

NEWS LETTER

POWER & ENERGY SYSTEM

動力エネルギーシステム部門ニューズレター

第8号

72期部門長に就任して



動力エネルギーシステム 部門  
部門長 秋葉 雅史

当部門も、今年で5期目となり、これまでの部門長や運営委員をはじめとする各委員会委員の方々のご努力により、部門組織の確立、国内外での活動の枠組みが

概ね完了し、運営が軌道に乗って参りました。特に昨年、副部門長の選挙が実施され、開かれた活動の道筋も決まり、部門に対する社会の要求にこたえるべく、邁進する時期となりました。

我が国のエネルギー政策の基本である総合エネルギー調査会による長期エネルギー需給見通しは1969年に策定され、既に9回の見直しが行われております。従来、エネルギー消費量はGNPの伸びに対する弾性値は大略1.0と考えられてきたが不況下でも民生用を中心に増え続けています。90年に作られた現行の見通しでは2000年度における一次エネルギー総供給量を原油換算5億9700万klとしていたが、92年度の総供給量は既に5億4100万klに達しています。供給面では原油価格が安値で推移したため、全エネルギー供給に占める石油依存度が88年度の57.3%から92年度は58.2%に上昇しました。原子力発電への依存度は9%から10%に上昇したが、2000年度の13.2%の目標達成は困難な状況であります。調査会はこれらの見直しを6月迄に行う予定にしています。また米国の例では1980年1人当たりの電力使用量が9196kwhであったのが89年には10649kwh(わが国の2010年の使用予想とほぼ同じ)に増大しています。この事象は豊かさの追求から発生しているが、地球環境の保全という人類の共通課題に対しマイナスの要因であり、矛盾であります。

エネルギー需要と環境保全の根本的な解決は人口抑制

を含む人間欲望の制限や価値観の変更など近代文明に対するマクロ的な再評価と再構築が必要であります。

当部門は、部分的かつ現実的な解決を工学の発展によりもたらすべく活動をしている集団であります。従って登録会員の構成も大半が企業所属者という特徴を有しています。

エネルギー資源の殆んどを輸入しているわが国の運用技術は格段に優れているが、特に過去において経験した公害問題から環境保全技術も高いレベルにあります。また、地理的条件から多種多様の省エネルギー技術や再生可能エネルギー技術を開発し、実用化しています。

しかしながら、技術は巨大かつ広範囲であるので個々技術の専門化が進み横の連絡が欠落しつつあり、この現象は本学会内でも見受けられます。また世の中のシステム指向や巨大技術に対する軽視は早くも技術の空洞化を生みつつあります。以上の認識のもとに、広範囲の学問分野を網羅する基幹学会の部門として運営する所存であります。

部門が企画運営する行事や表彰、分科会・研究会の活動に人材育成も含んだ産官学の新しい協調を目指すことを明確にしたいと思います。エネルギー関連施設の開発、製造、運用、廃棄のサイクルは長く、巨大な分野である故に当然の帰結であります。次に国際会議を単なる学術の情報交換の場としてのみでなく、先進国として経験要素も含んだ知見を広く提供して、国際協調の実効を上げるべくご協力をお願い致します。これは資源を輸入している見返りというばかりでなく解決には地球レベルからの考慮が必要でありますし、世界的に著名な学会の活動として当然であると思えます。

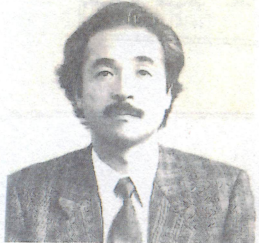
本部門がカバーする領域は動力エネルギーに関するシステムや機器を含む幅広いものであります。部門の発展のためには会員諸氏、特に企業所属会員の方々の一層のご支援、ご協力をお願い申し上げます。

【目次】

72期部門長に就任して	1	行事カレンダー	9
特集： 国際熱核融合実験炉(ITER)計画の現状	2	部門賞受賞者の所感	10
国際会議予定	4	研究分科会活動紹介	11
先端技術：(1)希ガスサイクル直接発電の研究開発	4	研究室紹介：武蔵工業大学	12
(2)JAFI管渠燃焼方式の開発	6	地区だより	12
国際会議報告：(1)NURETH-6	8	部門企画の案内	14
(2)コンバスチョン	8	見学会の概要報告	15
第72期部門の活動について	9	ISO-TC208産業用タービン規格の動きについて	16
第72期次期副部門長選挙について	9	セミナー、見学会のお知らせ	7:14:16

◇特集◇

# 国際熱核融合実験炉 (ITER) 計画の現状



日本原子力研究所・那珂研究所  
ITER開発室長 松田 慎三郎

## 1. はじめに

核融合の研究は約40年ほど前に開始され、当初は21世紀の初めには核融合炉を実用化できると予測していた。現在、核融合研究開発は物理を中心とした研究段階から工学に重点を置く開発段階に移行しつつあり、核融合実験炉の建設を具体的に展望できる段階に至っている。

国際熱核融合実験炉 (International Thermonuclear Experimental Reactor: ITER) は、1985年ジュネーブでの米ソ首脳会談における「核融合研究の重要性と国際協力の拡大を支援する」共同声明をきっかけとして、日本、EC、ロシア、米国の4極の協力により進められているトカマク型核融合実験炉開発計画である。ITERは、JT-60などの現在の大型トカマク装置と核融合発電の実証を目的とする原型炉との間に位置し、表1に示す計画目標の達成により、核融合の科学的、技術的可能性を実証することを目指している。

表1 ITERの計画目標

- (1) 定常状態を究極の目標とするD-Tプラズマの制御された点火と長時間燃焼を実証すること
- (2) 核融合炉に必要な技術を統合されたシステムにおいて実証すること
- (3) 核融合の実用化に必要な高熱流束機器、核工学的機器の総合的な試験を実施すること

## 2. 概念設計活動 (CDA)

1988年4月から1990年12月までの約3年間、日本、EC、ロシア (当時ソ連)、米国の4極が、各極均等に設計作業に延べ80~100人・年、研究開発 (R&D) に年間約1000万ドルを分担して、ITER概念設計活動 (Conceptual Design Activities: CDA) を実施した。その設計活動は、各極10名、合計40名で編成された国際共同設計チームにより年間約6ヶ月、ドイツ、マックスプランク・プラズマ物理研究所での共同作業を中心にして実施され、1990年12月にITERの装置概念を提案して成功裏に終了した。このITER・CDAにおいてわが国は設計作業の長であるITER運営委員会・議長を務める等、CDAの実施に主導的な役割を果たした。

## 3. 工学設計活動 (EDA)

わが国の原子力委員会は、1992年6月、JT-60等の成果及びITER・CDAの結果等を踏まえ、核融合実験炉開発を中心とした第三段階核融合研究開発基本計画を定めた。わが国は、この基本計画に基づいて、CDAに引き続く次段階の工学設計活動 (Engineering Design Activities: EDA) に進むことで4極合意に至り、1992年7月にその協定に調印した。今後のITER計画のスケジュールは図1に示すように、EDAが約6年間で完了して、引き続き建設が合意されれば、2006年ごろには運転を開始することができる。

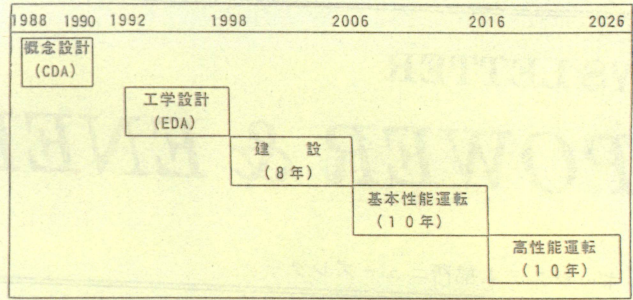


図1 ITER全体計画の一案

## 3. 1 計画の概要と組織・運営

EDAは、ITERの建設に着手するか否かに係る4極の判断に必要な全ての技術情報の整備を完了することを目的として、表2に示すように6年間の国際共同設計、4極均等分担による大規模な工学R&D及び各極のプラズマ実験装置による物理R&Dの三つの主要活動が進められている。EDAの実施体制は、図2に示すように活動全体をITER理事会が監督し、ITER所長の統括・指揮のもとで国際混成の共同中央チーム (Joint Central Team: JCT) が三ヶ所の共同作業サイトに常駐して各極の国内チームと共に延べ約1340人・年の規模で工学設計を展開する。また、4極合わせて約7億5千万ドル (1989年米ドル) 相当の工学R&Dを4極均等分担で実施することである。

表2 ITER工学設計活動 (EDA) 計画の概要

期間	1992年7月より6年間
設計活動規模	全体で約1340人・年 共同中央チーム: 約840人・年 4極国内チーム: 約500人・年
R&D活動規模	
・工学	約750M\$のR&D (4極均等分担) 超電導コイル、炉構造、遠隔保守、加熱電流駆動、プラズマ対向機器、ブランケット、燃料循環、構造材料、計測の9分野の原型級試験を含む工学R&Dを実施
・物理	各極の既存計画からの自発的貢献 特にJT-60からの貢献が期待されている

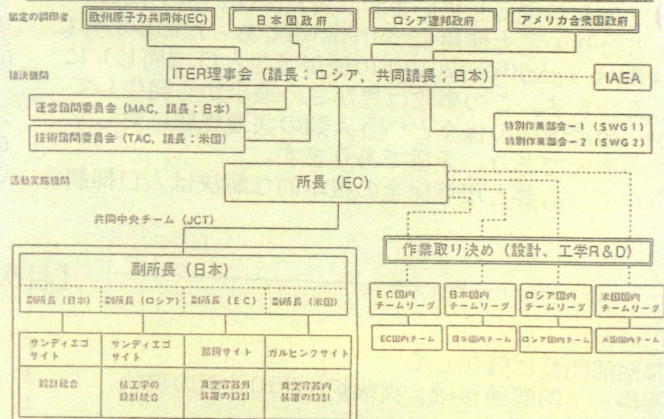


図2 ITER工学設計活動の組織

議定書1の段階において2つの特別作業部会 (Special Working Group: SWG) が設けられ、SWG1ではITERの詳細技術目標の見直しが行われ、SWG2では主に議定書2の草案が作成された。各極から派遣されたメンバーから成る共同中央チームは、那珂 (日本)、ガルヒンク (EC)、サンディエゴ (米国) の3サイトに

分れて共同設計作業を行っている。那珂サイトでは超電導コイル・電源・遠隔保守機器・トリチウム施設等の真空容器の外側の設備・機器の設計が進められ、ガルヒンク・サイトでは真空容器とそれより内側の構造物（ブランケット・ダイバータ・RF加熱など）の設計が、サンディエゴ・サイトでは設計統合、安全設計及びサイト設計が行われている。

わが国では、日本原子力研究所がITER・EDAの実施機関に指定され、ITER開発室長が国内チームリーダーに指名されると共に国内チームが編成され、共同中央チームとの協力による装置の設計、及び超電導コイルを始めとするわが国が分担する工学R&Dが進められている。また物理R&Dは、JT-60を中心とした原研及び大学・国公立研究機関で活動を開始した。さらに那珂研究所構内に開設されている共同中央チーム那珂共同作業サイトの設計活動支援及び受入基盤の整備を積極的に進めている。

### 3.2 工学設計

ITERの目標を具体化した詳細技術目標がSWG1で議論された。プラズマ性能に関しては、誘導運転によるパルス長がCDAの400秒から1000秒に延長された。工学試験については原型炉用ブランケットの試験に関するCDAの技術目標が引き継がれ、発電性試験が新たに加えられた。運転計画については、CDAでの検討結果と同様に段階的に実施することとし、まず基本性能段階を10年として、この間にブランケット機能試験が可能となった。引き続き高性能段階も10年を予定しているが、それに移行するにあたっては、基本性能段階の結果を見て詳細計画を立てることとした。

共同中央チームは、国内チームの協力を得ながら、この技術目標に沿ってCDA設計の見直しを進め、1993年12月に概要設計(Outline Design)を終えた。概要設計に基づくITERの装置概念を図3に示す。概要設計の主な点は、パルス長400秒から1000秒への変更及びプラズマ性能裕度を取るため、装置主半径がCDA時の6mから7.7mへと大幅に増大したことであり、それに伴い核融合出力が1.5GWとなっている。ITERの究極目標になっている定常運転についてはなお多くの議論があるが、概要設計では、JT-60の最近の成果や定常トカマク炉(Steady State Tokamak Reactor: SSTR)設計等からの先進概念の採用が検討されている。工学システムについては、ブランケット/遮蔽の構造材料・冷却材料についてITER所長がバナジウム等の低放射化構造材料と液体金属冷却を提案した時期もあったが、ITER理事会はEDA6年間のR&Dで成立性を判断できるという要請から、オーステナイトステンレス鋼と水冷却の組み合わせとすることを決定している。また、プラズマに直接面する第1壁材料については、銅合金などの高熱流束に耐える材料の表面にJETで採用されたベリリウムを張り付ける方式が第1候補とされている。

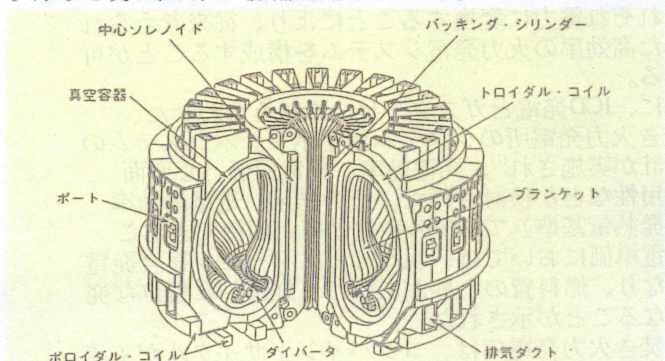


図3 共同中央チームの概要設計に基づくITERの装置概念

### 3.3 工学R&D

EDAでは、ITER計画が建設段階に入るために必要な技術的基盤を確立するために、広範な工学R&Dが計画されている。これらの工学R&Dは、表2にあるように、国際共同設計と並行して約7億5千万ドル相当のR&Dを表3に示す各分野で参加4極の平等分担で実施する。

表3 ITER工学R&D項目

超電導コイル	*)	TF/PPコイル及び試験装置 冷凍システム
炉構造	*)	真空容器 支持構造物 プラズマ安定化コイル及び試験装置
遠隔保守	*)	炉内遠隔機器 炉外遠隔機器
加熱電流駆動	*)	中性粒子入射システム 電子サイクロトロン波システム 低域混成波システム イオンサイクロトロン波システム
プラズマ対向機器		第一壁/アーマ ダイバータ
ブランケット	*)	増殖/発電ブランケット 及び試験装置
燃料循環	*)	燃料注入装置 真空排気装置
構造材料		プラズマ対向機器用材料 ブランケット構造体用材料
計測		プラズマ計測

\*) : 原型級試験を実施する項目

この内、長いリードタイムを要する超電導モデルコイルの製作とその試験施設の建設は、EDA開始直後から作業が開始されている。モデルコイルに関しては、素線の仕様を決定し、各極がほぼ平等分担して素線用材料の製造に着手している。また、超電導モデルコイル試験施設としては、トロイダル・コイル用とポロイダル・コイル用の双方の必要性が認められ、前者はドイツのカーlsruエ原子力研究所、後者は日本原子力研究所・那珂研究所の試験施設の利用が合意され、施設の改造・増設に着手している。

### 3.4 物理R&D

ITER・EDAに必要な物理R&Dは、各極の既存装置を用いて自発的に進めるもので、わが国では、原研と大学・国公立研究機関がそれぞれ独自にこれにあたることとしている。そのため、原研1、大学1の物理R&D代表者が選任され、JCTとの物理R&D企画調整の窓口となっている。すでにITERプラズマの平衡・安定性解析や、リップル磁場の効果に関するJT-60を用いた実験が具体的な課題として取り上げられているが、今後、「ダイバータ物理」、「閉じ込め」、「ディスプレイションとMHD」、「高エネルギー粒子」、「加熱と電流駆動」、「プラズマ計測」等の分野で、世界中のプラズマ実験装置による貢献が図られる見通しである。

### 3.5 その他

ITER・EDAは、1994年3月をもって議定書1の段階を終え、4月以降議定書2の段階に進む予定である。当面のマイルストーンは1995年3月に中間設計報告・安全解析などを行うことである。

## 4. まとめ

ITERは、前例のない大規模な国際共同プロジェクトである。そのために、科学技術面のみならず、運営面、政治経済の背景、安全設計の考え方等に参加極間の様々な違いがあり、これらを克服しながら推進していくことが求められる。それにより、困難な課題の解決に協力してあたることができ、人類の英知を結集し開発リスクの低減が可能になり、成果を共有することもできる。この意味で21世紀の科学技術のあり方を占う試金石の一つと考えて、この計画の推進に可能な限りの貢献を行うよう努めているところである。

## ◇国際会議予定◇

## 1994

12/6-7 第4回動力・エネルギー技術シンポジウム  
(神戸)

7/26-27 International Clean Coal Technology Symposium  
On Pressurized Fluidized Bed Combustion  
(Kitakyushu-city, Japan)

10/25-27 Cogen Turbo Power '94  
(Portland, USA)

## 1995

4/23-27 3rd JSME-ASME Joint International Conference  
on Nuclear Engineering (ICONE-3) (京都)

5/22-26 JSME-ASME Joint International Conference  
on Power Engineering-95 (ICOPE-95) (中国)

## 1996

第5回動力・エネルギー技術シンポジウム

4th JSME-ASME Joint International Conference  
on Nuclear Engineering (ICONE-4) (米国)

## 1997

JSME-ASME Joint International Conference  
on Power Engineering-97 (ICOPE-97) (東京)

5th JSME-ASME Joint International Conference  
on Nuclear Engineering (ICONE-5)

## 1998

第6回動力・エネルギー技術シンポジウム

6th JSME-ASME Joint International Conference  
on Nuclear Engineering (ICONE-6) (米国)

## ◇先端技術◇

## 希ガスサイクル直接発電の研究開発



東京工業大学 総合理工学研究科  
吉川邦夫

## 1. はじめに

化石燃料を燃焼させた時の断熱火炎温度は2200~2400K程度あるのに対して、将来的にもガスタービンの最高動作温度は1700~1800K程度が限界と考えられ、火力発電の技術分野では、まだ広い高温領域が残されている。この高温熱エネルギーを直接電力に変換できる新たな発電方式が、希ガスサイクル直接発電(ICD発電、別名クロズドサイクルMHD発電)である。

ICD発電では、燃焼ガスによって希ガス(アルゴンまたはヘリウム)を2000~2300K程度に加熱する。加熱された希ガスには、電気伝導性を与えるため、10~100 ppm程度の微量の金属カリウムあるいは金属セシウムをシードとして添加し、図1に示すようなディスク形発電機へと導く。超電導磁石が作る強い磁界中に置かれたディスク形発電機内では、作動流体である希ガス原子と電子との間のエネルギーのやりとりが少なく、電子温度が希ガス温度よりも高くなる非平衡電離プラズマが形成される。その結果、希ガス温度は2000K程度であっても、電子温度は5000K以上にもなり得、高い電気伝導度を持ったプラズマが形成される。そして、ローレンツ力に抗して希ガスを流すことによって、その熱エネルギーが直接電力に変換される。

ICD発電では、燃焼ガスによって希ガス(アルゴンまたはヘリウム)を2000~2300K程度に加熱する。加熱された希ガスには、電気伝導性を与えるため、10~100 ppm程度の微量の金属カリウムあるいは金属セシウムをシードとして添加し、図1に示すようなディスク形発電機へと導く。超電導磁石が作る強い磁界中に置かれたディスク形発電機内では、作動流体である希ガス原子と電子との間のエネルギーのやりとりが少なく、電子温度が希ガス温度よりも高くなる非平衡電離プラズマが形成される。その結果、希ガス温度は2000K程度であっても、電子温度は5000K以上にもなり得、高い電気伝導度を持ったプラズマが形成される。そして、ローレンツ力に抗して希ガスを流すことによって、その熱エネルギーが直接電力に変換される。

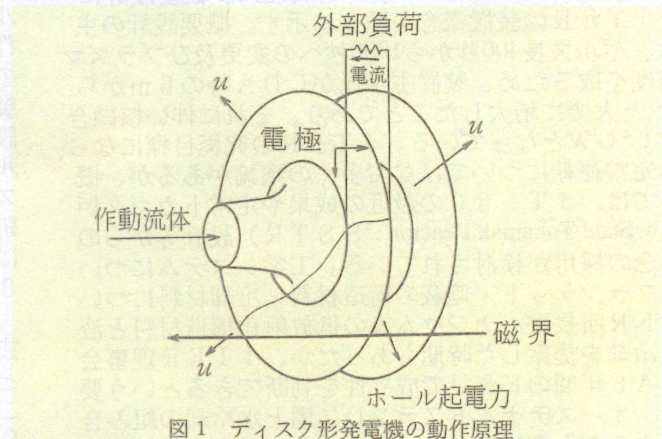


図1 ディスク形発電機の動作原理

## 2. 火力発電への適用

燃焼ガスの持つ最高温度域の熱はICD発電により、また中低温域の熱はガスタービンや蒸気タービンによって、それぞれ電力に変換することにより、従来考えられなかった高効率の火力発電システムを構成することが可能となる。

図2に、ICD発電とガスタービンを組み合わせた、LNG焚き火力発電所のシステム例を示す。本システムの概念設計が実施され<sup>(1)</sup>、発電効率、発電原価、必要面積、運用性などが検討された。その結果、送電端効率(高位発熱量基準)で54%の発電効率が期待できること、発電単価においては、現行のガスタービン複合発電相当になり、燃料費の上昇があれば、経済的に優位な発電所となること示された。

LNG焚き火力発電では、コンバインドサイクルが主流となりつつあるが、そのトッピングにICD発電を配することにより、一層の高効率化を計ることができる。

電システムを構成することが可能となるため、以上の実験成果は、短時間の発電ではあるが、商用機に要求されるエネルギー変換効率を持ったディスク形発電機が、物理的に実現可能であることを実証していると言える。

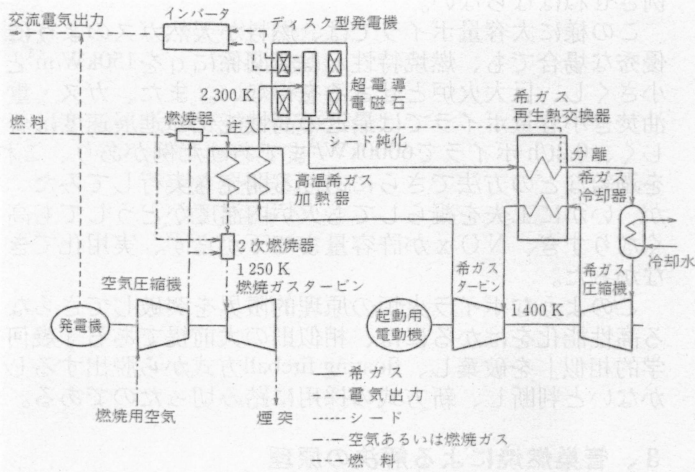


図2 ICD発電プラントのシステム例

### 3. 研究開発の現状

ICD発電は、世界的にも東工大が中心となってその研究開発が実施されている。主たる開発要素は、高温希ガス加熱器とディスク形発電機であり、東工大には、熱入力5 MW級の、天然ガスを熱源とするブローダウン実験装置FUJ I-1が設置され、そこで、これら両コンポーネントの研究開発が行われている。

写真1には、FUJ I-1装置の全景を、写真2にはディスク形発電機を示す。FUJ I-1装置には、ペブル床の蓄熱形高温希ガス加熱器が1台設置されており、天然ガスの燃焼ガスの熱を一度ペブル床に蓄え、そのペブル床によって希ガスを加熱するというのが、その動作原理である。加熱された希ガスには、金属セシウムが100 ppm (モル比)程度シードされ、最高で2100Kの温度でディスク形発電機に流入する。発電機は、2個の超電導磁石に挟まれ、発電機中心で、4.7テスラの磁界強度が得られる。発電機を出た希ガスは、室温のペブルが充填されたペブル冷却器で冷却された後、最後は容積750 m<sup>3</sup>の真空タンクに吹き込まれる。以上の実験時間は、約2分間である。

1992年9月に実施したアルゴンを作動流体とする実験で、18.0%というエンタルピー抽出率(発電機への熱入力に対する発電出力の割合)を達成し、これはMHD発電としては世界記録である。また、昨年実施したヘリウムを作動流体とする衝撃波管の実験では、実に38%というエンタルピー抽出率の実証に成功した。20%程度以上のエンタルピー抽出率が得られれば、ガスタービンコンバインドサイクルを上回る発電効率を持つICD複合発

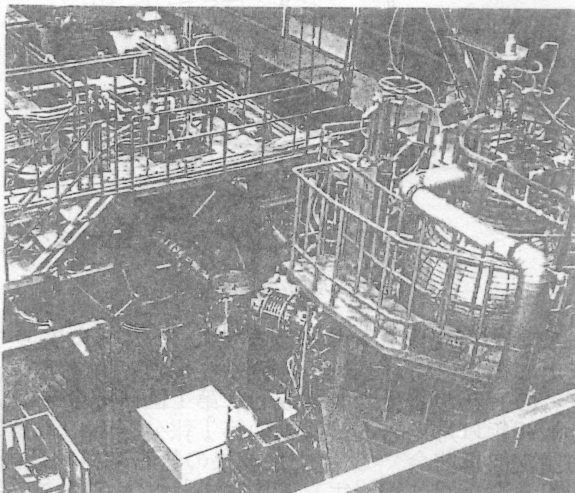


写真1 FUJ I-1装置の全景

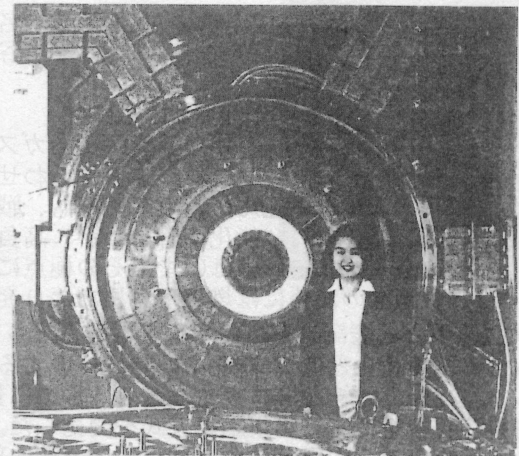


写真2 FUJ I-1ディスク形発電機

### 4. 今後の計画

最近、電力会社を始めとする産業界から、以上の成果が注目され、研究開発の支援を受けると同時に、将来の実用化に向けての今後の研究開発の方向が議論されるようになってきた。その中で東工大では、平成5年度に、2台目の高温希ガス加熱器とアルゴン圧縮機とを導入し、FUJ I-1装置をブローダウン方式から閉ループ方式に改良して、熱入力1MWで、長時間連続発電をめざす研究開発をスタートさせた。そこでは、特に高温希ガス加熱器の連続運転、超音速流路を含む希ガス閉ループの運転制御、シードの連続注入・回収などの、種々の工学的実証を行う予定である。

今後ICD発電を実用化までもっていくには、多くの開発課題がある。特に、ディスク形発電機での30%以上のエンタルピー抽出率と70%に近い断熱効率の実証が重要である。これには流路壁の影響が相対的に小さくなる100MW級の大きな熱入力のブローダウン実験が必要である。次に、発電機の長時間の耐久性の実証も重要な開発課題である。それには、熱入力10MW級の閉ループによる連続発電実験が必要である。この両者の実験は、同一の装置を用いて実施可能で、合わせて「FUJ I-2装置」と呼ぶ。これは、大学での研究の枠組みを越えるものであり、国の本格的な取り組みが必要となる。

ICD発電は、当面は天然ガスを熱源とする実験が中心となるが、熱源の種類を制約を受けないという特長を生かして、将来的には石炭や水素、また究極的には核融合を熱源とするシステムの開発へと発展させていくことが考えられる。

### 5. おわりに

ICD発電は、大学の基礎研究から育った、数少ないわが国独自の大型技術である。高温工学、高速気体力学、超電導工学、プラズマ理工学など、その技術的裾野は広く、研究開発を通じて、次世代の新たな産業技術が育成されていくことが期待される。こうした開発を推進するには、産・官・学の有機的な協力が不可欠である。従来とは異なる、新たな研究開発体制を今後考えていく必要がある。

### 参考文献

(1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、平成2年度調査報告書、NEDO-P-9011、「高効率環境調和型コミュニティ・エネルギーシステムの調査研究」、(1991)、78。

## ◇先端技術◇

## JAFI管巢燃焼方式の開発

大阪大学名誉教授  
石谷 清幹

## 1、はじめに

ボイラ火炉でもガスタービンコンバスタ（あわせて以下たんに燃焼室）でも、戦後の高性能化は著しいが、高負荷燃焼の線はいまやその極点に来た感があり、NO<sub>x</sub>低減のためには燃焼室容積あたり発熱率

kW/m<sup>3</sup>（以下qと表記）を下げざるを得なくなっている。さらなる高負荷化と低NO<sub>x</sub>化を同時に達成する燃焼方式として、従来の路線とはまったく異なる着想に賛同する協力者の支援を得て、管巢燃焼方式を開発した。

まず燃焼室の基本概念だが、従来は燃焼室内部の火炎は、空虚な空間内に、側壁なり出口の管群やタービン翼なりをなめないように形成された（以下floating fireball方式と略称）。事実、火炎に定められた加熱事故や、火炎が出口管群中に延びた不完全燃焼事故はしばしば経験され、その都度この通念が再確認された。しかし家庭の台所では、やかんや鍋が天然ガスのブルーフレームになめられつつ問題無く使われている事実がある。

一見矛盾するこの2経験が両立する最大の理由は、台所の火炎と産業用燃焼室の火炎とではサイズに大差があり、従って火炎放射による伝熱面熱負荷に大差があるからである。してみれば、産業用燃焼室でもその火炎を細かく分割すれば、火炎に触れても過熱しないように出来る筈である。

火炎を細分するには、小さなバーナーを多数設置する方法もありうるが、管群中に火炎を形成するのがもっとも手っとり早い。こうすれば、燃焼する火炎内に分布している管群で熱が除去されるから、火炎内温度分布は一様化し、大型火炎の中心部のような高温部はなくなり、低NO<sub>x</sub>化を期待できる。

## 2、新原理が必要な理由

従来路線でもさらに工夫をこらせば成功できるのではないかとの希望を棚上げして、新方式の本格的開発に踏み切った理由を以下に述べよう。

従来のfloating fireball方式で幾何学的相似に設計されるボイラ火炉の発生熱量をQ、代表寸法をLとすると、燃焼室容積はLの3乗に、またボイラに特有の放射伝熱面積はLの2乗に比例するから、燃焼室発熱率qと放射伝熱面熱負荷s kW/m<sup>2</sup>とはそれぞれ

$$q \propto Q/L^3, s \propto Q/L^2$$

このqを2乗し、sを3乗し、辺々わり算すればLは消去され

$$q^2/s^3 \propto 1/Q$$

即ち

$$q = K \cdot s^{2/3} \cdot Q^{-1/2} \quad (1)$$

これが従来型ボイラから相似則のもっとも基本的な表現である。この線上のボイラ火炉熱計算法は1942年以来継続している研究テーマ<sup>1)2)</sup>で、式(1)は蒸発量0.1~4500 t/hのボイラの実績で実証されているが<sup>3)</sup>、新委員会（後述）発足時に最近のデータで補強された。式(1)によれば、一定（即ち火炎の代表温度または火炉出口温度一定）でボイラ火炉を設計するには、従来のfloating fireballでは容積発熱率qを火炉発生熱量Qの1/2乗に反比

例させねばならない。

この様に大容量ボイラでは、燃料が天然ガスのように優秀な場合でも、燃焼特性とは無関係にqを150kW/m<sup>3</sup>と小さくし、巨大火炉とせざるを得ない。また、ガス・重油燃焼小容量ボイラでは最近の高性能化の進展速度は著しく、0.2t/hボイラで6000kW<sup>4)</sup>まであげた例があり、これを過給などの方法でさらにあげる開発も実行してみたが、いかに工夫を凝らしても火炉内温度がどうしても高くなりすぎ、NO<sub>x</sub>が許容量まで下がらず、実用化できなかった。

このようなボイラ火炉の原理的限界を突破してさらなる高性能化をはかるには、相似則の大前提である「幾何学的相似」を破棄し、floating fireball方式から脱出するしかないと判断し、新方式の採用に踏み切ったのである。

## 3、管巢燃焼による解決の原理

流れに直角に置かれた円管の背後にはカルマン渦が形成される。円管の数が増えて管群になった場合の流動様式はきわめて複雑だが、ボイラで実用される範囲内のガス温度、流速、管径であれば、流動様式はレイノルズ数の影響をあまり受けず、一様流中の管群では管配列でほぼ決まり、その決まり方は23年前から数年にわたり西川らと発表済みである<sup>5)</sup>。従って図1のようにバーナーに近接して管群を設置する場合、管配置が適当であれば、全ての管の背後にカルマン渦を形成できる。そうすれば火球全体がガス流と相対運動する管群で攪拌され、jaggy fireballとなる。この方式をJAFI<sup>®</sup>方式と命名した。この方式では次の4点を期待できる。

- (1) 管が蒸発管などの伝熱管ならば火炎はクエンチされ、管表面の境界層内に未燃ガスが生成されるが、それはカルマン渦により主流中に運ばれて燃焼を継続し、設計さえよければ不完全燃焼にならない。
- (2) 立体的に細分された火炎から管表面への放射ガス層の厚さはセンチメートルオーダーと短いから、放射熱流速は激減し、伝熱は対流支配となり、容易に安全に設計できる。
- (3) 火炎全体にわたり内部にヒートシンクが分布するから、温度分布が一様化し、上述のように低NO<sub>x</sub>燃焼が実現される。
- (4) 火炎中の管はブラフボデーとして火炎を保持する機能があるから、上流のバーナーから火炎が吹き飛んでも管群中に火炎は保持され、火炎安定性は抜群である。

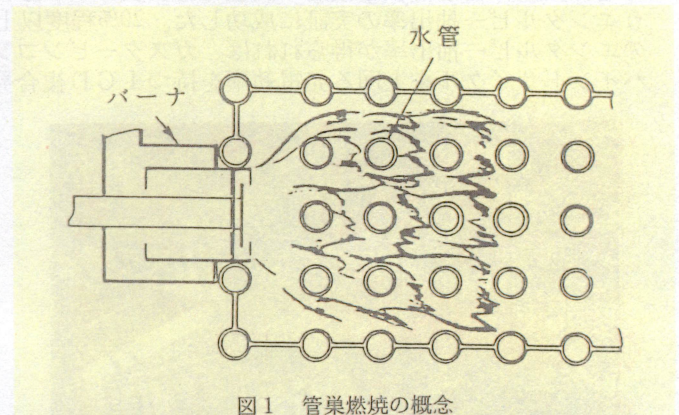


図1 管巢燃焼の概念

## 4、実証試験と20t/hボイラまでのスケールアップ

以上の構想により、燃焼、流動、伝熱に関する第一線研究者の有志が委員会を結成し、第1回研究会を開いたのは1987年11月である。成果の第1報公表は1991年11月（関西支部講演会）で<sup>6)</sup>、また成果の特許は科学技術庁注目発明（第52回、1993年）に選定された。この委員会に

よる原理検証の要素実験は省略し、実測熱入力88kWまでの実証試験結果の要点のみを紹介する（詳細は既報<sup>9)</sup>）。

図2のように、180mm角の鋼板製ダクトの一端のバーナに近接して水冷した管群を設置し、メタンガスの火炎にこれを直撃させ、ガスの成分と温度の分布、各管の吸収熱分布、管の各断面の熱流速分布を測定した。当然、水冷管群により火炎の温度分布は低下かつ一様化し、火炎の長さはやや短くなり、管群出口でNO<sub>x</sub>は0%換算で50ppm以下と、所期の結果を得た。参考までに水管断面の円周方向熱流速分布を図3に示すが、安全な範囲に納まっている。

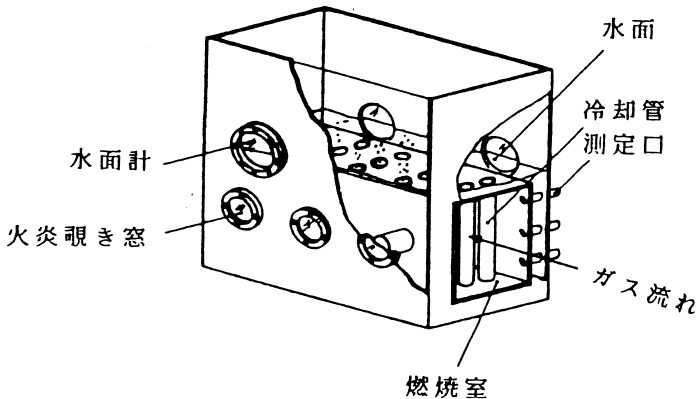


図2 80kw試験機の構造

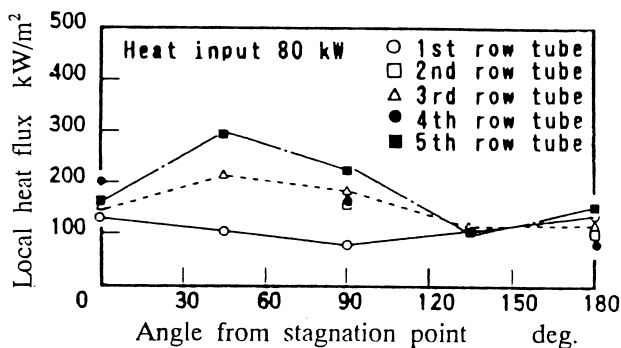


図3 拡散火炎中のJAFI蒸発管群における円周方向局所熱負荷分布の一例

委員会終了後の慎重なスケールアップにより、1993年秋の東京ガス(株)の展示会に10t/hボイラを蒸気発生状態で展示した。この系列の20t/hボイラは図4のとおりで、現在市場生産中である。見られるようにこのボイラのサイズは従来製品から火炉が消滅したものに相当し、低NO<sub>x</sub>、高効率と同時に顕著な小型化が達成された。

大容量ボイラほど既述のようにqが小さく、ボイラ全容量中の火炉容積の比率が大きいので、JAFIによる低NO<sub>x</sub>化と小型化の効果は大きい筈である。さらなるスケールアップと、ガスタービンで実績のある予混合方式の導入によるさらなる低NO<sub>x</sub>化に向けて、努力中である。

## 5、ガスタービンコンバスタへの適用

最近ガスタービンが、事業用火力にはコンバインドサイクル方式で、家用火力や地域冷暖房にはコ・ジェネレーション方式で、急速に進出している。悩みの種だった排気の高NO<sub>x</sub>には予混合方式で顕著な効果をあげているが、もっと切り下げる必要がある。そこでそのコンバスタに管群を組み込み、JAFI方式で低NO<sub>x</sub>化をはかることが考えられるが、これまではガスタービン用JAFI方式の開発に手が回らなかった。

もちろん、コンバスタ中の管群で蒸気を発生させるのであれば容易に開発可能だが、その蒸気を蒸気タービンに送るとサイクル効率上不利なので<sup>7)</sup>、

- (1)蒸気需要が主で発電効率上の不利が許容できるのはどんな場合か
- (2)サイクル効率上の不利以上のメリットがNO<sub>x</sub>低下とコンバスタまわりの耐熱合金不要化で期待できるか
- (3)管群を空冷として冷却空気はコンバスタに再供給すれば効率の不利は無くなるが、その場合の低NO<sub>x</sub>効果、火炎安定化効果、および耐熱合金不要化効果はどの程度か

等の吟味が、本格的開発の準備として必要となる。これらの検討はまだ着手したばかりで、同志の参加を期待している。

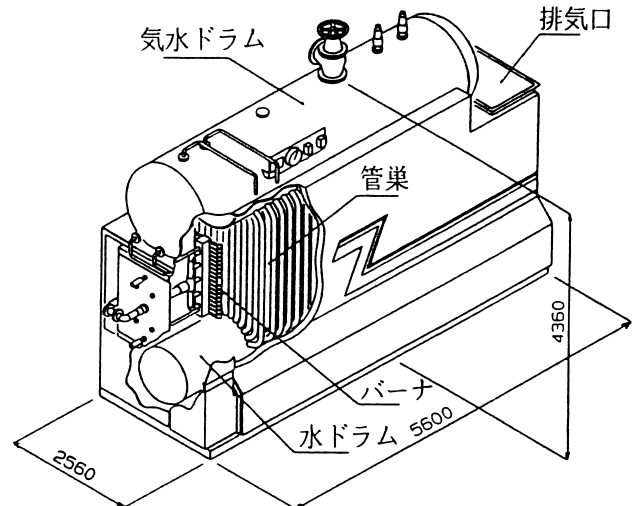


図4 蒸発量20t/h JAFI水管式ボイラの外観構造図

## 6、むすびと謝辞

JAFI管巢燃烧方式は在来方式のボイラ火炉およびガスタービンコンバスタの限界を突破し、低NO<sub>x</sub>化と高性能化の道を拓くものとして構想された。第一回委員会以来約4年で基礎的要素実験から蒸発量10t/hの実用ボイラ完成までのスケールアップに成功し、その過程で、火炎を管群中に形成することが奇矯な手段ではなく、全く健全で十分な信頼性を持つことが証明された。

この開発は、関西電力、ヒラカワガイダム、および東京、東邦、大阪のガス3社のご参加のもと、多数の研究者の参加と協力を得たことを深く感謝する。特に上之園親佐関電顧問の御支援に深甚の謝意を表す。

文献

- 1)石谷：機誌、45巻305号(1942-8)、p.551.
- 2)石谷ほか5名：蒸気動力、(1989)、コロナ社
- 3)文献2)の図3・31.
- 4)石谷、西川ほか：機論、37巻(1971)、p.2319、40巻(1974)
- 5)植田、石谷ほか：機論B、59巻(1993)、p.1733.
- 6)Ishigai, S. et al : ASME HTD-Vol.199(1992)、p.189.
- 7)Ishigai, S. et al : Proc. CIMAC 1993, Paper No. G04.

## ●見学会（九州支部合同企画）のお知らせ●

開催日：平成6年9月21日(水)～22日(木)  
見学先：佐賀大学 海洋温度差エネルギー実験施設  
九州電力(株) 松浦火力発電所  
三菱重工業(株) 長崎造船所

定員：40名(予定)

参加費：12,000円(予定)

申込方法等：日本機械学会誌7月号会告を参照

## ◇国際会議◇

(1)第6回国際原子炉熱流体力学学会議  
概要報告Sixth International Topical Meeting on  
Nuclear Reactor Thermal Hydraulics

三菱重工業(株) 堀 慶一

第6回国際原子炉熱流体力学学会議(NURETH-6)が、米国原子力学会フランス支部(SFANS)の主催によって、1993年10月5日から10月8日の4日間、フランス南東部の都市グルノーブルのGrenoble Business and Convention Centerで開催された。前回第5回の会議は、1992年に米国ソルトレークで開催され、今回は1年後の開催であったが、24カ国から約300名の参加があり、約170件の論文発表があった。参加者数は、開催地フランスから100名程度で、ついでドイツ、日本の順で、日本からは約25名の参加があった。前回は米国での開催であったこともあって、発表材料が出尽くしていたこともあるのか、今回は、米国からの参加は日本の半数程度で、論文発表も少なかった。

会議冒頭のオープニングレクチャではS.Levy氏から「The important role of thermal hydraulics in fifty years of nuclear power applications」と題し、1950年代から90年代の技術の進展とその背景にあるTMI-2事故等に関連した大型安全性研究の貢献およびシビアアクシデントに関連した諸現象や限界熱流束の物理モデル等々の今後の課題について講演があった。

その後、4日間にわたり、4室で46のセッションに分かれ論文発表と質疑応答・討論が行われた。各セッションは、二相流、自然循環、沸騰熱伝達・限界熱流束、シビアアクシデント等のトピックスでまとめられており、なかでもオーソドックスな沸騰熱伝達・限界熱流束のセッションが7つと最も多く、総数26件の論文発表があった。

沸騰熱伝達・限界熱流束の7つのセッションでは、限界熱流束関係が14件で、再冠水関係の5件とで大部分を占めていた。国別では、日本、フランス、カナダがそれぞれ5~6件と多く、これらのセッションでは米国からの発表は皆無であった。限界熱流束関連では、種々の体系での試験結果及び相関式の導出、水の代わりに低圧で試験が実施できるフロンを作用流体とした試験、物理モデルの検証に関する発表が従来通りあり、そのなかで、核融合炉での冷却を対象とした高熱負荷の限界熱流束に関する発表が日本、イタリア、カナダからあった。また、最近の動向として、限界熱流束の物理モデル検討のために気液二相流の可視化計測を行おうとする発表も2件おこなわれた。

最終日には、クロージングレクチャとして日本のエネ総研の黒沢氏から「The innovative simulator in nuclear engineering」と題した講演があった。午後に予定されていたテクニカルツアーは、グルノーブル市外のSuperphenix LMFBRやSIPA(Post Accidental Simulator)等のコースは大雨のため取り止めになり、会議会場近くのCEAグルノーブル原子力研究所のみの見学となった。CEAグルノーブル原子力研究所の熱流動セクションでは、圧力17.2MP、試験部加熱電力10MWのOMEGA-IIループが完成し、フランス型PWRの燃料集合体の限界熱流束試験等の熱流動試験が行われていた。

今回の国際原子炉熱流体力学国際会議は、米国サラトガスプリングで1995年9月に開催される予定である。

(2) 19th Int'l Conference On Coal  
Utilization and Fuel Systemに参加して石川島播磨重工業(株)  
ボイラ燃焼技術部  
高野伸一

今年の3月21日から24日の4日間アメリカ、フロリダ州のクリアウォーター市で「The Greening of Coal」をテーマに、19th International Conference on Coal Utilization and Fuel SystemsがCoal & Slurry Technology Association(CSTA)とUS Department of Energy(DOE)の主催で開催された。会議はアメリカを中心に世界12ヶ国から150人余りの参加者を集めて白い砂浜の広がる海辺のリゾートホテルで開かれた。この会議はオイルショックの際に石油代替燃料として石炭スラリを用いるための技術開発を行うことを目的にCoal Slurry Fuel Preparation and Utilizationと題して発足したもので、その後、石炭利用技術の広がりと共にその名称を石炭利用全般に広げたものである。

今回の発表は石炭スラリの利用に関するものを始めとして、高効率、Low Missionを低コストで実現することを目指した石炭焚コンバインドサイクル、微粉炭火力のリバーニング、パルス燃焼とFBCを組み合わせた燃焼システム、微粉炭スラッキングコンバスタ、CWMを用いた船用ディーゼルなど非常に多彩であった。

なかでも石炭スラリの利用技術についてはその製造技術、パイプライン輸送技術、燃焼技術のそれぞれの分野で多くの発表があり、その中でも日本およびイタリアでのCWMによる商用運転を開始している発電プラントの運転実績に関する発表が注目されていた。

なお、日本からは50万t/年のCWM製造装置およびそのCWMを混焼する、蒸発量1960 t/hの発電ボイラの運転実績の紹介を始め、CWMの製造、輸送、貯蔵、などに関して12件の発表があった。

現在、原油の価格は非常に安定しており供給に不安もないが、将来的には、埋蔵量も多く世界に広く分布する石炭をいま以上に利用していく事が予想される。そこで石炭をより効率的に利用するための重要な技術の一つとしてCWM技術が挙げられることから、会議期間中は参加者の間にCWMの利用を積極的にすすめるCWM技術を発展させようという強い雰囲気が漂っていた。

## ◇部門賞募集◇

動力エネルギーシステムでは、以下の部門賞を募集致しております。

1. 功績賞 : 長年の個人の業績を讃える賞。
2. 社会業績賞 : 社会の第一線に於ける現在の顕著な活躍を讃える賞。
3. 優秀講演賞 : 部門の企画した行事に於ける優秀な発表を讃える賞。

推薦理由書を添えて波江貞弘動力エネルギーシステム部門長宛お申し込みください。自薦、他薦は問いません。必ずしも部門賞であることは問いません。なお、優秀講演賞の推薦に当たっては発表論文の写しの添付をお願い致します。また同賞は若手研究者、技術者を主な対象として設けられた賞です。



## ◇第72期の部門活動について◇

運営委員会

4期にわたる関係各位の御尽力により、二つの国際会議の主催を含む各種の活動が活発に行われております。今期は登録会員のご協力により、活動内容の一層の充実を図り、当部門の特色である、社会の要求に直結した成果を上げるべく努力する所存であります。

さて3月10日現在の登録会員数は第一位1535名で20部門中8位、第3位まで合計5285名、5位となり4.1倍と最大の増加割合であります。当然ながら、関連する専門学協会単独よりはるかに多い人数であり、動力エネルギーシステムが基盤と応用を統合する分野を意味し専門的工学研究が難しいという部門の特徴を示しております。したがって、活動もこれらを認識して実施することが必要であります。

本部門は運営委員会の下にそれぞれの役割をもった、10の委員会と2つの国際会議担当委員会により運営されています。また7つの分科会、研究会が活動しております。行事予定や活動内容については会誌や本News Letterなどでお知らせしていますが、次のことを具体化します。

- ①情報交換の量の拡大、効率化と内容の充実、適正化を図る。
- ②部門主催のシンポジウムやセミナーなどの協賛団体や学会支部の数を増やす処置を取る。
- ③総会や全国大会などの講演論文には基礎部門での発表より当部門での発表の方が効果があると思われる内容が多数見受けられる。当部門への発表を勧誘する。
- ④News Letterの内容は各協会の会誌に匹敵するほど充実している。発行回数や頁数の増加につき検討する。
- ⑤同好会への参加呼びかけの範囲を拡げる。
- ⑥技術伝承と産学官の連携の高密度化を図る。
- ⑦標準化部会へ新たな提案を行い、学会標準作成の作業を開始する。
- ⑧部門賞について広範な発掘と推薦を期待すると共に特徴である社会功績賞については来期以降も必ず継承する。
- ⑨関連するJIS,ISOの作成に積極的に協力する。
- ⑩国際的な技術推進役をめざす。
- ⑪経済不振が続いているが、95年に開催される二つの国際会議を内容的にも財政的にも成功するように行動する。
- ⑫米国、環太平洋諸国ばかりでなく欧州各国の同部門との連携を強化する。

以上を支える部門の財政は本部からの部門交付金と集會事業による収入が基本となっております。News Letterの発行、送料は1号につき約80万円でこれは殆ど交付金で処理されております。分科会、研究会の資料、会場、交通などの運営予算は年間1件5万円で、集會事業の収入と一部部門交付金で賄われておりますが、いずれの会合も委員会各位のご協力により、予算内で行われております。表彰事業費は集會事業収入と一部業界のご協力でご負担されております。この機会に集會事業での収入確保にご努力されている担当委員会の方々に感謝申し上げます。国際会議の財政も産業界のご理解により、黒字となっております。次回以降への準備金となっております。

本年度も活動費の収入源としては、部門交付金および繰越金の他に、集會事業収入として講習会等からの収入を見込んでおります。講習会などに多くの参加者がお集

まりいただけるように、積極的なご協力をお願いいたします。

今期も充実した活動が実行できますが、部門にたいする社会の期待は、もっと大きくそして早さを求めていると思われれます。会員諸氏の一層のご支援をお願い致します。

## ◇第72期次期副部門長選挙について◇

総務委員会幹事 石塚 勝

前期は部門発足以来初めて部門長選挙を実施しましたが、無事に終了し東電の伊藤文夫氏が今期副部門長として選出されました。ここで、簡単に経過を述べます。

70期より、副部門長選挙要項を作成して参りましたが、昨年4月の運営委員会にて了承されましたので、これを受け、5月総務委員会にて、選挙管理委員会を発足させました。総務委員会が選挙管理業務を遂行します。

まず、8月下旬に運営委員あるいは代議員に候補者となるべき方の推薦を郵便でお願いしました。この結果、7名の推薦を頂きましたが、7名の中に2名の総務委員が含まれておりましたので、その2名を除く総務委員で、10月上旬に選挙管理委員会を開催し、3名の候補者を選挙要項に従って選出しました。今回の場合、候補者推薦の数の上位3名がすんなり決まりました。その後、郵便による本選挙に入りましたが、10月下旬の開票の結果、東電の伊藤文夫氏が第一回の選挙で過半数を獲得されましたので、ただちに総務委員長が伊藤文夫氏に受諾の意思を確認したところ、受諾されましたので、伊藤文夫氏が次期副部門長として正式に決定されました。

ここに、72期副部門長選挙がつつがなく無事に終了しましたことをご知らせして、報告と致します。

## ◇行事カレンダー◇

開催日時・場所	行事
4～6月 横須賀市 海洋科学 技術センター	セミナー&見学会 波力発電 深海調査船
6月9日(木) 川崎	講習会 新発電技術の最先端 (動力エネルギーシステム部門)
9月21、22日 (水、木) 佐賀県、 長崎県	見学会= 九州電力松浦火力発電所 ・佐賀大海洋温度差発電プラント ・三菱重工長崎造船所 (九州支部合同企画)
11月28日(金) 未定	セミナー&サロン (併催:部門賞贈呈式)
12月6、7日 (火、水) 神戸市 神戸国際会議場	シンポジウム= 第4回 動力・エネルギー技術シンポジウム [担当:技術第3委員会]

## ◇部門功績賞受賞者の所感◇

## 機械工学の原子力分野で仕事をした発端と結果

東京工業大学名誉教授  
青木 成文

昨年秋日本機械学会動力エネルギーシステム部門功績賞という大変名誉な賞を戴き、何とも光栄の至りと、心から嬉しく喜んでおります。これも一重に推薦して下さった委員会の方々や長い間この分野でご一緒に仕事をしてきて下さった

方々のご助力の賜物と、心から厚く感謝申し上げる次第であります。

私は昭和20年に東京工業大学の機械工学科に在席し、戦時中後半は海軍航空技術廠でロケット推進「秋水」練習機の設計に携わりました。戦争終了と共に大学を卒業して助手として残り、手初めに対流放熱器の性能確認試験をやりました。今から考えるとこのような開発や性能確認の研究から出発したことが、その後の私の仕事の方向に大きく影響したような気が致します。昭和30年頃まで「高速気流の熱伝達」というテーマの研究をしました。やがて原子力の時代が来るとともに、大学に原子炉研究施設が開設され、私は機械工学科を出てそこに移ることになりました。当時は原子力とは理学の分野であるように思う人が大部分であり、教官の中には私が機械工学を捨てたと極言する人もおりました。日本機械学会にも原子力が取り入れられ、便覧にも原子力に関する章が加えられましたが、大学では機械工学が原子力で重要な役目を帯びるとは夢想だにしておりませんでした。僅かに熱工学の分野の人々が、沸騰熱伝達や二相流の研究で積極的に参加していましたが、いわゆる機械工学の主流を占めていた分野の研究者は一部の人を除いて積極的に参加してきませんでした。今では原子力発電所の安全性の大部分は工学的安全性に基づくことが知られていますが、これが原子力の発足当時から認識されていたのなら、今日の原子力の安全問題は姿が変わっていたのではないかと思え、残念でなりません。

ともあれ私は原子力に関係するようになると、日本原子力研究所や動力炉・核燃料開発事業団との共同の研究が増え、国産動力炉の開発に従事するようになり、半面純粋に学問的な研究は減ってきました。そのことは研究の活発化には大いに役立ちましたが、研究室の若いスタッフや大学院生にはマイナスの効果を与えたのではなかったかと今でも反省することがあります。少なくとも学会に投稿する研究論文は他の純学問的論文に比較して軽視されていたと思います。それで他の方々が学会から論文賞等を受けられるのをひそかに羨ましく思っていたのでした。しかし関係した国産動力炉が建設され、稼働している今日、私も役に立っていると自負していたのですが、今回全く計らずも動力エネルギーシステム部門功績章を頂戴することになりましたのは、やっと思も学会の仲間に加えていただいたように思い、感無量でございます。少々個人的になりましたが、心から有り難く、お礼申し上げます。動力エネルギーシステム部門の皆様方の一層のご活躍を心から御祈念致します。

## 私とエネルギー機器

(株)電業社機械製作所 取締役  
東芝テクノコンサルティング(株)顧問  
石井安男

昨年秋、日本機械学会の動力エネルギーシステム部門功績賞を戴き、まことに有り難く、光栄に存じております。

私は昭和21年に学校を卒業し、電業社原動機製造所に入社、発電車の研究・設計に人生の第一歩を踏みだし、30年に同社の水車部門が東芝と合併するにおよび、東芝に移りました。当時は、佐久間、奥只見など、大貯水池を持った水力の開発が盛んでした。その後、火力、次いで原子力が盛んになると、水力の重点は揚水発電に移り、火力、原子力、揚水発電とともに高エネルギー・大容量化へと進みました。

昭和40年代、原子力がはじまると間もなく、他人ごとのように思っていた原子力機器の製造を、鶴見工場の私の部門で担当することになりました。このときから私は第一福島原子力の2号機軽水炉関係機器の製造をはじめとして、初期設計段階にあった高速増殖炉や核融合実験装置、開発たけなわにあったウラン濃縮遠心分離などにも関係をもつようになりました。

特に遠心分離機についてはプロジェクトマネージャーにもなり、開発の加速と量産の検討のために、研究所から多くの研究者を自部門に移籍してもらい、工場の技術者と一体にして開発に取り組みました。最終的には、動燃事業団のご指導の元に、それまで分離機の開発を各自に進めてきた東芝、日立および三菱重工の3社が、共同して分離器の事業に当たることになり、昭和59年に共同出資会社が設立されました。ウラン濃縮プラントの設計、分離器の開発・設計および分離機の量産を効率的に行う会社です。私はその最初の経営責任者に任命されましたが、関係各機関および出資会社のご指導とご支援をえて、原燃産業(株)のウラン濃縮事業に対して、分離機の量産を間に合わせる事が出来ました。

いろいろな開発に関係してみて、開発当初には、開発が成功した日の姿を夢見て努力を続けていても、現実と夢との差が大きすぎ、はたしてその日がやってくるのであろうかと思ったことも少なくありません。それが、関係者の長期間にわたる夢を追う努力により、いつのまにか夢が現実となっているのに気がつくことができました。これは開発に当たるものにとっては感慨深いことであります。今回功績賞を戴き、改めてそのような感慨にひたりました。

## ◇研究分科会活動紹介◇

(1)高温ガス炉ガスタービン発電システム  
調査研究分科会

主査：	東京大学	吉識晴夫
幹事：	三菱重工業（株）	松尾栄人
	日本原子力研究所	武藤 康

本分科会は、50%という高い熱効率を達成し、放射性廃棄物や排熱量を大幅に削減することにより環境保全に貢献し得る期待がある高温ガス炉・閉サイクルガスタービンシステムについての技術的可能性及び実現までに必要な研究開発課題を明らかにすることを目的としている。平成5年11月28日に第1回委員会を開催し、今後2年間に約10回の委員会を開催し検討を進める予定である。

これまでに、先ず、高温ガス炉及び閉サイクルガスタービンシステムの研究の経緯並びに現状について調査を行い、今後の検討課題及びスケジュールを定めた。モジュラー型高温ガス炉は熱出力450~600MW、原子炉出口ヘリウムガス温度750~950℃で事故時には受動的冷却が可能で安全性に優れた原子炉である。これに最近の宇宙航空用のガスタービンやプレートフィン型コンパクト熱交換器、磁気軸受の技術を組入れた閉サイクルガスタービンシステムを接続することにより、熱効率が高く安全性、経済性にも優れた発電システムとなり得るとして、数年前から米国を中心に設計研究が開始されている。

続いて、直接サイクル及び間接サイクルについて、これまで公表されている設計例を基に、ターボ機械効率や再生熱交換器効率等がサイクル熱効率に与える影響などの基本特性について検討を行った。更に、原子炉熱出力450MW、出口温度850℃の発電プラント用のヘリウムガス圧縮機について空力設計を行い、圧力比2.0、回転数3600rpm、段数24で設計が成立すること、断熱率は88%程度になることを明らかにした。

今後、タービンについての空力設計、中間熱交換器、再生熱交換器（蓄熱器）及び前置冷却器等の熱交換器の概念設計を試み、本システムの概念および開発の方法を明らかにすることを目標としている。

## (2)新型原子炉及びその除熱技術に関する研究会

主査：	東京工業大学	有富正憲
幹事：	(株)日立製作所	村瀬道雄

現在、日本の総発電量の約27%が原子力発電であり、将来この比率を増加して炭酸ガス問題の解決に寄与することが期待されている。本研究会では、軽水炉・高速炉・高温ガス炉など全ての炉型を対象として、次世代の新型原子炉に要求される特性や性能について幅広く検討するとともに、静的除熱技術などの新しい除熱方法について検討している。

本研究会は、平成5年1月から平成6年12月までの2年間で3ヵ月ごとに計8回を予定しており、これまでに、以下の報告と討議を進めてきた。

1) 国内の電力会社とメーカーで検討されている電気出力100万kW級の単純化BWRと単純化PWRの概要と特徴。単純化BWRの自然循環炉心における流動安定性と実験結果、及び単純化BWRの静的除熱技術として、静的格納容器冷却系（アイソレーションコンデンサ式と

ウォーターウォール式）の伝熱流動特性と実験結果。

三菱で概念設計されている電気出力60万kWの単純化PWRの概要、及び除熱技術と伝熱流動実験の状況。

原子力発電技術機構を中心に検討が進められている静的安全システムの大型軽水炉への適用性評価。

2) 原研で概念設計されている蒸気発生器を原子炉圧力容器に内蔵した一体型加圧水炉（電気出力60万kWの発電炉SPWR及び熱出力10万kWの船用炉MRX）の特徴、及び受動的な原子炉停止系と崩壊熱除去系。

原研で概念設計が進められている受動的安全炉JPSSRの概要、固有出力制御性や固有原子炉停止能力、及び受動的冷却材注入系とその基礎実験結果。

3) ドイツのモジュール型の高温ガス炉HTR（熱出力20万kW/モジュール）の概要と事故時の除熱技術、及び原研で建設が進められている高温ガス炉の試験炉である高温工学試験研究炉HTTR（熱出力3万kW）の熱水力設計と安全評価。

HTRについては、Siemens/KWUのDr.Lohnertが来日された機会に講演を依頼したものである。

これらの報告と討議を通じて、従来、同一炉型に限られていた技術交流が拡大し、他の炉型での考え方や新しい技術など、参考になる点が多く、活発な討議がなされている。

今後、FBRの実証炉開発や新型FBR、新型転換炉ATR、宇宙用原子炉など幅広く検討を進める予定である。

(3)国際的な電力・エネルギーの輸送・利用技術  
に関する研究会

主査：	東京工業大学	塩田 進
幹事：	東京工業大学	吉澤 善男
	工科院機械技術研究所	濱 純

本研究会は、地球環境に適合した将来のエネルギー資源の供給・利用について、供給国での電力およびエネルギー媒体の製造技術、これらの長距離輸送技術、消費国での変換・貯蔵・利用技術等を調査・検討することを目的として、平成5年7月から2年間の予定でスタートしました。

具体的には、直流送電、超電導による送電と電力貯蔵等の電力輸送に関するものから、水素、メタノール、天然ガス等の燃料輸送、さらにはマイクロ波電力伝送や太陽光によるバイオ利用まで様々な調査内容を含めております。このため、研究会は、大学、国立および民間の研究所、電力、ガス、電機、鉄鋼等の各企業、エネルギー関連を扱う商社など幅広い委員で構成されており、機械学会の研究会なのに機械以外を専門とする委員が多いという異色で、グローバルな研究会となっております。

このようにエネルギーに関連する様々な分野の専門家が参集していることから、まずは各委員の専門分野における研究・技術開発の話題提供と忌憚のない意見交換を行ってきています。これまで3回の研究会を開催し、国のエネルギー関連のプロジェクト、太陽発電衛星、直流発電および送電技術、ロシアに賦存する潮位や水力を利用してエネルギーネットワークを構築する提案などが紹介されています。また天然ガス、水素等の燃料輸送についての話題提供が予定されています。

本研究会の開始当初、参加を依頼した企業の中には内容があまりにグローバルすぎて、どの事業部が参加していいものかと戸惑いもみられましたが、研究会委員はあくまでもコンタクトパーソンであり、話題によって各企業の専門家の参加や代理等も歓迎することを理解して頂

き、現在25名の委員で順調に研究会を進めております。  
本研究会は、各委員自身の専門分野と比較対比しながら専門外のエネルギー分野の研究開発動向を聞いたり、意見を交換することによって、各自のエネルギー関連技術開発の位置づけや特徴を再認識したり、専門分野以外からの各自のエネルギー分野の捉え方などを知ることができる有意義な研究会となっております。しかし、調査対象が幅広いことは、研究会として将来のエネルギーについて共通のテーマやキーワードで集約することが難しく、話題が発散する懸念もあります。これらの点は今後さらに研究会において議論し、煮詰めていく予定です。

#### ◆最近設置されるかまたは設置予定の分科会及び研究会◆

(1) 「原子力用ジルコニウム合金材料の利用特性に関する研究」

主査：東京大学 朝田泰英  
幹事：動力炉・核燃料開発事業団 速水義孝  
設置期間：平成5年11月～7年10月末

(2) 「将来の火力発電技術に関する研究会」

主査：神戸大学 肥爪彰夫

(3) 「宇宙における発電システムと排熱技術に関する研究会」

主査：神戸大学 藤井照重

### ◇研究室紹介◇

#### (1) 武蔵工業大学原子力研究所

所在地：〒215 神奈川県川崎市麻生区王禅寺971  
Tel: 044-966-6131, Fax: 044-955-6071  
研究スタッフ：古浜 庄一 学長(所長)、大木 新彦 教授(副所長)  
相沢 乙彦 教授、堀内 則量 教授、平井 昭司 教授  
野崎 徹也 助教授、鈴木 章悟 講師  
松本 哲男 講師、本多 輝章 講師、技術員4名  
大学院：修士課程 21名

原子力エネルギーの平和利用を目的に五島慶太(東急グループ創設者、五島育英会理事長)の発案で、昭和33年に東急原子力グループが結成され、研究用原子炉トリガII型の輸入を決定した。同時に五島育英会傘下の武蔵工大でも八木秀次学長を委員長とした研究グループが発足した。昭和34年に原子炉設置許可が取得されると共に、武蔵工大原子力研究所が開設され、初代所長に八木秀次学長が就任された。昭和38年に原子炉初臨界以来、中性子利用を主体とし数多くの分野での研究に利用されて来た。しかし、平成元年に使用済燃料貯蔵プールの漏水が原因で炉心タンクの外壁より腐食が進行したため、現在原子炉を停止中である。

その間、生物照射研究、原子炉照射治療、中性子物理の研究、RIの製造、放射化分析による微量分子の測定および考古学への応用、地球化学や環境科学への活用、中性子・放射線計測技術の開発、原子炉制御に関する研究など幅広い分野で多くの成果をあげている。

医療照射に関しては原子炉室内に手術室を設け、悪性脳腫瘍の治療照射に関して99件、皮膚腫瘍(メラノーマ)の照射に関し9件と世界に誇れる実績を有している。放射線を用いたがんの治療には他の線源を利用して行なっている例もあるが、原子炉を用いる場合には、ホウ素化合物が腫瘍部に選択吸収される性質を利用し、中性子照射によるn- $\alpha$ 反応のアルファ線によりがん細胞だけ

を崩壊する「ホウ素中性子捕捉療法」が有効であり、当研究所ではこの実用化をはかり、多くの成功を得た。

放射化分析に関しては分析技術、評価技術のトータルシステムを完成させ、これを用いて微量分析を高効率に精度よく短時間に行なう技術を確立した。薬品中の微量分子の測定による薬学への貢献、頭髮中の微量元素の分析による犯罪捜査等への協力、考古学に対しては古代に於ける人類の鉄利用の検証に関する国際協力研究に参加し新事実の発見などの成果をあげている。その他九州雲仙普賢岳の噴火物の元素分析を行ないマグマの状況を判定するなど地球化学への貢献も大きい、さらには依頼分析サービスも行ない、半導体材料の微量分析をはじめ各種の多元素分析を実施している。

昭和51年以来、全国国公立大学協同利用研究として開放し、平均年間300人・日を越える多数の研究者が利用した。

さらに研究目的だけでなく、原子力関係の技術者の会議や教育訓練にも多大の貢献がなされており、特に本校のみならず、他の大学、他の機関の学生や職員の体験実習などを通して原子力開発に大きく貢献して来た。

現在炉が停止しているため炉運転に直結した研究は不可能であり、所有している技術および研究施設を活用して、他大学への依頼照射をベースに、従来の研究分野を継続発展させているが、その研究には、かなりの制限を受けているのが現状である。しかし我が国に於いて大学が所有している数少ない原子炉の一つであり、東京都心に最も近い位置に設けられたものだけにその役割は今後益々重要性を増し、大学としての使命も極めて大きいものと考えており、本原子炉修復の暁には、中高校の先生の体験実習、社会人の教育PAなどに活用し、特にエネルギーや環境の分野に於ける研究の充実をはかり、現在急務と言われているエネルギー分野の技術者、研究者の育成に力を入れてゆく考えであるので、本動力エネルギーシステム部門の方々の一層の御協力をお願い致したい。

### ◇地区だより◇

#### (1) 中国・四国地区から

徳島大学工学部 森岡 斎

編集者から「地区だより」を依頼された。そこで、地区内の会員構成について分析した結果を報告し、本地区内について理解を深めて頂くこととしたい。日本機械学会の中の本地区は、他とは少し変わっている。中国地区(5区)と四国地区(6区)の二つが合わさって中国四国支部が構成され、支部の運営が行われている。これまで支部の中で本部門が独自に活動したことはないが、昨年の広島での全国大会では中国地区のバブコック日立(株)からの協力が大きかった。

このような地区における本部門の会員構成がどのようなものか、調べてみた。その結果が、一昨年のデータで恐縮だが、図1である。登録順位別に、勤務する事業所で分け、「民間企業」と「学校官庁個人」別で表した。ごく僅かであるが勤務先を記していない会員は、大学・高専・高校・県庁などと共に、「学校官庁個人」としてある。本部門の特性から予想されるとおり企業内の会員が多く、特に登録1位に多く集中している。これらの事情は、両地区に共通に見られる。合計数でも、おおよそ2:1となっている。

1事業社の登録会員数についてまとめたのが図2であ

る。会員が10人以上は、中国地区で4事業所（ボイラ、造船、自動車、重工業）、四国地区で1事業所（ボイラ）であった。両地区には大きな事業所が少ないのであるが、それにしても「1事業所に1人の会員」の多いことは、意外であった。このことも両地区に共通であった。機械学会を支えているのは、種々の業種に渡って幅広く分布した個人会員によるところの多いことが解った。このことは、中国と四国の両地区だけの特性ではないように思われる。

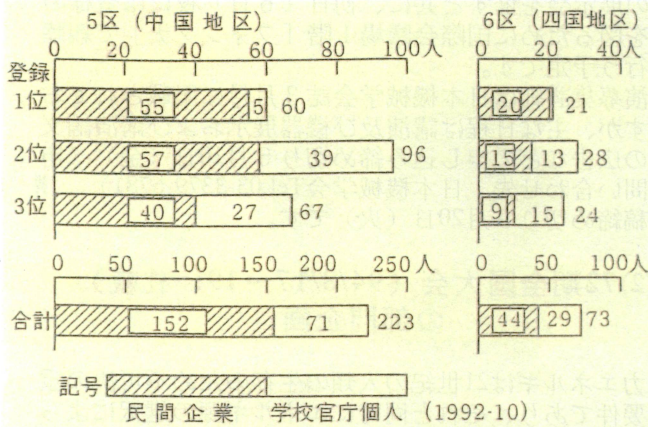


図1 動力エネルギーシステム部門 登録者数 (5・6区)

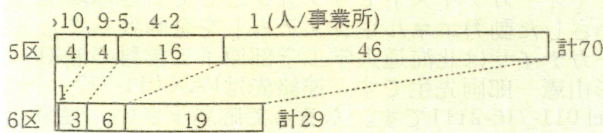


図2 登録者別で表した事業所 (団体) の数

## (2) 柏崎刈羽原子力建設所から

東京電力株式会社  
柏崎刈羽原子力建設所  
機械課 四方 俊和

柏崎刈羽原子力発電所は、新潟県の日本海側に位置する柏崎市と刈羽郡刈羽村にまたがる約420万平方メートルの敷地に建設されており、冬期は季節風が強く降雪量も多い地域にある。

昨年8月に3号機が営業運転を開始し、現在、1,2,3,5号機の4プラントが運転中で、4,6,7号機の3プラントが建設中である。4号機が今年の夏に営業運転を開始すると、合計出力550万kWの国内最大の原子力発電所となる。1から5号機は各々出力110万kWであるが、6,7号機は世界初の改良型BWR (ABWR) を採用し、出力は各々135.6万kWと大容量化を図っている。6,7号機は平成8年、9年にそれぞれ営業運転を開始する予定であり、7基のプラントが完成すると合計出力821.2万kWの世界最大の原子力発電所となる。

現在建設中のABWRは、従来型BWRに対して一層の安全性・信頼性の向上、運転性及び操作性の向上、放射性廃棄物発生量及び放射線量の低減、経済性の向上を図ることを目標に、10年以上にわたり電力会社と東芝、日立、GEのBWRメーカーが共同で開発したものであり、これまでの多くの運転、建設の経験並びに世界のBWRの優れた技術 (インターナルポンプ (RIP) の採用、鉄筋コンクリート製格納容器 (RCCV) の採用、改良型制御棒駆動機構 (FMCRD) の採用、湿分分離加熱器の採用等々) を集結することにより、これまでに

実証されている優れた確実な技術をより発展的な形で組み合わせて最適化したものである。一方、今回世界初のABWRの建設が、東芝、日立、GEのJVという形で建設が進められていることは、原子力における国際協力の象徴になっているとも言える。

現在、6,7号機の建設工事は順調に進み、6号機の鉄筋コンクリート製格納容器も建設をほぼ終え、8月には原子炉圧力容器が搬入され据付けられる予定である。また、年内にはタービンロータも搬入されて、機械関係の工事が最盛期を迎え、1年後には各システムの試験が開始される。

近年の建設工事では、出来るだけ作業環境の良い工場に機器、配管などをモジュール化し大型化してサイトに搬入し、さらに、サイトの中でもいくつかの作業環境の良い場所で並行して作業を行い、それらをさらに大型化し、超大型クレーンで吊込む工法が採用されている。これらの工法は、品質、安全の向上に寄与すると同時に、工期短縮にも大いに寄与している。

また、機械工事と建設工事において、互いにインターフェースを取りつつ3D-CADを駆使し効率化を図っていることも大きな特徴の1つであり、工期短縮に寄与している。

6,7号機の建設工期は、岩盤検査から営業運転開始までの期間で、当初の1号機と比較すると8ヶ月短い52ヶ月と大幅に短縮されてきている。

以上、柏崎刈羽原子力発電所の現況についての報告とする。

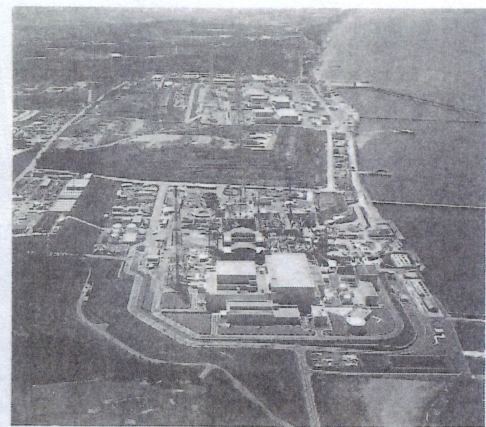


写真1 サイト全景 (手前から5,6,7,4,3,2,1号機)

## (3) ドイツ、カールスルーエから

動燃事業団 大洗工学センター  
早船浩樹

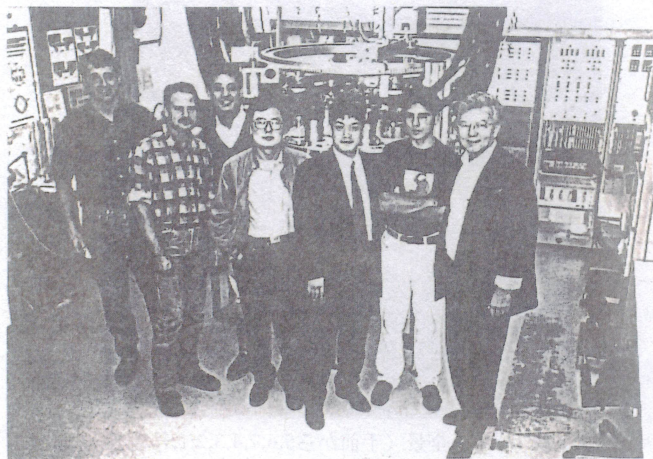
KfK (Kernforschungszentrum Karlsruhe; カールスルーエ原子力研究所) はフランクフルトの南約150kmの町カールスルーエ市の郊外にあるドイツ随一の原子力研究所であり、約4000人が働く広大な研究所である。その研究分野は原子力だけではなく、環境、医学等、多彩な分野に及ぶ。筆者は、昨年9月よりKfKでの共同研究に従事しており、その内容について紹介したい。

動燃事業団ではFBR (高速増殖炉) の崩壊熱除去系に、冷却材 (液体金属ナトリウム) の自然循環現象を積極的に利用し、ポンプ等の動的機器に頼らない信頼性の高い冷却機能を持たせることを目的とした研究を行なっている。一方、KfKでも同様に、EFR (European Fast Reactor; 欧州共同開発の高速増殖炉) に自然循環を利用した崩壊熱除去系を採用すべく研究が行なわれている。そ

ここで、日独仏高速炉協定を締結し、1987年より国際協力の下に研究が進められている。

研究は、原子炉容器を模擬した試験装置を用いた熱流動試験を主に、熱流動解析コードの開発・検証を行なっている。試験装置は、炉心、ポンプ、熱交換器等の原子炉内の機器を精密に縮小模擬したスケールモデルであり、水を作動流体として用いる。試験は原子炉の運転状態を模擬した条件で行なわれ、自然循環流動や炉心の冷却特性が、多数設置された計測器により観測される。特徴的なことは、スケールモデルを用いた試験を行なう際に問題となる相似則に関するデータを取得するために、異なる縮尺の2つの相似な試験装置(1/20スケール'RAMONA'と1/5スケール'NEPTUN')を持つことである。これら2つのスケールでの熱流動試験により、FBRにおける自然循環流動、崩壊熱除去特性に関するデータが得られるとともに、スケール効果を確認するためのデータも得られている。

また、動燃では自然循環研究に関して、KfKでの水流动試験を行なうばかりでなく、大洗工学センターで液体金属ナトリウムを作動流体として自然循環崩壊熱除去を模擬した試験(PLANDTL試験)を実施中である。動燃ではナトリウムを用い炉心冷却に着目した試験、KfKでは水を用いた総合的な流動試験、と各々の特徴を生かした試験が実施されている。このように、FBRの自然循環崩壊熱除去研究は、実用化へ向けて日独の国際協力の下に進められている。



1/20スケール試験装置'RAMONA'(筆者右から3人目)

## ◇部門企画の案内◇

### (1)第4回 動力・エネルギー技術シンポジウム -「動力・エネルギー技術の最前線'94」(神戸)」-

準備委員長 藤井照重

上記シンポジウムが本年12月6日(火)、7日(水)の2日間に渡って神戸国際会議場(神戸市中央区港島中町6丁目9の1)で開催されます。これは日本機械学会創立90周年の記念事業として行われた第1回の昭和62年以後、ほぼ2年毎に開かれているものです。今回は「動力エネルギー技術の最前線'94」と題して、新発電・新エネルギー技術、環境用エネルギー関連機器とシステム技術および原子力発電の将来技術をテーマとして、これらの分野の産業界と学会の事情に詳しいオーガナイザーによるオーガナイズ方式を取っております。1)新発電・新エネルギー技術については、高効率発電技術、新

発電・新エネルギー利用技術や燃料電池など、現在の最先端または次世代の発電技術を中心に、また2)環境用エネルギー関連機器とシステム技術については、快適空間の創出や地球環境保全の観点から動力エネルギーを捕らえ、3)原子力発電の将来技術では次世代軽水炉技術、新型原子炉技術および知能化・信頼性技術など新技術または将来技術を中心にセッションを構成しました。以上の文野について、中広い積極的な応募を期待しております。また、講演と並行して動力エネルギー関連機器などの展示会を催すと共に、初日(6日)夜には皆様の親睦を図るために国際会議場1階「フォントナ」で親睦会を行う予定です。

講演募集詳細は日本機械学会誌3月号に記載されておりますが、主な日程は講演及び機器展示および講演論文集への広告などの申し込み締め切り6月10日(金)(申込、問い合わせ先:日本機械学会Tel.03-3379-6781)、講演原稿締め切り9月20日(火)です。

### (2)72期全国大会(94/8/17~19、札幌) の部門企画

動力エネルギーは21世紀の人類の生存のため不可決の重要な要件であり、それと同時にエネルギー源の選択によっては酸性雨、温暖化などを通して地球環境に悪影響を与え、人類の生存を危機にさらす危険性もはらんでいます。そこでオーガナイズドセッションとして「地球環境保全をめざした動力エネルギーシステム」を企画致しました。オーガナイザーは北海道大学工学部原子工学科の熊田俊明、杉山憲一郎両先生です。連絡先はFAX 011-717-4745、Tel 011-716-2111です。ふるって応募下さい。従来エネルギー分野、原子力分野、さらに新エネルギーと幅広い分野からの応募と会場での活発な討議を期待しています。

また基調講演としては日本原子力研究所大洗研究所長の佐野川好母氏に「高温ガス冷却炉」という演題で御講演いただくことと致しました。高温ガス冷却炉は冷却材出口温度が900℃以上と高く、発電効率を40%以上の高効率にすることが出来るのみならず、発電以外にも水素の製造や化学プラントなどの熱源として使うことが出来、21世紀に重要となると考えられるシステムです。水素は燃焼にともない水を出すだけなので地球環境の保全のためには理想的なエネルギー源と言うことが出来ます。その実用化をめざし、今、日本原子力研究所では高温工学試験研究炉を大洗研究所に建設中です。その早い完成と研究成果が期待されます。沢山の方々が講演を聞き、これからの動力エネルギーにつき御討議下さることを期待致しております。(企画第2委員長 田坂完二)

### ●セミナー&見学会のお知らせ●

#### 潜水調査船'しんかい6500'と水中動力システム

日時:平成6年5月24日(火) 13:00~16:30  
会場:海洋科学技術センター(横須賀市)

#### セミナー題目・講師:

潜水調査船の動力システム  
海洋科学技術センター 主幹 高川真一

#### 見学対象:

「しんかい6500」、「よこすか」  
海洋科学技術センター

定員:40名

参加費:無料

申込方法等:日本機械学会誌4月号会告を参照

## ◇見学会の概要報告◇

“東京電力横須賀火力CO<sub>2</sub>総合研究施設  
・電中研横須賀研究所”の概要報告

企画第1委員会

平成6年2月25日、当部門における今年度最後の行事として東京電力(株)横須賀火力発電所CO<sub>2</sub>総合研究施設および(財)電力中央研究所横須賀研究所の見学会が開催されました。地球環境や電力問題への関心を反映してか、珍しく早い時期に40名の定員に達し、様々な企業、研究所、大学からの参加を得ることができました。企画第1委員会から川合、山下、学会事務局から高橋さんの3名を加えた一同は、午前10時久里浜駅に集合後、貸切バスで最初の見学先の横須賀火力に向かいました。横須賀火力では、ビデオ等により概要説明を受けた後、まず発電所の見学を行いました。横須賀火力の発電量は263万kWで8台の発電機によって賄われていますが、その特徴は日本で唯一COMを利用していること、原油、重油、COMに加え、2台のガスタービンに軽油、都市ガスと合計5種類の燃料を使用していることとことです。すぐ近くにまで住宅地が広がっているなど、石炭(COMの形で)を燃やしているにもかかわらず、極めてクリーンな発電所という印象を受けました。この後、同じ構内にあるCO<sub>2</sub>総合研究施設に移り、吸収法および吸着法によるCO<sub>2</sub>回収実験装置、クラスレート生成実験装置を見学しました。参加者からの質問はこれらによるCO<sub>2</sub>の回収と海洋処理の経済性やエネルギー損失に集まっていたようです。午後は、バスで電中研横須賀研究所に移動し、概要説明を受けた後、広い構内に散在する大容量短絡試験研究設備(およびアークプラズマ応用研究)、コンパクト架空送電線(高分子がいし)、石炭燃焼試験設備(微粉炭用)、石炭ガス化複合発電、溶融炭酸塩型燃料電池、セラミックガスタービン用燃焼器の6ヶ所を見学しました。このように多種多様な対象にもかかわらず、いずれについても参加者の関心は高く、環境保全性や将来性について多くの質問が出ていました。この電中研での見学は、コンパニオンが案内しながら、研究内容を説明した後、同席した研究者が質疑に答えるという形で進められましたが、コンパニオンの方は実に良く勉強されており、研究者以上(?)に的確で分かり易い説明ぶりに感心させられました。

この後、逗子駅まで行って解散し、見学会は無事終了しました。この日の見学会が参加者に満足のいくものであったかどうかは良く分かりませんが、見学先の性格上、屋外での移動や見学が多かった中で、天候に恵まれたのは幸いでした。最後に、多々ご迷惑をお掛けしました東京電力ならびに電中研の皆様へ厚く御礼申し上げます。(文責 山下)

## 原燃サイクル施設/竜飛ウインドパーク見学記

東北電力株式会社 応用技術研究所  
地球環境技術研究室  
企画第一委員会委員 斎藤 喜久

10/20(水)快晴 原燃サイクル施設見学

13:20 75才の高齢者を含む参加者13名がJR東北本線・三沢駅に集合した。一同は学会が用意したマイクロバスに乗り込み三沢市から北に40km隔てた六ヶ所村へ向かう。間もなく右に太平洋、左に小川原湖が見え、静か

な湖面にひっそりとたたずむ数羽の白鷺が印象に残った。この地方はヤマセ(冷たい東風)が吹き抜けるため農産物は長芋、ニンニク、大根など根菜類に限られ、地形と風土にあった酪農が行われている。歴史書によれば甲斐国の南部氏は源頼朝にこの地(上北~下北地方)を拝領(1191年)し八戸に城を築いた。南部氏は甲斐での牧場経営の手腕を発揮して、この地でも軍馬(南部駒)の生産を行い今日もその名残を残している。この地方の“戸”という地名は征夷事業の柵または牧場を意味するとも言われている。また、六ヶ所と言う名前は国道338号線沿に点在する6つの地名(泊、出戸、尾駈、鷹架、平沼、倉内)に由来し、いずれも馬に関係するという。原燃サイクル施設に近い鷹架沼は太平洋につながっており原燃サイクル施設および国家石油備蓄基地の荷揚げ施設がある。当日はウラン濃縮工場に原料をトラック搬入する最中で、国道には検問所を設けるなど警備体制が敷かれていた。14:00原燃PRセンターに到着。2年前に本格オープンした円をモチーフにした建物は黒川紀章氏の設計である。一同はインストラクター嬢の案内で3階の360度の視界が開けるガラス張りの展望ホールから広大な原燃サイクル施設を一望した。2階は原子力燃料サイクルを理解するための実物のウラン鉱石や燃料集合体などが展示されていた。1階および地階は吹き抜け構造となっており使用済み燃料裁断装置の実物大のデモ機や低レベル廃棄物埋設施設の実サイズの断面模型など分かりやすく理解できる工夫が随所に見られた。PR館はオープン以来、予想以上の27万人の入場者があったとのことである。現場見学はバスを利用した。案内は東京電力から出向して数カ月という笠本さんであった。事業所入口のゲート(台東区の面積の70%に相当する740万平方メートルの周囲15kmを囲う強固な防護柵)を入ると事業所ビルの真っ直ぐ後ろにウラン濃縮工場が見えた。工場内の設備は企業秘密のため建物外観を見るに止まった。工場は半地下式で、現在450t/yの能力であるが6年度には600t/yになる予定である。2期工事は900t/yが計画されており、その内450t/yの建屋工事が始まっている。低レベル放射性廃棄物埋設施設は平成2年に使用開始した。各地の原子力発電所で発生する低レベル廃棄物はドラム缶に詰めセメントで固化され(ドラム缶表面で2ミリシーベルト以下)、専用コンテナ船で小川原港に陸揚される。コンテナは専用運搬車で検査所に搬入保管され、科技厅の検査官立会で外観検査を行い合格したものは埋設場に運ばれる。地面を掘り下げた巨大な埋設坑(深さ約20m、面積4万平方メートル)の底部に約6m角の鉄筋コンクリート製の区画を設け、そこにドラム缶を10数段重ねる。ドラム缶同士の隙間にはコンクリートを充填したあとコンクリート製の蓋で覆い、その上に4m以上の土を覆せて埋め戻す。雨水が侵入しても最低部ピットから排水され、放射線も監視できる。埋設坑は既に15000本を収納し、あと10年は収納可能な20万本の容量があり、最終埋設量は300万本の計画だから約150年間は仕使用可能ということになる。高レベル廃棄物管理施設は平成7年度の貯蔵開始をめざして貯蔵建屋の地下部分、地上部分の鉄骨骨組み工事の最中であり、巨大なクレーンが数基稼働していた。ここには溶融固化した高レベル廃棄物をステンレス製の容器(1400本)に入れ空冷で30~50年程度貯蔵した後、最終地下処分場に移設することになっている。再処理施設は今年度工事開始したばかりで、初期段階の土木工事のみで平成12年操業開始予定。全施設の完成までの総工事費は1兆2500億円とされており、将来の電力エネルギーを担う巨大プロジェクトが本州最北端の厳しい風土で繰り広げられているのを目の当たりに見て改めて感銘を受けた。地球環境問題と表裏一体の関係

にあるエネルギー問題を考えるとき、原子力の推進は不可欠であるが、市民意識を配慮した地道なPAが是非とも必要である。その意味からもここに勤務する人達が地域との共生を目指して不慣れた生活環境に耐えていることに敬意を表したい。帰路は陸奥湾の落日を見ながら野辺地経由で予定通り18時ごろ青森のホテルに投宿し、バス運転手の推薦する郷土料理屋で各人、地酒を楽しんだ。

10/21(木) 快晴 竜飛ウインドパーク見学  
8:00定刻に青森グリーンホテルを出発。青森市からは津軽半島の陸奥湾沿いの280号線をたどり、蟹田町から津軽海峡線が見え隠れする山道を通り10時少し前に竜飛岬に到着する。秋晴れの海峡の大気は澄みわたり対岸の北海道・松前半島の山々が間近に見え、遙けくも来たものだと感慨が湧く。岬は生憎、風もなく肝心の5台の風車は止まっていた。私たちは風力発電実験棟の二階ホールで東北電力の研究者からこれまでの運転状況と問題点などの説明を受け、時間をオーバーして質疑応答が行われた。これまでの問題点としては翼回転43rpmを1500rpmに増速する歯車騒音がある。増速機はタワーと剛結合されており、その振動がタワー(円筒状)に伝播し騒音として空中に放出される。音響パワーレベルは100-107dB(A)であるが210m先の民家では44-47dB(A)に減衰しており苦情はない。今後は増速機を収納するナセル部分の振動を構造的に改良して抑制することが課題とのことである。平成4年3月運開以来の累積発電時間は20,844hr、発電量:230万kWh、設備利用率19%(米国カリフォルニア州ウインドファームは20%)となっている。この間、障害発生件数は129回でその70%はピッチ制御の異常に関連するものである。障害は風速変動の著しい強風(9-20m/sの範囲で毎秒3-4m/sの風速変化がある場合)時にピッチ角変化が追従できず、翼に過大トルクが発生するため発生電力の変動が150kW程度から一気に300kW以上に激増し保護装置が動作して非常停止するものである。原因の一つに翼ピッチ角変換部軸受の潤滑不良があり、面軸受からコロガリ軸受に改造した。翼はGFRP製で重量は約3ton/基で、冬期間の着氷雪は皆無であるが安全を考慮して6年毎に取り替える計画である。今後は平成7年度に東北電力で300kW×5台を増設し、平成8年度にNEDOで500kW×1台を設置し試験を開始する予定である。現設備の建設費は約10億円、発電コストは実績から46円/kWh、稼働率のよい1、2号基に限定すれば30円/kWh程度とのこと。見学の後、昼食は岬に近い旅館岬荘でウニ丼と捕れたてのイカ刺しで空腹を満たし、展望台で秋晴れの穏やかな海峡風景を楽しんだ。岬には望遠鏡や望遠カメラを持ったアウトドアスタイルの人達が空を眺めていた。尋ねてみると、今は渡り鳥の季節で鳥の種類と数を記録しているとのことである。野帳には、チョウゲンボウ、ノスリ、タカなどの名前があった。ふと振り返ると、少し風が出てきたのか1台の風車がゆっくりと回っており、期せずして会員の中から喚声が上がった。帰路は今別から海沿いの国道280号線を通ることにし、運転手が旅のつれづれにと珍しい「歩く国道339号」の散策を勧められた。竜飛岬の日本海側の小泊村からの国道(339号)は岬の側を通って太平洋側に通じているが、車の通れる国道とは別に展望台の脇から岬下の太平洋側の部落まで歩道が続いている。面白いのはその歩道に339号の国道標識が所々に立っていることである。歩いてみると、海に向かって駆け降りるような歩道は岬の急斜面を曲がりくねり約50m下の民家の裏庭で終る。そこから村落の狭い路地裏を通り抜けると突然、舗装した国道280号線に突き当たった。会員の多くはその珍しさにシャッターを押していた。この辺は崖地が海に落ち込み、猫の額ほどの土地にしがみつくとように村落が点在している。バスは道の両

側から迫る民家の軒先を掠めながら走るが対向車やのんびり走るバスに行く手を阻まれて予定より30分遅れ。青森発の特急に予約していた方々に大変迷惑をお掛けした。それが今回の唯一の心残りの見学会であった。

## ●講習会のお知らせ●

### エネルギー変換の先端技術

日時:平成6年6月9日(木) 9:30~16:40

会場:川崎市産業振興会館

#### 題目、講師

1. 固体酸化燃料電池の現状と課題  
物質工学工業技術研究所 土器屋正之
2. 水素燃焼タービン開発の現状と今後の課題  
機械技術研究所 濱 純
3. クローズドサイクルMHD発電の技術と現状  
東京工業大学 塩田 進
4. 熱電変換が拓く高性能発電技術  
東京工業大学 越後 亮三
5. 太陽光発電技術の最近の進歩  
大阪大学 浜川 圭弘

定員:80名

聴講料:会員、協賛会員 10,000円(学生員 3,000円)

会員外 20,000円(一般学生 6,000円)

申込方法等詳細:日本機械学会誌4月号会告を参照

## ISO-TC208産業用タービンの規格の動きについて

横浜国立大学 秋葉 雅史

当部門が関係する規格は主に日本工業標準いわゆるJISであるが、動力エネルギーという公共性を帯びた技術の性質上、多くの法律や制令の規制を受けているのは当然である。

諸外国においても国家の規格や標準があるが、その他に米国機械学会(ASME)、米国石油連盟(API)、米国電機製造者協会(NEMA)など団体による権威ある標準が発行されており、多くの機会に使用されている。

国際規格としてはISO(International Organization for Standard)とIEC(International Electrotechnical Commission)が関連しているが、我が国の方針としては積極的に参加し、制定に参画すると共に、制定された規格はJISに取り入れることになっている。いずれの機構においても、ある国から制定の提案があった場合、所定の数の国(ISOでは5ヶ国)が賛成し運営会議で承認されると、TC(Technical Committee)が設立され作業が始まる。その時点で工業技術院標準部に連絡され、関係団体の意見を聴取した上で日本工業標準委員長名(JISC会長 山下勇氏)で参画を通知する。そして直ちに国内対策委員会が結成され、国内で活動を開始するのが通例である。

さて、従来より蒸気タービンについてはIEC-TCSがあり、国内取り纏めは火力原子力技術協会(委員長植田辰洋東大名教授)でガスタービンについてはISO-TC192日本内燃機連合(委員長IHI青木千明氏)がある。今回ドイツを中心に提案されたTC208は産業用の中小型、発電所用の機器駆動用の蒸気タービンと燃焼器をもたないエキスパンダーが含まれている。当初提案は日本・米国が内容の重複などで反対し否決されたが、再提案され結局米国の不参加のまま活動を開始した。わが国は事務局として火力原子力発電技術協会、国内委員会(各社より18名の委員、委員長秋葉雅史横浜国立大学教授)が結成された。

第1回会議はフランクフルトで93年12月2日に開催され委員長としてジューメンス社のトロスト博士が選出された。第2回は本年6月12日に開催されるが、内容や背景については今後報告する。

## 編集後記

編集委員並びに会員のご協力により、本号も非常に盛りだくさんな内容になり、今期の所属委員会、編集委員、並びに依頼した原稿の一部の掲載が不可能になりました。お許しください。次号に掲載致します。具体的な作業行程中の手違いにより、会員の手元に8号が届くのが遅くなりました。原稿執筆して頂いた関係諸兄並びに発行に協力して頂いた方々に感謝します。(O)