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－

A STUDY ON THE ESTIMATION OF 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) Part 2－井城 依真^{*1}, 須藤 諭^{*2}, 吉野 博^{*3}, 村上周三^{*4}
坊垣 和明^{*5}, 松縄 堅^{*6}, 亀谷 茂樹^{*7}, 高口 洋人^{*8}
半澤 久^{*9}, 奥宮 正哉^{*10}, 浅野 良晴^{*11}, 下田 吉之^{*12}
村川 三郎^{*13}, 依田 浩敏^{*14}, 田中英紀^{*15}, 増田 幸宏^{*16}Yorimasa IKI, Satoshi SUDO, Hiroshi YOSHINO, Shuzo MURAKAMI,
Kazuaki BOGAKI, Katashi MATSUNAWA, Shigeki KAMETANI, Hiroto TAKAGUCHI,
Hisashi HANZAWA, Masaya OKUMIYA, Yoshiharu ASANO, Yoshiyuki SHIMODA,
Saburo MURAKAWA, Hirotoshi YODA, Hideki TANAKA and Yukihiro MASUDA

In this study we aimed to identify characteristics of energy consumption of accommodation building by drawing on 2009 fiscal year of DECC survey data. Conducting statistical analysis on the base-load and the fluctuation-load on a national scale derived from patterns of variation in the monthly energy consumption, we obtained estimation equations for energy consumption rate.

To determine the base-load rate, we focused on differences between heat-generation equipments in the accommodation buildings and classified them into three categories: electrical, fuel-based, and electric-fuel hybrid. We then carried out the multiple regression analysis for each category. As a result, we obtained accurate estimation equations for the electrical and the fuel-based heat-generation equipments. And to determine the summer and the winter fluctuation-load rate, we were able to obtain accurate estimation equations using the multiple regression analysis.

Keywords : Accommodation Building, Energy Consumption Rate, Base-Load, Fluctuation-Load, Estimation Equation, Multiple Regression Analysis
宿泊建物, エネルギー消費原単位, 基本負荷, 変動負荷, 推定式, 重回帰分析

1. はじめに

現在、わが国の民生業務部門のエネルギー消費は、オイルショック以降一貫して増加傾向にあり、京都議定書の採択後においても1990年比で2009年では約35%の増加となった¹⁾。そのため民生業務部門である非住宅建築物への省エネルギー対策の促進や、エネルギーの需要と供給の適切な管理による効率的利用を推進することが非常に重要とされてきた。非住宅建築物への省エネルギー対策を推進

するためには、建物用途ごとにおけるエネルギー消費特性の把握が必要である。非住宅建築物に関する調査は、従来多くの研究者によって行われてきたが、それぞれの地域ごとの調査であり、また調査項目もそれぞれに異なっているため、それらを統合することは難しく、全国規模で統一されたデータベースは存在していなかった。このような背景から、平成19年度に非住宅建築物の環境関連データベース検討委員会が発足^{注1)}し、全国規模での調査が開始された。

*1 東北文化学園大学科学技術学部 助手
*2 東北文化学園大学科学技術学部 教授・博士(工学)
*3 東北大学大学院工学研究科 教授・工博
*4 建築環境・省エネルギー機構 理事長・工博
*5 東京都市大学都市生活学部 教授・博士(工学)
*6 日建設計総合研究所 理事長
*7 東京海洋大学海洋科学部海洋環境学科 准教授・博士(工学)
*8 早稲田大学理工学術院 教授・博士(工学)
*9 北海道工業大学空間創造学部建築学科 教授・博士(工学)
*10 名古屋大学大学院環境学研究科 教授・工博
*11 信州大学工学部建築学科 教授・工博
*12 大阪大学大学院工学研究科 教授・工博
*13 広島大学サステナブル・ディベロップメント
実践研究センター 特任教授・工博
*14 近畿大学産業理工学部 教授・工博
*15 中部大学工学部建築学科 准教授・博士(工学)
*16 豊橋技術科学大学大学院工学研究科 准教授・博士(工学)

Research Assoc., Faculty of Sci. & Tech., Tohoku Bunka-Gakuen Univ.
Prof., Faculty of Sci. & Tech., Tohoku Bunka-Gakuen Univ., Dr. Eng.
Prof., Grad. Sch. of Eng., Tohoku Univ., Dr. Eng.
Chief Executive, Institute for Building Environ. & Energy Conservation, Dr. Eng.
Prof., Faculty of Urban Life Studies, Tokyo City Univ., Dr. Eng.
Chairman of the Institute, Nikken Sekkei Research Institute
Assoc. Prof., Ocean Sciences, Tokyo Univ. of Marine Sci. & Tech., Dr. Eng.
Prof., Faculty of Sci. and Eng., Waseda Univ., Dr. Eng.
Prof., Dept. of Arch., Faculty of Creative Eng., Hokkaido Institute of Tech., Ph. D.
Prof., Grad. Sch. of Environ. Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.
Prof., Dept. of Arch., Faculty of Eng., Shinshu Univ., Dr. Eng.
Prof., Grad. Sch. of Eng., Osaka Univ., Dr. Eng.
Prof. Special Appointment, The Institute for Sustainable Sci. and Development, Hiroshima Univ., Dr. Eng.
Prof., Faculty of Humanity-Oriented Sci. and Eng., Kinki Univ., Dr. Eng.
Assoc. Prof., Dept. of Arch., College of Eng., Chubu Univ., Dr. Eng.
Assoc. Prof., Grad. Sch. of Eng., Toyohashi Univ. of Tech., Dr. Eng.

主要な調査は平成 21 年度までの 3 ヶ年に渡り行なわれ、現在ナショナルデータベースの構築が行われている。当委員会では、このデータベースを英文で The Database of Energy Consumption for Commercial Buildings（以下、DECC という）とした。委員会の発足から 2010 年までは、DECC を構成する建物概要、省エネルギーの取り組み、設備概要、エネルギー消費量、水消費量等について、地方ごとの基礎的集計分析の報告が多数行われてきた。また、2011 年からはいくつかの建物用途で DECC を利用した全国規模での統計的分析の報告^{2～15)} が開始された。宿泊建物については、地方ごとの分析が報告されているが^{16～23)}、全国規模の統計的分析はまだ報告が行われていない。

宿泊建物のエネルギー消費量に関する既往研究について、CiNi 等を利用して検索したところ 16 件の既往研究が存在した。16 件のうち 5 件が査読論文で、11 件が大会等の梗概論文であった。5 件の査読論文のうち、田中（良）²⁴⁾らの論文は、冷温熱エネルギー消費量と外気気象要因との相関関係について示したもので、調査対象は東京の大規模ホテル 5 件であった。岩淵²⁵⁾ ²⁶⁾らの論文は、冬期、春期、夏期における各電気機器の時間帯別電力消費量の調査について述べたもので、調査対象は関西地域にあるビジネスホテル 1 件の 104 の客室であった。田中（篤）²⁷⁾ ²⁸⁾らの論文は、給湯・給水量の実測結果を基に給湯・給水負荷の変動傾向等について解析し、給湯負荷算定法および機器容量算定法の考え方を示したもので、調査対象は京都市にあるシティホテル 1 件であった。他の 11 件の梗概論文でも調査範囲は大きいもので地方単位に留まり、全国を分析対象とした報告は行なわれていなかった。

また、筆者らは前報²⁹⁾において、事務所建物の基本負荷原単位、変動負荷原単位^{注2)}について、建物概要や気候条件を説明変数とした統計的分析を行って、事務所建物のエネルギー消費原単位を求める有意な推定式を得た。

そこで、本研究では、前報²⁹⁾と同様の分析手法を用いて、宿泊建物の基本負荷、変動負荷について全国規模の統計的分析を行い、エネルギー消費原単位の推定式を求めることにより、そのエネルギー消費特性を明らかにすることを目的とした。推定式の精度としては、「やや強い相関」^{注3)}と評価される修正済相関係数または修正済重相関係数 0.5 程度を目標値とした。この推定式が得られることで、建物概要や立地等といった基本的属性からエネルギー消費原単位を推定することが可能となり、省エネルギー対策の促進に関する判断基準を提供できると考えられる。

2. 調査の概要

本研究では DECC の平成 21 年度データ（エネルギー消費実績値の調査期間は 2008 年 4 月 1 日～2009 年 3 月 31 日）を分析対象とした。表 1 に DECC の平成 21 年度のデータ項目を示す。表 2 に各地方における調査票の送付回収状況と有効回答数を示す。全国で 5,391 件の調査票が送付され、平成 21 年度の調査票の回収数は 623 件、回収率は約 11.6%となった。

本研究で分析対象とした回答データの抽出は前報²⁹⁾と同様の方法で行なった。回収された回答データから、延床面積の記入が無いもの、建物の主用途が宿泊建物で無いと判断されるもの、エネルギー消費量の記入が無いもの、エネルギー消費量の明らかな記入ミスで

ある 158 件を除外し、これらに該当しなかった 465 件の建物の年間一次エネルギー消費原単位を算出した。次に、年間一次エネルギー消費原単位に対しスミルノフ・グラブス検定^{注4)}（有意水準 5%）を行い、外れ値に該当する建物 1 件が除外された。最後に、月別エネルギー消費量データについて、12 ヶ月のうち 1 ヶ月でも回答が未記入である建物や、月別データが異常値であると考えられる建物 59 件を除外した。これらの検定で棄却されなかった回答データを有効回答とし、本研究における分析対象とした。表 2 の有効回答数 405 件がこれに該当し、関東地方が最も多く 105 件、次いで関西地方が 82 件となった。なお、スミルノフ・グラブス検定済みの建物用途別全国データは、一般社団法人日本サステナブル建築協会のホームページから「DECC 公開用データベース」として平成 22（2008）年 12 月 10 日から提供されている。

3. 延床面積と基本負荷・変動負荷の関係

「エネルギーの使用の合理化に関する法律」^{注5)}では、エネルギー消費量と関係の深い変数を分母としたエネルギー消費原単位で建物のエネルギー使用状況を把握するよう定められており、その中でも、延床面積を分母としたエネルギー消費原単位は、建物のエネルギー消費特性を示す指標の一つとして例示されている。そこで、延床面積と基本負荷及び変動負荷の関係について単回帰分析を行った結果を表 3 に示す。基本負荷では決定係数 0.8611、修正済決定係数

表 1 データ項目

建物概要	建物情報	所在地、所有形態、竣工年、延床面積、屋内駐車場面積、敷地面積 階数（地上、地下）、大規模改修、建物用途比率
	使用状況	冷暖房使用期間、冷暖房設定温度、契約電力 営業時間（平日、土曜、日曜）、客室数、入居率、飲食店の有無
省エネ 取り組み	実行度合	冷暖房温度の適正化、冷暖房期間の調整、断熱材などの有無 不用品の照明の消灯、OA機器の節電、自然エネルギー導入
	対策装置 の有無	デマンド制御、照明自動点滅、高効率照明、蓄熱槽、全熱交換器 外気冷房、節水機器、コジェネレーションなど
設備概要		電力、ガス、地域冷暖房の取引会社 空調の導入設備、給湯の導入設備、冷暖房エネルギー源、 発電機器の有無
エネルギー消費実績値 （平成21年度）		電力（昼間、夜間）、石油系燃料（A・B・C重油、灯油、軽油、揮発油、ガソリン） 都市ガス、LPG、地域冷暖房（冷水、温水、蒸気）、その他
水消費実績値 （平成21年度）		上水消費量、その他（上水1ヶ月単位または2ヶ月単位で記入可能）

表 2 調査票の送付回収状況と有効回答数

	調査票送付数	調査票回収数	回収率	有効回答数
北海道地方	123	18	14.6%	9
東北地方	764	93	12.2%	62
北陸地方	450	60	13.3%	22
関東地方	2259	172	7.6%	105
中部地方	240	30	12.5%	25
関西地方	814	107	13.1%	82
中国・四国地方	600	77	12.8%	55
九州地方	141	66	46.8%	45
合計	5391	623	11.6%	405

表 3 延床面積と基本負荷・変動負荷の関係

	延床面積 との関係	推定式 （ x : 延床面積）	決定係数	修正済 決定係数	判定
宿泊	基本負荷	$y=0.0024x-4.5784$	0.8611	0.8607	1%有意
	変動負荷	$y=0.0005x+0.6356$	0.7880	0.7875	1%有意
	夏期変動負荷	$y=0.0004x-0.5180$	0.7332	0.7325	1%有意
	冬期変動負荷	$y=0.0001x+1.1536$	0.4169	0.4155	1%有意

0.8607と有意水準1%で強い相関関係が認められた。変動負荷との関係では、決定係数0.7880、修正済決定係数0.7875となり有意水準1%で強い相関関係となった。夏期変動負荷との関係では、決定係数0.7332、修正済決定係数0.7325と有意水準1%で強い相関関係が認められた。冬期変動負荷では決定係数0.4169、修正済決定係数0.4155となり、他の負荷に比べ決定係数は小さいが、やや強い相関関係があることは認められた。従って各負荷とも延床面積に強い相関またはやや強い相関が認められ、原単位として単位面積当たりの負荷値を用いることの妥当性が確認された。

4. 基本負荷原単位の分析

4.1. 単回帰分析

筆者らは文献³¹⁾において、基本負荷原単位を規模ランク別に分析したところ、規模ランク別には有意な差は認められるものの、規模に応じた順位性は認められなかった。また、地方別に分析したところ、各地方間に有意な差は認められなかった。

本研究では、建物ごとに「延床面積[m²]」と「年間平均気温[°C]」^{注6)}による単回帰分析を行ってみた。「延床面積」と基本負荷原単位

図1 延床面積と基本負荷原単位の関係

図2 年間平均気温と基本負荷原単位の関係

表4 飲食店有無別の各負荷原単位
マンホイットニーのU検定

	平均順位		p値	判定
	飲食店有り N=88	飲食店無し N=197		
基本負荷原単位	171.8	130.1	7.87×10^{-5}	1%有意
夏期変動負荷原単位	163.8	133.7	4.37×10^{-3}	1%有意
冬期変動負荷原単位	125.7	150.7	0.0177	5%有意

図3 飲食店有無別の各負荷原単位の平均値

の関係を図1に示す。決定係数0.0161、修正済決定係数0.0137、相関係数0.1270、修正済相関係数0.1170と相関関係は認められないことが有意水準1%で判定された。「年間平均気温」と基本負荷原単位の関係を図2に示す。所在都市の不明が4件あり、分析対象は401件となった。決定係数0.0007、相関係数0.0263、修正済決定係数は計算上-0.0018となるため修正済相関係数は算出不可能となった。以上のことから、基本負荷原単位は「延床面積」あるいは「年間平均気温」だけを説明変数とする単回帰式では推定できなかった。

4.2. 重回帰分析

単回帰分析では相関関係は認められなかったため、いくつかの説明変数を加え、基本負荷原単位を目的変数とした重回帰分析を行った。説明変数は表1のデータ項目の中から「延床面積[m²]」、「客室1室あたりの床面積[m²/室]」^{注7)}、「竣工年[年]」、「契約電力[kW]」、「契約電力原単位[kW/m²]」^{注8)}、「客室数[室]」、「年間の表玄関開放時間[時/年]」^{注9)}、「冷暖房日数[日/年]」^{注10)}、「年間平均気温[°C]」を候補とした。さらに、宿泊建物の場合、エネルギー消費特性に影響を与える要因として「飲食店の有無」、ビジネスホテル、シティホテル、リゾートホテル等の宿泊建物の「業態」が考えられる。そこで、「飲食店の有無」、「業態」においては建物別に分類した場合の各負荷原単位に差が認められるか検討した。「業態」の分類はシティホテルやリゾートホテルに相当する「業態A」と、小規模旅館、ビジネスホテルに相当する「業態B」の2分類とした^{注11)}。

「飲食店有り」と「飲食店無し」の建物の各負荷原単位に対して「マンホイットニーのU検定」を行い、2群間に有意な差が認められるか確認を行った。その結果を表4に示す。基本負荷原単位は有意水準1%、夏期変動負荷原単位も有意水準1%、冬期変動負荷原単位は有意水準5%で統計的に差があることが認められた。図3に「飲食店有無別」の各負荷原単位の平均値を示す。「飲食店有り」の各負荷原単位の平均値の合計は約2,830[MJ/(m²・年)]で、「飲食店無し」は約2,450[MJ/(m²・年)]であり、各負荷原単位の平均値の合計は「飲食店有り」の方が大きくなることが認められた。

次に業態別の差の検定結果を表5に示す。各負荷原単位とも有意水準1%で統計的に有意な差が認められた。図4に業態別の各負荷原単位の平均値を示す。「業態A」の各負荷原単位の平均値の合計は約2,670[MJ/(m²・年)]で、「業態B」は約2,270[MJ/(m²・年)]であ

表5 業態別の各負荷原単位の
マンホイットニーのU検定

	平均順位		p値	判定
	業態A N=217	業態B N=68		
基本負荷原単位	151.3	116.6	2.50×10^{-3}	1%有意
夏期変動負荷原単位	154.3	107.1	3.80×10^{-5}	1%有意
冬期変動負荷原単位	134.8	169.0	2.83×10^{-3}	1%有意

図4 業態別の各負荷原単位の平均値

表 6 基本負荷原単位の説明変数相互間の相関行列

基本負荷原単位 (285件)		延床面積	客室1室あたりの床面積	竣工年	契約電力	契約電力原単位	客室数	年間の表玄関開放時間	業態	飲食店の有無	冷暖房日数	年間平均気温
説明変数	延床面積[m ²]	1.0000										
	客室1室あたりの床面積[m ²]	0.1705	1.0000									
	竣工年[年]	0.0499	0.0120	1.0000								
	契約電力[kW]	0.7775	0.1889	0.0925	1.0000							
	契約電力原単位[kW/m ²]	-0.0969	0.0538	0.1029	0.4500	1.0000						
	客室数[室]	0.8634	-0.1496	0.0723	0.6486	-0.0908	1.0000					
	年間の表玄関開放時間[時/年]	0.1329	-0.2217	-0.0324	0.0414	-0.1017	0.1732	1.0000				
	業態[業態A:1、業態B:0]	0.1383	-0.1751	0.0114	0.0973	-0.0135	0.1806	0.9230	1.0000			
	飲食店の有無[有:1、無:0]	0.1940	-0.2854	-0.0451	0.1536	0.0110	0.2116	0.1383	0.1247	1.0000		
	冷暖房日数[日/年]	0.3947	0.0117	0.0442	0.2943	-0.0052	0.3469	0.1443	0.1528	0.1727	1.0000	
	年間平均気温[°C]	0.1399	-0.1386	-0.0128	0.1570	0.1163	0.1970	0.1599	0.1643	0.1603	0.1536	1.0000
目的変数	基本負荷原単位[MJ/(m ² ・年)]	0.0970	-0.0873	-0.0217	0.1856	0.1789	0.1171	0.2046	0.1947	0.2141	0.1816	0.0199

り、各負荷原単位の平均値の合計は「業態 A」の方が大きくなることが認められた。以上のことから「飲食店の有無」及び「業態」についてもダミー変数を用いて説明変数の候補に加えることとした。

分析では以上の 11 の説明変数すべてに回答データが存在することが必要であり、それを精査した結果、分析対象の件数は 285 件となった。表 6 に基本負荷原単位の説明変数相互間の相関行列を示す。説明変数相互間について、相関係数が大きい場合は多重共線性を疑う必要がある。本研究では、文献³⁰⁾において強い相関関係とされる相関係数 0.7 以上を多重共線性ありと判断し、目的変数と相関係数が小さい方の説明変数を除外した。その結果、「年間の表玄関開放時間」と「業態」の相関係数は 0.9230 で多重共線性ありと判断し、目的変数との相関係数の小さい「業態」を除外した。「延床面積」と「客室数」の相関係数は 0.8634 で多重共線性ありと判断し、目的変数との相関係数の小さい「延床面積」を除外した。「延床面積」と「契約電力」においても相関係数の小さい「延床面積」を除外した。

表 7 に変数増減法を用いた重回帰分析の結果を示す。偏 F 値 2 以上³²⁾を有効な説明変数とするため、「客室 1 室あたりの床面積」、「竣工年」、「契約電力」、「客室数」を除外した。「契約電力原単位」の標準偏回帰係数が 0.2074 と最も影響力が強く、続いて「年間の表玄関開放時間」の影響力が強い。「年間平均気温」以外の変数の増加は基本負荷原単位を増加させることが分かった。修正済決定係数 0.1223、修正済重相関係数 0.3496 となり、有意水準 1% で弱い相関関係は認められたものの、修正済重相関係数の目標値には至らなかった。

4.3. 熱源種類別による重回帰分析

前節の結果から、分析対象を種類別に分類する等の検討が必要となった。そこで、建物に導入されている熱源設備の違いに注目し、「電力系」、「燃焼系」、「電力・燃焼系併用」に分類し、それぞれについて重回帰分析を行うことにした。図 5 に分析対象の 285 件を各熱源別に分類した設備の導入状況を示す。電動ヒートポンプ (図 5 では電動 HP と表した)、電動冷凍機を導入している建物を「電力系」、

表 7 基本負荷原単位の重回帰分析

基本負荷原単位 (285件)	偏回帰係数	標準偏回帰係数	偏F値	t値	p値
客室1室あたりの床面積[m ²]	—	—	0.212	-0.461	0.6452
竣工年[年]	—	—	0.497	-0.705	0.4813
契約電力[kW]	—	—	0.160	0.400	0.6898
契約電力原単位[kW/m ²]	5401.04	0.2074	13.523	3.677	0.0003
客室数[室]	—	—	0.012	0.109	0.9129
年間の表玄関開放時間[時/年]	0.1343	0.1952	11.548	3.398	7.77 × 10 ⁻⁴
飲食店の有無[有:1、無:0]	299.51	0.1747	9.307	3.051	0.0025
冷暖房日数[日/年]	1.5210	0.1373	5.749	2.398	0.0172
年間平均気温[°C]	-23.7963	-0.0845	2.140	-1.463	0.1446
定数項	384.53	—	0.882	0.939	0.3486
修正済決定係数	0.1223	修正済重相関係数	0.3496	判定	1%有意

図 5 熱源別による設備の導入状況

冷水発生器、ボイラ、ガスエンジンヒートポンプ (図 5 ではガスエンジン HP と表した) を導入している建物を「燃焼系」、電力系、燃焼系の両方の熱源設備を導入している建物を「電力・燃焼系併用」とした。「電力系」は計 56 件で電動ヒートポンプが最も多く 43 件であった。「燃焼系」は計 113 件で冷水発生器の導入が最も多く 60 件であった。「電力・燃焼系併用」では計 85 件で電動ヒートポンプ、冷水発生器、ボイラ併用が最も多い。「不明」は 31 件であった。

重回帰分析の説明変数は 4.2. と同じ説明変数を候補とした。表 8 に電力系熱源設備導入建物における基本負荷原単位の説明変数相互

表 8 電力系熱源設備導入建物における基本負荷原単位の説明変数相互間の相関行列

基本負荷原単位 (電力系:56件)		延床面積	客室1室あたりの床面積	竣工年	契約電力	契約電力原単位	客室数	年間の表玄関開放時間	業態	飲食店の有無	冷暖房日数	年間平均気温
説明変数	延床面積[m ²]	1.0000										
	客室1室あたりの床面積[m ²]	0.3587	1.0000									
	竣工年[年]	-0.0452	-0.1360	1.0000								
	契約電力[kW]	0.8495	0.2882	0.0053	1.0000							
	契約電力原単位[kW/m ²]	-0.1352	-0.0605	-0.0925	0.2397	1.0000						
	客室数[室]	0.6927	-0.1398	0.0909	0.5819	-0.0979	1.0000					
	年間の表玄関開放時間[時/年]	-0.2386	-0.0908	-0.0543	-0.2735	0.1040	0.0394	1.0000				
	業態[業態A:1、業態B:0]	-0.2166	-0.0422	-0.0659	-0.2258	0.1066	0.0519	0.9455	1.0000			
	飲食店の有無[有:1、無:0]	0.0010	-0.2559	-0.0383	0.0339	0.0882	0.0646	0.0142	0.0281	1.0000		
	冷暖房日数[日/年]	0.2462	0.0753	-0.0709	0.3694	0.1137	0.1328	-0.0272	-0.0236	0.0957	1.0000	
	年間平均気温[°C]	0.2540	-0.0944	-0.0383	0.1989	0.2191	0.3807	0.1277	0.0734	-0.0315	-0.0437	1.0000
目的変数	基本負荷原単位[MJ/(m ² ・年)]	-0.0646	-0.0955	-0.3539	0.0393	0.4767	-0.0500	0.1390	0.1075	0.3662	0.0689	0.0218

表 9 燃焼系熱源設備導入建物における基本負荷原単位の説明変数相互間の相関行列

基本負荷原単位(燃焼系:113件)		延床面積	客室1室あたりの床面積	竣工年	契約電力	契約電力原単位	客室数	年間の表玄関開放時間	業態	飲食店の有無	冷暖房日数	年間平均気温
説明変数	延床面積[m ²]	1.0000										
	客室1室あたりの床面積[m ²]	0.4136	1.0000									
	竣工年[年]	0.0455	0.0839	1.0000								
	契約電力[kW]	0.7692	0.3613	0.0390	1.0000							
	契約電力原単位[kW/m ²]	-0.1590	0.0250	0.0786	0.3562	1.0000						
	客室数[室]	0.6720	-0.1963	0.0175	0.4341	-0.3159	1.0000					
	年間の表玄関開放時間[時/年]	0.1962	-0.0692	-0.0423	0.1828	-0.0226	0.2819	1.0000				
	業態[業態A:1、業態B:0]	0.2119	-0.0810	-0.0286	0.2042	-0.0299	0.3233	0.9194	1.0000			
	飲食店の有無[有:1、無:0]	0.1260	-0.2258	-0.0575	0.0745	-0.0356	0.2027	0.2019	0.2102	1.0000		
	冷暖房日数[日/年]	0.1037	0.0133	-0.0486	0.1441	0.1320	0.1274	0.1863	0.1991	0.1764	1.0000	
	年間平均気温[°C]	-0.0297	-0.2181	-0.0190	0.0230	-0.0133	0.2397	0.1845	0.1803	0.1609	0.1888	1.0000
目的変数	基本負荷原単位[MJ/(m ² ・年)]	0.0626	-0.0315	0.0355	0.3030	0.3783	0.1411	0.2335	0.2312	0.2162	0.2900	0.1053

表 10 電力・燃焼系熱源設備併用建物における基本負荷原単位の説明変数相互間の相関行列

基本負荷原単位(電力・燃焼系併用:85件)		延床面積	客室1室あたりの床面積	竣工年	契約電力	契約電力原単位	客室数	年間の表玄関開放時間	業態	飲食店の有無	冷暖房日数	年間平均気温
説明変数	延床面積[m ²]	1.0000										
	客室1室あたりの床面積[m ²]	0.0235	1.0000									
	竣工年[年]	0.0324	-0.1140	1.0000								
	契約電力[kW]	0.8300	-0.0491	0.1075	1.0000							
	契約電力原単位[kW/m ²]	-0.0770	-0.2089	0.2215	0.4307	1.0000						
	客室数[室]	0.9237	-0.1911	0.0852	0.7636	-0.0156	1.0000					
	年間の表玄関開放時間[時/年]	0.1680	-0.0888	0.1194	0.1876	0.0918	0.1316	1.0000				
	業態[業態A:1、業態B:0]	0.1660	-0.0679	0.2019	0.1919	0.1088	0.1324	0.9387	1.0000			
	飲食店の有無[有:1、無:0]	0.1740	-0.4603	-0.0180	0.1540	0.0796	0.2147	0.1074	0.0711	1.0000		
	冷暖房日数[日/年]	0.5410	-0.0438	0.0606	0.5056	0.1939	0.5551	0.1260	0.1666	0.0894	1.0000	
	年間平均気温[°C]	0.1986	-0.1157	-0.1043	0.2117	0.1095	0.1823	0.1500	0.1835	0.2839	0.2426	1.0000
目的変数	基本負荷原単位[MJ/(m ² ・年)]	0.1412	-0.0802	0.1445	0.2482	0.2525	0.1377	0.1615	0.1881	0.0497	0.1952	0.0065

表 11 電力系熱源設備導入建物の基本負荷原単位の重回帰分析

基本負荷原単位(電力系:56件)		偏回帰係数	標準偏回帰係数	偏F値	t値	p値
延床面積[m ²]		—	—	0.117	0.342	0.7341
客室1室あたりの床面積[m ²]		—	—	0.159	-0.398	0.6923
竣工年[年]		-17.87	-0.303	8.198	-2.863	0.0060
契約電力原単位[kW/m ²]		16091.61	0.4207	15.725	3.965	2.25 × 10 ⁻⁴
客室数[室]		—	—	0.005	-0.071	0.9435
年間の表玄関開放時間[時/年]		—	—	0.630	0.794	0.4313
飲食店の有無[有:1、無:0]		559.23	0.3175	9.020	3.003	0.0041
冷暖房日数[日/年]		—	—	0.161	-0.402	0.6897
年間平均気温[°C]		—	—	0.784	-0.885	0.3805
定数項		36501.61	—	8.625	2.937	0.0049
修正済決定係数	0.3907	修正済重相関係数	0.6251	判定	1%有意	

表 12 燃焼系熱源設備導入建物の基本負荷原単位の重回帰分析

基本負荷原単位(燃焼系:113件)		偏回帰係数	標準偏回帰係数	偏F値	t値	p値
客室1室あたりの床面積[m ²]		—	—	0.121	0.347	0.7292
竣工年[年]		—	—	0.040	0.200	0.8419
契約電力[kW]		—	—	0.008	-0.090	0.9288
契約電力原単位[kW/m ²]		16377.1	0.4248	23.776	4.876	3.78 × 10 ⁻⁶
客室数[室]		1.0849	0.1897	4.339	2.083	0.0396
年間の表玄関開放時間[時/年]		0.0918	0.1318	2.318	1.523	0.1308
飲食店の有無[有:1、無:0]		222.13	0.1378	2.650	1.628	0.1065
冷暖房日数[日/年]		1.7710	0.1609	3.589	1.895	0.0608
年間平均気温[°C]		—	—	0.006	-0.079	0.9370
定数項		-357.53	—	0.431	-0.656	0.5131
修正済決定係数	0.2617	修正済重相関係数	0.5116	判定	1%有意	

表 13 電力・燃焼系熱源設備併用建物の基本負荷原単位の重回帰分析

基本負荷原単位(電力・燃焼系併用:85件)		偏回帰係数	標準偏回帰係数	偏F値	t値	p値
客室1室あたりの床面積[m ²]		—	—	0.038	-0.194	0.8467
竣工年[年]		—	—	0.207	0.455	0.6505
契約電力[kW]		—	—	0.641	0.800	0.4259
契約電力原単位[kW/m ²]		6264.57	0.2348	4.909	2.216	0.0295
業態[業態A:1、業態B:0]		313.76	0.1626	2.353	1.534	0.1289
飲食店の有無[有:1、無:0]		—	—	0.015	0.120	0.9045
冷暖房日数[日/年]		—	—	0.631	0.794	0.4296
年間平均気温[°C]		—	—	0.526	-0.725	0.4707
定数項		1599.57	—	51.572	7.181	2.85 × 10 ⁻¹⁰
修正済決定係数	0.0677	修正済重相関係数	0.2601	判定	1%有意	

間の相関行列を示す。「延床面積」と「契約電力」に多重共線性ありと判断され、目的変数と相関係数の小さい「契約電力」を除外した。

「年間の表玄関開定時間」と「業態」に多重共線性がありと判断され「業態」を除外した。表 9 は燃焼系熱源設備導入建物における相関行列である。「延床面積」と「契約電力」に、「年間の表玄関開放時間」と「業態」に多重共線性ありと判断され、こちらでは相関係数の小さい「延床面積」と「業態」を除外した。表 10 に電力・燃焼系熱源設備併用建物における相関行列を示す。ここでは「延床面積」、「客室数」、「年間の表玄関開放時間」を除外した。

表 11 に変数増減法で行なった、電力系熱源設備導入建物の基本負荷原単位の重回帰分析の結果を示す。偏 F 値が 2 未満となった説明変数が除外され、「竣工年」、「契約電力原単位」、「飲食店の有無」が有効な説明変数となった。「契約電力原単位」の標準偏回帰係数は 0.4207 となり最も影響力が強い。「竣工年」は符号がマイナスとなり、年代が新しいほど基本負荷原単位を減少させることが分かった。修正済決定係数 0.3907、修正済重相関係数 0.6251 と有意水準 1% でやや強い相関関係が認められ、目標とした精度が得られた。

表 12 に燃焼系熱源設備導入建物の重回帰分析の結果を示す。「契約電力原単位」の標準偏回帰係数 0.4248 と最も影響力が強い。すべての説明変数の偏回帰係数の符号はプラスで増加に寄与する変数であった。修正済決定係数 0.2617、修正済重相関係数 0.5116 と有意水準 1% でやや強い相関関係が認められ、「電力系」と同様に目標の精度が得られた。

表 13 に電力・燃焼系熱源設備併用建物の重回帰分析の結果を示す。修正済決定係数は 0.0677、修正済重相関係数 0.2601 とこれらの説明変数では相関関係は認められないことが有意水準 1% で判定された。

5. 変動負荷原単位の分析

5.1. 単回帰分析

筆者らは変動負荷原単位についても文献³¹⁾において、規模ランク

別、地方別に分析を行った。夏期変動負荷原単位は規模ランク別に
 応じた順位性が認められたが、冬期変動負荷原単位にはこのような
 順位性は認められなかった。地方別の分析では、夏期変動負荷原単位
 及び冬期変動負荷原単位ともに南北に応じた順位性が認められ、
 気候的条件の影響が示唆された。

本研究では、変動負荷原単位についても建物ごとに、「延床面積」
 と「年間平均気温」による単回帰分析を試みた。図6に「延床面積」
 と夏期変動負荷原単位の単回帰分析を示す。決定係数 0.0291、修正
 済決定係数 0.0267、相関係数 0.1705、修正済相関係数 0.1633 と相
 関関係は認められないことが有意水準 1%で判定された。図7に「延
 床面積」と冬期変動負荷原単位の単回帰分析を示す。決定係数
 0.0764、修正済決定係数 0.0741、相関係数 0.2764、修正済相関係数
 0.2722 であり、こちらでも相関関係は認められないことが有意水準
 1%で判定された。図8に「年間平均気温」と夏期変動負荷原単位の
 単回帰分析を示す。決定係数 0.2351、修正済決定係数 0.2332、相関
 係数 0.4849、修正済相関係数 0.4829 と有意水準 1%で正の弱い相関
 関係が認められた。図9に「年間平均気温」と冬期変動負荷原単位の
 単回帰分析を示す。決定係数 0.2248、修正済決定係数 0.2228、相
 関係数 0.4741、修正済相関係数 0.4720 と有意水準 1%で負の弱い相
 関関係が認められた。夏期変動負荷原単位及び冬期変動負荷原単位
 は「年間平均気温」による単回帰では修正済相関係数 0.5 に近い値
 となり、ある程度の推定が可能と考えられる。

5.2. 重回帰分析

前節の結果から、さらに精度の高い推定式が得られるかどうか確
 認するため、基本負荷原単位と同様にいくつかの説明変数による重
 回帰分析を行った。説明変数は、4.2.の基本負荷原単位とほぼ同様
 の説明変数を候補としたが、夏期変動負荷原単位では「冷暖房日数」
 ではなく「冷房日数[日/年]」を、冬期変動負荷原単位では「暖房日
 数[日/年]」を候補とした。表14に変動負荷原単位の説明変数相互
 間の相関行列を示す。多重共線性を判断し、夏期変動負荷原単位で
 は、「契約電力」、「客室数」、「業態」を除外し、冬期変動負荷原単位
 では「延床面積」、「客室数」、「年間の表玄関開放時間」を除外した。

表15に変数増減法による夏期変動負荷原単位の重回帰分析の結果
 を示す。「年間平均気温」の標準偏回帰係数が 0.3559 と最も影響
 がある。次いで「冷房日数」が標準偏回帰係数 0.2448 と影響が強か
 った。「竣工年」の偏回帰係数の符号はマイナスとなり、年代が新し
 いほど夏期変動負荷原単位を減少させることが分かった。「年間の表
 玄関開放時間」、「冷房日数」、「年間平均気温」の増加は夏期変動負
 荷原単位の増加に寄与する変数であることが分かった。修正済決定

図6 延床面積と夏期変動負荷原単位の関係

図7 延床面積と冬期変動負荷原単位の関係

図8 年間平均気温と夏期変動負荷原単位の関係

図9 年間平均気温と冬期変動負荷原単位の関係

表14 変動負荷原単位の説明変数相互間の相関行列

夏期・冬期変動負荷原単位(285件)		延床面積	客室1室あたりの床面積	竣工年	契約電力	契約電力原単位	客室数	年間の表玄関開放時間	業態	飲食店の有無	冷房日数	暖房日数	年間平均気温
説明変数	延床面積[m²]	1.0000											
	客室1室あたりの床面積[m²]	0.1705	1.0000										
	竣工年[年]	0.0499	0.0120	1.0000									
	契約電力[kW]	0.7775	0.1889	0.0925	1.0000								
	契約電力原単位[kW/m²]	-0.0969	0.0538	0.1029	0.4500	1.0000							
	客室数[室]	0.8634	-0.1496	0.0723	0.6486	-0.0908	1.0000						
	年間の表玄関開放時間[時/年]	0.1329	-0.2217	-0.0324	0.0414	-0.1017	0.1732	1.0000					
	業態[業態A:1、業態B:0]	0.1383	-0.1751	0.0114	0.0973	-0.0135	0.1806	0.9230	1.0000				
	飲食店の有無[有:1、無:0]	0.1940	-0.2854	-0.0451	0.1536	0.0110	0.2116	0.1383	0.1247	1.0000			
	冷房日数[日/年]	0.4710	-0.0145	0.0088	0.4116	0.0477	0.4166	0.2171	0.2236	0.2461	1.0000		
	暖房日数[日/年]	-0.0204	0.0431	0.0650	-0.1078	-0.0824	-0.0219	-0.0763	-0.0712	-0.0703	-0.0616	1.0000	
	年間平均気温[℃]	0.1399	-0.1386	-0.0128	0.1570	0.1163	0.1970	0.1599	0.1643	0.1603	0.4609	-0.4336	1.0000
目的変数	夏期変動負荷原単位[MJ/(m²・年)]	0.1754	-0.1225	-0.1210	0.1620	0.0507	0.1554	0.2395	0.2394	0.1551	0.4351		0.4903
	冬期変動負荷原単位[MJ/(m²・年)]	-0.2490	0.0184	-0.0176	-0.2595	-0.0485	-0.2234	-0.1547	-0.2022	-0.1202		0.3090	-0.5014

係数 0.3153、修正済重相関係数 0.5616 と有意水準 1% で、やや強い相関関係があることが認められ、目標とした精度が得られた。

表 16 に冬期変動負荷原単位の重回帰分析の結果を示す。「年間平均気温」の標準偏回帰係数が -0.4161 と最も影響力が強い。「年間平均気温」、「契約電力」の増加は冬期変動負荷原単位の減少に寄与する変数であることが分かった。「業態 A」の方が、冬期変動負荷原単位は平均で約 50 [MJ/(㎡・年)] 小さくなることが分かった。修正済決定係数 0.3021、修正済重相関係数 0.5497 と有意水準 1% で、やや強い相関関係があることが認められた。

6. 推定式の利用例

前章までの単回帰分析及び重回帰分析において、目標とした修正済相関係数または修正済重相関係数による精度が 0.5 程度となった推定式を表 17 に示す。

式 a、d で採用された「竣工年」は年数が新しいほど負荷原単位を減少させており、近年の省エネルギー対策の進展による影響を表していると思料される。式 b、d で採用された「年間の表玄関開放時間」や式 b で採用された「冷暖房日数」、式 d の「冷房日数」、式 f の「暖房日数」は、建物設備の稼働時間を表すことになり、これらの変数が各負荷原単位を増加させることは自然であろう。式 a、b、f で採用された「契約電力原単位」は各負荷原単位を増加させる変数となっていることから、「契約電力原単位」がエネルギーを消費する設備等の単位床面積あたりの容量を代表していると考えられる。式 a、b で採用された「飲食店の有無」については、当然のことながら、「飲食店有り」の方が負荷原単位は大きくなっている。

式 f で採用された「契約電力」と式 b に採用された「客室数」は表 7 などの相関行列において「延床面積」との相関関係が高いことから、いわば「建物規模」を換言しているといえる。また、式 f で

表 15 夏期変動負荷原単位の重回帰分析

夏期変動負荷原単位(285件)	偏回帰係数	標準偏回帰係数	偏F値	t値	p値
延床面積[㎡]	—	—	0.049	0.221	0.8250
客室1室あたりの床面積[㎡]	—	—	0.709	-0.842	0.4004
竣工年[年]	-1.9092	-0.1145	5.431	-2.330	0.0205
契約電力原単位[kW/㎡]	—	—	0.273	0.523	0.6017
年間の表玄関開放時間[時/年]	0.0233	0.1257	6.211	2.492	0.0133
飲食店の有無[有:1、無:0]	—	—	0.002	0.043	0.9659
冷房日数[日/年]	0.8476	0.2448	19.041	4.364	180×10^{-5}
年間平均気温[℃]	27.0074	0.3559	41.178	6.417	5.91×10^{-10}
定数項	3372.69		4.270	2.066	0.0397
修正済決定係数	0.3153	修正済重相関係数	0.5616	判定	1%有意

表 16 冬期変動負荷原単位の重回帰分析

冬期変動負荷原単位(285件)	偏回帰係数	標準偏回帰係数	偏F値	t値	p値
客室1室あたりの床面積[㎡]	—	—	0.345	-0.587	0.5577
竣工年[年]	—	—	0.164	-0.405	0.6858
契約電力[kW]	-0.0451	-0.2206	15.410	-3.926	0.0001
契約電力原単位[kW/㎡]	725.55	0.1065	3.653	1.911	0.0570
業態[業態A:1、業態B:0]	-50.2164	-0.1033	4.182	-2.045	0.0418
飲食店の有無[有:1、無:0]	—	—	0.042	-0.206	0.8369
暖房日数[日/年]	0.5471	0.1062	3.716	1.928	0.0549
年間平均気温[℃]	-30.6425	-0.4161	55.135	-7.425	1.32×10^{-12}
定数項	626.98		43.408	6.588	2.21×10^{-10}
修正済決定係数	0.3021	修正済重相関係数	0.5497	判定	1%有意

採用された「業態」では「業態 A」の方が建物グレードは高くなる傾向があると考えられる。これらの変数についての解釈は難しいが、大規模建物は導入設備が高グレードで数量も多くなると考えられ、基本負荷原単位を増加させると考えられる。また、これらの導入設備のエネルギー消費は建物の内部発熱を引き起こすことになり冬期変動負荷原単位においては減少に寄与するものと考えられる。

これらの推定式によって宿泊建物の建物概要や立地といった基本的属性や建物の「業態」、「飲食店の有無」からエネルギー消費原単

表 17 基本負荷原単位と変動負荷原単位の推定式

目的変数	分析		修正済決定係数	修正済(重)相関係数	推定式 y : 負荷原単位[MJ/(㎡・年)]	判定	式
基本負荷原単位	重回帰	電力系熱源設備導入建物	0.3907	0.6251	$y = -1.79 \times 10 x_1 + 1.61 \times 10^4 x_2 + 5.59 \times 10^2 x_3 + 3.65 \times 10^4$ x_1 : 竣工年[年] x_2 : 契約電力原単位[kW/㎡] x_3 : 飲食店の有無	1%有意	a
		燃焼系熱源設備導入建物	0.2617	0.5116	$y = 1.64 \times 10^4 x_1 + 1.08 \times 10^0 x_2 + 9.18 \times 10^{-2} x_3$ $+ 2.22 \times 10^2 x_4 + 1.77 \times 10^0 x_5 - 4.90 \times 10^2$ x_1 : 契約電力原単位[kW/㎡] x_2 : 客室数[室] x_3 : 年間の表玄関開放時間[時/年] x_4 : 飲食店の有無 x_5 : 冷暖房日数[日/年]	1%有意	b
夏期変動負荷原単位	単回帰		0.2332	0.4829	$y = 3.51 \times 10 x - 2.02 \times 10^2$ x : 年間平均気温[℃]	1%有意	c
	重回帰		0.3153	0.5615	$y = -1.91 \times 10^0 x_1 + 2.33 \times 10^{-2} x_2 + 8.48 \times 10^{-1} x_3$ $+ 2.70 \times 10 x_4 + 3.37 \times 10^3$ x_1 : 竣工年[年] x_2 : 年間の表玄関開放時間[時/年] x_3 : 冷房日数[日/年] x_4 : 年間平均気温[℃]	1%有意	d
冬期変動負荷原単位	単回帰		0.2228	0.4720	$y = -3.34 \times 10 x + 7.36 \times 10^2$ x : 年間平均気温[℃]	1%有意	e
	重回帰		0.3021	0.5497	$y = -4.51 \times 10^{-2} x_1 + 7.26 \times 10^2 x_2 - 5.02 \times 10 x_3$ $+ 5.47 \times 10^{-1} x_4 - 3.06 \times 10 x_5 + 6.27 \times 10^2$ x_1 : 契約電力[kW] x_2 : 契約電力原単位[kW/㎡] x_3 : 業態 x_4 : 暖房日数[日/年] x_5 : 年間平均気温[℃]	1%有意	f

位の推定が可能となり、エネルギー消費原単位の多寡を判断することができる。図 10 に電力系熱源設備導入建物の地方別負荷原単位の実績値の平均と、表 17 の推定式 a、d、f より得られた推定値の平均を示す。図 11 に燃焼系熱源設備導入建物の実績値の平均と、表 17 の式 b、d、f より得られた推定値の平均を示す。該当件数がともに 10 件以上となった、関東、関西、中国・四国について見てみると、関東の「電力系」は実績値が推定値を上回っておりエネルギー多消費建物が多いと評価できる。一方、「燃焼系」は実績値と推定値は、ほぼ同じ値となった。関西では「電力系」、「燃焼系」とともに実績値が推定値を下回っており、エネルギー消費原単位の小さい建物が多いと評価できる。中国・四国は「電力系」、「燃焼系」とともに実績値と推定値はほぼ同じ値となった。

この様な評価は建物ごとにも可能であり、エネルギー消費原単位の推定式が得られたことにより、各建物のエネルギー消費原単位が多消費型か否かの判断基準を提供することが可能と考えられる。

7. まとめ

本研究では DECC の平成 21 年度調査データを利用し、全国の宿泊建物のエネルギー消費特性を明らかにするため、統計的分析を行った。これにより得られた主な知見を以下に示す。

(1) 基本負荷原単位の推定式

- ①「延床面積」あるいは「年間平均気温」との単回帰分析では相関関係は認められず、推定式は得られなかった。
- ②全建物を対象とした重回帰分析では、修正済相関係数 0.3 程度の弱い相関関係は認められたが、目標とした精度には至らなかった。
- ③電力系熱源設備導入建物の重回帰分析では、「竣工年」、「契約電力原単位」、「飲食店の有無」を説明変数とした修正済相関係数 0.6 以上の推定式が得られた。
- ④燃焼系熱源設備導入建物の重回帰分析では「契約電力原単位」、「客室数」、「年間の表玄関開放時間」、「飲食店の有無」、「冷暖房日数」を説明変数とした修正済相関係数 0.5 以上の推定式が得られた。
- ⑤電力・燃焼系熱源設備併用建物では、基本負荷原単位を推定できる適切な説明変数を特定することに至らなかった。今後は目標精度を満たす説明変数を見つける等、再分析が必要である。

(2) 変動負荷原単位の推定式

- ⑥夏期変動負荷原単位及び冬期変動負荷原単位については「年間平均気温」を説明変数とした単回帰分析で、修正済相関係数の目標値 0.5 に近い推定式を得ることができた。
- ⑦夏期変動負荷原単位の重回帰分析では、「竣工年」、「年間の表玄関開放時間」、「冷房日数」、「年間平均気温」を説明変数とした修正済相関係数 0.5 以上の推定式が得られた。
- ⑧冬期変動負荷原単位の重回帰分析では、「契約電力」、「契約電力原単位」、「業態」、「暖房日数」、「年間平均気温」を説明変数とした修正済相関係数 0.5 以上の推定式が得られた。

8. おわりに

本研究では宿泊建物の「業態」を「表玄関開放時間」から類推して分類し分析した結果、「業態」によって各負荷原単位に有意な差があることが認められた。DECC の現在の公開用データでは個々の建物が匿名化されている^{注 11)}ため、「業態」を直接に分類することが

図 10 電力系熱源設備導入建物の地方別負荷原単位の実績値の平均と推定値の平均

図 11 燃焼系熱源設備導入建物の地方別負荷原単位の実績値の平均と推定値の平均

できない。しかし、「業態」を公開することは匿名化原則上も問題ないと考えられるので、公開用データに「業態」を加えることが望まれる。また、現在までの DECC 調査では調査項目として取り扱われておらず分析することができなかったが、「客室稼働率」は宿泊建物のエネルギー消費の特性に影響を与える重要な変数と想定されるため、今後は調査項目に追加することを検討すべきであると考えられる。

謝辞

本調査は国土交通省の支援のもとに一般社団法人日本サステナブル建築協会(JSBC)に設置された「非住宅建築物の環境関連データベース検討委員会」(委員長:村上周三独立法人建築研究所理事長)の活動の一環として実施したものである。また解析は科研費(22246075)の助成を受け実施した。ここに謝意を表します。

共同調査に協力して頂きました自治体の皆様、アンケートにご協力頂いた皆様に感謝いたします。

調査は全国の各 SWG (サブワーキンググループ) によって行われたものであり、宿泊建物についてのデータの取り纏めは、主として中部 SWG が担当したものである。各 SWG 委員の皆様の尽力に感謝いたします。また、東北 SWG 委員の東北工業大学渡辺浩文教授、東北工業大学許雷准教授、東北芸術工科大学三浦秀一准教授には調査分析にあたり貴重な助言を頂きました。ここに記して感謝致します。

注

- 注 1) 当委員会は平成 19 年度に国土交通省、経済産業省等の支援の下、(財) 建築環境・省エネルギー機構 (IBEC) 内に設置され、平成 21 年度から一般社団法人サステナブル建築協会 (JSBC) 内に置かれた。調査は全国を北海道、東北、北陸、関東、中部、関西、中国・四国、九州の 8 ブロックに区分し、各地方に SWG を設置し行なった。表 18 に各地方に含まれる都道府県を示す。
- 注 2) 筆者らが前報²⁹⁾ で定義した基本負荷、変動負荷の抽出方法を図 12 に示す。各建物の月別変動パターンから 2 つの極小点を定め、小さい方 (図 12 では A 点) の値をベースラインとしベースラインより下部に示される年間のエネルギー消費量を「基本負荷」、ベースラインからの増分を「変動負荷」と定義した。また 2 点の極小点を「夏期」と「冬期」の転換点としベースラインからの夏期の増分を「夏期変動負荷」、冬期の増分を「冬期変動負荷」と定義した。極小点が 3 点以上となる建物であっても、原則通り分離した。極小点が 1 点の建物は存在しなかった。
- 注 3) 文献³⁰⁾ では、決定係数が「0.09 以上 0.25 未満」(相関係数 0.3 以上 0.5 未満) で弱い相関、「0.25 以上 0.49 未満」(相関係数 0.5 以上 0.7 未満) でやや強い相関、0.49 以上 0.81 未満」(相関係数 0.7 以上 0.9 未満) で強い相関、「0.81 以上」(相関係数 0.9 以上) で非常に強い相関と定義されている。本研究ではこの基準を用いて評価した。
- 注 4) スミルノフ・グラブス検定は、母集団の正規分布を仮定した検定方法である。そこで、歪度による検定と尖度による検定を用いて、母集団の分布が正規性を持つことを帰無仮説として検定を行った。歪度による検定では両側 p 値が 0.2916、尖度による検定では両側 p 値は 0.0142 と両検定とも帰無仮説は棄却されず、データの分布の正規性は否定されないことが有意水準 1% で判定された。そのため、本分析ではスミルノフ・グラブス検定を採用し有効回答数の抽出をした。
- 注 5) 「エネルギーの使用の合理化に関する法律」(平成 20 年改正) では、事業者に対し「エネルギー消費原単位」を年平均 1% 以上低減することを求めている。特定事業者 (1 年間のエネルギー消費量が原油換算で 1,500 kL 以上であり国から指定された事業者) においては、事業者全体で使用される「エネルギー消費原単位」を毎年報告するよう定めている。同法では、「エネルギー消費原単位」は建物の「エネルギー消費量をエネルギー消費量と密接な関係をもつ値で除した値」と定義されており、「密接な関係をもつ値」として「生産数量」や「延床面積」が条文に例示されている。前者は工場などの生産施設を想定したもので、後者が一般的建物を想定したものである。
- 注 6) 「年間平均気温」は、気象庁ホームページの気象統計情報から各建物が所在する市の月別平均気温を平均して算出している。観測点が存在しない市にある宿泊建物については、地図上で最も近い観測点のデータを使用した。
- 注 7) 「客室 1 室あたりの床面積」は「延床面積」を「客室数」で除し算出した。
- 注 8) 「契約電力原単位」は「契約電力」を「延床面積」で除し算出した。
- 注 9) 「年間の表玄関開放時間」は調査項目の「営業時間」から算出した。DECC 調査での「営業時間」は、具体的には「表玄関の入口が開いている時間帯」を調査したもので、これについての平日、土曜日、日曜日の回答を得ている。本研究では、「表玄関の入口が開いている時間帯」の回答データと年間の平日、土曜日、日曜日の日数から「年間の表玄関開放時間」を算出した。
- 注 10) 「冷暖房日数」は「冷房日数」と「暖房日数」の和である。
- 注 11) DECC 調査にはホテルの「業態」に関する直接の調査項目はない。DECC では建物個々の情報漏洩を防ぐため、分析用のデータは建物を特定することができないよう匿名化されており、分析用データから業態を分類することができない。ただし、筆者が調査を直接担当した東北地方については、具体的データを精査することが可能なため宿泊建物の「業態」を確認した。東北地方の分析対象 62 件のうちシティホテルやリゾートホテル等は 32 件存在し、そのうち 29 件が 24 時間表玄関を開放していた。一方、小規模旅館やビジネスホテルは 30 件存在し 23 件が表玄関を 24 時間開放していなかった。そこで、この東北地方の傾向に注目し、全国宿泊建物の業態を「表玄関開放時間」で近似的に分類した。

参考文献

- 1) 経済産業省資源エネルギー省:平成 22 年度エネルギーに関する年次報告「エネルギー白書 2011」, <http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2011/2-1.pdf>, 2012.3.1. 参照

表 18 各地方に含まれる都道府県

	都道府県
北海道地方	北海道
東北地方	青森県、岩手県、秋田県、宮城県、山形県、福島県
北陸地方	新潟県、富山県、長野県、石川県、福井県
関東地方	東京都、千葉県、神奈川県、山梨県、埼玉県、群馬県、栃木県、茨城県
中部地方	愛知県、三重県、静岡県、岐阜県
関西地方	大阪府、京都府、兵庫県、滋賀県、奈良県、和歌山県
中国・四国地方	岡山県、鳥取県、広島県、島根県、山口県、香川県、徳島県、高知県、愛媛県
九州地方	福岡県、長崎県、佐賀県、大分県、熊本県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県

図 12 基本負荷と変動負荷の抽出

- 2) 中村佐和子, 吉野博, 他 11 名: 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 66, 基礎 (レベル 1) データベース (平成 21 年度調査) に基づく事務所建築の統計分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, 環境工学 I, pp. 997-998, 2011. 8
- 3) 長瀬純太, 浅野良晴, 他 12 名: 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 69, 複合施設におけるエネルギー消費量の実態について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, 環境工学 I, pp. 1003-1004, 2011. 8
- 4) 井筒進平, 小林恵理, 他 14 名: 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 70, 全国の官公庁建物におけるエネルギー消費量決定要因の分析 (平成 21 年度調査), 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, 環境工学 I, pp. 1005-1006, 2011. 8
- 5) 今野寛之, 山口容平, 他 16 名: 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 71, 飲食店におけるエネルギー消費量の実態, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, 環境工学 I, pp. 1007-1008, 2011. 8
- 6) 鈴木雄介, 山口容平, 他 19 名: 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 72, 小売店舗の業態別エネルギー消費特性の分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, 環境工学 I, pp. 1009-1010, 2011. 8
- 7) 山崎政人, 山口容平, 他 19 名: 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 73, 物販施設のエネルギー消費関連データの解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, 環境工学 I, pp. 1011-1012, 2011. 8
- 8) 村川三郎, 西名大作, 他 12 名: 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 74, 2009 年度調査データに基づく福祉施設のエネルギー消費実態の分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, 環境工学 I, pp. 1013-1014, 2011. 8
- 9) 池田大輔, 村川三郎, 他 12 名: 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 75, 福祉施設のエネルギー消費量に影響を及ぼす要因の分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, 環境工学 I, pp. 1015-1016, 2011. 8
- 10) 河野慎平, 赤司泰義, 他 16 名: 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 76, 平成 21 年度調査に基づく大学におけるエネルギー消費量の実態, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, 環境工学 I, pp. 1017-1018, 2011. 8
- 11) 依田浩敏, 赤司泰義, 他 15 名: 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 77, 平成 21 年度調査に基づくスポーツ施設におけるエネルギー消費量の実態, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, 環境工学 I, pp. 1019-1020, 2011. 8
- 12) 長瀬純太, 浅野良晴, 他 12 名: 非住宅 (民生業務部門) 建築物のエネルギー消費量データベース構築に関する研究, 複合施設の調査結果, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp. 613-616, 2011. 9
- 13) 佐藤秀樹, 渡辺浩文, 他 12 名: 非住宅 (民生業務部門) 建築物のエネルギ

- ー消費量データベース構築に関する研究, 全国の劇場・ホール、展示施設におけるエネルギー消費量の要因解析 (H21 年度調査), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp. 617-620, 2011. 9
- 14) 今野寛之, 山崎政人, 他 16 名: 非住宅(民生業務部門)建築物のエネルギー消費量データベース構築に関する研究, 飲食店におけるエネルギー消費の実態, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp. 621-624, 2011. 9
- 15) 河野慎平, 赤司泰義, 他 16 名: 非住宅(民生業務部門)建築物のエネルギー消費量データベース構築に関する研究, 大学・研究機関とスポーツ施設におけるエネルギー消費量の検証, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp. 625-628, 2011. 9
- 16) 井城依真, 須藤諭, 他 5 名: 東北地方における建物のエネルギー消費特性に関する実態調査その 1, 事務所・宿泊建物の基本属性およびエネルギー使用に関する集計, 日本建築学会東北支部研究報告集, 第 71 号, 計画系, pp. 33-34, 2008. 6
- 17) 井城依真, 須藤諭, 他 5 名: 東北地方における建物のエネルギー消費特性に関する実態調査その 2, 事務所・宿泊建物のエネルギー消費量および水消費量の分析, 日本建築学会東北支部研究報告集, 第 71 号, 計画系, pp. 35-36, 2008. 6
- 18) 飯野秋成: 新潟県内の商業・宿泊・医療施設におけるエネルギー消費の実態, 日本建築学会北陸支部研究報告集, 第 52 号, pp. 271-274, 2009. 7
- 19) 須藤諭, 吉野博, 他 6 名: 東北地方における建物のエネルギー消費特性に関する実態調査その 6, 宿泊施設における調査結果と冷暖房エネルギー消費の分析, 日本建築学会東北支部研究報告集, 第 72 号, 計画系, pp. 13-16, 2009. 6
- 20) 井城依真, 須藤諭, 他 5 名: 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 27, 東北地方における事務所・宿泊建物の冷暖房エネルギー消費原単位(平成 20 年度調査), 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, 環境工学 I, pp. 1145-1146, 2009. 8
- 21) 依田浩敏, 河野慎平, 他 5 名: 九州地域における非住宅建築物のエネルギー消費量データベース構築に関する研究(その 12) 宿泊施設におけるデータ精査結果, 日本建築学会研究報告九州支部, 第 50 号・2 環境系, pp. 129-132, 2011. 3
- 22) 田中剛志, 依田浩敏, 他 5 名: 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 62, 平成 21 年度調査に基づく九州におけるエネルギー消費の実態について(宿泊施設におけるデータ精査結果), 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, 環境工学 I, pp. 989-990, 2011. 8
- 23) 田中剛志, 依田浩敏, 他 5 名: 非住宅(民生業務部門)建築物のエネルギー消費量データベース構築に関する研究 九州地域における平成 21 年度調査に基づくエネルギー消費量分析(商業施設・宿泊施設におけるデータ精査結果), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp. 637-640, 2011. 9
- 24) 田中良彦, 権藤尚, 井上隆, 松尾陽: 建物における冷温熱消費量の実態と予測に関する研究—第 1 報冷温熱消費量と外気気象要因などとの相関—, 空気調和・衛生工学会論文集, No60, pp123-131, 1996. 2
- 25) 岩渕善美, 村上裕子, 東野達, 笠原三紀夫: ビジネスホテルにおけるエネルギー・環境負荷低減 第 1 報—冬期における客室内の電力消費の現状分析—, 空気調和・衛生工学会論文集, No92, pp57-64, 2004. 1
- 26) 岩渕善美, 村上裕子, 東野達, 笠原三紀夫: ビジネスホテルにおけるエネルギー・環境負荷低減 第 2 報—春期・夏期における客室内に消費電力の現状分析, 空気調和・衛生工学会論文集, No91, pp23-30, 2005
- 27) 田中篤, 村川三郎, 高田宏: シティホテル客室における宿泊者の湯・水使用行為の解析, 日本建築学会環境系論文集, 第 611 号, pp53-58, 2007. 1
- 28) 田中篤, 村川三郎, 越川康夫, 高田宏: シティホテル客室系統における給湯負荷の予測と機器容量算定法の検討, 日本建築学会環境系論文集, 第 623 号, pp69-75, 2008. 1
- 29) 井城依真, 須藤諭, 他 12 名: 事務所建物のエネルギー消費原単位の推定に関する研究, 一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—, 日本建築学会環境系論文集, 第 673 号, pp. 203-211, 2012. 3
- 30) 菅民朗: らくらく図解統計分析教室, 株式会社オーム社, 2006. 9
- 31) 井城依真, 須藤諭, 他 12 名: 事務所建物及び宿泊建物におけるエネルギー消費原単位の地方別・規模別の差異に関する研究 一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—, 空気調和衛生工学会東北支部第 1 回学術・技術報告会論文集, pp. 71-76, 2012. 3
- 32) 内田治: すぐわかる SPSS によるアンケートの多変量解析[第 2 版], 東京図書株式会社, 2007. 6

(2012年 4 月10日原稿受理, 2012年 9 月19日採用決定)