

# 東京都心の地域冷暖房負荷

Cooling-Heating Load in the Central Area of Tokyo

勝 田 高 司\*・野 田 耕 臣\*

Takashi SHODA and Koomi NODA

地域の消費エネルギーの増大とともに、その需給方式の合理化が行なわれないと広範な環境悪化を招き公害となって現われる。ここでは、丸の内・銀座などの都心の熱需要の現況とすう勢を推定し、その需要に基づいて、地域冷暖房計画の可能性を検討した。

## はじめに

この報告は東京の丸の内、銀座地域での熱需要の現況とすう勢を握し、地域冷暖房計画に際して考慮しなければならない需要者側の問題点を追究しようとしたものであって、この地域での地域冷暖房に関する研究報告の第1報となるものである。

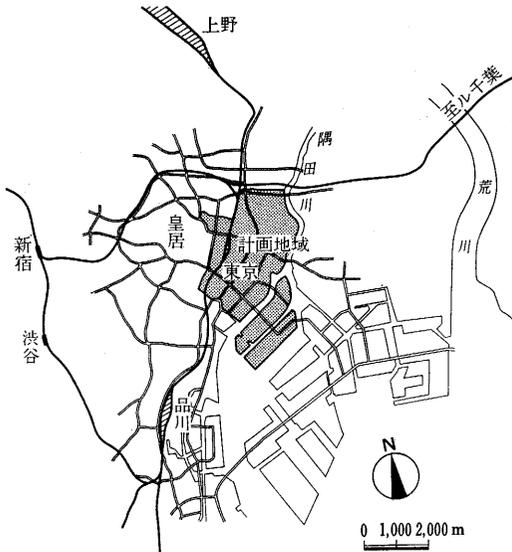


図1 計画地域

地域暖房設備は、電力やガスや水道とならんで欧米各都市では常識とされている設備であり現在数 1000 の実施例が数えられている。それは不特定多数の需要家へ熱を供給する設備であるが、わが国では実現をみないまま今日に至っている。近年になって地域暖房への関心が高まり、一部有識者の範囲をこえて一般社会人の注目を浴びようになってきた。

地域暖房を採用することで得られる利点は

- イ) 一般への便益
- ロ) 燃料の有効利用
- ハ) 災害の予防

の三つに要約できる。

地域内に居住する人々は暖房設備を設ける場合、維持

管理運転の心配が少なくなる。時間に制限されずに熱を利用できる。機械室が小さくなるために建物の有効面積が増加するなどの便益を受けることができる。

地域の熱需要をまとめて熱源設備を大型化すれば燃焼効率が上がり、燃料を有効に利用できる。さらに、火力発電所やじん介焼却プラントとの結合によって熱エネルギー利用率の大幅な改善が期待される。

冬季の石油ストーブによる火災や、ガス・ストーブでの中毒死は年々増加し、また燃料輸送保管中の危険や交通災害も軽視できないものがある。さらに都市における大気汚染源の一つが暖房用ボイラであることも明らかである。特に、この種の災害は都市の過密化と共に増大してきている。エネルギーを意のままに駆使することで成り立っている現代都市では、その組織に見合ったエネルギーのコントロールを失うと、予想外の混乱を引き起こすことになる。ニューヨーク市での停電事故は記憶に新しいところであるが、東京をはじめとする都市での公害問題も、このような都市エネルギー制御の不在といった観点から総合的に見直す必要がある。わが国でも都市の混乱に対処するため、都市再開発計画や新都市建設計画が強力に推進されようとしている。都市の形態や空間や交通のあり方に関する研究と同時に、都市エネルギーに関する研究も欠くことができない。交通施設やエネルギーの搬送設備などは都市の動脈であって、その他の都市施設に並設されねばならないことは自明である。その割には都市エネルギーの研究が少なく、その立ち遅れを取り戻す必要がある。この意味でも地域冷暖房の研究を見のがすことができない。

## 1. 地域冷暖房計画の考え方

地域暖房には前述のような有利さが期待できるが、これを成立させるにはそれなりの条件が満足されねばならない。その条件は計画地域の社会環境によっても異なるものでありさまざまである。ただ、わが国のような自由経済社会では、すべての企業と同じように、まず経済的な採算が問題になる。地域冷暖房の利点は経済的な利益のみではないが、この事業も結局は熱を供給する費用に見合う収入を、販売した熱から得ることで成り立つのであるから、熱の生産単価と販売単価とは事業の成否の鍵

\* 東京大学生産技術研究所第5部

を握っている。多額の投資を必要とするだけに、この単価を計画の段階でできる限り正確に見とおす手段が望まれる。地域冷暖房の計画はその地域での熱需要の現況とその将来の推移をとらえ、そこに内在する問題点を見いだすことから始まる。つぎに、その問題点をどう解決したいか、どのような熱の需給環境を造りたいのか目的をはっきりさせた上で、それを実現するための方式を選び出す。選定した方式の経済性が確認されると計画が決定される。建設と運転の結果は資料としてフィード・バックされ、計画時の予測とのずれを比較することによって、つぎの計画での精度を増すための選定理論を確立していくのに役立たせる。以上の計画のプロセスを図2に

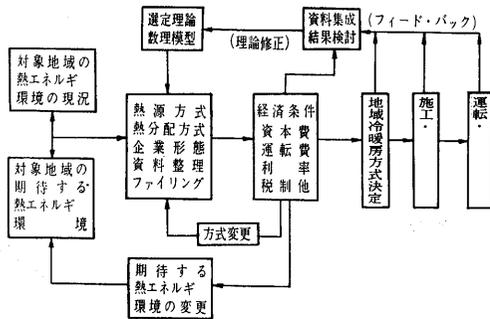


図2 地域冷暖房計画のプロセス

示してある。このプロセスを通じて蓄積される各種の資料を整理すること、選定理論を育てていくことが、地域冷暖房の発展に不可欠のものである。

地域冷暖房計画の経済性は計画の成否を左右する判定基準となるものであるが、その代表的な指標としてつぎのものが考えられる。

- イ) 最大熱負荷 (Gcal/h)
- ロ) 年間消費熱量 (Gcal/年)(負荷特性曲線)
- ハ) 熱消費密度 (Gcal/h・km<sup>2</sup>), (Gcal/配管m当たり)
- ニ) 設備の年間負荷率 (%), (相当全負荷時間 h)
- ホ) 燃料の利用効率 (%)
- ヘ) 資本の金利と諸税 (%)

このうちイ)ロ)ハ)が主として熱需要者側の条件であり、ニ)ホ)ヘ)は熱供給者側がくふうすべき条件である。

電力・ガス・石炭・重油を総括した都市の熱エネルギー需給のあり方として、地域冷暖房を取り上げるのが研究の究極の目的であるが、今回は、まずイ)ロ)ハ)の需要者側の問題を検討した。

## 2. 計画地域の熱負荷

地域の熱負荷の現況は実態調査に基づくのが望ましいが、丸の内・銀座地域に関するこの種の調査資料を得られなかったので、とりあえず、建築延面積の実体調査(昭和35年)<sup>1)</sup>と建築延面積の推定伸び率をもとにして熱負荷を推定することにした。

こうして得られた昭和35年から昭和60年までの熱負荷経年変化と、都内ビル実態調査によって報告されている日負荷変化とに基づいて、年間消費熱量とその負荷特性曲線とを算定した。この結果を他の地域暖房の計画もしくは実施結果と比較検討することにより、対象とする計画地域の熱需要の特長とその問題点を見だし、今後この計画を進める上での方向づけを得ようとした。

### (1) 建築延面積の推定

東京都首都整備局容積地区計画検討資料<sup>2)</sup>によると、昭和60年の東京都内総建築延面積は昭和35年の2.1倍に増加すると推定され、そのまま放置すれば都市の機能を混乱させることになると報告されている。この混乱を避けるために容積地区指定が施行されたのであるが、この制限に従って都内の容積地区別の建築延面積伸び率を推定したのが表1である。

この推定では昭和35年から昭和60年までの年々の伸び率は直線的に変化するものと仮定している。なお、昭和60年の伸び率は前述の資料<sup>2)</sup>にもとづくものである。

計画地域内を図3のように細分化し、昭和35年の実態調査資料と照合してそれぞれの区画内の35年における建築延面積を読み取った。こうして求められた延面積

表1 東京都の建築延面積の伸び率

容積地区別 <sup>(a)</sup>	宅地面積率 <sup>(a)</sup>	法的許容容積率 <sup>(a)</sup>	年度別建築延面積の伸び率					
			%					
			昭和35年 <sup>(b)</sup>	40年	45年	50年	55年	60年 <sup>(a)</sup>
10	0.50	1000	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00
9	0.50	900	1.00	"	"	"	"	"
8	0.55	740	1.00	1.14	1.23	1.42	1.56	1.70
7	0.55	630	1.00	"	"	"	"	"
6	0.55	550	1.00	"	"	"	"	"
5	0.55	460	1.00	"	"	"	"	"
4	0.55	330	1.00	"	"	"	"	"
3	0.65	240	1.00	1.06	1.12	1.18	1.24	1.30
2	0.65	200	1.00	"	"	"	"	"
1	0.65	100	1.00	"	"	"	"	"

(a): 文献(2) (b): 文献(1)

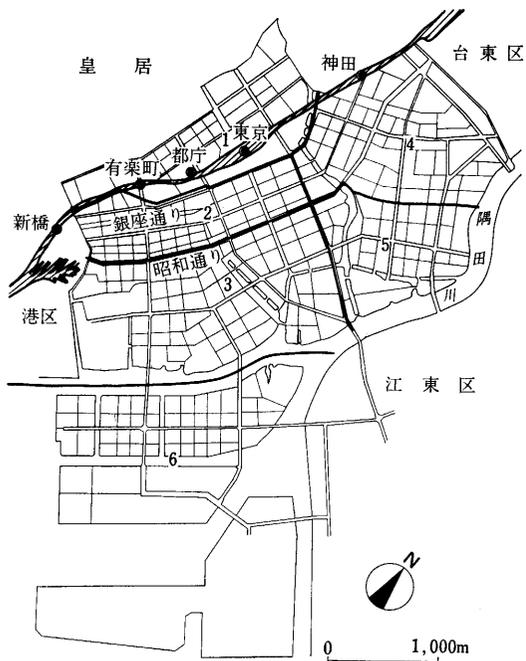


図 3 計画地域の分割および地区番号

に表 3 の伸び率を掛けて各区画毎の経年変化を求めたのであるが、この算定延面積が容積地区指定による許容限度をこえた年度以降は、その区画の建築延面積がそれ以上に増加できないものと仮定している。

このようにして得られた昭和 50 年および昭和 60 年の推定容積率を図 4 と図 5 に示してある。

この図から 1 地区と 2 地区の建築密度はかなり高いことがわかる。たとえば、この地区は昭和 50 年で計画地域総建築延面積の 40% を占めているのに、その敷地面積は全域の 21% に過ぎない。

1, 2 地区とその他の地区との伸び率を対比して示したのが表 2 であって、この表からも 1, 2 地区の建築は

表 2 地区別建築延面積の伸び率

地区別	年度					
	昭和 35年	40年	45年	50年	55年	60年
1 地区と 2 地区	1.00	1.08	1.12	1.15	1.18	1.20
1・2 地区を除いた他の地区	1.00	1.12	1.23	1.32	1.44	1.52
計画地域	1.00	1.10	1.19	1.25	1.33	1.39

すでに昭和 40 年で飽和に近いことがわかる。

熱負荷は建築の規模と同時に用途にも関連する。特にその設備の使用時間帯が異なることが予想されるので、建築延面積を用途別には掘る必要がある。

建築の用途別推移を知る適当な資料は見当たらないので、東京都首都整備局都市計画第 1 部で作製された東京都土地利用現況図<sup>3)</sup>(昭和 35 年現在)と、前述の細分化した各区画とを照合して、35 年現在で各区画を用途別に

分類し、この用途は昭和 60 年まで変更されないものと仮定した。年度毎の用途別建築延面積の割合を示したのが表 3 である。一方、熱の使い方に特長がある環境衛生

表 3 用途別建築の割合 (%)

建築用途	年度	昭和 35年	40年	45年	50年	55年	60年
	商業建築		69.0	68.0	67.0	66.3	66.0
公共建築		10.5	11.7	11.3	11.4	11.5	11.5
住宅		14.3	14.1	15.6	16.0	16.0	17.0
工業建築		2.2	2.2	2.2	2.4	2.5	2.5
都市施設		4.0	4.0	3.9	3.9	4.0	4.0

や食品衛生関係建物(食品・衛生建築と略称)の昭和 40 年における現況(表 4) 調査資料<sup>4)</sup> をもとにし、商業建築中に含まれるこれらの建物は昭和 60 年まで変化しないものと仮定した。

表 4 食品・衛生建物

業種別	建築延面積 m <sup>2</sup>	負荷算定基準 kcal/h・m <sup>2</sup>			使用時間帯
		暖房負荷	冷房負荷	給湯負荷	
ホテル、旅館	432,000	100	100	10	全日
病院	83,000	100	100	10	全日
映画館、その他の興業所	73,300		170 <sup>(a)</sup>	10	10-22時
バー、キャバレー	473,000	100	300	10	18-24
食品店	510,000	100	150	10	10-22
すしや、仕出しや	85,300	100	150	10	10-22
喫茶店	50,000	100	150	10	10-24
理容、美容所	40,000			500 <sup>(b)</sup>	8-20
公衆浴場、クリーニング	6,000	100		60,000 <sup>(c)</sup>	14-24

(a) : 客席 1 席当り冷房負荷

(b) : 給湯負荷を含めて、他の熱源を高水温として利用出来る熱負荷

(c) : 1 件当り

以上の建築延面積と用途別の変化を一括して、その経年変化を図 6 に示してある。

(2) 熱負荷の推定

計画地域の熱負荷を求めるには、個々の建築の規模、構造、用途、立地条件などを勘案して推定するべきであるが、今回は膨大な調査労力を避けて以下のような簡便な方法によることにした。

計画地域内の建築をその熱需要の特長に注目して、つぎの三つに分類する。

- イ) 食品・衛生建築 : 飲食店, ホテル, 病院, 理容, クリーニング, 浴場, 映画館など
- ロ) 事務所建築 : 食品衛生建物を除く商業建物, 公共建物, 都市施設
- ハ) 住宅と工業建物

事務所建築の暖房負荷は放熱器による場合 70~90 kcal/m<sup>2</sup>, 空調の場合はその 15~30% 増しとして、80~

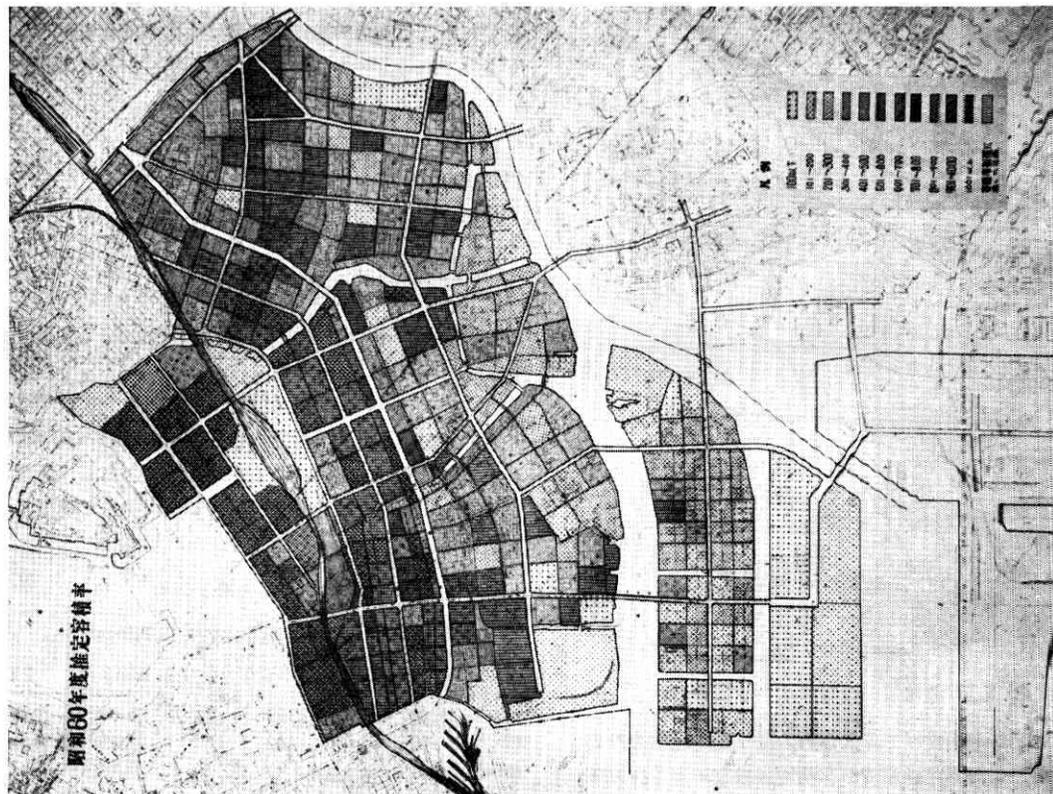


图5 昭和60年度推定容積率

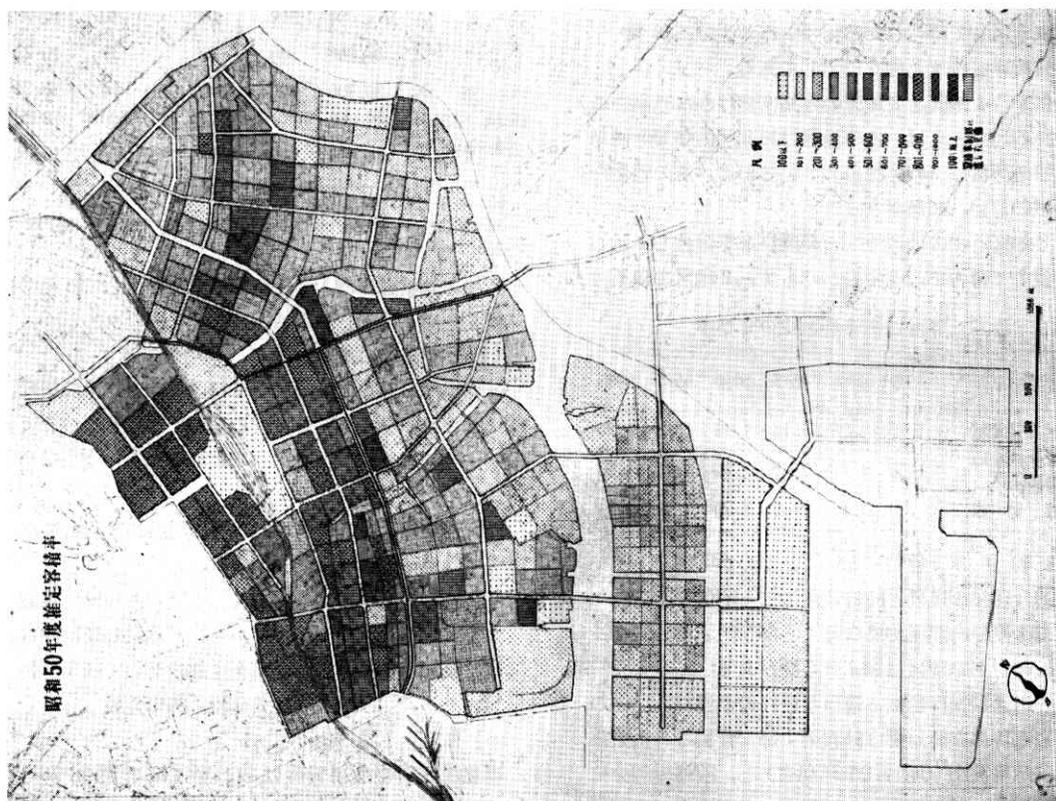


图4 昭和50年度推定容積率

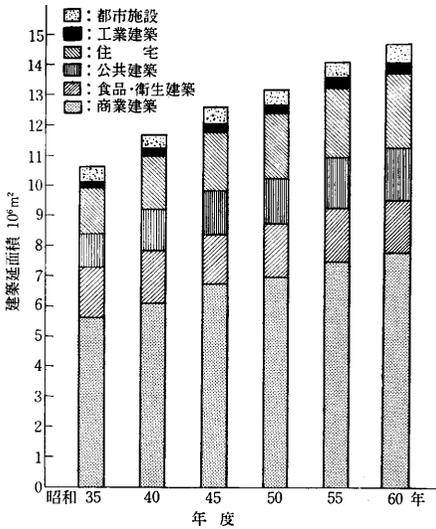


図 6 建築延面積の経年変化

120 kcal/m<sup>2</sup> が定常負荷とされ、たき始めの予熱負荷を 50% 加えて 120~180 kcal/m<sup>2</sup> の設備が普通とされている。今後はビルの大型化が進むに従って暖房負荷が減少することは必然であるが<sup>5)</sup>、ここでは最大負荷をこの平均である 160 kcal/m<sup>2</sup> とした。また、建築延面積に対する空調面積率の平均は 64.8% である<sup>6)</sup> から、建築延面積当たりの最大暖房負荷を 100 kcal/m<sup>2</sup> と決定した。

事務所の冷房負荷についても、これらの文献<sup>5)</sup> によれば従来考慮されなかった予冷負荷が室内熱取得合計の 30% も認められると報告されている。一方、延面積当たり、冷凍機設備容量の平均は 0.0325 RT/h・m<sup>2</sup><sup>6)</sup> (約 100 kcal/h・m<sup>2</sup>) であって、一般にいわれるのを裏付けている。以上を考慮して、建築延面積当たりの最大冷房負荷も 100 kcal/h・m<sup>2</sup> とし、冷房設備を設ける事務所は全建築延面積の 80% であると考へた。

給湯・厨房用負荷は資料<sup>5)</sup> でもビルによっていろいろであって、5~13 kcal/h・m<sup>2</sup> と幅がある。このほかガスによる給湯分もあってその実態はつかみにくい。ここでは給湯の伸びも考慮して建築延面積当たりの給湯負荷を 10 kcal/h・m<sup>2</sup> としている。

住宅でも今後は冷暖房が普及すると期待されるが、第 1 段階として中央暖房と給湯設備が実現すると想定した。暖房負荷は事務所建築より増加すると考えられるが、直接暖房も含むであろうし、各室の同時使用率も下がると思われるので事務所と同様 100 kcal/h・m<sup>2</sup> とした。

給湯負荷も 10 kcal/h・m<sup>2</sup> と考へたが、風呂や炊事への利用が普及すればもっと将来は増加するであろう。住宅の冷房はここでは予備需要と考へて無視した。

食品・衛生建築についてはそれぞれの業種内容によって、その単位当たり負荷も使用時間帯も異なるので非常に複雑になる。ここではこれらの業種についての資

料<sup>7)8)9)</sup>を参考にして表 4 のように負荷を想定した。

以上で、計画地域内の熱負荷が全部決定されたのであるが、計画の都合上ここにいう冷房負荷は各建物に設置される吸収式冷凍機に必要な熱量に換算して表わすのが便利である。100 kcal/h・m<sup>2</sup> を冷房するのに必要な冷凍機への供給熱量はその 1.6 倍<sup>10)</sup>を必要とするので、冷房負荷は建築延面積当たり 160 kcal/h・m<sup>2</sup> として計算を進める。

このようにして求めた熱負荷の経年変化を図 7 に示してある。

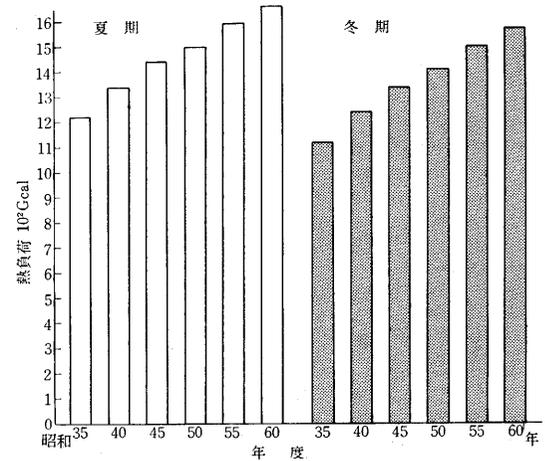


図 7 建築熱負荷の経年変化

### (3) 年間消費熱量 (負荷特性曲線)

熱源プラントと配管を計画する上で、熱負荷の年間を通じての変動特性を知らねばならない。計画地域内の事務所建築の使用時間は毎週日曜日を除く 6 日間、8時から 18 時までの 10 時間とし、住宅は毎日 24 時間と考へた。また、食品・衛生建築については表 4 に示したような使用時間帯を定めた。

そして、冷房および暖房の限界温度をそれぞれ 21°C および 12°C と仮定<sup>11)</sup>し、8~18 時の平均気温が、その限界温度に達する月は冷暖房を行なうものと決めた。

i) 建築単位延面積当たりの月別日負荷変化 最大冷房負荷 100 kcal/h・m<sup>2</sup> は資料<sup>12)</sup>より、時刻別最高気温を生ずる 8 月の 14 時に生ずるものとし、その平均気温 29.3°C を 32°C に置き替え、その他の時刻の気温はこの差分だけ補正した上で負荷を算定した。冷房負荷の内容は資料<sup>5)</sup> による実態調査を参考にして、新鮮空気およびすきま風による負荷 45%、壁体からの貫流熱による負荷 35%、人体や照明による内部負荷 20% と想定した。新鮮空気、すきま風による負荷のうち、絶対湿度は一日中不変であるとした。こうして求めた値に給湯負荷 10 kcal/h・m<sup>2</sup> を加えると 8 月の日負荷変化が得られ、6, 7, 9 の各月の負荷は外気温度の日変動の振幅が 8 月とほぼ等しいので、各月毎の 8~18 時の平均気温と 8 月のそれ

とに比例するものとした。図8にこの算定結果を図示してある。なお、こうして得た月別日負荷変化は以降の計算を簡単にするために、図中に示すように階段状に変化をするものとして取り扱うことにした。

最大暖房負荷  $100 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2$  は1月の7時に生ずるものとし、その時の平均気温  $0.6^\circ\text{C}$  を  $-2^\circ\text{C}$  に置き換え、他の時刻の気温もこの差分だけ補正して算定した。この場合の時刻変化も資料<sup>5)10)</sup>を参照して決めた。図9にそ

の結果を示した。冷房負荷と同様に、計算に使う日負荷変動は図中の階段状変化に置変えた。2, 3, 12の各月も同図に示してある。食品衛生建物は種別に応じてそれぞれ算定したが説明は省略する。

中間期の冷房暖房熱需要はビルの巨大化にともなって増加する傾向にあるが、その負荷を推定できる資料が得られなかったのでこれを無視した。したがって、4, 5, 10, 11月の負荷は給湯負荷分と食品衛生建築分のみを考

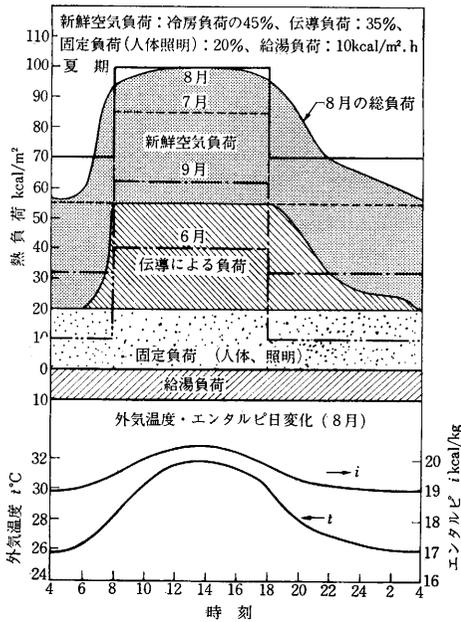


図8 建築延面積  $1 \text{ m}^2$  当たりの月別日負荷変化

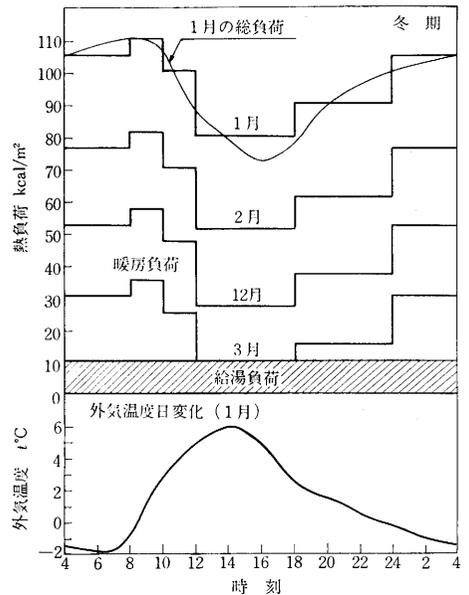


図9 建築延面積  $1 \text{ m}^2$  当たりの月別日負荷変化

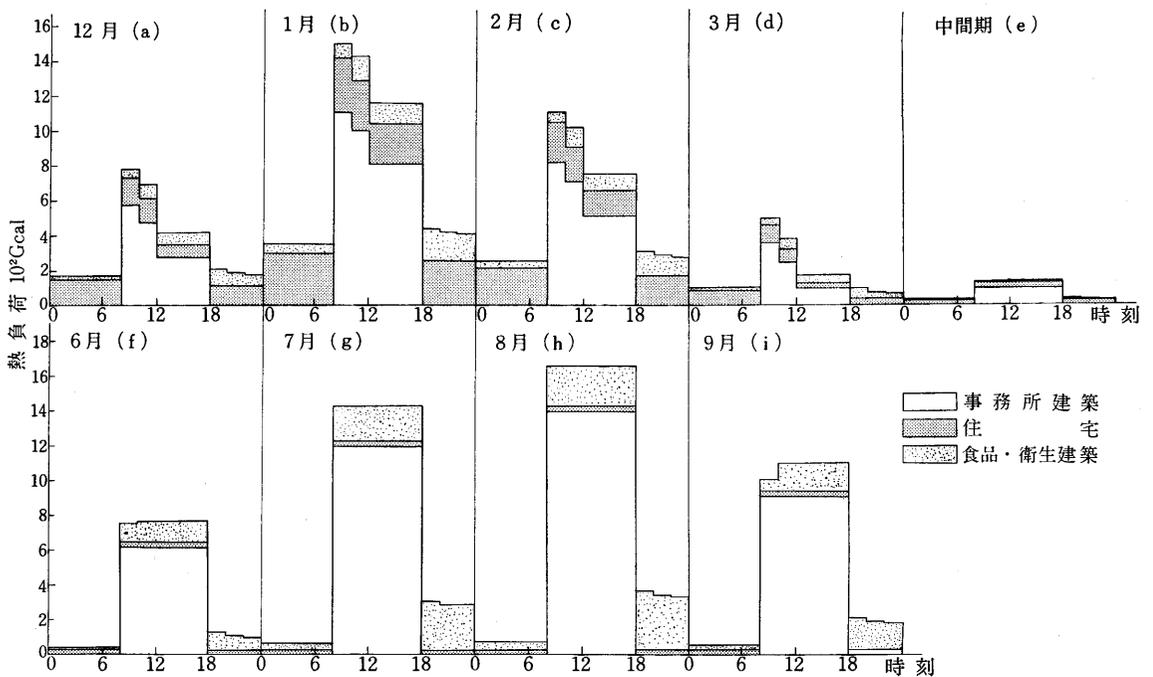


図10 計画地域の月別日負荷変化

慮した。

ii) 計画地域の月別日負荷変化 図6で示した昭和60年の推定建築延面積と前項の単位面積当たりの月別日負荷変化とを組み合わせると、計画地域全体の月別(平均)日負荷変化が得られる。こうして得られた結果を図10(a)

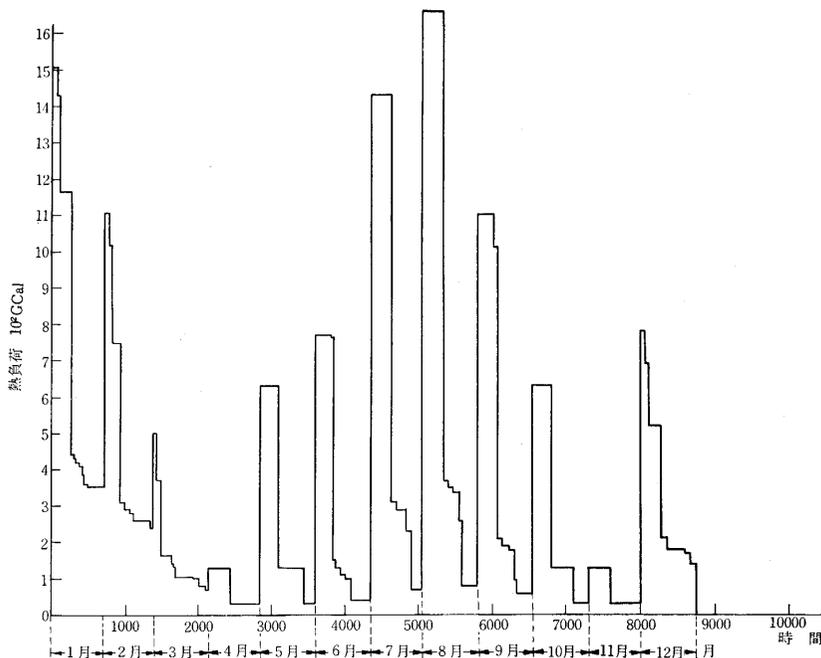


図 11 計画地域の熱負荷 昭和60年度

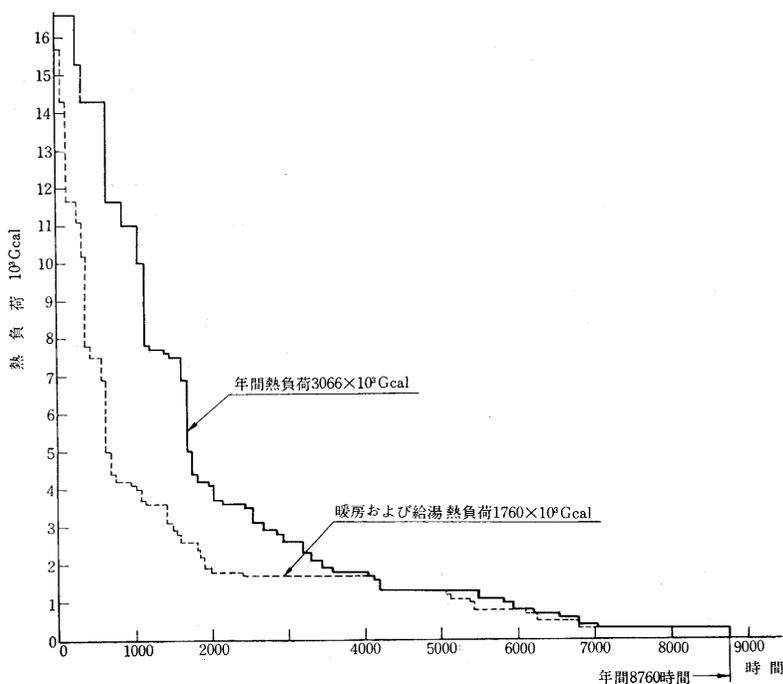


図 12 計画地域の熱負荷 昭和60年度

~(i)に示してある。

iii) 年間消費熱量 前項で得られた各月別日負荷変化に毎月の建物使用日数を掛けて、昭和60年の年間を通じての負荷変化を示したのが図11である。

また、負荷が発生する月、日、時刻とは関係なく、発生した負荷の大きさの順にそれぞれの負荷の継続する延時間を累積して図表化したものが図12であって、これを計画地域の熱負荷特性曲線と呼ぶことにする。

この折線に囲まれた面積が昭和60年における年間消費熱量を表わしていて、計画地域では暖房負荷だけならば約  $1,760 \times 10^6 \text{Gcal/年}$ 、冷暖房負荷を考えれば約  $3,100 \times 10^6 \text{Gcal/年}$  である。最大負荷は  $1,660 \text{Gcal}$  であるが、その需要時間は延250時間で年間総時間の3%弱に過ぎない。もし、 $30 \times 10^3 \text{m}^3$  の蓄熱槽が必要者側にあれば、この最大負荷は14%減少して  $1,430 \text{Gcal/h}$  となる。これは事務所延面積  $350 \text{m}^2$  当たり  $1 \text{m}^3$

程度であり期待できる数字である。

#### (4) 計画地域の熱需要の検討

計画地域の熱需要の特性を求めることができたので、これを対象とした地冷域暖房計画の需要者側の問題点を検討してみる。

そこで入手することのできた他の地域暖房設備の運転結果もしくは計画と三つの経済指標について比較したものが表5である。この表のA/Bが大きいほど経済性の高い設備である。計画地域では暖房のみ対象とした地域暖房はA/Bが1,100ときわめて小さく経済的に成立が難しいようであり、どうしても、冷房を含んで計画する必要がある。

冷房については主熱源プラントから冷水として供給する本格的な地域冷暖房もあるが、使用者側の吸収式冷凍機に熱を供給する冷房方式もある。いずれにしても冷房をいかに経済的に折り込むかが計画の成否を決

表 5 地域暖房の熱負荷特性比較表

	地域暖房都市名	A年間熱需要 <sup>(a)</sup> ×10 <sup>6</sup> Gcal	B最大熱負荷 <sup>(c)</sup> Gcal	消費密度		A/B
				Gcal/m <sup>2</sup> ・年	Gcal/h・km <sup>2</sup>	
1	東京都心計画 暖房のみ	1,760	1,570	—	218	1,100
2	同上 冷暖房	3,066	1,660 (1,430)	—	230	1,850 (2,140)
3	札幌(中央地区) 暖房 <sup>(a)</sup>	200	150	12.0	144	1,330
4	NewYork <sup>(b)</sup>	5,400	2,740 (2,380)	39.2	—	1,970 (2,270)
5	Philadelphia	1,435	600 (484)	37.7	—	2,390 (2,600)
6	Detroit	1,281	820 (522)	15.2	—	1,560 (2,450)
7	Boston	627	320 (267)	24.9	—	1,960 (2,350)
8	Baltimore	308	204 (174)	13.5	—	1,480 (1,770)

(a) 文献(13)による。  
 (b) 4項～8項は文献(14)による。  
 (c) 蒸気 185 ton/h をもって 100 Gcal/h として換算した数字である。

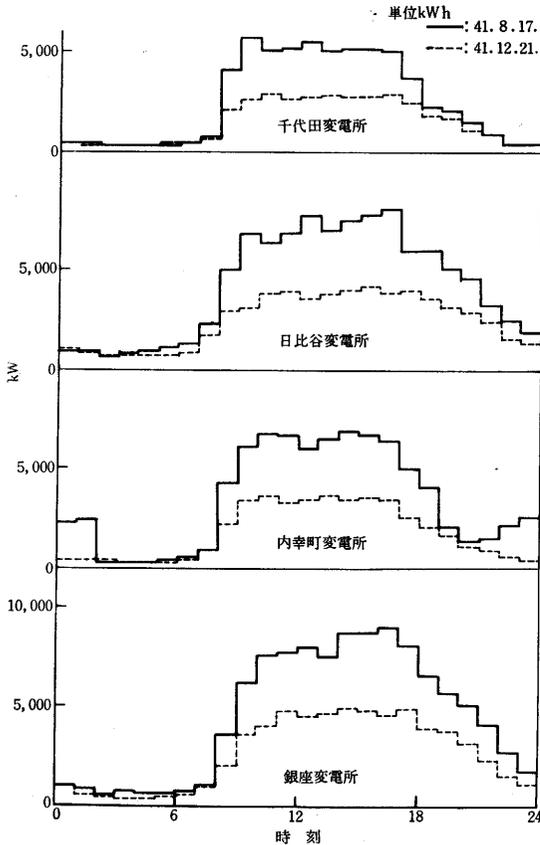


図 13 時間別送り出し電力量図表 (南東京電力所)

めるようである。一方、電力側の事情としても図 13 に示すように、計画地域の夏季電力と冬季電力との間は大差が認められる。これはオフィス街全体の傾向であって冷凍機用電力によるものである。夏季の短期間のための電力設備は負荷率を低下させて望ましくない。地域冷暖房はこの意味で電力設備の負荷率を向上させ、割高な電力設備投資を押える効果も期待できる。総合的なエネル

ギ計画が待たれるゆえんである。

### 3. むすび

これまでの考察から丸の内銀座地域での熱需要は地域冷暖房としての経済性を内在していることがわかってきた。しかも重油や電力を総合した熱エネルギー対策の一環としてこの計画を取り上げることができれば、その効果が一層高まるとの見とおしも得た。

おわりに、この研究に終始熱心に協力された勝田研究室、寺沢達二、金国正太郎、土屋香雄、石井昭夫、の方々、資料ならびに教示を頂いた東京都首都整備局都市計画第1部地域計画課、同局都市公害部計画課、同局同部大気汚染第2係、日本気象協会調査課の方々、図および表等の作成に努力された工学院大学学生の方々に心から謝意を表わす。  
 (1967年5月10日受理)

### 文 献

- 1) 東京都首都整備局都市計画第1部：都心における建築延面積実態調査資料(昭和36年)。
- 2) 東京都首都整備局：東京都容積地区計画検討資料(昭和39年)。
- 3) 東京都首都整備局都市計画第1部：東京都土地利用現況図(昭和35年度)。
- 4) 東京都衛生局：東京都衛生年報(昭和41年版)。
- 5) 井上宇市、尾島俊雄：空調設備の実体調査(空気調和衛生工学, 1964/11, 1965/2)。
- 6) 環境工学委員会建築設備統計調査分科会：建築設備の統計に関する研究(建築雑誌 1966/8)。
- 7) 井上宇市：建築設備ポケットブック(1964)。
- 8) Carrier, W. H. et al: Modern Air Conditioning Heating and Ventilating (1959)。
- 9) 日本建築学会：建築資料集成 I, II, (昭和35年)。
- 10) 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生工学便覧(上)(昭和39年版)。
- 11) 内田秀雄：空気調整の基本計画(1955)。
- 12) 気象庁：気象庁観測技術資料第21号(昭和38.6)。
- 13) 札幌市公害対策審議会：札幌市中央地区地域暖房計画(昭和41.7)。
- 14) 服部功：地域冷暖房のあり方(空気調和, 衛生工学 1965. 5)。