

基礎研究と発明

（財）機械振興協会 窪 田 雅 男

1. 基礎研究の重視

最近、基礎研究を重視せよという声が官民各界に揚がっている。このような意見は1950年代半ばに始まった第一次中央研究所ブームの頃にもあったが、今度はどうやら本物になりそうである。

一口に基礎研究といっても幅が広く、立場によって範囲はかなり異なるが、ここでは工学・工業の立場から、知識の進歩を目的とする研究で、実際的应用を間接的に狙いとする、いわゆる目的基礎研究を指すものとする。1980年度から科学技術庁が採りあげた創造科学推進制度や同時に発足した通商産業省の次世代基礎技術研究開発制度で取り扱う研究は総てこれに含まれると言ってよい。

戦前は日本の技術は模倣ばかりで、外国技術の無断借用が多いと言われ、技術のレベルも一般に低かった。戦後は技術の遅れを急速に取り戻すため、欧米先進国からの技術導入が盛んに行なわれた。しかし所詮これは公認された模倣に過ぎず、二番手技術に甘んずることになるというので、これではならじと漸く研究開発に力をいれるようになったが、独自技術の経験が浅いため、狙いの多くは外国技術の変形か改良にすぎない、いわゆる後追い型のものが多かった。それでも出藍の誉れと言おうか、性能や生産性の高い技術を生み出すのに成功して、製品が貿易摩擦を起こすまでになったことは見事と言ってよい。

しかしこの場合の研究開発の多くは、社会的ニーズに対応することを主眼とする、いわゆるニーズ主導型が主流であり、在来技術もしくはその延長線上のものや、それらの組み合わせで対応しうるもの、あるいは外国でできたものを別の方法で実現するというような二番手のものが多く、可能か不可能か判らないものを始めから研究するという一番手のものは敬遠されがちであった。そ

の方が成功率が高いのは当然で、ウチは成功率の低い一番手はやらず、二番手オンリーで行くのだと、公言してはばからない経営者がいたのを覚えている。投資効率から言えば、その方が短期的には有利でも、長期的には発展性に問題があることは明らかで、最近では情勢が一変し、このような言辭はさすがに聞かれなくなり、基礎研究から生ずるシーズを育てて社会的ニーズに結び付け、高度の新製品を開発しようという戦略に着目するようになった。

その理由としては、我が国の実力が向上するにつれて外国の優れた技術が少なくなり、あってもこちらの優れた技術とのクロスライセンスによらない限りその導入が許されなくなったこと、ニーズが高度化して在来技術の延長線上のものやそれらの組み合わせでは対応出来ない場合が多くなったこと、優位性を確保するためには他の追随を許さない高度の新規性のある技術が求められるようになったこと、外国の優れた基礎研究の成果を利用するような技術タダノリの批判に対応すること、先進国の一員として基礎研究の面での国際的寄与に対する期待に応えること、などがあげられる。このようなことは、つとに識者が指摘していたことであり、筆者も十数年前に学会誌⁽¹⁾に所見を述べたが、先見を誇るには時期が熟さなかったことは遺憾である。

2. 発明への期待

工業的立場から言えば、基礎研究の成果が技術に結び付き、発明等として工業所有権が確立することが望ましい。基礎研究の成果は「未知の知識の発見」であるのに対し、発明は「知的経験の応用による未知の物や方法の創造」であり、言うなれば「知恵」の所産である。発明のもとである知識が基礎研究の成果である場合は基礎研究から生まれた発明ということになる。基礎研究者には専

(昭和63年1月7日原稿受付)

門領域に関する学殖が必要であるが、発明は素人の思い付きから生まれることもあり、むしろ学者が既知の知識に囚われて、飛躍した発想が生まれ難いのに対し、素人の無知から来る自由な発想が新規な発明を生む場合も少なくない。基礎研究者が同時に発明者である場合もあるが、一般に基礎研究と発明とは本質的に異なった精神活動と考えられる。しかも基礎研究者はその成果によって経済的に報いられることが少ないのに対し、発明者は時として大きな経済的利益を受けることがある。このようなわけで、ややもすれば基礎研究者は発明家を素人の銭亡者として軽蔑し、発明家は基礎研究者を難しいばかりで役にも立たないことに金と人を浪費していると内心馬鹿にしている場合が少なくない。いずれも相手を正当に評価しているとは思われない。お互いに謙虚に自己を反省し相手の長所を尊敬する心構えが必要ではあるまいか。基礎研究の成果を応用して発明家が独創的な発明をしてもよいし、素人発明家の発明を基礎研究によって物にするということが、もっとあってよいのではあるまいか。

3. 基礎研究と発明とをつなぐもの

さきに基礎研究と発明とは異なった精神活動であると述べたが、独創性を基本とするという点で大きな共通点がある。基礎研究を進める上で着眼点や手法に独創性が必要なことが多いのはいうまでもないし、基礎研究者がその成果に基づいた基本発明までを手懸けることもあり、それは望ましいことであるが、そうでない場合は、研究者仲間でお互いに聖域を犯すなという意識からか、ある

いは他研究者の下流に立ちたくないというプライドからかは別として、貴重な成果が発展の契機を失って埋もれてしまう恐れがある。

そのような場合、基礎研究と発明とを結び付ける第三者の役割が重要になる。これはパテントリエゾンマンなどと呼ばれ、研究機関で研究者から話を聞いて、そこから発明を発掘するのに活用されている例があるが、これをさらに組織的に実施し、基礎研究者と発明者との仲介をおこなうベテランを配置することも検討の余地があろう。

基礎研究重視と言っても、企業の場合、自ら基礎研究から応用・発明・開発まで 100 パーセント自力で遂行できるのは、限られた大企業であり、大多数の中小規模の企業では基礎研究にまでは手が届かないのが実状であろう。そこでこれらの企業では基礎研究に関して公的な研究機関を利用することを考えるべきである。我が国の公的研究機関には多くの優れた研究者が多方面の基礎研究を実施しており、その成果にはみるべきものが少なくないが、それをニーズに結び付けるという点では必ずしも十分とはいえないように見受けられる。そこにニーズに敏感で小回りのきく中小規模の企業の知恵を加えて、新技術・新製品の発明開発に結び付けるということは、決して可能性の乏しいことではないと考えられる。臆することなく公的研究機関にアプローチすることをお勧めしたい。

参考文献

- (1) 窪田，機械学会誌，77 巻，665 号（昭49-4）



事業用コンバインドサイクルの 現況と動向

東北電力㈱ 井 上 悦
東京電力㈱ 小 島 民 生
中部電力㈱ 中 村 裕 交

1. はじめに

我が国では、電力の安定供給とコスト低減のために、ベース電源として原子力および石炭火力を開発する一方、各種電源の経済性・供給の安定性・負荷追従性等を考慮して、LNG・石炭等のエネルギー資源の多様化と、その利用技術の高度化を積極的に推進している。

火力発電の主体となっている汽力発電は、蒸気条件の高温・高圧化と、単機容量の増大をはじめ多くの技術開発の成果により、その熱効率は昭和30年代当初の30%前後から現在の40%以上まで飛躍的に向上してきた。しかし、今後、蒸気条件を高度化する超々臨界圧プラントの開発により、一層の熱効率の向上が期待されるものの、金属材料と経済性からの制約等により、その熱効率は当面、大幅な向上が期待できないものと予想されている。

そこで、この汽力発電に高温ガスタービンを組み合わせることにより、汽力発電における高温化の制約を軽減し、熱効率の大幅な向上を図る方式として、コンバインドサイクル発電が登場した。

また、最近の我が国の電力需給面からのニーズに対応する優れた運用性能を備えていることも、コンバインドサイクル発電の大きな利点の一つであり、東北電力㈱東新潟火力3号系列、東京電力㈱富津火力1号系列の運転実績は、これらの特色をいかに発揮していることを示している。

ここでは、事業用コンバインドサイクル発電プラントについて、その導入から設置並びに建設計画状況、代表的プラントの運転、運用状況、そして、今後のLNG火力電源を担う新機種として開

発が期待されている1300℃級の高温大容量コンバインドサイクルについて紹介する。

2. コンバインドサイクルの導入と現状

石油危機後の燃料価格の高騰、電力需給構造の変化等、火力発電をとりまく情勢変化のなかで、高い熱効率を維持し、かつ高い負荷調整機能を有する発電方式として、ガスタービンと蒸気タービンの組合せによるコンバインドサイクル発電方式が注目され、昭和50年代に入ると各電力会社がその実用化のための検討を開始した。

この結果、コンバインドサイクル発電は

- ・定格点のみならず部分負荷を含めて熱効率が高い。
- ・小容量機の組合せであるため、起動停止や出力調整が容易であるなど、負荷調整能力が高い。
- ・燃焼方式の改善、脱硝装置等の技術開発をはかることにより、環境影響を抑えることができる

など、将来の火力発電に要請される機能を備え、またLNGを使用する場合、特に運転信頼性が高く貴重なクリーン燃料であるLNGを有効に使用することができる優れた発電方式として注目された。

さらに、昭和50年代には、ガスタービン入口温度の高温化によるコンバインドサイクルの性能向上に伴い、欧米を中心に多数のプラントが建設、運転された。(表1)

その運転実績から、電気事業用として高い運用性と信頼性を確保しうるとの見通しが得られ、LNGコンバインドサイクルが導入されはじめた。

ガスタービンを利用したコンバインドサイクル

(昭和63年2月12日原稿受付)

表1 海外におけるコンバインドサイクルプラントの実績

国名	会社名	発電所名	出力	排熱ボイラ 助燃の有無	燃料	運開年	製造者
アメリカ	ヒューストン電力	ワールトン	30万kW × 2	無	ガス・軽油	1974	GE
	フロリダ電力	プトナム	25万kW × 2	有	ガス・重油	1976	WH
	ポートランド電力	ビーバー	55万kW	無	軽油	1977	GE
	ウェスタンファーマー社	アナダルコ	10万kW × 3	無	ガス	1977	GE
	マサチューセッツ MEC	ストーニブルック	34万kW × 1	無	ガス・軽油	1981	GE
	カリフォルニアエジソン社	クールウォーター	24万kW × 2	有	ガス・軽油	1978	WH
西ドイツ	ネッカー電力	アルトバッハ	25.1万kW	有	ガス・軽油	1971	KWU
	プロイセン電力	ロベルトフランク	51万kW	有	ガス	1974	BBC
フランス	フランス電力公社	ビトリ	32.2万kW × 2	有	〔ガスタービン〕 天然ガス 〔排熱ボイラ〕 石炭ガス	1970	BBC
オランダ	ノールドブラバン電力	ドンゲ	11.8万kW	無	ガス	1976	BBC
アイルランド	アイルランド電力局	マリーナ	11.9万kW	無	軽油	1977	Alsthom
	アイルランド電力局	ノースウォール	15万kW	無	ガス・軽油	1982	Alsthom
韓国	韓国電力	クンサン	32万kW × 2	無	軽油	1978	GE
台湾	台湾電力	トゥンシオ	30万kW × 3	無	軽油	1983	GE・BBC
タイ	タイ国発電庁	バンパコン	38万kW × 2	無	ガス・軽油	1983	KWU
マレーシア	マレーシア電力庁	パカ	30万kW × 3	無	ガス・軽油	1986	Alsthom

発電としては、国内では四国電力㈱の坂出1号で、出力22.5万kWの排気再燃式コンバインドサイクルが昭和46年に初めて採用された。その後、昭和56年に国鉄（現 JR 東日本）川崎発電所に12.5万kWのコンバインドサイクルが建設され、同機は我が国で初の発電用大型ガスタービンを使用した本格的排熱回収式コンバインドサイクルであると同時に、ガスタービンを利用した既設火力発電設備のリパワーリングのモデルケースとしても注目された。

昭和60年代に入ると、東北電力㈱の東新潟火力3号系列（109万kW、3-1系列は59年12月運開）、東京電力㈱富津火力1号系列（100万kW）及び2号系列のうちの2-1号機、2-2号機が運開し、現在、合計4火力発電所277万kWのコンバインドサイクルプラントが運転されている。

また現在、東京電力㈱富津火力2号系列（100万kW、ただし2-1、2-2号は既運開）及び中部電力㈱四日市火力4号系列（56万kW）が試運転中である。さらに、九州電力㈱新大分1・2号系列（計156万kW）、中国電力㈱柳井1・2号系列（計140万kW）など、各電力会社において、建設あるいは計画が進められており、高効率で運用特性に優れる火力電源として期待されている。

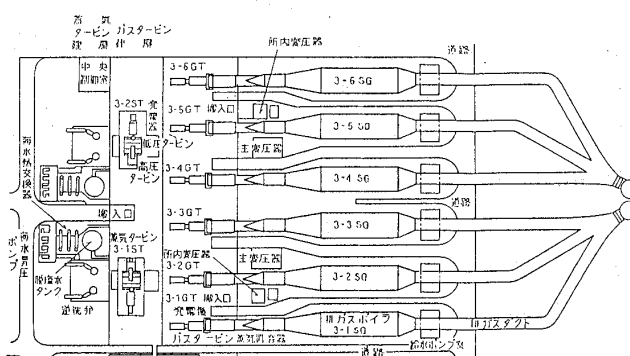


図1 東北電力㈱東新潟火力3号系列機器配置図

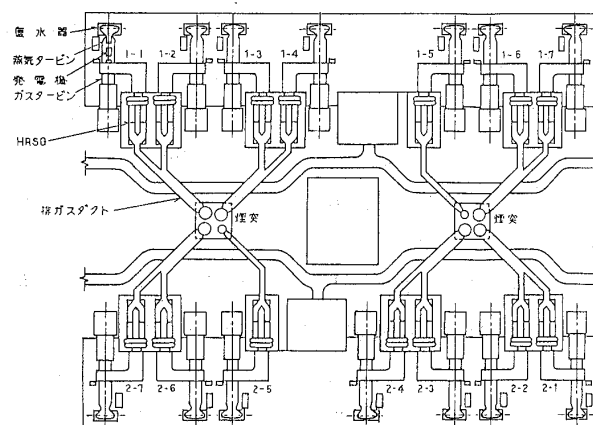


図2 東京電力㈱富津火力1・2号系列機器配置図

表2に、我が国のコンバインドサイクルプラントの仕様概要（建設、計画中のものも含む）を示す。また配置の概要を図1～5に示す。

表2 我が国のコンバインドサイクルプラントの仕様概要

	四国電力	J R 東日本	東北電力	東京電力	中部電力	中国電力	九州電力・新大分
	坂出火力1号系列	川崎1号	東新潟3号系列	宮津1・2号系列	四日市4号系列	柳井1・2号系列	1号系列
発電所出力	225MW (15℃)	141.3MW (4℃)	1090MW (15℃)	2000MW (32℃)	560MW (18℃)	1400MW (20℃)	690MW (7℃)
コンバインド型式	排気再燃式	排熱回収式	排熱回収式	排熱回収式	排熱回収式	排熱回収式	排熱回収式
設備構成	別軸型	多軸型	多軸型	一軸型	一軸型	一軸型	一軸型
設計熱効率 (実値)	39.6	40.1 (41.7)	43.7 (44.3)	42.7 (43.8)	42.5	43.3	43.0
燃料	コークス炉ガス	灯油	LNG	LNG	LNG	LNG	LNG
G/T 型式	MW-301G	MS9001B	MW-701D	MS9001E	MS7001E	MS7001EA	MS7001E
出力	35,400kW	97,100kW	133,000kW	112,823kW	74,790kW	82,780kW	76,300kW
圧力比		9.5	13.5	11.6	11.6	13.1	12
燃焼器出口温度	788℃	1043℃	1154℃	1145℃	1145℃	1160℃	1145℃
S/T 型式		SF-23"	TC2F-40"	SF-26"	SF-23"	SF-26"	SF-25"
出力	195,130kW	44,200kW	195,500kW	52,177kW	37,210kW	42,220kW	38,700kW
蒸気圧力 (HP/LP)	169atg	56atg	65atg/5atg	64.6atg/14.1atg	62atg/9.5atg	56.9atg/5.6atg	51atg/4.2atg
蒸気温度 (HP/LP)	566℃/538℃再熱	473℃	500℃飽和温度	531℃/198℃	544℃/182℃	481℃/161.8℃	514℃/160℃
HRSG 型式	再熱強制循環式	横置自然循環型	横置自然循環型	堅置強制循環型	堅置強制循環型	横置自然循環型	横置自然循環型
蒸気量 (HP/LP)	550 t/h	161.3 t/h	194 t/h/57 t/h	176.3 t/h/43.7 t/h	145 t/h/35 t/h	130.4 t/h/28.4 t/h	139.9 t/h/40.7 t/h
発電機容量	GT: 36MVA ST: 217MVA	GT: 112MVA ST: 50MVA	GT: 148MVA ST: 218MVA	184MVA	135MVA	139MVA	128MVA
電圧	11.5kV	11.5kV	11.5kV	15kV	13.8kV	13.8kV	13.2kV
製造者	三菱重工/三菱電機	日立/パナソニック	三菱重工/三菱電機	GE (東芝, 日立)	東芝 (GE)	日立/パナソニック	日立/パナソニック
運転年月	46/9	56/4	59/12	I: 60/12, 61/2, 5, 5, 7, 9, 11 II: 62/12, 63/24, 5, 7, 9, 11	I: 60/12, 61/2, 5, 5, 7, 9, 11 II: 62/12, 63/24, 5, 7, 9, 11	I: 65/11, 67/12 II: 66/7	三菱重工/三菱電機
(予定)			60/12				(66/12, 71/3)

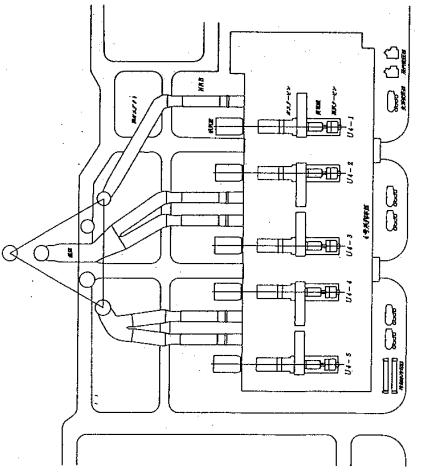


図3 中部電力(株)四日市火力4号系列機器配置図

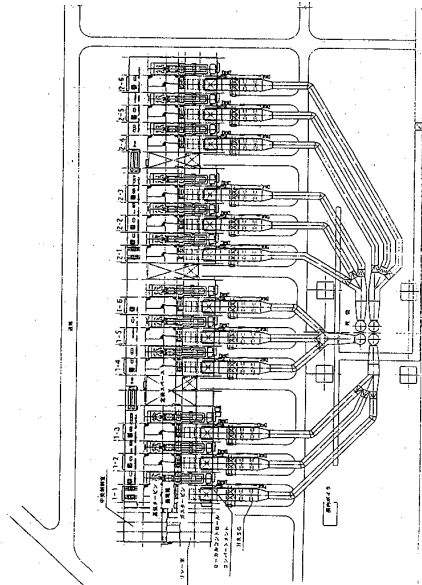


図4 中国電力(株)柳井発電所1・2号系列機器配置図

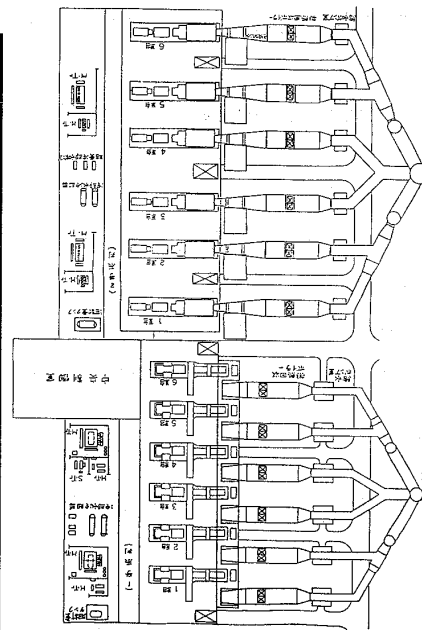


図5 九州電力(株)新大分発電所1・2号系列機器配置図

3. 事業用コンバインドサイクルプラントの紹介

3-1 東北電力㈱東新潟3号系列の概要

(1) 発電所の概要

a. 構内配置

3号系列は新潟東港臨海工業地帯内の既設1・2号機各600MWに隣接して設置され、日本海エールエスジー㈱から配管で直接供給されるLNG気化ガスを燃料としている。構内配置を図6に示す。

本プラントは、ガスタービン3台、排ガスボイラ3台、蒸気タービン1台および高さ200mの集合煙突を1組とし、これを2組配置した多軸型複合発電方式である。

ガスタービン6台と蒸気タービン2台および中央制御室を本館内に、それぞれの排ガスボイラはガスタービンと直列に屋外に配置した。

b. 主要機器の概要

主要機器の諸元を表2に示す。本プラントの定格容量は新潟地区の年平均外気温15℃にて109万kWを選定した。

各機器の容量は大気温度と出力特性を勘案して

新潟地区における冬季最低気温（2月の最低気温の月平均値）である-1℃を基準に設定した。

発電機主回路の構成に低圧同期投入方式を採用し、変圧器・開閉器等の合理化をはかった。

c. ガスタービン

ガスタービンは、一軸開放サイクル型で三菱重工業㈱製のMW-701D型が採用されている。

ガスタービンの本体構造を図7に示す。

(i)空気圧縮機は軸流19段で、入口案内翼は空気流量を制御する可変ピッチ方式とし、起動を容易にするとともに部分負荷における熱効率の向上をはかっている。

(ii)タービン部は軸流反動式で4段型である。入口温度の上昇に伴い、静翼ならびに動翼の冷却性能を向上させた。

第1段静翼、第2段静翼の冷却にはダブルインサート方式を採用し、インピンジメント冷却を強化した。また第1段動翼は冷却空気孔の増加を図り、さらに第2段動翼にも強制空冷翼を採用した。

(iii)排ガス流出損失を低減させるため、第4段動翼を翼高さ21.3インチに長大化して、熱効率の向上

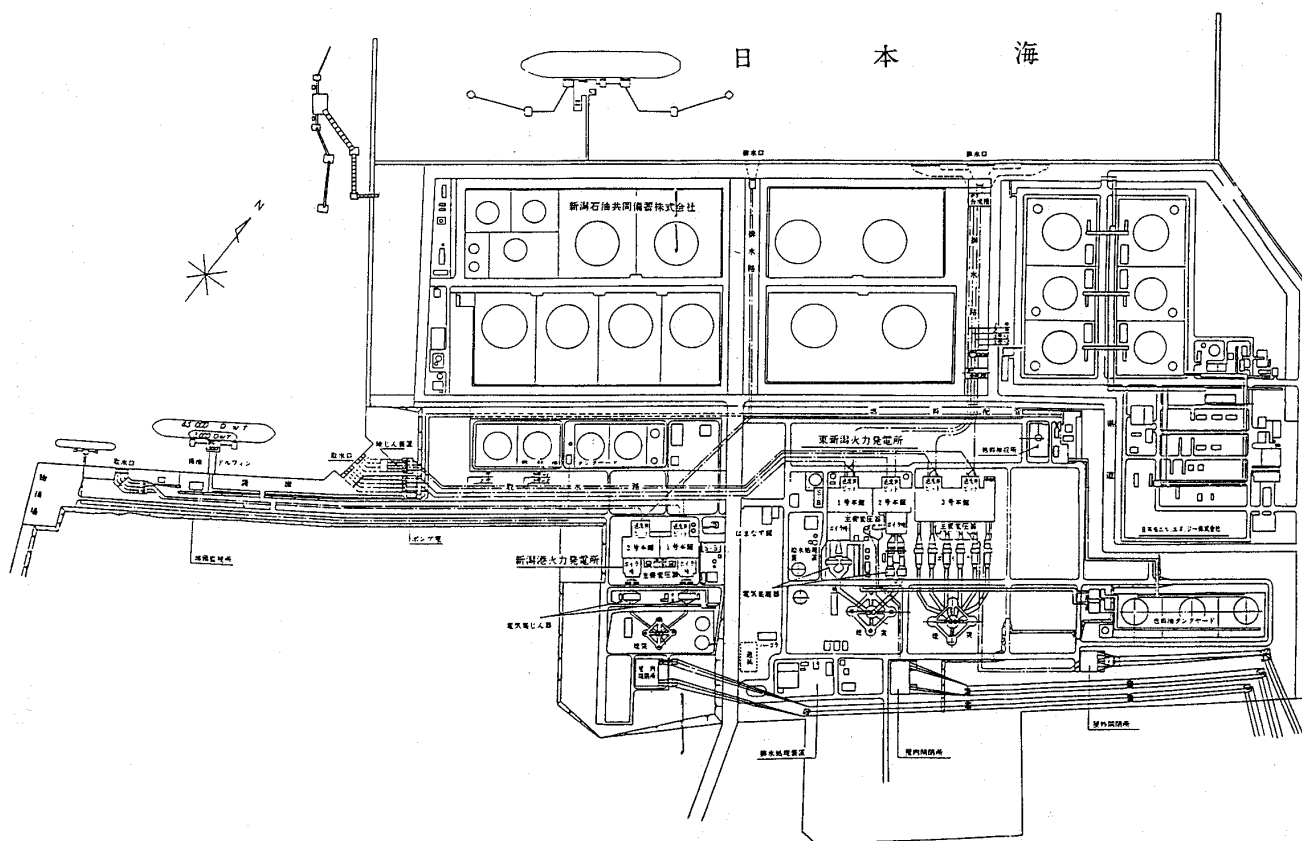


図6 東新潟火力発電所平面図

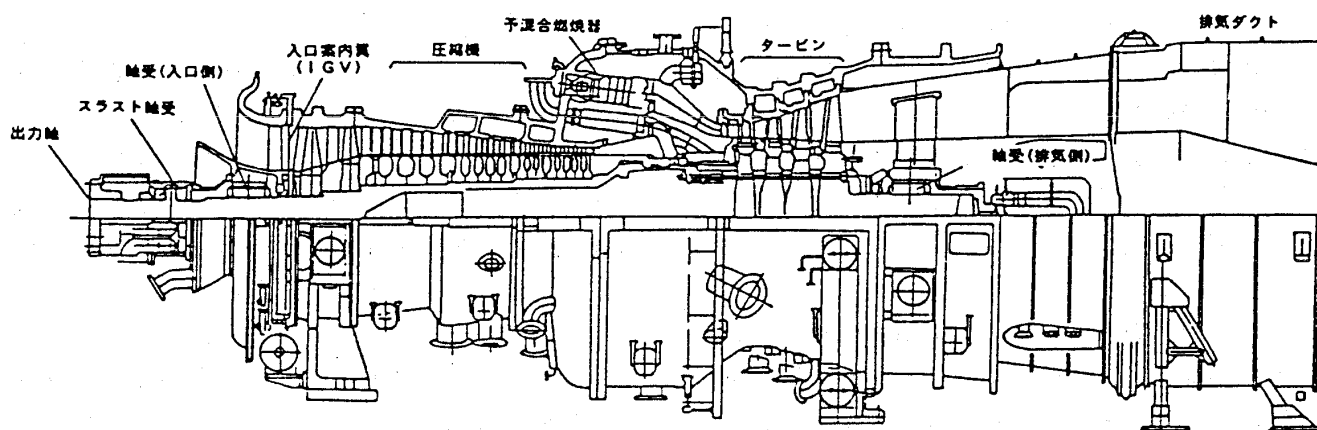


図7 ガスタービン構造図

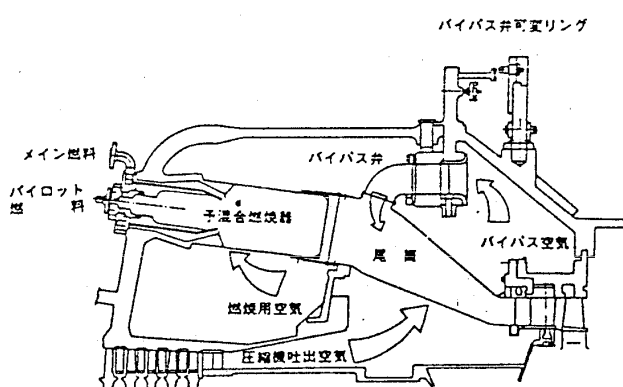


図8 燃焼器断面図

と大容量化を図った。

d. 環境保全

燃焼器には、水または蒸気を噴射しない低 NO_x 予混合型を開発し、導入した。

図8に予混合型燃焼器の構造図を示す。この予混合型燃焼器は、負荷約40%まではパイロット燃焼のみ、それ以上はパイロット燃焼と主燃焼を行うもので、適正な燃料／空気の混合比率を確保するために空気バイパス機構が設置されている。

バイパス弁は負荷約40%において全開し、更に増負荷する場合にはパイロット燃料、主燃料に合わせて、徐々に閉じて行く。

e. 自動制御システム

プラントは6台のガスタービン・6台の排ガスボイラおよび2台の蒸気タービンという運転特性の異なる主要機器で構成されている。このプラントに、起動時間の短縮、負荷追従性の向上、高効率運転の維持などの機能を最大限に発揮させるため、階層別機能分散型総合デジタル計算機制御方式を導入した。

(2) 運用実績

a. 運転特性

蒸気タービン運転中のガスタービンの追加起動においては、約70分で定格出力に達する。

負荷変化率はガスタービンの熱伸び差の制限から起動後2時間は3.3%負荷/分、それ以降は、6.7%負荷/分にて運用している。

1系列(545MW)の起動から全負荷までの到達時間は蒸気タービンロータのメタル温度によって異なり、その概略値は次のとおりである。

コールド起動(1週間停止)……約530分

ウォーム起動(32時間停止)……約370分

ホット起動(8時間停止)……約220分

本プラントはベースロード運用として計画され、ほぼ計画に近い運用がなされている。しかし豊水期等ではガスタービンのすぐれた起動特性を活かし起動停止を行っており、電力系統の安定運用に寄与している。

b. 運転実績

表3に3号系列の営業運転実績を示す。昭和61年度の実績は、発電端熱効率44.0%、所内率1.5%、送電端熱効率43.3%となっている。

表3 第3号系列営業運転実績

	60年度	61年度
発電電力量(×10 ³ MWh)	4,398	5,965
利用率(%)	70.7	62.4
発電端効率(%)	43.8	44.0
所内率(%)	1.4	1.5
送電端効率(%)	43.2	43.3

本プラントは東北電力㈱火力発電設備の約 15 %の容量であるが、61年度の発電電力量は東北電力㈱火力発電電力量の約 26 %を占めている。利用率は中間点検、定期点検の実施や系統運用上の停止により若干低くなっている。

c. 環境性能

(i) 大気関係

窒素酸化物については、新開発の低 NO_x 予混合燃焼装置と全量脱硝装置とを組合せ、高さ 200 m の 2 筒身集合煙突と相まって、良好な環境を維持している。

(ii) 温排水関係

復水器冷却用海水の取水は、カーテンウォール型取水口を設けて深層より取水し、取水と排水の温度差を 7℃以下として放水口より排水している。

(iii) 騒音関係

本プラントの設置地点は、騒音・振動の規制地域であるため、騒音については、ガスタービン・蒸気タービン等の主要機器類を、可能な限りタービン室本館内に設置するとともに、壁の構造については、吸・遮音壁を設けるなどの対策を行っている。

(3) 保守実績

a. 点検状況

本プラントは東北電力㈱初の複合発電設備であることから、ガスタービンについて法に定められた 1 年毎の定期点検の他、中間点検を実施した。

中間点検と定期点検の工程を表 4 に示す。中間点検、定期点検ともにガスタービンロータを取り出した分解点検を実施している。

ガスタービン 1 台の点検所要日数は通常、試運転を含めて約 31～37 日であるが、中間点検については期間短縮または取り止めの方向で検討している。

これまでに実施した主な補修は次のとおりである。

(i)パイロット内筒の内面コーティング材の一部焼損、剝離が見られたため、コーティング材の材質向上をはかった。

(ii)静翼第 1～4 段に微小なクラックが見られたため、溶接補修を行ない再使用した。

(iii)第 1 段動翼に微細なクラックが見られたため、ブレンディング補修を行ない再使用した。

その他については、異常は無かった。

b. 点検後の諸試験

ガスタービン組立後の試験は、次の項目を実施している。

表 4 点検工程

ユニット		59 年												60 年												61 年												62 年											
		12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3								
3 1 系	3-1GT	▽ 運開				第 1 回 中間点検							第 1 回 定期点検								第 2 回 中間点検					第 2 回 定期点検																							
	3-2GT	▽ 運開				第 1 回 中間点検							第 1 回 定期点検								第 2 回 中間点検					第 2 回 定期点検																							
	3-3GT	▽ 運開				第 1 回 中間点検							第 1 回 定期点検								第 2 回 中間点検					第 2 回 定期点検																							
	3-1ST	▽ 運開											第 1 回 定期点検																																				
3 2 系	3-4GT										▽ 運開			第 1 回 中間点検												第 1 回 定期点検																							
	3-5GT										▽ 運開							第 1 回 中間点検							第 1 回 定期点検																								
	3-6GT										▽ 運開								第 1 回 中間点検							第 1 回 定期点検																							
	3-2ST										▽ 運開															第 1 回 定期点検																							

着火テスト，加速度トリップテスト，燃焼調整試験，脱硝装置追従試験。

燃焼調整試験では，ガスタービン出口の NO_x ，未燃分および燃焼器内圧変動を計測し，安定した燃焼状態を得るよう調整している。

c. ガスタービン高温部品の計算機管理

ガスタービンの動静翼や燃焼器等の高温部品は部品点数が多く，またガスタービン台数も多いことから，本プラントでは高温部品の寿命管理と履歴管理を計算機で行ない，保守管理の効率化を図っている。

高温部品の寿命管理は各ガスタービンの運転実績管理を監視用計算機で行い，そのデータから，部品ごとの寿命消費率等の算出を行っている。

また高温部品の履歴管理は，ガスタービンの点検時に部品毎に不具合状況，その原因，補修内容等をデータとして入力し蓄積している。

3-2 東京電力㈱富津火力1・2号系列の概要

(1) 発電所の概要

富津火力コンバインドサイクルプラントは，昭和60年12月に1-1号機が営業運転を開始し，61年11月に1号系列100万kW全機7台が営業運転に入り，さらに62年12月に2-1号機，63年2月に2-2号機が営業運転を開始している。ここでは，1号系列の運用実績を主体に紹介する。

a. 構内配置

富津火力発電所の構内配置は図9のとおりであ

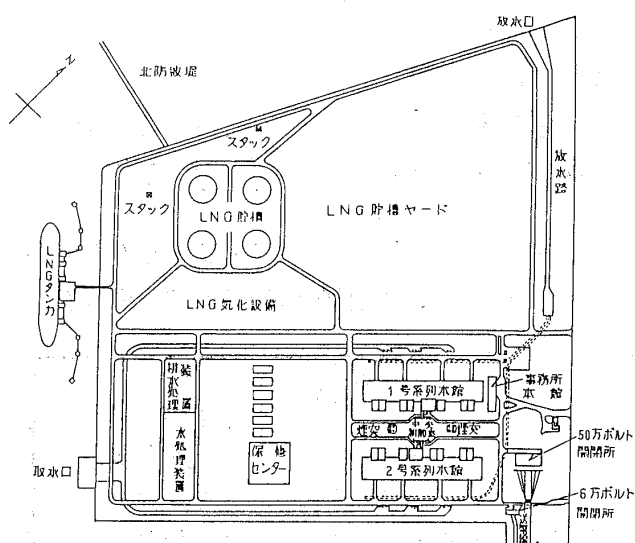


図9 富津火力発電所平面図

る。

本館建屋は，1号系列と2号系列の2棟から成り，両建屋に挟まれる形で，排熱回収ボイラと中央操作室，ならびに200mの煙突が配されている。

本館建屋には，ガスタービン・蒸気タービン・発電機およびこれらの付属設備が，おのおの7台ずつ設置されており，建屋外の排熱回収ボイラおよび付属設備とともに，一軸型排熱回収式コンバインドサイクルプラント1号系列7台を構成している。

b. 主要機器の概要

系列の認可出力は100万kW，また各号機の認可出力は16.5万kWとなっている。各機16.5万kWは，外気温度が15℃程度以下にて出力可能となる。さらに，外気温度が35℃程度でも，7台全機が最大出力運転を行って系列100万kWの出力となる。

発生電力は，各号機ごとに昇圧変圧器により15KVから147KVに昇圧されたのち，系列に1基設置される主変圧器によって500KVに昇圧される。

c. ガスタービン

ガスタービンは，開放単純サイクルのヘビードュティ型で，米国GE社製MS9001E型が採用されている。(図10)

タービン部は3段の衝動式で，静翼はコバルト基合金，動翼はニッケル基合金を使用しており，

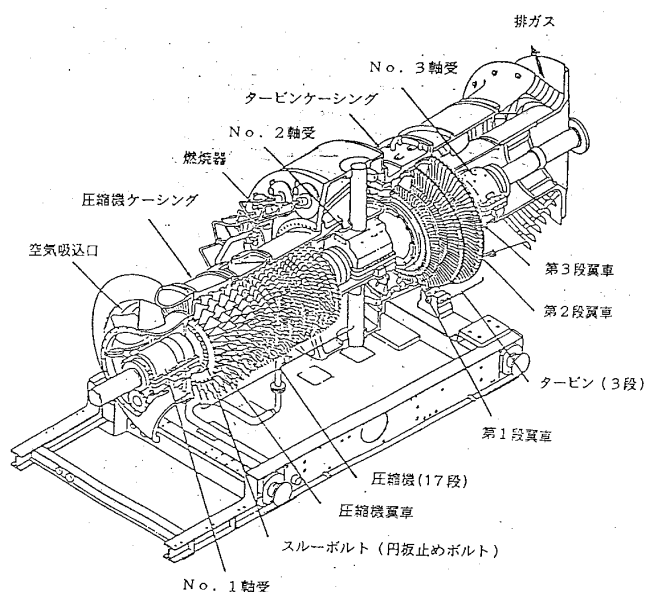


図10 MS9001E型ガスタービン

1・2段動静翼の内部にて空気冷却を行い、第1段動翼入口ガス温度は1085℃である。

空気圧縮機は軸流17段で、入口案内翼は空気流量を制御する可変式とし、部分負荷における熱効率向上を図っている。

燃焼器システムは、14個の燃焼器・フロースリーブ・燃料噴射ノズル・トランジションピース等から成り、燃焼器ライナは、セラミックコーティングが施されている。(図11)

d. 系列自動制御システム

コンバインドサイクルプラントの特長を運用面により一層発揮させるため、7台の単位機を総括運用できるよう、総合自動化システムを採用しており、これにより

- (i) 出力指令に基づく系列の最適運転台数の決定
- (ii) メンテナンスを考慮した運転、停止機を選択と出力分担の決定
- (iii) 事故状況に応じた運転機と出力分担の決定などを行っている。

(2) 運用実績

a. 運用上の特徴

コンバインドサイクルプラントは、運用上

- (i) 系列100万kWが7台の単位機で構成されるため、系列としての負荷変化は、原則として運転台数の増減による。
- (ii) 1機当りの最大出力は外気温度によって変化し、冬期には夏期より増出力が可能となる。などの特色を有している。

b. 年間運用方法

年間の運用は、電力需要の大きい夏期を除き、7機を順次1機ずつ定期点検を行っている。夏期以外の期間は1系列6機運転となるが、外気温度

が比較的低いため単機当りの最大出力が大きく、年間を通し1号系列当り100万kW近い出力が可能である。

c. 週日運用方法

1日の標準運用パターンとしては、昼間は全機定格、夜間および週末等はLNGボイルオフガスの消費のためもあり、2機による低負荷運転としている。

以上の運用を基本として、起動回数は毎日4機程度、1ヶ月合計で70～100回程度となっている。

d. 累積運転実績

昭和60年12月に1号系列1号機の営業運転を開始して以来、昭和62年12月末現在まで、営業運転による発電々力量は87億kWh(試運転分を含めると92億7千万kWh)となる。また、この間、1～7号機合計の起動回数は1560回で1機当り平均220回となる。(表5)

e. 運転時における主なトラブル

1号系列1号機が営業運転を開始した当初は、燃焼器への蒸気噴射システム等の不調、補機および制御装置のトラブルなど、いわゆる初期トラブルがあったが、昭和61年11月、全機(7台)が営業運転に入ってから現在まで、ガスタービンをはじめとする主機に関する大きなトラブルはなく、順調な運転が行われている。

f. 運用性能

(i) 定格熱効率

定格運転時の発電端熱効率は、各機若干の特性差はあるものの、ほぼ43.8%(HHV)前後である。

(ii) 運用熱効率

運用熱効率は利用率に比較的左右されず、図12に表す通り、系列運開以来、月間単位で

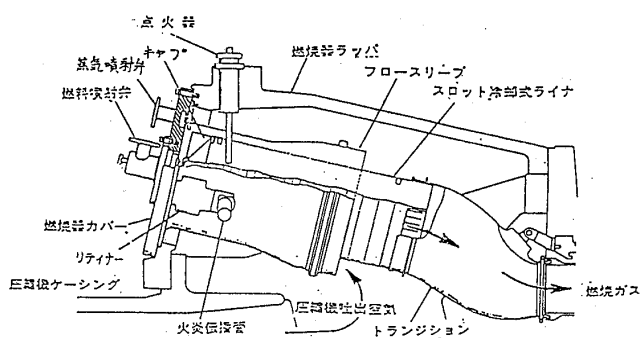


図11 燃焼器組立断面図

表5 富津火力コンバインドサイクルの発電実績
(60年12月1 - 1号機運開以降62年12月末現在)

発 電 日 数	742 日
発 電 時 間	17,800 時間
発 電 電 力 量	8,710,381 MWh
各機平均暦日利用率	54.7 %
各機平均除停止利用率	87.48 %
起 動 回 数	1561 回

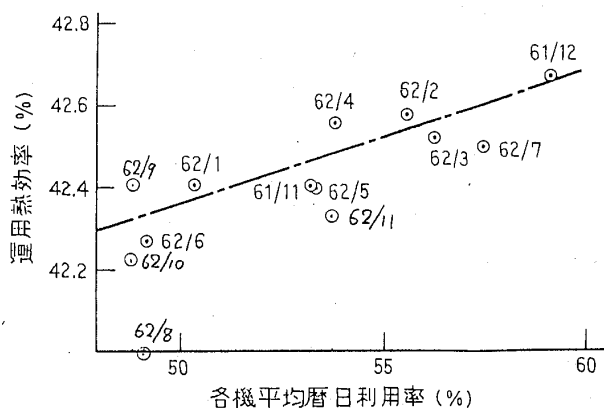


図 12 月別各機平均月日利用率

概ね42.0～42.7%の間を推移しており、運用状況としては、各機平均利用率で49～59%、起動停止回数は月間合計で70～120回程度である。また、所内率はLNG設備分を除いて1.7～1.9%となっている。

g. 環境性能

NO_x排出値については、協定値である系列当り70Nm³/h(各機の起動停止操作時も含む)および系列10ppm(15% O₂換算値)に対し燃焼器への蒸気噴射と排熱回収ボイラ内に設置される脱硝装置(アンモニア接触還元法)により、確実に遵守されている。

h. 起動性能

1機当りの起動特性として、DSS等ホットスタートでは、カスタービン起動から定格出力まで約60分(点火からは約50分)であり、コールドスタートについては、排熱回収ボイラのウォームアップの必要があるが約140分の短時間で可能である。

i. 系列の起動性

特に系列の負荷上昇については、給電指令所から負荷上昇指令時間に向けて5分間隔にて順次スケジュール起動することにより、系列20万kWから100万kWまで60分弱であり、従来型汽力の約半分の所要時間となっている。

j. 所内単独運転機能

送電線事故等により、発電機が系統より分離した場合には、燃料を瞬時に減らし所内負荷のみを担って運転を継続し、送電線復旧後速やかに再送電を可能とする所内単独機能の確保は、火力電源として極めて重要な課題の1つである。

富津火力では、1系列100万kWが小容量機7台で構成されるため、所内単独運転への移行時に所内負荷を1台のみに負わせることにより、並列機の負荷変化幅を小さくでき、一方、ガスタービンの特長として、圧縮機所用動力が大きいために、低負荷あるいは無負荷定速運転時の燃料消費量が比較的大きく、所内単独運転への移行時には並列機・負荷遮断機とも燃料系統、主系統、あるいは回転数の変動幅が小さい。このため、所内単独運転移行の成功率は、従来汽力に比較して極めて高いものとなる。

富津火力においては、1系列6台:95万kWの通常運転状態から、所内単独切替試験を実施した。その結果95万kWから1.68万kWの所内単独運転に円滑に推移し、各機器の制御性、耐久性、追従性とも所期の性能が確保されており、この点でもコンバインドサイクルプラントが今後の火力電源に求められる重要な機能を有することが確認された。

(3) 保守実績

需給運用の高度化に対応した所要の性能・機能を維持するためには、的確な予防保全が重要であり、このため運転記録等を活用して常に運転状態や機器の特性の把握に努めると共に、定期的な開放点検を実施している。

ガスタービンの定期点検は、電気事業法に基づく開放点検を毎年1回計画し、各機について順次実施している。(蒸気タービンは1回/2年、排熱回収ボイラは1回/1年の定期点検が必要)

一方、富津コンバインドサイクルプラントは、頻繁な起動停止あるいは低負荷域からの燃焼器への連続蒸気噴射等、高温ガスタービンによるコンバインドサイクルプラントとしては世界的にも先例が無い運用となるため、初点火からの約1年間、代表機について、特にガスタービンの高温部を対象に、分解点検によって、摩耗・劣化・クラック等の発生状況を経時的に追跡した。この結果ガスタービンの高温部については、軽微なクラック・摩耗等はあったものの、あらかじめ予想されたもので、一部の部品を除いて許容限度内にとどまるものであり、定期点検間隔である1年間の運転には十分耐えられるとの見通しを得た。

また、1年間隔の定期点検結果についても、ガ

スタービンをはじめとして、蒸気タービン、排熱回収ボイラ等について問題となる箇所は無く、当初の計画通りの信頼性が確認されている。(表6、表7)

なお、損耗度合の比較的多い燃焼器、トランジションピースは、定検工期の短縮などを考慮し、予備部品を準備して、定検ごとに交換のうえ、取出した品は定検後必要な補修を施し次回定検時に再使用することとしている。

3-3 中部電力㈱四日市火力発電所4号系列の概要

(1) 構内配置

四日市火力4号系列は、中部電力㈱初のコンバインドサイクルプラントであり、図13に示すように既に稼働している1～3号機(各22万kW)に隣接して建設するもので、昭和63年7月の営業運転を目途に、順調に工事を進め、現在、試運転の最盛期を迎えている。

この4号系列の主燃料であるLNGは、別のサイトに建設中の中部電力㈱四日市LNGセンターより、約2.1kmのガス導管により供給される。

(2) プラントの構成

表6 ガスタービン点検内容

装 置	点 検 内 容
ガスタービン車室・静翼 ガスタービン車軸・動翼 軸 受	上半車室開放 1・2・3段静翼 上下半車室手入 車軸吊出し 動翼点検手入 1・2・3軸受分解点検手入
空 気 圧 縮 機 燃 焼 装 置 潤 滑 油 装 置 燃 料 調 節 弁	車軸吊出し 動・静翼 車室点検手入 放風弁点検手入 燃焼器 燃焼ノズルの分解点検手入 主・補助油ポンプ分解点検手入 フィルタ取替 油冷却器細管および主油タンク清掃 流量調整弁 圧力調整弁分解点検手入
吸 排 気 装 置 起 動 装 置	吸排気室 サイレンサ ダクト フィルタ点検 トルクコンバータ 補助ギア 電動機点検手入

表7 点検結果概要

点 検 部 品	点検方法	結 果 処 置		
		1-1 号 機	1-2 号 機	1-3 号 機
1. 燃焼ノズル	目視点検	全数良好	全数良好	全数良好
2. 燃焼ライナ	目視点検 寸法計測	許容限度内の亀裂および摩耗 6/14個あり 予備部品と取替	許容限度内の亀裂および摩耗 12/14個あり 予備部品と取替	許容限度内の亀裂および摩耗 11/14個あり 予備部品と取替
3. トランジション ピース	目視点検 寸法計測	ガス出口部にフローティング シールとの摩耗4/14個あり 予備部品と取替	ガス出口部にフローティング シールとの摩耗12/14個あり 予備部品と取替	ガス出口部にフローティング シールとの摩耗6/14個あり 予備部品と取替
4. 静 翼	目視点検 寸法計測	内外周壁および翼に許容限度 内の亀裂あり 第1段 18/18セグメント 第2段 16/16セグメント 第3段 4/16セグメント 他異常なし	内外周壁および翼に許容限度 内の亀裂あり 第1段 18/18セグメント 第2段 16/16セグメント 第3段 なし 他異常なし	内外周壁および翼に許容限度 内の亀裂あり 第1段 18/18セグメント 第2段 16/16セグメント 第3段 1/16セグメント 他異常なし
5. 動 翼	目視点検 寸法計測	第2段動翼をシュラウドリン グの一部を削整した翼と取替 他異常なし	同 左	同 左(以降、各号機で取替 を実施)
6. コンプレッサ 動静翼	目視点検 寸法計測	汚れを清掃除去 他異常なし	同 左	同 左

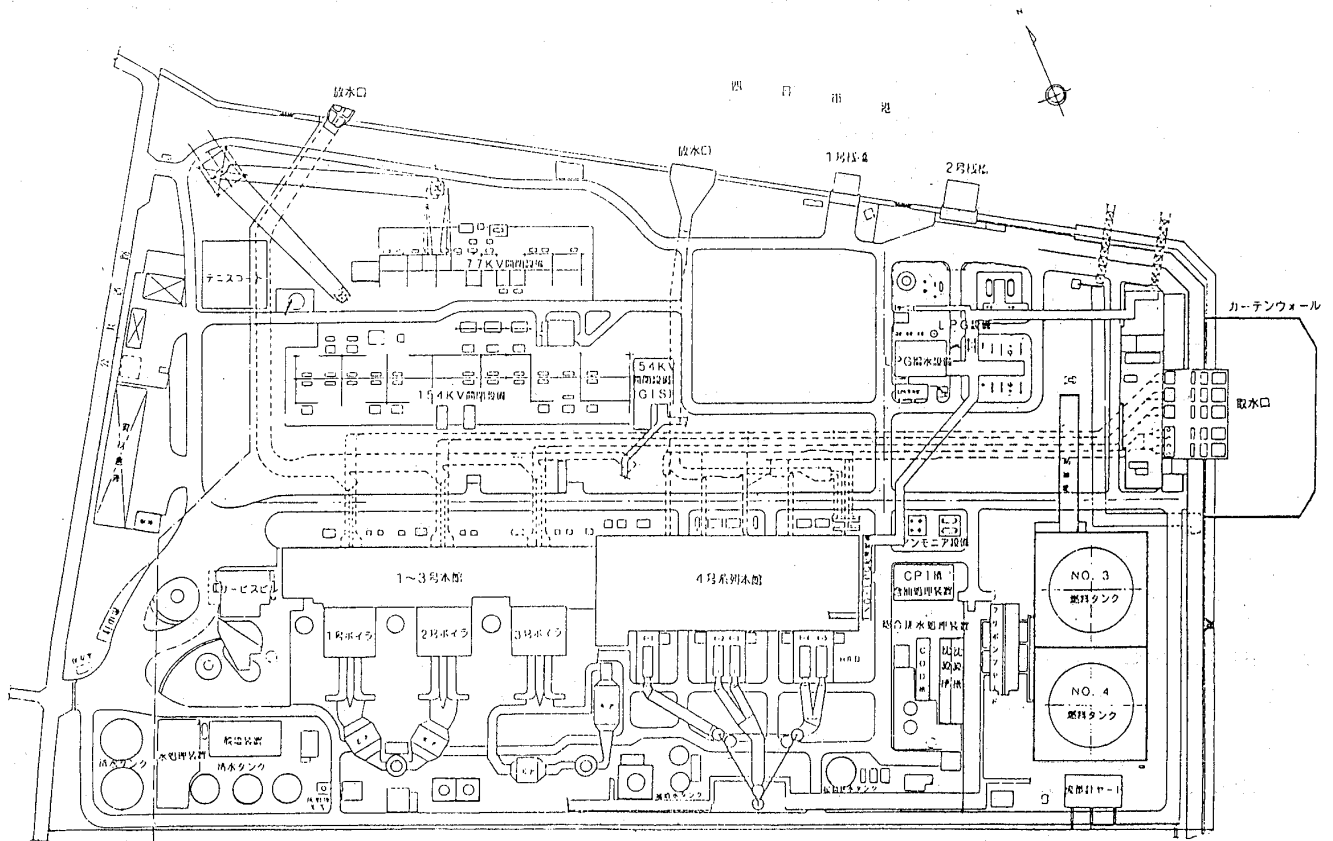


図 13 四日市火力発電所平面図

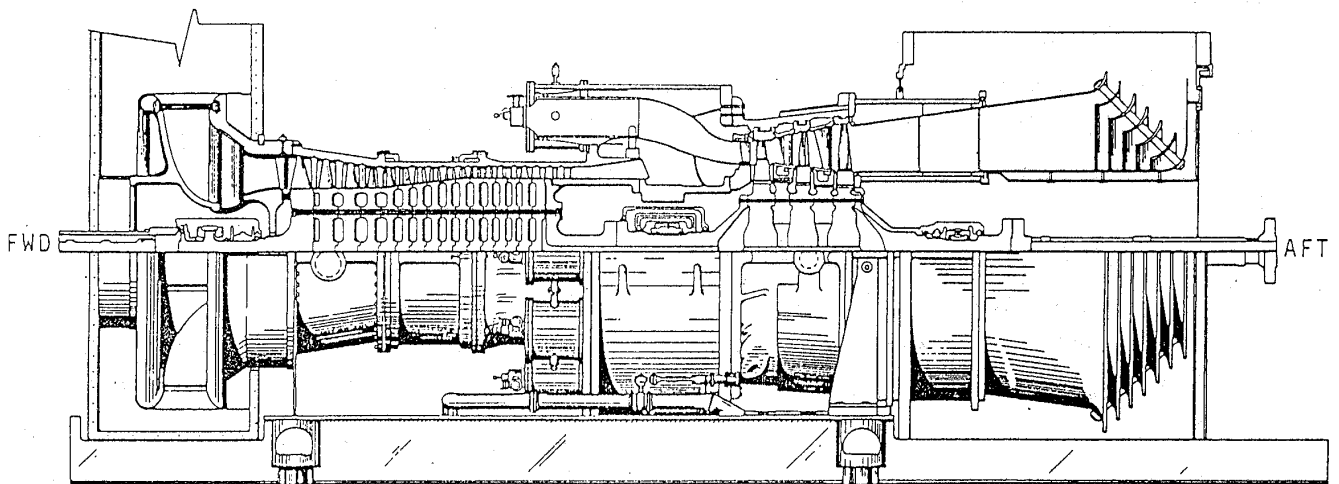


図 14 ガスタービン構造図

コンバインドサイクル発電方式の選定にあたっては、プラントの出力、設置条件、運用条件などを考慮して最適な方式を選定する必要がある。

4号系列は、狭い場所への50万kW級発電プラントの設置、及び高効率でかつ中間負荷運用機としての要求等から、配置がコンパクトで運用特性に優れる一軸型排熱回収式コンバインドサイクルプラントを採用した。

(3) 設備の概要

このコンバインドサイクル発電プラントは、ガスタービン1台に対して蒸気タービン及び発電機を同軸に直結した一軸方式であり、これを5軸設置して4号系列を構成している。

ガスタービンは、米国GE社の標準機種であるMS-7001E形を使用し、コンバインドサイクルプラント1軸あたりの出力は11万2千kW（大気

温度 18℃ 時), 5 軸合計で 56 万 kW の発電設備である。

なお, コンバインドサイクル発電プラントでは, 空気圧縮機の特性上, 大気温度の違いにより出力が増減する。このため, 計画では, 定格点の大気温度を 18℃ とし, 大気温度 9℃ における 1 軸あたりの出力 11 万 7 千 kW に対して, 27℃ では 10 万 6 千 kW と約 10% の出力低下を見込んでいる。しかしながら, コンバインドサイクルプラントとしての熱効率は, ガスタービンの排気温度が上昇するため, その分, 排熱回収ボイラでの熱回収が増加することから, ほとんど変わらないという特徴がある。

また, ガス燃料の多様化のために 5 軸中 2 軸は, LPG も消費できる設備としている。これら主要設備の仕様を表 2 に示す。

(4) ガスタービンの特徴

ガスタービン入口ガス温度 (第 1 段動翼入口) は, 1085℃ であり, 現在実用化されている発電用ガスタービンとしても厳しい温度条件で運転される。このため, 燃焼ガス通路部の材料は, 次のような熱応力の低減を図る方策を施している。

- a. 燃焼器ライナ部, 及び燃焼器からガスタービンへ高温ガスを導くトランジションピース (図 15) には, セラミックコーティングにより, 燃焼ガスが直接金属材料と接触しない構造としている。
- b. 第 1・2 段動静翼の内部には冷却空気を流すとともに, 冷却空気の一部を翼先端から吹き出して翼表面をフィルム冷却することにより, 金属表面温度を下げ材料強度を維持している。

(5) 自動化

在来形火力機と異なり, 5 軸構成であることから,

起動停止を含めて運転操作量, 監視項目が多くなる。このため, 次のような高度な自動化を図っている。

- a. 主操作盤はワンマンコントロール設計とし, 通常運転での操作量を軽減するため, 起動, 停止操作, 及び負荷運転操作は, 系列としての総合的な操作並びに各軸ごとの操作をブレークポイントごとに集約した押ボタン方式とする。
- b. カラー CRT, ディスプレ, 監視用 ITV, 音声通報装置等を採用し, マン・マシンコミュニケーションを充実し, 大量の情報のもとの的確な運転判断ができるようにする。
- c. 高性能電子計算機を中心とした階層化システムと分散型デジタル制御装置を組合せた高信頼性の制御システムとする。
- d. 多数のローカル制御盤は, 機器構成及び配置上から, 分散配置となるため, この間の制御信号のやりとりに, 光ファイバーによる高速データバスを導入し, 信頼性の向上を図る。

(6) 4 号系列の特徴

a. 熱効率

4 号系列で採用したガスタービンは入口のガス温度 1085℃ に対して, 出口の排ガス温度が 538℃ と高く, この排ガス損失を, 汽力発電で回収することにより, サイクル熱効率を 42.5% で計画しており, 在来形火力機に比べて約 2.5% (絶対値) の熱効率の向上を図っている。(図 16)

また, 本プラントは, 一軸式を 5 軸設置した構成となっていることから, 出力調整は, 運転台数の増減により対応でき, 図 17 に示すように従来形火力機に比べて, 部分負荷運転時においても高い熱効率を維持できる。

b. 運用特性

ガスタービン自体は, 短時間で起動できるが, 蒸気タービンはその構造上暖機を要することから, 時間的な制約を受ける。しかし, 本プラントの蒸気タービンは従来機に比べて, 小形で熱容量が小さいため, 負荷変化に対応しやすいことから, 起動時間を短くできる。

暖機起動 (8 時間停止後の起動) では, ガ

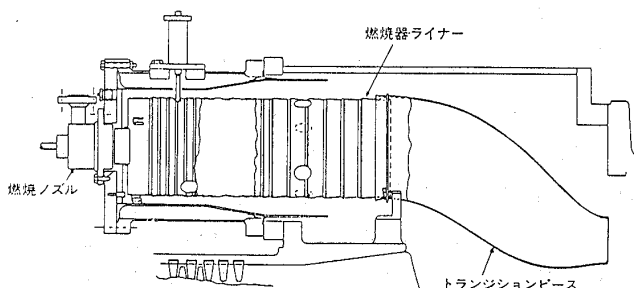
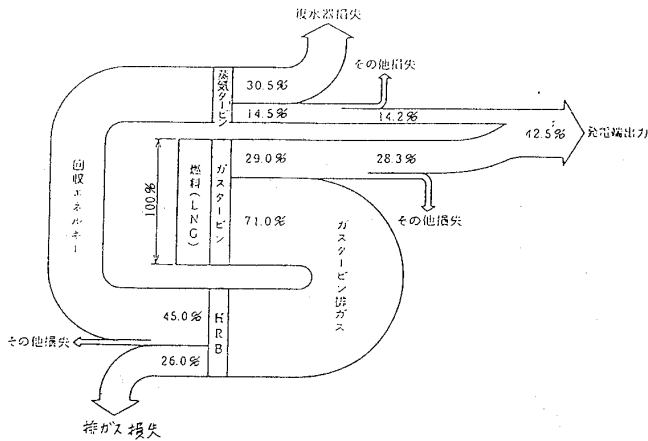


図 15 燃焼器



(参考) 新設大形火力熱積算図

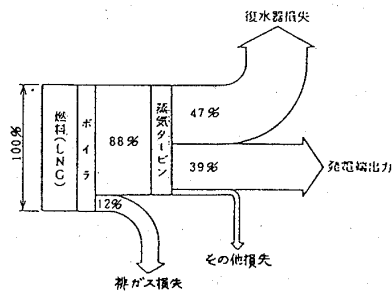


図 16 コンバインドサイクル熱積算図

スタービン点火から全負荷まで約 60 分を目標としており、在来火力機のボイラ点火から全負荷までの約 2 時間に比べて、大巾な起動時間の短縮が可能となる。

c. 環境対策

ガスタービンでは、燃焼用空気量を多く必要とし、かつ高温燃焼を行うことから、 NO_x 発生量は在来形火力機に比べて必然的に多くなる。

しかしながら、本プラントは、クリーンエネルギーである LNG 及び LPG を燃料とすることから、ばいじんや SO_x の排出はなく、 NO_x に対しても、その低減対策として、ガスタービン燃焼器に蒸気噴射システムを採用している他、排熱回収ボイラー内に全量処理できる高性能排煙脱硝装置を設置している。

これにより、煙突出口の排ガス中の NO_x 濃度を 10ppm (O_2 : 15% 換算値) 以下とする計画である。

また、温排水量は、在来火力に比べて約 70% と低減できる。

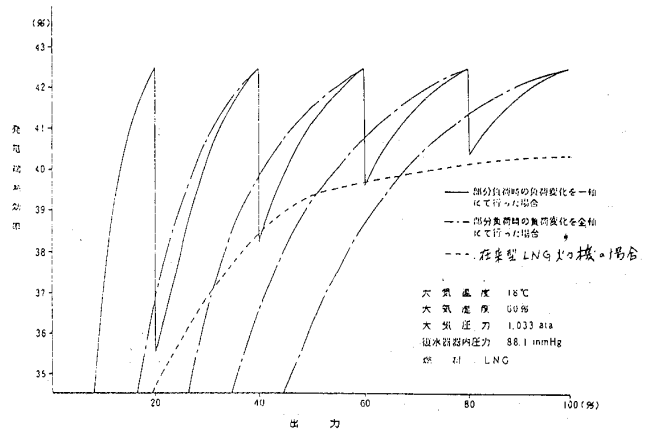


図 17 四日市火力 4 号系列

部分負荷時の発電端熱効率 (5 軸)

本プラントは、1 号機 63 年 2 月、2 号機 63 年 4 月、3 号機 63 年 5 月、4 号機及び 5 号機 63 年 7 月の営業運転を目差して、試運転調整中であるが、性能面、運用特性面、環境面について、当初計画どおりの機能を有していることが確認されている。

4. 1300℃ 級高温大容量コンバインドサイクル

コンバインドサイクルプラントは、富津火力および東新潟火力において、期待通りの高い熱効率と、優れた負荷調整機能を発揮しているが、電力事業用としては新たに採用された発電方式であり引き続き技術開発が進められている。

特にガスタービン入口温度の高温化により、コンバインドサイクルプラントの熱効率向上と、比出力向上による大容量化が可能となるため、1300℃ 級高温ガスタービンの開発は、国のムーンライト計画をはじめ電力会社および国内外のメーカ共に、積極的に推進しているところである。

高温大容量ガスタービンの技術開発にあたっては、既に実用化され、性能と信頼性が確立されている 1100℃ 級ガスタービンの実績がベースとなっている。圧縮機については、圧縮機段数の増加や遷音速の初段翼の採用により、空気流量の増加と圧力比上昇をはかり、またタービンについては、航空用ジェットエンジンで開発された高温材料や冷却システムなどの高温化技術の適用や、精密鑄造翼の大型化技術の確立など、信頼性と運用性に優れた高温大容量ガスタービンの開発が段階

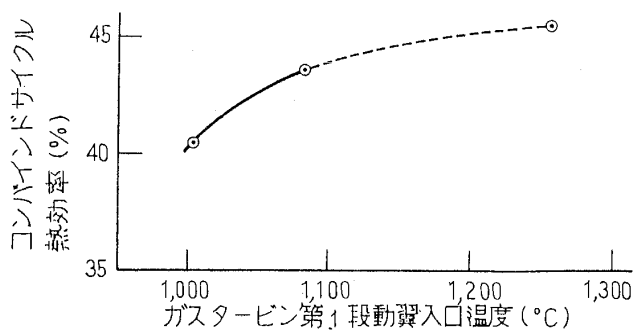


図 18 ガスタービン高温化による
コンバインドサイクルの熱効率向上

的に進められている。

これらの技術開発の進捗に伴い、入口ガス温度を 1300℃ 級に高め、ガスタービン単機出力を 60 Hz 機で 135MW 級、50Hz 機で 200MW 級を目標とし大容量化する計画が進められている。

また、ガスタービンの高温化によって、燃焼器出口の NO_x 発生量は増加するので、燃焼器への蒸気噴射の強化あるいは予混合燃焼方式の適用など、燃焼改善によって NO_x を低減する方式の開発が進められている。

現在、海外では 1300℃ 級のガス温度を用いた 135MW ガスタービンの商用化に向けて工場試運転が開始されており、一方、国内においても 200～300MW 級大容量機の小型モデル機でもある 1250℃ の 13MW 級産業用ガスタービンが実用化され良好な実績を得るなど、高温大容量ガスタービンの実用化へ向けた技術の検証と信頼性の確立など、技術的準備が急速に進められている。

ガスタービンの高温化によって、コンバインドサイクルプラントの性能は大巾な向上をはかることが可能であり、現在開発目標とされている、タービン入口温度 1300℃ 級のガスタービンを採用したコンバインドサイクルプラントの特長は、

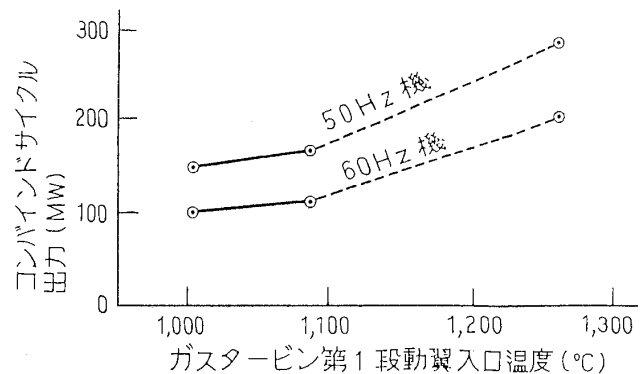


図 19 ガスタービンの高温化と
コンバインドサイクルの大容量化

次の通りになるものと期待されている。(図 18・図 19)

- ・熱効率は、高位発熱量基準で 46% 程度に向上し、燃料消費量を大巾に低減できる。
- ・コンバインドサイクルプラントの単機出力は一軸型の場合で、60 Hz 機で 200 MW 級 50 Hz 機で 300MW 級と、現状のコンバインドサイクルプラントの約 1.8 倍に容量増が可能であり、配置面積の縮小や建設費の低減などのスケールメリットが期待できる。
- ・これまでのコンバインドサイクルと同様の高い負荷調整機能が期待される。

5. おわりに

コンバインドサイクル発電は、これまで紹介してきたように、今後の火力電源として必要とされている高効率性、運用の柔軟性、信頼性等の多くの特長を備えており、電力系統運用に与える効果が極めて大きいことが実証されてきている。

今後、1300℃ 級ガスタービンの実用化への期待を含め、コンバインドサイクル発電は将来に向けての火力発電の主方式の 1 つと目されており、一層の適用拡大がはかられるものと予想される。



論説・解説

川崎製鉄(株)千葉製鉄所殿向 低カロリーガス焚き同軸式 145MW コンバインドサイクルプラント

川崎製鉄(株)千葉製鉄所 高野 英樹
三菱重工業(株)原動機統括室 沖 汐正悦
三菱重工業(株)原動機統括室 小森 豊明
三菱重工業(株)高砂製作所 福江 一郎

1. まえがき

石油危機を契機としたエネルギー価格の上昇に対抗して、我国の産業界では使用されるエネルギーの徹底的な見直しと共に、脱石油化が展開された。この結果、製品コストに占めるエネルギー原価位の大巾な低下と生産プロセスから発生する副生燃料等を使用するなど燃料の多様化が推進された。

鉄鋼業界においても、省エネルギープロセスの導入に加え、脱石油を目指した高炉のオイルレス操業が実施されている。この結果、高炉等から発生する低発熱量の副生ガスが増加しており、鉄鋼業界では、この副生ガスが有効利用でき高い発電効率が得られるガスタービンコンバインドプラントの導入が検討されている。

川崎製鉄(株)千葉製鉄所でも本発電プラントに注目し、特に 1150℃ 級大容量ガスタービンコンバインドプラントの導入を検討していた。

三菱重工業(株)では、本計画の推進にこたえるべく、1150℃ 級ガスタービン用高炉ガス焚きマルチチャン型燃焼器の開発に着手した。製鉄所構内に実寸大燃焼器の試験装置を設置し、製鉄所副生ガスによる燃焼試験を実施し、実機への適用性を検証した。

この成果により、世界初の低発熱量副生ガスを燃料としたガスタービン入口温度 1154℃ の大容量高効率ガスタービン MW-701D 形を中核とした 145MW 同軸式コンバインドプラントを川崎製鉄(株)千葉製鉄所に建設することとなった。本プラ

ントでは、高効率ガスタービンおよび復圧式蒸気サイクルの採用により 46% (低位発熱量基準) 以上の送電端プラント熱効率が得られている。この熱効率は最新鋭高炉ガス焚きボイラ発電プラントに比べ、相対値で 10% 以上も上回る画期的なものである。主機軸系は、ガスタービン、発電機、蒸気タービンに加え大容量ガス圧縮機が増速歯車装置を介して同軸上に配列された軸系である。

本プラントは昨年 10 月より現地試運転を開始し、同年 12 月より予定どおり営業運転に入った。

本報では、プラントの設計概要と燃焼器の燃焼試験結果について紹介する。

2. プラント設計概要

川崎製鉄(株)千葉製鉄所では、老朽化した既設東発電所の高効率化を図るため、ガスタービンコンバインドプラントを導入することとなった。

本プラントは、コークス炉ガスで 1,000 kcal/Nm³ に増熱された高炉ガスを燃料として使用するガスタービン、排ガスボイラおよび蒸気タービンより構成される 145MW 同軸式コンバインドプラントである。プラントの計画・設計に際しては、高性能で信頼性および安全性の高いプラントとすべく、三菱の高炉ガス焚きガスタービンの豊富な経験を十分反映した。プラントの中核となるガスタービンには、現在世界最大容量級の高性能機である三菱 MW-701D 形を採用している。

本プラントは、東発電所の旧設備を一部撤去しその跡地に建設された。配置計画においては、既設設備との協調化および有効活用を図るとともに同軸式コンバインドプラントを採用することにより、プラントのコンパクト化を図っている。

(昭和 63 年 2 月 1 日原稿受付)

図1にプラントの全景を示す。ガスタービン、発電機、蒸気タービンおよびガス圧縮機は、建屋内に、又排ガスボイラおよび電気集じん器は屋外に設置されている。

2.1 プラントシステム構造

図2に本発電プラントの全体機器配置図を、図3にヒートバランスを示す。

本プラントの主燃料となる既に転炉ガスと混合

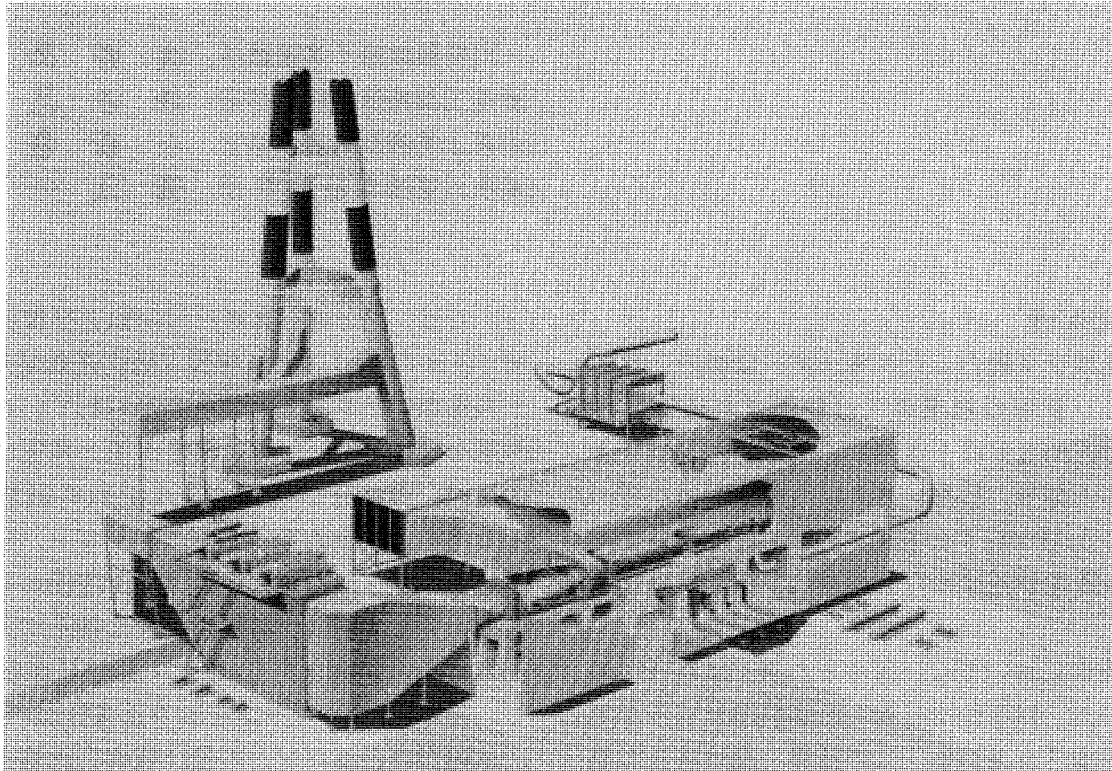


図1 プラント全景

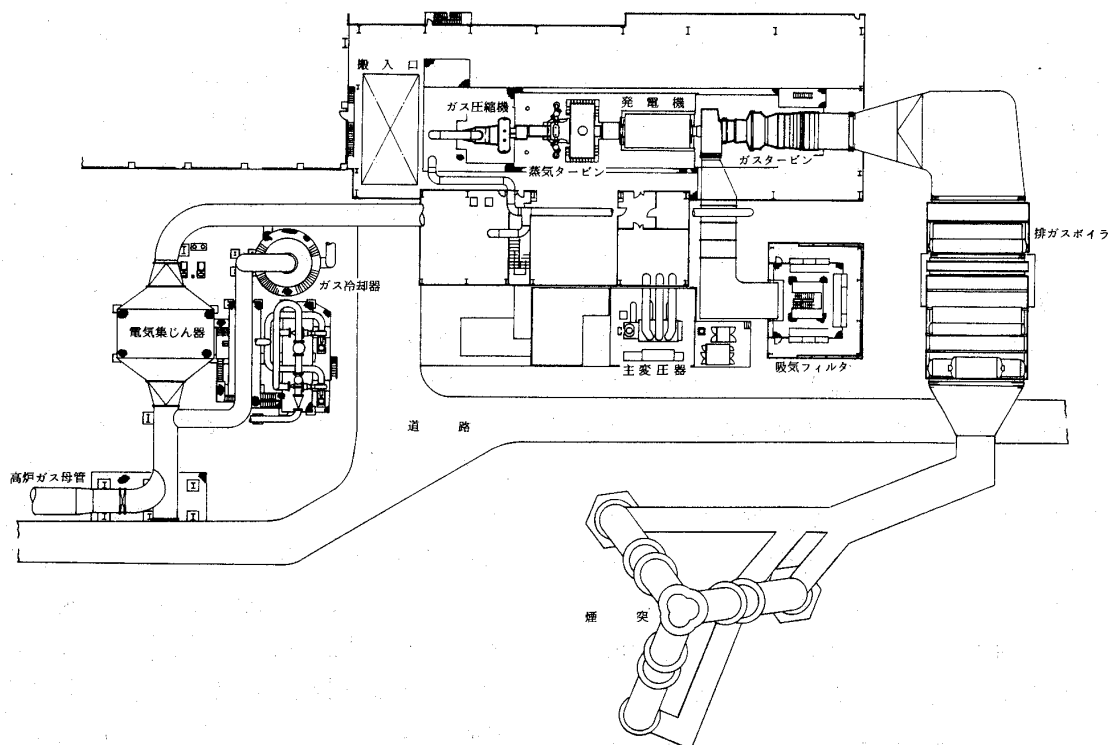


図2 全体機器配置図

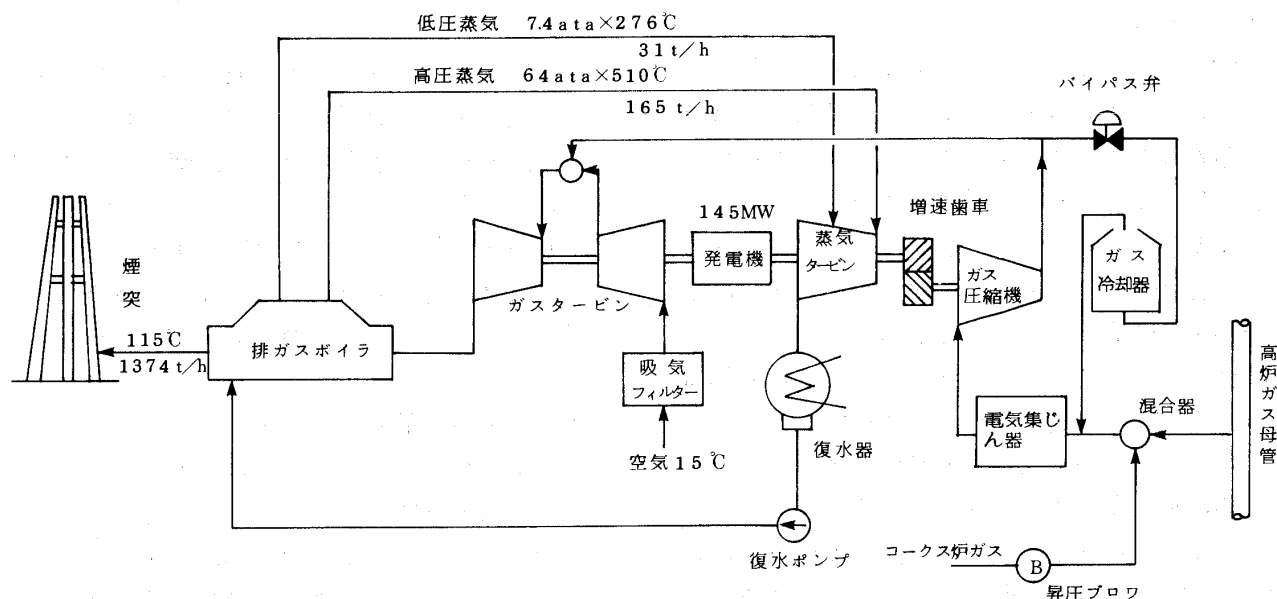


図3 ヒートバランス

された高炉ガスは、母管より分岐され水封管および水封弁を通り、混合器へ入ってくる。この混合器で、コークス炉ガスと混合され、高炉ガスは $1,000 \text{ kcal/Nm}^3$ に増熱される。この発熱量は、製鉄所全体のガスバランスにより決定されたものである。

混合器で増熱された高炉ガスは、屋外に設置されている湿式の電気集じん器でダストを除去された後、ガス圧縮機へ供給される。

ガス圧縮機により所定の圧力に昇圧された高炉ガスは、燃料ガスシャ断弁を経てガスタービン燃焼器へ導かれる。高負荷運転中は、ガス圧縮機前方段の静翼開度により流量調整された高炉ガス全流量が、燃焼器へ供給されている。しかし、静翼開度による調整範囲を超えた部分負荷運転時には、高炉ガスの一部は、バイパス流量調整弁を経て屋外に設置された直冷式の高炉ガス冷却器により減圧・減温された後、高炉ガス供給管へ戻される。

ガスタービン燃焼器では、空気圧縮機により供給された空気が高炉ガスが燃焼し、 1154°C の高温高圧ガスを発生する。この高温高圧ガスは、タービン部で膨張し動力を発生すると共にガス自身は約 540°C 迄低下しタービンを出て、排ガスボイラに導かれる。排ガスボイラは、屋外設置の自立自然循環式で、プラント効率を向上させるために複圧式となっている。この排ガスボイラで高圧および低圧の蒸気を発生させた排ガスは、 115°C に温

度が低下し煙突へ導かれ大気へ放出される。

排ガスボイラで発生した高圧および低圧の蒸気は、屋内設置の混気復水タービンで膨張し動力を発生する。蒸気タービンは、両軸駆動方式となっており、発電機および増速歯車装置を介してガス圧縮機を駆動している。

図3に示したヒートバランスの場合、ガスタービンで 124400 kw 、又、蒸気タービンで 57600 kw の合計 182000 kw の動力が発生し、ガス圧縮機駆動動力として 37000 kw が差し引かれた 145000 kw が、発電機端出力となっている。

2.2 プラントの特長

- (1) 大容量・高性能ガスタービン MW-701D 形および復圧式蒸気サイクルの採用により、送電端でプラント熱効率 46% (低位発熱量基準) 以上の熱効率を得られ、最新の高炉ガス焚き発電プラントに比較し、相対値で 10% 以上も上回る画期的な発電プラントである。
- (2) 1000 kcal/Nm^3 の低発熱量副生ガスをガスタービンの起動から全負荷迄の全運転範囲において、高カロリー燃料等による助燃無しで、安定燃焼させ得る空気バイパス付マルチチャン型燃焼器を採用している。低発熱量ガス焚きでは、世界最高レベルのガスタービン入口温度 1154°C を達成している。
- (3) ガスタービン・発電機・蒸気タービンとガス圧縮機が、増速歯車装置を介して同軸上に配列

された軸系を形成しており、コンパクトなプラント配置となっている。各機器の軸方向熱伸びが相互に影響を与えないように、蒸気タービンの両軸端にフレキシブルカップリングを採用している。図4に主機軸系構成図を示す。

(4) 通常、ガスタービン発電プラントの起動には、電動機又はディーゼルエンジンなどの起動用装置が必要であるが、今回のプラントでは、既設ボイラからの蒸気を使用して、主機の蒸気タービンにより起動を行なっている。

(5) ガスタービンへ大流量の燃料を供給するガス圧縮機は、最新鋭の高性能軸流式であり、ガスタービン・発電機・蒸気タービン軸により増速歯車装置を介して駆動される。ガス圧縮機の前方段には可変静翼を採用し、ガスタービンへ供給される燃料ガスの流量制御を行なう。これにより、高い部分負荷熱効率が得られる。

又、ガスタービン空気圧縮機の可変入口案内翼で空気流量を調節することにより、部分負荷時においてもガスタービン排ガス温度を高く維持できるため、プラント熱効率の低下は少ない。

(6) 発電プラントの通常停止および緊急停止時の場合にもガス圧縮機で昇圧・昇温された高圧・高温の燃料ガスを大気へ放出することのない様な、独自のシステムを採用している。

このシステムでは直冷式ガス冷却器を採用しており、ガス圧縮機吐出ガスは本冷却器により、減圧・減温され、大気へ一切放出されることなく安全に高炉ガスマ管へ戻される。

(7) 高炉ガス中ダストのガス圧縮機翼表面への付着は、性能に影響を及ぼす。この対策としてガス圧縮機の入口に電気集じん器を設置し、高効率でダストを除去することにより高いプラント運用効率が得られるよう設計している。この集じん器には、粘着性の強い高炉ガスダスト除去

に適した湿式を採用している。

(8) 運転制御および監視は遠隔操作室にて行なわれ、起動から全負荷までオペレータコンソール上の押釦操作による全自動化制御システムを採用している。

(9) 製鉄所全体の運用多様化に対するため、必要に応じ高圧発生蒸気を既設の高炉送風機駆動用蒸気タービンへ送気可能なシステムとなっている。

2.3 設備主要目

表1に本発電プラントの主要目を示す。

2.4 工場試験

三菱重工業㈱で初めての同軸式コンバインドプラントの軸系であるため、振動特性等の検証のため昭和62年4月三菱重工高砂製作所において定格速度での無負荷試験を実施した。

工場試験では、ガス圧縮機を空気圧縮機として使用し、燃料は蒸留油を用いた。尚、発電機軸部には仮軸を使って全軸系を構成した。図5に工場試験の状況を示す。

試験結果の起動特性および両圧縮機の流量特性とも満足すべきものであった。

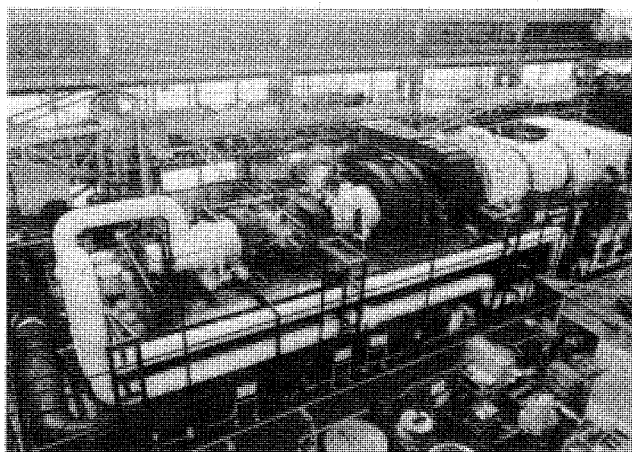


図5 工場試験状況

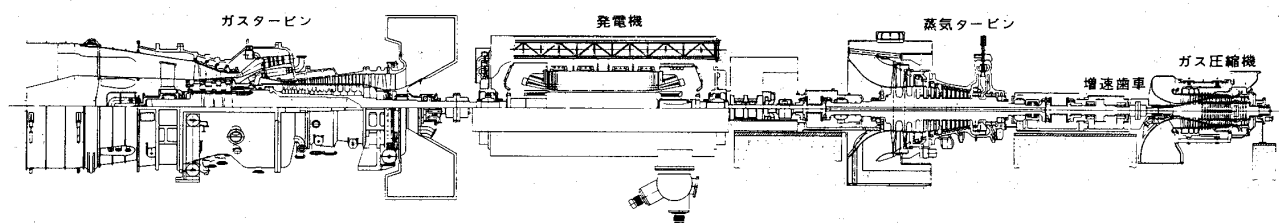


図4 主機軸系構成図

表1 設備要目

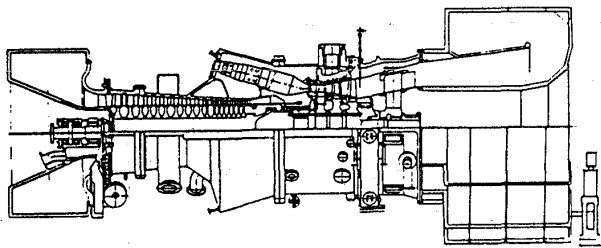
項 目	仕 様
(1) ガスタービン	1 台
形 式	開放単純サイクルー軸式MW-701D形
出 力	124,400 kW
タービン入口ガス温度	1,154 ℃
回 転 数	3,000 rpm
(2) 排ガスボイラ	1 台
形 式	排熱回収複圧式自然循環形
蒸 発 量 (高圧)	175 t/h
(低圧)	36 t/h
出 口 圧 力 (高圧)	65.5 kg/cm ² g
(低圧)	7.4 kg/cm ² g
出 口 温 度 (高圧)	513 ℃
(低圧)	281 ℃
(3) 蒸気タービン	1 台
形 式	混圧単流排気式復水形
出 力	57,600 kW
入 口 圧 力 (高圧)	63 kg/cm ² g
(低圧)	6.4 kg/cm ² g
入 口 温 度 (高圧)	510 ℃
(低圧)	276 ℃
回 転 数	3,000 rpm
(4) 発 電 機	1 台
形 式	横置円筒回転界磁型
容 量	170,600 kVA
電 圧	12.5 kV
回 転 数	3,000 rpm
(5) ガス圧縮機	1 台
形 式	前方段静翼可変ピッチ単車室軸流式
動 力	37,000 kW
回 転 数	6,310 rpm

3. 低発熱量副生ガス焚きマルチチャン型燃焼器の開発

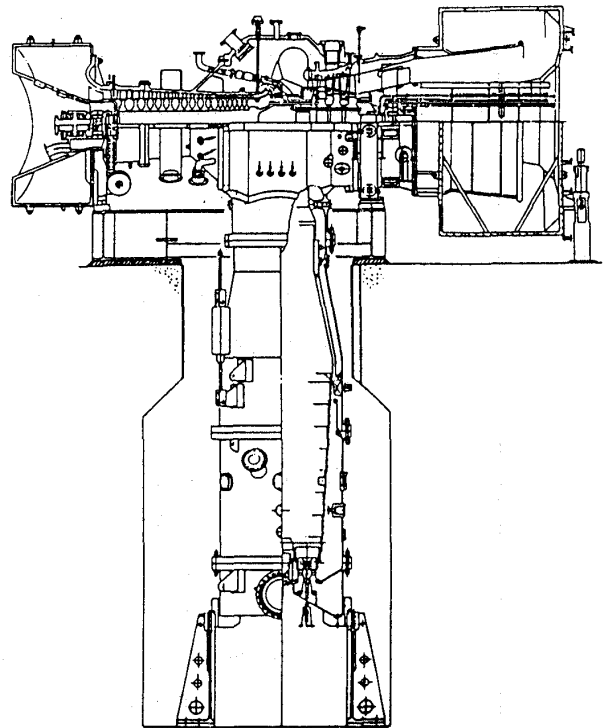
高炉ガスのような低発熱量の燃料ガスは、可燃範囲が狭く、かつ、燃焼速度が遅いため、断面流速を低く押えた単筒型燃焼器が多く採用されてきた。

この単筒型燃焼器とマルチチャン型燃焼器の比較を図6に示す。

本図のように単筒型燃焼器は、ガスタービン本体にも匹敵する大きさとなる。又、軸直角に配置されるため広いスペースと配置上の工夫を要する。又、単筒型燃焼器ではタービン入口円周上におい



マルチチャン型燃焼器



単筒型燃焼器

図6 燃焼器型式とガスタービン構造の比較図

てガス温度にバラツキが大となる傾向にあり、かつ、燃焼器壁面の冷却必要面積が大きくなるなど、ガスタービンの高温化に対して課題が潜在する。このような観点から、1150℃級大容量ガスタービン MW-701D 形に高炉ガスを適用するに際し、マルチチャン型燃焼器を開発することとした。

3.1 開発の経緯

製鉄所副生ガスである高炉ガスは CO が主な可燃成分で、 N_2 、 CO_2 などの不活性ガスを多量に含んでいる。このガスをガスタービン用の燃料として使用する場合、燃焼器の設計に際して次のような点に留意する必要がある。

- (1) 燃焼器断面流速は 100% に近い高い燃焼効率を維持できるよう、できるだけ小さくする。
- (2) 燃焼域の燃料空気比はガスタービンの全運転作動範囲で燃料ガスの可燃範囲に納まるようにする。
- (3) 低発熱量ガス燃料では燃焼に必要な空気量が増加するため燃焼器壁面冷却用に使える空気量が減少する。したがって効果的な壁面冷却構造が必要となる。
- (4) 大流量の燃料ガスと空気を最適に混合する燃料

ノズルを選定する。

- (5) 必要に応じてパイロット燃料を添加する。

以上のような点に留意すれば、高炉ガスにもマルチチャン型燃焼器の適用が可能であることが、これまでの試験結果等により分っていた。しかし、実用化にあたっては、部分負荷時の燃焼効率向上対策等の検証が必要であった。

このため、川崎製鉄㈱千葉製鉄所構内にて高炉ガスによる燃焼試験を実施した。

3.2 試験概要

(1) 試験装置

試験装置本体断面図と試験装置全景を図 7、図 8 に示す。

試験装置は、MW-701D 用実寸大燃焼器 1 本が試験でき、燃焼器まわりの空気流れはガスタービン実機に合う様に考慮されている。燃焼器内圧は大気圧で、空気温度および燃料ガス温度は熱交換器により燃焼排ガスおよび別置バーナー燃焼ガスを熱源として実機条件まで加熱した。

(2) 供試燃焼器

供試燃焼器と燃焼ノズルを図 9 に示す。

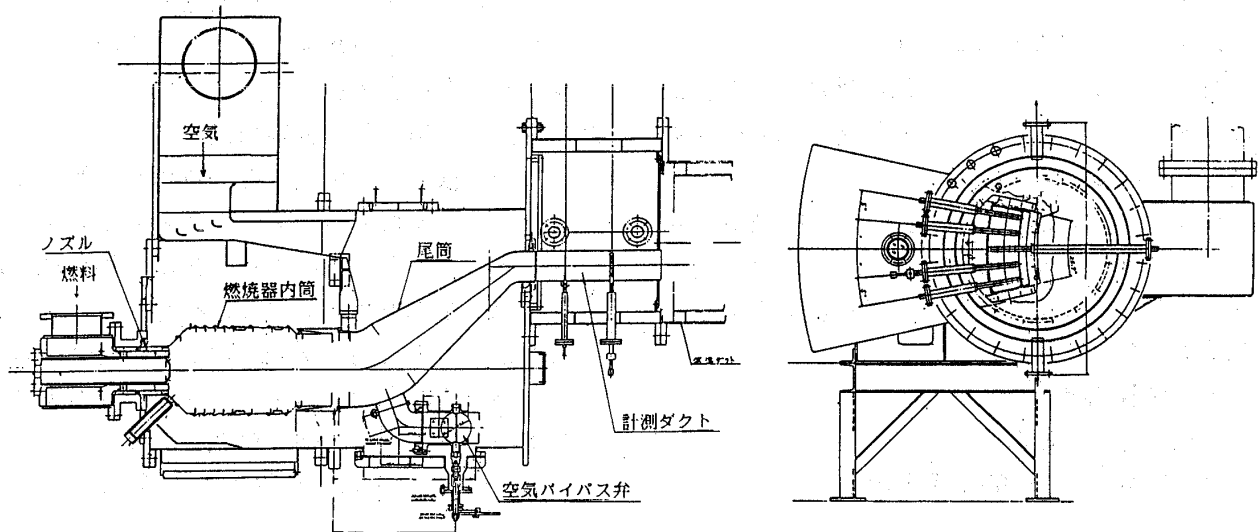
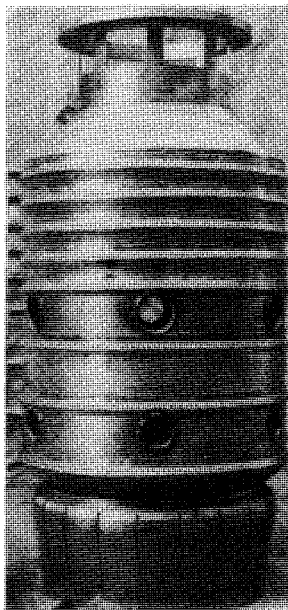
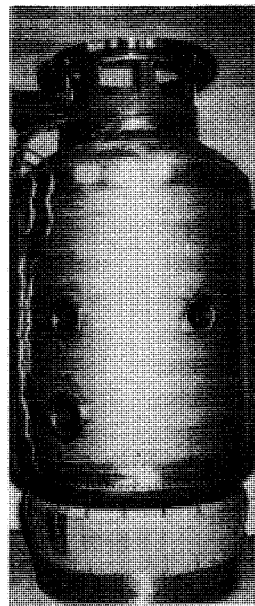


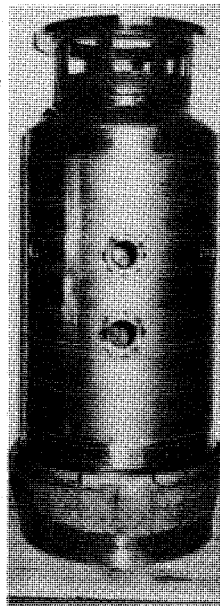
図7 燃焼試験装置本体断面図



タイプ A

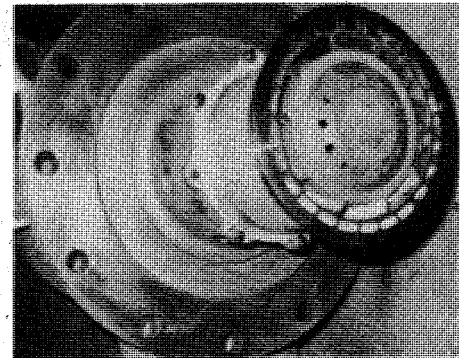


タイプ B

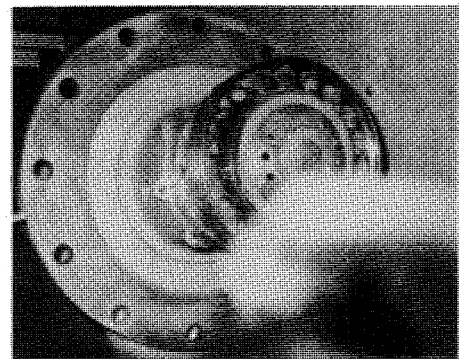


タイプ C

供試燃焼器



ノズル I



ノズル II

燃料ノズル

図9 供試燃焼器・燃料ノズル

タイプ A・B 燃焼器は、低発熱量燃料用として火炎安定性向上のために天然ガス等用の標準燃焼器に対し燃焼負荷率を約 70% に低減させたものであり、タイプ C は、標準燃焼器並みの燃焼負荷率としたものである。

また、タイプ A が従来方式の壁面冷却構造であるのに対し、タイプ B、C ではフィン付薄板積層冷却構造 (MTFIN) を採用した。

燃料ノズルはタイプ I、II の 2 種類で試験を実施した。

(3) 試験実施内容

表2に試験実施内容を示す。

第1ステップとして3種類の燃焼器と2種類のノズルの組み合わせにより最適な組み合わせを選定する試験を実施した。

次に、上記試験により選定した燃焼器を用い、ガスタービンの着火、昇速、負荷運転をシミュレートした条件下で、燃焼試験を実施、燃焼器の各特性を把握した。

3.3 試験結果

(1) 燃焼器選定試験結果

図10、図11に試験結果を示す。

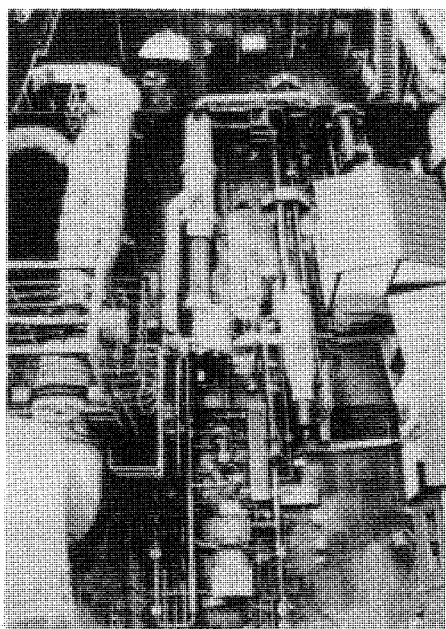


図8 試験装置全景

これらの結果より、 NO_x 低減効果が最も優れたタイプCの燃焼器とタイプIの燃焼ノズルの組み合わせを選定した。

(2) 着火・昇速・負荷試験結果

この試験では、昇速・部分負荷時の燃焼安定性を維持するための空気バイパス弁の効果を確認できた。この空気バイパス弁は、燃焼域の燃料空気比を調整するもので、構造的には東北電力桧東新潟火力発電所納入のLNG気化ガス焼きMW-701D形ガスタービン用予混合燃焼器で実績のあるものと同一構造である。

図12に低負荷時の燃焼効率と空気バイパス

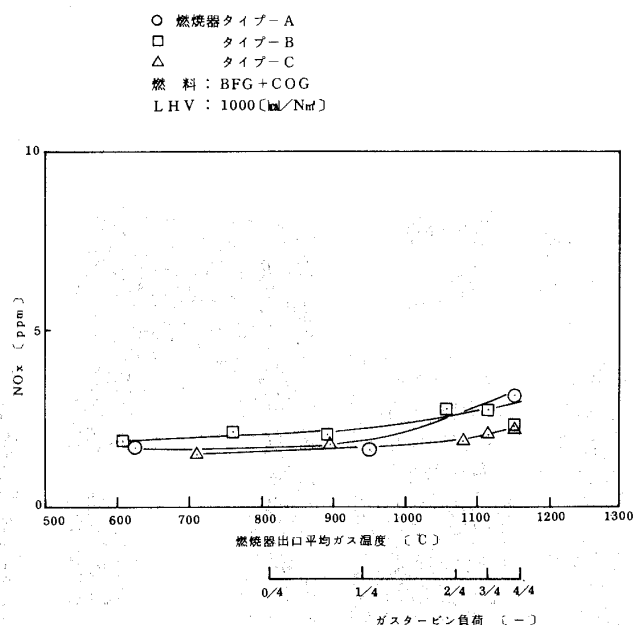
図10 NO_x 排出量：燃焼器形状の影響

表2 副生ガス燃焼試験実施内容

試 験 内 容		1. 燃 焼 器 選 定 試 験				2. 着 火 昇 速 負 荷 試 験	
		① 燃 焼 器 径 の 最 適 化			② 燃 料 ノ ズ ル の 最 適 化	① 着 火 ・ 吹 消 試 験	② 昇 速 ・ 負 荷 試 験
燃 焼 器	名 称	タイプ-A	タイプ-B	タイプ-C		タイプ-C	
	内 径	D×1.2	D×1.2	D		D	
	冷 却 方 式	フィルム冷却	複 合 冷 却	複 合 冷 却	複 合 冷 却	複 合 冷 却	
燃 料 ノ ズ ル	名 称	ノ ズ ル I			ノ ズ ル II	ノ ズ ル I	
燃 料 ガ ス	BFG+COG : 1000 [kcal/Nm³]	○	○	○	○	○	○
	BFG+COG : 1500 [kcal/Nm³]	—	—	—	—	○	○
	BFG : 750 [kcal/Nm³]	—	—	—	—	○	○
	BFG+LDG : 1000 [kcal/Nm³]	—	—	—	—	○	○

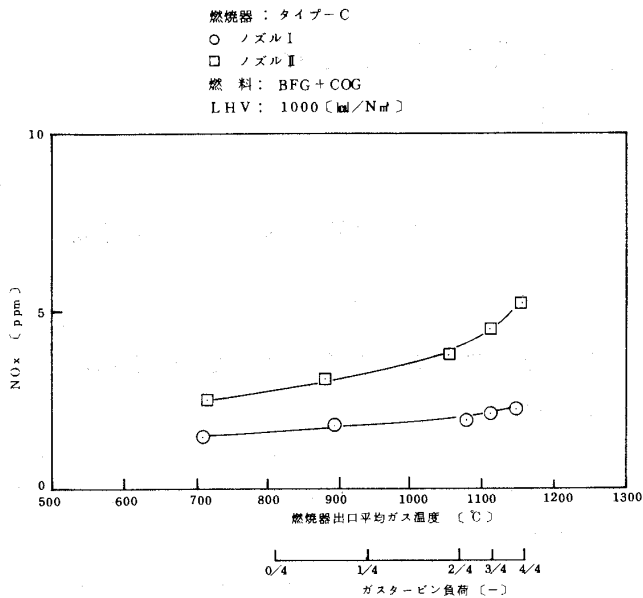
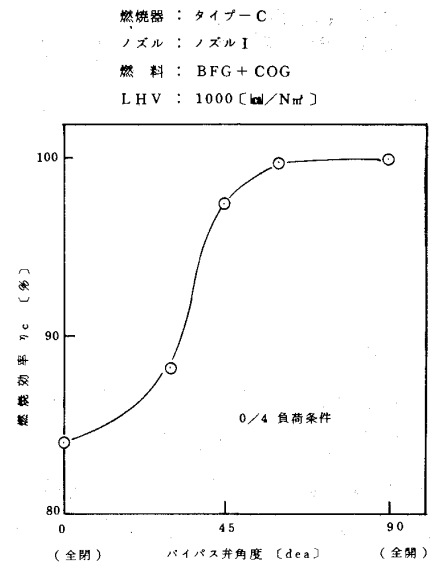
図 11 NO_x 排出量：燃料ノズル方式の影響

図 12 燃焼効率：バイパス弁角度の影響

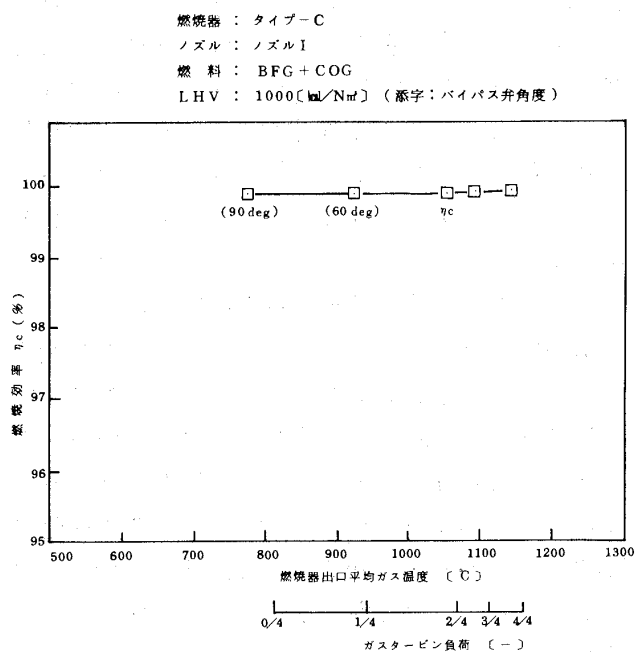


図 13 燃焼効率

弁の関係を示す。バイパス弁を全開して、燃空比を高めることにより高い燃焼効率を達成できた。

この結果より、約50%負荷より低負荷では、空気バイパス弁を操作することにより、昇速から全負荷迄の全運転範囲において燃焼効率を高く維持できることを確認した。この結果を図13に示す。

その他、着火、100%負荷遮断時の吹消え特性および壁面温度も良好な結果であり、実機へ十分使用可能であることが検証された。

4. あとがき

製鉄所の低発熱量ガスを燃料とする高効率のガスタービンコンバインドプラントとその基盤となった燃焼試験について紹介した。

資源の有効利用が叫ばれている今日、本文が製鉄所の副生ガスおよび石炭ガス化等の低発熱量ガスを使用するガスタービンコンバインドプラントを計画される方々の参考になれば幸いである。



シンプソンペーパー Co. に於ける コージェネレーション

石川島播磨重工業(株) 堀

吉之助

1. 緒 言

シンプソン製紙会社に於ける IM5000 コージェネレーションも既に 3 号機に至っており 1 号機以来、好調な運転成績と共に、幾多の変遷／改善がなされて来ているのでここに紹介することにした。彼会社のコージェネレーション計画は 1980 年の米国カリフォルニア州の省エネ促進の為の コージェネレーション州条例発効に伴い、検討が始められ、1980～1981 年にフィージビリティ研究により機器選定がなされ、主要機器発注は 1981 年 9 月から開始された。石川島播磨重工業 (IHI 社) の IM5000 ガスタービンは 1982 年 1 月に米国向 1 号機として契約になったわけであるが、その最大理由はガスタービン各種モデルの中で最高効率を保持していたこと、窒素酸化物 (NO_x) 抑制の水噴射運転実績が 3 ケ年以上に亘って成功していたことによるものであった⁽¹⁾。ここで周知のことと思われるが上記カリフォルニア州条例の概略を説明しておきたい。該当州条例は米国連邦政府の公共電力規制条例 (PURRA: Public Utility Regulatory Policy Act) を受けており、且つ米国他州の コージェネレーション振興策とは異なり出力制限 etc が付加されており、次の 3 項目の条件を満たすものであれば、投資額に対して税制面での優遇措置、余剰電力の買上げでの特例措置を享受できるようになっている。

- (1) コージェネレーションの発電機端出力は 50,000KW 未満であること。
- (2) 発電機端出力および熱出力の半分の合計和が燃料入力に対して 42.5% 以上であること。

注：上記定義は PURPA 効率と称し、コージェネレーション評価上、米国では重要な定義式となっている。

(3) 大気汚染に対して最新の抑制技術を適用していること。

しかしながら、ガスタービン機種の選定にあたっては以上の条件に適合するのは最低必要条件であるが、必要十分条件ではない。

客先としては、より高効率であること、省エネの為の熱出力が追焚なしで工場からの熱需要にマッチしていること etc 採算上の改善を追求すると同時に、信頼性が高く且つ整備面での容易性且つ将来に亘って陳腐化しにくい最新機種にて部品供給 etc 不安のないことが考慮されなければならない。それらをすべて満足するものとして IHI 社の IM5000 ガスタービンが選択されたのである。

シンプソン製紙の IM5000 第 1 号機は 1982 年 10 月に出荷され、カリフォルニア州アンダーソン市のシャスタ工場に設置され 1983 年 5 月に商業運転開始の運びとなった。彼会社との契約に現在 3 号機までに至っており、IM5000 第 2 号機は 1984 年 7 月受注、1985 年 3 月出荷、やはり加州ロスアンゼルス市郊外パモナのサン・ガブリエル工場に設置され、1985 年 12 月に運転開始、第 3 号機は 1986 年 10 月受注、1987 年 7 月出荷、加州モデスト市郊外のリボン工場に据付けられ、1988 年 4 月の運転開始に向けて現在着々と準備が進められている。

既存 2 ケ所のコージェネレーション・プラントは素晴らしい運転実績を残しており、米国のみならず世界的視野で注目を集めている。

世界屈指の大手化学会社ダウ・ケミカル会社は従来 100 台を越える大型ガスタービンを設置運転しているが、FT4 の 2 台を除き他はすべて産業型ガスタービンを採用してきたわけであるが、シンプソン製紙での高効率実績・高信頼実績を高く評価する所となり、シャスタ工場の見学・調査に基づき西独ハンブルグ市郊外のスターデ工場に

(昭和 63 年 1 月 21 日原稿受付)

IM5000を導入することを1982年12月末日に決定した。

この決定は、またシンプソン製紙とは違った意味で技術革新という観点から特筆すべきものと言えるものと思われる。即ち、これらはガスタービンの換装プロジェクトであり、従来から運転していたイタリー国フィアット社のTG20ガスタービン（米国ウェスティング社のW251モデルと同一）を廃棄してIM5000に換装するものであり、所謂 Repowering と称するもので、低効率ガスタービンは高効率GTによって取って替られる方向を示したものである。現在までに3基までの換装を完了しているのはIM5000ガスタービンの優位性が実績にて証明されたものと判断している。

IHIの実績は表1に示す通りである。

2. 経 緯

第1号機のシャスタ工場での詳細システム報告は他学会（ASMEガスタービン学会）にて発表されているので重複する部分についてはできるだけ避けたい⁽⁴⁾。

シャスタ工場での運転実績は素晴らしいもので4年間に恒る実績は表2および表3に示す通りである。年間8760Hrの内95%稼働率を目標としていたが運転開始以来4年間に恒って確保しており、ガスタービンプラントとしては類例を見ない好成績を残している。また2号機のパモナにあるサン・ガブリエル工場においては同様に、信頼率98%以上、稼働率95%以上を確保しているのは喜ばしい限りである。

従って客先としては、稼働率については不満は

表1 IHI ガスタービン実績リスト

	CUSTOMER	COUNTRY	STIG	ISO MW	FUEL	NOX CONTROL	IN SERVICE	OPERATING HOURS
1	MEIDENSHA CO.	Japan		35	Liquid	Yes	Aug. 1978	3,000
2	P.D.B., No.1	Bangladesh		35	Liquid	No	June 1980	18,840
3	P.D.B., No.2	Bangladesh		35	Liquid	No	June 1980	25,204
4	SIMPSON, No.1	CA, U.S.A.	Semi	42	Dual	Yes	May 1983	34,959
5	DOW CHEMICAL, No.1	W. Germany		35	N. Gas	Yes	Feb. 1984	27,589
6	DOW CHEMICAL, No.2	W. Germany		35	N. Gas & H ₂ Gas	Yes	May 1985	18,643
7	DOW CHEMICAL, No.3	W. Germany		35	N. Gas & H ₂ Gas	Yes	May 1986	10,392
8	SIMPSON, No.2	CA, U.S.A.		35	Dual	Yes	Jan. 1986	14,603
9	P.D.B., No.3	Bangladesh		35	N. Gas	No	Sep. 1986	2,249
10	P.D.B., No.4	Bangladesh		35	N. Gas	No	Sep. 1986	4,517
11	SIMPSON, No.3	CA, U.S.A.	Full	50	N. Gas	Yes	Jan. 1988	—
12	(BABCOCK & WILCOX)	CA, U.S.A.		35	N. Gas	Yes	Mar. 1989	—

As of Sep. 1987

TOTAL 159,996

表2 シャスタ工場コージェネレーションプラントでの信頼性および稼働率

- : 1ST YEAR AVERAGE (MAY 22, 1983 TO MAY 21, 1984) = AVAILABILITY 96.24%, RELIABILITY 98.17%.
 FOR THE CALENDAR YEAR OF 1984, AVAILABILITY IS 96.95% AND RELIABILITY IS 99.23%.
 2ND YEAR AVERAGE (MAY 22, 1984 TO MAY 21, 1985) = AVAILABILITY 95.59%, RELIABILITY 98.26%.
 FOR THE CALENDAR YEAR OF 1985, AVAILABILITY IS 94.76% AND RELIABILITY IS 97.89%.
 3RD YEAR AVERAGE (MAY 22, 1985 TO MAY 21, 1986) = AVAILABILITY 96.41%, RELIABILITY 98.99%.
 FOR THE CALENDAR YEAR OF 1986, AVAILABILITY IS 95.31% AND RELIABILITY IS 99.05%.
 4TH YEAR AVERAGE (MAY 22, 1986 TO MAY 21, 1987) = AVAILABILITY 95.26%, RELIABILITY 99.54%.
 4TH YEAR AVERAGE (MAY 22, 1983 TO MAY 21, 1987) = AVAILABILITY 95.87%, RELIABILITY 98.74%.

表3 シャスタ工場コージェネレーションでの運転成績(初年度)

	MONTHLY HOURS	HOURS OPERATED	RUNNING TOTAL (%)	NUMBER OF M.W.	CURTAILED HOURS (1)	HOURS RESTRICTED	HOURS (2) UNAVAILABLE	HOURS AVAILABLE	PERCENT AVAILABLE	HOURS RELIABLE	PERCENT RELIABLE
1983											
May (May 22-31)	240	102.2	42.6	0	114	0	5	235	98	240.0	100
June	720	521.6	72	0	252	0	21	699	97	699.0	97
July	744	595.1	80	1	204	32	10	734	99	744.0	100
August	744	729.9	98	3	0	0	14.1	729.9	98	744.0	100
September	720	662.4	92	3	0	32	25.6	694.4	96	712.75	99
October	745	684.7	92	3	0	0	59.3	684.7	92	710.2	95
November	720	689.5	96	5	0	0	30.5	689.5	96	710.5	99
December	744	655.0	88	3	0	48	41.0	703.0	94	713.0	96
1984											
January	744	367.6	49	0	319	0	57.4	686.6	92	686.6	92
February	696	449.2	65	0	256	0	0	696.0	100	696.0	100
March	744	722.2	97.1	3	0	0	21.8	722.2	97.1	744.0	100
April	719	658.9	91.6	4	23	0	37.1	681.9	94.8	719.0	100
May (May 1-21)	504	497.3	98.7	1	0	0	6.7	497.3	98.7	504.0	100
TOTALS	8784	7335.6	83.51%	26	1168.0	112	329.5	8453.5	96.24%	8623.05	98.17%

なく、逆にプラント・システムとして効率低下を招く水噴射運転を何とか代替技術にて革新できぬとの検討に入ることとなった。

シャスタ工場に於いて、1984年10月より出力増加、熱効率の改善検討の為、工場側での余剰高圧蒸気(4140kPa×315℃)を水噴射の代わりに蒸気噴射出来ぬかということであった。検討結果としては燃料ノズルの交換、蒸気ラインの追加、蒸気制御弁の開発が必要ではあるが、その他ガスタービン発電機内部については一切変更なしに蒸気噴射への移行が可能との結論に達した。1985年7月にデモンストレーション開始し、保証テストを同年8月に完了した⁽⁵⁾。本技術はSTIG (STeam Injection Gas turbine) という名称にて認知されており、シャスタ工場では発電機端出力32.9MWから41.8MW、発電熱効率36%から42%と大いに技術改善がなされたこととなった。1号機は保証テスト完了後、水噴射運転に戻ることなくSTIG運転がその後1年半続けられ現在に至っている。

第2号機の設置場所であるサン・ガブリエル工場では現状高圧蒸気が工場用として使用されていないので、蒸気噴射への移行は改造を要する部分が多いので、現在は水噴射による運転が続けられているが近い将来、上記同様STIG化計画が実施されるものと考えられる。

第3号機は、計画頭初よりSTIG化にて検討され、上記高圧蒸気のみならず、低圧蒸気(1720

kPa×232℃)をも同時に噴射するというFull STIG型IM5000ガスタービンの採用となり、単基出力にて49.5MWの加州条例規定の50MW出力制限一杯まで増加が図られており、発電端熱効率も約43%と著るしい改善となって所謂複合サイクルに極めて近い数値となって来ている⁽⁶⁾。

要約して3ヶ所のコージェネレーション・プラントでの主要目・諸元および主要機器供給メーカを紹介しておこう。

A. 1号機 IM5000 コージェネレーション

設置場所：加州アンダーソン市シャスタ工場

運転開始：1983年5月

諸元要目：発電機端出力 32,900KW

蒸気発生量 49T/Hr

(4140kPa, 520kPa, 103kPaの合計)

天然ガス/液体燃料自動切換方式

排ガス規制対策 水噴射方式

(規制値52kg/Hr:75PPMVD相当)

吸気フィルタ 蒸発冷却器付

フィルタ交換式

ガスタービン 2重エンクロージャ内設置

エンジン制御 アナログ1重式

主要機器：ガスタービン IHI

発電機 Electric Machinery

排ガスボイラ Henry Vogt

ガス圧縮機 Dresser-Rand
 フィルタ消音器 Burgess
 プラント制御 Fisher

B. 2号機 IM5000 コージェネレーション

設置場所：ロスアンゼルス市郊外パモナ
 サン・ガブリエル工場

運転開始：1985年12月

諸元要目：発電機端出力 33,300kw

蒸気発生量 49t/Hr

(1720kPa, 520kPa の合計)

天然ガス／液体燃料手動切換方式

排ガス規制対策 水噴射方式

(規制値 52kg/Hr : 75PPMVD
 相当)

吸気フィルタ 蒸発冷却器付
 自己洗滌式

ガスタービン 2重エンクロー
 ジャ内設置

エンジン制御 アナログ1重式

主要機器：ガスタービン IHI

発電機 Brush

排ガスボイラ Henry Vogt

ガス圧縮機 Atlas-Copco

フィルタ消音器 Farr

プラント制御 Westinghouse

C. 3号機 コージェネレーション

設置場所：加州モデスト市近郊リポン工場

運転開始：1988年4月予定

諸元要目：発電機端出力 49,500KW

蒸気発生量 63t/Hr

(5240kPa, 1030kPa, 170kPa の
 合計)

内工場蒸気需要 20t/Hr

天然ガス専焼方式

排ガス規制対策 蒸気噴射方式
 & SCR 設置

(規制値 15% O₂ 換算 9PPM
 VD)

吸気フィルタ 蒸発冷却器付
 フィルタ交換式

ガスタービン 2重エンクロー
 ジャ内設置

エンジン制御 デジタル3重式

主要機器：ガスタービン IHI

発電機 Electric Machinery

排ガスボイラ Deltak

ガス圧縮機 Worthington

フィルタ消音器 Farr

プラント制御 Westinghouse

但し、1号機コージェネレーションは1985年8
 月より余剰高圧蒸気を利用するの蒸気噴射方式に
 切換っており、次の如く諸元が変っている。

A¹. 1号機 コージェネレーション

運転開始：1985年8月

諸元要目：発電機端出力 41,800kw

排ガス規制対策 蒸気噴射方式

(NO_x排出レベル 25PPMVD以
 下)

3. プラント構成

コージェネレーション・プラントであるので主
 要機器構成としては勿論、電力発生のためのガス
 タービン発電機および蒸気発生のための排ガスボイ
 ラとなるわけであるが、それに加え大気汚染防止
 のための純水供給装置、騒音規制のための各種防
 音装置／パッケージ、燃料ガスの圧力を所定値ま
 で昇圧するためのガス圧縮機、プラント全体をま
 かなう冷却水設備、etc が欠かすことのできない
 重要な補機装置類となる。またシステムとしては
 簡単な吸気蒸発冷却器も大気温度が高い場合にも
 発電機端出力を相当程度確保する意味でも重要機
 器として入れても良いかもしれない。

本節では、しかしながら、ガスタービンを中心
 とした主要機器につき述べるものとし、補機類は
 別節に譲ずるものとする。

2号機のサンガブリエル工場のコージェネレー
 ション全景写真を図1の如く示す。

図1でわかる通り、排ガスボイラを除いては、
 主要機器／補機器はビルディング内に設置されて
 いる。

3-1. ガスタービン

最も重要な構成機器であり、コージェネレー
 ション・プラントの成否の鍵を握るものであり、
 高効率・高信頼性・整備容易 etc の種々の観点か
 ら最良の選択をする必要がある。シンプソン製紙
 での3ヶ所のコージェネレーションプラントでは
 IHI の IM5000 ガスタービンが使用されている。

図2に示す如く、IM5000ガスタービンはGE社製のLM5000ガス発生機とIHI社製のITA1203出力タービンから構成されるもので、軸端出力50,000HP、熱効率38%と現在のガスタービンの中で単純サイクルにて最っとも高効率を保持する第2世代GTの代表モデルである。また前節にて述べた如く近年の蒸気噴射サイクルを適用して70,000HP、熱効率43%迄改善されることになる⁽⁶⁾。

LM5000ガス発生機はGE社の量産エンジンCF6-50ファンエンジンから転用したもので、

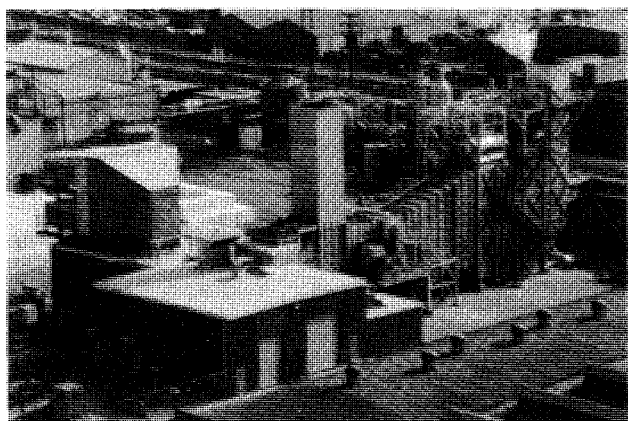


図1 パモナ地区サンガブリエル工場
コージェネレーションプラント全景

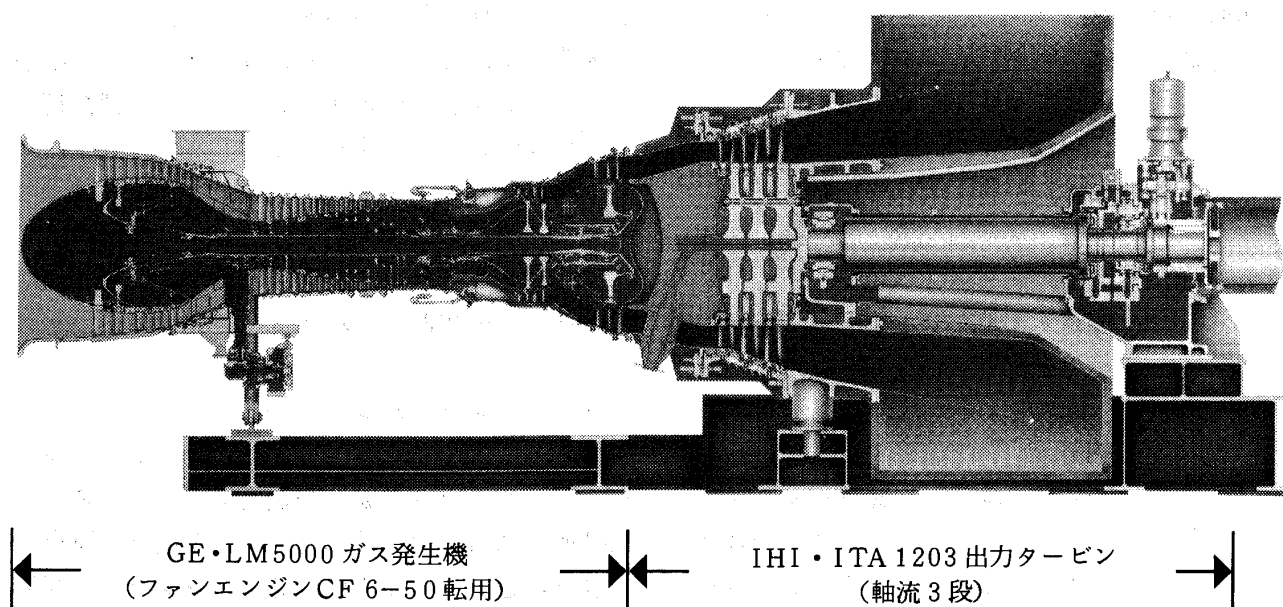
A300、DC-10、B747などにて数千万時間の飛行実績を持っておりその実績は高く評価されている。相互の共通部品は80%に達しており、高信頼性を保持すると共に長期に恒る部品供給が問題なく確保できる利点もあるので使用者にとっても安心して運用できる陸用においてもIHI社の10台の実績を中心に、15万時間以上の運用が高稼働率にて確保されている。ITA1203出力タービンは2000rpm~4200rpm迄の広範囲の速度レンジをカバーできる様に設計されており、片持染の産業型設計構造となっており、オーバーホール間隔は10万時間と設定されている。

3段軸流にて翼端シュラウドを採用することでタービン効率も90%に達している。50Hzおよび60Hzでも出力タービンは同一であり、世界各地での周波数の違いに拘らず、一本化した部品供給体制を敷くことが出来るので、客先および製造者にとってもメリットがある。

従って1号機完成より早や10年が経過しているが出力、効率にてこれを凌駕するガスタービンは現出しておらず、産業型および航空転用型を問わずすべてのガスタービン機種の中で、現在最とも効率指向に優れたエンジンと云える。

軸端出力36MW(不含吸/排気損失)

軸端熱効率38%(不含吸/排気損失)



GE・LM5000 ガス発生機
(ファンエンジンCF6-50転用)

IHI・ITA1203 出力タービン
(軸流3段)

図2 IHI IM5000 ガスタービン断面図

3-2. 発電機

いずれのプラントに於いても、水空冷式 (TEWAC) ブラジレス 3 相交流発電機が選択されている。

水空冷式が選ばれたのは、主として室内/屋外騒音を押えるためであり、機側 1 m にて 90~91 dB(A) が確保されている。

発電機容量として初めの 2 プラントにて 39 MVA、最新のリボン工場に於いて 58 MVA が採用されているが、定格は力率 85%，絶縁 F 種、且つ温度上昇 B 種相当にて定められているので、1 号機シャスタ工場の如く 33 MW から蒸気噴射 (Semi-STIG) 応用にて 42 MW 出力アップに対しても十分対応できる設計になっている。上記はすべて屋内設置である。

3-3. 排ガスボイラ

いずれのプラントでも、屋外型にて自然循環式のモジュール設計のものも採用されており、優秀

な成績を残している。ドラム数は各工場での蒸気需要により異なっているが 2 基もしくは 3 基にて構成されている。蒸気発生量は高/中/低圧を含め合計で約 50~60 t/Hr (追焚きなしにて) となっている。ガスタービン温度は 400~430℃ であり、排ガスボイラにて排熱回収され、煙突出口温度は 135~150℃ となるように設計されている。

尚、最初の 2 プラントではボイラ入口部にバイパス煙突を設け、ガスタービンの単独運転が可能であったが、最新のリボン工場では NO_x 9 PPMVD 規制は蒸気噴射によって達成できないのでバイパスは設けておらず、且つボイラ内部に SCR を装備する必要があった。

4. プラントのヒートバランス

図 3、図 4 の如く水噴射ならびに蒸気噴射の適用の違いによるプラントのヒートバランスを示す。即ち水噴射プラントでは、吸気温度 15℃ 状態に於いて天然ガス燃料、約 91,500 KW 入力に対し

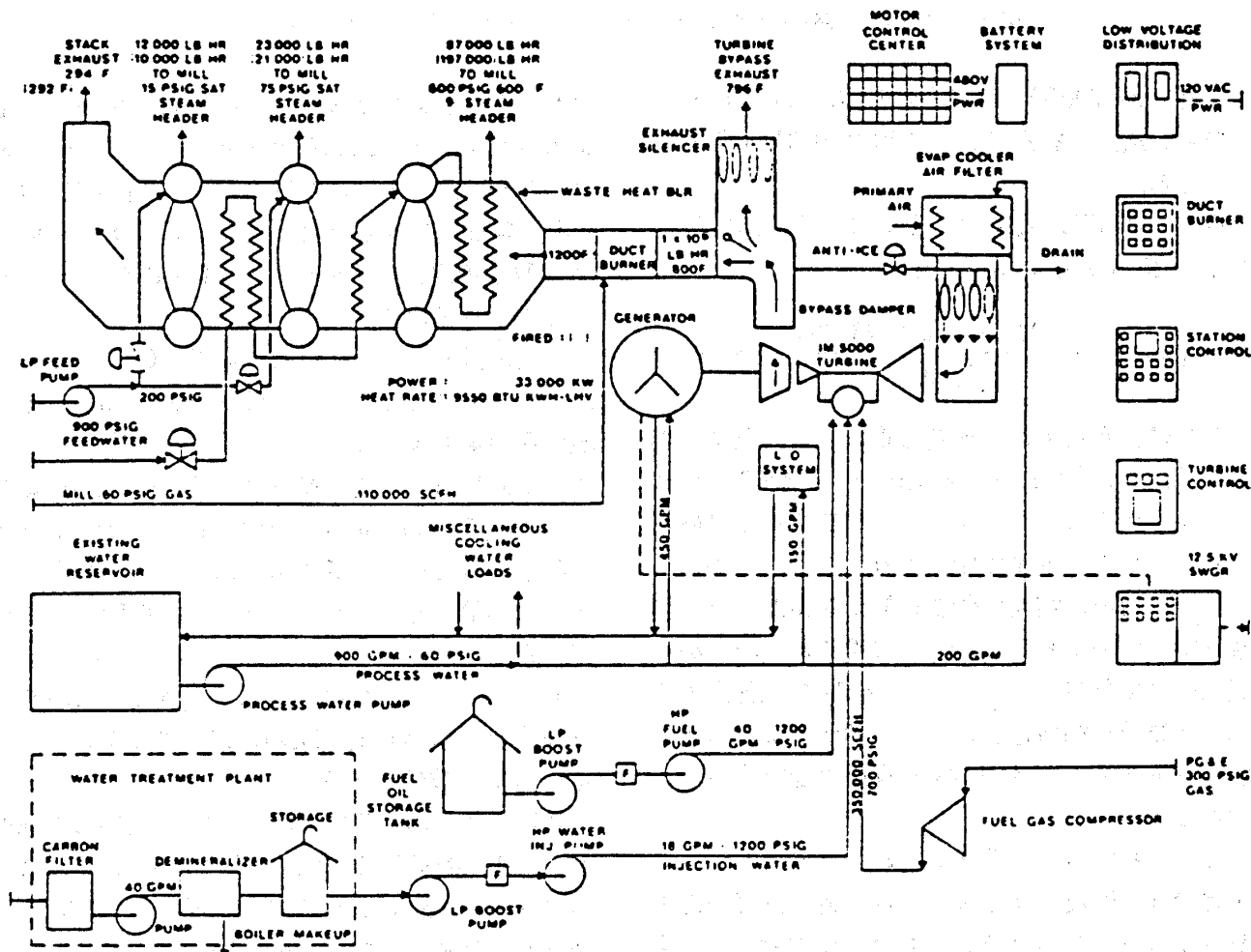


図 3 シャスタ工場コージェネレーションプラントヒートバランス

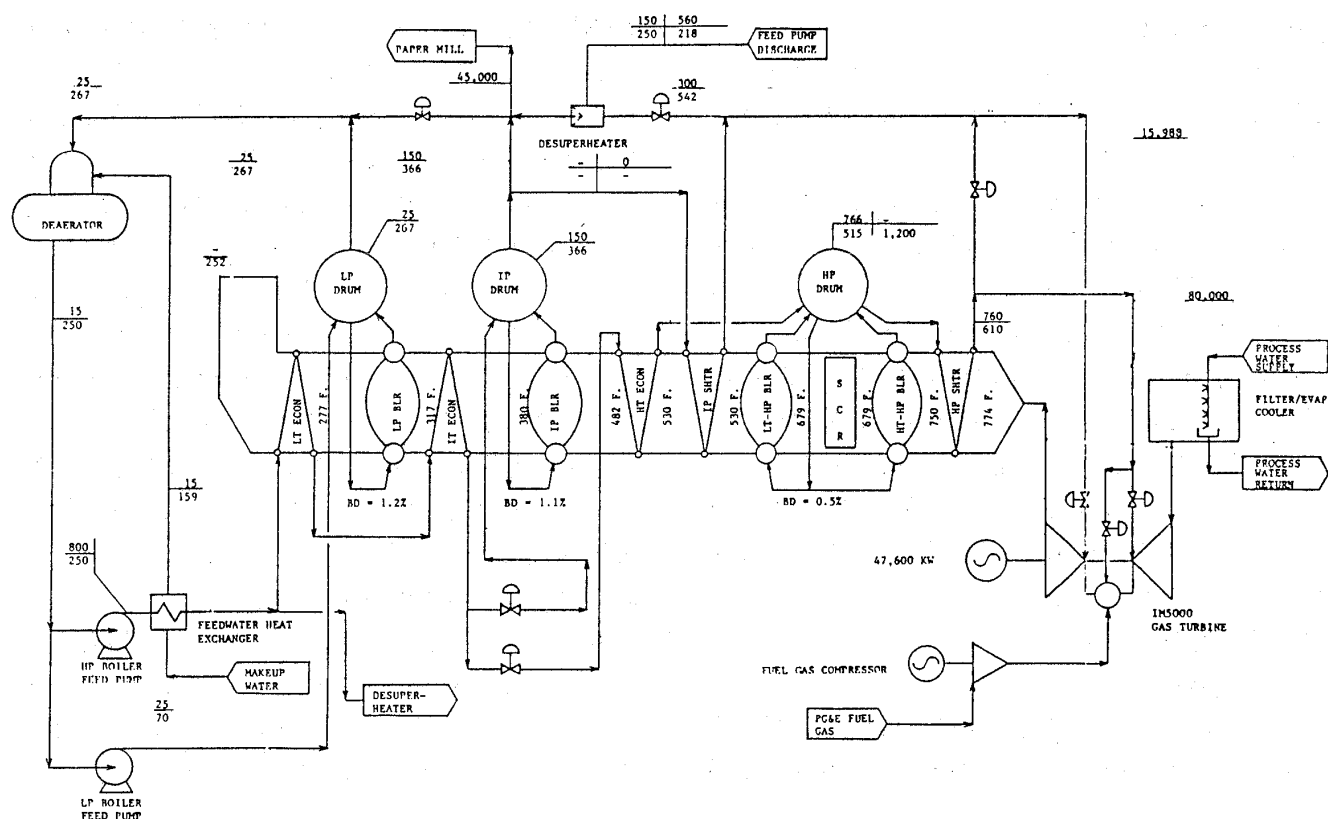


図4 リポン工場コージェネレーションプラントヒートバランス

て、電力32,900KW（発電熱効率36％）を得ると同時に、熱出力を蒸気として約43,600KW得ることになる。

即ち、PURRA 効率 は、下記の如く算出され、規定値 42.5 % を大巾に超えている。

$$\eta_{\text{PURPA}} = \frac{32,900 + 0.5 \times 43,600}{91,500} = 59.8\%$$

この際、水噴射量は燃料流量に対して重量比にて60%となっており、目標値75PPMVDは十分にクリアすることができる。この方式は2号機のバモナ・プラントまで踏襲されている。しかしながら、水噴射は窒素酸化物抑制上炎温度を下げる意味では極めて有効な方法ではあるが、液相から気相への変化はガスタービン内部にて進行する為、蒸発熱は燃料追加によって補わねばならず、省エネ指向もしくは高効率指向には逆行する方式である。

この不利な点を克服するため、1号機ジャスタ工場では運開後2年を経て、部分的に蒸気噴射を実施する所となった⁽⁵⁾。ガス発生機内部を変えずに、圧縮機出口および燃料ノズルより蒸気噴射さ

せた。蒸気噴射量は最大29t/Hrとなっており、従来の水噴射量5t/Hrに比べ5倍である。その結果は、燃料入力100,400KWに対して電力41,800KW（発電熱効率41.8%）を得ることができた。窒素酸化物排出レベルも目標値25PPMVD以下となることは確認できている。

上記結果をベースとして Full STIG プラントの計画が実施に移された。Full STIG とは高／低圧蒸気を可能な限りガスタービンに噴射する方式で、これにはガス発生機内部構造の改造が必要となってくる。高圧蒸気は上記方式にて且つより多く噴射できる様に、低圧蒸気はタービン後段のノズル（静翼）を中空にして後縁から噴射できる様に改造した。

ヒートバランスは図4の通り計画されており、1988年4月以降に運転実績が出てくるが、ほぼ間違いのない数値である。

燃料入力 115,500KW に対して、電力 49,500 KW（発電熱効率 42.8%）、熱出力として工場用のプロセス蒸気として 15,300 KW を得る。PURPA 効率としては、次の如くなる。

$$\eta_{\text{PURPA}} = \frac{49,500 + 0.5 \times 15,300}{115,500} = 49.5\%$$

これは一見、水噴射プラントに比して効率が低下している様に錯覚されようが、プロス蒸気がこれ以上不要なこと、また根幹となる発電熱効率が相対的に約 20% 改善されており、通常複雑な複合サイクルに極めて近いプラント効率であり、客先にとっても、単なる定義以上の魅力あるプラント数値となっていると判断される。

5. ガスタービンの各システム

5-1. 燃料システム

1号機シャスタ工場では、天然ガス／軽油自動切換方式が採用された。天然ガスはガス会社からの保証供給圧が 2720 kPa とガスタービン所要圧力 4140 kPa に不足するので、水平対向往復動圧縮機 2 台（各 100% 容量）を備えつけた。軽油は従来からあるタンクを改造して貯蔵し、専用の電動昇圧ポンプ 1 台を装備した。

2号機では 1号機の例から、ガス供給停止が 2 年間にて只 1 回のみだったこと考慮して、自動切換はやめ、手動切換方式とした。

3号機では STIG 方式なので、天然ガス供給停止は原則として考慮しないことで、軽油ラインは設置していない。

5-2. 潤滑油システム

システムとしての変更は一切ないが、出力増加に伴い、冷却器の容量は大きくなっている。

ガス発生機用としてエステル系合成油（MIL-L-23699）、出力タービン・発電機共用として鉱物油（タービン油 120 番相当）を使っていることに変わりはない。

5-3. 冷却水システム

これも大きな変更はない、プラント全体として 3400～4000 リットル/毎分の容量となっている。

ガスタービン用としてはその内 1000 リットル/毎分を使用するに過ぎない。

プラント用途としては、上記潤滑油冷却の外、発電クーラ冷却、ガス圧縮機シリンダ冷却があるが、他の大きな用途としては次項で述べる吸気蒸発冷却器用として、約 750 リットル/毎分がある。

5-4. 吸／排気システム

吸気フィルタ、吸／排気消音器の設置などシス

テムとして他の GT プラントと共通的事柄が多いが、シンプソン製紙の各プラントは吸気フィルタの一部に蒸発冷却器を採用した割合初期の例であり、且つ十分なる効果を有しているので説明する。

米国加州は特に夏期に乾燥しており、温度 40℃ 湿度 20% ということは珍らしくない。そのまゝではガスタービンの出力低下とともに、排ガス量の低下も厳しく蒸気量も減少してプラントとしての機能低下をきたして思わしくない。そこで通常の市水を利用して吸気内にて蒸発させ、その潜熱により吸気温度を 15～20℃ 下げることが出来るのでその効果により出力増加を 15～20% 獲得できるのである。

大気は先ずルーバを介してプリ・フィルタに入り、粗粒子は除去され、小さな粉塵などはメッシュの細かいメイン・フィルタにて更に取除かれ、ガスタービンにクリーンな空気を吸い込ませるのが通常である。

シンプソン製紙の各プラントでは、その途中、セルロースを使った蒸発冷却器を採用している。即ちセルロースのヒダに常時市水を供給し、乾燥空気を通過させることにより相対湿度は 100% となり、潜熱により 15℃ 冷却させるのは容易である。

但し、このシステムは欠点もあり吸気システムが常に 100% 湿度に曝されているので、錆対策には十分注意を要し、ステンレス内張 etc が必要となってくるので、費用対効果は念頭に置かねばならぬ。

5-5. 水洗滌システム

ガスタービン特にその圧縮機では汚れに対しての性能劣下が敏感なので上記フィルタの選定には十分なる検討が必要となるのは言うまでもないが、現存のフィルタではどれを採用しても万全ではなく、約 1 ヶ月毎のガスタービン洗滌が実施される。

シンプソンではガスタービン停止して、圧縮機のみならず、タービン部についても燃焼ノズルの水／蒸気ラインを使用して水洗して、万全の汚れ除去がなされるよう装備されている。

5-6. 制御システム

ガスタービンを制御するガバナとしては最初の

2 プラントではアナログ1重式のウッドワード社製の定評ある43027モデルを採用している。しかしながら客先は頭初より、計装および制御系については冗長システムを望む意向があったので、上記43027ガバナは現地に予備ガバナー式を最低1年間保管し、且つ常に電源を入れておき、緊急の際にも直ちにバックアップ交換できるようにしておいた。3号機に於いては予備を持ちこと無く、IHI製の3重冗長系のデジタルガバナを採用した。それに加えシーケンサ、データ収集装置および自己診断機能を保持する制御操作パネルはすべてIHI製に変更された。3重冗長系を採用することにより、1つの系に異常があっても残り2重系で運転続行でき、その修理も運転中可能となるので、計装不具合によるプラント停止は今後、皆無となろう。

6. 運転実績

現在稼働中のシャスタ工場およびパモナ工場において、ガスタービンの信頼率98%、稼働率95%が数年に担って確保されている。実績として表2および表3に示す如く、類例を見ない高稼働率にて、航空転用型ガスタービン特にIM5000の高信頼性が実証されたものと言えよう。この結果はガスタービン供給者の功績だけでなく、客先オペレータの面密な運転計画、且つメンテナンス整備の周致な実施などの功績も寄与する所大きいものと言わざるを得ない。

特に蒸気噴射運転においては、燃料も天然ガスのみ、窒素酸化物抑制のための蒸気も、ガスタービン内部にて液相/気相の変化がなく、より安定した燃焼を得ることになると見ており、今後の運転結果を期待とともに見守って行きたい。

7. むすび

シンプソン製紙会社におけるコージェネレーションの実際について述べてきたが、1号機、2号機と単なるレポートでない、ステップ毎の改善、新システム(特に蒸気噴射)の導入など、毎回新しい技術目標をもって、工事展開できたこと、且つその結果としての運転実績が良好であったことは技術者としての生き甲斐のあることであった。

特に3号機の蒸気噴射サイクル(STIG)は今後のガスタービンプラントの方向を十分に示唆したものと考えている。

—ガスタービンの熱効率改善—

発電端熱効率が単一機関として43%に達することになり、ディーゼル機関、ガスエンジン等の容積式機関に較べて遜色がない。

—位コストの実現—

機器数の多い複合サイクルを採用することなく上記熱効率達成できており、ほぼ通常のコージェネレーションの同一の機器構成にて出力増加50%を確保できるので、機器費としては各種機関の中で最安価のものとなり得る。

—大気汚染対策容易—

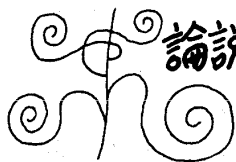
窒素酸化物排出レベルは15%酸素濃度において25PPMVDは達成可能であり、脱硝装置なしにプラント構築することもできる筈である。

本年4月以降に50,000KW単一機によるIM5000ガスタービンの蒸気噴射サイクル実現となるので、その運転成績は注目して行きたいし、今後それについて述べる機会あると信じている。

[以上]

引用文献

- (1) de Biasi, V., Gas Turbine World, July 1982
- (2) Jeffs, E., Gas Turbine World, May 1985
- (3) Aumann, M., "Repowering with IM5000 Gas Turbines Improves Cogeneration at Dow chemical Stade", 87-TOKYO-IGTC-111
- (4) Moeller, D. & Kolp, D., "Simpson Paper Co.: First 35MW IM5000 in Cogeneration Plant" ASME-84-GT-55
- (5) Burnham, J., Giuliani, M. & Moeller, D. "Development, Installation and Operating Results of a Steam Injection System (STIGTM) in a General Electric LM5000 Gas Generator" ASME-86GT-231
- (6) Oganowski, G. "LM5000 and LM2500 Steam Injection Gas Turbine" 87-Tokyo-98
- (7) Takeo, K. & Shimura, Y. "Development of 20,000 to 50,000 HP Aircraft-Derivative Gas Turbines" ASME-82-GT-23



論説・解説

首都圏における産業用 コージェネレーション設備 (コニカ(株)日野工場の例)

コニカ(株)日野工場 平 林 丈 人
三井造船(株)玉野事業所 表 義 則

1. はじめに

東京都圏に位置するコニカ(株)日野工場において、都市ガスを主燃料とするガスタービンコージェネレーション設備が設置されている。この工場はコニカ(株)において KONICA カラーに代表される写真フィルム等の写真感光材料を生産しており、早くから省エネルギーの取組を開始し、種々の省エネルギー対策を実施してきたが、さらに大きな効果をめざして首都圏では最大容量の 14 MW ガスタービンコージェネレーション設備を 1987 年初頭に導入した。この設備は本稼働に入ってからほぼ 1 年を経過し、略目標通りの成果が得られている。

コージェネレーション設備は高効率な省エネルギーシステムであるが、このシステムを最高に効果ならしめるためには、システムが生み出す電気と熱を常にむだなく利用出来るかどうかにかかっており、導入にあたっては消費する電気および熱源の負荷バランスをコージェネレーションのそれに合わせる努力も必要になってくる。

以下、日野工場における省エネルギーの取組と導入したガスタービンコージェネレーション設備の概要、使用状況について報告する。

2. 省エネルギーの取組み

コニカ(株)日野工場における購入エネルギーは電気と燃料であり、1980 年当時のエネルギー使用量は燃料油換算で 27,500kl もあり、主製品であるフィルム製造原価に占める比率も大変に大きかった。さらに中・長期の生産の伸長予測からエネルギー消費量を推定すると図 1 に示すように膨大な量となることが予想された。当時は第 2 次オイル

ショックで原油価格は不透明で、エネルギーコストは年々上昇すると推定されたので、この急上昇するコストの吸収施策は大型省エネに取組む以外にないと判断し、全社的な省エネルギー推進プロジェクトを発足させ、図 1 の目標を設定して省エネルギー施策とエネルギー構造改革に着手した。

省エネルギー展開の理念として「安く作る」「うまく使う」「逃さない」を旗印にユーティリティ供給部門、消費部門、技術部門が一体となって取組み、次の段階を経てコージェネレーションを導入した。

第 1 次施策：発熱の徹底回収、自然エネルギーの活用等

第 2 次施策：生産条件、設備革新、供給ユーティリティのコストダウンとコージェネレーション導入のための消費構造の改革等

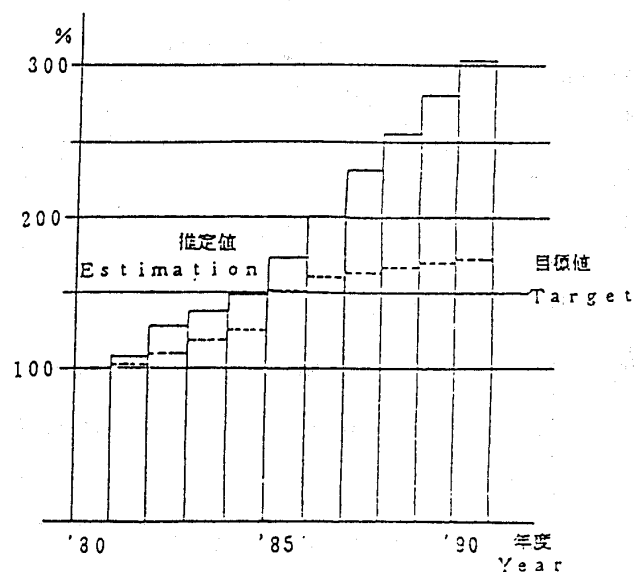


図 1

(昭和 63 年 2 月 18 日原稿受付)

第3次施策：コージェネレーションの導入

第1次、2次施策の中で図2、図3に示すように電気および熱源（蒸気）の負荷バランスを可変出来るシステムを構築し、コージェネレーションシステムを高効率で稼働出来る見通しを得た。

3. コージェネレーションの導入

1984年よりコージェネレーションの具体化検討を開始した。工場のエネルギー負荷（図2、図3）より種々検討の結果、コージェネレーションシステムを効率よく使い切れる設備能力は、発電容量10～13MWでこの範囲であれば排熱も極限まで回収が可能と判断された。

具体化のためには、技術調査、規制法の調査と折衝、地域環境問題、生産設備との適合性、買電との契約変更および買電系統の技術解決等々多くの処理事項がある。日野工場の設備規模は都市ガスを使用し、首都圏に設置する設備としては最大規模のもので、他に事例がなかった事情もあるが、解決すべき問題が多く検討、調整には時間を要したが、これらは目標期間内でクリアし、'86年5月には着工し、'86年12月官庁完成検査に合格、直ちに運開に入った。

コージェネレーション導入にあたってシステムの選定は設備の省エネルギー効果を最大にする目

的から重要である。それは単にエネルギー総合効率だけでなく電熱比率、連続運転、信頼性、環境適応性、設置スペース等日野工場のニーズに適合した設備として総合的な評価が要求された。表1に日野工場の環境からみた評価を示す。この評価からガスタービンコージェネレーションシステムを採用した。ガスタービンの選定では当時国内で実績をもち、ベースロード形でありながら航空船用形にも匹敵する熱効率をもつ三井造船機のSB60形ガスタービンを採用した。

4. コージェネレーション設備の概要

1) 設備への要求とその対応

コージェネレーション設備を日野工場のニーズに適合させる為に様々な対応策をとったが、その主なものは次の通りであった。

イ) 電熱比への対応

図2、図3に示される年間負荷バランス変化の他に昼夜、休日においても負荷バランスは変動する。この対応としては全力負荷時だけでなく部分負荷時にも総合熱効率の高い2軸形ガスタービンを採用した。

一方、制御系としては買電量制御、発電量制御、蒸気発生量制御が選択出来るようにし、蒸気発生系としては助燃設備を設置した。

最大電力

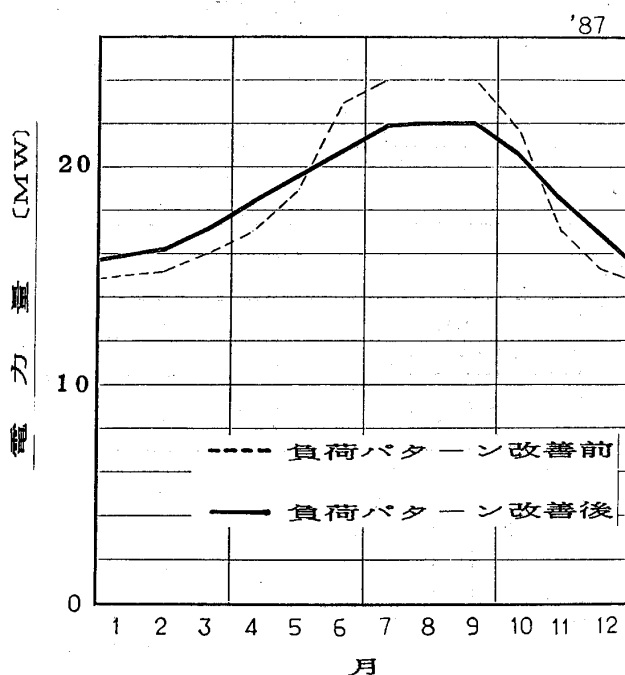


図2

平均蒸発量

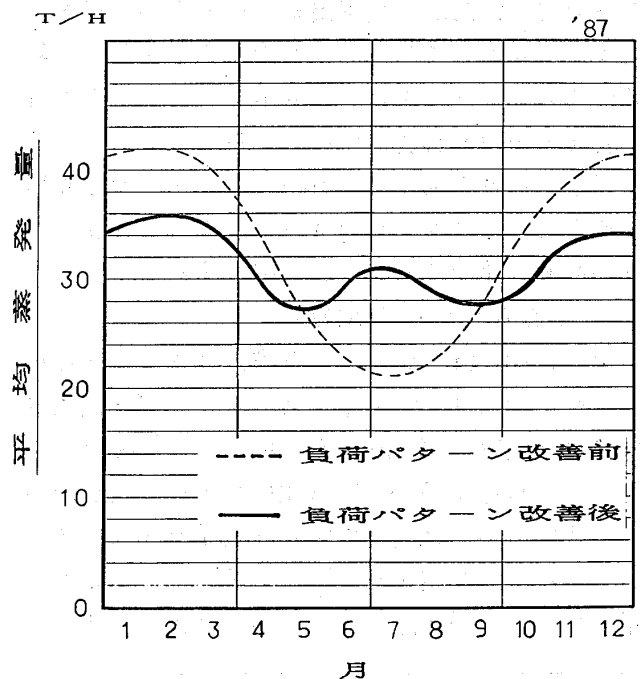


図3

表1 コージェネレーションシステムの選定（当工場環境から見た主たる内容）

システムの方式	発電 効率 %	当工場での エネルギー 利用効率 %	連 続 運 転	生 産 設 備 適 用	信 頼 性	環 境 適 応	電 熱 比	経 済 効 果	設 置 ス ペ ース	燃 料 の 選 択	
ディーゼルエンジン 発電+熱回収	44.5	62.2	×	×	△	×	○	○	×	×	略2ヶ月毎にメンテ 単独では生産設備の制御に不適 往復動式であるため故障が多い NOx, 振動, 騒音が大きい 設置台数増に伴う設置スペース大, 燃料の使い分けが出来ない
ガスタービン 熱電+熱回収 (シンプルサイクル)	30	73~(80)	○	○	△	○ ~ △	○	○	○	○	石油燃料燃焼時 NOx が多い 実績が少ない 電, 熱, 比が 1 : 1.5 OK 助熱運転によりエネルギー効率 UP 可
蒸気タービン 発電+蒸気回収	排圧 5~10	89	○	○	○	○	×	△	○	○	発電効率が低い 電, 熱, 比が 1 : 2 以上 利用率と負荷率を共に高めること は, 不可
	抽気 20	60						×			

ロ) 夏期の発電能力の維持

夏期におけるガスタービン出力低下を防ぐための手段として日野工場において利用出来る冷水を使い圧縮機吸込み温度を下げる空気冷却器を吸気系に設置した。

ハ) 燃料多様化

都市ガスを主燃料として使用するがA重油も利用出来る設備とする。この為にデュアルフューエルシステムを採用し、都市ガス、重油が天々単独で、或は両方が任意の混合比で燃焼出来る設備とした。

ニ) 環境維持対策

排出NO_xを130ppm (O₂: 5%換算) 以下に保ち、工場境界の騒音を55dB以下とする。前者の対策としては蒸気噴射を行なうが、所内で高圧蒸気が得られないので、蒸気噴射に必要な蒸気を発生出来る高圧ボイラーを付加した。騒音に対しては防音カバー、サイレンサー等要求にマッチした設備とした。

ホ) 設置スペース

限られたスペースにコンパクト設置する為に出来るかぎり積み上げ方式とする。この為に排熱ボイラーは縦形の強制循環ボイラーにすると

共にその補機類（給水ポンプ等）は全てボイラーの真下に設置した。また運転制御室と電気室は2階建てとし、その屋上に空冷油冷却器を設置した。

ヘ) 運転信頼性の向上と省人化等

予想しない緊急停止や運転員の増加は著しく設備の経済性をそこなうので連続運転の信頼性維持の為に主要補機器と主要警報監視は二重方式とするとともに、運転の自動化、CRTで運転状況の常時監視、テレビモニターの採用等を行なって運転員の増員を不要とした。

2) 設備機器の主要目

コージェネレーションシステムの総合エンジニアリングは三井造船㈱が担当した。

ガスタービンはSB60形2軸式ガスタービンで最大連続出力は14MW、その主要目は表2に示す。起動はディーゼルエンジン起動方式とした。

発電機は回転界磁形ブラシレス三相同期発電機で主要目は表3に示す。

ボイラーはガスタービンへ供給する蒸気と、工場ユーティリティとして使用する低圧蒸気を作る二重圧力式ボイラーであり、追い焚バーナ付きとしている。主要目は表4に示す。

表2 ガスタービン主要目

項 目	内 容
ガスタービン型番	SB60
発 電 端 出 力	14000kW
回 転 数	5691RPM
発 電 端 効 率	32.1%
燃 料 消 費 量	3773 N m ³ /H
燃 料	都市ガス 13 A/A 重油

表3 発電機主要目

項 目	內 容
形 式	三相交流同期發電機
定 格 出 力	18188 KVA
電 壓	6600 V
周 波 數	50Hz
回 轉 數	1500rpm
冷 却 方 式	開放空冷

表4 ボイラ主要目

項 目	内 容	
ボイラ形式	複圧強制循環ボイラ	
	高 圧	低 圧
蒸 発 量	3.4 T/H	45 T/H
圧 力	19 kg/cm ² G	6.7 kg/cm ² G
温 度	212 ℃	190 ℃
助 燃 燃 料	—	都市ガス 13 A
助 燃 量	—	1212 N m ³ /H
蒸 気 用 途	ガスタービン低NOx化用	工場送気

表5 燃料ガス圧縮機主要目

項 目	内 容
形 式	油噴射式スクルー圧縮機
容 量	4500Nm ³ /H
入 口 圧 力	5kg/cm ² G
出 口 圧 力	18.5kg/cm ² G
回 転 数	2950rpm
所 要 動 力	280kW

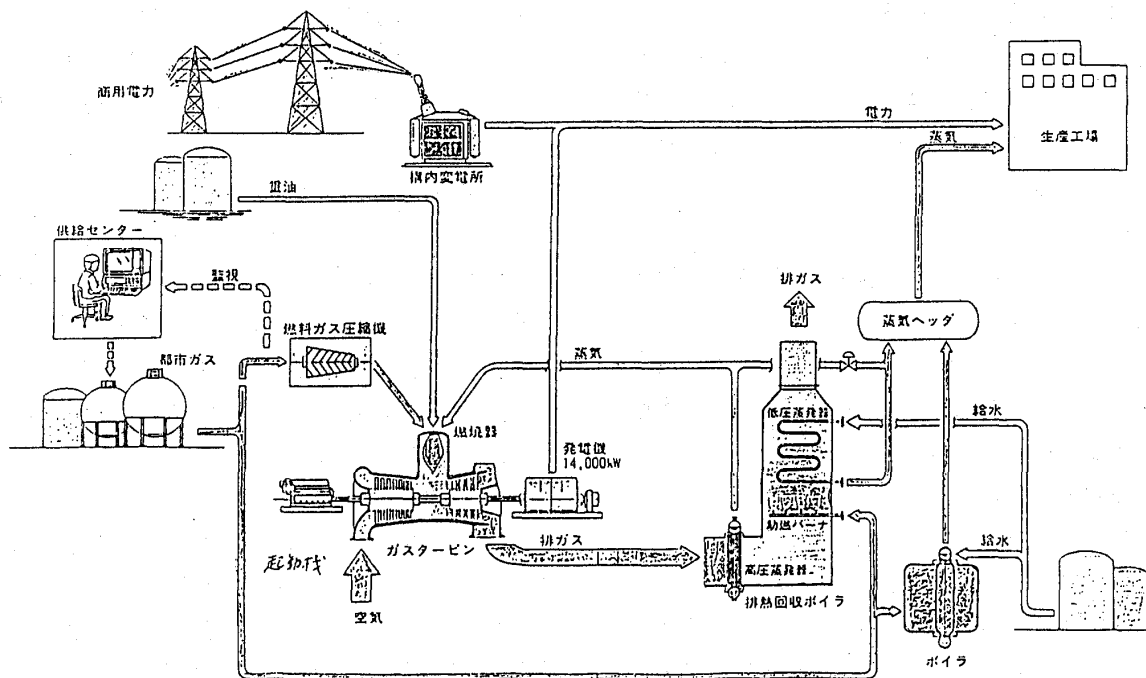


图 4

都市ガス燃料（13 A）は 5 kg/cm^2 で供給されるのでガスタービンが必要とする圧力まで昇圧するスクリー形コンプレッサーを設置している。その主要目は表 5 に示す。

その他の設備として吸気系では自動養取り形の

1次フィルター、バグ式2次フィルター、その下流に水冷空気冷却器とスプリッター形ダクトサイレンサーを一括してガスタービン防音カバーの上に設置している。

全設備の概要は図4に示す通りであり、全体配

置の平面・立面は図5，図6に示す。

設備はおよそ平面的に12m×30m以内に収められている。

3) 制御システム

電力と蒸気の需要変化は前に述べたように季節で、休日で、昼夜でと変化するため、このような電熱の負荷バランスに自動的に追従する制御系を採用している。

追従制御すべき項目としては、(1)買電量，(2)発電量，(3)蒸気需要量を選び、これら三項目をいかに効果的に組合せるかによってより効率的なコージェネレーションシステムの利用が可能になる。

日野工場において採用された制御形態を図7に示す。

買電量制御は買電量を一定値にセットしておき買電でまかなった残りの電力需要変化をガスター

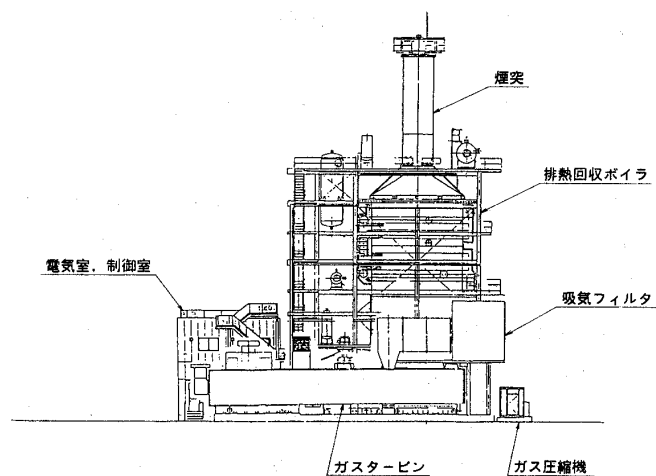


図6 設備全体立面図

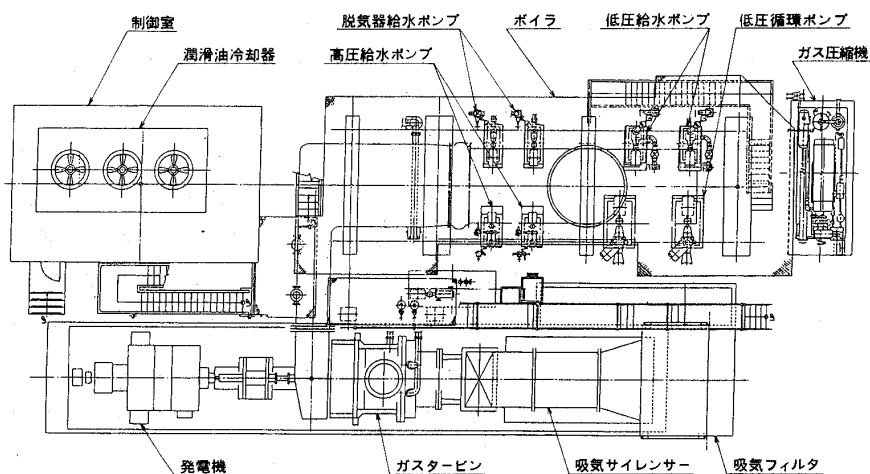
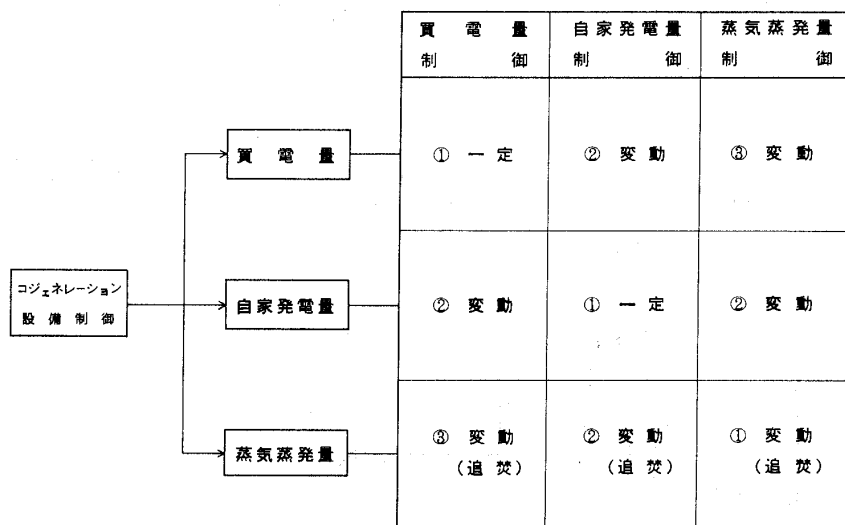


図5 14MW ガスタービン熱併給発電全体平面図



①，②，③は決定順位

図7 コージェネレーション設備の制御

ビン発電設備でまかない、その負荷範囲内で蒸気需要量に追従する。助燃装置を設置することでより広範囲の蒸気需要への追従が可能となっている。なお買電量のセットは3段階に設定出来るようにしてある。

次に発電量制御の場合は自家発電量を一定値にセットし、自家発電でまかなった残りの電力需要変化を買電で吸収し上記自家発電量に見合った蒸気需要に追従する。ガスタービンの発電能力は吸気温度に応じて変化するので発電量制御のセット値には吸気温度のバイアスがかけられている。

蒸気量制御は蒸気の需要がコージェネレーション設備の蒸気発生能力（助燃なし）以下に低下した場合に使われる。所内の蒸気需要に追従する範囲まで自家発電量を変化させ、残りの電力需要変化は買電で吸収する。

これらの三つの制御モードは夫々自動的にガスタービンのガバナー（アナログ式電子ガバナー）で選択出来る。

図8にガスタービン制御ガバナーの制御フローを示す。

4) ヒートバランス

本設備のヒートバランスを図9に示す。発電効率は32.1%，設備全体の総合熱効率は助燃時で80%となり、最も高効率なコージェネレーション設備と云える。

5. 運転結果とその効果

本設備が日野工場で稼働に入って'88年1月で12ヶ月を経過したが、この12ヶ月間（5月の計画定修期間を除く）の運転経験について述べる。

1) 稼働状況

稼働時間	7,391 H
時間効率	98.7 %
平均発電量	11,121 kW
負荷率	80 %
利用率	73.3 %
エネルギー効率	
発電効率	30.4 %
総合効率	73.7 %

設備負荷のエネルギー効率の関係は図10に示す。

2) 夏期の能力回復対策

夏期のガスタービン出力低下を最小限におさえる為に水冷空気冷却器を設置していることは前にも述べた通りであるが、この空気の冷却は顕熱範囲として26℃を目途に管理した。夏期の電力ピーク時の出力対策としての空気冷却で1000kW以上の出力確保が出来、設備の効果に大きく寄与した。図11に出力の回復の関係を示す。

年間に26℃以上の出現時間は約950Hと予想され（4月～10月）この冷却のメリットは使用する冷却エネルギーが発電量の増加分の約20%に相

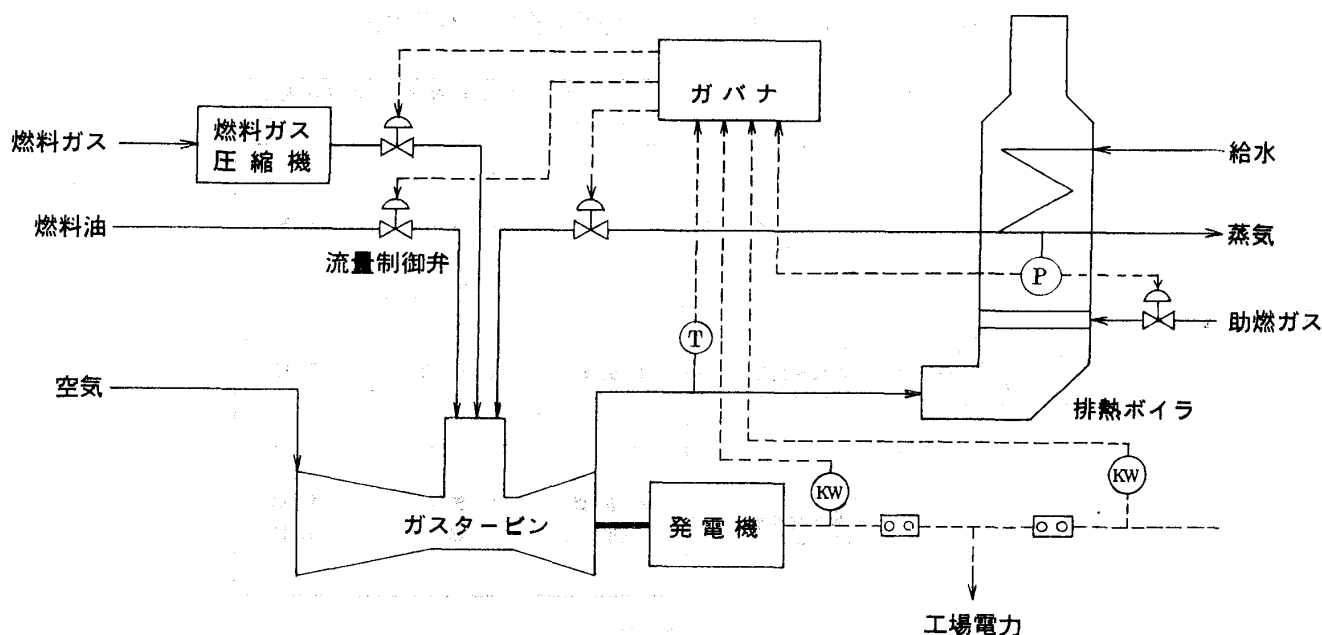


図8 14MW ガスタービン制御フロー図

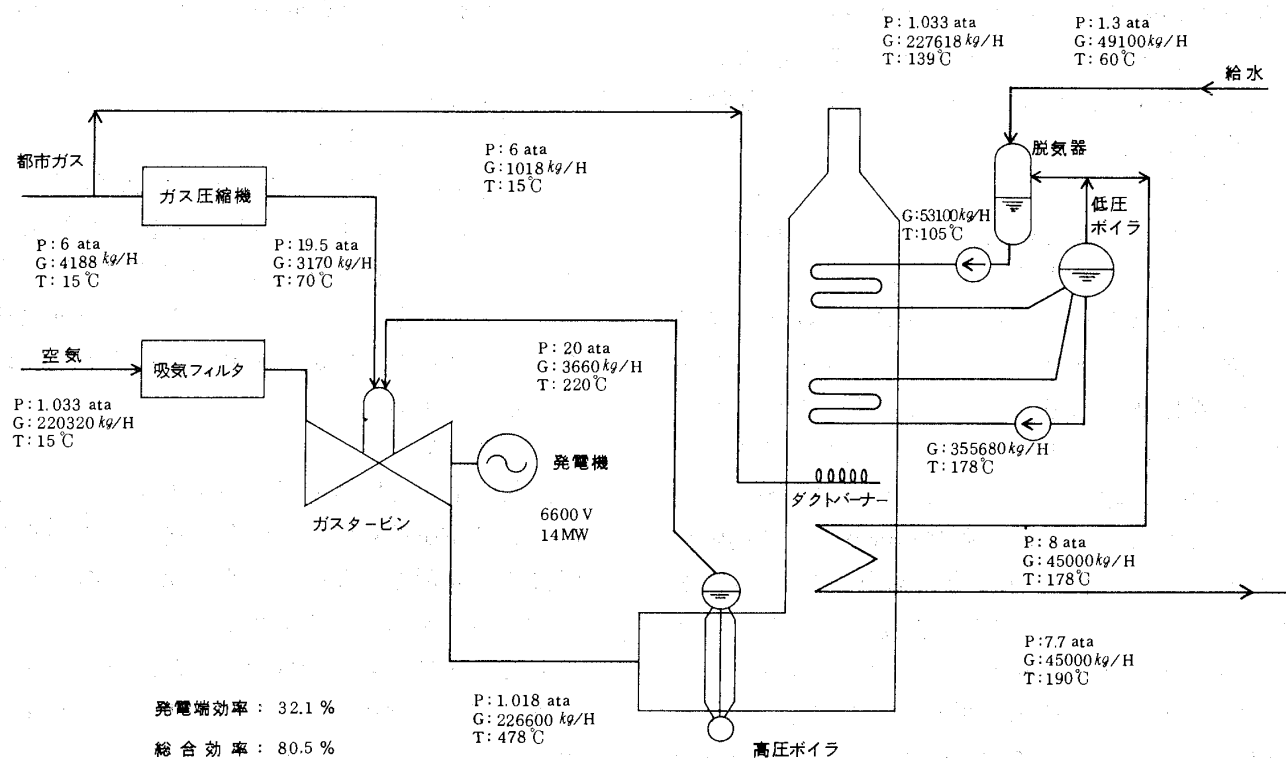


図 9 ヒートバランス

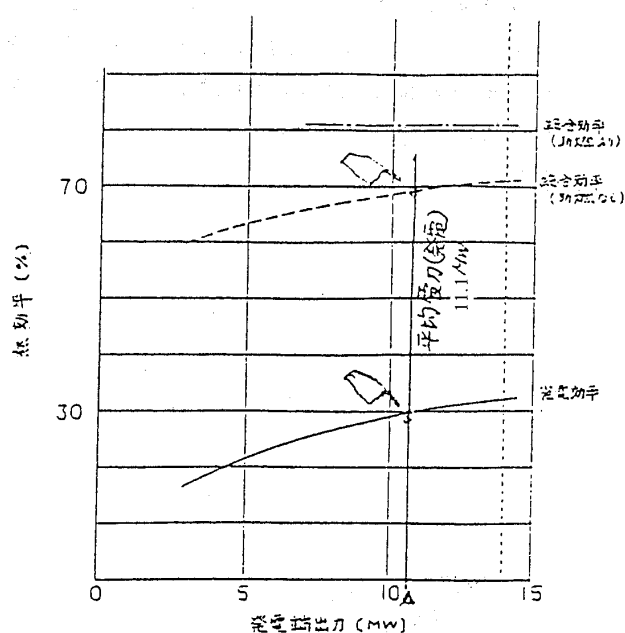


図 10 熱効率

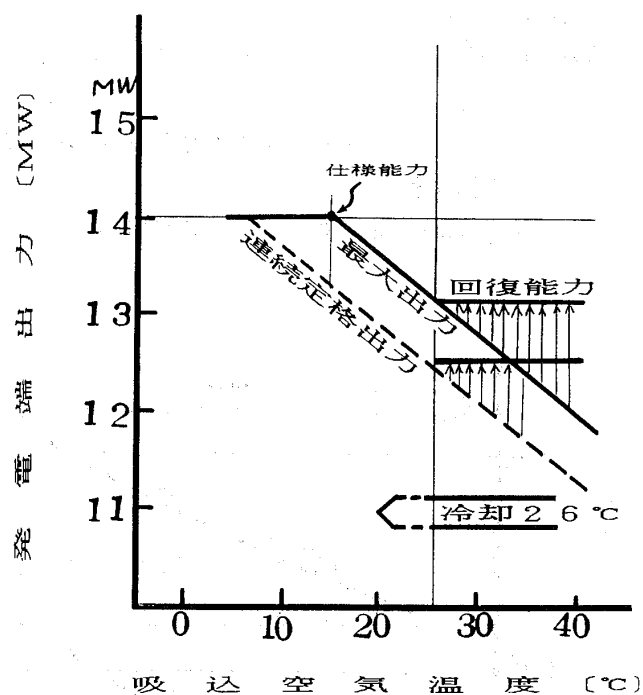


図 11 吸入空気冷却と発電出力

当することから冷却の効果は大きい。

3) 環境への適合

NO_x 排出については、この設備がダクトバーナー（助燃設備）を設け積極的に蒸気を作る設備としていることから排ガス中の NO_x は既存ボイ

ラーの規制と同扱いとし、排出量は 130 ppm（5% O₂換算）以下としている。NO_x低減化は使用する燃料（都市ガスとA重油）の使い分けと燃焼器へ噴射する蒸気量で管理している。

図 12 に蒸気の燃料比を 1 : 1 とした助燃なし

の場合の運転負荷と発生 NO_x の関係を示す。

騒音・振動については本設備を屋外に設置しているが、機側の騒音は 80dB 以下を保ち、振動も何ら問題はなかった。

4) 運転操作

この設備は自動化を追求しており、計画通り特に人員の増加は必要でなかった。

この設備は 5 月、8 月、1 月等の工場休止時に計画的に停止させたが、その立上げ時間は準備から全力稼働までに略 1 時間を要した。主たる時間は大きな熱容量のボイラーの安定化までであり、この時間の短縮化はさらに改善が必要である。

運転監視については、機側制御室および運転監視室の CRT で運転状況や警報情報の常時監視を行なっているが、この CRT 設備ではさらに所内のエネルギー予測、運転データの自動作成、トレンドデータによる運転解析も同時に実施している。設備が安定した現在では運転員の主な仕事は巡回点検保全と運転監視である。

5) 停止の事例

設備が稼働に入ってから停止した内容として次の事例があった。

イ) コントロールシステムの基盤部品の緩みによる異常動作

ロ) 買電系統の電圧降下に伴う非常停止

ハ) 燃焼器点検と燃料混焼時のガスバーナー噴口の詰りの対策

6) コージェネレーションのメリット

イ) 省エネルギー効果

この設備の 1 月から 12 月までの運転実績をもとにその省エネルギー効果を分析した結果を図 13 に示す。設置以前に比べると約 25 % の省エネルギーが達成されている。さらに設備負荷を向上させることでより大きなエネルギーの節約が期待出来る。

ロ) 経済効果

運転における経済効果は省エネルギーの効果に加え買電契約量削減に伴う効果、電力料金制度や燃料料金制度に伴う効果、維持管理費等の総合効果によって決まる。

日野工場において 1980 年より進めた省エネルギー対策の取組では、エネルギー消費構造を変革すると共に大きな省エネルギー効果を得ることが出来た。フィルム製造におけるエネルギー原単位の推移を '79 年度の原単位を基準にその推移を見ると図 14 のようになる。62 年にコージェネレーション設備を導入することで省エネルギー効果に占める比率は大きい、尚経済的効果の大きいことがコージェネレーション設備の特長と云える。

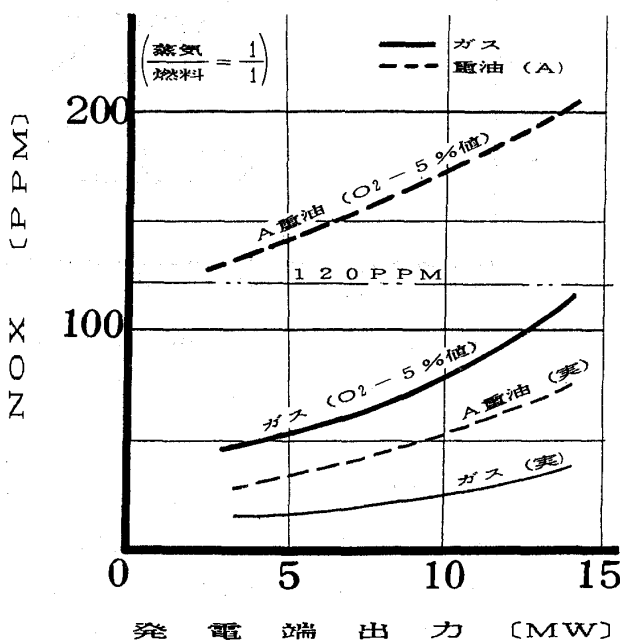


図 12 燃料と NO_x 排出値

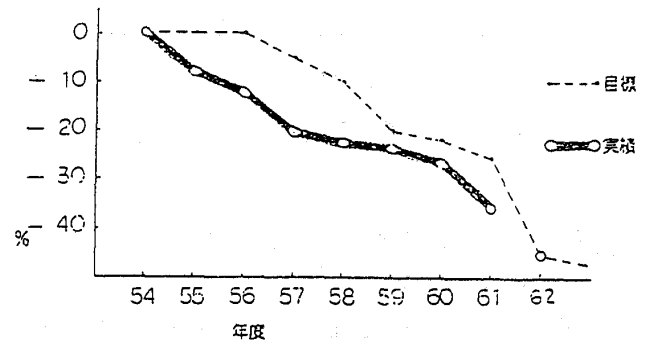


図 14 エネルギー原単位推移

'79 年度原単位を基準にその推移を見る。

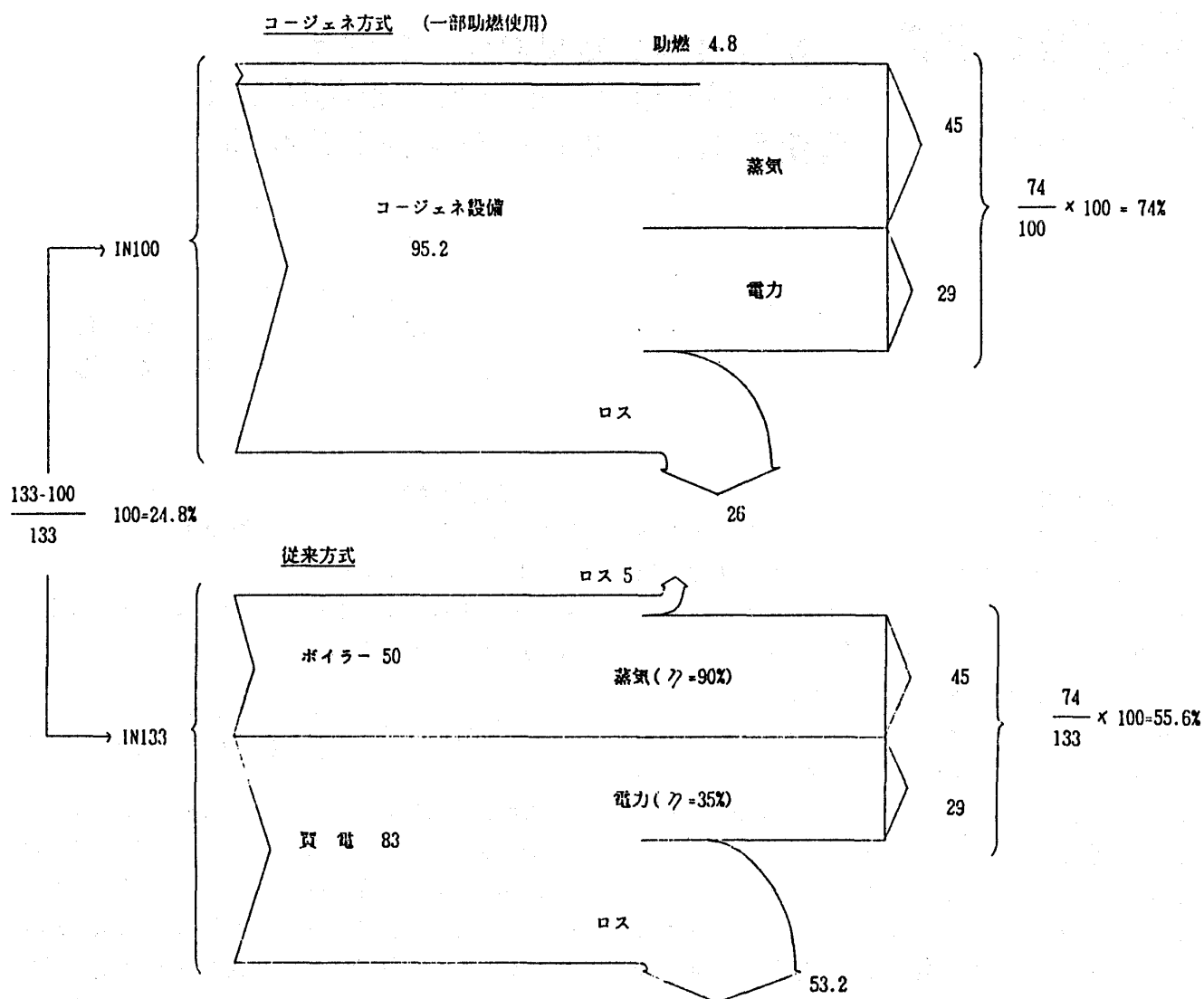


図 13 省エネルギー効果

6. あとがき

エネルギーは有限であると云う観点に立つときエネルギーの有効利用は近視的な経済性と共に資源の長期確保の上からも重要な課題である。コージェネレーションシステムの導入は現時点で直ちに採用出来る最も効果的な省エネルギーシステムと云える。

その効果を最大限に発揮させる為には利用者はそのエネルギー消費構造を変革する努力が必要であり、供与者側はエネルギー負荷バランスに適合させるシステムの構成に一層注力する必要がある。

ここに紹介したコニカ(株)日野工場のコージェネレーション設備が今後産業界に導入されるこの種設備の参考に役立てられれば幸いです。

参考

- (1) 田口, コージェネレーションシンポジウム '87 (第3回) p191~205
- (2) 平林, 「省エネにおけるコージェネレーション」
- (3) Y. OMOTE, G. TAGUCHI, 87-TOKYO-IGTC-112



論説・解説

三菱石油株式会社水島製油所における MF-111 形ガスタービンを利用した 産業用コージェネレーションシステム

三菱石油株式会社 桧垣 定夫
三菱重工業株式会社 池上 寿和
三菱重工業株式会社 石川 雅雄

1. まえがき

近年、産業用コージェネレーションプラントにおいて高温ガスタービンの導入による省エネ化の気運が高まっている。この分野におけるガスタービンの要求出力は10～15MWの範囲が多く、排熱回収ボイラや既設蒸気タービン設備との組合せにより複合発電プラントとして高い熱効率を得ることを目的としている。MF-111 形ガスタービンはこれらの要求を満たし、タービン入口温度 1250℃での連続運転を可能としたヘビーデューティ形ガスタービンで、その熱効率はガスタービン単体でも従来機より大巾に向上している。本稿では、昭和61年8月に営業運転を開始した三菱石油株式会社水島製油所における MF-111 形ガスタービンの特徴と運転実績を中心として紹介する。

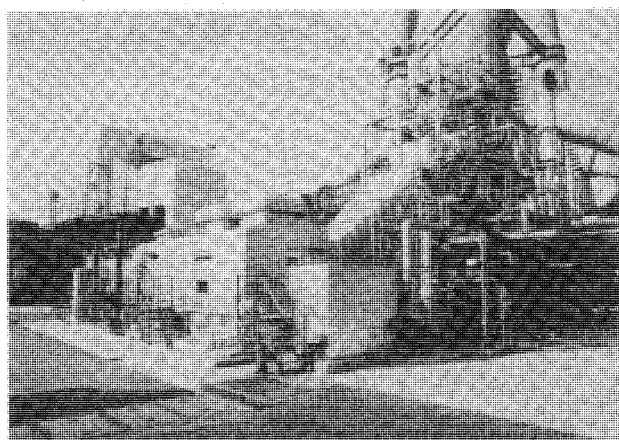


写真1 全体写真

(昭和63年2月10日原稿受付)

2. 設置の経緯

2.1 蒸気電力比とプラント熱効率

産業用コージェネレーションプラントにおいて工場で使用する蒸気量と電力の割合は、一般に蒸気電力比という形で表わされる。

$$\text{蒸気電力比} = \frac{\text{工場使用蒸気量 (t/h)}}{\text{工場使用電力 (MW)}}$$

蒸気電力比が0の点では、電力のみを必要とし蒸気電力比が大きくなるに従い、電力に対する蒸気量が増えることを意味する。図1は横軸に蒸気電力比をとり代表的な産業における蒸気電力比を示している。縦軸はプラント熱効率をとり、各種熱サイクルの蒸気電力比に対するプラント熱効率を示している。

プラント熱効率 η は次のように定義している。

$$\eta = \frac{\text{外部仕事}}{\text{投入熱量}} \times 100 \\ = \frac{(\text{送電端出力}) \times 860 + (\text{工場送気量}) \times (\text{蒸気の持つ熱量})}{(\text{燃料消費量}) \times (\text{低位発熱量})} \times 100$$

図1からもわかるとおり、ガスタービンを利用したプラントは、蒸気電力比が比較的小さなところで蒸気サイクルが達成し得なかった高効率のプラントを得ることができる。

2.2 ガスタービン設置の経緯

オイルショック以降、水島製油所においては省エネ活動が推進され、蒸気・電力・燃料の使用量が減少してきた。このうち特に蒸気使用量の減少は顕著であり、そのため3基ある背圧タービン発電機でのコストの安い自家発電量が減少してきた。(図2参照) 一方、原油の処理量は減少したもの

の、製品の白油化傾向から、2次装置以降の稼働率は高水準を維持するとともに、新設装置の稼働

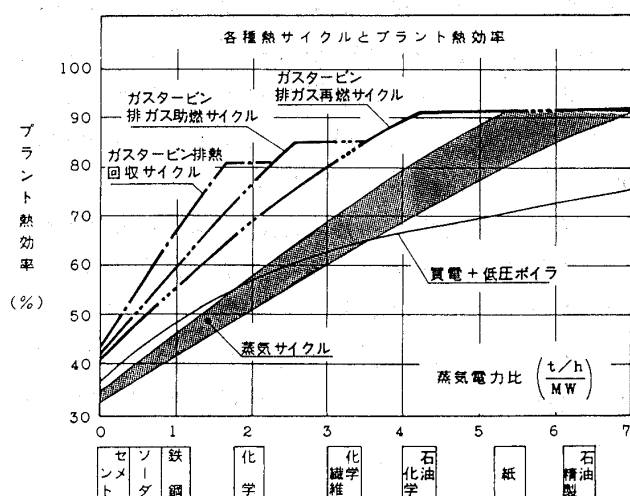


図1 各種熱サイクルとプラント熱効率

とあいまって電力使用量は増加してきた。このような状況から受電電力は増加の一途をたどり、将来的には受電設備容量が不足する状況が予測された。この問題を解決するため、次の対策案を検討した。

- ### (1)受電設備容量の増加

- ## (2)自家発電出力の増加

- －既設背圧タービンの抽気復水タービンへの改造
- －復水タービンの新設
- －ガスタービン設備の新設

その結果、電力主体の高効率発電プラントとしてMF-111形ガスタービンを利用したコージェネレーションプラントが、出力的にも12MW級と適当であり、省エネ効果が最も大きいことから、導入されたものである。図3に設備のフローを示す。

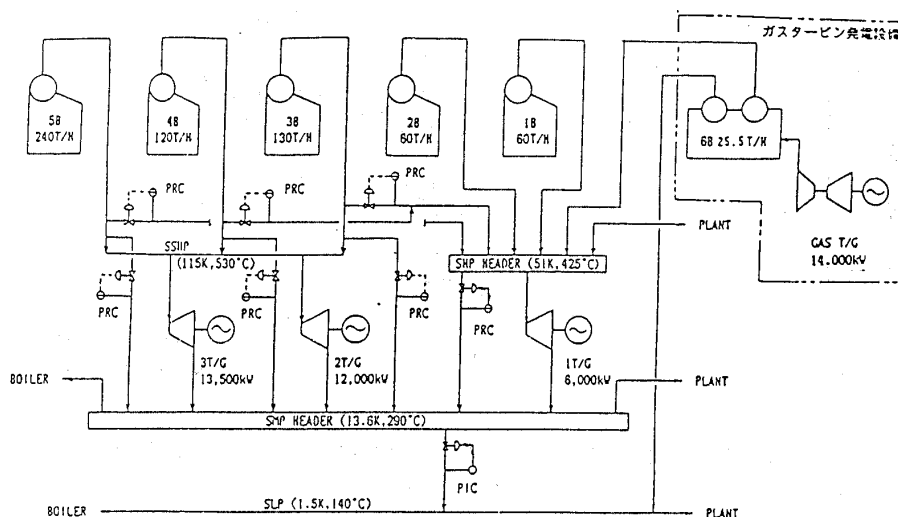


図2 水島発電所全体フロー

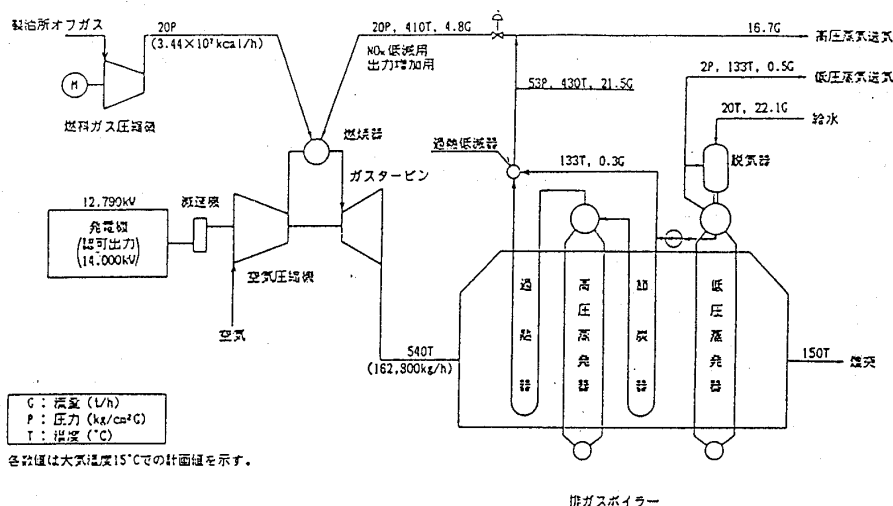


図3 設備のフロー

3. MF-111 形ガスタービンプラントの概要

3.1 ガスタービン高温化の動向

タービン入口温度上昇の技術は常に航空エンジンがリードしており、これまでの傾向では、概ね10年遅れで産業用ガスタービンが追従してきている。最近のタービン入口温度上昇の動向を図4に示すが、全体として高温化の技術が頭打ちの傾向にあるなかで、産業用ガスタービンは最近急速に高温化のテンポを早めてきており、両者の温度レベルはかなり接近してきた。

タービン入口温度の上昇は、材料の耐熱性改善と冷却効率改善とによって達成されてきたが、材料の方は図5に示すように、単結晶・方向凝固等

の道は残されているものの、一般的には金属材料としての限界に近づきつつあり、セラミック材料等の実用化までは大幅な耐熱性上昇は望めない状況にある。一方、冷却効率の方は、精密鑄造技術の進歩により複雑な冷却通路が作れるようになり、またフィルム冷却技術等の新しい技術が採用されてきたことから、最近の温度上昇は殆ど冷却効率改善により達成されていると言ってよい。さらに耐熱性を高めるため、最近では表面に耐酸化性・遮熱性のコーティングを施す技術も実用化されてきたが、現在の金属+空気冷却の技術では1300℃クラスまでが限界と考えられており、これ以上の温度ではセラミック等の新材料が実用化が必要となる。

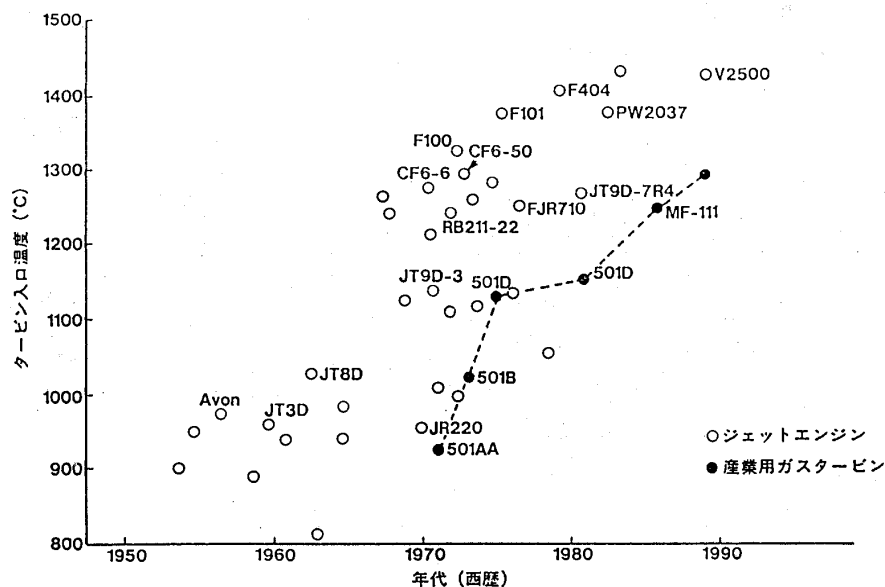


図4 タービン入口温度上昇の推移

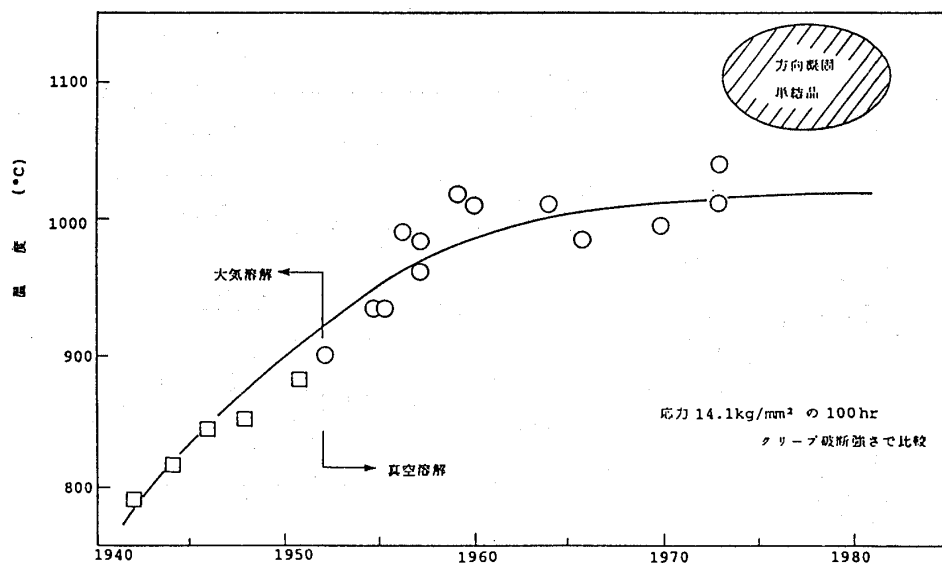


図5 金属材料耐熱温度の上昇

3.2 MF-111 形ガスタービン開発の狙い

このガスタービンは、産業用コージェネレーションプラントとして使用されることを想定し、サイクルはコンバインドサイクルあるいはコージェネレーションに適用した場合に最高効率を発揮するように計画されており、出力レンジも比較的重要が多い10～15MWを狙ったものである。図6にサイクル線図を示しているが、設計圧力12.8は、次の3項の条件を満足するよう選択されたものである。

- (1) コンバインドサイクルとして最高効率を発揮する。ただし、この場合ガスタービン単独効率は若干犠牲となる。
- (2) ガスタービンの比出力が最大となる。つまり設備費が最小となる。
- (3) 550℃の排ガスを排出する。これは助燃なしの排ガスボイラで高圧蒸気を発生できる条件となる。

また、このガスタービンは次世代1300℃級高温ガスタービンの先行実証モデルとしての役割も担っており、このガスタービンから得られる耐久性および信頼性に関する貴重なデータは、引続き計画中の大容量高温ガスタービンの設計に逐次反映されることとなっている。

3.3 ガスタービン構成要素の特徴

(1) タービン

燃焼器の直後に位置し、最も高温のガスに曝される第1段静翼は、内部が2室に分かれた中空の精密鋳造翼である。内部に多数の小穴を持つイン

サートを挿入し、冷却空気をインサートに供給しインサートの小穴から空気を翼の内面に向けて噴出し、空気の衝突流により冷却する構造（インピンジ冷却）を基本としている。内面を冷却したあとの空気は、翼表面に対して斜めに開けられた冷却穴よりガス流れ中に噴出し、翼表面に沿って空気の層を作ることにより高温ガスから翼を遮断する工夫（フィルム冷却）をしている。高温化に伴って一番厳しくなる前縁部については、曲率を大きくするブランドノーズおよび内面フィンの採用により冷却効率改善を図っている。図7に第1段静翼の構造を示す。

タービン第1段動翼は、いわゆるリターンフロータイプといわれる冷却翼であり、図8の断面図に示されるとおり、翼の下部から供給された冷却空気は、内部の冷却通路を上昇し先端部で方向

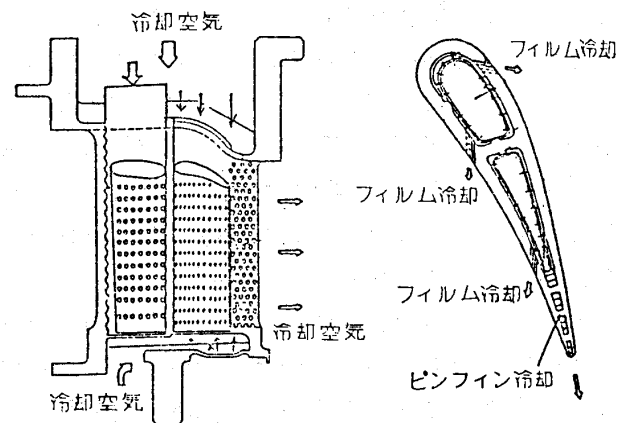


図7 タービン第1段静翼

ρ : 圧力比
T: タービン入口ガス温度

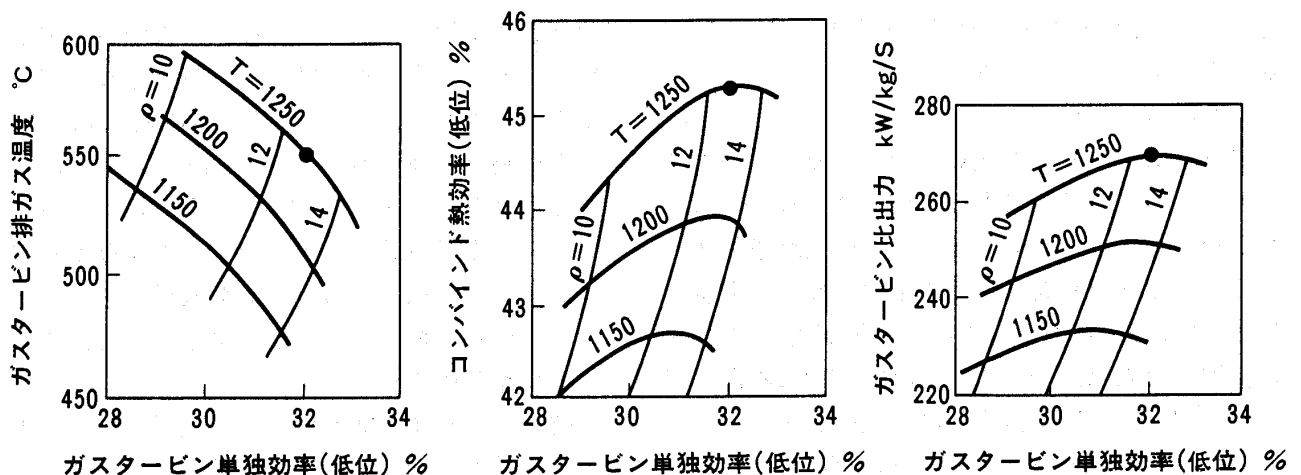


図6 サイクル線図

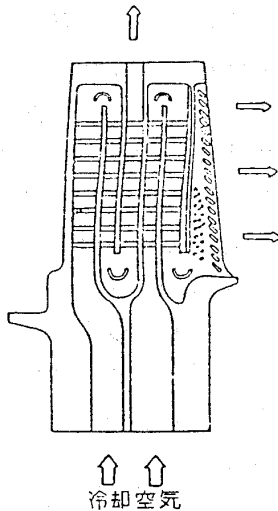


図8 タービン第1段動翼

を180℃転向し、遠心力に逆って下部に流れ、もう一回方向転換をして翼の先端より放出される。このように冷却通路の長さをできるだけ長くするとともに、冷却通路の内面にフィンを付けて冷却効率を最大限に上げている。材料は、静翼にはCo系の耐熱合金E-CY768および動翼にはNi系の耐熱合金INCO-738LCを用いている。いづれもガスタービンの材料として長時間の実績を持った鋳造用の合金である。

タービンの空力設計に対しては、平均周速上昇による効率改善、損失が少ない新型プロファイルの採用、3次元設計による損失の低減、最終段の長翼化による排気損失の低減等の配慮がなされており、従来の設計に比べ大幅な効率改善を回っている。タービン効率1%上昇により、コンバインド効率は1%改善され、これはタービン入口温度を20℃上昇することに相当するため、タービン効率の改善は重要である。

(2) 燃焼器

燃焼器は、一般的な拡散燃焼方式のノズルを持つキャニュラタイプである。ガスタービンの入口温度を上昇するに従い、燃焼用の空気が増加すること、および NO_x 低減のため1次燃焼域に大量の空気を供給し稀薄燃焼させる必要があることから、燃焼器壁面冷却用の空気は絶対的に不足してくる。図9に、燃焼器内部の空気配分とタービン入口温度の関係を示す。この図に示されるように、1100℃のレベルであれば、燃焼用に40%、冷

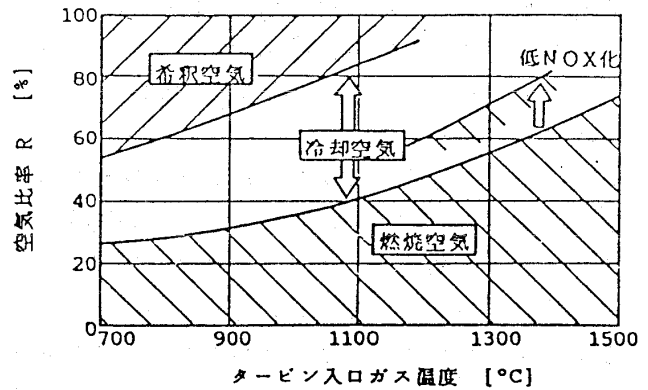


図9 燃焼器空気配分とタービン入口温度の関係

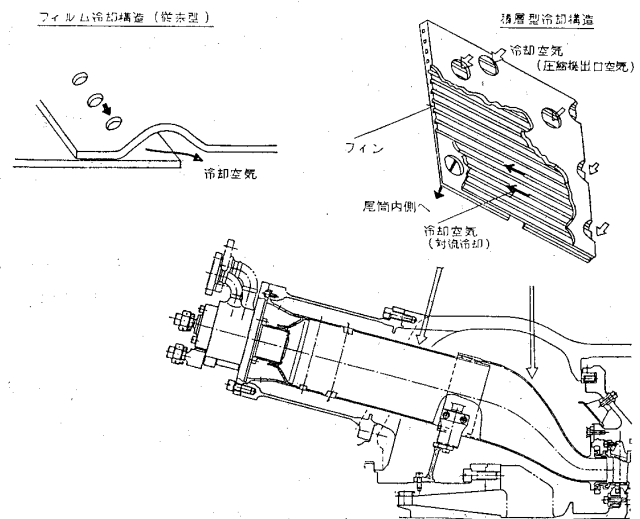


図10 燃焼器冷却方式の比較

却用に40%の空気を供給し、残りの約20%を希釈空気に使用できる余裕があったが、タービン入口温度が上昇するに伴い、希釈空気・冷却空気が圧迫を受けている。このように高温ガスタービンでかつ低 NO_x 化を達成するためには、これまでの冷却方式に比べて、より少ない冷却空気でも壁面を冷却する高効率の冷却構造が不可欠となってくる。この目的のため、MF-111の燃焼器には、冷却効率が優れた積層型冷却壁（MTFIN）を新しく開発し適用している。このMTFINは、従来のフィルム冷却方式と比べて同じメタル温度に保持するのに半分以上に冷却空気を低減できる効果を持っている。図10に、従来のフィルム冷却方式と積層型冷却壁の構造比較を示す。

燃焼ノズルは、油燃料・ガス燃料が燃焼可能なデュアルタイプであり、 NO_x 低減対策としては蒸気噴射ができる構造となっている。

(3) 圧縮機

圧縮機はチップ径一定タイプの軸流式であり、部分負荷での空気量制御のため入口案内翼が可変式となっている。翼型は円弧キャンバの NACA 65 系を使っており、初段の動翼のみマッハ数特性の良い DCA を採用している。

3.4 プラントの特長

(1) 発電出力の増強と高効率化

ガスタービン発電機の導入により受電電力は減少し、自家発電力の割合が大幅に上昇した。(図 11 参照) 燃料使用量はガスタービンの使用により全体として増加したが、排ガスボイラからの送気により既設ボイラでは蒸発量が減少した分、軽減された。すなわち、

出力 : 12~13.5MW

ガスタービン燃料消費量

: $3.6 \sim 4.0 \times 10^3$ FOEL/H

既設ボイラ燃料消費量の低減

: $1.3 \sim 1.4 \times 10^3$ FOEL/H

全体としての燃料消費量の増加

: $2.3 \sim 2.6 \times 10^3$ FOEL/H

(注) 1 FOEL (Fuel Oil Eguivalent Liter)

の発熱量 (Net) は 9250kcal

したがって増強された分の発電効率は約 48.5% となる。

(2) 出力増加

蒸気をガスタービンに噴射することにより、ガスタービンの出力を増加することができる。

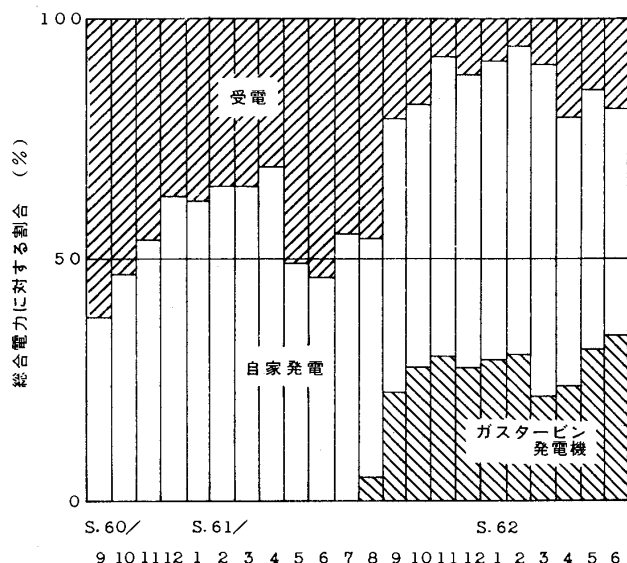


図 11 自家発電および受電電力の変化

(3) 燃料

プロセスのオフガスを主燃料とし、A重油を緊急用に使用でき、自動的に燃料の切替えをすることができる。

(4) 排ガスボイラ

複圧方式を採用して熱回収効率の向上を図るとともに各伝熱面にはフィンを取付け、コンパクト化を図っている。ボイラ本体は過熱器、高圧蒸発器、節炭器、低圧蒸発器の4つのブロックで構成されており、陸上輸送可能な大形ブロックとして工場組立を行い、現地据付け期間の短縮と品質向上を図った。

またガスタービンと排ガスボイラの連絡ダクトにはガスバイパスを設置していないため、ガスタービンの起動により多量の比較的高温のガスが急激に導入されるが、起動時のボイラ耐圧部の局所的な熱応力の発生やドラム水位の急上昇等の問題点を十分吸収できる構造としている。したがって図 12 に示すようにガスタービンの起動時間を制限することなくボイラの起動が可能であり、ガスタービン起動後約 40 分で最大負荷運転に達している。

4. 運転実績

本ガスタービンは昭和 58 年に基本計画を開始し、タービン・燃焼器・圧縮機の主要な構成要素は、それぞれ実機作成前に実物大のモデルを試作し、単独で特性確認テストを実施し設計にフィードバックさせた。実機は、昭和 61 年 4 月に完成

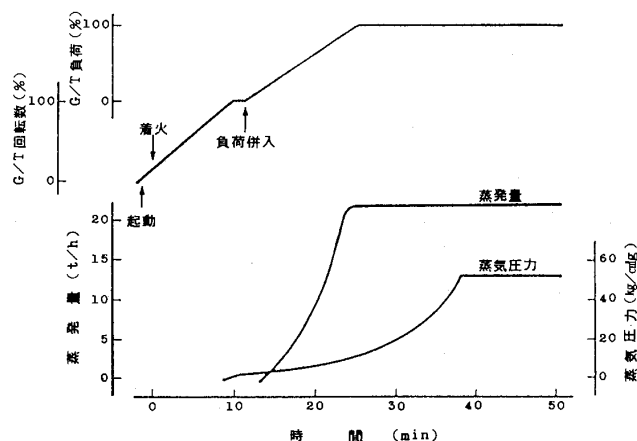


図 12 起動特性曲線

図 13 運転実績

Year & Month	Ope. Hours H	Output of Generator		Boiler Evaporation				HP Steam		Fuel Consumption				Efficien- cy of GT/G %	Remarks
				HP Steam		LP Steam		Plant Supply		Fuel Gas		AFO			
		kWH	kW	T	T/H	T	T/H	T	T/H	KL	KL/H	KL	KL/H		
'86・8	87	1,369,600	—	2,667	—	253	—	—	—	421	—	48	—	—	8/ 7 ~ 8/23 : 現地試運転
9	626	6,241,900	9,971	11,835	18.9	1,153	1.8	9,176	14.7	2,021	3.23	—	—	28.7	8/26 ~ 8/28 : 使用前検査
10	573	7,090,100	12,375	12,285	21.4	1,004	1.8	7,987	13.9	2,104	3.67	—	—	31.3	9/27 ~10/ 8 : 高温部分の 中間点検
11	720	8,776,100	12,189	15,517	21.6	1,276	1.8	10,922	15.2	2,662	3.70	—	—	30.6	
12	744	8,914,300	11,982	15,869	21.3	1,268	1.7	10,737	14.4	2,699	3.63	—	—	30.7	
'87・1	744	9,732,600	13,081	16,985	22.8	1,120	1.5	11,723	15.8	2,834	3.81	—	—	31.9	
2	672	9,037,200	13,448	15,846	23.6	968	1.4	10,772	16.0	2,602	3.87	—	—	32.1	3/20 ~ 4/14 : 第一回定検 工事
3	459	5,805,600	12,648	10,616	23.1	623	1.4	7,338	16.0	1,737	3.78	—	—	31.1	
4	401	5,124,100	12,786	8,563	21.4	867	2.2	5,154	12.9	1,505	3.75	—	—	31.7	
5	744	9,411,600	12,650	16,140	21.7	1,541	2.1	8,650	11.6	2,738	3.68	—	—	32.0	
6	720	8,800,100	12,222	15,588	21.7	1,387	1.9	8,147	11.3	2,571	3.57	—	—	31.7	10/29 ~11/16 : 中間点検
7	744	8,636,400	11,608	15,790	21.2	1,521	2.0	7,499	10.1	2,538	3.41	—	—	31.6	
8	735	8,469,400	11,520	15,671	21.3	1,563	2.1	7,868	10.7	2,500	3.40	—	—	31.5	
9	720	8,568,800	11,901	15,453	21.5	1,455	2.0	7,645	10.6	2,517	3.50	—	—	31.6	
10	638	7,143,900	11,197	13,441	21.1	1,055	1.7	7,541	11.8	331		1,881		30.0	
11	353	4,275,100	12,111	7,856	22.3	482	1.4	5,146	14.6	1,301		3		30.5	
12	720	9,412,200	12,650	17,100	23.0	811	1.1	11,873	16.0	2,819	3.79	—	—	31.0	

Net Heat Value of Fuel is 9,250 kcal/L.

図 14 製作実績

納入先	型番	定格出力	運開年月	備考
1. 三菱石油（水島）	MF-111	14,000kw	61.8	排熱回収ボイラ付
2. 三菱石油（豊橋）	MF-111	15,000kw	62.1	排熱回収ボイラ付
3. 出光興産（愛知）	MF-111	12,900kw	62.2	排熱回収ボイラ付
4. 丸善石油化学（千葉）	MF-111	10,000kw	62.7	排ガス再燃ボイラ付
5. 昭和シェル石油（川崎）	MF-111	12,000kw	62.12	排熱回収ボイラ付
6. 某社	MF-111	16,250kw	63.11（予定）	排ガス助燃ボイラ付
7. 某社	MF-111	12,600kw	64.1（予定）	常圧蒸留装置との組合せ
8. 某社	MF-111	17,000kw	64.4（予定）	排熱回収ボイラ付

し、出荷前に工場の実負荷試験設備で全負荷をかけて特性確認を行った。その後、現地への搬入・据付・試運転を経て、昭和61年8月26～28日の3日間に使用前検査を受検、13500kwの認可出力を得て営業運転に入った。初号機であることを配慮し高温部分の点検のため運転時間が700時間を経過した時点で、念のため中間検査を実施したが特に問題となる点はなかった。冬場の出力に余裕があったこともあり昭和62年4月には認可出力を14000kwに変更した。運転実績は図13に示すとおりである。

MF-111形ガスタービンは、導入による省エネ効果が大きいことから、図14に示す様にすでに

5台が営業運転を開始し、さらに現在3台が製作中である。

5. あとがき

本設備は運転開始後、順調に運転されており、また性能的にも十分計画値を満足するもので、これにより期待された経済効果が得られている。世界最高レベルの高温ガスタービンMF-111を導入することにより、10～15MWクラスの産業用コージェネレーションの熱効率が飛躍的に向上するので、この分野での利用は益々増えてゆくものと思われる。またMF-111形ガスタービンは、次世代高温ガスタービンの先駆者として、その運転実績には大きな期待が寄せられている。



低質油燃料焚きガスタービンによる コンバインド・コージェネレーション設備

三井造船㈱ 田 口 悟 郎
三井造船㈱ 一 色 克 彦

1. はじめに

三井造船（株）は、1987年3月にインド国の化学会社（Chemical & Plastic Co. Madras）向に、コンバインド・コージェネレーション設備を納入した。コンバインド・コージェネレーションとは、聞きなれない言葉と思われるので説明を加えると、ガスタービン発電設備とボイラー蒸気タービン発電設備による複合発電で、蒸気タービンから放出される排気を、そのまま工場内のプロセス蒸気として仕様するコージェネレーション設備のことである。

この設備のもう一つの特徴は JIS 規格の C 重油よりさらに高粘度のインド原油より得られた、LSHS（Low Sulphur Heavy stock）をガスタービンの燃料としていることである。この油は従来ボイラーやファーンズの燃料にのみに限られていたものであるが、このたび世界で初めて、LSHS を

ガスタービンに燃すことに成功した。この主要因は、ガスタービン選定、特に燃焼器の設計と燃料の前処理の適切さによるものである。以下この設備の概要について述べる。

2. コンバインド・コージェネレーション

コンバインド・コージェネレーションの主要構成機器とそのフロー図を、図-1に示す。

主要構成機器は、燃料処理装置、ガスタービン発電ユニット、排熱ボイラー、蒸気タービン発電ユニットの四つの設備より成立っている。燃料処理設備は、LSHS 焚きガスタービンの燃料を前処理するものであり、目的は燃焼中のナトリウム含有量をガスタービンに無害な程度（1 ppm 以下）まで低減することである。ガスタービンはこのコンバインド・コージェネレーション設備の主要設備であるが、需要に見合った電力を発生すると同時に排熱ボイラーへ熱を供給する。この設備での

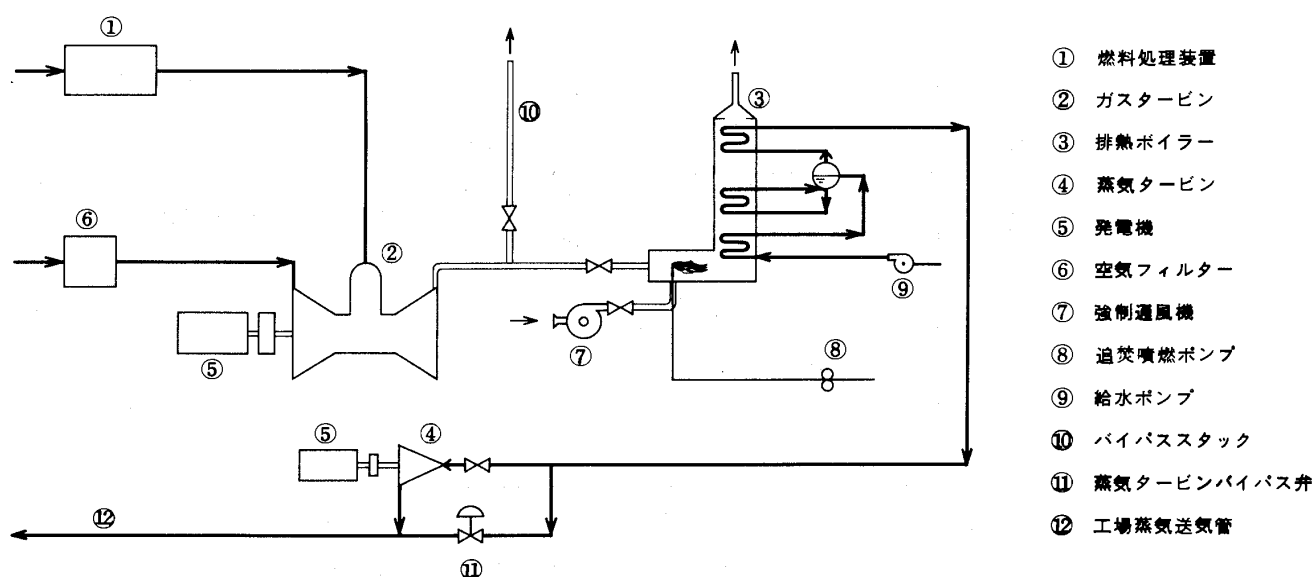


図-1 フロー図

（昭和 63 年 2 月 10 日原稿受付）

ボイラーシステムは常時追焚きを行い高圧の蒸気が発生させ、追焚量の調整によって発生蒸気の蒸気圧を一定に制御（自動燃焼制御）している。又ガスタービン停止時には別置の強制通風機によって蒸気の供給が出来る。

蒸気タービンは排気圧制御タービンが採用されており、蒸気タービンの排気はガバナー弁の操作によって圧力が常に一定になるよう工場に送気され、工場が必要とする蒸気量は時々刻々変化するので、これに応じて蒸気タービンを通ずる蒸気量も変化する。従ってこの設備での蒸気タービン自らの発電出力は工場蒸気の需要量に応じて変化することになる。このことから、このコンバインド・コージェネレーション設備全体の発電出力の制御は、ガスタービン発電設備の燃焼燃料量の調節で行っている。

このコンバインド・コージェネレーションの蒸気送気量の調整は、最終的にはボイラ入口ガス部における追焚き燃料量の調節によって行っている。所で、なぜコンバインド・コージェネレーションのごとく、ガスタービン発電設備と蒸気タービン発電設備を備えた上に蒸気を工場へ送気するような複雑な動力設備としているか、という疑問が湧くと思われる。更に、コンバインド・コージェネレーション設備も、結局は電力と蒸気を生み出すのであるから通常ガスタービン発電設備と排熱

ボイラーとの組合せによる単純なコージェネレーションではいけないのかということである。この疑問に対する回答は、その工場の特質を示す熱電比（蒸気消費量と電力需要量の比）が、どのような値を示すかを調べることによって得られる。それでは、図-2に従って、熱電比の関係を調べてみると、図では、横軸にその工場の需要電力、縦軸にその工場の需要蒸気量を取ると、ある瞬間における蒸気量と電力の組合せは図-2の上の一つの点として表らわされる。この点は時間とともに無数に存在するわけであるが、その工場の特質によってある限られた範囲にばらつくことになる。一般的に発電設備の容量を決定する場合には、最も頻度の多い発電量付近に最高効率点を持つてくるように設備計画するのが最も経済的な計画である。しかし、ガスタービン発電設備の場合、ある決った番型によって出力レンジがステップ状に存在するために要求出力と適合し難い。例えば、図-2で言えば、出力A、出力B、出力Cのガスタービンがあり、最適な出力容量がDであるような工場の設備計画の場合、出力Cのガスタービンでは大き過ぎて部分負荷となり、出力Bのガスタービンでは小さ過ぎて過負荷になってしまうという不都合が生ずる。このことは、ガスタービン発電設備が、ボイラー蒸気タービン発電設備と決定的に違う所と言える。即ち、蒸気タービン発電

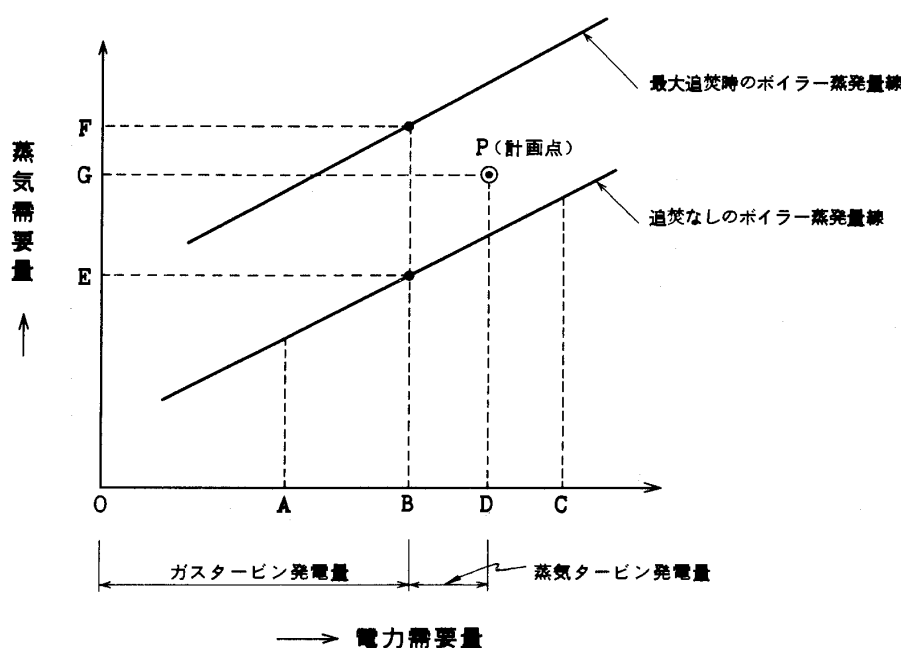


図-2 コンバインド・コージェネレーションの計画点

設備であるならば、その都度ユーザーの要望する出力ぴったりに、最高効率点を持ってくる蒸気タービンを製作することは比較的容易に出来るからである。

ガスタービン発電設備の持つ特質を認めつつ、最適なシステムを組む方策として、コンバインド・コージェネレーションシステムの存在意義が生れてくるのである。又蒸気使用と云えども有効仕事の回収を計って発電効率を高める事が出来るためである。

図-2において、最適蒸気電力計画容量値がP点であるとした場合（発電出力D，蒸気蒸発量G），ガスタービン出力としてはBの出力のガスタービンを選定し出力Dまでの不足分の発電力B～Dは蒸気タービン出力によって賄うように計画する。このことによって、電力設備としてのガスタービン，蒸気タービンは、最高効率点で運転

できることとなる。一方、蒸気発生量はガスタービン出力Bのガスタービンを採用した場合は、追焚きなしの蒸気量Eと、最大追焚き蒸気量Fの中間に位置する場合は、その追焚き量を調節することによって、容易に蒸気量Gのボイラーを作ることが出来る。この場合のボイラーの蒸気条件は蒸気タービン出力に合う様調整される。これが、ガスタービンを最高効率点付近で運転しつつ、かつユーザーの望む出力要求も満足させることが出来るコンバインド・コージェネレーションのシステムの特徴である。

3. 設備概要

本設備の最も重要な役割をはたしているガスタービンはSB30型ガスタービンで、当社において今まで最も多く使用された実績を有する型式であり、図-3に示すごとき断面形状を有している。圧縮機は軸流11段、タービンは軸流4段とし、圧

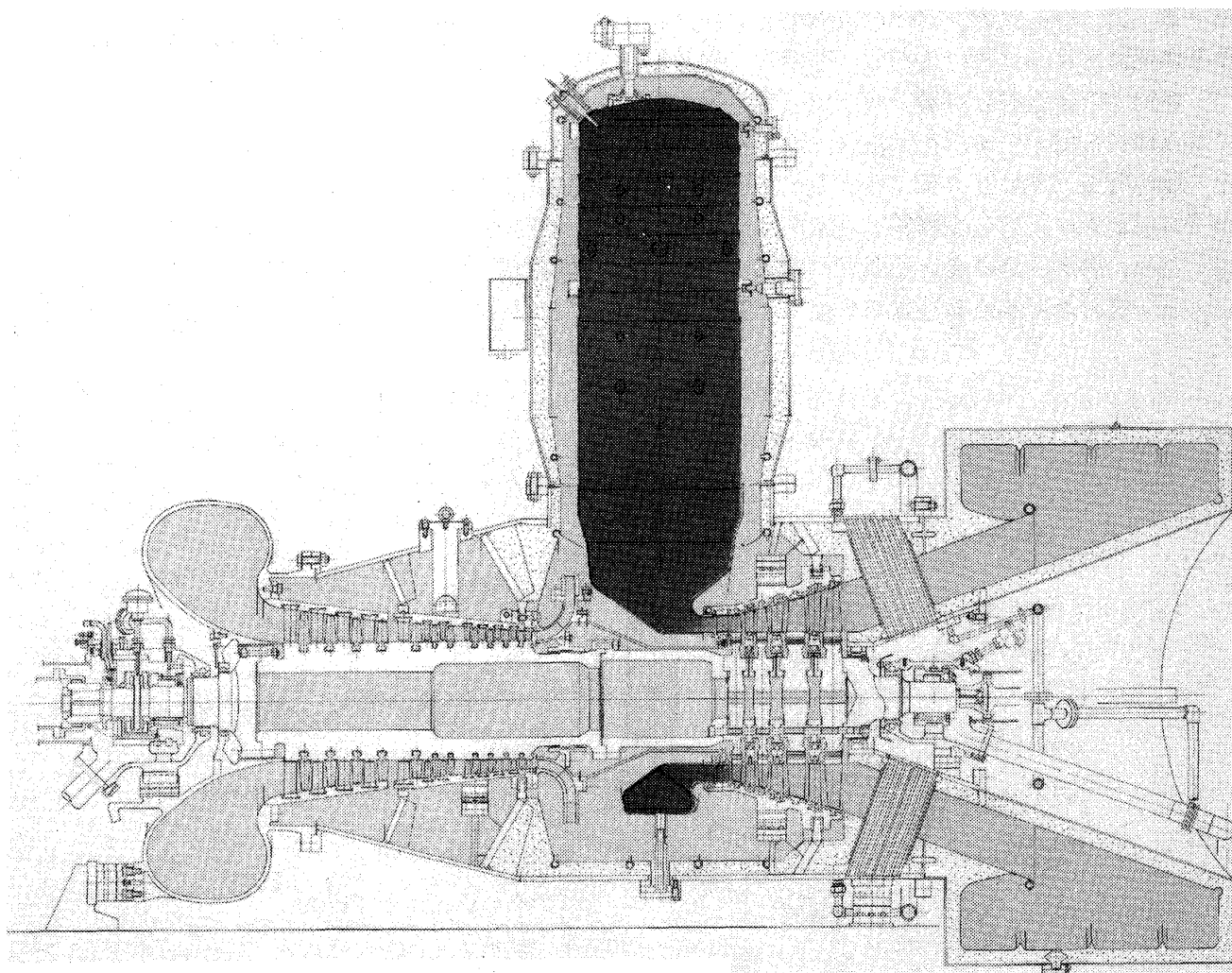


図-3 ガスタービン断面図

縮機，タービン共に2重ケーシング構造となっている。外側ケーシングは厚肉の耐圧構造となっているが，内側ケーシングはガス圧力を保持しないため薄肉構造で作られており，急速なガスタービンの起動においてケーシングの熱応力の低減，熱のびに対する追従を容易に処理しうる構造となっている。

また，ケーシングは産業用に適した水平分割構造にしており，点検の容易な構造となっている。燃焼器は圧縮器とタービンの中間ケーシング部にフランジで固定された単缶式逆流型燃焼器である。この燃焼器の特徴は構造が簡単であることによるメンテナンスの容易性もあるが，最大の特徴は各種燃料性状に応じた燃焼器形状をガスタービン本体とは関係なく比較的容易に作りうる点にある。今回の使用燃料LSHSに対しては燃焼性能がC重油相当であるために，燃焼器胴身は従来のメタン系燃料用燃焼器よりもいくぶん長めに作られている。又，単缶式燃焼器は低質燃料をも燃やしうる燃焼器と言われているがその理由の一つとして，燃焼中の炭素成分が多い程燃焼火炎は長くなり輝炎も増大するが，単缶式燃焼器の場合，その取付構造上燃焼器を長く作ることができ，又輝炎幅射がタービン1段静翼に直接あたることがないため，炭素成分の多い低質燃料であっても，タービン翼寿命に与える影響が少なく，燃焼器要

素のみの問題として解決出来る。

ボイラーの形式は水平曲管形強制循環形である。このボイラーはガスタービンの排ガスを受け，この排ガス中でLSHSを追焚きすることによって所定の圧力温度（ $40\text{kg/cm}^2\text{G} \times 305^\circ\text{C}$ ）の蒸気を作っている。なおボイラーはガスタービンが停止している場合でも強制通風機を設置しているために，ボイラー単独で運転することが可能である。また逆に，ボイラーが停止中であったとしても，ボイラーバイパス煙突が設置されているために，ガスタービンは，単独で運転可能なようにしている。

コンバインド・コジェネレーションのもう一つの発電設備である蒸気タービンは以下に示す要目を有しており，タービン形式としては1段衝動2段以降反動形背気圧制御タービンである。タービンは蒸気量に応じた発電を行い，自らの発電制御を行わない一種の減圧制御弁的機能となっている。

蒸気タービンに予期せぬトラブルがあった場合のバックアップとして蒸気タービンバイパスラインを設けてあり，蒸気タービンがトリップした場合でも，工場への蒸気の送気を停止させないよう配慮している。

本設備の中で特徴的なものとして，図-4燃料処理装置がある。この装置の中心は図-5に示すごとく円筒ドラム及びその中に水平の細い棒状の

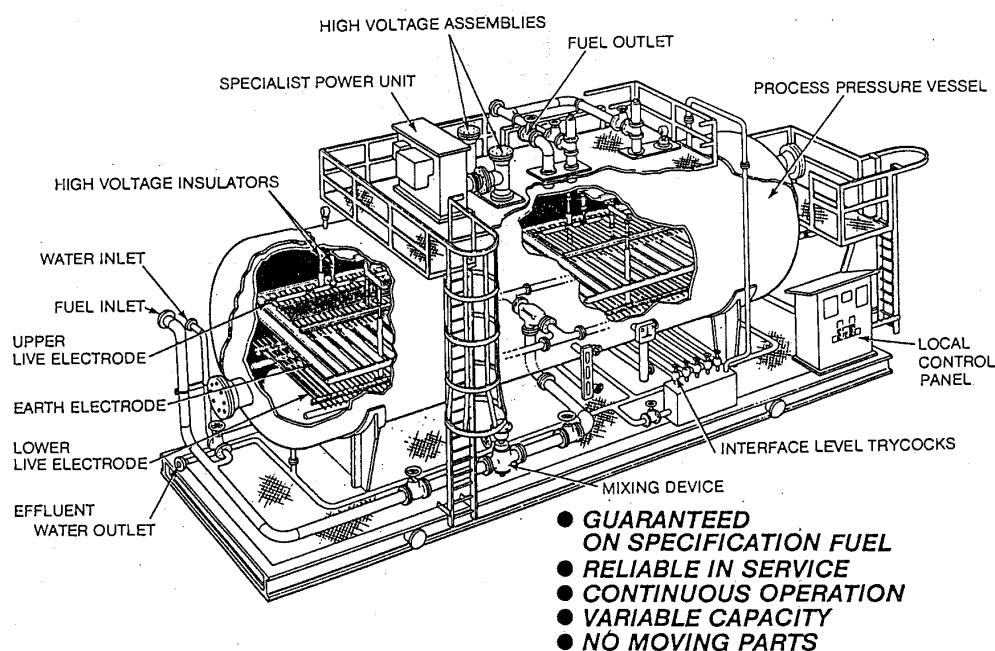


図-5 静電分離装置

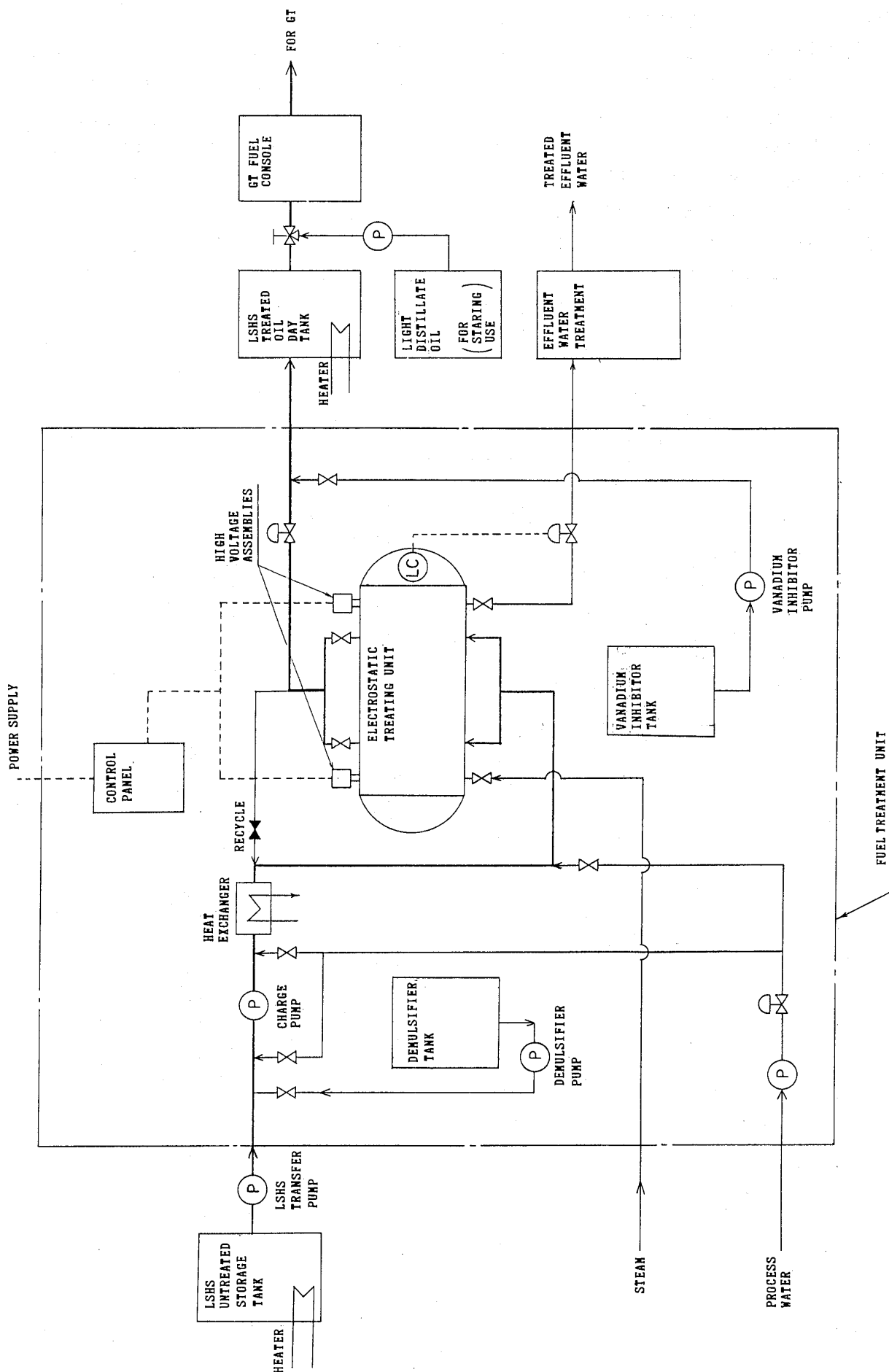


図-4 燃料処理系統図

竿（電極）を配した静電分離機である。このドラムの中に処理すべき油と、数％（6～8％）の水及びマルジョンブレイカを混入させ、よくかきまぜエマルジョン状態の油として注入される。エマルジョン状の混合液が電極下部よりゆっくり上昇し竿状電極を通過する際に、静電効果により油中の水分は凝縮大粒形化し油と水は分離され、水は下方に沈降し油はそのまま上昇して上方のノズルより処理油として取りだされるのである。

このように、油の水洗によって、油中に含まれ

るナトリウム、カリウム等のガスタービンにとっては有害な水溶性金属は水といっしょに洗い流されるのである。しかし、油中に含まれているバナジウム、ニッケル等の油溶性の金属塩は、このような油の水洗工程によっては取り除くことは不可能である。これに対しては別途、ガスタービンで燃す前に薬液注入（マグネシウム（Mgo））を燃料中に行ってその重金属の弊害を回避する。

以下にこの設備に使用された主要設備の主要目を熱精算バランスを図-6に示す

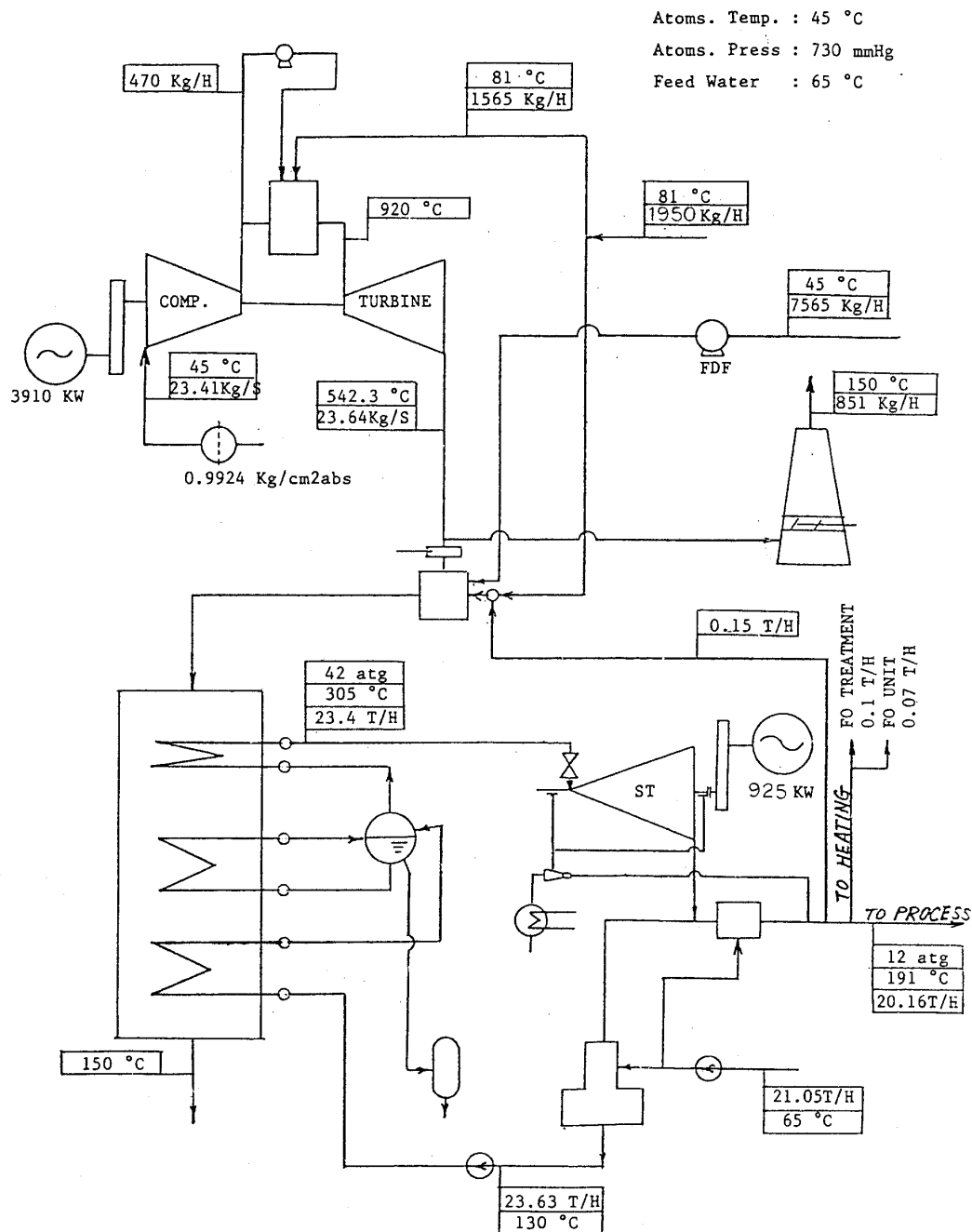


図-6 熱平衡図

(1) ガスタービン

型 番 : SB30 形
 燃 料 : LSHS
 排ガス温度 : 542℃
 排ガス量 : 23.6kg/s
 回転数 : 9410rpm
 製造者 : 三井造船(株)

(2) 発電機

型 式 : 3相空冷ブラシレス励磁
 電 圧 : 1100V
 周波数 : 50Hz
 出 力 : 3910kw
 製造者 : 明電舎(株)

(3) ボイラー

形 式 : 水平曲管式強制循環形
 蒸発量 : 23.5T/H
 圧 力 : 42kg/cm²G
 温 度 : 305℃
 追焚燃料 : LSHS
 製造者 : 三井造船(株)

(4) 蒸気タービン

形 式 : 衝動反動背圧制御形
 入口圧力温度 : 40kg/cm²G × 300℃
 出口圧力 : 14kg/cm²G
 発電主力 : 925kw
 製造者 : 新日本造機(株)

(5) 燃料処理装置

形 式 : 水平二胴静電分離形
 容 量 : 1950kg/H
 処理油 : LSHS
 消費電力 : 16kw
 製造者 : 三井造船(株)

図7, 8, 9は、本設備全体のプラント配置である。ガスタービンと蒸気タービンは屋内に設置され、メンテナンスのために天井クレーンが設置されている。(写真1参照) 屋内機械室と並んで電気制御室が設けられており、この室にてこのプラントすべての制御及び発電送電を行っている。ボイラー及び燃料処理設備は屋外に設置されている。ボイラーのまわりには給水ポンプ、強制通風機等が配置されている。LSHSは、燃料処理装置で処理され、装置のそばの保温されたサービスタンクに貯蔵されている。

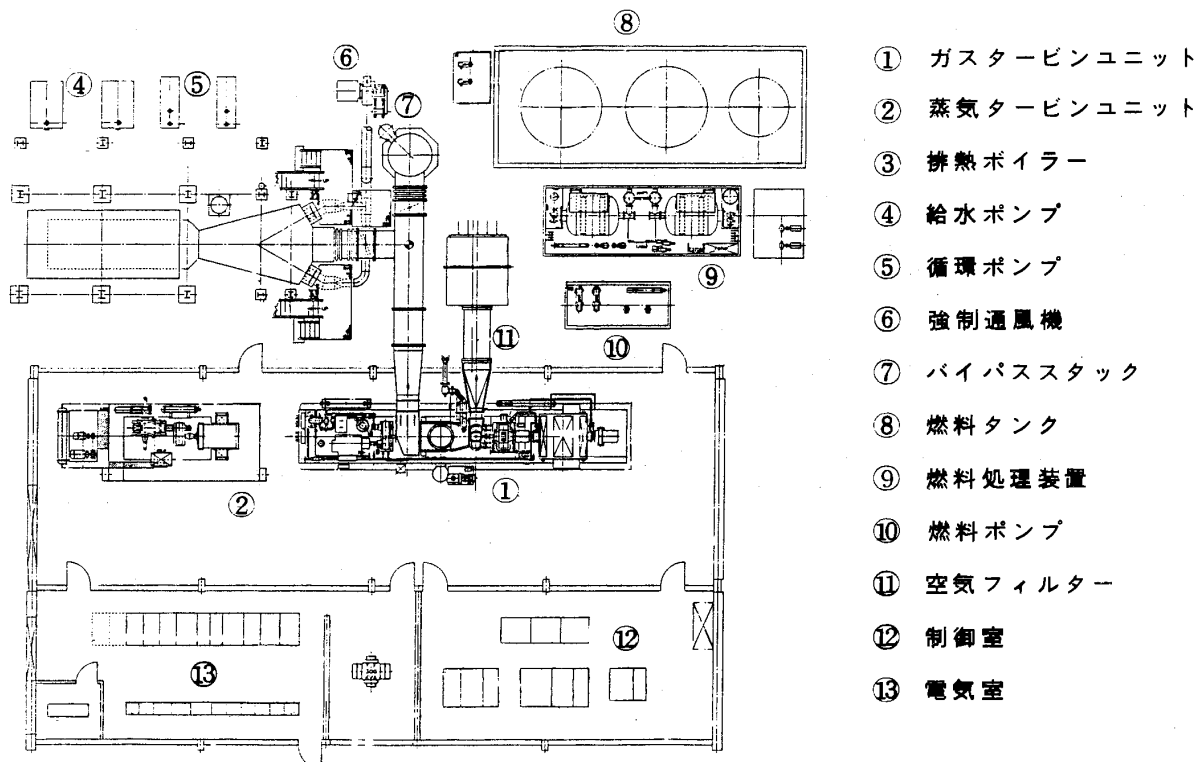


図-7 プラント全体配置図

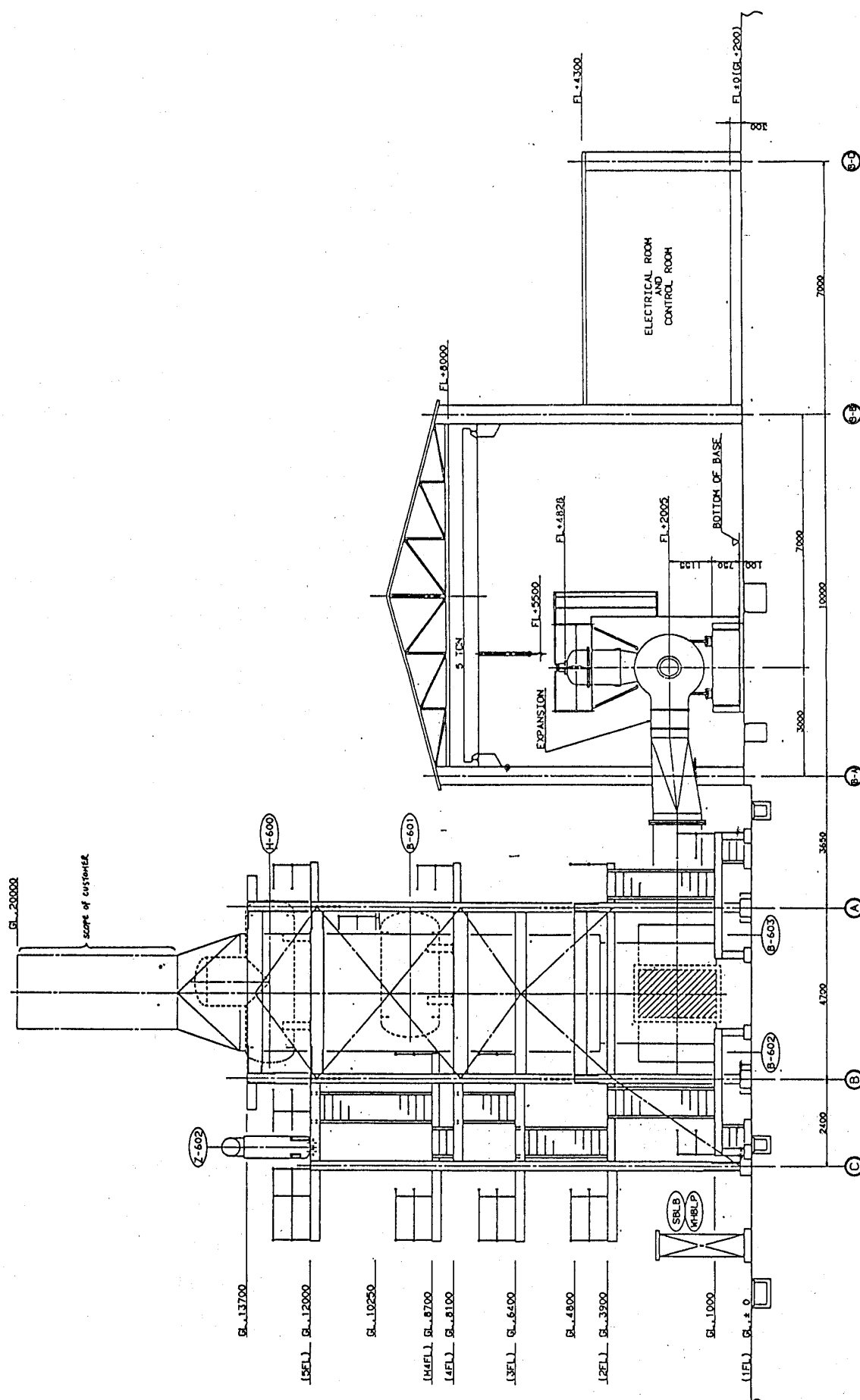


図-8 複合発電設備全体配置図(立面図1)

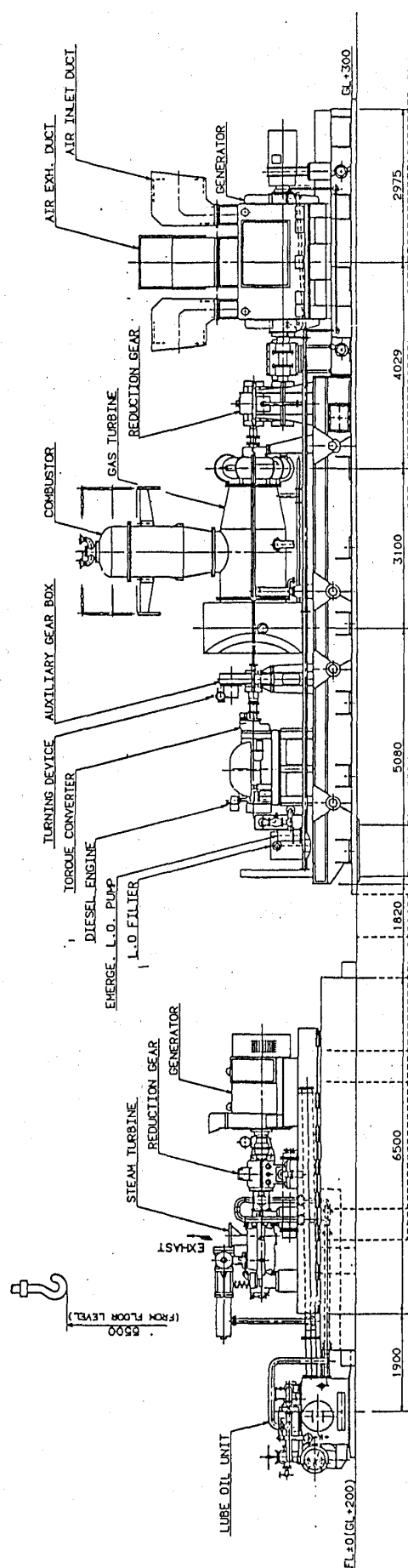


図-9 複合発電設備全体配置図 (立面図 2)

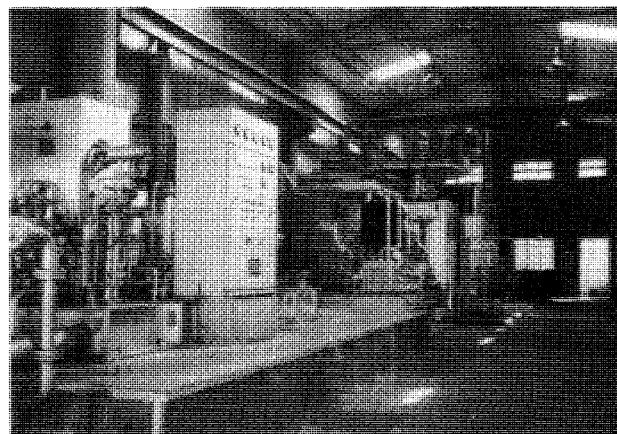


表-1 LSHS の仕様

C : H	6.5 ~ 8
硫黄分 (最大 %)	1.75
総発熱量 Kcal/Kg	10,000
動粘度 cst	300 @ 70°C
比重量	0.90
融 点	66 ± 2°C
引火点	150°C 以上
灰 分	0.15
Na ppm max	14
V ppm max	12
Ni ppm max	13
Fe ppm max	12
Ca ppm max	0.5
H ₂ O % V/V max	0.5
残 査	0.2
ワックス % wt max	32
残 炭 max	2.5 %
アスファルト max	2.5 %
火炎高さ	10 mm 以下

4. LSHS

Low Sulphur Heavy Stock (LSHS) とは、インドに産する原油を常圧蒸留された残査油であり、S分は1.75%であるが、熱量は10000kcal/kgと比較的高カロリーでインド国内において広く使用されている油である。従来この油は、ボイラー、ファーンレス等で使用されており、ガスタービンに使用されたことはなく、今回が世界で初めての使用実績である。油の性状は、表-1に示すごと

く、ワックス性分が32%と多いことが特徴であり、このために、常温においては固体の状態で、66℃に温度をあげるとようやく溶融し、少なくとも80℃以上に保持しなければ、液体としての取扱いがしにくい油である。

このために、LSHSは製油所からユーザーに送られる時には、防熱されたタンクローリーによって85℃以上に保持するようにして配送しなければならない、配送されるユーザーも製油所より350km以内に限定されている。LSHSの粘度はワックス成分が多いことにより、C重油よりやや高めに位置しており、図-10に示すごとく70℃において約320cstを示す。一般にガスタービンの燃焼器入口においては、燃料の粘度は10cst以下の粘度にする必要があるため、LSHSは通常運転時には180℃以上の加熱が必要とされる。

LSHS 焚きのガスタービンの困難な課題としてガスタービンのスタート時とストップ時がある。ガスタービンのスタート時には、配管、バーナー等は冷間状態にあり、かつ燃料流量も部分流れとなるため、燃料湿度低下による閉塞ないしは、微粒化不十分の状態となり、スタート燃料としてLSHSは不適である。従って、ガスタービンの起動は、HSD油（High Speed Diesel oil）によって行い、定格回転数となり配管も暖管されてから、徐々にLSHS燃料に切り換えて、最終的に100%のLSHSで運転できるようにする。もちろん、このことはガスタービンを停止する場合も同様であり、あらがじめ予定された停止の場合には、LSHSはHSD油に完全に切り換え、配管中をHSDに置換した後に、ガスタービンの停止操作を

行うのである。しかし予期せぬガスタービンの停止に遭遇し、かつ長期に停止する場合は、配管中のLSHSが凝固閉塞しないようにするためには、いち早くHSD油で置換するかまたは蒸気で配管中のパージする必要がある。

LSHSは残査油であるために、油の常として微量な金属元素を含んでいる。この金属元素の中でも、特にガスタービンの高温部において悪影響のあるものは、ナトリウムとバナジウムである。これら二つの元素はイオウの存在のもとで、約600℃付近で溶融硫酸塩を作り著しい腐食性を示すが、これらの影響を出来るだけ少なくするために、ナトリウムを燃料処理装置で除去している。

次に、バナジウムであるが、この重金属は油溶性の性質があり、水には溶けないために油の水洗では除去することはできない。従ってバナジウムの場合、マグネシウムを主成分とする薬液を油中に注入することにより、バナジウム酸化物の溶融温度が約600℃付近であるものを、約1000℃までに高め、このことによってガスタービン高温部品表面へのバナジウム金属の溶融付着を防止している。

LSHSの燃料としての燃焼特性は図-11に示差熱天秤分析で示す。図において、横軸に燃料サンプルの加熱時間、縦軸に燃料サンプルの重量（減量がわかる）、及びサンプルの加熱温度を示す。サンプルの加熱後、A重油の場合は、なめらかにかつ短時間でサンプルが天秤上で減量しているのがわかるが、C重油の場合、サンプル減量も、だらだらと長びいていて、時には減量曲線が屈曲している。このことはC重油がA重油よりも燃えに

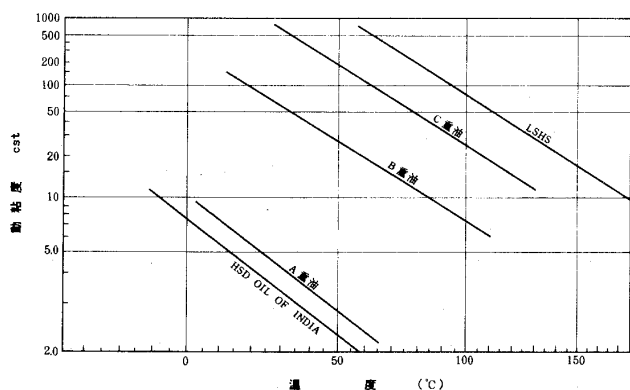


図-10 燃料油の粘度

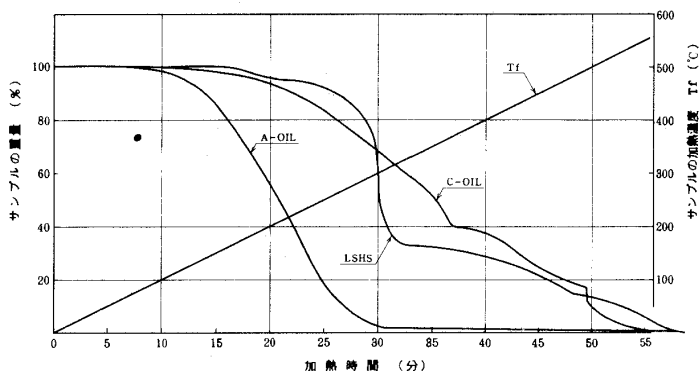


図-11 燃料油の加熱減量

くくかつ屈曲棚部分においては、その温度ではなかなか蒸発分解減量が進まない成分が含まれていることを示している。LSHSとC重油を比較した場合、加熱開始時においてはLSHSはC重油より燃えにくく見えるが、ある程度加熱をすると一気に燃焼は促進されその後はゆるやかに燃焼される様子がわかる。このことは、LSHSが燃焼性に関しては、C重油相当ないしはC重油より若干良好と評価しうる根拠になっている。事実実機においても、ガスタービン燃料として特に問題ないことが実証されてきている。

5. 運転結果

コンバインド・コージェネレーション設備として、システム上の問題は特になく、従来の単体設備の組合せによって可能である。ただし、非常時における設備上のバックアップを検討しておく必要がある。例えば、今回採用しているごとく、蒸気タービントリップ時のための蒸気タービンバイパスラインの設置、発電設備の単独運転時において、蒸気タービンがトリップした場合、ガスタービンへ蒸気タービンで発電していた電力が自動的に移動しガスタービンが過負荷状態となり、ガスタービンもトリップするケースがある。このことを防止するために蒸気タービントリップ時には選択負荷遮断を行う設備を設置している。

本設備は、総発電力 4835kw、蒸気蒸発量 23.5 T/Hの能力を有する設備であるが、総合熱利用率として 80% が確認された。また外部電力との切りはなしで単独運転された場合に、蒸気の負荷変動が全蒸発量の 20%、発電機の負荷変動は全負荷の 10% が瞬時に発生しても、設備全体に支障なく運転されている。

LSHSを焚く場合の特徴である燃料処理装置は、エマルジョンの分離をするために、十分な加熱とエマルジョンブレーカーの注入が大切である。

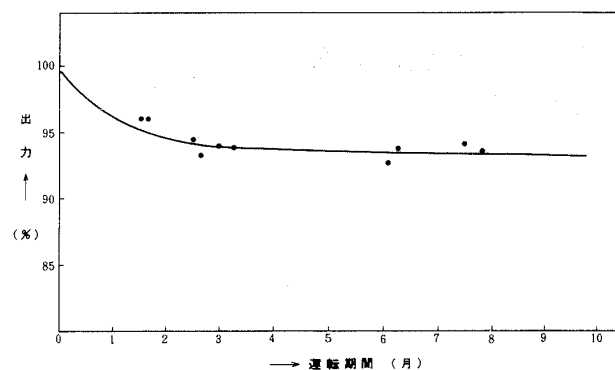


図-12 ガスタービンの出力低下傾向

薬品は処理される油との相性があるために、単純にLSHSだけでは最適な薬品を決定することは出来なく、実際の油を使ったテスト装置における実験によって決定されなければならない。

LSHS燃料そのものは、ガスタービン燃料として適しているが、LSHSは重質油であり重質油焚きガスタービンの常として、どうしても長期間の運転によって、若干の出力低下の現象が表らわれる。これは、タービン翼部にデポジットが付着するためで図-12は、運転後におけるガスタービンの出力低下傾向を示したものである。出力低下は、約5ヶ月後には、ほぼ飽和状態になっていることが図よりわかる。

以上、三井造船㈱にて経験した、コンバインド・コージェネレーション設備による低質油焚きガスタービン設備について紹介させていただいた。

この種設備には、まず第一に堅牢で安定した産業用ガスタービンが必要とされているが、SB30型ガスタービンは、低質油焚きガスタービンとしてその適応性を確認することが出来た。本設備はすでに7000時間以上の運転時間を経て順調に運転されている。今後もこの種ガスタービン発電設備を通じて、各界のお役に立ちたいと願うものである。



太陽化学における ガスタービンコージェネレーション

太陽化学㈱ 服 部 満 治
川崎重工業㈱ 井 上 俊 彦

1. はじめに

太陽化学塩浜工場は、三重県四日市市の郊外にある食品素材生産工場である。昭和60年9月という極めて早い時期に産業用ガスタービンコージェネレーションシステムを採用し、発生する電気・蒸気を生産設備に供給してきた。当初は商用電源とは系統分離運転を行ってきたが、この度、昭和63年1月より常時並列運転を開始する運びに至った。

本稿では、太陽化学におけるガスタービンコージェネレーションシステムの概要を紹介すると共に、昨年までの系統分離運転実績について述べる。最後に、運用を開始したばかりの常時並列運転システムを紹介する。

2. ガスタービンコージェネレーションシステムの導入

2-1 コージェネレーションシステムの導入経緯

太陽化学塩浜工場は、昭和57年に竣工された比較的新しい工場で、食品素材（卵加工品、乳化剤等）、化学品を主力商品としている。電気・蒸気は主に生産設備で消費し、従来、蒸気は油焚きボイラで供給していた。ところが工場設備増設の計画を発端として、次に述べる理由で、昭和60年9月にガスタービンコージェネレーションを運用開始するに至った。

(1) 契約電力増加の抑制

工場設備の増設計画によって、工場全体の電力需要が6000V系統の契約電力限界である2000kWを越える見通しとなった。新しい電力契約には高額な特別高圧受変電設備が必要で、これを回避するためにコージェネレーションシステムを導入

を考えた。

(2) 蒸気需要の増加

食品工場では生産プロセスに多量の、しかも高圧（約7kg/cm²G）の蒸気を必要とする。工場設備増設によって蒸気需要の増加が見込まれ、電気ばかりでなく蒸気が発生できるガスタービンコージェネレーションが有望と考えられた。

(3) 省エネルギーの推進

会社の方針として、従来から省エネルギー・省コストに積極的に取り組んでいた。そのために、エネルギーの総合利用効率を大幅に向上させ、しかも工場に必要な電気と熱（蒸気）とを合せた全体のエネルギーコストの低減化が可能なコージェネレーションに注目していた。

2-2 コージェネレーションシステムの概要

本システムの全景を写真1に、ガスタービン発電装置側の景観を写真2に、機器配置図を図1に示す。本システムは、このようにコンパクトに屋外設置されている。

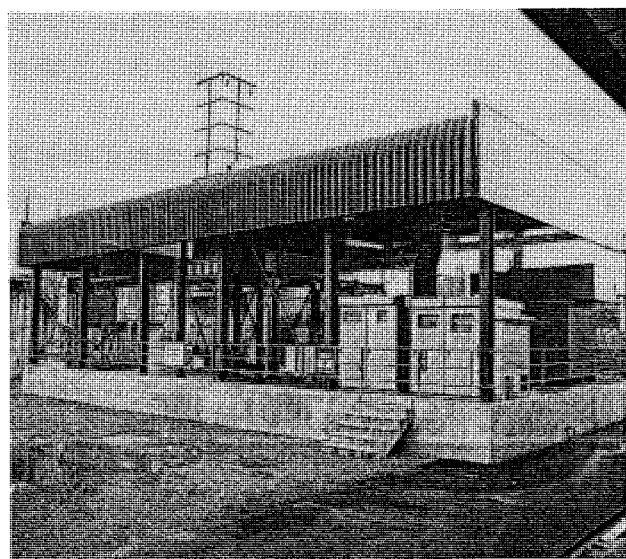


写真1 コージェネレーションシステムの全景

（昭和63年2月5日原稿受付）

次に主要機器の仕様を表1に、本システムで採用されたガスタービンエンジンの外観を図2に、システムのフローを図3に示す。

本システムの中心は、特A重油を燃料とするガスタービン発電装置で、最大1000kWの電気を工場設備へ給電する。同時にガスタービンから発生する約500℃の排気ガスを廃熱ボイラへ導き、圧

力7kg/cm²G、最大流量3.3t/Hの蒸気として排熱回収し、工場設備へ供給する。廃熱ボイラから出る約200℃の排気ガスは、排気消音器を経て大気へ放出される。

本工場の蒸気系統図を図4に示すが、廃熱ボイラと既設ボイラ（油焚き水管ボイラ、実際蒸発量3t/H、1台）とは共通の蒸気ヘッドに接続され、

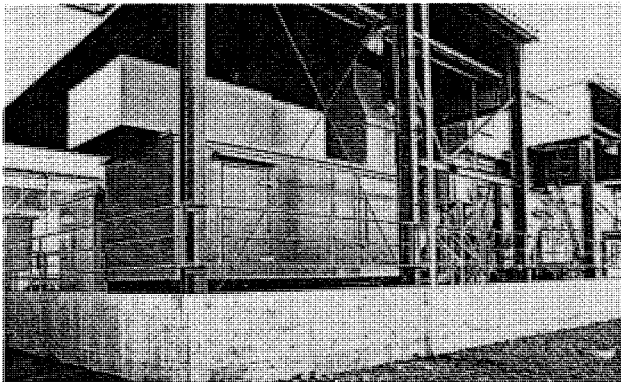


写真2 ガスタービン発電装置と廃熱ボイラ

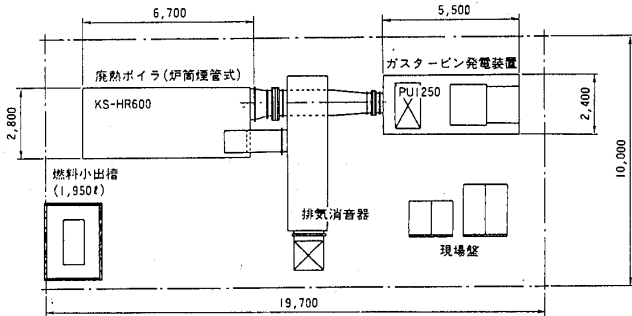


図1 機器配置図

表1 主要機器の仕様

1. ガスタービン発電装置		
型 式	カワサキ PU 1250	
発電機端出力	1000kW (吸気温度 15℃), 900kW (吸気温度 30℃)	
機 例 騒 音	85dB(A) 以下	
(1) ガスタービン (川崎重工業製)		
型 式	カワサキ M1A-01 (単純開放サイクルー軸式)	
定 格 出 力	1540PS (吸気温度 15℃)	
燃 料	特A重油	
回 転 速 度	タービン主軸	22000rpm
	減速機出力軸	1500rpm
起 動 方 式	電気式	
(2) 発電機 (富士電機製)		
定 格	開放保護形同期発電機	
容 量	1250kVA	
発 電 電 圧	6600V	
周 波 数	60Hz	
定 格 力 率	0.8遅れ	
極 数	4	
2. 廃熱ボイラ (川重冷熱製)		
型 式	KS-HR600 (煙管式)	
蒸 気 圧 力	7kg/cm ² G	
最大使用圧力	10kg/cm ² G	
発生蒸気量	3300kg/H	
伝 熱 面 積	479m ²	

蒸気はこのヘッドからそれぞれの生産設備へ供給される。既設ボイラが蒸気圧力の高低によって自動発停するのに対し、廃熱ボイラは蒸気圧力によってバイパスダンパ開度を制御する。すなわち発熱ボイラ運転中に蒸気余剰となった場合には、排気系統のバイパスダンパ（図3参照）を開いて、排気ガスを大気へ逃してやる。廃熱ボイラの発生蒸気をベース負荷とするために、廃熱ボイラ蒸気圧力は既設ボイラに比べ、幾分高めに設定した。

本システムでは排ガスダンパを取付けているために、システム運転中に万一廃熱ボイラに事故があったとしても、ガスタービン発電装置は給電を継続できる。

図5には当工場の電力系統図を示す。本システム運用開始時（昭和60年）には商用電源との並列運転が許可されず、コージェネレーションシステムの発電系統と商用電源系統とが完全に分離されている系統分離運転を行った。この運転では電力を商用電源と発電電源とを切換えて給電するために、切換毎に瞬時停電が発生する。

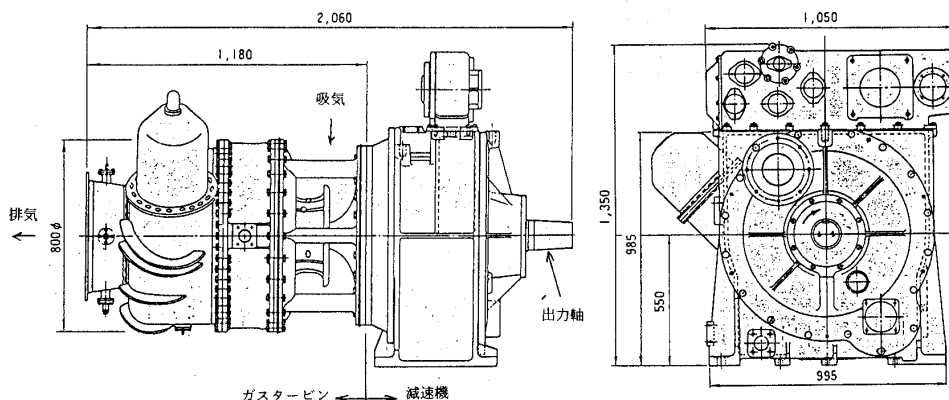


図2 M1A型 ガスタービン

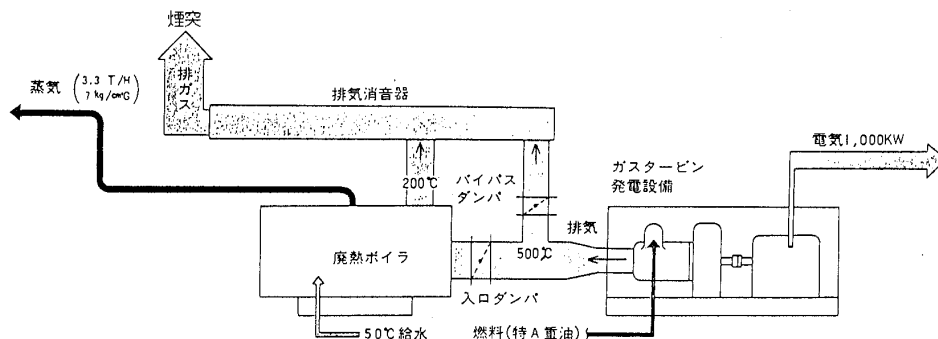
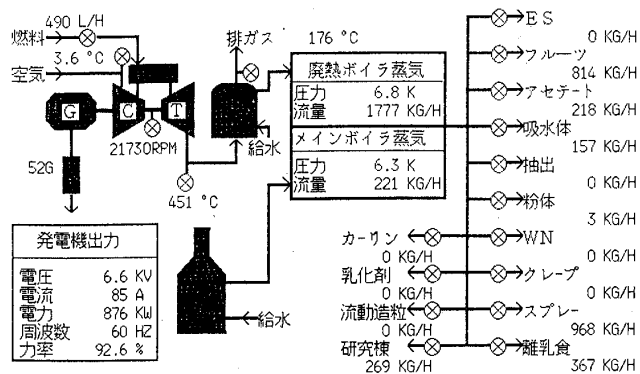
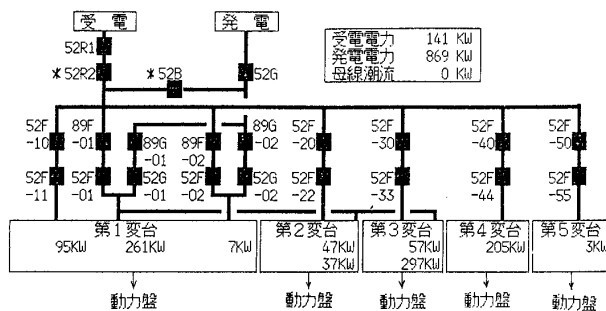


図3 システムフロー



この図は中央監視システムのCRTのハードコピーで、運転状態がリアルタイムに表示される。

図4 蒸気系統図



*印の遮断器は商用電源との並列運転開始時に増設したもの

図5 電力系統図

ちなみにコージェネレーションシステム導入によって、契約電力を1400kWから700kWまで低下できた。但し、工場設備の増設により、昭和62年5月からは契約電力を1200kWに引き上げている。

本システム導入と同時に、中央監視システムも設けられた。図4、図5はいずれも中央監視システムのモニター画面のコピーである。このシステムの利用で、コージェネレーションシステムの運転状態をリアルタイムで監視できるばかりでなく、工場全体のエネルギー管理、コスト管理が容易になった。

本コージェネレーションシステムの特徴を示す。

(1) シンプルなシステム構成

ガスタービンコージェネレーションの最も基本的なシステム構成を採用し、構成要素の完成度、信頼性も高いために、オペレーションやメンテナンスが容易である。

(2) 低コストの燃料を使用

ガスタービン発電装置の燃料として、低コストで、しかもいおう酸化物の発生量を抑えられる特A重油（ローサルファA重油）を使用した。

(3) 屋外設置

ガスタービン発電装置、廃熱ボイラ共に屋外設置とする事で、据付工事が非常に簡単になった。機器の腐食を防ぎ、更に機側監視を容易にするために、主要機器上部には屋根を設けてある（写真1、写真2参照）。

ガスタービン発生装置の特徴として、吸気温度が高くなるにつれて発電出力を抑制しなければなら

ない。（表1参照）。夏期の発電出力低下を極力防止するためにも、ガスタービンが大気を直接吸入できる屋外設置が望ましい。

またガスタービン、発電機共に防音型エンクロージャ内に収めたため、機側にて85ホン以下、約13m離れた敷地境界では65ホン以下という低騒音を実現できた。

(4) 年間2600時間の運転

工場の操業に合わせて一日約10時間、年間約2600時間と、比較的短い稼働時間であるが、将来電気と蒸気の需要が増した場合には、稼働時間の延長が可能である。

3. コージェネレーションシステムの運用実績

3-1 一日の電力・蒸気負荷パターン

系統分離運転での冬期、夏期における代表的な電力・蒸気負荷パターンを図6と図7に示す。同図には工場全体でのエネルギー消費量と、コージェネレーションシステムからのエネルギー発生量とを一時間毎に記した。

各季節毎に見れば、昼間の電力負荷パターンの差異は小さい。夏期に工場全体電力消費量が増加しているのは、冷房・冷却用電力負荷が増加したためである。夏期に発電量がガスタービン吸気温度で定まる制限値（吸気温度30℃で約900kW）近くまで達しているのに対し、外気温度の低い冬期に発電量が低いのは改善の余地があると思われる。

蒸気負荷パターンでは逆に、冬期の工場全体消

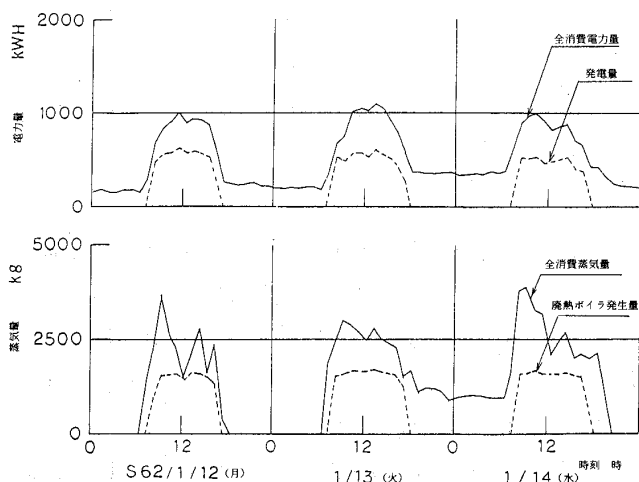


図6 冬期の電力・蒸気負荷パターン実績
(系統分離運転)

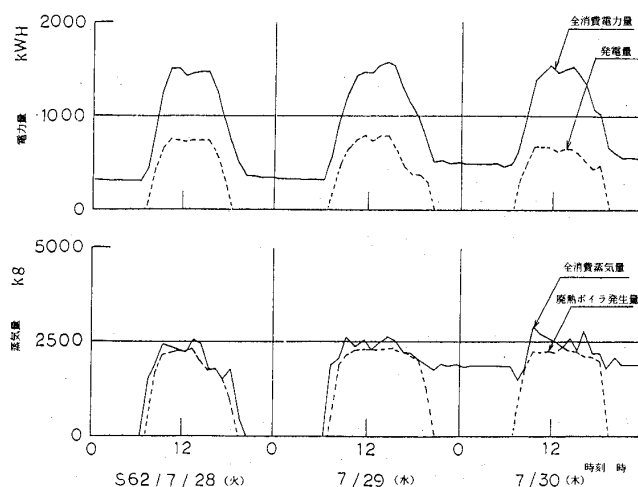


図7 夏期の電力・蒸気負荷パターン実績
(系統分離運転)

表2 代表的運転ポイントでの効率（系統分離運転）

	冬 期 (S62.1.12~14)	夏 期 (S62.7.28~30)
ガスタービン吸気温度(℃)	-3~0	約 30
発電量 (kWH)	500~600	約750
発電効率 (%) ^{*1}	14~15	約 16.5
排熱回収効率 (%) ^{*2}	約 30	約 35
コージェネ総合効率(%) ^{*3}	44~45	約 51.5

$$*1 \text{ 発電効率(\%)} = \frac{\text{発電量 (熱換算)}}{\text{発電装置燃料入力 (低位発熱量基準)}} \times 100$$

$$*2 \text{ 排熱回収率(\%)} = \frac{\text{廃熱ボイラの排熱回収率 (発生蒸気エネルギー-給水エネルギー)}}{\text{発電装置燃料入力 (低位発熱量基準)}} \times 100$$

$$*3 \text{ コージェネ総合効率(\%)} = \text{発電効率(\%)} + \text{排熱回収効率(\%)}$$

費量の日毎の変化が大きい。これは各運転日によって外気温度が変化し、それに応じて加熱・暖房用蒸気負荷が変化したためである。

コージェネレーションシステムの電気出力（発電量）と熱出力（発熱ボイラ蒸気発生量）とは、過渡的な状態を除いてだいたい相似したパターンを示す事が予想される。ところが夏期の実績（図7）では両者の差が大きく、しかも（工場全体蒸気消費量）≒（廃熱ボイラ蒸気発生量）の関係がある。つまり夏期には、廃熱ボイラ発生蒸気量のみでも蒸気が余りぎみになり、ガスタービンの排気が一部、自動的にバイパス系統へ逃がされていたと推定される。

3-2 発電効率と排熱回収効率

表2に冬期、夏期のデータ（図6，図7参照）を基にした発電効率、排熱回収効率の代表値を示す。

それに対し表3は、コージェネレーションシステム運用開始時から昨年までの電気・蒸気エネルギーの発生量及び消費量、燃料消費量を一月単位に整理したものである。また表4は、表3のデータを用いて昭和62年各月毎の発電効率と排熱回収効率を計算したものである。一日の内の運転開始直後と停止直前の負荷率が低いために、当然ながら表4の数値は表2の数値に比べて少し低い。また同表において2月が空欄になっているのは、この月に電気事業法に定める年一回の定期検査を

表4 昭和62年のコージェネレーション運用効率

	発電効率(%)	排熱回収効率(%)	コージェネ総合効率(%)
1月	12.1	24.6	36.7
2月	—	—	—
3月	12.5	23.4	35.9
4月	12.2	23.4	35.6
5月	12.8	26.8	39.6
6月	13.2	32.0	45.2
7月	13.7	33.5	47.2
8月	13.5	31.2	44.7
9月	13.0	32.1	45.1
10月	12.3	33.2	45.5
11月	11.5	34.4	45.9
12月	11.6	31.1	42.7
通年	12.6	29.7	42.3

行い、システムを停止したためである。

冬期の排熱回収効率が夏期に比べて低いのは、外気温度の低下に加えて、発電量が低いために、ガスタービン排気温度（廃熱ボイラ入口排ガス温度）が、上昇しなかったことによる。また夏期の排熱回収効率が予想した程良くなかった（計画値の約75%）が、これは前節でも検討した通り、排気エネルギーの一部をバイパス系統へ逃したためと推定する。このような理由による排熱回収効率

表3 コージェネレーションシステムの運用実績と工場のエネルギー消費量

項 目	コージェネレーションシステム						購 電 力 入 量	既 蒸 設 気 ボ 発 イ 生 ラ 量	備 考
	発 電 日 数	起 動 回 数	運 転 時 間	発 電 力 電 量	発 蒸 気 生 量	燃 消 費 料 量			
	日	回	時間	kWH	kg	ℓ	kWH	kg	
昭和60年 9月	7	7	75	30,018	94,726	27,129	225,152	312,491	コージェネレーション 運用開始
10月	25	26	248	101,314	390,322	91,588	206,759	280,770	
11月	23	27	224	92,184	383,240	79,972	185,865	204,507	
12月	21	28	203	84,142	283,114	73,155	145,937	110,272	
昭和61年 1月	17	19	169	78,922	248,220	62,588	188,915	441,607	第一回定検
2月	11	11	112	55,813	184,261	43,093	232,257	629,482	
3月	23	25	214	96,889	335,180	81,404	191,358	451,801	
小 計	127	143	1,245	539,282	1,919,063	458,929	1,376,243	2,430,930	
4月	23	23	216	105,312	370,049	81,663	182,435	408,582	第二回定検
5月	23	24	238	127,885	388,095	89,413	210,289	380,536	
6月	22	23	218	121,709	354,384	86,790	183,413	226,949	
7月	23	23	250	150,878	385,706	104,223	226,536	276,344	
8月	21	21	230	146,977	360,757	97,419	265,214	283,472	
9月	23	23	247	124,743	317,675	93,526	233,041	373,563	
10月	25	25	263	101,314	390,322	91,588	207,759	280,770	
11月	23	24	239	111,971	370,818	90,691	199,333	395,926	
12月	22	22	226	105,382	337,351	82,466	180,164	318,811	
昭和62年 1月	22	22	224	104,409	298,142	85,079	166,344	281,612	
2月	—	—	—	—	—	—	261,337	857,549	
3月	21	21	221	109,371	288,227	86,222	172,269	410,611	
小 計	248	251	2,572	1,309,951	3,861,526	989,080	2,488,134	4,494,725	
4月	23	23	251	118,022	319,137	95,852	160,318	361,353	
5月	22	22	246	126,087	371,319	97,097	197,947	301,818	
6月	23	23	260	139,997	478,153	104,731	273,421	477,215	
7月	23	23	265	156,765	540,399	113,272	333,796	416,451	
8月	21	21	234	132,797	432,581	97,166	327,709	258,581	
9月	20	20	203	113,494	394,942	86,275	298,266	528,281	
10月	23	23	246	119,068	454,370	95,943	262,601	456,172	
11月	21	21	220	95,496	403,598	82,337	234,675	389,553	
12月	20	28	201	89,463	336,812	76,059	241,559	128,249	
小 計	196	204	2,126	1,091,189	3,731,311	848,732	2,330,292	3,317,673	
合 計	571	598	5,943	2,940,422	9,511,900	2,296,741	6,194,669	10,243,328	

低下を防止するには、蒸気需要に見合うだけ発電量を減少させる等の運用が必要である。

一方、発電効率はおおむね発電量に依存し、発電装置定格（1000kW）に近い程、高くなる。

このように本工場で系統分離運転を行った結果、①操作できる電力負荷に制限があり、木目細かな電力制御が行えないために、高効率の運転ができない、②一日の電力需要の変化が大きいた

め、電力制限に対するオペレータの負担が大きい、等の問題点が判明した。

4. 商用電源並列運転システムの導入

4-1 商用電源並列運転システムの導入経緯

太陽化学は、塩浜工場内への研究棟増設と通産省の「系統連係技術要件ガイドライン」提示等を契機として、系統分離運転システムの欠点を補うべく、昭和63年1月に商用電源並列運転システム

を導入した。

この新システムでは、ASD（自動同期投入装置）によって商用電源と発電電気との同期をとり、並列用遮断器 52B（図 5 参照）を投入して、常時並列運転を開始する。並列運転中は中央監視システムに新設された APC（自動電力制御装置）が、工場全体の電力需要に応じてガスタービン発電装置の発電量を制御する。電力制御としては「発電量一定制御」と「受電量一定制御」の二つの制御モードがあり、工場全体の電力負荷（＝「発電量」＋「受電量」）の大小によって、一方のモードが自動的に選択される。

商用電源との並列運転には次の特長がある。

(1) 電気の質の向上

系統分離運転時のように、電源切替時に瞬時停電が起らない。またコージェネレーションシステムの点検や、万一の故障の際にも、商用電源が速やかに供給されて、工場の停電を防ぐ。

(2) 電力制御の容易さ

オペレータが発電電力上限値と受電量下限値とを設定するだけで、APC が自動的に電力制限を実行するため、オペレータの負担が軽減される。

(3) コージェネレーションシステムの負荷率上昇

コージェネレーションシステムから発生する電力を常に最大限活用し、不足の電力のみを商用電源から賄う事ができる。

4-2 運用実績

この新システムは昭和 63 年 1 月当初より運用を開始したばかりであり、運用方法も確立していない状態である。とりあえず、実運用で得られた電力・蒸気負荷パターン実績を図 8 に示し、系統分離運転実績（図 6）と比較してみる。

電力負荷パターンを見る限りでは、新システム運用によって発電量が発電装置定格 1000kW に接近しており、ガスタービン発電装置の負荷率が向上したのは明らかである。

ちなみに運転データから代表的な効率を計算すると、ガスタービン吸気温度 5℃、発電量約 930 kW の条件に対して、発電効率約 18%，排熱回収効率約 30% であった（計画値は発電効率約 18%，排熱回収効率約 40%）。これらの値を系統分離運転で得られたデータ（表 2 左欄）と比較する

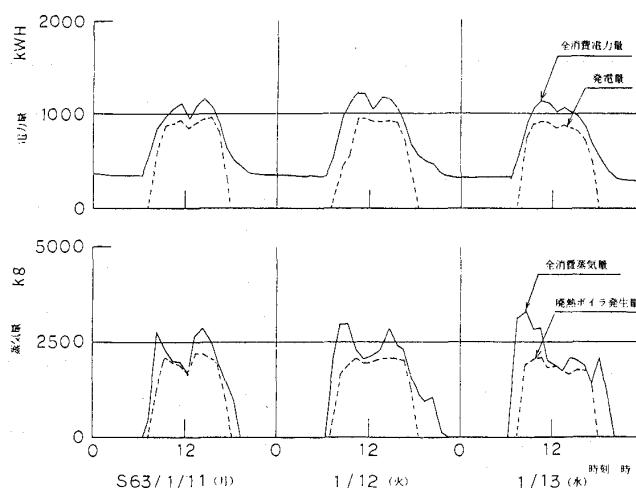


図 8 冬期の電力・蒸気負荷パターン実績
(商用並列運転)

と、発電効率が予想通り改善されているのに対し、排熱回収効率が改善されていない。次に両者の蒸気パターンを比較すると、新システム運用時（図 8）の方が工場全体蒸気消費量曲線と廃熱ボイラ蒸気流量曲線との間隔が狭い傾向が見られる。これは蒸気需要に応じて廃熱ボイラ発生蒸気流量が抑えられたため、排気ガスの一部がバイパス系統へ逃がされるために排熱回収効率が良くなかったものと考えられる。

このように電気・蒸気発生量とも定格近く of 運転を維持するのはなかなか難しく、運転データをさらに蓄積、解析して、よりエネルギー総合利用効率の高いコージェネレーションシステムの運用方法を確立する必要があると考える。

5. おわりに

太陽化学塩浜工場に特 A 重油を燃料とするガスタービンコージェネレーションシステムを導入してから約 2 年半が経過したが、特に大きなトラブルもなく、順調に稼働を続けている。

この間、系統分離運転システムから商用電源並列運転システムに改造するなど、常にエネルギー利用効率上昇やオペレーションの容易さを念頭に置いてシステムを開発してきたが、電力・蒸気需要と発生量のマッチング等、要検討課題も多い。

今後とも運用データの蓄積、解析の努力を続け、ガスタービンコージェネレーションシステムの発展に少しでも寄与できれば幸いである。



ACT 90 開発プロジェクトの概要

アドバンス・コージェネレーションシステム技術研究組合 志賀 永 欣

1. はじめに

分散型電源の一つとして位置づけられる都市ガスを利用したコージェネレーションシステムは、省エネルギー性及び石油代替の観点から、エネルギー資源の乏しいわが国にとってその普及は、最近の重要な課題の一つとなっている。また昭和61年末に通産省が発表した「21世紀エネルギービジョン」―複合エネルギー時代の幕開け―に言及されているように、わが国のエネルギー需給における電力化率が高まる中で、コージェネレーションシステムは電源多様化の一つの手段としても考えられている。

一方、都市部では関西地区の大阪ビジネスパーク、関西文化学術研究都市、関東地区の港未来21 (MM21)、幕張メッセ等に見られるように、都市の再開発が盛んに進められており、空調等のアメニティー水準の向上は、電力需要とともに都市の熱需要の増大を招きつつある。

このような背景をふまえ、都市のニーズにマッチしたガスエンジン・ガスタービンを原動機としたコージェネレーションシステムを開発すべく昭和62年6月にアドバンス・コージェネレーションシステム技術研究組合（通称 ACT90）が発足した。

以下本組合における技術開発の内容について触れてみたい。

2. 開発方式

ガスエンジン・ガスタービンコージェネレーションシステムの構成要素は、まず燃料を動力に変換する原動機、動力を電力に変換する発電機及び排熱を有効な熱として回収する排熱回収機器からなっている。都市のニーズに適合した優れたコージェネレーションシステムを完成させるためには、これらの要素機器の効率向上を計るととも

に、需要にマッチした熱と電力を無駄なく供給するシステムを構築しなければならない。さらに環境適合性、省スペース性、設置性の向上等も十分考慮する必要がある。

こうした見地から、ガスエンジン、ガスタービン、発電機、制御機器、系統連系保護リレー、吸収式冷凍機のメーカーである11社と電力、都市ガスのエネルギー供給会社6社が有機的に結合し、研究開発を進めて行くことにした。組合参加企業とそれらの役割分担を表1に示す。

3. コージェネレーション普及上の技術課題

さて、日本に於けるコージェネレーションの普及は、都市部の業務用用途では、やっと緒についたばかりであるが、今後わが国の電源多様化、省エネルギー化及び石油代替の上で大きな役割を果たすためには、乗り越えなければいけない多くの技術課題がある。

表1 組合参加企業と役割分担

企 業		主 な 研 究 開 発 分 担
電気事業者	東京電力	基本仕様の決定 詳細設計の評価 環境適合性の評価 フィールドテスト
	中部電力	
	関西電力	
ガス事業者	東京ガス	
	大阪ガス 東邦ガス	
ガスエンジン製造業者	小松製作所	小型高効率・低 NOx ガスエンジンの開発(部分負荷効率の向上)
	三菱重工業	小型高効率・低 NOx ガスエンジンの開発(熱電比制御)
ガスタービン製造業者	三井造船	小型高効率・低 NOx ガスタービンの開発(再生器による熱電比制御)
	川崎重工業	小型高効率・低 NOx ガスタービンの開発(スチームインジェクションによる熱電比制御)
電機機器製造業者	日立製作所	総合制御システム
	東芝	エンジンフライホイール組込み小型発電機の開発
	三菱電機	小型高効率発電機の開発
	富士電機	高速発電機の開発(同期型)
	明電舎	高速発電機の開発(誘導型)
吸収冷温水機製造業者	三洋電機	排熱利用小型高効率吸収式冷凍機の開発(二重効用型)
	矢崎総業	排熱利用小型高効率吸収式冷凍機の開発(一重効用型)

(昭和63年1月10日原稿受付)

3.1 高効率化

コージェネレーションシステムの高効率化を考えるに当たっては、システム総合効率と発電効率の2つの側面から考える必要がある。

(1) システム総合効率

コージェネレーションの特色は総合効率の高さにあり、総合効率の向上は省エネルギー性の向上に寄与するばかりでなく、経済性の向上に寄与する。一般に民生用のコージェネレーションは、産業用のそれに比べ稼働時間が短いことから、都市部へのコージェネレーションの導入に当たっては総合効率の向上は重要な課題である。

(2) 発電効率

都市部の民生用需要では、熱需要と電力需要の比（熱電比）が一般に小さく、発電効率の向上はコージェネレーションの導入の可能性を増加させることになる。また、エネルギーコストから見た場合、電力のほうが熱より価値が高いことから発電効率の向上は、コージェネレーションの経済性の向上にもつながる。

(3) 部分負荷効率

都市部の民生用需要では、熱需要及び電力需要が時間的・季節的に変化し、システムが全負荷で稼働する時間は短い。従って、コージェネレーションシステムの効率を高め経済性を発揮するためには、部分負荷時の効率向上を計る必要がある。

3.2 熱電比制御

都市部での民生用需要では、熱需要と電力需要が、時間的・季節的に変動するので、エネルギー利用効率を上げるには熱電比を自由に変化させることの出来るシステムが望まれる。

3.3 省スペース化

都市部では、コージェネレーションシステムの設置スペースが高価であるため、設置性のよい省スペースなシステム必要である。このためには、個々の要素機器の小型化とそれらをコンパクトに収納するパッケージ化が必要である。

3.4 環境適合性

都市部にコージェネレーションを導入するためには、原動機の排ガス中の NO_x 低減等環境適合性についても十分配慮しなければならない。

3.5 運転・保守性能

民生用需要では、産業用のように高度な技術者

は期待できない場合が多いと予想される。一方、民生用需要では産業用需要に比べ一般に負荷変動が激しく、後者より高度な運転技術が要求される。このためコージェネレーションシステムの運転・保守性能の向上が要求される。

4. 開発目標

研究開発するシステムの容量は、ホテル、病院、レストラン等において最も需要の多い1500kW以下のクラスとし、ガスエンジンコージェネレーションシステムでは100kW～500kW、ガスタービンコージェネレーションシステムでは500kW～1500kWとした。表2にACT90の開発目標を掲げる。システムの総合効率は80%以上とし、ガスエンジン、ガスタービンの熱効率は、このクラスの機器の現状の熱効率及び技術開発の可能性を考慮し、それぞれ40%、30%以上とした。

5. 今後の開発計画

5.1 ガスエンジンコージェネレーションシステムの概要

図1にガスエンジンコージェネレーションシステムの系統図を示す。

(1) ガスエンジン

ガスエンジンについては、高効率化、低 NO_x 化が同時に達成できる希薄燃焼方式をさらに進めた高希薄燃焼方式を開発する。また、部分負荷効率の改善のためアトキンソン（ミラー）・サイクルの実用化に取り組む一方、良質な排熱を取り出せるようエンジン冷却水の高温化技術を開発する。熱電比制御については、エンジン排気で直接タービンを回し動力として回収するターボコンパウンドを組み入れたシステムを開発する。

小型化については、高効率化によるコンパクト化のほか熱交換器、エンジン補機類を本体に組み込んで省スペース化を図る。

表2 開発目標

対象・用途	ホテル、病院、レストラン、事務所ビル、産業用等
規 模	ガスエンジン 100kW～ 500kW ガスタービン 500kW～1500kW
効 率	総合 80%以上 ガスエンジン 40%以上 ガスタービン 30%以上
設 備 コ ス ト	15万円/KW以下
運 転 性	全自動
設 置 方 式	ビルディング・ブロック方式

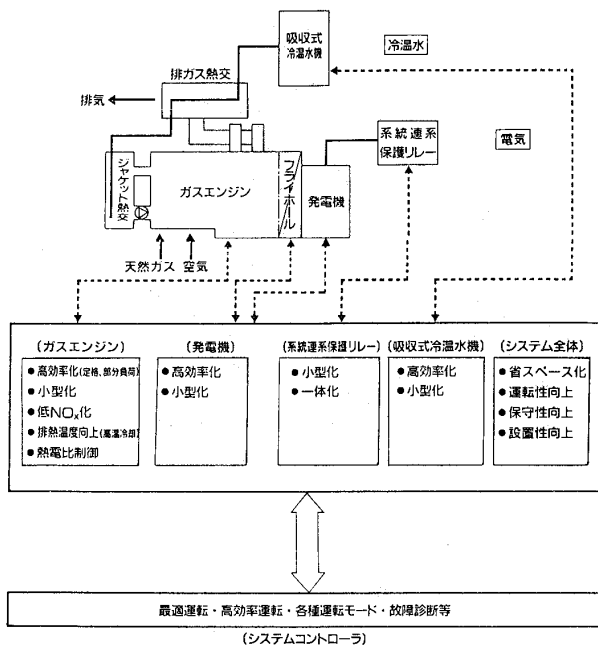


図1 ガスエンジンコージェネレーションシステム系統図

(2) 発電機

発電機は要素機器の中では、最も完成された機器であるが、一層の高効率化を図るため発電回転子オーバーハングタイプ（軸受け摩擦損失の低減）、発電機冷却用ヒートパイプ、永久磁石組込型発電機（励磁損失の低減）等を開発する。また小型化については、発電機とガスエンジンフライホイールを一体化する技術、固定子コイルエンドを短縮化する技術等を開発する。

(3) 吸収式冷凍機

排熱回収効率の改善のため、高温化されたエンジン冷却水の排熱を熱源とする二重効用サイクルの開発及び通常温度の冷却水排熱を熱源とする単効用サイクルの高効率化の開発等を行なう。

また、小型化のためには、高性能伝熱管を開発することにより熱交換器部分の小型化を計る。

(4) システムコントローラ

熱需要と電力需要に応じてコージェネレーションシステムの構成機器を最適制御し、また、故障診断や運転支援を行なう専用コントローラを開発を行なう。

(5) パッケージ化

コージェネレーションシステムをメンテナンスも考えてコンパクトに納めた設置性の良いプレハブ型のパッケージを開発する。図2にそのイメー

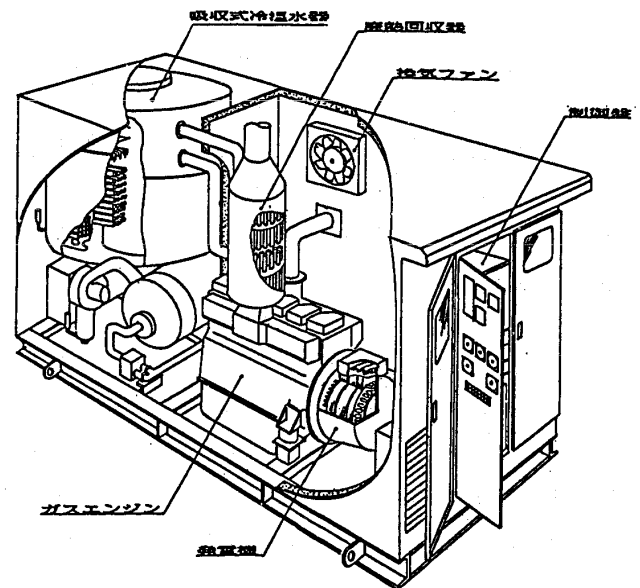


図2 省スペース型ガスエンジンコージェネレーションシステムイメージ図

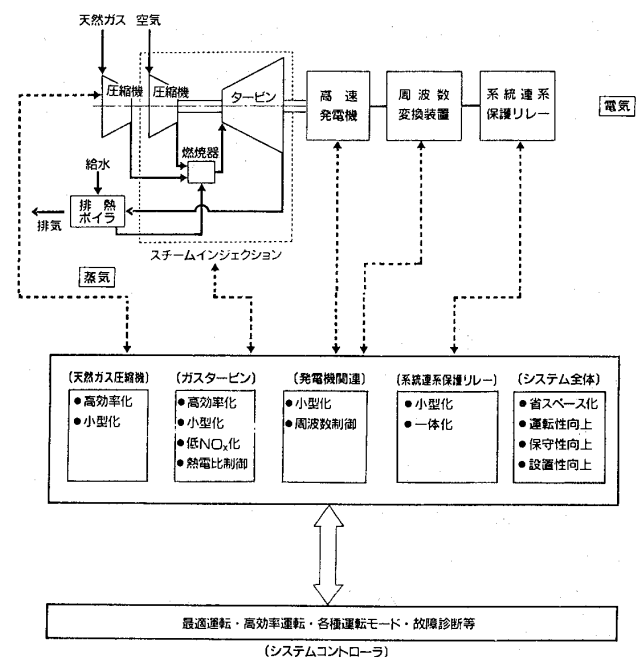


図3 ガスタービンコージェネレーションシステム系統図
(スチームインジェクションの場合)

ジ図を示す。

5.2 ガスタービンコージェネレーションシステムの概要

図3にガスタービンコージェネレーションシステムの系統図を示す。

(1) ガスタービン

高効率化のためには、タービン入口温度を引き

上げる必要があり、このためタービン翼の耐熱技術の開発を行なう。また圧縮機の効率を向上するため、漏洩損失の少ない高性能インペラーを開発する。熱電比制御については、タービン排熱を再生器によって回収し、発電効率を高める再生サイクルと、排熱回収蒸気をタービン燃焼器に噴射し発電出力を高めるスチームインジェクションシステムの2つのシステムを開発する。

小型化については、燃焼空気量低減によるタービン本体入口温度上昇に連れ高比出力となるため、タービン本体がコンパクトになる。またタービン駆動型天然ガスコンプレッサの開発により、現状のコンプレッサ室を無くすことが可能となる。

(2) 発電機

高効率化のため、風損低減をはかる。具体的には、ファンによる強制冷却に替わり、熱媒体による冷却技術を開発する。小型化のためには、高速発電機を開発し、タービン直結もしくはギア減速比の低減を計る。なお高速発電機で発生する電力は高周波のため、商用電源と連系するための周波数変換器及びフィルターの開発も併せて行なう。

(3) システムコントローラ

熱及び電力需要に合わせてシステムを最適に制御し、また故障診断、運転支援を行なう専用のシステムコントローラを開発し、運転・保守性能の向上と経済性の向上を図る。

(4) パッケージ化

コージェネレーションシステムをメンテナンスも考えてコンパクトに納めた設置性の良いプレハブ型のパッケージを開発する。図4にそのイメージ図を示す。

この他、ガスエンジン・ガスタービンコージェネレーションシステム共通の課題として、システムで発電された電力を商用電源と連系するために必要な系統連系保護リレーの小型化、機能向上を図るためリレーのデジタル化・一体化を計る技術開発を行う。

6. 開発スケジュール

本システムの開発スケジュールは表3に示す通りで、6年間で開発する予定である。初年度の昭和62年は、全体計画・基本仕様の検討及び基本設計の一部を開始する。昭和63年で基本計画を終了

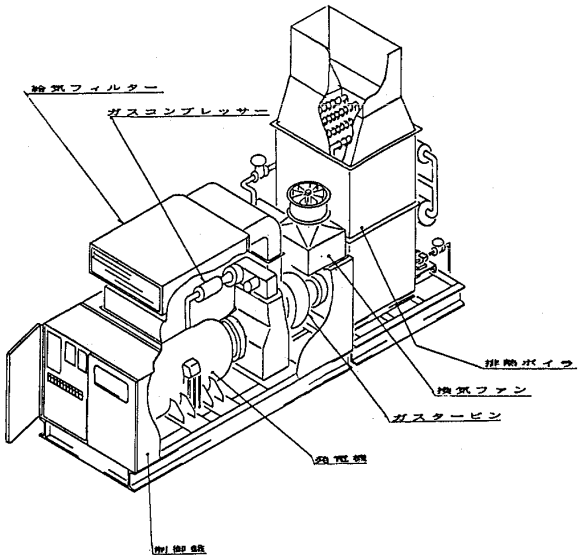


図4 省スペース型ガスタービン
コージェネレーションシステムイメージ図

表3 技術開発スケジュール

項目	年度	62	63	64	65	66	67
ガスエンジン コージェネレーション システムの開発	全体計画 基本仕様 基本設計		要素研究開発	詳細設計 製作	単体性能試験 システム連合試験		フィールドテスト・評価
ガスタービン コージェネレーション システムの開発	全体計画 基本仕様 基本設計		要素研究開発	詳細設計 製作	単体性能試験 システム連合試験		フィールドテスト・評価

し、要素開発等の試作研究を開始し、昭和64年度で詳細設計、機器の製作を行い、昭和65年度では機器の単体試験を行なう。

昭和66年度よりシステムの組合せ試験の後、フィールド試験を実施して実用化のための諸機能の確認を行なう予定である。

7. 終わりに

5.で述べた技術開発内容は、いずれも技術的難易度の高い研究開発テーマであり、これらの高いバリアーを一つ一つブレイクスルーするために、国のバックアップのもとに組合員が互いのノウハウを出し合い、総力を結集して今後6年間、技術開発にあたっていかなければならないと考える。



ガスタービンのエアーインテイクにおける冷却および過給の効用

ジャパングループ株式会社 馬 路 光 二
ジャパングループ株式会社 菅 野 建 六
ジャパングループ株式会社 中 野 昭 徳
ジャパングループ株式会社 森 正 和

1. 冷却および過給システムの必要な理由

近年ガスタービンを使用したコンバインド火力発電所やコ・ジェネレーション熱電併給発電所が多用される様になった。いずれも高温部のエネルギーと排ガスのエネルギーの有効利用をねらった高効率の発電所であって、従来の発電所に較べてエネルギーの総合的な有効利用が計られる様な設計になっている。

一方わが国における電力の需要は昭和 43 年⁽¹⁾に夏季の需要が冬期の需要を上回って以来、逐年夏季の需要が増加する傾向にあり、これは一般家庭や事務所は勿論、クリーンルームや空調設備を使用する工場などでもこの傾向が著しくなっている。最近の電力需要の夏季の一日における傾向をグラフ化したものを図 1 に示す。この図によれば一日のピークは 10 時頃から 18 時頃にあることがわかる。

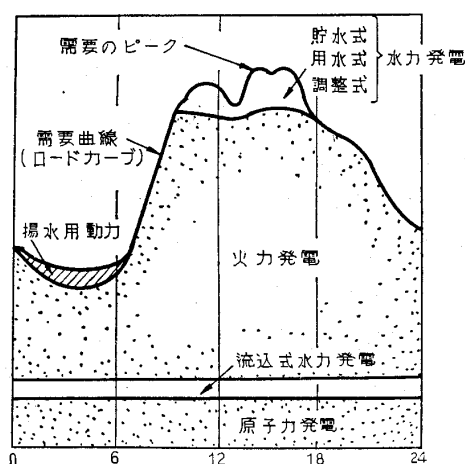


図 1 電力需要と供給力の関係

(昭和 63 年 2 月 12 日原稿受付)

しかるに発電用ガスタービンの場合、圧縮機⁽²⁾の回転は一定であり容積流量が一定となっている為、夏季外気温度が上昇した場合空気の比体積が大きくなり、吸入空気の重量速度が減少することにより、その出力が図 2 に示す様に減少するという問題があり、前述のピークに対して逆の対応となり、尚かつガスタービンサイクルとしての効率も低下し、熱消費率が上昇するという二重の問題をかかえている。

このためガスタービンのエアーインテイクに冷却又は過給システムを組込み、夏季の外気温度上昇時にその出力の低下を防ぎ、かつ熱消費率の上昇を防ぐことは発電所のピーク対応力を高めかつ熱効率の上昇をもたせる効果を得ることになる。

米国においては特に夏季高温低湿の南部・西部のガスタービン発電所にてこの考えが採り入れられ、表 1 の様に数多くの冷却システムが採用され

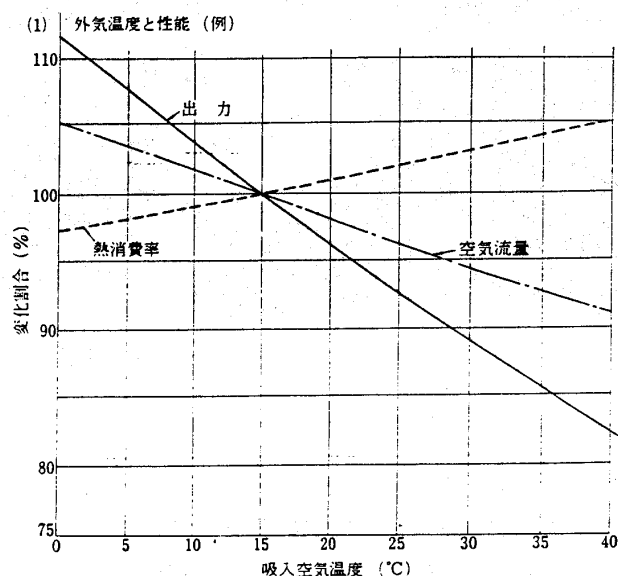


図 2 ガスタービンの特性

表1 米国での冷却システムの採用例

Machine	Inlet Qty.	Inlet Type	Year of Inlet Completion
501D	4	Turbine Inlet Filter/ Cooler System 620,000 CFM	1977
501B	2	Inertial Type Filter/ Cooler Assembly 620,000 CFM	1979
501B	2	Inertial Type Filter/ Cooler Assembly 620,000 CFM	1979
251B	4	Turbine Inlet Filter/ Cooling System 280,000 CFM	1979
501D	1	Inlet/Filter/Cooler System 620,000 CFM	1979
251B	4	Inlet Filter/Cooler System 280,000 CFM	1980
251B	1	Inlet Filter/Cooler System 280,000 CFM	1982
501D	2	Turbine Inlet Filter/Cooler System 620,000 CFM	1982
501D	3	Inlet Filter/Evaporative Cooler 620,000 CFM	1984
Type 8	2	Turbine Inlet Filter/Cooler System 303,000 CFM	1985
Type 8	1	Turbine Inlet Filter/Cooler System 303,000 CFM	1985
Sulzer Type 10	1	Turbine Inlet Filter/Cooler System 132,000 CFM	1985
	3	Evaporative Cooler/Transition A'sby. 477,780 CFM	1987
	3	Evaporative Cooler A'sby.	1987

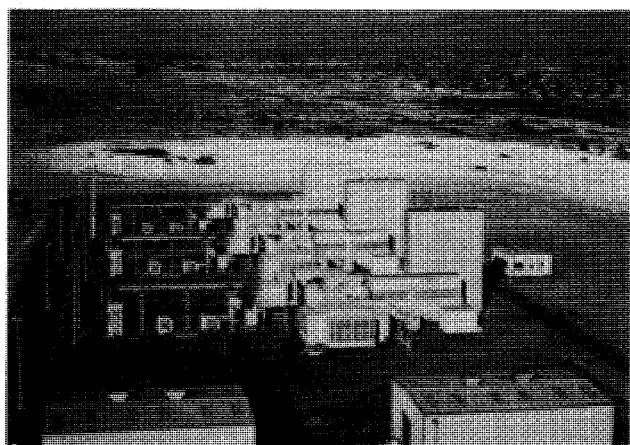


写真1 Las Vegas のガスタービン発電所

ている。

それらの一例として Nevada 州の Las Vegas におけるガスタービン発電所で Westinghouse 社の W501B×3 台に蒸発冷却方式の冷却システムが設置された外観を写真1に示す。この例では夏季

乾球温度 43℃、湿球温度 20℃ の条件で出力が 12～15% 上昇したと報告されている。

2. 冷却システムの冷熱源と効用

冷却システムを検討するにあたって、その冷却源を何に求めるか？ということは重要な問題であり、それによって冷却可能な温度が決ってくる。今ガスタービンのエアークーリングの冷却システムとして、利用可能な冷却源と、それによって得られる空気温度とガスタービンへの効用を検討する。冷熱源としては、次のものを対象とする。

- 1) 冷 水……………冷凍機により製造する。
- 2) 地 下 水……………深井戸等から取水する。
- 3) 海 水……………復水器冷却水と同じ。
- 4) 蒸発冷却……………水の蒸発潜熱の利用。
- 5) L N G……………LNGの気化潜熱の利用。

2.1 冷水

ここで冷水とは冷凍機によって冷却された水のことであって、通常 5～10℃ のものが使用される。勿論エチレングリコール等の不凍液を混入すれば、更に低温のものを使用することが可能であるが、通常水を使用するケースが多いので、その場合凍結を避けるため、8℃程度を標準としている。

従って冷水を使用して得られる空気温度は 15℃程度と考えるのが一般的であろう。

冷水を製造する為の冷凍機として通常使用されるのに、ターボ冷凍機と吸収式冷凍機の2種類がある。

吸収式冷凍機は蒸気又は温水等を熱源とし、水を冷媒に、臭化リチウムを吸収液に使用し、冷水を製造する。ガスタービンを使用したコ・ジェネレーション等で、夏季余剰の蒸気がある様な場合は、この蒸気を使って冷水を製造することにより、プラント全体の効率を下げないで、冷却システムを有効に働かせることも可能である。

二重効用吸収式冷凍機では、冷水 1 RT (冷凍トン=3024kcal/h) 当り、圧力 8 kg/cm² の蒸気を約 4.8kg/h 消費する。

この冷水を利用するシステムは、その冷水製造のために大きい設備投資やランニングコストを要するが、或種の工場におけるコ・ジェネレーションの如く、工程に必要な大容量の冷凍機があり、その一部を低コストで利用できる様なケースでは、検討に値する方法ではないかと考えられる。

写真2は米国ルイジアナ州における肥料工場の例であって、冷水を使用した冷却システムで、冷凍機としては吸収式冷凍機を使用している。夏季の出力増加は約15%で、ガスタービンはSulzerのType 10である。

又写真3は日本におけるコ・ジェネレーション⁽³⁾熱電併給発電所の例であって、冷水により供給空気を冷却している。ガスタービンは三井造船のSB60を使用している。

日本の夏季の温度としては、東京で最大38℃(1%超過確率では32.8℃)であるから、これらの数字と図2の表をもとに、冷水による冷却システムで15℃の冷却空気を得たときの出力増加＝

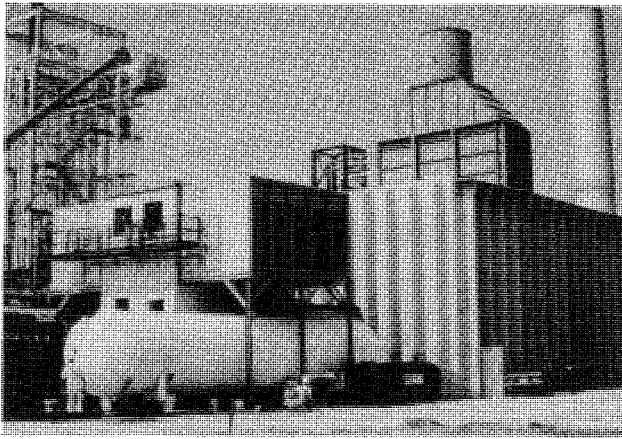


写真2 米国における肥料工場での例

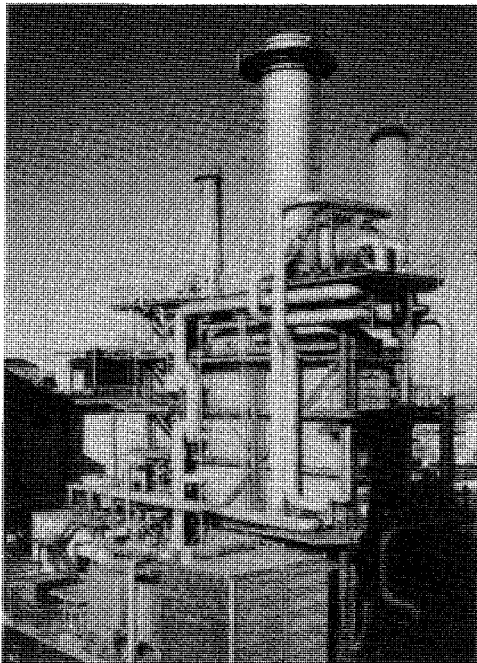


写真3 日本におけるコ・ジェネレーション

ΔP および熱消費率減少 $=\Delta F$ を求めると次の通りであり、非常に大きい効果のあることがわかる。

$$\Delta P_{38} = \left(\frac{100}{83} - 1 \right) \times 100\% = 20.5\%$$

$$\Delta P_{32.8} = \left(\frac{100}{87} - 1 \right) \times 100\% = 14.9\%$$

$$\Delta F_{38} = \left(1 - \frac{100}{104.5} \right) \times 100\% = 4.3\%$$

$$\Delta F_{32.8} = \left(1 - \frac{100}{103.5} \right) \times 100\% = 3.4\%$$

2.2 地下水

地下水は地表水が地下に涵養された水で日本全国で広く井水又は湧水として得ることができる。その水温は地下恒温層にあるものは、年間を通じてほぼ変化がなく、本州においては、約12～16℃程度である。しかし残念乍ら或地域では、過度の地下水の汲上げにより、地盤沈下や塩水化の害を生じ、これを防ぐため、地下水の利用が規制されているところがあるので、その様な地域では新しく地下水を採取することはできない。しかしこの様な地域でも既に洗滌水等に地下水を使用しているところでは、その井水を先づこの冷却システムに使用して、ガスタービンの出力を増加させるのに使った後、洗滌水として使用することにすれば、洗滌効果をあげるのにも役立つという一石二鳥の効用を期待することができる。

地下水温度を15℃とすると、エアーワッシャー等により得られる空気温度は20℃程度と考えられる。冷水の場合と同様 ΔP と ΔF を図2にもとづいて求めると次の通りである。

$$\Delta P_{38} = \left(\frac{96.1}{83} - 1 \right) \times 100\% = 15.8\%$$

$$\Delta P_{32.8} = \left(\frac{96.1}{87} - 1 \right) \times 100\% = 10.5\%$$

$$\Delta F_{38} = \left(1 - \frac{101}{104.5} \right) \times 100\% = 3.3\%$$

$$\Delta F_{32.8} = \left(1 - \frac{101}{103.5} \right) \times 100\% = 2.4\%$$

2.3 海水

コンバインド火力発電所は全部といってよい程海岸に立地しており、スチームタービンの復水器

冷却用に海水を取水している。従って海水をこの冷却システムに使用すれば、比較的容易に冷熱源としての応用ができる。

海水の温度は、一般に本州太平洋岸中央部で⁽²⁾ 21℃、東北・北海道で18℃、九州地区で24℃程度とされているが、取水する水深や海流との関係および季節によって大きく異なる。又海水を取水する位置が水質の汚濁したところでは、その水質について十分な注意を払う必要がある。基本的に復水器冷却水に対すると同様な処理および監視等を必要とする。

海水を冷却に使用する場合、その塩分によってガスタービンの高温腐食を生じない様、チタン製熱交換器を使用するなど、材質や流速に最大限の注意を払う必要がある。

今21℃の海水温度が得られたとして、それによって得られる空気温度は26℃程度と考えられる。海水を使用する場合の ΔP と ΔF を図2にもとづいて求めると次の通りである。

$$\Delta P_{38} = \left(\frac{92}{83} - 1 \right) \times 100\% = 10.8\%$$

$$\Delta P_{32.8} = \left(\frac{92}{87} - 1 \right) \times 100\% = 5.7\%$$

$$\Delta F_{38} = \left(1 - \frac{102.2}{104.5} \right) \times 100\% = 2.2\%$$

$$\Delta F_{32.8} = \left(1 - \frac{102.2}{103.5} \right) \times 100\% = 1.3\%$$

2.4 蒸発冷却

蒸発冷却とは空気中に水分を噴霧又は水膜接触等の方法で蒸発させることにより、その蒸発潜熱による冷却を行う冷却システムのことであって、図3の空気線図によりその働きの概要を示す。

今、外気 OA の状態を乾球温度 38℃、湿球温度 27℃ とすると、図3よりこの空気の状態は関係湿度 43%、絶対湿度 0.018 kg/kg'、比容積 0.907 m³/kg' であることがわかる。この空氣に水を噴霧するなどして、飽和効率 90% で蒸発冷却を行うと、その関係湿度は

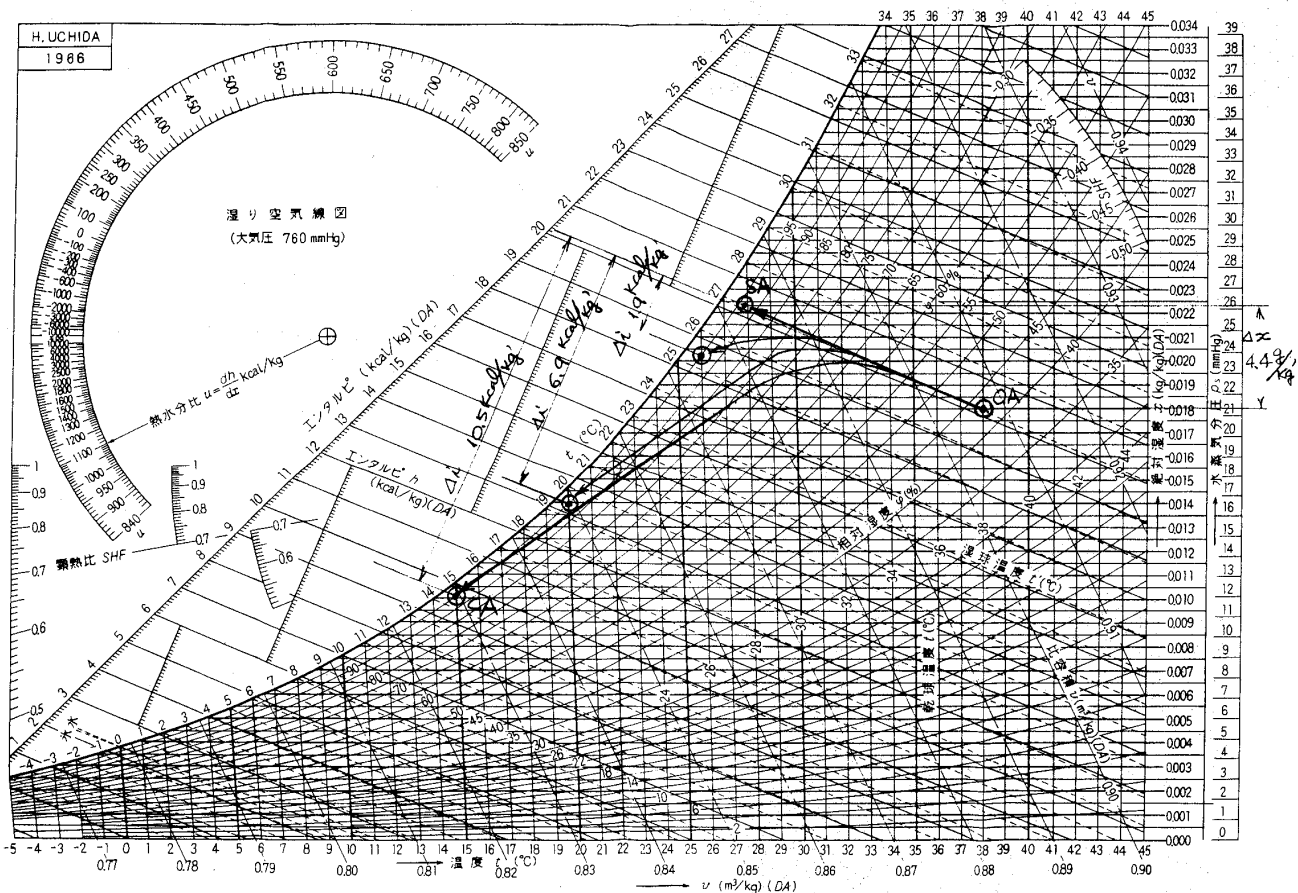


図3 空気線図

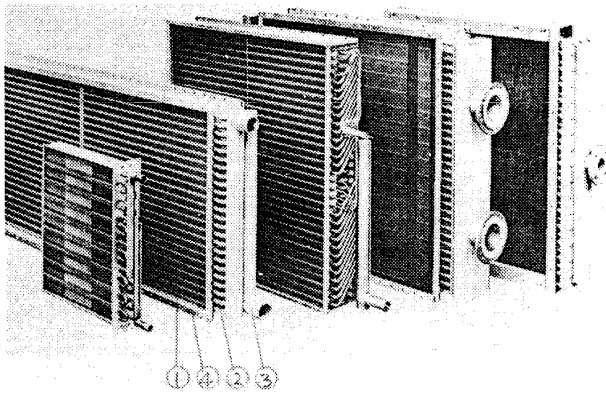


図5 Luwa RK クーラ

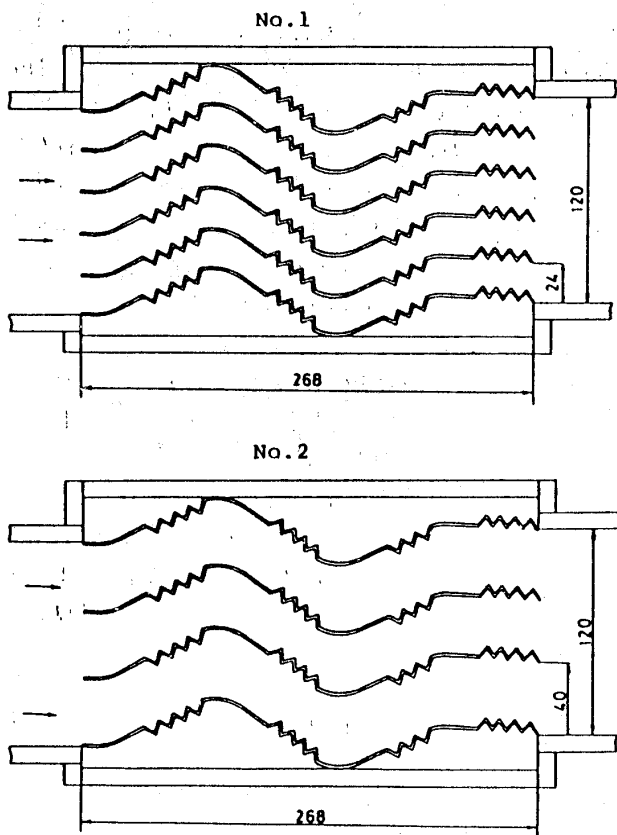
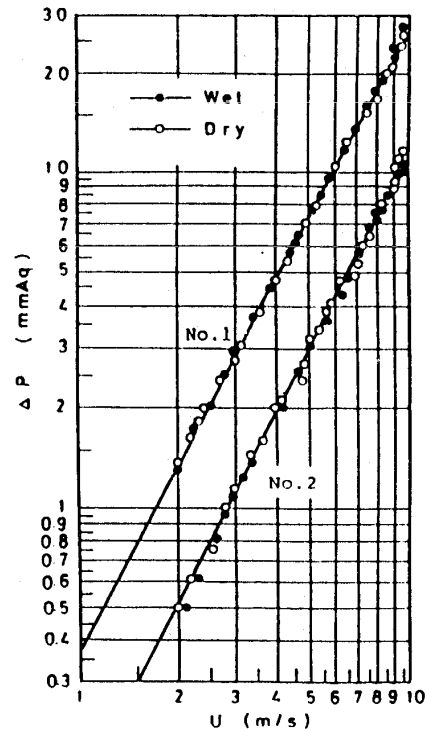


図6 Luwa TLT 形エリミネータ

空気流から水滴を除去する為、コイルの後にエリミネータを取付けることがある。これらのスプレイ装置およびエリミネータはオプションとして必要に応じて附加する。

水滴を除去する為のエリミネータとしては、従来折れ板形のものが使用されていたが、これらは比較的低速域 (2.5m/s程度) で使用され、高速域では水滴の再飛散や圧力損失の過昇など問題があるので、この様な用途には改良形的高速エリミネータを使用することがのぞましい。それらの例



圧力損失(No.1とNo.2の比較)

図7 Luwa TLT 形エリミネータの圧力損失

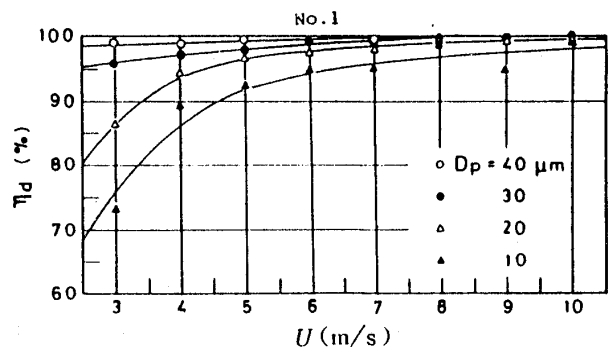
粒径捕集効率 η_d と平均空気速度 U の関係(実験値)

図8 Luwa TLT 形エリミネータの粒径捕集効率

として図6に Luwa TLT 形エリミネータの断面を示す。このエリミネータの圧力損失および水滴の粒径捕集効率と風速の関係を図7および8に示す。

ガスタービンのエアインテイク用としては水滴の分離は非常に重要な機能であるのでエリミネータの選定には充分留意する必要がある。

尚このエリミネータは後述するエアウォッシャーおよびメディアタイプクーラにも使用される。

3.2 エアーワッシャー方式

エアーワッシャーは空気中に水をスプレーして積極的に冷却を行う設備である。エアーワッシャーは冷水・地下水および蒸発冷却のいずれの方法にも適用が可能であって、夫々の用途に応じた設計ができる。冷水や地下水の様に比較的温度の低い冷却源を使用する場合は図3のCA点に示す様な空気状態を得ることができる。この場合は冷却と同時に絶対湿度の減湿も行うことになる。又SA点への蒸発冷却では空気中へ水分を蒸発させることにより、その蒸発潜熱で冷却を行うので空気中の絶対湿度は増加する。又エアーワッシャーはその名の様に空気の流れを強力な水のスプレーで洗滌するので、冷却の他に空気中のダストを除去するという付加的な効用もある。しかし微細なダストはそのまま通過してしまうので、その濾過性能としてはプレフィルター程度と理解しておいた方が安全である。又空気に含まれる塩分やガスの除去能力は可成りあるが、これはスプレー水の温度や溶解度によって大きい差があるので、ケースバイケースで充分検討する必要がある。

図9にガスタービンのエアーインテイク等に使用されるLuwa/Pneumafil エアーワッシャーを示す。

スプレーされる水量は使用する冷水等の温度・空気の入口及び出口温度等によって定まり、必要に応じてスプレーバンク数又はスプレーノズル数を増減する。又水と空気との温度差が大きくとれないケースでは、2ステージ方式とすることもある。

3.3 メディア タイプ方式

メディア タイプは主として蒸発冷却用として使用される。表1に示した冷却システムの殆んど

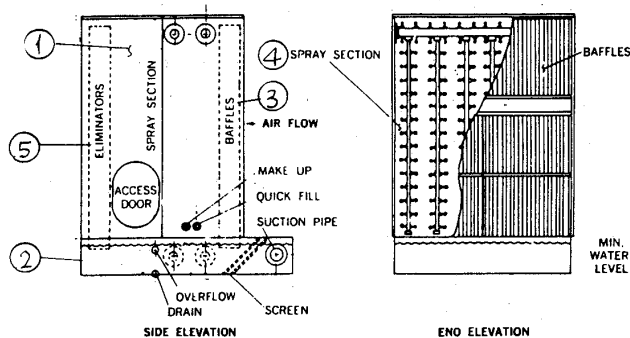


図9 Luwa/Pneumafil エアーワッシャー

はこのメディア タイプ方式のものである。ガスタービンのエアーインテイク用としては図10に示す様にユニット化された直交流型のメディアを使ったものが多く使用されている。求める飽和効率によって通過風速が変わるが、通過風速を大きくするとメディアからの水滴のキャリオーバが生ずるので、風速3m/S以上ではエリミネータ付のものを使用する。

4. 過給システムについて

空気の比容積は温度によって左右されるだけでなく、気圧によっても大きく左右される、当然気圧は海拔によって異なるので、ガスタービンの設置場所が高地的場合は十分な空気が入り入れられず、定格出力を下げざるを得ないことになるが、この様な場合過給用のファンを附加することにより、ガスタービンの入口空気を昇圧し、出力を増すことができる。この様な場合当然過給ファン出口の空気温度は上昇するので、冷却システムも同時に設置することが一般的である。

表2に過給ガスタービンの計算例を示す、この⁽⁶⁾数字によれば、過給されていないガスタービンと較べてNetの出力で約16%の上昇、燃料消費率で約3%の節減と非常に大きい効果のあることがわかる。

写真4に Westinghouse 社の W501 に使用された過給システム用ダクトと蒸発冷却装置を示す。この例では約1400mmAqの過給が行われており、その為ダクト類は頑丈に補強されている。

5. 冷却システムの経済性試算

ガスタービンを使用したコンバインド火力発電所及び同じくガスタービンを使用したコ・ゼネレーション熱電併給発電所について、冷却システムを附加したときの経済的効果について夫々冷

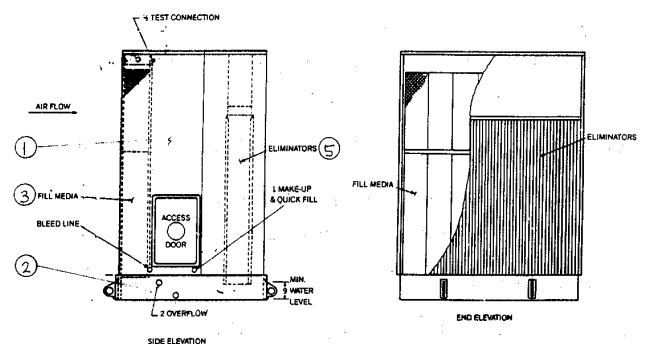


図10 Luwa/Pneumafil メディアタイプクーラー

表2 過給ガスタービンの計算例

1	ガスタービン標準出力	13,500kW	
2	コンプレッサー標準吸気量	337,500kg/hr	
3	燃料	天然ガス	
4	海拔	600 m	
5	外気温度	33.2℃ DB 25℃ WB	
6	気圧	9,982mmAq	
7	過給ファンの有無	過給ファンあり	過給ファンなし
8	過給圧	1,400mmAq	—
9	吸気量	359,000kg/hr	318,000kg/hr
10	蒸発冷却後の温度	31.1℃	27.8℃
11	ガスタービン出力	15,725kW	12,335kW
12	過給ファン入力	1,440kW	
13	11 - 12 = Net 出力	14,285kW	12,335kW
14	燃料量	56,320,000kcal/hr	50,020,000kcal/hr
15	Net 出力比	116 %	100 %
16	燃料消費率比	97 %	100 %

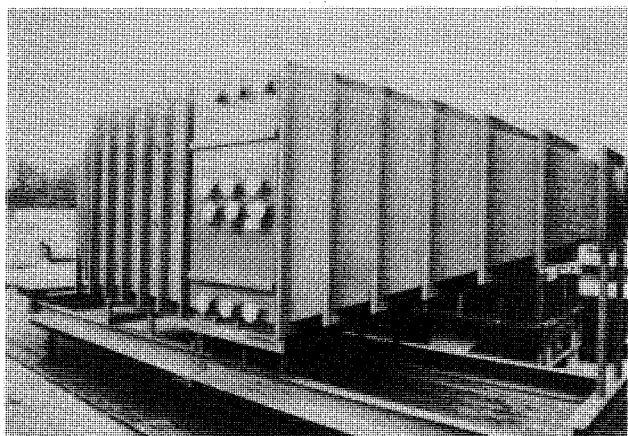


写真4 過給システム用ダクト

水、地下水または海水、蒸発冷却およびLNG冷熱利用について設備の投資額、運転費およびそれによって得られる利益について、大胆な試算を行い、今後このシステムを検討される為の参考に供したい。

尚試算に使用した装置単価等については、その⁽⁷⁾算出方法により大巾に異なるので、ここでは参考文献(9)のものを使用した、文献(9)で見出せない項目については建設物価表等を参考に算出した。

5.1 コンバインド火力発電所

事業用のコンバインド火力発電所を例にとって試算した結果を表3に示す。冷熱源として地下水はまづ水源の確保が不可能と考えられるので割愛

し、LNG冷熱利用、海水及び蒸発冷却についての試算を行った。

近年の電力需要の動向から夏季におけるピーク負荷への対応は重要であり、実際定期検査の時期を夏季から外すなどの対応策はとられてはいるが、更にこの様なエアークインテイクへの冷却システムの採用により、ピーク負荷への対応力を強め、更に省エネルギーにも資することから、新設発電所への適用は勿論、既設の発電所についても改造等によって夏季ピーク時の出力増大等について検討を行うべきでないかと考える。

5.2 コ・ジェネレーション熱電併給発電所

熱電併給用として使用されるガスタービンを主機とする火力発電所を例にとり試算した結果を表4に示す。冷熱源としては冷水、地下水および蒸発冷却の3種類をとりあげ試算を行った。

コ・ジェネレーションの場合、それが使用されるプラントの特性によって、夏季高温時の電力需要が異なるが、最近ではプロセスの例でも夏季の冷房負荷や冷却負荷が大きい比重を占める傾向となっており、夏季の最高外気温度の時にこそ発電機の最大出力が保証できるこの冷却システムの効用は十分に検討に値するものと考えられる。

6. おわりに

ガスタービンを使用した、コンバインド火力発

表3 コンバインド火力発電所の試算例

項 目	クーリングシステムなし		冷 水	海 水	蒸 発 冷 却
吸入空気温度	$r=1.22$ 15℃	$r=1.14$ 38℃	15℃ $r=1.22$	26℃ $r=1.18$	28℃ $r=1.17$
ガスタービン出力率	100%	82%	100%	92%	90%
ガスタービン出力	702MW	590MW	702MW	646MW	632MW
吸入空気量	2,100kg/s	1,962kg/s	2,100kg/s	2,031kg/s	2,014kg/s
熱消費率	100%	104%	100%	103%	103%
燃料消費量	183T/h	160T/h	183T/h	173T/h	170T/h
冷却負荷(給湿量)	—	—	10.5kcal/kg'	1.9kcal/kg'	(4.4g/kg')
冷却源の大きさ	—	—	$2,100 \times 3,600 \times 10.5 / 3,024$ 26,000RT	$2,031 \times 3,600 \times 1.9 / 4^{※1}$ 3,480T/h	$2,014 \times 3,600 \times 4.4 \times 10^{-3} \times 4^{※2}$ 130T/h
設備費			LNG 気化装置+蓄熱 コイル方式	海水配管とコイル方式	工業用水とメディアタイプ方式
冷却源			\$100,000/T × 183T \$18,300,000	既設流用	\$100,000
クーリングシステム			\$4/kW × 702,000 \$2,808,000	\$8/kW × 702,000 \$5,616,000	\$10/kW × 702,000 \$7,020,000
合計			\$21,108,000	\$5,616,000	\$7,120,000
出力増当り設備費			@ \$188/kW	@ \$100/kW	@ \$170/kW
運転費					
年間出力増			※3 ※4 ※5 $\frac{1}{3} \times 4,548H \times 7\% \times 702,000$ 75,000,000kWh	※6 ※7 $887H \times 3\% \times 702,000$ 19,000,000kWh	※4 ※3 $4,548H \times 4\% \times 702,000$ 128,000,000kWh
燃料節減量※9 (上記による利益計算は省略)			$\frac{1}{3} \times 4,548H \times 3\% \times 183T/h$ 74,900T	$887H \times 1\% \times 173T/h$ 1,500T	$4,548H \times 2\% \times 170T/h$ 15,400T
ピーク時 ガスタービン出力増			702MW-590MW 112MW	646MW-590MW 56MW	632MW-590MW 42MW
出力増分の評価※10	@ \$300/kW と仮定		\$33,600,000	\$16,800,000	\$12,600,000

※1 海水の温度上昇 ※2 濃縮防止の安全率 ※3 1日8時間の冷水使用とする。 ※4 年間で15℃を越える延時間 ※5 4,548Hの中心温度は約23℃であり、23℃→15℃の出力増は約7%となる。

※6 年間で26℃を越える延時間 ※7 887Hの中心温度は約29℃であり、29℃→26℃の出力増は約3%となる。 ※8 蒸発冷却により平均5℃冷却できるとすれば約4%の出力増となる。 ※9 ガスタービンの出力に対する燃料の節減量であってコンバインドサイクル全体のものではない。 ※10 ピーク時をカバーする大型の設備を設置する必要がなくなるものとして評価する。

電所もコ・ジェネレーション熱電併給発電所も、ともに省エネルギーを目指した高効率の発電所であり、かつ負荷調整能力にも優れていることから、今日の火力発電のニーズに最も適した発電方式の一つであるが、ガスタービンの最大の欠点は気温の上昇に伴う出力低下であるので、今後ここに述べた様な冷却システム又は過給システムの採用により、欠点を克服し、さらに優れた方法としてガスタービンが活用されることを期待したい。

参考文献

- (1)火力原子力発電協会、「複合発電」Ⅱコンバインドサイクルの概要、火力原子力発電、1984年 Vol35, NO.5 P67
- (2)火力原子力発電協会、「火力発電必携」1980年 P215 P359
- (3)三井造船㈱ 「複合エネルギー時代へ」小西六 写真工業 三井造船㈱
- (4)馬路、神農他「Luwa RK クーラ」内燃機関

表4 コ・ジェネレーション熱電併給発電所の試算例

項目	クーリングシステムなし		冷水	地下水	蒸発冷却
吸入空気温度	$\gamma=1.22$ 15℃	$\gamma=1.14$ 38℃	$\gamma=1.22$ 15℃	$\gamma=1.20$ 20℃	$\gamma=1.17$ 28℃
ガスタービン出力率	100%	77%	100%	95%	86.5%
ガスタービン出力	14.0MW	10.78MW	14.0MW	13.3MW	12.11MW
吸入空気量	60kg/s	56.07kg/s	60kg/s	59.02kg/s	57.54kg/s
熱消費率	100%	110%	100%	102%	105%
燃料消費量	都市ガス 13A 3,770Nm ³ /H 3,193Nm ³ /H		3,770Nm ³ /H	3,653Nm ³ /H	3,424Nm ³ /H
冷却負荷(給湿量)	—	—	10.5kcal/kg'	6.9kcal/kg'	(4.4g/kg')
冷却源の大きさ	—	—	60×3,600×10.5/3,024 750RT	59.02×3,600×6.9/4.1 ^{※1} 357T/H	57.54×3,600×4.4×10 ⁻³ ×4 ^{※2} 4T/H
設備費(方式)			吸収式冷凍機とコイル方式	深井戸と エアークラッシュ方式	工業用水とメディアタイプ方式
冷却源			\$800/RT×750RT \$600,000	\$40,000×4本 \$160,000	\$10,000
クーリングシステム			\$6/kW×14,000 \$84,000	\$12/kW×14,000 \$168,000	\$10/kW×14,000 \$140,000
合計④			\$684,000	\$328,000	\$150,000
出力増当り設備費			@ \$212/kW	@ \$130/kW	@ \$112/kW
運転費			※3 ※4 4,548H×7%×14,000 45,000,000kWh	※5 ※6 2,816H×4.5%×14,000 1,800,000kWh	※3 ※7 4,548H×4%×14,000 25,000,000kWh
年間出力増⑤			4,548H×3%×3,770 510,000Nm ³	2,816H×2%×3,653 210,000Nm ³	4,548H×2%×3,424 310,000Nm ³
燃料節減量※8			0.12-0.3×3,770/14,000 @0.039	0.12-0.3×3,653/13,300 @0.038	0.12-0.3×3,424/12,110 @0.035
kWh 当り利益※9⑥			\$1,404,000	\$55,000	\$700,000
出力増による利益⑦	※10 稼働率 ⑥×⑦×0.8				
単純償却年	④/⑤		0.49年	6.0年	0.21年

※1 地下水の温度上昇 ※2 濃縮防止の安全率 ※3 年間で15℃を越える延時間 ※4 4,548Hの中心温度は約23℃であり、23℃→15℃の出力増は約7%となる。

※5 年間で20℃を越える延時間
※6 2,816Hの中心温度は約26℃であり、26℃→20℃の出力増は約4.5%となる。
※7 蒸発冷却により平均5℃冷却できるとすれば約4%の出力増となる。
※8 ガスタービンの出力に対する燃焼の節減量であってコ・ジェネレーション全体のものではない。
※9 買電@=\$0.12/kWh, 燃料@=\$0.3/Nm³として求めた。
※10 冷却設備の電力等は蒸気増で±0となると仮定

1987年

(5)杉田, 馬路「Luwa TLT形エリミネータの分離特性」日本船用機関学会誌 1983年 vol.18 No.4 P22

(6)Richard W. Foster「Calculations and Performances Adjustments for On-Site Conditions」

ons」P239 Gas Turbine Engineering Handbook

(7)V. Balley 他「Gas Turbines plus load management cut power cost in Subtropical Countries」Modern Power Systems 1984年5月 P41

東京電力㈱	大	越	昭	男
㈱東芝	山	中		矢
㈱東芝	古	屋	富	明
㈱東芝	芳	根	俊	行
㈱東芝	早	田	輝	信
㈱東芝	肥	塚	淳	次

A hybrid catalytic combustion can provide low NO_x emissions with gaseous and distillate fuels while maintaining catalyst bed temperature about 1000°C for extended catalyst life. The combustor consisted of a preheater, a premixed fuel injector, a catalytic reactor, a homogeneous combustion and dilution zone. Studies were carried out using a 30mm diameter combustor and a 100mm diameter combustor. Fuel was CH_4 gas. Operations were performed at 0.1 to 0.7 Mpa pressure and about 10–30m/s reference velocities. At homogeneous combustion gas temperature about $1200\text{--}1500^\circ\text{C}$, combustion efficiency was greater than 99 percent. Thermal NO_x emissions were measured below 10 ppm. The effect of pressure on NO_x was less. These results show that a hybrid catalytic combustion can be applied to gas-turbine equipment.

1. まえがき

ガスタービン燃焼器から排出される NO_x (Thermal- NO_x) の低減策として、現在、二段燃焼法、水噴射といった燃焼方式の改善、バーナの改良などがある。しかしながら、今後、ガスタービンの高効率化¹⁾に伴い、 NO_x はさらに増大する傾向にあることから、より一層の NO_x 低減が可能な新しい低 NO_x 技術が望まれている。

そのため、触媒燃焼法が低 NO_x 技術として注目され国内外で検討されている²⁾。触媒燃焼は触

媒を用いることにより、通常は燃焼しない希薄な燃料を燃焼させることができる。したがって、 NO_x が急激に生成しはじめる温度、約 1500°C 以下で燃焼することが可能となり NO_x が抑制できることから、例えば、LNG コンバインドサイクルプラントでは、排煙脱硝装置が不要となり、建設費および運転費の低減が期待できる。

このような優れた特徴をもつ反面、ガスタービン用燃焼触媒はきわめて厳しい条件で用いられ、燃焼は触媒表面だけでなく Catathermal Combustion³⁾ が起きることから、触媒温度は千数百 $^\circ\text{C}$ にも達し、触媒の熱劣化に問題がある。燃焼触媒は燃焼温度に応じて、低温型 (室温 $\sim 300^\circ\text{C}$)、中温型 ($300\sim 800^\circ\text{C}$)、高温型 ($800\sim 1300^\circ\text{C}$) がある⁴⁾。低温型、中温型はかなり以前から進められ一部実用化されているが、ガスタービン用燃焼触媒のような千数百 $^\circ\text{C}$ といった高温燃焼には、まだ有効な触媒は開発されていない。そのため、ガスタービン用触媒燃焼器は未だ実用化段階には達していない。

そこで、著者らは、触媒燃焼と非触媒的熱燃焼 (気相燃焼) を有効に組み合わせることにより、触媒の高温化を抑制し、触媒の耐久性向上と将来の高温ガスタービンへの適用化をはかったハイブリッド触媒燃焼法を提案した⁵⁾。

本報では、ハイブリッド触媒燃焼法のガスタービンへの適用を想定したシステム検討と、試作燃焼装置によるメタンを燃料とした燃焼特性について記述する。

(昭和 62 年 9 月 1 日原稿受付)

2. ハイブリッド触媒燃焼

2-1 ハイブリッド触媒燃焼方式 本燃焼方式は、予混合燃焼が燃焼範囲は狭いが低 NO_x 燃焼であるという点に着目し、触媒燃焼で燃焼範囲の拡大をはかったものである。すなわち、可燃限界は一般に温度が高くなると拡大する傾向にあることから、まず、触媒部でガスを昇温させた後、希薄濃度の燃料を気相燃焼させる方法である。したがって、本燃焼方式は触媒部の下流に気相燃焼部を設け、従来の触媒燃焼方式では触媒部に供給していた燃料を、触媒部と気相燃焼部の2系統に分割する。触媒温度は触媒部へ供給される混合ガスの燃料濃度に依存することから、触媒部へ供給する燃料流量をコントロールすることにより、触媒の温度を触媒の耐熱温度範囲内に設定することができる。一方、気相燃焼部に供給された燃料は触媒部で昇温したガスと気相燃焼部で混合された後完全燃焼する。ここで、燃焼ガス温度は、気相燃焼部へ供給する燃料流量によりコントロールされることから、触媒部への負荷を変えることなく、ガスタービンの高温・高効率化にも対応が可能となる。しかしながら、燃焼温度が約1500℃を超えると NO_x が急増するため、気相燃焼部の燃焼温度の上限としては1500℃程度となる。

2-2 システム検討 ハイブリッド触媒燃焼法を発電用ガスタービンに適用した場合の燃料および空気の配分を、燃焼器システムのモデルによりシミュレーション解析し、実機適用の可能性を検討した。

2-2-1 燃焼器システムのモデル ハイブリッド触媒燃焼法を用いた燃焼器システムのモデルを図1の(a)に示した。燃焼器は大きく5つの部分から構成され、①触媒入口ガス温度を触媒燃焼が開始する温度までガス温度を高めるための予燃焼部(触媒、燃料の種類によっては必ずしも必要ではない)、②触媒燃焼させる予混合ガスを作るための予混合部、③触媒燃焼させる触媒部、④触媒出口後気相燃焼させる気相燃焼部、⑤タービン入口温度を所定の温度に設定する希釈部、からなる。

モデルの基本的流れは以下のとおりである。大気より吸い込まれた空気は、ガスタービン圧縮機により圧縮されて燃焼器に流入する。流入した圧

縮空気の一部は流量調節が可能なバイパス弁より、3次空気(A3)として燃焼器内筒へ入る。残りの空気は1次空気(A1)および2次空気(A2)として、一定開口面積をもつ穴より燃焼器内筒へ入る(A1とA2の比は燃焼器形状により一定値となる)。ここで、A1は予燃焼部における燃焼用空気、A2は触媒部および気相燃焼部における燃焼

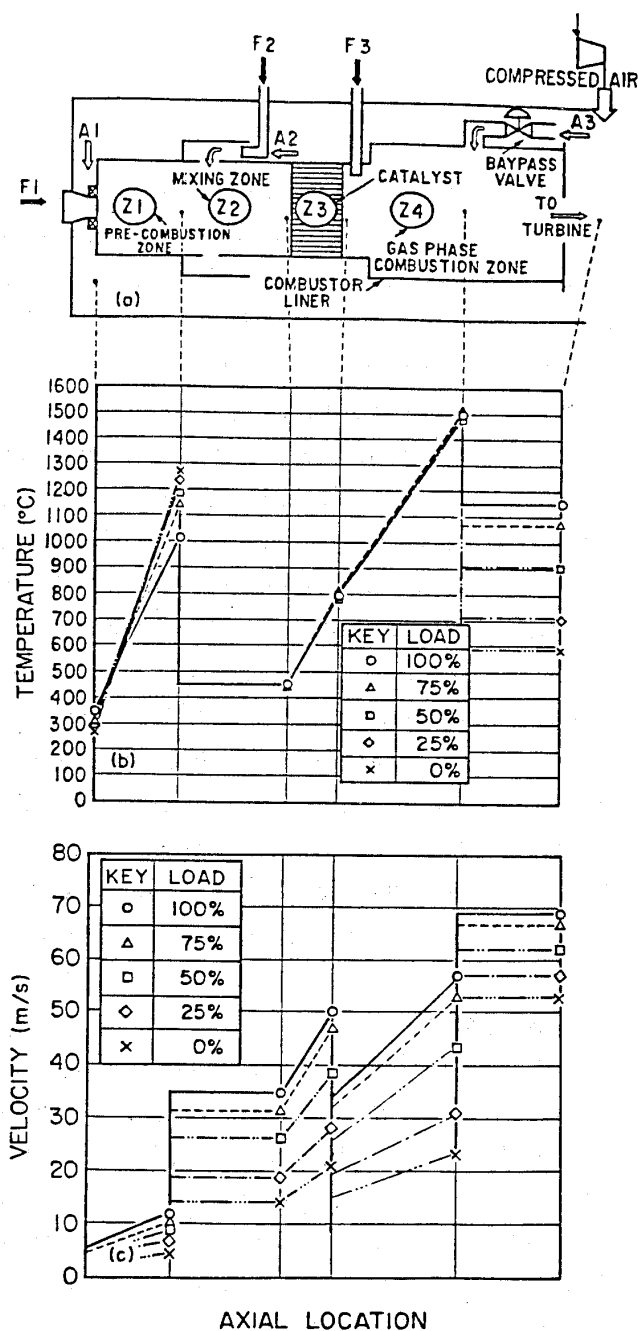


図1 ハイブリッド触媒燃焼モデル

(a) 燃焼器モデル

(b) 温度分布

(c) 流速分布

用空気、A3はタービン入口ガス温度調節の役割を担う。一方、燃料は、触媒入口温度調節用の1次燃料(F1)、触媒燃焼用の2次燃料(F2)および気相燃焼用の3次燃料(F3)の3系統に分かれて燃焼器内筒に入る。空気および燃料はそれぞれ負荷に応じて調節する。予燃焼・触媒燃焼・気相燃焼後の燃焼ガスはA3で希釈され、所定のガス温度になった後タービンへ噴出する。

本燃焼方式では、気相燃焼部は NO_x の抑制上、燃焼温度が高くならないように低濃度の燃料を燃焼させることになる。したがって、燃焼の安定性が悪く失火しやすい。そこで、気相燃焼の安定化が必要であり、図1(a)では、構造が簡単な拡大径を用いた。すなわち、触媒部出口の燃焼管径を急激に拡大することにより、拡大域に形成される循環流を保炎効果として利用したものである。

2-2-2 シミュレーション結果 解析にあたっては実機プラントの1100℃級を想定し、触媒燃焼の試験結果を参考に以下の条件設定を行ない、各部における熱および物質収支より、燃焼器軸方向の温度分布、流速分布およびタービン入口温度調節用の3次空気比(バイパス比、 $A3/(A1+A2+A3)$)を解き、操作範囲を検討した。

- ① $A2/A1=5.0$
- ② 触媒入口ガス温度=450℃
- ③ 触媒出口(気相燃焼部入口)ガス温度=800℃
- ④ 気相燃焼部出口ガス温度=1500℃程度
- ⑤ 気相部燃焼径/触媒部径=1.21

図1の(b)に軸方向のガスの温度分布を、(c)に流速分布を、それぞれの負荷に対して示した。各負荷に対して、触媒入口から気相燃焼部出口までの温度パターンは同一となっている。触媒出口ガス温度が800℃の場合、触媒温度は1000℃程度であり、触媒の耐熱性には問題ないと考えられる。また、気相燃焼部のガス温度も1500℃程度で全負荷にわたりコントロールできることが分かる。一方、触媒入口ガス流速は、全負荷に対して14m/sから34m/s(500℃換算)の範囲で変動する。

図2に、バイパス空気比と負荷の関係を示した。負荷0%から100%の変化に対し、バイパス比は約80%から30%変化させることになる。

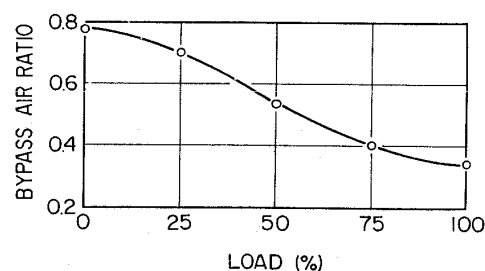


図2 ガスタービン負荷とバイパス空気比の関係

以上、実機プラントの1100℃を想定しモデル計算によりシステム検討した結果、バイブリッド触媒燃焼方式は触媒の熱負荷を高めずに、かつ、気相燃焼部の温度も1500℃程度で運転可能なことが分かり、燃焼器システム構成上実現性が高いと考えられる。そこで、これらの操作範囲で燃焼試験を行った。

3. 試験装置および方法

基礎データを得ることを目的とした燃焼試験装置1(触媒径30mm)と、燃焼器としての要素開発を目的とした燃焼試験装置2(触媒径100mm)を試作した。

図3に、装置1の系統図を示した。装置1では、コンプレッサーから吐出された空気は電気ヒータで所定の温度に加熱され、ボンベから供給される燃料と混合し、燃焼管へ流入する。燃焼管内で燃焼したガスは、水冷式の熱交換器で冷却した後、圧力調節弁を介して大気中へ放出される。装置1では、圧力調節弁の操作により、0.8MPaまでの燃焼試験が可能である。燃焼管は磁性管からなり、外部への熱損失を防止するため、断熱材で燃焼管の外部を覆っている。

図4に、装置2の系統図を示した。装置2では、送風機から吐出された空気は、燃焼器に流入する前に、実機におけるコンプレッサー吐出温度まで空気予熱器で加熱させた後燃焼器に流入する。燃料はボンベカードルから供給される。燃焼器内で燃焼したガスは、冷却塔で冷却後煙突から大気中へ放出される。

図5に、装置2の燃焼管の概要を示した。ここでは、気相燃焼部下流の希釈部は設けなかった。燃焼器内筒はインコネルからなり、触媒部は外部への熱損失を防止するため、内筒周囲を断熱材で覆っているが、その他の内筒は空気冷却した。

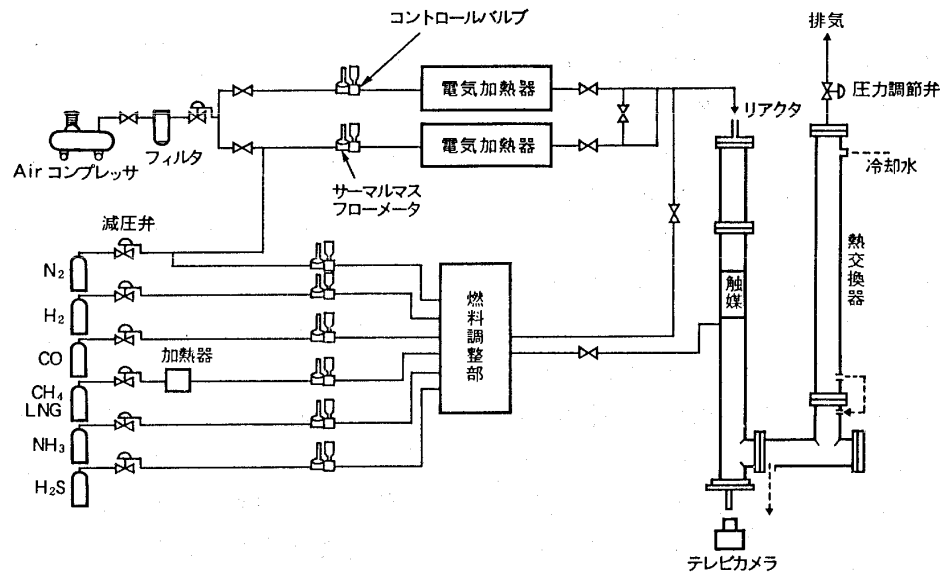


図3 触媒径 30 mm の試験装置の系統図(装置 1)

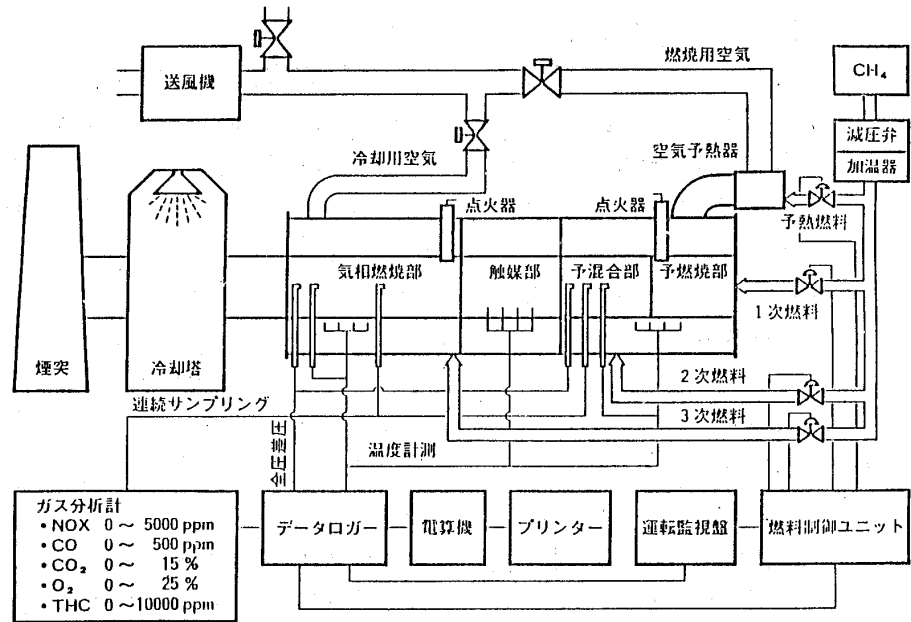


図4 触媒径 100 mm の試験装置の系統図(装置 2)

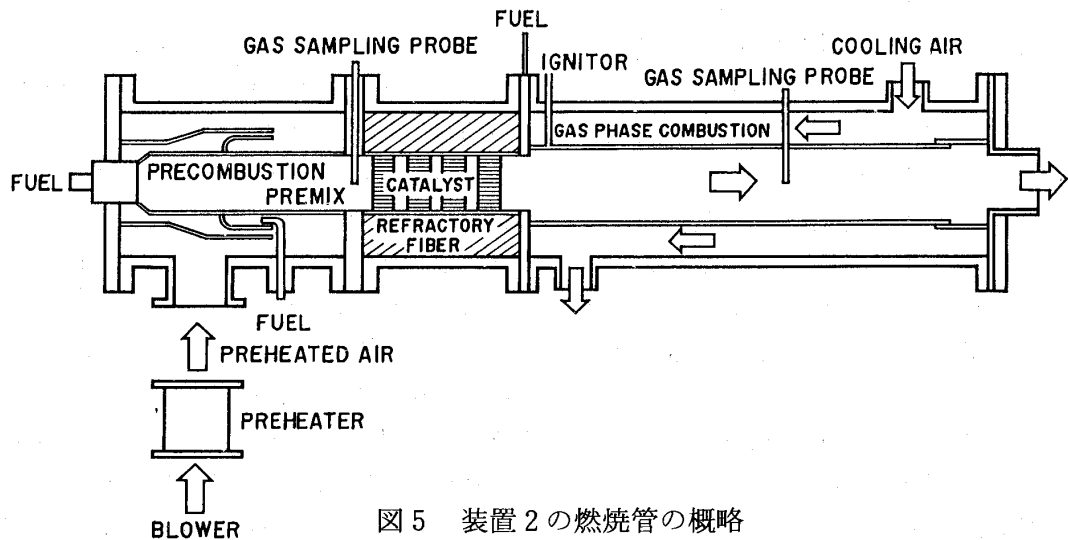


図5 装置 2 の燃焼管の概略

予燃焼部では拡散燃焼を行ない、スワラーにより保炎し、燃焼の安定化をはかっている。予混合部は、触媒入口における燃料と空気の混合ガスの均一性を得る方法として、内筒外周にフロースリーブを設け、スリーブ内で燃料と空気が混合された後、内筒に設けた穴より噴出する予混合ジェット方式を用いた。気相燃焼部へ供給する燃料ノズルは、内筒壁面から噴出させる Pen-Jet タイプとし、燃料分布を均一にするため、複数孔のノズルを用いた。気相燃焼の安定化には、気相燃焼部を拡大した構造を用いた。内筒の全長は約 1500 mm である。装置 2 での燃焼試験は全て大気圧で行なった。

温度は、燃焼器入口温度、触媒入口温度、触媒温度、気相燃焼部温度および内筒壁温度を計測し、触媒温度および気相燃焼部温度の計測には R タイプのシース熱電対を、その他の温度計測には K タイプのシース熱電対を使用した。装置 2 では、流路断面の温度分布を調べるため、熱電対を触媒入口断面で 20 点、気相部出口断面で 5 点設置した。4 章記述のこれらの温度は平均値を表す。

ガス分析は、触媒部入口および気相燃焼部出口において行った。ガスの採取には水冷式のガスサンプリングプローブを用い、自動ガス分析装置 (MEXA-8120, 堀場製作所) へ導き、T. HC, CO, O₂, NO_x を計測した。分析装置の仕様は表 1 に示した。

使用した触媒は、貴金属系のセラミックハニカム触媒 (日本触媒製) であり、担体のセル形状は正方形、セル数は 200 セル/平方インチである。装置 1 では、径 30mm, 長さ 30mm の触媒を 5 個、装置 2 では、径 100mm, 長さ 30mm の触媒を 4 個充填した。装置 1 では、高圧で燃焼試験を行うため、触媒充填を多くした。触媒と内筒のすき間に、セラミックファイバーを緩衝材として充

填した。

燃料は、発電用ガスタービンに用いられている天然ガスの主成分であるメタンを用いた。メタンは最も燃えにくい燃料であるが、用いた触媒では 450℃ あれば触媒燃焼の開始温度としては十分であるため、触媒入口ガス温度は 450℃ に設定した。触媒部に供給する燃料は、触媒の耐熱上、触媒温度が 1000℃ を超えない程度の燃料濃度とした。一方、気相燃焼部に供給する燃料は、気相燃焼部ガス温度が 1500℃ を超えない程度の燃料濃度とし、気相燃焼の着火には点火器を用いた。

ガス流速は、2 章のシステム検討より、触媒入口で 14~34m/s (500℃ 換算) であったことから、燃焼試験では、触媒入口で 10m/s (500℃ 換算) 以上とした。

試験データは全てコンピュータで収集し、解析処理を行なった後、プリンターに出力される。

4. 試験結果

以下に示す T. HC, CO, NO_x のデータは全て各位置での実測値である。

4-1 予燃焼部の燃焼特性 図 6 に、今回試作した装置 2 の予燃焼部で発生する NO_x と流速 (500℃ に換算した触媒入口ガス流速) の関係を示した。図の下段は、実システム条件下の負荷とコンプレッサー吐出温度の関係において、負荷

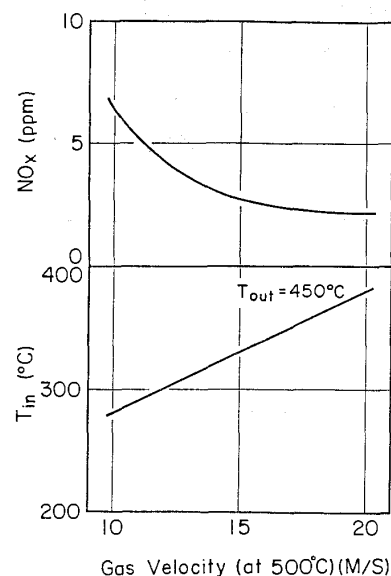


図 6 流速に対するコンプレッサー吐出温度および、吐出温度から 450℃ まで昇温したときに予燃焼部で生成する NO_x

表 1 ガス分析計の仕様

測定成分	測定範囲	測定方式	分析計形式
T. HC	0-10000 ppm	水素炎イオン検出法	FIA-52
CO	0- 500 ppm	非分散赤外線分析法	AIA-23<As>
CO ₂	0-15 vol%	非分散赤外線分析法	AIA-23
O ₂	0-25 vol%	磁気圧力式	MPA-21
NO _x	0- 5000 ppm	化学発光法	CLA-53

を2章のシステム検討より流速に置き換えて示したものである。図の上段は、各流速に相当するコンプレッサ吐出温度から触媒入口温度450℃までガスを予燃焼部で昇温させた場合に生成するNO_xの試験データを示す。流速の増加とともにNO_xは減少する。これは、流速が遅いと吐出温度が低くなるため、予燃焼部での温度上昇分を大きくする必要があると同時に、予燃焼部内での燃焼ガスの滞留時間が長くなるためNO_xが増加すると考えられる。ハイブリッド触媒燃焼方式で生成するNO_xは大部分を予燃焼部と気相燃焼部で占めることから、予燃焼部でのNO_x生成も最小限にする必要がある。図6より、流速が約15m/s以下になるとNO_xが急増するため、触媒入口ガス流速としては15m/s以上が必要であり、2章のシステム検討結果と同程度の流速条件となっている。

4-2 予混合部の特性 装置2の予混合部の特性は以下のとおりである。図7に、触媒入口における混合ガスの濃度分布を示した。燃空比(F/A)一定で、流速(500℃換算)を変化させたときの濃度のバラツキを示したものである。縦軸はラジアル方向10点の濃度の最大値と平均値との比である。流速の変化に対して濃度分布に乱れない。他の燃空比についてもほとんど均一であり、良好な結果が得られている。

図8に、触媒入口における流速分布の一例を示した。非燃焼状態でのラジアル方向の流速分布であり、平均値13.6m/sに対してほとんどバラツキがない。ここで、流速は熱線流速計により測定

した。

図9に、触媒入口における温度分布を示した。流速(500℃換算)を変化させたときの温度分布のパターンファクター(P.F.)の影響を示したものである。ここで、P.F.は次式で定義する。

$$P.F. = \frac{T_{out, max} - T_{out, mean}}{T_{out, mean} - T_{in}}$$

$T_{out, max}$; 触媒入口の最高温度

$T_{out, mean}$; 触媒入口の平均温度

T_{in} ; 燃焼器入口温度

P.F.は5%前後であり、良好な結果が得られている。他の燃空比についてもP.F.は5%前後の結果が得られている。

触媒入口において、混合ガスの濃度分布、温度分布、流速分布が不均一であると、触媒のラジアル方向の温度分布による触媒の熱応力問題、ホッ

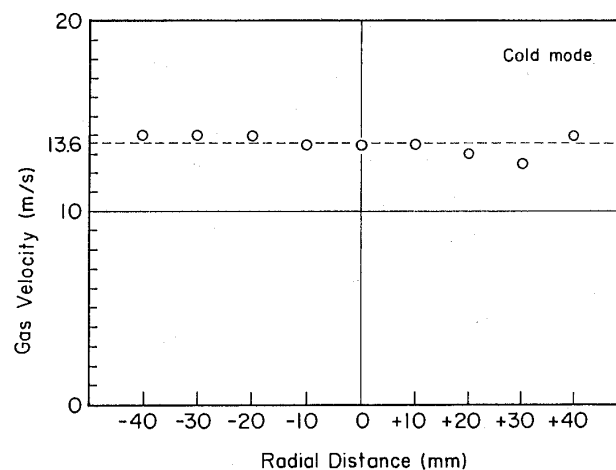


図8 予混合部でのラジアル方向の流速分布

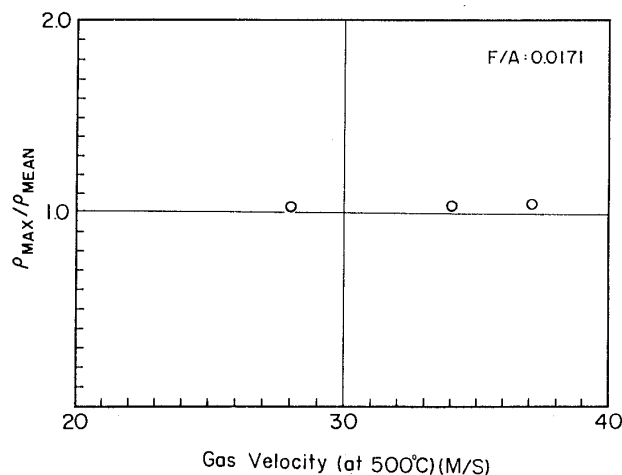


図7 予混合部での濃度分布と流速の関係

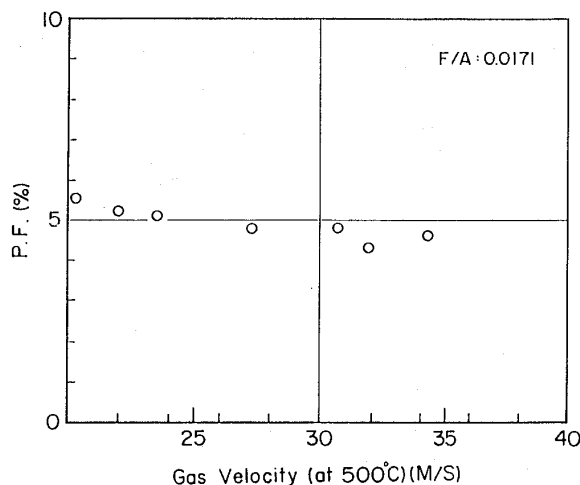


図9 予混合部での温度分布と流速の関係

トスポットによる触媒劣化あるいは溶解といった問題が生じることになる。ここでの燃焼試験では、いずれも良好な均一性が得られていることから、上記の問題はないものと考えられる。

4-3 触媒部の燃焼特性 写真1に、装置2で燃焼試験時の最後段触媒（径100mm）を下流側から撮った写真を示した。触媒体断面でホットスポットは確認されず、良好な半径方向の温度均一性が得られている。このことから、触媒入口の混合ガスの均一性は良好であると考えられる。写真の触媒温度は950～1000℃であり、触媒部下流で気相燃焼が起こっている。

ハイブリッド触媒燃焼法において、気相燃焼が起こる温度としては、メタンの燃焼反応のシミュレーションおよび燃焼試験より800℃程度である。したがって、触媒温度としては1000℃程度を考えており、触媒開発の面からみて可能な温度レベルと考えられる。

4-4 気相燃焼部の燃焼特性 図10に、装置2を用い、図6に示した NO_x 排出特性をもつ予燃焼部でガスを450℃まで予燃焼により昇温し、さらに触媒燃焼により800～900℃に昇温したガスに燃料を供給し、気相燃焼させた場合に気相燃焼部で生成する NO_x と燃焼温度の関係を触媒入口ガス流速（500℃換算）をパラメータとして示した。ここで、 NO_x は、気相燃焼部出口における実測値と触媒入口における実測値の差で表した。燃焼温度が約1180℃以上になると、T.HC、COの排出量は減少し、良好な燃焼状態にある。図示したデータのT.HCはいずれも0～20ppm程

度、COは6～80ppm程度である。しかし、燃焼温度が1180℃以下になるとT.HC、COが急増し、燃焼性は悪くなる。

流速と NO_x の関係は、図より、流速が早くなると NO_x は減少する傾向にあり、流速が10m/s程度以下になると NO_x の増加が著しい。これは、滞留時間の影響も考えられるが、流速が遅くなるに伴い、気相燃焼部へ供給する燃料が少なくなることから燃料の噴出速度が遅くなり、空気との混合が悪くなることが大きな原因と考えている。

燃焼温度と NO_x の関係は、図より、燃焼温度が高くなるにともない NO_x は増大する。燃焼試験によると、流速15m/s以上においては、燃焼温度が1400～1500℃から NO_x が急増する。 NO_x の燃焼反応によると、温度が約1500℃以上になると NO_x が急激に生成しはじめることを考慮に入れると、装置2の気相燃焼部における濃度分布の均一性は良好と思われる。なお、内筒の壁温は800℃程度であった。

4-5 全 NO_x ハイブリッド触媒燃焼において NO_x が生成する箇所は、予燃焼部と気相燃焼部である。図11に、装置2の燃焼器で生成した全 NO_x を示した。ここで、触媒部で生成する NO_x は0.1～0.2ppmと他の部分から生成する NO_x に比べ微小であるため無視した。図では燃焼温度が1400℃と1430℃の結果であり、いずれも燃焼状態は良好で、T.HC、COは数十ppm以下である。4-4で述べたように、 NO_x は燃焼温度とともに増加する。最終的には、タービン入口温度にコントロールするため、バイパス空気で希釈す



写真1 燃焼器出口から上流方向を撮影
(中央が最後段触媒)

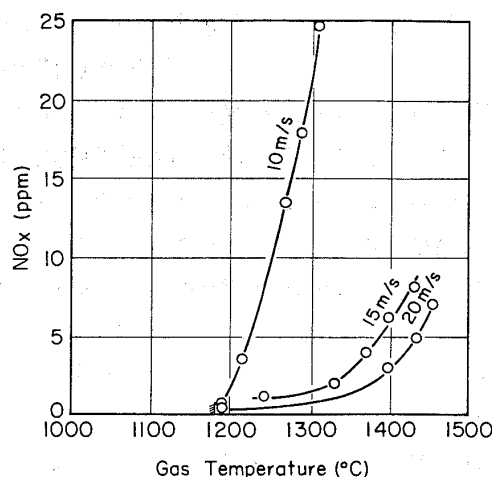
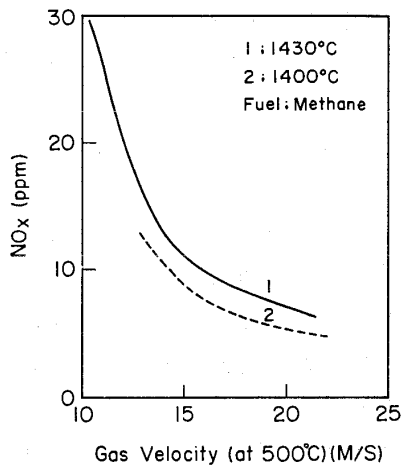


図10 気相燃焼部での燃焼温度と生成 NO_x の関係

図 11 燃焼器からの排出 NO_x と流速の関係

ることから NO_x はさらに減少することになる。

現在、発電プラントでは、脱硝装置により NO_x の放出を 10ppm 程度としていることから、燃焼器出口における NO_x の上限を 10ppm とすれば、装置 2 の燃焼試験結果によると、触媒入口ガス流速の下限は 15m/s (500℃ 換算) 程度となる。また、気相燃焼部の温度としては、図 10 で示したように約 1180℃ 以上であればよいことになるが、燃焼の安定性からはできるだけ高いことが望ましく、1400～1500℃ 程度が考えられる。これらの結果は、2 章のシステム検討結果の運転領域を満足する。

4-6 NO_x の圧力特性 実機のカスタービンでは、運転時の圧力が 1.5 MPa 程度におよぶ。したがって、4-5 までに示した大気圧条件下での試験結果が、実圧条件下でも適用できるか、適用できない場合には、 NO_x と圧力の関係を把握しておかないと、実機の燃焼器設計ができなくなる。全 NO_x 中、気相燃焼部で生成する NO_x の比率が高いので、ここでは、気相燃焼部で生成する NO_x と圧力の関係を調べるため、装置 1 により、大気圧～0.7 MPa の圧力範囲で燃焼試験を行った。図 12 に、触媒入口ガス流速 21 m/s (500℃ 換算)、燃焼温度 1350℃ 前後の結果を示した。ここでの NO_x には触媒部で生成する NO_x も含まれているが、4-5 と同様 0.1～0.2 ppm と無視できる量である。図示した各データの T. HC は 1 ppm 程度、CO は圧力が高くなるに伴い増加する傾向にあるが、0～30 ppm 程度であり良好な燃焼状態にある。一般に、 NO_x は圧力の 1/2 乗に比

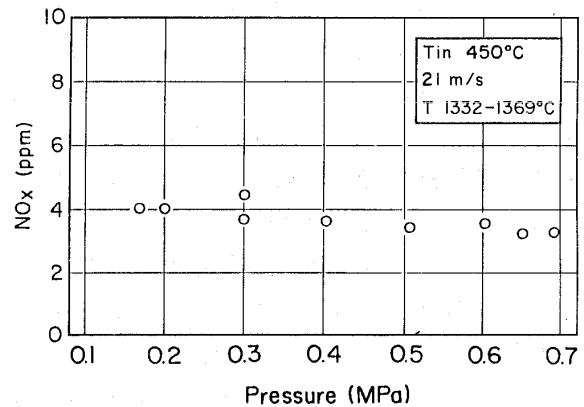
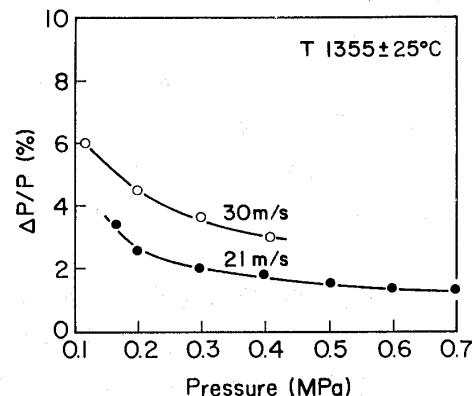
図 12 試験圧と生成 NO_x の関係

図 13 触媒部における圧力損失と試験圧の関係

例するという報告⁶⁾があるが、図では、 NO_x 生成におよぼす圧力の影響はほとんどみられない。流速 30 m/s についても同様な結果が得られている。この理由としては、気相燃焼部の燃焼は燃料が均一に分布するように供給されているため予混合燃焼状態に近く⁷⁾、かつ、燃焼温度が Thermal- NO_x が急激に生成しはじめる温度約 1500℃ 以下で燃焼させているためと考えられる。

以上の結果より、気相燃焼部で燃料が均一に分布し、かつ、燃焼温度を約 1500℃ 以下に調節すると、実圧条件下でも NO_x におよぼす圧力の影響は少ないと思われる。したがって、タービン入口ガス温度としては、原理的には 1500℃ 程度まで可能となり、ガスタービンの高温・高効率化が十分に期待できる。

4-7 触媒部の圧力損失 図 13 に、装置 1 による燃焼時の触媒部圧力損失率 ($\Delta P/P$) と圧力の関係を、触媒入口ガス流速 (500℃ 換算) 21 m/s, 30 m/s をパラメータとして示した。ここで、 $\Delta P/P$ は、触媒部の圧力損失と燃焼器入口

圧力の比で定義した。 $\Delta P/P$ は圧力の増加にともない、大気圧近傍で急激に減少するが、その後は一定になる傾向にある。これは、触媒部内のガスの流動状態にもとづくものであり、圧力が高くなるにともない、流れが層流から乱流に変わっていく。燃焼試験結果は、大気圧近傍で $\Delta P/P$ はやや高いが、実機圧力条件下では5%以下になると予想される。

一般に、触媒燃焼器では、触媒が高温になるに伴い触媒内のガス流速が早くなることから、触媒部での圧力損失が大きくなると予想される。これに対し、ハイブリッド触媒燃焼法では、触媒温度を1000℃程度に設定していることから触媒内のガス流速が抑制され、触媒部での圧力損失は小さくなると考えられる。

5. まとめ

触媒の高温化を抑制し、その分触媒部下流の気相燃焼を積極的に利用することにより、触媒の耐久性向上をはかったハイブリッド触媒燃焼法の発電用ガスタービンへの適用性をシステム検討するとともに、燃焼器を試作し、メタンを燃料として燃焼試験を行なった。主な結果は次のとおりである。

- 1) 気相燃焼の燃焼開始温度（触媒出口ガス温度）を800℃、気相燃焼部出口温度を NO_x の抑制上1500℃程度とし、1100℃級を想定したシステム検討を行なった。その結果、触媒入口ガス流速としては、14~34m/s（500℃換算）でシステム構成が可能である。この流速条件は、触媒への負荷としては実現可能な領域であり、ハイブリッド触媒燃焼器の実現性は大である。
- 2) 大気圧条件下の燃焼試験において、気相燃焼部出口温度が1180℃程度以上であれば排ガス中のT. HC, COはいずれも少なく燃焼性は良好であった。排ガス中の NO_x の上限を10ppmとした場合、触媒入口ガス流速（500℃換算）の下限は15m/s、燃焼ガス温度は、燃焼の安定性を考慮に入れると1400~1500℃である。この温度領域は、システム検討による運転可能な領域を満足する。
- 3) NO_x の圧力依存性はみられなかった。これはハイブリッド触媒燃焼法で排ガス中の NO_x の大部分を占める気相燃焼が予混合燃焼に近く、かつ、燃焼温度を NO_x が急増する温度約1500℃以下に抑制しているためと考えられる。
- 4) 触媒部の圧力損失率は、圧力の増加にともない大気圧近傍で急激に減少するが、その後は一定になる傾向にある。圧力損失率は大気圧近傍では5%以上になることもあるが、実機の運転圧下では5%以下になると予想される。

100mmφスケールのハイブリッド触媒燃焼器の試作装置により、ハイブリッド触媒燃焼法のガスタービンへの適用性が高いことが確認されたため、現在は実寸法相当の燃焼器を試作し、燃焼試験をすすめている。

参考文献

- 1) 伊藤・伊東, 第13回ガスタービン定期講演会講演論文集(昭60), 71
- 2) 例えば
 - a) DeCorso, S. M., 他3名, ASME Paper No.76-GT-4 (1976)
 - b) Pillsbury, P. W., 他3名, EPA Proceedings 5th Workshop on Catalytic Combustion (San Antonio, Texas, September 15-16, 1981)
 - c) 福澤, 他2名, 火力原子力発電 32-3 (1981) 235
- 3) Pfefferle, W. C., 他3名, ASME Paper No.75-WA/Fu-1 (1975)
- 4) 森川, 触媒 26-1 (1984) 13
- 5) 伊東, 他5名, 第13回ガスタービン定期講演会講演論文集(昭60), 115
- 6) Becker, B., 他2名, ASME Paper No.86-GT-157 (1986)
- 7) Roffe, G., Venkataramani, K. S., NASA CR-159421 (1978)



中部電力(株)総合技術研究所

研究管理課 木村俊壽

1 技術研究開発推進体制

中部電力は創立（昭和26年）以来企業の近代化、合理化を図るため新技術の導入と自主開発のための研究を推進してきたが、創立10周年記念事業の一環として、広範かつ急速に進む技術革進への対応と、実用技術の開発および電力の積極的な有効活用を目的に、昭和40年6月に総合技術研究所を設立した。その後の技術開発は、電気事業における設備の建設、運転、保守に関する供給信頼度の向上、コストの低減ならびに供給の安定といった内容が主体であり、その取り組み姿勢も供給サイドに立った研究であった。しかし昨今の社会環境の変化に対するため、以降力を注ぐ研究開発は、お客様のニーズに合った電気機器開発、電力需要のピークとオフピーク時の負荷平準化に役立つ深夜電力の有効利用、エネルギー貯蔵技術および各種エネルギー間の競合に対応した技術開発である。また、原子力や石炭利用技術など、電源多様化のための技術開発にも力を注ぐ必要がある。さらに電力設備全般にわたり、各種の先端技術・新素材・高度情報化など、新しい研究開発課題に取り組んでいく必要がある。このような状況において中部電力では昭和61年7月から図-1のような技術研究開発体制をとっている。ここで研究企画部は、全社技術研究開発の長期戦略、基本方針、長期計画の立案および部門間、対外機関との調整を行うほか研究開発投資の管理、新技術に関する情報の収集分析を行う。また、研究所は、具体的な研究課題に対する研究実施部署である。

2 研究活動

技術研究開発は、長期的な事業基盤強化の要であり、電力需要の鈍化、エネルギー間競合および社会要請の高度化等、昨今の激しい社会環境の変化に対応するため、より先見のかつ戦略的な視点

にたって技術開発を推進している。重点的に取り組んでいる技術研究開発課題は次のとおりである。

(1) マーケット重視の技術研究開発

・需要開発 ヒートポンプ利用技術、高効率電気機器の開発、住宅電化、農水産分野への電気利用。

・負荷平準化 氷蓄熱・化学蓄熱システム、電力貯蔵システム、深夜電力利用機器。

・エネルギー間競合への対応 コージェネレーションシステムの実証試験。

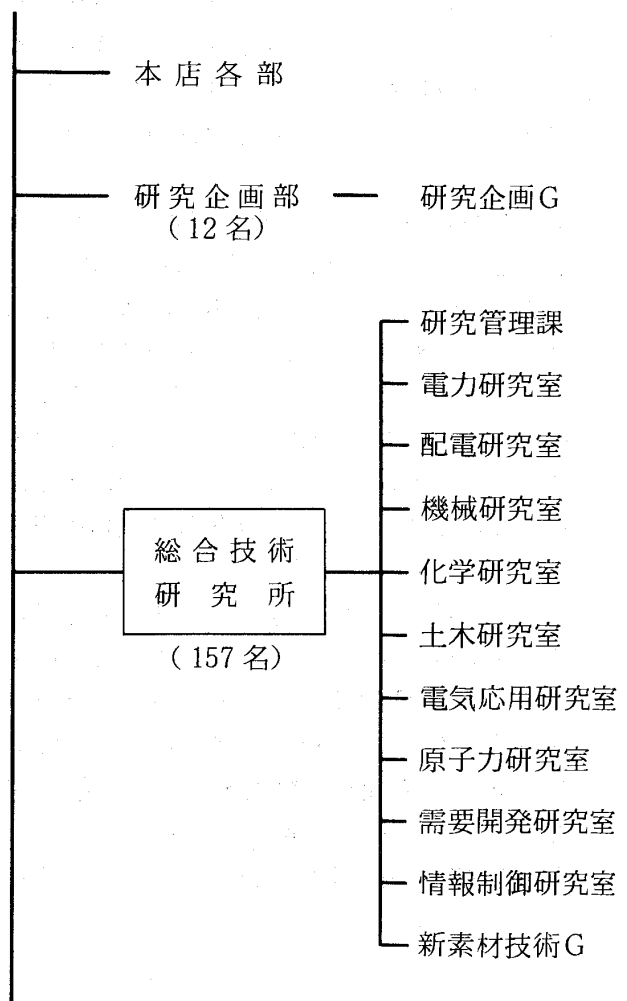


図1 研究所組織

(昭和63年1月18日原稿受付)

(2) コスト安定化と供給信頼度向上のための技術研究開発

- 石炭の高度利用 CWM の燃焼実験, 石炭灰の処理・利用。
- 設備診断, 余寿命評価 ボイラー・タービン, GIS, ケーブル。
- 保守の省力化 点検保守のロボット化。
- 新材料 ファインセラミックスの適用。
- 原子力利用技術 建設コストの低減技術等。

(3) 社会情勢変化に対応するための技術研究開発

- 新エネルギー 燃料電池, 太陽光発電。
- 情報化社会 自動検針システム, エキスパートシステムによる各種支援システム。
- 環境・保安防災対策等。

3 最近の主な研究成果

各研究室で最近発表した研究成果は次のとおりである。

- 電力研究室 瞬時電圧低下補償装置, ガス遮断器の異常予知手法。

◦ 配電研究室 地中配電用地絡方向表示器, 配電線雷断線検出システム。

◦ 機械研究室 極値統計法によるタンク底板の寿命予測, タービン発電機診断監視装置。

◦ 化学研究室 火力発電所水質調査用自動分析計, 発電所排水のバイオ処理。

◦ 土木研究室 地盤沈下に対する解析手法, 切取斜面勾配決定支援システムの試行。

◦ 電気応用研究室 多目的機能を備えた農産物処理システム, ナスの水耕栽培へのヒートポンプ適用。

◦ 原子力研究室 薬液超音波除染技術, レドックス除染技術。

◦ 需要開発研究室 開放型湯量制御方式深夜電気温水器, 大容量2口型電磁調理器。

◦ 情報制御研究室 移動無線設計システム, 管路多孔化のための分割管路。

◦ 新素材技術G 石こうスラリー用ポンプのファインセラミックス化。

§ 入 会 者 名 簿 §

正 会 員

安藤 清 (三菱重工)	丹羽高尚 (三菱重工)	本多立也 (信越化学)	宮本一利 (三菱重工)
小嶋保彦 (東洋エンジニアリング)		守田栄之 (大阪市立大)	
小松昌己 (科学技術調査)		今成邦之 (石川播磨重工)	

学生会員

池田裕二 (神戸大. 院)

(2) コスト安定化と供給信頼度向上のための技術研究開発

- 石炭の高度利用 CWM の燃焼実験, 石炭灰の処理・利用。
- 設備診断, 余寿命評価 ボイラー・タービン, GIS, ケーブル。
- 保守の省力化 点検保守のロボット化。
- 新材料 ファインセラミックスの適用。
- 原子力利用技術 建設コストの低減技術等。

(3) 社会情勢変化に対応するための技術研究開発

- 新エネルギー 燃料電池, 太陽光発電。
- 情報化社会 自動検針システム, エキスパートシステムによる各種支援システム。
- 環境・保安防災対策等。

3 最近の主な研究成果

各研究室で最近発表した研究成果は次のとおりである。

- 電力研究室 瞬時電圧低下補償装置, ガス遮断器の異常予知手法。

◦ 配電研究室 地中配電用地絡方向表示器, 配電線雷断線検出システム。

◦ 機械研究室 極値統計法によるタンク底板の寿命予測, タービン発電機診断監視装置。

◦ 化学研究室 火力発電所水質調査用自動分析計, 発電所排水のバイオ処理。

◦ 土木研究室 地盤沈下に対する解析手法, 切取斜面勾配決定支援システムの試行。

◦ 電気応用研究室 多目的機能を備えた農産物処理システム, ナスの水耕栽培へのヒートポンプ適用。

◦ 原子力研究室 薬液超音波除染技術, レドックス除染技術。

◦ 需要開発研究室 開放型湯量制御方式深夜電気温水器, 大容量2口型電磁調理器。

◦ 情報制御研究室 移動無線設計システム, 管路多孔化のための分割管路。

◦ 新素材技術G 石こうスラリー用ポンプのファインセラミックス化。

§ 入 会 者 名 簿 §

正 会 員

安藤 清 (三菱重工)	丹羽高尚 (三菱重工)	本多立也 (信越化学)	宮本一利 (三菱重工)
小嶋保彦 (東洋エンジニアリング)		守田栄之 (大阪市立大)	
小松昌己 (科学技術調査)		今成邦之 (石川播磨重工)	

学生会員

池田裕二 (神戸大. 院)



1987 ASME COGEN — TURBO 国際会議

石川島播磨重工業㈱ 青木千明

1. まえがき

昨年1987年9月2～4日（水～金）スイスのモントルー（Montreux）で開かれた“1987 ASME COGEN — TURBO International Symposium and Exposition”に出席したので、その概要を御紹介したい。

この国際会議は、回転機械、複合サイクル及びコージェネレーションを主体にして、ASMEが行ったはじめての講演会及び展示会であり、モントルーのConvention&Exhibition Centerを会場にして開催された。（写真1）

モントルーは、スイスの西部のジュネーブより汽車で東へ約1時間の所にあり、ジュネーブと同様にレマン湖に面しており、間近にアルプス連峰を望み、山紫水明の景勝の地である。時期も比較的天候が安定する季節で、世界各国から約500名が集まったといわれ、盛大な会議となった。（写真2）

実は筆者は、同じ会場のConference Roomの一つで9月2～3日に開かれたISO/TC70/SC6

（国際標準化機構/内燃機関部門/ガスタービン委員会）の国際会議に、日本代表として出席することが主目的であったので、首題の国際会議とは期日の重複のため、講演会については2日目の後半からの一部しか聴講することができなかった。また、展示会は合間をみて見学を行った。

次に、ISO会議も含め、これらの概略について報告したい。

2. 講演会

講演会は、1日目午前中に行われた4人の基調講演と、1日目午後から3日目午前迄行われた3室での一般講演とがあった。

基調講演は、西ドイツのアーヘン工科大学の Dr. G. Dibelius 教授による「複合サイクル発電の熱力学」、スイスの BBC 社の Dr. W. Endres ガスタービン事業部長による「複合サイクル発電所用ガスタービン」、スイスの Sulzer 社の Dr. A. Steiner ボイラ副事業部長による「複合ガス・蒸気タービン発電プラント」、米国の Bechtel 社の J. M. Dunstan プロジェクト技術部長による「コー

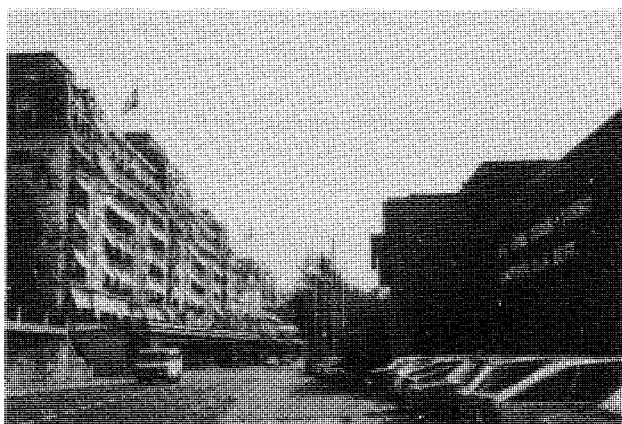


写真1 会場の Convention&Exhibition Center
（右手。会議名が見える。）

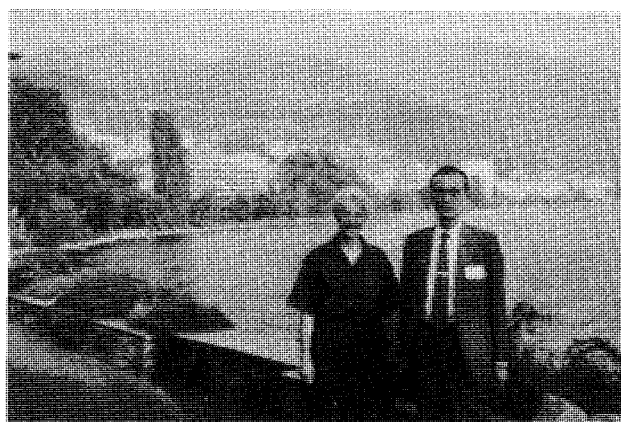


写真2 モントルーのレマン湖畔に立つ筆者
（左は BBC の Dr. Endres 夫人。）

（昭和63年1月26日原稿受付）

ジェネレーション・システムの計画」の4講演がそれぞれ約30分ずつ行われた。筆者はISO会議に出席したため、これらの基調講演を聴講することはできなかったが、聴講者から伺った講評では、複合サイクルプラントやコージェネレーションについて、ヨーロッパの講演者は技術的メリットから捉えていたのに対し、米国の講演者は経済的メリットとして長期的投資回収採算性を打ち出していたことが印象的であったという。

一般講演は、1日目午後から3日目午前にかけて、合計11のセッションで44編の論文が発表された。内訳としては、プラントの運転実績等に関わるものが15論文、サイクル的検討等に関わるものが17論文、ガスタービンや蒸気プラント関係の要素に関わるものが12論文であった。発表論文の国別分布は、米国8、スイス5、イタリアー5、西ドイツ4、英国3、フランス2、オランダ2、ギリシャ2、カナダ2で、あとスウェーデン、オーストリア、フィンランド、ポルトガル、インド、インドネシア、中国が各1、そして共同発表として、トルコ／米国、米国／スイス、西ドイツ／スイス、オーストリア／西ドイツが各1であった。

筆者は、ISO会議の関係で、2日目の午後以降の一部の講演を聴講しただけであったが、100人近く入る講演室は常に9割前後の聴講者で埋まる盛況であった。プラントの実績に関わる発表では、一部で使用者の補足説明があったり、また講演後の質疑も熱心な討議が行われた。なかでも、討議者同士が自分達のプラントがベストだとして激しく論議するなど、ヨーロッパらしい討論もあり、興味深かった。

3. ISO/TC70/SC6 国際会議

国際標準化機構のTC70/SC6（ガスタービン）国際会議は、今回が8回目で、これに筆者は日本代表として出席した。この会議の国別参加者は、米国（幹事国）4名（議長のMr. T. E. Stott及び事務局を含む。）、英国1名、フランス2名、西ドイツ4名、イタリアー1名、スイス1名、ソ連2名、日本1名の合計16名であった。（写真3）

なお、TC70/SC6のPメンバー（投票権保有参加国）は、ベルギー、チェコスロバキア、フランス、西ドイツ、イタリアー、日本、スイス、英国、米国、ソ連の10ヶ国であり、また、Oメンバー

（情報交換オブザーバ参加国）は、中国、コロンビア、デンマーク、インド、スウェーデン、ユーゴスラビアの6ヶ国である。

今回は、COGEN-TURBO国際会議と併行して同じ会場で9月2日から3日の午後はじめ迄会議が持たれた。審議された議題は、国際標準ISO 3977 “Procurement - Gas Turbines（ガスタービン調達仕様）”の改訂、“排気ガス・エミッションの計測方法”及び“ガスタービン関係熱力学・空力学用語及び定義”の新ISO原案の検討等であった（詳細は参考文献(1)を参照。）

ISO国際会議の中で特記すべきことは、一昨年以來検討が続けられてきた“ガスタービン”の新TC化が、具体的に実現の見通しが立ったことである⁽²⁾。ISOにおいて“ガスタービン”は、従来TC70“内燃機関”の中で“往復動内燃機関”と一緒に取り扱われてきたが、その内容及び委員は往復動内燃機関と異質のものであるため、“ガスタービン”を切り離して新しいTC（部門別技術委員会）を設けることが検討されてきた。1986年のTC70/SC6での議決によりTC70委員会に申請され、1987年3月にはTC70委員会もこれを承認して、上部のISO評議会に、TC“Gas Turbines”新設の申請が出されたという。近いうちに決定が出されるものと期待される。

新しいTCで取り扱う適用範囲について、今回の国際会議で論議され、結論的には“すべてのガスタービン”として、航空用ガスタービンを除外しないことにし、ISO事務局とも調整して行くことにした。我が国としても、新しいTCに備えた

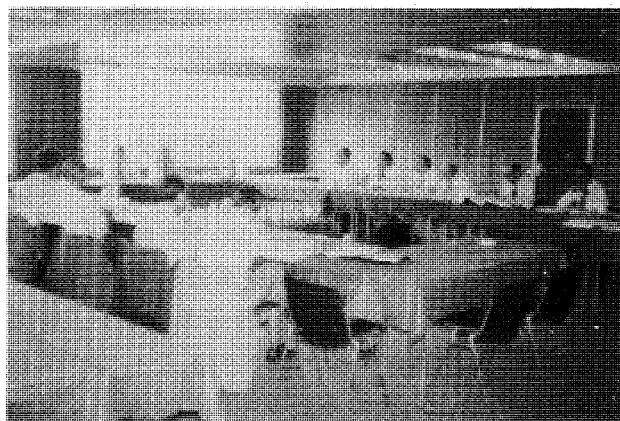


写真3 ISO/TC70/SC6 国際会議
（左手中央席の右が議長。）

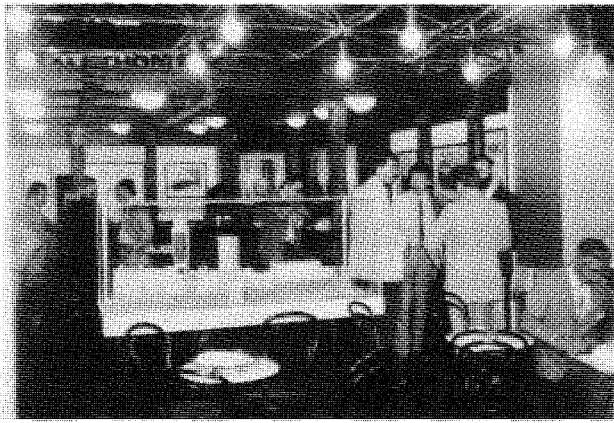


写真4 展示会の一景
(地元 BBC 社の展示場。)

準備検討をすすめて行く必要がある。

4. 展示会及びレセプション

会期を通して会場の展示会場で、ガスタービン及び複合サイクルプラント、コージェネレーション関係の展示会が行われた。展示出品者は42社であり、このうち、ガスタービン関係のメーカーまたはパッケージが14社、関連機器メーカーが17社で、残りはエンジニアリング関係または出版関係等であった。

ガスタービン関係では、地元のBBC社が最も大きなスペースと目立つ位置を占め、次いでフランスのAlsthom社、Turbomeca社、英国のRuston社、スイスのSulzer社、米国のAllison社やパッケージのStewart & Stevenson社が、スペースも広く熱の入った展示を行っていた。米国のガスタービンとしては、Allison社やG. E.社のものが出展されていたが、いずれもヨーロッパにある提携会社や販売会社によって展示が実際には行われていたことが、特徴的であった。機器関係では、排ガスボイラや、軸受・クラッチ類及び計測機器等の展示があった。(写真4)

会期中に3回のレセプションが行われ、最初は会期前日夕方の歓迎レセプションが、近くの事務局本部ホテル Hyatt Continental Hotel で行われた。次いで、1日目の夕方に展示会場でASMEによるレセプションが展示出品者もまじえて、音楽バンドも入って賑やかに行われた。そして、2日目の夕方には、地元の市長等主催のレセプションがHyatt Continental Hotelで行われ、会議参加者の相互の交流と親交を深めることができた。(写

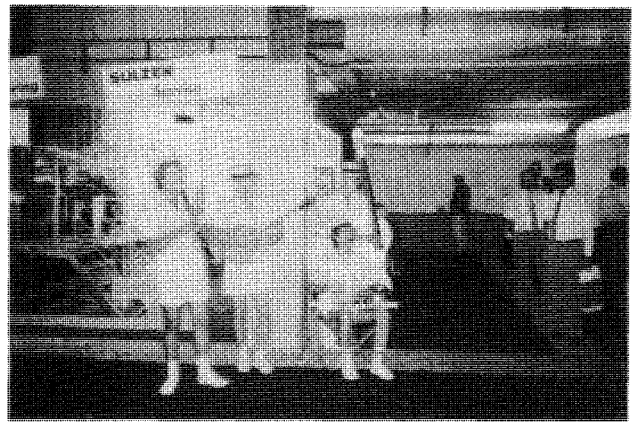


写真5 展示会場での ASME 主催レセプション
(展示場をまわる音楽バンド。)

真5)

5. 見学会

3日目の午後に、2つの見学会が計画され、スイス CIBA-GEIGY 製薬会社で運転中のBBC社 27 MW ガスタービン使用のコージェネレーション・プラントと、スイス Basel 州立病院にあるTurbomeca社 550kw ガスタービン及び排熱利用温水ボイラの見学が、それぞれバス旅行で行われた。

筆者は、前者の見学会に参加したが、見学先はモントルーの南方20km程のMontheyにある製薬工場に1976年にBBC社が納入したコージェネレーション・プラントで、ガスタービンはBBCの9型で発電出力27 MW、排熱回収ボイラはSulzer社製で12 bar、205℃の蒸気を追焚なしで22 kg/s、追焚をして33 kg/s発生させることができる。

大型のコージェネレーション・プラントとしては、スイスでも早く使われ出したもので、天然ガスと軽油の2種燃料を同時に任意の比率で使用することができる。最近では、電力の需要が減り、使用の度合いが減っているという。見学当日は、起動運転を見せてくれた。

見学終了後、バスでそのまま近くの農村にあるワイン酒蔵に立ち寄り、見学参加者全員でワインを酌み交わしながら楽しい懇談の一時を過ごし、思い出深い見学旅行であった。(写真6)

6. あとがき

ASMEのCOGEN-TURBO国際会議は、はじめての試みであったが、多数の参加者を得て成功

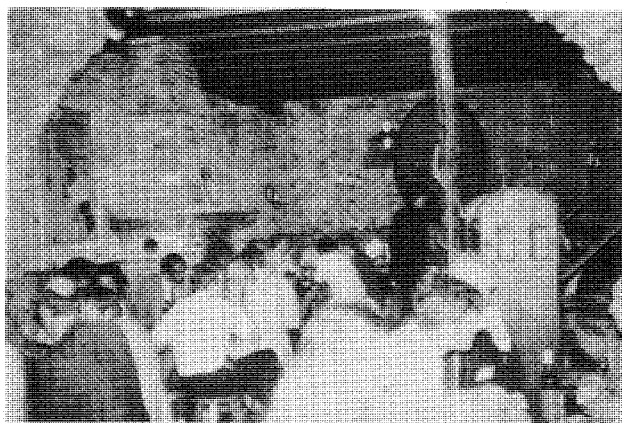


写真6 見学会終了後の懇談会
(ワイン酒蔵で懇談する参加者一同。)

したものといえよう。日本からの参加者は、他の国際会議に比べると少かったようで、特にガスタービン関係者は僅かで、会議の性格から火力プラント関係者でこれからのコージェネレーション・プラントを研究することを目的に出席している参加者の方が多かった。これは、ガスタービン・プラント関係者の層が増えることで、大いに歓迎される。

ASMEは、この成功により、1988年にも8月30日（火）から9月1日（木）に同じスイスのモントルーで第2回 COGEN－TURBO 国際会議を開催することを決めており、日本からも論文発表参加及び聴講参加が期待されている。

筆者は、ISO 会議への出席が主体ではあったが、世界的な複合サイクルプラントやコージェネレーションへの大きな期待と大変な意気込みに、幸いにも同時に接することができ、大いに得る所が多かった。

我が国でも、これからコージェネレーション・プラントの利用がますます増加してくるものと期待され、我々ガスタービン関係者も大いに研究をすすめ、使用者に良いプラントを提供するように努力を続けて行きたい。このような意味で、この一文が会員皆様の何かのお役に立てば、幸いである。

参考文献

- (1) 青木，日内連情報，43（1987－11），P. 11
- (2) 青木，日本ガスタービン学会誌，14－51（1986），P. 3

死 去 会 員

正 会 員 鵜飼 義雄 君 45 才 (株)荏原製作所防音技術センター

昭和 63 年 1 月 12 日逝去

ご 遺 族 藤沢市遠藤 1098－4 湘南ライフタウン 0－60－18

鵜飼 末子 殿

本会に関する記事

昭和 57 年 8 月入会

1983，1987 年国際会議展示委員

第 8，10，11 期総務委員

謹しんで哀悼の意を表します

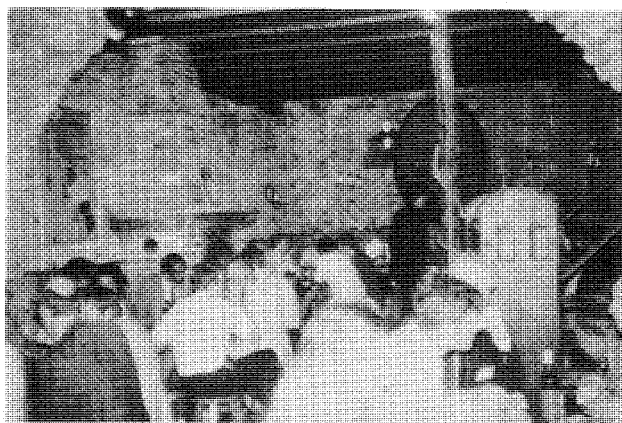


写真6 見学会終了後の懇談会
(ワイン酒蔵で懇談する参加者一同。)

したものといえよう。日本からの参加者は、他の国際会議に比べると少かったようで、特にガスタービン関係者は僅かで、会議の性格から火力プラント関係者でこれからのコージェネレーション・プラントを研究することを目的に出席している参加者の方が多かった。これは、ガスタービン・プラント関係者の層が増えることで、大いに歓迎される。

ASMEは、この成功により、1988年にも8月30日(火)から9月1日(木)に同じスイスのモントルーで第2回 COGEN-TURBO 国際会議を開催することを決めており、日本からも論文発表参加及び聴講参加が期待されている。

筆者は、ISO 会議への出席が主体ではあったが、世界的な複合サイクルプラントやコージェネレーションへの大きな期待と大変な意気込みに、幸いにも同時に接することができ、大いに得る所が多かった。

我が国でも、これからコージェネレーション・プラントの利用がますます増加してくるものと期待され、我々ガスタービン関係者も大いに研究をすすめて、使用者に良いプラントを提供するように努力を続けて行きたい。このような意味で、この一文が会員皆様の何かのお役に立てば、幸いである。

参考文献

- (1) 青木, 日内連情報, 43 (1987-11), P. 11
- (2) 青木, 日本ガスタービン学会誌, 14-51 (1986), P. 3

死 去 会 員

正 会 員 鵜飼 義雄 君 45 才 (株)荏原製作所防音技術センター

昭和 63 年 1 月 12 日逝去

ご 遺 族 藤沢市遠藤 1098-4 湘南ライフタウン 0-60-18

鵜飼 末子 殿

本会に関する記事

昭和 57 年 8 月入会

1983, 1987 年国際会議展示委員

第 8, 10, 11 期総務委員

謹しんで哀悼の意を表します

が多く、座席が不足する程の盛況であった。この分野の研究の目覚しい進展に対する関心の高さのあらわれで、水準の高い研究発表と討論の場となった様に思う。13件の研究発表のうち7件は日本から提出され、残り6件は中国、欧州からそれぞれ3件ずつであった。中国からの参加者の中には羽根車準三次元理論の元祖 Wu 氏の顔も見られ、部屋の中央に席を占めて若いお弟子さんの発表に緊張した面持ちで見守っておられた。中国の翼列研究は準三次元解析が主流の様に見受けられ、今回提出された3件の論文もいずれもそうであった。Wu 氏の影響力の大きさであろうか。日本から提出された論文は数値流体力学の一つの中心的問題である遷音速流れの差分解法に関するものが中心で、翼列間の三次元流れの美しい画像表示など、目を奪うものがあって研究水準の高さを感じた。

これらのセッションでは米国からの参加者が無く、世界の一つのリーダーを欠いたのは残念であったが、会議の公用語である英語に関して言えば全員が外国語を使ったことになり、日本人には僅かでも負担が軽かったように思う。それでも意志の疎通は極めて不十分で、秀れた通訳嬢の助けを借りても隔靴搔痒の感は免れなかった。しかし日本の若い発表者は憶せず英語を“駆使”し、言語の不安から討論の省略を申し出る若い中国の発表者に比べて頼もしい堂々ぶりであった。

4日間全部を会場に滞在することは出来なかったが、外国からの参加者とは会場で接しただけでなく、大阪へ足を伸ばした人達の来訪もあって、会議は小生にとっては10日以上にもなった。世界との交流も次第に往来相半ばする様になり、遠くへ出かけるまでもなく秀れた新しい研究に触れることが出来る様になった。この会議が益々盛んになることを望みたい。

死 去 会 員

正 会 員 諏訪間高明 君 63才 山梨大学

昭和 63 年 2 月 13 日逝去

ご 遺 族 東京都豊島区千川町 1 の 1 9

諏訪間園井 殿

本会に関する記事

昭和 47 年入会

第 5 期評議員

謹しんで哀悼の意を表します

「固定型内燃機関に係わる大気汚染防止法施工令」

〈大気汚染防止法に基づくガスタービン・ディーゼル施設の排出基準決まる。既設は猶予〉
GT・DE への規制値決定，非常用は当面適用せず

環境庁は昭和 62 年 10 月 26 日，ガスタービン（GT），ディーゼル機関（DE）に対する大気汚染防止法の規制値を決めた。大気汚染防止法の施行令改正は 27 日に閣議決定された。

規制内容は，燃料の燃焼能力が重油換算 50 ℓ/h 以上の施設を対象に、①SO_xは新設・既設とも現在のK値規制を適用，②NO_xは新設基準としてGT = 70ppm，DE = 950ppm（但し，液体燃焼GTおよび大型DEは段階的規制値を適用），③ばいじんは新設基準としてGT = 0.05g，DE = 0.10g（但し特排は別）——などとなっている。なお，今回は両施設についての既設基準はNO_x，ばいじんに関しては設定されていない（下記資料参照）。また，非常用電源等に利用されている両施設については，最低3～4年は排出基準等を適用しないことになった。

ガスタービン，ディーゼル機関の大気汚染防止法による規制について

昭和 62 年 10 月 26 日
環境庁大気保全局

1. 規制の内容

(1) ばい煙発生施設への追加（大気汚染防止法施行令）

ガスタービン、ディーゼル機関を，大気汚染防止法に基づく規制の対象とするため「ばい煙発生施設」（施行令別表第一）に追加する。対象施設の規模としては，ボイラー等の従来の規制対象施設と同様に燃料の燃焼能力が重油換算 50 ℓ/h 以上とする。

今回の施行令は，10月30日に公布し，新設施設

については昭和63年2月1日から、既設施設については昭和65年2月1日から適用される。

〈参考1〉

○ばい煙発生施設の追加

施行令別表第1の第28の項の次に，以下を追加。

（29…ガスタービン，30…ディーゼル機関）
燃料の燃焼能力が重油換算1時間当たりの
50リットル以上であること。

なお，既設施設については，65.1.31まで適用猶予。

(2) 排出基準の設定等（大気汚染防止法施行規則）

① 基準設定の考え方

ガスタービン，ディーゼル機関が，特に都市部等において増加している傾向に鑑み，新設施設及び総量規制地域に重点を置いて排出基準の設定等を行う。

② 排出基準

○硫黄酸化物に関しては，新設施設及び既設施設（小規模を除く。）ともに，現在の地域区分毎の排出基準（K値）とする。（既設施設への適用は昭和66年2月1日以降）

○窒素酸化物及びばいじんに関しては，現状の燃焼改善技術を用いて最大限削減できる率を，それぞれ50～60%，40～60％として，新設施設に適用する排出基準を下表のとおりとする。

〈参考2〉○排出基準値

〔表1〕NO_x 排出基準値

施設種	未対策	排出基準値	備考
ガスタービン	190ppm	70ppm(-60%)	On = 16%
ディーゼル機関	1,840ppm	950ppm(-50%)	On = 13%

〔表2〕ばいじん排出基準値

施設種	未対策	排出基準値	特別排出基準値	備考
ガスタービン	0.12g/Nm ³	0.05g/Nm ³ (-60%)	0.04g/Nm ³ (-70%)	On = 16%
ディーゼル機関	0.17g/Nm ³	0.10g/Nm ³ (-40%)	0.08g/Nm ³ (-50%)	On = 13%

注）特別排出基準値とは，施設集合地域（全国9地域）において新增施設に対し適用される更に厳しい基準である。

〔表3〕ガスタービン

項 目	排 出 基 準 値		総量規制基準・燃料使用基準等
	一般排出基準	特別排出基準	
SOx	現在定められている基準(K値)	現在定められている特別排出基準	現在定められている基準
NOx	70ppm	—	
ばいじん	0.05g/Nm ³	0.04g/Nm ³	

(備考) 標準濃度換算に用いる On は、16%とする。

〔表4〕ディーゼル機関

項 目	排 出 基 準 値		総量規制基準・燃料使用基準等
	一般排出基準	特別排出基準	
SOx	現在定められている基準(K値)	現在定められている特別排出基準	現在定められている基準
NOx	950ppm	—	
	0.10g/Nm ³	0.08g/Nm ³	

(備考) 標準濃度換算に用いる On は、13%とする。

なお、液体燃焼ガスタービン、大型ディーゼル機関等に係る窒素酸化物については、現状の燃焼改善技術のみでは直ちに下表の基準値を達成する

ことは困難であることから、段階的に基準を強化し、技術開発の促進を図る。(参考3参照)

③ 総量規制基準

今回は、既施設に対して窒素酸化物及びばいじんの排出基準を適用しないが、大都市地域における大気汚染対策の緊要性に鑑み、窒素酸化物等の総量規制地域においては、都府県知事が従来のばい煙発生施設と同様に、既施設を含めて総量規制を行う。これにより、これら地域では、排出基準が適用される場合より更に厳しい対応が必要となる。

2. その他

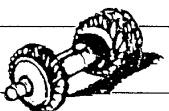
(1) 非常用電源等に用いられるガスタービン、ディーゼル機関については、当分の間、排出基準等を適用しない。

(2) 地方公共団体に対し、総量規制、燃料使用規制及び上乘せ規制の適切な運用を図るよう指導する。

(3) 大型ディーゼル機関に関する排出基準の最終的な技術開発の評価を今後継続的に行う。

〈参考3〉新施設に係る NOx 排出基準

施 設	区 分	規 模	63.2	64.2	65.2	66.2	備 考	
ガスタービン	ガス専焼	排ガス量	70 ppm					
		45,000N m ³ /h 以上						
		排ガス量	90 ppm		70 ppm			
		45,000N m ³ /h 未満						
	液体燃焼	排ガス量	100 ppm		70 ppm			
		45,000N m ³ /h 以上						
ディーゼル機関	(大型)	シリンダー内径	1,600 ppm		1,400 ppm		66年2月1日以降 可及的速やかに 950 ppmとする。	
		400 mm 以上						
	(小型)	シリンダー内径	950 ppm					
		400 mm 未満						



1987 年国際ガスタービン会議 東京大会を終了して

実行委員会総務 有 賀 一 郎

わが国で4回目のガスタービンの国際会議が、昨年10月26日から30日まで開かれた。この内、26日から29日までが講演会で、東京、五反田の「ゆうぽうと」を会場として行われ、その後2日間がPlant Tourで東京電力（袖ガ浦、富津）、東北電力（東新潟）に設置されている発電用ガスタービンを見学した。

さて前回は昭和58年に開催されたが、その後今回の会議のための検討委員会「次期国際会議検討委員会（委員長 松木正勝氏）」が59年本学会内に設置され、開催時期、方法などにつき検討が始められた。

わが国でのこの一連の会議は、昭和46年、日本機械学会、米国機械学会の共催で開かれたのが最初であるが、その後、52年、58年と順次6年毎に開催されてきた。しかし、ガスタービン、ターボチャージャの分野でも技術発展の進度は著しく、その発展動向についての最新の情報交換は早い程効果的であることは当然で、このような見地から6年毎の会議開催間かくでは開き過ぎではないかとのもっともな意見も強かった。一方、従来経験から同じような運営方法や会場で行うとすると財政面からは相当の経費を覚悟せねばならず、同様な規模のまま会議間かくを縮めるのは関係者への負担を増すことにもなり、實際上、今後、定期的に続けていく上で問題が残ることが予想された。結局、これら二つを両立させるためには会議間かくを3年位とし、大小の規模で交互に開くことにしたらどうかという基本方針が打ちだされた。すなわち、従来のようなもので、展示会を併催するものは6年おきに、その間のものは、テーマを限定したやや規模の小さいものにして展示会も行わない形のものではどうかということで種々検討を

重ねた。これらは5回の委員会で審議され、昭和60年7月に学会長宛に答申として提出されたが、その内容は昭和62年10月～11月に東京で開催予定とし、本学会が主催し、日本機械学会（JSM-E）、米国機械学会（ASME）、英国機械学会（I Mech E）、西ドイツ工学会（VDI）などに前回同様協力を依頼する外に、フランス、中国の関係学会にも新たに依頼することとした。

会議については重点テーマを決め、それを中心にセッションを構成する。この際、海外を含めテーマ毎にセッションコーディネーターを決める。そして論文予定数は70件程度の規模とする。また、今回は本格的展示会は見送るなどの提案が盛り込まれていた。さらに、運営経費はなるべく控え目なものとするなどを骨子としたものであった。

この後、同委員会を解散し、同じく松木委員長の下に同年10月新たに準備委員会が設置され、上記の答申に従い、さらに準備のための検討が続けられた。

答申中にもあった講演会で重点テーマを中心にセッションを構成する点については、できるだけ多くの発表者、参加者を募る上で、余り特定分野に絞ることは問題がありそうなので、これに関しは従来と同じく、基礎から応用まで広く受入れることになった。一方、展示に関しても上記のように行わない方向で検討し始めたが、折角関係者が多数集まる機会でもあるし、とくに海外からの参加者にわが国のガスタービン、ターボチャージャの現状の一端を紹介することは大切なことであるとの意見も強まり、それを反映する運営方法が種々検討されたが、結局、機器類など比較的小形なものを中心に国内から、出展社を募り、小規模の展示会を開くことに落着いた。

一方、今回の国際会議については、なるべく各

（昭和63年1月21日原稿受付）

国の協力を得るということで関係学会に対する打診を続け、前述の JSME, I Mech E, VDI からは前回通り Collaborating Societies となることで了解を得た。この外、ヨーロッパからフランスにも協力を呼びかけることになったが、この会議に関係深い学会についての情報が少なく、各方面に協力を依頼して情報蒐集に努めた。その結果、Dr. Fabri (ONERA) などの紹介で Société Française des Mécaniciens (S. F. M.) が適当であろうとのことで同会に協力を要請し、快諾を得た。また、同時に中国に対しても中国科学院の Prof. Wu を通じ The Chinese Society for Engineering Thermophysics (CSET) の協力を仰ぐことになった。これについては昭和60年9月北京で開かれた Gas Turbine Symposium, ISABE の期間中に Prof. Wu と話し合いがもたれ、協力態勢が固まった。一方、ASME に対しては過去3回、何れも協力関係にあったので、今回に関しても引続き、協力学会の形がとれるよう再三 Gas Turbine Division と折衝を重ねた。しかし、当時昭和62年9月にスイス、Montreux で同 Division が開催予定の Gas Turbine Symposium (Cogen-Turbo) と企画が重なることで難色が示され、遂に断念せざるを得なかった。以上のように結局、本学会が主催で幹事学会となり、上記、5学会に協力を得て開催することになった。

会議の準備計画としては、準備委員会発足後、サーキュラを61年～62年にかけ、3回作成発行し、国内はもちろん海外の関係者にも広く配布し、さらにガスタービン関係の国際会議などで参加者に配布し、種々の機会をとらえ周知に努めた。

この外、経費の検討を重ね、61年9月末までに各部門の予算をまとめて予算案を作成した。組織委員会提出の予算として総額3580万円となった。今回は収入の多くを登録料に期待したが、この外に本学会賛助会員に特別賛助会費によるご協力を依頼することとした。結果として、後述するように予期以上の参加者と賛助会員のご理解を得て当初の予算を上回る収入があった。

会場については、60年秋頃より種々の候補につき、物色し始めた。今回は経費節減の外に上記のように小規模ながら展示会を開くということをふまえ、いくつかの候補を比較検討した結果、冒頭

に述べた東京簡易保険郵便年金会館「ゆうぽうと」が最も条件に合うということで、ほぼ一年前に仮予約を行った。

さらに委員会として組織委員会設立のための準備を進め、その委員委嘱、名簿作成、諸資料作成などの作業を行った。

論文については、第1回サーキュラ配布後、海外からの反応が予想以上多くあった。61年12月の時点で外国からは100件を上回り、国内を含め180件近くの応募があり、このままでは収容不能で110件程度に絞ることとしたが、それでもセッションを当初の2室から4室への変更を余儀なくせざるを得なくなっていた。とくに中国関係からのものが多く相当数を調整した。その他、特別講演、パネルセッションなどの企画が進められた。今回も公用語は英語としたが、前回までのように同時通訳は行わないことにした。ただし、討論だけは逐次通訳を用意した。

行事関係では、Welcome Reception, Banquet, Ladies Program などの外に Plant Tour を何処にするかが、問題で種々審議を重ねたが、矢張りわが国の代表的ガスタービン火力プラントとして富津の東京電力2000MW、東新潟の1090MWの各複合サイクル発電用ガスタービンが候補となり、関係者との折衝が進められた。そして第2回サーキュラの発行の頃にはほぼその線で落着いた。

このような準備段階をへて61年11月14日にこの国際会議のための組織委員会が設立され、稲葉興作本学会長 (IHI 社長) が組織委員長に推された。同時に実際の準備にあたる組織として、下部に実行委員会がおかれ、準備委員会の松本委員長が実行委員長についた。

この実行委員会において、62年10月の会議開催までの残された期間に各部門で最後の諸作業が進められた。まず、論文では応募論文の採否決定、オーガナイズドセッション、パネルディスカッションの詳細、特別講演の講師依頼、さらにテクニカルセッションの編成など順次決められていった。さらに Proceedings はその体裁、構成などが夏頃までに定まった。なお、今回の Proceedings は会議前に作成し、登録時に全員に配布することとした。

行事では前述のように両見学先と具体的見学内

容、方法についてさらに最終的なつめがつけられた。また、Banquet, Welcome Receptionについても、設営、方法、進行など会場（ゆうぼうと）側との打合せを含め計画を固めていった。Ladies Programについては、このためのLadies委員会を設け、日舞、型染などが企画された。以上、行事関係では今回はいづれも参加者、とくに海外からの参加見通しが立たず、予算、規模などの事前予想上、非常に難行した。

展示会は、61年9月に展示委員会が発足し、以後分担毎に諸準備が進められた。内容は製品展示、カタログ展示、パネル展示に分け、目標を設定し、予算、会場の検討を行った。さらに展示業者を選定し、会場の実地調査、小間設営、展示物搬出入など詳細が打合された。このようにして62年3月には出展要綱、申込書など手続き方法を決め、関係方面に発送した。講演セッション数が増え、展示出展申込も多く、部屋の変更などの問題も起った。

これらと平行して、今回の運営収入上、参加登録者の予定数を確保することがどうしても欠かせないため、国内各方面に参加勧誘を行い、幸いその効果が現われ、多くの方に参加していただいた。

今回は準備段階での事務運営については会議専門業者を起用することなく、学会とは別に会議事務局を設け、これにあたった。これは経費の関係もあったが、ある程度過去の経験をいかし、事務処理の対応ができるという見通しの上のことであつたが、実際に臨んでみると、論文、経費、対外折衝など予想以上の仕事量でこれを消化するのに相当苦勞した。幸い、事務局の場所、スタッフについては日青工業の多大の協力があつたし、本学会事務局の強力なバックアップや事務経験豊かな有能な人材を臨時に迎えることができたため、どうやら切抜けたが、将来このような運営をとる場合には、事務運営システムについてはさらに工夫を要するという貴重な経験を得た。なお、会議直前および会議期間中には、会議業者に一部事務委託を行った。

第2回組織委員会が会議直前に開かれ、予算の補正が説明された。これは会議の規模が当初の計画より大きくなったことで3760万円の予算が承認された。

以上の経過により予定通り10月26日より今回の国際会議が開催された。

会場側の都合で、会場設営など開始前の準備作業が非常に制約され、前日夕刻以降に事務局を開設し、登録者への配布資料、諸器材搬入、さらに会場設営、プロジェクタ調整などに遅くまで手間どった。なお、展示会は会議当日の朝から設営から搬入まで行うことになったので、結局、展示会場を開けたのは17時頃にならざるを得なかった。

さて、初日は9時から登録開始で会議が始まるまでに相当数の登録が済んだ（図1）。10時55分、松木実行委員長より開会が宣言され、まず、稲葉組織委員長より開会の挨拶が述べられた（図2）。引続いて特別講演で、通産省工業技術院の



図1

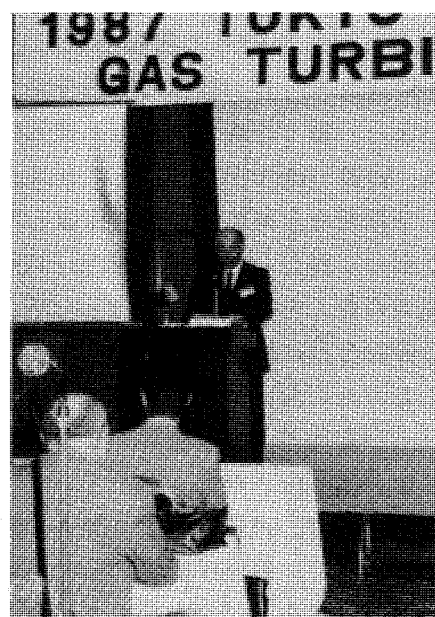


図2

山岸喜一氏より日本の高効率ガスタービンの発達についてその研究開発の概要が紹介された。午後からは、流体、燃焼、材料などの技術セッションが開かれた。この日夕方より Welcome Receptionが7Fのロービーで行われ、松木実行委員長の歓迎の挨拶の後、稲葉組織委員長が音頭をとり、日本酒の樽割りで乾杯をするなど多数の参加者が気楽に談笑し、親善の実をあげた(図3)。27日は午前中、流体、熱伝達、性能、排気物などのセッションが開かれた。また、午後の最初の時間帯に特別講演が組まれ、米国MITのProf. Greitzerがターボ機械の非定常流に関する最近の進歩の状況を講演した。その後に2つのオーガナイズドセッションが用意され、航空機用ガスタービンエンジンとターボチャージャの各発達動向を対象に発表、討論された。3日目の28日は午前中、流体、翼冷却、性能、強度、振動などのセッションがあった。また、午後はまず、特別講演で西ドイツ、Kraftwerk Union A. G.のMr. Maghonがヨーロッパにおける高効率ガスタービン開発の状況を紹介した。終了後、2つのオーガナイズドセッションが組まれ、各々コージェネとセラミックス関連のテーマが取り上げられた。また、この日の夜はSocial Hourに引続いて重陽の間において18時45分よりBanquetが開かれ、150名以上の出席者があり、盛会であった(図4)。同宴は一色尚次委員が司会し、進行された。まず、松木実行委員長の開会の辞の後主催側を代表し、稲葉委員長より会議の成功を謝する挨拶があり、協力学会の一つであるVDIを代表し、Prof. Rautenburgから

も挨拶が述べられた。引続いて、この会議の初代組織委員長でもあった渡部一郎元会長による音頭で乾杯が行われた。また、宴半ばで、JSMEの国枝会長、CSETのWu会長さらにはASME International Gas Turbine InstituteのProf. Okiishi、その他、英国、イタリア、韓国、フランスなど各国の出席者よりスピーチが交る交る行われ、非常に賑やかな会であった。最終29日は、午前に流体、冷却、燃料噴霧、航空、開発などのセッションが開かれ、午後はパネルディスカッションで、複合サイクルプラントの運転経験が取上げられた。7名のパネリストによる発表とこれに対する質疑討論が3時間にわたり熱心に行われた。以上、4日間、4室にわたり、各講演発表が行われたが、総数130件(国内70件、国外60件)で、各室とも出席者も多く、盛会であった。特別講演を加え、これらは全てProceedings(3分冊、本文計978頁)に収録されている。今回のセッション運営は各chairman、関係委員の努力で極めて円滑に行われた。

期間中、併行してLadies Programが27日に実施され、昼食をはさんで、生花、型染の実習、さらには猿若清恵さん、同美実さんを迎えての舞踊観賞もあり、特に踊り際には男性外人も出席し、和やかに一刻を過ぎた(図5)。また、展示会も、機器展示21社、パネル展示12社、カタログ展示27社の参加を得て、3会場で連日、見学者で賑ったが、延べ2300~2400名程度の入場者があった。これも出展各社のご協力と関係委員の盡力にあずかるところ大であった。



図3



図4

Plant Tour は、2 コース用意され、30、31 日の両日行われた。まず、30 日は東京電力の袖ヶ浦火力発電所で開放点検中の高効率ガスタービンパイロットプラントなどを見学し、午後より富津火力発電所で 2000MW の複合サイクル発電プラントを見学した。参加者は 39 名で半数以上が海外の人々であった。31 日は新幹線を利用し、東北電力、東新潟発電所を訪問し、1090MW の複合サイクル発電プラントを見学した。こちらは 31 名（内、海外より 10 名）の参加者があった。何れも受入れ先の態勢が整い、同時に世界的にも最新鋭のプラントであり、内外の参加者に実り多い見学会となった。

以上、1987 年国際ガスタービン会議東京大会の準備経過、会期中の概要を述べたが、参加者は総計 555 名で、この内訳は、一般登録 460 名（内、海外 72 名）、特別賛助会費による登録者 75 名、さらに夫人参加 20 名となっている。このように当初の予想以上の登録者があったこと、さらに海外を

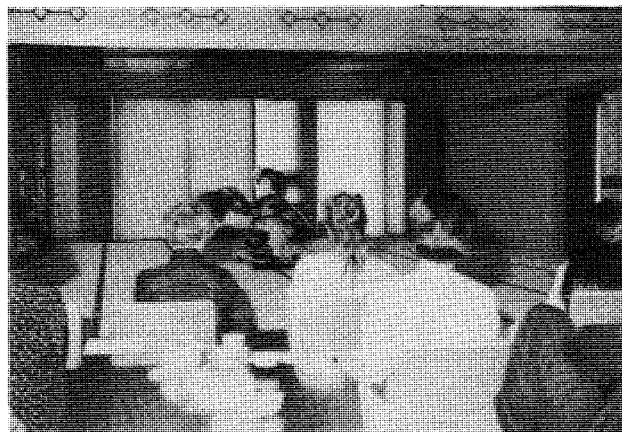


図 5

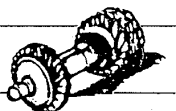
含め、多くの講演発表が行われたことは、沢山の関係者の協力によるものでもあるが、ガスタービン、ターボチャージャの利用価値が益々認められ、その技術の一層の発達を期待する人が少なくないことを物語っているものと考えられる。

秋季ガスタービン講演会開催のお知らせ

第 3 回目の標記講演会を今秋開催することで、現在計画中国ですが、本誌 6 月号に具体的内容を掲載する予定です。

報 告

日本ガスタービン学会



1987 国際ガスタービン会議東京大会 論文関係

論文委員長 高 田 浩 之

1987 年国際ガスタービン会議東京大会の Technical Program は 10 月 26 日から 29 日までの

(昭和 63 年 1 月 21 日原稿受付)

4 日間、会場ゆうぼうと 7 階の重陽東、重陽西、福寿、末広の 4 室を使用して行われた。発表の総数（後述の Organized Session や Panel Discussion を含む）は 130 件にのぼり、内訳は国内から

Plant Tour は、2 コース用意され、30、31 日の両日行われた。まず、30 日は東京電力の袖ヶ浦火力発電所で開放点検中の高効率ガスタービンパイロットプラントなどを見学し、午後より富津火力発電所で 2000MW の複合サイクル発電プラントを見学した。参加者は 39 名で半数以上が海外の人々であった。31 日は新幹線を利用し、東北電力、東新潟発電所を訪問し、1090MW の複合サイクル発電プラントを見学した。こちらは 31 名（内、海外より 10 名）の参加者があった。何れも受入れ先の態勢が整い、同時に世界的にも最新鋭のプラントであり、内外の参加者に実り多い見学会となった。

以上、1987 年国際ガスタービン会議東京大会の準備経過、会期中の概要を述べたが、参加者は総計 555 名で、この内訳は、一般登録 460 名（内、海外 72 名）、特別賛助会費による登録者 75 名、さらに夫人参加 20 名となっている。このように当初の予想以上の登録者があったこと、さらに海外を

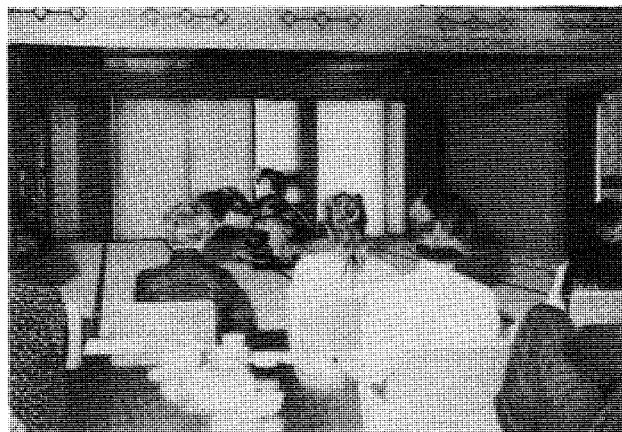


図 5

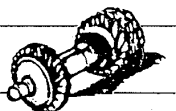
含め、多くの講演発表が行われたことは、沢山の関係者の協力によるものでもあるが、ガスタービン、ターボチャージャの利用価値が益々認められ、その技術の一層の発達を期待する人が少なくないことを物語っているものと考えられる。

秋季ガスタービン講演会開催のお知らせ

第 3 回目の標記講演会を今秋開催することで、現在計画中国ですが、本誌 6 月号に具体的内容を掲載する予定です。

報 告

日本ガスタービン学会



1987 国際ガスタービン会議東京大会 論文関係

論文委員長 高 田 浩 之

1987 年国際ガスタービン会議東京大会の Technical Program は 10 月 26 日から 29 日までの

(昭和 63 年 1 月 21 日原稿受付)

4 日間、会場ゆうぼうと 7 階の重陽東、重陽西、福寿、末広の 4 室を使用して行われた。発表の総数（後述の Organized Session や Panel Discussion を含む）は 130 件にのぼり、内訳は国内から

70件, 国外から60件であった。国外からの発表の国別数は中国の14件を筆頭に, イギリス12件, アメリカ9件, 西ドイツ7件, イタリア7件と続き, ベルギーとスイスが各2件, その他に1件ずつの国がフランス, ブラジル, マレーシア, 韓国など7ヶ国であった。日本を含めて全部で15ヶ国が参加したことになる。これは前回1983年の国際会議における発表総数127件, うち外国分は13ヶ国から56件という数字と比較するとき, ほぼ同様な規模であったということになる。会議の参加者総数も前回の541名に比し, 今回は554名とほぼ同一であった。

そもそも今回の会議は予想論文数80と小規模で, 予算的にも簡素なものを想定して出発したものであるが, 実際に1986年6月に1st Circularを配布して内外の反響を見たところ短期間に非常に多くの論文発表申込を受け, たちどころに80編規模の会議とは到底なし得ないことが明らかになった。この間の事情も前回1983年の場合と全く同様であり, このときも最初60編を予想して出発したが, やはり途中で規模を拡大して最終的には前記127編を収容することになったものである。共に最近10年間のガスタービンの発展を端的に物語るものであり, 喜びにたえない。ちなみに前々回1977年の本国際会議における発表論文数は66編であった。

論文の応募状況からいえば今回は中国からの投稿が急増したことがまことに特徴的であった。前回受理した中国論文はわずかに3編, しかも実際に来日したのは1人だけで他の2編は代読という状態であったのに比べ, 今回は論文募集早々から出足が良く結局60編を超える発表申込があり, 一時は外国論文の申込総数の半ばを超える状態すらあった。中国における最近のガスタービンに対する関心の急激な増大を示しているものであろう。とても全ての論文を受理できる状態ではなくその取扱いに苦慮したが, 幸いWu教授の配慮もあって前記の妥当な数の受理に落ち着いた。また会議そのものへも中国から12名の出席者(うち著者9名)を得ることができた。

イタリアからの発表数が前回に比べて2件から7件へとかなり増えたことも目についた点の一つである。その他, イギリス, 西ドイツについては

前回とほぼ同様であった。

会議の組織形態からいえば今回の特徴は, 新たに中国の工程熱物理学会とフランスの Société Française des Mécaniciensが共催に加わったことと, 従来本国際会議の開催において当学会と密接な協力関係にあった ASME の Gas Turbine Division が共催から外れたことである。日本機械学会とイギリスの IMechE およびドイツの VDI はそれぞれ従来通りの形で協力してもらうことができた。VDI が先方の手で論文を募集し, 査論の上, こちらへ推薦するという手順をふんだ点も前回同様であった。

ASME から協力を得ることができなかったのは, 我々が本国際会議の開催に関して各国関係学会と接触を始めた頃, ASME もちょうど当方と同じ1987年秋にヨーロッパにおいて小規模のガスタービン会議を開催することを検討中であったため, それとの干渉を恐れたためであろうと思われる。当実行委員会(当時は準備委員会)としては ASME の協力を得るべく最善の努力を行ったにもかかわらず, 結局同意を得ることができず, 本会議における従来の関係を考えるときまことに残念であった。

論文委員会としては, しかし, この ASME の脱落に対して, 会議の周知方や論文募集への影響等に関して対処する必要があった。幸い論文委員会各委員の努力が実って結果的に特に問題を生ずるようなプログラム構成にならずに済んだと喜んでいる。米国からの発表数, 出席者数も10件, 17名とまあまあであった。

Session 構成の技術面からいえば, 今回の会議における新しい試みは Organized Session を設けたことと, 特別講演をふやしたことであろう。Organized Session は参加者に比較的広く関心を持たれるであろう次の4つのテーマを選んで, 一部は一般応募論文の中からそのテーマに合致するものを選んで収容し, 他は全体的な構成を考えた上で国内外の大学や会社等の個人に発表を依頼することによって計画的に Session を編成したものである。すなわち,

“Improvements of Gas Turbine Engines in Aircraft Applications”

(5発表, 担当青木委員)

“Improvements in Turbochargers”

(5 発表, 担当高原・吉識両委員)

“Energy Saving Systems and Cogeneration”

(7 発表, 担当大槻委員)

“Ceramics for Gas Turbines and Turbochargers”

(6 発表, 担当山崎・岩井両委員)

の4つで, Sessionの企画から発表者との折衝を経て最後は会議当日の司会に至るまで, すべてを担当委員の努力に負うものである。開催当日は参加者が講演室に入り切れず廊下に溢れるという例も見られた。研究サイドの人間としては, この中にせめて一つは基礎的な性格のテーマを含めたいと考え種々検討したが, 結局成立させることができなかったのは残念であった。

特別講演は従来の国際会議では2件であったものを今回は3件にふやすことにした。すなわち, 通産省工技院山岸喜一郎開発官による

“Development of Advanced Gas Turbines in Japan”, 米国 MIT Gas Turbine Laboratory の E. M. Greitzer 教授による “Unsteady Flows in Turbomachines: Recent Advances and Opportunities for Control”, およびドイツ KWU の H. Maghon 氏による “Development and Application of Highly Efficient Heavy Duty Gas Turbines in Europe” という日・米・欧からの各1件ずつである。内容も基礎研究から開発計画, 実用までの範囲にわたっている。前述の Organized Session もそうであったが, この特別講演においても出席者が多く, 補助椅子を出した上になお立ったままの聴講者も見受けられた。適当な数と大きさの部屋を備えた会場を見つけ出すのはなかなか困難なこととはいえ, 今後注意を要する点であろう。

4 日間の会期中に上記4つの Organized Session と3つの特別講演を収容したために, 一般の技術論文の発表は4室並列で行わざるを得ない事態となった。これらは会期第1日の午後と第2～4日の午前にわたって合計30のSessionに分けて発表が行われたが, その内訳は空気力学関係13 Session 43 論文, 燃焼・熱伝達関係9 Session, 30 論文, 材料・性能・強度・開発関係8 Session 28 論文であった。これらの技術Sessionは上記3分野の順にそれぞれ永野, 森下, 葉山の各論文

委員が担当してSessionの企画・編成等に当たった。今回は技術Sessionの時間帯を上のようにとり, 第1日の午前と第2～4日の午後には特別講演・Organized Session・Panel Discussionを行ったのでAuthors' Briefingのために午後の講演者に早期から集まってもらうなどという事態は避けることができた。

Technical Programの最後は前回までの例にならない, 29日の午後一杯を使って“Operating Experiences of Combined Cycle Plants”と題するPanel Discussionで締めくくった。前回はCombined CycleのSystemやGas Turbineの計画の話が主であったのに対し, 今回は同じCombined CycleでもそれをOperating Experiencesとして取り上げたのは4年間の経過を物語っているわけであろう。このPanelについては, やはりその計画の段階から最後にchairmanを努めるまで秋葉委員が担当した。

その内容については別稿に記載されることになっている。

ところで今回の国際会議は, 前回1983年の会議のあと4年の間隔で開催されたことになる。4年間隔ということは前回会議終了後2年ないし2年半で次の会議のアナウンスを発することになるわけで, 今回はその意味で前回出席の外国人著者からの反響が非常に多く, かつ早く届いた。いわば会議の常連ができつつあるわけで好ましい状況であるといえよう。この点はChairmanの依頼やOrganized Sessionでの発表依頼がスムーズに進んだことに対しても貢献しているものと思っている。従来の6年間隔で行って来たときには, 会議の都度投稿者が一新されるという印象が強かったのに比べれば全く逆の傾向である。

既に述べたように, 今回の国際会議の特徴の一つは予算的になるべく簡素な運営を試みようとした点である。国際会議を従来の6年間隔より短縮して3～4年間隔で行うためには, 是非このような運営方法を確立することが必要であると思われるし, また同時に当ガスタービン学会には過去3回の経験により国際会議の運営に関してそれに必要なだけのノウハウが蓄積されていると思われるからである。具体的には従来の経費のうちの大きい割合を占めていた国際会議事務局業者への業務

委託を止め自前の事務局で仕事を進めることと、これも大きい費用の割合を占めていた Preprint や Proceedings 関係の出費を低減することである。このため、論文関係としては前回まで行ってきた会議前に Preprint を印刷し、会議後に Proceedings を発行するという方式を止め、会議当初に全発表論文を収録した Proceedings (今回の場合 3 分冊、本文総計 978 頁) を印刷し、それを全登録者に配布するという方式をとることにした。これは確かに費用の点ではかなり大きな節約となるのであるが、代りに従来のように発表に対する討論・回答を同時に収録することができないという点および講演発表当日突然欠席する著者の論文も Proceedings に含まれてしまうという点で大きな欠点を有する。今後検討すべき点の一つであろう。

さらに、事務的手数を減らすために、論文募集・処理の手順中今回はアブストラクトで採否を決定することにした。このために外国論文の中には本論文が出て来て見ると予想と反するものがあつたりして、この点もやはり問題を残した。また、今回は 1st Circular 配布が前回までの例に比べてやや遅れた事もあり、同時に投稿者からより多くのなるべく新しい論文が集まり易いようにということもあって、アブストラクトや本論文の提出期限を前回までの例に比べて 1 ヶ月半ないし 2 ヶ月間遅らせた。このことはより新しい情報という点では効果があったものと思っているが、会議事務局業者を依頼しなかったこともあって、会議前の 2 ～ 3 ヶ月は全く大変であった。幸い中田さんという有能で責任感の強い手助けが得られたので何とか乗り切ることができた。日青工業の協力も非常に大きかった。継続的な国際会議の開催態勢を整える上で最も考慮すべき点であろう。

経費節約にも関連のある問題として、通訳の問題は何時の会議でも頭を悩ませられる問題である。本国際会議では従来全ての発表に日英の同時通訳を行って来たが、これほど評価の分れるものもない。ある人はこんな専門的な分野の通訳をよくも上手にできるものだという。ある人はあんな通訳など全く無い方がはるかにましだという。実行委員会サイドでは同時通訳は結構経費がかかるものだというのがさらに苛立ちを高める。外国人発

表者の中には通訳の要求する Speech Note をていねいに書いて渡す人も多いが、日本人には通訳がそんなものを欲しがると聞いただけでいきり立つ人もいる。しかし、本国際会議もその第 1 回の開催から数えて既に 16 年、だんだん通訳の必要度が減って来ていることは確かであろう。

今回はこれらの点を考慮して、発表は全て英語で行うこととし、討論に対してのみ逐次通訳を行うこととした。これに対する評判はどうであつたろうかと気にしている。御意見をお聞かせ願いたい。討論の実質時間が減るとということが最も心配であつたが、小生の主席したうちの 1 ～ 2 の Session では感心するくらいに適確でスピーディな通訳が行われていた。しかし、Panel Discussion のようにいろいろな分野の人をお願いして参加してもらふ企画の場合には同時通訳を行うものなのかなと感じた場面もあつた。これも今後の検討課題の一つであろう。

以上この国際会議をふり返って見て、今回の会議は従来の開催間隔 6 年を 4 年に縮めるという点と、経費節約型の運営を行うという点とにおいて一応目的を達する手懸りを与えたように見える。今後、今回の教訓を生かしてこれを完成する必要がある。

一方、当ガスタービン学会が主催して日本で行う国際会議というものの定着感は次第に深まって来ているとはいふものの、それでも参加者や発表論文の国別分布などの点ではまだまだ不満足である。今回、論文募集を始めた当初はかなり長期間にわたって外国からの応募が全体の 2/3 程度の割合を占め続けていた。しかし、最終的にはやはり本論文提出の段階になって脱落していくものが多かった。円高問題も響いたことであろうが全く残念であつた。今後、さらに多くの国の関係学会などと共催関係を深めるなどして、上記の意味でも真に国際会議らしくなるように努力したいものである。

会議終了後、何人かの外国人出席者から well organized で informative かつ enjoyable な会議であつたとの感想を聞いた。お愛想もあるのであろうが、お世辞でなく本当にそのような会議に育てたいものである。



1987 年国際ガスタービン会議 東京大会の展示会報告

㈱荏原製作所 鈴木 昭 次
 ボーグワーナー㈱ 宮 内 淳 二
 三井造船㈱ 高 木 圭 二
 航空宇宙技術研究所 吉 田 豊 明

1. まえがき

1987 IGTC 展示会はユーポート内の会議場に併設され、当初の構想と比較すると規模も大きく、その内容も充実したものとなって内外の来会者を集めて盛会裡に終了した。ここではその経緯、内容などの概要についてご報告する。

2. 方針と経緯

今大会の展示会は'83IGTCに較べた場合、可成り縮小したもので、展示物も過給機、部材、計測器程度の大きさとし、会場はセッション会場と同規模の部屋を使ったミニ展示会ということでスタートした。

展示の方式は1) 機器展示、2) パネル展示、3) カタログ展示の3種類とした。

展示委員会では、この方針の下で、過去のIGTC 展示会やユーポートで行われた日本機械学会の展示会を参考に計画を進めた。

3. 活 動

時間の経過と共に計画規模が変わり、それに従って展示委員は適宜増員補強され、表1に示す14名で作業分担がなされた。主な作業は出展募集要綱の作成、出展企業勧誘、各種印刷物の作成、展示会の進め方、展示飾付け、案内デスク飾付などであった。展示飾付けのレイアウトは少ないスペースで如何に小間数を増やし、最大効果を発揮させるかが当初の大きな課題であった。個々には実行委員会での審議、了解を得ながら作業を進めたが、実作業として可成り各委員の負担を要した。

出展企業勧誘は最大の問題であり、過去の出展リストは勿論のこと、あらゆる情報を集めて分野

別に責任態勢で勧誘作戦を展開した。

会議日程の接近と共に、危惧されていた出展数も増え、機器展示が第一番に目標を達成した。これらと並行して、印刷物は4次にわたるサーキュラの一部、展示会案内状、展示パンフレット、パネル、カタログ出展企業一覧を作成した。

会議も間近になる頃、展示全体が当初の目標数となり、最終段階の機器展示の基礎小間飾付け、案内板、案内デスク等について検討を行った。そして、予算の許す範囲内で出来るだけ立派なものとするべく、会場の環境を配慮しながら検討を重ねられた。機器展示の会場の雰囲気は宴会場向きの豪華な感じであったので、今回のシンボルカラー（えんじ色）を中心に調和のとれるよう計画された。

表1 展示委員会

氏 名	勤 務 先
鈴木 昭 次 (委員長)	㈱荏原製作所
鵜 飼 義 雄	㈱荏原製作所
大 熊 恒 靖	リオン㈱
岡 田 健	東昌エンジニアリング㈱
白 戸 健	三井造船㈱
高 木 圭 二	三井造船㈱
谷 村 篤 秀	川崎重工業㈱
金 子 幸 次	川崎重工業㈱
成 井 浩	防衛大学校
丸 田 芳 幸	㈱荏原総合研究所
宮 内 淳 二	ボーグワーナー㈱
山 根 隆一郎	東京工業大学
吉 田 豊 明	航空宇宙技術研究所
三 浦 敦 子	GTSJ

(昭和63年1月21日原稿受付)

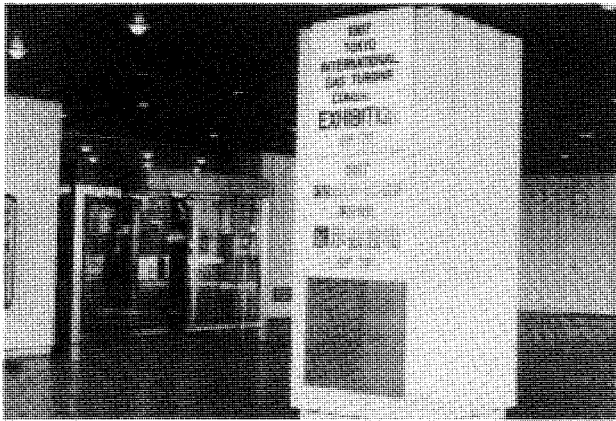


写真1 会議場入口案内板



写真2 案内デスク

搬入・搬出通路やエレベータの時刻別使用スケジュール更に搬入と設営を会期の第一日目とせざるを得なかったため、この日展示会オープンに至るまでは、会議参加者、出展企業および一般の方々にご迷惑をかける結果となったのは残念であった。しかしながら、機器展示ブースは各社それぞれ工夫をこらした独自性のある立派な飾付がなされ、我々大いに感心させられた。

一方、カタログ展示会は中央スペースにデスクと日本茶を準備し、休憩の場を兼ねることとした。

当初、コーヒーサービスを考えたが様々の障害で出来なかったのは残念であった。

4. 展示会

機器展示は6階芭蕉、紅梅の間(319m²)で行われた。出展企業は表2に示す21社、47.5小間(1小間:巾1.8m 奥行0.9m)となり、当初の予定33小間を大幅に超える結果となった。これはガスタービンの大手メーカーから小間数を多くとっていただけた事が幸いしている。一方、計測器や

表2 出展社一覧

高効率ガスタービン組合
㈱日立製作所
石川島播磨重工業㈱
川崎重工業㈱
㈱神戸製鋼所
小松ハウメット㈱
日本マサチューセッツ・コンピュータ㈱
丸和電機㈱
三菱重工業㈱
三菱製鋼㈱
三井造船㈱
㈱新潟鉄工所
日本鋁業㈱
野崎産業㈱
オリンパス光学工業㈱
リオン㈱
新川電機㈱
㈱東芝
トヨタ自動車㈱
㈱司測研
ヤンマーディーゼル㈱

材料、試験機、コンピュータ関係等の企業からの参加も得て、展示会をバラエティに富むものとなることが出来た。展示の主な構成はガスタービン本体関係11社、計測関係6社、材料関係2社、試験機1社、コンピュータ1社であった。

ガスタービン本体に関わる展示には国内主要メーカーが参加した。展示内容は大きく分けて、コ



写真3 機器展示

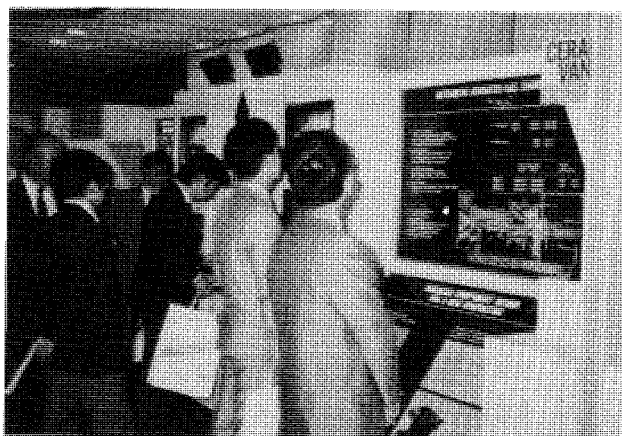


写真4 機器展示



写真5 機器展示

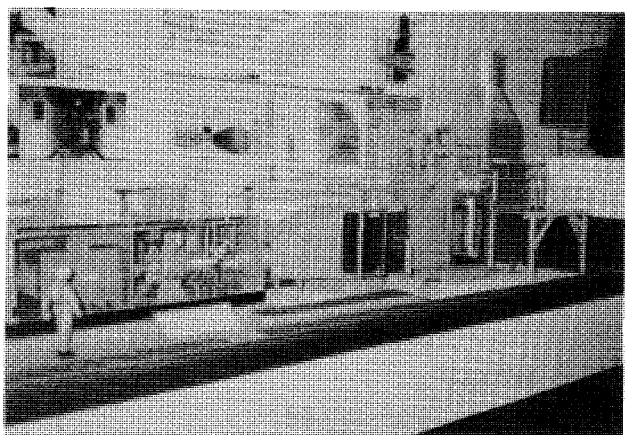


写真6 機器展示

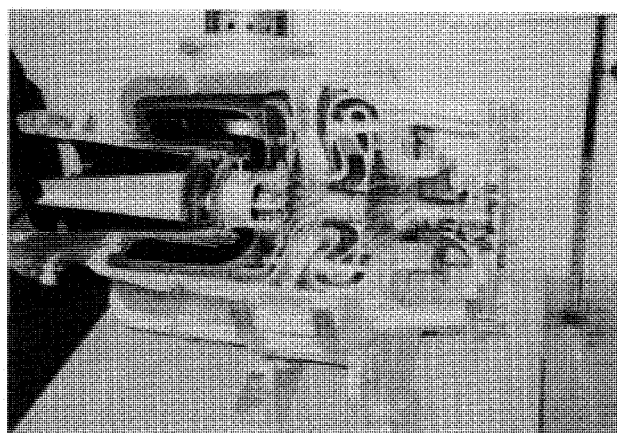


写真7 機器展示

ジェネレーションシステム等によるガスタービン高効率プラント、セラミックの応用技術と開発機、触媒燃焼システムの開発状況、タービン翼材の紹介などであった。これらの内容は現在我国のエネルギー政策コンセプトであるエネルギーの多様化・複合化を達成するコジェネレーションシステムや高温化・高効率化技術、環境保全の低 NO_x 化技術に関するものであり、特に時代の要求に沿った技術課題であった事が印象的であった。

展示方法は模型展示、パネル展示、部品展示が多かったがエンジンそのものの展示もあって展示会場の印象を迫力あるものにした。表3に出展社の展示品の一部を示す。

パネル展示は6階機器展示会場入口のロビーにおいて行われ、12社14面（1面：幅0.9m高さ2.1m）であった。その様子を写真8に示す。また7階登録デスク横のロビーには、時節にふさわしく、高効率ガスタービンのパイロットプラントを示す大型パネルを設置し、会場の雰囲気向上に

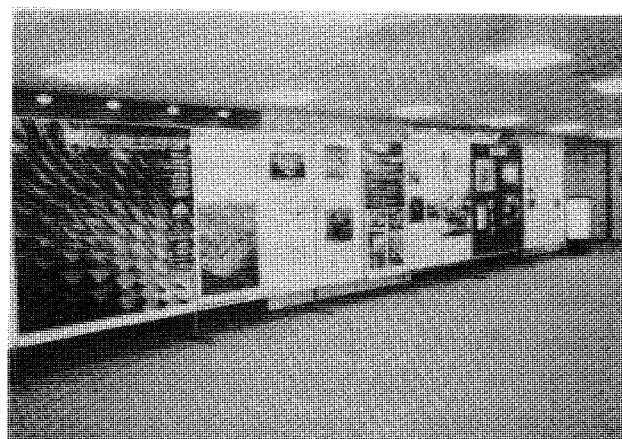


写真8 パネル展示

寄与させることができた。

カタログ展示は7階登録デスク背後の蓬莱の間にて、27社、32面（1面：0.6m×0.6m）の展示を行った。機器やパネル展示にも出展された企業を含め、ガスタービンとその周辺産業をかなり広くカバーすることができた。

さて、機器展示は全会期にわたって、合計延べ

表 3 出展品一覧 (一部割愛)

出 展 社	出 展 品
オリンパス光学工業株式会社	工業用測長ファイバースコープ 工業用ファイバースコープロングタイプ 細径ファイバースコープ フォーカシングボアスコープ MARK II ミニボアスコープ
三菱製鋼株式会社	小型ガスタービン 1 段静翼と切断品 大型ガスタービン 2 段静翼 中型ファンエンジン用 3 段動翼 小型ファンエンジン用ホイール, ノズル
丸和電機株式会社	◎スピントスター用 エアタービン 4" 60,000rpm エアタービン 2" 100,000rpm エアタービン 1 1/4" 200,000rpm ◎ターボチャージャーテスト装置用 燃焼器 Model 007, 006, 003
リオン株式会社	1/N オクターブ実時間分析器 SA-26 デュアルチャンネル FFT シグナルアナライザー SA-74 設備診断用バイブレーションアナライザー VA-10 汎用振動計 VM-80 騒音計 NL-11
野崎産業株式会社	●翼端すきま測定装置 ●トラバース装置 ●タービン・ブレード温度測定装置 スイス バイブロ・メータ社製 ●各種センサー装置 ●振動監視解析装置
川崎重工業株式会社	・川崎 MIA 形チェーンサイクルガスタービン コ・ジェネレーションプラント ・川崎-BBC ガスタービン TYPE8 ・川崎-VOGT 排熱回収ボイラ ・川崎-大同 Ti-Al ターボロータ
(株)東 芝	1. セラミック燃焼器 2. セラミック 1 段動静翼 3. 触媒燃焼器用触媒 4. 低 NOx コンバスター 5. 石炭ガス化用空冷翼
三井造船株式会社	SB5 システム系統図 SB5 構造図 SB5 (1/8)モデル SB5 圧縮機第 1 段羽根車 SB5 タービン動静翼
トヨタ自動車株式会社	ガスタービンエンジン用セラミックスコンポーネント エンジン形式: AGT41

出 展 社	出 展 品
高効率ガスタービン技術研究組合	高効率ガスタービン AGTJ-100 A タービン静動翼 燃焼器 パネル：AGTJ-100 A 鳥かん図他
石川島播磨重工業株式会社	*ターボチャージャー *ガスタービン発電プラント *繊維強化金属 (FRM) *セラミックス軸受
株式会社 日立製作所	日立コンバインド発電設備
バブコック日立株式会社	日立高効率ガスタービン 日立ガスタービン開発
三菱重工業株式会社	1. MF-111 形ガスタービン 。MF-111 1/10 スケールモデル 2. 低 NOx 燃焼器 3. セラミック静翼 4. 次期大容量ガスタービン (パネル展示)
新川電機株式会社	ティップクリアランス計 高温用変位計 回転機械振動監視計器
日本鉱業株式会社	シングル チャンネル・データロガー 米国アキュファイバ社光ファイバ温度計測システム M310 ユニークなサフィアセンサにより, 300℃~1900℃ の温度範囲 を接触測定する光ファイバ温度計測システムを展示。
日本マサチューセッツ・コンピュータ株式会社	MC5400 ソフトウェア：ラボラトリー・ワークベンチ
株式会社 司 測 研	超高精度水晶振動圧力センサー モデル 200 同上専用コンピューター モデル 660 多点圧力計 (スキャニバルブ)
株式会社 神戸製鋼所	層流形空気流量計 LFE シリーズ KOBELCO ガスタービン GT2, GT1, KG2-3C, KG2-Z 501KB, 501KB5, 570K, 571K 模型：GT1, KG2
株式会社 新潟鉄工所	ニイガタ ガスタービン NGT-1 ニイガタ・ソーラー ガスタービン発電装置 CNT-4000 (模型) ニイガタ・ソーラー ガスタービン サターン (パネル) ニイガタ・マン ターボチャージャー (パネル)
小松ハウメット株式会社	ロストワックス精密鋳造品 ・航空機用ガスタービン部品 ・DS ブレード ・GX ローター
ヤンマーディーゼル株式会社	ヤンマーガスタービンコージェネレーションシステム ガスタービンの排気ガス熱を熱交換器および排ガスボイラを用 いて効率的に回収し (発電+蒸気+給湯+冷暖房) として最高 の経済性を発揮する省エネシステムです。

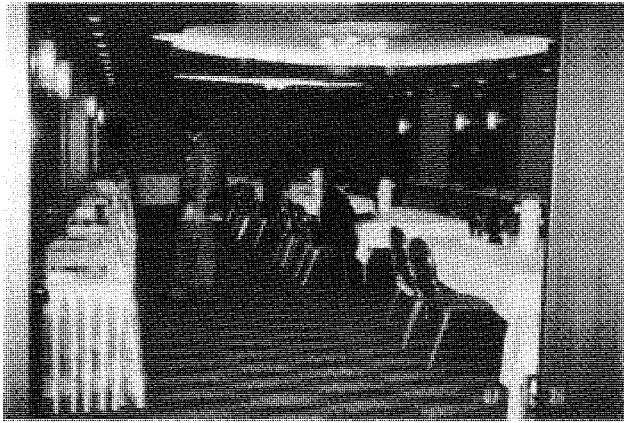


写真9 カタログ展示場

約2400名の展示入場者があった。これは予想をはるかに上回る数であり、展示会の盛況を伺い知ることが出来よう。

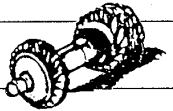
5. むすび

以上述べたように、展示会の成功に対して、展示委員としてはその労苦がむくわれた思いであるが、これもひとえに、委員会サイドの様々な注文を承知で出展して下さった企業の方々及び関係の皆様方の献身的なご支援のたまものであります。

茲に深く感謝の意を表します。

報 告

日本ガスタービン学会



1987 国際ガスタービン会議東京大会 パネル討論

榑東 芝 秋 葉 雅 史
榑東 芝 小 林 正

Abstract

The panel discussion was guided by Dr. M. Akiba (Toshiba Corporation, Japan) and Prof. E. Macchi (Politecnico di Milano, Italy). Operating and maintenance experiences of the combined cycle including IGCC were presented by the panelists. These presentations and warm debates attracted a large audience. High efficiency, good operationability and excellent environmental compliability of the combined cycle were recognized from this panel discussion clearly. In order to progress towards future, it is

important to develop and study the reduction of total energy cost and the utilization of coal gasification in the view points of natural resources.

1. 概 要

1987年国際ガスタービン会議東京大会の最終日である10月29日の午後に、“Operating Experiences of Combined Cycle Plants”と題してパネル討論が開催された。会場にはほぼ満席の二百名以上が参加し、前半の司会は東芝の秋葉、後半の司会はイタリアミラノ大学のMacchi教授により、論文発表と討論が約3時間にわたり行われ大変盛況であった。

まず秋葉より今回のパネル討論に対する

(昭和63年1月21日原稿受付)

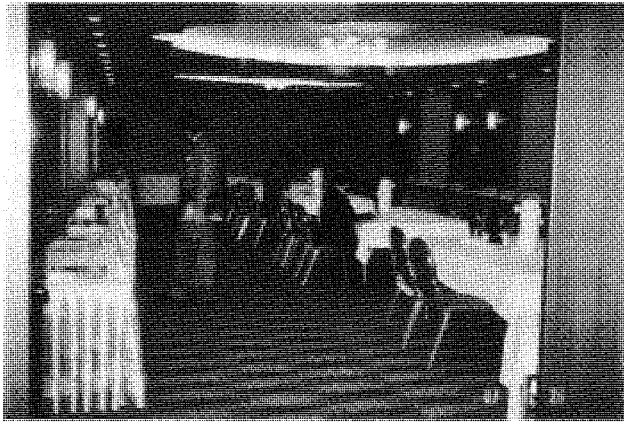


写真 9 カタログ展示場

約2400名の展示入場者があった。これは予想をはるかに上回る数であり、展示会の盛況を伺い知ることが出来よう。

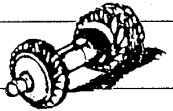
5. むすび

以上述べたように、展示会の成功に対して、展示委員としてはその労苦がむくわれた思いであるが、これもひとえに、委員会サイドの様々な注文を承知で出展して下さった企業の方々及び関係の皆様方の献身的なご支援のたまものであります。

茲に深く感謝の意を表します。

報 告

日本ガスタービン学会



1987 国際ガスタービン会議東京大会 パネル討論

榑東 芝 秋 葉 雅 史
榑東 芝 小 林 正

Abstract

The panel discussion was guided by Dr. M. Akiba (Toshiba Corporation, Japan) and Prof. E. Macchi (Politecnico di Milano, Italy). Operating and maintenance experiences of the combined cycle including IGCC were presented by the panelists. These presentations and warm debates attracted a large audience. High efficiency, good operationability and excellent environmental compliability of the combined cycle were recognized from this panel discussion clearly. In order to progress towards future, it is

important to develop and study the reduction of total energy cost and the utilization of coal gasification in the view points of natural resources.

1. 概 要

1987年国際ガスタービン会議東京大会の最終日である10月29日の午後に、“Operating Experiences of Combined Cycle Plants”と題してパネル討論が開催された。会場にはほぼ満席の二百名以上が参加し、前半の司会は東芝の秋葉、後半の司会はイタリアミラノ大学のMacchi教授により、論文発表と討論が約3時間にわたり行われ大変盛況であった。

まず秋葉より今回のパネル討論に対する

(昭和63年1月21日原稿受付)

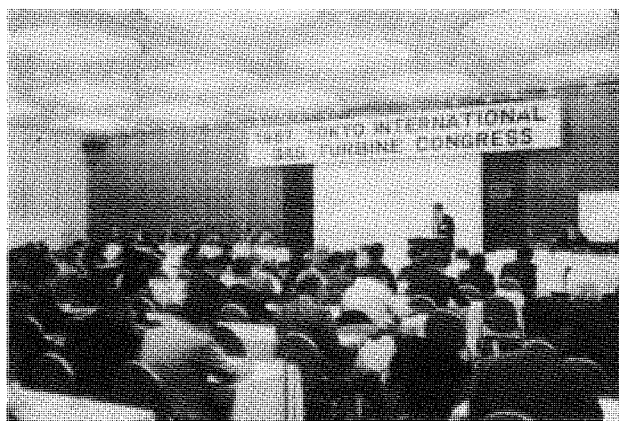


写真 1

Keynote Speech が述べられ、続いて 6 編の論文発表がなされた。休憩の後、発表論文に対する Brief Overview が秋葉により行われた。引き続いて Macchi 教授による司会の下に、参加者とパネリストによる討論が、国際会議にふさわしい雰囲気の中で、活発に行われた。最後に Macchi 教授より今回のパネル討論全般を通しての結論が述べられた。

2. Keynote Speech (秋葉)

今回の会議には、全世界より多数の論文が応募されたが、正式に 130 編が登録された。論文委員会（委員長 東京大学 高田教授）は円滑に会議を進行するために、30 の一般 Session と 4 の Organized Session とコンバインドサイクルプラントの運転実績に関する論文を集めたこのパネル討論とを編成した。

前回 1983 年の会議においては 7 名のパネリストにより “Combined Cycle Power Generation Systems with Use of High Performance Gas Turbines” の題目により熱心なパネル討論が 3 時間にわたり実施された。世界のエネルギー状況から考え、高効率のコンバインドサイクルの開発が必要であると結論づけられた。その後の 4 年間の世界のエネルギー状況に大きな変化はなかったが、高効率の達成に向けて資源有効利用の技術は確実に進歩した。即ちエネルギー供給システムについては、単一の電力、ガスや熱のみの供給を考えるのではなく、総合化と複合化の方向に進んでいる。ガスタービンが中心を占めるコンバインドサイクルやコジェネレーションシステムがこの目的に完全に一致している。そして現在は、ガスタービン

の技術改良を通して、より高効率や信頼性を求める努力がなされている。

今回のパネル討論において、将来のガスタービンの研究、開発の方向、例えば、タービン入口温度や燃焼器の低 NO_x 化の目標値などが、具体的に明示されると確信している。

論文題目と発表者は下記の通りである。

- (1) “Construction History and Operation Records of the Futtsu Thermal Power Station (IGTC - 123)”
Mr. Mitsuo Arakawa (Tokyo Electric Power Co., Inc., Japan)
- (2) “Electrical Power for the Future via Syngas Integrated Gasification Combined - Cycle Power Production (IGTC - 124)”
Mr. Robert S. Currie, Jr. (Southern California Edison Co., USA)
- (3) “Operating Experience with a Large Combined Cycle Power Station (IGTC - 125)”
Mr. Daniel K. Jesuthasan (Notional Electricity Board, Malaysia)
- (4) “Brown Boveri Experiences of Combined Cycle Plants (IGTC - 126)”
Mr. Rolf Kehlhofer (BBC Brown Boveri Ltd., Switzerland)
- (5) “The Application of the British Gas/Lurgi Slagging Gasifier for Integrated Coal Gasification Combined Cycle Power Generation (IGTC - 127)”
Mr. T. J. Pollaert (Lurgi K. K., Japan)
- (6) “Operating Results of Gas - Steam Combined Cycle Plant for Higashi Niigata Thermal Power Station No.3 (IGTC - 128)”
Mr. Michio Yamashita, Mr. K. Miyaguchi (Tohoku Electric Power Co., Inc., Japan)

3. Brief Overview (秋葉)

3 つの発表は世界最大級の天然ガスまたは液化天然ガスを使用したコンバインドサイクル発電所の運転経験に関するものである。

東京電力の荒川氏は 2 × 1000 MW の発電容量を持つ富津火力の建設と運転経験について発表した。1000 MW は 7 台の 165 MW シングルシャフトのコンバインドシステムより構成されている。正

味熱効率は43.8% (HHV 基準) を達成すると共に、蒸気噴射と脱硝装置により厳格な環境規制に適合している。ガスタービンの起動から全負荷まで僅か60分なので、ベース負荷運転ばかりでなく、DSS運用も行っている。ガスタービンのSwallen Capacityの特性を上手に使用し、夏期を除いて1台ずつ定期検査を行っているが、常に1000MW以上の出力を確保している。

Mr. Jesuthasan はマレーシア電力庁のPaka 発電所における900MWの3年間の実績について発表した。この発電所の構成は2台のガスタービンと1台の蒸気タービンの組合せが3セットであり、燃料は天然ガスである。ガスタービンのみの起動時間は設計通りであったが、蒸気タービンを含むコンバインドサイクルでは、予想よりかなり時間を要している。また切替ダンパーとボイラーの振動などのトラブルがあった。

東北電力の宮口氏は、ガスタービン3台と蒸気タービン1台で1系列を構成する1090MWの東新潟火力3号ユニットの運転経験を発表した。燃料は液化天然ガスを使用し、ドライ形の低 NO_x 燃焼器でタービン入口温度は1154℃である。昭和61年度の正味熱効率は44.0%であった。起動時間はシングルシャフト形と比較して長く、冷間起動で530分、暖機起動で220分を必要とする。

BBC社のMr. Kehlhoferからは、既設の蒸気タービンサイクルにガスタービンを加える例や、地域暖房にガスタービンを使用すると冬期では熱の利用率が86%に達するなどの説明があった。

現在は発電に天然ガスを使用できるが、地球上の埋蔵量から考え、将来は石炭を利用しなければならなくなる。また一方、環境破壊の少ないエネルギー変換の要求は急速に強力となろう。その解決策として石炭ガス化技術が取り上げられる。

米国のCool Water Projectの代表として、Mr. Currieは1000Ton/dayのTEXACO形の実績を発表した。300Btu/Scfの合成ガスを発生させ、実際にコンバインドサイクルとして運転している。硫黄の抽出割合は97%で、米国の新しい環境基準に対し、10%の余裕を持っている。Mr. Pollaertは500Ton/day処理できるLurgi形の発表をした。硫黄の抽出割合は99%で、コンバインドサイクルとした場合の熱効率は41% (LHV基準)

となる。

4. 討論 (司会 Macchi 教授)

中部電力の中村氏よりコンバインドサイクルプラントの最適な定検間隔と高温部部品の簡易点検に関する質問がなされた。パネリストより、燃焼器の定検は一年に一度必要であるが、それ以外の部品については必要ないと考える(荒川氏)。燃焼器の点検頻度は運転時間からではなくガスタービンの起動停止回数によって決めるべきである(Mr. Jesuthasan)。東新潟火力では年に一度の定期点検の間に中間点検を行っているが、高温部部品が一年間十分耐えることが実証されたら今後中間点検は止めたい。また日本では定検間隔を一年から二年に延長することも検討されているが、定検は延ばしても、ごく限定された範囲を自主的に点検すればよいと考えている(山下氏)。

高効率ガスタービン組合の竹矢氏は、コンバインドサイクルの将来を考えると高温化は避けられず、1400℃級のガスタービンを実現するためには、翼の冷却方式を従来の空気冷却から蒸気冷却に変え、翼の表面に遮熱コーティング(TBC)を施すことが効果的であり、これらの技術開発を一つの研究所またはメーカーが単独で行うよりもユーザーである電力会社と共同で進めることができ、開発を加速化する上で非常に有益であるとの意見を述べた。Mr. Kehlhoferも、TBCに関して全く同意見であり、新しい技術や材料を開発する上で運転経験者とメーカーとの共同研究が絶対に必要であるとの同意した。

イタリアのMr. Crelichは、多くのコンバインドサイクルプラントは使用条件が異っているので、これらのプラントの特性を比較する場合には同一の定義式、方式で比較すべきであると提案し、続いてプラントの建設コストについて質問した。マレーシアの場合は、コンバインドサイクルプラントの建設コストはKW当り500\$、一方従来火力は600\$程度である。(Mr. Jesuthasan)。富津コンバインドサイクルプラントと従来火力とを比較すると、為替レートや国際燃料価格の変動等種々の要因を含めた結果として、両者同等かやや富津の方が割高となっている。(荒川氏)。

Mr. Binach は、マレーシアPaka 発電所におけるトラブル事例はガスタービン自体の問題ではな

くプラント設計上の問題であり、これを解決するためには総合的な技術力が必要であるとの意見を述べた。また、ヨーロッパでは地方自治体は何故コンバインドサイクルプラントを積極的に採用しないのか、一方、コンバインドサイクルプラントのメンテナンスコストはどの程度かと質問した。Mr. Currie からは、各電力会社はコストを低げる努力をしているが、大手のメーカーは電力会社から離れて独自の自家発電設備やコジェネレーション計画を持つようになってきており、米国では1996年まで新規の発電所建設の計画が無いとの状況が述べられた。Mr. Jesuthasan からは、コンバインドサイクル用ガスタービンのメンテナンスコストは、従来のガスタービンと較べて50%程度割高であると回答された。Mr. Kehlhofer からは、Mr. Binach の指摘は必ずしも当ておらず、ドイツでは既に数千MWのコンバインドサイクルプラントが建設されており、オランダでは全発電設備のうち40%をコンバインドサイクルが占めている。更にヨーロッパの将来を予想すると、フランスを例外として、他の諸国では今後全ての発電設備がコンバインドサイクルになるだろうとの意見が述べられた。

5. 結 論 (Macchi 教授)

ヨーロッパでは、大学教授は全ての事柄に精通していなければならないが、今回の討論において私は学生のように経験豊富な発表者の講演に聴き入っていた。蒸気タービン関係は比較的停滞した状況にあるのに対して、ガスタービンは年々技術が進歩し性能も向上しているため、これに従事する人々は非常に幸運である。1970年代にはコンバインドサイクルの性能は蒸気タービンとほぼ同等であったが、1987年には図1に示すように、コンバインドサイクルの初率は50%に達しようとしており、性能面で蒸気タービンをはるかに上まわっている。

- (1) これまでの十数年間でコンバインドサイクルの効率は、定格点だけでなく部分負荷時を含めて、着実に向上している。
- (2) コンバインドサイクル用燃料として石炭が将来有望であることが、今回の発表で示された。
- (3) 環境規制により今後のプラントは清浄でないと建設できないが、コンバインドガス化サイクル

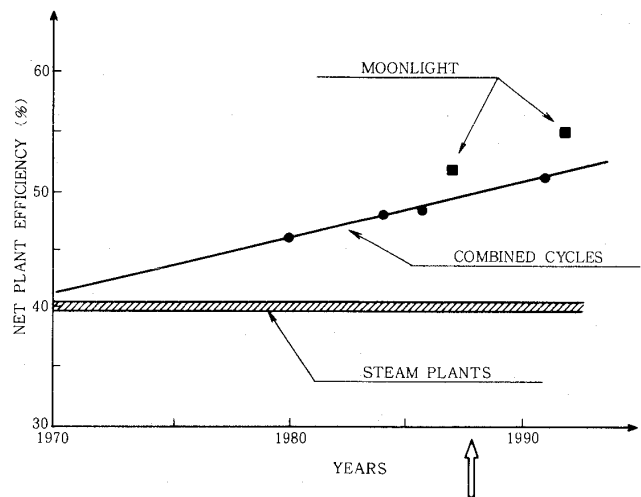


図 1

の低公害性が示された。

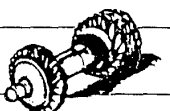
(4) 今回の討論ではあまり話題にならなかったが、コスト低減の観点より、今後種々のサイクル形式が議論されることになるであろう。

(5) コンバインドサイクルは応用分野が非常に広い。発電用として使用される場合には、ベースロード、中間、ピーク何れの負荷についても良好に適用できる。ヨーロッパでは今後コジェネレーションへの応用が増加するであろう。また既設プラントの性能向上にもコンバインドサイクルは有望である。

今後コンバインドサイクルの性能を更に向上するためには高温化とプラントの複雑化が避けられず、これを解決するためには優れたエンジニアリング力と設計技術力ならびに注意深い運動方法とメンテナンスとが必要である。

過去に私はアベイラビリティと信頼性について懸念していたが、今回の討論を通じて、コンバインドサイクルはこの点に関しても良好な結果を得ているとの印象を持った。勿論これを完全に実証するためには更に何年かの経験が必要であるが、アベイラビリティを今後更に向上することは技術的に可能だと確信している。

最後になるが、運転コストに関しては今回の討論であまり明確にされなかった。従来火力と較べてコンバインドサイクルは50%コストが増すとの回答もあったが、従来火力も条件次第ではコストが異なるので、一般的に結論づけるのは困難である。



1987 国際ガスタービン会議東京大会 感 想

石川島播磨重工業㈱ 堀 吉之助

昭和 62 年 10 月 26 日～29 日東京五反田ユーポートで開催の 1987 東京国際ガスタービン会議は通常セッション 30, 団体セッション (Organized Session) 4, パネル 1, 特別講義 4 にて論文数 122 であったり, 同年 5 月末～6 月初に米国カリフォルニア州アナハイムでの ASME 国際ガスタービン会議に較べ規模においては約半分であったが, 団体セッション等に工夫があり, 航空エンジンの開発, 陸用エンジンのコゼネレーション化, ターボチャージャ&セラミック適用等のまとまった動向が容易にわかる様になっており, 組織委員会の意図は当初の予定通り成功したものと判断された。

注目を集めたものはガスタービンの高効率化, 複合サイクル/コゼネレーションによる省エネ志向, 且つ排気ガスのクリーン化等ここ数年の動向を反映して, ムーンライトプロジェクトの成果報告, ガスタービンの蒸気噴射, 世界各国のコゼネレーションの実績などがあった。それらのセッション会場では出席者も多く, 技術ディスカッションに加え, 所要償却期間等財務的質疑も多く出され盛会であった。特にガスタービンへの蒸気噴射導入は従来のガスタービン/蒸気タービンの複合サイクルに対する代替コンセプトとして有望と考えられ, 熱効率 42～44%, 出力 30～50% 増となる魅力的なものであり, 低 NO_x にも有効であり, 今後の成長/運転実績を見守って行きたい。

本会議ではアプリケーション及び排気エミッションが独立したセッションとなっておらず, 特に排気問題は全地球的な意味でもガスタービンの今後の使用には避けて通ることが出来ない課題であり, 客先/ユーザ側から出席した人達にとっては現状の動向/世界各国の実情など提示して貰いたかったのではないかと推察され, 多少とも不満が残った。しかしながら, 全体的に見て, 組織委員会の尽力により, 各種情報収集/交換の面でも意義深い大会であって, 出席していても興味深い点が多い優良な国際大会であった。

東京電力㈱ 北 島 秀 昭

国際ガスタービン会議東京大会に初めて参加した。感想を一言で述べれば, 非常に盛会であったと感じた。私が聴講した各講演はほぼ満席であったし, ガスタービンの開発に関するセッションを聴講しようと思い, 講演開始前に会場に入ったにも拘らず, 既に満席で仕方無く立って聴講することもあった。講演が始まってからも聴講者は増え, 立っている人同士で場所を譲りあったりしていたようである。新聞紙上を賑わした超電導フィーバーには及ばないにしてもかなりの盛況であった。他にもいくつかのセッションでこのような立席があったと聞く。休憩時にはロビーに人が溢れコーヒーも長い列に並んで受取る有様だった。

講演公用語は英語であったが, 参加者はまだまだ日本人が多く, 今後当面は英語と日本語を公用語にしたらどうか。参加者も増えるのではなかろうか? 社内外の方からも同様の感想を耳にしたので率直な感想として記す。

展示会の方は航空エンジンの実物, 大型産業用 GT 燃焼器等の大物から, 小型 GT のロータ, ターボチャージャー等の小物まで, そして新素材, 計測器までの幅広い分野にわたっていた。中でもターボファンエンジンの実物, 高効率ガスタービンの燃焼器, 翼部品他の展示はケースに収納されておらず, 手に触れたり, 色々な角度から眺める事ができ, 非常に興味深かった。展示品の中には高価で, 壊れや

すい物も有り、むきだしの展示には限度もあろうかとは思いますが、触れてみるのも物を理解する上で重要な要素であると思うので、このような展示をご配慮いただけたらと思う次第である。実物展示、海外からの展示が今後増えることを期待したい。

コンバインドプラント、コージェネ関係でガスタービンが常用発電設備としての地位を確立したこと、また、セラミックス等新素材の適用が計画されており、新時代に入りつつあることを感じた。

以上、関係者の方々のご苦勞も知らず、また、諸般の事情も顧みず、勝手な事を申し上げた点もあるが、ご容赦いただきたい。今後ともこの会議が更に発展することを願って、結びとしたい。

柴 田 尚 毅

今回の東京大会において、数多くの論文及び多数の研究者が集まり盛大に行なわれたことは、駆出しのエンジニアである私にとっても嬉しく思え、また同時に国内でのガスタービンへの関心及び研究水準が高くなっていることに対し驚きと戸惑いを感じました。

私の出席した会場はごく限られてはおりますが、4年前の東京大会と比較し今回は華やかさがなくなりコンパクトにまとまった大会だったと思えます。ただ機器展示は日本メーカのみであり、論文も国内からの発表が多く、特に米国からの発表が少なかったのが寂しく思われます。

講演内容は私にとっては非常に新鮮であり、新しい知識を数多く吸収でき有意義なものでした。前回の大会ではコンバインドサイクルが注目の的でしたが、今回はそれ以外にコージェネレーション等の講演や展示が数多く見られ、関係者の層がそれに広がり、ガスタービンに対する関心が一層高まってきているとの印象を受けました。またパネルディスカッションや ORGANIZED SESSIONS において海外からの発表を混じえ、世界の研究者を広く集め討論したことは国際会議の名に相応しく、国際的な意見を直接聞くことができ、高いを大いに盛り上げたと思います。今後もこのような機会を数多く提供してくれることを期待します。

大会の発表を全て英語にしたのは、日本の研究者の現状を考慮した前回より改善された点です。機器展示に関しては、予算上の問題もありますが、普段懇談する機会のない人々との気楽な情報交換の場であり、世間の動向を直接感じ取る場であり、また具体的な物品に直接接しガスタービンの理解を深める場である為、今後国内メーカのみでなく海外メーカ、大学等の研究所、電力会社等のユーザー側にも参加いただき、さらに有意義な場とされることを期待します。

何年か後に再び国内にて大会が開催され、日本のガスタービンが国際的にさらに大きくステップしていることを楽しみにしています。

川崎重工業 犬 飼 保 夫

初めに国際会議組織委員会の方々の御努力に感謝いたします。

私は長年「高効率ガスタービン技術研究組合」の技術室員として主にプロト機のタービン開発に従事してきましたが、今回その翼冷却システムに関して発表でき自分の仕事の一つの区切りとして本会議を大いに意義あるものとすることができました。ここで会議中感じたことを簡単に述べたいと思います。

まず私は伝熱及び翼冷却に関するセッションを中心に出席しましたが、要素試験を含む基礎分野から実機における実証例まで多岐にわたる内容で、開発技術者として興味深く聴くことができました。ただ欲を言えば各分野別、例えば空力、伝熱及び翼冷却、燃焼、性能、材料の各分野別にも、現状と将来への展望を方向づける様なパネルディスカッションあるいは特別講演が設定されていたら良かったと考え

ます。

次に機器展については今回は国内メーカーが主体でしたが、その最新のガスタービンシステムが一堂に会しそれらにかかる各社の意気込みが感じられました。

またセッション、機器展を通じて感じたことは我が国のガスタービン技術開発は一つの段階を終え、次の段階に移行しつつあるということでした。すなわち陸上用分野では「高効率ガスタービンの研究開発」が本年3月、種々の成果を残して終了したり、各社のコージェネレーション及びコンバインドシステムの実用化が進展するなど、一方航空エンジン分野ではSTOL機の実機試験が行なわれたり、V2500が国際共同開発から製品化へと移行するなど、新技術が着々と実際の形となって現われておりここ1～2年は我が国のガスタービンの発展において転換期にあるのではという感じを受けました。

最後に次回の国際会議では、先の開発成果がいかなる形となって発表され、またセラミックガスタービン等のより新しい技術が多く発表されることを今から大いに期待すると同時に、私自身としても今後は「高効率ガスタービンの研究開発」で得た開発経験を生かして、自社内の新技術の開発に寄与していきたいと強く思いました。

航空宇宙技術研究所 宮 地 敏 雄

今回の国際ガスタービン会議にはあまりたいしたお役目なしに、楽な気持ちで参加させていただきました。ところが、このような感想文はお役目をもたなかった人が書くべきである、とのことでこの文章を書かされるはめになりました。

楽な気持ちとは言っても、事前討論を二件提出し、かなり真面目にセッションに出席したつもりです。事前討論の一つは国内のあるガスタービンメーカーの研究所の方へのものですが、非常に明快な回答がいただけたので、感謝しております。ところが、もう一つの海外からの発表は著者が出席出来ず、代読であったため、まったく回答が得られなかったことは残念でした。色々な事情はあると思いますが、このような国際学会には万障繰り合わせて著者本人が出席してほしいものです。それから、質疑応答が印刷物として残らないことが今回の会議でたった一つの不満です。と書いてしまいましたが、小生の所属する研究所でも、出張旅費が無いため国際ガスタービン会議への発表を何件も代読で済ませていたことを思い出し、経済大国の国立研究所がこんなことで良いのか、と思うことしきりです。

セラミックのセッションにも出席しましたが、展示会場に時間いっぱいまで居て、開始数分前に会場に入ったところ、既に満席で最後列に補助席を出していただいて、やっと腰掛けられたような状況でした。セラミックに対するガスタービン関係者の関心がいかに深いかが、このこと一つからも良くわかるような気がしました。セラミックのセッションで感じたことですが、質問討論に通訳をつけていただいたことは、非常に有効だったと思います。最近では日本人の英語力も向上しているので、通訳無しでもあまり不自由はないかも知れませんが、お互い知った者同士が衆人環視の中で英会話の練習をやらされるのは正直言ってどうも気分の良いものではありませんでした。その点この方式は実に具合の良いものでした。本会議の開催に御尽力された方々に心から感謝します。

(株)日立製作所 喜 田 新

国際ガスタービン会議に参加する機会を得ましたので、その感想を報告します。読者の御参考になれば幸いです。

(1) 前回の会議に比べますと、高温ガスタービン、セラミック部品、低 NO_x 燃焼器、コージェネ装置等

が、非常に発展してきた印象を受けました。これは省エネルギーや環境保全という時代の要請に、業界が全力を上げてこたえている現れと考えます。

講演は英語で行われたので、なかなか理解しにくい面もありましたが、質疑応答では技術的に深い内容がふんだんにあり、よく練られていると思いました。多少、不便に感じたのは、大盛況のために聴講しにくい状態もあったことです。参加者数の把握は難しいと思いますが、次回はこの点を配慮いただければと思います。

(2) 展示は前回に比べると、会場がコンパクトにまとまっておりましたが、外国のメーカーの参加がない等、規模が縮小されており、実物展示が少ないこともあって物足りなさを感じる一面もありました。しかしパネル等での各社、最先端の技術の紹介は、関係者に相当、参考になったと思われます。

ガスタービン技術が多岐にわたり、広範囲の知識が要求されます。こうした機会を利用して、ガスタービンの基礎技術および全般的な技術について、わかりやすい展示が行われれば、若手等にも有益と考えます。なお次回には、大学や研究機関からの出品等について検討いただければ幸いです。

展示時間について夜遅くまで配慮されていたことや、会場全体に開放的な雰囲気があったことも、国際ガスタービン会議が成功裏に終了した一因と思います。

東京電力㈱ 小 林 隆

ガスタービン及びコンバインドサイクルの昨今の進歩は著しく、特に最近の大容量コンバインドサイクルの運転実績を背景に、より一層の高性能化と信頼性向上が期待されている分野であるだけに、どのような発表・展示があるのか大いに興味をもって参加した。

全体としては、産業用高温ガスタービン (AGT, GE社7F型, 三菱MF-111), コンバインドサイクルの運転実績, コージェネレーションへの適用, 低 NO_x 燃焼器関係等期待にたがわない内容であった。

この内、7F型とMF-111については、既にアナハイムでASMEに発表された新機種であり、今回はそれぞれ信頼性設計とコージェネレーションへの適用に的を絞った発表となっていたが、両社の新世代機開発にける熱意を肌で感じる事ができた。さらにSiemens社(KWU)のMaghon氏の特別講演では、欧州メーカーも90年代以降を目標に1300℃クラスの高高温化に取り組み高効率化を達成すると共に、大型Silo型低 NO_x 燃焼器の開発によって、環境規制の厳しい地域へも適用可能なシステムの紹介があったことは注目に値する。

低 NO_x 燃焼器については、欧米メーカーも相当レベルまで到達していることが今回の論文内容から再確認される一方、我国のメーカーがいずれも低 NO_x 燃焼器の実物あるいはパネルを展示し、並々ならぬ開発意欲を示したが、コンバインドサイクルの適用拡大をはかるためには不可欠な技術だけに今後の開発成果に期待しているところである。一方、その他の展示内容については、前回と比較して規模も小さく、若干物足りなさを感じた。

さらに、コンバインドサイクルの運転経験に関するパネルディスカッションでは、各国の運転実績が紹介されたが、各国で効率、コスト、運用性等コンバインドサイクル適用にあたっての主目的に若干の差異があることが興味深かった。

一方、ディスカッション最後にあたってのMacchi教授の総括は、コンバインドサイクルの持つ可能性と問題点及び我々の期待を簡潔・平易にまとめられたのが印象的であり、ガスタービン・コンバインドサイクルの一層の発展を期待する者の1人として、本大会の締めとしても適切な内容であったと感じた次第である。

法政大学 水 木 新 平

展示が小規模であり、単にカタログとパネルのみに近いことは寂しく感じられた。これは出品者側の御都合にもよると思われるが、ASMEの国際ガスタービン学会でも展示は非常に重要な位置を占めており、その会報にもより一層の展示の活性化が必要であると述べられていることから、日本でも部品、測定器、出版関係なども含めて多くの分野からの参加が望ましいと思える。会議自体については非常に良く構成されており、若い方々の活躍が印象に残った。個人的に感じた点は、東京における国際会議は便利である反面、東京近辺に勤務する者にとっては日常の業務を完全に離れて出席することが困難で、加えてセッションもかなりつまって進んでゆくの出席率も悪くなり、正直に云うと参加登録料が何となく割高に感じられた。また、3冊のプロシーディングスに論文の多いことは結構であるが、ガスタービンに関係するすべての分野にわたって興味のある人はともかくとして、筆者のようにその一分野に専ら関わる者にとっては限られた論文がとくに重要である場合が多く、主催者の方々の手間を取らせることになると思うが、分冊のみの希望という選択も可能であるようにして頂ければと感じられた。

九州大学 井 上 雅 弘

これまで国内で開催された国際ガスタービン会議（1971, 1977, 1983年）には皆勤の小生も、今回は公用で一日半しか参加できず、感想文を書く資格などない。従って、原稿執筆をお断りしたのだが、大会運営に何らお手伝いできなかった名ばかりの組織委員の負い目で、再度の電話に筆を執らざるを得なくなった。

一日半参加しての感想を列举すると、まず、過去の会議に在った華やかさがすっかり影を潜めたことである。それでいて参加者数、論文数とも前回数並みということで、講演会会場には熱気があり、形式より実質を重んじた有意義な会議であった。ASME国際ガスタービン会議は欧州開催時にはお祭りの要素が多く、米国開催時には実用的要素が多いといわれるが、今回は明らかに米国形に属する。

第二に、国内参加者が国際会議慣れし通訳の出る幕が激減したことが挙げられる。小生が出席したセッションでは、日本人の講演における討論も英語だけで済むことが多く、「通訳に報酬相当の仕事を……」といたいほどであった。

第三は、国際会議に参加する度に経験することであるが、国外研究者との親交である。私事で恐縮だが、論文や手紙を通してしか知らなかった Prof. Greitzer (M. I. T.) や Prof. Okiishi (Iowa St. Univ.) とともに知己になれたし、一昨年及び昨年の訪中時にお世話になった呉仲華先生（中国科学院）、叶大均教授（清华大学）、蔣滋康教授（同）、姜桐教授（西安交通大学）とも親交を深めることができた。Welcome Reception (Banquet には参加できなかったが) が果たした役割は大きい。

実質的な学術交流、研究者の国際化、研究者同士の親交は、いずれも国際学会の本来の姿であり、お祭り気分を離れて普段着の国際会議への移行が着実に進んでいるとの印象を強く受けた。普段着の国際会議を方向付けられ、膨大な時間と労力を費やして準備と運営に当たられた実行委員の方々に心から感謝の意を表する次第である。

大阪大学 三 宅 裕

今回の会議では第1室で行われた計算空気力学の4つのセッションを中心に聴講し、研究発表、共同司会をさせていただいた。全体として盛会だった今回の会議でもとりわけこれらのセッションには聴衆

が多く、座席が不足する程の盛況であった。この分野の研究の目覚しい進展に対する関心の高さのあらわれで、水準の高い研究発表と討論の場となった様に思う。13件の研究発表のうち7件は日本から提出され、残り6件は中国、欧州からそれぞれ3件ずつであった。中国からの参加者の中には羽根車準三次元理論の元祖 Wu 氏の顔も見られ、部屋の中央に席を占めて若いお弟子さんの発表に緊張した面持ちで見守っておられた。中国の翼列研究は準三次元解析が主流の様に見受けられ、今回提出された3件の論文もいずれもそうであった。Wu 氏の影響力の大きさであろうか。日本から提出された論文は数値流体力学の一つの中心的問題である遷音速流れの差分解法に関するものが中心で、翼列間の三次元流れの美しい画像表示など、目を奪うものがあって研究水準の高さを感じた。

これらのセッションでは米国からの参加者が無く、世界の一つのリーダーを欠いたのは残念であったが、会議の公用語である英語に関して言えば全員が外国語を使ったことになり、日本人には僅かでも負担が軽かったように思う。それでも意志の疎通は極めて不十分で、秀れた通訳嬢の助けを借りても隔靴搔痒の感は免れなかった。しかし日本の若い発表者は憶せず英語を“駆使”し、言語の不安から討論の省略を申し出る若い中国の発表者に比べて頼もしい堂々ぶりであった。

4日間全部を会場に滞在することは出来なかったが、外国からの参加者とは会場で接しただけでなく、大阪へ足を伸ばした人達の来訪もあって、会議は小生にとっては10日以上にもなった。世界との交流も次第に往来相半ばする様になり、遠くへ出かけるまでもなく秀れた新しい研究に触れることが出来る様になった。この会議が益々盛んになることを望みたい。

死 去 会 員

正 会 員 諏訪間高明 君 63才 山梨大学

昭和 63 年 2 月 13 日逝去

ご 遺 族 東京都豊島区千川町 1 の 1 9

諏訪間園井 殿

本会に関する記事

昭和 47 年入会

第 5 期評議員

謹しんで哀悼の意を表します

川崎重工業明石工場の見学会を終えて

ヤンマーディーゼル(株) 浜田 義次

62年度第3回見学会がこの年の12月11日川崎重工業(株)明石工場で行われた。当工場は、昭和15年航空機専門工場として誕生。新幹線の西明石駅に近く、その東側に位置し、現在およそ43万 m^2 の広大な敷地を保有する。オートバイ、産業用エンジン、ロボット、航空機エンジンなどあまた生産する川崎重工業の主力工場のひとつである。

今回見学対象は、ジェットエンジン事業部のガスタービン生産現場である。参加者は42名。同社は衆知のごとく産業ガスタービン分野における本邦一の生産台数を誇る新鋭工場であるだけにガスタービンメーカーからの参加者が過半を占めた。

冒頭、地方委員長の水谷幸夫大阪大学教授の挨拶と、受け入れ側を代表してジェットエンジン事業部の大槻幸雄副事業部長からの挨拶がそれぞれあり、引き続き、全事業部の星野昭史産業ガスタービン技術部長から見学ルートの説明を受ける。

見学は、ガスタービン組立工場、エンジン運転場、ガスタービン発電装置のぎ装・出荷現場ならびにコ・ジェネレーションプラントが対象で、計1時間15分のツアーである。

同社のガスタービン組立工場は、62年3月竣工になる6階建て白亜のビル内にあってこの1-4階を占め、各2階分を吹抜けとしたツーフロアである。階下は航空用ターボシャフトエンジンAVCO Lycoming T55や船用エンジン用ガスゼネレーターロールスロイスTyne, Olympus, Spey等の組立専用現場である。階上は産業用ガスタービン組立現場と部品供給ヤードとなっている。後者は、Automatic Parts Supply Systemと称され、ここではエンジン毎に部品を盛り合わせた同形同寸のカートが多数集結され、立体的に保管されている。エンジンに組上げられる部品は複数のカートに乗せられて、作業場に投入される。本工場は

新設のためすべてが初々しくクリーンで、そのうえ、整理整頓が行き届いており、この環境の中で専用の組立台上でエンジン1台あたり3-4名の作業員が入念な組立て作業に携わっている。高品位の製品の生産にふさわしい作業現場であるとの感を深くし、時間が許せば、もう少し詳しく見たいとの思いを抱いて、つぎの護衛艦用ガスタービンの運転現場に導かれた。

ここは、OlympusとSpeyの専用運転場である。天井の高い、コントロールルームとは二重壁で仕切られた防音室にSpeyが一基頭上高く懸架されていた。ここでエンジンのガスゼネレーターモジュールが運転される。エンジンは、ジェットパイプを絞って負荷をかけ、定格出力2時間を含む合計7時間運転される。このあとエンジンは神戸工場におくられ、パワータービンが装備されることになる。

続く見学ルート、ガスタービン発電装置のぎ装工場は、150-2000kWエンジンを搭載する発電装置のパッケージ組立現場である。ぎ装工事は台車で行われる。この工場建物の屋外二側面に8セルの運転場が設置されている。完成したパッケージは台車に乗ったまま、この運転場に引き出され運転テストに供される。各々の運転場には伸縮自在の幌が設けられ降雨時の雨よけに利用される。工夫された合理的なレイアウトとの感銘を受けた。

ツアーの最後にM1A-01形ガスタービンを組入れた完成間近い屋外コ・ジェネレーションプラントの建設現場を見る。これは、いわゆるCheng Cycle方式のものである。このプラントについては、この後の技術講演会で説明を受けることになっている。燃料は都市ガス。定格発電出力1000kW、発電端熱効率18%のエンジンが用いてあり、これに必要に応じて排気エネルギー回収により発生した蒸気が吹込れる。そして、この蒸気吹込

(昭和63年2月10日原稿受付)

みにより発電出力 1750 kW を得、発電端効率は 26 % に達する。このプラントは 63 年春完成し、夏季のピークカットや夜間の工場蒸気需要を賄う計画になっている。

以上の工場見学のあと、産業ガスタービンシステム部長坂口哲也氏による Cheng Cycle コ・ジェネレーションプラントについての技術講演会に移る。

Cheng Cycle プラントは、ガスタービンとボイラの組合わせの通常のコ・ジェネレーション方式のもの他、さらにエンジンの排気ダクト内に追い焚き装置を装備せしめ、ボイラにおいて発生した蒸気を抽気してこれをエンジンに吹込むことができるようにしたものである。蒸気の吹込み量の大小によりエンジン出力が増減する。したがって、追い焚きと蒸気吹込み量とを独立して選定することにより、電力負荷と蒸気負荷のそれぞれに対し相互無関係に対応できるため、フレキシブルな運用を可能とするプラントと云える。

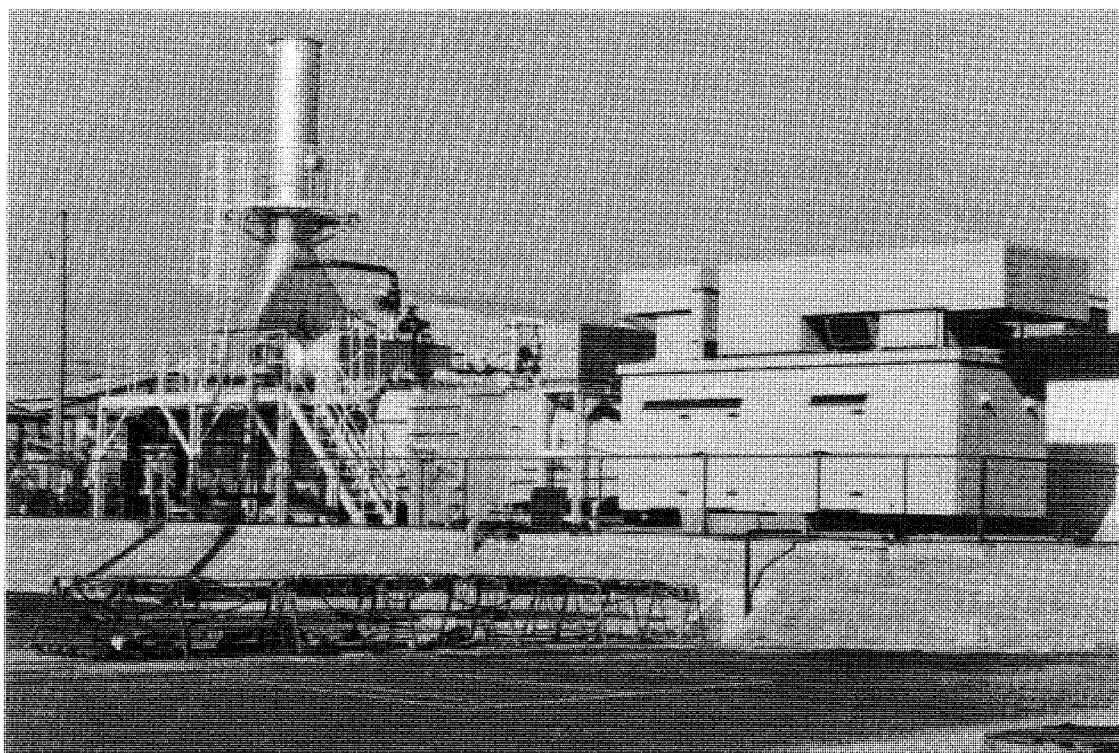
この方式の特許は、米国の International Power Technology 社 (IPT) が保有しており、川崎重工業は IPT との技術提携により、500—2000 kW のものについて開発・生産・販売の全世界独占権を取得

している。

エンジンに対する蒸気吹込みは、燃焼器においてその半径方向にダイリュージョンポートへ向け装着したノズルにより行われる。エンジンは、蒸気吹込みに伴うサージングを回避するため、コンプレッサインペラとタービンノズルに些少の修正を必要とするが、これ以外の変更はなされていない。

蒸気の全量をエンジンに吹込むとエンジンの出力は約 1.8 倍に、また、効率は約 50 % 増となる。電力料金は利用日時により変わるため、その時々燃料代を勘案し、買電量と自家発電量が最も経済的な配分となるよう選択できる。このプラントの建設コストは通常のコ・ジェネレーションに比べ、25—30 % 増となるが、逆に電力出力あたりのコストは 70 % 程度に低下するため、設備償却は短くなる。このことから、この方式の今後の普及が期待されるとして講演は結ばれた。このあと、このプラントの米国における普及の状況など若干の質疑応答がなされた。

最後に、委員長より川崎重工業の今回の厚志に対し謝辞が述べられ、会は好評裡に閉じられた。予定どおり 17 時に散会した。(地方委員会幹事)



CHENG サイクルコジェネレーションプラント

ガスタービンセミナー（第16回）を終えて

株荏原製作所 新 莊 良 一

1月28日、29日の両日にわたり、機械振興会館地下2階ホールにおいて、第16回ガスタービンセミナーが開催された。

今回は共通テーマとして「ガスタービン利用分野の拡大」を採用し、巾広い分野の講師による、10項目の講演が行なわれた。

テーマの選定に当たっては、企画委員会で過去のテーマをリストアップし討議を重ねて決定した。

講演の内容は事業用発電の大型ガスタービンから自動車用等の小型ガスタービンまで多岐にわたり、熱のこもった講演討論が行なわれた。

昨秋、国際ガスタービン会議が開催されてから

間もない時期でのセミナーで、参加者が少ないのではないかと危惧されたが、130名にも及ぶ多数の方々の参加があり、このテーマへの関心の高さが伺われた。

また、前回初めて実施して好評であった材料展示も合わせて行ない、表-1に示す、12の会社、団体から各種の材料、部品等が展示された。今回はガスタービン本体関連以外に燃料の展示も行なわれるなどバラエティに富んだ展示となり、大好評であった。出展頂いた各社、各団体に対し厚く御礼申し上げます。

表-1 展示品一覧

会社、団体名	展 示 品
全 日 本 空 輸 株	B747用ジェットエンジン燃焼器
株 東 芝 東 京 電 力 株	セラミックス燃焼器
三 井 造 船 株	CVD-SiC コーティング部品
株 日 立 製 作 所 東 京 電 力 株	セラミックス動翼、静翼
三 菱 重 工 業 株 東 京 電 力 株	静翼
石川島播磨重工業株	バリアブルノズルターボチャージャー FRP 部品、タービン精密鋳造品
ヤンマーディーゼル株	セラミックスタービン翼、コンプレッサ・タービンローター
株 荏 原 製 作 所	スパイラルグリーブ軸受
航空宇宙技術研究所	タービン翼
東 亜 燃 料 株	石油精製物
川 崎 重 工 業 株	チタンアルミ製過給機用タービンローター
石 油 資 料 館	オイルシェール、オイルサンド

(昭和63年2月15日原稿受付)

総 目 次

第 11 巻第 41 号 (昭和 58 年 6 月)～第 15 巻第 60 号 (昭和 63 年 3 月)

☆挨拶 挨拶☆			巻	号	頁
第 8 期会長挨拶	須之部	量 寛	11	41	1
第 9 期会長就任のあいさつ	窪 田	雅 男	11	45	1
第 10 期会長就任挨拶	谷 村	輝 治	13	49	1
第 11 期会長就任挨拶	佐 藤	豪 作	14	53	1
第 12 期会長就任挨拶	稲 葉	興 作	15	57	1
☆随 筆☆					
「ネー20」のころ	大 塚	新 太 郎	11	42	1
技術者の生涯教育	今 井	兼 一 郎	11	43	1
ガスタービンの未来	白 戸	健	11	44	1
エントロピーに想う	円 城 寺	一	12	46	1
GTCJ	井 口	泉	12	47	1
おめでたいタービンの話	水 町	長 生	12	48	1
名誉会員に推挙されて	八 田	桂 三	13	50	1
日本と私	R. Tom	Sawyer	13	51	1
日本学術会議会員に選ばれて	今 井	兼 一 郎	13	51	3
インターフェース	武 田	峻	13	52	1
Mr. Gas Turbine R. Tom Sawyer 追悼雑感	渡 部	一 郎	13	52	3
さよならトム・ソーヤー	佐 藤	玉 太 郎	13	52	4
創造力論	永 野	治	14	54	1
名誉会員に推挙されて	入 江	正 彦	14	55	1
技術の進歩	須之部	量 寛	14	56	1
ガスタービン機関車の思い出	中 田	金 市	15	58	1
浮力タービンの話	水 町	長 生	15	59	1
基礎研究と発明	窪 田	雅 男	15	60	1
☆論説・解説☆					
高温のガス温度と表面温度計測技術特集号発刊にあたって	森 下	輝 夫	11	41	2
接触式による温度計測	大 竹	一 友	11	41	2
非接触による温度計測計 CARS	藤 井	昭 一	11	41	7
レーザ・ラマン法	山 岸	進	11	41	11
ホログラフィ干渉	佐 藤	誠 四 郎	11	41	15
ふく射温度計	満岡次郎・真家 孝		11	41	20
欧米における高温ガス温度と表面温度計測技術	中原崇文・武石賢一朗		11	41	24
ガスタービンにおける接触式温度計測の実例	小林成嘉・石橋洋二		11	41	32
タービン翼温度計測の実際	黒田倫夫・今井 鉄				
	安部利男・塩田裕次		11	41	36
	山根 猛・吉田豊明				
燃焼器開発に必要な温度計測とその実際	堀内正司・田丸 卓		11	41	39
ジェットエンジン用燃焼器の温度計測例	佐藤幸徳・渡辺 猛		11	41	45
低カロリーガス焚きガスタービン (その 1)	高 木 圭 二		11	42	4
低カロリーガス燃焼ガスタービンについて	福 江 一 郎		11	42	12
高効率ガスタービンの研究開発の概要と現状					
(工業技術院ムーンライト計画)	岡部武尚・坂田公夫		11	42	19
History of Using Coal for Fuel for the Gus Turbine	R. Tom Sawyer		11	43	29
低カロリーガス焚きガスタービン (その 2)	高 木 圭 二		11	43	33
重質油燃焼ガスタービン	西 嶋 庸 正		11	43	46

		巻	号	頁
各種燃料焚きガスタービン	森 建二・佐藤幸徳	11	44	6
最近のガスタービンの製造技術特集号発刊にあたって	森下輝夫			
遠心式圧縮機用インペラの加工技術	森 下 輝 夫	11	45	6
軸流圧縮機翼の製造技術	田口道夫・野田義則	11	45	6
各種燃焼器の製造技術	五十嵐 栄 一	11	45	11
大型単缶型燃焼器の構造と特徴	志 倉 隆	11	45	17
燃料噴射ノズルの製造技術	杉本富男・兼田年光	11	45	22
タービン翼, 過給機用インペラの製造技術	中 村 秀 一	11	45	25
ガスタービンプレードの加工技術	綿 織 徳 郎	11	45	29
タービン翼の特殊加工技術	雑 賀 圭 五	11	45	35
セラミックしゃ熱コーティング	長 野 幸 隆	11	45	39
セラミックタービンホイールの製造技術	竹 田 博 光	11	45	42
大型ガスタービン・ロータの製造技術	小林芳人・松久忠彰	11	45	45
航空用ガスタービンのディスク・ケーシングの製造技術	雑 賀 圭 五	11	45	54
大型ガスタービン用ケーシングの製造技術	五十嵐 栄 一	11	45	58
大型ガスタービンの組立と試験	国 広 昌 嗣	11	45	63
日本国有鉄道 141MW 複合発電設備の運転状況	国 広 昌 嗣	11	45	67
セラミックガスタービンの開発動向	上 田 宏	11	45	67
ガスタービン設計のための燃焼生成物特性の計算法	岡部武尚・林 茂	12	46	3
最近のガスタービン関係規格の動向	長島 昭・松永直樹	12	47	3
難削材の加工	青 木 千 明	12	47	12
航空用 FADEC の動向	西 良 正	12	47	19
冷却タービン	杉 山 佐 太 雄	12	48	3
コンバインドサイクルとコージェネレーション特集号	高 原 北 雄	12	48	19
発刊に当って	葉 山 真 治	13	49	2
コンバインドサイクルとコージェネレーションの動向	平 田 賢	13	49	2
日本国有鉄道川崎発電所第 1 号機 4 年間の運転実績について	柳 川 忠 男	13	49	6
東北電力梯東新潟火力発電所第 3 号系列の建設・				
運転状況について	山 川 昭	13	49	12
東京電力富津 1, 2 号系列の建設状況について	中 村 敏 雄	13	49	20
中部電力四日市火力発電所 4 号系列の計画概要について	三 田 敏 雄	13	49	28
九州電力新大分発電所第 1 号系列の計画概要	真 鍋 孝 斎	13	49	32
ホテルにおける適用例について	石 黒 斎	13	49	39
オフィスビルにおける適用例について	鴻巣 斌・渡辺昭男	13	49	44
製紙会社における熱併給ガスタービン発電設備	D. J. Moeller	13	49	50
革新高速ターボ・ブロップ研究の周辺事情	藤 井 昭 一	13	50	2
新素材・セラミックスをどう育てるか	柳 田 博 明	13	51	4
石炭ガス化複合発電	水 谷 弘	13	51	8
燃焼器設計への数値解析の適用と課題	佐藤幸徳・藤 秀美	13	51	22
ガスタービン用軸流圧縮器の空力設計	大 山 耕 一	13	52	6
ガスタービン用耐熱材料の動向	山 崎 道 夫	13	52	14
非常用ガスタービン特集号の発刊に当って	葉 山 真 治	14	53	5
非常用ガスタービンの動向	秀 島 紀 一 朗	14	53	6
ビル用非常用ガスタービン	大 泉 治 朗	14	53	9
ビル用非常用ガスタービン利用の状況	佐 藤 敏 雄	14	53	18
コンピュータセンター用非常用ガスタービン	糸 井 宇 生	14	53	26
コンピュータセンター用非常用ガスタービン利用の状況	吉 宮 弘 志	14	53	34
上・下水道用非常用ガスタービン	松 永 光 良	14	53	42
下水道用非常用ガスタービン	早野克雄・山浦 武	14	53	49
機械駆動用非常用ガスタービン	小林 武・木下史郎	14	53	55
機械駆動用非常用ガスタービン利用の状況	永 田 茂 穂	14	53	60
CIMAC と ISO のガスタービンの動向	青 木 千 明	14	53	3

		巻	号	頁
超高バイパス比エンジン	遠藤征紀・杉山七契	14	55	2
民間航空機用タービン・エンジンの性能劣化と回復	武 林 桑 一 郎	14	55	8
航空エンジン用複合材料の動向	正 木 彰 樹	14	55	14
F3ターボファンエンジンについて				
ー研究開発の経過と概要ー	神 津 正 男	14	55	24
航技研数値シミュレーションとそのガスタービン				
研究開発への応用	三好 甫・田村敦宏	14	56	2
ガスタービン設計と信頼性	村 島 完 治	14	56	10
ガスタービンにおけるブレードティップクリアランスの計測 ..	越沼 威・今池 宏	14	56	20
FADEC 開発の現状と動向	岸 本 峰 生	14	56	28
燃料電池発電技術	野 崎 健	14	56	36
ターボチャージャ特集号発刊にあたって	森 下 輝 夫	15	57	3
ターボチャージャの動向	特集号担当小委員会	15	57	4
ターボチャージャ雑感	水 町 長 生	15	57	5
航空機用ターボチャージャ	鈴 木 年 雄	15	57	8
船用ターボチャージャ	野 村 滋 郎	15	57	11
自動車用ターボチャージャ	西 口 文 雄	15	57	16
モータスポーツ用ターボチャージャの動向	吉 崎 宏 司	15	57	23
二輪車用ターボチャージャ	京谷美智雄・岡崎洋一郎	15	57	29
発電機用ターボチャージャの現状と利用技術について	三 堀 健	15	57	37
ターボバーナシステムの開発				
(ターボチャージャを利用した加圧燃焼バーナ)	森 啓 充	15	57	43
高効率ガスタービン特集号の発刊にあたって	森 下 輝 夫	15	59	3
高効率ガスタービンの研究開発	山 岸 喜 一 郎	15	59	4
複合発電システム	浜松照秀・三谷利夫	15	59	6
超高温耐熱合金及び部材の研究開発	山 崎 道 夫	15	59	14
耐熱セラミックスの研究開発				
サイアロンの研究開発	小 林 和 夫	15	59	18
繊維強化セラミックスの研究開発	玉 利 信 幸	15	59	19
セラミック材料の評価技術の研究開発	酒井清介・伊藤 勝	15	59	21
	伊藤正治			
耐熱セラミックス部品の研究開発				
(1) セラミックス・金属かん合型燃焼器	阿部俊夫・石川 浩	15	59	22
(2) 耐熱セラミックス部品の設計・評価・製造技術の研究開発 ..	辻 高 弘	15	59	24
ガスタービン要素技術の研究開発				
圧縮機技術の研究開発	小林 紘・斉藤喜夫	15	59	27
燃料器技術の研究開発	田丸 卓・堀内正史	15	59	35
	内山芳忠・木村武清			
	酒井規行			
タービン技術の研究開発	吉田豊明・能瀬弘幸	15	59	45
制御と計測技術の研究開発	古閑昭紀・荒井正志	15	59	54
	安井 元・杉山七契			
	遠藤征紀			
熱交換器の研究開発	山 根 猛	15	59	65
パイロットプラントの負荷試験	今井 鉄・竹矢一雄	15	59	69
	佐野恵保・初芝信次			
プロトタイププラント用レヒートガスタービン	荒井正志・内田和男	15	59	78
	手島清美・古閑昭紀			
高温脱硝装置の研究開発	川本広行・大島亮一郎	15	59	90
	星野哲司・歌川正博			
	初芝信次			
トータルエネルギー供給システム	井口光雄・垣田行雄	15	59	96
レヒートガスタービン利用新発電システム	竹 矢 一 雄	15	59	107

		巻	号	頁
事業用コンバインドサイクルの現況と動向	井上 悦・小島民生 中村裕交	15	60	3
川崎製鉄(株)千葉製鉄所向低カロリーガス焼き 同軸式 145MW コンバインドサイクルプラント	高野英樹・沖汐正悦 小森豊明・福江一郎	15	60	17
シンプソンペーパー Co. に於けるコージェネレーション (IM5000)	塙 吉之助	15	60	26
首都圏における産業用コージェネレーション設備 (コニカ(株)の例)	平林文人・表 義則	15	60	35
三菱石油(株)水島製油所における MF-111 型 ガスタービンを利用した産業用コージェネレーション	松垣定夫・池上寿和 石川雅雄	15	60	44
低質燃料焼きガスタービンによる コンバインドコージェネレーション	田口 梧郎・一色克彦	15	60	51
太陽化学におけるガスタービンコージェネレーション	服部満治・井上俊彦	15	60	62
ACT90 開発プロジェクトの概要	志 賀 永 欣	15	60	69
ガスタービンのエアークレニクにおける冷却および 過給の効用	馬路光二・菅野建六	15	60	73
☆講 義☆				
軸流圧縮機動翼列の流れ(その2 流動解析モデル)	井 上 雅 弘	11	41	48
ガスタービン用耐熱合金(第1回)	塩 入 淳 平	11	44	32
ターボ機械の流れの数値解析(その1)	大 宮 司 久 明	12	46	15
ターボ機械の流れの数値解析(その2)	大 宮 司 久 明	12	47	31
ターボ機械の流れの数値解析(その3)	石 垣 博	12	48	20
ターボ機械の流れの数値解析(その4)	大 宮 司 久 明	13	49	57
燃焼のシミュレーション	水谷幸夫・香月正史	12	48	27
燃焼のシミュレーション(その2)	水谷幸夫・香月正史	13	50	10
燃焼のシミュレーション(その3)	水谷幸夫・香月正史	13	51	28
ファインセラミックス	米 屋 勝 利	13	52	23
ファインセラミックス(その2)	米 屋 勝 利	14	53	63
ファインセラミックス(その3)	米 屋 勝 利	14	54	9
流れの可視技術(1)	小 林 敏 雄	14	53	76
流れの可視技術(2)	小 林 敏 雄	14	55	36
流れの可視技術(3)	小 林 敏 雄	14	56	43
流れの可視技術(4)	小 林 敏 雄	15	57	48
騒 音 (1)	梶 昭 次 郎	14	55	46
ガスタービン翼の振動強度設計と評価(1)	青 野 比 良 夫	14	55	57
ガスタービン翼の振動強度設計と評価(2)	青 野 比 良 夫	14	56	50
ガスタービン翼の振動強度設計と評価(3)	青 野 比 良 夫	15	57	59
☆技 術 論 文☆				
ガスタービン翼の液体冷却に関する数値解析	天野良一・杉山峻一	11	41	56
ガスタービン設計における CAD システム	青木素直・間瀬正隆 武石賢一郎	11	42	29
ガスタービン筒形燃焼器の高圧燃焼試験における 供試条件の影響	田丸 卓・堀内正司 下平一雄・黒沢要治 斎藤 隆・山田秀志 久山利之	11	42	37

	巻	号	頁
ガスタービン型連続流燃焼器に関する研究 (第2報 一次燃焼領域における空気量配分の影響)	11	43	51
			中村 直・佐藤修之 篠原邦彰・川口 修 佐藤 豪
円柱型風向風速計の特性に対する流れの状態と 寸法の影響及び補正方法の研究	11	43	60
			大塚新太郎・二日市宅 加藤勇夫
多層ディスクロータの最適スタッキング法	11	44	19
翼列の流出角の1つの整理方法	11	44	24
ラジアル排気タービンの脈動流駆動特性の研究	12	47	41
			吉織晴夫・遠藤敏彦 高間信行・尾崎大介
有限面積法による非粘性、二次元翼列解析における数値 計算誤差による全圧変動に対する考察	12	47	49
			西村英明・橋本良作
単缶式モデル燃焼器に於ける水素, メタン, プロパン 及びブタン燃焼性能の比較	11	48	34
			江波戸智・杉本富男
Shock-in-Rotor 型超音速軸流圧縮機の軸対称流設計	11	48	42
			大塚新太郎・橋本孝明
ガスタービン翼二次元吹出し膜冷却時の熱伝達	11	48	53
			吉川進三・林田 大
遷音速流れの中で振動する圧縮機環状翼列の非定常空力特性	13	49	65
			小 林 紘
中空ファンブレードの強度に関する研究	13	50	17
			池田為治・祖父江靖 藤沢良昭
セラミック・ラジアルタービンロータの回転強度評価	13	50	28
			佐々木正史・和泉隆夫 阿知波清次・伊藤高根
超音速軸流圧縮機の流れ場の計算	13	52	34
			若松逸雄・橋本孝明
高温高速燃焼ガス流中セラミック部材の耐久性	14	54	20
			阿部俊夫・久松 暢 石川 浩・宮田 寛 飯島史郎・大島亮一郎
ガスタービン触媒燃焼器用触媒の大気圧下における反応特性	14	55	65
			林 茂・山田秀志
車両用ターボ過給ディーゼル機関の 吸排気管内非定常流れの研究	15	57	74
			吉織晴夫・遠藤敏彦 水越 潮・高間信行
ガスタービン燃焼器試験用ガス温度測定プローブの 熱伝導とふく射誤差評価	15	57	74
			田丸 卓・下平一雄 久山利之
水冷却動翼の基礎的検討	15	58	3
			大野裕司・安尾 明 深山智久
無人機用ジェットエンジンのセラミック軸受の研究	15	59	114
			吉川雄二・北村昌之 三宅公誠・平田文一 六角和夫
水素を燃料にした超小型ガスタービンシステムの試作研究	15	59	122
			湯浅三郎・後藤 登 桜井忠一・白鳥敏正 田代伸一・西山正章
ハイブリッド型触媒燃焼器の研究	15	60	83
			大越昭男・山中 矢 古屋富明・芳根俊行 早田輝信・肥塚淳次
☆研究所だより☆			
東京大学工学部附属境界領域研究施設	11	41	63
			小 竹 進
東京大学生産技術研究所, 熱原動機研究室	11	43	67
			吉 識 晴 夫
名古屋大学航空学科原動機研究室における 超音速圧縮機の研究	11	44	40
			大塚新太郎・橋本孝明
工業技術院機械技術研究所におけるガスタービン関連研究	12	46	23
			鈴 木 邦 男
名古屋工業技術所におけるセラミックスの研究	12	49	56
			奥 田 博
大阪工業技術試験所でのニューセラミックス研究	12	48	61
			速 水 諒 三

九州工業技術試験所におけるファインセラミックス関連研究 …	小 林 和 夫	巻 13	号 49	頁 74
航空宇宙技術研究所角田支所における ロケットエンジンの研究 ……………	鈴木 木田 昭 夫	14	55	74
東芝 重電技術研究所 ……………	鈴木 木田 昭 夫	14	56	59
東京電力技術研究所 ……………	鈴木 木田 昭 夫	15	57	90
日立製作所におけるガスタービンの研究開発について ……	黒 田 倫 夫	15	58	11
京セラ㈱総合研究所 ……………	黒 田 倫 夫	15	59	129
中部電力㈱総合技術研究所 ……………	木 村 俊 壽	15	60	92
☆ニュース・見聞記☆				
ASME Phoenix 大会 航空用ガスタービン ……………	飯 島 孝 孝	11	41	66
自動車用ガスタービン開発—外から見た日本— ……………	岩 井 益 美	11	41	69
産業用ガスタービン ……………	三 階 春 夫	11	41	70
1984 ASME 国際ガスタービン会議アムステルダム大会				
1. アムステルダム大会に参加して ……………	渡 部 一 郎	12	46	27
2. 航空用ガスタービン及び航空転用ガスタービン ……………	飯 島 孝 孝	12	46	28
3. セラミックス関係の発表論文 ……………	松 本 正 勝	12	46	31
4. 産業用ガスタービン ……………	手島清美・荒井正志	12	46	32
5. ターボ機械の内部流れ ……………	妹 尾 泰 利	12	46	35
6. 伝 熱 ……………	川 池 和 彦	12	46	38
7. 燃料及び燃焼関係 ……………	森 建 二 夫	12	46	39
8. 構造および振動関係 ……………	近 田 哲 夫	12	46	40
9. 展 示 ……………	高 木 圭 二	12	46	42
1985 ASME 国際ガスタービン会議ヒューストン大会				
1. ヒューストン大会に参加して ……………	渡 部 一 郎	13	50	36
2. 航空用ガスタービンおよび航空転用ガスタービン ……	村 島 完 治	13	50	38
3. セラミックス関係 ……………	松 木 正 勝	13	50	40
4. 産業用ガスタービン (含むコージェネレーション) ……	中 田 浩 治	13	50	44
5. 燃料及び燃焼関係 ……………	村 島 完 治	13	50	45
6. 伝熱関係 ……………	武 石 賢 一 郎	13	50	47
7. 小形ガスタービン ……………	北 野 正 夫	13	50	49
8. 材料と製造技術 ……………	松 木 正 勝	13	50	51
9. 構造及び振動関係 ……………	梅村 直・神吉 博	13	50	52
10. ターボ機械の性能と内部流れ ……………	佐近淑郎			
11. 展 示 ……………	井 上 雅 弘	13	50	54
1986 ASME 国際ガスタービン会議デュッセルドルフ大会	寺 西 光 夫	13	50	56
1. デュッセルドルフ大会に参加して ……………	渡 部 一 郎	14	54	29
2. 航空用及び転用型ガスタービン ……………	今 井 兼 一 郎	14	54	31
3. セラミックス関係 ……………	松木正勝・宮田秀典	14	54	33
4. 産業用ガスタービン (含むコージェネレーション) ……	今 井 鉄 夫	14	54	34
5. 燃料および燃焼関係 ……………	木 村 武 清	14	54	36
6. 伝熱関係 ……………	黒 田 倫 夫	14	54	37
7. 小型ガスタービン ……………	佐々木 正 史	14	54	39
8. 材料と製造技術 ……………	森 本 庄 吾	14	54	41
9. 構造及び振動関係 ……………	柏原康成・梅沢貞夫	14	54	42
10. ターボ機械の性能と内部流れ ……………	佐藤一男			
11. 展 示 ……………	青 木 素 直	14	54	44
1987 ASME 国際ガスタービン会議アナハイム大会	高 木 俊 幸	14	54	46
1. アナハイム大会に参加して ……………	今 井 兼 一 郎	15	58	14
2. 航空用及び転用型ガスタービン ……………	八 島 聡 男	15	58	16
3. セラミックス関係 ……………	内 田 和 男	15	58	18

			巻	号	頁
4. 産業用ガスタービン	今 井	鉄	15	58	20
5. 燃料及び燃焼関係	古 屋	富 明	15	58	22
6. 伝熱関係	武 石	賢 一 郎	15	58	25
7. 小型ガスタービン	岩 井	益 美	15	58	27
8. 材料・製造技術	荒 井	正 志	15	58	28
9. 構造及び振動関係	青 野	比 良 夫	15	58	30
10. ターボ機械の性能と流れ	青 木	素 直	15	58	32
11. 展 示	安 井	元	15	58	34
1985 ASME 国際ガスタービンシンポジウム北京大会					
1.1 1985 Beijing Intenational Gas Turbine Symposium and Exposition の印象	松 木	正 勝	13	51	47
1.2 中国・北京大会に参加して	谷村輝治・大槻幸雄		13	51	48
2. 電力及び産業用ガスタービン (含む Cogeneration) ...	安 井	元	13	51	49
3. 航空用ガスタービン関係 (含航空転用型ガスタービン) ...	今 井	兼 一 郎	13	51	51
4. ターボマシナリー関係 (含数値解析)	児 玉	秀 和	13	51	54
5. 燃焼, 燃料関係	曾 根	泰 幸	13	51	55
6. ガスタービン材料の金属・セラミック及びコーティング ...	安 部	浄	13	51	56
第6回エア・ブリージング・エンジン国際シンポジウムに参加して	松木正勝・佐々木誠		11	42	46
第7回エアブリージングエンジン国際シンポジウム (ISABE)	難波昌伸・渡辺 猛		13	51	42
第8回 ISABE シンポジウムについて					
1. 空力関係	難 波	昌 伸	15	58	37
2. 燃焼器・ラム/スクラムジェット	藤 秀	美	15	58	38
3. 招待講演と見学会	松 木	正 勝	15	58	40
第1回エンジン用セラミックス部品国際シンポジウム	小 峰	厚 友	11	43	69
DOE 契約者会議とセラミックガスタービン	和 田	重 孝	11	44	43
第22回 D.O.E 会議に参加して	西 山	利 彦	12	48	65
第20回 AIAA/SAE/ASME Joint Propulsion Conference に出席して	玉 木	貞 一	12	47	59
第21回 AIAA/SAE/ASME Joint Propulsion Conference ...	玉木貞一・藤 秀美		13	51	36
第22回 AIAA/SAE/ASME Joint Propulsion Conference ...	玉木貞一・佐藤幸徳		14	56	61
第23回 AIAA/SAE/ASME Joint Propulsion Conference ...	中 村	良 也	15	59	134
特別講座を終えて	遠 藤	征 紀	12	44	46
第13回ガスタービン定期講演会を終えて	葉 山	眞 治	13	50	67
見学会を終えて	野 村	雅 宣	13	50	68
第2回ガスタービン特別講座を終えて	筒 井	康 賢	13	51	68
帝人製機見学会を終えて	沢 田	昭 夫	13	51	69
ガスタービン秋季大会鹿児島地区講演会を終えて	有 賀	一 郎	13	51	70
GTSJ シンポジウムを終えて	遠 藤	征 紀	13	51	72
マンチェスター大学に留学して	吉 識	晴 夫	13	52	43
コージェネレーションシンポジウム'85に参加して	野田廣太郎・吉原尚人		13	52	46
ガスタービンセミナ (第14回を終えて)	遠 藤	征 紀	13	52	89
東北電力・東新潟火力発電所見学会を終えて	大 槻	幸 雄	14	53	84
フォン・カルマン流体力学研究所	高 田	浩 之	14	54	26
東京電力 富津火力発電所見学会を終えて	山 本	一	14	54	64
第14回ガスタービン定期講演会を終えて	葉 山	眞 治	14	54	67
1990 年代の姿をそこに見た					
—— ファンボロ・エアショー1986 ——のぞきある記			14		
第3回ガスタービン特別講座を終えて	土 屋	利 明	14	55	94
1986 GTSJ シンポジウムを終えて	吉 田	豊 明	14	55	96
三菱重工高砂製作所見学会を終えて	浜 田	義 次	14	55	97
第2回ガスタービン秋季講演会・見学会(広島)を終えて ...	有 賀	一 郎	14	56	76

		巻	号	頁
ガスタービンセミナー(第15回)を終えて	土 屋 利 明	14	55	78
東京都清掃局分別ごみ処理センター見学会を終えて	森 棟 隆 昭	14	56	80
セラミックガスタービンを尋ねて	渡 辺 潔	15	57	92
高効率ガスタービンパイロットプラント見学会を終えて ..	和 田 正 倫	15	57	126
CIMACに参加して	今 井 鉄	15	57	42
小西六写真工場 日野工場見学会を終えて	土 屋 利 明	15	58	56
第4回ターボ機械における空力弾性シンポジウム(アーヘン) ..	永野 進・谷田好通	15	59	132
1986 ASME COGEN-TURBO 国際会議	青 木 千 明	15	60	94
川重明石工場の見学会を終えて	浜 田 義 次	15	60	123
ガスタービンセミナー(第16回)を終えて	新 莊 良 一	15	60	125

☆新製品・新設備紹介☆

新潟-CNT2000E型2000KVA2機1軸ガスタービン

発電装置	猪 木 恒 夫	11	41	72
高圧燃焼試験装置	田 丸 卓	11	41	76
高温高速回転試験装置(HTDU)	手島清美・青木素直 福江一郎	11	42	51
流動層式熱疲労試験機	山崎道夫・川崎要造	11	42	55
ヤンマーAT-600形ガスタービン	浜 田 義 次	11	44	48
KOBELCO GT1 ガスタービン	中 野 信 雄	12	46	48
日産 N-1型ターボチャージャ	住 泰 夫	12	46	51
三井SB120 ガスタービン	鈴木 孝・北島秀昭 楠 房雄	12	47	63
バリアブル・ジェオメトリー・ターボ過給機	松 良 悦 正	12	47	66
2段過給小型高速ディゼルエンジンの紹介 (小松製作所における開発例)	佐々木 洋 介	12	48	69
ダイハツTS-01(A)形ガスタービン	長谷川好道・中西謙一	12	48	74
日産, N-1型セラミックターボチャージ	渡 辺 亜 夫	13	52	49
IHI-RHB5型ボールベアリング・ターボチャージャ	宮 下 和 也	14	54	49
ヤンマーAT2000形ガスタービン	浜 田 義 次	14	56	67
小型高性能ガスタービンMF-111	福 江 一 郎	14	56	71
富津コンバインドサイクル発電プラント	小 島 民 生	15	57	97
三井SB30D ガスタービン	坪 井 俊 雄	15	58	45

☆資 料☆

1982年ガスタービン生産統計	統計作成委員会	11	41	79
1983年ガスタービン生産統計	統計作成委員会	11	45	76
1984年ガスタービン及び過給機生産統計	統計作成委員会	13	49	79
1985年ガスタービン及び過給機生産統計	統計作成委員会	14	53	86
1986年ガスタービン及び過給機生産統計	統計作成委員会	15	57	101
「30th International Gas Turbine Conference & Exhibit」論文リスト		13	50	59
「31th International Gas Turbine Conference & Exhibit」論文リスト		14	54	52
「32ND ASME INT. GT CONF. AND EXHIBIT」論文リスト		15	57	107
1985 ASME 国際ガスタービンシンポジウム北京大会 論文リスト		13	51	62
第7回エアブリージングエンジン国際シンポジウム 論文リスト		13	51	59
「第22回 AIAA/SAE/ASME/ASEE Joint Propulsion Conference」 June 16~18, 1986 論文リスト(ガスタービン関係)		14	55	85
「第23回 AIAA/SAE/ASME/ASEE Joint propulsion Conference」論文リスト ..		15	58	47
ガスタービン用作動流体の熱物性に関する 資料の収集(その3)	調査研究委員会	13	52	51
ガスタービン用作動流体の熱力学的性質を表わす 計算式とその用法	調査研究委員会	13	52	55
空気のエンタルピー-相対圧力線図	調査研究委員会	13	52	63

	巻	号	頁
固定型内燃機関にかかわる大気汚染防止法施行令	15	60	98
日本学術会議第13期活動計画	13	51	57
日本学術会議だよりNo. 3	14	55	83
日本学術会議だよりNo. 4	14	56	74
日本学術会議だよりNo. 5	15	57	117
日本学術会議だよりNo. 6	15	58	54
日本学術会議だよりNo. 7	15	59	137
日本学術会議だよりNo. 8	15	60	136

☆報 告☆

(社)日本ガスタービン学会	評議員会・総会報告	11	41	83
(社)日本ガスタービン学会	評議員会・総会報告	11	45	80
(社)日本ガスタービン学会	評議員会・総会報告	13	49	85
(社)日本ガスタービン学会	評議員会・総会報告	14	53	92
(社)日本ガスタービン学会	評議員会・総会報告	15	57	119
国際ガスタービン会議を終って	水 町 長 生	11	43	5
1983年国際ガスタービン会議東京大会報告	田中英穂・有賀一郎	14	43	8
1983年国際東京ガスタービン機器展 展示報告	秋 葉 雅 史	11	43	14
東京大会の感想	沢田昭夫・佐野妙子	11	43	18
	蓑田光弘・宇治茂一			
	久芳俊一・内田晴記			
	福田雅文・武石賢一郎			
「国際会議・パネル討論会」に出席して(寄書)	高 木 圭 二	11	43	23
1987年国際ガスタービン会議東京大会を終わって	松 木 正 勝	15	59	139
1987年国際ガスタービン会議東京大会を終了して	有 賀 一 郎	15	60	100
論文	高 田 浩 之	15	60	104
展示	鈴木昭次・宮内淳二	15	60	108
	高木圭二・吉田豊明			
パネル討論	秋 葉 雅 史	15	60	113
東京大会の感想	塙吉之助・北島秀昭	15	60	117
	持田尚毅・犬飼保夫			
	宮地敏雄・喜田 新			
	小林 隆・水木新平			
	井上雅弘・三宅 裕			

☆短 信☆

三菱重工業㈱長崎造船所「史料館」	14	55	99
圧力比20:1のタービンエンジンデモンストレータ	15	58	59

☆投 稿☆

カーリーナサイクルによるガスタービン発電プラント効率の改善 ...	Stephen D. Lisse	14	55	89
-----------------------------------	------------------	----	----	----

☆そ の 他☆

(社)日本ガスタービン学会	名誉会員の紹介		11	41	
(社)日本ガスタービン学会	名誉会員の紹介		12	45	
(社)日本ガスタービン学会	名誉会員の紹介		13	49	
(社)日本ガスタービン学会	名誉会員の紹介		14	53	
(社)日本ガスタービン学会	名誉会員の紹介		15	57	
日本ガスタービン学会賞（昭和59年度）報告	田 中 英 穂		11	45	2
論文賞					
1. 「エントロピー生成」によるガスタービン翼の					
冷却方式の評価	中山 恒・鳥居卓爾		11	45	2
	池川昌弘				

	巻	号	頁
2. Reheat Gas Turbine with Hydrogen Combustion between Blade Rows	菅 進・森下輝夫 平岡克英	11 45	3
3. Fully-Three Dimensional Flow Field Analysis through Turbine Stages-Comparison Between Computation and Experiments	小林 正・鈴木篤英 荒木達雄・岡本安夫	11 45	3
4. Aerodynamic Characteristics of an Airfoil Oscilling in Transonic Flow between Parallel Walls	白鳥敏正・谷田好通	11 45	4
5. Slipping Behavior and Fretting Fatigue in the Disk/Blade Dovetail Region	服部敏雄・坂田荘司	11 45	4
技 術 賞			
1. 発電用 1000kVA ガスタービンの開発	永田有世・坂本雄二郎 須鎗 護・石上久之 木下史郎	11 45	5
2. 低貫性モーメント小型ターボ過給機の開発	住 泰夫・川崎 肇 河辺訓受・西口文雄 野口雅人	11 45	5
日本ガスタービン学会賞（第3回）報告	窪 田 雅 男	14 53	3
論 文 賞			
遷音速流れの中で振動する圧縮機環状翼列の非定常空力特性	小 林 紘	14 53	3
技 術 賞			
自動車用ターボチャージャーのタービンロータへの セラミックス適用技術の開発	山崎慎一・川崎 肇 渡辺亜夫・片山 薫 川瀬道彦	14 53	4
「学会誌編集規程」および「技術論文投稿規定」の改正について		13 52	92
「技術論文校閲基準」の新設について		13 52	92
日本ガスタービン学会賞内規		15 58	67

共 催

「第4回液体の微粒化に関する国際会議

日 時 昭和 63 年 8 月 22 日(月)～ 8 月 24 日(水)

会 場 ホテル仙台プラザ

詳細については(株)燃料協会事務局 (Tel 03-834-6457) へお問い合わせ下さい。

	巻	号	頁
2. Reheat Gas Turbine with Hydrogen Combustion between Blade Rows	菅 進・森下輝夫 平岡克英	11 45	3
3. Fully-Three Dimensional Flow Field Analysis through Turbine Stages-Comparison Between Computation and Experiments	小林 正・鈴木篤英 荒木達雄・岡本安夫	11 45	3
4. Aerodynamic Characteristics of an Airfoil Oscilling in Transonic Flow between Parallel Walls	白鳥敏正・谷田好通	11 45	4
5. Slipping Behavior and Fretting Fatigue in the Disk/Blade Dovetail Region	服部敏雄・坂田荘司	11 45	4
技 術 賞			
1. 発電用 1000kVA ガスタービンの開発	永田有世・坂本雄二郎 須鎗 護・石上久之 木下史郎	11 45	5
2. 低貫性モーメント小型ターボ過給機の開発	住 泰夫・川崎 肇 河辺訓受・西口文雄 野口雅人	11 45	5
日本ガスタービン学会賞（第3回）報告	窪 田 雅 男	14 53	3
論 文 賞			
遷音速流れの中で振動する圧縮機環状翼列の非定常空力特性	小 林 紘	14 53	3
技 術 賞			
自動車用ターボチャージャーのタービンロータへの セラミックス適用技術の開発	山崎慎一・川崎 肇 渡辺亜夫・片山 薫 川瀬道彦	14 53	4
「学会誌編集規程」および「技術論文投稿規定」の改正について		13 52	92
「技術論文校閲基準」の新設について		13 52	92
日本ガスタービン学会賞内規		15 58	67

共 催

「第4回液体の微粒化に関する国際会議

日 時 昭和 63 年 8 月 22 日(月)～ 8 月 24 日(水)

会 場 ホテル仙台プラザ

詳細については(株)燃料協会事務局 (Tel 03-834-6457) へお問い合わせ下さい。

公開講演会開催さる

昭和63年2月 日本学術会議広報委員会

日本学術会議では、学術の成果を広く国民生活に反映浸透させるという日本学術会議法の主旨に沿うため、公開講演会を開催していますが、今回の「日本学術会議だより」では、昨年11月に開催した2つの公開講演会の講演内容を中心として、本会議の国際的活動の概要等についてお知らせします。

公開講演会「ハイテクと人類の将来」

昭和62年度第1回目の公開講演会は、「ハイテクと人類の将来」という主題の基に、11月21日、京都市の日本イタリア京都館ホールで開催された。

最初に、近藤次郎本会議会長（経営工学）が、「誰が科学の進歩を止められるか—心臓移植からSDIまで—」と題して、まず、人口の増加によって示される人類の発展が科学の発展に支えられてきたことをあげた。一方では、日航機の墜落事故、TMIやチェルノブイリの原発事故、スペースシャトル爆発事故などにより多くの人命が失われたことを述べた。心臓移植などの生命科学の進歩が高度医療技術の倫理問題に関心を集め、SDI構想が宇宙の平和利用に新しい問題を提起しているなどを指摘した。そして、これらの科学・技術の発達には、人文・社会科学と自然科学の調和を図ることが大切であることを強調した。

次いで、関寛治本会議第2部会員（政治学、立命館大学教授）は、「ハイテク時代の学術ネットワークと平和の条件」と題して、新しい先端的な科学技術が実際に応用可能となってきたことに伴い、ハイテクを駆使したC&Cというネットワークが世界的に可能となり、複雑なネットワークから成る世界政治の構造に大きな変化をもたらしつつあることを指摘した。そして、このような状況を踏まえて、国家という壁を解決していかなければならないこと、そのためには、トロン的発想のコンピュータシステムを基礎として学術情報システムのより自由な地球規模の再編成を行えるようにすること、人間間ネットワークの高次化による国の外交政策の在り方の再検討をすることも重要であることを強調した。

最後に、島袋嘉昌本会議第3部会員（経営学、東洋大学教授）は、「人間と高度科学技術との調和」と題して、「高度科学技術の粋を集めた航空機」の事故を取り上げて、その大部分は人為ミスであることを指摘し、このような事故は、人間と高度科学技術の接点で、何らかのそごが生じて起きるものであることを指摘した。そして、現在人間と高度科学技術とをいかにマネージしていくかについて、十分な科学的分析と管理的配慮がなされていない。その最大の問題点は生命尊厳を基にした経営哲学の欠落であると指摘した上で、人間と高度科学技術との調和を可能にする総合科学の重要性を強調した。

公開講演会「情報化と国際化」

昭和62年度第2回目の公開講演会「情報化と国際化」が、11月28日、本会議講堂で開催され、各界各層より多数が聴講し、成功裡に終了した。

講演は、3人の演者による講演とそれに関連する質疑応答が行われた。

まず最初に、猪瀬博本会議第5部会員（情報工学、学術情報センター所長）が「情報技術と国際化」と題して、情報技術の急速な発展にふれ、歴史上未曾有の規模で産業構造転換を促し、世界の人々に革命的ともいえる意思疎通の手段を提供した情報技術は、また一方で情報の氾濫を引き起こし、貿易摩擦、雇用不安、情報の地域間格差、文化の画一化など多様な国際問題を発生させてもいると指摘した。コミュニケーションは、情報提供者と情報の受け手とのバランスが何より不可欠であるとし、それらを1) 情報流通の問題、2) 先端技術開発の問題、3) 雇用の問題、4) 文化の問題に分類し、スライドを交えて意見を述べた。

次に、竹内啓第3部会員（経済統計学、東京大学教授）が「情報化時代の国際政治・経済」と題して、国際的な情報流通を取り上げ、ますます大量にかつ急速に行われるようになる、その影響として経済・文化等が国際化から世界化・地球化（グローバル化）される傾向にある今日、一方では政治における国家主義、民族主義との矛盾が激化するであろうと指摘した。これからの国際的力関係は、情報力の量が大きく関係してくると思えられると意見を述べた。情報化は世界を一つにする基盤を与えることができるが、それには各国の協調が不可欠の条件であるとし、21世紀中頃には国境・国籍を意識しない望ましい時代がくるようになるかもしれない、と結んだ。

最後に、宇野政雄第3部会員（商学、早稲田大学教授）が、「企業の情報化と国際化」と題して、企業も個人と同様に真剣に情報化と国際化について考え、生き残るために取り組んでいることを、身近なコンビニエンス・ストアやクレジット（信販）会社を例にとり、具体的にわかりやすく解説した。昨今C. I.（コーポレートアイデンティティ）戦略が企業の経営戦略としてクローズアップされているが、どういった情報（ハード）を、どのように活用（ソフト）するのか、一番の課題であると力説した。

（なお、これらの講演会の講演内容は、日学双書として、財団法人日本学術協力財団から出版されます。）

二 国 間 学 術 交 流

本会議は、諸外国における学術研究の動向及び現状を把握するとともに、学術研究に関する基本的、全般的事項について相手国の科学者等と意見を交換することにより、我が国の学術研究の総合的な発展に寄与することを目的として、昭和58年度から毎年2か国へ代表団を派遣している。今までに、アメリカ合衆国、マレーシア、ドイツ連邦共和国、インドネシア共和国、スウェーデン王国、タイ王国、フランス共和国、大韓民国へ派遣したが、今年度は、11月7日から15日まで連合王国へ、12月1日から5日までシンガポール共和国へ、それぞれ会長または副会長以下7名の会員を派遣した。

日本学術会議第13期は、「学術研究の国際性重視と国際的視野の確立」をその活動の重要な柱の一つとしており、今回もその観点から交流を行った。

連合王国については、「連合王国の経済停滞とその対策」「産業革命以降の連合王国における基礎科学及び応用科学の発展」「日英のアカデミックな協力はどうかあるべきか」の三つのテーマについて、行政機関、研究所、大学等を訪問し、情報交換を行い、さらにその方面の科学者と意見交換会を行った。

シンガポールについては、「今後のアジア・太平洋圏の科学協力における日本の役割」をテーマに行政機関、研究所、大学等を訪問し、情報交換を行い、さらにその方面の科学者と意見交換会を行った。

今回の成果は、代表団訪問時だけのものではなく、訪問国との今後の継続的な交流、緊密な情報・資料の交換、日本学術会議と訪問国関係各諸機関との相互理解の促進・緊密化等の形で表れてくるものであり、これらの成果は、我が国の学術研究の国際交流・協力の基本姿勢及びその抜本的充実方策を検討する場合の大きな資料として役立つものと期待される。

日本学術会議の国際的活動

本会議は、先に述べた二国間学術交流のほか、次のような国際活動を行っている。

国際学術団体加入

本会議は、多くの国際学術団体に加入し、密接な協力を保ち、国際的な学術の発展に努めている。昭和62年度現在、本会議が分担金を支払って加入している国際学術団体は、国際学術連合会議 (ICSU)、国際社会科学団体連盟 (IFSSO) 等43団体である。

学術関係国際会議の開催、後援

わが国の多数の科学者が世界各国を代表する関係科学者と接し、最近の研究情報を交換し、わが国の科学の向上発達を図り、行政、産業および国民生活に科学を反映浸透させることを目的として、昭和28年以降毎年おおむね4件の学術関係国際会議を学・協会と共同主催している。昭和62年度は、1) 第6回ケムロン世界会議、2) 第18回低温物理学国際会議、3) 法哲学・社会哲学国際学会連合第13回世界会議、4) 第6回国際会計教育会議の4つを共同主催し、昭和63年度は、1) 国際家族法学会第6回世界会議、2) 第9回世界地震工学会議、3) 第8回国際内分泌学会議、4) 第5回国際植物病理学会議の4つを共同主催することとしている。

以上の国際会議のほか、毎年15件前後の国際会議 (国内開催) を後援している。

代表派遣

世界各地で開催される学術関係国際会議にわが国の学術の状況を反映させ、さらに国際学術協力を寄与するため、

本会議から代表を派遣している。

国際協力事業

本会議は、国際学術連合会議 (ICSU) と世界気象機関 (WMO) が行う「気候変動国際研究計画」(WCRP) 等の国際共同・協力事業に協力するため、国内の実施計画の立案・調整を行うとともに関係研究者間の研究連絡、交流の促進を図っている。

学術文献収集

本会議は、国際学術団体及び各国の学術研究機関等から、継続的に約1900種の刊行物を受入れ、資料の有効利用を図っている。

生命科学と生命工学特別委員会中間報告

— 生命科学の研究と教育の推進方策について —

現在、生命科学に対する関心は社会全体に広がっており、生命科学の推進のためのいろいろな活動が国、民間、学界などそれぞれの立場で行われつつある。このような時に、生命科学と生命工学特別委員会としては、広い視野に立って学問分野を横断的にとらえて、生命科学の推進方策について以下要約のごとき具体的提言を行い、各方面の意見を聴取することは非常に重要であり、時機を得たものであると考える。

〔要約〕

広い視野から生命科学の研究と教育の推進の方策を討議し、提案し、時に応じて企画、実行する組織として、生命科学研究教育推進会議 (仮称) を設置すること。そして、この会議の事業の一つとして、まず生命科学研修コース開催のための機構をつくり、各種の研修コースを実施することが緊急に必要である。

登録学術研究団体等との連絡協議会

本会議は、本会議活動の周知を図り、学術研究団体との連絡・協力関係を維持・強化するための活動の一環である登録学術研究団体等との連絡協議会の第2回目を、12月7日に、東日本の団体を対象にして本会議講堂で、12月11日に、西日本の団体を対象にして大阪ガーデンパレスで、それぞれ開催した。

今回の連絡協議会では、最初に、近藤次郎会長から、本会議の職務・権限や組織・構成などの説明の後、最近の活動として、去る10月の第103回総会で採択された勧告等の内容紹介などが行われた。

続いて、事務局から、現在進められている第14期会員推薦手続について、特に近々各登録学術研究団体に依頼される予定の「会員の候補者」の選定と「推薦人 (予備者を含む)」の指名に関する届出の手続を中心に詳しい説明が行われた。この説明については、多くの出席者からその手続の詳細をただす質問が出された。

なお、出席者数は、12月7日は、339団体339名、12月11日は、58団体58名であった。

多数の学術研究団体の御協力により、「日本学術会議だより」を掲載していただくことができ、ありがとうございます。

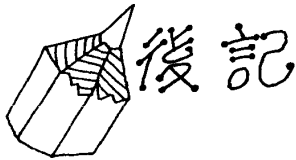
なお、御意見・お問い合わせ等がありましたら下記までお寄せください。

〒106 港区六本木7-22-34

日本学術会議広報委員会

(日本学術会議事務局庶務課)

電話 03 (403) 6291



後記

3月号の編集がこんなに期限が厳しい号とは知らず、初めたかをくもっていたのが災いし土壇場で苦しめられどうし、何とか期限に間に合っただけで済んだ所です。

今月号はコンバインド・コージェネレーションの特集を1987年国際ガスタービン会議東京大会の報告で誌面をうずめました。

我国のエネルギー政策が21世紀エネルギービジョンで示され、その中でコージェネレーションが効率的エネルギーの利用技術として認知され、研究開発も法制度もコージェネレーションの利用促進及び普及に向けて世の中が動いている最中でのコンバインド・コージェネレーションの特集は時宜を得た特集ではと一人悦に入っています。

今回のコンバインド・コージェネレーションの特集は前回よりも実績を増えて来ているので運転の実績を中

心に書いていただいておりますがこの趣旨が記事に現れていますかどうか心配な所です。

特に事業用コンバインドサイクルの現況と動向の記事は東京電力榑小島さん、中部電力榑中村さん、東北電力榑井上さんに執筆をお願いしましたが全体とりまとめは東京電力榑小林・相沢の両氏、中部電力榑大原氏、三菱重工榑杉山氏、日立製作所榑石野氏の計5名の合作で各担当の方々の並々ならぬご苦勞によるもので大変感謝しております。

国際会議の報告は従来よりも経過など記録性を高めた内容となっており、今後の国際会議開催の手引となる様参考資料として利用していただきたいと考えています。

終りに年度末でお忙しい所を快く執筆くださり又期限内に間合せていただいた著者の皆様に厚く御礼申し上げます。
(高木圭二)

〈事務局だより〉

今年も東京は暖かく、暮からお正月にかけてはポカポカ陽気でした。おかげで花粉も例年の5倍増とか、早くもショボショボ、グシュグシュやっています。

我がガスタービン学会も遅ればせながらOA化の波に乗り、手はじめに経理事務をパソコンで処理することにしました。業者のデモンストレーションでは、いとも簡単にポンポンとキーをたたき、伝票、帳簿の記入、計算がまたたく間でしたので、これは便利と感心、喜んだものでした。

ところが会計ソフトを実際動かすにあたっては、下準備として当学会の実情にあったコーディネーター、項目作りから追加・訂正と既製品を直さなくてはなりません。それが大変な作業で我々パソコンを扱いなれていないものにとっては、マニュアルなどないのも同じ。一週間程、他の仕事そっちのけで取りかかったのですが、遅々として事は運ばず。夢に出て来たのも一度や二度ではありませんでした。

最近では、どうやら日常の業務の伝票の入力が出来るところにまで、準備段階が進んだのですが、はたして3月末の決算まで軌道に乗るかどうか……。いえ乗せなければなりませんので、マニュアルと首っ引で、夢でうなされようが何をしようが、がんばろうと私達スタッフ誓い合っているのです。

経理関係だけではなく、会員の管理もパソコンでと総務委員会で討議され具体化されてきつつあります。しかしこれも事務局スタッフが簡単に取り扱えるプログラムソフトだといいいのですが、また今度は、夢に会員名簿が出て来るようになるのではないかと心配しています。これらが全て軌道に乗れば、今まで手作業で、時間をかけなくては出来なかったことが短時間に処理出来、かなり私達としても楽になるはずと思って楽しみにしています。

尚、12月中旬に事務局にFax (03-365-0387) が入りました。これらも大いに活用して少しでも事務の合理化が出来たらと新年度にむけて気持ちを新たにしています。

[A]

〈第 13 期通常総会のお知らせ〉

標記総会を下記により開催致します。ご多忙中とは存じますが、正会員の皆様のご出席をお願いします。

開 催 日 時：63 年 4 月 28 日（木）13：00～14：30

会 場：機械振興会館地下 2 階ホール

議 事：1) 昭和 62 年度事業報告の件
：2) 同 決算報告の件
：3) 昭和 63 年度役員選出の件
：4) 同 事業計画の件
：5) 同 予算の件
：6) 名誉会員推薦の件
：7) 学会費授与など

尚，総会終了後特別講演会，映画会を予定しております。

〈特別講演会・映画会のおしらせ〉

総会終了後，下記のスケジュールにて特別講演会と映画会を開催致します。

○特 別 講 演：14：45～15：45

窪田 雅男 氏（財機械振興協会）

○映 画 会：15：45～17：00

第1回見学会・技術懇談会のお知らせ

63年度第1回見学会と技術懇談会を下記の要領で開催致しますので参加要領をよくお読みの上、奮ってご参加下さい。

記

1. 日 時：昭和63年5月20日（金） 13：00～17：00
2. 見 学 先：財電力中央研究所 横須賀研究所
〒240-01 横須賀市長坂2-6-1 ☎0468-56-2121
3. 技術懇談会：阿部 俊夫 氏（横須賀研究所エネルギー部燃焼技術研究室長）
4. スケジュール：13：00 JR 横須賀線逗子駅改札口集合（直通バスを運行いたします）
13：30 電力中央研究所 横須賀研究所（第3・4会議室）到着
13：30～14：00 電力中央研究所 横須賀研究所の概要説明
14：00～15：30 主要研究設備見学
①石炭ガス化炉 ②乾式クリーンアップ設備 ③石炭燃焼炉
④ガスタービン実験設備 ⑤セラミックガスタービン実験設備
⑥燃料電池実験設備
15：30～16：30 技術懇談会
17：00 JR 逗子駅解散
5. 交通の便：JR 横須賀線逗子駅改札口に13：00に集合してください。直行バスで横須賀研究所までご案内いたします。
集合時間に間に合わない場合
①タクシーで約25分（料金は約2,800円です）
②JR 逗子駅前の④番バスのりばより、「長井行」・「横須賀市民病院行」又は、林経由「横須賀行」にご乗車ください。約30分で『鹿島』停留所にて下車してください。停留所の前が横須賀研究所です。
6. 参加要領：
 - (1) 定員50名（申込超過の場合は抽選、応募者全員にご連絡致します）
 - (2) 参加ご希望の方は往復ハガキにて「電中研見学」と書き、所属・連絡先住所（返信用ハガキにも）・氏名・TEL.を明記の上、下記事務所へお申し込み下さい。記載不備の場合は受け付けかねますのでご注意下さい。（〆切昭和63年4月28日（木）消印有効）
 - (3) 参加費3,000円（バス代含む）
〒160 新宿区西新宿7-5-13 第3工新ビル402
㈱日本ガスタービン学会 TEL.03-365-0095

第16回ガスタービン定期講演会

共 催 (社)日本ガスタービン学会 (社)日本機械学会
 日 時 昭和63年6月3日(金) 9:30~16:45
 会 場 機械振興会館 地下3階研修1, 2号室
 東京都港区芝公園3-5-8 東京タワー前
 TEL 434-8211
 地下鉄日比谷線 神谷町駅下車, 徒歩5分
 次 第 (講演時間20分, 討論5分 ※印講演者)

※印: 講演者 発表者の所属が講演者と同じ場合, 記載を省略しました。

第1室(研修1号室)		第2室(研修2号室)	
9:30	座長 武藤 実(川崎重工) A-1 石炭ガス化低カロリー燃料の基礎燃焼特性 ※中田俊彦(電中研), 佐藤幹夫, 二宮 徹, 山内浩二 A-2 石炭ガス化用ガスタービン燃焼器の低NOx燃焼法に関する研究 第1報 基本型燃焼器の特性 ※佐藤幹夫(電中研), 阿部俊夫, 二宮 徹, 中田俊彦 檜佐彰一, (以下東芝), 芳根俊行, 山田正彦 石炭ガス化用ガスタービン燃焼器の低NOx燃焼法に関する研究 A-3 第2報 基本型燃焼器によるRich-lean燃焼法 佐藤幹夫, 阿部俊夫, 深沢 衛, 石川 浩(以上電中研) 檜佐彰一, ※芳根俊行(東芝), 山田正彦 休 憩 A-4 低酸素再燃燃焼器の研究 山田秀志, 下平一雄, ※堀内正司(航技研) 10:45 10:55 A-5 高負荷なガスタービン燃焼器の設計手法 ※田丸 卓(航技研), 下平一雄	9:30	座長 岩井 益美(トヨタ自動車) B-1 遷音速タービン翼列性能実験とN-S解析 箕田光弘, 田村敦宏, 菊池一雄, 山崎紀雄(以上航技研) 田中厚成, ※園田豊隆(石川島播磨重工), 岡田 暁, 山田展生 B-2 ガスタービン翼列の三次元乱流解析とその検証 佐藤友彦(三菱重工), 青木素直, ※森 秀隆 B-3 ケーシング・トリートメントの失速マージン改善機構に関する研究 (第2報 翼列出口及び翼間における全圧分布の計測結果と考察) ※細田光昭(東大院), 高田浩之(東大工) 10:45 休 憩 10:55 B-4 遠心羽根車の簡単な性能予測法 (とくにレイノルズ数およびマッハ数の効果について) ※水木新平(法政大) B-5 可変流量ラジアルタービンの研究(第2報) ※仲野 悟(日本工大院), 渡辺高幸, 松木正勝(以上日本工大) 11:45
13:20	《特別講演》		
14:20	座長 森下 輝夫(船研) スペースプレーンとその推進システム 能瀬弘幸(航空宇宙技術研究所)		
14:30	座長 大山 耕一(航技研) A-6 反応焼結SiC製燃焼器ライナの開発と問題点 ※佐々木正史(日産中研), 伊藤高根, 牛島雄三 松尾康史(以下日特陶), 服部善恵 A-7 燃焼器用複合冷却構造の必要性と開発 ※万代重実(三菱重工), 辻 一郎, 青山邦明 A-8 輻射環境を積極的に制御した高温・高速場用温度プローブの試作研究 佐藤幸徳, ※米沢克夫(石川島播磨重工), 堀 守雄(東大工) 15:45 休 憩 15:55 A-9 ガスタービン翼背面の全面膜冷却に関する実験的研究 ※坂口勝次(同志社大), 吉川進三 A-10 端壁面冷却に及ぼす三次元流れの影響 青木素直(三菱重工), ※武石賢一郎, 松浦正昭 16:45	14:30	座長 村島 完治(石川島播磨重工) B-6 CT法によるタービン冷却翼断面図の画像再構築技術について ※吉田豊明(航技研), 山口一郎(富士通), 山田雅之(青山学院学) B-7 再燃ターボファンエンジン用FADEC(JEC-11) ※高原雄児(防衛庁3研), 鎌山絵太, 山根秀公, 菊池秀勝 B-8 ファンエンジンの空中再始動特性 ※森田光男(航技研), 佐々木誠, 鷲谷義正(石川島播磨重工) 15:45 休 憩 15:55 B-9 低G飛行条件下におけるジェットエンジン・オイルシステムの作動 森田光雄, ※佐々木誠(航技研), 中山 晋, 関根静雄 板原寛治(石川島播磨重工), 植田晴臣(三菱重工) B-10 16:45

《参加登録について》

事前登録締切 5月6日(金)

- 参加登録費 事前登録 4,500円(学生会員2,000円)
当日登録 5,500円(学生会員2,000円)
会 員 外 11,000円
- 事前登録の方法 葉書に「第16回ガスタービン定期講演会申込」と標記し, (1)氏名(2)所属学会(3)会員資格(4)勤務先(5)連絡先(6)送金方法及送金予定日を記入して, 下記あてにお送り下さい。なお, 著者も参加登録をお願いします。
- 事前登録先 〒160 東京都新宿区西新宿7-5-13 第3工新ビル402
(社)日本ガスタービン学会
- 送金方法 次のいずれかをご利用下さい。なお, 銀行振込の場合は, 送金時にその旨事務局宛ご連絡下さい。
 - ・現金書留
 - ・郵便振替(東京7-179578, 社団法人日本ガスタービン学会)
 - ・銀行振込(第一勧業銀行西新宿支店①No.067-1703707, 社団法人日本ガスタービン学会)
- 講演論文集配布
5月6日(金)までに入金の方には事前にご送付します。その他の方には当日会場にてお渡しします。
なお, 当日会場でも, 入会申し込み, 参加登録を受け付けます。準備の都合上, なるべく5月6日までにお申し込み下さい。

《懇親会案内》

第16回定期講演会終了後, 会員各位の親睦をはかり, ご懇談いただくため下記のような懇親会を開催いたしますことになりました。お誘いあわせの上お気軽にご参加下さい。
 日 時 昭和63年6月3日(金) 17:15~19:00
 会 場 機械振興会館 6階67号室
 参加費 無料(登録者に限る)

著作権の学会帰属について

著作権とは

著作権は著作物を利用して利益をえる財産権で、ひろく文芸、学術、美術、音楽を対象としたかなり広いものであります。学会に関連したものとしては、次の三つの権利が重要と考えられます。著作物を複製する権利（複製権）、著作物を翻訳または翻案する権利（翻訳権、翻案権）、二次的著作物の著作者が所有する権利と同一の種類の権利（二次的著作物利用権）です。

これらの権利は、特別の場合を除き著作者の許可なしに著作物が利用されないように法律で保護されています。著作権は他人に譲渡することもでき、複製権の一部として「出版権」を設定し、著作物を出版物として刊行させることができます。会誌を始め学会が発行する出版物に対して学会は、編集にかかわる権利は持っていますが、著作物そのものに対しては著作者から委譲を受けない限り著作権を持っていません。

学会帰属がなぜ必要か

情報化時代といわれる今日、学会の刊行物の引用、転載、翻訳、翻案や複写などの許諾依頼が多くなっています。また学会内外のデータベースに情報を提供する必要が生じています。こうした場合、いちいち許諾を著作者に求めているのでは手間がかかり現実的ではありません。そのほかに科学技術情報サービスの国際化に対応して、著作権法に反することなく著作物の複写などの利用を円滑に行なうため、「著作権の集中的処理機構」が西ドイツ、アメリカ、イギリスなど多くの欧米先進国で設置されています。わが国でも同様な機構の設立の準備が進められており、学協会に協力の呼掛けがきております。

そこで著作権を著作者にかわって保護しながら著作物を有効に利用してゆくために、また先の機構が有効に機能するためにも、著作権の学会への委譲がなされ合理的な運用が図られることが強く求められています。すでに物理学会や機械学会などわが国の多くの学協会は「著作権の学会帰属」を採用しています。

著作権の学会帰属（委譲）の方法

本学会でもこうした情勢に鑑み、著作権益保護と学会刊行物の積極的な利用を図るため、学会が著作者から著作権の委譲を受けることが望ましいと判断しました。他学会の例などを参考にして次に掲げる方法で運営して行きたいと考えております。

来る4月の評議員会の議を経て学会細則に次の規定を設ける予定です。

「会誌及び本会発行のその他の刊行物に掲載される記事、論文などの著作権は原則として本会に帰属する。」（第16条の2）

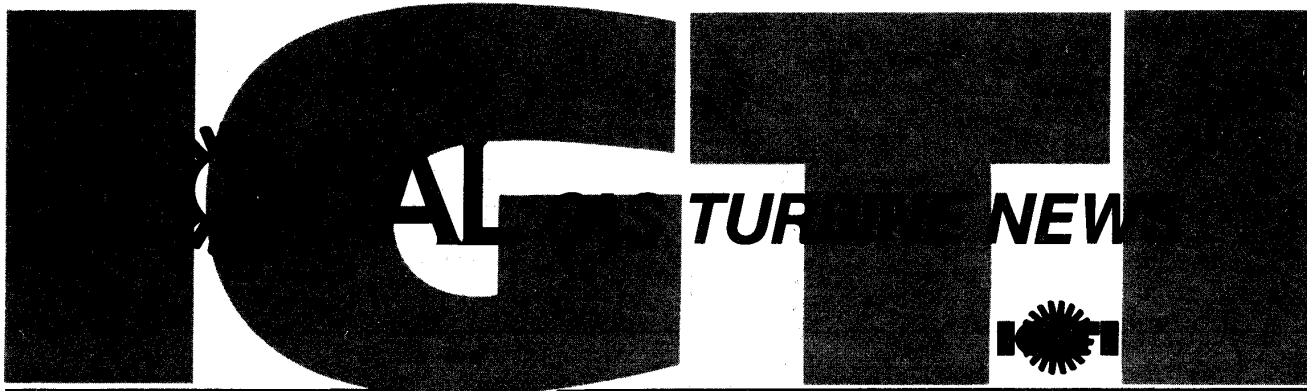
具体的には当面、つぎの内規にしたがって処理する予定です。

「1. 本会発行の著作物（学会名を冠して発行したすべての著作物）に掲載された記事、論文などの著作権（複製権、翻訳・翻案権、二次著作物の利用権）は原則として本会に帰属し、第三者からその複製、転載などに関する許諾の要請があり、本会において必要と認めた場合には、著作者に代わってこれを許諾することができる。

2. 著作者自身が自ら書いた記事、論文などの全文または一部を複製、翻訳、翻案などの形で利用する場合、本会は原則としてこれを妨げない。ただし著作者自身であっても、その全文をそのまま複製の形で他の著作物に利用する場合には、事前に文書で本会に申し出て許諾を求めなければならない。

3. 本内規は昭和63年4月28日以降に受け付けた原稿より適用する。既刊のものについても上記に準じた取扱いをする。

会員各位のご理解とご協力をお願いいたします。

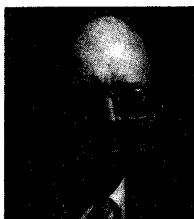


DECEMBER 1987

International Gas Turbine Institute

Circulation This Issue: 33,000

Chairman
Walter F.
O'Brien



IGTI Past & Future Events

PAST LOCATIONS AND ATTENDANCE

1982	London.....	5,164
1983	Phoenix.....	4,306
1984	Amsterdam.....	5,387
1985	Houston.....	4,351
1985	Beijing, P.R.C.....	25,368
1986	Düsseldorf.....	4,408
1987	Anaheim.....	4,164
1987	Montreux, Switzerland.....	873

JUNE 5-9, 1988

Amsterdam, The Netherlands

33rd International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition
International Exhibition and Congressentrum RAI

AUG. 30-SEPT. 1, 1988

Montreux, Switzerland

1988 ASME COGEN-TURBO II International Symposium and Exposition
Montreux Convention and Exhibition Centre

JUNE 4-8, 1989

Toronto, Ontario, Canada

34th International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition
Metro Toronto Convention Centre

JUNE 10-14, 1990

Brussels, Belgium

35th International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition
Brussels International Conference and Exhibition Centre

IGTI Board Chairman Presents Status Report

In the last newsletter, I said that it was a privilege to serve as Chairman of our fine organization; if the idea is a bit old, it is certainly truly felt. In the message that follows, I'd like to discuss the background and the present state of the organization, the current plans and emphasis areas, and a bit about our future programs. If you have any comments or questions, please let me know.

The ASME International Gas Turbine Institute is in its second year of existence, having succeeded the previous ASME Gas Turbine Division by approval of the Board of Governors. If the transition appears less than dramatic, it was meant to be that way. The new status recognizes a condition in which the Institute has developed sufficient resources to carry out its exhibit and conference responsibilities with a dedicated staff, and is in a position to benefit from increased autonomy within the ASME structure. We qualify under this definition, and are presently one of three Institutes of the ASME.

The state of the Institute is, in a word, excellent. We are blessed by a dedicated (two meanings intended) staff under the leadership of Don Hill in our Atlanta office, and our affairs are in good order. Our resources are sufficient to meet the costs of developing the Annual Conference, and a second, smaller special-theme conference, on what is now to be a yearly basis. We are also able to fund a scholarship program through the ASME student sections at 60 universities which have gas turbine instruction in their programs, and to develop special educational programs. The "formula" of meetings with the twin strengths of an outstanding technical program and a product show has been good for us. In the areas which we cover, I think we can correctly claim to be the world forum for gas turbine technology.

We have always had a strong representation of aircraft gas turbine engineering in our technical program, but less in our exhibits. We

1987 ASME® COGEN-TURBO Outstanding Success IGTI to Continue Event in 1988

Engineers from thirty-seven countries met in Montreux, Switzerland from September 2-4 for the 1st COGEN-TURBO Symposium and Exposition sponsored by the ASME International Gas Turbine Institute. Beginning with the Welcoming Reception on Tuesday evening, and concluding with the plant tours on Friday afternoon, the event was a great success.

Deep appreciation is extended by the IGTI Board of Directors to the many volunteers, supporters, participants and exhibiting companies who worked so hard and effectively to make this outcome possible ... thanks to all of you.

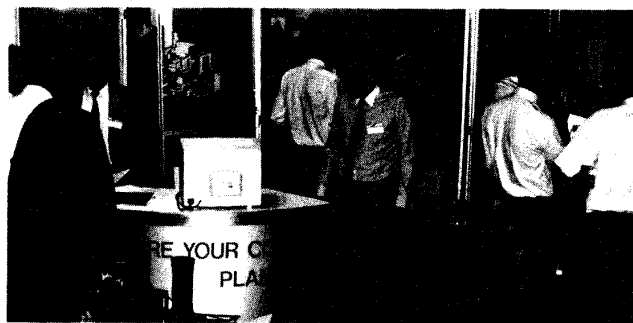
Opening the meeting on Wednesday morning, COGEN-TURBO attendees filled to capacity the auditorium of the Montreux Convention Centre on Lake Geneva to hear addresses from four outstanding keynote speakers. Eleven well-attended technical sessions focused on developments of energy-efficient

cogeneration systems and assessments of future opportunities for the industry. Receptions, one hosted by the IGTI Board of Directors in the Exhibit Hall on Wednesday evening, and another hosted by the Mayor of Montreux on Thursday evening, were a time to relax and get to know other participants better.

After reviewing information obtained during the symposium and exposition, we have compiled the following statistics:

- 873 persons registered
- 385 companies/organizations were represented
- 39 companies exhibited
- 37 countries were represented

Encouraged by the success of this first event, the 2nd ASME COGEN-TURBO Symposium and Exposition will be held August 30-September 1, 1988 in Montreux, Switzerland. A "Call for Papers" and other information concerning ASME COGEN-TURBO II are included elsewhere in this newsletter.



have moved to establish the fact that our annual meeting is the place for presentation of all gas turbine technologies by emphasizing the status and future of the aircraft gas turbine in the Amsterdam meeting program. The technology of all gas turbines, stationary, vehicular, and aircraft, large and small, will be represented at the Conference.

The special conference on cogeneration, held in Montreux, Switzerland, in September of this year, was

such a success that we plan to hold a second "theme" conference in this gas turbine specialty area next year. I hope you will read the articles about the conference and the subject of cogeneration included in this issue of the newsletter.

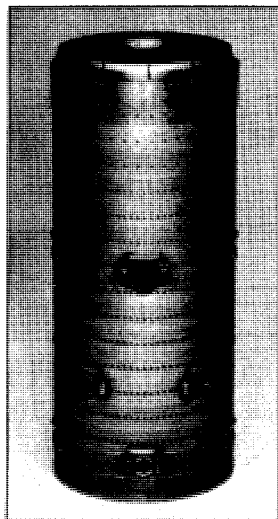
While on the subject of international ... continued on page 8



The American Society of
Mechanical Engineers

HAYNES® Alloy No. 230

Is the latest nickel-base alloy from the same people who invented HASTELLOY® alloy X and HAYNES alloy No. 188. It has unequalled strength, stability and oxidation resistance and is the ideal material for critical gas turbine engine components such as combustors, transition liners, ducts, seals, casings, thermocouple tubes/MI cables, and many other fabricated stationary components, for use up to 2200 deg. F.



HAYNES
International

1020 West Park Avenue
Post Office Box 9013
Kokomo, Indiana 46902-9013
317-456-6223

HAYNES and HASTELLOY are registered trademarks of Haynes International, Inc.



Incoming Member, IGTI Board of Directors Profile: T.H. Okiishi

Ted Okiishi, Professor of Mechanical Engineering at Iowa State University, Ames, Iowa, is the 1987-88 incoming member of the ASME International Gas Turbine Institute (IGTI) Board of Directors.

Okiishi joined the Iowa State faculty in 1967. He had just completed a two-year stint with the U.S. Army which included assignments at the NASA Lewis Research Center in Cleveland, Ohio, and the Combined Intelligence Center Vietnam in Saigon. At Iowa State, he has had the very good fortune of working with bright students and generous and enthusiastic academic, industrial and government laboratory friends on numerous gas turbine related research and educational projects.

Ted's research interests center on axial-flow turbomachine fluid dynamics with emphasis on increasing

our understanding of the unsteady and three-dimensional flow phenomena present in all turbomachines. Fast response measurement techniques have been used to time resolve compressor blade surface boundary layer and wake details. Streakline tracking has led to the identification of the influence of secondary and unsteady flow effects including "turbulence" on mixing in multistage, axial-flow compressors. To expand the scope of their efforts, Okiishi and his students have sought and received the cooperation of outstanding researchers associated with some of the finest laboratories in the world. Recent successful joint research programs that have resulted from this approach involve the Aerodynamics Research Laboratory of the General Electric Aircraft Engine Business Group, the Lewis Research Center of NASA, the Aeropropulsion Laboratory of the U.S. Air Force and the Institut für Antriebs-technik of the Federal Republic of Germany.

Okiishi has been involved in several ASME activities over the years that will be helpful to him in his role on the IGTI Board of Directors. In 1986, he chaired the technical program of the ASME International Gas Turbine Conference (Düsseldorf, FRG). This experience gave him a good look at the details associated with gas turbine conference planning and execution. Ted has also been active in the organization and implementation of each offering of

continued on page 5

IGTI Awards \$60,000 In Scholarships In 1987

Sixty schools have been selected to receive a \$1,000 scholarship in the 1987 IGTI Scholarship Program. The schools and the scholarship recipient are:

Arizona State.....	Virginia Counts
Bradley.....	John Hopkins
Brigham Young.....	Bradley D. Canfield
California State, Chico.....	Michael Toth-Fejel
California State, Fullerton.....	Art Vasquez
Clarkson.....	Joseph C. Musto
Colorado State.....	Mark Mills
The Cooper Union.....	Arianna Kalian
Cornell.....	Sean H. Sanders
Florida A&M/ FSU.....	Stephen Collins
Georgia Tech.....	Valerie Harrill
Iowa State.....	James Leroy Davison
Kansas State.....	Amy Noeth
Memphis State.....	Lucinda K. Morse
Michigan Tech.....	Jeffery J. Heinz
Mississippi State.....	Thomas Houston Broome
Ohio Northern.....	Mark D. Langenderfer
Oklahoma State.....	Patrick Kreymborg
Polytechnic Univ.....	Andrew Kowalik
Princeton.....	Gregory Smith and Carl Sparks
Purdue.....	David H. Swedes
Rutgers.....	Carsten Lawrenz
Southern Methodist.....	Michael A. Kuykendall
Stanford.....	Ismael Ceyhan
State Univ. of NY, Maritime College.....	Gerard Reynolds
Tennessee Tech.....	William DeRidder
Texas A&M, College Station.....	Bradley Scott Jones
Texas A&M, Galveston.....	Gunnar Forsman
Tufts.....	Steven G. Blegstad
Tulane.....	Dexter Duane Decker
Univ. of Alaska, Fairbanks.....	Paul Wonhoutka
Univ. of British Columbia.....	Mike Friesen
Univ. of California, Santa Barbara.....	Mary Kathryn Pickens
Univ. of Central Florida.....	Kyndra Jones
Univ. of Colorado, Boulder.....	Willis Scharmer
Univ. of Delaware.....	Stephen Shuler

Univ. of Evansville.....	C. Rice Eaves
Univ. of Florida.....	Karl Koenigstein
Univ. of Hawaii, Manoa.....	Kevin M. Machida
Univ. of Idaho.....	Doug R. Harrison
Univ. of Iowa.....	Kurtis Paterson
Univ. of Kansas.....	John Spitz
Univ. of Louisville.....	Kristina L. Myers
Univ. of Maine, Orono.....	Craig Wells
Univ. of Minnesota.....	Kurt Guggenberger
Univ. of Nebraska, Lincoln.....	Andrew Predhoel and John Kastl
Univ. of New Hampshire.....	Paul M. Danehy
Univ. of New Orleans.....	Deborah Ann Duensing
Univ. of Oklahoma.....	Kenneth Smith
Univ. of Portland.....	David R. Heath
Univ. of Southern Indiana.....	Kevin Cook and Mark Meyer
Univ. of Tennessee, Knoxville.....	Weldon Ronald Markham
Univ. of Texas, Arlington.....	Kendall E. Goodman
Univ. of Toledo.....	James Patrick Onders
Univ. of Washington.....	Jason Hennig
Univ. of Wisconsin, Madison.....	Chris L. Wheeler
Univ. of Wyoming.....	Byron E. Johnson
Vanderbilt.....	Michael H. Brady and Camille Z. Chammas
Virginia Tech.....	Donald R. Maddox, Jr.
Western New England College.....	Patrick A. Rider

To be eligible for a scholarship, a school must have, among other things, an accredited mechanical engineering program, an ASME Student Section, and offer courses covering theory, design, or application of gas turbine engines. Following notification that a school has been selected to receive an IGTI scholarship, the ASME Student Section at that school, with the concurrence of the Section Faculty Advisor and the Mechanical Engineering Department Head, must select the student who will be awarded the scholarship.

The Student Section Faculty Advisor and the ME Department Head at each school with an ASME Student Section will receive information in the spring on the 1988 IGTI Scholarship Program.

The IGTI is able to sponsor the scholarship program through non-dues income producing activities such as the rental of exhibit space at the annual International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition.

1987 ASME® COGEN-TURBO Reflects GT Characteristics, Virtues and Versatility

by R.A. Harmon,
Volunteer Editor

Cogeneration, combined cycles, power generation, total energy, combined heat and power plants—all are part of the common terminology in frequent use during the 1987 ASME COGEN-TURBO Symposium and Exposition in Montreux, Switzerland. These terms highlight the current direction of industrial market development for modern turbomachinery.

In its simplest form, the gas turbine by burning fuel produces useful shaft power and relatively high temperature exhaust gas simultaneously. The shaft can drive any number of devices such as electric generators, pumps, fans, compressors, or vehicles to produce or **generate** useful output from the system. The exhaust gas is at a sufficiently high temperature to be used directly in industrial or chemical processes, space heating, or to generate steam (or vapor) to drive an electric generator or a refrigeration/air conditioning system. Thus, the gas turbine, by burning fuel, can **generate** both useful shaft power and useful thermal energy at the same time. Systems combining heat engines and heat recovery devices are called cogeneration systems. In Europe they are often called combined heat and power (CHP) plants. In earlier days (1960's), such systems were commonly called total energy plants.

In contrast to cogeneration plants, combined cycle plants usually produce only electrical power. The gas turbine which operates on a Brayton cycle, drives an electric generator. Some of the exhaust energy is recovered in a boiler (steam or organic fluid) to drive a turbine generator which produces additional electric power in a more or less conventional Rankine cycle system, hence the term "combined cycle."

The gas turbine power generation plants can range from the simple cycle (compressor, burner, turbine-driving an electric generator) to regenerative (exhaust heat recovery for preheating compressor discharge air before the burner) with reheat components for the turbine and intercooling components for the compressor. The main output is electric power.

Using the latest gas turbine design technology in combined cycle plants, some manufacturers are claiming thermal efficiencies up to 46% for smaller units (less than 20 MW) and up to 52% for larger units (above 20 MW). This is based on useful electrical output and energy in the fuel consumed. Cogeneration energy utilization figures can go as high as 90% considering the useful energy produced (electrical plus useful heat energy as compared to energy in the fuel consumed).

Beyond these simple factors, consideration of cogeneration systems

becomes much more involved. The technical program and the exhibits at the 1987 ASME COGEN-TURBO reflected a number of design features, components, application requirements, economic factors, business, and even political issues impacting on the growth and development of cogeneration systems and markets. A few of these observations, based on 1987 COGEN-TURBO, are noted here.

Growth in the U.S. and European cogeneration markets is expected to continue as long as there is a stable supply of natural gas and as long as electricity rates continue to increase. This should benefit all segments of the market from 1500 MW to 100 KW systems serving large industries.

Perhaps even more interesting are the potentially large markets associated with residential, small commercial and business cogeneration systems in the power levels below 1500 KW. Here, meeting the competition from piston engine-based cogeneration systems is much more difficult due to higher production rates and lower unit cost for engines and components off of relatively high volume vehicle production lines. However, turbine-based systems often win out due to lower installation cost, less vibration, less noise, and lower weight. Sometimes the higher ratio of exhaust heat to electrical energy is an advantage. Current research aimed at lower manufacturing costs and improved fuel economy will ultimately help to develop further the markets for smaller gas turbine-based cogeneration systems.

The transfer of advanced technology via aeroderivative engines is bringing advanced aerodynamic designs, combustion systems, controls, cooling and sealing systems to industrial applications. Other techniques include flow control methods for much higher part-load, or off-design, operation to satisfy varying thermal and electrical demands; steam injection into the burner system provides another degree of flexibility to meet changing load demands. Dual pressure steam systems are being used to enhance heat recovery from the turbine exhaust; it results in higher cycle efficiency.

Another dimension to turbine flexibility is an ability to burn alternative fuels. Although natural gas seems to be the ideal fuel, some applications require the use of different fuels ranging from heavy liquid fuels, solid fuels such as wood waste or refuse in fluidized beds, or coal derived fuels. Closed cycle gas turbine systems have been used successfully with powered coal generating electricity and providing district heating. DOE is working diligently to develop direct coal fired gas turbines.

Not all of the problems are technical. For example, PURPA (the Public

continued on page 7

1988 Amsterdam Looks Great!

by Stanley A. Mosier
Technical Program Chairman

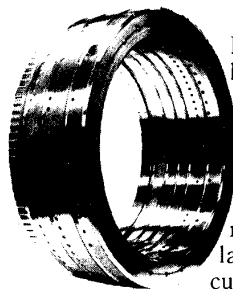
Without a doubt, the technical program for our 33rd ASME International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition in Amsterdam is shaping up to be one of the biggest and best we've ever had. The session organizers for most of our 17 technical committees have been swamped with abstracts. We have received offers of papers from as far away as Australia and the Soviet Union. Our Chinese associates have once again indicated to us by the number of abstracts submitted that gas turbine engine-related technology is of great interest in their country. The international brotherhood of gas-turbine engineers will be well in evidence in Amsterdam as speakers present, discuss and defend their work with peers from around the world.

To date we have received well in excess of 400 offers of technical papers, which translates into more than 70 paper sessions. Although some attrition will be encountered

during the manuscript review process, the potential for the Amsterdam meeting is enormous. At the 32nd ASME International Gas Turbine Conference and Exhibit in Amsterdam, for comparison, 247 technical papers were presented in 61 unique and eight jointly sponsored sessions. It is our goal to make our 1988 conference as exciting with high-quality paper and panel sessions as we've ever had in the past.

At this point, I wish to commend the unseen army of volunteer professionals that make our meetings the success that they are. Through the dedication of our session organizers and their session chairmen, topics of vital interest to all of us in the gas turbine industry have been identified and "bushes have been beaten" to solicit offerings from top-notch specialists. In addition, my heartfelt thanks go to our technical manuscript reviewers. These are the unsung heroes who share with us some of their most precious resources: education, experience and time. They ensure the quality of the material presented at our meetings.

Laser Machining? Precisely.



Bring us your ideas. We will help you develop them. We're experienced in laser applications for many industries including aerospace, automotive, electronic and medical.

Translate ideas into reality. We offer complete laser services for precision cutting, welding, drilling and marking. And our engineers are specialists in prototype design and development.

Gear up for production. From everyday metals to the superalloys and composites, from one-of-a-kind items to high volume runs, we handle it all.

Laser Fare, Ltd., the full service laser job shop that works for you. Precisely.

LASER FARE LTD INC.

1 Industrial South, Lan-Rex Industrial Park
Smithfield, RI 02917 (401) 231-4400

ANNOUNCING...1988 ASME® COGEN-TURBO II

2nd International Symposium and Exposition

Turbomachinery, Combined-Cycle Technologies and Cogeneration



PLAN NOW TO PARTICIPATE

Building upon the International Gas Turbine Institute's highly successful 1987 COGEN-TURBO Symposium and Exposition last September, a second event will be sponsored by IGTI in 1988. Like the first symposium and exposition, COGEN-TURBO II will also be staged in Montreux, Switzerland, known the world over for its scenic splendor and mild climate.

The Symposium and Exposition will focus on advanced energy systems and components in which turbomachinery plays a key role. Technical sessions will feature cogeneration, combined-cycle and turbomachinery technologies that relate to the continuing

worldwide requirement for efficient energy utilization.

The concentrated Exposition of the latest in gas turbine engines and auxiliary equipment, turbomachinery and power packages, heat recovery generators, boilers, inverters, heat exchangers, chillers, controls, instrumentation, filters, separators, pumps, blowers, fans and other ancillary products and services will tie in closely with the content of the Symposium.

To find out more about how you may participate in this remarkable event, return the coupon below.

1988 ASME® COGEN-TURBO II

- ☐ When available, please send preliminary information so I may consider registering for the Symposium.
- ☐ Please contact me to discuss available exhibit space.

MAIL TO:

International Gas Turbine Institute
4250 Perimeter Park South, Suite 108
Atlanta, GA 30341 USA
Phone: (404) 451-1905
Telex: 707340 IGTIC ATL

Name: _____

Title: _____

Company: _____

Address: _____

City: _____ State: _____

Mail Code: _____ Country: _____

Phone: _____ Telex: _____



CALL FOR PAPERS

1988 ASME® COGEN-TURBO II INTERNATIONAL SYMPOSIUM AND EXPOSITION ON TURBOMACHINERY, COMBINED-CYCLE TECHNOLOGIES AND COGENERATION AUGUST 30-SEPTEMBER 1, 1988 — MONTREUX, SWITZERLAND

Due to the great success of the first COGEN-TURBO Symposium and Exposition in September 1987, the International Gas Turbine Institute Board of Directors voted to stage this event again in 1988. The 1988 ASME COGEN-TURBO Symposium and Exposition will be held at the Montreux Convention and Exhibition Centre from August 30 to September 1 in Montreux, Switzerland.

The Symposium will focus on advanced energy systems, components, and cogeneration facilities in which turbomachinery plays a key

role. Technical sessions will feature cogeneration, combined-cycle and turbomachinery technologies related to the continuing requirement for efficient energy utilization.

Technical paper offers may be initiated by submitting an abstract as soon as possible to one of the Technical Program Co-Chairmen listed below or to the appropriate IGTI Technical Committee Chairman.

Completed manuscripts must be received by one of the Technical Program Co-Chairmen no later than March 1, 1988. First time authors are

encouraged to study ASME Manual MS-4, "An ASME Paper," prior to preparation of their manuscript. All papers will be reviewed in accordance with established ASME and International Gas Turbine Institute policies and procedures. All papers presented will be published in a Symposium Proceedings to be available on-site in Montreux. Selected papers may be eligible for subsequent publication in relevant ASME journals.

1988 ASME® COGEN-TURBO II TECHNICAL PROGRAM CO-CHAIRMEN

For submission of abstracts and manuscripts by European authors:

TORSTEN H. FRANSSON
Ecole Polytechnique Federale de Lausanne
Laboratoire de Thermique
Appliquee et des Turbomachines
CH-1015 Lausanne
SWITZERLAND

Phone: (021) 473520
Telex: 455806 EPFM CH

For submission of abstracts and manuscripts by U.S. authors and other non-European authors:

GEORGE K. SEROVY
Iowa State University
Dept. of Mechanical Engineering
3038 ME/ESM Building
Ames, Iowa 50011
U.S.A.

Phone: (515) 294-2023
Telex: 283359 IASU UR

Impressions of the 1987 ASME® Cogen-Turbo Symposium

by George Opdyke, Jr.
Past IGTI Chairman

The glint of the morning sun on the peaks of the Dents du Midi rising high above the wisps of mist over Lake Geneva signalled the mornings of the 1987 ASME Cogen-Turbo International Symposium and Exposition in Montreux, Switzerland, this September. The delegates (there were over 870) enjoyed a stimulating technical program and a well organized exposition in a beautiful Swiss lakeside setting.

The eleven technical sessions with 44 papers covered descriptions of cogeneration installations; cogen cycles, both classic and novel; and

discussions of components and their performance. Plant descriptions included district heating and energy for a Miami building complex, while cycles for textile mills in Italy, state agencies in Texas and for lumbermill operators in British Columbia were explained. Proceedings are available in a bound softcover volume from ASME Publications in New York, a volume you will want to keep at hand. It is identified as IGTI-Vol. 1, 1987 ASME Cogen-Turbo, edited by G.K. Serovy.

On the exhibition floor of the Montreux Convention & Exhibition Centre were displays by 39 manufacturers, service companies and publications. AEG Kanis, Ruston, Nuovo Pignone, Brown Boveri, and Turbomeca were among the many gas turbine manufacturers whose booths attracted a large number of interested attendees (and not just because of the refreshments they served)! The exhibitors were very pleased by the enthusiasm of the

crowd on the floor.

In fact, the exhibition, the technical program and the ambiance of the locale were all so inviting and im-

pressive that the IGTI has decided to do it again next year. A good thing will be even better the second time around.

A REMINDER TO ALL POTENTIAL CONTRIBUTORS TO THE 1988 INTERNATIONAL GAS TURBINE & AEROENGINE TECHNOLOGY REPORT

The deadline for receiving reports for the 1988 International Gas Turbine & Aeroengine Technology Report is December 15, 1987. This is an excellent opportunity for your company, university or organization to gain worldwide exposure as well as to you. For more information, please contact Jane Pustney at the International Gas Turbine Institute in Atlanta. Telephone: 404-531-1805. Telex: 267240 IGTI-537.

T.H. OKIISHI

continued from page 2

the ASME Fluid Dynamics of Turbomachinery advanced study program, one of the Institute's primary educational projects. From 1982 to 1985, he served as chairman of the Turbomachinery Committee and in

so doing, developed a keen sense of some of the concerns of individuals served by the IGTI. One of Okiishi's goals for the future is to continue to be sensitive to member needs.

In addition to activity in ASME, Ted is also a participating member of the AIAA.

Overview: Gas Turbines in the Marine Market

by Leonard T. Daley
Chairman,
IGTI Marine Committee

IMPORTANCE OF FUEL COSTS

This year has been one of stability in the gas turbine marine market. Stable that is, with respect to the cost of fuel, the major, if not always the most important factor in life cycle cost studies for both naval and commercial ships. Fuel cost does not have as great an effect, however, relative to studies of alternative propulsion systems for naval combatants since both naval diesel and gas turbine engines use a similar grade of distillate fuel. Stable fuel prices will encourage commercial ship operators to take another look at the inherent advantages of gas turbine propulsion, in particular for specialty ships in dedicated service.

COMMERCIAL MARKET - During the last eighteen months, naval architects, and in a few instances ship owners themselves, have considered gas turbine propulsion plants for medium and large vehicular passenger ferries of the single ended ocean-going type. Service routes encompassing open sea passages of 12 to 15 hours at over 30 knots dictate the need for the high power to weight/volume ratio inherent in aeroderivative gas turbines.

Cruise liners, particularly those

operated from the U.S.A. to the Caribbean, have shown interest although no owner has yet to do more than invest in studies. The results do show advantages, particularly with COSAG or combined cycle gas turbine and steam plants.

Combined cycle power generation plants located on shore have been proving themselves both in large electrical power and smaller cogeneration plants for the last decade. The seagoing community, having shifted from steam to diesel over the past ten years, shows an understandable reluctance to introducing propulsion systems combining two prime movers new to this generation of operators. With the efficiency of a slow speed diesel about the same as that of a combined steam and gas turbine plant, the overall fuel cost will almost always be in favor of the ship burning the lowest grade, and consequently the cheapest, fuel.

Large, low speed (100-200 RPM), and increasingly higher-powered medium speed (400-900 RPM) diesels have proven capable of operating with reasonable maintenance costs on bunker fuels costing but two-thirds that of the marine distillate suitable for aeroderivative gas turbines. While satisfactory for cargo and tank ships with only the paid crewmen as residents aboard, the cruise and ferry ships have pas-

sengers paying a price for creature comfort and predictable schedules. Bunker fuel burning diesels off-set their fuel cost advantage with greater noise, vibration, soot, space limitation, occasional break-downs with little redundancy and either occupy or prevent the occupation of otherwise usable passenger accommodations.

ELECTRIC DRIVE - With more of the cruise liners accepting diesel-electric-drive, the retrofitted QE-2 being the latest example, the flexibility afforded in the placement of generating sets will prove of advantage to the gas turbine. With a number of 4 MW to 18 MW units a power match is possible for even the widely varying requirements of a cruise ship operating profile. Again, however, the trade-off studies must give credit for the intangible attributes of turbine engines in providing higher reliability and redundancy, with fewer undesirable characteristics.

Interestingly, studies have credited both simple and combined cycle gas turbine plants with an increase in fare paying cabin space of as much as 15%. Lighter weight for equivalent power also means a shallower draft, an important consideration in the selection of ports of call for such pleasure oriented ships.

EXISTING GAS TURBINE FLEET While the gas turbine propulsion market seems to be exclusively that of the aeroderivative engine, it may surprise readers to learn that the gas turbines at sea today in commercial ships are almost exclusively the General Electric Co. (USA) Frame 5 industrial gas turbines.

The five Chevron tankers are to be seen entering or exiting the ports along the West Coast and Alaska on a weekly schedule with cumulative operating time approximating 80,000 fired hours per vessel.

"Downunder" the Seaway Prince and Seaway Princess as well as the Union Rotoroa and Union Rotoiti continue in service between Australia and New Zealand. The first is powered by a John Brown Engine (GE) and a Thomassen (GE) Frame 3 while the later two are driven by Thomassen (GE) Frame 5 gas turbines.

On the Baltic the Finnjet operates in high speed summer service powered by two Pratt Whitney FT4C simple cycle gas turbines. Less frequent, slower speed, winter operations are met with diesel electric units installed several years ago.

Electric drive, or a variation, is the common denominator in each of these ships.

Article to be continued next issue

1988 ASME. TURBO EXPO - Land, Sea & Air

The 33rd ASME, International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition*

International Exhibition and
Congress Centre RAI
Amsterdam • The Netherlands

JUNE 5-9, 1988



PLAN NOW TO PARTICIPATE
Even more expected in 1988.
300 refereed technical papers and over
200 exhibiting companies anticipated.

*This is the NEW NAME for the ASME, International Gas Turbine Conference and Exhibit.

Sponsored by:



International Gas Turbine Institute

The AMERICAN SOCIETY of MECHANICAL ENGINEERS
4250 Perimeter Park South • #108 • Atlanta, Georgia 30341 USA
Telephone (404) 451-1905 • Telex 707340 IGTC ATL

1988 ASME. TURBO EXPO—Land, Sea & Air

- ☐ When available, please send me a copy of the preliminary program so I may consider registering for the Conference.
- ☐ Please contact me. I would like to discuss available exhibit space.

MAIL TO:

Name: _____ Title: _____

Company: _____

Address: _____

City: _____ State: _____ Zip Code: _____

Country: _____

Phone: _____ Telex: _____

Please bring this information to the attention of your corporate Marketing or Advertising Executive...

Global Gas Turbine News accepts technical advertising!

DISCOUNT AVAILABLE TO IGTI EXHIBITORS

In its continuing efforts to improve the technical quality of its publications, and to inform the industry of the latest developments in gas turbine technology, the ASME International Gas Turbine Institute will begin accepting gas turbine related product and service advertising in the *Global Gas Turbine News*.

The audience of the *Global Gas Turbine News* consists of more than 30,000 engineers, users, managers, researchers, and policy makers from throughout the world who have an interest in one or more aspects or applications of gas turbine technology. From the OEM to the user and to everyone in-between, *Global Gas Turbine News* reaches the designers, the specifiers, the consultants, the broad range of purchase influencers and decision-makers who need to know your corporate capabilities and product benefits.

Here's what our first advertiser had to say:

"I would like to take a brief moment to express my satisfaction with the response we have received from advertising in your newsletter. We are delighted with the number of calls we have received versus the dollar spent. I want you to know we plan on taking an ad each quarter."

Terry Feeley
President
LASER FARE LTD. INC.

All IGTI Exhibitors receive a 20% discount on advertisements appearing in all editions of the Newsletter up to 12 months after the event to which they exhibited.

For more information, please contact Jane Puntny at the International Gas Turbine Institute in Atlanta (404) 451-1905. Telex: 707340 IGTC ATL.

Global Gas Turbine News Advertisement Rates & Data

- A. Office** - ASME International Gas Turbine Institute
4250 Perimeter Park South, Suite 108
Atlanta, GA 30341 USA
Phone: (404) 451-1905; Telex: 707340 IGTC ATL
- B. Commission & Cash Discount** - All prices quoted are NET; they do not include agency commissions. No cash discounts.
- C. General Rate Policy** - Payment due within 30 days of date of invoice. Payment must be in U.S. dollars drawn on a U.S. bank, or by VISA or MasterCard.
- D. One color/white rates (net)** - The principal color used in the printing of *Global Gas Turbine News* is dark blue PMS 289. This color, or an alternative principal color if used, will be the only color in which ads can be printed. Rates below are per insertion.
- | | 1 time | 3 times |
|----------|--------|---------|
| 1/2 page | \$900 | \$800 |
| 1/4 page | \$575 | \$500 |
- (20% Discount to IGTI Exhibitors)
- E. Bleed** - No bleeds permitted.
- F. Position** - All ads are run on a space available basis, run of publication. Every effort will be made to accommodate all advertising received.
- G. Classified** - No classified or employment ads will be accepted.
- H. Copy Regulations** - All copy is to be camera-ready art or 133 line negatives within the dimensions noted below. Only 1/2 and 1/4 page ads will be accepted.
- I. Mechanical Requirements**
Printing Process: Offset, sheet fed.
Trim Size: 8 1/2 x 11; 4 columns.
Binding Method: Folded or saddle stitched depending on number of pages.
Colors Available: Only principal color, usually PMS 289 dark blue.
Dimensions:
 1/2 Vertical..... 3" x 10"
 1/2 Horizontal..... 7 1/2" x 4 1/4"
 1/4..... 3" x 4 1/4"
- J. Issue & Closing Dates**
- | Issue: | Closing: |
|--------------|-------------|
| January..... | December 1 |
| April..... | March 1 |
| July..... | June 1 |
| October..... | September 1 |
- K. Circulation** - Over 30,000. Circulation may be greater for some special conference issues. Refer to introduction for more details.

News From The IGTI Ceramics Committee

H.E. Helms, Chairman
Hubert Probst, Vice Chairman

The purpose of the Ceramics Committee is to:

1. Promote the exchange of information about ceramic technology and its application to gas turbine and other heat engines.
2. Cooperate with other interested groups both inside and outside the Gas Turbine Institute and the American Society of Mechanical Engineers at the national and international levels.
3. Sponsor technical sessions on ceramic technology, its applications and advancements for gas turbine engines.

The continuing interest and growth of the structural ceramics community must be noted with satisfaction. Evidence of the enlarging ceramics activities is all around the technical ceramics community including new structural ceramics forums; new structural ceramics political lobbying groups; increased numbers of private industry compa-

nies entering the ceramic component manufacturing activity; and tremendously increased technical reporting on structural ceramics as coatings, monolithic components, ceramic composite components and on basic materials developments.

It is noted that achieving additional toughness in ceramics is one of the key issues receiving significant development attention in the ceramic suppliers activities. This action follows what is considered to be fabrication breakthroughs in producing complex heat engine shapes including gas turbine rotors and scrolls; diesel engine valves, firebricks, cylinder liners; and in other heat engine ceramic components for gasoline and rotary engines. The work on ceramic composites is beginning to show promise of perhaps doubling the toughness characteristics of the monolithic components. Further, the work on particulate additions to monolithics plus recent developments in second phase material (such as in Si₃N₄) chemistry and heat treatment is most promising.

Gas Turbines At JPGC In Miami

Report by

Gene Ayers
Electric Utilities and
Cogeneration Committee

L.B. Davis
Combustion and Fuels;
1987 JPGC Program Chairman

At the recent Joint Power Generation Conference in Miami, IGTI sponsored three sessions. The Electric Utilities and Cogeneration Committee sponsored a paper session and a panel session; the Combustion and Fuels Committee sponsored a panel session.

The paper session entitled "Selected Topics in Gas Turbine Technology," chaired by Holger Lukas and assisted by Richard Balsbaugh, included three papers.

The panel discussion, "Upgrades of Existing Gas Turbines for the Next Decade," chaired by Bob Pierce and assisted by Mike Noga, had six panelists. Both the paper session and the panel discussion were well attended. The panelists offered somewhat varied views on certain aspects of upgrading existing gas turbines and this promoted some interesting debate.

The second panel session dealt with "New Advances and Operating Experience with Dry, Low NO_x Stationary Gas Turbine Emissions Controls." Each panelist (two utility and three manufacturers' representatives) made a brief presentation which dealt mainly with dry, low NO_x combustors. In the subsequent discussion between the panel and the audience, it was noted that technology is not driving the fast changing emissions regulations in the U.S. It was suggested that ASME prepare a technical evaluation of available emissions technologies.

1987 ASME COGEN-TURBO

continued from page 3

Utility Regulatory Policies Act of 1978) which requires utilities to purchase electric power from cogenerators at "avoided cost" has had a strong positive impact on the growth of cogeneration. Other local laws and regulations as well as the attitude, policies and circumstances of the local utilities have impacted selected plants and segments of the industry.

This complex matrix or fabric of the evolving cogeneration industry was also evident in the mix of products shown by the 39 exhibitors at the 1987 ASME COGEN-TURBO. They were comprised of gas turbine

manufacturers, component manufacturers and suppliers, and technical publications. Of particular interest was the presence of packaging organizations experienced in the detailed analysis of thermal and electrical load requirements along with the detailed site-specific requirements so that modular systems can be designed which are tailored to the specific requirements of each installation. This initial engineering and analysis is a vital element of the subsequent economic and business success of each cogeneration system.

The 1987 ASME COGEN-TURBO Symposium and Exposition has only scratched the surface of this growing segment of the gas turbine industry.

Services and projects of—

ASME® International Gas Turbine Institute (IGTI)

- **IGTI** has contributed over \$27,800 for complimentary subscriptions to either ASME gas turbine technology journal for ASME members who have indicated gas turbines as their primary technology.
- **IGTI** is contributing \$60,000 annually in scholarships for ASME Student Section Members.
- **IGTI** publishes annually the WHO's WHO in the Committees of the ASME IGTI, a directory of all administrative and technical committee members. Complimentary copies are available.
- **IGTI** publishes a Directory of Technical Papers from ASME Gas Turbine Conferences dating back to 1957. The Directories are available from the IGTI for \$10.00 each prepaid. Individual papers may be ordered from the IGTI for \$5.00 each prepaid. (Checks should be in U.S. dollars and payable through a U.S. bank.)
- **IGTI** compiles, publishes and distributes the annual International Gas Turbine and Aeroengine Technology Report. Complimentary copies are available.
- **IGTI** sponsors the Fluid Dynamics of Turbomachinery study program.
- **IGTI** sponsors and distributes a home study course on Basic Gas Turbine Engine Technology. The home study course will be given at no charge to unemployed graduate mechanical engineers who are members of ASME. The IGTI has contracted for development of two additional home

study courses.

- **IGTI** will pay the dues of graduating ASME Student Members upgrading to Associate Members.
- **IGTI** publishes the quarterly "Global Gas Turbine News." Complimentary subscriptions are available by contacting the **IGTI**.
- **IGTI** is the source for information on exhibiting in the International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition held in June of each year and the 1988 ASME COGEN-TURBO II Symposium and Exposition, Montreux, Switzerland, August 30 - September 1.
- **IGTI** is a sponsor of the U.S. National Committee of the International Council on Combustion Engines (CIMAC).
- **IGTI** organized lectures presented in the People's Republic of China in the fall of 1982 and 1984 and also organized the 1985 Beijing International Gas Turbine Symposium and Exposition in the P.R.C.
- **IGTI** has contributed \$30,000 to American National Standards Institute for administering the Secretariat of ISO-TC70-SC6 Gas Turbines.
- **IGTI** has administrative and nominating responsibilities for two ASME awards: the Gas Turbine Award and the R. Tom Sawyer Award.
- **IGTI** sponsors the John P. Davis Award for outstanding technical papers covering gas turbine applications.

IGTI CHAIRMAN'S REPORT

continued from page 1

tional meetings, I would like to offer some related thoughts. Gas turbine engineering is truly international, as reflected in the name of our organization. In fact, the business of the world is strongly interconnected, as gas turbine engineers have known for years, and as the recent stock market behavior has clearly illustrated. It is simply logical that the location of our annual meeting alternates to the east and west of the Atlantic Ocean, reflecting the centers of our technology. Participation in the meeting should be based on a cost and benefits analysis, and not on whether a governmental boundary is crossed. Idealistically, I hope that this thinking prevails, and that many Americans will make plans to attend the Amsterdam Conference in June.

In the next newsletter, I plan to discuss the nature and status of the expanding educational activities of the Institute, including home study and specialist courses, and the papers and journal publications. In the meantime, I know that preparation and review of technical papers for the Amsterdam Conference is requiring extra hours from many of you. Please know that your effort is appreciated.

ASME® International Gas Turbine Institute Board of Directors 1987-1988

CHAIRMAN
WALTER F. O'BRIEN
Wright Patterson
AFB, OH
513-255-4141

VICE-CHAIRMAN
FRANKLIN O. CARTA
United Technologies
East Hartford, CT
203-727-7355

CHAIRMAN OF CONFERENCES
SIMION C. KUO
Pratt & Whitney
West Palm Beach, FL
305-840-7431

REVIEW CHAIRMAN
HOWARD L. JULIEN
Kaiser Engineers Inc.
Livermore, CA
415-423-0440

FINANCE COMMITTEE & PAST CHAIRMAN
GEORGE OPDYKE, JR.
Textron Lycoming
Stratford, CT
203-385-3433

EUROPEAN MEMBER
GEOFFREY HANLON
Hawker Siddeley Dynamics
Engineering, Ltd.
England
(0707) 331299

EX OFFICIO
THOMAS E. STOTT
Thomas Stott &
Associates
Cummquid, MA
617-362-9784

EX OFFICIO
DONALD D. HILL
ASME International Gas
Turbine Institute
Atlanta, GA
404-451-1905

Other International Gas Turbine Institute and ASME® Volunteer Leaders

VICE PRESIDENT (EX OFFICIO)
COUNCIL ON ENGINEERING
E.S. WRIGHT
Moline, IL
309-765-5462

EDITOR, GAS TURBINE JOURNALS
A.J. WENNERSTROM
Wright Patterson AFB, OH
513-255-7163

ASME® PRESIDENT
RICHARD ROSENBERG
San Diego, CA
619-583-1837

SENIOR VICE PRESIDENT, ASME®
COUNCIL ON ENGINEERING
A.A. SEIREG
Madison, WI
608-262-3594

International Gas Turbine Institute Staff, Atlanta, Georgia

MANAGING DIRECTOR & CEO
DONALD D. HILL

DIRECTOR OF OPERATIONS
DAVID H. LINDSAY

MANAGER, FINANCIAL AND ADMINISTRATIVE SERVICES
SUE COLLINS

EXHIBITS ASSISTANT
CLAIRE HOWARD

STAFF ASSISTANTS
LAURA KEMP
ANNA MAZANTI
JANE PUNTNEY



International Gas Turbine Institute

The AMERICAN SOCIETY of MECHANICAL ENGINEERS
4250 Perimeter Park South • #108 • Atlanta, Georgia 30341 USA

NON-PROFIT ORGANIZATION
U.S. POSTAGE
PAID
ATLANTA, GEORGIA
PERMIT NO. 2685

ASME GAS TURBINE DIVISION

のご好意により複写の許可を得ました。



The American Society of
Mechanical Engineers

学 会 誌 編 集 規 定

1. 本学会誌の原稿は依頼原稿と会員の自由投稿原稿の2種類とする。依頼原稿とは本学会よりあるテーマについて特定の方に執筆を依頼した原稿、自由投稿原稿とは会員から自由に随時投稿された原稿である。
2. 原稿の内容は、ガスタービンおよび過給機に関連のある論説、解説、技術論文、速報（研究速報、技術速報）、寄書、随筆、見聞記、ニュース、新製品の紹介および書評などとする。
3. 原稿は都合により修正を依頼する場合がある。また、用済み後は執筆者に返却する。
4. 原稿用紙は、原則として本会指定の横書440字詰（22×20）を使用する。本原稿用紙4枚で刷上り約1頁となる。
5. 刷上りページ数は1編につき、図表を含めてそれぞれ次の通りとする。論説4～5頁、解説および技術論文6～8頁、見聞記、速報および寄書3～4頁、随筆2～3頁、ニュース、新製品紹介、書評等1頁以内。超過する場合は短縮を依頼することがある。技術論文については別に定める技術論文投稿規定による。
6. 依頼原稿には規定の原稿料を支払う。
7. 自由投稿原稿の採否は編集委員会で決定する。
8. 自由投稿原稿には原稿料は支払わない。
9. 原稿は下記宛に送付する。
〒160 東京都新宿区西新宿7-5-13、
第3工新ビル
(株)日本ガスタービン学会事務局

技 術 論 文 投 稿 規 定

1. 本学会誌に技術論文として投稿する原稿は次の条件を満たすものであること。
 - 1) 投稿原稿は邦文で書かれた著書の原著で、ガスタービンおよび過給機の技術に関連するものであること。
 - 2) 投稿原稿は、一般に公表されている刊行物に未投稿のものに限る。ただし、要旨または抄録として発表されたものは差し支えない。
2. 投稿原稿の規定ページ数は原則として図表を含めて刷上り8頁以内とする。ただし、1頁につき15,000円の著者負担で4頁以内の増頁をすることができる。
3. 投稿原稿は原稿執筆要領に従って執筆し、正原稿1部、副原稿（コピー）2部を提出する。
4. 投稿原稿の採否は技術論文校閲基準に基づいて校閲し、編集委員会で決定する。

日 本 ガ ス タ ー ビ ン 学 会 誌

第15巻 第60号

昭和63年 3月10日

編 集 者 森 下 輝 夫

発 行 者 稲 葉 興 作

(社)日本ガスタービン学会

〒160 東京都新宿区西新宿7-5-13

第3工新ビル

TEL (03)365-0095

振替 東京7-179578

印刷所 日青工業株式会社

東京都港区西新橋2の5の10

TEL (03)501-5151