

NEWSLETTER

P&ES
JSME

POWER & ENERGY SYSTEM

動力エネルギーシステム部門ニューズレター

【第22号】

第79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 金子祥三

このたび吉田前部門長のあとを受けて、第79期の部門長に就任致しました。21世紀の初年度に当り、日本機械学会の更なる発展を願って決意を新たにしております。

現在「IT万能の時代」と喧伝されています。確かに近年の目ざましいIT技術の進歩によって、社会生活においても大きな変化が起こっています。しかし、大きな構造物、大量・高速輸送、大きな動力等を実現するためには基礎的な機械工学・機械技術が絶対に必要です。バーチャルな世界のみではハードを作り、動かすことは出来ません。ソフトとハードのバランスの取れた発展が重要だと思えます。

この意味でも大学教育の中で、基礎的な機械工学の重要性をぜひ強調して戴き（そのためには学生に興味をもってもらうための工夫も必要と思えますが）、産業界と力を合わせて次を担う優秀な機械技術者を育てていきたいと考えます。

当動力エネルギーシステム部門は日本機械学会の部門の中で最も社会と関連の深い部門といえると思えます。即ち近代社会を支えるエネルギーを取扱い、また 動力エネルギーシステム部門の目ざす理念は社会の目ざすものそのものであります。もとより、機械工学がベースになっていることは勿論ですが、電気工学・化学・物理学から経済学に至るまでいろいろな関連をもっております。

現在の動力エネルギーシステムの課題は“3つのE”即ち

- ① Economic Development（経済発展）
- ② Energy Security（エネルギーの確保）
- ③ Environmental Protection（環境保護）

をうまく調和させながら進めていくことであります。

従来の発電効率を、単体としてあるいはシステムとして更に向上させる技術、天然ガス・石油に加え多種多様な燃料や幅広い石炭の利用技術、風力・太陽光・バイオマス等の再生エネルギーの利用技術等まだまだ発展の余地があり、この点でも視野の広い、また洞察力にあふれた機械工学者の活躍が期待される所があります。また電源としても“集中”と“分散”のバランスがいろいろと議論されています。このような中で大学、産業界が学会を通して双互に活発な交流を行い、進歩を加速して一日も早く有効な技術を創造・改良して社会に貢献することが望まれます。そのために部門の活性化とパワフルな行動力強化を目指して、年次大会、シンポジウム、セミナー&サロン、講習会、見学会等に加えて、各種国際学会も企画されております。会員各位の積極的な御参加を期待致します。

部門の一層の発展のために、齋藤副部門長、各委員会委員長ならびに各委員および運営委員会委員の皆さんと協力しながら進めて参りたいと思しますので、皆様方の積極的な御支援をお願い致します。

◇ 行事カレンダー ◇

2001年

- | | |
|-------------|------------------------------------|
| 6月28-29日 | 見学会「沖縄県海水淡水化施設と電源開発(株)やんばる海水揚水発電所」 |
| 8月27-30日 | 2001年度年次大会(福井) |
| 9月19日 | 講習会・見学会「巨大都市ホテル・超高層ビルのコジェネレーション」 |
| 9月30日-10月4日 | ICEM-01(ベルギー・ブリュッセル) |
| 10月8-11日 | ICOPE-2001(中国・西安) |
| 10月(予定) | セミナー&サロン |

【目次】

第79期部門長に就任して	1
特集：FBRサイクルの実用化戦略調査研究	2
先端技術：(1)高放射線環境下の作業ロボット	4
(2)水熱反応応用技術	5
国際会議報告	7
研究分科会活動報告	7
講習会報告 「機器設計に係わる破壊評価」	8

研究室紹介	8
地区便り：国内初の磯子タワーボイラ建設中	9
平成12年度部門賞受賞者の所感	9
セミナー&サロン：(1)エネルギー・環境問題とガスタービン	11
(2)IT新世紀にむけたパワーソリューション事業	11
副部門長選挙結果報告	11
その他	12

◇ 特集 ◇

FBRサイクルの実用化戦略調査研究—フェーズ1を終えて



核燃料サイクル開発機構
FBRサイクル開発推進部長
野田 宏

1. はじめに

本研究は、安全性の確保を前提に、軽水炉サイクル及びその他の基幹電源と比肩する経済性を達成し得るよう、FBRサイクルが本来有する長所を最大限に活用した実用化像を創出し、あわせて将来の社会の多様なニーズに柔軟に対応できる開発戦略を提示することにより、FBRサイクルを将来の主要なエネルギー供給源として確立する技術体系を整備することを目的とし、電気事業者、電中研、原研等の関係機関の参画を得て、オールジャパン体制で、1999年7月より開始した。

また、研究は、段階に分けて実施することとし、革新技術を採用した幅広い技術的選択肢の検討評価を行い、実用化戦略を明確にする上で必要となる判断材料を整備し、有望な実用化候補概念を抽出するフェーズ1（約2年間）と、引き続き、工学的試験等を踏まえてFBRサイクル全体としての整合性を図り、実用化候補概念の絞り込み（複数）を行って、実用化に向けて今後開発すべき技術に対する必須の研究テーマを特定するフェーズ2（5年間程度）で構成される。

さらに、本調査研究終了後の研究開発については、5年程度ごとにチェックアンドレビューを受け、ローリングプランで進め、安全性の確保を前提として競争力のあるFBRサイクル技術を2015年頃を目途に提示することを目標としている。本研究の進め方を図1に示す。以下、2001年3月までのフェーズI研究の概要を紹介する。

2. フェーズI研究の成果

はじめに21世紀の社会展望、エネルギー資源の需給動向や環境負荷低減に対するニーズ等の検討に基づき、FBRサイクルに対する開発目標（図2）と各システムに対する設計目標の策定を行った。

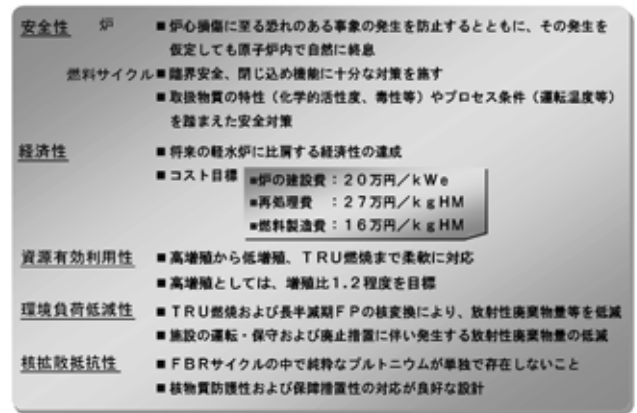


図2 FBRサイクルの開発目標

なお、FBRサイクルを構成する要素であるFBRシステム、燃料サイクルシステム（再処理システムと燃料製造システムをいう）の基本概念を検討する際のベースとなる設計については、FBRサイクルの開発目標と、FBRシステムの特徴である「燃料の増殖」、「燃料中の不純物の許容量が高く取れること」及び「超ウラン元素（TRU）リサイクルが可能であること」等を活かした燃料サイクルとの整合性を図るという基本的な考え方（図3）に基づき、設定することとした。更に、燃料サイクルシステムでは、純粋なプルトニウムが単独で存在しないこと、核物質防護、保障措置による良好な設計を行うことにより、核拡散抵抗性の向上に努めることとしている。

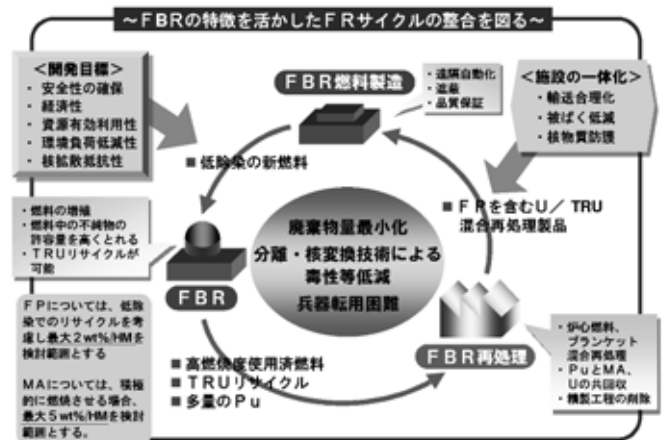


図3 FBRサイクルの基本的な考え方

また、有望な実用化候補概念の抽出のために、FBRサイクルシステムの有望な技術選択肢に対する予備的な概念設計検討、経済性評価のための物量算出等、開発目標に対する達成度を評価する検討を実施した。この結果を受け、高速増殖炉、再処理及び燃料製造に関する有望な実用化候補概念の抽出を行った。

(高速増殖炉システム)

表1に示す高速増殖炉の検討対象を受け、フェーズIIにおいて研究対象とすべき有力な実用化候補概念の抽出検討を行った。（注 ○：検討対象）

検討にあたっては、開発目標に対する各概念の達成度を比較評価する観点から、プラント設計では、安全性、構造健全性、製作建設性、運転保守性、経済性、更なる経済向上可能性を指標とし



図1 FBRサイクルの研究開発ステップ

表1 フェーズ1におけるFBRシステムの検討対象

冷却材 (プラントシステム)	燃料形態	固体燃料					液体燃料 (U+Pu)	
		ピン型燃料			被覆粒子燃料			
		酸化物	金属	窒化物	酸化物	窒化物		
Na 冷却	大型炉	○	○	○				
	中小型モジュール炉	○	○	○				
重金属冷却	大型炉 (Pb)	○	○	○				
	中小型モジュール炉 (Pb 、 PbBi)	○	○	○				
ガス冷却	大型炉	(O ₂) 蒸気タービン発電	○	○	○			
		(He) 蒸気タービン発電	○	○	○			
		ガスタービンまたは複合発電	○		○	○	○	
	中小型モジュール炉 (He)	○		○	○	○		
	水 (重水) 冷却	○						
燃料による冷却						○		

で評価を行った。この結果、以下のような見通しが得られた。

ナトリウム冷却大型及び中型モジュール炉については、いずれも技術成立性が高く、将来軽水炉に比肩できる経済性が達成できる可能性があるとともに保守・補修性の優れた有望な概念として、もんじゅと同様でかつ先進技術を導入したアドバンストループ型炉を抽出した。(図4)

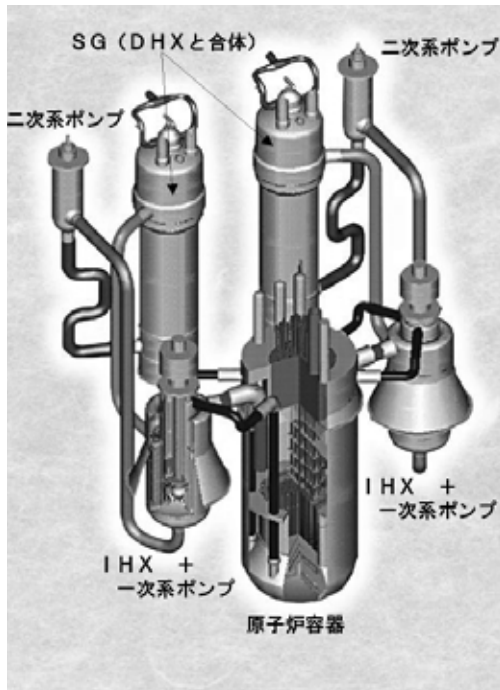


図4 ナトリウム冷却アドバンストループ型炉

重金属冷却炉については、技術成立性、耐腐食性及び経済性の観点から、鉛ビスマス冷却中型モジュール炉が有望との見通しを得た。

ガス炉については、炭酸ガス冷却とヘリウムガス冷却（の蒸気タービン方式、並びに、燃料として、耐熱ピン型と被覆粒子型の直接ガスタービン方式の4概念）に対する比較評価を実施した。この結果、ガスタービン方式のうち、耐熱ピン燃料については炉心溶融事故時の対策設備等の評価検討が、また、被覆粒子燃料型については、被覆材料、炉心性能の更なる向上が必要であり、更に1年間程度、検討を継続することが望ましいと判断した。

高転換比BWR型炉、超臨界圧軽水冷却高速増殖炉等の水冷却

大型炉については、経済性は高いものの、増殖比1.0程度となり、資源有効利用性の面でやや難点があり、今後FBRの導入シナリオと併せて検討していく必要があることを確認した。

小型炉については、中・大型炉と導入ニーズが異なることから、高速増殖炉の特徴を生かした、燃料取替え期間が長く、核不拡散性及び安全性等に優れた炉として、ナトリウム冷却炉、鉛ビスマス冷却炉の2概念が有望との見通しを得た。

(燃料サイクルシステム)

燃料サイクルシステム（再処理及び燃料製造システムを示す）の検討も、前述のFBRシステムの検討と同様に幅広く技術を調査・分析し、検討対象技術の選択を行った（表2）。

表2 フェーズ1における燃料サイクルシステムの検討

冷却材 (プラントシステム)	燃料形態	固体燃料					液体燃料 (U+Pu)	
		ピン型燃料			被覆粒子燃料			
		酸化物	金属	窒化物	酸化物	窒化物		
Na 冷却	大型炉	○	○	○				
	中小型モジュール炉	○	○	○				
重金属冷却	大型炉 (Pb)	○	○	○				
	中小型モジュール炉 (Pb 、 PbBi)	○	○	○				
ガス冷却	大型炉	(O ₂) 蒸気タービン発電	○	○	○			
		(He) 蒸気タービン発電	○	○	○			
		ガスタービンまたは複合発電	○		○	○	○	
	中小型モジュール炉 (He)	○		○	○	○		
	水 (重水) 冷却	○						
燃料による冷却						○		

再処理及び燃料製造システムに対してプロセスフロー、物質収支、設備機器仕様等の概念検討を進めた上で、200t/年、50t/年規模のプラントについて燃料製造との一体化プラントとしての設計検討を行い、建設費及び操業費を評価するとともに、開発目標に照らしたシステムとしての比較評価を実施した。

この結果、再処理については、技術成立性が高く、経済性の面で大規模施設に有利な先進湿式法、小規模施設でも経済性が高くなる可能性がある乾式法（酸化物電解法、金属電解法）を、また、燃料製造については、酸化物燃料用として技術的にほぼ確立されているペレット法、実績は少ないものの工程が簡素化でき、経済性の向上が期待できる振動充填法、また、金属燃料用としての鋳造法を有望な概念として抽出した。

3. まとめ

実用化戦略調査研究フェーズ1では、計画通りに、FBR、再処理及び燃料製造に関する有望な実用化候補概念の抽出をおこなった。2001年4月から始まるフェーズ2では、抽出された候補概念の検討にあたり、内外の技術開発動向を充分把握し、アイデア公募を継続するなど、さらに独創的で創造性に富んだ革新的技術を開拓し、魅力ある実用化像を構築した上で、FBRシステムと燃料サイクルシステムの整合を図ったFBRサイクルとしての総合的な評価を実施し、実用化候補概念として、有望な2~3の候補に絞り込むとともにフェーズ3以降の開発計画（ロードマップ）を作成する計画である。

◇ 先端技術 ◇

(1) 高放射線環境下の作業ロボット



(株)日立製作所 原子力事業部
原子力設計部 原子力第一設計グループ
米谷 豊

1. はじめに

日本原子力研究所（原研）と高エネルギー加速器研究機構（KEK）が共同で進めている大強度陽子加速器計画（統合計画）の中核施設であるMW級中性子散乱実験施設においては中性子発生装置の構造材、その他冷却系設備等の機器の交換及び保守作業は、高放射線場の環境下にあるため、遠隔操作による作業が不可欠である。

このため、高放射線環境下での作業に対し、多関節マニピュレータ付き天井自律走行型作業ロボット、床上自律走行型移動ロボット等の検討を進め、最も重要な中性子散乱実験用核破碎ターゲット交換作業に対応可能な作業ロボットの開発をした。

以下に、原研東海研究所に設置した高放射線環境下の作業ロボットシステムの概要を紹介する。

2. 高放射線環境下の作業ロボットの概要

本作業ロボットシステム実験設備の全体構成を図1に示す。

本作業ロボットシステムにおいては、多関節マニピュレータ付き天井自律走行型作業ロボットによりターゲット交換作業に必要なボルトの締緩、ハンドリング作業等を行い、床上自律走行型移動ロボットにより作業状況の確認及び不具合時対応等に必要映像、音響、温度情報の外部伝達が可能な構成となっている。

また、各作業ロボットは、監視用TVカメラ、画像処理用計算機及び経路解析用計算機から構成される自律走行用最適移動経路解析システムにより、各作業ロボットの遠隔自律走行を可能としている。

これらのロボット機器及び操作設備は、ターゲットの配管及びコネクタ要素実規模モデルと合わせて実験ボックス内に設置されている。

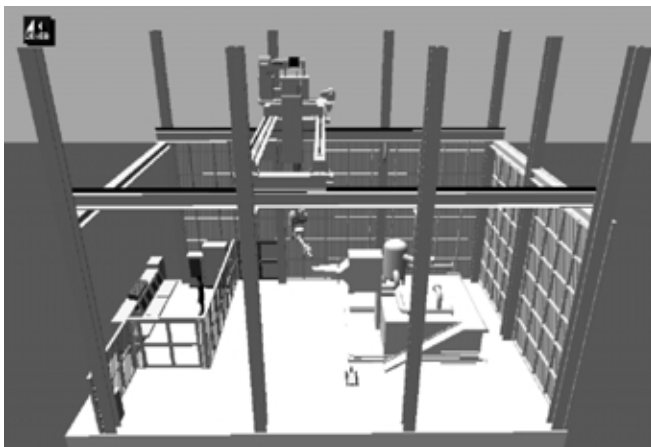


図1 高放射線環境下の作業ロボットシステム全体構成

(a) 天井自律走行型作業ロボット

多関節マニピュレータ付き天井自律走行型作業ロボットは、走行レール上を走行する走行台車、走行台車上进行動作し、多関節マニピュレータを昇降させる昇降機構を搭載する横行台車から構成される。マニピュレータは6関節を有し、先端に取り付ける作業ツールによりボルト締緩等の遠隔保守作業を行う。作業ツールは、M12ボルト締緩用、M20ボルト締緩用及び二指ハンドの3種類であり、遠隔自動交換が可能であり、将来必要な作業に合わせて作業ツールを増設できる。マニピュレータによる作業確認用に、立体視システムを搭載するとともに、マニピュレータ先端に小型CCDカメラ及びレーザー距離計を搭載し、先端付近の目視確認及び正面接近物との距離の把握を可能とし、作業性の向上を図っている。本作業ロボットの外観を写真1に示す。

多関節マニピュレータ付き天井自律走行型作業ロボットの主な仕様を以下に記載する。

- ・概略寸法：幅8m，奥行2.5m，高さ2.8m
(高さは、走行レールより上方の寸法)
- ・走行速度：最大6m/min
- ・横行速度：最大4.5m/min
- ・昇降速度：最大5m/min
- ・マニピュレータ自由度：6自由度
- ・マニピュレータ可搬質量：最大45kg（ツール含む）
- ・マニピュレータ先端ツール：M12ボルト締緩用
M20ボルト締緩用
二指ハンド



写真1 天井自律走行型作業ロボット外観

(b) 床上自律走行型移動ロボット

床上自律走行型移動ロボットは、カラーCCDカメラ、マイクロホン及び雰囲気温度計を搭載し、ロボット周囲の目視、音響及び温度情報の収集を行う。本ロボットは、形状可変型クローラ機構を有し、最大傾斜40度までの登坂能力を有する。また、自律走行用最適移動経路解析システムからの指示に基づき自律走行を行う。

本移動ロボットの外観を写真2に示す。

床上自律走行型移動ロボットの主な仕様について以下に記載する。

- ・概略寸法：幅400mm，長さ700mm，高さ820mm（最高時）
- ・走行方式：形状可変型クローラ方式
- ・走行速度：最大1km/h
- ・登坂能力：最大40度

- ・情報収集用搭載センサ
カラーCCDカメラ（ズームレンズ、照明、雲台付き）
無指向性マイクロホン
雰囲気温度計

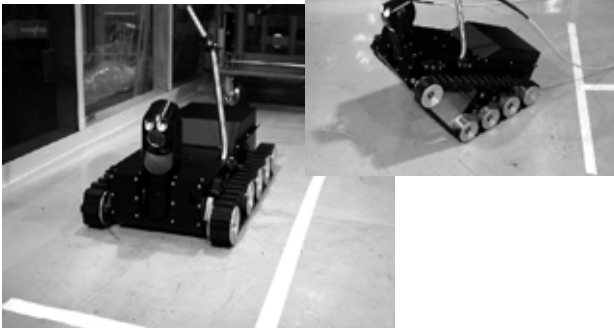


写真2 床上自律走行型移動ロボット外観

(c) 自律走行用最適移動経路解析システム

自律走行用最適移動経路解析システムは、各ロボットの自律走行用経路解析機能を有するもので、経路解析用計算機、遠隔操作型監視用CCDカメラ、及び画像処理用計算機から構成される。高放射線環境下の作業ロボットシステム構成を図2に示す。

本システムは、各ロボットの操作機器とイーサネットにより接続され、ロボットの位置情報等の確認及び動作経路の指示送信を行う。

また、監視用CCDカメラは、実験ボックス内全域を撮影し、撮影される映像は、画像処理用計算機で処理されることで、初期画像との比較により障害物の検出を行う。検出された障害物は、経路解析用計算機の地図エディタ機能によりシステム内の地図情報へ追加、修正を随時実施される。更新された地図情報に基づき、ロボットの現在位置、目標位置を経路解析システムへ与えることで障害物を回避して目標位置に至る最適経路を探索し、ロボットの自律走行を可能とする。

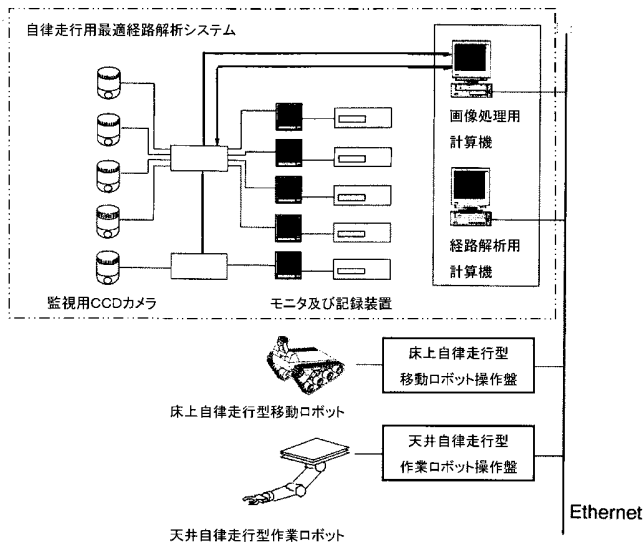


図2 高放射線環境下の作業ロボットシステム構成

3. おわりに

高放射線環境下の作業ロボットシステムは、中性子散乱施設における、高放射線環境下での機器交換、保守作業等の遠隔保守技術の開発を目的として設置したものである。

今後、本作業ロボットシステムを用いた各種遠隔操作試験を実施することで、実機中性子散乱施設に設置するロボットシステムの信頼性向上並びに高度化を図っていく。

◇ 先端技術 ◇

(2) 水熱反応応用技術



石川島播磨重工業株式会社
電力事業部エネルギーシステム部
プロジェクトグループ課長
藤井 衛

1. はじめに

近年の廃棄物を取り巻く様々な問題、例えば最終処分場施設確保が困難であること、ロンドン条約改正による産業廃棄物の海洋投棄処分の禁止、焼却処理に伴うダイオキシンの発生等が社会問題となってきている。一方、廃棄物から有価物を回収・リサイクルすることは環境問題のみならず21世紀の資源確保を考える上で重要である。有機性廃棄物の処理や有価物回収を行う手段として、高温・高圧の水を使った超臨界水・水熱反応技術が近年盛んに研究開発されてきている。以下に本技術の原理・特長と石川島播磨重工業(株)(IHI)の取り組みを示す。

2. 超臨界水・水熱反応の原理、特長

高温高圧の水には、導電率の減少による有機物の溶解作用と、イオン積の増加による加水分解作用がある。さらに、超臨界状態では、高密度の水の分子が、気体の速度で移動するため、反応が非常に速い速度で進み、難分解性物質も容易に分解される。水の状態図を図1に、イオン積と誘電率を図2に示す。

IHIでは、ダイオキシンのような難分解性物質で、完全分解が必要なものは、超臨界水反応を、これ以外の動植物性有機物や有機廃液には、設備と所要エネルギーの面で有利な亜臨界水による反応を適用する。

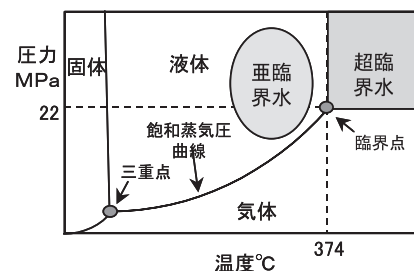


図1 水の存在状態図

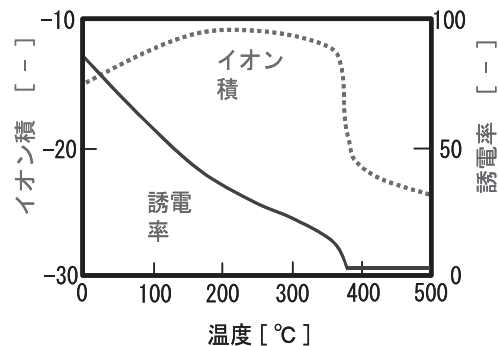


図2 水のイオン積と誘電率

亜臨界水を用いた水熱反応により、有機性廃棄物中の高分子、例えばたんぱく質やでんぷんは、それぞれアミノ酸や糖類に分解され、低分子化されることにより固形分が液状化される。下図はたんぱく質の分解の模式図を示す。

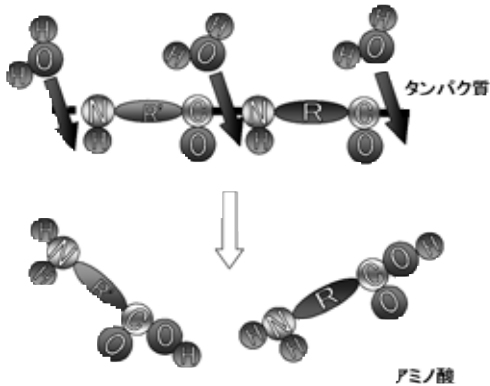


図3 たんぱく質の分解

水熱反応処理には、次の特長がある。

- ① 単なる水を利用するので、環境に優しい
- ② 非焼却のため、ダイオキシンの発生がなく、煙突も不要
- ③ PCBやダイオキシン等、難分解性物質も無害化が可能
- ④ 外部処理に依存しない、発生元での処理が可能
- ⑤ 後処理との組合せで、消滅処理、有用物回収、燃料化等が可能

3. 水熱反応の適用

IHIは、平成7年度から超臨界水および亜臨界水での水熱反応技術の基礎研究を開始し、高温・高圧水による水熱反応を使った廃棄物処理システムを実用化し、現在、公益・産業・民生分野での応用展開を図っている。

超臨界水・水熱反応の適用分野を図4に示す。

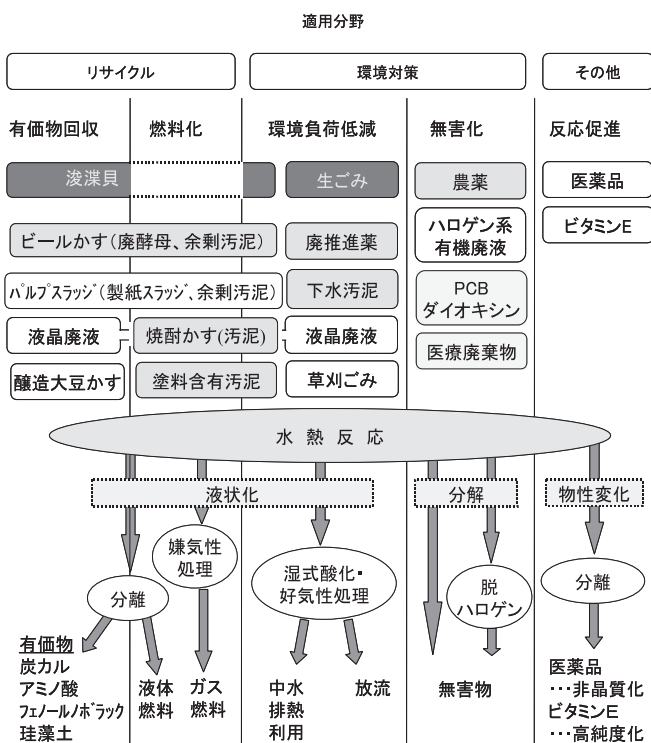


図4 適用分野

4. 適用例

水熱反応の適用例を以下に示す。

①食品廃棄物処理装置「魔水（まみず）くん」

有機性廃棄物を粉碎して水を混ぜ、スラリー状にした後、水熱処理により液状化し、さらに湿式触媒酸化で水と炭酸ガスに分解する食品廃棄物処理装置「魔水くん」を、前処理を担当した新菱冷熱工業株式会社と共同開発した。

システムフローを図5に、プロト機の外観を写真1に示す。

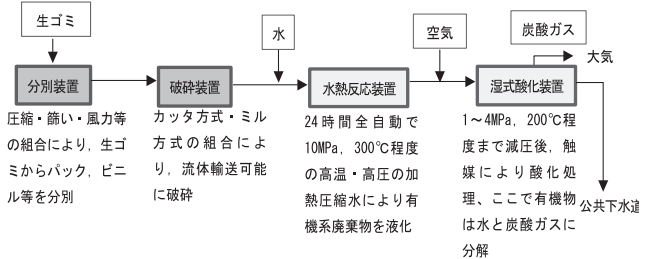


図5 魔水くんシステムフロー



写真1 魔水くんプロト機外観（処理量1トン/日）

②エネルギー自立型廃棄物処理システム

水熱処理による有機性固形物の可溶化システムと嫌気性処理システムを組合せることにより、醸造工場等の有機性廃棄物の排出量を最少化するとともに、エネルギー自立可能な廃棄物処理システムを実現できる。

処理システムフローを図6に示す。

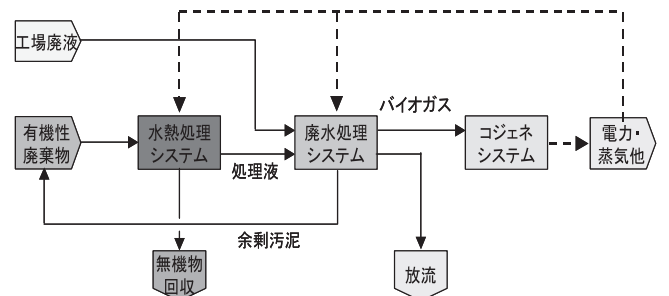


図6 エネルギー自立型廃棄物処理システム

5. おわりに

非焼却の有機性廃棄物処理技術としての水熱反応処理は、商用化レベルに到達した。焼却やコンポストの代替技術として、様々な分野で適用が期待されている。

ニーズに応え、環境保全に役立つよう、今後とも技術の向上と、新たな分野への適用のための技術開発に取り組む。

◇ 国際会議報告 ◇

(1) 第6回船用機関国際シンポジウム
Sixth International Symposium on Marine
Engineering Tokyo 2000
2000年10月23～27日

東京商船大学 刑部真弘

第6回船用機関国際シンポジウム「ISME2000」は、平成12年10月23日から4日間に亘り東京都千代田区平河町の日本都市センター会館で開催された。日本を含め23ヶ国から175編の論文が発表された。参加登録者は、海外からの75名を含め440名に達した。

会議冒頭に英国船用機関学会 (ImarE) を代表して、Prof. A. P. Roskilly が『マリンエンジニアリング：環境保全を目指したデザインと運用』と題した特別講演を行った。また、3件の基調講演が行われ、芝浦工大の平田賢教授は『海洋における大気汚染と地球規模での気候変動』、オーストリア AVL LIST の S. G. Dexter 氏は『継続的な開発によって重質油を燃料としているエンジンはその先導性を保持』、およびオランダ Shell International Product の M. J. Cannon 氏は『船用潤滑油とトライボロジーの進展』と題してであった。船用機関の環境規制は、陸上に比べて非常に緩やかであったが、近年、その見直しが行われている。このため、環境問題に対応するため非常に多くのエンジンシステムが提案されている。燃料として水素を用いる動力システムを目指すとしたものと、地球上の熱機関で最も優れた船用低速ディーゼルを改良し続けていくべきだとした2つの講演が対照的であり興味深かった。

特定のテーマについて十分な議論を行うために設けられたパネルディスカッションは4件が行われた。それぞれ『現在と将来の船用燃料の品質を考える……CIMACの燃料に関する勧告とISO-8217』、『船舶からの排気ガス……船用エンジンはいかに環境に優しく効率的か』、『21世紀における船用ガスタービン』、および『海洋利用に関するテクノロジー』である。特に21世紀の海洋動力として、ガスタービン発電による電気モーター推進が注目されていることが報告された。ガスタービンはディーゼルに比べ有害排出物の低減が比較的容易であるため、高効率化や低質油対応等の開発課題も多いが高速船以外でも注目されるようになった。2000年欧州で、91,000トンの大型客船ミレニアム号が就航した。図に示したこの船は、ガスタービンと蒸気タービンの複合サイクルを搭載している。従来のディーゼル機関と比べてNO_x排出量は80%低減、SO_x排出量も98%低減という環境配慮型の客船である。



客船ミレニアム号

(2) Turbine- 2000の概要報告
International Symposium on Heat Transfer in Gas
Turbine Systems
2000年8月13～18日 (トルコ、チェシメ)

(財) 電力中央研究所
プラント熱工学部 森永雅彦

ICHMT (International Center for Heat & Mass Transfer 熱輸送国際研究センター、トルコ) が主催 (協賛: ASME (米)、METU (トルコ)、TUBITAK (トルコ)、ミネソタ大 (米)) するガスタービン伝熱に関する国際シンポジウム Turbine-2000が、トルコ第3の都市イズミール郊外のチェシメで開催された。参加者は、大学 (ミネソタ大、オックスフォード大ほか)、メーカ (GE、ABBほか)、研究所 (Von Karman Institute for Fluid Dynamicsほか) からの約100名であり、日本からは、航空宇宙技術研究所、MHI、IHI、京都大学、大阪大学などからの参加があった。

講演全般の内容としては、CFDによるガスタービン翼まわり、内部冷却に関する熱・流れ解析結果が多数 (36件) を占め、例えばフィルム冷却の計算においては、k-εモデル、RSTMよりもLES、DNSにより良い計算結果が得られる報告などが見られた。セッションは以下の8つ (表1参照) で、最終的な発表件数は、招待講演15件を含む全63件であった。

1. 翼外面熱伝達 (11件)
2. 乱流への遷移およびその熱伝達への効果、DISC
およびCAVITYの熱伝達 (7件)
3. フィルム冷却-I (10件)
4. インピンジメント冷却/チップ部の熱伝達 (6件)
5. 燃焼器冷却技術 (7件)
6. フィルム冷却-II (シミュレーション中心) (8件)
7. 内部冷却-I (9件)
8. 内部冷却-II/タービン冷却システムの最適化/その他 (5件)

なお、ICHMTのホームページ (<http://ichmt.me.metu.edu.tr/>) のPAST ICHMT MEETINGより、Program、Abstract、参加者リスト、会議状況等が参照できます。

表1 各セッションの概要

セッション	研究対象					研究手法		
	動翼	静翼	燃焼器	その他	全般	数値解析	実験	その他
1	6	5	0	4	0	10	4	0
2	2	1	0	5	1	7	3	0
3	4	3	0	0	5	5	7	0
4	2	0	0	1	3	5	2	0
5	0	0	6	0	1	4	2	2
6	1	0	0	0	7	5	6	0
7	8	1	0	0	1	6	3	0
8	0	0	0	1	4	3	2	1

◇ 研究分科会活動報告 ◇

研究分科会 A-TS 08-05
流動層燃焼炉の熱流動制御に関する研究会

幹事 梅川尚嗣 (関西大学)

本研究会は1998年に小澤教授 (関西大学) を主査として発足したものであり、15名の登録委員で開始された。

将来のエネルギー事情を考えると低質炭から産業廃棄物ならびにゴミまでも燃料として利用する必要があるが、そこでは環境に対する配慮が不可欠なものとなる。ここで燃焼技術を概観すると、流動層燃焼炉、流動層反応炉はきわめて高い可能性を秘めた技術であると考えられるが、この技術の成否は熱流動制御にかかってくる言って過言ではない。これに対して、本研究会では次世代流動層技術はどのようなものであり、またどのような方向に技術開発を進めるべきかを模索検討することを主目的として掲げている。それゆえ、流動層関連の話題提供が主となっているが、対抗技術であるガス化技術等も含めた幅広い討論を実施している。なお、本ニュースレターではできるだけ多く写真等を使用することになっているようであるが残念ながら適当な写真が手元に無いため、以下にこれまでのタイ

トルのみを示させていただく。わかりにくい表現もあるが本研究会の雰囲気伝われば幸いです。もし、本研究会に興味をもたれた方は次のアドレスにまでご連絡いただければ案内状配布のメールアドレスに加えさせていただきますのでご遠慮なく。

umekawa@kansai-u.ac.jp

- ・ 九電向け360MW, PFBDの紹介
- ・ 中性子ラジオグラフィによる流動層熱交換器内層材挙動の可視化と空隙率の定量測定
- ・ 廃棄物処理と流動層技術
- ・ 多室流動層間の流動媒体移動に関する試験と流動解析
- ・ 石炭ガス化技術
- ・ 高温空気をういた廃棄物/石炭溶融ガス化
- ・ MEET-I 見学
- ・ 新型廃棄物固化燃料利用発電技術開発システム見学
- ・ 加圧CPCパイロットプラント見学
- ・ ゴミ固形化燃料製造施設見学
- ・ 流動層内水平管周りの粒子挙動と熱伝達特性
- ・ 流動層内流動の離散粒子シミュレーション
- ・ 有機塩素化合物の化学分解法BCD（プロセス）の紹介
- ・ ストーカー燃焼炉の高効率発電事例
- ・ 廃棄物の高温ガス化直接溶融技術
- ・ 廃プラスチック油化装置の開発
- ・ 流動床式熱分解ガス化溶融システム
- ・ バインダレス造粒の到着点
- ・ 流動層内粗大粒子の挙動
- ・ RDFの燃焼試験
- ・ 内部循環流動層炉におけるRDF燃焼特性および環境負荷特性
- ・ MSFBでのRDF燃焼について
- ・ PFBC火炉実寸コールドモデル内での粒子挙動
- ・ ストーカー式ガス化溶融炉システム（RCP）の紹介
- ・ 橋湾電源開発石炭ボイラ見学
- ・ 流動床ガス化技術の開発状況紹介
- ・ 小型ゴミ発電研究開発
- ・ ガス化溶融MEET-II実験設備見学

◇講習会報告◇

部門講習会00-48 「機器設計に係わる破壊評価」

企画第1委員会 石本昌三郎（東京電力）

2000年9月29日（金）において、48名の参加者を得て日本機械学会会議室にて、「機器設計に係わる破壊評価」の講習会が開催された。

機器の損傷モードにはその使用環境、加わる荷重等により脆性破壊、疲労破壊等があり、発電プラント等で使用される压力容器、配管等の機器については、想定される損傷モードに対して機器の健全性が確保されるよう設計されている。本講習会ではこれらの設計手法及びその理論において長年にわたり研究、指導されている方々や主要なエネルギーシステム・機器の設計に携わっておられる機械技術者の方々に、压力容器、配管等の設計概要及び設計に適用される破壊力学の理論について講演していただいた。

まず、「破壊のメカニズム」と題し、日本機械学会発電設備用規格委員会原子力専門委員長でもある、東京工業大学の小林教授

から、機器に想定される破壊モードとそのメカニズム及びこれらの破壊評価手法について解説があり、次いで、（株）日立製作所機械研究所の桜井主任研究員より、高温・高圧下で使用され、起動停止が頻繁に繰り返されるなど厳しい環境にさらされている火力設備の破壊防止設計について、また、（株）東芝原子力機器設計部の前川グループ長より、原子力設備における破壊モードと破壊防止設計の概要について説明があった。

後半では、三菱重工業（株）高砂研究所北条主席研究員より、マスターカーブ法、ローカルアプローチ法といった、最近の破壊力学のトピックスならびに、原子力設備や配管等への破壊力学の適用状況が紹介された。最後に、破壊力学が原子力発電所機器の設計評価に適用されている代表的な例として、破断前漏えい概念（Leak before Break: LBB）を導入した配管破損防護設計の概要について説明があった。

講師の方々が、実際の機器の例を上げながらわかりやすく講義していただいたため、アンケート調査においても、わかりやすく、有意義であったとの意見を多数いただいた。



講習会の様子

◇ 研究室紹介 ◇

（株）東芝 電力・産業システム技術開発センター

所在地：〒210-0862

神奈川県川崎市川崎区浮島町4-1

1. はじめに

電気、水道、通信、交通、プラント、環境など社会や産業に欠かすことのできない分野のニーズに応える技術、製品、システムを提供するための開発を行っているのが電力・産業システム技術開発センターです。技術開発の対象は、機器の性能向上や新製品のために必要な素材の開発から、機器要素、設備、さらにはシステムまでを含みます。

電力分野では社会を支えるエネルギーソリューションを提供することを目指して、原子力、火力、水力発電の機器・設備に係わる広範囲の技術・システム開発と、送変電に係わる技術・システムの開発をしています。また、産業・社会インフラに係わる分野では上下水道システム、交通システム、廃棄物処理システムなどを開発しています。

2. 電力分野の技術開発

原子力発電分野では、沸騰水型原子力発電設備の改良と高度化の他、レーザーを応用した補修技術や使用済燃料の再処理技術などの開発を行っています。火力発電分野では、高低圧一体型蒸気タービン、高性能蒸気タービン翼、ガスタービン翼の補修技術、大型発電機などを開発し、高効率発電に寄与しています。水力発電分野では大容量高効率水車から小落差向けのマイクロ水車まで

幅広く開発しています。送電分野では電力系統の監視制御や保護システムなどを開発しています。また、民間で唯一、高電圧と大電流を統合した試験ができる認証を受けた高電圧大電力試験所では社内外から依頼された電力機器の各種試験を行っています。

3. 産業・社会分野の技術開発

一般産業や身近な生活に関する分野では、上下水道や雨水の予測・制御、プラント制御、超高速エレベータ、高度情報交通、無線通信、プラスチックや家畜の尿尿などの廃棄物処理に関する要素技術からシステムまでの開発をしています。

4. まとめ

以上の開発を通じて、省エネルギー、地球温暖化防止、環境破壊防止など21世紀のエネルギー・環境問題への対応に貢献すると共に、安全で快適な社会を実現するための課題を解決する技術やシステムを開発しています。

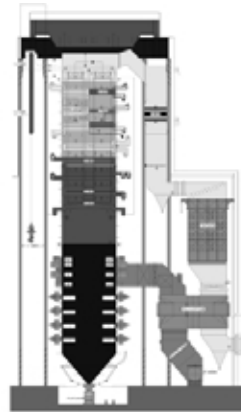
材料分野：金属、セラミックス、化学、絶縁材
原子力発電分野：発電システム、計測制御、補修技術、再処理
火力発電分野：蒸気タービン、ガスタービン、発電機
水力発電分野：水車、ポンプ水車、マイクロ水車
送電分野：系統監視、系統保護
産業分野：プラント制御、産業用機器
社会分野：上下水道、交通システム、環境機器

図1 電力・産業システム技術開発センターの研究開発分野

運転していますが、近年のエネルギー情勢の変化に伴い、NOx/SOx排出量の削減、増大する電力需要、発電設備の老朽化に対応するため、既存発電所265MW×2基の運転を継続しながら並行して、600MW×2基への更新工事を遂行中です。

新1号ボイラは狭隘な据付場所の制約から、設置スペースが少ないタワーボイラを国内で初めて採用しました。また、最新の環境設備と共に国内最高蒸気条件を採用し、高効率化によるCO₂削減も図っています。

平成14年4月の営業運転開始を目指して、新1号機の建設は予定通り順調に進んでいます。もうすぐ、磯子火力発電所は高い環境対策を備えた21世紀の都市型火力発電所に生まれ変わります。



磯子タワーボイラー

[ボイラ計画条件]

ボイラ形式：
放射再熱式超臨界圧変圧運転貫流タワー型
蒸発量：1710t/h
蒸気条件：27.48MPa、
605/613℃（MCR）
使用燃料：石炭
ボイラ高さ：100m
（RC柱使用）

◇平成12年度部門賞受賞者の所感◇

部門賞を受賞して
現実的な動力エネルギーシステムの提案を望む



早稲田大学理工学総合研究センター
客員教授 秋葉 雅史

このたび功績賞を授与され心から感激致しております。部門賞制定時に関係しており、その基準を討議し、また過去に受賞された方々の立派な業績を熟知しているから一入であります。また、仕事の性質上、個人で出来るものではありませんし、一緒に活動した多くの人々の努力の成果であり、それらの方々を代表しての受賞であることも良く認識しております。改めて関係者に厚く御礼申し上げます。

何故に動力エネルギー関連の業務に興味を持ち、かつこだわったかと思案してみると、それは第二次大戦直後の停電であります。大学入試を含め、試験という肝心な時に発生し、悩まされたからであります。幸いに、横浜国大において当部門の前身である、動力委員会の初代委員長である山中直次郎先生の蒸気タービンを受講し、大それたことに卒業設計を行なったことでもあります。

◇地区便り◇

～国内初の磯子タワーボイラ建設中～

石川島播磨重工業(株) 電基設部
折口 信也

現在、当社は横浜市の電源開発(株)磯子火力発電所に国内初のタワーボイラを建設中です。

磯子火力発電所は都心にある石炭火力として現在まで約30年間



磯子火力発電所（2000年5月撮影）

1954年に石川島芝浦タービン（東芝に合併）に入社し、以来34年間、わが国の経済成長に伴う電力需要を満たすべく発電プラント製品の開発・製造にひたすら打ち込んできました。

初のFree Vortex設計：当時の蒸気タービン設計は海軍の艦本式が基礎でノズル、羽根の出口角はPCDで計算し、一定で大容量機には不適であった。

地熱用タービン：蒸気中に不凝縮ガスが混入しているときの蒸気通路の設計方法の確立

地熱用バイナリーサイクル：媒体としてR-114を採用、タービン流路内の衝撃波対策、熱交換器類の熱交換率の向上

全冷却管をチタン管とした最初の復水器：肉厚を0.5mmの溶接管とし、省資源化を計る。

一体ロータ：組立式の応力腐食割れを解消した大形低圧ロータ、蒸気タービンのコンパクト化に貢献した高低圧一体ロータの開発

大形コンバインドサイクル用機器：ガスタービンの工場内定速無負荷運転による燃焼安定性確認、排熱回収ボイラーの設計製造

その他：超臨界2段再熱タービンやチタン材最終段羽根なども手懸けたが、初期の機器類はもう廃止されている。

1988年、母校に戻り、回転中の動翼内流れの可視化による衝撃波の観察、メタノールエンジン用ターボ過給機の開発、二重反転タービンの研究などを行い、50名の卒業生を育成した。97年からは早稲田大学において水-アンモニアタービンを使用したトリナリーサイクルの実験を行っており、まさに業と言うべきであろう。

ご承知の如く最近の動力エネルギーの問題は環境対策と資源枯渇化である。各方面で種々の方式が提案されているが、それぞれの評価は決まっていない。是非当部門より、中立的で偏向のない学術的な評価方を提示して欲しい。そしてエネルギーセキュリティと気候条件を加味した、わが国独自の実現可能な動力エネルギーシステムの構築を早急に提案することを望むものである。方式によってはどう考えても、トータル的に成立しないものが散見される。後世の人々から、21世紀初頭の人間は何を為していたのかと云われない様にならなければならない。部門関係者の一層の奮闘を念ずる次第であります。

部門賞を受賞して



富士・フォイトハイドロ(株)
顧問 上田 庸夫

この度、日本機械学会動力エネルギーシステム部門功績賞をいただき、身に余る光栄と感謝申し上げます。

私は昭和28年富士電機に入社し、以来主として発電用水車の開発、設計を中心に水力発電設備全般の技術の取り纏めを行ってまいりました。

私が富士電機に入社した当時は、水主火従の時代で、大容量の貯水池式水力発電所が次々と建設されていましたが、昭和40年代になると国内の有利な水力開発地点は減少し、経済的に不利な中小水力発電所の建設に重点が移ってまいりました。

水力発電所の場合、建設費の大部分はダム・水路などの土木建設費であります。したがって、私は特に土木建設費の低減に寄与

する水車・発電機の開発、中小水力発電に適した簡素化された水力発電機器の開発および既設土木設備の持つ未利用水力エネルギーの開発などに努めてまいりました。

そのため、長い圧力水路を持つ水力発電所において、発電所の特性に応じた負荷変動時の水圧変動低減方式を開発し、サージタンクの省略を可能とし、また長い開水路を持つ水力発電において、余水路の省略を可能としました。これらの方式の採用により、新設発電所の建設費の低減に貢献するとともに、多くの既存の灌漑用および都市用水用のダム・圧力管路の持つ未利用水力エネルギーを発電に利用することを可能にしました。

また、昭和53年には低落差大流量地点に適した国内最初の大容量高効率のバルブ水車・発電機の完成に成功し、その後我が国においても多くの既存の低落差発電所の出力増強のため、大容量バルブ水車・発電機が設置されるようになりました。

一方、アメリカ、インド、パキスタン、中国などの大流量河川には、洪水調整、灌漑および内陸航行用に建設され、従来の技術では落差が低いため、経済的な理由から発電に利用されていないダムが多数ありますが、これらの国に多くの大容量バルブ水車・発電機を納入し、落差5mまでの超低落差の未利用水力エネルギーの開発に貢献いたしました。

現在、地球温暖化問題の対応策として世界的に水力発電が見直されていますが、世界の開発可能な水力資源は約14兆kWhであり、そのうち現在の全世界の電力需要量に匹敵する約11兆kWhが未開発といわれています。問題は先進国では開発はほぼ限界に達し、未開発水力エネルギー資源の大部分は電力の需要の少ない発展途上国に偏在していることであります。将来、水素エネルギーの利用技術および社会基盤が確立され、大規模の水力エネルギー資源の開発が世界的に推進されることを期待しております。

社会業績賞を受けて



東京大学名誉教授
(財)地球環境産業技術研究機構
副理事長兼研究所長 茅 陽一

この度、社会業績賞を受けて大変光栄に思っております。私は日本機械学会の会員ではないのですが、1962年に生まれて初めての論文賞を貴学会から頂き、この歳になって再び賞を受けることになって、感無量です。私は若い頃電気機械の知識をベースに制御工学の研究者を志したのですが、1970年頃からエネルギー、環境といったグローバルな問題に興味をひかれるようになり、ローマクラブの活動にも最初から参加を致しました。当時から二酸化炭素の増加が将来大きな問題になるのではないかと考えその排出予測や制御などの論文を書いたりしたのですが、それがこれほど大きく世界で取り上げるようになるとは思っていませんでした。しかし、人類文明がsustainabilityの危機に瀕している、という当時からの意識が世界で一般化し、それを解決しようという方向に進んでいることは私としてもよかったですと思っています。

だいぶ歳はとりましたが、今回の賞をはげみとして、今後もこのグローバルな問題の解決へ向けての努力の一端をになっていきたい、と考えておりますので宜しくお願い致します。

◇ セミナー&サロン 講演概要 ◇

(1) エネルギー・環境問題とガスタービン



東京大学 生産技術研究所
教授 吉識晴夫

エネルギーと環境問題には密接な関係がある。人類が生存して行く上で、エネルギーの消費は不可欠であり、人類はそのエネルギー源を産業革命以降、化石燃料に多く頼ってきた。人口の増大、経済活動の活発化に伴って、人類の活動が地球の浄化能力を超えてしまい、地球の容量の有限化が顕在化してきたことが地球環境問題と言える。エネルギー消費を削減するため、我国で表1に示すような陸船用ガスタービン研究開発が行われてきた。

表1 我国の主な陸船用ガスタービン研究開発

発電用	高効率ガスタービン (AGTJ-100)	1978-1987
	石油火力発電所メタノール転換等実証試験	1981-1995
	石炭ガス化ガスタービン	1986-1996
	セラミックガスタービン	1988-1998
	WENET (水素燃焼タービン)	1993-1998
	高温ガス炉ガスタービン (HTGR-GT)	1997-2001
	二酸化炭素回収対応クローズド型高効率ガスタービン	1999-2003
自動車用	自動車用セラミックガスタービン	1990-1996
船用	スーパーマリンガスタービン	1997-2002

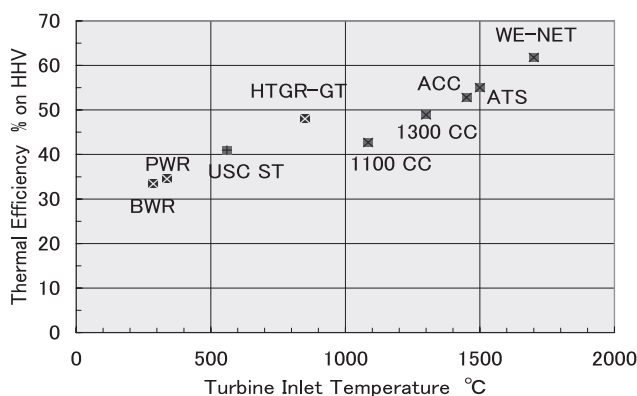


図1 タービン入口温度と発電システムの熱効率

次に、タービン入口温度 (TIT) に対する発電用システムの熱効率を図1に示す。原子力発電 (BWR, PWR) は、TITが約300°Cで熱効率は低い。汽力 (ST) もTITがそれほど高くなく、熱効率は40%程度である。最近のコンバインドサイクル (CC) は、TITが高く熱効率の向上が著しい。

さらに高効率のガスタービンが実用化され、エネルギー・環境問題の解決の一助となることを期待したい。

(2) IT新世紀にむけたパワーソリューション事業

— 知識とITをベースとしたベストソリューションパートナーへ —

(株)日立製作所 専務取締役
電力・電機グループ長&CEO
久野 勝邦

世界規模のメガコンペティション時代の到来や、インターネットを核とするグローバルなネットワーク社会の出現により、ビジネスや社会のパラダイムシフトが起こっており、全ての企業が熾烈な競争にさらされている。こうした中で、21世紀にむけてこれからの企業が何を考えて行動していくかという点について、パワーソリューション事業を例に製造業からソリューションパートナーへの変革とIT化への取組みについて紹介する。

当社は1910年に重電から事業を始め、今日、「総合電機」と呼ばれ、家電、コンピュータ、半導体事業にまで拡大し、「高い品質と高い生産性」をベースに製造業として「製品・システム」を提供している。これからの当社は、情報技術を核に全ての事業領域で新しいソリューションを提案するお客様の「ベスト・ソリューション・パートナー」を目指し、「スピードアップ」、「知識とITの強化」などに取り組み始めている。電力関連事業の事業環境も、設備投資の抑制、電力の自由化、価格競争の激化、分散電源などの普及などの進展に伴い競争がより激しくなることから、ITを活用し、グローバルにサービスを提供することで発電設備のライフサイクルコストの最小化に貢献していくことが、これからのサービスの方向と考えている。具体的なサービスの内容としては、プラント据付とフィールドサービス、プラント運用リモートモニタリングサービス、メンテナンスサービス、及びエンジニアリングサービスの4項目であり、いずれのサービスにもネットワークを利用した「IT化」とこれまでに培われた「知識」とがその技術の核となっている。

パワーソリューション事業のIT化は、ネットワークを介してエネルギー情報を提供する総合エネルギーサービス事業から個人向けの生活支援サービスである家電機器の制御、ホームセキュリティ、あるいはエンターテインメントとしての情報系サービスまで幅広く考えられ、すでに一部のものについては取り組み始めており、「知識とIT」の活用によりお客様のライフサイクルコスト低減に貢献していきたい。



◇ 副部門長選挙経過報告 ◇

動力エネルギーシステム部門総務委員会
幹事 荒川 善久

当部門では、次期副部門長を選挙により選出しており、動力エネルギーシステム部門副部門長選挙要綱により、総務委員会の管理のもと、昨年8月～11月に選挙を実施いたしました。

まず当期運営委員から次期副部門長候補者の推薦を受け、その被推薦者の中から10月19日開催の総務委員会で2名の候補者を選出し、運営委員による投票を行いました。開票の結果、東京工業

大学教授の齋藤彬夫氏が過半数を獲得され、当選となりました。その後、ご本人の承諾を頂きましたので、第79期副部門長は齋藤彬夫氏に決定いたしました。

当部門では、副部門長が総務委員会委員長を兼ねることになっており、79期においては齋藤彬夫氏には部門長を補佐して部門運営にあたっていただくのみならず、総務委員長としての重責をも果たして頂くことになります。

◇ 部門賞募集 ◇

2002年度日本機械学会 部門賞・部門一般表彰募集要項

本部門では、動力エネルギーシステム分野の進展と活性化を図るため、1991年より部門賞を設けて贈賞して参りましたが、1998年よりこれを部門賞及び部門一般表彰とに分け、さらに1999年より部門一般表彰に貢献表彰を新たに加えることとし、下記の要領で募集いたします。数多くのご応募をお願いいたします。

記

1. 部門賞及び対象となる業績

功 績 賞：動力エネルギーシステム分野の発展に貢献した個人の永年の功績を讃える賞

社会業績賞：動力エネルギーシステム分野で社会の第一線において顕著な活躍をしている個人、団体を讃える賞

2. 部門一般表彰及び対象となる業績

優秀講演表彰：本部門の企画した行事において、若手研究者、技術者による優秀な発表を行った個人を讃える表彰

貢 献 表 彰：部門の行う行事企画などにおいて顕著な貢献を行った個人、団体を讃える表彰

3. 表彰の方法と時期

審査の上、部門賞及び優秀講演表彰については2001年10月に予定されているセミナー&サロン会場において賞状、メダルの贈与をもって行います。貢献表彰につきましては、適宜、本部門企画行事の場において賞状等の贈与をもって行います。また、受賞及び表彰者名等はニュースレター等に発表いたします。

4. 募集の方法

公募によるものとし、自薦あるいは推薦とします。

5. 提出書類

推薦には、A4判サイズ用紙1～2枚に、(1)推薦者氏名、(2)推薦者所属及び連絡先、(3)被推薦者氏名、(4)被推薦者所属及び連絡先、(5)部門賞の種類または部門一般表彰の種類、(6)推薦理由書、を添えて、下記動力エネルギーシステム部門宛お申し込み下さい。自薦他薦を問いません。なお、優秀講演表彰については、発表論文の写しを添付して下さい。また、同表彰は若手(40歳以下を目安とする)研究者、技術者を主な対象として設けられたものです。

6. 提出締切り日

部門賞(功績賞及び社会功績賞)及び貢献表彰については常時受け付けております。優秀講演表彰については、原則として2002年4月末日までの到着分を2002年度の審査の対象とし、それ以降の到着分については、次年度の対象と致します。

7. 提出先

〒319-1106
茨城県那珂郡東海村白方白根2-4
(財)高度情報科学技術機構 専務理事
技術第2委員会委員長 藤城俊夫
TEL 029-282-5017 FAX 029-282-0625
E-mail fujisiro@tokai.rist.or.jp

訂正

ニュースレター21号(2000年10月1日発行)の「地区便り(2)動力エネルギーシステム部門見学会」の記載に誤りがありましたので、訂正しお詫びします。

可燃ごみ処理発電設備 発電容量
(誤) 1400kW (正) 2500kW

ニュースレター発行広報委員会

委員長：高橋 実(東工大)
幹 事：大竹浩靖(工学院大)
委 員：阿部 豊(筑波大) 大河誠司(東工大)
小見田秀雄(東芝) 堂本直哉(石播)
中村昭三(日立) 羽賀勝洋(原研)
原 三郎(電中研) 廣田耕一(三菱重工)
三宅 収(サイクル機構) 山崎誠一郎(川重)
オブザーバー：刑部真弘(東船大)

投稿、ご意見は下記宛にお願いいたします。

〒152-8550
東京都目黒区大岡山2-12-1
東京工業大学原子炉工学研究所
助教授 高橋 実
Phone & Fax: 03-5734-2957
E-mail: mtakahas@nr.titech.ac.jp

発行所

日本機械学会 動力エネルギーシステム部門
〒160-0016
東京都新宿区信濃町35信濃町煉瓦館5階
TEL: 03-5360-3500、FAX: 03-5360-3508

印刷製本 有限会社 創 文 社

コピーライト ©2000 社団法人 日本機械学会

本誌に掲載された全ての記事内容は、社団法人 日本機械学会の許可無く転載・複写することは出来ません。