

特集

未利用エネルギー

海水、河川水の未利用エネルギー活用による地域冷暖房

District Heating and Cooling Utilizing Urban Exhaust Heat

草 隆*

Takashi Kusa

1. はじめに

現在、関西地区では、関西国際空港をはじめ、ベイエリア開発、関西学術研究都市、市街地開発などの構想が計画、実施されている。助関西活性化センターの調査によれば、その数は、およそ560にもおよぶとのことであり、このような地域開発ブームを背景として関西地区においても、近年、新しい都市形成に対し、資源・エネルギーの有効活用、環境保全、都市アメニティの確保という観点から、地域冷暖房への関心が急速に高まっている。

本稿では、電気による地域冷暖房の特色と当社における海水、河川水の未利用エネルギー活用を中心とした取り組み等を紹介する。

2. 地域冷暖房について

2.1 地域冷暖房とその歩み

地域冷暖房は図-1に示す通り、熱発生所（熱供給プラント）にヒートポンプ等の熱源設備を置き、得られた冷熱や温熱を地域配管を通して近隣のお客様へ供給するものである。

わが国での地域冷暖房の幕開けは、昭和45年の日本万国博覧会会場やそれに続く千里ニュータウン・新宿副都心等であり、いずれも煤煙による大気汚染を防止するのが主眼であった。

昭和47年に熱供給事業法が制定されたが、その後48年・53年と二度のオイルショックによる燃料価格の高騰で、地域冷暖房の普及は停滞気味であった。一方、省エネルギーの観点から、ゴミ焼却排熱や地下鉄排熱等の未利用エネルギーを活用するエネルギーリサイクル方式の地域冷暖房が採用されだした。

地域冷暖房は、環境保全とともに省エネルギー・省資源等多くのメリットを有し、都市施設としてもふさわしいことから、都市開発ブームと相まって近年全国的に活発化している。

2.2 地域冷暖房のメリット

地域冷暖房は、社会的にもお客様にも有効なもので一般的な導入のメリットとして表1のような点があげられる。

2.3 地域冷暖房活発化の背景

近年における地域冷暖房活発化の背景としては前項に述べた地域冷暖房のメリットが認識されたことに加

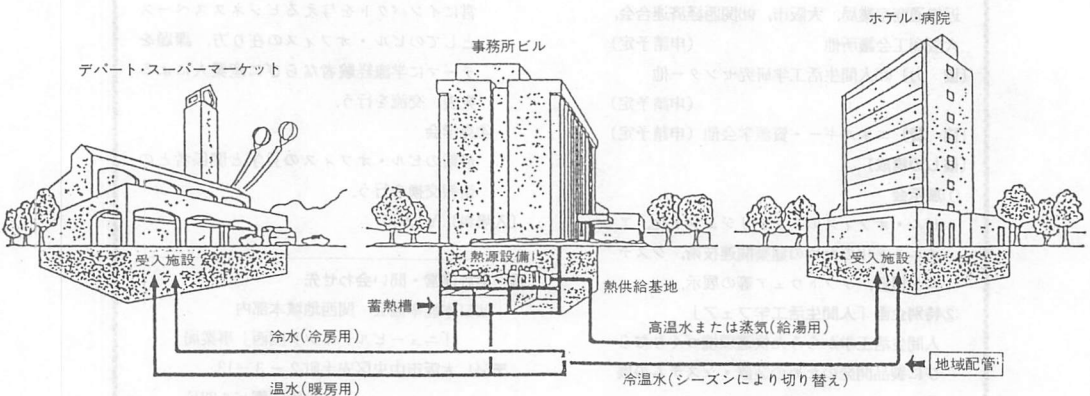


図-1 地域冷暖房の概念図

*関西電力㈱市場開発部地域冷暖房関連チームプロジェクト部長

表1 地域冷暖房のメリット

区分	項目	説明
社会的 メリット	a. 大気汚染の防止	<ul style="list-style-type: none"> 設備や運転管理の高度化により大気汚染が防止できる。 建物ごとの煙突や冷却塔が不要となり都市美観が維持または修景される。 建物ごとの熱源がなくなり、危険物の取り扱い・貯蔵が不要で災害防止に役立つ。
	b. 都市美観の向上	
	c. 地域の防災性向上	
お客様 メリット	d. 省エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> 集合によるスケールメリットや建物ごとの同時使用率の低減、地域の排熱の有効利用によるエネルギーサイクル等によって省エネルギーが図れる。 各建物の機械室が縮小される。建物内に熱源プラントを設置する場合も容積率が緩和される。付加価値の高い地域でレンタル比が向上する。 各建物での熱源機器が不要になり設備費が安くなる。 建物ごとの熱源関係の保守員が不要となり人件費が削減できる。 設備機器の低減、スペースの有効利用、人件費の削減など総合的にみて経済性に優れた熱供給ができる。 24時間連続して高品質の冷温熱を受けられる。
	e. 建物スペースの有効利用	
	f. 建設費の低減	
	g. 運転・保守の省力化	
	h. 経済性の向上	
	i. 熱供給の安定	

え次のような点があげられる。

(1)エネルギー事情の安定化

わが国のエネルギー政策は、二度のオイルショックの経験から原子力・石炭およびLNG等への転換により、脱石油化を推進したこともあって、燃料価格ひいては熱単価が安定している。

(2)行政のリード

地域冷暖房は、住みよい環境づくりのためのインフラ整備の一環でもあり、行政によるその導入指導や融資・免税等の各種助成措置が相当の効果をあげている。東京都は昭和52年3月「地域冷暖房計画推進に関する指導標準」を、大阪府は平成2年4月「地域冷暖房システム導入に関する指導要綱」を制定している。

(3)地域の高付加価値化

経済・文化の発展とともに人やオフィスの都市集中が進み、都市はますます高密度化し付加価値が高まってきている。限られたスペースと人材の有効利用のため、地域冷暖房を採用するケースが多くなっている。

(4)アメニティ要求、品質管理の高まり

オフィスや住居等における居住環境の快適性の要求の高まり、コンピューターや各種制御機器のための周辺環境条件の品質管理の徹底等で熱需要は質量とともに高度化している。この需要をまかない都市計画にもプラスするものとして地域冷暖房が推進される。

(5)関連技術の進歩

熱回収ヒートポンプ等機器の大容量化・高効率化・小型化、蓄熱、計測制御、断熱二重管等、熱供給を支える関連技術の進歩が著しい。

(6)エネルギー事業への進出

都市開発に関係する自治体、デベロッパー、建物オー

ナーやエネルギー事業者等が新しい街づくりへの参画や経営の多角化、電力・ガス需要の平準化等の目的で熱供給事業に進出している。

2.4 地域冷暖房成立の要件

地域冷暖房をより導入しやすい条件としては次のような点があげられる。

(1)地区の熱需要密度が高いこと。

(2)大規模な計画で集約によるスケールメリットが得られること。

(3)各種用途の建物が混在し、全体として熱の融通がはかられたり熱需要が平準化されること。

(4)周辺に未利用エネルギー源等があり、省エネルギー型の地域冷暖房ができること。

(5)計画的な開発で熱供給プラントや地域導管の設置、資金計画の見通しが立てやすいこと。

(6)計画の推進に当たり、お客様や行政等の理解や協力が得られやすいこと。

3. 電気による地域冷暖房について

3.1 システム概要

電気による地域冷暖房では、図-2に示すように熱供給プラントの心臓部に効率の高いヒートポンプと蓄熱システムを採用して機器容量の適正化をはかり、設備の利用効率を高めるとともに、極めて低コストの夜間電力を活用してランニングコストの低減をはかっている。

ヒートポンプは図-3のとおり冷媒（フロン）の蒸発や凝縮に伴う熱の出入りを利用して熱を移動させることにより冷・温熱をつくるもので、電気入力の数倍（成績係数COPで表す）の熱を移動させることができ、

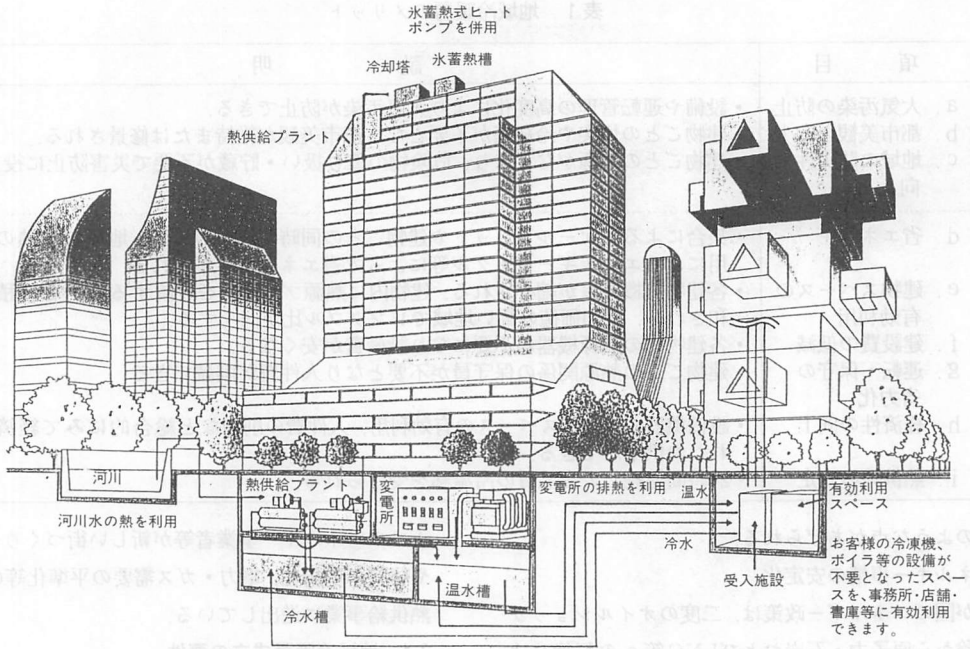


図-2 地域冷暖房のイメージ図

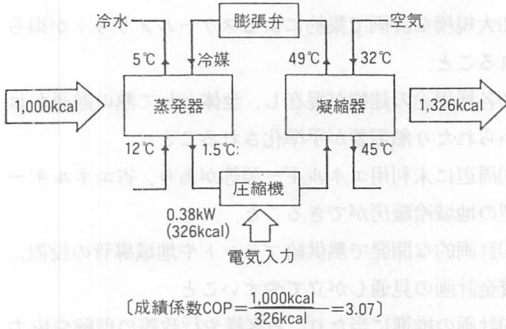


図-3 空気熱源ヒートポンプ(冷房時)

都市排熱を含めた未利用エネルギーの活用に最適なものである。

3.2 電気地域冷暖房のメリット

電気による地域冷暖房は、昭和59年東京電力銀座2・3丁目地区に端を発し、現在東京を始め東北・中部・関西・九州等で運転中または建設中のものが多い。

電気による地域冷暖房のメリットについて幾つか述べると次のとおりである。

(1)環境の改善

エネルギー需要の増加に伴う石炭・石油等の化石燃料の消費によるNO_x等の増加が、都市環境を悪化させるものとして大きな問題となっている。電気による地

域冷暖房の熱源は電動ターボ冷凍機や電動ヒートポンプ等であってボイラーや内燃機関のような燃焼部分を持たないのでいかなる大気汚染物質も排出しない。また、都市部でのヒートアイランド現象の原因となる大気への放熱も少ない。

(2)資源の有効利用

一次エネルギーとして火力以外に水力・原子力による電力を含む電気による地域冷暖房は、他方式に比べ地球上の有限な資源である化石燃料を使用するウェットが小さい。化石燃料は化学製品の原材料でもあるので少しでも長く次世代に残すべきであり、単に熱として使用するにはもったいない。つまり資源の有効利用面からも電気による地域冷暖房は効果的である。

(3)割安な熱料金

地域冷暖房は、蓄熱式ヒートポンプシステムにより極めて安価な深夜電力を活用でき、さらに工場扱いのため一般ビルの業務用より安い産業用の電力(特別高圧)の契約となるため、安価な熱料金となる。

(4)運転制御の簡便性

電気方式は、化石燃料の取り扱いがなく、運転制御も容易かつ安全で、管理人員も少なくすむ。熱源関係の運転保守は地道な職場で、今後人材確保もますます困難化が予想されるが、電気方式では少ない要員で対応することが可能である。

表2 ヒートポンプによる都市排熱の有効利用

	温度レベル	熱量	安定性	地域冷暖房での使用例	個別ビルでの使用例等
ゴミ焼却場	100℃以上	極大	大	札幌下野幌地区 光が丘団地地区	
地下鉄	30℃以下	中	小	札幌駅北口再開発地区	
変電所	30℃以下	小	中	銀座2・3丁目地区、日比谷地区 神田駿河台地区、新川地区	新曽根変電所、本町変電所 備後町変電所、七条変電所
地中送電線	30℃以下	小	小	光が丘団地地区	
河川水・海水	冬 8~15℃ 夏 15~30℃	大	大	箱崎地区	日本生命本社ビル
下水処理場 (二次処理水)	30℃以下	大	大	芝浦地区 幕張新都市ハイテク・ビジネス地区	東京落合処理場 咲くやこの花館

以上地域冷暖房について概説してきたが、以下は本論である海水、河川水の未利用エネルギー活用を中心とした当社の取り組みについて述べることにする。

4. 未利用エネルギー活用の推進

未利用エネルギーには、①都市排熱としてエネルギーリサイクルの可能なごみ焼却排熱・工場排熱・地下鉄等の排熱と、②温度差エネルギーとして夏は大気より冷たく、冬は大気より暖かい海水・河川水・下水処理水の保有熱等がある(表2参照)。

近年、エネルギー需要が急速に増大している一方、原子力開発の遅れや、地球温暖化による地球環境問題が深刻である。これらの問題を解決するには、エネルギー効率の向上がもっとも重要な課題であり、その一つの方策が未利用エネルギーの活用である。

ヒートポンプによる未利用エネルギーの活用事例については、各地区において報告されているが、中でも日本で始めて河川水利用の地域冷暖房である箱崎地区は、隅田川と日本橋川に接した約22.7haの供給対象区域に、高層住宅を含む5棟のビルが点在する。

河川水の温度は大気と比べ、夏は低く冬は高い。隅田川の実測では、夏場は外気温32℃に対し27℃、冬場の1℃に対し10℃となっており、そのため、夏季には冷房熱源として有利であり、冬季には暖房熱源として有利なものとなっており、大気よりも優れた特質を持っている。

4.1 当社の取り組み

当社においても「関西電力地球環境アクションプラン」のなかの環境影響低減活動の一つとして未利用エネルギーの活用を促進している。発電所の排熱利用は小規模なものは従来から行われているが、未利用エネルギーの導入はスケールメリットのある地域冷暖房

計画のなかにこそふさわしい。

平成4年1月に供給を開始した電気による地域冷暖房の「大阪本庄東地区」ではエネルギーリサイクルの一つとしてコンピューターの排熱回収を行うこととしており、「中之島地区」の次期プラントには水の都大阪での河川水利用を計画している。また大阪ガスとの共同プラントである「南港コスモスクエア地区」では、海水による温度差エネルギーを利用することとしている。このほか「和歌山マリーナシティ地区」では、当社海南発電所の蒸気の活用を検討している。

4.2 未利用エネルギーを活用した地域冷暖房プラント

(1)南港コスモスクエア地区(海水利用)

コスモスクエア地区は、図-4のとおり大阪湾の南港に位置し、大阪駅の南約10km、現在建設中の関西国際空港の北北東約35kmの地点で、1985年にオープンしたインテックス大阪および北側埋め立て中の部分を含め約160haの愛称である。本熱供給事業はその中にあるATCビル・WTCビル・ミズノビル・住友商事ビル等へ熱供給を行うもので、大阪ガス(株)との50%共同出資で「コスモスクエア熱供給(株)」を設立されたものである。

システムの概要は、図-5のとおりで、海水熱源のヒートポンプや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電気・ガスのミックスによる地域冷暖房である。

システムの特徴は

- ①未利用エネルギーの海水を利用することにより、従来方式に比べて大幅な省エネルギーが図られる。
- ②製氷、冷水、温水単独製造または、冷温水同時製造(熱回収)も可能な多機能ヒートポンプと大容量水蓄熱の採用
- ③コージェネレーションの採用

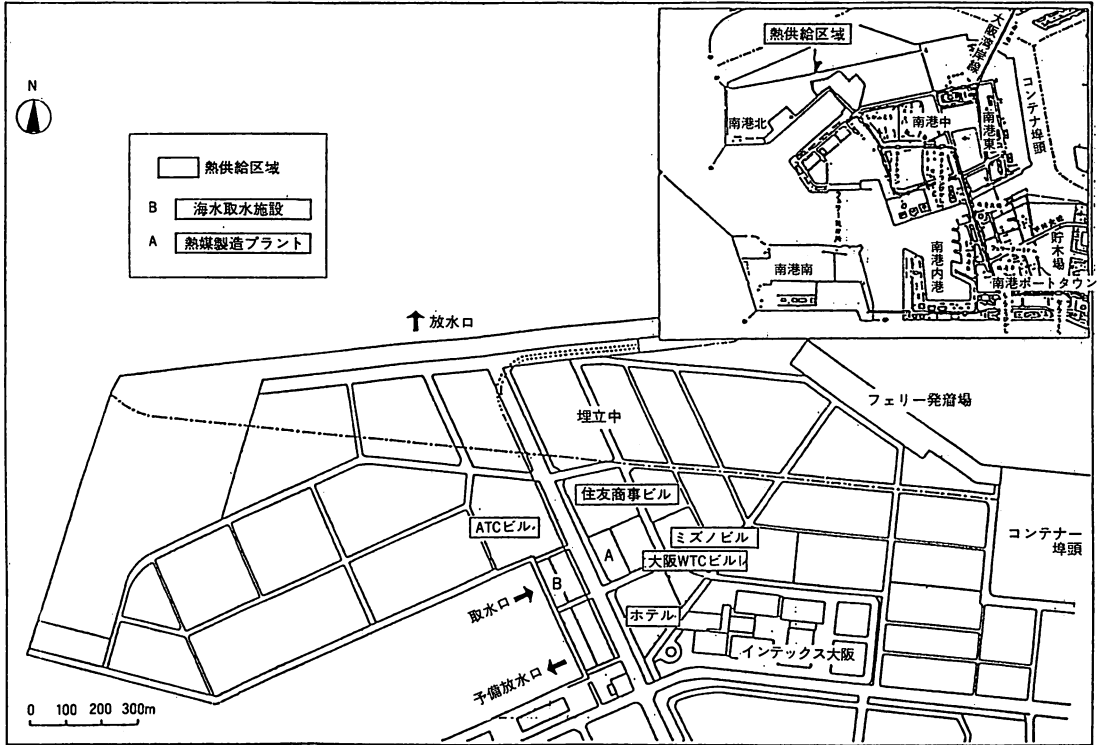


図-4 南港コスモスクエア地区供給区域

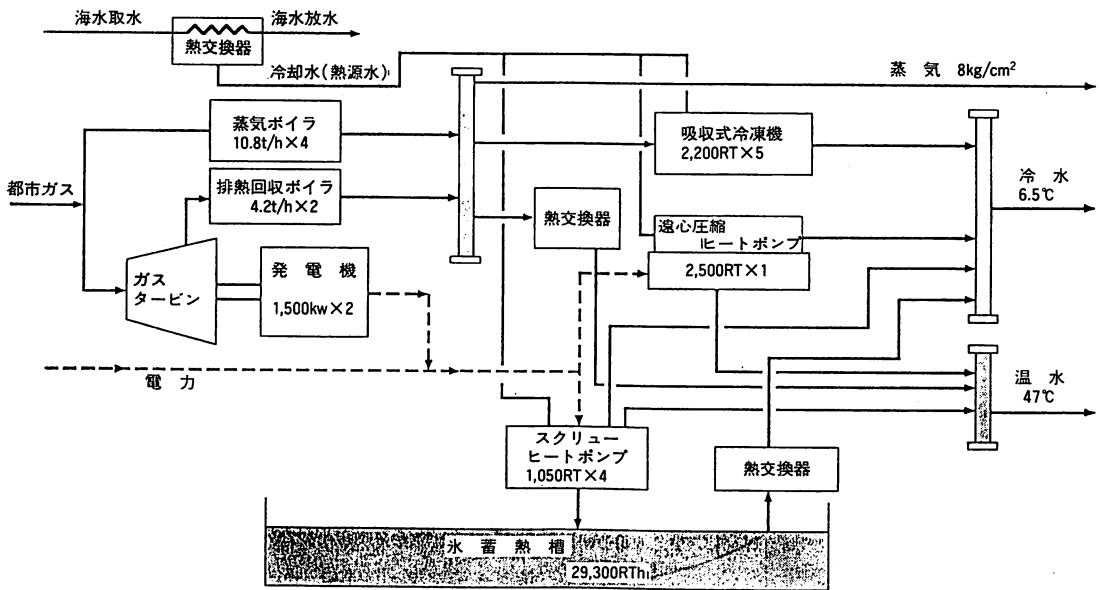


図-5 南港コスモスクエア地区熱源システム図

等である。

海水取水施設はATCビル地下に設置し、取水した海水はプレート式熱交換器で淡水と熱交換し、冷・温

機の冷却（熱源）水に利用している。

(2)中之島地区（河川水利用）

大阪都市圏の中心部に位置する中之島地区は、大阪

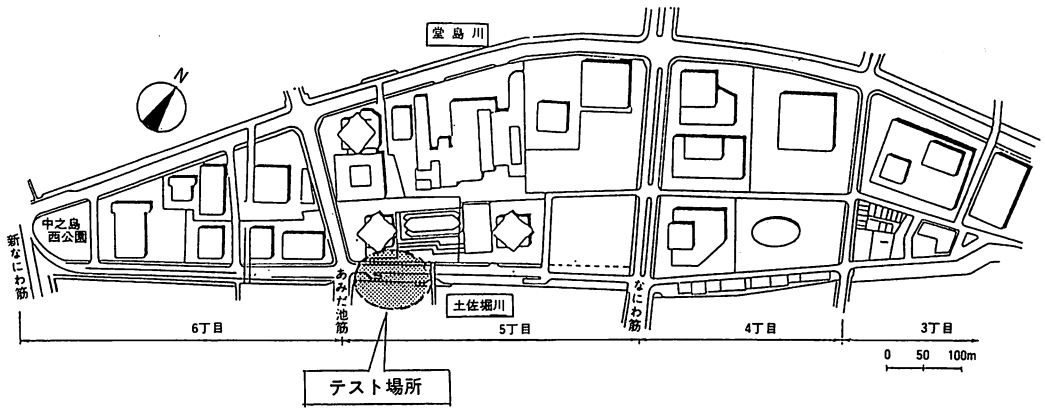


図-6 測定場所

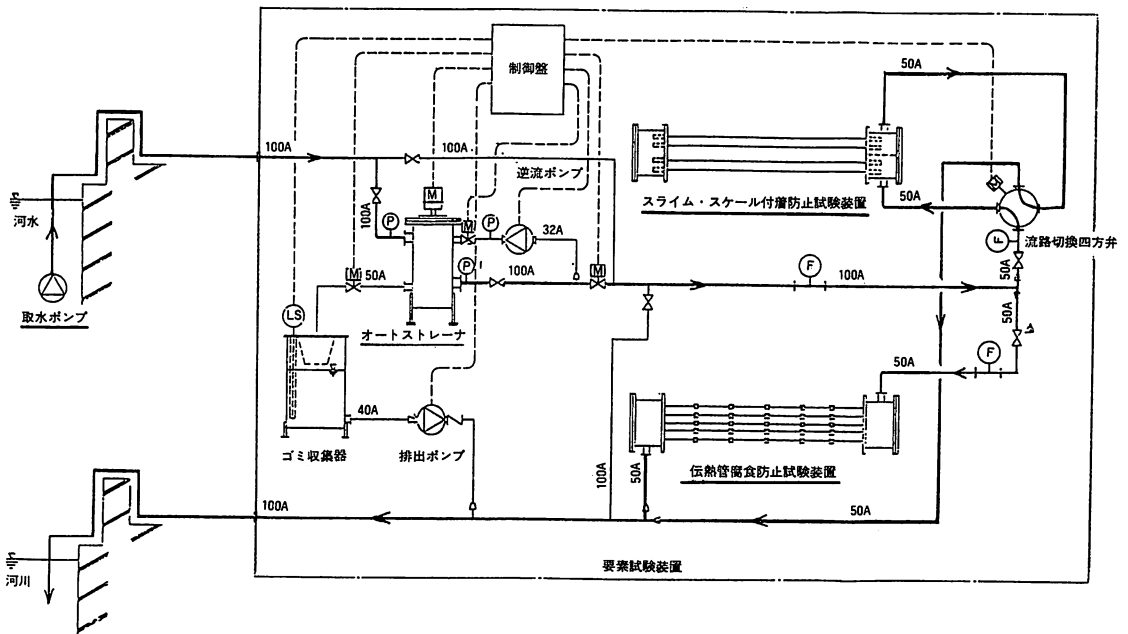


図-7 試験系統図

熱製造プラントのヒートポンプおよび蒸気吸収式冷凍21世紀協会の「大阪21世紀計画」等でも提起されているように、地理的条件や開発ポテンシャルからみて、21世紀の大阪の経済、文化の中核を担うべき地区として開発が進められている。

この地区に電気による地域冷暖房導入を検討しているが前述したとおり、次期プラントには地区の両側を流れる堂島川・土佐堀川の河川水を利用すべく平成2年3月～平成3年2月の間において河川水利用に関する実態調査を実施した。

①調査目的

未利用エネルギー活用的一方策として、都心部河川水の賦存エネルギー等を把握し、ヒートポンプによる地域冷暖房の熱源としての利用可能性を検討する。

②試験・調査内容

- ・河川水の性状把握（流れ方向、流量・分布等）
- ・浮遊分除去装置の構造、材質（ゴミの種類、生成物の種類等）
- ・熱交換器伝熱管の構造、材質（ヘドロの影響等）
- ・熱交換器伝熱管の付着スケール洗浄装置（ブラシ等の構成部材の材質選定等）

③試験系統図

図-7参照

④試験・調査結果

- ・河川水温度と外気温度の測定結果
月別平均温度は年間をとおして、河川水温と外気温度差は顕著でないが、夏季には河川水温が低く、冬季は河川水温が高くなっている。
- ・河川水位測定結果
この地点は河口に近いことから、最高位OP+250cm、最低位OP+15cm、平均水位OP±150cmとなり、河川水位位置としては干潮の差を配慮した位置を選定する必要がある。
- ・空調用熱源としての河川水利用効果の検討・評価
ヒートポンプと温度の関係を試算した結果
 - ・冷房ピーク時（8月） 温度差は小さいがCOPは、空気熱源3.5に対し、河川水熱源、約5.0となり高い利用効果が期待できる。
 - ・暖房ピーク時（1月） 空気熱源3.5に対し、河川水熱源は4.3と高い効果が期待できる。
- ・河川水利用地域冷暖房熱源システムの検討
表-3の調査結果からコストが安く、高い効率が見られるメリットがある、④又は⑤が総合的に良い評価となった。

その他水位測定、流速測定、浮遊物除去装置による運転試験結果、スケール付着防止試験等の評価結果が得られている。

⑤総合評価と検討課題

- a. 外気温度と河川水温度による熱源機器の

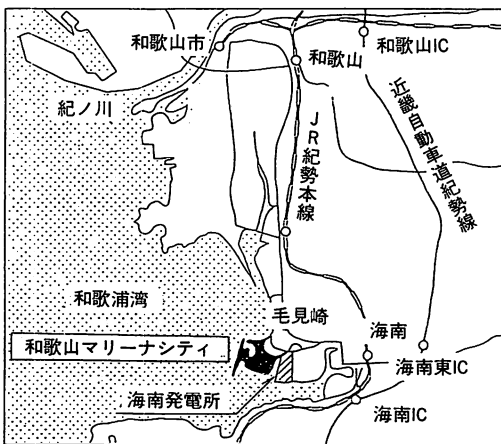
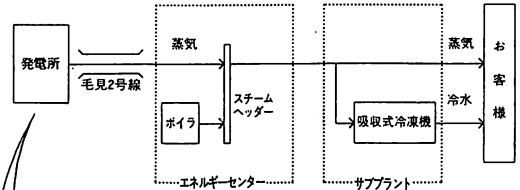


図-8 和歌山マリーナシティ熱供給区域位置図



タービン抽気利用の概念図

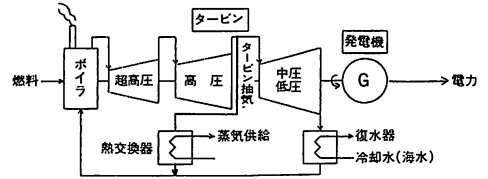


図-9 熱供給プラントシステム図

COPの計算結果から年間を通じて空調用熱源として利用効果は期待できる。

- b. 河川水利用方式は、河川水直接利用方式が総合的にベターである。
- c. ごみ除去装置（オートストレーナ）、スケール付着防止装置（自走式ブラシ洗浄）の実証、有効性が確認できた。さらに微生物の設備での繁殖を抑制機能を付加すれば効果的である。

今後の検討課題としては、取水ポンプの設置場所、堤防と配管の取合い、取・放水管の位置関係、河川生態系に与える影響等について開発計画時期に合わせ、関係行政の指導を得ながら解決をはかって行きたい。

(3)和歌山マリーナシティ地区（発電所蒸気利用）

和歌山マリーナシティは関西国際空港を始めとし、りんくうタウン、南港テクノポートとともに近畿圏における地域開発の一核をなしている。

この地区において、隣接する当社の海南発電所の、タービン抽気蒸気を利用した地域冷暖房を推進するため、平成3年12月に松下興産(株)との共同出資による「和歌山マリーナシティ熱供給(株)」を設立された。

システムの概要は、図-9のとおりであるが、タービン抽気蒸気導入による地域冷暖房の特色を述べると、

①省エネルギー

海南発電所のタービン抽気方式は、超高温タービン、高圧タービンで発電した後の蒸気を抽気するため、地域冷暖房用として別にボイラーを設置したものに比べて大幅な省エネルギー効果がある。

表3 河川水利用方式比較表

方式 項目	①直接利用方式	②直接利用方式	③間接利用方式
システム図			
概要	河川水を直接ヒートポンプに導く方式 水熱源ヒートポンプに採用	河川水を直接ヒートポンプに導く方式 河川水-フロン熱交を別置した特殊ヒートポンプと取水設備	河川中に河川水-フライン熱交を設けた方式 熱交に縦型チューブラを使用
コスト	安い ◎	安い ◎	高い △
効率	高い ◎	高い ◎	低下する △
スペース	少ない ◎	トレンチ部分に熱交スペースが必要 ○	河川中熱交スペースが必要 △
安全性	高い ◎	高い ◎	低い △
メンテナンス性	陸上からのメンテナンスが可能 ◎	陸上からのメンテナンスが可能 ◎	河川中でのメンテナンスが発生 △
総合評価	◎	◎	△

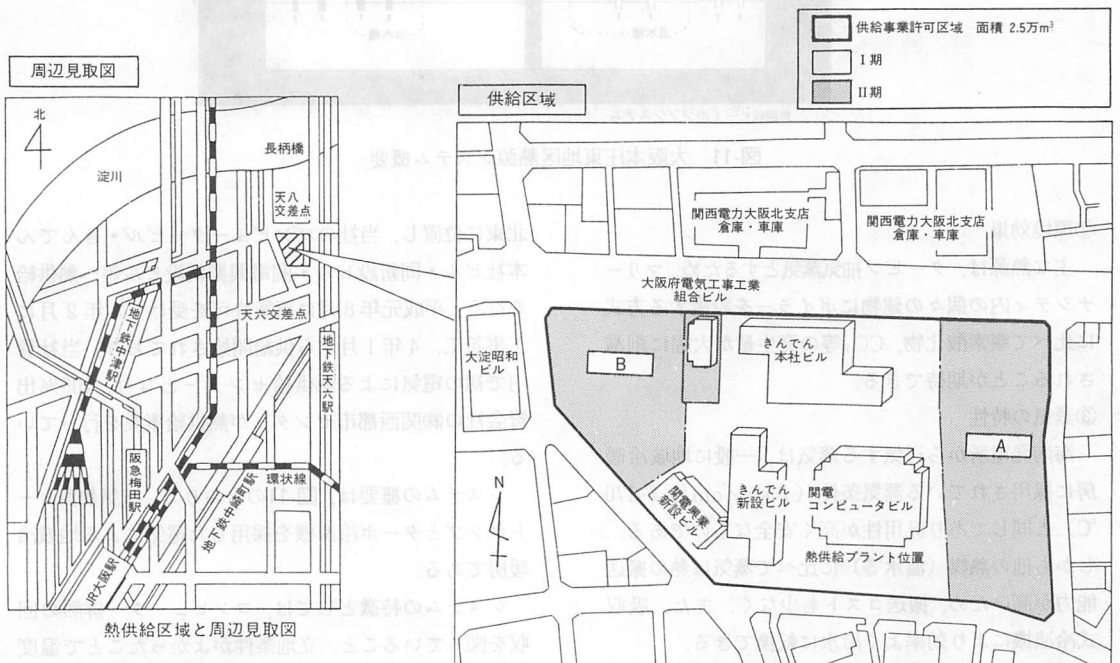


図-10 大阪本庄東地区熱供給区域

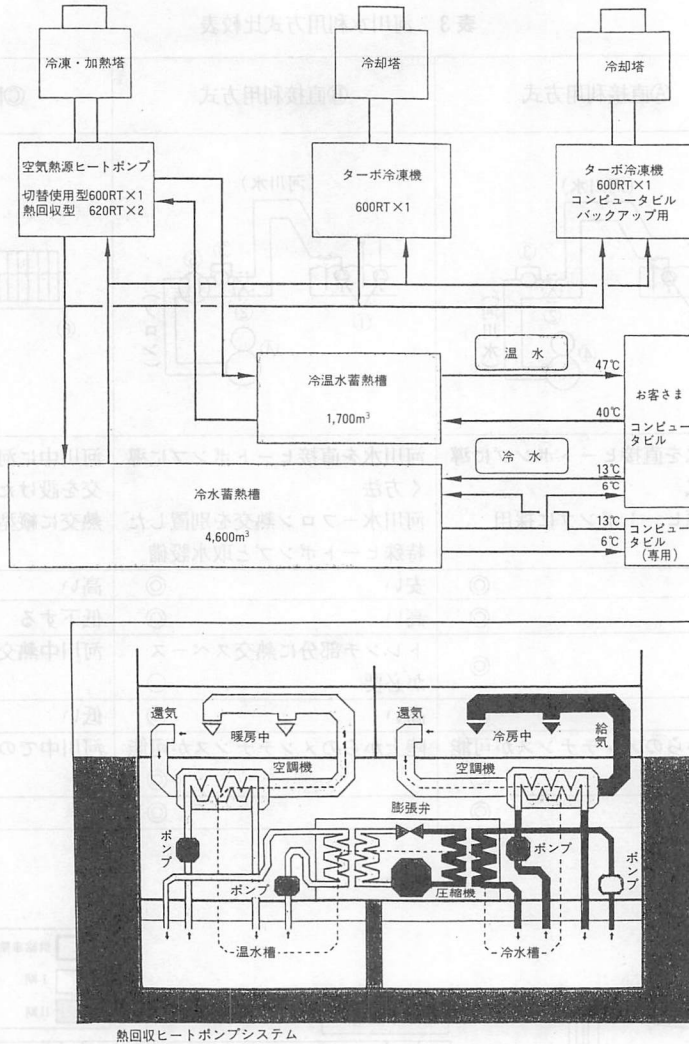


図-11 大阪本庄東地区熱源システム概要

②環境効果

主な熱源は、タービン抽気蒸気とするため、マリナーシティ内の個々の建物にボイラーを設置する方式に比べて窒素酸化物、CO₂等の発生量が大幅に削減されることが期待できる。

③蒸気の特徴

海南発電所から送気する蒸気は、一般に地域冷暖房に採用されている蒸気条件（8kg/cm²、約170℃）と同じであり汎用性が高く安全なものである。しかも他の熱媒（温水等）に比べて蒸気は熱の搬送能力が高いため、搬送コストも少なく、また、吸収式冷凍機により効率よく冷水に転換できる。

(4)大阪本庄東地区（コンピューター排熱利用）

本熱供給センターは、図-10のとおりJR大阪駅の

北東に位置し、当社のコンピュータービル・きんでん本社ビル・同新設ビル・関電興業新設ビル等へ熱供給を行う。平成元年8月に事業許可を受け、3年2月に工事着工、4年1月から供給開始されており、当社管内で初の電気による熱供給センターとなり、100%出資会社の(株)関西都市センターが熱供給事業を行っている。

システムの概要は、図-11のとおりで、空気熱源ヒートポンプとターボ冷凍機を採用した電気による地域冷暖房である。

システムの特徴としては、コンピューター排熱の回収を図っていること、立地条件がよかったことで温度成層型の大型冷水蓄熱槽を有すること、電力供給に重要な当社コンピュータービルを持つことから主要設

備の2重化を図っていること、冷熱供給専用の予備設備を持つこと等である。

5. 未利用エネルギー活用上の課題

a. 立地条件と経済性

未利用エネルギーの採熱には、相当な設備投資を必要とする場合が多い。未利用エネルギーによる省エネルギー効果との経済性等を立地条件に応じ検討する必要がある。

b. 熱需要とのミスマッチ

未利用エネルギーの多くは低温の温熱であり、発生と需要との間に時間的・距離的なミスマッチが大きい場合が多い。このため、熱エネルギーの伝送や蓄熱が必要となるが、熱幹線や蓄熱槽の設置は、熱供給事業者のみでは難しく助成措置の拡大や社会施設の一つとして整備する方法等が考えられる。

c. 要素技術の向上

低温熱源から効果的に熱回収を行うため、高性能かつ高温取り出し可能なヒートポンプ、潜熱を利用した高密度蓄熱と熱搬送等の実用化が望まれる。

d. 法手続き等の問題

未利用エネルギーを活用する場合の法手続きや、審査基準等がまだ試行錯誤の段階にあるし、導管敷設のための道路占用も極めて難しい。熱供給事業が第三の公益事業に成熟するためには、行政や事業者双方の努力が必要である。

6. おわりに

関西の活性化が叫ばれ新空港建設、ベイエリアや内陸部の開発等、各種プロジェクトが目白押しであり、このような開発地では街づくりの一つのプランとして地域冷暖房を取り入れることが多い。

熱供給事業は新しい街づくりにふさわしいとはいえ、個別冷暖房方式との競合になると経済性だけでなく地冷の持つ社会的メリットをも理解願わないと難しいケースが多い。

未利用エネルギー活用や燃料電池の導入にも解決すべき問題がある。

明日の時代を目指して、行政・お客様・関係業界各位の指導と協力を得て21世紀に残る熱供給事業の発展に努力したい。

協賛行事ごあんない

第3回 動力・エネルギー技術シンポジウム 「動力・エネルギー技術の最前線'92」講演募集

〔日 時〕 平成4年11月12日(木)・13日(金)

〔会 場〕 川崎市産業振興会館(川崎市幸区堀川町66-20, TEL 044-548-4111)

講演募集テーマ(オーガナイズド・セッション)

1. 新発電・新エネルギー技術

1-1 高温・高効率発電技術 1-2 石炭利用新発電技術 1-3 燃料電池発電技術

1-4 新エネルギー・利用エネルギー発電技術及びエネルギー利用合理化技術

2. 原子力発電における将来技術

2-1 次世代軽水炉技術 2-2 高速炉技術 2-3 知能化技術 2-4 放射性廃棄物管理技術

特別講演

「21世紀のエネルギー開発と地球環境との調和」, 「技術史からみた動力技術の発展と将来展望」,

「原子力開発に対する学会の役割と今後の課題」(いずれも仮題)

付随行事 機器展示会, 懇親会

研究発表申込締切 平成4年4月20日(月)

講演原稿締切 平成4年8月31日(月)

※申込方法その他お問い合わせは、下記までお願いいたします。

〒151 東京都渋谷区代々木2-4-9 (新宿三信ビル5階) TEL 03-3379-6781 (代)

社団法人 日本機械学会 動力エネルギーシステム部門