

# 民生業務部門エネルギー消費原単位に関する 各種資料の比較

平野勇二郎<sup>1</sup>・外岡 豊<sup>2</sup>・伊香賀俊治<sup>3</sup>・亀卦川幸浩<sup>4</sup>・藤沼康実<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 群馬大学助手 工学部電気電子工学科 (〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1)

<sup>2</sup>埼玉大学教授 経済学部社会環境設計学科 (〒338-8570 さいたま市桜区下大久保255)

<sup>3</sup>慶應義塾大学教授 理工学部システムデザイン工学科 (〒223-8522 横浜市港北区日吉3-14-1)

<sup>4</sup>明星大学助教授 理工学部環境システム学科 (〒191-8506 東京都日野市程久保2-1-1)

<sup>5</sup>(独) 国立環境研究所地球環境研究センター (〒305-8506 つくば市 小野川 16-2)

民生業務部門の省エネルギーおよびCO<sub>2</sub>排出抑制を推進する上での基礎資料を提供することを目的とし、業務部門のエネルギー消費原単位について資料収集・分析した結果を報告する。とくに値の量的な比較だけではなく調査年や調査方法などの条件の違いを考慮し詳細に検討した点に本研究の特徴がある。この結果、例えば近年の民生部門のエネルギー消費量の増大のほとんどはエネルギー消費原単位の増大ではなく床面積の増大で説明できることや床面積あたりで表現する場合は1次換算値を用いる方が適していること、また集計方法による差異も無視できない大きさで生じることなどの種々の知見が得られた。

**Key Words :** unit energy consumption, commercial sector, intercomparison

## 1. はじめに

民生部門のエネルギー消費量は増え続けており、実態把握と適切な対策が急務である。とくに業務部門については家庭部門と比較して用途・建物用途が多様である上、エネルギー消費量の調査事例が必ずしも多いとは言えず、実態把握が困難である。とくに実態把握の基礎資料となるエネルギー消費原単位については数々の調査事例があるものの、必ずしも体系的な整理がなされているとは言えない。とくに個別の研究者による断片的な調査結果にも多くの有益な知見が含まれていることが多いが、利用事例が見当たらない調査データも多い。このため著者らは、今後の省エネルギーおよびCO<sub>2</sub>排出抑制を推進する上での基礎資料を提供することを目的とし、業務部門のエネルギー消費原単位について情報収集し比較検討する作業を進めている。今後さらなる情報収集と分析を進める予定であるが、本稿では現段階で入手済みの資料<sup>1-24)</sup>の集計結果について報告する。

エネルギー消費原単位の文献調査を過去に体系的に行なった事例としてはエネルギー経済研究所による民生部門エネルギー消費実態調査<sup>25)</sup>があるが、最近の調査は一般には公開されていない。また、同様の検討は地域冷暖房協会<sup>26)</sup>や守田<sup>27)</sup>、萱場ほか<sup>28)</sup>に

より行なわれているが、いずれも著者らの知る限りでは、更新されていないようである。よってこれらの相互比較事例を更新することには意義がある。また、上記の文献調査の事例はいずれもエネルギー消費原単位の総量の比較に終始しており、各データ間の不一致の要因については必ずしも十分に考察されているとは言いがたい。そこで本稿では調査年や調査方法などの条件の違いを考慮し、より詳細に検討した結果について報告する。

## 2. 原単位データの相互比較

まず検討対象とする資料として、入手した資料から極端にサンプル数の少ないデータ、単位やオーダーが合わないデータ、出典が重複すると判断されるデータなどを除去し、文献1~24を選択した。これらの資料を用い、図-1の通りに床面積あたり年間エネルギー消費原単位を比較した。経年のデータがある資料は最近の10年間の平均値を図化した。なお、1次/2次の換算ができない資料も対等に比較するため、換算可能なものは換算した上で両方を掲載した。その際、資料中に1次エネルギーへの換算係数が明

記されていない場合は1 [kWh] = 9.83 [MJ]とした。

この図から、いずれの建物用途も資料によるばらつきは無視できない大きさで生じているため、利用する際には適切な資料選択がきわめて重要であると言える。とくに一般によく知られ、利用事例の多い

資料であっても、他の資料との乖離が大きいケースもあるため注意が必要である。また文献18~20は延べ床面積あたりではなくエネルギー消費に影響を及ぼす要因を考慮した有効面積、文献15は屋内駐車場を除いた床面積あたりの原単位であるため、他と比

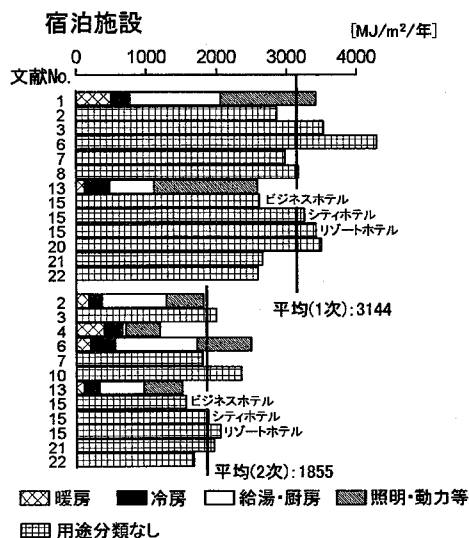
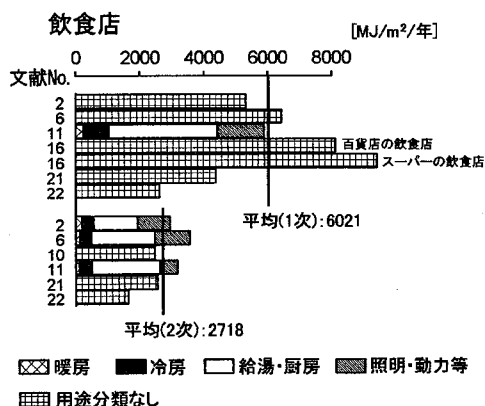
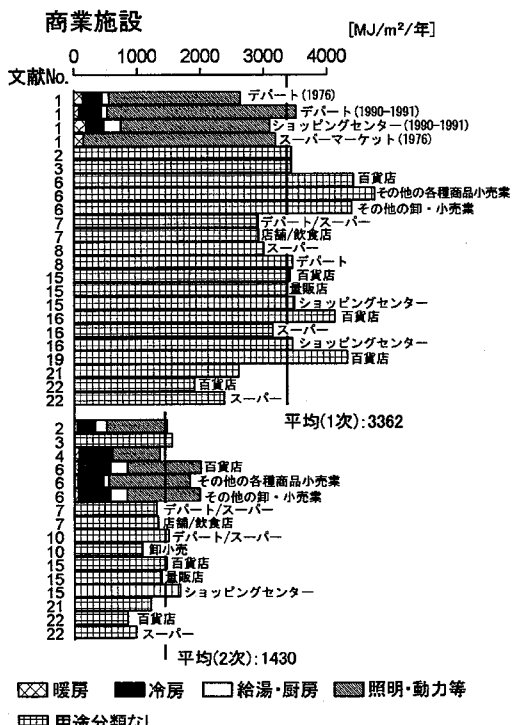
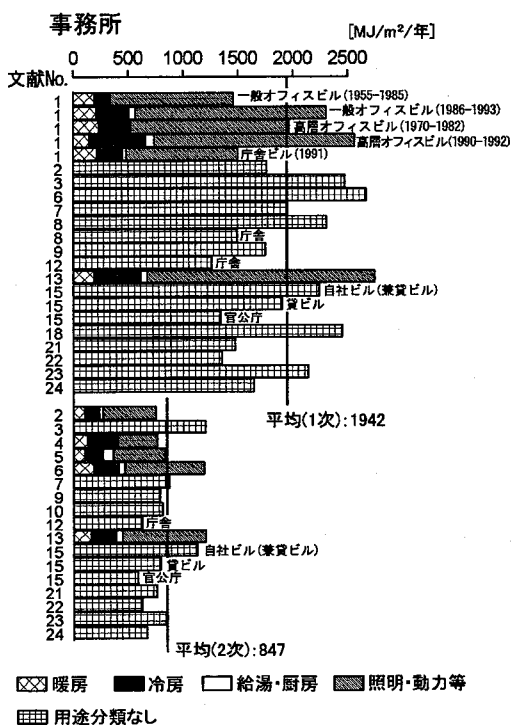


図-1 エネルギー消費原単位データの比較-1  
(いずれも上段:1次エネルギー, 下段:2次エネルギー)

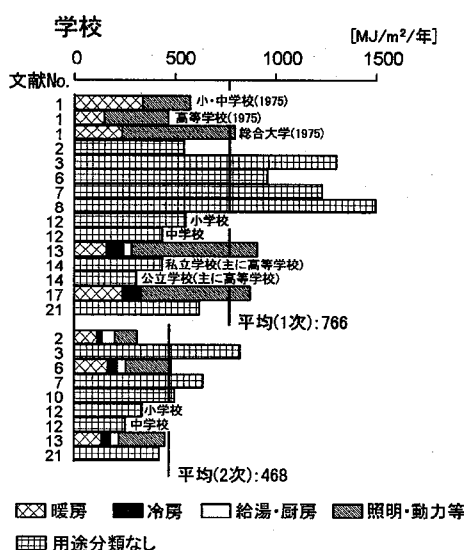
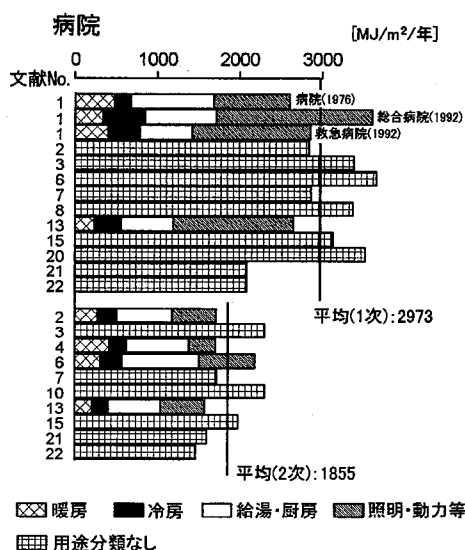


図-1 (続き) エネルギー消費原単位データの比較-2  
(いずれも上段:1次エネルギー, 下段:2次エネルギー)

較して値が大きめである。

文献1は比較的新しいデータと古いデータが混在するため、図-1に調査年を記載した。この図を見る限りオフィスビルや商業施設などでは概して新しいデータの方が原単位が大きい傾向があり、経年的にエネルギー消費量が增大している可能性がある。この点は調査年が古い文献22, 24などが他と比較して値が小さいことも整合性がある。経年変化について次章で考察する。

文献6は全体として値が大きめである。これは文献2の原単位データを東京の実績値(供給側のデータ)に基づいて合計調整しているためである。ただし、実際に東京の原単位が大きいのか、需要側・供給側の各データの違いによるバイアスなのかは検討の余地がある。例えば文献15によれば関東地域のオフィスビルの原単位は全国平均と比較してやや大きめであるが、一方、文献18, 19などではそうした傾向が見られない。また原単位を積み上げた場合に供給実績と比較し過小となることは守田<sup>27)</sup>の検討結果とも一致する傾向であるため、一般的な傾向である可能性がある。この点については今後検討する予定である。

飲食店は比較可能なデータが少ないため、ここでは文献16に掲載された百貨店・スーパーの飲食店についても原単位に換算して掲載した<sup>註1)</sup>。この図から、百貨店およびスーパーの飲食店は他の飲食店と比較して明らかに大きいことが分かる。これは他の飲食

店と比較し密集した床利用がなされているためであると解釈できる。

学校は資料によるばらつきが非常に大きい。この理由として、まず小学校・中学校・高等学校と大学とではエネルギー消費量が大きく違うため、サンプリングの方法によるばらつきが生じやすいことが考えられる。また文献7は日本ビルエネルギー総合管理技術協会加入の会員各社が受託している建物、文献8は「現地調査による省エネルギー診断」を実施した建物が調査対象であるため、サンプルの偏りがある可能性がある。

### 3. 経年変化の比較

次に上記の原単位データのばらつきの一要因であると考えられる調査年次の差異について検討するため、経年変化のデータを時系列で図化した(図-2)。経年変化のデータがない文献も調査年が記載されているデータは点で示し、複数年にわたる場合は調査期間を横棒で示した。なお1次/2次の両方のエネルギーについてこの検討を行ったが、傾向に大きな違いは見られなかったため、ここでは2次エネルギーのみを掲載した。

この図から、いずれの建物用途も経年変化よりも資料によるばらつきの方が大きく生じていることが分かる。したがって実際にデータを利用する上では

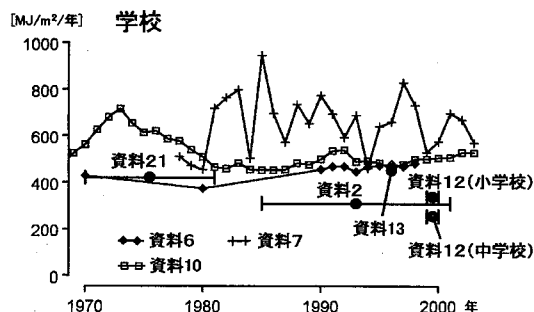
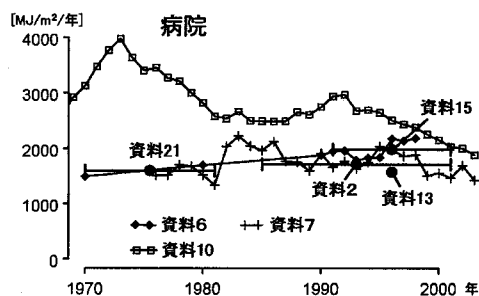
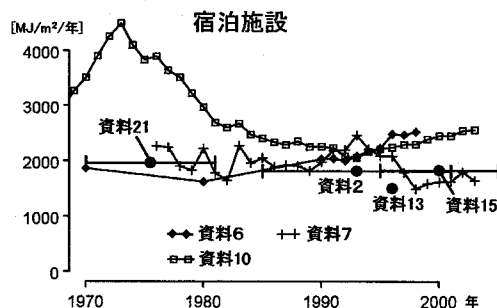
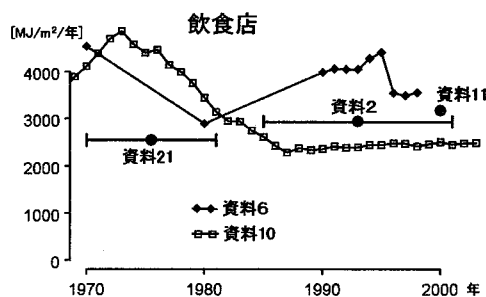
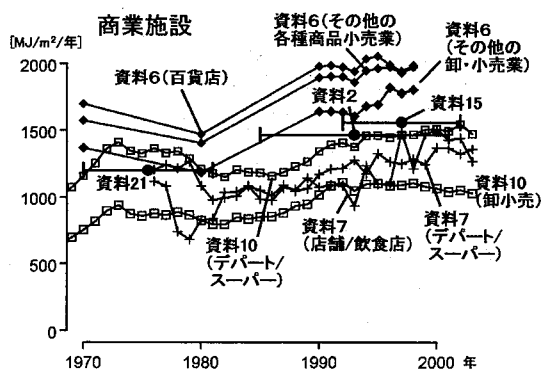
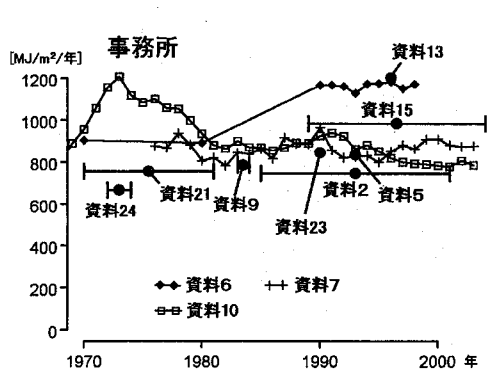


図-2 エネルギー消費原単位データの時系列比較

新しいデータを用いることよりも、調査の信頼性を重視してデータを選択することが望ましいと言える。

とくに文献10ではいずれの建物用途も1970年代にピークがあり、1980年代は主に減少傾向となっている点が興味深い。文献6の商業施設や飲食店も同様の傾向が読み取れる。この傾向について守田<sup>29)</sup>はオイルショック以降に減少傾向に転じたと説明している。ただしオフィスビルなど、文献10以外の資料ではこの傾向が生じていない建物用途もあり現段階では信頼性の確認ができていない。また、著者らは種々の根拠から文献10では産業部門が含まれたデータにより合計調整されていた可能性があると考えて

いるが、現段階では確認できていないため、詳細については今後究明する必要がある。

前述の文献10や文献6の飲食店を除けば、確かに1980年頃までの資料では値が小さいものが多い、前章の考察と整合性がある。したがってこの当時は原単位の増加していたと考えられる。しかしながら、最近10～20年のデータでは顕著な増加傾向は見られない。近年もなお民生業務部門のエネルギー消費量の増大は指摘されているが、これは床面積の経年変化<sup>6, 10)</sup>から分かる通り、エネルギー消費原単位の増加ではなく床面積の増加によるものである。

#### 4. 個別建物データを用いた検討

文献15の元データである竣工設備データ（ELPACデータ）では個別建物のエネルギー消費量や各種の建物属性データが利用可能であるため、集計された原単位データでは失われている種々の情報が含まれていると考えられる。

ここで図-3にELPACデータによる各建物の床面積とエネルギー消費量の散布図を示す。まず1次エネルギーと2次エネルギーの両方について図化した（図-3a, b）。この図において、各建物の床面積あたりエネルギー消費量は各点と原点を結ぶ線分の傾きで表現される。この図から、基本的にはいずれの建物用途も概ね比例関係があるため床面積あたり原単位で表現することの妥当であると考えられるが<sup>註2)</sup>、やはり個々の建物に着目すればばらつきは生じている。

1次エネルギーと2次エネルギーとを比較すると、いずれの建物用途も1次エネルギーの方が床面積との相関が高いことが分かる。これは主に空調の熱源機器の効率の違いを反映しているものと考えられる。すなわち、一般に電力を用いる機器はガス・油を用いる機器と比較し高効率であることが多いが、一方で発電効率にも限界があるため、1次エネルギーで比較するとばらつきが小さくなると解釈できる。したがって、原単位を用いる目的は様々であるが、例えば地域のマクロなエネルギー消費量推計などに用いるならば1次エネルギーベースの原単位を用いる方がより適切であると言える。

次に集計方法について検討する。ここでは次のCase1～3の3通りの方法で集計し、結果を比較した。

**Case 1:** 建物の床面積あたりエネルギー消費量の単純平均値

**Case 2:** 合計エネルギー消費量 ÷ 合計延べ床面積

**Case 3:** 床面積を説明変数、エネルギー消費量を被説明変数とする回帰式の傾き

なおエネルギー消費原単位を建物の床面積あたりエネルギー消費量の床面積による加重平均値と定義している資料もあるが、これはCase 2と一致する。またCase 3は文献24などの一部の資料で用いられている方法であるが、これは回帰式の切片が非常に小さいことなどの前提条件が必要であることもあり、この方法で算出した例は多くはない。ただし、原単位の記載がなく回帰式のみが掲載された資料は多いた

め（例えば文献30など）、傾きを原単位の近似値として利用することの妥当性について検討する価値がある。なお、最小二乗法による単回帰式はX, Yの平均値となる点を通るので、床面積の平均値が記載された資料（例えば文献31など）では回帰式からCase 2の原単位も算出可能である。

この3通りの方法による原単位算出結果を図-3a, bに示す。この結果から、集計方法によって1割程度の差異は生じることが分かる。この差異は、図-1の資料によるばらつきの大きさと比較しても決して無視しうる大きさではないため、今後集計方法についても慎重に検討する必要がある。どの集計方法が妥当であるかは利用目的によるが、例えば原単位の積み上げによりエリア全体のエネルギー消費量を推計するといった目的ならばCase 2が妥当であると考えられる。

ここで、他の資料と比較するため、に1次エネルギーについて他の資料のエネルギー消費原単位を重ねて線で示した（図-3c）。ここでは各建物用途について図-1に示した1次エネルギーの全データを図化した。文献番号は省略した。また図-3cは見易さを考慮し、建物数が多い箇所を拡大して図化した（図-3a枠線）。この結果から、図-1の資料によるばらつきは小さいとは言えないが、個々の建物の床面積あたりエネルギー消費量のばらつきはさらに大きなレンジで生じていることが分かる。このため今後はELPACデータに含まれた建物属性のデータなどを併用して床面積では説明できない種々の変動要因について検討を行う予定である。

#### 5. まとめ

本研究では業務部門のエネルギー消費原単位について資料収集・分析した結果を報告した。本研究により得られた主な知見をまとめると次の通りになる。

- ・資料によるばらつきは概して大きいため、原単位データを用いる上では適切な資料選択がきわめて重要である。
- ・近年の業務部門のエネルギー消費量の増大は主にエネルギー消費原単位の増大ではなく床面積の増大で説明できる。
- ・エネルギー消費原単位の経年変化の幅は資料によるばらつきの幅と比較して小さいため、実際にデータを利用する上では新しいデータを用いることよりも、調査の信頼性を重視してデータを選択することが望ましい。

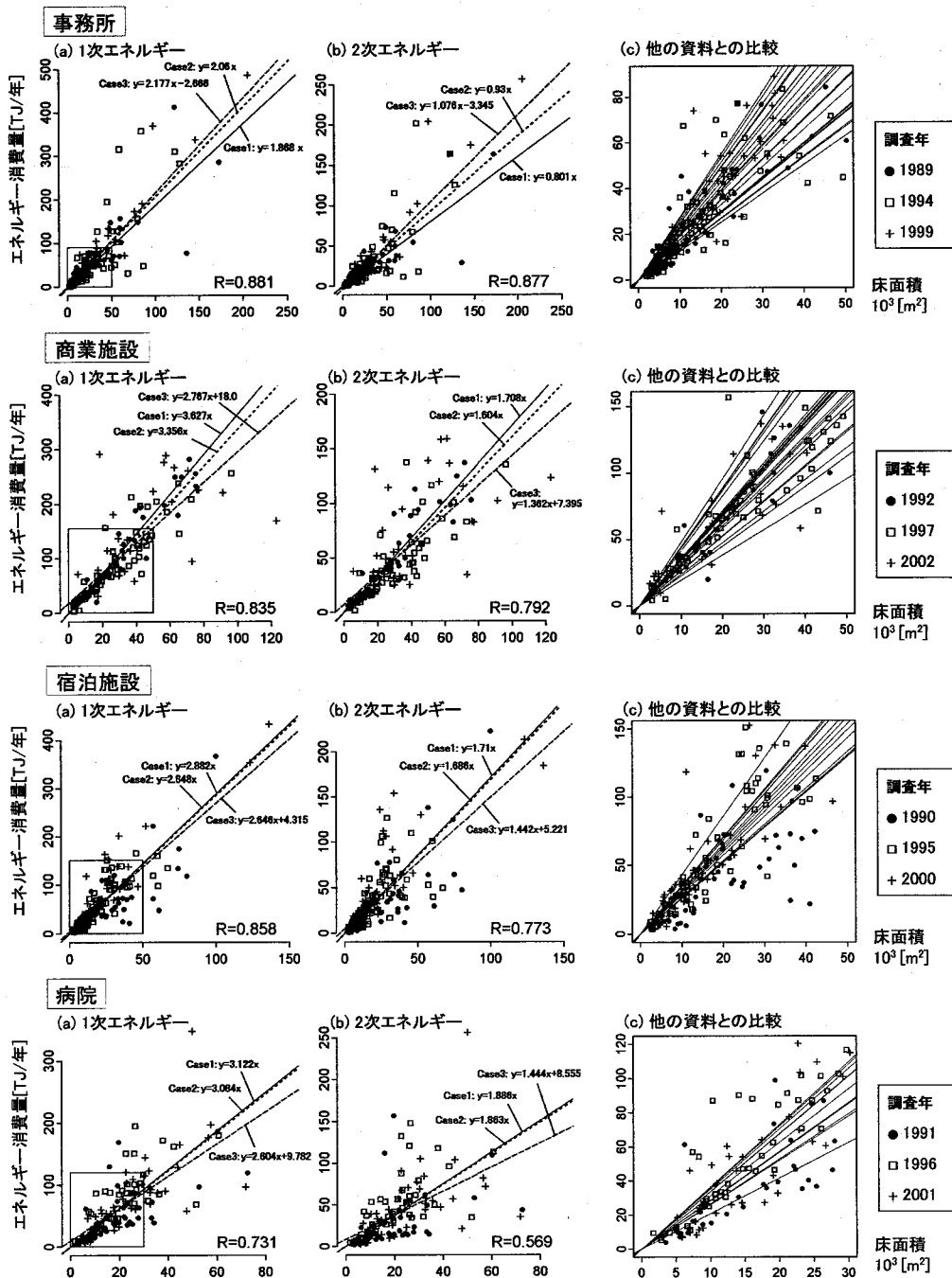


図-3 延べ床面積とエネルギー消費量の散布図 ((a)の黒枠は(c)の作図範囲を表す。)

- ・エネルギー消費量と床面積との相関は1次エネルギーの方が高いため、例えば地域のマクロ推計などの目的であれば1次エネルギーベースの原単位を使うことが望ましい。
- ・同一の個別建物データを集計した場合であっても、

集計方法による原単位の差異も無視できない大きさに生じ得る。

今後はさらなる資料収集と分析を進めるとともに、個別建物データでの検討も進める予定である。とく

に本研究で用いたELPACデータには各建物サンプルの地域や空調方式、熱源機器などの建物属性の情報が含まれているため、今後これに基づき床面積以外の種々の変動要因について検討を行いたいと考えている。

注1) 実際には文献16には床面積とエネルギー消費量の回帰式のみが掲載されており、原単位は記載されていないため、平均床面積を100m<sup>2</sup>として原単位に換算した。この100m<sup>2</sup>という値は図から読み取った概算値であるが、実際には床面積とエネルギー消費量はほぼ比例しているため大きな誤差にはならない。

注2) 今回は対象としていないが、ELPACデータに含まれたスポーツ施設なども同様に図化したところ、明確な比例関係は読み取れなかった。したがって建物用途によっては床面積あたり原単位で表現することの妥当性についてもそのつど検討が必要であることはここで付け加えておく。

#### 参考文献

- 1) 尾島俊雄研究室：建築の光熱水原単位[東京版]，1995。
- 2) 今枝寿哉，柳 美樹：民生部門のエネルギー消費実態調査について，第20回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集，pp. 263-266。
- 3) 吉田 雄介，湯浅 和博：都市のエネルギー需要特性に基づく分散型エネルギーシステムの導入形態，空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp. 617-620，2002。
- 4) 空気調和・衛生工学会：都市ガスによる コージェネレーションシステム計画・設計と評価，1994。
- 5) 村越千春，室田泰弘，茅 陽一，石坂匡史：首都圏における業務用エネルギー消費構造分析，エネルギー・資源学会 第15回研究発表会講演論文集，1996。
- 6) 東京都環境局：都におけるエネルギー需給構造調査報告書，2001。
- 7) 社団法人 日本ビルエネルギー総合管理技術協会：平成16年度 建築物エネルギー消費量調査報告書（第27報），2005。
- 8) 財団法人 省エネルギーセンター：ビルの省エネガイドブック，2006。
- 9) 松本敏男：事務所ビルにおけるエネルギー消費量の実態（その1），空気調和・衛生工学，Vol. 64，No. 1，p7-11，1990。
- 10) 財団法人日本エネルギー経済研究所計量分析部：EDMC/エネルギー経済統計要覧，財団法人省エネルギーセンター発行。
- 11) 外岡豊，深澤大樹，中口毅博，馬場剛，中根英昭，藤野毅：業務部門における温室効果ガス排出削減対策について その2，第24回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集，pp. 273-276，2005。
- 12) 吉田雄介，湯浅和博：公共建築物のエネルギー消費量に関する実態調査，空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp. 1761-1764，2001。
- 13) 亀卦川幸浩：熱環境と空調エネルギー需要の相互作用を考慮した都市高温化対策の評価，東京大学博士論文，2001。
- 14) 社団法人 日本ビルエネルギー総合管理技術協会：ビル省エネルギー化推進のための調査・研究報告書その2，174p.，2005。
- 15) 社団法人 建築設備技術者協会：建築設備情報年鑑（機関誌「建築設備士」12月号）。
- 16) 財団法人 省エネルギーセンター：商業ビルの省エネルギー，省エネルギーセンター技術部ビル調査グループ，2005。
- 17) 日本地域冷暖房協会：プロジェクト2010 日本全国地域冷暖房導入可能性調査研究，平成6年度報告書，1995。
- 18) 早川 智，小峯裕己：事務所ビルに関する解析結果 業務用建築物におけるエネルギー消費原単位に関する研究 その1，日本建築学会環境系論文集，No. 578，pp. 85-90，2004。
- 19) 早川 智，小峯裕己：百貨店に関する解析結果 業務用建築物におけるエネルギー消費原単位に関する研究 その2，日本建築学会環境系論文集，No. 600，pp. 67-73，2006。
- 20) 早川 智，小峯裕己：業務用建築物におけるエネルギー消費原単位に関する研究（その2） 病院およびホテルに関する解析結果 一，空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，pp. 597-600，2002。
- 21) 早川一也，久保猛志，藤井修二，垂水弘夫，田沢豪士，塩冶 長：都市人口規模に対応したエネルギー消費量の把握について：第1報 家計・民生部門の年間エネルギー消費量，学術講演梗概集（環境工学），pp. 475-476，1981。
- 22) 早川一也，藤井修二，垂水弘夫，金 信道，梅蔵寺博史，伊藤公一：コ・ジェネレーションシステムの導入に関する研究：第3報・エネルギー消費特性について，学術講演梗概集（環境工学），pp. 943-944，1983。
- 23) 竹林良純，村上處直，佐土原 聡：都心部の業務施設（事務所ビル）のエネルギー消費量の実態調査，学術講演梗概集（環境工学），pp. 1421-1422，1991。
- 24) 松尾 陽，赤坂 裕，射場本忠彦：事務所ビルにおけるエネルギー使用実態調査とその分析（その1），学

- 術講演梗概集(建築計画・環境工学), pp.199-200, 1975.
- 25) 新エネルギー・産業技術総合開発機構: 民生部門エネルギー消費実態調査, 委託先 財団法人 日本エネルギー経済研究所エネルギー計量分析センター.
- 26) 社団法人 日本地域冷暖房協会: 地域冷暖房技術手引書, 1997.
- 27) 守田 優: 都市人工熱源の熱環境負荷原単位について, 環境システム研究, Vol. 24, 1996.
- 28) 萱場祐一, 島谷幸宏, 平岡規之, 市街地におけるエネルギー消費量推計手法に関する研究, 環境システム研究, Vol. 21, pp.13-18, 1993.
- 29) 守田 優: 都市の人工熱排出構造について -日本の8大都市を対象として-, Vol. 21, pp.19-26, 1993.
- 30) 財団法人 省エネルギーセンター: 病院の省エネルギーポイント, 省エネルギーセンター技術部ビル調査グループ, 2005.
- 31) 財団法人 省エネルギーセンター: オフィスビルの省エネルギー, 省エネルギーセンター技術部ビル調査グループ, 2005.

## A COMPARISON OF UNIT ENERGY CONSUMPTION DATA IN COMMERCIAL SECTOR

Yujiro HIRANO, Yutaka TONOOKA, Toshiharu IKAGA, Yukihiro KIKEGAWA  
and Yasumi FUJINUMA

This paper describes results of a literature survey and an intercomparison of unit energy consumption data in the commercial sector. Although there are many kinds of buildings and the energy use is diverse in the commercial sector, there have been only a small number of comprehensive surveys of energy consumption, compared to the residential sector. Thus, we collected documents of previous surveys and investigated the consistency and the validity. The results revealed variances and reliabilities of these previous surveys.