

TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo

University of Marine Science and Technology

(東京海洋大学)

再生可能エネルギーの活用による建築物熱源の最適化に関する研究

| | |
|-------|--|
| 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: 濱田, 洋介 メールアドレス: 所属: |
| URL | https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/1593 |

修士学位論文

再生可能エネルギーの活用による
建築物熱源の最適化に関する研究

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

濱田 洋介

目次

| | |
|---|----|
| 1 章 序章..... | 1 |
| 1.1 研究の背景..... | 1 |
| 1.1.1 近年の都市環境問題..... | 1 |
| 1.1.2 国内外のエネルギー動向..... | 3 |
| 1.1.3 本邦におけるエネルギー政策..... | 7 |
| 1.2 研究概要..... | 10 |
| 1.2.1 本研究の目的..... | 10 |
| 1.2.2 既往研究と本研究の位置づけ..... | 10 |
| 1.2.3 本論文の構成..... | 11 |
| 2 章 シミュレーション技法の概要..... | 12 |
| 2.1 BEST（建築総合エネルギー消費量シミュレーションツール）についての概要..... | 12 |
| 2.2 DECC（非住宅物環境関連データベース）の概要..... | 21 |
| 2.3 本研究のシミュレーション対象地域..... | 22 |
| 2.4 太陽エネルギー..... | 23 |
| 2.4.1 太陽光発電..... | 23 |
| 2.4.2 太陽集熱器（太陽熱温水器）..... | 25 |
| 2.4.3 PV・SWH の最適設置方位角と傾斜角度の選定..... | 25 |
| 2.5 本研究のシミュレーションの手順..... | 31 |
| 2.6 シミュレーションモデルの作成..... | 35 |
| 2.6.1 リファレンスモデルの作成と機器の選定..... | 35 |
| 2.6.2 ベンチマークデータの作成..... | 45 |
| 2.6.3 リファレンスモデルとベンチマークデータのエネルギー消費量の比較..... | 50 |
| 2.6.4 ベースモデルの作成..... | 62 |
| 2.6.5 PV・SWH の設置面積割合のケース分け..... | 68 |
| 3 章 シミュレーション結果..... | 71 |
| 3.1 空調熱源による一次エネルギー消費量の比較検証..... | 71 |
| 3.1.1 東京..... | 71 |
| 3.1.2 那覇..... | 71 |
| 3.1.3 札幌..... | 72 |
| 3.1.4 吸収式冷温水発生機..... | 73 |
| 3.1.5 空冷 HP..... | 74 |
| 3.2 給湯熱源による一次エネルギー消費量の比較検証..... | 74 |
| 3.2.1 東京..... | 74 |
| 3.2.2 那覇..... | 75 |
| 3.2.3 札幌..... | 75 |
| 3.2.4 給湯ボイラー..... | 77 |

| | | |
|-------|---------------------------------|-----|
| 3.2.5 | 電気温水器..... | 77 |
| 3.3 | 太陽熱温水器導入による一次エネルギー消費量の比較検証..... | 79 |
| 3.3.1 | 給湯ボイラー..... | 79 |
| 3.3.2 | 電気温水器..... | 79 |
| 3.4 | 太陽光発電量の比較検証..... | 80 |
| 3.5 | 各ベースモデルにおけるPV・SWHの最適設置方法..... | 81 |
| 3.5.1 | 吸収式冷温水発生機（ガス）、給湯ボイラー（ガス）..... | 81 |
| 3.5.2 | 吸収式冷温水発生機（ガス）、電気温水器（電気）..... | 87 |
| 3.5.3 | 空冷HP（電気）、給湯ボイラー（ガス）..... | 90 |
| 3.5.4 | 空冷HP（電気）、電気温水器（電気）..... | 94 |
| 3.6 | 給湯別給湯使用量変更による感度分析..... | 99 |
| 3.6.1 | 給湯ボイラー..... | 99 |
| 3.6.2 | 電気温水器..... | 103 |
| 3.7 | シミュレーション結果のまとめ..... | 105 |
| 3.7.1 | 空調熱源変更による削減効果..... | 105 |
| 3.7.2 | 給湯熱源変更による削減効果..... | 105 |
| 3.7.3 | SWH導入による給湯の一次エネルギー消費量の比較..... | 105 |
| 3.7.4 | 各ケースにおけるPVおよびSWHの最適設置割合..... | 106 |
| 3.7.5 | 給湯使用量変更による感度分析..... | 108 |
| 4章 | 総括..... | 111 |
| 4.1 | 本論文のまとめ..... | 111 |
| 4.2 | 実用化に際して経済性評価..... | 113 |
| 4.3 | 今後の課題..... | 116 |
| | 謝辞..... | 117 |
| | 参考・引用文献..... | 118 |
| | 付録..... | 121 |

1章 序章

1.1 研究の背景

1.1.1 近年の都市環境問題

近年、地球規模での地球温暖化が深刻化し、ゲリラ豪雨をはじめとした異常気象やオゾン層の破壊等、様々な環境問題が顕在化し、懸念されている。図 1.1 は世界の年平均気温偏差（陸上）を表したものである。同図より地球の全体平均気温が 1890 年以降、顕著に増加しているのが分かる。国連の IPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change:気候変動に関する政府間パネル）の第 5 次評価報告書にこれからの 100 年間で、地球全体の予測平均気温が記載されている。それによると最悪の場合、2046 年から 2065 年で 1.4 度から 2.6 度、2081 年から 2100 年には 2.6 度から 4.8 度の上昇が予測される。また、同報告書には気温上昇による社会や環境へのリスクの可能性も指摘されており、3 度以上では広い範囲で生物多様性の損失が起き、大規模に氷床を損失し、海面上昇すると予測されている。さらに、4 度以上になると多くの種の絶滅リスク、世界の食糧生産が危険にさらされるとされている。

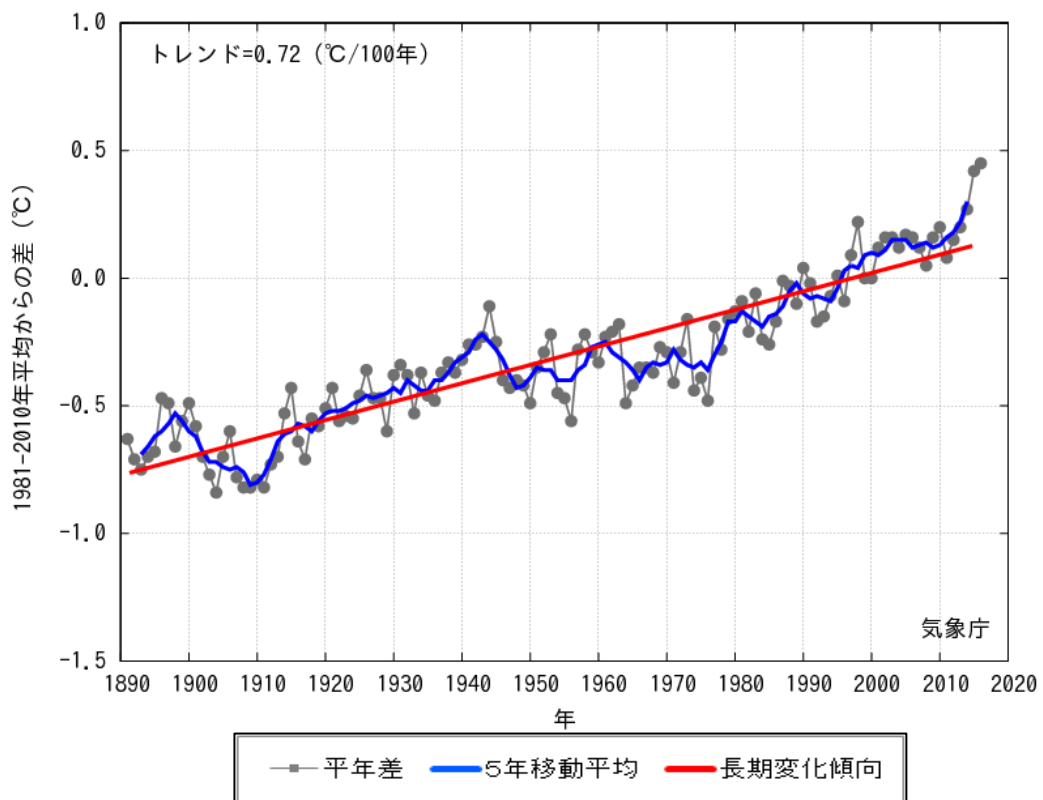


図 1.1 世界の年平均気温偏差（陸上のみ）

[出典：気象庁地球規模・海洋部]

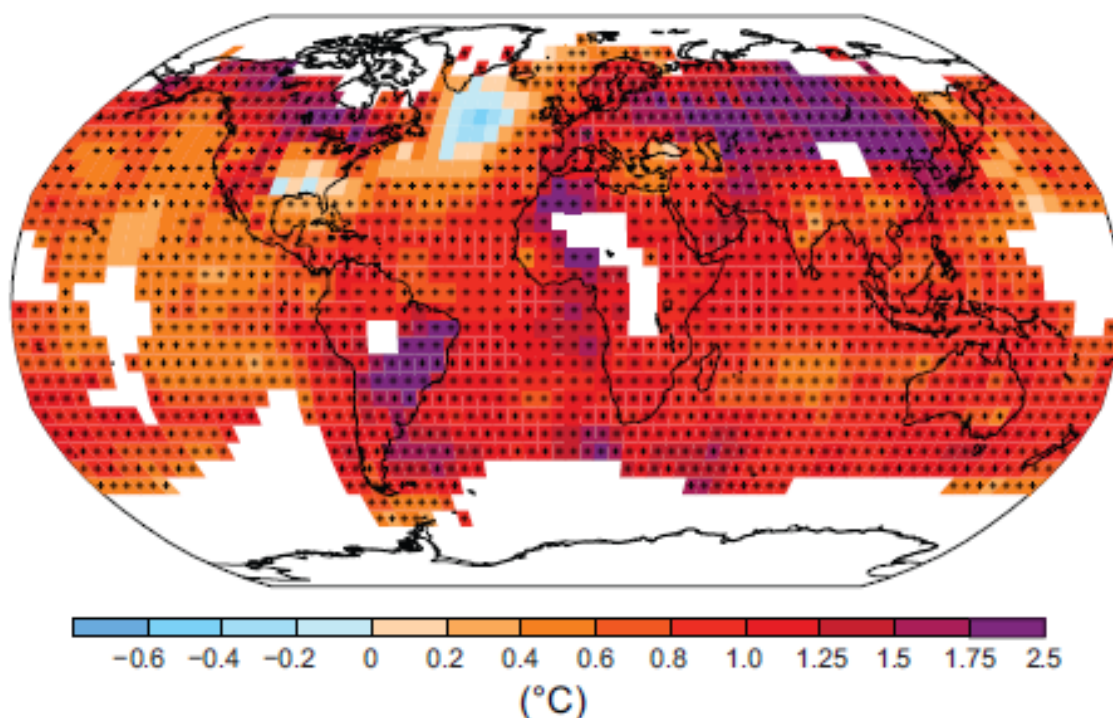


図 1.2 観測された年平均地上気温の変化（1901～2012）の傾向

[出典：IPCC 第 5 次評価報告書]

図 1.2 から地球全土が気温上昇しているのが分かると同時に、中国やブラジルなど近年、急激な成長を遂げている国の近辺が特に年平均地上気温が著しく上昇しているのが明らかである。このような気温上昇は人間社会だけでなく、生態系等の自然環境にも大きく影響を及ぼす。IUCN（国際自然保護連合：International Union for Conservation of Nature and National Resources）の絶滅のおそれのある種のリスト、通称レッドリストによると、地球温暖化が原因の一つとなって絶滅の恐れのある生物は、ホッキョクグマをはじめ、約 1750 種以上いる。また、気温上昇をすることで、当然、海水温も上昇し、その変化は水温の変化に特に敏感なサンゴ等に多大なる影響を及ぼす。それにより、サンゴと共生関係にあり、光合成を行う褐虫藻が死滅してしまうことでサンゴは白化現象を起こし、地域的に死滅する可能性がある。

また、身近な環境問題としては都心部におけるヒートアイランド現象が懸念されている。ヒートアイランド現象とは都市の中心部の気温が郊外に比べて島状に高くなる現象である。年間を通じて発生しているが、特に夏場が問題になっている。ヒートアイランド現象の主な原因は、工場や自動車の排熱などといった人工排熱の増加、建物による風通しの阻害などの都市形態の高密度化、そして地表面被覆の人工化の 3 つが挙げられる。図 1.3 は関東地方における 30 度以上の合計時間数の分布を表した図である。図から東京近辺の中心部を中心に時間が増えていることが読み取れる。

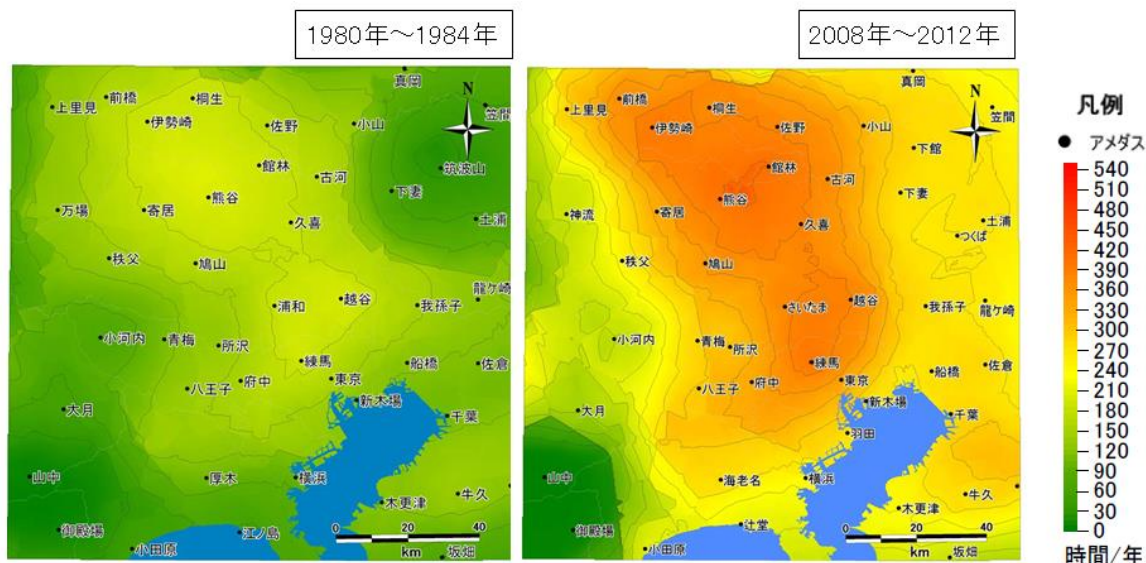


図 1.3 関東地方における 30 度以上の合計時間数の分布 (5 年間の年間平均時間数)

[出典：環境省]

1.1.2 国内外のエネルギー動向

世界各地で様々な環境問題が起こっていることもあり、世界各国が協力し、問題の解決に取り組んでいる。環境問題に関する全世界的な最初の取り組みは、1972 年にスウェーデンのストックホルムで開催された「国連人間環境会議」で、114 カ国が参加した。この会議では「人間環境宣言」が表明され、さらに、国連環境計画 (UNEP: United Nations Environment Program) が創設された。1992 年にはブラジルのリオデジャネイロで国連環境開発会議 (UNCED: United Nations Conference on Environment and Development、地球サミット) が開催され、アジェンダ 21 が採択され、気候変動枠組み条約が締結された。近年では、2015 年にパリ協定が開かれ、世界全体で今世紀後半には、人間活動による温室効果ガス排出量を実質、ゼロに近づける方向となった。また、全ての国が、排出量削減目標を作り、その目標達成のための政策をとっていくことが義務付けられ、世界全体で本格的に環境問題への取り組みが強化された。しかし、実際には図 1.4 に示すように、近年まで、世界のエネルギー需要は増加する一方である。さらに、東南アジアをはじめ今後、発展してくる国のことを見込むとさらにエネルギー消費量が増えると予想される。また、図から読み取れるように世界全体においても、民生部門におけるエネルギー消費量が多いが、その分、減らせる可能性が大いにある。

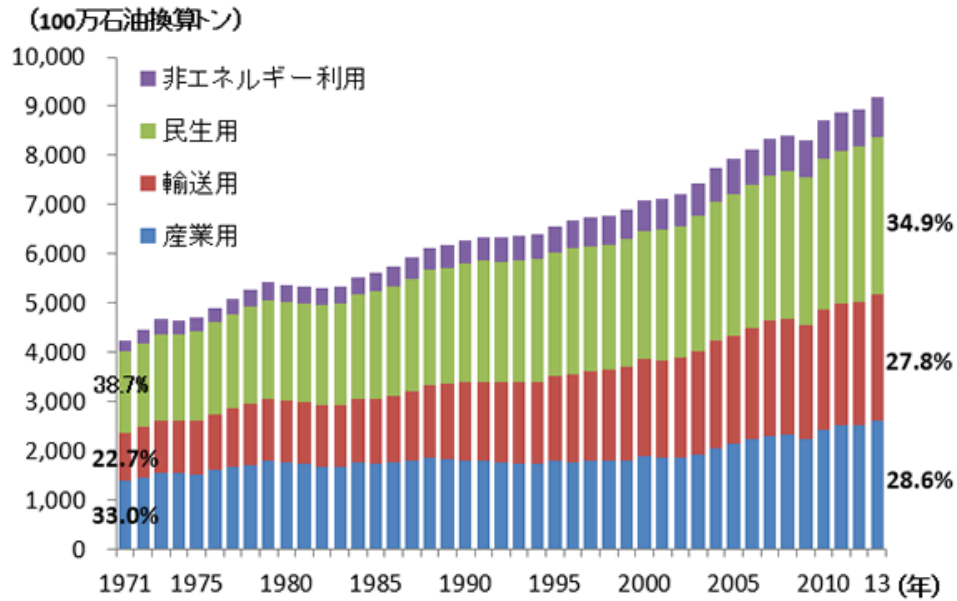


図 1.4 世界のエネルギー需要の推移

[出典：資源エネルギー庁]

エネルギー消費量を減らすには、化石燃料の需要を減らす必要がある。化石燃料とは石炭、石油や天然ガスの事を指し、人間社会のエネルギー源の大部分を占める。しかし、化石燃料には限りがあると同時に、多くの二酸化炭素を排出し、温暖化の要因にもなっている。図 1.5 はエネルギー源別の世界のエネルギー消費量の推移を示したものである。同図から化石燃料である石炭、石油そしてガスが増加傾向にあることが分かり、このエネルギーをいかに削減できるかが今後の環境問題に大きく左右してくる。

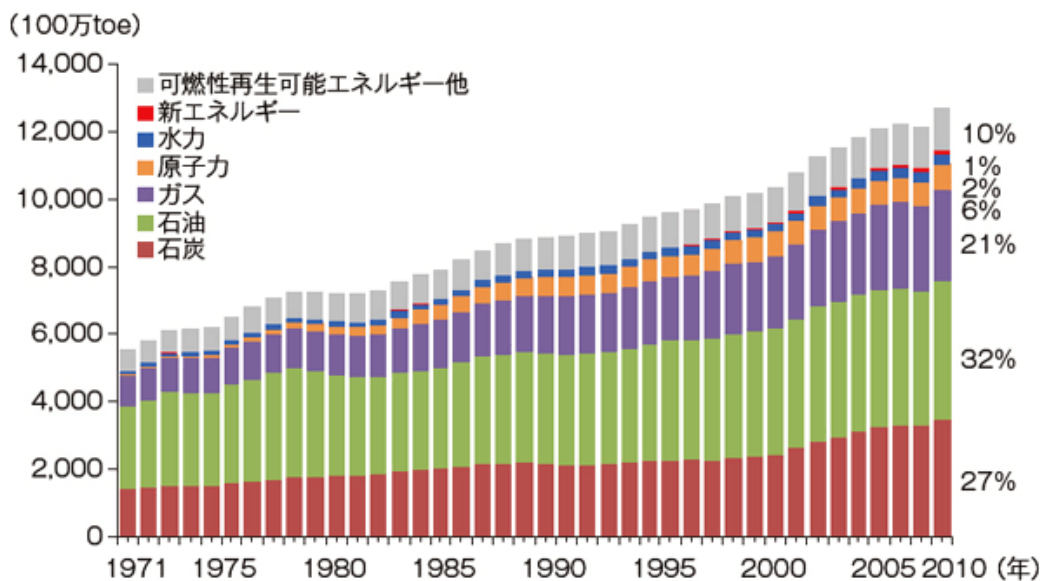


図 1.5 世界のエネルギー消費量の推移（エネルギー源別）

[出典：資源エネルギー庁]

A) 国連人間環境会議 (UNEP)

1972年にストックホルムで、1968年の国連総会決議に基づいて開催された。「かけがえのない地球」を合言葉とし、世界全体の環境問題がはじめて世界的規模で総合的に議論され、行動計画、人間環境宣言、その他4つの決議が採択された。

人間環境宣言は、人間社会・環境を自然環境だけでなく、人口問題や経済開発問題などを含んだ総合的なものとしてとらえて、人間環境の改善と保護に関する原則を宣言している。行動計画では、天然資源管理、汚染物質の規制や開発と環境の諸分野について、国際協力に関する具体的に勧告が提示されている。

B) 国連環境開発会議 (UNCED)

1992年にリオデジャネイロで開催され、地球サミットと呼ばれており、リオ宣言やアジェンダ21等が採択された。そのアジェンダ21とは21世紀に向けての行動計画について記されており、国際経済と環境、大気保全をはじめ森林、農業などの開発資源の保護と管理、主要グループの役割の強化や実施手段等について記載されている。検証機関として国連直属の持続可能な開発に関する委員会を設置する等の実行性や具体性に特に重点が置かれているのが特徴である。

C) パリ協定

パリ協定とは2015年にフランス、パリで開催された国連気候変動枠組条約第21回会議 (UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change) で合意された協定である。2020年以降の温暖化対策について議論され、COP3の際に採択された「京都議定書」に代わる、新たな国際枠組みを決定する会議であり、また、今までに比べ大きな変化としては途上国や新興国にも温暖化対策へ自主的な取り組みが求められるようになった。パリ協定で定められた主な内容としては世界全体の温室効果ガス排出量削減のための方針と長期目標の設定、各国の温室効果ガス排出量削減目標の設定、そして、途上国や気候変動の影響を受けやすい国への援助等が定められた。表1.1は各国の温室効果ガスの削減目標を表したものである。

表 1. 各国の温室効果ガス削減目標

| 国名 | 削減目標 | 比較年 |
|------|--|--------|
| 中国 | 2030年までに60～65%削減 | 2005年比 |
| EU | 2030年までに40%削減 | 1990年比 |
| インド | 2030年までに33～35%削減 (GDP当たりのCO ² 排出) | 2005年比 |
| 日本 | 2030年までに26%削減 | 2013年比 |
| ロシア | 2030年までに70～75%削減 | 1990年比 |
| アメリカ | 2025年までに26～28%削減 | 2005年比 |

[出典：WWF Japan]

国内でのエネルギー動向としては高度経済成長期以降、エネルギー消費量は増加傾向にある。図 1.6 は国内の最終エネルギー消費と実質 GDP の推移を表したものである。同図より業務部門と家庭部門などといった建築物起源における最終エネルギー消費が著しいことが分かる。

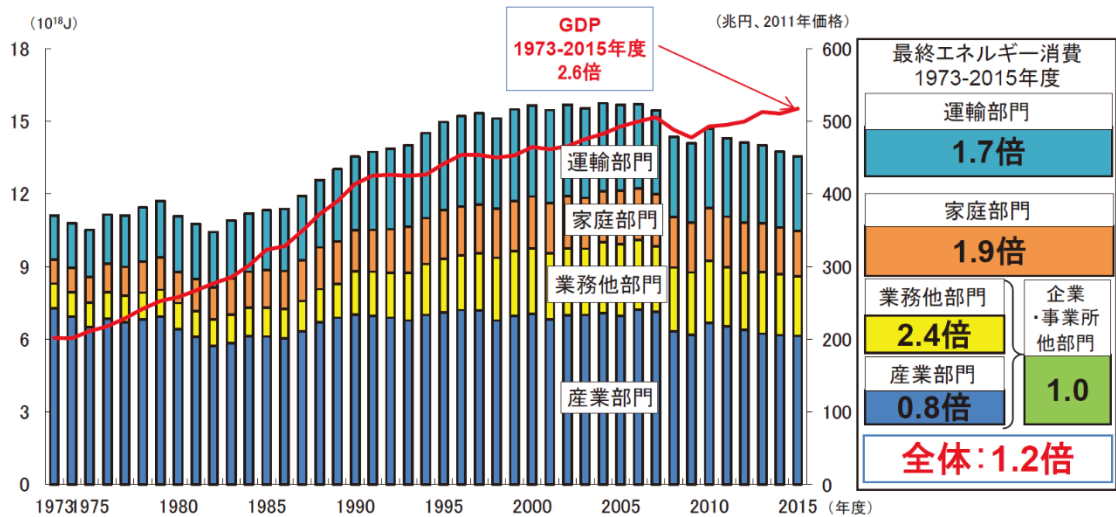


図 1.6 国内の最終エネルギー消費と実質 GDP の推移

[出典：経済産業省]

また、図 1.7 は国内の部門別二酸化炭素排出量を表し、図より家庭部門と業務部門の両部門の二酸化炭素排出量が全体の 36%にも値することが明白である。

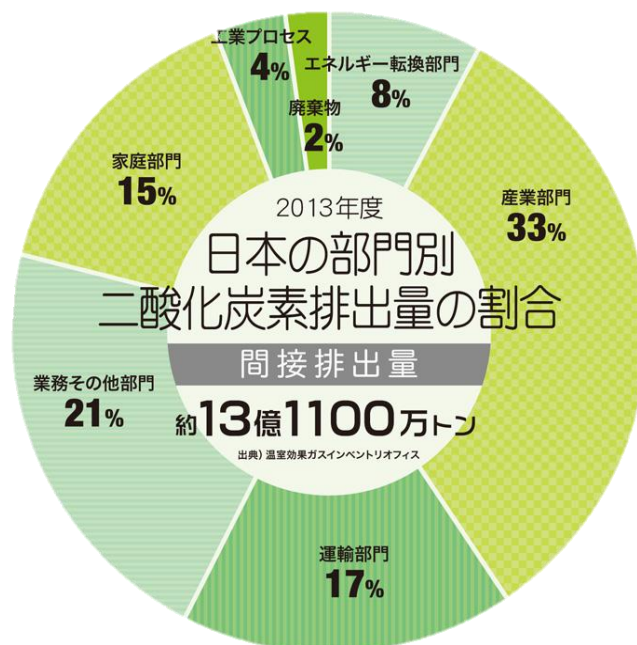


図 1.7 国内の部門別二酸化炭素排出量

[出典：全国地球温暖化防止活動推進センター]

業務部門と家庭部門における対策として、省エネ化、BEMS・HEMSによる見える化・エネルギーマネジメントなどがある。LED照明・有機ELの導入と国民運動の推進などもある。さらには住宅・ビルのゼロ・エネルギー化（ZEB化）の推進も対策の一つである。

1.1.3 本邦におけるエネルギー政策

経済産業省・資源エネルギー庁のエネルギー基本計画によると本邦はエネルギーの中心である化石燃料に乏しく、そのエネルギーの大半を海外からの輸入に頼っている。そのため、エネルギーを巡る国内外の状況変化に影響を受けやすい構造になっており、長期的、総合的かつ計画的な観点に立って、エネルギー政策を遂行していくことが重要である。また、2030年に向けた目標として第3次エネルギー基本計画にはエネルギー自給率と化石燃料の自主開発比率を倍増して自主エネルギー比率を約70%とし、電源構成に占めるゼロ・エミッション電源の比率も約70%にすると記載されている。しかし、東日本大震災以降、エネルギーを巡る環境が大きく変化し、国内のエネルギー政策の調整が求められる事態となった。また、今までのエネルギー政策は3E（経済効率性、安定供給の確保、環境適合性）が重要視されていたが、震災後はその3Eにさらに安全性のSが加わり、3E+Sの実現が基本課題となった。今後の課題として、2014年の第4次エネルギー基本計画では安定的な資源の確保、国産資源の開発を基礎として、省エネルギーの徹底、固定価格買い取り制度などによる再生可能エネルギーの導入や電力・ガスのシステム改革等が掲げ、バランスの取れたエネルギーミックスが必要になってくる。図1.8は国内の2013年度と2030年度の電源構成を示したもので、震災以降、停止していた原子力を20%まで引き上げ、その分、火力発電を大幅に下げているのが読み取れ、さらには再エネの導入量も11%から24%に増加している。

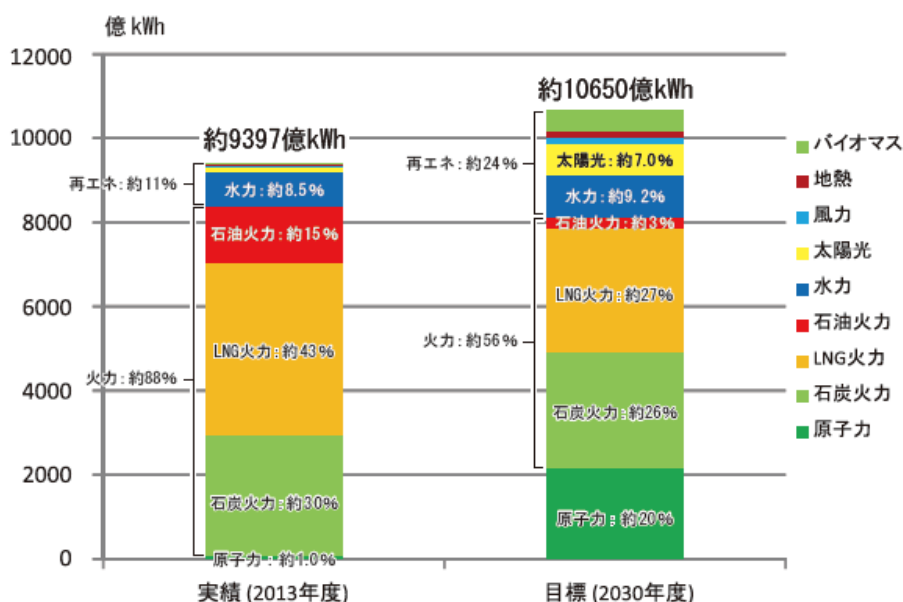


図 1.8 発電電力量構成の比較（2013年度、2030年度）

[出典：経済産業省・資源エネルギー庁]

自給エネルギーの確保、低炭素社会の実現等の観点から、再生可能エネルギーの導入拡大は重要課題である。また、国内の再生可能エネルギーにおいては近年、増加傾向にはあるが、それでも、他方、欧米主要国に比べ、発電電力量に占める再生可能エネルギーの割合は少ない。その証拠に図 1.9 よりドイツやスペインでは発電電力量に占める再生可能エネルギー比率の割合がそれぞれ 26.2%と 40.1%なのに対して、日本は 12.2%に留まっている。

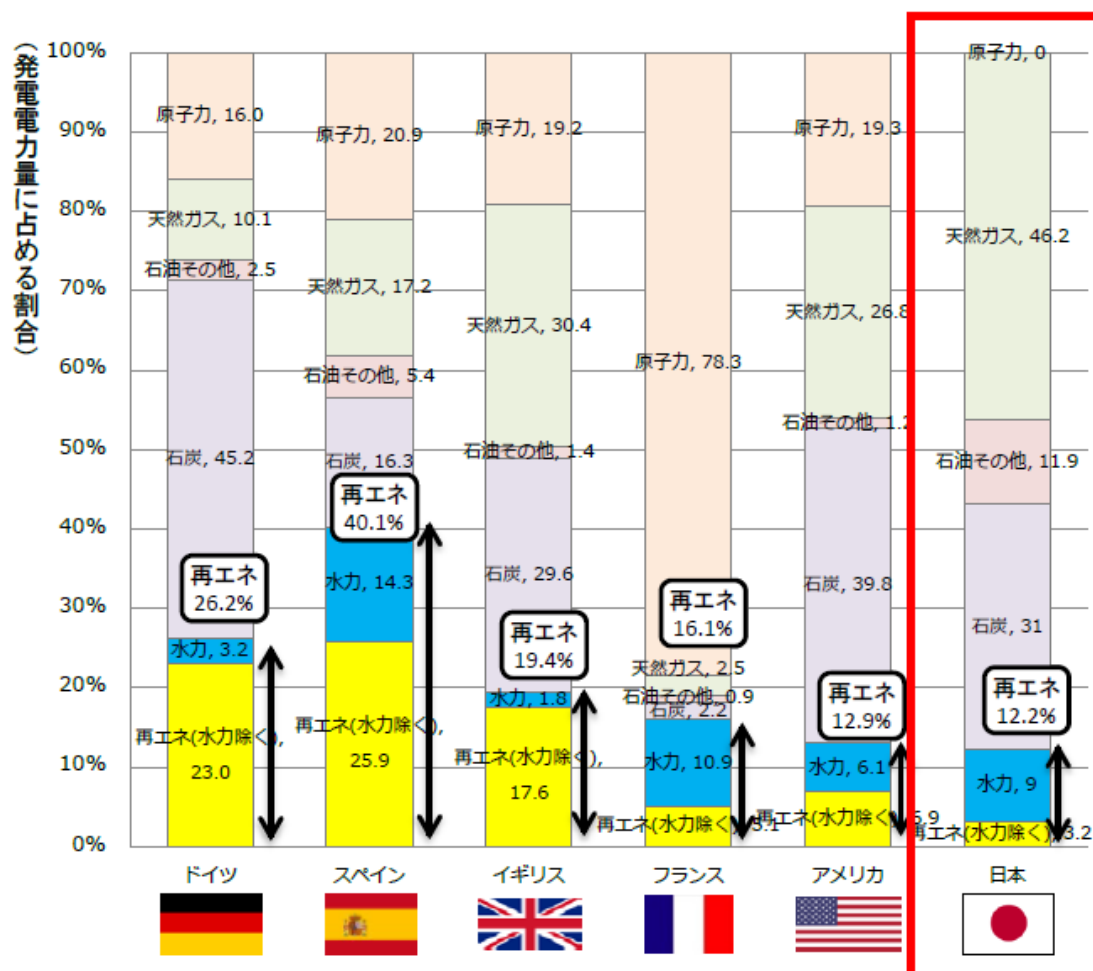


図 1.9 発電電力量に占める再生可能エネルギー比率の国際比較
 [出典：経済産業省 資源エネルギー庁 原子力発電の必要性とエネルギー政策]

本邦におけるその他のエネルギー政策としては 2015 年に建築物省エネ法が制定されて大規模建築物の省エネ適合義務や省エネ表示義務段階的に適用され、2016 年にはエネルギー革新戦略が決定された。この政策の内容は、全産業へのトップランナー制度の拡大をはじめとした徹底した省エネ、国民負担額抑制と最大限導入の両立を図った再エネの拡大、そして、再エネ・省エネ融合型エネルギーシステムの立ち上げ等の新たなエネルギーシステムの構築などがある。

A) BEMS (Building Energy Management System、ビルエネルギー管理システム)

建物全体のエネルギー使用量の削減やエネルギー関連設備の制御を目的として導入されるシステムのことで、省エネをしながらもビル内の人々が快適に過ごせるようになる。また、BEMSの大きな役割としては電力、水道とガス使用量の見える化、空調、照明やエネルギー設備の制御である。HEMS (Home Energy Management System) は家庭用エネルギー管理システムのことを指し、家庭内のエアコンや給湯機器などをネットワークでつなぎ、複数の機器を自動制御して省エネや節電を図るシステムである。

B) ZEB (Zero Energy Building)

ZEBとは建物の運用段階でのエネルギー消費量を、省エネや再生可能エネルギーの利用を通して削減し、エネルギー消費量を限りなくゼロにするという考え方である。ZEBを実現するには大きくエコ・デザイン、エコ・ワークスタイル、エネルギーマネジメント、再生可能エネルギーの4つの重要項目がある。図1.10は各項目の詳細を表したものである。

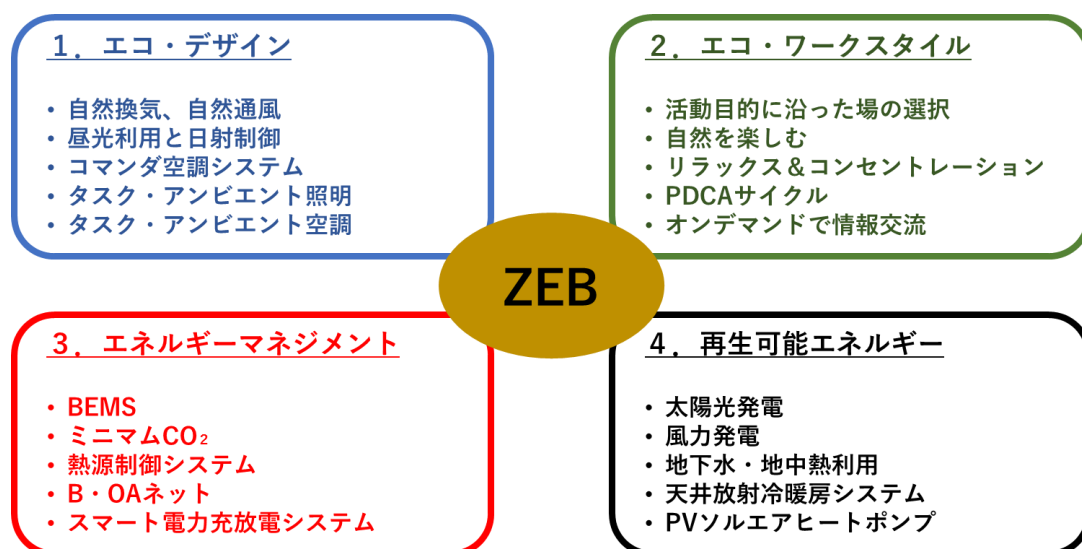


図 1.10 ZEB 実現のための各項目の詳細

[参照：鹿島建設株式会社 技術とサービス]

C) 3E+S

エネルギーの安定供給 (Energy Security)、経済効率性 (Economic Efficiency)、環境への適合 (Environment)、安全性 (Safety) から成り立ち、本邦のエネルギー政策の基本となる概念である。資源をいかに確保するのかといった問題と共に、地球環境へ配慮しながら、経済的に、かつ、長期的に安定して電気を供給することが大きな課題である。安定的な供給・環境問題・発電コストといったそれぞれの側面で、各発電方法には様々な短所と長所が存在し、複数のエネルギー源を組み合わせることで、各エネルギー源の短所がカバーされ、環境にも配慮した安定的な電気供給が可能になる。

D) 建築物省エネ法

2015年7月に公布され、正式名称は「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律」。一定規模以上の建徳物に省エネ基準への適合を義務づけるなど建築部門の省エネ対策の根本的強化を目的としている。主な内容としては大規模な非住宅建築物の適合義務及び適合性判定義務、中規模以上の建築物に対する届出義務、省エネ向上計画の認定、エネルギー消費性能の表示等である。

E) トップランナー制度

省エネ法で指定する特定機器の省エネルギー基準を、基準設定時に商品化されている製品で最も優れている機器の性能以上に設定する制度である。主に製造業などへの対象となる機器のエネルギー消費効率の努力義務を規定することで、二酸化炭素の排出量を抑えて、省エネルギー化を図れることを目的としている。基本対象機器は、貨物自動車、空調機器、電気冷蔵庫、ガス温水器やLEDランプ等、約28機器と断熱材などを合わせた計31種類ある。

1.2 研究概要

1.2.1 本研究の目的

上記にもあるが、近年、国内において、業務部門と家庭部門のエネルギー消費量は増加傾向にある。その両部門のエネルギー消費量を削減するための一つの対策がZEBである。そのZEBを達成するのに不可欠要素の一つである再生可能エネルギーがある。また、機器単体だけで省エネを図る必要があるが、それだけでは困難なため、さらにエネルギー消費量を削減するために再生可能エネルギーを利用する必要がある。本研究では空調熱源と給湯熱源の組み合わせを変え、機器ごとにエネルギー消費量の削減効果を各地域での検討。各給湯器に太陽熱温水器を導入することによる一次エネルギー消費量の削減効果の検討。各ベースモデルにおける標準給湯使用量での太陽光パネルと太陽熱温水器の最適設置方法の検討。そして、給湯使用量変更による感度分析を通して、各地域におけるホテルにおける最適モデルを求めることを目的とする。

1.2.2 既往研究と本研究の位置づけ

再生可能エネルギーの活用は今後のエネルギー政策としては必要不可欠なものである。そのエネルギー政策の一つでもあるZEB化に向けて建築物のエネルギー消費量を削減することは急務であり、様々な建物の中でも、ホテルはエネルギー消費量が多い。本論文はそのホテルを対象に再生可能エネルギーを利用した場合について論じるものであり、本研究に関する既往研究を以下に示し、本研究との位置付けを明らかにする。

田中ら⁽¹¹⁾は、シティホテルにおける客室の入浴・洗面行為による水と湯の利用方法および給湯システムの補給水流量について実測を行い、それを基に時系列的な水と湯の使用データの解析を行い、瞬時・時間・日負荷を系列的に算定できる手法の提案を行なった。それにより、各室全体の給水・給湯負荷は、給湯量に大きく依存していることを明確にした。

岩淵ら⁽⁸⁾は、ホテルの客室1部屋あたりの各電化製品のエネルギー消費と同時に水と湯の消費実態を明らかにすることを目標とし、ビジネスホテルの1客室1人1日あたりの水と湯の使

用量の時間的な変動の実態を把握するための基礎的なデータの収集をした。それにより、1 部屋 1 日あたりの全体の水と湯の消費割合は水が 49%に対して湯が 28%、そして、トイレが 23%であることを明らかにした。

熊谷ら⁽³⁰⁾は、太陽光パネル等を設置した ZEB 実証棟を建設し、実運用での実証を進め、年間エネルギー収支を測定した。それにより、外皮性能の向上やバルコニーの採用、自然換気などにより空調負荷を約 20%程度削減できる点や空調システムの高効率化により、システム全体の効率が倍程度見込める等を明確にした。

鶴飼ら⁽¹³⁾は、自然エネルギーの有効利用手法の一つである太陽熱利用システムを利用し、排熱投入型吸収式冷温水機を有する太陽熱利用空調システムについて検討を行なった。さらに、4 種類の集熱器の実運用における性能を把握するために、試験装置を構築し、実測調査を行なった。それにより、太陽熱を利用した排熱投入型吸収式冷温水器を有する冷房システムは地域の変更が最も効果的な効率を示し、同じ地域で比較した場合、排熱投入温度を 60 度に設定することで高い効率が期待できることを示し、4 種類の集熱器を比較した場合に真空二重管 CPC 型が最も効率がよいことを明らかにした。

上記の既往研究からも分かるように、太陽光パネルや太陽集熱器を単体で利用した場合の検証や研究は行なわれているものの、太陽光パネルと太陽集熱器を併用した場合の研究は少ない。また、事務所等や住宅に再生可能エネルギーを利用した研究は多くされているが、ホテルに再生可能エネルギーを導入した場合の研究は少ない。そこで、本研究ではホテルの再生可能エネルギーである太陽光パネルと太陽集熱器の両方を併用し、さらに地域においても、東京だけではなく、寒冷地域の札幌と温暖地域である那覇でも検討を行なった。

1.2.3 本論文の構成

以上の研究背景と目的に基づき、本研究の概要は以下の通りである。

- ・第 1 章では本研究の背景、研究目的および研究概要等の序章である。
- ・第 2 章では本研究で用いたシミュレーションツールの概要、地域、シミュレーションのモデルの作成や太陽光発電の最適勾配等の本研究のおおまかな流れについて説明する。
- ・第 3 章ではシミュレーションによる各地域の結果を示し、その結果をまとめる。
- ・第 4 章では本研究の総括を行う。

2章 シミュレーション技法の概要

第 2 章では本研究に用いたシミュレーションツールや実測データベースの概要および各モデルの作成等について説明する。

2.1 BEST（建築総合エネルギー消費量シミュレーションツール）についての概要

現在、地球資源・環境問題から省エネルギー、CO₂排出量の削減が要望されており、建築物や空調設備のみならず、給湯設備や照明設備などを含めた建築部の総合的なエネルギーシミュレーションツールが求められている。上記にもあるように日本政府は新たな年間 CO₂排出量目標を設定し、全 CO₂排出量のうち約 3 分の 1 を占める民生部門（業務部門、家庭部門）の大幅な削減を実現するために建築物の CO₂排出量の把握と削減計画が容易にできるように開発されたのが The BEST Program (以下 BEST: Building Energy Simulation Tool) である。BEST には以下 3 つの種類が用意されている。

A) BEST 簡易版

簡易版は建物規模と用途、設備の概要を入力することで、設備システムの最大負荷と年間エネルギー消費量を把握することが可能である。

B) BEST 誘導基準認定ツール

誘導基準認定ツールは、2013 年 4 月に施行された「改正省エネ基準」に合わせて開発され、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*（建物の外皮性能）を制度良く計算できるツールである。特徴としては全国 842 地点の気象データが利用でき、また、太陽光発電や太陽熱利用などの再生可能エネルギーや、蓄熱やコージェネレーションなどといったピーク負荷やピーク電力を低減する技術も包括的に検討できるなどといった点がある。また、似たもので BEST 省エネ基準対応ツールがあるが、違いとしては選択できる空調および給湯熱源が異なり、入力項目が僅かに異なる。

C) BEST 専門版

専門版では建築外皮詳細設計検討、各設備システムの詳細設計検討（空調ゾーニング、空調機要領と制御方法、設備システム等）時に、建物全体のエネルギー消費量を把握した上での最適設計解を出すことができる。また、省エネ基準対応ツールに比べ、さらに詳細になっており、省エネ基準対応ツールでは熱源を選択した際、配管等は全て、自動で設定されていたが、専門版の場合、配管やダクト等の設定値も全てユーザーが入力する。

その他にも BEST-H という住宅版プログラムもあり、住宅における時刻別エネルギー消費量の算出、最適な住宅設備の導入検討や生活パターンによるエネルギー消費特性の把握等ができる。なお、本研究では BEST 誘導基準認定ツールを利用し、以下「BEST」と表記した場合、このツールのことを指すものとする。

BEST では、建物の概要（延床面積、間取り等）、外皮、設備（空調、照明、給湯等）などの情報を入力することで、エネルギー消費量を算出する。いかに BEST での主な入力項目とその入力画面を示す。なお、以下に示す図は実際に入力したものとは異なる。

1) 基本情報

・気象地域

デフォルトで 12 地点が登録されており、その他の地点（全 842 地点）もデータを購入することで利用可能。

・地域区分

BEST では主に 8 地域に区分されている。

・建物用途

・床面積

The screenshot shows a software window with the following elements:

- Menu bar: ファイル(F) 実行(C) 計算結果(R) ツール(T) ヘルプ(H)
- Tree view: 物件管理, 入力, 基本情報, 建物情報, 1階, 2階, 3階, 4階, 5階, 6階
- Main panel: 気象 (拡張メタダス-標準年), 地域 (九州), 都道府県 (沖縄), 地点 (831*那覇)
- Table:

| 用途 | 床面積 | 計算面積 |
|--|-----------------------|-------------------------|
| <input type="checkbox"/> 事務所等 | 125 m ² | 0 m ² |
| <input checked="" type="checkbox"/> ホテル等 | 11871 m ² | 11,871.6 m ² |
| <input type="checkbox"/> 病院等 | 0 m ² | 0 m ² |
| <input type="checkbox"/> 物販販売... | 0 m ² | 0 m ² |
| <input type="checkbox"/> 学校等 | 0 m ² | 0 m ² |
| <input type="checkbox"/> 飲食店等 | 0 m ² | 0 m ² |
| <input type="checkbox"/> 集会所等 | 0 m ² | 0 m ² |
| <input type="checkbox"/> 工場等 | 0 m ² | 0 m ² |
| <input type="checkbox"/> 共同住宅等 | 0 m ² | 0 m ² |
| | 11,871 m ² | |

Red boxes highlight the following areas:

- 気象地域 (Weather Area) dropdown menu
- 建物用途 (Building Use) list
- A separate list of building uses: 事務所, ホテル, 病院, 物販販売, 学校, 飲食店, 集会所, 工場, 共同住宅

図 2.1 基本情報

2) 建物情報

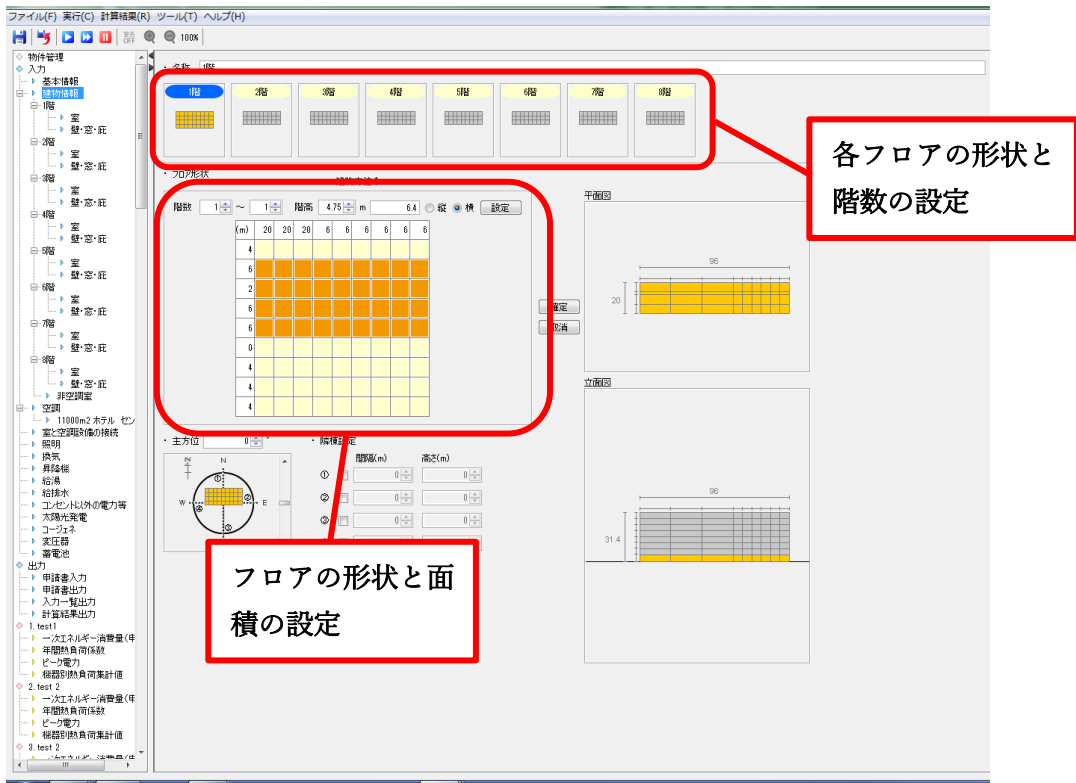


図 2.2 建物情報

3) 間取り（室用途設定）

- ・間取りの設定
- ・室用途の設定

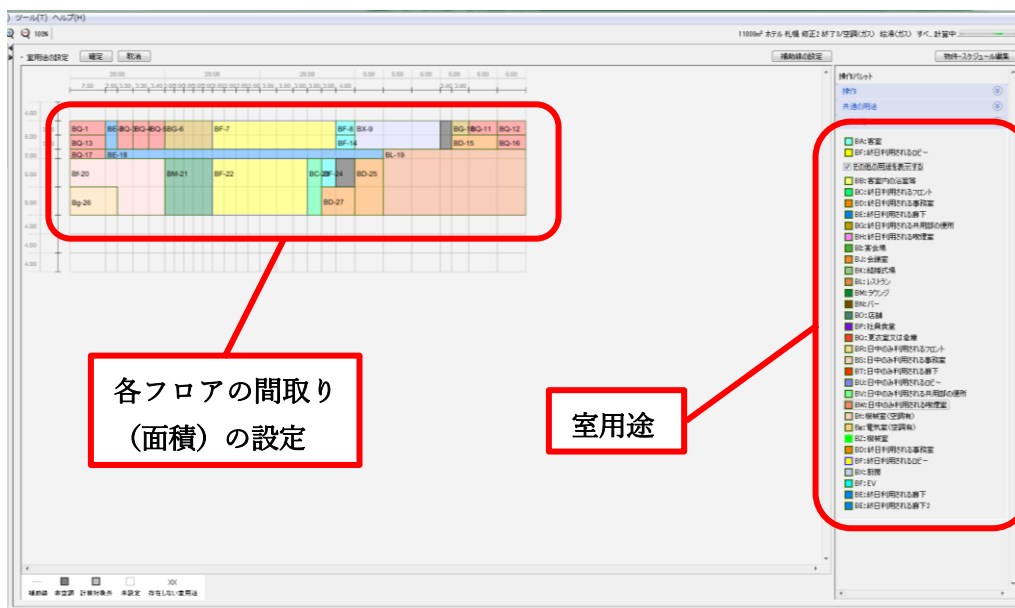


図 2.3 間取り（室用途）情報

4) 外皮性能

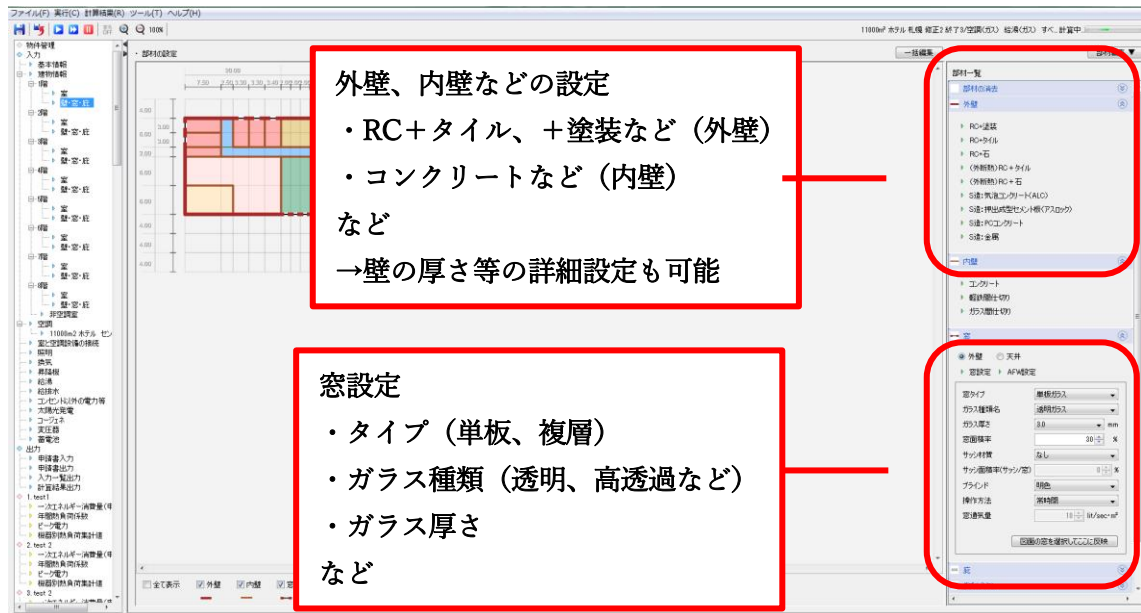


図 2.4 外皮情報 (壁材、窓等)

5) 各室内における各機器や人体等のスケジュール

- ・各機器や人体の発熱量や一日の運転 (活動) スケジュール等の設定。
- ・曜日ごとの運転スケジュールパターン

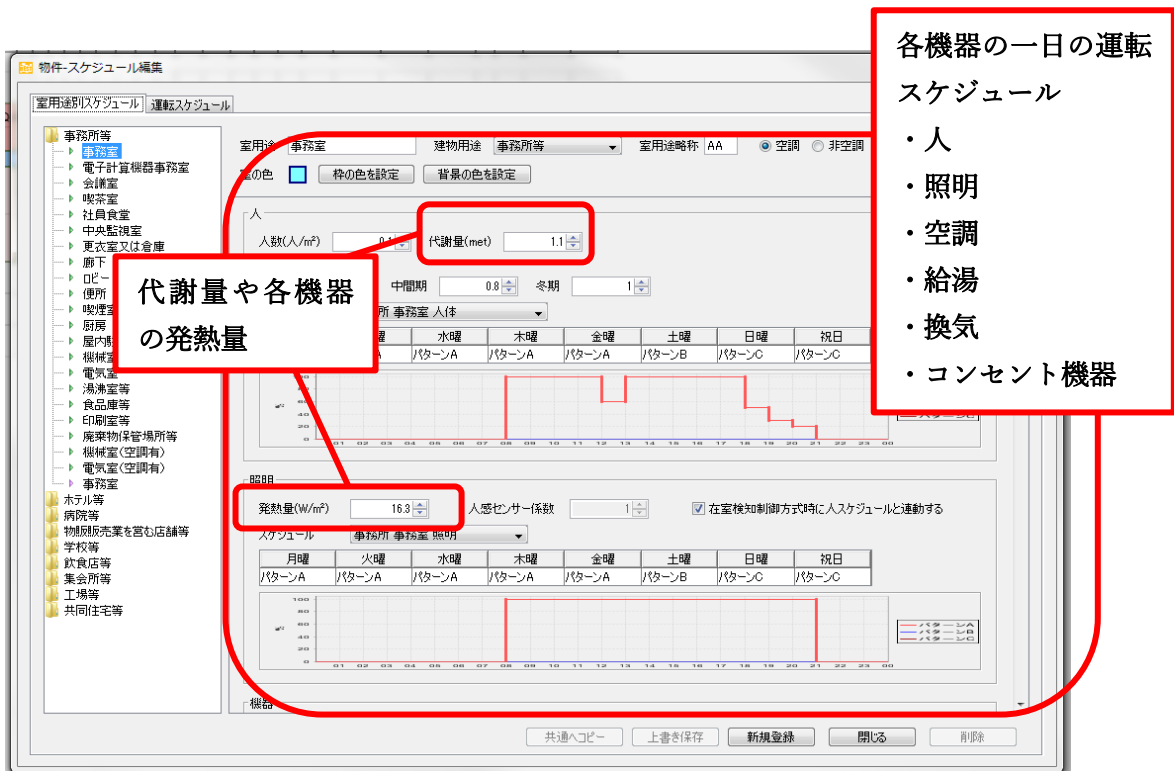


図 2.5 各室内における機器や人体のスケジュール

6) 空調

- ・熱源タイプの選択（個別式やセントラル式）

セントラル式熱源群は 27 種、パッケージスプリット型が 14 種、パッケージ一体型が 10 種ある。（表 2.1）

- ・熱源の性能（消費電力、COP、冷暖房能力等）
- ・二次ポンプ（流量、揚程等）
- ・使用期間
- ・一次ポンプ（種類、冷暖房の流量や揚程等）

| 選択 | No | 名称 | 機器 | 二次ポンプグループ | | 冷暖 | | | 暖房 | | | |
|--------------------------|----|----|------------|-----------|----|--------|-------------|----------|--------|-------------|----------|---|
| | | | | 冷水(冷水) | 温水 | 能力(kW) | 冷水流量(L/min) | 吐出温度(°C) | 能力(kW) | 温水流量(L/min) | 吐出温度(°C) | |
| <input type="checkbox"/> | 1 | 階下 | 空調機(管式)CAV | 強制循環 | 強制 | 0 | 22 | 0 | 18.8 | 30 | 0 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 2 | 階下 | 空調機(管式)CAV | 強制循環 | 強制 | 0 | 22 | 0 | 18.8 | 30 | 0 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 3 | 階下 | 空調機(管式)CAV | 強制循環 | 強制 | 0 | 22 | 0 | 18.8 | 30 | 0 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 4 | 階下 | 空調機(管式)CAV | 強制循環 | 強制 | 0 | 22 | 0 | 18.8 | 30 | 0 | 2 |

図 2.6 空調情報

表 2.1 空調熱源種類

| パッケージ (スプリット型) | パッケージ (一体型) | セントラル熱源群 |
|--|--|--|
| 1. EHP <ul style="list-style-type: none"> ・ビル用マルチ標準型冷暖切替 ・ビル用マルチ標準型冷暖切替寒冷地対応 ・ビル用マルチ標準型冷暖同時 ・ビル用マルチ高顕熱型冷暖切替 ・店舗用冷暖切替 ・店舗用冷暖切替寒冷地対応 ・設備用冷暖切替 ・ビル用マルチ氷蓄熱冷暖房切替 ・ビル用マルチ水冷冷暖切替 ・ビル用マルチ水冷冷暖同時 | 1. ウォールスルー <ul style="list-style-type: none"> ・標準型 ・インバータ | 1. 空気熱源ヒートポンプチラー <ul style="list-style-type: none"> ・スクリュウ (インバータ無) ・スクロール (インバータ有/無) |
| 2. GHP <ul style="list-style-type: none"> ・ビル用マルチ標準型冷暖房切替 ・ビル用マルチ発電機付自己消費 ・ビル用マルチ発電機付系統連携 ・ビル用マルチ標準型冷暖同時 | 2. EHP 水熱源 <ul style="list-style-type: none"> ・定速型 ・インバータ | 2. 水冷チラー <ul style="list-style-type: none"> ・スクリュウ (インバータ無) ・スクロール (インバータ無) |
| 3. 室内機 <ul style="list-style-type: none"> ・室内機 ・室内機+全熱交換機 ・外気処理室内機 ・全熱交換機付き外気処理室内機 ・全熱交換機ユニット ・排気ファン | 3. 冷媒熱回収型外調機 | 3. 吸収式冷温水発生機 <ul style="list-style-type: none"> ・直焚き二重効用/一般 ・直焚き二重効用/高効率 ・直焚き二重効用/高期間効率 ・直焚き三重効用 ・温水焚き ・排熱投入型 s |
| | 4. FF式暖房機 | 4. 真空温水器 |
| | 5. ルームエアコン <ul style="list-style-type: none"> ・普及型 ・高性能型 | 5. ターボ冷凍機 <ul style="list-style-type: none"> ・標準型 ・高効率型 ・高効率型インバータ |
| | 6. 全熱交換機ユニット | 6. 氷蓄熱ユニット |
| | 7. 排気ファン | 7. 水蓄熱 <ul style="list-style-type: none"> ・連結完全混合槽 ・温度成層型 |
| | | 8. 熱交換器 <ul style="list-style-type: none"> ・温水熱交換器 (CGS排熱) ・冷温水熱交換器 (地域熱供給など) ・冷水熱交換器 (地域熱供給など) ・温水熱交換器 (地域熱供給など) |
| | | 9. 冷却塔 |
| | | 10. 未利用 (河川など) |

7) 空調接続

- ・室内機等の設置
- ・空調機器と CAV や VAV との接続
(CAV : Constant Air Volume、定風量装置)
(VAV : Variable Air Volume、変風量装置)

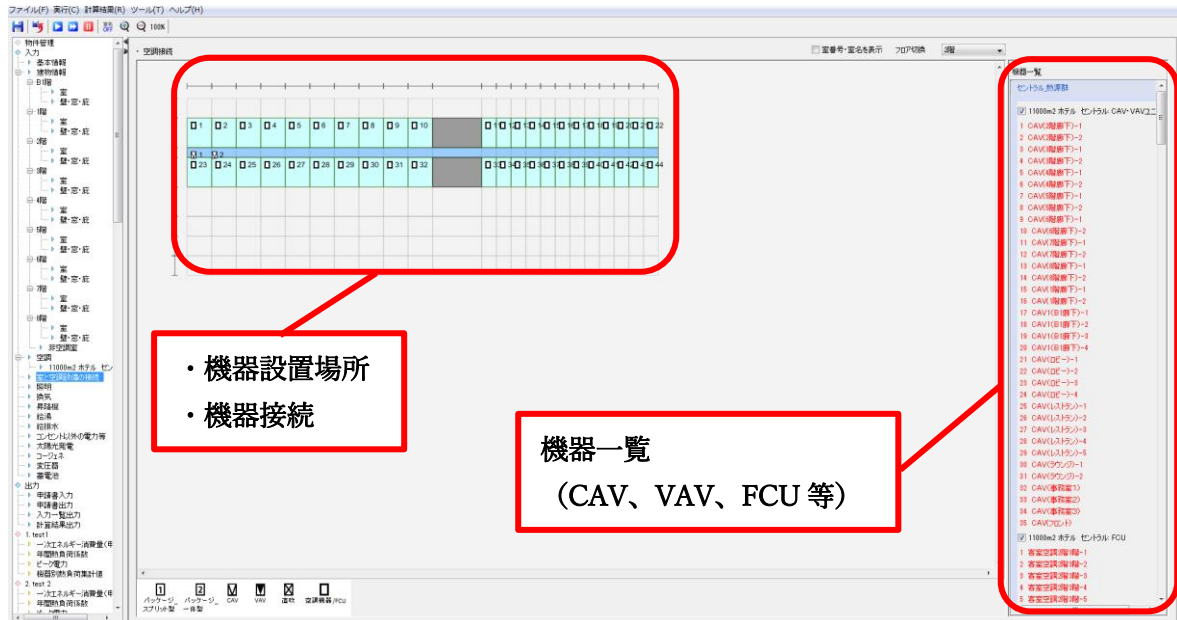


図 2.7 空調接続情報

8) 照明情報

- ・照明性能 (消費電力、照明効率など)
- ・照明種類 (Hf、FHP、など)
- ・台数



図 2.8 照明情報

9) 昇降機

- ・種類
- ・性能（積載重量、定格速度など）
- ・台数



図 2.9 昇降機情報

10) 給湯

- ・給湯方式の選択（一管式個別給湯方式、二管式中央給湯方式）
- ・給湯機器の種類
- ・給湯機器の性能（加熱能力、消費電力、燃料消費量など）
- ・給湯使用量の設定

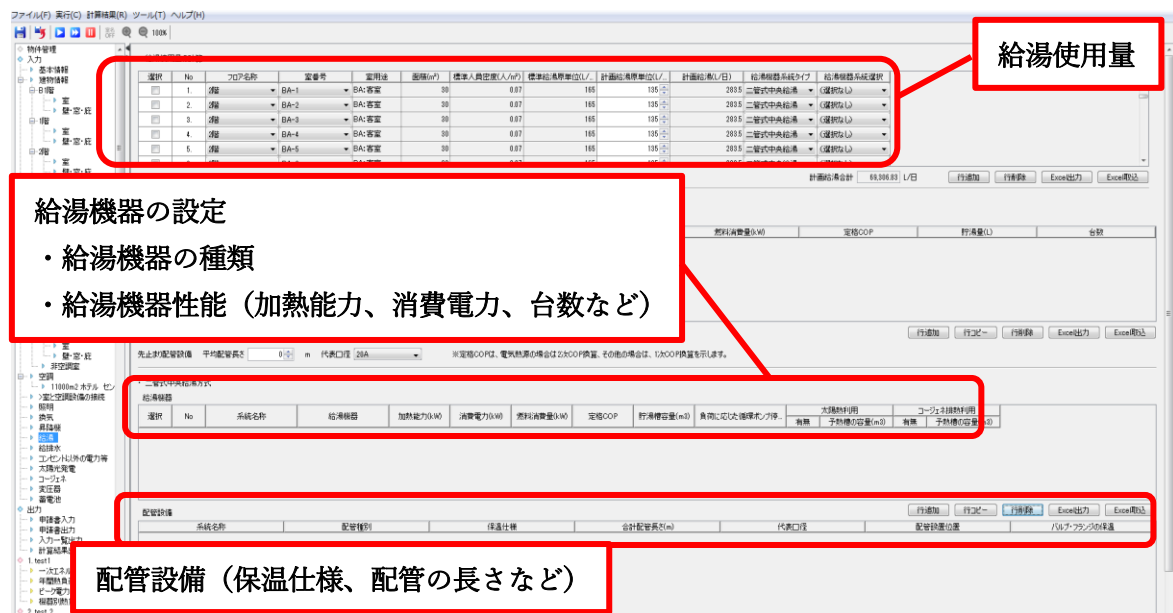


図 2.10 給湯情報

11) 太陽熱利用

- ・ 集熱器タイプ
(平板集熱器、真空ガラス管集熱器)
- ・ 集熱面積
- ・ 集熱器方位角
- ・ 集熱器傾斜角

| 系統名称 | 集熱器タイプ | 集熱面積(m ²) | 集熱器方位角(°) | 集熱器傾斜角(°) |
|--------------|--------|-----------------------|-----------|-----------|
| 給湯1(2、3階) | 平板集熱器 | 0 | 0 | 0 |
| 給湯9(4、5階) | 平板集熱器 | 0 | 0 | 0 |
| 給湯17(6、7、8階) | 平板集熱器 | 0 | 0 | 0 |
| 給湯29(厨房) | 平板集熱器 | 0 | 0 | 0 |
| 給湯30(事務室) | 平板集熱器 | 0 | 0 | 0 |
| 給湯17(8階) | 平板集熱器 | 0 | 0 | 0 |

図 2.11 太陽熱利用情報

12) 太陽光発電

- ・ 太陽電池アレイ公称出力
- ・ アレイ設置方位角
- ・ アレイ設置傾斜角
- ・ 補正係数



図 2.12 太陽光発電情報

2.2 DECC（非住宅物環境関連データベース）の概要

本研究ではシミュレーションでは非住宅物環境関連データベース（以下 DECC：Database for Energy Consumption of Commercial building）に格納されているデータを元にベンチマークデータを作成した。

DECC とは、国土交通省、経済産業省、環境省による支援の元、日本サステナブル建築協会に設置された「非住宅建築物の環境関連データベース委員会」により調査・分析された、建築物の水使用量やエネルギーに関するデータベースのことを指す。DECC にはエネルギー種ごとの毎月の水使用量とエネルギー使用量が収納されているレベル 1 データ（基礎データベース）とエネルギー使用機器の情報、時刻ごとのエネルギー使用量等の情報が収納されているレベル 3 データ（詳細データベース）がある。また、公開データ数としては国内最大級で、約 4 万件のデータを収納している。図 2.13 は DECC 公開データ件数を表したものである。

DECC の調査は、「非住宅建築物環境関連データベース検討委員会」の下、日本全国を 8 地域に分割し、地域ごとに調査拠点となる代表大学を設置し、各代表大学が研究機関や他大学と連携してデータ集計や分析を実施している。

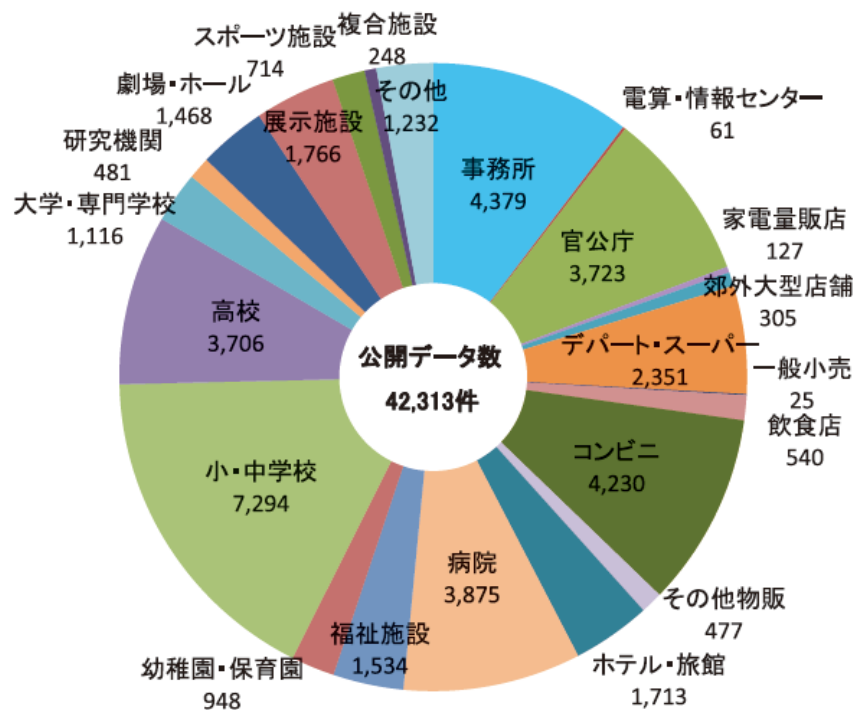


図 2.13 DECC 公開データ件数

[出典：日本サステナブル建築協会]

DECC レベル 1 の建物データには所在地、建物用途、延床面積や階数などといった建物概要と冷暖房期間、営業時間、冷暖房設定温度等の営業形態がある。また、エネルギー等の消費量データとしては月別の電力、ガス、石油類と地域熱消費量が収納されている。また、それ以外には上水使用量のデータも収納されている。これらをまとめたものを表 2.2 に示す。

表 2.2 DECC レベル 1 格納データ情報

| 建物データ | | 年間・月別消費量データ | |
|---|---|--|--|
| 建物概要 | 営業形態 | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ・所在地 ・建物用途 ・竣工年 ・延床面積 ・階数 など | <ul style="list-style-type: none"> ・営業時間 ・冷暖房設定温度 ・冷暖房期間 など | <ul style="list-style-type: none"> ・電力消費量 ・ガス消費量 ・石油類消費量 ・地域熱消費量 | <ul style="list-style-type: none"> ・上水使用量 |

2.3 本研究のシミュレーション対象地域

図 2.14 は本研究におけるシミュレーションの対象地域を示す。温暖地域として那覇、標準地域として東京、そして、寒冷地域として札幌でシミュレーションを行なった。



図 2.14 シミュレーション対象地域

2.4 太陽エネルギー

2.4.1 太陽光発電

太陽光発電（以下 PV：Photovoltaics）の特徴としては以下のようなものがある。

1) 太陽光がエネルギー源

PV は太陽光がエネルギー源であるため、基本的には設置する地域を選ばず、導入しやすい。しかし、気象状況に左右されるため、発電量が不安定等の欠点がある。

2) メンテナンスが容易

システム的に可動部分が少なく、一度設置すると発電等は自動で行われ、機器のメンテナンス等はほとんど必要がない。

3) クリーンなエネルギー

火力発電等の発電とは異なり、太陽光を利用することで二酸化炭素を一切排出しないことが最大の特徴である。

PV の仕組みは内蔵されている太陽電池が大きく関与している。太陽電池は、太陽の光のエネルギーを吸収して、直接電気に変えるエネルギーの変換素子である。太陽電池は主にシリコンなどの半導体で作られており、この半導体に光が当たると、日射強度に比例して発電を行う。太陽電池に太陽が当たると、正孔と電子が発生し、電子は n 型半導体、正孔は p 型半導体へと引き寄せられる。よって、裏面と表面に取り付けた電極にモーターなどの負荷になるものを繋ぐと電流が流れ出る。図 2.15 は PV の仕組みを図式化したものである。

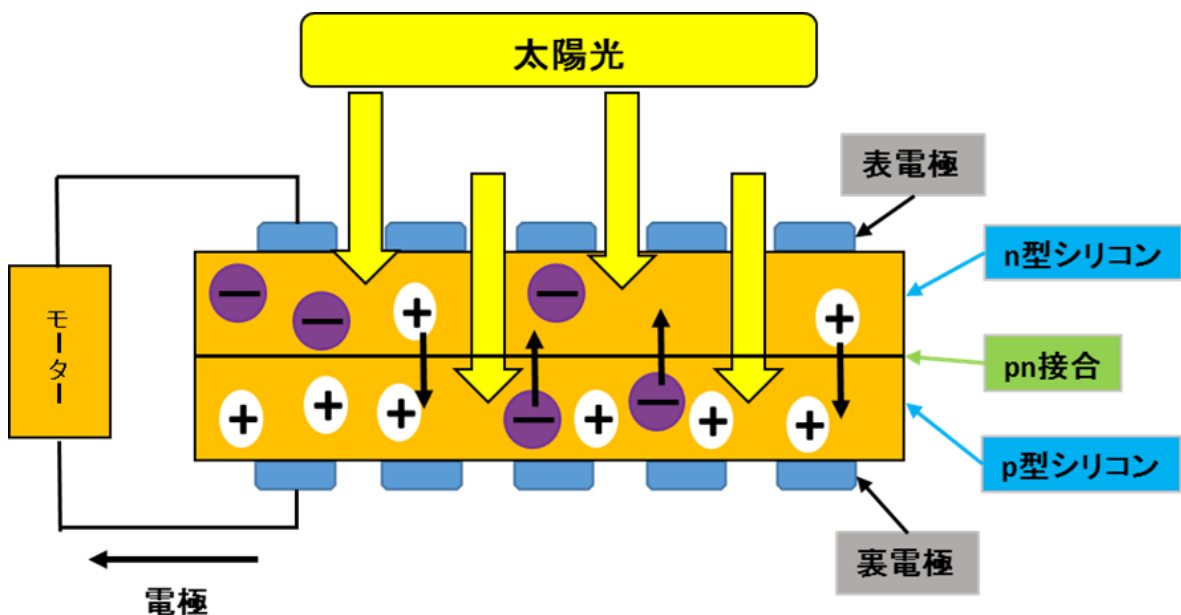


図 2.15 太陽光発電の仕組み

太陽電池の構成単位としては「セル」、「モジュール」と「アレイ」がある。セルは太陽電池の基本単位で、太陽電池素子そのものを示す。モジュールはセルを必要枚配列して、屋外で利用できるように強化ガラスや樹脂などで保護し、パッケージ化したものであり、一般的に太陽電池パネルと呼ばれている。そのモジュールをさらに複数枚並べて接続したものをアレイと呼ぶ。

PV に用いる太陽電池には、いくつか種類があり、現在、実用化されている太陽電池は、主に化合物系とシリコン系である。表 2.3 にそれぞれの特徴を示す。

表 2.3 太陽電池の種類・特徴

| | | | |
|-------|------|--|--|
| シリコン系 | 結晶系 | 単結晶 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 160~200 μm程度の薄いシリコンの基板を利用。 ・ 変換効率は高いが、値段が比較的高い。 ・ 発電効率は20%程度。 ・ 低温特性に優れるが、温度上昇に伴い出力性能が低下。 |
| | | 多結晶 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 小さい結晶が集まった多結晶の基板を利用。 ・ 単結晶より製造がしやすい分、安価で、現在の太陽電池の主流。 ・ 発電効率は15%程度。 ・ 低温特性に優れるが、温度上昇に伴い出力性能が低下。 |
| | 薄膜系 | <ul style="list-style-type: none"> ・ アモルファス（非晶質）シリコンや微結晶シリコン薄膜をガラスなどの基板上に形成。 ・ 発電効率は9%程度と結晶系には劣るが、大面積で量産が可能。 ・ 夏場の高温特性が優れる。 | |
| 化合物系 | CIS系 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 銅、インジウム、セレン等を原料とする薄膜型で、製造工程が容易で省資源・量産が可能。 ・ 発電効率は14%程度 ・ 結晶シリコンと薄膜シリコンの中間的な温度特性 | |

2.4.2 太陽集熱器（太陽熱温水器）

太陽熱温水器（以下 SWH：Solar Water Heater）は太陽熱を集める集熱器と温めた水を貯湯タンクで構成されており、最大の特徴はエネルギー変換率で熱エネルギー変換率は約 50%～60%である。SWH の構造は太陽の熱で水を温めるための SWH とその温めた水を貯めておく貯湯槽が組み合わさってできている。その組み合わせとしてはタンク一体型、水道直圧型、そして、タンク分離型がある。表 2.4 にそれぞれの特徴についてまとめた。

表 2.4 太陽熱温水器の形式と特徴

| | |
|--------|--|
| タンク一体型 | <ul style="list-style-type: none">・集熱器と貯湯槽が一体。・構造がシンプルで安価。・最も普及しているタイプ。・耐震性やお湯の水圧が低い。 |
| 水道直圧型 | <ul style="list-style-type: none">・水道水の圧力に耐えられる。・地上に設置可能 |
| タンク分散型 | <ul style="list-style-type: none">・屋根で温めた温水を地上タンクで貯湯。・ポンプが必要不可欠・凍結しにくく、衛生面で優れている。 |

また、太陽熱を集める太陽集熱器には平板型集熱器と真空管型集熱器の 2 種類がある。平板型は黒色の平面を作ることで熱を吸収しやすくしている。また、設置費用が安価で、最も一般的である。しかし、熱損失が大きい分、熱利用の効率は落ちる欠点がある。それに対し、真空管型集熱器は内部を真空にしたガラス管の中に熱媒を通す管と集熱板を設けた構造を多数並べた集熱器で、熱の損失が少なく、熱利用の効率が高いが、構造が複雑な分、設置費用は高い。なお、本研究のシミュレーションでは一般的な平板型集熱器を用いた。

2.4.3 PV・SWH の最適設置方位角と傾斜角度の選定

本研究では寒冷地域、標準地域、温暖地域で検証するため、それぞれの地域にあった勾配で PV と SWH を設置する必要がある。また、太陽光発電量には直射日射量、反射日射量と散乱日射量を合わせた斜面日射量を利用した。(図 2.16)

そこで、気象庁の 2013 年のデータより東京、那覇、札幌の全天日射量を用いて、NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の Erbs 計算ツールにより方位別・傾斜別斜面日射量に変換し、その値を使ってプログラミングを用いて年間発電量を算出した。発電量が最も高かった方位角と傾斜角を最適勾配とした。図 2.17 は Erbs モデル計算ツールの入力画面を示したものである。なお、Erbs 計算ツール内で行なわれている計算式を式 2.1～2.12 に表し、プログラミングでの年間発電量を算出する際に NEDO 技術開発機構の大規模太陽光発電システム導入ガイドブック⁽¹⁸⁾より引用した式を式 2.13 に示す。

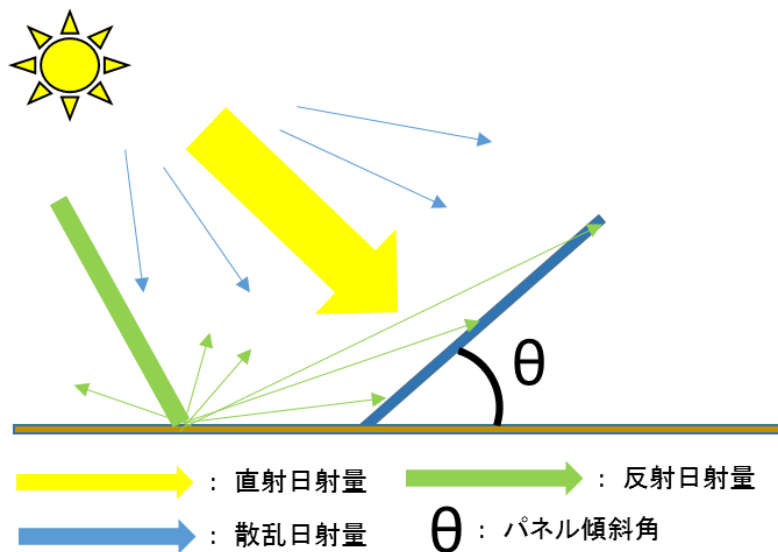


図 2.16 斜面日射量の概念図

[参照：NEDO 標準気象データベースの解説書]

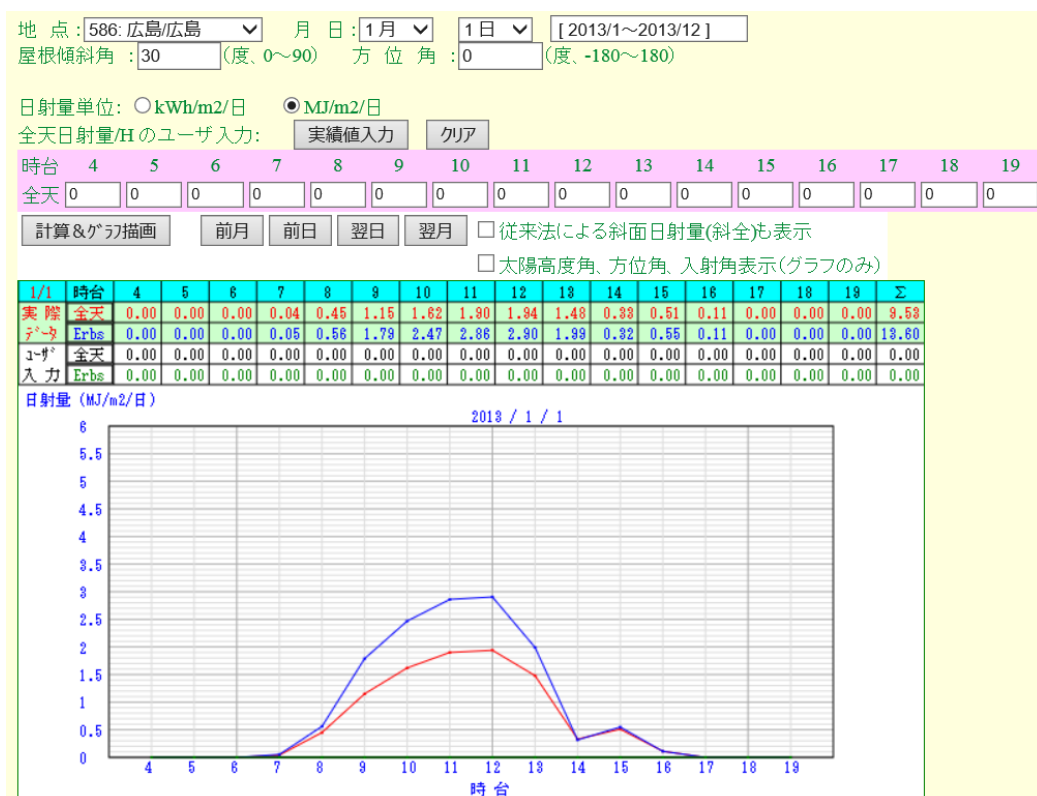


図 2.17 Erbs 計算ツール 入力画面

[出典：NEDO 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構]

$$H = Hb + Hd \quad (2.1)$$

H : 水平面全天日射量 (MJ/m²)

Hb : 水平面直達日射量 (MJ/m²)

Hd : 水平面散乱日射量 (MJ/m²)

Erbs モデルにより、場合分けを以下のように行なう。

・ $H/HO < 0.22$ の時

$$\frac{Hd}{H} = 1.0 - 0.99\left(\frac{H}{HO}\right) \quad (2.2)$$

・ $0.22 < H/HO$ の時

$$\frac{Hd}{H} = 0.9511 - 0.1604\left(\frac{H}{HO}\right) + 4.388\left(\frac{H}{HO}\right)^2 - 16.638\left(\frac{H}{HO}\right)^3 + 12.366\left(\frac{H}{HO}\right)^4 \quad (2.3)$$

・ $H/HO > 0.80$ の時

$$\frac{Hd}{H} = 0.165 \quad (2.4)$$

HO : 大気外水平面日射量

$$HO = 1.367\left(\frac{r}{\bar{r}}\right)^2 \sin(\alpha)$$

$$\frac{r}{\bar{r}} = 1/[1.000110 + 0.034221 \cos(\omega J) + 0.001280 \sin(\omega J) + 0.000719 \cos(2\omega J) + 0.000077 \sin(2\omega J)^{\frac{1}{2}}$$

$$\omega = 2\pi/365 \quad (2.5)$$

地球の大気圏外で受け取る太陽からの輻射エネルギー: 1.367(kW/m²)

J : 元日から通年日数+0.5

$$\alpha = \arcsin[\sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \cos(t)]$$

δ : 太陽赤緯 (度)

t : 時角 (時間)

$$\delta = 0.33281 - 22.984 \cos(\omega J) - 0.34990 \cos(2\omega J) - 0.13980 \cos(3\omega J) + 3.7872 \sin(\omega J) + 0.03250 \sin(2\omega J) + 0.09187 \sin(3\omega J) \quad (2.6)$$

$$T = Ts + \frac{\theta - 135}{15} + e$$

$$t = 15T - 180$$
(2.7)

Ts : 時刻 (中央標準時)

e : 均時差

θ : 東経

φ : 北緯

$$e = 0.0072 \cos(\omega J) - 0.0528 \cos(2\omega J) - 0.0012 \cos(3\omega J) - 0.1229 \sin(\omega J) - 0.1565 \sin(2\omega J) - 0.0041 \sin(3\omega J)$$
(2.8)

$$I_{b\beta\gamma} = Hb * \cos \theta / \cos \theta z$$
(2.9)

$I_{b\beta\gamma}$: 斜面直達日射量

θ : パネルへの入射角

θz : 天頂角 (= $90^\circ - \alpha$)

$$I_{r\beta\gamma} = H * \rho * (1 - \cos \theta \alpha) / 2$$
(2.10)

$I_{r\beta\gamma}$: 斜面反射日射量

ρ : アルベド (地表の反射率 : 0.2、入射光エネルギーに対する反射光エネルギーの比)

$\theta \alpha$: パネルの傾斜角

$$I_{s\beta\gamma} = Hd * (1 + \cos \theta \alpha) / 2$$
(2.11)

$I_{s\beta\gamma}$: 斜面天空日射量

$$I_{\beta\gamma} = I_{b\beta\gamma} + I_{s\beta\gamma} + I_{r\beta\gamma}$$
(2.12)

$I_{\beta\gamma}$: 斜面日射量

$$E_p = I_{\beta\gamma} * K * P * 365/1 \tag{2.13}$$

E_p : 年間予想発電量 (kWh/年)

$I_{\beta\gamma}$: 設置面の 1 日あたりの年平均斜面日射量 (kWh/m²/日)

K : 損失係数

* パワーコンディショナーによる損失・・・約 5 %

* 汚れ等による損失・・・約 5 %

温度による損失・・・冬 (12~2 月) 10 %

春 (3~5 月) 15 %

夏 (6~8 月) 20 %

秋 (9~11 月) 15 %

P : システム容量 (kW)

365 : 年間の日数

I : 標準状態における日射強度 (kW/m²)

上記の斜面日射量から算出した方位・傾斜角別年間発電量の結果を東京、札幌、那覇の順に図 2.18~図 2.20 に示す。各図より東京では最大約 5400(kWh/m²)、札幌では約 5294(kWh/m²)、那覇では約 5684(kWh/m²)となる。

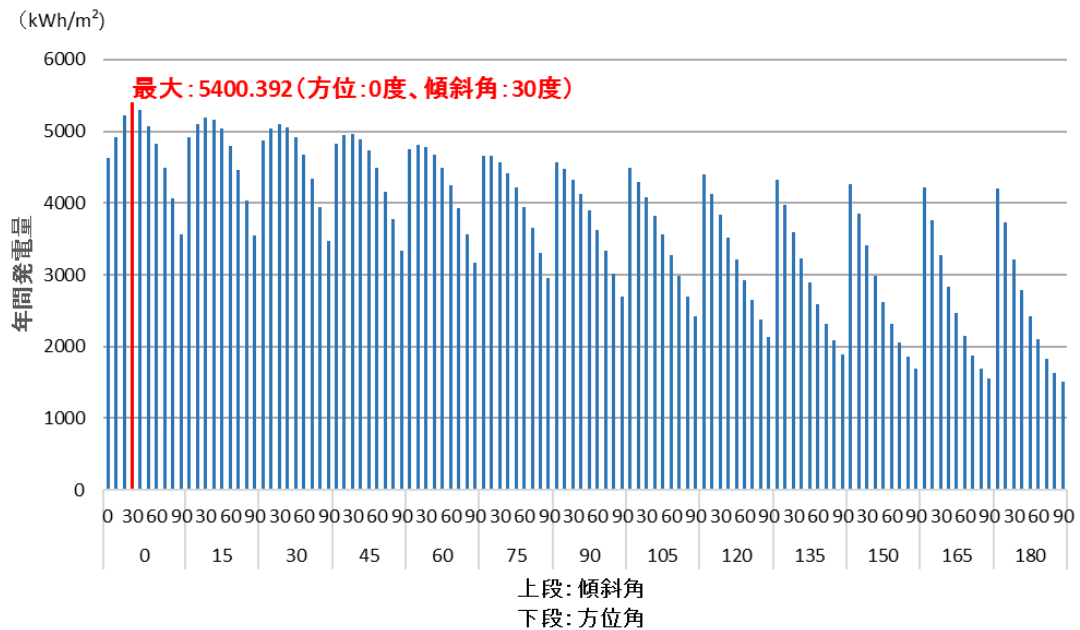


図 2.18 方位・傾斜角別年間発電量 (東京)

2.5 本研究のシミュレーションの手順

1) リファレンスモデルの作成

標準的な仮モデルの間取りや延床等の建物概要と空調や照明等の設備情報を「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」⁽¹⁾や過去の研究等を参考に BEST に入力し、一次エネルギー消費量を算出する。これをリファレンスモデルとする。

2) 標準モデルの作成

1) で作成したリファレンスモデルをより実存する建築物に近づけるために、1) で算出したリファレンスモデルの月別一次エネルギー消費量を、実測値の DECC レベル 1 でリファレンスモデルに近い規模の複数の物件の平均の月別一次エネルギー消費量から作成したベンチマークデータと比較する。その際、両者の差が大きく異なる場合、冷暖房期間等のパラメータ値などを修正し、ベンチマークデータに近づけるように作成する。これを本シミュレーションの標準モデルとする。なお、標準モデルでは DECC のデータ内で最も導入件数が多かった吸収式冷温水発生機および給湯ボイラーを利用した。この標準モデルを標準地域、寒冷地域、温暖地域の 3 つの地域ごとに作成する。

3) 空調熱源、給湯熱源の燃料別にベースモデルを作成

本研究では様々な建築物パターンを考慮し、2) で作成した標準モデルを含め、空調熱源と給湯熱源を異なる熱源を利用した場合の空調・給湯熱源の組み合わせを変えたモデルを作成する。本研究では、ガス熱源の空調として吸収式冷温水発生機、電気熱源の空調としては空冷 HP を利用した。また、給湯熱源においては、ガス熱源は給湯ボイラー、電気熱源として電気温水器を利用した。4 つのベースモデル作成後は空調熱源別および給湯熱源別に一次エネルギー消費量の削減効果について検討する。

4) 各ベースモデルに PV および SWH の設置面積割合を変えて設置

3) で作成したベースモデルごとに PV および SWH の設置面積を変えた 6 つのケースを導入し、一つの地域ごとに 24 のケースモデルを作成し、3 つ地域、計 72 ケースでシミュレーションを行なった。

5) 給湯熱源（給湯ボイラー、電気温水器）に SWH を導入による効果検証

3) で作成したモデルのうち、給湯熱源の異なる 2 つのベースモデルにそれぞれ SWH を導入し、それにより、一次エネルギー消費量の削減効果を給湯熱源別に検討する。なお、この際、前面に SWH のみを設置した場合を想定する。

6) 標準給湯使用量における PV と SWH の最適設置方法の検討

各ベースモデルにおける PV と SWH の最適設置方法の検討を行なった。なお、この際、一人あたりの一日の給湯使用量は、ビジネスホテルにおける標準給湯使用量である 140L とした。

7) 給湯使用量変更による感度分析

給湯使用量はビジネスホテルごとに異なるため、6) で明らかにした PV と SWH の最適設置方法が給湯使用量を変更することによって変化するのかを検討した。図 2.21 に本研究のシミュレーションの全体図を示す。

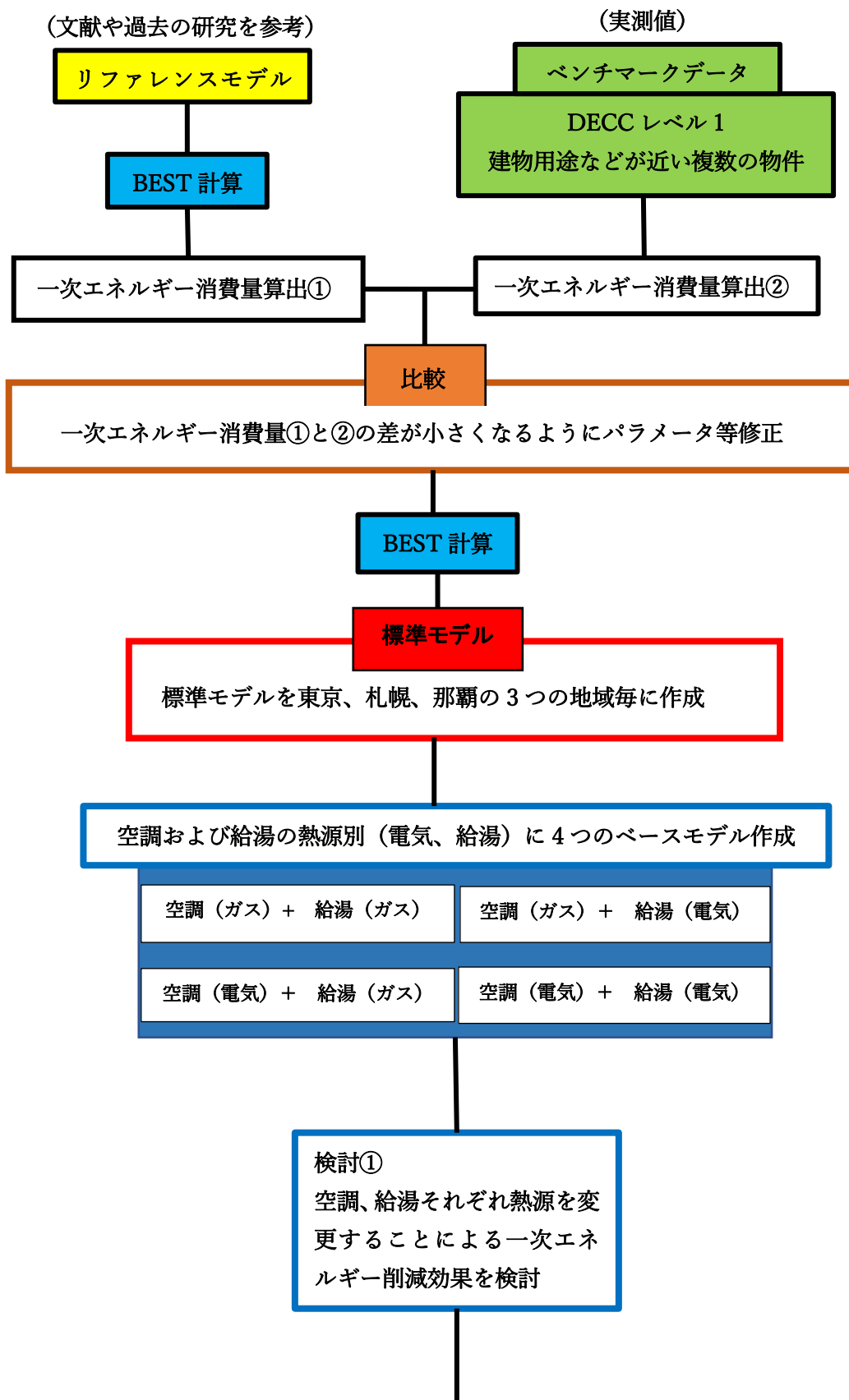


図 2.21 シミュレーション手法の概要 その1

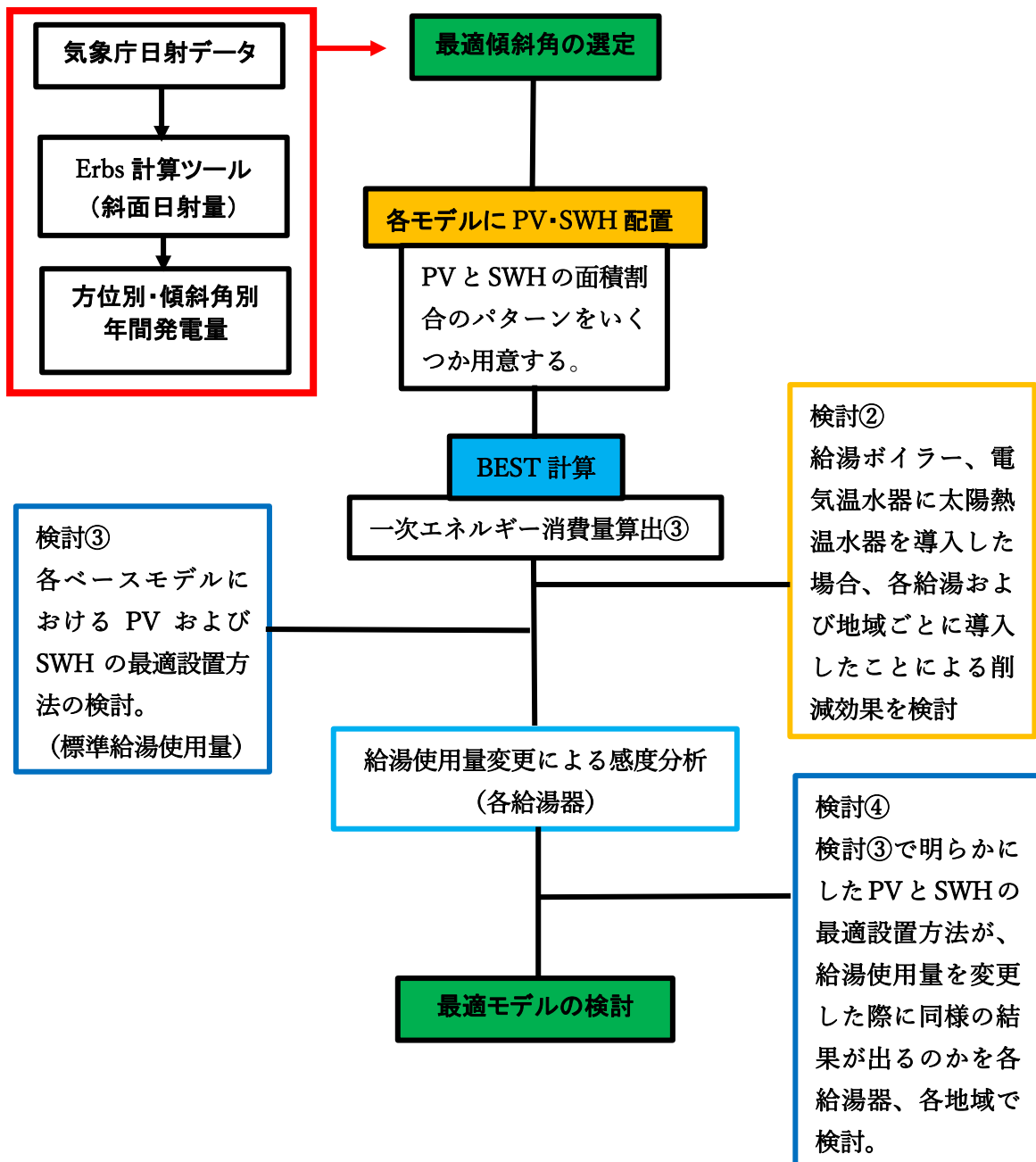


図 2.22 シミュレーション手法の概要 その2

2.6 シミュレーションモデルの作成

2.6.1 リファレンスモデルの作成と機器の選定

本研究では、太陽熱温水器による効果を検討するため、給湯の使用率が高いビジネスホテルを対象とした。事務所とホテルの年間一次エネルギー使用先別割合をそれぞれ図 2.23 および図 2.24 に示す。両図より事務所はほとんど給湯を利用していないのに対して、ホテルは給湯の利用率が全体の 22%あり、利用率が高いことが分かる。その他の違いとしては事務所のコンセントの割合が 21%に対して、ホテルは 9%と少ない。

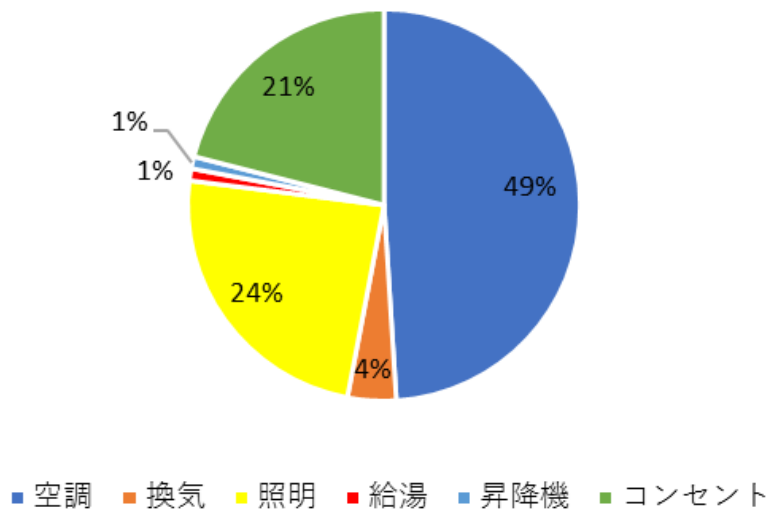


図 2.23 年間一次エネルギー使用先別割合（事務所）

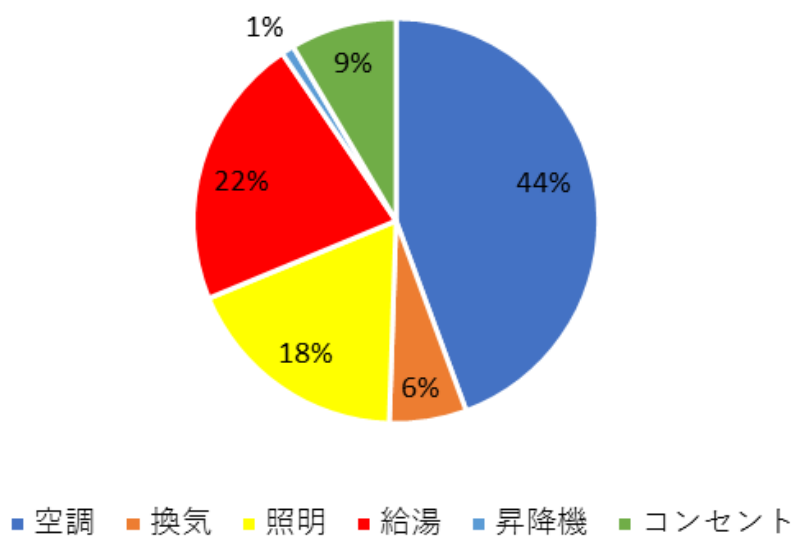


図 2.24 年間一次エネルギー使用先別割合（ホテル）

リファレンスモデルとなるホテルは 8 階建であり、延床面積が 11000m²の中規模のビジネスホテルである。1 階はロビー、ラウンジやレストラン等の主に共用部分であり、2 階～8 階は客室フロアで広い客室と狭い客室の 2 種類がある。広い客室は各階 20 室、狭い客室が 24 室とし、全部で 308 部屋のモデルである。表 2.5 はリファレンスモデルの建物概要を示したものである。また、図 2.25 および図 2.26 はそれぞれリファレンスモデルの 1 階の共通部分の平面図と 2～8 階の客室階の平面図を表す。

表 2.5 建物概要

| リファレンスモデル建物概要 | |
|---------------|---------------------|
| 建物用途 | ホテル |
| 延床面積 | 11000m ² |
| 地域 | 東京、那覇、札幌 |
| 階数 | 8階 |
| 客室数 | 客室（大）140室 |
| | 客室（小）168室 |
| | 計 308室 |
| 躯体構造 | 鉄骨造 |

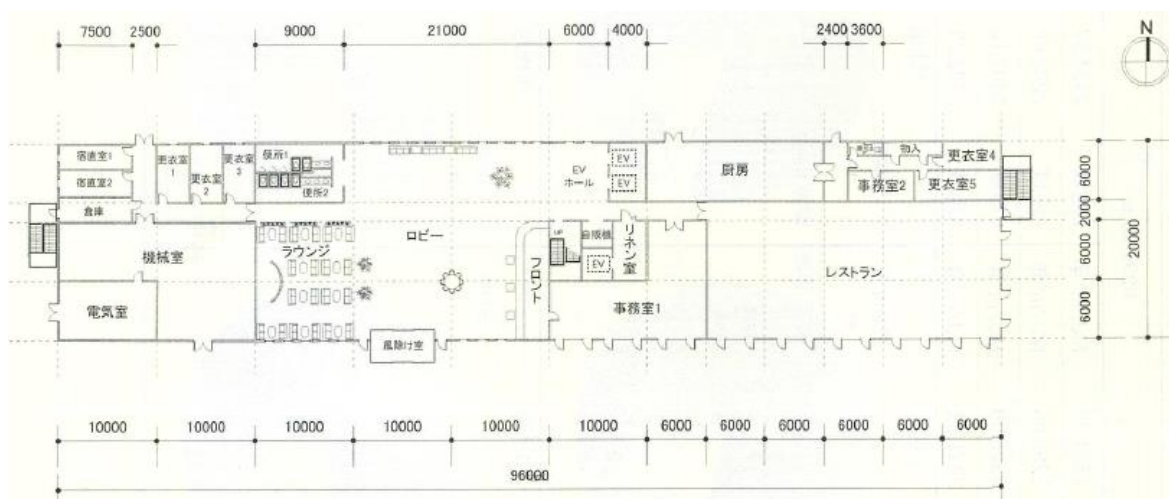


図 2.25 1 階 平面図

[出典：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]

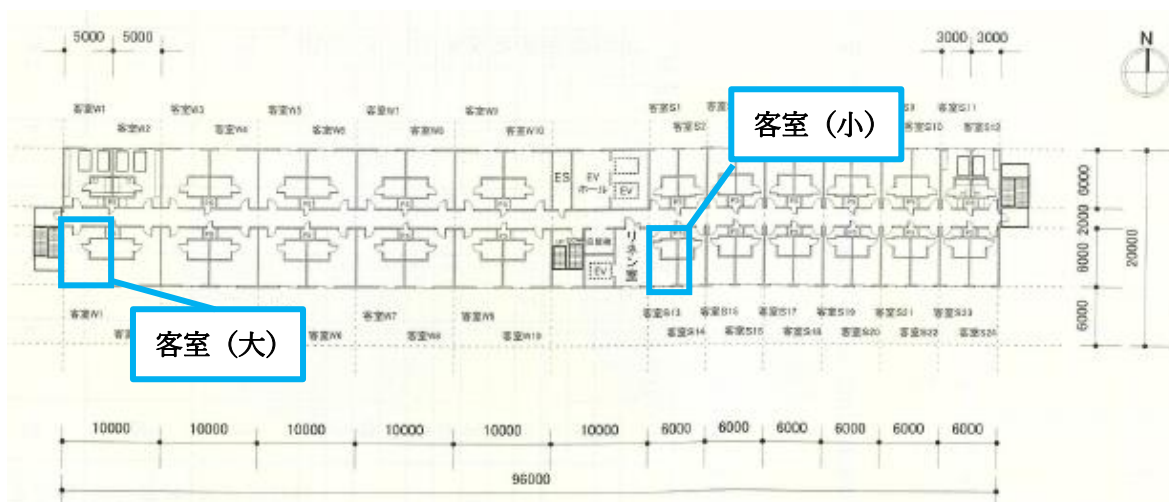


図 2.26 2階～8階 客室 平面図

[出典：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]

リファレンスモデルにおける空調、照明や給湯の各機器仕様の選定は以下のように行った。全ての機器は主に「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」⁽¹⁾や過去の研究等より参照した。

A) 空調システム

リファレンスモデルでは DECC レベル 1 データで最も利用件数が多い吸収式冷温水発生機を熱源とした。空調は必要定格能力が設定されており、その能力値を超えるようカタログ値⁽⁴⁰⁾より選定した。表 2.6 は主な部屋の用途、定格能力と面積を地域ごとに表したものである。

表 2.6 各地域の部屋ごとの面積と必要定格能力

| | 用途 | 定格能力(kW/m ²) | 面積(m ²) |
|----|-----------|--------------------------|---------------------|
| 東京 | 客室(小) | 0.18 | 18 |
| | 廊下(2階～8階) | 0.086 | 192 |
| | レストラン | 0.244 | 420 |
| | ロビー | 0.196 | 396 |
| | ラウンジ | 0.21 | 120 |
| 那覇 | 客室 | 0.202 | 18 |
| | 廊下 | 0.096 | 192 |
| | レストラン | 0.273 | 420 |
| | ロビー | 0.22 | 396 |
| | ラウンジ | 0.235 | 120 |
| 札幌 | 客室 | 0.071 | 18 |
| | 廊下 | 0.068 | 192 |
| | レストラン | 0.193 | 420 |
| | ロビー | 0.208 | 396 |
| | ラウンジ | 0.166 | 120 |

B) 給湯システム

給湯は一般的に利用されているガスを燃料とする給湯ボイラーをリファレンスモデルで利用した。給湯能力は「BEST 平成 25 年省エネ基準対応ツール解説書__操作編」⁽²³⁾と「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 75）実建物での給湯システムなどの計算例の紹介と検討」⁽³²⁾より以下の数式を参照し、算出した。（数式 2.3~2.5）

なお、給湯使用量はビジネスホテルの場合、「給排水衛生設備 計画設計の実務の知識 改訂 3 版」⁽³⁸⁾より標準で 125~165(L/人・日)とされており、多くても 250(L/人・日)とされている。その中でも本研究では、多くの論文等で設定値とされる 140(L/人・日)とした。

$$Vd = m * h * \alpha \quad (2.3)$$

Vd : 計画給湯使用量[L/日]
 m : 部屋面積[m²]
 h : 標準人員密度[人/m²]
 α : 標準給湯原単位[L/m²・日]

$$\frac{St}{L} = Vd * 0.2 \quad (2.4)$$

$\frac{St}{L}$: 貯湯槽容量[L]

$$QB = \frac{St}{L} * (60 - 5) * 1/1000 \quad (2.5)$$

QB : 給湯加熱能力[kW]

また、入力項目には無いが、BEST が計算を行う際、給水温度換算係数が自動で変換される。札幌の場合、0.6639、東京が 0.8516、そして那覇は 0.6921 として換算され、計算される。

C) 昇降機

昇降機の性能は東京海洋大学 1 号館の昇降機の性能を元にし、積載重量を 600kg、定格速度を 60m/min とした。

各地域（東京、札幌、那覇）のリファレンスモデルの BEST における入力値を表 2.7~2.9 に示す。

表 2.7 リファレンスモデルの入力値（東京）

| 建物情報 | | | 入力値 | |
|---------------|----------------|------------------|-----------------------------|-------------|
| 建物環境 | 所在地 (=気象データ) | | 東京 | |
| | 用途 | | ホテル | |
| | 床面積 | | 11000㎡ | |
| | 建物概形 | | 8階建て | |
| | | 室温温度設定(°C) | 夏季 | 26 |
| | 冬季 | | 22 | |
| 建物構造 | 屋根 | 構造 | | 鉄構造 |
| | | 断熱材質 (厚さ: mm) | ロックウール化粧吸音板(12) | |
| | | | せっこうボード(10) | |
| | | | コンクリート(150) | |
| | | | セメント・モルタル(15) | |
| | 押出法ポリスチレン(50) | | | |
| | 内壁 | 材質(厚さ:mm) | | コンクリート |
| | 外壁 | 断熱 (厚さ:mm) | せっこうボード(8) | |
| | | | 押出法ポリスチレン(50) | |
| | | | コンクリート(150) | |
| セメント・モルタル(25) | | | | |
| 窓 | 窓タイプ | | 単層 | |
| | ガラスタイプ(厚さ:mm) | | 透明(8) | |
| 空調 | 方式 | | セントラル空調方式 | |
| | 熱源 | 種類 | 吸収式冷温水発生機(ガス) | |
| | | 共通部分 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 422 | 262 |
| | | 消費電力(kW/台) | 3.6 | 3.6 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 325 | 325 |
| | | 台数 | 1 | |
| | | 運転期間 | 04/01~11/30 | 12/01~03/15 |
| | | 客室 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 281 | 188 |
| | | 消費電力(kW/台) | 3.6 | 3.1 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 216 | 216 |
| | | 台数 | 6 | |
| | 運転期間 | 04/01~11/30 | 12/01~03/15 | |
| | 空調機器 | 種類 | 共通部分 | CAV (2管式) |
| 客室 | | | FCU (2管式) | |
| 照明 | 共通部分 | 照明種類 | FLR | |
| | | 消費電力(W) | 60 | |
| | 客室 | 照明種類 | Hf | |
| | | 消費電力(W) | 70 | |
| 給湯 | 給湯方式 | | 二管式中央給湯方式 | |
| | 熱源 | 種類 | 給湯ボイラー | |
| | | 燃料 | ガス | |
| | | 加熱能力(kW/台) | 74.5 | |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 91.9 | |
| | 台数 | 6 | | |
| 使用量 | 計画給湯原単位(L/人・日) | | 140 | |
| 昇降機 | 速度制御方式 | | 可変電圧可変周波数制御方式 (電力回生制御なし) | |
| | 積載重力(kg) | | 600 | |
| | 定格速度(m/min) | | 60 | |
| | 台数 | | 3 | |

表 2.8 リファレンスモデルの入力値（札幌）

| 建物情報 | | | 入力値 | |
|---------------|----------------|------------------|-----------------------------|-------------|
| 建物環境 | 所在地（=気象データ） | | 札幌 | |
| | 用途 | | ホテル | |
| | 床面積 | | 11000㎡ | |
| | 建物概形 | | 8階建て | |
| | | 室温温度設定(°C) | 夏季 | 26 |
| | 冬季 | | 22 | |
| 建物構造 | 屋根 | 構造 | 鉄構造 | |
| | | 断熱材質 (厚さ: mm) | ロックウール化粧吸音板(12) | |
| | | | せっこうボード(10) | |
| | | | コンクリート(150) | |
| | | | セメント・モルタル(15) | |
| | 押出法ポリスチレン(100) | | | |
| | 内壁 | 材質(厚さ:mm) | コンクリート | |
| | 外壁 | 断熱 (厚さ:mm) | せっこうボード(8) | |
| 押出法ポリスチレン(50) | | | | |
| コンクリート(150) | | | | |
| セメント・モルタル(25) | | | | |
| 窓 | 窓タイプ | 単層 | | |
| | ガラスタイプ(厚さ:mm) | 透明(8) | | |
| 空調 | 方式 | セントラル空調方式 | | |
| | 熱源 | 種類 | 吸収式冷温水発生機（ガス） | |
| | | 共通部分 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 527 | 353 |
| | | 消費電力(kW/台) | 3.6 | 3.1 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 406 | 406 |
| | | 台数 | 1 | |
| | | 運転期間 | 04/20~11/20 | 12/01~03/20 |
| | | 客室 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 352 | 235 |
| | | 消費電力(kW/台) | 3.6 | 3.1 |
| | 燃料消費量(kW/台) | 270 | 270 | |
| | 台数 | 6 | | |
| | 運転期間 | 04/20~11/20 | 12/01~03/20 | |
| | 空調機器 | 種類 | 共通部分 | CAV（2管式） |
| 客室 | | | FCU（2管式） | |
| 照明 | 共通部分 | 照明種類 | FLR | |
| | | 消費電力(W) | 60 | |
| | 客室 | 照明種類 | Hf | |
| | | 消費電力(W) | 70 | |
| 給湯 | 給湯方式 | | 二管式中央給湯方式 | |
| | 熱源 | 種類 | 給湯ボイラー | |
| | | 燃料 | ガス | |
| | | 加熱能力(kW/台) | 74.5 | |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 91.9 | |
| | 台数 | 6 | | |
| 使用量 | 計画給湯原単位(L/人・日) | 140 | | |
| 昇降機 | 速度制御方式 | | 可変電圧可変周波数制御方式 (電力回生制御なし) | |
| | 積載重力(kg) | | 600 | |
| | 定格速度(m/min) | | 60 | |
| | 台数 | | 3 | |

表 2.9 リファレンスモデル入力値（那覇）

| 建物情報 | | | 入力値 | |
|---------------|----------------|------------------|-----------------------------|-------------|
| 建物環境 | 所在地（=気象データ） | | 那覇 | |
| | 用途 | | ホテル | |
| | 床面積 | | 11000㎡ | |
| | 建物概形 | | 8階建て | |
| | | 室温温度設定(°C) | 夏季 | 26 |
| | 冬季 | | 22 | |
| 建物構造 | 屋根 | 構造 | 鉄構造 | |
| | | 断熱材質 (厚さ: mm) | ロックウール化粧吸音板(12) | |
| | | | せっこうボード(10) | |
| | | | コンクリート(150) | |
| | | | セメント・モルタル(15) | |
| | 押出法ポリスチレン(50) | | | |
| | 内壁 | 材質(厚さ:mm) | コンクリート | |
| | 外壁 | 断熱 (厚さ:mm) | せっこうボード(8) | |
| | | | 押出法ポリスチレン(50) | |
| | | | コンクリート(150) | |
| セメント・モルタル(25) | | | | |
| 窓 | 窓タイプ | 単層 | | |
| | ガラスタイプ(厚さ:mm) | 透明(8) | | |
| 空調 | 方式 | セントラル空調方式 | | |
| | 熱源 | 種類 | 吸収式冷温水発生機(ガス) | |
| | | 共通部分 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 422 | 282 |
| | | 消費電力(kW/台) | 3.6 | 3.6 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 325 | 325 |
| | | 台数 | 1 | |
| | | 運転期間 | 05/01~10/31 | 01/01~03/31 |
| | | 客室 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 281 | 188 |
| | | 消費電力(kW/台) | 3.6 | 3.1 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 216 | 216 |
| | | 台数 | 6 | |
| | | 運転期間 | 05/01~10/31 | 01/01~03/31 |
| | 空調機器 | 種類 | 共通部分 | CAV (2管式) |
| 客室 | | | FCU (2管式) | |
| 照明 | 共通部分 | 照明種類 | FLR | |
| | | 消費電力(W) | 60 | |
| | 客室 | 照明種類 | Hf | |
| | | 消費電力(W) | 70 | |
| 給湯 | 給湯方式 | | 二管式中央給湯方式 | |
| | 熱源 | 種類 | 給湯ボイラー | |
| | | 燃料 | ガス | |
| | | 加熱能力(kW/台) | 74.5 | |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 91.9 | |
| | | 台数 | 6 | |
| 使用量 | 計画給湯原単位(L/人・日) | 140 | | |
| 昇降機 | 速度制御方式 | | 可変電圧可変周波数制御方式 (電力回生制御なし) | |
| | 積載重力(kg) | | 600 | |
| | 定格速度(m/min) | | 60 | |
| | 台数 | | 3 | |

実際に BEST に入力し、計算した各地域の年間月別エネルギー詳細消費量の計算結果をそれぞれ表 2.10~2.12 および図 2.27~2.29 に示す。

表 2.10 リファレンスモデルの年間月別一次エネルギー詳細消費量計算結果（東京）

| 用途 | 年間一次エネルギー消費量原単位(MJ/m ²) | | | | | | 合計 |
|-----|-------------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|--------|
| | 空調 | 換気 | 照明 | 給湯熱源 | 昇降機 | コンセント | |
| 1月 | 83.6 | 12.7 | 33.5 | 50.9 | 2.1 | 17.5 | 200.3 |
| 2月 | 74.5 | 11.5 | 30.2 | 45.7 | 1.9 | 15.8 | 179.6 |
| 3月 | 43 | 12.7 | 33.5 | 48.4 | 2.1 | 17.5 | 157.2 |
| 4月 | 66 | 12.3 | 32.4 | 41.1 | 2 | 17 | 170.8 |
| 5月 | 97.5 | 12.7 | 33.5 | 38 | 2.1 | 17.5 | 201.3 |
| 6月 | 108.7 | 12.3 | 32.4 | 34.2 | 2 | 17 | 206.6 |
| 7月 | 132 | 12.7 | 33.5 | 30.5 | 2.1 | 17.5 | 228.3 |
| 8月 | 135.8 | 12.7 | 33.5 | 29.9 | 2.1 | 17.5 | 231.5 |
| 9月 | 122.2 | 12.3 | 32.4 | 31.3 | 2 | 17 | 217.2 |
| 10月 | 99.3 | 12.7 | 33.5 | 38.1 | 2.1 | 17.5 | 203.2 |
| 11月 | 62.5 | 12.3 | 32.4 | 43.2 | 2 | 17 | 169.4 |
| 12月 | 83.5 | 12.7 | 33.5 | 48.5 | 2.1 | 17.5 | 197.8 |
| 合計 | 1108.6 | 149.6 | 394.3 | 479.8 | 24.6 | 206.3 | 2363.2 |

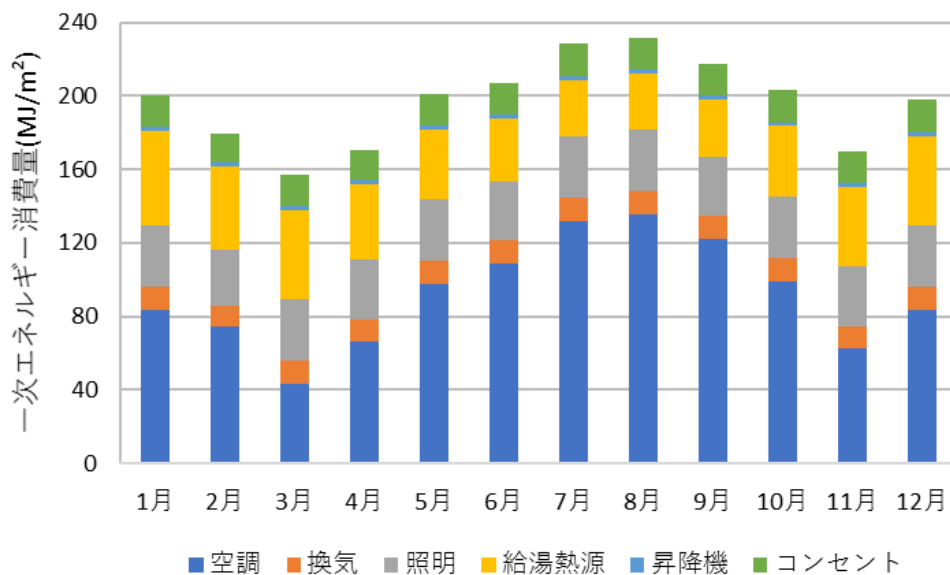


図 2.27 リファレンスモデルの年間月別一次エネルギー詳細消費量計算結果（東京）

表 2.11 リファレンスモデルの年間月別一次エネルギー詳細消費量計算結果（札幌）

| 用途 | 年間一次エネルギー消費量原単位(MJ/m ²) | | | | | | 合計 |
|-----|-------------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|--------|
| | 空調 | 換気 | 照明 | 給湯熱源 | 昇降機 | コンセント | |
| 1月 | 121.3 | 12.7 | 33.5 | 56.6 | 2.1 | 17.5 | 243.7 |
| 2月 | 105.1 | 11.5 | 30.2 | 51.1 | 1.9 | 15.8 | 215.6 |
| 3月 | 69 | 12.7 | 33.5 | 54.7 | 2.1 | 17.5 | 189.5 |
| 4月 | 23.5 | 12.3 | 32.4 | 47.3 | 2 | 17 | 134.5 |
| 5月 | 49.5 | 12.7 | 33.5 | 44.6 | 2.1 | 17.5 | 159.9 |
| 6月 | 67.9 | 12.3 | 32.4 | 38.4 | 2 | 17 | 170 |
| 7月 | 103.2 | 12.7 | 33.5 | 35.6 | 2.1 | 17.5 | 204.6 |
| 8月 | 106.2 | 12.7 | 33.5 | 35.2 | 2.1 | 17.5 | 207.2 |
| 9月 | 91.6 | 12.3 | 32.4 | 37.3 | 2 | 17 | 192.6 |
| 10月 | 54.1 | 12.7 | 33.5 | 44.1 | 2.1 | 17.5 | 164 |
| 11月 | 34.1 | 12.3 | 32.4 | 49.3 | 2 | 17 | 147.1 |
| 12月 | 123 | 12.7 | 33.5 | 55.3 | 2.1 | 17.5 | 244.1 |
| 合計 | 948.5 | 149.6 | 394.3 | 549.5 | 24.6 | 206.3 | 2272.8 |

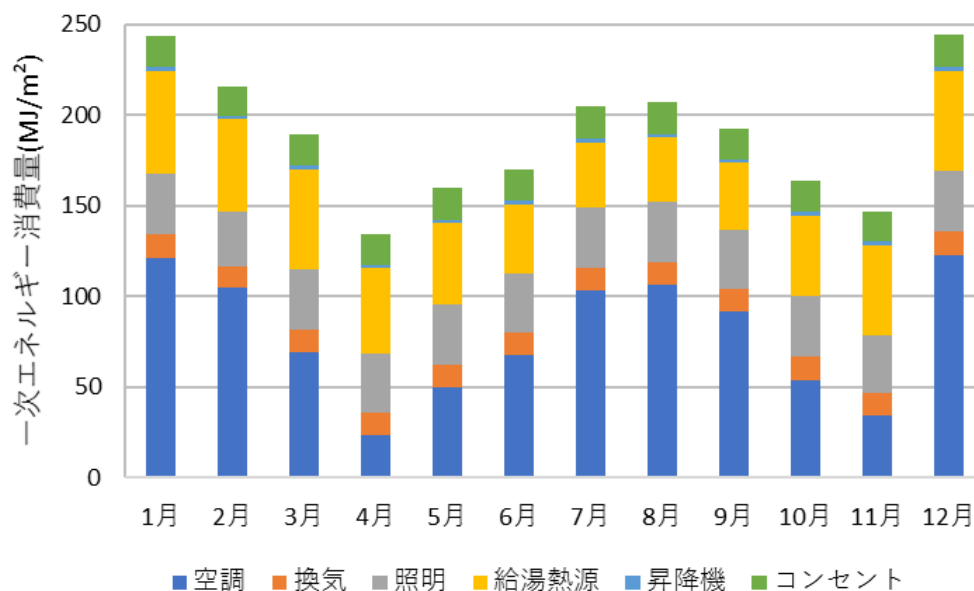


図 2.28 リファレンスモデルの年間月別一次エネルギー詳細消費量計算結果（札幌）

表 2.12 リファレンスモデルの年間月別一次エネルギー詳細消費量計算結果（那覇）

| 用途 | 年間一次エネルギー消費量原単位(MJ/m ²) | | | | | | 合計 |
|-----|-------------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|--------|
| | 空調 | 換気 | 照明 | 給湯熱源 | 昇降機 | コンセント | |
| 1月 | 26 | 12.7 | 33.5 | 50.9 | 2.1 | 17.5 | 142.7 |
| 2月 | 40.3 | 11.5 | 30.2 | 45.7 | 1.9 | 15.8 | 145.4 |
| 3月 | 44 | 12.7 | 33.5 | 48.4 | 2.1 | 17.5 | 158.2 |
| 4月 | 7.6 | 12.3 | 32.4 | 41.1 | 2 | 17 | 112.4 |
| 5月 | 119.5 | 12.7 | 33.5 | 38 | 2.1 | 17.5 | 223.3 |
| 6月 | 123.8 | 12.3 | 32.4 | 34.2 | 2 | 17 | 221.7 |
| 7月 | 136 | 12.7 | 33.5 | 30.5 | 2.1 | 17.5 | 232.3 |
| 8月 | 135.7 | 12.7 | 33.5 | 29.9 | 2.1 | 17.5 | 231.4 |
| 9月 | 125.2 | 12.3 | 32.4 | 31.3 | 2 | 17 | 220.2 |
| 10月 | 118.9 | 12.7 | 33.5 | 38.1 | 2.1 | 17.5 | 222.8 |
| 11月 | 7.6 | 12.3 | 32.4 | 43.2 | 2 | 17 | 114.5 |
| 12月 | 7.9 | 12.7 | 33.5 | 48.5 | 2.1 | 17.5 | 122.2 |
| 合計 | 892.5 | 149.6 | 394.3 | 479.8 | 24.6 | 206.3 | 2147.1 |

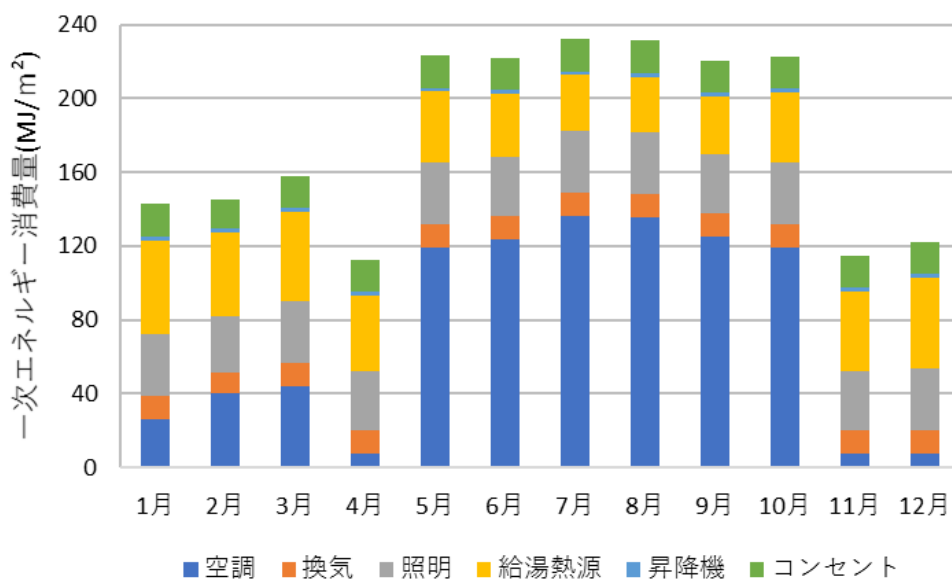


図 2.29 リファレンスモデルの年間月別一次エネルギー消費量計算結果（那覇）

2.6.2 ベンチマークデータの作成

前述のように、本研究では標準モデル作成にあたって、実測値の DECC レベル 1 データより、標準エネルギー消費量データを取得し、建物規模に近い複数の物件よりベンチマークデータを作成した。2006 年度～2013 年度の DECC レベル 1 データより、ホテル用途の物件を 1881 件抜粋し、そこから、東京、北海道、沖縄県と 3 つの地域の物件を抜粋した。このうち、年間一次エネルギー消費量、電力やガス消費量などが 0 MJ またはエラーとなっている物件を、スミルノフ・グラブス検定を用いて、外れ値や異常値を棄却した。スミルノフ・グラブス検定については以下に示す。

・スミルノフ・グラブス検定

母集団から取得した N 個の標本 $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ において、標本平均と標本分散をそれぞれ \bar{x} 、 s^2 とする。

次に、母集団の最大値 x_k について、検定統計量 $T(x_k)$ を以下の数式より求める。

$$T(x_k) = \frac{x_k - \bar{x}}{s} \quad (2.6)$$

そして、スミルノフ・グラブス検定の有意点 t を求め、以下の条件に従って、判定を行う。なお、本研究では有意水準を 5% として検定を行なった。

$T(x_k) < t$: x_k は外れ値である。(対立仮説)

$T(x_k) \geq t$: x_k は外れ値ではない。(帰無仮説)

もし、 $T(x_k)$ が外れ値であった場合、標本を母集団より棄却し、 $N - 1$ 個のデータも同様に検定を繰り返し行なう。この行為を、帰無仮説が採用されるまで続ける。

この検定により 817 件が有意なデータとなった。そのうち、東京が 145 件、北海道が 25 件、沖縄が 10 件となった。さらに、そこからリファレンスモデルの延床面積に近い物件を抜粋した結果、東京は 15 件、北海道が 7 件、沖縄が 5 件となった。その各地域の物件データを表 2.13～2.15 に示す。

各地域より、各月および年間エネルギー消費量原単位の平均を求め、年間・月別エネルギー消費量に関するベンチマークデータを作成した。

表 2.13 ホテル DECC レベル 1 物件データ (東京)

| 建物ID | 調査年度 | 建物用途 | 都道府県 | 延床面積 (m ²) | 一次エネルギー消費量原単位 (MJ/m ²) | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|---------------------------|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | | | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | 年間 |
| D08000095 | 19 | 宿泊施設 | 東京 | 10267 | 167.916 | 215.976 | 287.851 | 290.894 | 310.505 | 266.572 | 217.648 | 198.946 | 246.539 | 252.182 | 226.956 | 223.063 | 2905.05 |
| D08000093 | 23 | 宿泊施設 | 東京 | 11615 | 180.02 | 187.841 | 219.362 | 247.731 | 264.896 | 227.585 | 182.196 | 168.3 | 239.284 | 249.326 | 221.335 | 216.343 | 2604.22 |
| D08000094 | 19 | 宿泊施設 | 東京 | 10352 | 188.585 | 204.732 | 278.229 | 281.342 | 282.579 | 243.249 | 178.032 | 155.393 | 202.026 | 215.501 | 194.807 | 189.56 | 2614.03 |
| D08000094 | 20 | 宿泊施設 | 東京 | 10352 | 164.47 | 191.38 | 256.811 | 267.071 | 293.618 | 268.745 | 201.777 | 180.893 | 230.878 | 237.208 | 216.973 | 190.958 | 2700.78 |
| D08000094 | 21 | 宿泊施設 | 東京 | 10352 | 172.268 | 206.006 | 237.567 | 271.133 | 295.753 | 265.975 | 209.843 | 179.981 | 223.398 | 238.639 | 216.424 | 201.859 | 2718.85 |
| D08000091 | 19 | 宿泊施設 | 東京 | 13235 | 140.692 | 189.13 | 234.928 | 257.368 | 271.411 | 251.704 | 199.195 | 169.298 | 218.021 | 230.902 | 201.741 | 197.221 | 2561.61 |
| D08000388 | 21 | 宿泊施設 | 東京 | 11591 | 175.569 | 184.235 | 214.675 | 249.942 | 251.139 | 225.223 | 176.708 | 154.164 | 199.462 | 211.729 | 185.734 | 181.668 | 2410.25 |
| D08000117 | 19 | 宿泊施設 | 東京 | 11225 | 158.136 | 171.619 | 197.476 | 218.402 | 229.546 | 200.101 | 152.745 | 136.71 | 221.43 | 226.006 | 203.621 | 189.643 | 2305.43 |
| D08000327 | 20 | 宿泊施設 | 東京 | 10009 | 156.594 | 173.391 | 195.007 | 206.847 | 226.618 | 207.605 | 153.518 | 122.549 | 194.823 | 216.884 | 196.44 | 184.226 | 2234.5 |
| D08000388 | 23 | 宿泊施設 | 東京 | 11591 | 163.233 | 145.228 | 173.616 | 207.277 | 228.925 | 214.786 | 146.672 | 129.193 | 174.848 | 180.786 | 161.879 | 154.389 | 2080.83 |
| D08000451 | 21 | 宿泊施設 | 東京 | 13552 | 154.152 | 147.861 | 180.865 | 200.925 | 201.664 | 187.196 | 147.78 | 126.713 | 168.439 | 181.612 | 157.235 | 153.755 | 2008.2 |

表 2.14 ホテル DECC レベル 1 物件データ (北海道)

| 建物ID | 調査年度 | 建物用途 | 都道府県 | 延床面積 (m ²) | 一次エネルギー消費量原単位 (MJ/m ²) | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|---------------------------|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | | | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | 年間 |
| A08000014 | 19 | 宿泊施設 | 北海道 | 7257 | 231.221 | 189.943 | 212.502 | 296.646 | 287.754 | 229.554 | 176.161 | 202.519 | 295.099 | 290.284 | 274.824 | 270.289 | 2956.8 |
| A08090208 | 23 | 宿泊施設 | 北海道 | 6815 | 220.878 | 193.678 | 191.351 | 249.579 | 277.729 | 230.347 | 182.999 | 209.684 | 279.858 | 287.166 | 248.358 | 276.876 | 2848.5 |
| A08090208 | 21 | 宿泊施設 | 北海道 | 7256.352 | 204.28 | 98.5301 | 189.622 | 252.39 | 254.941 | 222.971 | 172.823 | 211.796 | 286.158 | 297.046 | 270.349 | 276.007 | 2736.91 |
| A08080101 | 20 | 宿泊施設 | 北海道 | 7573 | 201.162 | 192.713 | 202.353 | 220.928 | 231.432 | 214.75 | 172.322 | 190.226 | 241.647 | 249.904 | 208.133 | 214.822 | 2540.39 |
| A08080101 | 21 | 宿泊施設 | 北海道 | 8503 | 182.599 | 166.991 | 167.967 | 219.177 | 219.825 | 212.955 | 173.38 | 181.369 | 227.327 | 248.549 | 201.349 | 204.58 | 2406.07 |
| A08090206 | 21 | 宿泊施設 | 北海道 | 12285.51 | 199.843 | 187.112 | 173.037 | 206.05 | 206.228 | 197.226 | 161.857 | 182.802 | 219.966 | 233.172 | 198.035 | 201.86 | 2367.19 |
| A08000006 | 19 | 宿泊施設 | 北海道 | 8476.25 | 202.575 | 182.594 | 179.512 | 218.313 | 242.225 | 234.633 | 168.588 | 191.401 | 219.261 | 238.137 | 218.465 | 220.628 | 2516.33 |

表 2.15 ホテル DECC レベル 1 物件データ (沖縄)

| 建物ID | 調査年度 | 建物用途 | 都道府県 | 延床面積 (m ²) | 一次エネルギー消費量原単位 (MJ/m ²) | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|---------------------------|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | | | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | 年間 |
| H08000167 | 20 | 宿泊施設 | 沖縄県 | 17916.9 | 179.851 | 192.974 | 252.456 | 273.314 | 280.825 | 273.795 | 261.537 | 223.365 | 175.418 | 189.667 | 175.075 | 172.739 | 2651.02 |
| H08000168 | 21 | 宿泊施設 | 沖縄県 | 19159.5 | 173.133 | 196.255 | 246.217 | 257.432 | 263.422 | 255.342 | 246.168 | 199.704 | 153.704 | 178.328 | 165.961 | 161.726 | 2497.39 |
| H08000139 | 23 | 宿泊施設 | 沖縄県 | 18844.45 | 182.652 | 206.065 | 255.334 | 273.38 | 278.69 | 268.829 | 256.153 | 197.229 | 141.946 | 146.583 | 138.693 | 133.813 | 2479.37 |
| H08000076 | 23 | 宿泊施設 | 沖縄県 | 19159.5 | 175.883 | 197.634 | 245.154 | 254.14 | 248.982 | 244.772 | 228.855 | 198.663 | 153.676 | 168.651 | 148.475 | 145.34 | 2410.22 |
| H08000139 | 21 | 宿泊施設 | 沖縄県 | 21282 | 156.319 | 188.478 | 235.154 | 244.896 | 250.84 | 240.706 | 229.339 | 170.332 | 121.263 | 142.192 | 134.754 | 130.931 | 2245.2 |

また、それぞれの地域の物件データの平均より求めた、ベンチマークモデル年間・月別一次エネルギー消費量を表 2.16~2.18 と図 2.30~2.32 に示す。

表 2.16 ベンチマークモデル 平均年間・月別一次エネルギー消費量（東京）

| 月別一次エネルギー消費量 (MJ/m ²) | |
|--------------------------------------|---------|
| 1月 | 221.89 |
| 2月 | 198.47 |
| 3月 | 189.33 |
| 4月 | 165.60 |
| 5月 | 183.40 |
| 6月 | 225.13 |
| 7月 | 245.36 |
| 8月 | 259.70 |
| 9月 | 232.61 |
| 10月 | 178.74 |
| 11月 | 156.56 |
| 12月 | 210.83 |
| 合計 | 2467.61 |

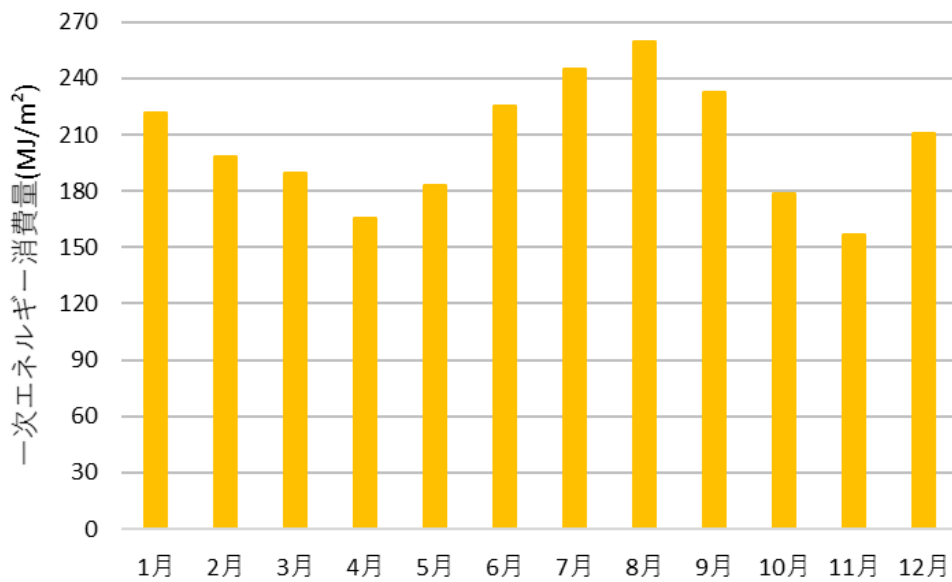


図 2.30 ベンチマークモデル 年間・月別総エネルギー消費量（東京）

表 2.17 ベンチマークモデル 平均年間・月別一次エネルギー消費量（札幌）

| 月別一次エネルギー消費量 (MJ/m ²) | |
|--------------------------------------|---------|
| 1月 | 263.47 |
| 2月 | 231.36 |
| 3月 | 237.87 |
| 4月 | 206.08 |
| 5月 | 173.08 |
| 6月 | 188.05 |
| 7月 | 237.58 |
| 8月 | 245.73 |
| 9月 | 220.35 |
| 10月 | 172.59 |
| 11月 | 195.68 |
| 12月 | 252.76 |
| 合計 | 2624.58 |

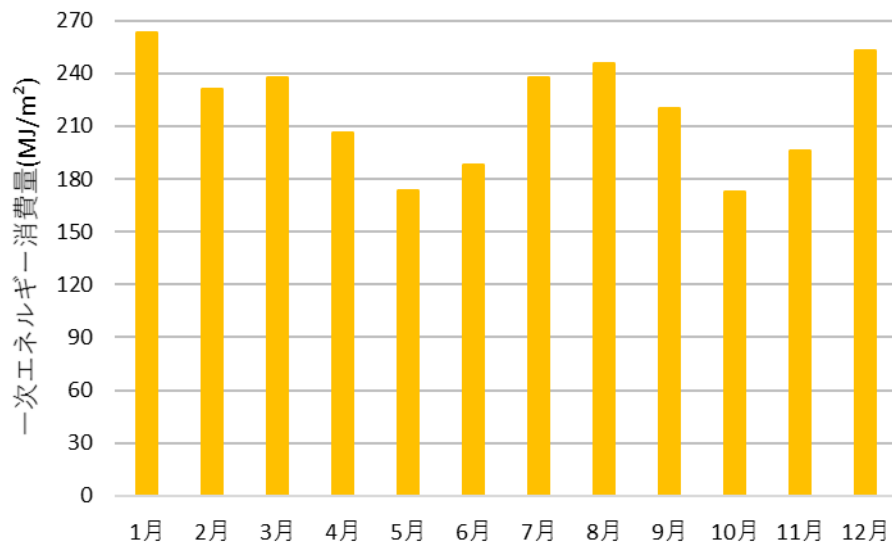


図 2.31 ベンチマークモデル 年間・月別総エネルギー消費量（札幌）

表 2.18 ベンチマークモデル 平均年間・月別一次エネルギー消費量（那覇）

| 月別一次エネルギー消費量 (MJ/m ²) | |
|--------------------------------------|---------|
| 1月 | 165.08 |
| 2月 | 152.59 |
| 3月 | 148.91 |
| 4月 | 173.57 |
| 5月 | 196.28 |
| 6月 | 246.86 |
| 7月 | 260.63 |
| 8月 | 264.55 |
| 9月 | 256.69 |
| 10月 | 244.41 |
| 11月 | 197.86 |
| 12月 | 149.20 |
| 合計 | 2456.64 |

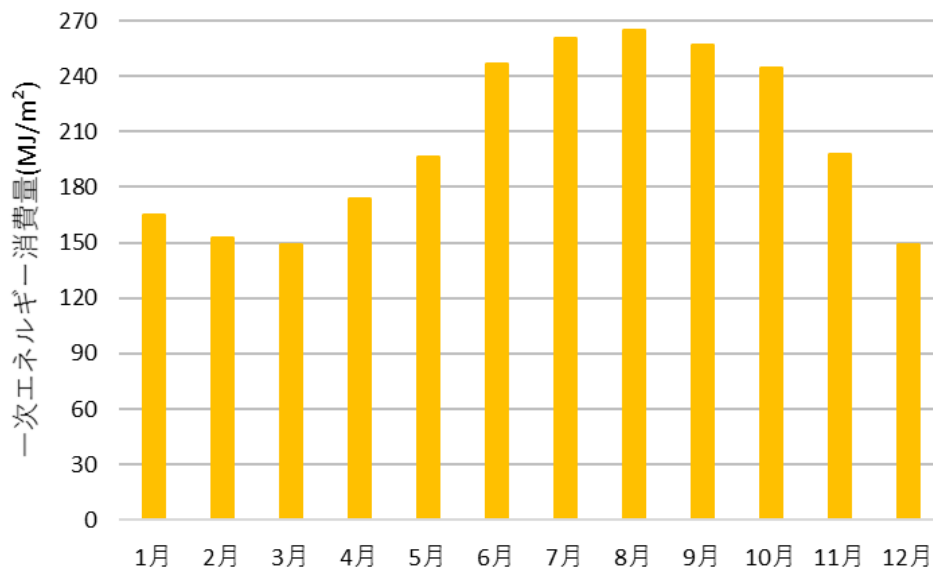


図 2.32 ベンチマークモデル 年間・月別総エネルギー消費量（那覇）

2.6.3 リファレンスモデルとベンチマークデータのエネルギー消費量の比較

リファレンスモデルをより実存する建築物に近づけるために、各地域のリファレンスモデルとベンチマークデータのエネルギー消費量を比較した。表 2.19 および図 2.33 は東京のリファレンスモデルとベンチマークデータの年間・月別総エネルギー消費量を比較したものである。同図より多くの月がベンチマークデータより低い値になっており、また、最小値の月がベンチマークデータでは 4 月なのに対し、リファレンスモデルでは 3 月になっていることが分かる。

表 2.19 リファレンスモデルとベンチマークデータの年間・月別エネルギー消費量比較
(東京)

| MJ/m ² | リファレンス | ベンチマーク | 誤差 |
|-------------------|--------|--------|-------|
| 1月 | 200.4 | 221.9 | 21.5 |
| 2月 | 179.7 | 198.5 | 18.8 |
| 3月 | 157.3 | 189.3 | 32.0 |
| 4月 | 170.8 | 165.6 | -5.2 |
| 5月 | 201.4 | 183.4 | -18.0 |
| 6月 | 206.6 | 225.1 | 18.5 |
| 7月 | 228.3 | 245.4 | 17.1 |
| 8月 | 231.5 | 259.7 | 28.2 |
| 9月 | 217.2 | 232.6 | 15.4 |
| 10月 | 203.3 | 178.7 | -24.6 |
| 11月 | 169.5 | 156.6 | -12.9 |
| 12月 | 197.8 | 210.8 | 13.0 |
| 年間 | 2363.6 | 2467.6 | 104.0 |

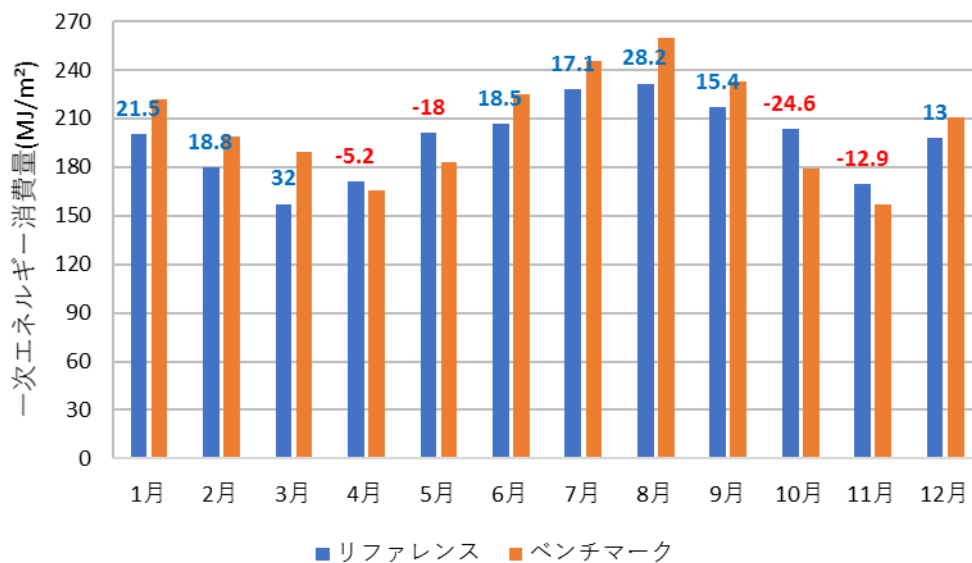


図 2.33 リファレンスモデルとベンチマークデータの年間・月別エネルギー消費量比較
(東京)

表 2.19 および図 2.33 の比較図より、空調やスケジュール等のパラメータを変更し、よりベンチマークモデルに近づけるため、以下のパラメータ修正を行なう。

1) 空調設備

空調能力選定の際に、カタログを元に入力していたが、カタログ値は理想の環境で、能力が 100% 出た際の値のため、実際はもっと性能が低下すると考え、空調能力は維持し、冷房の燃料消費量を 325kW から 484kW に、暖房の燃料消費量を 325kW から 400kW に変更した。また、客室も同様に冷暖房の燃料消費量をそれぞれ、216kW から 320kW、216kW から 267kW へと変更した。

2) 給湯設備

給湯台数をリファレンスモデルでは 6 台に設定していたが、それでは最低限の給湯量しかまかなうことができないためより余裕を持たせるために 9 台に変更した。

3) 空調運転スケジュール

「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」によると東京の空調運転期間は冷房が 4 月 10 日～11 月 30 日で、暖房が 12 月 01 日～3 月 15 日であった。そこで、1 階(共通部分)の冷房期間を 4 月 10 日～10 月 30 日、暖房期間を 11 月 15 日～3 月 20 日とし、2 階から 8 階の客室部分の冷房期間を 5 月 25 日～10 月 15 日、暖房期間を 11 月 15 日～3 月 25 日までに変更した。

表 2.20 はパラメータ修正後の BEST の入力値を表したものであり、赤い枠で囲まれている部分の変更点である。

また、以上のパラメータ修正後のリファレンスモデルとベンチマークデータを比較した年間・月別エネルギー消費量を表 2.21 および図 2.34 に示す。同表図より修正後は各月での誤差が 10MJ/m²以内となり、さらに年間では修正前は 104MJ/m²の差があるのに対し、修正後は 33.5MJ/m²と縮小した。

表 2.20 修正後 入力値 (東京)

| 建物情報 | | | 入力値 | |
|---------------|----------------|-----------------|-----------------------------|-------------|
| 建物環境 | 所在地 (=気象データ) | | 東京 | |
| | 用途 | | ホテル | |
| | 床面積 | | 11000㎡ | |
| | 建物概形 | | 8階建て | |
| | | 室温温度設定(°C) | 夏季 26 冬季 22 | |
| 建物構造 | 屋根 | 構造 | 鉄構造 | |
| | | 断熱材質 (厚さ:mm) | ロックウール化粧吸音板(12) | |
| | | | せっこうボード(10) | |
| | | | コンクリート(150) | |
| | | | セメント・モルタル(15) | |
| | 押出法ポリスチレン(50) | | | |
| | 内壁 | 材質(厚さ:mm) | コンクリート | |
| | 外壁 | 断熱 (厚さ:mm) | せっこうボード(8) | |
| 押出法ポリスチレン(50) | | | | |
| コンクリート(150) | | | | |
| セメント・モルタル(25) | | | | |
| 窓 | 窓タイプ | 単層 | | |
| | ガラスタイプ(厚さ:mm) | 透明(8) | | |
| 空調 | 方式 | セントラル空調方式 | | |
| | 熱源 | 種類 | 吸収式冷温水発生機(ガス) | |
| | | 共通部分 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 422 | 262 |
| | | 消費電力(kW/台) | 3.6 | 3.1 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 422 | 328 |
| | | 台数 | 1 | |
| | | 運転期間 | 04/01~10/30 | 11/15~03/20 |
| | | 客室 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 281 | 188 |
| | | 消費電力(kW/台) | 3.6 | 3.1 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 281 | 333 |
| | | 台数 | 6 | |
| | | 運転期間 | 05/25~10/15 | 11/15~03/25 |
| 空調機器 | 種類 | 共通部分 | CAV (2管式) | |
| | | 客室 | FCU (2管式) | |
| 照明 | 共通部分 | 照明種類 | FLR | |
| | | 消費電力(W) | 60 | |
| | 客室 | 照明種類 | Hf | |
| | | 消費電力(W) | 70 | |
| 給湯 | 給湯方式 | | 二管式中央給湯方式 | |
| | 熱源 | 種類 | 給湯ボイラー | |
| | | 燃料 | ガス | |
| | | 加熱能力(kW/台) | 74.5 | |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 91.9 | |
| | | 台数 | 9 | |
| 使用量 | 計画給湯原単位(L/人・日) | 140 | | |
| 昇降機 | 速度制御方式 | | 可変電圧可変周波数制御方式 (電力回生制御なし) | |
| | 積載重力(kg) | | 600 | |
| | 定格速度(m/min) | | 60 | |
| | 台数 | | 3 | |

表 2.21 リファレンスモデルとベンチマークデータの年間・月別エネルギー消費量比較
修正後（東京）

| MJ/m ² | リファレンス | ベンチマーク | 誤差 |
|-------------------|--------|--------|------|
| 1月 | 215.8 | 221.9 | 6.1 |
| 2月 | 193.4 | 198.5 | 5.1 |
| 3月 | 188.9 | 189.3 | 0.4 |
| 4月 | 159.0 | 165.6 | 6.6 |
| 5月 | 182.7 | 183.4 | 0.7 |
| 6月 | 225.0 | 225.1 | 0.1 |
| 7月 | 250.2 | 245.4 | -4.8 |
| 8月 | 254.1 | 259.7 | 5.6 |
| 9月 | 237.3 | 232.6 | -4.7 |
| 10月 | 170.3 | 178.7 | 8.4 |
| 11月 | 148.4 | 156.6 | 8.2 |
| 12月 | 209.0 | 210.8 | 1.8 |
| 年間 | 2434.1 | 2467.6 | 33.5 |

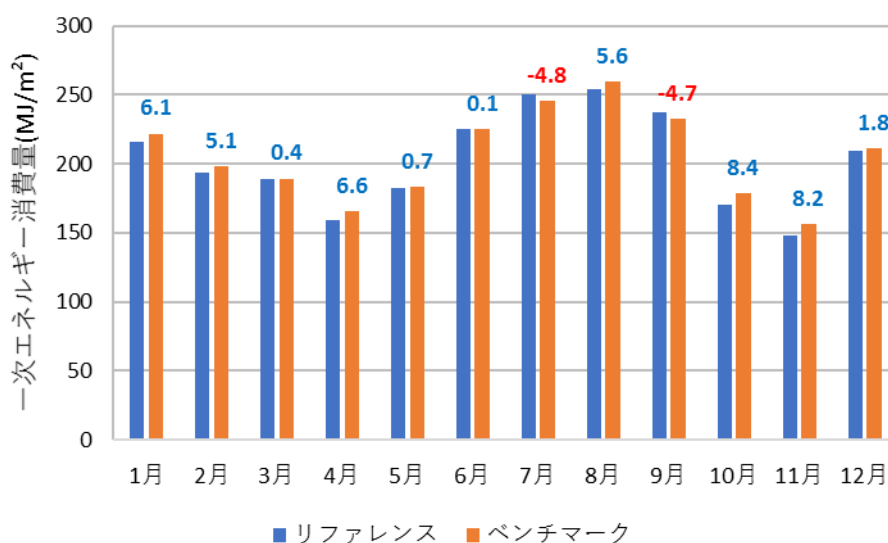


図 2.34 リファレンスモデルとベンチマークデータの年間・月別エネルギー消費量比較
修正後（東京）

札幌と那覇でも同様にリファレンスモデルとベンチマークデータを比較し、パラメータを修正し、よりベンチマークデータに近づける。表 2.22 および図 2.35 は札幌におけるリファレンスモデルとベンチマークデータの年間・月別エネルギー消費量比較したものである。

表 2.22 リファレンスモデルとベンチマークデータの年間・月別エネルギー消費量比較
(札幌)

| MJ/m ² | リファレンス | ベンチマーク | 誤差 |
|-------------------|--------|--------|-------|
| 1月 | 243.8 | 263.5 | 19.7 |
| 2月 | 215.7 | 231.4 | 15.7 |
| 3月 | 189.6 | 237.9 | 48.3 |
| 4月 | 134.5 | 206.1 | 71.6 |
| 5月 | 159.9 | 173.1 | 13.2 |
| 6月 | 170 | 188.1 | 18.1 |
| 7月 | 204.6 | 237.6 | 33.0 |
| 8月 | 207.3 | 245.7 | 38.4 |
| 9月 | 192.6 | 220.3 | 27.7 |
| 10月 | 164.1 | 172.6 | 8.5 |
| 11月 | 147.1 | 195.7 | 48.6 |
| 12月 | 244.1 | 252.8 | 8.7 |
| 年間 | 2273 | 2624.6 | 351.6 |

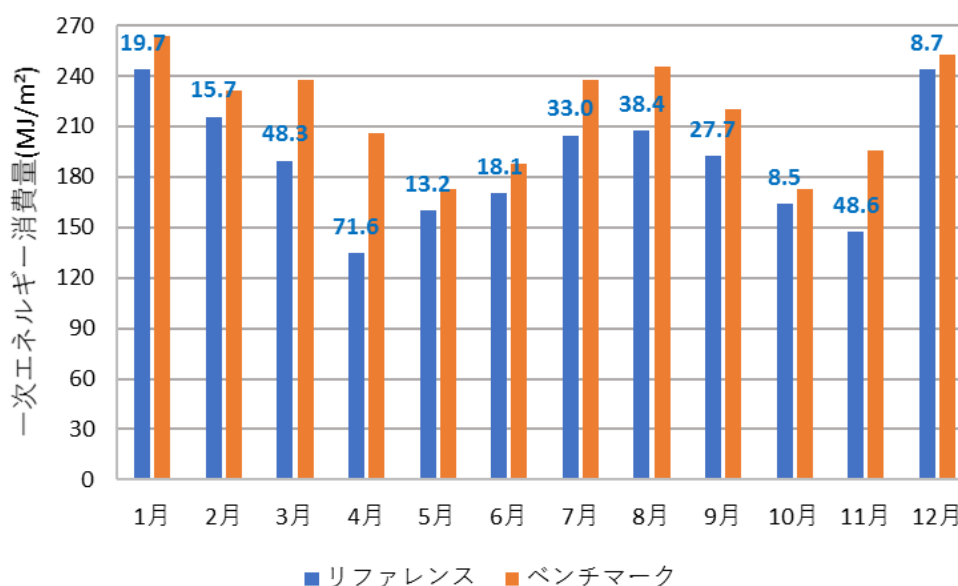


図 2.35 リファレンスモデルとベンチマークデータの年間・月別エネルギー消費量比較
(札幌)

表 2.22 よりリファレンスモデルに比べ、ベンチマークデータは各月においてエネルギー消費量が多くなる。その結果、年間で見ても誤差がある。そこで、札幌のリファレンスモデルを以下項目でパラメータの修正を行なう。

1) 空調設備

東京と同様、リファレンスモデルの空調能力はカタログ値を入力したものであり、性能がベストな状態であるので、1階の共通部分における冷房の燃料消費量を 406kW から 599kW、暖房を 406kW から 498kW へと修正した。また、客室階における冷房の燃料消費量を 270kW から 400kW、暖房の燃料消費量を 270kW から 335kW へと変更した。

2) 給湯設備

東京と同様に 6 台から 9 台へ変更。

3) 空調運転スケジュール

図 2.34 よりベンチマークデータとリファレンスモデルのエネルギー消費量が最小の月を見た際にベンチマークデータでは 5 月と 10 月が最も小さくなるのに対し、リファレンスモデルでは 4 月と 11 月が最も小さくなる。

そこで、共通部分の冷房期間を 4 月 20 日～11 月 20 日だったのを 5 月 1 日～10 月 20 日に変更し、暖房期間を 12 月 1 日～3 月 20 日から 11 月 15 日～4 月 30 日に変更した。また、客室階の冷房期間を 4 月 20 日～11 月 20 日から 5 月 25 日～10 月 20 日に変更し、暖房期間を 12 月 1 日～3 月 20 日を 11 月 15 日～4 月 30 日に修正した。

4) 窓

また、リファレンスモデルでは東京と札幌の窓の種類や厚さ等を同じにしていたが、寒冷地域ではより断熱性能が求められると考え、単層透明 8mm だったものを複層(空気層 6mm)透明 2 枚の 8mm に修正した。

これらの修正後の BEST の入力値を表 2.23 に表す。また、表 2.24 および図 2.36 は修正後のリファレンスモデルとベンチマークデータの年間・月別エネルギー消費量を比較したものである。修正前の図 2.35 では中間期と夏季で誤差があり、最大で 70MJ/m²程度の誤差がある。また、年間では 351MJ/m²となるが、修正の後の図 2.36 では 40MJ/m²程度に減少し、各月の誤差も縮小した。

表 2.23 修正後 入力値 (札幌)

| 建物情報 | | | 入力値 | |
|---------------|----------------|------------------|-----------------------------|-------------|
| 建物環境 | 所在地 (=気象データ) | | 札幌 | |
| | 用途 | | ホテル | |
| | 床面積 | | 11000㎡ | |
| | 建物概形 | | 8階建て | |
| | | 室温温度設定(°C) | 夏季 | 26 |
| | 冬季 | | 22 | |
| 建物構造 | 屋根 | 構造 | 鉄構造 | |
| | | 断熱材質 (厚さ: mm) | ロックウール化粧吸音板(12) | |
| | | | せっこうボード(10) | |
| | | | コンクリート(150) | |
| | | | セメント・モルタル(15) | |
| | 押出法ポリスチレン(100) | | | |
| | 内壁 | 材質(厚さ:mm) | コンクリート | |
| | 外壁 | 断熱 (厚さ:mm) | せっこうボード(8) | |
| | | | 押出法ポリスチレン(50) | |
| | | | コンクリート(150) | |
| セメント・モルタル(25) | | | | |
| タイル(10) | | | | |
| 窓 | 窓タイプ | 複層 | | |
| | ガラスタイプ(厚さ:mm) | 透明+透明(8) | | |
| 空調 | 方式 | セントラル空調方式 | | |
| | 熱源 | 種類 | 吸収式冷温水発生機 (ガス) | |
| | | 共通部分 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 527 | 353 |
| | | 消費電力(kW/台) | 3.6 | 3.1 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 527 | 441 |
| | | 台数 | 1 | |
| | | 運転期間 | 05/01~10/20 | 11/15~04/30 |
| | | 客室 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 352 | 235 |
| | | 消費電力(kW/台) | 3.6 | 3.1 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 352 | 294 |
| | | 台数 | 6 | |
| | | 運転期間 | 05/25~10/20 | 11/15~04/30 |
| 空調機器 | 種類 | 共通部分 | CAV (2管式) | |
| | | 客室 | FCU (2管式) | |
| 照明 | 共通部分 | 照明種類 | FLR | |
| | | 消費電力(W) | 60 | |
| | 客室 | 照明種類 | Hf | |
| | | 消費電力(W) | 70 | |
| 給湯 | 給湯方式 | | 二管式中央給湯方式 | |
| | 熱源 | 種類 | 給湯ボイラー | |
| | | 燃料 | ガス | |
| | | 加熱能力(kW/台) | 74.5 | |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 91.9 | |
| | | 台数 | 9 | |
| 使用量 | 計画給湯原単位(L/人・日) | | 140 | |
| 昇降機 | 速度制御方式 | | 可変電圧可変周波数制御方式 (電力回生制御なし) | |
| | 積載重力(kg) | | 600 | |
| | 定格速度(m/min) | | 60 | |
| | 台数 | | 3 | |

表 2.24 リファレンスモデルとベンチマークデータの年間・月別エネルギー消費量比較
修正後（札幌）

| MJ/m ² | リファレンス | ベンチマーク | 誤差 |
|-------------------|--------|--------|------|
| 1月 | 273.2 | 263.5 | -9.7 |
| 2月 | 241.1 | 231.4 | -9.7 |
| 3月 | 246.3 | 237.9 | -8.4 |
| 4月 | 213.3 | 206.1 | -7.2 |
| 5月 | 180.8 | 173.1 | -7.7 |
| 6月 | 193 | 188.1 | -4.9 |
| 7月 | 235.9 | 237.6 | 1.7 |
| 8月 | 238.5 | 245.7 | 7.2 |
| 9月 | 221.8 | 220.3 | -1.5 |
| 10月 | 166.2 | 172.6 | 6.4 |
| 11月 | 192.5 | 195.7 | 3.2 |
| 12月 | 262 | 252.8 | -9.2 |
| 年間 | 2566.4 | 2624.6 | 58.2 |

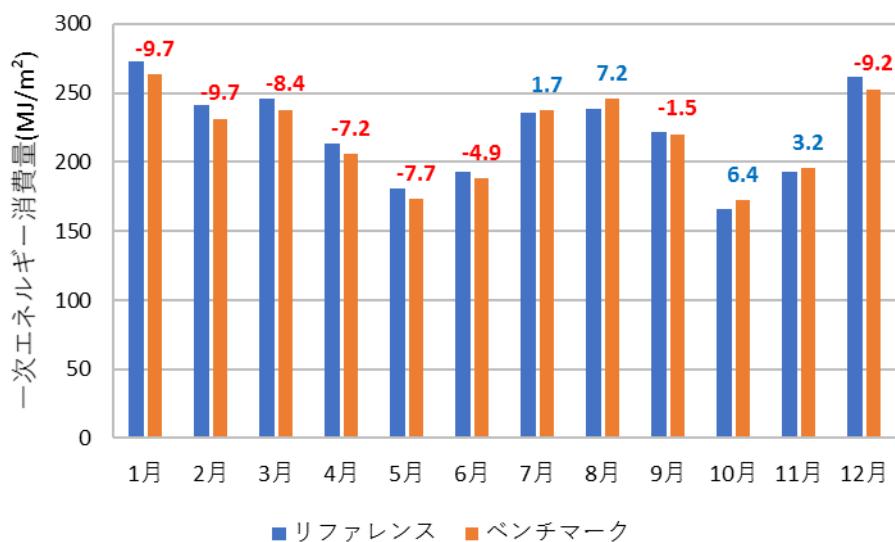


図 2.36 リファレンスモデルとベンチマークデータの年間・月別エネルギー消費量比較
修正後（札幌）

表 2.25 および図 2.37 は那覇のリファレンスモデルとベンチマークデータの年間・月別エネルギー消費量を比較したものである。同表図からベンチマークモデルはリファレンスデータに比べ、ほとんどの月で誤差があることが分かる。特に中間期である 4 月や 11 月でその差が大きい。

表 2.25 リファレンスモデルとベンチマークデータの年間・月別エネルギー消費量比較
(那覇)

| MJ/m ² | リファレンス | ベンチマーク | 誤差 |
|-------------------|--------|--------|-------|
| 1月 | 135.7 | 165.1 | 29.4 |
| 2月 | 140 | 152.6 | 12.6 |
| 3月 | 152.1 | 148.9 | -3.2 |
| 4月 | 109.4 | 173.6 | 64.2 |
| 5月 | 222.6 | 196.3 | -26.3 |
| 6月 | 219.8 | 246.9 | 27.1 |
| 7月 | 233 | 260.6 | 27.6 |
| 8月 | 232.7 | 264.6 | 31.9 |
| 9月 | 220.7 | 256.7 | 36.0 |
| 10月 | 221 | 244.4 | 23.4 |
| 11月 | 108.6 | 197.9 | 89.3 |
| 12月 | 116 | 149.2 | 33.2 |
| 年間 | 2111.5 | 2456.6 | 345.1 |

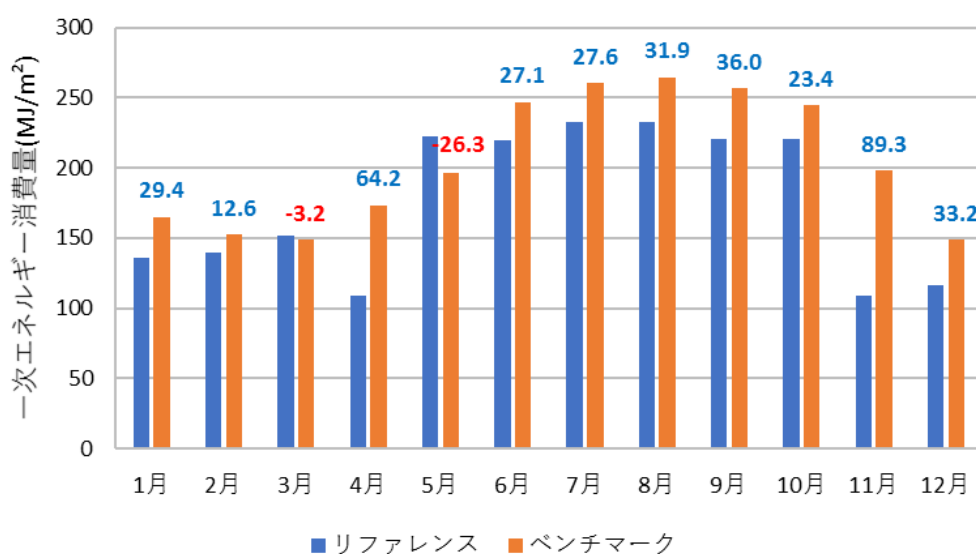


図 2.37 リファレンスモデルとベンチデータモデルの年間・月別エネルギー消費量比較
(那覇)

リファレンスモデルをベンチマークデータに近づけるため、那覇では以下の項目でパラメータ修正を行なった。

1) 空調設備

図 2.36 を見た際に、リファレンスモデルのエネルギー消費量がベンチマークデータに比べ、全体的に小さい値になっているので、客室階の冷房の燃料消費量を 216kW から 320kW に変更し、冬の暖房についても同様に燃料消費量を 216kW から 267kW へと修正した。また、共用部の冷房と暖房の燃料消費量をそれぞれ 484kW と 400kW へと変更した。

2) 給湯設備

上記同様 6 台から 9 台へ変更。

3) 空調運転スケジュール

中間期である 4 月と 11 月さらには 12 月で大きくエネルギー消費量の差が出る理由としては、リファレンスモデルではそれらの月は空調をほとんど運転していない状態だったためと考えられる。そこで、共通階の冷房運転のスケジュールを 5 月 1 日～10 月 31 日だったのを 4 月 1 日～11 月 20 日に変更し、同様に客室階の冷房の終わり 10 月 31 日から 11 月 20 日へと変更した。また、同様に暖房も 1 月から運転開始していたのを 12 月からに修正した。さらに、5 月だけリファレンスモデルがベンチマークデータに比べ、エネルギー消費量が大きいため、5 月いっぱい運転していた客室階を 5 月 20 日からに変更した。

修正後の入力値を表 2.26 に表し、修正後のリファレンスモデルとベンチマークデータの年間・月別エネルギー消費量の比較を表 2.27 および図 2.38 に示す。修正後の両者の比較では、その差が比較的大きい月であった 4 月、11 月、12 月および 1 月においてその差が縮小した。また、夏季では、全体的にエネルギー消費量が増加し、ベンチマークデータに近似した形となり、さらに、5 月だけ差が大きかったが、修正後は縮小した。

表 2.26 修正後 入力値 (那覇)

| 建物情報 | | | 入力値 | |
|---------------|----------------|------------------|-----------------------------|----------------|
| 建物環境 | 所在地 (=気象データ) | | 那覇 | |
| | 用途 | | ホテル | |
| | 床面積 | | 11000㎡ | |
| | 建物概形 | | 8階建て | |
| | | 室温温度設定(°C) | 夏季 | 26 |
| 冬季 | | | 22 | |
| 建物構造 | 屋根 | 構造 | 鉄構造 | |
| | | 断熱材質 (厚さ: mm) | ロックウール化粧吸音板(12) | |
| | | | せっこうボード(10) | |
| | | | コンクリート(150) | |
| | | | セメント・モルタル(15) | |
| | 押出法ポリスチレン(50) | | | |
| | 内壁 | 材質(厚さ:mm) | コンクリート | |
| | 外壁 | 断熱 (厚さ:mm) | せっこうボード(8) | |
| | | | 押出法ポリスチレン(50) | |
| | | | コンクリート(150) | |
| セメント・モルタル(25) | | | | |
| タイル(10) | | | | |
| 窓 | 窓タイプ | 単層 | | |
| | ガラスタイプ(厚さ:mm) | 透明(8) | | |
| 空調 | 方式 | セントラル空調方式 | | |
| | 熱源 | 種類 | 吸収式冷温水発生機(ガス) | |
| | | 共通部分 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 422 | 262 |
| | | 消費電力(kW/台) | 3.6 | 3.1 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 422 | 328 |
| | | 台数 | 1 | |
| | | 運転期間 | 04/01~11/20 | 012/01~03/15 |
| | | 客室 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 281 | 188 |
| | | 消費電力(kW/台) | 3.6 | 3.1 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 281 | 333 |
| | | 台数 | 6 | |
| | | 運転期間 | 05/20~11/20 | 12/01~03/15 |
| | | 空調機器 | 種類 | 共通部分 CAV (2管式) |
| 客室 | FCU (2管式) | | | |
| 照明 | 共通部分 | 照明種類 | FLR | |
| | | 消費電力(W) | 60 | |
| | 客室 | 照明種類 | Hf | |
| | | 消費電力(W) | 70 | |
| 給湯 | 給湯方式 | | 二管式中央給湯方式 | |
| | 熱源 | 種類 | 給湯ボイラー | |
| | | 燃料 | ガス | |
| | | 加熱能力(kW/台) | 74.5 | |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 91.9 | |
| | 台数 | 9 | | |
| 使用量 | 計画給湯原単位(L/人・日) | 140 | | |
| 昇降機 | 速度制御方式 | | 可変電圧可変周波数制御方式 (電力回生制御なし) | |
| | 積載重力(kg) | | 600 | |
| | 定格速度(m/min) | | 60 | |
| | 台数 | | 3 | |

表 2.27 リファレンスモデルとベンチマークデータの年間・月別エネルギー消費量比較
修正後（那覇）

| MJ/m ² | リファレンス | ベンチマーク | 誤差 |
|-------------------|--------|--------|------|
| 1月 | 162.6 | 165.1 | 2.5 |
| 2月 | 146.9 | 152.6 | 5.7 |
| 3月 | 140.1 | 148.9 | 8.8 |
| 4月 | 163.2 | 173.6 | 10.4 |
| 5月 | 203 | 196.3 | -6.7 |
| 6月 | 248.9 | 246.9 | -2.0 |
| 7月 | 267.2 | 260.6 | -6.6 |
| 8月 | 266.8 | 264.6 | -2.2 |
| 9月 | 250.3 | 256.7 | 6.4 |
| 10月 | 247.4 | 244.4 | -3.0 |
| 11月 | 190.6 | 197.9 | 7.3 |
| 12月 | 154.6 | 149.2 | -5.4 |
| 年間 | 2441.4 | 2456.6 | 15.2 |

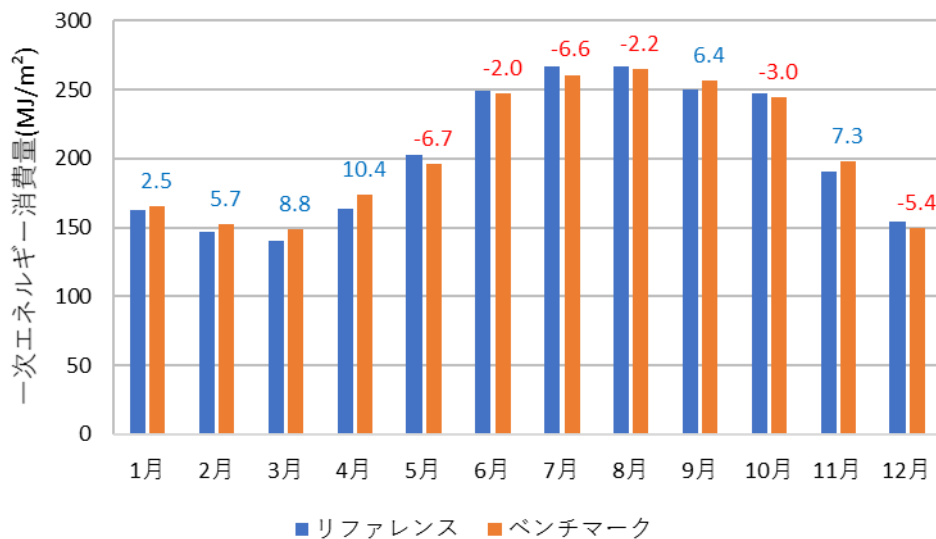


図 2.38 リファレンスモデルとベンチマークデータの年間・月別エネルギー消費量比較
修正後（那覇）

以上より修正後のリファレンスモデルを東京、札幌、那覇の各地域の標準モデルとした。

B) 空冷ヒートポンプチラー(以下：空冷HP)

ヒートポンプとは、冷媒の相変化を利用して熱を移動させる装置で、蒸発器で水や空気から熱を吸収することで冷房を行い、その一方で、凝縮器では空気や冷却水に熱を穂放出し、この放熱作用を利用することで暖房を行なう。(図 2.40) チラーは冷却目的の装置で、主要機器は圧縮機、エバポレータやポンプ等などがある。なお、空冷式は外部への放熱や外部からの吸熱を空気によって行なう方式である。

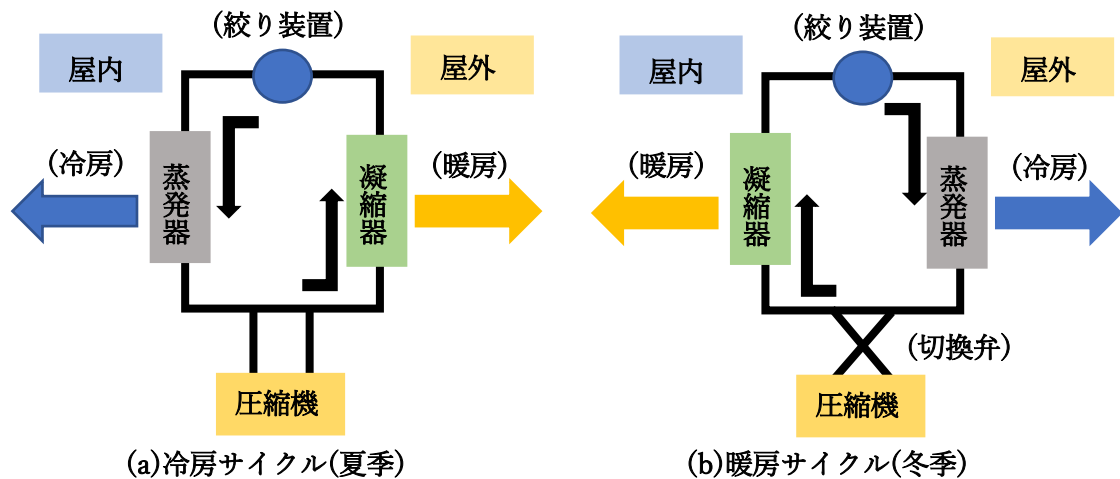


図 2.40 ヒートポンプの原理

[出典：初学者の建築講座 建築設備(第三版)]

2.6.4.2 給湯システム

A) 給湯ボイラー

給湯ボイラーはガスを熱源とし、鋼板製のドラム内に伝熱面、燃焼室、貯湯タンクがあり、加熱された貯湯タンクの温水を取り出し利用する方法である。主な特徴としては貯湯タンクがあるため、温度の安定性に優れ、一度に大量のお湯を利用することが可能とする点である。また、構造がシンプルで製造コストが安く、取り扱いも容易である。しかし、貯湯タンクを利用しない瞬間式ガス給湯器に比べ、タンクの設置場所が必要になる点や大型になるほどお湯を沸かすまで時間がかかる点などのデメリットがある。図 2.41 は給湯ボイラーの原理を簡易的に表したものである。

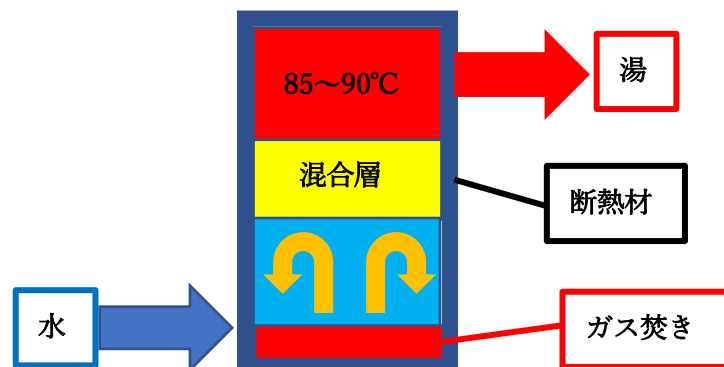


図 2.41 給湯ボイラー 原理

[参照：パーパス株式会社 ホームページ]

B) 電気温水器

電気温水器の基本原理は給湯ボイラーと同じだが、お湯をガスで沸かすのに対して電気温水器は深夜に電気ヒーターを利用して、お湯を沸かし、タンク内に貯湯しておく方式である。基本的にヒーターで温められた水はタンクの上部へ、下部にある冷たい水をヒーターで温める。この繰り返しによってタンク内のお湯が設定温度に達するまで通電する仕組みである。本研究ではイトミック株式会社のカタログ⁽⁴¹⁾より大容量開放式電気温水器を参照にした。

表 2.28 は空調、給湯熱源別の 4 つの組み合わせを作成したものを示したものである。なお、上記で作成した標準モデル同表の CASE.A に当たる。

表 2.28 空調・給湯システム 組み合わせ

| | | 空調 | |
|----|----|--------|--------|
| 給湯 | | ガス | 電気 |
| | ガス | CASE.A | CASE.C |
| | 電気 | CASE.B | CASE.D |

各モデルの設備機器の東京、那覇の BEST 入力情報を表 2.29~2.31、札幌の入力情報を表 2.32~2.34 に示す。なお、CASE.A は標準モデル(表 2.20、表 2.23、表 2.26)と同じためここでは省略する。ガス熱源を利用したものとしては標準モデルで用いた吸収式冷温水発生機、電気を熱源としたものとして空冷ヒートポンプチラーを利用した。また、ガス熱源の給湯器は給湯ボイラー、電気を熱源とする給湯器としては電気温水器を利用した。

吸収式冷温水器の性能は標準モデルそのまま利用し、東京と那覇の空冷 HP の共通部分の冷房能力は 265kW、暖房能力は 300kW に設定し、客室階の冷房能力を 212kW、暖房能力を 236kW とした。また、共通部分の吸収式冷温水機の台数は 1 台だったのに対し、空冷 HP は一つの能力が吸収式冷温水発生機より低いため 2 台に設定した。札幌の共通部分の冷房能力は 315kW、暖房能力を 355kW に設定し、客室階の冷房能力を 265kW、暖房能力は 300kW とした。

給湯システムも同様に給湯ボイラーはそのまま標準モデルの数値を利用した。電気温水器の台数は 3 つ地域とも給湯ボイラーと同じように 9 台に設定した。電気温水器の加熱能力は 75kW で消費電力を 75kW とした。なお、BEST に入力する際、電気を利用する熱源は 2 次 COP 換算値、それ以外を利用する熱源は 1 次 COP 換算値を入力する。

表 2.29 CASE. B BEST 入力情報（東京、那覇）

| 設備機器情報 | | | | 入力値 | |
|--------|------|----------------|---------------|-------------|--|
| 空調 | 方式 | セントラル空調方式 | | | |
| | 熱源 | 種類 | 吸収式冷温水発生機(ガス) | | |
| | | 共通部分 | 冷房 | 暖房 | |
| | | 能力(kW/台) | 422 | 262 | |
| | | 消費電力(kW/台) | 3.6 | 3.1 | |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 422 | 328 | |
| | | 台数 | 1 | | |
| | | 運転期間 | 04/01~10/30 | 11/15~03/20 | |
| | | 客室 | 冷房 | 暖房 | |
| | | 能力(kW/台) | 281 | 188 | |
| | | 消費電力(kW/台) | 3.6 | 3.1 | |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 281 | 333 | |
| | | 台数 | 6 | | |
| | 運転期間 | 05/25~10/15 | 11/15~03/25 | | |
| | 空調機器 | 種類 | 共通部分 | CAV (2管式) | |
| 客室 | | | FCU (2管式) | | |
| 給湯 | 給湯方式 | | | 二管式中央給湯方式 | |
| | 熱源 | 種類 | 電気温水器 | | |
| | | 燃料 | 電気 | | |
| | | 加熱能力(kW/台) | 75 | | |
| | | 消費電力(kW/台) | 75 | | |
| | | 台数 | 9 | | |
| | 使用量 | 計画給湯原単位(L/人・日) | 140 | | |

表 2.30 CASE. C BEST 入力情報（東京、那覇）

| 設備機器情報 | | | | 入力値 | |
|--------|----------------|-------------|------------------|-------------|--|
| 空調 | 方式 | セントラル空調方式 | | | |
| | 熱源 | 種類 | 空冷ヒートポンプチャラー(電気) | | |
| | | 共通部分 | 冷房 | 暖房 | |
| | | 能力(kW/台) | 265 | 300 | |
| | | 消費電力(kW/台) | 94 | 93 | |
| | | 燃料消費量(kW/台) | — | — | |
| | | 台数 | 2 | | |
| | | 運転期間 | 04/01~10/30 | 11/15~03/20 | |
| | | 客室 | 冷房 | 暖房 | |
| | | 能力(kW/台) | 212 | 236 | |
| | | 消費電力(kW/台) | 75.8 | 79.4 | |
| | | 燃料消費量(kW/台) | — | — | |
| | | 台数 | 6 | | |
| | 運転期間 | 05/01~10/15 | 11/15~03/25 | | |
| | 空調機器 | 種類 | 共通部分 | CAV (2管式) | |
| 客室 | | | FCU (2管式) | | |
| 給湯 | 給湯方式 | | | 二管式中央給湯方式 | |
| | 熱源 | 種類 | 給湯ボイラー | | |
| | | 燃料 | ガス | | |
| | | 加熱能力(kW/台) | 74.5 | | |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 91.9 | | |
| | | 台数 | 9 | | |
| 使用量 | 計画給湯原単位(L/人・日) | 140 | | | |

表 2.31 CASE. D BEST 入力情報 (東京、那覇)

| 設備機器情報 | | | 入力値 | |
|--------|------|----------------|-----------------|-------------|
| 空調 | 方式 | セントラル空調方式 | | |
| | 熱源 | 種類 | 空冷ヒートポンプチラー(電気) | |
| | | 共通部分 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 265 | 300 |
| | | 消費電力(kW/台) | 94 | 93 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | — | — |
| | | 台数 | 2 | |
| | | 運転期間 | 04/01~10/30 | 11/15~03/20 |
| | | 客室 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 212 | 236 |
| | | 消費電力(kW/台) | 75.8 | 79.4 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | — | — |
| | | 台数 | 6 | |
| | 運転期間 | 05/01~10/15 | 11/15~03/25 | |
| 空調機器 | 種類 | 共通部分 | CAV (2管式) | |
| | | 客室 | FCU (2管式) | |
| 給湯 | 給湯方式 | | 二管式中央給湯方式 | |
| | 熱源 | 種類 | 電気温水器 | |
| | | 燃料 | 電気 | |
| | | 加熱能力(kW/台) | 75 | |
| | | 電力消費量(kW/台) | 75 | |
| | 台数 | 9 | | |
| | 使用量 | 計画給湯原単位(L/人・日) | 140 | |

表 2.32 CASE. B BEST 入力情報 (札幌)

| 設備機器情報 | | | 入力値 | |
|--------|----------------|-------------|---------------|-------------|
| 空調 | 方式 | セントラル空調方式 | | |
| | 熱源 | 種類 | 吸収式冷温水発生機(ガス) | |
| | | 共通部分 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 527 | 353 |
| | | 消費電力(kW/台) | 3.6 | 3.1 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 527 | 441 |
| | | 台数 | 1 | |
| | | 運転期間 | 05/01~10/20 | 11/15~04/30 |
| | | 客室 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 352 | 235 |
| | | 消費電力(kW/台) | 3.6 | 3.1 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 352 | 294 |
| | | 台数 | 6 | |
| | 運転期間 | 05/25~10/20 | 11/15~04/30 | |
| 空調機器 | 種類 | 共通部分 | CAV (2管式) | |
| | | 客室 | FCU (2管式) | |
| 給湯 | 給湯方式 | | 二管式中央給湯方式 | |
| | 熱源 | 種類 | 電気温水器 | |
| | | 燃料 | 電気 | |
| | | 加熱能力(kW/台) | 75 | |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 75 | |
| | 台数 | 9 | | |
| 使用量 | 計画給湯原単位(L/人・日) | 140 | | |

表 2.33 CASE. C BEST 入力情報 (札幌)

| 設備機器情報 | | | 入力値 | |
|--------|------|----------------|------------------|-------------|
| 空調 | 方式 | セントラル空調方式 | | |
| | 熱源 | 種類 | 空冷ヒートポンプチャラー(電気) | |
| | | 共通部分 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 315 | 355 |
| | | 消費電力(kW/台) | 119 | 101 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | — | — |
| | | 台数 | 2 | |
| | | 運転期間 | 05/01~10/20 | 11/15~04/30 |
| | | 客室 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 265 | 300 |
| | | 消費電力(kW/台) | 100 | 85 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | — | — |
| | | 台数 | 6 | |
| | | 運転期間 | 05/25~10/20 | 11/15~04/30 |
| | | 空調機器 | 種類 | 共通部分 |
| | | 客室 | FCU (2管式) | |
| 給湯 | 給湯方式 | | 二管式中央給湯方式 | |
| | 熱源 | 種類 | 給湯ボイラー | |
| | | 燃料 | ガス | |
| | | 加熱能力(kW/台) | 74.5 | |
| | | 燃料消費量(kW/台) | 91.9 | |
| | | 台数 | 9 | |
| | 使用量 | 計画給湯原単位(L/人・日) | 140 | |

表 2.34 CASE. D BEST 入力情報 (札幌)

| 設備機器情報 | | | 入力値 | |
|--------|----------------|-------------|------------------|-------------|
| 空調 | 方式 | セントラル空調方式 | | |
| | 熱源 | 種類 | 空冷ヒートポンプチャラー(電気) | |
| | | 共通部分 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 315 | 355 |
| | | 消費電力(kW/台) | 119 | 101 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | — | — |
| | | 台数 | 2 | |
| | | 運転期間 | 05/01~10/20 | 11/15~04/30 |
| | | 客室 | 冷房 | 暖房 |
| | | 能力(kW/台) | 265 | 300 |
| | | 消費電力(kW/台) | 100 | 85 |
| | | 燃料消費量(kW/台) | — | — |
| | | 台数 | 6 | |
| | | 運転期間 | 05/25~10/20 | 11/15~04/30 |
| | | 空調機器 | 種類 | 共通部分 |
| | | 客室 | FCU (2管式) | |
| 給湯 | 給湯方式 | | 二管式中央給湯方式 | |
| | 熱源 | 種類 | 電気温水器 | |
| | | 燃料 | 電気 | |
| | | 加熱能力(kW/台) | 75 | |
| | | 消費電力(kW/台) | 75 | |
| | | 台数 | 9 | |
| 使用量 | 計画給湯原単位(L/人・日) | 140 | | |

2.6.5 PV・SWHの設置面積割合のケース分け

さらに本研究ではPVとSWHの最適面積割合を求めると同時に給湯ボイラー及び電気温水器にSWHを導入した場合の一次エネルギー消費量の比較検証を行い、給湯器別と地域別のSWHの特性を求めた。その際のPVとSWHの設置面積割合のケースを図2.42および表2.35に示す。CASE.2は全面にPVを設置し、CASE.3はPVとSWHを2対1で設置したケースである。CASE.4はPVとSWHを1対1の面積割合で設置したケースである。CASE.5はPVとSWHを1対2で設置し、CASE.6はSWHを全面的に設置したケースである。なお、CASE.1は何も設置していない状態を示すため同図には表示していない。

また、本研究で用いたPVはカタログ値⁽⁴¹⁾を参照し、出力が201W/m²のものを利用した。また、SWHも同様にカタログ値⁽⁴³⁾を参照し、設置面積が4.31m²で、集熱面積が2.96m²のものを利用した。なお、BEST内での集熱器の計算内容をBESTホームページの「BEST平成25年省エネ基準対応ツール解説書_操作編(2015年5月版)」⁽²⁴⁾より引用した計算式を数式2.6～2.10に示す。

以上のことからひとつの地域で24ケースモデルを作成し、3つの地域を合わせて72ケースで検討した。その24ケースモデルの一覧を表2.36に示す。

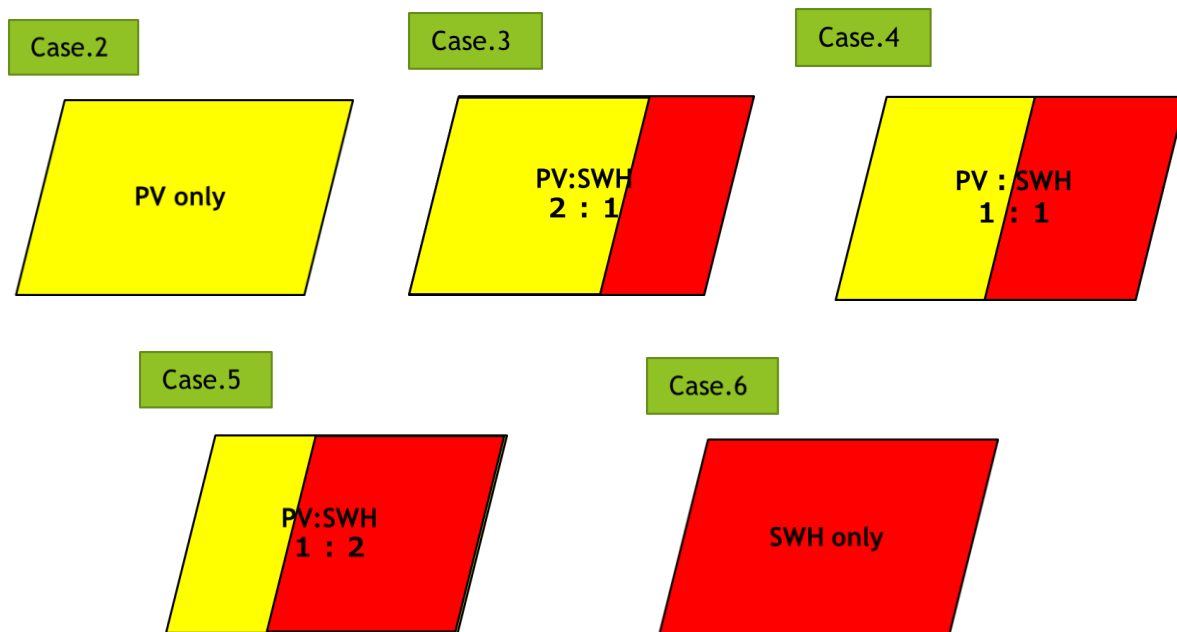


図 2.42 太陽光パネルと太陽熱温水器 設置面積割合

表 2.35 太陽光パネルと太陽熱温水器 設置面積割合

| | PV | SWH | | PV | SWH |
|---------|------------------------|-------|---------|--------------------------|-------|
| CASE.No | 設置面積 (m ²) | | CASE.No | 設置面積 (m ¹³¹) | |
| CASE.1 | なし | なし | CASE.4 | 560 | 560 |
| CASE.2 | 1120 | なし | CASE.5 | 373.8 | 746.2 |
| CASE.3 | 746.2 | 373.8 | CASE.6 | なし | 1120 |

- ・集熱器の相当外気温度（平坂の場合）：特性値、放射熱取得、外気温から計算

$$\text{集熱器相当外気温度} = \frac{0.83}{5.3} * \text{集熱器の放射熱取得} + \text{外気温} \quad (2.6)$$

- ・集熱量：集熱熱媒の比熱、集熱面積、相当外気温度、入口水温、入口流量から計算

$$\text{集熱量} = \text{集熱面積を用いた係数} * (\text{熱媒比熱} * \text{流量}) * (\text{相当外気温度} - \text{入口水温}) \quad (2.7)$$

- ・集熱器出口温度：入口水温、集熱量から計算

$$\text{出口温度} = \frac{\text{入口水温} + \text{集熱量}}{(\text{熱媒比熱} * \text{流量})} \quad (2.8)$$

- ・集熱効率：集熱面積、集熱量から計算

$$\text{集熱効率} = \frac{\text{集熱量}}{(\text{集熱面積} * \text{集熱器の放射熱取得})} \quad (2.9)$$

表 2.36 ケースモデルの一覧（東京、札幌、那覇）

| 地域：東京、那覇、札幌 | |
|-------------|-------------|
| 空調・給湯熱源 | PV・SWHの配置割合 |
| CASE.A | CASE.A-1 |
| | CASE.A-2 |
| | CASE.A-3 |
| | CASE.A-4 |
| | CASE.A-5 |
| | CASE.A-6 |
| CASE.B | CASE.B-1 |
| | CASE.B-2 |
| | CASE.B-3 |
| | CASE.B-4 |
| | CASE.B-5 |
| | CASE.B-6 |
| CASE.C | CASE.C-1 |
| | CASE.C-2 |
| | CASE.C-3 |
| | CASE.C-4 |
| | CASE.C-5 |
| | CASE.C-6 |
| CASE.D | CASE.D-1 |
| | CASE.D-2 |
| | CASE.D-3 |
| | CASE.D-4 |
| | CASE.D-5 |
| | CASE.D-6 |

3章 シミュレーション結果

3.1 空調熱源による一次エネルギー消費量の比較検証

3.1.1 東京

図 3.1 は東京における吸収式冷温水発生機と空冷 HP の月別一次エネルギー消費量を比較したものである。同図より、冬場の吸収式冷温水発生機と空冷 HP の差が 2.1~8.0MJ/m²なのに対して、夏季は 34.6~41.4MJ/m²と大きい。また、吸収式冷温水発生機の場合、夏季に冷却塔を用いるため、冬季と比較した場合により一次エネルギー消費量が大きくなり、その差は約 60MJ/m²である。それに対して、空冷 HP は夏季の方が冬季と比較した場合に、吸収式冷温水発生機ほどではないが、夏季の方が冬季より一次エネルギー消費量は大きくなり、その差は約 30MJ/m²という結果となる。

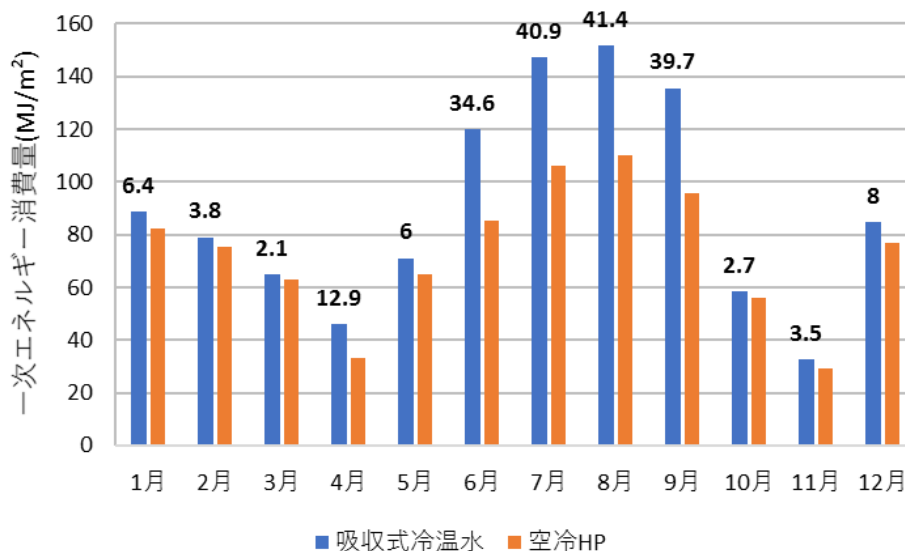


図 3.1 空調熱源別月別一次エネルギー消費量（東京）

3.1.2 那覇

図 3.2 は那覇における吸収式冷温水発生機と空冷 HP の月別一次エネルギー消費量を比較したものである。同図より吸収式冷温水発生機と空冷 HP の差を見た際、東京と同様で夏季の方が冬季に比べ、一次エネルギー消費量の差が大きくなる。ただ、東京と比較した際に両空調熱源の差は小さく、冬季は約 2.2~3.8MJ/m²で、夏季は 37.8~38.9MJ/m²という結果になる。また、各空調熱源の冬季と夏季の一次エネルギー消費量の差は吸収式冷温水発生機を利用した場合、約 125MJ/m²となり、空冷 HP を用いた場合、約 84MJ/m²となる。

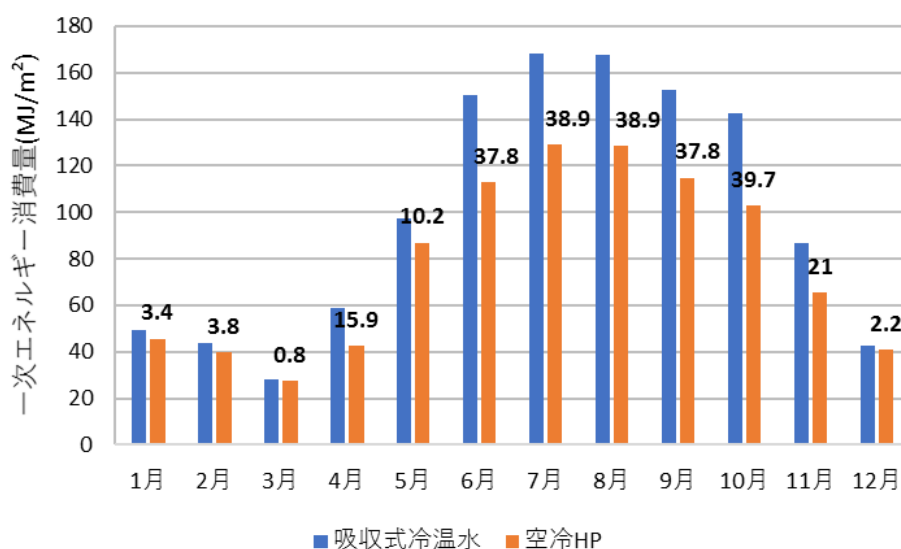


図 3.2 空調熱源別月別一次エネルギー消費量（那覇）

3.1.3 札幌

札幌における吸収式冷温水発生機と空冷 HP の月別一次エネルギー消費量を比較したものを図 3.3 に示す。同図より、吸収式冷温水発生機と空冷 HP を比較した際に、夏季の方が冬季と比較して一次エネルギー消費量が大きいのとは他の地域と等しい。ところが、札幌の冬季の差は東京や那覇と比べて、エネルギー消費量の差が大きいの。

また、各空調熱源の夏季と冬季を比較した際、吸収冷温水発生機の場合、約 16.6MJ/m²なのに対し、空冷 HP の場合、約 40MJ/m²という結果になる。

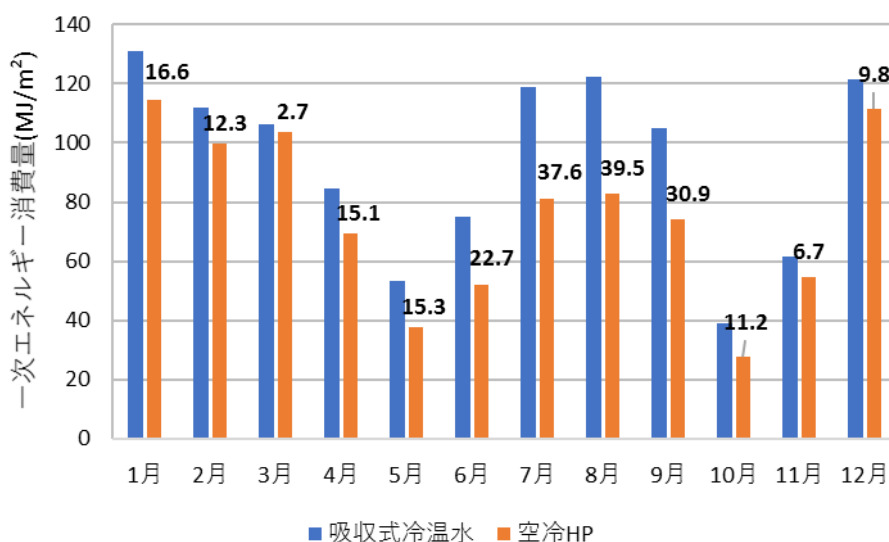


図 3.3 空調熱源別月別一次エネルギー消費量（札幌）

図 3.4 は吸収式冷温水発生機と空冷 HP の年間一次エネルギー消費量を各地域で比較したものである。同図より、空冷 HP を導入した場合の削減量は東京では 201.9MJ/m²、那覇で 250.2MJ/m²、そして、札幌で 239.5MJ/m²となる。

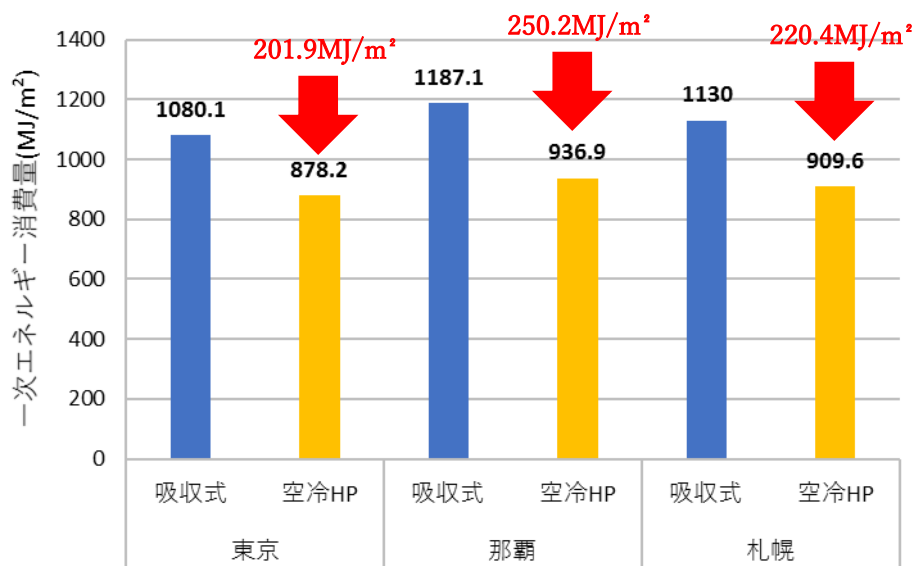


図 3.4 各地域 空調別年間一次エネルギー消費量

3.1.4 吸収式冷温水発生機

吸収式冷温水発生機を利用した場合の月別一次エネルギー消費量を比較したものの図 3.5 に示す。同図より、夏季は那覇が最も多く、最大で約 170MJ/m²となり、それに対して札幌は最大で約 130MJ/m²となった。冬季においては札幌が一番多く、1月では約 140MJ/m²であるのに対し、那覇では約 50MJ/m²という結果になる。これより、地域別で比較した際、夏季の方が地域間での一次エネルギー消費量の差が小さくなり、冬季の方がその差が大きい。

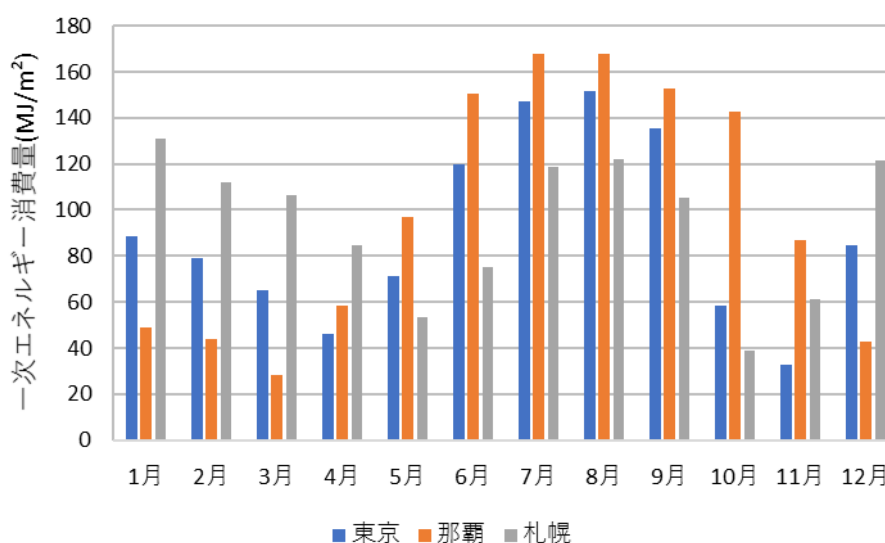


図 3.5 地域・月別一次エネルギー消費量比較 (吸収式冷温水発生機)

3.1.5 空冷HP

空冷HPを利用した場合の月別一次エネルギー消費量を地域間で比較したものを図3.6に示す。同図より吸収式冷温水発生機同様、夏季は那覇の一次エネルギー消費量が大きく、最大で約130MJ/m²となり、札幌の最大月は約40MJ/m²という結果となる。それに対して、冬季では札幌が3つの地域で多く、最も大きい月で約140MJ/m²となり、同じ月の那覇では約50MJ/m²という結果になる。

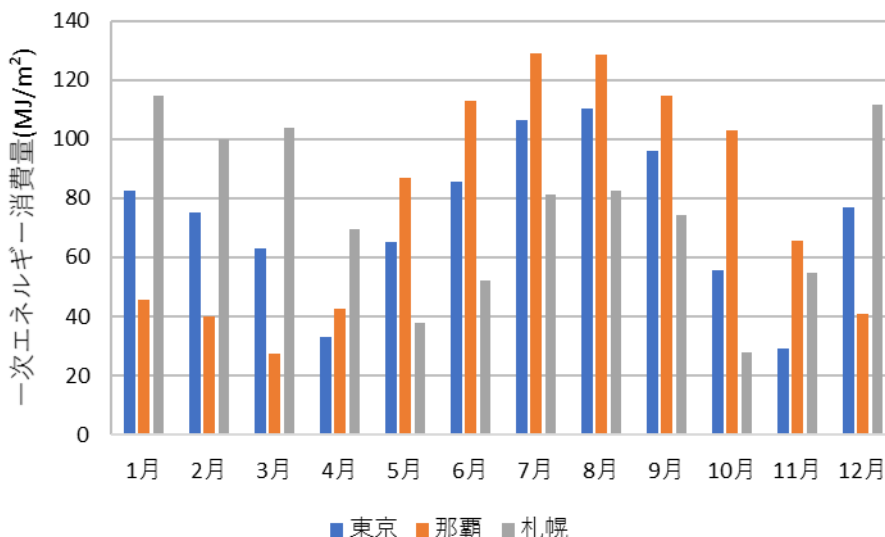


図3.6 地域・月別一次エネルギー消費量比較 (空冷HP)

3.2 給湯熱源による一次エネルギー消費量の比較検証

3.2.1 東京

図3.7は給湯ボイラーと電気温水器の月別一次エネルギー消費量を比較したものである。同図より、給湯ボイラーと電気温水器の差を見た際、夏季は12.6MJ/m²~15.5MJ/m²なのに対し、冬季は25.8MJ/m²~28.9MJ/m²となり、夏季に対して冬季の方が、差が大きい。また、各給湯熱源の一次エネルギー消費量の最大月と最小月の差は給湯ボイラーの場合、24.7MJ/m²となり、電気温水器の場合、41MJ/m²となる。

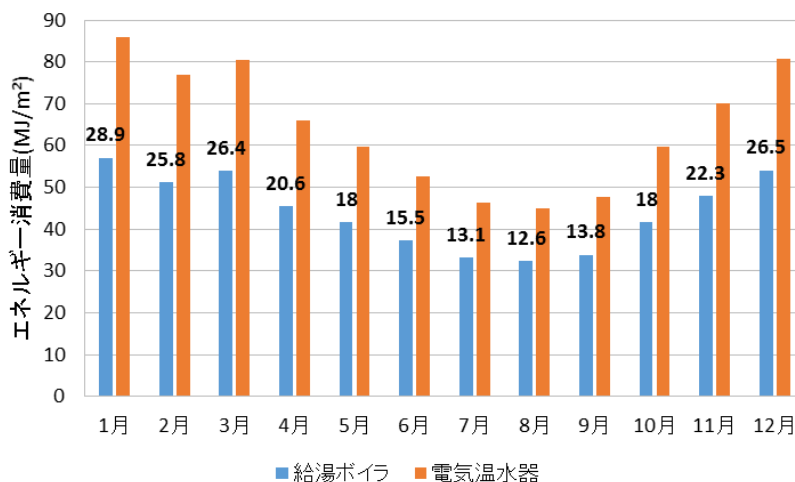


図3.7 給湯熱源別月別一次エネルギー消費量 (東京)

3.2.2 那覇

給湯ボイラーと電気温水器の月別一次エネルギー消費量を比較したものを図 3.8 に示す。東京と同様、夏季と冬季での両給湯熱源機器の一次エネルギー消費量の差を比較した際、夏季は約 11MJ/m²なのに対し、冬季は 17.6～19.1MJ/m²となり、冬季の方が夏季より差が大きい。

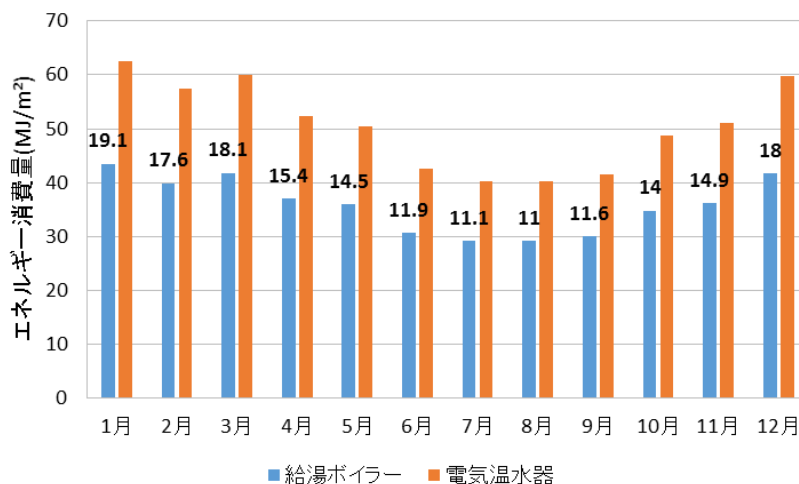


図 3.8 給湯熱源別月別一次エネルギー消費量（那覇）

3.2.3 札幌

図 3.9 は給湯ボイラーと電気温水器の月別一次エネルギー消費量を比較したものを表す。給湯ボイラーと電気温水器の差を見た際、夏季でも 16～18.6MJ/m²と比較的多く、また、冬季については 31.3～34.6MJ/m²と非常に一次エネルギー消費量の差が大きくなる結果となる。さらに、給湯熱源別に一次エネルギー消費量の最小月と最大月を比較した際、給湯ボイラーは 25.6MJ/m²、電気温水器は 44.2MJ/m²という結果となる。

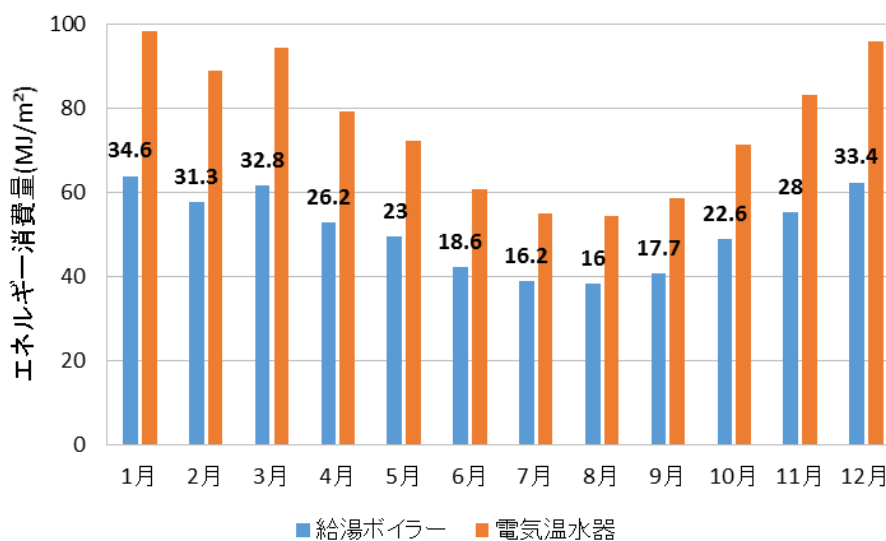


図 3.9 給湯熱源別月別一次エネルギー消費量（札幌）

図 3.10 および表 3.1 に各地域の給湯器別年間一次エネルギー消費量を示す。同図より、電気温水器および給湯ボイラーともに那覇、東京、札幌の順で年間一次エネルギー消費量が大きくなる。また、電気温水器と給湯ボイラーの差を見た際、東京では 241.6MJ/m²、那覇では 177MJ/m²、そして、札幌では 300.5MJ/m²となった。また、給湯ボイラーを導入することにより削減率は東京では 31.3%、那覇で 29.2%、札幌では 32.9%となり、札幌は年間一次エネルギー消費量が最も大きいと同時に給湯器変更による影響も一番大きい結果となる。

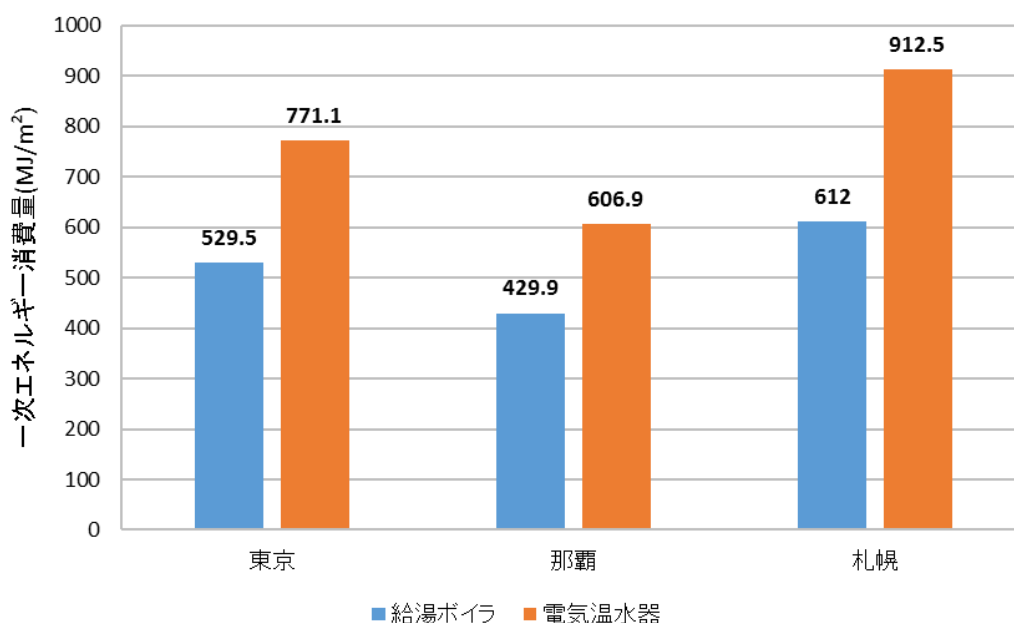


図 3.10 給湯器別年間一次エネルギー消費量

表 3.1 給湯器別年間一次エネルギー消費量

| | 給湯ボイラ | 電気温水器 | 差 | % |
|----|-------|-------|-------|------|
| 東京 | 529.5 | 771.1 | 241.6 | 31.3 |
| 那覇 | 429.9 | 606.9 | 177 | 29.2 |
| 札幌 | 612 | 912.5 | 300.5 | 32.9 |

3.2.4 給湯ボイラー

図 3.11 は給湯ボイラーの月別一次エネルギー消費量を東京、那覇、札幌の 3 つの地域を比較したものである。同図より 3 つの地域とも一次エネルギー消費量は夏季が小さく、冬季が大き。また、各地域での一次エネルギー消費量を比較した際、夏季は東京と那覇の一次エネルギー消費量は比較的小さく、また、その 2 つの地域の差も縮小する。一方、札幌はその 2 つの地域に比べて大きい。しかし、冬季では東京と札幌の一次エネルギー消費量は大きい値を示しており、夏季では大きく差があった東京と札幌の差は縮小するが、那覇の一次エネルギー消費量だけ東京と札幌と比較して一次エネルギー消費量が小さくなる結果となる。一次エネルギー消費量が最も小さくなる 8 月で比較した際、那覇の一次エネルギー消費量が約 30MJ/m²なのに対し札幌では約 40MJ/m²となる。3 つの地域のエネルギー消費量が最も大きくなる 1 月では那覇が約 40MJ/m²なのに対して札幌では約 65MJ/m²となり、約 25MJ/m²の差がある。

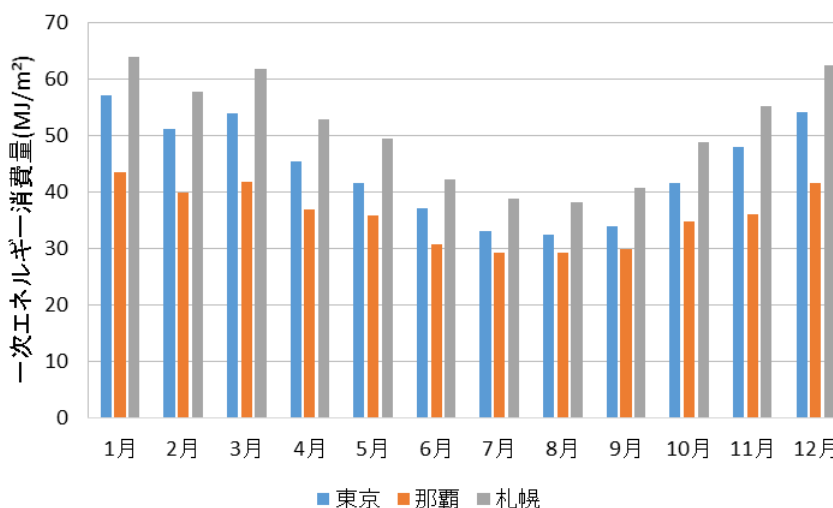


図 3.11 地域・月別一次エネルギー消費量（給湯ボイラー）

3.2.5 電気温水器

電気温水器を利用した場合の東京、那覇、札幌の 3 つの地域の月別一次エネルギー消費量を比較したものを図 3.12 に示す。電気温水器を利用した場合も、給湯ボイラー同様、夏季の一次エネルギー消費量が小さく、冬季が大きくなっており、3 つ地域とも給湯ボイラーと比べた際、全体的に一次エネルギー消費量が大きくなる。また、各地域で見た際、一次エネルギー消費量が最も小さい 8 月の那覇の一次エネルギー消費量が約 40MJ/m²なのに対し、札幌では約 55MJ/m²という結果となる。さらに、一次エネルギー消費量が最大となる 1 月については那覇が約 60MJ/m²なのに対し、札幌では約 100MJ/m²となり、約 40MJ/m²の差がある。給湯ボイラーと比べると、3 つの地域とも夏季では電気温水器を利用した場合の方が、僅かに一次エネルギー消費量が大きくなるが、冬季においては 3 つ地域とも著しく増加する結果となる。

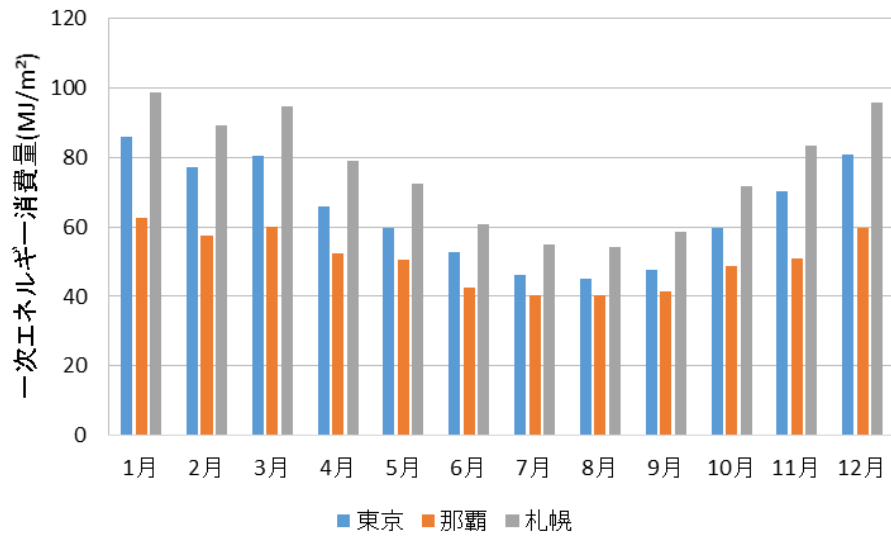


図 3.12 地域・月別一次エネルギー消費量（電気温水器）

3.3 太陽熱温水器導入による一次エネルギー消費量の比較検証

3.3.1 給湯ボイラー

図 3.13 は太陽熱温水器のみを利用したケース（前章の図 2.40、CASE.3）の給湯ボイラーの一次エネルギー消費量の削減効果を地域別に表したものである。図中の赤字は設置なしのケースと太陽熱温水器ありのケースの一次エネルギー消費量の差とその削減率を示したものである。同図より、東京の削減量は 190.3MJ/m^2 （削減率 35.9%）、那覇は 203.2MJ/m^2 （削減率 47.3%）、札幌での削減量は 175.2MJ/m^2 で削減率は 28.6% という結果となり、那覇、東京、札幌の順で一次エネルギー消費量の削減量が大きい。

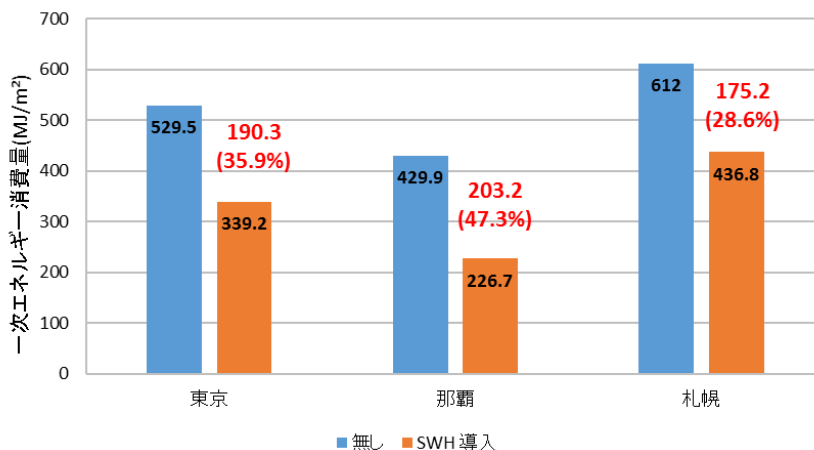


図 3.13 地域別太陽集熱器導入による月別一次エネルギー消費量（給湯ボイラー）

3.3.2 電気温水器

給湯ボイラー同様、太陽集熱器のみを設置したケースの電気温水器の一次エネルギー消費量を地域別に表したものを図 3.14 に示す。同図より、東京で太陽集熱器を導入したケースの一次エネルギー消費量の削減量は 308.1MJ/m^2 （削減率 40.0%）で、那覇と札幌ではそれぞれ 315.7MJ/m^2 （削減率 52.0%）と 295.5MJ/m^2 （削減率：32.4%）という結果となり、給湯ボイラーと比べて電気温水器に太陽集熱器を導入したケースの方が、削減量が大きい。

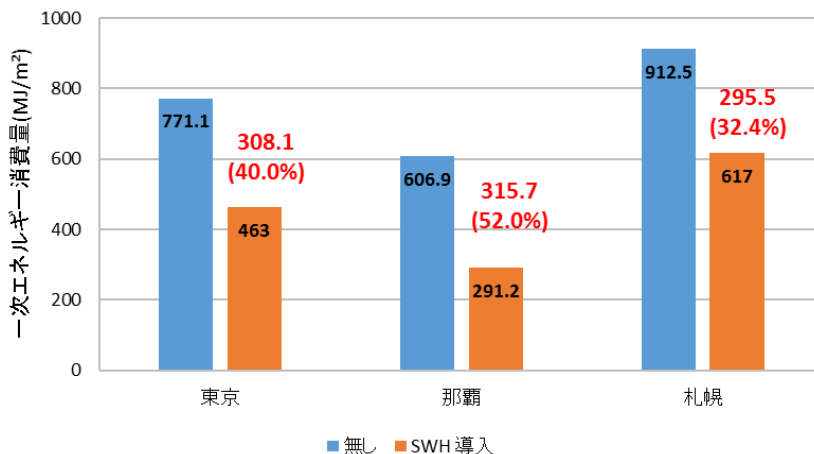


図 3.14 地域別太陽集熱器導入による月別一次エネルギー消費量（電気温水器）

3.4 太陽光発電量の比較検証

表 3.2 は東京、那覇、札幌の3つの地域の各月の発電量を表したものである。同表より、年間発電量は那覇、東京、札幌の順で大きい。図 3.15 は各地域の月別発電量を表したものであり。同図より、1月2月では東京が最も発電量が大きくなる。夏（7月、8月、9月）では那覇の発電量が大きい結果となる。

表 3.2 月間発電量（札幌、東京、那覇）

| MJ/m ² | 札幌 | 東京 | 那覇 |
|-------------------|-------|-------|------|
| 1月 | 12.8 | 18.5 | 12.5 |
| 2月 | 15.2 | 19 | 12.4 |
| 3月 | 21.8 | 20.3 | 16.2 |
| 4月 | 21.2 | 19.4 | 19.6 |
| 5月 | 21.4 | 21.8 | 20.2 |
| 6月 | 20.9 | 15.6 | 21.3 |
| 7月 | 18.2 | 20.3 | 23.7 |
| 8月 | 18.1 | 18.4 | 25.3 |
| 9月 | 18 | 14.2 | 22.7 |
| 10月 | 16.6 | 16.1 | 18.1 |
| 11月 | 10.2 | 14.7 | 17.2 |
| 12月 | 10.7 | 13.3 | 13.7 |
| 年間 | 204.9 | 211.6 | 223 |

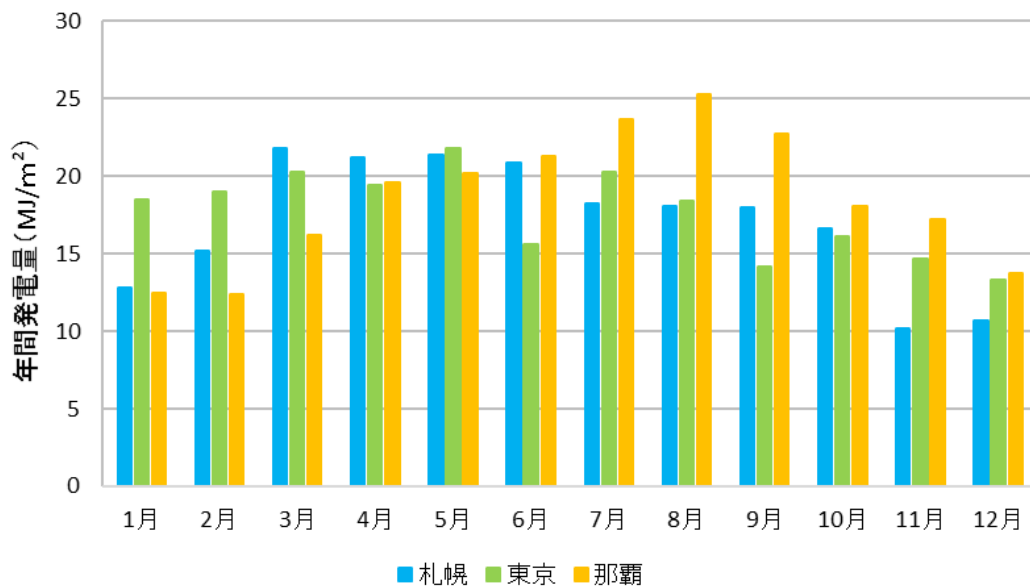


図 3.15 月別発電量（札幌、東京、那覇）

3.5 各ベースモデルにおけるPV・SWHの最適設置方法

3.5.1 吸収式冷温水発生機（ガス）、給湯ボイラー（ガス）

1) 東京

ガスを熱源として利用した空調として吸収式冷温水発生機とガスを熱源とする給湯ボイラーにPVとSWHを導入したすべてのケースの年間一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー詳細消費量を図3.16および図3.17に示す。図3.16より、CASE.1の年間一次エネルギー消費量は2434.1MJ/m²となり、一次エネルギー消費量が最小となるのはCASE.3で、2175.1MJ/m²となる。なお、CASE.3の年間一次エネルギー消費量はCASE.1と比較し、10.6%削減する結果となる。

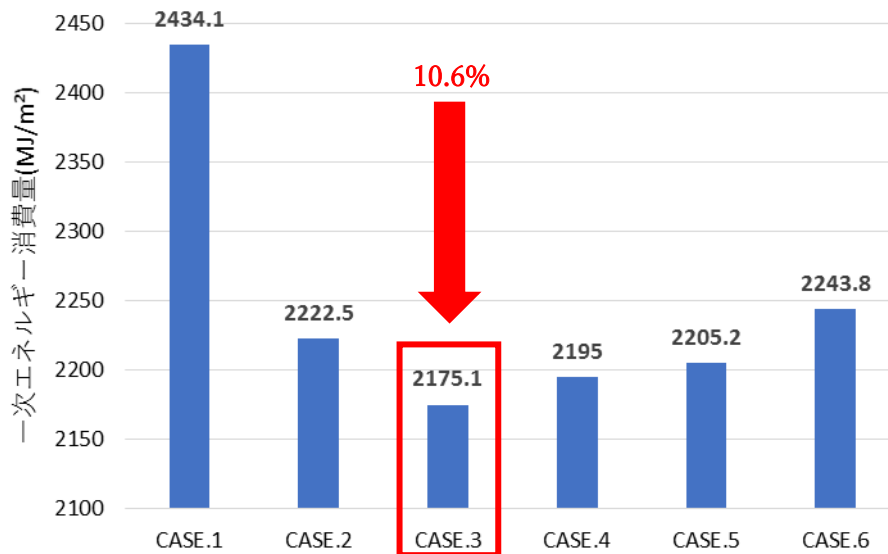


図 3.16 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較

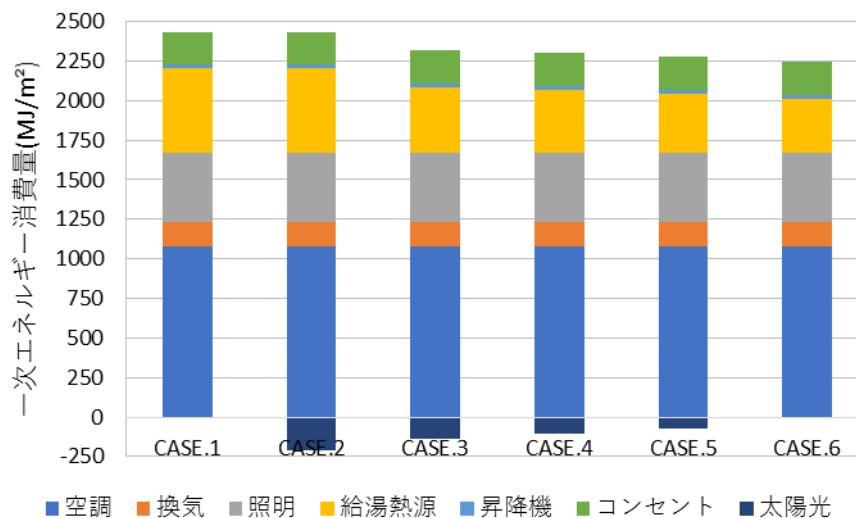


図 3.17 年間一次エネルギー詳細消費量 全ケース比較

2) 札幌

札幌でガス熱源の空調として、吸収式冷温水発生機、ガス熱源の給湯として給湯ボイラーを利用した場合のすべてのケースの年間一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー詳細消費量を比較した結果をそれぞれ図 3.18 および図 3.19 に示す。

図 3.18 より CASE.1 の年間一次エネルギー消費量が 2566.4MJ/m² なのに対して、最も一次エネルギー消費量が小さくなる CASE.3 の年間一次エネルギー消費量は 2314.9MJ/m² となり、9.7%削減する。

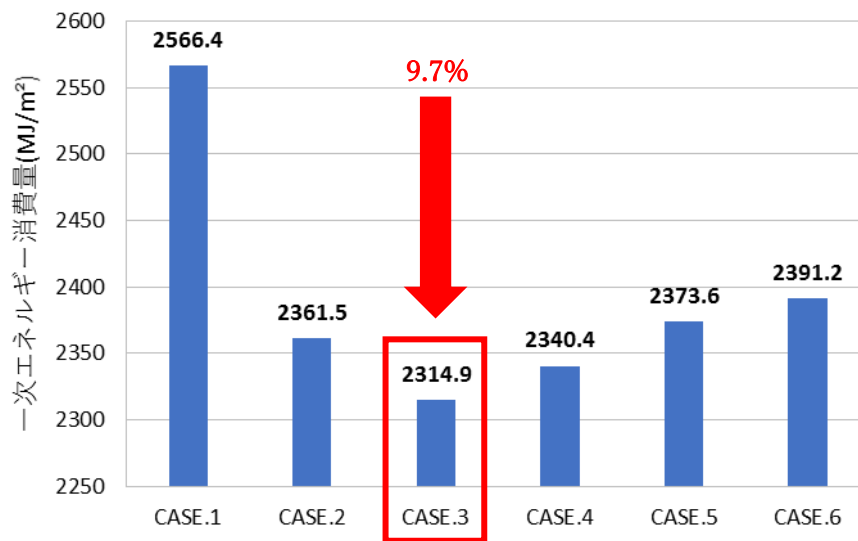


図 3.18 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較

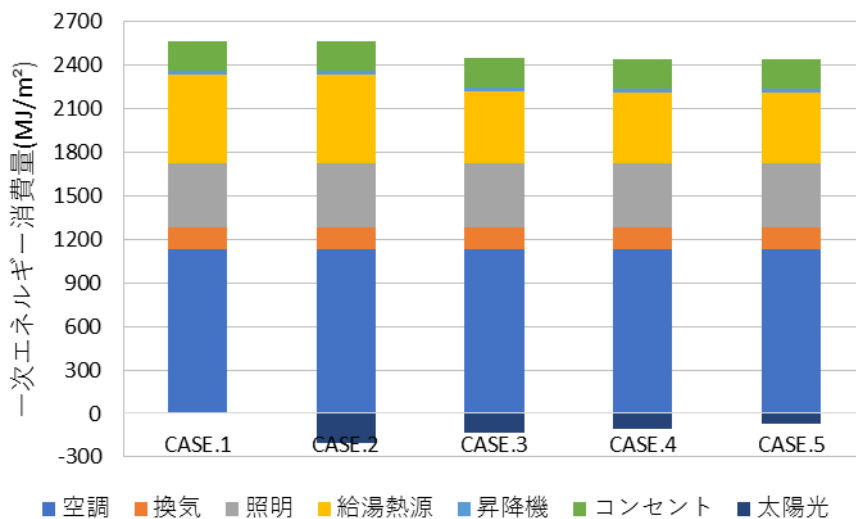


図 3.19 年間一次エネルギー詳細消費量 全ケース比較

3) 那覇

那覇でガスを熱源とした吸収式冷温水発生機とガス熱源の給湯ボイラーを利用した年間一次エネルギー消費量及び年間一次エネルギー詳細消費量の結果を図 3.20 と図 3.21 に示す。

図 3.20 より PV 及び SWH を設置していないケース (CASE.1) の年間一次エネルギー消費量は 2441.4MJ/m²となる。また、PV と SWH を 2 対 1 の割合で設置したケース (CASE.3) の年間一次エネルギー消費量が 2177.3MJ/m²と最も小さく、CASE.1 と比較し、10.8%削減する。

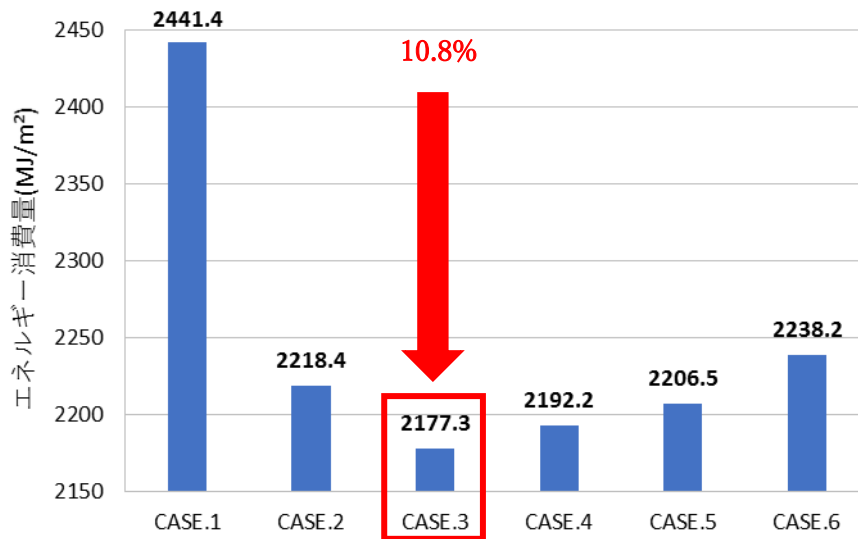


図 3.20 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較

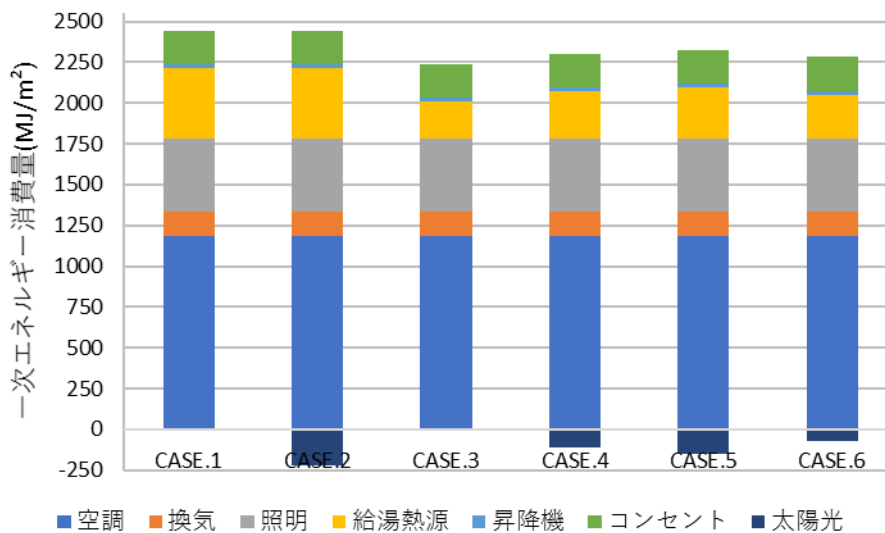


図 3.21 年間一次エネルギー詳細消費量 全ケース比較

吸収式冷温水発生機と給湯ボイラーを利用した場合、3つの地域ともCASE.3の年間一次エネルギー消費量が最小となる。図3.22～図3.24はそれぞれ、東京、札幌、那覇の年間一次エネルギー消費量を2次関数で表したものである。各図よりCASE.3が最小になるが、さらにPVとSWHの面積割合を細分化し、より最適な設置割合を追求するために検討を行なう。図3.25は新たに検討を行なうPVとSWHの面積割合を示したものである。CASE.7はPVとSWHを3対2、CASE.8はPVとSWHを2対3で設置したケースを表す。

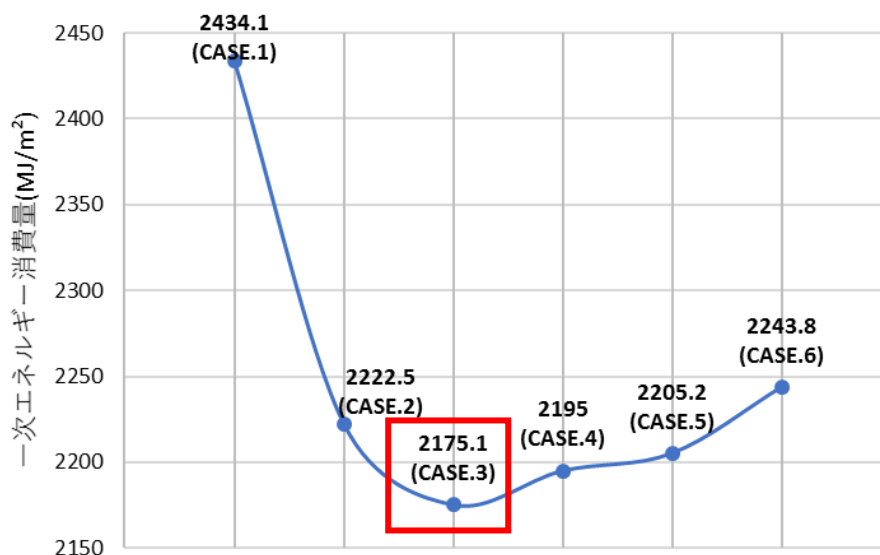


図 3.22 年間一次エネルギー消費量 2次関数表示 (東京)

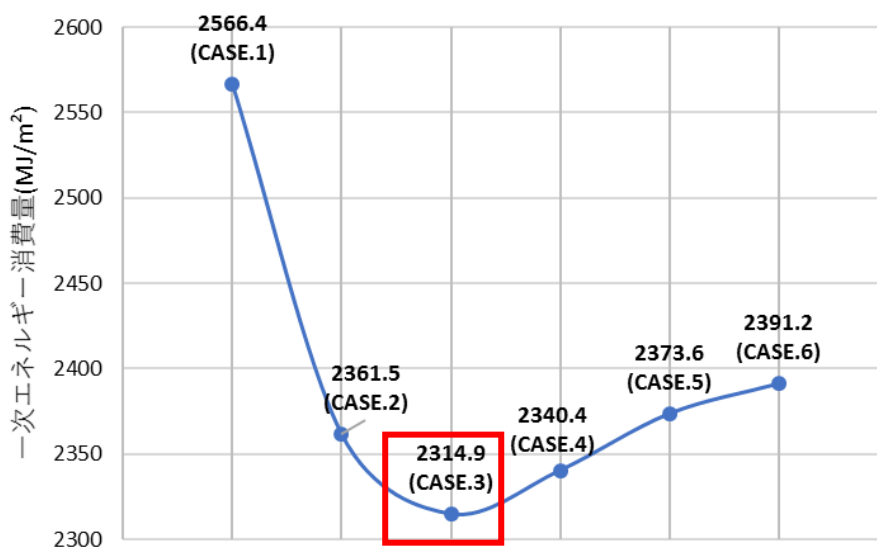


図 3.23 年間一次エネルギー消費量 2次関数表示 (札幌)

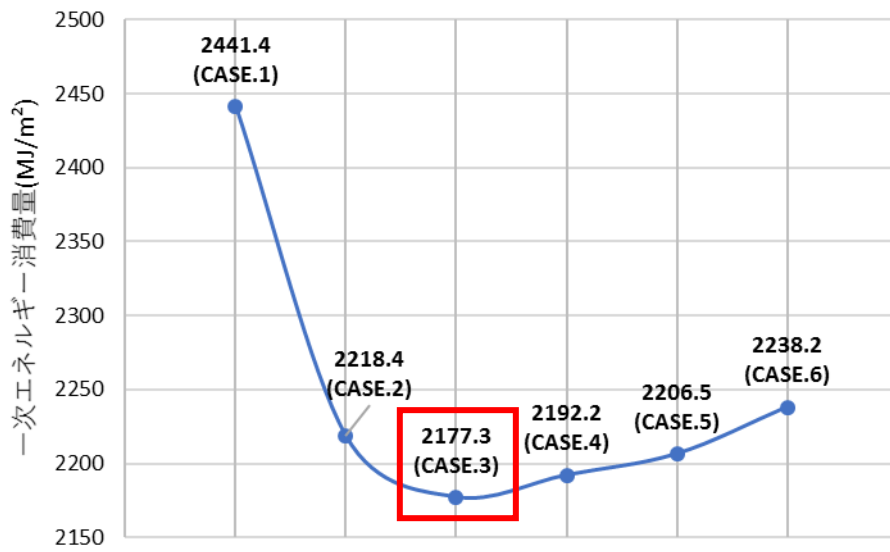


図 3.24 年間一次エネルギー消費量 2 次関数表示 (那覇)

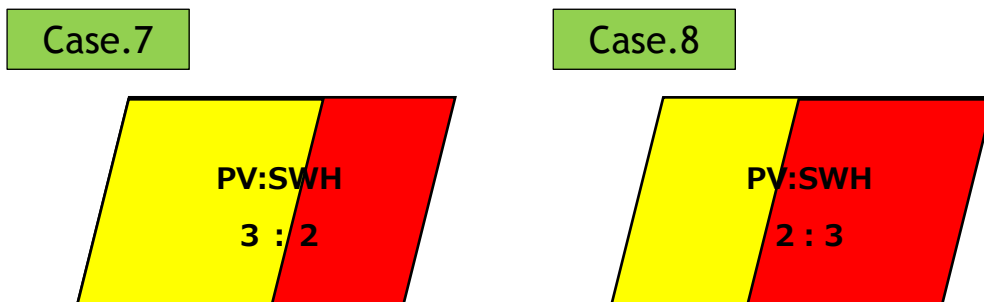


図 3.25 太陽光パネルと太陽熱温水器 設置面積割合

図 3.26～図 3.28 は追加したケースを含めた各地域における全ケースの年間一次エネルギー消費量を表したものである。各図より、CASE.7 と CASE.8 を追加した場合でも、3 つ地域とも結果に変化はなく、PV と SWH を 2 対 1 の割合で設置した CASE.3 の年間一次エネルギー消費量が最小となり、その次に PV と SWH を 3 対 2 で設置した CASE.7 が小さい結果となる。

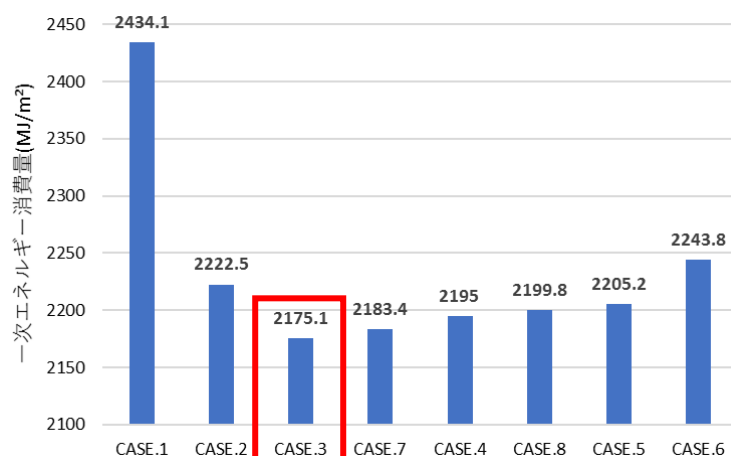


図 3.26 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較 (東京)

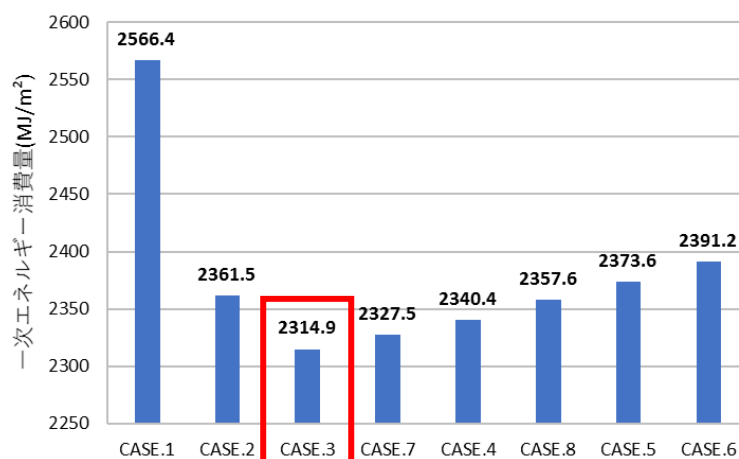


図 3.27 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較 (札幌)

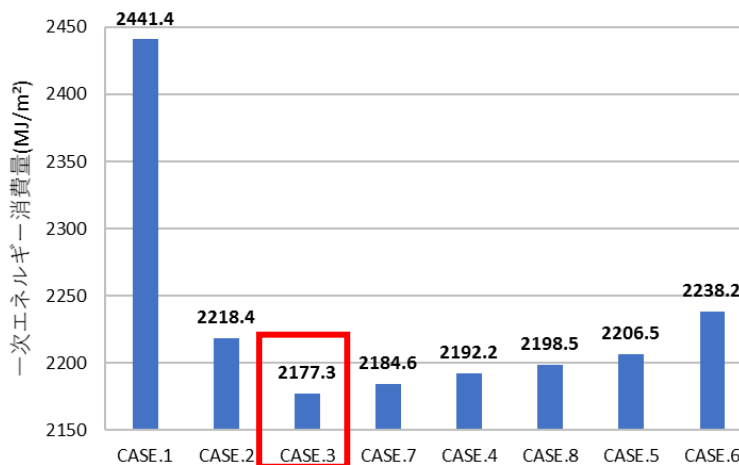


図 3.28 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較 (那覇)

3.5.2 吸収式冷温水発生機（ガス）、電気温水器（電気）

1) 東京

ガス熱源の空調システムの吸収式冷温水発生機と電気熱源の給湯システムの電気温水器に PV と SWH を導入した全てのケースの年間一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー詳細消費量をそれぞれ図 3.29 および図 3.30 に示す。図 3.29 より CASE.1 の年間一次エネルギー消費量が 2675.7MJ/m² に対し、CASE.6 の年間一次エネルギー消費量は 2367.6MJ/m² と最小で、CASE.1 と比較して 11.5%削減する。

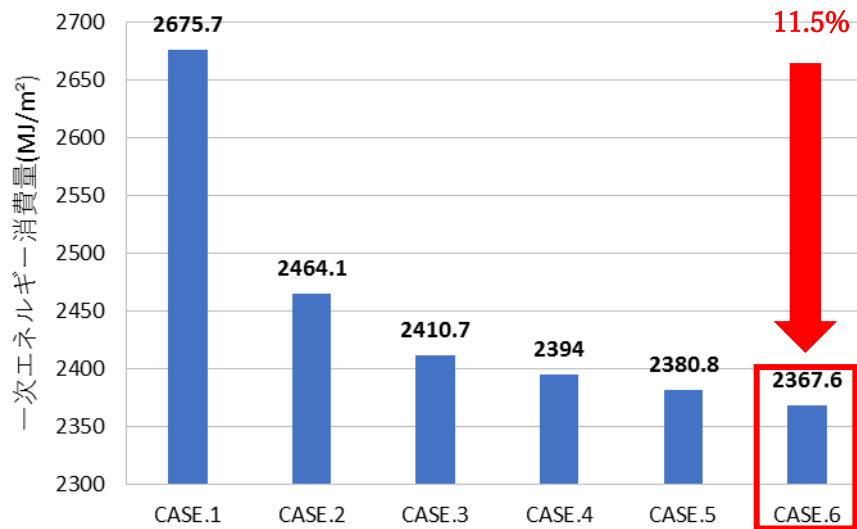


図 3.29 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較

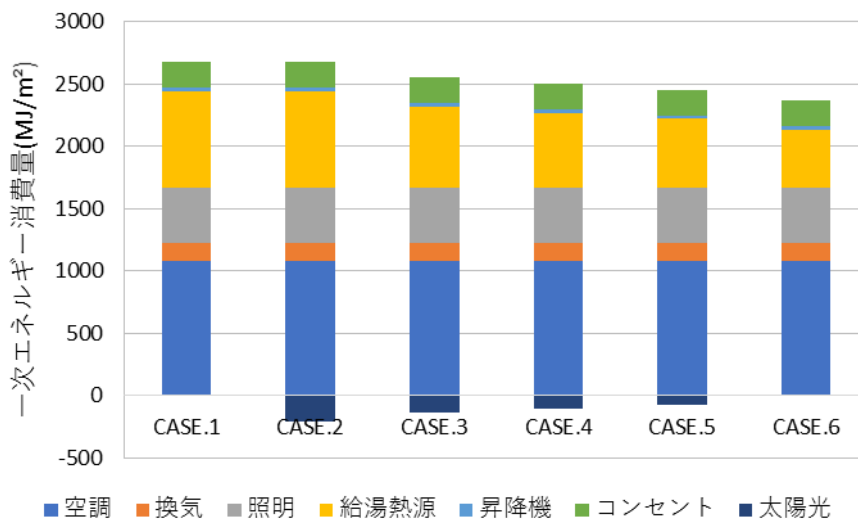


図 3.30 年間一次エネルギー詳細消費量 全ケース比較

2) 札幌

図 3.31 および図 3.32 はそれぞれガス燃料の空調システムの吸収式冷温水発生機、電気を熱源とした電気温水器を利用した場合の年間一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー詳細消費量を比較したものである。図 3.31 より CASE.1 では年間一次エネルギー消費量は 2866.9MJ/m² となり、東京同様、CASE.6 が最も年間一次エネルギー消費量が小さくなり、2571.4MJ/m² となる。なお、CASE.1 と比べ、10.3%削減する。

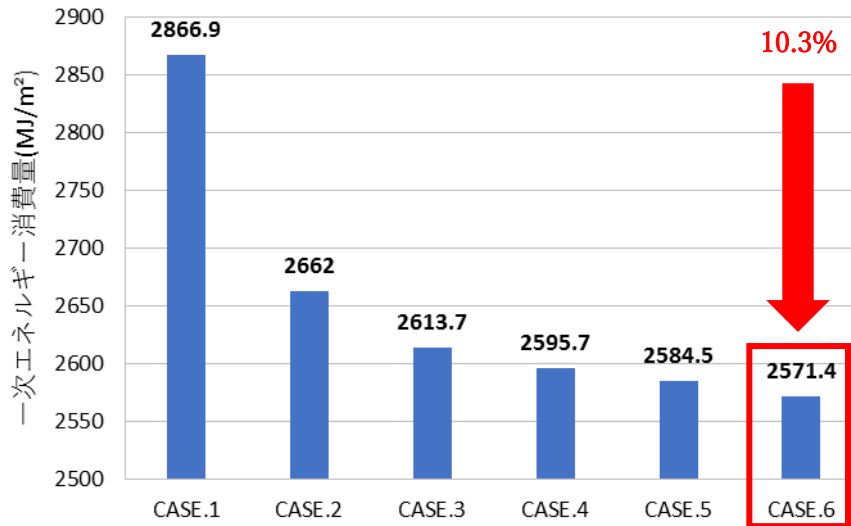


図 3.31 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較

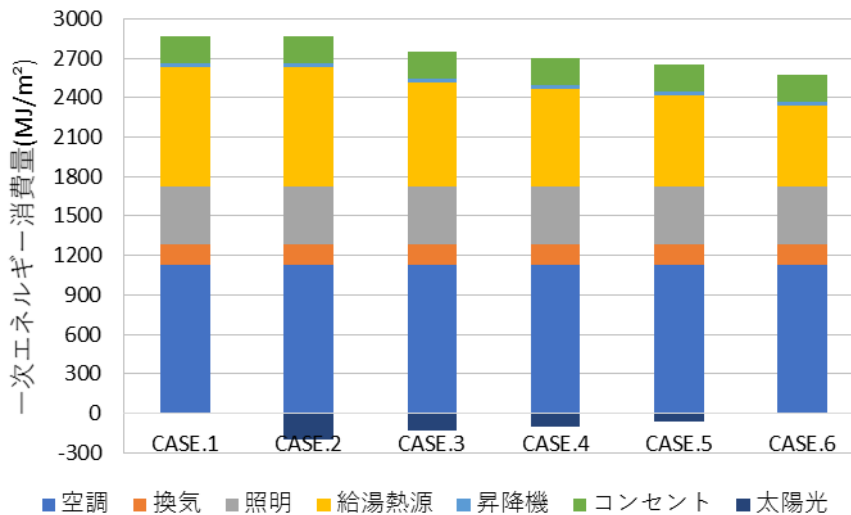


図 3.32 年間一次エネルギー詳細消費量 全ケース比較

3) 那覇

那覇でガス熱源空調システムである吸収式冷温水発生機と電気熱源給湯の電気温水器のシミュレーション結果を以下に示す。PV および SWH を導入した全てのケースの年間一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー詳細消費量を比較したものを図3.33および図3.34に示す。図3.33 より全ケースの年間一次エネルギー消費量を比較した際、CASE.1 の一次エネルギー消費量は 2611.5MJ/m²となり、CASE.5 の年間一次エネルギー消費量が 2282.4MJ/m²と最小となる。

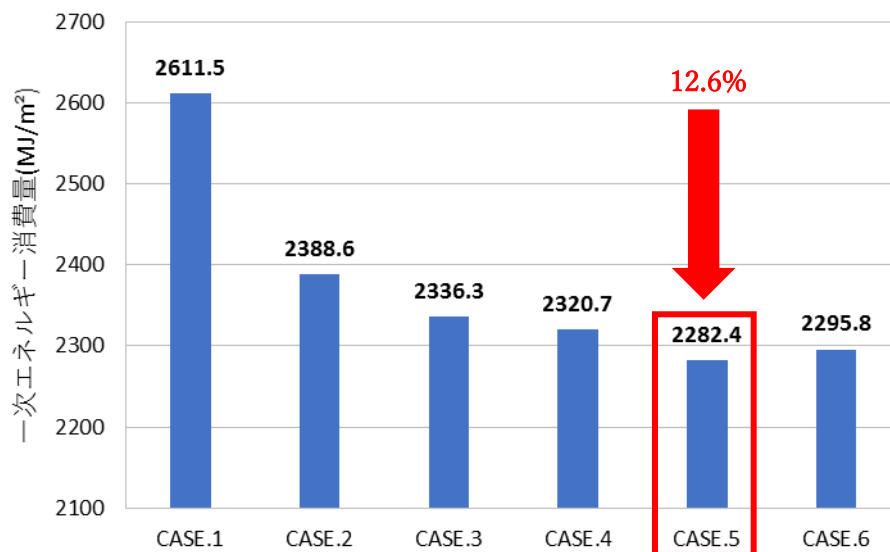


図 3.33 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較

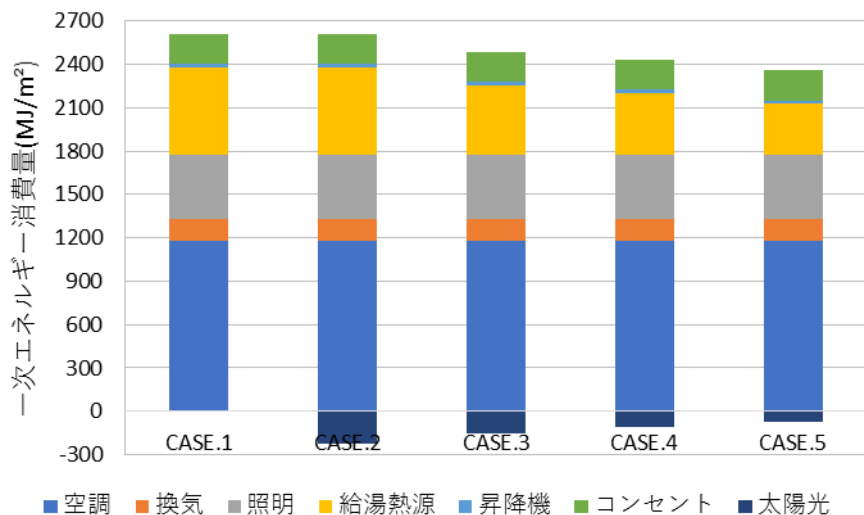


図 3.34 年間一次エネルギー詳細消費量 全ケース比較

3.5.3 空冷HP（電気）、給湯ボイラー（ガス）

1) 東京

電気熱源の空調として空冷HPとガス熱源の給湯として給湯ボイラーを利用し、PVとSWHを導入した全てのケースモデルの年間一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー詳細消費量を比較したものをそれぞれ図3.35および図3.36に示す。

図3.37よりCASE.1では年間一次エネルギー消費量は2232.1MJ/m²となるが、CASE.3が最も年間一次エネルギー消費量が少ない1973.2MJ/m²となり、CASE.1と比べて11.5%削減する。

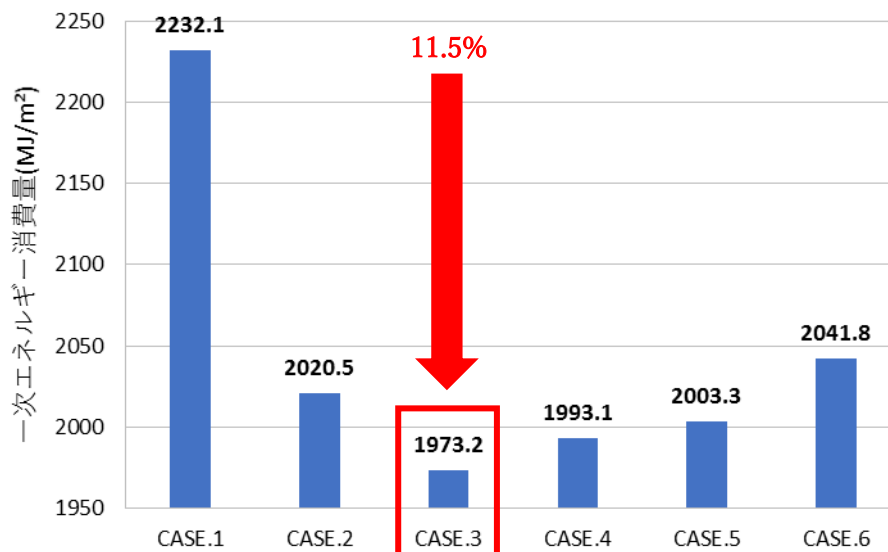


図 3.35 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較

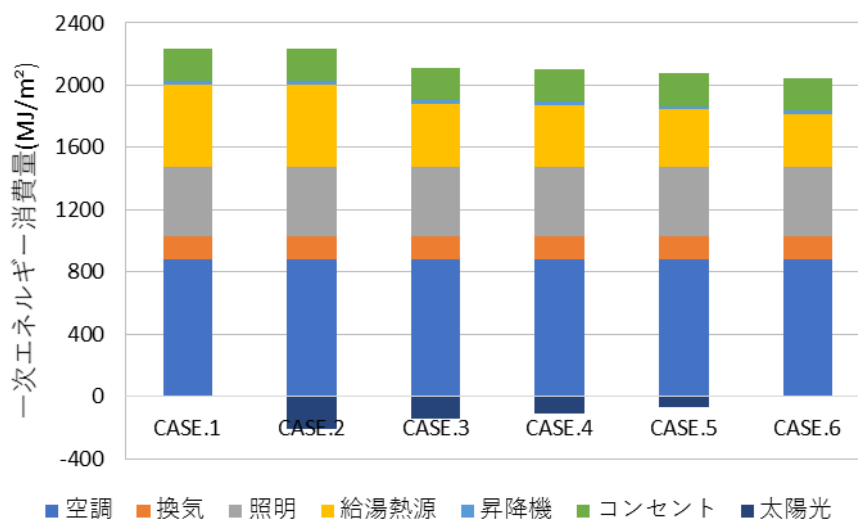


図 3.36 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較

2) 札幌

空調に空冷 HP、給湯に給湯ボイラーを用いた場合の年間一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー詳細消費量をそれぞれ図 3.37 および図 3.38 に示す。

図 3.37 より CASE.1 の年間一次エネルギー消費量は 2346MJ/m² となり、CASE.3 の年間一次エネルギー消費量が 2094.5MJ/m² と最小となり、CASE.1 より 251.5MJ/m² (10.7%)削減する。

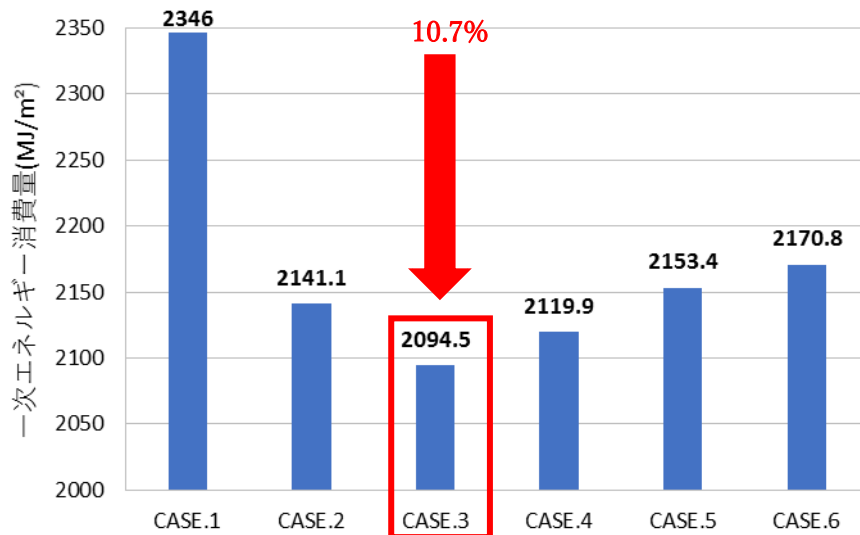


図 3.37 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較

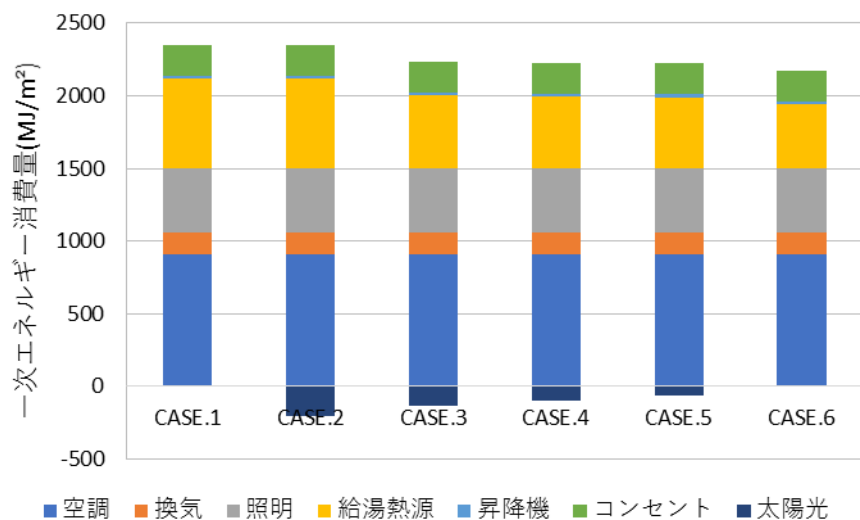


図 3.38 年間一次エネルギー詳細消費量 全ケース比較

3) 那覇

電気熱源の空調とする空冷 HP、また、ガスを熱源とする給湯ボイラーを利用した場合の年間一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー詳細消費量を表したものをそれぞれ図 3.39 および図 3.40 に示す。

図 3.39 より CASE.1 の年間一次エネルギー消費量は 2191.2MJ/m²となる。これに対し最小の年間一次エネルギー消費量は CASE.3 で 1927.1MJ/m²となり、CASE.1 と比較して、264.1MJ/m²(12.0%)削減する。

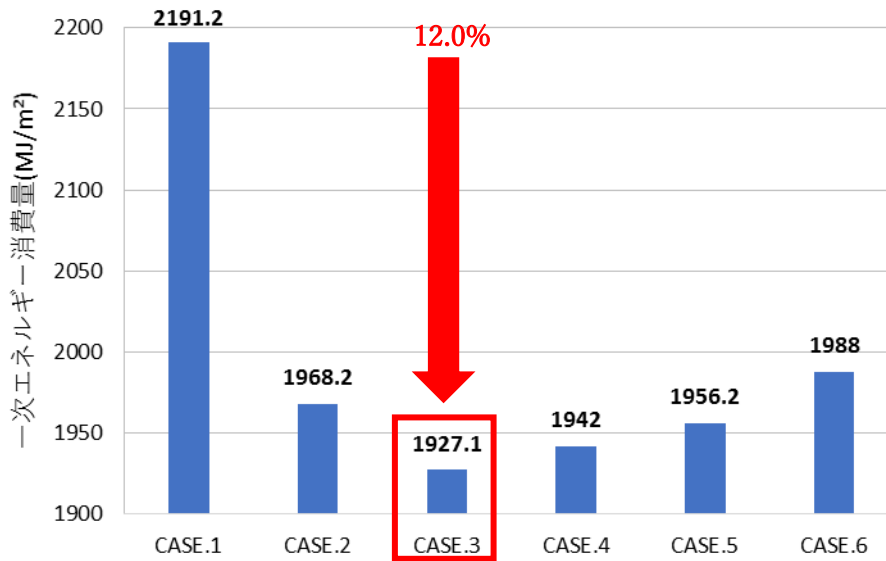


図 3.39 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較

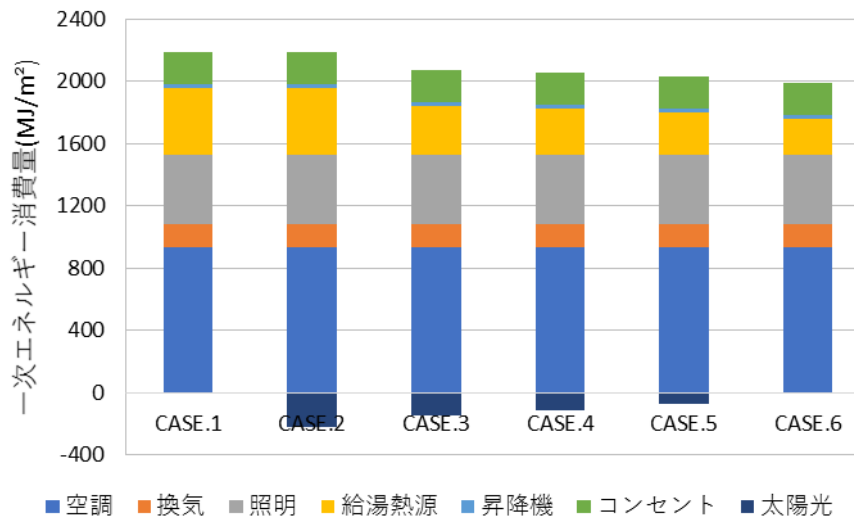


図 3.40 年間一次エネルギー詳細消費量 全ケース比較

空冷 HP と給湯ボイラーを用いた場合、吸収式冷温水発生機と給湯ボイラーと同様、3つの地域とも PV と SWH を 2 対 1 で設置するのが効果的となったが、より最適な設置方法を追求するため、面積をさらに細分化し検討する。なお、この際の PV と SWH の面積割合は上記の図 3.25 と同様に検討した。図 3.41～図 3.43 は各地における計算結果であり、PV と SWH の最適設置方法の結果としては特に変化は無く、2 対 1 の割合で設置するのが最適となる。

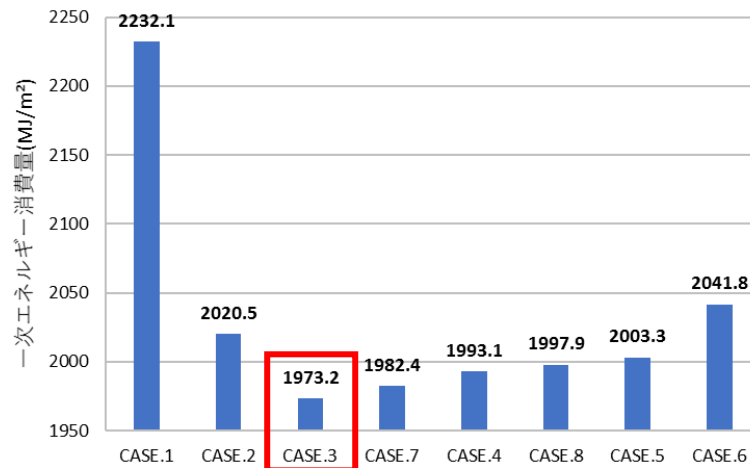


図 3.41 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較（東京）

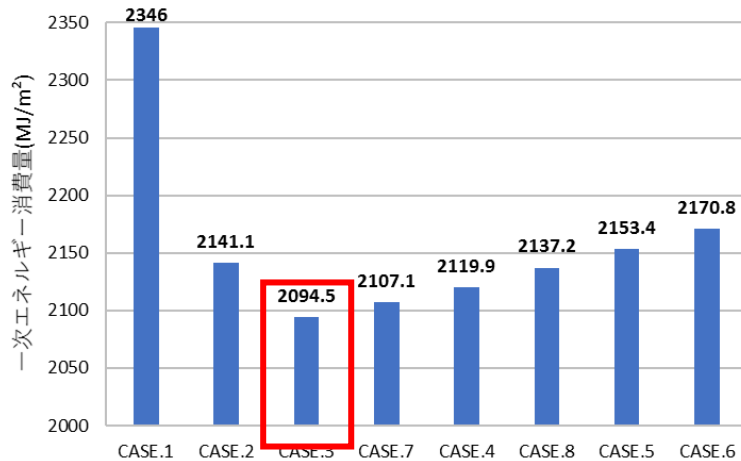


図 3.42 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較（札幌）

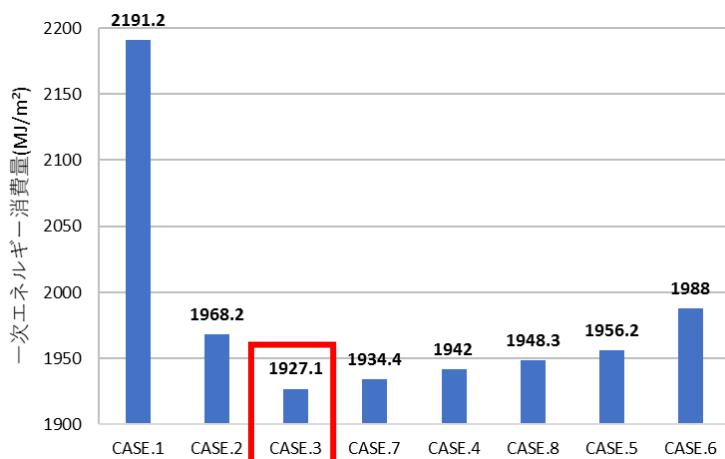


図 3.43 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較（那覇）

3.5.4 空冷HP（電気）、電気温水器（電気）

1) 東京

空調に空冷HP、給湯に電気温水器を用いた場合の全ケースの年間一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー詳細消費量を比較したものをそれぞれ図 3.44 および図 3.45 に示す。図 3.44 より CASE.1 では年間一次エネルギー消費量は 2473.7MJ/m²となる。CASE.6 の年間一次エネルギー消費量が 2165.6MJ/m²と最小になり、CASE.1 と比較し、294.8MJ/m²(11.9%)削減する。

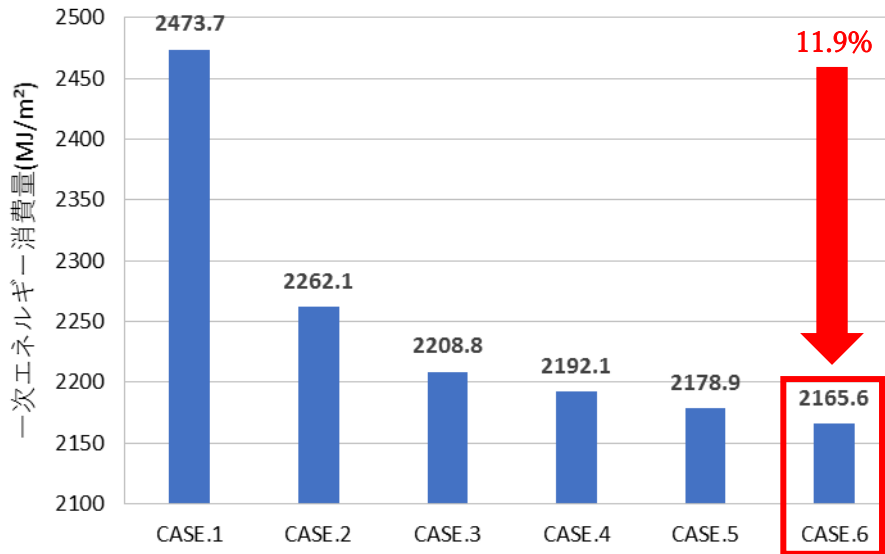


図 3.44 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較

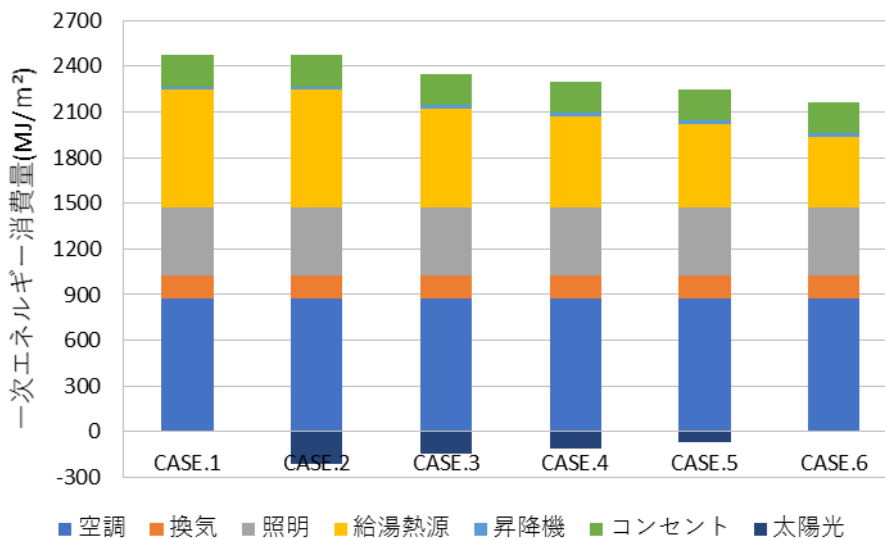


図 3.45 年間一次エネルギー詳細消費量 全ケース比較

2) 札幌

札幌において電気を熱源とした空調の空冷 HP、同様に電気を熱源とした給湯の電気温水器を利用した場合の全ケースの年間一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー詳細消費量を図 3.46 と図 3.47 に示す。

図 3.46 より全ケースの年間一次エネルギー消費量を比較した際、何も設置しない CASE.1 では 2646.5MJ/m²なのに対し、太陽集熱器のみを利用した CASE.6 が最も年間一次エネルギー消費量が 2351MJ/m²と最小となる。また、CASE.1 と比較して CASE.6 は 295.5MJ/m²(11.1%)削減する。

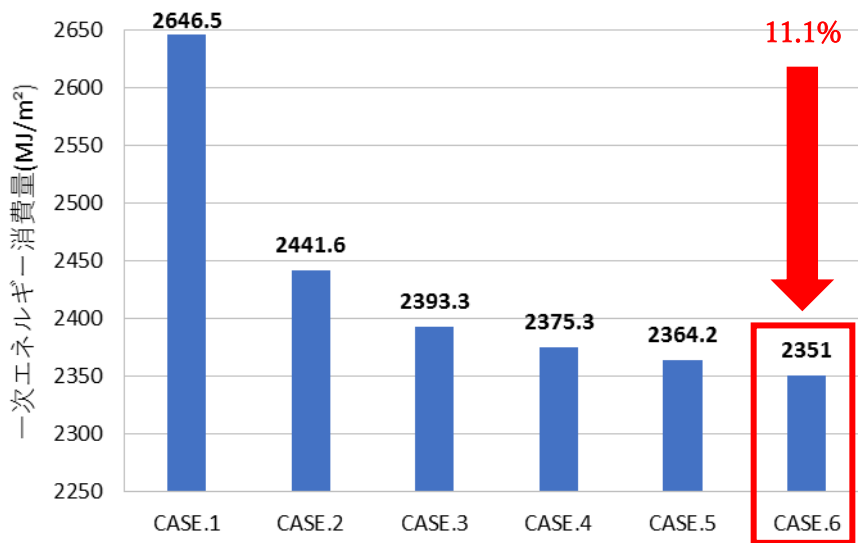


図 3.46 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較

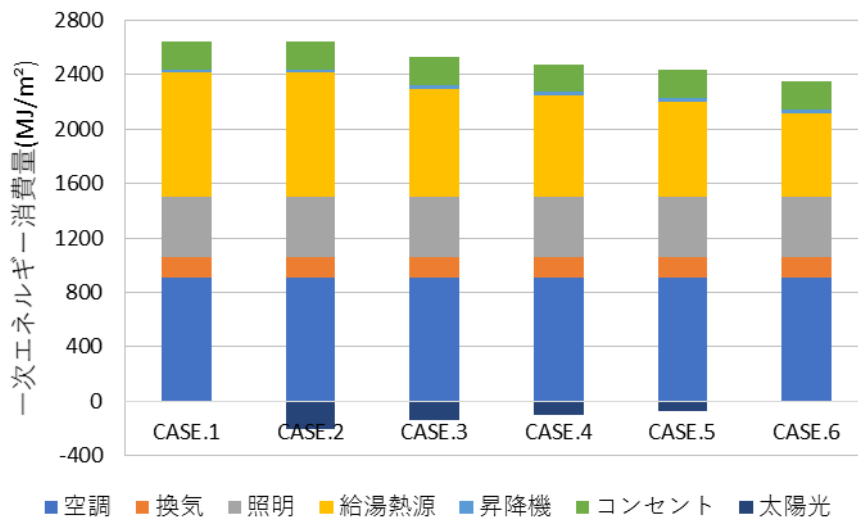


図 3.47 年間一次エネルギー詳細消費量 全ケース比較

3) 那覇

那覇で電気熱源空調である空冷HPと電気熱源給湯の電気温水器を利用した場合のシミュレーション結果を以下に示す。PVおよびSWHを導入した全てのケースの年間一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー詳細消費量を比較したものをそれぞれ図3.48および図3.49に示す。図3.48より全ケースの年間一次エネルギー消費量を比較した際、CASE.1の一次エネルギー消費量は2368.2MJ/m²となり、PVとSWHを1対2の割合で設置したCASE.5が最も一次エネルギー消費量が2039.1MJ/m²と最小となり、CASE.1より329.1MJ/m²(13.8%)削減する。

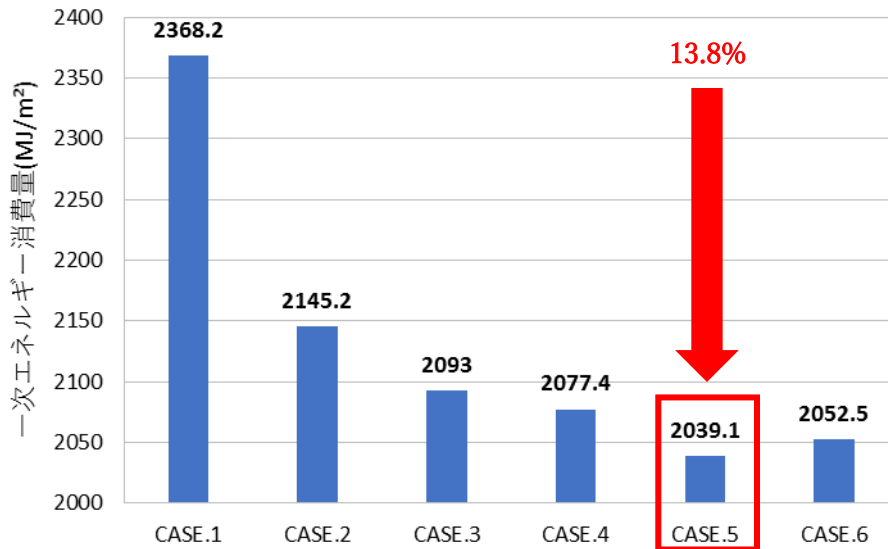


図 3.48 年間一次エネルギー消費量 全ケース比較

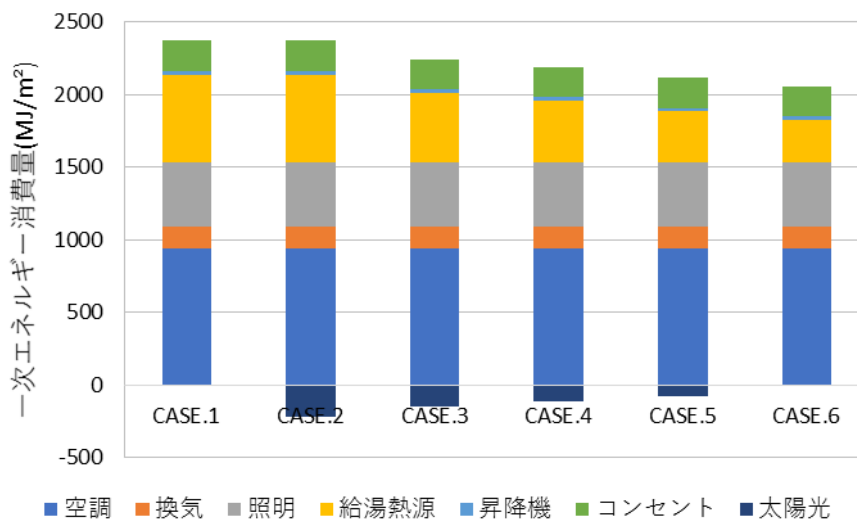


図 3.49 年間一次エネルギー詳細消費量 全ケース比較

表 3.3～表 3.5 はそれぞれ東京、札幌、那覇における全ケースモデルの年間・月別一次エネルギー消費量の一覧を示し、年間一次エネルギー消費量が小さい順に表示してある。なお、表の黄色の部分には吸収式冷温水発生機と給湯ボイラーの標準モデルを (CASE.A-1) 表している。表より、3つの地域とも空冷 HP と給湯ボイラー (CASE.C-3) が最も一次エネルギー消費量が小さい結果となる。標準モデルとの差を見ると、東京では 460.9MJ/m²、札幌では 471.9MJ/m²、那覇では 514.3MJ/m²となった。また、空調に吸収式冷温水発生機、給湯に電気温水器を利用した CASE.B-1 が最も年間一次エネルギー消費量が多い。標準モデルと比較した際、東京では 141.6MJ/m²、札幌では 300.5MJ/m²、那覇は 70.1MJ/m²の差がある。

また、標準モデルのエネルギー消費量の順位を比較した際、温暖地域になるにつれ、降順する。これは温暖な地域ほど再生可能エネルギーである太陽エネルギーによる削減力が向上したことによる結果になったと予想される。

表 3.3 全ケースモデル 年間・月別一次エネルギー消費量 東京

| CASE | 一次エネルギー消費量原単位(MJ/m ²) | | | | | | | | | | | | 年間 |
|----------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | |
| CASE.C-3 | 186.5 | 166.8 | 163.0 | 122.9 | 151.1 | 171.4 | 185.1 | 190.2 | 179.6 | 147.1 | 126.0 | 183.5 | 1973.2 |
| CASE.C-4 | 188 | 168.2 | 164.8 | 124.6 | 152.9 | 173.3 | 187 | 191.8 | 181.4 | 148.5 | 127.5 | 184.7 | 1993.1 |
| CASE.C-5 | 188.4 | 169.1 | 165.7 | 125.7 | 154.2 | 174.2 | 188 | 192.9 | 182.1 | 149.3 | 128.1 | 185.3 | 2003.3 |
| CASE.C-2 | 190.9 | 170.6 | 166.6 | 126.7 | 154.9 | 174.7 | 189 | 194.3 | 183.3 | 151.4 | 130.2 | 187.7 | 2020.5 |
| CASE.C-6 | 191.2 | 172.1 | 169.5 | 129.2 | 158.2 | 177.6 | 192 | 196.5 | 185.1 | 152.1 | 130.7 | 187.4 | 2041.8 |
| CASE.D-6 | 206.8 | 185.1 | 183.7 | 139.2 | 165.9 | 185.8 | 197.2 | 201.3 | 192.3 | 161 | 143.3 | 203.9 | 2165.6 |
| CASE.A-3 | 192.9 | 170.6 | 165.1 | 135.8 | 157.1 | 206.0 | 226.0 | 231.6 | 219.3 | 149.8 | 129.5 | 191.5 | 2175.1 |
| CASE.D-5 | 209.2 | 187 | 184.9 | 140.1 | 166.1 | 186.2 | 196.9 | 201.5 | 192.9 | 162.3 | 145.2 | 206.3 | 2178.9 |
| CASE.D-4 | 211.1 | 188.8 | 186.2 | 141.2 | 166.9 | 186.7 | 197.5 | 202 | 193.5 | 163.5 | 146.5 | 207.8 | 2192.1 |
| CASE.A-4 | 194.4 | 172 | 166.9 | 137.5 | 158.9 | 207.9 | 227.9 | 233.2 | 221.1 | 151.2 | 131 | 192.7 | 2195 |
| CASE.A-5 | 194.8 | 172.9 | 167.8 | 138.6 | 160.2 | 208.8 | 228.9 | 234.3 | 221.8 | 152 | 131.6 | 193.3 | 2205.2 |
| CASE.D-3 | 213.4 | 190.8 | 187.9 | 142.6 | 168.2 | 187.5 | 198.2 | 203 | 194.2 | 165 | 148 | 209.6 | 2208.8 |
| CASE.A-2 | 197.3 | 174.5 | 168.7 | 139.6 | 160.9 | 209.5 | 229.9 | 235.6 | 223.2 | 154.3 | 133.7 | 195.7 | 2222.5 |
| CASE.C-1 | 209.4 | 189.6 | 186.9 | 146.1 | 176.7 | 190.3 | 209.3 | 212.7 | 197.5 | 167.5 | 144.9 | 201 | 2232.1 |
| CASE.A-6 | 197.7 | 175.9 | 171.5 | 142.1 | 164.2 | 212.3 | 232.9 | 237.9 | 224.9 | 155 | 134.2 | 195.4 | 2243.8 |
| CASE.D-2 | 219.8 | 196.4 | 193 | 147.3 | 172.9 | 190.2 | 202.1 | 206.9 | 197.1 | 169.4 | 152.5 | 214.2 | 2262.1 |
| CASE.B-6 | 213.1 | 188.9 | 185.8 | 152.1 | 171.9 | 220.4 | 238.1 | 242.7 | 232 | 163.7 | 146.8 | 211.9 | 2367.6 |
| CASE.B-5 | 215.6 | 190.8 | 187 | 153 | 172.1 | 220.8 | 237.8 | 242.9 | 232.6 | 165 | 148.7 | 214.3 | 2380.8 |
| CASE.B-4 | 217.5 | 192.6 | 188.3 | 154.1 | 172.9 | 221.3 | 238.4 | 243.4 | 233.2 | 166.2 | 150 | 215.8 | 2394 |
| CASE.B-3 | 219.8 | 194.6 | 190 | 155.5 | 174.2 | 222.1 | 239.1 | 244.4 | 233.9 | 167.7 | 151.5 | 217.6 | 2410.7 |
| CASE.A-1 | 215.8 | 193.4 | 188.9 | 159 | 182.7 | 225 | 250.2 | 254.1 | 237.3 | 170.3 | 148.4 | 209 | 2434.1 |
| CASE.B-2 | 226.2 | 200.3 | 195.1 | 160.2 | 178.9 | 225 | 243 | 248.3 | 236.9 | 172.3 | 156 | 222.2 | 2464.1 |
| CASE.D-1 | 238.3 | 215.4 | 213.3 | 166.7 | 194.7 | 205.8 | 222.4 | 225.3 | 211.3 | 185.5 | 167.2 | 227.5 | 2473.7 |
| CASE.B-1 | 244.7 | 219.2 | 215.3 | 179.6 | 200.7 | 240.6 | 263.3 | 266.7 | 251.1 | 188.3 | 170.7 | 235.5 | 2675.7 |

表 3.4 全ケースモデル 年間・月別一次エネルギー消費量 札幌

| CASE | 一次エネルギー消費量原単位(MJ/m ²) | | | | | | | | | | | | 年間 |
|----------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | |
| CASE.C-3 | 231.6 | 201.7 | 210.3 | 165.1 | 132.1 | 137.4 | 167.9 | 169 | 160.5 | 126 | 163.4 | 229.4 | 2094.5 |
| CASE.C-4 | 233.6 | 203.8 | 212.7 | 167.6 | 134.5 | 139.6 | 170.1 | 171.2 | 162.5 | 128.1 | 165.1 | 231.2 | 2119.9 |
| CASE.C-2 | 235.6 | 205.4 | 213.6 | 168.8 | 135.9 | 141.2 | 171.9 | 172.9 | 164.7 | 130.2 | 167.4 | 233.4 | 2141.1 |
| CASE.C-5 | 236.1 | 206.5 | 215.9 | 170.4 | 137.4 | 142.7 | 172.9 | 174.2 | 165.3 | 130.7 | 167.5 | 233.6 | 2153.4 |
| CASE.C-6 | 236.8 | 207.7 | 218.2 | 172.6 | 139.4 | 144.8 | 174.6 | 176 | 166.8 | 131.9 | 167.8 | 234 | 2170.8 |
| CASE.A-3 | 248.2 | 214 | 213 | 180.2 | 147.4 | 160.1 | 205.5 | 208.5 | 191.4 | 137.2 | 170.1 | 239.2 | 2314.9 |
| CASE.A-4 | 250.2 | 216.1 | 215.5 | 182.7 | 149.7 | 162.4 | 207.8 | 210.6 | 193.4 | 139.2 | 171.9 | 241 | 2340.4 |
| CASE.C-1 | 248.4 | 220.6 | 235.4 | 190 | 157.3 | 162.1 | 190.1 | 191 | 182.7 | 146.8 | 177.6 | 244.1 | 2346 |
| CASE.D-6 | 261.3 | 228 | 237.2 | 186.8 | 151.1 | 153.6 | 182.5 | 183.7 | 175.4 | 144.8 | 187.9 | 258.7 | 2351 |
| CASE.A-2 | 252.2 | 217.7 | 216.3 | 183.9 | 151.2 | 163.9 | 209.5 | 212.4 | 195.6 | 141.4 | 174.1 | 243.2 | 2361.5 |
| CASE.D-5 | 263.4 | 229.7 | 238.2 | 187.7 | 151.7 | 153.9 | 182.8 | 183.9 | 176.2 | 146.1 | 189.8 | 260.6 | 2364.2 |
| CASE.A-5 | 252.7 | 218.7 | 218.6 | 185.5 | 152.7 | 165.4 | 210.4 | 213.7 | 196.2 | 141.9 | 174.2 | 243.4 | 2373.6 |
| CASE.D-4 | 264.7 | 231 | 239.4 | 188.7 | 152.7 | 154.4 | 183.4 | 184.3 | 177 | 147.1 | 190.9 | 261.8 | 2375.3 |
| CASE.A-6 | 253.4 | 220 | 220.9 | 187.7 | 154.7 | 167.5 | 212.2 | 215.5 | 197.7 | 143.1 | 174.5 | 243.8 | 2391.2 |
| CASE.D-3 | 266.4 | 232.7 | 241.3 | 190.2 | 154.2 | 155.7 | 184.6 | 185.4 | 178.2 | 148.7 | 192.4 | 263.4 | 2393.3 |
| CASE.D-2 | 270.2 | 236.7 | 246.4 | 195 | 158.9 | 159.8 | 188.1 | 188.9 | 182.4 | 152.8 | 195.4 | 266.8 | 2441.6 |
| CASE.A-1 | 265 | 232.9 | 238.1 | 205.1 | 172.6 | 184.8 | 227.7 | 230.5 | 213.6 | 158 | 184.3 | 253.9 | 2566.4 |
| CASE.B-6 | 277.9 | 240.3 | 239.9 | 201.9 | 166.4 | 176.3 | 220.1 | 223.2 | 206.3 | 156 | 194.6 | 268.5 | 2571.4 |
| CASE.B-5 | 280 | 242 | 240.9 | 202.7 | 167 | 176.5 | 220.5 | 223.5 | 207 | 157.3 | 196.5 | 270.4 | 2584.5 |
| CASE.B-4 | 281.3 | 243.3 | 242.1 | 203.8 | 168 | 177.1 | 221 | 223.8 | 207.9 | 158.3 | 197.6 | 271.6 | 2595.7 |
| CASE.B-3 | 283 | 245 | 244 | 205.3 | 169.5 | 178.4 | 222.2 | 224.9 | 209.1 | 159.9 | 199.1 | 273.2 | 2613.7 |
| CASE.D-1 | 283 | 251.9 | 268.2 | 216.2 | 180.3 | 180.7 | 206.3 | 207 | 200.4 | 169.4 | 205.6 | 277.5 | 2646.5 |
| CASE.B-2 | 286.8 | 249 | 249.1 | 210.1 | 174.2 | 182.5 | 225.7 | 228.4 | 213.3 | 164 | 202.1 | 276.6 | 2662 |
| CASE.B-1 | 299.6 | 264.2 | 270.9 | 231.3 | 195.6 | 203.4 | 243.9 | 246.5 | 231.3 | 180.6 | 212.3 | 287.3 | 2866.9 |

表 3.5 全ケースモデル 年間・月別一次エネルギー消費量 那覇

| CASE | 一次エネルギー消費量原単位(MJ/m ²) | | | | | | | | | | | | 年間 |
|----------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | |
| CASE.C-3 | 143.7 | 127.7 | 120 | 124.8 | 169.4 | 186.4 | 200.8 | 198.4 | 185.9 | 186.1 | 148.4 | 135 | 1927.1 |
| CASE.C-4 | 145.1 | 128.9 | 121.3 | 126.4 | 170.8 | 187.8 | 201.9 | 199.6 | 187.2 | 187.3 | 149.5 | 136.1 | 1942 |
| CASE.C-5 | 146.1 | 130 | 122.5 | 127.8 | 172.2 | 189.1 | 203.2 | 200.9 | 188.3 | 188.6 | 150.5 | 136.9 | 1956.2 |
| CASE.C-2 | 146.7 | 130.7 | 123.1 | 127.9 | 172.7 | 189.8 | 204.6 | 202.5 | 189.8 | 189.6 | 152.2 | 138.7 | 1968.2 |
| CASE.C-6 | 148 | 131.9 | 124.9 | 131 | 175.3 | 192.7 | 206.7 | 204.6 | 191.3 | 190.8 | 152.6 | 138.5 | 1988 |
| CASE.D-5 | 158.5 | 140.9 | 132.8 | 135.2 | 178.7 | 193.5 | 205.8 | 202.9 | 191.4 | 194.7 | 157.3 | 147.3 | 2039.1 |
| CASE.D-6 | 159.1 | 141.3 | 133.6 | 136.6 | 179.9 | 195.5 | 207.7 | 205.2 | 192.7 | 195.5 | 157.7 | 147.5 | 2052.5 |
| CASE.D-4 | 161.8 | 144.2 | 136.1 | 138.2 | 181.6 | 196.2 | 208.9 | 206.1 | 194.6 | 197.9 | 160.7 | 151 | 2077.4 |
| CASE.D-3 | 162.8 | 145.2 | 137.4 | 139.2 | 182.8 | 197.3 | 210.3 | 207.6 | 195.9 | 199.2 | 162.2 | 152.6 | 2093 |
| CASE.D-2 | 165.8 | 148.3 | 141.2 | 143.3 | 187.2 | 201.7 | 215.7 | 213.5 | 201.4 | 203.6 | 167.1 | 156.7 | 2145.2 |
| CASE.A-3 | 147.2 | 131.4 | 120.8 | 140.7 | 179.6 | 224.2 | 239.7 | 237.3 | 223.6 | 225.8 | 169.4 | 137.3 | 2177.3 |
| CASE.C-1 | 159.2 | 143.1 | 139.3 | 147.5 | 192.9 | 211.1 | 228.3 | 227.8 | 212.6 | 207.7 | 169.4 | 152.4 | 2191.2 |
| CASE.A-4 | 148.4 | 132.7 | 122.2 | 142.3 | 181 | 225.5 | 240.8 | 238.6 | 224.9 | 227 | 170.6 | 138.3 | 2192.2 |
| CASE.A-5 | 149.5 | 133.9 | 123.3 | 143.7 | 182.4 | 227 | 242.1 | 239.8 | 226.1 | 228.2 | 171.5 | 139.1 | 2206.5 |
| CASE.A-2 | 150.1 | 134.5 | 123.9 | 143.6 | 182.7 | 227.6 | 243.5 | 241.5 | 227.6 | 229.3 | 173.4 | 140.9 | 2218.4 |
| CASE.A-6 | 151.4 | 135.6 | 125.6 | 146.7 | 185.4 | 230.5 | 245.5 | 243.6 | 229.1 | 230.5 | 173.7 | 140.8 | 2238.2 |
| CASE.B-5 | 160.4 | 143.3 | 132.9 | 150.8 | 188.7 | 231 | 244.4 | 241.5 | 228.9 | 234.1 | 178.2 | 148.4 | 2282.4 |
| CASE.B-6 | 161 | 143.7 | 133.7 | 152.2 | 189.9 | 233 | 246.3 | 243.8 | 230.2 | 234.9 | 178.6 | 148.6 | 2295.8 |
| CASE.B-4 | 163.7 | 146.6 | 136.3 | 153.8 | 191.5 | 233.7 | 247.5 | 244.7 | 232.1 | 237.3 | 181.6 | 152.1 | 2320.7 |
| CASE.B-3 | 164.7 | 147.7 | 137.5 | 154.8 | 192.8 | 234.8 | 248.9 | 246.2 | 233.4 | 238.6 | 183 | 153.7 | 2336.3 |
| CASE.D-1 | 178.3 | 160.7 | 157.4 | 162.9 | 207.4 | 223 | 239.4 | 238.8 | 224.2 | 221.7 | 184.3 | 170.4 | 2368.2 |
| CASE.B-2 | 167.7 | 150.8 | 141.2 | 158.8 | 197 | 239.2 | 254.2 | 252.2 | 238.9 | 242.9 | 188.1 | 157.8 | 2388.6 |
| CASE.A-1 | 162.6 | 146.9 | 140.1 | 163.2 | 203 | 248.9 | 267.2 | 266.8 | 250.3 | 247.4 | 190.6 | 154.6 | 2441.4 |
| CASE.B-1 | 180.2 | 163.2 | 157.4 | 178.4 | 217.2 | 260.5 | 277.9 | 277.5 | 261.6 | 261 | 205.3 | 171.5 | 2611.5 |

3.6 給湯別給湯使用量変更による感度分析

前項までのシミュレーションの給湯使用量はビジネスホテルの標準給湯使用量の140L/人・日で行なったが、ビジネスホテルごとに給湯使用量が異なるため、給湯使用量が変化した場合、PVとSWHの最適設置面積割合が変化するかを給湯別および各地域で検討した。

3.6.1 給湯ボイラー

給湯ボイラーを使用した場合、3つ地域とも140(L/人・日)ではPVとSWHを2対1の割合で設置するのが最も有効的となった。給湯使用量を増加させることによって太陽熱温水器の集熱量が増加することは川畑らの「シミュレーションによる太陽集熱器を利用する住宅設備システムの最適化研究」⁽¹²⁾で明らかにされているため給湯ボイラーでは給湯使用量を増加させることによってある一定の給湯使用量でPVとSWHを1対2で設置するのが最も有効的になると想定した。そこで、PVのみを設置したケースの年間一次エネルギー消費量とSWHのみを設置したケースの年間一次エネルギー消費量を比較することで、SWHのみの方が小さくなる時、PVとSWHを併用した場合も数値が逆転すると想定した。

1) 東京

各給湯使用量のPVのみおよびSWHのみを設置したケースの年間一次エネルギー消費量を図3.50に示す。同図より、どの使用量でも常にPVのみの方が年間の一次エネルギー消費量が小さい。最もPVとSWHの差が最も小さくなるのは給湯使用量を200(L/人・日)の時で、9.4MJ/m²となった。図3.51に200(L/人・日)の時の全ケースの年間一次エネルギー消費量を示す。図よりPVとSWHの最適設置割合が逆転することはない、最も一次エネルギー消費量が小さいのはPVとSWHを2対1で設置したケース(CASE.3)で2152.9MJ/m²となる。何も設置しないケースの給湯熱源とSWHを導入したケースの給湯熱源の一次エネルギー削減量の削減増減率を140(L/人・日)の時と比較したものを表3.6に示す。表より140(L/日・人)時のSWHの削減量と比較した際、200(L/日・人)が6.25%と最大となる。

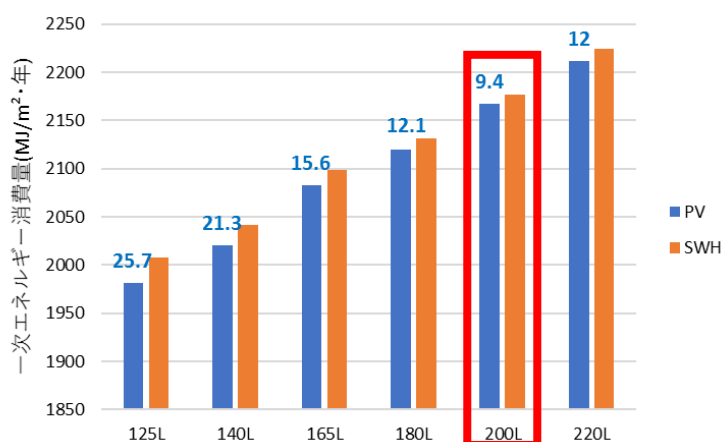


図 3.50 PV・SWH 導入 年間一次エネルギー消費量 比較

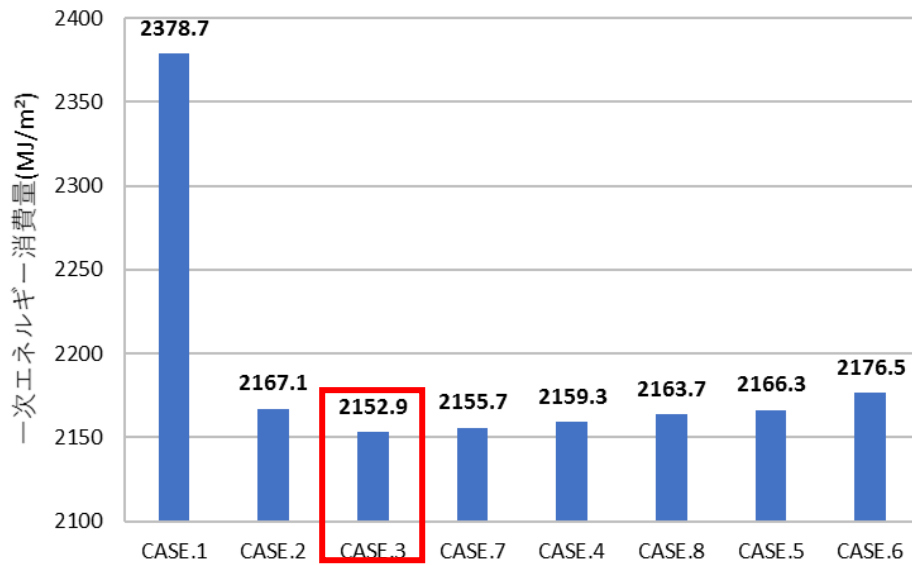


図 3.51 全ケース 年間一次エネルギー消費量 (200L)

表 3.6 給湯一次エネルギー削減量 増減率 (140L 比較)

| 使用量 | 140L | 125L | 155L | 165L | 180L | 200L | 220L |
|--------------------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 140Lの削減と比較した増減率(%) | — | -2.31 | 1.89 | 3.00 | 4.83 | 6.25 | 4.89 |

2) 那覇

図 3.52 に各給湯使用量の PV のみを設置したケースと SWH のみを設置したケースの年間一次エネルギー消費量を示す。なお、本来、ビジネスホテルにおける給湯使用量は多くても 250(L/人・日)とされているが、それ以上の給湯使用量による変化を見るため、那覇では 290(L/人・日)でも検討を行なった。図 3.52 より 125~210(L/人・日)までは PV のみを設置したケースが小さいが、230(L/人・日)では微差ではあるが SWH のみを設置したケースが、年間一次エネルギー消費量が小さい。ただ、290(L/人・日)では再び PV のみの方が、一次エネルギー消費量が小さい。なお、同図の数値は PV と SWH の差を表し、給湯使用量が増加するにつれて差が小さくなるのが分かる。図 3.53 は PV のみと比較して最も差が大きい 250(L/人・日)の時の全ケースの年間一次エネルギー消費量を示す。PV のみと SWH のみのケースがほとんど同等であるが、僅かながら SWH のみの方が小さい。そのため、併用した 3 つのケース(2 対 1、1 対 1、1 対 2)もほとんど同じ一次エネルギー消費量となるが、その中でも PV と SWH を 1 対 2 で設置した CASE.5 が最も小さく、2153.3MJ/m²となる。何も設置しないケースの給湯熱源と SWH を導入したケースの給湯熱源の一次エネルギーの削減量の削減増減率を 140(L/人・日)の時と比較したものを表 3.7 に示す。表より 250(L/人・日)では約 10.48%と増加傾向であったが、290(L/人・日)では 8.27%まで低下していることが明らかである。

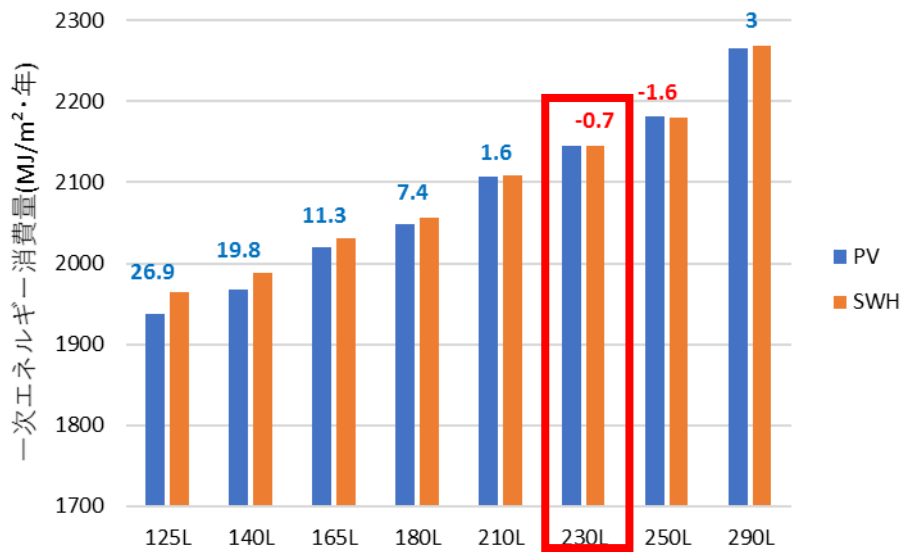


図 3.52 PV・SWH 導入 年間一次エネルギー消費量 比較

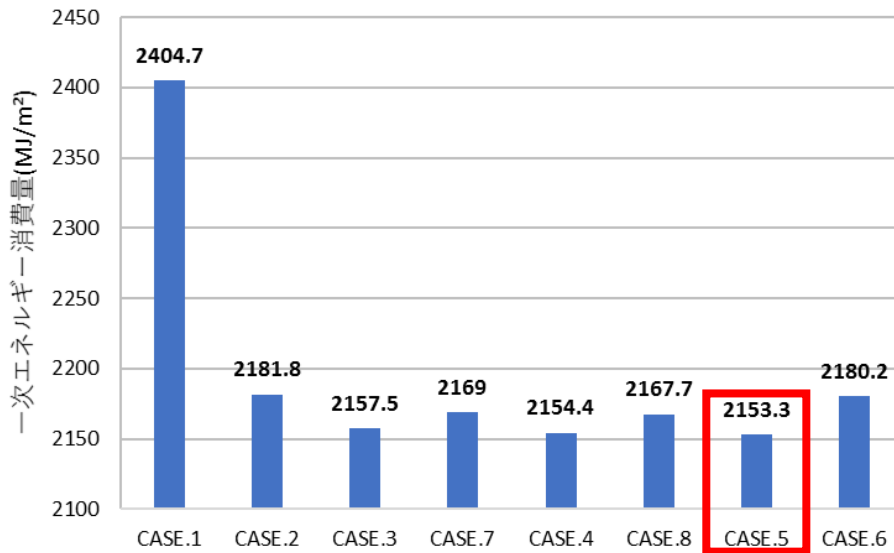


図 3.53 全ケース 年間一次エネルギー消費量 (250L)

表 3.7 給湯一次エネルギー削減量 増減率 (140L 比較)

| 使用量 | 140L | 125L | 165L | 180L | 210L | 230L | 250L | 290L |
|---------------------|------|-------|------|------|------|-------|-------|------|
| 140Lの削減量と比較した増減率(%) | — | -3.49 | 4.18 | 6.05 | 8.96 | 10.09 | 10.48 | 8.27 |

3) 札幌

各給湯使用量の PV のみおよび SWH のみを設置した年間一次エネルギー消費量を比較したものを図 3.54 に示す。同図より、給湯用量を変更しても常に PV のみを設置したケースが、年間一次エネルギー消費量が小さい。また、東京と同様、給湯用量を増加するにつれ、PV のみを設置したケースと SWH のみを設置したケースの差は縮小し、最もその差が小さくなるのは、給湯用量が 180(L/人・日)の時で 22.3MJ/m²となる。180L(L/人・日)以降は再び、その差が大きくなる。図 3.55 は最も PV のみと SWH のみの差が小さくなる 180(L/人・日)の時の全設置ケースの年間一次エネルギー消費量を示したものである。SWH のみを設置したケースが PV のみより年間一次エネルギー消費量が小さくなることがなかったため、標準の 140(L/人・日)の時と同様、CASE.3 が最も効果的という結果となり、年間一次エネルギー消費量は 2251.4MJ/m²となる。また、140(L/人・日) (図 3.27) では全ケースで差があるのに対し、180(L/人・日)では CASE.2~CASE.8 までの年間一次エネルギー消費量が近似する結果となる。何も設置しないケースの給湯熱源と SWH を導入したケースの給湯熱源の一次エネルギー削減量の削減増減率を 140(L/人・日)の時と比較したものを表 3.8 に示す。表より 180(L/人・日)では 4.22%と最大であったが、それ以降は減少傾向にあり 200(L/人・日)では 2.80%と 140(L/人・日)より低下している。

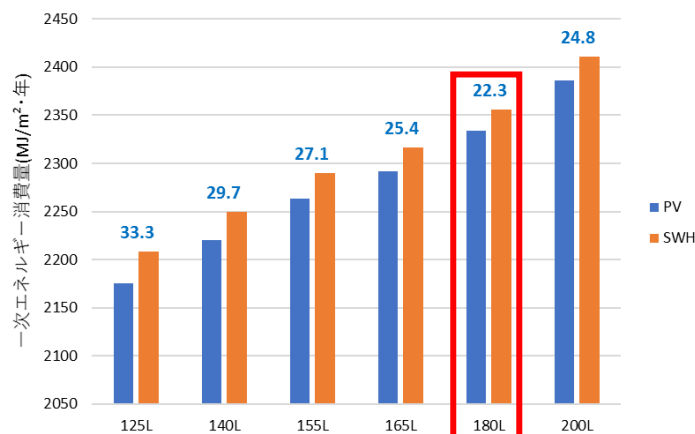


図 3.54 PV・SWH 導入 年間一次エネルギー消費量 比較

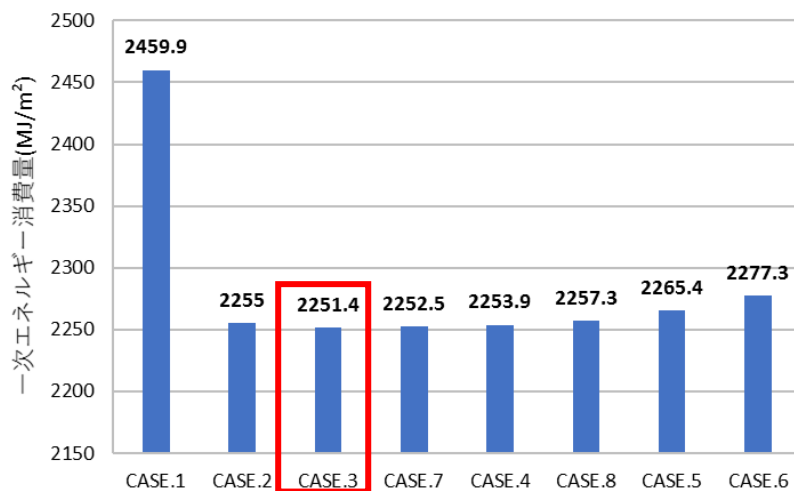


図 3.55 全ケース 年間一次エネルギー消費量 (180L)

表 3.8 給湯熱源一次エネルギー削減量 増減率 (140L 比較)

| 使用量 | 140L | 125L | 155L | 165L | 180L | 200L |
|---------------------|------|-------|------|------|------|------|
| 140Lの削減量と比較した増減率(%) | — | -2.05 | 1.48 | 2.45 | 4.22 | 2.80 |

3.6.2 電気温水器

東京と札幌で電気温水器を利用した場合、140(L/人・日)の段階で SWH のみを設置した CASE.3 が最も有効的な結果となる。しかし、前述の給湯ボイラーの結果より、3つの地域でもある一定の給湯使用量を超えると削減量が減少する結果となる。そこで、電気温水器では東京と札幌の2地域ではその一定の給湯使用量までは結果が変化しないと想定し、それ以上の給湯使用量ではどのように変化するかを検討した。また、那覇においては140(L/人・日)の段階ではPVとSWHを1対2で設置したCASE.6が最も有効であったが、給湯量を増加することによってある一定の使用量で集熱面積の多いSWHのみを利用したCASE.3が逆転すると想定し、削減量が最も大きかった250(L/人・日)よりも少ない給湯使用量でも検討を行なった。なお、東京と札幌はビジネスホテルにおける最大想定給湯使用量の250(L/人・日)まで検討した。

1) 東京

図 3.56 および図 3.57 はそれぞれ給湯使用量を225(L/人・日)と250(L/人・日)の全ケースの年間一次エネルギー消費量を表したものである。2つの図より225(L/人・日)、250(L/人・日)ともにSWHのみを設置したCASE.6が最も年間一次エネルギー消費量が小さい。また、何も設置していない場合との差はそれぞれ、343.5MJ/m²と342MJ/m²となり、給湯ボイラー同様、200(L/人・日)以上では給湯使用量が増えるにつれ、年間一次エネルギー削減量が縮小する。

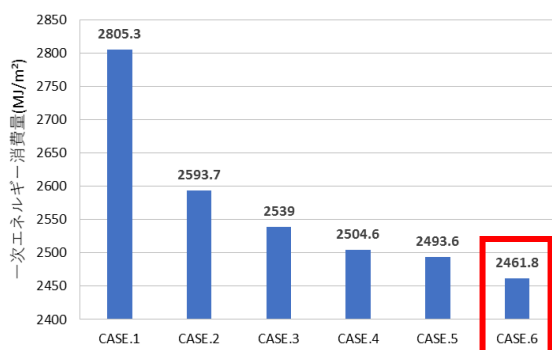


図 3.56 年間一次エネルギー消費量 (225L)

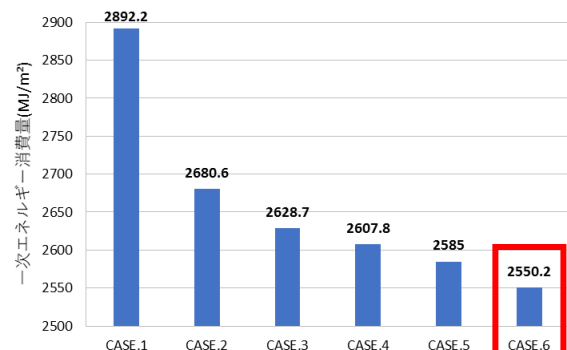


図 3.57 年間一次エネルギー消費量 (250L)

2) 那覇

給湯使用量を 180(L/人・日)と 200L(L/人・日)に変更した際の年間一次エネルギー消費量をそれぞれ図 3.58 と図 3.59 に示す。図 3.48 より CASE.5 と CASE.6 を比較した際、差が 0 に等しいが、僅かながら、PV と SWH を 1 対 2 で設置した CASE.5 が小さく、その差は 1.8MJ/m²である。同様に給湯使用量を 200(L/人・日)の図 3.49 では CASE.5 と CASE.6 の差が 0 に近いが、この場合、SWH のみを設置した CASE.3 が、年間一次エネルギー消費量が 3.4MJ/m²小さい。

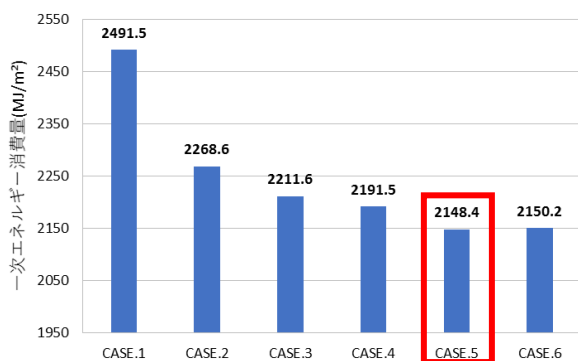


図 3.58 年間一次エネルギー消費量(180L)

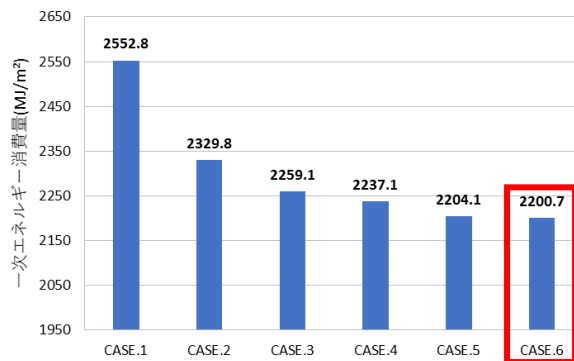


図 3.59 年間一次エネルギー消費量(200L)

3) 札幌

図 3.60 および図 3.61 にそれぞれ給湯使用量を 200(L/人・日)と 250(L/人・日)の全ケースの年間一次エネルギー消費量を示す。両図より、給湯使用量を変更してもすべてのケースで年間一次エネルギー消費量が最も小さいのは SWH のみを設置した CASE.6 となる。また、何も設置しない CASE.1 と比較した際の差はそれぞれ、316.4MJ/m²と 314MJ/m²となる。

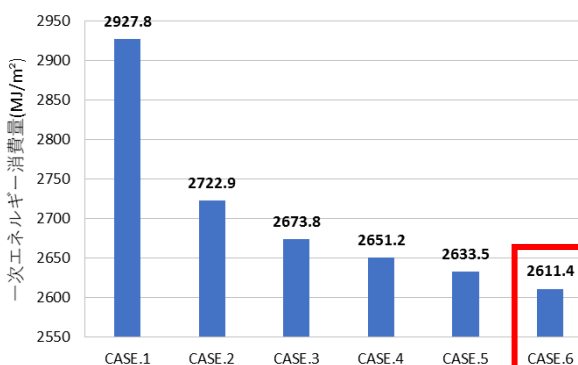


図 3.60 年間一次エネルギー消費量(200L)

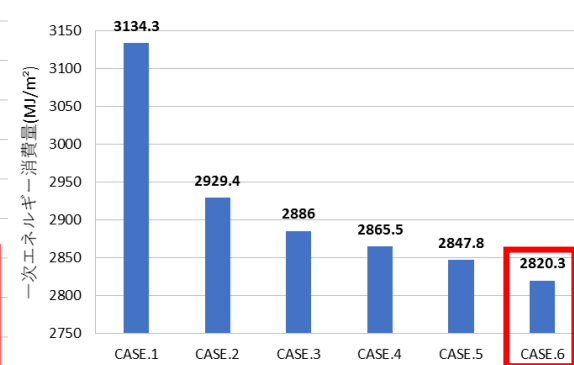


図 3.61 年間一次エネルギー消費量(250L)

3.7 シミュレーション結果のまとめ

本論文では、研究例が少ない、ビジネスホテルをシミュレーションの対象とし、東京、那覇、札幌の各地域でガス熱源と電気熱源の空調システムおよび給湯システムを組み合わせ、熱源変化による建築物のエネルギー消費量の削減効果を空調、給湯、それぞれの観点から検討した。さらに、給湯設備には太陽集熱器を導入した場合の削減効果を各給湯設備で検証を行なった。そして、各ベースモデルに PV と SWH を併用した場合の最適な設置方法を検討し、給湯使用量を変更した場合の PV と SWH の最適設置方法も検討した。

以下に本研究のまとめを示す。

3.7.1 空調熱源変更による削減効果

1. 各地域で、吸収式冷温水発生機と空冷 HP の一次エネルギー消費量を比較した際、どの地域も夏季で大きな差が出る。その理由としては、吸収式冷温水発生器は夏季に別途で冷水を作り出す冷却塔が作動するため、その分の一次エネルギー消費量が増加したと考えられる。

3.7.2 給湯熱源変更による削減効果

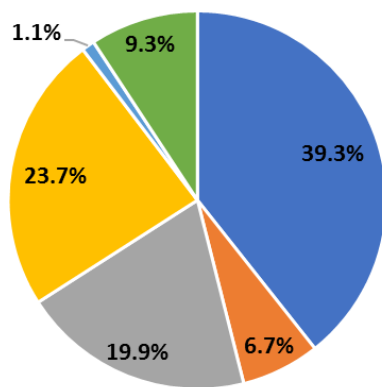
1. 給湯ボイラーと電気温水器の一次エネルギー消費量の差は夏季が最も小さく、冬季になるにつれその差が大きくなる。また、その差を3つの地域で比較した際に、夏季では大きな差はないが、冬季では差が開く結果となる。給湯の年間一次エネルギー消費量の差では、東京で $241.6\text{MJ}/\text{m}^2$ 、那覇で $177\text{MJ}/\text{m}^2$ 、そして、札幌で $300.5\text{MJ}/\text{m}^2$ となる。

3.7.3 SWH 導入による給湯の一次エネルギー消費量の比較

1. 給湯ボイラーと電気温水器に SWH を導入した場合のエネルギー消費量の削減効果を比較した際、電気温水器に SWH を導入した方が、給湯ボイラーと比較して年間一次エネルギー消費量原単位が約 $100\text{MJ}/\text{m}^2$ 大きい結果となる。削減率では約 5%、電気温水器の方が給湯ボイラーより高い。電気温水器の方が効率の悪い分、太陽熱温水器による集熱量が増加し、供給量が増加したためこのような結果になったと推測した。例えば、SWH が給湯の一次エネルギー消費量の 50%削減できると仮定した場合、東京における電気温水器の一次エネルギー消費量は $771.1\text{MJ}/\text{m}^2$ の半分の $385.6\text{MJ}/\text{m}^2$ となり、給湯ボイラーの一次エネルギー消費量は $529.5\text{MJ}/\text{m}^2$ の半分なので $264.8\text{MJ}/\text{m}^2$ と電気温水器の方が、一次エネルギー消費量が小さく、削減量が大きい。
2. 給湯ボイラーおよび電気温水器に SWH を導入した場合の削減量は那覇、東京、札幌の順で大きい結果となった。これは太陽光発電量からも分かるように、那覇では他の地域に比べ、日射量が多い上に、相当外気温が高いため集熱量が多くなることによるものである。
数式(2.7)

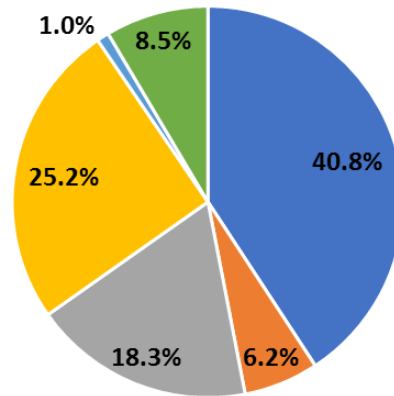
3.7.4 各ケースにおける PV および SWH の最適設置割合

1. ガスを熱源とした給湯を利用した場合、東京、那覇、札幌とも PV と SWH を 2 対 1 の割合で設置した場合が最も一次エネルギー消費量が小さい。この理由として、各地域のエネルギー消費量詳細内訳（図 3.62～図 3.64）を見た際、3 つの地域とも給湯の割合に比べ、空調の割合が比較的多い。そのため、給湯ボイラーに SWH のみを導入して給湯熱源を削減するより、PV を多めに利用し、給湯以外の設備からも削減する方がエネルギー消費量を多く削減できたためこのような結果になったと推測した。



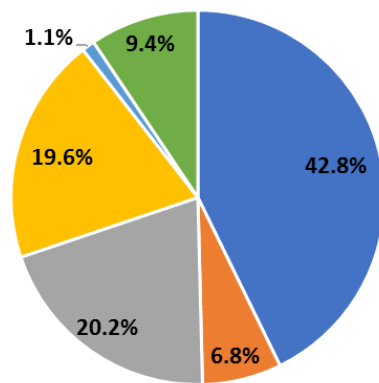
■空調 ■換気 ■照明 ■給湯熱源 ■昇降機 ■コンセント

図 3.62 一次エネルギー消費量内訳（東京）



■空調 ■換気 ■照明 ■給湯熱源 ■昇降機 ■コンセント

図 3.63 一次エネルギー消費量内訳（札幌）



■空調 ■換気 ■照明 ■給湯熱源 ■昇降機 ■コンセント

図 3.64 一次エネルギー消費量内訳（那覇）

2. 電気を熱源とした給湯を利用した場合、東京と札幌では SWH のみを設置したケースが最も一次エネルギー消費量が小さいが、那覇では PV と SWH を 1 対 2 の割合で設置したケースが一次エネルギー消費量の最小値となった。電気温水器の場合、給湯ボイラーと比較して、給湯の一次エネルギー消費量が増加するため、一次エネルギー消費量の詳細内訳(図 3.65～図 3.67) を見た際、給湯の割合が多くなり、東京では 31.2%、札幌では 33.5%まで増加する。さらに、電気温水器は給湯ボイラーに比べて、SWH による一次エネルギー削減量が大きいため、東京、札幌では PV を用いて空調や照明等の設備から削減するエネルギー消費量より、SWH のみを用いて給湯から削減するエネルギー消費量が大きいためこのような結果になったと判断した。那覇の場合、一次エネルギー消費量の内訳を見た際、東京や札幌と比較して、空調の割合が多い上に那覇での給湯の一次エネルギー消費量は小さい。さらに、那覇では他の 2 地域に比べ、日射量が多い分、PV により発電量が大きいため、そのために、那覇では SWH のみを利用し、給湯の一次エネルギー消費量のみを削減する方が有効なためこのような結果になったと推測した。

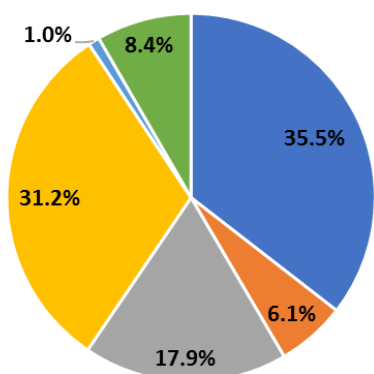


図 3.65 一次エネルギー消費量内訳 (東京)

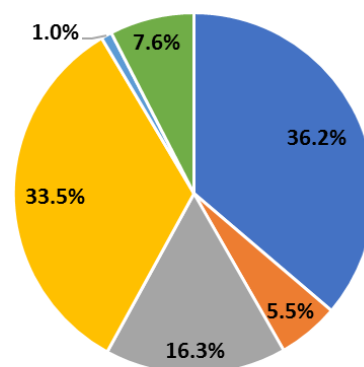


図 3.66 一次エネルギー消費量内訳 (札幌)

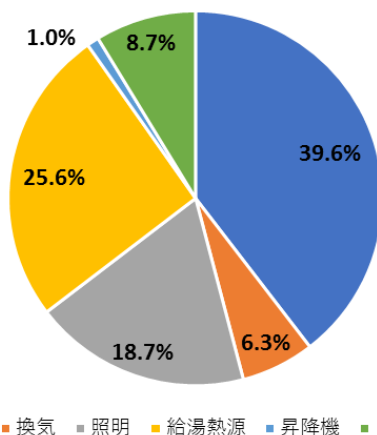


図 3.67 一次エネルギー消費量内訳 (那覇)

3. 全てのシミュレーション結果を比較した際、3つ地域とも空調として空冷HPを用いて給湯として給湯ボイラーを利用し、それにPVとSWHを2対1の割合で設置したケースが最も一次エネルギー消費量が小さい結果となる。

3.7.5 給湯使用量変更による感度分析

1. 給湯ボイラーを利用した場合、那覇では給湯使用量が125~210(L/人・日)ではPVとSWHを2対1で設置するケースが最も効果的である。それに対して、250(L/人・日)ではPVとSWHを1対2で設置するのが最も効果的と判断した。しかし、ビジネスホテルではあまりないが、250(L/人・日)よりも多く利用する可能性のある温泉旅館およびリゾートホテルではPVとSWHを2対1が最適な設置割合になると考察した。それに対し、東京と札幌では共に、給湯使用量を増加させることで、PVのみを設置したケースとSWHのみを設置したケースの差は小さくなるが、SWHのみの方が、年間一次エネルギー消費量が小さくなることはなかった。そのため、両地域ではどの給湯使用量でもPVとSWHを2対1で設置するのが最も効果的であると判断した。また、SWHによる給湯の一次エネルギー削減量が最も大きかった給湯使用量を3つの地域で比較した際、那覇では250(L/人・日)、東京では200(L/人・日)、そして札幌では180(L/人・日)で最も削減量が大い結果となった。その理由として、各地域で日射量が異なり、同じ給湯使用量でも那覇の方が札幌に比べ、日射量が多く、短時間で設定値の出口温度まで水温を上昇することができるが、札幌では同じ時間では設定値の出口温度まで達する前に供給することになるため、出口温度が低下する。(図3.68)表3.12は各地域の各月の平気日射量とその合計を表したものであり、表から日射量が那覇、東京、札幌の順番で小さいことが分かる。

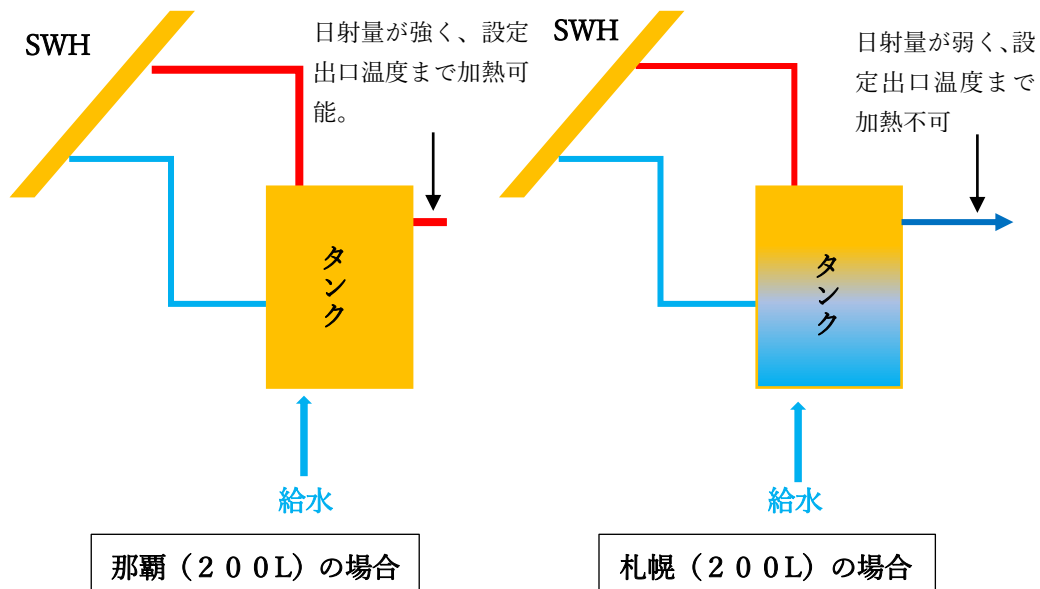


図 3.68 太陽温水器システム 地域比較

表 3.12 地域別 月平均全天日射量

| 2016 | 札幌 | 東京 | 那覇 |
|--------|-----------------------------|------|-------|
| 年月 | 平均全天日射量(MJ/m ²) | | |
| 16-Jan | 5.9 | 9.9 | 7.5 |
| 16-Feb | 8.2 | 11.4 | 10.2 |
| 16-Mar | 13.1 | 13.5 | 12.4 |
| 16-Apr | 16.1 | 14.9 | 16.4 |
| 16-May | 19.8 | 19.3 | 17.5 |
| 16-Jun | 17 | 15 | 19.1 |
| 16-Jul | 19.1 | 15.3 | 22.9 |
| 16-Aug | 18.1 | 15.8 | 19.7 |
| 16-Sep | 13.4 | 10 | 15.6 |
| 16-Oct | 9.4 | 9.6 | 14.5 |
| 16-Nov | 5.5 | 8.2 | 11.2 |
| 16-Dec | 4.3 | 9.1 | 9.6 |
| Year | 149.9 | 152 | 176.6 |

[参照：気象庁]

2. 電気温水器を利用時には、東京と札幌では 140(L/人・日)の段階ですでに SWH のみを設置するケースが最も有効的であり、さらに、両地域とも給湯使用量を 200(L/人・日)および 250(L/人・日)まで増加しても、結果が変わることはなかった。このことから東京と札幌で電気温水器を利用する場合、給湯使用量に関係なく、SWH のみを利用するのが最適モデルだと判断した。一方、那覇では 180(L/人・日)までは PV と SWH を 1 対 2 の割合で設置するケースが有効的であるが、それ以上の給湯使用量では SWH のみを設置する方が、集熱量が多くなり、有効的になると考察した。図 3.69 は那覇における給湯使用量が 200(L/日・人)の時の、一次エネルギー消費量内訳を示したものであり、同図より空調が 36.7%であるのに対し、給湯も 31%と多くを占める。そのため、31%以上になると SWH のみを利用し、給湯のエネルギー消費量を削減する方が太陽光発電を他の設備に導入するより効果的であると推測した。

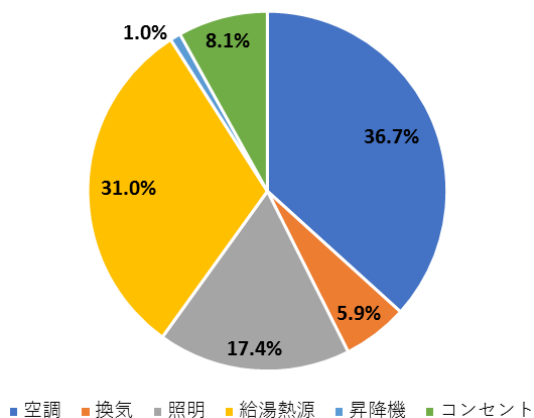


図 3.69 一次エネルギー消費量内訳 (那覇 200L)

表 3.13 は本研究で得られた各地域における PV と SWH の最適設置方法を一覧にしたものである。

表 3.13 結果まとめ

| 給湯ボイラー | | |
|--------|------------|--------------|
| 地域 | 給湯量(L/人・日) | PV・SWH最適設置方法 |
| 東京 | 全給湯量 | PV:SWH=2:1 |
| 札幌 | 全給湯量 | PV:SWH=2:1 |
| 那覇 | 140~210 | PV:SWH=2:1 |
| | 230~250 | PV:SWH=1:2 |
| 電気温水器 | | |
| 地域 | 給湯量(L/人・日) | PV・SWH最適設置方法 |
| 東京 | 全給湯量 | SWHのみ |
| 札幌 | 全給湯量 | SWHのみ |
| 那覇 | ~180 | PV:SWH=1:2 |
| | 200~ | SWHのみ |

4章 総括

4.1 本論文のまとめ

第1章では、現在の地球温暖化や気温変動などをはじめとした環境問題や国内におけるエネルギー動向や政策について述べた。また、再生可能エネルギーの導入状況等も述べ、本研究の位置づけや目的等の研究概要について説明した。

第2章では、本研究におけるシミュレーションの手法について説明した。その手法に用いたシミュレーションツールである BEST の入力項目等の詳細説明を述べた。また、シミュレーションの流れとして、リファレンスモデルを作成し、それをベンチマークモデルと比較し修正を行ない、ベースモデルの作成方法や様々な建築物に対応するため空調と給湯の組み合わせを変えた計4つのベースモデルの入力情報等に述べた。その際に利用した、吸収式冷温水発生機、空冷 HP、給湯ボイラーや電気温水器の各機器の特徴や構造等について説明し、さらに、シミュレーションに用いた太陽光パネルおよび太陽熱温水器の仕様やシミュレーションで検討した両者の設置面積割合等について述べた。

第3章では、空調熱源および給湯熱源の観点から空調および給湯の変更による削減効果を検証し、それを東京、那覇、札幌で検証し、地域間での削減効果について述べた。さらに、給湯ボイラーと電気温水器、それぞれに太陽熱温水器を導入した場合の一次エネルギー消費量の変化を3つの地域ごとに検証した。また、太陽光パネルおよび太陽熱温水器を上記の4つのベースモデルに導入した場合の年間一次エネルギー消費量の削減量を検証し、給湯ボイラーに PV および SWH を導入する際は、3つの地域とも 2 対 1 の割合で設置するのが最適であり、電気温水器においては東京と札幌では SWH のみを利用し、那覇では 1 対 2 の割合で設置するのが有効であると明らかにした。しかし、那覇で給湯ボイラーを利用する際は 210(L/人・日)までは同様の配置で良いが、それ以上では 1 対 2 の割合で設置する方が効果的であると明らかにした。東京と札幌では日射量が少ない分、給湯使用量を変更しても PV と SWH を 2 対 1 の割合で設置したケースが最適モデルとした。電気温水器も同様に東京と札幌では給湯使用量を変更しても最適設置面積割合が変化することは無く、SWH のみを設置するケースが最も有効的であった。それに対して、那覇では 180(L/人・日)までは PV と SWH を 1 対 2 の割合で設置するのが良いが、それ以上は SWH のみを設置するケースが最適であると明らかにした。

本研究の活用法としては今後、新たに建設するもしくは既往のビジネスホテルに太陽光パネルと太陽熱温水器を導入する際に、各ビジネスホテルの空調および給湯、さらには給湯使用量ごとに最も効率よくするための設置方法が期待される。

本研究で得られた結果と知見を以下にまとめる。

1. 吸収式冷温水発生機と空冷 HP の月別エネルギー消費量を比較した際、3つの地域とも冬季より夏季の方が差がある。また、空調システムの変更による一次エネルギー削減率は東京で約 18.6%、那覇で約 21%、そして、札幌では約 19.5%となる。
2. 給湯ボイラーと電気温水器の月別一次エネルギー消費量を比較した際、3つの地域とも冬季になるにつれ差が増加する。また、給湯の年間一次エネルギー削減率で比較した際、給湯ボイラーを利用することで東京では約 31.3%、那覇が約 29.2%、札幌で約 32.9%、削減し、寒冷地域の方が、削減率が高い結果となった。
3. 給湯器別に太陽熱温水器を導入した際の削減率は、給湯ボイラーを利用した場合、東京では約 35.9%、那覇では 47.3%、そして、札幌では 28.6%となる。また、電気温水器を利用した場合、東京では約 40%、那覇が約 52%で、札幌が約 32.4%となる。
4. どの地域も給湯使用量が 140(L/人・日)の場合、空冷 HP と給湯ボイラーを利用し、さらにそれらに PV と SWH を 2 対 1 で設置するのが、標準モデル（ガス空調、ガス給湯）と比較して最も一次エネルギー削減量が多い。具体的に東京では約 19%、札幌では約 18%、そして、那覇では約 21%標準モデルと比べて削減した。
5. 給湯ボイラーにおいて、給湯使用量を 140(L/人・日)～200(L/人・日)まで変動させた場合、東京と札幌では PV と SWH を 2 対 1 で設置するのが最適である。なお、東京では何も設置しないケースと比較して、200(L/人・日)の時が最も全体の年間一次エネルギー削減量が大きく、約 9%削減した。また、札幌では一日の一人あたりの給湯使用量が 180L の時が最も年間一次エネルギー削減量が大きく、約 8%削減した。那覇においては 140(L/人・日)から 210(L/人・日)までは他の 2 地域同様、PV と SWH を 2 対 1 で設置するのが最適だが、230(L/人・日)から 250(L/人・日)では PV と SWH を 1 対 2 で設置するのが最も有効となる。また、何も設置しないケースと比較して 250(L/人・日)の年間一次エネルギー消費量は約 10%削減した。
6. 電気温水器において、給湯使用量を変更した場合、東京と札幌では給湯使用量を 140(L/人・日)から 250(L/人・日)まで変更しても最適モデルに変化はなく、SWH のみを設置するのが最も有効となる。また、給湯使用量が 250(L/人・日)の東京において、何も設置しないケースと SWH のみを設置したケースの年間一次エネルギー消費量を比較した際、SWH のみのケースが約 11.8%と削減する。また、250(L/人・日)の札幌では SWH のみを設置したケースが、何も設置しないケースに比べ、年間一次エネルギー消費量が約 9%削減する。那覇においては 140(L/人・日)から 180(L/人・日)までは PV と SWH を 1 対 2 で設置するのが最適である。しかし、200(L/人・日)では SWH のみを設置するのが最も有効で、何も設置しないケースの年間一次エネルギー消費量と比較し、352.1MJ/m²小さい。

4.2 実用化に際して経済性評価

本研究では、ただ PV と SWH の最適設置方法を求めるだけでなく、ホテル経営者にとって重要になる実用化するにあたっての経済評価を算出した。この際、各ベースモデルで PV と SWH を最適な方法で設置した場合で計算を行なった。なお、電気・ガス料金⁽³⁹⁾および PV と SWH の設置費用等はカタログ値⁽⁴²⁾より参照し、東京のみ計算を行なう。表 4.1 は東京における電気、ガス、PV および SWH の料金表を表したものである。表 4.2～表 4.5 はそれぞれ CASE.A、CASE.B、CASE.C、CASE.D の設置費用と設置費用回収期間を表したものである。

表 4.1 電気、ガス、PV、SWH の料金表

| 東京 | | |
|-----|------------------|------------------------|
| 料金表 | 電気 | 25.93円/kWh |
| | ガス | 106.78円/m ³ |
| | PV | 35万/kW |
| | SWH (集熱面積あたり) | 6.7万/m ² |

表 4.2 経済評価（吸収式冷温水発生機、給湯ボイラー）

| 吸収式冷温水発生機（ガス空調）、給湯ボイラー（ガス給湯） | | | | |
|--------------------------------------|--------------|-------------------------|--------------|--------------|
| 年間 | | 設置量 | 費用（円） | 設置費用合計（円） |
| PV・SWHの設置量 (PV:SWH=2:1が最適) | PV | 150(KW) | 52500000 | 69555520 |
| | SWH | 254.56(m ²) | 17055520 | |
| 熱源 | | 電気 | ガス | |
| PV・SWHの設置割合 | PV:SWH=2:1 | 標準 (設置なし) | PV:SWH=2:1 | 標準 (設置なし) |
| 年間(MJ/m ²) | 1140.7 | 1281.8 | 1034.4 | 1152.2 |
| 年間(MJ) | 12547700 | 14099800 | 11378400 | 12674200 |
| 電気 (kWh換算) ガス (m ³ 換算) | 3485751.06 | 3916924.44 | 252853.3333 | 281648.8889 |
| 年間料金 | 90385524.99 | 101565850.7 | 26999678.93 | 30074468.36 |
| 削減費（円） | -11180325.74 | | -3074789.422 | |
| 削減費用合計（円） | -14255115.17 | | | |
| 設置費用回収期間 | 約5年 | | | |

表 4.3 経済評価（空冷HP、給湯ボイラー）

| 空冷HP（電気空調）、給湯ボイラー（ガス給湯） | | | | |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 年間 | | 設置量 | 費用（円） | 設置費用合計（円） |
| PV・SWH設置量 (PV:SWH=2:1が最適) | PV | 150(KW) | 52500000 | 69555520 |
| | SWH | 254.56(m2) | 17055520 | |
| 熱源 | 電気 | | ガス | |
| PV・SWH設置割合 | PV:SWH=2:1 | 標準 (設置なし) | PV:SWH=2:1 | 標準 (設置なし) |
| 年間(MJ/m2) | 1702.6 | 1702.6 | 411.7 | 529.5 |
| 年間(MJ) | 18728600 | 18728600 | 4528700 | 5824500 |
| 電気 (kWh換算) ガス (m3換算) | 5202805.08 | 5202805.08 | 100637.7778 | 129433.3333 |
| 年間料金 | 134908735.7 | 134908735.7 | 10746101.91 | 13820891.33 |
| 削減費（円） | 0 | | -3074789.422 | |
| 削減費用合計（円） | -3074789.422 | | | |
| 設置費用回収期間 | 約3年 | | | |

表 4.4 経済評価（吸収式冷温水発生機、電気温水器）

| 吸収式冷温水発生機（ガス空調）、電気温水器（電気給湯） | | | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| 年間 | | 設置量 | 費用（円） | 設置費用合計（円） |
| PV・SWHの設置量 (SWHのみが最適) | PV | 0 | 0 | 51322000 |
| | SWH | 766(m2) | 51322000 | |
| 熱源 | 電気 | | ガス | |
| PV・SWH設置割合 | SWHのみ | 標準 (設置なし) | SWHのみ | 標準 (設置なし) |
| 年間(MJ/m2) | 463.1 | 622.7 | 1904.5 | 1904.5 |
| 年間(MJ) | 5094100 | 6849700 | 20949500 | 20949500 |
| 電気 (kWh換算) ガス (m3換算) | 1415140.98 | 1902846.66 | 465544.4444 | 465544.4444 |
| 年間料金 | 36694605.61 | 49340813.89 | 49710835.78 | 49710835.78 |
| 削減費（円） | -12646208.28 | | 0 | |
| 削減費用合計（円） | -12646208.28 | | | |
| 設置費用回収期間 | 約5年 | | | |

表 4.5 経済評価（空冷HP、電気温水器）

| 空冷HP（電気空調）、電気温水器（電気給湯） | | | | |
|--------------------------|--------------|-------------|----------|-----------|
| 年間 | | 設置量 | 費用（円） | 設置費用合計（円） |
| PV・SWHの設置量 （SWHのみが最適） | PV | 0 | 0 | 51322000 |
| | SWH | 766(m2) | 51322000 | |
| 熱源 | 電気 | | ガス | |
| PV・SWHの設置割合 | SWH only | 標準 | SWH only | 標準 |
| 年間(MJ/m2) | 2165.6 | 2473.7 | 0 | 0 |
| 年間(MJ) | 23821600 | 27210700 | 0 | 0 |
| 電気（kWh換算） ガス（m3換算） | 6617640.48 | 7559132.46 | 0 | 0 |
| 年間料金 | 171595417.6 | 196008304.7 | 0 | 0 |
| 削減費（円） | -24412887.04 | | 0 | |
| 削減費用合計（円） | -24412887.04 | | | |
| 設置費用回収期間 | 約3年 | | | |

4.3 今後の課題

本研究を通じて以下の課題が浮上し、今後、検討していく必要がある。

- 1) 太陽集熱器で得た熱ソースの利用先として給湯に利用したが、それ以外にも太陽集熱器で得た熱を空調にも導入した場合等のシステムでの最適モデルを検討すべきだと考える
- 2) 本研究では建物用途にホテルを想定したが、同様に熱需要の高い病院などの建築物にも前述のシステムを導入した場合の有効性について検討していく必要がある。

謝辞

本研究の遂行にあたり、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、東京海洋大学大学院、亀谷茂樹教授には心から深く御礼申し上げます。

本研究について貴重なご意見を賜りした、戸田勝善准教授、上野公彦准教授、西松建設株式会社建築設計部の中田清氏には、厚く御礼申し上げます。

最後に、本研究に協力していただいた東京海洋大学大学院、システム創成学研究室の皆様には厚く感謝申し上げます。

参考・引用文献

- 1) 独立行政法人建築研究所(編)『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 非住宅建築物(第二版)』
- 2) 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(編)『NEDO 再生可能エネルギー技術白書 第2版 再生可能エネルギー普及拡大にむけて克服すべき課題と処方箋』 第二章
- 3) 國友理、坂齊雅史ほか:スマートエネルギーネットワークによる省CO₂まちづくり(第5報)施設概要と再生可能(未利用)エネルギーの利用実績、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集第2巻、pp.257-260、2015年9月
- 4) 小野永吉、高貫悠右ほか:再生可能エネルギーを利用した熱源水ネットワークに関する研究(第4報)広域熱供給システムの簡易エネルギー計算手法、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集第2巻、pp.269-272、2015年9月
- 5) 西川豊宏、飯島航平:太陽光発電・蓄電システム導入による中規模事務所の電力使用量の実測調査、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集第10巻、pp.193-196、2015年9月
- 6) 塚本大樹、林立也ほか:建物における再生可能エネルギーの利用拡大のための検討、その1再生可能エネルギーの利用拡大のための指標開発とケーススタディ、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集第10巻、pp.209-212、2015年9月
- 7) 鳥羽大樹、李明香ほか:地中熱、太陽熱を直接利用する躯体スラブ蓄熱放射冷暖房システムに関する研究(その11)実在建物を利用した性能評価、空気調和衛生工学会大会学術講演論文集第3巻、pp.469-472、2015年9月
- 8) 岩淵善美、笠原三紀夫ほか:ビジネスホテルの客室における水・湯使用の実態調査、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.1561-1563、2003年9月
- 9) 一瀬仁志:再生可能・未利用エネルギーを活用したGHP空調機の効率向上に関する研究、2013年
- 10) 崔榮晋、高瀬幸造ほか:空気式太陽熱集熱システムを採用した実証住宅に関する研究(第2報)熱負荷シミュレーションによる年間負荷削減効果検討、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集第3巻、pp.489-492、2015年9月
- 11) 田中篤、村川三朗ほか:シティホテル客室系統における給湯負荷の予測と機器容量算定法の検討、日本建築学会環境系論文集第73巻、pp.69-75、2008年1月
- 12) 川畑秀樹、張偉榮:シミュレーションによる太陽集熱器を利用する住宅設備システムの最適化研究(第一報)床暖房スケジュールと給湯量の差異による一次エネルギーの比較、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集第5巻、pp.229-232、2016年9月
- 13) 鶴飼真貴子、田中宏明ほか:再生可能エネルギーとコージェネレーションを利用した潜熱・顕熱分離空調方式に関する研究(第5報)冷房時の様々な設計・運用条件下におけるエネルギー性能の検証
- 14) 大塚雅之著『初学者の建築講座 建築設備(第三版)』2016年1月
- 15) 資源エネルギー庁:平成25年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2014)

- 16) 資源エネルギー庁: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)
- 17) 資源エネルギー庁:平成27年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2016)
- 18) 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構:大規模太陽光発電システム導入ガイドブック、2013年3月
- 19) 空気調和・衛生工学会(編)『建築設備集成 宿泊施設』オーム社、2011年7月
- 20) IPCC第5次評価報告書(IPCC Fifth Assessment Report)、2014年
- 21) IPCC第4次評価報告書(IPCC Fourth Assessment Report)、2007年
- 22) IPCC第3次評価報告書(IPCC Third Assessment Report)、2000年
- 23) 田所和明、杉本隆成らほか:海洋生態系に対する地球温暖化の影響、海の研究(Oceanography in Japan)、pp.131-144、2008年
- 24) The Best Program 建築物総合エネルギー消費量シミュレーション HP (BEST 平成25年省エネ基準対応ツール解説書_操作編)
<http://www.ibec.or.jp/best/about/effective.html>
- 25) 大塚雅之、長谷川巖ほか: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55)、給湯プログラムによる計算事例、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.703-706、2009年9月
- 26) 鈴木孝彦、長谷川巖ほか: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128)、給湯負荷とエネルギー消費量のケーススタディー、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集第5巻、pp.65-68、2013年9月
- 27) 井上宇市(著)『空気調和ハンドブック 改訂5版』丸善出版、2008年
- 28) 恒川洋貴:数値シミュレーションによる建物エネルギー詳細消費量の推定、2017年
- 29) 小西正暉、鈴木竜宏(著)『太陽光発電システムがわかる本』オーム社、2011年
- 30) 太陽光発電協会(編)『太陽光発電システムの設計と施行』オーム社、2015年
- 31) 熊谷智夫、梶山隆史ほか:都市型ZEBの実証・評価に関する研究(第1報)実証建築物概要と年間エネルギー収支の試算、空気調和衛生工学会大会学術講演論文集第10巻、2015年9月
- 32) 一般社会人法人 建築設備技術者協会『設備士受験の総合対策 改訂9版 空調・衛生編』2016年10月
- 33) 鈴木孝彦、大塚雅之ほか: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75)、実建物での給湯システムなどの計算例の紹介と検討、空調調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.2579-2582、2010年9月
- 34) 一般財団法人建築環境・省エネルギー機構:住宅事業建築主の判断基準ガイドブック、2009年7月
<http://ees.ibec.or.jp/documents/index.php>
- 35) 一般財団法人建築環境・省エネルギー機構: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
- 36) 亀谷茂樹:エネルギー消費データに基づく業務用建築物の節電効果の算定、2011年6月

- 37) 経済産業省 資源エネルギー庁：熱需給の実態等に関する包括調査、2016年3月
- 38) 空気調和・衛生工学会(編)『給排水衛生設備 計画設計の実務の知識 改訂3版』、
オーム社
- 39) 東京ガス HP
<https://eee.tokyo-gas.co.jp/service/gas/charge/list.html>
- 40) ダイキン工業 ウェブカタログ
<http://ec.daikinaircon.com/ecatalog/>
- 41) パナソニック ウェブカタログ
<http://panasonic.jp/catalog.html>
- 42) 東芝エネルギーシステムズ カタログ
https://www.toshiba.co.jp/pv/h-solar/powerful/system/index_j.htm
- 43) 日本イトミック カタログ
<http://www.itomic.co.jp/item/>
- 44) 矢崎エナジーシステム カタログ
<http://solar.yazaki-group.com/product/>

付録

・気象庁データ 東京 2013年

1月～6月

| 1月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 曇量 | 2月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 曇量 | 3月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 曇量 |
|-----|----------------------------|------|-----|-----|----------------------------|------|-----|-----|----------------------------|------|-----|
| 1日 | 11.49 | 8.9 | 2.5 | 1日 | 11.83 | 6.4 | 7 | 1日 | 8.88 | 1.3 | 10 |
| 2日 | 11.23 | 8.8 | 0 | 2日 | 8.75 | 4.2 | 6.8 | 2日 | 18.76 | 9.5 | 2.8 |
| 3日 | 10.44 | 6.1 | 5.5 | 3日 | 14.04 | 9.6 | 5.3 | 3日 | 11.42 | 4.3 | 7.3 |
| 4日 | 12.58 | 9 | 0.3 | 4日 | 10.39 | 5.2 | 6.3 | 4日 | 10.61 | 2 | 9.5 |
| 5日 | 5.16 | 0.9 | 6.8 | 5日 | 12.06 | 5.6 | 7.3 | 5日 | 18.24 | 10.8 | 2 |
| 6日 | 8.67 | 5.3 | 6.3 | 6日 | 2.01 | 0 | 8.3 | 6日 | 10.64 | 10.2 | 0 |
| 7日 | 9.2 | 4.4 | 4.8 | 7日 | 13.03 | 6.6 | 9.8 | 7日 | 15.2 | 6.5 | 5.5 |
| 8日 | 10.7 | 7.6 | 3.8 | 8日 | 10.03 | 4.4 | 6.5 | 8日 | 16.97 | 8.3 | 4.8 |
| 9日 | 9.6 | 6 | 7.3 | 9日 | 14.02 | 8.9 | 9.5 | 9日 | 19.14 | 10.6 | 0 |
| 10日 | 11.49 | 7.3 | 3.8 | 10日 | 15.71 | 9.8 | 2.5 | 10日 | 13.49 | 5.4 | 5.3 |
| 11日 | 12.79 | 9 | 0.8 | 11日 | 15.04 | 9.2 | 0.8 | 11日 | 21.48 | 11.3 | 2.5 |
| 12日 | 10.24 | 6.2 | 4.5 | 12日 | 7.56 | 0.9 | 7.5 | 12日 | 20.76 | 11 | 2 |
| 13日 | 11.78 | 8.4 | 4.3 | 13日 | 16.63 | 9.9 | 2.5 | 13日 | 18.36 | 9.1 | 9.3 |
| 14日 | 0.3 | 0 | 10 | 14日 | 8.03 | 2.6 | 9.8 | 14日 | 10.71 | 2.3 | 8 |
| 15日 | 12.4 | 8.1 | 3.5 | 15日 | 2.49 | 0 | 10 | 15日 | 20.6 | 10.3 | 5.5 |
| 16日 | 6.57 | 2.8 | 6.5 | 16日 | 17.64 | 10 | 0.8 | 16日 | 20.73 | 10.5 | 0 |
| 17日 | 11.29 | 7.8 | 5.5 | 17日 | 13.89 | 7.7 | 5 | 17日 | 20.11 | 10.1 | 3.5 |
| 18日 | 13.64 | 9.3 | 0 | 18日 | 3.83 | 0 | 9.3 | 18日 | 12.62 | 3.1 | 10 |
| 19日 | 12.81 | 9.3 | 0.3 | 19日 | 1.89 | 0 | 10 | 19日 | 20.81 | 10.5 | 6 |
| 20日 | 13.32 | 9 | 2.5 | 20日 | 15.34 | 7 | 4.5 | 20日 | 15.39 | 4.7 | 9.5 |
| 21日 | 10.82 | 6.8 | 8 | 21日 | 16.25 | 7.2 | 3.5 | 21日 | 22.84 | 11.3 | 0.8 |
| 22日 | 4.77 | 2.6 | 6.8 | 22日 | 13.34 | 8.2 | 6.3 | 22日 | 20.6 | 7.8 | 7.3 |
| 23日 | 9.32 | 4.1 | 7.5 | 23日 | 17.6 | 9.3 | 3 | 23日 | 14.51 | 6.2 | 7 |
| 24日 | 10.35 | 4.7 | 6 | 24日 | 18.48 | 10.6 | 0 | 24日 | 8.42 | 0.8 | 10 |
| 25日 | 10.59 | 6.4 | 1.8 | 25日 | 19.28 | 10.7 | 0.3 | 25日 | 2.3 | 0 | 10 |
| 26日 | 11.77 | 7.6 | 1.8 | 26日 | 18.32 | 10.2 | 2.5 | 26日 | 17.84 | 5.4 | 9.8 |
| 27日 | 14.08 | 9.6 | 0.5 | 27日 | 4.42 | 0.3 | 7.5 | 27日 | 2.89 | 0 | 10 |
| 28日 | 12.41 | 8.1 | 4 | 28日 | 18.29 | 9.2 | 5 | 28日 | 17.2 | 5.9 | 10 |
| 29日 | 14 | 9.5 | 1.8 | | | | | 29日 | 10.79 | 0.9 | 9.8 |
| 30日 | 13.51 | 9.6 | 0.5 | | | | | 30日 | 2.38 | 0 | 10 |
| 31日 | 13.76 | 9.3 | 2.8 | | | | | 31日 | 3.17 | 0 | 10 |
| 4月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 曇量 | 5月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 曇量 | 6月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 曇量 |
| 1日 | 20.11 | 7.9 | 8 | 1日 | 14.73 | 2.4 | 10 | 1日 | 21.61 | 6.7 | 6.8 |
| 2日 | 3.96 | 0 | 10 | 2日 | 19.08 | 4.4 | 9.8 | 2日 | 23.46 | 7.3 | 7.8 |
| 3日 | 3.23 | 0.3 | 7.5 | 3日 | 24.58 | 7.9 | 3.5 | 3日 | 25.3 | 8.6 | 6.8 |
| 4日 | 22.15 | 9 | 5.8 | 4日 | 26.22 | 10.4 | 2.3 | 4日 | 28.41 | 12.8 | 0.3 |
| 5日 | 22.02 | 8.9 | 7 | 5日 | 27.35 | 11.9 | 2 | 5日 | 27.25 | 11.4 | 5.8 |
| 6日 | 8.62 | 0.4 | 9.5 | 6日 | 26.56 | 10.9 | 2.3 | 6日 | 15.34 | 0.6 | 10 |
| 7日 | 22.91 | 9.2 | 4.8 | 7日 | 29.26 | 12.9 | 0.5 | 7日 | 16.6 | 2.7 | 9.3 |
| 8日 | 26.21 | 11.7 | 0 | 8日 | 27.81 | 12.6 | 0 | 8日 | 21.82 | 6.6 | 7 |
| 9日 | 20.03 | 8.9 | 3 | 9日 | 26.28 | 12.5 | 0 | 9日 | 25.11 | 9.5 | 5.8 |
| 10日 | 13.64 | 2.9 | 8 | 10日 | 20.85 | 7.8 | 7.5 | 10日 | 14.43 | 0.9 | 10 |
| 11日 | 17.71 | 5.9 | 4.8 | 11日 | 3.18 | 0 | 9.5 | 11日 | 4.26 | 0 | 10 |
| 12日 | 22.63 | 9.2 | 2.3 | 12日 | 25.67 | 10.2 | 8.5 | 12日 | 4.56 | 0 | 10 |
| 13日 | 25.64 | 11.7 | 0.5 | 13日 | 14.69 | 2.7 | 9.5 | 13日 | 3.75 | 0 | 10 |
| 14日 | 19.55 | 6.7 | 8 | 14日 | 26.29 | 11.4 | 0.3 | 14日 | 8.79 | 0.4 | 10 |
| 15日 | 23.79 | 11 | 5 | 15日 | 25.89 | 9.8 | 6 | 15日 | 21.79 | 5.4 | 10 |
| 16日 | 23.4 | 10.1 | 4 | 16日 | 20.82 | 7.1 | 9 | 16日 | 9.04 | 1.6 | 10 |
| 17日 | 11.54 | 0.3 | 8 | 17日 | 28.98 | 12.8 | 0.8 | 17日 | 21.61 | 5.9 | 9.5 |
| 18日 | 22.36 | 10 | 0.3 | 18日 | 23.64 | 7.7 | 8 | 18日 | 18 | 4 | 10 |
| 19日 | 8.45 | 0.4 | 10 | 19日 | 24.43 | 6.6 | 10 | 19日 | 3.49 | 0 | 10 |
| 20日 | 3.64 | 0 | 10 | 20日 | 4.59 | 0 | 10 | 20日 | 2.82 | 0 | 10 |
| 21日 | 5.56 | 0 | 10 | 21日 | 18.89 | 3.9 | 8.3 | 21日 | 4.28 | 0 | 10 |
| 22日 | 26.93 | 10.8 | 3.5 | 22日 | 27.01 | 10.9 | 1.8 | 22日 | 19.68 | 6.3 | 8 |
| 23日 | 22.31 | 9 | 5.5 | 23日 | 25.39 | 10.2 | 3.3 | 23日 | 21.32 | 6.1 | 9 |
| 24日 | 3.84 | 0 | 10 | 24日 | 29.01 | 13 | 0.5 | 24日 | 14.99 | 2.8 | 10 |
| 25日 | 21.52 | 7.4 | 10 | 25日 | 19.37 | 3.5 | 10 | 25日 | 9.68 | 0.3 | 9.8 |
| 26日 | 25.28 | 9.8 | 5.5 | 26日 | 17.63 | 5.1 | 8 | 26日 | 3.36 | 0 | 10 |
| 27日 | 26.97 | 10.8 | 0.8 | 27日 | 22.11 | 6.7 | 7.8 | 27日 | 26 | 9.4 | 8.3 |
| 28日 | 27.78 | 12.6 | 0 | 28日 | 17.71 | 2 | 10 | 28日 | 20.31 | 3.7 | 9.8 |
| 29日 | 22.93 | 10.3 | 4.8 | 29日 | 11.2 | 0.4 | 10 | 29日 | 21.61 | 5.6 | 8.3 |
| 30日 | 7.6 | 0.8 | 10 | 30日 | 3.03 | 0 | 10 | 30日 | 19.37 | 5.3 | 9.8 |
| | | | | 31日 | 28.09 | 9.4 | 6 | | | | |

7月～12月

| 7月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 曇量 | 8月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 曇量 | 9月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 曇量 |
|-----|----------------------------|------|-----|-----|----------------------------|------|-----|-----|----------------------------|------|-----|
| 1日 | 14.01 | 0.4 | 9.8 | 1日 | 13.54 | 3.2 | 8.8 | 1日 | 23.01 | 10.6 | 4.3 |
| 2日 | 23.38 | 8.5 | 7.5 | 2日 | 18.29 | 4 | 10 | 2日 | 17.34 | 5.5 | 8.8 |
| 3日 | 14.08 | 1.5 | 10 | 3日 | 20.02 | 6.6 | 7.8 | 3日 | 20.83 | 8.2 | 4 |
| 4日 | 7.9 | 0 | 10 | 4日 | 15.15 | 2.3 | 9.5 | 4日 | 12.51 | 3.1 | 10 |
| 5日 | 8.26 | 0 | 10 | 5日 | 20.16 | 7.9 | 6.5 | 5日 | 8.22 | 2.6 | 9.5 |
| 6日 | 25.09 | 8.8 | 9.5 | 6日 | 14.3 | 1.7 | 9.8 | 6日 | 8.33 | 0.4 | 10 |
| 7日 | 27.35 | 11.1 | 5.3 | 7日 | 21.93 | 10.1 | 3.5 | 7日 | 10.24 | 1 | 10 |
| 8日 | 24.85 | 9.8 | 4.3 | 8日 | 18.03 | 7.7 | 5.3 | 8日 | 7.55 | 0.1 | 10 |
| 9日 | 26.93 | 12.8 | 1 | 9日 | 22.58 | 9.4 | 7.5 | 9日 | 16.15 | 5.7 | 7.5 |
| 10日 | 25.07 | 10.8 | 7.3 | 10日 | 21.52 | 10 | 4.5 | 10日 | 13.81 | 3.5 | 9.5 |
| 11日 | 25.3 | 10.9 | 8 | 11日 | 18.82 | 8 | 6.5 | 11日 | 8.43 | 0.3 | 10 |
| 12日 | 24.69 | 10.9 | 9 | 12日 | 19.14 | 7.8 | 6 | 12日 | 21.68 | 11.7 | 4.8 |
| 13日 | 14.48 | 1.4 | 10 | 13日 | 21.77 | 7.9 | 9.3 | 13日 | 19.22 | 8.3 | 6.8 |
| 14日 | 18.32 | 4.9 | 10 | 14日 | 20.77 | 8.5 | 5 | 14日 | 15.12 | 4.7 | 10 |
| 15日 | 20.42 | 6.5 | 10 | 15日 | 24.21 | 10.3 | 2.8 | 15日 | 7.64 | 2.1 | 9.8 |
| 16日 | 17.95 | 4.8 | 9.8 | 16日 | 22.43 | 8.9 | 5.5 | 16日 | 3.96 | 0.1 | 7.5 |
| 17日 | 13.53 | 1.3 | 10 | 17日 | 22.14 | 10.1 | 9 | 17日 | 13.06 | 11.2 | 1.3 |
| 18日 | 18.28 | 4.9 | 7.8 | 18日 | 22.48 | 10.8 | 3.3 | 18日 | 17.31 | 11.4 | 1.3 |
| 19日 | 21.95 | 8.7 | 6.8 | 19日 | 24.02 | 11.2 | 1.8 | 19日 | 11.95 | 10.6 | 0 |
| 20日 | 17.5 | 3.2 | 9.3 | 20日 | 18.33 | 7.7 | 5 | 20日 | 20.85 | 10.8 | 1.3 |
| 21日 | 23.65 | 8.7 | 10 | 21日 | 12.05 | 2 | 9.8 | 21日 | 19.23 | 10.8 | 2.5 |
| 22日 | 22.14 | 6.1 | 10 | 22日 | 11.71 | 2.8 | 9.3 | 22日 | 15.48 | 6 | 7.8 |
| 23日 | 17.45 | 5.9 | 7.8 | 23日 | 4.81 | 0 | 10 | 23日 | 8.9 | 2.8 | 9.5 |
| 24日 | 3.7 | 0 | 10 | 24日 | 12.87 | 1.6 | 10 | 24日 | 11.17 | 1.7 | 10 |
| 25日 | 4.61 | 0 | 10 | 25日 | 3.81 | 0 | 9.3 | 25日 | 5.03 | 0 | 10 |
| 26日 | 19.17 | 5.1 | 10 | 26日 | 14.6 | 3.9 | 7.3 | 26日 | 7.06 | 1.1 | 8.5 |
| 27日 | 17.92 | 5.2 | 8 | 27日 | 23.16 | 9.6 | 6.5 | 27日 | 20.16 | 10.5 | 0.5 |
| 28日 | 22.08 | 8.1 | 9.5 | 28日 | 23.95 | 11.1 | 4 | 28日 | 16.74 | 7.3 | 5.5 |
| 29日 | 5.35 | 0 | 10 | 29日 | 16.77 | 7.4 | 6.5 | 29日 | 15.08 | 5.1 | 5.5 |
| 30日 | 13.52 | 2.3 | 10 | 30日 | 22.75 | 10.2 | 9.8 | 30日 | 16.55 | 7 | 7.5 |
| 31日 | 11.18 | 0.8 | 10 | 31日 | 19.16 | 7.9 | 2.5 | | | | |
| 10月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 曇量 | 11月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 曇量 | 12月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 曇量 |
| 1日 | 5.32 | 0 | 10 | 1日 | 13.85 | 8.8 | 2.8 | 1日 | 11.22 | 9 | 0 |
| 2日 | 4.91 | 1 | 10 | 2日 | 3.33 | 0 | 7.5 | 2日 | 10.78 | 8.9 | 0 |
| 3日 | 16.93 | 7.8 | 6.5 | 3日 | 8.55 | 2.4 | 10 | 3日 | 11.14 | 8.9 | 2.3 |
| 4日 | 2.45 | 0 | 10 | 4日 | 4.55 | 0.9 | 9 | 4日 | 9.98 | 7.2 | 7.5 |
| 5日 | 2 | 0 | 10 | 5日 | 13.92 | 9.6 | 0.5 | 5日 | 10.9 | 8.8 | 1.5 |
| 6日 | 8.54 | 0.7 | 10 | 6日 | 12.65 | 7.4 | 4.5 | 6日 | 10.21 | 7.3 | 3.3 |
| 7日 | 9.04 | 2.6 | 7.5 | 7日 | 3.02 | 0.4 | 7.8 | 7日 | 10 | 6.8 | 4 |
| 8日 | 15.44 | 7.5 | 8.5 | 8日 | 13.73 | 8.9 | 3.8 | 8日 | 7.11 | 2.7 | 8 |
| 9日 | 14.42 | 5.3 | 7.3 | 9日 | 3.93 | 0.3 | 7.8 | 9日 | 4.78 | 0.7 | 8.3 |
| 10日 | 9.09 | 1.2 | 7.5 | 10日 | 4.69 | 1.2 | 9.3 | 10日 | 3.1 | 0.4 | 7.5 |
| 11日 | 15.38 | 7.4 | 7 | 11日 | 8.48 | 2.9 | 7.5 | 11日 | 8.08 | 4 | 5 |
| 12日 | 15.92 | 8.8 | 3.5 | 12日 | 5.76 | 1.5 | 8.3 | 12日 | 10.74 | 7.8 | 1.5 |
| 13日 | 17.99 | 10.1 | 0 | 13日 | 13.27 | 7.7 | 4.3 | 13日 | 11.09 | 8.5 | 2.3 |
| 14日 | 15.92 | 8.3 | 3.5 | 14日 | 12.02 | 6.9 | 5.5 | 14日 | 11.13 | 9 | 0 |
| 15日 | 2.68 | 0 | 10 | 15日 | 3.46 | 0.3 | 9 | 15日 | 11.2 | 9 | 0 |
| 16日 | 9.62 | 2.8 | 9.3 | 16日 | 12.93 | 9.4 | 0 | 16日 | 10.88 | 8.2 | 6.8 |
| 17日 | 14.48 | 5.8 | 9 | 17日 | 11.97 | 9 | 4.8 | 17日 | 8.84 | 4.4 | 10 |
| 18日 | 12.6 | 4.6 | 10 | 18日 | 11.86 | 8.6 | 2 | 18日 | 1.9 | 0 | 10 |
| 19日 | 7.4 | 0.5 | 10 | 19日 | 12.5 | 8.9 | 1 | 19日 | 1.56 | 0 | 10 |
| 20日 | 1.42 | 0 | 10 | 20日 | 12.94 | 9.5 | 0 | 20日 | 3.62 | 0.5 | 7.8 |
| 21日 | 8.51 | 1.4 | 8.8 | 21日 | 12.38 | 9.4 | 0 | 21日 | 10.49 | 7.6 | 1.3 |
| 22日 | 4.47 | 0 | 10 | 22日 | 12.17 | 9.2 | 1 | 22日 | 11.54 | 9.1 | 0 |
| 23日 | 6.35 | 0.2 | 10 | 23日 | 12.43 | 9.2 | 2.3 | 23日 | 4.14 | 0.8 | 7.5 |
| 24日 | 3.37 | 0 | 10 | 24日 | 11.93 | 9.1 | 5 | 24日 | 10.12 | 7.3 | 4 |
| 25日 | 4.53 | 0 | 10 | 25日 | 3.4 | 0 | 9.8 | 25日 | 11.16 | 8.9 | 0.5 |
| 26日 | 3.38 | 0.3 | 10 | 26日 | 11.37 | 7.8 | 1 | 26日 | 4.13 | 0.1 | 10 |
| 27日 | 16.23 | 9.8 | 2 | 27日 | 10.69 | 7 | 7 | 27日 | 2.34 | 0 | 10 |
| 28日 | 15.02 | 9.3 | 4.3 | 28日 | 6.57 | 3.5 | 9 | 28日 | 11.58 | 9 | 0.5 |
| 29日 | 2.57 | 0.1 | 10 | 29日 | 11.98 | 9.1 | 0.5 | 29日 | 11.58 | 9 | 0 |
| 30日 | 12.89 | 7.1 | 6.3 | 30日 | 11.25 | 8.5 | 1.3 | 30日 | 10.92 | 8.9 | 2.5 |
| 31日 | 13.49 | 7.8 | 4.3 | | | | | 31日 | 10.96 | 9 | 0 |

・気象データ 札幌 2013年

1月～6月

| 1月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 | 2月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 | 3月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 |
|-----|---------------|------|-----|-----|---------------|------|-----|-----|---------------|------|-----|
| 1日 | 4.73 | 1.2 | 9.8 | 1日 | 4.29 | 0.2 | 9.8 | 1日 | 3.28 | 0 | 10 |
| 2日 | 5.74 | 4.3 | 10 | 2日 | 10.2 | 6.9 | 7.5 | 2日 | 7.08 | 1.5 | 10 |
| 3日 | 8.5 | 8.2 | 5.8 | 3日 | 7.03 | 4.3 | 8.3 | 3日 | 6.58 | 0.5 | 10 |
| 4日 | 8.41 | 6.6 | 7.8 | 4日 | 6 | 1.6 | 10 | 4日 | 11.95 | 4.6 | 7.5 |
| 5日 | 8.12 | 6.6 | 6 | 5日 | 9.09 | 5.5 | 7.5 | 5日 | 11.92 | 5.1 | 8.5 |
| 6日 | 5.19 | 2.3 | 9.3 | 6日 | 7.64 | 2.6 | 8.3 | 6日 | 4.8 | 0.8 | 7.5 |
| 7日 | 4.86 | 3.3 | 6.8 | 7日 | 2.96 | 0 | 7.3 | 7日 | 6.14 | 0.8 | 9.3 |
| 8日 | 9.18 | 8 | 3.8 | 8日 | 5.83 | 0.8 | 9.8 | 8日 | 9.97 | 3.6 | 10 |
| 9日 | 6.57 | 4.2 | 5.3 | 9日 | 8.67 | 4.4 | 5.8 | 9日 | 10.01 | 2.5 | 10 |
| 10日 | 7.54 | 6 | 6 | 10日 | 8.18 | 2.9 | 9.5 | 10日 | 8.11 | 1.1 | 9.3 |
| 11日 | 5.71 | 4.7 | 6.5 | 11日 | 6.86 | 2.7 | 7.3 | 11日 | 14.76 | 5 | 9 |
| 12日 | 4.03 | 0.3 | 10 | 12日 | 7.98 | 2.9 | 7.5 | 12日 | 8.2 | 0.3 | 10 |
| 13日 | 9.69 | 8.4 | 5 | 13日 | 11.84 | 8.8 | 5 | 13日 | 4.6 | 0 | 10 |
| 14日 | 5.6 | 2 | 9.8 | 14日 | 5.91 | 1.5 | 9.3 | 14日 | 15.39 | 7.3 | 7.5 |
| 15日 | 2.56 | 0 | 10 | 15日 | 11.69 | 7.4 | 7.8 | 15日 | 13.86 | 3.7 | 10 |
| 16日 | 7.63 | 6.3 | 10 | 16日 | 8.07 | 2.1 | 10 | 16日 | 6.94 | 0.6 | 9.5 |
| 17日 | 8.03 | 4.5 | 9.5 | 17日 | 9.68 | 3.8 | 6.3 | 17日 | 17.14 | 8 | 8.5 |
| 18日 | 6.55 | 2.4 | 10 | 18日 | 6 | 0 | 10 | 18日 | 4.82 | 0 | 10 |
| 19日 | 4.89 | 0.7 | 10 | 19日 | 7.53 | 2.9 | 8 | 19日 | 15.8 | 7 | 7.5 |
| 20日 | 3.33 | 0.2 | 10 | 20日 | 12.58 | 6.4 | 9.8 | 20日 | 6.71 | 0 | 10 |
| 21日 | 3.32 | 0 | 9.8 | 21日 | 12.89 | 6.6 | 6.8 | 21日 | 14.19 | 4.5 | 9.8 |
| 22日 | 7.7 | 6.3 | 10 | 22日 | 9.98 | 3 | 6.5 | 22日 | 9.51 | 4.2 | 7.5 |
| 23日 | 9.48 | 7.4 | 4.3 | 23日 | 15.03 | 8.4 | 5.5 | 23日 | 16.13 | 6.6 | 6.5 |
| 24日 | 7.71 | 4.1 | 8.3 | 24日 | 4.4 | 0 | 10 | 24日 | 17.18 | 6.2 | 9 |
| 25日 | 3.16 | 0.1 | 10 | 25日 | 13.66 | 8 | 5.3 | 25日 | 19.1 | 9.9 | 8 |
| 26日 | 3.8 | 0 | 10 | 26日 | 15.45 | 7.6 | 5 | 26日 | 16.52 | 6.2 | 8.8 |
| 27日 | 4.88 | 1.3 | 10 | 27日 | 12.16 | 6.2 | 9.8 | 27日 | 20.67 | 9.9 | 3 |
| 28日 | 8.66 | 7.7 | 8.5 | 28日 | 9.37 | 3.6 | 7 | 28日 | 10.73 | 2.9 | 9.8 |
| 29日 | 5.91 | 3.3 | 7.5 | | | | | 29日 | 11.28 | 3.3 | 9.3 |
| 30日 | 3.68 | 0 | 10 | | | | | 30日 | 11.71 | 3.6 | 4.5 |
| 31日 | 6.72 | 0.8 | 8 | | | | | 31日 | 15.59 | 6.4 | 7.5 |
| 4月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 | 5月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 | 6月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 |
| 1日 | 21.12 | 9.2 | 6.3 | 1日 | 6.94 | 0 | 10 | 1日 | 29.07 | 13.6 | 0.8 |
| 2日 | 12.65 | 4.1 | 6.3 | 2日 | 11.94 | 1.6 | 10 | 2日 | 26.52 | 11 | 7.5 |
| 3日 | 12.89 | 2.3 | 8.8 | 3日 | 5.41 | 0 | 10 | 3日 | 22.29 | 8.1 | 9.8 |
| 4日 | 22.02 | 10 | 4.5 | 4日 | 5.24 | 0 | 10 | 4日 | 29.12 | 11.4 | 6.5 |
| 5日 | 19.36 | 8.7 | 5.8 | 5日 | 10.15 | 0.8 | 10 | 5日 | 20.8 | 4.3 | 10 |
| 6日 | 10.9 | 1 | 10 | 6日 | 2.42 | 0 | 9.8 | 6日 | 22.94 | 8 | 5.5 |
| 7日 | 4.64 | 0.1 | 10 | 7日 | 21.03 | 7.5 | 4.3 | 7日 | 28.86 | 12 | 0.5 |
| 8日 | 14.7 | 2.9 | 10 | 8日 | 25.1 | 9.6 | 4.5 | 8日 | 28.75 | 13.8 | 1.8 |
| 9日 | 12.77 | 5.8 | 5.3 | 9日 | 22.63 | 10.2 | 4.8 | 9日 | 29.7 | 11.7 | 2.5 |
| 10日 | 15.32 | 4.5 | 10 | 10日 | 25 | 12.1 | 7.5 | 10日 | 27.46 | 11.8 | 2.5 |
| 11日 | 16.43 | 6.8 | 7.3 | 11日 | 5.62 | 0 | 10 | 11日 | 29.27 | 14 | 0 |
| 12日 | 12.05 | 3.4 | 9.8 | 12日 | 12.91 | 1.4 | 9.5 | 12日 | 30.72 | 14 | 0 |
| 13日 | 10.09 | 1.8 | 9.8 | 13日 | 11.5 | 1.7 | 9.3 | 13日 | 29.42 | 13.8 | 1.8 |
| 14日 | 13.81 | 4.3 | 10 | 14日 | 12.34 | 0.8 | 9.8 | 14日 | 5.54 | 0 | 10 |
| 15日 | 20.37 | 9.1 | 7.5 | 15日 | 7.66 | 0 | 10 | 15日 | 15.93 | 5.6 | 5.5 |
| 16日 | 15.77 | 5.9 | 8.3 | 16日 | 19.05 | 6.4 | 5.5 | 16日 | 16.72 | 5.7 | 7.5 |
| 17日 | 5.21 | 0.1 | 10 | 17日 | 25.54 | 10.1 | 6 | 17日 | 14.11 | 1 | 10 |
| 18日 | 13.78 | 2.9 | 10 | 18日 | 17.4 | 6.1 | 8 | 18日 | 14.56 | 2.8 | 9.3 |
| 19日 | 13.91 | 4 | 10 | 19日 | 19.82 | 6.6 | 10 | 19日 | 10.95 | 1.3 | 10 |
| 20日 | 20.46 | 7.7 | 5.8 | 20日 | 5.82 | 0 | 10 | 20日 | 12.99 | 0.2 | 10 |
| 21日 | 19.16 | 6.9 | 6.5 | 21日 | 17.3 | 6.9 | 8.3 | 21日 | 5.47 | 0 | 10 |
| 22日 | 24.55 | 10.8 | 5.8 | 22日 | 8.95 | 1.2 | 10 | 22日 | 6.58 | 0.2 | 9 |
| 23日 | 23.09 | 12 | 1 | 23日 | 3.59 | 0 | 10 | 23日 | 27.33 | 11.4 | 2.5 |
| 24日 | 8.64 | 0.5 | 10 | 24日 | 24.4 | 8.9 | 9.3 | 24日 | 23.51 | 7.5 | 5.5 |
| 25日 | 7.6 | 0.9 | 10 | 25日 | 14.04 | 0.8 | 7.5 | 25日 | 24.95 | 9.3 | 5.5 |
| 26日 | 7.67 | 0.5 | 10 | 26日 | 28.84 | 12.9 | 2.8 | 26日 | 22.77 | 6.9 | 9.3 |
| 27日 | 7.98 | 0 | 10 | 27日 | 22.69 | 10.2 | 10 | 27日 | 4.31 | 0 | 10 |
| 28日 | 4.73 | 0 | 10 | 28日 | 19.62 | 5.1 | 10 | 28日 | 21.13 | 6.1 | 5.8 |
| 29日 | 11.56 | 1.8 | 10 | 29日 | 12.96 | 0.3 | 8.5 | 29日 | 30.36 | 14 | 0.3 |
| 30日 | 4.21 | 0.1 | 10 | 30日 | 17.98 | 7.2 | 5.8 | 30日 | 29.75 | 13.7 | 3.3 |
| | | | | 31日 | 28.84 | 13.7 | 0.3 | | | | |

7月～12月

| 7月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 雲量 | 8月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 雲量 | 9月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 雲量 |
|-----|----------------------------|------|-----|-----|----------------------------|------|-----|-----|----------------------------|------|-----|
| 1日 | 27.47 | 11.9 | 3.5 | 1日 | 12.88 | 1.1 | 10 | 1日 | 11.74 | 0.9 | 10 |
| 2日 | 25.53 | 10.9 | 4.5 | 2日 | 23.71 | 9.2 | 4 | 2日 | 9.43 | 0.5 | 9.8 |
| 3日 | 4.1 | 0 | 10 | 3日 | 16.83 | 4.2 | 5.5 | 3日 | 5.11 | 0 | 10 |
| 4日 | 22.31 | 7.9 | 5.5 | 4日 | 22.73 | 7.8 | 8.8 | 4日 | 4.16 | 0.6 | 10 |
| 5日 | 11.48 | 1.6 | 9.3 | 5日 | 23.05 | 9.3 | 9 | 5日 | 20.15 | 9 | 6.3 |
| 6日 | 15.06 | 3.1 | 8.5 | 6日 | 23.36 | 10.9 | 8 | 6日 | 11.97 | 4.3 | 10 |
| 7日 | 26.59 | 12.2 | 4.5 | 7日 | 18.87 | 7.5 | 7.5 | 7日 | 9.12 | 0.5 | 9.8 |
| 8日 | 25.16 | 9.8 | 1.3 | 8日 | 11.19 | 1.5 | 10 | 8日 | 15.5 | 6.3 | 9.8 |
| 9日 | 15.37 | 4.1 | 10 | 9日 | 4.61 | 0 | 10 | 9日 | 19.65 | 10 | 1.3 |
| 10日 | 10.52 | 2.6 | 9.8 | 10日 | 16.61 | 4.3 | 8.3 | 10日 | 18.22 | 8 | 6.3 |
| 11日 | 17.47 | 5.3 | 4.3 | 11日 | 11.51 | 1.1 | 10 | 11日 | 16.86 | 10 | 7.5 |
| 12日 | 17.52 | 6.8 | 7.8 | 12日 | 12.36 | 3.2 | 9.8 | 12日 | 12.53 | 4.8 | 6.8 |
| 13日 | 28.08 | 12 | 3.8 | 13日 | 17.51 | 6.5 | 8.5 | 13日 | 17.76 | 8.3 | 7.5 |
| 14日 | 22.96 | 9.3 | 8.5 | 14日 | 14.23 | 3.6 | 9.5 | 14日 | 8.74 | 3.1 | 8 |
| 15日 | 26.63 | 10.5 | 6 | 15日 | 20.26 | 8.5 | 8 | 15日 | 2.01 | 0 | 10 |
| 16日 | 15.37 | 4.8 | 9.5 | 16日 | 11.68 | 2.3 | 9.8 | 16日 | 1.74 | 0 | 9.5 |
| 17日 | 27 | 12.8 | 1.3 | 17日 | 4.03 | 0 | 10 | 17日 | 19.6 | 10.1 | 1 |
| 18日 | 25.94 | 10.4 | 4.3 | 18日 | 10.07 | 2.3 | 10 | 18日 | 16.67 | 8.3 | 5.5 |
| 19日 | 19.03 | 7 | 5.5 | 19日 | 17.91 | 7.1 | 6.5 | 19日 | 13.42 | 7.7 | 9.5 |
| 20日 | 27.01 | 11.9 | 4.5 | 20日 | 14.78 | 4.7 | 7 | 20日 | 8.43 | 2.1 | 9.8 |
| 21日 | 27.51 | 12.9 | 7 | 21日 | 14.35 | 4.1 | 5.5 | 21日 | 12.87 | 4.8 | 10 |
| 22日 | 16.04 | 4.6 | 9.3 | 22日 | 16.08 | 5.6 | 9 | 22日 | 15.47 | 7.7 | 5.5 |
| 23日 | 27.34 | 12.9 | 4.8 | 23日 | 14.45 | 4.4 | 9.3 | 23日 | 16.36 | 8.2 | 5.5 |
| 24日 | 22.52 | 8.3 | 9 | 24日 | 10.2 | 3.6 | 7.3 | 24日 | 4.4 | 1.7 | 9.3 |
| 25日 | 5.12 | 0.1 | 10 | 25日 | 12.47 | 3.9 | 8.8 | 25日 | 1.66 | 0 | 10 |
| 26日 | 23.29 | 8 | 9.3 | 26日 | 16.34 | 5.7 | 6 | 26日 | 14.89 | 7.1 | 3 |
| 27日 | 14.15 | 2.6 | 10 | 27日 | 15.52 | 6.9 | 8 | 27日 | 17.35 | 9 | 1.8 |
| 28日 | 8.02 | 0 | 10 | 28日 | 17.63 | 7.2 | 6 | 28日 | 16.93 | 10.3 | 5.8 |
| 29日 | 11.51 | 1.4 | 10 | 29日 | 12.42 | 4.7 | 8.3 | 29日 | 13.92 | 6.3 | 9.5 |
| 30日 | 20.99 | 7.2 | 9.3 | 30日 | 5.34 | 0 | 10 | 30日 | 2.28 | 0 | 10 |
| 31日 | 13.63 | 2.5 | 9.5 | 31日 | 6.15 | 0.8 | 10 | | | | |
| 10月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 雲量 | 11月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 雲量 | 12月 | 全天日射量(kWh/m ²) | 日照時間 | 雲量 |
| 1日 | 3.6 | 0 | 10 | 1日 | 6.63 | 4.1 | 6.3 | 1日 | 3.94 | 1.2 | 8.5 |
| 2日 | 15.69 | 8.8 | 7 | 2日 | 7.1 | 4.3 | 7.5 | 2日 | 5.47 | 3.3 | 9.3 |
| 3日 | 12.57 | 5.9 | 8 | 3日 | 5.05 | 1.8 | 9.8 | 3日 | 3.92 | 0.9 | 7.3 |
| 4日 | 11.55 | 6.9 | 3.5 | 4日 | 8.22 | 6.8 | 5.5 | 4日 | 2.62 | 1.1 | 10 |
| 5日 | 11.5 | 3.9 | 7 | 5日 | 10.05 | 8.2 | 4 | 5日 | 7.37 | 4.5 | 10 |
| 6日 | 10.18 | 4.8 | 8 | 6日 | 3.97 | 0.8 | 7.5 | 6日 | 3.56 | 1.1 | 9.8 |
| 7日 | 14.37 | 8 | 5.3 | 7日 | 4.91 | 2.1 | 7.8 | 7日 | 6.93 | 6.5 | 4.3 |
| 8日 | 5.88 | 0.3 | 10 | 8日 | 2.2 | 0.1 | 10 | 8日 | 5.94 | 4.3 | 7.8 |
| 9日 | 3.3 | 0 | 7.5 | 9日 | 9.45 | 8 | 7.5 | 9日 | 4.92 | 3 | 9.5 |
| 10日 | 15.38 | 10.4 | 0 | 10日 | 2.07 | 0.2 | 9 | 10日 | 1.77 | 0 | 10 |
| 11日 | 1.74 | 0 | 9.8 | 11日 | 6.24 | 2.8 | 6.8 | 11日 | 4.96 | 3.7 | 7.8 |
| 12日 | 12.33 | 6.9 | 6.8 | 12日 | 8.85 | 5.4 | 9.5 | 12日 | 4.66 | 2.4 | 9.3 |
| 13日 | 9.94 | 3.7 | 7.5 | 13日 | 7.14 | 3.3 | 9.5 | 13日 | 1.74 | 0 | 8.8 |
| 14日 | 11.9 | 6.9 | 7.8 | 14日 | 6.72 | 3.2 | 10 | 14日 | 7.35 | 7.3 | 3.8 |
| 15日 | 2.83 | 0 | 10 | 15日 | 2.63 | 0 | 8.8 | 15日 | 2.86 | 0.9 | 9.3 |
| 16日 | 0.53 | 0 | 10 | 16日 | 8.1 | 6.8 | 6.3 | 16日 | 3.83 | 0.9 | 6.3 |
| 17日 | 10.18 | 3.7 | 8.8 | 17日 | 9.38 | 8.7 | 2.3 | 17日 | 6.35 | 5.1 | 6 |
| 18日 | 14.07 | 9.8 | 1.8 | 18日 | 4.42 | 0.9 | 9.3 | 18日 | 4.91 | 2 | 7.3 |
| 19日 | 13.74 | 10 | 0 | 19日 | 3.68 | 0.3 | 7.5 | 19日 | 6.31 | 5.4 | 5 |
| 20日 | 4.55 | 0.1 | 10 | 20日 | 6.66 | 4.5 | 7 | 20日 | 4.95 | 2.7 | 10 |
| 21日 | 7.94 | 3.8 | 9.8 | 21日 | 8.51 | 5.5 | 8 | 21日 | 3.68 | 1.1 | 10 |
| 22日 | 9.71 | 4.6 | 7.3 | 22日 | 4.6 | 2.5 | 10 | 22日 | 1.59 | 0.1 | 7.3 |
| 23日 | 10.7 | 5.2 | 6.3 | 23日 | 3.38 | 0.9 | 9 | 23日 | 3.38 | 0 | 10 |
| 24日 | 6.26 | 1 | 9.5 | 24日 | 5.2 | 2.6 | 3.5 | 24日 | 6.59 | 5.9 | 8.3 |
| 25日 | 3.19 | 0 | 10 | 25日 | 1.76 | 0.2 | 7.5 | 25日 | 4.24 | 0.8 | 7.8 |
| 26日 | 5.23 | 0.8 | 10 | 26日 | 4.7 | 2.6 | 7.5 | 26日 | 4.83 | 3.2 | 10 |
| 27日 | 5.41 | 1.2 | 10 | 27日 | 5.31 | 3.8 | 9 | 27日 | 3.9 | 1.5 | 8.8 |
| 28日 | 8.06 | 3.6 | 8.5 | 28日 | 3.24 | 0.7 | 8.8 | 28日 | 2.28 | 0 | 8.3 |
| 29日 | 6.27 | 3.4 | 5.8 | 29日 | 8.12 | 7.3 | 5.3 | 29日 | 4.31 | 3 | 8.3 |
| 30日 | 6.94 | 3.7 | 9.8 | 30日 | 2.93 | 0.3 | 9.5 | 30日 | 2.26 | 0 | 10 |
| 31日 | 10.09 | 7.8 | 2.5 | | | | | 31日 | 5.52 | 3.3 | 6 |

・気象データ 那覇 2013年

1月～6月

| 1月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 | 2月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 | 3月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 |
|-----|---------------|------|-----|-----|---------------|------|-----|-----|---------------|------|-----|
| 1日 | 11.03 | 2.9 | 8.3 | 1日 | 15.24 | 6.9 | 6 | 1日 | 17.98 | 7.5 | 4.5 |
| 2日 | 14.12 | 7.9 | 7.5 | 2日 | 15.03 | 6.5 | 4 | 2日 | 3.91 | 0 | 10 |
| 3日 | 3.34 | 0 | 10 | 3日 | 10.76 | 2.7 | 8.3 | 3日 | 11.41 | 1.9 | 9.8 |
| 4日 | 5.18 | 0 | 10 | 4日 | 15.18 | 5.6 | 9.3 | 4日 | 19.28 | 6.9 | 5.5 |
| 5日 | 2.78 | 0 | 10 | 5日 | 14.64 | 5.6 | 9.5 | 5日 | 12.53 | 2.5 | 9.3 |
| 6日 | 5.6 | 0.1 | 8.3 | 6日 | 4.17 | 0 | 10 | 6日 | 19.86 | 8.7 | 5 |
| 7日 | 5.09 | 0.5 | 8.3 | 7日 | 9.4 | 2.3 | 9.8 | 7日 | 21.18 | 9.8 | 1 |
| 8日 | 4.45 | 0.1 | 10 | 8日 | 3.11 | 0 | 10 | 8日 | 17.7 | 10.9 | 0 |
| 9日 | 2.74 | 0 | 10 | 9日 | 6.82 | 0.2 | 10 | 9日 | 21.92 | 9.3 | 1.3 |
| 10日 | 4.21 | 0 | 10 | 10日 | 6.82 | 0.1 | 10 | 10日 | 19.27 | 8.2 | 5.3 |
| 11日 | 14.63 | 8.6 | 6 | 11日 | 3.49 | 0 | 10 | 11日 | 10.64 | 2.9 | 7.8 |
| 12日 | 5.59 | 0 | 10 | 12日 | 9.66 | 2.3 | 9.8 | 12日 | 14.57 | 4 | 4.3 |
| 13日 | 3.58 | 0.1 | 10 | 13日 | 4.86 | 0.1 | 10 | 13日 | 14.23 | 4 | 7.5 |
| 14日 | 12.07 | 4.5 | 6 | 14日 | 15.19 | 6 | 5.3 | 14日 | 11.09 | 2 | 9.5 |
| 15日 | 14.51 | 7.6 | 3.5 | 15日 | 5.07 | 0.1 | 8.5 | 15日 | 15.31 | 4.9 | 6.8 |
| 16日 | 6.41 | 2.4 | 7 | 16日 | 16.3 | 6.2 | 7.3 | 16日 | 22.4 | 10.4 | 1 |
| 17日 | 7.14 | 1.4 | 9.5 | 17日 | 16.81 | 6.9 | 4.5 | 17日 | 22.03 | 9.3 | 2 |
| 18日 | 11.13 | 4.2 | 5.8 | 18日 | 16.62 | 7.7 | 3.3 | 18日 | 4.34 | 0 | 9.8 |
| 19日 | 15.88 | 8.4 | 1.3 | 19日 | 4.31 | 0.4 | 10 | 19日 | 20.03 | 9.5 | 4.5 |
| 20日 | 9.18 | 3.5 | 7 | 20日 | 5.58 | 0 | 9.5 | 20日 | 4.69 | 0 | 10 |
| 21日 | 14.3 | 6.5 | 6.3 | 21日 | 19.26 | 8.7 | 6.5 | 21日 | 12.22 | 0.6 | 10 |
| 22日 | 7.18 | 1.1 | 10 | 22日 | 6.64 | 2.3 | 6 | 22日 | 13.81 | 3.7 | 6.5 |
| 23日 | 5.49 | 0.5 | 9.8 | 23日 | 16.78 | 6.7 | 4.5 | 23日 | 21.71 | 8 | 5.8 |
| 24日 | 14.88 | 7.8 | 5.8 | 24日 | 21.26 | 10.7 | 0 | 24日 | 3.77 | 0.1 | 9.8 |
| 25日 | 11.31 | 4.1 | 7 | 25日 | 20.14 | 9.9 | 3.5 | 25日 | 19.88 | 5.7 | 7.8 |
| 26日 | 15.83 | 8.3 | 2.5 | 26日 | 16.06 | 4.6 | 6 | 26日 | 17.13 | 5 | 6.5 |
| 27日 | 5.8 | 0.1 | 8.3 | 27日 | 5.86 | 0 | 10 | 27日 | 9.36 | 0.7 | 9.8 |
| 28日 | 9.3 | 1.5 | 7 | 28日 | 19.65 | 9.2 | 4.8 | 28日 | 10.77 | 0.2 | 8.3 |
| 29日 | 14.01 | 7.1 | 6.8 | | | | | 29日 | 5.18 | 0 | 10 |
| 30日 | 10.02 | 2.5 | 9.5 | | | | | 30日 | 18.74 | 6.5 | 8 |
| 31日 | 11.23 | 2.9 | 8.5 | | | | | 31日 | 6.73 | 0.3 | 10 |
| 4月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 | 5月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 | 6月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 |
| 1日 | 7.65 | 0.4 | 10 | 1日 | 6.76 | 0 | 8.5 | 1日 | 19.97 | 5.4 | 9.5 |
| 2日 | 17.55 | 4.5 | 9.8 | 2日 | 24.41 | 9.4 | 6 | 2日 | 26.19 | 9.2 | 5.8 |
| 3日 | 7.84 | 2.5 | 8.3 | 3日 | 19.2 | 5.2 | 10 | 3日 | 15.18 | 2.8 | 6.3 |
| 4日 | 15.89 | 2.6 | 7.5 | 4日 | 17.27 | 1.9 | 10 | 4日 | 8.66 | 0.3 | 10 |
| 5日 | 4.57 | 0 | 10 | 5日 | 17.93 | 1.8 | 9.5 | 5日 | 8.71 | 0.3 | 10 |
| 6日 | 5.14 | 0 | 10 | 6日 | 17.91 | 2.1 | 9.5 | 6日 | 26.93 | 11.8 | 6 |
| 7日 | 18.5 | 4.5 | 8.8 | 7日 | 20.06 | 5 | 7.3 | 7日 | 22.94 | 7 | 7.3 |
| 8日 | 23.84 | 7.6 | 6 | 8日 | 28.31 | 12.3 | 4.8 | 8日 | 18.47 | 3.7 | 8.5 |
| 9日 | 12.5 | 2.5 | 7.8 | 9日 | 19.63 | 3.6 | 8.8 | 9日 | 25.1 | 8.4 | 7.5 |
| 10日 | 2.74 | 0 | 10 | 10日 | 12.31 | 0.1 | 9.8 | 10日 | 26.69 | 10.6 | 3.3 |
| 11日 | 10.26 | 0.8 | 9.3 | 11日 | 4.21 | 0 | 10 | 11日 | 24.65 | 9.8 | 2.3 |
| 12日 | 8.07 | 0 | 10 | 12日 | 14.53 | 1.2 | 10 | 12日 | 14.98 | 3.7 | 7.8 |
| 13日 | 26.15 | 11.7 | 1.5 | 13日 | 3.29 | 0.1 | 10 | 13日 | 19.08 | 5.9 | 5 |
| 14日 | 2.53 | 0 | 9.8 | 14日 | 14.5 | 1.6 | 9.8 | 14日 | 26.1 | 10.2 | 6 |
| 15日 | 25.85 | 10.8 | 1.8 | 15日 | 11.35 | 0.9 | 9.8 | 15日 | 27.55 | 11.5 | 6.5 |
| 16日 | 6.89 | 0.3 | 8 | 16日 | 3.07 | 0 | 10 | 16日 | 12.26 | 0.2 | 10 |
| 17日 | 6.81 | 0.1 | 10 | 17日 | 4.47 | 0 | 10 | 17日 | 25.79 | 9.5 | 5.3 |
| 18日 | 9.4 | 0.9 | 10 | 18日 | 14.82 | 1.8 | 7.8 | 18日 | 20.53 | 6.3 | 5.8 |
| 19日 | 10.81 | 0.5 | 10 | 19日 | 5.76 | 0.1 | 9.5 | 19日 | 20.09 | 5 | 10 |
| 20日 | 13.71 | 2.6 | 9.5 | 20日 | 22.67 | 6.9 | 9.5 | 20日 | 24.12 | 7.1 | 8.3 |
| 21日 | 10.93 | 1.2 | 9.3 | 21日 | 8.34 | 0.2 | 9.5 | 21日 | 24.55 | 8.8 | 7 |
| 22日 | 21.7 | 5.8 | 7.3 | 22日 | 12.7 | 0.5 | 10 | 22日 | 26.84 | 9.5 | 7.3 |
| 23日 | 21.18 | 7 | 4.5 | 23日 | 2.76 | 0 | 10 | 23日 | 25.03 | 9.7 | 3.5 |
| 24日 | 21.72 | 7.7 | 8.5 | 24日 | 13.19 | 0.8 | 10 | 24日 | 27.27 | 11.8 | 5.3 |
| 25日 | 4.05 | 0 | 10 | 25日 | 15.47 | 1.8 | 10 | 25日 | 21.76 | 6.6 | 7 |
| 26日 | 16.33 | 3.8 | 8.3 | 26日 | 14.49 | 1.2 | 10 | 26日 | 21.66 | 5.9 | 9 |
| 27日 | 16.17 | 3.6 | 9.8 | 27日 | 27.58 | 11.4 | 3.3 | 27日 | 21.62 | 6.5 | 10 |
| 28日 | 21.94 | 6.2 | 8.5 | 28日 | 25.11 | 8.4 | 7 | 28日 | 23.94 | 7.8 | 6.5 |
| 29日 | 16.34 | 1.6 | 8.3 | 29日 | 22.02 | 5.6 | 9.3 | 29日 | 27.62 | 11.5 | 4.5 |
| 30日 | 18.88 | 4.2 | 9 | 30日 | 22.73 | 6.1 | 7.8 | 30日 | 25.27 | 9.2 | 5.5 |
| | | | | 31日 | 14.32 | 4.1 | 8 | | | | |

7月～12月

| 7月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 | 8月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 | 9月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 |
|-----|---------------|------|-----|-----|---------------|------|-----|-----|---------------|------|-----|
| 1日 | 23.97 | 9.6 | 4.8 | 1日 | 25.63 | 10.7 | 2.3 | 1日 | 14.94 | 4.6 | 9.5 |
| 2日 | 23.43 | 9.1 | 4 | 2日 | 22.96 | 9.2 | 3.5 | 2日 | 15.29 | 3.9 | 9 |
| 3日 | 21.55 | 7.8 | 7.8 | 3日 | 25.86 | 11.3 | 3.8 | 3日 | 20.96 | 6.7 | 10 |
| 4日 | 27.39 | 10.6 | 7.3 | 4日 | 26.32 | 11.9 | 4.8 | 4日 | 24.19 | 10.4 | 4 |
| 5日 | 25.69 | 10.2 | 5.5 | 5日 | 23.8 | 7.6 | 8.5 | 5日 | 14.46 | 5.6 | 3.8 |
| 6日 | 24.41 | 10.4 | 6.8 | 6日 | 26.72 | 11.2 | 5.5 | 6日 | 25.55 | 11.7 | 0.5 |
| 7日 | 26.93 | 10.9 | 2.5 | 7日 | 25.93 | 11.3 | 5 | 7日 | 24.04 | 10.6 | 3.8 |
| 8日 | 17.44 | 8.2 | 3.8 | 8日 | 26.65 | 11.7 | 3 | 8日 | 11.98 | 4.7 | 4.5 |
| 9日 | 27.9 | 11.4 | 4 | 9日 | 25.26 | 9.9 | 3 | 9日 | 16.43 | 6.3 | 3.3 |
| 10日 | 21.81 | 7.1 | 4.5 | 10日 | 16.62 | 6.3 | 3.8 | 10日 | 15.9 | 5.6 | 5.8 |
| 11日 | 24.9 | 8.9 | 6.3 | 11日 | 21.51 | 9.8 | 2.5 | 11日 | 24.33 | 9 | 5 |
| 12日 | 14.29 | 0.9 | 10 | 12日 | 10.77 | 3.6 | 6.3 | 12日 | 23.57 | 10 | 5 |
| 13日 | 26.05 | 8.7 | 8 | 13日 | 15.6 | 5.7 | 8 | 13日 | 23.81 | 9.9 | 4.8 |
| 14日 | 25.93 | 9.6 | 6.3 | 14日 | 16 | 6.3 | 6 | 14日 | 19.67 | 7.8 | 6.5 |
| 15日 | 24.74 | 8.4 | 4.3 | 15日 | 20.53 | 9 | 5 | 15日 | 20.1 | 7.2 | 5 |
| 16日 | 23.25 | 7.7 | 7.3 | 16日 | 21.64 | 6.8 | 3.5 | 16日 | 23.8 | 10.9 | 1.3 |
| 17日 | 21.73 | 7 | 5.5 | 17日 | 14.82 | 4.9 | 10 | 17日 | 20.71 | 7.5 | 3.5 |
| 18日 | 17.64 | 5.8 | 8.5 | 18日 | 23.32 | 8.2 | 8.5 | 18日 | 20.22 | 6.5 | 7.5 |
| 19日 | 17.95 | 5 | 7 | 19日 | 21.28 | 6.1 | 7.8 | 19日 | 16.76 | 5.8 | 8.5 |
| 20日 | 18.17 | 5 | 7 | 20日 | 17.04 | 3.9 | 9.3 | 20日 | 13.1 | 1.6 | 9.8 |
| 21日 | 19 | 7.4 | 3.3 | 21日 | 10.81 | 0.5 | 10 | 21日 | 15.04 | 3.5 | 10 |
| 22日 | 24.21 | 10.2 | 3.5 | 22日 | 20.11 | 4.9 | 10 | 22日 | 17.68 | 5.9 | 8.3 |
| 23日 | 25.95 | 11.6 | 4 | 23日 | 22.69 | 7.6 | 5 | 23日 | 22.36 | 9 | 4.5 |
| 24日 | 20.77 | 6.6 | 6.8 | 24日 | 18.01 | 5.7 | 5.3 | 24日 | 15.03 | 4.4 | 5.5 |
| 25日 | 26.89 | 10.1 | 7 | 25日 | 24.97 | 8.8 | 5.8 | 25日 | 22.57 | 10.6 | 1.8 |
| 26日 | 27.26 | 11.5 | 5.3 | 26日 | 22.83 | 8.4 | 7 | 26日 | 22.24 | 9.4 | 3.5 |
| 27日 | 26.39 | 10.1 | 3.5 | 27日 | 21.88 | 9.1 | 3 | 27日 | 14.68 | 5.7 | 2.5 |
| 28日 | 22.11 | 8.7 | 8.5 | 28日 | 21.96 | 8.3 | 5.3 | 28日 | 7.38 | 0.9 | 10 |
| 29日 | 24.29 | 8.3 | 8.8 | 29日 | 23.99 | 9.2 | 4.5 | 29日 | 14.85 | 5.1 | 5.8 |
| 30日 | 26.14 | 9.9 | 4.8 | 30日 | 21.46 | 7.7 | 6.3 | 30日 | 17.84 | 5.7 | 4.3 |
| 31日 | 26.96 | 11.7 | 2.8 | 31日 | 20.57 | 6.1 | 7 | | | | |
| 10月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 | 11月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 | 12月 | 全天日射量(kWh/m2) | 日照時間 | 曇量 |
| 1日 | 13.53 | 5 | 3.8 | 1日 | 2.65 | 0 | 10 | 1日 | 15.08 | 8.5 | 1.8 |
| 2日 | 17.17 | 8.6 | 2.8 | 2日 | 15.04 | 5.1 | 7.8 | 2日 | 12.91 | 6.3 | 3.8 |
| 3日 | 17.82 | 6.4 | 5.3 | 3日 | 9.97 | 2.2 | 9.8 | 3日 | 12.32 | 6.1 | 5.3 |
| 4日 | 12.23 | 2.4 | 10 | 4日 | 14.25 | 4.8 | 9 | 4日 | 14.87 | 9 | 2 |
| 5日 | 2.01 | 0 | 10 | 5日 | 10.67 | 3.7 | 4.3 | 5日 | 13.44 | 8.4 | 0.8 |
| 6日 | 12.39 | 2.6 | 10 | 6日 | 9.77 | 2.1 | 9 | 6日 | 14.2 | 8.8 | 4 |
| 7日 | 5.78 | 0.1 | 10 | 7日 | 11.15 | 3.4 | 7.5 | 7日 | 12.78 | 7.9 | 3.3 |
| 8日 | 18.13 | 7.3 | 5.3 | 8日 | 15.64 | 8.3 | 3.5 | 8日 | 11.41 | 4.4 | 7.3 |
| 9日 | 12.41 | 4.8 | 3 | 9日 | 11.25 | 2.9 | 7.3 | 9日 | 4.09 | 0 | 10 |
| 10日 | 14.49 | 5.5 | 5 | 10日 | 14.92 | 5.6 | 8.3 | 10日 | 9.65 | 2.6 | 8.3 |
| 11日 | 20.72 | 9.8 | 3 | 11日 | 9.19 | 1 | 10 | 11日 | 8.15 | 1 | 10 |
| 12日 | 11.2 | 5.1 | 3.5 | 12日 | 3.31 | 0 | 10 | 12日 | 6.24 | 0.2 | 10 |
| 13日 | 15.79 | 5.5 | 4.3 | 13日 | 5.2 | 0 | 10 | 13日 | 3.04 | 0 | 8.3 |
| 14日 | 12.4 | 2 | 6.3 | 14日 | 9.88 | 2 | 8.3 | 14日 | 6.93 | 0.5 | 10 |
| 15日 | 10.09 | 1.7 | 5.5 | 15日 | 6.1 | 0.2 | 10 | 15日 | 4.65 | 0 | 10 |
| 16日 | 16.25 | 5.3 | 7.8 | 16日 | 7.15 | 1.8 | 9.3 | 16日 | 2.75 | 0 | 10 |
| 17日 | 13.34 | 4.9 | 4 | 17日 | 12.27 | 5.1 | 7 | 17日 | 1.65 | 0 | 10 |
| 18日 | 19.06 | 8.8 | 2 | 18日 | 12.54 | 5.6 | 6.8 | 18日 | 9.88 | 2.9 | 8.3 |
| 19日 | 14.18 | 6.7 | 5.3 | 19日 | 13.46 | 5.9 | 6 | 19日 | 8.1 | 1.9 | 9.5 |
| 20日 | 14.19 | 6.1 | 3.5 | 20日 | 14.77 | 7.1 | 6.3 | 20日 | 7.63 | 1.8 | 9.5 |
| 21日 | 16.46 | 6.6 | 5.5 | 21日 | 13.06 | 4.7 | 6.8 | 21日 | 7.11 | 0.5 | 9.3 |
| 22日 | 12.7 | 2.8 | 7.3 | 22日 | 10.35 | 2.9 | 7.5 | 22日 | 10.16 | 3.8 | 6 |
| 23日 | 3.58 | 0 | 10 | 23日 | 14.46 | 8.8 | 2.5 | 23日 | 9.77 | 3.4 | 7.3 |
| 24日 | 3.73 | 0 | 10 | 24日 | 16.08 | 9.8 | 3 | 24日 | 3.79 | 0 | 10 |
| 25日 | 4.72 | 0.1 | 9.3 | 25日 | 2.09 | 0 | 9.8 | 25日 | 4.12 | 0.1 | 10 |
| 26日 | 15.59 | 6.1 | 7 | 26日 | 15.56 | 9.3 | 4.3 | 26日 | 5.01 | 0.2 | 10 |
| 27日 | 7.59 | 1.1 | 9.8 | 27日 | 12.59 | 6.1 | 4.5 | 27日 | 4.57 | 0.8 | 9.3 |
| 28日 | 14.92 | 4.1 | 9.8 | 28日 | 1.81 | 0 | 8.8 | 28日 | 12.43 | 5.8 | 7.5 |
| 29日 | 9.95 | 1.1 | 7.8 | 29日 | 7.9 | 2.4 | 8.8 | 29日 | 5.51 | 1 | 7.8 |
| 30日 | 17.61 | 9.2 | 1.8 | 30日 | 15.09 | 9.2 | 4.3 | 30日 | 9.06 | 3.5 | 7.8 |
| 31日 | 3.75 | 0 | 10 | | | | | 31日 | 4.56 | 0 | 10 |

・年間発電量プログラム

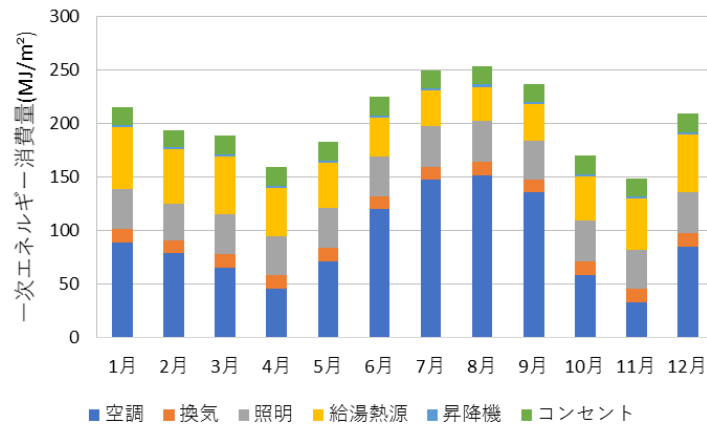
```

implicit none
integer days(12),im,dang,sang,id,i,j
real P,H(12),Ep1,Ep2(12),k(12)
data days/31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/

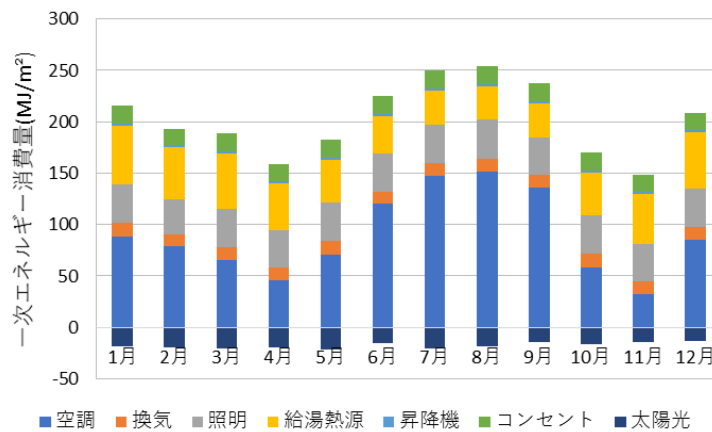
!P=300.0
write(*,"(a,$)") "システム容量"
read(*,*) P
!K=0.73
write(*,"(a,$)") "損失係数(春)"
read(*,*) K(3)
write(*,"(a,$)") "損失係数(夏)"
read(*,*) k(6)
write(*,"(a,$)") "損失係数(秋)"
read(*,*) K(9)
write(*,"(a,$)") "損失係数(冬)"
read(*,*) K(12)
K(1)=K(12)
K(2)=K(12)
do i= 3,9,3
    K(i+1)=K(i)
    K(i+2)=K(i)
end do
open(1,file="E:¥濱田 太陽光発電関連¥NEDO 角度別 日射量¥NEDO 高知 日射
量.txt")
open(2,file="E:¥濱田 太陽光発電関連¥NEDO 角度別 日射量¥角度別発電量結果.txt")
write(2,"(2a8,12(i9,a3),a12)") "方位角","傾斜角",(im,"月",im=1,12),"年間発電量"
do i=1,118
    read(1,*) dang,sang,(H(im),im=1,12)
    Ep1=0.0
    do im=1,12
        Ep2(im)=H(im)*K(im)*P*real(days(im))
        Ep1=Ep1+Ep2(im)
    end do
    write(2,"(2i8,13f12.3)")dang,sang,(Ep2(im),im=1,12),Ep1
end do
close(2)
close(1)
end

```

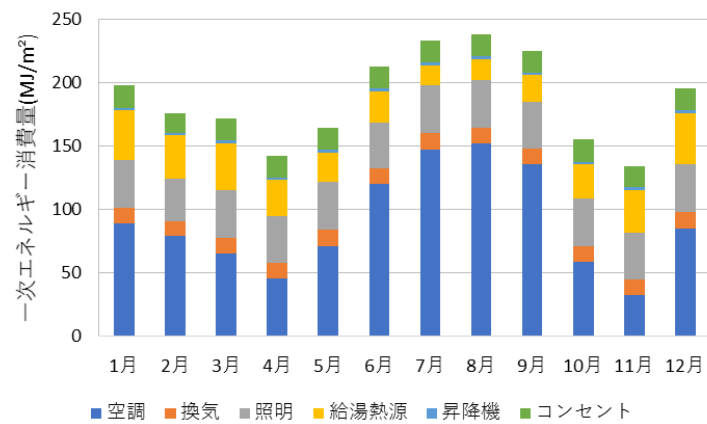
- ・吸収式冷温水発生機（ガス）、給湯ボイラー（ガス）
- ・東京



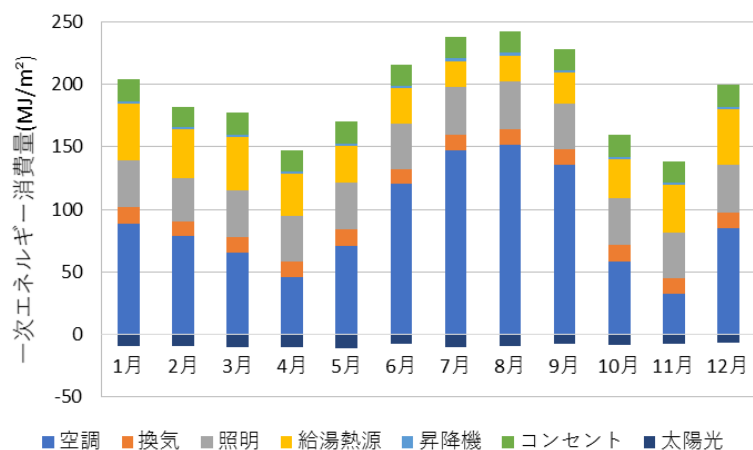
付録 5.1 月別一次エネルギー詳細消費量 (設置なし)



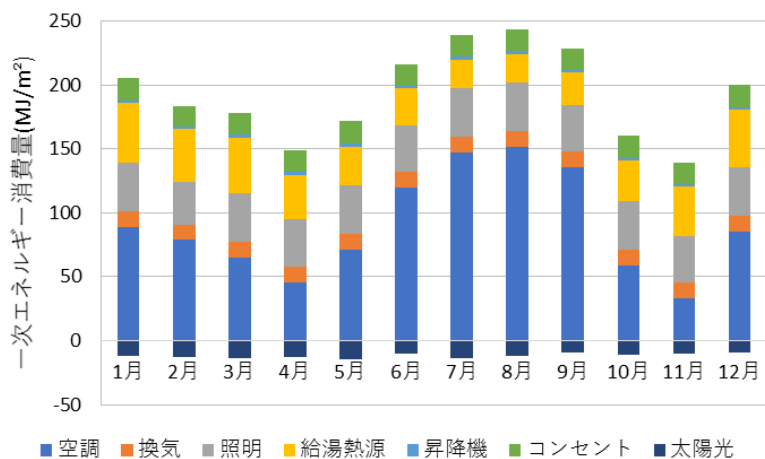
付録 5.2 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV only)



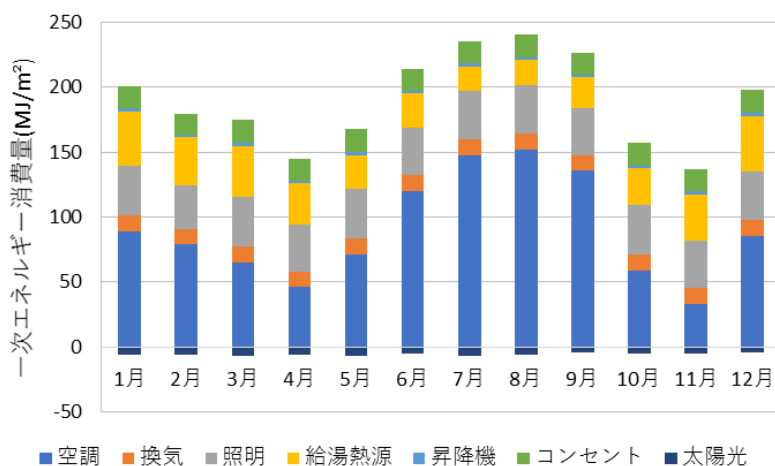
付録 5.3 月別一次エネルギー詳細消費量 (SWH only)



付録 5.4 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 1)

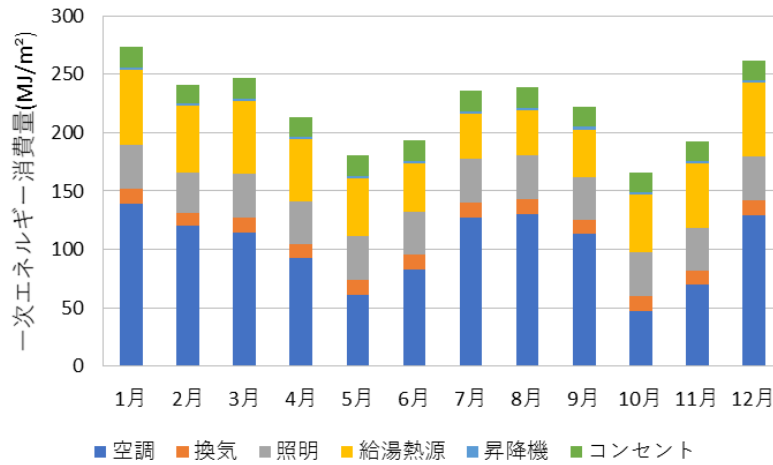


付録 5.5 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 2 対 1)

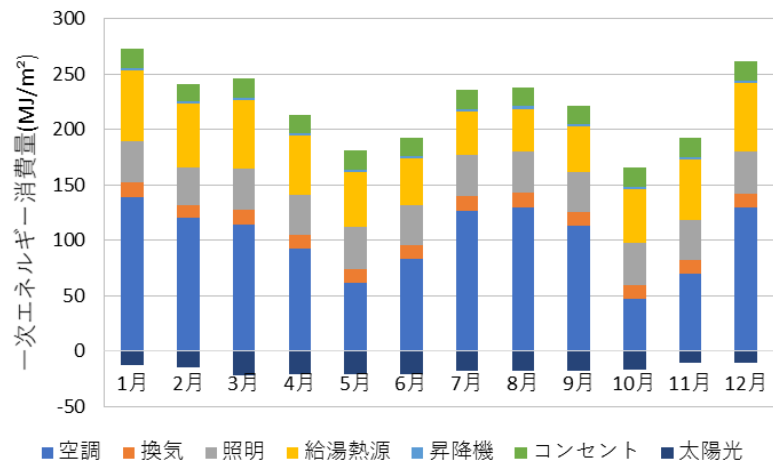


付録 5.6 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 2)

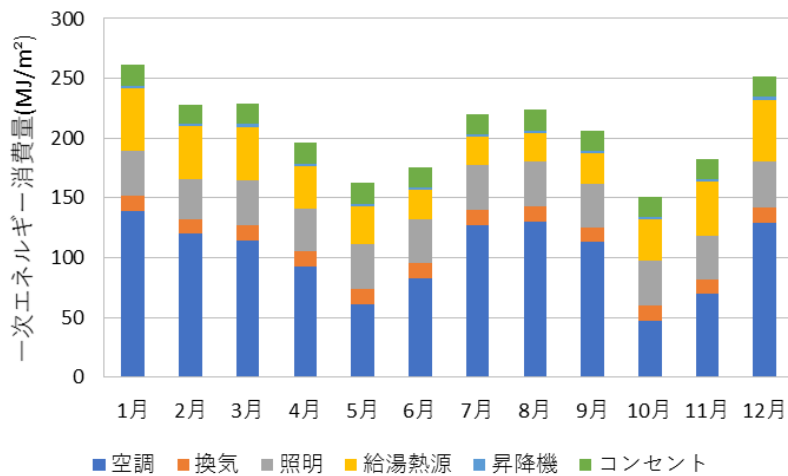
・札幌



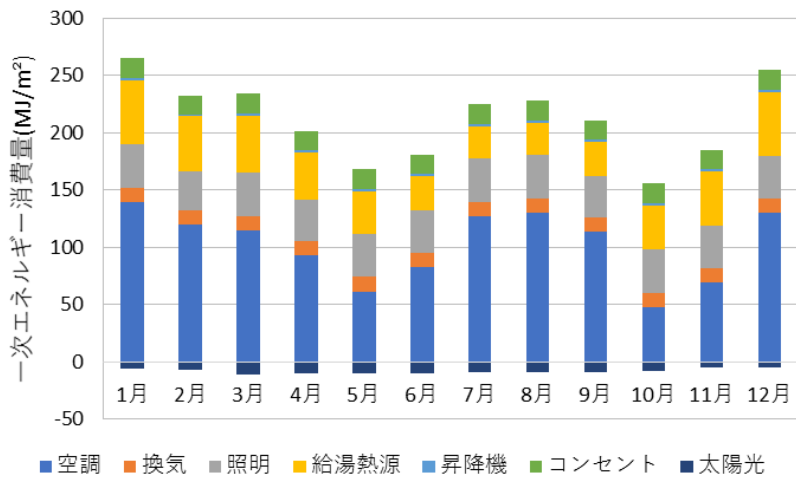
付録 5.7 月別一次エネルギー詳細消費量（設置なし）



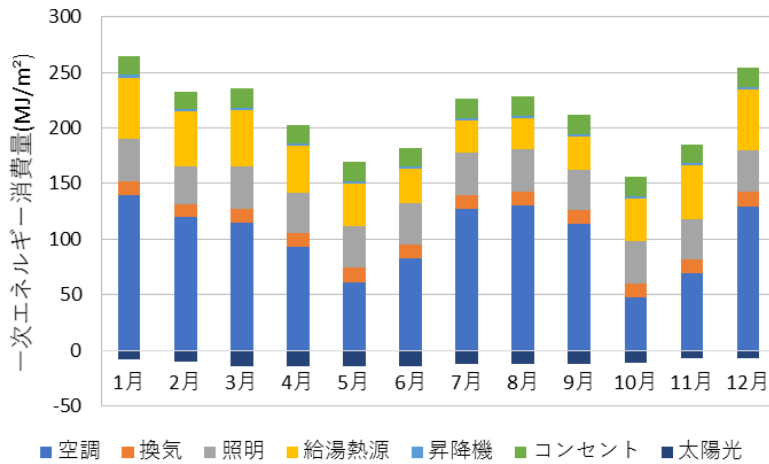
付録 5.8 月別一次エネルギー詳細消費量（PV only）



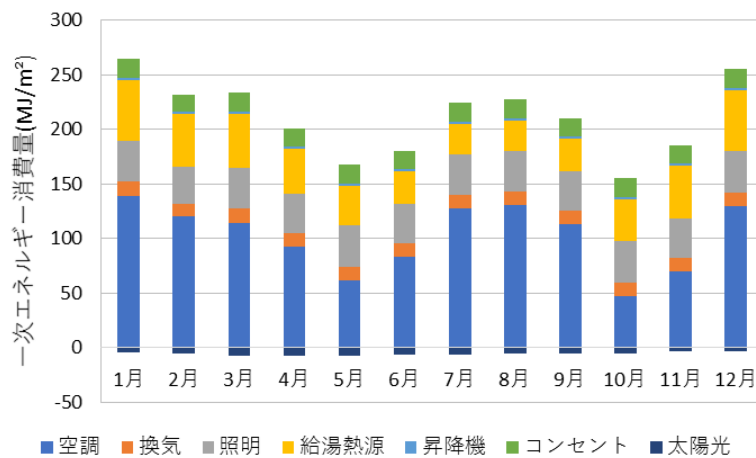
付録 5.9 月別一次エネルギー詳細消費量（SWH only）



付録 5.10 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 1)

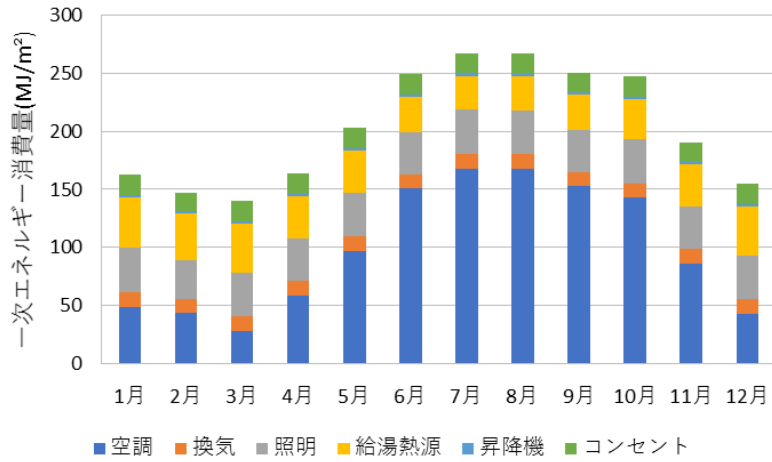


付録 5.11 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 2 対 1)

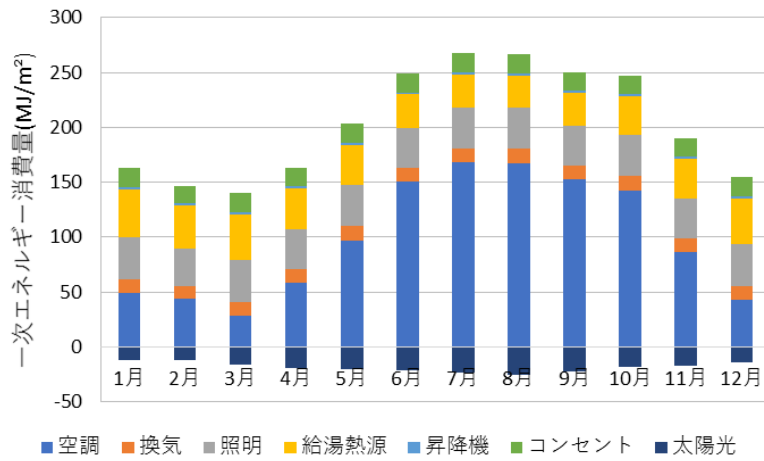


付録 5.12 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 2)

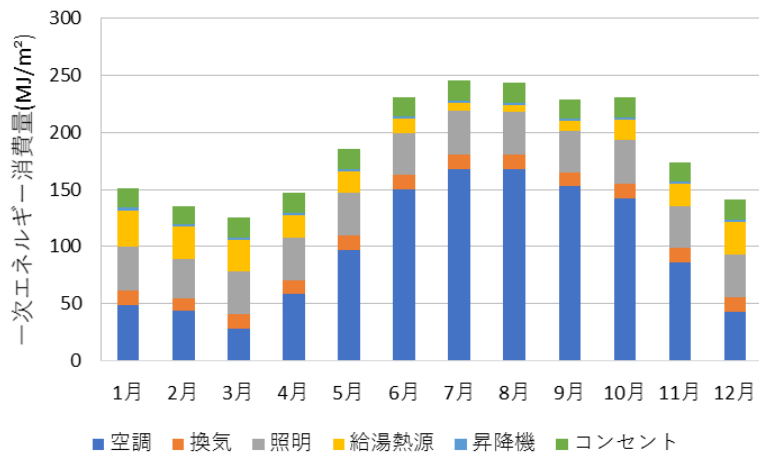
・那覇



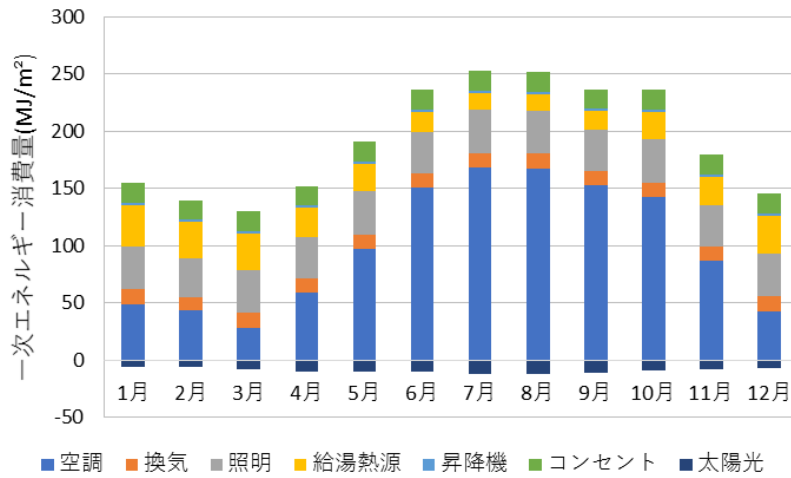
付録 5.13 月別一次エネルギー詳細消費量 (設置無し)



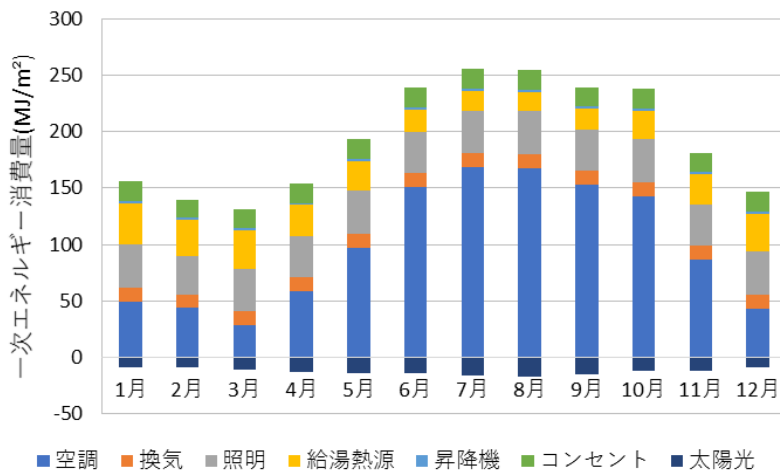
付録 5.14 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV only)



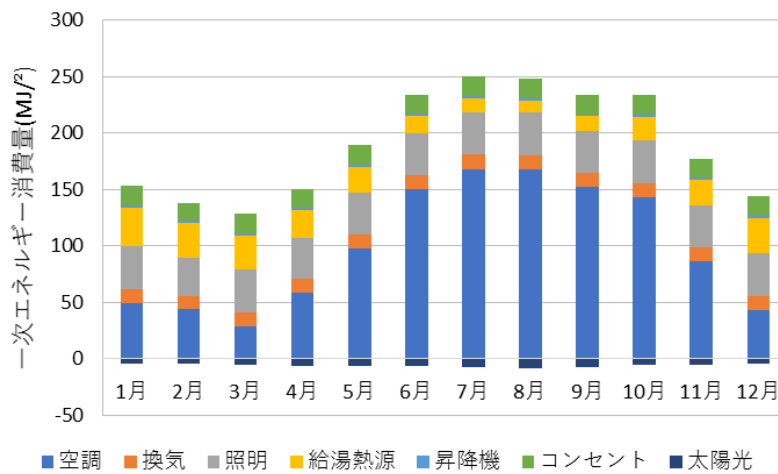
付録 5.15 月別一次エネルギー詳細消費量 (SWH only)



付録 5.16 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 1)

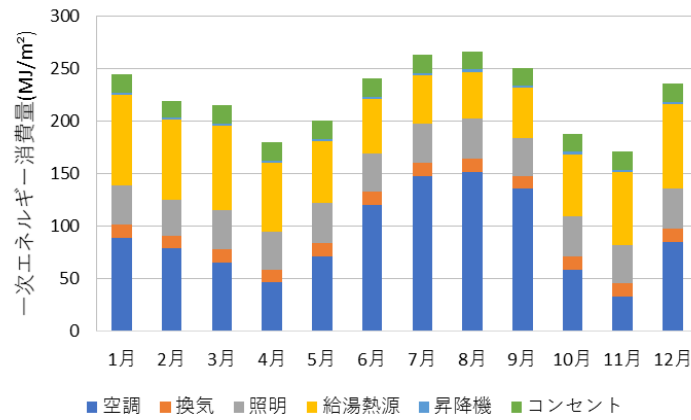


付録 5.17 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 2 対 1)

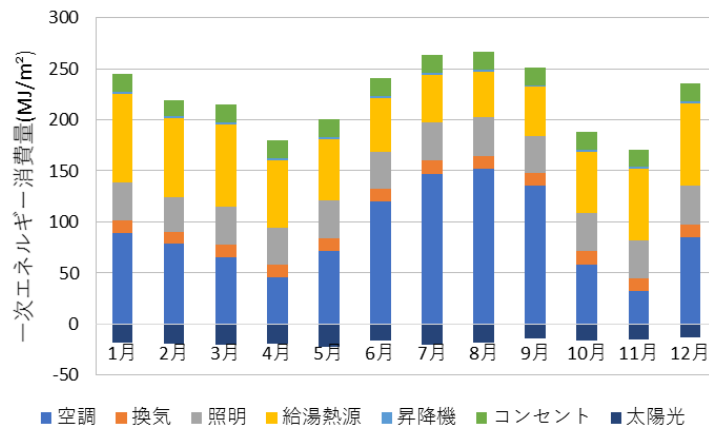


付録 5.18 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 2)

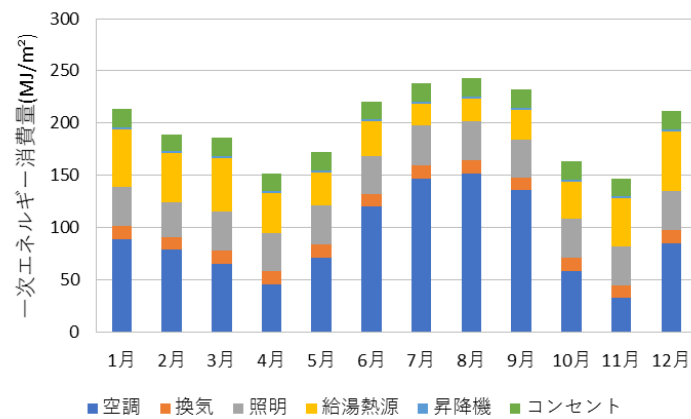
- ・吸収式冷温水発生機（ガス）、電気温水器（電気）
- ・東京



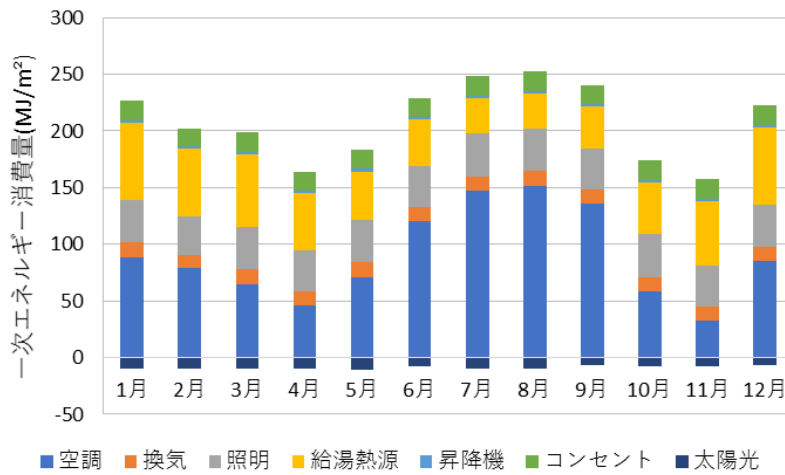
付録 6.1 月別一次エネルギー詳細消費量 (設置無し)



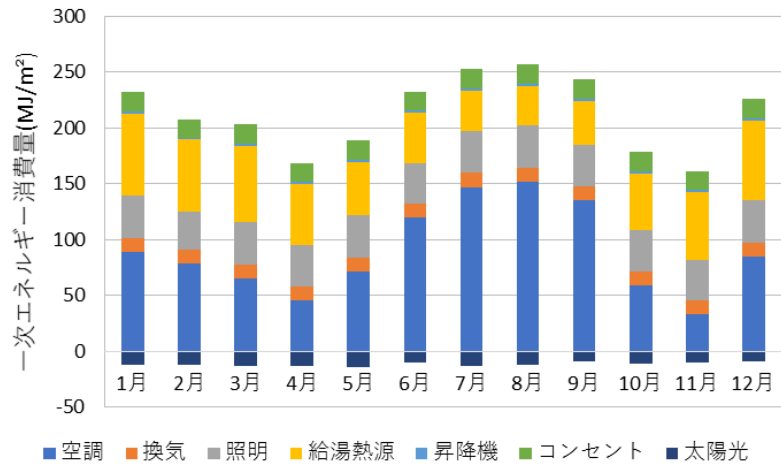
付録 6.2 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV only)



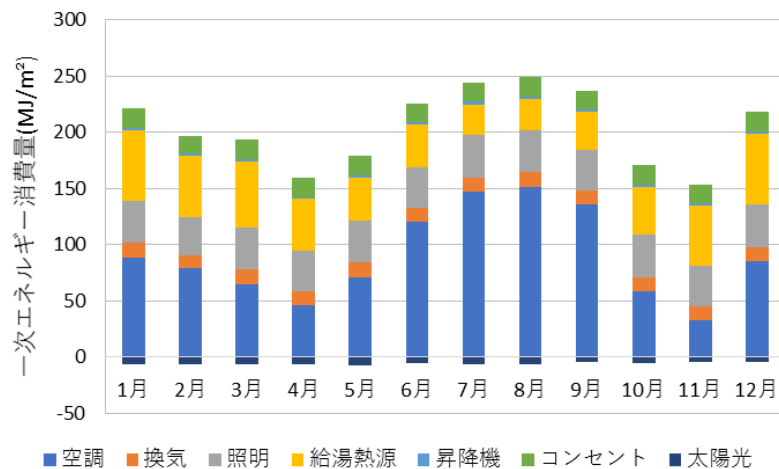
付録 6.3 月別一次エネルギー詳細消費量 (SWH only)



付録 6.4 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 1)

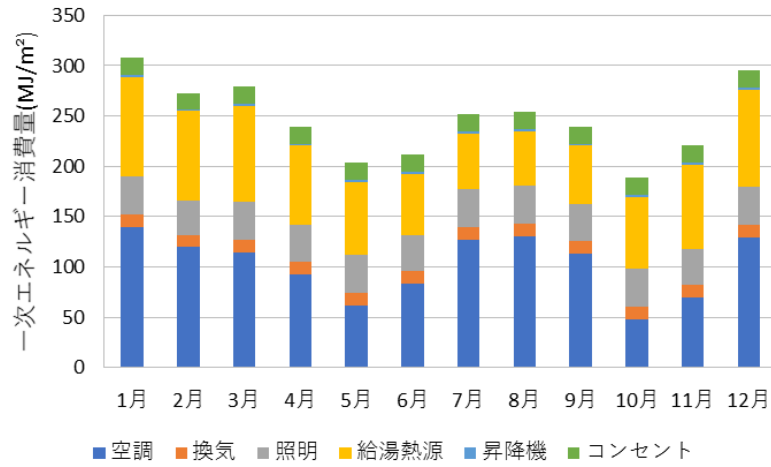


付録 6.5 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 2 対 1)

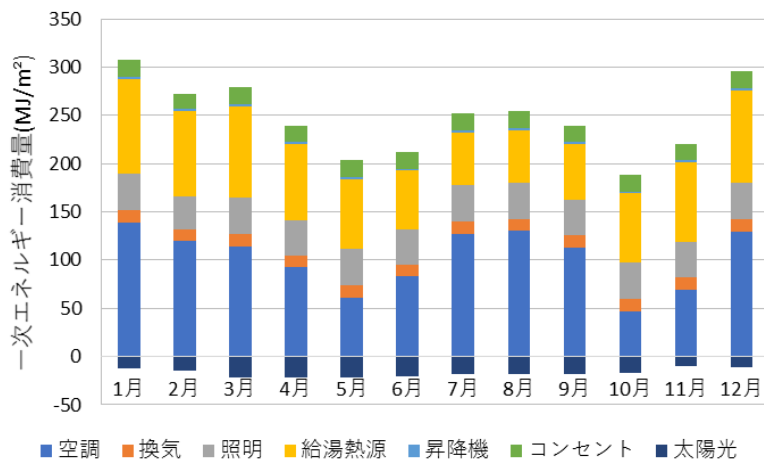


付録 6.6 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 2)

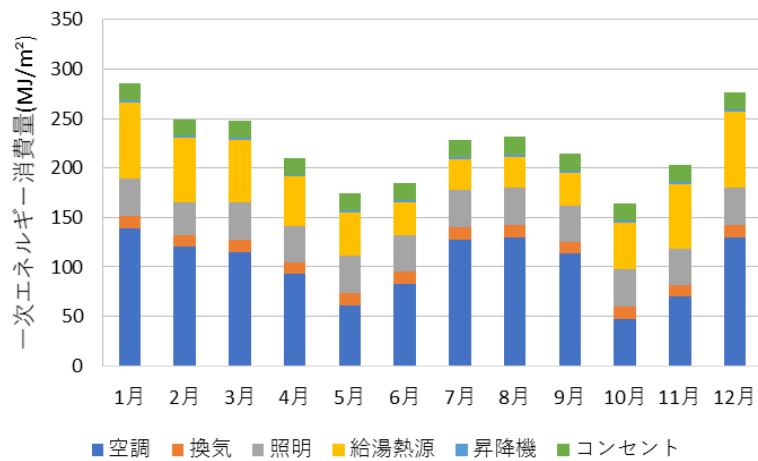
・札幌



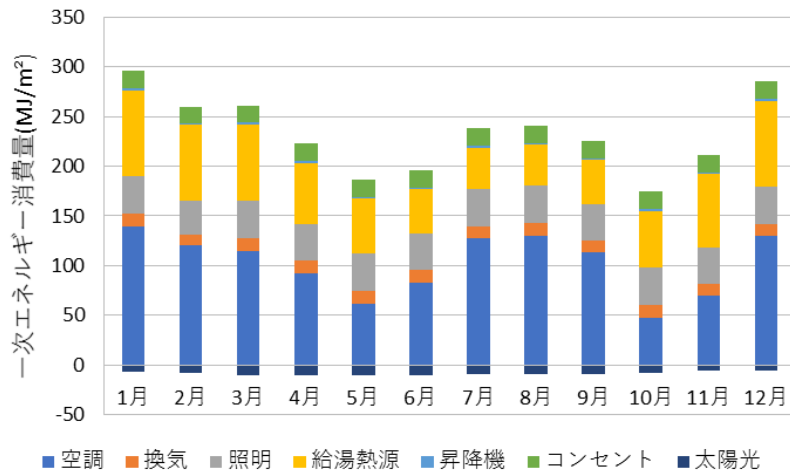
付録 6.7 月別一次エネルギー詳細消費量 (設置無し)



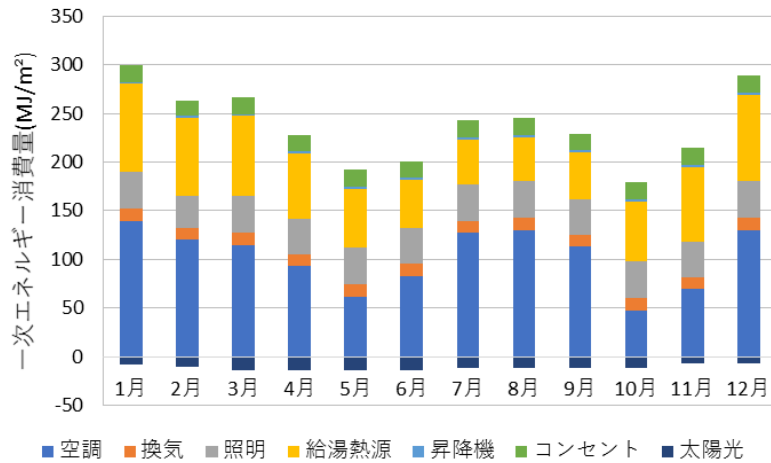
付録 6.8 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV only)



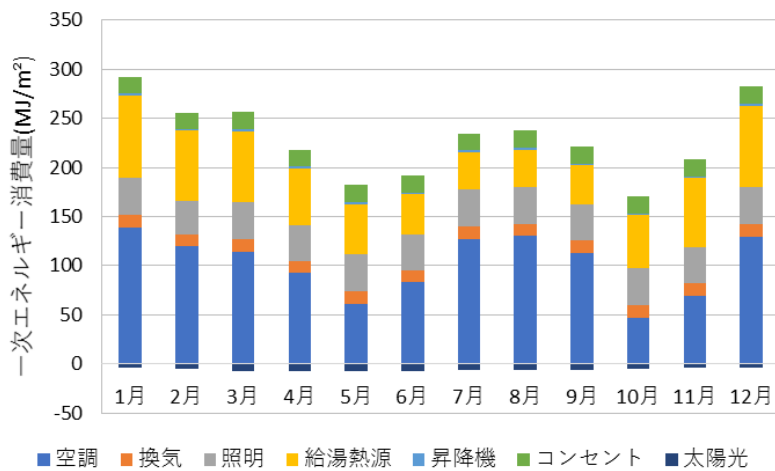
付録 6.9 月別一次エネルギー詳細消費量 (SWH only)



付録 6.10 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 1)

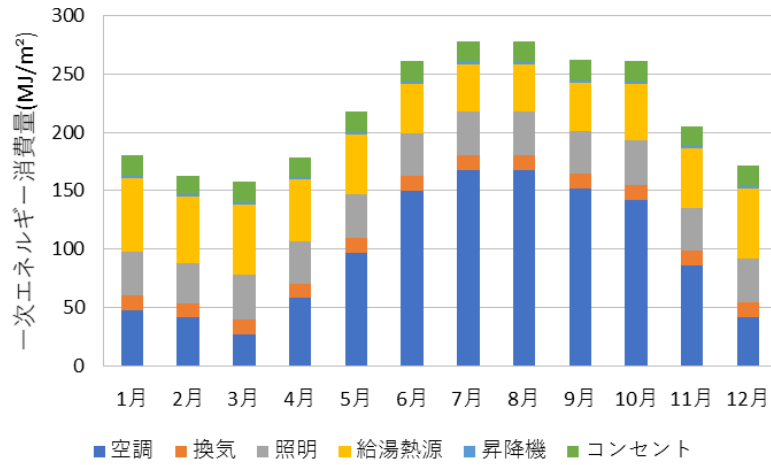


付録 6.11 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 2 対 1)

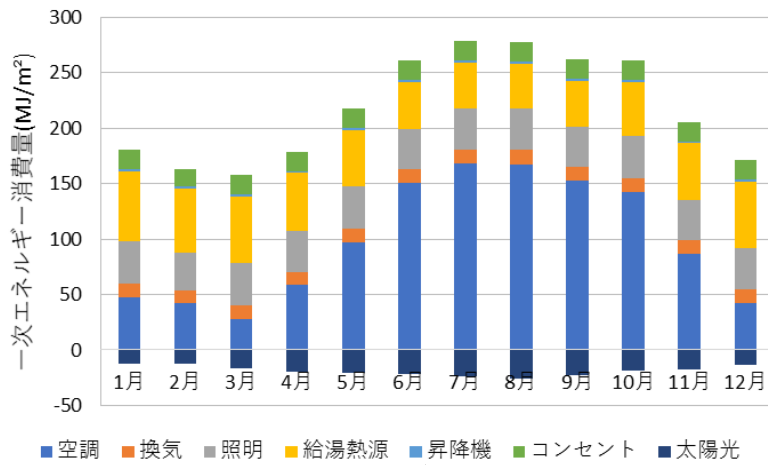


付録 6.12 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 2)

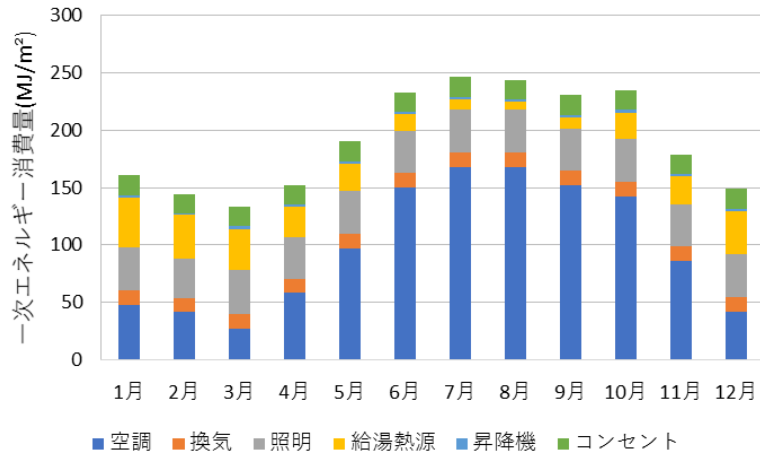
・那覇



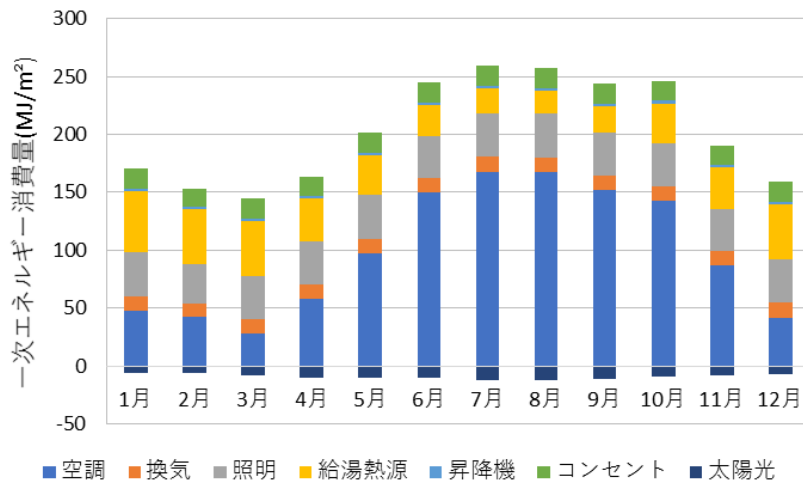
付録 6.13 月別一次エネルギー詳細消費量 (設置なし)



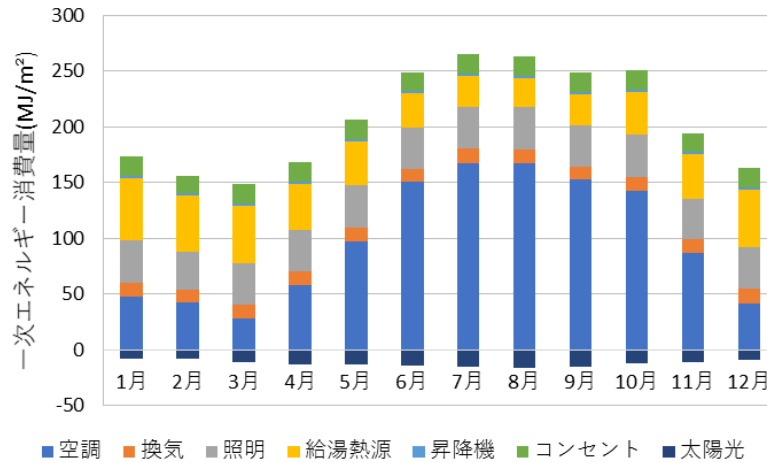
付録 6.14 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV only)



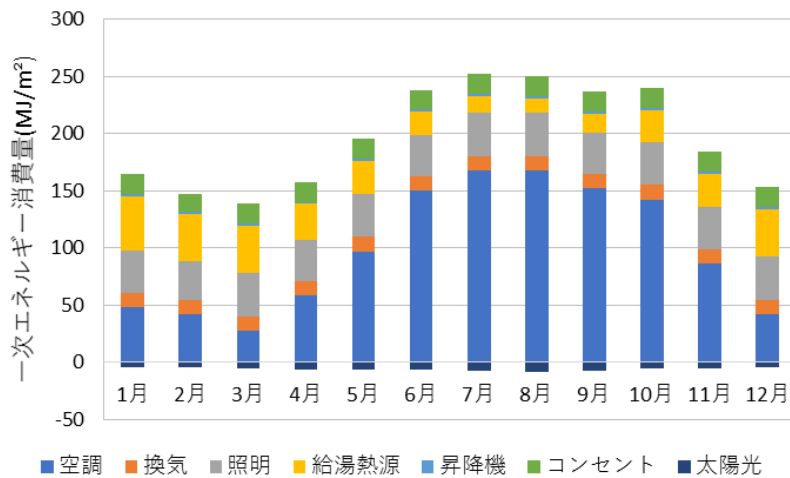
付録 6.15 月別一次エネルギー詳細消費量 (SWH only)



付録 6.16 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 1)

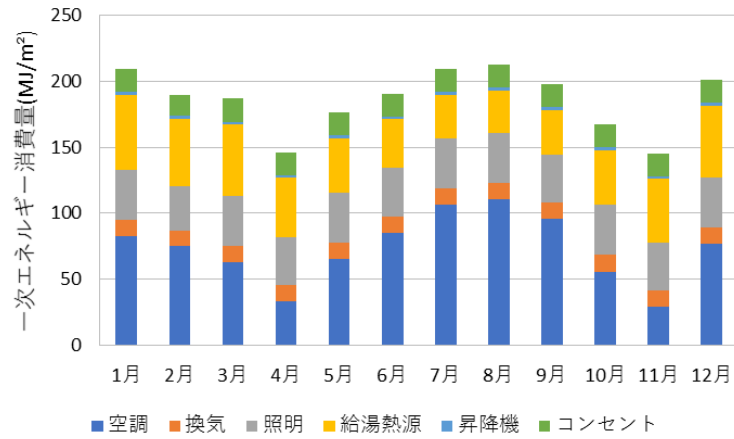


付録 6.17 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 2 対 1)

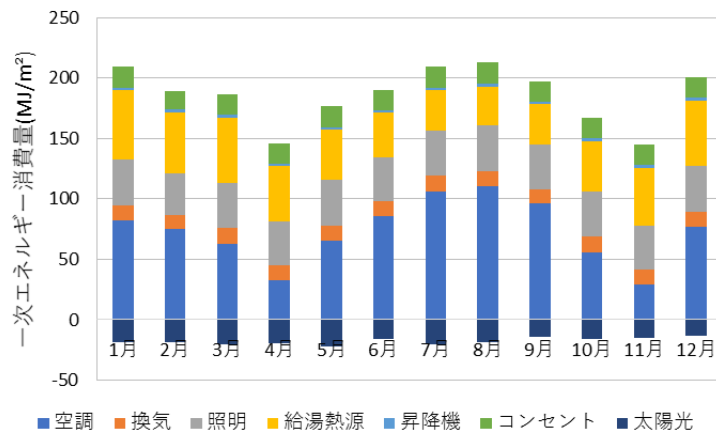


付録 6.18 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 2)

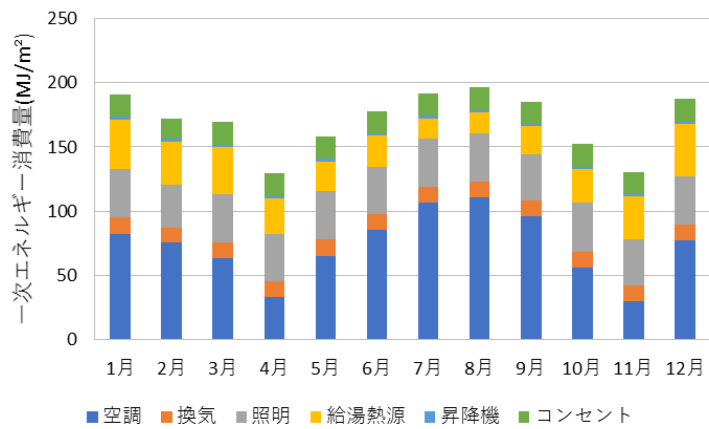
- ・空冷HP（電気）、給湯ボイラー（ガス）
- ・東京



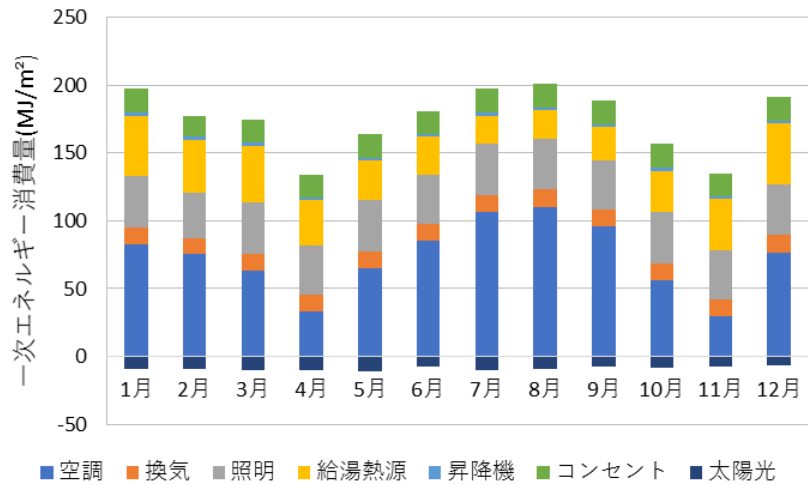
付録 7.1 月別一次エネルギー詳細消費量 (設置なし)



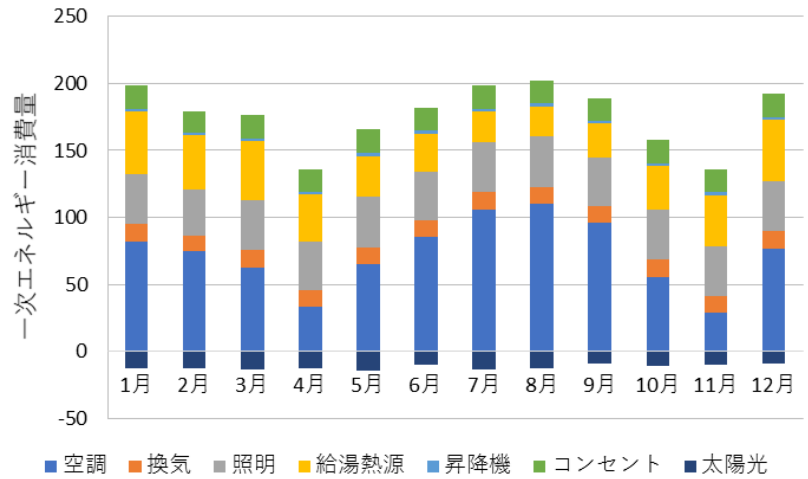
付録 7.2 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV only)



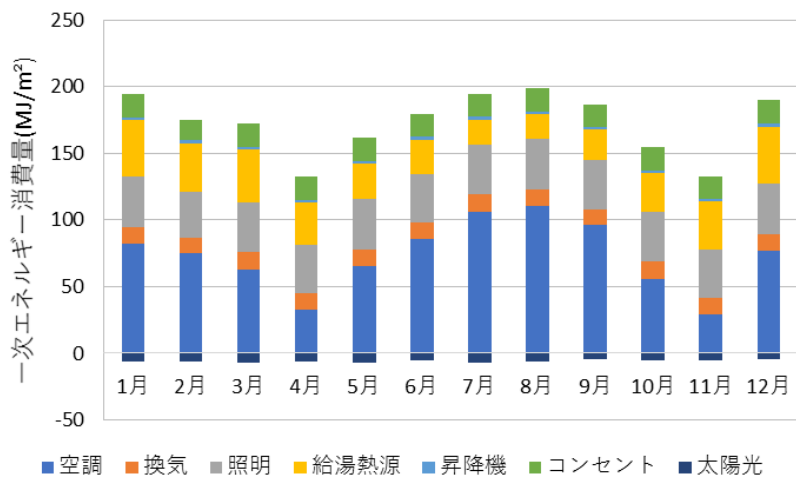
付録 7.3 月別一次エネルギー詳細消費量 (SWH only)



付録 7.4 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 1)

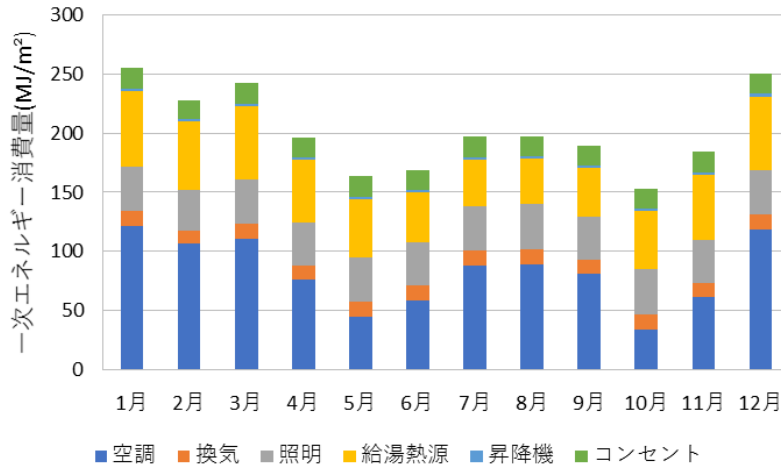


付録 7.5 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 2 対 1)

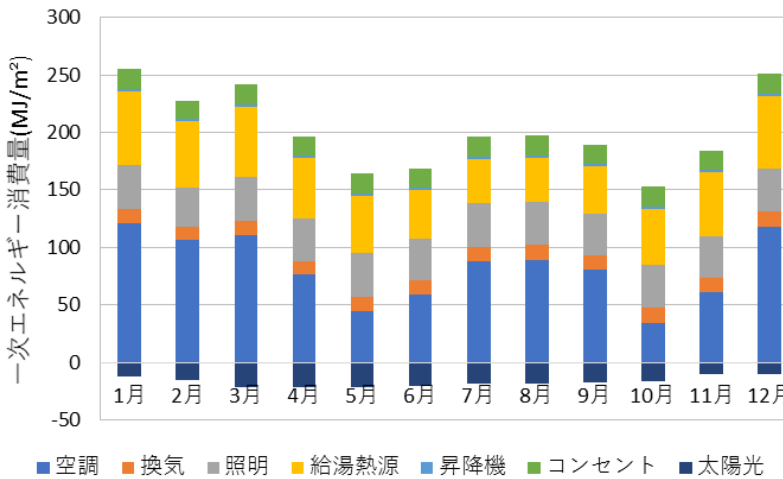


付録 7.6 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 2)

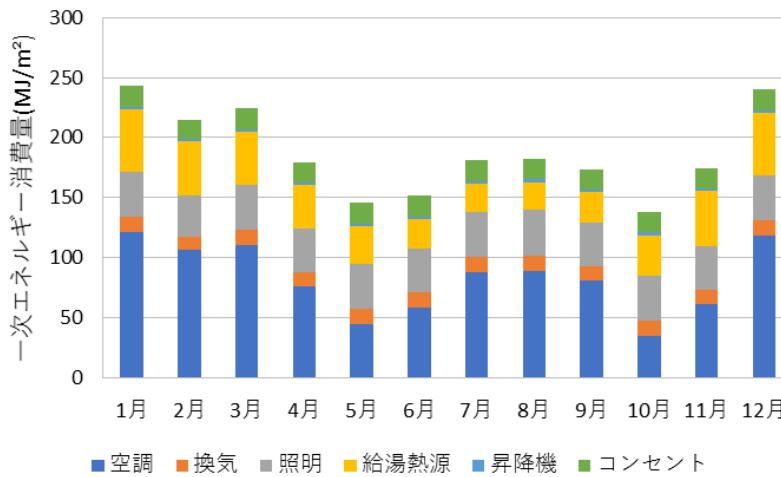
・札幌



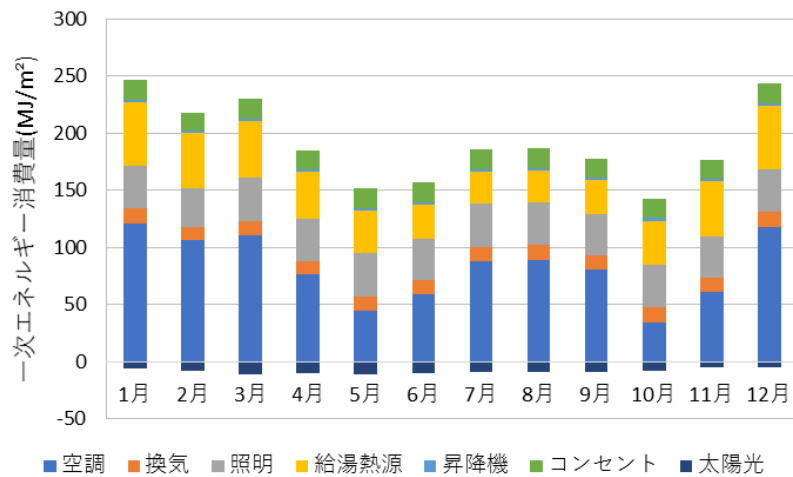
付録 7.7 月別一次エネルギー詳細消費量 (設置なし)



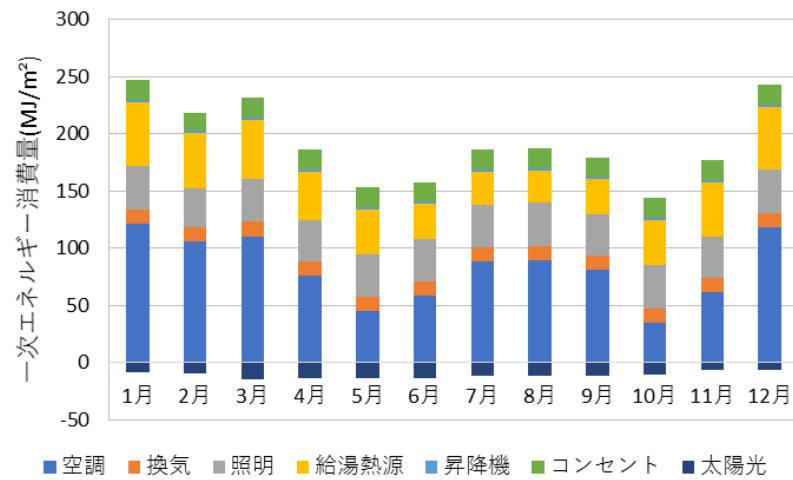
付録 7.8 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV only)



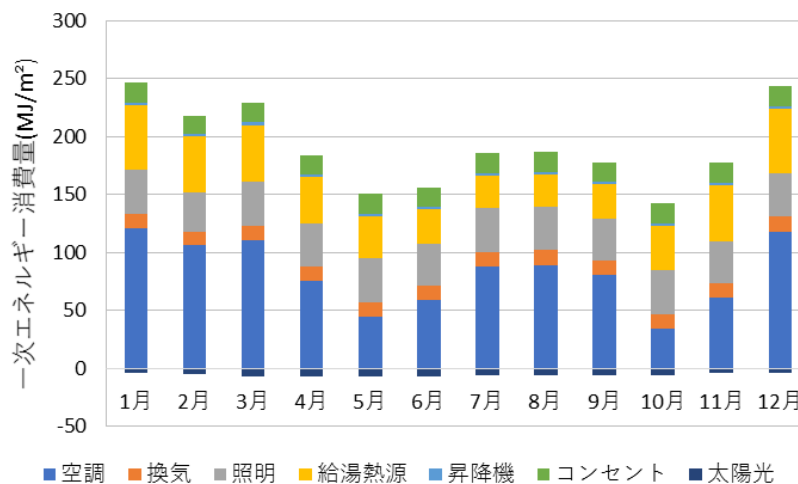
付録 7.9 月別一次エネルギー詳細消費量 (SWH only)



付録 7.10 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 1)

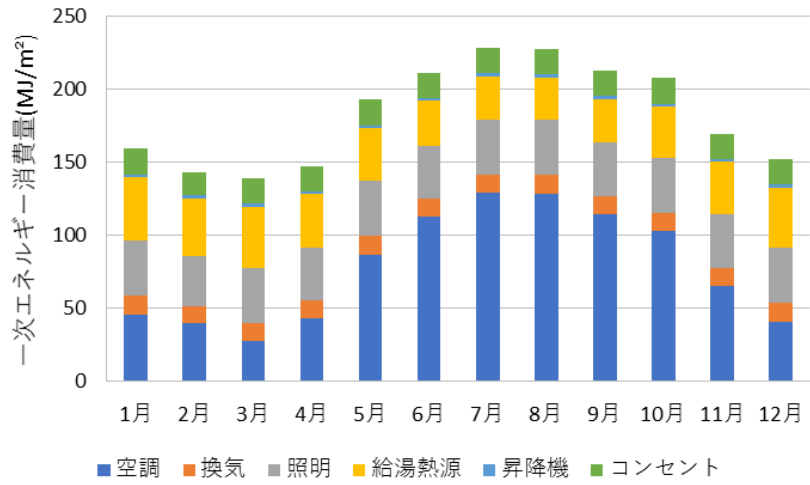


付録 7.11 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 2 対 1)

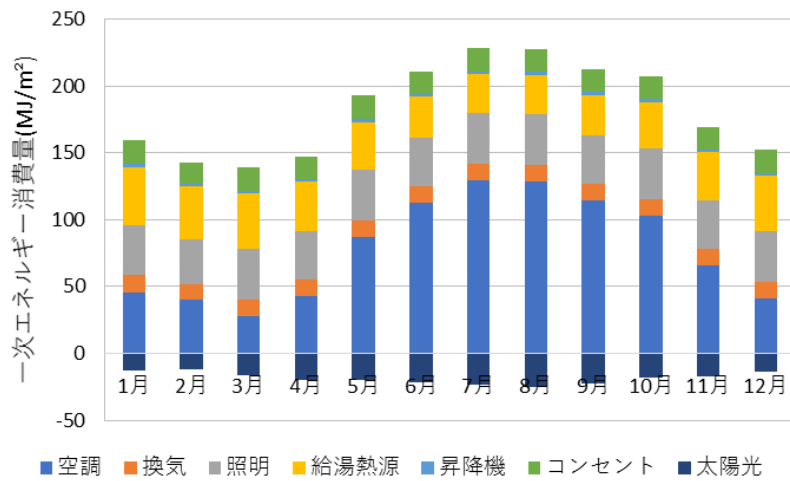


付録 7.12 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 2)

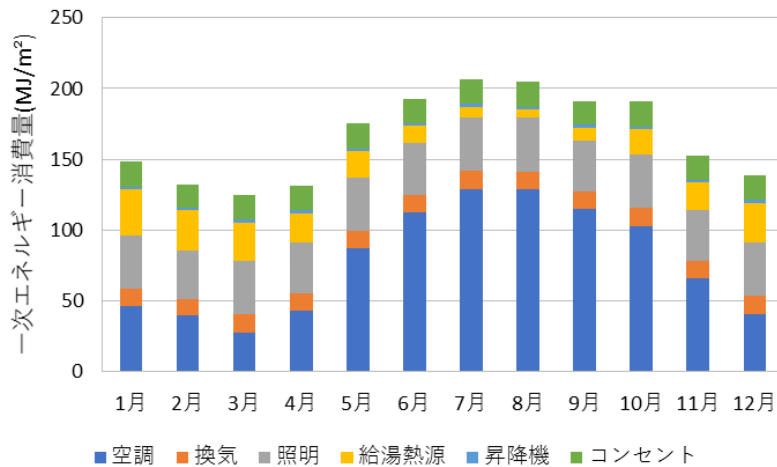
・那覇



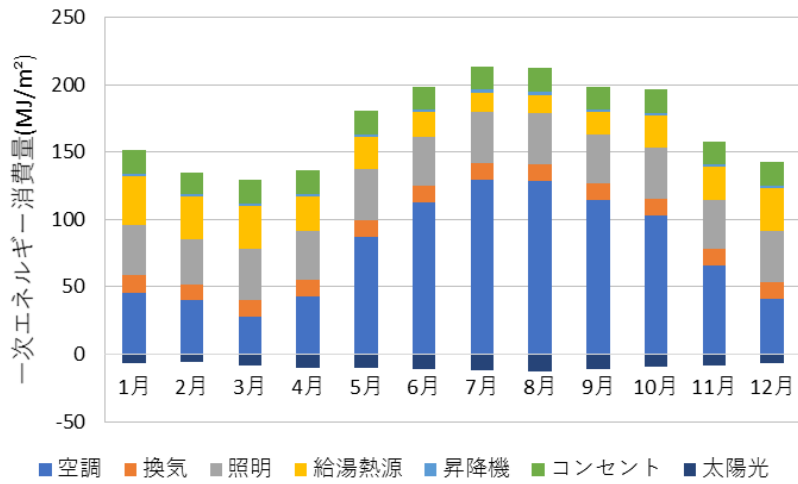
付録 7.13 月別一次エネルギー詳細消費量 (設置なし)



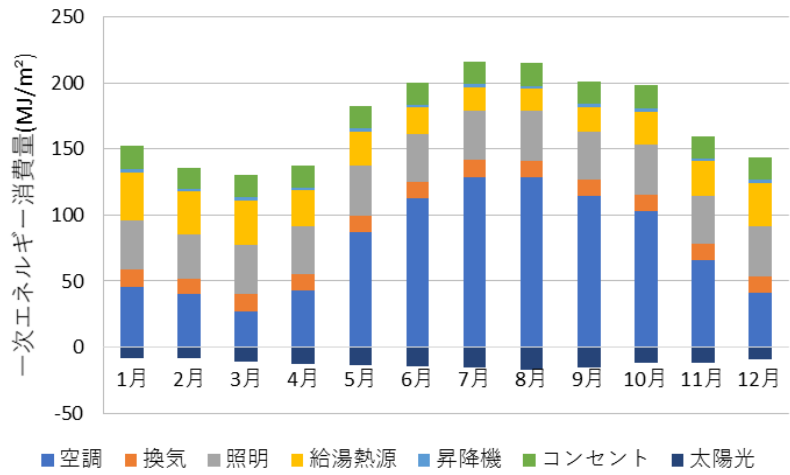
付録 7.14 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV only)



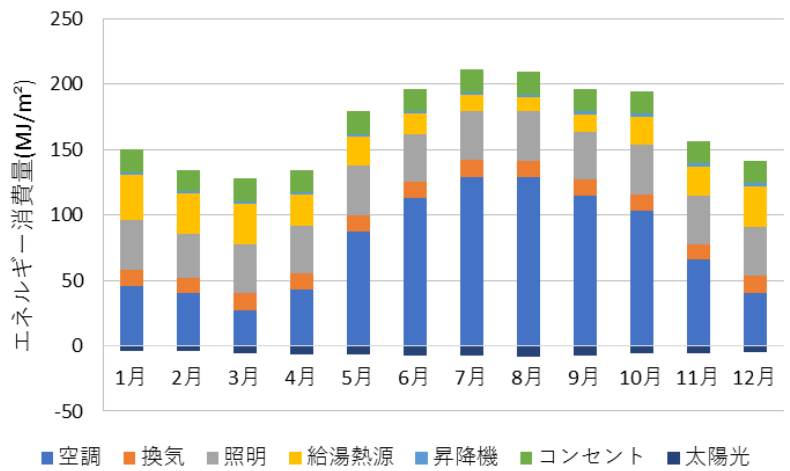
付録 7.15 月別一次エネルギー詳細消費量 (SWH only)



付録 7.16 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 1)

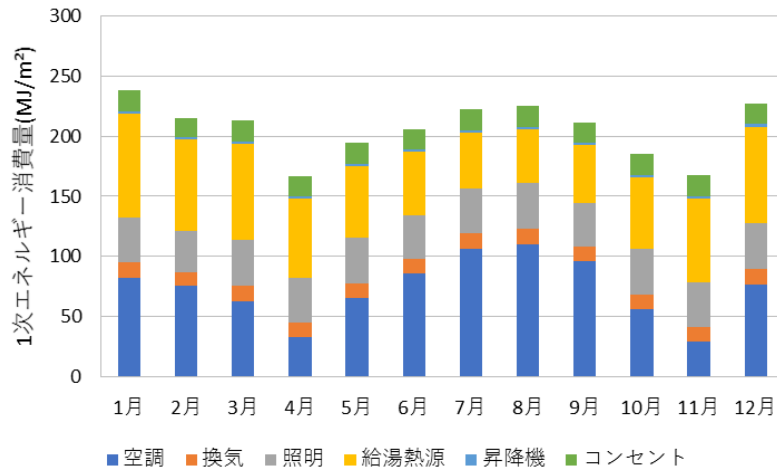


付録 7.17 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 2 対 1)

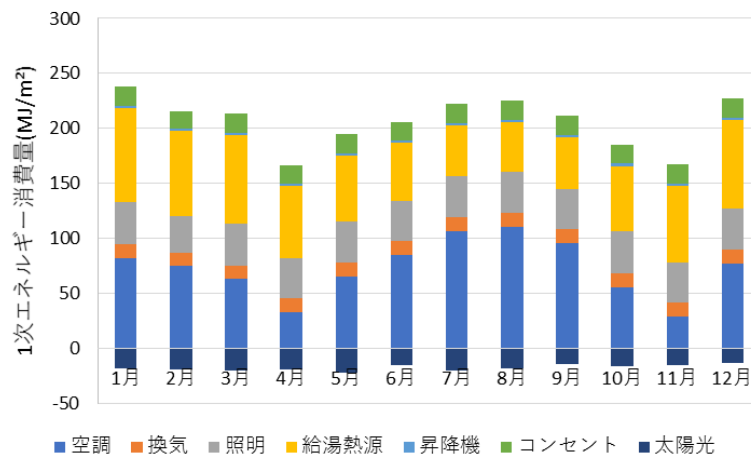


付録 7.18 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 2)

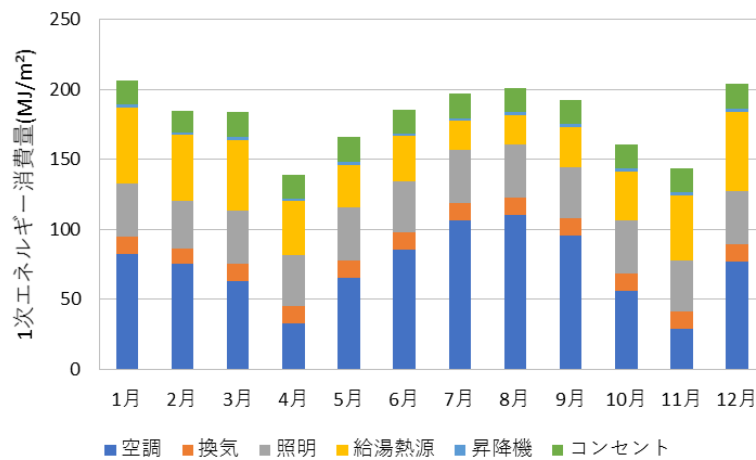
- ・空冷 HP（電気）、電気温水器（電気）
- ・東京



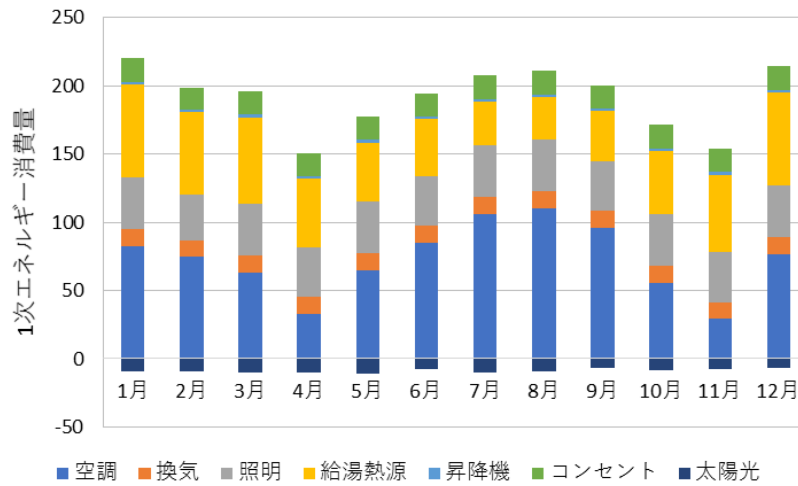
付録 8.1 月別一次エネルギー詳細消費量 (設置なし)



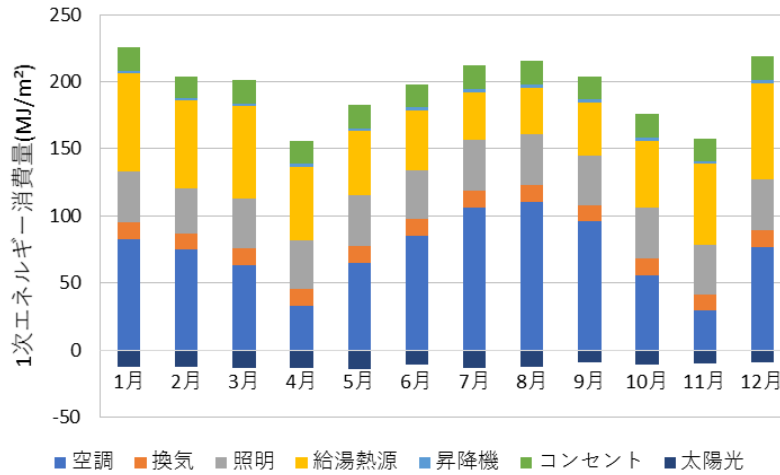
付録 8.2 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV only)



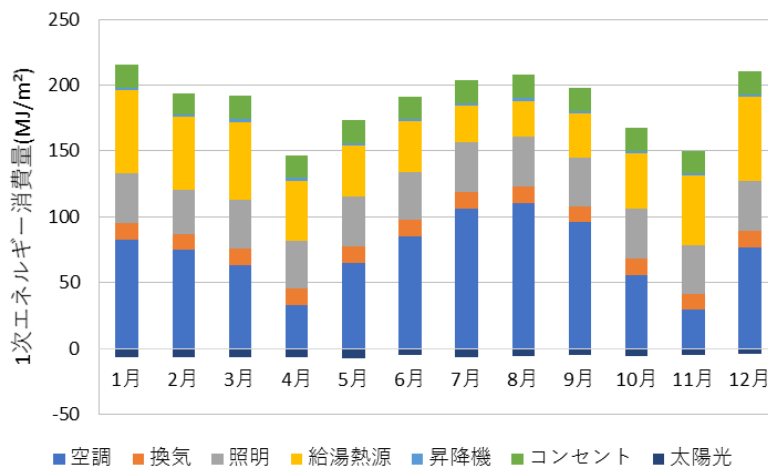
付録 8.3 月別一次エネルギー詳細消費量 (SWH only)



付録 8.4 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 1)

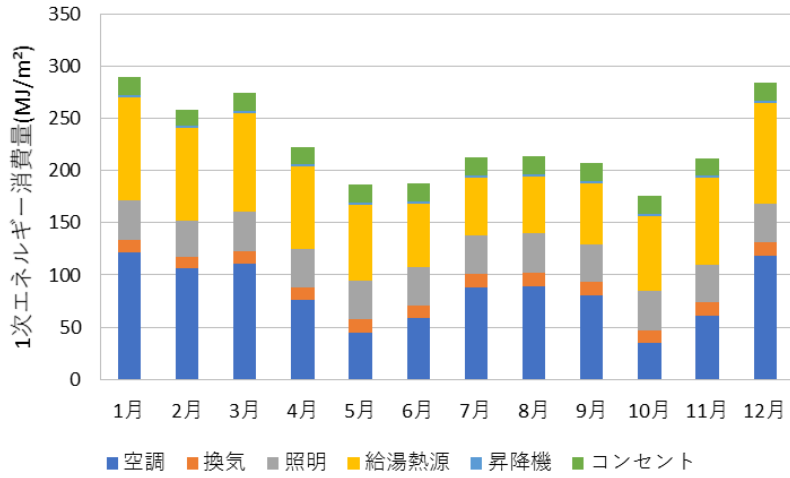


付録 8.5 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 2 対 1)

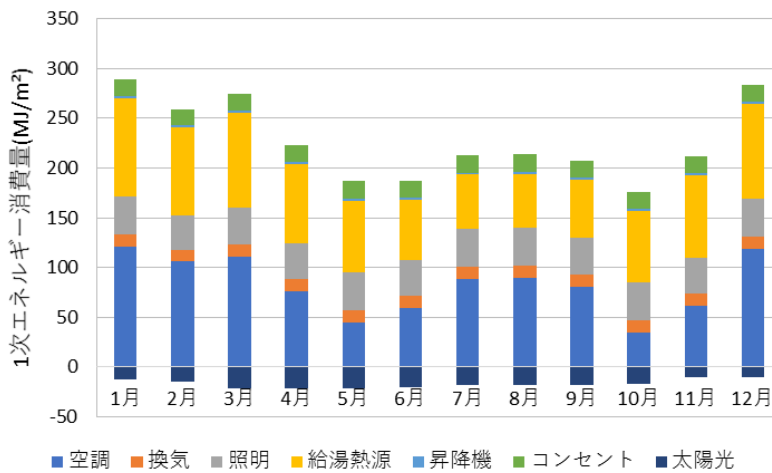


付録 8.6 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 2)

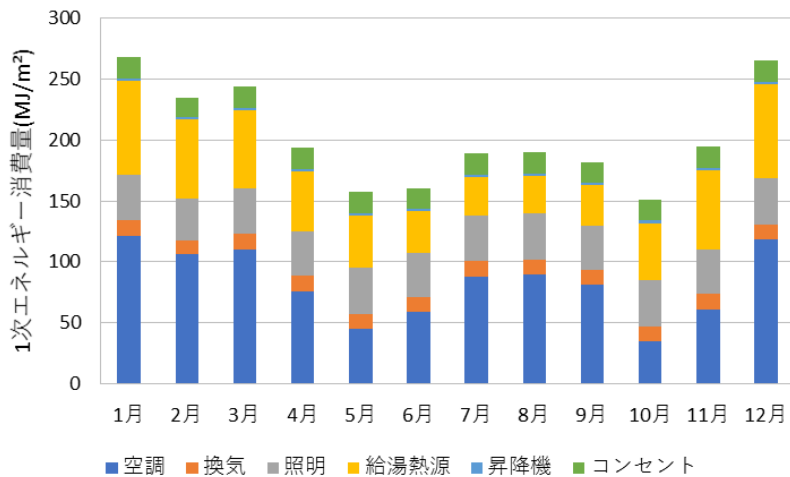
・札幌



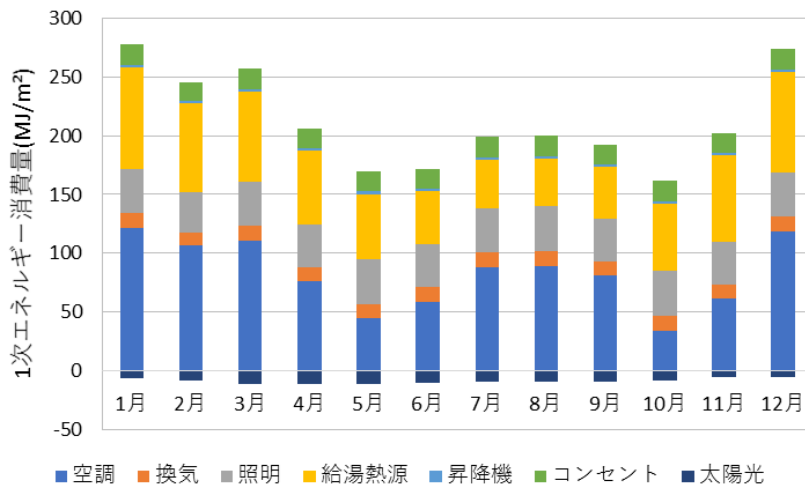
付録 8.7 月別一次エネルギー詳細消費量 (設置なし)



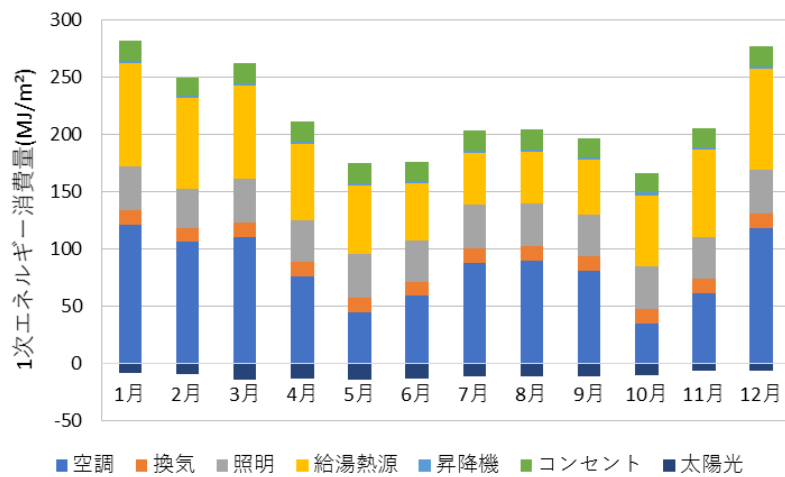
付録 8.8 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV only)



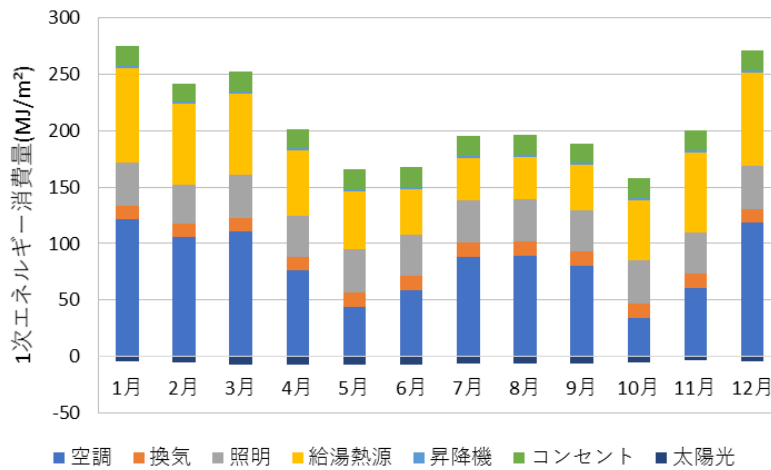
付録 8.9 月別一次エネルギー詳細消費量 (SWH only)



付録 8.10 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 1)

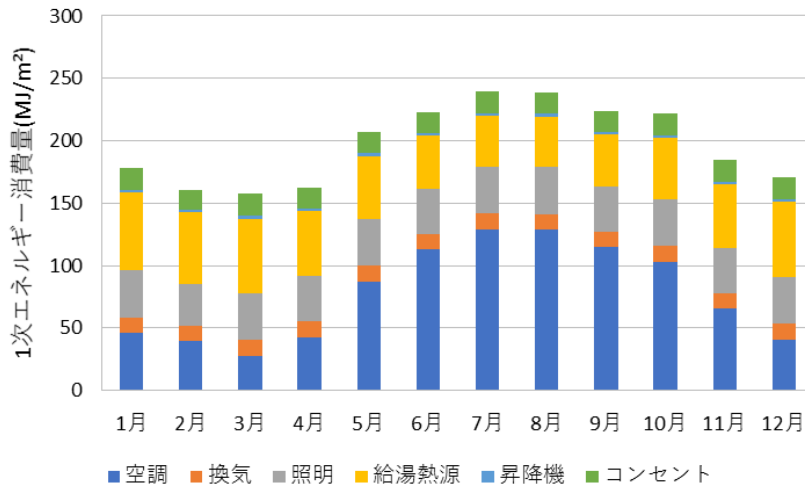


付録 8.11 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 2 対 1)

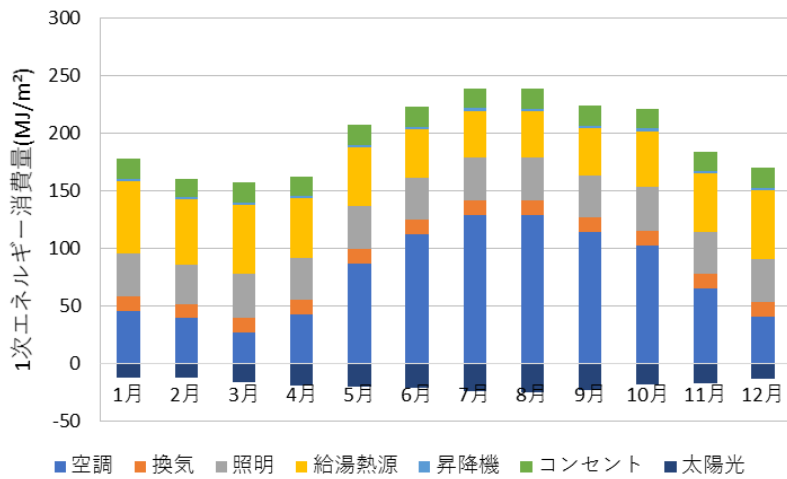


付録 8.12 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 2)

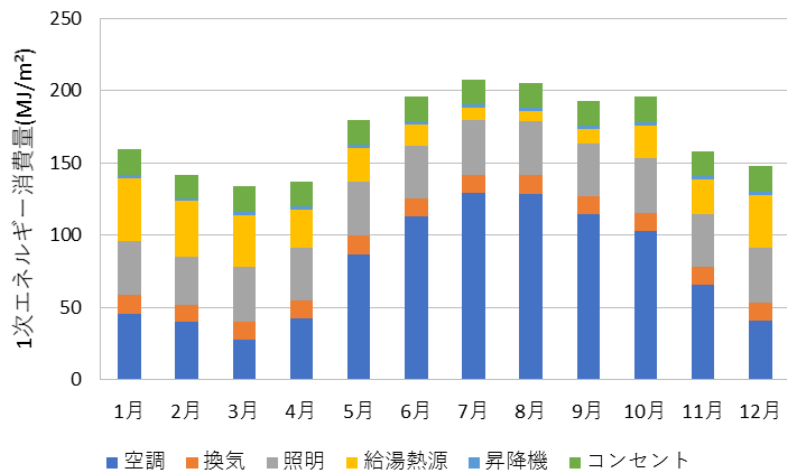
・那覇



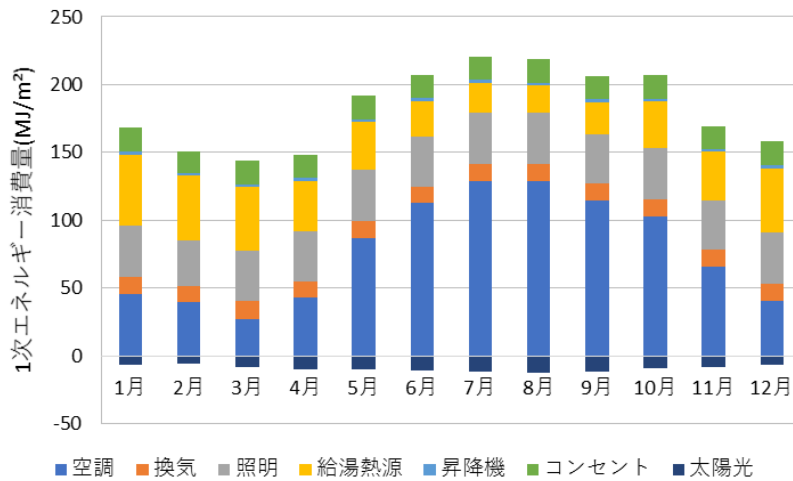
付録 8.13 月別一次エネルギー詳細消費量（設置なし）



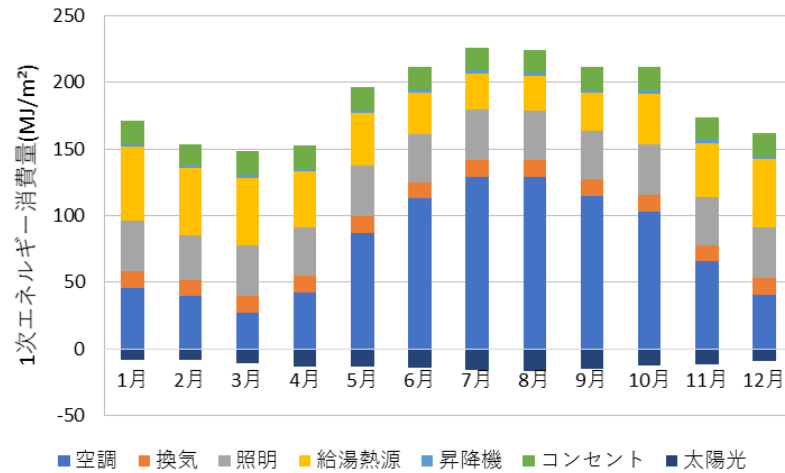
付録 8.14 月別一次エネルギー詳細消費量（PV only）



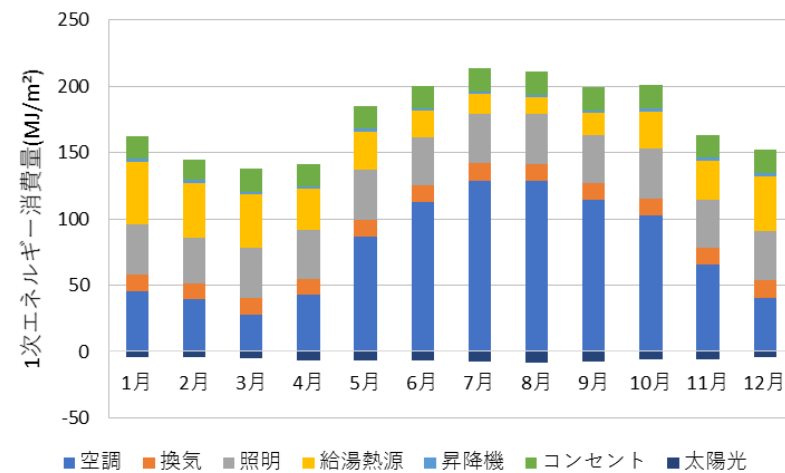
付録 8.15 月別一次エネルギー詳細消費量（SWH only）



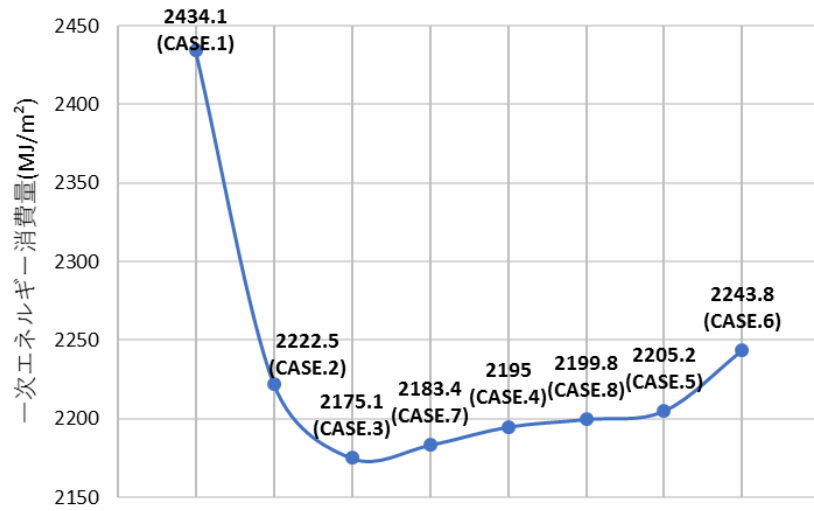
付録 8.16 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 1)



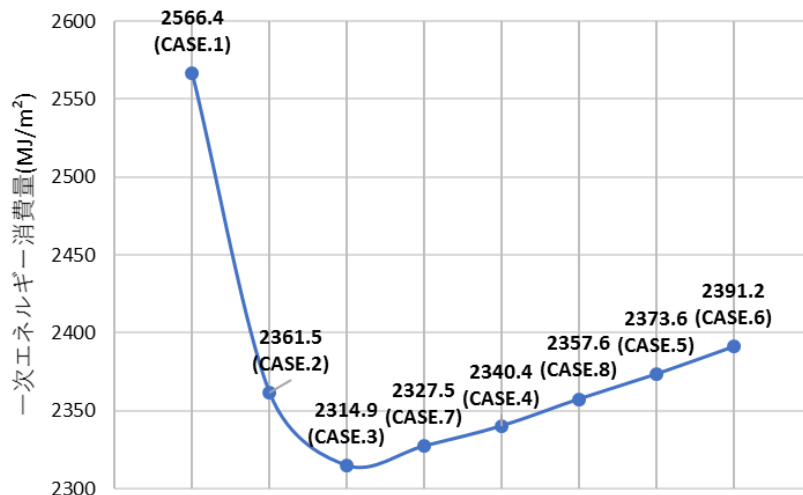
付録 8.17 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 2 対 1)



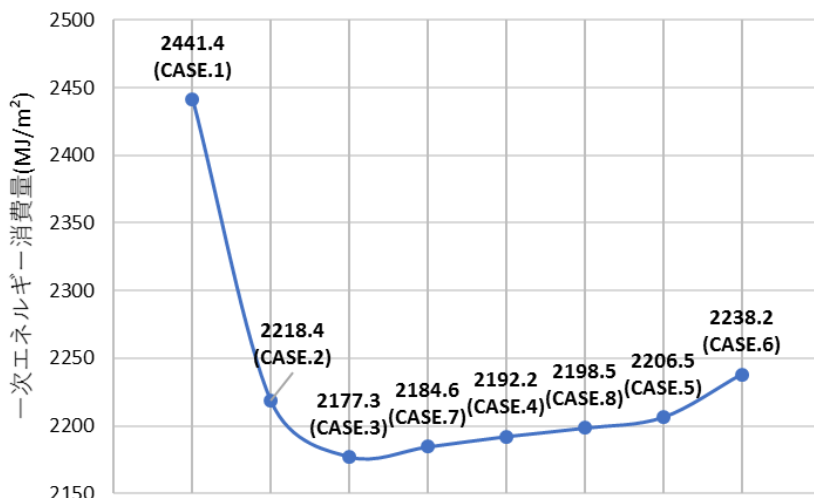
付録 8.18 月別一次エネルギー詳細消費量 (PV 対 SWH 1 対 2)



付録 9.1 年間一次エネルギー消費量 2 次関数表示 (東京)



付録 9.2 年間一次エネルギー消費量 2 次関数表示 (札幌)



付録 9.3 年間一次エネルギー消費量 2 次関数表示 (那覇)