

IV-19

地域熱供給システムの土木計画学的評価に関する研究

北海道大学大学院 学生員 中瀬 克彦  
 北海道大学工学部 正 員 高野 伸栄  
 北海道大学工学部 正 員 加賀屋誠一  
 北海道大学工学部 正 員 佐藤 馨一

1. はじめに

札幌のような北方圏に位置する都市では、冬季間を快適に暮らすためにも、熱の需要がますます高まることが予想される。しかし、石油などの化石燃料をこれまでのように使用するのには問題がある。なぜならば、化石燃料は限りある資源であるという点から、また消費拡大は地球温暖化を促すという点からも問題となるためである。したがって、今後はそれらを解決できる熱供給システムが必要となる。

本研究ではその状況に対応するシステムとして、地域熱供給システムの形態を提案し、環境面および熱利用に関して評価を行うことを目的としている。

2. 地域熱供給事業の現状

2.1.事業の概要

地域熱供給事業は、一定地域内の建物群に対し、化石燃料(石油、LPG など)や地域内の未利用エネルギー(清掃工場からの排熱など)を燃料とした熱源プラントから導管を通じ、蒸気・温水・冷水などの熱媒を供給する事業である。実際に全国では、74 の事業者により122 地区(平成7年7月末現在)でこの事業が展開されており、札幌市にいたっては、3 事業者により5 地区で事業が展開されている。

これまでの地域熱供給事業は、大気汚染防止対策として、あるいは省エネルギー対策として導入が行われてきた。しかし、今後は地球環境問題解決の側面から、導入の機運が高まってくることが予想される。

2.2.事業の問題点

(1)熱価格に関する問題点

熱供給を受ける需要家にとってみれば、地域熱供給の価格は個別に比べ約2倍にもなる(表-1)。

そして、図-1 からわかるように熱価格は、設備投資

表-1 各方式による年間暖房料の比較

区分 項目	個別方式		地域熱供給方式
	戸建住宅 (延床面積 128m <sup>2</sup> )	集合住宅 (延床面積 71m <sup>2</sup> )	住宅(光星地区) (延床面積 70m <sup>2</sup> )
灯油年間使用料(円)	1,887	593	—
灯油単価(円/l)	42.39		—
1シーズン 灯油料金(円)	79,990	25,137	—
暖房機器類 償却費(円) (償却期間は5年)	20,160		—
年間維持費(円)	11,800		—
1シーズン 暖房料(円)	111,950	57,097	112,280
1m <sup>2</sup> あたりの 暖房料(円/m <sup>2</sup> )	875	804	1,604

出典:平成5年度「暖ちゅう房用燃料調査」北海道消費者協会  
 「集合住宅における暖房エネルギー」外断熱ニュース11号

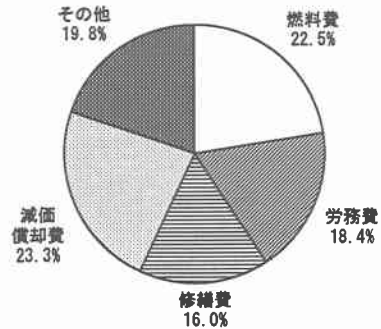


図-1 熱製造原価の構成比率

出典:㈱北海道熱供給公社10年のあゆみ

や修繕にかかる費用にかなり影響されるということがいえる。このことは、次のように集約できる。

- ① 個別暖房方式に比べ、割高な暖房費
- ② 多額の設備投資と年々増加する修繕・維持費
- ③ 需要家契約の伸び悩み

したがって、熱供給システムに関して、多額の設備投資や修繕費が熱価格に影響を与え、需要の伸びを鈍化させ、また初期投資に対して需要の見込み違いが生

じ、需要よりも供給規模の大きな施設で経営を行うために価格の高騰を招くことが問題といえる。

## (2)整備負担に関する問題点

(1)では、システムの設備にかかる諸々の費用が、事業の重要な問題点であるといったが、この点を補うためには、国、地方自治体といった公共側からの支援といったものが必要になると思われる。しかし、実際に行われている支援としては、次のものしかない。

表-2 地域熱供給事業に対する公共側の助成措置

公共側	助成措置
国	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 税制の優遇 施設用地にかかるものが主で、施設取得に対して行われる。</li> <li>● 融資制度 施設建設を対象に行われる(融資比率は40~80%)。</li> <li>● 補助金の交付 未利用エネルギーを利用する事業にのみ行われる。</li> </ul>
地方自治体	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 指導要綱の策定 土地利用および事業計画立案に関して規定されている。</li> </ul>

国から設備建設に対して補助金が存在するが、未利用エネルギーを利用するものに対して15%の補助率しかなく、あくまでも普及を促すのが目的である。一方、地方自治体からは建設費に関する支援はない。

## 3. 札幌のエネルギー消費に関する課題

- 民生部門の消費が突出している  
札幌市のエネルギー消費構造は、全国のそれと比べて、民生部門での消費が突出している。

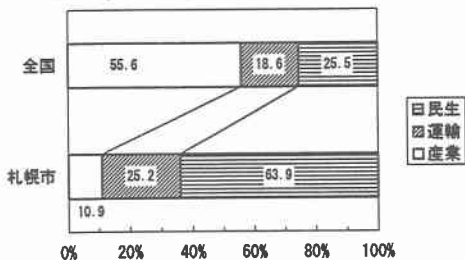


図-2 エネルギー消費構造の比較

- 化石燃料への依存率が高い  
民生部門のなかでも、家庭におけるエネルギー消費量の構成をみると、札幌市の場合、灯油などの化石燃料の消費量が圧倒的に多い。有限資

源の過大消費のために、エネルギーの安定供給、安全性については不安がある。

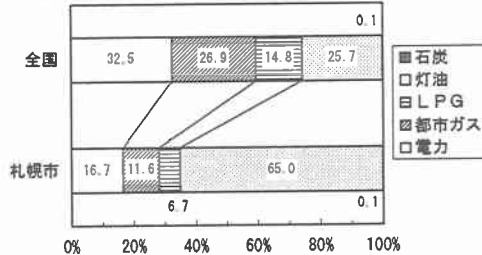


図-3 家庭1世帯あたりのエネルギー消費量構成比

## 4. 札幌における地域熱供給システム

### 4.1 地域熱供給システムの形態

地域熱供給事業が抱える問題とエネルギー消費に関する課題を考慮すれば、次のような条件を満たすシステムが望ましいと思われる。

- ① 都市全体への環境、省エネルギー面での効果
- ② 都市エネルギーシステムとしての経済性
- ③ 都市問題などの解決への寄与度  
(冬季間の交通問題)

以上を考慮した地域熱供給システムとして、次のものを提案し、その概要を表-2に示す。

表-2 システムの方式の概要

方式	概要
広域型熱供給方式	大規模な熱供給発電所を主力熱源とし、パイプラインによるネットワークを通じて、広域的に供給するものである。北欧でよく見られるが、日本にはまだない。
特定地域型熱供給方式	特定の限られた供給エリアを設定し、小規模な熱源で熱エネルギーを供給するものである。これは熱源により次のタイプに分類することができ、主として化石燃料(ガス、石油)を利用する一般熱源利用型とごみ処理排熱などの未利用エネルギーを利用する未利用熱源利用型がある。

### 4.2 システムの比較

表-2の方式と個別暖房方式の比較を行った結果を次頁の表-3に示す。

ここから、札幌における地域熱供給システムの形式としては、都市全体に熱供給することで、環境負荷の削減効果が期待でき、さらには付加価値的な効果(例えば、ロードヒーティングなど)が期待できる広域型熱供給方式が最適であると考えられる。

表3 システムの比較

方式	広域型熱供給方式	特定地域型熱供給方式	個別暖房方式(住宅)
熱源	熱併給発電所	①一般兼用利用型 ②未利用熱源利用型	灯油 FF ファンヒーター
供給対象	都市全体	一定区画にある数棟の施設	個々の建物
熱源構造	熱と電気の供給	熱専用	熱専用
熱源設備容量	大規模	中規模または小規模	小規模
熱源立地場所	臨海部	都心部	建物内
都市全体としての環境・エネルギー面での効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>集中的に環境・省エネルギー対策が行える</li> <li>熱・電気の1-2本なエネルギー効率の向上がはかれる</li> <li>都市のエネルギー循環システムの構築がはかれる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>特定の地域に対しては有効であるが、都市全体では限定される</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>個々に環境・省エネルギー対策を行うために、都市全体の効果が現れにくい</li> </ul>
都市エネルギーシステムとしての経済性	<ul style="list-style-type: none"> <li>初期段階での設備投資が大きい</li> <li>パイプラインが安く整備できれば、価格メリットが大きくなる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱需要が集中する特定の地域では経済性がある</li> <li>広域的に普及を図ろうとすれば、各町ごとに最大需要にあわせた設備が必要となり、非効率である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>単独に熱源をもつために個々の経済性はあっても、都市全体のエネルギーシステムとしてはよくない</li> </ul>
都市問題などの解決への寄与度	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱供給を面的に行うため、あらゆる問題に対して機能しうる可能性がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>特定の地域にのみ対応し、都市全体としての解決が困難である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>個々によるため、集約した解決への取り組みが困難である</li> </ul>

#### 4.3. システムのイメージ

図4に示す広域型地域熱供給システムは、北海道開発局の平成5年度「快適な生活環境づくり(ふゆトピア)事業推進調査」(都心部無雪化モデル事業調査)によるものである。エネルギーの効率的な利用を図る観点から、熱併給発電所を基幹熱源(エネルギーセンター)として、清掃工場余熱、下水処理水などの未利用エネルギーを利用した分散型熱源(サブステーション)を組み合わせ、各熱源間をパイプラインによって結ぶシス

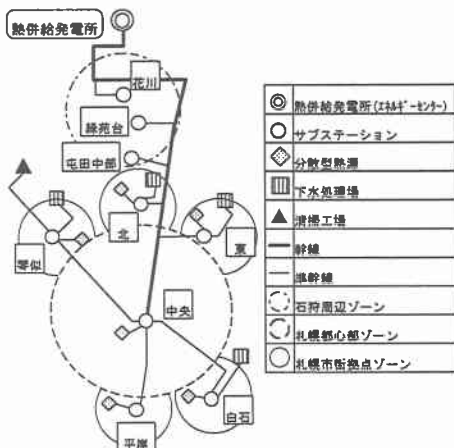


図4 札幌での地域熱供給システムのイメージ

ムである。供給される熱は、業務・商業施設、既存の熱供給事業者、ロードヒーティングなどに利用される。具体的には、石狩湾新港地区の熱併給発電所から札幌市内の清掃工場、下水処理場などをパイプラインで結ぶものを想定している(図4)。

この熱供給規模は、最大時間熱供給量 760Gcal/h(560Gcal/h)、年間熱供給量 1,200Tcal/年(840Tcal/年)である。ただし、( )内は熱併給発電所だけによるものである。

#### 5. 地域熱供給システムが都市全体に与える影響

広域型地域熱供給システムが都市全体へどのような影響を及ぼすのかを体系化すると、図5の

ように表現できる。システム導入は、あらゆる効果をもたらすが、特にCO<sub>2</sub>などの環境負荷削減と、これまでにない付加利用の可能性が最も重要な効果であるといえる。

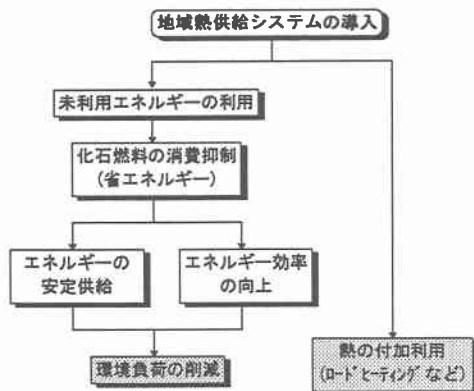


図5 地域熱供給システムの影響概念

#### 6. 地域熱供給システムの環境への影響

4.3.の広域型地域熱供給システムをもとに、その環境負荷削減効果をもつのかを試算する。ここでいう環境負荷は、地球温暖化の原因となるCO<sub>2</sub>排出量のことを示す。

## 6.1.CO<sub>2</sub>排出削減量

発電所の発電効率は約40%であり、残りの60%は温排水などのかたちで捨てられている。この広域型地域熱供給システムから供給される熱は、これを有効利用したものである。そこで、CO<sub>2</sub>排出削減量は、これまで灯油から得ていた熱をここから得るものとし、その結果、転換される灯油量から試算する。

灯油の発熱量が8,900kcal/l、灯油1klあたりのCO<sub>2</sub>排出量が炭素トン換算にして0.69t-Cklであるとする、1年間のCO<sub>2</sub>排出削減量Rは、 $R=93,034(t-C/year)$ である。

## 6.2.システム建設費用

ここで考慮するシステムの建設費用としては、各熱源を結ぶパイプラインのみとする(図4中の幹線、準幹線)。熱源である熱供給発電所を含まないのは、あくまでも電気供給を主目的とするものであり、その排熱を配送する施設(パイプライン)のみがCO<sub>2</sub>排出削減につながると思われるからである。よって、その敷設方法を主要道路下、あるいはJR線沿いに単独埋設するものとするれば、建設費用は834億円となる。

次に、1年あたりの平均建設費用を求める。このとき、償却期間を40年、利率(時間割引率)を3%とすると、その費用Mは、 $M=0.03/(1.03^{40}-1) \times 1.03^{40} \times 83,400,000,000 \approx 3,647,000,000$  (円)となる。

## 6.3.CO<sub>2</sub>排出削減効果

1年間に1炭素トン削減するのに、投入すべき費用を求めることで、CO<sub>2</sub>排出量削減の効果を考察する。

システムの年間平均建設費用は約36.5億円であり、これをCO<sub>2</sub>排出削減量で割ると、39,200(円/t-C)となる。これが、広域型地域熱供給システム導入による1年あたりのCO<sub>2</sub>排出削減費用である。

一方、CO<sub>2</sub>排出削減費用については、炭素税の導入を想定し算出したものがいくつかあり、森田らによると、数々の研究による炭素税の税率は、1t-C削減あたり約3,000~35,000円であると報告されている。広域型地域熱供給システムの場合は39,200円であり、その導入は炭素税に比べて高価な施策である。しかし、ある人(企業)のCO<sub>2</sub>の限界排出削減費用曲線が下方曲線であるなら、このシステム導入は排出量のさらなる削減を促し、インセンティブ効果があるといえる。

## 7. 熱の付加利用(ロードヒーティングへの熱供給)

広域型地域熱供給システムからは、その広域性から従来施設への熱供給に加えて、ロードヒーティングへの供給も効果的と考えられる。そこで、その適用を経済性の面から、従来の方式(電気、ガス)と比較する。さらに機械除雪費用との比較も行う。

### 7.1. 従来の方式との比較

図4のシステムでは、次のような範囲でロードヒーティングを行う。

- ・交差点ヒーティング 211,000m<sup>2</sup>(176カ所)
- ・幹線道路ヒーティング 2,400,000m<sup>2</sup>(120km)
- ・都心部の車歩道ヒーティング 240,000m<sup>2</sup>(20km)

この範囲内でのコストを従来の方式(電気、ガス)と比較すると、地域熱供給システムの方が安価で経済性に優れていることがわかる。(表4)

表4 ロードヒーティングの経済性

熱源	熱輸送方式	建設費 (円/m <sup>2</sup> )	ランニングコスト (円/m <sup>2</sup> ・年)
地域熱供給システム	温水循環	28,300	1,730
電気	発熱線	49,000	3,960
都市ガス	温水循環	54,000	2,180

### 7.2.機械除雪との比較

この範囲内で機械除雪を行う場合、無雪路面を常時維持するのに年間約22億円かかる。一方、ロードヒーティングのランニングコストは年間約48億円(表4による)で約2倍の費用がかかり、経済性に優れているとはいえない。しかし、ロードヒーティングによる無雪化は、どのような気象条件下においても完全に達成でき、円滑な交通環境をもたらすことを考慮すれば、2倍の費用をかけても導入する価値がある。

## 8. おわりに

本研究では、札幌のような北方圏都市における熱供給システムとして、熱供給発電所を熱源とした広域型方式を提案した。そして、CO<sub>2</sub>排出削減に効果があることを示し、冬季間の都市問題を解決する効果をもつ可能性を言及した。

### 参考文献

- 1) 快適な冬の生活環境づくり(ふゆトピア)事業推進調査都心部無雪化モデル事業調査概要書、北海道開発局、平成6年3月
- 2) 森田、増井、松岡:環境政策の経済への影響、環境情報科学23-4,1994