

# ZEB 実現に向けた個別分散空調システムの設計ガイドライン作成に関する研究

## その5 モデル建物を用いた省エネルギー性能に関するケーススタディ

### Study on design guideline of multi-split air-conditioning systems to realize the ZEB

#### Part 5 Case studies on energy saving performance using the model building

正会員 ○辻丸 のりえ (佐藤エネルギーリサーチ) 正会員 芹川 真緒 (神奈川大学)  
 正会員 佐藤 誠 (佐藤エネルギーリサーチ) 正会員 富樫 英介 (工学院大学)  
 正会員 宮田 征門 (国土交通省国土技術政策総合研究所) 技術フェロー 柳原 隆司 (RY 環境・エネルギー設計)

Norie TSUJIMARU\*1 Mao SERIKAWA \*2 Makoto SATOH \*1 Eisuke TOGASHI\*3

Masato MIYATA\*4 Ryuji YANAGIHARA \*5

\*1 Satoh Energy Research Co., Ltd. \*2 Kanagawa University \*3 Kogakuin University

\*4 National Institute for Land and Infrastructure Management \*5 RY Environment and Energy Design

We have conducted case studies to compare the effects of energy conservation measures at the planning and design stages of multi-split air-conditioning systems by annual energy simulation using an evaluation model (VRF model) which verified in the previous report. The simulation target is an abstracted office building. We have set the base case which had design condition to achieve ZEB Ready equivalent performance and set comparison cases that were changed the design conditions.

#### はじめに

前報りまでに報告した、現状の個別分散空調システムの設計法に関するヒアリング調査結果や、実測データによる稼働実態調査結果から、ZEB を実現するための個別分散空調システムの計画・設計に関する課題が得られた。個別分散空調システムの設計法ガイドラインの提案に向けて、計画・設計段階における各種対策の省エネルギー効果を定量的に示し、設計者が判断できる材料を提示することを目的とした試算を行うこととした。

本報では、前報りで検証した既存評価モデル (VRF モデル) を用いた年間エネルギーシミュレーションにより、個別分散空調システムの計画・設計における対策の有無を比較したケーススタディ結果を報告する。

#### 1. シミュレーション条件

##### 1.1. モデル建物の平面プラン

一般的な試算結果を示すため、事務所ビルを抽象化したモデル建物を試算の対象とした。モデル建物の平面プランを図 1 に示す。品川ら<sup>2)</sup>が提案する中規模オフィスをベースに、南を主方位とした事務所で、西側とインテリアに事務室 (面積 437.4 m<sup>2</sup>)、東側に会議室 (面積 145.8 m<sup>2</sup>) を配置した。なお、基準階のみを試算対象とする。

室外機系統は、南、東、西の各方位ゾーンとインテリアゾーンのそれぞれでゾーニングした。

##### 1.2. 比較ケースの設定

個別分散空調システムの計画・設計手法の導入効果を

比較するため、表 1 に示す比較ケースを設定した。導入効果が明確となるように、ZEB Ready 相当を達成する条件のケースを基準とし、01~03 までの各比較ケースでは、外皮性能、全熱交換器、内部発熱想定などの各種設計手法を基準ケースから差し引いた条件とした。「04\_室外機系統混在」ケースでは、室外機系統のゾーニング方法を変更した。各ケースの仕様の詳細は 1.4、1.5 で述べる。

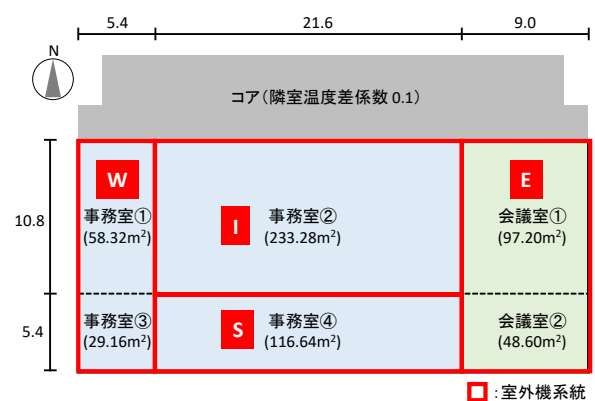


図 1 モデル建物の平面プランと室外機系統

表 1 比較ケースの設定

ケース名	内容
00 基準(ZEB)	ZEB Ready 相当を達成する条件
01 低外皮性能	基準(ZEB)に対して、外皮性能を低下させる
02 全熱交換器なし	基準(ZEB)に対して、全熱交換器を採用しない
03 コンセント発熱過大設計	基準(ZEB)に対して、最大負荷計算時の内部発熱(コンセント発熱)を安全側に設定する
04 室外機系統混在	東西の室外機系統を混合する (図 2 参照)

### 1.3. 試算方法

モデル建物を対象とした年間負荷計算により室負荷、装置負荷を計算し、室負荷全熱、装置負荷全熱を VRF モデルにインポートして、年間エネルギーシミュレーションを行った。

室外機、室内機は、各ケースの最大負荷計算結果に基づいて選定した。最大負荷計算時の内部発熱条件を表 2 に示す。室外機、室内機の仕様は、実際に存在する機器を選定するのではなく、基準ケースの機器仕様をもとに、冷房の最大装置負荷に見合うように線形補間して設定した。各ケースの室外機能力は 2.1 に後述する。なお、選定の際には安全率は考慮していない。

年間負荷計算、最大負荷計算は、BEST 設計ツール 3.0.6 で入力した物件データをエクスポートし、BEST 専門版 2201 にインポートして実施した。

表 2 最大負荷計算時の内部発熱条件

		事務室	会議室
内部発熱条件	コンセント	12W/m <sup>2</sup>	2W/m <sup>2</sup>
	照明	9W/m <sup>2</sup>	6W/m <sup>2</sup>
	在室人員	0.1 人/m <sup>2</sup>	0.25 人/m <sup>2</sup>
外気導入量		3.0CMH/m <sup>2</sup>	7.5CMH/m <sup>2</sup>

表 3 基準(ZEB)ケースの仕様

気象	拡張アメダス標準年気象データ 2010 年 東京	
建物用途	事務所	
建築	全般	片寄全面型コア、階高：4.0m、天高：2.6m、窓面積率：60%
	窓	Low-E+透明 (A12mm)、アルミサッシ、(U=2.67W/(m <sup>2</sup> ・K)、η=0.35)、明色ブラインド 45° 固定 外部遮へい物：箱庇 (出幅 1.0m)
	外壁断熱	硬質ウレタンフォーム 50mm (U=0.58W/(m <sup>2</sup> ・K))
	内壁	コア：温度差係数 0.1、上下階：温度差係数 0.0
室使用条件	建築物省エネ法の室使用条件 (事務所等事務室、会議室)	
空調	設定温度・湿度	夏期：24~26℃・50%、中間期 23~25℃・45~50%、冬期 22~24℃・40~50% (ゼロエナジーバンドを想定)
	換気	バイパス機能付き全熱交換器 (交換効率 60%)
照明	設計照度	事務室：LED750lx、会議室：LED500lx、照明制御無し

表 4 ケース 01 (低外皮性能) の外皮仕様

窓	透明フロートガラス、アルミサッシ、(U=6.00W/(m <sup>2</sup> ・K)、η=0.69)、明色ブラインド 45° 固定 外部遮へい物：なし
外壁断熱	硬質ウレタンフォーム 15mm (U=1.45W/(m <sup>2</sup> ・K))

表 5 ケース 02 (全熱交換器なし) の換気ファン仕様

室名	系統	面積 [m <sup>2</sup> ]	風量 [m <sup>3</sup> /h]	消費電力 [W]		年間消費電力 [kWh/年]	
				全熱交換器	第3種換気	全熱交換器	第3種換気
会議室	E	145.80	1,094	437	50	1,054	120
事務室	I	233.28	700	280	32	945	108
事務室	S	116.64	350	140	16	472	54
事務室	W	87.48	262	105	12	354	40
合計	—	583.20	—	—	—	2,825	322

### 1.4. 基準ケースの仕様

基準(ZEB)ケースの仕様を表 3 に示す。特に窓回りの仕様は、各方位の窓面積率を統一し、出幅 1.0m の箱庇を採用するなど、方位特性が抑制される対策を行った。

基準ケースの Web プログラム (Ver.3.2.1、2022 年 04 月現在) の計算結果は、BEI : 0.42 (BEI/AC : 0.40、BEI/L : 0.49) であり、基準階の空調と照明のみではあるが ZEB Ready の要件を満たしている。

### 1.5. 各比較ケースの仕様

各比較ケースの仕様を以下に記す。なお、特に記載がない部分の仕様は、基準ケースと同等とした。

#### (1) ケース 01 : 低外皮性能

ケース 01 (低外皮性能) の外皮仕様を表 4 に示す。基準ケースよりも断熱性能、日射遮蔽性能に劣る窓を選定し、外壁断熱の厚さも 50mm から 15mm に変更した。窓の外部遮蔽物はケース 01 ではなしとした。

#### (2) ケース 02 : 全熱交換器なし

ケース 02 (全熱交換器なし) では換気ファン電力を考慮した。メーカーカタログを参考に、強運転で熱交換器と第 3 種換気の静圧が同程度となるものを選定し、必要風量に見合った換気ファン電力を求めた。換気ファン仕様を表 5 に示す。

#### (3) ケース 03 : コンセント発熱過大設計

ケース 03 (コンセント発熱過大設計) では、最大冷房負荷計算時のコンセントの内部発熱条件を事務室 36 W/m<sup>2</sup>、会議室 15 W/m<sup>2</sup> と安全側の条件とした。

#### (4) ケース 04 : 室外機系統混在

ケース 04 (室外機系統混在) では、図 2 に示すように東西ゾーンを混在させ、北側の東西ゾーン (WEN 系統)、南側の東西ゾーン (WES 系統) の室外機系統を想定した。

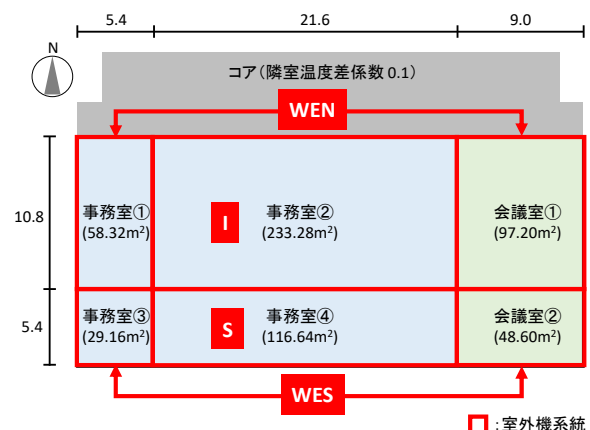


図 2 「04\_室外機系統混在」ケースの室外機系統

## 2. シミュレーション結果

本章では、各ケースの室外機能力の比較結果、エネルギーシミュレーションの比較結果について述べる。

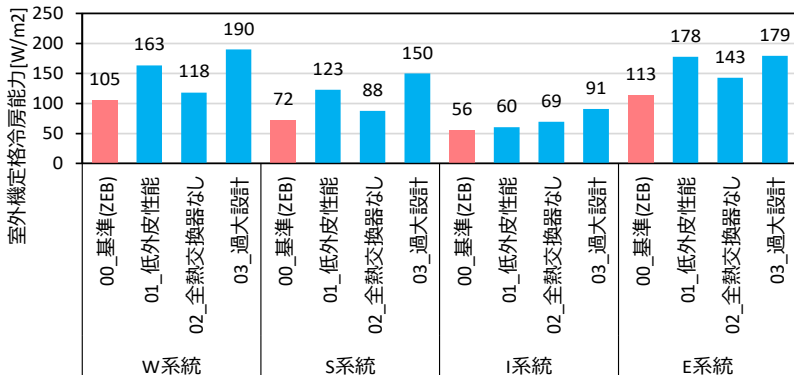


図 3 各ケースの単位面積あたりの室外機冷房能力比較 (ケース 01~03)

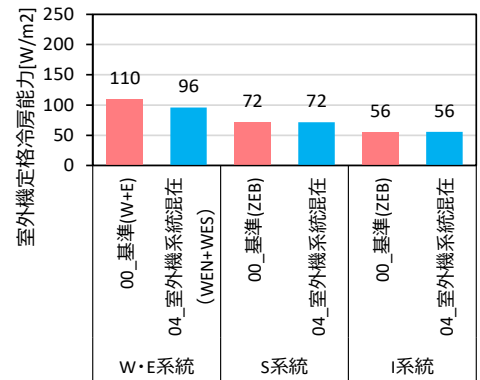


図 4 各ケースの単位面積あたりの室外機冷房能力比較 (ケース 04)

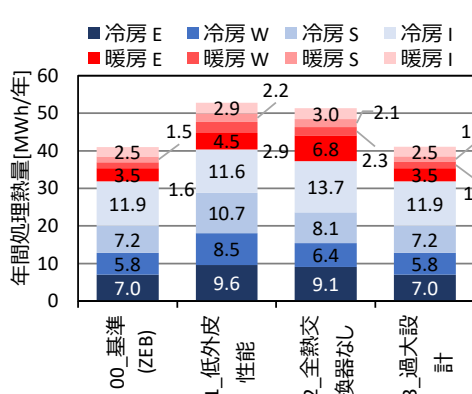


図 5 各ケースの年間処理熱量比較 (ケース 01~03)

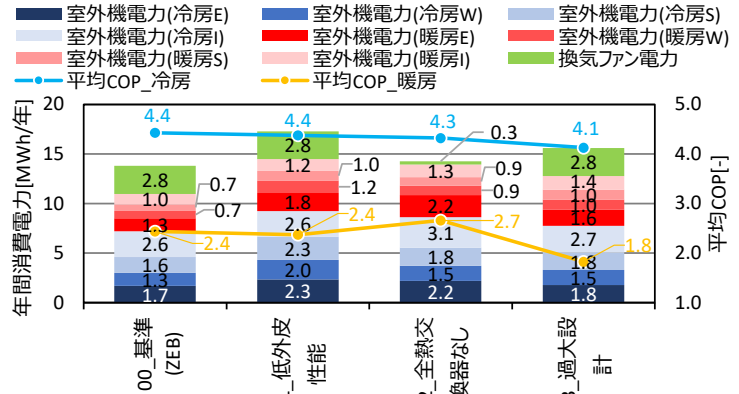


図 6 各ケースの年間消費電力、平均 COP の比較 (ケース 01~03)

## 2.1. 単位面積あたりの室外機冷房能力の比較

各ケースの単位面積あたりの室外機冷房能力比較結果をケース 01~03 は図 3、ケース 04 は図 4 に示す。

### (1) ケース 01：低外皮性能

基準ケースと比較すると、インテリアゾーン (I 系統) は 1.1 倍、その他の系統は 1.5~1.7 倍となる。冷房負荷の時刻別変動の比較を図 7 に示す。基準ケースでは、箱底および Low-E ガラスの効果により、時刻別の負荷変動が小さい。ケース 01 では、日射の影響を受けて E 系統は午前、S 系統は正午、W 系統は午後には負荷が増加するため、室外機定格冷房能力は基準ケースよりも大きくなる。

### (2) ケース 02：全熱交換器なし

外気負荷が増加するため、基準ケースに対して各系統の室外機定格冷房能力は 1.1~1.3 倍となる。E 系統は会議室であり、事務室に比べ外気導入量が多いため、他系統に比べて基準ケースとの差が大きい。

### (3) ケース 03：コンセント発熱過大設計

基準ケースに対して、各系統の室外機定格冷房能力は 1.6~2.1 倍となる。

### (4) ケース 04：室外機系統混在

図 4 に示すように基準ケースの W・E 系統、ケース 04 の WEN・WES 系統の室外機定格冷房能力の合計値を比較した。ケース 04 では方位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、基準ケースに比べて室外機定格冷房能力は小さくなる。

## 2.2. 年間処理熱量、室外機消費電力、平均 COP の比較

各ケースの年間処理熱量、室外機消費電力、換気ファン電力、平均 COP の比較結果をケース 01~03 は図 5 および図 6、ケース 04 は図 9 および図 10 に示す。なお、平均 COP は「各ゾーンの年間処理熱量合計÷各ゾーンの年間室外機消費電力合計」により算出した。

### (1) ケース 01：低外皮性能

基準ケースに対して、年間処理熱量、年間室外機消費電力は 1.3 倍になる。平均 COP は基準ケースと大きな差はない。外皮性能向上による効果は、熱源容量削減による COP の向上よりも、年間処理熱量削減の効果が大い

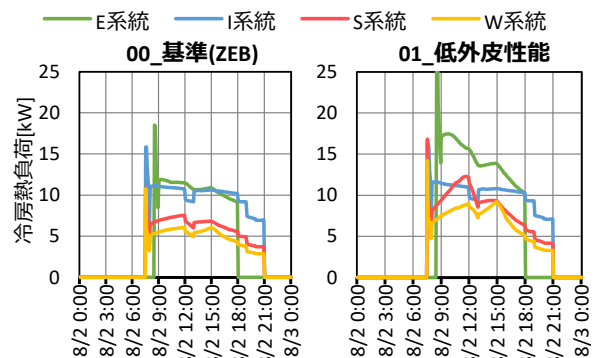


図 7 冷房熱負荷の時刻変動比較 (ケース 01)

みることができる。

(2) ケース 02：全熱交換器なし

外気負荷が増加するため、基準ケースに対して年間処理熱量、年間室外機消費電力は 1.3 倍になる。特に暖房は 1.5 倍と差が顕著である。ただし、全熱交換器の消費電力が大きいいため、室外機消費電力と換気ファン消費電力の合計値は、基準ケースとほぼ同じである。ただし室内温熱環境の観点からは全熱交換器の採用が推奨される。

平均 COP は基準ケースよりも向上するが、これは前述したように E 系統（会議室）は外気導入量が多いため、特に暖房時の負荷率が高くなることが影響している。

(3) ケース 03：コンセント発熱過大設計

年間処理熱量は基準ケースと同じであるが、年間室外機消費電力は 1.3 倍となる。これは図 8 に示すように、過大設計の場合、負荷率が 10%以下となる割合が冷房で 50~70%、暖房で 80~90%となり、低負荷での稼働が増加するため、平均 COP が低下したためである。

(4) ケース 04：室外機系統混在

年間室外機消費電力は基準ケースに比べ、若干増加するが、大きな差はない。ケース 04 では、室外機系統は異なる方位および異なる室用途（事務室と会議室）を組み合わせている。空調時間は事務室 7~21 時、会議室 8~18 時であるため、図 11 に示すように、18 時以降は会議室の室内機が停止し、負荷率が低下するため、WEN、WES 系統の COP が低下する。このように、空調スケジュールが異なるゾーンを同一の室外機系統に組み合わせると、運転時の COP が低下するので、設計時に注意が必要である。

3. まとめと今後の課題

VRF モデルを用いて、モデル建物を対象とした個別分散空調システムの年間エネルギーシミュレーションにより、計画・設計段階における各種対策の省エネルギー効果に関するケーススタディを行った。

今回のケーススタディ結果は一つの例であり、建物規模や外皮性能などの諸条件によって試算結果は異なると考えられる。今後は、今回実施したシミュレーション手法を活用し、必要に応じて様々な条件での試算を行いたい。

参考文献

- 1) 佐藤誠 他: ZEB 実現に向けた個別分散空調システムの設計ガイドライン作成に関する研究 その 1 研究概要と個別分散空調システム設計の実態調査, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 2022. 9 他
- 2) 品川浩一、金森美紀、川津行弘、村上周三、石野久彌、郡公子、長井達夫、森太郎: 建築エネルギー・環境シミュレーションツール BEST の開発 第 96 報 標準オフィスビルの提案, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1717-1718, 2021.9

謝辞

その 1 に加え、データ整理にご協力いただいた佐藤初枝様・リサーチ

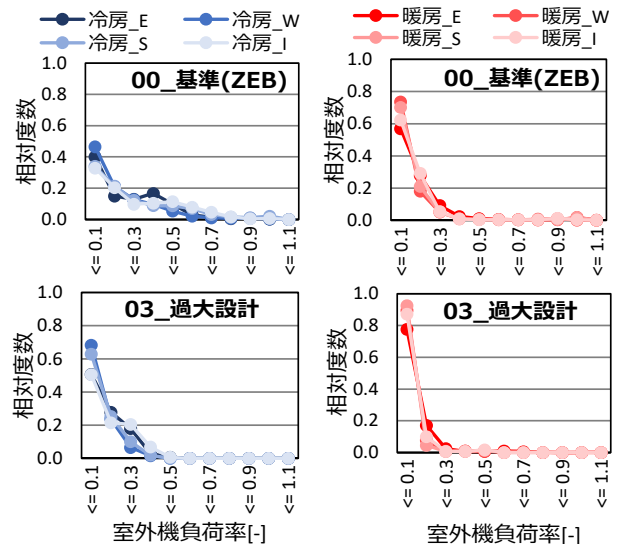


図 8 負荷率の頻度分布比較 (左:冷房、右:暖房、ケース 03)

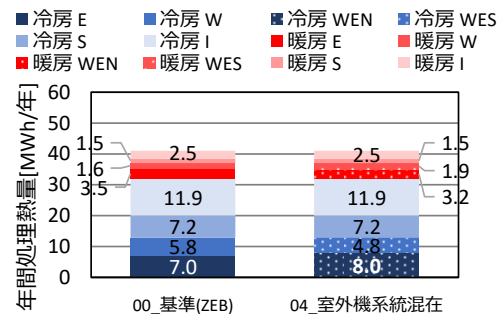


図 9 年間処理熱量の比較 (ケース 04)

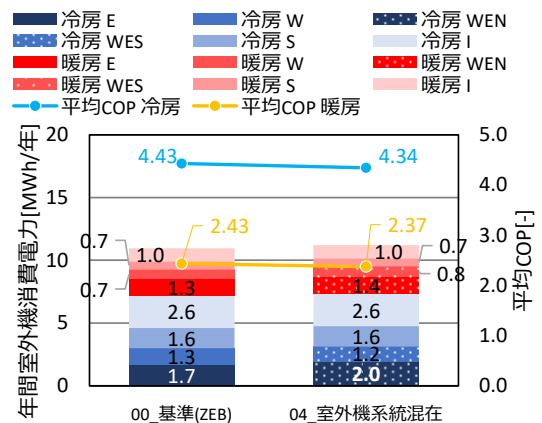


図 10 年間消費電力、平均 COP の比較 (ケース 04)

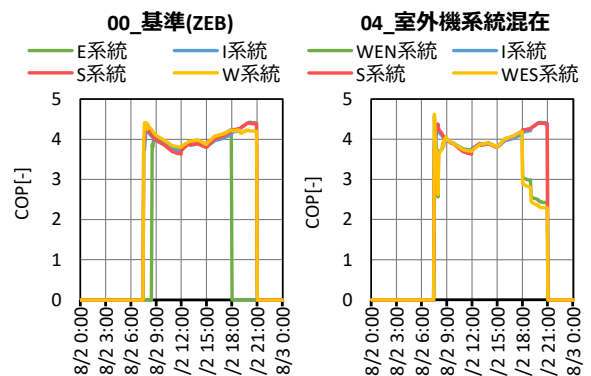


図 11 冷房時の COP 時刻変動比較 (ケース 04)

の小田桐直子氏に深く謝意を表したい。