系統の安全機能を要求する時間とか

を考慮しまして、単一故障の思想に基づいて安全評価を行っております。

5番目は多重故障，多重のエラーですが，これにつきましても極めて起こりにくいということで，安全評価上考慮しておりません。

6番目は構造強度設計法であります。これは事象の起こりにくさと，その時の荷重の大きさ，許容状態との関連になりますけれども，例えば，運転状態Ⅱに入るようなしばしば起こる事象は 10^{-1} /年ぐらい，寿命期間中に1回は起こるかもしれない運転状態Ⅲになるような事象につきましては， $10^{-2} \sim 10^{-4}$ /年ぐらい，運転状態Ⅳの事故事象については $10^{-4} \sim 10^{-7}$ /年というようなことを考慮しております。これらの各事象に対して，例えば，オーステナイトステンレス鋼で作った原子炉容器につきましては一次一般膜応力としてSm（状態Ⅱ），1.2Sm（状態Ⅲ），2.4Sm（状態Ⅳ）というように許容限界を区別して設けております。

また，地震については，起こりにくさの程度とか，規模とか，荷重の大きさとかを考へまして，最強地震では弾性域，限界地震では塑性域を許すというような許容限界を適用しております。

また，組み合わせ荷重の設計上の考慮としましては，例えば，地震等の稀な事象と他の荷重との組合せは，地震の発生確率とその他事象の発生確率を考慮して，その必要性を 10^{-7} /年というようなところを目安にしております。

以上述べましたように，確率論的方法の初歩的な適用が現状の安全評価上，重要な役目を果たしているということが言えると考えられます。

しかしながら，この場合に注意すべきことはデータベースが非常に重要であるということで，常に見直す必要があります。また，以上の例の中には定量的に明確になっていないと考えられるものもありますので，そういうものにつきましては，もっとしかるべき良い方法で定量化を図る必要があるのではなかろうかという感じがします。

次に，安全規制へのP S Aの活用の範囲についてどのように考えていけばいいのか，ということについて申し上げたいと思います。

まず最初に一般的なことです。例えば，P S Aにはある種の基本的前提と仮定があること，不確実性があること，固有のデータベースが必要であること，専門家の工学的な判断が入ること，などの性質があるため，その結果が安全の絶対値を示すものではないというようなことを考慮いたしまして，その活用を考えて行かなければならないと思います。したがって，基本的には個別のプラントの安全問題ということではなくて，包括的，ゼネラルな安全問題を取り扱うことで安全規制の補助的な手段とする，ということではなかろうかと思います。

そこで，まずプラントの総合的な安全レベルの程度を把握して，現状の安全規制の正当性のいっそうの確認と，安全裕度がどの程度あるかということを確認することかと思ひます。

そうはいいましても，安全上，許容しがたいほどの脆弱性があるというような点があるとか，また非常に非現実的な点があるというようなことがわかりました場合は，現状の安全規制を改善して，それを規制の手続きに組み入れるということを検討する必要があるう

かと思います。またそれほどでもなくて、例えば、コストとの関係で非常に大幅な安全向上が有効に図れるというようなケースがある場合には、ユーザーが自主的に改善を検討するだろうということが期待されます。さらに、何に重点を置いて安全規制をやればよいかという情報の情報が得られると思います。

PSA活用目的の選定については、ただやみくもにやってもあまり効果がないと思われるので、まず、どういう必要性があるか、その程度はどうか、得られた結果の有効性はどうか、データベースとか具体的な手法が確立しているかどうか、またどういう時期にその目的を達成すべきか、というようなことをパラメーターにして優先順位を決定して作業を始める必要があるのではないかと考えます。

これにつきましては、IAEAでPSAの実施ガイドライン案を検討中で、その活用の目的などが整理されております。例えば、一般的にはプラントの安全性の評価、評価したものと現設計と基準との比較、安全設計の改善というようなカテゴリーに分けて、個別の目的を述べております。

PSAの活用方法につきましては、このIAEAのガイドライン（案）が総括しているようですので、各国はその国の実情に応じて優先順位を決め、実施していくことだろうと思います。

しからば、わが国におきましては、規制側として当面どういうことに重点を置いて進めるのがよいかということ为例示したいと思います。

まず現状の軽水炉の安全レベルの確認ですが、これにつきましては設計、建設、運転、

保守が比較的サイト毎に差がないということもありまして、タイプ毎の代表的プラントを選定して、これについて安全レベルを確認するということは規制側でも必要であろうと考えます。

2番目としましては、新しい設計、または新しい考え方のものにつきまして、例えば、A-BWRとか、FBRというような新型炉については安全レベルを現状の軽水炉との比較において把握する必要があります。これにつきましては、実際のプロジェクトが動いていますので、通産省としましても適当な時期にそういうことを確認すべきであるというように考えます。

もう一つは新しい考え方ですが、新立地方式、たとえば軟質地盤立地とか、柔構造にするとか、免震構造を採用するというようなプラントにつきましては、現在軽水炉の高度化の一環として開発段階にあるのですが、こういうものにつきましての妥当性を検討する上でPSAは非常に有効ではなからうかと考えます。

3番目としては、シビアアクシデントに対する理解を深めるという意味で、例えば、重要な事故シーケンスの把握だとか、共通要因故障、多重の人為ミス、機械の故障等についての把握、さらに現実的なソースタームはどういうものかは非常に難しいものではあるけれども、そういうものの把握と現状の立地評価との比較が重要であろうと思います。

4番目は格納容器の健全性の問題ですが、格納容器にどういう安全性を持たせるべきか、どういう設計基準がいいのか、というような基本的な議論が行われていることから、PSAはそういう検討には非常に有効だと思

います。

5 番目は運転マニュアルの整備ですが、設計基準を超えた事象に対する運転マニュアルにつきましても、通産省がその方針をつくりまして、電力会社で現在具体的に作業を実施しているところであります。

6 番目は一般的なことで、まず規制の活動、安全研究活動の優先度決定に有効であろうと思われまします。また、安全評価上現在使用している重要度分類について、定量的な評価をしておく必要があるのではないかと感じております。

さらに、現状の構造強度設計手法は相当余裕のあるものだということはわかっておりますけれども、しからば、定量的にどんな余裕を持っているのか、ということは比較的不明確な気がするから P S A の有効性が期待されます。

L B B につきましても、確率論的な見方での検討があまり十分になされていないというような気がいたしますので、決定論的な方法と同時に検討する必要があるのではなかろうかと感じております。

不確実な中での意志決定

司会 では、引き続きまして、原研の阿部さんどうぞ。

阿部 いま、伊部先生の最初の紹介の中で、P S A の現状、どこに問題点があり、何が弱点なのかというお話がありまして、ことに応用例といたしまして安全規制とか、設計、運転、経済リスクというものへも応用が図られるというようなお話があったわけですがけれども、私どもは原子力研究所でございますから、

安全規制とか、設計というものに直接の責任を負ってはいないわけです。

では、私どもがどういうことに対して責任を負っているかといいますと、安全規制をするお役所とか、設計とか運転に責任を持っているメーカーとか電力会社に、私どもの研究成果をできるだけいろいろ紹介していったら、そこで応用してもらうということです。

そういう立場に立ったときに何が問題かといいますと、不確実さが非常に大きいことをよく理解しなければならないことです。適切な応用のためには、不確実性を無視したような応用をしてはいけないということです。

私は原研でどういうことをやっているかということを離れまして、不確実さがある中でどういうふう意思決定を図っていくかという問題に関しまして、私自身の個人的な考え方を述べさせていただきます。

ややこしいことを言うようですが、実は、確率論的なアプローチで不確実さのある中で意思決定を行うというのは極めてありふれた問題と思っております。

たとえば、日常の身近な例をとりますと、今日、私はここに来ますのに水戸駅から常磐線に乗ってやってきたわけです。一番先に意思決定しなければならないのは、何時の電車に乗るかということです。この時に、何らかのトラブルが起きるかもしれないという不確実さを考慮して、十分な安全裕度をもって乗るには何時の電車に乗らなければならないかという意思決定をやっているわけです。

同じように、今度は水戸駅に行きまして、自由席特急券を買うべきか、指定席特急券を買うべきかという意思決定の問題があるわけです。実際に何人乗っているかというのが正

確にはわからないわけですが、この時期の月曜日のこの時間ならたぶん大丈夫なのではないかということで、自由席特急券を買ってきました、何百円かもうけたわけです。

同じようなことは毎回毎回やっているのをして、どこのレストランに入って飯を食おうか、このレストランは美味しいだろうか、メニューを見てもこれが美味しそうかどうか、というなかたちで、不確実さのある問題で一生懸命意思決定をやっているわけです。これは原子力発電所でもまったく同じでして、私は日本の原子力発電所の安全規制も、確率論的な方法でなされていると思っています。こういうふうに言いますと、実際には決定論でやっているのではないと言われるんですが、決定論的な安全評価手法を確かに使っておりますけれども、立地とか、設計とか、建設とか、運転の各段階において十分高い目標値を設定し、その目的が全部達成されるような原子炉であるならば、それは十分な安全性が担保されているに違いない、相当な確度を持ってそう言えるだろう、という確率的な考え方が後ろにあるから安全評価ができるのであると思っています。

こういうふうに、確率論的なアプローチを用いて、不確実さのある状態である種の意味決定をしなければならないという問題は、極めて一般的な問題だということをまず認識して欲しいと思います。

そういう中で、では、どうやったらその確率論的安全評価をもっとうまく使えるかということですが、これは、不確実さが小さくなればなるほど、よりよい決定ができると思います。

先ほどの例でいいますと、まず何時の電車

に乗るかということですが、これについては常磐線の電車で上野まで来るのに何時間かかるか、常磐線というのはいままでの経験からいうと何回に1回くらい遅れるか、この場所がどこにあって、ここまで来るのにどのくらいの時間がかかるのか、というような情報や不確実さのレベルを、私はよく知っているわけです。

常磐線で水戸から東京まで出てくることに關しては、私はエキスパートだというふうに自認しているわけをして、エキスパートのジャッジメントというのはそう簡単に狂うものではないと思っていますのです。さっき言いましたような、どっちの切符を買うかという問題でも、レストランを選ぶときでも、みんなある種の情報に基づいてどれくらいの不確実さがあるかということを考えてやっているわけです。

同じような意味で、原子力発電所の安全の問題につきましても、できるだけ正確な情報がたくさんあって、しかもその不確実さが小さければ、より経済的な、あるいはより合理的な決定ができと思っています。ただ、原子力発電所の安全といったときに、大きな問題がいくつかございまして、言うほど簡単ではないと思っています。

その一つの問題は、まず安全とは一体何だということが本当に全部の人で一致しているのかどうかということです。これは難しい問題でして、たとえば、先ほどの切符を買うのにしましても、私は座りさえすればいいというかたちで意思決定問題を考えているわけです。

ところが、例えば、非常に長い時間飛行機に乗るといような場合には、座れさえすれ

ばいいということではなくて、あそこの席に座るには何時間前に行ったらいいかというように考えるわけです。

同じように、安全性の問題でも決定論的な安全評価をやって、それがクリアされればそれで十分なのかどうか。あるいは、炉心溶融というレベル1の確率だけ計算して、それで十分なのかどうか。そういった問題が常にあるだろうと思います。

これは安全目標とも絡んでくるわけですが、でも、まず我々は一体何が達成されたら十分満足できるのかというところに一致点が見出されなければならないのではないかと思います。その目的自体に相当大きな不確実さがあるだろうと思います。

もう一つ、これは手法的な問題ですが、でも、原子力発電所のような巨大システムの場合に、その巨大システムの隅から隅までについてのエキスパートを探すのはかなり困難だろうと思います。そういう時にどうするかといいますと、ある部分についてのエキスパートの意見、これは極めて正確なジャッジメントのできる人だと思えますけれども、そういう人の意見を全部集めて、総合的に、全体としての不確実さがどれくらいになるかということを示していく、それが私どもの研究機関の使命ではないかと思っています。

まとめますと、要するに不確実さのあるところでの意思決定という問題はごく普通の問題である。不確実さのある中で原子力発電所のPSAという面でいえば、安全目標に関して、皆がどれくらいのことが達成されれば十分いいんだという満足感が得られるかということについて議論すべきだ、ということです。

不確実さを小さくすることについては、私ども自身が持っている情報をそれぞれ提供し合って、私どもみんなが理解し合える言葉で不確実さのレベルを表現する、それがPSAの役目ではないかと思っています。以上です。
司会 どうもありがとうございました。それでは動燃の可児さん、お願いいたします。

最終結果よりも作業自体のもつ重要性

可児 動燃の場合にはプラントを持っているということと、安全研究もやっているということで、もっと全体的な話になるかもしれませんが、PSAの利用ということについてちょっと意見を述べたいと思います。

原子力発電プラントのPSAというのはいろんな情報をプラントの設計、運転、保守に関するデータ、運転経験そのもののデータ、機器と運転員の信頼性データ、いま阿部さんが言われました専門家のサブジェクティブな意見、こういった諸々の情報を安全の度合を示している指標、例えば、Core damage frequencyとか、Health riskとか、そういったかたちで整理統合していくのがPSAです。

PSAそのものがそういった情報整理をするという意味で、全体の安全の議論を見通しのいいものにするという、そういう最低限のメリットはあるだろうと思います。そういう整理統合の過程でもっていろんな系統の設計とか運転、あるいは事故事象に対するプラントの応答、運転員の役割といったものについての理解が著しく高められる。これがメリットじゃないかと思っています。そういう意味で、PSAの成果として最終的に出てくる安全指標の数値、絶対値そのものよりもモデルを構

築して、定量化していく過程のほうが重要じゃないかと思っています。

いろんなケースがあって、設計とか、建設、運転のいろんな段階でもって P S A の利用を考えるわけですが、まずその設計段階については、先ほども言いましたけれども、ドミナントなコントリビュータを摘出して、それでもって設計の弱点を見い出して、またそれを補うためのいろんなオプションについて相対比較をやって、全体の安全上のバランスを取るといった利用の仕方ができるのではないかと思います。具体的な系統そのものについては、いわゆる信頼度評価ということで原子炉停止系とか、崩壊熱除去系について設備設計の検討に役立てるといった使い方がかなり一般的に行われているのではないかと思います。

逆に、評価するだけではなくて、ある系統の目標の信頼度を設定して、それを達成するためにはそれを系統構成している各機器に対してどういうリクワイヤメントを出したらいいか、あるいは R & D（研究開発）が必要であれば、それらの重要度、努力の配分の最適化を図るといった考え方もあるのではないかと思います。

それから後は、よく出てきますけれども、機器とか系統そのものの安全の重要度に応じた形で分類して、リクワイヤメントを設定していくという安全上の重要度分類にも使えるということじゃないかと思っています。

それから設計がある程度進んできて、詳細設計が出てきますと、その設計は第三者というか、設計をやっている者以外の者が独立にシステマティックにレビューするという意味合いでも使われるのではないかと思います。

この中ではシステム間の interdependency とか、common cause failure だとか、そういったものの検討が行われると思います。特に設計段階でオペレーターにどの程度依存するのか、機械側が受け持つのか、そういったマン・マシンのバランスをとるということについても、ある程度知見が得られるのではないかと思います。

建設段階については、P S A の結果を参考にして、一種の安全上の重要度の問題になると思いますが、検査とか品質保証の優先度を検討して、合理化を図るといった使い方もこれから考えられるのではないかと思います。

運転の段階ですけれども、運転については運転要領の作成とか、運転者の訓練とか、シミュレーターを作る場合、こういった事象シークエンスを考えるのかとか、あるいは最近よく言われていますアクシデント・マネジメントみたいな design base を踏みこえたあたりについてどういったことまで考えて運転マニュアルを用意するかといった使い方もあると思います。

最近よく言われる Living-P R A という使い方があります。これは最も有望で、かつ理想的で、なかなか難しいなと思っています。プラントの設置者から見た場合に、不確定性はもちろんあるわけですが、そういった手法を使うことによって原子炉寿命中にわたってのリスク管理の手段として利用することができるのではないかと思います。そのためには常に最新のプラントの設計とか、運転に対応したモデルに修正を加えていく必要があります。そういう意味では、あまり大きなモデルは使えないわけですが、使いやすい適切なモデルを作るのが重要ではないかと思

ます。

規制絡みの活用につきましては、先ほどから話が出ていますが、いろんな情報を基に見通しのよい情報整理の組み立てをすれば、結局は設計とか運転について規制側もアプリカントのほうも理解を深めるということがまずできるのではないかと思います。

それらを基にして現行の規制のリクワイアメントが妥当なのかどうか、そういうジェネリックな形での応用といたしますか、そういう現在のdeterministicがメインになっている、こういう現在のやり方を補完する形で利用する、全体をもっと見通しのいいといたしますか、首尾一貫したものとなるよう努める、そういった使い方が考えられると思います。

安全研究については安全研究を体系化するとか、あるいは重要度とか、不確かさの大きさを考えてさらに突っ込んで研究すべきところはどこかを探る、そういう意味合いで重要だと思います。

あるクライテリアといたしますか、基準をもってきて、それと比較するという使い方がありますが、そのときにはやはり数値の絶対値を取ってくるわけで、不確かさの問題が大きくなってくるのではないかと思います。まず、比較的簡単というか、あまり問題のないのはすでにアクセプトされているようなプラントとの比較によって、それと同じようなレベルになっているからいいんじゃないかという判断の仕方が1つあります。

しかし、その場合でもPSAのスコープとか、手法が両者で違っている場合が往々にしてあるわけで、そういった場合には、誤った結論にもっていくことになりかねないので、やはり慎重を期する必要があると思います。

基準値との比較ということで、安全目標の話が出てくると思うんですが、安全目標の設定する目的というんですか、性格によってかなり見方が異なってくるかなあと思います。

一つは、近藤先生が先ほどお話しされましたけれども、ああいう形で、例えば、原子炉等規制法の24条1項4号の設置許可要件として、災害防止上支障がないこととあるわけですが、これは普通は行政庁の専門技術の裁量といたしますか、専門家の判断になっているという言い方がありますけれども、そういった安全目標をつくることによって、より具体的といたしますか、見通しのいい客観的なゴールという形でもって示す努力をするということが非常にいいことじゃないかと思います。

ただし、これを具体的に許認可の場を持ってきて、PSAの結果と比較するとか、そういった形にはちょっと無理があると思います。そういったゴールを持ってきて、それを基にしていろんな安全確保、事故防止策みたいなものをブレイクダウンする形で検討していくとか、そのために安全確保の方針、リクワイアメントを決める、規制上の話にも関係するわけですが、そういったものを検討するのに使うということで非常にいいんじゃないかと思います。

敢えてPSAの結果みたいなものと比較しようと思ったときには、セイフティーゴールそのものをストリクトでない、もうちょっとぼんやりといたしますか、あくまで努力目標といったかたちの性格を残したものを作ることがいいんじゃないか。

一つのアナロジーみたいなものですが、線量目標値というものがあって、0.5remに対して5mremというものを努力目標として課

しているわけですが、その考え方そのものはあくまで5 mremは許容値ではなくて、法的制限の許容値とは違う、いままでの実績から判断して、実現の難易度を考慮した上で決めたものである。しかも、設置者に対して努力を進めさせるための目標である。それから、ゴールを守れなかったからといって、ただちに原子炉を停止しなければいけないとか、あるいは安全上、支障があると考えられるべきものではないという言い方をしているのですが、それと同じような考え方で努力目標ということで、安全上の一層の向上を図るという言い方がよくありますが、それを目標という形にしてセイフティー・ゴールを作って、基本的には安全の第一義的責任は設置者にあるということからすれば、設置者の方が自からコスト・ベネフィットを踏まえた上で、ボランティアな努力を払って、その安全目標に向かって努力するというふうな形がいいんじゃないかと思います。以上です。

司会 どうもありがとうございました。続きまして、佐藤さん、お願いいたします。

設計作業への応用

佐藤 P S Aの活用という観点からしますと、安全設計や、事故時対応とか、維持基準の見直し等様々のものがあるわけですが、例えば、私どもで最近行なわれている動きとしましては、安全設計の担当者が最適設計を検討するというのではなく、むしろハード設計者が直接的にフォールトツリー解析（F T A）を実際にやってみるという動きが私どもの会社では最近起こってきています。

そのための支援システムとして、だれでも

簡単にF T Aができるように、ワークステーションを使ってアンドゲートや、オワゲートを画面上に瞬時に書いて、それを好きな所へ移動し、しかも作ったものを画面上でコピーできるといった非常に効率のよいF T Aの作画を作り、それとF T A解析コードをカップリングして自動化するというような状況がいま進んでいます。

将来的には、例えば、他のプラントでも同じような系統ですでにF T Aを実施したことがある場合にその情報をC R T上に出して、類似した前例があるということを前提にA I手法と結び付けてF T Aの実施を支援しているというようなことがいま当社では検討されています。

イベントツリー評価に関しましては、解析そのものは比較的単純なものでして、例えば、パソコンを使ってイベントツリーを説明文書やインプットと同じファイルの中に入れておいて、結果のグラフとか、あるいはイベントツリー図も全部一つの計算コードの中にパッケージとして入れておきます。そしてその中の数箇所を変えても計算結果やイベントツリー図を瞬時に出せるというような対応がいまなされつつあります。

こういったものを使うことによって非常に容易にレベル1 P A Sの感度解析ができるということで、安全設計にも使えるようになっていきます。

後は、苛酷事故対策の有効性評価や、実際の苛酷事故対策のハードウェアの設計があります。フィルターベントを格納容器に採用したらどうなるかといったような問題の判断に、P S Aの実用性というのは有効ではないかと思います。そのような検討も一部行なわ

れています。

維持基準については、PASを使って維持基準の見直しとか、もっと維持基準を緩和しても確率論的にはおかしくないのではないかとといった議論もなされております。当然のことですが、あるプラントにフルPSAを実施いたしまして、レベル3までエラーバンドも含めて評価して、どれくらいのリスクレベルがあるかということの評価も重要であると思われる。

苛酷事故の運転操作手順といったようなものやはりテーマにあがっておりまして、特にBeyond DBAの状況ですので、例えば、給水系をどう使うとか、消火器系のポンプをどううまく利用するかというようなプラントの通常系の領域のハードウェアをどううまく利用していくかというのが実際の苛酷事故対策としては非常に重要になるわけで、そういった検討もなされています。

このような形で研究が計画されているわけですが、最近PSAといいますが、どうしてもチェルノブイリ事故以後、苛酷事故対応という傾向が強いわけです。

しかし、フルPSAをやるにはまだ若干時間がかかるため、その一部である苛酷事故解析の結果だけから何らかの結論を導き出したという要求がどうしても出てまいります。これは極めて当然のことで、苛酷事故解析だけでも相当の労力を要しますし、それなりの知見が得られるわけです。

仮に苛酷事故解析だけでも有効な結論を導こうというようなことを考えた場合には、例えば、最初に苛酷事故ありきという発想を取っているわけなので、それはある意味で決定論に近いことになるわけです。そういう本来

決定論的な発想からスタートしていますので、決定論と同様に運転操作にもクレジットをとるという発想を導入したらどうかと思います。

苛酷事故解析に運転操作のクレジットを入れるというと、非常にアレルギー反応がある人もいるかと思いますが、いまの決定論でも、10分ルールといった運転操作は考えられています。

これは単一故障をこえて、二重故障、三重故障等、多重故障を考えていく中で、同じ蓋然性の延長線上に反対の方向ではありますが、運転操作へのクレジットというのが当然出てくるものだと考えます。この考え方は、実はレベル1PSAの中ではすでに取り入れられているのですが、レベル2PSAの中では全く取り入れられていません。この辺にも現状の苛酷事故解析の問題があると思われる。

もう一つは、例えば、いまの決定論で 10^{-6} で事象を打ち切るというようなものの考え方がありますが、苛酷事故解析においても、例えば、 10^{-7} で以下のシーケンスは仮にそれがプラントのドミナント・シーケンスであっても評価しないという考え方を導入してはどうでしょうか。結局ドミナント・シーケンスは評価するという発想は、それが -7 乗であろうが、 -9 乗であろうが、そのトップ・シーケンスのイベントであれば評価しようという発想です。やはりある程度、意味のない確率のトップ・シーケンスというのは落していんだというような考え方が必要だと思います。

こういった考え方を導入するということは、確率で足切りすることでありまして、実

は安全系がすべて死んでいないという考え
方に対応すると思います。これは、決定論の
今の単一故障基準と非常に似ているわけで、
系統が一系統しか故障しないというものの考
え方が決定論の中にはあるわけです。それが
ある『決定論的な』苛酷事故解析の中でも、
例えば、二系統とか三系統までしか故障しな
い、それが二重故障基準というのはおかしい
かも知れませんが、例えば、確率でその辺を
落すというのはまさにそういうものの考え方
に対応するわけです。

決定論における10分ルールとか、確率で事
象を切り捨てるとか、単一故障基準というの
は実は決定論を確率によって補正している部
分だと私は思っています。そういったものを
苛酷事故解析の中に導入することによって非
常に有効な情報が苛酷事故解析からも出てく
るだろうと思います。

次に、安全設計にPSAを使った場合に、
どういうやり方が適切かということですが、
例としてはBWR-5とABWRとの相対比
較をする場合等が考えられます。例えば、B
WR-5は10基とか、そういうオーダーで建
設したいプラントです。ABWRは将来の標
準炉だから、一桁上の100基建てたいという仮
定を持った時に、仮に今のBWR-5と同じ
安全レベルを維持しようとする、基数が10
倍になりますから、単基あたりの事象発生確
率は一桁くらい下げておけば、トータルのペ
ンダーとしての社会的責任は果せるのではな
いかというものの考え方をしてしているわけ
です。そういったような相対比較をする上では、
レベル1 PSAの結果だけでかなり判断がで
きと思います。

しかしながら、ある絶対的な評価をする場

合に、あるプラントに対して何らかの安全強
化策が必要かどうかという議論が出てきたと
きに、それをレベル1 PSAの結果だけで判
断するのは実はおかしいわけです。例えば、
コアメルト（炉心溶融）の発生頻度が米国と
比べて一桁低いからある安全対策は不要であ
るというものの考え方は実はおかしくて、も
しリスク評価でレベル3までやりますと、日
本では降雨の発生頻度が多い、あるいは人口
の密集度が高い、といったファクターがレベ
ル3 PSAでは効いてまいります。

そういった議論はレベル1 PSAではまっ
たくないわけで、コアメルトの発生頻度が低
いということだけで絶対的な議論として、米
国では必要なものが日本では必要ないとい
うのは本当はおかしいわけです。従ってPSA
を活用する場合に、その目的に応じてどうい
った使い方をするかということは非常に重要
だと思います。

後は、エラーバンドの話ですが、私が示す
PSAの結果には従来エラーバンドは意図的
に含めてません。

本来、PSA、確率というのは本質的には
不確定性のあるもので、量子力学的なアンサ
ーテンティーの雲の中に結果が提示されるも
のだと思います。そういう意味では確率論的
な安全評価に用いるPSAの結果としては当
然エラーバンドを伴うものと思いますが、仮
にそれを安全設計ということに使うという場
合には、そのエラーバンドの原因と結果の因
果関係が明確にわからないと意味がありません。
例えば、この系統の信頼度が悪いから、
その結果として炉人損傷確率がこう悪くなっ
ているというような感度の依存性がないとど
の部分の安全性を強化すればよいか明確に判

断することができないということがあります。

P S Aでは数学的な観点での確率の精度を厳密に追求すると、その結果は逆にエラーバンドという概念でしか提示できなくなります。しかしその情報からは安全設計に有効な情報は多くは抽出されません。また、エラーバンドについては確率という概念に固有な不確定性と単なる評価モデルの不確定性とは区別して考える必要があります。そして、後者については、私は単に評価モデルの標準化の問題であれ本質的な不確定性の議論とは違うと考えています。

先ほどエキスパートジャッジメントと言いましたけれども、レベル1 P S Aに限って言えば、そろそろ国内においても手法等の標準化を行って、データベースも標準化して行くと、当然確率という概念に付随したエラーバンドというのは相変わらず残るでしょうが、モデル自体の標準化が進むという意味において、そういう意味でのバラツキがなくなっていくのではないかと思います。

これはDBAの範囲でも全く同じでしてP C TをBWRの場合、S A F Eコードで評価した場合と、S A F E Rコードで評価した場合とで当然結果は違って来るわけです。片や600℃、片や800℃と出てくる。それを本当にエラーバンドという形で評価しなければいけないかという点必ずしもそうは思わないわけです。これと同じことがP S Aの評価モデルの標準化についても言えると思います。N U R E G - 1150では評価モデルの不確定性と確率の不確定性を同一レベルで表示する方式を採用したため、P S Aの不確定性の幅が異常に大きいという誤解を与える結果となってい

ます。しかし、実際はそのようなことはなく、評価モデルを標準化していけばそういった問題は解決できると考えています。以上でございます。

既設プラントへの適用

司会 それでは、次に新居さん。

新居 原工試の新居でございます。先ほど、都甲先生のほうから紹介のございましたP S Aの使い方に関しましてQ A的な使い方ができるのではないかというお話でございますけれども、今お話を伺っておりますとP S Aということで現在存在しない原子炉に対しますいろいろなかたちでの評価というお話が中心になっているわけです。私は日本国内におきまして、34基ある軽水炉という立場から少し考えてみたいと思います。

これはどういうことかと申しますと、34基の中の1基でも大きな問題を起こせば、わが国の原子力全体に非常に大きな影響があるわけございまして、過去につくったものに対してもやはり同じように考えなければいけないと思います。

具体的に申しますと、わが国のスクラムというのはだいたい0.3件／炉年程度と言われておりまして、米国に比べまして極端に低いというわけでございますけれども、これは非常にいいことではないか。というのは、スクラムに至るというような異常な事態を招けば、原子炉停止系にチャレンジするわけございまして、そうしますと、それが失敗した場合、と言う具合に次々とやって、大事故につながっていく引金になるわけございまして。その引金自体が引かれることが少ないと

いうことは非常に良いことだと考えているわけでございます。

そのような考えに立ちますと、QA、品質管理という立場から、既存のプラントの常用系につきまして、PSAを応用して信頼性評価を行う事が挙げられます。

このような結果から何が出るかと申しますと、例えば、軽水炉IA系（制御用空気系）でございます。軽水炉用のIA系の信頼性を何が悪くしているか、というような重要度評価を行いますと、冗長性のあるコンプレッサーが予想外に一番悪い。その次が弁です。その弁とか、コンプレッサーの信頼性が軽水炉用のIA系の信頼性にどのように影響しているかということが数値的に分かる訳です。

軽水炉用の空気源が喪失いたしますと、非常に大きな影響がプラント全体について出て来る訳でございます。

当然でございますけれども、軽水炉用の空気の信頼性を高めるということはプラントの信頼性を高めるということになりまして、このようなIA系のようなシステムはだいたい各炉型について夫々数十ぐらいの系統に分けて考えることが出来る訳でございます。

私としましては、このような常用系を中心とした軽水炉の各システムの信頼性ということを非常に地道に詰めていきまして、そういうものの信頼性を高める努力が必要であると考えています。具体的には、既存プラントというと、すぐにバックフィットにいつてしまうんですけれども、バックフィットまで行かないにいたしましても、例えば、この系統でどの機器が非常に問題になるかということ、機器のメンテナンスを行う場合、特に予防保全を行う、あるいは心配のある部品を

交換するとか、メンテナンスのポリシーに反映することによりまして、プラントの信頼性を高めるというようなことが考えられます。

このような場合、先ほど私は国産のデータが必要であるということを申し上げたんですけれども、いまこういう各システムの相対的な比較、しかもそれは個別プラントではなくて、先ほど伊部さんの方からお話があったものですが、各炉型毎に代表的なプラントを想定して、相対的比較をやるということになりますと、必ずしもデータが国産のデータでなくても、ある程度のことは可能になりますので、現在ある海外等のデータを使いまして、現在動いているプラントの信頼性を高めていく。そういうような一種のPSAの応用分野が考えられるのではなかろうかと考えています。

それからFTAには時間依存性と申しまして、何時間後、あるいは何千時間後に信頼性がどうなるかというような評価が可能でございますし、時間依存性重要度と申しまして、何千時間後にどの機器がシステム（系統）の信頼性に最も影響があるかというようなことを実際にプリントアウトすることは可能でございますので、そういうような時間依存性のコードを用いますならば、例えば、運転時間を延長した場合、システムの信頼性はどうか、定検の合理化をするとどうなるか、といったような既存の軽水炉の稼働率を含めました経済性を改善していくというようなことにも使えるのではないかと考えております。

そういうように非常に泥臭いような話で恐縮でございますけれども、一点指摘したいと

思います。以上でございます。

PSAの実用価値

司会 では、最後に近藤先生。

近藤 不確かさについてのお話ございましたので、私はそれについてちょっと感想を申し上げます。もちろん不確かさにはいろいろなレベルがあります。例えば、あるポンプならポンプが寿命中に故障しないと思っている人に対して違うと言う人がいる。

そこでいろいろ検討してみると、まあ2個に1個とか、3個に1個は故障するかな、ということで確率が入ってくるわけです。で、これ自体事象の発生についての不確実性を表わしているわけですが、けれども、そこでこの確率が評価する人によって一致しないことがある。これが確率の不確実性になるわけです。ところが、ここで注意しなければならないのは、ポンプといいながら同じポンプについてではなく、同じ型式ではあるが様々なメーカーの様々な使われ方をしているポンプについての寿命について議論すればばらつくのが当たりまえです。これはいわば仕様の不確実性によるもので、いわゆる故障率データの不確実性の原因の大部分はこれによるものです。

その辺について、今日は新居さんの方から国産のデータ、国内のプラントについてのデータの紹介があり、しかもそれが極めて優れた状態にあるということをお示しいただいたわけですが、これは特定の仕様の特定の保守状態にある有益なデータが手に入りはじめているということで、大変結構なことだと思うんです。

先ほど佐藤さんがちょっとおっしゃられたように、すでに皆さんが日本のプラントはなんとなく優秀なんだということを認識している。それなのにPSAには、WASH-1400のエラーファクター30とかいう巾の広いデータを使うというようないいかげんなプラクティスは止めたほうがいいのではないかと申し上げているところでもありますから。

つまり、本来考慮すべき不確定性は仕様の不確定性ではなく、われわれの当該システムについての認識の不確定性なのです。われわれがプラントを知らない時に、あるいは世界には様々なプラントがあるところ、その平均のリスクを知りたいというときにはWASH-1400というレポートを読むと、いろいろのポンプのデータを集めてみるとこの範囲ということで、エラーファクター30のデータを使うのは構わないと思いますけれども、例えば、東芝、三菱という名前を出して恐縮ですが、そういう会社が解析をするときに、うちのプラント、うちの納める製品がエラーファクター30という極めて曖昧模糊としたものですよということはないだろうと思うのです。あるいは、各電力会社の方がプラントを運転されているときに、自分のプラントのポンプについて、例えば、故障率が 10^{-3} だけれども、このエラーファクターは30ですということをおっしゃるほど、マネジメントに自信がないはずがないと思うわけです。

ただ、ラスムッセン教授の講演内容を都甲先生が紹介されましたが、そこでもありました人の信頼性の問題、これはひとすじなわけはいかないと思います。これは人をあまり難しい局面におかないことで解決すべきだと思います。まずプラントオーナーがオペレー

ターをきちんと教育、訓練する。そのうえで、間違いを犯せばそれが必ず大きな問題に発展する前にチェックされる、そういうシステムにしておけばインパクトは小さなものになるはずです。

司会 実は本日のパネラーの中に電力の代表が入っておられませんので、フロアから東京電力の村上さんのほうから電力代表として、もし、お願いできましたらコメントをちょっといただきたいと思います。

村上 東京電力の村上です。私は原子力の安全性、それから今日のテーマのPSAに実際に携っている立場として、私見ではありますが、今日のテーマのPSAの活用についていくつか述べさせていただきたいと思います。

いま近藤先生がお話しになりましたように、PSAにはたしかに不確定さがあると思います。それからヒューマンファクターの取り扱い方についてはたしかに課題があるわけですが、ただ、これらは何に使うかといったことによって、その制約条件となるものがはっきり変わるかと思っています。

具体的には、安全規制に使うのか、今日、紹介されました安全設計関係に使うのか、運転員の教育訓練のための手順に使うのか、そういった話によってその制約条件は必要になるか、または必ずしも必要ないと分かれると思います。まずPSA、PSAといいましても、何に使うかという目的をはっきりしておくことが重要だと考えております。

具体的なPSAの活用の範囲といたしましては、これはまさに私の私見かもしれませんが、規制関係に使うというのであれば、やはり先ほど伊部さんがおっしゃったように、補助的な手段、サポート的な手段として使うも

であろうと考えます。現行の手法を決定論的手法と称しているわけですが、必ずしも決定論的ではなくて、その底流にはやはりなんらかの合理的判断も含めて、確率論的の評価が入っており、一部実際に使っているということが言えるかと思います。

そういう意味では必ずしも完全に確率論的な評価に置き換えて使う必要はないと考えております。

私のおります電力の立場から言いますと、特に重要なのは、プラントの設計、運転管理関係だと思います。具体的な設計といたしましては、先ほど東芝の佐藤さんのほうからご紹介がありましたように、一つの成功例といたしまして、ABWRプラントへの適用があげられます。リスクのバランスという観点から見て実際の設計に試みております。

運転管理関係につきましては、PSAイコール、シビアアクシデントという関係に結びつきやすいのですが、そういう意味でシビアアクシデント手順書はどうだという話になるのかもしれませんが、しかし、必ずしもそうではなくて、シビアアクシデントの事象を解明することによって、例えば、何があってはいけないかとか、何が弱いとか、これはぜひやるべきだ、そういった知見を与えて、現行のイベントベース、DBAの手順書がかなり強化されるのではないかと、または役に立つのではないかと思います。

やはり運転管理に関しては、事故を起こさないPrevention（プリベンション）というのがいちばん重要でして、この辺はPSAによってかなりいろいろな情報が与えられるかと思っています。

最後に、シビアアクシデント関係でチェル

ノブイリの事故が取り上げられているわけですが、やはりいちばん重要なのは設計もさることながら、運転管理だと考えております。その場合、PSAのデータベースとなる機器の信頼度評価とかがあるわけですが、底辺または縁の下で支えているのは運転管理、いわゆる経験だとか、計器の校正だとか、そういったものだと考えています。

そういう意味で、PSAをやることによって、そういった校正が重要だとか、定期検査が重要だとか、こういった運転が重要だといった知見を与えることが運転管理に関しては非常に重要だと思います。電力の立場からすると、そう考えております。簡単ですが、以上です。

討 論

〈安全目標〉

司会 それでは、いままでパネリストの方々と村上さんからご意見をいただいたわけですが、フロアから特にご発言はございませんか。ご遠慮なくお願いします。

それでは、いままでの各パネリストのところへ、村上さんのご発言を元にこれから少し議論をしてみたいと思うのですが、どの問題からでもいいんですが、いくつか出ておりましたものの一つは安全目標関係の議論でございます。それを最初に取り上げてみたいと思います。

阿部さんからもご指摘がございましたが、日常生活も不確実性の幅がある中で意思決定している、だから、これはごく普通の問題だということですが、たしかにそうだと思うんですが、実は私が常日頃感じているわけですが、それを数式できちんと表わせといった時、

それが現在可能かどうかといったことについては、皆さんどう感じておられますでしょうか。

特にご意見がございましたら、どなたでも結構でございますから、可能なのか、不可能なのか、この辺をちょっと伺いたいと思うんです。

阿部 私は原則的には可能だと思っています。原則的に可能といえますのは、先ほど安全問題、不確実さの問題を考えると、結局最終的なリスクのレベルがどれくらいになるだろうかとか、そのリスクに不確実さがどれくらいだろうかというようなことを考えていくわけですが、この時非常にたくさんの部分で、いまなおエキスパート・ジャッジメントに頼るところがあるだろうと思っています。ただ、それがいくつものジャッジメントに頼るんだということを明らかにしながら、全体としてのリスクがこれだけといったようなことが議論できるのではないかと考えているわけです。

PSAの手法の非常にいいところは、安全というものを確率とコンシクエンスの積の和で表わしてしまうというような、非常に単純な、かつ共通の言葉ができていうことと、全体の事故をイベントツリーという形で分類できる、それから事故に至る原因をフォールトツリーといった手法でちゃんと解明できる、それと各々の事故シークエンスに対して、ソースタームを評価できるといったように、既にそういうことのための手法が整理し終わっていることであると考えているわけです。

ただ、逆に全体としての筋道は十分まとまっているけれども、では、その部分部分でどれくらいわからないところがあるかという

と、これはまだたくさんわからないところが残っていると思うんです。私は、わからないのはわからないという状態の中で、われわれがいったいどれくらいの信頼度を持ってこういうことが言えるのかということを、全部まとめて明らかにする。そういうことによって、非常にわかりにくい原子炉の安全というものが、皆が共通に理解できる言葉に直るのではないかと考えています。

司会 近藤先生、いまのご意見について何かお聞かせ願えますか。

近藤 ある現象について、発生確率の目標と対象事象の発生確率の比較評価が可能かという問題と解して意見を申し上げますと、目標についての合意は、これは政治的プロセスによるしかない、それを定めるのが政治的あるいは法理論的にどうかという点はあるにしろ、技術的には可能ですし、現に米国では決めているから現実的にも不可能ではなく、社会的選択の問題と考えます。次に現象の発生確率というか発生頻度の推定、これについては数学的な形式整理ができればデータの問題に帰着できる。そこで具体的データがあれば問題がないわけですが、人間のジャッジメントによらざるを得ない場合でも、例えば、Aポンプの故障、Bポンプの故障に関して、あるジャッジメントがあり、さらにA、Bともに故障ということについてのジャッジメントがあったとして、これがいわゆる確率合成の式に従うように人間は判断できるという合理性の前提条件を置けば、複雑な事象の発生確率の判断に人間の判断を利用可能ということになるわけです。

この人間の判断の利用可能性の問題は、数学的な論理の構造を、例えば、ファジー論理

まで拡張して考えればこの枠組の中で合理的であるという主張が、あるいは保証ができるので、かなりあいまいな判断でも扱えますので、ほぼ解決されつつあると言ってよろしいかと思います。

ただ、問題はそうした人間的なあいまいさを許す論理、ファジー論理で出てきた結果はいかにもエラーバンドが広く、当面、意思決定できないという決定をせざるを得ないということになることが少なくないのではないかと気がします。けれどもそういう結果を得て始めて曖昧性を排除していく努力が行われるようになる。これが大切なことではないかと思うわけです。

つまりわが国はややもすると完全なシステムができると確信しないと行動しないところがありますが、しかし、システムには作ってみないとわからないことがあるんですね。解析作業についても同じで、確率値のエラーバンドの問題にしたって本当に問題なのか、それならそういうエラーバンドの成り立ちを、構造はこうなっているんだということを分析する。その結果有意なコンセンサスを形成するか、あるいは元に戻ってデータを取るか、そういう作業をするべきです。くり返しになりますが、全米の原子力の平均リスクをだすためにピンからきりまでのデータを集めてつくられたデータを使う必要はないんだと思っています。

司会 どうもありがとうございました。実は私が感じておりますのは、論理表現、あるいは数学的な表現、言葉はなんでもいいんですが、もし、それが可能ならば、まずとにかく専門家のグループで合意できるか、その努力をして、今度は果たしてそれが適用できるの

か。適用するに当たっては、現在の手法ではまだ十分開発されていないから、エキスパート・ジャッジメントに頼ろう。こういうことなら、これでもいいということですね。

だから、そのいちばんペースのところをちょっと議論してみる価値があるのではないかということを感じておるものですから、いまの問題提起を差上げたわけです。他にご意見はございませんか。どうぞ。

伊部 安全目標値を定量的に決める問題については、近藤先生がおっしゃったように、大方の技術者の合意が得られたものを確立することが出来ればその方がよいという感じはします。しかし、こういうものを安全目標として決めた場合に、例えば、被ばく線量値として、法的な許容値があって、それとは別に目標値があります。本来努力目標値であるのに、あたかもそれが要求事項になっているというのが現状だと思うんです。

このように、安全目標というものがどういう立場で定められたかによらず、決めたら最後規制としての要求値になる可能性がないのかどうかということが気になります。

司会 行政の立場としては、もし安全目標が決まると、それが要求値になるのではないかというご心配は当然かと思うんです。それでは、時間の関係もございますので、次のトピックスに移ろうと思います。

〈データベース〉

司会 私がぜひ、一度皆さんにご議論いただきたいのは、データベース、特に日本国内のデータベースを最近いろいろな分野で有効に使おうとしているわけですが、これについての問題を少し議論してみたいと思う

んです。

ひとつは、これはよく安全審査のときにもやるんですけども、気象条件を議論しますときに、1年か2年の期間観測いたしまして、これが代表的な気象条件として使えるかどうか、専門用語で検定というんですか、そういう言葉を使うんです。

ですから、日本のデータベースをつくりますと、日本の代表的なデータベースとして日本のプラントにはこういう値を使えばいいという、この検定をやはりやらなければいけないのではないかと思うんです。

たとえば、年と共にデータベースが変わってくるとか、あるいはプラントの運転期間によってデータベースが変わってこないとか、そういうことを常日頃目を光らせていなければいけないのではないかと、そうでないと胸を張って日本のプラントの信頼度は高いから日本固有の問題を議論するときには、このデータベースで議論していいんだということがジャスティファイされないわけです。

この点についてどういうことをやったらいいかということ、まず新居さんの方からご意見がございましたら、個人的な見解で結構ですから。

新居 個人的な見解を申し上げますと、まず日本国内で、いまの時点でデータベースを今後構築していく上で必要とされますのは、やはり規制当局はもちろんのことでございしますが、電中研を含めまして電力業界とか、産業界の絶大な協力が絶対に必要だと思います。狭い日本の業界の中で、業務が重複するというのは非常に無駄なことではございますので、各界が一致協力して、例えば、ここにおられます近藤先生とかに旗を振っていただ

きまして、いまおっしゃったような各論を詰めていただきますならば、時間はかかるかもしれませんが、そういうことが少しは可能になってくるのではないかと考えています。

司会 ぜひお願いしたいのは、エラーバンドとして、これを常に評価しておかなければいけないと思います。つまり代表的なプラントの代表的な機器の日本における値はこういうデータで、こういうエラーバンドで議論すればいいでしょうということ、それをしょっちゅう目を光らせていなければいけないと思うんです。

他にもし……。近藤先生、いまのことにつきまして何か意見がございますでしょうか。

近藤 ある時、ある方法で入手されたデータを何にでも使えると考えるのはおかしい。データは本来解析の目的に即して準備されるべきものですからね。その意味で先生のおっしゃるように代表性についてはいつも検討しておく必要があります。

それから、都甲先生ご指摘の問題のもう一つは、歴史的なデータを将来へ外挿できるかということです。しかし、データは過去の平均値としてしか得られない。現在の瞬間値というのはないわけです。勿論10年位で区切って十分なデータベースの大きさにしてから現在値を外挿でだせないことはないと思います。

司会 他にご意見ございませんでしょうか。私の方から、実はお願いしておきたいのは、いままで日本のデータベースをつくらうというので過去数年間、努力しておりまして、ようやく軌道に乗ってきたというのが現状ではないかと思っています。

今後、ぜひそういう観点で定量的に日本のデータベースの評価を続けていただきたいと思いますというのがお願いでございます。この席を借りまして、よろしくお願いしておきたいと思います。

〈シビア・アクシデント〉

さて、あと一つ二つテーマを取り上げることができると思うんですが、最近流行のシビア・アクシデントにつきましてのPSAの応用について、先ほどからいくつかご意見があったかと思うんですが、一つのご意見はシビア・アクシデントの評価をやるのにPSA手法と組み合わせてやらないと、片手落ちというか、あまり意味がないのではないかとというご意見があったかと思うんです。

実はこれにつきまして感じますのは、もとの安全の考え方そのものになるんじゃないかと思うんです。もう一つはシビア・アクシデントの定義に及ぶかもしれないんですが、シビア・アクシデントを現在のDBE、あるいはDBAを超えた事故というふうに、もし簡単に定義しますと、いまの安全評価の考え方を延長すれば、PSAと合わせないでも、つまり発生確率のさらにもう少し少ない範囲について決定論的に評価しようという考え方でスムーズにつながるのではないかと思います。

その考え方の一つが、先ほどちょっとご紹介があった、高速炉の5項事象の考え方ではないかと思うんですが。先ほど、佐藤さんにこの問題をご指摘いただいたと思いますので、それを補足するといえますか、簡単にご説明いただければ、と思うんですが。

佐藤 繰り返しになるかと思いますが、もと

もとラスムッセン・レポートが作成された時点で、苛酷事故の結果は確率と一緒に評価しなければ意味がないというのが出発点だったと思うんです。たしかにコンシクエンスというものを見ると、あるシビア・アクシデントの事象が起こったときに、格納容器の健全性がどのように担保されるか、これ自体は非常に重要な知見だと思うんです。一方では、そういったシークエンスが起きる確率はどれだけ高いかというのも非常に重要です。

苛酷事故解析を実施する場合には、最初に苛酷事故ありきというかたちでスタートしますから、その際想定する苛酷事故をどの程度の範囲の苛酷事故にするかということの合意あるいは見直しが非常に重要だと思います。

司会 いまおっしゃった「どの範囲で」というのは、発生確率でどの範囲という意味でしょうか。

佐藤 基本的にはそうです。基本的には Beyond-DBA であるとは思うんですけれども、例えば、DBA の範囲をマイナス 6 乗に対して、あと一桁とか、あと二桁考えてみたらどうかというような考え方です。但し、その範囲を確率で explicit に与えるのではなく、苛酷事故時にも妥当な運転員操作のクレジットを考慮する等の形で implicit に等価的な効果として反映するのが良いと考えています。そうすることによって苛酷事故時の手順書の作成や運転員教育も大いに encourage されて、実際のプラントのリスク低減にも貢献するものと考えています。

司会 わかりました。それではいまのご意見に対して、他の先生方からご意見を出していただきましょう。あるいはフロアの方からご意見がございましたでしょうか。

いまご説明いただきましたが、私はただ従来の考え方の延長でほとんど矛盾しないのではないかというふうに理解できたのでございますが、よろしゅうございましょうか。

〈不 確 実 性〉

司会 そうしますと、先ほどから何回も出ております不確実性、または PSA の弱点といえますか、本質的な宿命の一つが不確実性の幅の問題でございまして、今度の NUREG の 1150 でも、一生懸命評価をやってみても、不確実性の幅はさっぱり小さくならないんですね。これについて、皆さんの感じだけでもいいんですが、将来 PSA の手法をもっと発展させていく、あるいはデータベースをさらにもっとしっかり評価していく、という努力をいたしますと、不確実性の幅はかなり小さくできるかどうか。この辺の感じをお一人ずつ伺ってみたいと思います。近藤先生の方からお伺いしてみましようか。

近藤 NUREG-1150 に見られるように、不確実性の幅は一生懸命研究しても縮まっていないというのはたしかだと思うんですけれども、注目すべきは不確実性の幅の絶対値なんですね。

従来 10^{-4} の中央値についてファクター 10 の不確かさがあった。ところが研究を進めた結果著しい損傷確率が 10^{-5} になってエラーファクターが 10 であるという結論になったとすれば、実はこれは素晴らしい進歩なんですよ。

われわれが小さくしたい確率を扱う限りにおいては、いずれにしても目的とする確率が小さくなればなるほど情報の不足はつきまとうわけで、これはいたしかたないと思うんです。最後は不確定性原理がまちかまえている。

そこで、いわゆるデミニマスの議論が大切で、本当にわれわれが意思決定の上で考慮すべき確率の範囲とはどの辺なのかということです。これも勿論政治的選択問題なのですが、裁判でも不可抗力という概念がありますね。あれがこのデミニマスに対応する。つまりそれはもう考えなくてよいと皆が思えばよいわけです。

司会 ちょっと一言、どうぞ。

新居 まさに近藤先生のおっしゃる通りでございます。原工試のデータベースは1,600個のキーワードを持っているんですが、それに対してキーワードの数の方が実際のデータ数より多いわけです。時間をかけてもっともっとデータを集めていく必要があると思います。

それから、簡単にあと二、三点申し上げますと、ヒューマンファクターの関係とか、システム・インターアクション、共通原因故障に関するデータはいまのところほとんど取れておりませんので、これが問題だと思います。以上でございます。

司会 佐藤さん。

佐藤 P S Aの不確定性に関しましては、私は楽観的に考えていまして、不確定性というのは、本質的に最後までわからない話だと思うわけです。ただ、それをどう標準化するかという問題が非常に重要であって、それを先ほどありましたようなエキスパート・ジャッジメント等を用いて、状況が非安全側にならないことに配慮しつつ、こういうモデルを採用しようという合意ができていることが非常に重要だと思います。

先ほど申し上げましたけれども、これはD B Aの範囲の中でも全く同じことが言えま

で、例えば、S A F EコードとS A F E RコードでP C Tの評価結果は違っています。実際にL O C Aが起ったら本当のP C Tはわからないわけです。但し、非安全側ではないことだけは保証されていて、それは評価モデルをどう標準化したかだけの問題だと思います。以上でございます。

司会 私が感じますのは、不確実性の幅が比較的問題にならない使い方はもちろんあるわけです。例えば、相対比較です。これは不確実性の幅はあまり突っ込んで議論しないでいいと思うんですが、安全目標とか、絶対値を多少議論したいような使い方をしますと、これをかなりギリギリ詰めてみたいという気もするものですから、この問題提起をいましているわけでございます。

可児 基本的には努力をすれば、不確かさというのはある程度は減っていくでしょうけれども、最終的にはどうしても残るんじゃないかと思います。データベースで信頼性のデータについては、経験を積んで母集団等も増えていけばそれなりに不確かさは減っていくんじゃないか。

あと、大きな問題は物理過程のいろんな現象の不確かさについて、どの程度狙っているかというのは、結局、安全研究をどこまでやるかという話になるわけです。

ただ、例えば、ゼロまでもっていきこうなんというのはもともと無理な話で、意思決定をする上でどこらの部分について不確かさが大きいから、それをどの程度まで知見を深めたいというポリシーをもって安全研究をやっていくことによって妥当なところまで、妥当かどうかは別としても、ある程度減らしていけるんじゃないか。

絶対値と比較して云々ということになりますと、やはり割り切りが必要で、こういう手法で、こういうデータを使って、こういう値になればいいとするというみんなの合意の下にあるプロシーチャーを全部決めて、それで判断する。そういうことしかないんじゃないかと思います。

司会 それにつきましては、どうせリスクなんていう議論はそう精度の高い議論ではありませんので、私は個人的には、確率およびコンシクエンスともエラーバンドが一桁以内になれば十分なんじゃないかと思っているんです。それについて必ずしもまだ合意が得られていないのではないかと、感じている次第でございます。

阿部 私は、不確実性を考えるときに、不確実さの種類というものを区分して考えなければいけないと思うんです。最初のは本質的にランダムであって、なかなか最後までなくなる部分。こういうものは、これだけの不確実さはあるんだということを最初から確認しておく必要があると思うんです。

私はソースターム評価のようなことをやっております、ほんのわずかに違った格納容器のために、ソースタームがずいぶん変わってしまうという問題をずっと扱っております。小さなシークエンスの違いみたいなものは生じないのかどうか。やはり相当ランダムに生じるものだろうと思っているわけです。

二番目には、いま可児さんがおっしゃったように、研究をすることによって縮まっていくであろう不確実さがあるだろうと思うんです。こういうものに関しましては、不確実さがあるということで、私どももこれを減らすための研究ができるわけでございまして、ど

ういうところに不確実さがあって、それが最終的な安全にきいてくるのかどうかといったことをちゃんと分析して、そういう不確実さを小さくする努力が必要だと思うわけです。

三番目、これは最後の不確実さですが、本当は不確実でないのに意思決定者のところまで十分に情報が集っていないことによる不確実さがあると思います。実は、大抵の問題でこの不確実さがまだ相当多く残っていると感じています。したがって最初に申しましたように、いろんな人の持っているインフォメーションを集積して、それぞれに批判を受けて、最後には、いま言ったみたいなの、インフォメーションがちゃんと伝わっていないという不確実さをなくすということを一度やってみる必要があると思っています。

伊部 私は専門家ではありませんのでよくわかりませんが、不確実性という問題はこのP S Aという手法に責任があるわけではなくて、使う人の技術的なレベルとか、関連の知見の不足などに基因するものであると思います。ですから、関連する知見が増して行けば、部分的には不確実性の範囲が狭くなるが、しかし一方では別のところでさらに不確実性の範囲が広がる可能性がなくもないという感じがします。

ですから私としましては、P S Aによって安全規制上の意思決定をする場合、あるところで割り切って態度を決めることになりますが、その割り切り方を適切に専門家に決めていただきたいと思います。

司令 大変ありがとうございました。それでは、長く議論を続けてまいりましたが、ちょっと時間をオーバーいたしましたので、これで終わらせていただきます。

実は、今回のシンポジウムを聞いておりまして、昨年に比べると、はっきりと進歩していると感じるわけでございます。原子力の分野というのは、皆さんご承知のようにたくさん委員会があるんですが、しばらく議論をしておりますと、やがて議論が堂々めぐりしてまいりまして進歩がなくなったなという感じを受けるんです。

このPSA、あるいはPRAの分野に関してはまだまだとてもそんな段階ではなくて、まだどんどん進歩している段階だと思いますので、皆さんと共にこれから頑張りたいと思っておる次第でございます。

本日は大変遅くまでご清聴ありがとうございました。(拍手)

座談会『ソーラーカーについて考える』

～ 豪大陸横断レース参加の経験を踏まえて ～

出席者（順不同、敬称略）

堀米 孝（座長） 東京農工大学 教授

八木橋伸一 (株)はくさん 太陽電池事業所長

西田 圭一 シャープ(株) 太陽電池事業部 技術部 係長

鈴木 利治 (財)日本エネルギー経済研究所 主任研究員

杉本 健 新エネルギー総合開発機構 理事

矢田 恒二 通商産業省機械技術研究所 機械部長

丸川 章 通商産業省工業技術院サンシャイン本部 研究開発官（太陽エネルギー担当）

大磯 義和 通商産業省機械情報産業局自動車課 係長

後藤 芳一 通商産業省資源エネルギー庁省エネルギー石油代替エネルギー対策課 課長補佐

越川 文雄 (財)エネルギー総合工学研究所 専務理事

高倉 毅 (財)エネルギー総合工学研究所プロジェクト試験研究部 部長代理

越川 本日の座長を東京農工大学の堀米先生にお願い致したいと存じます。

それでは早速でございますが、堀米先生からひとこと。

堀米（座長） それでは「ソーラーカーについて考える」という座談会を始めさせていただきたいと思います。

最初に、基調報告ということで、実際にオーストラリアのソーラーカーレースにチームリーダーとして参加して活躍されましたはくさんの八木橋さんに、体験談や感じられたことを中心にまずお話いただきたいと思います。

八木橋 私、きょうはスライドを用意してきましたのですが、基調報告ということで、話のほうを中心にしてほしいというご要望もありましたので、スライドはあとでディスカッションの時に機会があれば使わせていただくことにして、口頭で報告させていただきます。

そこでまず私なりにレースの経過についてご説明させていただいて、その後感じたことを話させていただきます。

レースとしましては、皆様よくご存じと思いますが、オーストラリア大陸を縦断する、北から南までの3,000キロです。

似たようなレースとしては、スイスで、

“Tour de Sol”というのが毎年行われております。そこでの優勝車（ペンツ）が東北博にきましたので、日本の皆さんでも見た方がいらっしゃると思います。

ただ、このレースと、私どもが今回参加した“Pentax World Solar Challenge”との違いは、Tour de Sol の場合は、いろいろなカテゴリーがありまして、充電方法としては太陽電池のみなのですが、かなり大きなモジュールを別置きして充電してもいいとか、私どもの考えでは、太陽電池で本当に車が動いているというにはちょっとほど遠いところのあるレースであると思います。

今回の“World Solar Challenge”では、そのへんのルールが厳しくて、自分が持っている、つまり自分の車に付属している太陽電池以外の充電は一切禁止されておりますので、本当の意味で太陽電池のみで3,000キロを走らなければいけない。

私は、ほくさんのチームリーダーで行ったわけですが、一番心配したことは、やはり温度とそれから、人間のほうがこういう条件下に耐えられるだろうかということで、ドライバーの訓練を中心にやりました。

それで、オーストラリアの天候がこの時期かなりいいという予想の下に、40度ぐらいの温度に上がるのじゃないかと予想しまして、そういう展開を考えていたわけですが、実際は、後ほどビデオなりでご紹介します通り、何日も雨が降るとか、一日中雲が厚くて曇天だとかでして、雲ひとつないという天候にはほど遠い条件下でレースをしなければなりませんでした。

その経験からしまして、“Tour de Sol”とは基本的に違って、太陽電池のみで走る

自動車レースとしては、今回が第1回という呼び方が正しいと私は考えております。

これを企画したのは、オーストラリアの冒険家でありますハンス・ソスロップという人で、4年後にも、もう一度企画するという事になっております。

実際に走ったのは公道上です。ですから、車検がありまして、車一台、一台、ナンバーを取りましたが、車検は非常に緩くて、ブレーキのテストと走行安定性のテストと、この二つだけパスすれば、ナンバーを貰えるという状態でした。これはノーザンテリトリー州のルールに従って許可されたということですから、一般車が道路をどんどん走っている中で、レースが行われました。

あとは、ご質問の中で説明不足は補いたいと思いますが、実際レースが始まりまして、皆さんのご記憶にも新しいと思いますが、GM車が四日間で走り切りました。これは私どもにとっても驚異でしたが、平均スピードが70キロという速さであり、太陽電池の時代というものを手前に引き寄せたということで、非常に大きな貢献があったというふうに考えております。

私どもは十八日間もかかってしまったわけですが、一応完走することができました。平均速度は約20キロです。昼間だけ走ったわけです。その結果、一応毎日100キロから200キロは、どんな条件下でも、つまり太陽電池と車だけで走れるという確信を持ったということで、太陽電池に携わる者として私は大きな意味のあるレースじゃなかったかと考えております。

レースに参加したチーム構成について全体的に見ますと、太陽電池メーカーが主体にな

なって参加したのは数社しかいません。私どもは太陽電池メーカーですが、実際に車を作ったのは、日産系のレース車を作っているオーテックジャパンという会社です。太陽電池メーカー主体ということでは、私どもと、それから日本のSEL（半導体エネルギー研究所）ぐらいです。車メーカーが主体だったのはアメリカのGMやフォード、それ以外に、会社なり、プライベートなりいろいろなチームがありました。

このレースが終りまして、いろいろな反響を各方面からいただきましたが、太陽電池メーカーの間からは、いま私が述べたような意見、つまり太陽電池の時代をぐっと引き寄せた、非常に功績があった、太陽電池の宣伝になったという意見がありましたが、また、太陽電池で自動車が動く時代はこないのに、ああいうことをやることによって、一般の人に錯覚を与えたという意見も実はあります。

ちょっと両極端なのですけれども、私どもの意見をもうちょっと補足させていただきますと、ある特殊な環境においては、太陽電池を乗せた自動車が動き得る。それから、太陽電池自動車は今後でてくるであろうと私どもは考えておりますが、電気自動車の時代にあっても太陽電池はその補充電のためには有効であるというふうに考えております。

錯覚を与えたという議論の中には、太陽電池の効率というものが、ある程度近い将来まで見えておる。そうすると太陽電池を車のあの大きさの上に貼ったとしてその出力はわかっている。だから、通勤用として、動くはずがない。とくに日本のような条件下では、動くはずがないという議論がありました。

これは、未来という言い方をどこに置くか

ということのほかには、私どもの反論としては、GMの車を見ていないんじゃないか、ということ。やはりあのGMの車のモーターなり、サスペンションなり、車体のエアロダイナミックスというか、構造なりを実際に真近で見たものとしては、これはもうオーストラリアだったら、金持ちは買うのじゃないかと思うほどの実用性に満ち溢れた車だったというふうに私は感じました。

メカの話については、あとのディスカッションのところであるようですので、そちらに譲りますが、こういう議論もありました。それは、太陽電池が、GMはガリウム砒素、私どもは、ほかのメーカー同様単結晶を使っている。その違いをいわずに、あの差は説明しきれないという議論です。

これに対しては、はっきり言いまして、太陽電池の差は非常に小さいと私どもは考えております。彼等はガリウム砒素を積んでおりますが、それは一部でして、残りはシリコンの単結晶です。出力については、推測の数字をここで言うのは早すぎるかも知れませんが、双方の差は数十%以内だと思います。あれだけ差がついたのは、太陽電池の差ではないと言いたいのです。

というのは、太陽電池メーカーとして失敗じゃなかったかという議論があるわけで、ああいう結果に終わってしまったのは、太陽電池がやっぱり悪いのじゃないかという一般からの指摘もあったのですが、反論としましては、6位に入賞しましたチソムという車の太陽電池は実は私どもの太陽電池でございます。

じゃ、なにが違うのかというと、なかなか理解されないかも知れませんが、モーターとやっぱり車体の考え方が決定的に違って

た。モーターは、はっきり言えば、十年ぐらい日本のモーターは遅れているのじゃないかと思うぐらいGMのモーターは進んでいた。私どもの当初の推定では、その差が20~30%だと思っていました。というのは、直巻なり分巻なりの普通の電気モーターの理論効率と彼等が言っている効率の差はそれぐらいだったものですから。しかし実際走らせた効率差は、多分2~3倍の差があったように思われます。

ということで、いろいろ言われましたし、いろいろ反論もしながら、次のレースには、ということで私どもの会社としてはもうスタートしております。今日の会議も、そういう意味で、いろいろ皆さんのご意見をお伺いして、次に立派な成績を残せるように、というのが、一つの願いであり、また、ソーラーカーというものの可能性なり、電気自動車の可能性について、それらが今後どうなるのかということに非常に興味を持っている一人として、議論に参加させていただきたいと思えます。

基調報告としては不十分かと思いますが、一応これで終わらせていただきます。

座長 どうもありがとうございました。それでは只今の八木橋さんのご報告につきまして、なにかご質問、ご意見がありましたらお願いします。

丸川 ドライバーの交替についてはルールで何か決まっているのですか、それとも物理的な限界でどんどん変えていくのですか。

八木橋 4人までエントリーが許されてまして、その中で好きなように交替していいわけです。

丸川 4人だけなのですね、ルールとしては。

八木橋 そうです。ただ重量が1人85キロに決められてますので、ちょっと余談になりますが、自分の体重にプラス何キロかのおもりをつけて85キロになるようにします。

西田 雨が降っている時にGMの車が走っていたのに、ほかの車がみな止まって、それが決定的な分かれ目になったように聞きましたけれども、GMは雨の中でも走っていたわけですか。

八木橋 GMは、まるで雨を避けるように先へ行ってしまっていました。遅い連中が雨にあったのです。ただ、GMは、気象衛星からの気象図を毎回受けられるサポートカーを持っておりましたが。

西田 じゃ、GMの車がいったあとで雨が降ったわけですか。

八木橋 そうです。

西田 別にGMが雨の中でも変わりなく走っていたということではないわけですね。

八木橋 雨が負けた原因ではないと思います。ただ、GMのところがずっと晴れていて、あたかもGMが太陽を呼んだかのような走り方になりました。つまり、GMが走ったあとから雨がきましたので、遅い車ほどたくさん雨にあたるという結果になりました。

西田 八木橋さんが、18日間で平均20キロだと言われましたけれど、これは、雨は除いているわけですか。

八木橋 いえ、抜いてません。つまり3,000キロを150何時間かかったので、それで割るとということですから、雨で止まっている時間も勿論含まれています。

西田 ということは、雨がなければ20キロじゃなかったということですね。

八木橋 もっと速いです。実際、走っている

ときのスピードは35キロぐらいです、平均時速で。ただそういうことで、曇りだ、雨だ、といって、止まっていますので、一日フルに9時間走れたことはなかったです。

杉本 GMのほうに話がいきがちですが、2位以下にオーストラリアの車が多いですね。それらは40キロ前後で走っていますね。それでオーストラリアの車について、太陽電池、駆動装置や、モーターを含め、とくに印象深いところをおきかせ下さい。日本のは20キロが一番速いのでは、ハイテクの国にしてはちょっと残念だと思います。そのへんの相違とかオーストラリアの車の特徴をお教えください。

八木橋 1位がGMで、2位がフォード、これはオーストラリアですね。これは中を見せなくて、非常にベールに包まれているのですが、3位のオーストラリアン・ジオグラフィックとか、4位、5位、6位、このへんはよく知っています。6位の車はチソムと言いまして、私どもよく知っている研究所で、太陽電池は私どものものです。手前味噌になりますが、カーグラフィックの82ページ写真がチソムの車でして、ここの上に「ほくさん」と書いてあるのです。

オーストラリアの車の特徴は、正直言いまして、私どもやオーテック・ジャパンの連中が見た感じでは、これは3,000キロ走れないだろう、というふうに思いました。もう、側がベコベコでして、モーターは、DCの非常に小型のモーターです。

杉本 バッテリーは？

八木橋 500ワットぐらいだったと思います、そのダブルだと思います。オーストラリアの車はおしなべて、そういう感じですよ。正

直言いまして、オーテック・ジャパンや、私どもは、あそこのスチュアート・ハイウエーには、ガタガタ道がきつとあって、頑丈な車でなければ途中で壊れるだろうという予測だったものですから、すごく頑丈にしたのです。彼等は3,000キロ走ればいいという車です。言ってみれば。ゴールした途端に分解するような感じの車が全部です。ですから、非常に軽くして、100キロ台です。日本のメーカーのは290だとか、なんだとか。実は嘘みtainなのですが、実際検量をやると、360とか、400キロとか、そんなのが続々出ました。

杉本 日本の半分？

八木橋 オーストラリアの車は半分です。つまり彼等は道を熟知しているということです。道が非常にスムーズでした。走っている途中にも、工事区間がありましたが、レースの前の年に下見した人は、こんな道は走れないだろうと思われたのに、レース直前にはもっと出来上がっていたといったハンディはありました。

杉本 6位より上のオーストラリア車の太陽電池はみなオーストラリア製ですか。

八木橋 そうです。

杉本 1位の車の太陽電池は日本製ですね。

八木橋 日本製です。

杉本 2番から下のオーストラリア車は全部オーストラリア製ですか。

八木橋 スピリット・オブ・ビールというのは、ヨーロッパのスイスの車です。これは多分フランス製だと思います。

杉本 そうすると、さっきのお話ですが太陽電池ではあんまり差がないようだ。面積は決まっていますし、効率もそんなに進んでないと思うのですけれども、使い方が上手なので

すね。それに、軽いですね。

八木橋 軽いことと、モーターがやはり決定的に違う。

矢田 先ほど温度と人の話をちょっとお話になりましたね。人に対する対策というのは、温度に対しての対策と考えてよろしいですか。体力の話なのですか。

八木橋 そうです。外気温が40度になりますと、コックピットが非常に狭いものですから、それに直射がどうしても上の部分に当たりますから、例えば60度になるのじゃないかと推定していたわけです。そうすると、60度で、1人当たり4時間入ったまゐるということは、かなりの体力が必要だという心配をしておったわけですが、実際は、非常に快適なドライブでした。

矢田 曇っていたから、快適なのですか。

八木橋 そうですね。全然温度が上がらないということで。故障もさほどなかったということですね。

矢田 オーストラリアの状態は、普通はそういう状態ですか。

八木橋 普通は、そうじゃないそうですけれども。乾季と雨季のちょうど境目だったみたいで、1日中40度という日はありませんでした。

矢田 オーストラリアの車も大体そのへんを狙って設計したのでしょうかね。そのへんはどうなのでしょう。

八木橋 太陽電池は、面積が決まっておりますので、いかに貼りつけるかの勝負ですから、出力は彼等も少なかったと思います。

矢田 人に対しての配慮は。

八木橋 あまり彼等は積極的にやっていませんね。私どもだと、例えば空気を前から取り

入れて、積極的に顔にかけようとか。先ほど言ったチソムの車では、完全に前を覆ってしまして、下からもほとんど空気の流通がないような状態です。作戦としては多分、南のほうへ走ってゆけば、ずうっと涼しくなりますので、半分を越えるあたりまでとにかく体力でもって行ってしまうということだったのでしょう。

後藤 先ほど八木橋さんのご報告で、参加したことの是非というお話がありましたけれども、私共からみますと、よく参加されたと思いますし、それで一つ実証したということだと思います。でも社内外で、もし失敗したら、という議論も当然あったろうかと思ひまして、同じ太陽電池をお作りのところでも、そのものだけ提供しようとか、自分のところでチームを作ろうとか、これからも葛藤があるかと思ひます。ともすればどうも失敗じゃないかなどと日本の場合は言いがちですが、そういうのをあまり気にせずに、どんどん参加すればいいのじゃないかと思うのですけれども、そのへんを克服されて、また次へ向かっておられるというお話ですが、そういうことについて社内でも議論がありましたか。

八木橋 二つの意見があったと申しましたが、錯覚を与えたというのは勿論メーカーの外の人の話です。社内的には、部署が違ひますと、失敗とか、いろんな意見があったかも知れませんが、おしなべて、宣伝効果としては、よかったという意見です。民間会社の場合そこを取るしかないと思います。とくに私どもは、テレビで30分のものが2本放映されましたので、ちょっと時間はあまりよくなかったですけれども、社内的には宣伝費という考え方をしたほうがすんなり通りそうな感じ

は致します。

失敗という議論はありません。やはりよく完走してくれたというほうが強かったと思います。あれが途中で壊れたとか、めげて帰ったとかではやはりまずいと思います。

ただ、ある雑誌には、完走というのは無意味だ、という書き方をされました。あれは、入賞しなければ意味がない。つまりサファリー・ラリーみたいなものなら完走したという意味は大きいけど今回のソーラーカー・レースに関しては、完走というのは無意味であり、どの車も完走したのだからという書かれ方をしました。

越川 先ほどの話で、オーストラリアの車はベラベラで、すぐにこわれちゃうかも知れないようなもので走ったということですが、総じていえば、少なくとも日本の車以外は全部そういう感じがあるわけですね。要は競争するというに徹すれば、全ゆる予想される事態に対応するのではなく、或程度は大失敗する危険を覚悟して賭けるのじゃないかと思うのです。ですから、不運に見舞われず成功したならば、こんなにいいぞ、そういうような感じで設計もし、やっているのじゃないかと思います。それで不運にして失敗しても、その場合は責められない、という風土がよその国にはあるんじゃないか。日本の場合は、なにしろせめて完走ぐらいしなきゃ、あとが困ってしまう。これじゃ、チャレンジができないということなのです。だから、言うなれば、そういう競争に勝てるようなものがなかなかできにくい、ということがそもそもあるのじゃないか。そこが日本の国民性として直すべき大きなポイントじゃないか、という感じがするのです。

八木橋 おっしゃる通りだと思います。

越川 これからはそうになっていくのかどうか分かりませんが、例えば風力発電なんかでも、よく外国では嵐やなんかでひっくり返ったりしますと、日本の人は笑っているわけです。だけど彼等には、そういう特殊な条件下には倒れてもいいという発想があるのじゃないかと思うのです。それでより安いものを作るという考え方。日本の場合は、試験研究設備でも、でっかい頑丈なものを作って、やるわけでしょう。だからどうしても設備費に金がかかる傾向がある。どうもそういう悪癖があるのじゃないか。やはり賭けるべきところは賭けるとか、そういう取り組み方をそろそろ発想していかなくちゃいけない時期を迎えているというのが今回のソーラーカーのレースのひとつのポイントだったのじゃないかなという感じです。

杉本 国産車の場合、宣伝効果ということで、ちょっと宣伝費のかけ方が足りなかった。もう少し費用をかけて、バランスの取れたもので挑戦されていれば、もっといったのじゃないでしょうかね。あそこでは一生懸命おやりになったのですけれども、全体のバランスをいまだ少し研究しないといけない。

八木橋 今回のレースに限って言えば、金の問題ではなかったと思います。お金は目いっぱいかけてあります。考えられるかぎり、日本で手に入る最高のものは使ったと自負しております。

例えば車体を作ったのは、オーテック・ジャパンという、いわゆるF1を作るメーカーでして、オールチタンのフレームでして、チタン溶接のやり方さえ、このために開発したというぐらいのものです。

設計者は、スカイラインの桜井真一郎氏の会社ですので、そういう設計がなされていて、カーボンファイバーとか、そういうものもふんだんに取り入れています。手に入らなかったのは、モーターでございますが、これは実は日本車のうち2社は同じモーターです。堀米先生に言わせると、最初からそんなばかなモーターを使うな、と言われると思いますけれども。

杉本 どんなモーターですか。

八木橋 普通の直巻のモーターです。

杉本 制御は？

八木橋 制御は、チョッパー制御ですけど、ただ逆に私に言わせると、太陽電池を本当に知っている素人に作らせたほうが、もっといったなという感じがします。これには自動車の発想も必要ですけども、自転車の発想も一方では必要だった。というのは、4位に入った車というのは、完全に自転車といえます。

私とオーテックのメカニックと一緒にその車を見たとき、自転車だと思いました。こんなブレーキで、ブレーキテストを通るわけがない。つまりワイヤーで引っ張る、自転車と同じブレーキがついているわけです。タイヤも自転車のリブがついているような車です。ともかくそれでも車検を通してしまいます。ですから、そういうところにも非常に微妙な点があります。私たちの車は、言ってみればハイテクなのです。

日本の自動車屋さんではなくて、自転車屋さんを作ったらどうだったかなと考えたりしています。もっといい線を行ったかも知れない。ただ、乗せるモーターが、先ほど言ったように、GMのは片手で持てて、1キロワットぐらいです。私どもは、2人でやっと持て

て、1.5キロワットだった。それは、アルミで巻いたり、外側を削ったりとか、軽くして、なおその重さです。このモーターについては、またあとでいろいろ教えていただければいいと思います。

残念なのは、GMが使った磁石というのは、日本においても開発が進んでいる磁石なのです。堀米先生からも実はその磁石を使わないかということで、ご紹介を受けたのです。ところが、日本のモーターメーカーでその磁石を使ったモーターを作ってくるところがありません。ということで、私どもとしては、いまのモーターを使うことになったのです。あの型のモーターを使って参加したものは外になかったのです。しかしそれがすべてとは言いません。モーターばかり悪者にするわけにはいきません。

鈴木 サポートの態勢というのは、どういふふうになっていたのですか。

八木橋 常時伴走できるのはオフィシャル・カーが1台と、もう1台、これしかつくことができません。あとは、人間を運ぶためなどの車です。我々は、サポートカーを5台使いました。GMは20台とか言っていました。

鈴木 日本のグループは大体どういう編成ですか。

八木橋 大体4～5台でして、寝泊まりするキャンピングカーを全部引っ張っている。夕方5時になった時点でストップしなければいけないというルールなものですから、いろんなところで野宿しますので、キャンピングカーを、みんな引っ張っている。あとはメカニック用の車1台と、そんな感じです。

越川 GMはヘリコプターなんかも使っていたようですね。

八木橋 用途としてはヘリコプターはないと思います。基地としては、二ヶ所、アリスプリングか、ダーウィンしかなくて、その間は1,500キロぐらいありますので、ヘリコプターの航続距離からして考えられません。多分自分たちの撮影用だと思います。

越川 サポート態勢の差が優劣を決めたという見解の方もいたようですね。少なくともGMカーを見ると、制御盤のところにいっぱいメーターがついていますでしょう。あれはなにを意味するのだというのが、またひとつの疑問というか、我々としては知りたいところだし、そのデータをまた克明に取って、コンピュータでいろいろやっていたというのも、これまたどういうことなんだろうかという感じもします。日本ではそういうことを余りしなかったと思うのですけれども、このように実験データを詳細に、しかもシステマティックに蓄積してゆくのとそういうことをしないことの差があとでどう現われてくるのか、という疑問を持つのですが。

八木橋 私どもも、太陽電池からの入力とモーターにかける出力についての判断は、非常に大変で、コンピュータを使ってやろうと考えました。最初はテレメトリックに飛ばそうという計画もあったのですが、けっきょくはサポートカーのほうにも太陽電池を積んでいまして、太陽光強度を常にコンピュータに入れるようになっているシステムは持っていたわけです。

そこから、いま何ワットぐらいの出力だから、どのぐらいのスピードで走れば、いいということを車に指示しようとして、そういうシステムを実際に持ち込んだわけですが、そういう必要はほとんどありませんでした。と

いうのは太陽電池の出力によって走れるというのが、1日の半分ぐらいしかないわけで、残りはバッテリーに溜めてある分を吐き出さないと、走れない状態でした。つまり朝と晩に2時間の充電が許されるのですが、その分いくら充電できたかを推定しまして、それを割る何時間ということで、次の日に走れるスピードは一義的に決まってしまうということでした。複雑な計算は要らない。

GMの場合は、実は、ギネスブックにも載ったのですが、私の記憶に間違いがなければ、バッテリーを載せない状態で50キロぐらいのスピードが出たと思います。ということは、バッテリーはほとんどバッファの状態で、ずっと走り切れる。ですから、複雑な計算は多分していないと思います。やっているとしたら、モーターのコントロールを見たり、モーターとかバッテリーの温度などが、限度に達していないかどうか。あとは、フレームが、ものすごく軽いですから、90キロぐらいのスピードのところもありますので、その時には、かなり自己発熱が高いはずなのです。ですから、そういう状態を多分モニターしている部分のほうが大きいんじゃないかと思います。

座長 議論はまだあるかと思いますが、あとでもできますし、また新たな話題を提供していただくという意味で、ここでエネ工研の高倉さんからGMを訪問した時の報告をお願いします。

高倉 GM研究所が、デトロイトのすぐそばにあります。つい先週このサンレーサーのことで訪問してまいりました。

こちらから行ったのは、日本人ですが、中には自動車会社の人も入っていましたが、それでも向うはかなりオープンに話をしてくれ

ました。このサンレーサーに関する限りは、基本的には情報をできるだけオープンにしましょうという姿勢がはっきりしていたようです。

この開発のためにはGM全社あげてのチームを作ってやったわけですが、その中でも特に中心になって動いたのが、Hughes AircraftとAeroVironment、およびGMの研究所です。ということで、そこの方々に会ってまいりました。オーストラリアの現地に行かれた方では、ハワード・ウイルソンさんとか、ボディの設計を実質上担当し、ドライバーもやったというブルックスさんも含まれています。

開発の経緯についてですが、ちょうどいまから1年ぐらい前にレースの主催者から参加しないかという要請があり、実際にその開発のゴーサインが出たのが去年の4月1日ということで、非常に短い時間でやったということを書いておりました。

ヒューズというのはちょうど2年ぐらい前にGMに買収された企業で、GMとの連携関係を強化する方策をいろいろ模索していた時に、こういう話があったものですから、片やヒューズは太陽電池を作っていますし、GMは自動車ということで、ソーラーカーがピッタリだった、したがって参加するという話はわりとすんなり決ったということのようでした。

ただ、時間的な制約が非常に厳しかったため、グループを至急編成して開発、製作に乗り出した。8月末には第1号車が完成したと言っておりました。ですから、実質的には4カ月ぐらいでもう、ものを作り上げてしまったということです。

この開発にあたった人間については、フルタイムで働いたのが大体30人ぐらい、あと関連の協力者が100人ぐらいということで、そういうチームで数カ月の間に1号車を完成したというのが開発の経緯のようです。

開発の目的なのですが、一つは先ほど言いましたGMとヒューズの連携強化ということと、あと3つほど挙げていまして、2番目が新技術への挑戦による企業活力の維持、3番目がGMの技術力のPRになるということです。

4番目が、ちょっとこれは面白かったのですが、子供たちの科学的興味を喚起するというものです。GMのステンプル社長というのは、そういう教育的なことにいろいろと関心を持っていて、事実、この優勝したサンレーサーは、いまいろんな学校を順番に回っているらしいのです。それで子供たちにそういうものを見せて、新しいものへの興味を持たせるとというのが、非常に重要な目的の一つだったということを書いていました。

それから仕様と性能についてですが、事前に広報用に発表された仕様と性能は第1号車の目標性能と言いますか、設計性能的なもので、実際はこれよりかなり変っている。1号車は大体これに近かったらしいのですが、2号車、つまりレースで走った車は、かなりこれから離れてまして、例えばヒヤリングで聞いた話では、太陽電池のうちの40%が三菱電機製のガリウム砒素、あと40%は、アプライド・ソーラー・エナジー社のやはりガリウム砒素、残りの20%はヒューズ社のシリコンです。つまり80%がガリウム砒素で、20%がシリコンです。最大出力は広報用では1キロワットになっていますが、1.1キロワットと言っ

ております。

それからモーターもかなり違っておりまして、発表段階では1.5キロワット、2馬力ということになっているのですが、その後改良されまして、2号車では3キロワット、4馬力になっている。しかも、短時間の最大出力は、7キロワットは出るということなのです。従って性能も、60mphまでの加速が25秒、太陽電池だけで走った場合の最高速度は、48mphという数字を挙げていました。

効率等に関してですが、太陽電池については、ヒューズのシリコンが16.5%ぐらいということですが、ガリウム砒素については、数字を言っておりませんでした。

それからいろんなエレクトロニクスの回路に効率の非常に高いものを使っています。例えば太陽電池は、太陽に対する角度の違いでそれぞれ出力が変わりますので、ピークパワー・トラッカーという、DC-DCコンバーターを使って、それぞれの場所による電圧の違いを平準化する装置がついているのですが、この装置の効率が98%、それからインバーターを使っていますが、その効率が97%、ネオジウム-鉄磁石を使ったモーター、Magnequench モーターが92%の効率になっております。このクラスいわゆるDCモーターですと、75から85%ぐらいまでしかいかないと思うのですが、それよりはかなりいいと思います。こういう電気系統全体の効率の向上というのを設計上非常に重視したということのようです。

あと、これは最大の要因かも知れませんが、ボディの空気抵抗係数(CD値)が0.09と極めて低い。また、タイヤは、3種類用意してまして、ラフなところや高速用など、場所

によって交換をした。その高速用のタイヤの摩擦係数が0.033と、非常に小さいものを使っています。

次に、レースの勝因については、一言で言えば、GMの総合力の強さと言えると思うのですが、彼等があげた技術的なポイントはいくつかあります。一つは、ボディの形でして、太陽電池とボディを一体化した形にしたということです。太陽電池で走っても、GM車は最高時速120キロ近くで走っていますので、空気力学的な性能が非常に重要になるということなので、ああいうボディを採用した。形については、だれが考えたかという質問をしたのですが、ブルックスさんが基本的なボディのスタイルを考えた。あとは、NASAのコンピュータモデルを使って、シミュレーションをして、最終的にああいう形を決めたようです。

2番目として挙げたのが、信頼性及び耐久性に重点をおいた設計をしたということです。アメリカ国内でも確か数千マイル走行して、徹底的に信頼性の確認をしております。事実、レースでは1回も故障しなかった。ただし、パンクは3回したと言っておりますが、このパンクは予定のものである。予定のものというのはおかしいようですが、設計上、パンクしても車が壊れないように作ったので、パンクは故障とは考えていないということでした。

3番目が事前の準備ですが、現地状況の把握のためコースの徹底的な調査をやっておりまして、5月には現地に赴いて、全コースを事前に走破して、道路を徹底的にチェックした。舗装がどうなっているかとか、勾配がどうなっているか、それを全部コンピュータに入れて、シミュレーションできるようにした。

ですから、走っている時も、テレメーターで全部データを伴走している車に送っているわけですが、その中でこのデータに基づいて、シミュレーションをしながら、常に最適な速度になるようにやっていたということです。

そういうことが結局勝因ではないかということだったのですが、それでは、非常に高性能であったということの理由はなんだったかということになります。それについては、先ほど八木橋さんがおっしゃっていましたが、太陽電池自身の効率はそのほど重要ではない、やはりモーターを含む電気系統とか、制御系統の効率化と最適化がポイントだったと言っています。あとはボディの一体化構造、そういうことによると思うということです。

今後、なにかの記録に挑戦するかとか、次のレースはどうですか、と聞いてみたのですが、3年後のレースについては、参加するかどうかはまだ分らない、ということです。太陽電池だけによる記録の更新については、前にやった時には、36mphぐらいの記録を出しているわけですが、曇った日にやったということで、もうすこし気候がよくなって、春から夏にかけて、もう一度チャレンジしてみたい、というようなことを言っていました。

ちょうどレースに先だって、その新記録を出したというニュースが流れたわけですが、そしてそれはギネスブックに申請したという話ですね。しかし速度的にはあまり速くない訳で、GMの人の話だと、要するにまわりを安心させるために発表したというようなことをもらしてました。事実、フォードの人なんかはそれを聞いて安心したというような話が

GMの人達に伝わってきたと言っていました。

以上のようなことがレースがらみの話だったのですが、私どもは電気自動車の関係の調査ということで参りましたので、あと電気自動車へのこの技術の応用はどうかということを開いてみたのですが、このサンレーサーの開発にあたっては、とくに電気自動車への応用ということを意識して開発したわけではないようです。

Magnequench モーターですが、これは将来的には電気自動車に使われる可能性があると思うが、現状では、コストが高過ぎて無理と思う。また銀亜鉛電池は非常にエネルギー密度が高いわけですが、これもレース用にはいいとしても、電気自動車用には向かない。というのは、サイクル寿命が非常に短く、数十回ぐらいで駄目になってしまう、ということです。ですから、一般の電気自動車への応用ということでは、あまり参考にはならないというか、そういうことをあまり気にせずに開発したということでした。

最後に電気自動車のレースについて。これはソーラーカーのレースだったわけですが、同じようなことは、電気自動車のレースということで考えられないかという話をしたら、アメリカにジェット・プロパルジョン・ラボラトリーというところがありますが、そこがフォーミュラ・E・グランプリレース（“E”というのは、“Electric”のEですが、これは仮の名前だと思います）と称して、米国を東西に横断するようなレースを考えているけれども、まだ詳細は決まってない、と言っていました。1年か、2年後ぐらいには実現する可能性があるだろうということのよう

です。

座長 同じく異なった面からの話題を提供していただくということで、シャープの西田さんのほうからなにかありましたら、お願いします。

西田 話題というほどではないのですが、シャープとしては、モジュールだけを供給したということでして、そういう中で、一応知り得たことについてお話をさせていただこうと思うのですが、どれだけ参考になるか、ちょっと自信はありません。

我々のほうに話がきた段階のところから話をしますと、もともとこのチームについては、三菱自動車意匠部の江口さんのほうから個人的に話がきました。太陽電池をやっているメーカーをいろいろ探して、シャープのほうにこられたと聞いています。6月の終り頃に営業ベースでの正式な話がありまして、ご存知のように我々の地上用の太陽電池はすべてガラスでカバーしてあり、アルミの枠がついている。そのため一つのパネルが5キロぐらいあり2m×4mの中に収めますと、それだけで百キロ以上の重さになるということで、最初から太陽電池自体をできるだけ軽くしないといけないという要望がありました。それまで我々は直径100ミリの丸いセルしか商品化していなかったのですが、そういうものでは今回のように2m×4mの中には詰め込みにくいということがありまして、単結晶で、100mm角で、できるだけ効率が高いセルを作ろう、ということになりまして、それ以降開発を始めました。重量を軽くするためにガラスをやめようということにし、基板はプラスチックにするか、アルミ板にするか。気温は現地が40度ぐらいというような話が当初か

らありまして、そうした時には、セルの温度が70度以上に上がるのじゃないか、セルの温度が75度ぐらいになったら、単結晶の場合ですと、25%ぐらい定格よりも、出力が下がるのですけれども、そういう不利な点を考えますと、冷却のことも考えなきゃいけないのじゃないか、ということで、アルミの板を考えました。アルミの板をベースにして、1m×33cmぐらいのモジュールに100mm角のセルを貼りつけてレースが終れば、太陽電池がつぶれてもいいじゃないかという考えで、表面のほうはガラスを使わずに、透明のフィルムにしました。本来ですと、それでは信頼性の試験には通らないようなものです。現在 JIS 規格を検討しておりますけれども、地上用のモジュールというのは、屋外で使うものにつきましては、90%ぐらいの湿度で、何百時間かもたないといけないのですけれども、こういう構造で、ガラスを使わずに、表側にフィルムを使いますと、そういう試験には到底もちません。今回の場合はとくに天気の良いところを走るという条件がありましたので、これでもいいだろう、ということで、一応割り切ってやりました。

結果として、モジュールの重量としては2キロぐらいで、これを2m×4mの中に全部で24枚貼りつけまして、大体50キロということになりました。

予定では人間を入れて300キロぐらいが目標だったはずですが。

さっきの結論にもあったように、太陽電池の要素というのはどうも小さいようで、今回の場合でも、単結晶だけで、一応定格で約990ワットぐらい出るのです。それにアモルファスの太陽電池が両翼袖についておりまして、

最高時は1キロワット以上の太陽電池出力が見込めるのですけれども、この出力が効いたというふうにはちょっと考えられないですね。GMが1.1キロワットですか、そうしますと、10%ぐらいの差しかないわけですから、あとなにが違うのかということになってしまうと、重量が倍ほど違う。このへんのところとか、モーターの効率が悪いのじゃないとか、モーターの責任にするわけじゃないのですけれども、そういうような印象を持ちました。日本をスタートする時点では、GMの出力が1キロワットという話はあまりなかったのですけれども、枚数だけはやたらに情報が入ってきておったと思うのです。その時点でも、太陽電池に関しては、1キロぐらいしか出ないのじゃないかという予想はしていました。ガリウム砒素の場合は小さいセルしか作れません。単結晶の場合には、10センチ角でも作れますけれども、ガリウム砒素ですと、最高のレベルでいっても、2センチ角だと思います。恐らく2センチ×6センチというのは、シリコンの寸法じゃないかと思えますけれども、そういうこともあって、太陽電池は、出力的にはそんなに差はないだろうと思います。重量が非常に問題じゃないかと想定しております。あとアモルファスを両翼につけました。私どもが供給したチームの考え方というのは、レースに勝ちたいということはあるけれども、なんか新しいことをやろうじゃないか、ということがひとつありまして、その新しいことの目玉というのが、アモルファスも使っているということだったと聞いております。これはこのチームの顧問をされていた大阪大学の浜川教授が最初からそういうポリシーを出されまして、勝つことが二の次

とは言わないけれども、従来の延長線でたとえ勝ちましたと言っても、参加する意味がないじゃないか、負けてもなにか新しいことをやろうというようなことで、それで単結晶とアモルファスを混在したようなものを作ったというふうに我々は理解しております。

座長 ありがとうございます。それでは今までいろいろな話が出ましたが、太陽電池とか、モーターとか、車体関係につきまして、なんでも結構ですが、ご意見、ご質問がありましたら、お願いしたいと思います。

八木橋 私どもは太陽電池メーカーですので、太陽電池についてちょっとお話ししたいと思うのですが、いまのシャープさんの話の中で非常に特徴的だったのが、シリコンの単結晶は大きいものができる、それからガリウム砒素は2センチ角しかできない、というのがありまして、私どももそう考えておりました。小さいものしかできなければ、性能は18%と高いのですけれども、直列接続をしていけばそのロスもありまして不利だということで、私どもは実は6インチの丸型から切った100mm角の単結晶を作りまして、ほとんどガリウム砒素の効率に近いものを実は積んでおります。ですから、出力の点では、普通の状態では勝つはずです。勝つぐらいのものを積みました。しかし大きいものというのは実は考え方の穴でして、私どもが車のデザイナーにデザインを依頼した時に、曲がないという条件を一つ入れたのです。実はデザイナーのほうから100mm角を切って、繋いだらどうかという話があったのです、曲面を作るために。そうすると、直列ロスが増えるので、駄目だと考えました。実はそういう裏の話がありまして、大きいものができるという自負が完全に

落とし穴になった。大きくても、細長くして、曲面を作るべきだった。デザイナーにその自由度を与えておれば、もうちょっと違った形になったのじゃないか。単結晶を積んだ車はおしなべて、畳1枚を引っ張って歩くような変な形の車ばかりだった。それを実はいま反省しております。もう一つ、モーターの性能からもきたんですけれども、私どもの電圧系がすごく低いのです。50~60ボルトしかありません。先ほどGMについての報告の中いろんな効率がありました。97とか98とかいうことですが、電圧系が低ければ、こんなパーセンテージは絶対に稼ぐことはできません。次回はやはり200ボルト系とか、電圧を上げる必要があると思います。そうなりますと、必然的に直列枚数が増えますので、一個あたりの素子の大きさというのはやはり小さくならざるを得ない。単結晶が大きくできて、効率がいいと、直列枚数が少なくて済む、というところに固執し過ぎたと反省しています。我々は並べて何ワットという目しか、いままでありませんでしたので、これはもっともっと研究する必要があると思います。

ソーラー・セル・メーカーの範囲なのですから、先ほど言っていたピークパワートラッカーですね。そこまでは私どもの範囲になると思います。これについても、98%というのは、正直言って、非常に脅威的な値です。これの開発も同時にやる必要があると思います。

というのは、これはマキシマム・パワー・ポイント・トラッカーと我々は呼んでいるのですけれども、これは、小型の装置では、ロスが多くて使えないというのが私どもの今までの考え方です。ある程度大きなシステムに

ならないとできないという頭があったものですから、これもこんな小さなシステムで、98%を達成するというのは、やっぱり考え方をだいぶ変えなきゃいけないという反省があります。ソーラー・セルにつきましては、一応この2点です。

バッテリーは私どももシルバージンクを使っています。これは日本では作ってません。アメリカのミサイル用のものをそのまま使っておりますので、言い訳になりますが、GMのものと同じです。以上です。

越川 ガリウム砒素を使ったがために、曇天続きに対してもものすごいメリットがあったというコメントもあるのですが、そこはどうなんですか。

八木橋 関係ないです。波長がちょっと違いますが。

西田 温度的に考えたら、ガリウム砒素のほうが高温でいいでしょうね。下がり方も少ないでしょう。

八木橋 それは言えると思います。

西田 さっきちょっとお聞きしたかったのですけれども、GMに関して、太陽電池はあまり決定的ではないという話がありました。ではなぜ価格の高いガリウム砒素を使ったのかなという疑問があるのですが。

高倉 とにかく手に入るものは全部手に入れて、やっぱり勝つのだという気持は非常に強かったみたいですね。多分そういうことだと思うのですけれども。

西田 ガリウム砒素の効率だけを考えたら、シリコン単結晶でも、そこそこ負けないものができると思うのですね。だから一つメリットがあるとすれば、曲面だったら、小さく貼りつけなければいけないが、それはまあ人工

衛星の技術ですね。そういうような小さなセルを貼りつけるということになったら、ガリウム砒素とシリコンの差は縮まってくるわけですね。それと、温度的なものから言うと、高温でやはり特性の低下の割合が小さいから、75度とか80度ぐらいの温度で予想すれば、メリットがあるのかなと予想していたのですが、現実にはあんまり温度が上がっていないということであれば、ちょっとその効果が出てないのじゃないかと、思ったのですが、それでも。

越川 効率の差ってそんなにつかないのですか、ほんとに。

西田 条件によるのでしょうかけれども、確かにさっき1.1キロワットぐらいということになりますと、八木橋さんのところだと、1.3kWとありましたね。だから、単結晶のほうが大きいわけです。ただ定格状態ですから、実働動作の時に、もともとガリウム砒素というのは、温度が上がった時の効率の下がり方が小さいということで、温度が上がったり下がったりしても、比較的特性は高いところで安定しています。

八木橋 具体的な数字はいまちょっと言えないのですが、いまの特徴はあります。それで私どもは、モジュールの下に空気の流れを作らなきゃいけないということになりました。そうしますと、C/D値は悪くなります。GMのほうは完全にクローズで、裏に空気を流すところがついてませんので、そのクローズボディの上に太陽電池を貼りつけると、温度は予想以上に上がっているのかも知れません。その意味で、ガリウム砒素を使う理由があるのかも知れません。

杉本 中のペースの温度が上がっているとい

うことですね。

八木橋 そうです。勿論吸熱板になりますので、自分でどんどん発熱していきます。

杉本 この太陽電池は、寸法的に2メートル×4メートルに制限されていますね。

八木橋 そうです。

杉本 それに高さで2メートルとってもよいことになっています。GM車はゴキブリみたいな感じで、日射有効面積といいますか、太陽の光の角度によってずいぶん違うと思います。有効面積的にいえば、レースに参加した車の優劣の差は、どうなのでしょう。

八木橋 基本的には、太陽光が当たる投影面積が一緒ですので、どう配置してしようと、同じといえば同じです。

杉本 それは直射光であって、道路からの反射も含め乱反射もいろいろあるでしょうから、少しは効くのじゃないですか。

西田 我々の供給したチームも車の下にアモルファスを貼りつけようという話が最初はあったのですが、結局縦にアモルファスをつけました。ただ縦につけた状態で走るということは現実にはできません。だから、とめて充電する時だけ有効に使えるという格好になるでしょうね。ところが、GMの場合ですと、凸凹していますから、アレーの面積を計算しますと、8平方メートルを超えていますね。セルの高さの方向まで入れて3次元で使っているから、面積は結構あるのです。

杉本 2×4×2メートルという条件を有効に使っているということですね。

八木橋 必ず後ろから光を受けるような道路なのです。真直ぐに北から南へ向かいますので、しかも季節的に言っても、太陽の上がり方が早いものですから、こういった後ろにつ

けるというのは有効です。あれが東海岸から西海岸に向かうのであれば、こういうのがほんとにできたかなと思います。ゴキブリ型の前のほうには電池はついていません。

杉本 そのへんが、事前調査とか、準備とかが非常にいい結果をもたらしたのでしょうね。

矢田 タイヤはどういうタイヤを使われたのでしょうか。

八木橋 私どもは、特殊です。実は特別に製作したホイールです。タイヤについては、ちょっと今データがないので申しわけないですが、ゴムは3種類ぐらい用意して、生ゴムにかなり近いものです。吸いつきをよくするため、そういうゴムを使っています。パンクというのは、多分レッドの溝に挟まる、とがった石があるのです。それでやられるのだと思います。日本から行った車の中で、スクーターのタイヤを使われた方がいる。それはもう10本以上パンクしたと思います。

矢田 転がり係数はどの程度想定されたのですか。

八木橋 私、そこまで分りません。さっき言っていたCD0.09ですか。これは本当に実際の風洞テストと言っていましたでしょうか。理論値ですかね。

高倉 実際にもモデルテストをやっていますね。GMでは。

八木橋 私どもも小さなモデルテストはやっているのですよ、風洞で。ただ、ああいう形ですので、0.4ぐらいなのです、どんなことをしても。そうすると、効いてくるのが、40キロぐらいからなのです。ですから、残念ながら、CDは効くって分かっていたのですけれど、そんなに差が出るとは思っていなかった。

彼等はどのくらい出るというイメージですか、CDを0.09に抑さえたというのは。

高倉 どれくらい出るかというのは？

八木橋 例えばパワーに対して何%ぐらいとかですね。

高倉 そのへんの話は私も専門でないものですから、分からなかったのですけれども、数字としてはそういう数字を言っていました。

杉本 NTVーレイトンハウス車のCDが0.24です。

八木橋 人のことはあんまり言いたくないけれども、多分あの形からしますと、私どもの推測では、私どもより悪いと思います。0.2という値だと、ものすごい流線形をしていないと、そういう値は無理だと思いますけれど。

越川 GMも自転車レースの専門家にアドバイスをもらって、そのへんはかったようですね。まさに自転車レースの考え方でやっているのですよね。

高倉 基本的にこのタイヤ自体は自転車のタイヤなのです。

矢田 低速ではタイヤの効果というのはすごく効くと思います。それとそこの状況では風はあるのですか。

八木橋 北のほうはほとんどありません。向かい風を受けるということはないと思います。

越川 ただハイウェーをものすごくいかに自動車が通って、それとすれ違ったりするので、横風問題がものすごくシビアらしいのですよ。それに対して、このGMカーは、極めてスマートに対応しているというので感心している人がいますね。

後藤 お伺いしますと、重さの問題で、少しでも軽いほうが性能が出たという、そういう

連続的な問題と、あとはGMのほうもバッテリーの概念が違う。太陽電池で直接走っている。そういう技術があったからできたのかも知れないのですけれども、何かコンセプト自体がどうも違うのじゃないかと。重くなれば、支えるやつが重くなって、という世界は、飛行機でも同じような話がありまして、機体が重くなりますと推力がたくさん要るので、エンジンの出力が大きくなって、エンジン自体が重くなるので、それを支えるパイロンも重くなって、結局、面積の大きい主翼が必要になり、尾翼も大きいのが必要になるという相乗効果で、機体全体に相乗効果で5倍7倍に利いてくるといわれている。だから、設計室には「図面1枚3オンスの削減でB767全体で3,000ポンドの軽量化」などというポスターがはられ、誰かが工夫して、何ポンド減らしたということになると、1ポンド当たりいくらのボーナスが出るというようになっている。それぐらい、軽くすることへの努力をしていると聞いたことがあります。ヒューズなんかも、さっきお話がありましたように、ヘリコプターを作る世界で、そういうセンスなのだろうと思いますし、自転車もそういう技術を持っていたというのもありましょし、いまは出てませんですけど、自動車メーカーのセンスというのもこれから必要なのかも知れないです。その意味では、単純な結論にならないで、総合的だという結論をお持ちなのは、レベルの高い結論じゃないかと思います。あの要素が負けたからだとか、そういうシンプルなものじゃないというのが分かったことでも、ひとつの成果だと思いました。そこからいきますと、今後共要素技術の開発が大切なのは勿論ですが、早い話、実用化するとい

う意味では、全体のバランスがとれた設計ということです。自動車メーカーが主になるのかどうかは存じませんが、そういうところの今後の役割というのが大きいのじゃないかと思ひまして、そういう意味では、どういう業界というか、どういう人達が一番中心に（当面はまだ太陽電池屋さんがされるというのもありましょし）、どうしたら面白いと思って一番やる気になるか、というのも、実用化をめざす上では、そういうポイントをうまく見つけるというのも方法じゃないかと思いました。

越川 ちょっと補足させていただきたいのですけれども、私なんかGMのサンレーサーに関心を持ったのは、今おっしゃられたことなのです。というのは、公害研の清水さんという方が、まさに電気自動車問題というのは、重量をいかに軽くするか、あるいは転がり摩擦抵抗をいかに少なくするか、そこですよ、という提言をしているのです。とくにガソリン車に比べて、電気自動車のほうがそういう要因が大きく効く、という話です。今飛行機の話がありましたけれども、その提案をまさに具体化したのが、このサンレーサーじゃないか、という感じを私なんか受けているものですから、この問題をちょっと突っ込んでいるのですけれども、そういう点で、本当に電気自動車について、そういう発想がもっと入ってこないと、なかなか日本のソーラーは世界に勝てないかも知れないなという感じがしたりしているのですけれども、そのへん矢田さんのほうからもう少しコメントしていただいたほうがいいと思うのですけれども。

矢田 こういうレースの話と、実用車とではずいぶん話が違うのですね。だから、今の公

害研の清水さんの話は、実用車という話じゃなくて、レーシングカーみたいなものを対象にしますと、そういうものが効くわけなのです。

モーターが非常に重かったという話があるのですが、このサンレーサーは直結方式で、変速は全然していないのですか。

高倉 しています。

矢田 歯車を使っているのですか。

高倉 ベルトですね、4対1で落しているみたいです。

矢田 日本のはどうなのでしょう。

八木橋 ギャボックスを積んでいます。

矢田 オートバイ用ですか。そうすると変速して走るという格好になるのですね。モーターのほうでは変速しないわけですか。

八木橋 モーターコントロールをかけ、なおかつです。

矢田 オプチマムなところをねらっていくという話ですね。

高倉 GMが勝利の要因のひとつとしてあげた、電気系統を高圧にしたことは、トランスミッションを不要にするためと、もう一つは電気系統の効率化ですね。その二つの目的で、150ボルトという、かなり高い電圧を採用したということをしていました。

矢田 多分高速で走り抜けることは、初めから想定しているのですね。そういう意味では日本のは中途半端じゃないですか。速度そのものの設定値が。

高倉 さっきメーターの話が出ましたが、20項目ぐらいの測定を全部やってまして、テレメトリーで伴走している車に送って、そこにアップルのパソコンが2台あって、片一方には、その車のいろんな性能がらみの状況

が一目で分かるような絵が出る。もう一方には、道路の状況とそのシミュレーションの関係、オートクルージング装置で、一定の速度で走れるようになっていますので、道路の状況によりシミュレーションで、どのぐらい出力を出したらいいか、というのを、全部コンピュータで判断してやっているようです。

矢田 ひょっとすると、モーターコントローラーはチョッパー全開でなにもなしで走っているケースがかなりあったのじゃないでしょうか。

高倉 そこまでは詳しく聞かなかったのですが、分かりますが、基本的にはバッテリーをあまり使わないで走ったと、先ほどおっしゃっていましたが、そういうことのほうが多かったようですね。

矢田 多分一番効率のいいところで走ったのでしょうね。

杉本 都市郊外ではレース中の速度の制御をする必要がないわけですね。

越川 速度については、制限があったり、なかったりしていたのでしょう。

八木橋 そうです。北側はないのですけれども、南は110km/hが限度です。

杉本 それでは高速でずっと走ればいいのですから、普通の道路みたいに信号でストップしたり、スタートしたり、ということはないのです。

八木橋 ただレーシングモーターは、先ほど言ったように、コンバーターというか、チョッパーは絶対に要ります。モーター・プラス・その制御技術、つまり単にグルグル回しているだけでは駄目です。負荷の変化についていけなくなりますので、それをフィードバックしながら、コントロールをというコントロ

ーラとモーター、両方ワンセットで開発したのですから、当然コントロールはかかっているわけです。

高倉 モーター自体はDCというよりACモーターだと言っていましたね。

杉本 当然そうですね。インバーター出力周波数の制御をして、ACモーターを使うことは今は広く普及しております。その方が軽し、良いと思います。

丸川 オーストラリアの道は、山、坂は相当にあるのですか。

八木橋 勾配は非常に小さいのです。

丸川 ソーラーカーや、電気自動車これからどういうふうな分野なり、どういうふうな使い方に有効なのかということは興味深い点ですが、今回はほとんどフラットなところを走ったということですね。別の言い方をすると北から南にフラットな道を走る場合には、このゴキブリスタイルが有効であったとも言えるかもしれませんね。先程、八木橋さんの基調報告の中に、今回のレースでGMはバッテリーを載せない状態で、50キロの速さで走ったとのことでしたが、これはソーラーカーの実用化が必ずしも遠い将来の話しでもなさそうだと印象を与えてくれます。ソーラーカーの実用化という観点からGMではソーラーカーのアプリケーションとして、どういうふうな分野で使っていけそうだという意見みたいなのがございましたか。

高倉 たまたま会った人がこういう人達だったので、実用というような話はあまりなかったですね。例えば電気自動車にどういうふうに応用できるとか、あるいは将来こういうものをどういうふうにするかというような話については、あんまり関心がないというのはお

かしいですけれども、ちゃんとした話は聞けませんでした。

丸川 ソーラーカーの得意とする分野や、どういう方向に発展しやすいのかといったことを考えていけば、恐らくいまのガソリン車との住み分けみたいなのになにか出てくるのじゃないかなという気もするのですけれども。

越川 自動車関係者の中には、私なんかお話を伺うと、もうソーラーカーはショッピングカーなんかでは、実用化するとして考えていいのじゃないか、自ら開発する積りもあるよ、というようなことを言われる方がいることも事実なのです。そのへん冒頭八木橋さんのお話にも、実用車としてのソーラーカーについてちょっとコメントがありましたが、実際どういうふうにお考えになっているのかということですね。

八木橋 やはり今までの歴史がそうであったように、レースというのは実用車とはかけ離れているようですが、最初はそのからスタートするような気もいたします。次にくるのは、今おっしゃった通勤用に限定されたものでやるか、もしくはレジャービークルみたいなものになるか、二つの方向があると思うのです。ヨーロッパのメーカーが電気自動車を作っているのですが、すごくスタイルのいいやつですね。それに太陽電池を積まないかという話もあるのです。それは、補充電から始まる道があると思うのです。つまりいろんなところに充電ステーションを作っていくのでは間に合わないから、太陽電池をつけておいて、少しでも、という考え方です。

それからもう一つは、自転車のイメージです。人間が漕ぐその助けとして、太陽電池がついていればいい。そして日が照っている時

でなければ、そういうことはしないから、太陽電池でいいのだと。つまりレジャービークルのなかでも非常に簡単なものです。オーストラリアで話をした時には、例えば獵に行くとか、そういうところで昼間だけしか使わない。最高時速も40~50キロ出ればいい。我々がすぐに200万円だ300万円だとガソリン車に出すのと同じ感覚で1千万円出してもいいというような方にレジャービークルとして売れる道が一方ではあると思います。GMのモーターなり、なんなりを使えば、2人乗りで、オーストラリアであれば、レジャーとして考えた場合に、もう十分実用になるような気がします。一応そんな見通しで、今はやっております。ただ、先ほど冒頭にも述べましたように、一方ではそういうふうに錯覚を与えるのはよくないという考えを持っている太陽電池メーカーさんもあります。

後藤 代替エネルギー電源ということでしたら、ほかに風力だとか、いろんなものと相対的なものになりましょうし、代替エネルギーの自動車ということになりましても、メタノール自動車や電気自動車、CNG天然ガスがありまして、水素自動車があるという具合です。ソーラーカーも、もし実用化することになりますと、そういうものとの相対的なものにもなりましょうし、住み分けということですね。私が聞いているところでは、いま申しました順番で、一番実用化が近い。メタノールで、電気自動車で、CNGで、水素。電気自動車は最近では、どうも特殊用途だとか、そういうほうが早いんじゃないかという話も聞いたことがあります。そういうことからいきますと、ソーラーカーというのは、どういうものなのかなというのを、自動車課側の人

からちょっとお話を伺いたいという気もするのですが。

大磯 自動車メーカーと話をしていると、ソーラーカーというのはほとんどこれまで出ていない。今日の集りがあるというので、ちょっと電気自動車関係のメーカーにそういう資料はないかと声はかけたのですが、ほとんど集まらなかったです。

研究部門なんかでやっているかも知れないのですが、表に出てきてないですね。多分日本の自動車メーカーの体質というのでしょうか、遊びの精神をもつ余裕はないですね。日本は生産第1位だといって、ここまで登り詰めてきました。それは恐らく一生懸命になって、それこそがむしゃらに働いてきた。ここで初めてホンダに代表されるように技術を重視するということで、F1にいきましょうとか、サハリのレースに行きましょうとか、徐々に自分たちの技術を実証する場というのですか、先端的な技術をそこに応用してみようという余裕というか視点をもったメーカーが1~2あるかどうか、というような感じでしょう。国内には13社メーカーがありますけれども、数社でしょうね、そういう先進的な技術をチャレンジ精神でレースに応用しようというところは。それからみると、実用云々という話がより現実的なものになると、途端に研究が加速されるとは思いますが、今のところ10年、20年先であろうというのが多分自動車メーカーの見通しで、そういう意味で、こういったものへの研究のスピードをあげるというのはなかなか難しいですね。とくに行政が代替エネルギーだから開発しなさいというひとつの例として電気自動車をこれまで10年間やってきて、それでこういう状態ですか

ら。ことにソーラーカーについては、実用を念頭においてやれというのはなかなか難しい。先ほどの話のように、PRというのですか、そのメーカーの宣伝用には多少やってもいいけれど、という程度でして、この分野については、自動車のほうからより現実的な話をするとなると、なかなか発言できなくなりますね。そんな感じがしてますね。

矢田 実用の話はさっき難しいって話をしましたけれど、オーストラリアでは、ひょっとしたら、今でも走れるかも知れないというお話がありましたね。今の電気自動車がなかなか普及できないのも、ひとつは車検の問題があるのですね。これがある意味では日本のそういう面でのチャレンジに対するブレーキになっていることは事実だと思います。さっきのように転がり抵抗係数がいくらぐらい小さいと、そういう車は、例えばブレーキ性能が十分出ないとか、車体を軽くするために薄い板を使うと衝突・安全上危険だとかいうところまで、テストをクリアできないところが出てくるわけです。だから、実用車としては非常に難しいバリエーションが日本にはかなりある。ですから、そういうものが比較的緩いところだと、割合素人が作っても走る。それで実際に公道を走れるような雰囲気ができるのですけれども、なかなか日本ではそこまですりません。実用という面で言いますと、非常に泥臭い話になってしまうのですけれども、大きなバリエーションがある、そういう感じがしますね。

越川 そのほか、ほくらなんか素人考えで、駐車しているときにサッシボードの窓が熱くなるでしょう。ああいうところに太陽電池のパネルをひょいと置いといて、それで充電さ

せ、クーラーでもいれておくとか、そういう格好がとればいいんじゃないかと思うのです。そういう製品もすでにあるとかいう話もあるけれども、そういった使い方というのは、今後どうなのですか。

西田 問題は、例えば真夏に70度、80度の空気を換気するためにどれだけのパワーが要するか、それを発電するのにどれだけの太陽電池が要するかというと、恐らく10Wぐらいの太陽電池が要すると思うのです。そうしますと、これだけで、数万円の金が必要です。かなり安くならないと商品になりません。夏のそういう場合の換気というのは、実際には例えば窓をあまり開けると、泥棒にやられますけれども1センチあるいは2センチぐらいガラスを開けておきますと、換気できるのです。太陽電池で、ファンを動かしてまあ20度下がったらいいいところです。実験もやった結果として、効果ないという感触なのです。

越川 ちょうど天井相当の面積でいいような感じですね。天井さえソーラー・セルでやっておけば、クーラーは完備という感じになる。

西田 エアコンみたいに、25度とか、そんな温度に下げるだけの馬力がまだないわけです。太陽電池というのはちょっと換気できる程度の実力しかないわけです。

越川 電気自動車そのものの泣き所もクーラーだ、という話があるのですね。クーラーがなかなかつけられない。つけると、1回充電することで走ることのできる距離が途端に短くなる。クーラーの技術がもうすこし工夫できますと、おっしゃられたようなことも可能になるだろうし、また場合によれば、ガリウム砒素のようなものに乗っけてやると、全体的に電圧が上がって、モーターも小さくなる。

そういう効果を含めまして、システム全体として経済性が出てくる可能性があるいはあるかも知れませんか。

西田 現時点では、自動車メーカーさんは後ろ向きで、我々が頭の中で考えても、そう前向きの結論が出ないのですけれども、現状の技術を見るからそうなのであって、将来はどうか、ということになりますと、我々サンシャインの関係でいろいろ研究しておりますけれども、単結晶だとか、アモルファスだとか、あるいは化合物で、ガリウム砒素とか、インジウム・リンとかいろいろありますけれども、これはあと10年、20年の間にいろいろ進歩があるだろうと思います。そうしますと、モジュール1平方メートルあたり現在は千ワットの太陽光に対して、いいところ15%ぐらいで、150ワットぐらいしか出ないと思います。そうしますと、普通の車を考えたら、300ワットぐらいしか発電しないわけですが、何時までもこういう状態が続くというわけじゃないと思うのです。しかしそれにしても、それが1キロワットも出るとか、そういうような事態はこないと思うのです。そういう時、例えば化合物でも、ガリウム砒素はちょっと問題がありまして、ガリウム砒素を自動車に積むということになりますと、ガリウムも砒素も有毒物質ですから、こんなものが街の中に走り出したら、事故が起こった時に、大変なことになって、潰すことも、どうして処理したらいいかということも、普通のスクラップ屋さんで処理できないような問題が発生すると思うのです。

ですから、普通の民需用としてガリウム砒素を大量に使うという時代はこないと思うのですけれども、インジウム・リンだとか、い

ろんなほかの化合物ですと可能性が出てきてまして、シリコンにインジウム・リンの薄膜を堆積したようなものと、将来的に例えば20%ぐらい、いくらかいかないかですね。そんなものも将来研究できるのではないかと。そういうことになって、あと太陽電池のアプリケーションということになりますけれども、太陽電池のアプリケーションというのは、残念ながら、やはり負荷の効率が上がらないと使えないというのが実情でして、電卓用で太陽電池が普及したのも、これはICの消費電流が急激に下がった結果、太陽電池が使えるようになったわけですし、つまり負荷がどれだけ減らせるかということにかかっているわけです。だから、あなたまかせのところは太陽電池メーカーにはある。太陽電池というのは、単なる電源ですから、負荷のほうの効率が上がりますと、いままでできなかったものが、突然開けてくるようになる。そういうことがありますので、10年とか、そういうレベルになりますと、太陽電池も当然効率が上がっているだろうし、その時点で、エアコンなんか効率が上がっていきまると、可能性としては見えてくるのではないかと、そういうふうには思っております。現時点で、太陽電池を車の屋根に積んで、エアコンを動かせるか、と言われたら、ちょっと首をかしげますし、ファンを動かすというのも、商品的には問題がある。それは実験的にはできますが商品的には問題があると思います。

丸川 将来の問題ということで、どの程度使っていけるかという話なのですが、最初の基調報告で、八木橋さんのほうから、太陽電池の自動車への利用の時代がこのソーラーカー・レースによって近づいてきたのじゃ

ないかという印象を話されましたけれども、先ほどの議論の中で、自動車メーカーがどう取り組むかという話で、まだちょっとリラックスした感じであるというふうな話がございました。技術の面でかなり使いこなしていけるようなところまでできているけれども、自動車メーカーが、大きなマーケットということで動き出すところまではまだいっていない。先ほどらいた話で少し面白いなと思ったのは、自転車の話がございましたね。そういうことでいけば、自転車というのはまた自動車とは全く違う概念なわけですけど、そういうことからすると、自動車の今持っている機能に置き換わるものとしてのマーケットは勿論大きくあるのですけれども、それ以外に全然今までなかったような発想なり、ニーズに対応した形のサプライがあるのじゃないかなと思うのです。

最近では、「ママチャリ」という言葉があるそうです。お母さん方が買物なんかを使う自転車のことだそうです。こうした新しい生活パターンがひとつの大きな流れになって新しい自転車のアプリケーションを生み出しているわけです。そういうふうな形でもって、ソーラーカーもコミュニティの中に入り込んでいくようなことにならないだろうか、生活の変化と技術の変化との間に、なにか接点が出て来ないだろうかと思うのです。ですから、従来の機能に対する代替需要ということのほかに、新たな形のエネルギーの使用形態なり、使用方法というのが出てくるのじゃないかなと思いますし、そんなことで、昨今、21世紀エネルギーの利用についての多様性ということが言われていますけれども、そろそろそういうふうな方向に世の中が動いていきつつあ

るのではなかろうかという感じはいたします。そんなことで、新しいそういうふうな目でもって、この太陽電池の利用範囲なり、方向なりを考えていくと、どんどんいろんなものが出てくるのかなあと感じるわけです。

鈴木 新エネルギーの開発という面からもコメントをしたいと思っていたのですが、今まで自動車の話を中心だったので、ちょっときっかけがなくて、最後になってしまいました。太陽電池の開発実用化という面からコメントします。

太陽電池の開発という面から見ますと、市場の開発のメカニズムの中で、コストが下がれば安くなって、安くなると市場が広がって、それで安くなってというメカニズムがあっとうまくいくのだ、という話があるわけです。

ところが、太陽電池の開発の現状を見てみますと、自律的市場への接近が足踏み状態にあります。値段が下がってきても、なかなか自律的市場が形成されていません。

自律的市場が成立するためには、少なくとも次の二つの要件が調う必要があります。一つはコストが本当に安くできるのか、ということ。もう一つは、需要が本当にあるのかということ。この二つが、自律的な市場が成立するか、しないかのポイントになっているかと思います。

開発の現状からみますと、コストはかなり下げられるメドが出てきていますが、需要がそれについてこないのが問題だと思います。すなわち、需要規模の見通しが小さいので生産ラインへの投資が充分回収できず、見かけの経済性しかないという状況が生じています。このような状況を打破するためには、新しい用途・目的への利用によって新しい需要

を創り出していくことが重要課題となっています。そういう時に、ソーラー自動車というのは、新しいコンセプトの需要というものを開発する非常に面白い試みになっています。先ほど自律的な市場の開発ということを言いましたが、結局いま下がっているコストのレベルでも、今までのコンセプトを変えないで、従来の用途の範囲で、需要の拡大を計っても、それには限度があり、自律的市場の形成がなかなか難しい状況にあるといえます。

今のコストで十分やり得る新しい需要を見つけないといけないし、自立的な市場が形成されていないのじゃないかと思われるわけです。太陽電池の開発という面からみても、今度のソーラーカーラリーは、自動車という新しい領域へのきっかけが与えられているという意味で、非常に面白いなと思います。それからもう一つ「需要のコンセプトを抽象化」することの重要性を示唆している点でも注目できます。先ほどからGMがうまくいったということがいろいろの方向から指摘されています。これにはいくつかの要素が重なっているのだと思いますが、その1つは、レースに勝つということを、自動車のコンセプトにまでまとめあげたことにあるかと思います。そのまとめ方は、太陽電池の需要開発にも共通していて、消費者のニーズや需要の動向を製品のコンセプトとして明確にし、新しいコンセプトの製品の開発を通して新しい需要を創り出していくという需要開発のあり方にヒントを与えてくれているように思います。需要の創出が現在の太陽電池開発において最重要課題であるとするれば、今回のレース、とくに、GMの勝利へのとりくみ方から吸収することは少なくないように思います。

座長 予定の時間をちょっとオーバーしたのですけれども、オーストラリアのソーラーカー・レースをきっかけにして、ソーラーカーというものについて、皆さんの関心というか、興味とかが出てきたのじゃないかと思います。ところで、レースはレースとして、先ほどからご議論がありましたように、これから実用化ということで考えた場合ソーラーカーをどういうところに使っていこうとか、どんなふうの開発していこうか、ということなことがあると思うのですけれども、その前に本当にソーラーカーを開発する価値がどういふところにあるのか。それは経済性の問題とか、先ほど丸川研究開発官がおっしゃったように、当面どういふところに使えそうだから開発する価値があるとか、と言った御意見が出てくるのじゃないかと思いますけれども、やはり21世紀の自動車のひとつのタイプとしてソーラーカーを開発していくのもいいんじゃないかと私は個人的に感じていますが、このレースをきっかけにして、ソーラーカーを未来のひとつの車として開発していくかどうかと言った問題をもう少し突っ込んで議論する場をどちらかで作っていただくのは非常にいいことではないかという感じが致します。そういう意味できょうの座談会は非常に有意義であった、という気がします。これで終りにするのじゃなくて、ソーラーカーはひとつの総合的なシステムですから、関係者の皆さんに集まっていただいて、今後もしろいろな面から議論していくのがいいのではないかと考えています。どうも長時間ありがとうございました。(日時：昭和63年2月22日、場所：エネルギー総合工学研究所7F会議室)

財エネルギー総合工学研究所10周年記念シンポジウム

日 時：昭和63年 6 月14日（火） 10：00～17：20

場 所：銀座ガスホール

テーマ：「21世紀へのエネルギー技術戦略」

—— プ ロ グ ラ ム ——

総合司会：高倉研究部長代理

午前（10：00～12：15）

開会の辞	財エネルギー総合工学研究所	専務理事	越川 文雄
来賓挨拶	通商産業省資源エネルギー庁	長官	浜岡 平一

セッションⅠ（司会：山崎研究部長）

(1) 基調講演 「21世紀へのエネルギー技術戦略」			
	財エネルギー総合工学研究所	理事長	山本 寛
(2) 招待講演①「21世紀へのエネルギー展望」			
	財日本エネルギー経済研究所	理事長	生田 豊朗

午後（13：30～17：20）

(3) 招待講演②「先端技術の今後の展望」			
	財三菱総合研究所	会長	牧野 昇

セッションⅡ（司会：越川専務理事）

(1) 「エネルギーセキュリティについて」			
	東京大学 工学部	教授	鈴木 篤之
(2) 「FBR開発の課題」			
	東京大学 工学部	教授	近藤 駿介
(3) 「高温超電導への期待」			
	電子技術総合研究所	エネルギーシステム部長	富山朔太郎

セッションⅢ（司会：大塚センター長）

(1) 「電気事業における先端技術の動向」			
	東京電力㈱	常務取締役	三井 恒夫
(2) 「自動車の今後の技術動向」			
	トヨタ自動車㈱	常務取締役	沼澤 明男
閉会の辞	財エネルギー総合工学研究所	常務理事	柴田 誠一

研究所のうごき

(昭和63年1月1日～3月31日)

◇ 新役員の選任

任期満了にともなう新役員の選任が、3月30日開催の第26回理事会で行なわれ、下記のように新役員を選任した。

(任期：昭和63年4月1日～同65年3月31日)

新役員

理事長	山本 寛	東京大学名誉教授
(所長)	山本 寛	
専務理事	越川文雄	
常務理事	柴田誠一	
理事	秋山 守	東京大学工学部教授
"	飯田孝三	関西電力(株)副社長
"	生田豊朗	(財)日本エネルギー経済研究所理事長
"	植田守昭	(社)日本鉄鋼連盟副会長兼専務理事
"	正親見一	日本原燃サービス(株)相談役
"	大島恵一	(財)工業開発研究所副理事長
"	近藤駿介	東京大学工学部教授
"	佐古 一	(社)日本建設業団体連合会会長
"	鈴木篤之	東京大学工学部教授
"	鈴木 胖	大阪大学工学部教授
"	柴崎芳三	(社)日本ガス協会副会長兼専務理事
"	関根泰次	東京大学工学部教授
"	妹島五彦	(社)日本電機工業会専務理事
"	朝永良夫	(財)日本産業技術振興協会副会長
"	豊田正敏	東京電力(株)副社長
"	中村俊夫	(社)日本自動車工業会専務理事
"	野沢清志	電気事業連合会副会長
"	平川誠一	東京大学名誉教授
"	古沢長衛	(社)石油連盟副会長兼専務理事
監事	奥村有敬	日本興業銀行常務取締役
"	山崎 魏	中部電力(株)副社長

◇ 理事会開催

第26回理事会

日時：3月30日(水) 12:00～13:30

場所：経団連会館 9階901号室

議題：

第1号議案 昭和63年度事業計画および収支予算(案)について

第2号議案 昭和63年度運営費借入について

第3号議案 理事および監事の選任について

第4号議案 その他

◇ 月例研究会開催

第50回月例研究会

日時：1月29日(金) 14:00～16:00

場所：幸ビル(13F) 1303会議室

議題：

- (1) 小型コージェネレーションについて
一米国における導入例を中心にして一
(プロジェクト試験研究部主任研究員 池松正樹)
- (2) 昭和63年度エネルギー開発予算
(資源エネルギー庁長官官房総務課長補佐 薦田康久氏)

第51回月例研究会

日時：2月26日(金) 14:00～16:00

場所：大和生命ビル(22F) スカイホールB

議題：

ソフト化社会におけるエネルギーと自動車
(社)ソフト化経済センター専務理事 日下公人氏)

第52回月例研究会

日時：3月25日(金) 14:00～16:00

場所：幸ビル(13F) 1303会議室

議題：

- (1) 日米原子力協定
(資源エネルギー庁原子力産業課長 大宮正氏)
- (2) 欧米のFBR開発の最近の傾向について
(プロジェクト試験研究部主任研究員 河野直実)

◇ 主なできごと

- 1月12日(火) 無停電電源装置信頼性等評価委員会(第2回)開催
電源計画手法検討委員会(第5回)開催
- 13日(水) 原子力安全に関する懇談会(第7回)開催
シミュレーション技術部会(第11回)開催
- 19日(火) FBR安全設計検討委員会(第7回)開催
- 21日(木) 中小型軽水炉検討委員会(第2回)開催
- 27日(水) 分散型新発電技術実用化実証研究調査委員会(第2回)開催
- 2月2日(火) 高度負荷集中制御システム専門委員会(第2回)開催
- 3日(水) シミュレーション技術部会(第12回)開催
- 6日(土) エネルギー技術データ・ベース体系化法開発研究石炭技術分科会(第3回)開催
- 10日(水) 高度負荷集中制御システム検討委員会(第2回)開催
- 12日(金) 小型コージェネレーションシステム調査委員会(第3回)開催
- 16日(火) SPS委員会(第3回)開催
- 22日(月) 二次電池電気自動車適合可能性調査委員会(第2回)開催
- 26日(金) LNG貯槽管理システム調査研究会(第3回)開催
- 3月2日(水) シミュレーション技術部会(第13回)開催
電源計画手法検討委員会(第6回)開催
- 3日(木) 石油TES導入利用調査委員会(第3回)開催
- 7日(月) 産業用エンジンのメタノール利用可能性調査委員会(第3回)開催
- 8日(火) FBR新技術F/S検討委員会(第3回)開催

- 3月9日(水) 原子力安全懇談会(第8回)開催
- 14日(月) 「21世紀に向けてのエネルギー技術開発」懇談会開催
- 15日(火) 分散型新発電技術実用化実証研究調査委員会(第4回)開催
- 16日(水) 無停電電源装置信頼性等評価委員会(第3回)開催
実用発電用原子炉廃炉技術調査委員会(第3回)開催
- 17日(木) エネルギー・フロンティア計画調査委員会(第3回)開催
- 18日(金) 新シーズ(地殻熱利用)委員会(第4回)開催
- 24日(木) 高度負荷集中制御システム検討委員会(第3回)開催
- 25日(金) エネルギー・フロンティア計画調査計画地域コミュニティ懇談会開催
- 30日(水) 二次電池電気自動車適合可能性調査委員会(第3回)開催

◇ その他

外国出張

- (1) 河野直実主任研究員は、「FBR安全設計に関する調査」のため、1月30日から2月14日の間、西ドイツ、フランス、イギリス、アメリカに出張した。
- (2) 高倉毅主管研究員は、米国EVDC主催の「Electric Vehicle Commercialization Benefits and Opportunities」国際会議出席のため、2月10日から2月20日の間、アメリカに出張した。
- (3) 松井一秋主管研究員は、「高レベル放射性廃棄物処分に関する調査」のため、3月12日から3月27日の間、フランス、イギリス、西ドイツ、スイス、ベルギー、スウェーデンに出張した。
- (4) 横式和弘研究員は、「固有安全炉に関する調査」のため、3月19日から3月27日の間、アメリカに出張した。

第 10 卷 通 卷 目 次

VOL.10, NO. 1 (1987. 4)

セーフティ カルチャ原子力安全委員会委員 内 田 秀 雄..... 1

原子力の安全目標特集

その 1 基調講演＜原子力施設の安全目標＞..... 2

東京大学工学部教授 近 藤 駿 介

その 2 パネル討論.....14

司会

東京大学工学部教授 都 甲 泰 正

パネリスト (五十音順)

放射線医学総合研究所科学研究官 市 川 龍 資

(財)エネルギー総合工学研究所エネルギー技術情報センター長 大 塚 益比古

東京大学工学部教授 近 藤 駿 介

日本原子力研究所東海研究所原子炉安全工学部長 佐 藤 一 男

東京電力(株)原子力研究所所長 澤 口 祐 介

学習院大学法学部教授 田 中 靖 政

研究所のうごき.....35

VOL.10, NO. 2 (1987. 7)

宇宙船地号とエネルギー新エネルギー総合開発機構理事長 松 岡 實..... 1

国連環境特別委をめぐる話題ー開発と環境の調和ー.....坂 倉 省 吾..... 2

火山発電について.....谷 村 康 夫.....20

昭和62年度における資源エネルギー

関連技術開発の重点施策について.....安 井 正 也.....28

研究所のうごき.....42

VOL.10, NO. 3 (1987. 10)

第 7 回 エネルギー総合工学シンポジウム

複合エネルギー時代におけるあアメニティ・カーの技術開発

昭和62年 7 月14日 (火) 於日本工業倶楽部 2 階大会議室

司会

プロジェクト試験研究部長 山 崎 宗 重

座長（午前） 主管研究員 高 倉 毅
座長（午前） 専務理事 越 川 文 雄

開会のあいさつ理事長 山 本 寛..... 3
来賓のあいさつ通商産業省機械情報産業局自動車課長 中 川 勝 弘..... 6

天然ガス自動車

- 1 国内外の開発普及状況
.....(財)エネルギー総合工学研究所研究員 蓮 池 宏..... 8
- 2 CNG自動車の試作
.....東京ガス㈱企画部技術企画グループ課長 格 秋 元 実.....15

メタノール自動車

- 1 メタノール自動車の導入に係る論点と課題等について
.....資源エネルギー庁省エネルギー石油代替
エネルギー対策課計画班長 後 藤 芳 一.....23
 - 2 IEA国際協力の現状
.....新エネルギー総合開発機構
アルコール・バイオマス技術開発室主査 竹 下 宗 一.....29
 - 3 石油産業活性化センターにおける研究開発
.....(財)石油産業活性化センター常勤理事 丹 羽 鼎.....35
 - 4 メタノール自動車の研究開発動向
.....(財)日本自動車研究所研究主査 金 栄 吉.....44
- 質疑応答60

電気自動車

- 1 現状と将来展望
.....通商産業省機械情報産業局
自動車課技術班長 稲 垣 謙 三.....62
 - 2 海外における開発普及動向
.....(財)エネルギー総合工学研究所主任研究員 橋 詰 正 三.....66
 - 3 我が国の電気自動車動向
.....日産自動車㈱産業機械事業部
国内販売部開発営業課長 川 越 迪.....76
- 質疑応答80

4	電池技術研究開発の動向	
	工業技術院大阪工業技術試験所	
	無機機能材料部電池研究室長 高 橋 祥 夫.....	82
5	コミュニティビークルの集中利用システムの開発	
	(財)日本電動車両協会研究部長 斉 藤 豊太郎.....	89
6	新電気利用交通システムの将来像に関する調査研究	
	東京電力㈱技術開発本部開発計画部副長 前 川 務.....	99
	質疑応答	111
	電気自動車の研究開発等のあり方について (提言)	
	電気自動車に関する懇談会...	113
	水素自動車	
1	国内外の研究開発状況	
	工業技術院機械技術研究所	
	エネルギー機械部主任研究官 浜 純.....	116
	質疑応答	130
	閉会のあいさつ	131
	常務理事 柴 田 誠 一.....	131
	 ❖ ❖ ❖ ❖ ❖	
	研究所のうごき	133
	VOL.10, NO. 4 (1988. 1)	
	研究の壁	1
	財団法人電力中央研究所理事長 成 田 浩.....	1
	「成長の限界」再考	2
	田 中 努.....	2
	意見交換会「深層天然ガスを考える」	
	——スウェーデン シリヤン・プロジェクトの話題を中心として——	
		15
	分散型電源の系統連系	41
	茂 田 省 吾.....	41
	電力負荷平準化と負荷制御	
	——諸外国のロードマネジメントの動向と負荷集中制御システムの検討概要について——	
	野 口 俊 郎.....	53
	研究所のうごき	75

季報エネルギー総合工学 第11巻第1号

昭和63年4月20日発行

編集発行

財団法人 エネルギー総合工学研究所

〒105 東京都港区西新橋1-14-2

新橋SYビル(6F)

電話 (03) 508-8891

無断転載を禁じます。(印刷) 和光堂印刷株式会社