

TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo

University of Marine Science and Technology

(東京海洋大学)

建築物におけるエネルギー消費量評価ツールの構築
および高精度化に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-08-27 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 渡邊, 直哉 メールアドレス: 所属:
URL	https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/1596

修士学位論文

建築物における
エネルギー消費量評価ツールの構築
および高精度化に関する研究

平成 29 年度
(2018 年 3 月)

東京海洋大学大学院
海洋科学技術研究科
海洋システム工学専攻

渡邊 直哉

目次

1. 緒論	1
1.1. 研究の背景	1
1.1.1. 国内のエネルギー消費実態	1
1.1.2. 国内のエネルギー政策	3
1.1.3. 海外のエネルギー政策	6
1.2. 既往研究と本研究の位置づけ	7
1.2.1. 既往研究の状況	7
1.2.2. 本研究の目的	8
1.3. 本研究で用いる用語の定義	9
1.4. 本論文の構成	9
2. 研究手法の概要	10
2.1. BEST の概要	10
2.1.1. The Best Program について	10
2.1.2. 入力パラメータの概要	11
2.2. DECC データベースの概要	11
2.2.1. DECC データベースについて	11
2.2.2. DECC Level1 データベース	11
2.2.3. DECC レベル 3 データ	12
2.3. エネルギー詳細消費量推計手法の概要	12
2.4. エネルギー消費モデルの概要	13
2.4.1. 各モデルの関係性	13
2.4.2. 修正モデルの作成	13
2.4.3. ベースモデルの作成	14
2.4.4. 変動パラメータの設定	14
2.4.5. エネルギー消費モデルの計算	14
2.5. エネルギー消費量評価ツールの概要	14
3. エネルギー詳細消費量推計手法	15
3.1. 近似モデルの同定	15
3.2. エネルギー詳細消費量の算出	17
4. エネルギー消費モデルの設計	18
4.1. カテゴリーの設定	18
4.2. 修正モデルの設計	18
4.2.1. リファレンス建築物の概要	18
4.2.2. 修正モデルのパラメータの設定	27
4.3. ベースモデルの設計	30

4.3.1.	一次エネルギー消費量標準値の算出.....	30
4.3.2.	ベースモデルのパラメータ	32
4.3.3.	ベースモデルの設計	33
4.4.	全エネルギー消費モデルの設計.....	35
4.4.1.	変動パラメータの設定	35
4.4.2.	エネルギー消費モデルの計算.....	37
5.	精度検証.....	39
5.1.	中間期の定義.....	39
5.2.	推計精度検証.....	40
5.2.1.	物件 A の精度検証	41
5.2.2.	物件 B の精度検証	44
5.2.3.	物件 C の精度検証	47
5.2.4.	物件 D の精度検証.....	50
5.2.5.	物件 E の精度検証	53
5.2.6.	物件 F の精度検証	56
5.2.7.	物件 G の精度検証.....	59
5.3.	精度検証まとめ	62
6.	エネルギー消費量評価ツールとしての活用	68
6.1.	エネルギー削減量の算出方法	68
6.1.1.	ハード面の変更に伴うエネルギー削減量の算出	68
6.1.2.	運用面の変更に伴うエネルギー削減量の算出	68
6.2.	エネルギー消費量評価ツールの作成	71
6.3.	本ツールの評価	73
7.	総括	79
7.1.	エネルギー消費モデルの評価	79
7.2.	エネルギー詳細消費量推計手法の評価.....	79
7.3.	エネルギー消費量評価ツールの評価	80
7.4.	今後の課題	81
	謝辞.....	82
	参考文献	83

1. 緒論

1.1. 研究の背景

地球規模の温暖化は著しい。IPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change）第5次報告書¹⁾では、1950年以降観測された変化の多くは数十年から数千年間にわたり前例の無いものであると言及されている。図1-1に1901年～2012年に観測された地上気温の変化を示す。ほぼ地球の全域で気温上昇が生じている。

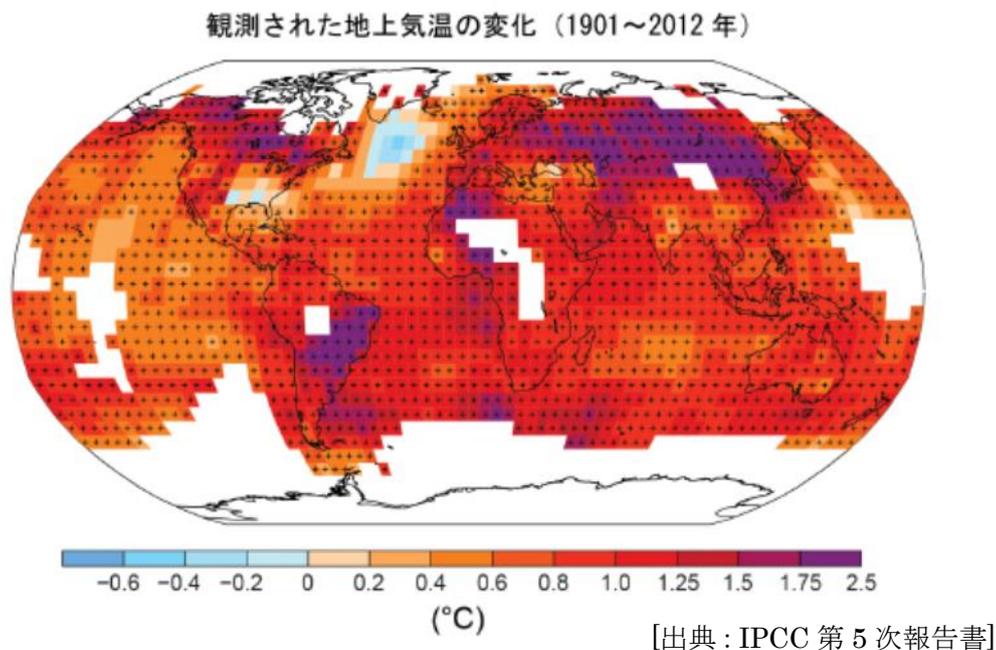


図1-1 1901年～2012年に観測された地上気温の変化

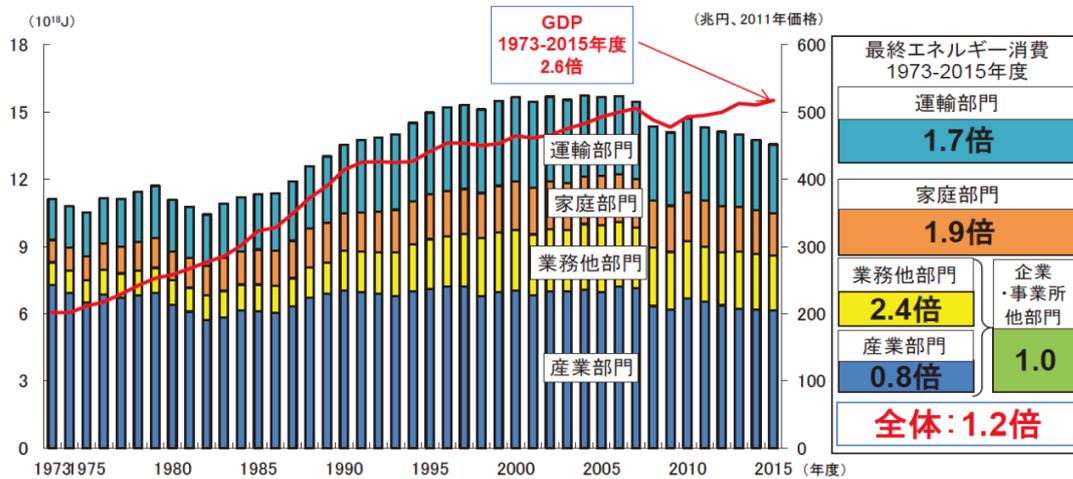
この変化の要因とされる世界の温室効果ガスの排出量は1970年から2004年の間に70%増加している。人為起源での最大の温室効果ガスは二酸化炭素(CO₂)であり、その年間排出量は1970年から2004年の間に80%増加している。

また、2015年にパリで開催されたCOP21（Conference of Parties）において、京都議定書に代わる2020年以降の温室効果ガス排出削減等のための新たな国際枠組みであるパリ協定²⁾が採択された。この協定には、世界共通の長期目標として、産業革命前からの地球の気温上昇を2°Cより低く保つことが盛り込まれ、各国がそれぞれの国ごとに温室効果ガス排出量削減目標を設定している。パリ協定は歴史上初めて、全ての国が温室効果ガスの削減に取り組むことを約束した枠組みであり、国際的に温室効果ガス削減の機運が高まっている。

1.1.1. 国内のエネルギー消費実態

パリ協定を受け、日本は2030年度の削減目標を、2013年比で26.0%減(2005年比で25.4%減)と設定した³⁾。図1-2に部門別最終エネルギー消費と実質GDPの推移を示す。エネルギー白書2015⁴⁾によると、日本のエネルギー消費動向の1973年度から2015年度までの伸びは、産業部門が0.8倍、業務他部門が2.4倍、家庭部門が1.9倍、運輸部門が1.7倍となっ

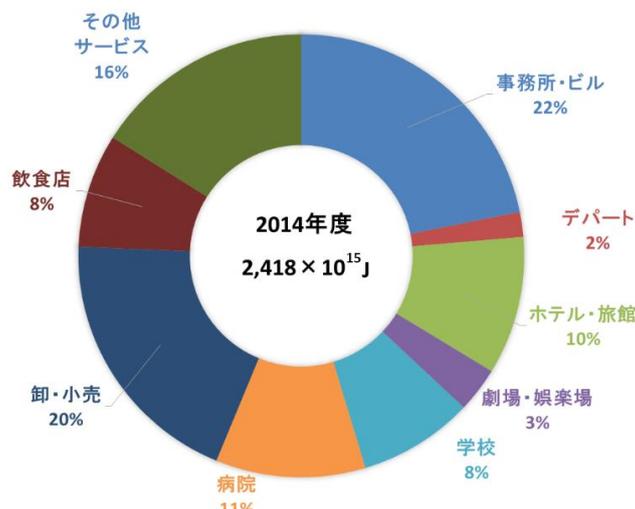
ており、業務他部門が最も大きく伸びている。業務他部門のエネルギー消費量増加は、床面積の増加に加え、建築物利用時間(営業時間)の増加など利用方法の変化が大きな要因である。



[出典：資源エネルギー庁 エネルギー白書 2015]

図 1-2 部門別最終エネルギー消費と実質 GDP の推移

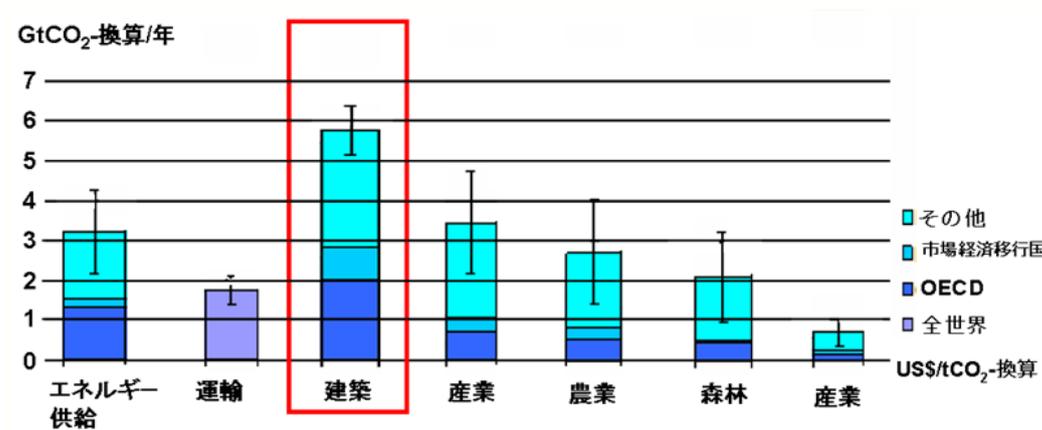
業務他部門は、事務所・ビル、デパート、ホテル・旅館、劇場・娯楽場、学校、病院、卸・小売業、飲食店、その他サービス(福祉施設等)の9業種に大別される。図 1-3 に日本における業種別エネルギー消費内訳を示す。2014年度の事務所・ビルのエネルギー消費量は年間で 528×10^{15} J と最も大きく、全体の 22% を占めている。



[出典：資源エネルギー庁 エネルギー白書 2015 を基に作成]

図 1-3 業種別エネルギー消費内訳

また、IPCC 第4次報告書(2007) 5)において、図 1-4 が示すように建築分野での温室効果ガスの削減ポテンシャルの高さが指摘され、地球温暖化の緩和・防止に最も貢献できる分野として取り上げられている。このことから、我が国において、建築分野、特に事務所・ビルに関する省エネルギー対策の推進は有効である。



[出典：IPCC 第4次報告書]

図 1-4 部門別温室効果ガス削減ポテンシャル

1.1.2. 国内のエネルギー政策

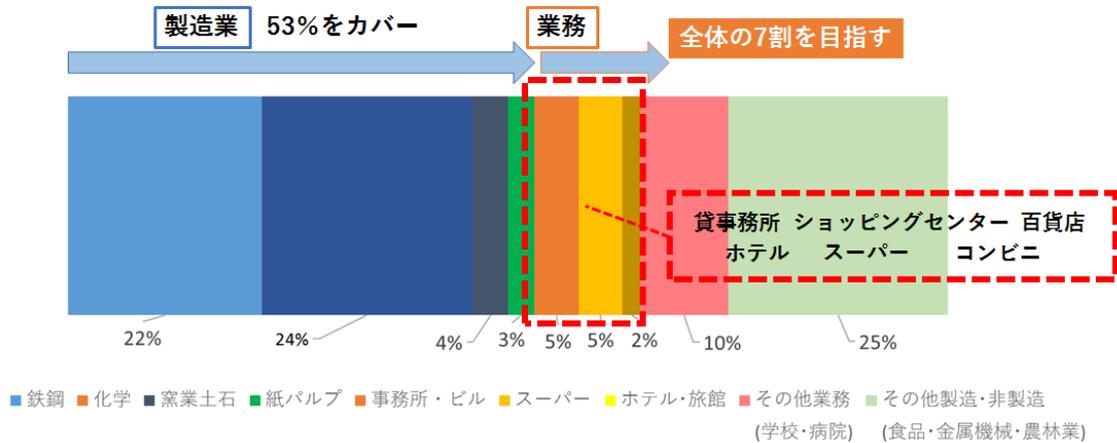
【長期エネルギー需給見通し(エネルギーミックス)】

2015年に策定された長期エネルギー需給見通し(エネルギーミックス)⁶⁾では、2030年度のエネルギー需給構造の見通しが述べられ、徹底した省エネルギーの推進により、対策前比ー13%程度のエネルギー需要を見込んでいる。業務・家庭部門においては、BEMS(Building Energy Management System)やHEMS(Home Energy Management System)を活用したエネルギーマネジメントの徹底を図るほか、消費者の省エネ行動の一層の活性化を促す、と発言している。政府は、エネルギーミックスの実現を図るためには、事業者任せではなく、政府としても総合的な政策措置をバランス良く講じていくことが不可欠であるとし、省エネ・再生可能エネルギーをはじめとする関連制度を一体的に整備するエネルギー革新戦略⁷⁾を策定した。この戦略の実行により、2030年度で、省エネや再エネなどのエネルギー関連投資が28兆円達し、そのうちの水素関連では、1兆円の効果が期待されている。

【トップランナー制度】

エネルギー革新戦略の中で、徹底した省エネに向けた具体的施策として全産業への産業トップランナー制度⁸⁾の拡大がある。トップランナー制度とは、機器等のエネルギー消費効率の基準の決め方の一つである。基準値策定時点で市場に存在する最もエネルギー効率が優れた製品の値をベースとし、今後想定される技術進歩の度合いを効率改善分として加えて基準値とする方式である。産業部門の省エネルギーを図る上で、機械機器等のエネルギー消費効率の向上は極めて有効な手段であると考えられ、1998年の省エネ法改正により初めて導入された。当初対象機器等は11品目であったが、2013年までに15品目が追加された。また、2013年には民生部門における省エネルギー推進の観点から、自らはエネルギーを消費しないが、住宅・ビル等の省エネに寄与する断熱材や窓等も追加され、総計で31品目となる。2015年時点で、トップランナー制度は高炉・電炉等の鉄鋼業やエチレン・ソーダ等化学業、窯業土石等のエネルギー多消費型の製造業に適用されており、全産業の53%をカバーしている。我が国は、トップランナー制度を業務部門は拡大し、2018年までに全産業の7割をカバー

することを目的としている。図 1-5 にトップランナー制度拡大のイメージ図を示す⁹⁾。



[出典：資源エネルギー庁 業務部門におけるベンチマーク制度の創設について資料 5-3 を基に作成]

図 1-5 全産業へのトップランナー制度拡大

【ベンチマーク制度】

政府は、トップランナー制度の評価基準として、ベンチマーク制度¹⁰⁾の整備を進めている。ベンチマーク制度とは、事業者の省エネ状況を業種共通の指標を用いて評価し、各事業者が目標(目指すべき水準)の達成を目指し、省エネ取り組みを進めるものである。これまで、産業部門では、製鉄業や製造業、ソーダ工業等 6 業種 10 分野でベンチマーク制度が導入されており、2014 年から、業務部門のベンチマーク制度導入が本格的に検討されてきた。2016 年 4 月から、業務部門のトップバッターとして、コンビニエンスストア業のベンチマーク制度が施行された。続いて、貸事務所、ショッピングセンター、百貨店、ホテル、スーパーと順次拡大される。

事務所業のベンチマーク指標として、省エネセンターが開発した省エネポテンシャル推計ツール(ECTT)が検討されている¹¹⁾。ECTT のイメージを図 1-6 に示す。ECTT では、評価したい建築物の空調や照明などの設備情報と、省エネ対策の実施状況を入力することで、その建築物の省エネポテンシャルを定量的に算出することができる。

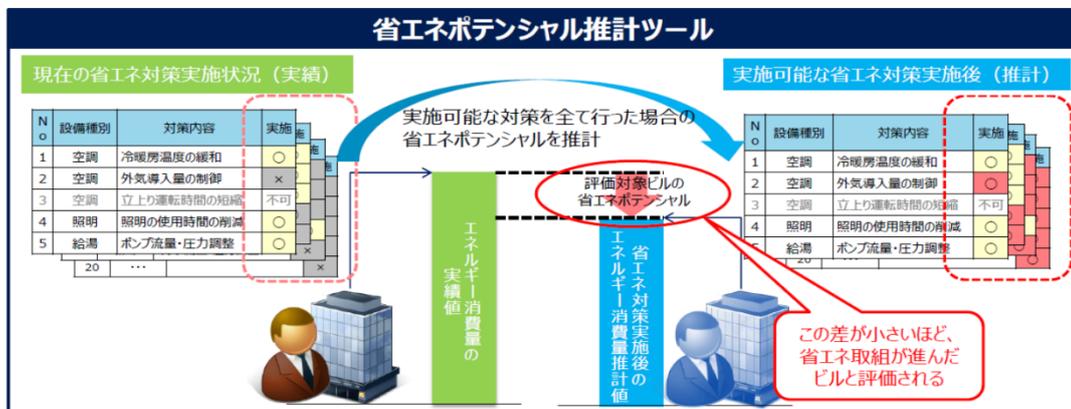
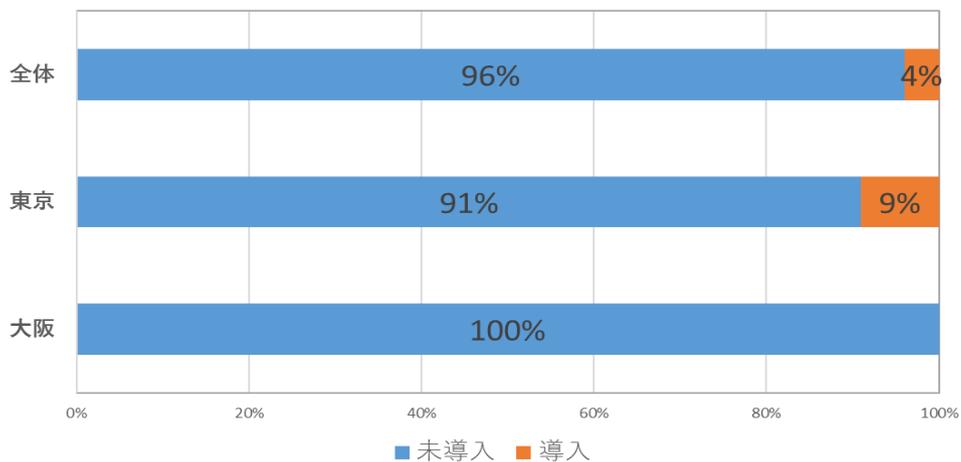


図 1-6 ECTT イメージ図

[出展：日本ビルディング協会連合会]

現在のエネルギー消費量の実績値から、実施可能な対策を全て行った場合のエネルギー消費量推計値を差し引き、その差が小さいほど省エネ取り組みが進んだビルとして評価される。2016年に日本ビルディング協会連合会が催した事業者向け省エネ制度説明会では、ECTT 試用版の感想アンケートが実施されている。このアンケートで指摘された主な課題として、入力作業の負荷が大きいことや、テナントに関する情報取得が困難であることが挙げられている。

また、評価指標には、エネルギー消費量の実績値を用いるが、データ収集方法として、BEMS等エネルギーマネジメントシステムの活用が考えられる。平成20年度法人建築物調査¹²⁾によれば、我が国における民生業務用建築物はストックベースで63.3万棟あり、このうち10,000㎡以下の中小ビル等が61万棟と大多数を占めている。BEMS導入は、ビル全体での設備工事が伴うことから、新築時もしくは大規模改修時の改修後に設置されるケースが多い。日本ビルディング協会の調査¹³⁾によれば、竣工後10年を経過する民生業務用ビルの割合は全体の9割に昇る。また、事務所ビルにおけるBEMSの導入率は4%程度であることから、既存の中小ビルにおけるBEMSの導入が進んでいない実情がある。



[出典：日本ビルディング協会資料を基に作成]

図 1-7 事務所ビルにおける BEMS の導入率

1.1.3. 海外のエネルギー政策

諸外国においても、建築分野における省エネルギー政策を進めている。各国での概要は以下のとおりである。

1) EU

EUの地球温暖化対策の取り組みは先進的であり、常に世界をリードしている。2002年には、京都議定書の温室効果ガス削減目標を達成するための政策として、EU域内の建築物エネルギー性能を向上させることを目的とした、2002年指令¹⁴⁾を策定した。2010年には、2002年指令を改正した2010年指令¹⁴⁾が策定された。ゼロ・エネルギー建築物という概念が導入され、2020年末までに全ての新規の建築物がゼロ・エネルギー建築物となることが求められた。新規の公的な建築物に関しては、それに先立ち、2018年度末までにそれを実現しなければならないとした。これに対し、イギリスは2019年までに全ての新規の建築物をゼロ・カーボン化する目標を発表している¹⁵⁾。また、ドイツは新築時や既存建築物の取引時にエネルギー性能証書の提示を義務化するなど、各国で様々な対策がとられている。

2) アメリカ合衆国

アメリカはエネルギー自立安全保障法(2007年)において、Net-Zero Energy Commercial Buildings Initiativeを規定した¹⁶⁾。同規定により、2030年までに新築される全ての業務用ビルのZEB(Zero Energy Building)化、2050年までに全ての業務用ビルのZEB化を目標とした。また、非住宅建築物の規範的な省エネ基準である「ASHARE Standard90.1」は定期的に基準強化が図られており、2004年と2007年の基準を比較すると、5%程度強化されている。

3) 中華人民共和国

持続可能な発展を推進し、グリーン建築の評価を規範化することを目的として、2006年からグリーン建築評価標識管理法¹⁷⁾が施行された。グリーン建築は等級制度であり、日本のCASBEE(Comprehensive Assessment System for Built Environmental Efficiency)評価制度に近い。各判定基準の要求をどれだけ充足するかによって、一つ星から三ツ星までの等級が与えられる。対象は民用建築と呼ばれる工業建築以外の住宅建築と非住宅建築である。第12次五ヵ年計画(2011-2015)において、グリーン建築基準の適用拡大やモデル都市の設置等、グリーン建築を強化している。

4) 大韓民国

韓国は省エネ・グリーン技術によって経済成長を目指そうと国を挙げて取り組んでいる。全国レベルの主エネ基準としてエネルギー節約設計基準¹⁸⁾が2001年より施行されており、現在までに数度の改正を経ている。この省エネ基準は建築法の中で位置づけられており、建築許可を得るためには同基準で定められている水準を満たしている必要がある。2012年からは、延床面積500㎡以上のすべての新築住宅、建築物に対して、エネルギー節約設計計画書の提出が義務化されている。同国内におけるZEB/ZEHへの取り組みもかなり活発化しており、2050年にZEB実現を義務化する方針である。

1.2. 既往研究と本研究の位置づけ

1.2.1. 既往研究の状況

建築物起源のエネルギー消費特性の把握・分析、エネルギー消費量シミュレーションに関する既往研究を以下に示す。

非住宅環境関連データベース検討委員会¹⁹⁾は、2006年からエネルギー消費量に関するデータベース(DEC: Database for Energy Consumption of Commercial buildings)を構築し、非住宅建築物におけるエネルギー消費傾向を把握、分析している²⁰⁾²¹⁾²²⁾。DECデータベースについての詳細は後述する。

国土交通省主導により、産官学の協力で、新たなエネルギーシミュレーションツールであるBEST²³⁾²⁴⁾が開発された。建築物の外皮・躯体と設備・機器等の情報から総合的にエネルギー消費量を算出できる。詳細は後述する。

辻²⁵⁾らは、用途別にエネルギー消費傾向を分析し、エネルギー消費の月別変動特性を解析した。非空調用エネルギーは気温とともに変動しないことに着目し、エネルギー消費量が最小となる月の中から最小の日平均消費電力を非空調用消費電力とし、それ以上を空調用消費電力と推定した。

陳²⁶⁾らは、エネルギー消費量最小月にも、空調用のエネルギー消費量があることに注目し、空調用エネルギー消費量を推定した。最小月のエネルギー消費量を非空調用と仮定した従来の方法と比較して、推定の精度は向上した。

小峯²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾らは、業務用建築物におけるエネルギー消費量と管理に関する研究を行い、エネルギー消費構造を解析した。また、建築物の各設備容量からエネルギー消費量を推定する式を重回帰分析によって導き、原単位管理ツールを作成した。汎用性、拡張性の高いツールであるが、それぞれの入力項目に単位面積当たりの数値が必要であり、一般のユーザーには複雑な入力項目となっている。

山田³⁰⁾らは、建築物規模の違いによるエネルギー消費の傾向を、建築物関連データベースの分析によって示し、実在するオフィスビルの事例から、消費特性を把握した。また、照明発熱量が冷暖房負荷に影響をシミュレーションにより定量的に示した。照明用途のエネルギー削減で生じる内部発熱量の減少が、冷暖房負荷のバランスに影響を与えることを示した。

恒川³¹⁾は、建築物エネルギーシミュレーションツールと建築物関連データベースを活用して、簡易的に最終消費先別のエネルギー詳細消費量を推計する手法を提案した。エネルギー消費モデルを基に推計するため、ユーザーの入力負荷を大幅に低減することができるが、推計精度には課題があるとしている。

そこで、本研究は恒川³¹⁾が提案した推計手法(以下:旧手法)を改善し、推計の高精度化を図った。表 1-1 に旧手法と本研究で提案した手法(以下:新手法)の改善点を示す。旧手法では、77件のエネルギー消費モデルを作成し、これらの年間エネルギー消費量と月別エネルギー消費量の標準偏差の2要素で、近似モデルの判定を行っている。近似モデルから、内外挿比でエネルギー詳細消費量を推計した。これに対し、本研究では243件のエネルギー消費モデルを作成した。また、近似モデルの判定基準を中間期におけるエネルギー消費量とエネルギー消費パターンの相関関係の2要素に変更した。近似モデルのエネルギー消費量と推計対象の

月別エネルギー消費量から、詳細消費量を推計した。

表 1-1 旧手法と新手法における推計手法の改善点

	旧手法(恒川)	新手法(本研究で提案)
モデル数	77	243
近似モデル判定基準	<ul style="list-style-type: none"> ・年間エネルギー消費量 ・月別エネルギー消費量の標準偏差 	<ul style="list-style-type: none"> ・中間期におけるエネルギー消費量 ・エネルギー消費パターンの相関関係
算出手法	近似モデルを用いた内外挿比で算出	近似モデルと推計対象の月別エネルギーより算出

1.2.2. 本研究の目的

前述のように、我が国は徹底した省エネ対策により、2030年度の削減目標を、2013年比で26.0%減と設定した。そのため、産業トップランナー制度の民生部門への拡大、その基準のベンチマーク作成が急がれている。しかし、事務所ビル等をはじめとする業務部門では、ベンチマーク制度の評価手法は検討中である。検討中の省エネポテンシャル推計ツールは、入力作業の負荷が大きい等の改善点があり、実用段階にいたっていない。

そこで本研究では、高精度、かつ入力負荷の少ないエネルギー消費量評価ツールの構築を目的とする。入力負荷を軽減するため、様々な消費パターンを持つエネルギー消費モデルを作成し、評価対象建築物のエネルギー詳細消費量の推計、およびエネルギー削減ポテンシャルの算出に利用した。エネルギー消費モデルの作成には、既存の高精度建築物エネルギーシミュレーションツールと、建築物関連データベースを用いた。また、エネルギー消費モデルの作成手法は既往研究を参考とした。なお、本研究ではエネルギー消費量に関するデータの多い、標準地域の中規模事務所ビルを対象とした。

1.3. 本研究で用いる用語の定義

本研究で用いた用語を以下に示し、それぞれの用語の意味を簡潔に示す。

- 1) 入力パラメータ
BEST の各種の入力項目に設定した値。
- 2) リファレンス建築物・リファレンスモデル
エネルギー消費モデル作成時に参考とする実在する建築物。また、それを BEST で再現したエネルギー消費モデル。2.4.1、2.4.2 で詳細を説明する。
- 3) 修正モデル
リファレンスモデルの入力パラメータを調整し、よりリファレンスモデルを忠実に再現したエネルギー消費モデル。2.4.2 で詳細を説明する。
- 4) ベースモデル
本研究で作成したエネルギー消費モデルの中で、最も標準的なエネルギー消費モデル。2.4.3 で詳細を説明する。
- 5) 変動パラメータ
BEST の入力項目の内、特に計算結果に与える影響が大きい項目に与えたパラメータ。このパラメータを変動させ、3段階の水準を与えた。2.4.4 で詳細を説明する。
- 6) エネルギー少消費型・エネルギー標準消費型・エネルギー多消費型
変動パラメータを変化させた際の3段階の水準。2.4.4 で詳細を説明する。これらの組み合わせ方法を変化させ、様々なエネルギー消費パターンを検討する。
- 7) 近似モデル
エネルギー詳細消費量を推計時に利用するエネルギー消費モデル。3.1 で詳細を説明する。

1.4. 本論文の構成

本論文の構成を以下に示す。

第1章は諸言であり、本研究の背景や目的等を示した。

第2章は研究所法の概要であり、研究に用いた建築物エネルギーシミュレーションツールや、建築物関連データベース、詳細消費量推計手法の概要を示した。

第3章では、エネルギー詳細消費量の推計手法を示した。近似モデルの同定方法と近似モデルを用いたエネルギー詳細消費量推計手法を解説した。

第4章では、本研究におけるエネルギー消費モデルの情報を示した。第2章で説明した手順に則り、エネルギー消費モデルの作成経緯を示した。

第5章では、エネルギー詳細消費量推計手法の精度検証を行った。また、推計結果を分析し、推計可能な条件を示した。

第6章では評価ツールの構築を行った。第2章で示した推計手法と第4章で作成したエネルギー消費モデルを活用して、エネルギー消費量評価ツールを構築し、実存建築物のエネルギー消費量を評価した。

第7章は、本研究の総括を示した。

2. 研究手法の概要

本研究では、建築物エネルギー消費量に関するシミュレーションツールとデータベースを活用する。本章では、使用したシミュレーションツール及びデータベースについての概要、エネルギー詳細消費量推計手法の概要、エネルギー評価ツールの概要を示す。

2.1. BEST の概要

2.1.1. The Best Program について

建築物エネルギー消費量に関するシミュレーションツールには、The BEST Program(以下 BEST :Building Energy Simulation Tool)を用いた。BEST は、建築シェルターと設備機器等、空調、照明、給湯、給排水、昇降機等、を含めた建築物全体のエネルギー消費量を精度高くシミュレーションできるツールである。平成17年より(財)建築環境・省エネルギー機構(IBEK)にて BEST コンソーシアム組織が立ち上げられ、開発が進められた。平成24年には、国土交通省、経済産業省、環境省の3省から高度な評価プログラムとして認知されたツールである。

ユーザーの利用目的に合わせて、簡易版・平成25年省エネ基準対応ツール・専門版で構成されており、建設、設備設計の各段階(企画・基本設計・実施設計)、運用、改修段階に応じた使い分けが可能である。

本研究で使用した BEST は、「平成25年省エネ基準対応ツール」であり、2013年4月に施行された改正省エネ基準にあわせて開発されたもので、省エネの届出申請において建築物の一次エネルギー消費量と PAL* (建築物の外皮性能)を精度良く算定できる。本ツールの主な特徴は以下の通りである。

- 1) 計算エンジンは BEST 専門版プログラムを用いて、建築と空調などを連成計算しているため、相互に影響を及ぼす複数の省エネ手法を採用した場合でも、その複合効果を精度よく求められる。
- 2) User Interface が良好で、比較的容易に必要な項目を入力でき、省エネ計算が可能である。
- 3) 地域格差を考慮し、アメダスデータなどの気象データを転用できる。
- 4) 太陽光発電・太陽熱利用などの再生可能エネルギーやコージェネレーションや蓄熱などピーク負荷やピーク電力を低減する技術も織り込むことができる。

上述のように、申請用ツールとしてだけでなく、省エネルギーへの検討・評価・検証などの LCC ツールとして活用も可能である。計算時間間隔を分単位で実施しており、また、建築や個々の設備を単独で計算するのではなく、建築外皮・躯体と設備・機器を連成して行うことにより、建築と空調、空調と照明などの交互作用を再現することができる高精度なものである。さらに時々刻々の計算を行っているため、空調設備の能力が不足する場合には、室温が設定温度を超えるなどの状態が再現される。また内断熱と外断熱の違い、多数室の計算、PMV 値が算出される他、設備の部分負荷特性を考慮した計算を行っている。年間シミュレーション結果としては、PAL*に用いられる年間熱負荷計算や一次エネルギー消費量が算出される。

2.1.2. 入力パラメータの概要

入力に必要な項目は、基本情報として、建築情報（外皮性能などを含む）、空調や換気、電気、給湯設備など約 50 項目程度で、建築物の入力では、標準的なコアタイプの平面、屋根や外壁、窓などの建築部材を選択メニューから選択できる。ただし、建築平面は矩形だけに限定されているので、円や台形の形状を持つ場合は外表面積など基本的なルールに則ってデフォルメする必要がある。空調設備の入力では、セントラル空調システムやパッケージ空調システムにおいて、熱源やパッケージの種類を選択し合計能力を入力することで計算が可能あり、あらかじめ主要な熱源機器についての機器性能などが用意されている。しかし、それらの特性はメーカーからの提供値であり、実際に運用される機器の性能をつぶさに反映したものではない。その他として、換気設備、照明設備、昇降機設備、給湯設備、効率化設備の入力画面が用意されており、同様に簡単な入力を作業でよい。

2.2. DECC データベースの概要

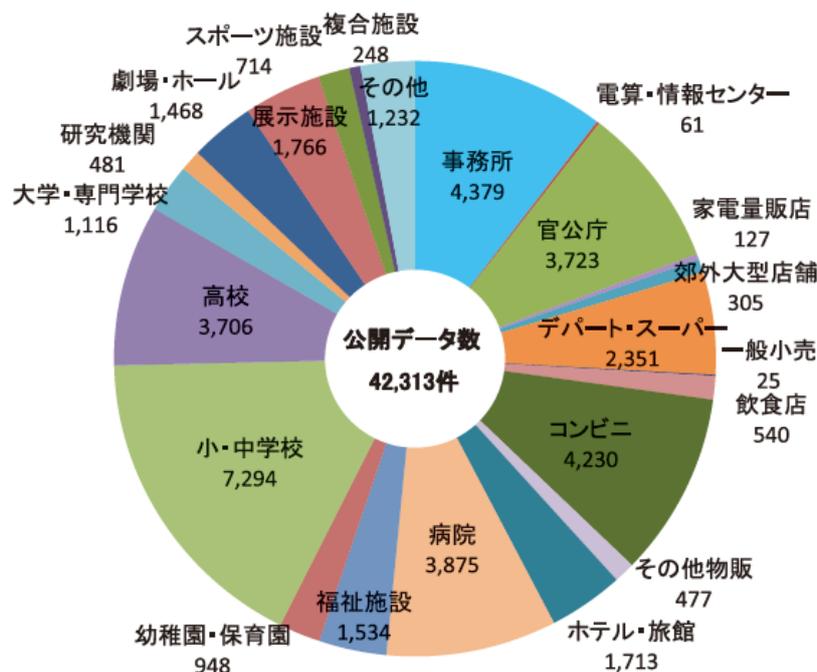
本研究のエネルギー消費モデル作成の元データや、推計ツールの精度検証等に非住宅建築環境関連データベース(以下 DECC : Database for Energy Consumption of Commercial Buildings)のデータを用いた。本項では DECC の概要を示す。

2.2.1. DECC データベースについて

DECC とは、国土交通省・経済産業省・環境省による支援のもと、非住宅建築物の環境関連データベース検討委員会（主査：亀谷茂樹教授）が作成しているナショナルデータベースである。非住宅建築物のエネルギー消費量や水消費量、省エネルギー対策の実施状況などに関するデータベースの構築を目標とし、2007 年度から調査を実施している。収納するデータは内容によって 2 種類あり、基礎データベース(以下 Level1 データベース)と詳細データベース(以下 Level3 データベース)に大別される。

2.2.2. DECC Level1 データベース

Level1 データベースは、統計的に十分優位なサンプル数を確保することを優先とした建築物関連データベースである。格納されているデータ項目は、建築物情報(所在地、建築物用途、竣工年、延床面積、階数、熱源機器情報等)とエネルギー種ごとの毎月のエネルギー使用量と水使用量である。2016 年 6 月に公開されたデータは計 40,000 件を超えており、ほとんどの建築物用途について、統計的に優位なデータ数となっている。図 2-1 に DECC レベル 1 データ公開データ内訳を示す。



[出展：日本サステナブル建築協会]

図 2-1 DECCレベル 1 データ公開データ内訳

2.2.3. DECC レベル 3 データ

Level3 データベースは、Level1 データベースと比較してより詳細な分析やシミュレーションを行うことを目的とされたデータベースである。時刻別かつ消費先別の詳細なエネルギー消費量が収納されており、建築物全体の詳細なエネルギー消費量を整理、把握できるため、機器の効率や部分負荷特性データの取得が可能である。過去に BEMS 導入事業を受けた事業者を対象に調査協力を依頼し、各建築物へアンケート形式での調査票を郵送することでデータの収集を行っている。

2.3. エネルギー詳細消費量推計手法の概要

本研究では、月別のエネルギー消費量から、空調・照明用途等、エネルギーの最終消費先(以下：エネルギー詳細消費量)を推計した。概要を以下に示す。

BEST を用いて、本研究のカテゴリーに属する建築物の標準的なエネルギー消費モデルを作成する。標準的なエネルギー消費モデルを軸に、様々なエネルギー消費パターンを検討し、検討した全パターンのエネルギー消費モデルを BEST で作成する。本研究では 243 件のエネルギー消費モデルを作成した。推計対象建築物の月別一次エネルギー消費量原単位と、モデルのエネルギー消費パターン、エネルギー消費量を比較し、近似するモデル(以下：近似モデル)を選択する。近似モデルの値を用いて、推計対象建築物のエネルギー詳細消費量を推計する。推計手法の詳細は後述する。

2.4. エネルギー消費モデルの概要

本研究で作成したエネルギー消費モデルの概要を以下に示す。

2.4.1. 各モデルの関係性

243 件のエネルギー消費モデルを作成するにあたり、第一に、建築物のカテゴリーを限定し、そのカテゴリーを代表するエネルギー消費モデル(以下：ベースモデル)を作成した。ベースモデルを、より実態に則したモデルとするため、2つのエネルギー消費モデル(リファレンスモデル、修正モデル)を段階的に作成した。それぞれのモデルの関係性を図 2-2 に示す。

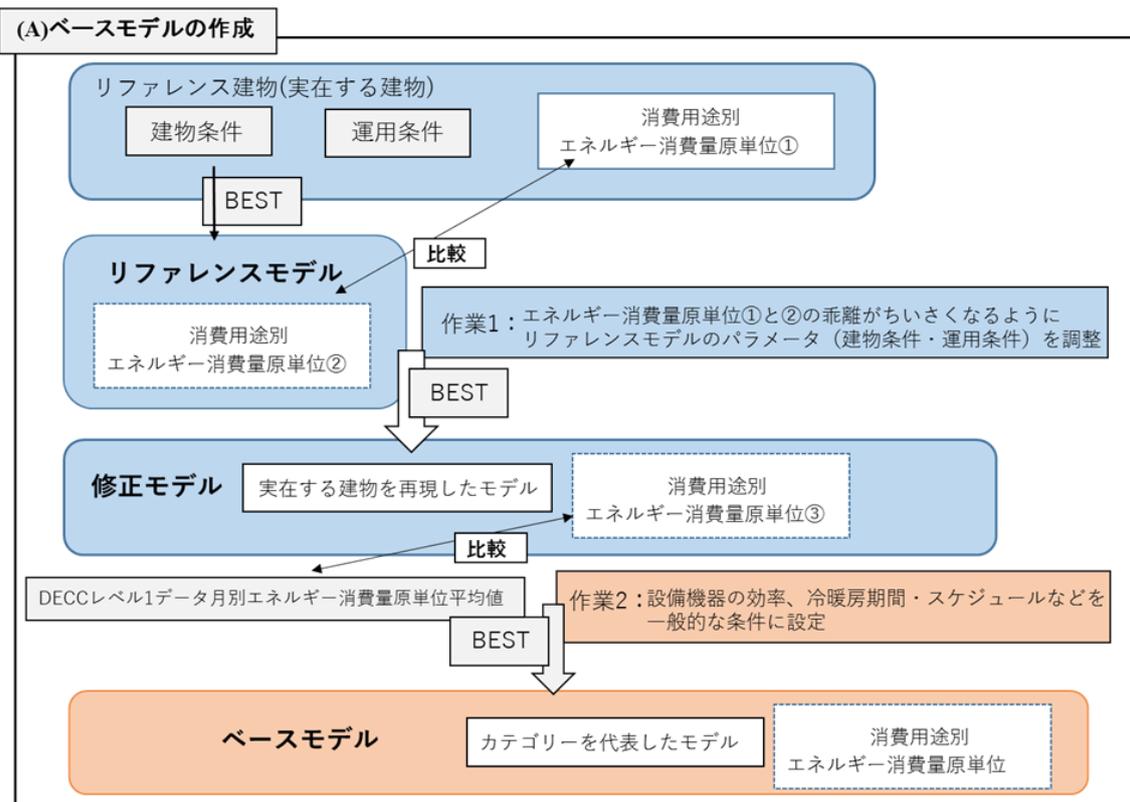


図 2-2 各モデルの関係性

以下にそれぞれのモデルの作成手順を段階毎に説明する。

2.4.2. 修正モデルの作成

建築物の意匠や構造、設備やエネルギー消費に関する詳細なデータを有する、実在する建築物(以下：リファレンス建築物)を用意する。リファレンス建築物の情報を BEST の入力フォーマットに合わせ計算したエネルギー消費モデルを、リファレンスモデルとする。エネルギー消費実態を再現できているかを検証するため、リファレンス建築物における実績エネルギー消費量データと、リファレンスモデルを比較する。両者の乖離が小さくなるようパラメータを調整する。比較およびパラメータ調整を繰り返すことで、リファレンス建築物の意匠や外皮、設備といった詳細情報を再現したモデルを作成する。このモデルを修正モデルとする。

2.4.3. ベースモデルの作成

3.2 で作成された修正モデルをより一般化し、標準的なモデル（ベースモデル）を作成する。DECC レベル 1 データベースより、標準的な建築物の年間月別エネルギー消費量データを取得し、これと修正モデルの比較を行う。過大な誤差が生じた場合は、部屋用途の構成や冷暖房期間、機器運転スケジュールなどに、建築物の用途や規模に応じてより標準的と考えられる値を推定し、比較およびパラメータ調整を繰り返すことで仮想的に一般化したモデルを作成する。これをベースモデルとする。

2.4.4. 変動パラメータの設定

ベースモデルのパラメータを基に、複数のエネルギー消費パターンを検討する。BEST の入力項目のうち、計算結果に与える影響が大きい項目をピックアップし、変動パラメータとする。本研究では変動パラメータを、空調能力、コンセント消費電力、照明消費電力、冷暖房期間、機器日間運転スケジュールの 5 つとした。これら 5 項目について、それぞれ「エネルギー少消費型」、「標準エネルギー消費型」、「エネルギー多消費型」の 3 段階のパラメータを設定する。なお、3.3 で作成したベースモデルを、標準型の入力パラメータとする。

2.4.5. エネルギー消費モデルの計算

3.4 で作成した変動パラメータの組み合わせを検討し、様々なパターンのエネルギー消費モデルを作成する。本研究では、変動パラメータ全ての組み合わせ $3^5 = 243$ 通りを組み合わせ、BEST で計算を行った。

2.5. エネルギー消費量評価ツールの概要

推計手法とエネルギー消費モデルを活用し、エネルギー消費量評価ツールを作成した。概要を以下に示す。

月別の一次エネルギー消費量データから、月別詳細消費量、エネルギー削減ポテンシャルを簡易に算出するツールを作成した。月別のエネルギー消費データを入力すると、月別の詳細消費量が推計される。推計時の選択モデルを利用し、対象建築物のハード面、建築物運用面の変更で期待できるエネルギー削減量を算出する。エネルギー消費モデルと比較した対象建築物の月別エネルギー消費量分布の確認も可能で、ベンチマークとしても利用できる。詳細は後述する。

3. エネルギー詳細消費量推計手法

本章では、本研究のエネルギー詳細消費量推計手法を述べる。

3.1. 近似モデルの同定

推計対象建築物の月別エネルギー消費量とその消費パターンから近似モデルを同定する。同定の手法を以下に示す。

1. 推計対象建築物とエネルギー消費モデルの中間期におけるエネルギー消費量に注目する。中間期におけるエネルギー消費量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とする。ベースラインから増分を変動負荷とする。図 3-1 に基本負荷と変動負荷のイメージを示す。縦軸は月別の一次エネルギー消費量原単位(MJ/m²)である。両者のベースラインのエネルギー消費量を比較し、その値が最も近いモデルをピックアップする。なお、ベースラインのエネルギー消費量を比較する際に、可能な範囲で比較用モデルを限定する。ビルのオーナー等建築物管理者は、建築物内に設置された照明消費電力や建築物利用実態から機器日間運転スケジュールに関する情報の取得は可能である。そこで、これら2項目の情報を取得できた場合、それらの条件に合致するモデルに限定し、ベースラインのエネルギー消費量を比較する。

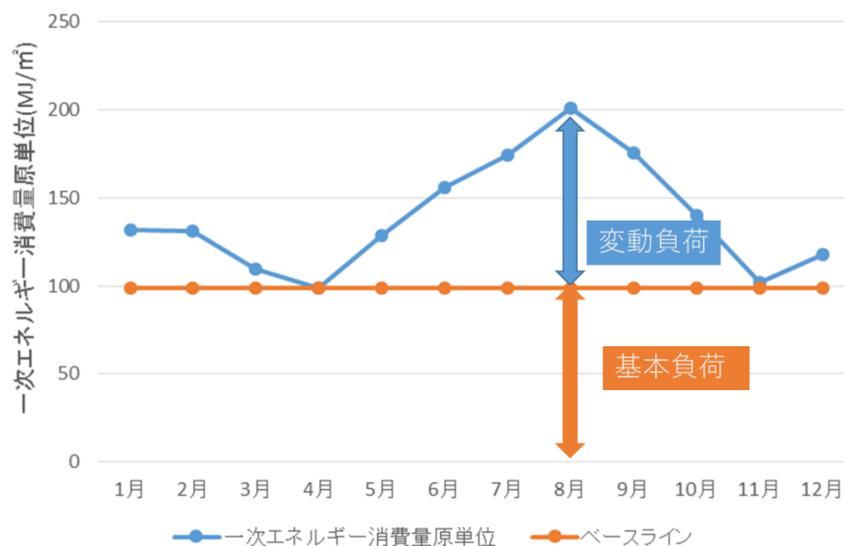


図 3-1 基本負荷と変動負荷のイメージ

2. 基本負荷となる月のエネルギー消費量には、非空調用途(照明、コンセント、換気、エレベータ等その他)エネルギー消費量と、空調の運用状況次第で、少量の空調用エネルギー消費量が含まれていると予想できる。そこで、ピックアップしたモデルの、①照明消費電力、②コンセント消費電力、③機器日間運転スケジュール、④冷暖房時期のパラメータを信用し、近似モデルの候補を3件に絞る。
3. 3件に絞ったモデルから、エネルギー消費パターンが最も近いモデルを近似モデルとする。消費パターンの分析には、対象建築物の月別エネルギー消費量とモデルの月別

エネルギー消費量の相関関係を比較し、相関係数が最も大きいモデルを近似モデルとした。相関関係のイメージを図 3-2 に示す。図 3-2 では、c のモデルが推計対象建築物と最も相関が強く、近似モデルは c である。

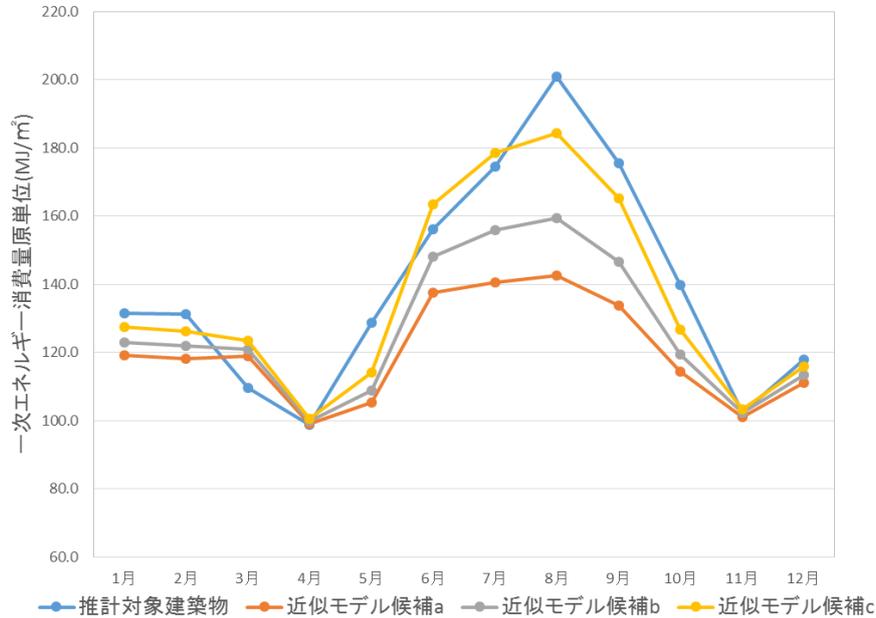


図 3-2 相関関係のイメージ図

・相関係数³²⁾は、2つの測定値の間関係の強弱を数値で表す指標である。2つの値を(x, y)の相関係数 r は式(1)で求める。x が大きくなるにしたがって y も大きくなるような関係を正の相関、反対に x が大きくなるにしたがって y が小さくなるような関係を負の相関という。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \dots (1)$$

相関係数は 1 から -1 の値を取る。相関係数の値と相関関係の目安を表 3-1 に示す。

表 3-1 相関係数の値と相関関係の目安

相関係数	相関関係の目安
1~0.7	強い正の相関
0.7~0.4	中程度の正の相関
0.4~0.2	弱い正の相関
0.2~-0.2	ほとんど関係がない
-0.2~-0.4	弱い負の相関
-0.4~-0.7	中程度の負の相関
-0.7~-1.0	強い負の相関

3.2. エネルギー詳細消費量の算出

推計対象建築物の月別エネルギー消費量と近似モデルを用いてエネルギー詳細消費量を算出する。事務所ビルにおける基本負荷は変動が大きくないことから、年間を通して①照明消費電力、②コンセント消費電力、③機器日間運転スケジュールは近似モデルと同じ消費パターンであると考え。近似モデルの照明用エネルギー消費量 E_{LIGHT} 、コンセント用エネルギー消費量 E_{OUTLET} 、その他(非空調室換気、エレベーター等)の消費量 E_{OTHER} をそれぞれ推計値 E_{LIGHT} , E_{OUTLET} , E_{OTHER} とする。

推計対象建築物の月別エネルギー消費量 M から、それぞれの推計値を差し引き、空調用エネルギー消費量 E_{HVAC} を算出する。

$$E_{HVAC} = M - (E_{LIGHT} + E_{OUTLET} + E_{OTHER}) \cdots (2)$$

4. エネルギー消費モデルの設計

本章では、前述の手順でエネルギー消費モデルを設計する。

4.1. カテゴリーの設定

建築物起源のエネルギー消費量は、建築物の規模、建築物用途、熱源種類、建築物地域等により、様々な特性を持っている。エネルギー消費モデルを作成するにあたって、これらの条件を全て満たす共通のモデルを作成することは困難である。そこで、本研究では、詳細な実測データがあり、比較的エネルギーモデル作成が容易であったカテゴリーに限定し、エネルギー消費モデルを作成した。表 4-1 に建築物カテゴリーを示す。

表 4-1 建築物カテゴリー

地域	用途	規模	熱源
標準地域	事務所	10,000m ² 程度	ガス空調(冷温水発生器)

4.2. 修正モデルの設計

4.2.1. リファレンス建築物の概要

10,000 m²モデルのリファレンスデータとして、本研究ではリファレンス建築物を横浜市の事務所ビル(以下:Wビル)を選定した。Wビルの概要を表 4-2 に示す。また、空調、照明・コンセント、その他に分類した月別の一次エネルギー詳細消費量原単位を表 4-3、図 4-1 に示す。ただし、リファレンスデータには、電算・情報室のエネルギー消費量がその他分野に含まれたため、その値のみ除算している。

表 4-2 リファレンス建築物の概要

		Wビル(リファレンス)
所在地	地域	横浜市
	建築	
	延床面積	8,685m ²
	階数	地上7階/地下2階
	竣工年	1994年
	営業時間	平日:12h/日 土曜:12h/日 日祝:12h/日
	営業日数	359日/年
空調	熱源	ガス吸収式:2台(計703kW) 空冷PAC:室外機9台(計207kW)
	COP(二次ベース)	ガス吸収式:(冷)1.02(暖)0.87 空冷PAC:(冷)3.57~4.35
	冷暖房期間	冷房:1/1~12/30 暖房:11/1~4/30
	設定温度	冷房:24℃ 暖房:24℃

表 4-3 リファレンス建築物における年間月別一次エネルギー詳細消費量原単位

月	空調	照明・ コンセント	その他	合計
	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²
1月	67.0	54.1	9.2	130.3
2月	62.5	53.3	6.5	122.3
3月	59.3	56.0	8.1	123.5
4月	38.0	49.5	6.2	93.7
5月	42.3	52.7	6.6	101.6
6月	68.7	52.8	6.9	128.4
7月	89.1	49.4	4.4	142.9
8月	73.7	48.3	3.6	125.6
9月	73.4	49.9	5.3	128.6
10月	42.0	54.5	6.3	102.8
11月	50.0	52.2	6.3	108.5
12月	54.4	54.0	7.8	116.2
合計	720.3	626.7	77.3	1424.3

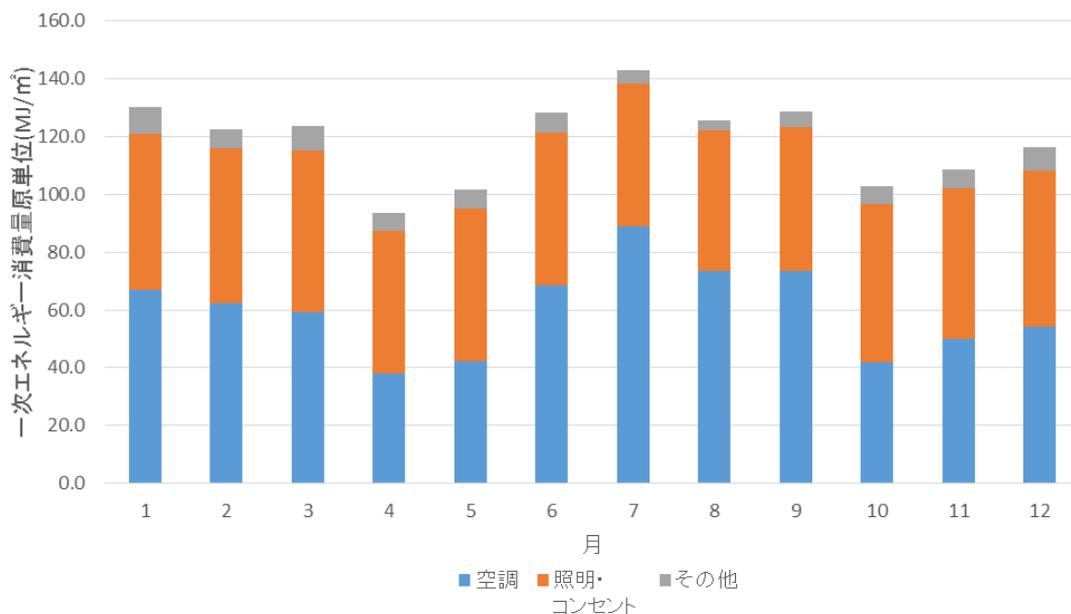


図 4-1 リファレンス建築物における年間月別一次エネルギー詳細消費量原単位

また、一般図は、平成 25 年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説 I 非住宅建築物(第二版)(以下：宅建)³³⁾より引用した。一般図を図 4-2～図 4-5 に示す。また、外壁や屋根、窓等設備仕様でリファレンスデータより不明な点は宅建を参照した。設備仕様を表 4-4～表 4-11 に示す。

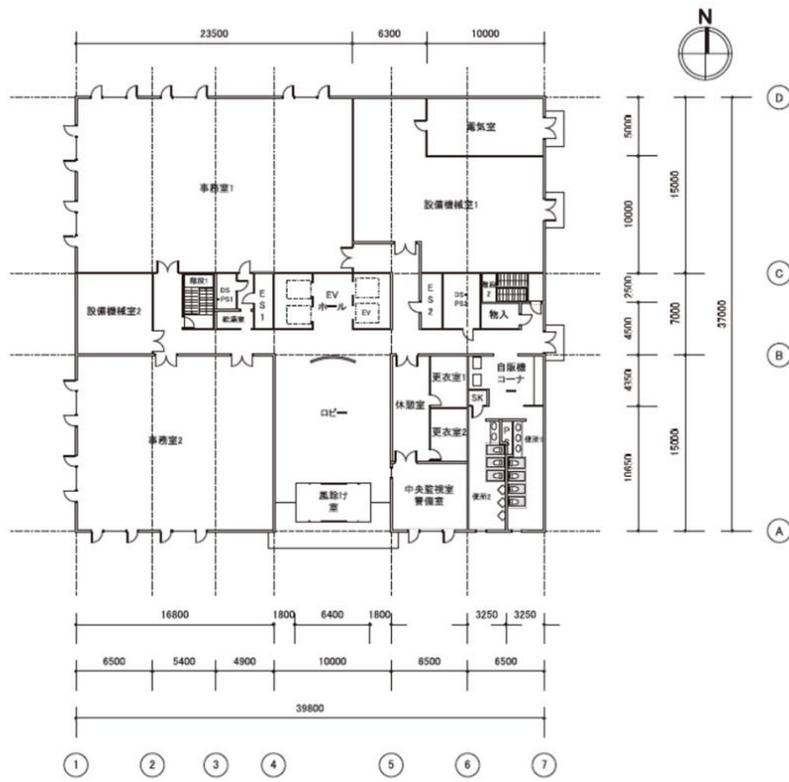


图 4-2 1 階平面図

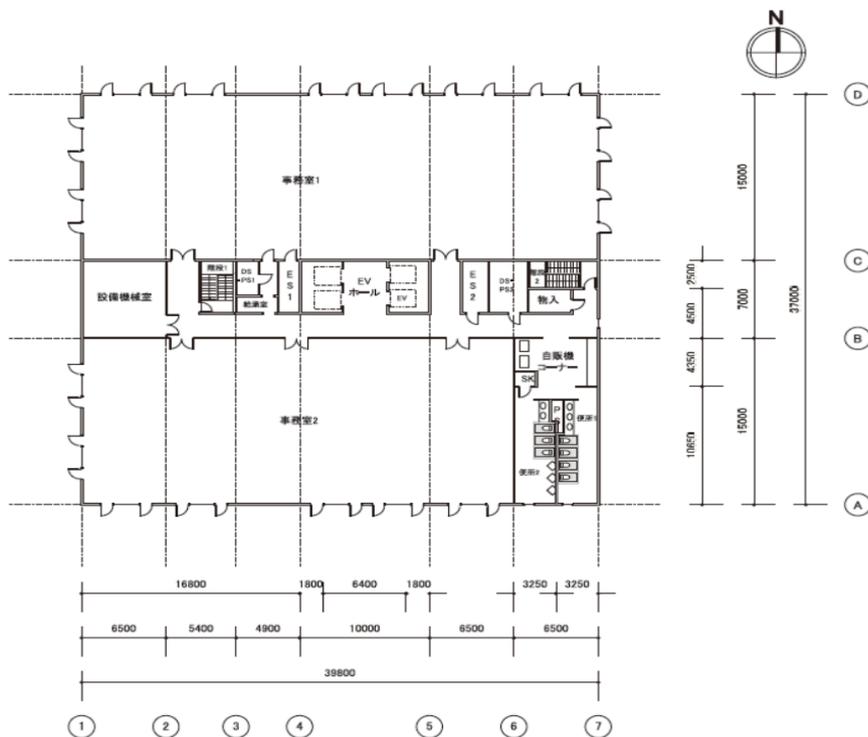


图 4-3 2~7 階平面図

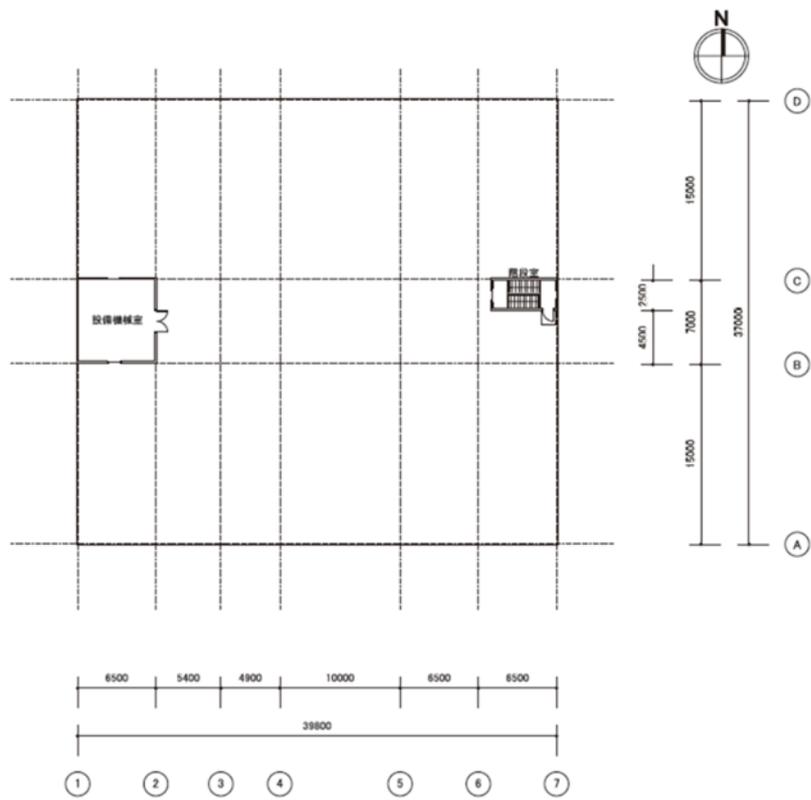


图 4-4 塔屋階平面図

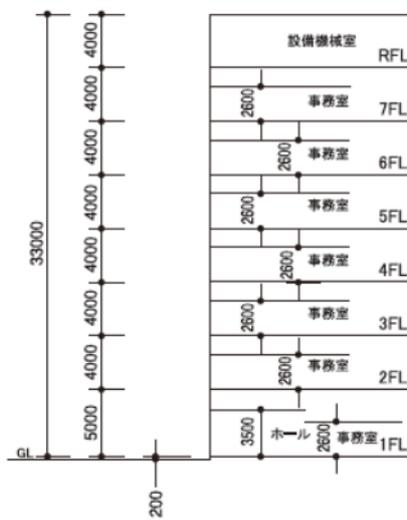


图 4-5 断面図

表 4-4 外壁の仕様

壁の名称	W1*					
熱貫流率	1					
部材構成	材料名称	厚さ [mm]	熱抵抗率 [m ² K/W]	熱伝導率 [W/mK]	比熱 [J/gK]	密度 [g/L]
内側↑	せっこうボード	8	0.04	0.22	1.1	750.0
	非密閉中空層		0.07			
	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種	25	0.62	0.04	1.3	25.0
	コンクリート	150	0.09	1.6	0.88	2300.0
外側↓	セメント・モルタル	25	0.02	1.5	0.8	2000.0
	タイル	10	0.01	1.3	0.84	2400.0

表 4-5 屋根の仕様

壁の名称	OR1*					
熱貫流率	0.53					
部材構成	材料名称	厚さ(mm)	熱抵抗率 [m ² K/W]	熱伝導率 [W/mK]	比熱 [J/gK]	密度 [g/L]
内側↑	ロックウール化粧吸音板	12	0.19	0.06	0.84	350.0
	せっこうボード	10	0.05	0.22	1.1	750.0
	非密閉中空層		0.07			
	コンクリート	150	0.09	1.6	0.88	2300.0
	セメント・モルタル	15	0.01	1.5	0.8	2000.0
	アスファルト類	5	0.05	0.11	0.92	1000.0
	セメント・モルタル	15	0.01	1.5	0.8	2000.0
	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種	50	1.25	0.04	1.3	25.0
外側↓	コンクリート	60	0.04	1.6	0.88	2300.0

表 4-6 窓の仕様

窓タイプ	ガラス種類	熱貫流率 [W/m ² K]	日射侵入率 [-]	日射透過率 [-]	厚み [mm]
複層ガラス空気層6mm	日射遮蔽型Low-e + 透明	2.13	0.3	0.07	6

表 4-7 給湯設備

EB1-11	1階給湯系統
EB1-21	2-6階給湯室系統
EB1-71	7階給湯室系統

No	名称	給湯機器	加熱能力 [kW]	消費電力 [kW]	定格COP	貯湯量 [L]	台数
1	EB1-11	電気温水器	1.1	1.1	1	0	5
2	EB1-21	電気温水器	1.1	1.1	1	0	20
3	EB1-71	電気温水器	1.1	1.1	1	0	4

表 4-8 照明の仕様

フロア	No	室番号	面積 [m ²]	器具番号	消費電力				器具	
					1台当たり [W]	台数	合計 [W]	合計 [W/m ²]	種類	効率 [lm/W]
1階	1	WA-1	97.5		71	13	923.00	9.47	Hf	62
1階	2	WA-2	81		71	14	994.00	12.27	Hf	62
1階	3	WA-3	73.5		71	14	994.00	13.52	Hf	62
1階	4	WA-4	100.5		71	14	994.00	9.89	Hf	62
1階	5	AH-5	17	ダウンライト	19.2	6	115.20	6.78	FHP	85
1階	6	WA-6	97.5		71	13	923.00	9.47	Hf	62
1階	7	WA-7	81		71	13	923.00	11.4	Hf	62
1階	8	WA-8	73.5		71	14	994.00	13.52	Hf	62
1階	9	AI-9	150	ダウンライト	19.2	26	499.20	3.33	FHP	85
1階	10	AG-10	28.38	天井埋込下面開放	71	2	142.00	5	Hf	62
1階	11	AG-11	13.76	天井埋込下面開放	36	2	72.00	5.23	Hf	62
1階	12	AG-12	13.76	天井埋込下面開放	36	2	72.00	5.23	Hf	62
1階	13	AF-13	41.6	天井埋込下面ルーバー	71	6	426.00	10.24	Hf	62
2-6階	1	WA-1	97.5		71	15	1065.00	10.92	Hf	62
2-6階	2	WA-2	81		71	16	1136.00	14.02	Hf	62
2-6階	3	WA-3	73.5		71	16	1136.00	15.46	Hf	62
2-6階	4	WA-4	150		71	16	1136.00	7.57	Hf	62
2-6階	5	WA-5	97.5		71	16	1136.00	11.65	Hf	62
2-6階	6	WA-6	97.5		71	16	1136.00	11.65	Hf	62
2-6階	7	AH-7	17	ダウンライト	19.2	6	115.20	6.78	FHP	85
2-6階	8	WA-8	97.5		71	16	1136.00	11.65	Hf	62
2-6階	9	WA-9	81		71	16	1136.00	14.02	Hf	62
2-6階	10	WA-10	73.5		71	16	1136.00	15.46	Hf	62
2-6階	11	WA-11	150		71	16	1136.00	7.57	Hf	62
2-6階	12	WA-12	97.5		71	16	1136.00	11.65	Hf	62
7階	1	WA-1	97.5		71	15	1065.00	10.92	Hf	62
7階	2	WA-2	81		71	16	1136.00	14.02	Hf	62
7階	3	WA-3	73.5		71	16	1136.00	15.46	Hf	62
7階	4	WA-4	150		71	16	1136.00	7.57	Hf	62
7階	5	WA-5	97.5		71	16	1136.00	11.65	Hf	62
7階	6	WA-6	97.5		71	16	1136.00	11.65	Hf	62
7階	7	AH-7	17	ダウンライト	19.2	6	115.20	6.78	FHP	85
7階	8	WA-8	97.5		71	16	1136.00	11.65	Hf	62
7階	9	WA-9	81		71	16	1136.00	14.02	Hf	62
7階	10	WA-10	73.5		71	16	1136.00	15.46	Hf	62
7階	11	WA-11	150		71	16	1136.00	7.57	Hf	62
7階	12	WA-12	97.5		71	16	1136.00	11.65	Hf	62

室用途
WA: 事務室W
AH: 廊下
AI: ロビー
AG: 更衣室又は倉庫
AF: 中央監視室
AH: 廊下

表 4-9 非空調室換気設備

No	系統名	換気制御		室用途	運転時間 [h]	排気				給気			
		種類	台数			ファンの種類	風量 [m ³ /h]	静圧 [Pa]	高効率 モーター	ファンの種類	風量 [m ³ /h]	静圧 [Pa]	高効率 モーター
1	1F便所1 EF-1-1	制御無し	1	事務所等 / 便所	3.133	シロッコファン片吸込み	700	118	なし				
2	1F便所2 EF-1-2	制御無し	1	事務所等 / 便所	3.133	シロッコファン片吸込み	700	118	なし				
3	1F物入 EF-1-3	制御無し	1	事務所等 / 更衣室又は倉庫	3.133	シロッコファン片吸込み	100	39	なし				
4	1F給湯室 EF-1-4	制御無し	1	事務所等 / 湯沸室等	1.928	シロッコファン片吸込み	300	39	なし				
5	1F機械室1 EF-1-5	制御無し	1	事務所等 / 機械室	8.760	シロッコファン片吸込み	4,100	206	なし				
6	1F機械室1 SF-1-6	制御無し	1	事務所等 / 機械室	8.760	シロッコファン片吸込み	0	0	なし	シロッコファン片吸込み	4100	206	なし
7	1F機械室2 EF-1-7	制御無し	1	事務所等 / 機械室	8.760	シロッコファン片吸込み	1,100	127	なし				
8	1F電気室 EF-1-8	制御無し	1	事務所等 / 電気室	8.760	シロッコファン片吸込み	2,500	220	なし				
9	1F電気室 SF-1-8	制御無し	1	事務所等 / 電気室	8.760	シロッコファン片吸込み	0	0	なし	シロッコファン片吸込み	2500	220	なし
10	2F便所1 EF-2-6-1	制御無し	5	事務所等 / 便所	3.133	シロッコファン片吸込み	700	118	なし				
11	2F便所2 EF-2-6-2	制御無し	5	事務所等 / 便所	3.133	シロッコファン片吸込み	700	118	なし				
12	2F物入 EF-2-6-3	制御無し	5	事務所等 / 更衣室又は倉庫	3.133	シロッコファン片吸込み	100	39	なし				
13	2F給湯室 EF-2-6-4	制御無し	5	事務所等 / 湯沸室等	1.928	シロッコファン片吸込み	300	39	なし				
14	2F機械室 EF-2-6-5	制御無し	5	事務所等 / 機械室	8.760	シロッコファン片吸込み	900	118	なし				
15	2F便所1 EF-7-1	制御無し	1	事務所等 / 便所	3.133	シロッコファン片吸込み	700	118	なし				
16	2F便所2 EF-7-2	制御無し	1	事務所等 / 便所	3.133	シロッコファン片吸込み	700	118	なし				
17	2F物入 EF-7-3	制御無し	1	事務所等 / 更衣室又は倉庫	3.133	シロッコファン片吸込み	100	39	なし				
18	2F給湯室 EF-7-4	制御無し	1	事務所等 / 湯沸室等	1.928	シロッコファン片吸込み	300	39	なし				
19	2F機械室 EF-7-5	制御無し	1	事務所等 / 機械室	8.760	シロッコファン片吸込み	900	118	なし				
20	RFEV機械室 EF-R1	制御無し	1	事務所等 / 機械室	8.760	シロッコファン片吸込み	2,000	191	なし				
21	RFEV機械室 SF-R1	制御無し	1	事務所等 / 機械室	8.760	シロッコファン片吸込み	0	0	なし	シロッコファン片吸込み	2000	191	なし

表 4-10 昇降機の仕様

No	EVの速度制御方式	積載重量 [kg]	定格速度 [m/min]	台数	輸送 能力係数
1	交流帰還制御方式	800	60	4	1

表 4-11 給湯使用量

No	フロア	室番号	室用途	面積 [m ²]	標準 人員密度 [人/m ²]	標準給湯 原単位 [L/人・日]	計画給湯 原単位 [L/人・日]	計画給湯 [L/日]	給湯機器 系統 タイプ	給湯機器 系統選択
1	1階	WA-1	事務室W	97.5	0.1	3.8	3.8	37.05	一管式個別給湯	EB1-11
2	1階	WA-2	事務室W	81	0.1	3.8	3.8	30.78	一管式個別給湯	EB1-11
3	1階	WA-3	事務室W	73.5	0.1	3.8	3.8	27.93	一管式個別給湯	EB1-11
4	1階	WA-4	事務室W	100.5	0.1	3.8	3.8	38.19	一管式個別給湯	EB1-11
5	1階	WA-6	事務室W	97.5	0.1	3.8	3.8	37.05	一管式個別給湯	EB1-11
6	1階	WA-7	事務室W	81	0.1	3.8	3.8	30.78	一管式個別給湯	EB1-11
7	1階	WA-8	事務室W	73.5	0.1	3.8	3.8	27.93	一管式個別給湯	EB1-11
8	1階	AI-9	ロビー	150	0.03	6.8	6.8	30.6	一管式個別給湯	EB1-11
9	1階	AG-10	更衣室又は倉庫	28.38	0.3	62	62	527.87	一管式個別給湯	EB1-11
10	1階	AG-11	更衣室又は倉庫	13.76	0.3	62	62	255.94	一管式個別給湯	EB1-11
11	1階	AG-12	更衣室又は倉庫	13.76	0.3	62	62	255.94	一管式個別給湯	EB1-11
12	1階	AF-13	中央監視室	41.6	0.2	3.8	3.8	31.62	一管式個別給湯	EB1-11
13	2-6階	WA-1	事務室W	97.5	0.1	3.8	3.8	185.25	一管式個別給湯	EB1-21
14	2-6階	WA-2	事務室W	81	0.1	3.8	3.8	153.9	一管式個別給湯	EB1-21
15	2-6階	WA-3	事務室W	73.5	0.1	3.8	3.8	139.65	一管式個別給湯	EB1-21
16	2-6階	WA-4	事務室W	150	0.1	3.8	3.8	285	一管式個別給湯	EB1-21
17	2-6階	WA-5	事務室W	97.5	0.1	3.8	3.8	185.25	一管式個別給湯	EB1-21
18	2-6階	WA-6	事務室W	97.5	0.1	3.8	3.8	185.25	一管式個別給湯	EB1-21
19	2-6階	WA-8	事務室W	97.5	0.1	3.8	3.8	185.25	一管式個別給湯	EB1-21
20	2-6階	WA-9	事務室W	81	0.1	3.8	3.8	153.9	一管式個別給湯	EB1-21
21	2-6階	WA-10	事務室W	73.5	0.1	3.8	3.8	139.65	一管式個別給湯	EB1-21
22	2-6階	WA-11	事務室W	150	0.1	3.8	3.8	285	一管式個別給湯	EB1-21
23	2-6階	WA-12	事務室W	97.5	0.1	3.8	3.8	185.25	一管式個別給湯	EB1-21
24	7階	WA-1	事務室W	97.5	0.1	3.8	3.8	37.05	一管式個別給湯	EB1-71
25	7階	WA-2	事務室W	81	0.1	3.8	3.8	30.78	一管式個別給湯	EB1-71
26	7階	WA-3	事務室W	73.5	0.1	3.8	3.8	27.93	一管式個別給湯	EB1-71
27	7階	WA-4	事務室W	150	0.1	3.8	3.8	57	一管式個別給湯	EB1-71
28	7階	WA-5	事務室W	97.5	0.1	3.8	3.8	37.05	一管式個別給湯	EB1-71
29	7階	WA-6	事務室W	97.5	0.1	3.8	3.8	37.05	一管式個別給湯	EB1-71
30	7階	WA-8	事務室W	97.5	0.1	3.8	3.8	37.05	一管式個別給湯	EB1-71
31	7階	WA-9	事務室W	81	0.1	3.8	3.8	30.78	一管式個別給湯	EB1-71
32	7階	WA-10	事務室W	73.5	0.1	3.8	3.8	27.93	一管式個別給湯	EB1-71
33	7階	WA-11	事務室W	150	0.1	3.8	3.8	57	一管式個別給湯	EB1-71
34	7階	WA-12	事務室W	97.5	0.1	3.8	3.8	37.05	一管式個別給湯	EB1-71

熱源システムの仕様を以下に示す。リファレンスデータから不明な点は、宅健より参照した。

表 4-12 熱源(吸収式冷温水器)の仕様

No	台数	冷房					暖房				
		能力 [kW]	消費電力 [kW]	燃料消費量 [kW]	COP	出口温度 [°C]	能力 [kW]	消費電力 [kW]	燃料消費量 [kW]	COP	出口温度 [°C]
1	2	703	6.6	586	1.19	7	588	6.6	692	0.84	55

表 4-13 冷却塔の仕様

冷却塔						
冷却塔種類	ファン台数	ファン制御	出口温度 [°C]	出口最低温度 [°C]	能力合計 [kW]	消費電力合計 [kW]
開放式 (吸収冷凍機用)	1	(選択なし)	32	26	1233	7.4

	ポンプ種類	電動機制御	電動機	冷房		暖房	
				流量 (L/min)	揚程 [kPa]	流量 (L/min)	揚程 [kPa]
一次ポンプ	渦巻	固定速	標準	2015	130	2015	130
冷却水ポンプ	渦巻	固定速	標準	3535	140	-	-

表 4-14 二次ポンプの仕様

No	台数	台数制御	流量制御	揚程設計値 [kPa]	揚程下限値 [kPa]	ポンプ種類	流量 [L/min]	揚程 [kPa]	送水温度差 [°C]	電動機	電動機制御	上限周波数 [Hz]	下限周波数 [Hz]	配管圧力損失	
														有無	圧力損失 [kPa/m]
1	2	有り	吐出圧一定制御	250	250	渦巻	1483.0	180.0	5.0	標準	固定速	250	250	あり	0.4

表 4-15 空調機の仕様

No	設置階	名称	機器	冷房			暖房			コイル列数	ファン種類	電動機	風量 [m3/h]	静圧 [pa]	流量制御
				能力 [kW]	冷水流量 [L/min]	吹出温度 [°C]	能力 [kW]	温水流量 [L/min]	吹出温度 [°C]						
1	1階	HU-11	空調機(2管式)/CAV	52	149.07	16	29	83	32	8	給気ファン シロココファン片吸込み 還気ファン シロココファン片吸込み	標準	8800	300	吐出圧一定制御
2	1階	HU-12	空調機(2管式)/CAV	41	117.53	16	21	60	32	8	給気ファン シロココファン片吸込み 還気ファン シロココファン片吸込み	標準	4400	300	吐出圧一定制御
3	2~6階	HU-2-61	空調機(2管式)/CAV	87	249.4	16	43	123	32	8	給気ファン シロココファン片吸込み 還気ファン シロココファン片吸込み	標準	7400	300	吐出圧一定制御
4	2~6階	HU-2-62	空調機(2管式)/CAV	87	249.4	16	43	123	32	8	給気ファン シロココファン片吸込み 還気ファン シロココファン片吸込み	標準	3700	300	-
4	2~6階	HU-2-62	空調機(2管式)/CAV	75	215	16	36	103	32	8	給気ファン シロココファン片吸込み 還気ファン シロココファン片吸込み	標準	14600	300	吐出圧一定制御
5	7階	HU-71	空調機(2管式)/CAV	95	272.33	16	47	135	32	8	給気ファン シロココファン片吸込み 還気ファン シロココファン片吸込み	標準	7300	300	-
6	7階	HU-72	空調機(2管式)/CAV	82	235.07	16	39	112	32	8	給気ファン シロココファン片吸込み 還気ファン シロココファン片吸込み	標準	12800	300	吐出圧一定制御
												標準	6400	300	-
												標準	16900	300	吐出圧一定制御
												標準	8450	300	-
												標準	14700	300	吐出圧一定制御
												標準	7350	300	-

表 4-16 FCU の仕様

No	設置階	名称	機器	冷房		暖房		風量 [m3/h]	消費電力 [kW]	台数
				能力 [kW]	冷水流量 [L/min]	能力 [kW]	温水流量 [L/min]			
1	1階	FCU1-1	FCU(2管式)	6.79	19.46	6.77	19	1020	0.08	1
2	1階	FCU1-2	FCU(2管式)	2.7	7.74	2.62	8	360	0.04	1
3	2~6階	FCU2-6-1	FCU(2管式)	2.7	7.74	2.62	8	360	0.04	1
4	7階	FCU7-1	FCU(2管式)	2.7	7.74	2.62	8	360	0.04	1

表 4-17 CAV・VAV ユニットの仕様

No	設置階	機器	最大風量 (定格風量) (m3/h)	最少風量 (m3/h)	取付口	台数
1	1階事務所	直吹	1,100	0	C	8
2	1階事務所	直吹	1,233	0	C	6
3	2～6階事務所	直吹	1,043	0	C	14
4	2～6階事務所	直吹	1,067	0	C	12
5	7階事務所	直吹	1,207	0	C	14
6	7階事務所	直吹	1,225	0	C	12

また、リファレンス建築物は補助的な設備として EHP を導入している。EHP の仕様を以下に示す。

表 4-18 EHP(室外機)の仕様

No	名称	種類	冷房			暖房			冷媒配管 [平均] [m]	冷媒管高 [平均] [m]
			能力 [kW]	消費電力 [kW]	COP	能力 [kW]	消費電力 [kW]	COP		
1	EHP1-10	標準冷暖同時	5.6	1.94	2.89	6.3	1.87	3.37	77	15
2	EHP1-20	標準冷暖同時	3.6	1.25	2.88	4	1.19	3.36	77	15
3	EHP1-30	標準冷暖同時	3.6	1.25	2.88	4	1.19	3.36	77	15
4	EHP1-40	標準冷暖同時	3.6	1.25	2.88	4	1.19	3.36	77	15

表 4-19 EHP(室内機)の仕様

No	設置室	名称	種類	冷房		暖房		送風量 [m3/h]	タイプ	全熱交換器			外気量 [m3/h]	台数
				能力 [kW]	消費電力 [kW]	能力 [kW]	消費電力 [kW]			熱交換効率 [%]	バイパス	消費電力 [kW]		
1	1F中央監視室・警備室	EHP1-1	室内機	5.6	0.05	6.3	0.05	1290	カセット型	-	-	-	0	1
		HEU-1	全熱交換器ユニット	0	0	0	0	0	カセット型	60	なし	0.17	200	1
2	1F更衣室	EHP1-2	室内機	3.6	0.05	4	0.05	960	カセット型	-	-	-	0	1
		HEU-2	全熱交換器ユニット	0	0	0	0	0	カセット型	60	なし	-	150	1
3	1F更衣室	EHP1-3	室内機	3.6	0.05	4	0.05	960	カセット型	-	-	-	0	1
		HEU-3	全熱交換器ユニット	0	0	0	0	0	カセット型	60	なし	0.17	150	1
4	1F休憩室	EHP1-4	室内機	3.6	0.05	4	0.05	960	カセット型	-	-	-	0	1
		HEU-4	全熱交換器ユニット	0	0	0	0	0	カセット型	60	なし	0.17	300	1
		EF-1-5	排気ファン	0	0	0	0	0	カセット型	-	-	-	0	1

4.2.2. 修正モデルのパラメータの設定

修正モデルに用いたパラメータを表 4-20 に示す。室内設定温度、空調機器 COP はリファレンスデータと同じとし、リファレンス建築物を再現した。リファレンスデータで不明な建築物構造に関するデータは宅建や国土交通省が定めた省エネルギー性に関する基準³⁴⁾、ビルと複層ガラス³⁵⁾、BEST 標準仕様条件値³⁶⁾等から参照し、パラメータチューニングを行い設定した。冷暖房期間については、パラメータチューニングを行い、設定した。コンセント消費電力の値は宅建より参照した。照明は、オフィス建築³⁷⁾に記載の一般的なテナントビルの照明消費電力原単位(W/m²)の値を考慮し、HF 蛍光灯とした。

表 4-20 修正モデルのパラメータ

建物情報				修正モデル		
建物構造	所在地 (=気象データ)			東京		
	用途			事務所		
	床面積			10223.9m ²		
	室内温度設定		夏季	24°C		
			冬季	24°C		
	外壁等	外壁	構造	鉄骨造		
			断熱	材質	押出法ポリスチレン1種	
				厚さ(mm)	25mm	
		断熱性能(U)		1.09W/m ² K		
		屋根	断熱素材	押出法ポリスチレン1種		
			厚さ	50mm		
熱性能(熱貫流率,W/m ² K)			0.53W/m ² K			
窓		窓タイプ	単板ガラス			
	ガラス種類	透明ガラス8mm				
	窓面積率	40				
空調	種類			ガス吸収式冷温水器		
	ガス吸収式冷温水器【メイン】	能力(kW/台)		冷房	暖房	
		COP		352kW	387kW	
		台数(台)		1.02	0.87	
	EHP(4台)【補助】	能力(kW)		2		
		COP		冷房	暖房	
				16.4kW	18.3kW	
冷房暖房期間		冷房	5/25~10/10			
		暖房	11/01~04/15			
照明	照明種類			Hf,FHP		
	台数(台/m ²)			0.12		
コンセント	消費電力(W/m ²)			12W/m ²		
換気	非空調室	換気制御	種類	制御なし		
			台数(台)	41		
		排気	ファンの種類		シロッコファン片吸い込み	
昇降機	速度制御方法			可変電圧可変周波数制御方式		
	積載重力(kg)			800		
	定格速度			60m/min		
	台数			4		
給湯	計画給湯原単位(L)			3.8		
	給湯機器種類			一管式個別給湯		
	加熱能力(kW)			1.1		
	燃料消費量(kW)			1.1		
	台数			29		

上述の設備仕様に加え、表 4-20 修正モデルのパラメータのパラメータを BEST に入力し、エネルギー詳細消費量原単位を計算した。表 4-21、図 4-6 に計算結果を示す。

表 4-21 修正モデルのエネルギー詳細消費量原単位

月	空調	照明・コンセント	その他	合計
	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²
1月	62.6	47.5	10.4	120.5
2月	61.7	46.1	9.8	117.7
3月	60.0	51.1	10.7	121.8
4月	36.7	49.3	9.5	95.5
5月	41.3	50.8	9.5	101.7
6月	68.9	49.6	9.6	128
7月	87.5	50.8	8.8	147.1
8月	83.3	47.5	9.3	140.1
9月	77.6	49.3	8.9	135.8
10月	42.1	51.0	9.6	102.6
11月	53.3	49.3	9.9	112.4
12月	58.9	47.8	10.2	116.9
合計	733.9	590.1	116.2	1440.1

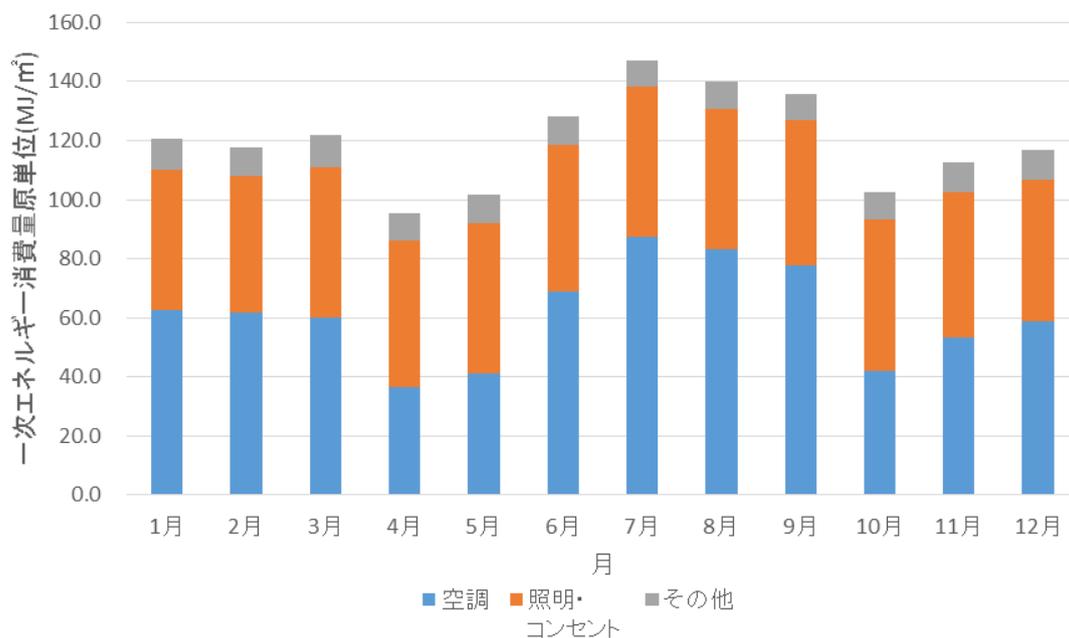


図 4-6 修正モデルのエネルギー詳細消費量原単位

また、表 4-22 に、リファレンスデータを基準とした修正モデルとの相対誤差を示す。リファレンスモデルのその他分野には、電算情報室の値が含まれ、比較ができないので、「空調」、「照明・コンセント」分野の比較を行った。年間を通して概ね良好な結果が得られたため、このエネルギー消費モデルを基に、ベースモデルを作成する。

表 4-22 リファレンスデータを基準とした修正モデルの相対誤差

月	リファレンスデータを 基準とした相対誤差	
	空調	照明・コン セント
	%	%
1月	-6.5	-12.2
2月	-1.3	-13.5
3月	1.2	-8.8
4月	-3.3	-0.5
5月	-2.3	-3.6
6月	0.3	-6.0
7月	-1.8	2.9
8月	13.0	-1.7
9月	5.7	-1.2
10月	0.1	-6.4
11月	6.6	-5.6
12月	8.3	-11.5
合計	1.9	-5.8

4.3. ベースモデルの設計

4.3.1. 一次エネルギー消費量標準値の算出

4.2 で作成した修正モデルを、よりカテゴリーを代表する標準的なエネルギー消費モデルに変更する。標準値の算出には DEECC レベル 1 データから本カテゴリーに属するデータを利用した。その際、年間一次エネルギー消費量、及び年間電力消費量に不備があるデータを除外した。さらに、スミルノフ・グラブス検定を用いて外れ値を棄却し、計 142 件のデータを抜粋した。スミルノフ・グラブス検定については検定法を以下に示す。

・スミルノフ・グラブス検定

母集団から得た N 個の標本 $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ において、標本平均を \bar{x} 、標本分散を s^2 とする。

ここで、集団の最大値 x_k について、検定統計量 $T(x_k)$ を以下の式で求める。

$$T(x_k) = \frac{x_k - \bar{x}}{s}$$

次に、スミルノフ・グラブス検定の有意点 t を求め、以下の条件に従い判定を行う。

$T(x_k) < t$: x_k は外れ値でない (帰無仮説)

$T(x_k) \geq t$: x_k は外れ値である (対立仮説)

$T(x_k)$ が外れ値だった場合、標本を母集団から棄却し、 $N - 1$ 個のデータについても同様に検定を繰り返す。これを、帰無仮説が採用されるまで続ける。なお、本研究では、有意水準 t を 5% として検定を行った。

抜粋された 142 件について、年間月別一次エネルギー消費量の平均値を算出し、本カテゴリーに属する年間(月別)一次エネルギー消費量原単位の標準値とした。表 4-23、図 4-7 にこれらの値を示す。この標準値と、修正モデルを比較し、エネルギー消費量の乖離が小さくなるようパラメータを修正する。

表 4-23 月別一次エネルギー消費量原単位標準値

	月別一次エネルギー消費量原単位(MJ/m ²)
1月	129.8
2月	131.5
3月	125.4
4月	117.5
5月	125.3
6月	150.3
7月	180.2
8月	192.2
9月	175.1
10月	143.2
11月	118.7
12月	122.4
年間	1711.6

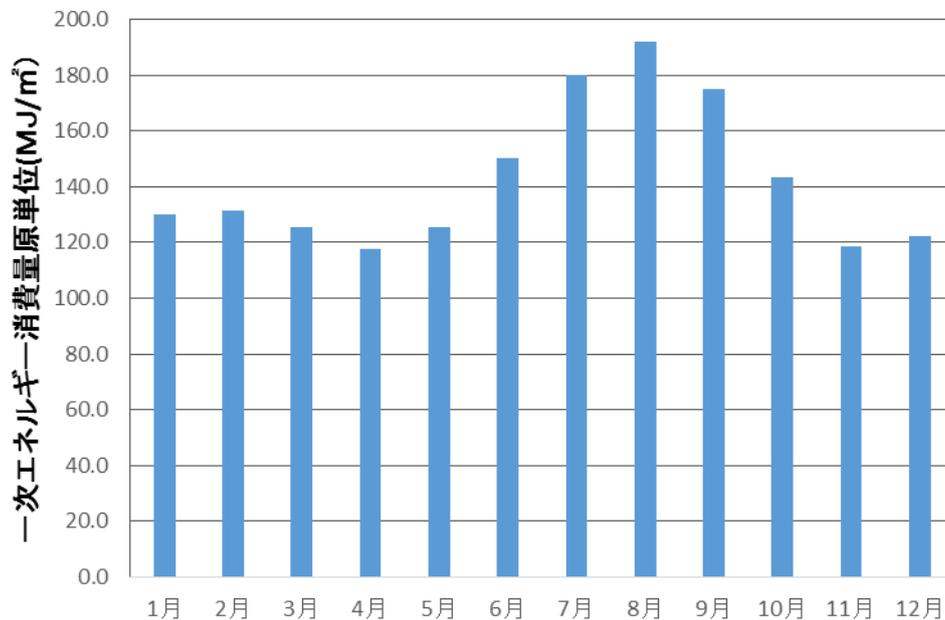


図 4-7 月別一次エネルギー消費量原単位標準値

4.3.2. ベースモデルのパラメータ

修正モデルと月別一次エネルギー消費量原単位標準値を比較し、これらの乖離が小さくなるようパラメータを修正した。表 4-24 にベースモデルのパラメータを示す。

表 4-24 ベースモデルのパラメータ

建物情報				修正モデル		ベースモデル		
建物構造	所在地(=気象データ)			東京				
	用途			事務所				
	床面積			10223.9㎡				
	日間運転スケジュール設定			-		グラフ参照		
	室内温度設定		夏季	24		26		
			冬季	24		24		
	外壁等	外壁	構造	鉄骨造				
			断熱	材質	押出法ポリスチレン1種			
				厚さ(mm)	25			
		屋根	断熱性能(W/㎡K)	1.09				
断熱素材			押出法ポリスチレン1種					
厚さ(mm)			50					
窓		断熱性能(熱貫流率,W/㎡K)	0.53					
		窓タイプ	単板ガラス					
	ガラス種類	単板透明フロート8mm						
窓面積率			40%					
空調	種類			ガス吸収式冷温水器、EHP		同左		
	ガス吸収式冷温水器【メイン】	能力(kW/台)		冷房	暖房	冷房	暖房	
		消費電力(kW/台)		703	588	352	365	
		推定COP		6.60	6.60	407	495	
		台数		1.19	0.84	0.85	0.73	
	EHP(4台)【補助】	能力(kW)		2		2		
		消費電力(kW)		冷房	暖房	冷房	暖房	
		推定COP(kW)		16.4	18.3	同左		
	冷房暖房期間		冷房	暖房	同左			
			年中		5/25~10/25			
		11/1~4/30		11/20~04/15				
照明	空調室	照明種類	Hf		Hf			
		台数(台/㎡)	0.12		0.26			
		消費電力(W/台)	71		68			
	非空調室	照明効率(lm/W)	-		98.2			
		照明種類	FHP		Hf			
		台数(台/㎡)	0.09		0.26			
		消費電力(W/台)	19.2		68			
		照明効率(lm/W)	-		98.2			
コンセント	消費電力(W/㎡)			12		16		
換気	非空調室	換気制御	種類		制御なし			
		排気	台数(台)	41				
昇降機	ファンの種類		シロッコファン片吸い込					
	速度制御方法		可変電圧可変周波数					
	積載重力(kg)		800					
	定格速度		60m/min					
給湯	台数		4					
	計画給湯原単位(L)		3.8					
	給湯機器種類		一管式個別給湯					
	加熱能力(kW)		1.1					
	燃料消費量(kW)		1.1					
		台数		29		同左		

パラメータの変更点と変更理由を以下に示す。

(ア) 建築物構造

建築物構造に関する値は、修正モデル作成の際に、標準的と考えられる値としたため、外壁の仕様や断熱材の種類、窓のタイプやガラスの種類等は、修正モデルで用いた値を利用した。

(イ) 空調

空調の燃料消費量について、リファレンスデータの空調と同規模のカタログ値を参照し、経年劣化を考慮した値を用いた。リファレンスデータの COP (冷房)1.02/(暖房)0.87 を基準とし、空調機の性能低下が年平均 1.6%程度³⁸⁾するとし、パラメータチューニングを行った。また、冷暖房期間については、一次エネルギー消費量標準値との乖離が少なくなるよう調整した。

(ウ) 照明

照明の種類は修正モデルに合わせ、HF 蛍光灯とした。1 台あたりの消費電力、照明効率等はカタログ値³⁹⁾を参照した。また、非空調室の照明も空調室と同じ種類に変更した。

(エ) コンセント

宅建を参照し、標準型は 16W/m²とした。

(オ) 換気、昇降機、給湯

BEST のデフォルト値とした。

4.3.3. ベースモデルの設計

表 4-25、表 4-26、図 4-8 にベースモデルのエネルギー消費量シミュレーション結果、標準データを基準とした相対誤差を示す。標準データとベースモデルの月別エネルギー消費量絶対誤差は最大 15.8%で、同月の標準データを基準としたベースモデルの相対誤差は 9.0%であった。年間を通して、月別のエネルギー消費量の相対誤差は 10%以内で、年間で 2.4%と良好な結果となり、カテゴリーを代表するエネルギー消費モデルといえる。

表 4-25 ベースモデルの月別一次エネルギー詳細消費量原単位

	一次エネルギー消費量原単位(MJ/m ²)				
	空調	照明	コンセント	その他	合計
1月	47	37	37.4	10.4	131.8
2月	45	38.2	35.9	9.8	129.1
3月	42	42.5	39.8	10.7	134.5
4月	28	38.9	37.5	9.5	114.3
5月	34	38.9	38.2	9.5	120.6
6月	71	42.5	39.1	9.6	161.7
7月	85	39.7	38.4	8.8	171.4
8月	92	38.6	38.2	9.3	178.1
9月	74	38.9	37.5	8.9	159.3
10月	41	40.7	39	9.6	130.5
11月	27	38.9	37.5	9.9	113.5
12月	38	38.2	37.9	10.2	124.7
年間	624	473	456	116	1670

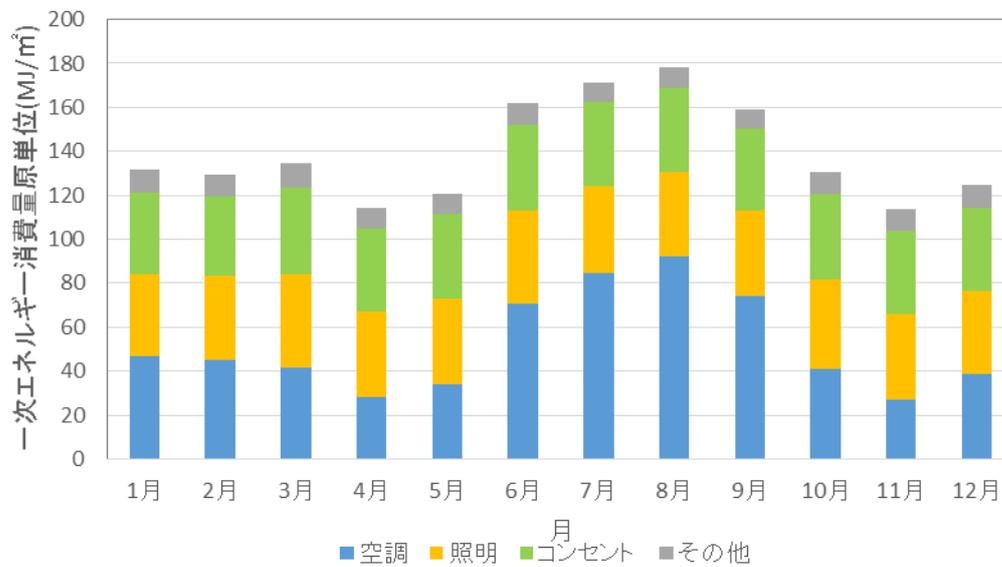


図 4-8 ベースモデルにおける月別一次エネルギー詳細消費量原単位

表 4-26 標準値を基にしたベースモデルの相対誤差

	標準データとベースモデルの絶対誤差 (MJ/m ²)	標準データを基準とした相対誤差(%)
1月	2.0	1.5
2月	-2.5	-1.9
3月	9.1	7.2
4月	-3.2	-2.7
5月	-4.6	-3.7
6月	11.3	7.5
7月	-8.8	-4.9
8月	-14.0	-7.3
9月	-15.8	-9.0
10月	-12.7	-8.9
11月	-5.2	-4.4
12月	2.4	1.9
合計	-41.9	-2.4

4.4. 全エネルギー消費モデルの設計

4.4.1. 変動パラメータの設定

様々なエネルギー消費パターンを作成するため、BEST の各パラメータを変化させ、シミュレーションを行う。パラメータのうち、計算結果に与える影響が大きい項目をピックアップし、変動パラメータとする。本研究では変動パラメータを、空調消費電力(燃料消費量)、コンセント消費電力、照明消費電力、冷暖房切り替え時期、機器日間運転スケジュールの 5 つとした。これらの 5 項目について、「エネルギー少消費型」、「エネルギー標準消費型」、「エネルギー多消費型」の 3 水準を作成した。なお、ベースモデルのパラメータをエネルギー標準消費型とし、各パラメータを設定する際の基準とした。変動パラメータ一覧を表 4-27 に示す。

表 4-27 変動パラメータ一覧

		エネルギー少消費型	エネルギー標準消費型	エネルギー高消費型
空調	暖房燃料消費量(kW/台)	270	407	610
	冷房燃料消費量(kW/台)	406	495	585
	冷房推定COP	1.27	0.85	0.57
	暖房推定COP	0.86	0.73	0.62
	台数	2	2	2
	冷房期間	6/25~9/15	5/25~10/25	4/25~10/31
	暖房期間	12/01~03/31	11/20~04/15	11/01~4/24
照明	照明種類	LED	Hf	FLR
	消費電力(W/台)	38.5	68	80
	照明効率(lm/W)	125.4	98.2	65.3
コンセント	消費電力(W/m ²)	12	16	20
日間運転スケジュール		図を参照		

各入力パラメータの設定方法を以下に示す。

(ア) 空調

エネルギー少消費型には、リファレンスモデルに導入されていた空調機と同規模程度のカタログ値⁴⁰⁾を採用した。エネルギー多消費型については、エネルギー少消費型とエネルギー標準消費型の値の変化率から値を推定した。

(イ) 冷暖房切り替え時期

エネルギー標準消費型の値を基準に設定した。エネルギー少消費型について、冷房期間は標準消費型と比較して、2ヶ月間利用期間を短縮した。暖房の利用期間は12月から3月までと設定し、極力抑えた。エネルギー多消費型については、年間を通して冷房または暖房を利用するよう設定した。

(ウ) 機器日間運転スケジュール

建築物の営業時間は、本研究室の実測データを参照し、9時~18時を基本的な業務時間とした。また、18時~20時は、残業時間と想定した。

● 空調運転スケジュール

セントラル空調であるため、ビルの管理人等が営業時間前に運転を開始することを想定し、

7時から運転を開始する設定とした。標準型を基準に、運転時間を2時間(朝、夜1時間ずつ)短くしたスケジュールをエネルギー少消費型、2時間(朝、夜1時間ずつ)長くしたものをエネルギー多消費型と設定した。

● 照明利用スケジュール

標準型は、建築物の省エネルギー基準と計算の手引き⁴⁾を参照とし、午前8時から利用を開始するよう設定した。標準型を基準に、運転時間を2時間(朝、夜1時間ずつ)短くしたスケジュールをエネルギー少消費型、2時間(朝、夜1時間ずつ)長くしたものをエネルギー多消費型と設定した。

● コンセント消費電力

標準型は、営業時間と同じ9～20時と設定した。標準型を基準に、運転時間を2時間(朝、夜1時間ずつ)短くしたスケジュールをエネルギー少消費型、2時間(朝、夜1時間ずつ)長くしたものをエネルギー多消費型と設定した。

それぞれの運転スケジュールを図4-9～図4-11に示す。

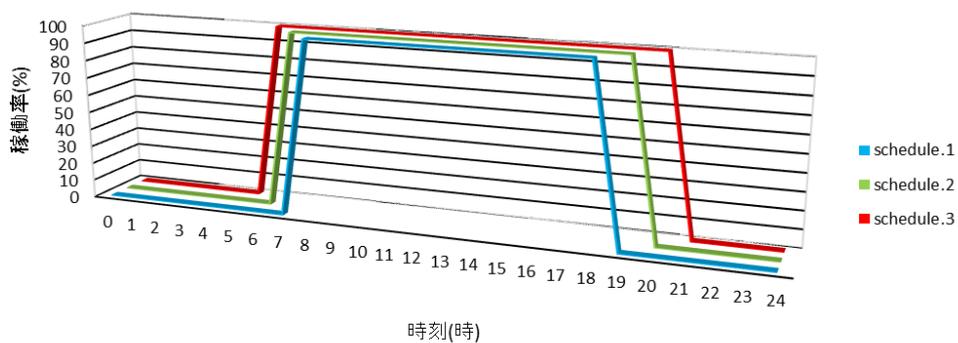


図 4-9 空調機器日間運転スケジュール

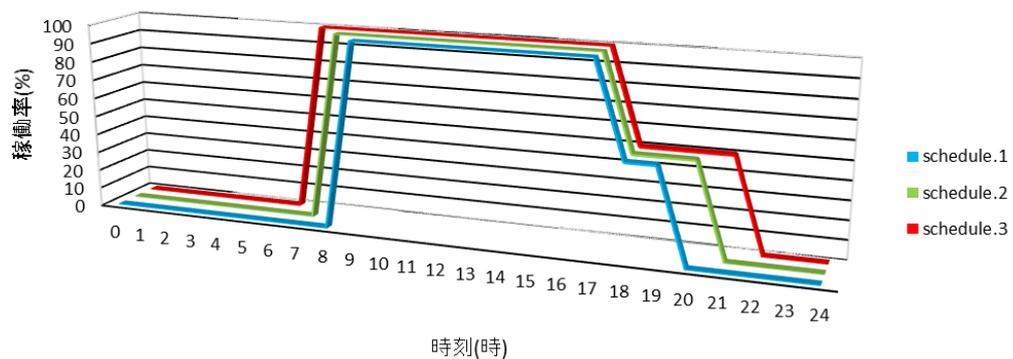


図 4-10 照明日間運転スケジュール

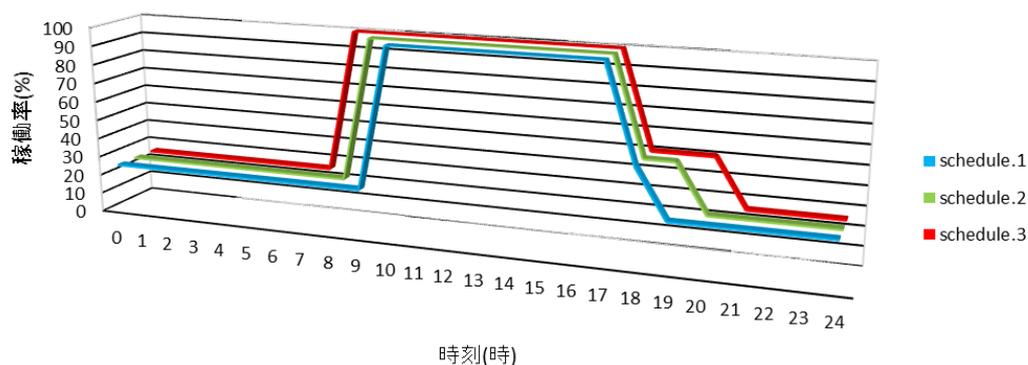


図 4-11 コンセント日間運転スケジュール

(エ) 照明消費電力

少消費型、多消費型をそれぞれ LED、FLR 器と設定した。それぞれの消費電力、照明効率はカタログ値を参照した。

(オ) コンセント消費電力

多消費型には宅健を参照し、20W/m²を採用した。標準型と多消費型の差を振って少消費型は 12W/m²と設定した。

4.4.2. エネルギー消費モデルの計算

変動パラメータを用いて、様々なエネルギー消費パターンを想定した。変動パラメータ以外のパラメータは固定とし、変動パラメータ 5 種類の全組み合わせを想定し、3⁵=243 通りのエネルギー消費モデルを BEST で計算した。エネルギー消費モデルの計算結果を図 4-12 に示す。青が空調用エネルギー、黄色が照明用エネルギー、緑がコンセント用エネルギー、グレーがその他用エネルギーを示しており、縦軸は一次エネルギー消費量原単位 (MJ/m²) である。これらのエネルギー消費モデルを基礎データとし、詳細消費量を推計する。

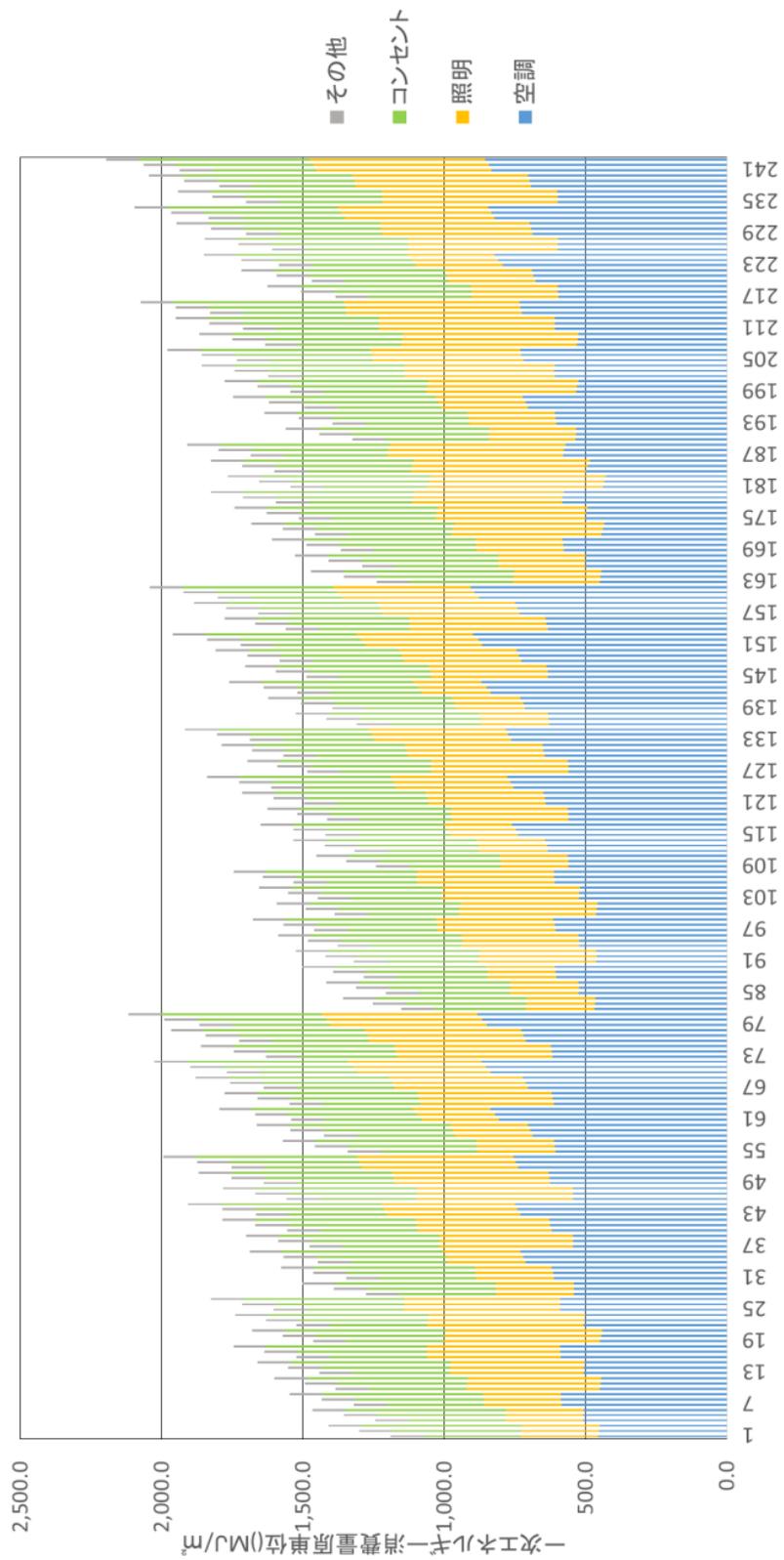


図 4-12 全エネルギー消費モデル計算結果

5. 精度検証

本章では、本研究の推計手法の精度検証を行う。精度検証に用いる元データは、DECC レベル 3 データから抽出した。抽出した建築物のエネルギー消費量月別データから、年間・月別エネルギー詳細消費量推計値 V_E を推計した。DECC レベル 3 データに内包される月別エネルギー詳細消費量実績値 V_M と、推計値 V_E を比較し、 V_M と V_E の絶対誤差と V_M を基準とした V_M と V_E の相対誤差を算出した。今回検証に用いた建築物について、照明の種類や、ビルの運転スケジュールといったモデルを限定するための情報が揃っておらず、適切なモデルを選択できない可能性(以下：モデルの選択ミス)がある。そこで、中間期のうち春季と秋期の計二月において、それぞれ近似モデルを同定し、エネルギー詳細消費量を推計する。一方の推計値に多大な誤差が生じた場合、他方の近似モデルを基にモデルを限定し、再度推計・検証を行った。

5.1. 中間期の定義

4.3.1 で用いた DECC レベル 1 データ 142 件の月別年間エネルギー消費量が最小となる月を図 5-1 に示す。11 月がエネルギー消費量最小月となる物件が 41 件で最多であった。次いで 4 月、5 月がそれぞれ 39 件、27 件となった。

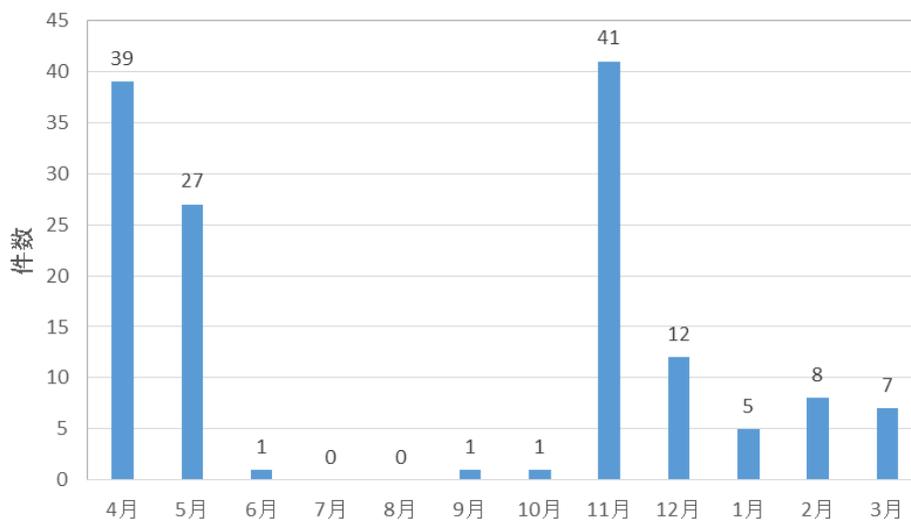


図 5-1 DECC レベル 1 データ月別年間エネルギー消費量最少月一覧

そこで本研究では、中間期を 4 月、5 月、11 月の 3 ヶ月と設定する。

5.2. 推計精度検証

本研究のカテゴリー(事務所用途・標準地域・10,000 m²程度・ガス熱源)に属する建築物のエネルギー詳細消費量を推計し、その精度を検証した。既往研究³⁰⁾より、2,000 m²～10,000 m²の建築物と10,000 m²～30,000 m²の中間期における建築物のエネルギー消費傾向は類似している。また、既往の5000 m²程度の事務所ビルを対象とした実測調査⁴²⁾では、照明用エネルギー消費量が約13.0W/m²、コンセント用エネルギー消費量が15W/m²となっており、本研究で作成したモデルと同程度の値である。そこで、本カテゴリーの規模を5000 m²以上30,000 m²以下として、検証建築物を抽出した。表5-1に抽出した建築物情報(所在地、延床面積、用途、熱源)を示す。建築物A、Bはガス吸収式冷温水器を、建築物C、D、Eは主要熱源としては同じくガス吸収式冷温水器を利用しているが、補助的なシステムとして空気熱源HPを併用している物件である。また、熱源機器に主要熱源機器として空気熱源HP(電気空調)を利用している建築物F、Gの推計も行った。中間期におけるエネルギー消費内訳は照明、コンセントによるものが大きく、空調熱源の違いによる影響が小さくなる。また、照明やコンセントのエネルギー消費量は、空調熱源の違いによらず、建築物規模や用途の違いに影響を受けると推測した。

表 5-1 精度検証に用いた建築物情報一覧

建物	所在地	延床面積	用途	熱源機器
A	東京都	24,635m ²	事務所	ガス吸収式冷温水発生器
B	広島県	17,791m ²		
C	東京都	7,077m ²		ガス吸収式冷温水発生器 空気熱源HP(補助)
D	愛知県	28,480m ²		
E	大阪府	9,008m ²		
F	広島県	9,816m ²		空気熱源HP
G	東京都	11,747m ²		

5.2.1. 物件 A の精度検証

表 5-2 と図 5-2 に物件 A の一次エネルギー消費量実績値 V_M を示す。

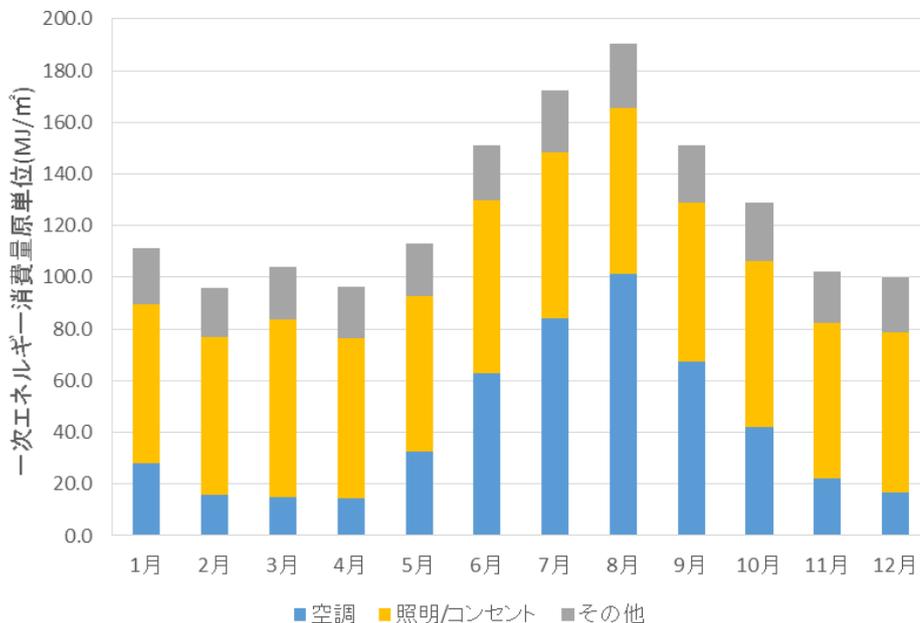


図 5-2 物件 A の一次エネルギー消費量実績値 V_M

表 5-2 物件 A の一次エネルギー消費量実績値 V_M

物件A(東京/24,635m ²)				
月	空調	照明/ コンセント	その他	合計
	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²
1月	27.9	61.6	21.6	111.1
2月	15.8	61.1	19.1	96.0
3月	14.8	68.6	20.5	104.0
4月	14.6	62.0	19.6	96.2
5月	32.8	60.0	20.1	112.9
6月	62.9	66.7	21.6	151.2
7月	84.1	64.2	24.0	172.3
8月	101.4	64.2	24.7	190.3
9月	67.2	61.5	22.3	151.0
10月	42.2	64.2	22.6	128.9
11月	22.3	59.8	20.2	102.3
12月	16.7	62.0	21.1	99.8
計	502.6	756.0	257.4	1516.0

実績値より、春季は4月、秋季は11月を中間期とし、エネルギー詳細消費量を推計した。実績値の『その他』に動力が含まれ、室内機の電力等が含まれると推測し、空調とその他を合算し、『空調・その他』、『照明/コンセント』の2項目について比較を行った。

【春季】

図 5-3、表 5-3 に春季における推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果を示す。

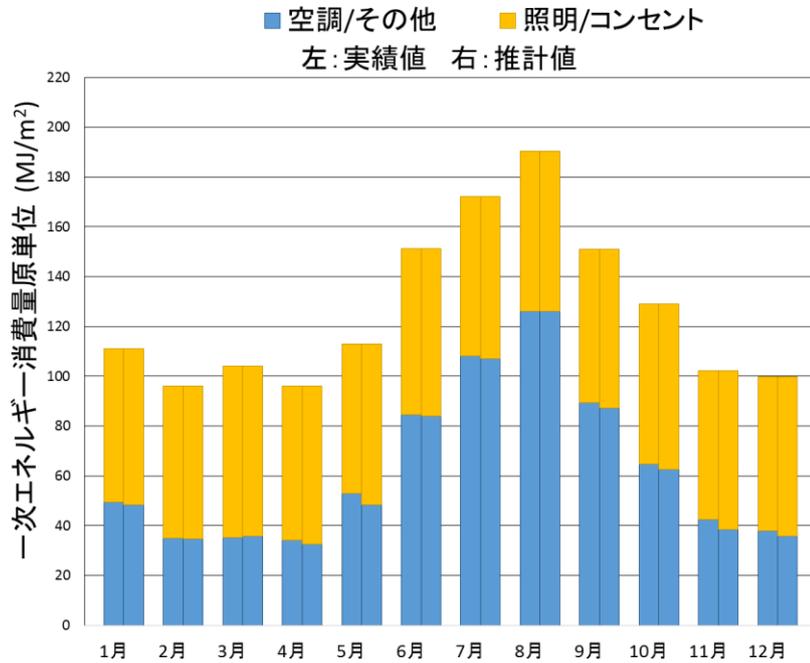


図 5-3 物件 A の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

表 5-3 物件 A の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

月	絶対誤差		月	相対誤差	
	空調/ その他 MJ/m ²	照明/ コンセント MJ/m ²		空調/ その他 %	照明/ コンセント %
1	-1.1	1.1	1	-2.1	1.7
2	-0.3	0.3	2	-0.9	0.5
3	0.4	-0.4	3	1.3	-0.6
4	-1.7	1.7	4	-5.1	2.8
5	-4.6	4.6	5	-8.7	7.7
6	-0.6	0.6	6	-0.7	0.9
7	-1.0	1.0	7	-0.9	1.5
8	-0.1	0.1	8	-0.1	0.1
9	-2.2	2.2	9	-2.4	3.6
10	-2.2	2.2	10	-3.4	3.4
11	-3.9	3.9	11	-9.2	6.5
12	-2.0	2.0	12	-5.2	3.2
計	-19.2	19.2	計	-2.5	2.5

【秋季】

図 5-4、表 5-4 に秋季における推計値 V_E と実績データ V_M の比較結果を示す。

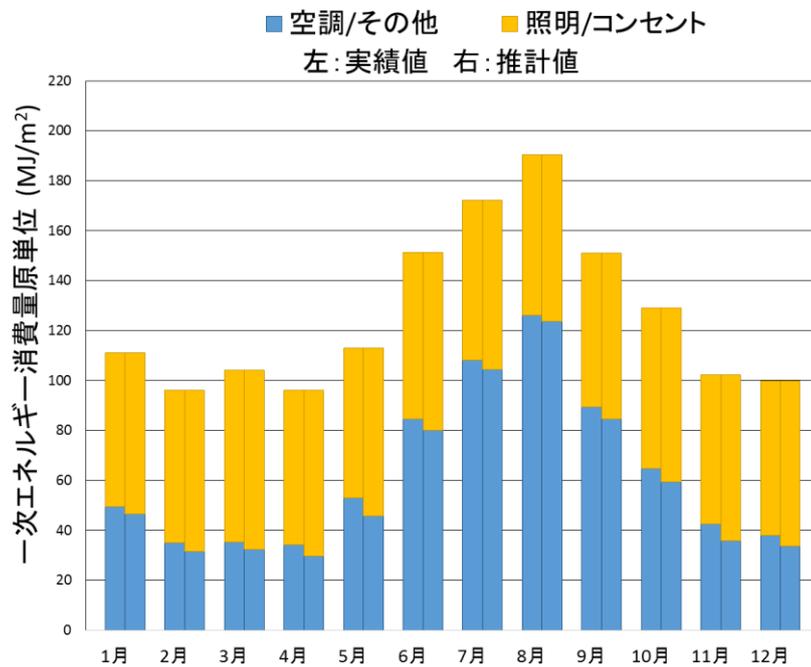


図 5-4 物件 A の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

表 5-4 物件 A の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

月	絶対誤差		月	相対誤差	
	空調/ その他 MJ/m²	照明/ コンセント MJ/m²		空調/ その他 %	照明/ コンセント %
1	-3.0	3.0	1	-6.0	4.8
2	-3.4	3.4	2	-9.8	5.6
3	-3.2	3.2	3	-8.9	4.6
4	-4.5	4.5	4	-13.3	7.3
5	-7.1	7.1	5	-13.5	11.9
6	-4.5	4.5	6	-5.3	6.7
7	-3.8	3.8	7	-3.5	5.9
8	-2.5	2.5	8	-2.0	3.9
9	-5.0	5.0	9	-5.6	8.1
10	-5.3	5.3	10	-8.2	8.3
11	-6.7	6.7	11	-15.7	11.2
12	-4.2	4.2	12	-11.1	6.7
計	-53.1	53.1	計	-7.0	7.0

春季・秋期それぞれの分野で良好な結果が得られた。『空調・その他』に関しては、春季において年間の相対誤差が-2.5%、月別の最大相対誤差が 8.7%と良好な結果となった。秋季においては、年間の相対誤差が-7.0%、月別の相対誤差が-15.7%となった。『照明/コンセント』についても、春季は年間相対誤差が+2.5%、秋季は+7.0%となった。

5.2.2. 物件 B の精度検証

図 5-5、表 5-5 に物件 B のエネルギー消費量実績値 V_M を示す。

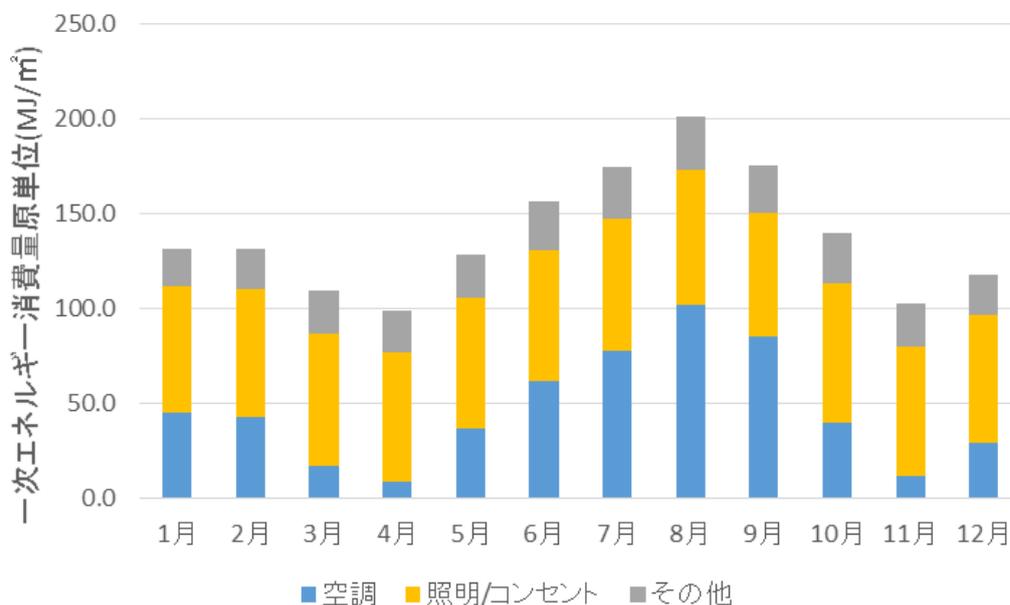


図 5-5 物件 B の一次エネルギー消費量実績値 V_M

表 5-5 物件 B の一次エネルギー消費量実績値 V_M

物件B(広島/17,791m ²)				
月	空調	照明/ コンセント	その他	合計
	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²
1	44.8	66.7	20.0	131.5
2	42.5	67.9	20.9	131.2
3	16.9	69.7	22.9	109.6
4	8.3	68.4	22.1	98.8
5	36.5	68.7	23.5	128.7
6	61.2	69.4	25.5	156.1
7	77.6	69.9	27.0	174.5
8	102.1	70.8	28.0	200.9
9	84.7	65.3	25.4	175.4
10	39.3	73.5	27.0	139.9
11	11.3	68.3	22.6	102.2
12	28.8	67.7	21.4	117.9
計	554.0	826.4	286.3	1666.6

実績値より、春季は4月、秋季は11月を中間期とし、エネルギー詳細消費量を推計した。実績値の『その他』に動力が含まれ、特に夏季において大きくなるため、その他に室内機の電力等が含まれると推測した。そこで、空調とその他を分離せず、『空調・その他』で比較した。また、実績値で照明とコンセントを分離せず一括計量していたため、『照明・コンセント』で比較を行った。

【春季】

図 5-6、表 5-6 に春季における推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果を示す。

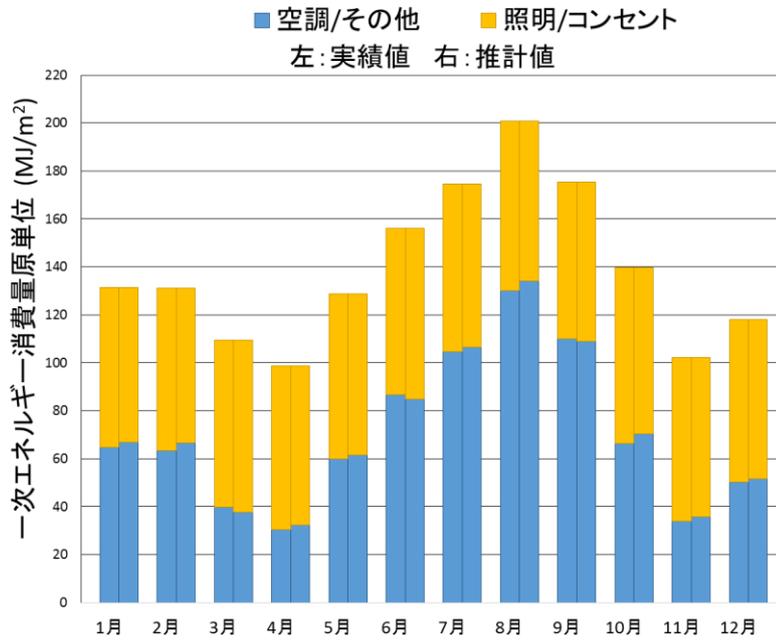


図 5-6 物件 B の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

表 5-6 物件 B の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

月	絶対誤差		月	相対誤差	
	空調/ その他 MJ/m ²	照明/ コンセント MJ/m ²		空調/ その他 %	照明/ コンセント %
1	2.1	-2.1	1	3.3	-3.2
2	3.4	-3.4	2	5.3	-4.9
3	-2.1	2.1	3	-5.2	2.9
4	1.9	-1.9	4	6.1	-2.7
5	1.6	-1.6	5	2.6	-2.3
6	-1.8	1.8	6	-2.1	2.6
7	1.9	-1.9	7	1.8	-2.7
8	4.1	-4.1	8	3.1	-5.8
9	-1.2	1.2	9	-1.1	1.8
10	4.0	-4.0	10	6.0	-5.5
11	1.8	-1.8	11	5.5	-2.7
12	1.5	-1.5	12	3.0	-2.2
計	17.3	-17.3	計	2.1	-2.1

【秋季】

図 5-7、表 5-7 に秋季における推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果を示す。

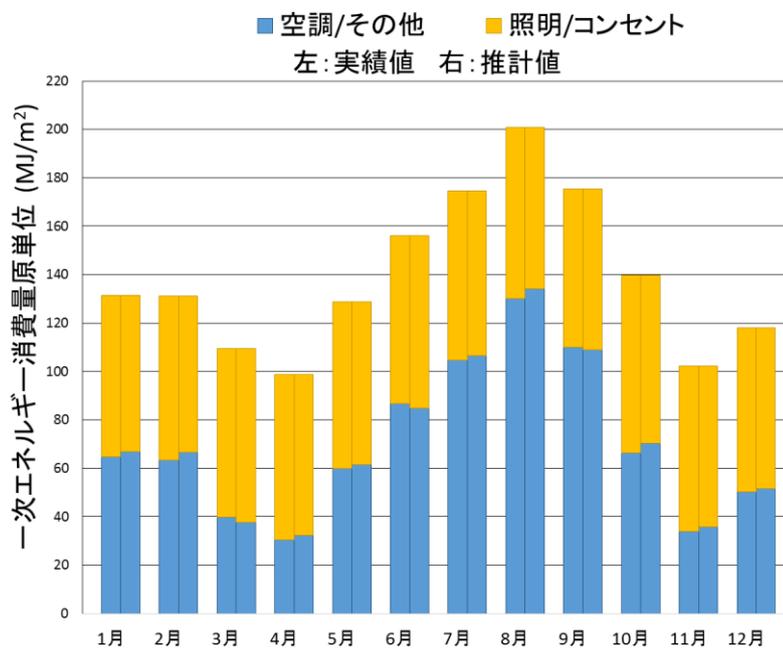


図 5-7 物件 B の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

表 5-7 物件 B の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

月	絶対誤差		月	相対誤差	
	空調/ その他 MJ/m ²	照明/ コンセント MJ/m ²		空調/ その他 %	照明/ コンセント %
1	3.0	-3.0	1	4.7	-4.6
2	4.8	-4.8	2	7.5	-7.0
3	-0.3	0.3	3	-0.6	0.4
4	3.3	-3.3	4	10.7	-4.8
5	2.9	-2.9	5	4.8	-4.2
6	0.1	-0.1	6	0.1	-0.1
7	3.3	-3.3	7	3.2	-4.7
8	5.2	-5.2	8	4.0	-7.3
9	0.2	-0.2	9	0.2	-0.3
10	5.6	-5.6	10	8.5	-7.6
11	3.2	-3.2	11	9.6	-4.8
12	2.6	-2.6	12	5.2	-3.8
計	34.0	-34.0	計	4.0	-4.1

春季、秋季ともに同系統のモデルを選択し、良好な結果が得られた。春季と秋季で、照明消費電力、コンセント消費電力、日間運転スケジュールが同じパラメータとなるモデルを選択したため、同様の推計値が得られた。全ての月において V_M と V_E の相対誤差は 10%以内であり、月別の絶対誤差は最大 4.1MJ/m² と僅少であった。ただし、照明とコンセントを分離して比較ができないため、それぞれの精度検証は不可である。

5.2.3. 物件 C の精度検証

図 5-8、表 5-8 に物件 C のエネルギー消費量実績値 V_M を示す。

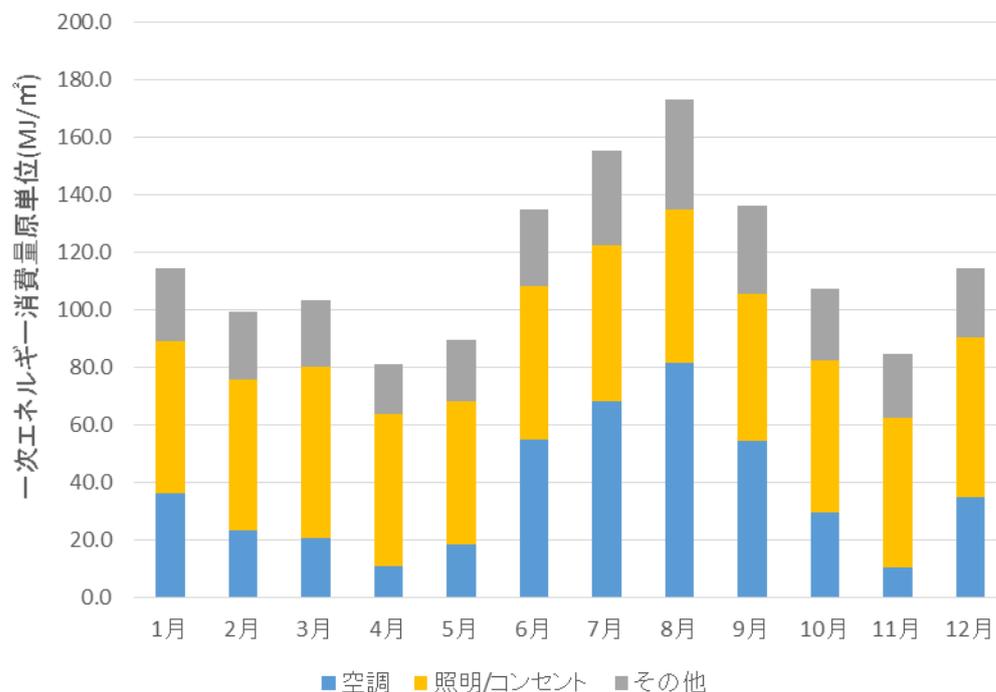


図 5-8 物件 C の一次エネルギー消費量実績値 V_M

表 5-8 物件 C の一次エネルギー消費量実績値 V_M

物件C(東京/7,077m ²)				
月	空調	照明/ コンセント	その他	合計
	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²
1	36.1	53.0	25.1	114.2
2	23.1	52.5	23.4	99.0
3	20.7	59.4	23.3	103.4
4	10.7	52.8	17.6	81.0
5	18.4	49.9	21.2	89.5
6	54.7	53.1	26.7	134.5
7	68.3	54.1	33.0	155.3
8	81.3	53.3	38.6	173.1
9	54.3	51.2	30.5	136.0
10	29.3	52.9	25.1	107.3
11	10.4	51.9	22.3	84.6
12	34.7	55.5	23.9	114.1
計	442.0	639.5	310.7	1392.1

実績値の『その他』に動力が含まれ、特に夏季において大きくなるため、その他に室内機の電力等が含まれると推測した。そこで、空調とその他を分離せず、『空調・その他』で比較した。また、実績値で照明とコンセントを分離せず一括計量していたため、『照明・コンセント』で比較を行った。

【春季】

図 5-9、表 5-9 物件 C の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果に春季における推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果を示す。

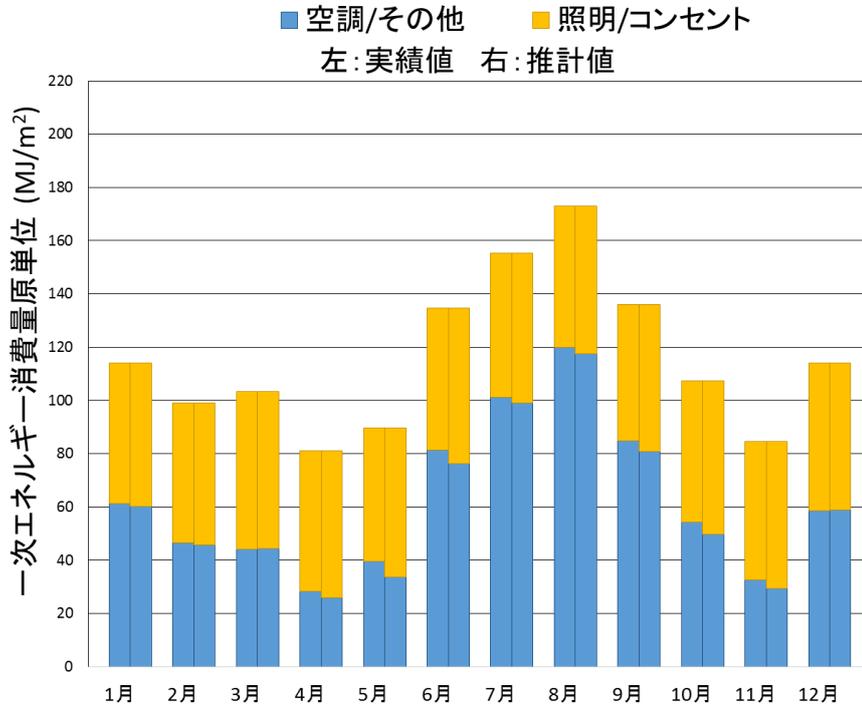


図 5-9 物件 C の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

表 5-9 物件 C の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

月	絶対誤差		月	相対誤差	
	空調/ その他 MJ/m ²	照明/ コンセント MJ/m ²		空調/ その他 %	照明/ コンセント %
1	-1.1	1.1	1	-1.9	2.2
2	-0.7	0.7	2	-1.5	1.4
3	0.3	-0.3	3	0.6	-0.5
4	-2.3	2.3	4	-8.3	4.4
5	-6.0	6.0	5	-15.2	12.1
6	-5.3	5.3	6	-6.5	9.9
7	-2.3	2.3	7	-2.3	4.3
8	-2.3	2.3	8	-2.0	4.4
9	-3.9	3.9	9	-4.6	7.5
10	-4.6	4.6	10	-8.4	8.7
11	-3.2	3.2	11	-9.7	6.1
12	0.2	-0.2	12	0.3	-0.3
計	-31.3	31.3	計	-4.2	4.9

【秋季】

図 5-10、表 5-10 物件 C の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果に秋季における推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果を示す。

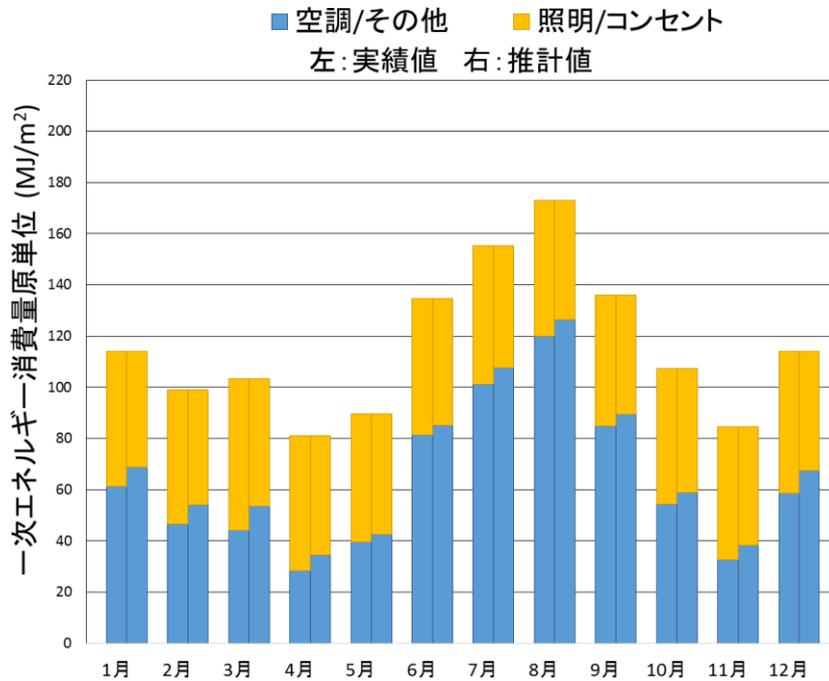


図 5-10 物件 C の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

表 5-10 物件 C の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

月	絶対誤差		月	相対誤差	
	空調/ その他 MJ/m ²	照明/ コンセント MJ/m ²		空調/ その他 %	照明/ コンセント %
1	7.5	-7.5	1	12.2	-14.1
2	7.5	-7.5	2	16.1	-14.3
3	9.4	-9.4	3	21.3	-15.8
4	6.3	-6.3	4	22.2	-11.9
5	2.8	-2.8	5	7.0	-5.5
6	3.7	-3.7	6	4.6	-7.0
7	6.5	-6.5	7	6.4	-12.0
8	6.5	-6.5	8	5.4	-12.1
9	4.7	-4.7	9	5.6	-9.3
10	4.3	-4.3	10	7.9	-8.2
11	5.4	-5.4	11	16.7	-10.5
12	8.9	-8.9	12	15.1	-16.0
計	73.4	-73.4	計	9.7	-11.5

春季の場合、特に良好な結果が得られた。5月を除いた全ての月で、 V_M と V_E の相対誤差は 10%以内であった。相対誤差が 10%以上となった 5月においても、その絶対誤差は 6MJ/m²と僅少である。秋季の場合の『照明・コンセント』の V_M と V_E の相対誤差は、10%程度小さく推計されたため、『空調・その他』においても春季と比較して誤差が大きくなった。

5.2.4. 物件 D の精度検証

図 5-11 と表 5-11 に物件 D のエネルギー消費量実績値 V_M を示す。

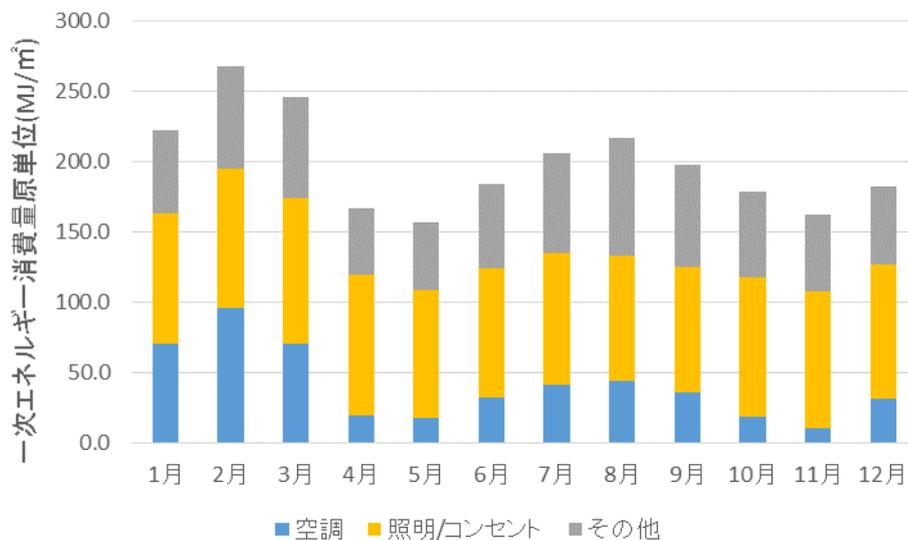


図 5-11 物件 D の一次エネルギー消費量実績値 V_M

表 5-11 物件 D の一次エネルギー消費量実績値 V_M

物件D(愛知県/28,480㎡)				
月	空調	照明/ コンセント	その他	合計
	MJ/㎡	MJ/㎡	MJ/㎡	MJ/㎡
1	70.9	92.4	59.7	223.0
2	96.3	99.3	72.8	268.3
3	70.6	103.6	72.5	246.6
4	19.5	100.6	47.3	167.4
5	18.0	90.4	48.4	156.8
6	32.8	91.5	60.0	184.3
7	41.0	94.4	70.5	206.0
8	43.8	89.9	83.3	217.0
9	35.7	89.5	72.9	198.1
10	18.8	99.4	60.6	178.8
11	10.1	98.0	54.2	162.3
12	31.8	94.9	55.9	182.6
計	489.2	1143.9	758.1	2391.3

実績値の『その他』に動力が含まれ、特に夏季において大きくなるため、その他に室内機の電力等が含まれると推測した。そこで、空調とその他を分離せず、『空調・その他』で比較した。また、実績値で照明とコンセントを分離せず一括計量していたため、『照明・コンセント』で比較を行った。

【春季】

図 5-12、表 5-12 に春季における推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果を示す。

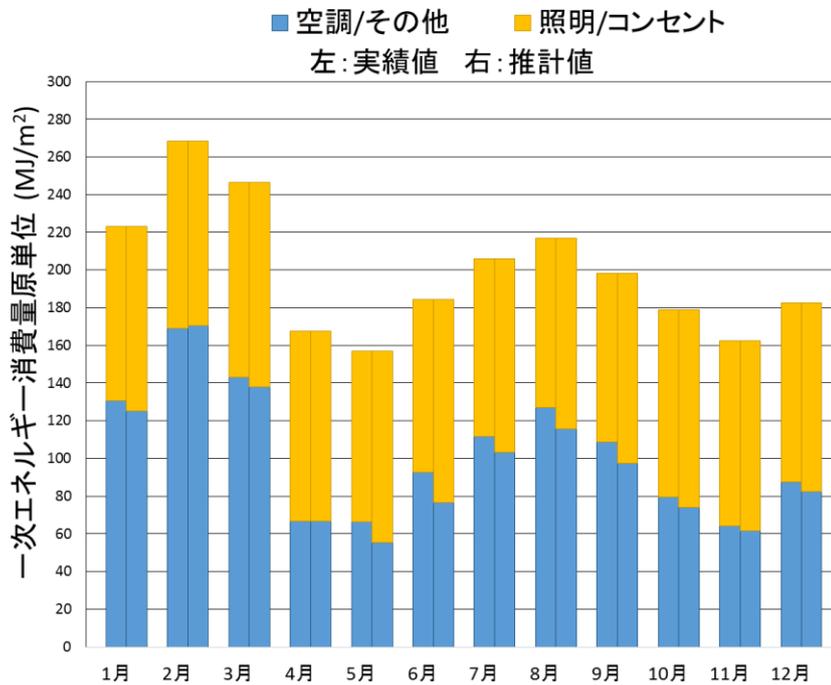


図 5-12 物件 D の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

表 5-12 物件 D の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

月	絶対誤差		月	相対誤差	
	空調/ その他 MJ/m ²	照明/ コンセント MJ/m ²		空調/ その他 %	照明/ コンセント %
1	-5.5	5.5	1	-4.2	5.9
2	1.6	-1.6	2	0.9	-1.6
3	-4.9	4.9	3	-3.4	4.8
4	0.0	0.0	4	0.1	0.0
5	-11.1	11.1	5	-16.7	12.3
6	-16.1	16.1	6	-17.3	17.6
7	-8.4	8.4	7	-7.5	8.9
8	-11.3	11.3	8	-8.9	12.6
9	-11.1	11.1	9	-10.2	12.4
10	-5.6	5.6	10	-7.1	5.7
11	-2.6	2.6	11	-4.0	2.6
12	-5.4	5.4	12	-6.2	5.7
計	-80.4	80.4	計	-6.4	7.0

【秋季】

図 5-13、表 5-13 に春季における推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果を示す。

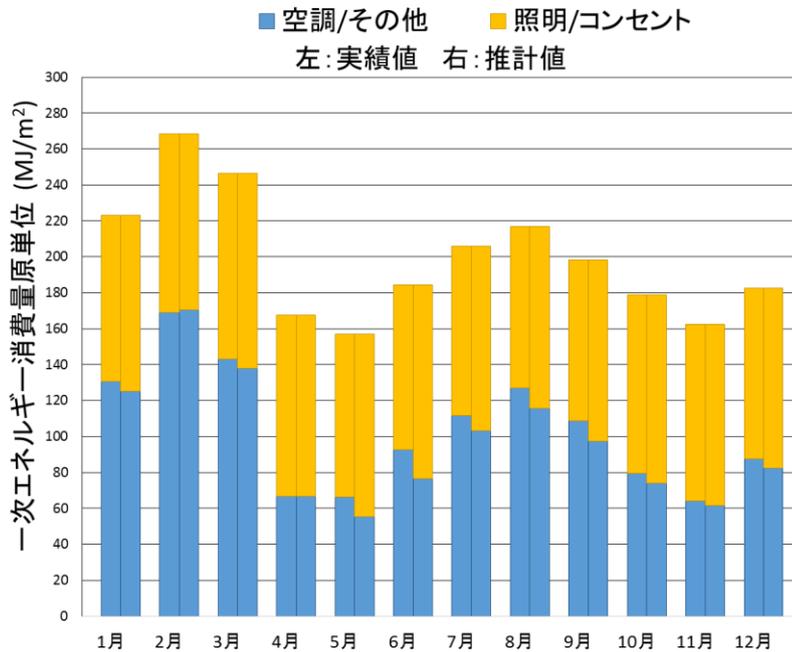


図 5-13 物件 D の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

表 5-13 物件 D の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

月	絶対誤差		月	相対誤差	
	空調/ その他 MJ/m ²	照明/ コンセント MJ/m ²		空調/ その他 %	照明/ コンセント %
1	-5.5	5.5	1	-4.2	5.9
2	1.6	-1.6	2	0.9	-1.6
3	-4.9	4.9	3	-3.4	4.8
4	0.0	0.0	4	0.1	0.0
5	-11.1	11.1	5	-16.7	12.3
6	-16.1	16.1	6	-17.3	17.6
7	-8.4	8.4	7	-7.5	8.9
8	-11.3	11.3	8	-8.9	12.6
9	-11.1	11.1	9	-10.2	12.4
10	-5.6	5.6	10	-7.1	5.7
11	-2.6	2.6	11	-4.0	2.6
12	-5.4	5.4	12	-6.2	5.7
計	-80.4	80.4	計	-6.4	7.0

秋季における推計時の近似モデルのパラメータより、照明消費電力、機器日間運転スケジュールの組み合わせを限定し、再度推計を行った結果である。両季節で近似モデルが同一となったため、推計結果が同じ結果となった。実績データの5月～9月における照明/コンセントのエネルギー消費量が小さくなるため、誤差が大きくなるが、それ以外の月では精度良く推計できており、年間の V_M と V_E の相対誤差も7%程度である。

5.2.5. 物件 E の精度検証

建築物 E のエネルギー消費量実績値 V_M を図 5-14 表 5-14 に示す。

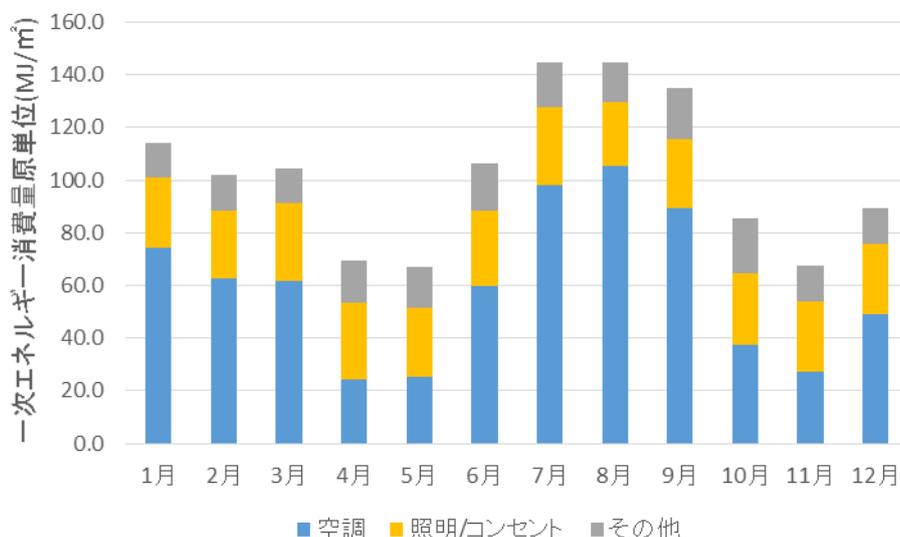


図 5-14 物件 E の一次エネルギー消費量実績値 V_M

表 5-14 物件 E の一次エネルギー消費量実績値 V_M

物件E(大阪/9,008m ²)				
月	空調	照明/ コンセント	その他	合計
	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²
1	74.2	26.7	13.0	114.0
2	62.7	25.8	13.7	102.2
3	61.7	29.7	12.8	104.2
4	24.2	29.3	16.0	69.5
5	25.3	26.2	15.5	67.0
6	59.6	28.7	18.0	106.3
7	97.9	29.9	16.8	144.6
8	105.2	24.7	14.9	144.8
9	89.2	26.4	19.5	135.2
10	37.2	27.6	20.7	85.4
11	27.0	26.7	13.9	67.7
12	49.3	26.4	13.7	89.4
計	713.5	328.1	310.7	1230.2

実績値より、春季は 5 月、秋季は 11 月を中間期とし、エネルギー詳細消費量を推計した。実績値で照明とコンセントを分離せず一括計量していたため、『照明・コンセント』で比較を行った。

【春季】

図 5-15 表 5-15 に春季における推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果を示す。

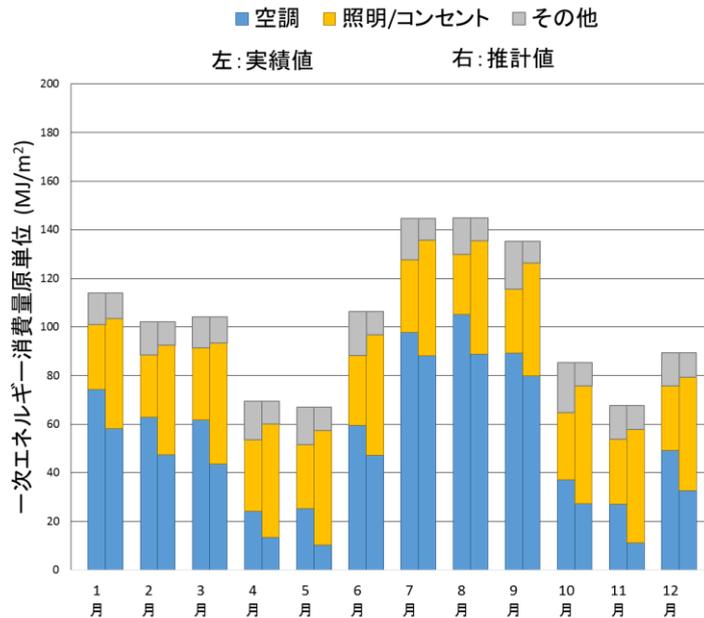


図 5-15 物件 E の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

表 5-15 物件 E の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

月	絶対誤差			月	相対誤差		
	空調	照明/ コンセント	その他		空調	照明/ コンセント	その他
	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²		%	%	%
1	-16.1	18.8	-2.6	1	-21.8	70.3	-20.2
2	-15.3	19.2	-3.9	2	-24.4	74.6	-28.5
3	-18.2	20.3	-2.1	3	-29.5	68.3	-16.5
4	-10.7	17.2	-6.5	4	-44.2	58.5	-40.5
5	-14.9	20.9	-6.0	5	-58.9	79.6	-38.6
6	-12.3	20.7	-8.4	6	-20.6	72.3	-46.8
7	-9.7	17.7	-8.0	7	-9.9	59.4	-47.7
8	-16.5	22.1	-5.6	8	-15.7	89.6	-37.8
9	-9.4	20.1	-10.6	9	-10.6	76.0	-54.4
10	-10.0	21.0	-11.1	10	-26.8	76.2	-53.5
11	-15.8	19.8	-4.0	11	-58.4	74.2	-28.9
12	-16.7	20.2	-3.5	12	-33.9	76.4	-25.5
計	-165.6	238.0	-72.4	計	-23.2	72.5	-38.4

【秋季】

図 5-16 に秋季における推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果を示す。

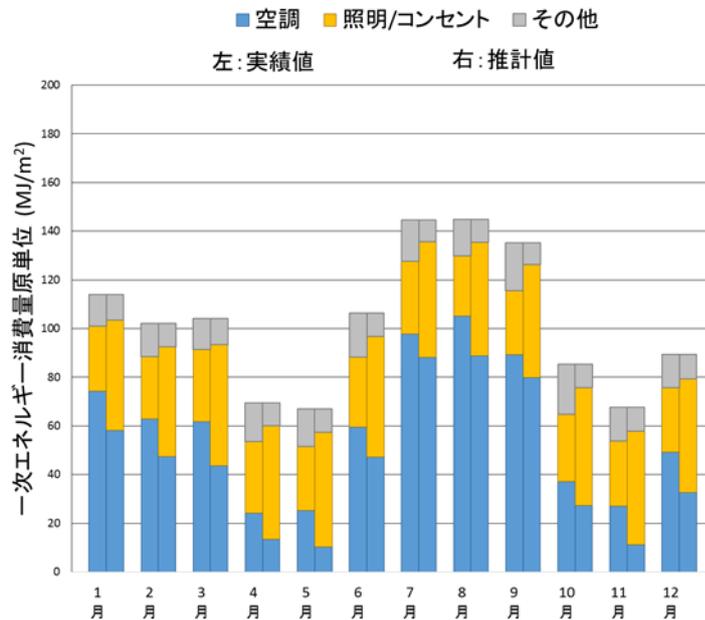


図 5-16 物件 E の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

表 5-16 物件 E の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

月	絶対誤差			月	相対誤差		
	空調	照明/ コンセント	その他		空調	照明/ コンセント	その他
	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²		%	%	%
1	-16.1	18.8	-2.6	1	-21.8	70.3	-20.2
2	-15.3	19.2	-3.9	2	-24.4	74.6	-28.5
3	-18.2	20.3	-2.1	3	-29.5	68.3	-16.5
4	-10.7	17.2	-6.5	4	-44.2	58.5	-40.5
5	-14.9	20.9	-6.0	5	-58.9	79.6	-38.6
6	-12.3	20.7	-8.4	6	-20.6	72.3	-46.8
7	-9.7	17.7	-8.0	7	-9.9	59.4	-47.7
8	-16.5	22.1	-5.6	8	-15.7	89.6	-37.8
9	-9.4	20.1	-10.6	9	-10.6	76.0	-54.4
10	-10.0	21.0	-11.1	10	-26.8	76.2	-53.5
11	-15.8	19.8	-4.0	11	-58.4	74.2	-28.9
12	-16.7	20.2	-3.5	12	-33.9	76.4	-25.5
計	-165.6	238.0	-72.4	計	-23.2	72.5	-38.4

春季、秋季とも同一モデルを近似モデルと判定し、詳細消費量を推計した。建築物 E における 5 月と 11 月のエネルギー消費量原単位は、それぞれ 67.0MJ/m²、67.7MJ/m²である。この値は本研究の基礎データである全てのエネルギー消費モデルの 5 月、11 月のエネルギー消費量より小さく、適切な近似モデルの選択ができていない。エネルギー消費量や消費傾向に係らず、全てのエネルギー消費モデル中最もエネルギー消費量が小さいモデルが選択され、推計された。

5.2.6. 物件 F の精度検証

図 5-17 と表 5-17 に物件 F のエネルギー消費量実績値 V_M を示す。

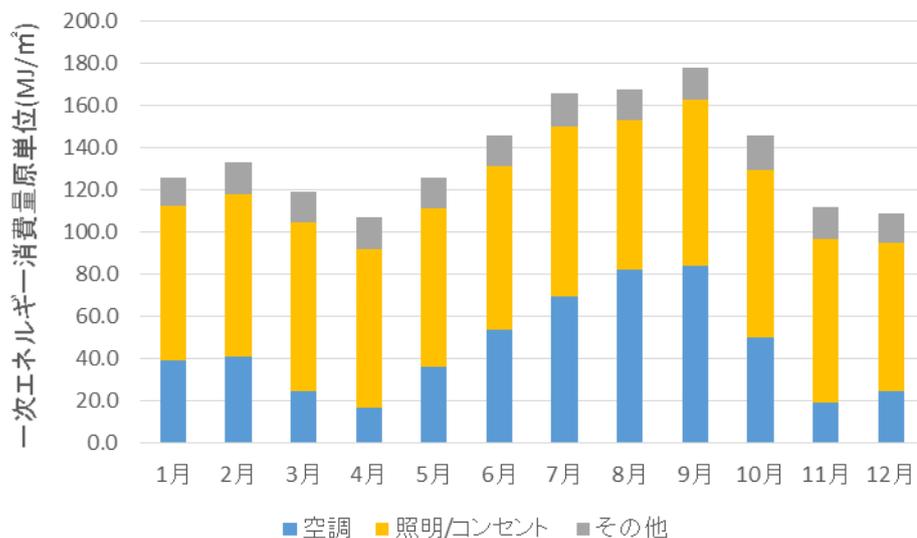


図 5-17 物件 F の一次エネルギー消費量実績値 V_M

表 5-17 物件 F の一次エネルギー消費量実績値 V_M

物件E(広島/9,816m ²)				
月	空調	照明/ コンセント	その他	合計
	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²
1	38.9	73.3	13.8	126.1
2	40.7	77.0	15.1	132.8
3	24.2	80.4	14.5	119.1
4	16.3	75.7	14.7	106.7
5	35.9	75.0	15.0	125.9
6	53.5	77.5	15.1	146.1
7	69.5	80.9	15.7	166.0
8	82.1	71.2	14.3	167.6
9	83.7	78.8	15.3	177.9
10	49.7	79.7	16.3	145.8
11	19.1	77.2	15.4	111.8
12	24.4	70.4	14.2	109.0
計	538.2	917.0	179.4	1634.6

実績値より、春季は4月、秋季は11月を中間期とし、エネルギー詳細消費量を推計した。実績値で照明とコンセントを分離せず一括計量していたため、『照明・コンセント』で比較を行った。

【春期】

図 5-18、表 5-18 に春季における推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果を示す。

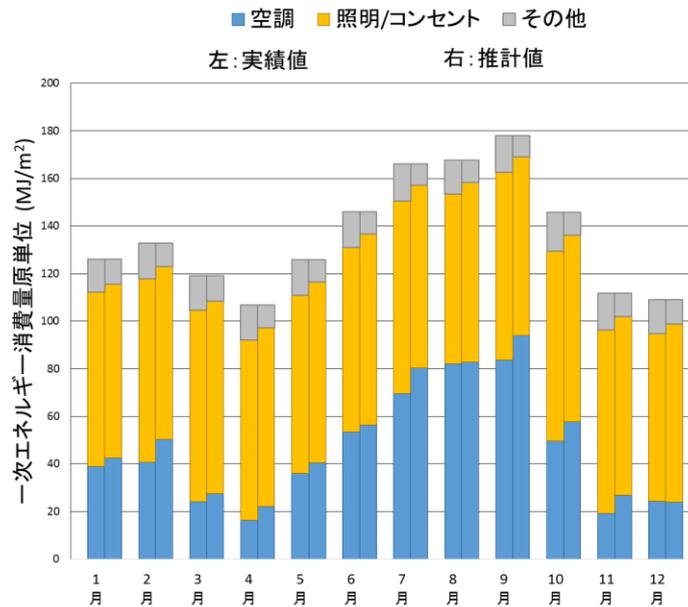


図 5-18 物件 F の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

表 5-18 物件 F の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

月	絶対誤差			月	相対誤差		
	空調	照明/ コンセント	その他		空調	照明/ コンセント	その他
	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²		%	%	%
1	3.6	-0.1	-3.4	1	9.1	-0.1	-24.9
2	9.6	-4.3	-5.3	2	23.5	-5.6	-35.1
3	3.2	0.5	-3.8	3	13.4	0.6	-26.0
4	5.8	-0.6	-5.2	4	35.4	-0.8	-35.2
5	4.6	0.9	-5.5	5	12.7	1.2	-36.5
6	2.8	2.7	-5.5	6	5.2	3.5	-36.4
7	10.9	-4.1	-6.9	7	15.7	-5.0	-43.9
8	0.7	4.3	-5.0	8	0.8	6.1	-35.0
9	10.1	-3.7	-6.4	9	12.1	-4.6	-42.0
10	8.1	-1.3	-6.7	10	16.2	-1.7	-41.2
11	7.6	-2.1	-5.5	11	39.7	-2.7	-35.8
12	-0.5	4.5	-4.0	12	-2.0	6.4	-28.3
計	66.5	-3.2	-63.2	計	12.4	-0.4	-35.2

【秋季】

図 5-19、表 5-19 に秋季における推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果を示す。

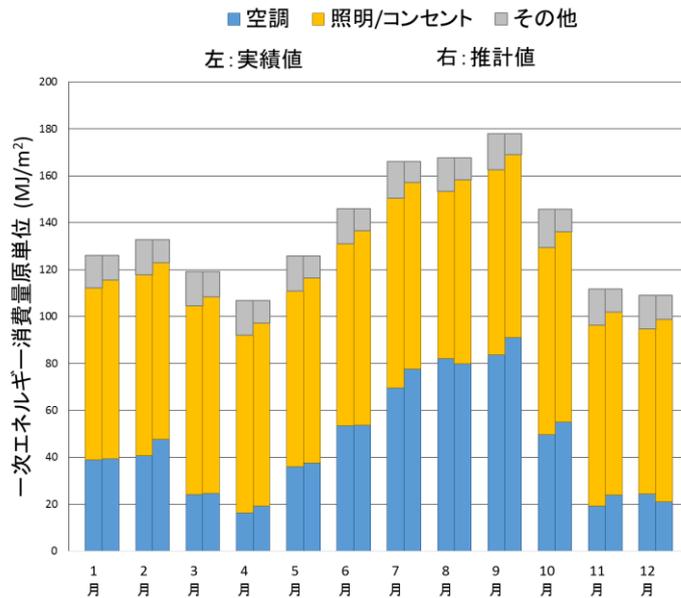


図 5-19 物件 F の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

表 5-19 物件 F の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

月	絶対誤差			月	相対誤差		
	空調	照明/ コンセント	その他		空調	照明/ コンセント	その他
	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²		%	%	%
1	0.5	3.0	-3.4	1	1.2	4.1	-24.9
2	7.0	-1.7	-5.3	2	17.1	-2.2	-35.1
3	0.4	3.3	-3.8	3	1.8	4.1	-26.0
4	2.9	2.3	-5.2	4	17.7	3.0	-35.2
5	1.7	3.8	-5.5	5	4.7	5.1	-36.5
6	0.2	5.3	-5.5	6	0.4	6.9	-36.4
7	8.0	-1.2	-6.9	7	11.6	-1.4	-43.9
8	-2.3	7.3	-5.0	8	-2.8	10.3	-35.0
9	7.2	-0.8	-6.4	9	8.6	-1.0	-42.0
10	5.3	1.5	-6.7	10	10.6	1.8	-41.2
11	4.7	0.8	-5.5	11	24.6	1.0	-35.8
12	-3.5	7.5	-4.0	12	-14.2	10.7	-28.3
計	32.1	31.2	-63.2	計	6.0	3.4	-35.2

秋期の近似モデルの日間運転スケジュールのパラメータを基にモデルを限定し、再度推計を行った結果である。春季、秋季で多少の差はあるが、良好な結果が得られた。その他のエネルギー消費量において、 V_M と V_E の月々 5MJ/m^2 程度の差があり、その結果空調用エネルギー消費量の V_M と V_E の誤差が大きくなる月もある。照明/コンセント用エネルギー消費量はほぼ誤差なく推計できており、春季のケースで V_M と V_E の年間の相対誤差は -0.4% 、秋季のケースで $+3.4\%$ と僅少である。

5.2.7. 物件 G の精度検証

図 5-20、表 5-20 に物件 G のエネルギー消費量実績値 V_M を示す。

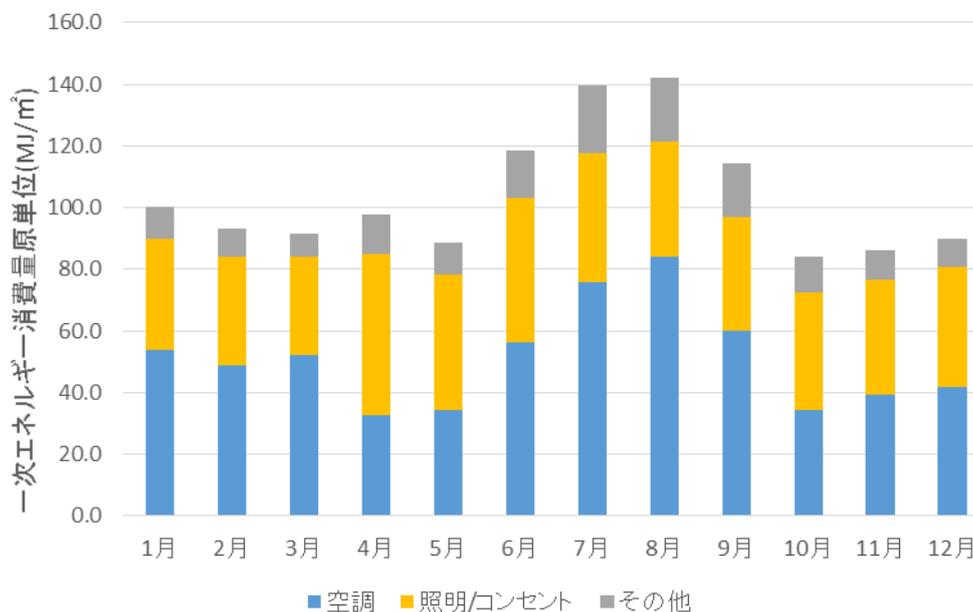


図 5-20 建築物 G の一次エネルギー消費量実績値 V_M

表 5-20 建築物 G の一次エネルギー消費量実績値 V_M

物件G(東京/11,747㎡)				
月	空調	照明/ コンセント	その他	合計
	MJ/㎡	MJ/㎡	MJ/㎡	MJ/㎡
1	53.7	36.0	10.5	100.2
2	49.0	35.1	9.0	93.0
3	52.3	31.8	7.5	91.6
4	32.8	52.1	12.9	97.7
5	34.3	44.1	10.4	88.8
6	56.3	46.9	15.5	118.6
7	76.0	41.8	21.6	139.4
8	84.1	37.2	21.1	142.3
9	59.9	36.9	17.5	114.3
10	34.4	37.9	11.8	84.2
11	39.1	37.4	9.5	86.0
12	41.9	38.7	9.4	90.0
計	613.7	475.8	156.6	1246.1

実績値より、春季は 5 月、秋季は 11 月を中間期とし、エネルギー詳細消費量を推計した。実績値で照明とコンセントを分離せず一括計量していたため、『照明・コンセント』で比較を行った。

【春季】

図 5-21、表 5-21 に春季における推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果を示す。

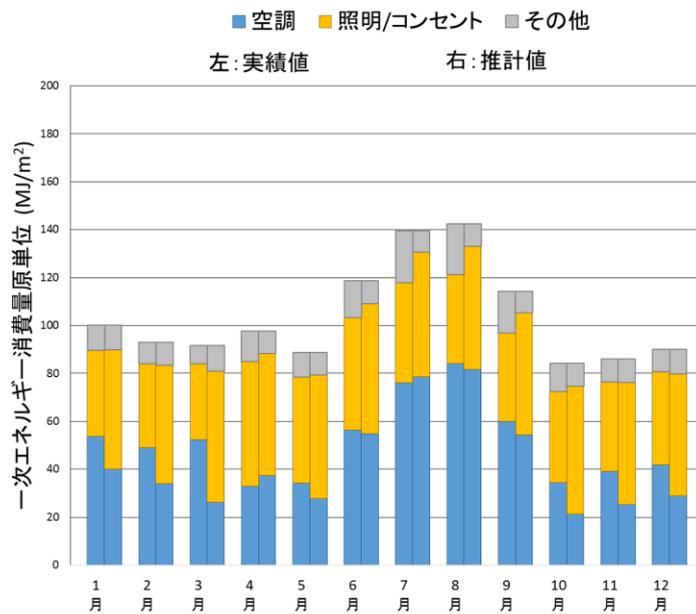


図 5-21 物件 G の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

表 5-21 物件 G の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

月	絶対誤差			月	相対誤差		
	空調	照明/ コンセント	その他		空調	照明/ コンセント	その他
	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²		%	%	%
1	-13.7	13.8	-0.1	1	-25.5	38.3	-0.8
2	-15.1	14.2	0.8	2	-30.8	40.6	9.2
3	-26.2	23.0	3.2	3	-50.0	72.3	42.1
4	4.6	-1.2	-3.4	4	13.9	-2.2	-26.2
5	-6.5	7.4	-0.9	5	-18.9	16.7	-8.6
6	-1.4	7.3	-5.9	6	-2.6	15.6	-38.0
7	2.4	10.4	-12.8	7	3.2	24.7	-59.3
8	-2.4	14.1	-11.8	8	-2.8	38.1	-55.8
9	-5.4	14.0	-8.6	9	-9.1	38.0	-49.1
10	-13.1	15.3	-2.2	10	-38.0	40.5	-18.9
11	-13.9	13.5	0.4	11	-35.6	36.2	4.3
12	-13.0	12.2	0.8	12	-31.0	31.5	8.2
計	-103.7	144.1	-40.4	計	-16.9	30.3	-25.8

【秋季】

図 5-22、表 5-22 物件 G の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果に秋季における推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果を示す。

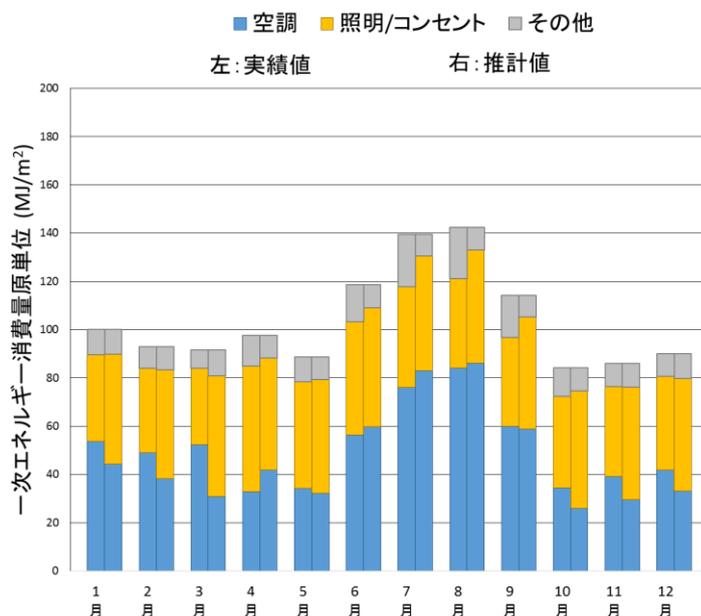


図 5-22 物件 G の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

表 5-22 物件 G の一次エネルギー消費量推計値 V_E と実績値 V_M の比較結果

月	絶対誤差			月	相対誤差		
	空調	照明/ コンセント	その他		空調	照明/ コンセント	その他
	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²		%	%	%
1	-9.4	9.5	-0.1	1	-17.5	26.3	-0.8
2	-10.8	9.9	0.8	2	-22.0	28.4	9.2
3	-21.4	18.2	3.2	3	-40.9	57.2	42.1
4	9.0	-5.6	-3.4	4	27.3	-10.7	-26.2
5	-2.1	3.0	-0.9	5	-6.1	6.7	-8.6
6	3.4	2.5	-5.9	6	6.0	5.4	-38.0
7	7.0	5.8	-12.8	7	9.3	13.8	-59.3
8	2.1	9.6	-11.8	8	2.5	26.0	-55.8
9	-1.0	9.6	-8.6	9	-1.7	26.1	-49.1
10	-8.5	10.7	-2.2	10	-24.7	28.3	-18.9
11	-9.5	9.1	0.4	11	-24.4	24.4	4.3
12	-8.7	7.9	0.8	12	-20.7	20.4	8.2
計	-49.9	90.3	-40.4	計	-8.1	19.0	-25.8

春季、秋季どちらも月によっては大きな誤差が生じた。実績値 V_M の内、照明/コンセント用エネルギー消費量が毎で大きく異なっているためである。本推計手法は、エネルギー消費量が最小となる月に着目し、その月の基本負荷が年間通して、ほぼ一定であると仮定する。そのため、月々の基本負荷が変化する場合、推計値 V_E と実績値 V_M の誤差は大きくなる。

5.3. 精度検証まとめ

5.2 において、本推計方法の精度検証を行なった。本来、可能な範囲で比較するモデルを限定し、中間期におけるエネルギー消費量最小月で近似モデルを選択する。しかし、建築物 A～G についてモデルを限定するための情報が得られなかった。モデルの選択ミスが起こる可能性を考慮し、春季と秋季の 2 月でそれぞれ近似モデルを選択し、詳細消費量を推計した。建築物 D、F に関しては、最小月でない月の近似モデルのパラメータ(照明消費電力、機器日間運転スケジュール)を参考に、近似モデルを選択している。表 5-23 に検証結果のまとめを示す。

表 5-23 検証結果まとめ

熱源	建物ID	所在地	延床面積	熱源機器	年間相対誤差 (空調)or(空調/その他)	年間相対誤差 (照明/コンセント)
ガス	A	東京都	24635㎡	ガス吸収式冷温水発生器	-2.5%	2.5%
	B	広島県	17791㎡	ガス吸収式冷温水発生器	2.1%	-2.1%
	C	東京都	7077㎡	冷温水発生器 空気熱源HP(補助)	-4.2%	4.9%
	D	愛知県	28480㎡	冷温水発生器 空気熱源HP(補助)	-6.4%	7.0%
	E	大阪府	9,008㎡	冷温水発生器 空気熱源HP(補助)	-23.2%	72.5%
電気	F	広島県	9816㎡	空気熱源HP	12.4%	-0.4%
	G	東京都	11,747㎡	空気熱源HP	-8.1%	19.0%

建築物 E～G を除き、年間の相対誤差は 10%以下であり、非常に精度が良く推計されている。また、建築物 F に関しては、その他用エネルギー消費量の差(絶対誤差で約 5MJ/㎡・月)に引っ張られ、空調用エネルギーの年間相対誤差が 10%を超えているが、その絶対誤差は 10MJ/㎡・月以下である。また、照明/コンセント用エネルギー消費量の相対誤差は年間で 0.4%であり、精度は良いといえる。

建築物 G については、月によって照明/コンセント用エネルギー消費量が大きく変化するため、他の場合と比較して、推計精度が低下している。本推計手法では、年間を通じて基本負荷の変動が大きくないと仮定し、推計を行っている。基本負荷の変動が大きい建築物は年間を通しての推計が困難である。月別のエネルギー消費量だけでは、推計可否の判断は難しいが、例えばビルのオーナー等、建築物の利用実態を把握できる場合、推計前に判断できる。基本負荷が変動する大きな要因は、改修工事等を除けば、機器の日間運転スケジュールの変化であると考えられる。中間期のビル利用時間と比較して、他の月のビル利用時間が極端に長くなる場合等は、推計不可となる。

建築物 E については、ベースラインとなるエネルギー消費量原単位が全モデルのエネルギー消費量より小さいため、推計不可であった。また、ベースラインとなるエネルギー消費量原単位が全モデルより大きい場合も同様に推計不可となる。本推計手法では、事前に計算し

たエネルギー消費モデルから、エネルギー消費傾向が類似していると考えられるモデルを選択し、エネルギー詳細消費量を推計する。エネルギー消費量最小値、最大値となるモデルはそれぞれ、case82、case243 であり、これらは全ての変動パラメータがエネルギー少消費型、またはエネルギー多消費型に設定されたモデルである。推計対象建築物のベースエネルギー消費量がエネルギー消費モデルのベースエネルギー消費量より大きい、または小さい場合、エネルギーの消費傾向に関わらず、case82 または case243 が選択されるため、推計が不可能である。図 5-23 に各月毎の推計可能範囲を示す。エネルギー消費量が図の青部外の値となる場合、推計は不可能である。変動パラメータの冷暖房切り替え時期や外気温によって、空調の利用時間が異なるため、月毎に推計可能範囲が異なっている。

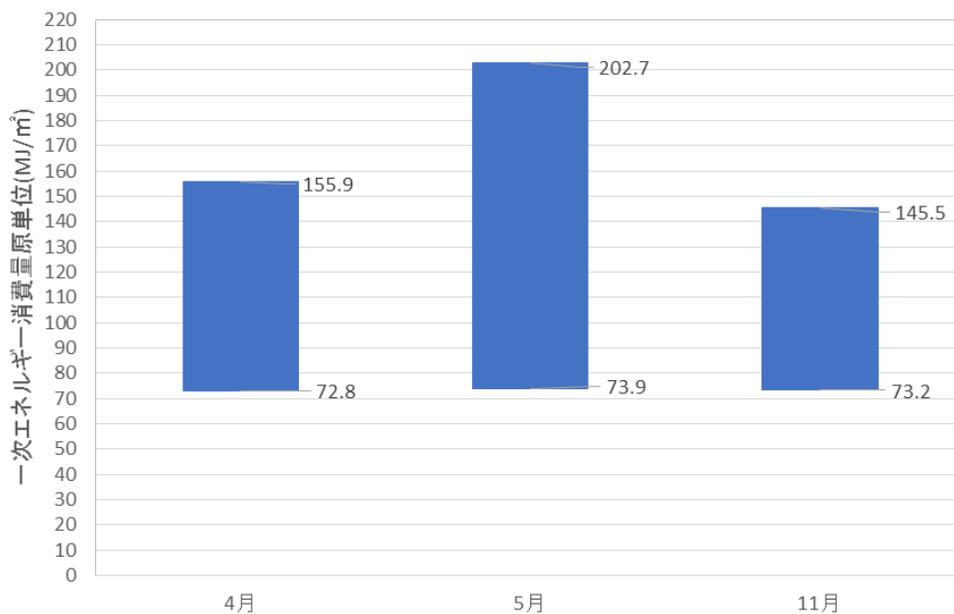


図 5-23 243 件のモデルを用いた各月の推計可能範囲

そこで、エネルギー消費モデルを追加し、推計可能範囲の拡大を検討した。照明消費電力、コンセント消費電力のパラメータについて、エネルギー少消費型よりさらにエネルギー消費量が小さくなる超省エネ型のパラメータをそれぞれに与え、189 件のモデルを追加し、全 432 件(3³×4²)のモデルで推計を行った。表 5-24 に超省エネ型を加えた変動パラメーター一覧を示す。

表 5-24 超省エネ型を追加した変動パラメーター一覧

	パラメータ項目	超省エネ型	エネルギー少消費型	エネルギー標準消費型	エネルギー高消費型
空調	暖房燃料消費量(kW/台)	270		407	610
	冷房燃料消費量(kW/台)	406		495	585
	冷房推定COP	1.27		0.85	0.57
	暖房推定COP	0.86		0.73	0.62
	台数	2		2	2
	冷房期間	6/25~9/15		5/25~10/25	4/25~10/31
	暖房期間	12/01~03/31		11/20~04/15	1101~4/24
照明	照明種類	LED	LED	Hf	FLR
	消費電力(W/台)	26.8	38.5	68	80
	照明効率(lm/W)	190.2	125.4	98.2	65.3
コンセント	消費電力(W/m²)	8	12	16	20
日間運転スケジュール		図を参照			

照明の超省エネ型パラメータには、ZEB ロードマップ検討委員会が 2015 年に提示した、延床面積 10,000 m²程度の事務所建築物が ZEB Ready 基準を満たした場合のシミュレーション結果⁴³⁾から、照明消費エネルギーを参照し、その近似値をカタログ⁴⁴⁾から選定し、26.8W/台に設定した。コンセントの超省エネ型パラメータには、本研究室が有する建築物エネルギー消費量実測値を参照し、8W/m²に設定した。コンセント負荷は、オフィスの OA 機器の設置状況により左右される。また、一般的に照明とコンセントを分離せず一括軽量する機会が多い⁴⁵⁾ため、規模の変化で傾向を把握しづらい。そこで、比較的小さい値であると考えられる 2,000 m²程度の小規模事務所ビルの計測結果を利用した。

これらのモデル追加前後の、各月毎の推計可能範囲の変化を図 5-24 に示す。

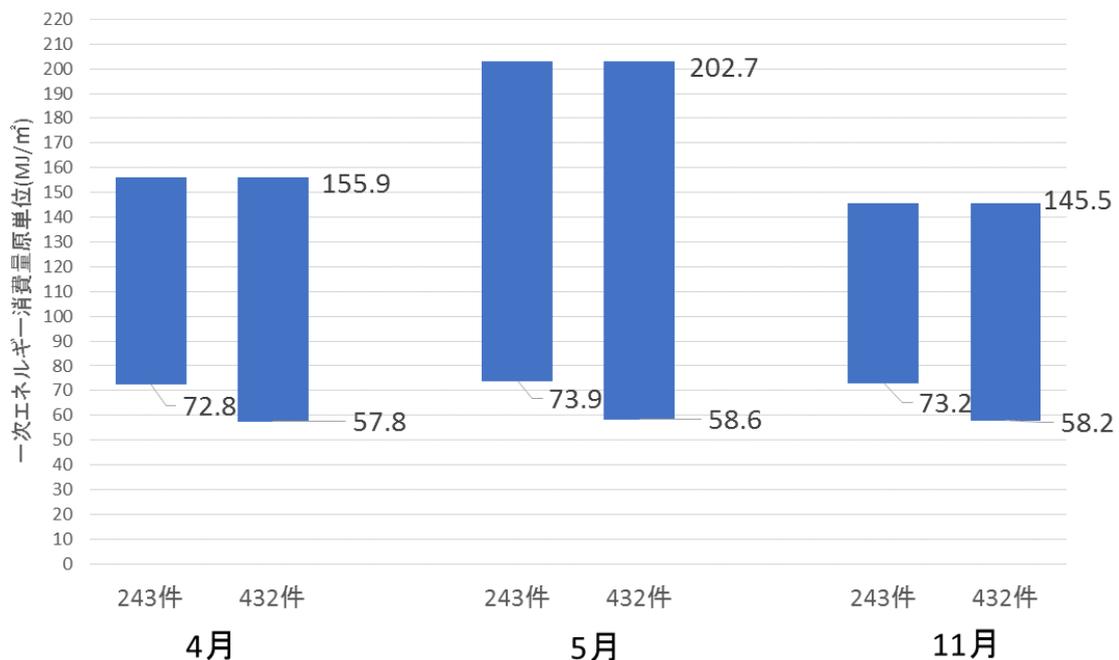


図 5-24 モデル数の変化による各月の推計可能範囲の変化

モデルの追加前後で、各月ともに推計可能範囲が 15MJ/m²程度拡大した。図 5-25 に新たに追加したモデルの 4 月における一次エネルギー消費量を示す。新たに追加したモデルをエネルギー消費量で降順に並び替えており、オレンジ色で示したモデルは、推計範囲の拡大に寄与したモデルである。縦軸は一次エネルギー消費量原単位(MJ/m²)である。新たに追加した 189 件中 26 件が推計可能範囲拡大に寄与しているが、図の青で示した 163 件のエネルギー消費量はモデル追加以前から推計可能範囲内である。これらのモデルの中には、例えば、照明消費電力が超省エネ型となっているのに対し、空調燃料消費量やコンセント消費電力がエネルギー多消費型となっているモデル等も含まれており、現実に即していないパラメータの組み合わせとなっている可能性がある。そこで、これらの新しいモデルを追加し、建築物 A ~G のエネルギー詳細消費量推計値を算出した。全ての建築物において、モデルの選択ミス

が生じ、243 件で推計した場合と比較して、推計精度が低下した。現実に即さないモデルが増加し、モデルの選択ミスが起こるケースが増加したと考えられる。これらのモデルを明確な基準をもって区分することは困難であるため、本研究では、推計可能範囲の拡大は行わず、図 5-23 で示した範囲を推計可能範囲とする。

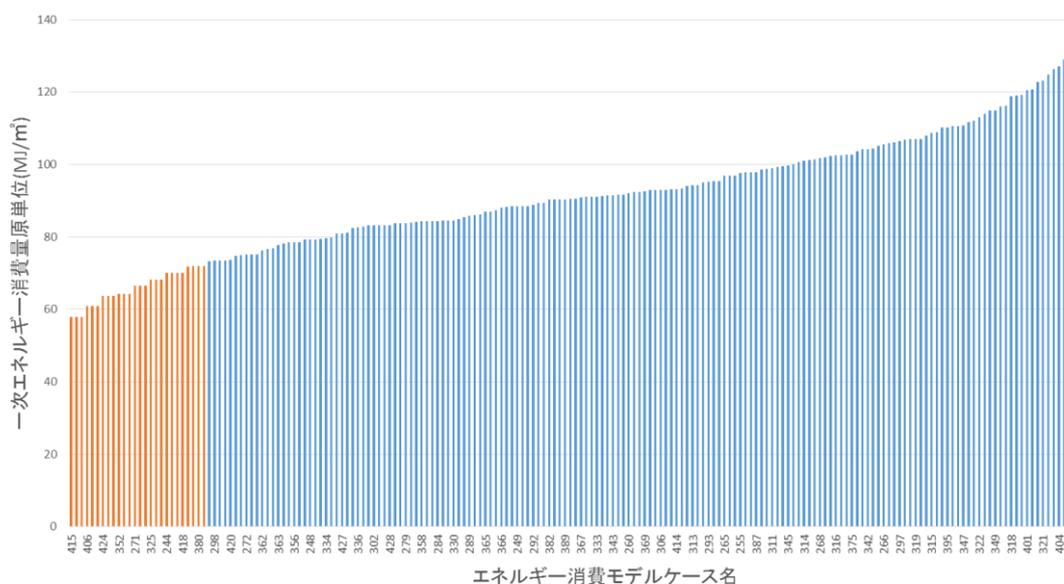


図 5-25 新たに追加したモデルの 4 月における一次エネルギー消費量原単位

また、建築物 D、F で起こったように、適切な近似モデルを選択できない可能性もある。本研究手法では、ベースエネルギーとなる月の一次エネルギー消費量から近似モデルの候補を 3 件に絞っている。そのため、モデルを限定できない場合には、モデルの選択ミスが起こる可能性がある。以下に一例として、建築物 H の推計結果を示す。建築物 H は東京都にある、延床面積 19,609 m²の事務所ビルである。DECC レベル 3 データには、2007 年度と 2010 年度の 2 カ年分のエネルギー詳細消費量が内包されているため、年度毎にエネルギー詳細消費量を推計した。2007 年度、2010 年度の秋季における実績値 V_M と推計値 V_E の比較結果を表 5-25 に示す。

表 5-25 建築物 H における 2007 年度と 2010 年度の推計結果比較

2007	絶対誤差		2007	相対誤差		2010	絶対誤差		2010	相対誤差	
	空調/ その他	照明/ コンセント		空調/ その他	照明/ コンセント		空調/ その他	照明/ コンセント		空調/ その他	照明/ コンセント
月	MJ/m ²	MJ/m ²	月	%	%	月	MJ/m ²	MJ/m ²	月	%	%
1	-2.3	2.3	1	-2.9	5.3	1	-32.0	32.0	1	-43.9	81.0
2	1.7	-1.7	2	2.0	-3.6	2	-31.8	31.8	2	-46.7	79.5
3	-2.3	2.3	3	-3.3	4.9	3	-42.0	42.0	3	-73.0	110.9
4	-1.4	1.4	4	-2.0	3.2	4	-28.6	28.6	4	-44.3	63.3
5	-4.8	4.8	5	-6.9	11.3	5	-32.9	32.9	5	-51.0	79.4
6	-4.2	4.2	6	-4.6	9.3	6	-34.0	34.0	6	-37.8	75.4
7	-6.0	6.0	7	-6.5	14.3	7	-30.3	30.3	7	-25.7	67.1
8	-2.5	2.5	8	-2.1	5.6	8	-32.0	32.0	8	-26.7	75.8
9	-6.6	6.6	9	-7.7	16.4	9	-29.6	29.6	9	-29.5	66.9
10	-0.8	0.8	10	-1.1	1.7	10	-34.1	34.1	10	-49.5	79.4
11	-1.5	1.5	11	-2.7	3.4	11	-31.3	31.3	11	-54.2	73.6
12	-2.5	2.5	12	-3.7	5.7	12	-31.1	31.1	12	-45.9	73.6
計	-33.2	33.2	計	-3.5	6.2	計	-389.8	389.8	計	-41.0	76.7

007 年度は、良好な結果が得られたが、2010 年度は推計値 V_E と実績値 V_M の間に大きな誤差が見られた。そこで、2 カ年分の実績値より、両者のエネルギー消費傾向を比較した。2007 年度と 2010 年度のエネルギー詳細消費量実績値を図 5-26 に示す。

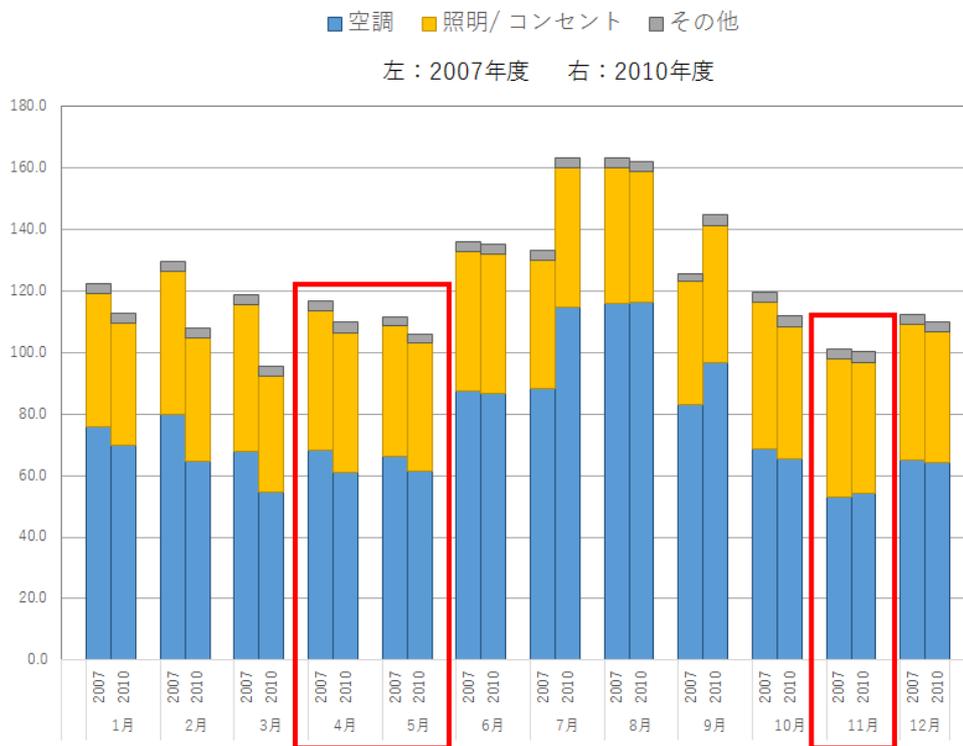


図 5-26 建築物 H における 2007 年度と 2010 年度の実績値 V_M の比較

冷房期、暖房期のエネルギー消費量に変化が見られるが、中間期のエネルギー消費量は 2 カ年でほぼ同一である(図の赤枠)。また、全ての月において、照明・コンセントのエネルギー消費量に大きな差はない。両者の日平均気温の月平均値を比較すると、2 月は 2007 年度が 5.5℃に対し、2010 年度は 7℃で 1.5℃の差がある。7 月は 2007 年度が 24.4℃に対し、2010 年度は 28℃で 3.6℃の差がある。つまり、両者のエネルギー消費量の差は、平均気温の変化による空調機器の使用時間や負荷の増減によるものが大きく、設備更新等の実施による基本負荷の変動は小さいと判断できる。

2007 年度、2010 年度のそれぞれの近似モデルとその変動パラメータを表 5-26 に示す。表では、便宜上、エネルギー少消費型を 1、エネルギー標準消費型を 2、エネルギー多消費型を 3 と表す。

表 5-26 建築物 G における 2007 年度と 2010 年度の選択モデル

年度	選択ケース	変動パラメータ				
		冷房暖房切り替え時期	照明消費電力	空調消費電力(燃料消費量)	コンセント消費電力	機器日間運転スケジュール
2007	case.136	3	1	1	1	1
2010	case.19	1	3	1	1	2

両者の変動パラメータは室外機消費電力とコンセント消費電力を除いて異なっており、2010年度でモデルの選択ミスが生じていると判断できる。そこで、243通りのモデルの内、照明消費電力、機器日間運転スケジュールのパラメータが2007年度のパラメータと同じとなるモデルに限定し、再度推計を行った。実績値 V_M と推計値 V_E の比較結果を表 5-27 に示す。モデルを限定する前と比較し、精度の向上がみられた。

表 5-27 建築物 G における 2010 年度の実績値 V_M と推計値 V_E の比較結果

月	絶対誤差		月	相対誤差	
	空調/ その他	照明/ コンセント		空調/ その他	照明/ コンセント
	MJ/m ²	MJ/m ²		%	%
1	-5.9	5.9	1	-8.2	15.0
2	-5.1	5.1	2	-7.4	12.7
3	-12.2	12.2	3	-21.1	32.1
4	-1.3	1.3	4	-2.0	2.9
5	-5.6	5.6	5	-8.7	13.6
6	-4.2	4.2	6	-4.7	9.4
7	-2.4	2.4	7	-2.1	5.4
8	-4.7	4.7	8	-3.9	11.1
9	-2.3	2.3	9	-2.3	5.1
10	-5.6	5.6	10	-8.2	13.1
11	-4.0	4.0	11	-6.9	9.4
12	-4.3	4.3	12	-6.4	10.2
計	-57.7	57.7	計	-6.1	11.3

これらの点を考慮し、本推計手法の留意点を以下に示す。

- A) 照明/コンセント用エネルギー消費量が月々で大きく変化する場合、年間を通して推計精度を担保できない。
- B) ベースエネルギーとなり得る中間期の月毎に推計可能範囲がある。
- C) モデルを限定できた場合、モデルの選択ミスを防ぐことができ、推計精度が向上する。ビルのオーナー等管理者であれば比較的容易に把握できる①照明消費電力(照明の種類)、②機器日間運転スケジュールの二項目を限定するための情報とする。

複数の留意点があるが、推計可能な建築物については、良好な精度で詳細消費量の推計が可能である。本推計手法を活用して、エネルギー消費量評価ツールを作成する。

6. エネルギー消費量評価ツールとしての活用

本章では 2.5 で概要を示したエネルギー消費量評価ツールについて述べる。

前述の推計手法を活用して、エネルギー消費量評価ツールを作成した。本ツールでは、月別エネルギー消費量データから、詳細消費量の推計及びハード面(空調機器と照明機器)/運用面(機器利用時間)の変更によって期待できる削減量の算出を行うことができる。変更に伴うエネルギー消費量削減量の算出には、推計時に利用した近似モデルとその他 243 件のエネルギー消費モデルを利用した。

6.1. エネルギー削減量の算出方法

エネルギー詳細消費量推計時に利用した近似モデルから、ハード面の変更、運用面の変更によって期待できる削減量を計算した。

6.1.1. ハード面の変更に伴うエネルギー削減量の算出

ハード面の変更には、空調熱源機器、照明機器の変更を想定した。

(ア) 空調熱源の変更

近似モデルの空調熱源のパラメータが標準エネルギー消費型、または多エネルギー消費型であった場合、空調熱源能力変更に伴うエネルギー削減量の算出が可能である。空調熱源以外の四項目を固定し、空調熱源能力のパラメータのみ変更したモデルを用意する。パラメータを変更したモデルの空調用エネルギー消費量と近似モデルのエネルギー消費量で削減率を算出する。算出した削減率を空調用エネルギー消費量推計値 E_{HVAC} に乗じ、削減後の空調用エネルギー消費量を算出する。

(イ) 照明の変更

近似モデルの照明消費電力のパラメータが標準エネルギー消費型、または多エネルギー消費型であった場合、照明変更に伴うエネルギー削減量の算出が可能である。近似モデルの変動パラメータのうち、照明消費電力以外の四項目を固定し、照明消費電力のパラメータのみ変更したモデルを用意する。用意したモデルの照明用エネルギー消費量を照明機器変更後のエネルギー消費量とし、エネルギー削減量と削減率を算出する。

6.1.2. 運用面の変更に伴うエネルギー削減量の算出

運用面の変更として、1 日あたりの運転時間変更を想定した。エネルギー消費モデルを分析し、空調、照明、コンセントのそれぞれのパラメータにおける 1 時間当たりのエネルギー消費量を算出した。1 時間当たりの使用量を $C(\text{MJ}/\text{m}^2)$ 、1 日当たり X 時間の削減をしたとすると、削減量 V はそれらの乗数にビルの営業日数 D を乗じた値となる求めた V を推計値 E から差し引き、削減後のエネルギー消費量を算出する。

ビルの営業日数は週 5 日制として、2018 年のカレンダーより月毎に設定した。1 月 1 日～3 日、8 月 13 日～15 日、12 月 29 日～31 日は休日と設定し、祝日も休日と設定した。表 6-1

にビルの営業日数 D を示す。

表 6-1 月毎の営業日数

月	営業日数
1月	19日
2月	20日
3月	22日
4月	20日
5月	20日
6月	22日
7月	20日
8月	20日
9月	20日
10月	21日
11月	20日
12月	20日

それぞれの1時間当たりのエネルギー消費量は以下の通りである。

(ア) 空調用エネルギー

空調のエネルギー消費電力は、空調能力だけでなく、照明やコンセント等の内部発熱量や外気温の影響を受ける。そこで空調熱源能力、照明消費電力、コンセント消費電力を変更した27パターンで、各月15日(休日の場合は12日)の15時~16時の1時間当たりの空調用エネルギー消費量を月別で算出した。パターン別1時間当たりの空調用エネルギー消費量一覧を表6-2に示す。計算時は、近似モデルの変動パラメータの組み合わせで、1時間当たりの空調用エネルギー消費量パターンを以下から選択する。

表 6-2 1時間当たりの月別空調用エネルギー消費量一覧

[単位: MJ/m²]

	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	0.163419	0.164063	0.163419	0.069426	0.070766	0.070278	0.182344	0.32651	0.245972	0.07012	0.069426	0.163844
2	0.163419	0.164084	0.09041	0.069426	0.070781	0.070295	0.194017	0.321534	0.256974	0.070121	0.069426	0.163844
3	0.163419	0.16404	0.085399	0.069426	0.070795	0.070494	0.207641	0.317096	0.269447	0.070054	0.069426	0.163865
4	0.173982	0.174626	0.173982	0.069426	0.070766	0.070278	0.20164	0.419582	0.296811	0.07012	0.069426	0.174407
5	0.173982	0.174648	0.09041	0.069426	0.070781	0.070295	0.21926	0.411984	0.313398	0.070121	0.069426	0.174407
6	0.173982	0.174604	0.085399	0.069426	0.070795	0.070494	0.239937	0.405207	0.332153	0.070054	0.069426	0.174429
7	0.186658	0.187303	0.186658	0.069426	0.070766	0.070278	0.230232	0.559594	0.372108	0.07012	0.069426	0.187084
8	0.186658	0.187324	0.09041	0.069426	0.070781	0.070295	0.256788	0.548005	0.396997	0.070121	0.069426	0.187084
9	0.186658	0.18728	0.085399	0.069426	0.070795	0.070494	0.287649	0.537668	0.425102	0.070054	0.069426	0.187105
10	0.163419	0.16393	0.085399	0.069426	0.070993	0.070721	0.206506	0.317333	0.268131	0.070281	0.069426	0.163525
11	0.163419	0.163801	0.085399	0.069426	0.07101	0.070712	0.217879	0.314606	0.281713	0.070289	0.069426	0.091747
12	0.163419	0.163931	0.084773	0.069426	0.071025	0.070725	0.230718	0.315326	0.293117	0.070259	0.069426	0.087904
13	0.173982	0.174494	0.085399	0.069426	0.070993	0.070721	0.237989	0.40555	0.330096	0.070281	0.069426	0.174089
14	0.173982	0.174365	0.085399	0.069426	0.07101	0.070712	0.255198	0.401374	0.35057	0.070289	0.069426	0.091747
15	0.173982	0.174494	0.084773	0.069426	0.071025	0.070725	0.274493	0.398451	0.367676	0.070259	0.069426	0.087904
16	0.186658	0.18717	0.085399	0.069426	0.070993	0.070721	0.284864	0.538172	0.421897	0.070281	0.069426	0.186765
17	0.186658	0.187041	0.085399	0.069426	0.07101	0.070712	0.310685	0.531793	0.452608	0.070289	0.069426	0.091747
18	0.186658	0.18717	0.084773	0.069426	0.071025	0.070725	0.339715	0.523332	0.478253	0.070259	0.069426	0.087904
19	0.163419	0.163846	0.085399	0.069426	0.071094	0.070805	0.215686	0.314394	0.278634	0.070322	0.069426	0.097642
20	0.163419	0.163808	0.084773	0.069426	0.071112	0.070796	0.227542	0.317114	0.291469	0.070498	0.069426	0.087278
21	0.163419	0.103926	0.084146	0.069426	0.071237	0.070809	0.239725	0.312972	0.316816	0.070398	0.069426	0.085399
22	0.173982	0.17441	0.085399	0.069426	0.071094	0.070805	0.251836	0.40104	0.345902	0.070322	0.069426	0.098522
23	0.173982	0.174371	0.084773	0.069426	0.071112	0.070796	0.269739	0.401163	0.365245	0.070498	0.069426	0.087278
24	0.173982	0.105687	0.084146	0.069426	0.071237	0.070809	0.288256	0.394738	0.403575	0.070398	0.069426	0.085399
25	0.186658	0.187086	0.085399	0.069426	0.071094	0.070805	0.305486	0.531275	0.445539	0.070322	0.069426	0.099579
26	0.186658	0.187047	0.084773	0.069426	0.071112	0.070796	0.332454	0.527446	0.474577	0.070498	0.069426	0.087278
27	0.186658	0.107799	0.084146	0.069426	0.071237	0.070809	0.360245	0.51755	0.532352	0.070398	0.069426	0.085399

(イ) 照明・コンセント用エネルギー

照明、コンセント用のエネルギー消費量はそれぞれの消費電力で決定され、その他の要因から影響はない。そこで照明、コンセントの1時間辺りのエネルギー消費量は3パターンずつとなった。表 6-3 にそれぞれのパターン別各 15 時～16 時の1時間当たりのエネルギー消費量一覧を示す。計算時は、近似モデルの変動パラメータより1時間当たりのそれぞれのエネルギー消費量パターンを以下から選択する。

表 6-3 1時間当たりのパターン別照明・コンセント用エネルギー消費量一覧

	照明	コンセント
少消費型(MJ/m ²)	0.067	0.043
標準消費型(MJ/m ²)	0.118	0.057
多消費型(MJ/m ²)	0.139	0.072

6.2. エネルギー消費量評価ツールの作成

上記の方法でハード面及び運用面の変更によるエネルギー削減量を算出するツールを作成した。本ツールはエクセルで作成しており、「入力用」シート、「推計結果と近似モデルの相関関係」シート、「削減ポテンシャル評価」シート、「モデルと比較した月別エネルギー消費量分布図」シート、その他計算用シートで構成される。

「入力用」に月別の一次エネルギー消費量を入力すると、「推計結果と近似モデルの相関関係」に詳細消費量推計値、近似モデルの相関関係、近似モデルのケース名とパラメータの組み合わせが表示される。「削減ポテンシャル評価」で、近似モデルからパラメータを変更し、1日当たりの運転削減時間を選択すると、選択に合わせて削減後エネルギー消費量見込みや削減量、削減率が計算される。「モデルと比較したエネルギー消費量分布図」では、243件のモデルと推計値を比較した月別一次エネルギー量の分布が表示され、対象建築物のエネルギー消費レベルが一目で分かる。また、エネルギー消費モデルを限定するためのマクロが組み込まれており、ユーザーが照明消費電力や機器日間運転スケジュールの情報を基にモデルを限定する際に利用できる。図 6-1～図 6-3 はそれぞれのシートのイメージ図である。入力用シートは割愛した。

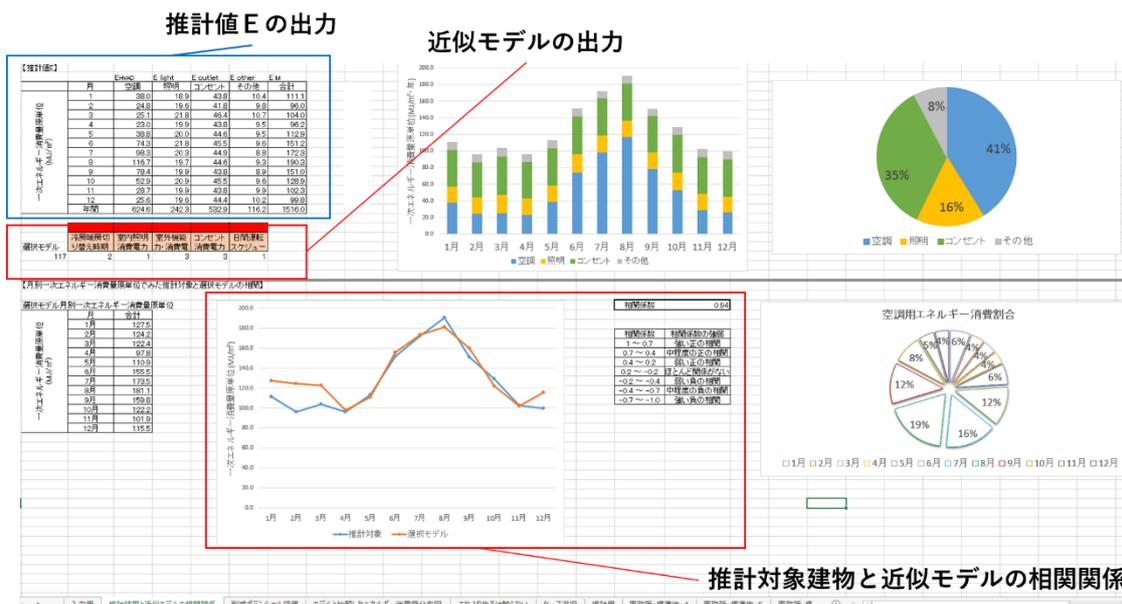


図 6-1 シート「推計結果と近似モデルの相関関係」

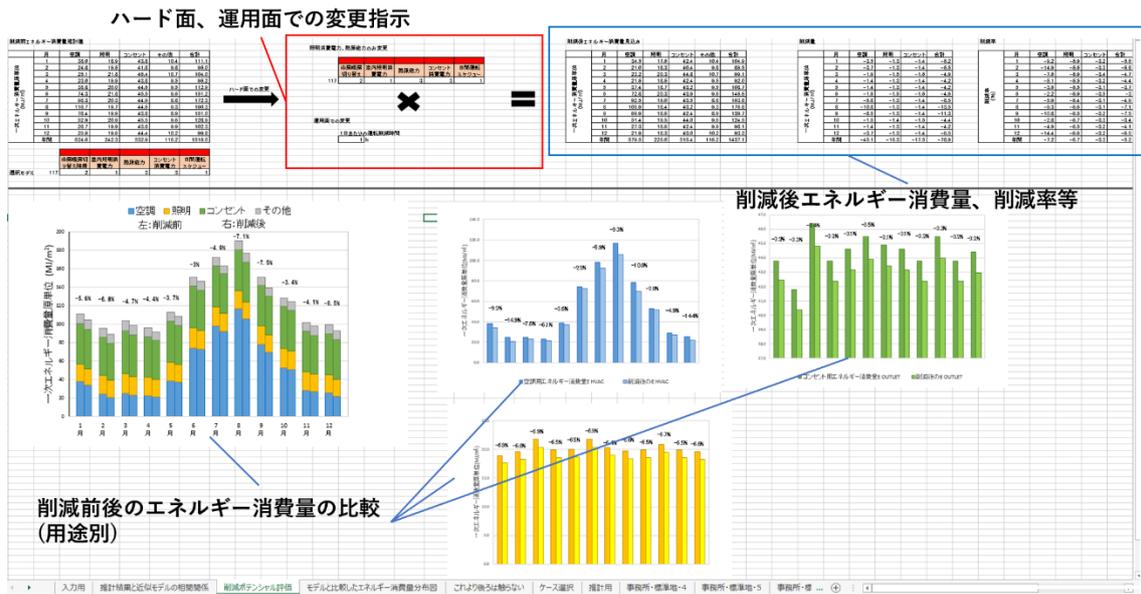


図 6-2 シート「削減ポテンシャル評価」

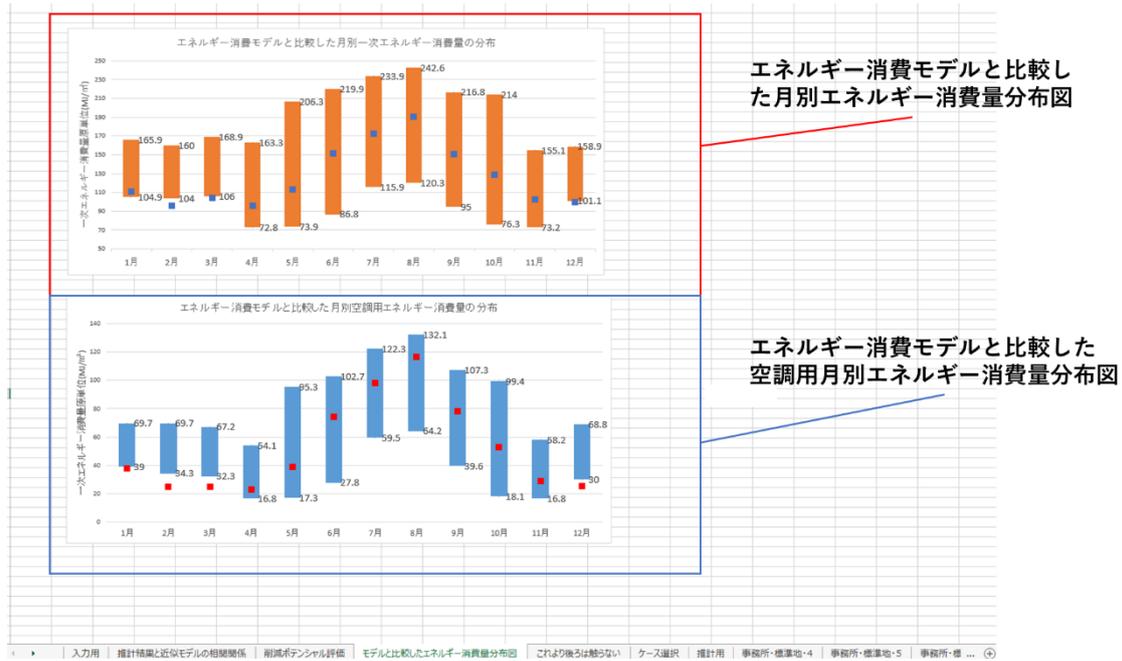


図 6-3 シート「モデルと比較したエネルギー消費分布図」

6.3. 本ツールの評価

本ツールを実際利用し、エネルギーポテンシャル算出およびエネルギー消費傾向の分析をした。例として、建築物 B の削減ポテンシャルを算出した。に建築物 B のエネルギー詳細消費量推計値 E を示す。

表 6-4 建築物 B の詳細消費量推計値

	月	空調	照明	コンセント	その他	合計
一次エネルギー消費量原単位 (MJ/m ²)	1	56.5	38.0	26.6	10.4	131.5
	2	56.9	39.1	25.4	9.8	131.2
	3	27.1	43.6	28.2	10.7	109.6
	4	22.8	39.9	26.6	9.5	98.8
	5	52.1	40.0	27.1	9.5	128.7
	6	75.3	43.6	27.6	9.6	156.1
	7	97.7	40.7	27.3	8.8	174.5
	8	124.9	39.6	27.1	9.3	200.9
	9	100.0	39.9	26.6	8.9	175.4
	10	60.8	41.8	27.7	9.6	139.9
	11	25.8	39.9	26.6	9.9	102.2
	12	41.5	39.2	27.0	10.2	117.9
	年間	741.3	485.3	323.8	116.2	1666.6

図 6-4 に case133 と建築物 B の相関関係を示す。建築物 B の近似モデルは case133 で、相関係数は 0.96 となった。相関係数 0.7 以上で強い正の相関関係があり、建築物 B と case133 は非常に強い相関関係があると判断できる。また、表 6-5 には case133 の変動パラメータの組み合わせを示した。表では、便宜上、エネルギー少消費型を 1、エネルギー標準消費型を 2、エネルギー多消費型を 3 と表す。ハード面では、照明、空調熱源ともに削減の余地があると判断できる。

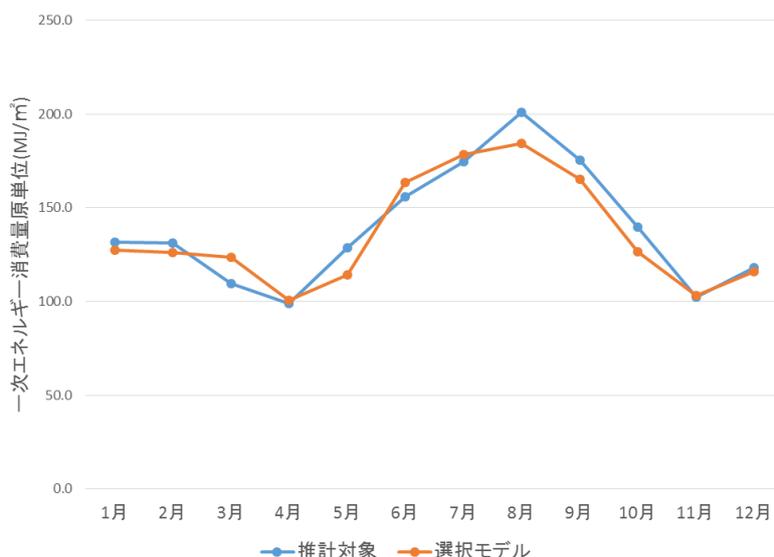


図 6-4 建築物 B と近似モデル case133 の相関関係

表 6-5 近似モデル case133 の変動パラメータ組み合わせ

近似モデル	冷房暖房切り替え時期	室内照明消費電力	空調熱源能力	コンセント消費電力	日間運転スケジュール
133	2	3	3	1	1

図 6-5、図 6-6 にモデルと比較した月別エネルギー消費量の分布を示す。図 6-5 は、建築物 B で消費した全体のエネルギー消費量が 243 件のモデルと比較して、どのレベルの値であるかを示す。図 6-6 は、建築物 B の空調用エネルギー消費量推計値 E がモデルと比較してどのレベルの値であるかを示す。モデルと比較して、特に中間期においてエネルギー消費量を少なく抑えていることが分かる。それに対して、夏季のエネルギー消費量は大きく、ハード面・運用面で改善の余地がある。

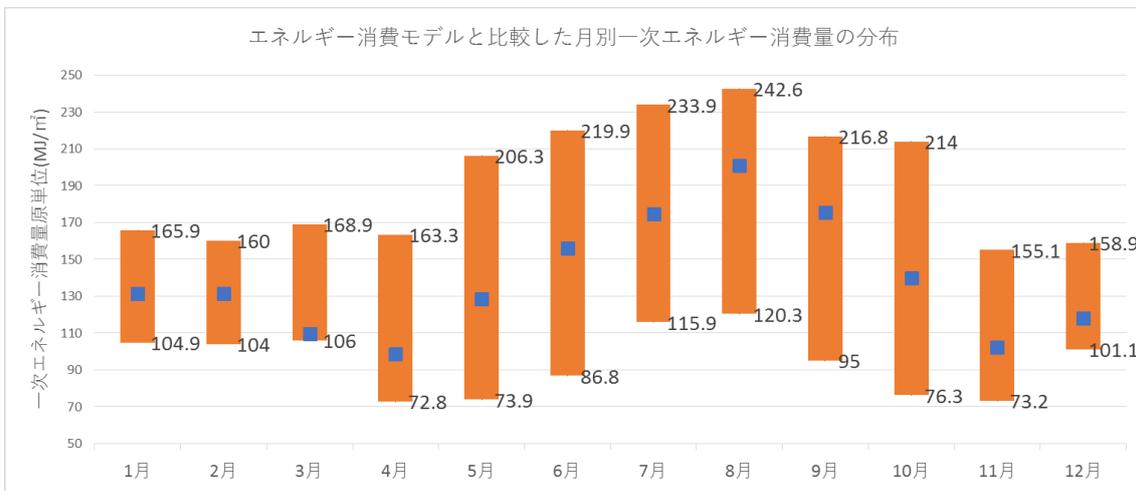


図 6-5 建築物 B のエネルギー消費量分布図

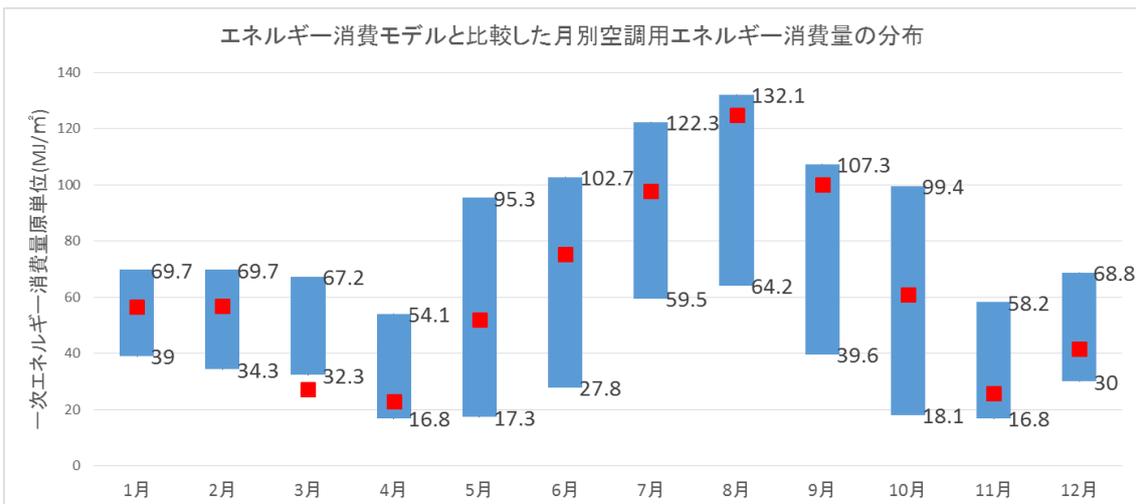


図 6-6 建築物 B の空調用エネルギー消費量推計値の分布図

これらの結果を考慮し、近似モデルの変動パラメータを変更し、エネルギー削減量を算出した。照明消費電力、空調熱源能力ともに標準エネルギー消費型に変更し、1日あたりの運

用時間を 1.5 時間削減した場合の変更後のエネルギー消費量、変更に伴うエネルギー消費量削減量と削減率、変更前後のエネルギー消費量の比較を表 6-6 変更後のエネルギー詳細消費量～表 6-8、図 6-7～図 6-10 に示す。

表 6-6 変更後のエネルギー詳細消費量

	月	空調	照明	コンセント	その他	合計
一次エネルギー消費量原単位 (MJ/m ²)	1	48.9	29.1	25.4	10.4	113.8
	2	48.7	30.0	24.1	9.8	112.6
	3	24.5	33.4	26.8	10.7	95.4
	4	20.4	30.7	25.3	9.5	85.8
	5	41.9	30.7	25.8	9.5	107.9
	6	56.2	33.4	26.2	9.6	125.4
	7	67.2	31.3	26.0	8.8	133.3
	8	83.0	30.4	25.8	9.3	148.5
	9	66.7	30.7	25.3	8.9	131.6
	10	47.7	32.0	26.4	9.6	115.6
	11	23.9	30.7	25.3	9.9	89.8
	12	36.5	30.0	25.7	10.2	102.4
	年間	565.6	372.1	308.1	116.2	1362.0

表 6-7 変更に伴うエネルギー消費量削減量

	月	空調	照明	コンセント	合計
一次エネルギー消費量原単位 (MJ/m ²)	1	-7.7	-8.9	-1.2	-17.7
	2	-8.2	-9.1	-1.3	-18.6
	3	-2.6	-10.2	-1.4	-14.2
	4	-2.5	-9.2	-1.3	-13.0
	5	-10.2	-9.3	-1.3	-20.8
	6	-19.1	-10.2	-1.4	-30.7
	7	-30.5	-9.4	-1.3	-41.2
	8	-41.9	-9.2	-1.3	-52.4
	9	-33.3	-9.2	-1.3	-43.8
	10	-13.1	-9.8	-1.4	-24.2
	11	-1.9	-9.2	-1.3	-12.4
	12	-5.0	-9.2	-1.3	-15.5
	年間	-175.7	-113.2	-15.7	-304.6

表 6-8 変更に伴うエネルギー消費量削減率

削減率 (%)	月	空調	照明	コンセント	合計
	1	-13.6	-23.4	-4.5	-13.5
	2	-14.4	-23.3	-5.1	-14.2
	3	-9.6	-23.4	-5	-13
	4	-11	-23.1	-4.9	-13.2
	5	-19.6	-23.3	-4.8	-16.2
	6	-25.4	-23.4	-5.1	-19.7
	7	-31.2	-23.1	-4.8	-23.6
	8	-33.5	-23.2	-4.8	-26.1
	9	-33.3	-23.1	-4.9	-25
	10	-21.6	-23.4	-5.1	-17.3
	11	-7.4	-23.1	-4.9	-12.1
	12	-12	-23.5	-4.8	-13.1
	年間	-23.7	-23.3	-4.8	-18.3

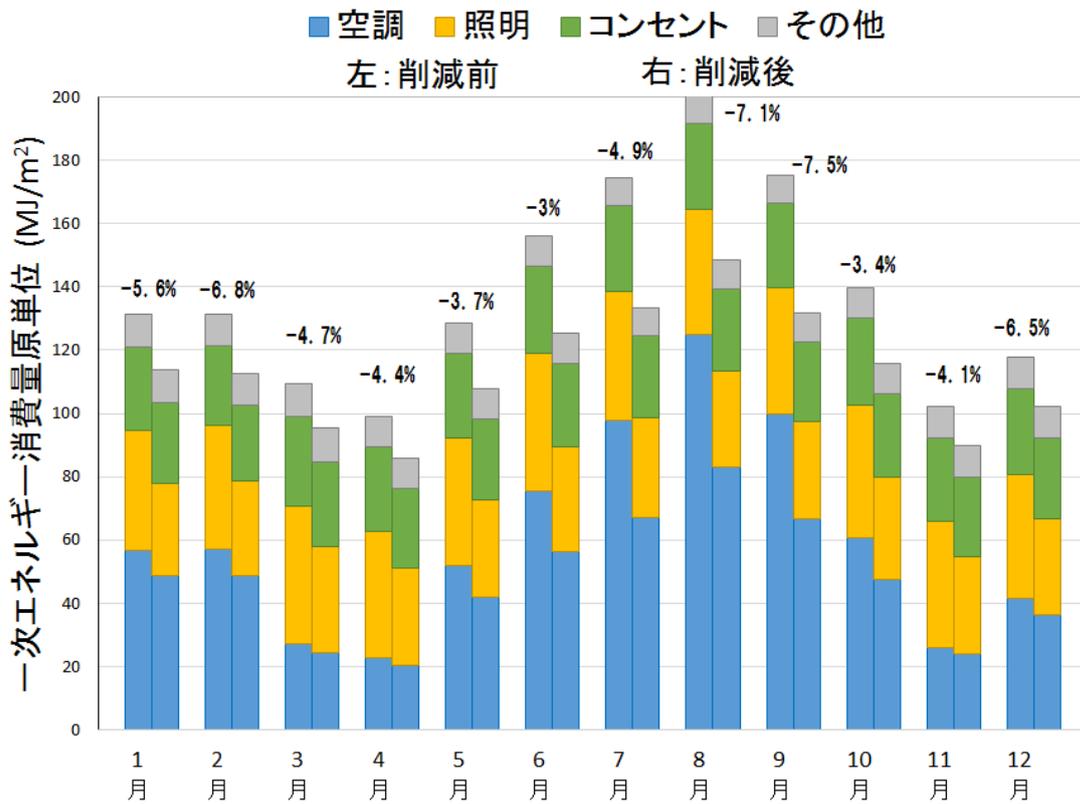


図 6-7 建築物 B における削減前後のエネルギー詳細消費量比較

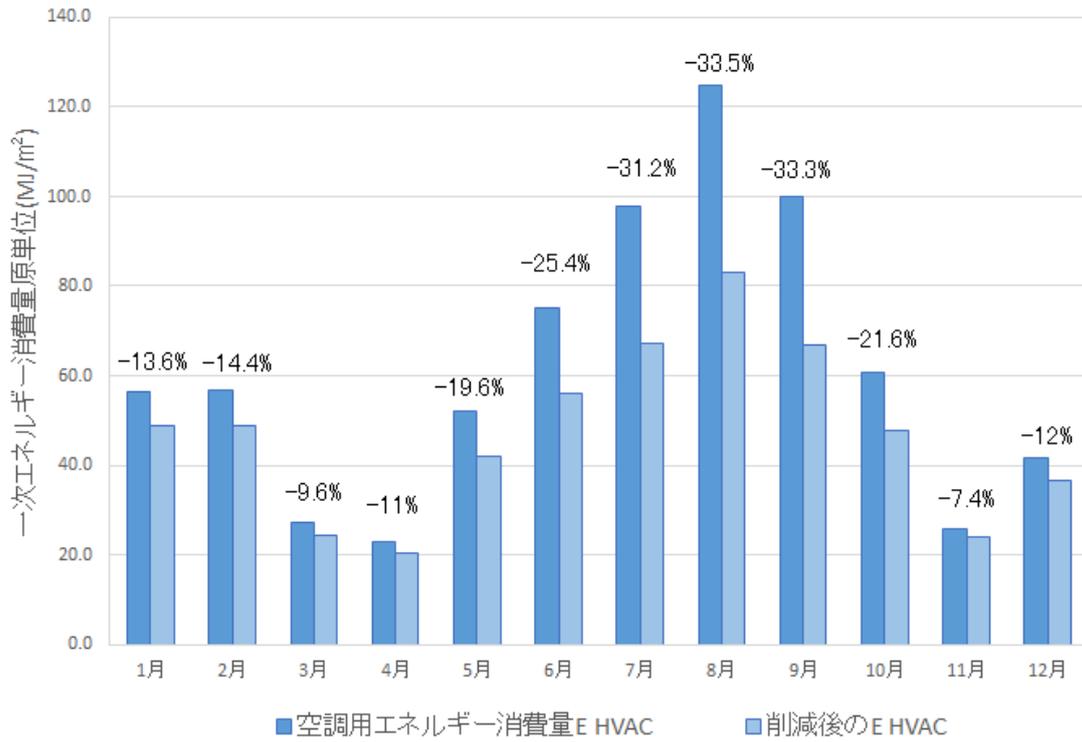


図 6-8 建築物 B における削減前後の空調用エネルギー消費量比較

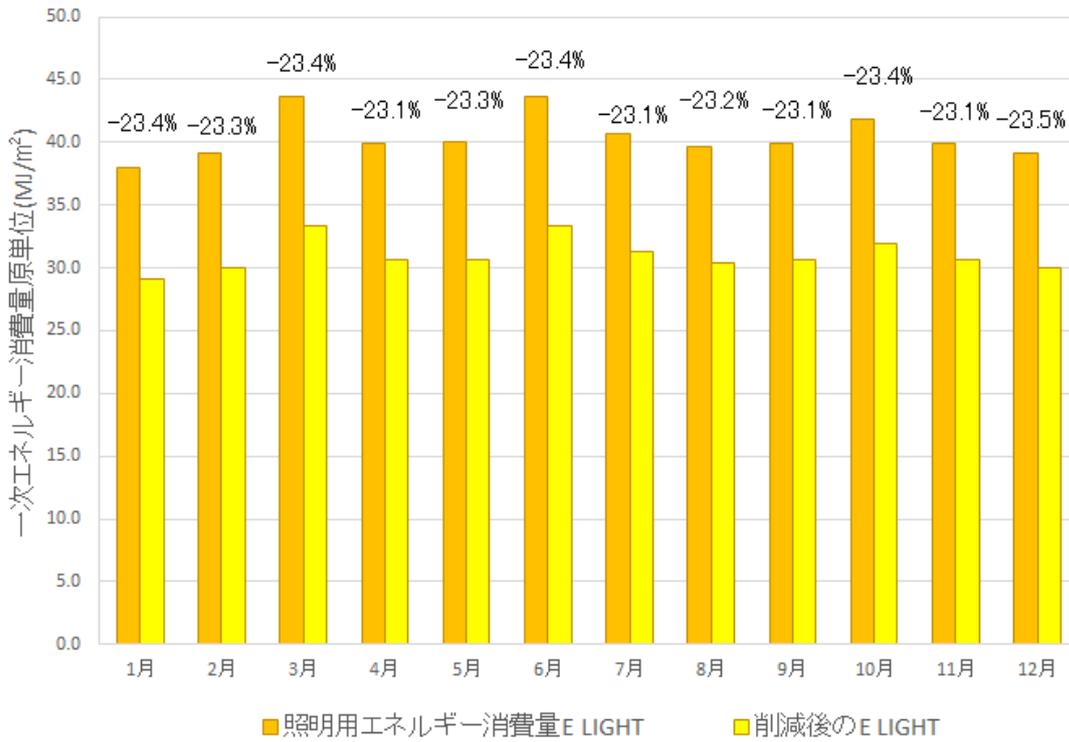


図 6-9 建築物 B における削減前後の照明用エネルギー消費量比較

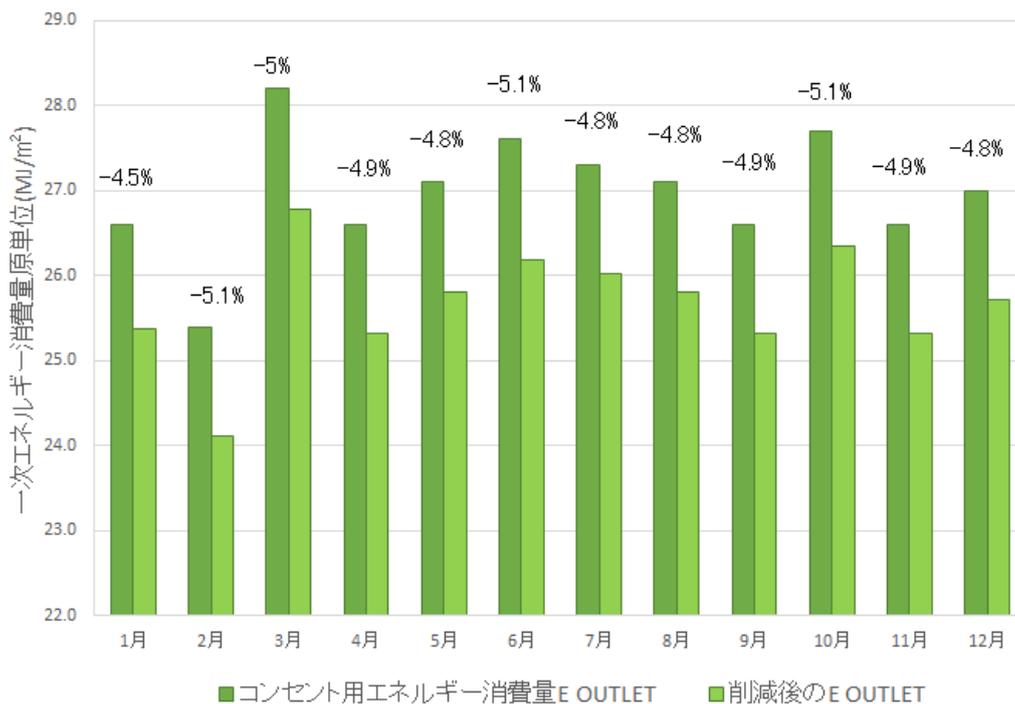


図 6-10 建築物 Bにおける削減前後のコンセント用エネルギー消費量比較

各分野において、エネルギー消費量の削減が期待できる。空調用エネルギーと照明用エネルギーに関しては、機器の変更を伴うのでより期待できる削減量が大きくなった。空調の夏季における削減率が大きく、7月～9月でいずれも $30\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ 以上、変更前と比較した相対値では 30%以上の削減が期待できる。照明用のエネルギー消費量は年間を通して約 $10\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ の削減、相対値では約 20%の削減が期待できる。事務所ビルに関するコンセントは OA 機器の利用率が大きく、ハード面での削減が難しいため、コンセント用消費電力(W/m^2)の変更は想定していない。しかし、運用面での削減は期待でき、使用量を 1 日当たり 1.5h 減らすと、月々約 5%のエネルギー消費量削減が期待できる。

上記の計算条件は簡単に変更でき、条件を変更するごとに削減量や削減率を算出できる。ユーザーの入力負荷は、月別のエネルギー消費量入力のみであり、その他のエネルギー消費量推計ツールと比較すると、ユーザーの入力負荷は相当に軽減される。例えば、本研究のエネルギー消費モデル作成に用いた BEST は、図面や躯体情報、空調、換気、電気、給湯設備、運転スケジュール等約 50 項目程度の入力項目がある。これらの項目を詳細に入力することで、高精度なシミュレーションが可能であるが、ユーザーの入力負荷は大きい。事務所業のベンチマーク指標として検討されている ECTT においても同様であることから、本ツールの実用性は高いと考える。しかし、本ツールの利用は、本研究で与えたエネルギー消費モデルのカテゴリー内でのみ算定が可能であり、その汎用性は限定的である。カテゴリー毎のエネルギー消費モデルを作成する必要があり、それには様々な建築物に関する基礎データが必須である。一方、BEST は入力内容の変更によって様々なタイプの建築物の詳細消費量を推計でき、利用可能範囲にほぼ制限がない。

7. 総括

本研究では、高精度、かつ入力負荷の少ないエネルギー消費量推計手法の提案および本手法を用いたエネルギー消費量評価ツールの構築を行った。また、推計に際して、様々なエネルギー消費パターンを持つ消費モデルを作成した。

7.1. エネルギー消費モデルの評価

標準地域におけるガス空調・10,000 m²程度・事務用途の建築物について、実績データならびに DECC レベル 1 データを元に、標準的な建築物のエネルギー消費モデルを作成した。モデルは 7 階建ての延床面積 10223.9 m²を想定した。断熱材には押出法ポリスチレン 1 種を使用し、厚さは外壁用途で 25mm、屋根用途で 50mm とした。窓は単板ガラスによる透明フロートタイプの 8mm とし、窓面積率は 40%程度とした。これらの値は宅健や BEST*PAL に用いられる値を参照し設定した。空調機はリファレンスデータの値を基準とし、経年劣化を考慮して冷房 cop0.85、暖房 cop0.73 とした。冷暖房期間は、5/25～10/25 を冷房期間、11/20～4/15 を暖房期間とした。照明は HF 蛍光灯を利用し、1 台当たりの消費電力は 68W とした。コンセントの消費電力は宅健を参照し、16W/m²とした。空調の運転スケジュールは 7 時～20 時、照明のスケジュールは 8 時～20 時、コンセントのスケジュールは 9 時～20 時とした。非空調室における換気はシロッコファン片吸い込みとした。昇降機は積載重力 800kg を 4 台設置した。給湯器は一管式個別給湯とした。非空調室の換気、昇降機、給湯器は BEST のデフォルト値を採用した。以上のような建築物を、カテゴリーを代表する標準的な建築物とし、ベースモデルを作成した。

上記の値を「エネルギー標準消費型」のパラメータとし、空調熱源能力、冷暖房期間、照明消費電力、コンセント消費電力、機器日間運転スケジュールの 5 つにそれぞれ「エネルギー少消費型」、「エネルギー多消費型」の値を与え、三段階のパラメータを設定した。リファレンスデータの値を基準にエネルギー少消費型の冷房用 cop を 1.27、暖房用 cop を 0.86 とした。多消費型は他二段階間の変化率と同様の変化率を与え、冷房 cop0.57、暖房 cop0.62 とした。エネルギー少消費型の冷暖房期間は標準消費型を基準に 2 ヶ月程度短縮し、冷房 6/25～9/15、暖房 12/01～03/31 とした。エネルギー多消費型は年間を通して冷房または暖房を使うよう設定し、冷房 4/25～10/31、暖房 11/01～04/24 とした。照明の消費電力はエネルギー少消費型、多消費型でそれぞれ LED、FLR を設定し、1 台当たりの消費電力はそれぞれ 38.5kW、80kW とした。コンセント消費電力は、エネルギー少消費型を 12W/m²、エネルギー多消費型を 20W/m²とした。機器日間運転スケジュールは、エネルギー標準消費型を基準に朝夜 1 時間ずつ短くしたスケジュールをエネルギー少消費型、朝夜 1 時間ずつ長くしたスケジュールをエネルギー多消費型として設定した。これらの三段階のパラメータを組み合わせ、多様なパターンのエネルギー消費モデルを作成した。

7.2. エネルギー詳細消費量推計手法の評価

月別のエネルギー消費量データから、エネルギー詳細消費量を推計する手法を提案した。243 通りのエネルギー消費モデルから推計対象建築物のエネルギー消費量・消費パターンが

最も近似するモデルを選択し、そのモデルのエネルギー消費量から、対象のエネルギー詳細消費量を推計する。

実績データを用いた精度検証を行った結果、複数の留意点はあるものの、精度良く推計が可能であった。7件中5件で年間の相対誤差が10%以下となり、月毎でも良好な結果が得られた。近似モデルの同定時に、候補モデルを限定できれば、高い推計精度を担保できる。限定に必要な情報は照明の種類やビルの運転スケジュールであり、ビルのオーナー等建築物の管理者であれば、容易に入手可能である。

しかし、照明/コンセント用エネルギー消費量が月々で大きく変化した場合や、対象建築物の中間期のエネルギー消費量がモデルと比較して大きな差異がある場合は、推計不可能となる。精度検証で用いた建築物の実績データは照明とコンセントの電力消費量が一括で計測されていたため、それぞれの項目毎の検証は不可であった。また、実績データのその他においても『動力』として、室内機等の消費電力がまとめられたと推測できるデータもあり、空調/その他として検証したデータも多い。それぞれの用途別に分類されたエネルギー消費量を用いて、更なる精度検証の必要がある。

7.3. エネルギー消費量評価ツールの評価

本研究で提案した推計手法を活用したエネルギー消費量評価ツールを作成した。月別のエネルギー消費量データから詳細消費量の推計、およびハード面・運用面の変更に伴い期待できるエネルギー削減量の算出が可能である。243件のモデルを分析し、ハード面・運用面の変更に伴う削減係数を算出した。ユーザーは近似モデルのパラメータを基準とし、空調および照明機器の変更や機器の運転時間の変更を自由に選択できる。選択された条件に合わせて削減係数が自動で決定され、エネルギー削減量や削減率が計算される。条件変更に伴うエネルギー削減量や削減率は空調、照明、コンセントの用途別に表示され、用途別に期待できる削減量が一目で分かるようになっている。

本ツールの特徴は、ユーザーの入力負荷を非常に小さく収めたことである。ユーザーは月別のエネルギー消費量の入力のみで詳細消費量や期待できるエネルギー削減量を得ることができる。BESTやECTTなどのエネルギー消費量評価ツールは、一般ユーザー目線では入力負荷が膨大で、かつそれらの情報の入手が困難である。入力負荷を最小限に収めた本ツールは、ユーザー目線では非常に実用性が高いものとなった。しかし、本ツールの詳細消費量推計および削減量の評価はあらかじめ用意した243件のエネルギー消費モデルに依存する。カテゴリー別にエネルギー消費モデルを作成する必要があり、カテゴリー外の建築物に対しては、推計および削減量の評価が不可能である。また、カテゴリーを拡充するには、毎に詳細な建築情報や、標準的なエネルギー消費量といったデータが不可欠である。本研究のカテゴリーは標準地域の事務所ビルであり、そのデータストックは大きい。しかし、例えば小規模の業務用建築物の様なデータストックが小さい建築物に対しての拡充が困難である。

7.4. 今後の課題

本研究で提案したエネルギー詳細消費量推計手法は、カテゴリー内の建築物に対しては良好な精度で推計が可能である。しかし、本研究では DECC に内包されたデータのみで精度検証を行っており、追加の検証作業が必要である。特に照明/コンセント用エネルギー消費量が分離したデータでの検証は必須である。

また、本手法を活用したエネルギー消費量評価ツールは、ユーザーの入力負荷の低減に大きく寄与することが期待できる。今後は対象カテゴリーを、地域や建築物用途、建築物の規模、主要熱源別で拡充し、様々な条件において利用できるツールとする必要がある。そのため、各カテゴリーに対する実測調査や、BEMS のデータの収集などを行い、ツール拡充に向けた基礎データの確保が不可欠である。

本ツールのユーザーインターフェースの充実も課題である。本ツールはエクセルで作成されており、入力用シートと各種の計算結果が別々となっており、改善の余地があると考えられる。

謝辞

本研究の遂行にあたり、東京海洋大学 亀谷茂樹教授には、研究の着手から本論文の完成に至るまで丁寧なご指導、ご鞭撻を賜りました。ここに謹んで御礼申し上げます。

戸田勝善准教授、上野公彦准教授には本研究に関して貴重なご意見を頂戴いたしました。厚く御礼申し上げます。

非住宅健建築物環境関連データベース検討委員会の皆様、東京ガス株式会社 今成岳人氏には本研究に関する貴重なご意見やデータを賜りました。謹んで御礼申し上げます。

最後に、システム創成学研究室の学生皆様に、重ねて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 気候変動 2013 : 自然科学的根拠 気候変動に関する政府間パネル第 5 次評価報告書(IPCC 第 5 次報告書) 第 1 作業部会報告書 政策決定者向け要約
気象庁 2015 年 1 月
- 2) パリ協定の概要(仮訳)
環境省 2015 年
- 3) パリ協定を踏まえた地球温暖化対策の取組方針について
地球温暖化対策推進本部 2015 年 12 月
- 4) 平成 26 年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書 2015)
経済産業省 2015 年
- 5) 気候変動 2007 : 統合報告書(IPCC 第 4 次報告書) 政策決定者向け要約
気象庁 2007 年
- 6) 長期エネルギー需給見通し
経済産業省 2015 年 7 月
- 7) エネルギー革新戦略
経済産業省 2016 年 4 月
- 8) トップランナー制度 世界最高の省エネルギー機器等の創出に向けて
経済産業省 資源エネルギー庁 2015 年 3 月
- 9) 業務部門におけるベンチマーク制度の創設について
資源エネルギー庁 2016 年 2 月
- 10) ベンチマーク制度の概要について
資源エネルギー庁 省エネルギー課 2016 年 11 月
- 11) 貸事務所業におけるベンチマーク制度の検討状況
一般社団法人 日本ビルディング協会連合会 2017 年 1 月
- 12) 平成 20 年度法人建築物調査
国土交通省 2008 年
- 13) 続・中小ビルの経営者ができる地球温暖化防止対策 2010 年版
一般社団法人 日本ビルディング協会連合会 2010 年
- 14) 建築物のエネルギー性能に関する EU の指令
国立国会図書館及び立法考査局 2010 年
- 15) 諸外国における住宅・建築物の省エネルギー規制の動向に関する研究
水石仁、伊香賀俊治、村上周三、田辺新一
日本建築学会技術報告第 19 巻 第 41 号 225-230 2013 年 2 月
- 16) ZEB を巡る国際動向
経済産業省 2013 年 1 月
- 17) NTT ファシリティーズ総研レポート 中国の省エネルギー動向
NTT ファシリティーズ総研 2014 年 6 月

- 18) 住宅・建築物の省エネ基準適合義務化に係る調査報告書
野村総合研究所 2012年
- 19) 非住宅建築物の環境関連データベース
一般財団法人 日本サステナブル建築協会
<http://www.jsbc.or.jp/decc/index.html>
- 20) 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
(第3報) 非住宅建築物の環境関連データベースの全体概要と全国解析
高口洋人、村上周三、坊垣和明、亀谷茂樹、伊香賀俊治、坂本雄三、松縄堅、半澤久、吉野博、奥宮正哉、下田吉之、村上三郎、渡辺俊行
空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp1131-1134、2009年9月
- 21) 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
(第8報) 平成25年度調査概要(東日本大震災前後のエネルギー消費量)
高口洋人、亀谷茂樹、半澤久、吉野博、浅野良晴、村上周三、坊垣和明、松縄堅、奥宮正哉、下田吉之、村上三郎、依田浩敏
- 22) 東日本大震災後の事務所建築物におけるエネルギー消費量原単位の全国比較
(DECC 平成25年度調査)
井城依真、須藤諭、吉野博、村上周三、坊垣和明、松縄堅、亀谷茂樹、高口洋人、半澤久、奥宮正哉、下田吉之、村上三郎、浅野良晴、
空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp37-40、2014年9月
- 23) The BEST Program 建築物総合エネルギー消費量シミュレーションツール HP
<http://www.ibec.or.jp/best/>
- 24) 外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発
(その1)
村上周三、松尾陽、坂本雄三、石野久彌、大塚雅之、赤坂裕、滝沢総、野原文男
空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp1969-1972、2007年9月
- 25) 用途別民生用エネルギー需要の月変動特性
辻毅一郎、竹田功
エネルギー・資源学会 vol.18、No.5、pp478-484 1997年1月
- 26) 各業務施設の空調用エネルギー消費量に関する研究
陳超、渡辺俊行、龍有二、赤司泰義
日本建築学会計画系論文集 第501号、61-68、1997年11月
- 27) 業務用建築物におけるエネルギー消費量と管理に関する研究 その1 エネルギー消費構造に関する研究
小峯祐己、早川智、山田富美夫、猪岡達夫
空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp301-304 2004年10月
- 28) 業務用建築物におけるエネルギー消費量と管理に関する研究 その2 消費先別エネルギーに関する研究
小峯祐己、早川智、山田富美夫、猪岡達夫

- 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp305-308 2004年10月
- 29) 業務用建築物におけるエネルギー消費量と管理に関する研究 その3 原単位管理ツールの開発
猪岡達夫、早川智、小峯祐己、山田幸之、渡辺健一郎、石黒邦道
空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp309-312 2004年10月
- 30) 規模の異なるオフィスビルにおけるエネルギー消費特性に関する研究
山田航生、井上隆、百田真史、横田雄史、増田佑太
空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp85-88、2015年9月
- 31) 数値シミュレーションによる建築物エネルギー詳細消費量の推定
恒川洋貴
東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科 修士学位論文 2017年 3月
- 32) 図解で分かる統計解析
前野昌弘、三國彰
株式会社日本実業出版社 2000年 2月
- 33) 平成25年度省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説 I 非住宅建築物(第二版)
国土交通省国土技術政策総合研究所 2013年 5月
- 34) 住宅の品質確保の促進等に関する法律に基づく評価方法基準(平成13年国土交通省告示第1347号) 断熱材性能等級4 省エネルギー性に関する基準
国土交通省 2001年
- 35) ビルと複層ガラス
板硝子協会 2014年 9月
- 36) BEST 平成25年省エネ基準対応ツール解説書 第II編理論編
一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構
2014年 8月
- 37) オフィス建築
日置滋 2013年 10月
- 38) 電力会社における省エネルギーの取り組み
関西電力(株)大阪北支店
日本建築材料協会建材情報交流会 2008年 5月
- 39) 2016年版 東芝ライテック(株) 総合カタログ
東芝ライテック(株) 2016年
- 40) Efficio 川崎吸収冷温水機 カタログ
川重冷熱工業株式会社 2013年
- 41) 建築物の省エネルギー基準と計算の手引き 新築・増改築の性能基準(PAL/CEC)
財団法人 建築環境・省エネルギー機構 2009年 9月
- 42) 中小規模オフィスビルのエネルギー消費特性把握 その1 大学事務室における電力消費実態調査

下田吉之、山口容平、西山満、三瀬農氏、西端康介、濱根潤也、今井和也
空気調和衛生工学会大会学術講演論文集 2010年 9月

- 43) ZEB ロードマップ検討委員会 参考資料 1-1
経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー対策課 2015年 3月
- 44) Panasonic 施設・屋外・店舗照明総合カタログ 2017
Panasonic(株) 2017年 4月
- 45) オフィスビルの省エネルギー
財団法人 省エネルギーセンター ビル省エネ推進部 2009年 3月