

テーマ： **教育施設における ZEB 化へ向けた取組**

所 属：財務局 建築保全部 施設整備第二課

1. はじめに

近年、我が国において、温室効果ガス排出量の削減は喫緊の課題である。この課題に対して、都では、一定期間ごとに計画及び目標値を設定し、更新しながら様々な取組を実施している（表 1-1）。なかでも、都内 CO₂ 排出量の 7 割を占める建物の対策は急務であり、これに向けた効果的な取組の一環として、ZEB 化があげられる。とりわけ、教育施設においては、教室の床面積に対する必要な窓面積が大きく、かつ、天井高さが高い特徴があるため、ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）化の達成には不利な点もあり、容易ではない。一方、教育施設の用途として主要居室に求められる設計仕様の大半は多くの学校で類似しているため、有効な工夫があれば横展開を図りやすい（図 1-2）。

当課では教育施設の建替えを継続的に実施しており、多くの事例を蓄積して応用することが出来る。そこで、本稿では、直近事例における教育施設の設計仕様と省エネルギー性能を比較し、傾向を把握するとともに、省エネルギー性能向上に有用な取組の把握を目的とする。

2. 比較手法

都有建築物の改築等において、熱負荷の低減、省エネ・再エネ設備の導入により、省エネルギーの推進を図ることを目的とし、省エネ・再エネ東京仕様を定めている（図 1-3）。この仕様に基づき設計を行うことで、建物外皮の性能向上や一次エネルギー消費量の削減、再生可能エネルギーの活用により ZEB 化を目指すことが可能である。

本稿では、省エネ・再エネ東京仕様に定めのある技術項目例を基に具体的な仕様や計算結果を比較し考察を行うこととする。

表 1-1：都の環境負荷低減への取組変遷

計画期間	計画	目標値	
2000～2004年度	地球を守る 都庁プラン	温室効果ガス排出量	▲2%
2005～2009年度	地球温暖化対策 都庁プラン		▲10%
2010～2014年度	温室効果ガス削減 都庁行動計画		▲13%
2015～2019年度	スマートエネルギー 都庁行動計画	温室効果ガス排出量	▲6%
		エネルギー消費量	▲6%
2020～2024年度	ゼロエミッション 都庁行動計画	再生可能エネルギー (太陽光発電) 導入量	4,200kW
		温室効果ガス排出量	▲40%
		エネルギー消費量	▲30%
		再エネ電力利用割合	50%程度
		太陽光発電設置量 (累計設置量)	12,000kW

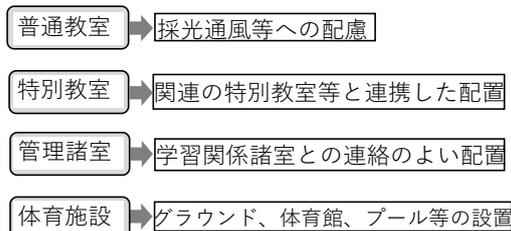


図 1-2: 教育施設の主要用途と求められる仕様

省エネ・再エネ東京仕様 比較項目

建築	
・ 複層ガラス (Low-E)	■ 構成
・ 日射遮蔽	■ 形式、出寸法
電気	
・ 太陽光発電設備	■ 発電容量
・ 人感センサー制御	■ 照明制御方法、採用系統
機械	
ハイグレード高効率PAC	■ 熱源機器駆動方式 EHP採用系統

図 1-3: 省エネ・再エネ東京仕様と比較項目

3. 事例分析

整理したデータを基に分析を行った。なお、図中の BEI はいずれも太陽光発電設備等による創エネルギー分は除いたものである。

3-1. 全体像

まず、基本設計の着手年度別に BEI 比較を行った(図 3-1-1)。後年度に至るほど BEI の減少傾向が確認できたが、これは、都全体の取組強化によるものだと考えられる。なかでも、着手年度は古いものの BEI が低い 2014 年度着手案件の特徴を確認した。この事例は病弱の生徒等を受け入れる特別支援学校であり、共用部も空調していることが確認できた。また、普通高校と特別支援学校の BEI 比較を行うと、普通高校はいずれも BEI=0.6 以上で、特別支援では BEI=0.6、0.5 以下の案件が多く、特別支援学校の方が BEI は低い傾向であることが確認できた。特別支援学校は肢体不自由、知的障害、病弱など、学校によって受入は様々なため、共用部空調の有無と BEI の関係を別途確認する。

次に、BPI と BEI の比較を行った(図 3-1-2)。今回の検討では、BPI と BEI の強い相関関係は見られなかった。これは、BPI がペリメータ部分のみに依る一方、BEI は外皮以外の要素からも影響するためだと考えられる。

さらに、普通高校、特別支援学校の年間エネルギー消費量構成の比較を行った(図 3-1-3)。図より、基準一次エネルギーでは、どちらにおいても空調及び照明のエネルギー消費が大半を占めていることがわかる。これに対して設計一次エネルギーでは照明の割合が大幅に減少している。これは、基準が蛍光灯使用想定であることに対し、設計では LED であることに起因すると考えられる。また、特別支援学校の設計一次エネルギーでは、給湯が照明を上回っている。これは、特別支援学校では柔軟な運用ができるよう広範囲に給湯設備を求められる場合が多いためだと考えられる。これまでも給湯設備の必要数の精査は行っているが、更なる BEI 低減には運用側を含めた検討が重要だと考える。

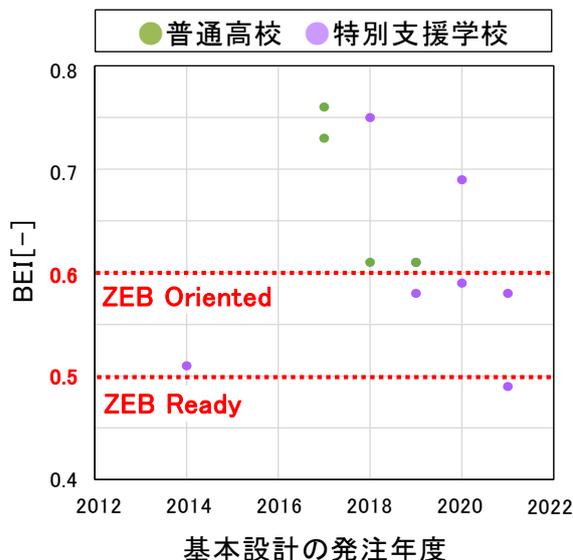


図 3-1-1: 基本設計の発注年度別 BEI 比較

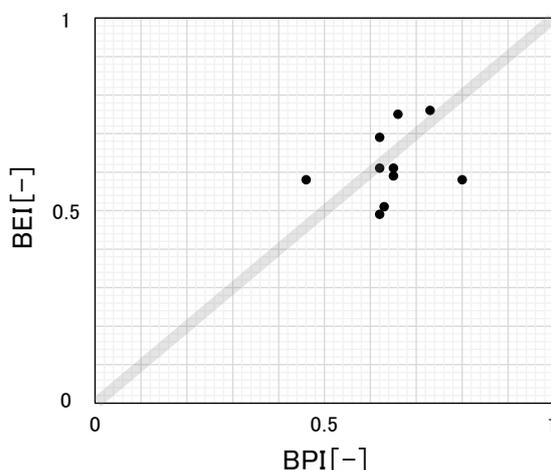


図 3-1-2: BPI-BEI 図

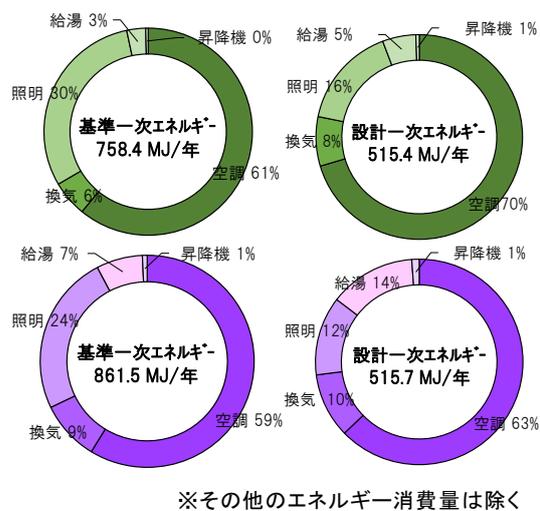


図 3-1-3: 年間エネルギー消費量構成 (上図: 普通高校、下図: 特別支援学校)

3-2. 建築

まず、日射遮蔽に関する確認を行った。垂直面の日射遮蔽があるため、アウトフレームは庇に比べ日射遮蔽の効果は期待できる（図 3-2-1）。日射遮蔽は多くの教育施設で設置されており、出寸法は 2.0m 以下のものが多く採用されている（表 3-2-2）。ただし、省エネルギー計算に、日射遮蔽を反映している案件は少ない。次章では日射遮蔽による効果を確認する。

次に、窓仕様に関する確認を行った。窓面積や窓仕様により熱負荷は異なり、省エネ・再エネ東京仕様では複層ガラス(Low-e)の仕様を原則としている。熱貫流率は空気層の厚さで異なるが、空気層の厚みは任意で採用している（表 3-2-3）。次章では窓仕様による効果を確認する。

3-3. 電気

まず、太陽光発電容量に関する確認を行った。太陽光発電設備は通常屋上に設置されるが、教育施設ではプールを屋上に設置する場合も多く、他用途よりも設置場所の制約が大きい。しかし、太陽光発電容量は、段階的に要求規模を大きくしてきた経緯があり、直近の学校では太陽光発電容量 200kW を超える事例も存在した（図 3-3-1）。

次に、照明制御に関する確認を行った。教育施設では採用可能な諸室に対して積極的に照明制御を導入している（表 3-3-2）。次章では照明制御による効果を確認する。

3-4. 空調

まず、熱源構成と空調仕様に関する確認を行った。熱源機器は EHP と GHP の構成が多く、事業継続の観点から GHP は避難が想定される体育館等で採用している事例が多い（表 3-4-1）。なお、EHP ではハイグレード高効率 PAC や高 COP 型 PAC を採用している事例もある。

次に共用部空調では、特別支援学校の一部は特別な支援を要する児童・生徒のため、共用部を空調する場合があります、BEI/AC が低くなる傾向を確認できた（図 3-4-2）。

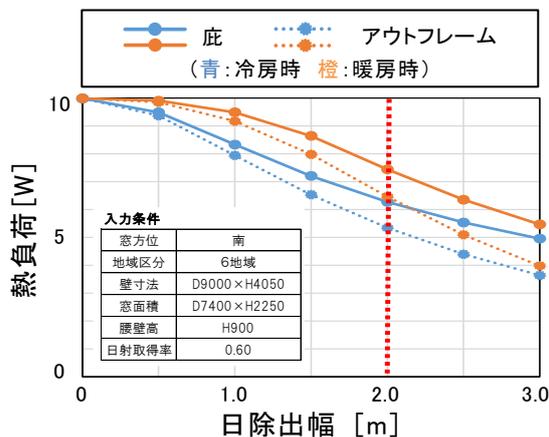


図 3-2-1: 日射遮蔽による熱負荷の推移

表 3-2-2: 日除けの採用数

日除け最大出幅	~0.5m	~1.0m	~1.5m	~2.0m	2.0m~
日除けなし	1				
庇		1			
アウトフレーム	1				
アウトフレーム+庇		3	3	3	
計算反映数	1				

表 3-2-3: 窓仕様の採用数

	採用数
複層ガラス(Low-e1枚・空気層6mm)	8
複層ガラス(Low-e1枚・空気層12mm)	4

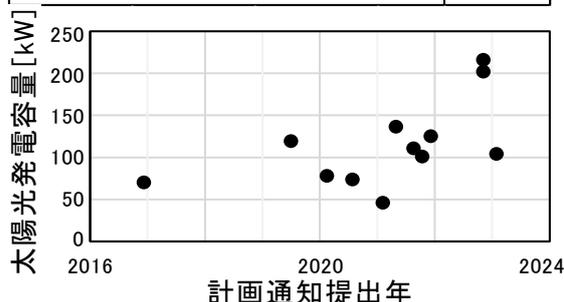


図 3-3-1: 太陽光発電容量の推移

表 3-3-2: 照明制御等の採用諸室

制御方法等	主な採用諸室
明るさ検知制御	職員室
在室検知制御	トイレ、更衣室
タイムスケジュール制御	外灯
初期照度補正機能	(LED化による)

表 3-4-1: 熱源構成と空調仕様

空調熱源構成	採用数	主な採用諸室
EHP	1	(体育館なし)
EHP+GHP	2	体育館
EHP+GHP+電源自立型GHP	9	経営企画室
EHP	①ハイグレード高効率PAC	5/12 教室、管理諸室
	②高COP型PAC	3/12 管理諸室

※経営企画室とは、来客対応等を行う職員用諸室

次章では共用部空調の有無による BEI の影響を確認する。

4. 効果検証

効果検証モデルを作成し、各モデルの省エネルギー性能を確認した（表 4-1）。

まず、建築仕様による比較を行った（図 4-2）。建築要素としては、いずれも効果は微小であった。これは、省エネ・再エネ東京仕様が高い水準であるためだと考えられる。窓仕様の比較では、空気層を厚くすることで、冷房負荷の増加分が、暖房負荷の減少分を上回る場合もあることがわかった。そのため、諸室ごとに適切な窓仕様とすることが望ましい。なお、現実性に欠ける窓面積を半減するモデルと現実的であるアウトフレームの効果は同程度であった。いずれの場合も冷房ピーク負荷が低減されるため、機器小容量化は期待できる。

次に電気、機械の比較を行った（図 4-3）。電気では適切な制御導入により BEI の低減を確認できた。室内機の近傍に室外機を分散配置し、冷媒管の長さを短くすると空調機の能力を抑制できる。共用部を空調室として評価している特別支援学校は BEI/AC がより良い傾向があるが、これは、省エネ・再エネ東京仕様のハイグレード高効率 PAC、高 COP 型 PAC の効率が良いため、これを活用できる空調室の割合が増えるほど基準値に対する計画値が優位になることが想定される。室外機の分散配置、共用部空調共に BEI の低減を確認できた。

5. おわりに

本検討より以下の知見が得られた。

- ・ 窓仕様は諸室に応じた選定が望ましい。
- ・ 電気制御導入による BEI 低減が確認できた。
- ・ 冷媒管長短縮による BEI 低減が確認できた。
- ・ 特別支援学校では給湯数精査は運用側含め今後の課題となる。
- ・ 単体の取組で ZEB 化を実現することは困難であり、複合的な取組が重要である。

本資料を作成するにあたり、ご協力いただいた関係各位に心から感謝の意を表する。

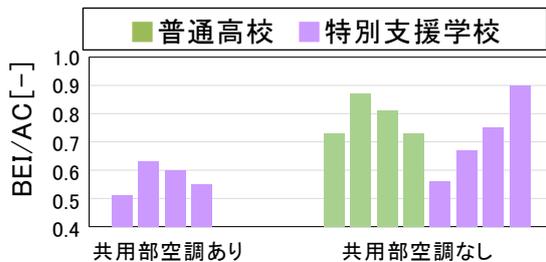


図 3-4-2: 共用部空調による BEI/AC 比較

表 4-1: 入力と条件と効果検証モデル

用途	普通高校	断熱性能	屋根: 0.30W/mK 外壁: 0.39W/mK
地域区分	23区内	照明機器	LED
階数	地上4階	空調方式	EHP(高COP型PAC)+GHP +電源自立型GHP
建築面積	約5,500㎡		
延床面積	約14,000㎡		

	標準モデル	検証モデル
建築	窓仕様	① 複層ガラス (2LgA12他)
	窓面積	② 複層ガラス (2LgA06, 12他)
	庇	③ 標準の1/2
電気	在室検知	④ アウトフレーム (垂直水平1.5m)
	明るさ検知	⑤ 標準モデル + 倉庫、共用部全居室 (一部除く)
機械	室外機配置	⑥ 屋上内分散
	共用部空調	⑦ 談話スペース

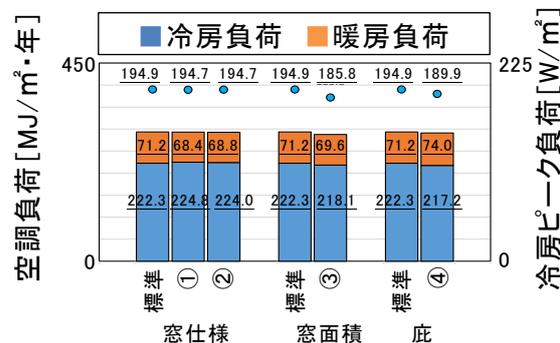


図 4-2: 建築仕様による比較

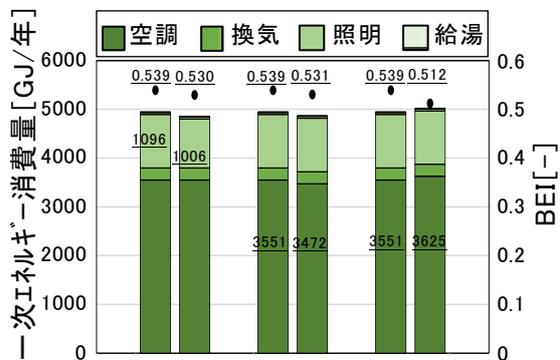


図 4-3: 設備仕様による比較