

14. 事務所ビルのエネルギー消費量へ及ぼす 気候条件の影響の分析

平野 勇二郎^{1*}・藤田 壮¹

¹国立環境研究所 社会環境システム研究センター (〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

* E-mail: yhirano@nies.go.jp

本研究では地域の気候条件が事務所ビルにおけるエネルギー消費量へ与える影響について明らかにすることを目的とし、建築設備技術者協会による竣工設備データ (ELPACデータ) と外気温データを用いた解析を行なった。とくに既存の原単位や個別建物のデータは気候条件以外のばらつきが大きいので、本研究ではエネルギー消費の季節変動と気温の季節変化とを結びつけて気温による変化成分を抽出し、地域比較を行なった。また、エネルギー消費量の気温による推定式を作成し、これに地域の気温データを適用するという方法で気温の影響のみを取り出して比較した。この結果、冷暖房などによる夏季と冬季の増分の比率には地域性があるものの、両者の和ではほぼ相殺されることなどが示された。本研究により、気温の影響によりどの程度エネルギー消費が変動し得るかを概ね明らかにすることができた。

Key Words : climatic condition, energy consumption, ambient temperature, office building, air-conditioning

1. はじめに

京都議定書第一約束期間の終盤に差し掛かった。京都議定書による日本の温室効果ガスの削減目標は1990年比でマイナス6%であるが、現状ではこの目標達成は非常に厳しい状況にあると言わざるを得ず、早急に今まで以上に踏み込んだ対策が必要である。さらに気候変動枠組条約締約国会議ではポスト京都議定書についての交渉も進められており、日本はさらに大幅な削減目標を掲げている。こうしたことから今後、低炭素社会の構築に向けて、中長期的な見通しの下にエネルギー利用の効率化を図ることが急務である。

省エネルギー施策を推進するにあたって、エネルギー需要の要因分析や需要予測が不可欠である。とくに民生部門は空調用エネルギー消費が多く外気温の影響を受けやすいため、エネルギー需要予測や対策の検討を行なう上で気温変動や地域の気候条件の影響を明らかにすることが非常に重要である。また、エネルギー消費量のデータを利用する際に、資料の制約から限られた調査期間のデータのみで解析を行なうことや、解析データのサンプル数を増やすために複数年次のデータを統合して用いることは一般に行なわれているが、その場合には年による気温条件の違いが及ぼす影響について明らかにしておく

必要がある。

こうしたことから、著者らは既に住宅と事務所ビルを対象とし、気温変動がエネルギー消費量へ及ぼす影響の評価方法について精査した¹⁾。しかしながらこの研究では、住宅については概ね良好な結果が得られたものの、事務所ビルについては資料不足であり、十分な検討ができなかった。そこで著者らは業務部門のエネルギー消費実態をより詳細に把握することを目的とし、既存の実態調査事例について体系的な資料収集を行なってきた²⁾。しかしながら、こうした既存資料は調査方法や調査年次などの違いにより生じる資料のばらつきが非常に大きく、気候条件については明確な傾向が読みとれなかった。

既存の調査資料では、地域比較が可能なエネルギー消費原単位を示した事例もあり (例えば、文献³⁾、文献⁴⁾ など)、こうした資料から定性的には気候条件の影響を読み取ることができる。しかしながら、実際には気候条件以外にも都市規模・市街地密度などの種々の地域条件の影響を受けているため、一般的な知見を得るためにはこうした諸要因を個別に検討することが望ましい。とくに今日では、例えば地球温暖化対策地方公共団体実行計画や地域新エネルギー・省エネルギービジョン策定事業など、自治体レベルでの推計にエネルギー消費原単位が実際に活用されている事例が増えているため、こうした

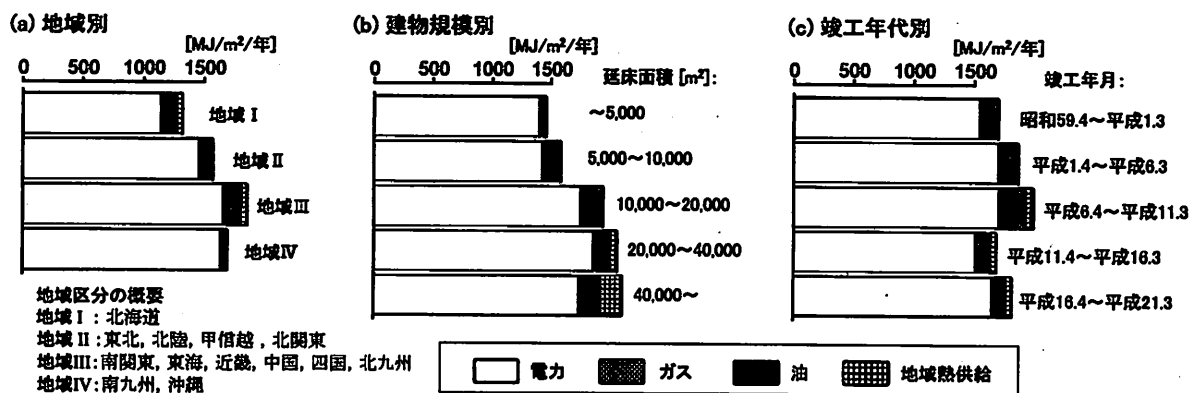


図-1 ELPACデータの集計結果

諸要因をできる限り把握し、地域に応じた原単位データの設定をすることが必要である。とくに日本では大都市は比較的温暖な地域に集中しているため、間接相関が生じうる。このため、単純なエネルギー消費データの地域比較のみでは気候の要因と都市化の要因を区別することが難しい。

こうしたことから、本研究はより詳細な情報が利用できるデータとして建築設備情報年鑑³⁾の元データである建築設備技術者協会による竣工設備データ（ELPACデータ）を用いて、地域の気温条件が事務所ビルにおけるエネルギー消費量へ与える影響について検討した。ELPACデータは事務所・ホテル・病院・商業施設や他の種々の特殊建物用途について、建物概要や電気・空調設備と1年間の月別の水・エネルギー使用量の調査を行なったデータである。このデータは集計された原単位データとは異なり、個別の建物サンプルのデータが利用できるため、地域条件や建物属性に応じた詳細な分析が可能である。事務所ビルの調査は5年ごとに行なわれており、各調査年度の過去5年間に竣工された建物を調査対象としている。本研究ではその5時期分の25年間に竣工された建物のデータを用いた。ただし事務所ビルの調査では延床面積2,000m²未満の建物を調査対象としないため、若干バイアスが含まれている可能性があり、この点には留意が必要である。なお、本研究では化石燃料消費について電力とガス・灯油を対等に比較するため、一次エネルギーでの分析を行なった。電力を一次換算する際の換算係数は文献⁴⁾を参考に、本研究では9.83 [MJ/kWh]とした。また、自社ビルと貸ビルは区別せずに解析に用いたが、庁舎ビルは他の事務所ビルと比較して明らかにエネルギー消費原単位が小さいため²⁾、本研究では除外した。

2. ELPACデータの集計結果と考察

ELPACデータに含まれた各建物サンプルの一次エネルギー消費量を地域区分別、建物規模別、竣工年代別に図-1に示す。地域区分は「建築物に係わるエネルギーの使用の合理化に関する建築主の判断の基準」で定められた4地域区分に従った。ただし、この地域区分に従って集計したところ、得られた有効サンプル数は地域Ⅰは6件、地域Ⅱは21件、地域Ⅲは238件、地域Ⅳは3件となり、地域に偏りが見られた。これは当然ながら事務所ビルの分布に地域性があることがその主要因であるが、ELPACデータは延床面積2,000m²未満の小規模事務所ビルのデータを含んでいないため、実態よりもさらに大都市に偏っている可能性があると考えており、今後精査が必要である。

図-1(a)から地域Ⅰ（北海道）のエネルギー消費原単位がとくに小さいことが分かる。地域Ⅰは有効サンプル数が少ないためばらつきは大きく生じうるが、地域比較を行なった他の資料³⁾と傾向は一致しているため、一般的な傾向であると推察される。地域Ⅳも有効サンプル数は少ないが、資料³⁾においても九州・沖縄付近は本州付近とほぼ同程度の値となっており、目立った差異は生じていない。実際には地域の区分が異なるため単純には比較はできないが、矛盾のない結果であることは言える。

気候条件の影響について既存資料とのさらに詳細な比較を行なうため、文献²⁾で用いた資料のうち地域性のあるデータを概ね地域区分ごとに並べ替えて図化した（図-2）。しかしながら、この図から分かる通り資料により地域区分や調査年次が異なっており、ばらつきが非常に大きく生じている。また、気候条件の影響は主に空調・給湯用エネルギーに現れると予想されたが、図-2から分かる通り用途分類を含む資料はごく限られているため、傾向を読み取ることができなかった。図-2において

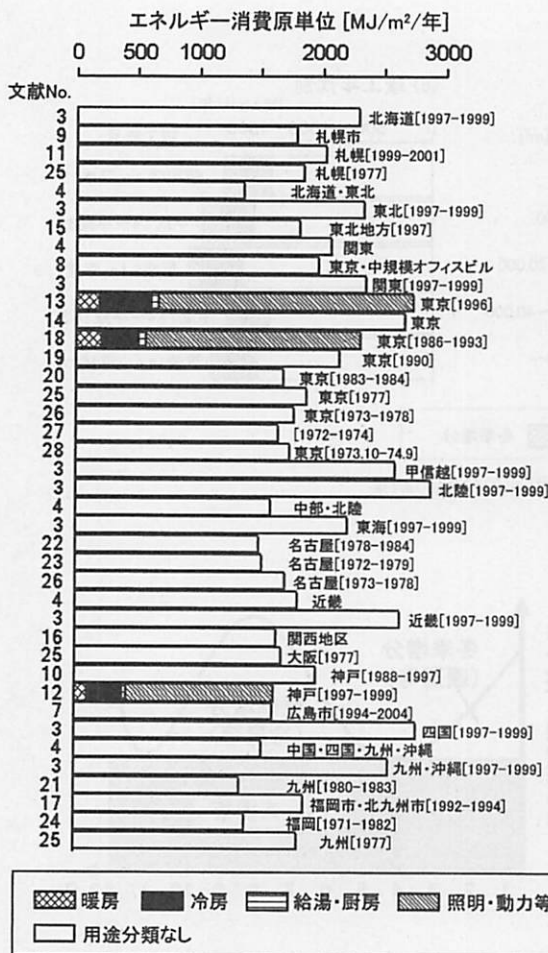


図-2 既存資料による地域別エネルギー消費原単位

文献³⁾はいずれの地域も値が大きいが、これは床面積の定義の違いも含まれている。また、供給側のデータで合計調整された原単位データ¹³⁾¹⁴⁾は他と比較して値が大きい傾向があるように思われるが、この点については精査が必要である。こうしたことから、前述した通り、同一資料において地域比較を行なった事例³⁾⁴⁾では北海道の値が比較的小さいなどの傾向は共通していたが、異なる資料間での比較を行なった場合は諸要因によるばらつきが非常に大きく生じており、やはり既存調査では気候条件の影響のみを抽出することは非常に困難であるという結果となった。

次に図-1(b)から建物規模別に比較すると大規模ビルの方がエネルギー消費原単位が大きい傾向が顕著に生じている。これは他の資料³⁾⁴⁾⁹⁾の解析結果とも整合しており、信頼性がある結果であると考えられる。図-1(c)は建築水準の変化や省エネルギー基準の変化による影響を把握するために図化した。変動幅は小さく、また不規則に変動しているため、明確な傾向は読み取れなかった。平成6～11年頃に竣工された建物では値がやや大きめであることは文献⁹⁾と類似しているようにも見えるが、文献³⁾ではこうした傾向が読みとれず、また変動幅が小さ

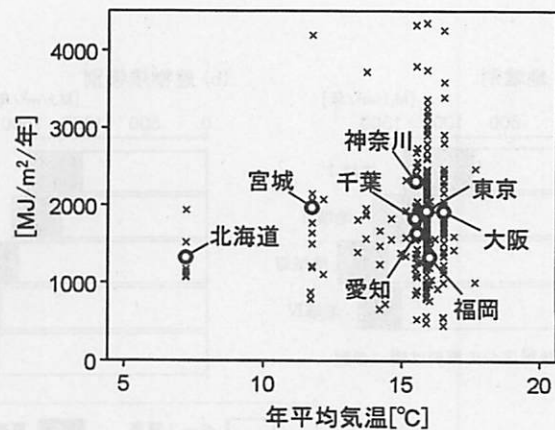


図-3 各建物のエネルギー消費量と年平均気温の散布図

いため、一般性については疑問がある。このため、図-1(c)についてはこれ以上の考察は避ける。

ここで、図-1(a)からは明確な地域性が生じたが、この傾向が気候条件によるものであるか、または他の地域条件によるものであるかについては、検討の余地がある。日本では大都市は比較的気候が温暖な地域に集中しているため、間接相関が生じうる。すなわち、図-1(b)から大規模ビルの方がエネルギー消費原単位が大きく、また大規模ビルは比較的気候が温暖な地域に多いことを考えれば、図-1(a)には建物規模と気候条件と両方の影響が含まれている可能性がある。反対に、図-1(b)に示した延床面積とエネルギー消費原単位の関係についても、気候条件の影響が含まれている可能性がある。

そこで次に集計前の個別建物のデータを用い、気温とエネルギー消費量の関係を調べた(図-3)。気温データは気象庁の地上気象観測データを用い、都道府県レベルで各建物の位置情報と対応させた。各都道府県の気温データは、地域内に含まれる気象台と測候所における観測データの平均値とした。ただし、集計する際に標高500m以上の観測点は除いた。また、ELPACの調査年についての詳細な情報が得られなかったため、1971～2000年の平均気温を用いた。図-3では、サンプル数が5以上であった都道府県については平均値を併せてプロットした。図-3から、確かに北海道の建物は値が小さめであるが、全体として個別建物によるばらつきが非常に大きく生じており、図-1(a)の結果を単純に気候条件と結びつけて考察することは難しいと判断される。前述した通りELPACデータは大都市を中心とした一部のエリアに偏っているため、気温の分散が非常に小さい範囲で比較せざるを得ない。北海道においてエネルギー消費原単位が小さいことは既存の調査資料³⁾⁴⁾と矛盾しないが、他の地域においても生じている各サンプルのばらつきの範囲内であるため、今後はサンプル数を増やすことなどによって信頼性を高める必要がある。

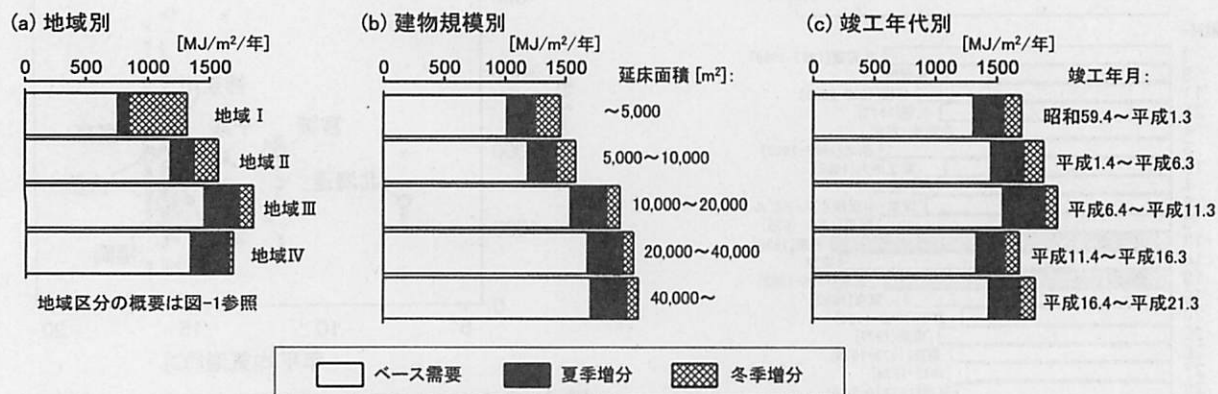


図-5 ベース電力、冷房用、暖房用への分解の結果

3. 気温による変動成分の抽出

次に各建物のエネルギー消費データから気温による変動成分を抽出するため、エネルギー消費量と気温の季節変化パターンに基づいて分析を行なった。前述した通り、年間のエネルギー消費量と地域の年気温との関係の解析では、気温の影響による変動と比較して、個々の建物によるばらつきが大きく、明確な関係は読み取れなかった(図-3参照)。これに対し、季節変化パターンに基づいた気温感応度の解析ならば、同じサンプルの気温とエネルギー消費の変動パターンに基づくため、両者の関係を抽出しやすいと考えられる。

分析方法の模式図を図-4に示す。ここでは、ELPACデータに含まれる月別のデータと気象庁により観測された月別平均気温のデータを用いた。まず、各建物について月別データでエネルギー消費量が最小であった月のエネルギー消費量をベース需要とした。次に他の月について、エネルギー消費量が最小であった月よりも気温が高ければその月のエネルギー消費量とベース需要の差を夏季の増分、最小であった月よりも気温が低ければその月のエネルギー消費量とベース需要の差を冬季の増分とした。ここで、ベース需要は空調用エネルギー消費がないと考えられるため、気温の影響を受けないと仮定した。一方、季節変化成分については当然ながら夏季増分は主に冷房用、冬季増分は主に暖房用のエネルギーであると考えられる。ただし、一般には給湯や冷蔵庫なども気温により変動するため、これは厳密な用途分解とは言えないので、ここでは冷房用・暖房用と表記することは避けた。

この結果得られたベース需要、夏季増分、冬季増分について、図-1と同様に年代別、建物規模別、気候区分別に集計した(図-5)。この図-5(a)から、前述したエネルギー消費原単位の地域性は、主にベース需要の変動に

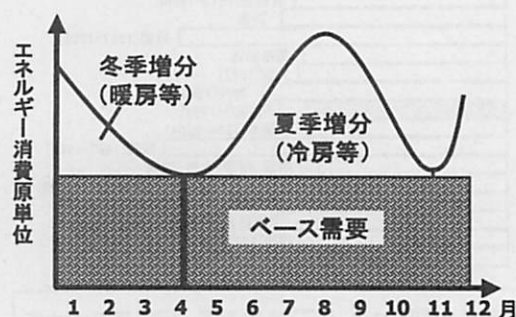


図-4 気温による変動成分の抽出方法

より生じていることが分かる。夏季増分・冬季増分に着目すると、寒冷地は冬季増分が多く、温暖地は夏季増分が多いという傾向があり、外気温条件の影響が明確に現れている。ただし夏季増分・冬季増分の和では、いずれの地域も概ね500[MJ/m²/年]程度となっており、地域性は必ずしも明確とは言えない。すなわち、夏季増分・冬季増分の比率は地域の気候条件により大きく異なるものの、両者を合わせた気温による変動成分全体では、地域によって大きな差異はないという結果となった。とくに地域I(北海道)ではエネルギー消費原単位が小さいが、その差異はベース需要の差異によって生じており、暖房等による冬季増分が多いため、夏季増分・冬季増分を合わせた気温による変動成分全体では他の地域を若干上回っている。したがって、寒冷地において事務所ビルのエネルギー消費原単位が小さいことは既存資料³⁾⁴⁾の知見と一致するが、その要因は外気温ではなく、市街地密度などの他の地域条件であることが推察される。一般には日本では業務部門では暖房需要より冷房需要の方が多いことから、寒冷地では冷房が少ないためエネルギー消費原単位が小さいと思われがちであるが、その理由のみでは説明し難いことをこの結果は示唆している。

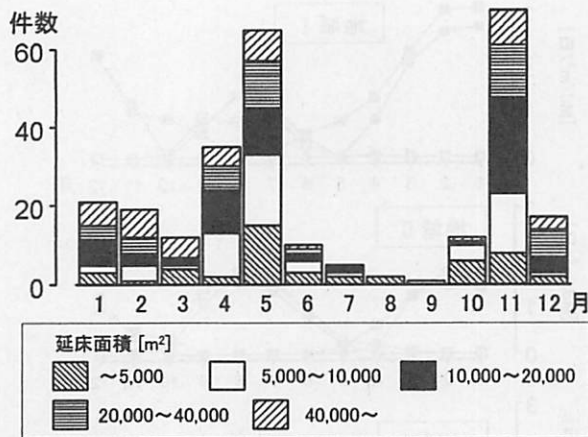


図-6 エネルギー消費量が最小となった月

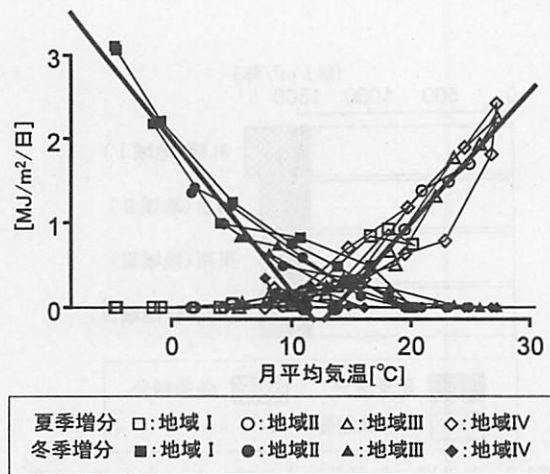


図-7 エネルギー消費原単位の季節変化成分と月別平均気温の関係

次に図-5(b)により建物規模別に比較すると、大規模建物の方がエネルギー消費原単位が大きいという傾向についても、やはりベース需要の違いにより生じていることが分かる。また図-5(b)には気候条件の影響が間接的に含まれている可能性があるため、大多数の建物が含まれる地域Ⅲのデータのみで同様の検討を行なったが、傾向は同様であった(図省略)。夏季増分・冬季増分に着目すると、大規模ビルの方が相対的に夏季増分が多く、冬季増分が少ない傾向が明確に生じた。これは大規模建物の方が床面積に対して表面積が相対的に小さく、外気の影響を受けにくいためであると考えられる。すなわち、空調負荷発生要因として、冷房時には壁面・屋根面からの熱貫流、換気侵入熱、窓面透過日射、機器や人体からの内部発熱などの種々な熱がいずれも冷房負荷となるのに対し、暖房時には貫流熱、換気侵入熱は暖房負荷を強めるが、窓面透過日射、内部発熱は暖房負荷を弱める方向に作用する。こうしたメカニズムを考えれば、外気温の影響を受けにくい大規模ビルでは相対的に暖房負荷が小さくなることが理解できる。ただし、夏季増分・冬季増分の和ではこれらはほぼ相殺されており、前述した通り建物規模によるエネルギー消費原単位の違いは主にベース需要の違いにより生じている。この理由については今後検討が必要であるが、大規模ビルは大都市に立地するためスペース利用が高密度であること、廊下や階段などの面積が相対的に小さいことなどから、床面積当たりではエネルギー消費量が小さく生じている可能性がある。また、本研究はELPACデータの建物用途分類に従い事務所ビルのみを対象としているが、実際には都心の大規模事務所ビルでは飲食店やコンビニエンスストアを含んだ複合建築となっているケースは多く、ELPACデータではこれらを完全に分離できない。こうした要因については今後精査が必要である。

また、図-4に示した用途分解の方法では、年間冷房を

行なっている建物が含まれた場合、冷房用のエネルギー消費の一部がベース需要に含まれることになる。これが図-5においてベース需要の変動幅が大きく生じた要因となっている可能性がある。本研究の手法ではベース需要は気温の影響を受けていないという前提で、季節変化から抽出した気温による変動成分を地域の気候条件に適用しているため、この点は誤差要因となる。そこで、この点について検討するため、まず各建物について建物規模別にエネルギー消費量が最小となった月を図-6に示した。この図から、延床面積10,000m²程度までのビルでは大半が4, 5, 11月の中間季にエネルギー消費量が最小となるのに対し、より大規模なビルでは最低気温に近い1, 2月にエネルギー消費量が最小となるビルも一定割合で存在していることが分かる。前述した通り外気の影響を受けにくい大規模ビルほど相対的に冷房負荷が大きく、暖房負荷が小さく生じやすいというメカニズムを考えれば、リーズナブルな結果である。ただし、事務所ビル全体の中では1, 2月にエネルギー消費量が最小となった建物は決して多いとは言えず、これらを除いて図-5と同様の検討を行なったが、地域別に比較した場合も、規模別に比較した場合も結果は図-5とほぼ同様であった(図省略)。このことから、図-1に示した地域や建物規模によるエネルギー消費原単位の差異の主要因は、冷房・暖房等の気温による変動成分ではなく、ベース需要の差異であることはほぼ間違いないと結論付けられる。

4. 外気温による影響の評価

次にエネルギー消費原単位と気温の関係を調べるため、図-4の方法で抽出した月別の夏季増分・冬季増分と月別平均気温との関係を図化した(図-7)。ここでは、月別

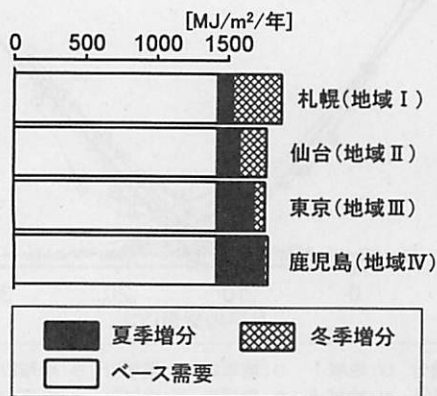


図-8 各地域の気候条件を反映したエネルギー消費原単位の算定結果

平均気温は前述の年間分析と同様に1971年～2000年の平均値を用いた。ベース需要と夏季増分・冬季増分の分離は個別建物ごとに行っているが、個別建物データはばらつきが大きいため、ここでは地域別に集計してプロットした。気温についても、都道府県レベルで各建物と対応させた上で同様に集計した。図-7から、横軸で示した気温の変動範囲は地域の気候条件によって異なるものの、建物用途別に見れば夏季・冬季とも気温とエネルギー消費原単位の関係は外気温によらずに概ね同一直線で表現できることが分かる。もし気候条件による断熱性能や設備の違いが大きく影響していれば直線の位置や傾きに違いが生じるはずであるが、図-7からはそうした影響は大きくはないと言える。このことから、近似的には気温の変動範囲の違いのみで気候条件の影響を概ね表現できることが予想される。そこで次に図-7に太線で示した通りに気候区分によらずに夏季増分・冬季増分のそれぞれについて建物用途別に回帰式を作成した。得られた回帰式は次の通りである。

$$\text{夏季増分: } E = -2.12 + 0.156 T \quad (T > 13.61) \quad (1)$$

$$\text{冬季増分: } E = 1.98 - 0.179 T \quad (T < 11.05) \quad (2)$$

E : エネルギー消費原単位の季節変化成分[MJ/m²/日]
 T : 月平均気温[°C]

次に式(1)、(2)と各地域の月別平均気温を用いて夏季増分・冬季増分のエネルギー消費量を算出し、これをベース需要に加算することで、外気温条件を反映した地域別のエネルギー消費原単位を算出した(図-8)。ここでは地域Ⅰ～Ⅳの代表地域として札幌、仙台、東京、鹿児島を選択した。図-5に示した夏季増分・冬季増分の抽出結果では、諸条件によるベース需要の変動も大きく、必ずしも気温の影響のみを的確に示しているとは言えない。

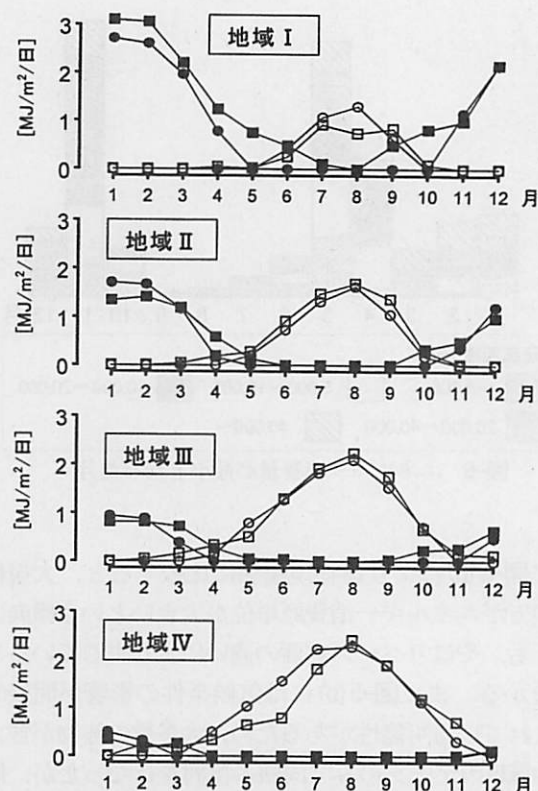


図-9 気温による変動成分の算出方法による比較

い。これに対し、図-8は気温の影響のみを反映したエネルギー消費原単位であると言える。なお、ここでは気温の影響のみを取り出すことを目的としているため、ベース需要については地域別に集計せず、全地域の平均値を用いた。

図-8から、夏季増分と冬季増分の比率は外気温条件により大きく異なるが、通年のエネルギー消費量ではほぼ相殺されており、地域差はほとんど生じていないことが分かる。一般に業務部門は暖房よりも冷房が多いことはよく知られているが、これは膨大な建物数が含まれる地域Ⅲにおいて冬季増分よりも夏季増分の方が大きく生じていることと整合性がある。ただし、寒冷地であっても暖房用などの冬季増分により相殺されており、必ずしもエネルギー消費量が少ないとは言えないという点は重要な知見である。暖房が多い家庭部門では温暖地の方がエネルギー消費量が少ないことがよく知られているが、それと逆の傾向にはならないことは興味深い。

次に、図-8の回帰式による推定値の妥当性を検討するため、図-4の方法で季節変化パターンから得た値と、前述した代表地域の気温を式(1)、(2)に適用して得た値とを比較した。ここでは図-9に示した通り、月別の値を図化したところ、全体的な傾向は概ね一致していることが

確認された。ただし、絶対値では若干の差異が生じており、両者の差が最も大きく生じた地域Ⅰの冬季増分では、差は平均0.37[MJ/m²/日] (28.6%) であった。また、通年の積算値で比較すると、増分全体に対して地域Ⅰ、地域Ⅱ、地域Ⅲではそれぞれ回帰式による推定の方が193%、10.6%、153%の過小評価、地域Ⅳは6.1%の過大評価であった。このことから、こうした二つの回帰式のみによる単純な推定手法では、やはり絶対値での推定精度には限界があることは否定できない。しかしその一方で、これらの差異はベース需要を含んだエネルギー消費原単位全体に対していずれも数%のオーダーであるから、図-2、図-3に示した地域別データのばらつきと比較すれば明らかに小さい。したがって、本研究の目的を考慮すれば、これは十分に良好な結果であると言える。すなわち、地域によらずに固定した回帰式から、気温のみで地域性や季節変化を概ね表現できたと言えるため、気温の影響のみに的確に評価することができていると判断できる。

年による気温条件の違いの影響についても検討するため、年ごとの月平均気温に図-8と同様の方法を適用し、多年次のエネルギー消費原単位を算出した(図-10)。ここでは代表点として東京のデータを選択した。この方法では回帰式は固定しているため、図-10は建物や設備の経年的な変化は反映せず、暑夏や冷夏といった各年の気温条件の影響のみを反映している。この結果、例えば1993年の冷夏と1994年の暑夏とを比較すると、1994年の方が夏季増分が30%以上増大しており、暑夏における冷房用エネルギー消費の影響が顕著に現れている。これは暑夏の冷房負荷が電力ピーク負荷に大きく影響するという一般的知見と整合性がある。ただし、通年の積算値で比較した場合、年による気温条件の影響は、図-2、図-3に示した各地域における原単位データや個別建物のばらつきの幅と比較すればやはり小さいと言える。このことから、図-2では調査年がまちまちであることが既存資料のばらつきの要因の一つであると考えられたが、年による気温条件の影響に関しては大きくはないと結論付けられる。また、実際にエネルギー消費原単位データを用いる際には、調査年が合わないデータを使わざるを得ないことや、サンプル数を補うために多年次のデータを統合して解析することは多いが、こうした場合においても一定の妥当性があることをこの結果は示唆している。ただし、当然ながら長期間の経年変化を考えた場合には、建物や設備も徐々に変化すると考えられるが、回帰式を固定した本研究の方法ではこれを表現できない。この点については今後はサンプル数を増やし、年代別に回帰式を作成することなどにより、さらなる検討が必要である。

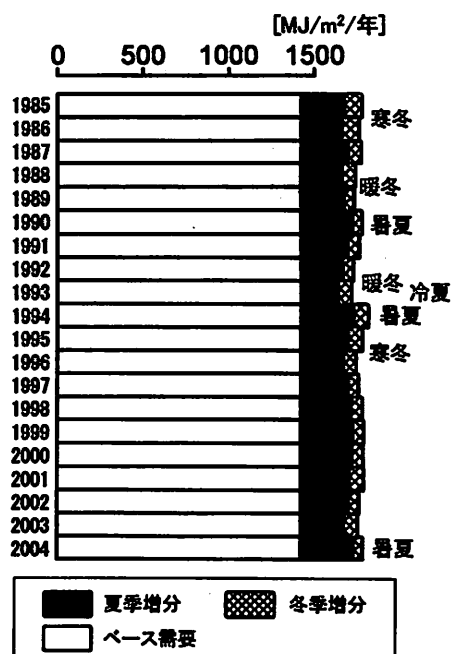


図-10 各年の外気温条件を反映したエネルギー消費原単位の算定結果(東京の例)

5. まとめ

本研究では、地域の気温条件が事務所ビルのエネルギー消費へ与える影響について検討した。本研究により得られた知見を次に示す。

- (1) ELPACデータに含まれた事務所ビルのエネルギー消費量のデータを集計した結果、既往研究³⁴⁾と同様に寒冷地ではエネルギー消費量が少ないことや、大規模ビルほどエネルギー消費量が多いことが確認された。また、これらの変動の主要因は気温の影響ではなくベース需要の差異であることが示された。
- (2) ELPACデータと気温データとを結びつけて解析した結果、地域によらず概ね同一の推定式で近似できるという結果となった。この結果は、気候条件による断熱性能や設備の地域性の影響は小さく、気温の変動範囲の違いのみで気候条件の影響を概ね表現できることを示唆している。
- (3) 季節変化パターンから算出した推定式を地域の気温データを適用することにより、気候条件を反映したエネルギー消費原単位を算出した。この結果、夏季増分・冬季増分の比率には地域性があるものの、両者の和ではほぼ相殺されており、通年のエネルギー消費原単位の地域性は小さいことが示された。

本研究により、事務所ビルのエネルギー消費量が気温の影響によりどの程度変動し得るかを概ね明らかにすることができた。ただし、本研究で用いたELPACデータ

は大都市に集中しているため、とくに気候が大きく異なる寒冷地や温暖地において十分な解析サンプル数が得られなかった。したがって今後はサンプル数を増やすことにより信頼性を高める必要がある。また本研究では、民生業務部門の中では建物ストック数が多く、また比較的エネルギー消費形態が均質である事務所ビルのみを対象としたが、他の建物用途についても同様の解析が必要である。とくに事務所ビルについては、気候条件以外のベース需要の変動が大きいことが本研究において示されたが、その要因分析も今後の重要課題であると考えている。

謝辞：本研究は、環境研究総合推進費E-1105「低炭素社会を実現する街区群の設計と社会実装プロセス」（代表：加藤博和）の支援により実施されました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 平野勇二郎, 亀卦川幸浩, 玄地 裕, 近藤裕昭: 事務所および住宅における空調・給湯用エネルギー消費量の気温感応度算定に関する各種手法の相互比較, エネルギー・資源, Vol.27, No.3, pp.218-224, 2006.
- 2) 平野勇二郎, 外岡 豊, 伊香賀俊治, 亀卦川幸浩, 藤沼康実, 下田吉之: 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評価, 日本建築学会環境系論文集, No.633, pp.1331-1339, 2008.
- 3) 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.
- 4) 社団法人日本ビルエネルギー総合管理技術協会: 平成18年度版 建築物エネルギー消費量調査報告書(調査A 第29報), 2007.
- 5) 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).
- 6) 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, 2004.
- 7) 植村義幸, 村川三郎, 西名大作, 坂本和彦: 広島市内の事務所ビルを対象としたエネルギー消費量の影響要因に関する解析, 空気調和・衛生工学会論文集, No.125, pp.29-36, 2007.
- 8) 小山智子, 藤木洋徳, 原 英嗣, 尾島俊雄: 都心部における中規模オフィスビルのエネルギー消費量調査及び属性分析 その1 アンケート結果によるエネルギー消費量原単位分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.355-356, 2005.
- 9) 日本建築学会北海道支部 建築のエネルギー消費調査研究委員会(主査: 羽山広文, 幹事: 田甫英之): 札幌市における業務用建物のエネルギー消費実態調査—建築のエネルギー消費調査研究委員会報告一, 日本建築学会北海道支部研究報告集, No.75, pp.339-346, 2002.
- 10) 高西茂彰, 宋 小華, 北沢 綾, 森山正和: 神戸市のエネルギー使用実態調査報告書, 神戸大学森山研究室, 2001.
- 11) 田甫英之, 羽山広文, 繪内正道, 森 太郎: 北海道における事務所建物のエネルギー消費実態調査 ~第1報 札幌市におけるエネルギー調査結果~, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.1745-1748, 2001.
- 12) 高西茂彰, 森山正和: 事務所建物における冷暖房・給湯用エネルギー消費量の推定, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.101-104, 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) 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.
- 15) 須藤 諭, 三浦秀一, 渡辺浩文: 東北地方における業務用建築のエネルギー消費実態調査<第2版>, 東北都市環境研究グループ発行, 2000.
- 16) 空気調和・衛生工学会近畿支部: 関西地区建物エネルギー消費実態調査報告書, 1997.
- 17) 陳 超, 渡辺俊行, 龍 有, 赤司泰義: 福岡市と北九州市における各種建物のエネルギー消費特性に関する調査研究, 日本建築学会計画系論文集, No.485, pp.41-49, 1996.
- 18) 尾島俊雄研究室: 建築の光熱水原単位[東京版], 早稲田大学理工総研シリーズ3, 1995.
- 19) 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, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1421-1422, 1991.
- 20) 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, p.7-11, 1990.
- 21) 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.
- 22) 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.
- 23) 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.
- 24) 南里弘義, 和田真佐人, 浦野良美: 福岡市事務所ビルにおける空調熱源用エネルギー消費量の推定, 空気調和・衛生工学会論文集, No.23, pp.81-88, 1983.
- 25) 木村 宏, 猪股 亀三郎, 田島 守, 藤巻 浩, 箱崎 淳: 事務所建築におけるエネルギー使用量に関する調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.441-442, 1979.
- 26) 空気調和・衛生工学会 空調設備基準委員会省エネルギー小委員会環境・エネルギー消費量調査ワーキンググループ: 事務

所建物におけるエネルギー消費量の実態, 空気調和・衛生工学, Vol.53, No.6, pp.27-43, 1979.

28) 東京電力株式会社営業部地域開発課: 大型ビルにおけるエネルギー使用の実態, 地域開発ニュース, No.94, pp.26-32, 1975.

27) 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 I), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.199-200, 1975.

(2011.4.11 受付)

(2011.7.20 受理)

Analysis of Effects of Climatic Conditions on Energy Consumption in Office Buildings

Yujiro HIRANO¹ and Tsuyoshi FUJITA¹

¹ Center for Social and Environmental Systems Research, National Institute for Environmental Studies

The purpose of this research was to examine the effects of climatic conditions on energy consumption in office buildings. This research used completed facility data (ELPAC data) from the Japan Building Mechanical and Electrical Engineers Association. This enabled separate analyses for individual buildings. To examine the effect of climatic conditions, the variable component due to temperature was derived based on the patterns of seasonal variation in energy consumption in response to changes in temperature. Then, estimation equations were created for both summer and winter, and the specific energy consumption was calculated for the entire year for each climatic division using the estimation equations and monthly temperature data. The results revealed that although the ratio of summer increase to winter increase varied depending on climatic conditions, yearly averages were almost equal. The results also clarified the degree to which specific energy consumption can vary due to climatic conditions.