首都圏等の地域冷暖房システムの需要家調査に基づく 非住宅(民生業務部門)建築物の熱負荷原単位の調査分析

INVESTIGATION AND ANALYSIS OF THE HEAT LOAD PER UNIT AREA OF NON-RESIDENTIAL BUILDINGS (PRIVATE SECTOR BUSINESSES) IN A MAJOR METROPOLITAN AREA

田中翔大^{*1}, 村上公哉^{*2}
Shodai TANAKA and Kimiya MURAKAMI

The current study surveyed customers of a district heating and cooling system, and this study used data on the amount of heat purchased to analyze the loads of recent buildings from 2008 to 2014. This study defined loads listed in techniques to design and assess cogeneration systems devised by the Society of Heating, Air Conditioning, and Sanitation Engineers of Japan as “conventional loads.” This study then compared conventionally determined load per unit area and load per unit area of recent buildings to identify discrepancies in those values.

Keywords : *Commercial Buildings, Heat load unit, District heating and cooling system*

非住宅(民生業務部門)建築物, 熱負荷原単位, 地域冷暖房システム

1. はじめに

我が国では、1970 年以降、環境保全や都市の省エネルギー化(低炭素化)の観点から地域冷暖房システムが導入され、現在 136 地区で導入されている(2015 年 3 月末)。近年では、東日本大震災を背景に、省エネルギー化(省 CO₂ 化)のみならず、地域単位での事業継続性能(BCP: Business Continuity Planning, BCD: Business Continuity District)も求められており、熱に加え電気を地域内融通するシステムの導入事例が増えている。特に、ターミナル周辺地区のようなビジネス機能が集積する業務中枢地区では、都市再生特別措置法において、都市再生緊急整備地域に指定されており、例えば名古屋駅周辺の地域では、地域整備方針に地域冷暖房の導入が明記されている¹⁾。今後、このような地区を中心に、建物の低炭素化やレジリエンス強化の実現のために地域冷暖房が果たす役割は大きくなっている。

地域冷暖房の熱源システム計画では、複数の需要家建物の熱負荷と電力負荷の想定が必要であるため、建物個々の仕様や使われ方が明確でない計画段階では「熱負荷・電力負荷原単位(以下: 負荷原単位)」が用いられることが多い。負荷原単位は、建物用途ごとの単位延床面積あたりの負荷量等を示したものであり、計画対象地域内の建物用途ごとの延床面積などの与条件から熱源負荷等を設定する場合に用いられている。

一般的に、本報で対象とする熱負荷原単位は熱源システムが製造する熱量などの実績値を調査し、統計処理された値である。現在、

広く用いられている負荷原単位は地域冷暖房技術手引書²⁾で示されている空調和・衛生工学会発行のコージェネレーションの設計・評価の手法³⁾の値であるが、刊行が 1994 年 6 月と、既に 23 年が経過しており現在の建物の負荷実態と異なると考えられる。負荷原単位から想定した熱負荷は熱源機器総容量や台数分割等、熱源システムの基本計画に大きく影響することから、近年の建物の負荷等のエネルギーに関わる実態を調査し、既存の負荷原単位との負荷実態の差異を明らかにすると共に負荷原単位を更新することは熱源システム計画の精度向上に寄与すると考えられる。

近年行われている建物のエネルギーに係わる実績調査では、一般社団法人日本サステナブル建築協会が実施された「非住宅建築物の環境関連データベース(DECC)」による全国の建物の実態調査がある。この全体概要については高口等⁴⁾の論文があり、それに係わる論文としては、小林等⁵⁾による関東地域の官公庁・文化施設・研究機関のエネルギー・水消費量、池田等⁶⁾による福祉施設のエネルギー消費特性、山崎等⁷⁾による商業施設のエネルギー消費量の実態等の調査がある。その他には、渡辺等⁸⁾による東北地方の学校建築のエネルギー消費量、高草木等⁹⁾による大規模病院におけるエネルギーと水の消費量、井城等¹⁰⁾により宿泊建物のエネルギー消費原単位推定などの調査がある。これらは、全国の非住宅建築物の貴重な調査分析結果であるが、あくまで建物の電気、ガス、灯油等の消費量であり、熱負荷データではない。

熱負荷の調査は、一般的な熱源機器を持つ建物の場合、「BEMS:

^{*1} 芝浦工業大学大学院 博士課程

^{*2} 芝浦工業大学建築学部建築学科 教授・工博

Graduate School, Shibaura Institute of Technology
Prof., School of Arch., Shibaura Institute of Technology, Dr.Eng.

Building and Energy Management System」のデータを用いる。しかし、一般的に電気、ガス、灯油等の消費量は計量されているが、熱源機器の製造熱量が計量されている建物は非常に少ない。そのため、熱負荷の調査はエネルギー消費量調査に比べ膨大な労力を要する。それが、熱負荷原単位が 20 年以上更新されていない要因にもなっていると考えられる。

そこで本報では、地域冷暖房システムの需要家建物が冷房や暖房などに用いる冷水、温水、蒸気等の使用量であり、1 時間単位の積算熱量が計量されている購入熱量データに着目し、2008 年度～2014 年度にかけて地域冷暖房システムの需要家建物に対して実態調査を実施した。本報では、収集した購入熱量データを用いて近年の建物の負荷原単位を分析し、前述した文献 3)の負荷原単位（以下：既存負荷原単位）として比較することで既存負荷原単位と近年の建物の負荷原単位との差異を把握した。

また、2011 年 3 月に発生した東日本大震災と電力需給の逼迫を経験した我が国では、震災の前後で建物の設備機器の省エネ化が進んだこともあり、熱負荷の使用実態に更なる影響を与えていると考えられる。このような震災前後の建物のエネルギー消費量の変化動向の実態調査では、橋達等¹⁴⁾が 1998 年～2012 年の新宿の地域冷暖房需要家建物の冷温熱エネルギー消費量データと電力消費量データを収集しているが、月別・時刻別レベルでの負荷推移の変化動向については言及していない。

そこで本報では上記に加え、地域冷暖房システムの需要家に対する実態調査において 2009 年度と 2013 年度の購入熱量データを収集した建物を対象に、震災前後の年間負荷量と月別・時刻別負荷推移の比較を行った。そして分析データ件数の多い事務所施設の分析結果を参考までに示した。

2. 負荷原単位の概要

2.1 既存負荷原単位の概要

(1)熱負荷と電力負荷の定義

既存負荷原単位における熱負荷は、中央熱源方式の建物を想定した熱源設備で製造する冷暖房用や給湯用等の冷水、温水、蒸気等の製造熱量（熱源負荷）である。本報では、地域冷暖房の需要家建物の購入熱量がそれに相当すると考え、分析に用いた。熱負荷の内訳は冷房用熱負荷、暖房用熱負荷、給湯用熱負荷がある。また、冷房用熱負荷を冷熱負荷、暖房用熱負荷と給湯用熱負荷の合計値を温熱

負荷と称する場合がある。

一般的に中央熱源方式の建物の電力負荷には、照明、空調、コンセント用電気機器、及びエレベーターなど動力設備、熱源設備などの電力需要を含む。しかし、地域冷暖房の需要家建物は熱源設備（熱源機器本体・一次ポンプ・冷却塔・冷却水ポンプ・その他補機等）を所有しておらず、本報では熱源設備の電力消費量以外の電力需要を「電力負荷」と称する。

(2)負荷原単位の種類

既存負荷原単位の構成を Table1 に示す。既存負荷原単位は事務所施設、宿泊施設、病院施設、商業施設、住居施設、スポーツ施設の建物用途ごとに設定されている。

負荷原単位は、建物が年間で必要とする熱負荷と電力負荷の単位延床面積当たりの値である「年間熱負荷原単位[MJ/㎡年]・「年間電力負荷原単位[kWh/㎡年]」、年間負荷量を 100%とした際の各月の負荷比率である「月別熱・電力負荷比率[%]」、1 日の負荷量を 100%とした際の各時刻の負荷比率である「時刻別熱・電力負荷比率[%]」で構成されている。また、時刻別負荷比率は夏期（6 月～9 月）、冬期（12 月、1 月～3 月）、中間期（4 月～5 月、10 月～11 月）ごとに設定されている。

(3)負荷原単位の利用方法

既存負荷原単位の利用方法である、建物のエネルギーシステム計画時に必要となる年間の時刻別負荷推移の想定方法を(1)～(4)式に示す。地域単位の負荷を求める場合は、算出した地域内の各建物の負荷を合計する。

$$Y_U = Y_{UB} \times A \dots\dots\dots (1)$$

$$Y_U : \text{U 施設の年間負荷} [\text{MJ}/\text{年}] [\text{kWh}/\text{年}]$$

$$Y_{UB} : \text{U 施設の年間負荷原単位} [\text{MJ}/\text{m}^2 \text{ 年}] [\text{kWh}/\text{m}^2 \text{ 年}]$$

(U=事務所、宿泊、病院、商業、住居、スポーツ)

$$A : \text{建物延床面積} [\text{m}^2]$$

Table1 Type of Heat load per unit area in Reference No.3			
Building use Office, Hotel, Hospital, Department store, Residence, Sports facility			
Load type Cooling, Heating, Hot water supply, Power			
Load configuration	The annual load per unit area [MJ/㎡ y][kWh/㎡ y]	Annual load per floor area	
	The monthly proportion of load [%]	The load ratio of each month when the year is set to 100%	
	The hourly proportion of load [%]	The load ratio at each time when 100% of the day is taken. It is set for summer, winter, and intermediate period.	

Table2 Collection status of thermal load data(熱負荷データの回収状況)

	Number of survey buildings	The number of buildings which provided the data	The number of collected data**	Number of analysis data			
				Dataset I ***		Dataset II ***	
				Cooling load	Heating load	Cooling load	Heating load
Office building	92	67(73%)*	138	42	20	13	10
Government office building	6	6(100%)*	14	4	4	—	—
Department store building	2	2(100%)*	2	1	1	—	—
Hotel building	7	6(86%)*	14	4	4	1	1
Hospital building	8	8(100%)*	10	4	4	2	2
Total	117	91(77%)*	178	55	33	16	16

*The values in parentheses indicate the collection rate

**The number of collected data reflects the total number of load data for multiple years that were collected from the buildings.

***Dataset I consists of heat load data for 2008 and 2009 and Dataset II consists of heat load data for 2013.

$$M_{UJ} = Y_U \times M_{UJR} / 100 \dots \dots \dots (2)$$

M_{UJ} : U 施設 J 月の負荷[MJ/月][kWh/月]

M_{UJR} : U 施設 J 月の月別負荷比率[%] (J=1 月～12 月)

$$D_{UJ} = M_{UJ} / N_J \dots \dots \dots (3)$$

D_{UJ} : U 施設 J 月の日別負荷[kJ/日][Wh/日]

N_J : J 月の総日数[日]

$$H_{UJT} = D_{UJ} \times H_{UJTR} / 100 \dots \dots \dots (4)$$

H_{UJT} : U 施設 J 月 T 時の負荷[kJ/h][Wh]

H_{UJTR} : U 施設 J 月 T 時の時刻別負荷比率[%] (T=0 時～23 時)

既存負荷原単位の日別負荷の算出方法は、月別負荷を各月の総日数で除すため、平日と休日の区分ができていない。しかし、実際の建物の使われ方は平日と休日で異なるため、既存負荷原単位から想定する時刻別負荷は、実際の負荷特性と差異が生じると考えられる。

3. 調査分析概要

3.1 調査概要

熱負荷調査で負荷データを回収した建物件数を Table2、熱負荷収集時のアンケート調査項目を Table3 に示す。調査は 2009 年度～2014 年度にかけて行った。熱負荷は 2011 年 3 月に発生した東日本大震災の影響を受けていると考えられるため、収集した震災発生以前の 2008 年度～2010 年度の熱負荷を「実績データ I (Dataset I)」、2014 年度に調査し、収集した震災発生後の 2013 年度の熱負荷を「実績データ II (Dataset II)」と分けて表記する。

調査は熱供給事業者の協力を得ながら、需要家建物一つ一つにヒアリング調査や郵送調査を行った。そして、協力を得た需要家建物から年間の時刻別の購入熱量データを提供していただいた。

3.2 分析概要

(1) 分析データの概要

分析に用いた熱負荷データ件数を Table2 に示す。収集した建物の熱負荷データから、分析に用いる負荷データの選別を行った。年間負荷では、スミルノフ・グラブス検定で、有意水準を 0.05 に設定して検討を行い、負荷が極端に大きい建物と小さい建物を除外した。さらに、時刻別負荷データの欠損が多い建物を除外した。

上記の実績データ選別手法により実績データ I を用いて近年の建物の負荷原単位を算出し、既存負荷原単位と比較分析を行った。分析に用いたデータを回収した需要家建物の所在地は以下である。事務所施設の冷房用熱負荷については、東京都 34 件、千葉県 5 件、埼玉県 1 件、神奈川県 2 件、暖房用熱負荷については、東京都 13 件、千葉県 4 件、埼玉県 1 件、神奈川県 2 件の建物である。官公庁施設については東京都 2 件、埼玉県 2 件の建物である。商業施設については東京都 1 件の建物である。宿泊施設については東京都 1 件、千葉県 2 件、埼玉県 1 件の建物である。病院施設については神奈川県 1 件、香川県 3 件の建物である^{注3)}。事務所施設は 2009 年度と 2013 年度の両方の負荷データを収集した建物に限定して震災前後の負荷の変化動向の比較分析を行った。また、震災発生以前の電力負荷のデータは官公庁施設が 1 件、宿泊施設が 1 件しか回収できなかったため、本研究では熱負荷についてのみ分析を行う。

(2) 分析建物の概要

a) 建物規模

実績データ I の各建物用途の建物規模別割合を Fig.1 に示す。事

Table3 Questionnaire item

Building information	building name, Completion year, Floor levels, Floor area, Building area, Floor area of additional building, Heat source equipment configuration, Installation area of heat source equipment, Type of the window, Floor plan, Presence or absence of a package air conditioner
	energy consumption
	Hourly amount of heat load, Hourly amount of power load

Fig.1 The percentage of buildings scale for each building use (Dataset I)

Fig.2 The percentage of building completion year for each buildings use (Dataset I)

Fig.3 Monthly outside temperature in Tokyo

務所施設の負荷データは 10,000 m²以上 30,000 m²未満の建物が全体の 25%、30,000 m²以上 100,000 m²未満の建物が 36%、100,000 m²以上の建物が 39%を占めている。官公庁の負荷データは 4 件全てが 100,000m² 以上の建物である。商業施設の負荷データは分析対象として収集できた建物が 1 件のみであり、10,000 m²以上 30,000 m²未満

の建物であった。宿泊施設の負荷データは 10,000 m²以上 30,000 m²未満の建物が 75%であった。病院施設の負荷データは 10,000 m²以上 30,000 m²未満の建物が 25%、30,000 m²以上 100,000 m²未満の建物が 75%であった。

b) 竣工年

実績データ I の各建物用途の竣工年代別割合を Fig.2 に示す。全体では、1990 年代に竣工した建物が最も多く 40%、2000 年代に竣工した建物が 33%、1980 年代に竣工した建物が 13%と全体の 86%を占めている。用途別では、商業用途 1 件は、1980 年代に竣工した建物である。

(3) 外気温度の概要

東京都の月別外気温度を Fig.3 に示す。2008 年度・2009 年度の外気温度はほぼ同様の値であり、2010 年度の外気温度は 2008 年度・2009 年度と比較し、外気温度は夏期が高く、中間期・冬期はほぼ同様の値であった。

4. 負荷原単位の分析結果

各建物用途の負荷原単位を分析し、既存負荷原単位の冷房用熱負荷と暖房用熱負荷との比較分析を行った。官公庁施設は既存負荷原単位に記載がなかったため事務所施設の値を用いて比較分析を行った。ただし、宿泊施設は需要家建物から回収した購入熱量データが暖房用熱負荷と給湯用熱負荷の合計値であったため、既存負荷原単位も暖房用熱負荷と給湯用熱負荷の合計値を比較分析に用いた。また、実績データ I の時刻別負荷比率は平日の負荷を用いて算出した。

4.1 年間熱負荷原単位

各建物用途の年間負荷原単位の調査分析結果を Fig.4 に示す。事務所施設の年間負荷原単位は、冷房用熱負荷では既存負荷原単位が 293MJ/m²年であるのに対し、実績データ I の負荷原単位が 294MJ/m²年で同程度の値であった。一方、暖房用熱負荷では、既存負荷原単位が 130MJ/m²年であるのに対し実績データ I の負荷原単位が 89MJ/m²年と 32%小さな値であった。

官公庁施設の年間負荷原単位は、冷房用熱負荷では既存負荷原単位が 293MJ/m²年であるのに対し、実績データ I の負荷原単位が 154MJ/m²年と半分程度値が減少（47%）した。暖房用熱負荷では、既

存負荷原単位が 130MJ/m²年であるのに対し実績データ I の負荷原単位が 119 MJ/m²年と 9%小さな値であった。

商業施設の年間負荷原単位は、冷房用熱負荷では既存負荷原単位が 523MJ/m²年であるのに対し、実績データ I の負荷原単位が 576 MJ/m²年と 10%大きな値であった。一方、暖房用熱負荷では、既存負荷原単位が 147MJ/m²年であるのに対し実績データ I の負荷原単位が 49 MJ/m²年と 67%小さな値であった。

宿泊施設の年間負荷原単位は、冷房用熱負荷では既存負荷原単位が 419MJ/m²年であるのに対し、実績データ I の負荷原単位が 369 MJ/m²年と 12%小さな値であった。一方、暖房用熱負荷と給湯用熱負荷の合計値では、既存負荷原単位が 670MJ/m²年であるのに対し実績データ I の負荷原単位が 487MJ/m²年と 27%小さな値であった。

病院施設の年間負荷原単位は、冷房用熱負荷では既存負荷原単位が 335MJ/m²年であるのに対し、実績データ I の負荷原単位が 253 MJ/m²年と 24%小さな値であった。暖房用熱負荷では、既存負荷原単位が 310MJ/m²年であるのに対し実績データ I の負荷原単位が 112 MJ/m²年と 64%小さな値であった。

4.2 月別熱負荷比率

各建物用途の月別負荷比率の調査分析結果を Fig.5 に示す。事務所施設は、冷房用熱負荷では実績データ I の月別負荷比率が既存負荷原単位と比較して、夏期の負荷比率は最大約 13 ポイント低下し、冬期は 3 ポイント上昇したことから、年間を通して冷房を使用する負荷形態になっている。また、暖房用熱負荷では実績データ I の月別負荷比率が既存負荷原単位と比較して、同程度の負荷比率を示しており、年間の負荷比率の推移に大きな差異はなかった。

官公庁施設は、冷房用熱負荷では実績データ I の月別負荷比率が既存負荷原単位と比較して、夏期の負荷比率は最大 8 ポイント低下し、冬期に 3 ポイント上昇した。暖房用熱負荷では実績データ I の月別負荷比率が既存負荷原単位と比較して、同程度の負荷比率を示しており、年間の負荷比率の推移に大きな差異はなかった。このことから、官公庁施設は事務所施設と同様に、冷房は年間を通して使用する負荷形態になっている。

商業施設は、冷房用熱負荷では実績データ I の月別負荷比率が既存負荷原単位と比較して、同程度の負荷比率を示しており、年間の

Fig.4 Average of annual heat load by the survey results

負荷比率の推移に大きな差は見られなかった。暖房用熱負荷では夏の負荷比率は最大 10 ポイント低下し、中間期は最大 5 ポイント上昇した。

宿泊施設は、実績データ I の月別負荷比率が既存負荷原単位と比較して、冷房用熱負荷、暖房用熱負荷と給湯用熱負荷の合計値共に同程度の負荷比率を示しており、年間の負荷比率の推移に大きな差

Fig.5-1) The monthly proportion of heat load for office buildings

Fig.5-2) The monthly proportion of heat load for government office buildings

Fig.5-3) The monthly proportion of heat load for department store buildings

Fig.5-4) The monthly proportion of heat load for hotel buildings

Fig.5-5) The monthly proportion of heat load for hospital buildings

Fig.5 Average of the monthly proportion of heat load by the survey results

は見られなかった。

病院施設は、冷房用熱負荷では実績データ I の月別負荷比率が既存負荷原単位と比較して、8 月の負荷比率は 18 ポイント低下し、6 月・7 月は 10 ポイント上昇した。暖房用熱負荷では実績データ I の

月別負荷比率が既存負荷原単位と比較して、同程度の負荷比率を示しており、年間の負荷比率の推移に大きな差は見られなかった。

4.3 時刻別熱負荷比率

各建物用途の平日時刻別負荷比率の調査分析結果を Fig.6 に示す。

Fig.6-1) The hourly proportion of heat load for office buildings

Fig.6-2) The hourly proportion of heat load for government office buildings

Fig.6-3) The hourly proportion of heat load for department store buildings

Fig.6-4) The hourly proportion of heat load for hotel buildings 注2)

Fig.6-5) The hourly proportion of heat load for hospital buildings

Fig.6 Average of the hourly proportion of heat load of weekday by the survey results

事務所施設は、冷房用熱負荷では実績データ I の時刻別負荷比率が既存負荷原単位と比較して、夏期の負荷比率は 8 時～17 時の業務時間帯で 2 ポイント～3 ポイント低下し、0 時～7 時の始業時間前や 19 時～23 時の夜間の時間帯は 1 ポイント～2 ポイント上昇したことから、一日の負荷比率の推移が平準化していることが分かる。また、中間期は夏期と同様の負荷比率の変化を示し、冬期には冷房用熱負荷が発生している。暖房用熱負荷では実績データ I の時刻別負荷比率が既存負荷原単位と比較して、冬期の負荷比率は 9 時台に 10 ポイント低下し、始業時間前や夜間時間帯に 2 ポイント～3 ポイント上昇したことから、一日の負荷比率の推移が平準化していることが分かる。中間期の負荷比率は、8 時台や 11 時～17 時の負荷比率は低下し、0 時～7 時の始業時間前や 19 時～23 時の夜間の時間帯は上昇したことから、冬期と同様に一日の負荷比率が平準化していることが分かる。

官公庁施設は、冷房用熱負荷と暖房用熱負荷では実績データ I の時刻別負荷比率が既存負荷原単位と比較して事務所と同様の負荷比率の変化を示した。

商業施設は、冷房用熱負荷では実績データ I の時刻別負荷比率が

既存負荷原単位と比較して、夏期の負荷率は 8 時台に約 1 ポイント上昇し、13 時～15 時の時間帯で 3 ポイント低下した。暖房用熱負荷では実績データ I の時刻別負荷比率は既存負荷原単位と比較して、冬期の負荷比率が 9 時台に 9 ポイント低下し、17 時台に 3 ポイント低下した。

宿泊施設は、冷房用熱負荷では実績データ I の時刻別負荷比率は既存負荷原単位と比較して、夏期の負荷比率は 6 時～10 時の時間帯で 2 ポイント低下し、14 時台、19 時台に 3 ポイント上昇していたことから、一日の負荷比率の推移が平準化していることが分かる。また、冬期・中間期の負荷比率は、11 時～13 時の昼間時間帯と 20 時～23 時の夜間時間帯において低下し、0 時～7 時の時間帯に上昇していた。暖房用熱負荷と給湯用熱負荷の合計値では実績データ I の時刻別負荷比率は既存負荷原単位と比較して、同程度の負荷比率の推移であった。

病院施設は、冷房用熱負荷と暖房用熱負荷では実績データ I の時刻別負荷比率が既存負荷原単位と比較して、同程度の負荷比率の推移であった。

4.4 東日本大震災前後の熱負荷・電力負荷の比較分析結果

事務所施設の分析結果を以下に示す。分析には、実績データⅠ（2009年度）と実績データⅡ（2013年度）両方の負荷データを収集した15件の建物から異常値を持つ建物を除外し、冷房用熱負荷8件、暖房用熱負荷5件より負荷原単位を算出し比較分析を行った。また、Fig.3によると、2013年度の外気温度は、2009年度と比較し、夏期が高く、中間期・冬期はほぼ同様の値であった。しかし、本分析は参考的な分析であるため外気温度による補正等を行っていない。

2009年度・2013年度の年間負荷原単位の比較結果をFig.7に示す。年間冷房用熱負荷原単位は2009年度が306 MJ/m²年、2013年度が291 MJ/m²年であり5%減少していた。一方、年間暖房用熱負荷原単位は2009年度が107 MJ/m²年であるのに対し、2013年度が124 MJ/m²年であり16%増加していた。

2009年度・2013年度の月別負荷比率の比較結果をFig.8に、2009年度・2013年度の平日時刻別負荷比率の比較結果をFig.9に示す。月別負荷比率と時刻別負荷比率は2009年度と2013年度の値は同程度であったため、震災前後で月別・時刻別の負荷比率の推移に大きな差異はなかった。

5. まとめ

建物個々の熱負荷データは貴重なデータであり、本調査分析結果は、長期間に亘る調査成果である。まず、本報では、2009年度～2014年度にかけて地域冷暖房システムの需要家建物に対して購入熱量の実態調査を実施し、近年の建物の負荷原単位を算出すること

で、既存負荷原単位との負荷実態の差異を比較分析した。また、調査建物から震災前後の負荷データがある建物を対象に、参考までに負荷変動傾向の分析を行い、以下の知見を得た。

- 1) 本調査による年間負荷原単位は、既存負荷原単位と比較して、事務所用途の冷房用熱負荷では同程度の値であったが、暖房用熱負荷では32%小さな値であった。また、官公庁施設・宿泊施設・病院施設は、既存負荷原単位と比較し冷房用熱負荷と暖房用熱負荷共に減少し、商業施設では冷房用熱負荷が増加していた。
- 2) 本調査による月別負荷比率は、既存負荷原単位と比較して、事務所施設では、暖房用熱負荷は同程度の負荷推移だったが、冷房用熱負荷において、夏期に負荷比率が低下し、冬期に上昇していた。また、官公庁施設では事務所施設と同様の变化傾向が

Fig.7 Comparison of annual heat load per unit area before and after the earthquake

Fig.8 Comparison of the monthly proportion of heat load before and after the earthquake

a) Cooling load (n=8)

b) Heating load (n=5)

Fig.9 Comparison of the hourly proportion of heat load before and after the earthquake

見られ、商業施設は暖房用熱負荷では冬期の負荷比率が低下し、11月に負荷比率が上昇していた。宿泊施設は冷房用熱負荷、暖房用熱負荷と給湯用熱負荷の合計値共に既存負荷原単位と同程度の負荷比率の推移であり、病院施設では冷房用熱負荷において、8月の負荷比率が18ポイントと大幅に低下した。

- 3) 本調査による時刻別負荷比率は、既存負荷原単位と比較し、事務所施設、官公庁施設、商業施設は冬期の暖房用熱負荷において、ピーク時の負荷比率が低下し、夜間の負荷比率が上昇していた。冷房用熱負荷は事務所施設・官公庁施設では夏期の負荷比率が8時～17時の業務時間帯で低下し、夜間時間帯に負荷比率が上昇し、冬期において負荷が発生していた。また、宿泊施設の暖房用熱負荷と給湯用熱負荷の合計値と病院施設の冷房用熱負荷と暖房用熱負荷は既存負荷原単位と比較して同程度の負荷比率の推移であった。
- 4) 事務所施設において、東日本大震災前後の熱負荷データがある建物を対象に冷房用熱負荷と暖房用熱負荷とを比較分析し、震災前と比べ冷房用熱負荷は年間で5%負荷量が減少し、暖房用熱負荷は12%増加していた。また、月別負荷比率と時刻別負荷比率を比較しほぼ同程度の推移であった。

なお、本報の分析データは東日本大震災前のデータである。震災前後で建物の熱負荷も変化していると言われており、調査を継続して行い近年の負荷実態を反映した熱負荷原単位を調査していく予定である。

謝辞

本研究の成果の一部は、空気調和・衛生工学会のエネルギーシステム設計情報データベース小委員会（主査：村上公哉、活動期間：2013年4月～2016年3月）の活動による。委員の皆様、調査にご協力を頂きました建物管理者の皆様および一般社団法人日本熱供給事業協会の関係者の皆様に厚く御礼を申し上げます。また貴重な研究指導を頂きました渡辺健一郎氏（当時芝浦工業大学特任教授）と共同研究者の原瀬拓也氏（当時芝浦工業大学大学院）に深く感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) Cabinet Office, Regional Creation Promotion Office, Regional maintenance policy of urban rehabilitation emergency development area, 2015.7, (accessed 2017.9.9)
内閣府地方創生推進事務局，都市再生緊急整備地域の地域整備方針，2015.7，（参照 2017.9.9）
(http://www.city.nagoya.jp/jutakutoshi/cmsfiles/contents/0000010/10046/chiikiseibi_houshin.pdf)
- 2) Japan district heating & Cooling Association, District Heating and Cooling Technology Guide, 1997.6
（一社）都市環境エネルギー協会，地域冷暖房技術手引書，1997.6
- 3) The Society of Heating, Air Conditioning, and Sanitation Engineers of Japan, techniques to design and assess cogeneration systems devised, Jun., 1994.6
空気調和・衛生工学会，コージェネレーションの設計・評価の手法，1994.6
- 4) Hiroto, T. and Shimpei, I. and Satoshi, W. et al : Development and Analysis of DECC (Data-Base for Energy Consumption of Commercial Building) Part1 Development on Basic Database of DECC, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.77 No.678, pp.699-705, 2012.8
高口洋人，井筒進平，鷲谷聡之，他：非住宅（民生業務部門）建築物の環境関連データベース（DECC）の構築と解析，その1 基礎データベース

- の構築，日本建築学会環境系論文集 No.678, pp.699-705, 2012.8
- 5) Masakazu, K. and Masahiro, B. and Shigeki, K. and Hiroto, T. : Development and Analysis of DECC (Data-Base for Energy Consumption of Commercial Building) Energy and Water Consumption in Governmental Buildings, Culture Institutions and Research Organizations in Kanto Area, pp.633-636, 2009.3
小林正和，馬場雅裕，亀谷茂樹，高口洋人：非住宅（民生・業務部門）建築物環境関連データベース構築に関する研究 2007 年度 関東地域の官公庁・文化施設・研究機関のエネルギー・水消費量，2008 年度日本建築学会関東支部研究報告書，pp.633-636, 2009.3
 - 6) Daisuke, I. and Saburo, M. and Daisaku, N. et al : A Study on the Characteristics of Energy Consumption for Welfare Facilities Based on the Database of Energy Consumption for Commercial Building(DECC), Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.76 No.670, pp.1109-1117, 2011.12
池田大輔，村川三郎，西名大作，他：非住宅建築物の環境関連データベースに基づく福祉施設のエネルギー消費特性に関する研究，日本建築学会環境系論文集 第76巻 第670号，pp.1109-1117, 2011.12
 - 7) Masato, Y. and Yohei, Y. and Yoshiyuki, S. et al : Study on the Environmental Load Database(DECC) for Buildings Part 81 Analysis on Energy Consumption for Commercial Building (Result of Survey on the Actual Conditions of Saving Electricity in FY 2011) , Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, Environmental Engineering-I, pp.961-962, 2012.9
山崎政人，山口容平，下田吉之，他：非住宅（民生業務部門）建築物の環境関連データベース構築に関する研究 その81 商業施設のエネルギー消費量の実態（2011 年度夏季節電実態緊急調査結果），日本建築学会大会学術講演梗概集，環境工学-I, pp.961-962, 2012.9
 - 8) Hironori, W. and Shuichi, M. and Satoshi, S : A Study on the Actual Conditions of Energy Consumption of School Buildings in Tohoku Area, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), No.597, pp.57-63, 2005.11
渡辺浩文，三浦秀一，須藤諭：東北地方における学校建築のエネルギー消費に関する実態調査，日本建築学会環境系論文集 No.597, pp.57-63, 2005.11
 - 9) Akira, T. and Yoshino, D : Research on Energy and Water Consumption at Large-Scale Hospital, AIJ Journal of Technology and Design Vol. 17, No 35, pp.233-238, 2011.2
高草木明，吉野大輔：大規模病院におけるエネルギーと水の消費量に関する調査研究，日本建築学会技術報告集 第17巻 第35号，pp.233-238, 2011.2
 - 10) Yorimasa, I. and Satoshi, S. and Hiroshi, Y. et al : A Study on the Estimation in Energy Consumption Rate of Accommodation Buildings -Analysis Based on Survey Data in 2009 Fiscal Year on the Database of Energy Consumption for Commercial Buildings(DECC) Part2-, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.78 No.683, pp.45-54, 2013.1
井城依真，須藤諭，吉野博，他：宿泊建物のエネルギー消費原単位の推定に関する研究 -非住宅建築物の環境関連データベースにおける平成21 年度調査データによる分析 その2-，日本建築学会環境系論文集 No.683, pp.45-54, 2013.1
 - 11) Daisuke, H. and Yusuke, N. : Study on Energy Consumption of Ultra-High-Rise Buildings in Shinjuku DHC Area, Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ), Vol.80 No.709, pp.269-277, 2015.3
橋達大輔，中島裕輔，新宿 DHC 地区超高層ビルにおけるエネルギー消費に関する研究 -東日本大震災前後のエネルギー消費量分析-，日本建築学会環境系論文集 第80巻 第709号，pp.269-277, 2015.3

注

- 注 1) Heat load per unit area in Reference No.3
注 2) including heat load for hot water
注 3) 病院施設は首都圏では1件しかデータが回収できなかったため、エネルギーの使用の合理化に関する法律で設けられた次世代省エネルギー基準の地域区分において、東京都23区と同じ地域6に区分されている香川県の地域冷暖房の需要家建物の値を用いた。

INVESTIGATION AND ANALYSIS OF THE HEAT LOAD PER UNIT AREA OF NON-RESIDENTIAL BUILDINGS (PRIVATE SECTOR BUSINESSES) IN A MAJOR METROPOLITAN AREA

Shodai TANAKA^{*1} and *Kimiya MURAKAMI*^{*2}

^{*1} Graduate School, Shibaura Institute of Technology

^{*2} Prof., School of Arch., Shibaura Institute of Technology, Dr.Eng.

Planning a heating system for a district heating and cooling system requires estimation of the heat and electricity loads of multiple buildings receiving heat and electricity. A database of heat or electricity load per unit area (referred to as “unit load”) is often used in the planning stage, when the specifications and uses of individual buildings are unclear. The load per unit area is a measured and statistically analyzed value, such as the amount of heat produced by a heating system. The load per unit area consists of the annual load per floor area depending on a building’s use, the monthly proportion of load, and the hourly proportion of load and by season. The value of a load per unit area that is currently in wide used was derived about 20 years ago, and this value differs from actual current loads. Therefore, the current study surveyed customers of a district heating and cooling system, and this study used data on the amount of heat purchased to analyze the loads of recent buildings from 2008 to 2014. This study defined loads listed in techniques to design and assess cogeneration systems devised by the Society of Heating, Air Conditioning, and Sanitation Engineers of Japan as “conventional loads.” This study then compared conventionally determined load per unit area and load per unit area of recent buildings to identify discrepancies in those values.

Heat loads changed before and after the Great East Japan Earthquake that struck in March 2011. This study examined buildings for which actual data from 2009 and 2013 were available. Annual loads before and after the Earthquake and changes in loads by month and time of day were compared.

According to the current study, the annual cooling load per unit area for office buildings was about the same as the conventionally determined load, but the annual heating load was 32% lower.

According to the current study, the monthly proportion of the heating load for office buildings was about the same as that of the conventionally determined load. The monthly cooling load decreased in the summer, but that load was generated in the winter.

According to the current study, the hourly proportion of the cooling load for office buildings in the summer decreased during working hours from 8 AM to 5 PM in comparison to the conventionally determined load, but a cooling load was generated at night. In addition, a cooling load was generated in the winter.

Cooling and heating loads were compared for office buildings for which heat load data were available before and after the Great East Japan Earthquake. The cooling load decreased by 5% annually and the heating load increased 20% in comparison to respective loads prior to the Earthquake. In addition, the proportion of the load by month and by time of day was almost the same.

(2017年9月10日原稿受理, 2018年3月9日採用決定)