

積雪寒冷地における広域熱供給事業の効果と道路地下空間利用上の問題点に関する研究 The Study about the effectuality of the wide area development in heat supply projects in snow cold area and the problems in the use of road underground space

古道 宣行[※] ・ 平工 剛郎^{※※} ・ 藤原 陽三^{※※※} ・ 桑田 雄平^{※※※※}
Nobuyuki FURUMICHI, Takeo HIRAKU, Yozo FUJIWARA and Yuhei KUWATA

This study, presented at the Symposium on Underground Space as "Study about the possibility of the wide area development in heat-supply projects in snow cold area which use road underground space," showed the purpose and concept of such projects and the outline of their possibilities through case studies. Study continues into the effects of such projects on the global environment as well as problems in the use of underground space.

The studies estimate the energy-saving effect and the reduction in load on the environment when heat is supplied over to buildings in the cities of Sapporo and Ishikari and for such public urban facilities as pools, parks and road snow melting.

Methods of reducing cost, technical problems and systems of laying the underground heat-supply pipelines are discussed as keys to the commercialization of heat-supply projects.

「Key word」: snow cold area, wide area development in heat supply, use of road underground space

1. まえがき

積雪寒冷地である北海道において、冬季間の社会活動や日常生活を営む上で、雪や寒さは生活の基本に係わる問題である。これまで都市問題、エネルギー問題は、それぞれの個別領域ごとに問題解決のアプローチがなされてきた。しかしながら、今後なお一層エネルギーの消費量が増加すると予想されるなか、化石燃料の有限性や地球環境問題が急務となってきた今日では、将来にわたってエネルギーを自由に使用することは許されない時代となってきた。これからは個別領域を超えた総合的な観点から都市づくりを行うことが求められており、北海道の各都市に地球環境時代にふさわしい熱エネルギー供給システムを導入することにより、暖房、給湯、雪対策など、北国の都市が抱える課題の一体的、総合的解決を目指す必要がある。

このため、都市高度化推進調査会¹⁾では、平成6年度より北海道の諸都市における生活環境、都市環境問題をエネルギー問題や地球環境問題と一体的、総合的、広域的に対応し、長期的視点に立つて解決を図るた

「キーワード」: 積雪寒冷地、広域熱供給事業、道路地下空間利用

※ 正会員 (財)北海道地域総合振興機構 事業部 マネージャー

※※ (財)北海道地域総合振興機構 常務理事

※※※ (株)藤原環境科学研究所 代表取締役

※※※※ 正会員 北海道開発コンサルタント(株) 交通計画部 次長

めに、産・学・官が一体となって広域熱供給事業の実現化へ向けて調査、研究している。

広域熱供給事業の実施にあたっては、熱供給パイプラインの敷設に際し、道路地下空間を有効に利用してパイプラインのネットワークを構築することが不可欠である。また、後発事業であるがゆえに既設構造物の下に深く敷設しなければならない箇所もあり、設備投資による経済的負担が大きい事業となる。このため、熱供給事業が都市インフラとして認定されることにより、既存市街地における都心部でのパイプラインの敷設は、都市再開発事業などの際に公益事業として共同溝内に敷設することや公共事業と連動しながら共同施工すること等が可能となるならば、経済的な負担は多少とも軽くなる傾向にあると思われる。

第3回地下空間シンポジウム¹⁾での発表に引き続き、今回、北海道における広域熱供給事業の効果と道路地下空間利用上の共同溝等の課題について、調査を実施したので、その概要を紹介する。

2. 広域熱供給事業の省エネルギー効果と環境負荷削減効果²⁾

2.1 検討モデルの選定

北海道に広域熱供給システムを導入するモデルとしては、北海道内において熱需要の高い札幌・石狩圏を対象とし、その中でも更に熱需要密度の高い7地域を選定した。1地域の熱需要範囲は、半径1.5km～2.0kmの範囲とし、①考えられるシステム、②省エネルギー効果、③二酸化炭素排出量削減効果、等について検討を行った。

広域熱供給システムとしては、表-1に示すように①主力熱源を熱供給発電とする「集中型」、②中小規模のコージェネレーションによる「分散型」、③「集中型」と「分散型」を組み合わせた複合型、が考えられる。本研究のケーススタディでは、「集中型」と「分散型」を採用し、ともに補助熱源として下水処理場や清掃工場から発生する排熱をベース熱源とした。

本システムを導入した場合の概算事業費、熱供給コスト、省エネルギー効果および環境負荷削減効果について、集中型及び分散型をそれぞれ試算したが、ここでは集中型の試算結果について説明する。

表-1 基幹熱源の規模、立地位置及び熱輸送方式

区 分	プラント方式	出力規模	立 地 位 置
集中型	大型熱供給 発電方式	70万KW	石狩湾新港地区に設置するものとする。
	熱輸送媒体は温水式		
分散型	中小規模の コージェネレーション プラント方式	1万KW ～ 15万KW	各供給エリア内に設置するものとする。
	熱輸送媒体は蒸気式		

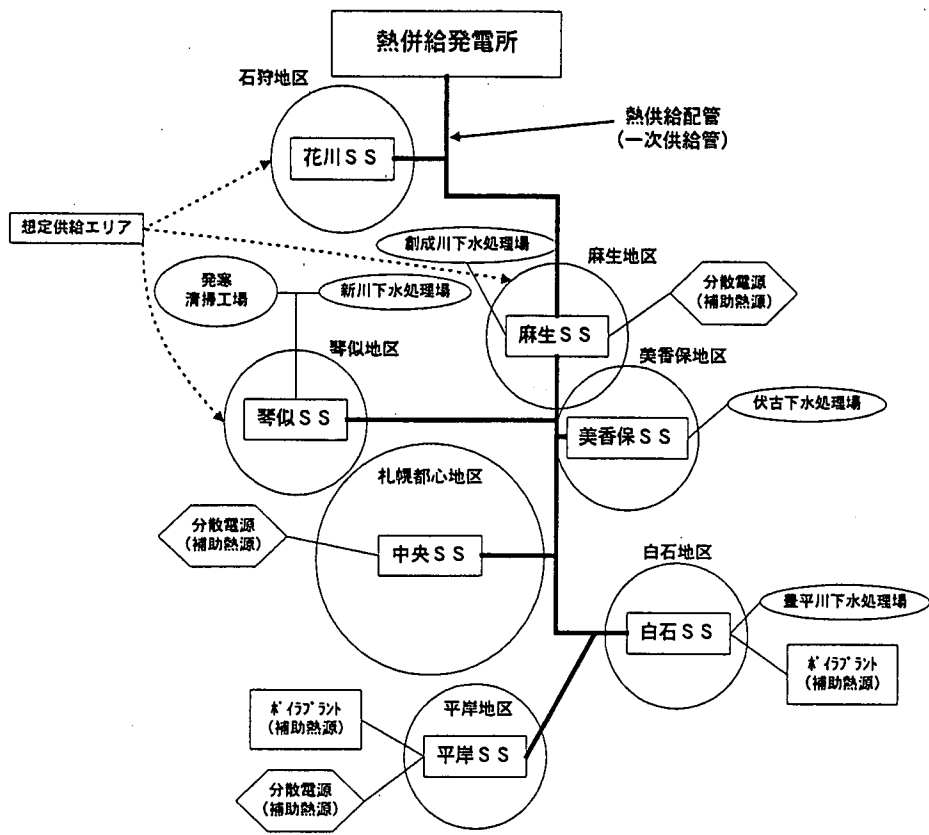
2.2 熱供給内容

熱エネルギーの供給先としては、表-2に示すように民生用として住宅系（暖房、給湯用エネルギー）と業務系（暖房、冷房、給湯用エネルギー）に実施するとともに、雪対策における融雪用の需要に対しては、雪や凍結から開放された都心ゾーンを形成するために、札幌都心部の歩・車道の広い範囲にヒーティング設備を設置し、その他の地区においても幹線道路のヒーティング設備やコミュニティゾーンにおける排雪、融雪施設を想定した。特に、雪対策用施設

表-2 需要先への供給内容

対 象	想 定 供 給 内 容
冷暖房・給湯	加入率 住宅系 30%
	業務系 50%
ロード ヒーティング	道路延長 5.7 km
	歩道 約 5.5 万 m ²
	交差点 197 カ所
	停留所 約 1 千カ所
公共施設	温水プール 10 カ所
公園	避難場所等 58 カ所
融雪施設	大型融雪槽 4 カ所
	小型融雪槽 54 カ所
	流雪溝 4 カ所

へ供給する熱は、住宅、オフィスなどへ熱供給した後の低温水（約40℃）を利用することで、熱の段階的な有効利用を図ることが可能となった。これにより、冬季における市民の生活環境が大幅に改善されることが予想される。広域熱供給システム導入のイメージを図ー1に示す。



図ー1 広域熱供給システム導入のイメージ

ここでは、本調査で設定した熱供給発電所を主体とする集中型システムと、従来からの電力供給形態と建物個別に燃料等を使用して暖冷房・給湯を行う従来型システムとを比較し、集中型の省エネルギー効果及び環境負荷削減効果について検討した。

2.3 供給対象熱需要量の設定

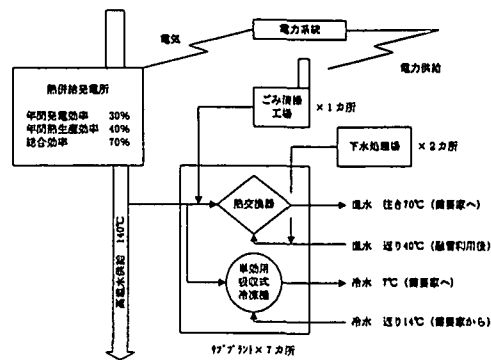
民生用熱需要は選定した7地域を対象に、平成3・4年に実施された都市計画基礎調査の建物用途別延床面積に、札幌市における実績値等から設定した暖冷房・給湯用年間エネルギー消費原単位を乗じて求めた。各地域とも加入率は業務系建物50%、住居系建物30%と設定した。また、融雪用熱需要については、札幌・石狩圏で融雪が必要と思われる交差点、幹線道路、融雪槽などを具体的に地図上に設定し、箇所数を拾い出し熱需要量を算出した。

2.4 集中型システムの概要

集中型システムは、図ー2に示すように熱供給発電所を主たる熱源とし、これを補完し、かつ、ベース負荷を担う熱源として未利用エネルギーであるごみ清掃工場排熱と下水処理場排熱を利用するシステムとした。

発電所規模は、海外の熱併給発電所の例から最大熱出力効率53%（このときの発電効率27%、総合効率80%）、最大発電効率38%（この場合は発電のみで熱生産は行わない）とし、時間最大熱需要量850Gcal/Hから70kWと設定した。また、年間のプラント効率等に関してもわが国における実績がないため、海外の熱併給発電所の稼働実績を用い、年間発電効率30%、年間熱生産効率40%、年間総合効率70%と設定した。

サブステーションへ熱を供給する一次側ネットワークの供給温水は、海外で実績の多い安価なブレ断熱加工管が使用可能な140℃と設定した。このため、サブステーションでの冷熱生産には、単効用吸収式冷凍機を使用するものとし、効率は65%とした。



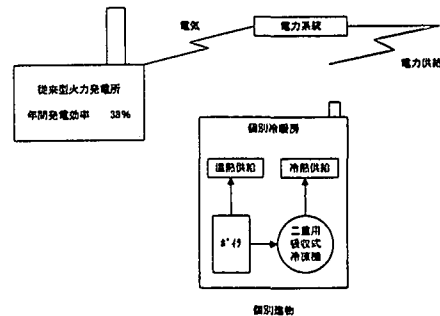
図ー 2 集中型システム概略フロー

2.5 システム比較のための条件設定

(1) 従来型システムの設定

従来型システムは、図ー 3 に示すように冷暖房、給湯は全て個別に行うこととし、電力供給は一般電力系統から行うシステムとした。個別建物における温熱はボイラで生産するものとし、ボイラの年間効率は75%と設定した。冷熱生産は、ボイラからの高压蒸気を熱源とする二重効用吸収式冷凍機を使用するものとし、効率は100%とした。

また、ここでの一般電力系統については、大規模火力発電所を想定しており、発電効率は38%と設定した。



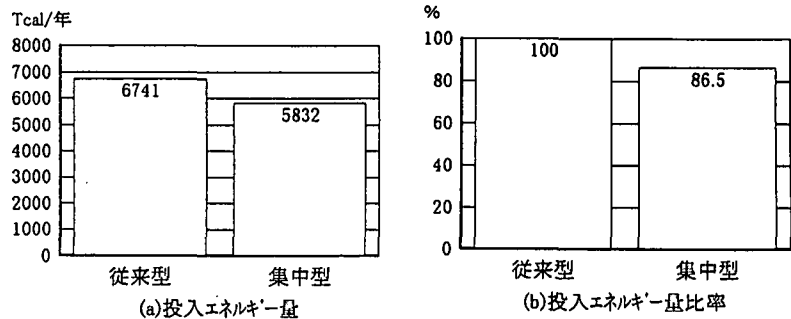
図ー 3 従来型システム概略フロー

(2) システム比較のための条件設定

システムの比較においては、冷熱・温熱生産、熱併給発電所で発電された電力量も含めた投入エネルギー量と、それから発生する二酸化炭素排出量によって評価を行う。集中型の比較に用いる火力発電所の燃料は石炭とし、従来型システムの個別建物で使用する燃料は灯油とした。

2.6 省エネルギー効果

集中型における投入エネルギー量は、図ー 4 に示すように5,832Tcal/年と推計され、従来型が6,741Tcal/年であることから、約13%の省エネルギー効果が得られた。また、発電電力量は約200万MWhであった。



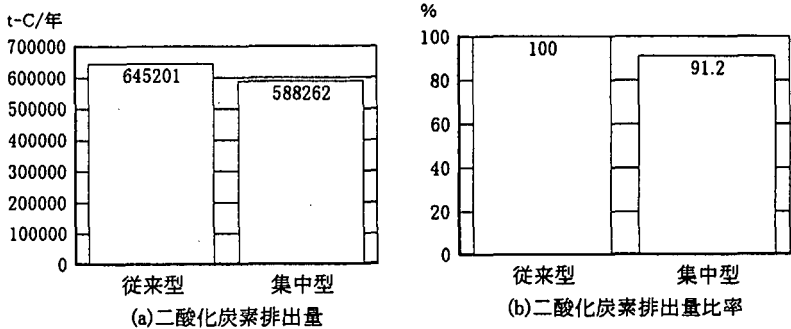
図ー 4 集中型の省エネルギー効果

集中型導入によるエネル

ギ一削減量 909Tcal/年は、灯油約10万klに相当し、札幌市の1995年時点の一世帯当たりの灯油消費量が約1,300ℓ/世帯・年であることから、市の総世帯数の約11%に当たる7万8千世帯の灯油消費量に相当するエネルギー量が削減されたと考えられる。

2.7 環境負荷削減効果

集中型とそれに対応した従来型の二酸化炭素排出量は、図一5に示すように従来型が約64万5千tC/年（炭素換算ト）、集中型が約58万8千tC/年と推計され、集中型は従来型の91%の値となっており、おおよそ1割の環境負荷削減効果が得られた。集中型による二酸化炭素排出削減量5万7千tC/



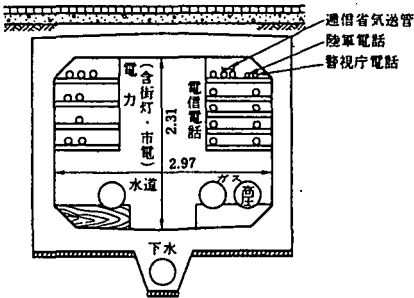
図一5 集中型の環境負荷削減効果

年は、札幌市の1995年時点の一世帯当たりの灯油消費による二酸化炭素排出量が約770 kgC/年であることから、市の総世帯数の約1割に当たる7万4千世帯の排出量に相当する。

3. 熱供給事業と道路地下空間の利用

3.1 国内の状況

熱供給事業における道路地下空間利用の歴史³⁾は古く、関東大震災後の帝都復興事業の一環として、試験的に共同溝を3ヶ所設置した例があるとされている。その一つは、九段坂に輸送用幹線のみを収容する目的で造られた「共同管道」で、図一6に示すように幅約3m、高さ約2mの内空断面をもつ延長270mのコンクリートボックスを歩道に沿って車道下に敷設したものである。この他の事例として、浜町金座通りと東京駅裏口の2ヶ所に敷設された。これらの共同溝施設がその後全国的に遅々として発展・導入が見られなかった理由として以下のような事項が考えられている。



図一6 九段坂共同管道断面図 (単位: m)

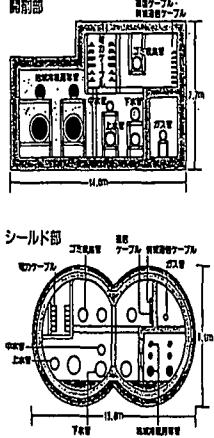
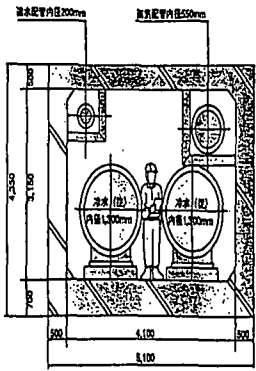
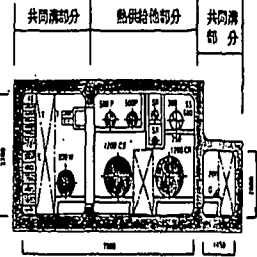
- ①各事業者間における事業展開時期の調整が困難であったこと。
- ②積極的な補助・支援体制がなかったこと。
- ③都市化が進んでいなかったこと。
- ④地下埋設物が幅輻してないため、単独工事により浅い位置への敷設が可能であったこと。
- ⑤共同溝の建設費の負担や管理方法などについて統一した制度が確立していなかったこと。

しかし、近年、都市化現象が進むなかで、一極集中等を回避する対策として国の行政組織の分散化が徐々に図られ、分散化を受け入れる都市の再開発等が実施されるなか、省エネルギー、環境負荷削減効果を考慮した地域熱供給が導入される傾向にある。このような都市の再開発に際し、道路地下空間へ法上物件である

公益事業設備と非法上物件である地域熱供給設備等が共同溝の中に一体的に整備されるようになってきた。共同溝内に設置する非法上物件の取り扱いについては、平成8年度より建設省、各自治体ともに公益事業設備に準ずる扱いとして、徐々にその位置づけが明確化されつつある。

こうした状況のもと、都市再開発の中で道路地下空間を有効に利用した大規模な共同溝内に熱供給管を設置した事例として、東京・臨海副都心地区及び横浜市・みなとみらい21地区、また、単独で熱供給管を敷設するために専用洞道を設置した千葉市・幕張地区の事例について調査した結果を表一3に示す。共同溝内への法上・非法上設備の配置方法については、各地区によって工夫が凝らされ、混在方式や独立方式等がそれぞれ独自の考えの基に整理され、経済性、設置設備の種類、危険度、維持管理対応策等の観点から設置の

表一3 共同溝・洞道の設置事例調査結果

区 分	東京 臨海副都心地区	千葉市 幕張地区	横浜市 みなとみらい21地区
方 式	共同溝方式	専用洞道方式	共同溝方式
供 給 対 象 物 件	(有明地区) 駅南(旧有明):2棟 駅南:2棟 駅南:2棟 (台場地区) 駅南:2棟 駅南:2棟 駅南:2棟 (青海湾地区) 駅南:2棟 駅南:2棟 駅南:2棟	展示場(幕張メッセ):1棟 ホテル:5棟 事務所:2棟、物販・飲食:1棟	商業ビル群:8棟(駅南・台場・みなとみらい21地区) 大型事務所:3棟 病院:1棟 ※(旧・旧・旧・旧・旧・旧・旧・旧)
構 造 (標準)			 T:NTT CS:冷水(往) G:ガス E:電力 CR:冷水(復) W:水道 SS:蒸気(往) SR:蒸気(復水) P:ゴミ
施 設 方 式	開発者負担方式 ・共同溝は東京都が先行的に整備 ・幹線導管は熱供給会社が敷設するが、その経費は開発者の東京都が負担 ・臨海副都心の開発者である東京都が土地造成を実施し、共同溝建設費、熱管敷設費を用地原価の中に折り込む方式	事業者負担方式 ・熱供給会社の負担において専用洞道を建設し、導管を敷設	開発者、事業者共同負担方式 ・共同溝部分は、共同溝法により国の補助を受けて実施、熱供給他部分は開発者である横浜市が建設 ・導管は熱供給会社が敷設 ・共同溝占用料は毎年払い
加 入 進 出 管 理	立地企業と用地賃貸契約を結び、その契約条件の中に熱供給事業への加入を義務づけ(用地は全て賃貸方式)	千葉県の行政指導により、熱供給への加入を立地企業者へ要請	立地企業と「町づくり協定」を結ぶ。その中で熱供給事業への加入を義務づけ

可否が決定されている。また、専用洞道においては、熱供給施設のための単独設置となるため、経済性、維持管理対応策等の観点より設置が決定されている。

3.2 北海道における現状と課題

広域的な熱供給事業を立ち上げる場合には、設備投資に要する経費のうち8割以上をパイプライン敷設経費が占めるとされているため、事業化に当たっては、パイプラインのコストダウンが鍵を握ることになる。そのコストダウン対策としては、パイプライン材料を北欧諸国で実績のある安価なプレ断熱加工管を採用するとともに、地域系の需要家へ熱を搬送するパイプラインの埋設深度を浅くする等の方法があり、今後は材

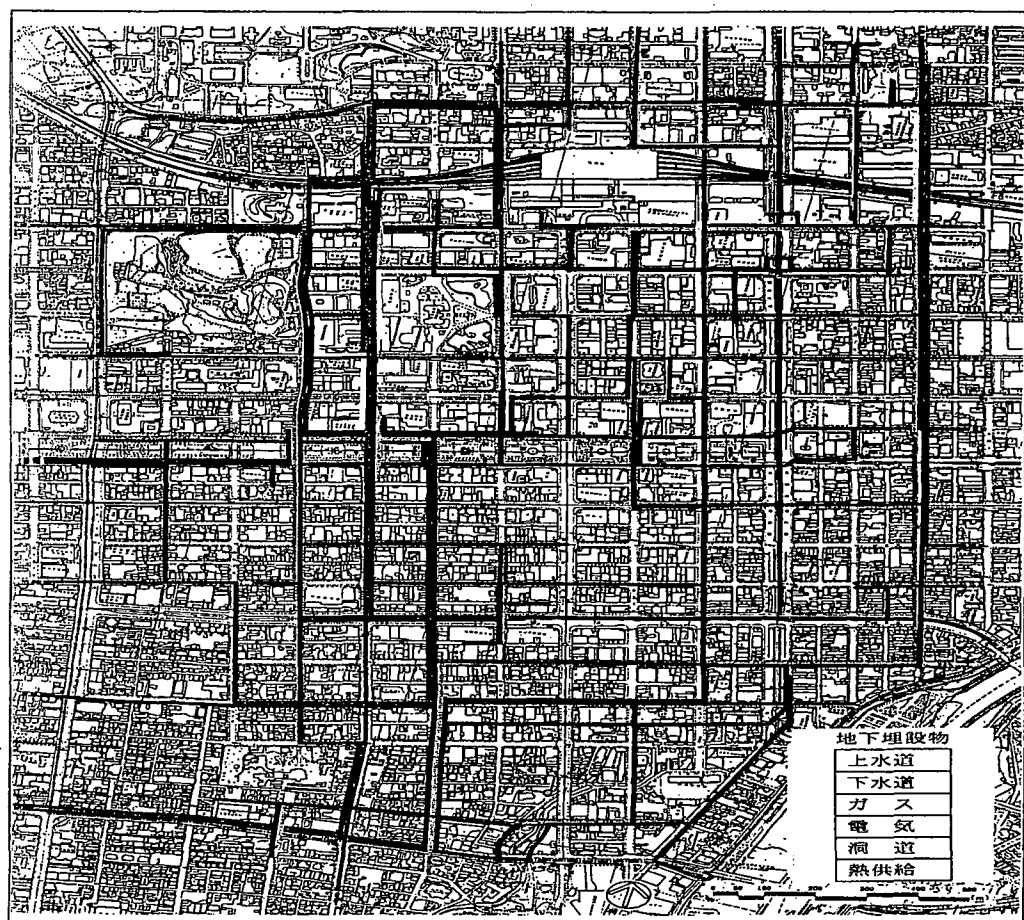
料面、施工面からの具体的な内容について詳細な技術検討が必要である。

また、実際にパイプラインを敷設する場合、都心部など既成市街地においては道路の地下空間に電気、ガス、上下水道、通信などのライフラインが既に多数埋設されている。このため、パイプラインを敷設しようとするには、①深い地下深度での埋設や既存の埋設物件の防護に多くのコスト負担を強いられること、②工事時間帯（夜間施工）、交通対策など各種の行政規制や行政指導を多く受けること、などの状況から、現在では既成市街地での熱供給の普及拡大が困難になりつつある。

北欧諸国では、コスト負担の少ないパイプラインの敷設方法の開発と行政の支援によって、中小規模の都市内全域に網の目のようなネットワークが形成され、多くの市民に利用されている。

従って北海道においても熱供給事業の本格的な展開を図るためには、熱供給事業を社会的に不可欠なインフラとして位置づけ、コスト負担の少ないパイプライン敷設技術の開発、規制緩和、行政支援の強化などを推進していく必要があるなどの様々な問題がある。これを具体的に示すと、①工事の実施に際しての交通規制、安全対策等に対する技術的な検討によるコストダウン対策等への取り組み、②道路敷や河川敷などの公共空間を有効利用するために、公共事業実施時の連動方式や地下空間利用のための規制緩和策等への取り組み、③都心部において、先行する占用物件が多く、深い埋設深度が必要となり、事業者の設備投資負担が増加し、需要家の熱料金コストへ大きな影響を及ぼすため、行政支援の強化策等への取り組み、などがある。

3.3 札幌市における現状と課題



図ー7 札幌市都心部の地下埋設物ネットワーク（幹線）状況

札幌市内には現在のところ、法的基準に基づく共同溝としての施設はないが、郊外の新規に開発された篠路あいの里地域において、自治体が独自で公益事業者との共同により共同溝（法上物件：上水道、電気、電話、非法上物件：廃棄物）に取り組んだ事例が1件ある。

しかし、都心部においては地下鉄のほか、図－7に示すように公益事業者が設置した既存の地下埋設物が幹線、支線を含めて、縦横に直埋設によりネットワーク化され、後発事業者が敷設するには道路地下空間の利用条件の良いところが無くなってきている。

今後は道路の維持、保全等を考慮すると、路面の掘り返しなどを自由に行うことは困難と考えられるため、都心部再開発、地下鉄路線の延長、地下歩道の建設、地下駐車場の建設、道路のアンダーパス化などの際には、長期的な視点に立って、行政部門と法上、非法上の事業者が連携して、道路地下空間の有効利用と同時に維持管理が容易な共同溝施設を整備していくことが求められている。

4. あとがき

本研究は、積雪寒冷地が抱えている都市環境、生活環境の整備に大きく貢献できるシステムであり、これからの北方型都市整備にふさわしいシステムであると考えられる。また、今回の検討結果によると、広域熱供給事業は省エネルギーの推進、地域における環境負荷の削減に大きく寄与することが明らかになった。

今後、本調査結果で示した広域熱供給システムを21世紀の北海道における各都市のあり方として位置付け、道路地下空間を有効に利用することを具体化していくためには、

- ①都心部における再開発などの大型工事に際しては、道路地下空間の有効利用策として共同溝によるライフラインの一元化、集約化を図るための方策の検討
- ②公共事業と連携した道路地下空間利用によるパイプラインネットワークの形成やパイプラインの敷設についての公的支援の強化、敷設条件に関する規制緩和などパイプラインコスト低減策の究明
- ③パイプライン敷設工事における道路地下空間への埋設深度や使用材料等に対し、技術的検討によるコスト低減策の究明

などの課題が残されており、この点に関して今後、関係機関等と調整を取りながら、引き続き技術的、専門的な調査、検討を進めていく考えである。

参考文献

- 1) 古道宣行、松原高司、平工剛郎、桑田雄平；第3回地下空間シンポジウム論文集 土木学会 1998年1月
- 2) 落藤 澄、古道宣行、藤原陽三；エネルギー・資源学会 1998年11月
- 3) 赤松惟央、縣 保佑、久保田莊一共著；共同溝、森北出版 1991年5月