

未利用エネルギー活用地域熱供給システム

DHC Systems Utilizing Computer Heat, Sewage Heat and Sea Water

江川和彦*

Kazuhiko Egawa

1. はじめに

近年、経済活動や人口が都市部およびその周辺に集中し、また生活に対するアメニティ指向の要求が高まるに伴って、オフィスや住宅における冷暖房需要が増大している。

一方、エネルギー・セキュリティの確保、地球温暖化問題への対応等により、省エネルギー、とりわけ化石燃料エネルギーの消費を可能な限り抑制することが、今日の大きな課題となっている。この問題を解決する一手段として都市部周辺に多く存在する未利用エネルギーの積極的活用が各方面から期待されている。

関西電力では、地域の発展に寄与するインフラ整備の一環として、電気・熱・情報通信という3つの事業を積極的に展開している。経済性、信頼性、省エネルギー性に優れ、地球環境にもやさしい「電気による未利用エネルギー活用地域熱供給システム」の普及促進により、魅力ある街づくりにお役にたてるよう積極的に取り組んでいるところである。

本稿では、当社が未利用活用地域熱供給システムの普及促進に取り組む背景および代表的な未利用活用地域熱供給システムを紹介するとともに、今後の普及可能性が最も高い未利用エネルギーと期待される下水熱利用について、その特徴について述べる。

2. 関西電力と地域熱供給

関西電力が地域熱供給事業に進出した背景には、

- ①クリーンな電気で従来有効に利用されずに捨てられていた都市排熱や、河川水、海水などの未利用エネルギーを有効に活用する。
- ②大規模な蓄熱槽により、昼間の電力の夜間へのピークシフトで電力負荷の平準化を図る。

③地域密着型の産業として電力会社の経営資源を社会のために役立てる。

などのねらいがある。

関西電力がお客さまにすすめている「電気による地域熱供給」のメリットを表1に示す。当社では、昭和62年から地域熱供給事業の営業活動を開始し、現在まで10地区が供給開始、1地区が建設工事中である。熱源方式別では、オール電気方式が3件、発電所の熱利用が2件、電気・ガス併用方式が6件となっている。(表2)

3. 未利用エネルギーの活用

未利用エネルギーとは、海水、河川水などの温度差エネルギーやビル排熱、ごみ焼却排熱エネルギーなど比較的身近にありながら、これまで技術的あるいは経済的な制約からあまり利用されてこなかったエネルギーを指す。

都市の周辺には自然エネルギーである未利用エネルギーが大量に存在する。これら未利用エネルギーをヒートポンプや蓄熱槽などの適切な技術でうまく活用すれば、都市の冷房、暖房、給湯用に使用されるエネルギーを大幅に削減することが可能となる。

未利用エネルギーを大別すると大きく2つに分けられる。(表3)ひとつは、海水や河川水、下水といったものの温度差を利用する「温度差エネルギー」であり、夏は冷房のためのヒートポンプ熱の捨て先になり、冬は、ヒートポンプの熱源になるものである。もうひとつは清掃工場、発電所、ビル、地下鉄等の都市排熱で、これまで捨てていた熱である。

民生用熱需要の大半が100℃未満と比較的溫度レベルが低いため、質の高いエネルギーを投入する必要がなく、低レベルの未利用エネルギーで十分対応可能である。

当社が関係するほとんどの地域熱供給システムでは未利用エネルギーを活用している。

* 関西電力(株)お客さま本部お客さま提案グループ(地域冷暖房システム)課長
〒530-0004 大阪市北区堂島浜1-4-4 アクア堂島東館18F

表1 電気による地域冷暖房のメリット

区分	項目	説明
社会的 メリット	環境の改善	<ul style="list-style-type: none"> ・燃焼部分が少なく、NOx, SOx, ばいじんの発生が少ない ・大気への放熱量が少なく、ヒートアイランド現象がない ・建物ごとの騒音発生源が少なく、都市騒音を減少させる
	都市災害の防止	<ul style="list-style-type: none"> ・危険物の取り扱いや燃焼機器がなく、災害防止に役立つ ・蓄熱槽を消防用水に活用することができる
	都市景観の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・建物ごとの煙突や冷却塔がなく、美観を損なわない
	資源の有効利用	<ul style="list-style-type: none"> ・1次エネルギーが水力、火力、原子力からなるベストミックスであり、化石燃料の使用が少ない
	電力負荷平準化	<ul style="list-style-type: none"> ・水・氷蓄熱ヒートポンプにより、昼間の電力を夜間にシフトする、電力負荷の平準化を図り設備稼働率を向上させ、コスト上昇を抑制する ・電力供給設備の安定運転ができ、供給信頼度に向上につながる
お客さまの メリット	エネルギーの有効利用(省エネルギー)	<ul style="list-style-type: none"> ・熱源機器の効率(成績係数)が高く、1次エネルギーの使用が少ない ・熱回収ヒートポンプにより、都市排熱のリサイクルや未利用エネルギーの有効利用が可能である ・機器の大容量化に伴い効率が向上する
	経済性の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・機器の集中化や蓄熱式ヒートポンプシステム採用により設備容量が削減できる ・機械室面積の削減またはスペースの有効利用が図れる ・運転管理者の減員により人件費が削減できる ・割安な特別高圧電力や夜間電力が利用できる ・熱回収型や空気熱源方式の採用で水消費量が少ない
	熱供給の安定性	<ul style="list-style-type: none"> ・24時間連続して高品質の冷温熱が受けられる ・システムがシンプルで運転制御も容易かつ安全で自動化しやすい

表2 関西電力が関係する地域熱供給地区

区分	地区名	事業主体	供給面積(ha)	供給開始	設備能力		蓄熱槽(m ³) (下段RTh)	未利用エネルギー活用等
					冷熱(RT)	温熱(Gcal/h)		
電 気	大阪本庄東	関西都市センター	3	H 4.1	3,041	5.1	水 6,300	コンピュータ排熱
	中之島六丁目西	関西都市センター	2	H 4.11	2,740	5.2	水 2,250 水 300 (3,000)	ビル排熱
	神戸リサーチパーク鹿の子台	関西電力	15	H 6.11	10,460	6.6	水 600 (9,600)	コンピュータ排熱
発電所熱	関西国際空港島内	関西国際空港熱供給	511	H 6.4	26,380	77.1	—	火力発電所のガスタービン排熱蒸気
	和歌山マリーナシティ	和歌山マリーナシティ熱供給	49	H 6.7	5,050	18.0	水 15 (300)	火力発電所のタービン抽気蒸気
電 気 + ガ ス	大阪南港コスモスクエア	コスモスクエア熱供給	21	H 6.4	17,700	49.5	水 2,660 (29,300)	海水 ビル排熱 コージェネ排熱
	りんくうタウン	りんくうエネルギーセンター	49	H 8.9	6,597	25.8	水 1,063 (6,800)	変電所排熱およびビル排熱
	神戸東都新都心	神戸熱供給	4	H 10.4	3,776	7.6	水 1,500	(防災型システム)
	三宮駅南	コスモスクエア熱供給	1.2	H 11.5 (予定)	2,150	5.5	水 1,000 水 240 (3,200)	ビル排熱およびビルコージェネ排熱
	事業参加	大阪西梅田	大阪エネルギーサービス	10	H 3.4	3,217	9.0	水 480 (6,067)
	天満橋一丁目	オー・エー・ピー・熱供給	5	H 8.1	6,600	25.1	水 5,300	河川水およびビルコージェネ排熱

注) 設備能力および蓄熱槽は事業許可値

表3 未利用エネルギーの種類

温度差エネルギー	海水・河川水・井水・下水等
都市排熱等	変電所・発電所・工場・地中送電線・ビル・地下鉄・地下街等

4. 未利用エネルギー活用事例

以下に当社が関与する未利用エネルギーを活用した地域熱供給システムの代表的な事例を取り上げ、未利用エネルギーの活用効果面を中心に紹介する。

4.1 神戸リサーチパーク鹿の子台地区(排熱回収)

(1) 供給地区の概要

本地区は六甲山の北側、神戸市北区の北端に位置し、

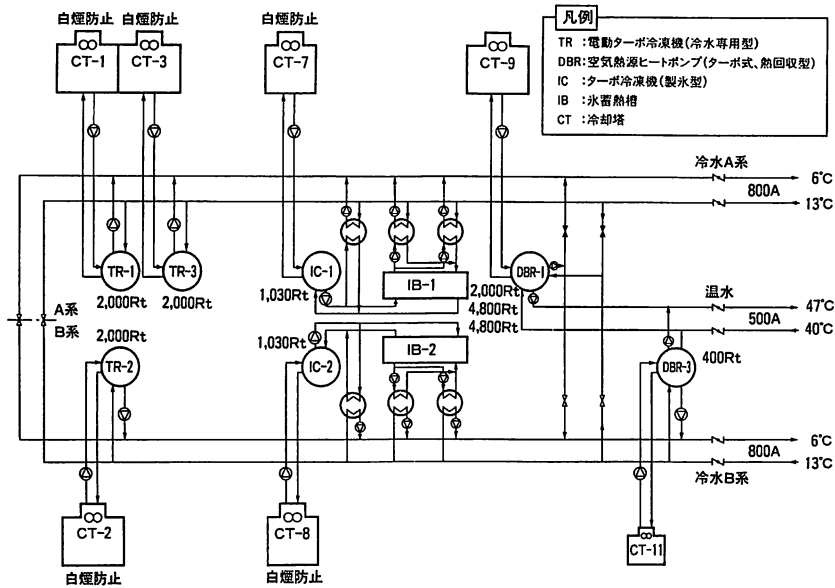


図-1 神戸リサーチパーク鹿の子台地区熱源システム系統図

表4 神戸リサーチパーク地区 設備概要

		現 在	増 設 予 定
熱 源 設 備	電動ターボ式冷凍機 (冷水専用型)	冷却 2,000RT×3	冷却 2,000RT×2
	電動ターボ式冷凍機 (製氷型)	冷却 1,030RT×2	—
	ヒートポンプ (熱回収型)	冷却 2,000RT 加熱 5.5Gcal/h)×1 冷却 400RT 加熱 1.1Gcal/h)×1	冷却 2,000RT 加熱 5.5Gcal/h)×1
	合 計	冷却 10,460RT 加熱 6.6Gcal/h	冷却 6,000RT 加熱 5.5Gcal/h
蓄 熱 槽		氷蓄熱槽 9,600Rt (600m ³)	—

閑静な住宅地とともに計算センターを中心とした業務施設等が整然と並び建つ、アメニティ豊かな街づくりが進められている地域に位置している。

熱供給エリアは計算センターやインテリジェントビルなどの高度な業務施設が立地する広さ14.9haの地域であり、熱の供給にも高い信頼度が要求される。

(2) 熱源システムの概要

本地区は、冷熱負荷量が全熱負荷量の95%を占めるため、冷水製造用に高効率の電動ターボ冷凍機、氷蓄熱用の製氷型ターボ冷凍機を主として設置している。温水製造には、お客さまのコンピュータ排熱を回収し、温水と冷水を同時に製造する熱回収型ヒートポンプを設置している。高信頼度の熱供給を実現するため、熱源システムは2重化されている。

なお、将来の需要増に対応するため、電動ターボ冷凍機2台と熱回収型ヒートポンプ1台を増設予定である。(表4、図-1)

(3) 排熱回収の効果

①熱回収型ヒートポンプによる排熱回収の概念

本プラントでの熱回収型ヒートポンプによる排熱回収システムは、冬季においても熱源となる冷水負荷が継続して存在することが前提となっている。

本プラントの熱負荷は、コンピューター負荷が大部分を占めるため、冷水負荷が年間を通じてコンスタントに十分存在することから、温水負荷は、その排熱回収によって全量賄うことができる。

コンピューター排熱回収による未利用エネルギー依存率[温水熱量/(冷水熱量+温水熱量)]は、100%の熱負荷が実現した場合において、年間最大17.2%、年間5.7%と試算している。

熱回収型ヒートポンプの容量選定にあたっては、当面の暖房のための所要熱量から、冷却能力2,000RT・加熱能力5.5cal/hを1台(DBR-1)と、冷却能力400RT・加熱能力1.1Gcal/hを1台(DBR-3)とした。(表5、表6)なお、使用冷媒はいずれも、地球温暖化係数ならびにオゾン係数がともにゼロに近いR-123専用である。

②熱回収ヒートポンプシステムの性能評価

本プラントは、営業運転開始してまだ3年程度が経過したところであり、バブル崩壊後の景気後退により

表5 熱回収型ヒートポンプ2,000RT(DBR-1)の仕様

冷房運転時			熱回収運転時		
能力	冷却能力	6,048,000kcal/h (2,000RT)	能力	冷却能力	4,233,600kcal/h (1,400RT)
				加熱能力	5,500,000kcal/h
冷水	入口温度	12℃	冷水	入口温度	9.9℃
	出口温度	5℃		出口温度	5℃
	流量	864m ³ /h		流量	864m ³ /h
冷却水	入口温度	32℃	温水	入口温度	41℃
	出口温度	38℃		出口温度	48℃
	流量	1,257.7m ³ /h		流量	785.7m ³ /h
	電動機入力	871kW×2		電動機入力	785kW×2
COP	4.04		COP	冷却	3.14
				加熱	4.07
				計	7.21

表6 熱回収型ヒートポンプ400RT(DBR-3)の仕様

冷房運転時			熱回収運転時		
能力	冷却能力	1,209,600kcal/h (400RT)	能力	冷却能力	846,720kcal/h (280RT)
				加熱能力	1,100,000kcal/h
冷水	入口温度	12℃	冷水	入口温度	9.9℃
	出口温度	5℃		出口温度	5℃
	流量	172.8m ³ /h		流量	172.8m ³ /h
冷却水	入口温度	32℃	温水	入口温度	41℃
	出口温度	38℃		出口温度	48℃
	流量	252.5m ³ /h		流量	157.1m ³ /h
	電動機入力	355kW		電動機入力	317kW
COP	3.96		COP	冷却	3.11
				加熱	4.03
				計	7.14

時間帯別発生熱量とCOP 平成8年7月31日(水)

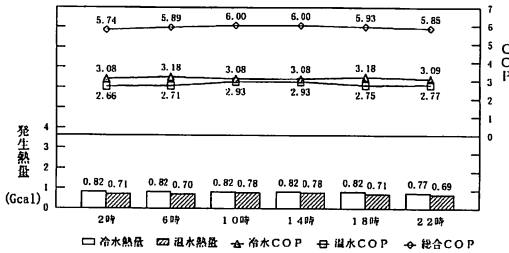


図2 神戸リサーチパーク鹿の子台地区時間帯別運転実績(DBR-3)

時間帯別発生熱量とCOP 平成8年2月6日(火)

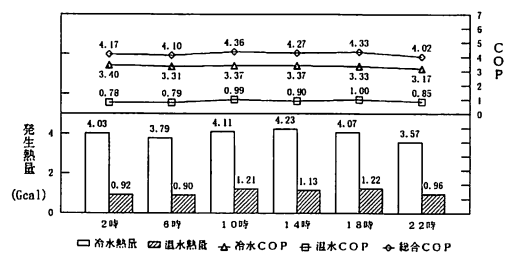


図3 神戸リサーチパーク鹿の子台地区時間帯別運転実績(DBR-1)

お客さまの進出が遅れており、供給中のお客さまの熱負荷も立ち上がり段階のため、機器の能力を最大限に活かした運用には、まだ至っていない。現時点では、機器の定格出力付近での性能評価ができる段階ではないが、これまでの運転状況からの性能実績を紹介する。

温水負荷がまだ少ないため、小容量のDBR-3を運転する機会が多い。したがってDBR-3の温水の出力率(温熱出力/加熱能力)は比較的高く、COPは年間で5.24、ピーク時で6.0を達成しており、現状の熱負荷からみれば、良好な結果が出ているといえる。(図-2)

大容量のDBR-1については、温水負荷ピーク時に運転しているが、加熱能力5.5Gcal/hに対して温水負荷はピークで1.21Gcal/hと小さい。(負荷率22%)このため、COPは年間で3.98、ピーク時で4.36と低い。COPの向上には、温水負荷の増加が条件であるといえる。(図-3)

このように、現状の熱負荷状態では、冷水負荷に対して温水負荷がまだ小さいためコンピューター排熱を100%利用できておらず、機器能力を最大限に発揮するには、至っていないのが実情である。

本システムによる石油代替効果を、排熱の利用熱量等を基礎に試算すると重油換算で年間約1000klとなる。

(4) 排熱回収利用による公的助成について

本プラントの排熱回収システムに対しては、エネルギー効率の向上により省資源に貢献するものとして(財)新エネルギー財団の地域エネルギー開発利用事業普及促進利子補給制度が適用され、上限値の5億円に対して3%の利子補給の融資を受けており、コストの低減に寄与している。

4.2 大阪南港コスモスクエア地区(海水利用)

(1) 供給地区の概要

本地区を含む地域は大阪駅の南西約10km、関西国際空港の北北東約35kmの地点に位置し、国際交易機能、情報通信機能、先端技術開発機能等を有した新都心としての開発が進んでいる。熱供給エリアは、オフィス、店舗、ホテル等の各種施設が混在する広さ約21haの地域である。

なお本地域の熱供給事業は関西電力と大阪ガスが50%づつ出資し設立したコスモスクエア熱供給(株)により運営されている。

(2) 熱源システムの概要

本プラントは電力およびガスシステムを併用したシステム構成となっている。プラントの冷凍能力は17,700

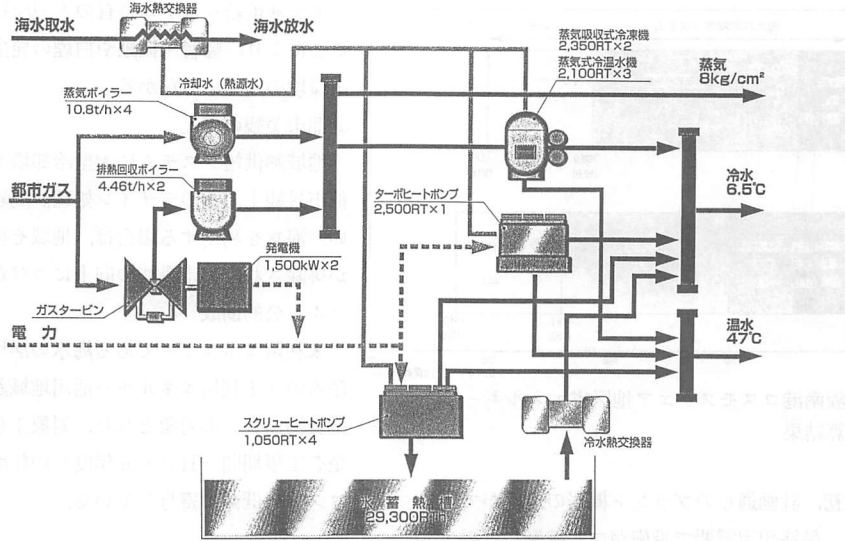


図-4 大阪南港コスモスクエア地区熱源システム系統図

表 7 大阪南港コスモスクエア地区設備概要

		冷 却	加 熱
熱 源 設 備	水熱源電動ヒートポンプ（スクリュウ式、熱回収・製氷型）	1,050RT×2	2,950Mcal/h×2
	水熱源電動ヒートポンプ（スクリュウ式、製氷型）	1,050RT×2	2,950Mcal/h×2
	水熱源電動ヒートポンプ（ターボ式、熱回収型）	2,500RT×1	6,796Mcal/h×1
	二重効用型 蒸気吸収式冷凍機	2,350RT×2	—
	二重効用型 蒸気吸収式冷水機	2,100RT×3	(5,000Mcal/h×3)
	炉筒煙管式蒸気ボイラ	—	6,469Mcal/h×4
	排熱回収ボイラ	—	2,530Mcal/h×2
合 計		17,700RT	49,532Mcal/h
蓄 熱 槽		水蓄熱槽 29,300RTh (2,660m³)	
ガスタービン発電機		1,500kW×2	

RT，加熱能力は49Gcal/hであり，さらに総容量29,300RTHの水蓄熱層を有しており，これを加える，冷熱能力は，23,600RTとなる。

プラントの冷却水および熱源水に海水を100%利用しているため，冷却塔は設置していない。（図-4，表7）

冬季の暖房負荷に対しては，電気システムによる熱回収および海水熱源を利用したヒートポンプを主体に運転し，夏季の冷房負荷に対しては，割安な夜間電力を利用した水蓄熱の解氷運転とガスシステム（ガスタービン排熱・蒸気ボイラ＋蒸気吸収式冷凍機）を主体とした運転としている。

(3) 海水利用による効果

①省エネルギー性

海水温度は空気に比べると年間を通して変動が少なく，大気に比べ夏は冷たく，冬は暖かい。（図-5）南港周辺の平均海水温度は，夏期25℃，冬期8℃で平均

気温に比べ，夏は3℃低く，冬は3℃高い。冷却水・熱源水として利用することにより，冷却塔・空気熱源方式よりも熱源機器のCOPが向上し省エネルギーかつ運転エネルギー費用の低減が可能となる。またこのことは排ガス・CO₂発生量等の環境負荷削減効果ともなる。

現在の需要が，最終想定値の1/3程度であること

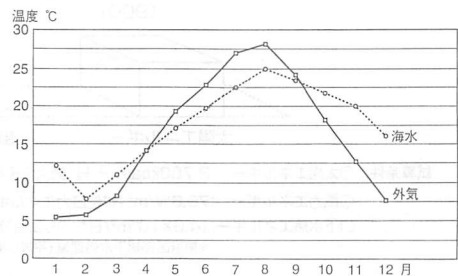


図-5 海水・外気の月平均温度

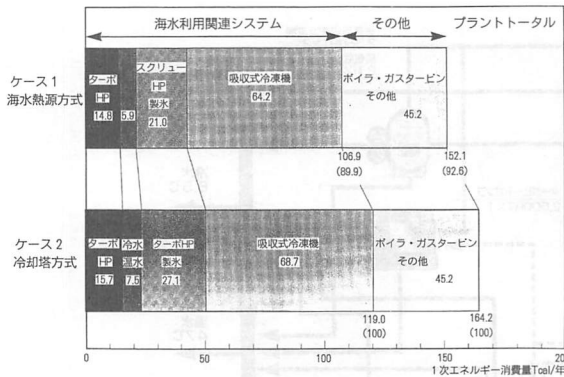


図-6 大阪南港コスモスクエア地区省エネルギー量試算結果

から、当初、計画通りのプラント機器の運転ができていないが、最終想定需要で設備がフル稼働した場合、システム全体の省エネ率は冷却塔方式に比べて、約10%になると試算している。(図-6)

②節水効果

冷却塔が不要となるため、補給水量が大幅に低減できる。本プラントと同様の熱源機器構成で冷却塔方式の場合は、年間485,000m³の補給水量が必要であるのに対し、海水利用による場合の必要補給水量は、主としてボイラ補給水のみとなるため、年間25,000m³程度であり、95%と極めて大きな節水効果がある。

③ヒートアイランド現象の抑制

海水利用地域熱供給システムは、大気への直接的放熱がなく、海水中への熱拡散する結果、海水の長期蓄熱効果によるバッファー作用により、都市気温への影響が大きく緩和されるため、ヒートアイランド現象に対して大きな抑制効果があると考えられる。

④騒音・白煙の防止

地域熱供給システム特有の大型冷却塔が不要となることにより、騒音・振動や白煙の発生がなくなり、都市環境の向上につながる。

⑤都市美観の向上

地域熱供給システムに大型冷却塔を設置する場合、都市景観上、そのデザイン処理が問題となる場合が多い。海水を利用する場合は、地域そのものから冷却塔が排除され、都市景観の向上につながる。

(4) 公的助成

未利用エネルギーである海水の活用については、通産省の「未利用エネルギー活用地域熱供給システム事業費補助金」の対象となり、対象工事費の15%の補助金を工事期間(H3~6年度)の年度毎に受けており、コストの低減に寄与している。

5. 下水熱利用

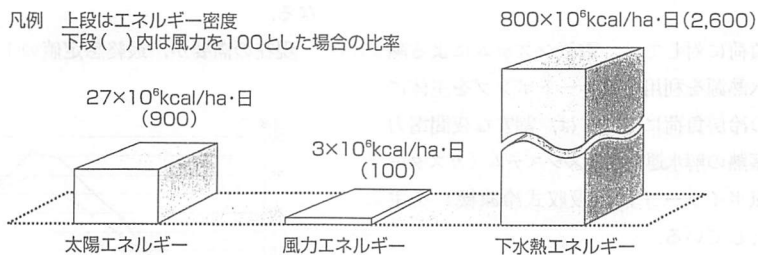
未利用エネルギーである下水熱には、他の未利用エネルギーでは得られない特徴を有するため、今後の普及可能性が高い未利用エネルギーと期待される。当社管内では、まだ下水熱を利用した地域熱供給は存在しないが、個別建物への下水熱の利用例として、大阪市の咲くやこの花館(大温室)や枚方市の福祉会館がある。今後は地域熱供給への下水熱利用についても積極的に普及促進に努めていきたいと考えている。以下に下水熱利用の特徴について簡単に示す。

①熱需要地の近辺に広く分布している。

都市地域では、下水管が面的に張りめぐらされ、下水を中継するポンプ場や下水処理場が市街地に広く分布している。

②エネルギー密度が高い

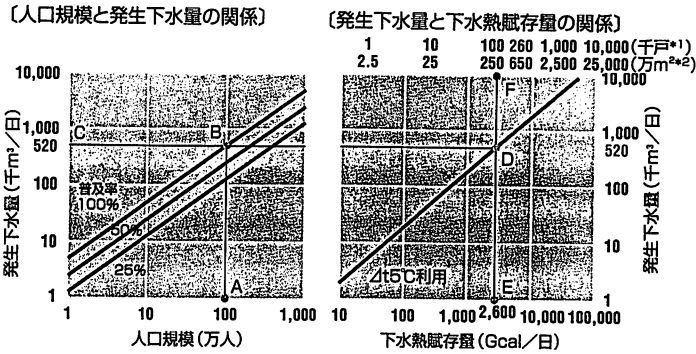
下水は、利用温度差を5℃とすると、1m³あたり



試算条件 ○太陽エネルギー: 2.760kcal/m²・日(東京全天日射量)×1ha
○風力エネルギー: 76.6W/m²(単位風力エネルギー、風速5mの場合)×1ha×24h×0.2(日平均負荷率)×860kcal/kWh×10⁻³
○下水熱エネルギー: (4.6×10⁶m³/日*÷283ha*)×5℃×10³
*東京区部総下水処理量(平成6年度)および区部内下水処理場総敷地面積

出典: 下水熱利用システム計画マニュアルより、1998.2.20 日本地域開発センター発行

図-7 自然エネルギーと下水熱エネルギー密度の比較



- * 1 住宅, 10,000kcal/戸・日として
- * 2 一般業務ビル対象, 400kcal/m²・日として

〔図の見方〕 例えば, 100万人都市(普及率100%)の場合

- ①左図の点Aからの垂線と普及率の直線の交点をとる(点B)このときの発生下水量は, 520 [千m³/日] (左図の点)
- ②左図の点Bと点Cを結ぶ延長線と, 右図のΔt 5°C利用の直線の交点をとる(右図の点D)このときの下水熱賦存量は, 2,600 [Gcal/日] (右図の点E)これは, 業務ビル約650万m²の暖房負荷に相当(右図の点F)住宅約260千戸の暖房負荷に相当(右図の点F)

出典: 下水熱利用システム計画マニュアルより 1998. 2. 20 日本地域開発センター発行

図-8 人口規模と発生下水量・下水熱賦存量の関係

約5,000kcal程度の熱エネルギーが回収可能であり, 都市部での下水排出量(日量約16万m³/ha:東京23区内での実績)から試算すると80万Mcal/ha・日ものエネルギー密度となる。これは, 太陽エネルギー, 風力エネルギーのエネルギー密度と比較してはるかに大きい値である。(図-7)

③まとまった熱量が利用可能

下水熱は, 他の未利用エネルギーと比較して賦存量が多く, 水量も年間を通して安定している。たとえば, 下水普及率が100%ならば, 100万人都市の場合の発生下水量は, 52万m³/日となり, これは, 温度差5°C利用の場合で2,600Gcal/日の下水熱賦存量に換算できる。一般業務ビルならば, 約650万m², 一般住宅ならば, 約26万戸の暖房負荷に相当する量が得られる。(図-8)

6. おわりに

関西電力では, 地域の発展に寄与すべく, 昭和62年から未利用エネルギーを活用する地域熱供給の普及促進に取り組んできた。

未利用エネルギー活用システムを導入すれば, 大幅な省エネルギー, CO₂やNOx等の排出ガス量の低減

等が期待でき, 地球環境・都市環境の改善, 都市のヒートアイランド化の抑制, 都市美観の向上等に貢献する。

しかしながらこれまでは, 未利用エネルギー活用に関する意義, 内容が世間一般には十分に認知されてこなかったこと, また熱源プラントのインシヤルコストも高くなることなどから, 導入に対する積極的な理解は得られにくかった。これらに対し, 未利用エネルギー導入事例やその効果に対する積極的な説明活動や公的助成制度の活用等の提案活動を実施していくことで, お客さま, 自治体, 都市開発事業者等の方々の御協力を頂いてきた。

今後とも, これらの未利用エネルギー提案活動を継続的に実施していくことで, より一層の多くの方々に, 未利用エネルギー導入の意義を理解して頂くとともに, 未利用エネルギー活用型地域熱供給の普及促進を推進していくことで, 快適性に富んだ都市空間の実現に寄与していきたい。

参考文献

- 1) 下水熱利用システム計画マニュアル 日本地域開発センター (1998. 2. 20)