HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	地域暖房の計画試案
Author(s)	射場本, 勘市郎; 花岡, 裕
Citation	衛生工学, 12, 25-35
Issue Date	1966-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/36179
Type	departmental bulletin paper
File Information	12_25-36.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

地域暖房の計画試案

射場本　勘市郎＊
花　岡　　裕＊＊

A Tentative Plan of District Heating System

Kanichro IBAMOTO
Yutaka HANAOKA

ABSTRACT

In the previous paper, Authors had offered a scale on model region for district heating system.

In order to set up optimum piping pattern, this paper was analyzed the present situation of heat loads and estimated the prospect of them about 12 km^2 area in the center of the Sapporo city.

Furthermore, it was taken into account the possibility of the counter plan for a snow melting on a sidewalk that made use of the heat loss from a pipe.

For that reason, the cost of equipments per unit load amounted roughly to 20 yen/(kcal/h). Although it was at a high price in comparison with preceding report, cosidering its running expenses, yet it was not so expensive as usual heating one.

1 諸　言

前報「地域暖冷房のモデル計画」[1]において，かなり理想的な段階であるが，札幌市の都心部1Km^2に地域暖冷房を施こした場合の経済性を論じ，一応の結論を得た。

すなわち，建築面積2,500m^2程度の10階建ビルが中央地区に200棟建ち，延べ床面積あたりの暖房負荷を100kcal/hm^2と仮定すれば，地域全体で4億kcal/hの需要熱負荷となる。送熱媒体として熱水を採用し，それをもとに全体の設備費を試算した結果，中央ボイラプラント費40億円，配管費10億円，建屋，熱交換器など10億円になり，その合計は60億円にもなつた。

＊　産業環境工学講座　教授
＊＊大学院博士課程学生

また，一般に規模が大きくなれば，配管の占める割合が小さくなり，配管のパターンの影響はほとんど無視され得るものであつた。

経常費に関しては，熱量単価にして10^3 kcal/hあたり1.2円程度であり，さらに冷房を考慮すると1.0円位となり，従来からの各ビル暖房の費用に較べ，熱量単価が約半分になつて十分に実施し得ることが判つた。

しかしながら，この段階ではあくまで理想化したモデル地域に対する考察であり，その意図も地域暖房を施こす場合の標準的尺度，すなわち原則的な手法を与えるということであつた。

つぎの段階として，より具体的な計画にするため，札幌市の中央地区を対象に熱負荷の現状分析を試みるとともに都市計画的観点から将来の熱負荷についても予測を行ない，それをもとに配管パターンを設定し，その経済性を検討した。さらに前報では触れなかつた問題の一つとして配管からの放熱を利用した歩道および側溝の融雪を考慮した。地域暖房が公共事業体で実施されれば，媒煙防止もさることながら，市民へのサービスとしての街路融雪を地域暖房と並行させれば，その行政効果は大きいであろう。また，地域暖房の普及している先進国には類のない多雪地帯でこのような試みはきわめて独創的であると思われる。

なお，市当局の地域暖房に関する調査研究はもつぱら，公害対策審議会の一環として進められており，筆者もその専門委員の一人であるが，この論文の内容はあくまで私見であることを附記しておく。

2 需要熱負荷の推定

2—1 現状の熱負荷の分析

地域暖房計画の第一段階として，その対象としている地域の需要熱負荷を知る必要がある。算定方法として，現状のビルに設けられているボイラの定格出力を加算していく方法，あるいは建築の全延べ床面積と延べ床面積あたりの熱負荷を仮定して全熱需要を算出する方法などがあげられる。

前者の場合には，暖房用小型ボイラの定格出力を設計する際に，予熱負荷を相当大きく見込むため，それをさほど必要としない地域暖房方式では一般に過大に評価してしまうおそれがある。また，後者の場合には，延べ床面積あたりの熱負荷を一律に決めてしまうので，個々の建物についてみれば，多少の誤差を生ずる。しかし，全体的には平均化され，定常負荷を求める計算が容易にできると云う利点があるので，ここでは後者の方法を採用することにし，前報と同様100 kcal/hm^2を用いた。

南北に薄野から札幌駅，東西に創成川から西7丁目に至る約1.2 Km^2 の中央地区に対し，昭和40年12月現在までに建設された耐火建造物（いわゆる4階建以上のビルと称せられる建物）について，上記の方法によつて需要熱負荷を求めた。その結果、地域全体の熱消費量は約1億kcal/hとなり，面積的にほぼ等しい前報モデル地域に対し1/4の需要密度になる。

また，熱量分布を各街区のブロックごとにまとめると図1のようになる。

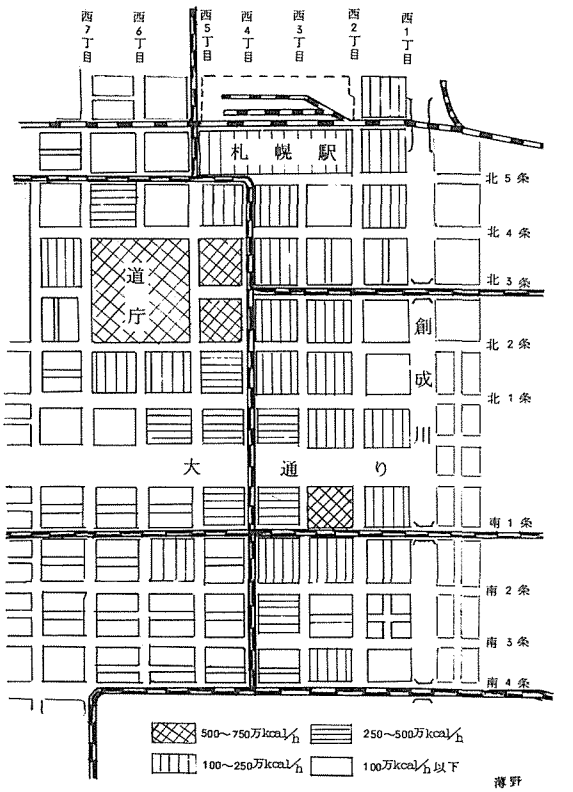
いま，全地域を仮に大通りで南北に2分したとすれば，全熱消費量の7割が北側に偏している。また，200万kcal/h以上の熱負荷を有するブロック数は全体の1/3を占め，その大半が駅前通り両側ブロックに集中している。特に西側が著しく，現在までのビル化からみてうなずける。

2—2　将来の熱負荷の推定

将来の熱消費量についての考察はまた重要な問題である。前節にも触れたように，熱負荷は建築延べ床面積に比例すると考えたので，こゝでは熱消費量分布を延べ床面積に対する敷地面積の比，すなわち容積率を想定することにより算定した。

市の都市計画課の資料によれば，将来（１０～２０年後）の都心部における市街地の形態として，防火地区の拡大および交通発生率の度合により容積地区を規定し，駅前通りの両ブロックは第９種，その他の区域が第８種容積地区に指定されるとしている。しかし，容積地区指定はあくまで個々の建物に対する容積率の制限であり，定性的にしか把えることができない。そこで，この資料を参考に上記の地区に対しては各ブロック単位の容積率（以下，街区容積率と仮称し，延べ床面積に対するブロックの面積の比を表わす）を想定した。すなわち，駅前通りの両ブロックおよび大通りをはさむ両ブロックについては街区容積率９００％，その他は８００％とした。ただし，官公庁および公共施設は一般に建ペイ率が民間のビルよりも小さい傾向にあるので，官公庁ビルが混在するブロックについては第９種容積地区内を６００％，また第８種内を５００％に押えた。これをもとにして，将来の需要負荷に換算した結果を図２に示してある。

図—１　現状熱負荷分布



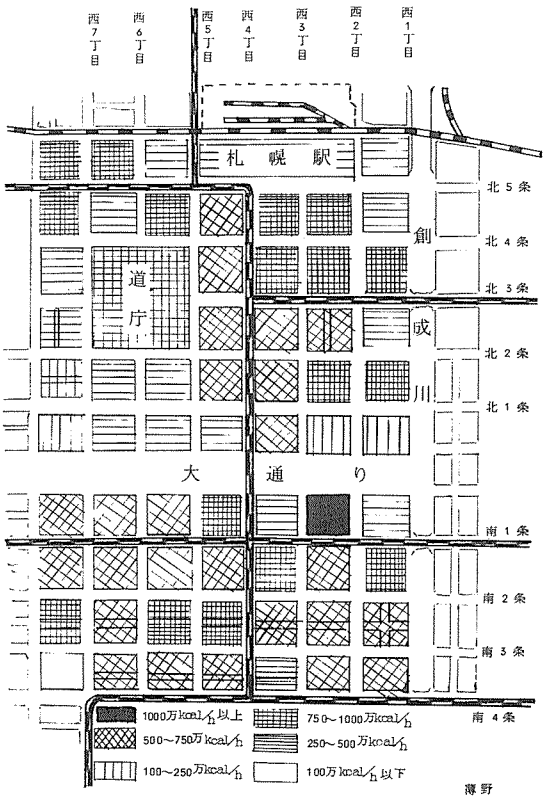
こゝで，現在官公庁および公共施設のブロック数は増えず，また，それぞれ札幌駅，道庁，および西創成小学校のあるブロックは現状のまゝの負荷であるとした。

このときの全地域熱消費は約４億kcal/hでほゞ前報のセデル計画と同じ規模になる。また，その熱量分布は現在と逆の形態を有し奇異に感ずるが，今のところ全くビルのないブロックがすべてビルに代るという想定から来ているので，当然であると思われる。

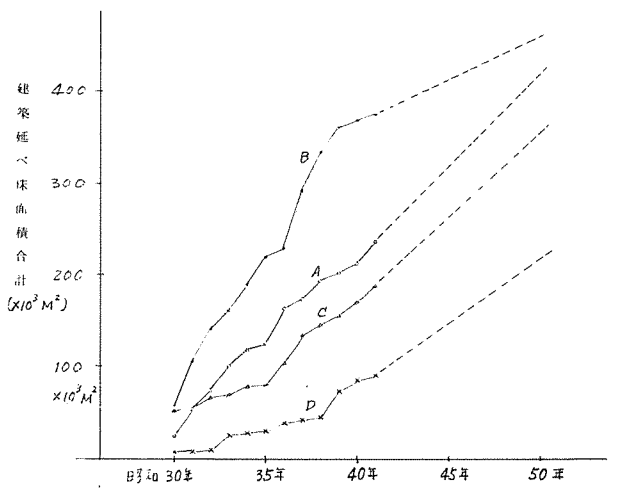
2—3　過渡期の需要熱負荷の推定

前節はいわば最終的形態としての熱消費量であり，実際に計画を立てる場合にこの値がただちに用

図－２　最終的形態としての需要熱負荷



図－３　ビル延床面積の経年変化



いられるとは思われない。むしろ第１段階として，ごく近い将来の熱消費量が必要である。

いま，都心部を東西に駅前通り，南北に大通り公園を境として，４つの区域に分割し，仮に，北東方面の区域をＡ，北西をＢ，南東をＣ，南西をＤ区域とするならば，それらの区域にはそれぞれ異つた特徴のあることが判る。昭和３０年より現在（昭和４０年）に至る１０年間のビル化の度合を，区域別に建築延べ床面積の増加としてみると，図－３のようなグラフになる。

Ｂ区域は道庁を中心に官公庁ビルが集中し，さらに民間の業務施設が密集した管理センター的性格を有し，昭和３０年頃よりビルの高層化が始つており，その伸び率は大きく2～3万m^3／年であるが，最近になつてやゝ鈍化の傾向をみせている。業務および店舗的色彩の濃いＡ，Ｃ区域がかなりの伸び率を示しているので，Ｂ区域の場合は，不況の影響による鈍化ではなく，すでに区域としてのビル充足度合が飽和に近いとの感じを与える。

これに対し，Ｄ区域は以上の区域からみると立遅れの感があり，３８年頃まではほとんど目立つた傾向がみられない。しかし，３９年あたりから徐々にこの区域にもビルが建ち始め，近い将来にはＡおよびＣ区域に匹敵する伸び率を示すものと思われる。

上に述べたような区域としての特徴および伸び率の傾向が今後とも１０

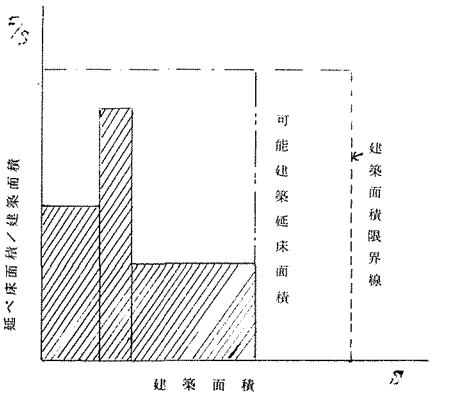
年位は続くものとし，昭和４５年および５０年の総熱消費量を推定し表１に示す。

この推定によれば，昭和５０年度の需要熱負荷は約1.5億kcal/hで現在の２倍，また最終的熱負荷に対しては約1/3に相当する。

表－１　熱消費量の推定

区域名	ブロック数	伸び率(年)	昭和40年現在	昭和45年度	昭和50年度
			億kcal/h	億kcal/h	億kcal/h
A	18	0.1	0.20	0.32	0.42
B	21	0.04	0.37	0.46	0.52
C	12	0.12	0.13	0.26	0.36
D	16	0.14	0.08	0.15	0.22
合計	67	平均0.12	0.80	1.19	1.52

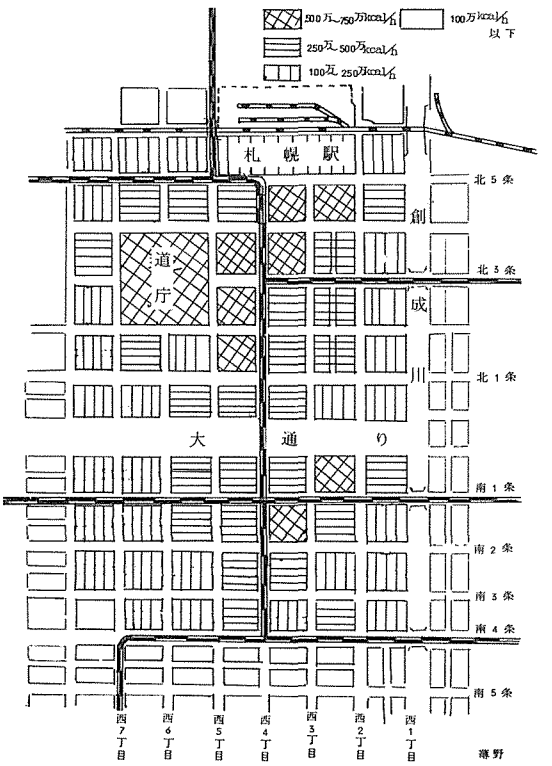
図－４　現状の建築規模と将来の建築規模の予測図



つぎに，配管計画を考えて，１０年位先の熱量分布について検討しておく必要がある。各ブロックにつき，既設のビルを対象にして，建築面積（Ｓ）を横軸に延べ床面積（Ｆ）とＳとの比を縦軸にとり、グラフを作成すると，たとえば図－４のようになる。図において，縦の破線は建ペイ率をブロックの性格によつて想定したときの最大限に可能な建築面積を表わし，横の鎖線は先に述べた街区容積率によつて定まる可能な容積率を示す。官公庁や公共施設のあるブロックでは建ペイ率を0.5に，民間業務施設および店舗のあるブロックでは0.8と仮定した。

縦軸のF/Sは容積率の概念に通じ，ほぼその建物の階数を表現している。このグラフの特徴は棒グラフの面積が延べ床面積を表わし，熱量への読換えがきわめて容易であり，かつ、余白部分が今後に建築されるであろうビルの規模を表わす。したがつてビルの建築面積および容積率を指定さえすれば負荷が求まる。この図を用いて，近い将来に着目し，ブロック内でどれほどのビルが建設されるかを，区域的性格，ブロックの区域に占める位置，地価の問題および土地の所有管理などを総合的に判断した結果、図－５に示すような分布図になつた。

図－５　過渡的需要熱負荷分布



３　配管系統計画

３－１　配管のパターン

配管は原則として前報のモデル計画と同様に考え，熱水方式とし，等摩擦法によつた。各ビルへの

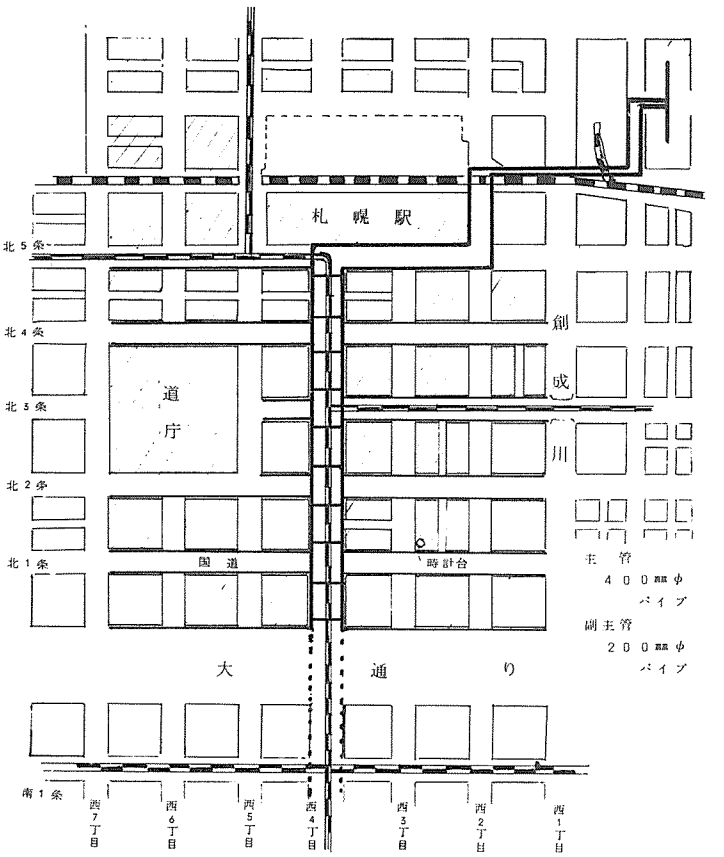
熱水供給は分岐管により直接に分配される。ビルに設けられた熱交換器により用をなした熱水は還水管の枝管から主管を通り，中央プラントのボイラに還元される。熱水の温度条件などは前報に準拠した。

配管のパターンについては，緒言で触れたように，配管の放熱を融雪に利用することも同時に考慮したので，主管は人通りの多い駅前通りを中心として南北に北５条から南５条まで敷設し，副主管を１００mの街区ごとに東西に分岐させた。なお，配管はすべて歩道に埋め，また，中央プラントの位置は鉄道の北側の元帝国製麻工場跡に建設されるものとした。

前記のように暖房対象の地域面積は全体で約 1.2Km^2 ，需要熱負荷は現段階で約１億kcal/h，最終段階では約４億kcal/h にも達しほぼモデル地域と同じ規模になる。これを一度に施工するには多額の資金を要し，経済的にも大きな問題になり，かつ現状において，駅前通りに負荷が集中していることも考えると,工事を何期かに分け，他の区域との発展テンポに合せて施工するのが順当であろう。

このような観点から，第１段階として，プラントに近い駅から大通まで，駅前通りに沿つて実施するのが妥当であると思われる。しかしながら，配管系を設計する際には第２期以後の計画も考慮せねばならないことは当然である。

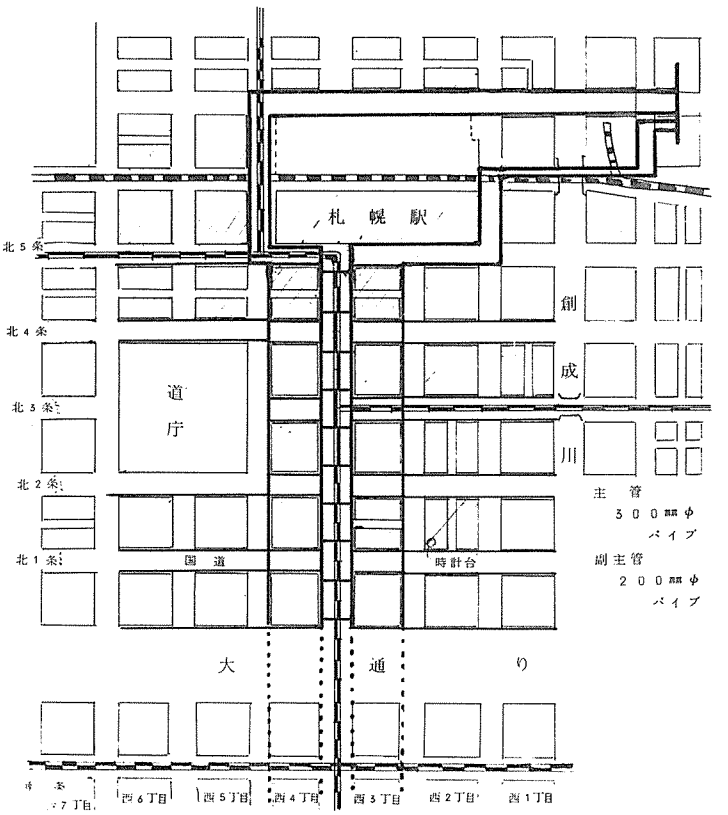
図－６　配管系統図（第１案）



いま，駅前通りをはさむ東西両ブロックを考え，北５条から南５条までの需要熱負荷を総計すると，最終的熱負荷推定からいずれも５０００万kcal/h（１０ブロック数）未満である。前報と同様，この熱負荷に対する所要熱水量を算出し，道路の片側に敷設される主管の径を求めると，４００mmとなる。第１期工事を大通りまでに限定すれば，それ以南の負荷がなくなり余裕のある配管となる。その分として片側の主管から副主管を西１丁目まで延し，また他方の主管についても副主管を西６丁目まで拡張することにより，さらに多くのブロックへの供給が可能となる。いずれも熱負荷は小さいので，大通以北については十分にまかなうことができ，また副主管の径は２００mmに納まる。この配管パターンを図示すると図－６（第１案）のようになる。

前報で各種配管網を計算した結果では，供給面積と密度が同じ場合に，主管はなるべく細くし，本数を多くする方が配管費は安くなると述べた。そこで，上記の駅前通りを貫通する主管の許容負荷を，通りに面した側だけ，つまりブロックの半分だけを受け持つように考えて，同様の計算を行なえば主管の径が３００㎜になる。他の残つた半分については反対側の道路の歩道に３００㎜の主管を敷設してやればよいことになる。第１案と同様に，それぞれ主管を大通りまで敷設し、副主管を東西に区域一杯に拡張させるが、第１期工事の段階では駅前通りの主管は東西に１つづつのブロックを受け持たせ，反対側の主管は他のブロックを負担させる。この場合にも３００㎜の主管は十分その負荷に耐え，かつ，副主管は２００㎜で済む。この方式を第２案とし図－７に示す。

図－７　配管系統図（第２案）



第１，第２案とも第１期工事では対象とする負荷が現状ではきわめて少ないので西７丁目および北５条のブロックは除外する。また第２期工事については，図の点線の如く，駅前通りの主管を大通りから薄野あたりまで伸ばし，この通りに面していないブロックに対しては新たに時計台前の通りおよび道庁前に同規模の主管を敷設し，順次拡大していくような方法をとる。なお，還管は供給管と同じ経路をたどるので図には割愛し，供給管のみを示した。

これらのうち，どちらが有利であるかは経済性の問題，供給されるビル数，融雪面積などの問題を吟味せねばならない。

経済性については次章で詳しく述べるが，比較のために簡単に触れておくと，副主管はどちらも同規模であるので，もつぱら主管の供給管のみを比較すると，第１案では工事を含めて約１億円を要し，これに対し，第２案は１.１億円で結局第２案の方が１割ほど高くなる。しかし，供給を受けるビル数は第２案の方が多く，駅前通りのブロックに対してはすべてのビルに供給でき，融雪の対象面積についても同様のことが云える。

したがつて、以上のことから判断して、第2案の場合についてのみ考察する。

3—2 融雪対策

この節ではいままでに断片的に述べてきた融雪問題について概説する。

その基本的態度は，おくまで歩道の融雪を主体としており，地域暖房配管からの放熱を利用するものである。したがつて，冬期間は融雪に必要な熱量だけを放熱させ，夏になるべく放熱を少なくするように設計せねばならない。しかも供給管は保温し，温度降下を最小限に喰い止めねばならないので，融雪にもつぱら還管からの放熱量をあてることにした。

融雪に関しての実験資料によると，札幌では所要熱量は単位道路面積あたりおよそ200kcal/hm^2であるといわれている。

配管の放熱特性に関与する要素として，同一の温度条件を考えるならば，配管の径および材料，さらには埋設方式があげられる。管の埋設に関しては，直接埋設あるいはピットを埋設し，その中に配管する方法などがある。しかし，直接埋設はピット方式に比べ，著しく熱抵抗が大きく，短期間で融雪する場合にはあまり速効がのぞめない。

配管径の決定に対しては熱的および流体的な抵抗の他に経済性の問題などがからみ複雑であるが，これらの条件を考慮して最適と思われる配管形式をつぎのように決めた。

すなわち，主管については供給管を40㎜の岩綿保温材で保温し，還管は径200㎜の裸管を2本敷設することにした。供給管と還管の1本は巾1mコンクリート製共用ピットに納め，他の1本は歩道とは別に山積された車道の雪を長時間かけて融かすことを考え，車道側のL形側溝に直設埋設することにした。副主管については巾1mの共用ピットに径200㎜の供給管と径150㎜の還管を納め，他の1本の還管は主管と同様に，L形側溝の下に直接埋設する。このようにすれば冬期には融雪に必要な熱量が適当に配分され融雪面積も増す。また，夏は還管を1本にし，直接埋設管には熱水を流さないようにする。なお，還管同志は要所でつなぎ，弁を設けておく。しかしながら，全系統に3本づつ配管を施こすのは経済的にも高価になるので，駅前通りのブロック以外は直接埋設の還管は省くことにした。

この場合の配管熱損失割合は冬期間の全熱負荷に対して，10%を超えない。また，夏は外気温が高いので，配管からの放熱量が少なくなり，有利になると思われるが，反面には需要熱負荷は供給面積も限定され，冬期の半分以下に需要が減り，結局その割合は若干多く，約10～15%程度になる。

なお，ピット内の温度は年間を通して30～50℃位であり，問題になるほど高温にはならない。また，放熱することにより，管内の流体温度降下は配管長さ100mあたり約2℃程度である。

この形式にしたがつて，ピットおよび直接埋設された配管の状況を概略的に示すと図—8のようになる。歩道の融雪される巾は1mほどであり，効果は大きいと思われる。

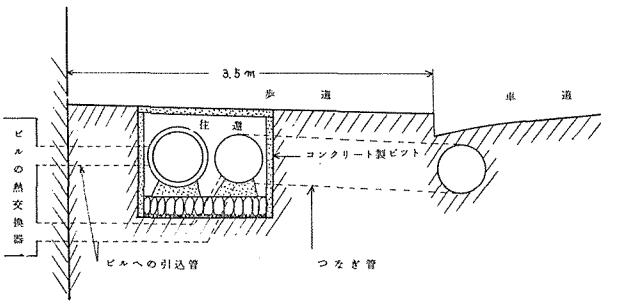
ピット方式の融雪に関する技術的な問題として，コンクリート製ピットあるいは直接埋設の配管に対する強度，融雪排水の問題，さらにピット内の高温によつて生ずる湿気の対策など解決すべき問題は多いが，根本的な欠陥はない。

3—3 配管施工上の問題

実際に施工する場合には，いろいろな配管上の問題が生ずる。たとえば，流量調整用および非常用バルブの位置，あるいは管の伸縮による変形の問題，さらに交差点の問題などが考えられる。

まず故障などの非常事態が生じた場合の対策として，その個所に関連したブロックは犠牲にするにしても，他のブロックに対しては，できるだけその影響を少なくするため，主管同志を要所要所でつなぎ，主管，副主管とも分岐あるいは交差するところには弁を設けておく。また，この弁は季節的な流量調整も同時に行ない得るように玉形弁を使用するものとする。

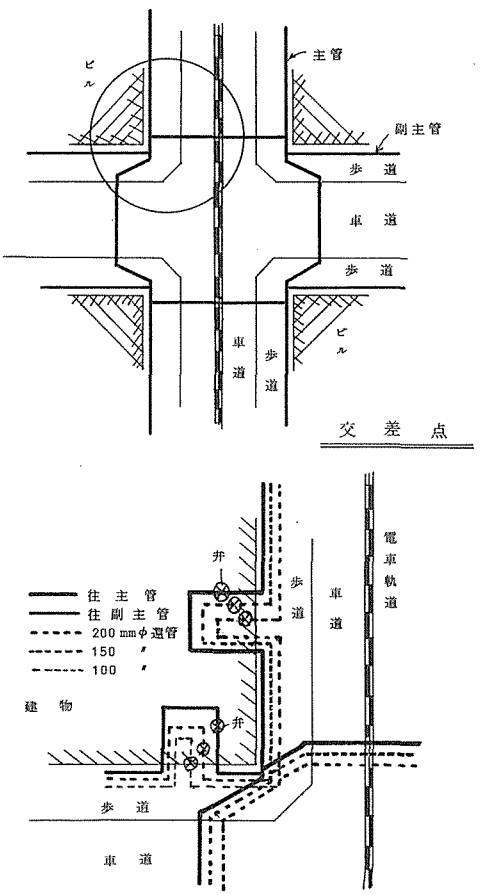
図—8 配管の埋設状況



管の伸縮に対しては，大略50m毎にループあるいは伸縮継手を必要とするが，ブロックの途中は施工上からもなるべくループを避け伸縮継手を用いる。また交差点のところでは，配管そのものをループ状に曲げ，建物の中に取込むことにより，伸縮ベンドの役目をさせ，かつ弁をベンドに挿入しておけば，操作も人通りに妨げられることなく簡単に行なうことができる。この関係を駅前通りのある交差点について略示すると図—9のようになる。上方は交差点に集まる主管と副主管を示し，下方は上の○部分の詳細を記したものである。

交差点では主管と副主管がそれぞれ3本づつ交錯しており，弁の数は1つの交差点に対して24個にもなる。また管が交錯するところでは，伸縮による変形のことも考慮し上下方向にループを設けることが必要であろう。

図—9 交差点における配管と弁の関係



4 経済性の検討

4—1 設備費

第1期工事のみを対象として考えると，全熱負荷は現状の融雪を考えた場合，5,200万kcal/hであり，前報と同様蒸気ボイラーにより熱水を作り出すとすれば，その蒸気トン数は約100T/Hとなる。

を必要とする。ユニツトとして石炭焚きで，比較的低圧（１６気圧）の５０$T/_h$ 容量のボイラ2基を使用すれば，ボイラ囲りのコストは約4.5億円，煙突を含めた建屋は0.8億円を要する。ただしボイラのコストは前報によらず，給水設備，集塵器，制御器等を考慮して，蒸気トン当り，４５０万円として算出したが，結果的には前報モデル計画の価格と同じ割合になつた。

配管費については，前報の条件と同様に算出するが，配管用のコンクリート製ピットの分を新たに考慮し，３－１で述べた第2案のパターンに対しては全長２０Km程度で，3.5億円位になる。さらに弁，継手類などを含めると配管関係の費用で4.3億円になるものと思われる。

つぎに熱交換器であるが前報によれば，２００基の2次プラントに対して4億円を見積つたので，その割合で計算すると，この計画に対しては第１期工事の分を１００棟のビル数として約2億円を要する。

なお，ビルが地域暖房方式に転換される場合には，熱交換器をボイラの代りに設置するだけで，その他の空調機器などは既設のもので足りる。

以上，設備費に関して合計すると，１１.６億円となり，前報のモデル計画の場合に単位需要熱負荷（kcal/h）あたり１５円であつたのに対し，この計画の初期の段階では２０円となり，かなり高くなる。これは主として融雪を考えて還管を１本増やしたために，設備費に対する配管の割合が増加したことによるのであるが，第2期工事を計画する段階までには，ある程度コストが低減するものと思われる。

4－2 経常費

実際の経常費の算定に際しては，熱量の需要度合を考え，稼動時間あるいは年間需要熱負荷を仮定しておかねばならない。

ボイラの予熱負荷をなるべく少なくするよう１日に２４時間運転するものとした。また，１１月から４月までの冬期を全負荷運転とし，あとの半年は熱需要が冬の４割程度に減少するものと仮定し，需要変動を年間に均らした。

このようにして年間需要熱負荷を求めると，初期の段階では3,000億kcal になり，前報と同様に燃料費，灰処理運搬費，ポンプ動力費について概算した結果2.6億円になる。

人件費についてはボイラ2基に対し，技士４名，巡回要員２名とし，三交代勤務として計１８名，さらに事務員を３名雇用すれば２１名になる。一人あたり平均年収７０万円とすれば，0.１５億円を支払らわねばならない。

したがつて，経常費全体として年間2.７５億円を見込む必要がある。

4－3 熱量単価の算出

前節の経常費は直接経費であり，実際には設備の購入に対し償却および次期更新についても考えねばならず，この算定を公共事業体が管理し，前報の返却方法を踏襲するものとして，計算すれば，年間0.９６億円となる。

したがつて，前記の経常費とも合せ，3.7億円が年間の経費として計上されることになる。

この費用をもとに，地域暖房の熱量単価を試算すると，冬期では１円／10^3 kcal，夏期は1.３円／10^3 kcal，年間に均した価格は1.２５円／10^3 kcal になり，前報モデル計画の冷房を考慮した年間の熱量単価に比べ，2割５分ほど高くなつている。しかし，現状の各ビル暖房方式では2.4

円／10^3 kcal を要しているので，その約半分で済むことになり，かつ，アパートに対する地域暖房の単価 1.5円／10^3 kcal に比してもなお安く実施できる。

この単価は1日24時間運転し，半年は全負荷であると仮定しているので，実際には多少過大に見込みすぎた感があり，またある時期がくると，保守費などもかさむことが予想されるので上記の単価はある程度高くなると思われる。

5 結　　言

以上，前報モデル計画の応用として，より具体的な地域暖房モデルを想定し，規模および経済性について論じてきた。とくに配管からの熱損失を利用して，街路の融雪を試み，そのために配管設備費が若干は高くなるが，さほど影響を与えるようなこともなく，十分に融雪並行が可能であることを示した。現実の施工にあたつては，とりあえず大通りから北側の地域が第1期工事の対象になると考えれば，設備費は全体で約12億円となる。配管関係費はおゝよそその$1/3$を占め，前報モデル計画では$1/5$の割合を示したのに比べ，かなり高くなつている。これはもちろん歩道融雪のために増加したことにもよるが，負荷密度が前報ほど高くないということに起因している。

しかし，熱量単価を算出した結果では，初期の段階を考えても10^3 kcal あたり1.25円ほどであり，従来の各ビル暖房方式の約半分で済むことから，融雪を考慮した地域暖房に対しても有利であることがわかる。

また，配管からの熱損失の全負荷に対する割合は冬期10%，夏期12%程度であり，いずれも問題にするほど大きいとはいえない。

おわりに，この論文は本講座の研究生山田剛義君の労に負うところきわめて大きく，また図面作成はすべて同君の援助によつた。こゝに深く感謝の意を表する。

なお，前報26ページ下から11行目（$Q_o - iQ_o/m$）を$Q_o - iQ_o/x$）に

また，33ページ上から4行目300 t/h を800 t/h に訂正する。

文　　献

(1) 射場本　勘市郎，花岡　裕：地域暖冷房のモデル計画，衛生工学，第11号，昭40—10，P，23