

最近の火力発電設備の動向

Recent Trends of Thermal Power Plant

我が国の火力発電設備は、過去経済の高度成長と相まって需要も増大し、機器の技術面でも急速な進歩を遂げてきた。昭和48年のオイルショック以降我が国の経済は安定成長時代へと移行し、電力需要の伸びも従来に比べ低下してきたが、一方では最近の立地難に加えて夏季需要の尖鋭化により昭和50年代半ばには一部供給予備率の低下が問題とされるに至っている。

このような状況の下にあって、火力発電の新しい役割としての中間負荷処理に対する技術面の解決が要求されるようになりつつある。また同時に、最近の燃料価格の異常高騰により従来にも増して機器の高効率化、高信頼性が要求されるようになってきている。

以下、最近の火力発電設備の内外の動向につき述べ、併せて機器メーカーに課せられた今後の課題について考察した。

加藤正敏* Katô Masatoshi

湯川貞雄* Yukawa Sadao

1 緒言

近年、火力発電設備は蒸気条件の高温・高圧化、機器の大容量化、運転の自動化などの面で著しい進歩発展を遂げてきた。

エネルギー資源の大部分を海外に依存しなければならない我が国にあっては、機器の効率的な運用が一段と厳しく要求される。また、最近の電力需要パターンは昼夜の需要量の差が大きく、今後もこのピーク分の需要は冷房負荷の増加と相まって伸びることが予想される。

このような背景にあって、火力発電設備に課せられた使命としては高効率、高信頼性を第一とし、更に将来の負荷需要を考慮した中間負荷運用に容易に応じ得る機器の開発が急務であると言える。

2 火力発電設備の動向

我が国の電力需要は、昭和36年以降火力主体の電源構成に傾き、高性能・大容量機が盛んに製作されるようになった。このような背景には、大容量化の一つの決め手となるタービン最終段翼の開発による技術革新が急速に進み、ユニット容量の拡大が図られたこと、また耐熱材料の開発によって蒸気条件も大幅に向上し得るようになったことなどが挙げられる。

現在、我が国最大容量機である東京電力株式会社鹿島火力発電所5号機、6号機1,000MWユニットが昭和49年9月及び50年6月より営業運転を開始している。更に、東京電力株式会社袖ヶ浦火力発電所2号機、3号機のLNG(液化天然ガス)焚き1,000MWユニットも昭和50年7月及び52年2月より営業運転を開始した。しかし、最近の電力需要は安定成長時代への移行に伴い、かつての高度成長時代の伸び率と比べ減少してはいるが、最大電力(kW)は冷房需要の著しい普及もあって電力量(kWh)よりも大きい伸び率になることが予想されている。

図1に8月の地域別最大電力と予備率の推移¹⁾について示す。このようなことから今後の電源構成の在り方として、原子力をベース負荷用としピーク負荷用としては揚水式水力、あるいはガスタービンを、また中間負荷用としての火力の重要性が認識され始めている。

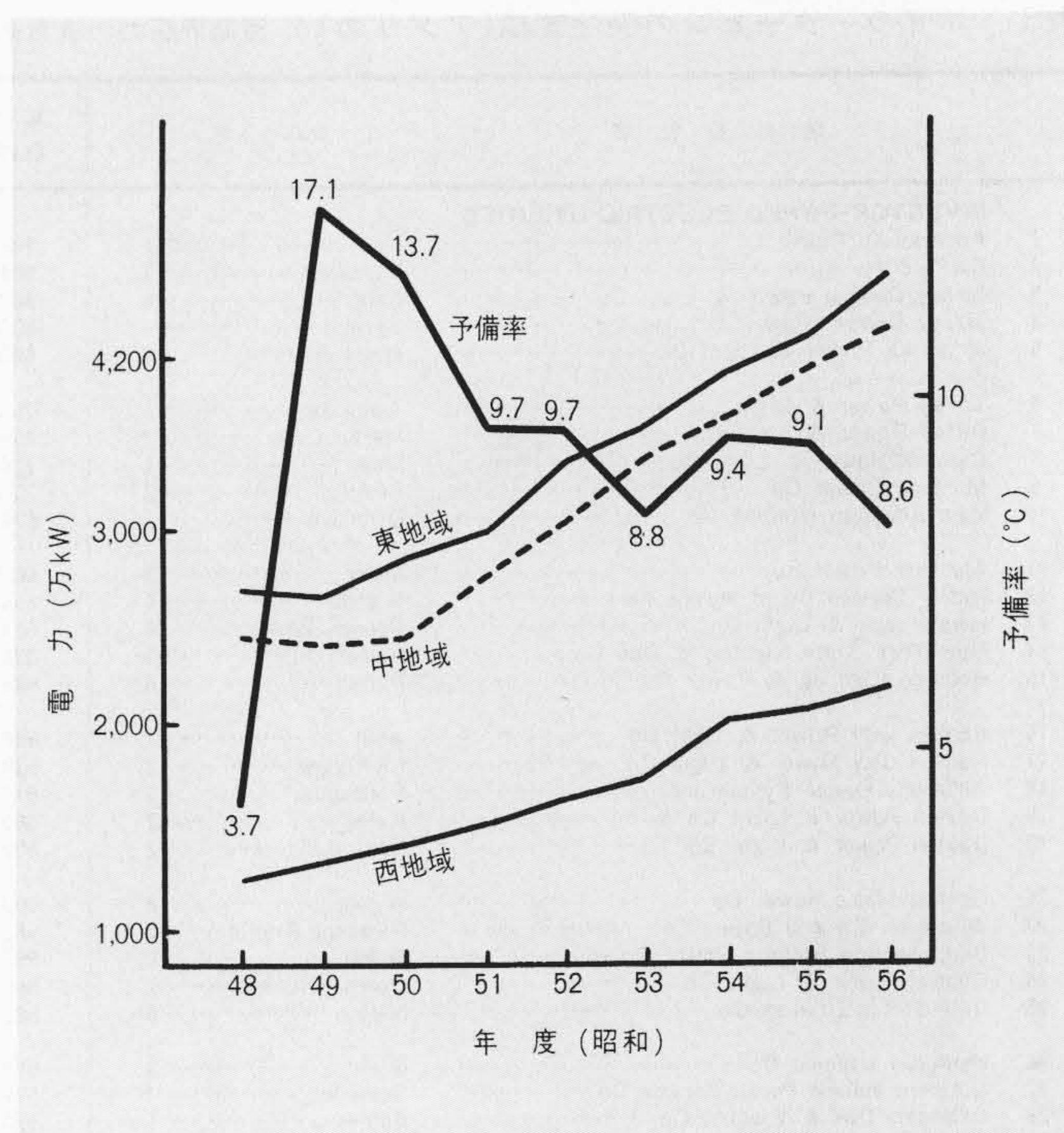


図1 年度別8月の地域別最大電力と予備率 昭和48～50年度の予備率実績を示す。51年度以降は、51年度電力長期計画による。

一方、アメリカにあっては1975年以前に運転を開始したTVA社 Cumberland #1,2 1,300MW, Ohio Power社のAmos #2,3及びGavin #1,2 1,300MWなどの大容量機があるが、以後はそれ以上の大容量化は見られず原子力発電の台頭とともに、ベースロード大容量火力の開発は頭打ちの傾向にあると言える。図2はアメリカでの蒸気圧力の変遷²⁾を、また表1に現在建設あるいは製作中の発電設備の一覧³⁾を示す。同図、表からも分かるように、超臨界圧力は1971年をピークとして下降しており、亜臨界圧力を採用するものが多くなっ

* 日立製作所電力事業本部

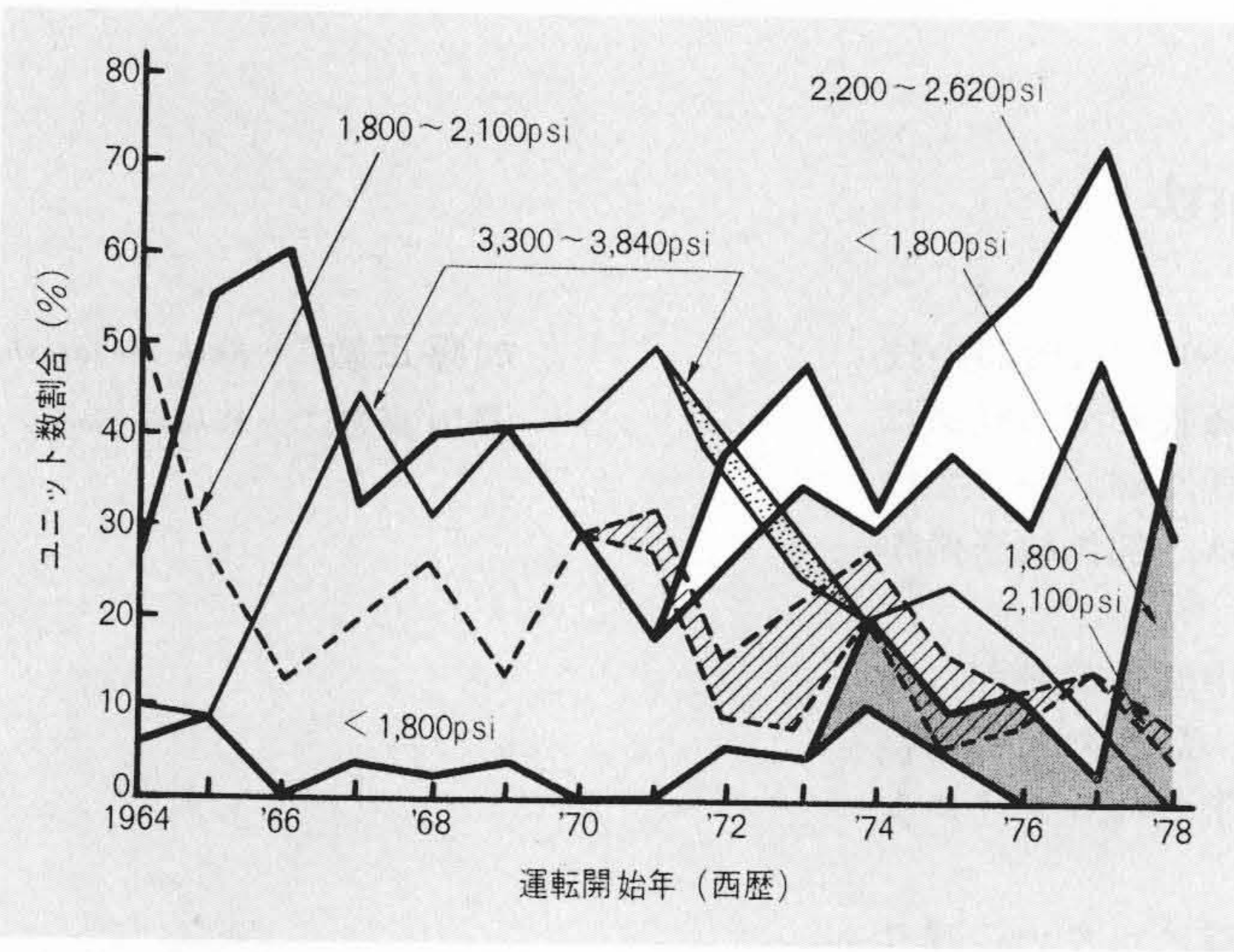


図2 主蒸気圧力の変遷(アメリカ) 1971年以降の超臨界圧力は、ユニット割合で徐々に低下し、亜臨界圧力が再び急激に増加している(着色部分はCycling Operationを示す)。

てきている。その大体の理由は、(1)低廉な燃料が比較的得られやすいこと、(2)系統運用がしやすいこと、(3)信頼性に優れていると考えられたこと、(4)建設費が安いことなどであると考えられる。

また、熱効率向上の面からSTAG(日立-GE社商品名)プラントが1979年までには56基の建設が計画されており、その多くは排熱回収型を採用している。これらは内陸部での冷却水量の軽減の必要性、あるいは短期間で建設が可能などの特長が生かされ、今後も需要が多いものと考えられている。表2にアメリカ、GE社での大容量STAGプラントの受注実績を示す。

3 中間負荷火力

将来の電源構成の中で大きい比率を占める原子力発電は、エネルギーコスト面でベース負荷で運用され、揚水発電はピーク負荷を負担する。残された中間負荷を火力が受け持つことになる。図3は資源エネルギー庁より発表された「火力新技術調査委員会報告⁴⁾」に基づいた昭和50年8月夏季ピーク時での

表1 ボイラ・タービンの受注実績(アメリカ) 亜臨界圧力の蒸気条件が多い。

電力会社名	ユニット名	容量 (MW)	運転 開始年	蒸気量 (1,000 ^{ft} ³ /h)	過熱器圧力 (PSIG)	過熱器温度 (°F)	再熱器温度 (°F)	ボイラ メーカー	タービン メーカー
INVESTOR-OWNED ELECTRIC UTILITIES									
1 Appalachian Power Co	New Haven	1281	80	9775	3845	1010	1000	BW	BB
2 CAPCO	Mansfield	909	79	6415	3785	1005	1005	FW	GE
3 Jersey Central Power & Light Co	Coho	800	87	6200	3800	1005	1005	CE	NAV
4 Jersey Central Power & Light Co	Seward	800	84	6200	3800	1005	1005	CE	NAV
5 Arkansas Power & Light Co	White Bluff	800	81	5460	2615	1005	1005	CE	GE
6 Texas Power & Light Co	Twin Oak	750	82	5700	3850	1010	1005	CE	GE
7 Dallas Power & Light Co	Martin Lake	750	78	5400	3850	1010	1005	CE	WE
8 Carolina Power & Light Co	Mayo	720	83	2750	2585	1005	1005	FW	WE
9 Montana Power Co	Colstrip	700	80	5430	2645	1005	1005	CE	WE
10 Iowa Southern Utilities Co	Ottumwa	674	81	4850	2640	1005	1005	CE	GE
11 Alabama Power Co	Miller	660	80	4961	2625	1000	1000	BW	GE
12 Public Service Co of Indiana Inc	Gibson	650	79	4588	3675	1000	1000	FW	GE
13 Iowa Power & Light Co	Council Bluffs	650	79	4800	2400	1000	1000	BW	GE
14 New York State Electric & Gas Corp	Homer City	636	77	4750	2620	1005	1005	BW	GE
15 Houston Lighting & Power Co	Parish	636	79	4745	2620	1005	1005	BW	WE
16 Kansas City Power & Light Co	Iatah	630	80	4725	2450	1005	1005	BW	GE
17 Kansas City Power & Light Co	La Cygne	630	77	4725	2450	1005	1005	BW	GE
18 Allegheny Power System Inc	Pleasants	618	80	5035	3500	1000	1000	FW	ACP
19 Dayton Power & Light Co	Killen	600	81	4545	2620	1005	1005	BW	GE
20 Dayton Power & Light Co	East Bend	600	80	4750	2620	1005	1005	BW	WE
21 Central Maine Power Co	Wyman	600	78	4400	2620	1005	1005	FW	GE
22 Wisconsin Electric Power Co	Pleasant Prairie	580	82	4428	1990	955	955	RS	GE
23 Southwestern Electric Power Co	Welsh	555	80	3793	2620	1005	1005	BW	GE
24 Central Power & Light Co	Coletto Creek	550	79	4199	2620	1005	1005	CE	GE
25 Gulf States Utilities Co	Nelson	520	81	4199	2620	1005	1005	CE	WE
26 Kentucky Utilities Co	Ghent	511	81	3800	2620	1005	1005	FW	GE
27 Northern Indiana Public Service Co	Schahfer	511	80	3800	2620	1005	1005	FW	GE
28 Oklahoma Gas & Electric Co	Sooner	510	79	3832	2620	1005	1005	CE	GE
29 Commonwealth Edison Co	Collins	500	79	4000	2410	1005	1005	BW	WE
30 Mississippi Power Co	Jackson County	500	79	3611	2500	1000	1000	CE	WE
31 Portland General Electric Co	Boardman	500	80	3980	2490	1005	1005	FW	WE
32 Idaho Power Co	Pioneer	500	81	3980	2620	1005	1005	FW	GE
33 Public Service Co of Oklahoma	Northeastern	450	79	3260	3792	1005	1005	CE	GE
34 Otter Tail Power Co	Coyote	440	81	3250	2620	1005	1005	BW	WE
35 Tampa Electric Co	Big Bend	425	81	3300	2600	1005	1005	CE	GE
36 Columbus & Southern Ohio Electric Co	Poston	413	81	2830	2500	1005	1005	CE	GE
37 Utah Power & Light Co	Emery	409	80	2784	2415	1000	1000	CE	WE
38 Wisconsin Public Service Corp	Weston	322	81	2350	2620	1005	1005	CE	GE
39 Arizona Public Service Co	Cholla	250	79	2015	1990	1005	1005	CE	WE
40 Southern Indiana Gas & Electric Co	Brown	250	79	1850	1965	1005	1005	BW	GE
41 Sierra Pacific Power Co	North Valmy	250	81	1903	2600	1005	1005	BW	WE
PUBLIC UTILITIES—POWER DISTRICTS; MUNICIPAL, STATE, AND FEDERAL SYSTEMS; COOPERATIVES									
42 Omaha Public Power Dist	Nebraska City	600	79	4300	2620	1005	1005	FW	WE
43 Missouri Basin Power Project Participants	Laramie River	570	80	4025	2620	1005	1005	BW	GE
44 United Power Assn	Coal Creek	550	79	3730	2620	1005	1005	CE	GE
45 Lower Colorado River Auth	Fayette	550	79	4199	2640	1005	1005	CE	GE
46 Cajun Electric Power Coop Inc	Big Cajun	540	80	4300	2620	1005	1005	RS	GE
47 East Kentucky Rural Electric Coop	Spurlock	500	80	3800	2400	1005	1005	CE	GE
48 Colorado UTE Electric Assn Inc	Craig	410	78	3384	2660	1005	1005	BW	GE
49 Austin Electric Dept	Decker Creek	405	77	2975	2500	1000	1000	BW	WE
50 South Texas Electric Coop Inc	San Miguel	400	79	3054	2705	1005	1005	BW	WE
51 Salt River Project	Coronado	350	79	2743	2500	1005	1005	RS	GE
52 South Mississippi Electric Power Assn	Morrow	203	78	1575	2620	1005	1005	RS	GE
53 Arizona Electric Power Coop Inc	Apache	200	79	1355	2620	1000	1000	RS	GE
54 Colorado Springs Dept of Public Utilities	Nixon	200	79	1450	1990	1000	1000	BW	GE

表2 アメリカ、GE社の大容量STAGの受注実績(1976年12月まで) ガスタービンFS-7型を採用した場合のSTAGプラントとしては24プラント、ガスタービンは66台、合計出力5,500MWである。

No.	電力会社名	STAG形式	出力(MW)	STAG構成(台数×仕様)			燃料	受注年度	運転開始年月(西暦)
				ガスタービン	ボイラ	蒸気タービン			
1	Jersey Central Power & Light	STAG-400	340	4×FS-7	4×助燃付	1×TCDF-23	D/G	71	77/2
2	Louisiana Power & Light*	STAG-200	208	2×FS-7	2×助燃付	1×TCDF-16.5	G/D	72	74/8
3	Duquesne Light*	STAG-300	290	3×FS-7	3×助燃付	1×TCDF-20	D	72	74/6
4	Ohio Edison*	STAG-200	235	2×FS-7	2×助燃付	1×TCDF-16.5	D	72	74/12
5	Houston Lighting & Power*	STAG-400	297	4×FS-7	4×助燃なし	1×TCDF-23	G/D	72	74/5
		STAG-400	297	4×FS-7	4×助燃なし	1×TCDF-23	G/D	72	74/7
6	Salt River Project*	STAG-100	240	1×FS-7	1×助燃なし	1×TCSF-17	D	72	74/10
		STAG-100		1×FS-7	1×助燃なし	1×TCSF-17	D	72	74/10
		STAG-100		1×FS-7	1×助燃なし	1×TCSF-17	D	72	74/12
7	Arizona Public Service*	STAG-100	80	1×FS-7	1×助燃なし	1×TCSF-17	G/D	73	76/3
		STAG-100	80	1×FS-7	1×助燃なし	1×TCSF-17	G/D	73	76/5
		STAG-100	80	1×FS-7	1×助燃なし	1×TCSF-17	G/D	73	76/5
8	Salt River Project*	STAG-100	80	1×FS-7	1×助燃なし	1×TCSF-17	G/D/R	73	75/5
9	Puerto Rico Water Resources Authority	STAG-400	300	4×FS-7	4×助燃なし	1×TC4F-16.5	D	73	1976~
		STAG-400	300	4×FS-7	4×助燃なし	1×TC4F-16.5	D	73	1977
10	Western Farmers Electric Cooperative	STAG-100	80	1×FS-7	1×助燃なし	1×TCSF-17	G/D	75	77/中頃
		STAG-100	80	1×FS-7	1×助燃なし	1×TCSF-17	G/D	75	77/中頃
		STAG-100	80	1×FS-7	1×助燃なし	1×TCSF-17	G/D	75	77/中頃
11	Portland General Electric	STAG-600	500	6×FS-7	6×助燃なし	1×TC4F-16.5	D/R	75	77/中頃
12	Southern California Edison	STAG-500	431	5×FS-7	5×助燃なし	1×TC4F-16.5	D/G	76	1985
		STAG-500	431	5×FS-7	5×助燃なし	1×TC4F-16.5	D/G	76	1985
		STAG-500	431	5×FS-7	5×助燃なし	1×TC4F-16.5	D/G	76	1985
13	Korea Electric	STAG-400	320	4×FS-7	4×助燃なし	1×TC4F-16.5	D/R	76	1978
		STAG-400	320	4×FS-7	4×助燃なし	1×TC4F-16.5	D/R	76	1978

注：1.燃料記号説明 D=軽油，G=天然ガス，R=重油 2.*運転開始済みプラント

日負荷曲線とその供給設備の分担を、表3は昭和60年8月深夜の需給バランス予想を示したものである。

このように需要に対する供給力の調整は、火力に頼らざるを得ないため、このような運用に適した火力発電機器の開発が急務である。

中間負荷火力として起動・停止が容易で、かつ低負荷時の効率低下の少ない発電設備が要求され、これには変圧運転方式を採用することが好ましいと考えられる。

この変圧運転方式は、負荷に応じて主蒸気圧力を変えてゆく方法で、その主な特長は次に述べるとおりである。

- (1) 高効率(部分負荷時の熱効率の向上及び最低負荷の低減)
- (2) 負荷追従性の向上(負荷変化率の増大、負荷変化幅の増大及び負荷変化による高温部熱疲労の低減)
- (3) 起動・停止特性の向上(起動時間の短縮、起動損失の低減、運転監視の容易化、自動化範囲の拡大及びメタルマッチング特性の改善)

などである。

特に、変圧運転による利得を最大に発揮するために、ボイラ設計上考慮すべき事項としては、

- (a)蓄積容量が小さいこと、(b)高压部の肉厚が小さいこと、

表3 昭和60年8月深夜需給バランスの予想 火力が受け持つべき出力は、火力全設備の約30%である。

		電力量(万kW)	備考 設備量(万kW)
需要(送電端)		7,000	
供給力(送電端)	水力	600	2,900(揚水を含む)
	火力	3,000	9,000
	原子力	3,800	3,900
	他社受電	600	
	揚水	△1,000	

注：△印は消費量

(c)全圧力範囲にわたって蒸発部が安全運転域にあり、かつ高い可撓性をもっていることなどで要約すれば、大きな圧力及び温度変化に対して敏感でない構造とすることが必要である。

また燃料費の異常に高い我が国では効率向上に対する配慮も同時に行なう必要があり、このために超臨界圧変圧運転の可能なスパイラル・ベンソンボイラが開発されている。

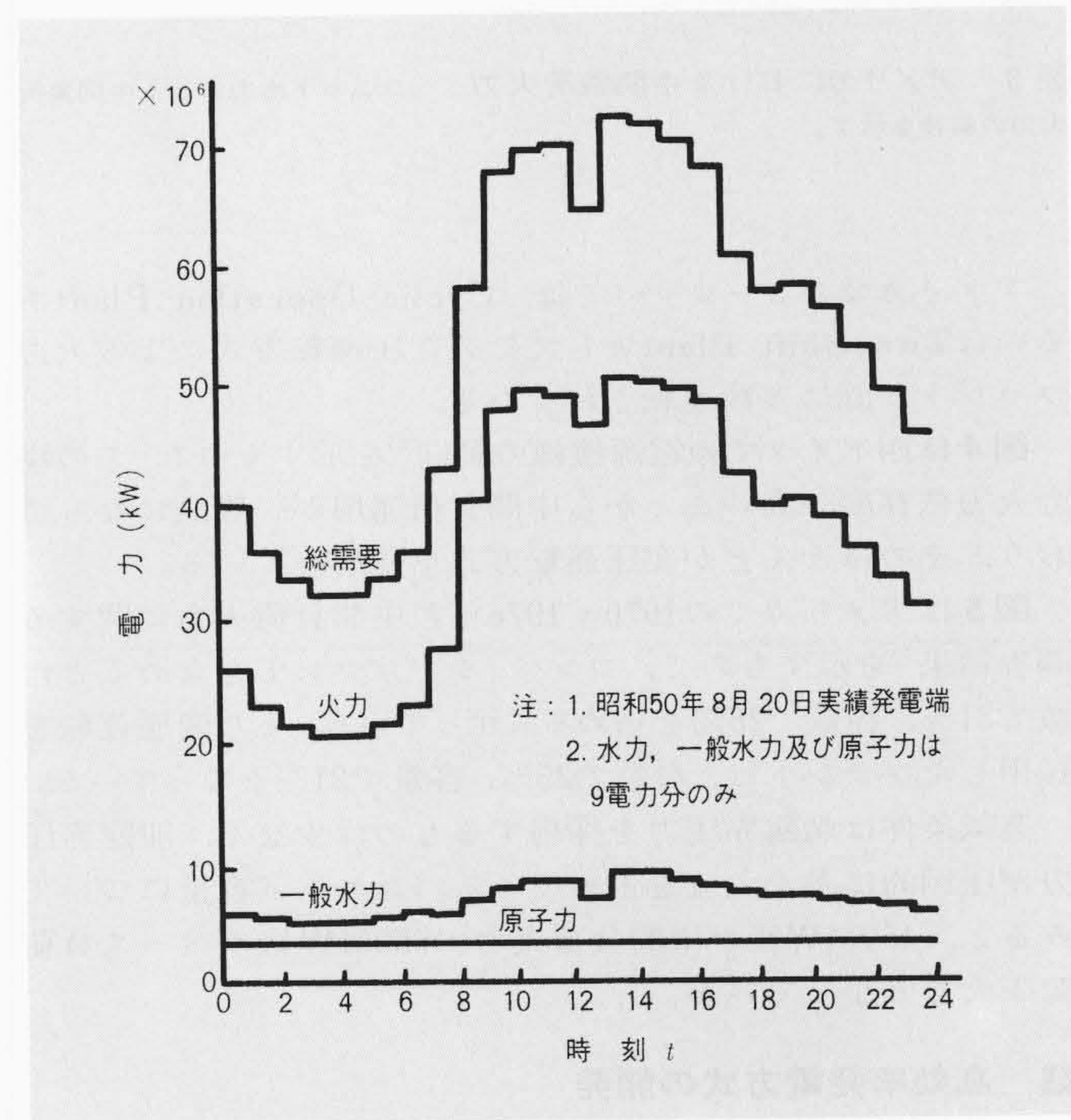


図3 50年夏季ピーク日負荷曲線実績 昼夜間の最大需要の比は、2対1と昼間が高く、その供給分担を中間負荷火力がまかなう。

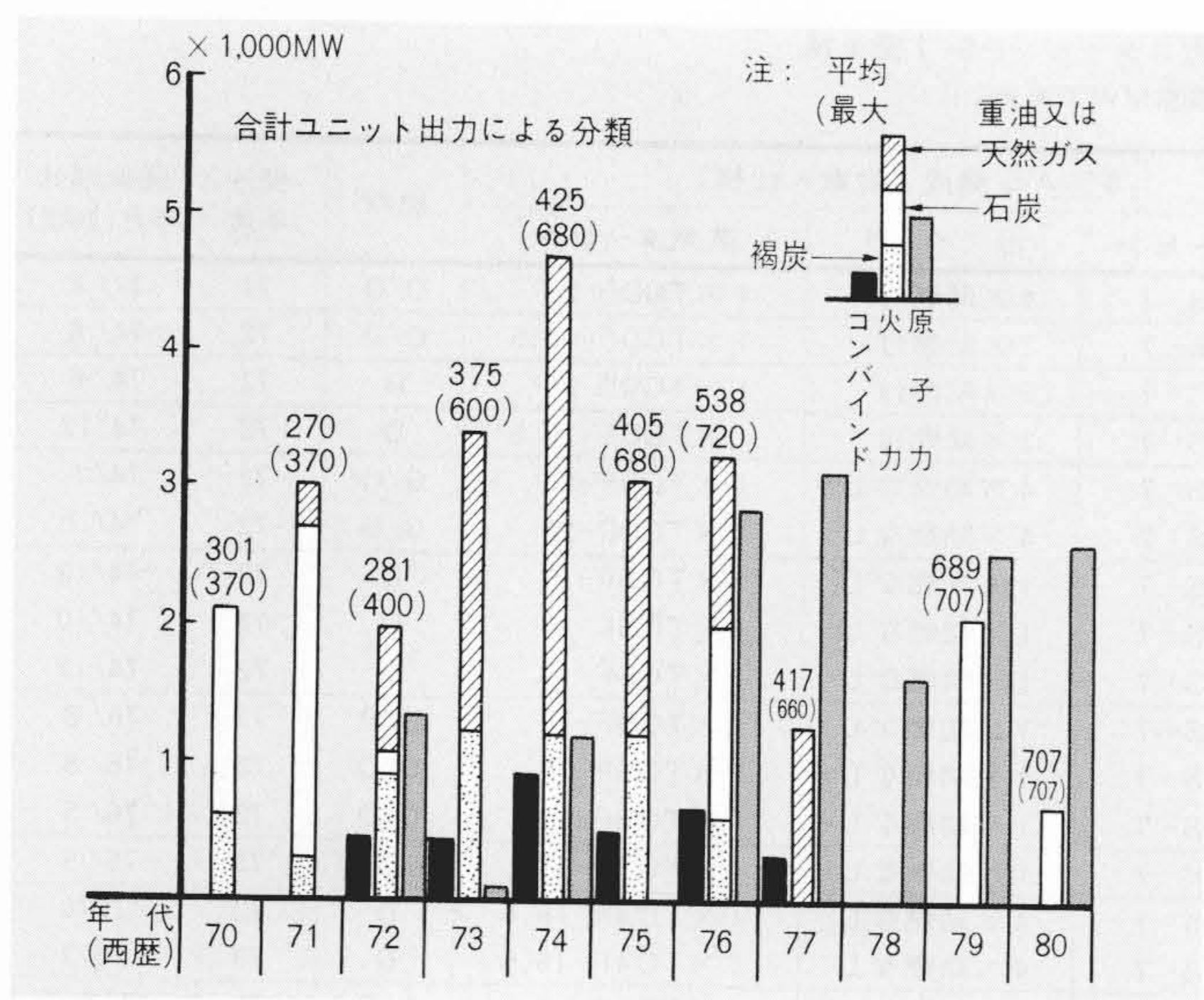


図4 西ドイツにおける電源機種の動向 1970年代の新設ユニットは、火力の占める割合が多い(運転開始年ベース)。

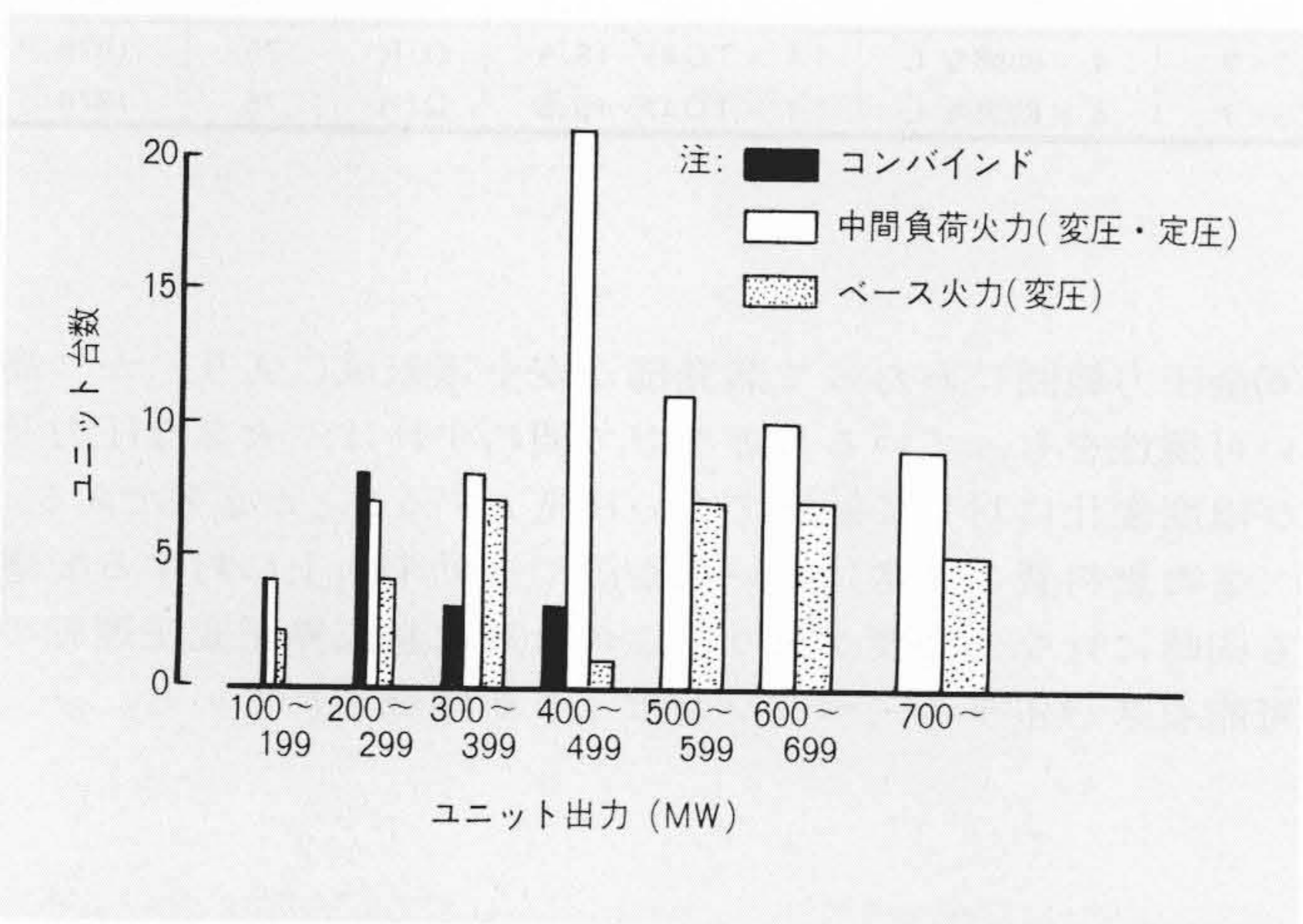


図5 アメリカにおける中間負荷火力 ユニット出力による中間負荷火力の割合を示す。

アメリカ及びヨーロッパでは、Cyclic Operation PlantあるいはTwo Shift Plantとしてこの変圧運転方式による火力プラントが既に多数運転されている。

図4は西ドイツでの電源機種の動向⁵⁾を示すもので、この場合火力依存度が高いことから中間負荷運用が一般的になっており、そのほとんどが変圧運転方式を採用している。

図5はアメリカでの1970～1976年の中間負荷火力に関する調査結果²⁾を示すもので、コンバインドプラントも含めると台数で31%、容量で26%を占めるに至っている。また変圧運転を採用したプラントは、台数で25%、容量で21%となっている。

蒸気条件は超臨界圧力を採用するものは少なく、亜臨界圧力が圧倒的に多く主流を占めている。ユニット容量についてみると、450MW級が中間負荷火力、650MW級がベース負荷変圧火力となっている。

4 高効率発電方式の開発

今後の厳しいエネルギー情勢から、従来の火力発電設備についてもより一層の効率向上策が求められ、種々の設備の改

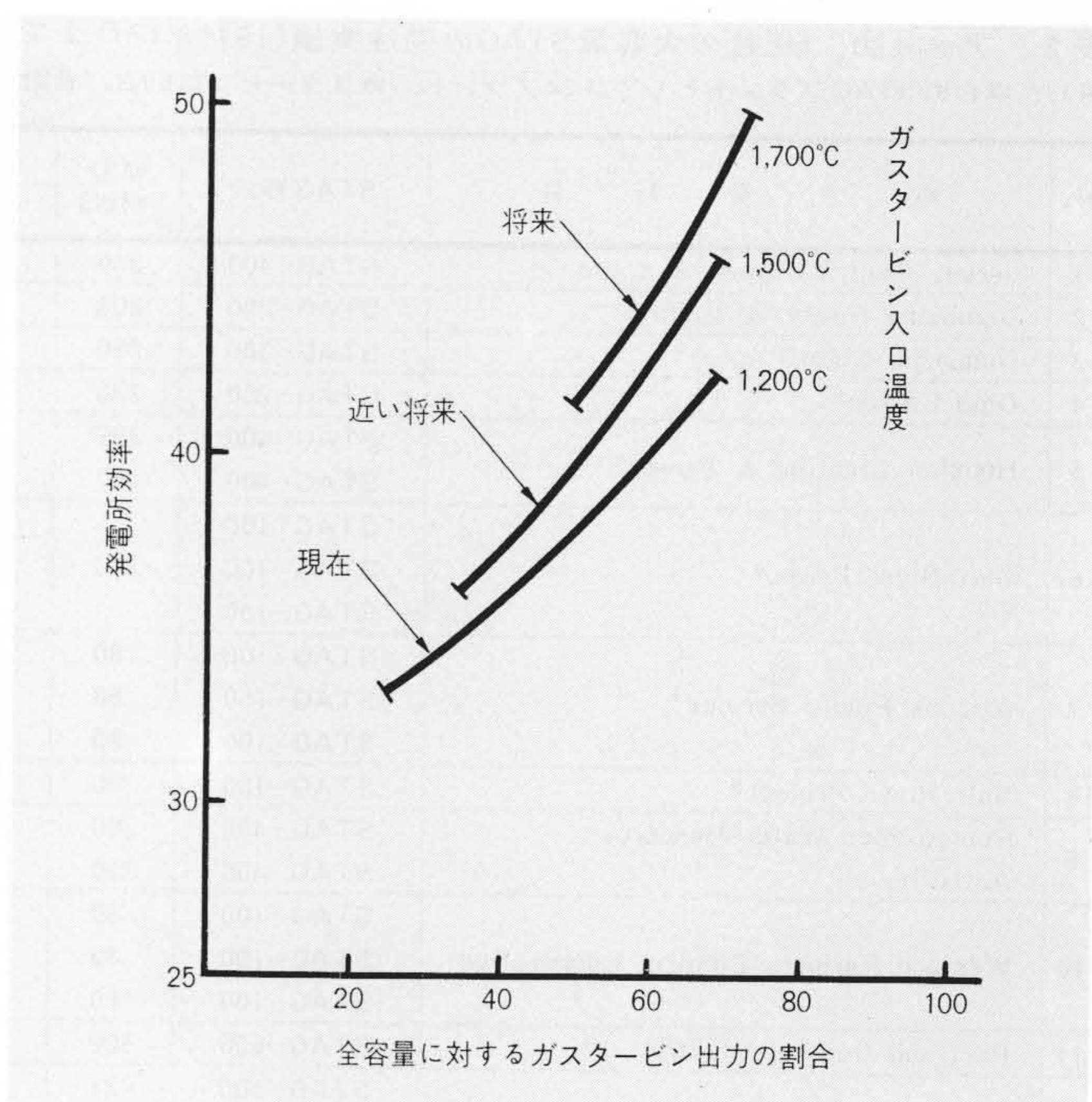


図6 ガスタービン入口温度と発電所効率 高温ガスタービンによる発電所の効率向上について示す。

善が進められている。また同時に、高温ガスタービンと蒸気タービンプラントとを組み合わせた複合サイクルプラントの研究も進められており、現在の新鋭火力プラントよりも数パーセント効率の高いプラントを目標に開発を進めている。図6は、複合サイクルプラントでのガスタービン入口温度と発電所効率との関係を示すものである。

最近、ガスタービンも単機容量70～90MWと従来に比べて大形のものが製作可能となってきており、その信頼性も十分向上してきているので、このガスタービンと蒸気タービンとを組み合わせることにより数十万キロワット⁶⁾のプラントとすることも可能となっている。

5 結 言

最近の電源開発は、諸般の事情から極めて困難な状況となってきており、国家的見地からも憂慮すべき事態と考えられる。このような状況下にあって、我々機器メーカーは従来にも増して機器の効率向上及び信頼性向上に努力する必要がある、また同時に環境に対する対策も万全を期することが重要である。

既に本稿で述べたように、我が国の電源構成もしだいに変わりつつあり、また電力の需給パターンにも大きな変化が見られるようになっているので、これからの火力発電用機器の計画に当たっては、このような事態を直視して将来に悔いを残さないようにすることが肝要であろう。

終わりに、火力発電に携わる関係各位の御助言を切望する次第である。

参考文献

- 1) 中央電力協議会：51年度電力長期計画
- 2) Electrical World, Nov. 11～14 th, Steam Station Design Survey.
- 3) Power, Nov. 1976, Plant Design Survey.
- 4) 資源エネルギー庁：火力新技術調査委員会報告書51/3
- 5) Brennst-Wärme-Kraft 4/1976. 他
- 6) 坂井：大容量STAGプラント、火力原子力発電Vol. 25.