

TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo

University of Marine Science and Technology

(東京海洋大学)

ZEB建築物における空調熱源システムの性能特性に関する研究

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: 尾見, 百合夏 メールアドレス: 所属:
URL	https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/1595

修士学位論文

ZEB 建築物における空調熱源システムの
性能特性に関する研究

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

尾見 百合夏

第1章	緒論	- 1 -
1.1	研究背景	- 1 -
1.1.1	温暖化の現状	- 1 -
1.1.2	日本のエネルギー消費動向と政策	- 3 -
1.1.2.1	日本のエネルギー消費動向	- 3 -
1.1.2.2	日本のエネルギー政策	- 5 -
1.1.3	日本における ZEB 化の動向	- 6 -
1.1.4	ZEB 実証事業の現状	- 8 -
1.1.5	ZEB 化の手法	- 10 -
1.1.6	海外における ZEB 化の動向	- 11 -
1.2	本研究の目的と既往研究の状況	- 12 -
1.2.1	本研究の目的	- 12 -
1.2.2	既往研究の状況	- 12 -
第2章	建築物モデルの概要	- 14 -
2.1	シミュレーションツールの概要	- 14 -
2.2	モデル建築物の仕様	- 14 -
2.2.1	標準モデルの各パラメータ値	- 16 -
2.2.2	標準モデルの計算結果	- 25 -
2.2.2.1	各地域における GHP 熱源の月別一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー消費量(標準モデル)	- 25 -
2.2.2.2	各地域における EHP 熱源の月別一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー消費量(標準モデル)	- 27 -
2.2.3	省エネモデル作成のパラメータ入力値	- 29 -
2.2.4	省エネモデルの計算結果	- 32 -
2.2.4.1	各地域における GHP 熱源の月別一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー消費量(省エネモデル)	- 32 -
2.2.4.2	各地域における EHP 熱源の月別一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー消費量(省エネモデル)	- 34 -
2.2.5	省エネモデルの基準値	- 36 -
2.2.6	省エネモデル基準値の計算結果	- 43 -
第3章	シミュレーション結果と要因分析	- 46 -
3.1	省エネモデルの各段階 ZEB に要する空調能力	- 46 -
3.1.1	GHP 空調機とする各地域の ZEB 達成度	- 47 -
3.1.2	EHP 空調機熱源とする各地域の ZEB 達成度	- 54 -
3.2	ZEB ready 達成省エネモデルへの太陽光パネル導入	- 61 -
3.2.1	屋上のみに設置	- 63 -
3.2.2	屋上+建築物正面の壁面に設置	- 68 -
3.2.3	屋上+建築物壁面全体に設置	- 73 -

3.3	シミュレーション結果まとめ.....	- 78 -
第4章	総括	- 80 -
4.1	省エネモデルの各段階 ZEB に要した空調能力.....	- 80 -
4.1.1	GHP 熱源を使用する各地域の ZEB 達成度	- 80 -
4.1.2	EHP 熱源を使用する各地域の ZEB 達成度	- 80 -
4.2	ZEB ready 達成省エネモデルへの太陽光パネル導入効果	- 81 -
4.2.1	太陽光パネルを屋上のみに設置する場合.....	- 81 -
4.2.2	太陽光パネルを屋上+建築物正面の壁面に設置する場合.....	- 82 -
4.2.3	太陽光パネルを屋上+建築物壁面全体に設置する場合.....	- 82 -
4.3	今後の課題	- 83 -
	謝辞.....	- 84 -
	参考文献.....	- 85 -

第1章 緒論

1.1 研究背景

1.1.1 温暖化の現状

近年における地球温暖化問題は、進行が自明であり、人類にとって最も解決を急がれる問題である。2013 年、気候変動に関する政府間パネル第 5 次報告書（IPCC）¹が示す気候システムの変化の影響を受けたとして挙げられるのは、温度、海面水位、南・北極端現象、炭素循環などの変化である。図 1.1 の地上気温のデータセットより、19 世紀後半以降、世界平均気温が上昇していることは確実である。1950 年以降の気温上昇傾向が 1950 年以前よりも大きく、人間活動による温室効果ガスの影響であると考えられる。概ね気温上昇の傾向にあるが、2000 年から 2012 年までの上昇率は $+0.05^{\circ}\text{C} \sim -0.05^{\circ}\text{C}$ におさまっている。海面水温、海上気温においては地上気温と同様の傾向がみられる。

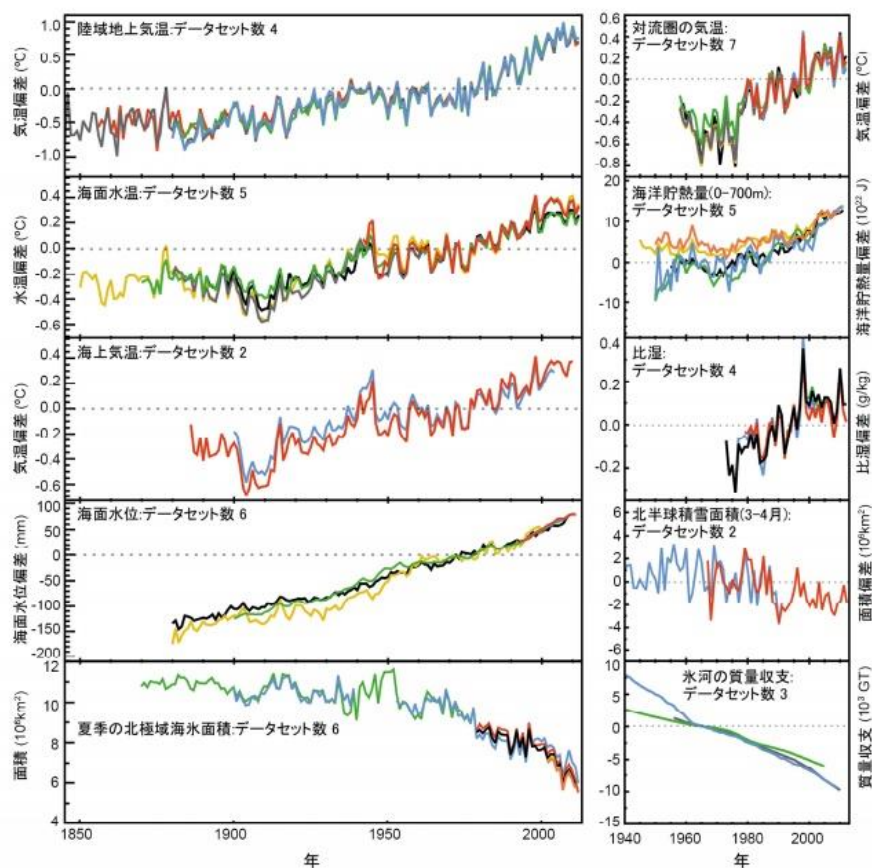


図 1.1 地上気温、海面水温、海上気温、海面水位、夏季の北極海表面積のデータセット

[出典：IPCC 第 5 次報告書]

図 1.2 より、化石燃料の燃焼やセメント生産による二酸化炭素排出量は 1950 年代から 2010 年までに $8.5(\text{PgC}/\text{年})$ 増加しており、人間の工業活動が大きな影響を及ぼしていると考えられる。また、土地利用の変化(主に森林減少)により、 $280(\text{PgC})$ が排出され、特に 20002 年から 2011 年にかけての土地利用の変化による排出は熱帯の森林減少によるものが大部分を占めている。化

石燃料とセメントと異なり、2001 年から 2011 年の十年間にかけての森林損失は 1990 年代よりも少なく、排出量は減少した可能性がある。

以上のことから、人間活動が及ぼす温暖化への影響に対して、「温暖化には疑う余地がない。20 世紀半ば以降の温暖化の主な要因は、人間の影響の可能性が極めて高い(95%以上)」と報告されている。IPCC の気候に関するデータを参考に、世界ではさまざまな環境政策が施行されている。地球温暖化は我々が大量のエネルギーを使用し、大量の二酸化炭素を排出することによって引き起こされている。この課題解決のためには、二酸化炭素削減が必要であり、そのために省エネルギーが重要な役割を担う。図 1.3 に経済部門別の温室効果ガス排出量を示す。図内の外側グラフに電力と熱生産からの間接二酸化炭素排出割合を示す。この中で建築部門は 12%と、最大値となる。建築物における省エネルギー対策は世界的に必要とされており、他の経済部門よりも問題解決における優先度が高い。

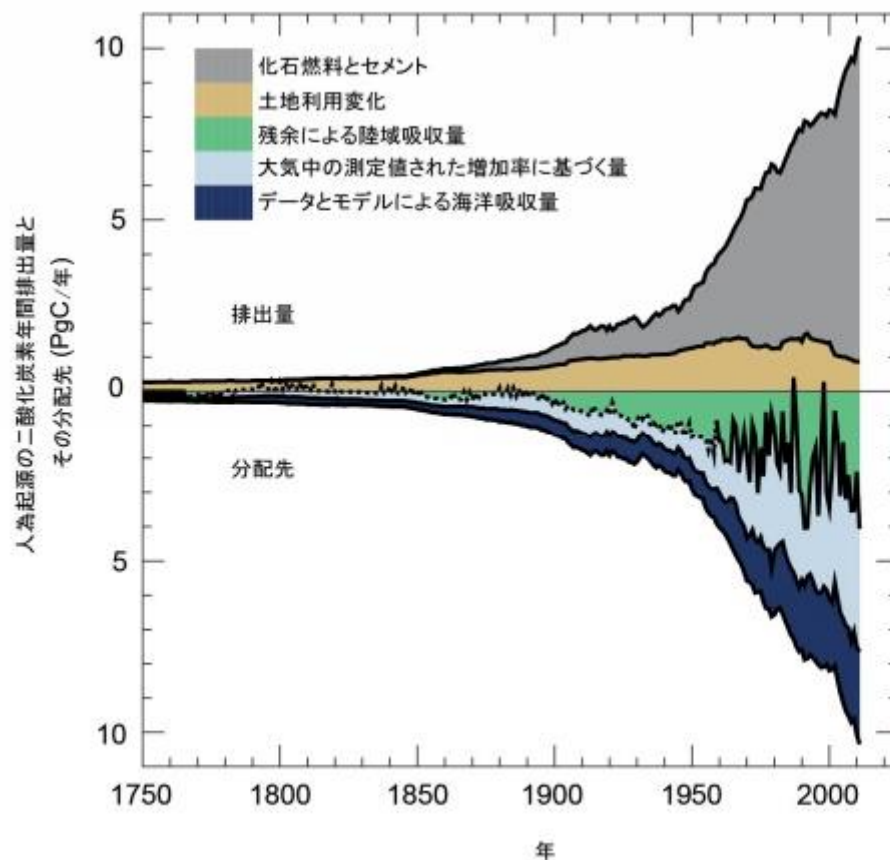


図 1.2 化石燃料とセメントの二酸化炭素排出量

[出典：IPCC 第 5 次報告書]

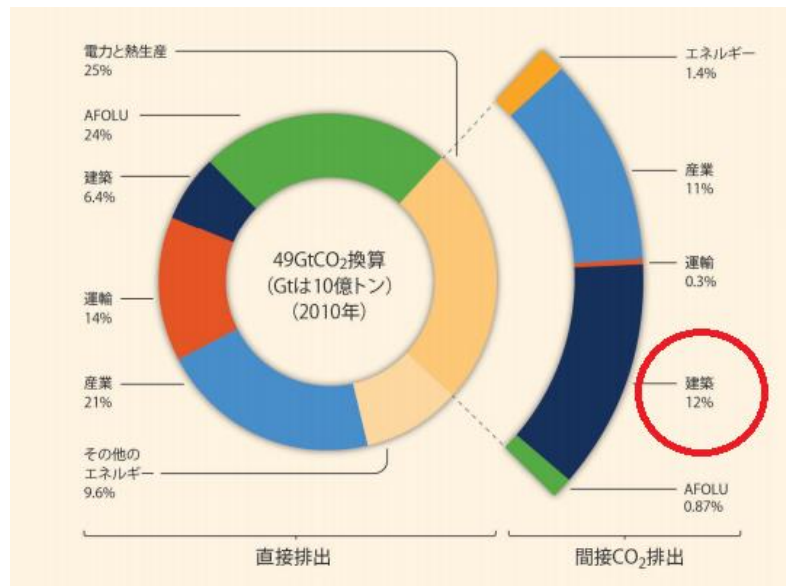


図 1.3 経済部門別の人為起源温室効果ガス排出量

[出典：IPCC 第 5 次報告書]

1.1.2 日本のエネルギー消費動向と政策

1.1.2.1 日本のエネルギー消費動向

図 1.4 にエネルギー白書²による、部門別最終エネルギー消費量の経年変化、図 1.5 に部門別エネルギー消費動向を示す。図 1.4 より、エネルギー消費量の全体は 2005 年まで増加傾向であり、2005 年から 2014 年にかけて徐々に減少している。しかし、1973 年と 2014 年を比較すると約 1.2 倍のエネルギー消費量となっている。部門別エネルギー消費量で見ると、民生部門(業務他・家庭部門)は 1973 年から 2 倍以上の値を示している。エネルギー消費量全体は減少傾向にあるが、民生部門では 1973 年から 2014 年まで依然増加傾向にある。図 1.5 より、部門別エネルギー消費動向をみると、産業部門では 1972 年から 2015 年までに 21.2%のエネルギー消費量が削減されているのに対して、運輸部門は 6.3%、民生部門では 13.9%増加している。以上のことから、民生部門での省エネルギー対策は他部門と比べ優先度が高いといえる。2015 年に開催された第 21 回締約国会議(COP21)では、日本は 2030 年までに 2013 年比で 26%の削減を目標としている。また、エネルギー起源の CO₂のうち業務・家庭部門の両方が 2013 年比で 39%削減することが目標として設定されている。建築物の省エネルギー化の推進は日本にとって喫緊の問題であり、エネルギー消費状況以外にも、東日本大震災における電力問題や、不安定なエネルギー価格などを踏まえると、エネルギー資源を持たない日本は他国よりも省エネルギー化の必要性が高い。図 1.6 に業務他部門業種別エネルギー消費量の推移を示す。現在日本にある建築物では、事務所と卸小売業が多くのエネルギー消費量を占める。事務所と卸小売業が前後するのみで、1965 年から 2015 年まで他業種の割合に大きな変化はない。エネルギー消費量削減の優先度が高い業種は、事務所と卸小売業である。このようなエネルギー消費状況から、近年では、非住宅物に対して省エネルギー基準が定められおり、平成 25 年に「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律(建築物省エネ法)³」が制定された。建築物省エネ法

とは 2000 m²以上の建物に適用され、新築時に建築物省エネルギー基準（以下、省エネ基準と略す）の適合義務を課す。省エネ基準では、設計値の一次エネルギー消費量が基準値の一次エネルギー消費量を下回ればよい。基準値は、平成 22、23 年度に実際に届け出のあった省エネ計画書を調査して設定された標準的な仕様から算出される値である。

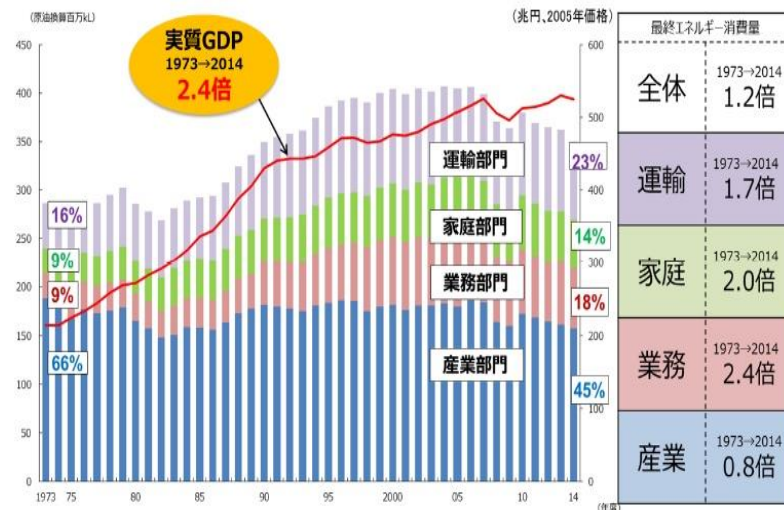


図 1.4 部門別最終エネルギー消費量の経年変化

[出典：エネルギー白書 2017]

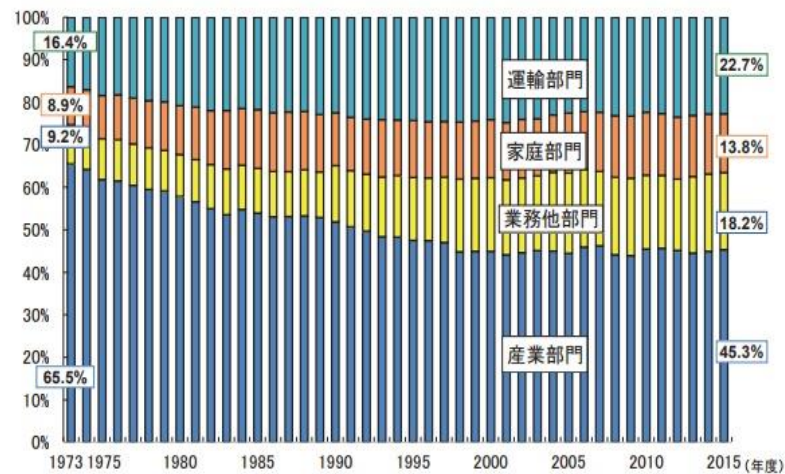


図 1.5 部門別エネルギー消費動向

[出典：エネルギー白書 2017]

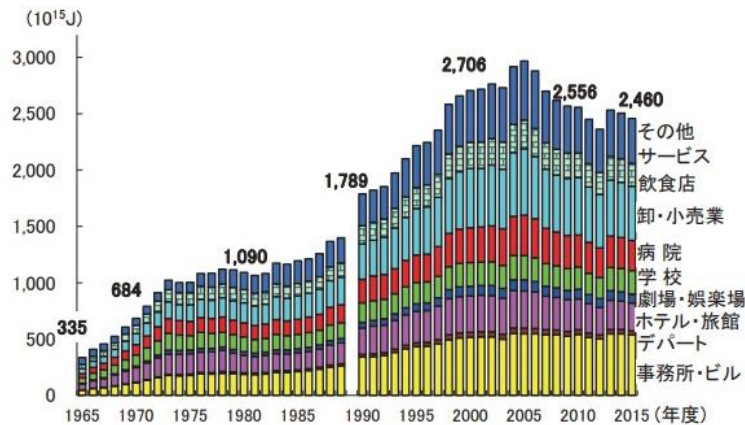


図 1.6 業務他部門業種別エネルギー消費量の推移

[出典：エネルギー白書 2017]

事務所用途建築物では、中小規模建築物が事務所用途全体の 70%以上を占めている⁴⁵。したがって、事務所用途建築物の中でも中小規模事務所は省エネルギー対策の優先度が高いといえる。事務所用途建築物のエネルギー消費内訳では、空調が 40%と最も割合が高い。したがって、事務所用途建築物の省エネルギー対策には空調エネルギーの削減が重要である。事務所に採用される空調方式は中央方式と個別分散方式に大別される。

1) 中央方式

熱源機器と空気調和機を組み合わせることで空調する方式で、一般に熱源機器を一ヶ所に集中設置し、冷温水を空気調和機に送水して空調する。メンテナンス箇所の集約化や蓄熱システム、排熱利用システムの導入が必要な場合に採用されることが多く、主に大規模建築物に導入される。

2) 個別分散方式

中央熱源を持たずに、熱源と空気調和機とが一体となっているか、室内ユニットと熱源ユニット（室外機や室外ユニットと呼ぶことがある）を冷媒配管で接続して、各々の機器単体で運転制御が可能な空調方式。特定の室における単独運転のしやすさや、テナントビル等へ導入する際に課金対応が容易であることから、事務所用途の中小規模建築物に使用される。

10,000 m²以下の事務所用途建築物では、65%が個別分散方式を採用している⁶。中小規模建築物においては、個別分散方式の省エネルギーが重要な要素となることがわかる⁷。

1.1.3 日本のエネルギー政策

日本では、化石燃料に乏しく海外からの輸入に頼るという根本的な脆弱性を持っている。また、2011 年の東日本大震災を受け、原子力発電所の運転停止などにより、エネルギーの安定確保が重要視されるようになった。したがって、長期的かつ計画的な視点からエネルギー政策を遂行することを目的に 2002 年 6 月に制定された「エネルギー政策基本法⁸」は、エネルギーミ

ックスを実現するために大規模な調整が求められることとなった。エネルギーミックスとは、電気の安定供給を図るために、再生可能エネルギーや火力、水力、原子力など多様なエネルギー源を組み合わせることで電源構成を最適化していくことである。2014年に策定された第四次エネルギー基本計画は、環境の変化に対応すべくエネルギー政策の方向性を示すものである。エネルギー基本計画では、民生分野、運輸分野、産業分野、転換分野と分野ごとにロードマップを提示しており、以下の図 1.7 には民生分野のロードマップを示す。民生部門において高い省エネルギー効果が期待されるのは、建築物・住宅の省エネルギー化である。政府では建築物の省エネの取り組みを推進すべく、「ネット・ゼロ・エネルギー」の実現を約 4000 件支援している。今後は、建築物については、2020 年までに新築公共建築物等で、2030 年までに新築建築物の平均で ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）を実現することを目指している。

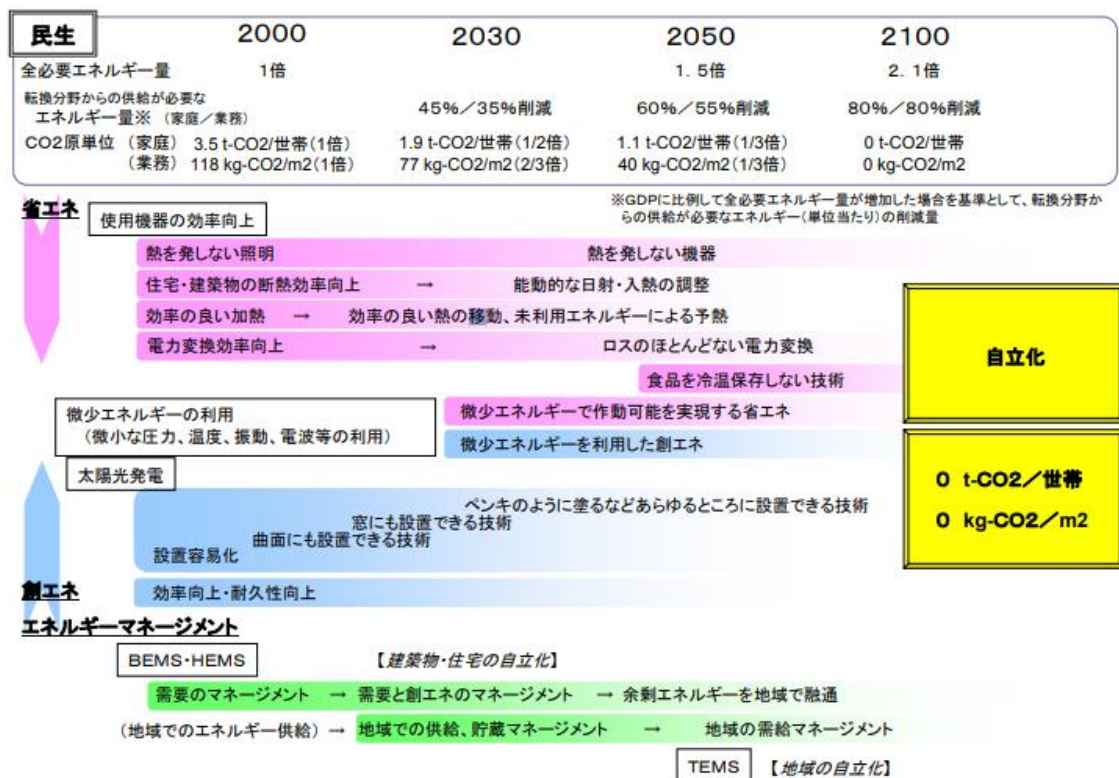


図 1.7 民生分野における主な技術目標と技術的備えの考え方

[出典：超長期エネルギー技術ロードマップ報告書]

1.1.4 日本における ZEB 化の動向

前述のように建築物の消費エネルギー量の削減が急務の課題であることから、建築物の ZEB（スペル）化が推進されている。空気調和・衛生工学会の ZEB 定義検討小委員会⁹によると、ZEB とは以下の通りに定義されている。

「室内及び室外の環境品質を低下させることなく、負荷抑制、自然エネルギー利用、設備システムの高効率化等により、大幅な省エネルギーを実現したうえで、再生可能エネルギーを導

入し、その結果、運用時におけるエネルギー(あるいはそれに係数を乗じた指標)の需要と共有の年間収支(消費と生成、又は外部との収支)が概ねゼロもしくはプラス(供給量>需要量)となる建築物」

また、ZEB の達成度により、その区分は以下の 3 つに大別される。

表 1.1 ZEB 段階別の定性的な定義と定量的な定義

	定性的な定義	定量的な定義(判断基準)
ZEB	年間の一次エネルギー消費量が正味ゼロまたはマイナスの建築物	以下の①、②のすべてに適合した建築物 ①基準一次エネルギー消費量から 50%以上の削減(再生可能エネルギーを除く) ②基準一次エネルギー消費量から 100%以上の削減(再生可能エネルギーを含む)
Nearly ZEB	ZEB に限りなく近い建築物として、ZEB Ready の要件を満たしつつ、再生可能エネルギーにより年間の一次エネルギー消費量をゼロに近づけた建築物	以下の①、②のすべてに適合した建築物 ①基準一次エネルギー消費量から 50%以上の削減(再生可能エネルギーを除く) ②基準一次エネルギー消費量から 75%以上 100%未満の削減(再生可能エネルギーを含む)
ZEB Ready	ZEB を見据えた先進建築物として、外皮の高断熱化及び高効率な省エネルギー設備を備えた建築物	・再生可能エネルギーを除き、基準一次エネルギー消費量から 50%以上の一次エネルギー消費量削減に適合した建築物

[出典：ZEB 設計ガイドライン]

表 1.1 の一次エネルギー消費量は建築物で用いる建築設備(冷暖房、換気、照明、給湯)のエネルギーを熱量換算した合計値である。表中の基準一次エネルギー消費量とは、平成 25 年度省エネルギー基準(以下、省エネ基準と表記する)に準拠した建築設備(冷暖房、換気、照明、給湯)の仕様からそれぞれ算出された一次エネルギー消費量の合計である。本論文では、シミュレーションツールから算出された基準一次エネルギー消費量の値を「基準値」、各省エネ手法を使用して設計したモデルの一次エネルギー消費量の値を「設計値」とする。図 1.8 より、ZEB は省エネの達成度により段階的に評価がなされている。エネルギー削減の取り組みとして、負荷の抑制、自然エネルギー利用、設備システムの高効率化¹⁰が必要である。また、エネルギー生成には太陽光、地熱、風力等の再生可能エネルギーの導入が必要である。この ZEB 評価をする際には、生成エネルギーと消費エネルギーのバランスを評価するが、消費エネルギーのうちコンセントの消費電力については建築物の品質と関係せず、設計者はコントロールできないことから、対象消費用途から除外する¹¹。

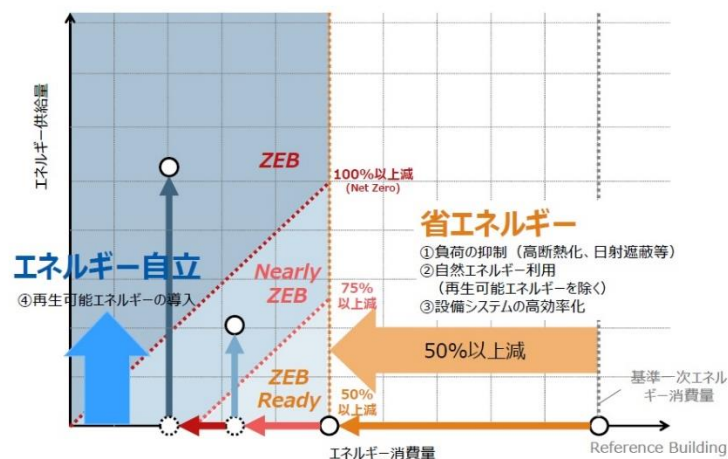


図 1.8 ZEB の定義イメージ

[出典：ZEB 設計ガイドライン]

1.1.5 ZEB 実証事業の現状

日本政府はZEB導入支援のためにZEBロードマップ検討委員会を設置している。一般社団法人 環境共創イニシアチブがZEB実証事業を執行しており、徐々にZEB化する建築物用途を増やしている。図 1.9 にZEBロードマップを示す。国と民間事業者が連携を取りながらZEB化を進めていく。2020年度までにZEB実現と自律的普及を目標としている。

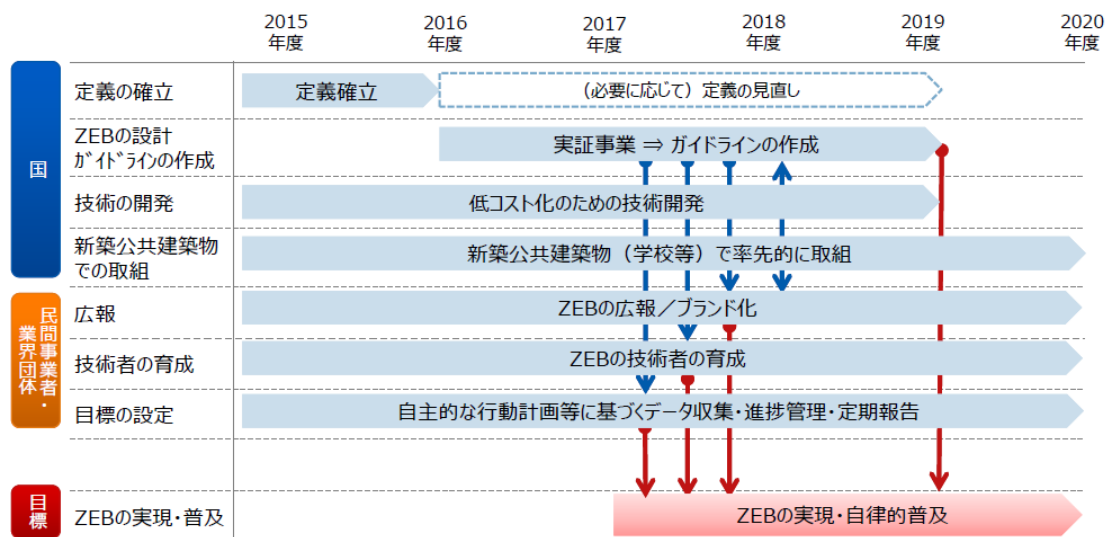


図 1.9 ZEB ロードマップ

[出典：ZEB ロードマップ検討委員会]

平成 28 年度 ZEB 実証事業公募内容¹²では、

- ZEB 設計ガイドライン策定に資する情報の提供
- 設計データの開示
- ZEB Ready 以上であること
- PAL*基準(一次エネルギー消費量基準と整合がとれた外皮基準)を満足すること
- BELS 評価(建築物省エネルギー性能表示制度)を事業完了までに取得すること

が条件とされている。図 1.10¹³より、ZEB 実証事業により ZEB を導入した 9 件の事務所では全ての物件において一次エネルギー消費量削減率が 50%を上回っており、ZEB ready を達成している。ZEB 事例と日本の非住宅建築物の延べ床面積と階数の相関を図 1.11 に示す。ZEB 事例のほうが、同一階数に対する延べ床面積が大きい傾向にある。一般的に延べ床面積の増大に伴い被空調面積も拡大し、エネルギー消費量が増加する傾向にあるが、建築面積が大き

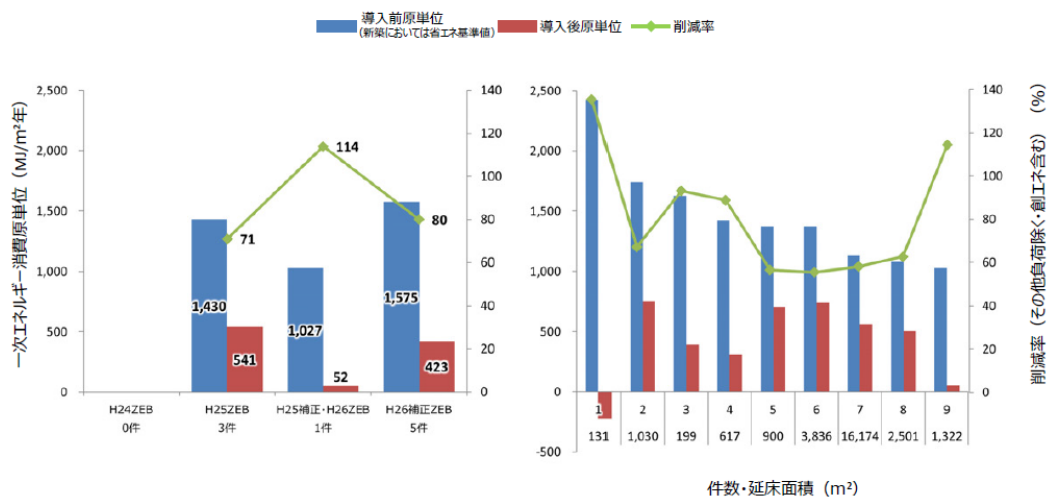


図 1.10 ZEB 導入前後における事務所の一次エネルギー消費量

[出典：一般社団法人環境共創イニシアチブ]



図 1.11 延床面積と階数の相関

[出典：一般社団法人環境共創イニシアチブ]

1.1.6 ZEB 化の手法

建築物に使用される ZEB 化の手法¹⁴¹⁵として、以下の三つがある。

1) パッシブ手法¹⁶

パッシブ手法は、自然換気、昼光利用、日射遮蔽など気候特性を考慮した建築的な手法である。建築的手法による省エネルギー技術において、負荷を抑制するためには窓面積を小さくすることが有効であるが、自然光の採光には不利になることから、窓ガラス自体の性能や換気性能を考慮した設計が必要となる。また、断熱素材においても同様で、寒冷地においては高断熱素材による室内の熱損失を防ぐことが必要である。

2) アクティブ手法

アクティブ手法とは、潜熱分離空調、放射冷暖房空調やデシカント空調、タスクアンビエント照明、高効率モジュール、地中熱利用ヒートポンプなどの設備的手法である。設備的手法による省エネでは、「設備システムの省エネルギー効果＝設備のエネルギー消費量×省エネ率」になるため、省エネ率の高い対策を効果的に導入すべきである。高効率機器、高効率システム、これらの相互の相性や空調設備容量の最適化にも考慮していくことがポイントとなる。また、エネルギーマネジメントであるエネルギーの見える化も省エネ行動を促進させるアクティブ手法の一つである。エネルギーマネジメントとは省エネ率のための機器制御や創エネルギーに関わる機器の制御を行うシステムであり、エネルギー消費実態を把握できて、省エネ行動の結果を建物の使用者が知ることができる。

3) 再生可能エネルギー

ZEB 化における再生可能エネルギーは再生可能エネルギー源（太陽光、風力、水力、地熱、太陽熱、大気中の熱その他の自然界に存する熱、バイオマス等）を指す。敷地面積が狭小である都市部においては、使用できる再生可能エネルギーが太陽光、地下水、自然採光に限定されることが、建物の容積が大きいことから ZEB 化が難しくなる。そこで、高層ビルで ZEB 化を行う場合は外壁で得られる太陽光エネルギーを各階で必要なエネルギーに効率的に変換し供給する。外壁を利用することで、発電や採光、自然換気を行うことができる。

1.1.7 海外における ZEB 化の動向

住宅・非住宅建築物部門における年間エネルギー消費量は、世界で消費される総エネルギー量の 1/5 以上である。図 1.12 各国の非住宅建築物のエネルギー消費量に 2010 年の各国の非住宅建築部門のエネルギー消費量を示す¹⁷。米国、ヨーロッパ、日本の割合が大きく、先進国ほどエネルギー消費量が大きくなる傾向にある。発展途上国の経済の発展とともに、今後も非住宅建築部門のエネルギー消費量は増加していくと考えられる。

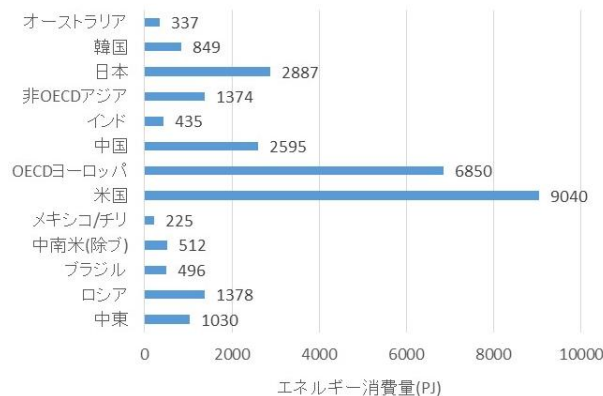


図 1.12 各国の非住宅建築物のエネルギー消費量

[出典：ビルの省エネルギー、ZEB に向けた国内外の動向]

1) 米国

米国における建築物のエネルギー基準は各州で定められている¹⁸。非住宅建築物におけるエネルギー基準は、米国暖房冷凍空調学会 (ASHRAE) が設定する標準基準「ASHRAE Standard 90.1」を最低基準としている。また、米国でもゼロエネルギー化に向けた取り組みがされている。2030 年までに米国で新築されるすべての業務ビルをゼロエネルギー化し、2050 年までにはストック建築物も含めたすべての業務ビルをゼロエネルギー化することを目標としている¹⁹。このように、詳細な規制強化に関しては明確な予定はないが、中長期的な規制強化の方向性は示されている。

2) EU

EU 全体での ZEB に関する確固とした定義はない²⁰。しかし、各国の建築物のエネルギー基準は、EU で施行された建物のエネルギー性能に関する指令 (EPBD: energy performance of building directive)²¹を受けて、エネルギー性能の要求事項やエネルギー性能証書の導入等の指令内容を履行するため強化されている。

フランスでは、BBC エフィエネルギー (BBC-effinergie) と呼ばれる建築物の低消費基準を持つラベリング制度が普及している。新築建築物に対して単位延床面積当たりの年間平均一次エネルギー消費量 50 (kWh/m²/年) 未満を基準としている。

3) アジア

2010 年時点で ZEB 市場は欧米諸国が 70%以上を占めるが、2030 年には市場の半分をアジア地域が占め、その大半が亜熱帯地域に属すると予想されている²²。亜熱帯地域での ZEB 化に重要となってくるのは冷房のエネルギー消費量を削減することである。シンガポールでは、2009 年に建築建設局内の既存ビルの ZEB 化に成功している。また、マレーシアのエネルギーセンターでは 2004 年に本部ビルを超省エネ設計し、ZEB に近いビルを建設した。両国とも民間建築物においても省エネビル建設に積極的であり、日本よりも早い段階に ZEB を実現している。

1.2 本研究の目的と既往研究の状況

1.2.1 本研究の目的

日本の「エネルギー基本計画(2014 年 4 月閣議決定)」において、「建築物については 2020 年までに新築公共建築物などで、2030 年までに新築建築物の平均で、ZEB を実現することを目指す」ことが政策目標として掲げられており、新築建築物の ZEB 化は喫緊の課題である。現在、建築物のエネルギー消費量内訳は空調が 40%を占めており、エネルギー消費量削減において、空調システムの省エネ効果については十分に検討されるべきである。民生部門の中でも最もエネルギー消費量が多い事務所用途建築物では、中小規模建築物のストック数が最大であるため、ZEB 化を目指すにあたり、中小規模建築物の空調エネルギー消費量についての分析が必要である。そこで、本研究では、中小規模の事務所用途建物での採用率の高い個別熱源に着目し、ZEB 達成のための空調機熱源特性を分析し、シミュレーションモデルを作成する。シミュレーションモデル作成については BEST を使用し、感度分析を行う。外皮性能、照明、給湯、換気、昇降機などの省エネ基準を高く設定する建築物において、段階的に設定された ZEB を達成するために必要な空調能力を検討する。

1.2.2 既往研究の状況

建築物に求められている ZEB と、実際に事務所ビルで使用される設備は大きく乖離している。したがって、ZEB 化実現可能性や、現在採用されている ZEB 化手法、採用空調方式の検証についての研究を以下に示す。

丸山²³らは、延床、階数、窓面積率等が事なる建築物モデルを 54 パターン作成し、中小規模事務所の ZEB 化実現可能性試算を行っている。省エネによる削減率は延床面積が小さく階数が低いほど高い傾向が見られる。LED の採用による消費エネルギー量削減率が 18~28%と最も高い。半数が ZEB ready を達成し、11 件において nearly ZEB 達成となる。

吉永²⁴らは、ZEB 化に対して、建築物を既存建物と新築建物に分け、それぞれの省エネに対するアプローチについて検討している。既存建物の ZEB 化には省エネ手法として、設備システムの高効率化、BEMS の導入が可能であり、新築建物にたいしては前述の手法と負荷抑制、自然エネルギーの利用、再生可能エネルギーの導入が可能であるとしている。既存建物での ZEB 化に使用できる省エネ手法は限られており限界があるため、複数建物の熱源を集約し面的な利用に取

り組むことが ZEB 化に望ましい。一方で新築建物の ZEB 化は政策として掲げられており、省エネ手法の開発や適切な設備導入の検討が急がれる。

山田一樹²⁵らは、現在の事務所ビル ZEB 化には自然エネルギーの活用や熱回収の活用が可能であるセントラル空調や放射空調、デシカント空調と個別分散空調の併用が主であることを指摘している。事務所用途建物全体での中小規模建物が半数以上を占める中、中小規模建物では 6 割以上が設置やユーザーからの操作が容易である個別分散空調を採用している。このような状況を踏まえ、ZEB を達成目標とすると個別分散空調の省エネルギー化が重要である。山田は研究対象建物に個別分散空調とセントラル空調を併用することで、建物全体の一次エネルギー消費量を基準値から 20%削減した。室温の設定や外気負荷の低減、セントラル空調の搬送動力の低減によりこれが実現した。個別分散空調では調整項目が少ないため、設計計画や運用が省エネルギーに大きく作用するとしている。

第2章 建築物モデルの概要

2.1 シミュレーションツールの概要

本研究では、建築物消費エネルギー推定ツール (BEST) ²⁶を用いる。BEST とは 2013 年 4 月に施行された「平成 25 年度省エネ基準」＝「エネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準」(平成 25 年経済産業省・国土交通省告示第 1 号)にあわせて開発されたシミュレーションツールであり、建築物の一次エネルギー消費量を精度良く算定できる。計算エンジンの BEST は、建築と空調、空調と照明などを鍊成計算しているため、相互に影響を及ぼす複数の省エネ手法を採用した場合でも、その複合効果を精度良く求められる。したがって、エネルギー消費量や熱負荷の変動時間に加えてピーク電力の予測が可能である。

2.2 モデル建築物の仕様

ここでは、モデルに用いた建築物の仕様について説明する。本研究では、現行建物の中で最多件数を占める事務用途建物を対象とする。標準的な建物モデルとして、延床面積 5000 m²、6 階建ての事務所を想定する。延床面積や間取りのデータは「平成 25 年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説 I 非住宅建築物(第二版)」に記載の建物から引用した。図 2.1 より、縦 25m、横 30m とする。各階の床面積は 750 m²である。また、図 2.2 はモデル建築物立面図である。1 階から 5 階の階高は 4m であり、6 階は 5m である。モデル建築物の主方位は 0° とする。間取りは以下の図 2.3 と図 2.4 に、室名・室用途は表 2.1 に示す。

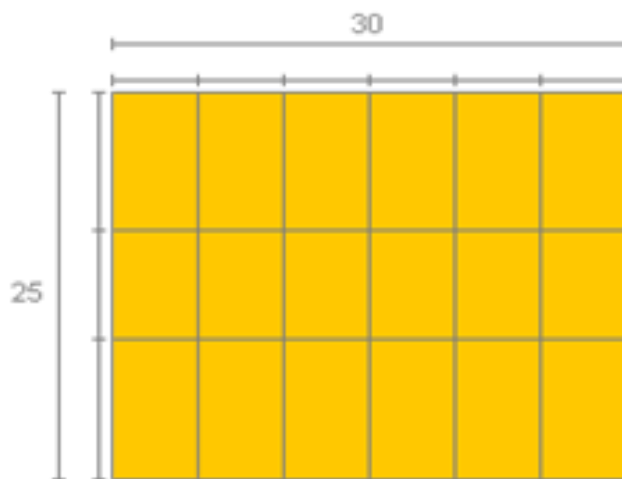


図 2.1 モデル建築物平面図

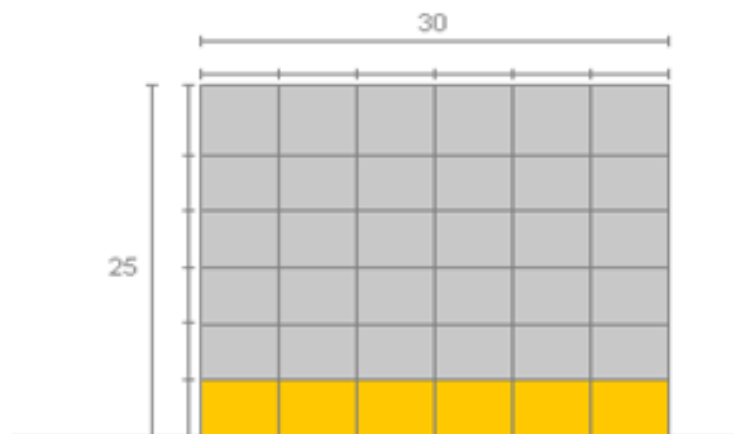


図 2.2 モデル建築物立面図



図 2.3 モデル建物(事務所、5000 m²) 1 階平面図

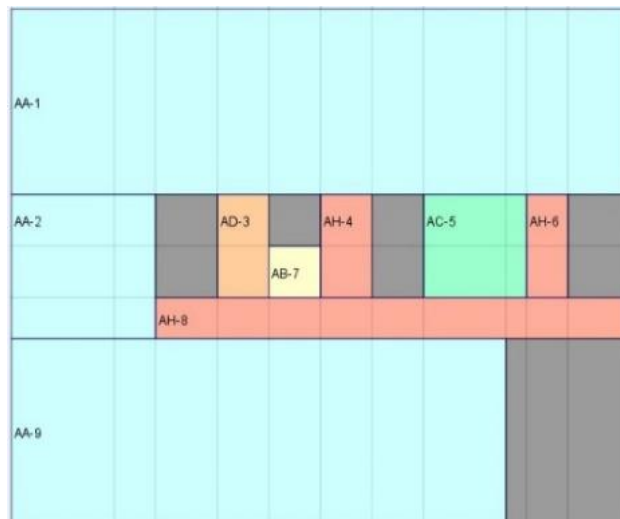


図 2.4 モデル建物(事務所、5000 m²) 2～6 階平面図

表 2.1 1 階および 2 階～6 階の室名室用途

1 階		2～6 階	
室名	室用途	室名	室用途
AA	事務室	AA	事務室
AH	廊下	AH	廊下
AD	湯沸室	AD	湯沸室
AB	設備機械室	AB	設備機械室
AC	会議室	AC	会議室
AI	ロビー		非空調室
AG	更衣室		
AF	警備室		
	非空調室		

2.2.1 標準モデルの各パラメータ値

現行建築物は 90 年代前半に竣工されたものが最も件数が多いため²⁷、外皮等入力項目には 90 年代前半で標準とされていた数値や断熱材²⁸や窓面積²⁹、窓ガラス仕様等を論文から引用し設定する。換気、給湯、照明は 1990 年のカタログ値を設定する。本研究での気候区分は、気候を考慮した外皮性能、熱源システムの効果を相対的に評価しやすいよう、「寒冷地域」、「標準地域」、「温暖地域」の三つに分類して感度分析を行った。それぞれ、寒冷地域は北海道札幌市、標準地域は東京都東京、温暖地域は沖縄県那覇市の気象データを使用している。BEST で使用される気象データは、拡張アメダス気象データ³⁰をもとに開発されたものであり、要素として気温、

絶対湿度、水平面全天日射量、水平面天空日射量、法線面直達日射量、太陽位置、風向、風速、降水量、水平面夜間放射量、大気外日射量が含まれる。表 2.2 に外皮性能と室外機における気候区分ごとの入力値を示す。建築物モデルに採用した熱源システムは、中小規模オフィスにおいて適用される例が多い個別分散システムを採用する。表に示す空調能力の選定にはモデル建築物の負荷集計値から算出した。寒冷地においては、標準地及び温暖地よりも暖房能力が高い仕様の室外機を採用した。燃料消費量等の入力値は、20017 年の空調カタログ³¹³²から引用する。窓を開けるなどの自然換気や送風運転のみを行う外気冷房が実施できる外気温 (15~20℃) を中間期として設定する³³。気温データは、気象庁の 2017 年における平年値 (旬ごとの値) を引用する³⁴。沖縄では日最低気温が 15℃を下回る期間に暖房設定をする。

表 2.2 標準モデルにおける各地域のパラメータ値

			標準地		寒冷地		温暖地	
室外機		熱源種類	個別熱源システム					
			冷房	暖房	冷房	暖房	冷房	暖房
	GHP	能力(kW/台)	69.3	78.0	69.3	81.7	69.3	78.0
		消費電力(kW/台)	1.16	0.73	1.16	0.73	1.16	0.73
		燃料消費量	60.3	59.7	60.3	59.7	60.3	59.7
		COP	1.09	1.27	1.09	1.33	1.09	1.27
		台数	9		9		9	
	EHP	能力(kW/台)	69.9	78.9	77.5	85.0	69.9	78.9
		消費電力(kW/台)	20.0	21.2	21.7	36.0	20.0	21.2
		COP	3.52	3.71	3.57	2.36	3.52	3.71
台数		9		8		9		
空調運転期間		5/20～9/30	11/1～4/10	7/1～8/31	10/1～5/20	4/1～11/30		
外皮性能		断熱材	吹付け硬質ウレタンフォームA種1					
	外壁	断熱材厚さ(mm)	0.00		25.0		0.00	
		熱貫流率(W/m ² K)	3.29		0.95		1.80	
	屋根	厚さ(mm)	15.0		30.0		10.0	
		熱貫流率(W/m ² K)	0.98		0.92		1.11	
	窓	窓タイプ	単板ガラス		複層ガラス空気層12mm		単板ガラス	
		ガラス種名	透明ガラス		透明+透明		透明ガラス	
		窓面積	25%					
		ガラス厚さ	8mm		12mm		6mm	

表 2.3 冷・暖房運転スケジュールの設定

月	旬	標準地	寒冷地	温暖地
		気温(°C)		
		平均		
		日平均		
1	上旬	6.60	-2.30	20.9
	中旬	4.60	-5.00	17.5
	下旬	6.30	-4.30	17.1
2	上旬	6.10	-2.40	17.1
	中旬	7.30	-1.20	16.9
	下旬	7.60	-2.50	17.3
3	上旬	7.90	-0.10	16.7
	中旬	9.10	1.90	19.0
	下旬	8.60	2.50	19.3
4	上旬	12.5	6.60	20.9
	中旬	16.0	7.70	22.4
	下旬	15.6	9.00	21.7
5	上旬	18.7	13.3	24.1
	中旬	19.2	13.9	23.9
	下旬	22.0	15.8	24.4
6	上旬	21.6	14.6	26.0
	中旬	20.9	15.9	25.3
	下旬	23.5	17.5	28.6
7	上旬	26.6	22.5	29.2
	中旬	28.1	23.9	30.1
	下旬	27.2	22.3	30.3
8	上旬	27.0	22.4	30.7
	中旬	24.6	21.0	30.5
	下旬	27.7	21.6	30.2
9	上旬	22.5	19.6	29.8
	中旬	24.1	17.5	28.0
	下旬	21.9	16.2	28.9
10	上旬	19.9	14.5	28.4
	中旬	15.6	9.40	28.2
	下旬	15.2	10.1	24.7
11	上旬	14.5	9.30	24.2
	中旬	11.2	3.20	22.2
	下旬	10.1	0.30	21.9
12	上旬	7.40	-2.80	18.8
	中旬	6.40	-1.90	17.4
	下旬	6.10	-1.30	17.9

1) 各地域における GHP 空調機の入力値(標準モデル)

以下の表 2.4～表 2.6 に各地域における標準モデル GHP 空調機の入力値を示す。

表 2.4 標準地 GHP における入力項目と入力値(標準モデル)

No	名称	種類	冷房(kW)				暖房(kW)			
			能力	消費電力	燃料消費量	COP	能力	消費電力	燃料消費量	COP
1	PAC-1	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	80.0	0.74	61.7	1.26
2	PAC-2	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	80.0	0.74	61.7	1.26
3	PAC-3	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	80.0	0.74	61.7	1.26
4	PAC-4	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	80.0	0.74	61.7	1.26
5	PAC-5	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	80.0	0.74	61.7	1.26
6	PAC-6	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	80.0	0.74	61.7	1.26
7	PAC-7	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	80.0	0.74	61.7	1.26
8	PAC-8	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	80.0	0.74	61.7	1.26
9	PAC-9	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	56.0	0.91	44.6	1.19	63.0	0.63	43.6	1.39
No	名称	種類	冷房(kW)		暖房(kW)					
			能力	消費電力	能力	消費電力				
1	PAC-1_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
2	PAC-2_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
3	PAC-3_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
4	PAC-4_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
5	PAC-5_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
6	PAC-6_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
7	PAC-7_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
8	PAC-8_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
9	PAC-9_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				

表 2.5 寒冷地 GHP における入力項目と入力値(標準モデル)

No	名称	種類	冷房(kW)				暖房(kW)			
			能力	消費電力	燃料消費量	COP	能力	消費電力	燃料消費量	COP
1	PAC-1	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	84.0	0.74	61.7	1.32
2	PAC-2	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	84.0	0.74	61.7	1.32
3	PAC-3	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	84.0	0.74	61.7	1.32
4	PAC-4	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	84.0	0.74	61.7	1.32
5	PAC-5	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	84.0	0.74	61.7	1.32
6	PAC-6	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	84.0	0.74	61.7	1.32
7	PAC-7	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	84.0	0.74	61.7	1.32
8	PAC-8	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	84.0	0.74	61.7	1.32
9	PAC-9	GHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	56.0	1.23	39.6	1.30	63.0	1.29	39.8	1.46
No	名称	種類	冷房(kW)		暖房(kW)					
			能力	消費電力	能力	消費電力				
1	PAC-1_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
2	PAC-2_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
3	PAC-3_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
4	PAC-4_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
5	PAC-5_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
6	PAC-6_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
7	PAC-7_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
8	PAC-8_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
9	PAC-9_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				

表 2.6 温暖地 GHP における入力項目と入力値(標準モデル)

No	名称	種類	冷房(kW)				暖房(kW)			
			能力	消費電力	燃料消費量	COP	能力	消費電力	燃料消費量	COP
1	PAC-1	GHP ビルマルチ 標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	80.0	0.74	61.7	1.26
2	PAC-2	GHP ビルマルチ 標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	80.0	0.74	61.7	1.26
3	PAC-3	GHP ビルマルチ 標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	80.0	0.74	61.7	1.26
4	PAC-4	GHP ビルマルチ 標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	80.0	0.74	61.7	1.26
5	PAC-5	GHP ビルマルチ 標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	80.0	0.74	61.7	1.26
6	PAC-6	GHP ビルマルチ 標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	80.0	0.74	61.7	1.26
7	PAC-7	GHP ビルマルチ 標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	80.0	0.74	61.7	1.26
8	PAC-8	GHP ビルマルチ 標準冷暖切替	71.0	1.19	62.3	1.08	80.0	0.74	61.7	1.26
9	PAC-9	GHP ビルマルチ 標準冷暖切替	56.0	0.91	44.6	1.19	63.0	0.63	43.6	1.39
No	名称	種類	冷房(kW)		暖房(kW)					
			能力	消費電力	能力	消費電力				
1	PAC-1_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
2	PAC-2_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
3	PAC-3_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
4	PAC-4_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
5	PAC-5_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
6	PAC-6_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
7	PAC-7_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
8	PAC-8_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				
9	PAC-9_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.30	0.04				

2) 各地域における標準モデル EHP 空調機の入力値

以下の表 2.7～表 2.9 に各地域における標準モデル EHP 空調機の入力値を示す。

表 2.7 標準地 EHP における入力項目と入力値(標準モデル)

No	名称	種類	冷房(kW)				暖房(kW)			
			能力	消費電力	燃料消費量	COP	能力	消費電力	燃料消費量	COP
1	PAC-1	EHP ビルマルチ 標準冷暖切替	73.0	21.0	0	3.48	82.5	22.3	0	3.70
2	PAC-2	EHP ビルマルチ 標準冷暖切替	73.0	21.0	0	3.48	82.5	22.3	0	3.70
3	PAC-3	EHP ビルマルチ 標準冷暖切替	73.0	21.0	0	3.48	82.5	22.3	0	3.70
4	PAC-4	EHP ビルマルチ 標準冷暖切替	73.0	21.0	0	3.48	82.5	22.3	0	3.70
5	PAC-5	EHP ビルマルチ 標準冷暖切替	73.0	21.0	0	3.48	82.5	22.3	0	3.70
6	PAC-6	EHP ビルマルチ 標準冷暖切替	73.0	21.0	0	3.48	82.5	22.3	0	3.70
7	PAC-7	EHP ビルマルチ 標準冷暖切替	73.0	21.0	0	3.48	82.5	22.3	0	3.70
8	PAC-8	EHP ビルマルチ 標準冷暖切替	73.0	21.0	0	3.48	82.5	22.3	0	3.70
9	PAC-9	EHP ビルマルチ 標準冷暖切替	45.0	11.6	0	3.88	50.000	12.0	0	4.17
No	名称	種類	冷房(kW)		暖房(kW)					
			能力	消費電力	能力	消費電力				
1	PAC-1_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
2	PAC-2_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
3	PAC-3_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
4	PAC-4_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
5	PAC-5_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
6	PAC-6_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
7	PAC-7_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
8	PAC-8_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
9	PAC-9_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				

表 2.8 寒冷地 EHP における入力項目と入力値 (標準モデル)

No	名称	種類	冷房(kW)				暖房(kW)			
			能力	消費電力	燃料消費量	COP	能力	消費電力	燃料消費量	COP
1	PAC-1	EHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	77.5	21.7	0	3.57	85.0	36.0	0	2.36
2	PAC-2	EHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	77.5	21.7	0	3.57	85.0	36.0	0	2.36
3	PAC-3	EHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	77.5	21.7	0	3.57	85.0	36.0	0	2.36
4	PAC-4	EHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	77.5	21.7	0	3.57	85.0	36.0	0	2.36
5	PAC-5	EHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	77.5	21.7	0	3.57	85.0	36.0	0	2.36
6	PAC-6	EHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	77.5	21.7	0	3.57	85.0	36.0	0	2.36
7	PAC-7	EHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	77.5	21.7	0	3.57	85.0	36.0	0	2.36
8	PAC-8	EHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	77.5	21.7	0	3.57	85.0	36.0	0	2.36
No	名称	種類	冷房(kW)		暖房(kW)					
			能力	消費電力	能力	消費電力				
1	PAC-1_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
2	PAC-2_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
3	PAC-3_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
4	PAC-4_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
5	PAC-5_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
6	PAC-6_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
7	PAC-7_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
8	PAC-8_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
9	PAC-9_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				

表 2.9 温暖地 EHP における入力項目と入力値 (標準モデル)

No	名称	種類	冷房(kW)				暖房(kW)			
			能力	消費電力	燃料消費量	COP	能力	消費電力	燃料消費量	COP
1	PAC-1	EHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	73.0	21.0	0	3.48	82.5	22.3	0	3.70
2	PAC-2	EHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	73.0	21.0	0	3.48	82.5	22.3	0	3.70
3	PAC-3	EHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	73.0	21.0	0	3.48	82.5	22.3	0	3.70
4	PAC-4	EHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	73.0	21.0	0	3.48	82.5	22.3	0	3.70
5	PAC-5	EHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	73.0	21.0	0	3.48	82.5	22.3	0	3.70
6	PAC-6	EHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	73.0	21.0	0	3.48	82.5	22.3	0	3.70
7	PAC-7	EHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	73.0	21.0	0	3.48	82.5	22.3	0	3.70
8	PAC-8	EHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	73.0	21.0	0	3.48	82.5	22.3	0	3.70
9	PAC-9	EHP_ビルマルチ_標準冷暖切替	45.0	11.6	0	3.88	50.000	12.0	0	4.17
No	名称	種類	冷房(kW)		暖房(kW)					
			能力	消費電力	能力	消費電力				
1	PAC-1_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
2	PAC-2_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
3	PAC-3_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
4	PAC-4_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
5	PAC-5_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
6	PAC-6_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
7	PAC-7_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
8	PAC-8_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				
9	PAC-9_UT-1	室内機	5.60	0.04	6.3	0.04				

3) 各地域における外壁の入力値(標準モデル)

以下の表 2.10～表 2.12 に、標準モデルにおける各地域の気候特性を考慮した外壁入力値を示す。1990 年代に標準的であった仕様、断熱材を設定する。

表 2.10 標準地における外壁入力項目と入力値(標準モデル)

外壁部材構成	材料分類	材料名称	厚さ(mm)
内側↑	非木質系壁材・下地材	せっこうボード	8.00
	コンクリート系材料	コンクリート	150
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	20.0
外側↓	非木質系壁材・下地材	タイル	8.00
屋根部材構成	材料分類	材料名称	厚さ(mm)
内側↑	非木質系壁材・下地材	ロックウール化粧吸音板	12.0
	非木質系壁材・下地材	せっこうボード	10.0
	コンクリート系材料	コンクリート	150
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	15.0
	床材	アスファルト類	5.00
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	15.0
	ウレタンフォーム断熱材	吹付け硬質ウレタンフォームA種1	15.0
外側↓	コンクリート系材料	コンクリート	60.0

表 2.11 寒冷地における外壁入力項目と入力値(標準モデル)

外壁部材構成	材料分類	材料名称	厚さ(mm)
内側↑	非木質系壁材・下地材	せっこうボード	8.00
	コンクリート系材料	コンクリート	150
	ウレタンフォーム断熱材	吹付け硬質ウレタンフォームA種1	30.0
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	20.0
外側↓	非木質系壁材・下地材	タイル	8.00
屋根部材構成	材料分類	材料名称	厚さ(mm)
内側↑	非木質系壁材・下地材	ロックウール化粧吸音板	12.0
	非木質系壁材・下地材	せっこうボード	10.0
	コンクリート系材料	コンクリート	150
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	15.0
	床材	アスファルト類	5.00
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	15.0
	ウレタンフォーム断熱材	吹付け硬質ウレタンフォームA種1	60.0
外側↓	コンクリート系材料	コンクリート	60.0

表 2.12 温暖地における外壁入力項目と入力値(標準モデル)

外壁部材構成	材料分類	材料名称	厚さ(mm)
内側↑	非木質系壁材・下地材	せっこうボード	8.00
	コンクリート系材料	コンクリート	150
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	20.0
外側↓	非木質系壁材・下地材	タイル	8.00
屋根部材構成	材料分類	材料名称	厚さ(mm)
内側↑	非木質系壁材・下地材	ロックウール化粧吸音板	12.00
	非木質系壁材・下地材	せっこうボード	10.00
	コンクリート系材料	コンクリート	150
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	15.0
	床材	アスファルト類	5.00
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	15.0
	ポリスチレンフォーム断熱材	吹付け硬質ウレタンフォームA種1	15.0
外側↓	コンクリート系材料	コンクリート	60.0

4) 各地域における窓の入力値(標準モデル)

以下の表 2.13～表 2.15 に標準モデルにおける各地域の気候特性を考慮した窓入力値を示す。1990 年代に標準的であった窓ガラス厚さ、窓面積率を設定する。

表 2.13 標準地における窓入力項目と入力値(標準モデル)

窓種別	窓タイプ	ガラス種類	ガラス厚さ(mm)	窓面積率(%)	
通常窓	単板ガラス	透明ガラス	8.00	25.0	
ブラインド種類	ブラインド操作方	熱貫流率(W/m ² K)	日射侵入率	日射透過率	可視光透過率
明色	標準	4.13	0.41	0.12	0.12

表 2.14 寒冷地における窓入力項目と入力値(標準モデル)

窓種別	窓タイプ	ガラス種類	ガラス厚さ(mm)	窓面積率(%)	
通常窓	複層ガラス空気層12mm	透明+透明	12.0	25.0	
ブラインド種類	ブラインド操作方法	熱貫流率(W/m ² K)	日射侵入率	日射透過率	可視光透過率
明色	標準	2.32	0.42	0.07	0.10

表 2.15 温暖地における窓入力項目と入力値(標準モデル)

窓種別	窓タイプ	ガラス種類	ガラス厚さ(mm)	窓面積率(%)	
通常窓	単板ガラス	透明ガラス	8.00	25.0	
ブラインド種類	ブラインド操作方法	熱貫流率(W/m ² K)	日射侵入率	日射透過率	可視光透過率
明色	標準	4.13	0.41	0.12	0.12

5) 照明の入力値(標準モデル)

以下の表 2.16、表 2.17 に標準モデルにおける照明入力値を示す。1990 年の照明カタログの数値を引用³⁵。オフィス照明基準 JIS Z 9110-2010³⁶から照度および照明設置台数を設定する。

表 2.16 照明における入力項目と入力値(標準モデル、1 階)

No	フロア	室番号	室用途	面積(m ²)	消費電力				器具		昼光利用	在室検知	初期照度
					1台当たり(W)	台数	合計(W)	合計(W/m ²)	種類	効率(lm/W)			
1	1階	BA-1	BA:事務室3	270	80.0	65	5200	19.3	FLR	80.0	なし	なし	なし
2	1階	BA-2	BA:事務室3	49.0	80.0	12	960	19.6	FLR	80.0	なし	なし	なし
3	1階	AD-3	AD:喫茶室	12.5	80.0	3	240	19.2	FLR	80.0	なし	なし	なし
4	1階	AH-4	AH:廊下	12.5	80.0	3	240	19.2	FLR	80.0	なし	なし	なし
5	1階	AC-5	AC:会議室	25.0	80.0	6	480	19.2	FLR	80.0	なし	なし	なし
6	1階	AH-6	AH:廊下	10.0	80.0	3	240	24.0	FLR	80.0	なし	なし	なし
7	1階	AB-7	AB:電子計算機器事務室	6.25	80.0	2	160	25.6	FLR	80.0	なし	なし	なし
8	1階	AH-8	AH:廊下	46.0	80.0	11	880	19.1	FLR	80.0	なし	なし	なし
9	1階	BA-9	BA:事務室3	135	80.0	33	2640	19.6	FLR	80.0	なし	なし	なし
10	1階	AI-10	AI:ロビー	24.0	80.0	6	480	20.0	FLR	80.0	なし	なし	なし
11	1階	AD-11	AD:喫茶室	12.0	80.0	3	240	20.0	FLR	80.0	なし	なし	なし
12	1階	AG-12	AG:更衣室又は倉庫	18.0	80.0	5	400	22.2	FLR	80.0	なし	なし	なし
13	1階	AF-13	AF:中央監視室	15.0	80.0	4	320	21.3	FLR	80.0	なし	なし	なし

表 2.17 照明における入力項目と入力値(2 階～6 階、標準モデル)

No	フロア	室番号	室用途	面積(m ²)	消費電力			器具		昼光利用	在室検知	初期照度
					1 台当たり(W)	台数	合計(W)	合計(W/m ²)	種類			
1	2階	BA-1	BA:事務室3	270	80.0	65	5200	19.3	FLR	80.0	なし	なし
2	2階	BA-2	BA:事務室3	49.0	80.0	12	960	19.6	FLR	80.0	なし	なし
3	2階	AD-3	AD:喫茶室	12.5	80.0	3	240	19.2	FLR	80.0	なし	なし
4	2階	AH-4	AH:廊下	12.5	80.0	3	240	19.2	FLR	80.0	なし	なし
5	2階	AC-5	AC:会議室	25.0	80.0	6	480	19.2	FLR	80.0	なし	なし
6	2階	AH-6	AH:廊下	10.0	80.0	3	240	24.0	FLR	80.0	なし	なし
7	2階	AB-7	AB:電子計算機器事務室	6.25	80.0	2	160	25.6	FLR	80.0	なし	なし
8	2階	AH-8	AH:廊下	46.0	80.0	12	960	20.9	FLR	80.0	なし	なし
9	2階	BA-9	BA:事務室3	216	80.0	52	4160	19.3	FLR	80.0	なし	なし

6) 換気の入力値(標準モデル)

以下の表 2.18 に標準モデルにおける換気入力値を示す。1990 年の換気カタログの数値を引用³⁷⁾。

表 2.18 換気における入力項目と入力値(標準モデル)

No	系統名	換気制御	台数	室用途	運転時間(h)	排気			
						ファンの種類	風量(m ³ /h)	静圧(Pa)	高効率モーター
1	換気設備	制御無し	12	事務所等 / 便所	3133	天井扇	550	130	なし
2	換気設備	制御無し	6	事務所等 / 機械室	8760	天井扇	550	130	なし
3	換気設備	制御無し	2	事務所等 / 更衣室又は倉庫	3133	天井扇	550	130	なし
4	換気設備	制御無し	6	事務所等 / 湯沸室等	1928	天井扇	550	130	なし

7) 昇降機の入力値(標準モデル)

以下の表 2.19 に標準モデルにおける昇降機入力値を示す。

表 2.19 昇降機における入力項目と入力値(標準モデル)

No	EVの速度制御方式	積載重量(kg)	定格速度(m/min)	台数	輸送能力係数	EV機械室	
						フロア名称	室番号
1	可変電圧可変周波数制御方式(電力回生制御なし)かつギアレス巻上機	600	60	2	1	1階	AB-7

8) 給湯器の入力値(標準モデル)

以下の表 2.20 に標準モデルにおける給湯入力値を示す。1990 年の給湯カタログの数値を引用³⁸⁾。

表 2.20 給湯機における入力項目と入力値(標準モデル)

No	フロア名称	室番号	室用途	面積(m ²)	標準人員密度 (人/m ²)	標準給湯原単位(L/ 人・日、L/m ² ・日)	計画給湯原単位(L/ 人・日、L/m ² ・日)	計画給湯(L/日)	給湯機器系統タイプ	給湯機器系統選択
1	1階	BA-1	事務所等 / 事務室3	270	0.10	3.80	20.0	540	二管式中央給湯	給湯1
2	2階	BA-1	事務所等 / 事務室3	270	0.10	3.80	20.0	540	二管式中央給湯	給湯1
3	3階	BA-1	事務所等 / 事務室3	270	0.10	3.80	20.0	540	二管式中央給湯	給湯1
4	4階	BA-1	事務所等 / 事務室3	270	0.10	3.80	20.0	540	二管式中央給湯	給湯1
5	5階	BA-2	事務所等 / 事務室3	49	0.10	3.80	20.0	98.0	二管式中央給湯	給湯1
6	6階	BA-1	事務所等 / 事務室3	270	0.10	3.80	20.0	540	二管式中央給湯	給湯1
7	1階	AD-3	事務所等 / 喫茶室	12.5	0.30	32.0	20.0	250	二管式中央給湯	給湯1
8	2階	AD-3	事務所等 / 喫茶室	12.5	0.30	32.0	20.0	250	二管式中央給湯	給湯1
9	3階	AD-3	事務所等 / 喫茶室	12.5	0.30	32.0	20.0	250	二管式中央給湯	給湯1
10	4階	AD-3	事務所等 / 喫茶室	12.5	0.30	32.0	20.0	250	二管式中央給湯	給湯1
11	5階	AD-3	事務所等 / 喫茶室	12.5	0.30	32.0	20.0	250	二管式中央給湯	給湯1
12	6階	AD-3	事務所等 / 喫茶室	12.5	0.30	32.0	20.0	250	二管式中央給湯	給湯1

2.2.2 標準モデルの計算結果

上記の入力値を設定し、標準モデルの一次エネルギー消費量を算出する。以下に月別一次エネルギー消費量を示す。

2.2.2.1 各地域における GHP 熱源の月別一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー消費量 (標準モデル)

図 2.5、図 2.6、図 2.7 に月別一次エネルギー消費量を、表 2.21、表 2.22、表 2.23 に年間一次エネルギー消費量を示す。標準地での空調一次エネルギー消費量が最も小さい。8 月に月別空調一次エネルギー消費量の中で最大となる。8 月に冷房負荷が最大となり、空調に燃料が使用されるためである。また、10 月に最小となる。標準地では 10 月に冷暖房を必要としない気温となるからである。最も空調一次エネルギー消費量が多いのは寒冷地である。3 月に月別一次エネルギー消費量の中で最大値となる。3 月に暖房負荷が最大となり、空調に燃料が使用されるためである。また、6 月、9 月に最小となる。標準地では 6 月と 9 月に冷暖房を必要としない気温となるからである。2 番目に空調一次エネルギー消費量が多いのは温暖地である。7 月に月別空調一次エネルギー消費量の中で最大となる。7 月に冷房負荷が最大となり、空調に燃料が使用されるためである。標準地の 8 月と比較すると、温暖地が約 20 (MJ/m²・年) 大きい。また、12 月から 2 月まで空調一次エネルギー消費量がほとんど使用されない。温暖地では 12 月に冷暖房を必要としない気温となるからである。

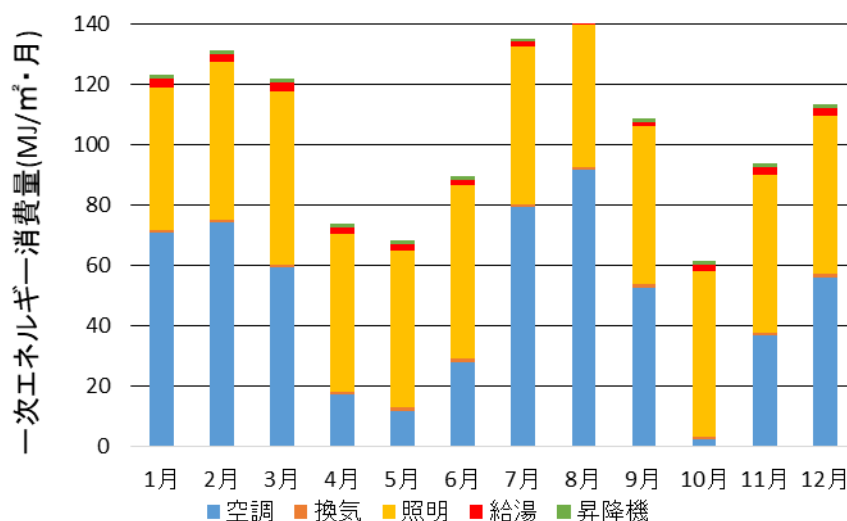


図 2.5 標準地 GHP における月別一次エネルギー消費量(標準モデル)

表 2.21 標準地 GHP の年間一次エネルギー消費量(標準モデル)

	空調	換気	照明	給湯	昇降機	合計
単位(MJ/m ² ・年)	580.7	12.60	627.8	26.40	13.90	1261

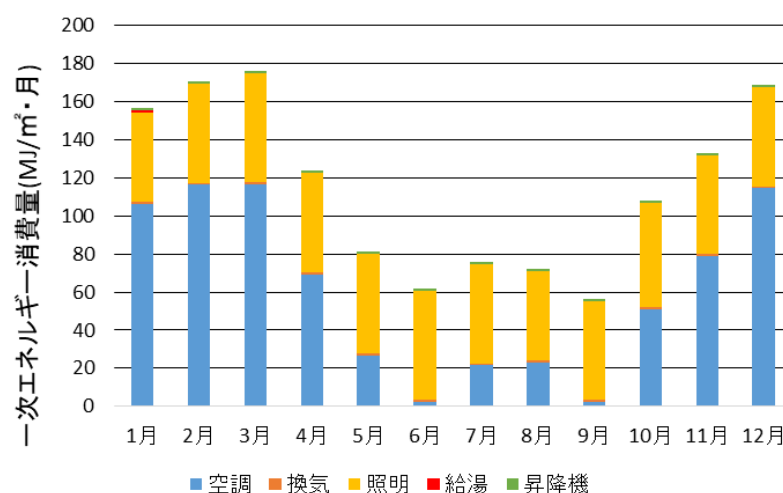


図 2.6 寒冷地 GHP における月別一次エネルギー消費量(標準モデル)

表 2.22 寒冷地 GHP の年間一次エネルギー消費量(標準モデル)

	空調	換気	照明	給湯	昇降機	合計
単位(MJ/m ² ・年)	729.5	12.60	627.8	31.30	13.90	1415

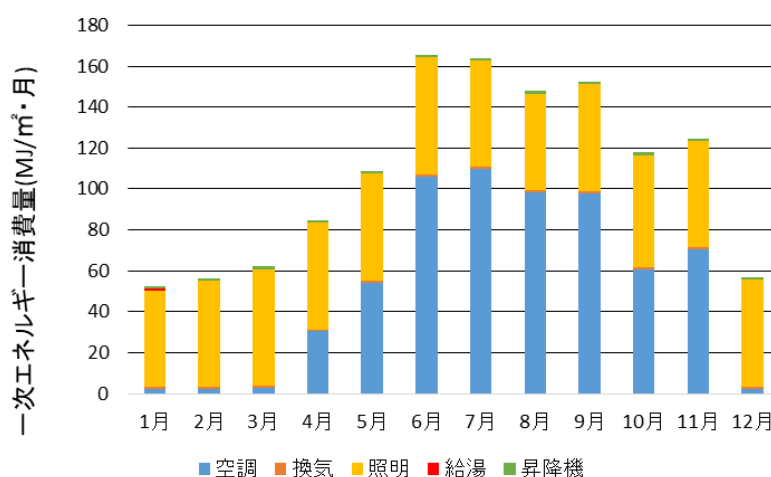


図 2.7 温暖地 GHP における月別一次エネルギー消費量(標準モデル)

表 2.23 温暖地 GHP の年間一次エネルギー消費量(標準モデル)

	空調	換気	照明	給湯	昇降機	合計
単位(MJ/m ² ・年)	637.3	12.60	627.8	20.50	13.90	1312

2.2.2.2 各地域におけるEHP熱源の月別一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー消費量 (標準モデル)

図 2.8、図 2.9、図 2.10 に月別一次エネルギー消費量を、表 2.24、表 2.25、表 2.26 に年間一次エネルギー消費量を示す。標準地での空調一次エネルギー消費量は 2 番目に大きい。8 月に月別空調一次エネルギー消費量の中で最大となる。8 月に冷房負荷が最大となり、空調に燃料が使用されるためである。また、10 月に最小となる。標準地では 10 月に冷暖房を必要としない気温となるからである。最も空調一次エネルギー消費量が多いのは寒冷地である。3 月に月別一次エネルギー消費量の中で最大値となる。3 月に暖房負荷が最大となり、空調に燃料が使用されるためである。また、6 月、9 月に最小となる。標準地では 6 月と 9 月に冷暖房を必要としない気温となるからである。最も空調一次エネルギー消費量が少ないのは温暖地である。7 月に月別空調一次エネルギー消費量の中で最大となる。7 月に冷房負荷が最大となり、空調に燃料が使用されるためである。標準地の 8 月と比較すると、温暖地が約 20 (MJ/m²・年) 大きい。また、12 月から 2 月まで空調一次エネルギー消費量がほとんど使用されない。標準地では 12 月に冷暖房を必要としない気温となるからである。月別のトレンドでは GHP と同様の結果となり、年間空調一次エネルギー消費量では GHP が寒冷地に優位で、EHP が温暖地に優位である。

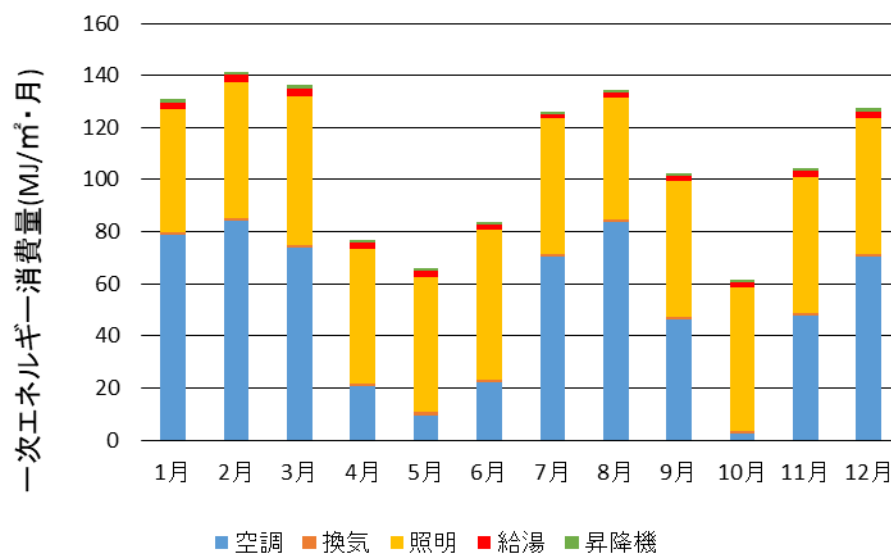


図 2.8 標準地 EHP における月別一次エネルギー消費量 (標準モデル)

表 2.24 標準地 EHP の年間一次エネルギー消費量 (標準モデル)

	空調	換気	照明	給湯	昇降機	合計
単位(MJ/m ² ・年)	610.3	12.60	627.8	26.40	13.90	1291

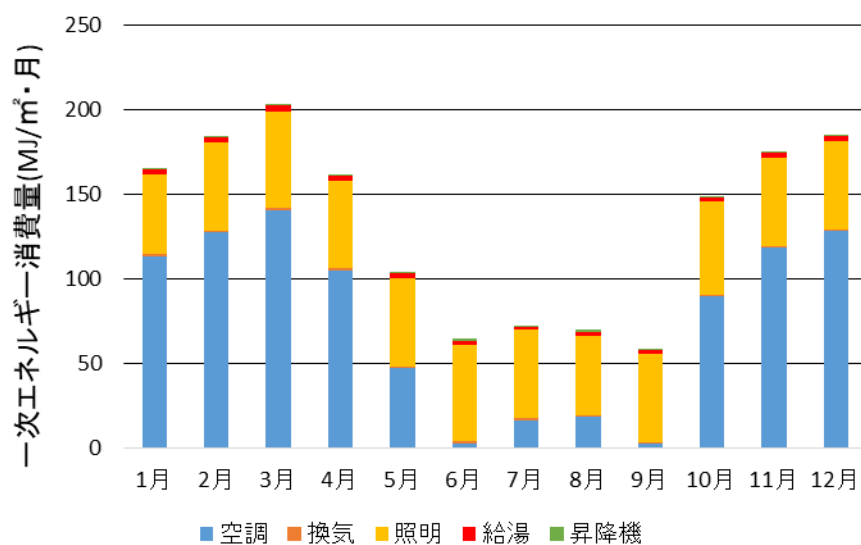


図 2.9 寒冷地 EHP における月別一次エネルギー消費量(標準モデル)

表 2.25 寒冷地 EHP の年間一次エネルギー消費量(標準モデル)

	空調	換気	照明	給湯	昇降機	合計
単位(MJ/m ² ・年)	908.6	12.60	627.8	31.30	13.90	1594

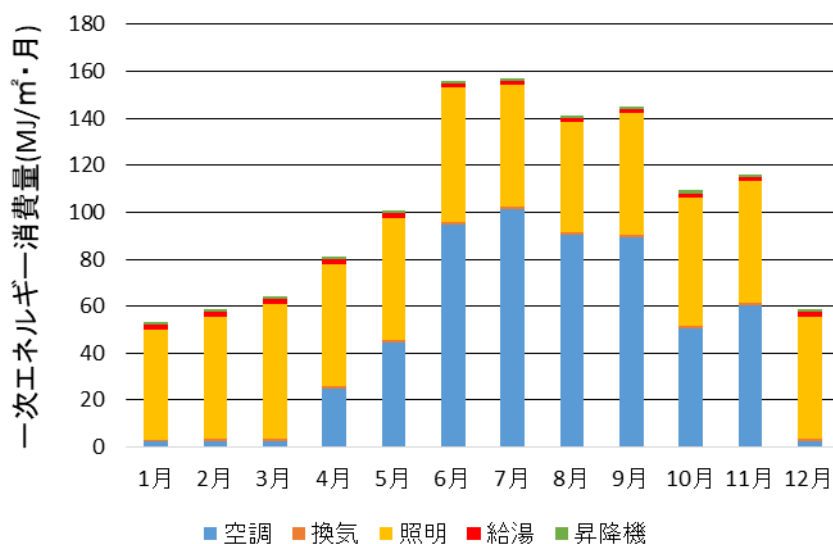


図 2.10 温暖地 EHP における月別一次エネルギー消費量(標準モデル)

表 2.26 温暖地 EHP の年間一次エネルギー消費量(標準モデル)

	空調	換気	照明	給湯	昇降機	合計
単位(MJ/m ² ・年)	566.3	12.60	627.8	20.50	13.90	1241

2.2.3 省エネモデル作成のパラメータ入力値

省エネモデルについては、各パラメータ(熱源、窓ガラス種・面積率、外壁断熱材、照明機器、室内機)の入力項目において省エネ性能を高くしている。熱源機器は標準モデルと同様に2017年のカタログ値を設定する。したがって空調機器の入力項目および入力値は省略する。以下の各入力項目で設備仕様について述べる。

1) 各地域における外壁の入力値(省エネモデル)

以下の表 2.27～表 2.29 に、省エネモデルにおける各地域の気候特性を考慮した外壁入力値を示す。外壁仕様及び断熱材厚さは、平成25年省エネ基準より引用する。また、断熱材は平成25年省エネ基準よりも熱貫流率の低い「硬質ウレタンフォーム保温板2種2号」を設定する。

表 2.27 標準地における外壁入力項目と入力値(省エネモデル)

外壁部材構成	材料分類	材料名称	厚さ(mm)
内側↑	非木質系壁材・下地材	せっこうボード	8.00
	中空層	密閉中空層	
	ウレタンフォーム断熱材	硬質ウレタンフォーム 保温板 2種2号	25.0
	コンクリート系材料	コンクリート	150
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	25.0
外側↓	非木質系壁材・下地材	タイル	10.0
屋根部材構成	材料名称	材料分類	厚さ(mm)
内側↑	非木質系壁材・下地材	ロックウール化粧吸音板	12.0
	非木質系壁材・下地材	せっこうボード	10.0
	中空層	非密閉中空層	
	コンクリート系材料	コンクリート	150
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	15.0
	床材	アスファルト類	5.00
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	15.0
	ウレタンフォーム断熱材	硬質ウレタンフォーム 保温板 2種2号	50.0
外側↓	コンクリート系材料	コンクリート	60.0

表 2.28 寒冷地における外壁入力項目と入力値(省エネモデル)

外壁部材構成	材料分類	材料名称	厚さ(mm)
内側↑	非木質系壁材・下地材	せっこうボード	8.00
	中空層	密閉中空層	
	ウレタンフォーム断熱材	硬質ウレタンフォーム 保温板 2種2号	50.0
	コンクリート系材料	コンクリート	150
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	25.0
外側↓	非木質系壁材・下地材	タイル	10.0
屋根部材構成	材料名称	材料分類	厚さ(mm)
内側↑	非木質系壁材・下地材	ロックウール化粧吸音板	12.0
	非木質系壁材・下地材	せっこうボード	10.0
	中空層	非密閉中空層	
	コンクリート系材料	コンクリート	150
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	15.0
	床材	アスファルト類	5.00
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	15.0
	ウレタンフォーム断熱材	硬質ウレタンフォーム 保温板 2種2号	100
外側↓	コンクリート系材料	コンクリート	60.0

表 2.29 温暖地における外壁入力項目と入力値(省エネモデル)

外壁部材構成	材料分類	材料名称	厚さ(mm)
内側↑	非木質系壁材・下地材	せっこうボード	8.00
	中空層	密閉中空層	
	コンクリート系材料	コンクリート	150
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	25.0
外側↓	非木質系壁材・下地材	タイル	10.0
屋根部材構成	材料名称	材料分類	厚さ(mm)
内側↑	非木質系壁材・下地材	ロックウール化粧吸音板	12.0
	非木質系壁材・下地材	せっこうボード	10.0
	中空層	非密閉中空層	
	コンクリート系材料	コンクリート	150
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	15.0
	床材	アスファルト類	5.00
	コンクリート系材料	セメント・モルタル	15.0
	ウレタンフォーム断熱材	硬質ウレタンフォーム 保温板 2種2号	25.0
外側↓	コンクリート系材料	コンクリート	60.0

2) 各地域における窓の入力値(省エネモデル)

以下の表 2.30～表 2.32 に省エネモデルにおける各地域の気候特性を考慮した窓入力値を示す。標準地では冷房負荷軽減のため日射遮蔽型の窓ガラスを設定し、更に冷房負荷が高い温暖地ではより高性能な高日射遮蔽型を設定する。暖房負荷が高い寒冷地では、日射取得型の窓ガラスを設定する。

表 2.30 標準地における窓入力項目と入力値(省エネモデル)

窓種別	窓タイプ	ガラス種類	ガラス厚さ(mm)	窓面積率(%)	
通常窓	複層ガラス空気層6mm	日射遮蔽型Low-E+透明	8.00	25.0	
ブラインド種類	ブラインド操作方法	熱貫流率(W/m ² K)	日射侵入率	日射透過率	可視光透過率
明色	標準	2.13	0.30	0.07	0.09

表 2.31 寒冷地における窓入力項目と入力値(省エネモデル)

窓種別	窓タイプ	ガラス種類	ガラス厚さ(mm)	窓面積率(%)	
通常窓	複層ガラス空気層12mm	日射取得型Low-E+透明	12.0	30.0	
ブラインド種類	ブラインド操作方法	熱貫流率(W/m ² K)	日射侵入率	日射透過率	可視光透過率
明色	標準	1.28	0.38	0.08	0.10

表 2.32 温暖地における窓入力項目と入力値(省エネモデル)

窓種別	窓タイプ	ガラス種類	ガラス厚さ(mm)	窓面積率(%)	
通常窓	複層ガラス空気層6mm	高日射遮蔽型Low-E+透明	6.00	30.0	
ブラインド種類	ブラインド操作方法	熱貫流率(W/m ² K)	日射侵入率	日射透過率	可視光透過率
明色	標準	2.11	0.23	0.05	0.08

3) 照明の入力値(省エネモデル)

以下の照明を設置した初期段階に過剰に設定されている明るさを、定格と同様の出力に調節するものである。表 2.34 に省エネモデルにおける照明入力値を示す。2017 年の照明カタログの数値を引用する³⁹⁾。照明器具種は LED を設定する。LED は、標準モデルで設定した FLR よりも約 47W 消費電力が低く、長寿命である。照明を設置した初期段階に過剰に設定されている明るさを、定格と同様の出力に調節するものである。昼光利用とは執務状況に悪影響を与えない照度を保ちながら、外部から自然採光をすることである。照明器具の点灯時間が減少するために一般的なオフィスでは約 10～30%程度の省エネ効果がある。照度の維持には室内に設置されたセンサーが利用される。また、表中の初期照度補正とは、照明を設置した初期段階に過剰に設定されている明るさを、定格と同様の出力に調節するものである。約 15%の省エネ効果がある。

表 2.33 照明入力項目と入力値(省エネモデル、1 階)

No	フロア	室番号	室用途	面積(m ²)	消費電力				器具		昼光利用	在室検知	初期照度
					1 台当たり(W)	台数	合計(W)	合計(W/m ²)	種類	効率(lm/W)			
1	1階	BA-1	BA:事務室3	270	32.5	80	2600.00	9.63	LED	190.2	あり	なし	あり
2	1階	BA-2	BA:事務室3	49.0	32.5	15	487.50	9.95	LED	190.2	あり	なし	あり
3	1階	AD-3	AD:喫茶室	12.5	32.5	4	130.00	10.4	LED	190.2	なし	なし	あり
4	1階	AH-4	AH:廊下	12.5	32.5	4	130.00	10.4	LED	190.2	なし	なし	あり
5	1階	AC-5	AC:会議室	25.0	32.5	8	260.00	10.4	LED	190.2	なし	なし	あり
6	1階	AH-6	AH:廊下	10.0	32.5	3	97.50	9.75	LED	190.2	なし	なし	あり
7	1階	AB-7	AB:電子計算機器事務室	6.25	32.5	2	65.00	10.4	LED	190.2	なし	なし	あり
8	1階	AH-8	AH:廊下	46.0	32.5	14	455.00	9.89	LED	190.2	なし	なし	あり
9	1階	BA-9	BA:事務室3	135	32.5	40	1300.00	9.63	LED	190.2	あり	なし	あり
10	1階	AI-10	AI:ロビー	24.0	32.5	8	260.00	10.83	LED	190.2	なし	なし	あり
11	1階	AD-11	AD:喫茶室	12.0	32.5	4	130.00	10.83	LED	190.2	なし	なし	あり
12	1階	AG-12	AG:更衣室又は倉庫	18.0	32.5	6	195.00	10.83	LED	190.2	なし	なし	あり
13	1階	AF-13	AF:中央監視室	15.0	32.5	5	162.50	10.83	LED	190.2	なし	なし	あり

表 2.34 照明入力項目と入力値(省エネモデル、2～6 階)

No	フロア	室番号	室用途	面積(m ²)	消費電力				器具		昼光利用	在室検知	初期照度
					1 台当たり(W)	台数	合計(W)	合計(W/m ²)	種類	効率(lm/W)			
1	2階	BA-1	BA:事務室3	270	32.5	85	2600.00	9.63	LED	190.2	あり	なし	あり
2	2階	BA-2	BA:事務室3	49.0	32.5	12	487.50	9.95	LED	190.2	あり	なし	あり
3	2階	AD-3	AD:喫茶室	12.5	32.5	3	130.00	10.4	LED	190.2	なし	なし	あり
4	2階	AH-4	AH:廊下	12.5	32.5	3	130.00	10.4	LED	190.2	なし	なし	あり
5	2階	AC-5	AC:会議室	25.0	32.5	6	260.00	10.4	LED	190.2	なし	なし	あり
6	2階	AH-6	AH:廊下	10.0	32.5	3	97.50	9.75	LED	190.2	なし	なし	あり
7	2階	AB-7	AB:電子計算機器事務室	6.25	32.5	2	65.00	10.4	LED	190.2	なし	なし	あり
8	2階	AH-8	AH:廊下	46.0	32.5	12	455.00	9.89	LED	190.2	なし	なし	あり
9	2階	BA-9	BA:事務室3	216	32.5	52	2080.00	9.63	LED	190.2	あり	なし	あり

4) 各地域における換気の入力値(省エネモデル)

以下の表 2.35 に省エネモデルにおける換気入力値を示す。2017 年の換気カタログの数値を引用⁴⁰⁾。JIS C 4212(高効率定圧三相かご形誘導電動機)に準拠した高効率モーターを設定する。また、インバータ方式を設定することで、在室人数に応じた換気を行うことができる。

表 2.35 換気入力項目と入力値(省エネモデル)

No	系統名	換気制御	台数	室用途	運転時間(h)	排気			
						ファンの種類	風量(m ³ /h)	静圧(Pa)	高効率モーター
1	換気設備	インバータ方式	12	事務所等 / 便所	3133	天井扇	600	125	あり
2	換気設備	インバータ方式	6	事務所等 / 機械室	8760	天井扇	600	125	あり
3	換気設備	インバータ方式	2	事務所等 / 更衣室又は倉庫	3133	天井扇	600	125	あり
4	換気設備	インバータ方式	6	事務所等 / 湯沸室等	1928	天井扇	600	125	あり

5) 昇降機の入力値(省エネモデル)

以下の表 2.36 に省エネモデルにおける昇降機入力値を示す。電力回生制御とは、昇降の際に生じた余剰エネルギーを電気に変換し再利用することである。ギアレス巻上式では駆動装置を必要としないために省資源である。

表 2.36 昇降機入力項目と入力値(省エネモデル)

No	EVの速度制御方式	積載重量(kg)	定格速度(m/min)	台数	輸送能力係数	EV機械室	
						フロア名称	室番号
1	可変電圧可変周波数制御方式(電力回生制御あり)かつギアレス巻上機	600	60	2	1	1階	AB-7

6) 給湯器の入力値(省エネモデル)

以下の表 2.37 に省エネモデルにおける給湯入力値を示す。2017 年の給湯カタログの数値を引用する⁴¹。中央方式と比較し、熱損失が減少し、エネルギー消費効率が向上するため個別方式を設定する。

表 2.37 給湯器入力項目と入力値(省エネモデル)

No	フロア名称	室番号	室用途	面積(m ²)	標準人員密度 (人/m ²)	標準給湯原単位(L/ 人・日, L/m ² ・日)	計画給湯原単位(L/ 人・日, L/m ² ・日)	計画給湯(L/日)	給湯機器系統タイプ	給湯機器系統選択
1	1階	BA-1	事務所等 / 事務室3	270	0.10	3.80	20.0	540	一管式個別給湯	給湯1
2	2階	BA-1	事務所等 / 事務室3	270	0.10	3.80	20.0	540	一管式個別給湯	給湯1
3	3階	BA-1	事務所等 / 事務室3	270	0.10	3.80	20.0	540	一管式個別給湯	給湯1
4	4階	BA-1	事務所等 / 事務室3	270	0.10	3.80	20.0	540	一管式個別給湯	給湯1
5	5階	BA-2	事務所等 / 事務室3	49	0.10	3.80	20.0	98.0	一管式個別給湯	給湯1
6	6階	BA-1	事務所等 / 事務室3	270	0.10	3.80	20.0	540	一管式個別給湯	給湯1
7	1階	AD-3	事務所等 / 喫茶室	12.5	0.30	32.0	20.0	250	一管式個別給湯	給湯1
8	2階	AD-3	事務所等 / 喫茶室	12.5	0.30	32.0	20.0	250	一管式個別給湯	給湯1
9	3階	AD-3	事務所等 / 喫茶室	12.5	0.30	32.0	20.0	250	一管式個別給湯	給湯1
10	4階	AD-3	事務所等 / 喫茶室	12.5	0.30	32.0	20.0	250	一管式個別給湯	給湯1
11	5階	AD-3	事務所等 / 喫茶室	12.5	0.30	32.0	20.0	250	一管式個別給湯	給湯1
12	6階	AD-3	事務所等 / 喫茶室	12.5	0.30	32.0	20.0	250	一管式個別給湯	給湯1

2.2.4 省エネモデルの計算結果

上記の入力値を設定し省エネモデルの一次エネルギー消費量を算出する。以下に月別一次エネルギー消費量を示す。

2.2.4.1 各地域におけるGHP熱源の月別一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー消費量(省エネモデル)

図 2.11、図 2.12、図 2.13 に月別一次エネルギー消費量を、表 2.38、表 2.39、表 2.40 に年間一次エネルギー消費量を示す。標準地での空調一次エネルギー消費量は、標準モデルと比較して 10%減少しており、照明は 63%減少している。全体では 38%の削減となる。寒冷地での空調一次エネルギー消費量は、標準モデルと比較して 2.5%減少しており、照明は 63%減少している。全体では 31%の削減となる。温暖地での空調一次エネルギー消費量は、標準モデルと比較して 10%減少しており、照明は 63%減少している。照明の削減率は地域ごとの

変化はない。標準地と温暖地では空調一次エネルギー消費量の削減率に変化はなく、寒冷地での削減率は標準地と温暖地より小さい。

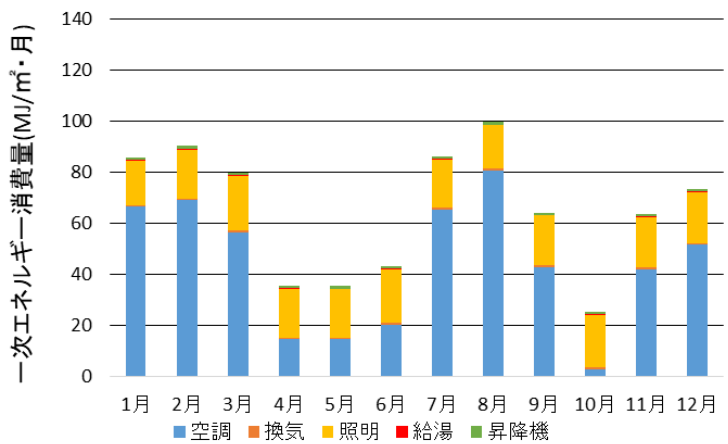


図 2.11 標準地 GHP における月別一次エネルギー消費量(省エネモデル)

表 2.38 標準地 GHP における年間一次エネルギー消費量(省エネモデル)

	空調	換気	照明	給湯	昇降機	合計
単位(MJ/m ² ・年)	528	8.10	232	3.40	12.5	783

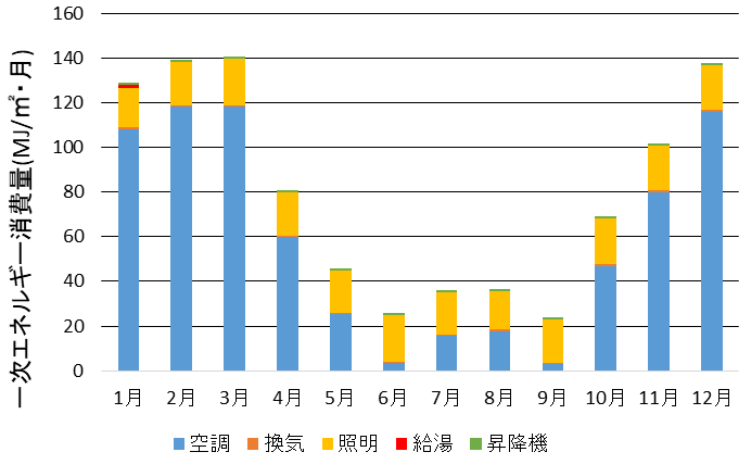


図 2.12 寒冷地 GHP における月別一次エネルギー消費量(省エネモデル)

表 2.39 寒冷地 GHP における年間一次エネルギー消費量(省エネモデル)

	空調	換気	照明	給湯	昇降機	合計
単位(MJ/m ² ・年)	712	8.10	233	4.10	12.5	969

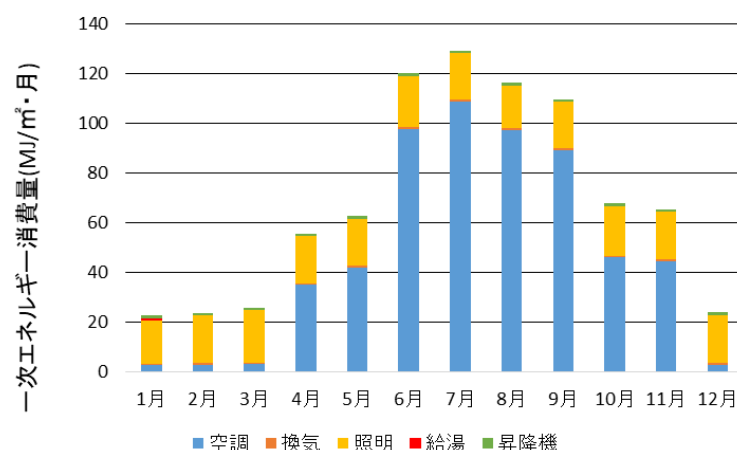


図 2.13 温暖地 GHP における月別一次エネルギー消費量(省エネモデル)

表 2.40 温暖地 GHP における年間一次エネルギー消費量(省エネモデル)

	空調	換気	照明	給湯	昇降機	合計
単位(MJ/m ² ・年)	573	8.10	229	2.60	12.5	825

2.2.4.2 各地域における EHP 熱源の月別一次エネルギー消費量と年間一次エネルギー消費量 (省エネモデル)

図 2.14、図 2.15、図 2.16 に月別一次エネルギー消費量を、表 2.41、表 2.42、表 2.43 に年間一次エネルギー消費量を示す。標準地での空調一次エネルギー消費量は、標準モデルと比較して 10%減少しており、照明は 63%減少している。全体では 38%の削減となる。寒冷地での空調一次エネルギー消費量は標準モデルと比較して 3%減少しており、照明は 63%減少している。全体では 28%の削減となる。温暖地での空調一次エネルギー消費量は、標準モデルと比較して 10%減少しており、照明は 64%減少している。GHP 熱源と同様に標準地と温暖地では空調一次エネルギー消費量の削減率に変化はなく、寒冷地での削減率は標準地と温暖地より小さい。

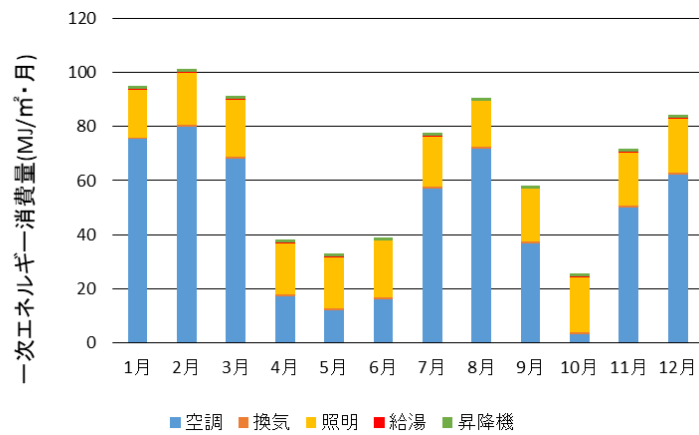


図 2.14 標準地 EHP における月別一次エネルギー消費量(省エネモデル)

表 2.41 標準地 EHP における年間一次エネルギー消費量(省エネモデル)

	空調	換気	照明	給湯	昇降機	合計
単位(MJ/m ² ・年)	550	8.10	232	3.40	12.5	806

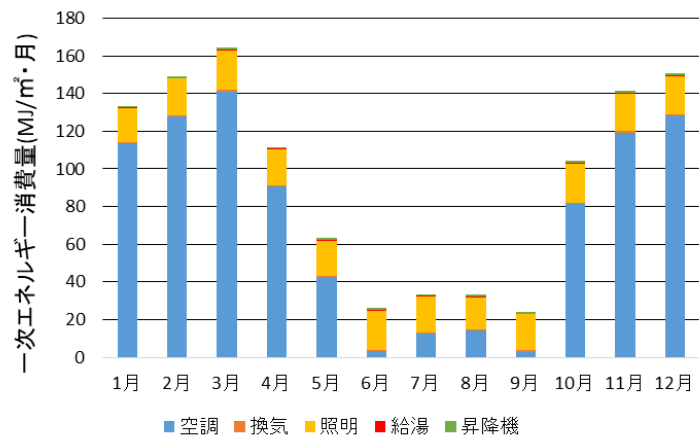


図 2.15 寒冷地 EHP における月別一次エネルギー消費量(省エネモデル)

表 2.42 寒冷地 EHP における年間一次エネルギー消費量(省エネモデル)

	空調	換気	照明	給湯	昇降機	合計
単位(MJ/m ² ・年)	878	8.10	233	4.10	12.5	1135

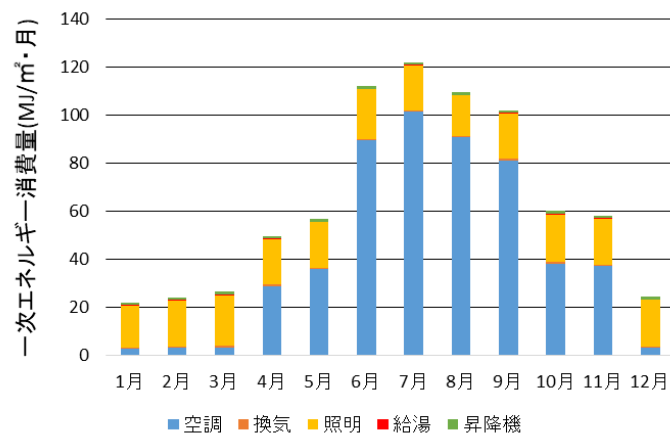


図 2.16 温暖地 EHP における月別一次エネルギー消費量(省エネモデル)

表 2.43 温暖地 EHP における年間一次エネルギー消費量(省エネモデル)

	空調	換気	照明	給湯	昇降機	合計
単位(MJ/m ² ・年)	515	8.10	229	2.60	12.5	767

2.2.5 省エネモデルの基準値

ZEB 評価をする際に使用する基準一次エネルギー消費量の算定根拠を示す。基準一次エネルギー消費量⁴² E_{ST} (MJ/年)は、次の式は「平成 25 年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説 I 非住宅建築物(第二版)」から引用する。算出式を以下に示す。(2.1)

$$E_{ST} = (E_{SAC} + E_{SV} + E_{SL} + E_{SW} + E_{SEV} + E_M) \times 10^{-3} \quad (2.1)$$

この式において、 E_{SAC} 、 E_{SV} 、 E_{SL} 、 E_{SW} 、 E_{SEV} および E_M は、それぞれ次の数値を表すものとする。

E_{SAC} ：空気調和設備の基準一次エネルギー消費量(MJ/年)

E_{SV} ：空気調和設備以外の機会換気設備の基準一次エネルギー消費量(MJ/年)

E_{SL} ：照明設備の基準一次エネルギー消費量(MJ/年)

E_{SW} ：給湯設備の基準一次エネルギー消費量(MJ/年)

E_{SEV} ：昇降機設備の基準一次エネルギー消費量(MJ/年)

E_M ：その他設備の一次エネルギー消費量(MJ/年)

建物を構成する室の用途に応じて、単位面積当たりの基準一次エネルギー消費量が地域ごとに規定されている。室用途毎と設備用途毎の基準一次エネルギー消費量をモデル建物に対応させて算出されるものが、建物全体の基準一次エネルギー消費量となる。

1) 空気調和設備

空気調和設備の基準一次エネルギー消費量(MJ/年)は、省エネ基準に規定される方法に従い、次式により算出される。(2.2)

$$E_{SAC} = \sum_{r=1}^n (a_{SAC,r} \times A_r) \quad (2.2)$$

ここで、

$a_{SAC,r}$: 空調対象室 r の室用途及び地域区分ごとに定まる係数(MJ/m²・年)

A_r : 空調対象室 r の床面積(m²)

n : 当該非住宅建築物における空調対象室の数

省エネ基準により、室用途毎、地域毎に「基準設定外皮仕様」と「基準設定空気調和設備仕様」が定められており、これらの仕様は実際に届け出のあった省エネ計画書の分析結果、各種文献調査、設計者等へのヒアリング調査の結果を総合して定められている。また、省エネ基準における地域区分は表 2.44 のように設定される。

表 2.44 省エネ基準における都道府県の地域区分

地域区分	都道府県名
1, 2	北海道
3	青森県、岩手県、秋田県
4	宮城県、山形県、福島県、栃木県、新潟県、長野県
5, 6	茨城県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、富山県、石川県、福井県、山梨県、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県、鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県
7	宮城県、鹿児島県
8	沖縄県

[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Ⅰ 非住宅建築物
(第二版)]

2) 外皮仕様

外皮仕様の省エネ基準を以下に示す。

表 2.45 地域区分毎に設定される外壁・屋根仕様基準

地域	1、2地域			地域	3、4地域		
外壁名称	建材番号	建材名称	厚さ [mm]	外壁名称	建材番号	建材名称	厚さ [mm]
屋根		室内側		屋根		室内側	
	70	ロックウール化粧吸音板	12		70	ロックウール化粧吸音板	12
	62	せっこうボード	10		62	せっこうボード	10
	302	非密閉中空層			302	非密閉中空層	
	41	コンクリート	150		41	コンクリート	150
	47	セメント・モルタル	15		47	セメント・モルタル	15
	103	アスファルト類	5		103	アスファルト類	5
	47	セメント・モルタル	15		47	セメント・モルタル	15
	181	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種	100		181	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種	50
	41	コンクリート	60		41	コンクリート	60
外壁		室外側		外壁		室外側	
		室内側				室内側	
	62	せっこうボード	8		62	せっこうボード	8
	302	非密閉中空層			302	非密閉中空層	
	181	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種	50		181	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種	25
	41	コンクリート	150		41	コンクリート	150
	47	セメント・モルタル	25		47	セメント・モルタル	25
	67	タイル	10		67	タイル	10
		室外側				室外側	
地域	5、6、7地域			地域	8地域		
外壁名称	建材番号	建材名称	厚さ [mm]	外壁名称	建材番号	建材名称	厚さ [mm]
屋根		室内側		屋根		室内側	
	70	ロックウール化粧吸音板	12		70	ロックウール化粧吸音板	12
	62	せっこうボード	10		62	せっこうボード	10
	302	非密閉中空層			302	非密閉中空層	
	41	コンクリート	150		41	コンクリート	150
	47	セメント・モルタル	15		47	セメント・モルタル	15
	103	アスファルト類	5		103	アスファルト類	5
	47	セメント・モルタル	15		47	セメント・モルタル	15
	181	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種	50		181	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種	25
	41	コンクリート	60		41	コンクリート	60
外壁		室外側		外壁		室外側	
		室内側				室内側	
	62	せっこうボード	8		62	せっこうボード	8
	302	非密閉中空層			302	非密閉中空層	
	181	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種	25		41	コンクリート	150
	41	コンクリート	150		47	セメント・モルタル	25
	47	セメント・モルタル	25		67	タイル	10
	67	タイル	10				
		室外側				室外側	

[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Ⅰ 非住宅建築物
(第二版)]

表 2.46 基準設定窓仕様

建物用途	1,2地域			3,4地域		
	ガラス種類	ガラス番号	ブラインド	ガラス種類	ガラス番号	ブラインド
事務所等	複層(空気層6mm) 透明+透明 8mm	104	有	複層(空気層6mm) 透明+透明 8mm	104	有
ホテル等	複層(空気層6mm) 透明+透明 8mm	104	有	複層(空気層6mm) 透明+透明 8mm	104	有
病院等	複層(空気層6mm) 透明+透明 8mm	104	有	複層(空気層6mm) 透明+透明 8mm	104	有
物販店舗等	複層(空気層6mm) 透明+透明 8mm	104	無	複層(空気層6mm) 透明+透明 8mm	104	無
学校等	複層(空気層6mm) 透明+透明 6mm	103	有	複層(空気層6mm) 透明+透明 6mm	104	有
飲食店等	複層(空気層6mm) 透明+透明 6mm	103	無	単層 透明 6mm	3	無
集会所等	複層(空気層6mm) 透明+透明 6mm	103	無	単層 透明 6mm	3	無
共用住宅共用部	複層(空気層6mm) Low-E(高日射遮蔽型)+透明 10mm	203	無	複層(空気層6mm) 熱反射シルバー+透明 6mm	141	無

建物用途	5,6,7地域			8地域		
	ガラス種類	ガラス番号	ブラインド	ガラス種類	ガラス番号	ブラインド
事務所等	単層 透明 8mm	4	有	単層 透明 8mm	4	有
ホテル等	単層 透明 8mm	4	有	単層 透明 8mm	4	有
病院等	単層 透明 8mm	4	有	単層 透明 8mm	4	有
物販店舗等	単層 透明 8mm	4	無	単層 透明 8mm	4	有
学校等	単層 透明 5mm	2	有	単層 透明 5mm	2	有
飲食店等	単層 透明 6mm	3	無	単層 透明 6mm	3	有
集会所等	単層 透明 6mm	3	無	単層 透明 6mm	3	無
共用住宅共用部	単層 透明 3mm	1	有	単層 高性能熱線反射 (可視光透過率40%) 6mm	51	無

[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Ⅰ 非住宅建築物
(第二版)]

表 2.47 基準設定空気調和設備仕様(1, 2 地域)

建物用途	室用途	蓄熱システムの有無	台数制御	冷房熱源				暖房熱源				一次ポンプWTF
				熱源機種	台数	定格冷却能力 [kW/㎡]	熱源COP	熱源機種	台数	定格暖房能力 [kW/㎡]	熱源COP	
事務所等	事務室	無	有	空冷HP	2	0.114	3.24	空冷HP	2	0.232	2.74	44
事務所等	電子計算機器事務室	無	有	空冷HP	2	0.132	3.24	空冷HP	2	0.232	2.74	44
事務所等	会議室	無	有	空冷HP	2	0.17	3.24	空冷HP	2	0.326	2.74	44
事務所等	喫茶室	無	有	空冷HP	2	0.17	3.24	空冷HP	2	0.326	2.74	44
事務所等	社員食堂	無	有	空冷HP	2	0.216	3.24	空冷HP	2	0.366	2.74	44
事務所等	中央監視室	無	有	空冷HP	2	0.13	3.24	空冷HP	2	0.218	2.74	44
事務所等	更衣室又は倉庫	無	有	空冷HP	2	0.096	3.24	空冷HP	2	0.218	2.74	44
事務所等	廊下	無	有	空冷HP	2	0.082	3.24	空冷HP	2	0.198	2.74	44
事務所等	ロビー	無	有	空冷HP	2	0.082	3.24	空冷HP	2	0.198	2.74	44
事務所等	便所	無	有	空冷HP	2	0.082	3.24	空冷HP	2	0.198	2.74	44
事務所等	喫煙室	無	有	空冷HP	2	0.082	3.24	空冷HP	2	0.198	2.74	44

[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Ⅰ 非住宅建築物
(第二版)]

表 2.48 基準設定空気調和設備仕様(3,4 地域)

建物用途	室用途	蓄熱システムの有無	台数制御	冷房熱源				暖房熱源				一次ポンプWTF
				熱源機種	台数	定格冷却能力 [kW/m ²]	熱源COP	熱源機種	台数	定格暖房能力 [kW/m ²]	熱源COP	
事務所等	事務室	無	有	空冷HP	2	0.13	3.24	空冷HP	2	0.18	3.42	44
事務所等	電子計算機器事務室	無	有	空冷HP	2	0.148	3.24	空冷HP	2	0.18	3.42	44
事務所等	会議室	無	有	空冷HP	2	0.192	3.24	空冷HP	2	0.252	3.42	44
事務所等	喫茶室	無	有	空冷HP	2	0.192	3.24	空冷HP	2	0.252	3.42	44
事務所等	社員食堂	無	有	空冷HP	2	0.244	3.24	空冷HP	2	0.284	3.42	44
事務所等	中央監視室	無	有	空冷HP	2	0.146	3.24	空冷HP	2	0.168	3.42	44
事務所等	更衣室又は倉庫	無	有	空冷HP	2	0.108	3.24	空冷HP	2	0.168	3.42	44
事務所等	廊下	無	有	空冷HP	2	0.094	3.24	空冷HP	2	0.154	3.42	44
事務所等	ロビー	無	有	空冷HP	2	0.094	3.24	空冷HP	2	0.154	3.42	44
事務所等	便所	無	有	空冷HP	2	0.094	3.24	空冷HP	2	0.154	3.42	44
事務所等	喫煙室	無	有	空冷HP	2	0.094	3.24	空冷HP	2	0.154	3.42	44

[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Ⅰ 非住宅建築物
(第二版)]

表 2.49 基準設定空気調和設備仕様(5,6,7 地域)

建物用途	室用途	蓄熱システムの有無	台数制御	冷房熱源				暖房熱源				一次ポンプWTF
				熱源機種	台数	定格冷却能力 [kW/m ²]	熱源COP	熱源機種	台数	定格暖房能力 [kW/m ²]	熱源COP	
事務所等	事務室	無	有	空冷HP	2	0.146	3.24	空冷HP	2	0.158	3.42	44
事務所等	電子計算機器事務室	無	有	空冷HP	2	0.166	3.24	空冷HP	2	0.158	3.42	44
事務所等	会議室	無	有	空冷HP	2	0.216	3.24	空冷HP	2	0.224	3.42	44
事務所等	喫茶室	無	有	空冷HP	2	0.216	3.24	空冷HP	2	0.224	3.42	44
事務所等	社員食堂	無	有	空冷HP	2	0.274	3.24	空冷HP	2	0.25	3.42	44
事務所等	中央監視室	無	有	空冷HP	2	0.164	3.24	空冷HP	2	0.15	3.42	44
事務所等	更衣室又は倉庫	無	有	空冷HP	2	0.122	3.24	空冷HP	2	0.15	3.42	44
事務所等	廊下	無	有	空冷HP	2	0.104	3.24	空冷HP	2	0.136	3.42	44
事務所等	ロビー	無	有	空冷HP	2	0.104	3.24	空冷HP	2	0.136	3.42	44
事務所等	便所	無	有	空冷HP	2	0.104	3.24	空冷HP	2	0.136	3.42	44
事務所等	喫煙室	無	有	空冷HP	2	0.104	3.24	空冷HP	2	0.136	3.42	44

[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Ⅰ 非住宅建築物
(第二版)]

表 2.50 基準設定空気調和設備仕様(8 地域)

建物用途	室用途	蓄熱システムの有無	台数制御	冷房熱源				暖房熱源				一次ポンプWTF
				熱源機種	台数	定格冷却能力 [kW/m ²]	熱源COP	熱源機種	台数	定格暖房能力 [kW/m ²]	熱源COP	
事務所等	事務室	無	有	空冷HP	2	0.162	3.24	空冷HP	2	0.068	3.42	44
事務所等	電子計算機器事務室	無	有	空冷HP	2	0.188	3.24	空冷HP	2	0.068	3.42	44
事務所等	会議室	無	有	空冷HP	2	0.24	3.24	空冷HP	2	0.096	3.42	44
事務所等	喫茶室	無	有	空冷HP	2	0.24	3.24	空冷HP	2	0.096	3.42	44
事務所等	社員食堂	無	有	空冷HP	2	0.306	3.24	空冷HP	2	0.108	3.42	44
事務所等	中央監視室	無	有	空冷HP	2	0.184	3.24	空冷HP	2	0.064	3.42	44
事務所等	更衣室又は倉庫	無	有	空冷HP	2	0.136	3.24	空冷HP	2	0.064	3.42	44
事務所等	廊下	無	有	空冷HP	2	0.116	3.24	空冷HP	2	0.058	3.42	44
事務所等	ロビー	無	有	空冷HP	2	0.116	3.24	空冷HP	2	0.058	3.42	44
事務所等	便所	無	有	空冷HP	2	0.116	3.24	空冷HP	2	0.058	3.42	44
事務所等	喫煙室	無	有	空冷HP	2	0.116	3.24	空冷HP	2	0.058	3.42	44

[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Ⅰ 非住宅建築物
(第二版)]

3) 機械換気設備

機械換気設備の基準一次エネルギー消費量 E_{SV} (MJ/年)は、省エネ基準に規定される方法に従い、次式により算出される。(2.3)

$$E_{SV} = \sum_{r=1}^n (a_{SV,r} \times A_r) \quad (2.3)$$

$a_{SV,r}$: 換気対象室 r の室用途ごとに定まる係数(MJ/m²・年)

A_r : 換気対象室 r の床面積(m²)

n : 当該非住宅建築物における換気対象室の数

以下に事務所室用途毎の基準設定機械換気設備の基準一次エネルギー消費量原単位を示す。

表 2.51 基準設定機械換気設備仕様及び基準一次エネルギー消費量原単位

建物用途	室用途	基準設定 換気方式	基準設定 換気回数 [回]	基準設定 換気風量 [m ³ /h]	基準設定 全圧損失 [Pa]	年間 換気時間 [時間]	基準値 [MJ/(m ² ・ 年)]
事務所等	事務室	-	-	-	-	-	0
事務所等	電子計算機器事務室	-	-	-	-	-	0
事務所等	会議室	-	-	-	-	-	0
事務所等	喫茶室	-	-	-	-	-	0
事務所等	社員食堂	-	-	-	-	-	0
事務所等	中央監視室	-	-	-	-	-	0
事務所等	更衣室又は倉庫	第三種	5	13.5	300	3133	138
事務所等	廊下	-	-	-	-	-	0
事務所等	ロビー	-	-	-	-	-	0
事務所等	便所	第三種	15	40.5	300	3133	413
事務所等	喫煙室	第三種	30	81	300	3133	826
事務所等	厨房	第一種	50	135	600	2000	3514
事務所等	屋内駐車場	第一種	10	30	600	3500	1366
事務所等	機械室	第一種	5	13.5	300	8760	769
事務所等	電気室	第一種	10	27	300	8760	1539
事務所等	湯沸室等	第三種	5	13.5	300	2000	88
事務所等	食品庫等	第一種	5	13.5	300	2000	176
事務所等	印刷室等	第三種	10	27	300	2000	176
事務所等	廃棄物保管場所等	第一種	15	40.5	300	2000	527

[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Ⅰ 非住宅建築物
(第二版)]

4) 照明設備

照明設備の基準一次エネルギー消費量 E_{SL} (MJ/年)は、省エネ基準に規定される方法に従い、次式により算出される。(2.4)

$$E_{SL} = \sum_{r=1}^n (a_{SL,r} \times A_r) \quad (2.4)$$

$a_{SL,r}$: 照明対象室 r の室用途ごとに定まる係数(MJ/m²・年)

A_r : 照明対象室 r の床面積(m²)

n : 当該非住宅建築物における照明対象室の数

以下に、事務所室用途毎の基準設定照明設備の基準一次エネルギー消費量原単位を示す。

表 2.52 基準設定照明設備仕様及び基準一次エネルギー消費量原単位

建物用途	室用途	基準設定 器具形式	基準設定 光源	基準設定 保守率	基準設定 照度 [lx]	基準設定 消費電力 [W/m]	年間点灯 時間 [時間]	基準値 [MJ/ (m ² ・年)]
事務所等	事務室	C	FHF32	0.69	750	16.3	3133	498
事務所等	電子計算機器事務室	C	FHF32	0.69	750	16.3	3133	498
事務所等	会議室	C	FHF32	0.69	500	10.9	2169	231
事務所等	喫茶室	G	FHT32	0.7	300	12	2169	254
事務所等	社員食堂	G	FHT32	0.7	500	20	723	141
事務所等	中央監視室	B	FHF32	0.65	500	13.7	8760	1171
事務所等	更衣室又は倉庫	A	FHF32	0.69	300	6.6	3133	202
事務所等	廊下	G	FHT32	0.7	200	8	3133	245
事務所等	ロビー	H	MT70	0.69	500	17.9	3133	547
事務所等	便所	G	FHT32	0.7	300	12	3133	367
事務所等	喫煙室	A	FHF32	0.69	300	6.6	3133	202
事務所等	厨房	A	FHF32	0.69	750	16.5	2000	322
事務所等	屋内駐車場	F	FHF32	0.69	150	3.6	3500	123
事務所等	機械室	F	FHF32	0.69	200	4.9	200	10
事務所等	電気室	F	FHF32	0.69	200	4.9	200	10
事務所等	湯沸室等	A	FHF32	0.69	300	6.6	1000	64
事務所等	食品庫等	F	FHF32	0.69	300	7.2	1000	70
事務所等	印刷室等	C	FHF32	0.69	500	10.9	1000	106
事務所等	廃棄物保管場所等	F	FHF32	0.69	150	3.6	1000	35

[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Ⅰ 非住宅建築物
(第二版)]

5) 給湯設備

給湯設備の基準一次エネルギー消費量 E_{SW} (MJ/年)は、省エネ基準に規定される方法に従い、次式により算出される。(2.5)

$$E_{SW} = \sum_{r=1}^n (a_{SW,r} \times A_r) \quad (2.5)$$

$a_{SW,r}$: 給湯対象室 r の室用途ごとに定まる係数 (MJ/m²・年)

A_r : 給湯対象室 r の床面積 (m²)

n : 当該非住宅建築物における給湯対象室の数

以下に、事務所室用途毎の基準設定給湯設備の基準一次エネルギー消費量原単位を示す。

表 2.53 給湯設備の基準一次エネルギー消費量原単位

建物用途	室用途	給湯の基準一次エネルギー消費量原単位 [MJ/(m ² ・年)]							
		1地域	2地域	3地域	4地域	5地域	6地域	7地域	8地域
事務所等	事務室	20	20	19	18	17	16	14	12
事務所等	電子計算機器事務室	20	20	19	18	17	16	14	12
事務所等	会議室	51	50	47	45	43	39	36	29
事務所等	喫茶室	1712	1678	1572	1531	1454	1322	1209	978
事務所等	社員食堂	2568	2517	2358	2297	2180	1983	1813	1467
事務所等	中央監視室	46	45	42	41	39	36	33	26
事務所等	更衣室又は倉庫	995	975	914	890	845	768	702	569
事務所等	廊下	0	0	0	0	0	0	0	0
事務所等	ロビー	6	6	6	5	5	5	4	3
事務所等	便所	0	0	0	0	0	0	0	0
事務所等	喫煙室	0	0	0	0	0	0	0	0
事務所等	厨房	0	0	0	0	0	0	0	0
事務所等	屋内駐車場	0	0	0	0	0	0	0	0
事務所等	機械室	0	0	0	0	0	0	0	0
事務所等	電気室	0	0	0	0	0	0	0	0
事務所等	湯沸室等	0	0	0	0	0	0	0	0
事務所等	食品庫等	0	0	0	0	0	0	0	0
事務所等	印刷室等	0	0	0	0	0	0	0	0

[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Ⅰ 非住宅建築物
(第二版)]

6) 昇降機

昇降機の基準一次エネルギー消費量 E_{SV} (MJ/年)は、省エネ基準に規定される方法に従い、次式により算出される。(2.6)

$$E_{SV} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{L_{SEV,i} \times V_{SEV,i} \times C_{SEV} \times T_{SEV,i} \times M_{SEV,i} \times N_{SEV,i}}{860} \right) \times 9760 \times 10^{-3} \quad (2.6)$$

ここで、

$L_{SEV,i}$: 昇降機系統 i の積載質量(kg)

$V_{SEV,i}$: 昇降機系統 i の定格速度(m/分)

C_{SEV} : 基準設定速度制御係数

$T_{SEV,i}$: 昇降機系統 i の年間運転時間(時間)

$M_{SEV,i}$: 昇降機系統 i の輸送能力係数

$N_{SEV,i}$: 昇降機系統 i に属する昇降機の台数(台)

n : 当該非住宅建築物における昇降機系統の数

基準設定速度係数は 1/40 とされている。平成 24 年時点で一般的に流通している昇降機の実速度制御方式は「可変電圧可変周波数制御方式(電力回生なし)」が一般的であり、そこで採用されている基準設定速度係数が 1/40 であることによる。また、輸送能力係数とは、標準的な 5 分間輸送能力と計画された昇降機の 5 分間輸送能力との比である。

2.2.6 省エネモデル基準値の計算結果

上記の基準値算定根拠より、各地域における省エネモデル基準値の計算結果を以下に示す。標準地では空調割合が建築物全体の一次エネルギー消費量の 61.7%を占める。また、増減における傾向は省エネモデルと同様であるが、標準地の中間期での空調一次エネルギー消費量が、省エネモデルと比較して二倍以上の数値となる。寒冷地では、標準地と同様に空調割合が建築物全体の一次エネルギー消費量の 61.7%を占める。寒冷地の夏期の空調一次エネルギー消費量が二倍以上となっている。また、省エネモデルと比較して、夏期・冬期においても空調一次エネルギー消費量大きく、夏期と冬期の空調一次エネルギー消費量の差が小さい。温暖地では空調割合が建築物全体の一次エネルギー消費量の 64.1%を占める。温暖地では中間期の空調一次エネルギー消費量は、省エネモデルと比較して 8 倍以上となる。

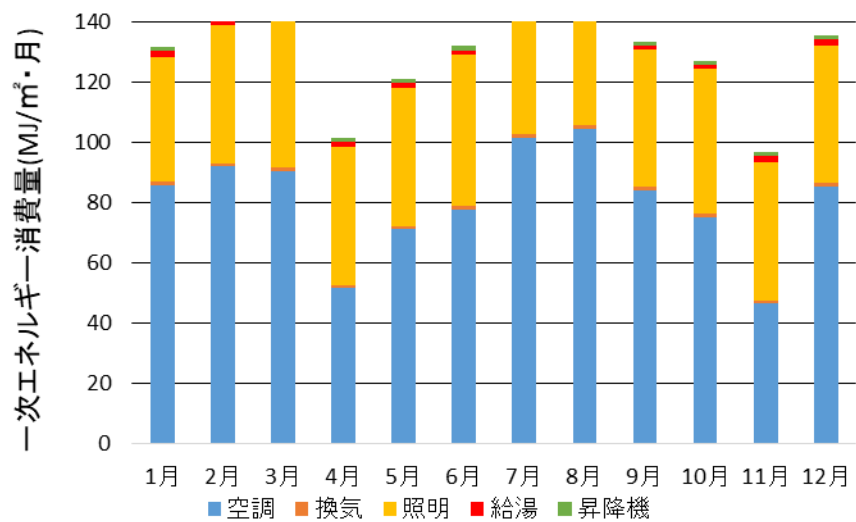


図 2.17 標準地における基準値の月別一次エネルギー消費量(省エネモデル)

表 2.54 標準地における基準値の年間一次エネルギー消費量(省エネモデル)

	空調	換気	照明	給湯	昇降機	合計
単位(MJ/m ² ・年)	966.7	13.20	549.9	20.80	15.70	1566

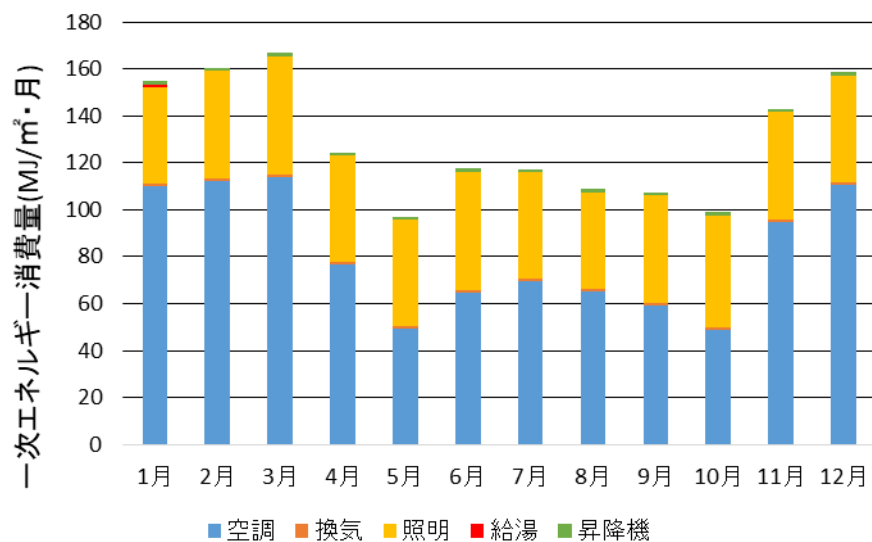


図 2.18 寒冷地における基準値の月別一次エネルギー消費量(省エネモデル)

表 2.55 寒冷地における基準値の年間一次エネルギー消費量(省エネモデル)

	空調	換気	照明	給湯	昇降機	合計
単位(MJ/m ² ・年)	975.0	13.20	549.9	25.10	15.70	1579

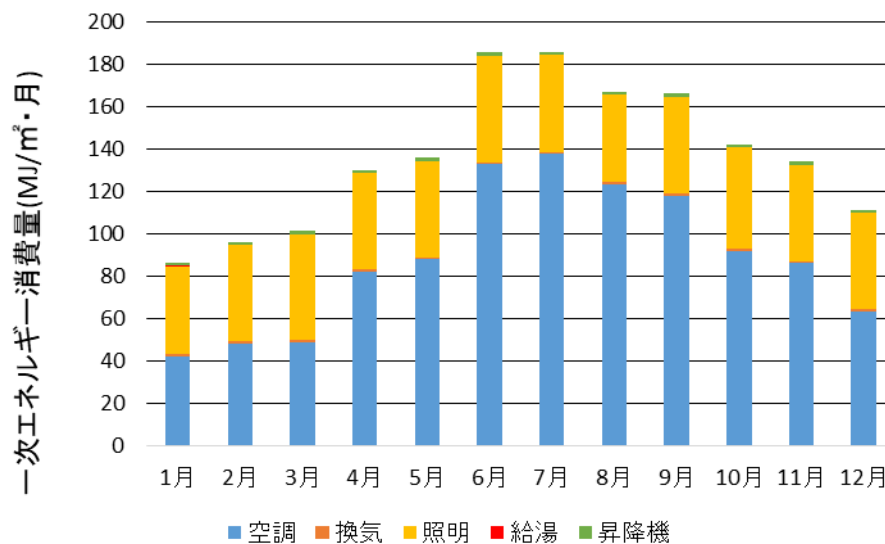


図 2.19 温暖地における基準値の月別一次エネルギー消費量(省エネモデル)

表 2.56 温暖地における基準値の年間一次エネルギー消費量(省エネモデル)

	空調	換気	照明	給湯	昇降機	合計
単位(MJ/m ² ・年)	1063	13.20	549.9	15.80	15.70	1658

第3章 シミュレーション結果と要因分析

3.1 省エネモデルの各段階 ZEB に要する空調能力

本章ではシミュレーション結果と各段階の ZEB 達成に要する空調特性について述べる。省エネ設備を想定したシミュレーションモデルに、GHP 空調機と EHP 空調機の定格能力、消費電力、燃料消費量にはカタログ値を入力する。第2章で算出された、省エネ効果の高い建築物全体の一次エネルギー消費量「設計値」と省エネ基準をもとに算出される基準一次エネルギー消費量「基準値」、各 ZEB 達成段階に要した COP を比較する。各 ZEB 段階達成に要する GHP 空調機の空調 COP は以下の式により算出する。(3.1)

$$COP = \frac{Rc}{\left\{F_c + \frac{C_p}{0.369}\right\} \times K} \quad (3.1)$$

ここで、

COP : 定格 COP

Rc : 定格能力(kW)

F_c : 定格ガス消費量(kW)

C_p : 定格消費電力(kW)

0.369 : 換算係数(一次エネルギー換算)

K : ZEB 達成に要する空調一次エネルギー消費量の削減率

各 ZEB 段階達成に要する EHP の COP は以下の式により算出する。(3.2)

$$COP = \frac{Rc}{C_p \times K} \quad (3.2)$$

ここで、

COP : 定格 COP

Rc : 定格能力(kW)

C_p : 定格消費電力(kW)

K : ZEB 達成に要する空調一次エネルギー消費量の削減率

3.1.1 GHP 空調機とする各地域の ZEB 達成度

1) 標準地

・図 3.1 および表 3.1 より、標準地における省エネモデルの一次エネルギー消費量は、ZEB ready 達成まで $0.2(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 、Nearly ZEB までには $391.8(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 削減する必要がある。

・図 3.2 より、省エネモデルの空調一次エネルギー消費量では、ZEB ready を達成するまでに 1%、nearly ZEB を達成するまでに 75%を削減する必要がある。

・表 3.2 より、省エネモデルが ZEB ready を達成するまでに COP を向上させなければならないが、削減すべき量が $0.2(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ と小さいために表中の COP 値に変化は現れない。

Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖=5.48：6.34]となる。定格 COP 値[冷：暖=1.09：1.27]からは、冷房では 403%、暖房では 399%の効率向上が必要である。

2) 寒冷地

・図 3.3 および表 3.3 より、寒冷地における省エネモデルの一次エネルギー消費量は、ZEB ready 達成まで $178.2(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 、Nearly ZEB までには $573(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 削減する必要がある。

・図 3.4 より、省エネモデルの空調一次エネルギー消費量では、ZEB ready を達成するまでに 25%、nearly ZEB を達成するまでに 81%を削減する必要がある。

・表 3.4 より、省エネモデルが ZEB ready を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖=1.49：1.8]となる。定格 COP 値[冷：暖=1.09：1.33]からは、冷房では 37%、暖房では 35%の効率向上が必要である。また、Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖=7.31：8.47]となる。冷房では 570%、暖房では 536%の効率向上が必要である。

3) 温暖地

・図 3.5 および表 3.5 より、温暖地の省エネモデルの一次エネルギー消費量は、ZEB ready 達成における必要量を $3.5(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 下回り、ZEB ready を達成する。Nearly ZEB までには $411(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 削減する必要がある。

・図 3.6 より、省エネモデルの空調一次エネルギー消費量では、ZEB ready 達成における必要量を 0.6%下回り、nearly ZEB を達成するまでに 72%を削減する必要がある。

・表 3.6 より、省エネモデルが ZEB ready 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖=1.09：1.26]となる。定格 COP 値[冷：暖=1.09：1.27]からは、暖房のみ 99%の COP で ZEB ready を達成する。また、Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖=4.76：5.51]となる。冷房では 336%、暖房では 434%の効率向上が必要である。

1) 標準地

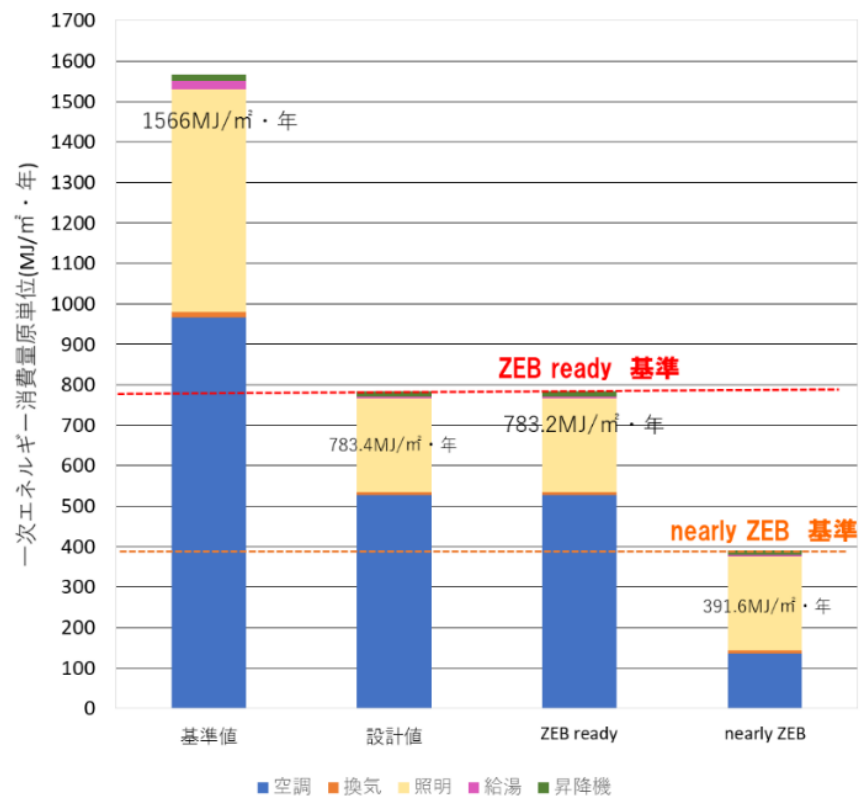


図 3.1 各 ZEB 段階達成に要する一次エネルギー消費量 (標準地、GHP)

表 3.1 各 ZEB 段階達成に要する一次エネルギー消費量内訳 (標準地、GHP)

単位(MJ/m ² ・年)	基準値	設計値	ZEB ready	nearly ZEB
空調	966.7	527.6	527.4	135.8
換気	13.20	8.100	8.100	8.100
照明	549.9	231.8	231.8	231.8
給湯	20.80	3.400	3.400	3.400
昇降機	15.70	12.50	12.50	12.50
合計	1566	783.4	783.2	391.6

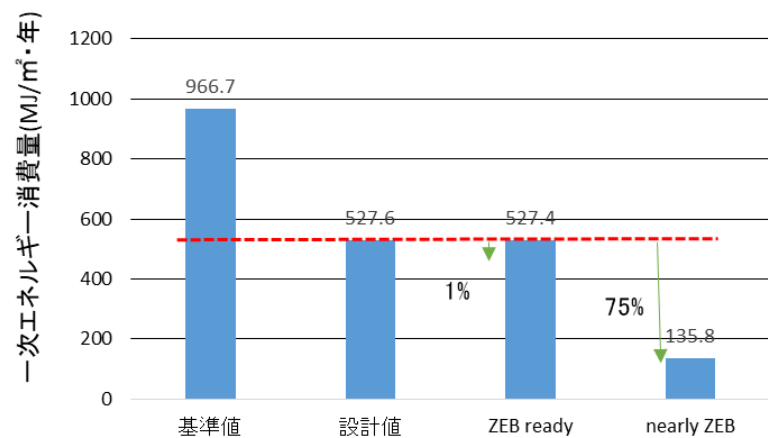


図 3.2 各 ZEB 段階達成に要する空調一次エネルギー消費量 (標準地、GHP)

表 3.2 各 ZEB 段階達成に要する COP (標準地、GHP)

	COP	
	冷房	暖房
設計値	1.09	1.27
ZEB ready	1.09	1.27
nearly ZEB	5.48	6.34

2) 寒冷地

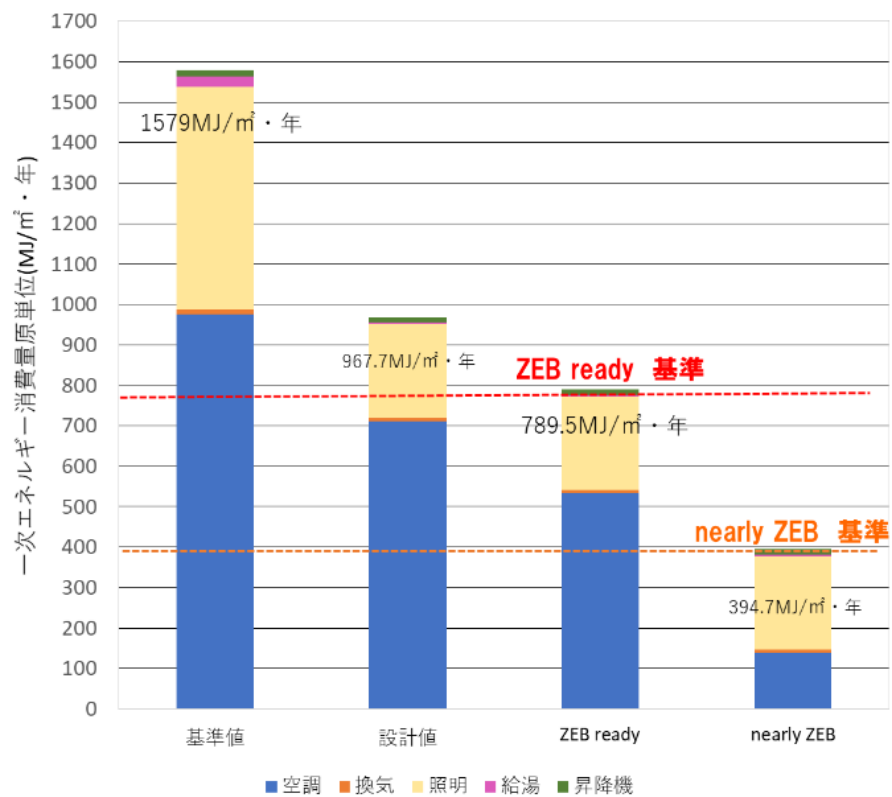


図 3.3 各 ZEB 段階達成に要する一次エネルギー消費量 (寒冷地、GHP)

表 3.3 各 ZEB 段階達成に要する一次エネルギー消費量内訳 (寒冷地、GHP)

単位(MJ/m ² ・年)	基準値	設計値	ZEB ready	nearly ZEB
空調	975.0	711.2	533.0	138.2
換気	13.20	8.100	8.100	8.100
照明	549.9	231.8	231.8	231.8
給湯	25.10	4.100	4.100	4.100
昇降機	15.70	12.50	12.50	12.50
合計	1579	967.7	789.5	394.7

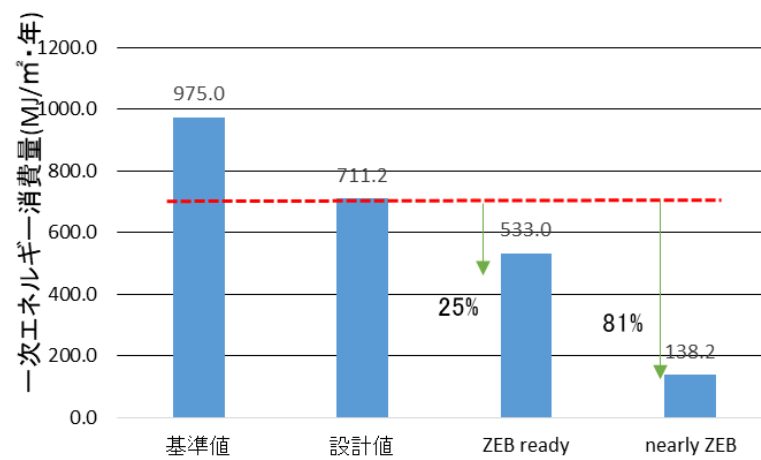


図 3.4 各 ZEB 段階達成に要する空調一次エネルギー消費量(寒冷地、GHP)

表 3.4 各 ZEB 段階達成に要する COP (寒冷地、GHP)

	COP	
	冷房	暖房
設計値	1.09	1.33
ZEB ready	1.49	1.80
nearly ZEB	7.31	8.47

3) 温暖地

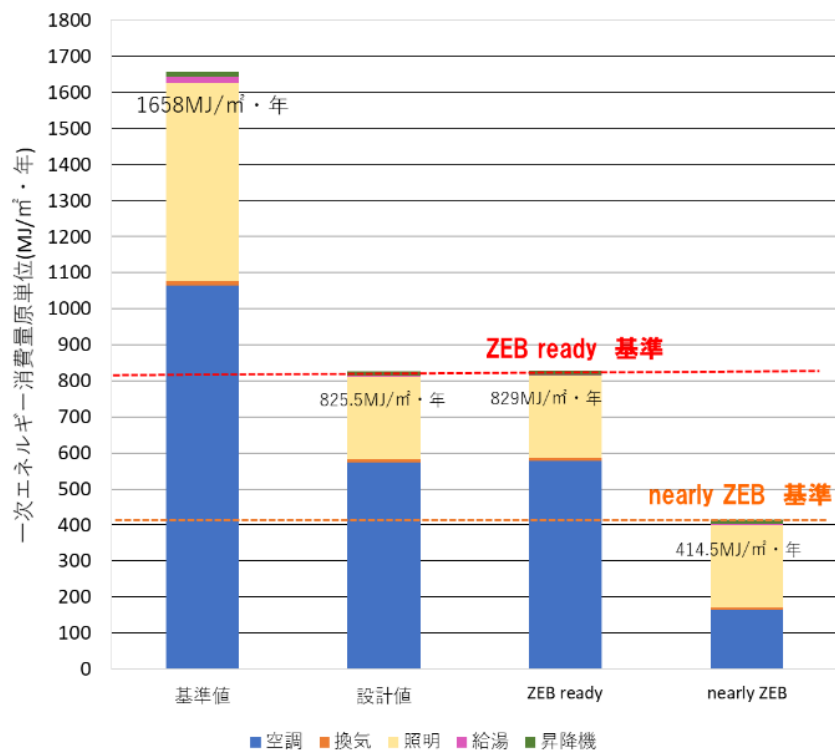


図 3.5 各 ZEB 段階達成に要する一次エネルギー消費量 (温暖地、GHP)

表 3.5 各 ZEB 段階達成に要する一次エネルギー消費量内訳 (温暖地、GHP)

単位(MJ/m ² ・年)	基準値	設計値	ZEB ready	nearly ZEB
空調	1063.3	573.7	577.2	162.7
換気	13.20	8.100	8.100	8.100
照明	549.9	228.6	228.6	228.6
給湯	15.80	2.600	2.600	2.600
昇降機	15.70	12.50	12.50	12.50
合計	1658	825.5	829.0	414.5

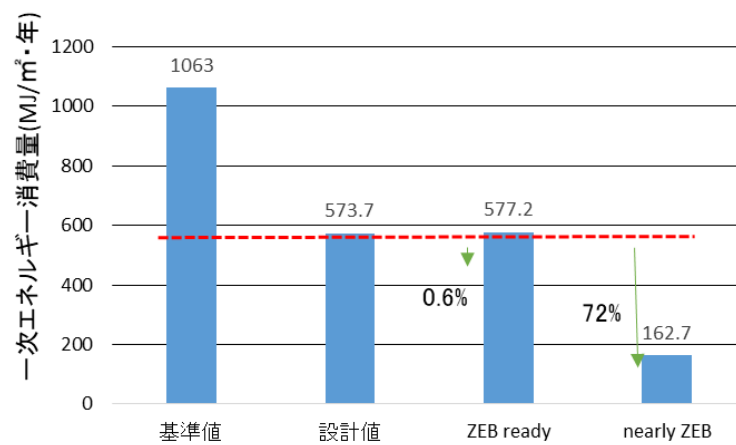


図 3.6 各 ZEB 段階達成に要する空調一次エネルギー消費量(温暖地、GHP)

表 3.6 各 ZEB 段階達成に要する COP(温暖地、GHP)

	COP	
	冷房	暖房
設計値	1.09	1.27
ZEB ready	1.09	1.26
nearly ZEB	4.76	5.51

3.1.2 EHP 空調機熱源とする各地域の ZEB 達成度

1) 標準地

・図 3.7 および表 3.7 より、標準地における省エネモデルの一次エネルギー消費量は、ZEB ready 達成まで $22.6(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 、Nearly ZEB までには $414.2(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 削減する必要がある。

・図 3.8 より、省エネモデルの空調一次エネルギー消費量では、ZEB ready を達成するまでに 4%、nearly ZEB を達成するまでに 75%を削減する必要がある。

・表 3.8 より、ZEB ready 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖= $3.66 : 3.90$]となる。定格 COP 値[冷：暖= $3.52 : 3.71$]からは、冷房では 4%、暖房では 5%の効率向上が必要である。Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖= $18.6 : 19.8$]となる。冷房では 428%、暖房では 434%の効率向上が必要である。

2) 寒冷地

・図 3.9 および表 3.9 より、寒冷地における省エネモデルの一次エネルギー消費量は、ZEB ready 達成まで $345.5(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 、Nearly ZEB までには $740.3(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 削減する必要がある。

・図 3.10 より、省エネモデルの空調一次エネルギー消費量では、ZEB ready を達成するまでに 39%、nearly ZEB を達成するまでに 84%を削減する必要がある。

・表 3.10 より、ZEB ready 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖= $6.06 : 4.01$]となる。定格 COP 値[冷：暖= $3.57 : 2.36$]からは、冷房では 70%、暖房では 70%の効率向上が必要である。Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖= $29.7 : 19.6$]となる。冷房では 732%、暖房では 731%の効率向上が必要である。

3) 温暖地

・図 3.11 および表 3.11 より、温暖地における省エネモデルの一次エネルギー消費量は、ZEB ready 達成における必要量を $62.2(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 下回り、Nearly ZEB までには $352.3(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 削減する必要がある。

・図 3.12 より、省エネモデルの空調一次エネルギー消費量では、ZEB ready 達成における必要量を 11%下回り、nearly ZEB を達成するまでに 69%を削減する必要がある。

・表 3.12 より、ZEB ready 段階へ達するまでに必要な COP 値は[冷：暖= $3.09 : 3.29$]となる。定格 COP 値[冷：暖= $3.57 : 2.36$]からは、冷房では 87%の COP で ZEB ready を達成し、暖房では 40%の効率向上が必要である。Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖= $13.7 : 14.6$]となる。冷房では 284%、暖房では 519%の効率向上が必要である。

1) 標準地

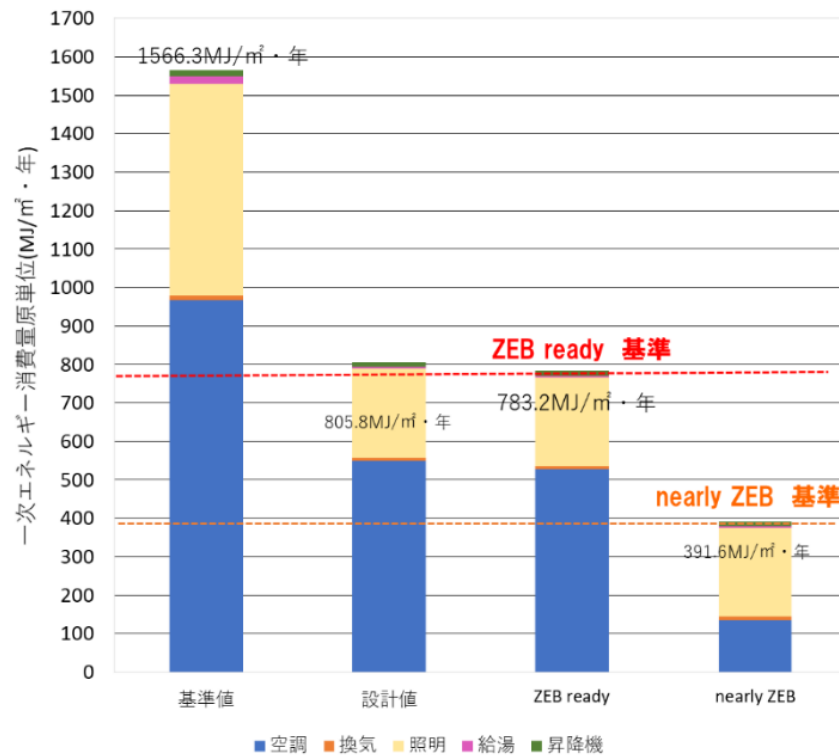


図 3.7 各 ZEB 段階達成に要する一次エネルギー消費量 (標準地、EHP)

表 3.7 各 ZEB 段階達成に要する一次エネルギー消費量内訳 (標準地、EHP)

単位(MJ/m ² ・年)	基準値	設計値	ZEB ready	nearly ZEB
空調	966.7	550.0	527.4	135.8
換気	13.20	8.100	8.100	8.100
照明	549.9	231.8	231.8	231.8
給湯	20.80	3.400	3.400	3.400
昇降機	15.70	12.50	12.50	12.50
合計	1566	805.8	783.2	391.6

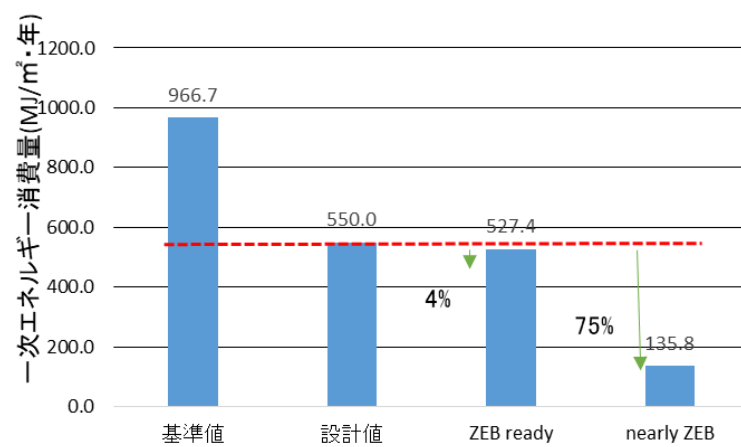


図 3.8 各 ZEB 段階達成に要する空調一次エネルギー消費量(標準地、EHP)

表 3.8 各 ZEB 段階達成に要する COP (標準地、EHP)

	COP	
	冷房	暖房
設計値	3.52	3.71
ZEB ready	3.66	3.90
nearly ZEB	18.6	19.8

2) 寒冷地

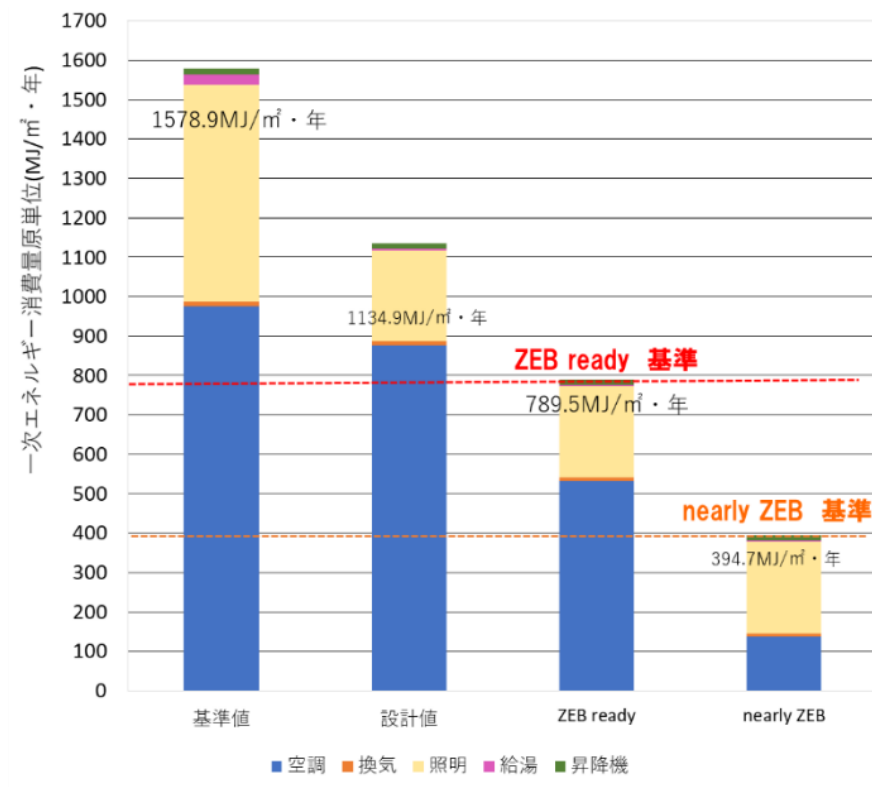


図 3.9 各 ZEB 段階達成に要する一次エネルギー消費量 (寒冷地、EHP)

表 3.9 各 ZEB 段階達成に要する一次エネルギー消費量内訳 (寒冷地、EHP)

単位(MJ/m ² ・年)	基準値	設計値	ZEB ready	nearly ZEB
空調	975.0	877.7	532.3	137.5
換気	13.20	8.100	8.100	8.100
照明	549.9	232.5	232.5	232.5
給湯	25.10	4.100	4.100	4.100
昇降機	15.70	12.50	12.50	12.50
合計	1579	1135	789.5	394.7

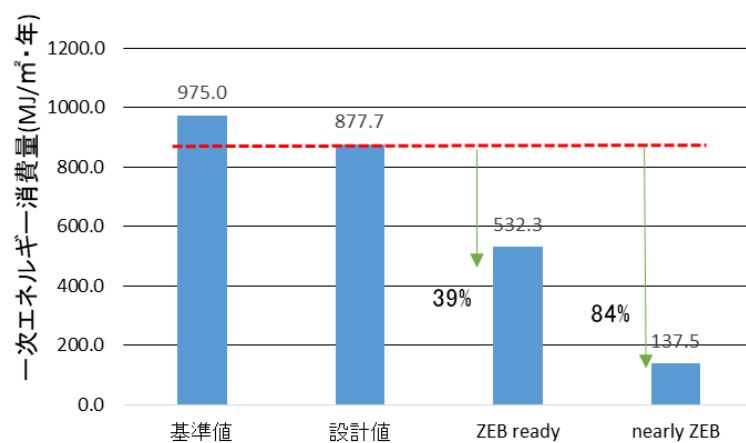


図 3.10 各 ZEB 段階達成に要する空調一次エネルギー消費量(寒冷地、EHP)

表 3.10 各 ZEB 段階達成に要する COP (寒冷地、EHP)

	COP	
	冷房	暖房
設計値	3.57	2.36
ZEB ready	6.06	4.01
nearly ZEB	29.7	19.6

3) 温暖地

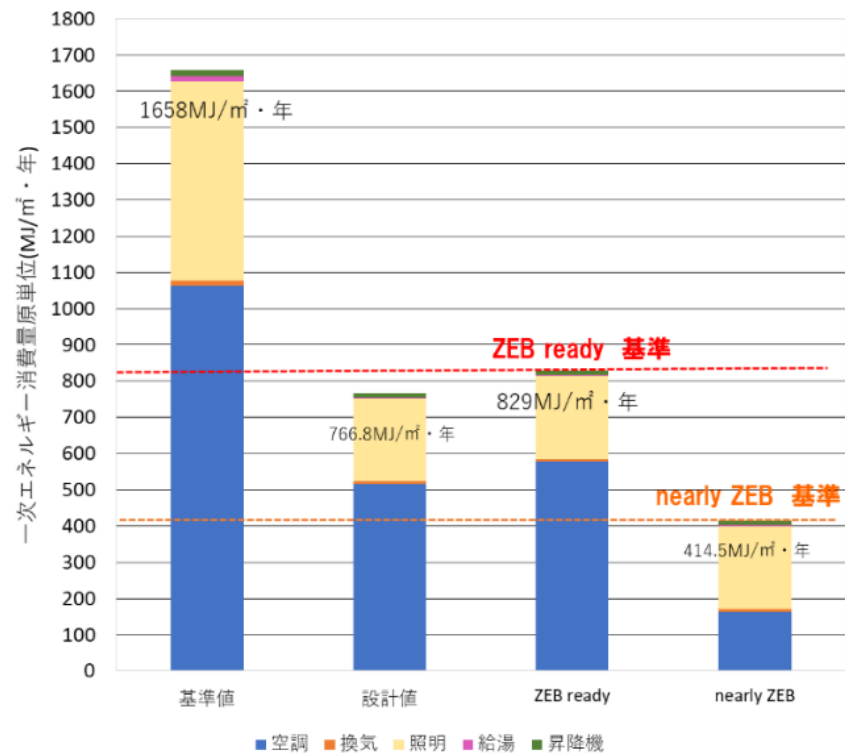


図 3.11 各 ZEB 段階達成に要する一次エネルギー消費量 (温暖地、EHP)

表 3.11 各 ZEB 段階達成に要する一次エネルギー消費量内訳 (温暖地、EHP)

単位(MJ/m ² ・年)	基準値	設計値	ZEB ready	nearly ZEB
空調	1063	515.0	577.2	162.7
換気	13.20	8.100	8.100	8.100
照明	549.9	228.6	228.6	228.6
給湯	15.80	2.600	2.600	2.600
昇降機	15.70	12.50	12.50	12.50
合計	1658	766.8	829.0	414.5

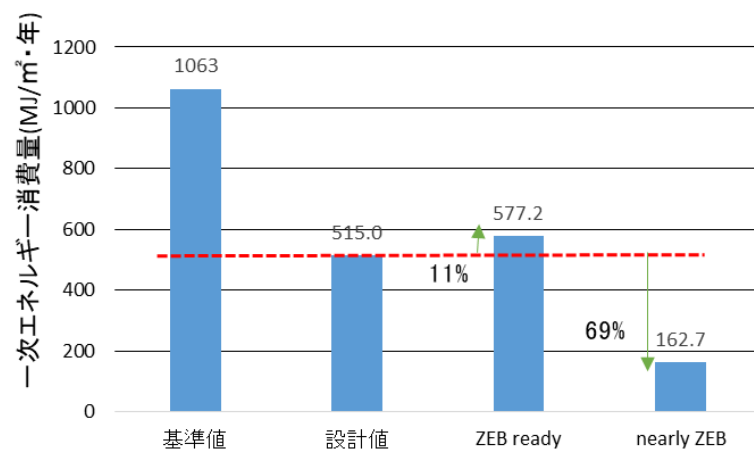


図 3.12 各 ZEB 段階達成に要する空調一次エネルギー消費量(温暖地、EHP)

表 3.12 各 ZEB 段階達成に要する COP (温暖地、EHP)

	COP	
	冷房	暖房
設計値	3.52	3.71
ZEB ready	3.09	3.29
nearly ZEB	13.7	14.6

3.2 ZEB ready 達成省エネモデルへの太陽光パネル導入

Nearly ZEB および ZEB の達成条件は、設計値が基準値の 50%以下になることであり、したがって建築物モデルには、設計値段階で ZEB ready に達する温暖地 GHP、EHP 省エネモデルを使用する。本研究で使用するシミュレーションツール BEST においては、以下の式で発電量(kW)が算出される。(3.3)

$$Q_m = P_p \times Q_d \times K \quad (3.3)$$

ここで、

Q_m : 太陽光発電量(kW)

P_p : アレイ公称出力(kW)

Q_d : アレイ日射量(傾斜直達日射量+散乱日射量+反射日射量)(kW/m²)

K : 補正係数

アレイ日射量はプログラム内で自動計算される。また、補正係数は太陽光パネルの汚れなどを考慮する経時補正係数、日陰補正係数、システム損失係数及び温度補正係数の乗算として計算される。本研究では経時変化を考慮しないため補正係数は 1 として設定する。各地域に設置する太陽光パネルの設置傾斜角は、JIS C8907「太陽光発電システムの発電電力量推定方法」の推奨データである国立研究開発法人 新・エネルギー・産業技術総合開発機構が公開している「年間月別日射量データベース(MONSOLA-11)⁴³」より引用する。以下に、標準地、寒冷地、温暖地における月平均斜面日射量(kWh/m²・day)を示す。標準地の年平均斜面日射量において、方位角 0° で最大となる傾斜角は 30°、寒冷地では 40°、温暖地では 20° である。したがって、前述の角度を太陽光パネル設置傾斜角とする。公称最大出力は 201W/m²とした⁴⁴。壁面に設置する太陽光パネルの設置傾斜角はすべて 90° とした。

表 3.13 標準地における月平均斜面日射量 (kWh/m²・day)

		地点 東京 (緯度 = 35° 41.4' 経度 = 139° 45.6' 標高 = 6m)												年平均
方位角	傾斜角	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
0°	10°	2.97	3.41	3.72	4.38	4.50	3.83	4.02	4.26	3.17	2.90	2.61	2.58	3.53
	20°	3.42	3.75	3.89	4.42	4.43	3.74	3.94	4.24	3.23	3.08	2.92	2.98	3.67
	30°	3.79	4.00	3.97	4.36	4.27	3.59	3.78	4.14	3.23	3.19	3.16	3.31	3.73
	40°	4.06	4.14	3.96	4.21	4.03	3.37	3.56	3.95	3.16	3.23	3.33	3.56	3.71
	50°	4.23	4.19	3.87	3.98	3.72	3.10	3.27	3.68	3.02	3.20	3.41	3.71	3.62
	60°	4.28	4.13	3.69	3.66	3.34	2.78	2.93	3.35	2.83	3.10	3.41	3.77	3.44
	70°	4.22	3.98	3.43	3.27	2.91	2.43	2.56	2.95	2.59	2.93	3.33	3.73	3.19
	80°	4.06	3.72	3.10	2.83	2.44	2.06	2.15	2.52	2.30	2.70	3.17	3.59	2.89
	90°	3.79	3.38	2.70	2.33	1.96	1.69	1.74	2.05	1.98	2.41	2.92	3.36	2.52

表 3.14 寒冷地における月平均斜面日射量 (kWh/m²・day)

		地点 札幌 (緯度 = 43° 3.6' 経度 = 141° 19.7' 標高 = 17m)												年平均
方位角	傾斜角	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
0°	10°	1.94	2.72	3.77	4.60	5.04	5.21	4.77	4.45	3.86	3.02	1.95	1.65	3.58
	20°	2.22	3.00	4.02	4.72	5.02	5.13	4.72	4.49	4.03	3.31	2.20	1.90	3.73
	30°	2.46	3.24	4.20	4.73	4.90	4.96	4.58	4.44	4.11	3.53	2.41	2.11	3.78
	40°	2.65	3.42	4.32	4.65	4.68	4.68	4.35	4.29	4.10	3.66	2.56	2.29	3.81
	50°	2.79	3.54	4.36	4.48	4.37	4.33	4.04	4.06	4.00	3.71	2.66	2.41	3.73
	60°	2.88	3.59	4.33	4.21	3.99	3.90	3.67	3.75	3.81	3.66	2.69	2.48	3.58
	70°	2.92	3.58	4.23	3.86	3.52	3.41	3.23	3.38	3.54	3.53	2.65	2.50	3.36
	80°	2.89	3.51	4.05	3.44	3.00	2.88	2.76	2.94	3.19	3.32	2.55	2.47	3.08
	90°	2.81	3.37	3.81	2.96	2.46	2.33	2.27	2.45	2.78	3.02	2.39	2.38	2.75

表 3.15 温暖地における月平均斜面日射量 (kWh/m²・day)

地点 那覇 (緯度 = 26° 12.4' 経度 = 127° 41.1' 標高 = 28m)														
方位角	傾斜角	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
0°	10°	2.64	2.94	3.48	4.18	4.57	4.86	5.67	5.29	4.86	4.17	3.25	2.81	4.06
	20°	2.80	3.05	3.53	4.14	4.43	4.67	5.42	5.18	4.91	4.36	3.48	3.04	4.09
	30°	2.91	3.10	3.51	4.02	4.21	4.38	5.07	4.95	4.84	4.45	3.62	3.21	4.02
	40°	2.95	3.09	3.42	3.82	3.92	4.03	4.62	4.63	4.67	4.44	3.69	3.30	3.88
	50°	2.94	3.02	3.27	3.56	3.56	3.59	4.07	4.21	4.40	4.32	3.67	3.31	3.66
	60°	2.86	2.88	3.05	3.22	3.14	3.11	3.45	3.70	4.03	4.11	3.57	3.26	3.37
	70°	2.72	2.69	2.78	2.84	2.68	2.60	2.81	3.13	3.58	3.81	3.40	3.13	3.01
	80°	2.53	2.45	2.46	2.41	2.20	2.09	2.15	2.53	3.06	3.43	3.15	2.93	2.62
	90°	2.28	2.17	2.10	1.97	1.74	1.64	1.57	1.90	2.49	2.97	2.83	2.67	2.19

太陽光パネルの設置パターンとして、

- 1) 屋上のみに設置
- 2) 屋上+建築物正面(南向き)の壁面に設置
- 3) 屋上+建築物壁面全体に設置

以上 3 パターンについて計算を行う。

3.2.1 屋上のみに設置

屋上に設置する太陽光パネル面積は $500(\text{m}^2)$ とする。BEST から算出される太陽光発電量は $241.0(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ である。

<温暖地、GHP>

- ・図 3.13 および表 3.16 より、省エネモデルの一次エネルギー消費量は、ZEB ready 達成における必要量を $244.4(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 下回り、Nearly ZEB までには $170(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 削減する必要がある。

- ・図 3.14 より、省エネモデルの空調一次エネルギー消費量では、ZEB ready 達成における必要量を 43% 下回り、nearly ZEB を達成するまでに設計値から 30% を削減する必要がある。

- ・表 3.17 より、ZEB ready 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖= $0.75 : 0.87$]となる。定格 COP 値[冷：暖= $1.09 : 1.27$]からは、冷房では 69%、暖房では 66% の COP 値で nearly ZEB を達成する。Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖= $1.61 : 1.86$]となる。冷房では 48%、暖房では 40% の効率向上が必要である。

<温暖地、EHP>

- ・図 3.15 および表 3.18 より、省エネモデル一次エネルギー消費量は、ZEB ready 達成における必要量を $303.1(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 下回り、Nearly ZEB までには $111.3(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 削減する必要がある。

- ・図 3.16 より、空調一次エネルギー消費量では、ZEB ready 達成における必要量を 59% 下回り、nearly ZEB を達成するまでに 22% を削減する必要がある。

- ・表 3.19 より、ZEB ready 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖= $2.13 : 2.27$]となる。定格 COP 値[冷：暖= $3.52 : 3.71$]からは、冷房では 65%、暖房では 63% の COP 値で nearly ZEB を達成する。Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖= $4.54 : 4.83$]となる。冷房では 29%、暖房では 30% の効率向上が必要である。

＜温暖地、GHP＞

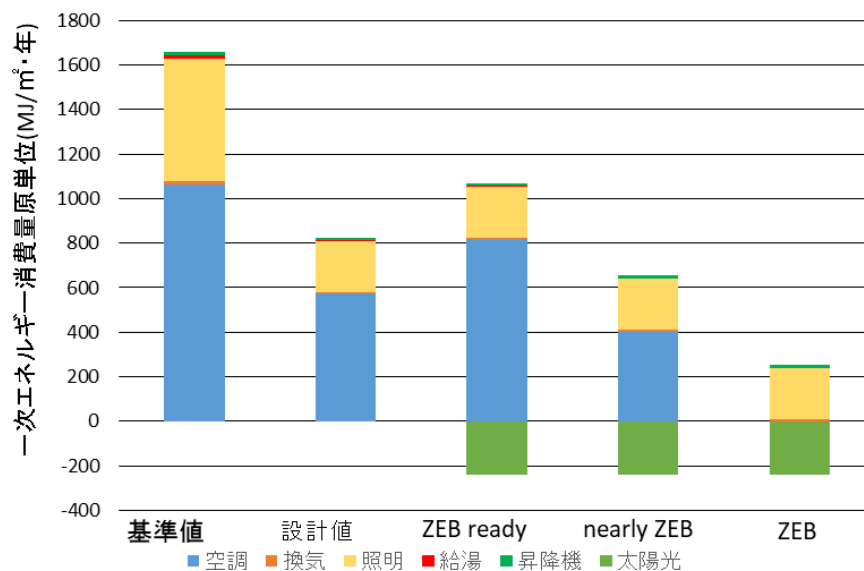


図 3.13 各 ZEB 段階に要する一次エネルギー消費量と太陽光発電量(屋上) (温暖地、GHP)

表 3.16 各 ZEB 段階に要する一次エネルギー消費量内訳と太陽光発電量(屋上) (温暖地、GHP)

単位(MJ/m ² ・年)	基準値	設計値	ZEB ready	nearly ZEB
空調	1063	573.7	818.1	403.7
換気	13.20	8.100	8.100	8.100
照明	549.9	228.6	228.6	228.6
給湯	15.80	2.600	2.600	2.600
昇降機	15.70	12.50	12.50	12.50
太陽光			-241.0	-241.0
合計	1658	825.5	829.0	414.5

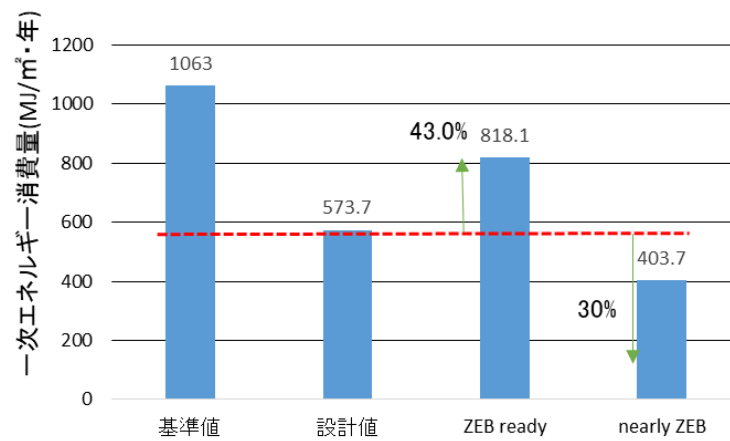


図 3.14 太陽光発電導入(屋上)・各 ZEB 段階に要する空調一次エネルギー消費量(温暖地、GHP)

表 3.17 太陽光発電導入(屋上)・各 ZEB 段階に要する COP(温暖地、GHP)

	COP	
	冷房	暖房
設計値	1.09	1.27
ZEB ready	0.75	0.87
nearly ZEB	1.61	1.86

〈温暖地、EHP〉

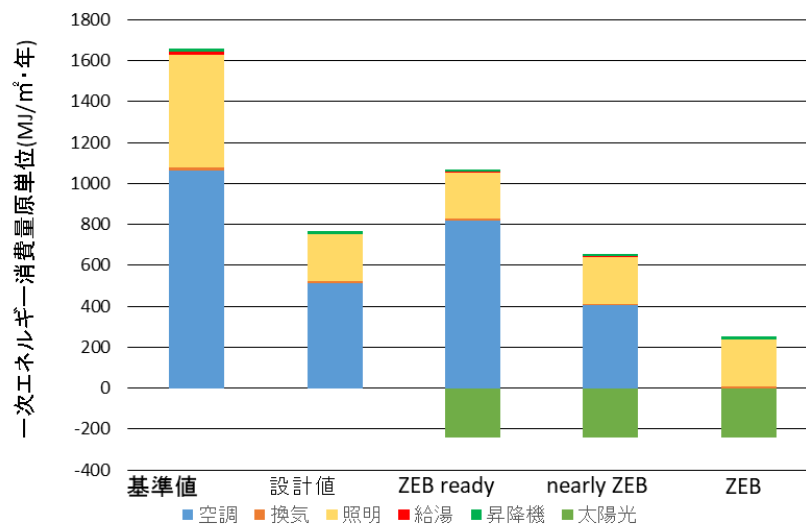


図 3.15 各 ZEB 段階に要する一次エネルギー消費量と太陽光発電量(屋上) (温暖地、EHP)

表 3.18 各 ZEB 段階に要する一次エネルギー消費量内訳と太陽光発電量(屋上) (温暖地、EHP)

単位(MJ/m ² ・年)	基準値	設計値	ZEB ready	nearly ZEB
空調	1063	515.0	818.1	403.7
換気	13.20	8.100	8.100	8.100
照明	549.9	228.6	228.6	228.6
給湯	15.80	2.600	2.600	2.600
昇降機	15.70	12.50	12.50	12.50
太陽光			-241.0	-241.0
合計	1658	766.8	829.0	414.5

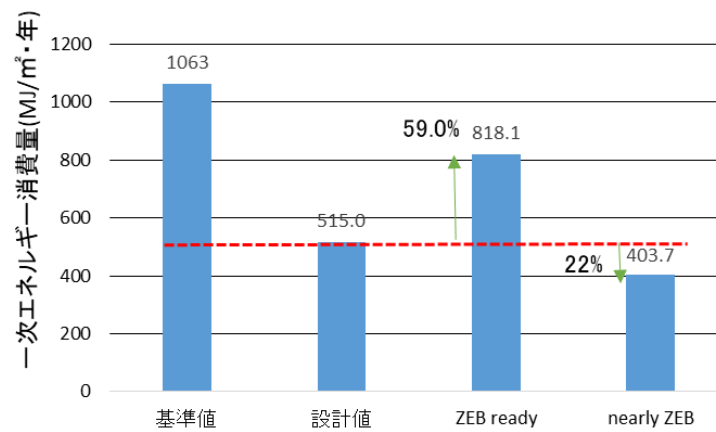


図 3.16 太陽光発電導入(屋上)・各 ZEB 段階に要する空調一次エネルギー消費量(温暖地、EHP)

表 3.19 太陽光発電導入(屋上)・各 ZEB 段階に要する COP(温暖地、EHP)

	COP	
	冷房	暖房
設計値	3.52	3.71
ZEB ready	2.13	2.27
nearly ZEB	4.54	4.83

3.2.2 屋上+建築物正面の壁面に設置

建築物正面の壁面に設置する太陽光パネル面積は、窓面積及び玄関を考慮し、1000(m²)とする。BEST から算出される太陽光発電量は 354.6(MJ/m²・年)である。

＜温暖地、GHP＞

・図 3.17 および表 3.20 より、省エネモデルの空調一次エネルギー消費量は、ZEB ready 達成における必要量を 358.1 (MJ/m²・年) 下回り、Nearly ZEB までには 56.4 (MJ/m²・年)削減する必要がある、ZEB 達成までには 470.9(MJ/m²・年)削減する必要がある。

・図 3.18 より、空調一次エネルギー消費量では、ZEB ready 達成における必要量を 62%下回り、nearly ZEB を達成するまでに 10%を削減する必要がある、ZEB 達成までには 82%を削減する必要がある。

・表 3.21 より、ZEB ready 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖=0.65：0.76]となる。定格 COP 値[冷：暖=1.09：1.27]からは、冷房では 68%、暖房では 75%の COP 値で nearly ZEB を達成する。Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖=1.23：1.42]となる。冷房では 13%、暖房では 7%の効率向上が必要である。ZEB 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖=9.93：11.49]となる。冷房では 811%、暖房では 764%の効率向上が必要である。

＜温暖地、EHP＞

・図 3.19 および表 3.22 より、省エネモデルの空調一次エネルギー消費量は、ZEB ready 達成における必要量を 416.8(MJ/m²・年)下回り、Nearly ZEB 達成における必要量を 2.3 (MJ/m²・年)下回り、ZEB 達成までには 412.2(MJ/m²・年)削減する必要がある。

・図 3.20 より、空調一次エネルギー消費量では、ZEB ready を達成における必要量を 80%下回り、nearly ZEB を達成における必要量を 0.4%下回り、ZEB 達成までには 80%を削減する必要がある。

・表 3.23 より、ZEB ready 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖=1.80：2.06]となる。定格 COP 値[冷：暖=3.52：3.71]からは、冷房では 96%、暖房では 80%の COP 値で nearly ZEB を達成する。Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖=3.48：3.7]となる。冷房では 1%、暖房では 0.3%の COP 値で nearly ZEB を達成する。ZEB 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖=26.9：28.6]となる。冷房では 664%、暖房では 671%の効率向上が必要である。

〈温暖地、GHP〉

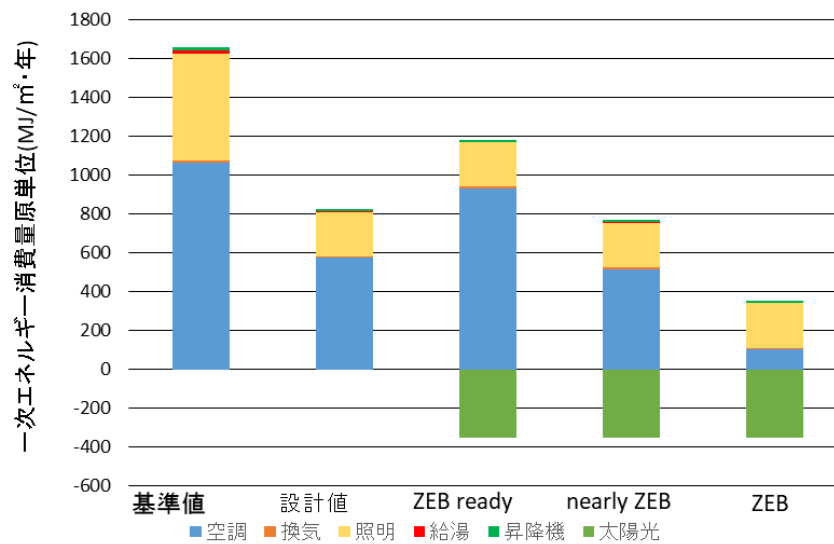


図 3.17 各 ZEB 段階に要する一次エネルギー消費量と太陽光発電量 (屋上+正面壁面) (温暖地、GHP)

表 3.20 各 ZEB 段階に要する一次エネルギー消費量内訳と太陽光発電量 (屋上+正面壁面) (温暖地、GHP)

単位(MJ/m ² ・年)	基準値	設計値	ZEB ready	nearly ZEB	ZEB
空調	1063	573.7	931.8	517.3	102.8
換気	13.20	8.100	8.100	8.100	8.100
照明	549.9	228.6	228.6	228.6	228.6
給湯	15.80	2.600	2.600	2.600	2.600
昇降機	15.70	12.50	12.50	12.50	12.50
太陽光			-354.6	-354.6	-354.6
合計	1658	825.5	829.0	414.5	0

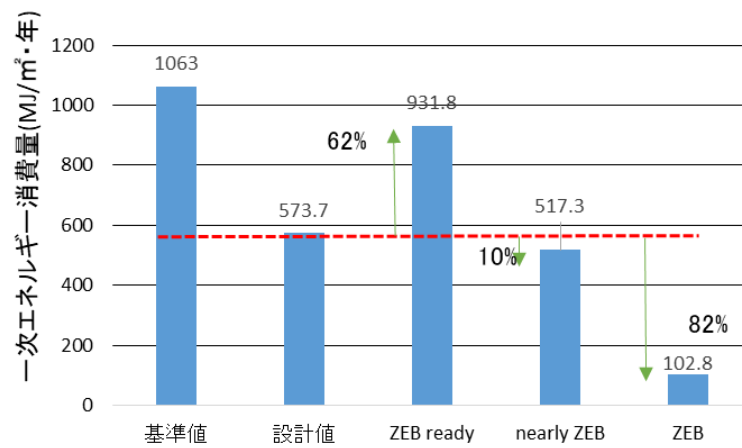


図 3.18 太陽光発電導入(屋上+正面壁面)・各 ZEB 段階に要する空調一次エネルギー消費量 (温暖地、GHP)

表 3.21 太陽光発電導入(屋上+正面壁面)・各 ZEB 段階に要する COP (温暖地、GHP)

	COP	
	冷房	暖房
設計値	1.09	1.27
ZEB ready	0.65	0.76
nearly ZEB	1.23	1.42
ZEB	9.93	11.5

〈温暖地、EHP〉

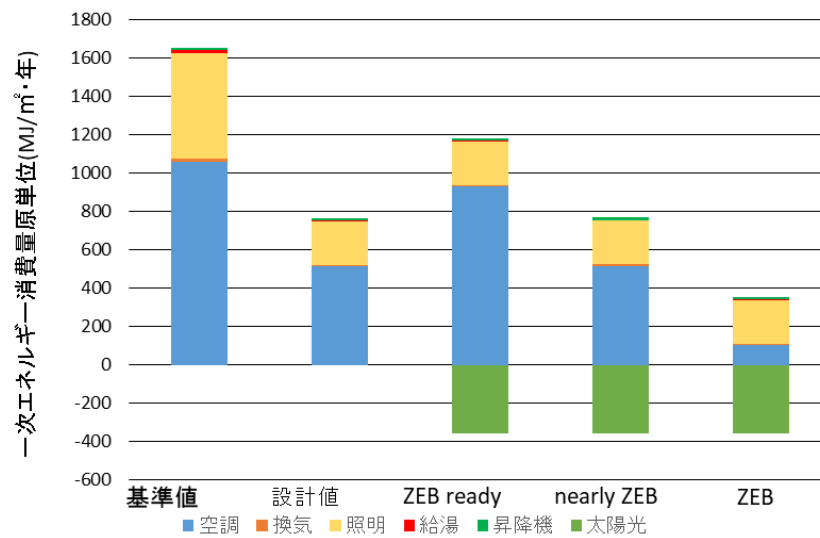


図 3.19 各 ZEB 段階に要する一次エネルギー消費量と太陽光発電量(屋上+正面壁面) (温暖地、EHP)

表 3.22 各 ZEB 段階に要する一次エネルギー消費量内訳と太陽光発電量(屋上+正面壁面) (温暖地、EHP)

単位(MJ/m ² ・年)	基準値	設計値	ZEB ready	nearly ZEB	ZEB
空調	1063	515.0	931.8	517.3	102.8
換気	13.20	8.100	8.100	8.100	8.100
照明	549.9	228.6	228.6	228.6	228.6
給湯	15.80	2.600	2.600	2.600	2.600
昇降機	15.70	12.50	12.50	12.50	12.50
太陽光			-354.6	-354.6	-354.6
合計	1658	766.8	829.0	414.5	0

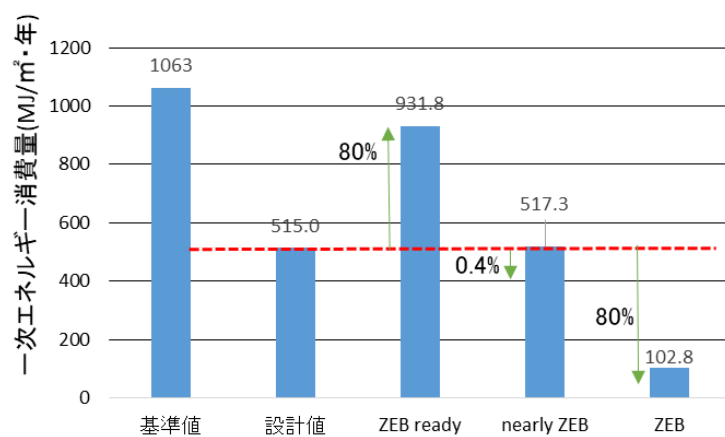


図 3.20 太陽光発電導入(屋上+正面壁面)・各 ZEB 段階に要する空調一次エネルギー消費量
(温暖地、EHP)

表 3.23 太陽光発電導入(屋上+正面壁面)・各 ZEB 段階に要する COP(温暖地、EHP)

	COP	
	冷房	暖房
設計値	3.52	3.71
ZEB ready	1.80	2.06
nearly ZEB	3.48	3.70
ZEB	26.9	28.6

3.2.3 屋上+建築物壁面全体に設置

壁面(西向き)と壁面(東向き)は同じ面積であり、窓面積を考慮し、437.5(m^2)とする。壁面(北向き)も窓面積を考慮し、525(m^2)とする。太陽光パネル設置面積の合計は2400(m^2)となる。BEST から算出される太陽光発電量は627.4($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$)である。

<温暖地、GHP>

・図 3.21 および表 2.24 より、省エネモデルの空調一次エネルギー消費量は、ZEB ready 達成における必要量を631.3($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$)下回り、Nearly ZEB 達成における必要量を216.3($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$)下回り、ZEB 達成までには198.1($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$)削減する必要がある。

・図 3.22 より、空調一次エネルギー消費量では、ZEB ready を達成における必要量を10%下回り、nearly ZEB を達成における必要量を38%下回り、ZEB 達成までには35%を削減する必要がある。

・表 3.25 より、ZEB ready 段階に達するまでに必要なCOP値は[冷：暖=0.50：0.58]となる。定格COP値[冷：暖=1.09：1.27]からは、冷房では46%、暖房では44%のCOP値でZEB ready を達成する。Nearly ZEB を達成するまでに必要なCOP値は[冷：暖=0.77：0.90]となる。冷房では71%、暖房では68%のCOP値でnearly ZEB を達成する。ZEB 段階に達するまでに必要なCOP値は[冷：暖=1.73：2.00]となる。冷房では59%、暖房では50%の効率向上が必要である。

<温暖地、EHP>

・図 3.23 および表 3.26 より、温暖地 EHP の設計値の空調一次エネルギー消費量は、ZEB ready 達成における必要量を690($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$)下回り、Nearly ZEB 達成における必要量を274($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$)下回り、ZEB 達成までには139.4($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$)削減する必要がある。

・図 3.24 より、空調一次エネルギー消費量では、ZEB ready を達成における必要量を33%下回り、nearly ZEB を達成における必要量を53%下回り、ZEB 達成までには27%を削減する必要がある。

・表 3.27 より、ZEB ready 段階に達するまでに必要なCOP値は[冷：暖=1.42：1.51]となる。定格COP値[冷：暖=3.52：3.71]からは、冷房では40%、暖房では41%のCOP値でZEB ready を達成する。Nearly ZEB を達成するまでに必要なCOP値は[冷：暖=2.21：2.36]となる。冷房では63%、暖房では64%のCOP値でnearly ZEB を達成する。ZEB 段階に達するまでに必要なCOP値は[冷：暖=4.99：5.32]となる。冷房では42%、暖房では43%の効率向上が必要である。

<温暖地、GHP>

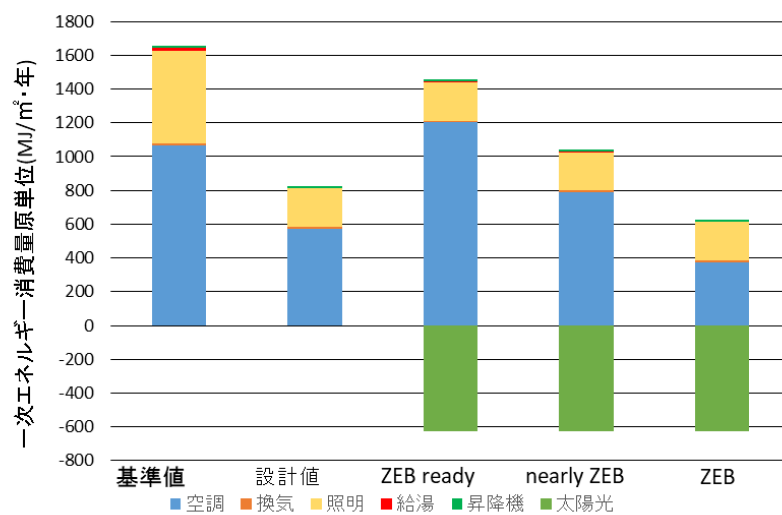


図 3.21 各 ZEB 段階に要する一次エネルギー消費量と太陽光発電量(屋上+壁面全面)(温暖地、GHP)

表 3.24 各 ZEB 段階に要する一次エネルギー消費量内訳と太陽光発電量(屋上+壁面全面)(温暖地、GHP)

単位(MJ/m ² ・年)	基準値	設計値	ZEB ready	nearly ZEB	ZEB
空調	1063	573.7	1205	790.0	375.6
換気	13.20	8.100	8.100	8.100	8.100
照明	549.9	228.6	228.6	228.6	228.6
給湯	15.80	2.600	2.600	2.600	2.600
昇降機	15.70	12.50	12.50	12.50	12.50
太陽光			-627.4	-627.4	-627.4
合計	1658	825.5	828.9	414.5	0

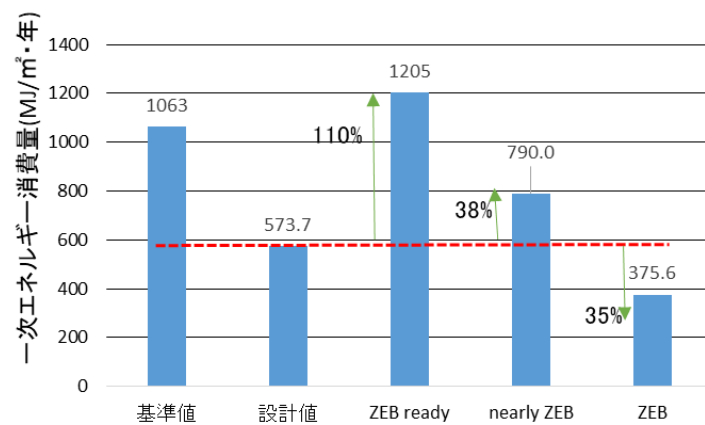


図 3.22 太陽光発電導入(屋上+壁面全面)・各 ZEB 段階に要する空調一次エネルギー消費量
(温暖地、GHP)

表 3.25 太陽光発電導入(屋上+壁面全面)・各 ZEB 段階に要する COP (温暖地、GHP)

	COP	
	冷房	暖房
設計値	1.09	1.27
ZEB ready	0.50	0.58
nearly ZEB	0.77	0.90
ZEB	1.73	2.00

〈温暖地、EHP〉

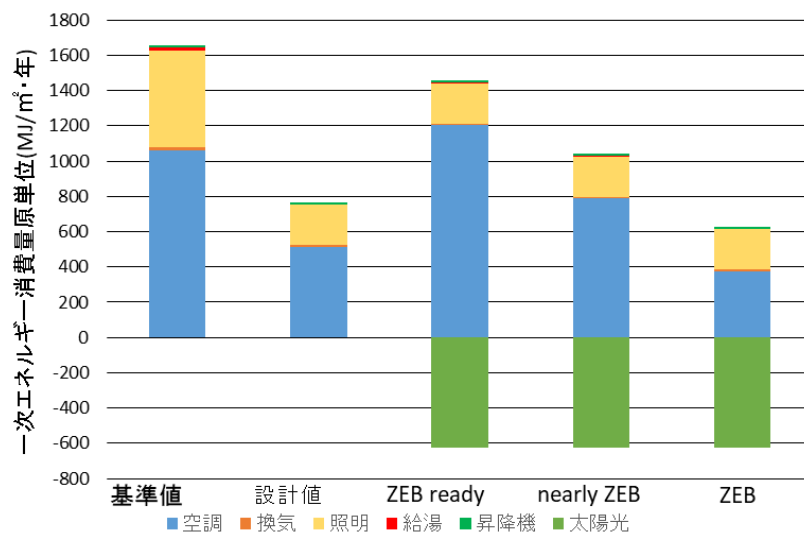


図 3.23 各 ZEB 段階に要する一次エネルギー消費量と太陽光発電量(屋上+壁面全面) (温暖地、EHP)

表 3.26 各 ZEB 段階に要する一次エネルギー消費量内訳と太陽光発電量(屋上+壁面全面) (温暖地、EHP)

単位(MJ/㎡・年)	基準値	設計値	ZEB ready	nearly ZEB	ZEB
空調	1063	515.0	1205	790.0	375.6
換気	13.20	8.100	8.100	8.100	8.100
照明	549.9	228.6	228.6	228.6	228.6
給湯	15.80	2.600	2.600	2.600	2.600
昇降機	15.70	12.50	12.50	12.50	12.50
太陽光			-627.4	-627.4	-627.4
合計	1658	766.8	828.9	414.5	0

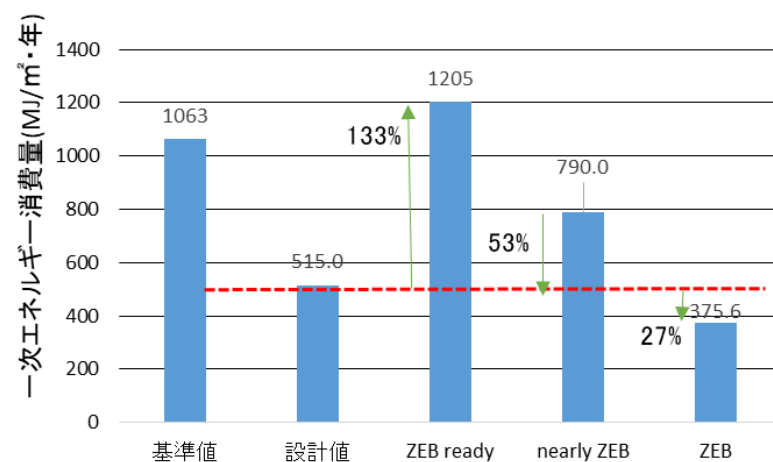


図 3.24 太陽光発電導入(屋上+壁面全面)・各 ZEB 段階に要する空調一次エネルギー消費量
(温暖地、EHP)

表 3.27 太陽光発電導入(屋上+壁面全面)・各 ZEB 段階に要する COP(温暖地、EHP)

	COP	
	冷房	暖房
設計値	3.52	3.71
ZEB ready	1.42	1.51
nearly ZEB	2.21	2.36
ZEB	4.99	5.32

3.3 シミュレーション結果まとめ

表 3.28 に各 ZEB 段階に要する COP 一覧を示す。省エネモデルでの ZEB ready 達成物件は温暖地 GHP、温暖地 EHP の 2 件である。標準地域での ZEB ready 達成度はいずれも約 49%であったが、GHP の ZEB ready 達成度がやや高い。GHP はエンジンの排熱利用によりデフロス運転の必要がないため暖房能力が高い。したがって冬期に長期の暖房運転を行う標準地においては、EHP よりも優位な結果となる。寒冷地においてもこの傾向は同様にみられる。冬期に行う暖房は、室内外の気温差が夏期冷房時よりも大きく、空調機に負担がかかるため、エネルギー消費量が増大する。したがって寒冷地では、標準地よりも空調一次エネルギー消費量が大きくなり、ZEB ready 達成がより困難になる。暖房をほとんど使用しない温暖地では、GHP、EHP とともに ZEB ready を達成するが、達成度が逆転する。高効率設備を導入した建築物で個別熱源を使用した場合の ZEB 達成は温暖地域に限られ、標準地、寒冷地において、ZEB 化は不可能であり、更なる空調熱源の効率向上が求められる。

ZEB ready を達成した物件に太陽光パネルを導入すると、空調に求められる能力が低くなる。屋上と壁面全面に設置した場合、屋上と正面壁面に設置した場合、屋上のみに太陽光パネルを設置した場合の順で太陽光発電量は増加する。太陽光パネル屋上のみに設置した場合は、空調能力を向上させても ZEB 達成は不可能である。屋上と正面壁面に設置した場合、EHP でのみ空調能力を変化させずに nearly ZEB まで達成可能である。屋上のみに太陽光パネルを設置した場合は、空調能力を向上させずに nearly ZEB まで達成可能である。太陽光パネルを最大面積導入しても、ZEB 達成は困難である。したがって、個別分散空調機において温暖地では ZEB ready および nearly ZEB までが達成の限界であり、太陽光パネルを設置した場合においても完全な ZEB 化は不可能である。

表 3.28 各 ZEB 段階に要する COP 一覧

省エネモデル						
	各ZEB段階達成に要する COP(標準地、GHP)		各ZEB段階達成に要する COP(寒冷地、GHP)		各ZEB段階達成に要する COP(温暖地、GHP)	
	冷房	暖房	冷房	暖房	冷房	暖房
設計値	1.09	1.27	1.09	1.33	1.09	1.27
ZEB ready	1.09	1.27	1.49	1.80	1.09	1.26
nearly ZEB	5.48	6.34	7.31	8.47	4.76	5.51
	各ZEB段階達成に要する COP(標準地、EHP)		各ZEB段階達成に要する COP(寒冷地、EHP)		各ZEB段階達成に要する COP(温暖地、EHP)	
	冷房	暖房	冷房	暖房	冷房	暖房
設計値	3.52	3.71	3.57	2.36	3.52	3.71
ZEB ready	3.66	3.90	6.06	4.01	3.09	3.29
nearly ZEB	18.6	19.8	29.7	19.6	13.7	14.6
ZEB readyを達成する省エネモデルへの太陽光パネル導入(温暖地)						
	各ZEB段階達成に要する COP(屋上のみ、GHP)		各ZEB段階達成に要する COP(屋上+正面壁面、GHP)		各ZEB段階達成に要する COP(屋上+壁面全体、GHP)	
	冷房	暖房	冷房	暖房	冷房	暖房
設計値	1.09	1.27	1.09	1.27	1.09	1.27
ZEB ready	0.75	0.87	0.65	0.76	0.50	0.58
nearly ZEB	1.61	1.86	1.23	1.42	0.77	0.90
ZEB			9.93	11.5	1.73	2.00
	各ZEB段階達成に要する COP(屋上のみ、EHP)		各ZEB段階達成に要する COP(屋上+正面壁面、EHP)		各ZEB段階達成に要する COP(屋上+壁面全体、EHP)	
	冷房	暖房	冷房	暖房	冷房	暖房
設計値	3.52	3.71	3.52	3.71	3.52	3.71
ZEB ready	2.13	2.27	1.80	2.06	1.42	1.51
nearly ZEB	4.54	4.83	3.48	3.70	2.21	2.36
ZEB			26.9	28.6	4.99	5.32

第4章 総括

本研究では、中小規模の事務所用途建物での採用率の高い個別熱源に着目し、ZEB 達成のための空調機熱源特性を分析し、建築物モデルを作成し、感度分析を行った。外皮性能、照明、給湯、換気、昇降機などの省エネ基準を高く設定する建築物において、段階的に設定された ZEB を達成するために必要な空調能力を検討した。

4.1 省エネモデルの各段階 ZEB に要した空調能力

現行建物の中で最多件数を占める事務所用途建物を対象に標準的な建物モデルとして、延床面積 5000 m²、6 階建ての事務所を想定した。文献を参考に、建築物ストック数が最も多い 1990 年竣工の建築物に採用された建築設備を設定し、標準モデルとした。ここに現在の高効率設備を導入し、省エネモデルとして、ZEB を達成するために必要な空調能力を計算した。

4.1.1 GHP 熱源を使用する各地域の ZEB 達成度

1) 標準地

・省エネモデルが ZEB ready を達成するまでに COP を向上させなければならないが、削減すべき量が 0.2 (MJ/m²・年)と小さいために表中の COP 値に変化は現れない。Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷:暖=5.48:6.34]となる。定格 COP 値[冷:暖=1.09:1.27]からは、冷房では 403%、暖房では 399%の効率向上が必要である。

2) 寒冷地

・省エネモデルが ZEB ready を達成するまでに必要な COP 値は[冷:暖=1.49:1.8]となる。定格 COP 値[冷:暖=1.09:1.33]からは、冷房では 37%、暖房では 35%の効率向上が必要である。また、Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷:暖=7.31:8.47]となる。冷房では 570%、暖房では 536%の効率向上が必要である。

3) 温暖地

・省エネモデルが ZEB ready 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷:暖=1.09:1.26]となる。定格 COP 値[冷:暖=1.09:1.27]からは、暖房のみ 99%の COP で ZEB ready を達成する。また、Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷:暖=4.76:5.51]となる。冷房では 336%、暖房では 434%の効率向上が必要である。

4.1.2 EHP 熱源を使用する各地域の ZEB 達成度

1) 標準地

・ZEB ready 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷:暖=3.66:3.90]となる。定格 COP 値[冷:暖=3.52:3.71]からは、冷房では 4%、暖房では 5%の効率向上が必要である。Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷:暖=18.6:19.8]となる。冷房では 428%、暖房では 434%の効率向上が必要である。

2) 寒冷地

・ZEB ready 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖=6.06：4.01]となる。定格 COP 値[冷：暖=3.57：2.36]からは、冷房では 70%、暖房では 70%の効率向上が必要である。Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖=29.7：19.6]となる。冷房では 732%、暖房では 731%の効率向上が必要である。

3) 温暖地

・ZEB ready 段階へ達するまでに必要な COP 値は[冷：暖=3.09：3.29]となる。定格 COP 値[冷：暖=3.57：2.36]からは、冷房では 87%の COP で ZEB ready を達成し、暖房では 40%の効率向上が必要である。Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖=13.7：14.6]となる。冷房では 284%、暖房では 519%の効率向上が必要である。

4.2 ZEB ready 達成省エネモデルへの太陽光パネル導入効果

Nearly ZEB および ZEB の達成条件は、設計値が基準値の 50%以下になることである。したがって本章での建築物モデルには、設計値段階で ZEB ready に達する温暖地 GHP、EHP 省エネモデルを使用し、太陽光パネルを導入する際に ZEB を達成するために必要な空調能力を計算した。太陽光パネルの設置パターンとして、屋上のみに設置、屋上+建築物正面(南向き)の壁面に設置、屋上+建築物壁面全体に設置の 3 パターンを用意した。

4.2.1 太陽光パネルを屋上のみに設置する場合

太陽光パネルを屋上のみに設置する場合の太陽光発電量は $241.0 \text{ (MJ/m}^2 \cdot \text{年)}$ となる。

1) GHP 熱源を使用する温暖地

・ZEB ready 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖=0.75：0.87]となる。定格 COP 値[冷：暖=1.09：1.27]からは、冷房では 69%、暖房では 66%の COP 値で nearly ZEB を達成する。Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖=1.61：1.86]となる。冷房では 48%、暖房では 40%の効率向上が必要である。

2) EHP 熱源を使用する温暖地

・ZEB ready 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖=2.13：2.27]となる。定格 COP 値[冷：暖=3.52：3.71]からは、冷房では 65%、暖房では 63%の COP 値で nearly ZEB を達成する。Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖=4.54：4.83]となる。冷房では 29%、暖房では 30%の効率向上が必要である。

4.2.2 太陽光パネルを屋上+建築物正面の壁面に設置する場合

太陽光パネルを屋上+建築物正面の壁面に設置する場合の太陽光発電量は $354.6 \text{ (MJ/m}^2 \cdot \text{年)}$ となる。

1) GHP 熱源を使用する温暖地

・ZEB ready 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖=0.65：0.76]となる。定格 COP 値[冷：暖=1.09：1.27]からは、冷房では 68%、暖房では 75%の COP 値で nearly ZEB を達成する。Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖=1.23：1.42]となる。冷房では 13%、暖房では 7%の効率向上が必要である。ZEB 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖=9.93：11.49]となる。冷房では 811%、暖房では 764%の効率向上が必要である。

2) EHP 熱源を使用する温暖地

・ZEB ready 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖=1.80：2.06]となる。定格 COP 値[冷：暖=3.52：3.71]からは、冷房では 96%、暖房では 80%の COP 値で nearly ZEB を達成する。Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖=3.48：3.7]となる。冷房では 1%、暖房では 0.3%の COP 値で nearly ZEB を達成する。ZEB 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖=26.9：28.6]となる。冷房では 664%、暖房では 671%の効率向上が必要である。

4.2.3 太陽光パネルを屋上+建築物壁面全体に設置する場合

太陽光パネルを屋上+建築物壁面全体に設置する場合の太陽光発電量は $627.4 \text{ (MJ/m}^2 \cdot \text{年)}$ となる。

1) GHP 熱源を使用する温暖地

・ZEB ready 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖=0.50：0.58]となる。定格 COP 値[冷：暖=1.09：1.27]からは、冷房では 46%、暖房では 44%の COP 値で ZEB ready を達成する。Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖=0.77：0.90]となる。冷房では 71%、暖房では 68%の COP 値で nearly ZEB を達成する。ZEB 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖=1.73：2.00]となる。冷房では 59%、暖房では 50%の効率向上が必要である。

2) EHP 熱源を使用する温暖地

・ZEB ready 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖=1.42：1.51]となる。定格 COP 値[冷：暖=3.52：3.71]からは、冷房では 40%、暖房では 41%の COP 値で ZEB ready を達成する。Nearly ZEB を達成するまでに必要な COP 値は[冷：暖=2.21：2.36]となる。冷房では 63%、暖房では 64%の COP 値で nearly ZEB を達成する。ZEB 段階に達するまでに必要な COP 値は[冷：暖=4.99：5.32]となる。冷房では 42%、暖房では 43%の効率向上が必要である。

4.3 今後の課題

本研究では中小規模の事務所用途建築物を3地域に分け ZEB 化する際の空調能力について計算を行った。

- 1) 他用途建築物での ZEB 化に必要となる空調能力の算出
 - 2) 他種熱源システムを設定した場合の ZEB 化に必要な空調能力の算出
- 以上の二つを今後の課題とする。

謝辞

本研究の遂行にあたり、東京海洋大学 亀谷茂樹教授には、研究の着手から本論文の完成に至るまで丁寧なご指導、ご鞭撻を賜りました。ここに謹んで御礼申し上げます。戸田勝善准教授、上野公彦准教授、東京海洋大学大学院システム創成学研究室 渡邊直哉さんには、本研究に関して貴重なご意見を賜りました。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。

参考文献

- ¹ IPCC 第 5 次報告書技術要約、国土交通省気象庁、2014 年
- ² エネルギー白書 2017 年、経済産業省資源エネルギー庁
- ³ 平成 25 年住宅・建築物の省エネルギー基準解説書編集委員会(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、株式会社連合印刷センター、2013 年 5 月
- ⁴ 一般社団法人 日本ビルディング協会(編)：ビル実態調査(全国版)結果概要[online]
http://www.jboma.or.jp/wp/wp-content/uploads/2013/04/SCAN-1591_0000.pdf、2013 年 4 月
- ⁵ 日本不動産研究所(編)：全国オフィスビル調査[online] <http://www.reinet.or.jp/wp-content/uploads/2017/09/c33d62fe65d56f0bfccd3a15548763fc1.pdf>、2017 年 1 月
- ⁶ 公益社団法人 空気調和・衛生工学会(編)：ビル用マルチパッケージ型空調システム、丸善出版株式会社、2014 年 9 月
- ⁷ 鈴木雄介ほか：個別分散型 HP を活用した中規模オフィスの空調設計・施工計画（第 1 報）計画概要と空調設備の省エネルギー手法、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、p275-288、2016 年 9 月
- ⁸ エネルギー基本計画、経済産業省資源エネルギー庁、2014 年 4 月
- ⁹ 一般社団法人 環境共創イニシアチブ(編)：ZEB 設計ガイドライン(中規模事務所編)、2017 年 2 月
- ¹⁰ 一般財団法人 省エネルギーセンタービル省エネ技術部(編)：オフィスの省エネルギー[online] https://www.eccj.or.jp/office_bldg/img/office2.pdf、2008 年
- ¹¹ ZEB ロードマップ検討委員会とりまとめ、経済産業省資源エネルギー庁省エネルギー対策課、2015 年 12 月
- ¹² 高橋和道：ZEB(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)化推進事業の紹介、電気学会雑誌 p 361-364、2014 年 6 月
- ¹³ 一般社団法人 環境共創イニシアチブ(編)：平成 24 年度～27 年度 Z E B 実証事業の調査研究(ZEB 実証事業調査研究発表会 2015 発表資料)[online]
https://sii.or.jp/zeb26r/file/siryo_2.pdf、2015 年 11 月
- ¹⁴ 島岡宏秀、伊藤剛、福田裕行ほか：低炭素化と知的生産性に配慮した最先端オフィスの調査研究（第 17 報）ZEB 化に向けた要素技術の数値的予測、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、p389-392、2013 年 9 月
- ¹⁵ 熊谷智夫、梶山隆史、張本和芳ほか：都市型 ZEB の実証・評価に関する研究(第 1 報)実証建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、

p2761-2764、2012 年 9 月

¹⁶ 伊藤剛、島岡宏秀、中山和樹ほか：低炭素化と知的生産性に配慮した最先端オフィスの調査研究(第8報)低炭素化技術(パッシブ手法)の実測データを用いた評価手法と評価結果、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、p289-292、2016 年 9 月

¹⁷ 大島一夫、海藤俊介：ビルの省エネルギー、ZEB に向けた国内外の動向、NTT ファシリテーズ総研レポート、p35-40、2014 年 6 月

¹⁸ 経済産業省 資源エネルギー庁省エネルギー対策課：ZEB を巡る最近の政策動向、建設の施工企画、p 9-13、2011 年 5 月

¹⁹ 茂野綾美、水石仁：ゼロ・エネルギー・ビルの実現と展開に向けて—低炭素社会の構築に向けて建築分野に期待される役割—、NRI パブリックマネジメントレビュー、p 1-8、2010 年 5 月

²⁰ ZEB の実現と展開に関する研究会：ZEB(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)の実現と展開について[online]
<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g91224b09j.pdf>、2009 年 11 月

²¹ 水石仁、伊香賀俊治、村上周三ほか：諸外国における住宅・建築物の省エネルギー帰省の動向に関する調査研究、日本建築学会技術報告集、p 225-230、2013 年 2 月

²² 水石仁、茂野綾美：亜熱帯地域における ZEB(ゼロ・エネルギー・ビルディング)の市場可能性、NRI パブリックマネジメントレビュー、p 1-6、2011 年 2 月

²³ 丸山由香、内海慧、田辺新一ほか：54 の中小事務所ビルにおけるゼロ・エネルギービル化の実現可能性試算、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、p289-292、2016 年 9 月

²⁴ 末永直之、久保井大輔、吉澤昭彦ほか：既存建築物への ZEB 化適用技術導入に向けた基礎研究、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、p293-296、2016 年 9 月

²⁵ 山田一樹：施工・運用検証から見たセントラル空調方式とビル用マルチ空調方式の現状とこれから、一般社団法人 建築設備技術者協会

²⁶ 一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構：The BEST Program 建築物総合エネルギー消費量シミュレーションツールとは、[online]
<http://www.ibec.or.jp/best/about/best-program.html>、2017 年 11 月アクセス

²⁷ 小林幸夫、島津護：竣工記録に基づいた事務所建物の寿命調査、日本建築学会計画系論文集、p317-322、2003年3月

²⁸ 小見康夫、野城智也、佐藤考一ほか：建築用硬質ポリウレタンフォーム断熱材のストック量の推計、日本建築学会環境系論文、p97-101、2004 年 4 月

-
- ²⁹ 福田航、赤司泰義：日本の事務所ビルにおける省エネ手法とエネルギー消費量の時代変遷、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、p81-84、2015年9月
- ³⁰ 二宮秀興、村上周三、赤坂裕ほか：BEST 気象データの開発について、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、p2001-2004、2007年9月
- ³¹ ダイキン工業株式会社、GHP エグゼアⅡカタログ、2017年
- ³² ダイキン工業株式会社、ビル用マルチエアコン総合カタログ、2017年9月
- ³³ ビルエネルギー運用管理ガイドライン—オフィスビルにおける地球温暖化対策のより一層の推進に向けて
一般社団法人 日本ビルディング協会連合会
- ³⁴ 国土交通省気象庁：過去の気象データ(東京、北海道、沖縄)、
[online]<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>、2017年12月アクセス
- ³⁵ 三菱電機株式会社、照明施設カタログ、1990年
- ³⁶ 成島雄一、宗方淳、岩田利枝ほか：我が国のオフィス照明環境と執務者評価の変遷に関する研究、日本建築学会環境系論文集、p49-56、2016年1月
- ³⁷ 三菱電機株式会社、露出形ダクト用換気扇仕様書、1990年
- ³⁸ 大阪ガス株式会社、ガス瞬間湯沸かし器仕様書、1990年
- ³⁹ パナソニック株式会社、施設・屋外・店舗照明総合カタログ、2017年
- ⁴⁰ 三菱電機株式会社、換気送風機総合カタログ、2017年
- ⁴¹ 株式会社ノーリツ、業務用温水機器総合カタログ、2017年
- ⁴³ 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)：年間月別日射量データベース (MONSOLA-11)、[online]<http://www.nedo.go.jp/library/nissharyou.html>
- ⁴⁴ 東芝エネルギーシステムズ株式会社、産業用太陽光発電システム総合カタログ、2017年