

## NEWS LETTER

## POWER &amp; ENERGY SYSTEM

動力エネルギーシステム部門ニュースレター

【第2号】

動力エネルギーシステム部門  
に期待して(社)日本電機工業会  
原子力部長 大木新彦

昨年4月に発足した本部門も登録会員数2,500名を越える大きな組織に成長し、積極的な活動を続けておられることは、私ども産業界にとっても大変心強く、誠に御同慶に堪えぬ次第であります。委員

長を始め、幹事、運営委員会、各委員会の先生方に心より感謝申し上げます。

人類が「熱」というエネルギーを得てから「エネルギー文明」を築き始めて以来、需要は年を追って増大の一途をたどり、その生産や消費の手段も多種多様に発展しております。また昨今の地球規模での環境保全問題のためにエネルギー技術は関連技術を含めて一層の高度化が要求されるようになりました。

動力エネルギーシステム技術は、このように人類文明を支えるための最も重要な総合技術の一つであるだけでなく、今後さらに巨大で強力なものになっていくことは明らかであります。システムの巨大化に伴って、高効率さが追求されるだけではなく、一度トラブルが発生すると人類や環境に著しい影響を与えることとなりますので、一層の信頼性、安全性の確立が重要となって参ります。

エネルギーに関する技術はこの様に広範囲で巨大であるが故に、本部門の重要性が益々高いものであり、また多くを期待するものであります。そこで本部門の将来の発展に対して二、三のお願いを述べさせて戴きたいと思ひます。

## ①) 情報の効率的処理システムの確立

既に本部門発足の号外や前回のニュースレターにも記載されておられるように、本部門ではエネルギーの生産、変換、輸送、消費、再生など幅広くエネルギーサイクル全体を取り扱っておりますが、基本的技術である熱、流動、制御、材料など多くの専門分野との協力によって、それらの

複合技術並びに応用技術を完成しなければならない重要な責任を担っているわけです。そのためには各専門分野との密接な情報交換によって、新しい技術を実証しつつ、積極的に取り入れて行かねばなりません。しかもその関連専門分野が広いだけに多くの情報を効率的に処理する必要があります。そのためパソコン通信手段などを含む情報処理システムの完備をぜひお願いします。

## (2) 産学界の新しい関係の確立

さらに新しい情報を組み合わせて高度な製品を完成するためには、従来にまして産学の密接な協力関係が重要であります。ノウハウや企業戦略のために限度があるにせよ、産業界側では技術的なデッドロックや新しい技術のニーズをフランクに求めて行くことが大切であり、学界側での基礎的研究成果を推進中をも含めて広く教えて戴くことで、最もマッチングする協同研究が可能となれば、より効果的に大きな果実が得られるのではないかと、そのためには学界の研究情報に関するより早いアプローチを可能とする手段がないかなどと考えております。従来の産学関係を一歩進めた創造的協同体制が出来ることが希望し、その出発点として本部門の企画される研究会、研究分科会の運営と成果を大いに期待するものです。

## (3) 国際研究会のプロモーターとしての期待

また国内の関連技術の結集だけでなく、国際的協力の重要性は言うまでもありません。前回のニュースレターで戸田委員長の御紹介にもありましたが、本部門では既に3件の大きな国際会議の開催を企画されておられます。当面これらの会議の実施によって本部門の国際交流の基礎確立を期待するものであります。しかし従来の国際会議でみられるように単なる情報交換の場として終えるのではなく、いくつもの話題提供を相互に行い、本部門を通してフォローアップすることにより国際的な研究分科会や協同研究会が作られて国際的知見の結集がはかれるよう御指導戴けると有難いと思ひます。

以上勝手なことを述べましたが、日本機械学会動力エネルギーシステム部門の今後の活躍を通して、将来、「人類が心から望んでいるエネルギー文化の確立」に貢献されることを期待するものであります。

## 第 6 9 期 運 営 委 員 会

委員長 戸田三朗(東北大)、副委員長 吉謙晴夫(東大)、幹事 小泉安郎(工院大)

## 運 営 委 員

青柳和雄(東芝)	秋葉雅史(横国大)	朝倉一悦(東電)	有富正憲(東工大)	白井健介(芝工大)	加治増夫(阪大)	菊地義弘(広大)
北村健三(豊技大)	佐久間洋(東北電)	佐藤幹夫(電中研)	杉山憲一郎(北大)	田辺裕美(動燃)	谷村康夫(中部電)	玉木恕乎(信州大)
成合英樹(筑波大)	樋口雅久(原電)	菱田誠(原研)	深津憲一(川重)	藤井照重(神戸大)	班目春樹(東大)	松下昭武(IHI)
松隈雅治(MHI)	松本正(九電)	三島嘉一郎(京大)	森中郁雄(関電)	門出政則(佐賀大)	山田保夫(日立)	吉田駿(九大)
総務委員会	委員長 吉謙晴夫(東大)	幹事 小泉安郎(工院大)	刑部真弘(東船大)			
広報委員会	委員長 有富正憲(東工大)	幹事 白井健介(芝工大)				
企画第1委員会	委員長 吉永洋一(日立)	幹事 朝倉一悦(東電)				
企画第2委員会	委員長 班目春樹(東大)	幹事 神永文人(茨城大)				
企画第3委員会	委員長 戸田三朗(東北大)	幹事 樋口雅久(原電)				
企画第4委員会	委員長 渡江貞弘(船研)	幹事 菱田誠(原研)				
企画第5委員会	委員長 藤井照重(神戸大)	幹事 三島嘉一郎(京大)				

## 部門要綱の作成 にあたって

動力エネルギーシステム部門  
前総務委員会委員長 成合英樹

昨年度部門発足にあたり、今後部門運営の基本となる要綱作成が総務委員会の大きな仕事の一つであり、田畑幹事を中心に運営委員の意見を聞きつつ別紙の内容を取りまとめ、この3月末の運営委員会で了承を得た。ここに若干補足の意味でこの要綱の基本的な考え方を記しておきたい。

動力エネルギーシステム部門の特徴は、

- (1) 企業所属会員が多いこと、
- (2) 火力、原子力、エネルギーと分野が広いこと、
- (3) これまで中心となるべき企業会員の活動が少なく、地方支部の活動がほとんどなかったこと、

であり、基礎的学問の部門と異なって、今後企業所属会員が中心となつての活動が期待される部門である。しかし、当面は他部門と同様、資金的に厳しく旅費も支給できない状態で運営を行わざるを得ない。

このような状況での部門を活性化させる運営方法を示すことが運営要綱の主眼であつて、以下に運営要項の要点を記したい。

- ① 運営委員長と副運営委員長をおき、副運営委員長が次期運営委員長になることを明確にした。両者で相談し部門運営をリードしていくことを基本とするので、少なくとも隔年ごとに委員長が地方や企業から選任され易いようになっている。
- ② 運営委員と代議員それぞれ30名以内、合計60名以内という多数の委員をお願いできるようにした。関東地区が部門登録会員の半数以上を占めるので、30名以内の運営委員のままでは多くの地方支部の定員は1名となってしまう。当部門としては大学・研究所と企業からバランスよく運営に参加していただく関係上、運営委員30名以外に代議員30名以内をおき、各地方支部でも大学のみでなく企業からも常に運営委員あるいは代議員として参加が可能なようにした。
- ③ 広い分野の企業会員や地方支部にも活動していただきつつ、一方で十分練れた企画を行い、かつ学会との連絡がうまくいくようにしなければならない。そこで企画調整の役をする委員会（総務、広報、企画第1～第5）と、具体的に企画を実行する技術委員会を分離しておいた。企画第1～第5委員会は一般的な企画方針を立てるところである。今後の研究活動の活性化のため第4、第5委員会を新たにおいたところが特徴である。そのほか、企画第1では地方講習会や企業協賛講演会など本部門の特徴を出すと共に収入源となる企画を考えること、企画第2は総会、全国大会へ当部門がどのような形で参加するのが最善か検討すること、企画第3は今後の国際会議のあり方を考えること、等が当面の課題である。これら企画調整委員会は合会を何度か開く関係で当面東京中心で運営せざるを得ないと考える。
- ④ 各企画の具体的な実行は技術委員会が担当する。すなわち各支部等の担当者に委員長となつていただき、全てを一任する形で運営するのが適当であろう。これにより具体的な作業を地方へ拡大できると考える。

今後の運営のため各委員会は運営の手引をつくり、地方や企業会員も気楽に運営に参加できるようにすることが必要である。部門運営要綱作成の次の段階として、企画調整の各委員会にそれぞれの委員会の運営の手引を作つていただくことが本年度の当部門の大きな仕事と考える。

いずれにしても、工学関係で日本最大、米国機械学会（ASME）等とも対等な関係にある本学会の当部門は、企業会員としても利用価値が極めて高いと考える。そして、会員の参加と活動が十分可能なような部門運営要綱となつていけると考えるので是非積極的に部門の運営に参加していただくと共に各企画事業に対してご支援をお願いする次第である。

## 部門要綱

部門要綱の骨子について以下に紹介する。

### I. 運営委員会

#### 1. 構成

委員長（部門委員長）	1名	任期1年
副委員長（部門副委員長）	1名	任期1年
幹事（部門幹事）	1名	任期1年
委員	30名以内	任期2年

#### 2. 運営方法

- (1) 運営委員会の構成員は登録会員であることとする。
- (2) 次期委員長には、当該副委員長が就任する。
- (3) 副委員長は運営委員経験者の中から当該運営委員及び代議員が無記名投票の選挙により選出する。但し、委員長経験者は副委員長には就任できない。
- (4) 委員長は幹事を指名する。
- (5) 運営委員は約半数が毎年交替するものとし、後任の委員については委員長が原則として代議員の中から指名するが、必要に応じて代議員以外の登録会員の中から若干名を指名することができる。

#### 3. 運営委員会の開催

- (1) 年2回とし、総会及び全国大会の開催中に行う。
- (2) 委員長あるいは運営委員の1/5の要請により開催することができる。
- (3) 旅費は支給しない。

#### 4. 委員会の定足数と議決

委員会の過半数の出席をもって（委任状の提出又は代理出席も含む）成立し、議決は出席者（代理出席者も含む）の過半数を持って行う。

#### 5. 運営委員会の任務

本部門を運営し、会員のサービスに努めるために以下の任務を遂行する。

- ・部門運営方針の検討
- ・運営委員と代議委員定数の承認
- ・予算・決算案の承認
- ・その他、部門の運営上の重要な事項に関する審議

#### 6. 代議員

- ・資格：登録会員
- ・任務：運営委員長の選挙  
部門の事業企画支援
- ・任期：2年（留任を妨げないが原則として4年を限戸とする）
- ・人数：30名以内  
地区別の定員は原則として登録会員数により比例配分する。但し、関東地区の定員数を調整し、各地区とも必ず1名の定員は確保する。

#### 7. 欠員の補充

運営委員及び代議員に欠員が生じた場合には、後任者を補充できる。

### II. 所属委員会

#### 1. 構成

企画調整委員会として総務委員会、広報委員会、企画第1～第5委員会を設置し、各委員会には具体的な実施組織として技術委員会を設置する。

#### 2. 各委員会の構成

構成は、委員長1名、幹事1名、委員若干名とし、任期は2年とする。但し、総務委員会の委員長と幹事の任期は1年とする。委員は原則として毎年半数程度を交替する。但し、再任は妨げない。

各委員会の委員長は運営委員長が指名し、幹事は当該委員会の委員長が指名する。各委員は当該委員長の推薦に基

づき運営委員長が指名する。

技術委員会は、技術委員長については当該委員長の推薦に基づき運営委員長が指名し、幹事及び委員については技術委員長が指名する。任期については特に定めないが、当該委員会の了承を得るものとする。

### 3. 各委員会の任務

#### (1) 総務委員会

運営委員会の庶務、規約等の立案、予算立案、財務管理、その他庶務事項の処理、学会賞・部門賞の推薦、年次計画の立案等

#### (2) 広報委員会

ニューズレターの発行（2回/年）、部門登録者の勧誘

#### (3) 企画第1委員会（部門企画）

定常的なシンポジウム、講演会、特別講演会、講習会、見学会などの企画と実施

#### (4) 企画第2委員会（学会企画）

総会、全国大会等の付随行事の企画と実施、登録会員の集いの企画と実施

#### (5) 企画第3委員会（国際会議企画）

国際会議の企画と実施

#### (6) 企画第4委員会（研究企画）

分科会・研究会、基準、常置委員会（原子力/火力/エネルギー）等の立案

#### (7) 企画第5委員会（出版企画）

年鑑・学会誌・論文集などの編集

## Ⅲ. 事業

部門において実施できる活動としては以下のものがあるが、これ以外にも会員のために必要と思われるものについては積極的に企画・実施する。

### 1. 集会事業

- (1) 国際会議を含む研究発表講演会
- (2) 外国人招待講演会を含む特別講演会
- (3) 講習会・見学会
- (4) 部門の活動状況の報告会
- (5) 登録会員の集い

### 2. 技術情報提供活動

- (1) 国内外の研究動向の調査
- (2) ニューズレターの発行
- (3) 会誌、論文集への記事、論文投稿勧誘

### 3. 学会基準等の企画関係調査活動

研究会・分科会の設置

### 5. 部門賞の表彰

## Ⅳ. 財務

### 1. 財源

部門の運営は以下の財源をもって行う。

- (1) 基本額：70万円/年
- (2) 会員数比例額：年会費 $\times 0.05 \times (1, 2 \text{位の登録者数}) \times 1/2$   
以上が学会本部より交付される。
- (3) 事業収入

・国際会議を含む講習会

部門収入：余剰収入 $\times 0.75$ （黒字の場合）

部門支出：欠損の全額負担（赤字の場合）

・講習会

収益、欠損とも学会本部と部門と折半

別途、企画費として3万円学会から補助

### 2. 余剰金の取扱い

余剰金は次年度に繰り越す。

### 3. 予算・決算

予算及び決算は総務委員会で取りまとめ、運営委員会の承認を得て学会に報告する。

## 研究分科会の紹介

「宇宙における発電システムと排熱技術に関する調査研究分科会」

神戸大学工学部 藤井照重

平成2年7月、2年間（もしくは1年延長）の予定で申請され、現在委員21名の下、年4～5回の会合を行う予定で進んでいる。

1957年10月、ソ連による人類初の人工衛星「スプートニク1号」の打ち上げ以来、現在我国では実験モジュールJEMが国際宇宙ステーションに設置されようとしており、益々宇宙への関心が高まっている。本分科会は上記の宇宙開発における発電システムの研究とその廃熱技術に対する問題点を明らかにするために設けられた。宇宙で利用する電力源は、電池、燃料電池などの化学的なもの、原子力などの必要なエネルギーを自体に内蔵するもの、太陽の放射エネルギーを利用するものなどがある。将来の100kW以上の電力レベルに対してどの様な発電方式が適しているか、問題点は何か。例えば太陽熱発電システムの場合をとりあげても熱機関としてランキン、ブレイトン、スターリングサイクル等種々の方式がある。

また、一方では発生ばかりでなくこれらの排熱の問題が存在し、従来、排熱量の小さい時は衛星外殻面に設けた放射熱窓、ヒートパイプラジエータ更に液体循環ループの排熱方式が用いられてきたが、将来の宇宙基地を含めた排熱量の増大と共に、二相流体ループの排熱システム、更には液体金属ループ方式が有利とされる。いずれもこれらは微小重力場となるため、その熱輸送技術に対する開発が望まれる。

以上の様な観点を踏まえて上記に関するこれまでの内外の研究成果の整理、現状認識を行うと共に、将来への展望を図るべく、研究の情報交換や成果の討論によって新しい分野の開発と活発な研究活動を果していこうとするものである。

現在迄行われた話題提供を紹介すると、次の様である。

- 1) 日本の宇宙開発の現状と展望 (NASDA 松下)
  - 2) 宇宙発電システムと熱制御について (筑波大 小林)
  - 3) 宇宙機器の熱的制御と二相流体ループの排熱技術 (NASDA 宮崎, 飯田)
  - 4) 気液二相流における不安定現象 (龍谷大 赤川)
  - 5) 流体ループ・ヒートポンプにおける冷媒の熱物性計算式 (NASDA 古川)
  - 6) 宇宙用原子力発電について (MAPI 楳)
  - 7) 液体金属MHD発電システムの宇宙用熱源(原子炉)への適用 (阪大 斉藤)
  - 8) 等密度液-液二相流の流動特性 (神戸大 藤井)
- 他、文献紹介(川重 竹村など)がなされると共に宇宙開発事業団筑波宇宙センター、龍谷大学の試験設備などの見学が行われた。

最後に、本研究に関心をもたれる方は下記迄ご連絡下されば幸いです。

連絡先 藤井照重 神戸大学工学部機械工学科  
〒657 神戸市灘区六甲台町1-1  
TEL 078-881-1212 内5139  
FAX 078-881-0036

主査 藤井照重(神戸大学)、幹事 忽那泰章(龍谷大学)  
委員 赤川浩爾(龍谷大学)、有冨正憲(東京工業大学)、  
市川直樹(工業技術院)、江口邦久(科学技術庁)、  
塩治震太郎(石川島播磨重工業)、大串哲朗(三菱電機)、  
太田淳一(神戸大学)、加治増夫(大阪大学)、  
川西康平(三菱重工業)、栗山義雄(東芝)、  
黒坂俊雄(神戸製鋼所)、小林康徳(筑波大学)、  
斉藤正樹(大阪大学)、竹村正(川崎重工業)、  
戸田三朗(東北大学)、古川正夫(宇宙開発事業団)、  
松下正(宇宙開発事業団)、宮崎芳郎(宇宙開発事業団)、  
山田浩之(川崎重工業)

高効率ガスタービン

日立製作所 日立工場 瀧花清作

1. はじめに

近年、省エネ化の社会的背景のもとでガスタービンは、コンバインドサイクル、コージェネレーション等の中心機器として活発に導入拡大がはかられ、さらに、最近着目され始めた炭酸ガスの排出量抑制に対しても有効な高効率発電方式として、ガスタービンを用いた発電設備が注目されている。

一般にガスタービンは実績のある機種をベースとして着実に高出力化、高効率化が図られる。この高性能化にあたっては、(1) 高温材料の開発及び実機への適用 (2) 冷却技術の改善及び実機への適用 (3) 材料改善、冷却強化を前提とし、従来と同等の信頼性を確保した上での燃焼温度の上昇という手順を踏むことにより信頼性が確保されている。又設計改善にあたっては実機による試験を実施し、各種計測結果により十分な信頼性が得られていることを確認した上で実機への適用が行なわれている。

ガスタービンを大きく分類すると、動翼の冷却方式により下記の様に分類される。

- (1) 第1世代：動翼無冷却のガスタービン
- (2) 第2世代：動翼単純冷却のガスタービン
- (3) 第3世代：動翼リターンフロー冷却のガスタービン

第1及び第2世代に属するガスタービンは、主として材料の向上(冷却技術の一部改善を含む)によって年代と共に燃焼温度の上昇がはかられて来た。一方、第3世代に属するガスタービンは、高度冷却技術の導入(航空用ジェットエンジン技術の導入)により、燃焼温度の大巾な上昇がはかられて来た。図1にガスタービン燃焼温度の変遷を示す。

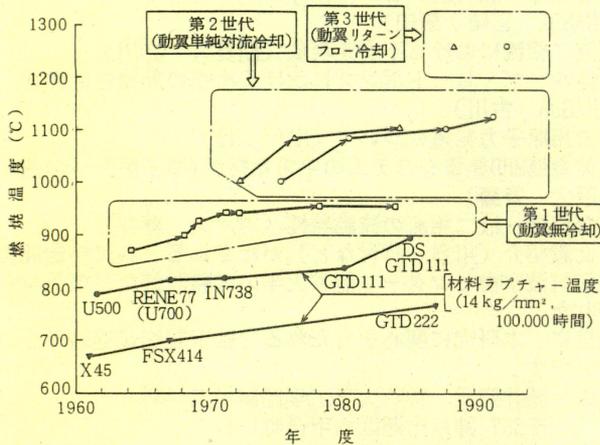


図1 ガスタービン燃焼温度の変遷と材料の改善

2. 1300°C級大容量高効率ガスタービン

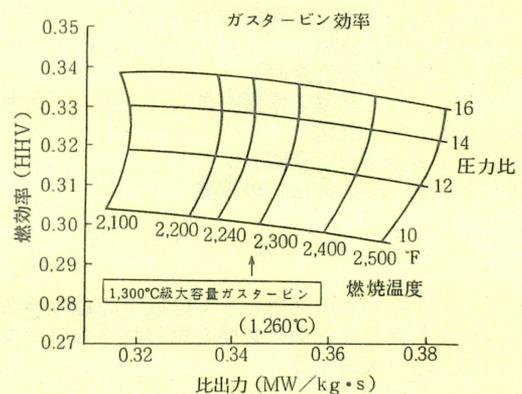
2.1 概念設計

(1) サイクルパラメータの選定

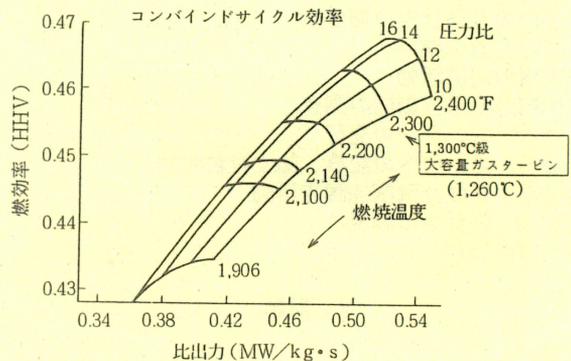
1300°C級ガスタービンは、1100°C級ガスタービンに対し、コンバインドサイクルのニーズにマッチするため高温・高効率化および出力増加をはかり大形化することを基本方針に開発された。

耐熱合金材料の開発とジェットエンジンの最先端設計法を活用し、燃焼温度(タービン第1段動翼入口ガス温度)を1,260°C (2,300°F)としている。

これらのサイクル条件をベースに、ガスタービンの比出力と熱効率の関係を燃焼温度と圧力比をパラメータとして整理すると、図2に示すようになる。同図(a)から、燃焼温度1,260°Cで比出力(入口空気量に対する出力)が最大となる圧力比13.5を設計点として選定している。すなわち、ガスタービンとしては、出力に対してコンパクトであること(比出力が大であること)が、経済性の面で優位となるからである。さらに同図(b)から、コンバインドサイクル効率としては、燃焼温度1,260°Cの場合、圧力比13.5で最大値となる。すなわち、ガスタービンの圧力比としては、ガスタービン単体の比出力を大きくでき、かつコンバインドサイクル効率が最大となる値を選定している。



(a) ガスタービン比出力と効率の関係



(b) ガスタービン比出力とコンバインドサイクル効率の関係

図2 ガスタービンの比出力と効率の関係

(2) 圧縮機的设计

空気流量増加に伴う圧縮機入口流路部の拡大により、従来の圧縮機段数17段にさらに初段翼を追加して18段としている。この追加の初段翼は、翼外径の増大によって周速が大となり、翼面上での空気流のマッハ数が増大し遷音速となる。既存翼形状は、亜音速設計のため遷音速状態では損失が大きくなる。このため、翼形状をやや薄肉の直線形状とした遷音速設計とすることによって損失を低く抑える設計としている。

(3) タービンの設計

タービン段数としては、性能および実績面から1100°C級

として採用している3段としている。翼の設計にあたっては、三次元設計としており、3段動翼の出口ガス流れ方向は軸流とすることによって、損失の低減に配慮している。

(4) 冷却設計

タービン第1段動翼は、燃焼温度の大幅上昇に対応するため、リターンフロー冷却翼を採用している。

このリターンフロー冷却翼を採用することによって冷却が強化され、燃焼温度1,260℃に対しても翼のメタル温度としては、1100℃級と同等または低く抑えている。

図3に第1段動・静翼の冷却方式を示す。

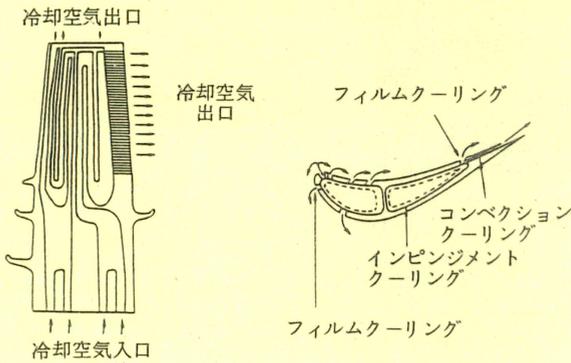


図3 第1段動・静翼の冷却方式

(5) 材料の選定

従来、タービン翼にはNi基あるいはCo基の普通鋳造合金が使用されていたが、本タービン第1段動翼材に一方凝固を採用している。又、動翼には第1～3段とも耐腐食のため表面に金属コーティングを施している。

(6) 仕様

表1に1300℃級大容量高効率ガスタービンの仕様を示す。

表1 1300℃級大容量高効率ガスタービンの仕様

項目	仕様	
	60Hz専用機	50Hz専用機
定格出力	150,000kw (単機サイクル, 発電機端)	212,200kw (単機サイクル, 発電機端)
定格回転数	3,600r/min	3,000r/min
効率 (LHV)	34.5%	34.1% (計画)
燃焼温度/圧力比	1,260℃/13.5	1,260℃/13.5
排気温度	583℃	583℃
タービン段数	3段	3段
圧縮機段数	18段	18段
燃焼器	14個	18個

(大気条件: 15℃/0.10MPa)

なお50Hz専用機は、60Hz専用機を基にスケールアップ設計によって現在開発を進めており、その仕様を合わせて示した。

(7) 本体構成

1300℃級大容量高効率の本体断面図を図4に示す。主要な構成機器として、軸流圧縮機、燃焼器および軸流タービンがある。

このガスタービンは排気ガスを軸方向に排出する軸流排気方式を採用している。

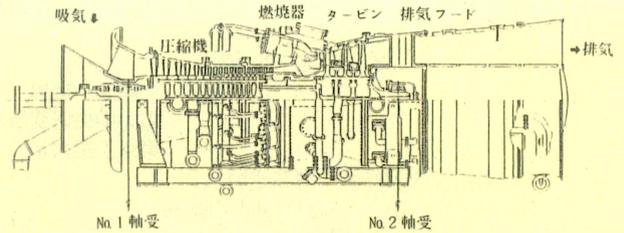


図4 1300℃級ガスタービン本体断面図

3. 乾式低NOx燃焼器

ガスタービンの燃焼温度の上昇に伴い、排ガス中のNOxの発生量は増加する傾向にあり、これを抑制する低NOx燃焼器の開発は最も重要な開発課題の1つである。従来NOx低減対策としては、水または蒸気を噴射する湿式法が多用されてきたが、プラント熱効率向上の為に乾式の低NOx燃焼器の開発が進められ、使用が開始されている。

ガスタービン燃焼器のような高負荷、高速燃焼のNOxを大幅に低減させるためには、従来にない予混合燃焼方式を取り入れた全く新構造の燃焼器開発が必要となる。

図5に1100℃級ガスタービン用低NOx燃焼器の構造を示す。

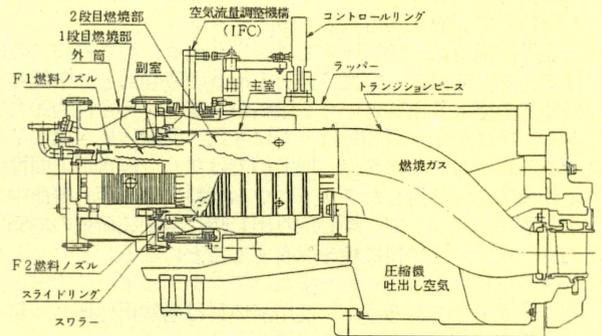


図5 低NOx燃焼器の構造

燃焼器は、燃焼部が2段になっており、1段目は燃空比(燃焼量/空気量)の急激な変化に対しても安定な拡散燃焼方式を採用し、2段目は、予混合燃焼方式を採用して、NOxの低減をはかっている。

高負荷域では、1段目と2段目がともに燃焼する2段燃焼となる。

1300℃級ガスタービン用低NOx燃焼器は、第2段燃焼部で行なっている予混合燃焼の比率を増大させることによって、低NOxをはかることになる。

4. おわりに

発電設備に占めるガスタービンの重要性が高まりつつある中で現在、高効率化、環境保全技術、燃料多様化等、幅広い技術開発が盛んに進められている。

これら技術開発の一端としての高温、高効率ガスタービンの新技術を紹介したが、今後、これら新技術をベースに実績を踏まえ、さらに高効率を目指したガスタービンの開発を推進していくことが必要である。

革新高速炉

服部 禎男  
電力中央研究所  
東京工業大学

1. 超安全を目指す小型高速炉  
(Super Safe, Small and Simple)
2. 超長寿命炉心(Ultra Long Life Core)

1. 超安全を目指す小型高速炉  
(4S: Super Safe, Small & Simple)

(1) 概要

小型高速炉の主な仕様を第1表に示す。その地域の電力需要に応じ、10MWe (1万kW)と50MWe (5万kW)について検討している。原子炉構造概念図を第1図に示す。

10万MWe 4Sは、30年間のプラント寿命中いっさい燃料効果不要の設計を目指し得る。炉心の燃焼制御には、原子炉容器外の反射体(材料はカーボン)制御を採用する。炉心上部にヘリカルチューブ式中間熱交換器を置き、原子炉容器と炉心吊り胴間の熱を伝えたあとの冷却材ナトリウムが下降し、炉心に再流入する。

1次冷却材の駆動には、電磁ポンプを用いる。電磁ポンプを炉容器内に設置するか、炉容器外に設置するかについては、容器径の小さい10MWe 4Sでは炉容器外に、1mφクラスの容器径となる50MWe 4Sでは、炉容器内に電磁ポンプを置くこととする。

50MWe 4Sの炉心寿命は、10年間とし、10年ごとに燃料を一括して交換する方式とする。

原子炉構造は、10MWeでは径0.9mφ、長さ約16mの円柱である。50MWeでは、径1.1mφの直胴部と、中間熱交換器部の径1.8mφという2段胴からなり、長さは約20mである。アクティブ炉心長はともに3m、反射体長さは1.7mである。なお、4Sは、増殖炉ではなく、軽水炉と同程度の転換率で、装荷したプルトニウム燃料により炉心寿命中エネルギー生産をして、炉心取り出し時に当初装荷量の約85%のフィッソイル燃料核種を保有することになる。

プルトニウム・バーナーまたはアクチナイドバーナーとも呼ぶべきものであろうが、使用済燃料は当然再処理し、超ウラン元素はリサイクルする必要がある。

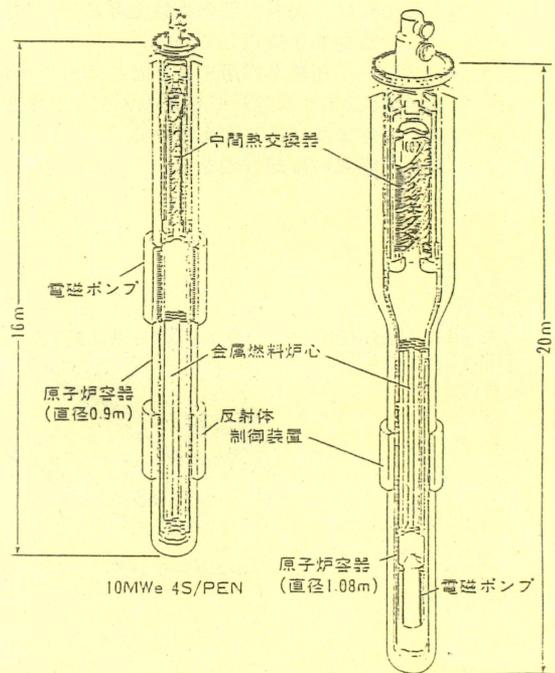
第1表 4Sの主要仕様

	10MWe 4S	50MWe 4S
熱出力	25MWth	125MWth
電気出力	10MWe	50MWe
燃料	U-Pu-10%Zr	U-Pu-10%Zr
炉心寿命	30年	10年
炉心抑制	外部反射体駆動	外部反射体駆動
1次ポンプ	炉外電磁ポンプ	炉内電磁ポンプ
熱交換器	ヘリカル伝熱管	ヘリカル伝熱管
原子炉容器径	約0.9mφ	約1.1mφ(炉心部) 約1.8mφ(IHX部)
原子炉容器長	約16M	約20M

(2)長寿命炉心

4Sの炉心は、長期間燃料交換不要で、冷却材密度係数、ボイド反応度ともマイナスとし、これを活かして制御棒なしで流量制御などによる温度調整のみによる反応度制御が可能のように設計する。まず長期的な反応度制御については、原子炉容器内に動的機器を持ち込まない考え方で、先に述べたように容器外から反射体の動きにより炉心反応度を補償する。

冷却材密度係数、ボイド反応度をマイナスにするために、



第1図 小型高速炉の原子炉構造概念

直径の小さい細長い炉とし、中性子の漏洩を増大させている。反射体制御方式においては、炉心内で軽い核種による中性子の散乱と減速をできる限り少なくする必要はある。この点、軽い核種(酸素)を含まない金属燃料の採用が好ましい。また、金属燃料は高密度であるため、炉心の長期燃焼を可能にするために必要な反応度保有の低減に好都合である。反射体の材質は、カーボン、厚さは15センチメートル、長さは1.7mで十分な制御能力を有する。炉心のアクティブ長3mとし、長さ1.7mの反射体を下方から徐々に上昇させることにより、10MWeで約30年、50MWeで約10年の長寿命炉心を得る。

したがって、50MWe炉の場合、炉心を10年ごとに交換するために、一括交換が可能か、もし可能ならばどのように簡素な炉心交換機が考えられるかなどが今後の課題になる。

長寿命炉心を実現し、燃料交換を不要とするためのもうひとつの要求は、万一、燃料破損時にも継続運転が可能かどうかという点である。金属燃料は、この点大変有利な特徴をもつ。燃料は、定格運転中もナトリウムのボンドに浸されており、被覆管に孔があいても、1次系のナトリウムの呼吸が行われるだけで、燃料への悪影響は生じない。カバーガス系にKr, Xeなどのガスが混入しても、微量であることとカバーガス浄化系による対応が十分可能であるため問題はない。米国アルゴンヌ研究所では、この燃料被覆管破損後の運転についてEBR-II(25MWe実験炉)によって詳細な実験を続けており、結果は、極めて良好であり、このように結論づけている。

(3)超安全性の指向

ここで目指す超安全性とは、安全性確保の対策をいかに単純明解に、いかに確実に、つまり、いかに十分な安心感をもたせて構成できるかという点が基本であるこれに対応し、4Sはつぎの特徴を備えている。

①制御棒の誤引き抜きによる反応度挿入がない。反応度制御を外部反射体の動きにより行うが、反射体の誤動作を原理的

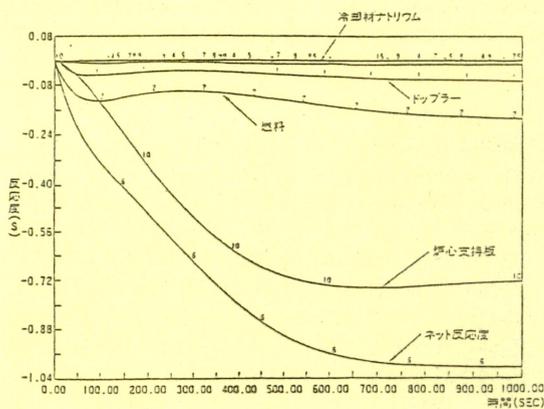
に排除するために、原子炉の運転時間に対応して反射体の最大移動可能位置を規制する機構を設ける。

この規制機構の移動は、極めて低速度の特殊同期電動機構で行い、この同期速度は電源周波数のみで決まるため、プラントが停止したときには、電動機は駆動せず、燃焼に応じて自ら必要量のみ移動することを基本とする。炉心長3mを30年間で移動(10MWeの場合)、10年間で移動(50MWeの場合)するようにあらかじめ設計しておけば、反射体の移動は3日間で1mmまたは、10年炉心の場合1日間で1mmといった動きでよい。これと負の温度係数の活用によって制御系を不要にできるため、従来炉で仮定される制御系の故障による誤引き抜き議論は排除される。

②ボイド反応度をはじめ、炉心の温度上昇にかかわるすべての反応度係数は、第2表に示すように燃焼期間中マイナスである。異常発生時にスクラム機能が喪失したと仮定しても負の反応度が挿入され出力は急速に低減することを解析で確認している。電源喪失時に反射体が落下しない(スクラム機能喪失)と仮定した場合の解析結果では被覆管過渡時最高温度は、燃焼初期で約660°C、燃焼末期で約860°Cにとどまる。このときの反応度バランスは、第2図のように推移し、決して正の反応度が挿入されることはなく、出力は極めて低い状態に移行し、原子炉の損傷に至る可能性はない。

③炉心圧損を従来炉の約10分の1に低減させている。この結果、1次ポンプが停止しても定格の14%の自然循環流量が得られる。炉停止後の余熱除去はこの大きな自然循環流量を利用し、安全容器から直接、熱を外気に伝えることで除去する。この結果、炉停止時にどのような操作もなしに確実な熱除去が自然に発生する。

④4Sの安全上のもうひとつの魅力は、超小型であるため炉心に内包する放射能インベントリが小さいということである。この影響を原子炉施設に必要な敷地境界距離という観点から考察してみる。



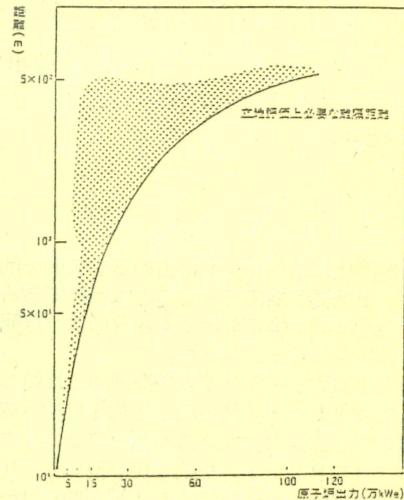
第2図 外部電源/スクラム機能喪失時の反応度の推移

第2表 反応度係数(50MWe 4S)

項目	燃焼初期	燃焼末期
燃料(ΔK/K/°C)	-9.9×10 <sup>-6</sup>	-9.9×10 <sup>-6</sup>
冷却材(ΔK/K/°C)	-6.9×10 <sup>-6</sup>	-6.9×10 <sup>-6</sup>
炉心支持板(ΔK/K/°C)	-1.4×10 <sup>-5</sup>	-1.4×10 <sup>-5</sup>
ドップラー(TdK/dT)	-2.4×10 <sup>-3</sup>	-2.4×10 <sup>-3</sup>
ボイド反応度(%ΔK)	-1.9%	-0.06%

高速炉の冷却材であるナトリウムは、よう素のトラップ能力にすぐれ、4Sのようにスクラム機能喪失時にも冷却材の沸騰にいたらない炉心では、よう素による公衆被曝の影響は問題とならない。したがって立地評価上の線源としてはKr, Xeなどの希ガスのみを100%格納容器内に充満したと想定する。4Sの格納容器は直径3m程度のドームとするため、気密性は大型炉に比べて容易に保つことができるが、ここでは、0.1%/dayの漏洩率を仮定する。敷地境界距離を算定するために、気象条件が必要である。ここで、もっとも保守的な大気の安定度(F型と呼ばれる)が生じていると仮定して、風速も1m/sec、事故後何日間も風速変化は生じないという保守的な仮定を行う。希ガスによる全身被曝線量を評価するD/Q(被曝線量/放出放射能)は、敷地境界距離との関数で計算される。敷地境界付近の公衆が受ける被曝線量は、

(原子炉希ガスインベントリ) × (格納容器漏洩率) × (D/Q) で決まる。これを用いると、立地評価事故を仮想した時の全身被曝線量を、いま極めて保守的な目標値5rem以下にするために必要な敷地境界距離は第3図のように得られる。これは原子炉の出力との関係で計算したものであるが、4Sクラスであれば、必要とする隔離距離は極めて小さく原子炉から20m離れていれば目標線量を満足する。炉の放射能保有量が小さいということが立地上、いかに有利かということをも明らかに物語っている。



第3図 立地上必要な隔離距離

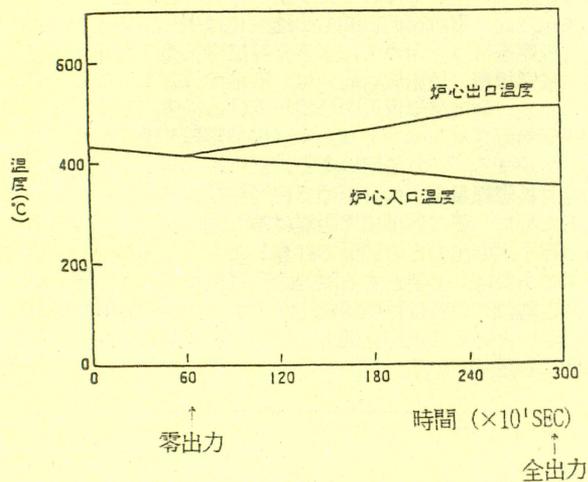
(4)制御性の革新

4Sのすべての反応度係数はマイナスである。温度を下げると出力が上昇し、温度が上がると出力は上昇しなくなり、さらに温度が上がると出力は下降していく。どのように制御を失敗しても元の温度状態にもどるというすぐれた固有のフィードバックが働くのである。

起動手順について考えると、まず、1次系全体の温度を余熱系で通常運転時付近の温度まで上昇させ、次に反射体を運転位置に上げて炉を臨界にし、このあとタービン系の蒸気流量を増して炉心の入口温度を低下させ、出力状態に移行させるという蒸気流量制御方式が成立しうる。解析検討によれば1次温度を430°Cまで上昇させておけば、反射体の誤った急速上昇に対しても安全上の問題は生じない。この加熱は、原子炉容器・ガードベッセル間のN<sub>2</sub>ガス予熱により行う。N<sub>2</sub>ガスを1MWのヒータで加熱した場合、約2時間で炉停止温度(200°C)から430°Cに上昇するその後タービン蒸気流量を増大させていくことにより約40分で、定格出力に到達する。この状況を第4図に示す。この出力上昇に反射体の制御動作、1次系の流量制御はいっさい不要であり、タービン系制御のみで、原子炉を短時間に全出力にすることができる。

この特徴をこの発電ユニットの負荷追従性に応用すると、

原子力発電ユニットの制御性の革新が期待できる。出力を上げたり下げたりする場合、タービン蒸気流量を増減するだけでよい。この速い出力制御時における燃料の健全性は、燃料被覆管との相互作用をなくしたこと、また金属燃料の冷却材との温度追従が速く、燃料自身の温度変動も小さいために十分確保されている。



第4図 温度の時間変化

#### (5) 経済性

小型炉の場合、標準化によりソフトが占めるコストを削除すれば、大きくコスト低減が期待できることは当然であるが、ここで、従来の物量的コスト推定だけでも4Sのような簡素な設計にすると次のようなことになった。

4Sの単体物量を1MWeあたりで大型高速炉と比較した。コストの指標として従来もっとも代表的とされる格納容器内の1次系鋼材重量をフランスの大型炉スーパーフェニックス1号と比較すると、(SPX-1)が約4ton/MWe、10MWeの4Sが約4ton/MWe、50MWeの4Sが約1.5ton/MWeとなる。

小型化、単純化を徹底した4Sが、1MWeあたりの重量で単体でも大型炉に比肩できることがわかる。さて、小型炉のコストを評価するうえで、標準化は重要な因子である。最近のフランスEDFの研究によると、同じ原子炉を建設すると大型炉でもNSSS系で-42%、BOP系で-39%のコスト削減が標準化によって得られるとしているが、この点は小型炉の場合さらに大きく効く筈である。超小型炉ではさらに、大量発注とともに製造ラインの自動化が進めば、単に標準化以上のコスト削減効果が得られることになる。このように標準化と連続生産および自動製造の普及はモジュール方式の大きな特徴である。

#### (6) 大容量モジュールプラント

4Sをモジュール構成として、大容量化を図る場合、さまざまな構成が考えられるが、60万kWプラントを例にとると、モジュール効果を最大限に発揮できる構成は、(50MWe×2)×6ブロック構成である。発電所をモジュールで構成した場合のもうひとつの魅力は、運転内容の単純化とメンテナンス性であろう。システムを構成するユニットが小さくなり、そのユニットの停止が電気の供給力にほとんど影響をもたなくなれば、運転中の諸変数によって種々操作して運転を続けるという従来の運転体系でなく、何か異常があれば、そのユニットはすぐ自動的にトリップする設計を徹底させれ

ばよい。すなわち、原子力発電所の運転が多数のユニットのオン・オフの運転監視体系に変革し、それは自動化の容易な体系で高信頼度の自動化・無人化が容易に完成していくであろう。

#### (7) 課題

4S特有の課題は、原子炉容器、炉内構造物の照射によるぜい化の問題である。通常の炉心構成とちがひ、炉心外周に径方向のしゃへい体を持たない4Sでは、原子炉容器の30年後の中性子照射量は、最大部位で $5 \times 10^{22}$ 平方センチメートルになる。フェライト系の高クロム鋼では照射温度がすくなくとも400°C以上であれば、破断延びの低下がみられないことが知られている。また、8Cr、9Cr鋼であれば、ぜい性遷移温度の上昇も50°Cにとどまり高速炉運転温度範囲では、問題にならない。

これらの知見をもとに4Sの原子炉構造は、高クロム鋼(現時点では、Mod. 9Cr-1Mo鋼をリファレンス)で製造することにし、これに関する今後のデータ構築を必要とする。

安全を指向する高速炉一般の究極の課題に、Na・水反応の問題を回避できるか、という問いかけがある。これに対しては、まずEBR-IIのような単純2重管式蒸気発生器の採用を考えたい。

#### むすび

グローバルな大変なニーズにも経済力・技術力のあるわが国が大きな使命を果たすべき場面を考えると、わが国こそ小型FBRを開発していく意義は大きい。もちろん将来、技術的にも経験的にも充分な実力をつけた時点には、大規模な電力網をもつ先進国で大型FBRが活躍することが期待されるのは当然である。

他産業の人々の、“量産なしの商品は高価である”“原子力こそリスク分散の思想を考えるべきである”、“稼働率が勝負の場合は機能単位を小さくして、マルチ(複眼)にもっていくほど強い”等のことばを、この際真剣に考えてみるのも必要ではないかと思うものである。

#### 2. ULLC (超長寿命炉心)

高速増殖炉は炉心の燃焼と共に核分裂性のプルトニウムが作り出され、この特性を活かし炉物理的工夫を深めれば極めて長い寿命の炉心が得られることを目指して、かなり以前から研究例がある。

しかし、基本的課題は燃料体の耐久性で、具体的には燃料被覆管の健全性の問題、さらにつめれば、燃料被覆管に核分裂によって生じたガスの蓄積によって内圧が高まっていくので、被覆管自体に孔をあけてガスベントする技術の実現のための諸問題が残されている。

数年まえから、燃料被覆管内にナトリウムを入れるアイデアが登場し、安全性、燃料の健全性などに多くのブレークスルーをもたらしつつある。このアイデアは、燃料ピンからのガスベントにもほぼ決定的なブレークスルーをもたらすのではないかと考えられる。

#### (1) ULLCにおける余剰反応度特性

従来、FBRの炉心では燃料の炉内滞在期間は数年で設計され、その1/2から1/3が約1年ごとに定期的に交換される。一方、超長寿命炉心はFBRの持つ増殖性と言う特徴を積極的に活用することにより、約10年ごとに全ての燃料を一括して取り替えるか、あるいはプラント寿命期間中(30年から40年の間で計画される)一度も燃料を取り替えずに燃焼させることができる炉心である。ULLCでは、その増殖特性により燃焼するに従い余剰反応度を次第に蓄積し、炉心の寿命中期のピークを過ぎると次第に余剰反応度が減少し、その余剰反応度を消費し尽くすことにより、炉心の寿命は終わる。超長寿命炉心の出力密度を従来型FBRの出力密度をと比べると、金属燃料による10年寿命の超長寿命炉心の出力密度

は約2/3となり、40年寿命では約1/3になる。酸化物燃料や炭化物燃料では又その半分になる。

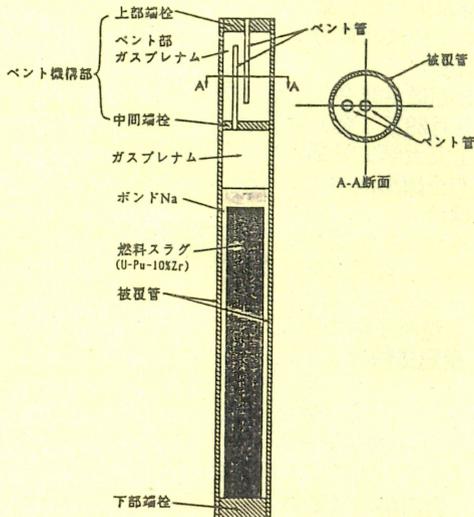
ULLCの燃料としては、酸化物、炭化物、窒化物、および金属燃料が考えられるが、特性は金属燃料が最も良好である。この理由は金属燃料には酸素や炭素のような中性子を減速する軽い核が存在しないので中性子スペクトルが固いことにより $\eta$ 値(中性子吸収当りの中性子発生数)が大きいことと、重金属(UおよびPuなど)の密度が高いことによる。金属燃料はナトリウムとの共存性が非常に良いので、ボンド剤としてそれを使っていて、万が一燃料破損が発生しても、酸化物と異なり、破損が殆ど拡大しない安全上の大きな特徴もある。この特徴はベント型燃料の採用を容易にしている。

(2)ULLCに適する燃料集合体

従来からFBR燃料は多数本の燃料ピンをダクト(ラッパー管とも言われる)と呼ばれる鋼性の六角形状の鞘に収納している。このダクトは中性子を無駄に吸収するものであること、隣接する集合体の燃料ピンを互いに接近させることを阻むことから炉心の増殖性を阻害している。

従来FBRの燃料ピンの稠密な配置を保持しながら、現行のPWRの燃料集合体と同様にダクトを使わない燃料集合体がダクトレス集合体である。燃料ピン間のスペースはグリッドで保持し、各グリッドは集合体の六つ角にあるタイロッドで保持する。特にULLCでは高い燃焼度を狙うので、燃料の使用期間が長く中性子照射量が大きくなるので、被覆管は照射スエリングの少ないフェライト系(体心立法)スチールが望ましい。FBR用被覆管材料としては従来から、高温クリープ強度が高いことと低スエリング特性を併せ持つ材料の開発が求められてきたが、次に説明するベント型燃料を採用することにより、特に低スエリング特性を持つ被覆管の開発に力を注げばよい。

第5図 ベント型燃料ピンの構造



(3)ベント型燃料

燃料の燃焼に伴いガス状の核分裂生成物が発生する。これは燃料の被覆管内圧を高めるため、高燃焼度を狙うには非常に長いガスプレナムが必要になり、燃料ピンが長くなる。これらは燃料製造、運搬上好ましくないばかりでなく、原子炉の容器や建物も大型になり、経済性も大きくそこなう。これを防ぐには上記ガスを燃料ピン内に留めないで冷却系へ放出(ベント)してこれを他に回収する方が合理的である。

ベント型燃料ピンの概念を第5図に示す。燃料ピンの上端に付けるベント機構は、ガスを冷却材中に放出するが、冷却材の侵入を防止する機能を持つものである。そのベント機構

部は低熔点合金でプラグする。燃料集合体を炉内に装荷し温度を上げると低熔点合金のプラグは溶けるのでベント機構部にナトリウムが侵入する。原子炉が運転され核分裂が開始されるとガス状の核分裂生成物がガスプレナム部に排出されてくる。次第にガス圧が高くなりベント機構部に溜まっていたナトリウムは冷却系に排出される。ガスは定期的が発生するが、ガスプレナム部で一度滞留し、次いでベント部ガスプレナム部で滞留するので、短半減期のガス状放射能は大幅に減衰した後に主冷却系に排出される。

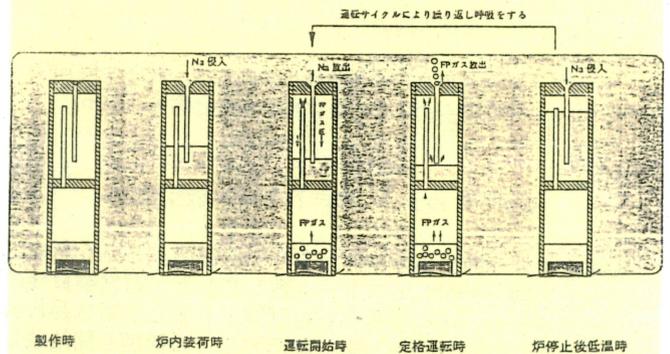
1977年に酸化物燃料に対するベント機構の研究が多く行われたが、いよいよ金属燃料の登場により燃料金属とナトリウムの共存性が良いためにナトリウムボンドを活用したベント機構の研究が再開されることが期待される。

(4)ガス状放射性物質の処理系

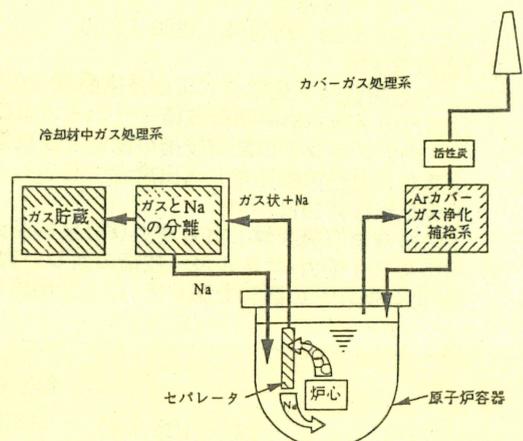
ベントされたガス状放射性物質処理系の概念を第7図に示す。燃料要素から放出されるガスは冷却材の主流に乗ってセパレータに流入して分離される。ガスと共にキャリオーバーしていったナトリウムはガスとナトリウム分離装置で完全に分離され、原子炉に戻され、ガスは貯蔵装置に蓄えられ、その放射能はさらに長期に減衰する。カバーガス空間へ移行したガスはアルゴンカバーガス浄化補給系により処理される。

このセパレータを使用した冷却材中核分裂生成ガス処理系はベント型燃料を使用することにより必要になる系統で、従来のFBRには無い系統である。

第6図 ベント機器の原理



第7図 ガス状核分裂生成物処理系



(5)安全性

核分裂で発生した放射能を全ての燃料の中へ閉じ込めておく従来の概念に比較して、放射性ガスを燃料ピンに孔をあけて放り出すなどのもつてのほかで安全上許されないと、まず直

観的には考えた。ところが、とんでもない思い違いであった。多量の放射能を周辺にまきちらす可能性をもたらす全ての仮想的な大事故のシナリオでは、まず炉心燃料を損傷または溶融させて、内部の放射能が多量に出て来るというのが災害発生の原点である。

ところが燃料の中に発生しているありとあらゆる放射性元素のうち 500℃以上でも気体状のものはごくわずかであり、このガス状のものを常時運転中に抜き出しつつ運転していれば、いざ事故といった時に仮に燃料が溶けて大規模に放射性物質が出て来ても、周辺公衆の居るところへ風に乗って飛散していく主役である気体状の放射能はほとんどないのである。

U L L C原子炉の安全評価をしてみてもわかったことは、従来の原子力発電所に関して実施されている究極の事故時に放射性物質が格納容器内に充満して、その格納容器から大気中への漏洩があり、周辺公衆の居るところへ風にのってたどりつくといった災害評価のシナリオから考えると、主役を演じる気体状放射能が常に炉心部から抜け出しているために、公衆の放射線被曝はほとんど無くなってしまふのである。

勿論、放射性ガス貯蔵タンクの十分安全な設計その他設置場所の工夫等の問題はあろうが、何といたっても発熱源としての原子炉から飛散性のガス状放射能を常時抜いて全く別の位置に保管するというのもシステム安全確保のひとつのあたらしい手法の用にも思われる。

む す び

40年燃料無交換の超長寿命炉心の炉心の大きさは従来のものと比べると約2倍であるが、実証炉検討のための設計例で使用済燃料一時炉内貯蔵 ( I V S ) のものと比較して、 I V S を含んだ炉心全体外周の大きさはほぼ同等であり、炉構造へのインパクトはない。

このような超長寿命炉心が具体化されれば、発電コストの低い有力 F B R 概念のひとつとなるものと考えられる。

部門の1年間の活動

昨年度より「動力エネルギーシステム部門」という名の下に更なる飛躍を目指してスタート致しました。運営委員会の下に総務委員会、広報委員会、企画第1, 第2, 第3委員会、さらに分科会、研究会をおき、部門としての活動を開始致しました。

昨年度の主な活動は次の通りです。

1. 部門運営の方法とその組織についての検討
2. ニュースレターの発行  
(号外: 1990. 3. 30, 創刊号: 1990. 11. 1)
3. 部門賞設置準備
4. セミナー、講習会、見学会および技術懇談会の開催
  - (1) 動力技術者のための制御技術セミナーおよび見学会  
= 「動力プラントの制御技術の動向及び東京電力(株)東扇島火力発電所見学」(出席者: 43名)  
平成2年5月18日  
川崎市産業振興会館, 東京電力(株)東扇島火力発電所
  - (2) 講習会 = 「動力・エネルギー技術の新しい展開  
- 地球環境との調和を図って -」(出席者: 59名)

- 平成2年11月29日, 30日  
食糧会館(東京)
- (3) 見学および技術懇談会 = 「リン酸型燃料電池プラントの見学および技術懇談」(出席者: 43名)  
平成3年2月8日  
東京電力(株)五井火力発電所
5. 出版企画 (協力: 本会出版部会)
  - (1) 書名「破壊力学の基礎と寿命評価」の出版
  - (2) 機化学会論文集特集号(平成3年3月)  
「新エネルギー技術開発のための研究特集」の発行
6. 調査研究分科会の設置  
「宇宙における発電システムと廃熱技術に関する調査研究分科会」(主査, 藤井照重(神戸大))
7. 国際会議の準備
  - (1) 第1回日本機化学会-米国機化学会合同原子力国際会議(平成3年11月開催)
  - (2) パワージェネレーションに関する国際会議(米国機化学会との共催)の開催(平成5年)の準備を開始
8. 全国大会  
第68期全国大会: 平成2年9月23日から3日間, 東北大学工学部を主会場として開催された。全国大会始まって以来の大規模な大会とのことでした。(オーガナイズドセッションテーマ数: 58, 発表論文: 804 件, 参加登録者: 1600 名)  
本部門企画行事は次の通りです。  
基調講演  
「エネルギー利用と地球環境への影響」  
講師: 岡本和人(東京学芸大)  
オルガナイズドセッションとオルガナイザー  
「動力機器の軸封と潤滑」 吉岡 剛(三菱重工)  
田畑広明(日本原電)  
「石炭火力の運用特性の改善」 石本礼二(石播)  
「燃料電池発電システム」 浜松照英(電中研)  
佐藤紘一(NEDO)  
菱田 誠(原研)  
小泉安郎(工学院大)
- 同好会: 於東北電力
9. 通常総会  
第68期通常総会: 平成3年3月30日~ 4月1日  
[3月29日(金)は見学会, 4月2日はテニス親睦会]  
武蔵工業大学工学部において開催された。  
本部門企画講演および行事は次の通りです。  
基調講演  
「地球環境に調和した化石燃料の高度利用発電」  
講師: 伊藤文夫(東京電力)  
ワークショップ(3月31日)  
「新型原子炉の開発ステップと展開」  
話題提供者: 平岡 徹(原研), 池本一郎(電中研)  
羽賀一男(動燃), 向井 卓(三菱重工)  
杉崎利彦(日立)  
オルガナイズドセッションとオルガナイザー  
「原子力開発における新技術」  
岩田耕司(動燃), 久木田豊(原研),  
幡宮重雄(日立)  
同好会: 於武蔵工業大学

第69期代議員候補者

谷口博(北大)	三浦隆利(東北大)	前川博(新潟大)	上松公彦(慶大)	刑部真弘(東船大)	恩田和夫(電総研)
神永文人(茨城大)	久木田豊(原研)	永田健一(三井造船)	中原豊(MAP I)	波江貞弘(船研)	西尾茂文(東大)
原広(動燃)	原口元成(日立)	星野光伸(東電)	湊章男(電中研)	筒井康賢(機械研)	森純夫(東芝)
吉田英生(東工大)	三田地紘史(豊技大)	斎藤正樹(阪大)	佐田哲朗(MH I)	芹沢昭示(京大)	老固潔一(川重)
秋山巖(Hアソック日立)	光田幸憲(九電)	佐藤泰生(熊本大)	曾田正浩(MH I)	福田研二(九大)	

## 研究室紹介 (2)

芝浦工業大学機械工学第2学科  
流体工学(白井)研究室

本研究室では気液二相流に関連した基礎研究を行っております。特に曲管内の流れおよび下降流をともなった場合の気液二相流現象に関するものを手掛けており、具体的なテーマは次のようなものです。

## 1. 曲管内気液二相流の構造、圧力損失

バンドや螺旋管の様な曲管内を密度差の存在する気液混合物が流れる際には、遠心力および重力の作用のため流れは複雑になります。現在は流動様式が環状流である場合のその流動機構を明らかにするため、実験的には液膜部分の厚さ、流速、流れの方向の管周方向分布、および気相コア部分の液滴流量とその分布および流速分布などを明らかにすることを試みています。理論的にはこれら実験結果を参考にしながら、境界層概念に基づいたモデルにより解析を進めています。

なお、螺旋管における圧力損失に関しても実験、理論両面から研究を進めております。

## 2. 下降垂直および傾斜管内スラグ流

液相が下向きに流れている場合のスラグ気泡の挙動は液相の流れと気相スラグに働く浮力の方向が反対であるため、気泡形状、およびその管内における位置は垂直上昇流の場合のように軸対称ではありません。このことは気泡移動速度にも影響を及ぼし、例えば、ドリフトフラックスモデルのパラメータも上昇流のそれとは異なります。管径および液相の物性を変化させ、気泡形状の気相スラグ速度に及ぼす影響を調べ、かつ広範囲の流れに対するドリフトフラックスモデルによる相関式を作る努力をしております。

## 3. 流路形状に起因したスラッキング

気液混合物の流れる流路がUP-DOWN形状を取るような場合には流動様式によっては気相が流路の一部に停留し、流れを閉塞します。その結果通常のスラグ流に比べ大規模なスラッキング現象が発生します。この様な流路形状に起因したスラッキング現象についてその発生条件、流路形状の影響について調べています。

## 4. ダウンカマーへの気泡のキャリアンダー

下降液相流中への気泡のキャリアンダー現象は従来からボイラ、原子炉、蒸気塔などで問題とされてきましたが、最近気水分離器を設けない自然循環型原子炉が検討され、この問題が再びクローズアップされてきました。気泡のダウンカマーへのキャリアンダー挙動の詳細の解明について実験を計画しております。

問い合わせ先

芝浦工業大学工学部機械工学第2学科 白井健介  
〒330 大宮市深作字溜井原307  
TEL 048-687-5058, FAX 048-687-5116

## 研究室紹介 (3)

東京工業大学 工学部  
機械工学科 越後・吉田研究室

本研究室は機械工学科でエネルギー事象学講座を担当し、熱を中心とするエネルギー事象を対象として、熱科学や熱流体力学現象の解明、熱エネルギーの高効率利用のための技術開発、伝熱制御、地球環境問題に関する工学的取り組み等を研究しています。

以下では動力に関連の深い課題を中心に紹介させていただきます。

## 1. 多孔性ふく射変換体による伝熱・燃焼促進

高温ガスが流動している流路内に、その断面を覆う形で

空隙率の高い多孔性媒体(耐熱性金網を積層したものや発泡セラミックス)を設置することにより、高温ガスの顕熱が効果的に熱ふく射に変換され、しかも上流側に指向性をもって射出されるという性質があります。このような機能を有する多孔性媒体のことを、当研究室では「ふく射変換体」と呼んでおり、伝熱促進や燃焼促進に広範な応用が考えられます。現在までに行ってきた主な研究は以下のとおりです。

- ・超低発熱量固体、液体、気体の燃焼促進
- ・燃焼室内に設置された水冷管への伝熱促進
- ・ふく射変換体を一對にした新型熱交換器  
(熱ふく射→ガス顕熱の逆変換を併用)

・新型熱交換器を利用したメタン-水蒸気改質反応炉  
・多孔性媒体内における燃焼促進機構に関する基礎研究  
現在では、ふく射変換体を非定常な系に適用して化学反応を促進制御することに力点を置いて研究を進めています。

## 2. 炭酸ガス排出低減のための炭素固定化制御燃焼

化石燃料の使用に伴う炭酸ガスの増加が地球温暖化を招いていると問題視されていますが、現実問題として、一次エネルギーにおける化石燃料の座は当面変わりそうにありません。したがって、化石燃料の使用を容認しつつも、なおかつ炭酸ガス排出を低減できるような燃焼技術の開発が急務と考えられます。そこで当研究室では、化石燃料(炭化水素系)中に含まれる水素のエネルギーは利用するものの、炭素分のエネルギーについては、その一部を炭素のまま固定し、煤の状態を取り出す標記燃焼法を提案しています。現在は、他の方法(ドライアイス化して海洋投棄する方法)とエネルギー得失を比較したF/S、ならびに前述のふく射変換体による燃焼促進をメタンの燃料過濃条件での燃焼に適用し炭素固定化を行う実験を進めています。

## 3. 編み込み細線を有する極細管熱交換器

ルーバーフィン熱交換器の出現によりコンパクト熱交換器の伝熱性能も頂点を極めたとの見方もありますが、これに対するブレイクスルーの可能性が見込まれる伝熱促進原理として「伝熱面の微細化」と「連成乱れ促進体の配置」を考え、実用化をめざして研究を進めているのが標記熱交換器です。極細管として外径1mm程度の金属管を用いてピッチ2mm程度で並べ、横方向に直径0.3mm程度の金属細線を編み込んだ形状を採用しています。伝熱管の代表寸法が小さく、かつ伝熱面密度が大きいため、体積当たりの伝熱性能は従来型熱交換器と較べ極めて大きな値となるのが現在までに明らかになっています。また、伝熱管の極細化に付随して管内(水冷側)の熱伝達率も増加するため、本伝熱エレメントは凝縮熱伝達の高性能化にも効果があり、他の応用例についても検討しているところです。

## 4. 固気混相媒体による伝熱促進

気相中に粉体を分散させた固気混相媒体は、単位体積当たりの熱容量が大きく、ふく射の射出・吸収能も大きいという特徴を有するため、高熱負荷や高温での系に適した熱輸送媒体です。しかし一方では、固相が気相にとって重荷となるため乱流場のエネルギーを減衰させてしまうことも多く、これを避けるためには、気相と固相が激しい相互作用を行うような系を選択する必要があります。衝突噴流は、そのような系の代表例であるので、直径50 $\mu\text{m}$ 程度のガラス粒子と空気からなる固気混相媒体を用いて、伝熱実験およびLDVによる流れ場の測定を行っています。この応用として、気相にHe、粉体としてLi<sub>2</sub>Oを用いてトリチウム増殖を兼ねた核融合炉の真空壁冷却が考えられます。なお、粉体の空気輸送時に不可避的に生じる静電気の問題を逆手にとって、電場により流れと伝熱を制御する試みも行っています。

問い合わせ先

東京工業大学工学部機械工学科 吉田英生  
〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1  
TEL 03-3726-1111 ex. 2500, FAX 03-3726-5147

**第69期全国大会講演会**

開催日：平成3年10月16日(水)～18日(木)

[18日(金)：見学会]

会場：名古屋大学工学部(名古屋市中種区不老町)

申込締切：6月1日(土)

原稿締切：8月1日(木)

本部門の企画による講演および行事

基調講演

「動力分野における超伝導技術のアプリケーション」

(仮題：講師未定)

オルガナイズド・セッション

「経年火力の出力増加・効率向上技術」

浜松照秀(電中研), 松本正(東電設計)

「新しい石炭利用とその基盤技術」

石本礼二(石播)

同好会

開催期間中、於名古屋大学

講演募集要旨の詳細は会誌1月号(1991年)告8に掲載されています。

**講習会**

発電システムにおける制御技術の最前線

主催 日本機械学会(本部門企画)

開催期日 1991年6月13日, 14日

開催場所 東京工業大学

百年記念館3階フェライト会議室

(東京都目黒区大岡山 2-12-1)

趣 旨

近年、デジタル制御装置の急速な普及に伴い、新しい制御理論等を適用した制御技術の発展はめざましいものがある。この様な状況を背景とし、動力システムにおいても大規模自動化、マンマシンコミュニケーション、情報管理システムが高度化しつつある。これらの内容を紹介する。

申込先 (社)日本機械学会 村山ゆかり

〒151 東京都渋谷区代々木 2-4-9

(新宿三信ビル5階)

TEL 03-3379-6781, FAX 03-3379-0934

**見学および技術懇談会**

石炭ガス化発電システムパイロットプラント見学

主催 日本機械学会(本部門企画)

開催期日 1991年5月24日(金) 13.00-17.00

開催場所 石炭ガス化複合発電技術研究組合勿来事業所

いわき市佐楯町大島 20

常磐共同火力(株)勿来火力発電所構内

TEL 0246-62-3111

趣 旨

石炭を燃料とする将来の発電方式の中では、石炭ガス化複合発電が最も重要なものであると位置づけられています。石炭ガス化複合発電技術研究組合が行っている噴流床石炭ガス化パイロットプラントの開発の現状について紹介・懇談する機会を設けましたので多数の参加を期待します。

申込先 (社)日本機械学会 村山ゆかり

〒151 東京都渋谷区代々木 2-4-9

(新宿三信ビル5階)

TEL 03-3379-6781, FAX 03-3379-0934

The 1st JSME-ASME Joint International Conference  
on Nuclear Engineering (ICONE-1)

主催 日本機械学会, 米国機械学会

開催期日 1991年11月4日(月)～7日(木)

開催場所 京王プラザホテル(東京)

対象 機械工学に立脚するすべての原子力工学分野

論文発表の申し込みは250件を越え、現在査読を行っております。本部門が主催する最初の国際会議です。奮ってご参加下さい。

**展示会**

同国際会議では展示会を計画しております。出品を希望する機関の代表者は下記宛にお申し込み下さい。

(社)日本機械学会事業課 中島勉

〒151 東京都渋谷区代々木2-4-9

TEL 03-3379-6781, FAX 03-3379-0934

The International Lecture Courses

同国際会議では付随行事として下記の要領で講演会を開催いたします。世界的に著名な講師が3つのテーマについて体系的な講演を致しますので、是非ご参加下さい。

開催期日 1991年11月8日(金)～9日(土)

開催場所 (社)日本電機工業会(東京)ほか

講演内容

1. 原子力施設のデ'ミッション'技術の動向と今後の課題
2. 原子力の熱流動研究の最先端と将来展望
3. 原子力関連のコードと標準化の動向と今後の課題

問い合わせ先

東京工業大学原子炉工学研究所 有富正憲

〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1

TEL 03-3726-1111 ex 3063, FAX 03-3729-1875

JSME-ASME Joint International Conference  
on Power Engineering - 93 (ICOPE-93)

主催 日本機械学会, 米国機械学会

開催期日 1993年9月27日～10月1日

開催場所 京王プラザホテル(東京)

対 称 Power System, Fuel Utilization, etc.

要旨締切 1992年10月1日

問い合わせ先

横浜国立大学 工学部 生産工学科 秋葉雅史

〒240 横浜市保土ヶ谷区常盤台 156

TEL 045-335-1451 ex 2659, FAX 045-331-6593

International Power Engineering Conference

主催 米国機械学会, 中国動力学会, 日本機械学会

開催期日 1992年5月17日～21日

開催場所 Hangzhou, Zhejiang,

People's Republic Of China

対 称 動力関連全般

要旨締切 1991年7月1日

問い合わせ先

東北大学 工学部 原子核工学科 戸田三朗

〒980 仙台市青葉区荒巻字青葉

TEL 022-222-1800 ex 4668, FAX 022-268-1539