

ZEB Ready 達成を目指すための
個別分散空調システムの設計法ガイドライン
(温暖地・事務所編)

2022 年 6 月

個別分散型空調システム設計法検討委員会

個別分散型空調システム設計法検討委員会

委員長	柳原隆司(株式会社 RY 環境・エネルギー設計)	
委員	吉田治典(京都大学)	野部達夫(工学院大学)
	赤司泰義(東京大学大学院)	住吉大輔(九州大学大学院)
	富樫英介(工学院大学)	宮田征門(国土交通省国土技術政策総合研究所)
	佐藤孝輔(株式会社日建設計)	柳井崇(株式会社日本設計)
	安田健一(株式会社三菱地所設計)	八木崇(鹿島建設株式会社)
	高橋満博(清水建設株式会社)	豊原範之(大成建設株式会社)
	木村剛(株式会社大林組)	白石晃平(株式会社竹中工務店)
オブザーバー	枝廣 克幸、庄司 貴朋、石田 彩乃(ダイキン工業株式会社)	
	四十宮 正人、田中 千歳(三菱電機株式会社)	
	芹川 真緒(神奈川大学、2022 年 4 月から)	
事務局	佐藤 誠、芹川 真緒(2022 年 3 月まで)、辻丸 のりえ(佐藤エネルギーリサーチ株式会社)	

個別分散型空調システム設計法検討委員会 実態調査 WG (WG1)

主査	住吉大輔(九州大学大学院)	
委員	富樫英介(工学院大学)	宮田征門(国土交通省国土技術政策総合研究所)

個別分散型空調システム設計法検討委員会 評価モデル構築 WG (WG2)

主査	富樫英介(工学院大学)	
委員	住吉大輔(九州大学大学院)	宮田征門(国土交通省国土技術政策総合研究所)

個別分散型空調システム設計法検討委員会 ガイドライン策定 WG (WG3)

主査	佐藤孝輔(株式会社日建設計)	
委員	富樫英介(工学院大学)	宮田征門(国土交通省国土技術政策総合研究所)
	星野秀明(株式会社日本設計)	羽鳥大輔(株式会社三菱地所設計)
	佐藤正章(鹿島建設株式会社)	高橋満博(清水建設株式会社)
	豊原範之(大成建設株式会社)	木村 剛(株式会社大林組)
	白石晃平(株式会社竹中工務店)	

- ・ このガイドラインは、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)が実施した 2021・2022 年度「脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム/ZEB を目指した個別分散型空調システムの設計課題に関する調査」(受託者:佐藤エネルギーリサーチ株式会社)に関する委託研究の成果の一部です。
- ・ このガイドラインの内容は、自由に引用・転載いただくことができます。
ただし、転載の際は出典として本ガイドラインの名称(個別分散型空調システム設計法検討委員会:個別分散空調システムの設計法ガイドライン、2022 年 6 月)を明記してください。

目次

個別分散空調システムの ZEB Ready 達成のポイント一覧.....	4
1. このガイドラインについて	6
1.1. このガイドラインの背景・目的	6
1.2. このガイドラインの対象	6
1.3. 設計時における BEI の目標値	7
1.4. ビル用マルチの ZEB 達成のポイント	9
1.5. 省エネ技術開発の変遷	13
2. 計画編	15
2.1. 外皮性能の向上	15
2.2. 外気処理方法の選択	18
3. 設計編	24
3.1. 熱負荷計算時の留意点	24
3.2. 室内機選定時の留意点	28
3.3. 室外機系統設計時の留意点	31
3.4. 室外機能力選定時の留意点	33
3.5. 室外機設置場所の留意点	36
3.6. その他	37
4. 運用編	38
4.1. 運用時の留意点	38
4.2. 稼働実態把握の重要性	40
5. 参考文献	42

個別分散空調システムの ZEB Ready 達成のポイント一覧

- ・ 本ガイドラインは、個別分散空調システムの実運用時において、ZEB Ready 相当（無対策に対して 50%省エネ、コンセントを除く）を達成することを目的として作成したものです。個別分散空調システムの計画・設計・運用の各段階で注意すべきポイントをまとめています。
- ・ 本ガイドラインでは、温暖地における事務所用途に設置される、電気式の冷暖切替型の空冷式ビル用パッケージ型空調システム（ビル用マルチ）を対象としています。

	ZEB Ready 達成のポイント			「ビル用マルチの ZEB 達成のポイント(p. 9)」との関係 ◎：該当、○：一部該当		
	大分類	中分類	ポイント	①年間 処理熱量 低減	②低負荷 運転を 避ける	③冷媒 制御の 適正化
計画編	外皮性能の向上 (p.15)		建物の外皮（窓、外壁、屋根等）からの熱取得、熱損失をできるだけ減らす	○	○	—
	外気処理方法 の選択	全熱交換器の採用 (p.19)	全熱交換器とともにバイパス制御を採用する（ファン動力の増加に注意）	◎	◎	—
		外気処理系統の 系統分け (p.21)	外気負荷と室内負荷を別々に処理する場合は、外気処理用と内部負荷処理用の室内機は別の室外機系統とする	—	—	◎
		外気負荷低減対策の採用 (p.22)	外気冷房制御などの外気負荷低減対策、CO ₂ 濃度制御、人体検知制御などの外気量制御の採用を検討する	◎	○	—
設計編	最大熱負荷計算時の留意点	コンセント発熱の想定値 (p.24)	実際の機器または運用実績に基づいた発熱量とする（5～12 W/m ² 程度）	—	◎	—
		照明発熱の想定値 (p.26)	適切な設計照度とし、照明制御も考慮した上で、実際の照明機器を想定した発熱量とする（5～10 W/m ² 程度）	—	◎	—
		人員密度、外気導入量の想定値 (p.27)	実際の在室人員に応じた人員密度とし、適切な外気導入量を設定する	—	◎	—
		想定する余裕係数 (p.27)	余裕係数の意味を勘案し、要・不要を判断する（設計の工夫で対応することが理想）	—	◎	—
	室内機選定時の留意点	室内機能力の選定 (p.28)	室内機能力を絞りすぎないようにし、小さい容量（7～14 kW 程度）を複数配置する	—	—	◎

	ZEB Ready 達成のポイント			「ビル用マルチの ZEB 達成のポイント(p. 9)」との関係 ◎：該当、○：一部該当		
	大分類	中分類	ポイント	①年間 処理熱量 低減	②低負荷 運転を 避ける	③冷媒 制御の 適正化
		室内機タイプの選定 (p.28)	ファン動力が大きくなりすぎないものを選定する(天井カセット型はファン動力が小さい)	—	—	—
		室温センサの選定 (p.29)	室内機が適切に運転できるように、室内温度が正しく検知できるように注意する	—	—	—
	室外機系統設計時の留意点 (p.31)		室外機系統内の室内機の運転条件(方位、室用途等)をできるだけ統一する	—	—	◎
	室外機能力選定時の留意点	室外機能力の選定 (p.33)	室外機系統全体のピーク時の負荷から室外機能力を選定する	—	◎	—
		配管長・高低差による能力の補正 (p.35)	必ず対象機種種のメーカー技術資料で補正係数を確認する	—	◎	—
		テナントビルへの対応 (p.35)	ベース計画とオプション計画の2段階で設備容量を設定できるように工夫する	—	◎	—
	室外機の設置場所 (p.36)		冷媒の配管長や高低差が長くなりすぎないようにし、室外機の設置間隔に注意する	—	—	◎
運用編	運用時の留意点	室内機の設定温度 (p.38)	室内機の設定温度を極端に低くしたり、高くしたりしないようにする	—	—	◎
		室内機の運転時間 (p.39)	消し忘れがないように注意し、同一系統内で室内機 1 台だけ運転するなどの低負荷での運転を避ける	—	○	—
		外気処理ユニットの運転状況 (p.39)	在室人員不在時に外気処理ユニットを運転していないか、設定温度が適切か確認する	—	—	—
		室内機のルーバーの設定 (p.40)	暖房時に室内機のルーバーが水平吹き出しの設定になっていないか注意する(天井カセット型の場合)	—	—	—
	稼働実態把握の重要性	実稼働データの入手方法 (p.40)	室外機、室内機の実態把握に必要なデータを計測サービス等により入手する	—	—	—
		稼働データ確認のポイント (p.41)	想定した通りに運転できているか、無駄な運転をしていないか、効率の悪い運転をしていないか把握する	—	—	—

1. このガイドラインについて

1.1. このガイドラインの背景・目的

2020 年 10 月に、日本政府から「2050 年のカーボンニュートラルの実現を目指す」ことが宣言された。2021 年 10 月に閣議決定された地球温暖化対策計画では、業務部門の CO2 排出量を 2013 年度比で 51%削減という目標が設定された。このような背景の中で、カーボンニュートラルの実現に向けて、大幅にエネルギー消費量を削減できる ZEB(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)の普及が急速に求められている。

このような背景を受けて、本ガイドラインは、**個別分散空調システムの実運用時において、ZEB Ready¹⁾ 相当（無対策に対して 50%省エネ、コンセントを除く）を達成すること**を目的として作成した。

本ガイドラインでは、設計段階において実運用時の ZEB Ready 相当を達成するため、個別分散空調システムの計画・設計において留意するポイントをまとめている。さらに、実運用段階でも ZEB Ready 相当を達成するために注意すべきポイントを記載する。

1.2. このガイドラインの対象

本ガイドラインでは、温暖地における事務用途に設置される、電気式の**冷暖切替型の空冷式ビル用パッケージ型空調システム（ビル用マルチ）**を対象として記述する。

本ガイドラインの内容は、ビル用マルチを採用する物件での ZEB 達成を目指す**設備設計者を対象として記述しているが、計画・設計・施工・運用に関わる多くの関係者（意匠設計者、施工者、運転管理者）にもご一読いただけると、実運用時の ZEB 達成がより容易になる。**ぜひ関係者各位にもお勧めいただきたい。

コラム：冷暖同時型について

冷暖同時(冷暖フリー)型は、同一室外機に接続される複数の室内機において冷房運転と暖房運転を同時に行える画期的な方式で、冷房運転している室内機が除去した熱を暖房運転している室内機に供給する熱回収運転を行っている。負荷の発生状況が予測できないテナントビル等で採用されることが多い。

しかしながら、実建物において冷暖同時運転時の熱回収効果の測定が現時点では困難であり、定量的な評価を行うことが難しいため、本ガイドラインの対象とすることは避け、運用編において実態調査等から得られた課題を示すのみに留める。

ただし、本ガイドラインの記載項目のうち、計画編および設計編の「室内機選定時の留意

点」までは、冷暖切替機と共通する部分もあるため、適宜参照されたい。特に室外機系統の設計時は、冷暖切替機と特性が異なるため、別途検討が必要である。

今後、冷暖同時機の運転実態の解明が進み、適正な評価が行われ、省エネルギーにつながる設計法が確立されることが望まれる。

1.3. 設計時における BEI の目標値

実運用時の ZEB Ready 相当を達成するためには、建物全体での対策が不可欠である。しかし、現在は実運用時の ZEB の評価法がないため、ひとまず設計時における目標値を「**建物全体の BEI が 0.5 以下（太陽光発電なし）**」とする。

BELS 事例データ¹⁾の分析結果を図 1.1 に示す。ZEB Ready 認証の実績データでは、太陽光発電設備を除く BEI 値は 0.4～0.5 が最も多い。このうち、空調 (BEI/AC) は 0.4～0.6 の範囲が約9割、照明 (BEI/L) は、0.2～0.4 の範囲が 8 割を超える。また、既往研究³⁾によれば、太陽光発電なしで BEI を 0.55 未満とするには、照明 (BEI/L) は 0.39、空調 (BEI/AC) は 0.62 (6 地域の場合) が必要との試算結果が報告されている。

以上のことから、本ガイドラインにおいては、**空調 (BEI/AC) 0.5 を目標に、最低でも 0.6 以下**とするための空調におけるエネルギー削減を達成するためのポイントを整理する。ただし、ZEB Ready 達成のためには、このガイドラインでは対象としていない**照明 (BEI/L) や換気 (BEI/V) での省エネルギー性能の向上が必要**である点に十分注意する。

本ガイドラインの作成時点では、実運用時の ZEB の評価基準についての明確な定義が存在しないが、実運用時の評価のためには、エネルギー消費実態の把握が必要になると予想される。そこで本ガイドラインでは、運用時の稼働実態把握のポイントについても記載する。

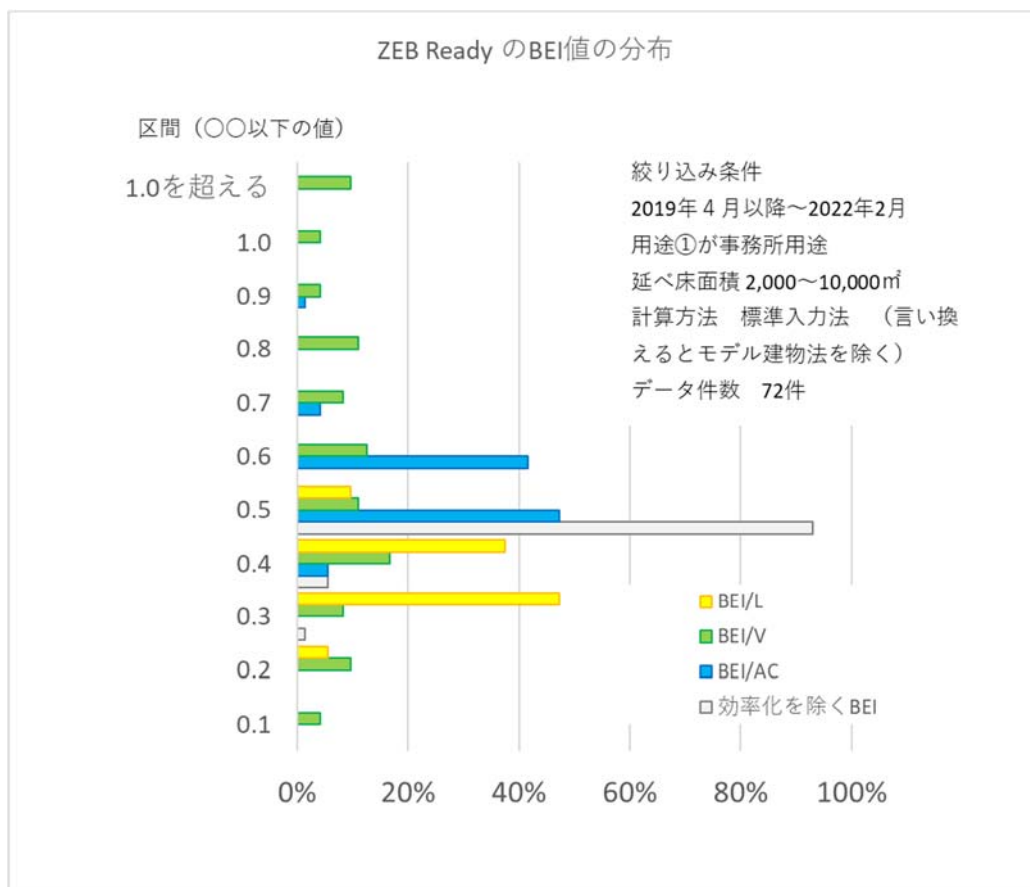


図 1.1 BELS 事例データの分析結果（ZEB Ready 認証データ）

1.4. ビル用マルチの ZEB 達成のポイント

ビル用マルチは、熱源となる室外機に対して複数台の室内機を接続でき、かつ各室内機を個別に運転できることが利点である。しかしながら、誤った設備設計をすると機器の持つ能力を最大限に発揮できないことがある。以下に ZEB 達成のために注意すべき 3 つのポイントを挙げた。本ガイドラインでは、この「**ビル用マルチの ZEB 達成のポイント**」に沿った**設計法を整理する**。

ここで挙げた ZEB 達成のポイントは、ヒートポンプ熱源に共通する省エネルギーの留意点だが、ビル用マルチにおいては中央熱源システムと比較して過大容量となることが指摘されているため、特にポイント②の影響が大きい。

ビル用マルチの ZEB 達成のポイント

ポイント① 年間の処理熱量を下げる

ポイント② 室外機容量の低減により、低負荷運転領域での断続運転を避ける

ポイント③ 冷媒制御の適正化:冷媒の蒸発温度が低い状態(冷房時)・
凝縮温度が高い状態(暖房時)となるのを避ける

解説

(1) ポイント①「年間の処理熱量を下げる」について

通常の省エネルギー対策と同様に、外皮性能の向上、外気負荷の低減などにより、年間に処理する熱量が少なくなれば、必要なエネルギー消費量も少なくて済む。ビル用マルチでも基本的な省エネルギー対策は変わらないので、ZEB 達成のポイント①として挙げている。

(2) ポイント②「設備容量の低減により、低負荷運転領域での断続運転を避ける」について

「個別分散空調システム」であるビル用マルチは、ピーク負荷の同時発生率を考慮できる範囲が中央熱源システムよりも狭いという特性がある。そのため、中央熱源システムと比較して設備容量が大きくなることが指摘されている。

図 1.2 に示すように、ビル用マルチは負荷率(室外機の処理熱量÷定格能力)が 40～50 % 程度の範囲にあるとき、機器効率(COP)が最も高くなるという特性がある。近年では低負荷時の効率を向上させた機種もあるが、**実際の熱負荷に対して設備容量が過大であると、効率のよい負荷率の範囲でビル用マルチを運転することが難しくなる**。

ポイント①で低減した熱負荷に対して、適切な設備容量のビル用マルチを選択することで、

過大な設備容量となることを回避することができ、設備にかかる初期投資の費用も抑えられる。その差額により、高効率機器の選択や、各種省エネ制御の採用など、実運用時の ZEB Ready 相当の達成につながる対策の導入を行うことも可能となる。

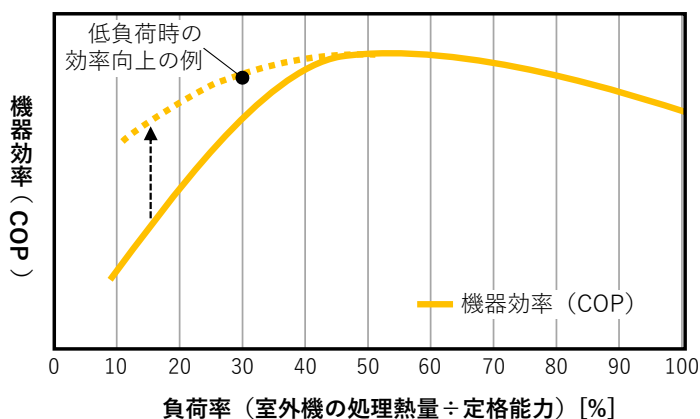


図 1.2 ビル用マルチの機器効率特性の例

ビル用マルチの冷房時の運転事例として、冷房時の負荷率を横軸、機器効率(COP)を縦軸にとった散布図を図 1.3 に示す。また、負荷率の頻度分布と平均 COP の例を図 1.4 に示す。この例では、負荷率 0.2 以下の運転頻度が最も高く、その時の平均 COP が急激に低下していることが分かる。特に負荷率が極端に低い領域(0.05 以下)では、室外機が断続運転(ON-OFF 運転)となり、蒸発温度が低くなるため(ZEB 達成のポイント③とも関連)、ビル用マルチを効率よく運転することが難しい。

このようなビル用マルチの特性を踏まえ、設備容量を低減できるような対策により、低負荷領域での断続運転を避けることを、ZEB 達成のポイント②として挙げている。

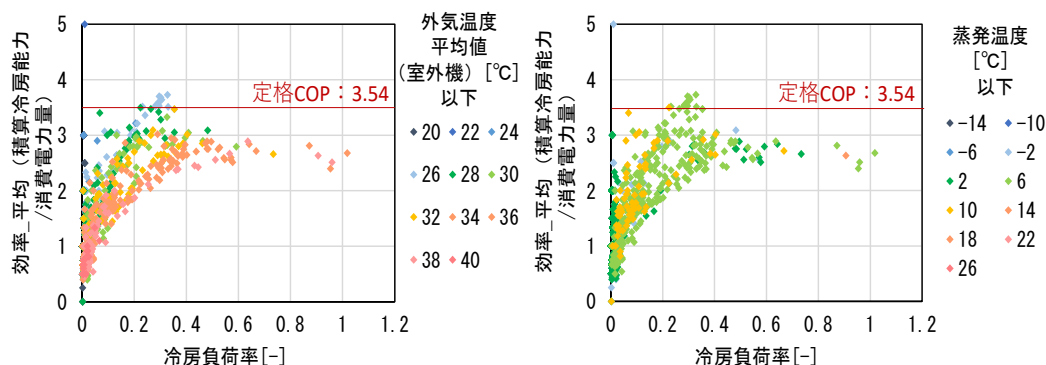


図 1.3 ビル用マルチの冷房時の運転事例

(左：外気温度別、右：蒸発温度別、低負荷運転が多い例)

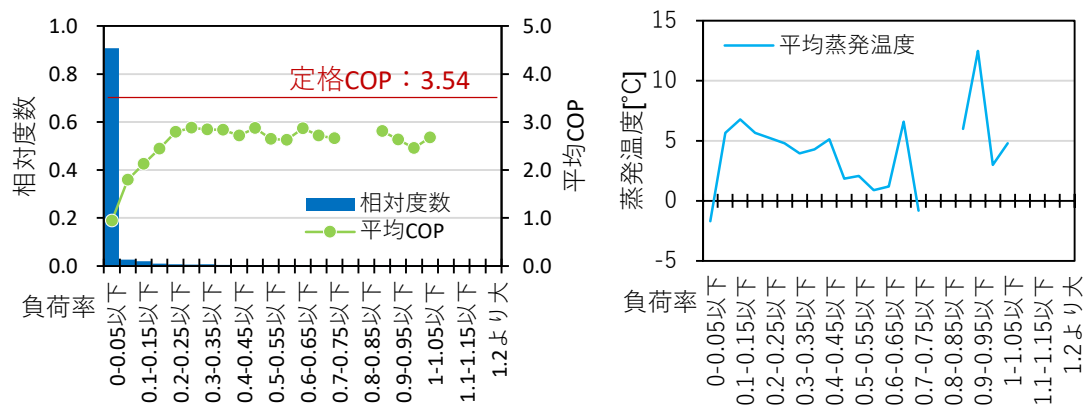


図 1.4 負荷率の頻度分布と平均 COP、平均蒸発温度の例
(冷房時、低負荷運転が多い例)

また、事務用途でも、自社ビルとテナントビルでは設計条件が異なる。テナントビルでは設計時に運用時の使用条件が不明であることが多く、能力不足を抑制するために内部発熱条件を過剰に想定することが多いため、自社ビルとは別の対策が必要となる。テナントビルでの対策については後述する。

(3) ポイント③「冷媒制御の適正化」について

ビル用マルチは、他のヒートポンプ熱源と同様に、冷房時は冷媒の蒸発熱、暖房時は冷媒の凝縮熱を利用して冷房、暖房を行っている。冷房時は冷媒の蒸発温度をできるだけ高く、暖房時は凝縮温度をできるだけ低くすることができれば、エネルギーを削減することができ、冷房・暖房の効率も向上する。

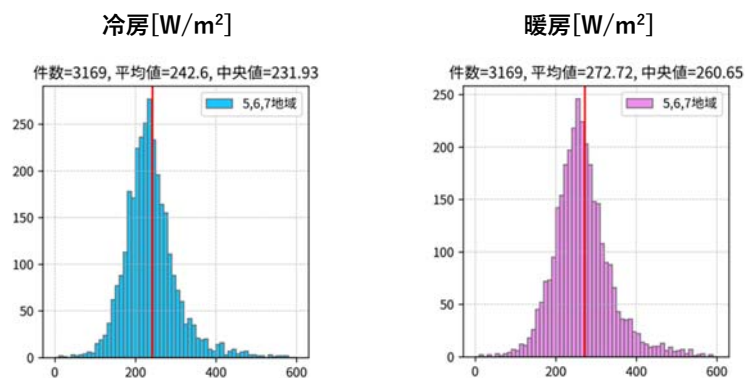
ビル用マルチは、1 台の室外機に複数の室内機を接続できるという利点があるが、**室外機系統内で運転状況にばらつきがある場合や、冷媒配管での圧力損失が大きい場合は、冷媒を適切な温度に制御することが難しい。**

そのため、冷媒の蒸発温度が低い状態(冷房時)・凝縮温度が高い状態(暖房時)となるのを避けることを、ZEB 達成のポイント③として挙げている。

コラム：設備容量の分布状況

省エネ適合性判定・届出物件のデータのうち、国総研資料 No.1143⁴⁾に掲載されている「2019 年度省エネ基準申請データ」を用いて、単位面積あたりの設備容量の分布状況进行分析した結果を図 1.5 に示す。調査対象はモデル建物法による申請データで、主要な熱源機種が「パッケージエアコンディショナ(空冷式)」の物件である。図 1.5 では 5、6、7 地域の分析結果を示してゐる。冷房の設備容量は、 230 W/m^2 の頻度が最も高く、平均値は約 242.6 W/m^2 である。一方で、既往研究³⁾によれば、太陽光発電なしで BEI 0.55 未満を達成している物件グループの単位面積あたりの定格冷房能力は、平均 166.6 W/m^2 (ただし、空調熱源機種が「パッケージエアコンディショナ(空冷式)」のみでは平均 152.94 W/m^2)、BEI 0.65 以上 0.85 未満の物件グループでは平均 232.6 W/m^2 であった。

前述の設計時における BEI の目標値(太陽光発電なしで BEI 0.5 以下)を達成するためには、この設備容量の値を目安にするとよい。



※2019 年度省エネ基準申請データのうち、モデル建物法による申請データを分析。

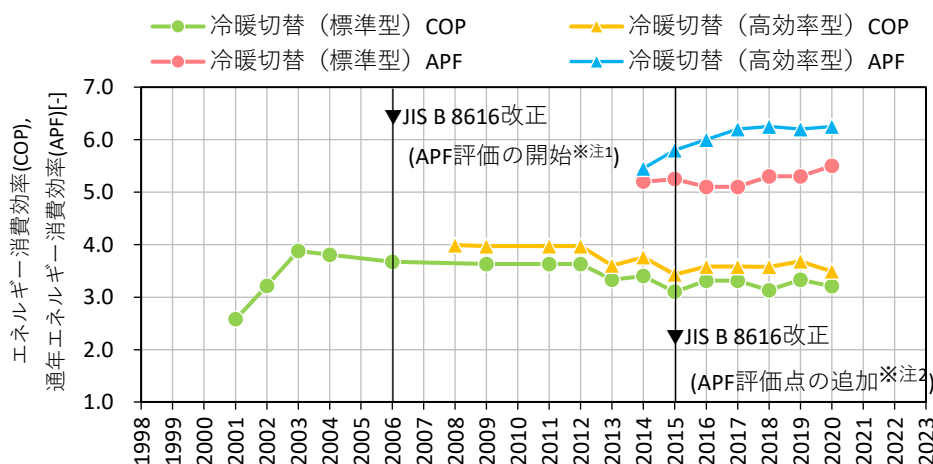
5,6,7 地域で主要な熱源機種が「パッケージエアコンディショナ(空冷式)」の物件を対象に集計。

図 1.5 設備容量の分布状況 (左：冷房、右：暖房)

1.5. 省エネ技術開発の変遷

ビル用マルチは1982年頃の商品化以降、社会背景やニーズに対応しながら、技術開発が進められている。省エネルギーに関する課題の改善も進められており、機器効率も上昇傾向にある。機器効率の評価も、定格温度条件下でのエネルギー消費効率(COP)から、より使用実態に近い通年エネルギー消費効率(APF)による評価へと移り変わっている⁵⁾。近年はAPF評価が基準となっているため、前述の図1.2に示したように部分負荷時の効率向上が重要であるため、定格条件でのCOPは低下または横ばいの傾向にある。機器効率(COP、APF)の変遷を図1.6に示す。

また、ビル用マルチの技術開発の変遷を表1.1、に示す。モントリオール議定書のキガリ改正⁶⁾により、今後代替フロンの使用量が制限される予定である。2029年に75%削減を目標としており、大幅な削減が求められている。機械効率の上昇に依存するだけではなく、**建築側でもビル用マルチを効率よく運転できるような対策が必要**である。



※定格冷房能力28kWの機種について、各年における2社のエネルギー消費効率(COP)、通年エネルギー消費効率(APF)の平均値を記載。

- ・ 注1:当初はビル用マルチのAPF評価対象は10馬力以下のみ、のちに18馬力以下に引き上げ
- ・ 注2:定格冷暖房能力、中間冷暖房能力、低温暖房能力に加え、中間冷房能力、最小冷暖房能力の評価点が追加され、より使用実態に近い基準に変更

図1.6 ビル用マルチ（冷暖切替型）の機器効率の変遷

表 1.1 ビル用マルチの技術開発の変遷と社会背景

技術開発の変遷	年	社会背景
	1973	石油危機(オイルショック)
	1979	エネルギーの使用の合理化等に関する法律(省エネ法)制定
ビル用マルチの販売開始	1982	ビル管理法(現建築物衛生法)改訂
インバータ制御の導入	1986	
室外機の大容量化、制御技術・配管技術の開発により設計自由度が向上	1987	
室外機の各階設置への対応、制御のデジタル化による運転効率向上	1988	オゾン層保護法によるフロン規制
冷暖同時(冷暖フリー)型の開発	1990	
	1991	バブル崩壊による景気後退
配線技術の開発により個別制御性が向上、遠隔監視システムサービス開始	1993	
室外機の大容量化、室内機接続台数を拡張	1996	ISO14000 認証制度開始
	1997	京都議定書で CO ₂ 排出規制を規定
冷媒に HFC(R407C)を採用	1998	省エネ法改正(トップラナー制度導入)
	2000	グリーン購入法制定
新冷媒(R407C)に対応した技術開発による機器効率の向上	2001	
冷媒に R410A を採用、既設配管を利用した更新専用機の開発	2003	建築物衛生法改正、ビル用マルチも規制対象に
大容量機の開発、最大配管長の延長、WEB 接続による遠隔からの省エネ制御技術の開発	2006	地球温暖化対策促進法、フロン回収破壊法の制定、省エネ法改正
潜熱分離システムの開発	2007	
	2006	JIS B 8616 ³⁾ 改正(APF 評価の開始)
インバータ技術と新冷媒制御技術による高 COP 型の開発	2008	省エネ法改正(特定建築物の規制強化)
センサ技術開発により室内機の効率・制御性が向上	2010	
	2011	東日本大震災発生、電力供給量が不足
圧縮機全台のインバータ化による部分負荷効率の向上、節電機能の充実	2013	
	2014	ZEB 化構想が本格化
冷媒温度可変制御と圧縮機の効率改善による低負荷領域の運転効率の改善	2015	建築物省エネ法制定(省エネ基準適合義務化の開始)、パリ協定を採択(CO ₂ 排出規制の新たな枠組み)、JIS B 8616 ³⁾ 改正(APF 評価点の追加)
極細管を用いた新型熱交換器の開発による熱交換効率の向上	2018	
	2019	モントリオール議定書キガリ改正に基づく代替フロン(HFC)の規制開始
	2020	新型コロナウイルス感染症の世界的流行、日本政府の「2050 年カーボンニュートラル実現」の宣言

2. 計画編

本章では、ビル用マルチを採用する物件の計画時に留意すべきポイントをまとめる。計画時には、一般的な省エネルギー対策と同様に、外皮性能の向上や、外気処理方法の工夫などにより、建物全体の暖冷房負荷を減らすことが重要である。

2.1. 外皮性能の向上

計画編のポイント（１）：

建物の外皮（窓、外壁、屋根等）からの熱取得、熱損失をできるだけ減らす。

- 窓の工夫：
 - ・ 日射の多い方位の窓面積が必要以上に大きくなりすぎないように留意する（特に日射の多い東西面）。
 - ・ 断熱性能、日射遮へい性能の悪い窓の使用を避ける。（例：単板シングルガラス＋アルミサッシ等）
 - ・ 方位に応じた外部遮蔽物により、侵入する日射量を減らす。
- 外壁、屋根の工夫：
 - ・ 屋根、外壁の断熱性能を総合的に向上させるため、断熱材を必ず入れる。

「ビル用マルチの ZEB 達成のポイント」との関係

◎：該当、○：一部該当

①年間処理熱量低減：	◎	②低負荷運転を避ける：	○	③冷媒制御の適正化：	－
------------	---	-------------	---	------------	---

解説

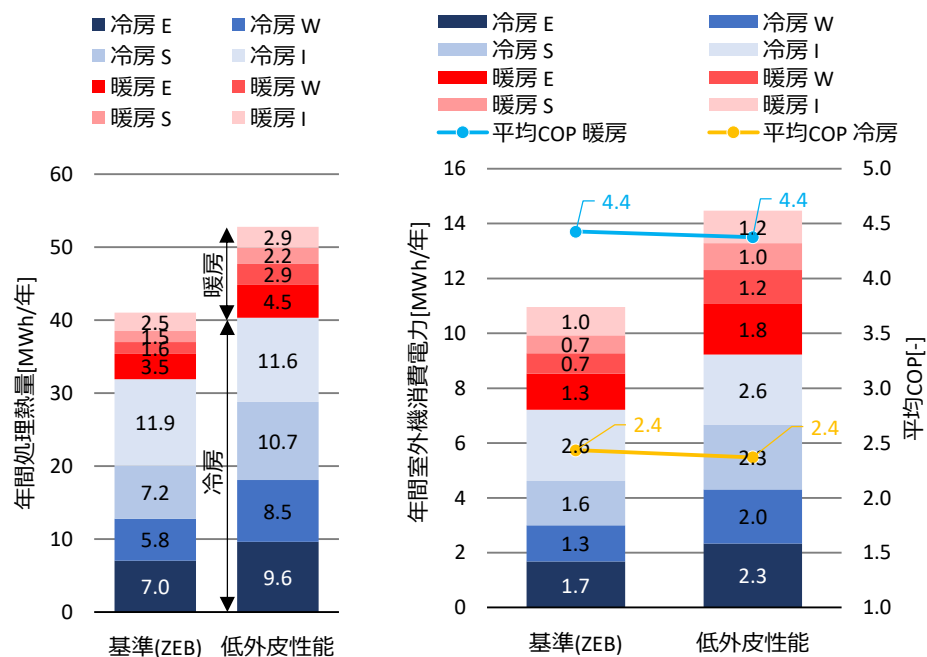
- ・ **建物の外皮性能は、外装計画にも関係するため、計画段階の省エネルギー対策において極めて重要**となる。外皮性能の向上により、窓、外壁、屋根等からの熱取得、熱損失を減らすことで、空調設備の年間の処理熱量を小さくすることができるため、エネルギー消費量の削減に直結する（p.9 ビル用マルチの ZEB 達成のポイント①に該当）。
- ・ 特に**開口部からの熱取得、熱損失が大きな値となるため、開口部の対策が必要**である。窓の断熱性能の向上に加えて、日射を室内に侵入させないように、方位に応じた外部遮蔽物の設置を検討する。
- ・ 朝方、夕方に日射が多い**東西面は、窓としての必要な機能（眺望、採光など）を維持できる程度の窓面積とすると、ピーク負荷を削減できるため、設備容量を低減**することができる（ビル用マルチの ZEB 達成のポイント②に該当）。
- ・ 外皮性能を表 2.1 に示すように変化させた場合の試算結果を図 2.1 に示す。試算対象としたモデル建物の平面図および室外機系統は図 2.2 に示す。低外皮性能のケースでは、基準ケース（ZEB 相当）に対して年間処理熱量・年間室外機消費電力が約

1.3 倍になる。特にペリメータゾーンでの影響が大きい。

- ただし平均 COP は、基準(ZEB)と低外皮性能で大きな差がない。外皮性能向上による効果は、熱源容量適正化による年間 COP の向上ではなく、年間処理熱量の低減の影響が大きい。ただし、これは建物規模、室外機の系統分けにもよるため、1つのケーススタディ結果としてとらえていただきたい。

表 2.1 試算条件（外皮性能の比較）

		基準(ZEB)	低外皮性能
外皮性能	窓	日射遮へい型 Low-E+透明 (A12mm)、アルミサッシ (U=2.67W/(m ² ・K)、 η =0.35) 明色ブラインド 45° 固定	透明フロートガラス、アルミサッシ (U=6.00W/(m ² ・K)、 η =0.69) 明色ブラインド 45° 固定
	外部遮へい物	箱底 1.0m	なし
	外壁	硬質ウレタンフォーム 50mm (U=0.58W/(m ² ・K))	硬質ウレタンフォーム 15mm (U=1.45W/(m ² ・K))
室外機定格冷房能力 (定格 COP:3.1)		W ゾーン:105 W/m ² S ゾーン:72 W/m ² I ゾーン:56 W/m ² E ゾーン:113 W/m ²	W ゾーン:163 W/m ² S ゾーン:123 W/m ² I ゾーン:60 W/m ² E ゾーン:178 W/m ²
気象データ		東京 (拡張アメダス標準年気象データ 2010 年)	



※室外機消費電力=圧縮機消費電力+室外機ファン消費電力

図 2.1 年間の処理熱量、室外機消費電力、平均 COP（外皮性能の比較）

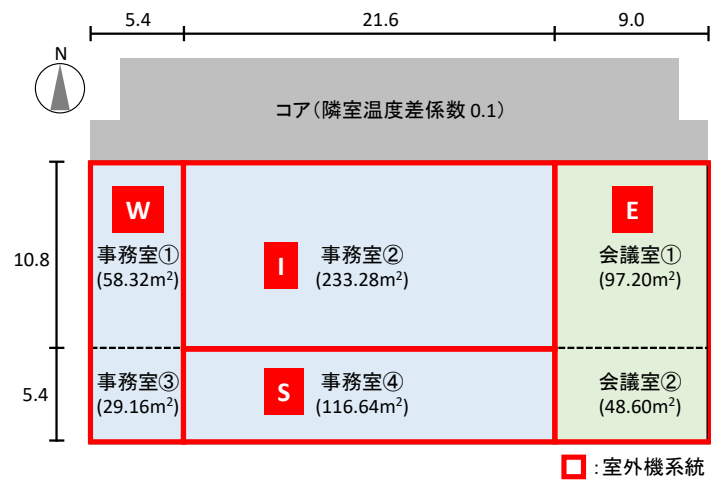


図 2.2 モデル建物の平面図と室外機系統

2.2. 外気処理方法の選択

計画編のポイント（２）：

適切な外気処理方法を選択し、外気負荷を下げる対策の導入を検討する。

- ビル用マルチが採用される場合の外気処理方法の例⁷⁾：
 - ・ **外気直接導入**
外気処理を行わず、換気ファン等により直接室内に外気を導入する方法。
 - ・ **全熱交換器**
室内排気と外気の熱交換を行い、室内に導入する外気負荷を低減させる方法。ファン動力の増加に注意する。
 - ・ **外気処理パッケージ**
外気を室内の空気に合わせて処理する方法。
 - ・ **直膨コイル付全熱交換器**
全熱交換器に直膨コイルを取り付け、熱交換した外気を室内の空気に合わせて処理する方法。
- 外気負荷を下げる対策の例：
 - ・ **CO₂ 濃度制御・人体検知制御**
室内の CO₂ 濃度や在室人員数に応じて外気量を調整する制御。
- その他の外気関連制御：
 - ・ **外気冷房制御**
外気温度が低いときに冷房負荷がある場合に、外気を直接室内に供給し、室内の冷房負荷を削減する制御。
 - ・ **バイパス制御**
熱交換が不要な中間期などに、外気が全熱交換器を通過しないようにする制御。
- 新型コロナウイルス(COVID-19)対策：
外気量を増やすだけでなく、低圧損高性能フィルターを採用し、循環浄化や UV 殺菌も検討する。

「ビル用マルチの ZEB 達成のポイント」との関係

◎：該当、○：一部該当

①年間処理熱量低減： ◎

②低負荷運転を避ける： ○

③冷媒制御の適正化： ○

解説

(1) 外気処理方法について

- ・ ビル用マルチが採用される物件での外気処理方法の例を表 2.2 に示す。それぞれのメリット・デメリットを考慮し、適切な外気処理方法を選択する。

表 2.2 ビル用マルチを採用する場合の外気処理方法

外気処理方法	メリット	デメリット
外気直接導入	安価、設置スペースが不要。混合利得(室負荷が冷房、外気負荷が暖房のときに両者を相殺する)による省エネが望める。	未処理の外気が直接吹き出すため、快適性に課題。冬期の加湿に限界がある。
全熱交換器	室内排気との熱交換により外気負荷を低減することが可能。混合利得による省エネが望める。バイパス制御を採用するとその効果がさらに大きくなる。外気直接導入よりも快適性が向上する。	吹き出し温度が室温に満たないことが多く、快適性に課題。トイレ等の排気量が多い場合は適さない。冬期の加湿に限界がある。
外気処理パッケージ	トイレ等の排気量が多い場合でも採用でき、快適性も維持できる。冬期の加湿が期待できる。	室内排気との熱交換を行わないため、外気負荷は低減できない。
直膨コイル付全熱交換器	全熱交換器のメリットに加え、直膨コイルにより快適性が向上。冬期の加湿が期待できる。	トイレ等の排気量が多い場合は適さない。

- ・ 実務者に対するヒアリング調査で確認された、ビル用マルチを採用する場合の外気処理方法の選択例を表 2.3 に示す。主に建物規模によって外気処理方法が使い分けられている。

表 2.3 ビル用マルチを採用する場合の外気処理方法の選択例

	ビル管法対象外	ビル管法対象
外気量通常	全熱交換器	直膨コイル付全熱交換器 外気処理パッケージ
外気量大 (病院等)	—	外調機 直膨コイル付全熱交換器

(2) 全熱交換器の採用について

- ・ 外気温度を快適な温度にするために大きなエネルギーが必要となるので、**外気負荷削減のために全熱交換器を採用することが望ましい**。外気負荷の削減により、設備容量も低減することができる(p.9 ビル用マルチの ZEB 達成のポイント①、②に該当)。全熱交換器の効果向上のため、バイパス制御の採用も必要である。
- ・ モデル建物における試算結果(全熱交換器あり、全熱交換器なしの比較)を図 2.3 に示す。全熱交換器なしの場合、年間処理熱量、年間室外機消費電力は全熱交換器ありの場合の 1.3 倍、特に暖房時は 1.5 倍になる。
- ・ **全熱交換器を採用すると、第 3 種換気に対してファン消費電力の方が大きくなる**ため、全熱交換器による省エネルギー効果が相殺される可能性があるので注意する。図 2.3 を見ると、換気ファン消費電力を合わせた消費電力の合計値は、全熱交換器ありの場合とほぼ同じになる。

表 2.4 試算条件（全熱交換器の比較）

	基準(ZEB)	全熱交換器なし
外気導入量	3.0CMH/m ² (Eゾーンのみ 7.5CMH/m ²)	
全熱交換器	あり(交換効率 50 %)	なし
室外機定格 冷房能力 (定格 COP:3.1)	Wゾーン:105 W/m ² Sゾーン:72 W/m ² Iゾーン:56 W/m ² Eゾーン:113 W/m ²	Wゾーン:118 W/m ² Sゾーン:88 W/m ² Iゾーン:69 W/m ² Eゾーン:143 W/m ²
気象データ	東京(拡張アメダス標準年気象データ 2010 年)	

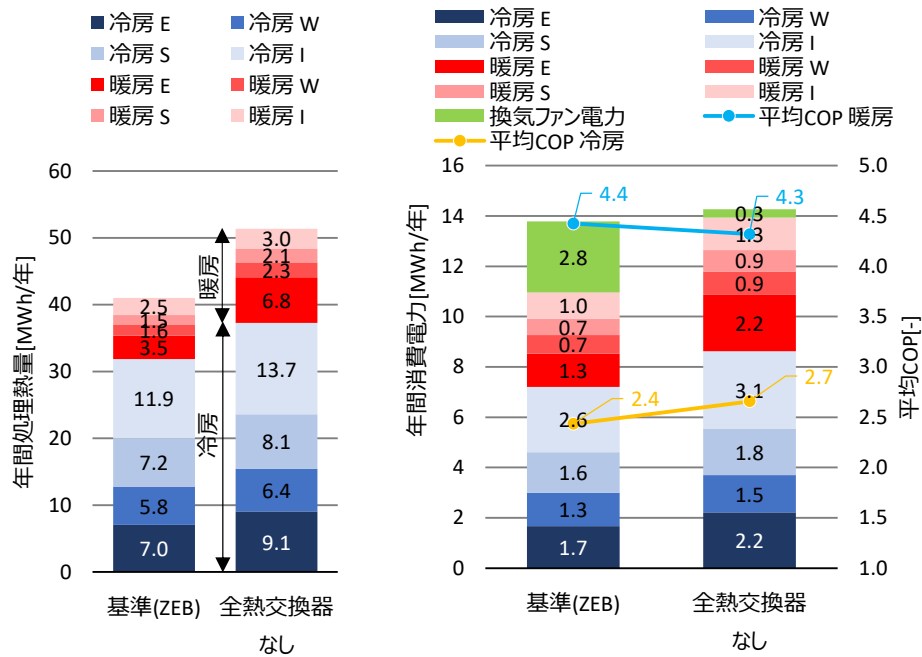
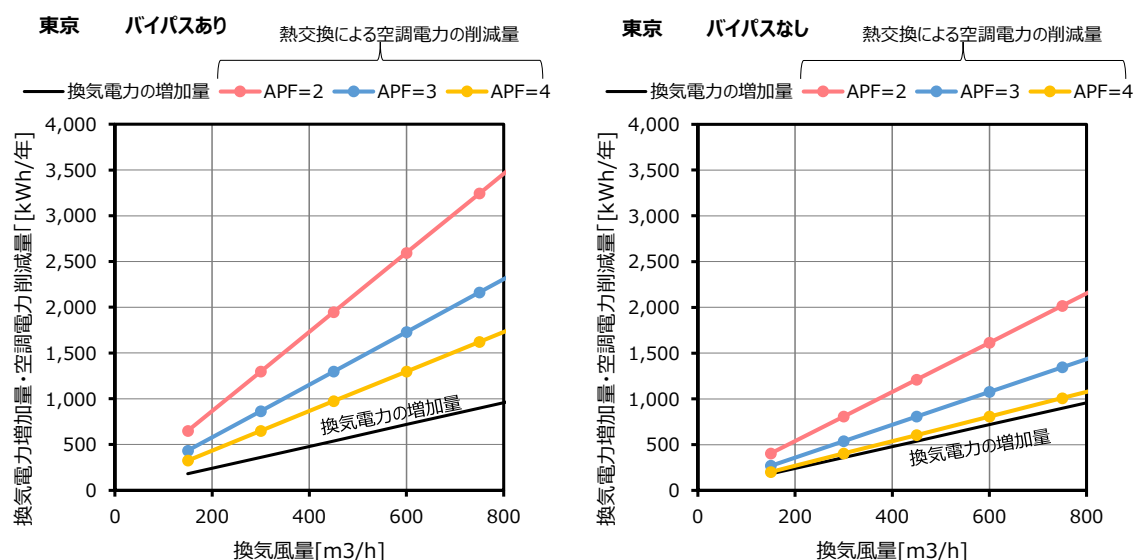


図 2.3 年間の処理熱量、室外機消費電力、平均 COP、換気ファン消費電力（全熱交換器の比較）

- ・ 換気風量が増加した場合の換気電力増加量、空調電力削減量の比較結果をビル用マルチの APF の違いごとに図 2.4 に示す。全熱交換器のバイパスなしの場合、空調熱源の APF=4 のときに、換気電力増加量(黒実線)が、空調効率向上による空調電力削減量と同程度となる。

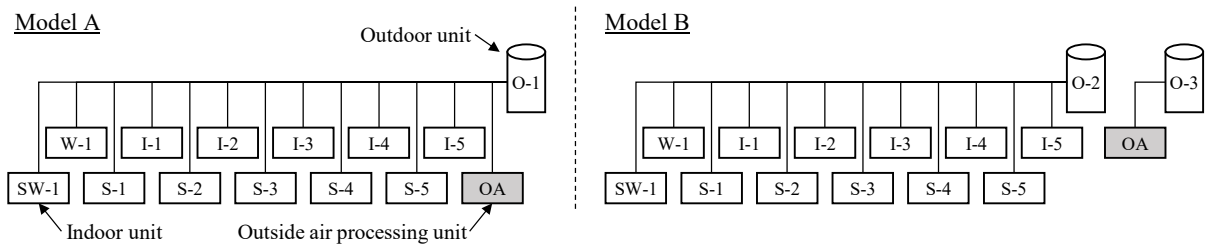


※全熱交換器のエンタルピー交換効率:冷房 63 %, 暖房 73 %

図 2.4 換気風量と換気電力増加量、空調電力削減量の比較例

(3) 外気処理系統の系統分けについて

- 直膨コイル付全熱交換器や外気処理パッケージなどの外気負荷処理用の室内機を採用する場合、冷房時は除湿のために蒸発温度を低く保つ必要がある。このため、外気負荷と内部負荷を別々に処理するとき、内部負荷処理用の室内機と同一の室外機系統に接続すると、系統全体の蒸発温度が低温側に制御され、室内負荷が小さい時に蒸発温度を高くすることによる省エネルギー制御を行うことができなくなる(p.9 ビル用マルチの ZEB 達成のポイント③に該当)。
- 外気処理系統及び内部負荷処理系統の室内機と室外機との組み合わせを計画する際には、冷媒温度が適切に制御できるように、それぞれの室内機を別の室外機系統とするなどの検討をすることが推奨される。
- 図 2.5 のように同一の室外機系統内に外気処理ユニットと内部負荷処理系統の室内機を混在させた場合と、別系統に分割した場合の試算結果を図 2.6 に示す。外気処理ユニットを同一系統内に混在させた場合、分割した場合と比較して年間処理熱量は 1.1 倍、年間室外機消費電力は 1.2 倍になる。



※対象床面積:514 m²、蒸発温度の設定は Model A では O-1:固定 (6℃)、Model B では O-2:可変 (6-11℃)、O-3:固定 (6℃)

図 2.5 計算対象とした室外機系統の構成
(ModelA: 外気処理系統混在、ModelB: 外気処理系統分割)

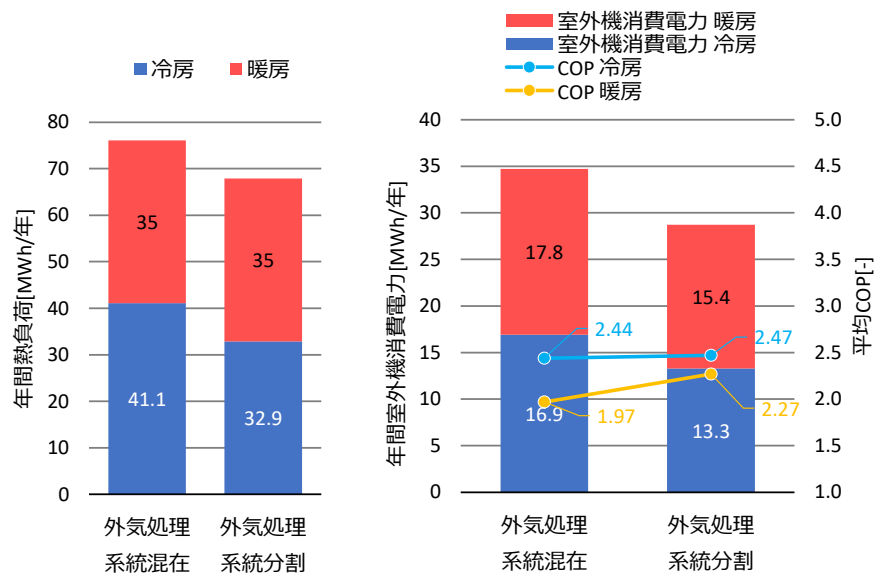


図 2.6 年間熱負荷、室外機消費電力、COP (外気処理系統混在・分割の比較)

(4) 外気負荷低減対策の採用

- ・ 外気処理には非常に大きなエネルギーが必要となるので、外気冷房制御などの採用を検討する。
- ・ 昨今の新型コロナウイルス (COVID-19) の流行を受けて、換気的重要性が指摘されている。しかし、実際の人員密度は設計時の想定よりも低いことが多く、また新型コロナウイルス流行に伴うテレワークなどの新しい働き方への移行により、事務室空間では定常的な人員密度は今後さらに低下することが予想される。**実際の在室人数に応じた外気量とするため、CO₂ 濃度制御、人体検知制御などの外気量制御の採用を合わせて検討する。**
- ・ 新型コロナウイルス (COVID-19) 対策としては、外気量を増やすだけでなく、低圧損

高性能フィルターを採用し、循環浄化や UV 殺菌も検討する。

- ・ CO2 濃度制御などの外気量を絞る制御を入れる場合は、下記の点に注意する。
 - 全熱交換器を採用するときは、フロア全体の外気取入量と排気量とのバランスに注意する。
 - 外気処理系統だけで室外機系統を組み合わせる場合、外気量を絞りすぎること
で室外機への要求能力が極端に小さくなり、低負荷による低効率な運転が生じる
可能性があるので、室外機と、室内機の容量配分に注意する。

3. 設計編

3.1. 熱負荷計算時の留意点

設計編のポイント（１）：

運用時に過大容量による低負荷運転となることを避けるため、室内機・室外機的能力決定のための負荷計算を行う際は、内部発熱の設定条件が過大になりすぎないように留意する。

- コンセント発熱、照明発熱、人体発熱などの内部発熱の想定値は、施主と十分な協議を行い、運用実績に基づいた設計条件とする。
- 想定値が適切か判断するために、実績値が把握できるとよい。
- 外気導入量の想定値が過大にならないように、実際の在室人員に応じた人員密度、外気導入量を設計条件とする。

「ビル用マルチの ZEB 達成のポイント」との関係

◎：該当、○：一部該当

①年間処理熱量低減： ！－

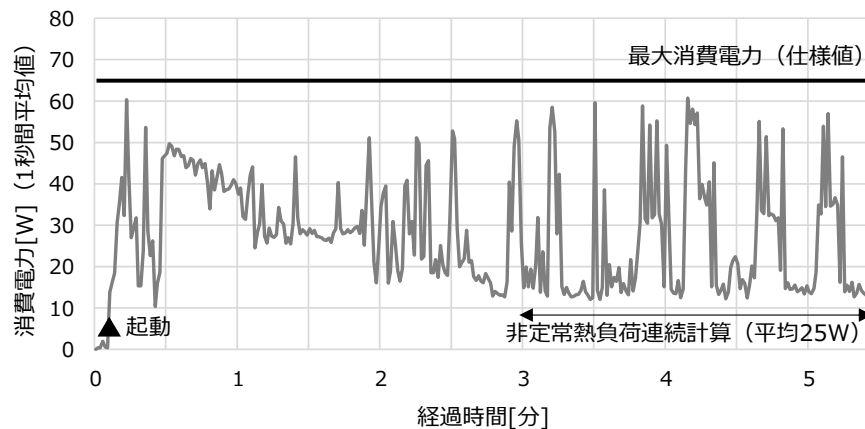
②低負荷運転を避ける： ！◎

③冷媒制御の適正化： ！－

解説

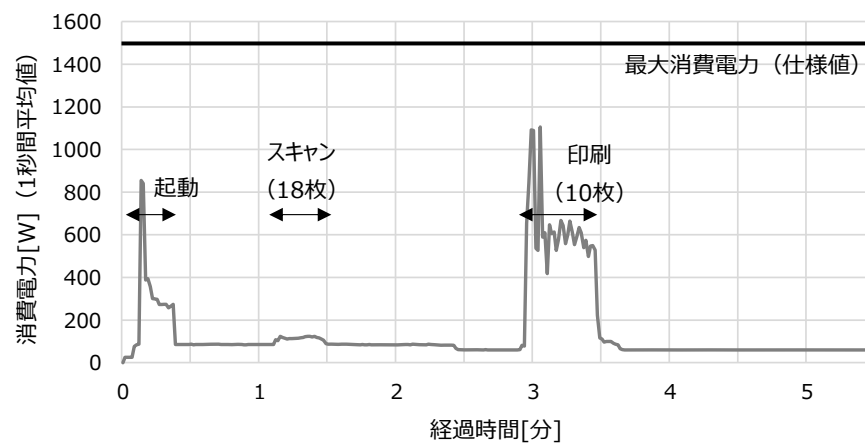
（１） コンセント発熱の想定値

- ・ 事務室におけるコンセント発熱は、パソコンやプリンターなどの OA 機器が主要要素だが、その消費電力は年々小さくなっている。また、ノートパソコン及びプリント複合機の消費電力の実測例(図 3.1、図 3.2)のように、仕様値として示されている消費電力を定常的に消費しているわけではない。
- ・ 瞬間的に発生する発熱を空調で処理する必要はない。実際の機器類の消費電力変動を時間単位で平均化し、コンセント発熱量を想定することが理想。実際の機器の消費電力を積み上げ、稼働状況を想定した負荷率(例:定格消費電力の 0.6 倍など)から算出する方法もある。



※V社製、インテル® Core™ i5-1155G7 プロセッサ搭載、タッチパネル対応液晶モニタ、SSD ストレージ、Wi-Fi 利用、最大消費電力 65 W

図 3.1 2021 年製 14 インチノートパソコンの消費電力実測例



※C 社製、デスクトップフルカラー複合機、最大消費電力 1500 W

図 3.2 複合機の消費電力実測例

- ・ 実務者に対するヒアリング調査では、テナントビルの場合は $18 \sim 36 \text{ W/m}^2$ 程度、自社ビルの場合は $5 \sim 30 \text{ W/m}^2$ 程度との回答が多く、ZEB 設計の場合はさらに低発熱を目指す傾向があった。
- ・ 他の ZEB に関する調査研究事例で報告されているコンセント負荷の実態を設計に盛り込むことも重要。Nearly ZEB を達成した物件において**コンセント発熱を実測したところ、最大でも 5.1 W/m^2 程度だった**との報告事例⁸⁾もある。
- ・ モデル建物においてコンセント発熱量を表 3.1 に示すように変化させた場合の試算結果を図 3.3 に示す。コンセント発熱過大のケースでは、室外機定格冷房能力は基準 (ZEB) に対して 1.6～2.1 倍となる。低い負荷率での運転が増えるため、年間室外機消費電力は 1.2 倍となる。

表 3.1 試算条件（コンセント発熱量の比較）

		基準(ZEB)	コンセント発熱過大
内部発熱条件 ※	コンセント	12 W/m ² (2 W/m ²)	36 W/m ² (15 W/m ²)
	照明	9 W/m ² (6 W/m ²)	同左
	在室人員	0.1 人/m ² (0.25 人/m ²)	同左
室外機定格 冷房能力 (定格 COP:3.1)		Wゾーン:105 W/m ² Sゾーン:72 W/m ² Iゾーン:56 W/m ² Eゾーン:113 W/m ²	Wゾーン:190 W/m ² Sゾーン:150 W/m ² Iゾーン:91 W/m ² Eゾーン:179 W/m ²

※()内はEゾーン(会議室)の条件

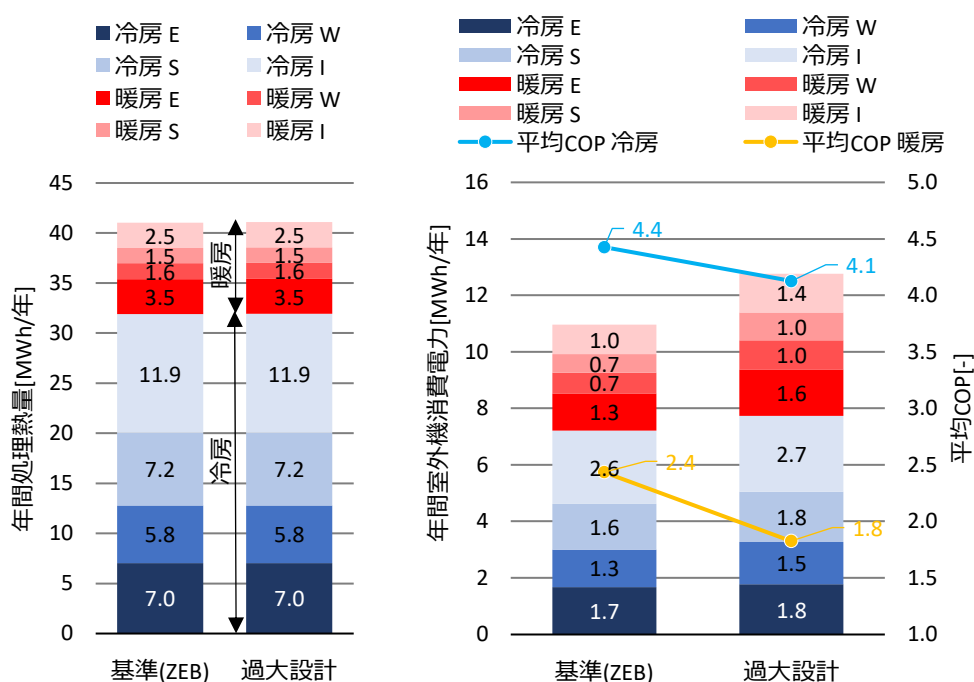


図 3.3 年間の処理熱量、室外機消費電力、平均 COP（コンセント発熱量の比較）

(2) 照明発熱の想定値

- ・ LED 照明器具や各種照度制御の普及により、以前と比較して照明発熱は小さくなっている。ZEB 実現のためには、**照明設計とも連携して適切な設計照度とした上で、実際に設置する照明機器を想定した発熱量とする**（設置容量ではなく、設計照度での運用時の消費電力）ことが理想である。
- ・ 照明発熱の低減のため、明るさ制御、在室検知制御、タスクアンビエント照明、昼光制御等の省エネ手法の採用も検討する。
- ・ 実務者に対するヒアリング調査では、LED の場合は 10～15 W/m² 程度との回答が多かった。テナントビルでは 5～20 W/m² 程度、自社ビルや ZEB 設計の場合は 10 W/m² 以下とする傾向があった。

- ・ 机上照度 500 lx として明るさ制御および在室検知制御を採用し、Nearly ZEB を達成した物件において、実測による照明発熱は最大 5.9 W/m² であったとの報告事例⁸⁾もある。

(3) 人員密度、外気導入量の想定値

- ・ 適正な人体発熱量および外気導入量の設定のためには、**室の使用最大人数に基づく人員密度の想定が基本であり、実際の在室人員に応じた人員密度を把握することが理想**である(例: 人員数が少ないことが明らかな場合は 0.1 人/m² 程度にする)。
- ・ 実務者に対するヒアリング調査では、人員密度は 0.15～0.20 人/m²、外気導入量は 1 人あたり 25～30 m³/h との回答が多かった。
- ・ 前述したように、実際の人員密度は設計時の想定よりも低いことが多く、また新しい働き方への移行により、事務室空間での人員密度は今後さらに低下することが予想されるので、外気量制御の採用を合わせた検討が必要である。
- ・ 想定する外気量が過大とならないように、設計条件を工夫することも考えられる。外気処理の対応エリアは複数の室(ゾーン)をまとめて処理するため、例えば事務室と会議室の在室人数の合計で外気量を考えるなど、各部屋の外気量を統合(共用)することで、設計想定外気量を抑えられる。人体発熱量算出用の人員密度と、外気量算出用の人員密度は分けて考えてもよい。

(4) 熱負荷計算時に想定する余裕係数

- ・ 熱負荷計算の際に、熱負荷計算結果に各種の余裕係数を乗じて設備容量に余裕を持たせることがあるが、係数の与え方によっては過大容量となってしまうことがある。各**余裕係数の意味をよく考慮した上で、要・不要を判断することが望ましい**。
- ・ 例えば間欠運転係数は、予冷・予熱運転(室の使用開始時間よりも空調の運転開始時間を 1～2 時間早める)を行うのであれば不要である。このように、**ZEB を目指す設計では、余裕係数ではなく設計の工夫で対応することが望ましい**。また、予冷・予熱時間を設定できる熱負荷計算方法(New HASP/ACLD⁹⁾ や The BEST Program¹⁰⁾ など)を検討するとよい。
- ・ ダクトからの熱損失・空気漏洩を考慮する係数や、送風機の負荷係数は、ビル用マルチでは不要である。

3.2. 室内機選定時の留意点

設計編のポイント（２）：

室内機選定時は、能力は必要以上に絞りすぎないようにし、ファン動力が大きすぎないか確認する。室温センサのタイプ、設置位置にも注意する。

- 室内機能力は、小容量のものを複数台配置するとよい。
- 室内機タイプは、ファン動力が大きくなりすぎないものを選定する。
- 室温センサは、室内の温度が正しく検知できるように注意する。

「ビル用マルチの ZEB 達成のポイント」との関係

◎：該当、○：一部該当

①年間処理熱量低減： ！－

②低負荷運転を避ける： ！－

③冷媒制御の適正化： ！◎

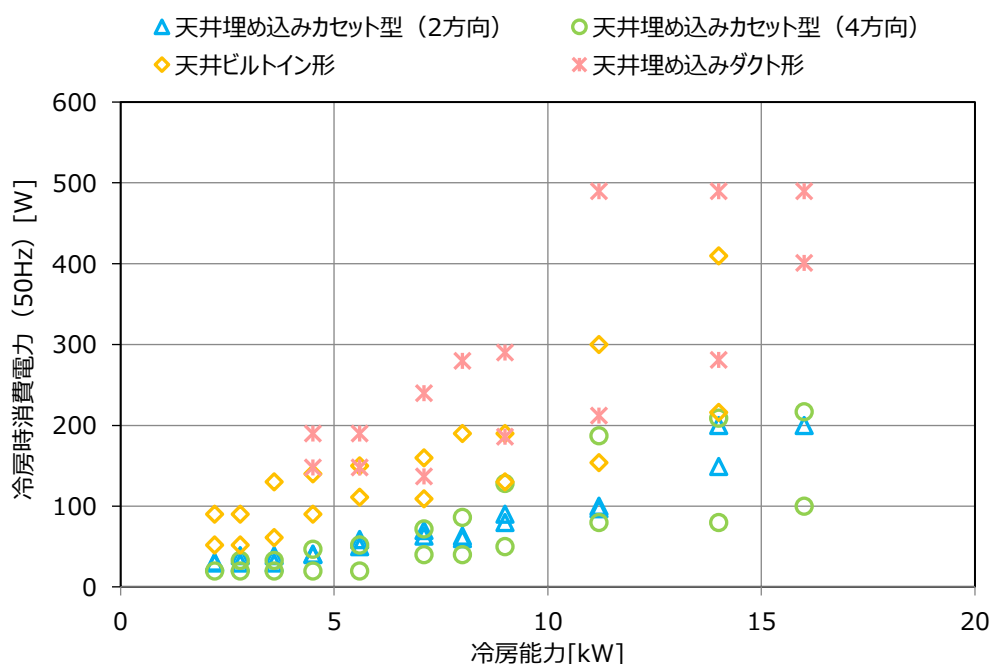
解説

（１）室内機能力の選定について

- ・ ビル用マルチの室内機については、同じ室外機系統内で一部でも室内機的能力が不足すると、室外機に対して低い蒸発温度を要求するため、冷媒温度を適切に制御することが難しくなり、室外機の効率が低下する（p.9 ビル用マルチの ZEB 達成のポイント③に該当）。そのため、**室内機能力は必要以上に絞りすぎないようにする。**
- ・ 良好な室内環境の実現、室内機からの吹き出し気流による騒音防止を目的として、小さい容量（ダクト型なら 14 kW 以下、天井カセット型なら～7.1 kW 以下程度）の室内機を複数配置するとよい。
- ・ 室内機の SHF(0.7～0.8)が室内の潜熱・顕熱負荷の比率と合っているか確認し、顕熱が処理できるかチェックする。潜熱量が大きい場合は、可能であれば潜顕分離空調を検討する。

（２）室内機タイプの選定について

- ・ 室内機のファン動力に留意する。図 3.4 に示すように、一般的に同一エリア・同一負荷の空調を行う場合には、**ダクト型の室内機よりも、天井カセット型の室内機の方がファン動力が小さくなる傾向がある。**対象となる室の運用方法など、建築計画を含めて機器選定を行うことが求められる。
- ・ 隠ぺい型ダクト式を選定する場合は、必要静圧に合わせてファン動力が適正なものを選定することが望ましい。



※2 社のカタログより作成

図 3.4 室内機の冷房能力と消費電力の関係

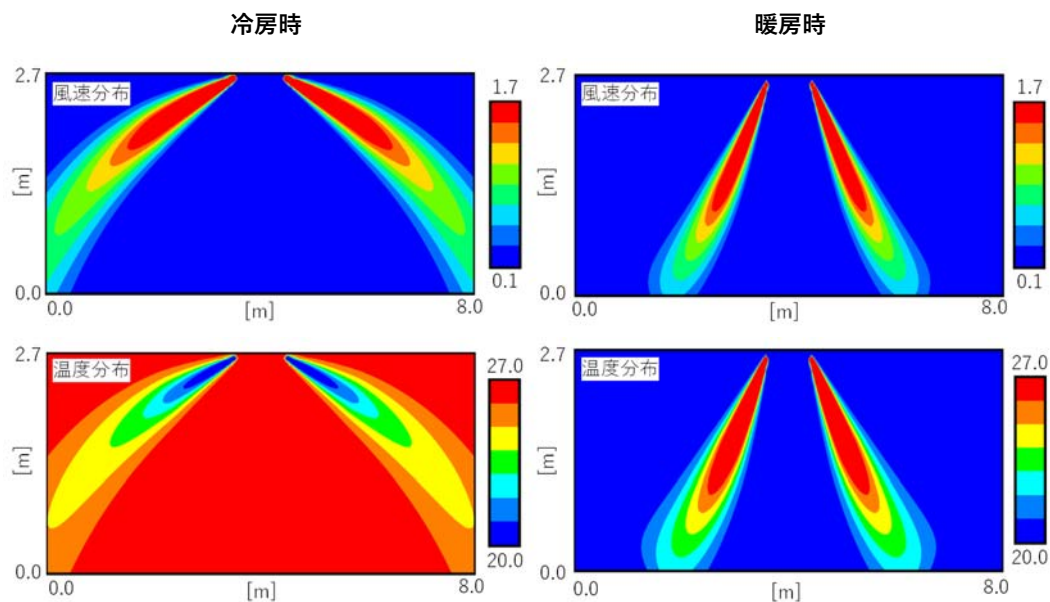
(3) 室温センサの選定について

- 室温センサには、下記の3種類がある。室内機が適切に運転できるように、室内温度が正しく検知できる室温センサを選択する。
 - **ボディサーモ**： 室内機本体に内蔵されている温度センサ
 - **リモコンサーモ**： 室内機の操作リモコンに内蔵されている温度センサ
 - **別置センサ**： 別途設置できる個別の温度センサ
- 室内機タイプが天井カセット型の場合は、ボディサーモが選択されることが多い。ただし、温度検知のため室内機ファンが継続して運転するので電力を消費し、不必要な気流により室内環境に悪影響が出ることもあるので注意する。また、暖房時は暖気が天井付近に留まるので、居住域の室温を適切に感知できないことがある。
- 室内機タイプが隠ぺい型の場合など、**吸込み温度と室温が乖離するときは、リモコンサーモや別置センサの採用を検討**する。室温を正しく計測できるように、日射や冷温風が当たる場所や発熱体の近くは避ける、外気や廊下の空気と混合するので出入口付近は避けるなど、設置位置を工夫する。

コラム：室内機の配置について

室内機の配置方法は、50 m²ごとに1台、3×6モジュールごとに1台など、いろいろな方法がある。良好な室内環境を保つためには、室内機的能力、室内機のタイプによって空気分布に問題が生じないか確認し、配置台数を決定することが望ましい。

室内機(天井カセット型)の風速分布、温度分布の検討例を図 3.5 に示す。冷房時は、中心部に設置された室内機から左右に4 m 程度の範囲、すなわちこの例では室内機1台で8 m×8 m = 64 m²の範囲に気流が届いていることが確認できる。一方、暖房時は室内機から左右に2 m 程度と約半分の範囲となるので、冷暖房負荷のバランスから配置台数を決定するとよい。



【計算条件】室内機定格冷房能力:8.0 kW、室内機定格暖房能力:9.0 kW、
部屋の大きさ:幅8m、奥行8m、天井高2.7m、周囲温度:夏27℃、冬20℃、
吹出温度:夏14℃、冬44℃、吹出角度:夏-160度、冬-120度、風量:急タップ

図 3.5 天井カセット型室内機の気流分布、温度分布の検討例（2方向のみ表示）

3.3. 室外機系統設計時の留意点

設計編のポイント（3）：

室外機系統の設計時には、室外機系統内の室内機の運転条件をできるだけ統一する。

- できるだけ方位や室用途等が同じ室を同じ室外機系統にする。
- 外気処理用ユニットと室内ユニットのように、目的の異なる室内機を同じ室外機系統にしない。

「ビル用マルチの ZEB 達成のポイント」との関係

◎：該当、○：一部該当

①年間処理熱量低減：	－	②低負荷運転を避ける：	－	③冷媒制御の適正化：	◎
------------	---	-------------	---	------------	---

解説

- ・ ビル用マルチは1台の室外機に複数の室内機を接続できるが、同一系統内の室内機が室外機に対して同じ要求を出すことが、冷凍サイクルにおける冷媒制御の適正化につながる(p.9 ビル用マルチの ZEB 達成のポイント③に該当)。
- ・ 以上のことを踏まえて、室外機系統の設計時には、以下の点に留意する。
 - **負荷の発生状況と運転時間が同様の室を同じ室外機系統にする**(例：方位の異なるゾーンや、事務室とサーバー室のように室用途の異なる室を同じ室外機系統にしない等)。
 - **空調目的の異なる室内機を同じ室外機系統にしない**(例：外気処理用ユニットと室内ユニット等)。
- ・ 異なる方位のゾーンを混在させて室外機系統を設計した場合は、最大負荷の発生時刻がずれるため、室外機能力を小さくし、初期投資を抑えることができる可能性がある。ただしその場合は、その差額によりより高効率な熱源を選定することが望ましい。
- ・ モデル建物において、東西別の室外機系統とした場合(基準ケース)と、図 3.6 のように東西ゾーンを混在させた場合(方位・室用途混在ケース)の試算結果を図 3.7 に示す。ただし、この結果は建物規模や建物の方位にもよるため、1つのケーススタディ結果としてとらえていただきたい。
 - 方位・室用途の異なるゾーンを組み合わせることにより、最大負荷の発生時刻がずれ、表 3.2 に示すように室外機定格冷房能力は基準(ZEB)に比べて小さくなる。ただし、実際には方位混在により中間期や冬期に冷房・暖房の負荷が逆転することもあるので、冷暖同時型の採用などを検討する必要がある。
 - 年間室外機消費電力は基準(ZEB)に比べて若干増加する。
 - E ゾーンは会議室、それ以外は事務室であるが、使用時間が異なるため、方位・室用途を混在させたゾーン(WEN、WES)の COP が低下する。

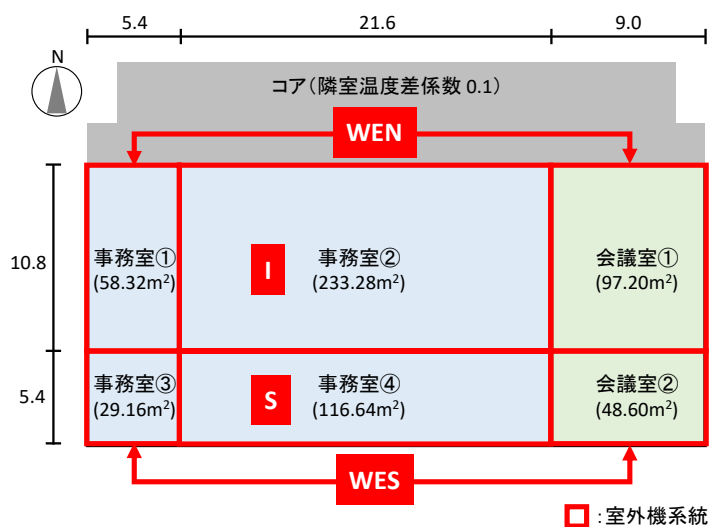


図 3.6 方位・室用途混在の場合の室外機系統

表 3.2 試算条件（方位・室用途混在の比較）

	基準(ZEB)	方位混在
室外機定格 冷房能力 (定格 COP:3.1)	W+E ゾーン:110 W/m ² S ゾーン:72 W/m ² I ゾーン:56 W/m ²	WEN+WES ゾーン:96 W/m ² S ゾーン:72 W/m ² I ゾーン:56 W/m ²

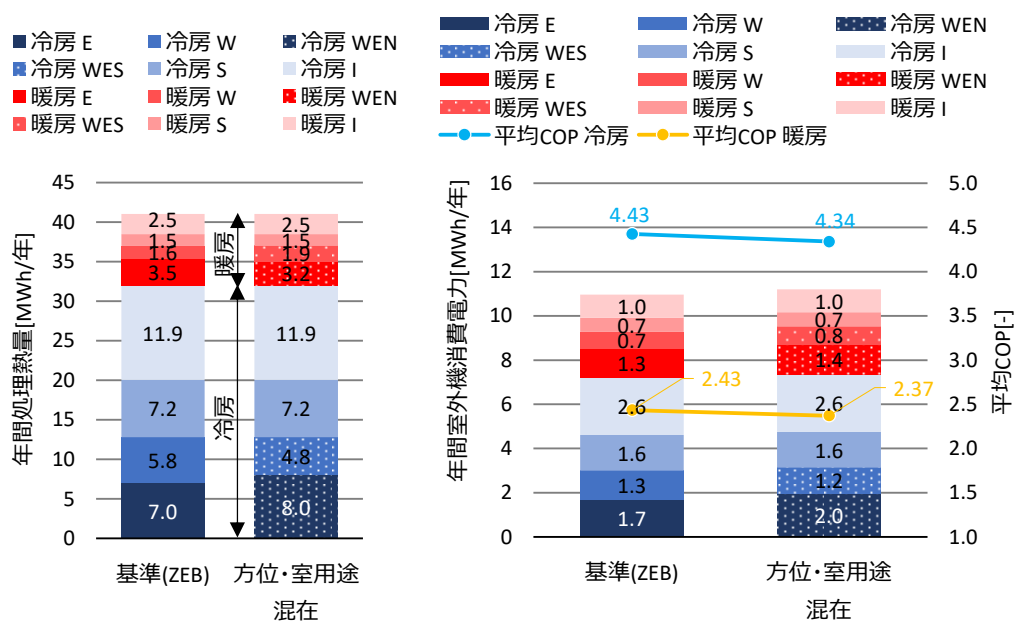


図 3.7 年間の処理熱量、室外機消費電力、平均 COP（方位・室用途混在の比較）

3.4. 室外機能力選定時の留意点

設計編のポイント（４）：

室外機の能力選定時には、運用時に過大容量による低負荷運転となることを避けるため、以下の点に留意する。

- 室外機系統全体のピーク時の負荷から、室外機能力を選定する。
- 室外機に接続できる室内機の能力合計は、室外機能力の 130～150 %程度であることも考慮する。
- 予熱・予冷時間を考慮して室外機能力を選定することも検討する。
- 極力、高効率の機種を選定することが望ましい。

「ビル用マルチの ZEB 達成のポイント」との関係

◎：該当、○：一部該当

①年間処理熱量低減：－

②低負荷運転を避ける：◎

③冷媒制御の適正化：－

解説

(1) 室外機能力の選定について

- ・ 室外機の能力選定では、**運用時に低負荷領域での低効率な運転を抑制するため、室外機が過大容量にならないように注意することが重要**である(p.9 ビル用マルチの ZEB 達成のポイント②に該当)。
- ・ 系統内の室内機能力を単純に合計すると、室外機能力が過大になるおそれがある。それぞれの室内機の負荷のピークには時間的にずれることもあるため、**室外機能力は室外機系統全体のピーク時の負荷から選定**する。
- ・ 室外機に接続できる室内機の能力合計は、室外機能力の 130～150 %程度(機種によって異なるので要確認)であることを考慮し、室内機能力合計より少し小さい能力の室外機を選定してもよい。
- ・ 運転開始時にピーク負荷が発生する場合(暖房や東向き開口を有する室の冷房)、室の使用開始時間よりも空調の運転開始時間を 1～2 時間早めるなど、**予熱・予冷時間で調整することも検討**する。設計時には予冷・予熱時間を考慮した上で室外機能力を選定し、運用時には設計意図が運転管理者や居住者に正しく伝えられるように工夫する。
- ・ **極力、高効率の機種を選定することが望ましい**。ただし、高効率機種は室外機のサイズが標準機種よりも大きくなることもあるため、設置場所の確保について計画時から調整が必要である点に注意する。

コラム：室外機系統の分割について

暖房時は、運転開始時に大きな負荷が発生するが、それ以外の時間帯は負荷が小さく、1 台の室外機では非効率な低負荷運転の時間が多くなる。室外機系統を分割し、系統を適切に制御することにより、低負荷時でもある程度効率のよい運転が可能になると考えられる。

前述の基準(ZEB)ケースにおいて、各ゾーンに 1 台の室外機系統とした場合と、各ゾーンに 2 台の同一容量の室外機系統とした場合の年間エネルギー消費量を試算した。試算結果を図 3.8 に示す。2 台の室外機系統に分割した場合、年間エネルギー消費量は 10 % 削減され、平均 COP も向上する。特に暖房時の効果が大きい。

近年、COVID-19 対策として一時的に外気量が増えたが、設備容量に余力があったため、対応ができたという事例もある。ただし、ただ大きな設備容量の機器を設置するだけでは、通常時は効率悪い運転となってしまう。この例のように室外機を台数分割することで、設備の冗長性を保つとともに、通常時の高効率運転も可能にすることが期待できる。

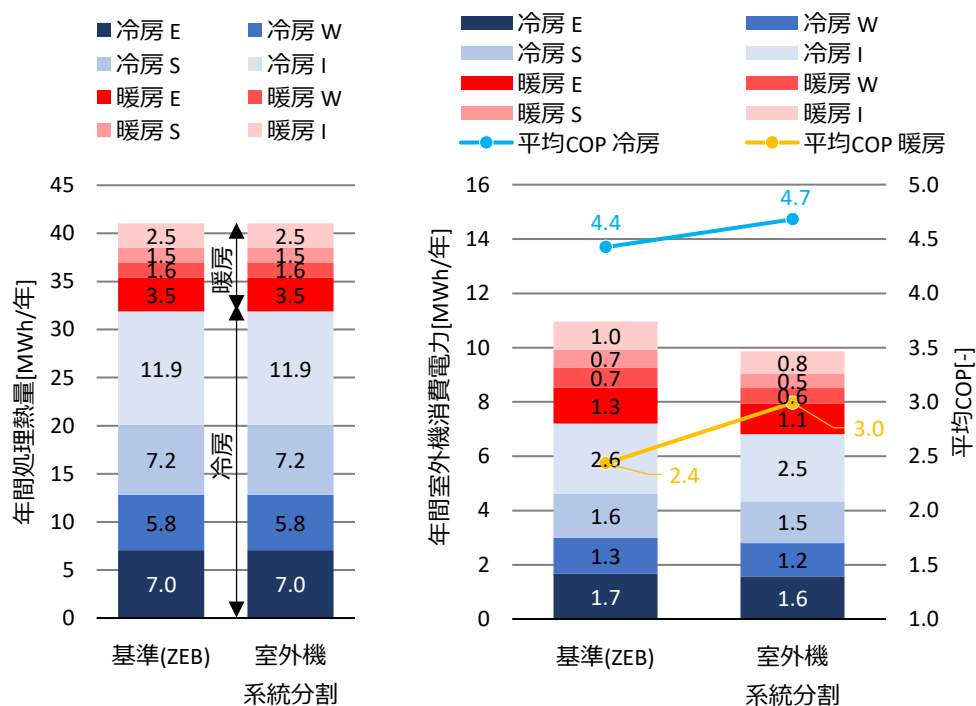


図 3.8 年間の処理熱量、室外機消費電力、平均 COP（室外機系統分割の比較）

(2) 配管長・高低差による能力の補正について

- ・ 冷媒配管長による能力補正、高低差による能力補正が過大とならないよう、必ず対象機種メーカー技術資料を用いて補正係数を確認する。可能であれば施工段階でも確認する。

(3) テナントビルの場合の対応について

- ・ ビル用マルチの採用事例が多いテナントビルにおいては、設計段階では竣工後の建物利用状況を確定することが困難であり、またビルグレードに応じて竣工当初から設備容量をできるだけ大きく計画する傾向がある。
- ・ テナントビルで ZEB を目指す場合は、**ベース計画とオプション計画の2段階で設備容量を設定できるように工夫することが望ましい**。設備容量を低減したものをベース計画とし、建物の運用実態に応じて追加設置や容量増設ができるようにすることで、建物のグレードを下げることなく対応することができる。その際、増設ができるように冷媒配管径に余裕を持たせるとよい。

3.5. 室外機設置場所の留意点

設計編のポイント（４）：

室外機が効率よく運転できるように、室外機の設置場所は以下の点に留意する。

- 冷媒配管の距離や、室内機と室外機の高低差が長くなりすぎないようにする。可能であれば各階に室外機を設置することを検討する。
- ショートサーキットによる非効率な運転を避けるため、室外機の設置間隔に注意する。

「ビル用マルチの ZEB 達成のポイント」との関係

◎：該当、○：一部該当

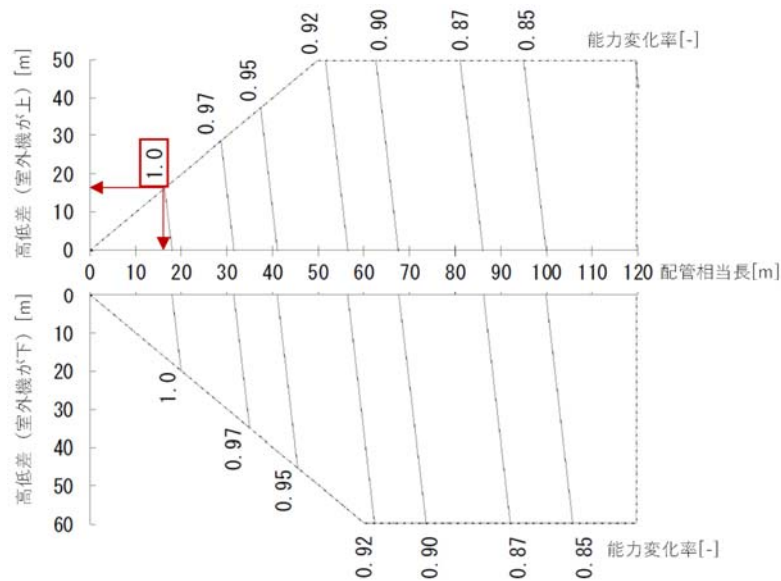
①年間処理熱量低減： ！ -

②低負荷運転を避ける： ！ -

③冷媒制御の適正化： ！ ◎

解説

- ・ 冷媒配管が長い場合や、室内機と室外機の高低差が大きい場合は、冷媒の圧力損失が大きくなり、室外機を効率よく運転することができない(p.9 ビル用マルチの ZEB 達成のポイント③に該当)。
- ・ たとえば室外機をすべて屋上に設置すると、高低差が大きくなり、冷媒の配管長も長くなる。**室外機と室内機の高低差や、冷媒配管の距離ができるだけ短くなるように、室外機を設置することが望ましい。**可能であれば、各階に室外機を設置することを検討するとよい。
- ・ 室外機が密集すると、**ショートサーキットにより室外機の吸込温度が高温になり、室外機の性能が落ちる可能性がある。**室外機の設置間隔にも注意する。
- ・ 特に夏期において、室外機周りの温度が上昇し、効率の悪い運転や運転停止となることを避けるための対策として、室外機への散水、室外機へのルーバー等の日除けの設置などがある。ただし、室外機への散水は、水質管理、スケール付着による劣化などへの対策も検討する必要がある。
- ・ 室外機の配管長、高低差による冷房時の能力変化率の例を図 3.9 に示す。この例では、配管相当長 15 m、高低差 15 m(室外機が上の場合)のとき能力変化率 1.0 となり、定格能力を発揮することができる。



※定格冷房能力 56 kW の室外機の例

図 3.9 室外機の配管長、高低差による能力変化率の例（冷房時）

コラム：室外機と室内機の位置関係について

室外機と室内機の間を流れる冷媒の状態は、運転状態によって下記ようになる。

【冷房時】 行き(室外機→室内機): 高圧液体、還り(室内機→室外機): 低圧ガス

【暖房時】 行き(室外機→室内機): 高圧ガス、還り(室内機→室外機): 低圧液体

室外機が室内機より下に設置されている場合は、液体状態の冷媒を室内機まで押し上げるための圧力が必要になるので、室外機の効率が低下する。

室外機の設置位置を検討するときは、冷媒の状態による圧力損失を考慮し、冷房運転主体の場合は室外機を室内機より上に、暖房運転主体の場合は室外機を室内機より下に設置するとよい。

3.6. その他

- ・ 設定温度変更の防止や消し忘れ防止、予冷予熱運転のためのスケジュール運転等のため、**集中リモコンによる一括管理を検討する。**

4. 運用編

4.1. 運用時の留意点

運用編のポイント（１）：

運用時には、室外機を無駄なく効率よく運転できるように、以下の点に注意する。

- 同一の室外機系統で、室内機の設定温度がばらつかないようにする。
- 消し忘れないように注意し、必要に応じて人感センサ等の追加設置を検討する。
- 同一系統内に複数台の室内機がある場合は、1 台の室内機だけ運転するような効率の悪い運転を避ける。
- 不在時に外気処理ユニットが運転していないか、設定温度が適切か（特に冷暖房の切り替え時期）注意する。

「ビル用マルチの ZEB 達成のポイント」との関係

◎：該当、○：一部該当

①年間処理熱量低減： -

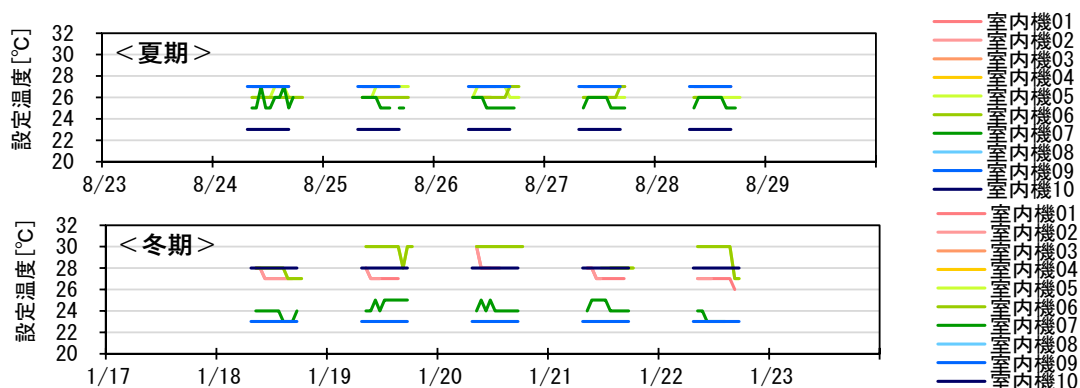
②低負荷運転を避ける： ○

③冷媒制御の適正化： ◎

解説

（１）室内機の設定温度

- ・ 室外機系統内における室内機毎の設定温度のばらつきが大きいと、冷媒温度を適切に制御することが難しくなるため、エネルギーロスにつながる可能性がある（p.9 ビル用マルチの ZEB 達成のポイント③に該当）。**室内機の設定温度を極端に低くしたり、高くしたりしないようにする。**
- ・ 内部発熱が大きい事務室などの大空間では、冬期にインテリアゾーンが冷房運転、ペリメータゾーンが暖房運転となる場合がある。このような混合ロスが生じないように、インテリアゾーンの設定温度をペリメータゾーンより高くするなどの工夫が必要。



※冷暖フリー機の場合。運転時のみ表示。室内機 10 は外気処理エアコンで、夏期は 23℃、冬期は 28℃に設定。

図 4.1 設定温度が冷房期に低く、暖房期に高い室内機がある例
(上段：夏期、下段：冬期)

(2) 室内機の運転時間

- ・ 消し忘れなどの無駄な運転がないように注意する。不在室、不在エリアに対する運転はエネルギーロスに直結するため、人感センサ等の追加設置を含めた対策が有効。
- ・ 同一系統内に複数台の室内機がある場合に、1つの室内機だけ運転すると、効率の悪い低負荷での断続運転となるため、室外機を効率よく運転できない(p.9 ビル用マルチのZEB 達成のポイント②に該当)。このような状況を避けるため、運転管理者や居住者への情報提供ができるとよい。
- ・ 中間期の低負荷時に不必要な運転が発生しないように、空調停止や送風のみ運転への切り替えができるとよい。そのためには状況判断のための適切な運転監視と、居住者との合意が必要。

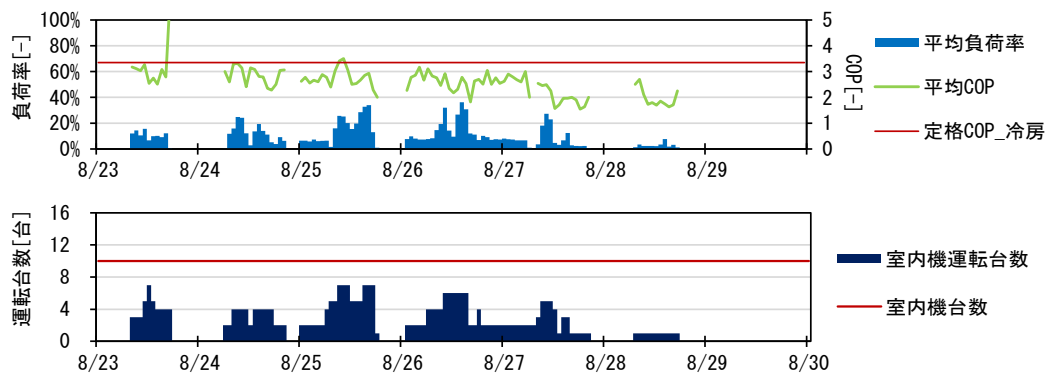
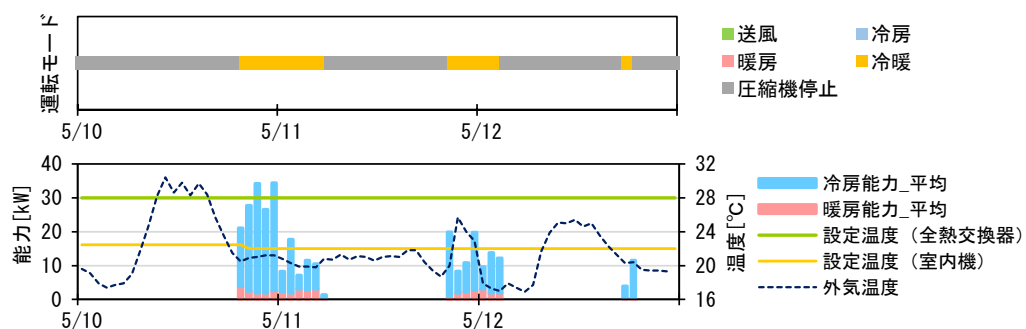


図 4.2 室の同時使用率が低く、低負荷での運転が多い例（冷房時）

(3) 外気処理ユニットの運転状況

- ・ 無駄な運転になっていないか、外気処理ユニットの運転状況を確認する。
 - 在室人員がいないのに外気処理ユニットが運転していないか。
 - 冷房運転と暖房運転の切り替え時期に、外気処理ユニットの設定温度が適切に設定されているか(外気処理ユニットが暖房、室内ユニットが冷房のような運転になっていないか)。



※設定温度が全熱交換器ユニットは 28℃、室内機は 22～23℃になっており、冷暖同時運転が発生。

図 4.3 中間期に不必要な冷暖同時運転が発生している例（冷暖同時型）

(4) 室内機のルーバーの設定

- ・ 特に天井カセット型の場合、室内機のルーバーが水平吹き出しの設定になっていると、ショートサーキットにより居住域が暖房できていないことがあるので、注意する。

4.2. 稼働実態把握の重要性

運用編のポイント（２）：

運用時の ZEB 実現のためには、空調システムの稼働状況の把握が重要。

- 想定した通りに運転できているか、消し忘れ等の無駄な運転をしていないか、能力不足は生じていないか、効率の悪い運転をしていないか、等を把握する。
- メーカーが提供する計測サービス等を利用して、大まかな運転状況を確認するとよい。

解説

- ・ 一般的に、ビル用マルチを採用する建物では、中央熱源システムを採用する建物と比較して、BEMS などによる空調システムの稼働状況に関する実態把握への取組みが遅れている。**運用時における ZEB を実現させるためには、実際の建物における空調システムの稼働状況の把握がとても重要**である。
- ・ 設計時に想定した通りに運転できているか、消し忘れ等の無駄な運転をしていないか、能力不足は生じていないか、効率の悪い運転をしていないか等を把握することが重要。
- ・ 改善点を確認し、運用の最適化につなげることで、実運用時の ZEB Ready 相当の達成が可能になる。また、次の設計への反映も容易になる。

(1) 実稼働データの入手方法

- ・ ビル用マルチでは、運転制御のために膨大な量の情報が機器内で通信されているが、このうち ZEB Ready 達成につながる実態把握に必要なデータを以下に示す。
 - **室外機： 処理能力、消費電力、運転モード（冷房/暖房）、運転時間**
 - **室内機： 設定温度、吸込温度、運転時間**
- ・ これらのデータは、上記の情報を入手するには、各メーカーが提供する計測サービス等を用いて入手することが可能である。
- ・ 詳細な運転状況の分析には 1 分間隔データを必要とするが、大まかな運転状況の確認には、夏期、冬期、中間期で各 2 週間程度の期間で、1 時間間隔のデータがあるとよい。

(2) 稼働データ確認のポイント

- ・ 消し忘れ等の無駄な運転をしていないか確認する：
 - 1日の運転状況のグラフ化(運転時間、設定温度・吸込み温度の推移)

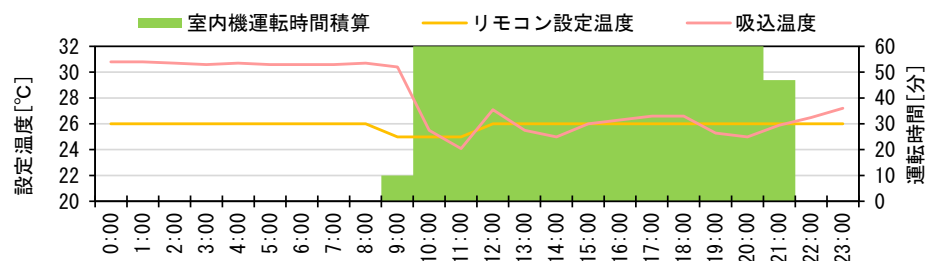


図 4.4 1日の運転状況グラフの例（室内機）

- ・ 能力不足は生じていないか、効率の悪い運転をしていないか確認する：
 - 処理能力のヒストグラム(頻度分布)、横軸を負荷率、縦軸を COP とした散布図を描画(※負荷率=処理能力÷定格能力、COP=処理能力÷消費電力)

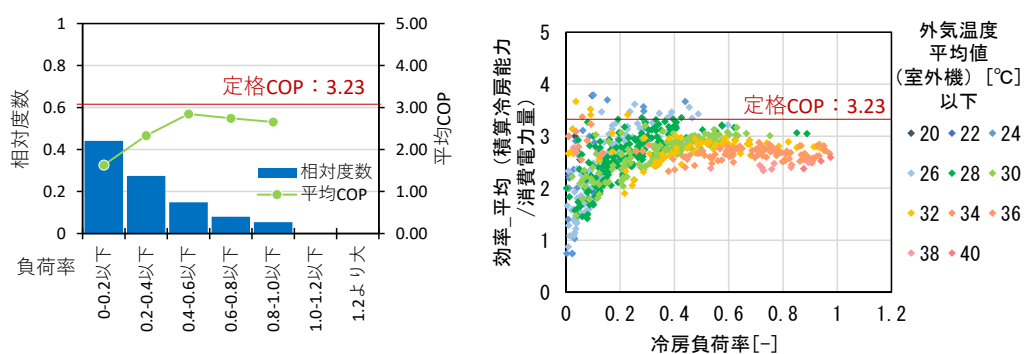


図 4.5 負荷率のヒストグラム、負荷率と COP の散布図の例

5. 参考文献

- 1) 環境省：ネット・ゼロ・エネルギー・ビル（ZEB）ポータル ZEB の定義、
<https://www.env.go.jp/earth/zeb/detail/01.html>、2022 年 5 月閲覧
- 2) 一般社団法人住宅性能評価・表示協会：BELS 事例データ一覧、
<https://bels.hyoukakyokai.or.jp/cases/list>、2022 年 3 月閲覧
- 3) 宮田 征門，平川 侑：省エネ基準適合性判定プログラムの入出力データを活用した非住宅建築物の外皮・設備設計の実態分析（その1）：新築事務所ビルを対象とした省エネ基準評価結果別の標準的な設計仕様の解明、日本建築学会環境系論文集、85 巻、777 号、pp. 859-869, 2020 年 11 月
- 4) 宮田 征門，三木 保弘：非住宅建築物の外皮・設備設計仕様とエネルギー消費性能の実態調査 - 省エネ基準適合性判定プログラムの入出力データ(2019 年度)の分析 -、国総研資料第 1143 号、2021.1
- 5) JIS B 8616: パッケージエアコンディショナ (2006、2015)
- 6) 環境省：モントリオール議定書キガリ改正を踏まえた今後の HFC 規制のあり方について、
<https://www.env.go.jp/council/06earth/r0615-01/r0615-01a.pdf>、2022 年 5 月閲覧
- 7) 空気調和・衛生工学会：G1006-2013 ビル用マルチパッケージ型空調システムー計画・設計から性能評価までー、2014 年 9 月 30 日
- 8) 白石 晃平，中山 裕介：新築実用オフィスビルにおける「普及型 ZEB」に関する研究（第 2 報）エネルギー収支実績と ZEB 化技術の効果分析、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp. 301-304、2019 年 9 月
- 9) 一般社団法人建築設備技術者協会：HASP について、<https://www.jabmee.or.jp/hasp/>、2022 年 5 月閲覧
- 10) 一般財団法人住宅・建築 SDGs 推進センター：The BEST Program【ザ・ベスト・プログラム】建築物総合エネルギーシミュレーションツール、<https://www.ibec.or.jp/best/>、2022 年 5 月閲覧