

4. 集会施設モデル

(1) 施設概要

所在地:北九州市

用途:集会施設

構造階数:RC 造 地上 2 階建

建築面積:234.19 m²

延床面積:298.05 m²

完成年:1991 年

地域区分:6 地域

日射区分:A4 区分

(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集会施設の一般的な現況を代表する仕様として設定し、断熱改修、換気方式の改善および空調導入等を行う ZEB 仕様との比較基準を明確にすることを目的とする。

集会施設は、集会室等の比較的大空間の室と、事務室等の小規模な諸室が混在し、滞在人数が多く、換気負荷の影響を強く受ける用途特性を有している。これらの特性を踏まえ、個別施設ごとの差異は平均化し、「空調のない既存集会施設」を起点とした保守的な条件として整理している。

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(一部ブラインドあり)
空調	・無し
換気	・便所 天井扇
照明	<ul style="list-style-type: none"> ・集会室 水銀灯 ・その他諸室 非 LED 照明 ・人感センサー等は無し
給湯	・無し
昇降機	・無し

表 2.5-1 集会施設のベースケース仕様

1)外皮(外壁・屋根・床・開口部)の考え方

外皮は、屋根・外壁ともに断熱材なし、開口部は単板ガラス+金属製建具を基準とする。これは、市内既存集会施設の多くが1990年前後に建設され、断熱性能が十分でない仕様である実態を踏まえたものであり、断熱改修による効果を無断熱状態からの改善量として明確に把握することを意図している。

外皮負荷の算定対象は、1・2階の外壁および窓、屋根および床とし、空調対象室を中心に建物全体を一体として評価する。これは、集会室等の大空間だけでなく、事務所等も含め、集会施設全体としての負荷構造を把握するという、これまでの検討方針に基づくものである。

内壁や部分的な断熱要素については、費用対効果や空調容量への影響が限定的であることから、ベースケースには含めない。

2)空調設備の考え方

ベースケースでは、空調設備は設置しない条件とする。これは、市内既存集会施設において、必ずしも全室に恒常的な空調が整備されていない事例が多く、また現状設備が負荷計算に基づかず導入されているケースも多いことから、現況再現性と比較の分かりやすさを優先した設定である。

本モデルでは、空調が存在しない状態を起点とすることで、外皮性能向上や換気負荷低減による必要空調容量の変化を、段階的に比較できる構成としている。

3)換気設備・外気負荷の考え方

集会施設は滞在人数が多い用途であり、外気負荷が熱負荷全体に占める割合が大きい。ベースケースでは、集会室等の実利用状況を踏まえた人員設定に基づき、外気負荷を前提条件として与え、詳細な換気方式や全熱交換器の有無による影響

は改修ケース側で評価する。全熱交換器は設置しない条件とし、外皮改修および換気方式改善の効果を分離して比較できるよう整理している。

4)人体・内部負荷の考え方

人体負荷は、集会施設の実利用状況を踏まえ、集会室については子ども 40 人程度(約 0.3 人/m²)を前提とする。これは最大収容人数ではなく、日常的な利用状況を代表する設定である。

その他の利用室についても同程度の人員密度を設定し、事務室については標準的な執務室条件(0.2 人/m²)を採用している。

集会施設はピーク人数での常時利用を前提としない施設である一方、換気量は人員設定に強く依存するため、過大・過小とならない現実的かつ保守的な条件として整理している。

5)照明設備・照明負荷の考え方

照明については、現状の竣工図および現地確認結果を踏まえ、集会室は水銀灯、その他諸室は非 LED 照明を基準とする。人感センサーやスケジュール制御等の照明制御は、現場での普及が限定的であることから、ベースケースには含めない。照明の LED 化や制御導入による省エネルギー効果については、外皮改修や空調・換気改善と併せて検討する改修ケース側の要素と位置付けている。

6)その他設備の扱い

給湯設備については、既存の集会施設において設置されている機器の多くが、省エネ計算プログラム(WEBPRO)の評価対象外となる設備(局所的な元止め式小型給湯器や給茶器等)であるため、本ベースケースの計算には含めない設定としている。

また、昇降機についても、小規模な 2 階建の集会施設では設置されていない場合が多いため、あわせて対象外としている。

(3) ベースケースと比較ケースの詳細

本図表は、ベースケース(①:断熱・空調なし)を起点として、屋根断熱、内窓設置、外壁断熱、換気方式の改善を段階的に組み合わせた改修ケース②～⑥について設定したものである。

	断熱パターン			空調パターン	冷房熱負荷 【削減率】	空調冷房能力 (室外機/室内機)	BEI			BPI
	屋根	窓	外壁				空調	照明		
①	断熱なし	断熱なし	断熱なし	なし	88kW 【基準】	-	1.03	-	1.08	-
②	断熱なし	断熱なし	断熱なし	パッケージエアコン +換気扇	85kW 【▲3%】	1F集会室：14kWx4 1F事務所：5.6kWx1 1F小集会室：12.5kWx2 2F図書室等：10kWx2	1.16	1.45	0.45	0.91
③	屋根内断熱 50mm	断熱なし	断熱なし	パッケージエアコン +換気扇	72kW 【▲18%】	1F集会室：14kWx4 1F事務所：5.6kWx1 1F小集会室：10kWx2 2F図書室等：7.1kWx2	1.01	1.24	0.45	0.80
④	屋根内断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	パッケージエアコン +換気扇	63kW 【▲28%】	1F集会室：12.5kWx4 1F事務所：5.6kWx1 1F小集会室：7.1kWx2 2F図書室等：7.1kWx2	0.85	1.02	0.45	0.73
⑤	屋根内断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	壁外断熱 50mm (建物全体)	パッケージエアコン +全熱交換器	42kW 【▲52%】	1F集会室：12.5kWx2 1F事務所：4kWx1 1F小集会室：10kWx1 2F図書室等：12.5kWx1	0.54	0.58	0.45	0.52
⑥	屋根内断熱 100mm	内窓設置 (すべての窓)	壁外断熱 100mm (建物全体)	パッケージエアコン +全熱交換器	40kW 【▲55%】	集会室：12.5kWx2 事務所：4kWx1 小集会室：10kWx1 2F図書室等：10kWx1	0.50	0.53	0.45	0.51

表 2.5-2 集会施設の比較ケース

ケース①:断熱なし+空調なし

外皮・空調・換気・照明のすべてを、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:外皮現状+パッケージエアコン+換気扇+LED 照明

ケース①に対し、外皮性能は無断熱のままとし、パッケージエアコンおよび換気扇を導入、さらに照明を LED 化したケースである。

ケース③:屋根内断熱 50mm

ケース②に対し、屋根に内断熱(50mm)を追加したケースである。

ケース④:屋根内断熱 50mm+内窓設置

ケース③に対し、すべての窓に内窓を設置したケースである。

ケース⑤:屋根内断熱 50mm+内窓設置+外壁外断熱 50mm+全熱交換器

ケース④に対し、建物全体に外壁外断熱(50mm)を追加し、あわせて全熱交換器を導入したケースである。

ケース⑥:屋根内断熱 100mm+内窓設置+外壁外断熱 100mm+全熱交換器

ケース⑤の断熱仕様をさらに強化し、屋根内断熱および外壁外断熱の厚みをそれぞれ 100mm へ変更したケースである。

(4) ZEB 化のための省エネ計算の試算分析

本比較は、集会施設における段階的な改修の考え方と、その効果の現れ方を把握するための整理結果として位置付けられる。

	断熱パターン			空調パターン	冷房熱負荷 【削減率】	空調冷房能力 (室外機/室内機)	BEI			BPI
	屋根	窓	外壁				空調	照明		
①	断熱なし	断熱なし	断熱なし	なし	88kW 【基準】	-	1.03	-	1.08	-
②	断熱なし	断熱なし	断熱なし	パッケージエアコン +換気扇	85kW 【▲3%】	1F集会室：14kWx4 1F事務所：5.6kWx1 1F小集会室：12.5kWx2 2F図書室等：10kWx2	1.16	1.45	0.45	0.91
③	屋根内断熱 50mm	断熱なし	断熱なし	パッケージエアコン +換気扇	72kW 【▲18%】	1F集会室：14kWx4 1F事務所：5.6kWx1 1F小集会室：10kWx2 2F図書室等：7.1kWx2	1.01	1.24	0.45	0.80
④	屋根内断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	パッケージエアコン +換気扇	63kW 【▲28%】	1F集会室：12.5kWx4 1F事務所：5.6kWx1 1F小集会室：7.1kWx2 2F図書室等：7.1kWx2	0.85	1.02	0.45	0.73
⑤	屋根内断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	壁外断熱 50mm (建物全体)	パッケージエアコン +全熱交換器	42kW 【▲52%】	1F集会室：12.5kWx2 1F事務所：4kWx1 1F小集会室：10kWx1 2F図書室等：12.5kWx1	0.54	0.58	0.45	0.52
⑥	屋根内断熱 100mm	内窓設置 (すべての窓)	壁外断熱 100mm (建物全体)	パッケージエアコン +全熱交換器	40kW 【▲55%】	集会室：12.5kWx2 事務所：4kWx1 小集会室：10kWx1 2F図書室等：10kWx1	0.50	0.53	0.45	0.51

表 2.5-3 ベースケースと比較ケースの省エネ計算の試算結果

1) 外皮現状における熱負荷(冷房時)の特性

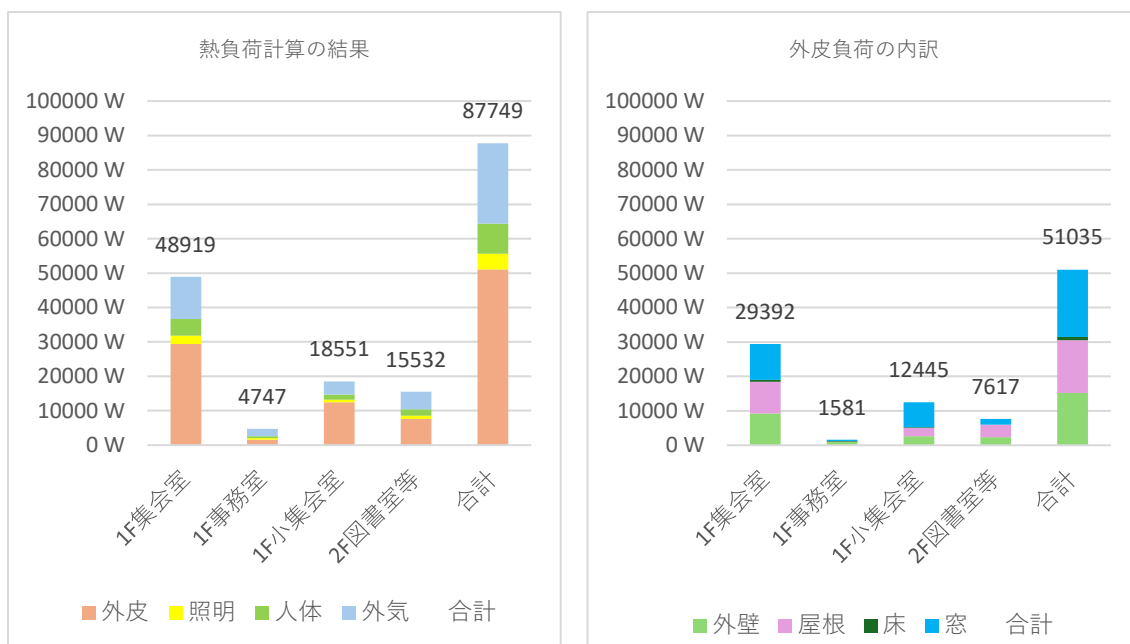


図 2.5-1 ケース①の熱負荷計算の結果と外皮負荷の内訳

外皮現状における冷房時の外皮負荷を部位別に整理すると、窓、屋根、外壁の順に負荷が大きく、特に単板ガラスによる開口部負荷が支配的であることが分かる。また、1階集会室および小集会室といった大空間で外皮負荷が大きく、事務室は相対的に小さい。これらの結果は、施工性や効果を踏まえた外皮改修の優先順位として、内窓、屋根、外壁の順で検討することが合理的であることを裏付けている。

さらに、外皮・照明・人体・外気の要素別に熱負荷を見ると、外皮負荷が最大である一方、外気負荷も一定程度を占めており、集会施設では換気に起因する負荷が大きいことが分かる。これは、集会室等において滞在人数が多く、人員設定と換気量が熱負荷に大きく影響するためである。このため、集会施設のZEB化検討においては、外皮性能の向上に加え、換気方式の整理や適正な空調容量設定を併せて検討する必要がある。

2)断熱を行わない空調導入の課題(ケース②)

全体 BEI	空調 BEI	換気 BEI	照明 BEI	給湯 BEI	昇降機 BEI	BPI
1.16	1.45	0.36	0.45	-	-	0.91

表 2.5-4 BEIとBPIのまとめ(ケース②)

図2.5-2 エネルギー消費性能(ケース②) [GJ/年]

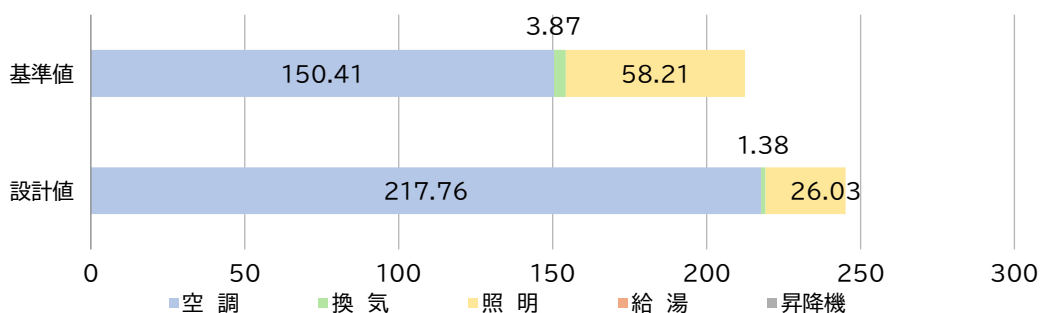


図2.5-3 設計一次エネルギー消費量の内訳(ケース②)

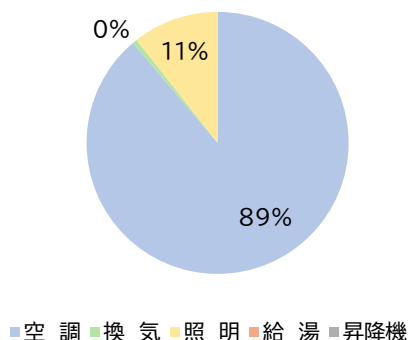
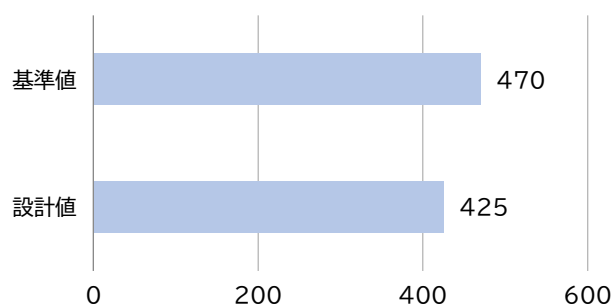


図2.5-4 外皮性能(ケース②) BPI=0.91



断熱改修を行わずに空調のみを導入したケース②では、空調導入により温熱環境の確保は可能となる一方、外皮負荷および外気負荷が大きいため、必要空調能力は依然として大きく、BEIも高い水準(全体 BEI 1.16 / 空調 BEI 1.45)にとどまっている。特に集会施設では、滞在人数に起因する換気負荷の影響が大きく、断熱を伴わない空調導入は設備容量の増大に直結する。本ケースは、断熱を先行せずに空調のみを整備する改修が必ずしも合理的でないことを示している。

3)段階的な改修による効果と限界(ケース③～⑥)

全体 BEI	空調 BEI	換気 BEI	照明 BEI	給湯 BEI	昇降機 BEI	BPI
0.54	0.58	0.36	0.45	-	-	0.52

表 2.5-5 BEIとBPIのまとめ(ケース⑤)

図2.5-5 エネルギー消費性能(ケース⑤) [GJ/年]

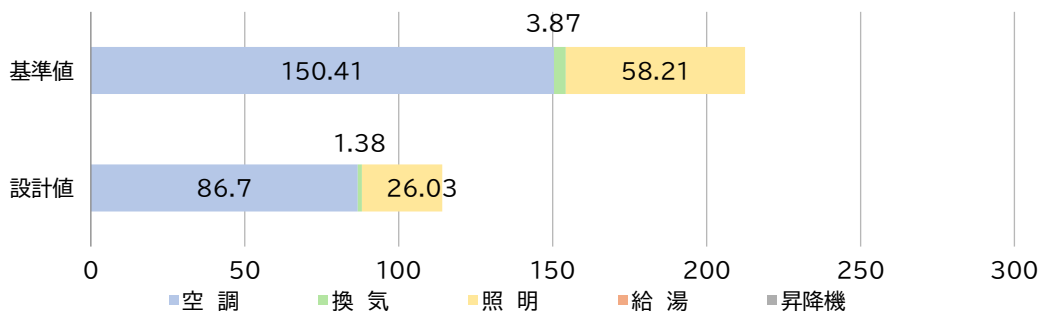


図2.5-6 設計一次エネルギー消費量の内訳(ケース⑤)

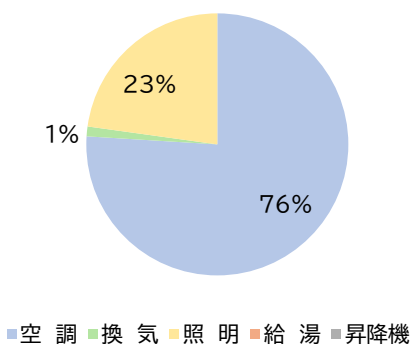
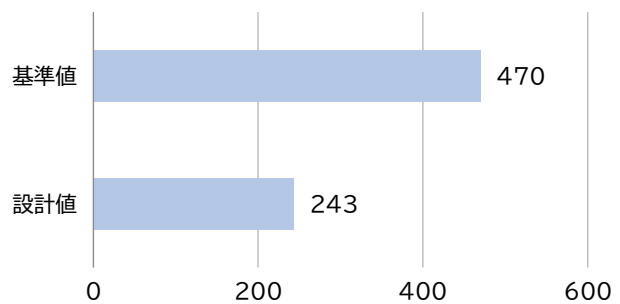


図2.5-7 外皮性能(ケース⑤)



改修を進めるに従い冷房負荷が低減し、必要な空調能力が段階的に縮小していく様子が確認できる。ケース③(屋根断熱)およびケース④(内窓設置)により、屋根および窓からの負荷が大きく低減する。

さらにケース⑤では、外壁外断熱を実施し、あわせて全熱交換器を導入することで、集会施設特有の外気負荷の影響が抑制され、BEI・BPIともに良好な水準(全体 BEI 0.54 / BPI 0.52)へと大きく改善している。本ケースは、集会施設において ZEB Ready 相当を目指す場合の、現実的かつ効果の高い改修モデルとして位置付けられる。

4) 熱負荷の推移と外皮断熱の効果

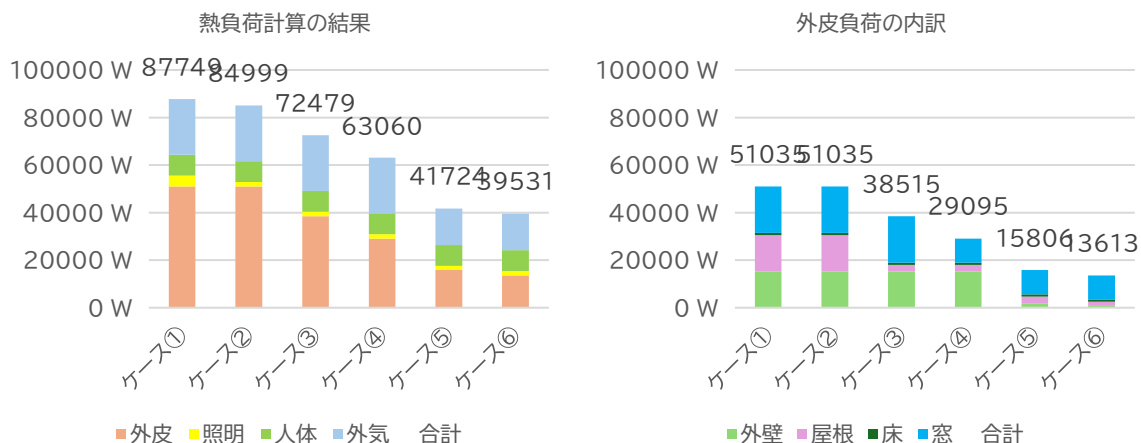


図 2.5-8 熱負荷計算の結果と外皮負荷の内訳

建物全体の冷房時熱負荷の推移を見ると、屋根断熱および内窓設置による低減に加え、ケース⑤における外壁断熱の追加が外皮負荷の削減に極めて高い効果を発揮していることが分かる。

また、冷房・暖房負荷原単位の変化を見ると、外皮断熱の強化により暖房負荷が顕著に低減する一方で、冷房負荷は外気負荷や人体負荷が一定程度残るため、削減効果に一定の限界が存在する傾向が確認できる。集会施設においては、断熱強化による外皮対策を徹底した上で、換気方式の改善(全熱交換器等)を組み合わせた総合的なアプローチが不可欠であることが示されている。

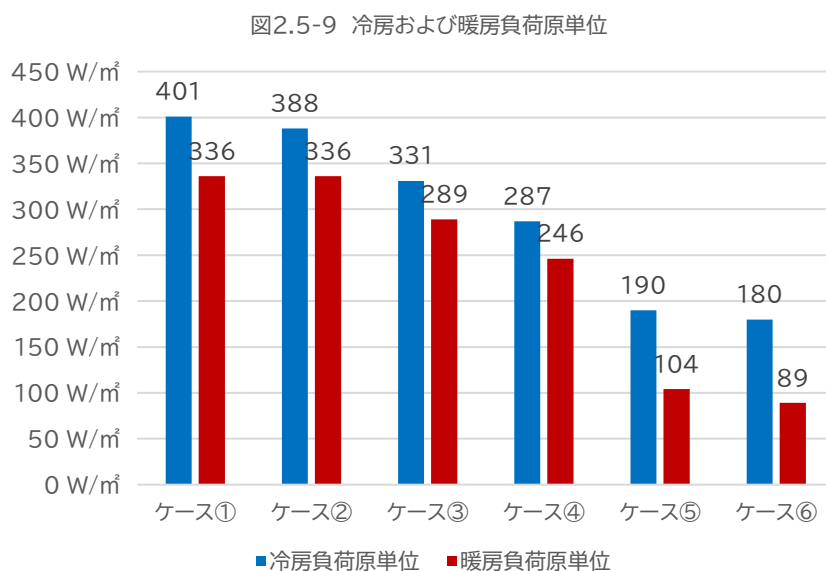
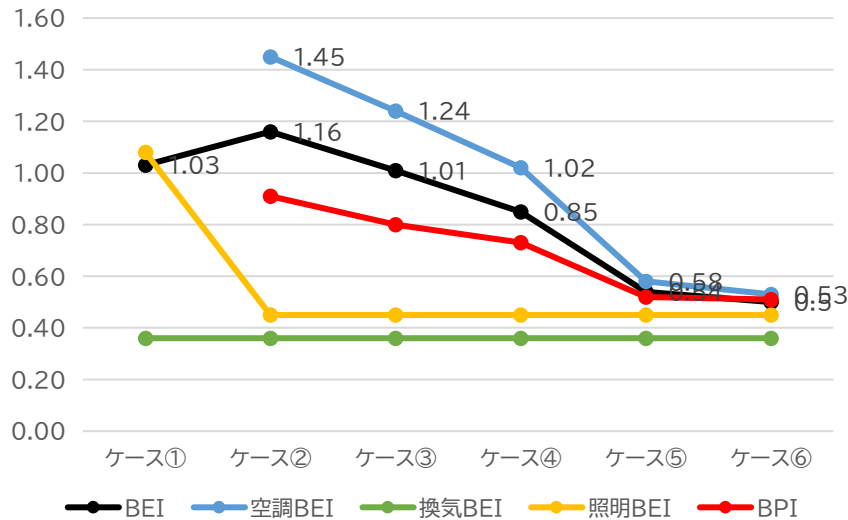


図2.5-9 冷房および暖房負荷原単位

図2.5-10 BEIとBPIの推移



5) ZEB 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)

・**全熱交換器の設置スペース確保**:運用マニュアルの「No.12 換気の高効率化」に基づく全熱交換器の導入にあたっては、既存の天井内スペースに機器本体やダクトを設置・配管する余裕があるかの事前確認が必要となる。天井高等の制約がある場合は、露出配管や設置位置の工夫など、実施設計段階での綿密な調整が求められる。

・**利用形態に合わせた空調容量の最適化**:集会施設に新たに空調を導入するにあたっては、施設特有の「短時間・多人数利用」という運用実態を正確に把握することが不可欠である。過大設計(オーバースペック)によるコスト増を防ぐため、断熱強化による負荷低減を前提とした上で、必要最小限の空調・換気容量を見極めることが初期投資縮減の大きな課題となる。

(5) ライフサイクルコストシミュレーション結果の分析

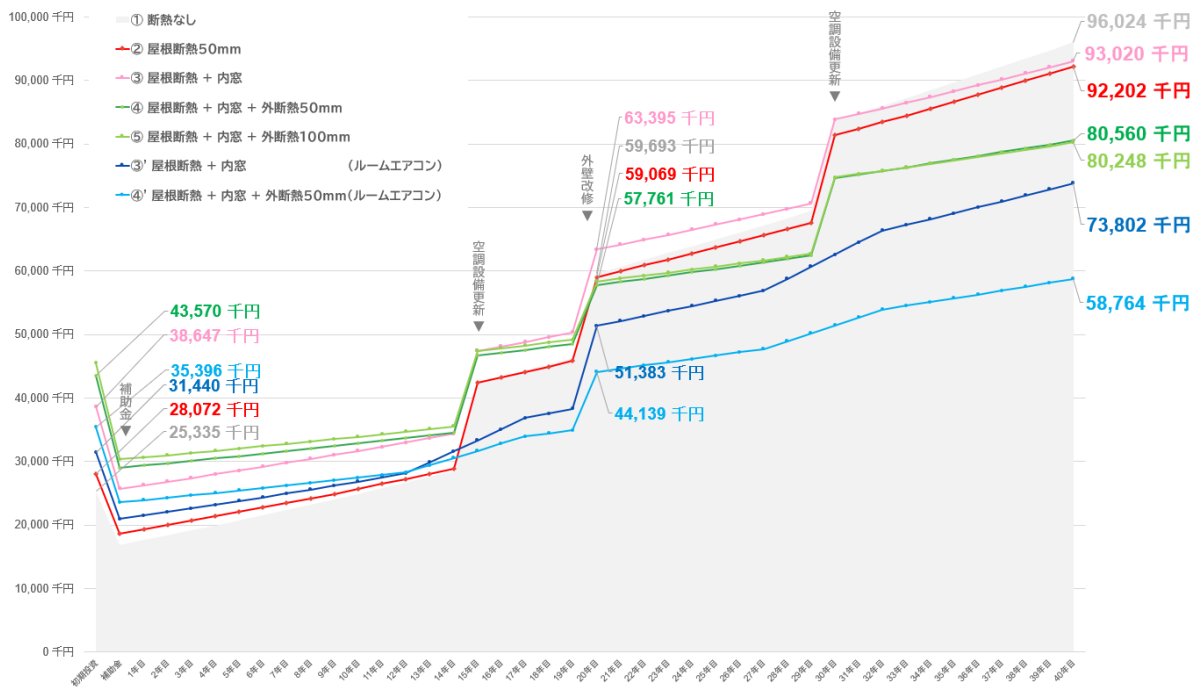


図 2.5-11 集会施設の LCC グラフ

本検証では、集会施設を対象として、断熱仕様および空調方式の違いによる40年間のライフサイクルコスト(LCC)を比較した。集会施設は滞在密度が高く、夏場の快適性確保が大きな課題となっていることから、コスト回収期間だけでなく、実運用における快適性と投資のバランスが評価の焦点となる。

グラフおよび試算結果から読み取れる主な特徴は以下の通りである。

1. 快適性確保のための「屋根断熱+内窓」の必須性

今回の試算では、内窓設置の初期費用が想定より高く、短期的な光熱費削減のみでの投資回収は容易ではないことが明らかとなった。しかし、既存施設において「夏場にエアコンが効かない」という切実な声が上がっている実態を踏まえると、屋根断熱および内窓設置(ケース③)は、単なるコスト比較を超えて、施設機能を維持するための「必須のパッケージ」と位置付けられる。

2. 20年超の長期利用で有利となる外断熱(ケース④、⑤)

初期投資は増大するものの、建物を20年を超えて長期的に利用する計画がある場合には、外壁外断熱まで施した高断熱化(ケース④、⑤)がトータルコストで最も有利となる。

外断熱は光熱費の大幅な削減に寄与するだけでなく、躯体の保護による長寿命化にも繋がるため、統廃合予定のない基幹的な集会施設においては、最も推奨される仕様である。

3. コスト抑制に有効な「ルームエアコン方式」の採用

空調方式の比較において、ルームエアコン(RAC)方式は、パッケージエアコン(PAC)方式と比較した場合、体育館ほどの劇的な BEI 改善は見られないものの、長期的なコストでは圧倒的に安価であり、短期においても初期投資を抑制する極めて有効な手段となることが確認された。

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'と④'については、1,000 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	25,335	38,328	63,663
② 屋根断熱50mm	28,072	37,906	65,978
	2,736	▲ 422	2,315
③ 屋根断熱 + 内窓	38,647	37,106	75,753
	13,312	▲ 1,222	12,090
④ 屋根断熱 + 内窓 + 外断熱50mm	43,570	31,973	75,543
	18,234	▲ 6,354	11,880
⑤ 屋根断熱 + 内窓 + 外断熱100mm	45,512	31,727	77,240
	20,177	▲ 6,600	13,577
③' 屋根断熱 + 内窓 (ルームエアコン)	31,440	22,692	54,132
	6,105	▲ 15,636	▲ 9,531
④' 屋根断熱 + 内窓 + 外断熱50mm (ルームエアコン)	35,396	15,626	51,022
	10,061	▲ 22,702	▲ 12,641

表 2.5-6 投資的経費一覧表

■補助金の有無に係る影響

本試算では「①断熱なし」のケースを含め、すべて工事費の3分の1の国庫補助金が導入できる前提で試算しているが、補助メニューによっては、ZEB 関係の工事がない場合には補助金が導入できないことも多いため、「①断熱なし」のみ補助金が入らない場合を想定したグラフを下に示す。この場合、比較対象となるベース金額が補助金分上がるため、すべてのケースにおいて、15年以内に「①断熱なし」より有利になる。

このように、補助金の有無によって投資回収期間が劇的に変化することがあり得るため、補助金の前提が大きく異なる場合には LCC を見直す必要があることに注意が必要である。

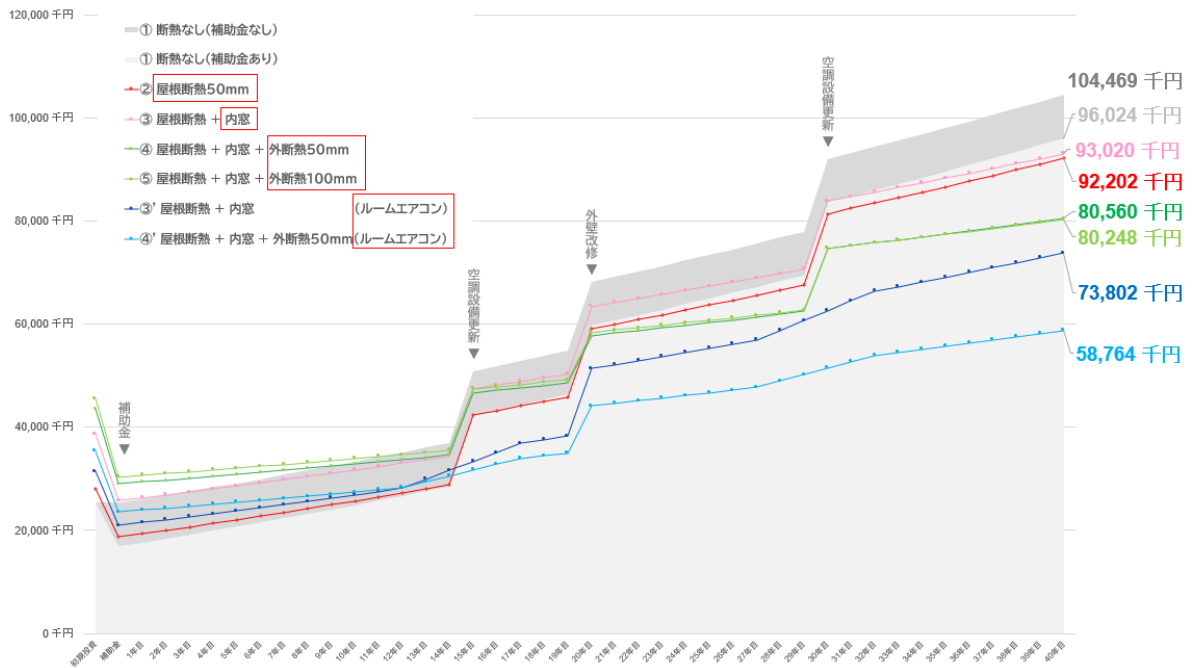


図 2.5-12 集会施設の LCC グラフ 2

(6) 集会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、集会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。

① 断熱仕様

20年を超える長期使用が想定される基幹的な施設においては、LCC比較において最も有利となった「屋根断熱＋内窓＋外壁外断熱」を標準とする。

一方、利用期間が限定的、あるいは初期投資を抑制する必要がある施設においても、夏場の快適性確保(エアコンの効き)を担保するため「屋根断熱＋内窓」を必須の標準仕様とする。

対象施設(想定シナリオ)	標準仕様および備考
長期使用施設 (20年超の使用を想定)	「屋根断熱＋内窓＋外壁外断熱」を標準とする ・20年超のLCC比較において、トータルコストが最も有利となるため。
短期・投資抑制施設 (初期投資の抑制を優先)	「屋根断熱＋内窓」を標準とする ・投資回収性と、夏場の最低限の快適性(冷房効率)を確保するため。 ・ルームエアコンを採用することで、さらにコスト抑制を図る。

表 2.5-6 集会施設における将来計画に応じた推奨断熱仕様

② 空調設計における条件設定

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

なお、空調方式については、イニシャル・ランニング双方のコスト抑制に有効な「ルームエアコン」の採用を積極的に検討する。

熱負荷計算条件	備考
人体負荷	集会室については児童40人程度(約0.3人/㎡)を目安とし、最大収容人数ではなく日常的な利用実態に基づき算定する。
照明負荷	LED照明とし、実際の照明器具設置台数によるが、10W/㎡程度にて算定する
外気負荷	滞在人数および学校環境衛生基準に基づき換気量を決定する。 長期使用施設(外断熱ケース)では全熱交換器の併用を基本とする。

表 2.5-7 空調設計における熱負荷計算条件(集会施設)

⑤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。

設備種別	設備仕様および備考
換気設備	基本は換気扇(局所換気)とするが、高断熱化を行う場合は全熱交換器を検討する。過剰換気とならないよう、利用人数に合わせた風量設定を行う。
照明設備	全面 LED 化を標準とする。集会室等の消し忘れを防止するため、廊下、トイレ、倉庫等には人感センサーを積極的に導入する。

表 2.5-8 換気・照明設備の標準仕様(集会施設)

(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

集会施設は滞在密度が高く、夏場の日射熱の影響を受けやすい。冷房運転時は内窓の効果を最大限に活かすため、ブラインド等を適切に閉めることで、窓際(ペリメーターゾーン)の温度上昇を抑えることが重要である。

また、空調稼働中に窓や扉を開放すると、外気流入により冷房効率が著しく低下し「エアコンが効かない」原因となるため、冷暖房中は原則として窓を閉め、機械換気設備による換気を行うことを基本とする。

② 空調機器の運用方法

本施設は、実際の利用人数(児童 40 名程度)に基づき空調容量を最適化(ダウンサイジング)している。そのため、想定を大幅に超える多人数が同時に滞在する場合などは、事前に設定温度を調整するなどの工夫が必要となる。

また、ルームエアコンを採用した場合は、家庭用と同様にフィルター清掃が省エネ性能に直結するため、1～2 か月に 1 回程度の定期的な清掃を確実に実施する。

③ 照明・設備のメンテナンス方法

照明の LED 化により交換頻度は下がるが、廊下等のセンサー設定が利用実態に合っているかを定期的を確認し、必要に応じて点灯時間の調整を行う。設備機器全般について、故障を未然に防ぎ LCC を抑制するため、保守点検ルールに基づいた適正な管理を行う。

■ 市有建築物の ZEB 化設計指針アドバイザー

建築物のZEB化に関する知見を有する有識者に、アドバイザーとして本指針の作成について助言をいただきました。

<アドバイザー名簿>

(敬称略)

所 属	氏 名
東北芸術工科大学 デザイン工学部 建築・環境デザイン学科 教授	竹内 昌義
東京大学 大学院 工学系研究科 准教授	前 真之
北九州市立大学 国際環境工学部 建築デザイン学科 准教授	安藤 真太郎

市有建築物のZEB化設計指針【モデル施設の検証／標準設計】
(2026年6月発行)

北九州市 都市整備局 建築部・設備部
【総括】建築支援課

TEL : 093-582-2876

E-mail : seibi-kenchikushien@city.kitakyushu.lg.jp