

令和6年3月補足版

ZEB 化の手引き (学校編)

— 「省エネ・再エネ東京仕様」活用資料 —

令和5年2月
東京都財務局

はじめに

都は、都有建築物の改築等において「省エネ・再エネ東京仕様」（令和2年改正）を活用し、建物の熱負荷の低減、省エネ設備、再エネ設備の導入等によりエネルギーの使用の合理化を図り、施設整備を進めてきた。

また、2050年の「ゼロエミッション東京」を実現するため、2030年カーボンハーフという目標達成に向けた率優先的取組として、「ゼロエミッション都庁行動計画」において、都有建築物の新築・改築や大規模改修時には、用途、特性等を踏まえ、一次エネルギー消費量を原則として30%から50%以上削減することを目指した（ZEB Ready もしくは ZEB Oriented となる水準相当）上で、再生可能エネルギーの利用を推進し、ゼロエミッション化を目指していくとした。

このことから、都有建築物のゼロエミッション化には、ZEB（室内環境の質を維持しつつ大幅な省エネルギー化を実現した上で、再生可能エネルギーを導入する事により、エネルギーの自立度を極力高め、年間の一次エネルギー消費量の収支をゼロとすることを目指した建物）の実現・普及が重要である。

「ZEB化の手引き（学校編）」（以下「本書」という。）は、都有建築物のうち、特に学校の整備において、「省エネ・再エネ東京仕様」（令和5年改正）を最大限活用しZEB化を推進するため、設計時の検討フローや配慮事項を解説したものであり、外皮の高断熱化などの建築の省エネ対策を徹底することによる設備の小容量化及び機器の高効率化などにより、一次エネルギー消費量の削減を図ることを基本とする。

また、本書では、再生可能エネルギーの導入についても触れるとともに、ZEB化実証建築から得られた知見を踏まえた、施設の運用時における配慮事項について参考に記す。

この補足版は、「ZEB化の手引き（学校編）」について、大規模改修における省エネ化の基本的な考え方を加えたものである。

目次

はじめに.....	1
第1章 総則.....	4
1.1 手引きの取扱い.....	4
1.2 基本事項.....	4
1.2.1 ZEBとは.....	4
1.2.2 ZEBの種類.....	5
1.3 省エネ性能の評価.....	7
1.3.1 評価基準.....	7
1.3.2 一次エネルギー消費量の算出方法.....	8
1.4 学校のZEB化.....	10
1.4.1 学校の特徴.....	10
1.4.2 基本的な考え方.....	12
1.4.3 検討フロー.....	12
第2章 省エネ検討.....	15
2.1 建築.....	15
2.1.1 建物の配置、形状等.....	15
2.1.2 外皮の高断熱化.....	15
2.1.3 開口部（窓）の高断熱化.....	16
2.1.4 日射の遮蔽.....	16
2.1.5 自然採光（昼光）の利用.....	17
2.1.6 自然通風の利用.....	17
2.1.7 その他の配慮事項.....	18
2.2 空調設備.....	19
2.2.1 必要能力の低減.....	19
2.2.2 機器の小容量化.....	19
2.2.3 空調機器の高効率化.....	20
2.2.4 空調制御の高度化.....	21
2.2.5 その他の配慮事項.....	21
2.3 照明設備.....	22
2.3.1 照明設備の仕様.....	22
2.3.2 照明器具の高効率化.....	22
2.3.3 照明制御の高度化.....	23
2.4 換気設備.....	24
2.4.1 換気機器の高効率化.....	24
2.4.2 換気制御の高度化.....	24
★2.4.3 室内の熱を排出するための換気設備.....	25
2.5 給湯設備.....	26

2.5.1 給湯機器の種別	26
2.5.2 給湯機器の高効率化	26
2.5.3 節湯器具	26
★2.5.4 配管の保温効果向上	27
2.6 昇降機設備	28
2.6.1 機器の高効率化	28
2.6.2 速度制御の高度化	28
2.6.3 回生電力の利用	28
第3章 創エネ検討	29
3.1 創エネ設備	29
3.1.1 設置場所	29
3.1.2 設置面積の最大化	29
3.1.3 その他の配慮事項	29
参考	30
1.1 運用時の省エネ検討	30
1.1.1 一次エネルギー消費量の削減	30
1.1.2 省エネチューニング	30
★1.2 大規模改修における省エネ検討	31
★1.2.1 基本的な考え方	31
★1.2.2 エネルギー消費量の削減方法の検討事例	32
★1.2.3 建築や設備を個別に改修する場合の省エネ検討	34
1.3 参考文献等	34

「★」は、補足版において追加、修正した項目

第1章 総則

1.1 手引きの取扱い

本書は、「省エネ・再エネ東京仕様」（令和5年1月 東京都財務局）の技術項目例を最大限活用して学校のZEB化を進めるにあたり、参考となる考え方及び設計時の検討フロー、配慮事項について解説したものである。

学校の設計時は、良好な教育環境の確保を図りつつ、個々の施設の特性、立地状況に応じて「省エネ・再エネ東京仕様」及び本書を最大限活用するとともに、施設の利用対象者や利用頻度を踏まえた費用対効果も含めて、導入する技術を検討する。

また、本書は、学校における建築や設備の仕様そのものを定めるものではない。あくまで法令や基準等に基づき整備される学校について、ZEB化を進める際に「省エネ・再エネ東京仕様」を最大限活用するための検討事項を解説したものである。

なお、本書は、学校以外の建物においても、活用できる内容となっているため、建物及び各室の用途や規模を十分考慮した上で、ZEB化に向けて導入する技術を検討する。

1.2 基本事項

1.2.1 ZEBとは

ZEBとは、Net Zero Energy Building（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）の略称で、「ゼブ」と呼ぶ。快適な室内環境を実現しながら、建物で消費する年間の一次エネルギーの収支をゼロにすることを目指した建物である。^{※1}

【解説】

ZEBとは、「先進的な建築設計によるエネルギー負荷の抑制やパッシブ技術の採用による自然エネルギーの積極的な活用、高効率な設備システムの導入等により、室内環境の質を維持しつつ大幅な省エネルギー化を実現した上で、再生可能エネルギーを導入することにより、エネルギー自立度を極力高め、年間の一次エネルギー消費量の収支をゼロとすることを目指した建物」をいう。^{※2}

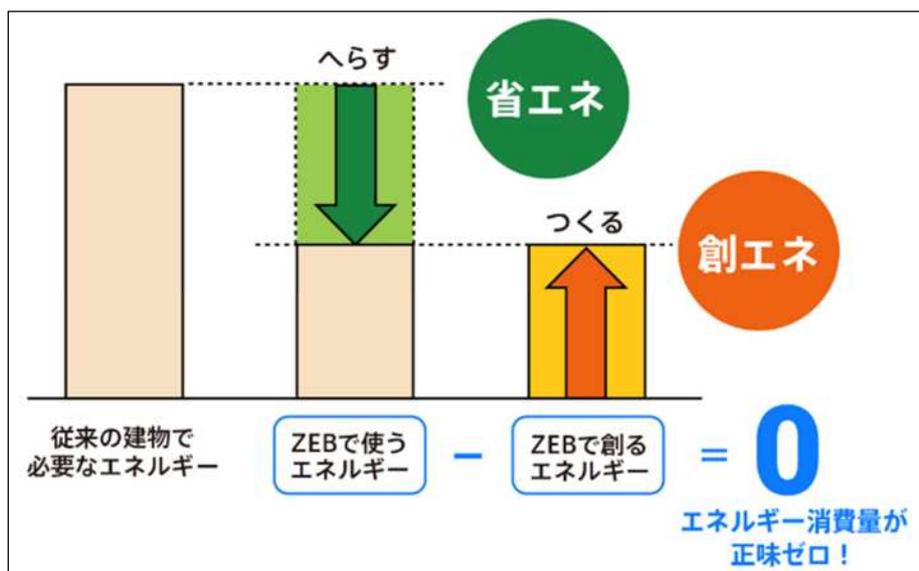
建物外皮の性能向上による断熱・遮熱、きめ細かな空調、照明制御の導入等により、省エネと快適な室内環境の両立を目指す。

また、再生可能エネルギーの活用やエネルギー消費量の削減により電源の自立性を高めることで、災害時の事業持続性の向上を図ることができる。

建物の中では人が活動しているため、エネルギー消費量を完全にゼロにすることはできないが、省エネによって使うエネルギーを削減し、創エネによって使う分のエネルギーをまかなうことで、エネルギー消費量を正味でゼロにすることができる。^{※1}

※1 環境省 ZEB PORTAL [ゼブ・ポータル] (<https://www.env.go.jp/earth/zeb/about/index.html>)

※2 経済産業省資源エネルギー庁「ZEB ロードマップ検討委員会とりまとめ」（平成27年12月）



出典：環境省「ZEB PORTAL」

図1 ZEB のイメージ

1.2.2 ZEB の種類

ZEB には以下の4段階がある。

- (1) 『ZEB』
- (2) Nearly ZEB
- (3) ZEB Ready
- (4) ZEB Oriented (対象：建物の延べ面積が 10,000 m²以上の建物)

【解説】

各段階の ZEB の定義と判断基準は次による。

(1) 『ZEB』

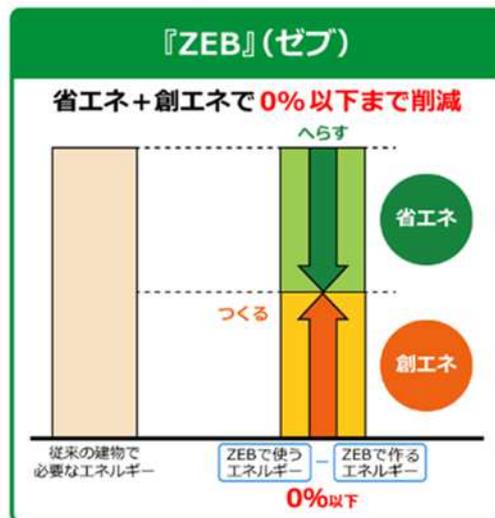
○定義

年間の一次エネルギー消費量が正味ゼロまたはマイナスの建物

○判断基準

以下の①～②のすべてに適合した建物

- ①従来建物で必要なエネルギーから50%以上の削減（創エネ除く）
- ②従来建物で必要なエネルギーから100%以上の削減（創エネ含む）



出典：環境省「ZEB PORTAL」

図2 『ZEB』 のイメージ

(2) Nearly ZEB

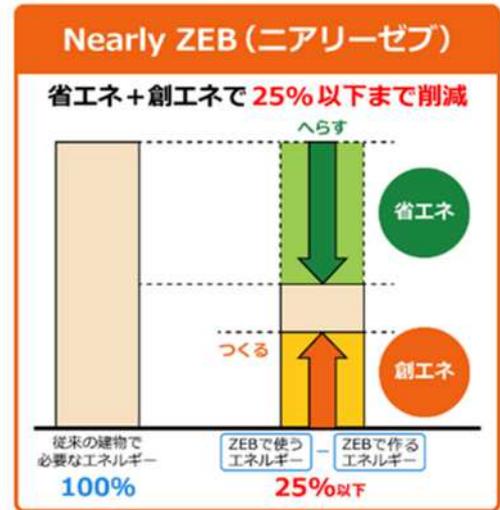
○定義

『ZEB』に限りなく近い建物として、ZEB Ready の要件を満たしつつ、再生可能エネルギーにより年間の一次エネルギー消費量をゼロに近付けた建物

○判断基準

以下の①～②のすべてに適合した建物

- ①従来の建物で必要なエネルギーから
50%以上の削減（創エネ除く）
- ②従来の建物で必要なエネルギーから
75%以上 100%未満の削減（創エネ含む）



出典：環境省「ZEB PORTAL」

図3 Nearly ZEB のイメージ

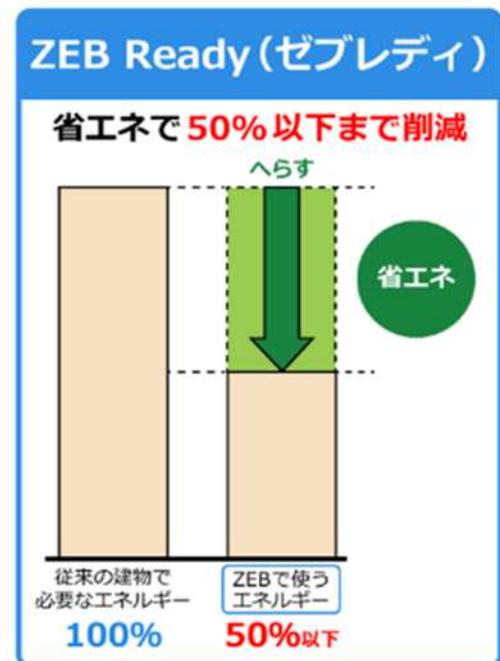
(3) ZEB Ready

○定義

『ZEB』を見据えた先進建物として、外皮の高断熱化及び高効率な省エネルギー設備を備えた建物

○判断基準

再生可能エネルギーを除き、従来の建物で必要なエネルギーから 50%以上の一次エネルギー消費量削減に適合した建物



出典：環境省「ZEB PORTAL」

図4 ZEB Ready のイメージ

(4) ZEB Oriented

ZEB Oriented は、延べ床面積が 10,000 m²以上の建物において、高層であるために空調等の熱搬送動力のエネルギー消費量が増大することなどが課題となり、ZEB Ready の実現が難しくなることから、拡充された定義である。

○定義

ZEB Ready を見据えた建物として、外皮の高性能化及び高効率な省エネルギー設備に加えて、更なる省エネルギーの実現に向けた措置を講じた建物

○判断基準

以下の①及び②の要件を満たす建物

①該当する用途毎に、創エネを除き、従来の建物で必要なエネルギーから規定する一次エネルギー消費量を削減すること

A) 事務所等、学校等、工場等は

40%以上

B) ホテル等、病院等、百貨店等、飲食店等、集会所等は

30%以上

②「更なる省エネルギーの実現に向けた措置」として未評価技術^{※3} (WEBPRO^{※4}において現時点で評価されていない技術)を導入すること



出典：環境省「ZEB PORTAL」

図5 ZEB Oriented のイメージ

※3 未評価技術

公益社団法人空気調和・衛生工学会において省エネルギー効果が高いと見込まれ、公表された技術

※4 エネルギー消費性能計算プログラム (WEBPRO)

建築物省エネルギー法で規定された非住宅建築物の省エネルギー基準 (平成 28 年度基準) への適合性を判定するための WEB 上に公開されたプログラム

1.3 省エネ性能の評価

1.3.1 評価基準

建物の省エネ性能を評価する指標として以下のものがある。

(1) BPI

(2) BEI

【解説】

(1) BPI (Building Palstar Index)

BPI とは、建物の断熱性能を評価する指標であり、PAL^{※5}により算出される年間熱負荷の基準値に対する設計値の割合で表される。

また、BPI は、ZEB の評価には使用されないが、「建築物エネルギー消費性能適合性判定」や「東京都建築物環境計画書制度」では、基準への適合が求められる。

$BPI = \text{設計年間熱負荷係数 (設計 PAL}^*) \div \text{基準年間熱負荷係数 (基準 PAL}^*)$

※5 PAL* (パルスター)

建物（非住宅建物）の省エネ基準に関わる外皮基準の指標であり、建物の屋内周囲空間（ペリメーターゾーン）の年間熱負荷をペリメーターゾーンの床面積の合計で除した数値

※6 実際に建てる建物の設計時の内容を反映した PAL*

※7 省令により、地域毎、建物用途毎に与えられる PAL*

(2) BEI (Building Energy Index)

BEI とは、建物のエネルギー性能を評価する基準であり、WEBPRO に基づく、基準となる建物と比較した時の設計する建物の一次エネルギー消費量の比率により表される。

また、BEI は、ZEB の評価に使用される。

$$\text{BEI} = \text{設計一次エネルギー消費量}^{※8} / \text{基準一次エネルギー消費量}^{※9}$$

※8 設計一次エネルギー消費量

実際に建てる建物の設計時の内容を反映した一次エネルギー消費量

※9 基準一次エネルギー消費量

省令により定められた、設備毎、地域毎、室用途毎に与えられる「基準一次エネルギー消費量原単位 (MJ/m²年)」を元に算出された一次エネルギー消費量

1.3.2 一次エネルギー消費量の算出方法

建物の一次エネルギー消費量等の算出方法として以下のものがある。

- (1) エネルギー消費性能計算プログラム (WEBPRO)
- (2) その他

【解説】

(1) WEBPRO の概要等を以下に示す。

○プログラムの概要

建築物省エネルギー法で規定された非住宅建築物の省エネルギー基準（平成 28 年度基準）への適合性を判定するための WEB 上に公開されたプログラムである。

また、WEBPRO では、プログラムの種類により、建物全体及び設備ごとの一次エネルギー消費量、BPI 及び BEI の算出ができる。

○プログラムの種類

WEBPRO には、建物の外皮性能や設備機器の仕様を詳細に入力できる「標準入力法」、入力項目を簡易化した「モデル建物法」及び小規模な建物だけに使用できる「小規模版モデル建物法」の 3 種類の入力法がある。

それぞれのプログラムの特徴を表 1 に示す。

表1 各入力方法の特徴

標準入力法	モデル建物法	小規模モデル建物法
<ul style="list-style-type: none"> ・評価対象建物の各室の床面積、各室の外皮・設備仕様を入力して計算する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・建物形状や室用途などを仮定したモデル建物に評価対象とする各室の主な外皮・設備仕様を入力して計算する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・床面積が 300 m²未満の建物が対象となる。
<ul style="list-style-type: none"> ・他の方法より多くの省エネ技術を反映させた計算ができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・入力項目が簡易化されており、標準入力法に比べて BEI が大きくなる傾向がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・モデル建物法よりも更に入力項目を簡易化されている。
<ul style="list-style-type: none"> ・計算された BPI、BEI は、添え字をつけない。 (BPI、BEI) 	<ul style="list-style-type: none"> ・計算された BPI、BEI は、添え字「m」をつけて区別する。 (BPI_m、BEI_m) 	<ul style="list-style-type: none"> ・計算された BEI は、添え字「s」をつけて区別する。 (BEI_s)
<ul style="list-style-type: none"> ・建築物エネルギー消費性能適合性判定、ZEB の評価に使用される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・建築物エネルギー消費性能適合性判定に使用される。 	

○評価対象外とする部屋及び設備

以下の部屋及び設備は、標準入力法において評価対象外となっている一例である。

- ・実験室などにおける局所換気設備（スクラバー、ドラフトチャンバー等）
 - ・常時運転されない送風機（年間稼働時間が 50 時間程度以下であるものを目安）
 - ・安全性確保のための照明設備（誘導灯、非常時のみ点灯する非常灯等）
 - ・常時点灯されず、年間点灯時間が非常に短い室の照明（設備シャフト等）
 - ・演出性確保のためのカラー照明（舞台や宴会場、美術館における演出のための照明等）
 - ・循環加温用のための給湯設備（浴場施設や温水プールの加温のための設備）。
- ただし、浴場施設や温水プールであっても、シャワーや洗面用途のための給湯設備は対象とする。
- ・小荷物専用昇降機や荷物用エレベータなど荷物の運搬を目的とした昇降機
 - ・いす式階段昇降機、段差解消機

(2) WEBPRO の他にも建築物の省エネルギー性能の向上に関する法律（建築物省エネ法）で規定する計算条件等に準拠し、エネルギーの消費性能を評価できる方法として位置づけられたものがある。こうした方法は、省エネ適合性判定や ZEB の評価に使

用できるが、本書においては WEBPRO を使用した ZEB 化の検討について解説する。

1.4 学校の ZEB 化

1.4.1 学校の特徴

学校は、建築的、利用上及びエネルギー消費量の観点から次のような特徴がある。

(1) 建築的な特徴

- ・ 低層建築が多い
- ・ 延べ床面積に対する窓面積の比率が高い
- ・ 天井が高い

(2) 利用上の特徴

- ・ 使用時間が短い
- ・ 冷房の期間が短い
- ・ 授業による生徒の移動に伴い、教室等の使用時間が多様である
- ・ 体育館や武道場など運動施設を有する

(3) エネルギー消費量の特徴

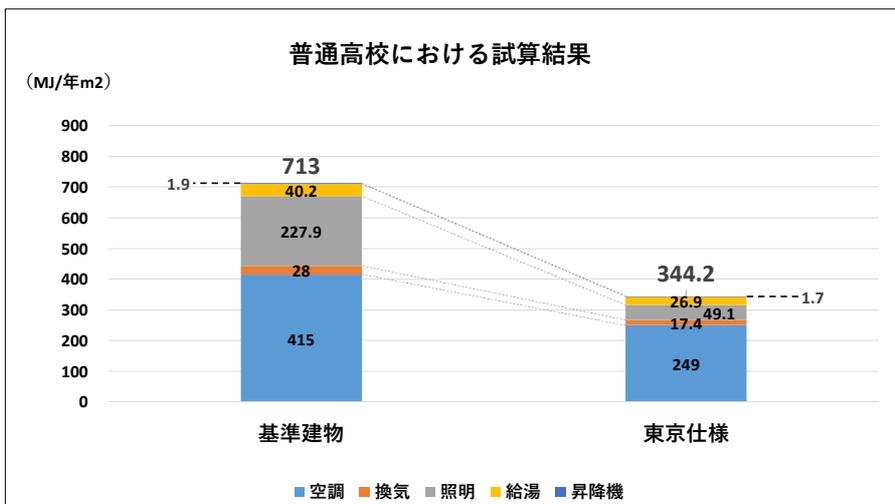
- ・ 同規模の事務用途の建物に比べて一次エネルギー消費量が小さい
- ・ 空調設備と照明設備のエネルギー消費量の比率が大きい

出典：学校ゼロエネルギー化推進方策検討委員会報告書

【解説】

高等学校は、「高等学校施設整備指針（文部科学省）」により学校施設を計画及び設計する際の留意事項が示されていることから、各室の用途やレイアウト、建物構造が画一的となる傾向がある。

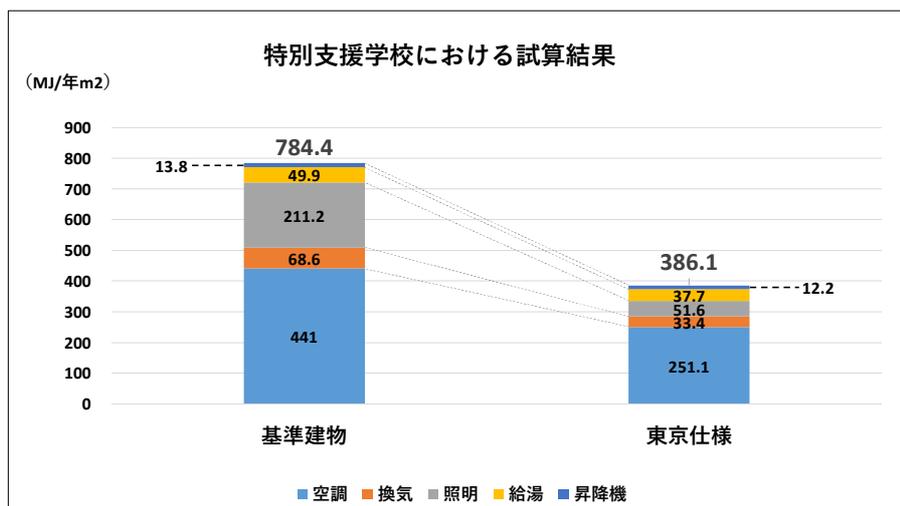
図 6 及び 7 に、普通高校及び特別支援学校をモデルとして、「省エネ・再エネ東京仕様」の技術項目例を導入し ZEB 化を目指した事例についての試算結果を示す。



一次エネルギー消費量 (MJ/年m2)			
	基準建物	東京仕様	B E I
空調	415	249	0.6
換気	28	17.4	0.63
照明	227.9	49.1	0.22
給湯	40.2	26.9	0.67
昇降機	1.9	1.7	0.9
合計	713	344.2	0.49

年間熱負荷係数 (MJ/年m2)			
	基準建物	東京仕様	B P I
PAL*	470	297	0.64

図 6 普通高校における試算結果



一次エネルギー消費量 (MJ/年m2)			
	基準建物	東京仕様	BEI
空調	441	251.1	0.57
換気	68.6	33.4	0.49
照明	211.2	51.6	0.25
給湯	49.9	37.7	0.76
昇降機	13.8	12.2	0.89
合計	784.4	386.1	0.5

年間熱負荷係数 (MJ/年m2)			
	基準建物	東京仕様	BPI
PAL*	470	261	0.56

図7 特別支援学校における試算結果

(1) 基準一次エネルギー消費量に関する特徴

- 普通高校及び特別支援学校をモデルとした事例の両方の試算結果においては、空調の基準一次エネルギー消費量が全体の約6割と一番多く、次いで照明が約3割を占めた。

(2) ZEB化を目指した設計一次エネルギー消費量に関する特徴

- 普通高校の事例及び特別支援学校の事例においては、空調はBEIが0.6程度、照明はBEIが0.3未満、昇降機はBEIが0.9程度まで一次エネルギー消費量の削減が見込める試算結果となった。

(3) 普通高校と特別支援学校の比較に関する特徴

- 特別支援学校の事例では、一教室当たりの生徒数が少ないため、教室の空調に係るエネルギー消費量は比較的小さくなるが、共用部（便所）を空調している場合があるため、全体としては、普通高校の事例に比べて空調に係るエネルギー消費量が大きくなったと推測される。
- 特別支援学校の事例において、換気のエネルギー消費量が普通高校の事例に比べて大きくなったのは、厨房が設置されているからであると推測される。
また、換気のBEIが小さくなったのは、厨房の単位面積当たりの基準一次エネルギー消費量が大きいためであると推測される。
- 普通高校の事例と特別支援学校の事例の照明の一次エネルギー消費量及びBEIが大きく変わらなかったのは、施設内の室用途が類似しているからであると推測される。
- 特別支援学校の事例の給湯のエネルギー消費量が大きくなったのは、試算したモデルにおいて、評価する電気温水器の台数が多いからであると推測される。
- 特別支援学校の昇降機のエネルギー消費量が大きくなったのは、普通高校に比べて設置台数が多いからであると推測される。

1.4.2 基本的な考え方

ZEB化は、建築の省エネ対策を十分検討し、その結果を踏まえて、設備の省エネ化を検討することが最も重要である。こうした検討により、一次エネルギー消費量の低減を徹底した上で、再生可能エネルギーの最大限活用を図る。

- (1) 自然採光や自然通風を取り入れやすい建物形状・配置を検討する。
- (2) 建物外皮の高断熱化と日射の遮蔽により、熱負荷の徹底的な削減を目指す。
- (3) 熱負荷の低減により、設備の必要能力の低減と機器の小容量化を図る。
- (4) 高効率機器や省エネ制御を積極的に導入し、設備の省エネルギー化を図る。
- (5) ZEBの評価対象とならない設備も最大限の省エネルギー化を図る。
- (6) 可能な限り太陽光発電等の再生可能エネルギーの導入を図る。
- (7) 維持管理性、更新のしやすさに配慮した計画とする。

【解説】

- (1) 学校の改築等においてZEB化を達成するためには、基本設計の当初から省エネルギー及び再生可能エネルギーの利用を意識することが重要であり、立地条件等により制約がある中でも、建物形状・配置まで踏み込んで検討する。
- (2) 建物外皮の高性能化及び開口部からの日射の遮蔽により、建物への熱の出入りができる限り小さくなるよう検討する。
- (3) 建物における徹底した熱負荷の削減を検討することが重要であり、熱負荷削減に伴う空調設備等の必要能力の低減により、機器の小容量化を図る。
- (4) 更なるエネルギー消費の削減を図るため、機器の高効率化や制御の高度化をできる限り検討する。
- (5) 自然通風、トップランナー変圧器、外気導入制御システム(CO₂センサー)など、WEBPROでは評価できないが、省エネ効果が高いと見込まれる技術(未評価技術)の導入を検討する。
また、厨房設備、ろ過設備等の標準的な使用条件を定めることができない設備はZEBの評価対象外であるが、建物運用において省エネ効果が見込まれる場合は、施設の特性を踏まえ、機器の高効率化や制御の高度化を検討する。
- (6) 太陽光発電設備は、屋上緑化及び設備機器の設置スペース、メンテナンススペースを考慮し、設置可能な最大限の容量を検討する。
- (7) 設計の際は、建物のエネルギー消費量の削減だけでなく、施設の維持管理が容易となるように建築及び設備を計画する。また、建築の改修や設備更新のしやすさも考慮する。

1.4.3 検討フロー

学校のZEB化は、図8に基づき、以下の順番で検討する。

- (1) 建築の省エネ対策による熱負荷の低減等
- (2) 設備の省エネ化によるエネルギー消費量の低減
- (3) 再生可能エネルギーの活用

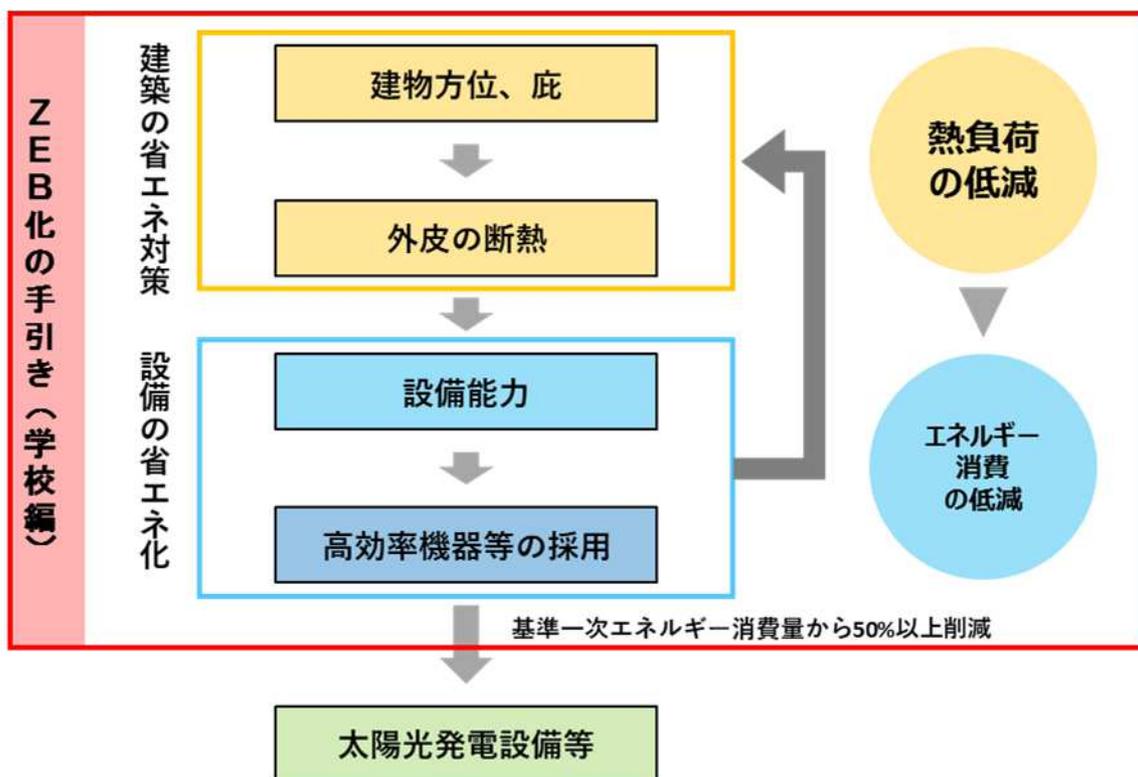


図8 検討フロー

【解説】

- (1) 建築の省エネ対策は以下のとおり。
 - ア 自然採光や自然通風の導入を考慮した建物の方位や庇等による日射の遮蔽を検討した上で、建物外皮の高断熱化を検討し、省エネルギー性能を向上させることにより、徹底して熱負荷を低減する。
 - イ 建物外皮は、ライフサイクルが長いことに加えて、改修が難しいため、設備能力の小容量化を見据えて、熱負荷の低減を十分検討する。
- (2) 設備の省エネ化は、日射の遮蔽による効果や外皮の仕様をできる限り正確に反映した条件に基づき設備能力を検討した上で、高効率機器の導入及び制御の高度化により消費するエネルギーを低減する。
- (3) 建築の省エネ対策と設備の省エネ化を十分検討してから、再生可能エネルギーの活用による創エネを検討する。

建物の特性や立地状況により、太陽光発電パネルなどの設置スペース確保が困難な場合が想定されるため、建物の省エネルギー性能をできる限り高め、エネルギー消費量の削減を図ることが重要である。
- (4) その他の注意事項は以下のとおり。
 - ア ZEB化においては、建築の省エネ対策から設備の省エネ化の検討では、エネルギー消費量の削減が不十分になる場合があるため、各検討段階においては、必要に応じて前の段階や設備の省エネ化から建築の省エネ対策に戻って再検討するといった繰り返しの検討が必要となる。
 - イ BPI 及び BEI の値には、相関関係があるとは言えないため、ZEB化の検

討の際は、建築の省エネ対策を十分検討し、BPI が下がらない場合でも BEI を確認しながら、注意して検討を継続して進める。

ZEB 化の検討を進めると、BPI 及び BEI は概ねどちらも値が低くなっていくが、BPI が比較的高いままでも BEI が低くなる場合がある。

ウ 再生可能エネルギーの活用であっても、地中熱利用ヒートポンプ及び太陽熱利用設備は各設備の消費エネルギーの削減に寄与するため、その効果は省エネに含まれる。ZEB 化において、創エネとして評価されるものは太陽光発電設備とコージェネレーション設備がある。

第2章 省エネ検討

2.1 建築

建築における省エネルギー化については、建物外皮や開口部の高断熱化及び日射の遮蔽による室内と屋外の熱の出入りの抑制が、空調の必要能力の低減や室内の快適性の維持につながるため、ZEB化に有効である。

また、施設の特性、立地状況等を踏まえ、自然採光や自然通風などの活用を図ることが設備のエネルギー消費量の低減に寄与する。

- 建物の配置、形状等
- 外皮の高断熱化
- 開口部（窓）の高断熱化
- 日射の遮断
- 自然採光（昼光）の利用
- 自然通風の利用

2.1.1 建物の配置、形状等

できる限り熱負荷を低減するとともに、自然採光（昼光）及び自然通風（換気）を取り入れる建物配置及び建築形状を検討する。

【解説】

- (1) 建物の配置や向きは、施設の特性や立地状況等を踏まえると検討の自由度は低いですが、その中でも、できる限り日射による熱負荷を低減できるように検討する。
- (2) 照明の消費電力を低減するため、自然採光を得やすい建物の配置及び形状を検討する。
- (3) 中間期の空調負荷の軽減及び夏期における建物内に蓄積された熱を排出するため、自然換気の導入を検討する。

2.1.2 外皮の高断熱化

外皮の高断熱化による熱負荷の低減は、空調の必要能力の低減に繋がるため、非常に重要である。

また、室内と屋外の熱の出入りを抑制し、少ないエネルギーで室内の温度や快適性を維持するため、外皮の高断熱化を図る。

- (1) 屋根及び外壁は、できる限り高断熱化を図る。
- (2) 屋根及び外壁だけでなく間仕切り壁や天井、床についても高断熱化を検討する。

【解説】

- (1) 屋根及び外壁の高断熱化は次による。
 - ア 建物の構造などを踏まえ、熱貫流率の値が小さくなるように屋根及び外壁の仕様を検討する。
 - イ 高断熱化によって、夏期には内部への熱の移動を防ぐことができるが、中間期や夏

期夜間などは日射による取得熱や内部の発熱が室内に蓄積してしまう恐れがあるため、自然通風やナイトパーズによる放熱を検討する。

- (2) 空調能力を算定する際に、間仕切り壁などからの熱負荷を考慮する場合は、屋根や外壁と同様に、できる限り熱貫流率の低い仕様を検討する

2.1.3 開口部（窓）の高断熱化

- (1) 窓ガラスは、原則 Low-E 複層ガラスとし、熱負荷の低減状況に応じて、仕様を検討する。
- (2) サッシは、気密性が高く、樹脂製の仕様を検討する。
- (3) 窓からの熱の出入りができる限り小さくなるよう開口部を検討する。

【解説】

- (1) 窓ガラスの仕様は次による。
 - ア 更なる熱負荷の低減が必要な場合は、中空層に断熱性ガスを封入した複層ガラスや三層ガラスなど、より熱貫流率の値が小さい仕様を検討する。
 - イ 窓は、冷房時には日射の遮蔽による冷房負荷の低減、暖房時には日射による熱の取得による暖房負荷の低減を考慮する必要があるため、窓ガラスの日射取得率は、全体の消費エネルギーの削減効果から数値を検討する。
- (2) サッシは気密性を高めることで、隙間から出入りする空気の量を少なくし、冷暖房負荷の低減を図る効果があるため、気密等級の高いものを検討する。
また、サッシは、熱が伝わりにくい樹脂製を検討する。
- (3) 窓の大きさは、法令等の基準を満たした上で、熱負荷の低減を図りつつ、自然採光（昼光）の利用や眺望の確保を考慮して検討する。

2.1.4 日射の遮蔽

- (1) 庇は、窓の上部に水平庇及び両側面に縦庇を設置するなどして、できる限り日射を遮蔽する。
- (2) 庇は、できる限り窓に直接日射が当たらない形状及び寸法を検討する。
- (3) ブラインド等の採用を検討する。

【解説】

- (1) 学校は、窓が大きく日射の影響を受けやすいため、断熱性能や気密性が高い建物では室内に侵入した熱を外部に放出することが難しい。水平庇は、夏期に日射角の大きい南面に設置することで、日射の負荷を防ぐことが期待できる。
また、縦庇を併せて設置することで日射角の小さい西日等の日射負荷の低減も期待できる。東西面については、ルーバー等の設置も含めて、日射の遮蔽を検討する。
- (2) 庇は、熱負荷の抑制により空調の必要能力を低減するため、窓に直接日射が当たらない形状、寸法とすることが重要であるが、建築面積への算入を考慮して検討する。
- (3) 窓際には、ブラインドの他、カーテン等の取付けができるよう検討する。

2.1.5 自然採光（昼光）の利用

- (1) 自然採光を利用するため、吹き抜けやトップライト等の導入を検討する。
- (2) 日射の遮蔽と自然採光の活用の両立を図るため、ライトシェルフの導入を検討する。
- (3) 照明の明るさ検知制御と組み合わせることを検討する。
- (4) 自動制御ブラインドは、設備の省エネ技術による機器の高効率化や制御の高度化を実施した上で、それ以上の一次エネルギー消費量の低減を図る必要がある場合に、導入を検討する。

【解説】

- (1) 自然採光の利用は次による。
 - ア 開口部から昼光を直接取り入れ、室内の明るさを確保する直接的手法や、室内の奥に光を導く吹き抜け、欄間、反射可能な軒裏等を設置する間接的手法を検討する。
 - イ 建物の屋根部分に取り付けるトップライトや、高い壁の高い位置に取り付けるハイサイドライトは、多くの自然光を取り込む上で有効である。

ただし、冷暖房負荷の増加を招かぬよう採光を調整する機構の設置や建具の落下防止に十分配慮する必要がある。
- (2) ライトシェルフは次による。
 - ア ライトシェルフは、建物の窓面の中段に設置し、上面で太陽光を反射させ、より多くの自然光を室内の天井部分に取り入れ、室内を明るくすることで照明の消費エネルギーの削減に貢献するものである。
 - イ 夏期は、直接日射を遮蔽することで室温上昇を抑制し、冷房負荷を軽減できる。
- (3) 自然採光（昼光）の利用は、照明の明るさ検知制御と組み合わせることにより、照明器具の点灯時間低減によるエネルギー消費量の削減を図る。
- (4) 自動制御ブラインドとは、自然採光（昼光）を室内にできるだけ導入することで、より高い照明設備の一次エネルギー消費量の削減効果を得ることを目的として、晴天時には眩しさを防ぎながら自然採光（昼光）を導入可能となるように、また曇天時には最大限自然採光（昼光）を導入できるように、ブラインドのスラット角度を自動で制御することが可能なシステムのことをいう。

2.1.6 自然通風の利用

吹き抜け空間（エコボイド）や窓による通風の確保により、動力等を利用せずに外部の空気を室内に誘引し換気を行うことを検討する。

【解説】

- (1) 自然通風の利用は次による。
 - ア 中間期や夏期の夜間、早朝において、室内よりも屋外の方が、温湿度条件が優れている場合に、自然風を利用し外気を取り込むことが有効である。中間期の空調負荷や夏期の建物内に蓄積された熱による空調負荷を低減するため、自然通風の利用を検討する。
 - イ 自然風を効率的に室内に取り込むため、壁面や屋根面に風圧力差のある2箇所以上

に通風に有効な開口部を設置し、自然の風が流れるような経路を検討する。
ウ 風が流れる壁面や屋根面に袖窓や出窓、天窓、頂側窓を設け通風を確保することを検討する。

2.1.7 その他の配慮事項

建物緑化を検討する。

【解説】

建物の屋上や壁面を緑化することで、日射の調整効果、景観上の効果、土壌を含めた断熱性能の向上による屋上からの熱負荷低減効果が期待できる。

2.2 空調設備

空調設備では、建物の高断熱化を踏まえて機器の小容量化を図った上で、消費電力の低減による一次エネルギー消費量の削減が ZEB 化に有効である。

- 必要能力の低減
- 機器の小容量化
- 空調機器の高効率化
- 空調制御の高度化
- その他の配慮事項

2.2.1 必要能力の低減

- (1) 空調能力を決定する根拠となる熱負荷の計算条件は、基準等に基づき設定する。
- (2) 熱負荷の計算は、建物に導入された外皮性能の向上に関する建築の省エネ対策の効果を正確に反映させる。
- (3) 熱負荷の計算に使用する補正係数は、できる限り最小限に設定し、建築の省エネ対策の効果と合わせて、空調能力の小容量化を検討する。

【解説】

- (1) 熱負荷を算定するための屋内及び屋外の温湿度等の各種条件は、「建築設備設計基準」（一般社団法人 公共建築協会）に基づき設定する。
また、照明器具の消費電力やガラスの遮蔽係数などの数値は、「建築設備設計基準」によるほか、カタログの数値を採用するなど実情に合わせて設定する。
- (2) 外壁や屋根、内壁、天井、ガラスの熱貫流率を正確に熱負荷の計算条件に反映させるほか、ガラス面の熱負荷を計算する際は、庇等による日射の遮蔽による効果も正確に反映させる。
- (3) 空調能力は、熱負荷計算時の補正係数をできる限り最小限に設定するほか、建築の省エネ対策の効果を正確に反映させることにより、潜在的な熱負荷の余裕の削減を図り小容量化を検討する。

2.2.2 機器の小容量化

- (1) 室外機と室内機の高低差及び冷媒配管の経路が極力小さくなるように、室外機の設置場所や室外機に接続する室内機の系統分けを検討する。
- (2) 室外機の容量選定のための熱負荷を極力小さくするために、各室外機に接続する室内機の最大熱負荷が発生する時間帯が重ならないように系統分けを検討する。

【解説】

- (1) 冷媒配管の長さや室内機と室外機の高低差による補正係数は、空調能力の決定に与える影響が大きい。そのため、できる限り冷媒配管の経路を短くするとともに、室内機と室外機の高低差が小さくなるよう室外機の設置場所や室外機に接続する室内機

の系統分けを検討する。

また、基本設計の時点から冷媒配管の経路を考慮したパイプシャフトの位置及び箇所数も検討する。

- (2) マルチタイプのパッケージエアコンは、高負荷で運転できるように室内機を選定することで、運転効率が高くなり消費するエネルギーが相対的に小さくなる。そのため、室外機の設置場所や室外機に接続する室内機の系統分けは、極力異なる方角にある室を同系統にすることで、最大熱負荷の同時発生を抑えるとともに、室外機の機器容量がその室外機に接続する室内機の機器容量の合計と比べて過剰とならないよう検討する。

2.2.3 空調機器の高効率化

- (1) 空調方式は、原則、個別分散方式とし、ハイグレード高効率パッケージエアコンを導入する。
- (2) ハイグレード高効率パッケージエアコンの導入を図った上で、それ以上の一次エネルギー消費量の削減が必要な場合には高 COP 型パッケージエアコン^{※10}やデシカント空調システム、地中熱ヒートポンプの導入を検討する。
- (3) 高効率化をはかるため、室内の状況に応じて風量や運転する台数を制御できる機種を導入を検討する。
- (4) 空調機器及び換気機器は、室内から排出される空気が持つ熱を再利用するため、原則、全熱交換器とする。

【解説】

- (1) 空調機は次による。

ア 学校においては、教室等の使用時間や用途が多様であることから、部屋ごとに運転や温度設定ができるように、原則、個別分散方式を採用する。

イ 学校の一部が災害時の避難施設となる場合は、ハイグレード高効率パッケージエアコンに限らず、機種を検討する。

- (2) 空調機の選定においては、対象施設の年間の熱負荷パターンを勘案し、最も効率が高くなる機器を選定し、エネルギー消費量の削減を図る。

ZEB 化に向けて更なるエネルギー消費量の削減が必要な場合は、定格運転時の効率が高い機器やパッケージエアコンに比べて運転効率の高い空調設備の導入を検討する。

※10 高 COP 型パッケージエアコンは、高負荷での運転時間が長い場合において、比較的高い省エネ効果が見込まれる。

- (3) 一般的に、空調機は定格出力での運転頻度が少なく、多くは部分負荷での運転となると言われているため、部分負荷率を高めることによる機器効率の向上を検討する。

- (4) 全熱交換器は次による。

ア 原則、熱交換効率が高く、消費電力が小さい DC モーターが組み込まれた機種を導入する。

イ 空調負荷を低減するため、外気や室内温度、湿度から判断し、熱交換換気と全熱交

換エレメントをバイパスする普通換気を自動で切り替えて運転する自動換気切替機能を有するものの導入を検討する。

ウ リモコン設定により回転数制御による風量調整が可能な機種は、試運転調整時にこの機能を活用することで、風量調整ダンパーによる風量を整方法に比べて、消費電力の低減による省エネを図ることができる。

2.2.4 空調制御の高度化

- (1) 制御方式は、回転数制御、予熱時外気取入れ停止制御、外気冷房制御、ナイトページの導入を検討する。
- (2) 全熱交換器は、二酸化炭素 (CO₂) 濃度等による換気量制御を検討する。

【解説】

(1) 空調制御は次による。

ア 回転数制御は、室内温度に応じてインバーターにより送風機の回転数を自動的に制御し、風量を変化させる制御をいう。

イ 予熱時外気取り入れ停止 (外気カット制御、ウォーミングアップ制御) とは、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削減を行う制御をいう

ウ 個別分散方式では、集中リモコンのスケジュール機能により、パッケージエアコンの運転から一定時間経過後に全熱交換器を運転するように設定することにより、予熱時外気取入れ停止制御とする。

エ 外気冷房制御とは、冷房運転時において、外気温度が室内の温度より低い場合に外気を導入して、空調負荷を削減する制御をいう。

オ 個別分散方式とユニット型の全熱交換器の組合せでは、全熱交換運転と普通換気運転を切り替えることにより、外気冷房制御とする。

カ 中間期の外気導入の他、夏期の夜間や早朝に建物内に蓄積された熱を排出するナイトページの導入を検討する。

キ 二酸化炭素 (CO₂) 濃度による換気量制御は、WEBPRO では評価できない技術であるが、特に人数変動の大きい居室においては、在室人数に応じて換気量を調整できるため、消費電力及び換気量の低減による空調負荷の削減を図ることができる。

2.2.5 その他の配慮事項

室温の均一化を図り、空調負荷の低減及び室内の快適性の向上を検討する。

【解説】

室内の空気をサーキュレーターにより循環させることで、局所的な温度差及び空調機や全熱交換器の吹出口の直下における気流の影響の軽減を図る。

2.3 照明設備

照明設備では、器具の消費電力の削減及び室用途に合わせた照明の明るさ制御による一次エネルギー消費量の削減が ZEB 化に有効である。

- 照明設備の仕様
- 器具の高効率化
- 制御の高度化

2.3.1 照明設備の仕様

- (1) 各室の照度は、基準等に基づき設定する。
- (2) 自然採光（昼光）の利用に関する建築の省エネ対策が有効活用されるよう、照明器具の仕様を検討する。
- (3) 照明の明るさ制御は、消灯又は減光制御の導入を検討する。
- (4) 事務室等の執務室では、タスク・アンビエント照明の導入を検討する。

【解説】

- (1) 学校における各室の照度は、「教室等の環境に係る学校環境衛生基準」や「JIS Z 9110 照明基準総則」により下限値や維持照度が定められているため、これらを踏まえて設定する。
- (2) 照明器具は、ライトシェルフやトップライト等の自然採光（昼光）の利用による効果を考慮した仕様や配置を検討する。
- (3) 照明の明るさ制御は、教室や廊下など各室の用途及び生徒や教職員など使用する対象者を踏まえて、検討する。
- (4) タスク・アンビエント照明を導入する場合は、アンビエント照明による室内の明るさの確保に要する工夫及びタスク照明の快適性を考慮する。

表 2 学校における照度の目安

場所	照度
教室及びそれに準ずる場所	「学校環境衛生基準」に規定する照度基準に適合すること ・ 下限値は 300lx ・ 教室及び黒板の照度は 500lx 以上であることが望ましい
その他の場所	・ 「JIS Z 9110」に規定する学校施設の人工照明の照度基準に適合すること

2.3.2 照明器具の高効率化

照明器具は LED とする。

【解説】

照明器具は、消費電力の削減を図る。

2.3.3 照明制御の高度化

- (1) 照明制御は、在室検知制御、明るさ検知制御及びタイムスケジュール制御の導入を検討する。
- (2) 照明器具は、初期照度補正機能を有するものの導入を検討する。

【解説】

(1) 照明制御は次による。

ア 在室感知制御は、人感センサー等の検知機器により人の在・不在を感知し、在室時には点灯、不在時には消灯もしくは調光により減光する自動制御システムをいう。

イ 明るさ検知制御は、明るさセンサー等の検知機器により、室内の明るさの変動を検知し、室内が設定した明るさとなるよう照明の出力を調整する自動制御システムをいう。

ウ タイムスケジュール制御は、照明制御盤等であらかじめ設定された時刻に点滅、あるいは減光する自動制御システムをいう。

(2) 初期照度補正機能は次による。

ア 初期照度補正機能とは、定格光束に保守率を乗じた光束で点灯を開始し、保守の期間ほぼ一定の光束を保つ機能をいう。

イ LED 照明は、初期と終末期の光束の差が小さいことや寿命が極めて長いことから初期照度補正による省エネルギー効果が小さくなるため、この機能を持たない製品がある。

2.4 換気設備

換気設備では、換気機器及び運転制御に伴う消費電力の低減による一次エネルギー消費量の削減が ZEB 化に有効である。

- (1) 換気機器の高効率化
- (2) 換気制御の高度化

2.4.1 換気機器の高効率化

- (1) 三相かご形誘導電動機が使用されている換気機器は、高効率電動機の導入を検討する。
- (2) 天井扇は、原則として、DC モーター換気扇を導入する。

【解説】

- (1) 高効率電動機は次による。
 - ア 換気機器は、消費電力の低減を図る。
 - イ 高効率電動機とは、「JIS C 4212」(高効率低圧三相かご形誘導電動機)もしくは「JIS C 4213」(低圧三相かご形誘導電動機—低圧トッランナーモーター)に準拠した電動機をいう。
- (2) 天井扇は、消費電力の低減を図る。

2.4.2 換気制御の高度化

- (1) 換気制御は、室内の状況に合わせて風量を調整するためのインバーターの導入を検討する。
- (2) 換気制御は、室内温度又は一酸化炭素 (CO) 濃度等による送風量制御の導入を検討する。

【解説】

- (1) インバーターは次による。
 - ア 電動機の回転数等の制御が可能な換気機器は、インバーターを導入することにより、運転時の消費電力の低減を図る。
 - イ インバーターは、風量を自動で制御するシステムだけでなく、風量を調整するために固定周波数で運転するシステムも含む。
- (2) 送風量制御は次による。
 - ア 電気室などは、室内温度により送風量の制御を行うことを検討する。
 - イ 駐車場などは、一酸化炭素 (CO) 濃度や二酸化炭素 (CO₂) 濃度により送風量の制御を行うことを検討する。

2.4.3 室内の熱を排出するための換気設備

- (1) 電気設備等から発生する熱の除去を目的として、換気設備に代わり空調設備（換気代替空調機）を設置する場合は、熱源効率の高いパッケージエアコンを検討する。
- (2) 換気代替空調機と連動する送排風機（室内の空気を循環させるものを含む。）は、高効率電動機を検討する。
- (3) 送排風機は、インバーター及び送風量制御の導入を検討する。

【解説】

- (1) 電気室等において、室内の熱を排出するために、換気設備に代わって設置される空調設備を換気代替空調機という。
- (2) 高効率化により、一次エネルギー消費量の削減を検討する。
- (3) 換気設備と同様に制御の高度化を図る。

2.5 給湯設備

給湯設備では、給湯機器の消費電力及び燃料消費量の削減、使用する湯量の小水量化及び配管の熱損失の低減による一次エネルギー消費量の削減が ZEB 化に有効である。

- 給湯機器の種別
- 機器の高効率化
- 節湯器具
- 配管の保温効果向上

2.5.1 給湯機器の種別

給湯機器は、学校における給湯需要や維持管理の観点を踏まえ、ガス給湯器、ヒートポンプ式給湯機、電気温水器などの種別を検討する。

【解説】

- (1) 学校における給湯機器の種別を検討するに当たっては、湯を供給する場所の用途、湯の使用状況及び施設運用時の管理維持を考慮して給湯方式を検討する。
- (2) ヒートポンプ式給湯機などの貯湯槽を有する給湯機器は、水質維持のための定期的な清掃のほか、学校の長期休業期間の前後に貯湯槽の水抜きや水張りが必要になり、維持管理の手間が増えるため、導入する場合は十分な検討が必要である。
- (3) 電気温水器は、手洗い等の短時間かつ少量の湯の使用に適しているが、機器の熱源効率が低いため、一次エネルギー消費量が大きくなる傾向がある。そのため、電気温水器を導入する場合は、必要最小限とすることが望ましい。

2.5.2 給湯機器の高効率化

給湯機器は、原則として、潜熱回収型ガス給湯器やヒートポンプ式給湯機といった高効率給湯器を導入する。

【解説】

給湯機器は、排気の熱を再利用してあらかじめ水を温めてから湯にすることにより熱効率を高めた潜熱回収型ガス給湯器や電力と空気中の熱を利用して効率よく湯をつくるヒートポンプ式給湯機を導入し、熱源効率を高めることを図る。

2.5.3 節湯器具

器具の用途に合わせて、節湯器具の導入を検討する。

【解説】

水栓などの器具は、使用する湯量が少ない節湯器具の導入を検討し、一次エネルギー消費量の低減を図る。節湯器具は表 3 による。

種類	仕様
自動給湯栓	洗面に設置され、使用と共に自動で止水する給湯栓で、電氣的に開閉し、手を遠ざけると自動で止水するもの。
節湯 B1	建築物省エネ法に基づく「建物エネルギー消費性能基準」における節湯・節水に資する水栓のうち、サーモスタット湯水混合水栓、ミキシング湯水混合水栓又はシングルレバー湯水混合水栓であり、かつ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」を満たすもの。

表 3 節湯器具の種類

2.5.4 配管の保温効果向上

配管の保温効果の向上は、省エネルギー化を図った上で、それ以上の一次エネルギー消費量の削減が必要な場合に、保温材を厚くすることを検討する。

【解説】

- (1) 保温材の厚さは、原則、「東京都機械設備工事標準仕様書」に記載されている数値とするが、ZEB 化を目指すに当たり、給湯設備の省エネルギー化による一次エネルギー消費量の削減だけでは足りない場合に、表 4 の数値を目安に検討する。
- (2) 保温材を厚くする場合は、必要に応じて、パイプシャフトなどの配管スペースの収まりを考慮する。

管径	保温材の厚さ
呼び径 32 未満	30mm 以上
呼び径 32 以上	40mm 以上

表 4 保温材の厚さの目安

2.6 昇降機設備

昇降機設備は、省エネルギー化及び余剰エネルギーの利用による一次エネルギー消費量の削減が ZEB 化に有効である。

- 機器の高効率化
- 速度制御の高度化
- 回生電力の利用

2.6.1 機器の高効率化

巻上機は、ギアレス巻上機とする。

【解説】

- (1) 減速機を使用しない高効率なギアレス巻上機を導入し、消費電力の削減を図る。
- (2) 巻上機は、東京都機械設備工事標準仕様書に「ギアレス巻上機」とすることが記載されている。

2.6.2 速度制御の高度化

速度制御の方式は、可変電圧可変周波数制御方式（インバーター制御）とする。

【解説】

- (1) インバーターにより、効率よく電動機の回転数を制御できる可変電圧可変周波数制御方式を導入し、消費電力の削減を図る。
- (2) 速度制御方式は、東京都機械設備工事標準仕様書に「可変電圧可変周波数制御方式」とすることが記載されている。

2.6.3 回生電力の利用

回生電力による余剰エネルギーの利用は、省エネルギー化を図った上で、それ以上の一次エネルギー消費量の削減が必要な場合に、昇降機設備の使用状況や建物内の電気設備の規模を踏まえ、導入を検討する。

【解説】

- (1) 回生電力の利用は次による。
 - ア ZEB 化を目指すに当たり、省エネルギー化による一次エネルギー消費量の削減だけでは足りない場合に、導入を検討する。
 - イ 回生電力は、蓄電して停電時の運転に利用する場合や建物内の電気設備に利用する場合がある。

第3章 創エネ検討

3.1 創エネ設備

太陽光発電設備は、費用対効果を踏まえ、最大限設置できるよう検討する。

- 設置場所
- 設置面積の最大化
- その他の配慮事項

3.1.1 設置場所

設置場所は、原則屋上を検討する。

【解説】

(1) 太陽光パネルの設置場所は次による。

ア 太陽光発電設備の設置場所は、建物の周囲の状況を踏まえ、できる限り安定して日射が得られるよう屋上への設置を検討する。

イ 屋上に太陽光発電設備のための架台を設置する場合は、建物の高さや構造への影響を考慮する。

ウ 必要に応じて、太陽光パネルの反射光の抑制についての対策を検討する。

3.1.2 設置面積の最大化

太陽光発電設備の設置面積は、原則最大限となるよう検討する。

【解説】

太陽光発電設備の設置面積は、屋上緑化及びメンテナンススペース、他の設備機器の設置スペース等との優先順位を勘案し、設置可能な範囲内で、最大限太陽光パネルが配置できるよう検討する。

3.1.3 その他の配慮事項

- (1) 太陽光発電設備は、災害時の運用を考慮する。
- (2) 施設の規模や給湯需要などを踏まえ、コージェネレーション設備の効果が見込まれる場合は、導入を検討する。

【解説】

(1) 学校が避難施設となる場合は、太陽光発電設備の性能について検討する。

(2) コージェネレーション設備は、排熱回収による給湯利用なども含めて、費用対効果を勘案し、必要に応じて検討する。

参考

1.1 運用時の省エネ検討

設計時に想定した性能を発揮し、運用時においてもエネルギー消費量の削減を図るためには、省エネ効果が高い技術の導入ときめ細やかな省エネチューニングが必要である。

1.1.1 一次エネルギー消費量の削減

- (1) WEBPRO では評価されない省エネ技術であっても、施設の特性を踏まえて一次エネルギー消費量の削減効果が見込まれる技術の導入を検討する。
- (2) 機器類の運転データの管理・分析や設定を行うため、エネルギーの管理を検討する。
- (3) 施工後の試運転調整を適切に実施する。

【解説】

- (1) 温度、湿度の変化に合わせて空調機の運転、停止を行う間欠運転制御などの運用段階において省エネ効果が高い技術の導入を検討する。
- (2) 設計時に想定した能力を発揮し、十分な省エネ効果を得るためには、運用時の運転データの分析及び機器類の設定をきめ細かく調整する省エネチューニングが重要であることから、BEMS や集中管理コントローラーによるエネルギー管理の導入を検討する。
- (3) 設備機器の選定には、経年劣化を見込んだ補正等が含まれおり、しゅん功直後は機器能力が過剰になる場合がある。

そのため、インバーター等により流量や風量等の調整を行うことで、一次エネルギーの削減を図る。

一次エネルギー消費量は、建物の使用条件に大きく依存するため、WEBPRO により算出される一次エネルギー消費量と建物の運用開始後の実際の一次エネルギー消費量は、使用条件により差異が生じる場合があるので注意が必要である。

1.1.2 省エネチューニング

設備機器の実際の運用状況に合わせて、省エネチューニングを実施する。

【解説】

施工後に実施する機器及びシステムの試運転調整は、設計条件である最大負荷に合わせて実施することが多い。

しかし、実際の運用において最大負荷での運転頻度が少ない場合には、運用後の建物の実際の負荷特性や建築設備の運用状況等に合わせて、運転の最適化を図る必要がある。

特に、中央熱源空調方式では、熱源機器、冷却塔、ポンプ、送風機など運転の最適化を図るべき機器類が多いことから、十分な省エネ効果を得るためには、きめ細やかな省エネチューニングが重要である。

1.2 大規模改修における省エネ検討

大規模改修^{※11}など、整備範囲に制約のある場合においても、施設ごとの状況を踏まえ最大限の省エネ化を検討する。

※11 建物の構造体及び屋上防水、外壁、外部建具以外の部分を下地まで撤去した後、下地を含め、建物内部の改修を行う工事（スケルトン改修）

1.2.1 基本的な考え方

大規模改修における省エネ化は、図9を踏まえ検討する。

- (1) 技術項目例の導入に当たっては、改修工事における制約条件や個々の施設の特性、立地状況を踏まえて検討する。
- (2) 新築・改築時と同様に、建築における熱負荷低減を十分検討する。
- (3) 熱負荷の低減による機器の小容量化を図った上で、できる限り機器の高効率化や制御の高度化を検討する。

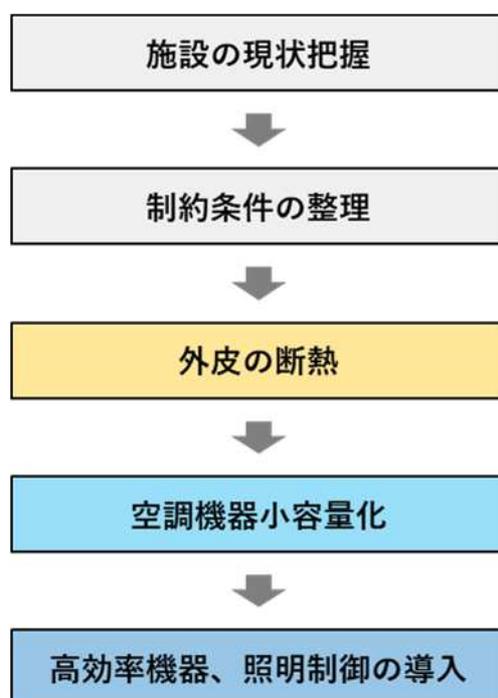


図9 検討フロー（大規模改修）

【解説】

(1) 前提条件の整理

ア 対象施設の完成図書や改修履歴等の有無を確認し、現状の断熱仕様及び空調方式や機器能力を把握する。

イ 空調の設定温度や能力の過不足など、室内の環境や使用状況について把握する。

ウ 必要に応じて空調設備の熱負荷調査を実施する。なお、調査は、最大の熱負荷を把握するため、外気温度や部屋の使用状況を考慮して計測を行う。

エ 施設に執務者がいる状態で行う工事や空調を使用しない中間期に行う工事など実施に関する条件や、屋上の設備機器等の設置状況などの施工上の制約を踏まえて、導入

可能な省エネ技術を検討する。

(2) 外皮の高断熱化

ア 断熱性能の向上に当たっては、通常、大規模改修の対象としていない屋根や外壁、窓の改修も必要に応じて検討する。

イ 特に熱負荷の大きいガラスについては、高断熱化を検討する。

ウ 施設の状況を踏まえた上で、必要に応じて日射の遮蔽による熱負荷低減を検討する。

(3) 設備の省エネ化

ア 外皮の高断熱化などによる熱負荷低減に基づき空調機器の小容量化を図る。

イ 更なるエネルギー消費の削減に向けて、機器の高効率化や照明制御の導入をできる限り検討する。

(4) 施設の保全に関する修繕や改修計画に併せて省エネ化を図ることがエネルギー消費の削減に繋がる。

1.2.2 エネルギー消費量の削減方法の検討事例

既存の普通高校をモデルとして、更なるエネルギー削減に向けた改修内容を検討した。

表5 モデル施設の概要

用途	普通高等学校	
構造	RC造	
階数	地上4階	
延床面積	約9,000 m ²	
建物仕様	外壁(断熱)	屋根：75mm 外壁：50mm
	ガラス	二層複層ガラス(中空層6mm)、単板ガラス
空調設備	ビル用マルチ空冷ガスヒートポンプパッケージエアコン(GHP)	
換気設備	全熱交換器、第三種機械換気	
照明設備	LED	
給湯設備	ガス湯沸器、電気温水器	
昇降機設備	13人乗り 交流インバーター制御方式	

表6 改修内容の一例

改修項目	改修内容	BEI 削減効果※
窓の高断熱化	・高断熱化による熱負荷の低減のため、二層複層ガラス、単板ガラスを二層複層ガラス（Low-E）に変更 （ガラスの熱貫流率：1.7w/m ² K程度）	★
空調機器小容量化	・窓の高断熱化に伴う熱負荷の低減による空調機器の小容量化	★★
	・電気式ヒートポンプエアコン（EHP）に変更 ビル用マルチエアコンから業務用エアコン（店舗・オフィス用）に変更し、冷媒配管長補正の低減により機器能力を小容量化	★★★
照明制御の導入	・消費エネルギー低減のため、在室検知、明るさ検知、タイムスケジュール制御、初期照度補正機能を追加	★

※ ★：0.01程度 ★★：0.05程度 ★★★：0.1程度

○外皮の改修規模検討チェックリスト

・既存仕様についてチェック欄にチェックがあった項目について、検討のポイントを参考に工事内容を検討する。

検討項目	既存仕様	チェック	検討のポイント
段階1 断熱改修			
屋根 ↓ 外壁	熱貫流率：0.3W/m ² K 超 （目安となる断熱材の厚み：75mm程度 未満） →	<input type="checkbox"/>	・屋上防水改修に併せた外断熱 ・内装改修に併せた内断熱 ・耐用年数、劣化状況、施工性、コスト
	熱貫流率：0.39W/m ² K 超 （目安となる断熱材の厚み：50mm程度 未満） →	<input type="checkbox"/>	・外壁改修に併せた外断熱 ・内装改修に併せた内断熱 ・耐用年数、劣化状況、施工性、コスト
段階2 開口部改修（サッシ）			
サッシ ↓	材質：鋼製 →	<input type="checkbox"/>	・外壁改修に併せた交換 ・耐用年数、劣化状況、施工性、コスト ・代替進入口、非常用進入口の有無
段階3 開口部改修（ガラス）			
ガラス	仕様：単板もしくは二層複層 →	<input checked="" type="checkbox"/>	・耐用年数、劣化状況、施工性、コスト ・延焼の恐れのある部分の有無

図10 外壁改修検討の一例

【解説】

(1) 削減効果

ア あくまでモデル施設における検討の結果であり、建物の用途や規模、改修前後の仕様などにより削減効果は異なる場合があることに留意する。

イ 空調方式や機器能力の見直しに伴い必要となる受変電設備の改修など、省エネ改修に付帯する工事を実施した場合の削減効果であることに留意する。

ウ モデル施設は、屋根と外壁の断熱性能が高い水準にあるため、窓の高断熱化について検討した。

エ 空調機器の能力選定において冷媒配管長の影響を小さくするため、室外機と室内機間の冷媒配管経路が短くなる業務用エアコン（店舗・オフィス用）を採用した。

(2) 窓の高断熱化による削減効果は、これに伴う空調機器の小容量化を併せて検討することで相乗効果により比較的大きくなる。

(3) 外皮の改修について、実施規模の確定を目的とした検討の一例を図 10 に示す。

1.2.3 建築や設備を個別に改修する場合の省エネ検討

- (1) 外皮の高断熱化や空調更新に伴う高効率化などは、大規模改修に限らず個別に実施する場合においても効果が見込まれる。
- (2) 空調機器は、最大の熱負荷を踏まえて機種を選定すると、実際の運用に適した機器容量と比較して余裕が生じる場合があることから、使用状況に基づく機器能力の再検討など、小容量化を図る。

1.3 参考文献等

本書の作成に当たり、出典や参考としたものは以下のとおり。

- ZEB PORTAL [ゼブ・ポータル] (環境省)
- 「ZEB ロードマップ検討委員会とりまとめ」
(経済産業省資源エネルギー庁 平成 27 年 12 月)
- 「ZEB ロードマップフォローアップ検討委員会とりまとめ」
(経済産業省資源エネルギー庁 令和 2 年 4 月)
- 学校ゼロエネルギー化推進方策検討委員会報告書 (文部科学省 平成 24 年 5 月)
- ZEB 設計ガイドライン (学校編) (一般社団法人 環境共創イニシアチブ)
- エネルギー消費性能計算プログラム(非住宅版) 解説
(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)