

脱炭素社会の実現へ向けた県有建築物Z E B化設計指針
活用マニュアル

静 岡 県

目次

1章 活用マニュアルの概要	1
1 活用マニュアルの目的	
2 活用マニュアルの使用者	
3 活用マニュアルの構成と使い方	
4 活用マニュアルの取扱い	
2章 ZEB化設計の進め方	3
1 ZEB化設計の前提となる考え方	
2 ZEBのデザインフロー	
3 ZEB化手法一覧	
4 省エネ・創エネ効果とコスト	
3章 ZEB化手法（No1～24）	11
4章 ZEB化シミュレーションの概要	77
【参考】ZEBに関わるガイドライン等	107

1章 活用マニュアルの概要

1 活用マニュアルの目的

- ・本マニュアルは、県有建築物の新築を対象とし、「脱炭素社会の実現へ向けた県有建築物ZEB*化設計指針（以下「指針」という。）」で整理したZEB化のための手法について、設計時のポイントや配慮事項等を示すことにより、効率的にZEB Ready以上（ $BEI \leq 0.5$ ）を達成することを目的とする。
- ・脱炭素社会の実現のためには、省エネルギーだけでなく、再生可能エネルギーを導入し、エネルギー収支がゼロとなる『ZEB』（ $BEI \leq 0$ ）を目指すことが必要であるが、本マニュアルでは、主に省エネルギーによりZEB Readyを達成する手法について解説する。

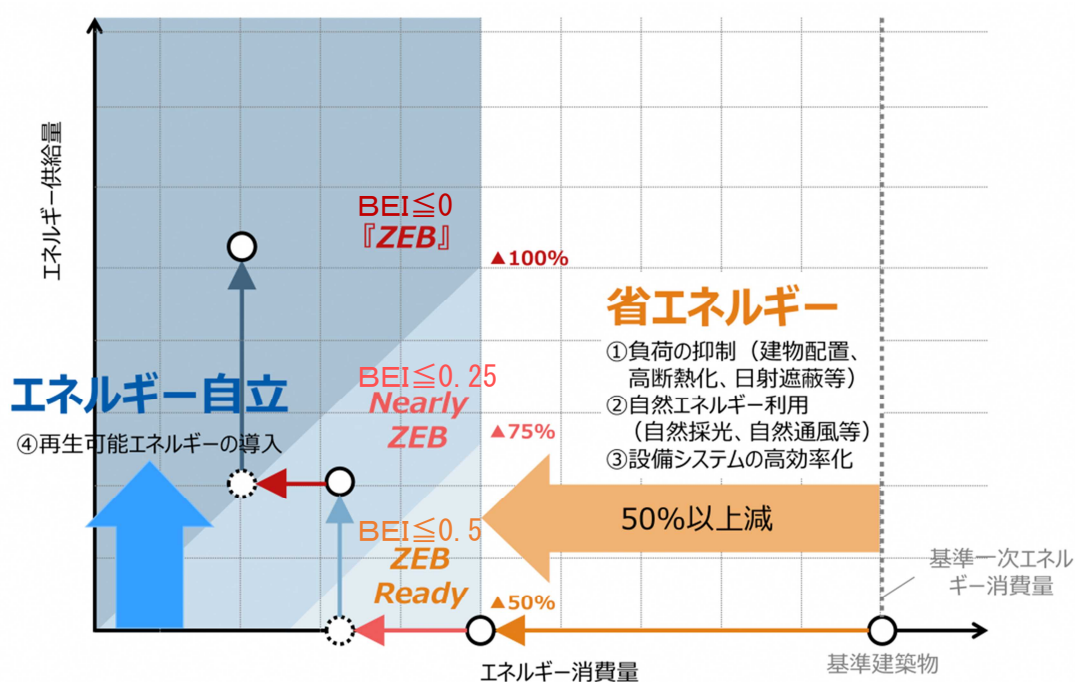


図 1-1 ZEBへのアプローチ(イメージ)

出典：これからの環境建築の方向性 ZEB設計ガイドライン〈ZEB Ready 中規模事務所編〉
編著 ZEBロードマップ フォローアップ委員会 を加工して作成

※ ZEBに関する基礎知識としては以下が参考になる。

<https://www.env.go.jp/earth/zeb/about/index.html>（環境省ZEBポータル）

また、ZEBの設計に関する既存のガイドライン等の資料については、本マニュアル最終項「参考ZEBに関するガイドライン等」の紹介資料が参考になる。

2 活用マニュアルの使用者

- ・ 県有建築物の設計に携わる建築士事務所又は県の担当者等であって、建築やZEBに関する一定の知識がある者が使用することを想定している。
- ・ また、県内市町又は民間が所有する建築物においても、本マニュアルが活用されることにより、ZEBの普及が促進されることを期待する。

3 活用マニュアルの構成と使い方

- ・ 2章では、ZEB化設計の進め方とZEB化に有効な手法について解説している。ZEB化に向けた基本的な進め方と重要な項目を確認されたい。
- ・ 3章では、指針及び本マニュアルの検討のため、今回行ったZEB化シミュレーション^{*1}の結果を交えて、ZEB化手法^{*2}について個別に解説している。特に、原則として導入する手法に **must**、省エネルギー計算では評価できないが運用時に省エネ効果がある手法に **未評価** のマークを付けて整理した。
- ・ 4章では、ZEB化シミュレーションの結果について、モデルごとの概要を紹介している。各ZEB化手法の省エネ効果や増額費用について参考とされたい。

4 活用マニュアルの取扱い

- ・ 本マニュアルを活用することにより、ZEB Readyが概ね達成できることを期待しているが、建物により条件が異なるため、あらゆる建物のZEB化を保証するものではないことに留意されたい。
- ・ 今後、新たな技術開発や、県有建築物のZEB化事例の増加による知見の蓄積を踏まえて、「静岡県庁温室効果ガス削減アクションプラン^{*3}」の目標である2030年までに見直し等を行うものとする。

※1 ZEB化シミュレーション

ZEB化されていない既存県有建築物をモデルとして実施した、ZEB化に必要な仕様とコストのシミュレーションを指す。

※2 ZEB化手法

ZEB化シミュレーションの結果を踏まえて整理した、県有建築物をZEB化するために採用すべき手法を指す。ZEB化手法は、汎用的で費用対効果が比較的高い手法であるため、規模・用途を区別せずに採用すべきものとして整理した。(表 2.3-1)

※3 静岡県庁温室効果ガス削減アクションプラン

県庁の事務事業について、温室効果ガスの削減目標や必要な取り組みを定めた計画。2030年度に温室効果ガスを2013年度比で55パーセント削減することを目標としている。(2023年3月策定)

2章 ZEB化設計の進め方

1 ZEB化設計の前提となる考え方

- ZEB化設計においては、建築物の一次エネルギー消費量に占める割合が大きい、空調設備の省エネ化が最も効果的である。(図 2. 1-1)

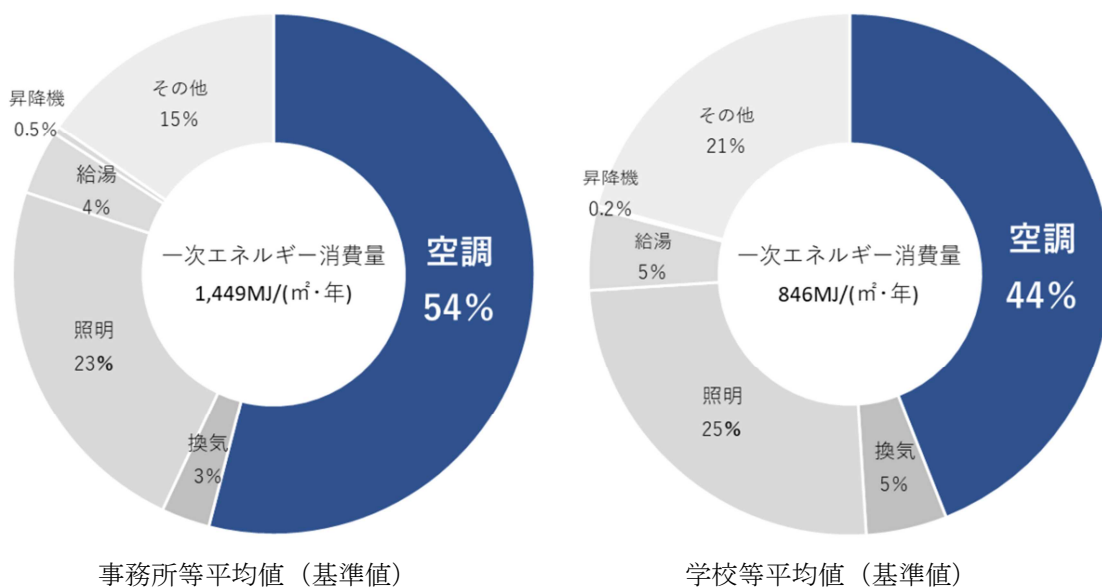


図 2. 1-1 ZEB化シミュレーションモデルにおける一次エネルギー消費量の構成

- 温暖な静岡県においては、冷房負荷を低減することで空調機容量がダウンサイジングでき、空調設備の省エネ化につながる。(寒冷な地域は除く。)(図 2. 1-2)
- 本マニュアルでは、冷房負荷を低減することにより、空調設備の一次エネルギー消費量を削減する方法に重点を置いて解説する。

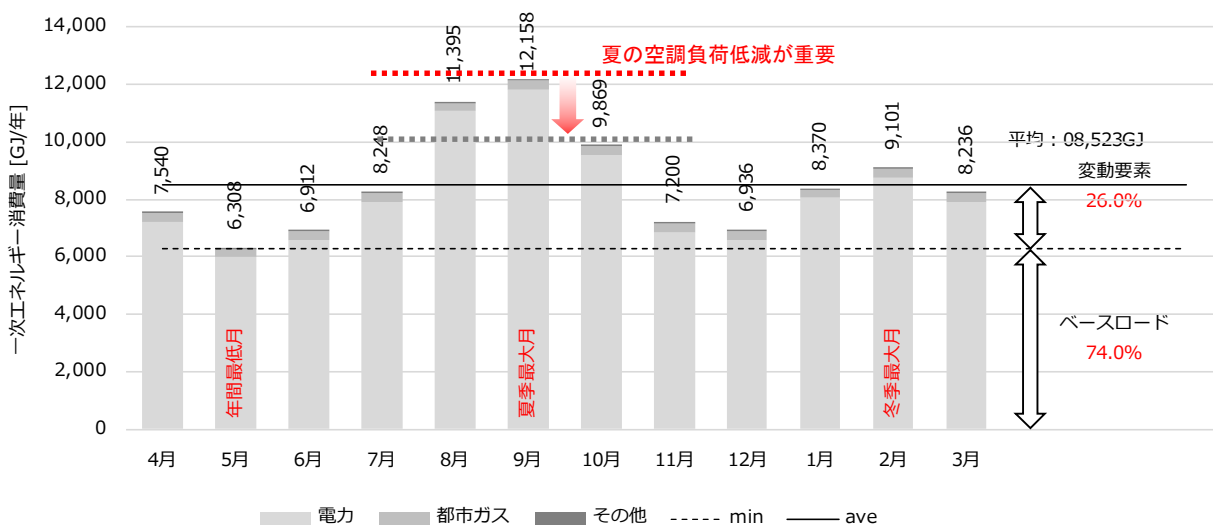


図 2. 1-2 一次エネルギー消費量の月別推移 (事務所等)

2 ZEBのデザインフロー

ZEB化設計は以下の手順で進めることとし、各役割を考慮したデザインフローを図 2.2-1 に示す。

なお、効果的にZEBを達成するためには、立地特性を活かしたパッシブデザイン^{*}の検討や、照度や換気量の最適化など、建築と設備の設計者が計画初期段階から協力して設計を進めることが重要である。

※ 断熱、日射遮蔽、自然換気、昼光利用といった建築計画的な手法

(1) 省エネと快適の両立を目指した目標の共有・建築計画

関係者間でZEB化の数値目標や室内環境の目標を共有し、建設地の気象条件や敷地特性を十分に把握した上で、日射の制御、自然通風や採光利用を考慮した建物配置、形状、窓の位置や大きさなどの建築計画の工夫による省エネ化を検討する。

(2) 空調機容量のダウンサイジング

建物の高断熱化及び日射の制御に加え、最適な設計条件の設定により、空調負荷を低減し、空調機容量をダウンサイジングする。

ただし、建物利用者の健康維持や生産性の低下に影響を及ぼすことがあるため、室内環境の快適性にも留意が必要である。

(3) 設備の高効率化と制御

高効率な空調機器等の選定、照明制御の導入等により、設備やシステムの高効率化を行う。

(4) 再生可能エネルギー

より多くの太陽光発電設備等を設置できるよう計画する。

(5) エネルギー管理

設計時に想定した省エネ性能等を維持し、実情に合わせた運用へのフィードバックを行うため、エネルギー計測等を行う管理システムを導入する。

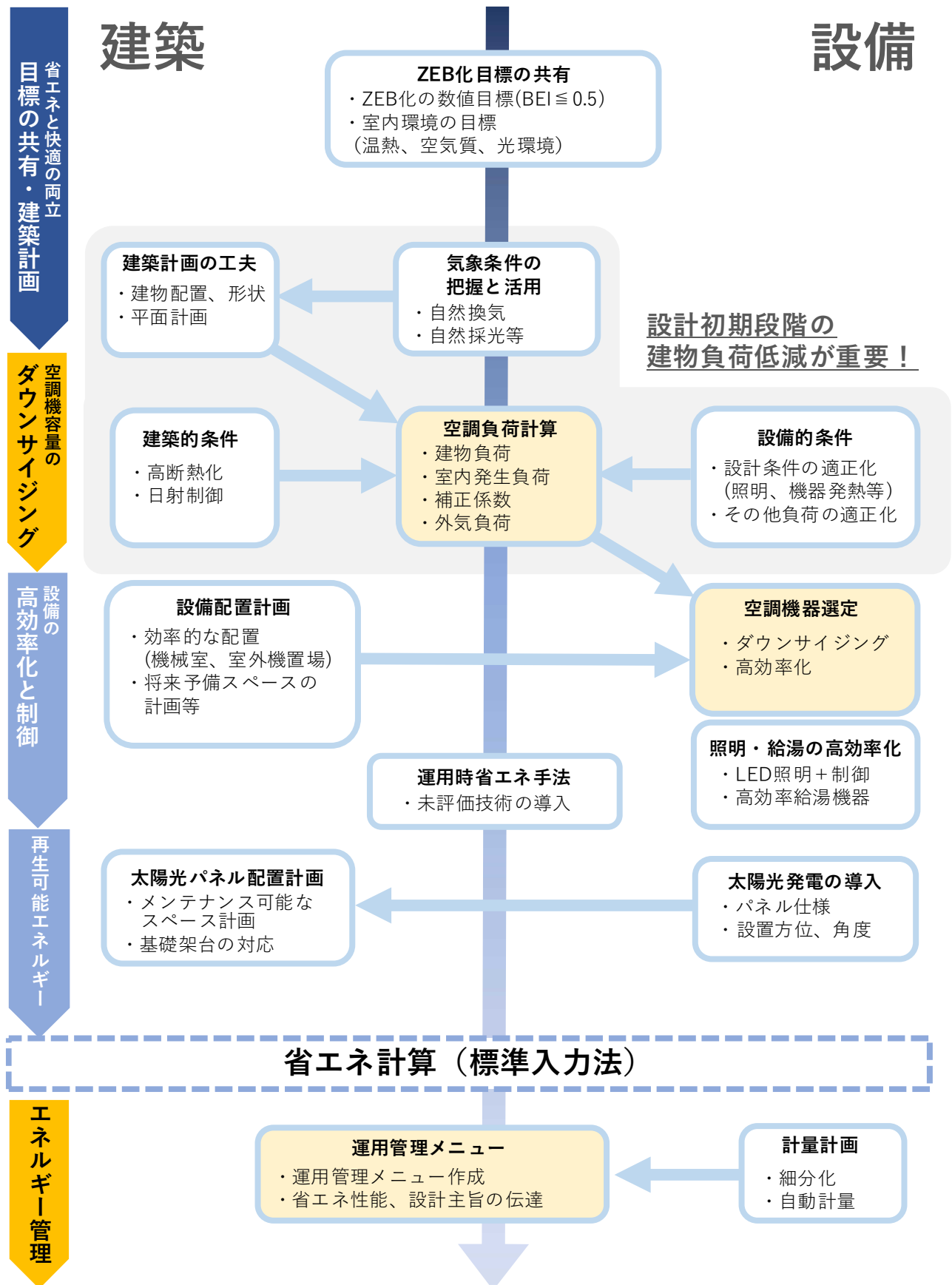


図 2.2-1 ZEBのデザインフロー

3 ZEB化手法一覧

ZEBのデザインフロー図 2.2-1 に対応したZEB化手法等の一覧を表 2.3-1 に示す。ZEB化手法ごとに、「原則として導入」又は「施設特性に応じて導入」するものの区分と、ZEB化の目的区分を合わせて整理している。

<目的区分>

- ・ 負荷低減：設備機器の容量を小さくする
- ・ 高効率化：設備機器の省エネ性能を上げる
- ・ 制御・他：設備機器の稼働時間を短くする、その他の省エネ、再エネ等

また、導入したZEB化手法が具体的にどこに反映されるかについて、アウトプット先を参考に示す。

各手法については3章で解説する。特に、「原則として導入する手法」に **must**、「運用時省エネ手法（未評価技術）」に **未評価** のマークを付けて整理した。

表 2.3-1 ZEB化手法一覧

●：原則として導入、○：施設特性等に応じて導入
赤字：運用時省エネ手法（未評価技術）

区分	ZEB化手法	内容	目的区分			→ アウトプット		
			負荷低減	高効率化	制御・他	空調負荷計算	省エネ計算（標準入力）	
建築計画の検討 (省エネ+快適)	1 室内環境の目標	温熱、空気質						
	2 気象条件の把握と活用	計画地の気象条件の調査・把握						
	3 建築計画の工夫	東西に長い建物形状（南北に長い場合は東西日射を遮へい）	コアや非空調室を東西南面に配置	○			構造体・ガラス	C1 共通条件
		4 自然換気	中間期の卓越風を活かした風力換気 自然換気システム(煙突効果、自動開閉窓、換気有効ランプ等)	●			-	-
	5 自然採光	窓配置による自然採光（北面採光等）	自然採光システム(ライトシェルフ等と照明制御の併用)	○			-	-
6 空調負荷計算		各負荷を適正に算出し、空調機容量を最適化	●					
空調機容量の ダウン サイジング	7 高断熱化	屋根断熱（熱貫流率：0.5W/(㎡・K)以下）	●			構造体	C2 空調和	
		外壁断熱（熱貫流率：0.7W/(㎡・K)以下）	●			構造体	C2 空調和	
		床断熱（熱貫流率：0.4W/(㎡・K)以下）	●			構造体	C2 空調和	
		北面：複層ガラス（熱貫流率：3.3W/(㎡・K)以下）	●			構造体	C2 空調和	
		東西南面：Low-E複層 ガラス(熱貫流率：2.6W/(㎡・K)以下)	●			構造体	C2 空調和	
	8 日射制御	北面：複層ガラス（日射熱取得率：0.79以下）+ブラインド等	●			ガラス面日射	C2 空調和	
		東西南面：Low-E複層ガラス(日射熱取得率：0.4以下)+ブラインド等	●			ガラス面日射	C2 空調和	
		東西南面：庇、ルーバー等	●			ガラス面日射	C2 空調和	
		窓面積率30%以下	○			ガラス面日射	C2 空調和	
	9 設計条件の最適化	照明負荷：10W/㎡程度（事務室等）	●			室内	C2 空調和	
機器発熱負荷：20W/㎡程度（事務室等）		●			室内	C2 空調和		
適切な換気量の設定					室内	C2 空調和		
個別空調かつ天井カセット型の場合は、ダクト余裕係数：1.0		●			外気	C2 空調和		
10 全熱交換器付換気扇	個別空調の場合は、送風機負荷係数：1.0	●			室内	C2 空調和		
	空調対象室には全熱交換器付換気扇	●			外気	C2 空調和		
	自動換気切替機能（中間期バイパス運転）			●	-	-		
	手元リモコン個別操作+集中リモコン遠方管理			●	-	-		
	24H換気設備の不在時弱運転切り替え制御			●	-	-		

●：原則として導入、○：施設特性等に応じて導入
赤字：運用時省エネ手法（未評価技術）

区分	ZEB化手法	内 容	目的区分			→アウトプット		
			負 荷 低 減	高 効 率 化	制 御 ・ 他	空調 負 荷 計 算	省エネ 計 算 (標準入力)	
設備の 高効率化 と制御	11 中央熱源方式 熱源の高効率化	高効率な機種		●		-	C2 空気調和	
		台数制御			●	-	C2 空気調和	
		インバータ制御（回転数制御）			●	-	C2 空気調和	
		大温度差送水制御（温度差10℃程度）			●	-	C2 空気調和	
		高効率モータ（ポンプ容量が小さい場合は除く）		○		-	-	
		変流量制御			○	-	-	
	12 中央熱源方式 空調機の高効率化	出力0.75kw以上の場合は高効率電動機			●		-	C2 空気調和
		風量制御方式は、回転数制御（インバータ制御）			●		-	C2 空気調和
		空調ゾーン毎に変風量ユニット（VAV）			●		-	C2 空気調和
		予熱時外気取り入れ停止（ウォームアップ制御）			●		-	C2 空気調和
		外気冷房制御			●		-	C2 空気調和
		全熱交換器＋自動換気切替機能			●		外気	-
	13 個別熱源方式 熱源・空調機の高効率化	ビルマルは効率の高い冷暖切替機種（冷暖同時供給無）			●		-	C2 空気調和
		ビルマルの室外機容量は当該系統ピーク時間の負荷合計値で選定	●				-	C2 空気調和
		室外機置場は空調対象室に近い場所に計画	●				-	C2 空気調和
		廊下と居室は、室外機を別系統で計画	●				-	C2 空気調和
		室内機は天井カセット型			●		-	C2 空気調和
		手元リモコン個別操作＋集中リモコン遠方管理			●		-	-
	14 換気システムの高効率化	出力0.75kw以上の場合は高効率電動機を採用			●		-	C3 機械換気
		出力0.75kw以上の場合は風量調整用インバータ付き			●		-	C3 機械換気
		天井換気扇等の小型機器はDCブラシレスモータ			●		-	C3 機械換気
		熱除去が必要な電気室等は送風量制御（温度制御）			●		-	C3 機械換気
		空調機械室には単独の機械換気設備は設けない		○			-	C3 機械換気
	15 CO2濃度による外気量制御	全熱交換器付換気扇はCO2センサー付き			●		-	-
	16 照度条件の最適化	全てLED照明			●		室内	C4 照明
		照度は居室：500lx程度（事務室等）、廊下：100lx程度	●				室内	C4 照明
		省エネ計算において室指数を入力			●		-	C4 照明
	17 照明システムの制御	在室検知制御			●		-	C4 照明
明るさ検知制御				●		-	C4 照明	
タイムスケジュール制御				●		-	C4 照明	
初期照度補正機能				●		-	C4 照明	
18 照明ゾーニングの工夫	必要箇所のみ点灯・調光できる照明計画			●		-	-	
19 給湯システムの高効率化	給湯量：大、日変動湯量：小の場合は、ヒートポンプ給湯機			●		-	C5 給湯	
	洗面等には自動給湯栓	●				-	C5 給湯	
	浴室には節湯シャワーヘッド（節湯B1）	●				-	C5 給湯	
	給湯配管の保温	●				-	C5 給湯	
20 昇降機の高効率化	VVVF制御方式・ギアレス巻上機			●		-	C6 昇降機	
	かご内照明はLED照明			●		-	-	
	かご内照明・空調の不使用时停止制御			●		-	-	
	複数台設置する場合は、夜間・休日の間引き運転制御			●		-	-	
運用時 の省エネ	21 運用時省エネ手法 （未評価技術）	当該手法の中から1つ以上（上記15及び18の手法除く。）を採用		●		-	-	
再生可能 エネ導入	22 太陽光発電設備	より多くの太陽光発電設備を計画			●	-	C7太陽光	
		建築対応（架台基礎設置、防水仕様、耐荷重計算） 設備対応（受変電設備への配管、受変電設備に逆潮流リレー・予備ブレーカー設置）			●	-	-	
エネルギー 管理	23 計量の細分化と 自動計量の導入	省エネ計算の設備区分でエネルギー使用量を計測・収集 計測単位は60分単位			●	-	-	
	24 設計意図伝達	運用時評価項目は設計者が施設管理者と協議して計画 エネルギー管理に関する管理目標等を定めた資料を作成			●	-	-	

4 省エネ・創エネ効果とコスト

ZEB化シミュレーションの結果として得られたZEB化手法の省エネ・創エネ効果とイニシャルコストの影響を図 2.4-1、2.4-2 に示す。基本設計段階等における、ZEB化による効果やコストの目安とされたい。

なお、ZEB化シミュレーションを行ったモデルは以下のとおり。詳細は4章に記載する。

表 2.4-1 ZEB化検討を実施した6モデル

省エネ法 用途*	モデル	完成 年	構造	階 数	延床 面積 (㎡)	地域 区分	空調設備	
							熱源	空調
事務所等	庁舎	H15	R C	4	4,189	6	中央	ファンコイルユニット
	警察署	R 3	R C	4	3,310	6	個別	ヒールマル(EHP)
学校等	高等学校 1	R 5	S	5	5,316	7	個別	ヒールマル(EHP)
	高等学校 2	H26	S	4	9,805	6	個別	ヒールマル(GHP)
	特別支援学校	R 3	S	4	7,271	6	個別	ヒールマル(EHP)

※ 建築物省エネ法の基準省令で定められた用途を示す。

(1) 事務所等モデルの特徴

- ・一次エネルギー消費量削減効果は空調が最も高く、次が照明であった。
なお、原設計においてLED照明は採用済みである。
- ・イニシャルコスト増額率は、太陽光発電設備を除き3%程度の増加となった。
- ・太陽光発電設備は他のZEB化手法に比べ比較的高いコストが高いため、まずは省エネによる一次エネルギー消費量の削減を優先すべきであることが分かる。

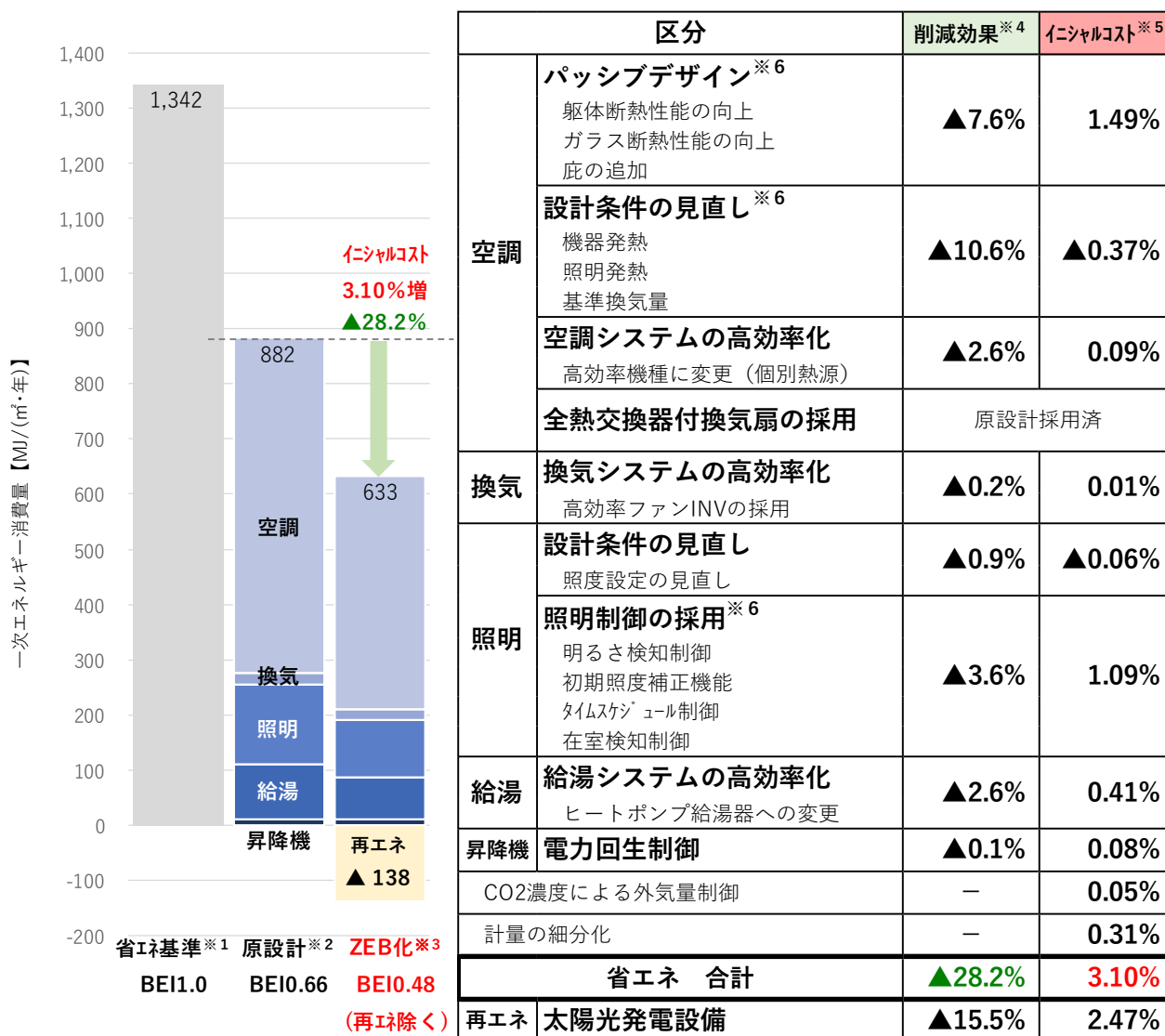


図 2.4-1 一次エネルギー消費量削減効果とイニシャルコスト増額率（事務所等モデルの例）

- ※1 建築物省エネ法に基づく、省エネルギー計算（標準入力法）において算出される基準一次エネルギー消費量（MJ/(m²・年)）を指す。なお、省エネ基準における建築・設備仕様を「基準仕様」と記す。
- ※2 原設計での一次エネルギー消費量（MJ/(m²・年)）を指す。現在標準仕様となっているLED照明については、全モデル共通で原設計において採用している前提で計算した。なお、原設計での建築・設備仕様を以後「原設計仕様」と記す。
- ※3 ZEB化シミュレーションの結果、算出された一次エネルギー消費量（MJ/(m²・年)）を指す。なお、その際に想定した建築・設備仕様を以後「ZEB化仕様」と記す。
- ※4 原設計からの一次エネルギー消費量の削減率を示す。
- ※5 原設計からのイニシャルコスト増額率を示す。
- ※6 パッシブデザイン及び設計条件の見直しによる削減効果は、空調機容量がダウンサイジングできたことによる効果を示す。

(2) 学校等モデルの特徴

- ・設計一次エネルギー消費量削減効果は空調が最も高く、次が照明であった。
なお、原設計においてLED照明は採用済みである。
- ・イニシャルコスト増額率は、太陽光設備を除き4%程度の増加となる。

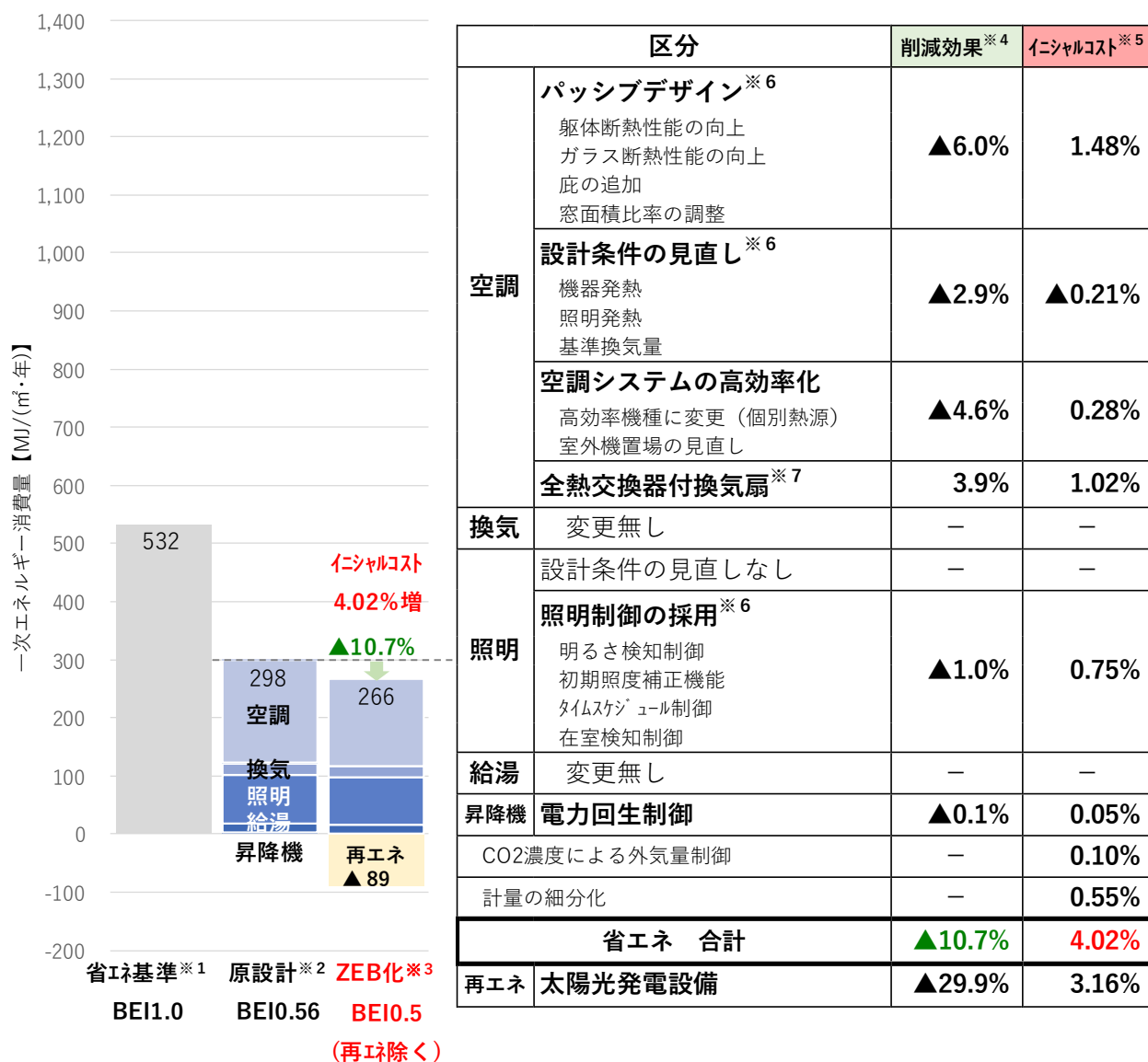


図 2.4-2 一次エネルギー消費量の削減効果とイニシャルコスト増額率（学校等モデルの例）

※7 本削減効果は、省エネルギー計算（標準入力法）による結果である。本指針のZEB化手法では運用時の更なる省エネ化を図るため、CO2濃度制御を行うこととしている。

3章 ZEB化手法

No 1 省エネと快適の両立を目指した目標設定・建築計画

室内環境の目標 (温熱、空気質)

1 概要

ZEBの実現には、室内環境の質を維持しながら、省エネ化する必要がある。

室内環境の目標は、建物用途や規模に応じて「建築物における衛生的環境の確保に関する法律（以下「ビル管理法」という。）」又は「学校環境衛生基準（文部科学省）」を参考に設定する。（表 3.1-1）

表 3.1-1 室内環境の基準

区分	ビル管理法 ^{※1}	学校環境衛生基準 ^{※2}
浮遊粉じんの量	0.15mg/m ³ 以下	0.10mg/m ³ 以下
一酸化炭素の含有率	6ppm 以下	6ppm 以下
二酸化炭素の含有率	1000ppm 以下	1500ppm 以下
温度 ^{※3}	18℃以上 28℃以下	18℃以上 28℃以下
相対湿度	40%以上 70%以下	30%以上 80%以下
気流	0.5m/秒以下	0.5m/秒以下
ホルムアルデヒドの量	0.1mg/m ³ 以下	0.1 mg/m ³ 以下

※1 ビル管理法の対象建物

興行場、百貨店、店舗、事務所、学校、共同住宅等の用に供される相当程度の規模を有する建築物で、多数の者が使用し、かつ、その維持管理について環境衛生上特に配慮が必要なものとして政令で定めるもの。

※2 学校環境衛生基準の対象建物

学校教育法第1条に規定する学校等。ただし、1棟あたりの延べ面積が学校教育法第1条に規定する学校及び幼保連携型認定こども園は8,000 m²以上、専修学校は3,000 m²以上となる場合は、ビル管理法の基準に従う。学校環境衛生基準と同じ項目についての基準値は、厳しい方を遵守する。

※3 環境省 COOLBIZ では、「最適な室温」の目安を28℃（室温の上限としての目安）としている。

参考：

https://ondankataisaku.env.go.jp/coolchoice/coolbiz/sp/article/2020_action_detail_004.html

2 設計上のポイント

・室内環境の質を維持するために必要な対応等を以下に示す。

表 3.1-2 室内環境の質に係る必要な対応

区分	必要な対応	共通
浮遊粉じんの量	・換気量の確保 ・フィルターの設置	定期的な室内環境 の確認
一酸化炭素の含有率	・換気量の確保	
二酸化炭素の含有率		
ホルムアルデヒドの含有率		
温度	・空調機器の選定	
相対湿度		
気流	・吹出し風量の抑制（吹出し口の分散配置等）	

気象条件の把握と活用

1 概要

静岡県は全国的にみると温暖な気候に恵まれ、日照時間が長い特徴がある。

一方、本県には標高の低い沿岸部と標高の高い山間部があり、気温や日照時間に差がみられるため、建設地の気象条件を適切に把握し、省エネ化に上手く活用する必要がある。(図 3.2-1)

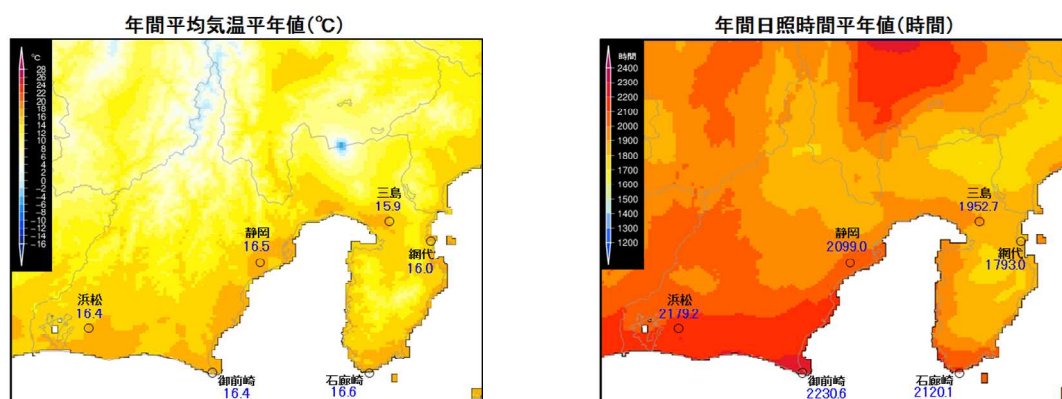


図 3.2-1 静岡県の気温、日照時間の地域分布

出典：静岡地方気象台 HP「静岡県の気候特性」2022. 3. 9 アクセス

https://www.data.jma.go.jp/shizuoka/shosai/tokusei_we/tokusei_we.htm

2 設計上のポイント

■ 気象条件の把握（気象データの確認）

- 参考となる参照先を下記に示す。

自立循環型住宅気象データ

<https://www.jjj-design.org/jjj/jjj-kishoudata.html>

建築設計用気象データ <https://climate.archlab.jp/#/>

■ 気象条件の活用

(1) 温暖な気候

- 年間を通して自然換気や外気冷房を利用できる期間が長く、これらの自然エネルギーを積極的に活用することにより、運用時の省エネ化を図る。

(2) 長い日照時間

- 夏の強い陽射しは遮り、冬の暖かい陽射しは室内に取り込むことができる庇等により、日射遮蔽・取得対策を行うことで、運用時の省エネ効果の増加や快適性の向上を図ることができる。
- また、全国的にみると日照時間が長いいため、太陽光発電設備の設置にも適した地域であるため、設置面積の最大化のための工夫が重要である。

(3) その他（卓越風など）

- 中間期における卓越風の風向や風速を活かした自然換気を行い、運用時の省エネ化を図る。

建築計画の工夫（方位・形状等の配慮）

1 概要

計画の初期段階から、建築と設備の設計者が協力し、気象条件やZEB化に向けた数値目標、予算などの情報を整理・共有し、導入するZEB化手法を検討することが重要である。

特に、基本計画を検討する段階から、建物配置、方位・形状や平面プランを工夫することで、熱負荷の低減及び自然通風の利用により空調エネルギーを低減でき、また自然採光の利用により照明エネルギーを低減できる。

なお、建物配置等が決まる要因は、敷地形状・動線計画・建物用途・採光・防災計画等多岐に渡るため、エネルギーの低減だけでなく総合的な判断が必要である。

2 設計上のポイント

■ 建物配置、方位・形状の工夫

- ・東西面を狭くすることで、特に夏期に東西の低い角度から入る日射の影響を受けにくくなることから、冷房時の日射負荷を低減できる。(図 3. 3-1)
- ・南面を広くとることで、一年を通じて安定した自然採光が可能になるとともに、南面の開口部には水平ルーバーや庇を設置することにより、夏期・中間期の強い日差しを遮ることで日射負荷を低減できる。
- ・南北方向に長い配置とする場合は、東西面からの日射負荷を低減するため、縦ルーバー等を設置する。(図 3. 3-1)

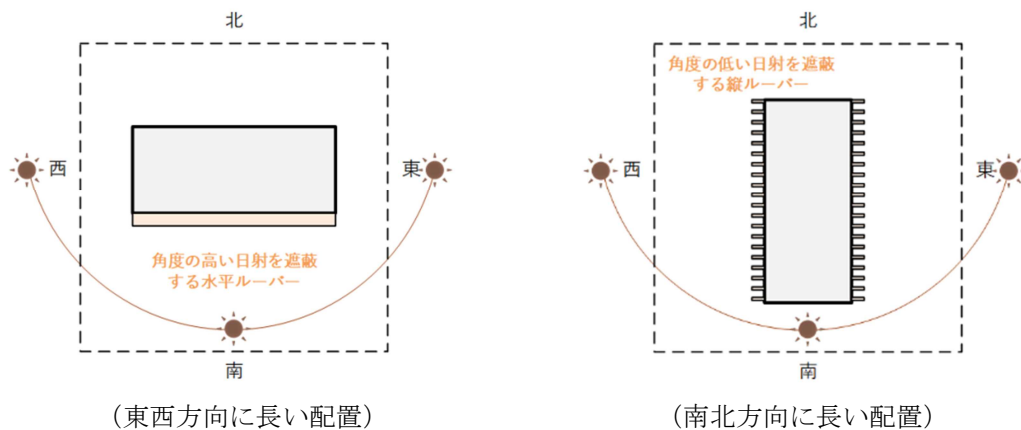


図 3. 3-1 建物配置イメージ

■ 平面プランの工夫

- ・可能な限りコアや非空調室（温度コントロールが不要な機械室、階段、便所、廊下等）を外壁側に配置することで熱負荷を低減する。
- ・卓越風の風上側に人の出入り頻度が多いエントランス等を設けないよう配慮することで、隙間風流入による空調期間における外気負荷を低減できる。

【参考】建築計画の工夫例

静岡ガス本社ビル（建設地：静岡市、竣工年：2013年）は、東西に長い建物配置により、熱負荷の低減及び自然採光の利用に配慮した計画となっている。さらに、東西面には低い日射を防ぐ縦ルーバーがデザインされ、日差しを遮りながらも開放性を確保した執務空間が計画されている。

空調を行わない階段室、機械室等のコアを南側外壁部に集約することで、南面からの日射負荷が低減され、北側ガラスファサードに面した事務スペースは、北面採光により日射負荷は小さいながらも、年間を通じて安定した自然採光が室内に導かれ照明一次エネルギー消費量の低減が図られている。（図 3.3-2）

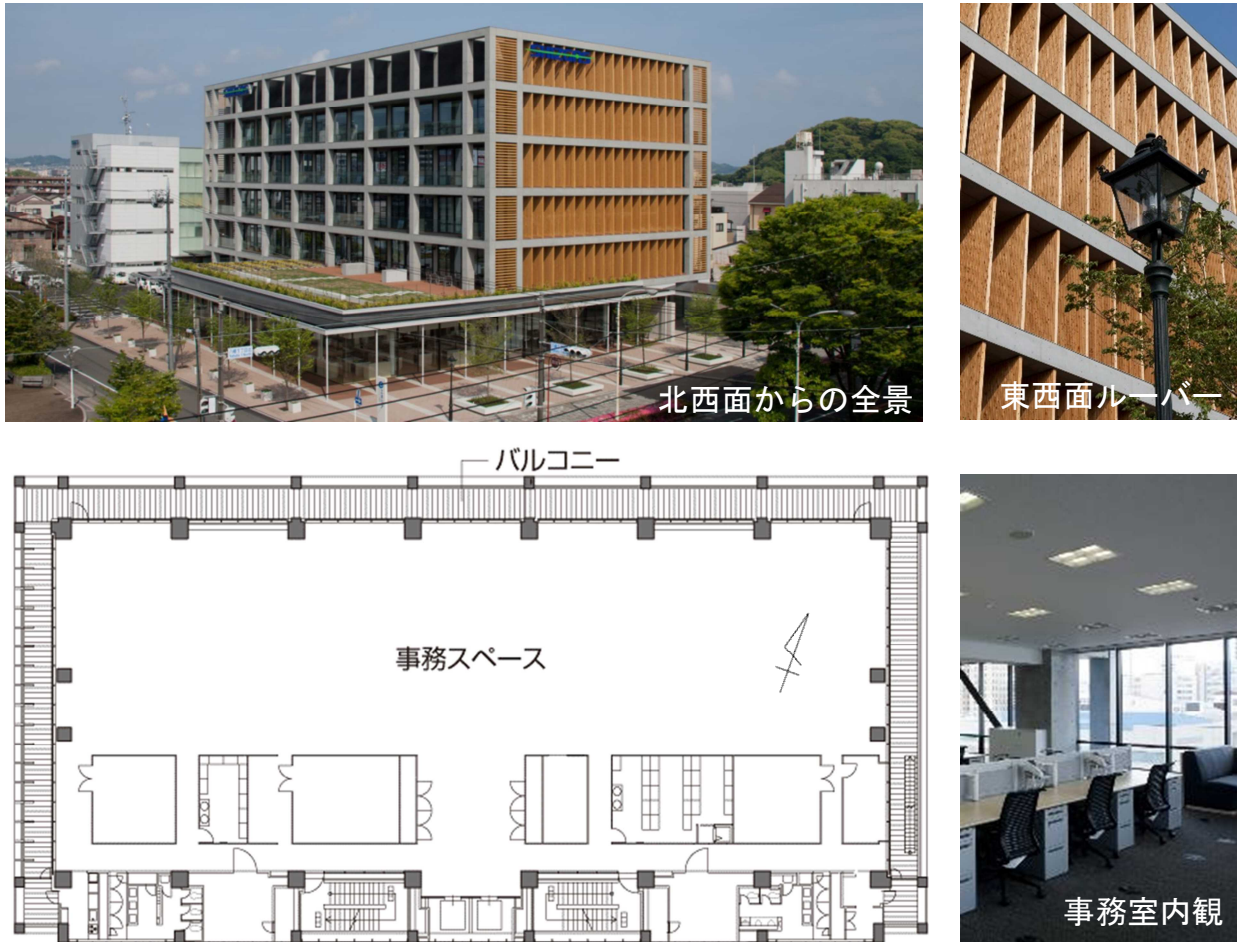


図 3.3-2 静岡ガス本社ビルの建築計画事例

自然換気

1 概要

窓開け等により積極的に自然換気を促すことで、主に中間期の冷房負荷や換気設備の消費電力を低減できるほか、災害時等の停電時に窓開け換気ができることで、建物のレジリエンス強化にもつながる。自然換気の方式は以下のとおり。

(1) 建物にかかる風圧の利用（風力換気）

建物に風が当たると、風上では正圧、風下では負圧が生じる。窓があれば、この風圧が通風の起動力となる。正圧の大きな位置に風の流入口、負圧の大きい位置に流出口を設けることが効果的である。

(2) 煙突効果の利用（温度差換気）

暖められた空気は軽くなり上昇する。これを煙突効果と呼ぶ。階段室や吹き抜け空間を風の道として利用するなどの工夫により、風がない時にも温度差換気が期待できる。

(3) ベンチュリー効果の利用（誘引換気）

風が越屋根や風見塔を通り抜ける際に生ずる誘引効果（ベンチュリー効果）によって、室内の空気を排出し、外気を取り込む。

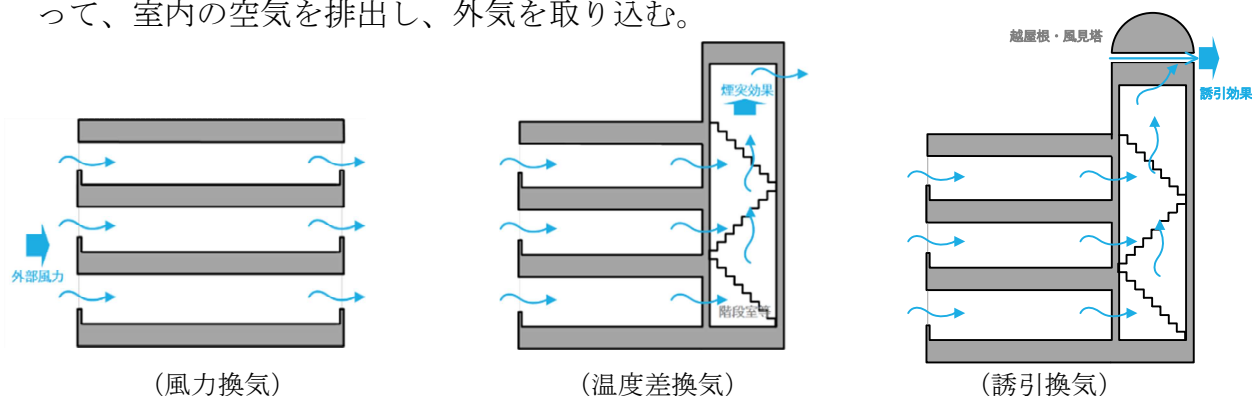


図 3.4-1 自然換気の方式

2 設計上のポイント

■ 中間期の卓越風を生かした風力換気 **must**

- ・ 中小規模の建物では風力換気が最も使いやすい自然換気の手法である。外壁に面する居室には手動で開放できる窓又は換気スリット等を設け、換気経路を確保する。特に、学校建築の場合、教室や廊下の外壁側に欄間窓を、教室と廊下間の仕切り壁に欄間窓又は地窓を設けるなど強風時に書類が飛散しない工夫の方法がある。
- ・ 事務所等モデルの事務室において、自然換気を活用し、中間期に空調を停止した場合、空調一次エネルギー消費量は、ZEB化仕様から更に年間3%程度削減できる。（窓開けによる風力換気の換気回数を2回/hと想定した場合）
- ・ 中間期における卓越風の風向や風速の調査・確認を行い、卓越風を取り入れやすい建物の形状、配置、開口部の位置・大きさとなるよう計画する。併せて、実行性のある自然換気とするため、強風、雨仕舞い、防虫対策等についても工夫する。一例として、静岡市では5～6月は北東又は南の風、10～11月は北東の風となる

ことから、北東及び南面に窓を多く設けることが中間期の冷房負荷の低減に効果的である。(図 3.4-2)

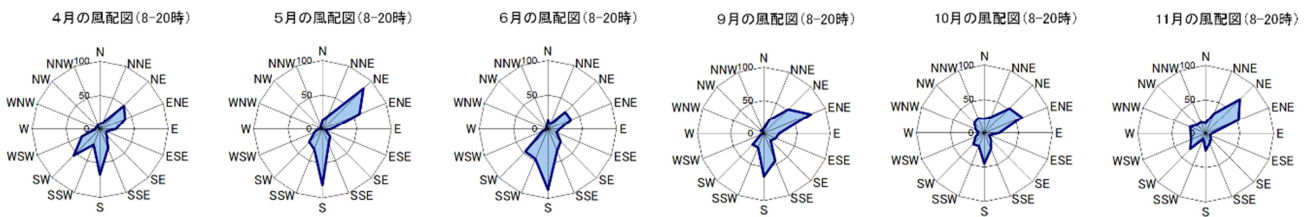


図 3.4-2 静岡市の風配図 (8:00~20:00)

出典：拡張アメダス気象データ (日本建築学会) の 2010 年標準年データより作成

【参考】自然換気システムの事例 未評価

静岡ガス本社ビル (静岡市、2013 年竣工) では、風力換気と温度差換気を組み合わせた自然換気システムが導入されている。

中間期の北東向きの卓越風を効果的に取り入れるため、北東面に手動開閉式の給気口を設けている。また、南側コアの階段室から屋上に風が抜ける通風ルートを設定している。

さらに、自然換気有効ランプを設置し、温度、湿度、降雨、風速等を計測し、自然換気に適していることを利用者に知らせることで、実効性を上げる工夫がされている。

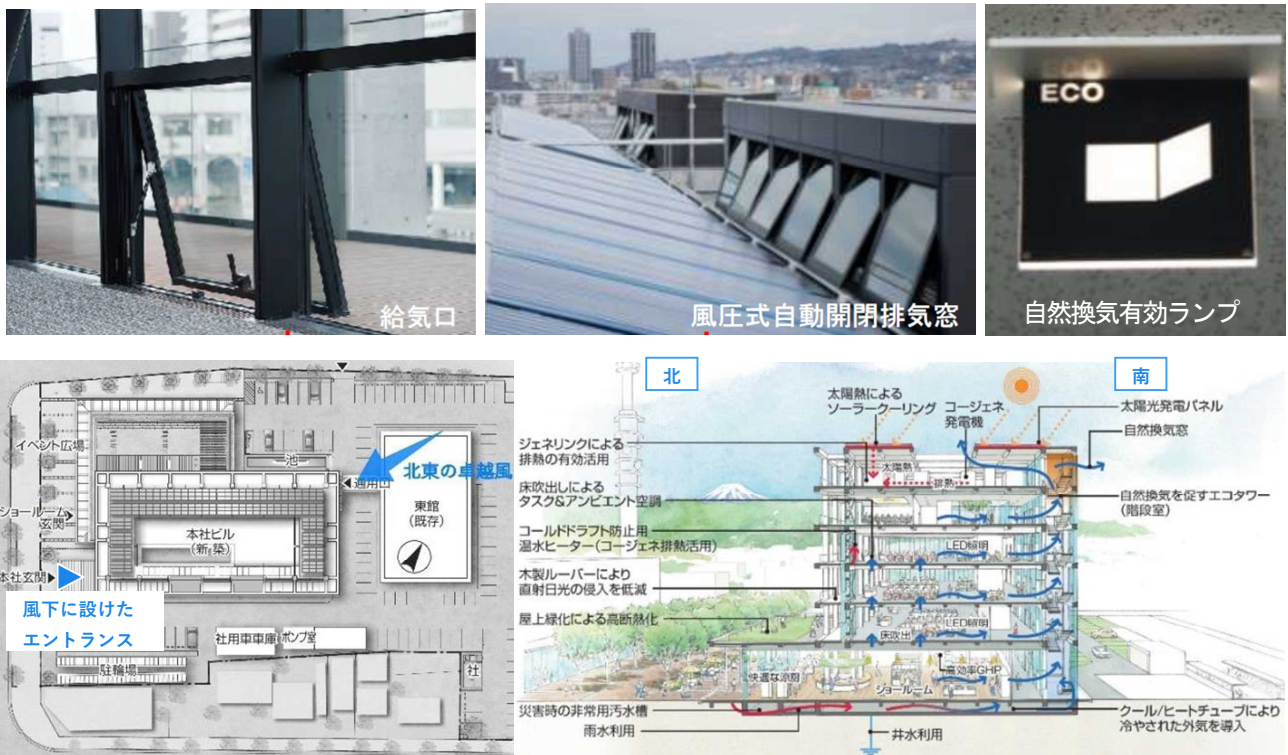


図 3.4-3 静岡ガス本社ビルの自然換気計画の例

自然採光

1 概要

建物の一次エネルギー消費量のうち、照明は25%程度と大きな割合を占める。

日照時間が長い本県では、自然採光を積極的に利用し、併せて照明の制御を行なうことで、運用時の照明一次エネルギー消費量を効率的に削減できる。

自然採光は天候等に左右される不安定な面もあることから、最大限に利用しつつ、光環境を安定させるためには、明るさ検知制御を活用し、室内照度を一定にコントロールする必要がある。

一方で、採光のために開口部を設けることは、日射の侵入及び断熱性能の低下による空調負荷の増加につながるため、夏の日差しを遮るブラインドや庇、Low-E ガラスの採用等の日射制御 **No8** 及び高断熱化 **No7** を併せて検討する必要がある。

2 設計上のポイント

■ 窓配置による自然採光 **未評価**

(1) トップライト (図 3.5-1)

- ・廊下等にトップライトを設け、照明を点滅制御することで、照明一次エネルギー消費量を低減できる。

(2) 北面採光 (図 3.5-2)

- ・直射日光が少ない北面は年間を通して安定して採光を確保することができる。学校などで教室と廊下の間仕切り壁に側窓を設けることで、北面に面する廊下の採光を教室内まで導くことができる。

(3) ライトシェルフ (図 3.5-3)

- ・自然の光を窓際に設けた水平パネルで反射させ、部屋の奥へ導く手法である。開口面積を大きくすることなく室内に効率よく多くの自然採光を取り入れることができる。直射日光を遮る水平庇と兼ねることもでき南面の開口部で活用しやすい。



図 3.5-1 高等学校における廊下トップライトの事例



図 3.5-2 高等学校における北面廊下からの採光の事例

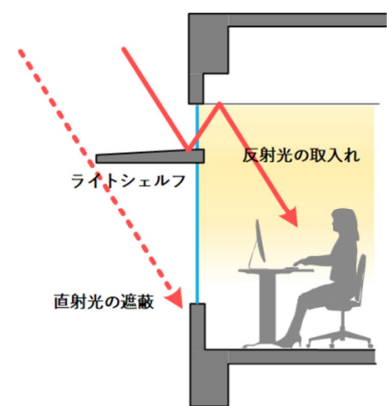


図 3.5-3 ライトシェルフの概要

【参考】自然採光システムの事例 未評価

瑞浪北中学校（岐阜県瑞浪市、2019年竣工）では、積極的に自然採光を取り入れる工夫がなされている。（図 3.5-4）

全ての普通教室は、自然採光を取り入れやすい最上階に配置されており、北面採光とすることで年間を通じて安定した採光を確保している。

また、中間階の南面にはライトシェルフを設けることで、強い直射日光を防ぎながらも、柔らかな反射光を室内に取り入れる工夫がなされている。併せて明るさ検知制御を採用することで、室内照度を一定にコントロールしつつ、自然採光を最大限に活用し、運用時の照明一次エネルギー消費量を効率的に削減している。

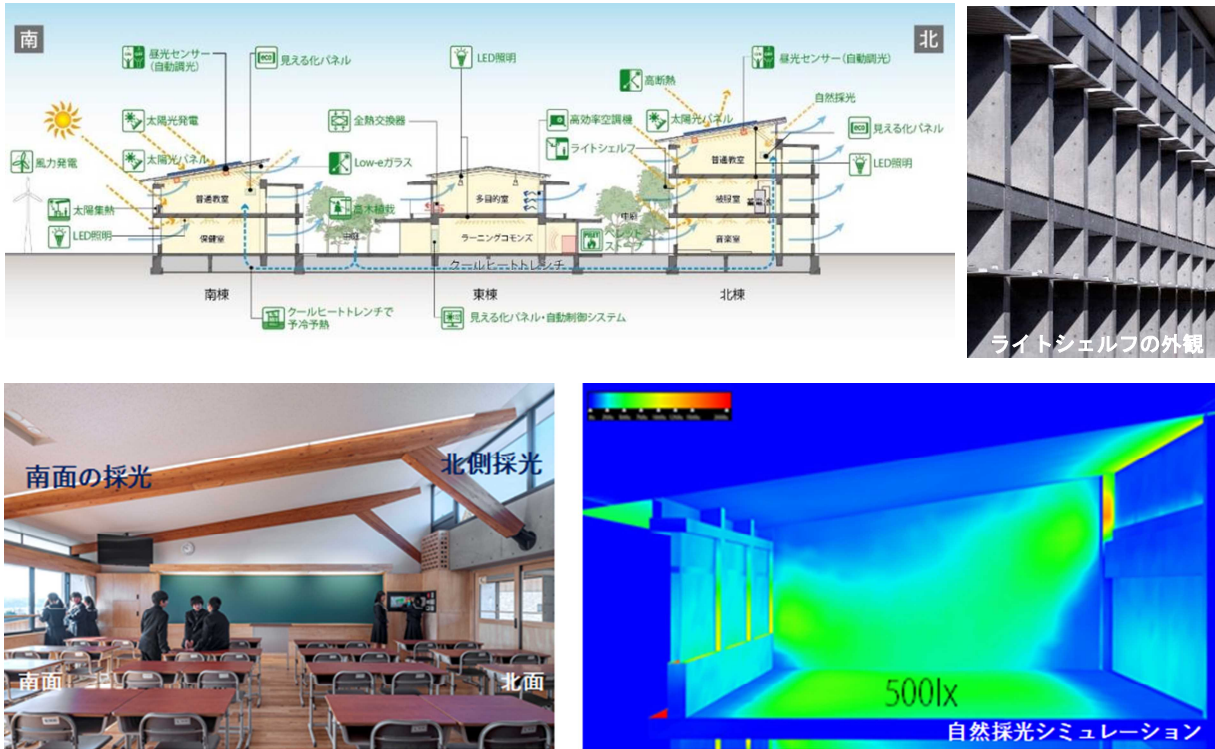


図 3.5-4 瑞浪北中学校の採光計画の事例

この他、自然採光を効果的に反射・拡散させて、部屋の奥まで導く技術として、グラデーショナルブラインドや採光フィルムなどがある。グラデーショナルブラインドは、羽根の角度がブラインドの上から下へ徐々に閉じていく仕様となっており、上部の羽根は、自然採光を緩角度で部屋奥へ、下部の羽根は急角度で天井に反射させ効率よく室内に導くものである。（図 3.5-5）

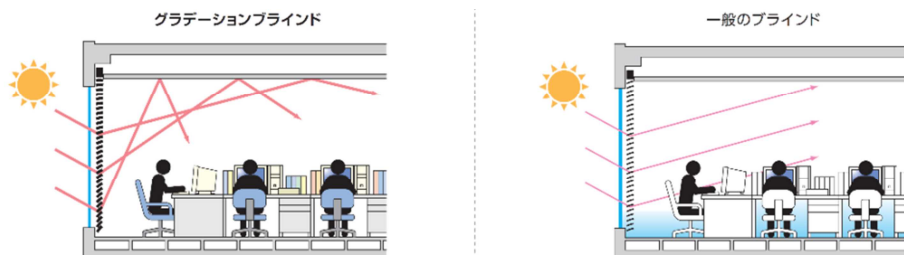


図 3.5-5 グラデーショナルブラインドのイメージ
出典：タチカワブラインド カタログ

空調負荷計算

1 概要

空調設計においては、負荷計算により空調負荷を算出し、それに見合った容量の空調機器を選定する。(表 3.6-1、図 3.6-1)

その際、各負荷を低減又は適切に見直し、空調機容量を最適化(ダウンサイジング)することにより、空調一次エネルギー消費量を削減できる。

静岡県のような温暖な地域では、空調機容量は冷房負荷で決まることが多いため、空調冷房負荷について主に解説する。参考に、静岡県の警察署、高等学校における一次エネルギー消費量の月別推移を図 3.6-2、図 3.6-3 に示す。

表 3.6-1 空調負荷の決定要因

凡例 ○：考慮する △：必要に応じて考慮する

空調負荷の要因*		冷房負荷	暖房負荷
(1) 建物負荷	$q_{K1, K2}$. 構造体負荷	○	○
	q_{G1} . ガラス面通過熱負荷	○	○
	q_{G2} . ガラス面日射負荷	○	△
(2) 室内発生負荷	q_E . 照明負荷	○	△
	q_H . 人体負荷	○	△
	q_M . その他内部発熱負荷	○	△
(3) 外気負荷	q_O . 外気負荷	○	○
	q_L . すきま風負荷	△	△
(4) その他負荷	間欠空調による蓄熱負荷	○	○
	ダクトにおける負荷等	○	○
	送風機による負荷	○	—

※この他、気象条件や室内設定温度条件なども決定要因となるが、特に設定温度については建物の状況等を考慮しながら無理のない範囲で緩和することが推奨されており本指針では一律の緩和を見込まないものとした。

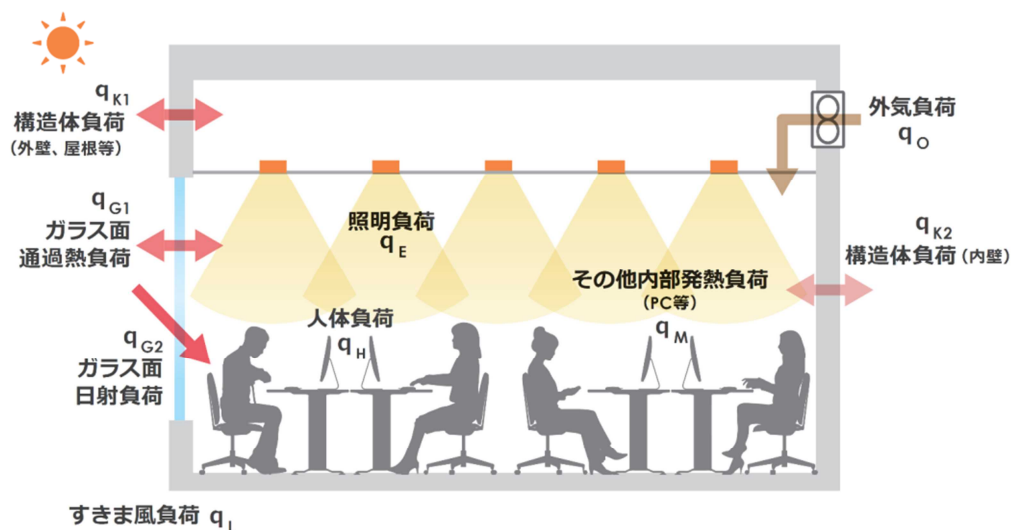


図 3.6-1 空調負荷のイメージ

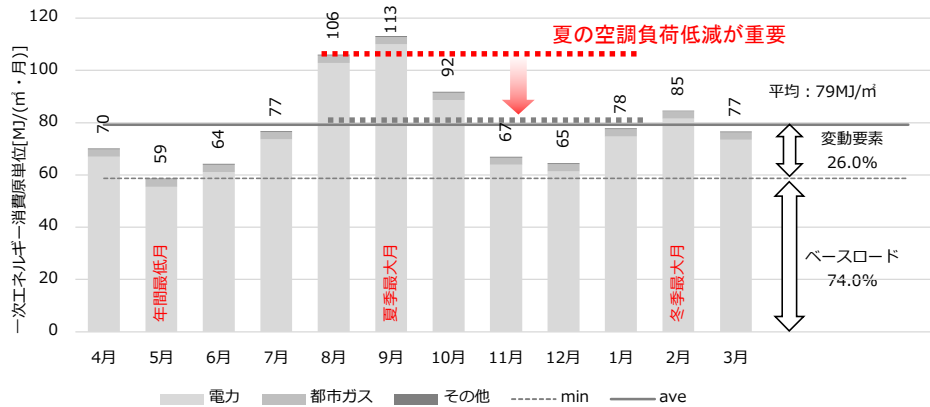


図 3.6-2 一次エネルギー消費量の月別推移 (警察署モデル)

年間最大使用月は空調冷房時の9月であり年間最低月(5月)の概ね2倍となる。

空調暖房時は2月が最大となり、年間最低月(5月)の概ね1.5倍となる。

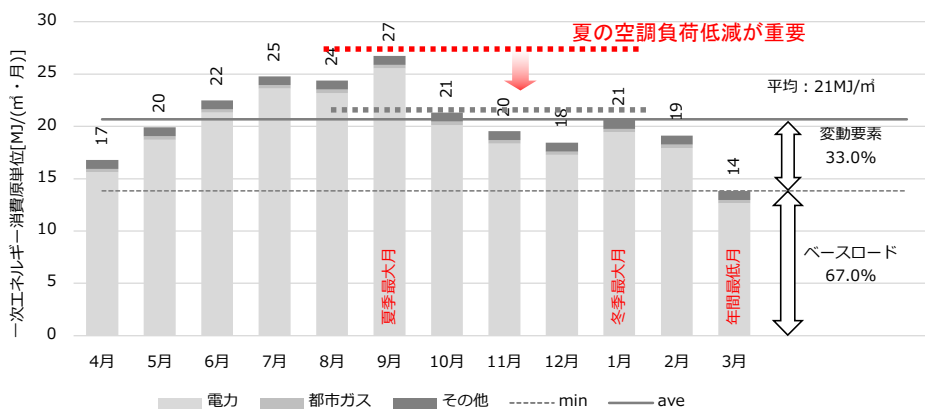


図 3.6-3 一次エネルギー消費量の月別推移 (高等学校モデル)

年間最大使用月は空調冷房時の9月であり年間最低月(3月)の概ね2倍となる。

空調暖房時は1月が最大となり、年間最低月(3月)の概ね1.5倍となる。

2 設計上のポイント

■ 各負荷を低減又は適切に算出し、空調機容量を最適化 (図 3.6-4) **must**

(1) 建物負荷 ⇒ 高断熱化 **No7**、日射制御 **No8**

- ・ 躯体、ガラス等の高断熱化により通過熱負荷を低減する。
- ・ 庇設置やガラスの日射遮蔽性能向上等の日射制御により、冷房負荷を低減する。

(2) 室内発生負荷 ⇒ 設計条件の最適化 **No9**

- ・ 照度基準、機器からの発熱基準、在室人数の設計条件を最適化する。

(3) 外気負荷 ⇒ 設計条件の最適化 **No9**、全熱交換器付換気扇 **No10**

- ・ 在室人数、基準換気量の最適化により、室内に取り入れる換気量を抑制する。
- ・ 空調対象室の換気設備は全熱交換器付を採用し外気負荷を低減する。
- ・ 気密性の高い建具の採用、便所・倉庫等の排気風量とバランスする給気風量を見込むなど、空調対象室が負圧とならない計画とし、すきま風の流入を抑制する。

(4) その他負荷 ⇒ 設計条件の最適化 **No9**

- ・ 間欠運転係数、ダクト余裕係数、送風機負荷係数等の補正係数について、空調機容量の算定における係数の意味を理解し、最適な補正を行うことにより、過剰な負荷を見込まない。

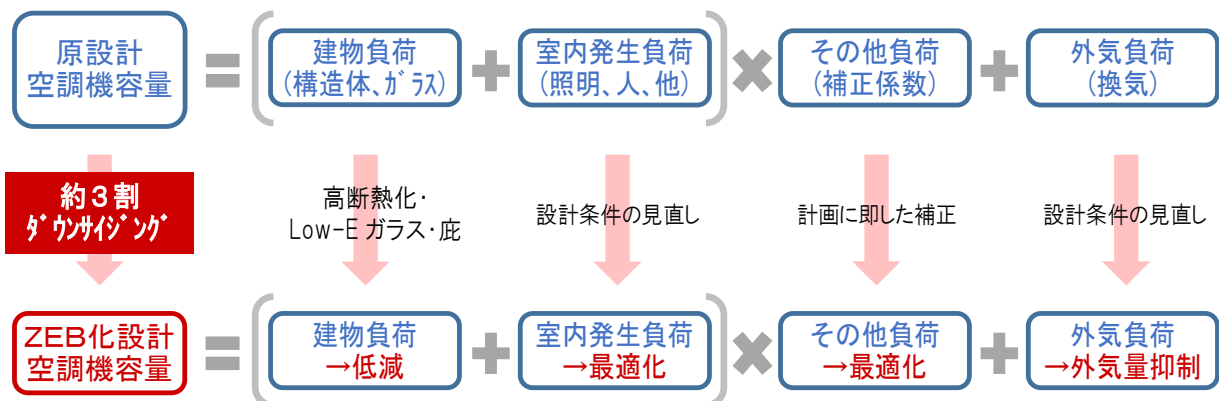


図 3.6-4 空調負荷の計算概要

設計上のポイントを踏まえてZEB化手法を採用した場合、ZEB化シミュレーションでは従来の空調機容量（原設計仕様）から約2～4割ダウンサイジングできる結果となった。(図 3.6-5)

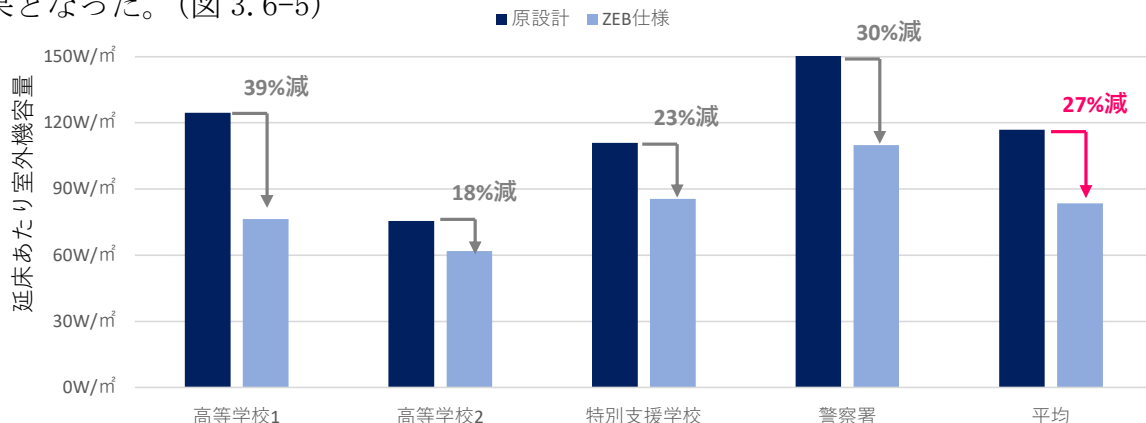


図 3.6-5 ZEB化手法を採用した空調機容量の低減効果

3 ZEB化シミュレーションでの検討内容

(1) ZEB化手法を採用した場合の空調負荷の低減効果

事務所等のZEB化シミュレーションを例に、原設計仕様に対し、ZEB化手法を採用した場合の建物全体の負荷計算結果を示す。

建物負荷（構造体+ガラス面）は高断熱化・日射遮蔽対策により約50%削減され、室内発生負荷（照明+人体+機器）は設計条件の見直しにより約20%削減された。その結果、全体として空調負荷は30%程度削減できる結果となった。（図3.6-6）

【原設計仕様（BEI=0.66）】

空調負荷の要因		主な仕様例
1. 建物負荷	構造体 (熱貫流率)	屋根：吹付け硬質ウレタンフォーム A 種 1 25mm (0.9W/m ² K) 壁：吹付け硬質ウレタンフォーム A 種 1 25mm (0.9W/m ² K)
	ガラス面 (日射熱取得率)	単層ガラス (0.88) 庇：有
2. 室内発生負荷	照明	照明：14W/m ²
	人体	事務所：0.2人/m ² 程度
	機器	機器：30W/m ²
3. 外気負荷		基準換気量：30 m ³ /h 人 全熱交換器付換気扇：有
4. その他		間欠空調補正係数：1.1 ダクト熱損失補正係数：1.1 送風機負荷による補正係数：1.05

【ZEB化仕様（BEI=0.48）】

空調負荷の要因		主な仕様例
1. 建物負荷	構造体 (熱貫流率) No7	屋根：吹付け硬質ウレタンフォーム A 種 1 50mm (0.5W/m ² K) 壁：吹付け硬質ウレタンフォーム A 種 1 30mm (0.8W/(m ² ・K))
	ガラス面 (日射熱取得率) No8	北面：複層ガラス (0.79)、 東西南面：Low-e (0.40) 庇：有
2. 室内発生負荷	照明 No9	照明：10W/m ²
	人体 No9	事務所：0.2人/m ² 程度
	機器 No9	機器：20W/m ²
3. 外気負荷 No9, No10		基準換気量：30 m ³ /h 人 全熱交換器付換気扇：有
4. その他 No9		間欠空調補正係数：1.1 ダクト熱損失補正係数：1.0 送風機負荷による補正係数：1.0

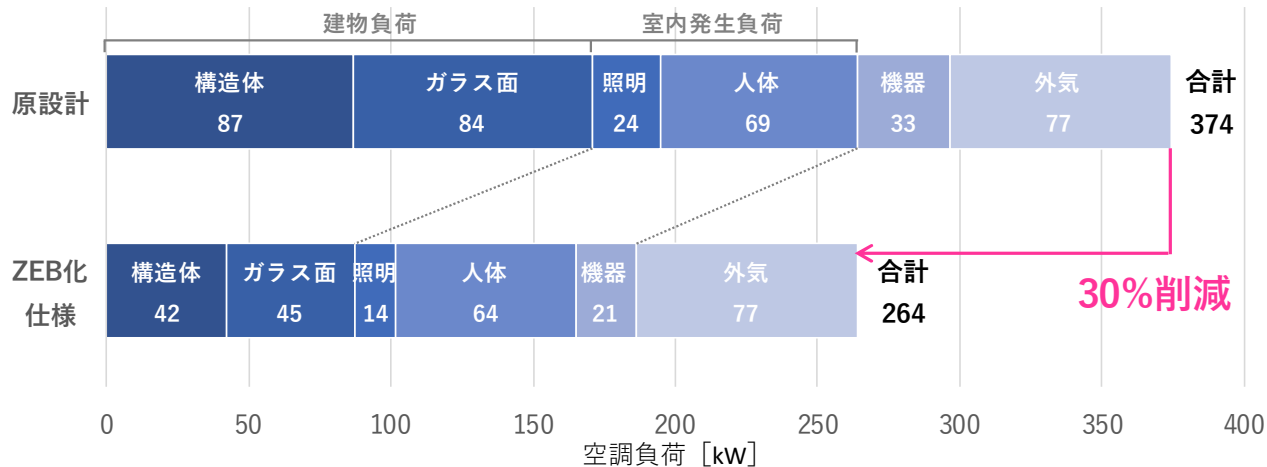


図 3.6-6 原設計仕様とZEB化仕様の冷房負荷の比較

高断熱化（構造体負荷、ガラス面日射負荷）

1 概要

室内と室外の温度差により熱が構造躯体を伝って流出入することが、冷暖房の負荷となる。

建物の冷暖房負荷を減らすためには、断熱性能の向上が重要であり、熱伝導率の小さい材料を厚く施すことで躯体の断熱性能を高め、構造体負荷を低減できる。

2 設計上のポイント

■ 空調対象室における断熱材及び窓ガラスの熱貫流率

- 表 3.7-1 のZEB化シミュレーションで採用した断熱材等の参考仕様の熱貫流以下とする。 **must**
- ただし、ZEB Readyを達成するためにコストを考慮した最低限の仕様であることから、個別の設計において、快適性を考慮し、総合的な視点から仕様を決定することが望まれる。
- なお、地域区分 5 地域では冬季の室内外温度差が他地域より大きくなるため、特に開口部が多い建物等の場合は快適性が低下しないよう、より高い断熱性能仕様を検討することが望ましい。
- 屋根及び外壁の参考建材仕様を表 3.7-2 に示す。また、参考までに省エネ基準の断熱材等の仕様を表 3.7-3 に示す。

表 3.7-1 ZEB化シミュレーションで採用した断熱材等の参考仕様

部位	熱貫流率 W/(m ² ・K)	ZEB化シミュレーションでの採用仕様（参考）			
		材質	厚さ	熱伝導率 W/(m・K)	
断熱	屋根	0.5	吹付け硬質ウレタンフォーム A 種 1 ^{※1}	50mm	0.034
	外壁	0.7	押出法ポリエチレンフォーム保温板 3 種	30mm	0.028
	床	0.4	押出法ポリエチレンフォーム保温板 3 種	50mm	0.028
開口部 ^{※2}	北面居室	3.3	複層ガラス	中空層 6mm	—
	東西南面居室	2.6	LoW-E 複層ガラス	中空層 6mm	—

※1 屋根の断熱材は、施工性を考慮し吹付け仕様で検討したが、熱伝導率の小さい保温板仕様を選択することで、より構造体負荷を低減できる。

※2 非住宅用の樹脂サッシについては、現状では費用対効果が小さいため、ZEB化手法では、アルミサッシを前提としてガラスの仕様を検討した。

表 3.7-2 ZEB化シミュレーション (BEI≤0.5) の参考建材仕様 (RC造の例)

部位	建材名称	厚さ mm	熱伝導率 W/(m・K)	熱伝導抵抗 (m ² ・K)/W	
屋根	<室内側>			0.11	
		ロックウール化粧吸音板	12	0.064	0.19
		せっこうボード	10	0.220	0.05
		非密閉中空層			0.09
		コンクリート	150	1.600	0.09
		セメント・モルタル	15	1.500	0.01
		アスファルト類	5	0.110	0.05
		セメント・モルタル	15	1.500	0.01
		吹付け硬質ウレタンフォームA種1	50	0.034	1.47
		コンクリート	60	1.600	0.04
		<室外側>			0.04
		熱伝導抵抗 計			2.14
	熱貫流率 W/(m²・K)			0.5	
外壁	<室内側>			0.11	
		せっこうボード	8	0.220	0.04
		非密閉中空層			0.09
		押出法ポリスチレンフォーム保温板3種	30	0.028	1.07
		コンクリート	150	1.600	0.09
		セメント・モルタル	25	1.500	0.02
		タイル	10	1.300	0.01
		<室外側>			0.04
		熱伝導抵抗 計			1.47
		熱貫流率 W/(m²・K)			0.7

※出典：<建築研究所ホームページ>5.3 非住宅建築物に関する基準の解説等 基準一次エネルギー消費量の算定根拠より加工して作成 (表 3.7-3 も同様)

http://www.kenken.go.jp/becc/documents/building/Definitions/kaisetsusyo_DefaultSpec_20140602.pdf

表 3.7-3 標準入力法における省エネ基準 (BEI=1.0) の断熱材等の仕様 (事務所等、学校等)

区分	5,6,7地域		3,4地域		
	材質	熱貫流率 W/(m ² ・K)	材質	熱貫流率 W/(m ² ・K)	
断熱	屋根	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種:50mm	0.6	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種:50mm	0.6
	外壁	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種:25mm	1.0	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種:25mm	1.0
ガラス ()内は学校	単層ガラス 透明 8mm(6mm)	6.0	複層ガラス・空気層 6mm 透明 8mm(6mm)+透明 8mm(6mm)	2.6	

3 ZEB化シミュレーションでの検討内容

(1) 断熱仕様の検討

- ZEB Readyを達成できた仕様「C」の断熱仕様をベースとして、更に高断熱化させた仕様「B」及び「A」の計3パターンについて、省エネ効果を検討した。(表3.7-4)
- 省エネルギー計算の結果、「C」を高断熱化させても、BEIに大きな差はみられなかった。(表3.7-5)
- また、断熱性能が「B」を超えると、年間空調負荷は僅かに減少する一方、冷房負荷は上昇に転じ、結果として空調機容量は低減できなかった。これは、高断熱化に伴い、室内発生負荷(コンセント発熱、照明発熱、室内に侵入した日射負荷等)が外に逃げにくくなることにより、冷房負荷が増えることによるものと推察される。(表3.7-5)
- コスト検討においては、原設計から比較して、警察署モデルの「C」の増額率1.5%に対し「B」の増額率は6.5%、高等学校1モデルの「C」の増額率2.0%に対し「B」の増額率は4.3%とガラスのグレードを上げることによる増額コストが大きいことが分かった。
- 検討の結果、県有建築物の規模特性及び費用対効果を考慮し、仕様「C」を採用することとした。

表 3.7-4 断熱材及び窓ガラスの検討仕様

仕様	屋根断熱			外壁断熱			窓ガラス(居室)	
	材質	厚さ mm	熱貫流率 W/(m ² ·K)	材質	厚さ mm	熱貫流率 W/(m ² ·K)	材質	熱貫流率 W/(m ² ·K)
A	吹付け硬質ウレタンフォーム A種1	100	0.3	押出法ポリエチレンフォーム保温板3種	50	0.4	全面:高性能Low-E複層	1.6
B		50	0.5		30	0.7		
C							他面:Low-E複層	2.6

表 3.7-5 断熱材及び窓ガラスの組み合わせパターンによる検討結果

モデル	仕様	BEI	年間空調負荷 MJ/(m ² ·年)			原設計に対する空調機容量の割合	イニシャルコスト増額率※
			冷房	暖房			
警察署	A	0.47	393.3	↑ 316.3	77.1	56%	—
	B	0.47	400.8	315.2	85.6	56% 容量低減	6.5%
	C	0.48	420.2	321.8	98.4	60%	1.5%
高等学校1	A	0.47	540.6	↑ 522.1	18.5	54%	—
	B	0.47	541.0	520.2	20.8	54%	4.3%
	C	0.48	547.1	521.2	25.9	54%	2.0%

※原設計からのイニシャルコスト増額率を示す

(2) 空調機容量の低減効果

- ・パッシブデザインによる冷暖房負荷削減効果がBEIの低減にどの程度寄与するかを確認するため、パッシブデザインの効果のみを反映し空調機の再選定を行った。
- ・個別熱源方式を採用するモデルにおける原設計時の空調機容量とパッシブデザインを加味した空調機容量の比較を示す。(図 3. 7-1)
- ・パッシブデザインによる冷暖房負荷削減効果を反映した場合、空調機容量は平均10%程度削減される。空調機容量が小さくなると必要な動力も小さくなり一次エネルギー消費量を削減できることから、BEIの低減につながる。
- ・なお、特別支援学校モデルは、原設計仕様の窓ガラスがZEB化手法と同仕様であったため、削減率としては小さかった。
- ・パッシブデザイン（断熱性能向上、日射遮蔽の効果）により、建築工事のインシヤルコストは増えるものの、空調機容量の低減により設備工事のインシヤルコスト及び光熱費等のランニングコストが小さくなり、警察署モデルでは費用対効果としても高い結果が得られた。

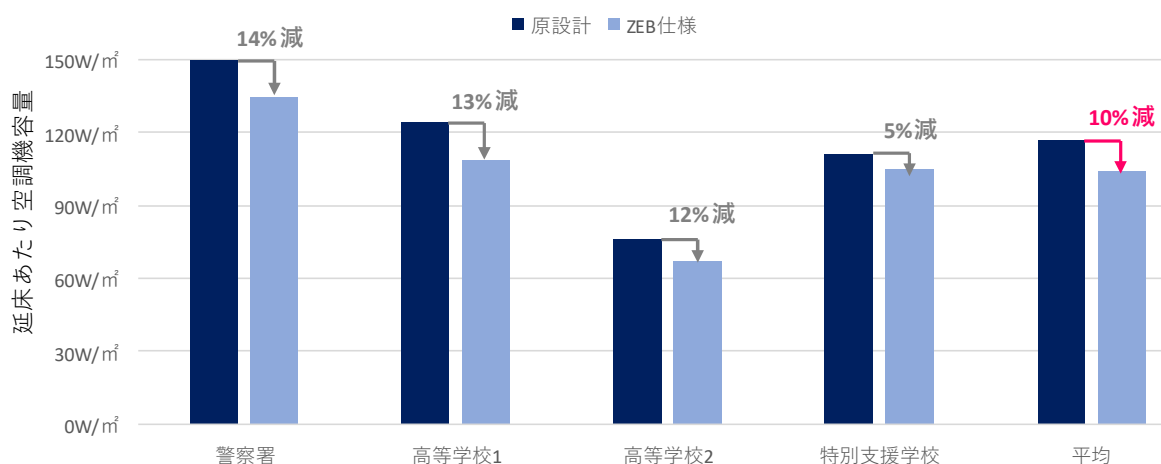


図 3. 7-1 原設計時とパッシブデザインを加味した空調機容量の比較

日射制御（ガラス面日射負荷）

1 概要

日射制御とは、冷房時のガラス面における日射遮蔽と暖房時の日射取得性能の両方を示す。

冷房負荷を減らすため、庇、ブラインド、カーテン等で日除けする方法や、日射熱取得率の低い（日射遮蔽係数の高い）ガラスを採用することで、室内に侵入する日射を遮蔽する方法がある。

室内の機器発熱が少ない学校は比較的暖房負荷が大きい傾向にあり、冬に日射を取り入れ日だまりをつくることで暖房負荷が低減される。

日射は、温度等の他の温熱環境要素に比べ熱エネルギーが大きいいため、窓際における執務者の温冷感に強い影響を及ぼす。特に中小規模の建築物は、図 3.8-1 のように、大規模建築物に比べ、ペリメータゾーン（地階を除く各階の外壁の中心線から水平距離が 5 m 以内の屋内空間）の比率が大きくなるため、日射遮蔽による輻射熱の低減などにより、外乱の影響を少なくすることでペリメータゾーンの均質化が図られ、室内環境の快適性の向上につながり易い。

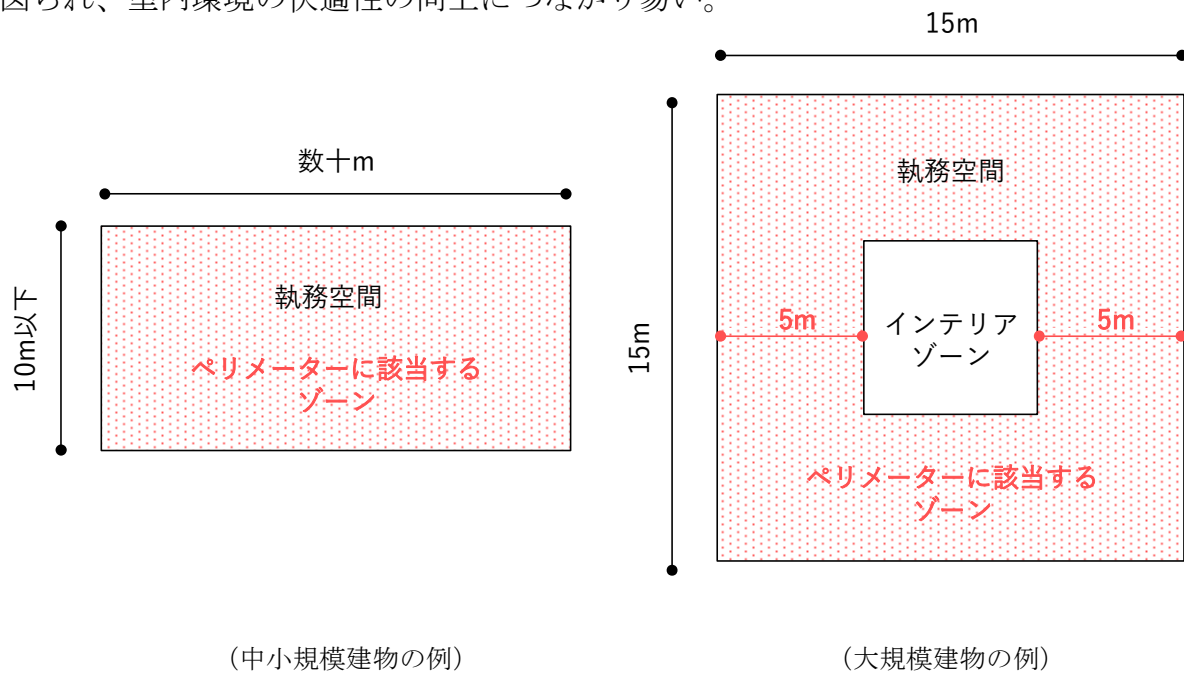


図 3.8-1 建築物の規模とペリメータゾーンの関係

2 設計上のポイント

■ 空調対象室における窓ガラスの日射熱取得率

- ・空調対象室における窓ガラスの日射熱取得率は表 3.8-1 の数値以下とする。 **must**
- ・窓廻りの日射遮蔽制御（庇の有無、室内ブラインドの有無）は表 3.8-1 の仕様を基本とする。 **must**
- ・窓面積率は、表 3.8-1 の率を参考とする。
- ・あわせて、標準入力法により基準一次エネルギー消費量を算定する場合に採用されている基準仕様も参考として掲載する。（表 3.8-2）

表 3.8-1 窓ガラスの仕様等

区分	材質	熱貫流率 [W/(m ² ・K)]	日射熱 取得率 [%]	庇	室内 ブラインド	窓 面積率 ※ [%]
北面居室	複層ガラス	3.3	0.79	無	有	30
東西南面居室	Low-E 複層ガラス (遮熱型)	2.6	0.4	有	有	30

※ 窓面積の合計値を外皮面積で割った値

表 3.8-2 窓ガラスの仕様等（基準仕様）

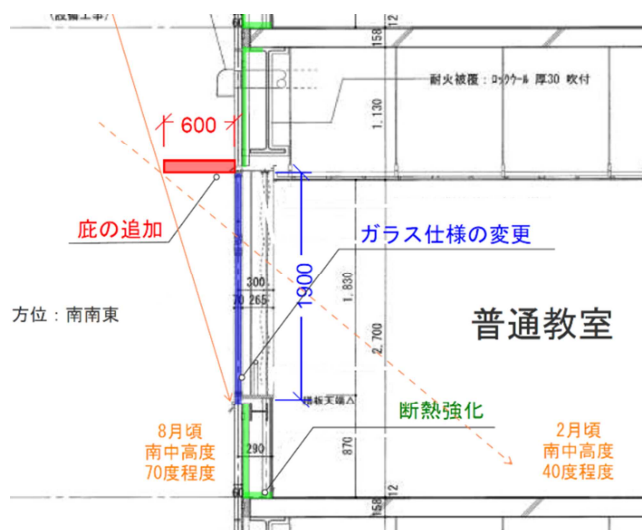
区分	材質	熱貫流率 [W/(m ² ・K)]	日射熱 取得率 [%]	庇	室内 ブラインド	窓 面積率 ※ [%]
(参考) 事務所 等基準 仕様	5, 6, 7 地域 単層 透明 8mm	6.0	0.88	—	有	30
	3, 4 地域 複層(空気 6mm)透明+透明 8mm	3.3	0.79	—	有	30
(参考) 学校等 基準仕 様	5, 6, 7 地域 単層 透明 6mm	6.0	0.88	—	有	40
	3, 4 地域 複層(空気 6mm)透明+透明 6mm	3.3	0.79	—	有	40

※ 窓面積の合計値を外皮面積で割った値

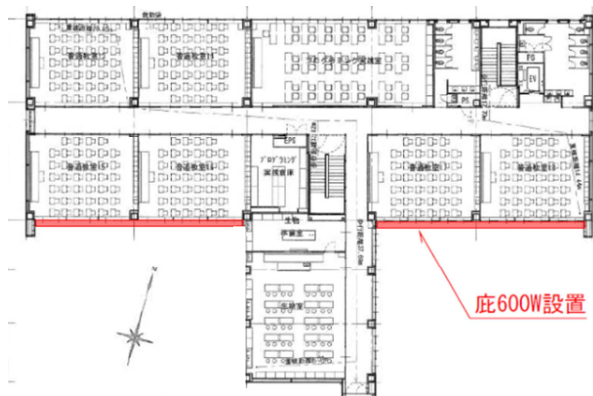
3 ZEB化シミュレーションでの検討内容

(1) 庇設置による空調負荷の低減効果

- ・冷房ピーク負荷を低減するため、高等学校1モデルのZEB化シミュレーションでは、南面に庇を追加する方法で日射制御の検討を行った。
- ・庇は、夏の強い日差しが室内に侵入しないよう、600mm程度の出とし、窓直上に設置した。庇の設置イメージ断面と平面位置を図3.8-2に示す。
- ・庇の追加により、空調負荷計算における冷房ピーク負荷が5%削減される結果となった。冷房ピーク負荷が小さくなることは空調機容量の低減にもつながり、その結果として空調一次エネルギー消費量が低減できる。
また、庇の追加により窓ガラスへの日射が遮られ、ガラス表面温度が低くなることで、室内に放出される輻射熱を低減できる。輻射熱が人の快適性に与える影響は大きく、窓廻りの快適性が向上する効果も得られる。
- ・庇追加による年間空調負荷への影響としては、日射取得が減るため期間暖房負荷は増えるものの、期間冷房負荷の削減量の方が多いため、年間空調負荷も削減でき、警察署モデルで0.3%程度、高等学校1モデルで1.0%程度削減できる結果となった。



(断面設置イメージ)



(平面設置イメージ)

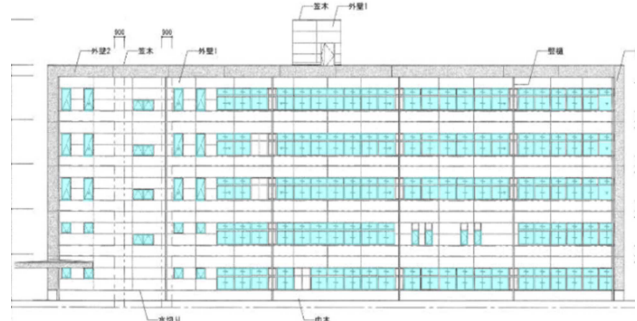
図 3.8-2 高等学校1モデルの庇設置概要

(2) 窓面積率

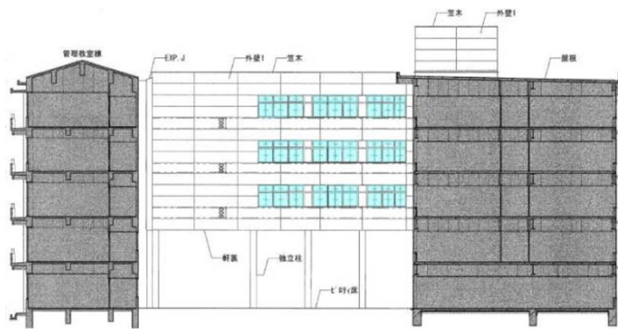
- 各モデルの窓面積率は原設計において、概ね 30% 以下に抑えられていた。参考として高等学校 1 モデルの窓面積率の例を図 3.8-3 に示す。



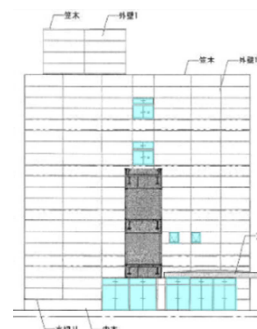
南立面図：窓面積率 32%程度



北立面図：窓面積率 25%程度



東立面図：窓面積率 15%程度



西立面図：窓面積率 10%程度

図 3.8-3 高等学校 1 モデルの窓面積比率の例

設計条件の最適化（室内発生負荷・外気負荷・その他負荷）

1 概要

空調機容量を選定するための冷房負荷計算では、建物負荷、室内発生負荷及び外気負荷を見込んで計算を行う。 **No 6**

また、その他の負荷要因として、間欠空調[※]による蓄熱負荷、ダクト表面等からの熱損失・空気漏洩による負荷及び送風機運転による負荷の熱損失も加味する必要がある。

室内発生負荷、外気負荷、その他負荷の各要因を最適に設定することで負荷を低減でき、空調機容量の最適化（ダウンサイジング）につながるため、省エネ化を図ることができる。

※空調装置を連続運転せずに、間欠的に発停して能力調整する方法

2 設計上のポイント

■ 室内発生負荷の条件設定

- ・照明負荷、その他内部発熱負荷の基本的な設定値を表 3.9-1 に示す。 **must**
- ・昨今、照明LED化の普及、OA機器の省エネ化、スマホ・タブレットの普及等により、室内発生負荷が下がっているため、施設や機器等の利用状況を確認し、実情に応じた設定値への見直しを行うことが重要である。
- ・パソコン等の備品は、消費電力の少ないトップランナー機器の採用を前提とする。
- ・在宅勤務等による勤務形態が想定される場合は、必要に応じ同時稼働率の低減を見込むものとする。
- ・照明負荷の設定値は、照明計画における照度設定値との整合を図るものとする。
（LED照明にて、500lx：10W/m²、100lx：2W/m²等）

表 3.9-1 照明負荷等の基本的な設定値^{※1}

建物用途	代表室	照明負荷 [W/m ²]		その他内部発熱負荷 ^{※2} [W/m ²]	
		ZEB化手法	(参考)原設計	ZEB化手法	(参考)原設計
事務所等	事務室	10	14	20	30
	会議室	10	10	20	30
	廊下	0	2	0	15
学校等	事務室	10	10	20	20
	教室	10	10	20	20

※1 人体負荷の設定値は、建築設備設計基準 国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課監修等の設計基準による。また、負荷計算時の室内温度の設定は原設計仕様どおり（夏 26℃、冬 22℃）とした。

※2 特殊な発熱等がある場合は別途加算する。

■ 外気負荷の条件設定

- ・省エネと快適性を両立するため、最適な換気量を設定する。 **must**
- ・省エネの観点では、換気量が増えると、外気負荷が増え空調機容量が大きくなること、新鮮外気導入に必要なファン動力が増えることから、一次エネルギー消費量は増加する。
- ・快適性の観点では、二酸化炭素の含有率等を一定以下に保つために必要な換気量を確保する必要がある。また、昨今の感染症対策に対応するためにも、現時点で共通ルールはないものの、ビル管理法の室内二酸化炭素含有率の基準(1,000ppm)を実現するために、空気調和・衛生工学会規格で定める一人あたりの必要換気量 30 m³/h・人を目安とする。
- ・なお、学校の教室等については、感染症対策として休み時間等における窓開け換気が可能な実態を考慮し、20 m³/h・人を目安とする。

■ その他負荷の条件設定

- ・間欠空調による負荷、ダクト表面等からの熱損失・空気漏洩による負荷、送風機運転による負荷の基本的な設定値を表 3.9-2 に示す。
- ・個別空調方式で天井カセット型室内機の場合は、ダクトからの熱損失は無いため、ダクト余裕係数は 1.0 を採用する。 **must**
- ・同様に個別空調方式の場合、送風機による発熱は小さいことから送風機負荷係数は 1.0 を採用する。 **must**

表 3.9-2 その他負荷の条件設定例

室内顕熱負荷				
冷房			暖房	
間欠運転係数 ^{※1}	ダクト余裕係数 ^{※2}	送風機負荷係数	間欠運転係数	ダクト余裕係数
1.1	1.0～(1.1)	1.0～(1.05 ^{※3})	1.0～1.1	1.0～(1.1)

※1 間欠運転係数とは、冷房では9時に日射を受けている面の顕熱負荷に乘じ、暖房では顕熱負荷に乘じる係数である。

※2 ダクト余裕係数は、ダクト吹き空調の場合は、ダクト長、天井内環境を加味し 1.0～1.1 の範囲で設定をする。

※3 冷房における送風機負荷係数は、空調機方式で送風機からの熱取得を加味する必要がある場合は 1.05 を乘じる。

3 ZEB化シミュレーションでの検討内容

(1) 人員密度に応じたその他内部発熱条件の確認

- ・ZEB化シミュレーションで検討した事務室で、設定人員密度に対し機器発熱がどの程度の条件になるか確認したところ、トップランナー機器の採用を前提として、その他内部発熱は、0.2人/㎡の場合で20W/㎡程度、0.1人/㎡の場合で10W/㎡程度となった。(表3.9-3)

表 3.9-3 人員密度別 その他内部発熱の試算例

事務室 1									
人員0.2人/㎡					人員0.1人/㎡				
	単位発熱量	台数	発熱量合計	備考		単位発熱量	台数	発熱量合計	備考
PC	50W/台	18	900W		PC	50W/台	9	450W	
サブモニター	15W/台	18	270W		サブモニター	15W/台	9	135W	
タブレット・スマホ	10W/台	18	180W		タブレット・スマホ	10W/台	9	90W	
タスク照明	10W/台	18	180W		タスク照明	10W/台	9	90W	
コピー機	100W/台	1	100W	待機時	コピー機	100W/台	1	100W	待機時
ルーター等	20W/台	1	20W		ルーター等	20W/台	1	20W	
合計			1650W		合計			885W	
室面積	84㎡	→	19.6W/㎡		室面積	84㎡	→	10.5W/㎡	

事務室 2									
人員0.2人/㎡					人員0.1人/㎡				
	単位発熱量	台数	発熱量合計	備考		単位発熱量	台数	発熱量合計	備考
PC	50W/台	10	500W		PC	50W/台	5	250W	
サブモニター	15W/台	10	150W		サブモニター	15W/台	5	75W	
タブレット・スマホ	10W/台	10	100W		タブレット・スマホ	10W/台	5	50W	
タスク照明	10W/台	10	100W		タスク照明	10W/台	5	50W	
コピー機	100W/台	1	100W	待機時	コピー機	100W/台	1	100W	待機時
ルーター等	20W/台	1	20W		ルーター等	20W/台	1	20W	
合計			970W		合計			545W	
室面積	47㎡	→	20.6W/㎡		室面積	47㎡	→	11.5W/㎡	

(2) 設計条件の最適化による空調機容量の低減効果

- 設計条件の最適化による冷暖房負荷削減効果が空調機容量の低減にどの程度寄与するかを確認するため、パッシブデザインを実施した上で更に設計条件を最適化し、空調機再選定を行った。
- 原設計時の空調機容量と、パッシブデザインの実施及び設計条件の最適化を行った空調機容量の比較を示す。(図 3.9-1)
- パッシブデザイン及び設計条件の最適化を行った場合、空調機容量は原設計より30%程度削減された。
空調機容量が小さくなると必要な動力も小さくなり一次エネルギー消費量を削減できることから、BEIの低減につながった。各モデルのBEI削減効果は、第4章の各モデルの概要に後述する。
- 図 3.9-1 に基準仕様(5・6・7地域)の空調機容量を参考に併記する。パッシブデザインの実施及び設計条件の最適化を行った場合、高等学校・特別支援学校モデルの延べ床面積あたり空調機容量の平均は75W/m²であり、高等学校教室の基準仕様である室面積あたり252W/m²に対し30%程度の容量となった。

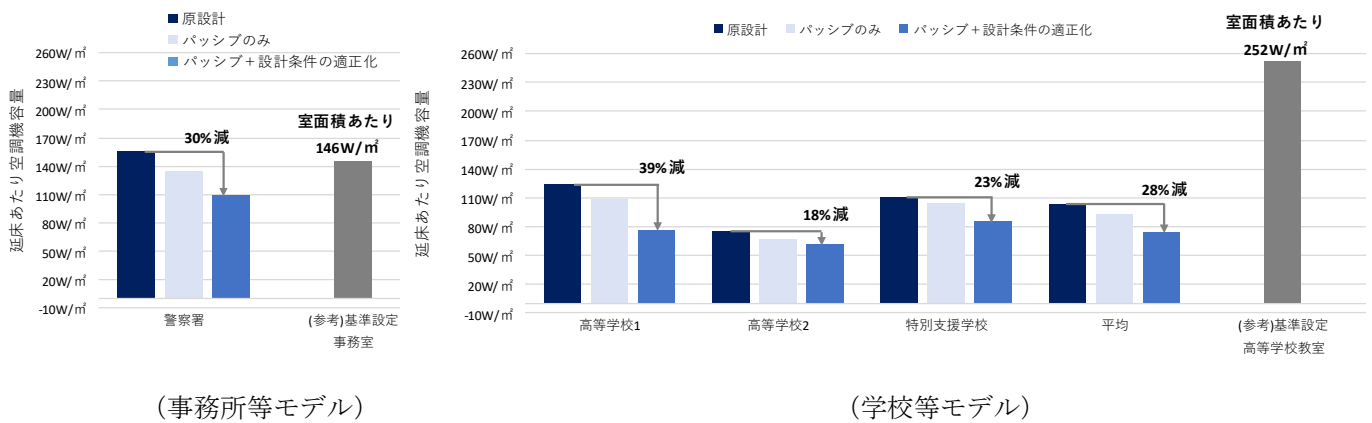


図 3.9-1 パッシブデザイン+設計条件の最適化による熱源容量の低減効果

(3) 用途別単位換気量の設定値

- 用途別の基準換気量として、ZEB化シミュレーションで採用した設定値を表 3.9-4 に示す。

表 3.9-4 基準換気量の設定例

建物用途	代表室	基準換気量 [m ³ /(h・人)]	
		ZEB化手法	(参考)原設計
事務所等	事務室	30	30
	会議室	30	30
	廊下	-	30
学校等*	事務室	20	15~25 程度
	教室	20	5~20 程度

*学校等において、従来の使い方から想定しパンデミック時は窓開けを併用するなどの対応が比較的容易と考え、省エネを考慮し基準換気量 20 m³/(h・人)の設定とした。

(4) 空気調和設備の基準仕様の紹介

- ・空調熱負荷計算、空調機選定を行う上での参考資料として、BEI=1.0の試算根拠である空気調和設備の基準仕様（5、6、7地域）を表3.9-5に示す。
- ・また、基準仕様と今回検討した仕様による空調機容量の比較を表3.9-6に示す。
- ・パッシブ手法に加え設計条件の最適化による空調負荷の低減及び高効率機器の採用効果も含め、空調機容量を小さくすることができた。

表 3.9-5 空気調和設備の基準仕様（5、6、7地域） 熱源系統

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
学校等	小中学校の教室	無	無	EHP	1	0.252	3.24	EHP	1	0.274	3.24	—
学校等	高等学校の教室	無	無	EHP	1	0.252	3.24	EHP	1	0.274	3.24	—
学校等	職員室	無	有	空冷HP	2	0.146	3.24	空冷HP	2	0.158	3.42	44
学校等	小中学校又は高等学校の食堂	無	無	EHP	1	0.356	3.24	EHP	1	0.372	3.24	—
学校等	大学の教室	無	有	空冷HP	2	0.194	3.24	空冷HP	2	0.184	3.42	44
学校等	大学の食堂	無	有	空冷HP	2	0.274	3.24	空冷HP	2	0.25	3.42	44
学校等	事務室	無	有	空冷HP	2	0.146	3.24	空冷HP	2	0.184	3.42	44
学校等	研究室	無	有	空冷HP	2	0.176	3.24	空冷HP	2	0.158	3.42	44
学校等	電子計算機器演習室	無	有	空冷HP	2	0.266	3.24	空冷HP	2	0.184	3.42	44
学校等	実験室	無	有	空冷HP	2	0.266	3.24	空冷HP	2	0.184	3.42	44
学校等	実習室	無	有	空冷HP	2	0.266	3.24	空冷HP	2	0.184	3.42	44
学校等	講堂又は体育館	無	有	空冷HP	2	0.216	3.24	空冷HP	2	0.224	3.42	44
学校等	宿直室	無	有	空冷HP	2	0.108	3.24	空冷HP	2	0.164	3.42	44
学校等	更衣室又は倉庫	無	有	空冷HP	2	0.146	3.24	空冷HP	2	0.158	3.42	44
学校等	廊下	無	有	空冷HP	2	0.104	3.24	空冷HP	2	0.136	3.42	44
学校等	ロビー	無	有	空冷HP	2	0.318	3.24	空冷HP	2	0.308	3.42	44
学校等	便所	無	有	空冷HP	2	0.104	3.24	空冷HP	2	0.136	3.42	44
学校等	喫煙室	無	有	空冷HP	2	0.104	3.24	空冷HP	2	0.136	3.42	44

※出典：第三部基準一次エネルギー消費量の算定根拠

(https://www.kenken.go.jp/becc/documents/building/Definitions/kaisetsusyo_DefaultSpec_20140602.pdf) 表 3.1.20 抜粋

表 3.9-6 ZEB化シミュレーションにおける空調機の選定事例

① 事務所等（警察署モデル）

番号	仕様	BEI		空調設計一次E消費量		対象室	空調機容量（冷却）				空調機容量（加熱）			
		空調		MJ/(㎡・年)	削減率 %		機器 kW	単位容量 W/㎡	削減率 %	COP	機器 kW	単位容量 W/㎡	削減率 %	COP
参考	基準仕様	1.0	1.0	-	-	事務室等	-	146	-	3.24	-	158	-	3.42
1	基準値	1.0	1.0	814.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	原設計仕様	0.66	0.75	605.6	基準	事務室	40.0	203	基準	3.31	45.0	229	基準	3.66
3	2+パップデザインの効果反映	0.61	0.67	541.9	0.89		33.5	170	0.84	3.52	37.5	191	0.83	3.99
4	3+最高効率機種 の採用	0.60	0.64	520.1	0.86		33.5	170	0.84	3.68	37.5	191	0.83	3.57
5	4+設計条件最適化の 効果反映 ⇒ZEB仕様	0.53*	0.53	432.5	0.71		22.4	114	0.56	3.87	25.0	127	0.56	4.27

② 学校等（高等学校1モデル）

番号	仕様	BEI		空調設計一次E消費量		対象室	空調機容量（冷却）				空調機容量（加熱）			
		空調		MJ/(㎡・年)	削減率 %		機器 kW	単位容量 W/㎡	削減率 %	COP	機器 kW	単位容量 W/㎡	削減率 %	COP
参考	基準仕様	1.0	1.0	-	-	高等学校の教室	-	252	-	3.24	-	274	-	3.24
1	基準値	1.0	1.0	431.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	原設計仕様	0.55	0.75	274.0	基準	普通教室	40.0	251	基準	3.39	45.0	283	基準	3.28
3	2+パップデザインの効果反映	0.54	0.62	267.0	0.97		33.5	210	0.83	3.38	37.5	236	0.83	2.98
4	3+最高効率機種 の採用	0.53	0.58	251.5	0.92		33.5	210	0.83	3.35	37.5	236	0.83	3.89
5	4+設計条件最適化の 効果反映 ⇒ZEB仕様	0.52*	0.56	243.0	0.89		22.4	141	0.56	4.08	25.0	157	0.56	4.36

※ 原設計仕様をベースに、空調設計を見直した場合のBEIを示す。これに加えて、換気や照明等、他のZEB化手法を採用することで、いずれもBEI0.48とZEBReadyを達成した。

全熱交換器付換気扇（外気負荷）

1 概要

全熱交換器付換気扇（以下「HEX」という。）とは、静止型の全熱交換器とファンなどがパッケージ化されたユニットタイプの換気装置である。（図 3.10-1）

静止型の全熱交換器は、室内の排気と導入新鮮外気を隔てる特殊加工紙を介して顕熱と潜熱を同時に熱交換するもので、外気負荷が低減されるため空調機容量の低減につながる。なお、エンタルピ交換効率は冷房 60%、暖房 65%程度である。

一方で、ファン動力によるエネルギー消費量は、全熱交換器のない換気扇と比べると増加するが、稼働時間を抑制するなどの工夫で、より省エネ化が可能となる。

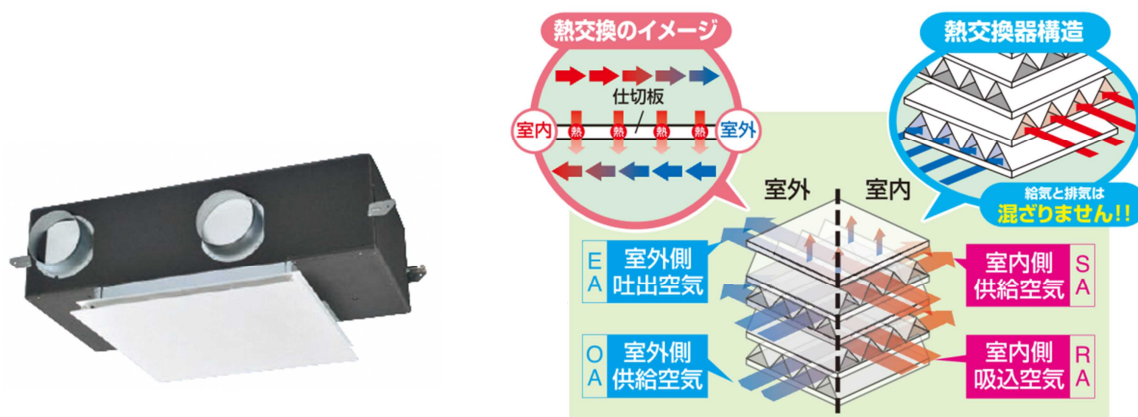


図 3.10-1 全熱交換器付換気扇の外形
（出典：三菱電機 業務用ロスナイカタログ）

2 設計上のポイント

■ 空調対象室には全熱交換器付換気扇を設置 **must**※

- ・外気が冷涼な中間期に取入れ外気をバイパスさせ熱交換を行わず、直接室内に送風することで更なる省エネが可能な、自動換気切換機能付とする。（図 3.10-2）
- ・運転時間を抑制できる、CO₂濃度センサ付とする。
- ・メンテナンスしやすく、ファン動力が小さい天井カセット型形式を基本とする。
- ・手元リモコンによる個別操作に加え、集中リモコンにより遠方管理が行えるシステムとする。
- ・建築基準法では、居室に対してシックハウス対策用の24時間換気設備の設置が義務付けられている。夜間・休日等の不在時はスケジュール設定で弱運転への切り替えができるものとする。

※使用頻度が低く、窓開け換気に対応可能な部屋への設置については、費用対効果等を考慮して個別に判断する。

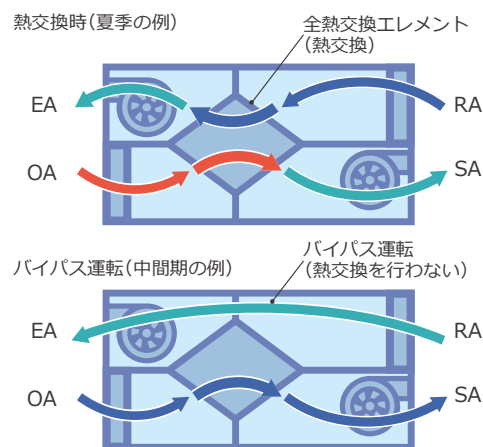


図 3.10-2 全熱交換器ユニットの構造

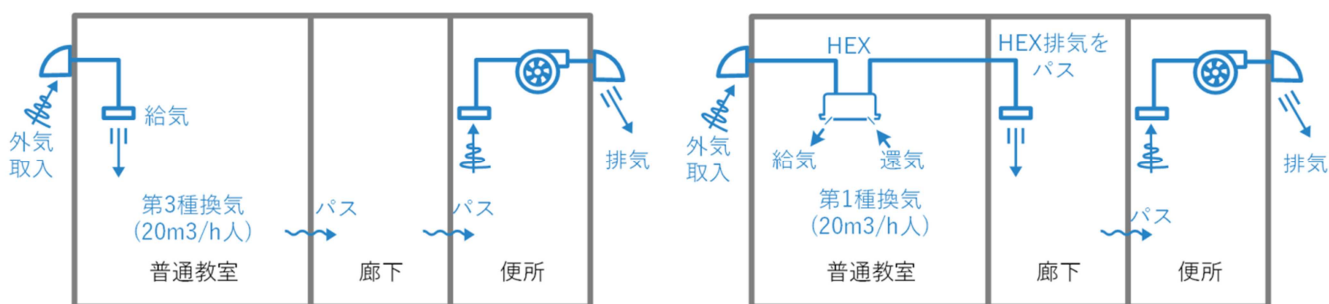
3 ZEB化シミュレーションでの検討内容

(1) HEXの使用による空調負荷の削減効果

- ・高等学校1モデルにおいて、原設計では窓開けで対応していた普通教室の換気をHEXに変更することによる影響を確認した。
- ・原設計、原設計+HEX、ZEB化仕様の試算結果を表3.10-1に示す。なお、ZEB化仕様とは、高断熱化及び設計条件の見直しによる空調機容量のダウンサイジングや、空調機の高効率化等の効果を含んだものである。
- ・HEXを採用した場合、ファン動力分の一次エネルギー消費量が増加するが、外気負荷の低減効果により、一次エネルギー消費量全体としては微増にとどまった。なお、HEXのファン動力は省エネルギー計算の特性上、換気ではなく空調一次エネルギー消費量に含まれる。
- ・ZEB化仕様とすることにより、空調と換気を合計した一次エネルギー消費量を10%程度削減できる結果となった。
- ・HEXは、外気をそのまま取り込む窓開け換気に比べ、熱交換により外気負荷を低減できることや、安定した換気量を確保することにより、室内環境の質を維持する効果もあるため、空調対象室に原則導入することとした。

表 3.10-1 学校等における全熱交換器の追加による影響

区分		原設計		原設計+HEX		ZEB化仕様	
		普通教室	その他	普通教室	その他	普通教室	その他
空調負荷 計算条件	基準換気量 [m ³ /(h・人)]	20	15~20	20	20	20	20
	換気方法	窓開け	HEX	HEX	HEX	HEX	HEX
		24時間換気分は便所換気扇にて誘引					
一次エネルギー 消費量 [MJ/(m ² ・年)]	空調	274		279		245	
	換気	11		11		11	
	合計	285		290		256	



(原設計の換気システム)

(ZEB化手法の換気システム)

中央熱源方式 熱源の高効率化

1 概要

熱源の高効率化手法としては、機器そのものの定格効率（以下「COP」という。）を高くする方法と、実際に運転される負荷領域の効率を高くし、期間成績係数（IPLV[※]）を高くする方法がある。

COPは、定格冷却（加熱）能力を定格冷却（加熱）エネルギーで割ることによって求められ、標準入力法ではこれら二つの数値を入力することとなっている。以下は、COPが向上できる高効率制御であり、特に中小規模建築物で活用が見込まれる。

(1) 熱源の台数制御

熱源機器を複数台に分割し、負荷等に応じて熱源機器の運転台数を自動で変化させる制御方式。

(2) 熱源のインバータ制御

インバータにより、負荷に応じ熱源機器の能力を自動で変化させる制御方式。

(3) 大温度差送水制御

冷水・温水の往還り温度の差を一般的なシステム（7～8℃差）に比べて大きくする（10℃差程度）ことで、必要流量を低減し、配管径及びポンプ動力を低減する制御方式。

ファンコイルユニットが対応できる温度差は10℃程度までであることが多いため、一般的に大温度差として10℃差を採用する事例が多い。温度差を更に大きくする場合は、機器のコイル能力や最低流量が確保できるかを確認する必要がある。

※ IPLV (Integrated Part Load Value)

IPLVは、米国ARI (Air conditioning & Refrigeration Institute)基準を参考に空気調和・衛生工学会「建築・設備の省エネルギー技術指針」に算出方法が規定されている。IPLVの値は、負荷の異なる4点のCOPから期間成績係数を定義した簡易的指標となっており、値が大きいほど高効率であることを意味する。

2 設計上のポイント

- ・熱源は、ウォータチリングユニット(空冷式モジュール形)（以下「モジュールチラー」という。）や吸収式冷凍機等から高効率な機器を選定し、台数制御、インバータ制御を見込んだシステムとする。 **must**
- ・吸収式冷凍機を採用する場合、冷却塔の省エネ手法として高効率冷却塔（省エネ形、モータ直結形、高効率モータ）の採用を評価できる。
- ・大温度差送水制御を行う。参考送水温度は、冷水7℃→17℃（ Δt :10℃）、温水45℃→35℃（ Δt :10℃）とする。なお、送水温度は季節により冷水7～10℃、温水45～40℃等の範囲で緩和して効率向上を図る。 **must**
- ・モジュールチラーの場合、将来熱負荷が増えた場合に備え1モジュール以上増設できるスペース、設備等を見込むものとする。設備等とは、電気設備（受変電設備から動力盤の予備回路まで）、配管サイズ（主配管）、配管タッピング、配管用スリーブ・基礎等を指す。
- ・現段階では標準入力法で評価できないが、実運用上搬送動力の低減に寄与する手法として、冷却水ポンプの変流量制御、一次ポンプの変流量制御などがあり、設計段階で検討することが望ましい。

3 ZEB化シミュレーションでの検討内容

- ・ ZEB化シミュレーションで検討したモジュールチラーの仕様別熱源COPの例を表 3.11-1 に示す。
- ・ 熱源は、標準仕様、大温度差送水制御付仕様（以下「大温度差仕様」という。）の順に効率が高くなる。（①及び②の容量 118kW の比較）
- ・ 熱源容量別では小容量機種の方が熱源効率は高いため、同負荷で小容量機種を選定するとモジュール数が増え、コストや設置スペースは増えるものの、低負荷運転時に台数制御を組み合わせることで、一次エネルギー消費量を削減できる。（②）
- ・ モジュールチラーには、外気温度が高い時に散水することで熱源効率（冷房）を上げる高効率仕様がラインナップされている。
ZEB化シミュレーションでは、散水装置等によるインシヤルコストの増、上水使用による水道料金等の増と、熱源効率向上によるエネルギー削減分を踏まえ費用対効果を確認した結果、高効率仕様は採用しなかった。（③）
- ・ 省エネ基準（BEI=1.0）の基準仕様では、「事務所等 事務室（5・6・7地域）」の熱源は空冷HPにて熱源COP冷却 3.24、加熱 3.42 と設定されている。ZEB Readyの実現のためには、それらを上回るCOPの熱源を選定することを基本とする。なお、一般的には、COPが高い熱源はコストも上昇するため、まずは、空調機容量の最適化を追求し、従来よりもダウンサイジングすることが重要である。

表 3.11-1 モジュールチラー仕様別熱源COPの例

① 標準仕様（ $\Delta t 7^{\circ}\text{C}$ 、運転条件は定格値）

容量	区分	A社	B社	C社	平均
118kW	冷却	3.68	3.69	3.82	3.73
	加熱	3.78	3.71	3.80	3.76

② 大温度差仕様（大温度差 $\Delta t 10^{\circ}\text{C}$ 、運転条件は定格値）

容量	区分	A社	B社	C社	平均
85kW	冷却	4.25	4.11	4.23	4.20
	加熱	4.13	4.05	4.03	4.07
118kW	冷却	3.77	3.74	3.96	3.82
	加熱	3.85	3.84	3.88	3.86
150kW	冷却	3.55	3.56	3.74	3.62
	加熱	3.62	3.71	3.76	3.70
180kW	冷却	3.35	3.33	3.44	3.37
	加熱	3.72	3.56	3.59	3.62

③ 高効率仕様（大温度差 $\Delta t 10^{\circ}\text{C}$ 、118kW、運転条件は定格値）

容量	区分	A社	B社	C社	平均
118kW	冷却	4.44	3.74	6.31	4.83
	加熱	3.85	3.84	3.88	3.86

中央熱源方式 空調機の高効率化

1 概要

冷温水を循環するエアハンドリングユニット等の空調システムの高効率化手法については以下のとおりである。

(1) 高効率電動機

高効率低圧三相かご形誘導電動機（JIS C 4212）又は低圧三相かご形誘導電動機－低圧トッピングナーモータ（JIS C 4213）による電動機を採用し、搬送動力を抑制する手法。

(2) ファンの回転数制御

空調負荷に応じ、必要風量を自動制御する手法。変風量ユニット（VAV）を設置することで、空調ゾーンごとの風量制御が可能であり、空調機1台に対して複数の空調ゾーニングが可能である。この場合、空調機の送風機出力はVAVのコントロールに連動してインバータで制御し、搬送動力を低減する。

(3) 全熱交換器

換気に必要な導入外気と排出する室内空気の温度（顕熱）と水分（潜熱）を交換し、外気負荷を削減する手法。

(4) 予熱時外気取り入れ停止（ウォーミングアップ制御）

空調立ち上がり時で室内に人がいない場合に、外気導入を停止して外気負荷を削減する手法。

(5) 外気冷房制御

冷房運転時において、外気エンタルピが室内空気のエンタルピより低い場合に、必要新鮮外気導入量以上の外気を導入し、処理熱量を削減する手法。

なお、外調機方式の場合、標準入力法で外気冷房制御を評価できないため、ZEB化シミュレーションの検討モデルは外調機方式が採用されていたが、外気冷房制御を採用なしとして省エネルギー計算を行った。

2 設計上のポイント

- ・空調機のファンモータ出力が0.75kW以上の場合、高効率電動機とする。 **must**
- ・空調機のファンはインバータ付、空調ゾーンごとに変風量ユニット（VAV）を設け、変風量制御を行う。 **must**
- ・高効率制御としては、外気冷房制御（外気と還気を混合して給気する空調機方式の場合）、予熱時外気取り入れ停止（ウォーミングアップ制御）を見込む。 **must**
- ・全熱交換器付（回転型又は静止型）とし、自動換気切替え機能を見込む。 **must**
自動換気切替え機能とは、熱交換換気と普通換気を外気、室内の温度や湿度から判断し、自動で切替えを行うことにより、空調負荷を削減する機能のことである。なお、回転型はローターの回転により排気から給気に熱回収する機構の熱交換器であり、静止型より熱交換効率は高いものの大型・高価であるため、大風量の空調機に適した方式である。
- ・CO₂濃度センサ付とし、外気導入量のCO₂濃度制御を行う。 **未評価 must**

3 ZEB化シミュレーションでの検討内容

(1) 風量制御における最小回転数の設定による負荷低減効果

- 標準入力法では、風量制御方式として定風量制御と回転数制御を選択できる。
- ここでの回転数制御は、室内温度等に応じてインバータ等により送風機の回転数を自動的に制御する方式（変風量制御と同意）とされており、ファンコイルユニットや室内機のように手動で風量を切り替えるものは対象とならないため、留意が必要である。
- 回転数制御を行う場合は、最小風量比（最小風量設定値の定格風量に対する比率（%））を入力する。
ファンは必要な風量及び静圧を確保するため、運転範囲の下限は30%程度とされており、ZEB化シミュレーションでは最小風量比を下限値の30%として試算を行った。なお、基準仕様では最小風量比は60%と設定されている。
- ZEB化シミュレーションにおいて、最小風量比による空調BEIの低減効果を検討した結果を図3.12-1に示す。風量比60%と比較し、30%の場合は空調の一次エネルギー消費量は約12%削減された。
- 低負荷時に風量を小さくできると、その分風量比を小さくでき搬送動力も低減できる。一方、低負荷時でも必要な換気量を確保できる範囲までしか風量を小さくすることはできないため、CO2濃度制御との併用により必要となる換気量を小さくするなどの工夫が必要である。（図3.12-2）

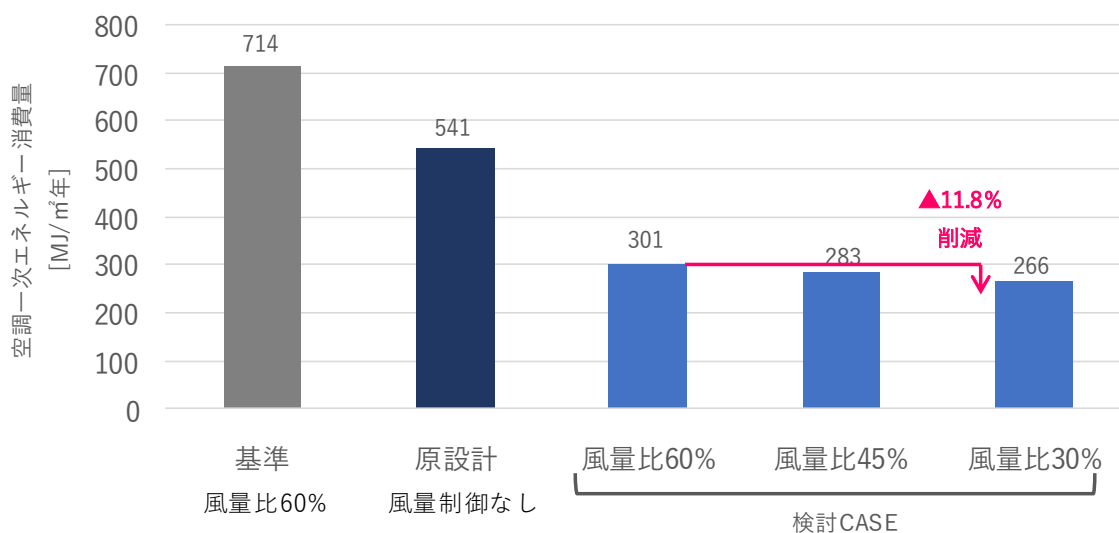
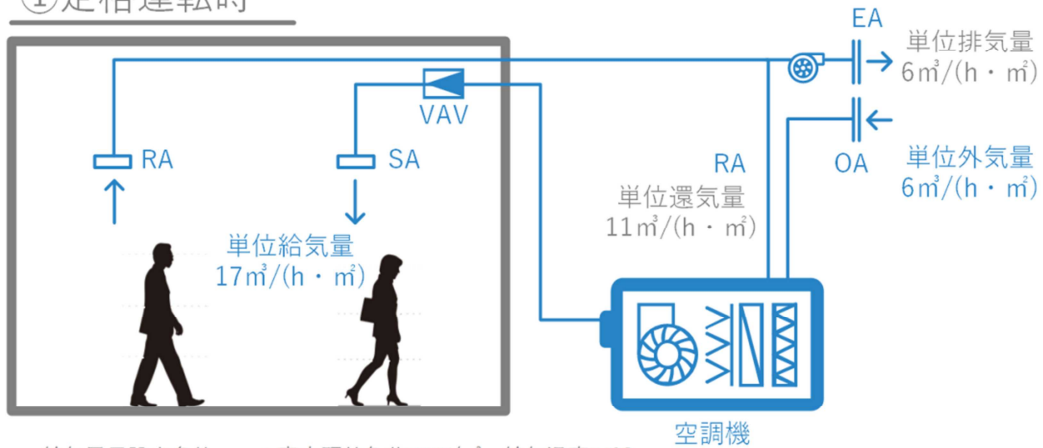


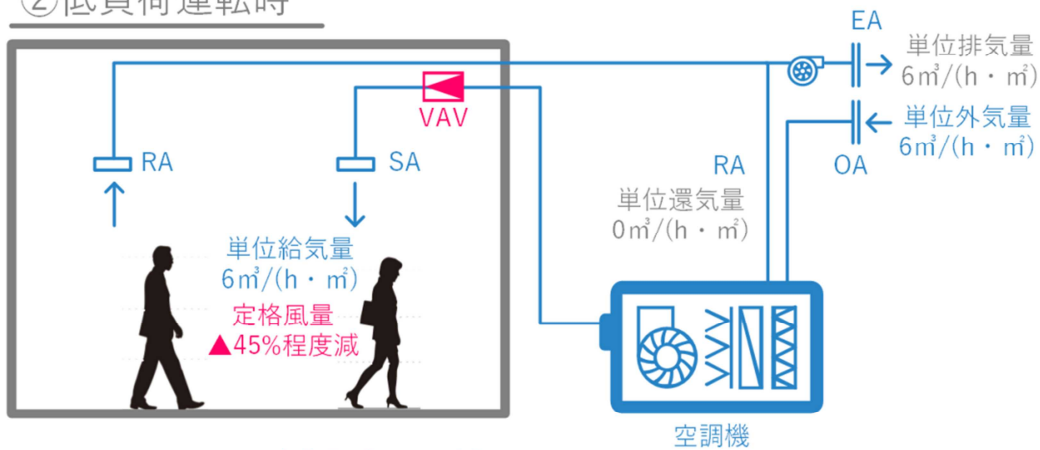
図 3.12-1 風量比別空調一次エネルギー消費量の比較
※検討 CASE はZEB化手法を全て含む

① 定格運転時



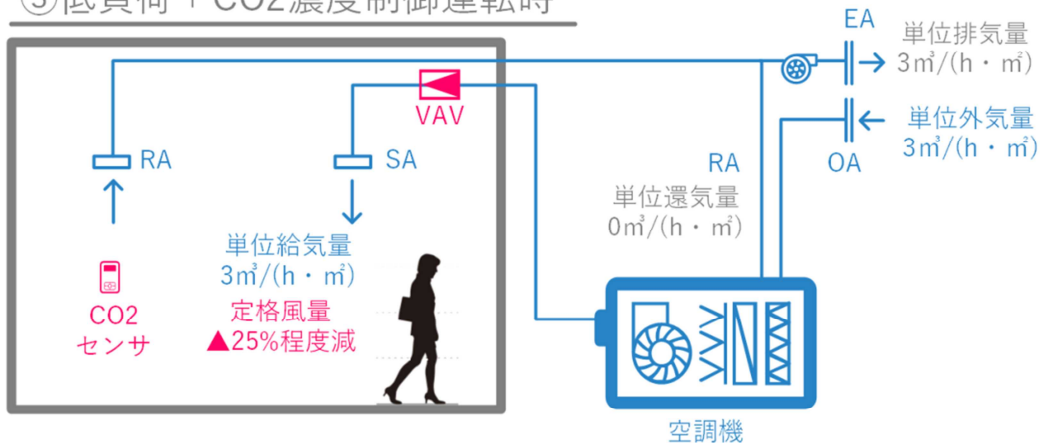
- ・給気風量設定条件 : 室内顕熱負荷 $70\text{W}/\text{m}^2$ 、給気温度 14°C
 $\rightarrow 70\text{W}/\text{m}^2 \div 0.33 \div (26^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C}) \approx 17\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$
- ・外気取入れ量設定条件 : 人員 $0.2\text{人}/\text{m}^2$ 、基準換気量 $30\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{人})$
 $\rightarrow 0.20\text{人}/\text{m}^2 \times 30\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{人}) = 6\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$

② 低負荷運転時



- ・給気風量設定条件 : 室内顕熱負荷 $10\text{W}/\text{m}^2$ 、給気温度 14°C
 $\rightarrow 10\text{W}/\text{m}^2 \div 0.33 \div (26^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C}) \approx 3\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$
- ・外気取入れ量設定条件 : 人員 $0.2\text{人}/\text{m}^2$ 、基準換気量 $30\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{人})$
 $\rightarrow 0.2\text{人}/\text{m}^2 \times 30\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{人}) = 6\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$

③ 低負荷 + CO2濃度制御運転時



- ・給気風量設定条件 : 室内顕熱負荷 $10\text{W}/\text{m}^2$ 、給気温度 14°C
 $\rightarrow 10\text{W}/\text{m}^2 \div 0.33 \div (26^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C}) \approx 3\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$
- ・外気取入れ量設定条件 : 人員 $0.1\text{人}/\text{m}^2$ 、基準換気量 $30\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{人})$
 $\rightarrow 0.1\text{人}/\text{m}^2 \times 30\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{人}) = 3\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$

図 3.12-2 風量制御の運転概要

個別熱源方式 熱源・空調機の高効率化

1 概要

個別熱源方式とは、1台の室外機に対し、複数台の室内機が接続できるビル用マルチエアコン（以下「ビルマル」という。）又は1台の室外機に対し1～3台程度までの室内機が接続できるパッケージエアコン（以下「パッケージ」という。）による空調方式である。

高効率化の方法としては、機器の定格効率（以下「COP」という。）を高くする方法と、実際に運転される負荷領域の効率を高くして年間成績係数（APF）※を高くする方法がある。COPは、定格冷却（加熱）能力を定格冷却（加熱）エネルギーで割ることによって求められ、標準入力法ではこれら二つの数値を入力することとなっている。

※ APF (Annual Performance Factor)

冷暖房期間を通じて室内側空気から除去する熱量及び室内空気に加えられた熱量の総和と、同期間内に消費された総電力との比で表わされる値で、実使用状態に近い省エネ性能の評価を行うことができる。値が大きいほど高効率であることを意味する。

2 設計上のポイント

■ ビルマル

- 効率の高い冷暖切替え機種※の採用を基本とし、方位、使用時間帯、事務機器等の発熱量等が同じような使われ方をする室ごとに室外機をゾーニングする。 **must**
- ※ビルマルには、冷暖切替え機種と冷暖同時機種の2種類ある。冷暖同時機種とは、同じ室外機系統において室内機ごとに冷房・暖房を自由に選択できる機種であり、使われ方や負荷状況が異なり同じ系統で冷房と暖房が混在する場合にも対応しやすいシステムであるが、効率は冷暖切替え機種より低くなる。
- 室外機能力は、当該系統の室内機容量の合計値ではなく、負荷計算における当該系統ピーク時間の負荷合計値で容量選定をすることで、室外機容量の最適化を図る。 **must**

■ 共通

- 室外機は、冷媒配管距離が長いほど、室外機と室内機の高低差が大きいほど、能力補正※が必要となり、室外機容量は大きくなるため、効率は低下する。このため、室外機置場はできるだけ負荷に近い場所に計画をする。 **must**

(式 3.13.1) 室外機の必要能力

$$= (\text{同系統の空調負荷計}) \div (\text{a. 室外温度条件による補正係数}^{\ast}) \\ \div (\text{b. 冷媒配管距離による補正係数}^{\ast}) \div (\text{c. 室外高低差による補正係数}^{\ast})$$

※各補正係数はメーカーカタログ値を参照する。

- a. 室外温度条件による補正係数は概ね0.8～1.4の範囲、
- b. 冷媒配管距離・c. 室外高低差による補正係数は概ね0.8～1.0の範囲であることが多い。
- 廊下と居室は、室外機を別系統で計画することを基本とする。 **must**
警察署モデルのZEB化シミュレーションでは、原設計において同じ系統となっていた廊下と居室の室外機を別系統とし、廊下部分の室外機を集約したことにより、空調BEIを2%程度低減できた。廊下と居室は使用時間や使われ方が異なるため、これらを別系統とすることで、省エネルギー計算上も空調エネルギーを低減できると推測される。
- 室内機の形式は、ファン消費電力が小さい天井カセット型を基本とする。 **must**

- ・手元リモコンによる個別操作に加え、集中リモコンにより遠方管理が行えるシステムとする。 **must**
- ・将来熱負荷が増えた場合に備え室外機を増設できるスペース（最大機種1台分以上）や設備等を見込む。設備等とは、電気設備（受変電設備から動力盤の予備回路まで）、配管用スリーブ、基礎等を指す。

3 ZEB化シミュレーションでの検討内容

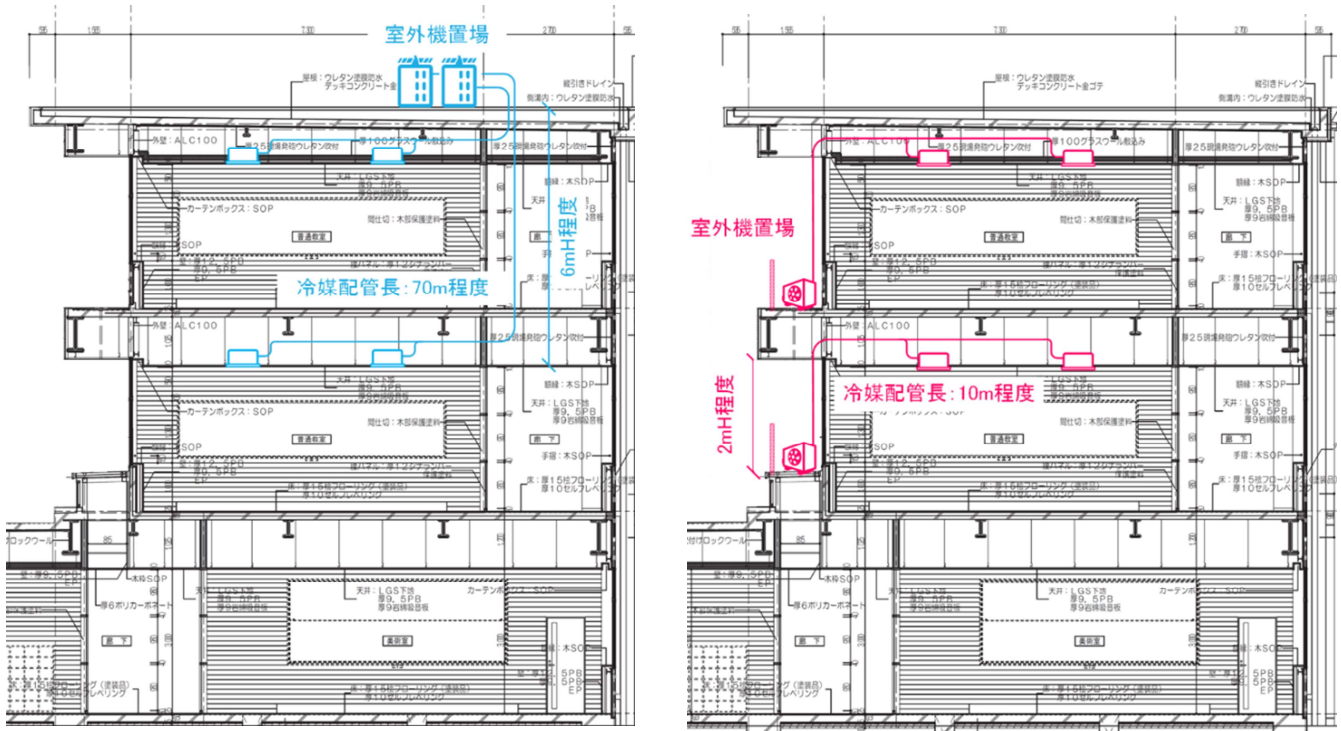
(1) 室外機置場の見直しによる空調一次エネルギー消費量の削減効果

- ・高等学校2モデルにおけるZEB化シミュレーションでは、原設計と同じビルマルによるZEB化手法では、ZEB Readyが達成できなかったため、パッケージへの変更及び室外機置場を対象室の最寄り位置に配置して検討を行なった。その条件と室外機置場の配置イメージを表3.13-1と図3.13-1に示す。
- ・パッケージは、ビルマルと比較して冷媒配管可能長さが短い（概ね50m程度）等の制約はあるが、機器の効率がよく（表3.13-3）、室外機置場を負荷の最寄り位置に計画することで冷媒配管距離による能力補正が不要となるため、ビルマルに比べ空調一次エネルギー消費量を大きく削減できると考えた。
- ・仕様別の室外機容量と空調設計一次エネルギー消費量の比較を図3.13-2に示す。室外機置場の位置を見直すことにより、ビルマルによるZEB化仕様よりも室外機容量を14%小さくできたことで、空調設計一次エネルギー消費量も5%削減できる結果となった。
- ・さらに、従来屋上に設置していた室外機を最寄りの外壁部等に設置することにより、屋上の太陽光発電設備設置可能面積が増えることも期待できる。

表 3.13-1 室外機置場の最寄り配置検討における条件（冷却能力）

区分		原設計仕様 (ビルマル)	ZEB化仕様 (ビルマル)	ZEB化仕様 (パッケージ)
検討対象		3、4階普通教室		
室外機置場の位置		屋上	最寄り外壁部	
最遠系 系統例	室内・外機間の距離	70m	10m	
	室内・外機間の高さ	6mH	2mH	
	a. 室外温度条件による補正係数*	1.0		
	b. 冷媒配管距離による補正係数*	0.9	1.0	
	c. 室外高低差による補正係数*	1.0		
室外機必要能力の増加率(式3.13-1)		110%	100%	
空調一次エネルギー消費量[MJ/(m ² ・年)]		177.1	155.6	148.4

※補正係数はメーカーや機種等によって異なるため、参考値とする。



原設計・ZEB化仕様 (ビルマル)

ZEB化仕様 (パッケージ)

図 3.13-1 室外機置場の配置イメージ

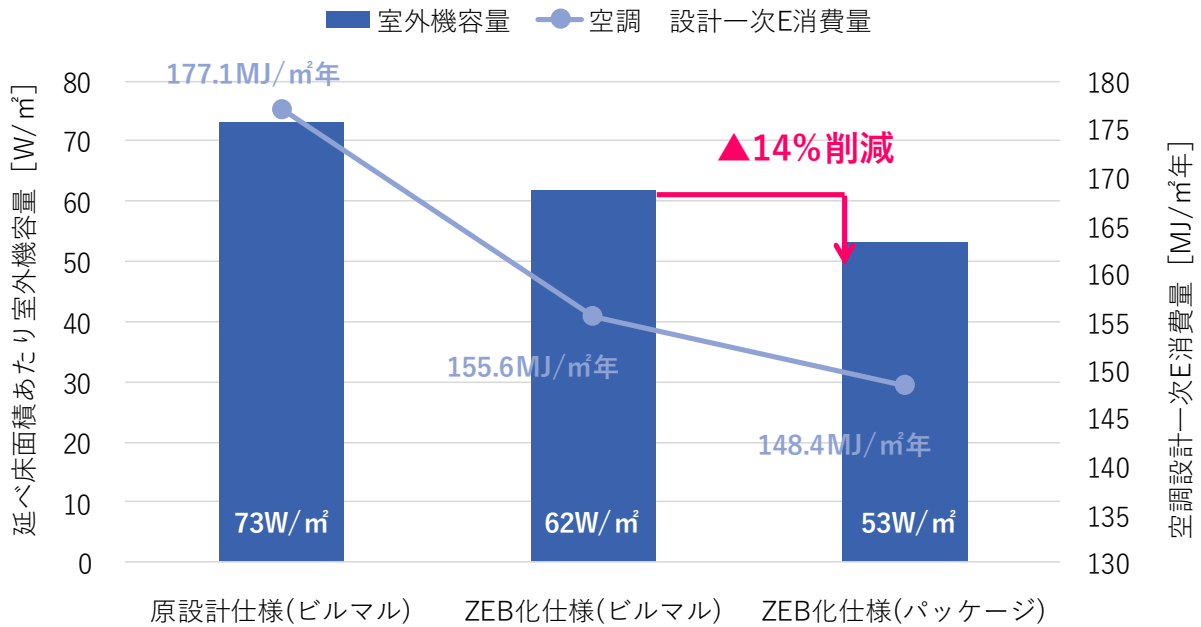


図 3.13-2 室外機容量と空調設計一次エネルギー消費量の比較

(2) 仕様別室外機COPの例

- ・ ZEB化シミュレーションで検討した電気・空冷式室外機の仕様別COPの例を、表 3.13-3 に示す。
- ・ 容量別では、一概には容量とCOPの相関関係は見られない。(②)
- ・ 冷暖同時タイプより冷暖切替タイプの方が効率は高い。(②、③)
- ・ ビルマルよりパッケージの方が効率は高い。(②、④)
- ・ 基準仕様では、学校等一高等学校の教室(5、6、7地域)の熱源は、EHPにて熱源COP冷却3.24、加熱3.42と設定されている。(表3.9-5)

表 3.13-3 電気・空冷式室外機の仕様別COPの例

① 原設計仕様：ビルマル 冷暖切替タイプ

		A社	B社	C社	平均
45kW	冷却	3.28	2.94	3.63	3.28
	加熱	3.88	4.07	4.24	4.06

② ZEB化仕様：ビルマル 冷暖切替タイプ（最高効率仕様）

		A社	B社	C社	平均
28kW	冷却	3.30	3.42	3.89	3.54
	加熱	4.10	3.94	4.30	4.11
45kW	冷却	3.60	3.95	3.95	3.83
	加熱	4.20	4.31	4.67	4.39
67kW	冷却	3.35	3.58	4.01	3.65
	加熱	3.76	3.46	4.26	3.83

③ 参考：ビルマル 冷暖同時タイプ（最高効率仕様）

		A社	B社	C社	平均
45kW	冷却	3.30	3.56	3.95	3.63
	加熱	3.31	3.91	4.67	3.96

④ ZEB化仕様：パッケージ

		A社	B社	C社	平均
3.6kW	冷却	5.03	5.85	5.65	5.51
4.0kW	加熱	5.08	5.67	5.67	5.47
7.1kW	冷却	4.47	4.08	4.01	4.19
8.0kW	加熱	4.97	4.42	4.52	4.64

空調負荷計算及び機器選定時における、空調機容量のダウンサイジング（最適化）は、以下のとおり、ZEB化設計の大きなポイントとなる。

■ 一年の大半は低負荷での運転

中小事務所ビルにおける夏期の空調負荷率^{※1}と出現時間の関係から、空調機の運転時間は負荷率 10~20%程度に集中していることが分かる。空調負荷がピークになるのは1年のうち数日程度で、大部分は低負荷の状態となるため、過大な熱源容量の機器を設置した場合、より長い時間低負荷で運転することになる。（図 3.13-3）

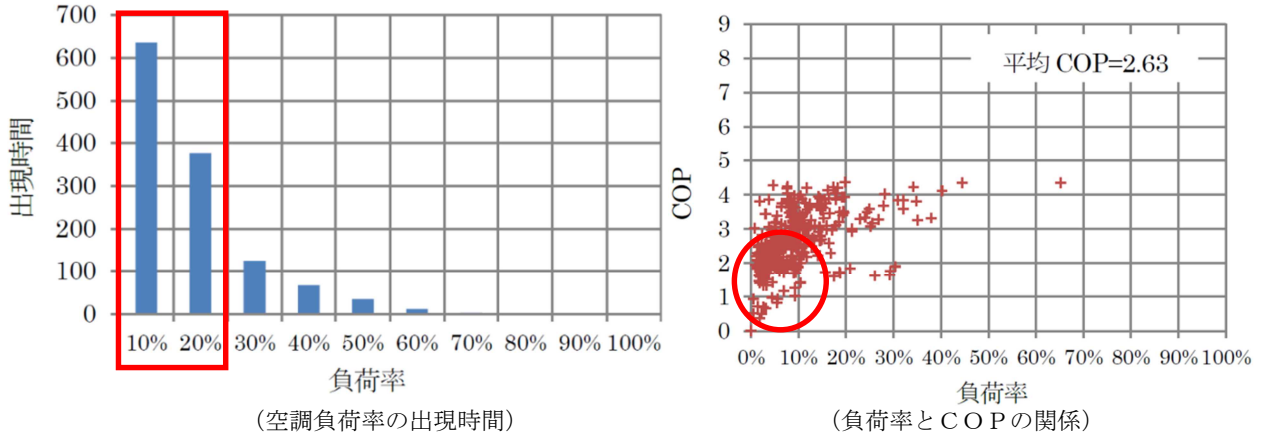


図 3.13-3 中小事務所ビルの夏（6~9月）空調負荷率と出現時間、COPの事例

※1 負荷率：空調機の定格能力に対する実負荷の割合

■ 熱源機器は低負荷運転時に運転効率が低下

熱源機器効率の特性曲線のとおり、年間負荷率が 25%程度でCOP比^{※2}1.0の場合、同負荷率が 20%まで下がるとCOP比は 0.8 となり、20%低下する。（図 3.13-4）

ZEB化シミュレーションの事務室では、原設計に対し冷房負荷を 20%低減できた。これにより、負荷率が低い時間帯のCOPが向上し、年間を通して高効率での運転が可能となり、運用時の省エネ効果が期待できる。

また、負荷に対し過大な容量を選定した場合には、機器の発停頻度が増え、故障の原因になる場合もある。故障防止の面からも最適な容量選定は重要である。

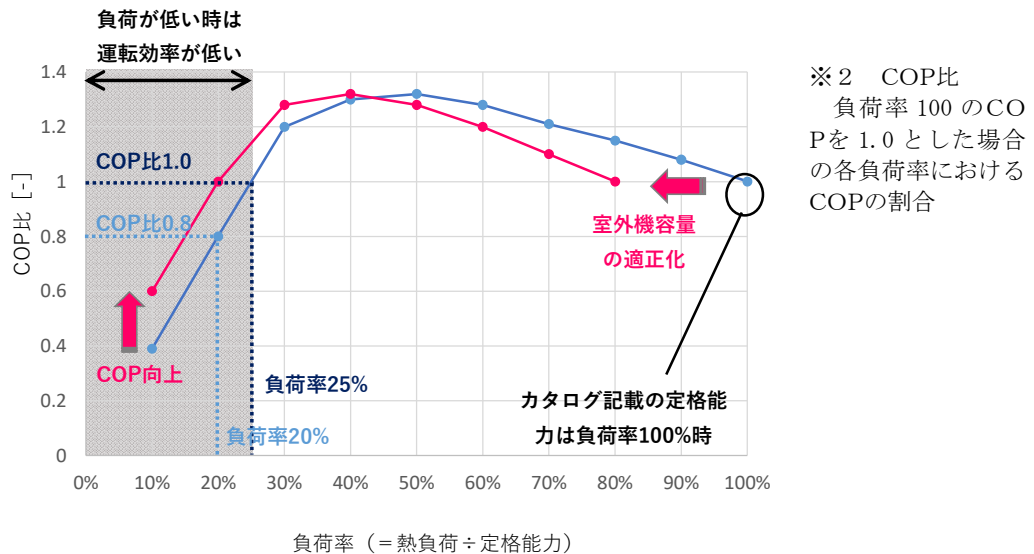


図 3.13-4 熱源機器効率の特性曲線（イメージ）

参考文献 1：建築研究資料 省エネルギー建築のための設計ガイドライン 国立研究開発法人 建築研究所

参考文献 2：鈴木, 長澤, 塩地, 住吉：中小事務所ビルにおける空調更新時の運転データを用いた容量選定手法の検証 その2（更新後の運転データ検証）, 平成 30 年度空気調和・衛生工学会論文集, 2018. 9.

本コラムは参考文献の文章及び図を編集・加工し作成した。特に、参考文献 2 より引用した図 3.13-3 には説明部に強調の印を付している。

換気システムの高効率化

1 概要

換気システムの高効率化には、ファン自体に高効率な機器を採用する方法や、運転制御方法の工夫により省エネを図る方法等がある。主な高効率化手法については以下のとおり。

(1) 高効率電動機

高効率低圧三相かご形誘導電動機（JIS C 4212）又は低圧三相かご形誘導電動機－低圧トップランナーモータ（JIS C 4213）による電動機を採用し、搬送動力を抑制する手法。

(2) 温度制御

温度センサを設置し、一定の温度以上のみ換気機器を稼働させる手法。

2 設計上のポイント

■ ファンモータ（0.75kW 以上の場合）

- ・高効率電動機（JIS C 4212 又は、JIS C 4213 によるもの）とし、インバータ付とする。 **must**
- ・インバータは変風量運転を行わない場合も風量調整用に設ける。 **must**
ファンの定格風量を設計風量に合わせるにはダンパ等で抵抗をかけ調整することが一般的だが、インバータにより風量調整をすることで無駄な搬送動力を削減することができる。

■ 天井換気扇など小型機器

- ・負荷変化にも安定した速度制御ができ、メンテナンス性や静音性に優れる DC ブラシレスモータ仕様とする。 **must**
- ・また、換気扇の形式は室用途（防犯性及び意匠性）を考慮の上、可能な場合はダクト形より動力が小さい壁付け形を推奨する。

■ 温度制御

- ・24 時間換気が求められない熱除去を目的とした機械室及び電気室の換気扇には、温度センサを設置し、換気機器の運転時間を減らす。 **must**

■ 標準入力法における換気設備の評価対象

(1) 評価対象

- ・電気室やエレベータ機械室などのように、一般に機械換気設備により排熱するところを、機械換気設備を設けずに（若しくは機械換気設備と併用して）冷房することで代替する際の冷房設備
- ・厨房に設置された暖冷房設備

(2) 評価対象外

- ・研究室等において使用される有害ガス用の局所換気設備（スクラバー、ドラフトチャンバー等）等の特殊な環境を維持するための設備
- ・常時運転しない（年間稼働時間 50h 程度（1 週間に 1 時間程度）以下）非常用発電機室の機械換気設備や排煙機
- ・予備機としての空気調和設備、機械換気設備

3 ZEB化シミュレーションでの検討内容

(1) 換気範囲の見直し例

- ・事務所等モデルでは、原設計で空調機械室（1室/階×4階）に換気設備（給気ファン：0.75kW×1台、0.4kW×3台、排気ファン：0.75kW×1台、0.4kW×3台）が計画され、換気一次エネルギー消費量が大きい原因となっていた。
- ・空調機械室は、ダクトからの漏れ空気も考慮し、単独の換気設備を設けないことも多い。ZEB化シミュレーションで、空調機械室用の給排気ファンを取り止めた結果、ZEB化手法の採用から更に換気一次エネルギー消費量を約40%削減（原設計：139MJ/(㎡・年)→ZEB化手法の採用：111MJ/(㎡・年)→検討CASE：65MJ/(㎡・年)）できた。
- ・なお、標準入力法では当面の間、熱源機械室等で天井が高い空間の場合の機械換気設備について、下記式で仮想的な電動機定格出力を算出し、その値を入力してもよいとされている。下記式の「2.7」は天井高を意味する。この天井高と大きな差が生じる場合は、システムの性能以外の要因により評価が厳しくなるという理由で、電動機定格出力を補正してもよいとされている。

$$\text{電動機定格出力} = (\text{電動機定格出力}) \times 2.7 / (\text{換気対象室の天井高})$$

(2) 標準入力法における居室以外の換気設備の基準仕様

- ・居室以外の換気回数の設定は、(一社)公共建築協会「建築設備設計基準（平成21年版）」による換気回数を基に決められている。（表3-14.1）
- ・全圧損失は実際の設計事例の調査結果を基に、駐車場と厨房は600Pa、その他の室用途は300Paと設定されている。
- ・基準仕様より小さい静圧になるよう計画することで省エネにつながる。

表 3-14.1 建築設備設計基準における換気方式等
(一社)公共建築協会「建築設備設計基準」を転載

室名	換気対象要因						換気方式				換気量 [回/h]
	臭気	喫煙	熱	燃焼ガス・酸素供給	湿気	有毒ガス	自然換気	第一種換気	第二種換気	第三種換気	
便所・洗面所	○									○	5~15（使用頻度大15）
ロッカー室・更衣室	○						△			○	5
書庫・倉庫・物品庫	○		○		○	○				△	5
暗室	○		○							○	10
コピー室、印刷室	○		○							○	10
映写室			○							○	10
配膳室	○		○		○	△				○	8
シャワー室					○	△				○	5
浴室	○				○	○				△	5
脱衣室					○	△	△	○			5
食品庫	○							○		△	5
厨房置場	○							○			15
喫煙室		○						△		○	計算式

備考 ○：一般的に採用する方式、△：採用してもよい方式

CO₂濃度による外気量制御

1 概要

換気については、在室人員の状況に合わせて取入れ外気量を適切に制御することで、空調の外気負荷を低減できる。No 1 に示す目標とする室内空気質のうち、一般的に測定しやすい二酸化炭素（CO₂）の含有率を室内空気質の総合指標と考えることができる。

このため、CO₂センサでCO₂濃度を測定し、濃度に合わせて必要な取入れ外気量を制御することで、冷暖房時の外気負荷を低減する。（図 3.15-1）

特に、事務室や会議室など人員密度の変化が激しい室で効果が見込まれる。

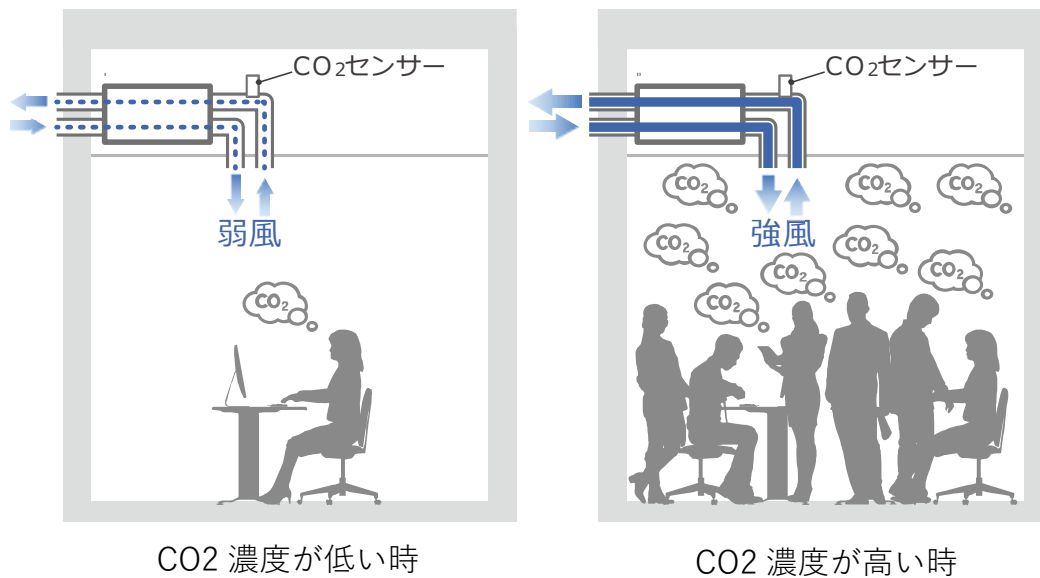


図 3.15-1 全熱交換器付換気扇のCO₂濃度制御イメージ

2 設計上のポイント

- ・単位換気量 30 m³/(h・人)とする場合はCO₂濃度制御を採用する。採用する場合は、全熱交換機付換気扇へのCO₂センサ設置（メーカーオプション）で対応することでコストを縮減する。 **未評価** **must**
- ・単位換気量を 30 m³/(h・人)未満とする場合にも、CO₂センサとすることで、運用時の省エネとなることから、施設特性に応じて導入を検討する。

照度条件の最適化

1 概要

照度基準として、JIS（日本産業規格）では作業内容や空間の用途に応じた「推奨照度」が定められている。また、学校環境衛生基準（文部科学省）では学校用途の照度基準が定められている。

昨今は、デスク照明（タスク照明）を併用し室全体の照明（アンビエント照明）を減灯する「タスク&アンビエント照明」方式により、照明一次エネルギー消費量を減らす手法の採用も増加している。

2 設計上のポイント

■ 器具の選定

- ・照明器具は全てLED照明とする。 **must**
- ・LED照明は長寿命だが更新時は電球ではなく器具ごと交換するものが多い。このため、吹抜け等で高天井部に設置せざるを得ない場合は、高所作業車の使用や天井内での更新作業に配慮するなど設計時から更新方法を検討しておく必要がある。
- ・照明器具は、照明効率が高く、電力消費が小さくなる埋込下面開放型や直付け型の器具が望ましい。
- ・用途別の照度設定の参考値を表 3.16-1 に示す。合わせて、照明の基準仕様における基準設定照度を参考に記載する。 **must**

表 3.16-1 用途別照度設定の参考値

(単位：lx)

建物用途	代表室	設定照度		
		ZEB化仕様 ^{※1}	(参考)原設計仕様	(参考)基準仕様
事務所等	事務室	500	750	750
	会議室	500	500	500
	廊下	100	100	200
学校等	事務室	500	500～750	500
	教室	500	500	500
	特別教室	500	500	750(実習室)

※1 作業内容等により 500lx 以上を確保することが必要な場合、アンビエント照明での対応やタスク&アンビエント照明の採用について、施設管理者との協議にて決定する。なお、JIS Z9110 追補 2011 では、推奨照度と併せて照度範囲が示されている。例えば事務室の推奨照度は 750lx、照度範囲は 500～1000lx とされており、500lx は JIS Z9110 に適合した照度である。

■ 室指数の入力

- ・標準入力法においては、照明一次エネルギー消費量を適切に評価するため、室指数^{※2}を入力する。 **must**

※2 照明の必要台数を算出する際に必要な照明率を決定する要素の一つで、室の間口、奥行き、光源の高さによって変わる。詳細は次頁にて解説する。

3 ZEB化シミュレーションでの検討内容

(1) 室指数の補正による照明BEIの適正化（低減）

- ・室指数を未入力で計算した場合と入力して計算した場合の差を検討した結果を図 3.16-2 に示す。
- ・室指数を入力した場合は、20%程度照明一次エネルギー消費量が小さくなった。
- ・標準入力法において室指数の入力は任意だが、基準仕様では、標準の室指数を 2.5 で計算しており、室指数が 2.5 を超える場合は補正を行った方がより適正に照明一次エネルギー消費量が算定される。一般的には、室が特殊な形状の場合（矩形でない、奥行きが長いなど）は、補正を行った方がよいとされている。

- ・照明器具の台数は下記式より選定され、照明率が大きいほど必要台数は少なくなる。ランプ光束や保守率は光源の種類や照明器具の形式によって決定される。

$$\text{所要台数(台)} = \frac{\text{所要照度(lx)} \times \text{床面積(m}^2\text{)}}{\text{ランプ光束(lm)} \times \text{照明率} \times \text{保守率}}$$

- ・照明率は、照明率表（図 3.16-1）より反射率と室指数から求めることができ、反射率が高く、室指数が大きいほど照明率は大きくなる。
- ・反射率は内装材の仕様により決まるが、基準仕様では、実際の設計で選択されている状況を勘案し、天井 50%、壁 30%、床 10%が採用されている。なお、（一社）公共建築協会「建築設備設計基準（平成 21 年版）」では天井 70%、壁 50%、床 10%の反射率が推奨参照値として示されている。

反射率	天井 80%				天井 70%				天井 50%				天井 30%				天井 0%				
	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	
室指数	照明率 (X0.01)																				
0.6	51	42	36	32	50	42	36	32	48	41	36	32	47	40	35	32	31				
0.8	61	53	47	43	59	52	47	43	58	51	47	43	56	50	46	43	42				
1.0	66	60	55	51	65	59	54	51	63	58	54	51	62	57	53	50	49				
1.25	71	65	61	57	70	65	60	57	68	63	60	57	66	62	59	56	55				
1.5	74	69	65	61	73	68	64	61	71	67	63	61	69	66	63	60	59				
2.0	78	74	70	67	77	73	70	67	75	71	69	66	73	70	68	66	64				
2.5	80	77	74	71	79	76	73	71	77	74	72	70	75	73	71	69	67				
3.0	81	78	76	74	80	78	75	73	78	76	74	72	77	75	73	71	69				
4.0	83	81	79	77	82	80	78	76	80	78	77	75	78	77	76	74	72				
5.0	84	82	81	79	83	82	80	79	81	80	79	77	80	78	77	76	74				
7.0	86	84	83	82	85	83	82	81	83	82	81	80	81	80	79	78	76				
10.0	86	85	84	84	85	85	84	83	84	83	82	81	82	81	80	80	78				

図 3.16-1 照明率表の例

出典：パナソニック ホームページ

<https://www2.panasonic.biz/jp/lighting/plam/manual/basic/light-distribution/>

- ・室指数は、下記の式により求められる。基準一次エネルギー消費量の算定では、作業面高さは室用途によらず一律 0m と安全側で計算されている。

（室が矩形（長方形）の場合）

$$\text{室指数} = \frac{\text{室面積}}{(\text{室の間口寸法} + \text{室の奥行寸法}) \times (\text{天井高} - \text{作業面の高さ})}$$

（室が矩形（長方形）でない場合）

$$\text{室指数} = \frac{\text{室面積}}{(\text{室の外周長さ} \div 2) \times (\text{天井高} - \text{作業面の高さ})}$$

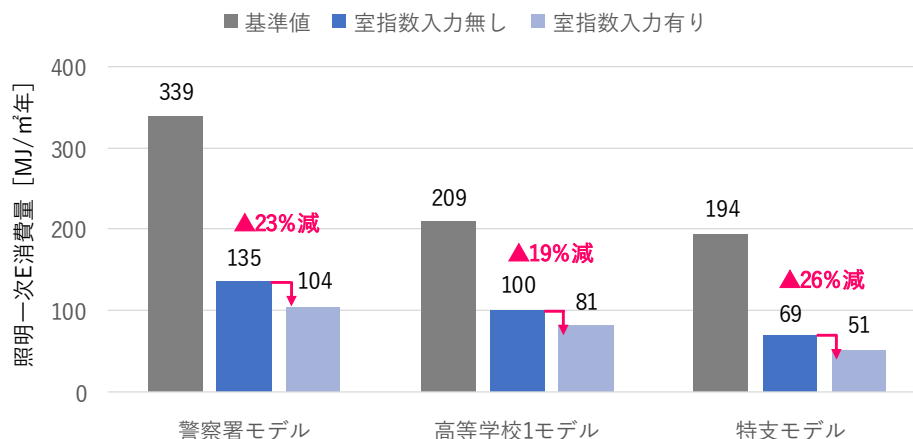


図 3.16-2 室指数による補正の有無による照明一次エネルギー消費量

(2) 照明設備の基準仕様の紹介（参考資料）

- ・照明計算、照明器具選定を行う上での参考資料として、BEI=1.0 の試算根拠である照明設備の基準仕様（事務所、学校）を表 3.16-2 に示す。
- ・照明の基準仕様では、標準的な照明器具の形状と照明率を「建築設備設計基準」から選定し計算されている。

表 3.16-2 基準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/m²]	年間点灯時間 [時間]	基準値 [MJ/(m²・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
学校等	小中学校の教室	C + FSR12-321	FHF32	0.69	500	11.5	1568	176
学校等	高等学校の教室	C + FSR12-321	FHF32	0.69	500	11.5	1568	176
学校等	職員室	C	FHF32	0.69	500	10.9	3590	382
学校等	小中学校又は高等学校の食堂	C	FHF32	0.69	500	10.9	588	63
学校等	大学の教室	C + FSR12-321	FHF32	0.69	500	11.5	1630	183
学校等	大学の食堂	C	FHF32	0.69	500	10.9	3132	333
学校等	事務室	C	FHF32	0.69	750	16.3	2410	383
学校等	研究室	C	FHF32	0.69	750	16.3	3504	557
学校等	電子計算機器演習室	C	FHF32	0.69	750	16.6	1928	312
学校等	実験室	B	FHF32	0.65	1000	27.3	1928	514
学校等	実習室	B	FHF32	0.65	750	20.5	1928	386
学校等	講堂又は体育館	I	MF400	0.53	500	14.6	723	103
学校等	宿直室	C	FHF32	0.69	500	10.9	2920	311
学校等	更衣室又は倉庫	A	FHF32	0.69	300	6.6	2410	155
学校等	廊下	G	FHT32	0.7	200	8	2410	188
学校等	ロビー	G	FHT32	0.7	300	12	2410	282
学校等	便所	G	FHT32	0.7	300	12	2410	282
学校等	喫煙室	A	FHF32	0.69	300	6.6	2410	155
学校等	厨房	A	FHF32	0.69	750	16.5	1200	193
学校等	屋内駐車場	F	FHF32	0.69	150	3.6	3000	105
学校等	機械室	F	FHF32	0.69	200	4.9	120	6
学校等	電気室	F	FHF32	0.69	200	4.9	120	6
学校等	湯沸室等	A	FHF32	0.69	300	6.6	600	39
学校等	食品庫等	F	FHF32	0.69	300	7.2	600	42
学校等	印刷室等	C	FHF32	0.69	500	10.9	600	64
学校等	廃棄物保管場所等	F	FHF32	0.69	150	3.6	600	21

※出典：第三部基準一次エネルギー消費量の算定根拠 表 3.3.5 抜粋

https://www.kenken.go.jp/becc/documents/building/Definitions/kaisetsusyo_DefaultSpec_20140602.pdf

照明システムの制御

1 概要

照明器具は、LED化とともに調光制御が普及しており、必要な場所、必要な時間帯に、必要な照度を提供することで省エネとなる。

制御の種類には、必要な照度に保つために照明出力を調整することを目的とした制御と、時間によっては照明を要しない空間の照明をきめ細やかに消灯・減光することを目的とした制御がある。各制御方式は以下のとおりである。

(1) 在室検知制御

主にトイレ、湯沸室などの小スペースや時々利用されるような場所を対象に、消し忘れ防止を目的に用いられる。天井面などに設置した人感センサが人の有無を感知して、自動で点滅又は調光する。

(2) 明るさ検知制御

窓等の開口から採光が期待でき、昼光により必要な照度が確保できる場合に用いる。居室窓際などに設置した明るさセンサにより、自動で点滅又は調光する。

(3) タイムスケジュール制御

就業前後、昼休み、清掃時など時間帯に応じて制御する場合に用いる。設定した時刻に自動で点滅又は調光する。

(4) 初期照度補正機能

時間の経過と共に器具光束の低下や器具の汚れ等で照度が低下するため、照明器具の設計時には、予めこの低下分を見込んで能力を選定する。設置当初は設計照度より 20~30% 高くなるため、これを調光制御するために用いる。

2 設計上のポイント

- ・消し忘れ防止を目的とし、湯沸室、便所、階段等には在室検知制御を採用する。在室検知制御は点滅方式が最も省エネ効果が高く、減光方式、下限調光方式の順に省エネ効果が低くなる。(表 3.17-1) **must**

表 3.17-1 標準入力法における在室検知制御方式と係数

選択肢	概要	係数
下限調光方式	連続調光タイプの人感センサの信号に基づき自動で下限調光又は点滅する方式	0.95
減光方式	段調光タイプの人感センサの制御信号に基づき自動で減光する方式	0.80
	器具に内蔵された段調光タイプの人感センサの制御信号に基づき自動で減光する方式	
点滅方式	熱線式自動スイッチによって回路電流を通電/遮断することにより自動で点滅する方式	0.70
	点滅タイプの人感センサの制御信号に基づき自動で点滅する方式 器具に内蔵された点滅タイプの人感センサの制御信号に基づき自動で点滅する方式	
無	上記以外	1.00

- 窓等の開口から採光が期待できる居室には、明るさセンサによる明るさ検知制御を採用する。 **must**
 明るさ検知制御は、方式と開口率に応じて係数が設定^{※1}されている。(表 3.17-2)
 開口率は、下記の式で算出され、床面積に対する窓面積が大きいほど開口率が大きくなる。

$$\text{開口率} = \frac{\text{計算対象空間}^{\text{※2}} \text{における開口部の面積の合計} [\text{m}^2]}{\text{計算対象空間の床面積} [\text{m}^2]} \times 100$$



$$\text{開口率} : 20 \text{ m}^2 \div 100 \text{ m}^2 \times 100 = 20\%$$

※1 自動ブラインドシステムの有無によっても係数は異なるが、本指針では採用していないため記載を省略する。

※2 計算対象空間：外壁や内壁等で囲まれた1つの連続した空間

表 3.17-2 標準入力法における明るさ検知制御方式と係数

方式	概要		係数
調光方式	連続調光タイプの明るさセンサの制御信号に基づき自動で調光する方式	開口率 15%未満	0.90
		開口率 15%以上	0.85
		開口率 20%以上	0.80
		開口率 25%以上	0.75
点滅方式	以下のいずれかに該当する方式 <ul style="list-style-type: none"> 連続調光タイプの明るさセンサの制御信号に基づき自動で点滅する方式 自動点滅器の明るさ検知によって回路電流を通電/遮断することにより自動で点滅する方式 熱線式自動スイッチ（明るさセンサ付）の明るさ検知によって回路電流を通電/遮断することにより自動で点滅する方式 		0.80
無	上記以外		1.00

- 灯数が多く、昼休みの消灯などスケジュールに沿った運用が想定される居室（一般事務室等）には、タイムスケジュール制御を採用する。 **must**
 タイムスケジュール制御は、減光方式（係数 0.95）より点滅方式（係数 0.90）の方が省エネ効果が高い。
- 照明設備には、初期照度補正機能を採用する。 **must**

3 ZEB化シミュレーションでの検討内容

(1) ZEB化シミュレーションにおける照明制御の採用例

- ・ 庁舎モデル、高等学校1, 2モデルにおける照明制御の採用例を図 3. 17-1-1~3 に示す。
- ・ 在室検知を無しとした制御タイプAは、常時使用される一般事務室等で採用した。
- ・ 在室検知に加えタイムスケジュール制御も無しとした制御タイプBは、常時使用されるものの、昼休みの利用も想定されるなどスケジュールに即さない運用も想定される事務関連の諸室（職員室や保健室等）などで採用した。
- ・ 在室検知制御のみとしたタイプCは、常時使用がない便所や倉庫、更衣室などで採用した。
- ・ タイムスケジュール制御のみとしたタイプDは、通過動線で定時のみ点灯を想定する玄関ホールで採用した。
- ・ なお、ZEB化シミュレーションでは明るさセンサを活用して初期照度補正を行うと想定し、タイプC、Dは初期照度補正を見込んでいないが、初期照度補正のみを目的として明るさセンサ付器具を選定する場合は、より省エネとなる。

	在室検知	明るさ検知	タイムスケジュール	初期照度補正
タイプA	×	○	○	○
タイプB	×	○	×	○
タイプC	○	×	×	×
タイプD	×	×	○	×

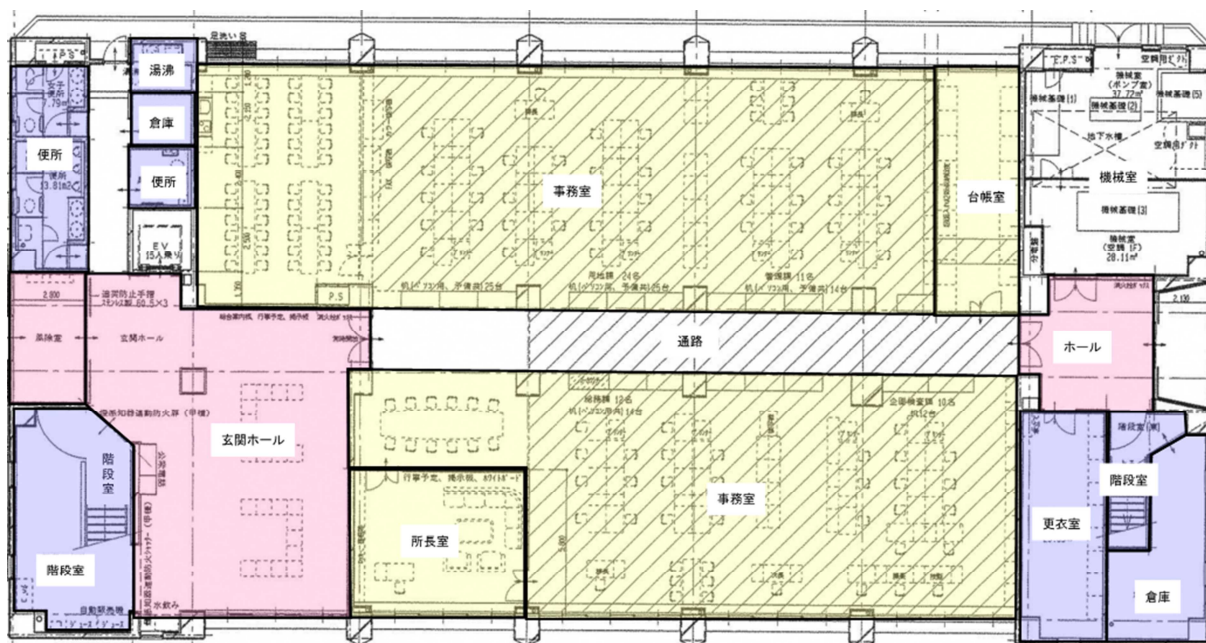
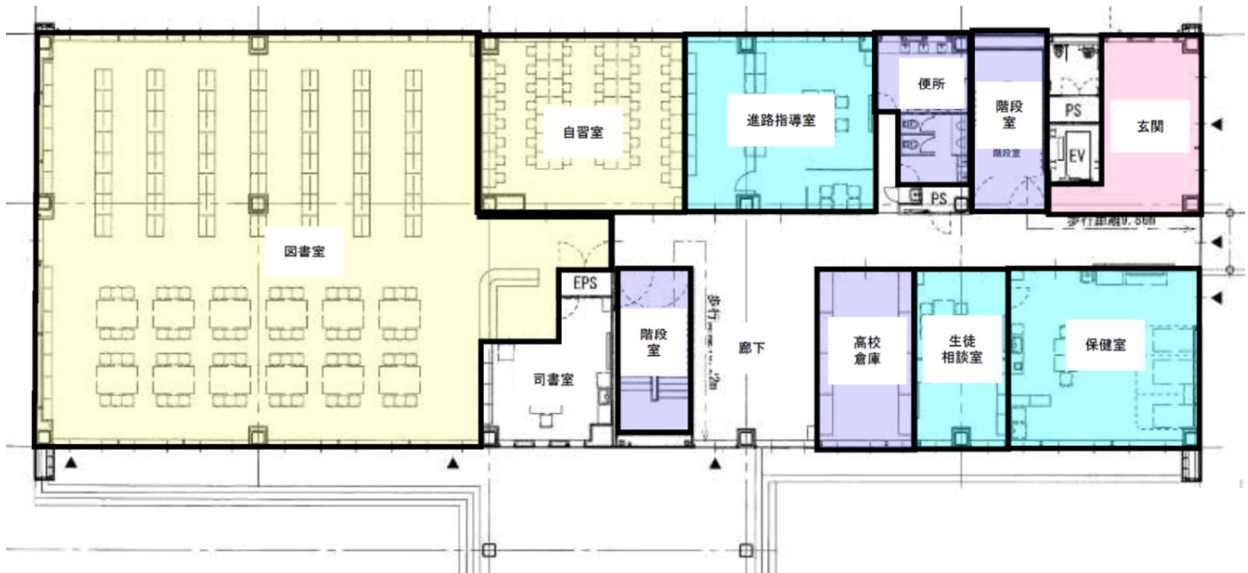


図 3. 17-1-1 照明制御の適用例（庁舎モデル 執務フロアの例）

	在室検知	明るさ検知	タイムスケジュール	初期照度補正
タイプA	×	○	○	○
タイプB	×	○	×	○
タイプC	○	×	×	×
タイプD	×	×	○	×



(執務フロアの例)



(教室フロアの例)

図 3.17-1-2 照明制御の適用例 (高等学校 1 モデル 執務フロア・教室フロアの例)

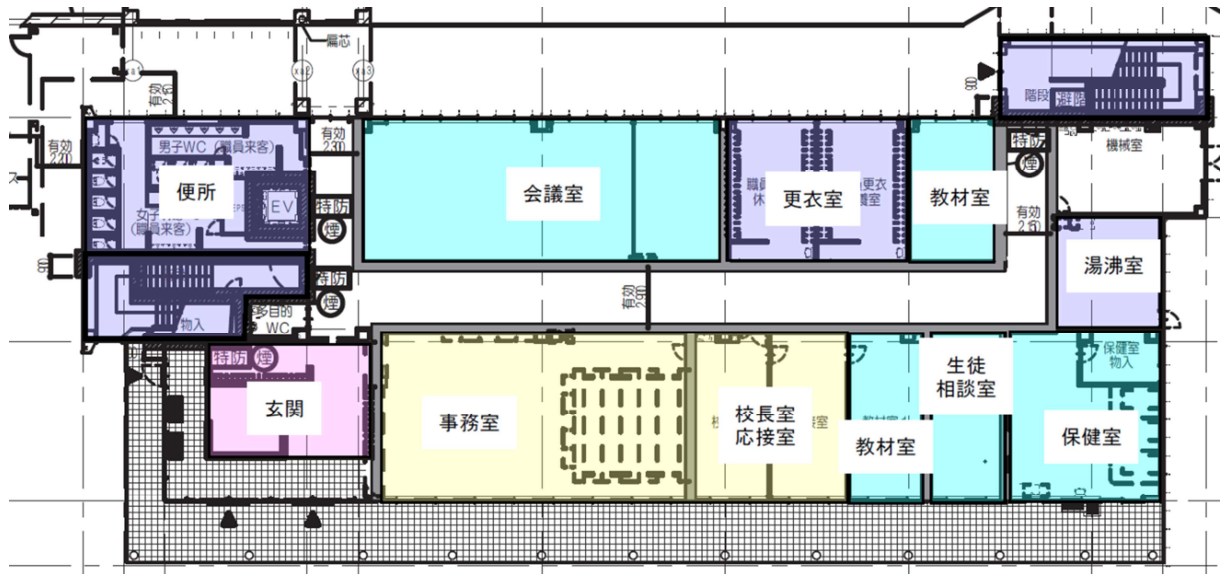


図 3.17-1-3 照明制御の適用例 (高等学校 2モデル 執務フロアの例)

(2) 照明制御システムの計画方法

- ・照明制御システムには、集中管理タイプと個別管理タイプがある。(図 3.17-2)
- ・集中管理タイプは、在室検知制御やタイムスケジュール制御など、複合的に照明制御を組み合わせる場合に、照明制御コントローラ盤で全体を管理するタイプ。室の利用状況に応じて、点灯、減灯、消灯等を人の在・不在及び時刻から細かく制御できるが、高価である。
- ・個別管理タイプは、独立して明るさ検知制御等を行える照明器具と分電盤内に設けたタイムスイッチを組み合わせ、制御するタイプ。明るさ検知制御等の一括制御ができないことや、タイムスケジュール制御は簡易な就業前後の ON/OFF 制御に限るなど、集中管理タイプに比べ制御の機能は限定されるが、安価であり中小規模建物に採用しやすい。
- ・ZEB化シミュレーションでは、費用対効果を考慮して個別管理タイプで計画した。

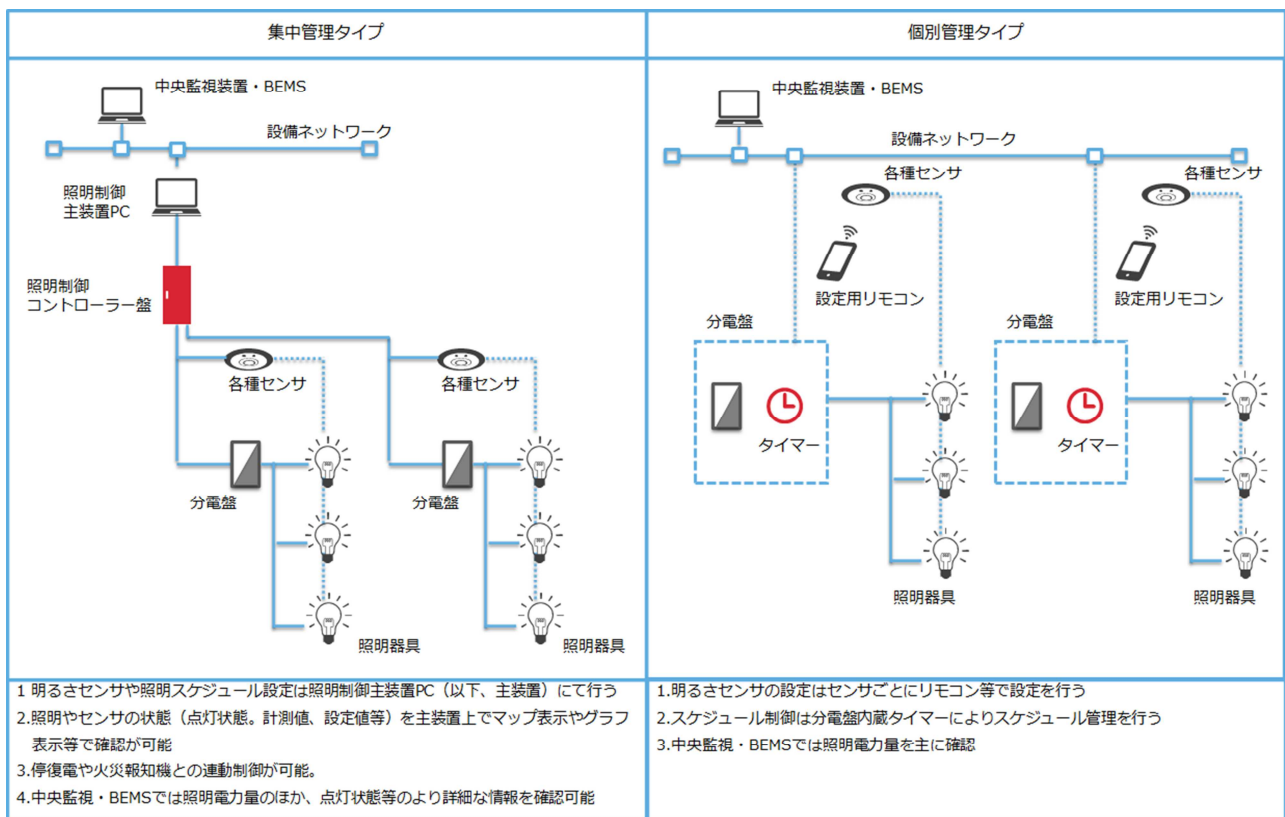


図 3.17-2 照明制御システムの概要

照明ゾーニングの工夫

1 概要

照明計画では、昼光に応じて減光制御すること、単位スペースごと又は執務時間が異なる小グループごとに点滅回路を細分化し、照明が不要なスペースを消灯又は減光制御すること（以下「ゾーニング」という。）で、運用時の省エネとなる。

2 設計上のポイント

■ 必要箇所のみ点灯・調光できる照明計画 未評価 must

(1) 居室

- ・窓を有する居室は、窓側、中央部、廊下側などにゾーニングし、明るさセンサにより各ゾーンの調光・点滅制御をおこなう、明るさ検知制御を採用する。
- ・必要箇所のみ点灯するなど様々な使い方に対応できるよう、単位スペースごと又は執務時間が異なる小グループごとに細かく入切可能な照明計画とする。
- ・灯数が多く離席検知が可能な居室（事務室等）には、併せて在室検知制御を採用することが望ましい。

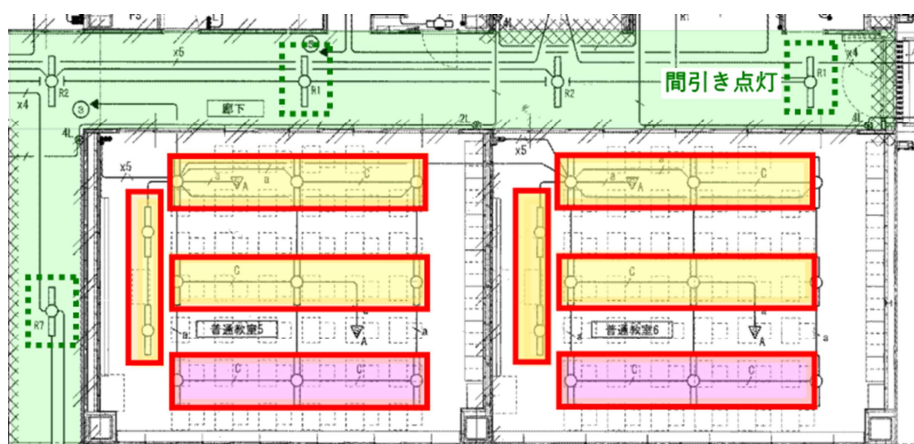
(2) 共用部（廊下やエントランス）

- ・廊下やエントランスは運用時に時間帯に応じて照度を調整できるよう、間引き点灯又は調光による減光が可能な照明ゾーニングとする。

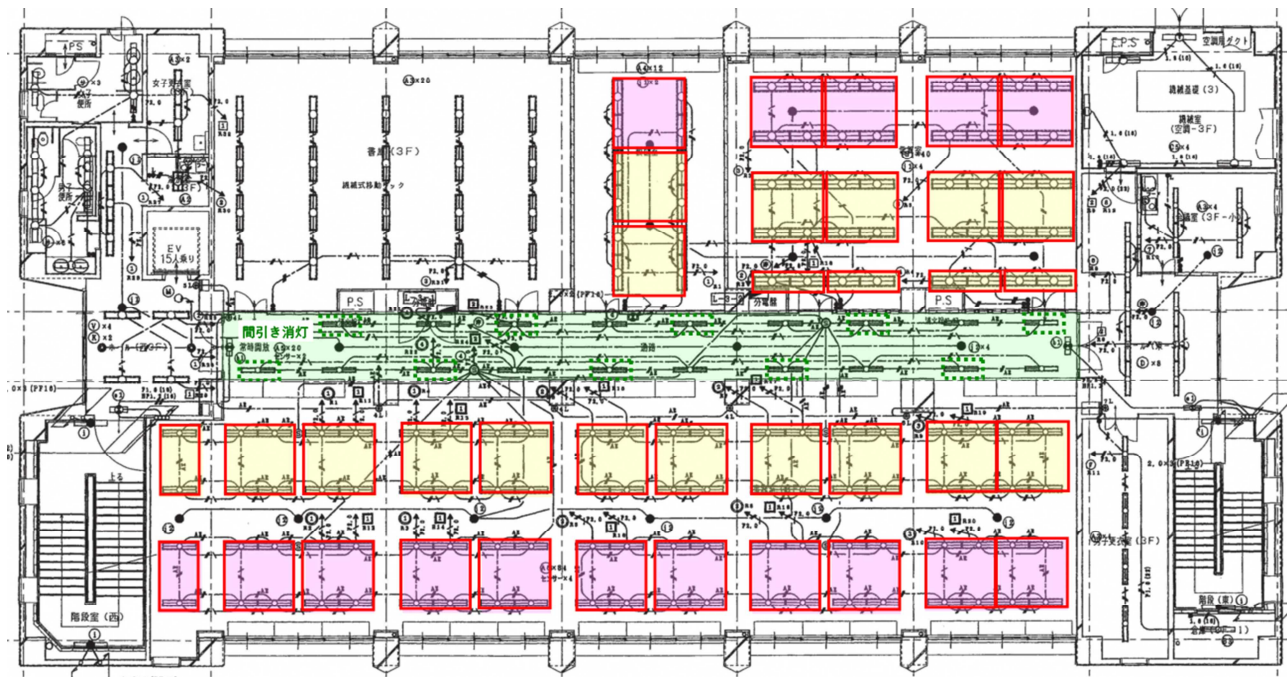
3 ZEB化シミュレーションでの検討内容

執務エリアや教室等の居室では、次のように照明ゾーニングを行うことで運用時に省エネを図ることができる。ZEB化シミュレーションで採用した照明ゾーニングを示す。対象の各室に明るさセンサーを1台ずつ設置し、窓際から1-2列目のゾーン（下図に示すペリメーター廻り）を制御することとして検討した。

- : 明るさセンサー付きを示す
- : ペリメーター廻りのゾーニングを示す
- : インテリアのゾーニングを示す
- : 廊下のゾーニングを示す
- : 間引き消灯を示す



(高等学校1モデルの場合)



(庁舎モデルの場合)

図 3.18-1 照明ゾーニングの採用事例

給湯システムの高効率化

1 概要

給湯負荷は、使用の目的と時間及び頻度、使用される湯の量や温度、水道水の温度、配管や貯湯槽、浴槽などからの放熱（熱損失量）に影響を受ける。このため、節湯器具の採用、効率の高い給湯機器の採用などにより、給湯システムを高効率化することで省エネとなる。

中小規模の一般的な建築物で多く使用される給湯システムの熱源としては、電気とガスがあり、高効率な給湯機器としては、電気ヒートポンプ給湯機＞潜熱回収型ガス給湯機＞電気給湯器の順に熱源効率が高い。

(1) 電気ヒートポンプ給湯機 熱源効率（一次エネルギー換算）：COP 1.30 程度

空気の熱を吸収し、電気エネルギーで圧縮して高温になった冷媒の熱エネルギーで温水を効率的に作り出す給湯機器であり、熱源効率が高い。一方、夜間に貯湯したお湯を昼間に利用をする貯湯式であるため、使用量が日によって異なる用途の場合は、湯余りにより、効率低下を招く場合もある。

(2) 潜熱回収型ガス給湯機 熱源効率（一次エネルギー換算）：COP 0.95 程度

排気熱を利用した効率の良い給湯器で、瞬間的な加熱能力が高いため給湯量の多い負荷にも安定して対応できる。

(3) 電気温水器（貯湯式） 熱源効率（一次エネルギー換算）：COP 0.40 程度

手洗い等の少量で分散した負荷に対しては、貯湯時の放熱ロスの低減、小型で洗面台下部の設置など、省エネ化と省スペース化の点で合理的に給湯を行うことができる。

2 設計上のポイント

■ 給湯機器

- ・日による使用量変化が小さい給湯負荷の場合は、電気ヒートポンプ給湯機を採用する。（例：当直用シャワー室等） **must**
- ・便所の手洗い等、電気ヒートポンプ給湯機や潜熱回収型ガス給湯機の採用が困難な場合は、電気温水器（貯湯式）を採用する。ただし、現行の省エネルギー計算では、建築物の規模や室用途の条件によっては、BEIに対する影響度が大きい場合があるため、採用には注意が必要である。
- ・日による使用量変化が大きい給湯負荷は、潜熱回収型ガス給湯機を採用する。（例：学校の調理室・保健室等）
- ・放熱による熱ロスを減らすため、機械室内への貯湯槽の設置や、室外機と機械室、機械室と給湯負荷を近くに配置することが望ましい。

■ 節湯器具

- ・便所の手洗い等で温水対応とする場合は自動給湯栓を採用し、当直用シャワー室等がある場合は節湯B 1仕様の器具を採用する。 **must**

■ 配管保温仕様



- ・給湯配管の保温は国交省の標準仕様書仕様（以下「国仕様」という。）とし、標準入力法では表 3.19-3 により保温仕様を入力する。 **must**

3 ZEB化シミュレーションでの検討内容

(1) 標準入力法における給湯室・節湯（せつゆ）器具の入力

- 標準入力法の「給湯対象室入力シート」には、給湯機器の名称や節湯器具の採否を入力する。なお、給湯計算対象室とは、給湯機器が設置される室ではなく「供給する湯を使用する人が主に存在する室」を指しており、これにより、各機器の湯使用量が計算されている。
- 節湯器具の仕様は表 3. 19-2 とされており、非住宅建築物では自動給湯栓と節湯器具B1から選択することができる。警察署モデルの浴室に節湯B1器具を採用したところ、給湯一次エネルギー消費量を7%程度削減できた。

表 3. 19-2 節湯器具の仕様

自動給湯栓	節湯B1(小水量吐水)
洗面に設置され、使用と共に自動で止水する給湯栓。電氣的に開閉し、手を遠ざけると自動で止水する。	浴室シャワー水栓において、「小流量吐水機構を有する水栓の適合条件」を満たす湯水混合水栓
	

(2) 配管の保温仕様

- 保温仕様別の給湯一次エネルギー消費量の比較結果を図 3. 19-1 に示す。保温仕様を3から2に高めた場合、給湯一次エネルギー消費量を3%程度削減できるが、費用も増えるため、費用対効果を考慮し保温仕様2とした。
- 国仕様の場合、管径 50mm 未満は保温仕様2に該当する。管径 50mm 以上の場合は配管サイズによって保温仕様2と異なる部分もあるため注意が必要である。(表 3. 19-3)

表 3. 19-3 給湯配管保温仕様一覧

	呼び径													
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300
裸管	下記以外													
保温仕様3	20mm									25mm				
保温仕様2	20mm					25mm				30mm				
保温仕様1	30mm				40mm					50mm				
(参考)国仕様※	20 mm							25mm				40mm		

※ 網掛け部分は、各呼び径における国仕様に対応する保温仕様の区分を示す。

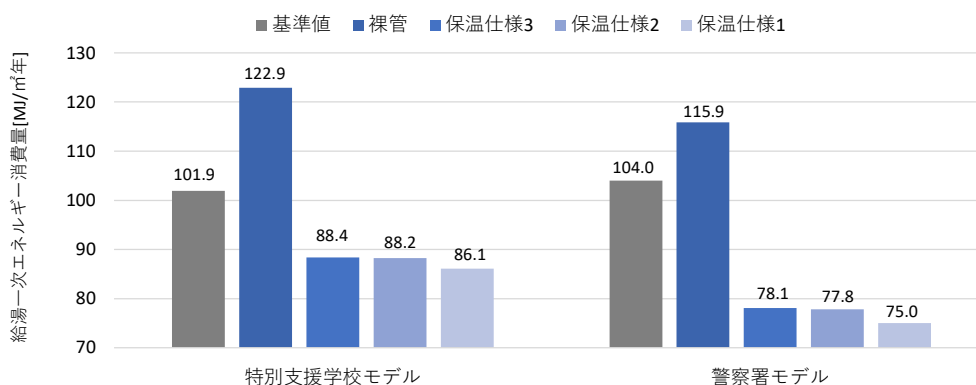


図 3. 19-1 配管保温仕様別給湯一次エネルギー消費量の比較

昇降機の高効率化

1 概要

昇降機の高効率化には、以下に示す様々な制御を組み合わせることが重要である。

(1) 可変電圧可変周波数制御（VVVF インバータ制御）

電動機の周波数をインバータを用いて制御し、昇降機を速度を制御する方式。頻繁に繰り返されるカゴの昇降を適切に制御することで消費電力を削減でき、乗り心地の向上にもつながる。

(2) ギアレス巻上機

屋上機械室に設置される巻上機で、ギアードタイプとギアレスタイプがある。インバータ制御によるギアレス巻上機は、減速機を用いるギアードタイプに比べ消費電力を削減でき、乗り心地の向上にもつながる。

(3) 運行制御

エレベーターが複数台設置されている場合に、需要状況に応じた群管理等を行うもの。建物全体のエレベーターの運行方法を最適に制御し、消費電力を削減でき、運行サービスの向上にもつながる。

(4) 電力回生制御

エレベーターは、かごが釣合おもりより重い状態で下降する場合や、かごが釣合おもりより軽い状態で上昇する場合に、発電機として「回生電力」を生み出すことができる。この「回生電力」を建物側に戻し利用することで消費電力を削減できる。

2 設計上のポイント

- ・ 昇降機は、VVVF インバータ制御方式、ギアレス巻上機、かご内照明器具のLED化及び照明・空調は不使用时に停止できる機能を採用する。 **must**
- ・ 複数台の昇降機がある場合は、運行制御を採用し、夜間・休日など利用が少ない時間帯には、スケジュール運転で間引き運転できる機能を採用する。 **must**
- ・ 電力回生制御は、標準入力法で評価可能な手法であるが、現状では費用対効果が低いため、原則として採用しない。

運用時省エネ手法（未評価技術）

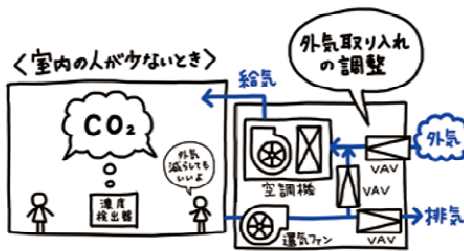
1 概要

運用時省エネ手法（未評価技術）とは、省エネルギー計算では評価できないが運用時に省エネ効果がある手法で、公益社団法人空気調和・衛生工学会において省エネ効果が高いと見込まれ、公表された15項目（令和4年12月現在）を示す。（図3.21-1）

2 設計上のポイント

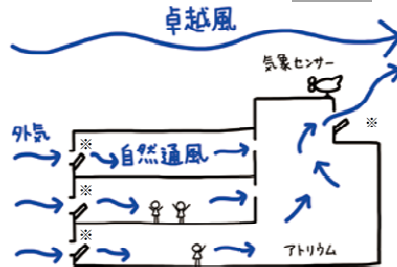
- ・運用時省エネ手法（未評価技術）は、運用時の更なる省エネにつながることから、下図の②、⑬、⑭のうちから1つ以上採用する。 **未評価 must**
- ・なお、その他の手法を採用する場合は、イニシャルコストだけでなく、LCCと省エネ効果を十分検討する必要がある。

①CO2濃度による外気量制御 No15



室内のCO2濃度に応じた外気導入量の制御
※ZEB化手法として原則導入

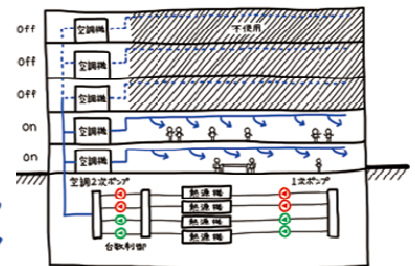
②自然換気システム No 4



積極的な自然通風を促し中間期等の冷房負荷とファンの消費電力を低減するもの

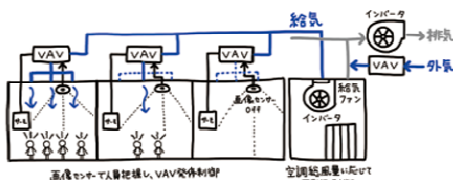
※ZEB化手法として施設特性に応じて導入

③空調ポンプ制御の高度化



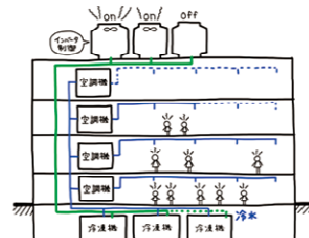
冷却水ポンプの変流量制御
 空調1次ポンプの変流量制御
 空調2次ポンプの末端差圧制御
 送水圧力設定制御

④空調ファン制御の高度化



空調ファンの人感センサーによる変风量制御、適正容量分割や、厨房ファンの変风量制御

⑤冷却塔ファン・インバーター制御

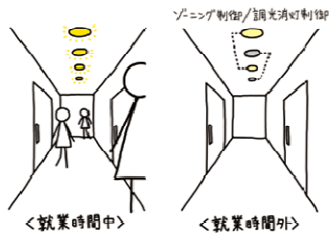


冷却塔ファンの台数制御又は発停制御、冷却水温度によるインバーター制御

図 3.21-1 未評価技術 15 項目の紹介

出典：「一般社団法人 SII 環境共生イニシアティブ 令和4年度経済産業省によるZEB実証事象について」を加工して作成

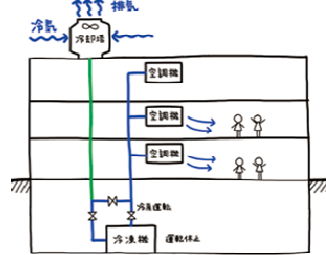
6 照明のゾーニング制御 No18



時間帯に応じて照度条件を緩和して、3/4点灯以下の間引き点灯又は減光制御

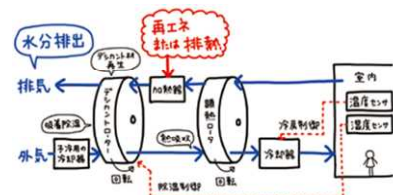
※ZEB化手法として原則導入

7 フリークーリング



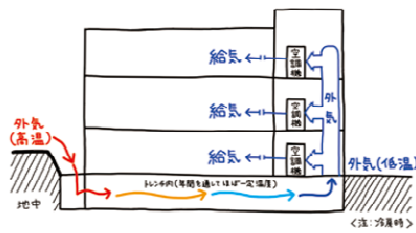
冬期や中間期の冷涼な外気と冷却塔の冷却水を利用し、熱源エネルギーを低減する制御

8 デシカント空調システム



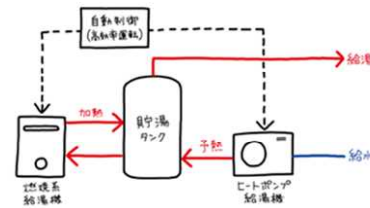
除湿ロータの吸着剤で空気中の水分を吸着し除湿するもの

9 クール・ヒートトレンチシステム



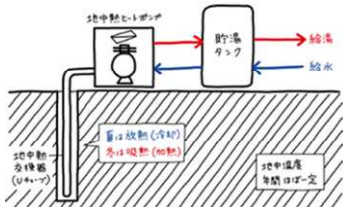
取入れ外気を地中で熱交換させ、夏期は予冷、冬期は予熱して取り込むこと

10 ハイブリッド給湯システム等



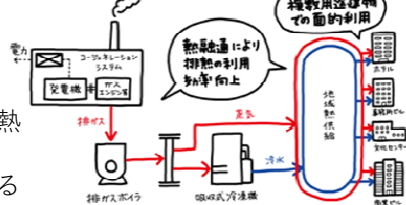
同一の給湯システムの中に、ヒートポンプ給湯機と燃焼系給湯機を複数台接続して自動制御するハイブリッド給湯システム、中央式給湯の給湯機器の効率化により給湯エネルギーを低減するもの

11 地中熱利用の高度化



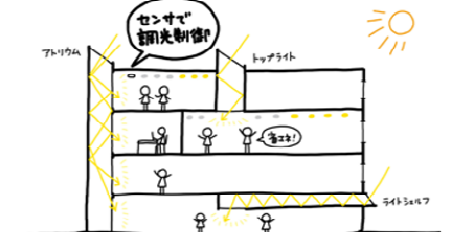
地中と大気との温度差あるいは地中熱そのものを利用して、空調エネルギー又は給湯エネルギーを低減するもの

12 コージェネレーション設備の高度化



吸収式冷凍機への蒸気利用、燃料電池、エネルギーの面的利用等

13 自然採光システム No5



ライトシェルフ等により積極的な昼光利用を促すもので、明るさ検知制御等により照明の消費電力を低減するもの

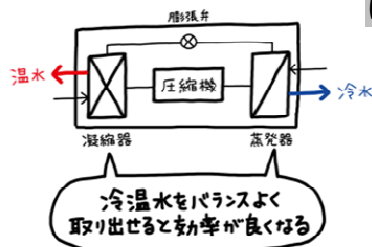
※ZEB化手法として施設特性に応じて導入

14 超高効率変圧器



トップランナー基準からさらに全損失を20%以上低減したもの
※ZEB化手法として施設特性に応じて導入

15 熱回収ヒートポンプ



ヒートポンプで、冷水と温水を同時に製造し、熱源機器の消費電力を低減するもの

図 3.21-1 未評価技術 15 項目の紹介

出典：「一般社団法人 SII 環境共生イニシアティブ 令和 4 年度経済産業省による ZEB 実証事象について」を加工して作成

1 概要

変圧器は、24 時間 365 日休みなく稼働しており、常に 2~4%の電気を損失している。損失には、電力の負荷率により変化する「負荷損」と負荷率に無関係に発生する「無負荷損」がある。

省エネ法のトップランナー基準では、負荷損と無負荷損の値が小さいほどエネルギー消費効率の高い変圧器とされている。「超高効率変圧器」はこれらの損失を大幅に低減した変圧器となっており、建築物全体の電力消費を低減する効果が期待できる。

2 設計上のポイント

- ・ 超高効率変圧器は、標準入力法で評価されないが、運用上、省エネルギーに寄与するため採用について検討することが望ましい。
- ・ 省エネ効果は、運用後の使用状況（負荷率）により異なるため、既存建物の変圧器単位における電力消費量実績をもとに、実際に使用する負荷率を勘案して、効率の高くなる機種・容量を検討することが望ましい。
- ・ 超高効率変圧器とトップランナー機種の効率を図 3.21-2 に示す。変圧器の年間平均負荷率は概ね 20~40%程度であり、負荷率 20%の場合は超高効率変圧器の採用により 0.5%程度の変圧器の効率向上が見込まれる。

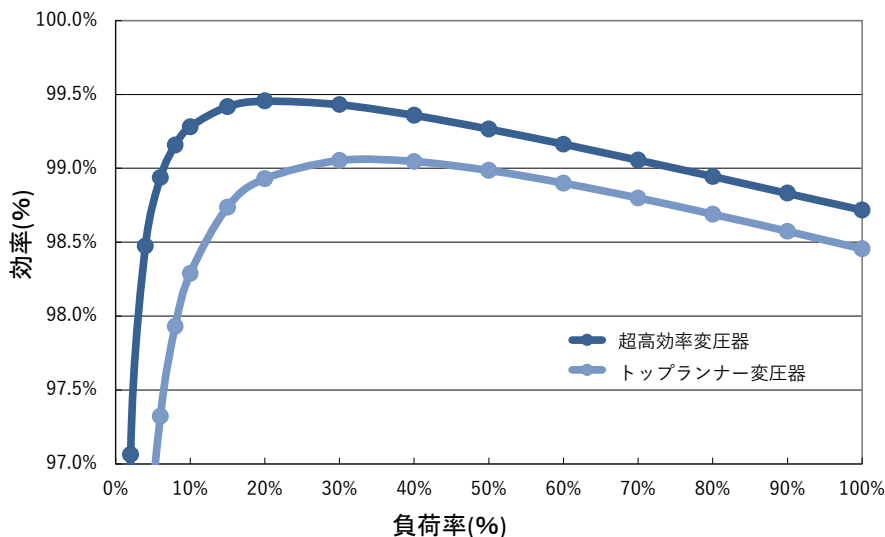


図 3.21-2 変圧器の効率比較（3相 100kVA 60Hz の場合）

太陽光発電設備

1 概要

太陽電池で発電した電力を電源として利用するものであり、標準入力法では同一敷地内で発電した電力であれば、再エネ設備として評価の対象とすることができる。

太陽光発電設備の導入は、ZEB化に貢献するだけでなく、災害時等の非常電源として活用でき、建築物のレジリエンス向上にもつながる。

2 設計上のポイント

- ・屋上に、より多くの太陽光発電設備が設置できるよう計画する。 **must**
- ・新築時による初期設置又はPPA^{*}等による事後設置とするかについては事業所管課の判断となる。なお、事後設置とする場合においても、将来設置できるよう、屋上に耐荷重を見込んだ計画とし、防水仕様や架台基礎等の建築対応、受変電設備への配線用空配管対応及び受変電設備に逆潮流レーと予備ブレーカー設置までの設備対応を行う。 **must**

※ PPA (Power Purchase Agreement : 電力販売契約) とは、太陽光発電の事業者と契約し、同事業者の負担で太陽光発電設備を導入から保守管理等まで行い、契約者は、利用した分の電気代を支払う仕組み。初期費用を抑えて太陽光発電設備を導入できるメリットがある。

- ・災害時の避難拠点などに活用する場合は、必要に応じて、「自立運転機能」を有する太陽光発電設備の導入についても検討する。

「事業用太陽光発電設備の自立運転機能の活用事例」(資源エネルギー庁)

https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/community/dl/04_03.pdf

3 ZEB化シミュレーションでの検討内容

- ・ZEB化シミュレーションにおいて、各モデルの屋上に太陽光発電設備を最大限設置した場合の創エネ検討結果を表 3.22-1 に示す。

表 3.22-1 ZEB化シミュレーションにおける創エネ検討結果

	事務所等	警察署	高等学校 1	高等学校 2	特支学校
建築面積 [m ²]	1,126	1,001	1,176	4,258	2,141
設置面積 [m ²]	170	280	700	750	640
設置面積比率 [%]	約 15	約 28	約 60	約 17	約 30
設置容量 [kW]	20	40	80	80	70
創エネ量 [GJ/年]	219.23	456.20	863.71	876.93	767.32
創エネ除きBEI	0.45	0.48	0.48	0.50	0.52
創エネ含むBEI	0.40	0.37	0.24	0.34	0.39

計量の細分化と自動計量の導入

1 概要

2050年度までに脱炭素社会を実現するためには、運用時においても設計時に想定した省エネ性能等を維持していくことが重要である。

運用時のエネルギー消費量を把握し、設計時に想定されたエネルギー消費量等の管理目標と定期的に比較する等のエネルギー管理を行うために、設計段階から適切な計量計画を行う。

2 設計上のポイント

■ 計量区分及び計量機器の設置箇所 **must**

- エネルギー使用量（電気、ガス、燃料等）の計量区分を表 3.23-1 に示す。原則としてBEI算定時の設計一次エネルギー消費量の区分に準じて、計量・収集する。

表 3.23-1 エネルギー使用量の計量区分

区分 ^{※1}	全体	空調	換気	照明	給湯	昇降機	効率化	その他	対象外 ^{※2}
対象 ^{※3}	○	○	○	○	○	○	○	○	○

※1 BEI算定時の設計一次エネルギー消費量の区分

※2 BEI計算の対象外となる設備も計量対象とし、全体から差し引いて比較する。（厨房機器、給排水ポンプ、計算対象外室の照明・空調等）

※3 キュービクル等から別建築物へ供給している場合などは別建築物分を全体から差し引く、又はZEB化を目指す建築物単体の全体使用量を直接計測するなどに対応

- 計量機器の設置箇所は、運用時の施設管理体制等を踏まえ、設計段階で施設管理者と協議するものとするが、詳細なエネルギー管理を行うには以下のとおりの区分とすることが望ましい。

- ① 階ごと、部門ごと
- ② エネルギー使用量の多い空調は系統ごと（個別方式は室外機ごと）、照明はフロアごと
- ③ 中央熱源方式の場合、主要機器及び補機ごと（エネルギー使用量、冷水温水の熱量、流量、出入口温度）

- 計量機器の設置箇所イメージを図 3.23-1 に示す。
- 補助金や交付金等を使用する場合には、本項の記載内容によらず、各要綱に沿った計量内容とする。

■ エネルギー計量値の収集方法等 **must**

- 計量値は中央管理装置により収集・保存する。空調設備メーカーによる集中管理コントローラを用いた監視システム等による収集も可とする。
- 計量・保存データ粒度は60分以内とし、CSVファイルのエクспортによるデータベース化が可能なものとする。

【凡例】

WM : 計量機器

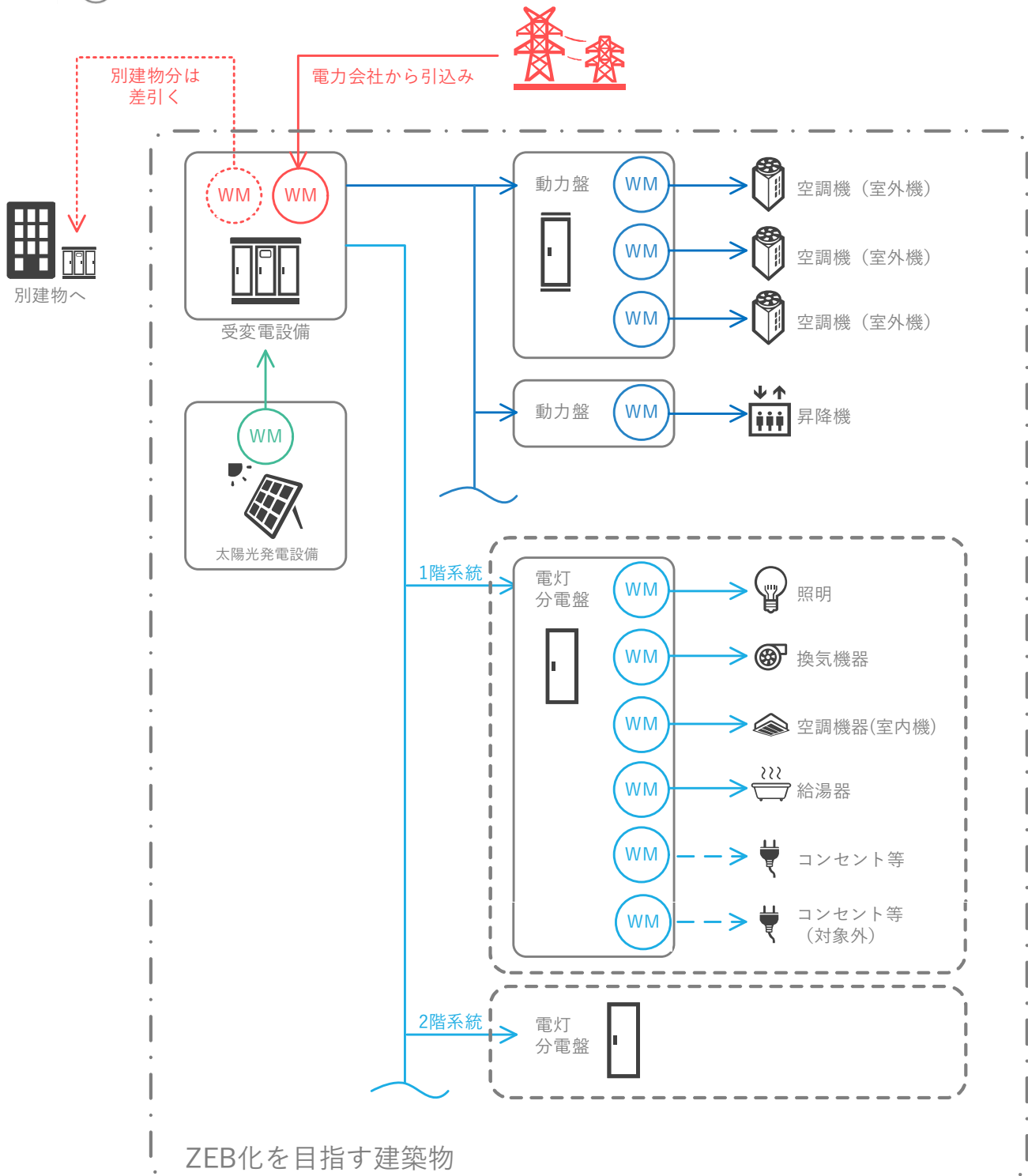


図 3.23-1 計量機器の設置箇所イメージ (※収集内容：電力量の場合)

エネルギー管理に関する設計意図伝達

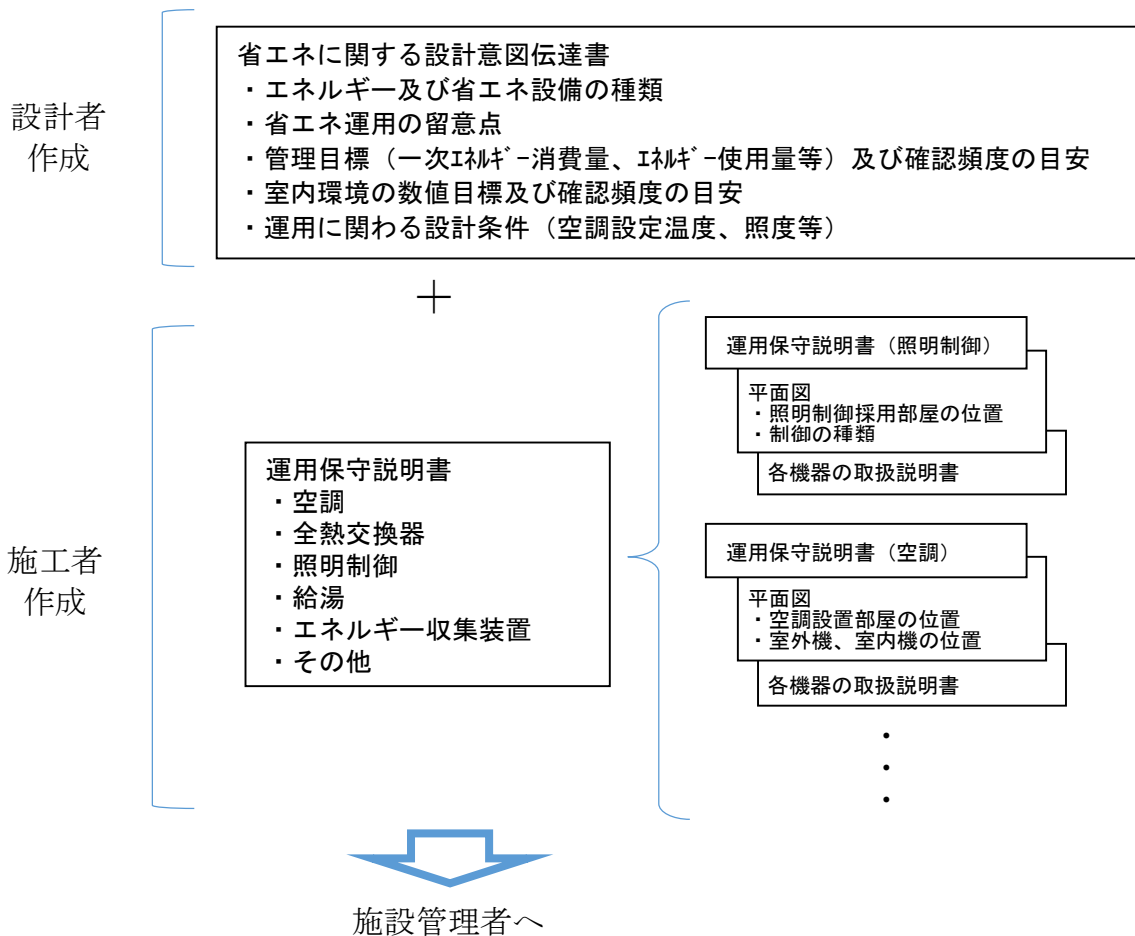
1 概要

運用段階における施設管理者の適切なエネルギー管理を後押しするため、設計者は、設計時に想定されたエネルギー消費量等の管理目標及び運用に関わる設計条件等の設計意図を整理し、建物竣工時に施設管理者に伝達する。

2 設計上のポイント

- ・ 設計者は、施設管理者が計量データと管理目標との比較検証を踏まえた運用改善（設備チューニングや利用者の行動変容）を通じて一次エネルギー消費量の低減を行えるよう、設計の意図を伝達する資料を作成する。 **must**
- ・ 工事竣工時には施工者が作成する省エネ設備の運用や保守に関する説明書とあわせて施設管理者に提供する。 **must**

【資料イメージ】



- ・省エネに関する設計意図伝達書の記載内容の一部のイメージを以下に示す。

【管理目標イメージ】

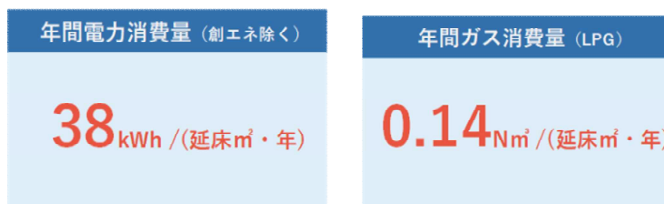
《設計時の省エネルギー計算における建築物全体の一次エネルギー消費量》



《設計時の省エネルギー計算における設備区分ごとの一次エネルギー消費量》



《エネルギー使用量》



(参考値) 換算係数：電力9.972MJ/kWh、都市ガス45MJ/Nm³、LPG100MJ/Nm³

【確認頻度の目安】

管理内容	頻度の目安
1.管理目標の確認	年1回以上
2.電力・ガス・燃料などのエネルギー使用量の確認	月1回
3.最大電力の確認	夏・冬に随時
4.設備機器の運転状況	随時

・1～3は中央監視の計測結果より集計、4は設備状況を目視等にて確認

【室内環境の数値目標及び確認頻度の目安】

管理内容	数値目標	頻度の目安
1.室内温度	夏26℃、冬22℃	夏・冬に各1回以上
2.室内相対湿度	冬40%以上	冬に1回以上
3.室内CO2濃度	1000ppm以下	月に1回程度
4.作業面照度	事務室：500lx	年に1回程度

※建築物における衛生的環境の確保に関する法律（通称：ビル管理法）の対象は法基準による

【運用に関わる設計条件】

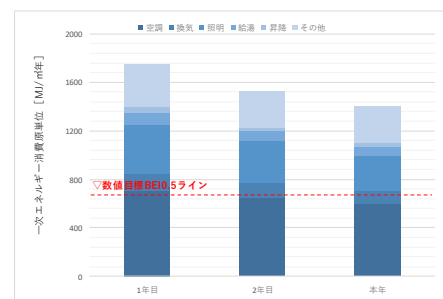
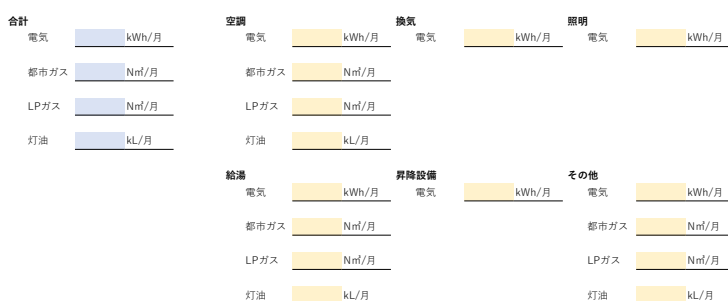
《空調》

階数	室名	空調設備								換気設備					
		空調方式	操作	想定運転時間	夏期設計条件		冬期設計条件		換気方式形式	操作	想定運転時間	設定人員		単位外気量 [m ³ /h・人]	換気回数 [回/h]
					温度 [°C]	湿度 [%]	温度 [°C]	湿度 [%]				[人/m ²]	[人]		
1階	湯沸	-	-	-	-	-	-	-	排気ファン	手元	-	-	-	-	10
	倉庫	-	-	-	-	-	-	-	給排気ファン	手元	-	-	-	-	5
	便所	-	-	-	-	-	-	-	排気ファン	中央/手元	8:00~18:00	-	-	-	10
	事務室	エアコン	中央/手元	8:00~18:00	26	成行き	22	40	全熱交	中央/手元	8:00~18:00	0.2	20	30	-

《照明》

階数	室名	照明設備				
		設定照度 (lx程度)	照明操作	照明制御		
				人感センサー	明るさセンサー	スケジュール制御
1階	湯沸	300	自動	○	-	-
	倉庫	300	手元	-	-	-
	便所	200	自動	○	-	-
	事務室	500	中央/手元	-	○	○

- ・施設管理者は、計量データと管理目標との比較を行う。



電力会社から供給される系統電力の安定供給には、消費する量（需要）と電気をつくる量（供給）が常に等しくなっている必要がある。

一方で、電力会社は発電した電気をためることができない（蓄電池でまかなうことは技術的に可能だが、費用対効果を考慮すると現実的ではない）ため、需要家（消費者）が電力使用量を制御し、電力需要パターンを変化させる、デマンド・レスポンス（以下「DR」という。）により、電力の需要と供給のバランスをとることが重要となる。

また、太陽光や風力など再生可能エネルギーの発電量は、天候によって変動するが、近年の再エネ導入拡大によってこの変動量は増加している。例えば、冬の夕方など発電量が少なく電力需要が多い時期は電力需給がひっ迫する。一方、中間期の昼間など発電量に対し電力需要が少ない時期には再エネ由来の電気が余ることになる。

DRは、全体の電力需給バランスの改善に資するとともに、電力使用量を抑えることで、高騰するLNGスポット市場での追加購入量を減らすことができ、発電のための燃料調達コストを低減できるメリットがある。

さらに、電力供給が過剰となっているタイミングでは、DRにより需要時間帯をシフトすることで、再エネ由来の電力を有効に使うことにもつながる。

DRは、需要制御のパターンによって、需要を減らす（抑制する）「下げDR」と、需要を増やす（創出する）「上げDR」の二つに区分される（図 3. 24-1）。建築関連設備における需要制御パターンを図 3. 24-2 に示す。

一般の建物でも容易に行える取り組みとしては、電力監視を行い、電力使用量のピーク時に空調や照明を調整・停止することで、需要を減らす（下げDR）等がある。

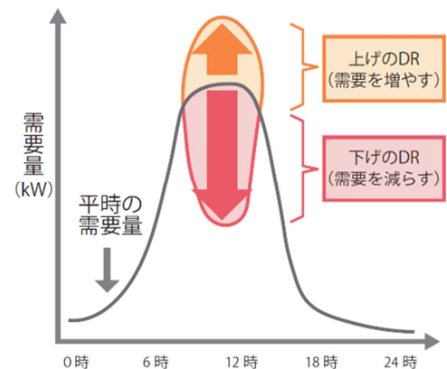


図 3. 24-1 上げDR、下げDRのイメージ

図 3.24-2 建築関連設備における需要制御パターン

DR 種別	分類	主な対象設備	概要	イメージ
下げ DR	調整・停止	空調・照明	電力デマンドピーク時に、空調停止・温度緩和、照明の消灯等により、電力負荷を減らし需要を抑制する	
	シフト	空調 (蓄熱)	蓄熱設備等で夜間に冷温水を製造し蓄熱しておくことで、昼間の電力需要を抑制する	
	発電	蓄電池、発電機	蓄電池からの放電、発電機の活用により電力会社からの電力供給を抑制する	
上げ DR	蓄える	蓄電池、空調 (蓄熱)、電気自動車	蓄電池や電気自動車を充電することで、その時間帯の電力需要を創出する	

参考：出典：経済産業省 資源エネルギー庁 DR (デマンド・レスポンス)

https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electricity_measures/dr/index.html

※コラムは参考文献の文章及び図を編集・加工し作成している。

4章 ZEB化シミュレーションの概要

指針及び本マニュアルの作成にあたり、以下の視点により、表 4.1-1 に示す既存の県有建築物をモデルとして選定し、建築や設備の仕様及び設計条件等を変えた場合のBEIとLCCの変化についてZEB化シミュレーションを行なった。

ZEB化シミュレーションにおいては、変更した設備条件を踏まえた空調機器の再選定も行い、その結果を踏まえ、効率的にZEB Readyを達成できる方法を整理した。

なお、省エネルギー計算は、標準入力法にて実施した。

<モデル選定の視点>

- ・ 県有建築物の大半を占める中小規模(10,000 m²以下程度)の建物
- ・ 県有建築物全体の一次エネルギー消費量^{※1}において、図 4.1-1 に示すとおり、多くの割合を占める用途
- ・ 今後建替えの予定がある用途 他

表 4.1-1 ZEB化検討を実施した6モデル(詳細は次頁以降)

省エネ法用途	モデル	構造階数	延床面積	設計着手	熱源方式	空調方式	換気方式	原設計BEI
事務所等	庁舎	RC4	4,189	H12	空冷ヒートポンプチラー2管式、一次ポンプ方式	ファンコイルユニット、パッケージ空調機(一部)	外調機、全熱交換器付換気扇(一部)	0.79
	警察署	RC4	3,310	H30	個別熱源	空冷式ビル用マルチエアコン(EHP)、パッケージ空調機	全熱交換器付換気扇	0.66
学校等	高等学校1	S5	5,316	R2	個別熱源	空冷式ビル用マルチエアコン(EHP)、パッケージ空調機	シックハウス分の第3種換気	0.55
	高等学校2	S4	9,805	H23	個別熱源	空冷式ビル用マルチエアコン(GHP) ^{※2} 、パッケージ空調機	全熱交換器付換気扇	0.56
	特別支援学校	S4	7,271	H29	個別熱源	空冷式ビル用マルチエアコン(EHP)、パッケージ空調機	全熱交換器付換気扇	0.62

※1 県有建築物全体の一次エネルギー消費量は、各施設の光熱費から以下の方法によって試算した。
 電気使用量(kWh/年)×原単位(MJ/kWh) + ガス使用量(N m³/年)×原単位(MJ/N m³) + 燃料使用量(L/年)×原単位(MJ/L)

※2 他モデルと仕様をそろえるため、ZEB化シミュレーション上はEHPとして検討している。

主要用途	施設数	一次エネルギー消費量		
		GJ/年	構成比	
高等学校	109	311,453	24.0%	
庁舎	12	182,881	14.1%	
県民会館	9	119,654	9.2%	
警察署	30	117,928	9.1%	
試験場・衛生研究所	23	116,805	9.0%	
その他の公用施設	29	60,234	4.6%	
体育施設	3	59,730	4.6%	
特別支援学校	26	45,248	3.5%	
その他の警察施設	13	44,457	3.4%	
その他の公共用施設	13	40,799	3.1%	
図書館・博物館・美術館	5	39,357	3.0%	
その他の教育施設	10	22,761	1.8%	
福祉施設	7	20,888	1.6%	
社会教育施設	4	8,917	0.7%	
保健所	4	2,714	0.2%	
特殊用途	公園	12	103,600	8.0%
合計		309	1,297,424	100.0%
主要用途のみ合計		297	1,193,824	92.0%
特殊用途のみ合計		12	103,600	8.0%

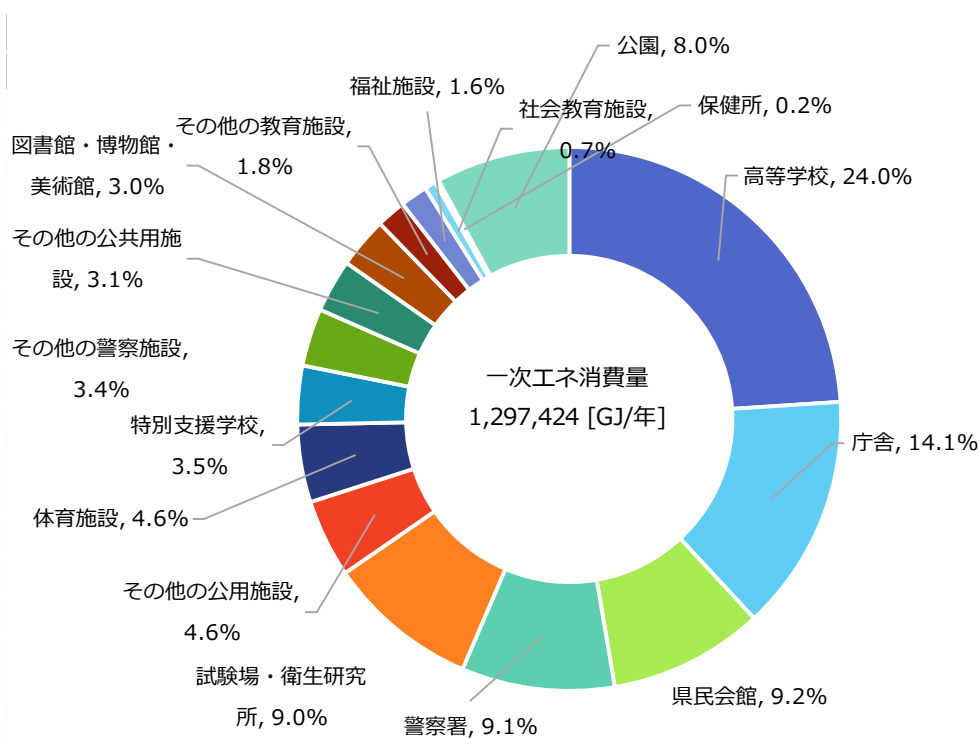


図 4.1-1 一次エネルギー消費量[GJ/年]の内訳

庁舎モデル

1 施設概要

所在地：島田市
 用途：庁舎
 構造階数：RC造 地上4階建
 建築面積：1,126 m²
 延床面積：4,189 m²
 設計年：平成12年
 完成年：平成15年
 地域区分：6地域
 日射区分：A4区分
 建設費：1,400,000千円（建設時）



2 ZEB化シミュレーション結果

ZEB化シミュレーションの試算結果を表4.2-1に示す。

BEI（創エネ除く）は0.45となり、ZEB Readyを達成した。特に一次エネルギー消費量が多い空調と照明のBEIの低減にポイントを置いて検討した。

本モデルは中央熱源方式が採用されているため、設備容量の最適化に加え、熱源機器及び空調機廻りの高効率化により空調の一次エネルギー消費量を大幅に低減でき、他モデルより建物全体のBEIを小さくできた。

表 4.2-1 庁舎モデルのZEB化シミュレーション結果

		省エネ基準	原設計	ZEB化	
BPI		—	0.71	0.67	
	PAL*	470	332	312	
BEI	その他 除く	創エネ 除く	1.00	0.79	
		創エネ 含む	1120.0MJ/㎡年	878.9MJ/㎡年	496.6MJ/㎡年
	空調		—	0.76	0.44
			714.3MJ/㎡年	541.4MJ/㎡年	307.3MJ/㎡年
	換気		—	1.91	0.89
			73.1MJ/㎡年	139.1MJ/㎡年	64.8MJ/㎡年
	照明		—	0.52	0.31
			288.8MJ/㎡年	149.6MJ/㎡年	87.5MJ/㎡年
	給湯		—	1.15	0.84
			35.0MJ/㎡年	40.0MJ/㎡年	29.2MJ/㎡年
	昇降機		—	1	0.89
			8.8MJ/㎡年	8.8MJ/㎡年	7.8MJ/㎡年
	創エネ		—	—	—
		0.0MJ/㎡年	0.0MJ/㎡年	-52.3MJ/㎡年	
その他		—	1	1	
		216.1MJ/㎡年	216.1MJ/㎡年	216.1MJ/㎡年	

3 ZEB化シミュレーション概要

採用手法別の仕様、一次エネルギー消費量の削減量（削減率）及びイニシャルコスト増額率を表4.2.2に示す。

- ・空調においては、パッシブ手法と設計条件の最適化による削減率が高い。
- ・中央熱源方式の場合、空調の変風量制御の削減率が高い。
- ・照明においては、照度条件の見直しによる削減率が高い。

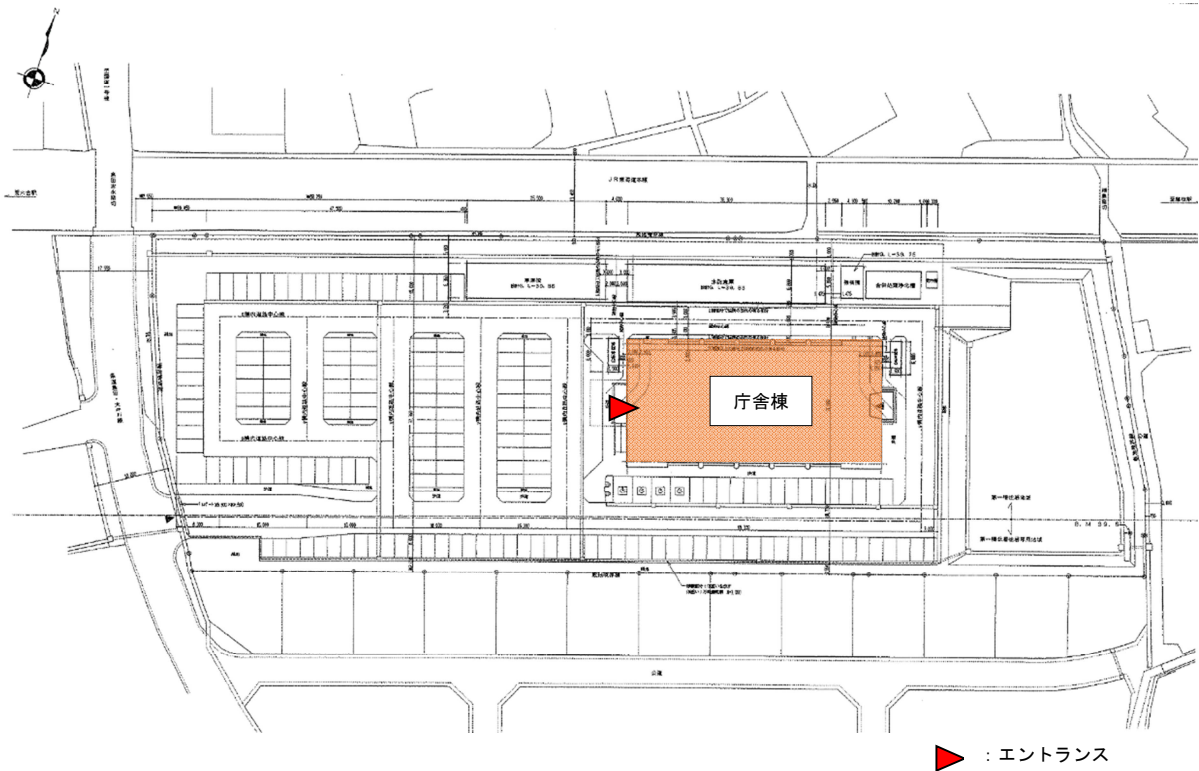
表 4.2-2 庁舎モデルのZEB化シミュレーション概要

区分		原設計 (BEI=0.79)		ZEB化 (BEI=0.45)					
		仕様	熱貫流率 (W/(㎡・K))	仕様	熱貫流率 (W/(㎡・K))	一次エネルギー削減量 (MJ/(㎡・年))	削減率 (%)	イニシャルコスト 増額率 (%)	
パッシブ	高断熱化	屋根	押出法ポリエチレンフォーム 保温板3種:25mm	0.9	吹付け硬質ウレタンフォーム A種1:50mm	0.5	60	6.8	0.25
		外壁	押出法ポリエチレンフォーム 保温板3種:25mm	0.9	押出法ポリエチレンフォーム保 温板3種:30mm	0.7			
		床	押出法ポリエチレンフォーム 保温板3種:50mm	0.4	同左	0.4			
		ガラス	複層	3.3	北:複層 東西南:Low-E複層	3.3 2.6			
	日射制御	庇	1~3F庇あり	4F庇追加					0.18
	上記による空調減		-	-					▲0.61
空調	熱源	設計条件最適化	×	○(照明、機器、換気量等)	35	4.0	▲0.12		
		高効率熱源	○	○	-	-	-		
		大温度差送水制御	×(温度差7℃)	○(温度差10℃)	23	2.7	▲0.24		
	空調機	高効率ファン	×	○	22	2.4	0.25		
変風量制御		×	○	94	10.7	0.22			
換気	インバータ	×	○	74	8.5	0.04			
照明	LED照明	○ ^{※1}	○	-	-	-			
	設計条件適正化	×	○(事務室:500lx等)	35	4.0	▲0.03 ^{※2}			
	制御	初期照度補正	△	○	20	2.2	0.72		
		明るさ検知	△	○					
		タイムスケジュール	×	○					
在室検知		×	○						
給湯	高効率給湯器	×	○(エコキュート)	11	1.2	0.23			
昇降機	電力回生制御	×	○	1	0.1	0.08			
	CO2濃度による外気量制御	×	○	-	-	0.06			
	計量の細分化	×	○	-	-	0.42			
	合計(創エネ除く)	-	-	382	43.4	2.44			
創エネ	太陽光発電設備	×	○(20kW)	52	6.0	1.37			
	合計(創エネ含む)	-	-	434	49.4	3.81			

【凡例】○：採用、△：一部採用、×：採用無し

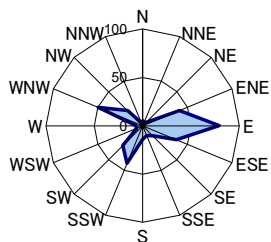
※1 近年、LED照明は標準的な仕様となっているため、原設計でも採用している前提で試算した。

※2 照明の照度条件の見直し増額費には、タスク照明用のコンセント対応追加分を見込んでいる。

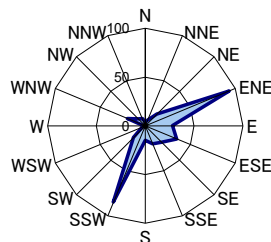


敷地配置図

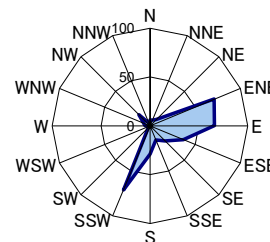
4月の風配図(8-20時)



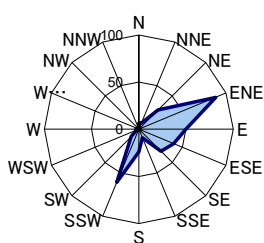
5月の風配図(8-20時)



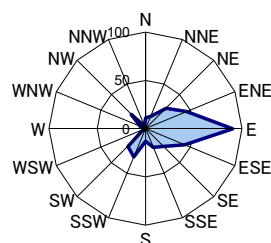
6月の風配図(8-20時)



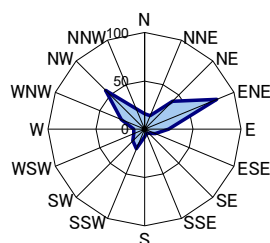
9月の風配図(8-20時)



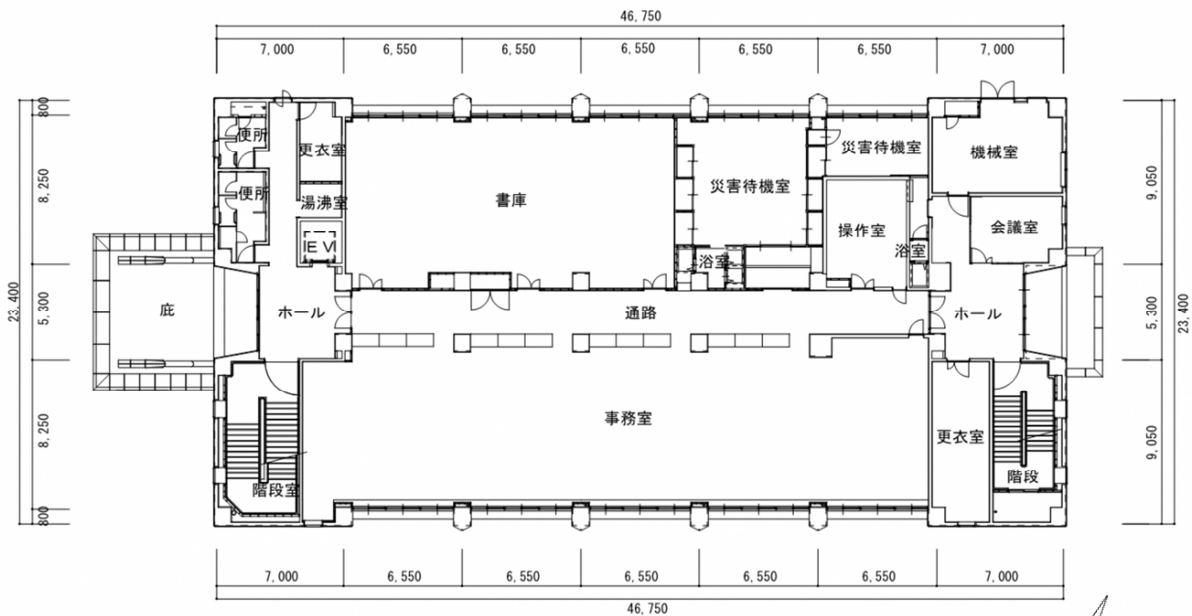
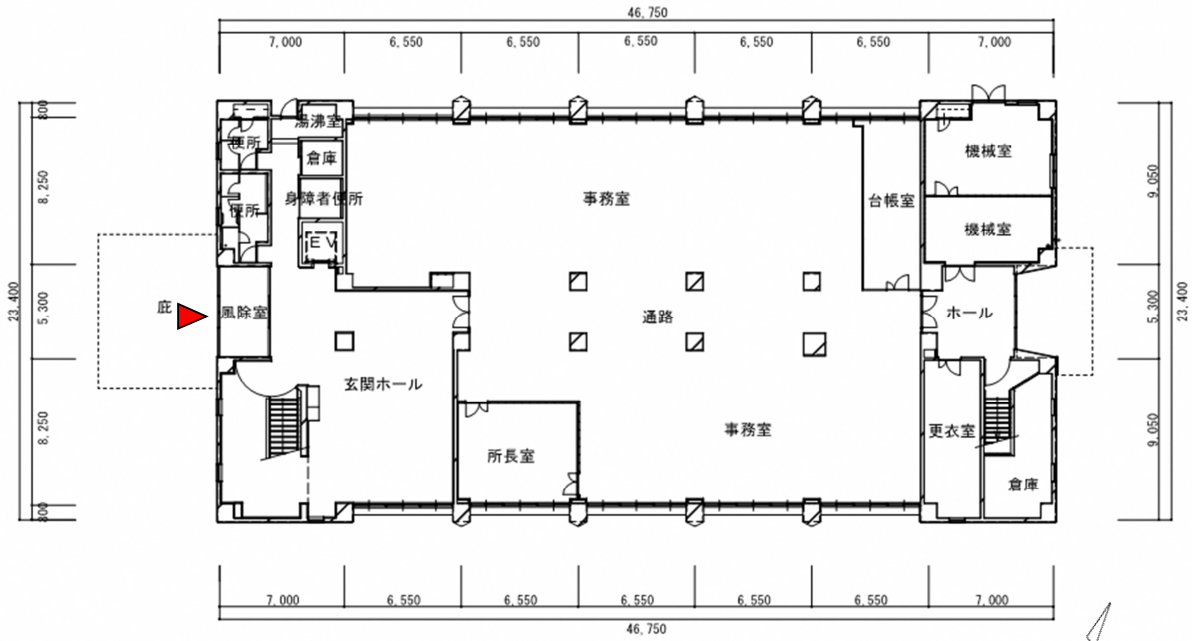
10月の風配図(8-20時)

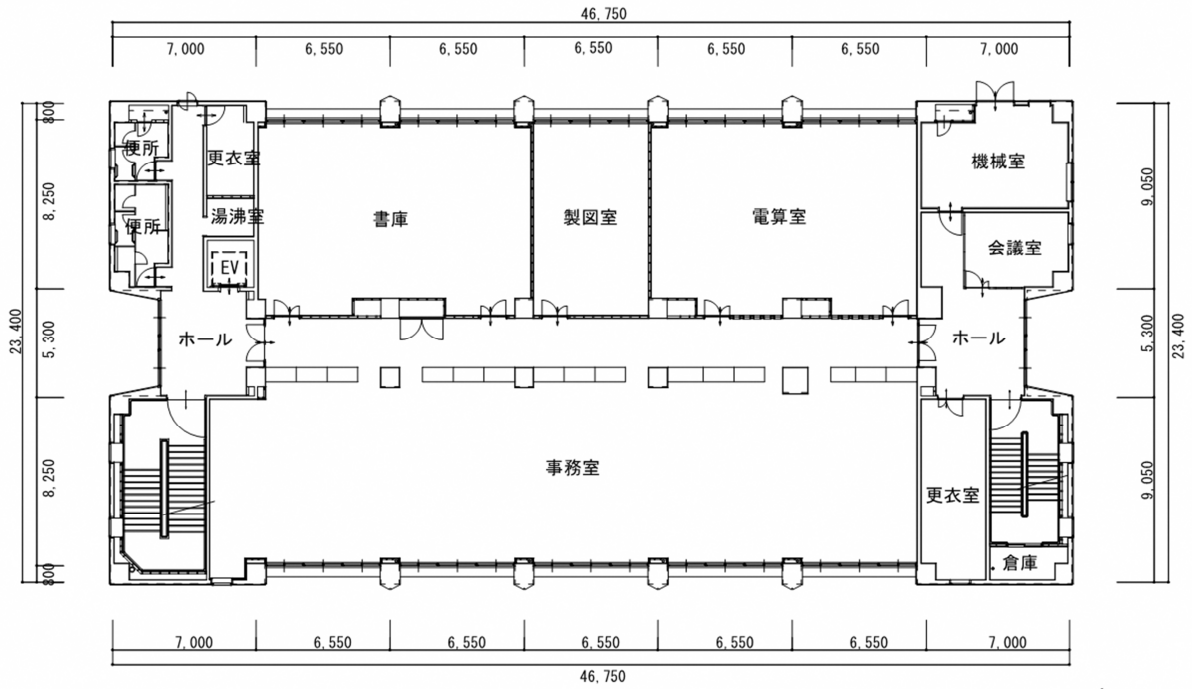


11月の風配図(8-20時)

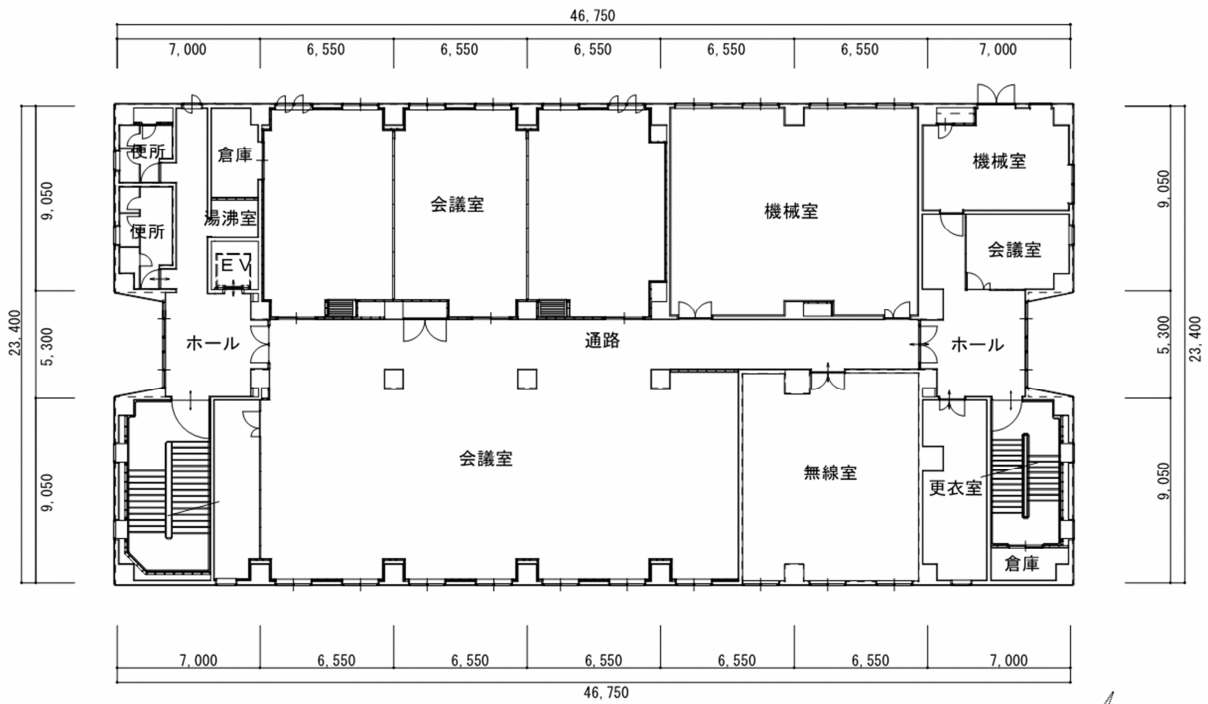


最寄参考地点：中間期（4～6月、9～11月）の風配図（菊川牧之原、8時～20時）
 出典：拡張アメダス気象データ（日本建築学会）の2010年標準年データより作成

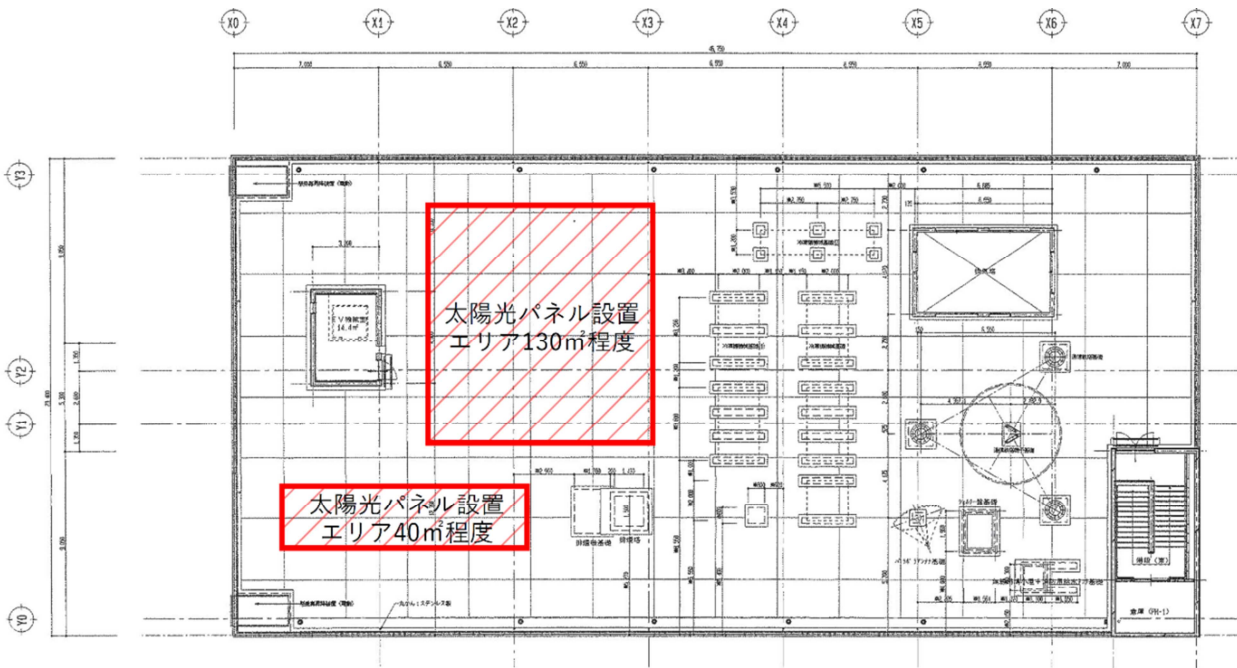




3階平面図



4階平面図



屋上階平面図



警察署モデル

1 施設概要

所在地：湖西市
 用途：警察署
 構造階数：RC造 地上4階建
 建築面積：1,001 m²
 延床面積：3,310 m²
 設計年：平成30年
 完成年：令和3年
 地域区分：6地域
 日射区分：A4区分
 建設費：1,700,000千円（建設時）



2 ZEB化シミュレーション結果

ZEB化シミュレーションの試算結果を表4.3-1に示す。

BEI（創エネ除く）は0.48となり、ZEB Readyを達成した。空調と照明だけでなく、浴槽・シャワー等の給湯の割合も比較的大きく、BEIの低減には総合的な検討が必要であった。

学校モデルと同様にパッシブ手法、設計条件の最適化による空調機容量のダウンサイジング及び積極的な照明制御の採用に加え、エコキュートの採用により給湯負荷を低減した。

なお、本モデルはセンターコアの平面形状であり、空調対象室の多くが外周部に配置されているため、他のモデルと比べてBPIが大きくなったと推測される。

表 4.3-1 警察署モデルのZEB化シミュレーション結果

		省エネ基準	原設計	ZEB化
BPI		—	0.94	0.88
	PAL*	493.0MJ/㎡年	465.0MJ/㎡年	432.0MJ/㎡年
BEI	その他 除く	創エネ 除く	1.00	0.66
		創エネ 含む	—	—
	空調	—	0.75	0.52
		814.5MJ/㎡年	605.6MJ/㎡年	422.5MJ/㎡年
	換気	—	0.41	0.37
		52.8MJ/㎡年	21.2MJ/㎡年	19.2MJ/㎡年
	照明	—	0.40	0.31
		359.9MJ/㎡年	143.7MJ/㎡年	104.3MJ/㎡年
	給湯	—	0.97	0.75
		104.0MJ/㎡年	100.6MJ/㎡年	77.8MJ/㎡年
昇降機	—	1	0.89	
	10.9MJ/㎡年	10.9MJ/㎡年	9.7MJ/㎡年	
創エネ	—	—	—	
	0.0MJ/㎡年	0.0MJ/㎡年	-137.8MJ/㎡年	
その他	—	1	1	
	155.8MJ/㎡年	155.8MJ/㎡年	155.8MJ/㎡年	

3 ZEB化シミュレーション概要

採用手法別の仕様、一次エネルギー消費量の削減量（削減率）及びイニシャルコスト増額率を表4.3.2に示す。

- ・空調においては、設計条件の最適化とパッシブ手法による削減率が高い。
- ・照明においては、照明制御導入による削減率が高い。
- ・原設計の給湯一次エネルギー消費量も大きいため、給湯高効率化の削減効果も高い。

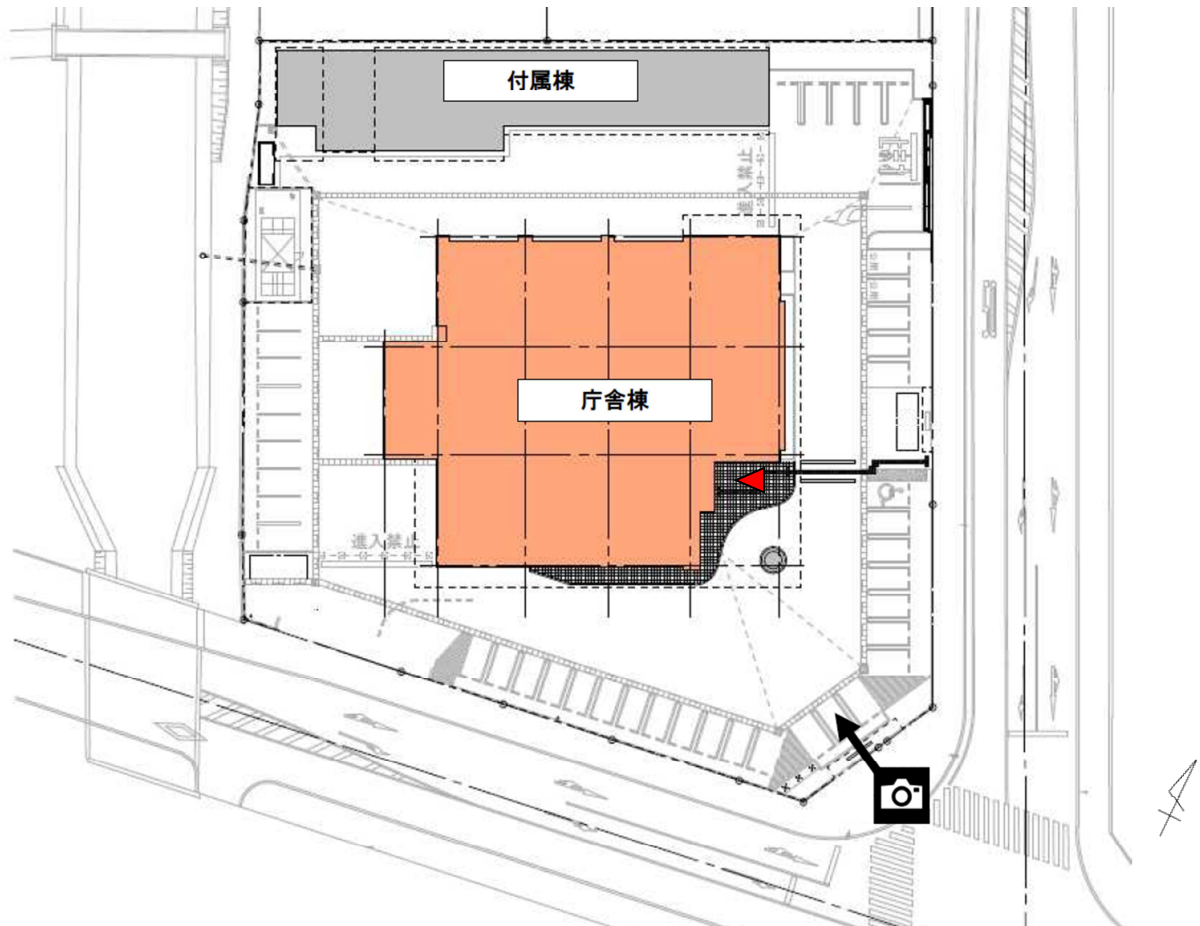
表 4.3-2 警察署モデルのZEB化シミュレーション概要

区分		原設計 (BEI=0.66)		ZEB化 (BEI=0.48)					
		仕様	熱貫流率 (W/(㎡・K))	仕様	熱貫流率 (W/(㎡・K))	一次エネルギー削減量 (MJ/(㎡・年))	削減率 (%)	イニシャルコスト 増額率 (%)	
パッシブ	高断熱化	屋根	押出法ポリエチレンフォーム 保温板3種:25mm	0.9	吹付け硬質ウレタンフォーム A種1:50mm	0.5	67	7.6	0.04
		外壁	吹付け硬質ウレタンフォーム A種1:25mm	0.9	押出法ポリエチレンフォーム 保温板3種:30mm	0.7			
		床	押出法ポリエチレンフォーム 保温板3種:50mm	0.4	同左	0.4			
		ガラス	単層	6.0	北:複層 東西南:Low-E複層	3.3 2.6			
	日射制御	庇	2F庇あり					0.23	
	上記による空調減		—					▲ 0.25	
空調	個別熱源	設計条件最適化	×	○(照明、機器、換気量等)	93	10.6	▲ 0.37		
		高効率熱源 全熱交換器	○(準高効率機種)	○(最高効率機種)	23	2.6	0.09		
換気	高効率ファン	×	×	○	—	—	—		
	インバータ	×	×	○	2	0.2	0.01		
照明	LED照明	○ ^{※1}	○	○	—	—	—		
	設計条件適正化	×	○(事務室:500lx等)	8	0.9	▲ 0.06 ^{※2}			
	制御	初期照度補正	×	○	23	2.7	0.65		
		明るさ検知	△	○					
		タイムスケジュール	×	○					
在室検知		△	○	8				0.9	0.44
給湯	高効率給湯器	×	○(エコキュート)	23	2.6	0.41			
昇降機	電力回生制御	×	○	1	0.1	0.08			
	CO2濃度による外気量制御	×	○	—	—	0.05			
	計量の細分化	×	○	—	—	0.31			
	合計(創エネ除く)	—	—	248	28.2	3.10			
創エネ	太陽光発電設備	×	○(40kW)	138	15.5	2.47			
	合計(創エネ含む)	—	—	386	43.7	5.57			

【凡例】○：採用、△：一部採用、×：採用無し

※1 近年、LED照明は標準的な仕様となっているため、原設計でも採用している前提で試算した。

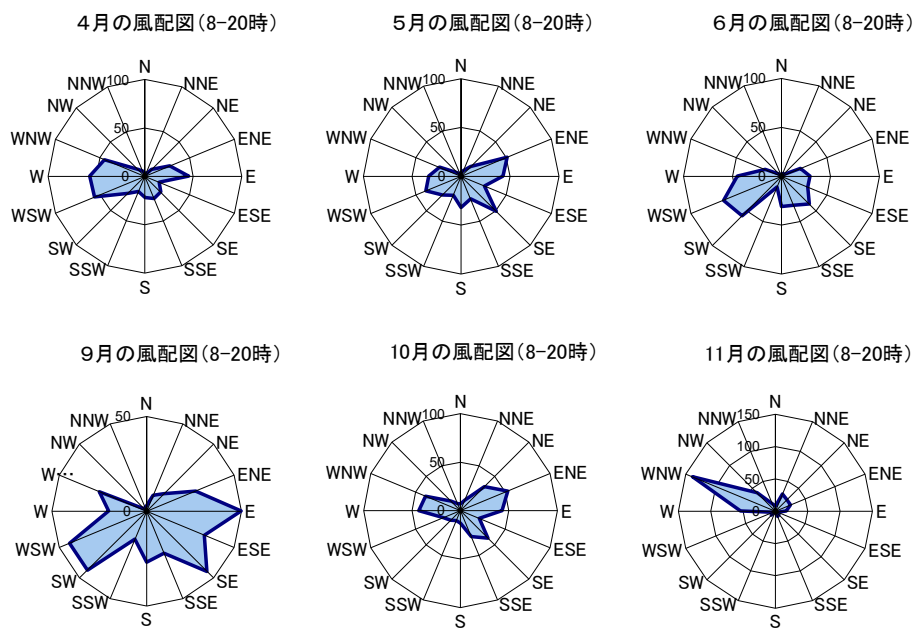
※2 照明の照度条件の見直し増額費には、タスク照明用のコンセント対応追加分を見込んでいる。



敷地配置図

▶ : エントランス

※施設の特殊性より、各階平面図の掲載は省略する。



最寄参考地点：中間期（4～6月、9～11月）の風配図（浜松、8時～20時）
 出典：拡張アメダス気象データ（日本建築学会）の2010年標準年データより作成

高等学校 1 モデル

1 施設概要

所在地：伊東市
 用途：高等学校（特別教室棟）
 構造階数：S造 地上5階建
 建築面積：1,176 m²
 延床面積：5,316 m²
 設計年：令和2年
 完成年：令和5年(予定)
 地域区分：7地域
 日射区分：A4区分
 建設費：1,900,000千円（建設時）



2 ZEB化シミュレーション結果

ZEB化シミュレーションの試算結果を表4.4-1に示す。

BEI（創エネ除く）は0.48となり、ZEB Readyを達成した。特に一次エネルギー消費量が多い空調と照明のBEIの低減にポイントを置いて検討した。パッシブ手法の採用及び設計条件の最適化により、空調機容量をダウンサイジングすることが可能となり、空調一次エネルギー消費量を低減できた。

照明については、明るさ検知制御等の照明制御の採用により、照明一次エネルギー消費量を低減できた。

表 4.4-1 高等学校 1 モデルのZEB化シミュレーション結果

		省エネ基準	原設計	ZEB化	
BPI		—	0.8	0.76	
	PAL*	500	397	380	
BEI	その他 除く	創エネ 除く	1.00	0.55	
		創エネ 含む	688.3MJ/㎡年	372.8MJ/㎡年	0.48
	空調		—	0.64	0.57
			431.7MJ/㎡年	274.0MJ/㎡年	244.7MJ/㎡年
	換気		—	0.44	0.44
			24.6MJ/㎡年	10.7MJ/㎡年	10.7MJ/㎡年
	照明		—	0.37	0.3
			228.4MJ/㎡年	82.6MJ/㎡年	66.7MJ/㎡年
	給湯		—	1.58	1.58
			3.4MJ/㎡年	5.4MJ/㎡年	5.4MJ/㎡年
	昇降機		—	0.9	0.8
			0.3MJ/㎡年	0.3MJ/㎡年	0.2MJ/㎡年
	創エネ		—	—	—
			0.0MJ/㎡年	0.0MJ/㎡年	-143.8MJ/㎡年
その他		—	1	1	
		251.8MJ/㎡年	251.8MJ/㎡年	251.8MJ/㎡年	

3 ZEB化シミュレーション概要

採用手法別の仕様、一次エネルギー消費量の削減量（削減率）及びイニシャルコスト増額率を表 4. 4. 2 に示す。

- ・空調においては、設計条件の最適化及び熱源高効率化による削減率が高い。
- ・照明においては、照明制御導入による削減率が高い。

表 4. 4-2 高等学校 1 モデルのZEB化シミュレーション概要

区分			原設計 (BEI=0.55)		ZEB化 (BEI=0.48)				
			仕様	熱貫流率 (W/(㎡・K))	仕様	熱貫流率 (W/(㎡・K))	一次エネルギー削減量 (MJ/(㎡・年))	削減率 (%)	イニシャルコスト 増額率 (%)
パッシブ	高断熱化	屋根	吹付け硬質ウレタンフォーム A種1:50mm	0.5	同左	0.5	6	1.7	0.03
		外壁	押出法ホリエチレンフォーム 保温板3種:25mm	0.9	押出法ホリエチレンフォーム保 温板3種:30mm	0.7			
		床	押出法ホリエチレンフォーム 保温板3種:50mm	0.4	同左	0.4			
		ガラス	単層	6.0	北:複層 東西南:Low-E複層	3.3 2.6			
	日射制御	庇	2F庇あり		他階に庇追加				0.43
	上記による空調減	-		-				▲ 0.21	
空調	個別熱源	設計条件最適化	×	○(照明、機器、換気量等)		13	3.4	▲ 0.40	
		高効率熱源	○(準高効率機種)	○(最高効率機種)		15	3.9	0.06	
		全熱交換器	×	○		▲ 5	▲ 1.2	0.60	
換気	高効率ファン	×	×(該当機種なし)		-	-	-		
	インバータ	×	×(該当機種なし)		-	-	-		
照明	LED照明	○ ^{※1}	○		-	-	-		
	設計条件適正化	×	○(教室:500lx等)		2	0.5	0.02 ^{※2}		
	制御	初期照度補正	×	○		12	3.3	0.45	
		明るさ検知	△	○					
		タイムスケジュール	×	○					
在室検知		△	○						
給湯	高効率給湯器	×	×(ガス給湯)		-	-	-		
昇降機	電力回生制御	×	○		0	0.0	0.05		
	CO2濃度による外気量制御	×	○		-	-	0.07		
	計量の細分化	×	○		-	-	0.38		
	合計(創エネ除く)	-	-		45	12.1	3.50		
創エネ	太陽光発電設備	×	○(80kW)		144	38.6	3.79		
	合計(創エネ含む)	-	-		189	50.7	7.29		

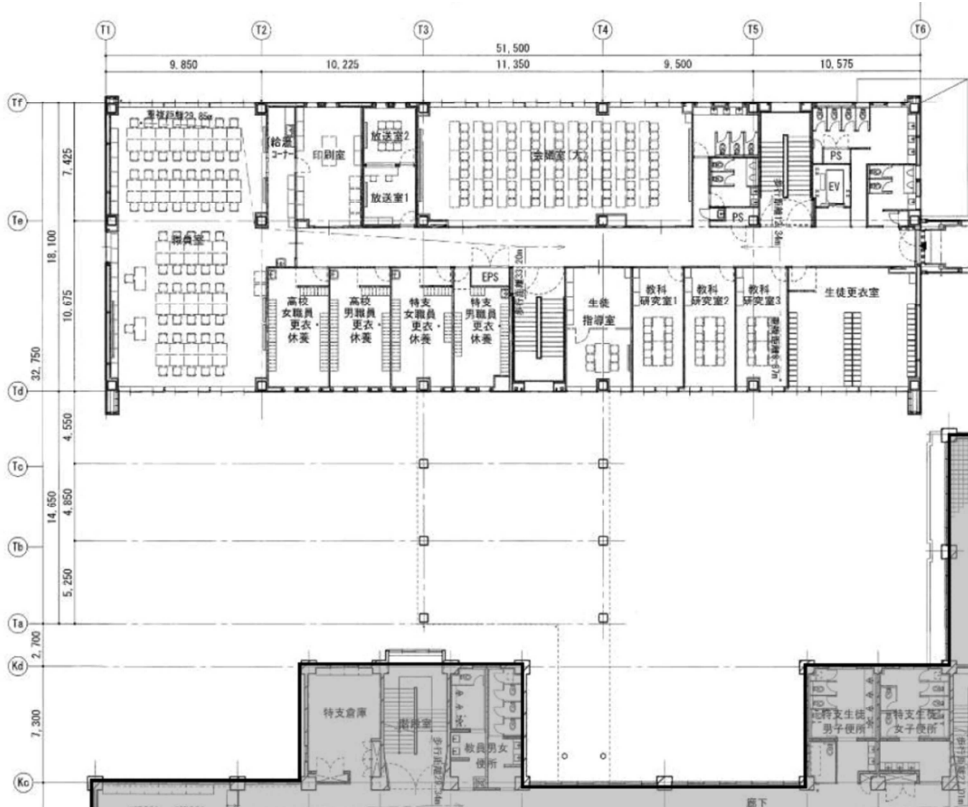
【凡例】○：採用、△：一部採用、×：採用無し

※1 近年、LED照明は標準的な仕様となっているため、原設計でも採用している前提で試算した。

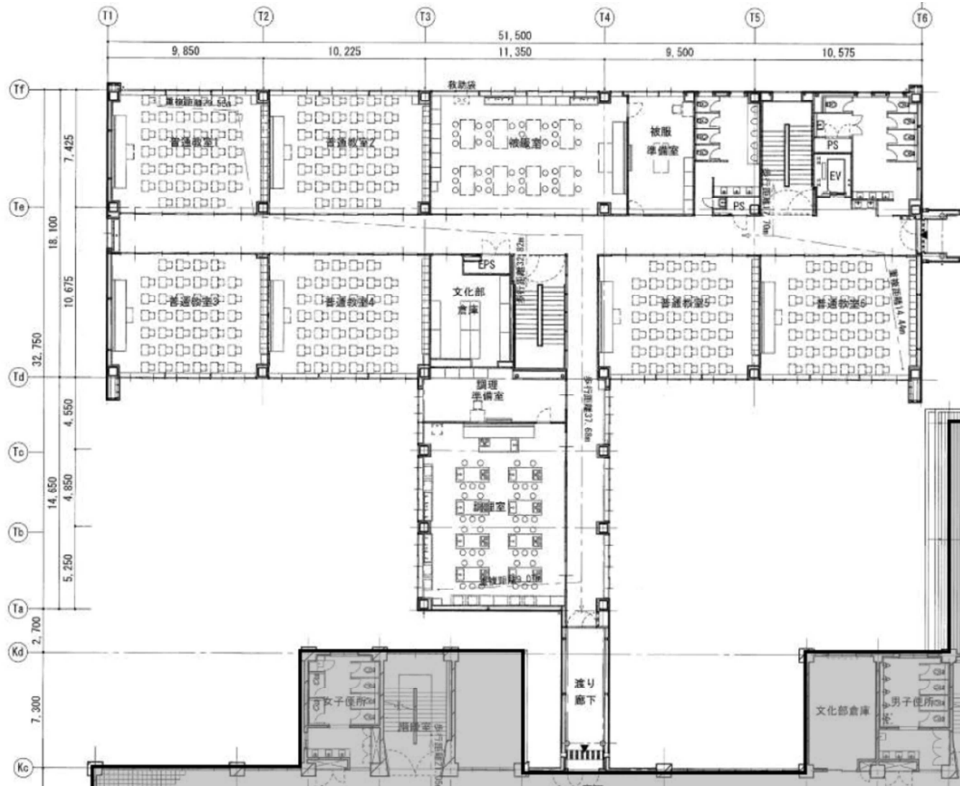
※2 照明の照度条件の見直し増額費には、タスク照明用のコンセント対応追加分を見込んでいる。



1階平面图



2階平面图



3階平面図

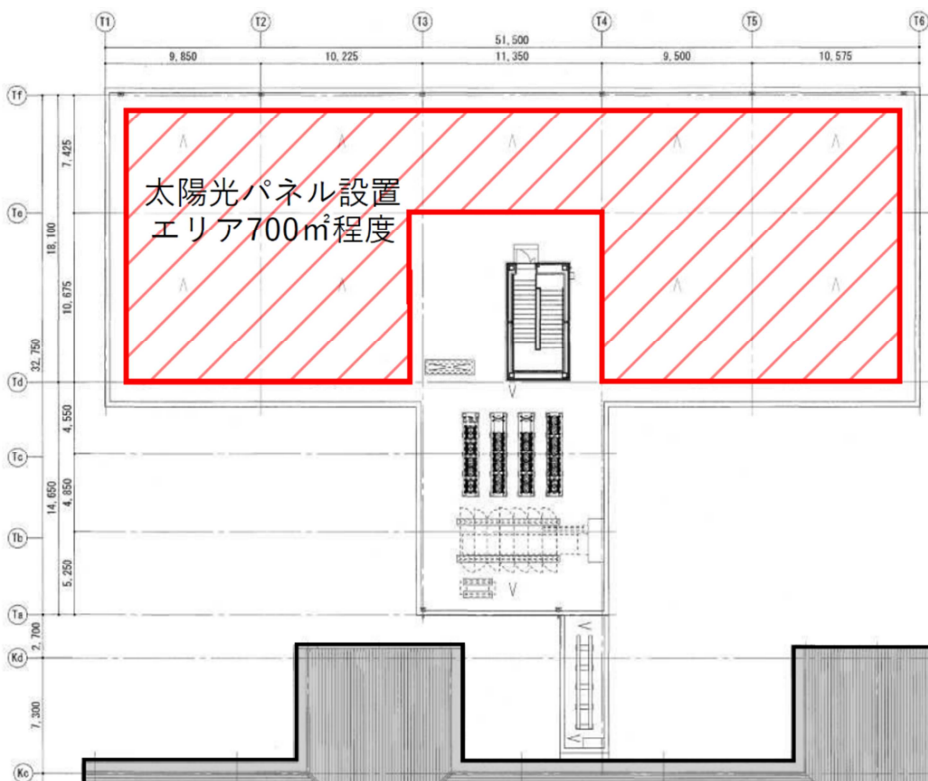


4階平面図





5階平面図



屋上階平面図



高等学校 2 モデル

1 施設概要

所在地：浜松市
 用途：高等学校（校舎棟）
 構造階数：S造 地上4階建
 建築面積：4,258 m²
 延床面積：9,805 m²
 設計年：平成 23 年
 完成年：平成 26 年
 地域区分：6 地域
 日射区分：A 4 区分
 建設費：3,000,000 千円（建設時）



2 ZEB化シミュレーション結果

ZEB化シミュレーションの試算結果を表 4.5-1 に示す。

BEI（創エネ除く）は 0.50 となり、ZEB Ready を達成した。特に一次エネルギー消費量が多い空調と照明の BEI の低減にポイントを置いて検討した。

高等学校 1 モデルと同様のパッシブ手法、設計条件の最適化による空調機容量のダウンサイジング及び積極的な照明制御の採用だけでは、ZEB Ready を達成できなかったため、パッケージの採用により室外機置場の見直しを行うことで達成することができた。

表 4.5-1 高等学校 2 モデルの ZEB 化シミュレーション結果

		省エネ基準	原設計	ZEB化	
BPI		—	0.66	0.6	
	PAL*	470.0MJ/㎡年	309.0MJ/㎡年	280.0MJ/㎡年	
BEI	その他 除く	創エネ 除く	1.00	0.56	
		創エネ 含む	532.0MJ/㎡年	297.6MJ/㎡年	0.50
	空調		—	0.68	0.57
			263.9MJ/㎡年	177.1MJ/㎡年	148.4MJ/㎡年
	換気		—	0.45	0.45
			46.3MJ/㎡年	20.7MJ/㎡年	20.7MJ/㎡年
	照明		—	0.41	0.39
			209.1MJ/㎡年	83.9MJ/㎡年	80.9MJ/㎡年
	給湯		—	1.3	1.3
			11.2MJ/㎡年	14.4MJ/㎡年	14.4MJ/㎡年
	昇降機		—	1	0.89
			1.5MJ/㎡年	1.5MJ/㎡年	1.4MJ/㎡年
	創エネ		—	—	—
			0.0MJ/㎡年	0.0MJ/㎡年	-89.4MJ/㎡年
その他		—	1	1	
		126.3MJ/㎡年	126.3MJ/㎡年	126.3MJ/㎡年	

3 ZEB化シミュレーション概要

採用手法別の仕様、一次エネルギー消費量の削減量（削減率）及びイニシャルコスト増額率を表 4.5.2 に示す。

- ・空調においては、パッシブ手法と設計条件の最適化に加えて、室外機置場を空調対象室に近接して設置し、空調機容量を小さくすることによる効果が大きい。
- ・照明においては、原設計より初期照度補正が部分的に採用されており照明制御導入による効果が小さい結果となった。

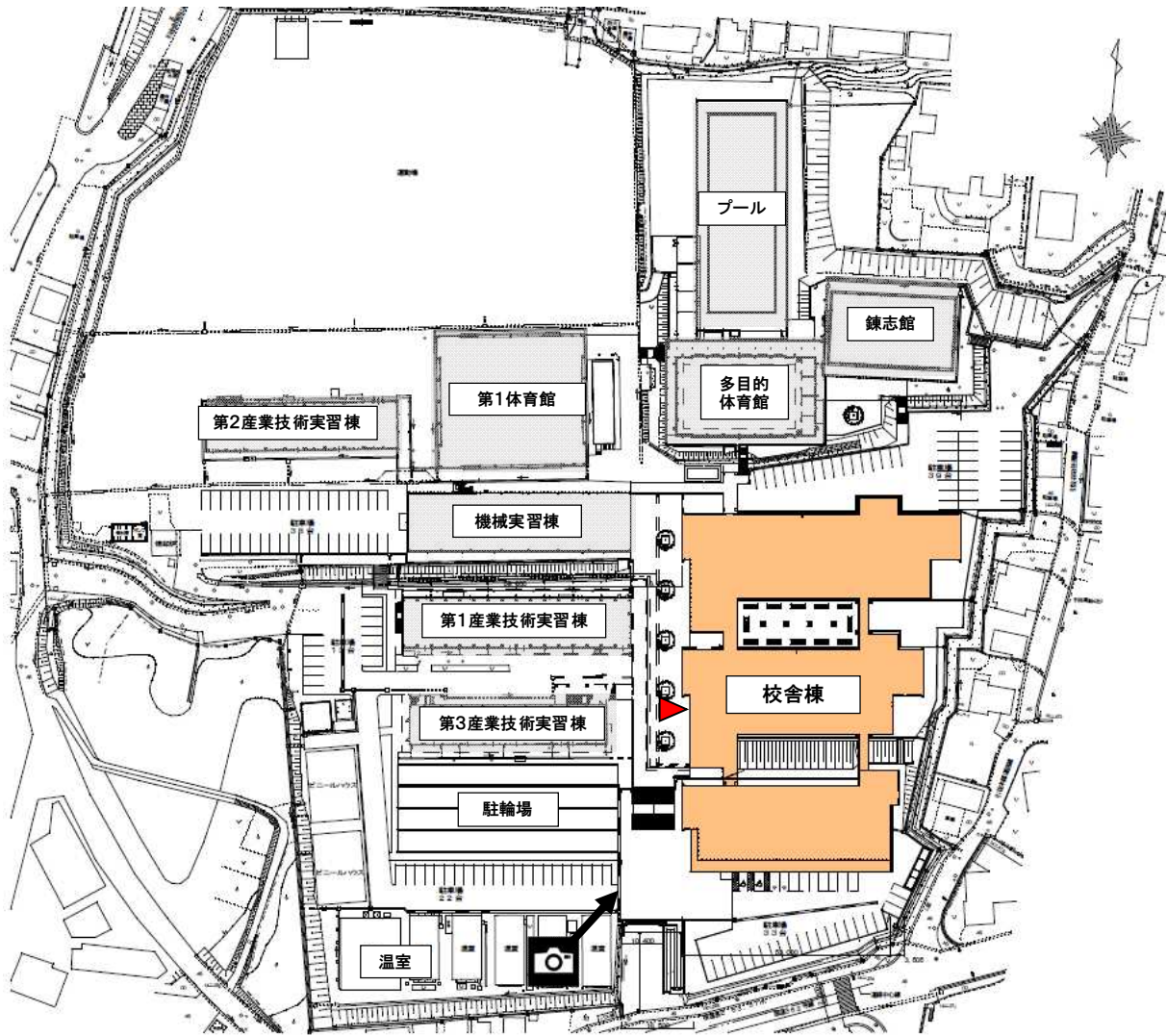
表 4.5-2 高等学校 2 モデルのZEB化シミュレーション概要

区分		原設計 (BEI=0.56)		ZEB化 (BEI=0.50)					
		仕様	熱貫流率 (W/(㎡・K))	仕様	熱貫流率 (W/(㎡・K))	一次エネルギー削減量 (MJ/(㎡・年))	削減率 (%)	イニシャルコスト 増額率 (%)	
パッシブ	高断熱化	屋根	吹付け硬質ウレタンフォーム A種1:25mm	0.9	吹付け硬質ウレタンフォーム A種1:50mm	0.5	18	6.0	0.42
		外壁	吹付け硬質ウレタンフォーム A種1:25mm	0.9	押出法ホリチレンフォーム保 温板3種:30mm	0.7			
		床	吹付け硬質ウレタンフォーム A種1:25mm	0.9	押出法ホリチレンフォーム保 温板3種:50mm	0.4			
		ガラス	単層	6.0	北:複層 東西南:Low-E複層	3.3 2.6			
	窓面積率の見直し		一部西面カーテンウォール		西面窓面積率30%程度				▲ 0.64
	日射制御		庇		庇あり				—
上記による空調減		—		—				▲ 0.15	
空調	個別熱源	設計条件最適化	×	○(照明、機器、換気量等)		9	2.9	▲ 0.21	
		高効率熱源	○(準高効率機種)	○(最高効率機種)		7	2.3	0.14	
		全熱交換器	×	○		▲ 12	▲ 3.9	1.02	
		室外機置場見直し	×	○		7	2.3	0.14	
換気	高効率ファン	×	×(該当機種なし)		—	—	—		
	インバータ	×	×(該当機種なし)		—	—	—		
照明	LED照明	○ ^{※1}		○		—	—	—	
	設計条件適正化	○(教室:500lx等)		○(教室:500lx等)		—	—	— ^{※2}	
	制御	初期照度補正	△		○		1	0.3	0.68
		明るさ検知	△		○				
		タイムスケジュール	×		○				
在室検知		△		○					
給湯	高効率給湯器	×(ガス給湯)		×(ガス給湯)		—	—	—	
昇降機	電力回生制御	×		○		0	0.1	0.05	
	CO2濃度による外気量制御	×		○		—	—	0.10	
	計量の細分化	×		○		—	—	0.55	
合計(創エネ除く)		—		—		32	10.7	4.02	
創エネ	太陽光発電設備	×		○(80kW)		89	29.9	3.16	
	合計(創エネ含む)	—		—		121	40.6	7.18	

【凡例】 ○：採用、△：一部採用、×：採用無し

※1 近年、LED照明は標準的な仕様となっているため、原設計でも採用している前提で試算した。

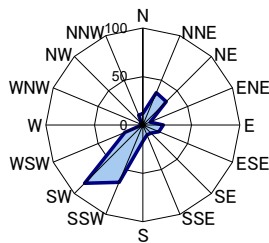
※2 照明の照度条件の見直し増額費には、タスク照明用のコンセント対応追加分を見込んでいる。



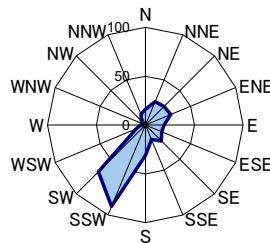
敷地配置図

▶ : エントランス

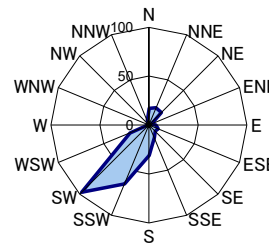
4月の風配図(8-20時)



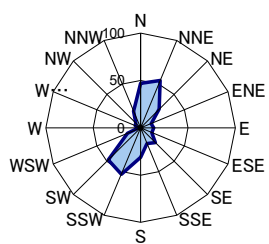
5月の風配図(8-20時)



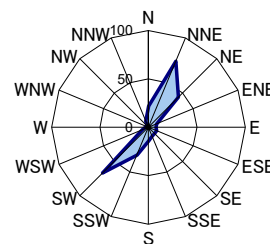
6月の風配図(8-20時)



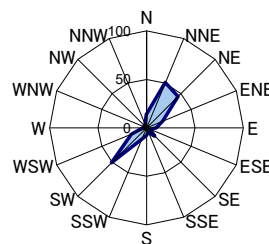
9月の風配図(8-20時)



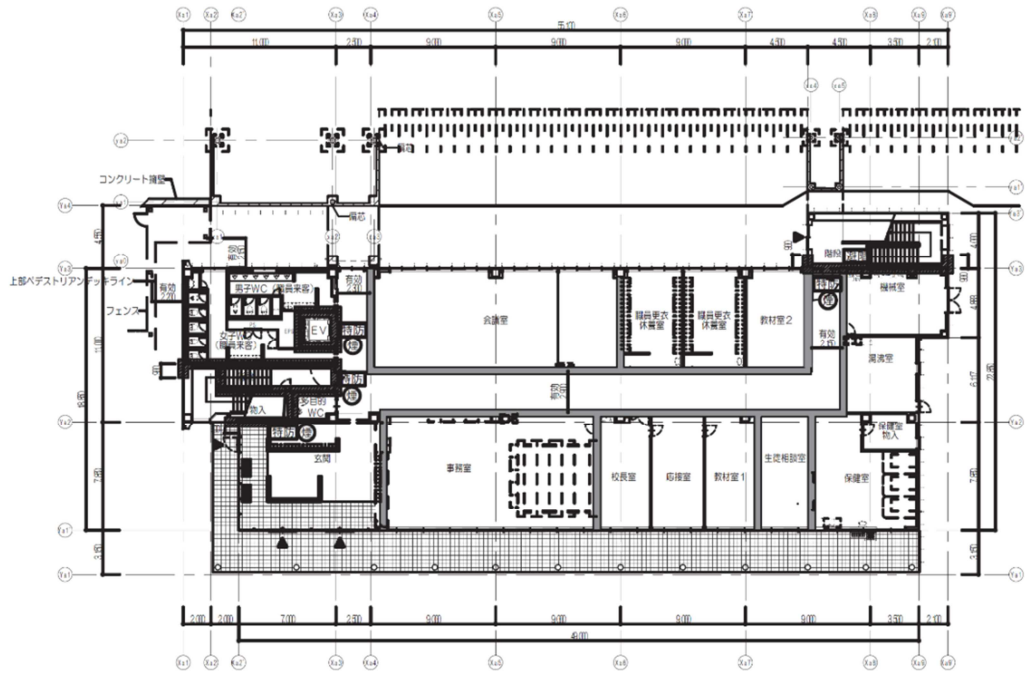
10月の風配図(8-20時)



11月の風配図(8-20時)

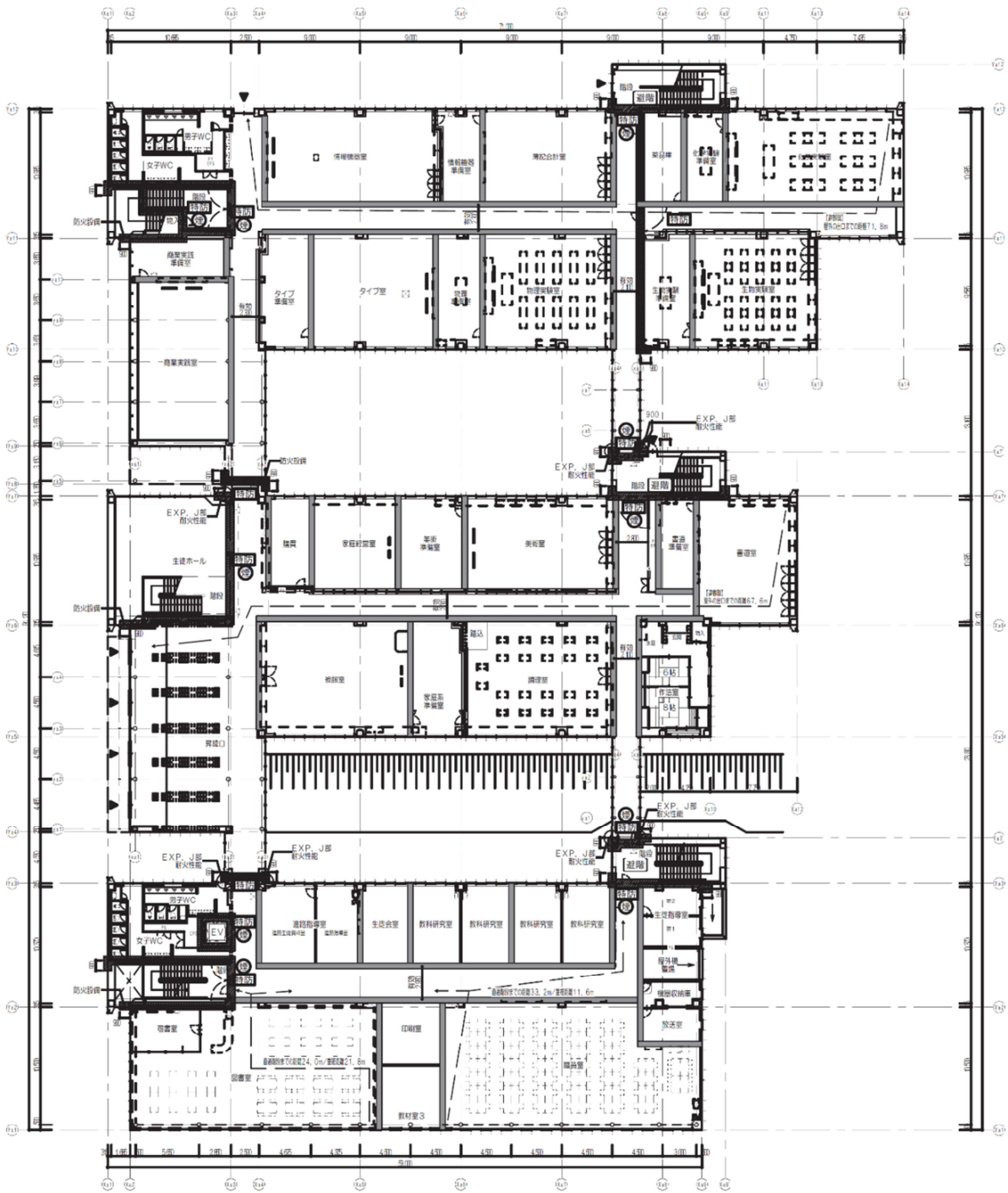


最寄参考地点：中間期（4～6月、9～11月）の風配図（天竜、8時～20時）
 出典：拡張アメダス気象データ（日本建築学会）の2010年標準年データより作成



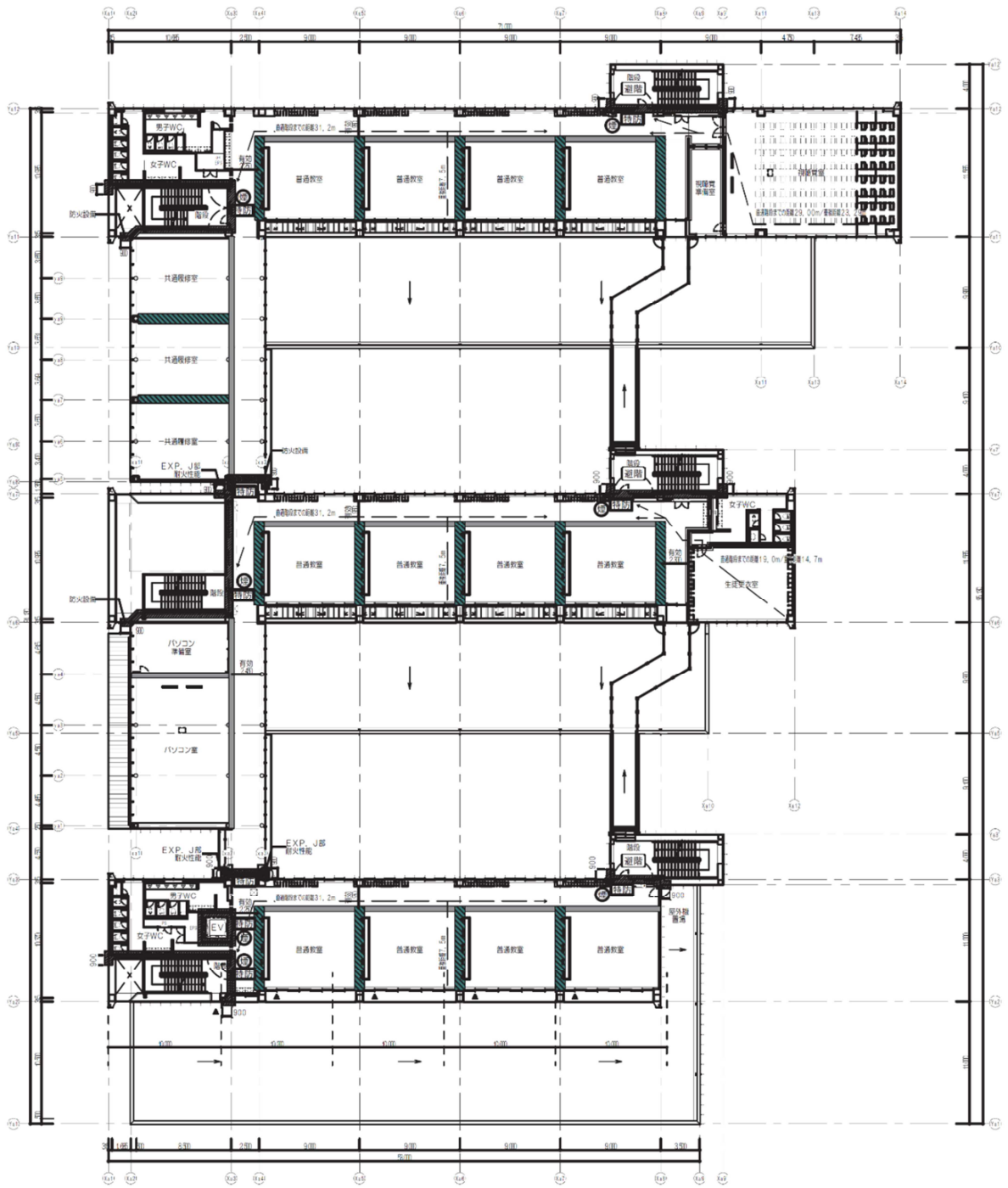
1階平面図





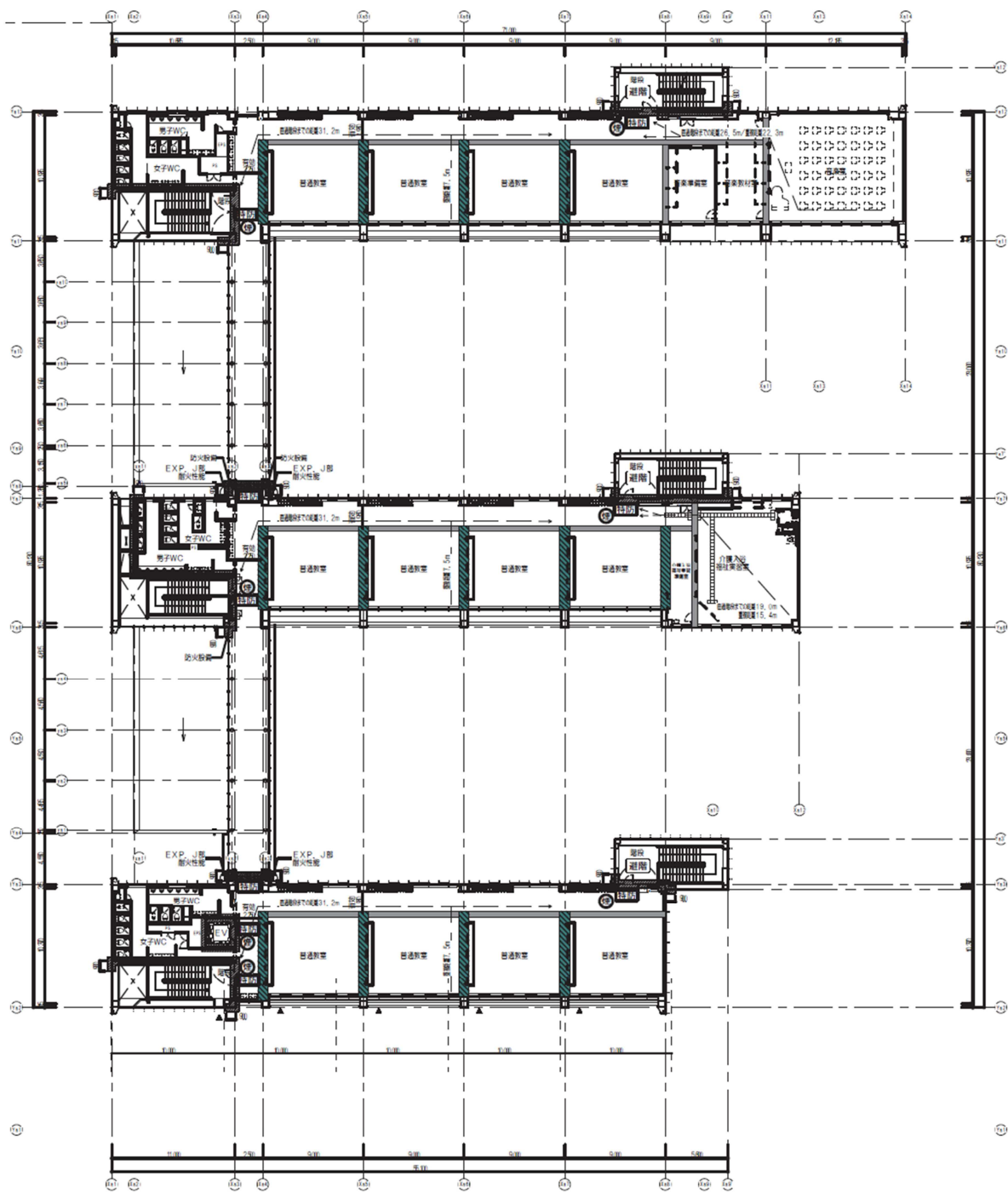
2階平面図



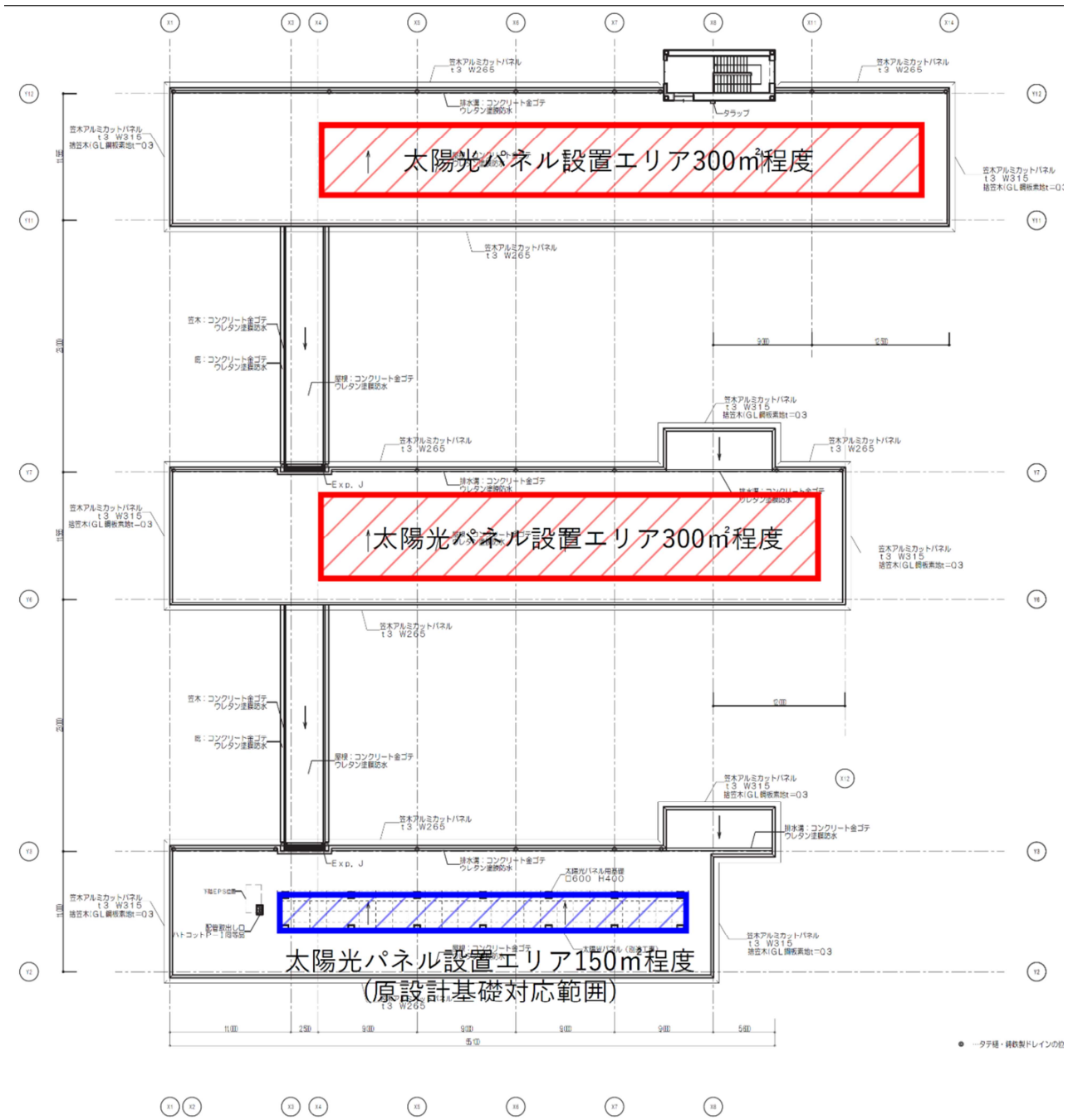


3階平面図





4階平面図



屋上階平面図

特別支援学校モデル

1 施設概要

所在地：伊豆の国市
 用途：特別支援学校（校舎棟）
 構造階数：S造 地上4階建
 建築面積：2,141 m²
 延床面積：7,271 m²
 設計年：平成29年
 完成年：令和3年
 地域区分：6地域
 日射区分：A3区分
 建設費：2,200,000千円（建設時）



2 ZEB化シミュレーション結果

ZEB化シミュレーションの試算結果を表4.6-1に示す。

BEI（創エネ除く）は0.52となり、ZEB化手法だけではZEB Readyを達成できなかった。本モデルは、生徒用トイレのユーティリティスペース（7か所）にシャワー用給湯（ガス給湯器32号）が設置されているため、給湯の一次エネルギー消費量が大きく、達成できない要因となった。

表 4.6-1 特別支援学校モデルのZEB化シミュレーション結果

		省エネ基準	原設計	ZEB化	
BPI		—	0.72	0.68	
	PAL*	470.0MJ/㎡年	334.0MJ/㎡年	317.0MJ/㎡年	
BEI	その他 除く	創エネ 除く	1.00	0.62	
			784.4MJ/㎡年	484.7MJ/㎡年	407.1MJ/㎡年
	含む	創エネ	—	—	0.39
			—	—	301.6MJ/㎡年
	空調		—	0.7	0.56
			421.0MJ/㎡年	293.6MJ/㎡年	235.0MJ/㎡年
	換気		—	0.48	0.43
			65.2MJ/㎡年	30.7MJ/㎡年	27.4MJ/㎡年
	照明		—	0.34	0.27
			194.3MJ/㎡年	64.1MJ/㎡年	50.8MJ/㎡年
	給湯		—	0.91	0.91
			101.9MJ/㎡年	92.1MJ/㎡年	92.1MJ/㎡年
	昇降機		—	2.01	0.9
		2.1MJ/㎡年	4.1MJ/㎡年	1.8MJ/㎡年	
創エネ		—	—	—	
		0.0MJ/㎡年	0.0MJ/㎡年	-105.5MJ/㎡年	
その他		—	1	1	
		155.9MJ/㎡年	155.9MJ/㎡年	155.9MJ/㎡年	

3 ZEB化シミュレーション概要

採用手法別の仕様、一次エネルギー消費量の削減量（削減率）及びイニシャルコスト増額率を表 4.6.2 に示す。

- ・空調においては、パッシブ手法と設計条件の最適化による削減率が高い。

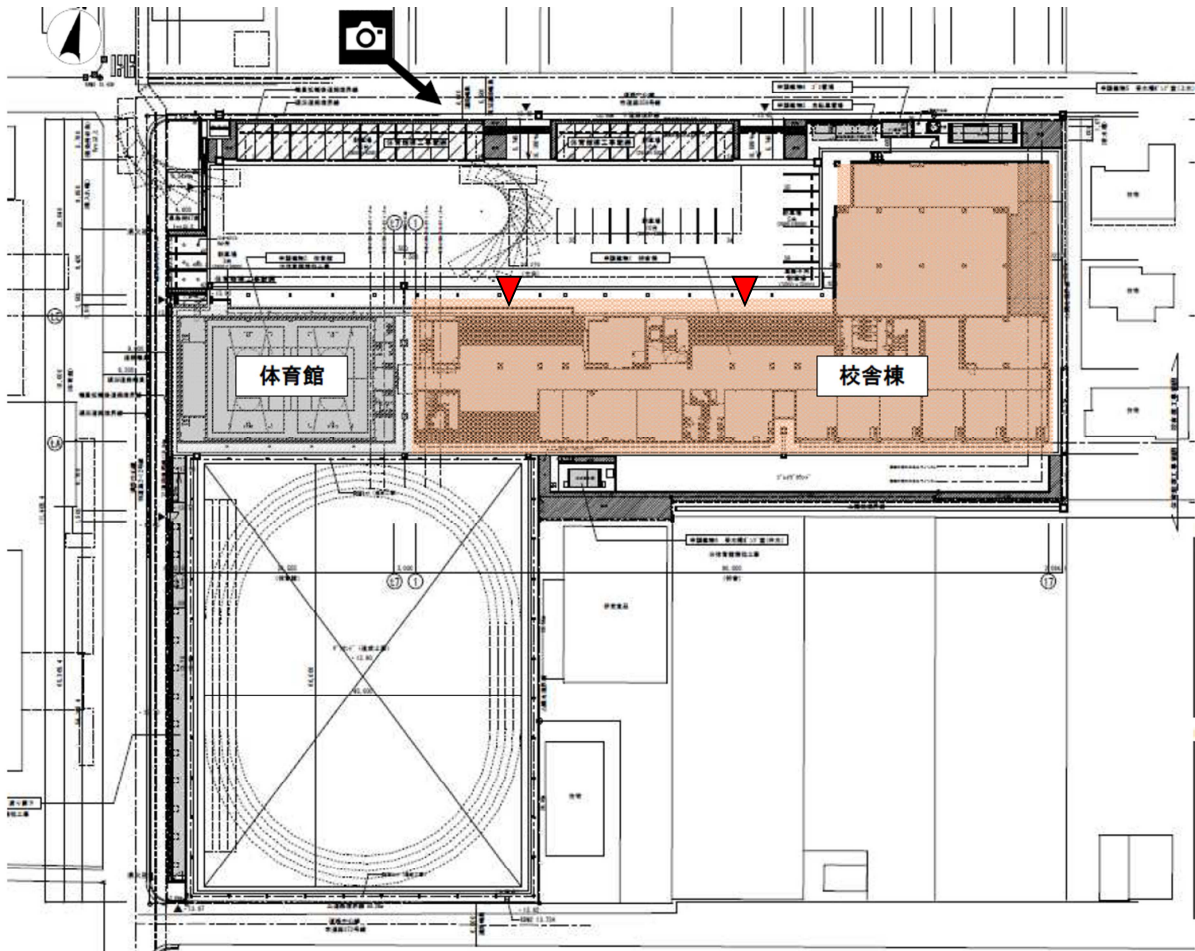
表 4.6-2 特別支援学校モデルのZEB化シミュレーション概要

区分		原設計 (BEI=0.62)		ZEB化 (BEI=0.52)					
		仕様	熱貫流率 (W/(m ² ·K))	仕様	熱貫流率 (W/(m ² ·K))	一次エネルギー削減量 (MJ/(m ² ·年))	削減率 (%)	イニシャルコスト 増額率 (%)	
パッシブ	高断熱化	屋根	吹付け硬質ウレタンフォームA種1:25mm	0.9	吹付け硬質ウレタンフォームA種1:50mm	0.5	40	8.2	0.30
		外壁	吹付け硬質ウレタンフォームA種1:25mm	0.9	押出法ポリエチレンフォーム保温板3種:30mm	0.7			
		床	押出法ポリエチレンフォーム保温板3種:50mm	0.4	同左	0.4			
		ガラス	北:複層(一部) 東西南:Low-E複層(一部)	3.3 2.6	同左(全て) 同左(全て)	3.3 2.6			
	日射制御	庇	庇あり		庇あり				—
	上記による空調減	—		—				▲ 0.18	
空調	個別熱源	設計条件最適化	×	○(照明、機器、換気量等)		6	1.3	▲ 0.32	
		高効率熱源 全熱交換器	○(準高効率機種)	○(最高効率機種)		13	2.7	0.09	
換気	高効率ファン	×	○	○	3	0.6	0.02		
	インバータ	×	○	○	0	0.1	0.03		
照明	LED照明	○ ^{※1}	○	○	—	—	—		
	設計条件適正化	×	○(教室:500lx等)		2	0.4	0.01 ^{※2}		
	制御	初期照度補正	×	○	10	2.0	0.12		
		明るさ検知	△	○					
		タイムスケジュール	×	○					
	在室検知	△	○	2	0.4	0.04			
給湯	高効率給湯器	×	×(ガス給湯)	×	0	0.0	—		
昇降機	電力再生制御	×	○	○	2	0.4	0.05		
	合計(創エネ除く)	—		—		78	16.1	1.91	
創エネ	太陽光発電設備	×	○(70kW)	○(70kW)	105	21.7	1.92		
	合計(創エネ含む)	—		—		183	37.8	3.83	

【凡例】○：採用、△：一部採用、×：採用無し

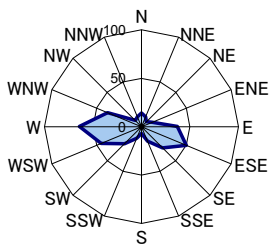
※1 近年、LED照明は標準的な仕様となっているため、原設計でも採用している前提で試算した。

※2 照明の照度条件の見直し増額費には、タスク照明用のコンセント対応追加分を見込んでいます。

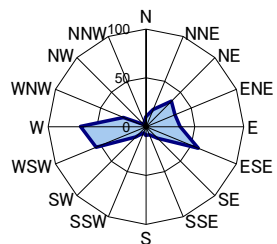


敷地配置図

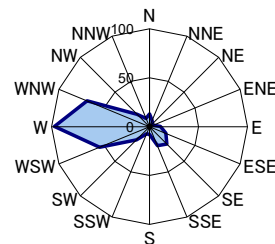
4月の風配図(8-20時)



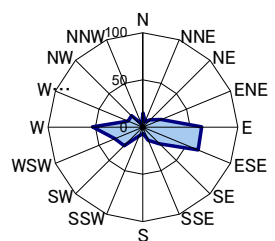
5月の風配図(8-20時)



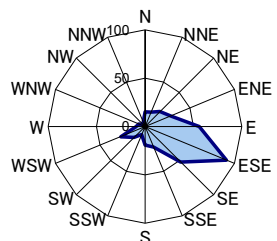
6月の風配図(8-20時)



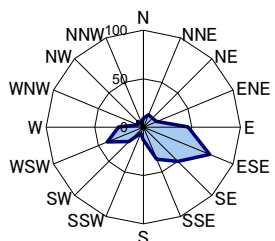
9月の風配図(8-20時)



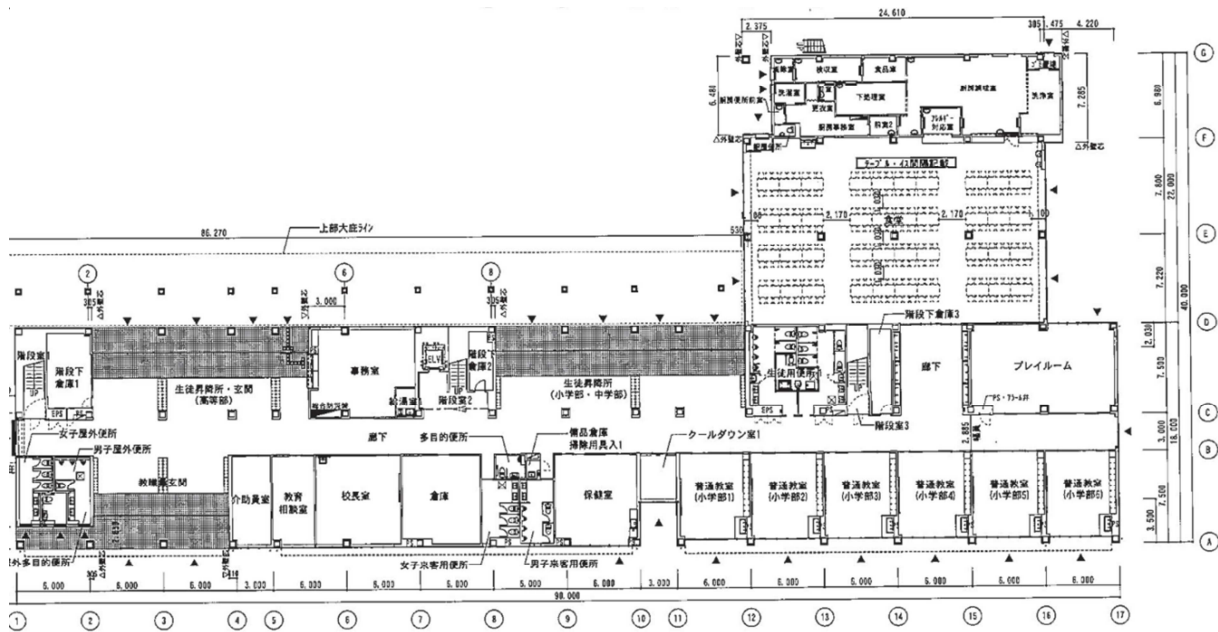
10月の風配図(8-20時)



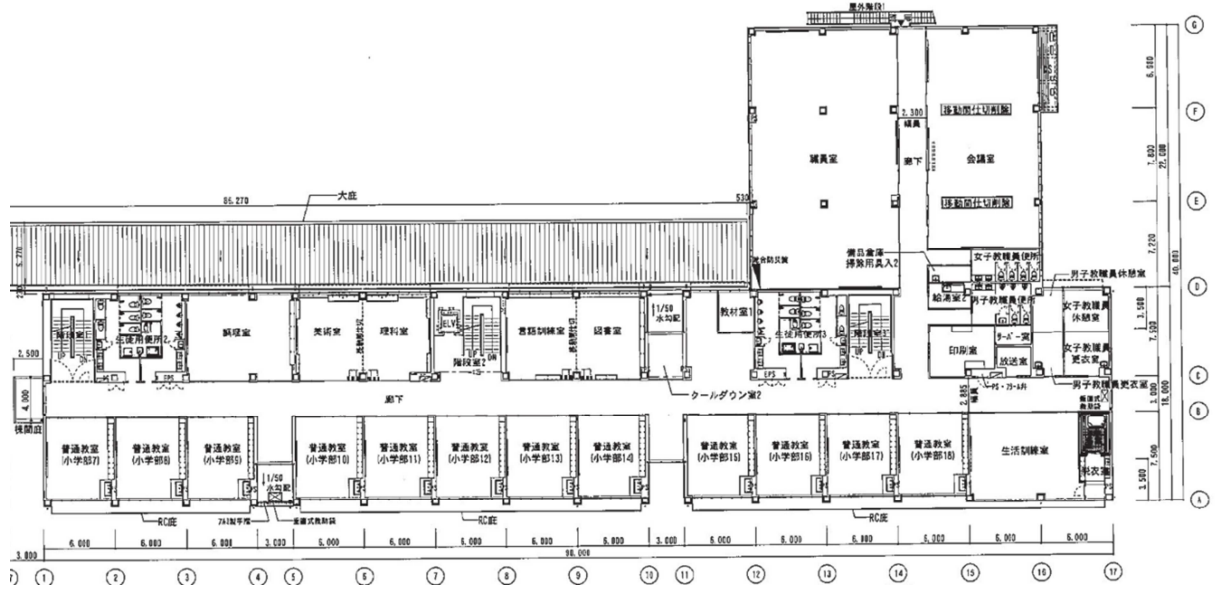
11月の風配図(8-20時)



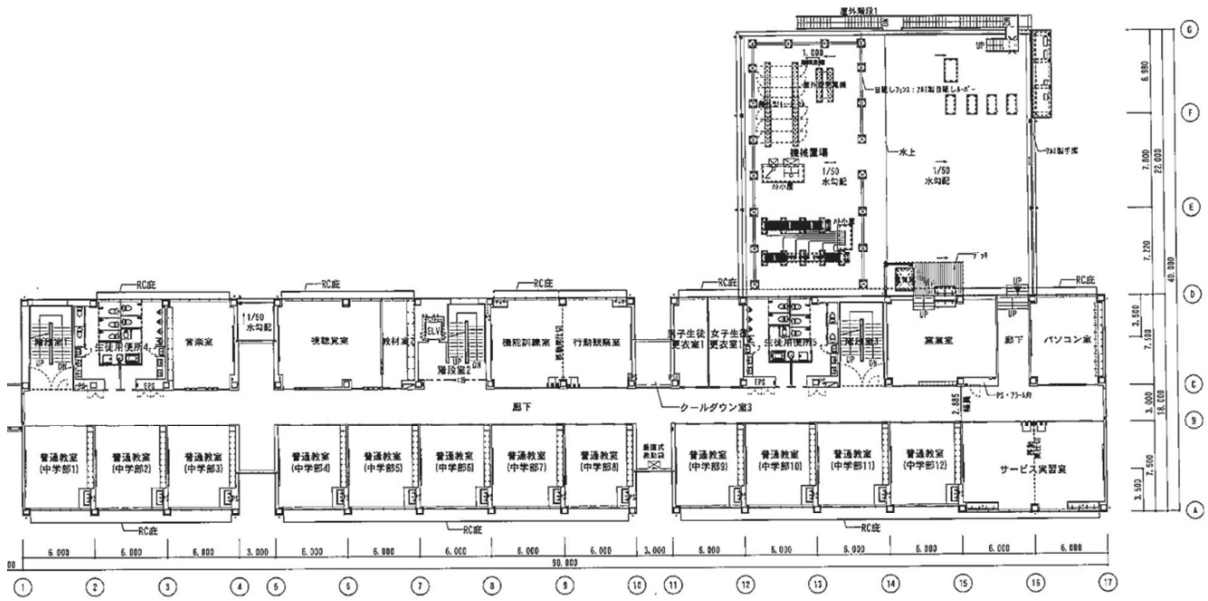
最寄参考地点：中間期（4～6月、9～11月）の風配図（三島、8時～20時）
 出典：拡張アメダス気象データ（日本建築学会）の2010年標準年データより作成



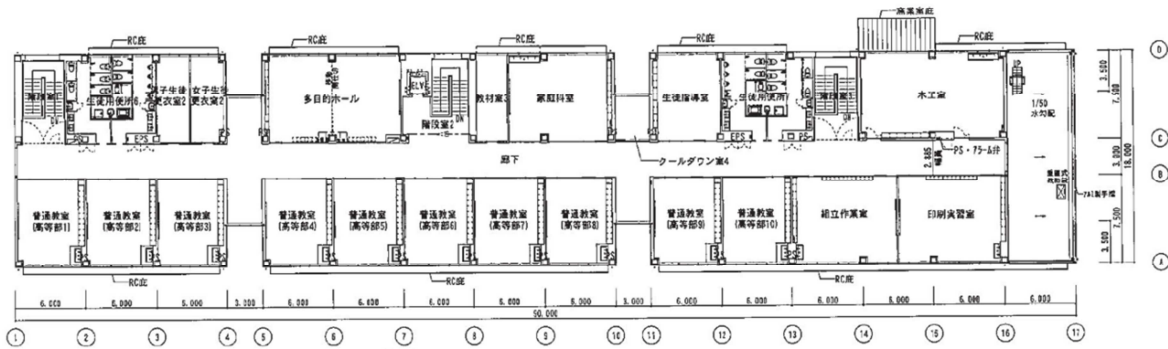
1階平面図



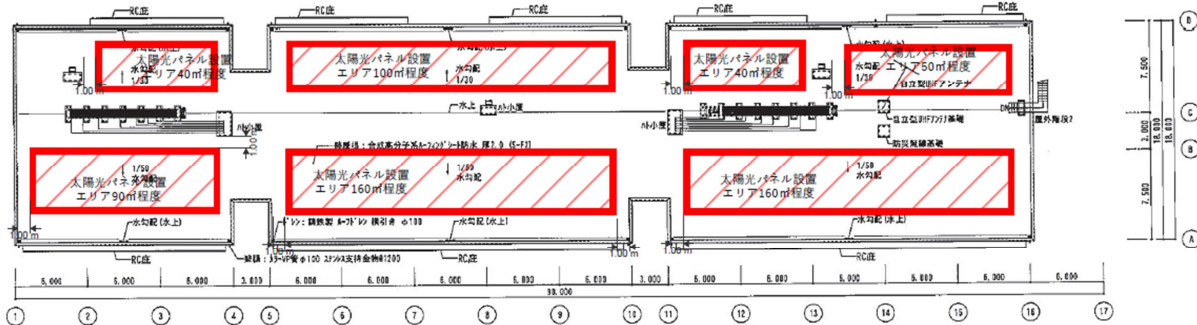
2階平面図



3階平面図



4階平面図



屋上階平面図

参考 ZEBに関わるガイドライン等

No	名称	作成者
1	ZEB設計ガイドライン	Sii (一社)環境共創イニシアチブ
2	ZEB PORTAL	環境省
3	官庁施設の環境保全性基準	国土交通省大臣官房官庁営繕部
4	公共建築物（庁舎）におけるZEB事例集	国土交通省大臣官房官庁営繕部
5	ZEB Design	文部科学省 大臣官房文教施設企画・防災部
6	省エネ・再エネ東京仕様	東京都財務局
7	建築物の省エネ設計技術	建築物の省エネ設計技術編集委員会 (大阪府監修)
8	福島県ZEBガイドライン カーボンニュートラルの実現を目指して	福島県土木部
9	省エネルギー建築のための設計ガイドライン	国立研究開発法人 建築研究所
10	エネルギー消費性能計算プログラム (非住宅版) 標準入力法入力マニュアル	国土交通省 国土技術政策総合研究所 国立研究開発法人 建築研究所
11	“ふじのくに” エコロジー建築設計指針	静岡県



脱炭素社会の実現に向けた県有建築物ZEB化設計指針
活用マニュアル

静岡県交通基盤部建築管理局建築企画課・設備課

TEL:054-221-3095

E-mail:kenchikukikaku@pref.shizuoka.lg.jp