

一次エネルギー削減に貢献する 都市型コージェネレーション

Co-generation System-Highly Efficient Energy Conversion System

福本千尋* *Chihiro Fukumoto*

梅内 功* *Kou Umeuchi*

坂内正明** *Masaaki Bannai*

下田 誠*** *Makoto Shimoda*



平成4年10月に日立製作所日立工場に設置したガスタービン コージェネレーション センタ 4.0 MW級ガスタービン設備を中心としたコージェネレーションシステムである。工場やビル、大学、病院などのエネルギーセンターとして、自家発電と排熱利用によって給湯、冷暖房などを同時に実現し、省エネルギー化を図る。

地球環境保全の立場から、エネルギーの有効利用、二酸化炭素の発生量の低減などが叫ばれている。同時に、これと相反するエネルギー多消費型のよりよい快適空間を求める要望も年々強くなってきている。これらの動向に対し、未利用エネルギーの活用と並んで発電による電気と同時に発生する熱エネルギーを総合的に効率よく利用するコージェネレーシ

ョンの導入が、民生用都市開発の分野だけにとどまらず、一般産業の分野でも脚光を浴びるようになってきている。

日立製作所は、コージェネレーションシステムを構成するキーコンポーネントと、これらの展開技術を社内に持つ総合電機メーカーとしての特長を生かして、これらの分野に積極的に貢献する考えである。

* 日立製作所 機電事業部 ** 日立製作所 システム事業部 *** 日立製作所 日立研究所

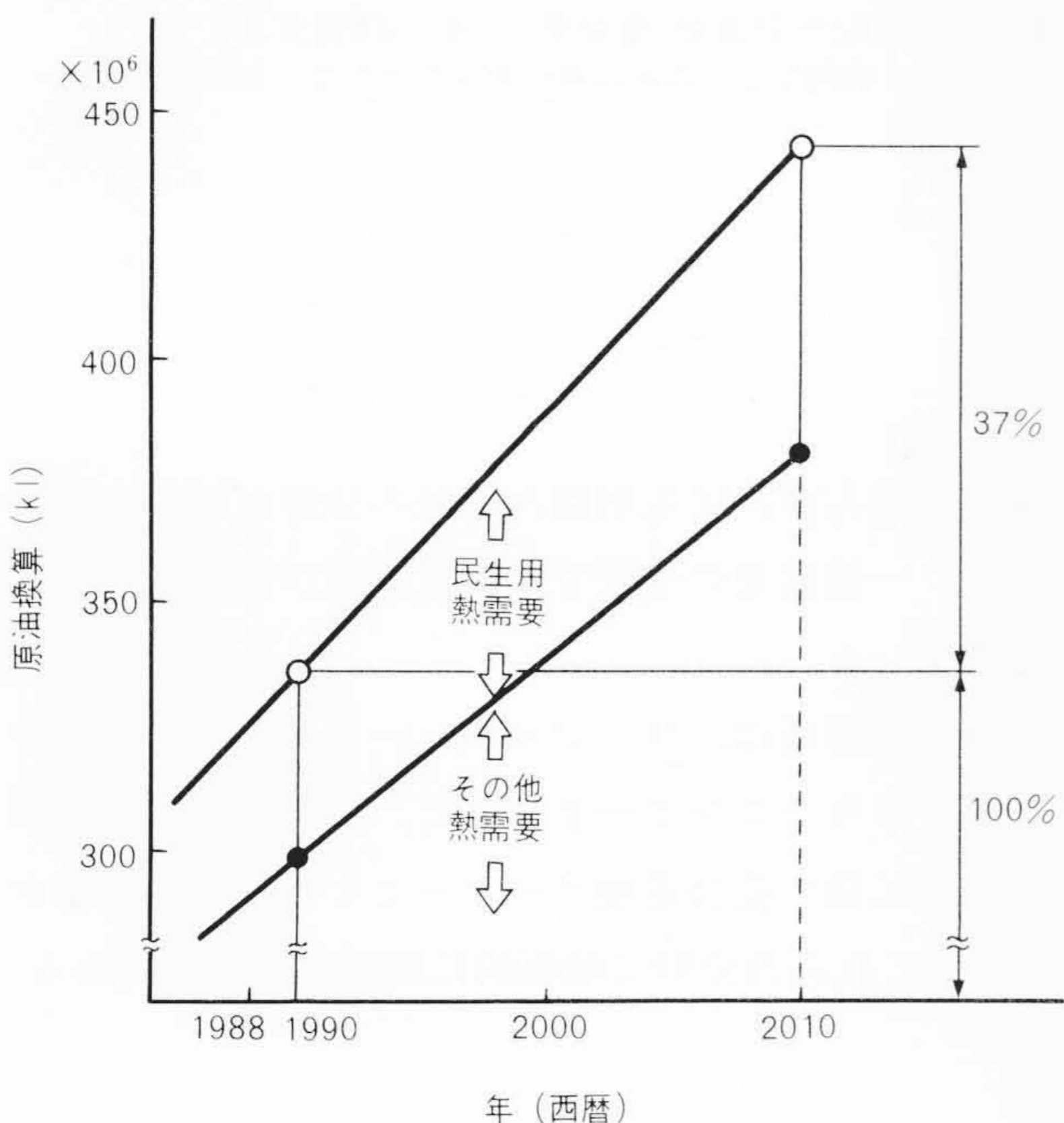
1 はじめに

生活レベルの向上により、快適生活環境を求める動きが活発化してきており、現在のペースでは、1990年から2010年までの20年間で、エネルギー需要は37%の伸びが予想されている。特に、民生用の冷暖房のような熱需要は、アメニティ指向から全体の伸び率の約2倍のスピードで増加していくと見込まれている(図1)。

エネルギー需要の伸びは、ほぼそのまま二酸化炭素の発生量の増大となることから、地球温暖化防止のためにも、一次エネルギーの消費量を抑制しながら、必要エネルギー量を確保することが肝要となってくる。このため、今まで十分活用されていなかったごみ焼却場からの高温排熱の総合有効利用や、ガスタービン、ガスエンジン、ディーゼルエンジン、燃料電池などのコージェネレーションシステムを導入し、化石燃料の消費量を減少させる計画が検討され、実施されるようになってきた。

日立製作所は、これらシステムのキーコンポーネントのほとんどを社内製品として持つことに加え、技術の展開能力も持った総合メーカーとしての立場を最大限に生かして、システム化による製品提供を進めている。

ここでは、日立製作所のコージェネレーションへの取り組みと地域冷暖房プラントへの応用について述べる。



出典：総合エネルギー調査会中間報告

図1 2010年における民生用熱需要の試算 今後約20年間の民生用熱需要の伸び予想を示す。

表1 コージェネレーションの種類と特徴 使用条件に合った設備選定のためのシステムの種類と特徴を示す。

種類	入力エネルギーに対する効率	総合効率	特徴
ディーゼルエンジンコージェネレーションシステム	電気：30～43% 蒸気：10～20% 温水：10～20%	65～75%	電力需要が熱需要に比べて多い場合に適している。低価格燃料の使用が可能である。発電効率が非常に高い。経済的である。
ガスエンジンコージェネレーションシステム	電気：20～35% 蒸気：15～25% 温水：10～20%	60～75%	比較的小規模で熱需要が多い場合に適している。都市ガスを使用し、廃熱回収も容易である。
ガスタービンコージェネレーションシステム	電気：15～35% 蒸気：30～45%	65～80%	電力節減と多量の蒸気を使用したい場合に適している。排ガス熱量が多いため、大量の蒸気が回収可能である。

2 コージェネレーションシステム

2.1 コージェネレーションシステムの種類と特徴

民生分野および一般産業分野で用いられるコージェネレーションシステムの種類とその特徴を表1に示す。

地域冷暖房プラントのような蒸気を多量に使用する分野では、ガスタービンコージェネレーションが適していることがわかる。

2.2 コージェネレーションの導入による省エネルギー効果

コージェネレーションを導入した場合の省エネルギー効果の試算を図2に示す。省エネルギー効果はシステム構成によって多少変化するが、この試算から、コージェネレーションによって発生する電力と熱エネルギーを有効に利用することにより、一次エネルギーがほぼ23%削減できることがわかる。また、二酸化炭素発生量は、一次エネルギーの消費量にほぼ比例することから、コージェネレーションの導入で二酸化炭素発生量も大幅に削減できることがわかる。

3 日立製作所のコージェネレーションへの取り組み

日立製作所は、変電所や発電所の電機メーカーとして培った経験と実績をもとに、省エネルギー化や環境対策

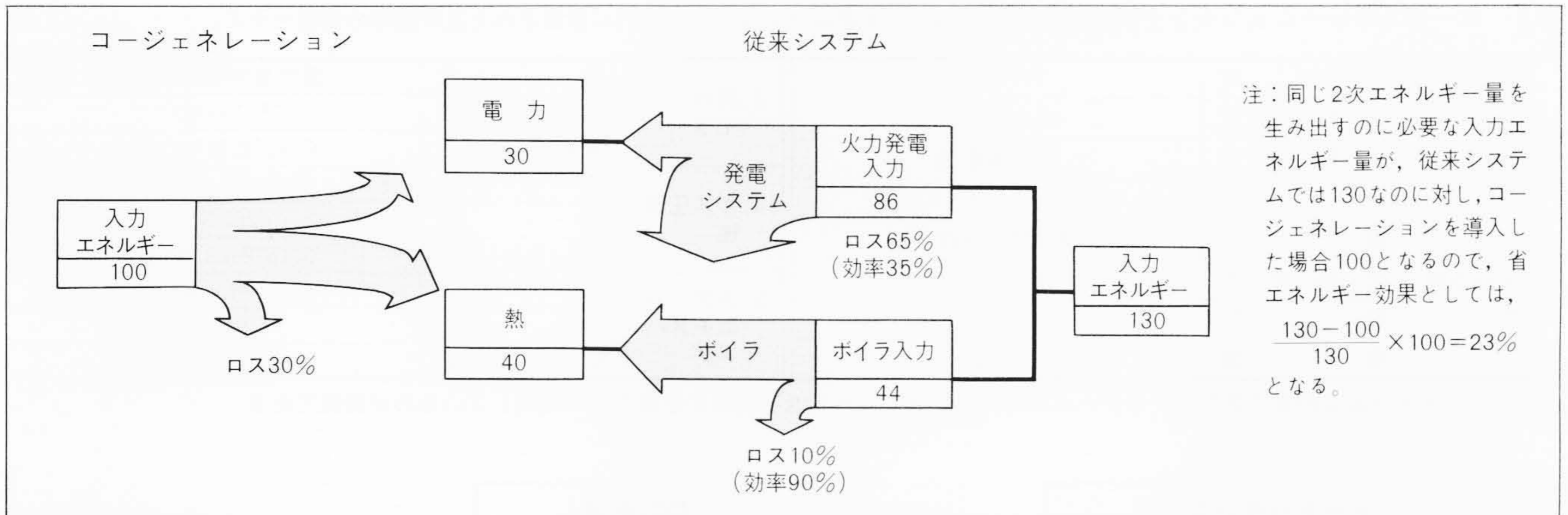


図2 コージェネレーション導入による省エネルギー効果の試算
減率を示す。

同じ二次エネルギー量を生み出すのに必要な入力エネルギー量の削

を最大のテーマとして構成機器の高効率化や最適システム運用技術などの研究開発を行っている。ここでは、ガスタービン コージェネレーションの取組み例について述べる。

3.1 ガスタービン コージェネレーション システム

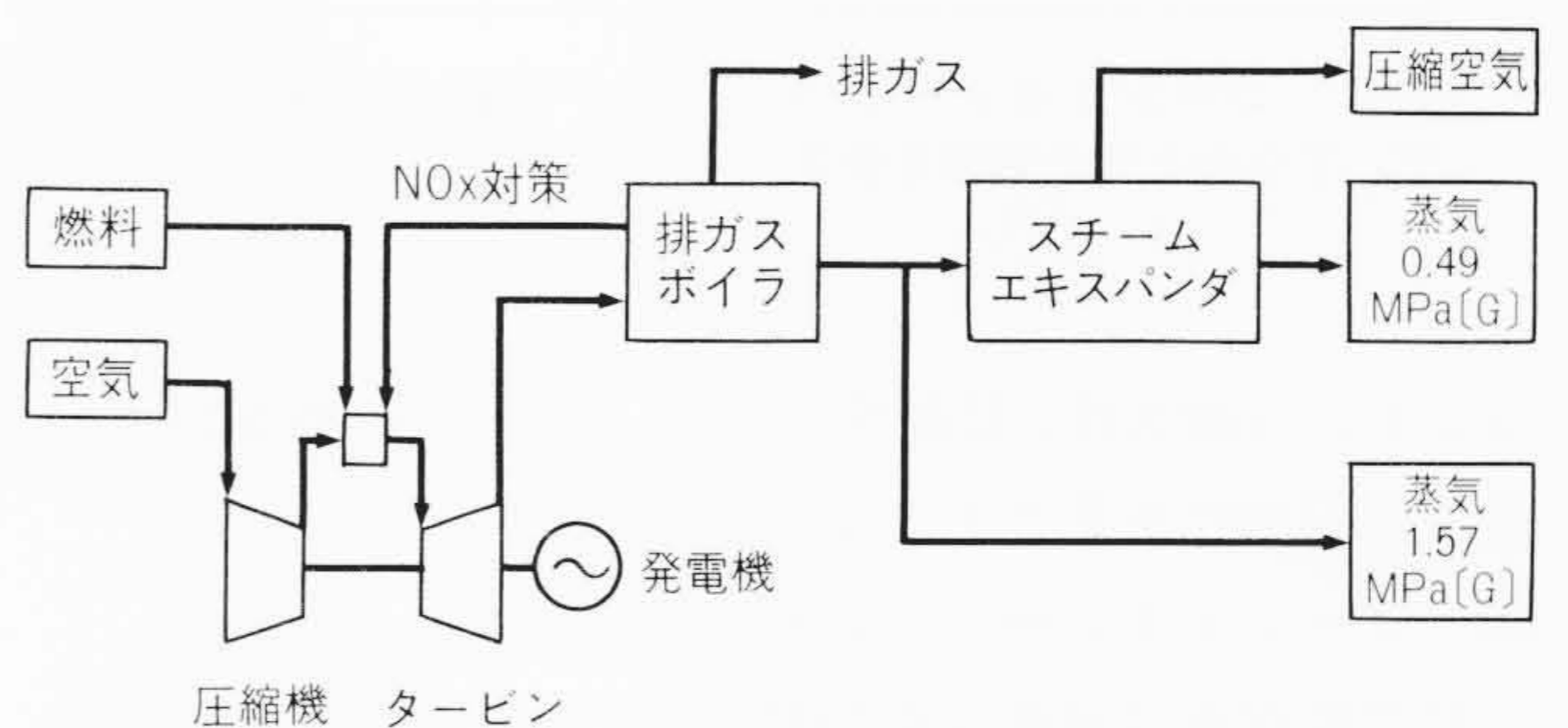
(1) ガスタービン設備

日立製作所は一般産業用、民生用として適切な4.0 MW(タイフーン)と6.0 MW(トルネード)の容量の2機

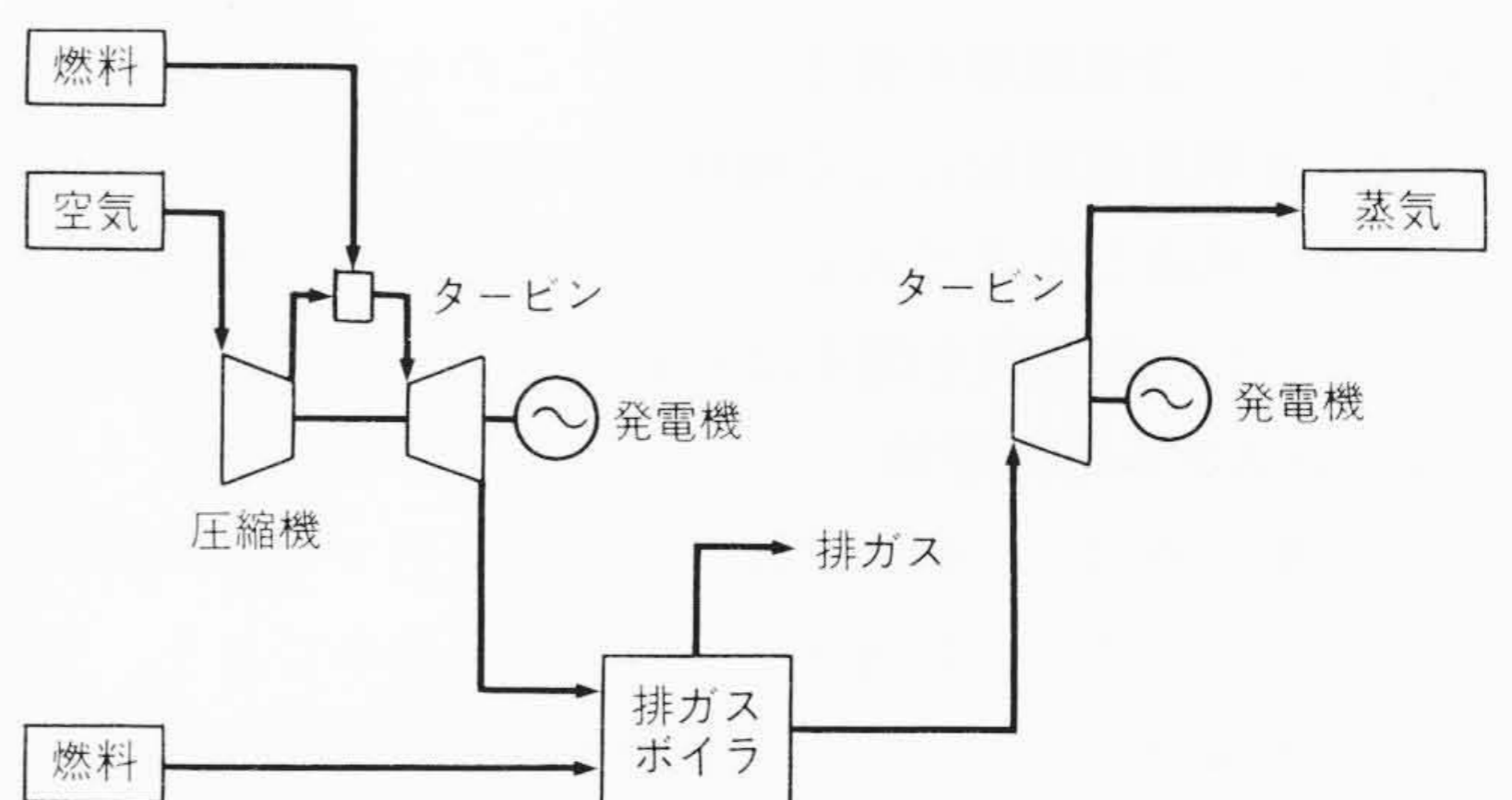
表2 ガスタービン コージェネレーション システムの主要仕様 日立製作所の代表的ガスタービンの仕様を示す(国際標準化機構・蒸気噴射時)。

項目	タイフーン (TYPHOON)	トルネード (TORNADO)
名称	タイフーン (TYPHOON)	トルネード (TORNADO)
主な特長	(1) 軸出力効率が低い。 (2) いろいろな燃料が使用できる。 (3) 耐久性、信頼性が高い。	
ISO 定格出力	4.0 MW級	6.0 MW級
軸出力効率	31.0%	31.5%
最高サイクル温度	1,053 °C	1,000 °C
圧力比	12.8 : 1	12 : 1
圧縮機の段数	軸流10段	軸流15段
タービンの段数	軸流2段	軸流4段
燃焼器の数	缶型6個	缶型8個
軸の数	1	軸
軸受の数	2	個
起動装置	油圧電動機起動	トルクコンバータ起動
燃料	A重油, 軽油, 灯油, 都市ガス (I3A)	
NOx 低減対策	蒸気, 水噴射	蒸気, 水噴射
タービン速度	16,570 r/min	11,085 r/min
出力軸の速度	1,500/1,800 r/min	
パッケージ寸法 縦×横×高さ	8.8 m×2.4 m×3.2 m	12.5 m×2.4 m×3.4 m
質量	約32.5 t	約50.0 t
騒音値	85 dB(A)	85 dB(A)

種をパッケージ化している。これらの主要仕様を表2に示す。主な特長は、(a) 軸出力効率が30%以上と高いこと、(b) 天然ガス、軽油、灯油、A重油などの燃料が使用でき



(a)



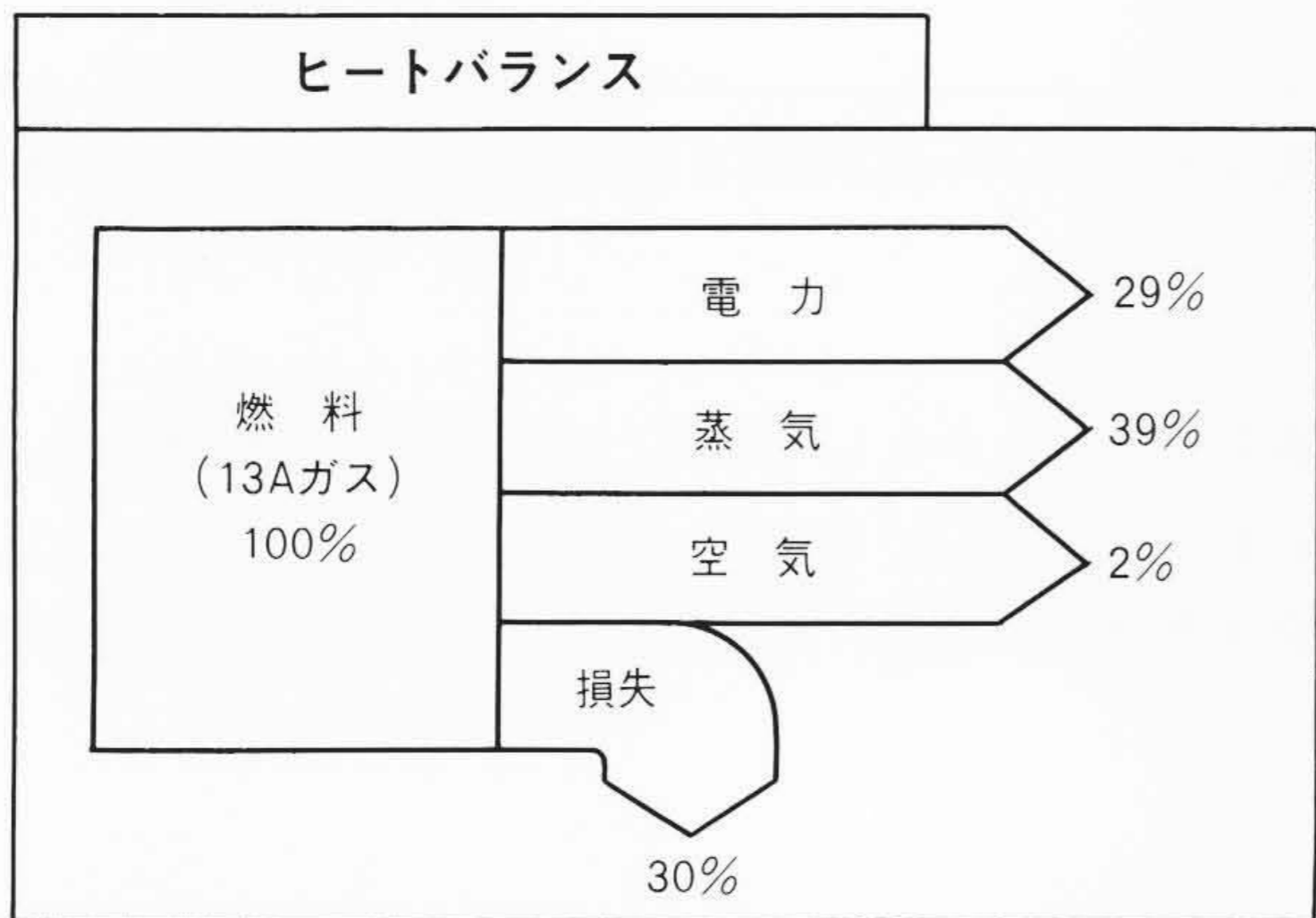
(b)

図3 ガスタービン コージェネレーション システムの適用例 最近のガスタービンコージェネレーションを用いたプラント建設事例を示す。(a)は日立製作所のガスタービン コージェネレーション センタのシステムであり、(b)は既設のシステムにガスタービン発電機を増設したコージェネレーションシステムである。

表3 コージェネレーションセンタの設備概要 コージェネレーションセンタ内に設置された主要機器の仕様を示す。

1. ガスタービン	型式	TYPHOON	3. 排ガスボイラ	型式	屋外自然循環単胴型
	回転速度	16,500 r/min		蒸気発生量	8,700 kg/h
	始動方式	交流電動機		最高・常用圧力	2.55/2.32 MPa[G]
	燃料	Dual Fuel(ガス, A重油)		4. ガス圧縮機	型式
2. 同期発電機	型式	横軸開放保護形	5. スチームエキスパンダ	出力	1,200 Nm ³ /h
	定格出力	3,850 kW(4,052 kVA)		吸込・吐出し圧力	0.15/2.16 MPa[G]
	電圧	6.6 kV		型式	背圧型
	極数	4極		出力	190 kW
				空気流量	2,000 Nm ³ /h

注：排ガスボイラ出口の高圧蒸気を、スチームエキスパンダによって低圧蒸気と圧縮空気に転換しているのが特長である。



	コージェネレーション導入前	コージェネレーション導入後
電力	5,700 t-c/年	5,700 t-c/年
蒸気	2,400 t-c/年	
NOx	—	70 ppm以下 (16%O ₂)
合計	8,100 t-c/年 (100%)	5,700 t-c/年 (70%)

図4 コージェネレーションセンタの総合効率とCO₂削減率, すなわち総合効率を表す。

ヒートバランスは入力エネルギーから二次エネルギーへの転化

ること, (c) 耐久性, 信頼性が高く, 年間8,000時間以上の連続運転ができること, などである。

(2) コージェネレーションセンタ

日立製作所は平成4年10月に, 4.0 MW級ガスタービン設備を中心としたコージェネレーションシステムを日立工場内に設置した。

このコージェネレーションセンタのシステム構成を図3(a)に, 設備概要を表3に示す。このセンタの建設目的は, 長期連続運転による機械的信頼性の確認, 保守, 点検性の見直しなどである。この設備で確認できた総合効率とCO₂の削減率を図4に示す。

3.2 システム計画手法

日立製作所は, 一般産業用, リゾート用コージェネレーションのシステム最適化手法の研究を進めており, ファジィ推論を用いたシステム計画手法を開発した。ファジィ制御方式を採用することにより, 動的計画法と比較して検討に要するCPU時間を大幅に短縮することができ, 容易にコージェネレーションのシステム検討ができるようになった。検討対象例を図5に, ファジィ制御方式によるシミュレーション結果を図6に示す。

3.3 適用プロセス

ガスタービン コージェネレーション システムの最近のプラントへの適用例を図3のシステムフロー図で説明する。

図3(a)は, ガスタービン コージェネレーション シス

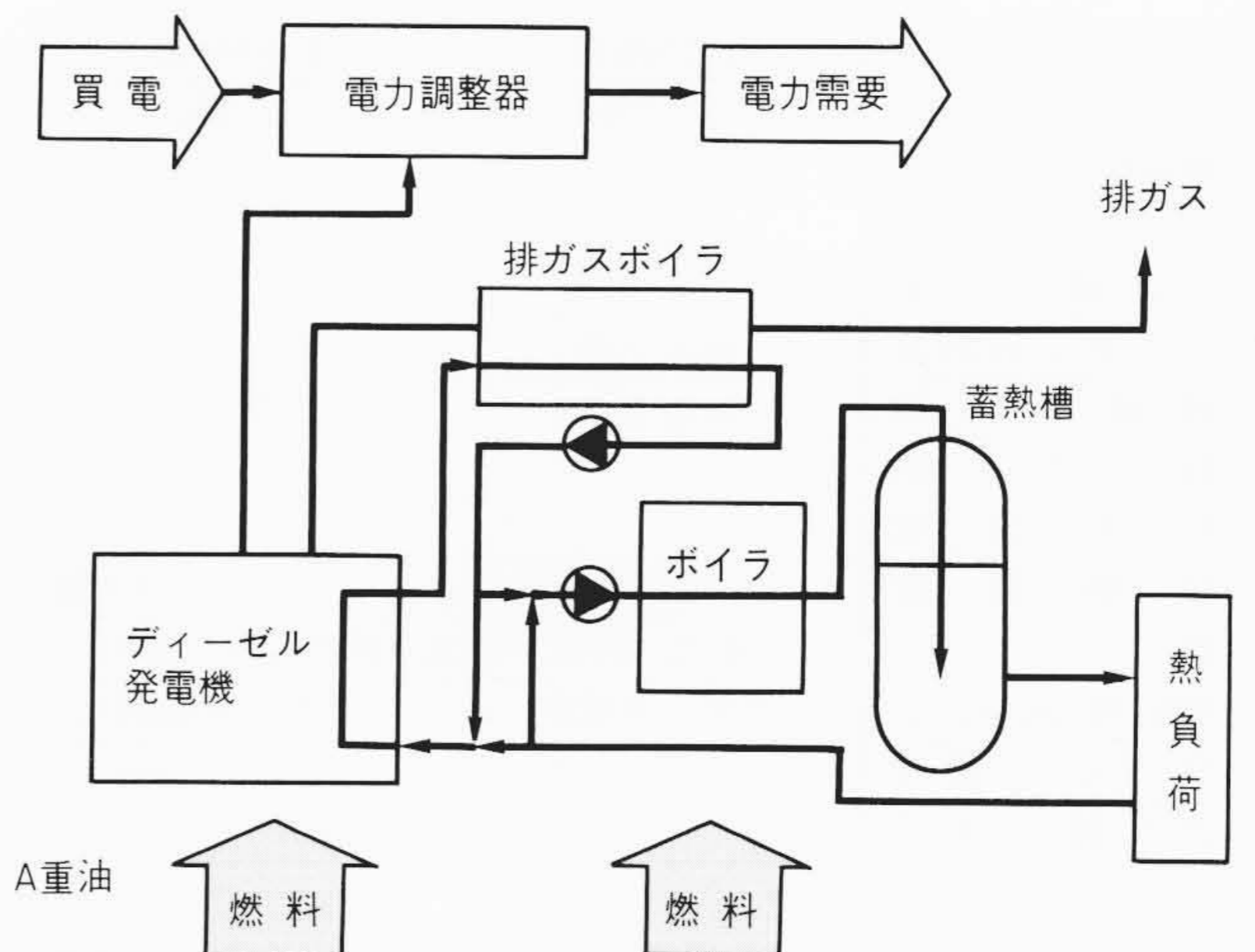


図5 システム計画のシミュレーション検討対象例 蓄熱槽を持つ系であり, ボイラの容量が最小になる条件を求め。

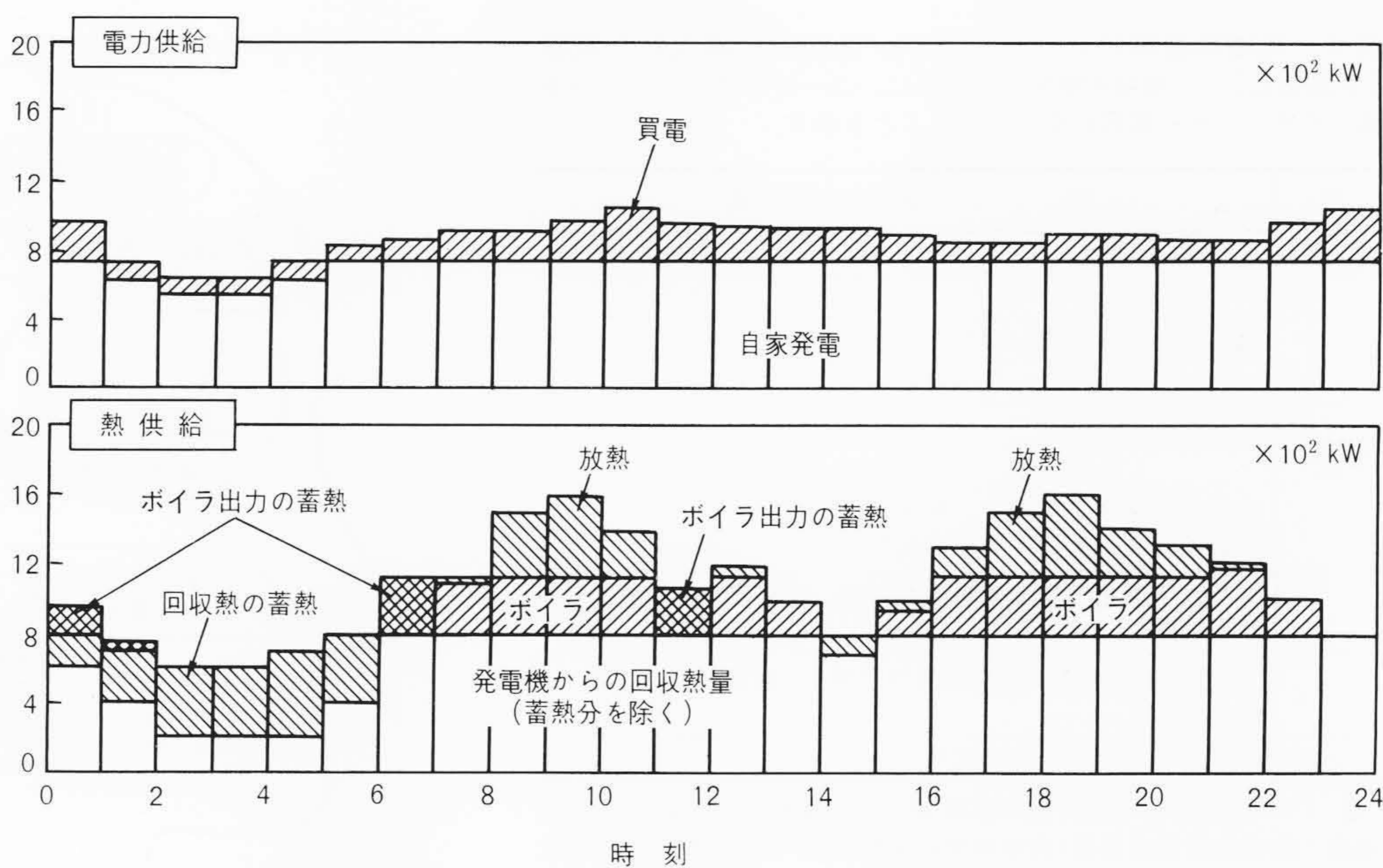


図6 ファジィ制御方式によるシミュレーション結果
他の手法と比べ、短時間でボイラの容量が最小となる条件を求めることができた。

テムの熱エネルギーの一部を、スチームエキスパンダによって低圧蒸気と圧縮空気に転換するもので、日立製作所のガスタービン コージェネレーション センタのシステムである。同図(b)は、既設のボイラとスチームタービン発電機のシステムに、ガスタービン発電機を増設してリパワリングを行ったコージェネレーションシステムの例である。

いずれも省エネルギーと環境対策(CO₂削減)、電源安定供給を実現している。

4 地域冷暖房プラントへの応用

冒頭でも述べたように、地域冷暖房プラントを含む熱供給システムは今後ますます増加していくと考えられるが、省エネルギー、環境対策の点から未利用エネルギーの活用、コージェネレーションの導入が主流となっていく模様である。

熱供給システムの市場規模と熱供給量の増加予想を図7に示す。

コージェネレーションシステムを、地域冷暖房プラントに導入した実施地区の例を表4に示す。

4.1 コージェネレーション導入による経済評価

ガスタービンコージェネレーションを地域冷暖房プラントに導入した場合の経済評価を冷熱単価で表したものを図8に示す。ガスタービンコージェネレーションの設備費が全体設備費の10~18%のとき、コージェネレーションの導入の経済効果が最も高いことがわかる。

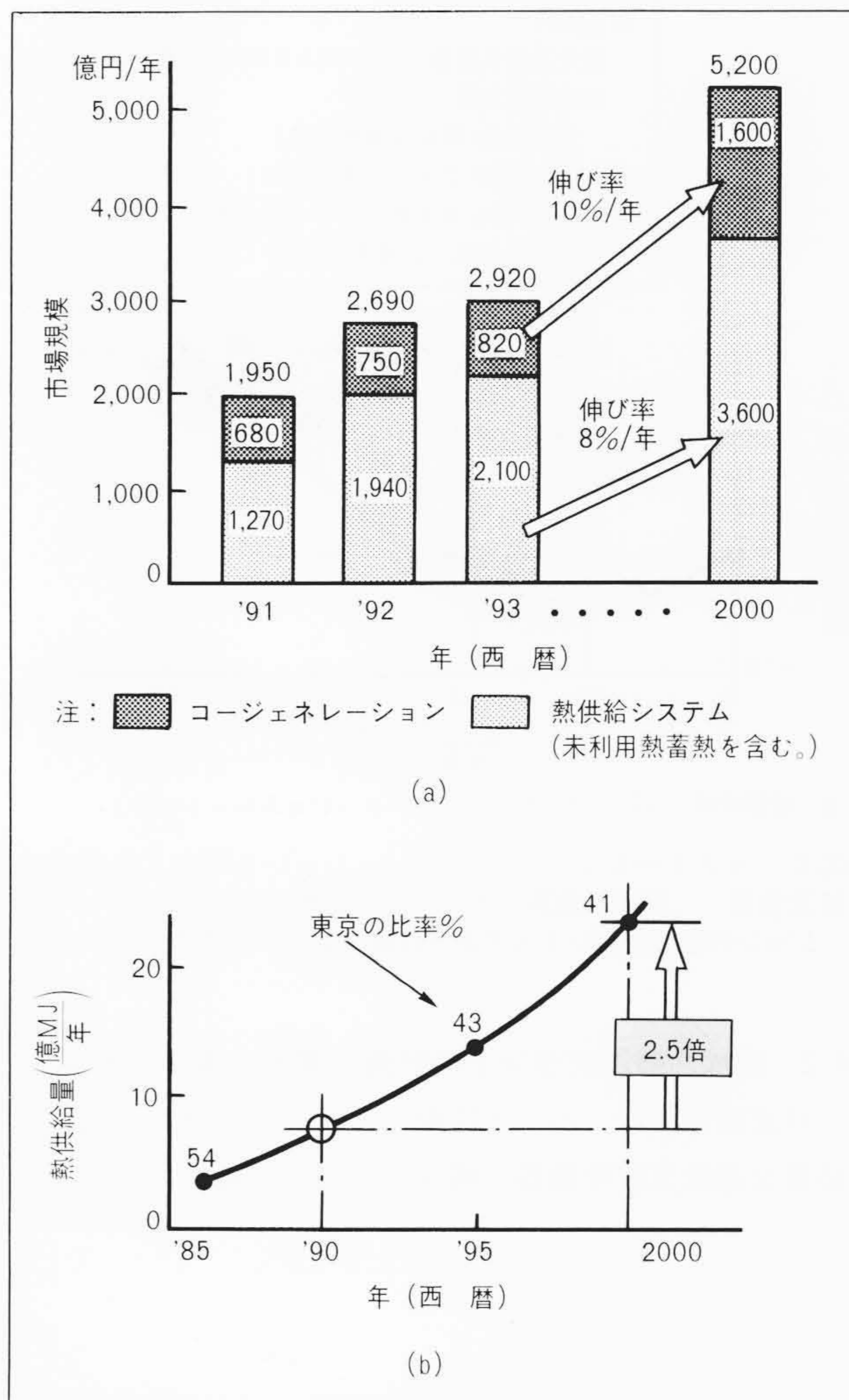


図7 熱供給システムの市場規模(a)と熱供給量の増加予想(b)
地域冷暖房プラント、コージェネレーションの需要が今後も増加していくことを示す。

表4 地域冷暖房にコージェネレーションを導入した実績(予定含む) 地域冷暖房プラントに、コージェネレーションを導入することが一般的になってきたことを示す。

年	地 区 名
昭和59	芝浦地区(東京)
60	
61	千里中央地区(豊中市)*
62	
63	千代地区(福岡市)
平成1	
2	名古屋市栄3丁目地区, 弁天地区(大阪市), 幕張インターナショナル地区*
3	神戸六甲アイランド業務商業地区, 明石町地区(東京), 新宿地区*
4	大阪西梅田地区*, 新宿歌舞伎町地区, 佐世保ハウステンボス地区
5	神戸ハーバーランド地区*

注：*は稼動(予定年), 他は供給開始年で集計したものである。
出典：熱供給事業者概要(日本熱供給事業協会)平成2年8月末現在

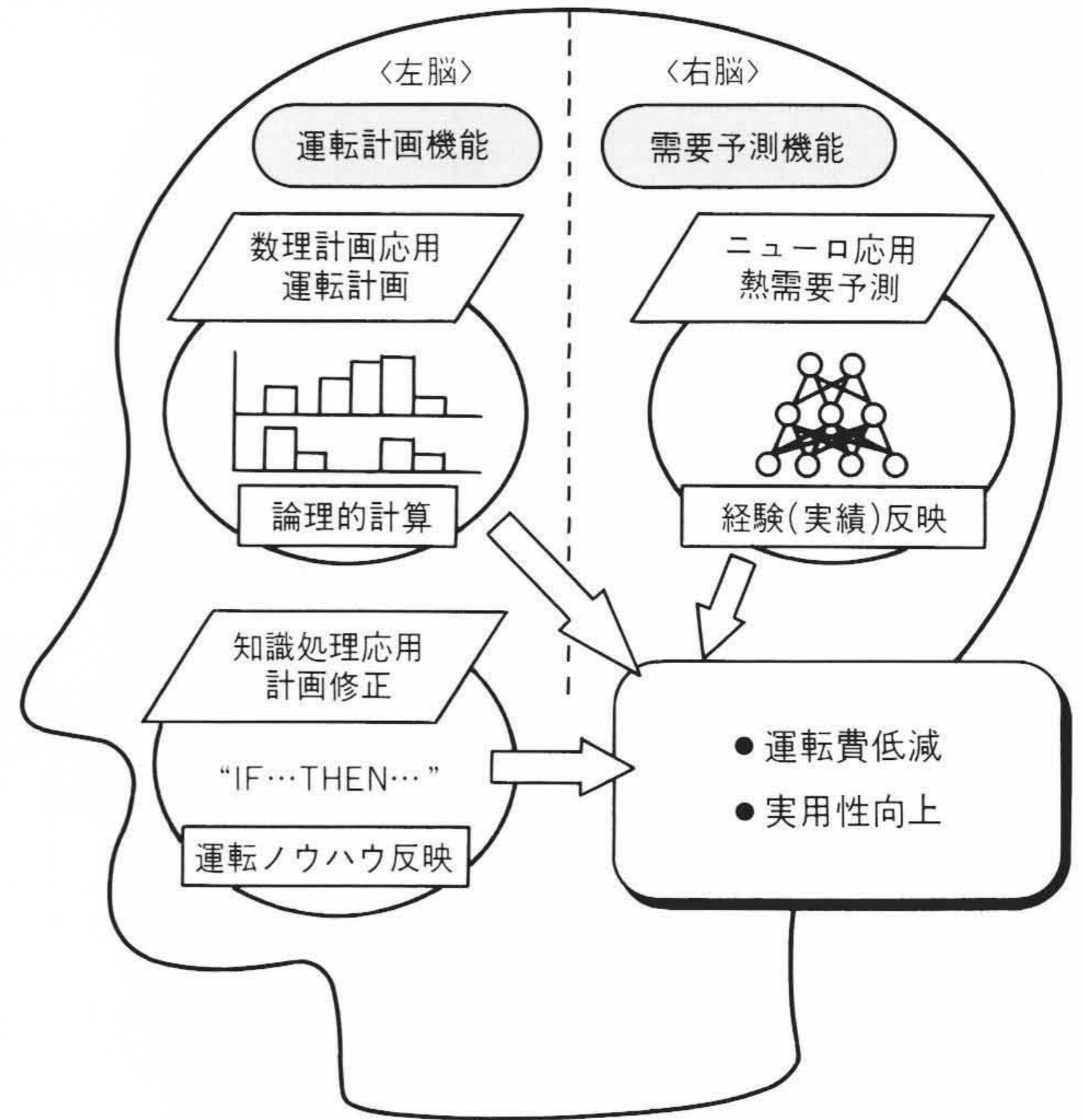


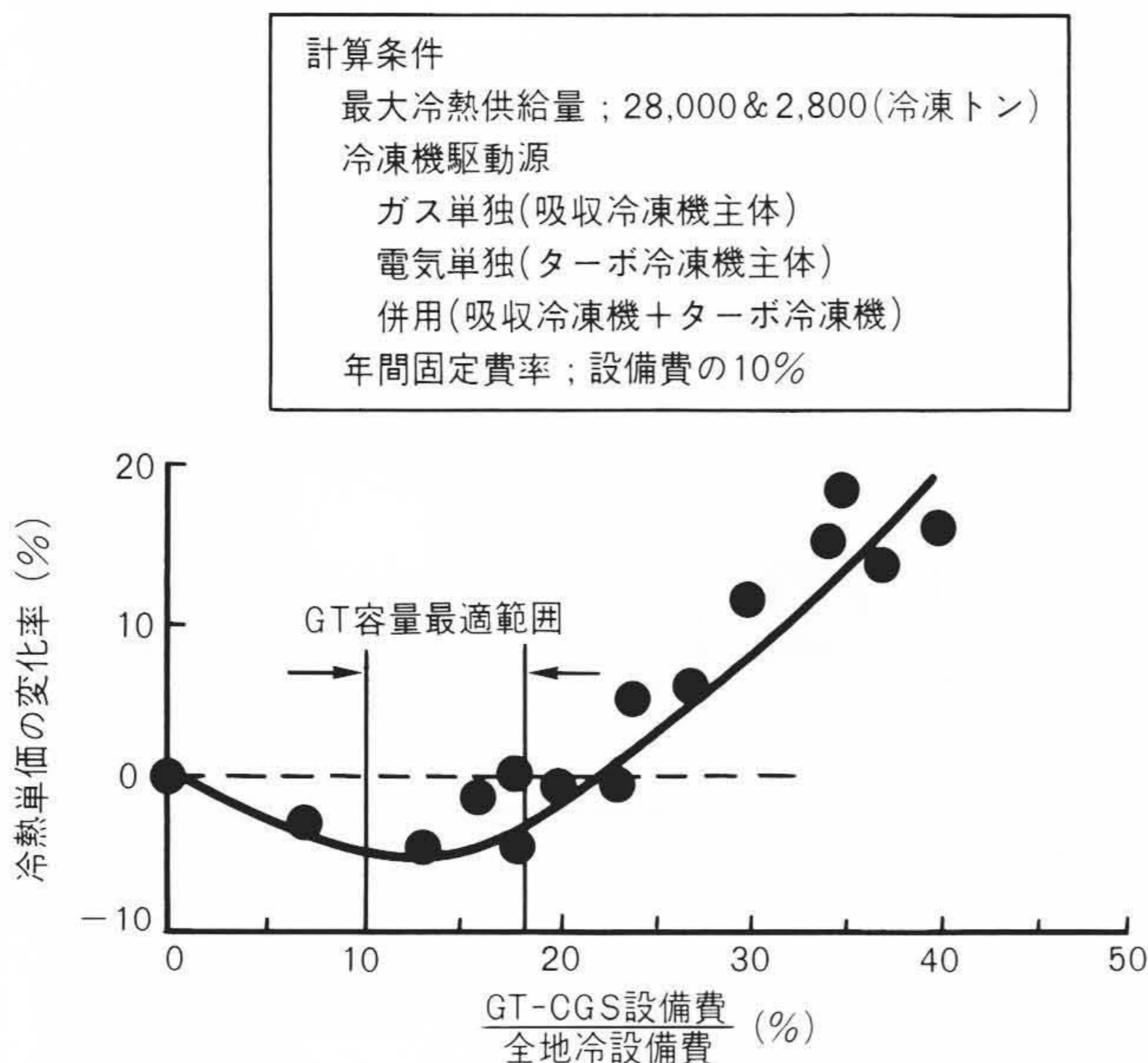
図9 運転支援システムのコンセプト 左右の脳の機能を、アルゴリズム上で実現したニューロ・AI融合型運転支援システムを示す。

テムを開発している。そのうちの一つであるニューロ・AI融合型運転支援システムのコンセプトを図9に示す。この支援システムにより、熱需要を高精度で予測し、複数、多種類の熱源機器を持つ地域冷暖房プラントの運転計画が自動的に作成できるようになった。

5 おわりに

ここでは、省エネルギーと環境保全に対応したコージェネレーションシステムについて述べた。

日立製作所は、これからますます需要の増大するコージェネレーション分野について、省エネルギー法に適應した機器の開発と総合エンジニアリング力によるプラント設備の最適計画、運用に向けての取組みをいっそう強化していく考えである。



注：略語説明 GT-CGS(ガスタービンコージェネレーション)
図8 ガスタービンコージェネレーションを導入した場合の経済効果 地域冷暖房プラントの設備費に対し、コージェネレーションの設備費がいくらであれば導入効果があるのかを示す。

4.2 地域冷暖房プラントの計画・運用支援システム

日立製作所は、ハード技術とともに、プラント運用に必要な運転支援や機器の構成計画を行う種々の支援シス