各種業務施設の空調用エネルギー消費量に関する研究

HVAC SYSTEM ENERGY CONSUMPTION OF VARIOUS BUSINESS FACILITIES

陳 超*, 渡辺 俊行**, 龍 有 二***, 赤 司 泰義****

Chao CHEN, Toshiyuki WATANABE, Yuji RYU
and Yasunori AKASHI

A new estimation method is proposed, which estimates the energy consumption of the heating, ventilating and air conditioning (HVAC) system from data of a monthly energy consumption of electricity, city gas, petroleum for buildings, and the HVAC system energy consumption for the smallest month of 4 kinds of business facilities in 3 areas is calculated with the simulation method. As comparing with usual method, good agreements of estimation results of proposed estimation method with measured ones is confirmed for two buildings. Based on this method, the HVAC system energy consumption and the cold and hot load consumption of air conditioning of 4 kinds of business facilities in Fukuoka and Kitakyushu are estimated using the data obtained by means of questionnaires, and the local characteristics of the HVAC system energy consumption are analyzed.

Keywords : various business facilities, total energy consumption, HVAC system energy consumption, a proposed estimation method

各種業務施設, 総エネルギー消費量, 空調用エネルギー消費量, 提案法

1. はじめに

業務用エネルギーは、電力、ガス、油として各施設に供給され、暖房用、冷房用、給湯用、照明用、一般動力用などの各用途に消費される。その需要形態は地域や施設によって一般に異なるため、地域の熱供給計画や各施設のエネルギー計画においては、地域別・施設別・用途別のピーク原単位や消費原単位が必要となる。用途別の中でも比較的大きな割合を占める空調用については地域別・施設別データとして整備することが望ましい。また、この空調用エネルギー消費原単位はシステム運用上の省エネルギー評価指標としても有用である。

一般に、建物のエネルギー消費量の計量システムは、電力量、ガス量、油量などの月別総量として記録されているのが現状であり、この中から空調用のエネルギー消費量を特定してその実態を把握することは困難である。

このため、従来、建物の総エネルギー消費量から空調用のエネルギー消費量を推定する方法（以下、従来法と称する）を使って、空調用エネルギー消費量を把握している。従来法では、月々の総エネルギー消費量から空調用エネルギー消費量を推定する際、電力、ガス、油それぞれの最小月の消費量を非空調用のベース分とし、それ以外を空調用エネルギー消費量としている。調査結果によれば、その最小月はほとんど中間期に発生している。しかし、中間期にも空調搬送用エネルギーは消費され、空調熱源用についても内部発熱の大きな建物、例えば、OA化やインテリジェント化の進んだ事務所

などは、中間期はもとより冬期も冷房される例が増えている。したがって、従来法を適用すれば、空調用エネルギー消費量の一部も非空調用のベース分に含まれてしまう懸念がある。

本報では、既往の用途別エネルギー消費量に関する研究^{1)~3)}をもとに、数値シミュレーションにより、施設別（事務所、店舗、病院、ホテル）、地域別（東京、福岡、鹿児島）の最小月の空調用エネルギー消費量を求め、電力、ガス、油の月別消費量から空調用エネルギー消費量を推定する新たな方法（以下、提案法と称する）を提案する。つぎに、その提案法を、エネルギー消費量に関するアンケート調査データに適用し、福岡市と北九州市（以下、福北地域と略記）における各種業務施設の空調用エネルギー消費量を推定する。さらに、その空調用エネルギー消費量の推定結果から空調用冷温熱消費量を算定する方法とその算定結果を示す。その結果を他地域のデータと比較して、福北地域における各種業務施設の空調用エネルギー消費特性を明らかにする。

なお、電力、ガス、油のエネルギー消費量は主に一次換算値で表現している。

2. 空調用エネルギー消費量の推定方法

建物全体のエネルギー消費量は、空調用、照明用、コンセント用、エレベータ用、給湯用、衛生用などの用途別に分類される。また、エネルギー種別でみると、電力、ガス、油などがあり、電力は空調熱源用、空調搬送用、コンセント用などの全用途にわたって消費さ

* 九州大学大学院工学研究科建築学専攻 博士後期課程・工修

** 九州大学工学部建築学科 教授・工博

*** 九州大学工学部建築学科 助教授・工博

**** 九州大学工学部建築学科 助手・博士(工学)

Graduate Student, Graduate School of Engineering, Kyushu Univ., M. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kyushu Univ., Dr. Eng.
Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kyushu Univ., Dr. Eng.
Research Assoc., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kyushu Univ., Dr. Eng.

れる。ガスと油は通常、熱源用、給湯用などに限定される。

また、空調用エネルギー消費量は熱源用と搬送用に大別されるが、電力は熱源機器、熱源補機類、冷却塔ファン、冷却水ポンプ、搬送用ポンプならびにファン、空調機、ファンコイルユニットなどに消費され、ガスや油は熱源機器のみに消費されと考えられる。以下の空調用エネルギー消費量は熱源機器と搬送機に使われるエネルギー消費量を指す。

2.1 従来法

図-1の事務所のエネルギー消費量の月別変化をみると、夏期と冬期にピークがある。このピークは空調用のエネルギー消費のためであり、空調用以外のエネルギー消費は年間を通じ比較的安定している。このことから、建物全体のエネルギー消費量から空調用を推定する場合、従来は、空調用以外の用途（「非空調用」）に使われるエネルギー消費量を全体から差し引くことによって「空調用」を分離、推定する手法が採用されてきた。この方法の基本的な考え方は、図-2に示すように、電力、ガス、油それぞれについて、年間で最小月（以下、最小月と称し、それぞれの最小月を n_E 、 n_G 、 n_O とする）のエネルギー消費量を「非空調用」と仮定する。非空調用のエネルギー消費量は年間ほぼ一定であるとし、それ以外を変動的な空調用のエネルギー消費量とする。すなわち、図-2の $B1_E$ 、 $B1_G$ 、 $B1_O$ 線に対して、それぞれの線以下の部分が「非空調用」のベース分となり、それ以上の部分は「空調用」となる。これによ

$$Q_k(i) = E_k(i) + G_k(i) + O_k(i) \quad (1)$$

$$E_k(i) = E(i) - E(n_E) \quad (2)$$

$$G_k(i) = G(i) - G(n_G) \quad (3)$$

$$O_k(i) = O(i) - O(n_O) \quad (4)$$

ここで、

$Q_k(i)$: i 月の空調用総一次エネルギー消費量[GJ/月]

$E_k(i)$, $G_k(i)$, $O_k(i)$: i 月の空調用電力、ガス、油の一次エネルギー消費量[GJ/月],

$E(i)$, $G(i)$, $O(i)$: i 月の電力、ガス、油の一次エネルギー消費量[GJ/月],

$E(n_E)$, $G(n_G)$, $O(n_O)$: 電力、ガス、油それぞれの最小月の一次エネルギー消費量[GJ/月]

であり、年間の空調用総一次エネルギー消費量 TQ_k [GJ/年]は、

$$TQ_k = \sum_{i=1}^{12} Q_k(i) \quad (5)$$

となる。

2.2 提案法

(1) 推定方法

図-1によると、夏期（6、7、8、9月）および冬期（1、2、

図-1 事務所の総一次エネルギー消費量の年間変動例

図-2 従来法

3、12月)の増分は主に「熱源用」に消費され、空調搬送用電力消費量の月別変化は「熱源用」に比べて小さく、年間通してほぼ一定である。事務所では、OA化やインテリジェント化に伴う内部発熱の増加により、中間期（4、5、10、11月）はもとより冬期にも冷房あるいは外気冷房を余儀なくされる例が増えている。店舗でも内部発熱が大きく、中間期にも冷房あるいは外気冷房を行う建物が多い。また、ホテルについても、年間を通して営業され、施設の安全性、快適性、利便性などの理由により年間空調の建物が多い。したがって、多種の用途が混在する電力消費量についてはとくに、従来法を適用して年間の最小月 n_E 月の電力消費量 $E(n_E)$ をベース（すなわち、この月の空調用電力消費量 $E_k(n_E)$ を0）とすれば、空調用の一部も「非空調用」のベース分（ $B1_E$ 、 $B1_G$ 、 $B1_O$ 線以下の部分）に含まれてしまう危険性がある。

このため、以下のような提案法を新たに考えた。まず、総一次エネルギー消費量 $Q(i)$ と空調用総一次エネルギー消費量 $Q_k(i)$ の最小月はともに m 月で発生すると仮定し、図-3に示すように、従来法の $B1_E$ 、 $B1_G$ 、 $B1_O$ 線の一つの $B1$ 線にまとめ、従来法の $B1$ 線に対して $B2$ 線以上の部分を空調用総一次エネルギー消費量と仮定する。この場合、 $B1$ 線と $B2$ 線との差が最小月空調用総一次エネルギー消費量 $Q_k(m)$ となり、その値をどのように決定するかが重要なポイントとなる。図-3によると、 m 月で空調用に使われるガス、油、電力の一次エネルギー消費量は以下の式で表せる。

$$G_k(m) = G(m) - G_h \quad (6)$$

$$O_k(m) = O(m) - O_h \quad (7)$$

$$E_k(m) = Q_k(m) - G_k(m) - O_k(m) \quad (8)$$

i 月の空調用総一次エネルギー消費量 $Q_k(i)$ は、

$$Q_k(i) = E_k(i) + G_k(i) + O_k(i) \quad (9)$$

$$E_k(i) = E(i) - E(m) + E_k(m) \quad (10)$$

$$G_k(i) = G(i) - G_h \quad (11)$$

$$O_k(i) = O(i) - O_h \quad (12)$$

ここで、 G_h 、 O_h は最小月のガス、油の非空調用消費量である。最小月にガスや油による熱源機器がほとんど運転されていなければ、 G_h 、 O_h は、従来法でいうところの $G(n_G)$ や $O(n_O)$ に一致する。ただし、最小月もガスや油による熱源機器で空調を行って、空調用と非空調用に分離できない場合は、表-1によって非空調用の

図-3 提案法

表-1 給湯・厨房などに用いられる月別のガスと油の

一次エネルギー消費原単位の年間変動 [MJ/(m²・月)]

建物種類	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
事務所(27件)	3.6	3.6	3.7	3.5	3.2	3.2	3.2	3.0	2.9	3.2	3.4	3.5	40.0
店舗(19件)	21.5	21.6	23.2	23.5	21.9	21.6	23.2	23.4	21.3	22.0	22.3	24.3	269.8
病院(12件)	53.1	54.4	54.2	53.8	49.8	50.5	49.8	48.8	46.6	50.5	54.3	52.3	618.1
ホテル(10件)	46.8	49.4	49.8	48.0	46.6	42.9	44.1	43.6	40.2	46.9	46.9	48.2	553.4

* 年間消費原単位の単位は MJ/(m²・年) である。

ガスと油の一次エネルギー消費量を推定する。表-1は後述するアンケート調査によって求めた4種類の建物の給湯・厨房用のガスと油の一次エネルギー消費原単位である。式(5)によって年間の空調用総一次エネルギー消費量 TQ_k [GJ/年] が求まる。

(2) 最小月の空調用総一次エネルギー消費量の算定

提案法では、総一次エネルギー消費量から空調用総一次エネルギー消費量を推定するために、最小月の空調用総一次エネルギー消費量 Q_k (m) を算定することが重要なポイントとなる。ここでは、施設別にモデルを設定して、(社)建築設備技術者協会の空調システムシミュレーションプログラム「MICRO-ACSS」を使って、地域別・施設別の年間最小月の空調用総一次エネルギー消費量 Q_k (m) を算定する^{4~6)}。対象施設としては、事務所、店舗、病院、ホテルの4種類を取り上げた。また、対象地域としては、福岡、東京、鹿児島⁷⁾の3地域を取り上げた。

① 計算条件

計算対象とした施設の一般概要を表-2.1に示す。事務所については、福北地域における平均的な建物規模をもつ実在の施設を選定した。店舗の場合は平均的な規模より若干大きい。病院は総合病院を取り上げ、平均的な規模の5階建て(156ベット)である。地下1階～2階は外来部で、地上3～5階は病室である。ホテルは12階建ての建物(280客室)で、4～11階は客室、それ以外は宴会や集会などのパブリックな用途に使われる。熱源方式については、4種類の施設すべて、電気方式、ガス・油方式、複合(電気+ガス・油)方式の3方式で計算を行った。いずれの熱源方式も蓄熱システムは考えず、複合方式の場合は電気による熱源機器が先発するもの

表-2.1 計算対象施設の概要

	事務所	店舗	病院	ホテル
延べ床面積 [m ²]	10,632.83	27,594.67	9,295.60	8,287.10
地上/地下 [階]	11/1	2/0	5/1	12/0
階 高 [m]	3.90	4.80	3.70	2.90
天井高 [m]	2.75	3.40	2.50	2.30
平均床面積 [m ² /階]	886.07	13,797.33	1,571.40	765.20
空調面積率	0.63	0.85	0.73	0.74
外壁の熱貫流率 [W/(m ² ・℃)]	0.934	1.046	1.513	0.879
年間熱負荷係数 PAL [MJ/(m ² ・年)]	298.5	—	355.9	417.0
(334.9)			(355.8)	(418.6)
空調設備・消費係数	1.15	—	2.10	1.67
CRC/AC	(1.5)	—	(2.5)	(2.5)
空調方式	ファンコイルユニット+ファンコイルユニット	ファンコイルユニット+個別パッケージ+ファンコイルユニット (外気負荷の処理のみ)		

* () 中の値は省エネルギー法の基準値⁷⁾

表-2.2 熱負荷計算のための計算条件

	事務所	店舗	病院	ホテル
室内負荷				
照明 [W/m ²]	20~25	50~80	20~25	15~40
人 体 [人/m ²]	0.2	0.4~0.6	0.1~0.2	0.1~0.5
外気量 [m ³ /h]	20~25	20~25	25~35	20~25
室内温、湿度				
冬 期 (WIN)	22℃, 40%	20℃, 40%	22℃, 40%	22℃, 40%
中間期 (MID)	24℃, 45%	24℃, 45%	24℃, 45%	24℃, 45%
夏 期 (SUM)	26℃, 50%	26℃, 50%	26℃, 50%	26℃, 50%

とする。空調方式については、事務所の場合は一般的なエアハンドリングユニットとファンコイルユニットの併用とした。店舗や病院は、事務所と同様にエアハンドリングユニットとファンコイルユニットの併用とするが、飲食関係の室や特別病室、手術室などは個別パッケージユニットを考えた。ホテルの場合は、客室部をファンコイルユニット、共用部を個別パッケージユニットとした。また、いずれの建物も、外気はエアハンドリングユニットで処理する。

計算条件を表-2.2に、空調運転時間および年間空調運転スケジュールを表-2.3に示す。照明発熱、人体発熱および新鮮外気量といった室内負荷の設定は参考文献⁷⁾による。空調運転スケジュールの設定はそれぞれの施設で一般的なものを想定した。外気冷房を行う期間においては、原則的に熱源機器は稼働しないものとしたが、個別パッケージユニットは外気冷房とは関係なく稼働する。気象データについては、東京と鹿児島は当該標準気象データを採用する。福岡は、標準気象データに加えて1991年～1994年の実気象データも使用している。なお、実気象データの採用時に必要となる日射量のデータについては、太陽位置の計算に山崎の式^{8~9)}を、日射の直散分離に渡辺の式¹⁰⁾を用いて算出した。

② 計算結果および考察

図-4は表-2.1～2.3の事務所の計算条件による、福岡(標準気象データ)の年間空調用総一次エネルギー消費量のシミュレーション結果である。月別空調用総一次エネルギー消費量の最小値は4月であり、どの熱源方式も約26MJ/(m²・月)である。他地域・他施設の年間最小月も中間期である。一方、年間総一次エネルギー消費量について熱源方式別にみると、ガス方式が671MJ/(m²・年)と最も大きく、次いで複合方式の635MJ/(m²・年)、電気方式の590MJ/(m²・年)となった。これは電気による熱源機器の成績係数がガス・油熱源機器の成績係数より高いためと考えられる。また、空調用総一次エネルギー消費量の熱源方式による違いはほとんど夏期に現れ、中間期はその違いが非常に少ない。他地域、他施設も同様の結果となった。これは、中間期における熱源機器の運転時間が短いためと考えられる。シミュレーション結果による、最小月4月における熱源用の一次エネルギー消費量は空調用総一次エネルギー消費量の約15%にすぎない。

表-3に各種業務施設の最小月の空調用総一次エネルギー消費原単位の計算結果のうち、複合方式の結果を例示する。表-3によると、いずれの施設についても言えることだが、福岡の空調用総一次エネルギー消費原単位は年度による変化がそれほど小さくなく、標準気象データによる結果に近い。これは、中間期における気象は年度による差が小さいためと考えられる。また、いずれの地域でも、空調用総一次エネルギー消費量の年間最小値は中間期の4月あるいは5月に集中しているが、その値は地域により異なる。事務所の場

表-2.3 空調運転時間および年間空調運転スケジュール

事務所	空調運転時間	平日 8:00~19:00	土曜日 8:00~13:00	その他 休日
スケジュール	1/1 WIN 4/1 MID 4/15 MID 5/5 MID 5/25 SUM 10/10 MID 11/20 WIN 12/31	暖房	暖房	外気冷房
店舗	空調運転時間	平日 10:00(9:00 冬)~19:00	土、日曜日 10:00~20:00	水曜日 休日
スケジュール	1/1 WIN 4/1 MID 5/10 MID 6/1 SUM 10/1 MID 10/20 MID 11/20 WIN 12/31	暖房	外気冷房	冷房
病院	空調運転時間	外来部: 平日 8:00~18:00	土曜日 8:00~14:00	その他 休診
スケジュール	一般病室: 7:00~23:00(年間) 特別病室、看護婦室、救急系統: 0:00~24:00(年間)	1/1 WIN 4/1 MID 4/15 MID 6/1 SUM 10/1 MID 10/10 MID 11/15 WIN 12/31	暖房	暖房
ホテル	空調運転時間	共用部: 8:00~22:00(年間)	客室部: 0:00~24:00(年間)	
スケジュール	1/1 WIN 4/1 MID 4/20 MID 5/25 SUM 10/1 MID 10/10 MID 11/15 WIN 12/31	暖房	暖房	外気冷房
助走期間	10日			

* 外気冷房1の期間の空調運転時間(平日)は10:00~16:00である。

図-4 事務所の熱源方式別の空調用総一次エネルギー消費原単位

図-5 ホテルの空調用総一次エネルギー消費原単位

表-3 最小月の空調用総一次エネルギー消費原単位 [MJ/(m ² ・月)]													
	最小月 [月]	標準気象データ				1991年		1992年		1993年		1994年	
		東京	鹿児島	福岡	札幌	福岡	札幌	福岡	札幌	福岡	札幌		
事務所	4	29.4	25.8	26.2		26.5		26.6		26.2		24.2	
店舗	4	24.5	26.2	25.0		24.6		25.7		25.3		25.4	
病院	5	24.1	26.4	24.3		24.0		24.4		24.7		27.1	
ホテル	5	64.6	67.1	63.8		63.6		63.7		64.6		67.6	

合、東京の結果が最も大きい。これは、表-2.3 からわかるように、3地域いずれも4月に暖房運転を行い、冷房負荷は外気冷房方式で処理していることと、表-4のように、東京における4月の暖房負荷が最も大きいことが理由である。

表-4 事務所の4月の空調負荷 [GJ/月]

		東京	鹿児島	福岡
冷房		48.4	53.8	53.7
暖房		33.6	17.1	19.7

病院については、空調用総一次エネルギー消費量の年間最小月は中間期の5月になる。その理由として、病院の場合、事務所と店舗より内部発熱が少ないこと、中間期の4月と11月は夜間の暖房を必要とすること、5月の冷房負荷はもとより少なく、外気冷房で処理できること、などが考えられる。また、シミュレーション結果によると、病室の空調運転時間は外来部より長いので、いずれの月でも病室の装置負荷積算値は外来部より大きい。表-5は福岡における病院の最小月5月の冷房負荷を室用途に分けて示したものである。病室の冷房負荷は外来部の診療室の負荷の約2倍以上になる。しかし、5月は負荷が少なく、さらに外気冷房が行われるため、装置負荷は小さくなる。

外来部			病 室				
地下階	診療室	廊 下	NEY'-N	ESY'-N	SWY'-N	WNY'-N	廊 下
8.4	16.7	8.4	29.3	33.4	44.0	46.9	25.1

表-7 実測対象施設の空調用総一次エネルギー消費原単位の実測値と推定値との比較														[MJ/(m ² ・月)]
Oビル : 1992年10月～1993年9月のデータ														
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	年間 ^a	最小月
実測値	39.8	38.5	51.0	68.6	56.5	56.8	32.8	29.9	57.8	82.8	81.7	61.2	657.4	28.2
提案法	50.5	39.7	60.9	63.6	55.2	65.3	42.7	28.2	65.1	95.8	80.7	67.6	715.3	
誤差%	26.9	3.1	19.4	-7.3	-2.3	15.0	30.2	-5.7	12.6	15.7	1.2	10.5	8.8	
従来法	24.9	14.1	35.3	38.0	29.6	39.7	17.1	2.6	39.5	70.2	55.1	42.0	408.1	
誤差%	-37.4	-63.4	-30.8	-44.6	-47.6	-30.1	-47.9	-91.3	-31.7	-15.2	-32.6	-31.4	-37.9	
Kビル : 1991年2月～1992年1月のデータ														
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	年間	最小月
実測値	132.0	78.8	99.3	99.7	98.3	101.1	115.7	135.9	269.2	291.9	302.1	276.6	2000.6	63.8
提案法	122.7	63.8	84.9	85.7	86.9	90.2	99.1	122.5	253.9	294.5	294.1	258.2	1856.5	
誤差%	-7.0	-19.0	-14.5	-14.0	-11.6	-10.8	-14.3	-9.9	-5.7	-0.9	-2.6	-6.7	-7.2	
従来法	111.8	53.0	74.1	69.8	61.8	74.6	88.2	111.7	243.1	283.7	283.3	247.4	1702.5	
誤差%	-15.3	-32.7	-25.4	-30.0	-37.1	-26.2	-23.8	-17.8	-9.7	-2.8	-6.2	-10.6	-14.9	

* 年間消費原単位の単位はMJ/(m²・年)である。

ホテルの場合、いずれの地域でも、空調用総一次エネルギー消費量の年間最小値も中間期の5月に集中しているが、最小月の空調用総一次エネルギー消費量は4種類の施設の中で最も大きく、他の施設の2倍以上になる。福岡（標準気象データ）の複合方式による空調用総一次エネルギー消費量の計算結果（図-5）によると、5月の消費量63.8MJ/(m²・月)が年間の最小値となり、8月の消費量は248MJ/(m²・月)に、1月の消費量は218MJ/(m²・月)に達する。一方、共用部の年間装置負荷1104MJ/(m²・年)は客室535MJ/(m²・年)の約2倍であり、両者の差は主に夏期に生じる。暖房の場合、夜間の室内外温度差に応じて客室部の暖房負荷が大きくなる。したがって、暖房期の客室部と共用部の差は小さくなる。

2.3 実例検証

従来法と提案法の推定精度を確認するため、Oビル（事務所）とKビル（ホテル、269客室）の空調用総一次エネルギー消費原単位の推定値を実測値と検証した。施設の概要を表-6に、推定値と実測値の比較結果を表-7に示す。

表-6 実測対象施設の概要

施設	延べ床面積	地上/地下	竣工年	空調方式	熱源方式
Oビル	10,633[m²]	11/1[階]	1992[年]	中央	E+G
Kビル	23,365[m²]	14/3[階]	1972[年]	中央	E+O

事務所の場合、従来法では年間の空調用総一次エネルギー消費量を約35%ほど小さく見積もるのに対し、提案法による年間の空調用総一次エネルギー消費原単位の推定値は実測値に近く、約10%の誤差に収まっている。ホテルの場合も、提案法による年間の空調用総一次エネルギー消費原単位の推定誤差は-7%であった。また、月別の誤差を比べると、全般的に、提案法のほうが従来法より小さい。例えば、Oビルの月別誤差をみると、提案法の誤差の最大値は約30%（4月）である。これに対し、従来法の誤差の最大値は

約91%（5月）である。これは、提案法で最小月の空調用エネルギー消費量を考慮したことによるものであり、提案法が空調用総一次エネルギー消費量の推定に有効であることを示している。

3. 各種業務施設の空調用エネルギー消費量の推定

本節では、2.2節で提案した空調用エネルギー消費量の推定法と、福岡の最小月の空調用エネルギー消費量のシミュレーション結果（表-3）を、福北地域における事務所、店舗、病院、ホテルのエネルギー消費量に関するアンケート調査データに適用し、空調用総一次エネルギー消費量を推定する。つぎに、空調熱源機器のエネルギー消費量と生産熱量の関係に基づき、空調用総一次エネルギー消費量の推定結果から空調用冷温熱消費量を算定する。

3.1 アンケート調査

ここで用いたエネルギー消費量に関する調査データは、福北地域における3,000㎡以上の調査対象施設に関するもので、1990年10月～1994年9月までの4年間にわたるデータである。それらは、電力、ガス、油などのエネルギー別に区分された月別の総量として記録されている²⁾。エネルギー消費量に関する調査施設の件数を表-8に示す。

表-8 エネルギー消費量に関する調査施設の件数

熱源方式	事務所	店舗	病院	ホテル
電気方式	26	12	2	1
ガス・油方式	6	1	—	—
複合方式	46	25	15	21
合 計*	78	38	17	22

* 年度によるその件数は多少異なり、ここで、代表的な件数を表示した。

3.2 空調用総一次エネルギー消費量の推定結果

(1) 外界気象の影響

表-9は1990年10月～1994年9月の福岡市における月平均外気温である。表中の平年とは1961年～1990年の30年間の平均値である。平年に比べると、1993年は冷夏、1994年は猛暑、1992年と1993年は暖冬であり、また、中間期の月平均外気温は年度による変化が少ないことがわかる。

表-10に各施設における複合方式の空調用総一次エネルギー消費原単位の推定結果を示す。ただし、北九州市の空調用総一次エネルギー消費量も福岡の最小月の計算結果で推定する。これは、表-

表-9 月平均外気温の期間平均値										[℃]
	中間期			冬 期			夏 期			備 考
	10.5月	11.4月	平均	12.3月	1.2月	平均	6.9月	7.8月	平均	
平 年	18.5	13.8	16.2	8.8	6.1	7.4	23.0	27.2	25.1	
1990年10月～1991年9月	18.5	14.9	16.7	9.6	6.6	8.1	24.0	26.8	25.4	
1991年10月～1992年9月	18.6	14.2	16.4	10.4	7.7	9.1	23.0	26.6	24.8	暖冬
1992年10月～1993年9月	18.7	13.9	16.3	9.9	7.9	8.9	22.8	25.2	24.0	暖冬、冷夏
1993年10月～1994年9月	19.1	15.1	17.1	8.9	7.2	8.1	23.5	29.7	26.6	猛暑

3のシミュレーション結果から、いずれの施設でも最小月は中間期に集中していることと、北九州市の中間期の外気温は福岡市に近いことによる。

季節別にみると、夏期の空調用総一次エネルギー消費原単位の増減は中間期や冬期に比べて大きい。1991年夏期のデータを基準とすれば、猛暑であった1994年7月と8月の外気温は平年値より2.9℃高く、事務所、店舗の空調用総一次エネルギー消費原単位は約8%増加した。一方、冷夏であった1993年7月と8月の外気温は平年値より1.6℃低く、事務所、店舗、病院の空調用総一次エネルギー消費原単位は約11%ほど減少、ホテルの原単位も約15%減少した。また、1991年の1、2月の外気温は4年間で最も低く、事務所、店舗、ホテルの空調用エネルギー消費原単位も大きい。中間期については年度別の気象の影響が小さい。

(2) 熱源方式の影響

表-11は熱源方式別に各施設の空調用総一次エネルギー消費原単位（4年間のデータの平均値）を比較したものである。ただし、表-9から、店舗のガス・油方式、病院およびホテルの電気方式の件数は少ないので、それらの推定結果は表-11から除外している。熱源方式別にみると、各施設の空調用総一次エネルギー消費原単位は熱源方式別に異なる。事務所の場合、電気方式が最も小さい。電気方式に比べると、ガス・油方式の原単位は約20%、複合方式の原単位は約5%ほど大きい。

(3) 施設別推定結果の比較

表-11によると、事務所の年間最小月の空調用エネルギー消費量は、いずれの熱源方式でも中間期の4、11月に分布している。また、冬、夏のピーク月と最低月の比をみると、夏のピーク比は冬のピーク比の約2倍である。これは、OA化・インテリジェント化などによる内部発熱の増加が影響しているものと考えられる。店舗においては、照明負荷、人体負荷および外気負荷が大きいので、冬期1、2月に消費される空調用総一次エネルギー消費量は非常に少なく、中間期4、11月の消費量とほぼ同じであるが、夏期7、8

表-10 各種業務施設の年度別複合方式の空調用総一次エネルギー消費原単位

施 設		中間期		冬 期			中間期		夏 期				年間*	最小月	
		10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月			9月
事務所 (46件)	1990年10月－1991年9月	50.2	28.1	54.3	69.0	65.3	54.0	33.8	41.2	70.8	111.4	105.0	82.3	765.4	26.5
	1991年10月－1992年9月	45.8	32.9	50.1	62.1	61.4	52.1	32.0	41.5	64.6	102.0	99.0	82.7	726.2	26.6
	1992年10月－1993年9月	49.6	36.3	55.9	65.2	60.9	64.1	37.1	39.6	69.7	96.7	95.7	73.8	744.6	28.2
	1993年10月－1994年9月	38.9	31.7	50.9	59.3	59.3	58.8	27.0	41.8	66.4	115.3	117.3	75.7	742.4	24.2
店 舗 (25件)	1990年10月－1991年9月	98.4	50.3	57.2	49.8	43.3	45.3	48.9	76.8	137.0	216.2	203.9	137.0	1164.1	24.8
	1991年10月－1992年9月	81.6	41.0	50.7	43.9	41.9	40.0	44.4	77.7	102.1	188.5	196.0	142.7	1050.5	25.7
	1992年10月－1993年9月	88.0	46.6	55.0	44.2	30.7	43.3	49.7	93.4	124.9	192.1	183.7	127.0	1078.8	25.3
	1993年10月－1994年9月	81.3	59.7	53.5	42.7	31.8	43.5	48.0	92.0	123.9	229.7	220.9	144.9	1171.9	25.4
病 院 (15件)	1990年10月－1991年9月	34.0	34.6	103.1	114.9	108.2	92.1	44.2	29.6	78.9	163.5	157.4	113.2	1073.7	24.0
	1991年10月－1992年9月	37.3	47.7	82.3	102.4	101.2	87.6	41.4	31.5	61.2	147.8	160.4	103.1	1007.9	24.4
	1992年10月－1993年9月	30.3	53.7	104.7	120.8	100.2	105.6	48.7	36.7	88.8	140.0	144.9	90.8	1065.2	24.7
	1993年10月－1994年9月	35.2	67.2	118.6	126.1	110.3	116.4	49.9	38.8	86.5	194.2	189.1	102.3	1234.6	27.1
ホテル (21件)	1990年10月－1991年9月	93.2	69.9	109.4	123.7	124.2	108.2	71.8	91.7	160.3	218.9	207.0	173.8	1552.1	63.8
	1991年10月－1992年9月	96.9	83.2	101.4	117.0	115.6	105.1	79.8	100.1	127.8	202.7	218.9	166.1	1514.6	63.7
	1992年10月－1993年9月	102.1	87.0	101.5	117.7	109.8	111.5	84.0	99.0	131.6	184.3	178.5	147.1	1454.1	64.6
	1993年10月－1994年9月	106.7	85.9	105.6	117.8	109.6	109.6	84.5	117.5	140.4	221.7	221.2	163.5	1584.0	67.0

* 年間消費原単位の単位はMJ/(㎡・年)である。

表-11 熱源方式別に各種業務施設の空調用総一次エネルギー消費原単位

[MJ/(m²・月)]

	熱源方式	件数	中間期		冬 期				中間期		夏 期				年間°	冬どき月 最低月	夏どき月 最高月
			10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月			
			10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月			
事 務 所	□ 気： 消費原単位 標準偏差	26	45 14	33 8	44 13	56 15	50 12	49 9	32 9	47 14	68 17	105 26	99 26	78 20	706 122	1.75	3.28
	△ ガス・油： 消費原単位 標準偏差	6	51 23	38 14	52 11	71 13	64 13	61 12	33 12	43 21	80 28	129 31	134 22	103 17	859 134	2.15	4.06
	◇ 複合： 消費原単位 標準偏差	46	46 14	33 9	53 16	64 18	61 18	58 17	32 9	41 13	68 19	106 26	104 26	78 19	744 112	2.00	3.31
店 舗	□ 気： 消費原単位 標準偏差	12	74 30	47 18	49 13	42 11	34 10	42 10	46 19	75 32	100 35	163 57	158 52	110 37	940 264	1.44	4.79
	△ ガス・油： 消費原単位 標準偏差	25	87 29	49 23	54 18	45 17	37 18	43 16	48 21	85 30	122 45	207 71	201 72	138 55	1116 295	1.45	5.59
	◇ 複合： 消費原単位 標準偏差	15	34 10	50 23	101 32	115 36	106 34	99 36	45 20	33 15	78 33	161 47	163 47	106 44	1091 218	3.48	4.94
病 院 ホ テ ル	□ 気： 消費原単位 標準偏差	21	99 24	81 18	104 27	119 27	116 33	108 26	79 20	101 26	140 39	207 65	207 63	163 42	1524 220	1.51	2.62
	△ ガス・油： 消費原単位 標準偏差																
	◇ 複合： 消費原単位 標準偏差																

* 年間消費原単位の単位はMJ/(m²・年)である。

月の消費量は極めて大きく、冬期1、2月の約4～5倍になる。病院は他の施設と異なり、室内を適切な温湿度に維持するだけでなく、空気清浄度、気流分布、圧力バランスなどを含めた総合的対策が必要である。また、患者に対して、冬期の室内温湿度条件を夏期よりきめ細かく配慮する必要がある。したがって、病院の場合、医療目的のエネルギー使用が多いばかりでなく、空調用のエネルギー消費量も大きい。同時に、暖房時間も事務所や店舗に比べて長くならざるを得ない。このため、冬期の空調用エネルギー消費量は事務所や店舗より大きな値となっている。また、年間最小月の空調用エネルギー消費原単位は中間期の5月と10月に発生している。ホテルが他の施設と大きく異なるところは、前述したように一年を通じて営業され、冷暖房時間が基本的に365日24時間となることである。また、共用部の宴会場やレストランなどの冷房需要量が大いいうえ、最近、厨房の冷暖房を行う例も増えてきている。とくに、厨房は大量の外気を導入し全量排気するため、空調用エネルギー消費量が非常に大きくなる。共用部の空調消費量は客室の3倍になる例¹¹⁾も見受けられ、ホテルでは総一次エネルギー消費原単位のみならず空調用総一次エネルギー消費量も大きい。4種類の施設の中では、ホテルの空調用総一次エネルギー消費量の推定値が最も大きい。また、ホテルの場合、冷房の需要量が暖房より大きい。夏期7、8月の空調用は冬期1、2月の2倍になっている。なお、空調用総一次エネルギー消費原単位の年間最小月は中間期4、11月に分布する。

図-6に各施設における空調用総一次エネルギー消費原単位の推定結果を月別平均値(4年間のデータの平均値)でプロットし、その年間変動を検討した。4種類の施設の中で、ホテルの空調用総一次エネルギー消費量が最も大きく、事務所と比較して約2倍となる。店舗の場合は、内部発熱が大きいので、夏期の原単位はホテルとほぼ同じになり、冬期は他の施設に比べて最も小さい。病院は、冬期の原単位がホテルとほぼ同じであり、夏期はホテルと事務所のほぼ中間の値を示す。

表-12は4種類の施設の空調用総一次エネルギー消費原単位(4年間のデータの平均値)を冷房期と暖房期に分けて示したものである。冷暖房期の分け方については、事務所、病院、ホテルの場合、5～10月を冷房期、それ以外の月を暖房期とする。店舗の場合、4～10月を冷房期、それ以外の月を暖房期とする。事務所の冷房期の期間原単位は暖房期の約2倍になる。店舗の冷房期の期間原単位が著しく大きく、暖房期に比べて3.5倍以上となる。病院は冷暖房期の値がほぼ同じであり、ホテルの冷房期の値は暖房期の1.5倍に

図-6 4種類の施設の空調用総一次エネルギー消費原単位の月別平均値

表-12 空調用総一次エネルギー消費原単位 [MJ/(m²・期)]

	事務所	店舗	病院	ホテル
冷房期消費原単位	450	835	575	917
暖房期消費原単位	290	223	516	607
年間消費原単位	740	1058	1091	1524

(4) 他地域との比較

表-13は福北地域と三大都市圏¹²⁾の空調用総一次エネルギー消費原単位が施設の総一次エネルギー消費原単位に占める割合を比較したものである。いずれの施設でも、空調用エネルギー消費量がかなりの割合を占め、とくに事務所、ホテルにおいては建物のエネルギー消費量の半分以上が空調用に用いられることがわかる。また、福北地域の推定結果を20年前の三大都市圏の調査結果と比べると、事務所の52.5%は既往研究の49.7%よりやや大きい。これは、近年のOA化・インテリジェント化などによる空調用エネルギー消費量の増加を裏付ける結果である。店舗の37.3%は既往研究の34.8%～40.5%に近い。ホテルの49.3%は既往研究の46.1%よりやや大きい。これは、ホテルの施設水準が高まったことに伴い、空調用エネルギー消費量が大きくなったからと考えられる。また、病院の場合、福北地域の44.0%は既往研究の30.3%よりも大きい。既往研究の30.3%の内訳については、冷暖房用が25.4%で、空調搬送用がわずかに4.9%である。同文献¹²⁾の他の3種類の施設の空調搬送用(事務所26.9%、店舗19.5～22.5%、ホテル24.9%)と比べても、その1/4～1/5の値である。当時の病院で採用されていた暖房方式の多くは、蒸気を室内の放熱器に直接送る直接暖房方式であり、搬送用動力が少ないためと想像され、ここで設定した空調方式と大きく異なること、当時は全館空調を行っている病院がまだ少なかったことなどがその理由として考えられる。福北地域と同年度の三大

都市圏データがあれば、福北地域の特性もより明確になるものと思われる。

表-13 空調用一次エネルギー消費原単位が
建物の総一次エネルギー消費原単位に占める割合の比較

	事務所	店舗	病院	ホテル
割合(福北地域) [%]	52.5	37.3	44.0	49.3
割合(三大都市圏) [%]	49.7	34.8~40.5	30.3	46.1

3.3 空調用冷温熱消費量の算定

① 推定方法

空調用冷温熱消費量は、冷熱消費量と温熱消費量に大別される。冷熱消費量とは、冷熱機器によって生成された冷房用熱量であり、温熱消費量は温熱機器によって生成された暖房用熱量である。建物の冷温熱消費量は主に熱源機器に投入されたエネルギー消費量に関係しており、搬送機で消費されるエネルギー消費量は含まない。3.2節では、空調用総一次エネルギー消費量、すなわち、熱源機器と搬送機に消費された空調用エネルギー消費量の合計値を推定した。本節では、空調用総一次エネルギー消費量から熱源機器で消費されたエネルギー消費量を推定し、その二次換算値と生産熱量の関係(熱源機器の成績係数)により、建物の空調用冷温熱消費量を算定する。その方法は、以下のとおりである。

電気、ガス、油による熱源機器の生産熱量を $QE_k(i)$ 、 $QG_k(i)$ 、 $QO_k(i)$ とし、そのときのエネルギー消費量の二次換算値を $E2_k(i)$ 、 $G2_k(i)$ 、 $O2_k(i)$ とすれば、両者には次のような関係がある。

$$QE_k(i) = E2_k(i) \times COP_e \quad (13)$$

$$QG_k(i) = G2_k(i) \times COP_g \quad (14)$$

$$QO_k(i) = O2_k(i) \times COP_o \quad (15)$$

ここで、

COP_e 、 COP_g 、 COP_o : 熱源機器の成績係数

したがって、熱源機器のエネルギー消費量がわかれば、式(13)～(15)により、その建物の空調用冷温熱消費量が得られる。

2.2節で述べた提案法は、建物の熱源機器と搬送機に消費されたエネルギー消費量の合計値に関する推定法であり、その空調用総一次エネルギー消費量のエネルギー別の内訳も求められる。ガスや油の場合、空調用エネルギー消費量はすべて熱源機器で消費されるので、ガスと油による熱源機器の空調用冷温熱消費量は提案法で推定した結果をそのまま式(14)と式(15)に代入して求めることができる。すなわち、提案法に基づき得られた $G_k(i)$ と $O_k(i)$ の二次換算値が $G2_k(i)$ 、 $O2_k(i)$ となる。

一方、電力の場合は熱源機器と搬送機に用いられるので、それらを分離しなければ空調用冷温熱消費量は算定できない(図-7)。2.2節における最小月の空調用総一次エネルギー消費量 $Q_k(m)$ のシミュレーション結果によると、事務所の場合は最小月の空調用総一次エネルギー消費量 $Q_k(m)$ の15～20%ほどが熱源機器に用いられており、それ以外の搬送機分は一年を通してほぼ一定と考えられる。そこで、 $Q_k(m)$ の20%が熱源機器に消費されるものと仮定し、図-7のB2'以上の部分を熱源機器における空調用総一次エネルギー消費量と考える。店舗、病院、ホテルの場合も同様に考えられるが、2.2節でのシミュレーション結果によると、最小月の空調用総一次エネルギー消費量 $Q_k(m)$ の約10%ほどが熱源機器に用いられている。しかし、これらの施設では搬送機によるエネルギー消費量の年間変動が事務所と比べると一定ではなく、とくに夏期の増分が大きい。文献13)の調査結果も同様の傾向が示されている。そこで、年間トータルにおける熱源機器のエネルギー消費量が精度良く推定されるように、今回、最小月のエネルギー消費量のう

図-7 熱源機器で使われる空調用総一次エネルギー消費量の推定図

表-14 空気熱源ヒートポンプチャラーの成績係数と外気温の関係

	冬 期				中 間 期		夏 期				中 間 期	
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
月平均温度	8.2	5.8	6.4	9.5	14.6	18.8	22.3	26.9	27.6	23.7	18.2	13.0
冷房期COP					4.25	4.25	3.79	3.72	4.17	4.25		
暖房期COP	3.10	2.89	2.94	3.22	3.55							3.52

ちガス・油による熱源機器に使われる分を考慮して図-7のB2'以上の部分を熱源機器における空調用総一次エネルギー消費量とする。以上より、電力についても熱源機器の空調用総一次エネルギー消費量が特定でき、その二次換算値を式(13)に代入すれば電力による空調用冷温熱消費量が推定できる。

各熱源機器の成績係数については、一般にはカタログ値によって決定される。例えば、ガスや油による熱源機器の成績係数は、カタログによると0.9～1.1となっている。また、電気による熱源機器の場合、117USRTの空気熱源ヒートポンプチャラー（スクリー式、冷水温度7℃、温水温度45℃）を例とすれば、その成績係数の外気温による変動は表-14のとおりである。なお、表中の月平均外気温は福岡市における1961年～1990年までの30年間の平均値である。一方、表-15に示したものは熱源機器に関する実測データを用いて求めた成績係数の平均値である¹⁴⁾。いずれの機種に

表-15 実測データによる熱源機器の成績係数

熱源機器種類	冬 期	中 間 期		夏 期
		4, 11月	5, 10月	
ガス焚き冷温水発生器	0.71	0.66	0.66	0.78
空気熱源ヒートポンプチャラー	2.55	2.66	2.36	2.49

おいても、実測データによる成績係数はカタログ値よりも小さく、とくに中間期のヒートポンプチャラーのCOPが低下する。中間期は冷暖房負荷の変動が大きく、熱源機器は部分負荷で運転する場合が多いので、熱源機器のCOPに大きな影響を与える。また、運転ロスや運転管理などの影響も受けると考えられる¹⁵⁾。ここでは、式(13)～(15)で建物の空調用冷温熱消費量を推定する際に、表-15のCOPデータを使用する。ただし、 COP_g と COP_o は同じ値とする。

この手法による推定精度を検討するため、2.2節のOビルとKビルを対象として、熱源機器に消費されるエネルギー消費量の推定値を実測値と比較した。実測値と推定値の誤差は年間約-7%に収まっている。また、夏期と冬期の誤差はほとんど20%以下である。中間期の誤差には比較的大きな値がいくつかみられるが、中間期の空調用冷温熱消費量はもともと小さいので、年間の誤差に与える影響は少ない。

② 推定結果

表-16は、3.2節で推定した空調用総一次エネルギー消費量から、さらに、空調用冷温熱消費量を算定した結果(4年間のデータの平均値)である。4種類の施設の中では、ホテルにおける年間の空調用冷温熱消費量が最も大きく、次いで店舗が大きい。また、店舗とホテルの冷熱消費量は著しく大きく、事務所の約2倍となつて

表-16 各種業務施設の空調用冷温熱消費量の試算結果

[MJ/(m²・月)]

施設	件数	中間期		冬 期				中間期		夏 期				年間°
		10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	
事務所 消費量 標準偏差	78	22.1 12.6	11.6 8.9	25.0 11.7	34.9 13.5	31.0 12.6	29.8 11.9	11.2 8.5	19.7 12.2	44.7 16.9	79.9 23.7	77.4 23.9	54.5 18.0	441.8 108.0
店舗 消費量 標準偏差	38	54.1 28.1	28.0 22.9	30.3 18.1	21.2 15.8	13.4 15.0	21.1 15.3	26.4 22.3	52.8 27.2	86.4 40.3	156.4 61.4	150.9 60.3	98.5 46.7	739.5 294.9
病院 消費量 標準偏差	17	11.1 16.2	20.6 17.0	60.4 23.3	71.0 25.0	63.5 25.0	56.9 25.7	16.3 16.5	6.7 11.8	46.6 27.4	120.1 36.3	120.2 36.8	70.7 36.6	664.1 174.0
ホテル 消費量 標準偏差	22	48.2 28.0	30.2 16.9	48.5 20.9	57.9 19.4	55.7 19.3	51.8 15.6	28.3 20.5	46.9 30.0	86.2 42.5	143.6 63.2	145.8 58.3	107.8 43.6	850.9 283.0

* 年間消費原単位の単位はMJ/(m²・年)である。表-17 空調用冷温熱消費原単位の比較 [MJ/(m²・年)]

	事務所		店舗		病院		ホテル	
	冷熱	温熱	冷熱	温熱	冷熱	温熱	冷熱	温熱
福北地域	298	144	626	114	375	289	579	272
A社	268	151	603	88	302	381	352	301
B社	~293	113~	502~	126~	419~	335~	419~	335~
			544	167	460	356	460	356

いるが、店舗の温熱消費量は4種類の建物の中で最小であり、空調用総一次エネルギー消費量の年間変動と同様の傾向を示す。

表-17は福北地域の空調用冷温熱消費原単位の算定値をA社、B社が地域冷暖房を計画する際に使用する年間負荷原単位と比較したものである。ただし、福北地域の空調用冷温熱消費量における冷熱と温熱の期間的な振り分け方は表-12の場合と同じである。これによると、店舗とホテルの冷熱消費量の推定結果が地域冷暖房の計画値よりも多少大きな値となっている。

4. おわりに

本報では、月々の電力、ガス、油の消費量データから空調用エネルギー消費量を推定する新たな方法を提案し、その推定方法をアンケート調査データに適用して、福北地域における各種業務施設の空調用総一次エネルギー消費量と空調用冷温熱消費量を推定した。得られた知見は次のとおりである。

- (1) 電力、ガス、油の月別消費量から空調用総一次エネルギー消費量を推定する新たな方法を提案し、搬送用を含む最小月の空調用総一次エネルギー消費量を数値シミュレーションにより地域別・施設別に求めた。この方法を事務所とホテルに適用した結果、従来法に比べて提案法の推定値は実測値とよく一致することを確認した。
- (2) 空調用総一次エネルギー消費原単位の増減に及ぼす外界気象の影響は中間期や冬期に比べて夏期が最も顕著であった。事務所、店舗の場合、冷夏であった1993年7月と8月の消費原単位は平均年の同時期より約11%減少したが、猛暑であった1994年7月と8月の消費原単位は平均年の同時期より約8%増加した。また、空調用総一次エネルギー消費原単位に及ぼす熱源方式の影響については、事務所のガス・油方式の年間空調用総一次エネルギー消費原単位は電気方式より約20%大きく、店舗の複合方式の結果は電気方式より18%ほど大きい。
- (3) 空調用総一次エネルギー消費原単位が年間総一次エネルギー消費原単位に占める割合は、事務所が約53%、ホテルが約49%、病院が約44%、店舗が約37%である。
- (4) 空調用冷温熱消費原単位 [MJ/(m²・年)] は、事務所の冷熱が約300、温熱が約140、店舗の冷熱が約630、温熱が約110、病院の冷熱が約380、温熱が約290、ホテルの冷熱が約580、温熱が約270である。

謝 辞

本研究の一部は、文部省科学研究費補助金（基礎研究A／研究代表者：九州産業大学教授浦野良美）、空気調和・衛生工学会九州支部研究委員会および日本建築学会九州支部奨励研究助成によるものである。ご指導、ご助言を賜りました関係各位に厚くお礼申し上げます。また、1991年～1994年の福岡の実気象データを提供していただいた長岡造形大学の二宮研究室に深く感謝申し上げます。さらに、貴重なデータを提供していただいた九州産業大学浦野研究室、九州電力（株）に対し深く感謝申し上げます。末筆ながら、故浦野良美先生のご冥福を心からお祈り申し上げます。

注

この調査は、福北地域における個々の建物の総エネルギー消費量、さらに空調用エネルギー消費量の実態を把握するために、（社）空気調和・衛生工学会九州支部研究委員会が行った調査である。ただし、このうち35件のエネルギー消費量データは九州産業大学浦野研究室（21件）と九州電力（株）（14件）からそれぞれ提供していただいた（データ期間は、本調査のデータとほぼ同じであった）。

参考文献

- 1) 相良和伸、中原信生：名古屋地区の事務所建物のエネルギー消費量に関する調査研究、空気調和・衛生工学会論文集、No.34, pp.23～34, 1987年6月
- 2) 片山忠久、石井昭夫、浦野良美：九州地域における事務所ビルのエネルギー消費量に関する調査と解析、空気調和・衛生工学会論文集、No.39, pp.87～99, 1989年2月
- 3) 大橋一正、中島康孝：既存事務所建物における外界条件とエネルギー消費量に関する調査と解析、空気調和・衛生工学会論文集、No.45, pp.1～11, 1991年2月
- 4) 松尾 陽、横山浩一、石野久弥、川元昭吾：空調設備の動的熱負荷計算入門、（社）日本建築設備士協会、1992年4月
- 5) 松尾 陽：HASP/ACLD/8501 解説、（社）日本建築設備士協会、1986年3月
- 6) （社）建築設備技術者協会：MICRO-ACSS（v.920130）操作マニュアル、（社）建築設備技術者協会、1992年1月
- 7) （財）住宅・建築省エネルギー機構：建築物の省エネルギー基準と計算の手引、（財）住宅・建築省エネルギー機構、1994年1月
- 8) 山崎 均：日照環境の基礎計算式 IV、日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）、pp.407～408, 1980年9月
- 9) 宇田川光弘：パソコンによる空気調和計算法、オーム社、1986年12月
- 10) 前波昌弘、渡辺俊行、龍 有二、河本一憲：実測データに基づく日射の直観的・合成方法の検討、日本建築学会九州支部研究報告、第33号、pp.273～276, 1992年3月
- 11) 川瀬貴晴：ホテル・旅館のエネルギー消費諸特性の実態、IBEC, No.91, pp.19～36, 1991年5月
- 12) （社）空気調和・衛生工学会：建築・設備の省エネルギー技術指針、（社）空気調和・衛生工学会、pp.373, 1994年6月
- 13) 中原信生、島貫 崇、後藤達雄、相良和伸：各種建物のエネルギー消費量など調査結果、空気調和・衛生工学、Vol.58, No.11, pp.57～67, 1984年11月
- 14) 岡部裕之：事務所ビルにおける電気・ガス複合熱源空調システムの最適運転に関する研究、九州大学大学院総合理工学研究科平成6年度修士論文、1995年2月
- 15) 陳 超、渡辺俊行、龍 有二、赤司泰義、西山紀光、椿 弘之：事務所ビルにおける電気・ガス熱源機器の運転特性に関する比較研究、日本建築学会九州支部研究報告、第34号、pp.129～132, 1994年3月

(1997年3月18日原稿受理、1997年6月24日採用決定)