

## ■ 技術報告 ■

## 未利用エネルギーの地域冷暖房への応用

—幕張新都心ハイテク・ビジネス地区を中心に—  
Application of “Unused Energy” to District Heating and Cooling

黒 本 英 智\*

Eichi Kuromoto

## 1. はじめに

我が国の地域冷暖房は平成3年4月現在で88地点の事業許可地点を数えている。最近では省エネルギー、環境保全、経済性向上の側面から、未利用エネルギーを積極的に活用する事例が増えている。

「未利用エネルギー」の示す意味は、特段目新しいものではなく、清掃工場排熱や地下鉄排熱等の「都市排熱」と、河川水や下水処理水等、都市排熱を間接的に取り込み、かつ大気に比べて温度変動の少ない「温度差エネルギー」を包括的に定義したものである。

ここへきて、未利用エネルギーがクローズアップされているのは、冒頭に述べた省エネルギー、環境保全等に対する社会的要請が大きな広がりを見せていること、ならびにヒートポンプなどの利用技術の発達によって、従来は有効利用の難しかった低温排熱を含む広範囲の未利用エネルギーが活用可能となりつつあることを反映している。

また、未利用エネルギーは地域冷暖房での活用が実際の（現実的）であり、これは、

- ①未利用エネルギー源は都市のインフラ設備であることが多く、その利用は公益的な地域冷暖房の形で地域に還元することが望ましいこと。
- ②未利用エネルギーを有効に活用するためには、ある程度以上の熱需要規模を対象とすることが効率的であること。

などの理由によるものである。

以上、未利用エネルギーの定義と地域冷暖房での活用の意義を述べた。本稿では、未利用エネルギーの具体的な活用方法、および活用事例の概要とその効果について述べる。

## 2. 未利用エネルギー活用の方法

地域冷暖房においては、供給区域の立地条件によって利用可能な未利用エネルギー源が絞られてくる。さらに、熱供給の需要規模と未利用エネルギー賦存量との量的バランスや活用効果等を考慮して、活用する未利用エネルギーが決定される。このように、未利用エネルギー活用の方法は、地域冷暖房の地点ごとに一品生産的に定められる性格が強いため、各地点の熱供給システムを比較するとかなり変化に富んでいることが分かる。

ただし、その一方で未利用エネルギーの種類に応じた相応しい活用方法が存在することも確かである。ここでは、未利用エネルギーを大まかに分類し、通常考え得る活用方法を示す。表1に未利用エネルギーの量と温度レベルを示す。この表は未利用エネルギー源の社会的位置付けによる区分に従っているが、これを、活用方法を大きく左右する未利用エネルギーの温度レベルによって組み替えると表2のようになる。表では活用方法と実施例も併せて示している。

このうち、高温排熱は熱交換器等を用いて熱を伝達する手段さえ講じれば、そのまま地域冷暖房の供給熱媒にできる容易さがある反面、供給区域が近くに立地するケースは限られている。一方、低温の未利用エネルギーは環境温度に近いため、供給熱媒の温度レベルを確保するには何らかの加工を必要とするが、地域冷暖房の供給区域が近くに立地するケースが多く、量的にも、未利用エネルギー全体の約70%を占めるなど、活用の効果が期待されている。

表2にも示すように低温の未利用エネルギーを活用する方法として最も一般的なものがヒートポンプを用いる方法である。ヒートポンプは、環境温度に近い状態で広く薄く分布しているエネルギーを汲み上げて、利用可能な温度レベルに加工するのに最も適しているからである。また、ヒートポンプと蓄熱槽を組み合わせ

\* 東京電力（株）営業開発部都市システムプロジェクト主任  
〒100 東京都千代田区内幸町1-1-3

表 1 未利用エネルギーの量と温度レベル

区分	排 熱 源	温度レベル				排 出 量			排 出 変 動 特 性
		0℃	50℃	100℃	150℃	少	中	多	
住居系	住 宅	——							給湯消費量に依存
近隣施設系	大 型 小 売 店	-----							冬期排熱量少
	公 衆 浴 場	——							夕刻に集中
工場系	鉄鋼・化学等 工場	——	——	——	——				工場の稼動状況に依存
供給処理系	発 電 所	——							発電々力に依存
	(燃料電池)	——	——	——	——				発電量に依存
	ごみ焼却場	——	——	——	——				ごみ質・量に依存 定期点検時停止
	下水処理場	——							ほぼ一定
	工業用水道	——							ほぼ一定
	変電所	——							電力需要に依存
運輸系	地中送電ケーブル	——							電力需要に依存
	地下鉄・地下駅	-----							夏期は多 冬期は少
業務系	コンピューター・センター	-----							夏期は多 冬期は少
	冷凍倉庫	-----							ほぼ一定
	アイススケートリンク	-----							夏期は多 冬期は少
	温水プール	——							夏期は多
大気系	地 下 街	-----							夏期は多 冬期は少
	太陽熱	-----							冬期受熱量は少 天候による変動大
水系	海 水	——							ほぼ一定
	河 川 水	——							ほぼ一定
大地系	地 熱	——	——	——	——				ほぼ一定

—— : 水温    - - - - : 蒸気    ----- : 空気

表 2 未利用エネルギーの活用方法と実施例

区 分	未利用エネルギー	活用方法		実 施 例
		冷 熱 製 造	温 熱 製 造	
高温排熱(蒸気)	清掃工場 工場余熱	・蒸気吸収式冷凍機 による冷水製造	・熱交換器	日立駅前地区 (セメント工場余熱) 品川八潮地区 (清掃工場)
高温排熱(温水)	清掃工場(蒸気復水) 工場余熱 公衆浴場	・温水吸収式冷凍機 による冷水製造	・熱交換器 ・水熱源ヒートポンプ による温水製造 ・熱回収ヒートポンプ による温水製造	光が丘地区 (清掃工場)* 銀座5・6丁目地区 (公衆浴場)*
低温水熱源	河川水 海水 湖沼水 下水処理水 生下水 中水	・水熱源ヒートポンプ による冷水製造	・水熱源ヒートポンプ による温水製造	箱崎地区 (河川水) 幕張ハイテクビジネス地区 (下水処理水)
低温空気熱源	地下鉄 地下街 変電所 地中送電線 コンピューター排熱	・空気熱源ヒートポンプ による予熱+ 冷凍機による冷水 製造	・熱回収ヒートポンプ による温水製造	宇都宮中央地区 (変電所)* 光が丘地区 (地中送電線)* 札幌駅北口地区 (地下鉄)

注、実施例のうち\*印のあるものは未利用エネルギーを温熱製造のみに活用している。

せれば、未利用エネルギーと熱需要の時刻的変動のずれを調整し、活用の比率を高めることができる。

当社がこれまで実施してきた地域冷暖房は、いずれの地点においても未利用エネルギーを活用したものであり、その熱供給システムの基本は、ここに示した蓄熱式ヒートポンプシステムである。ここでは、そのなかで特徴的な地点として幕張新都心地区での活用事例

につき概略を報告する。

### 3. 幕張新都心地区地域冷暖房の応用事例

#### 3.1 熱供給システムの概要

##### (1) システム構成

本地区の地域冷暖房は、図-1に示すように幕張新都心「ハイテクビジネス地区」48.9haを供給区域とし

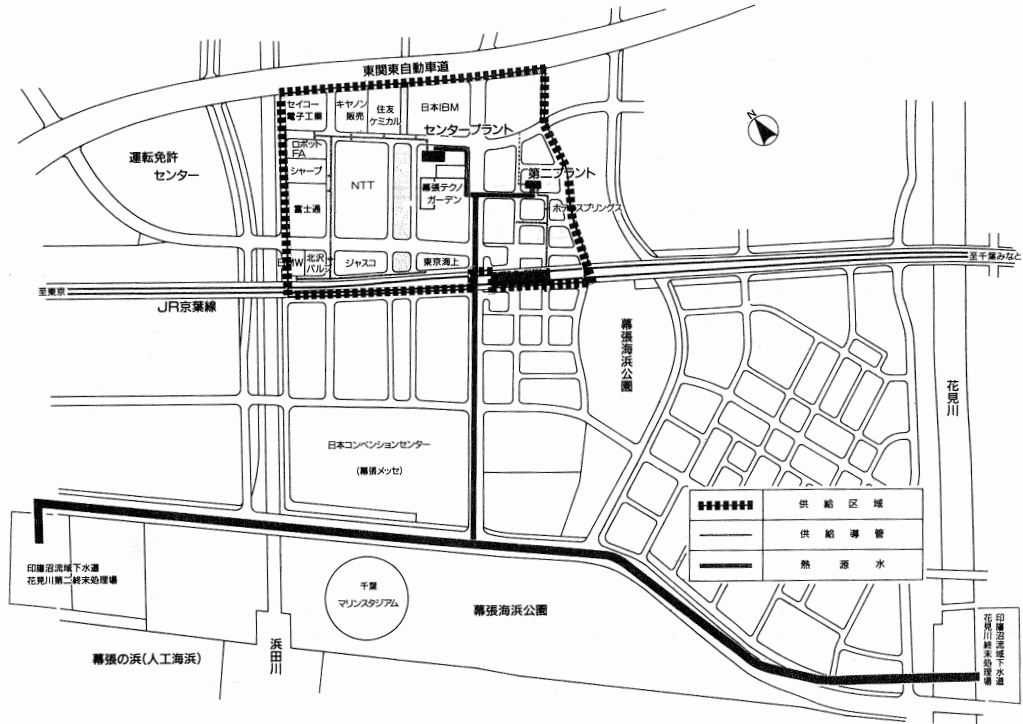


図-1 幕張新都心（ハイテクビジネス地区）供給区域

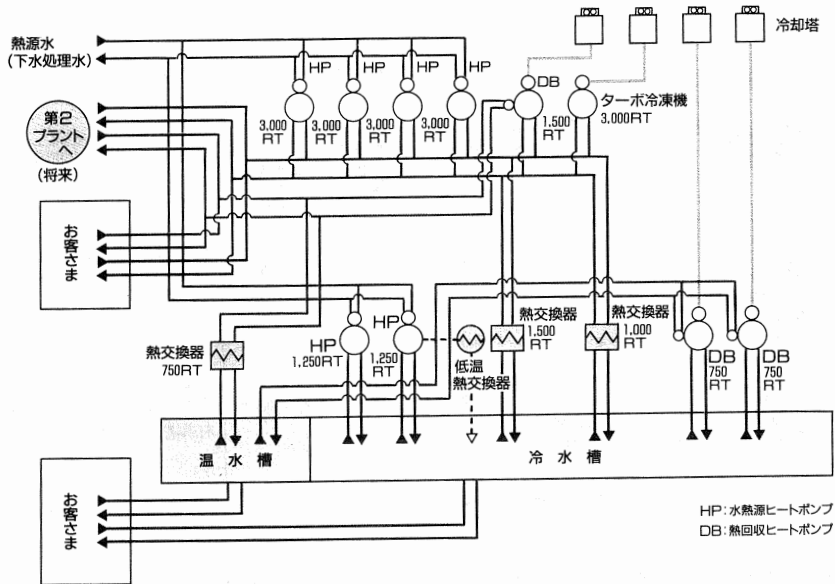


図-2 熱供給システムの系統図

て、平成2年4月に東京電力が事業主体となって熱供給を開始している。幕張新都心の海岸沿いには、印旛沼流域下水道の花見川終末処理場と花見川第二終末処理場を結ぶ下水処理水の連絡管が埋設されていること

から、未利用エネルギー源として下水処理水を熱源としたシステムとしている。下水処理水の持つエネルギーを最大限に利用するため、熱供給システムは水熱源ヒートポンプを中心に構成している。

表3 プラント主要機器

		単 位	能力および台数	
			当 初	将 来
熱源設備 (センタープラント分)	熱回収ヒートポンプ	冷却 RT 加熱 Mcal/h	750 2,750 × 2台	1,500 4,980 × 1台
	当初空気熱源ヒートポンプ	冷却 RT	1,250 × 2台	
	水熱源ヒートポンプ	加熱 Mcal/h	3,380 × 2台	
	水熱源ヒートポンプ	冷却 RT	3,000 × 4台	
		加熱 Mcal/h	4,000 × 4台	
	冷 凍 機	冷却 RT	3,000 × 1台	
冷 熱 合 計	RT	5,500		
温 熱 合 計	Mcal/h	17,240		
蓄熱槽	冷 水 槽	205 m <sup>3</sup>		
	温 水 槽	220 m <sup>3</sup>		
	冷 温 水 槽	3,990 m <sup>3</sup>		
	蓄 熱 槽 合 計	4,460 m <sup>3</sup>		

熱供給プラント（センタープラント）は幕張テクノガーデン内にあり、延床面積は3123 m<sup>2</sup>である。熱媒の供給条件は、

冷水（注）7℃，温水（注）47℃

であり、供給圧力は、2.0～5.5kg/cm<sup>2</sup>（冷水・温水とも）である。

なお、将来の熱需要の伸びに対応するため、供給区域内にもう1か所第二プラントを設置する予定であるが、ここではセンタープラントについて述べる。

図-2に熱供給システムの系統図を示す。熱源側では、熱源水管によって搬送されてきた下水処理水をヒートポンプに引き込み、冷水製造時には冷却水、温水製造時には熱源水として熱交換を行い、返送している。熱源システムは、幕張テクノガーデンを主に供給するオープン系統とその他の建物に供給するクローズ系統に分けられ、この二つの系統が大型の水/水熱交換器で熱的に一体化され、蓄熱（蓄熱槽容量 4460 m<sup>3</sup>）による電力の夜間シフトがどちらの系統でも容易に行えるよ

う計画されている。

プラント主要機器を表3に示す。最終的には機器容量で冷熱 20500 USRT，温熱57080 Mcal/hの供給能力を持つプラントになる。このうち、下水処理水を熱源とする機器容量の合計は冷熱14500 USRT（冷熱供給能力の71%），温熱46600 Mcal/h（温熱供給能力の82%）であり、ベース負荷を賄う機器として運転される。

(2) 下水処理水利用計画

下水処理水利用には、雑用水としての量的な利用と熱源水としての熱的な利用がある。地域冷暖房における下水処理水利用システムは、熱的利用の側面から処理水に含まれている排熱を暖房の熱源とし（あるいは、冷房の冷却水とし）、処理水の多目的利用の一つとして、エネルギーの有効利用による都市の省エネルギー化を図るものとして位置付けられる。

下水処理水の水温は、都市の排熱を取り込み、冬期には大気や上水・河川水に比べて暖かく、また、夏期には大気に比べて低い温度を保持しており、加えて流量の年間変動も少ないため、ヒートポンプ用熱源水として利用すれば、空気熱源ヒートポンプより高いエネルギー効率を得ることができる。

具体的数値により以上の内容を確認する。図-3に花見川終末処理場の月別平均水温変化を示す。水温は、年間を通してみると、大気に比べて安定し、夏期に冷却水として利用する場合に約25℃，冬期に熱源水として利用する場合に約15℃で利用することができる。こ

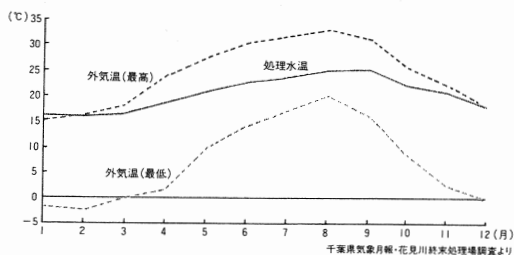


図-3 花見川終末処理場の月別平均水温変化

表4 1 Gcalの熱製造に要する動力の比較

## &lt;冷房時&gt;

	下水処理水利用 ヒートポンプ	ヒーティングタワー式 ヒートポンプ	空冷ヒート ポンプ
主機	240kw	252kw	379kw
補機	41kw	70kw	49kw
計	281kw	322kw	428kw

## &lt;暖房時&gt;

	下水処理水利用 ヒートポンプ	ヒーティングタワー式 ヒートポンプ	空冷ヒート ポンプ
主機	238kw	379kw	442kw
補機	39kw	68kw	59kw
計	277kw	447kw	501kw

のことから、夏期は冷却水として冷却塔に比べ約7℃低く利用でき、一方冬期においては一般的な空気熱源ヒートポンプに比べ、冷媒蒸発温度で約15℃上昇することになる。この温度差メリットにより、熱源機器の効率を著しく向上させることができ、主機ベースで比較した場合、ヒーティングタワー式ヒートポンプに対し、冷房時約5%、暖房時約37%、空冷ヒートポンプに対し、冷房時約37%、暖房時約46%、COP（成績係数）が向上している。

この結果を本プラントに適用した結果を表4に示す。単純化のため、比較の範囲を下水処理水利用の熱源機器に絞り、1 Gcalの熱製造に必要な動力を比較する。冷房時・暖房時それぞれについて熱源機器の主機およびおよび補機（従来システムでは冷却水ポンプ・屋外機ファン、冷温水ポンプ等、下水処理水利用システムでは熱源水搬送ポンプ、冷温水ポンプ）の動力をみると、ヒーティングタワー式ヒートポンプに比べ、全体として、冷房時約15%、暖房時約40%、効率が向上する結果となる。これは、主機部分の効率向上に加え、各種補機部分での所要動力削減効果も併せて貢献しているためである。

一方、下水処理水利用に際し、処理水をヒートポンプの冷却水と熱源水として直接利用することから、ヒートポンプの熱交換器チューブの腐食や汚れ等の防止のため、以下の対策を講じている。

まず、ヒートポンプ熱交換器のチューブ材に脱酸鋼を採用した。また、管面の汚れが原因となる極部電池作用による孔食と、熱伝導の低下を防止するために、オートストレーナーの設置とチューブの自動洗浄装置の組み込みがなされている。チューブの自動洗浄装置は、チューブ内の流水方向変換によるブラシ洗浄方式を採用している。また、配管材料は、バブル類を含めて耐食性に配慮し、ナイロンコーティング鋼管を中心に採用した。

## 3.2 省エネルギー効果・大気汚染防止効果

本地区における下水処理水の利用は本年6月から開始された。現在、夏季ピーク時の実績を含めた実測データを蓄積し、未利用エネルギー活用を集約している段階であるが、ほぼ計画通りの効果が得られつつある。ここでは、計画段階における省エネルギー効果、大気汚染防止効果の見込値を示す。

下水処理水を利用しないシステムと比較した場合、年間ベースで、約23%の省エネルギー効果が見込まれている。熱供給プラントでの省エネルギーは、即ち消費電力量の削減であることから、発電所立地における排出を考慮した場合の、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>の排出量も約23%削減されることになる。

また、冷却塔における水消費が無くなる効果も大きく、試算では年間約14万トンの水使用量が節減できる。

## 4. おわりに

ここまで、未利用エネルギー源として下水処理水を活用した幕張新都心地区の地域冷暖房につき、その概要と未利用エネルギー活用の効果について述べた。

本文でも述べた通り、未利用エネルギー源は多種にわたっており、現在活用されているものは、まだその一部分に過ぎない。国外では、海水・生下水・地熱などを活用した事例もあり、立地や需要規模によっては国内でも活用可能であるし、またそのための技術的蓄積も進んでいる。今後とも、省エネルギー性、環境保全性に、より優れた地域冷暖房システムの実施に向けて未利用エネルギーの活用をさらに推進すべきであると考ええる。