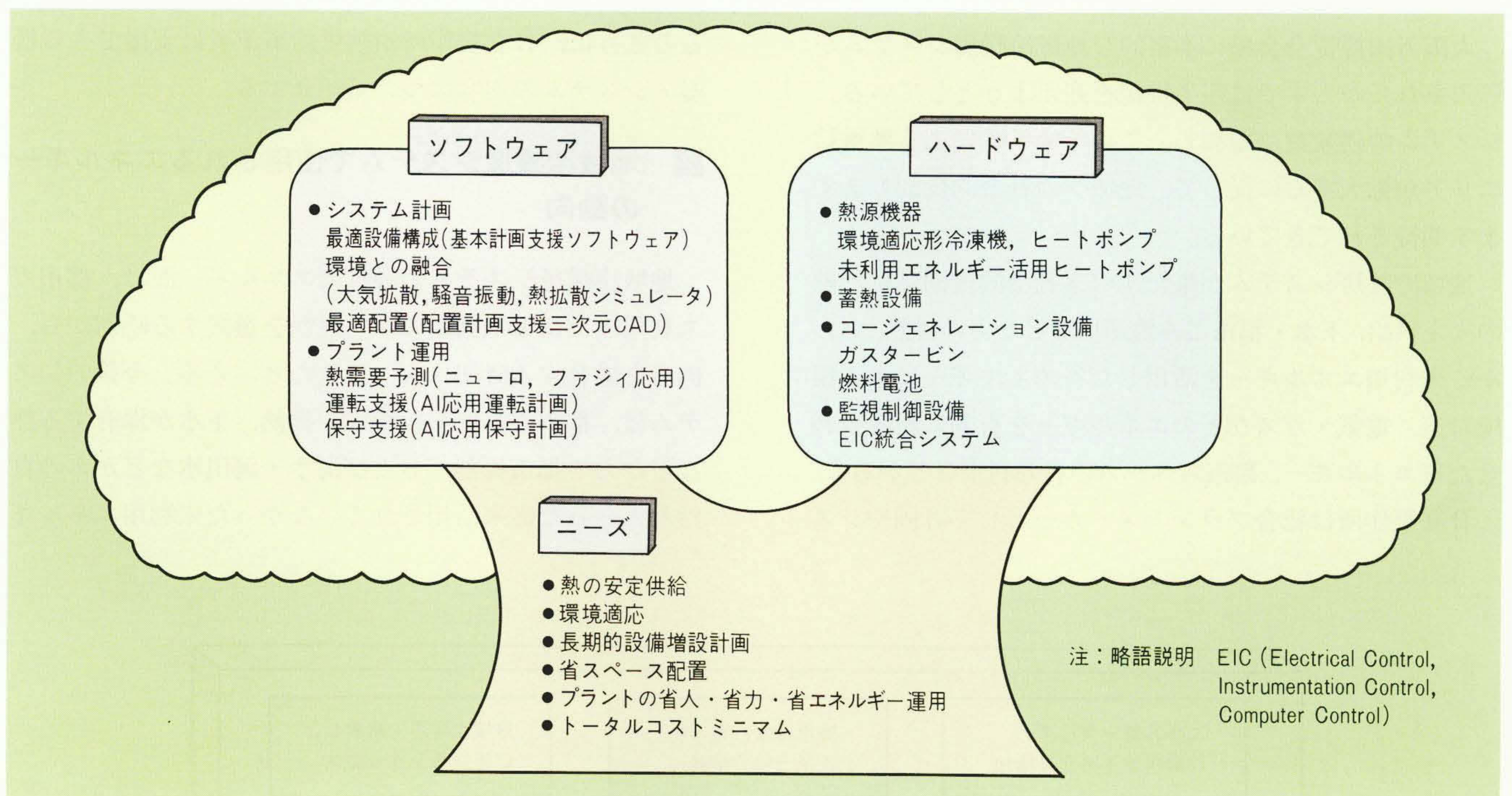


都市圏へ安定した冷水, 温水(蒸気)を供給する 地域冷暖房システム

District Heating and Cooling System to Ensure a Continuous Supply of Chilled and Hot Water for Urban Area

坂内正明* Masaaki Bannai
三善信孝** Nobutaka Miyoshi
梅内 功*** Kou Umeuchi
福本千尋*** Chihiro Fukumoto



地域冷暖房システムからのニーズと対応技術 多様化するニーズに対応するために、システム計画、プラント運用支援ソフトウェアの開発と熱源機器・システムの開発、製作を行っている。

首都圏など大都市部では人口の高密度化が進むにつれて、大気汚染や温暖化といった種々の環境問題が起きている。この問題に対処するため、都市再開発事業とともに地域冷暖房システム(熱供給事業)を導入する事例が増加している。

地域冷暖房システムは公共性が高いので、冷水、温水(蒸気)を常に安定した状態でユーザーに供給しなければならないシステムと言える。

熱供給という事業は、省エネルギー、省スペース、省人化を追求した高度なシステムが要求されている。このため、1990年ごろから都市での種々の未利用エ

ネルギーの活用という課題も加わって、従来以上に機器の構成、システム全体の運用性、環境に対する影響などを考慮したシステムエンジニアリングが求められるようになってきた。

日立製作所は、総合プラントメーカーとしての経験を生かして、上述したニーズに沿った地域冷暖房システムの初期段階のシステム計画から熱供給事業者に対しての設備容量の選定、システム構成に関する機器の提供、地域冷暖房システムの導入効果の試算などを行っている。

* 日立製作所 システム事業部 ** 日立製作所 空調システム事業部 *** 日立製作所 機電事業部

1 はじめに

首都圏など大都市部では人口の高密度化が進み、冷暖房などの生活環境の改善が行われるにつれて、大気汚染、温暖化といった種々の環境問題が起きてきた。また、空調設備などの省エネルギー化が強く要求されるようになってきた。これらの社会的背景に対処するため、一定規模の都市開発事業に対して地域冷暖房システムの建設が義務づけられるようになった(図1)。

大阪万国博覧会会場に本格的な地域冷暖房システムが導入されてからすでに四半世紀を迎えようとしている。システムの建設数が増加し、このシステムによる熱供給エリアが拡大するに従って、地域への社会的役割もますます期待されてきている。

地域冷暖房システムが果たすべき社会的役割には、熱の安定供給、下水・都市ごみ焼却場などからの排熱、いわゆる未利用エネルギーを活用した省エネルギーによる環境対策、電気・ガスなどのエネルギーを有効に組み合わせた省エネルギー、都市スペースの有効利用などがある。

日立製作所は総合プラントメーカーとして計画やシス

テム建設での多くの経験とノウハウを生かし、地域冷暖房システムのシステム計画を効率的に進める支援ソフトウェアおよびエンジニアリング技術を提供している。さらに、システムを構成する冷凍機、ヒートポンプ、ボイラ、蓄熱設備、コージェネレーション設備、中央監視制御設備などの諸機器、設備を設計・製造しているので、事業者のニーズに合致したシステムを提供できる。

ここでは、地域冷暖房システムをどのような手法で計画段階から構築・運用に至るまで進めるかについて述べるとともに、日立製作所が熱供給事業者支援できる機器・システムの内容について紹介する。

2 地域冷暖房システムで使用されるエネルギーの動向

地域冷暖房システムの最近のエネルギー源は、都市ガス利用または電気利用のいずれかを選択する時期から、両者を融合する時期に入ってきたと言える。今後のシステムは、都市ごみ焼却炉からの排熱、下水が保有する熱などからの都市排熱、および海水・河川水などからの自然熱といった従来活用されていなかった未利用エネルギー

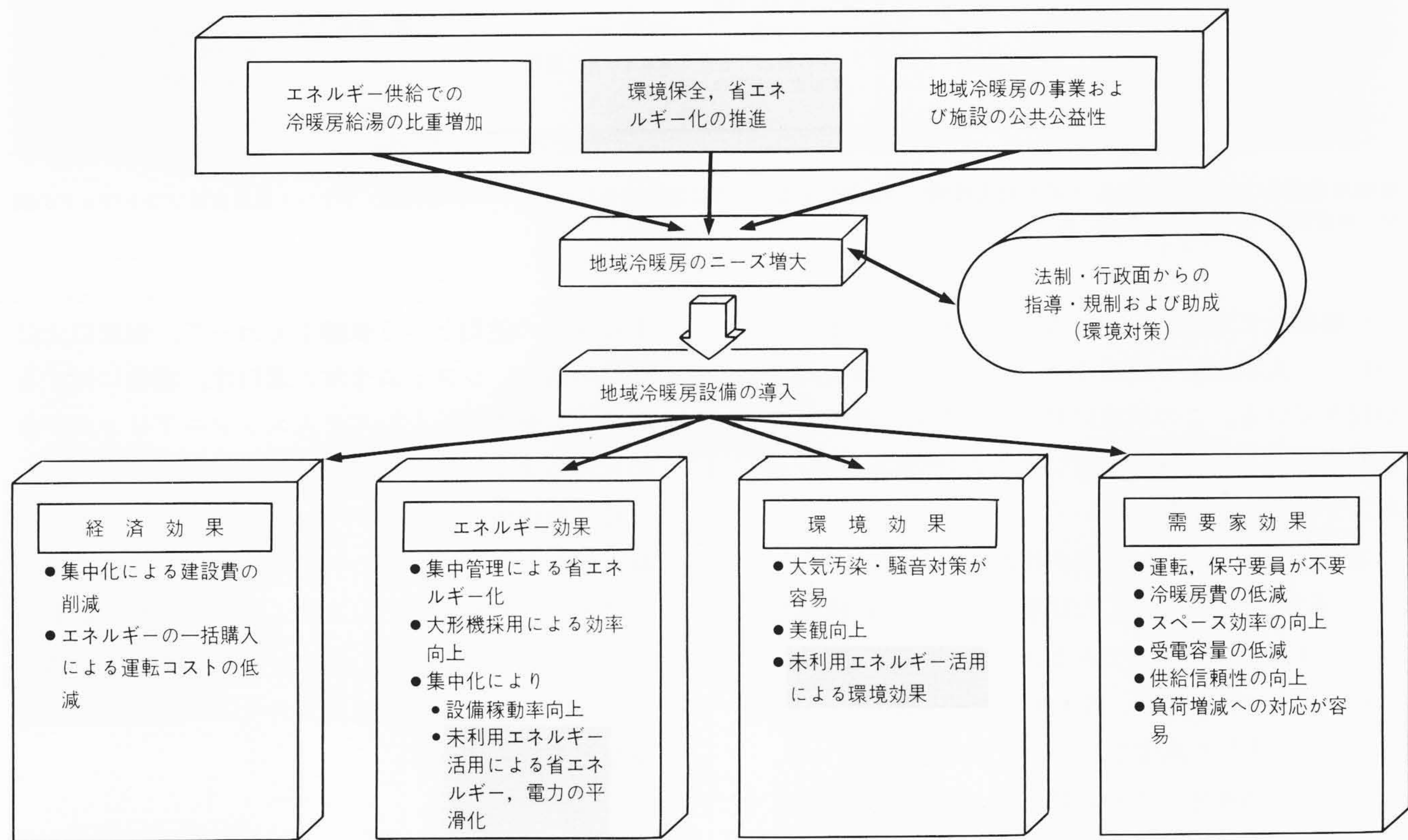


図1 地域冷暖房システム導入の背景と効果 地域冷暖房導入による効果は、近年特に電力のピーク負荷の平滑化、環境効果がクローズアップされてきた。

ーを熱源に採用する方向、つまり環境融和形の方

地域冷暖房システムでのエネルギーの利用分析結果を

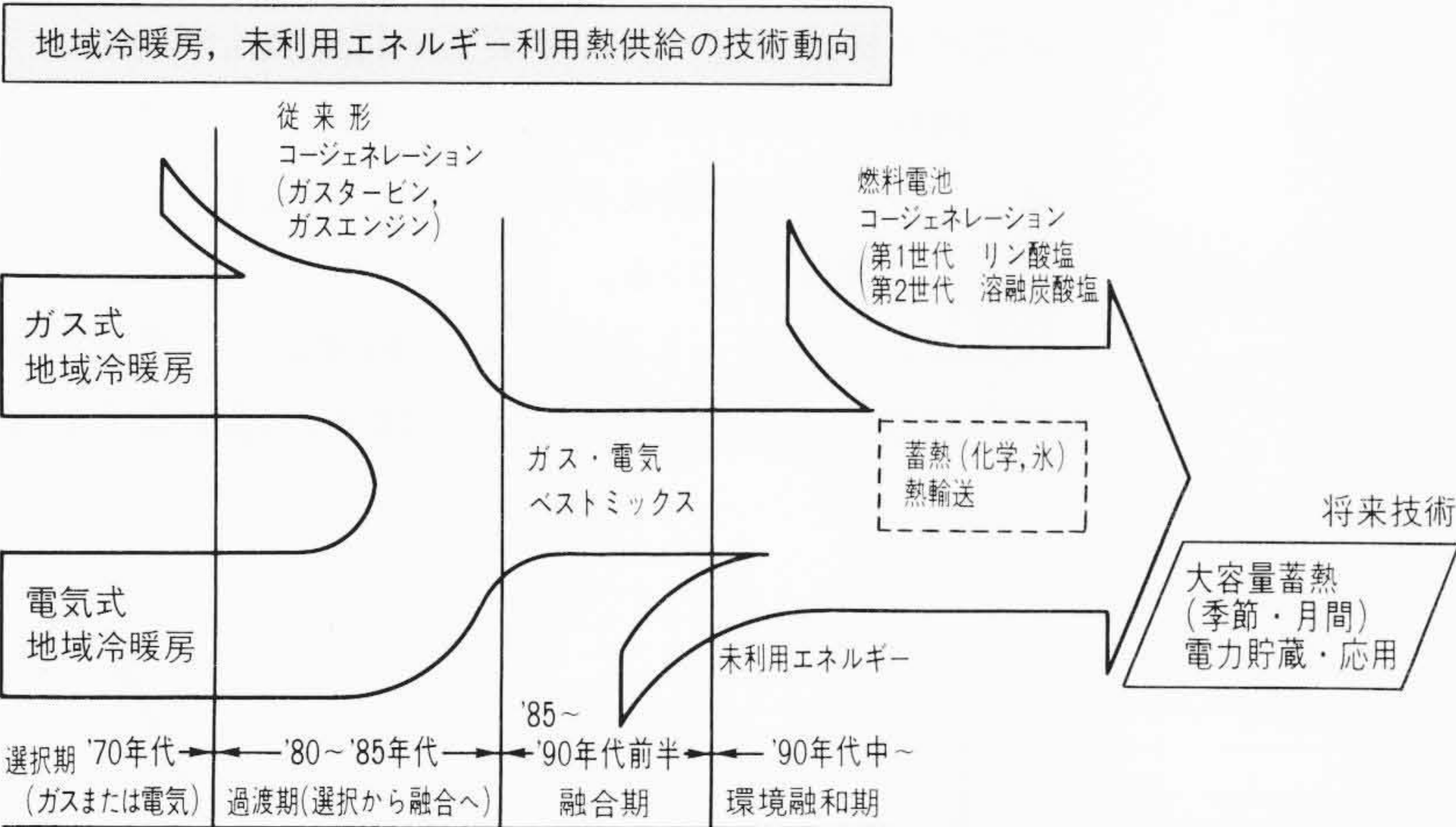
表 1 に示す。主要機器の詳細については 4 章で述べる。

3 地域冷暖房システムのシステム計画

3.1 システム計画のポイントと使われるソフト技術

地域冷暖房システムの置かれた役割を考えると、シス

- イントとして、
- (1) 安定して熱をユーザーに供給できるシステムであること。
 - (2) トータルコストミニマムの思想が生かされてエンジニアリングされていること。
 - (3) 複雑なシステムでも運転を容易にできるくふうがされていること。
- の 3 点があげられる。
- (1) トータルコストミニマムを追求するエンジニアリング技術
- 地域冷暖房システムの建設コストおよび運転コストを



未利用エネルギーの種類と傾向		
	種 類	熱の品位
都市排熱	ごみ焼却	高い(数十摂氏温度)。利用容易
	地下鉄排熱	低い(20℃)。低い(難)。
	発電所排熱	低い(25～30℃)。
	変電所排熱	低い(40～50℃)。
	下水排熱	低い(15～25℃)。変動が少ない。
	インテリジェントビル排熱	低い(CPUからの排熱, 中水ほか)。
自然熱	海水	低い。
	河川水	低い。

図 2 エネルギーの利用分析結果 地域冷暖房の使用エネルギーは、都市ガスまたは電気の二者択一から、環境を重視した未利用エネルギー活用融和形へと変化してきた。

表 1 冷温熱源機器、コージェネレーション設備の種類と特徴 地域冷暖房システムに要求されるあらゆるニーズに対応できる機器を日立製作所は製作している。現状の標準機および製作実績機の概要について下表に示す。

機 種		エネルギー源	最 大 容 量	特 長
ターボ式	冷房専用	E, G	3,000冷凍トン(密閉形) 10,000冷凍トン(開放形)	納入実績が多く、性能が安定している。 世界最大級容量の製作実績がある。
	ダブルバンドル形	E	1,000冷凍トン(密閉形)	コンピュータセンターなど冬季にも一定の冷房負荷を必要とする場合、冷暖房を効率よく行うことができる。
	ヒートポンプ	E	3,000冷凍トン(密閉形)	下水、河川水、海水などの未利用エネルギーの有効活用に最適である。
吸収式	蒸気	G	2,500冷凍トン	ツインモジュール形によって小形化を達成した。 冷却水条件を32℃(入口)/40℃(出口)とすることにより、補機である冷却塔の設置面積を縮小することを可能とした。
	ガス直だき	G	1,500冷凍トン	1台で冷水・温水の供給ができる。中・小規模地域冷暖房に最適である。
	ヒートポンプ	G	2,000冷凍トン	比較的高温の温水を容易に取り出すことができる。
トッピングシステム		G	7,000冷凍トン	ターボ冷凍機と吸収式冷凍機の組み合わせにより、大幅な省エネルギーが図れる。
ガスタービンコージェネレーション		G	4,000 kW	電気と熱を同時に作ることができ、省エネルギー性が高い。

略語説明：E(電気)、G(都市ガス)

最小にするためには、

- (a) システム構成の最適化
- (b) プラント設置スペースのミニマム化

の2点がエンジニアリングの重要な要素である。

日立製作所では、冷凍機、ボイラ、コージェネレーション設備の組み合わせによって熱負荷変動にどのように対応できるか、さらに設備費、運転経費をいかに低減できるかという課題に対して、「地域冷暖房システム計画支援ソフト」を開発し、実際のシステム構築に採用している。このソフトの概要をフローチャートで図3に示す。このソフトは、プラントの運用コストと設備償却コストを主構成要素とする熱製造原価の最小化を試算する機能を持つ。

プラント設置スペースは、一般にビルの地下部に確保されるため、立体的に配置される。このためメンテナンススペースを考慮しながら最小面積になるようにレイアウトすることがエンジニアリングの重要な要素となる。そこで、このニーズに対応するため、日立製作所では原子力プラントでの配置計画で開発した三次元CADシステムを地域冷暖房システム計画に応用して効果をあげた。

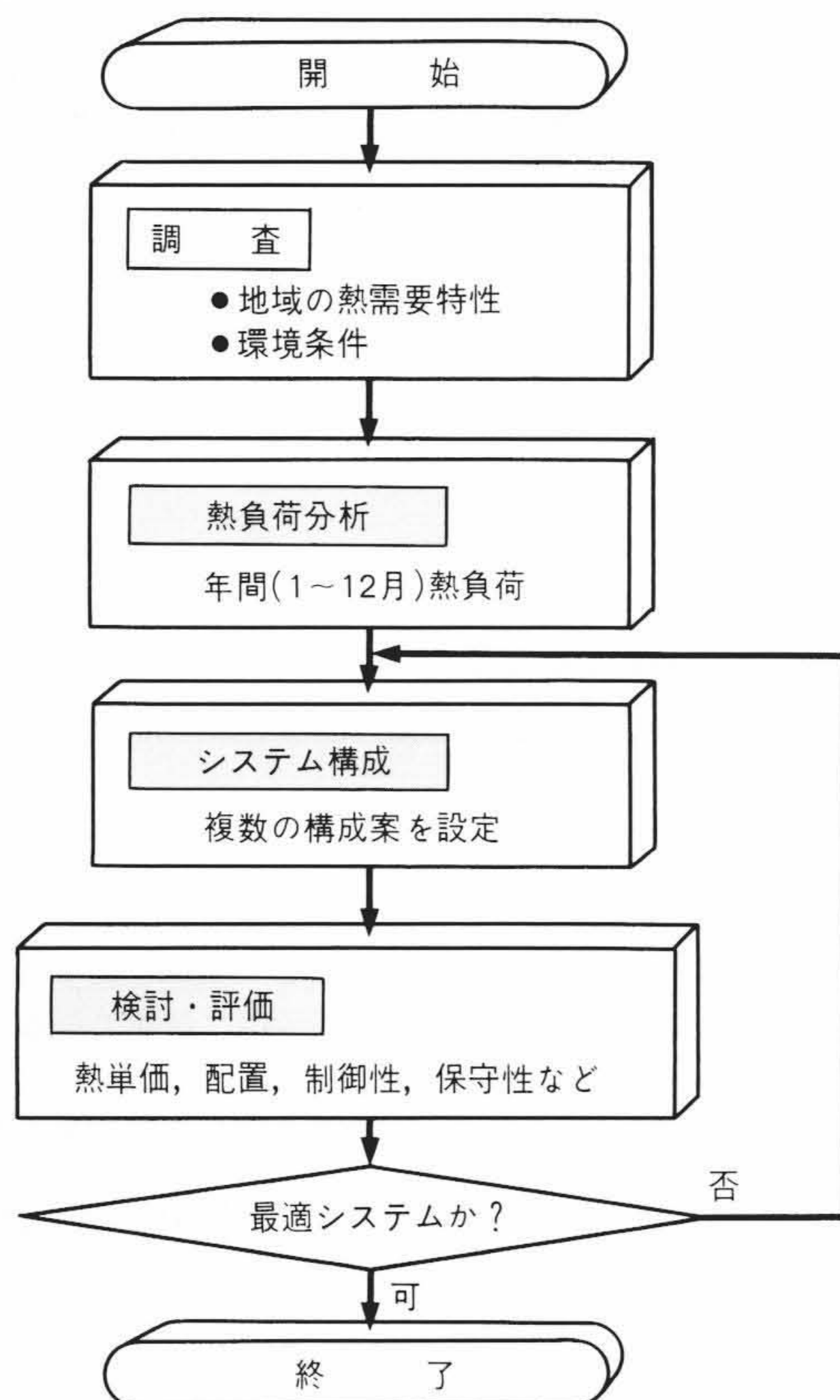


図3 「地域冷暖房システム計画支援ソフト」の概要フロー
プラントの熱単価の最小化を中心として、最適なシステムを決定する機能を持つソフトウェアである。

(2) 安定した熱供給と運転を支えるソフト技術

ビルにはそれぞれ異なったパターンの熱負荷があり、また天候などによってそのパターンにも種々の変化が見られる。このため、地域冷暖房システムの規模が大きくなるほど、そしてシステムの構成が複雑になればなるほど熱負荷の需要予測とシステムの運用制御は難しくなる。日立製作所ではニューロ、ファジィおよびAI制御の経験を生かして、地域冷暖房システム向けの需要予測、運転制御システムを開発している。詳細についてはこの特集号の他の論文「高効率運転を実現する地域冷暖房用運転支援システム」を参照されたい。

3.2 エンジニアリング技術実施例

(1) ピーク熱負荷予測とシステム構成

東邦ガス株式会社の名古屋栄三丁目地域冷暖房システムの計画段階では、設備容量決定のためのピーク負荷を予測し、冷熱源設備構成を変えたときの都市ガス使用量を比較して評価している。

外気エンタルピーと冷熱負荷の相関から、名古屋地区商業施設の冷熱ピーク原単位を図4に示すように推

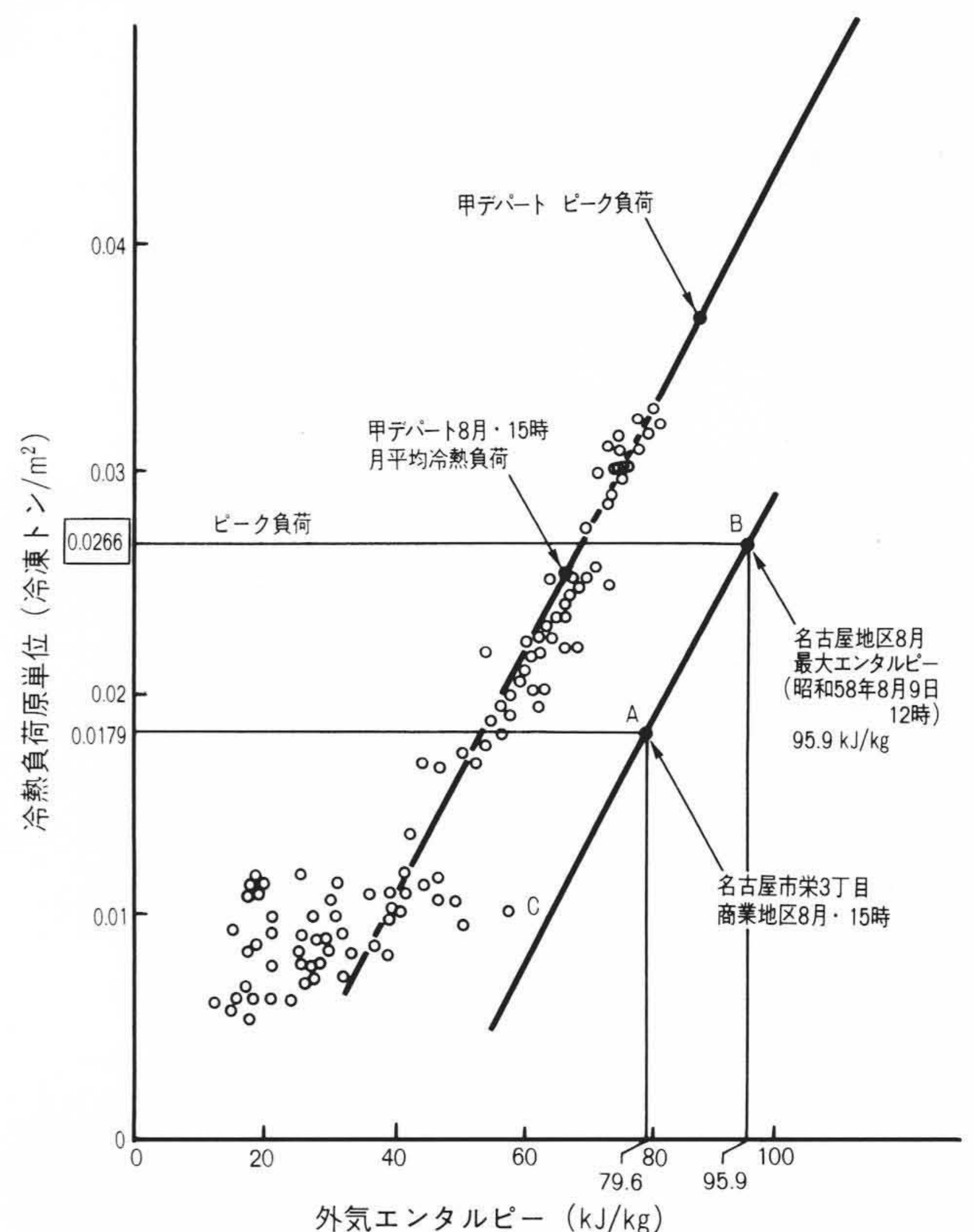


図4 熱負荷ピーク予測 夏季のピーク負荷は、外気エンタルピーとの相関が強いので、名古屋の最大外気エンタルピーからピーク負荷を予測した。

定した。

低負荷帯用に小容量の冷凍機を導入すると、大容量機で構成したシステムに対して、都市ガス量は2%，電力量は22%の省エネルギー効果が予測されたので、低負荷対応形システムを採用している。

(2) 三次元CADを用いたレイアウト計画

東京ガス株式会社の新宿新都心地域冷暖房プラントでは地下3～5階にプラントを建設するため、入念なレイアウト計画が行われた。このプラントは、単機容量1万冷凍トンの世界最大容量ターボ冷凍機3台を含む大形機器で構成されている。機器の搬入、オーバーホールなどのメンテナンススペースの確保、増設計画への対応などは図5に示す三次元CAD図を参考にして行い、省スペースのためのエンジニアリングの質を高めると同時にエンジニアリングに要する時間を短縮した。

4 地域冷暖房システムを構成する主要機器

先の表1で示したように、地域冷暖房システムを構成する冷熱源機器の種類や容量は多数ある。この中から、これら機器の持つ運転特性(定格運転時の効率、部分負荷運転時の効率、負荷への追従性など)を把握して、最もそのシステムに適した機器選定を行わねばならない。日立製作所はプラントメーカーであると同時に、機器メーカーという立場を生かして地域冷暖房システムに適した機器の開発と改良を行っている。

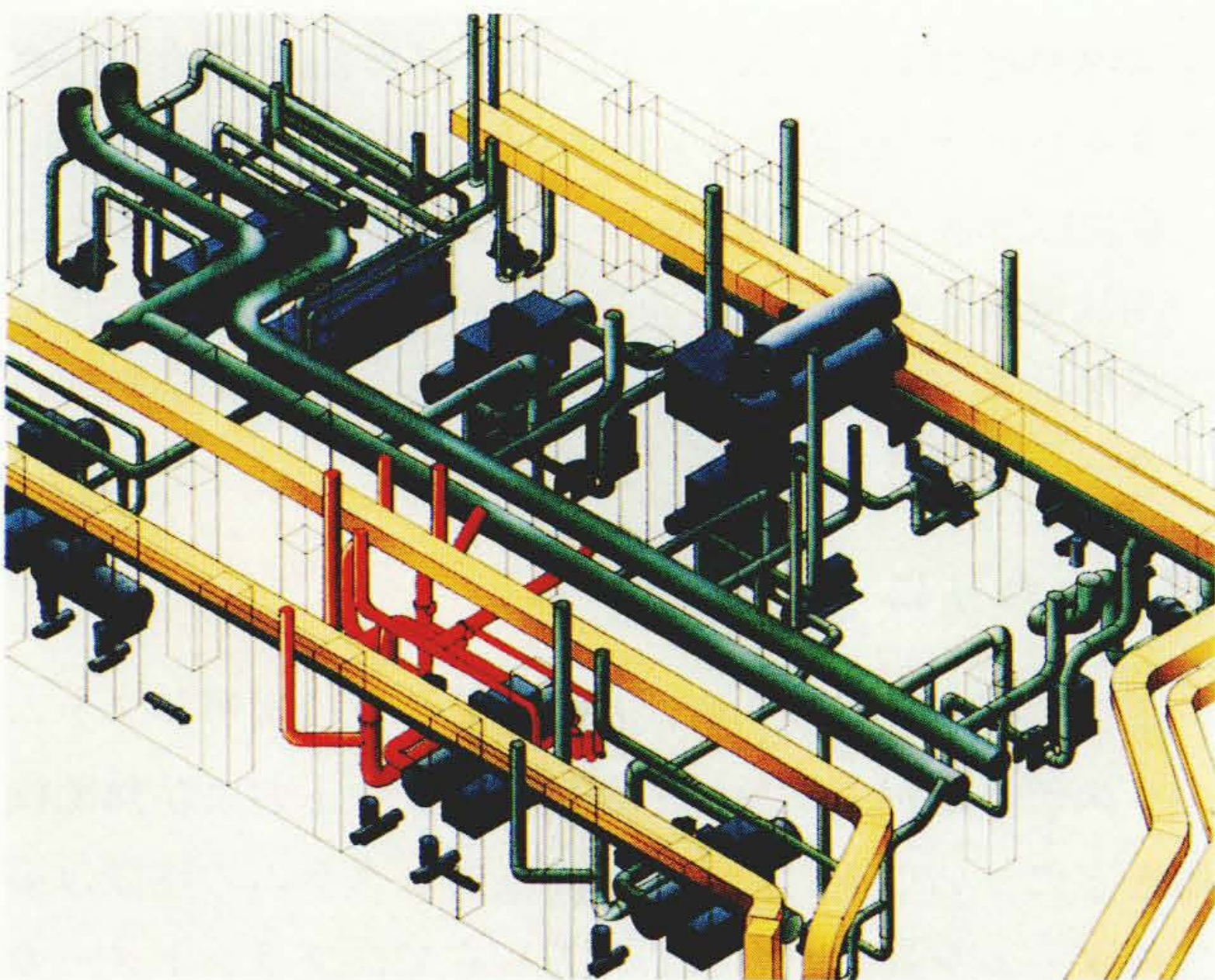


図5 三次元CADを応用した地冷プラント最適配置計画の一例 スーパーコンピュータを利用して、ターボ冷凍機を主体とした大形熱源機器の搬入および保守計画を行い、大形ターボ冷凍機の導入と全体配置を決定した。

4.1 ツインモジュール形の大形吸収冷凍機

蒸気で作動する吸収冷凍機は、地域冷暖房システムの計画で中心となる冷熱源設備となっている。地域冷暖房システムの規模が大きくなるにつれて吸収冷凍機も大容量化してきており、1,500冷凍トンから3,000冷凍トンクラスが一プラントに複数台設置される事例が多い。日立製作所ではこの大形化に対応するとともに、

- (1) 工場で性能試験をした後、そのまま機密性を維持して現地へ搬入、設置できる。
- (2) 道路輸送に関する制限を緩和する。
- (3) 長期連続運転に対応でき、かつ性能向上を図る。

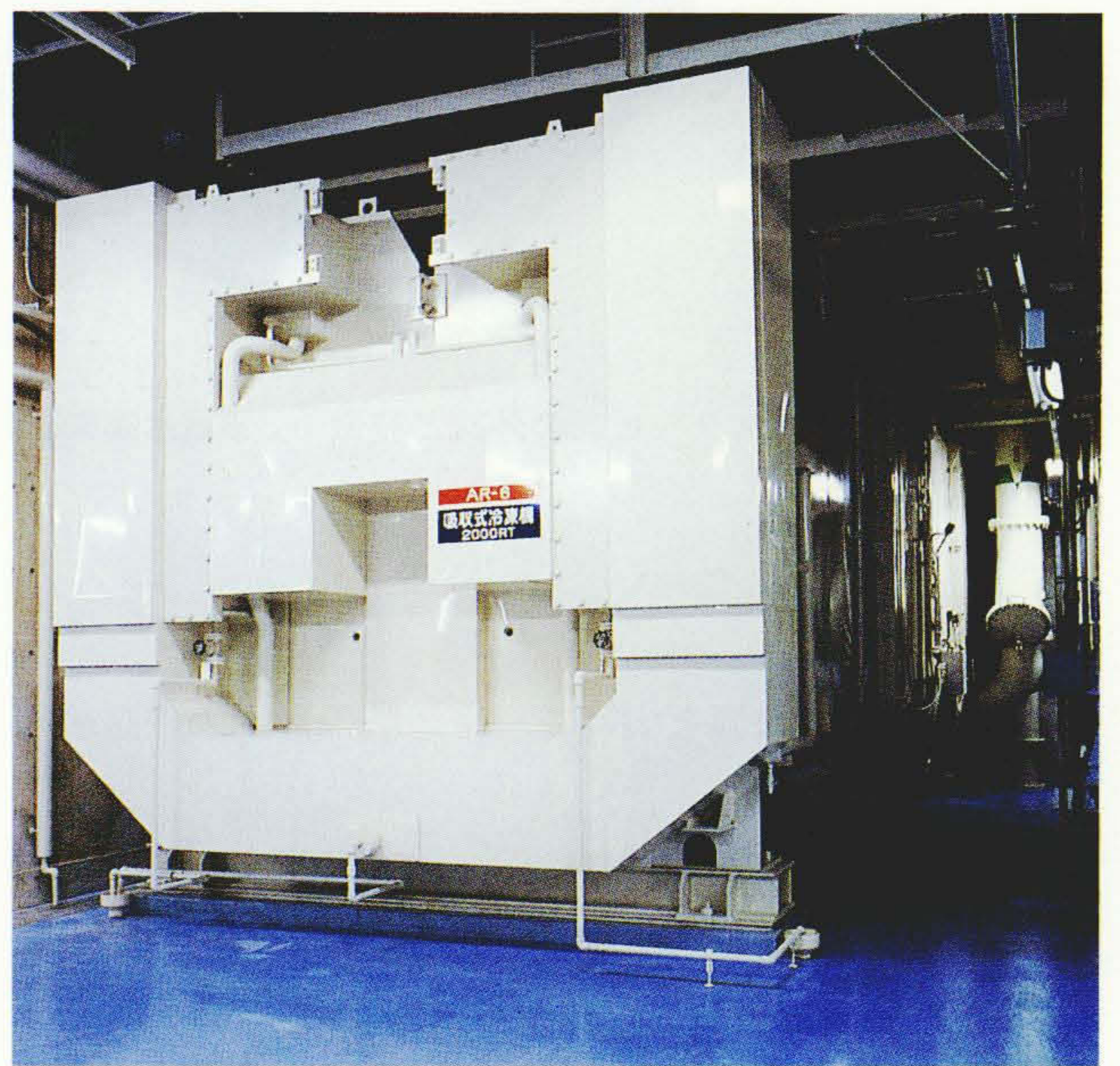


図6 ツインモジュール形2,000冷凍トン蒸気吸収冷凍機(西池袋熱供給株式会社納め) ツインモジュール化することによって、短納期化と性能向上を実現した。

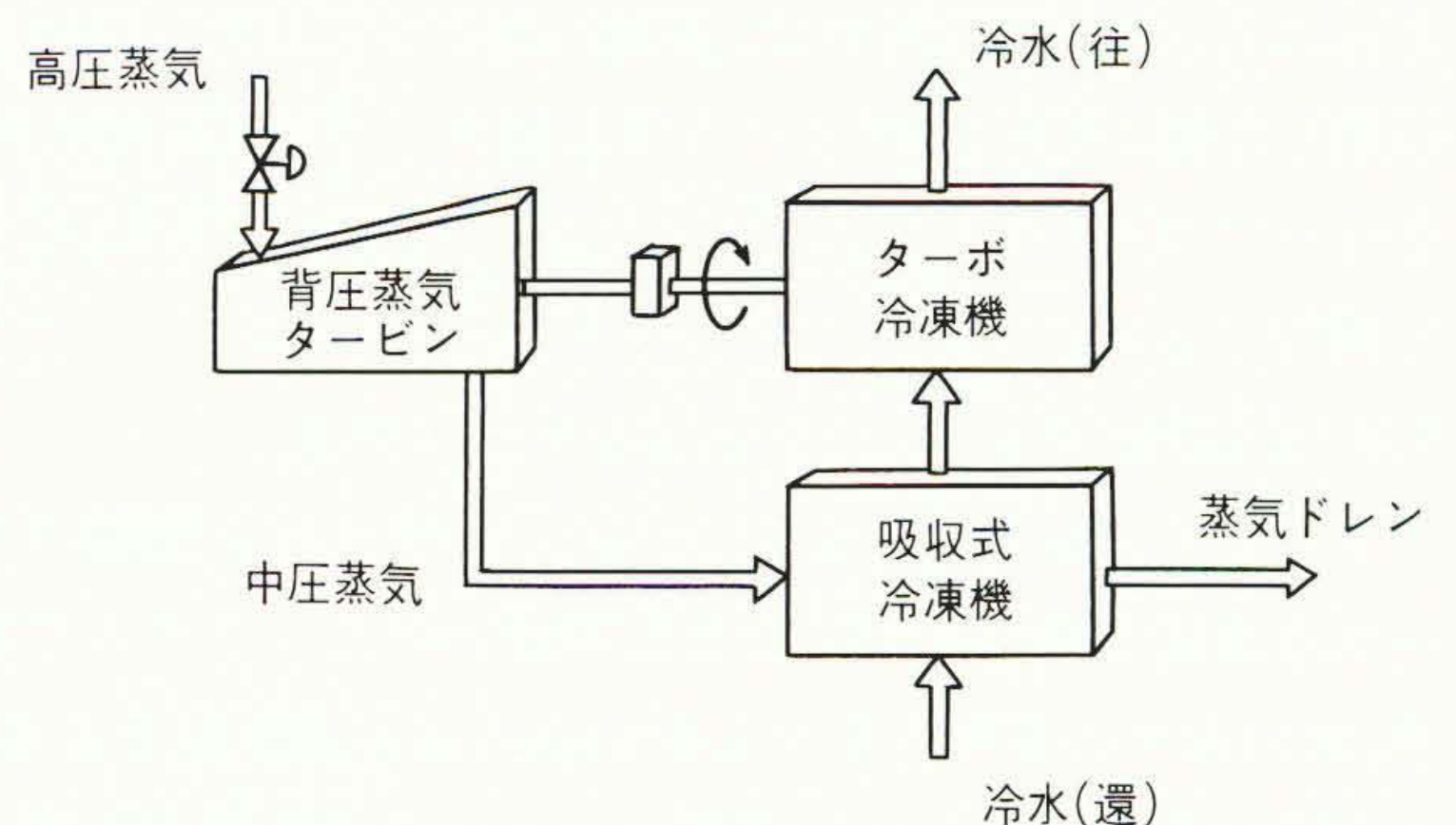


図7 トッピングシステムの構成 蒸気タービンで蒸気の高圧側から動力回収して、低圧蒸気で吸収式冷凍機を駆動するので、システムの高効率化が実現できる。

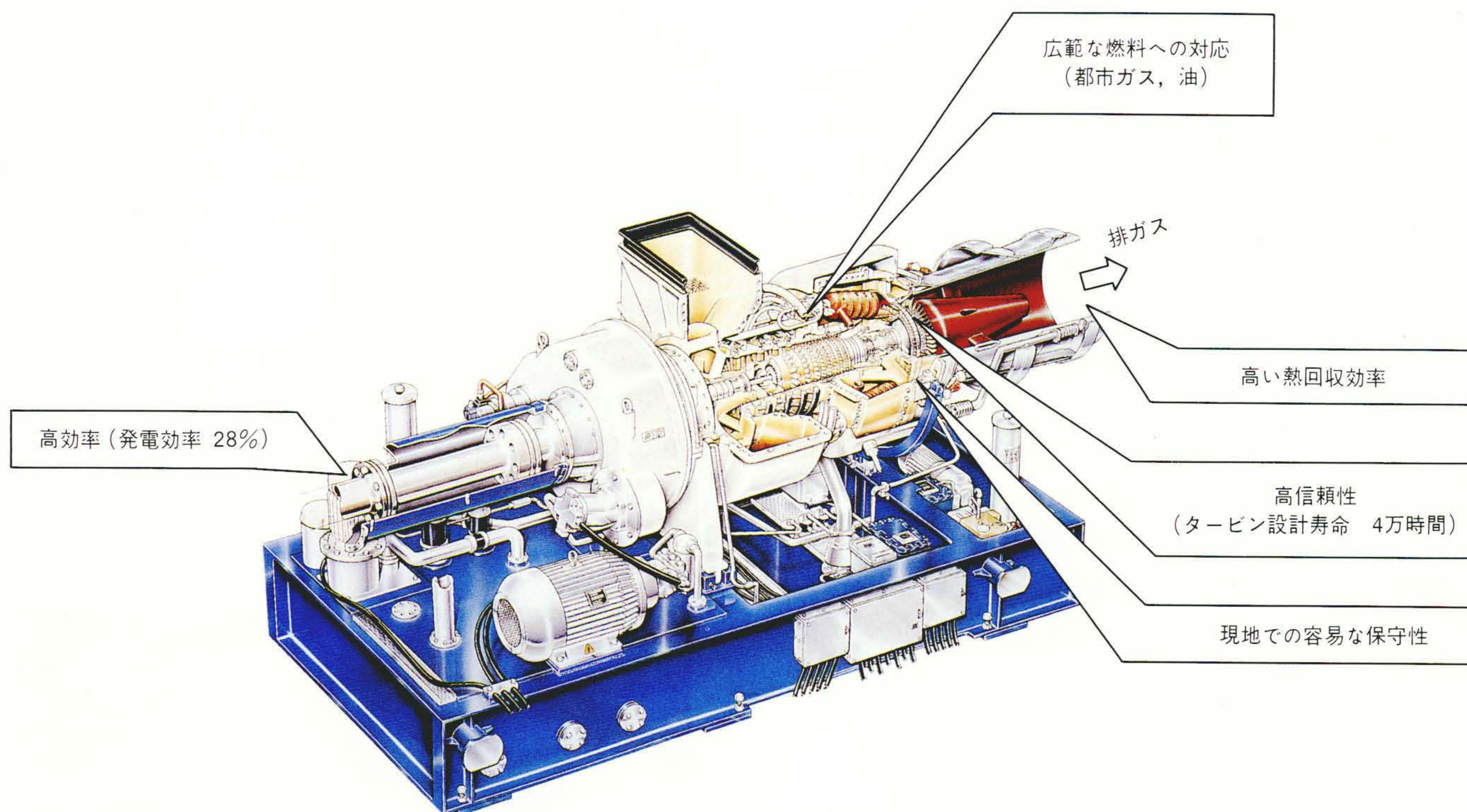


図8 3.7 MW級ガスタービンの外観と特徴 地域冷暖房設備の機器としてのガスタービンの特徴を示す。

(4) 冷却水温度の幅を広げて、冷却塔の計画条件を緩和する。

などの設計コンセプトに基づいて図6に示すツインモジュール形の大形吸収冷凍機を開発した。

4.2 フロン問題に対応したターボ冷凍機

ターボ冷凍機は、定格負荷時の効率が吸収冷凍機よりも優れているため、地域冷暖房システムのベースロード機として用いられる例が多い。フロン問題に対応するため、暫定冷媒としてHCFC-123, HCFC-22またはオゾン破壊係数ゼロのHFC134aを採用したターボ冷凍機が考えられる。日立製作所では、長期的観点からHFC-134aを採用した地域冷暖房システム用大形ターボ冷凍機の開発を行っており、未利用エネルギーも活用できる機器として期待できる。

4.3 運転効率を高めるトッピングシステム

トッピングシステムとは、背圧蒸気タービン駆動のターボ冷凍機と吸収冷凍機とを組み合わせたシステムであり、おのこの長所を生かした効率の高い運転ができる。その構成を図7に示す。負荷に合わせてターボ冷凍機と吸収冷凍機の運転分担を制御し、最も蒸気消費量を小さくする運転ができる。

4.4 電気と熱を併給するコージェネレーションシステム

大形の地域冷暖房システムでは、プラント内で使用する電気量も多く、また温熱も必要となるため、コージェネレーションシステムを採用して電気と熱をつくることによってエネルギーの利用効率を80%まで上げることができる。日立製作所が英国のラストン社(現ヨーロッパガスタービン社)とのパッケージ契約を開始したガスタービンは、広範なエネルギー(都市ガス、軽油、灯油、A重油)に対応でき、タービン効率が高い、オンサイトでの開放点検ができるなどの特徴を持っているので、地域冷暖房システムに適したシステムと言える。3.7 MWガスタービンの外観と特徴を図8に示す。

5 おわりに

ここでは、日立製作所が提供する地域冷暖房システムのシステム計画、プラント運用支援ソフトおよび熱源機器などについて述べた。地域冷暖房システムの建設は第二次ブームを迎えたと言われる現在で、プラントメーカーとしても今まで以上に信頼性の高い、安定して冷水、温水(蒸気)を供給できるシステムを計画、建設できるよう努力していく考えである。