

特集

地域熱供給の新動向

ふゆ未来2010プロジェクト—新北方型都市整備プラン広域熱供給システム—

Winter the Future 2010 Project—Wide-area Heat Supply System for New Northtype City Service Plans—

落藤 澄*・古道 宣行**・藤原 陽三***

Kiyosi Ochifuji Nobuyuki Furumichi Yoza Fujiwara

1. はじめに

北海道は、寒冷地に位置しており、しかも北欧や北米等の同緯度の地域に比べると非常に降雪量が多いという地域特性を有している。このため、冬季間の社会活動や日常生活を営む上でこの雪や寒さは、生活の基本に係わる問題といえる。

また、今後なお一層エネルギーの消費量は、増加すると予想されるが、エネルギー資源の有限性や地球規模での温暖化防止策の取り組みが急務となっている今日、これまでと同様に多くのエネルギーを消費し続けて行くことは許されない状況になってきている。北海道の冬季間における社会活動や日常生活は、雪や寒さにより様々な支障が生じており、省エネルギー、地球環境問題等を踏まえた、これからの新しい北国の都市及び生活環境の整備方策が求められている。

このような情勢を受け、平成6年度に北海道における産・学・官の関係機関により「都市高度化推進調査会」(会長;有江幹男 北海道工業大学学長)が設立された。この調査会では「委員会」(委員長;有江幹男)及び「エネルギー利用検討部会」(部会長;落藤澄北海道大学大学院教授)、「都市施設整備検討部会」(部会長;佐藤馨一 北海道大学大学院教授)が組織され、長期的視点に立って北国の都市づくりとそれを支えるエネルギーシステムについて調査・研究を行っている。ここでは、その調査内容について紹介する。

2. 新しい都市づくりの方向性

2.1 基本コンセプト

北海道におけるこれからの都市づくりに当たっては、冬でも快適な生活ができる活力ある都市づくりと快適な生活環境の形成、エネルギー資源の有限性、環境問題への対応という相互に対立する三つの課題を一体的に捉え、個別対策の領域を超えた総合的な都市政策のもとで、図-1に示すように相対立する課題を調和的に解決していく都市づくりの発想、手法に切り換えていくことが求められている。

したがって、本調査では冬季間における都市問題、環境問題及びエネルギー問題等を一体的、総合的、広域的に捉えることを、検討を進める上での基本コンセプトとする。

2.2 これからの都市整備

積雪寒冷地にある都市の降雪による「都市機能の低下」、暖冷房・給湯を対象とする「エネルギー問題」、

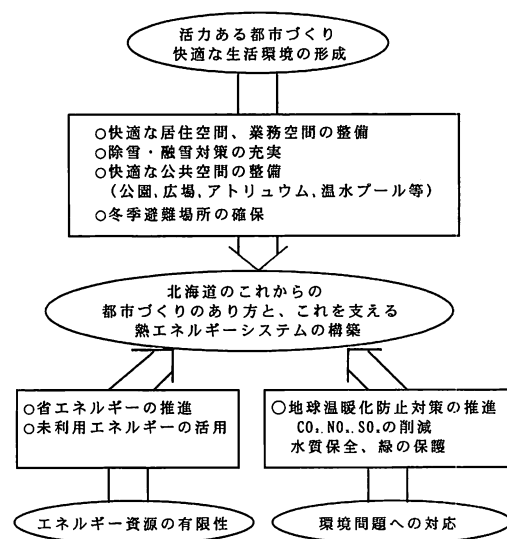


図-1 基本コンセプト

* 北海道大学大学院工学研究科教授

〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目

** 北海道地域総合振興機構 マネージャー

〒060-0005 札幌市中央区北5条西6丁目 札幌センタービル13F

*** 藤原環境科学研究所 代表取締役

〒063-0812 札幌市西区琴似2条6丁目1番32号 ウェストラビル1F

「防災対策の遅れ」について、いくつかの問題点とこれからの整備方向について図-2に整理した。

本調査では、これらの課題に対し、北国の独自の都市づくりとエネルギーの有効利用を図るために、都市内もしくは都市周辺部に発電施設が設置されることを前提とし、エネルギー効率の高い「電気」と「熱」を

同時に生産する「熱供給発電システム」を熱エネルギー源として活用する。また、この熱エネルギーを暖冷房、給湯だけでなく融雪などの都市アメニティの向上のために幅広く利用することを狙いとした、広域的な熱供給ネットワークシステムの形成を、これからの積雪寒冷地における都市整備の方向として位置づける。

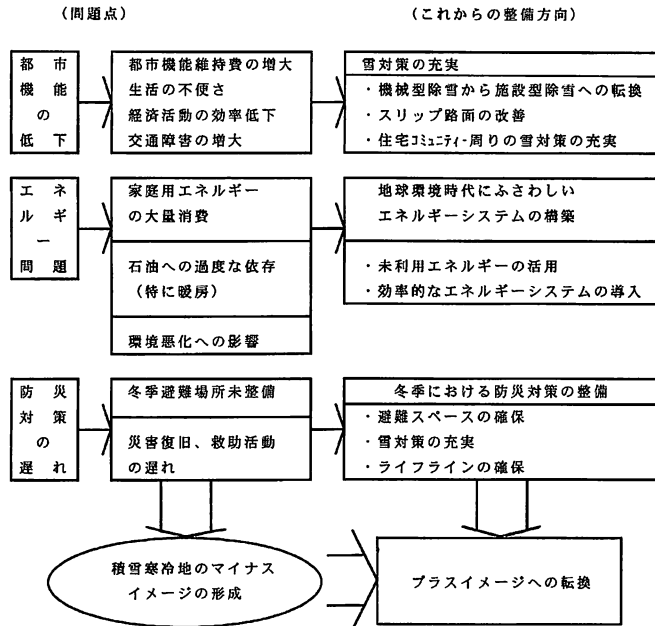


図-2 北海道の冬季の問題点と整備方向

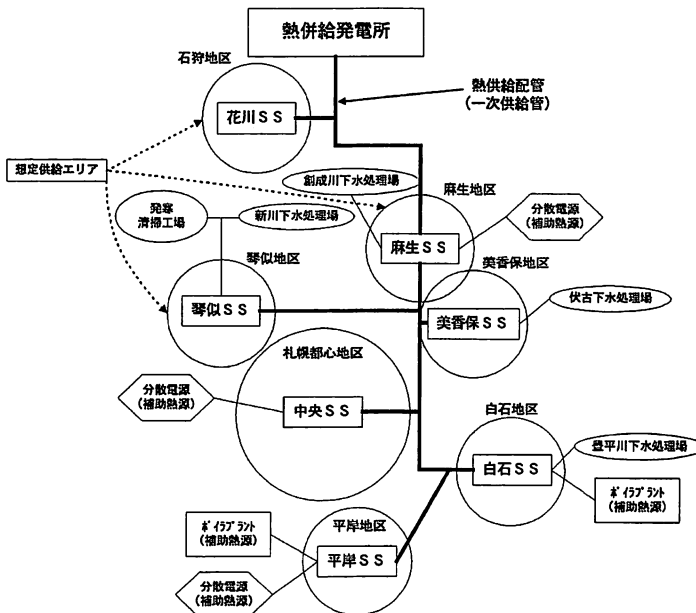


図-3 広域熱供給システム導入のイメージ

3. 札幌・石狩圏をモデルとする検討

3.1 対象都市と地域

本研究の最終目標は対象都市全体を網羅する熱エネルギーシステムの確立であるが、経済性や実現性の観点から、人口密集地域やエネルギー利用密度の高い地域がまず対象となると考えられる。そこで、ここでは、広域熱供給システムを検討するために、北海道内においても熱需要の高い札幌・石狩圏を対象とし、その中でも更に熱需要密度の高い図-3に示すような7地区を供給エリアとして選定した。1地域の範囲は、半径1.5km～2.0km、7地区の総土地面積は5,500haであり、供給対象総延べ床面積は約3,500万m²である。延べ床面積の内訳は、業務系約650万m²、住居系約660万m²となっている。これらの対象地域において、①広域熱供給システム、②省エネルギー効果、③二酸化炭素排出量削減効果、④概算事業費、⑤熱供給コスト、等について検討を行った。

3.2 モデルの選定

広域熱供給システムとしては、①主力熱源を熱併給発電とする「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」

表1 基幹熱源の規模、立地位置及び熱輸出方式

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		

表2 需要先への供給内容の想定

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	57km
	歩道	約55万m ²
	交差点	197ヵ所
	停留所	約1千ヵ所
公共施設	温水プール	10ヵ所
公園	非難場所等	58ヵ所
融雪施設	大型融雪槽	4ヵ所
	小型融雪槽	54ヵ所
	流雪溝	4ヵ所

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、表1に示すように「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。

ただし、発電施設の立地や電気供給方式については、本調査では扱わないこととする。

熱エネルギーは表2に示すように、民生用の暖冷房、給湯及び各種融雪施設等へ供給する。融雪用熱需要は、対象地域内の快適性と安全性を向上させるため、歩・車道の広い範囲にヒーティング設備、環境保全等による雪堆積場の減少に対処するための大規模融雪施設などを想定した。

4. 広域熱供給システムの概要

4.1 熱需要量の設定

供給対象熱需要量及び方式別供給対象熱需要量を表3に示す。

表3 供給対象熱需要量 単位：Tcal/年

方式	供給対象熱需要量	集中型	分散型
		年間温熱需要量	
	民生用	1,359	1,042
	融雪用	319	—
	計	1,678	1,042
年間冷熱需要量		197	175

(1) 供給対象熱需要量の設定

民生用熱需要は、選定した7地区を対象に、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。各エリア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を算出した。

設定した供給エリアの年間熱需要は、民生用温熱1,359Tcal/年、冷熱197Tcal/年、融雪用熱需要319Tcal/年となった。民生用熱需要の温熱量は、札幌・石狩圏全体の約14%、冷熱は約30%の値となっている。

民生用時間最大熱需要は、同時負荷率60%、配管損失15%と設定して算出した結果、650Gcal/Hとなった。また、融雪用時間最大負荷は、各施設の積み上げと配管損失15%を見込むことにより約400Gcal/Hとなった。したがって、民生用を加えた時間最大負荷は

約1,000Gcal/Hとなるが、融雪用の時間最大負荷が一般に早朝等の民生用のピーク時とは異なる時間帯に生じると考えられることから、その半分の負荷を見込むものとして、システム全体の時間最大負荷（熱源容量）を約850Gcal/Hと設定した。

(2) 集中型供給対象熱需要量の設定

集中型の供給対象熱需要は表3に示すように、7地区の民生用及び融雪用の供給熱需要を全て対象とする。

(3) 分散型供給対象熱需要量の設定

分散型は、対象地域内で特定電気事業を行うことを想定して、発電と熱回収の効率を考慮し、温熱は民生用年間需要量の約75%に当たる1,042Tcal/年を、冷熱は需要の約90%に当たる175Tcal/年を供給するものとした。また、分散型の場合、広域展開が困難であると考えられるため、融雪需要は検討対象としない。

4.2 広域熱供給システムの概要

(1) 集中型システムの概要

集中型システムは、図-4に示すように熱併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70万kW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、表4に示すように、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。

表4 システム比較に使用した機器効率

機器名称	機器効率
熱供給発電 (海外の熱併給発電所実績値を参考に設定)	年間発電効率 30% 年間熱発生効率 40% 年間総合効率 70%
従来型火力発電所	発電効率 38%
熱交換機	100%
ボイラ	年間効率 75%
単効用吸収式冷凍機	65%
二重効用吸収式冷凍機	100%

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。

未利用エネルギー熱源であるごみ清掃工場排熱は温度が高く一次側ネットワークへの接続が可能であるが、下水処理場排熱はヒートポンプ利用が基本となるため高い温度での供給が難しい。このため、ごみ清掃工場排熱は一次側ネットワークへ接続し、下水排熱は、システムのなかで最も温度の低いサブプラント二次側ネットワーク返り温水系統の加熱に利用するものとした。また、集中型の幹線配管総延長は、想定した発電所位置から札幌都心部までの約20km、サブステーションからの需要側地域配管の総延長は、既設の地域熱供給事業の実績等から約840kmと推計される。

(2) 分散型システムの概要

分散型システムは、図-5に示すように、都市内に設定した各サブステーションにコージェネレーション

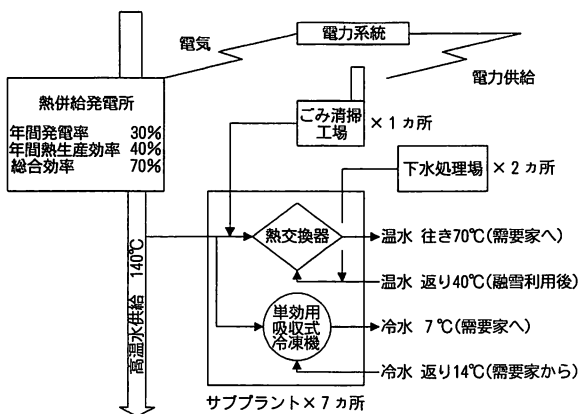


図-4 集中型システム概略フロー

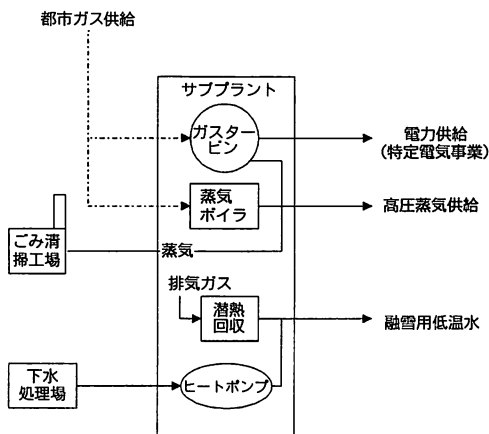


図-5 分散型システム概略フロー

ラントを設置し、供給エリア内に熱と電気を供給するシステムとし、電力は供給エリア内を対象とする特定電気事業を想定した。サブステーションは図-3に示した7カ所に設置するものとし、各供給エリアに適したプラント規模を設定した。その結果、総発電容量は30万kW弱と集中型の半分以下の容量となった。また、プラントから需要家への熱供給は高圧蒸気によるものとし、冷熱は各需要家で吸収式冷凍機を設け生産するものとした。未利用エネルギー源であるごみ清掃工場からは、プラントへ高圧蒸気を供給するものとした。

融雪用熱需要に対しては、下水排熱やコージェネレーションの排気ガスからの回収熱を熱源とする低温水供給導管を別に設け供給するシステムを設定しているが、システムの比較・検討においては融雪用熱需要は対象としない。

4.3 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-6に示すように全て個別に冷暖房、給湯及び一般電力系統からの電力供給を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、ボイラの年間効率率は表4に示すように75%と設定した。冷熱生産は、ボイラからの高圧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。

集中型と分散型の比較においては、それぞれの方式の発電容量や年間の供給対象熱量が異なること、融雪需要への対応が異なることなどのため、集中型及び分散型にそれぞれ対応する従来型システムを設定し、比較検討を行った。また、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。

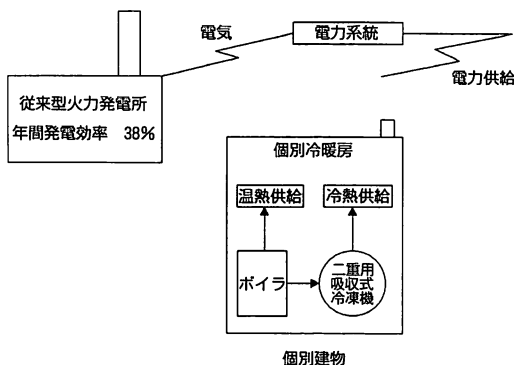


図-6 従来型システム概略フロー

(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、熱併給発電所及びコージェネレーションプラント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。分散型は、既成市街地を対象とした特定電気事業を想定しているため、電力からの二酸化炭素排出量の算出には、北海道の電力二酸化炭素排出原単位を用いた。また、分散型の燃料は天然ガスとした。

集中型及び分散型とも未利用エネルギーを活用するシステムとなっているが、負荷パターン等の詳細な検討を行っていないため、未利用エネルギー利用量が確定できないことから、省エネルギー効果及び環境負荷削減効果の算定には未利用エネルギーの利用は考慮しないこととした。

5. 省エネルギー効果と環境負荷削減効果

5.1 省エネルギー効果

(1) 集中型

集中型における投入エネルギー量は、図-7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。

集中型導入によるエネルギー削減量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1,300リットル/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。

また、仮に、集中型において冷熱を比較対象とせず、温熱と電力生産のみの試算を行った場合、従来型に対し3割近い省エネルギー効果が得られた。これは、集中型システムにおいて、冷熱生産にエネルギー効率の低い単効用吸収式冷凍機を使用しているためであり、集中型における冷熱生産システムのあり方については、今後さらに検討が必要であると考えられる。

(2) 分散型

分散型の投入エネルギー量は、図-8に示すように、3,745Tcal/年となっており、同規模の従来型に比べ投入熱量で476Tcal/年の削減となっている。削減率は約11%となっており、集中型よりも若干小さくなっ

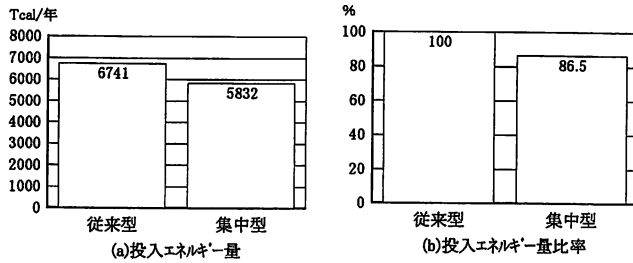


図-7 集中型の省エネルギー効果

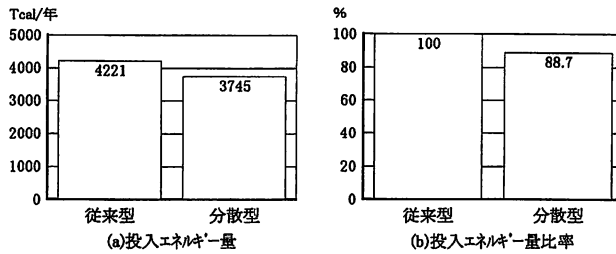


図-8 分散型の省エネルギー効果

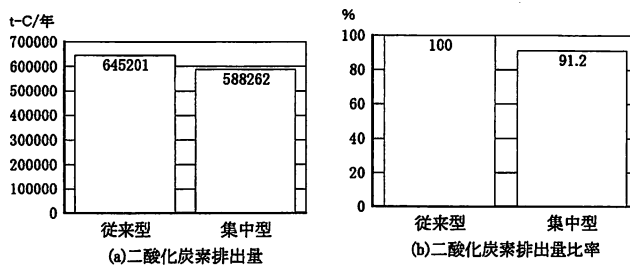


図-9 集中型の環境負荷削減効果

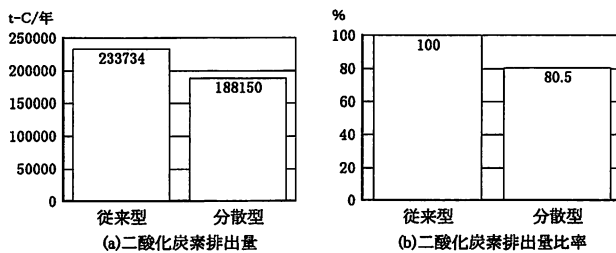


図-10 分散型の環境負荷削減効果

ている。また、発電電力量は110万MWhであり、集中型の半分強の発電量となった。

5.2 環境負荷削減効果

(1) 集中型

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-9に示すように、従来型が約64万5千tC/年(炭素換算トン)、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

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/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。また、ここでも冷熱生産を対象とせず、温熱と電力生産だけについて二酸化炭素排出量を見ると、集中型は従来型の20%強の二酸化炭素排出量削減効果が

得られることから、環境負荷削減の観点からも集中型における冷熱生産システムの検討が必要であると考えられる。

(2) 分散型

分散型の二酸化炭素排出量は、図-10に示すように、分散型に対応した同規模の従来型に比べ、約4万6千tC/年の削減量となっており、約20%の削減率となっている。この値は、集中型の削減率よりも大きく、環境負荷の大きい石炭を燃料とする集中型よりも負荷の少ない天然ガスを使用しているためと考えられる。

6. 概算事業費と熱供給コスト

本システムを導入した場合の概算事業費及び熱供給コストについて、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。

6.1 概算事業費

現行の国内基準、法制度適用によるイニシャルコストの第1次試算では、表5に示すようにパイプライン

表5 概算事業費内訳

主要施設	第1次試算		第2次試算	
	建設費(億円)	構成比(%)	建設費(億円)	構成比(%)
幹線配管	1,053.0	27.5	544.9	23.8
地域配管	2,218.8	55.6	1,224.4	53.5
計	3,181.8	83.1	1,769.3	77.3
熱交換施設	606.5	15.8	485.2	21.2
サブステーション	43.4	1.1	34.7	1.5
計	649.9	16.9	519.9	22.7
合計	3,831.7	100.0	2,289.2	100.0

に要する経費が全体の約80%近くを占めていることが明らかとなった。

このため、管材費及び敷設コスト削減のほか、サブステーションの簡素化、建設資金の借入金利に公的助成制度を導入(4.5%を3.5%とした)するなどのコスト削減策を講じた。

特に、パイプライン敷設コストは、埋設位置、埋設深度、配管材料及び施工方法に大きく左右されるため、コスト構成要因の分析を行い、検討した結果、地域熱供給の先進地である北欧で一般的に使用されている「プレ断熱加工管」を利用し、道路の埋設深さを浅くすることにより、図-11に示すように管材費及び敷設コストの削減を図った。

その結果、イニシャルコストの第2次試算は、表5に示すように第1次試算に比べ、約4割減の2,289億円と試算された。

6.2 熱供給価格

本システムを導入した場合、イニシャルコストの第2次試算を基にした事業化検討から、平均熱販売価格は13円30銭/Mcalという結果が得られた。この試算価格は、現行の札幌都市部における熱供給事業者の平均熱販売価格13円81銭/Mcalを若干下回る価格となっている。

今回、検討の対象としたシステムは、これまでの暖房システムを大幅に変更するもので、しかも、都市の様々な熱需要に対して多面的に対応できる大規模なシステムであるにもかかわらず、現行の地域熱供給価格を下回る試算結果が得られたことは、このシステムが、事業面からも十分成立の可能性があるものと考えられる。

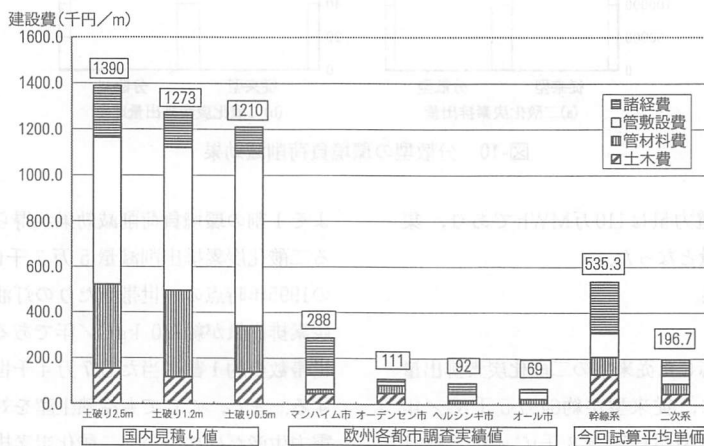


図-11 熱供給管工事費比較

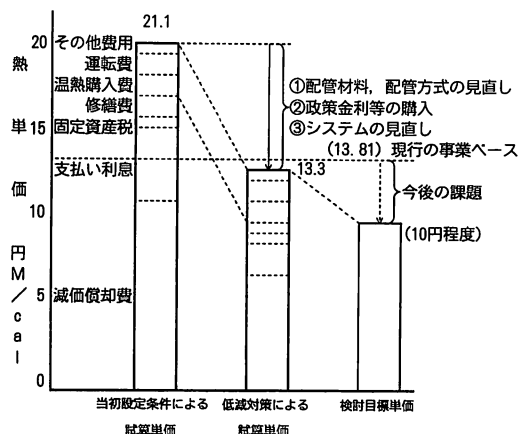


図-12 熱供給価格試算結果の比較

現行の地域熱供給事業は石油等の暖房手段に比べて割高感があり、これが普及拡大のネックになっている。今後、このようなシステムの普及拡大を図るためには、図-12に示すように現行の平均熱販売価格を更に3割程度下回る、10円/Mcal程度を供給目標価格とし、受け入れ易い熱エネルギー価格とする必要があり、特に事業面、技術面からの徹底した調査・研究が必要であると考えられる。

7. 終わりに

本構想は、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、今回の試算結果によると、いくつかの仮定が入っているが、本構想は事業面で現行の地域熱供給事業に対抗できる価格競争力を持ち、かつ、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、具体化していくためには、

- ①広域熱供給システムを積雪寒冷都市において不可欠な社会基盤として、エネルギー政策、都市整備政策の中に位置付けるための提言
- ②公共事業と連携した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の低減策の究明
- ③市民の理解と協力のもと、産・学・官が連携した専門的、技術的な調査および実施体制の確立
- ④熱供給導管の施工、管材などを含めた、更なるコストの削減方策の検討
- ⑤冷熱生産方式等システムの質的評価を含めた詳細検討
- ⑥省エネルギー、環境負荷削減効果の詳細な検証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、引き続き検討を進めていく考えである。

他団体ニュース

科学技術者100万人集会

第8回「基礎研究の振興と科学技術者」シンポジウム

—経済構造改革と国際的エンジニア育成 (Part II)—

〔日 時〕平成10年12月10日(木) 10:00~17:00

〔会 場〕健保会館「はあといん乃木坂」地下フルール (港区南青山1-24-4, Tel03-3403-0531)

〔参加費〕3,000円 (懇親会費7,000円)

〔内 容〕第一部 国際的エンジニア教育への改革

第二部 グローバリゼーションと産業革新政策

第三部 産業構造変革への学協会への対応 (特別講演2件, 講演7件)

〔問合せ先〕〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 (株)日本工学会「12月シンポジウム」係宛

Tel 03-3475-4621, Fax 03-3403-1738