



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北海道における未利用エネルギー活用の可能性に関する研究
Author(s)	落藤, 澄; 長野, 克則; 中村, 真人 他
Description	第4回衛生工学シンポジウム (平成8年11月7日 (木) -8日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 3 計画展望、モデリング . 3-2
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 4, 98-103
Issue Date	1996-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7832
Type	departmental bulletin paper
File Information	4-3-2_p98-103.pdf



3-2

北海道における未利用エネルギー活用の可能性に関する研究

落藤 澄 (北海道大学) 長野 克則 (北海道大学) 中村 真人 (北海道大学)
成田 樹昭 (北海道大学) 濱田 靖弘 (北海道大学) 兼松 裕之 (北海道大学)
○坪田 大輔 (北海道大学)

1 はじめに

未利用エネルギーを活用した地域熱供給は北海道内においては4施設で稼働中ではあるが、今後さらに普及を進めていく必要があると考えられる。そこで、北海道の人口10万人以上の都市において容積率400%以上の地域について地域熱供給システムの導入可能性調査を行った。また未利用エネルギーの活用を検討するにあたり、調査対象地域において供給可能と考えられる未利用エネルギーとして清掃工場排熱・下水処理場排熱・産業排熱についての調査を行い、それらを活用した地域熱供給システム導入の第一段階として基本的な検討を行うとともに、コージェネレーションシステムとの省エネルギー性についての比較を行った。

2 調査対象地域と地域面積

本研究では北海道の人口10万人以上の都市における商業地域を中心とした容積率400%以上の地域を対象とした。まず、都市計画地図上で面積の測定を行うとともに調査対象地域における対象地域の建物用途別延べ床面積の調査を行った。建物用途別延べ床面積を算出する際に用いたデータの種類を表1に示す。基本データは都市により異なるため34小分類形式に統一し、各地域ごとの建物用途別延べ床面積を算出した。札幌市は2データを組み合わせ、また中分類形式の小樽市・室蘭市は他地域より得られた構成比より小分類型に変換を行い算出をした。その他の都市においてはこれらのデータをもとに集合住宅・個別住宅・事務所施設・店舗施設・宿泊施設・医療施設の6用途の建物用途別延べ床面積を求めた。

3 対象地域の年間エネルギー需要量推定

地域の年間エネルギー需要量の算出においては表2に示す当研究室所有の札幌市における建物用途別年間エネルギー消費原単位を用いた。但し、各都市ごとに月別平均気温から暖房原単位を、月別原水温から給湯原単位の補正を行った。図1に算定した調査対象地域の年間エネルギー需要量を示す。エネルギー需要量は地域の面積に依存するものの札幌都心中心地域が最大で894Tcal/y、次いで旭川駅周辺地域で474Tcal/yであった。

表1 本研究の基本データ

都市名	地域数	合計地域面積	基本データ
札幌市	26	862	・当研究室所有の札幌ゾーン別延べ床面積データ ・9区ごとの容積率別34小分類データ
旭川市	6	248	・抽出地域ごとの34小分類データ ・商業地域家屋別データ
函館市	5	228	・
釧路市	2	112	・抽出地域ごとの7用途の延べ床面積
帯広市	1	144	・商業地域の34小分類データ
苫小牧市	2	158	・抽出地域ごとの34小分類データ
小樽市	3	77	・ゾーン別9中分類データ ・商業地域家屋別データ
室蘭市	5	186	・抽出地域ごとの9中分類データ
北見市	1	73	・ゾーン別34小分類データ
江別市	4	46	・商業地域の34小分類データ

表2 建物用途別年間エネルギー消費原単位

	冷房	暖房	給湯	電力
集合住宅	0	97	37	31
事務所施設	33	63	20	138
店舗施設	83	63	27	216
医療施設	0	111	198	73
宿泊施設	63	54	128	160
個別住宅	0	82	37	26

冷房・暖房・給湯 [Mcal/m²a] 電力 [kwh/m²a]

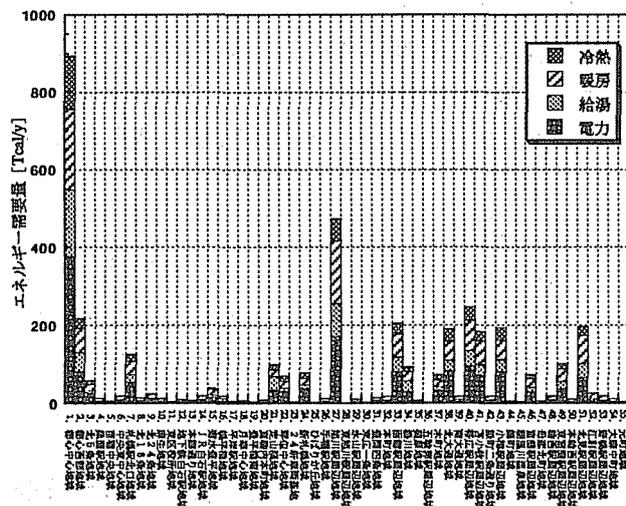


図1 抽出地域における年間エネルギー需要量

4 熱需要規模による検討

各地域におけるピーク時の温熱需要量を算出した結果を図2に示す。計算には当研究室所有の建物用途別年間熱需要変動比及び建物用途別24時間熱需要変動比を用いた。ピーク時の熱需要密度は実際に地域熱供給が行われている新宿（東京）・大手町（東京）・光星地域（札幌）では1.0Gcal/(h・ha)以上であるが、今回の調査地域ではこれよりも低く0.3Gcal/(h・ha)前後に集中している。但し、北海道において実際に地域熱供給が導入されている北広島や厚別・真駒内は0.2~0.7Gcal/(h・ha)であり調査地域と同程度の規模であることから、今後地域熱供給導入の可能性はあるといえる。

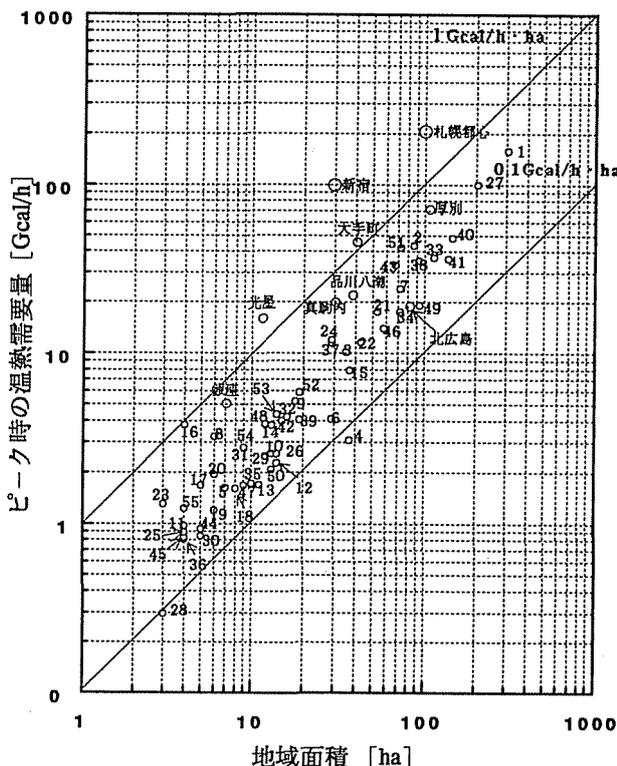


図2 調査対象地域のピーク時の温熱需要量

5 対象都市における未利用エネルギー源

調査対象都市における未利用エネルギー源として、表3に示す清掃工場排熱・下水処理場排熱・産業排熱についての調査を行った。調査対象とした処理場及び工場は、清掃工場においては12ヶ所、下水処理場においては29ヶ所、産業においては9ヶ所である。

表3 対象都市における未利用エネルギー源

都市名	人口 [万人]	容積率400% 以上の エリア面積 [ha]	未利用エネルギー源							
			清掃工場			下水処理場			産業	
			清掃工場名	処理能力 [t/日]	処理量 [千t/年]	下水処理場名	処理能力 [千m³/日]	高級処理水量 [百万m³/年]	産業	従業員数 [人]
札幌市	173	862	発寒清掃工場	600	58.6	豊平川処理場	186	65.2	鉄鋼業1	310
			発寒第二清掃工場	300	69.1	伏古川処理場	61	19.9		
			厚別清掃工場	600	159.4	創成川処理場	144	39.5		
			篠路清掃工場	600	180.2	新川処理場	205	82.6		
			駒岡清掃工場	600	179.1	厚別処理場	155	38.8		
旭川市	36	248				定山溪処理場	10	3.5	パルプ・製紙工場1	680
						手稲処理場	132	43.1		
						茨戸処理場	125	38.7		
						篠路北処理場	8	0.9		
						西部処理場	153	23.3		
函館市	30	228	日乃出清掃工場	240	44.8	魚吉処理場	-	12.8		
			日乃出清掃工場	180	55.8	南部処理場	84	22.5		
釧路市	20	112				函館浄化センター	-	-	パルプ・製紙工場2 パルプ・製紙工場3	540 560
						古川処理場	67	22.9		
						白樺処理場	10	-		
						大楽毛処理場	17	-		
帯広市	17	144	帯広清掃工場	240	58.6	帯広川処理場	34	10.5	パルプ・製紙工場4 パルプ・製紙工場5	1290 600
						土隣川浄化センター	-	19.0		
苫小牧市	17	152	清掃センター	350	66.4	高砂処理場	38	9.8		
						西町処理場	50	10.2		
						勇払処理場	3	-		
小樽市	16	77	塵芥処理場	80	19.9	中央処理場	78	15.0		
						銭函処理場	6	0.9		
						蘭島処理場	-	-		
室蘭市	11	186	御崎清掃工場	120	31.3	蘭東処理場	36	9.8	石油製品製造業1 鉄鋼業2 鉄鋼業3	420 1660 680
						崎守処理場	6	1.1		
						蘭西処理場	14	3.6		
北見市	10	73				北見処理場	65	14.9		
江別市	10	46	ごみ焼却センター	150	33.8	江別浄化センター	43	9.8		

6 対象地域の抽出及び未利用エネルギー賦存量

地域冷暖房導入可能性対象地域として調査された地域（55地域）の内、地域冷暖房の認可の基準となっているピーク時の熱需要量が5Gcal/h以上の地域（21地域）を調査対象地域として、清掃工場排熱及び下水処理場排熱利用の検討を行うこととする。その際、対象地域に対して清掃工場及び下水処

理場の距離が離れている場合、賦存量が多くとも実際の利用は困難であると考えられる。そのような理由から、対象地域に対して清掃工場においては5 km¹⁾・下水処理場においては2 km²⁾を供給可能な距離の限界としてその距離内に位置する清掃工場及び下水処理場の賦存量を算定した。以下に清掃工場及び下水処理場における賦存量算定に用いた計算式を示す。

(a) 清掃工場

$$Q_{co} = R_c \times \sigma_c$$

Q_{co} : 賦存量 (kcal)

R_c : ごみ処理量 (kg)

σ_c : 単位ごみ処理量当たりの発熱量 (kcal/kg)

各清掃工場におけるごみ処理量は平成4年度の値³⁾を用いた。また単位ごみ処理量当たりの発熱量においては、札幌市(1,660~2,050kcal/kg)・函館市(2,070kcal/kg)における清掃工場については各々の値⁴⁾を、他都市の清掃工場においては札幌市における清掃工場の平均値(1,810kcal/kg)を用いた。

(b) 下水処理場

$$Q_{so} = R_s \times \Delta t \times C_{pw} \cdot \gamma_w$$

Q_{so} : 賦存量 (kcal)

R_s : 下水処理量 (m³)

Δt : 利用温度差 5℃

C_{pw} : 水の定圧比熱

γ_w : 水の比重

$$C_{pw} \cdot \gamma_w = 1000 \text{ (kcal/m}^3 \cdot \text{℃)}$$

下水処理量は高級処理量を用いることとし、札幌市においては平成2年度⁵⁾、他都市においては平成5年度の値を用いた。

図3~10に各都市における対象地域と処理場の距離関係と各処理場における賦存量を示すが、対象地域に対して賦存量が大きい処理場が比較的近くに位置している地域もある(図3~10の実線矢印)。清掃工場においては函館市の本町地域に対する日乃出清掃工場、室蘭市の室蘭駅周辺地域に対する御崎清掃工場が比較的近くに位置しており、また下水処理場においては苫小牧市の苫小牧駅周辺地域に対する高砂処理場、室蘭市の室蘭駅周辺地域に対する蘭西処理場、東室蘭駅周辺地域に対する蘭東処理場がとりわけ近くに位置しており、未利用エネルギー源としての利用の可能性が高いと考えられる。

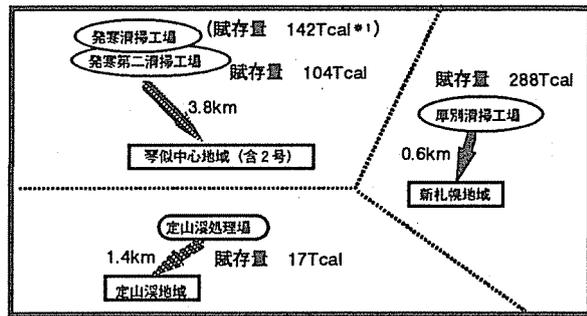


図3 札幌市における対象地域と処理場の距離関係

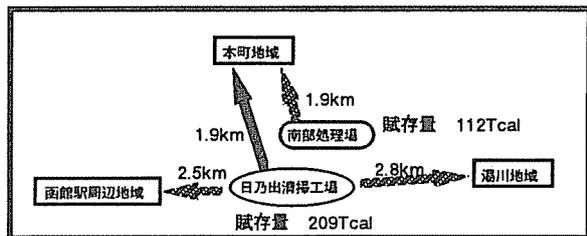


図5 函館市における対象地域と処理場の距離関係

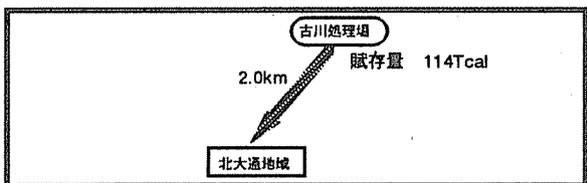


図6 釧路市における対象地域と処理場の距離関係

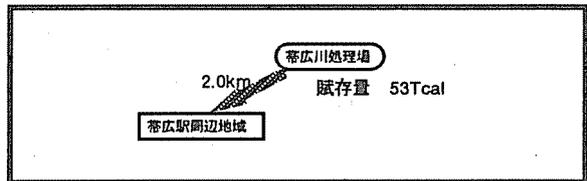


図6 帯広市における対象地域と処理場の距離関係

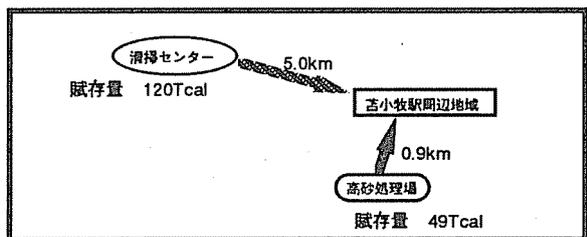


図7 苫小牧市における対象地域と処理場の距離関係

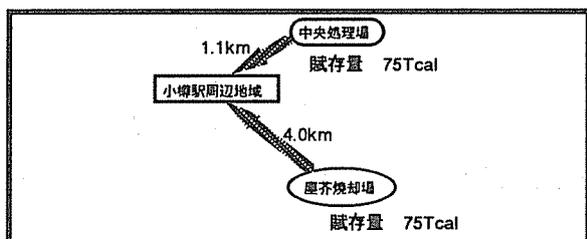


図8 小樽市における対象地域と処理場の距離関係

6 対象地域の未利用エネルギー利用可能性

6.1 未利用エネルギーの供給熱量算定方法

(a) 清掃工場

ごみ焼却熱は場内利用や発電及び周辺施設への温熱供給など既に有効利用がなされている場合も多いが、本研究では全て地域熱供給に利用できるものとして供給熱量を算定する。清掃工場の場合、排熱を蒸気として利用するものと考え、一年を通して蒸気をそのまま利用するものとする。

$$Q_{ch} = Q_{co} \times \eta_b$$

$$Q_{cc} = Q_{co} \times \eta_b \times \eta_a$$

Q_{ch} : 温熱供給熱量

Q_{cc} : 冷熱供給熱量

Q_{co} : 賦存量

η_b : 排熱ボイラ効率 (=0.8)

η_a : 二重効用吸収式冷凍機効率

(b) 下水処理場

水熱源ヒートポンプにより夏期・中間期においては冷熱回収を、冬期においては温熱回収を行うものとして以下の式で供給熱量の算定を行う。

$$Q_{sh} = Q_{so} \times \{COP / (COP - 1)\}$$

$$Q_{sc} = Q_{so} \times \{COP / (COP + 1)\}$$

Q_{sh} : 温熱供給熱量 Q_{sc} : 冷熱供給熱量

Q_{so} : 賦存量

COP : 水熱源ヒートポンプの成績係数

4.2 未利用エネルギー活用型地域熱供給システム

図11にシステムフローを示す。また、詳細については以下の条件で計算を行った。

(a) 夏期・中間期における冷熱負荷は給湯・暖房利用後の清掃工場排熱残を用いて二重効用吸収式冷凍機で賄い、不足分については水熱源ヒートポンプで賄うものとする。さらに不足する場合にはボイラ蒸気による二重効用吸収式冷凍機で賄うものとする。この際の二重効用吸収式冷凍機の効率は1.15とした。

(b) 温熱負荷は給湯・暖房利用後の清掃工場排熱残を用いて二重効用吸収式冷凍機で賄うものとする。

(c) 温熱負荷は給湯・暖房利用後の清掃工場排熱残・水熱源ヒートポンプ・補助ボイラの優先順で賄うものとする。(但し、夏期・中間期においては水熱源ヒートポンプは冷熱回収を行うものとする。)

(d) 電力は商用電力を用いることとする。

(e) 比較システムにおいては電力は商用電力で賄うものとし、温熱はボイラ・冷熱は電動ターボ冷凍機を用いて賄うものとする。

(f) 省エネルギー性を比較するために用いたコージェネレーションのシステムフローを図12に示す。なお、コージェネレーションシステムの運転においては当研究室所有のプログラム⁶⁾を用いた。

(g) 機器効率

未利用エネルギー活用型地域熱供給システム及び比較システムにおける各熱源機器の効率を表4に

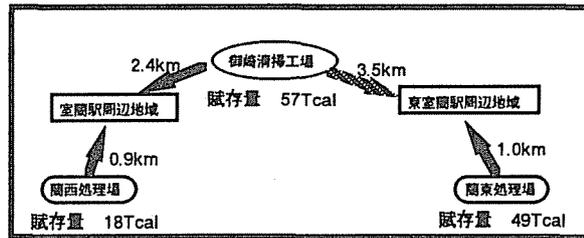


図9 室蘭市における対象地域と処理場の距離関係

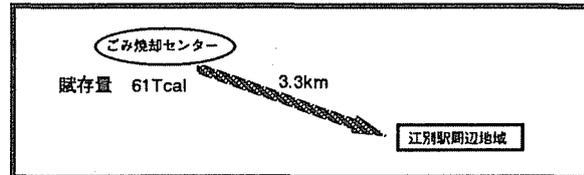


図10 江別市における対象地域と処理場の距離関係

*1 発電清掃工場においては平成4年9月に試運転開始、平成4年12月に運転開始

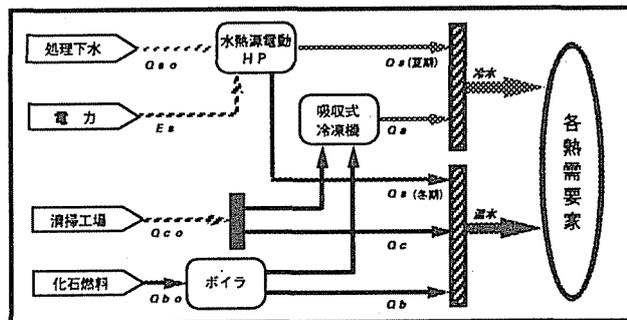


図11 未利用エネルギー活用型地域熱供給システムフロー

示す。水熱源ヒートポンプ及び電動ターボ冷凍機のCOPは佐土原ら⁷⁾の回帰式による。

6. 3 省エネルギー性についての評価

調査対象地域の年間の熱・電力負荷を算出し、建物用途別年間熱・電力需要変動比及び建物用途別24時間熱・電力需要変動比を乗ずることにより対象地域における各月・各時間における熱・電力負荷を算出し、供給可能であると考えた距離内に位置する処理場の排熱を利用した場合の未利用エネルギー活用型地域熱供給システムにおける一次エネルギー削減率を算出した。

また、コージェネレーションシステムとの省エネルギー性における比較を行うために、当研究室所有のプログラム⁸⁾を用いてコージェネレーションシステムにおける年間一次エネルギー削減率を算出した。

表5に対象地域における需要特性及びその地域において供給可能であると考えた処理場とその賦存量及び各システムを用いた場合の一次エネルギー削減率を示す。但し、温泉水の利用が優先的に考えられる湯川地域、厚別清掃工場の排熱が既に利用されている新札幌地域、下水処理水温が温泉水の影響で一年を通じて高いため検討システムに適していない定山溪地域、新設された発寒清掃工場の排熱を利用する琴似中心地域は本研究では対象外とする。よって、対象地域（9地域）の内、下水処理場排熱のみの利用となるのが2地域、清掃工場排熱のみの利用となるのが2地域、下水処理場排熱及び清掃工場排熱の利用となるのが5地域である。

1月の8月に対する一次エネルギー削減率は、清掃工場排熱が利用できる地域においては1.5倍から6.6倍、下水処理場排熱のみの利用となる地域においては6.6倍から11倍となっており、処理場の排熱を温熱源として利用した際に特に有効であると考えられる。

表5 対象地域における未利用エネルギー源と各システムにおける省エネルギー性

都市名	地域名	地区面積 [ha]	電力需要量 [GWh/年]	熱需要量 [Tcal/年]	未利用エネルギー源と賦存量			一次エネルギー削減率 [%]			
					下水処理場 賦存量 [Tcal/年]	清掃工場 賦存量 [Tcal/年]	コージェネ システム (年間)	未利用活用型 システム (年間)	未利用活用型 システム (8月)	未利用活用型 システム (1月)	
函館市	函館駅周辺地域	113	94	124	—	—	日乃出清掃工場 209	12.9	31.4	23.7	39.1
	本町地域	29	39	39	南部処理場 112	日乃出清掃工場 209	10.6	27.8	27.0	41.0	
釧路市	北大通地域	93	97	107	古川処理場 114	—	—	12.8	3.8	0.5	5.6
帯広市	帯広駅周辺地域	144	110	152	帯広川処理場 53	—	—	12.9	2.7	0.5	3.3
苫小牧市	苫小牧駅周辺地域	137	84	111	高砂処理場 49	清掃センター 120	14.1	26.5	16.8	31.6	
小樽市	小樽駅周辺地域	68	98	110	中央処理場 75	鷹子焼却場 36	15.1	11.9	2.4	15.9	
室蘭市	室蘭駅周辺地域	58	34	45	蘭西処理場 18	御崎清掃工場 57	12.0	28.8	20.0	33.9	
	東室蘭駅周辺地域	94	45	64	蘭東処理場 49	御崎清掃工場 57	13.9	25.9	16.6	30.5	
江別市	江別駅周辺地域	73	7	20	—	—	ごみ焼却センター 81	7.8	65.4	30.6	67.7

図13は対象地域におけるコージェネレーションシステムにおける年間一次エネルギー削減率と未利用エネルギー活用型地域熱供給システムにおける年間一次エネルギー削減率の比較をしたものである。

下水処理排熱を用いた場合は、年間一次エネルギー削減率は3%前後と低い値となっているが、清掃工場の排熱が利用できる地域においてはコージェネレーションシステムよりも高い一次エネルギー削減率を示しており、有効性が認められる。

江別駅周辺地域において、清掃工場の排熱を利用した場合の一次エネルギー削減率が非常に高い理

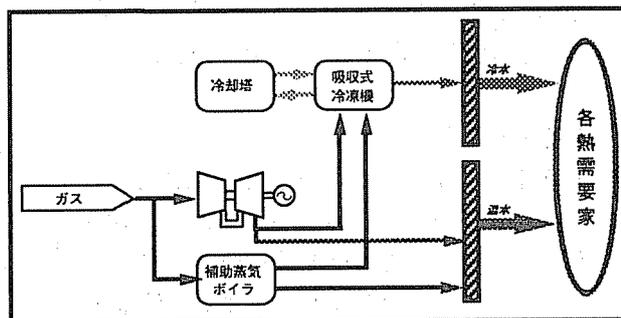


図12 コージェネレーションシステムフロー

表4 機器効率

機器名		回帰式・効率
水熱源ヒートポンプ ⁷⁾	冷房 COP	$COP=0.0033T^2-0.25T+9.2$
	暖房 COP	$COP=0.0059T^2-0.042T+3.5$
	給湯 COP	$COP=0.0018T^2+0.015T+2.5$
電動ターボ冷凍機 ⁷⁾	冷房 COP	$COP=-0.00001T^2-0.085T+6.7$
ボイラ		0.85
二重効用吸収式冷凍機		1.15
発電所	発電送効率	0.35

由として、熱需要量が他の地域に対して少なく、またその地域における個別住宅の占める割合が高く電力需要量が熱需要量に対して小さくなるためと考えられる。

7 まとめ

(1) 熱需要規模による検討の結果、ピーク時の熱需要量 5 Gcal/h 上の地域は 21 地域あり、北海道内において実際に熱供給が行われている地域と同程度の規模であることが明らかとなった。

(2) 清掃工場においては 5 km・下水処理場においては 2 km を供給可能な距離の限界とした場合、調査対象地域 21 地域の内 13 地域において清掃工場・下水処理場排熱が利用可能であった。

(3) 未利用エネルギー活用型地域熱供給システムにおいて下水処理排熱を用いた場合は、年間一次エネルギー削減率が 3 % 前後と低い値となった。

(4) 清掃工場排熱を活用した場合、コージェネレーションシステムにおける年間一次エネルギー削減率が 10 ~ 15 % であるのに対し、コージェネレーションシステムよりも高い一次エネルギー削減率を示しており有効性が認められた。

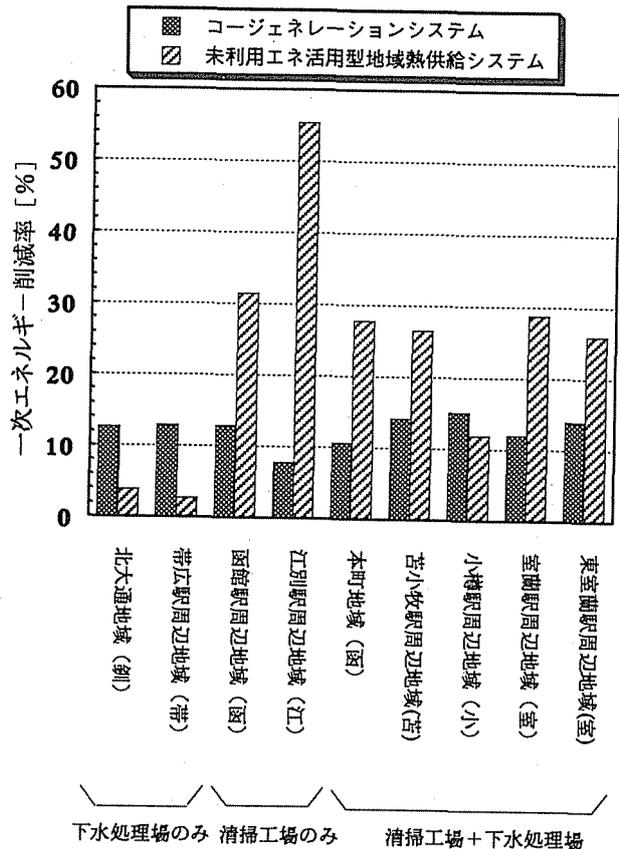


図13 未利用エネルギー活用型地域熱供給とコージェネレーションシステムの比較

《謝辞》 本研究において、森下直樹氏（北海道電力（株））にはコージェネレーションシステムにおけるプログラムの使用への御指導を頂き、また北海道庁及び各都市の市役所の関係各位の皆様には貴重なデータの提供に御協力して頂き深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 落藤澄，長野克則等：蒸気タービンを用いた熱電供給システムの温水温度に関する基礎的検討，空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集（1995），pp.1021-1024
- 2) 成田樹昭，落藤澄等：札幌市における低温都市排熱の利用に関する研究，空気調和・衛生工学会論文集（1995）pp.49-59
- 3) 北海道保健環境部衛生施設課：平成4年度北海道一般廃棄物処理事業概要（1994）pp.108-123
- 4) 札幌市環境局清掃部：平成5年度清掃事業概要（1993）
- 5) 札幌市下水道局施設部：維持管理年報（1991）
- 6) 落藤澄，長野克則等：排熱利用による地域熱供給システムの構成と評価（第8報），空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集（1995），pp.941-944
- 7) 佐土原聡等：地域冷暖房の波及効果の評価手法，プロジェクト2010 日本全国地域冷暖房導入可能性調査研究報告書（1995）