

IV—21

都心地区における地域熱利用条件を考慮したエネルギー消費原単位分析

——— 札幌市を例として ———

北海道大学大学院環境科学研究科 学生員 山 田 耕 三

北海道大学大学院環境科学研究科 正 員 加賀屋 誠 一

北海道大学大学院環境科学研究科 正 員 山 村 悦 夫

1. は じ め に

エネルギー利用上派生する問題と環境問題は、多くの点で密接な関係をもっている。特に都市においては昭和40年代から様々な問題が発生し、現在多少の公害発生の軽減が見られるが、そのポテンシャルは、依然として大きなものとなっている。すなわち、人口増加、産業の活発化に伴いエネルギー消費絶対量、あるいは消費密度といったものが都市では、極めて高く、その結果が、大気汚染・水質汚濁、また最近では熱公害をもたらしているといえる。しかしながら全国的な大都市の傾向を見ると、都市の機能に差があるのと同様、エネルギー消費においても、それぞれの特性を有している。特に寒冷地における大都市においてはそれが著しい。例えば札幌市を見ると、北方圏に位置しており他の政令指定都市に比べ冬の期間が長く、またその寒さも厳しい等の気候条件により、冬の暖房負荷が極めて高い傾向にある。この傾向は、都市全体の人口密度の上昇、また中心業務商業地区（CBD）での機能の集積と相乗的に作用してエネルギー消費に伴う様々な問題を呈してきている。これは、快適な都市環境を損うものである。したがって、都市環境を良好な状態に保ち、集積の効果をも失わないためには、今後、都市計画を考えるにあたり、適正規模のエネルギー計画を考えていくことが必要不可欠な条件となるといえる。そうすることにより、大気汚染やヒートアイランド化の問題は減少されていく。

ここでは、都市の特にエネルギー消費密度の大きい中心業務商業地区（CBD）のエネルギー計画を考えるにあたって、特にそれに関連するデータおよび情報を収集し、それを用いた将来のエネルギー負荷、汚染負荷の予測方法を考え、さらに、それらの予測システムを用いて、いくつかの将来の計画代替案を設定して、それらの地区での総合的なエネルギー計画案についての検討を行うものである。

本研究においての具体的方法としては、戸別暖房方式、地域熱供給方式、燃料規制方式の組合せで、環境に与える影響を評価し、都心地区におけるエネルギー計画を立てるものである。

2. 寒 冷 地 都 市 に お け る エ ネ ル ギ ー 計 画

(1) 地 域 冷 暖 房

都市活動が円滑になされるためには、大量のエネルギーを必要とする。特に寒冷地都市においては、冬期間の寒さゆえ、暖房のために消費されるエネルギー量は多大なものとなる。中心業務商業地区においては、都市活動が活発になるにつれ益々業務施設が限られた範囲内に集中し、ビルの高層化が進んでくると、そこでのエネルギー消費密度は飛躍的に上昇し、エネルギー使用に伴う環境へのインパクトは局所的に増大する。しかし、暖房はぜいたくなものではなく、必要不可欠なものであり、一定の室温は確保されていなければならない。すなわち快適な活動をおこなうためには、エネルギー消費は不可欠であり、同時に、そのことが快適な都市環境を損う原因の一つとなっているのである。したがって、そのギャップが今後、増大することが予想される中心業務商業地区にあっては、有効な方法を用いて適正なエネルギー計画を立てていかななければならない。いくつかの具体的な代替案として以下のものが考えられる。

(a) 地域冷暖房

熱源設備を一ヶ所に集中することにより、効率のよい燃料の使用が行なわれ省エネルギー効果が期待できると共に、排煙に関する処理を行いやすい。

(b) 廃熱利用

ごみ焼却場、発電所、工場、地下鉄等からの廃熱を地域冷暖房における熱源として利用することは、都市の省エネルギー計画において有効である。

(c) ソフトエネルギーの利用

住宅、学校、プラットホームの屋根、ビルの屋上等を活用して太陽エネルギーを吸収し利用する。また、ヒートポンプ等を使用し、地下の低温水を利用する。

(d) 省エネルギービルの建設

昨年建設された、札幌時計台ビルの省エネルギー率は51%が見込まれているが、このビルの特徴は、従来からあるこまかな省エネルギー対策を積みかさねることによって、大きな省エネルギー効果を得られていることである。このような省エネルギービルに建て替えていき、都心部のエネルギー密度を軽減させていく。

本研究においては、以上の中より地域冷暖房を分析において使用した。

地域冷暖房は、全国的に普及しているが現在稼働中のもの、建設中のものを含めると35ヶ所(表-1)にもなり、その需要家は業務、商業施設がその大半を占めている。

表-1 稼働中及び計画中の地域冷暖房施設

事業所数	現有能力計 Gcal/h	計画能力計 Gcal/h	供給開始 年度
5	566	663	46
4	63	71	47
2	97	97	48
4	60	66	49
2	49	49	50
4	187	248	51
0	0	0	52
4	84	115	53
1	19	19	54
2	90	90	55
0	0	0	56
2	21	81	57
3	101	101	58
2	0	86	59

地域冷暖房の問題点としては、以下のことが考えられる。

- (a) 低負荷時の調節が困難である。
- (b) 初期の設備投資が莫大なため収支のバランスに問題がある。
- (c) 料金の徴収方法に問題が生じやすい。

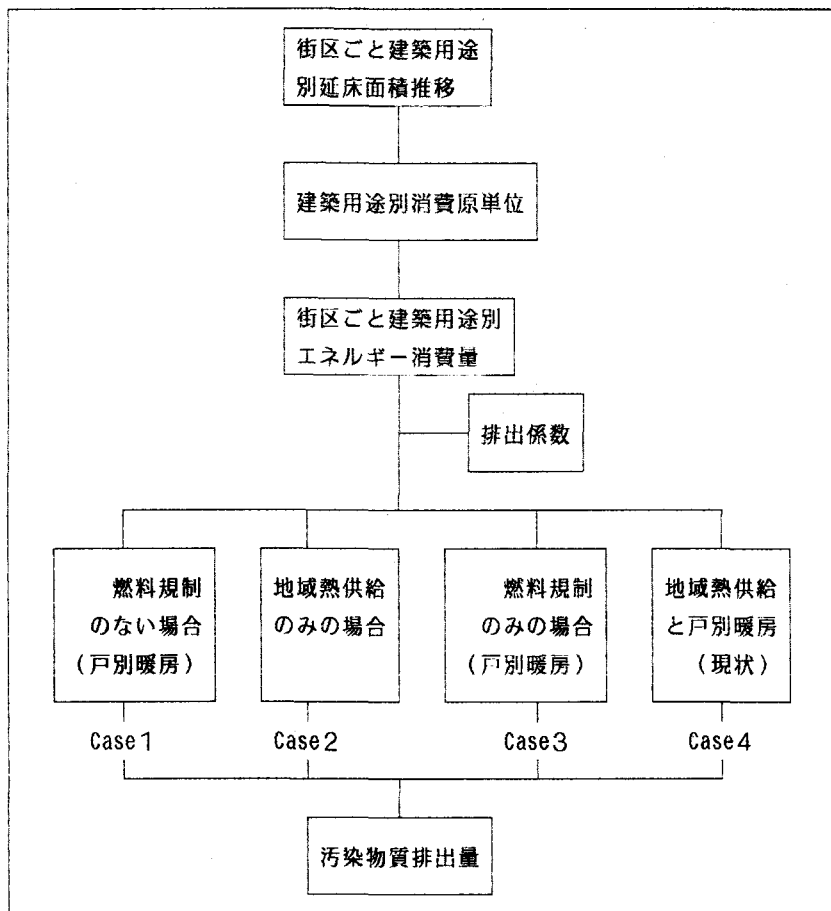
(2) 大 気 汚 染 と そ の 対 策

公害防止計画は公害対策基本法に基づき、公害が現に著しい地域あるいは、人口及び産業の急激な集中等により公害が著しくなる恐れのある地域において、公害の防止に関する施策を総合的、計画的に講ずることによって公害防止を図ることを目的としている。したがって、寒冷都市の中心業務商業地区のようにエネルギー消費密度が高く大気汚染に対するポテンシャルの大きな地区においては、エネルギー計画をも含めて、大気汚染対策計画を立てていくことが必要である。

例えば、札幌市においては、過去、石炭燃料使用によるばい煙が著しかったので、昭和37年にばい煙防止条例を制定した。その後、使用燃料の転換に伴い硫酸化物による大気汚染が問題となってきたため、昭和40年代からは、札幌市公害防止条例施行規則を制定し、これに基づき燃料規制を制定した。このように公害発生源に対する規制の強化等により、札幌市の大気汚染は改善されてきた。また、昭和56年度より北海道公害防止対策基金の他、市独自に貸付制度を設け公害防止に必要な施設を設ける場合に必要資金の一部を貸し付けることにより公害防止の促進を図っている。

このように寒冷都市の都心地区の環境悪化防止には、エネルギー計画を含めた広範囲な対策が必要なのである。

3. 研究の方法



図－1 研究の流れ

本研究では、都心地区のエネルギー消費密度を考察するための一つの指標として街区别のエネルギー需要量を求める。街区には都市計画上の種々の規定があり、それがエネルギー消費量に及ぼす影響を見るためである。

方法として、エネルギー消費量は基本的に床面積に依存していると考え、建物用途別の延床面積と建物用途別のエネルギー需要原単位とを掛け合せて推計する。

床面積の推計方法は、街区别の各種建物の混在程度の特徴を出すために、街区ごとの敷地面積、建ぺい率・容積率等を制約条件として、建物が最大その範囲内で建設されていくとして各建物用途ごとの延床面積推移を予測する。

エネルギー需要原単位については、過去の燃料消費量の調査とその後の燃料販売量のデータ等から省エネ効果を計り、エネルギー消費原単位を算出する方法をとる。

表－2 建築用途

1	住宅
2	事務所、官公庁
3	教育、研究、文化
4	医療、厚生
5	宿泊、娯楽、レクリエーション
6	商店、百貨店
7	飲食店
8	交通、運輸
9	問屋、卸
10	工場
11	倉庫

これは、個別暖房を行った場合のエネルギー消費原単位であるので、これとは別に地域熱供給プラントによる熱量供給実績等から地域熱供給によるエネルギー消費原単位を算出する。この両者をもって地域熱供給による省エネ効果をも計るものとする。

以上で求めたエネルギー消費量をもとにして、さらにそれを各エネルギー種別使用量に換算して、それに排出係数を掛け合せて大気汚染物質の排出量を推計する。この場合に以下のモデルを設定する。

- Case 1 地域熱供給、燃料規制がない場合推定
- 燃料規制がなく個別暖房方式で燃料を使用する場合の大気汚染物質の排出量を算出する。
- Case 2 地域熱供給のみの場合推定
- 個別暖房方式をやめて、全て熱供給方式で行った場合であり、ここにおいては地域熱供給方式による省エネ効果と、その使用燃料による排出係数の変化を考慮する。
- Case 3 燃料規制のみの場合
- 地域熱供給方式を考えず、個別暖房方式で全てまかない燃料規制による排出係数の変化を考慮する。
- Case 4 地域熱供給、燃料規制の場合
- 現状における個別暖房方式、地域熱供給方式、燃料規制を考慮した場合の省エネ効果と排出係数の変化を考慮する。

4. 対 象 地 域 札幌市

本研究においては、以上のモデルの対象地域を札幌市に設定した。札幌市は、北海道開拓の本府として創建されてよりわずか1世紀余りにして人口 150万を擁する我が国有数の大都市に成長し、行政・文化・経済のあらゆる分野において名実ともに北海道の中心となるに至っている。また、産業構造としては第3次産業が主体の消費型都市であり、その業務施設の多くが単一都心に集っている。

札幌市の気候は、大陸の影響を大きく受け、夏は最高気温が30℃を越える日もあるが、一般にはさわやかであり、冬の最低気温は-10℃以下になる。このように冬の寒さは厳しく、暖房は生活に欠かせないものの一つであるが、札幌市の如く大都会となり、しかも都心地区に業務施設が集中し、高層ビルが林立するようになると、エネルギー消費密度が高くなり、暖房設備より排出される有害ガスやばい煙による環境汚染は放置できないものとなってくる。過去、札幌市の大気汚染は著しく深刻化してきて、厳寒期の朝夕、上空に気温の逆転層が発生するときなどは、ばい煙が街路上まで低くたれこめて50m先も見通しが利かなくなり、自動車等はヘッドライトをつけて徐行しなければならないことが度々あった。その後、暖房用燃料の変遷に伴って冬期の暖房を原因とする大気汚染は大きく変化してきた。すなわち、石炭から重油への燃料転換が急速に進み、ばい塵は減少する傾向を見たのであるが、硫酸化物による汚染が目目されてきた。そこで札幌市では公害防止条例を制定し都心地区に対して燃料規制を行った（表-3）。

また、これと同時に日本では初めての地域冷暖房を札幌の都心地区において採用した。これは次の効果を期待して建設された。

表-3 都心地区燃料使用規制

年 次	昭和46年	昭和50年	昭和51年
硫黄分	1. 2 %以下	0. 8 %以下	0. 5 %以下

- (1) 省エネルギー効果
- 大型ボイラーを使用することにより燃料効率を上げ、燃料使用量を軽減させること。
- (2) 汚染物質抑制
- ばい塵吸収装置、また、硫黄分の少ない燃料を使用することにより、燃料使用に伴う大気汚染物質の排出を抑制する効果をねらったものである。
- 地域冷暖房の供給範囲は、最終的には約 1.55 km²を対象としているが、現在のところは、その3分の1

に相当する約 1.1k m^2 を対象としている。加入需要家は増加しているが、需要家の延床面積推移と販売熱量は、図-2である。また、販売熱量を建物延床面積で除して求めたエネルギー需要原単位は図-3であり、年間の原単位は、昭和52年度から年々減少している。冬期間（10月～5月）の原単位についても同様に減少しているのがわかる。これらを冬期間の平均気温と比較すると、昭和53・56年度の気温が同じであるから、この間にエネルギー需要原単位の減少があったことがわかる。しかし、昭和54・55年度については、気温が高いこともあり、省エネルギー効果の有無については明言できないが、ここにおいては昭和52年度よりエネルギー需要原単位の減少があったと考えるのが妥当であろう。そこで、札幌市が昭和48年におこったエネルギー消費原単位をもとにして、札幌市内の燃料販売量等から原単位を算出すると住宅系の建物については図-4のようになり、昭和53年度よりエネルギー消費原単位が減少している。これは、住宅系においては業務施設系よりも、省エネルギー対策が若干遅れているために、1年の差がでたのではないかとと思われる。

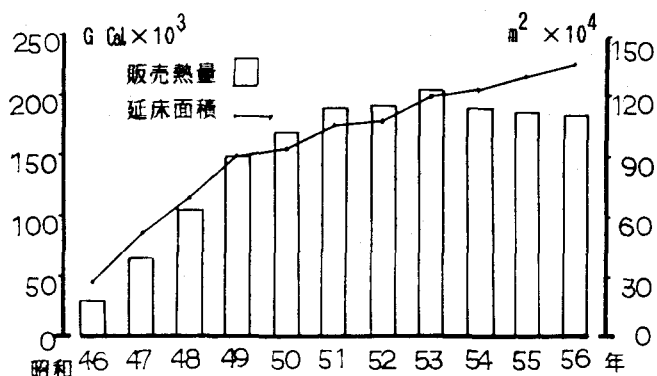


図-2 加入需要家の延床面積と販売熱量

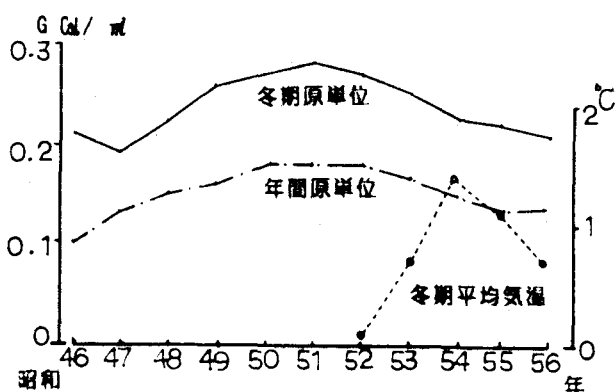


図-3 エネルギー需要原単位と冬期平均気温

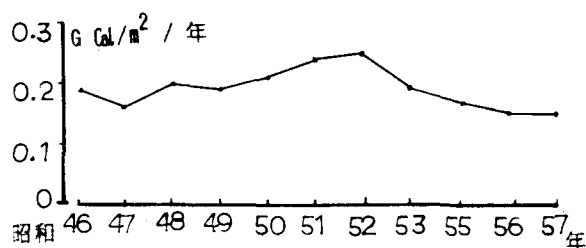


図-4 住宅系のエネルギー消費原単位

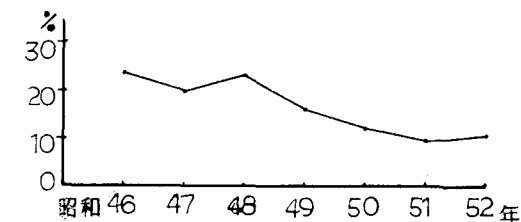


図-5 地域熱供給における熱損失率

地域熱供給における、熱損失率は図-5で見られるように、送熱量が増大するに従い減少している。これにより省エネルギー効果も増大する。昭和46年度の住宅系で見ると、戸別暖房の場合では、エネルギー消費原単位が 0.15GCal / m 2 / 年であるのに対し、地域熱供給においては 0.12GCal / m 2 / 年であり省エネルギー効果は20%となっている。

北3条西3丁目の街区について、ケース別に算出した二酸化硫黄の排出量について図-6に示す。これらの結果より以下のことが考察される。

燃料規制・地域熱供給を行わない

場合は、エネルギー消費原単位の変化によって一時的に二酸化硫黄は減少するが、絶えず現状における二酸化硫黄排出量の2倍になっている。

燃料規制のみの場合と地域熱供給のみの場合とを比べてみると、燃料中の硫黄分が規制等により減少してゆくに連れ、両者の差は少なくなっていき、昭和55年には元の通りになっている。これは、昭和52以降燃料規制の変化がなかったことと、エネルギー需要原単位の変化に起因している。

地域熱供給の二酸化硫黄軽減に対する寄与率は最大のときで27%である。しかしその後は寄与率は減少している。これは、地域熱供給に加入する需要家が少ないためである。

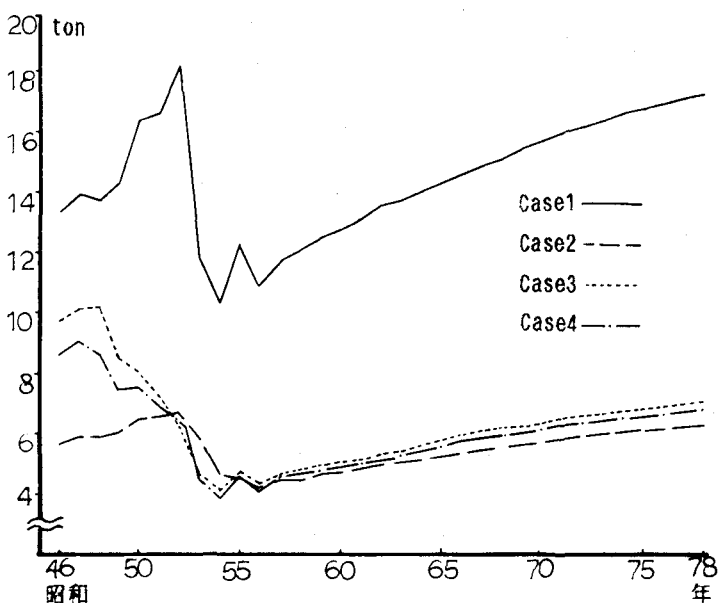


図-6 年度別二酸化硫黄排出状況

5. お わ り に

大気汚染軽減に対して燃料規制とともに地域熱供給が有効であることが分った。今後、暖房によるエネルギー消費密度が益々高くなっていくであろう寒冷都市の中心業務商業地区においては、地域熱供給方式をインフラストラクチャーとして整備し、都市環境の保全に努めていくことが必要となってくるであろう。本研究では、エネルギー消費量を通して地域熱供給方式の都市環境保全に対する寄与の程度を求めたが、さらに地域熱供給方式と戸別暖房の場合の金額面における比較を行っている最中である。

最後に本研究を進めるに当り御指導いただいた地域計画学研究室の皆様に謹んで感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 早川 一也 『地域冷暖房計画』丸善株式会社 昭和48年
- 2) 早川 一也 『都市環境とエネルギー』環境情報科学センター 1977年
- 3) 力石 定一 『都市環境の条件』日本評論社 昭和55年
- 4) 山村 悦夫 新体系土木工学53『地域計画(Ⅰ)一計画の分析』技報堂出版 1979年