

2. 学校校舎モデル

(1) 施設概要

所在地:北九州市

用途:小学校

構造階数:RC 造 地上 4 階建

建築面積:2,228.95 m²

延床面積:6,078.79 m²

完成年:1982 年

地域区分:6 地域

日射区分:A4 区分



写真 2.2-1 外観イメージ

(2) ベースケースの諸条件整理

本ベースケースは、北九州市における既存小中学校校舎の一般的な現況を代表する仕様として設定し、外断熱・屋根断熱・窓改修・空調更新等を行う ZEB 化仕様との比較基準を明確にすることを目的とする。

対象は普通教室・特別教室・管理諸室とし、給食室についてもベースケースに含める。なお、学校校舎は、夏休み等の長期休暇により年間の空調使用時間が短いことや、廊下・トイレなどの非空調エリアの割合が大きいといった特有の運用実態を持つ。一方で、普通教室の内部は多人数による「人体発熱」や「換気負荷」が支配的であり、空調稼働時のピーク負荷が極めて高くなる特性がある。

本検証では、こうした学校特有の条件を考慮しつつ、改修効果を過度に見込まないよう、実態乖離の少ない保守的な条件を前提として設定している。

項目	現状のベースケース仕様
外皮	<ul style="list-style-type: none"> ・屋根 断熱材なし ・外壁 断熱材なし ・開口部 単板ガラス+金属製建具
空調	<ul style="list-style-type: none"> ・普通教室 GHP 空調(ビル用マルチ)(H29年 2015年程度) ・特別教室(図書室、音楽室、理科室、図工室) EHP 空調(ペアカツイン)(図書室は R4年 2022年程度、他3室は R7年 2025年標準機種) ・管理諸室 EHP 空調(ペアカツイン)(R2~4年 2020~2022年程度) ・職員休憩室 EHP 空調(ルームエアコン)(R7年 2025年標準機種) ・換気は壁付換気扇もしくは天井扇
換気	<ul style="list-style-type: none"> ・便所・倉庫 壁付換気扇もしくは天井扇 ・給食室 壁付換気扇 2,000 m³/h×6台+天吊厨房用室内機 2台
照明	<ul style="list-style-type: none"> ・普通教室・特別教室・管理諸室 LED 照明、各種制御なし ・給食室まわり 非 LED 照明 ・便所 人感センサー
給湯	<ul style="list-style-type: none"> ・給食室(厨房) 従来型ガス給湯器 50号×2台、非自動水栓 ・理科準備室 従来型ガス給湯器 5号、非自動水栓 ・保健室 従来型ガス給湯器 16号、非節湯シャワー水栓 ・職員休憩室シャワー 従来型ガス給湯器 16号、非節湯シャワー水栓 ・職員室・事務室・家庭科準備室の元止めガス給湯器は計算対象外
昇降機	・なし

表 2.2-1 学校のベースケース仕様

1) 外皮(外壁・屋根・開口部)の考え方

- ・ 外皮は断熱なしを基準とする。
- ・ 開口部は単板ガラス+金属製建具とし、内窓やガラス交換は改修側で検討する項目とする。
- ・ 教室一廊下間の内壁断熱はない。

2) 空調設備の考え方

- ・ 普通教室は GHP、特別教室・管理諸室は EHP とする。機器方式や効率は設置年代相当を割り当てる。
- ・ 空調容量は現行仕様を踏襲し、容量最適化(ダウンサイジング)は改修側の検討事項とする。
- ・ 廊下は非空調とし、空調化によるエネルギー増を避ける。教室の熱負荷評価では、廊下との温度差や内部貫流熱の影響を考慮する。

3) 換気設備の考え方

- ベースケースでは全熱交換器は設置しない。これは市内既存校の実態を反映するとともに、外皮改修と換気方式の寄与を分離して評価する方針による。

4) 照明・制御の考え方

- LED化はベースで反映: 既存校でもLED化が広く進行しており、改修効果の主戦場が外皮・空調に移っている実態を踏まえる。
- 人感センサー等の制御は、現場普及状況をふまえ最低限にとどめる。

5) 給湯・衛生設備の考え方

- 給湯設備については、主に給食室、保健室、職員休憩室での従来型ガス給湯器の使用を想定する。

(3) ベースケースと比較ケースの詳細

本比較は、①ベースケースから、②屋根断熱、③内窓、④～⑤壁断熱(厚みの感度)、⑥全体外断熱・全体内窓へと、外皮を段階的に強化する構成としている。屋根→開口→壁の順で効果を確認し、部分適用から全体適用へ移行する考え方である。

	断熱パターン			給湯パターン	冷房熱負荷 【削減率】	空調冷房能力	BEI			BPI	
	屋根	窓	外壁				空調	照明	給湯		
①	断熱なし	断熱なし	断熱なし	従来型 ガス給湯	GHP:307.3kW EHP:152.4kW 【基準】	GHP:354.0kW EHP:175.5kW	0.56	0.80	0.37	0.95	0.98
②	屋根外断熱 50mm	断熱なし	断熱なし	従来型 ガス給湯	GHP:241.3kW EHP:128.8kW 【▲21%】 【▲15%】	GHP:324.0kW EHP:172.9kW	0.51	0.70	0.37	0.95	0.81
③	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (空調室南面のみ)	断熱なし	従来型 ガス給湯	GHP:220.7kW EHP:132.1kW 【▲28%】 【▲13%】	GHP:268.0kW EHP:160.4kW	0.48	0.63	0.37	0.95	0.78
④	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (空調室の南面のみ、 妻側教室は東西北面)	壁内断熱 40mm (空調室の南面のみ、 妻側教室は東西北面)	従来型 ガス給湯	GHP:212.1kW EHP:123.4kW 【▲31%】 【▲19%】	GHP:268.0kW EHP:155.9kW	0.46	0.58	0.37	0.95	0.77
⑤	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (空調室の南面のみ、 妻側教室は東西北面)	壁内断熱 80mm (空調室の南面のみ、 妻側教室は東西北面)	従来型 ガス給湯	GHP:211.6kW EHP:123.1kW 【▲31%】 【▲19%】	GHP:268.0kW EHP:155.9kW	0.46	0.58	0.37	0.95	0.77
⑥	屋根外断熱 100mm	内窓設置 (建物全体)	壁外断熱 100mm (建物全体)	従来型 ガス給湯	GHP:208.2kW EHP:121.1kW 【▲32%】 【▲21%】	GHP:268.0kW EHP:155.9kW	0.45	0.57	0.37	0.95	0.59
⑦	屋根外断熱 100mm	内窓設置 (建物全体)	壁外断熱 100mm (建物全体)	潜熱回収型 ガス給湯 節水型シャワー	GHP:208.2kW EHP:121.1kW 【▲32%】 【▲21%】	GHP:268.0kW EHP:155.9kW	0.45	0.57	0.37	0.81	0.59

表 2.2-2 学校校舎の比較ケース

さらに、後の LCC(ライフサイクルコスト)試算において空調方式の変更による効果を検証するため、ケース④および⑥に対して、空調設備を EHP からルームエアコンへ変更した「ケース④'(ダッシュ)」および「ケース⑥'(ダッシュ)」を追加設定している。

ケース①:ベースケース(断熱なし)

部位	仕様
屋根断熱仕様	なし
外壁断熱仕様	なし
開口部仕様	現状(単板ガラス+金属製建具)
給湯設備仕様	現状(従来型ガス給湯器)

表 2.2-3 ケース①の部位別の仕様

外皮・空調・換気・照明・給湯のすべてを、既存の標準的な状態のままとした基準ケースである。

ケース②:屋根外断熱 50mm

部位	仕様
屋根断熱仕様	外断熱(XPS等) 50mm
外壁断熱仕様	なし
開口部仕様	現状(単板ガラス+金属製建具)
給湯設備仕様	現状(従来型ガス給湯器)

表 2.2-4 ケース②の部位別の仕様

ケース①の仕様に対し、屋根に外断熱を追加したケースである。

ケース③:屋根外断熱 50mm + 内窓設置(空調室南面のみ)

部位	仕様
屋根断熱仕様	外断熱(XPS等) 50mm
外壁断熱仕様	なし
開口部仕様	空調室の南面のみ内窓設置(樹脂製建具、Low-E 複層ガラス)
給湯設備仕様	現状(従来型ガス給湯器)

表 2.2-5 ケース③の部位別の仕様

ケース②の仕様に対し、断熱化を考慮して一部の開口部に内窓を追加したケースである。

ケース④:屋根外断熱 50mm + 内窓設置(一部) + 壁内断熱 40mm(一部)

部位	仕様
屋根断熱仕様	外断熱(XPS等) 50mm
外壁断熱仕様	内断熱(フェノール断熱ボード等) 40mm(※空調室の南面、および妻側教室の東西北面のみ)
開口部仕様	内窓設置(※空調室の南面、および妻側教室の東西北面のみ)
給湯設備仕様	現状(従来型ガス給湯器)

表 2.2-6 ケース④の部位別の仕様

ケース③の仕様に対し、内窓の設置範囲を広げ、同範囲に壁内断熱を追加したケースである。

ケース⑤:屋根外断熱 50mm + 内窓設置(一部) + 壁内断熱 80mm(一部)

部位	仕様
屋根断熱仕様	外断熱(XPS等) 50mm
外壁断熱仕様	内断熱 80mm(※適用範囲はケース④と同様)
開口部仕様	内窓設置(※適用範囲はケース④と同様)
給湯設備仕様	現状(従来型ガス給湯器)

表 2.2-7 ケース⑤の部位別の仕様

ケース④の仕様に対し、壁内断熱の厚みを変更したケースである。

ケース⑥:屋根外断熱 100mm + 内窓設置(建物全体) + 壁外断熱 100mm(建物全体)

部位	仕様
屋根断熱仕様	外断熱 100mm
外壁断熱仕様	外断熱(EPS等) 100mm(※建物全体)
開口部仕様	すべての窓に内窓設置(※建物全体)
給湯設備仕様	現状(従来型ガス給湯器)

表 2.2-8 ケース⑥の部位別の仕様

断熱および開口部改修の対象を、非空調室(廊下等)を含む建物全体に拡大し、断熱厚を変更したケースである。

ケース⑦:ケース⑥ + 潜熱回収型ガス給湯 + 節水型シャワー

部位	仕様
屋根断熱仕様	外断熱 100mm
外壁断熱仕様	外断熱(EPS 等) 100mm(※建物全体)
開口部仕様	すべての窓に内窓設置(※建物全体)
給湯設備仕様	潜熱回収型ガス給湯器、節水型シャワー

表 2.2-9 ケース⑦の部位別の仕様

ケース⑥の外皮仕様に対し、給湯設備を高効率な機器へ更新したケースである。

(※補足) ケース④'・ケース⑥':ルームエアコンへの変更

後の LCC(ライフサイクルコスト)試算において、空調方式の違いによるコスト差を比較するため、ケース④およびケース⑥の外皮仕様をベースとし、空調設備を EHP からルームエアコンへ変更した「ケース④'」および「ケース⑥'」を別途設定した。

(4) ZEB 化のための省エネ計算の試算分析

	断熱パターン			給湯パターン	冷房熱負荷 【削減率】	空調冷房能力	BEI			BPI	
	屋根	窓	外壁				空調	照明	給湯		
①	断熱なし	断熱なし	断熱なし	従来型 ガス給湯	GHP:307.3kW EHP:152.4kW 【基準】	GHP:354.0kW EHP:175.5kW	0.56	0.80	0.37	0.95	0.98
②	屋根外断熱 50mm	断熱なし	断熱なし	従来型 ガス給湯	GHP:241.3kW EHP:128.8kW 【▲21%】 【▲15%】	GHP:324.0kW EHP:172.9kW	0.51	0.70	0.37	0.95	0.81
③	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (空調室南面のみ)	断熱なし	従来型 ガス給湯	GHP:220.7kW EHP:132.1kW 【▲28%】 【▲13%】	GHP:268.0kW EHP:160.4kW	0.48	0.63	0.37	0.95	0.78
④	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (空調室の南面のみ、 妻側教室は東西北面)	壁内断熱 40mm (空調室の南面のみ、 妻側教室は東西北面)	従来型 ガス給湯	GHP:212.1kW EHP:123.4kW 【▲31%】 【▲19%】	GHP:268.0kW EHP:155.9kW	0.46	0.58	0.37	0.95	0.77
⑤	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (空調室の南面のみ、 妻側教室は東西北面)	壁内断熱 80mm (空調室の南面のみ、 妻側教室は東西北面)	従来型 ガス給湯	GHP:211.6kW EHP:123.1kW 【▲31%】 【▲19%】	GHP:268.0kW EHP:155.9kW	0.46	0.58	0.37	0.95	0.77
⑥	屋根外断熱 100mm	内窓設置 (建物全体)	壁外断熱 100mm (建物全体)	従来型 ガス給湯	GHP:208.2kW EHP:121.1kW 【▲32%】 【▲21%】	GHP:268.0kW EHP:155.9kW	0.45	0.57	0.37	0.95	0.59
⑦	屋根外断熱 100mm	内窓設置 (建物全体)	壁外断熱 100mm (建物全体)	潜熱回収型 ガス給湯 節水型シャワー	GHP:208.2kW EHP:121.1kW 【▲32%】 【▲21%】	GHP:268.0kW EHP:155.9kW	0.45	0.57	0.37	0.81	0.59

表 2.2-10 ベースケースと比較ケースの省エネ計算の試算結果

本比較は、屋根→開口→壁の順で効果を確認し、部分適用から全体適用へ移行する考え方で構成している。

空調能力の低減は、屋根断熱により立ち上がり、ケース③(屋根断熱+南面内窓)の段階で、GHP等の空調機において能力帯の段差が確認でき、機器更新や系統見直しの明確な検討材料となる。

一方で壁断熱については、厚みを増しても省エネ計算上の効果の伸びは限定的である。例えば、ケース⑥のように断熱の適用範囲を北側廊下など建物全体に広げても、BEIの改善は「0.46 → 0.45」と微減にとどまる。

これは、WEBPROの計算仕様上、非空調室(廊下等)の断熱強化による熱負荷削減効果が空調エリアのBEIに直接反映されにくいことや、教室内の人体・換気負荷の割合があまりにも大きいため、外皮性能の向上が全体のエネルギー消費量削減(BEI)として表れにくいという理由による。

なお、ZEB Ready(BEI ≤ 0.5)はケース③で達成しており、以降のケースは、さらなる性能向上と将来的なZEB化を見据えた検討段階である。

1)外皮現状における普通教室の熱負荷(冷房時)の状況

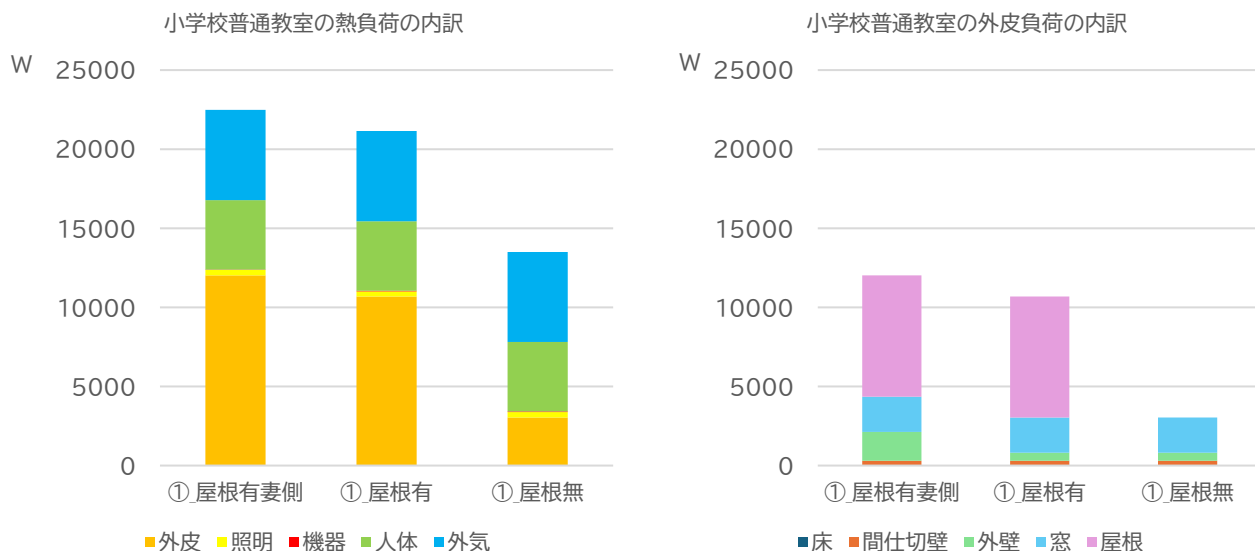


図 2.2-1 小学校普通教室の熱負荷の内訳と外皮負荷の内訳

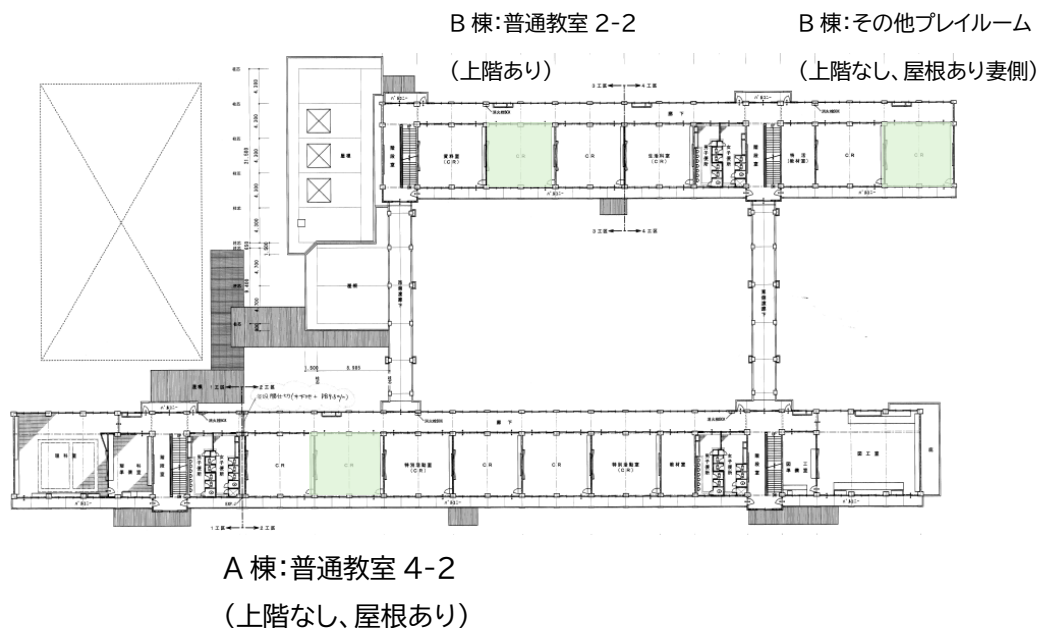
普通教室の熱負荷については、屋根直下の教室、とくに妻側教室で総負荷が大きく、教室位置(屋根の有無・方位)がピーク負荷差の主因である。

人体(35名+教員1名)と外気(換気)が基礎的な負荷レベルを形成し、外皮由来の差分がこれに上乘せされる。照明・機器の寄与は相対的に小さい。

外皮寄与は屋根>窓>外壁の順で大きく、屋根断熱が最優先、次いで南面窓(開口比約50%)の対策、最後に壁の順で検討するのが合理的である。

教室-廊下の間仕切壁の貫流熱は限定的で、優先度は高くない(廊下温度を外気と室温26℃の中間よりやや低い、温度差係数0.4の想定に基づく)。

この結果は、段階的に屋根→(南面)開口→壁の順で改修効果を積み上げるケース設定の妥当性を裏づける。



2階平面図

*隣室は普通教室のため、内部貫流熱は廊下との間仕切壁のみ計上

2)断熱強化・開口部強化と熱負荷低減の分析

段階的な外皮強化が普通教室の熱負荷にどのように影響するかを分析した。

- グラフの「①_屋根有妻側」と「③_屋根有妻側」を比べると分かるように、屋根断熱および空調室の内窓設置により、普通教室(屋根有妻側)の冷房負荷が22.5kWから14.6kWまで減少(▲35.1%)している。これらは初期段階の対策として効果が分かりやすい。
- ケース④～⑥など、外壁断熱を空調室に加えた段階以降では、屋根直下や妻側といった教室位置による熱負荷差が小さくなる傾向が見られる。
- 空調室への内窓設置以降は、室内機容量は小さくなるものの、室外機容量を変更できるほどの差には至らない。

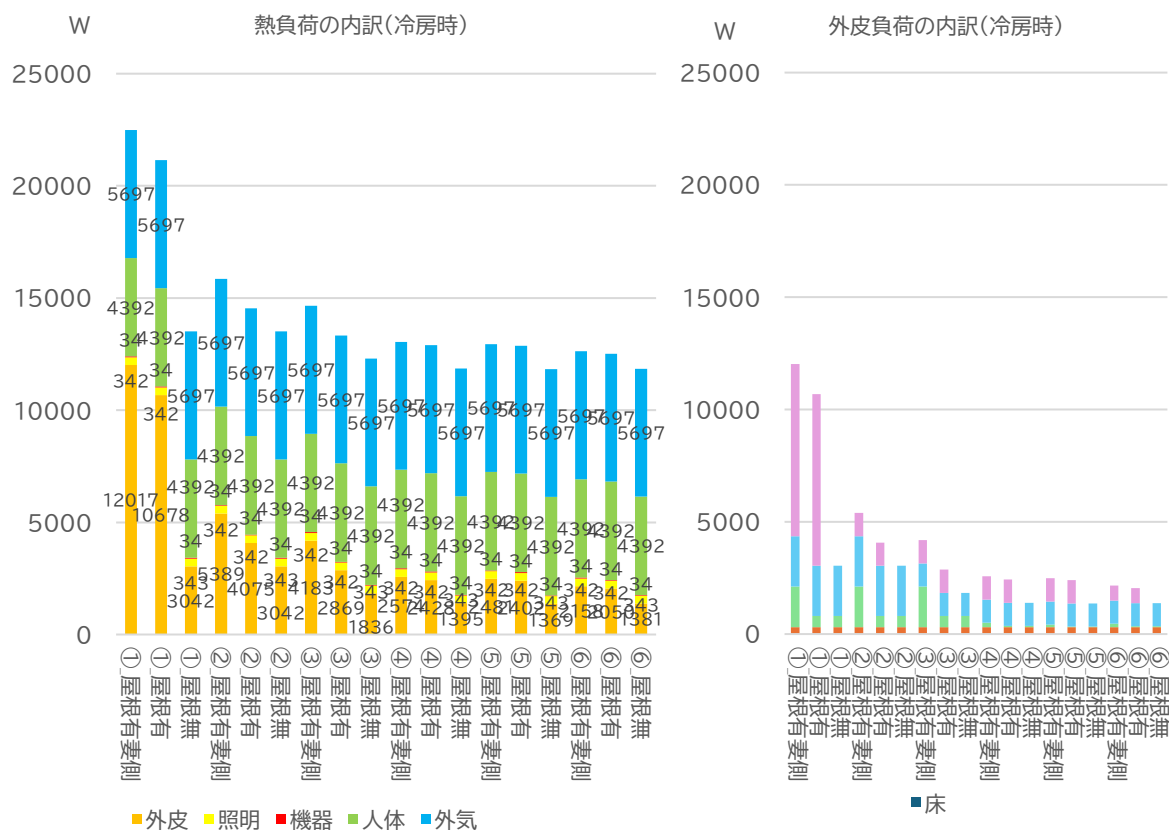


図 2.2-2 小学校普通教室の熱負荷の内訳と外皮負荷の内訳

- なお、単位 m^2 あたりの冷房期熱負荷について、小学校の普通教室では人体負荷および外気(換気)負荷が一定程度残るため、ダウンサイジングのひとつの目安となるライン($100\text{W}/\text{m}^2$ 程度)を下回るまでには至らない(底打ちする傾向にある)。中学校では在室人数が増えるためさらに負荷が増加する。

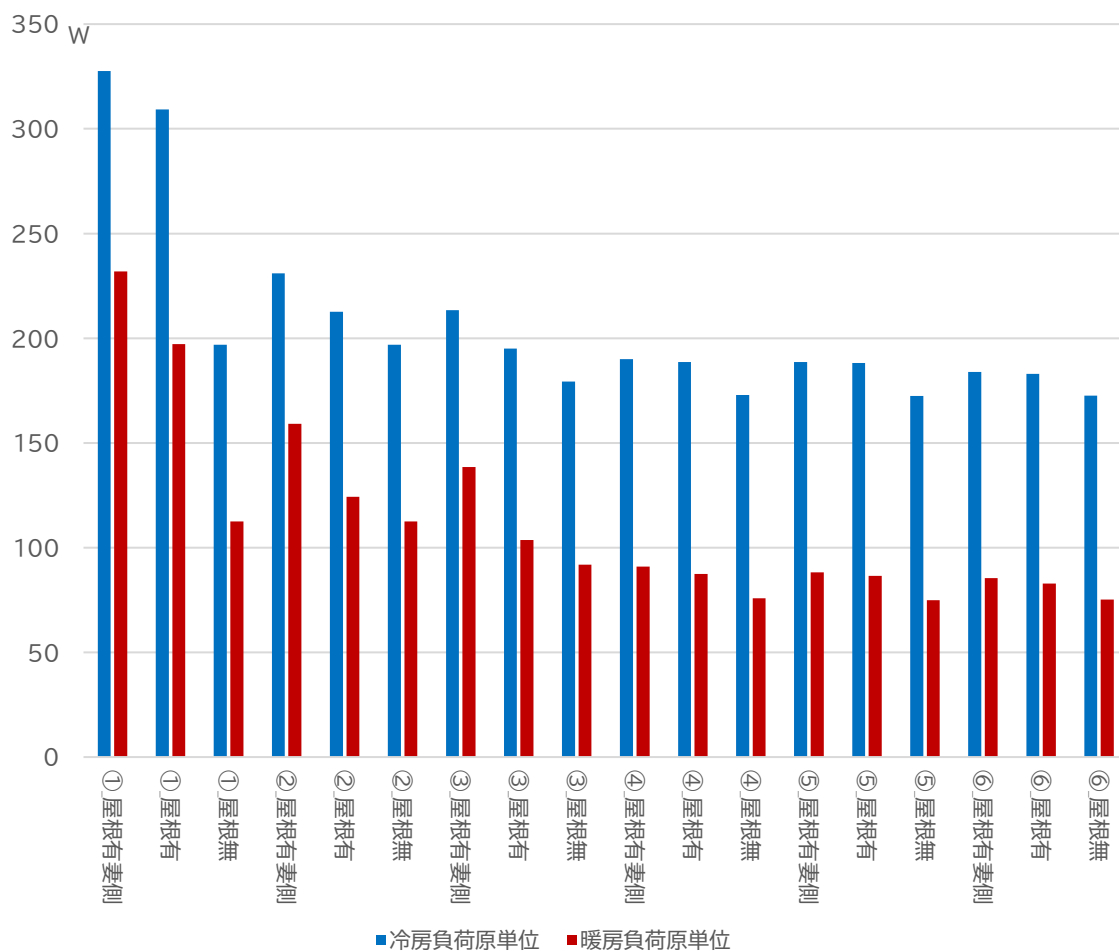


図 2.2-3 小学校普通教室の冷房および暖房負荷原単位

3)各ケースの省エネ計算結果の分析

■ケース①:ベースケースの特性と課題

全体 BEI	空調 BEI	換気 BEI	照明 BEI	給湯 BEI	昇降機 BEI	BPI
0.56	0.80	0.07	0.37	0.95	-	0.98

表 2.2-11 BEIとBPIのまとめ(ケース①)

図2.2-4 エネルギー消費性能(ケース①) BEI=0.56 [GJ/年]

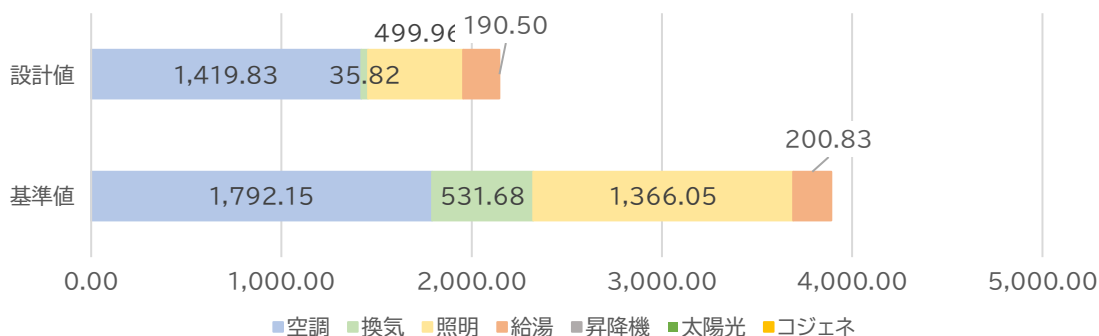


図2.2-5 設計一次エネルギー消費量の内訳(ケース①)

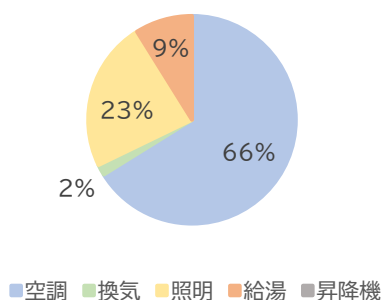
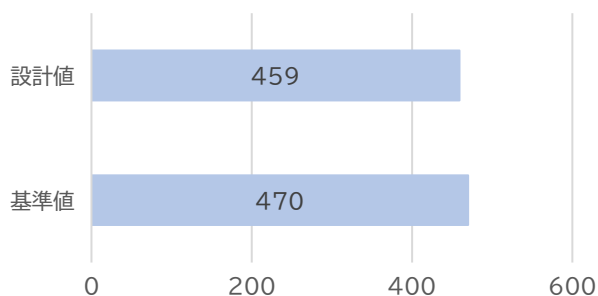


図2.2-6 外皮性能(ケース①) BPI=0.98



BEI=0.56 / BPI=0.98。オフィスや他用途に比べてベースケース時点でのBEIが「0.56」と低い数値を示しているが、これは長期休暇による空調使用時間の短さや、非空調エリア(廊下等)の広さといった学校特有の運用実態が省エネ計算上反映された結果である。

既存校の代表的条件では、空調 BEI が 0.80 と支配的で、照明(0.37)・換気(0.07)は既に小さい。

BPI が 0.98 と外皮性能は基準に近く見えるが、普通教室内部における人体・外気負荷が極めて大きいため空調側の負担が相対的に大きい。以上より、外皮改修を起点に空調能力・構成の見直しへつなぐ必要がある。

■ケース②:屋根外断熱 50mm の導入効果

BEI=0.51 / BPI=0.81。屋根断熱の施工により、屋根直下の教室における冷房負荷が大幅に軽減され、総合 BEI はベースケースの 0.56 から 0.51 へ改善した。

GHP の空調冷房能力はベースケースの「354.0kW」から「324.0kW」へ低減しており、屋根断熱が初期段階のダウンサイジングに極めて有効であることが確認できる。

■ケース③:内窓設置(南面のみ)とダウンサイジングの判断点

BEI=0.48 / BPI=0.78。屋根断熱に加え、日射影響の大きい南面開口部に内窓を設置することで、総合 BEI は 0.48 となり、この段階で「ZEB Ready (BEI \leq 0.50)」を達成した。

GHP の空調冷房能力は「324.0kW」から「268.0kW」へと一段階大きく下がり、明確な能力帯の段差が生じている。ここが空調設備のシステム見直しやダウンサイジングを判断する上での重要なポイントとなる。

■ケース④・⑤:壁内断熱の追加と厚みの限界

全体 BEI	空調 BEI	換気 BEI	照明 BEI	給湯 BEI	昇降機 BEI	BPI
0.46	0.58	0.07	0.37	0.95	-	0.77

表 2.2-12 BEIとBPIのまとめ(ケース④)

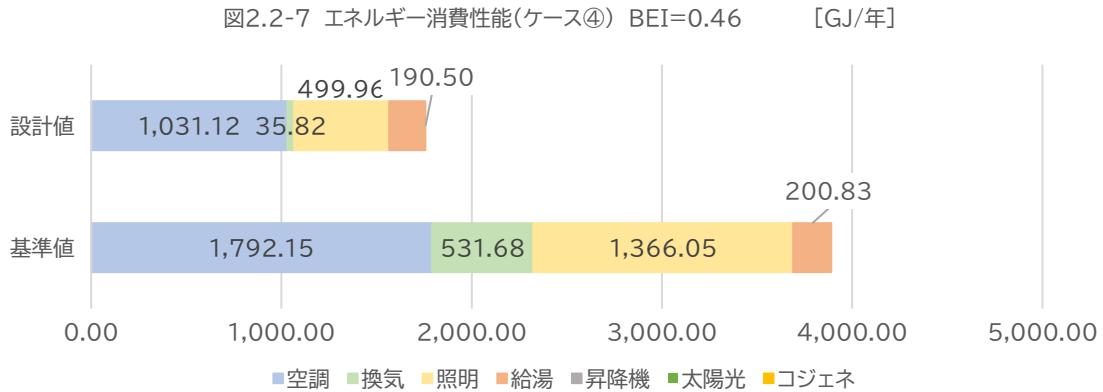


図2.2-8 設計一次エネルギー消費量の内訳(ケース④)

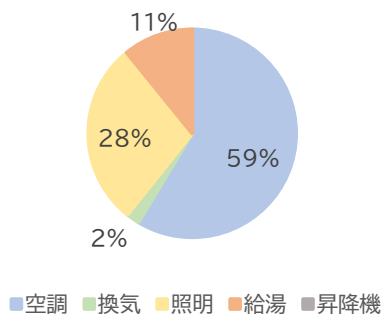
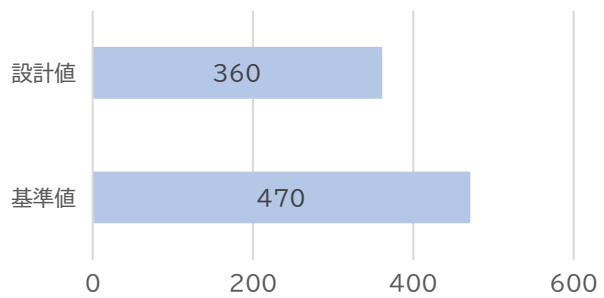


図2.2-9 外皮性能(ケース④) BPI=0.77



ケース④(壁内断熱 40mm)において、BEI=0.46 / BPI=0.77 まで低減し、GHP 冷房能力も「268.0kW」のままであるが、熱負荷自体は「220.7kW」から「212.1kW」へ低減した。この水準では機器ラインナップや系統再編の検討余地が生まれる。

しかし、ケース⑤として内断熱の厚みを 40mm から 80mm へ倍増させても、総合 BEI(0.46)および BPI(0.77)はケース④から変動しておらず、熱負荷も微減にとどまっている。これにより、壁断熱は一定の厚みを超えると省エネ計算上の効果の伸びが限定的になる(頭打ちになる)ことが分かる。

■ケース⑥:建物全体への断熱拡大の意義

BEI=0.45 / BPI=0.59。断熱・窓改修の適用範囲を北側廊下など非空調室を含む「建物全体」へと広げたケースである。建物全体を外断熱ですっぽり覆うことで、外皮性能を示す BPI は劇的に改善(0.77 → 0.59)している。

一方で、総合 BEI は「0.46 → 0.45」とわずかな改善にとどまる。この「BPI は大幅に改善するが、BEI は大きく下らない」という乖離の理由は、WEBPRO の計算仕様と学校の空間構成にある。下図は、WEBPRO が BPI を算出するために計算しているゾーン別の空調負荷の比較である。

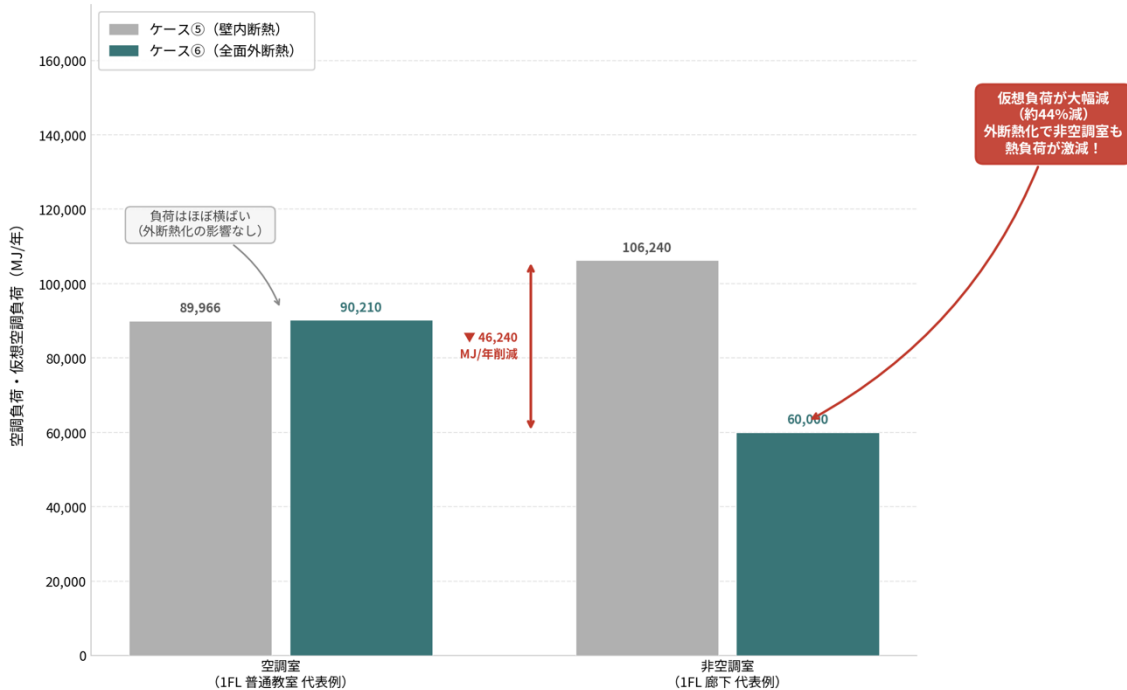


図 2.2-10 ケース⑤とケース⑥の空調負荷・仮想空調負荷の比較

WEBPRO 計算結果 PDF より作成(附属資料参照)

上図の通り、全面外断熱化によって、これまで無断熱だった廊下などの「非空調室」の仮想空調負荷は大幅に削減(約 44%減)されており、これが建物全体の外皮性能(BPI)の劇的な改善に寄与している。ここでいう「仮想空調負荷」とは、実際には空調機が設置されていない廊下等に対して、建物全体の外皮性能を評価するために WEBPRO が便宜上「仮に空調したと想定して」算出する計算上の熱負荷のことである。

しかし、実際の空調エネルギー(BEI)を消費する普通教室などの「空調室」は、ケース⑤の段階で既に壁内断熱が施されているため、外断熱に変更しても熱負荷はほぼ横ばいとなる。つまり、「BPI 計算上の負荷が劇的に減った廊下等には実際には空調機が無いため、実際の消費エネルギー量を示す BEI にはその改善効果が直接表れない」のである。

しかし、この全面外断熱は省エネ計算(BEI)の数値には表れないものの、「廊下等の極端な寒暖差解消(快適性の向上)」や「躯体を保護することによる建物の長寿命化(外壁落下防止)」の観点で非常に大きな価値を持つ。(※WEBPRO 計算結果の詳細は「附属資料」を参照)

■ケース⑦:高効率給湯器導入の影響

BEI=0.45 / BPI=0.59。最高水準の外皮性能(ケース⑥)に加えて給湯設備を高効率化した場合、給湯 BEI は「0.95」から「0.81」へと大きく改善する。

しかし、学校施設は全体のエネルギー消費に占める給湯の割合がごくわずかであるため、建物全体の総合 BEI(0.45)を押し下げるまでには至っていない。

4)ZEB 化手法実現上での条件や課題(コストや実施設計で検討が必要な事項)

・外断熱の施工時期と仮設費用の検討:運用マニュアルの「No.4 高断熱化」に基づく建物全体の外断熱工事(ケース⑥'等)を行う場合、学校運営への影響を最小限に抑えるため、夏休み等の長期休暇を活用した施工計画が求められる。足場仮設等のコストや限られた工期を踏まえ、外壁の長寿命化改修等とタイミングを合わせた実施設計が必要である。

・ルームエアコン導入時の設備的制約:推奨案であるルームエアコン(個別方式)への移行にあたっては、室外機の設置スペース確保や冷媒配管ルートの検討に加え、電気容量の増強(受変電設備の改修等)が必要になる場合がある。そのため、既存設備の状況を正確に把握した上で、初期投資のコスト比較を慎重に行う必要がある。

(5) ライフサイクルコストシミュレーション結果の分析

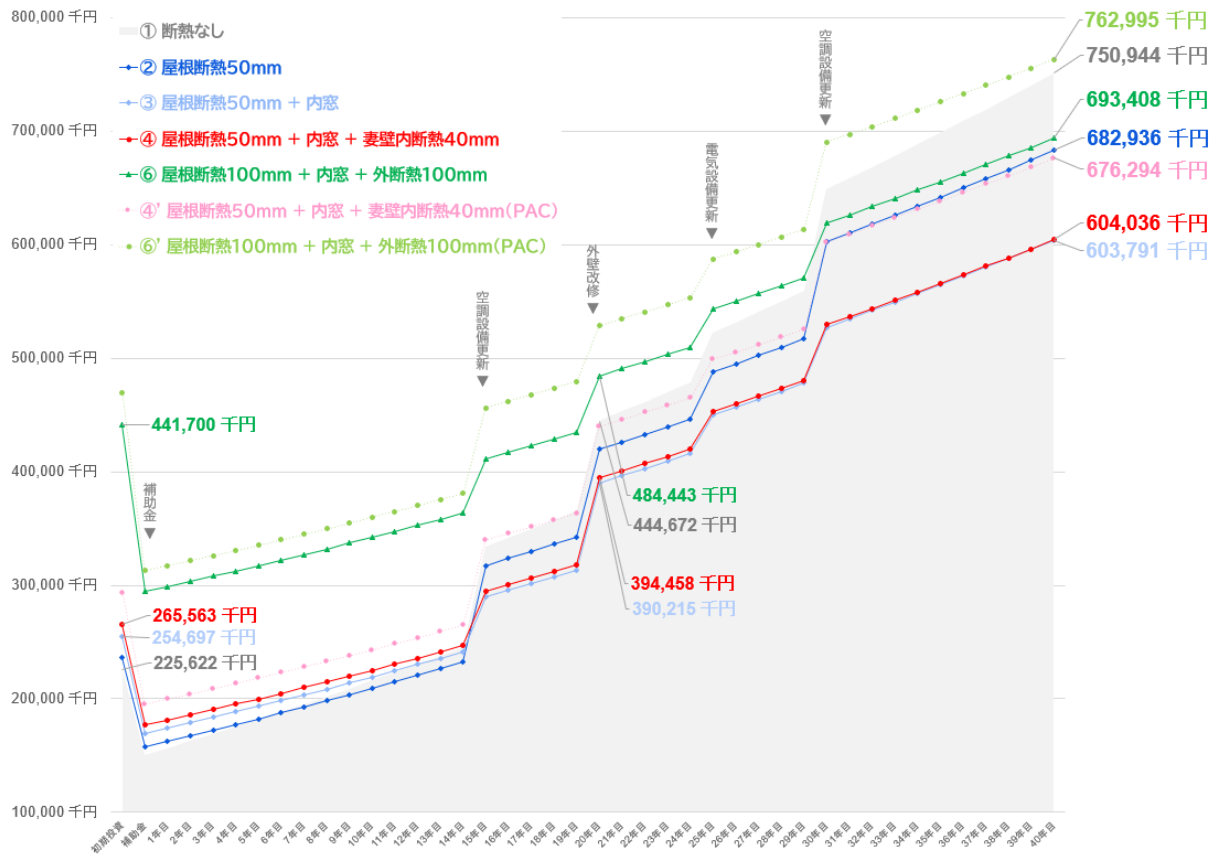


図 2.2-11 学校校舎の LCC グラフ

本検証では、学校校舎を対象として、空調方式および断熱仕様の違いによる40年間のライフサイクルコスト(LCC)を比較した。

学校施設の大規模改修(長寿命化改修)は、今後長期間にわたり継続利用することを前提とするため、本シミュレーションにおける投資判断の基準は、初期投資の安さではなく長期スパンで見た際に、トータルコストが最も安くなるのはどれかに置き、以下の通り整理する。

なお、学校教室へのルームエアコン導入については体育館とは異なり、既に実証済み(最上階・中教室の理科室へ6kW機×3台を設置し、室温計測や利用者ヒアリング等を実施)で、標準設計として全く問題ないことが確認されており、一定程度の断熱を施した「③屋根断熱+内窓」以降のケースについては、既存EHPをルームエアコン(GHPはパッケージエアコン)で更新することを前提とした。

1. 長期利用が見込まれる施設については、40年間のLCC低減効果が最も大きい「ケース③(屋根断熱+内窓+ルームエアコン)」とほぼ同程度で、西日の影響を大きく低減できるなど室内環境の向上に大きく寄与する「ケース④(屋根断熱+内窓+妻壁内断熱+ルームエアコン)」を採用するのが合理的である

2. 長期利用が見込まれる施設のうち、30年を超えて利用される施設については、「ケース④」よりも経済合理性は劣るが、以下の2点の理由から、「ケース④」に建物全体の外断熱を加えた「ケース⑥(全体外断熱+全体内窓+ルームエアコン)」の採用が望ましい。

① 快適性の向上:廊下やトイレなどの非空調エリアにおいても極端な寒暖差を感じない、健康で快適な学習環境が実現できる。

② 長寿命化・安全性の向上:躯体を外気温の変化から守ることで、外壁落下の「根本治療(建物の保護)」となり得る。

3. 早期統合・再編の可能性がある施設については、既に少クラスとなっていることが多い実態を踏まえ、最低限の断熱として「ケース③(屋根断熱+内窓+ルームエアコン)」として、妻側教室をできるだけ使わないといった運用方法の工夫で対応することも考えられる。

なお、投資的経費については、ルームエアコンを採用したケース③、④については、4,000万円前後の削減が見込まれた。

	投資的経費		
	初期投資	更新費	計
①断熱なし	225,622	264,887	490,508
②屋根断熱	236,674	261,585	498,259
	+11,053	▲3,302	+7,751
③屋根断熱+内窓	254,697	182,328	437,025
	+29,075	▲82,559	▲53,483
④屋根断熱+内窓+壁内断熱40	265,563	182,192	447,755
	+39,941	▲82,695	▲42,754
⑥屋根断熱+内窓+外断熱	441,700	155,209	596,909
	+216,078	▲109,678	+106,400
④' 屋根断熱+内窓+壁内断熱40 (PAC)	293,060	237,185	530,245
	+67,438	▲27,701	+39,737
⑥' 屋根断熱+内窓+外断熱 (PAC)	469,197	210,202	679,399
	+243,575	▲54,684	+188,891

表 2.2-13 投資的経費一覧表

(6) 学校施設の改修工事における標準設計

これまでの検討により、学校施設の改修工事における標準設計として採用が望ましい事項について、以下のとおり整理するが、詳細については、別途「大規模改修（長寿命化改修）工事の基本工事内容」に定める。

① 断熱・空調仕様

長期使用が想定される通常校においては、15年以上のLCC比較において有利で室内環境の向上に大きく寄与する「屋根断熱＋内窓＋妻壁内断熱＋ルームエアコン（ケース④相当）」のパッケージを標準設計とする。

ただし、比較的近年に建てられた「モルタル仕上げのないRC造」等の場合は、外壁の経年劣化状態も良いことが多いことや今後も長期利用が想定されることなどを踏まえ、快適性・長寿命化に極めて有効な理想案「建物全体の外断熱（ケース⑥相当）」の採用を積極的に検討する。

一方、将来の統廃合が予想される小規模校においては、既に少クラスとなっていることが多い実態を踏まえ、妻側教室をできるだけ使わないといった運用方法の工夫での対応を検討し、次期の空調設備更新が到来する15年以内に投資回収が可能な「屋根断熱＋内窓＋ルームエアコン」等の低投資パッケージを許容する。

対象施設 (想定シナリオ)	標準仕様および備考
通常校 (長期使用を想定)	<p>「屋根断熱＋内窓＋妻壁内断熱＋ルームエアコン」を標準とする。 ※ただし、「モルタル仕上げのないRC造」等の場合は、理想案である「建物全体の外断熱」の採用を積極的に検討する。</p> <p>【屋根断熱仕様】外断熱 押出法ポリスチレンフォーム(XPS) 保温板 3種 b 50mm 相当以上 ※参考U値:0.49 以下</p> <p>【内窓仕様】樹脂サッシ・複層ガラス(Low-E1枚、A12)相当以上 ※参考U値:1.63 以下(二重窓全体の値)</p> <p>【妻壁断熱仕様】内断熱 フェノールフォーム断熱ボード 1種 C 25mm(推奨は40mm)相当以上 ※参考U値:0.65 以下</p> <p>・20年以上のLCC比較において、トータルコストが最も有利となるため。</p>
小規模校 (将来の統廃合を想定)	<p>「屋根断熱＋内窓＋ルームエアコン」を標準とすることを許容する。</p> <p>【屋根断熱仕様】外断熱 押出法ポリスチレンフォーム(XPS) 保温板 3種 b 50mm 相当以上 ※参考U値:0.49 以下</p> <p>【内窓仕様】樹脂サッシ・複層ガラス(Low-E1枚、A12)相当以上 ※参考U値:1.63 以下(二重窓全体の値)</p> <p>・次期の空調設備更新が到来する15年以内に投資回収が可能であり、初期投資の抑制を最優先とするため。</p>

表 2.2-14 学校校舎における将来計画に応じた推奨断熱仕様

② 空調方式および条件設定

空調方式は、イニシャルコストおよびランニングコストの低減に大きく寄与し、既に教室での実証実験も完了している「ルームエアコン方式(電気式 EHP)」への移行が望ましい。

ただし、室外機の設置スペース確保や冷媒配管ルートの検討に加え、電気容量の増強(受変電設備の改修等)が必要になる場合があるため、(基本・)実施設計において、既存設備の状況を正確に把握した上で、LCC比較により決定する。

また、空調設計の熱負荷計算における外気負荷や人体負荷、照明負荷については、下表のとおり設定することを標準とする。

熱負荷計算条件	備考
人体負荷	クラスの定員(中学校 40 名、小学校 35 名、特別支援学校 6~8 名)に基づき算定する。 ただし、今後の学級人数の増加が期待できないことが明らかな場合などについては、実態の児童生徒数に応じて設定することもできる。
照明負荷	LED 照明を前提とし、実際の照明器具設置台数(または 7W/m ² 程度など)にて算定する。
外気負荷	必要換気量は、20 m ³ /h・人とし、人体負荷算出時の人数により算出する。
空調方式	「ルームエアコン方式(電気式 EHP)」を含めたLCC比較により決定する。

表 2.2-15 空調設計における熱負荷計算条件(学校校舎)

③ 設備仕様

換気設備や照明設備の仕様については、下表のとおりを標準とする。(※学校施設特有の運用に合わせ、換気は壁付換気扇等を基本とする)。

設備種別	標準仕様および備考
換気設備	壁付換気扇 等を基本とする ・学校施設は休み時間等に窓開けが行われるなど特有の運用があるため、高価な全熱交換器等は採用せず、イニシャルコストとメンテナンス性に優れる局所換気方式を標準とする。
照明設備	全面 LED 化を標準とする ・黒板灯等を含め高効率 LED を採用する。普通教室と、廊下については、手動点滅を基本とする。トイレは人感センサー制御を標準とする。

表 2.2-16 換気・照明設備の標準仕様(学校校舎)

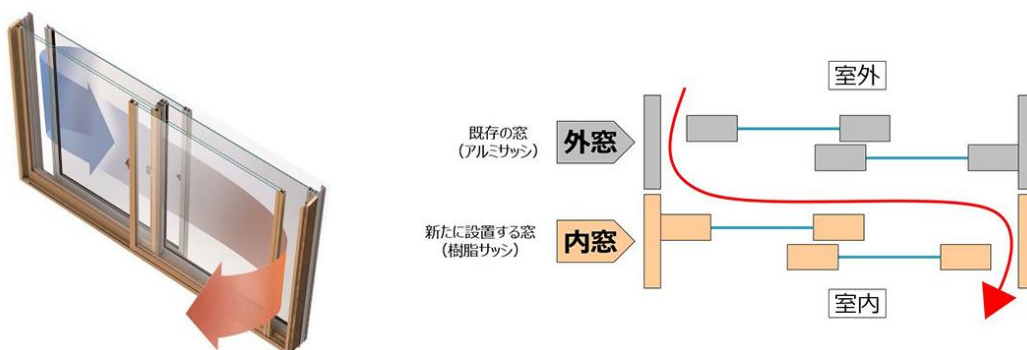
(7) 設計意図の伝達事項

以下の項目について、書面等で施設管理者へ伝達する。

① 断熱や遮熱に関わる窓付属物の運用方法や窓開け換気のポイント

本施設では、内窓や遮熱ガラス、ブラインド等により日射や外気の影響を抑える設計としているため、冷暖房運転中は、原則として、窓を閉めた状態での使用を前提としている。

このため、窓開け換気を行う場合は、長時間の開放は空調効率の低下につながることに留意し、「たすき開け換気(外窓と内窓を互い違いに開けることで外気を取り入れつつ、断熱・遮音効果を高める方法)」などを参考に行うとよい。



【出展】コロナ禍における教室の窓の使い方を検証。冷暖房効果を落とさず換気する“たすき開け”を考案するまでの道のり(YKK AP)

② 空調に関わる機器(ルームエアコン・換気扇等)の運用方法

換気扇やルームエアコンは、在室状況や使用時間帯に応じて適切に運転・停止を行い、無人教室での連続運転を避けることで省エネルギー効果が高まる。

③ 設備機器のメンテナンス方法

空調機や換気扇の性能を維持するため、フィルター清掃や点検は定期的に行うことが重要である。

特にフィルターの目詰まりは、換気量不足や電力消費増加の原因となるため、簡易な日常点検を継続することが望ましい。

④ 電力利用のピーク緩和方法

本施設では、断熱性能の向上により、空調負荷を抑える設計としているが、登校直後に一斉に空調を強運転としないなど空中負荷を集中させない時間差運転や設定温度の急激な変更を避けることで、電力使用のピークを抑制し、電力料金を抑えることができる。