

# ZEB※1を目指した 個別分散型空調システム※2の 設計課題に関する調査

佐藤エネルギーリサーチ株式会社  
代表取締役 佐藤 誠

※1 ZEB：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）

※2 個別分散型空調システム：ここでは、ビル用マルチパッケージ型空調システムを対象とします



1. 背景と目的
2. 調査内容と体制
3. 実態調査
  - 3-1 年間実測結果に見る全体的な傾向
  - 3-2 設計実務者に対するヒアリング
4. モデル建物を用いた省エネ性能に関するシミュレーション
5. 計画・設計・運用ガイドラインの作成

1. 背景と目的
2. 調査内容と体制
3. 実態調査
  - 3-1 年間実測結果に見る全体的な傾向
  - 3-2 設計実務者に対するヒアリング
4. モデル建物を用いた省エネ性能に関するシミュレーション
5. 計画・設計・運用ガイドラインの作成

- 非住宅建築物の**ZEB達成**には、エネルギー消費割合の高い**空調の省エネが重要**
- ビルマルの**運転状態を把握することは難しく、設計意図通りに動作**しているか設計者が確認するのが困難
  - ビルマルの**機器性能を最大限発揮する設計法が確立していない**
  - 能力不足を懸念して**過大容量設計になりがち**
- ビルマルの**合理的※な設計法をまとめたガイドライン策定**が目的

※合理的：ここでいう合理的の定義は以下の通り

「在室者の快適性を損なうことなく、より少ないエネルギー消費量で空調する方法」

1. 背景と目的
2. 調査内容と体制
3. 実態調査
  - 3-1 年間実測結果に見る全体的な傾向
  - 3-2 設計実務者に対するヒアリング
4. モデル建物を用いた省エネ性能に関するシミュレーション
5. 計画・設計・運用ガイドラインの作成

### 個別分散型空調システム設計法検討委員会 (委員長：柳原先生)

#### I. 課題整理 (実態調査WG：主査 九州大学住吉先生)

- ① 建築設備容量調査(その1)
- ② 設計法調査(その1)
- ③ 稼働実態調査(その2)

#### II. 解決策の検討 (評価モデル構築WG：主査 工学院大学富樫先生)

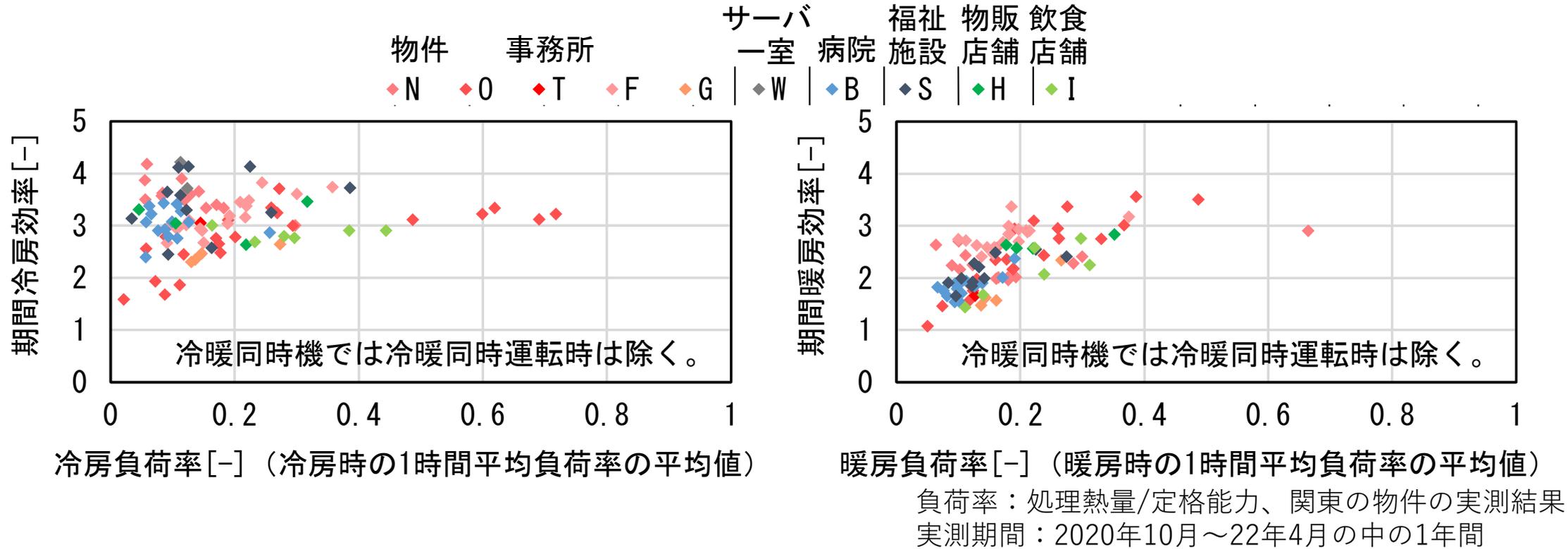
- ① 効率特性実験(その3)
- ② 既存評価モデルの検証と改良(その4)
- ③ 設計課題解決の効果の試算(その5)

#### III. 目標 (ガイドライン策定WG：主査 日建設計 佐藤様)

- ① 設計法ガイドラインの策定(その6)

1. 背景と目的
2. 調査内容と体制
3. 実態調査
  - 3-1 年間実測結果に見る全体的な傾向
  - 3-2 設計実務者に対するヒアリング
4. モデル建物を用いた省エネ性能に関するシミュレーション
5. 計画・設計・運用ガイドラインの作成

### 3-1 年間実測結果に見る全体的な傾向



全体的に、負荷率が高いと効率が高めで安定する傾向にある



不必要に大きな能力の室外機を選定しないようにする

1. 背景と目的
2. 調査内容と体制
3. 実態調査
  - 3-1 年間実測結果に見る全体的な傾向
  - 3-2 設計実務者に対するヒアリング
4. モデル建物を用いた省エネ性能に関するシミュレーション
5. 計画・設計・運用ガイドラインの作成



## 3-2 設計実務者に対するヒアリング 設計法調査・計画 外気処理方法

ヒアリング項目	ヒアリング結果
室負荷処理が個別分散メインの場合の建物の外気処理方法	<ul style="list-style-type: none"><li>・ <b>ZEB設計</b>に当たっては、再生可能エネルギー利用（地中熱や太陽熱利用）や風量制御可能なように外調機（OHU）が効果的といった回答があった。<b>冬期の混合利得</b>（室負荷が冷房、外気負荷が暖房の相殺）を狙って<b>室負荷、外気負荷の処理空調機を分けず</b>、全熱交換器を積極的に採用しているとの回答が1社あった。</li></ul>

	ビル管法対象外	ビル管法対象
外気量通常	全熱交換器（8社）	直膨コイル付全熱交換器（8社） 外気処理エアコン（6社）
外気量大 （病院等）	—	外調機（OHU）（8社） 直膨コイル付全熱交換器（1社）

## 3-2 設計実務者に対するヒアリング 設計法調査・計画 中央式と個別式の熱源選定の違い

ヒアリング項目	ヒアリング結果
中央式の熱源選定と個別分散方式の熱源選定の違い	<ul style="list-style-type: none"><li>・ <b>中央式</b>の熱源選定は、個別式に比べて対応エリアが建物全体となり同時使用率を考慮できることから<b>低能力となる</b>との回答が多かった。また、<b>中央式では実績データ</b>をもとに<b>床面積当たりの原単位から選定する</b>との回答が4社あった。個別式の実績データが増えてくれば同様な設計がなされる可能性があるとのことであった。</li></ul>



## 3-2 設計実務者に対するヒアリング 設計法調査・設計 内部発熱想定

ヒアリング項目	ヒアリング結果
内部発熱の想定	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 通常設計をZEB建物設計に寄せられない理由としては、施主の理解が得られにくいとの回答であった。昨今の事務室での内部発熱の実績値の蓄積が望まれている。</li></ul>

対象建物	コンセント	照明
テナントビル	18~36W/m <sup>2</sup>	5~20W/m <sup>2</sup>
自社ビル	5~30W/m <sup>2</sup>	10~15W/m <sup>2</sup>
ZEB建物	<b>極限まで小さく</b>	10W/m <sup>2</sup> 以下。 <b>照明制御も考慮</b>



## 3-2 設計実務者に対するヒアリング 設計法調査・機器選定 室内機の選定

ヒアリング項目	ヒアリング結果
室内機の選定	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 室内機の<b>能力選定</b>は全社が<b>全熱で選定</b>しており、うち6社は機器のSHFを用いて<b>顕熱が処理できるかもチェック</b>している。</li><li>・ 同一空間への設置台数については、騒音やドラフトの観点から<b>室内機能力7~14kW</b>の採用が多い。</li><li>・ 室内機のタイプについては、意匠的な配慮が必要な場合に隠ぺい型ダクト式を採用することがあるが、基本的には<b>室内機ファン動力が小さい天井カセット型</b>を提案している。</li></ul>

ヒアリング項目	ヒアリング結果
<b>室外機の系統分け</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>冷暖切替型では方位、室用途で分ける</b>との回答が多い。<b>冷暖同時型では方位を混在し、室外機容量を低減</b>させる工夫をしているとの回答があった。</li> <li>・ 事務室と会議室は別系統にするとの回答が3社、同一系統が2社で見解が分かれた。</li> <li>・ <b>室負荷処理と外気負荷処理の系統分け</b>については、設計者に委ねられており、「同じ系統にする」、「冷暖同時型であれば同一系統とする」、「別の系統にする」など<b>回答がばらついて</b>おり、統一見解が求められていると考えられる。</li> <li>・ 大部屋を2系統にわけ、室内機を千鳥配置にする方法については、設計時・施工時・更新時・運用時にわかりにくいとの判断で実施しないとの回答が2社あった。</li> <li>・ テナントビルでは貸方単位が優先され方位や室負荷・外気負荷等による系統分けは行わないことが多い。</li> <li>・ <b>ZEB建物では東西面の窓面積率を下げたうえで外皮性能を向上</b>し、方位特性を小さくして<b>冷暖切替型を採用</b>するとの回答があった。</li> </ul>
<b>室外機の選定</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 冷媒配管長補正、高低差補正については、メーカー技術資料を参照するとの回答が11社、建築設備設計基準を参照するとの回答が3社であった。</li> <li>・ <b>室外機能力</b>については、<b>時刻別の最大負荷計算結果の合計値の最大値</b>から選定するとの回答が9社、<b>室内機能力の合計</b>との回答が3社、両者の大きい方との回答が1社であった。<b>設計にかけられる時間が限られている場合に室内機能力の合計から選定</b>するとの回答もあった。</li> <li>・ <b>ZEB建物では、室内機能力の合計が室外機能力の130～150%</b>になるようにしているとの回答があった。</li> </ul>

1. 背景と目的
2. 調査内容と体制
3. 実態調査
  - 3-1 年間実測結果に見る全体的な傾向
  - 3-2 設計実務者に対するヒアリング
4. モデル建物を用いた省エネ性能に関するシミュレーション
5. 計画・設計・運用ガイドラインの作成

## 4. モデル建物を用いた省エネ性能に関するシミュレーション 目的

- ヒアリング調査や、稼働実態調査の結果から、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**ための試算を行う。





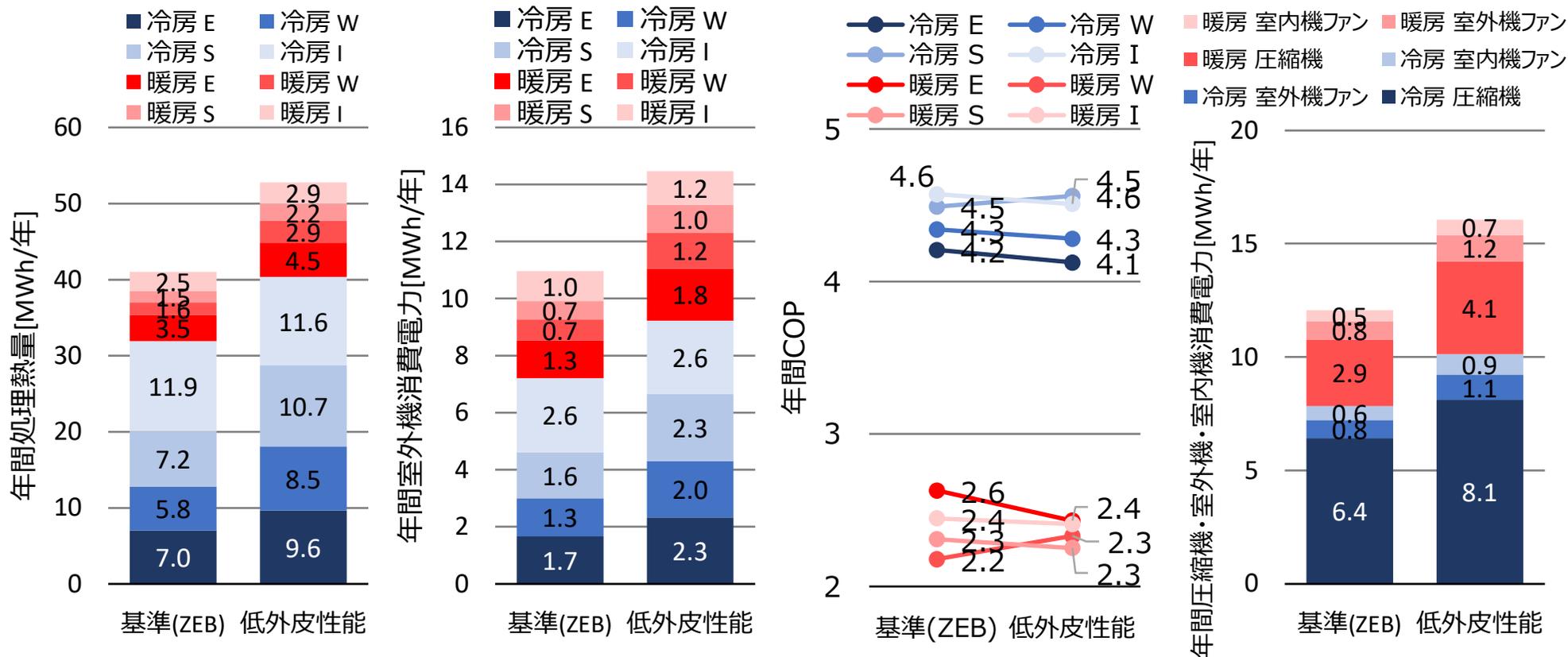
## 4. モデル建物を用いた省エネ性能に関するシミュレーション シミュレーション条件 比較ケースの設定

ケース名	内容
00_基準(ZEB)	ZEB Ready相当を達成する条件 (BEI : 0.42※)
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

※ Webプログラム (Ver.3.2.1、2022年04月現在) の計算結果。  
BEI/AC : 0.40、BEI/L : 0.49



## 4. モデル建物を用いた省エネ性能に関するシミュレーション シミュレーション結果 外皮性能の低下

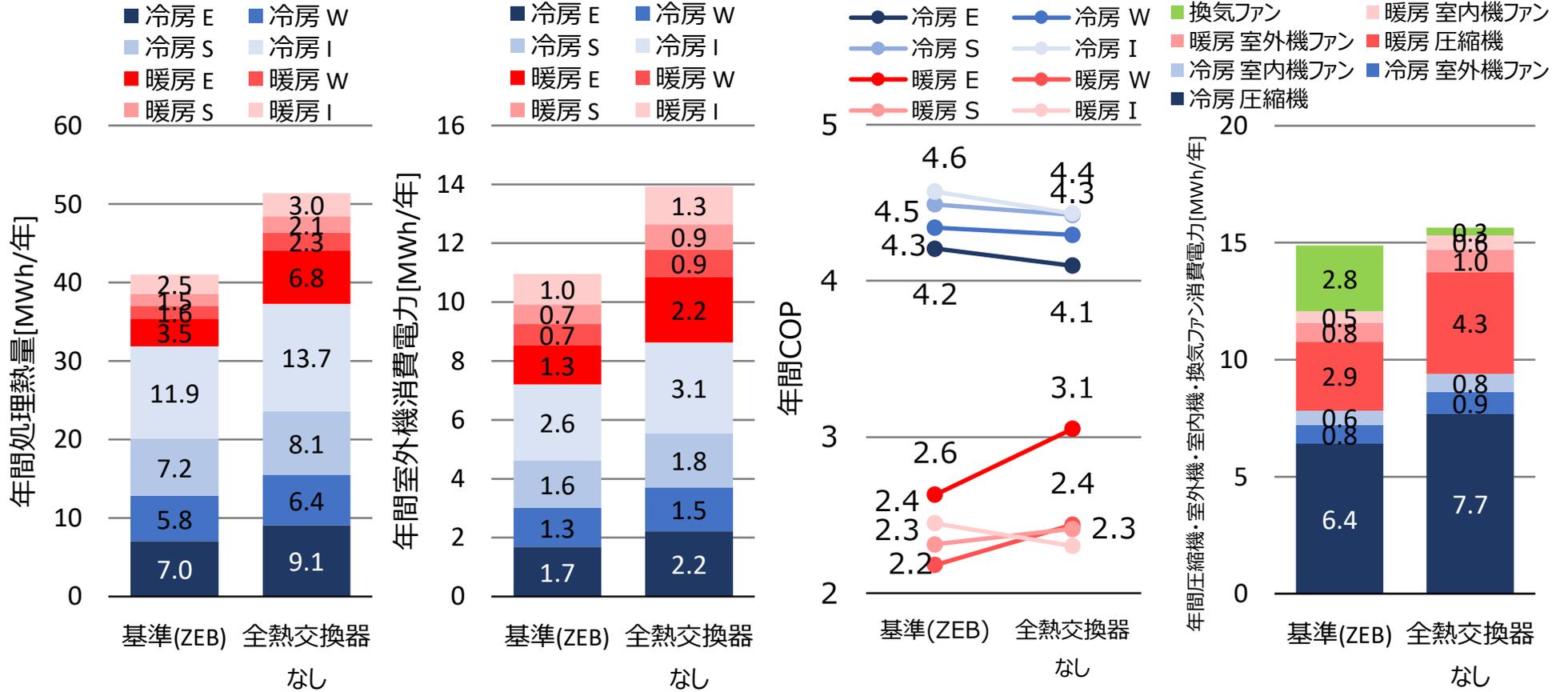


ZEB仕様  
外部遮へい物：箱庇（出幅1m）  
窓：Low-E複層ガラス  
外壁断熱：ウレタンフォーム50mm

低外皮性能  
外部遮へい物：なし  
窓：透明単板ガラス  
外壁断熱：ウレタンフォーム15mm

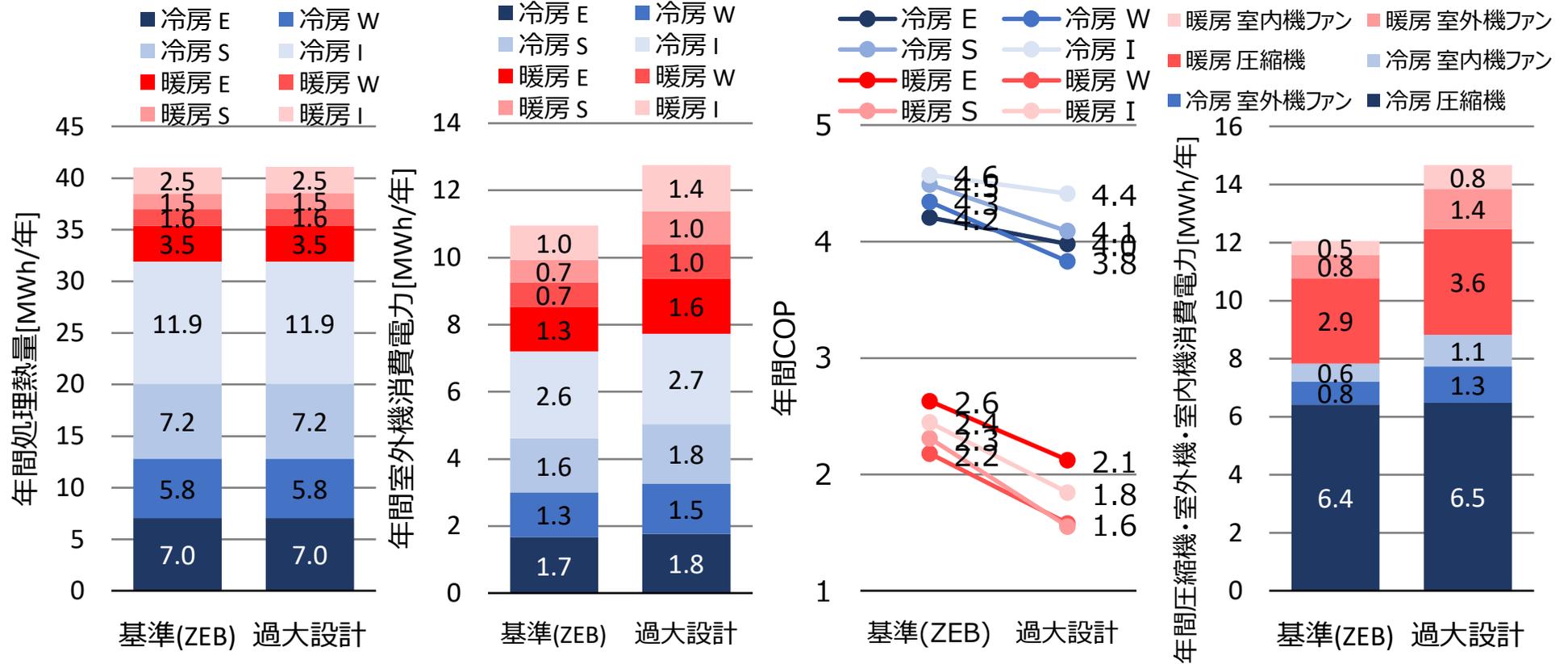


# 4. モデル建物を用いた省エネ性能に関するシミュレーション シミュレーション結果 全熱交換器の不採用





# 4. モデル建物を用いた省エネ性能に関するシミュレーション シミュレーション結果 過大設計



	ZEB設計	過大設計
コンセント	12W/m <sup>2</sup>	36W/m <sup>2</sup>
照明	9W/m <sup>2</sup>	9W/m <sup>2</sup>
人員	0.1人/m <sup>2</sup>	0.1人/m <sup>2</sup>

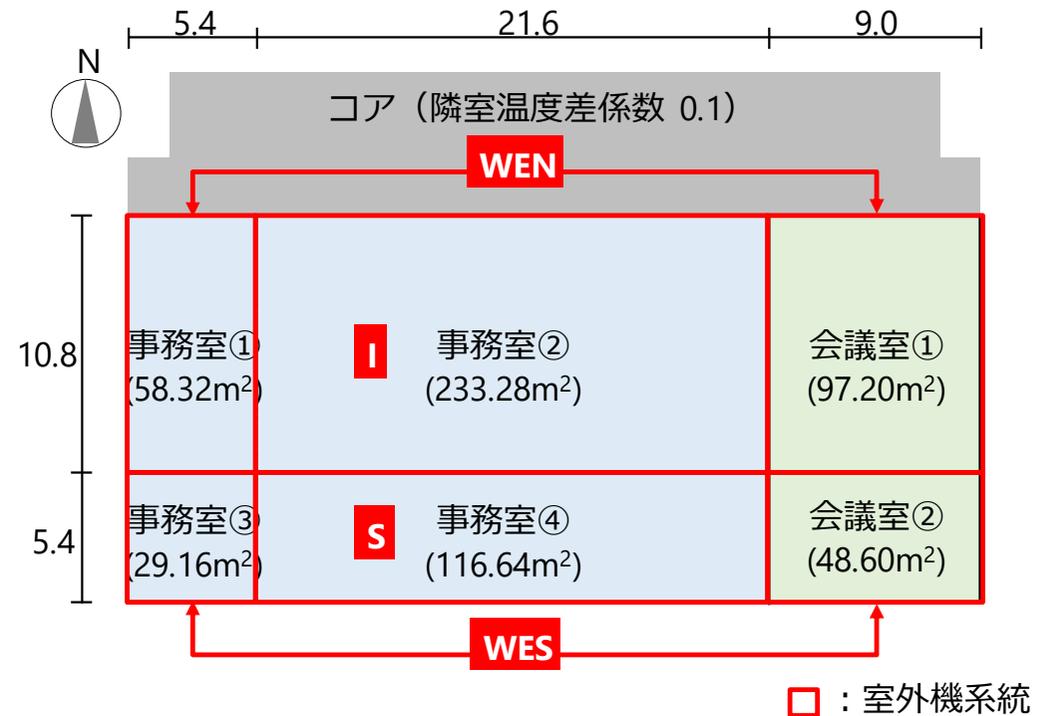


## 4. モデル建物を用いた省エネ性能に関するシミュレーション 室外機系統混在

### 基準

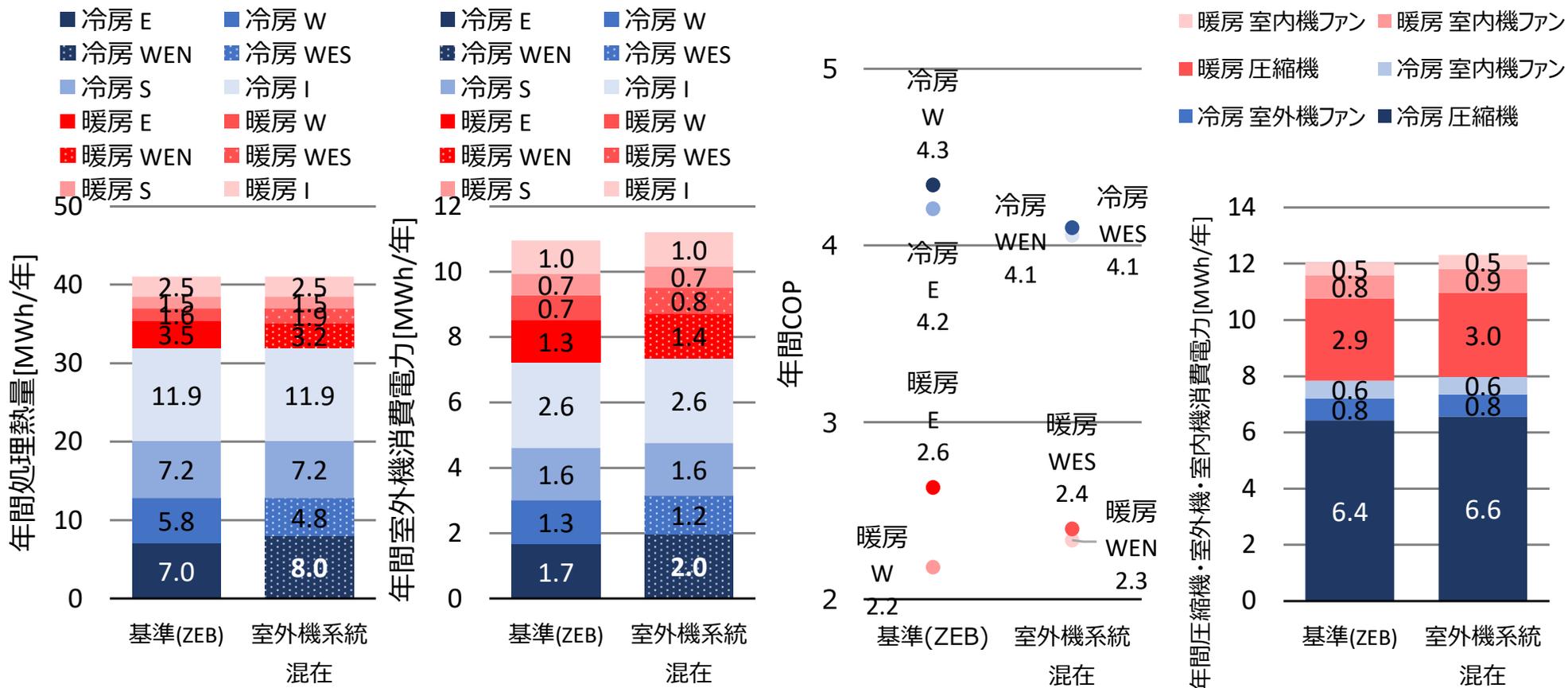


### 室外機系統混在





# 4. モデル建物を用いた省エネ性能に関するシミュレーション 室外機系統混在



1. 背景と目的
2. 調査内容と体制
3. 実態調査
  - 3-1 年間実測結果に見る全体的な傾向
  - 3-2 設計実務者に対するヒアリング
4. モデル建物を用いた省エネ性能に関するシミュレーション
5. 計画・設計・運用ガイドラインの作成



## 5. 計画・設計・運用ガイドラインの作成 ガイドラインの目的と構成

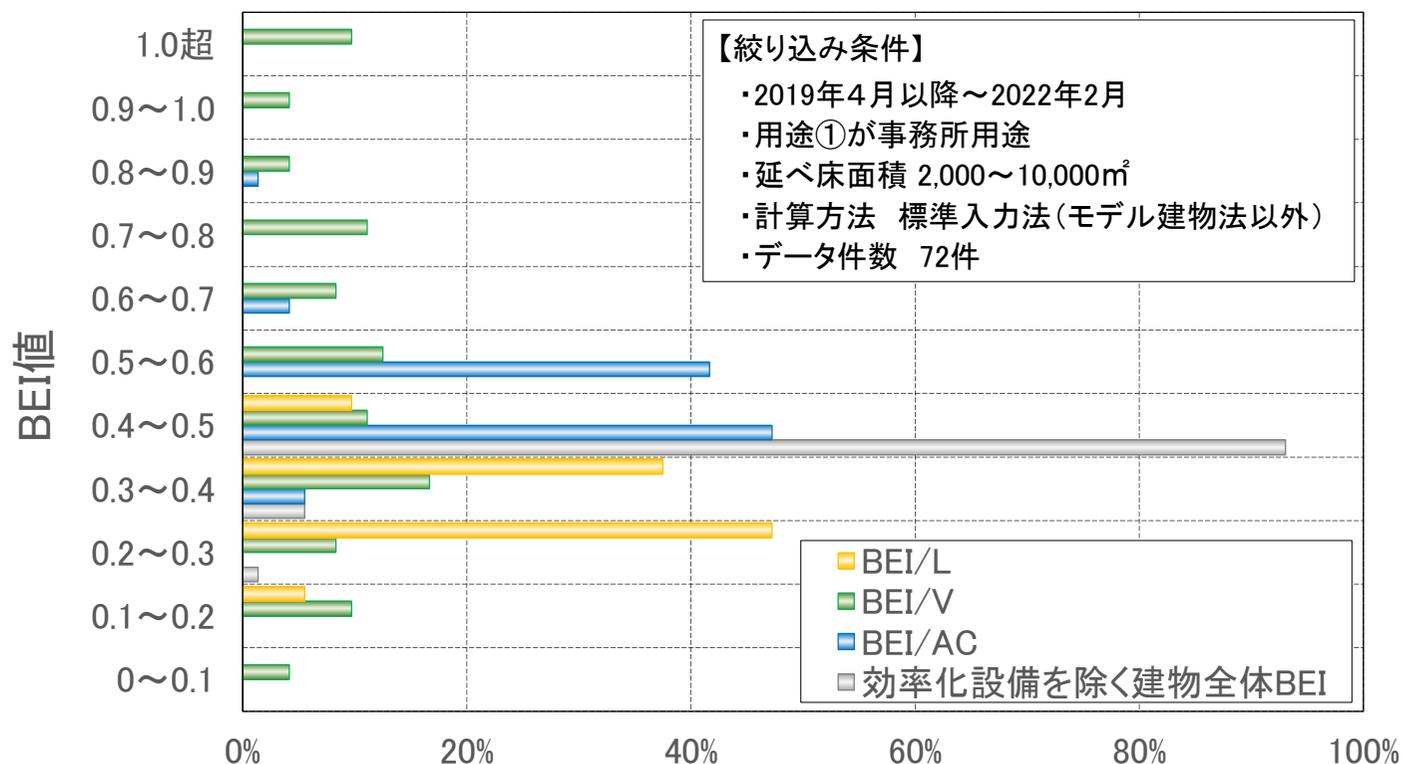
個別分散空調システムを採用する建物において、

- ▶ 実運用時にZEB Ready相当を達成することを目的として作成
- ▶ 空調システムの計画・設計段階における留意点だけでなく、竣工後の運用段階のポイントについても取り上げている

▶ 対象用途       ： 温暖地における事務所  
対象システム： 冷暖房切替型の空冷式ビル用マルチパッケージ型空調システム

※ 他の気候区分や用途、冷暖房同時運転型システムについても活用できるものをめざした。

## 5. 計画・設計・運用ガイドラインの作成 設計時の目標値の設定



※ZEB Ready認証データを抽出

ZEB ReadyのBEI値分布

BEI/AC = 0.4～0.6が約9割

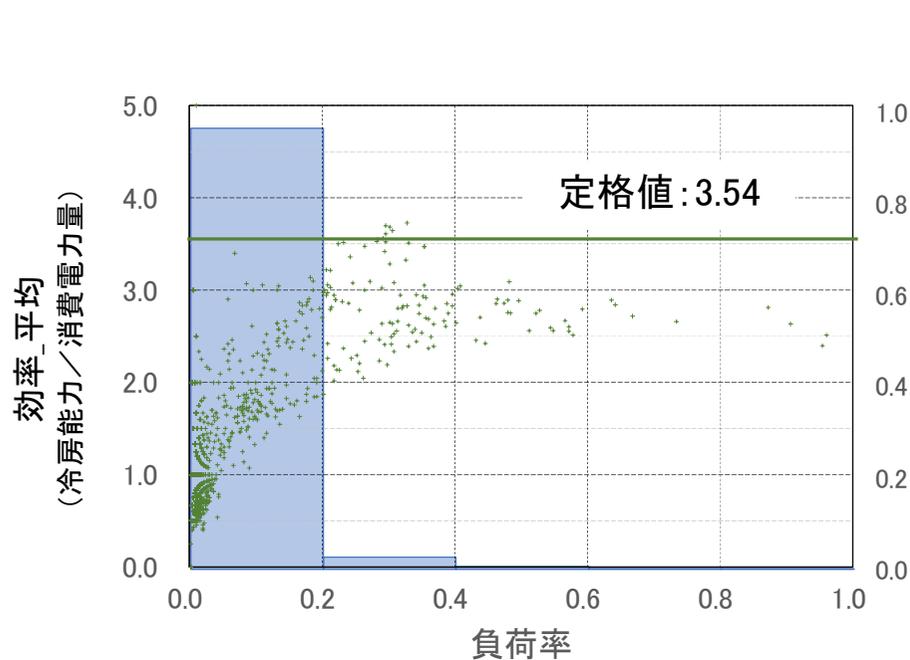
⇒ 目標：BEI/AC ≤ 0.5 (下限値：BEI/AC = 0.6) と設定



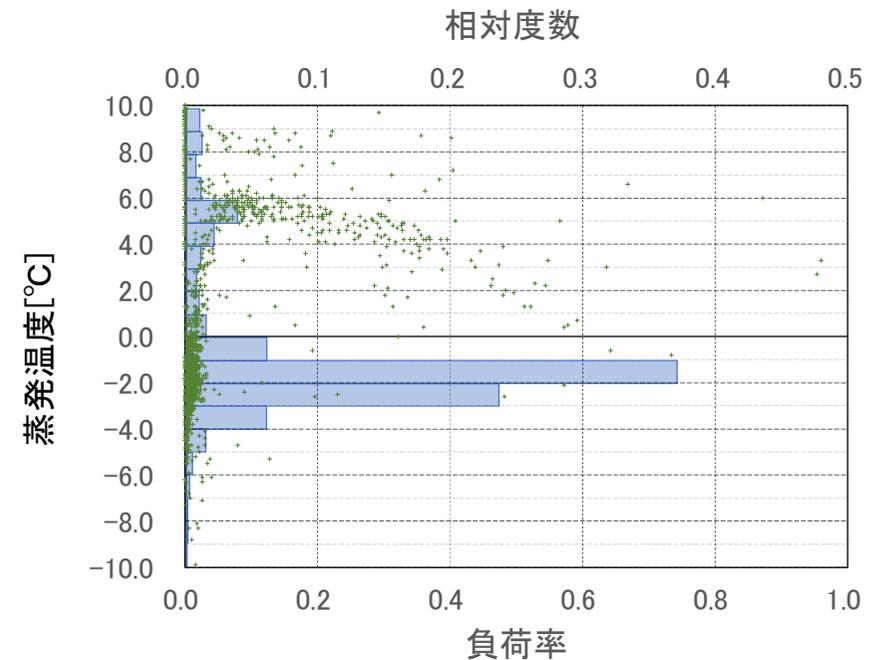
## 5. 計画・設計・運用ガイドラインの作成 ビル用マルチのZEB達成のポイント

- ① 年間の処理熱量を下げる（負荷抑制）
- ② 低負荷領域の断続運転を避ける
- ③ 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）」を抑制する

## 5. 計画・設計・運用ガイドラインの作成 ビル用マルチの運転実態



冷房運転時の負荷率と効率の関係



冷房時の負荷率と蒸発温度の関係

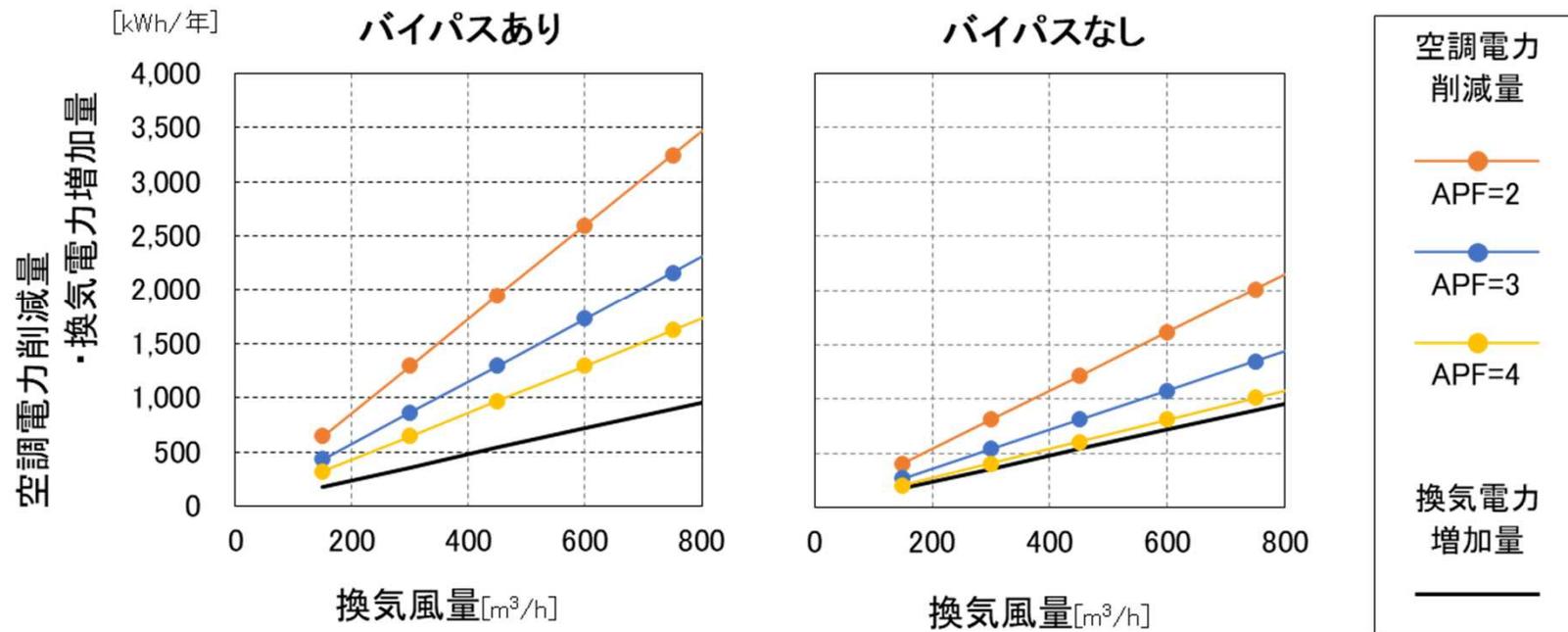
- 負荷率が0.2以下の運転時間が占める比率が極めて大きく、当該負荷率における効率が急激に低下している … 左図
- 負荷率低下にあわせて蒸発温度が高くなるが、0.05以下では急激に低くなる (⇒ 効率低下) … 右図



## 5. 計画・設計・運用ガイドラインの作成 計画段階のポイント

ZEB Ready 達成のポイント			分類 ◎：該当、○：一部該当		
大分類	中分類	ポイント	①	②	③
	外皮性能の向上	<ul style="list-style-type: none"><li>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</li></ul> <p>※モデル建物ケーススタディでは年間処理熱量が1.3倍</p>	○	○	—
外気処理方法	全熱交換器の採用時	(別スライドで説明)	◎	◎	—
	外気処理システムの系統分け	<ul style="list-style-type: none"><li>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</li></ul>	—	—	◎
	外気量制御の採用時	<ul style="list-style-type: none"><li>全熱交換器を採用する場合はフロア全体のエアバランスに注意</li><li>外気を絞りすぎることによる室外機の低負荷率運転の回避を考慮した容量配分に注意</li></ul>	◎	○	—

## 5. 計画・設計・運用ガイドラインの作成 計画段階のポイント 全熱交換器採用時の留意点



※東京での試算結果

外気取入量と空調電力削減量・換気電力増加量

- ▶ 全熱交換器は、適切に選定・運用しないと（バイパス機能を活かさない）、ビル用マルチの性能向上の効果を相殺してしまう可能性がある



## 5. 計画・設計・運用ガイドラインの作成 設計段階のポイント

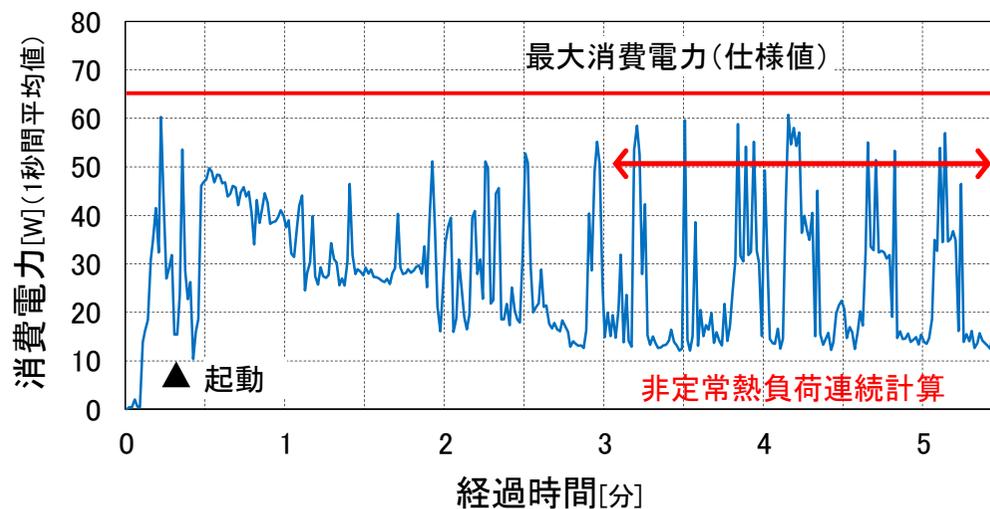
ZEB Ready 達成のポイント			分類 ◎：該当、○：一部 該当		
大分類	中分類	ポイント	①	②	③
熱負荷計算時の留意点	コンセント負荷	(別スライドで説明)	—	◎	—
	照明発熱	・適切な設計照度とし、照明制御も考慮した上で、実際の照明機器を想定した発熱量とする	—	◎	—
	人員密度、 外気導入量	・実在室人員に応じた人員密度とし、適切な外気導入量を設定する ⇒近年のオフィスにおける働き方への対応が重要	—	◎	—
室内機選定時の留意点	室内機能力の選定	・一部の室内機の能力を絞りすぎないように選定	—	—	◎
	室内機タイプの選定	(別スライドで説明)	—	—	—



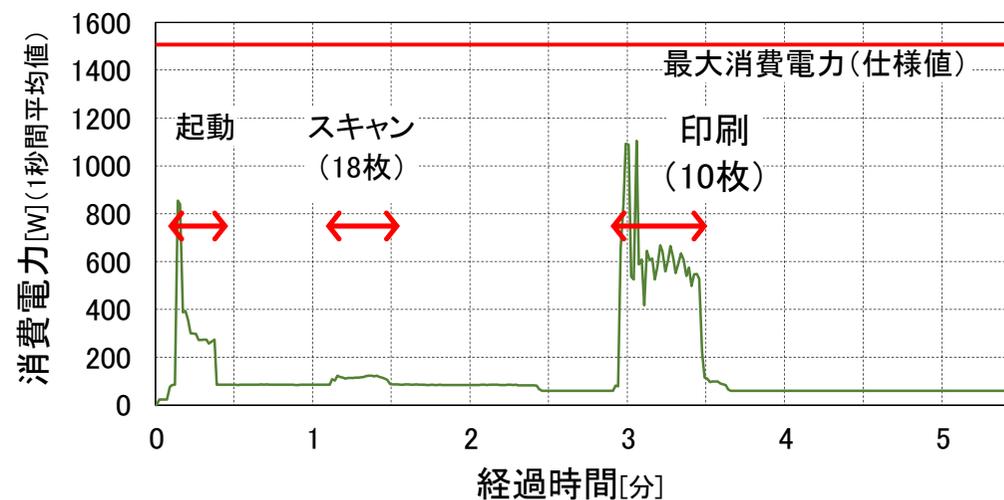
## 5. 計画・設計・運用ガイドラインの作成 設計段階のポイント

ZEB Ready 達成のポイント			分類 ◎：該当、○：一部該当		
大分類	中分類	ポイント	①	②	③
	ゾーニング時の留意点	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 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</li></ul>	—	—	◎
室外機容量選定時の留意点	室外機能力の選定	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 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</li><li>・ 室外機に接続できる室内機容量の合計値に留意</li></ul> <p><math>\Sigma</math> 室内機容量 = 室外機容量 × 1.3~1.5</p>	—	◎	—
	テナントビルへの対応	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 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</li></ul> <p>- ベースを少なめに設定し - 後で増設しやすい計画とする</p>	—	◎	—

## 5. 計画・設計・運用ガイドラインの作成 設計段階のポイント 熱負荷計算時の留意点（コンセント負荷）



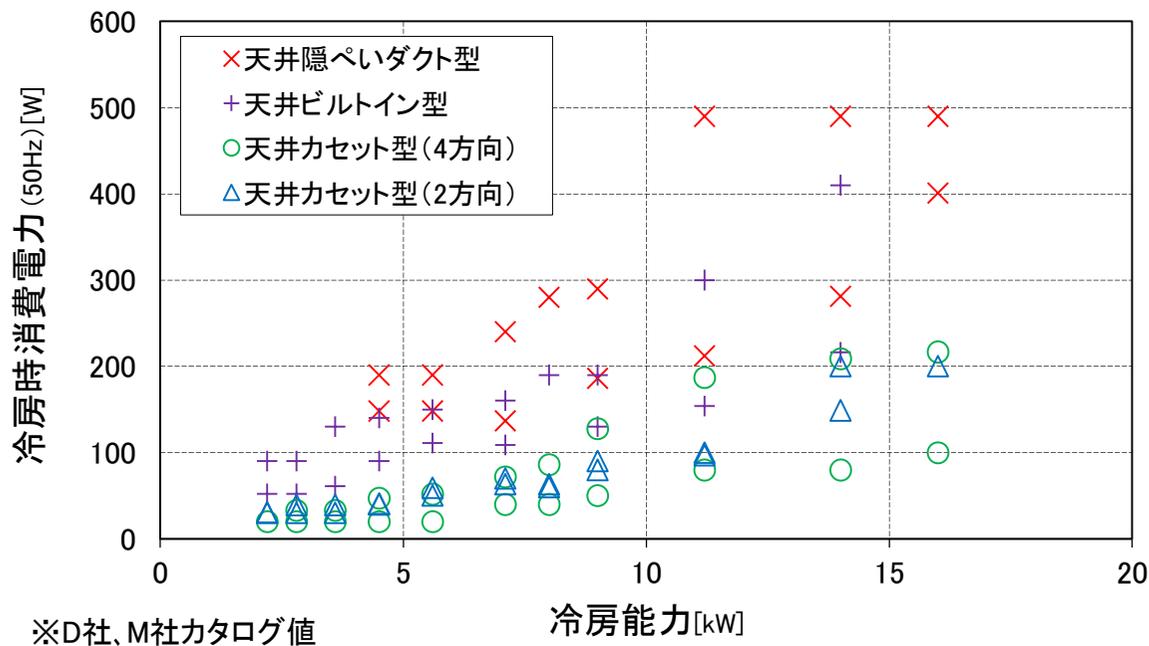
ノートパソコンの電力消費実測事例



プリント複合機の電力消費実測事例

- 事務室で使用される機器類（PCやプリント複合機）は、従来と比較して消費電力が小さくなっている。
- 仕様値で示される電力消費量は瞬時～短時間の値  
⇒ 空調の要件は一定時間の負荷積算値を処理すること

## 5. 計画・設計・運用ガイドラインの作成 設計段階のポイント 室内機選定時の留意点（室内機タイプ）



※D社、M社カタログ値

ビル用マルチ室内機の冷房能力と消費電力

- 同じ室内機能力の場合、一般的に、天井カセット型の方が天井隠ぺいダクト型よりもファン動力が小さい
- ⇒ 室の運用方法などの建築計画を含めて選定することが重要

## まとめ

- 温暖地の事務所での、冷暖切替型の空冷式ビル用マルチを対象とするガイドラインを作成
- 計画編、設計編、運用編で構成
- 昨今のCOVID-19対策についても省エネルギーと両立する方法について触れた

## 課題

- 設計実務者から要望のあった、冷暖同時型や再生可能熱エネルギーを利用できる水熱源ビル用マルチへの対応
- 急速に冷房化が進むと考えられるアジア蒸暑地域の学校に対応可能なガイドラインの拡張

ガイドライン全文と対外発表論文、プレゼン資料、発表動画はすべて弊社Webサイト (<http://www.satoh-er.com/>) で公開しています。