

## 3. 区役所モデル

### (1) 施設概要

所在地:北九州市

用途:事務所

構造階数:RC造 地上4階 地下1階建

建築面積:2,100.06 m<sup>2</sup>

延床面積:9,519.11 m<sup>2</sup>

完成年:(本館)1974年

(別館)1993年

地域区分:6地域

日射区分:A4区分



写真 2.3-1 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区役所の標準的な外皮・設備・運用状況を代表させ、ZEB化に向けた各種改修効果を比較評価するための基準として設定したものである。

本館・別館の執務室、会議室、共用部等の一般的な事務用途空間を対象とし、建設年代や設備更新履歴、燃料条件のばらつきは代表的な仕様に平準化している。

外皮は屋根に最低限の断熱がある一方、外壁は無断熱、開口部は単板ガラスとし、空調・換気・搬送・照明等も現行仕様を踏襲することで、空調負荷や制御の非最適が顕在化した状態を起点とし、以降の断熱強化、換気量適正化、熱源更新等による省エネルギー効果を段階的に把握できるよう整理している。

項目	現状のベースケース仕様
外皮	<ul style="list-style-type: none"> <li>・屋根 押出法ポリスチレンフォーム保温板 1 種 25 mm(内断熱)</li> <li>・外壁 断熱材なし</li> <li>・開口部 単板ガラス+金属製建具+手動ブラインド</li> </ul>
空調	<ul style="list-style-type: none"> <li>・熱源機器 ガス吸収式冷温水発生機(本館系統、別館系統 各 1 台)</li> <li>・冷温水ポンプ(本館 3 系統、別館 3 系統、ともに定流量制御)</li> <li>・居室などの空調室 FCU+各階外調機+天井扇</li> <li>・一部 個別方式(ルームエアコン)</li> </ul>
換気	<ul style="list-style-type: none"> <li>・便所・倉庫 壁付換気扇もしくは天井扇</li> <li>・機械室・電気室・屋内駐車場 シロッコファン</li> </ul>
照明	<ul style="list-style-type: none"> <li>・居室 非 LED 照明、各種制御なし</li> <li>・便所 非 LED 照明、各種制御なし</li> </ul>
給湯	<ul style="list-style-type: none"> <li>・B1 階シャワー 従来型ガス給湯器、非節湯シャワー水栓</li> </ul>
昇降機	<ul style="list-style-type: none"> <li>・乗用 1 台 VVVF だが非ギアレス、電力回生なし</li> </ul>

表 2.3-1 区役所のベースケース仕様

## 1)外皮(屋根・外壁・開口部)の考え方

- ・断熱改修、換気量適正化、空調・熱源更新等による段階的な省エネルギー効果を定量比較するため、改善前の基準点として設定する。
- ・屋根には最低限の内断熱が存在する一方、外壁は無断熱、開口部は単板ガラスを基本とする構成とし、外皮性能は全体として低い水準を前提とする。

## 2)空調設備の考え方

- ・空調方式は、ガス吸収式冷温水発生機を用いた中央方式を基本とし、本館・別館で系統分割された既存構成を踏襲する。
- ・空調容量や機器効率は現行仕様相当とし、容量の最適化(ダウンサイジング)や高効率化は改修側の検討事項とする。
- ・居室は FCU と外調機の組合せ、一部に個別空調が混在する構成とし、制御の最適化が難しい既存建物の実態を反映する。

## 3)換気設備の考え方

- ・ベースケースでは、全熱交換器や外気量制御等の高度な省エネ手法は導入しない。
- ・既存図面の読み取りから、給気量に対して排気量が多い傾向が見られ、外気負荷が過大になりやすい構造をそのまま前提条件とする。

- これにより、後段ケースで行う換気量適正化やエアバランス改善の効果を明確に切り分けて評価できるようにしている。

#### 4)照明・制御の考え方

- 照明は非 LED 照明を基本とし、人感センサー等の制御は導入しない。
- これは、照明の省エネルギー余地を独立した対策として評価するためであり、ケース②以降での LED 化・制御導入効果を明瞭に示すことを意図している。

#### 5)給湯設備の考え方

- 給湯設備は、地下階シャワー等で使用される従来型ガス給湯器を想定し、節湯機器は考慮しない。

#### 6)昇降機設備の考え方

- 昇降機は VVVF 制御ではあるが、非ギアレス・回生なしの既存仕様とし、更新による省エネ効果は改修側で評価する。

### (3) ベースケースと比較ケースの詳細

本比較は①をベースケースとし、②照明(LED化)→③換気ファン改修→④屋根断熱+内窓→⑤換気量適正化→⑥熱源更新・台数制御→⑦大温度差送水+二次ポンプVWV化→⑧外調機VAV・プラグファン→⑨外壁断熱の順で、負荷低減(外皮・換気)から設備更新(熱源・搬送・空気系)へ段階的に適用する構成である。まず照明と換気ファンの改善で基礎消費を下げ、ついで外皮・換気で熱負荷を減らし、最後に熱源と搬送・送風の制御最適化でBEIを段階的に低減するアプローチとしている。

	照明	換気	断熱パターン			空調 (FCU+外調機)	熱源	冷房熱負荷 【削減率】	空調冷房能力 (熱源 本館/別館)	BEI			BPI	
			屋根	窓	外壁					照明	換気	空調		
①	非LED	現状	断熱なし	断熱なし	断熱なし	現状	現状	1,123kW 【基準】	632kW 590kW	1.57	0.94	1.13	1.90	1.12
②	すべてLED (人感センサー)	現状	断熱なし	断熱なし	断熱なし	現状	現状	1,123kW 【0%】	632kW 590kW	1.45	0.50	1.13	1.90	1.12
③	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	断熱なし	断熱なし	断熱なし	現状	現状	1,123kW 【0%】	632kW 590kW	1.43	0.50	0.81	1.90	1.12
④	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	現状 +FCU容量削減	現状	973kW 【▲13%】	(632kW×0.9) (590kW×0.9)	1.33	0.50	0.81	1.74	0.98
⑤	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	換気量の適正化 (空調負荷減) +FCU容量削減 (容量減)	現状	851kW 【▲24%】	(632kW×0.8) (590kW×0.8)	1.22	0.50	0.81	1.58	0.98
⑥-a	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	換気量の適正化 (空調負荷減) +FCU容量削減 (容量減)	熱源更新 (容量減)	851kW 【▲24%】	527kW 527kW	1.06	0.50	0.81	1.32	0.98
⑥-b	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	換気量の適正化 (空調負荷減) +FCU容量削減 (容量減)	熱源更新 (容量減) +台数制御 (効率化)	851kW 【▲24%】	527kW 422kW	0.98	0.50	0.81	1.20	0.98
⑦-a	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	換気量の適正化 (空調負荷減) +FCU更新 (容量減) +大温度差送水 (冷温水量減)	熱源更新 (容量減)	851kW 【▲24%】	527kW 527kW	0.98	0.50	0.81	1.19	0.98
⑦-b	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	換気量の適正化 (空調負荷減) +FCU更新 (容量減) +大温度差送水 (冷温水量減)	熱源更新 (容量減) +台数制御 (効率化)	851kW 【▲24%】	527kW 422kW	0.89	0.50	0.81	1.07	0.98
⑧-a	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	換気量の適正化 (空調負荷減) +FCU更新 (容量減) +大温度差送水 (冷温水量減) +外調機VAV制御 (外気流入量減)	熱源更新 (容量減)	851kW 【▲24%】	527kW 527kW	0.92	0.50	0.81	1.11	0.98
⑧-b	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	換気量の適正化 (空調負荷減) +FCU更新 (容量減) +大温度差送水 (冷温水量減) +外調機VAV制御 (外気流入量減)	熱源更新 (容量減) +台数制御 (効率化)	851kW 【▲24%】	527kW 422kW	0.84	0.50	0.81	0.99	0.98
⑨	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	壁外断熱 50mm	換気量の適正化 (空調負荷減) +FCU更新 (容量減) +大温度差送水 (冷温水量減) +外調機VAV制御 (外気流入量減)	熱源更新 (容量減) +台数制御 (効率化)	778kW 【▲31%】	422kW 422kW	0.78	0.50	0.81	0.90	0.74

表 2.3-2 区役所の比較ケース

### ケース①:外皮現状+空調換気現状+非 LED 照明+従来型ガス給湯

外皮・空調・換気・照明・給湯・昇降機のすべてを、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:LED 照明化+人感センサー導入

室用途	照明電力密度 (照明負荷 W/m <sup>2</sup> )	左記数値の根拠	人感センサーにて 点滅制御
事務室、中央監視室、会議室、授乳室、喫煙室、休憩室、ホール・ロビー (事務室の一角)	8	500Lx, ルーバー有	
廊下、階段室	2	100Lx, ルーバー有	
倉庫、更衣室	3	200Lx, ルーバー有	
WC, SK, 湯沸室、シャワー、脱衣	3	200Lx, ルーバー有	あり
機械室、電気室	3	200Lx, ルーバー有	
駐車場	2	75Lx, ルーバー有	

表 2.3-3 室用途ごとの照明電力密度の表

\*照明電力密度は、令和 6 年版「建築設備設計基準」P367、表 2-7 各室の設計照度と単位面積当たりの照明器具の消費電力[W/m<sup>2</sup>] より選択

ケース①に対し、照明を全面的に LED 化するとともに、WC・湯沸室・シャワー・脱衣室といった在室時間の短い諸室に人感センサーによる点滅制御を導入したケースである。

### ケース③:機械室・屋内駐車場ファン更新、駐車場 CO2 INV 制御

区分	記号	現状				更新	備考
		m <sup>3</sup> /h	mmH2O	Pa	kW	kW	
本館	FS-1	5,800	25	245	0.75	1.5	CLF6-No.2 1/2~CLF5-No.3 1/2 のいずれでも 1.5kW
本館	FE-29	5,127	40	392	2.2	1.5	CLF6-No.2 1/2~CLF5-No.3 1/2 のいずれでも 1.5kW
	機械室						
別館	FS-3	14,880	43	422	5.5	5.5	CLFII-No.4 1/2
別館	FE-1	8,640	45	441	3.7	3.7	CLFII-No.4
	屋内駐車場						CO2 濃度制御で変風量制御

表 2.3-4 区分・記号・現状・更新のファン一覧表

\*動力は変更なしだが、モーター効率がアップし、さらに屋内駐車場は CO2 濃度による変風量制御を追加

ケース②に対し、機械室および屋内駐車場の排気ファンを高効率機へ更新し、屋内駐車場には CO2 濃度に応じたインバータ制御を導入したケースである。

#### ケース④:屋根断熱+内窓設置+熱源・FCU 容量削減

ケース③に対し、屋根に外断熱(50mm)を施し、すべての窓に内窓を設置した仕様である。これに伴う熱負荷の低減分に合わせて、FCU および熱源容量を現状比から以下の通り縮小設定している。

・外皮仕様:屋根 XPS 50mm / 窓 樹脂製建具・Low-E 複層ガラス  
( $U=1.32W/m^2K$ )

・容量削減設定:各室の全熱負荷低減率に合わせ、熱源台数・冷却塔能力・二次ポンプ台数に一律「90%」を乗じて容量削減として計算。

#### ケース⑤:換気量適正化+さらなる熱源容量削減

	外調空気 現状 m <sup>3</sup> /h	冷房能力 現状 kW	暖房能力 現状 kW	外調空気 適正化 m <sup>3</sup> /h	外調空気 削減率	冷房能力 適正化 kW	暖房能力 適正化 kW	余剰排気 現状 m <sup>3</sup> /h	余剰排気 適正化 m <sup>3</sup> /h	局所排気 現状 m <sup>3</sup> /h
ACU-1:【本館】	5400	62.6	54.0	4520	84%	54.2	46.3	4250	2910	1610
ACU-1:【別館】	5800	61.2	57.8	4100	71%	49.2	42.0	6924	2934	1230
ACU-2:【本館】	8040	93.3	80.2	5080	63%	61.0	52.0	5570	3515	1565
ACU-2:【別館】	5400	57.0	53.8	3560	66%	42.7	36.4	7944	2616	966
ACU-3:【本館】	6540	75.7	65.2	4690	72%	56.3	48.0	5930	3210	1480
ACU-3:【別館】	3200	33.7	31.9	3200	100%	38.4	32.7	9162	2238	1830
ACU-4:【本館】	5310	61.6	53.0	4630	87%	55.6	47.4	4530	3150	1480
ACU-4:【別館】	5400	60.1	57.8	5060	94%	60.7	51.8	8298	3840	1374
合計	45090	505.1	453.7	34840	77%	418.1	356.5	52608	24413	11535

表 2.3-5 外調空気 適正化の表(ACU-1 等の現状と適正化の比較表)

\*外調空気(適正化)は各階居室床面積×人員密度×30 m<sup>3</sup>/h 人にて簡易算出

(本館 3 階のみ、現状でも 20 m<sup>3</sup>/h 人程度のため外調空気量は変更なし)

\*局所排気(WC、湯沸、非空調倉庫など)はおおむね標準的な排気量のため、変更なし

ケース④に対し、外調空気量および余剰排気量を人員密度ベースの適正な換気量に見直した仕様である。これに伴い、熱源・空調容量をさらに縮小設定している。

・容量削減設定:換気量適正化による負荷低減に合わせ、熱源台数・冷却塔能力・二次ポンプ台数に一律「80%」を乗じて容量削減として計算。

#### ケース⑥-a・⑥-b:熱源更新・台数制御

ケース⑤の容量設定を前提とし、既存の熱源機器を高効率機へ更新したケースである。⑥-b はさらに熱源の台数制御(効率化)を追加した仕様である。

## ケース⑦-a・⑦-b:大温度差送水+二次ポンプ VWV 化に伴う FCU 仕様変更

ケース⑥の仕様に対し、二次ポンプの VWV 制御および大温度差送水を追加したケースである。送水温度差の拡大に合わせて FCU の容量適正化を行い、DC ファン仕様へ変更している。

	図面青字で 記載の型番	冷房全熱 kcal/h	kW	暖房 kcal/h	kW	電気容量 W	7℃差、DCファンのFCUに更新時 消費電力_W
本館	FCU-1	1670	1.9	2470	2.9	65	42
	FCU-2	2080	2.4	3060	3.6	70	42
	FCU-3	1370	1.6	1860	2.2	65	42
	FCU-4	1540	1.8	2360	2.7	80	42
	FCU-5	1550	1.8	2370	2.8	80	42
	FCU-6	2330	2.7	3000	3.5	80	40
	FCU-7	2490	2.9	3130	3.6	80	40
	FCU-8	2550	3.0	3180	3.7	80	40
	FCU-9	2010	2.3	2990	3.5	85	42
	FCU-10	2080	2.4	3060	3.6	85	42
	FCU-11	2150	2.5	3120	3.6	85	42
	FCU-12	2210	2.6	3180	3.7	85	40
	FCU-13	2390	2.8	3360	3.9	85	40
	FCU-14	3020	3.5	3960	4.6	85	55
	FCU-15	3180	3.7	4110	4.8	85	55
	FCU-16	3190	3.7	4120	4.8	85	55
	FCU-17	2870	3.3	4370	5.1	130	40
	FCU-18	3210	3.7	2350	2.7	130	55
	FCU-19	3290	3.8	4790	5.6	130	55
	FCU-20	3450	4.0	4940	5.7	130	55
	FCU-21	4460	5.2	5900	6.9	130	103
	FCU-22	4340	5.0	6360	7.4	170	103

表 2.3-6 本館の FCU リストの表(FCU-1~22)  
冷温水流量だけでなく、ファンの消費電力も削減

	図面青字で 記載の型番	冷房全熱 kcal/h	kW	暖房 kcal/h	kW	電気容量 W	7℃差、DCファンのFCUに更新時 消費電力 W
別館	FCU-1	1370	1.6	1860	2.2	70	42
	FCU-2	1100	1.3	1730	2.0	70	42
	FCU-3	1990	2.3	2720	3.2	80	42
	FCU-4	2200	2.6	3170	3.7	90	40
	FCU-5	2270	2.6	3240	3.8	90	40
	FCU-6	2400	2.8	3370	3.9	90	40
	FCU-7	2510	2.9	3470	4.0	90	40
	FCU-8	2660	3.1	3620	4.2	90	40
	FCU-9	3090	3.6	4020	4.7	90	55
	FCU-10	2690	3.1	4200	4.9	130	40
	FCU-11	2980	3.5	4480	5.2	130	55
	FCU-12	3050	3.5	4560	5.3	130	55
	FCU-13	3130	3.6	4630	5.4	130	55
	FCU-14	3190	3.7	4960	5.5	130	55
	FCU-15	3220	3.7	4720	5.5	130	55
	FCU-16	3300	3.8	4800	5.6	130	55
	FCU-17	3380	3.9	4870	5.7	130	55
	FCU-18	3880	4.5	5950	6.9	170	55
	FCU-19	4460	5.2	6470	7.5	170	103
	FCU-20	2200	2.6	3170	3.7	70	40

表 2.3-7 別館の FCU リストの表(FCU-1~20)  
冷温水流量だけでなく、ファンの消費電力も削減

## ケース⑧-a・⑧-b:外調機 VAV 制御、プラグファン、予冷予熱時外気取入停止

ケース⑦の仕様に対し、外調機に変風量(VAV)制御を導入し、送風機をプラグファンへ変更したケースである。あわせて予冷・予熱時には外気取入を停止する制御を採用している。

ACU対照表	竣工前より					すべて1台換算					新晃工業プラグファン+インバータ制御+各所にVAV設置	
	現状 m3/h	冷房能力 kW	暖房能力 kW	機外静圧 mmH2O	電動機 kW	外気量削減 m3/h	削減率	冷房能力 kW	暖房能力 kW	機外静圧 Pa	電動機 kW	
ACU-1:【本館】-1F-市民課_外気負荷処理	5400	62.6	54.0	25	2.2	4520	84%	54.2	46.3	245	0.75	VAV
ACU-1:【別館】-1F-保健福祉課・国保年金課_外気負荷処理	5800	61.2	57.8	63	3.7	4100	71%	49.2	42.0	618	1.5	VAV
ACU-2:【本館】-2F-保健福祉課1_外気負荷処理	8040	93.3	80.2	25	3.7	5080	63%	61.0	52.0	245	0.75	VAV
ACU-2:【別館】-2F-保健福祉課2_外気負荷処理	5400	57.0	53.8	55	3.7	3560	66%	42.7	36.4	539	1.5	VAV
ACU-3:【本館】-3F-コミュニティ支援課_外気負荷処理	6540	75.7	65.2	25	2.2	4690	72%	56.3	48.0	245	0.75	VAV
ACU-3:【別館】-3F-総務企画課_外気負荷処理	3200	33.7	31.9	55	2.2	3200	100%	38.4	32.7	539	1.5	VAV
ACU-4:【本館】-4F-まちづくり整備課_外気負荷処理	5310	61.6	53.0	25	2.2	4630	87%	55.6	47.4	245	0.75	VAV
ACU-4:【別館】-4F-消費生活センター_外気負荷処理	5400	60.1	57.8	55	3.7	5060	94%	60.7	51.8	539	1.5	VAV
	45090					34840	77%					

表 2.3-8 プラグファン導入の表  
プラグファン導入によりファン電動機も削減  
(新晃工業 標準型空調機 PH 型+PC 型プラグファン 60Hz)

## ケース⑨:外壁断熱 50mm の追加

ケース⑧-b の仕様に対し、外壁に外断熱(50mm)を追加したケースである。

## ■ 各種熱源・空調改善の詳細一覧(ケース④～⑨)

上記の設備更新に伴う、ケースごとの熱源・空調設備の変遷を以下の表に示す。

	ガス吸収式 冷温水発生機	冷却塔、 冷却水ポンプ	1次ポンプ	2次ポンプ	外調機	FCU	PAC
現状	本館632kW 別館590kW 台数制御なし	本館冷却塔1374kW ポンプ3590L/min×18.5kW 別館冷却塔1351kW ポンプ3530L/min×18.5kW	本館 1970L/min× 11kW 別館 1860L/min× 11kW	本館、別館各3台 台数制御なし 送水温度差5℃	図面通り	図面通り	図面通り
ケース ④	本館×0.9 別館×0.9 台数制御なし	冷却塔能力×0.9 冷却水P変更なし		本館3台×0.9 別館3台×0.9 台数制御なし		各室の室内 負荷削減率 を反映	各室の室内 負荷削減率 を反映
ケース ⑤	本館×0.8 別館×0.8 台数制御なし	冷却塔能力×0.8 冷却水P変更なし		本館3台×0.8 別館3台×0.8 台数制御なし	外調空気、 余剰排気の 削減により、 ACU容量と 余剰排気量 の適正化		
ケース ⑥-a	本館 527kW,150RT 別館 527kW,150RT Panasonic CP型 冷却水変流量	本館冷却塔872kW 冷却水P, INV制御 2500L/min×21m×15kW 別館冷却塔872kW 冷却水P, INV制御 2500L/min×21m×15kW	本館 1500L/min× 20m×11kW 別館 1500L/min× 20m×11kW	ケース3に同じ			
ケース ⑥-b	本館 527kW,150RT 別館 422kW,120RT 台数制御あり Panasonic CP型 冷却水変流量	本館冷却塔872kW 冷却水P, INV制御 2500L/min×21m×15kW 別館冷却塔698kW 冷却水P, INV制御 2000L/min×21m×15kW	本館 1500L/min× 20m×11kW 別館 1200L/min× 20m×7.5kW				

表 2.3-9 各種熱源・空調改善の詳細一覧

	ガス吸収式 冷温水発生機	冷却塔、 冷却水ポンプ	1次ポンプ	2次ポンプ	外調機	FCU	PAC
現状	本館632kW 別館590kW 台数制御なし	本館冷却塔1374kW ポンプ 3590L/min×18.5kW 別館冷却塔1351kW ポンプ 3530L/min×18.5kW	本館 1970L/min× 11kW 別館 1860L/min× 11kW	本館 570L/min×5.5kW 550L/min×5.5kW 480L/min×3.7kW 別館 625L/min×5.5kW 580L/min×5.5kW 610L/min×5.5kW 台数制御なし 送水温度差5℃	図面通り	図面通り	図面通り
ケース ⑦-a	ケース⑥-aに同 じ	ケース⑥-aに同 じ	ケース⑥-a に同じ	本館台数、末端差圧制御 460L/min×2.5m ×5.5kW×2台, INV制御 別館台数+末端差圧制御 415L/min×1.9m ×3.7kW×2台, INV制御	ケース⑤ に容量は同じだが、 7℃差、 比例二方弁制御	ケース④ に容量は 同じだが、 FCU 7℃差、 DCモー ター仕様、 比例二方 弁制御	ケース④ に同じ
ケース ⑦-b	ケース⑥-bに同 じ	ケース⑥-bに同 じ	ケース⑥-b に同じ				
ケース ⑧-a	ケース⑥-aに同 じ	ケース⑥-aに同 じ	ケース⑥-a に同じ				
ケース ⑧-b	ケース⑥-bに同 じ	ケース4bに同 じ	ケース⑥-b に同じ				
ケース ⑨	422kW,120RT 各2台 台数制御あり	冷却塔698kW 各2台 冷却水P, INV制御 2000L/min×21m× 15kW 各2台	1200L/min× 20m×7.5kW 各2台	本館台数+末端差圧制御 440L/min×2.5m ×5.5kW×2台, INV制御 別館台数+末端差圧制御 370L/min×1.9m ×3.7kW×2台, INV制御	更新 予冷予熱時外気 取入停止制御	さらに各 室の室内 負荷削減 率を反映	さらに各 室の室内 負荷削減 率を反映

表 2.3-10 各種熱源・空調改善の詳細一覧

#### (4) ZEB 化のための省エネ計算の試算分析

本比較は①をベースケースとし、②照明(LED化)→③換気ファン改修→④屋根断熱+内窓→⑤換気量適正化→⑥熱源更新・台数制御→⑦大温度差送水+二次ポンプVWV化→⑧外調機VAV・プラグファン→⑨外壁断熱の順で、段階的に適用する構成としている。

	照明	換気	断熱パターン			空調 (FCU+外調機)	熱源	冷房熱負荷 【削減率】	空調冷房能力 (熱源 本機/別館)	BEI			BPI	
			屋根	窓	外壁					照明	換気	空調		
①	非LED	現状	断熱なし	断熱なし	断熱なし	現状	現状	1.123kW 【基準】	632kW 590kW	1.57	0.94	1.13	1.90	1.12
②	すべてLED (人感センサー)	現状	断熱なし	断熱なし	断熱なし	現状	現状	1.123kW 【0%】	632kW 590kW	1.45	0.50	1.13	1.90	1.12
③	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	断熱なし	断熱なし	断熱なし	現状	現状	1.123kW 【0%】	632kW 590kW	1.43	0.50	0.81	1.90	1.12
④	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	現状 +FCU容量削減	現状	973kW 【▲13%】	(632kW×0.9) (590kW×0.9)	1.33	0.50	0.81	1.74	0.98
⑤	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	換気量の適正化 (空調負荷減) +FCU容量削減 (容量減)	現状	851kW 【▲24%】	(632kW×0.8) (590kW×0.8)	1.22	0.50	0.81	1.58	0.98
⑥-a	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	換気量の適正化 (空調負荷減) +FCU容量削減 (容量減)	熱源更新 (容量減)	851kW 【▲24%】	527kW 527kW	1.06	0.50	0.81	1.32	0.98
⑥-b	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	換気量の適正化 (空調負荷減) +FCU容量削減 (容量減)	熱源更新 (容量減) +台数制御 (効率化)	851kW 【▲24%】	527kW 422kW	0.98	0.50	0.81	1.20	0.98
⑦-a	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	換気量の適正化 (空調負荷減) +FCU更新 (容量減) +大温度差送水 (冷温水量減)	熱源更新 (容量減)	851kW 【▲24%】	527kW 527kW	0.98	0.50	0.81	1.19	0.98
⑦-b	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	換気量の適正化 (空調負荷減) +FCU更新 (容量減) +大温度差送水 (冷温水量減)	熱源更新 (容量減) +台数制御 (効率化)	851kW 【▲24%】	527kW 422kW	0.89	0.50	0.81	1.07	0.98
⑧-a	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	換気量の適正化 (空調負荷減) +FCU更新 (容量減) +大温度差送水 (冷温水量減) +外調機VAV制御 (外気流入量減)	熱源更新 (容量減)	851kW 【▲24%】	527kW 527kW	0.92	0.50	0.81	1.11	0.98
⑧-b	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	断熱なし	換気量の適正化 (空調負荷減) +FCU更新 (容量減) +大温度差送水 (冷温水量減) +外調機VAV制御 (外気流入量減)	熱源更新 (容量減) +台数制御 (効率化)	851kW 【▲24%】	527kW 422kW	0.84	0.50	0.81	0.99	0.98
⑨	すべてLED (人感センサー)	ファン高効率化 CO2INV制御 (非空調室)	屋根外断熱 50mm	内窓設置 (すべての窓)	壁外断熱 50mm	換気量の適正化 (空調負荷減) +FCU更新 (容量減) +大温度差送水 (冷温水量減) +外調機VAV制御 (外気流入量減)	熱源更新 (容量減) +台数制御 (効率化)	778kW 【▲31%】	422kW 422kW	0.78	0.50	0.81	0.90	0.74

表 2.3-11 ベースケースと比較ケースの省エネ計算の試算結果

## 1) BEI の推移とダウンサイジングの判断点

BEI の推移は、ベース 1.57 から②LED で 1.45、③換気ファン改修で 1.43、④屋根断熱+内窓で 1.33、⑤換気量適正化で 1.22 となる。その後、⑥熱源更新・台数制御で 1.06~0.98、⑦大温度差送水+VWV 化(FCU DC 化含む)で 0.98~0.89、⑧外調機 VAV・プラグファンで 0.92~0.84、⑨外壁断熱追加で 0.78 まで低下する。空調 BEI の寄与が大きいいため、外皮と換気で必要能力を下げた上で、熱源・搬送・送風の更新と制御で追減する順序が有効である。

明確な判断点として、⑤換気量適正化により空調の冷房能力が約 22~24% 縮小し、熱源・機器の容量見直し(⑥以降)の前提が整う。これにより、本館/別館の熱源容量を 527kW / 422kW クラスへと大幅にダウンサイジングして再設定でき、台数制御や変流量制御等の設備効果を確実に反映できる構成となっている。

なお、③換気ファン改修は②LED 化の派生ケースとしての中間ステップであり、④~⑨の主系列とは独立に、LED 化直後の実装容易な対策として位置付けている。

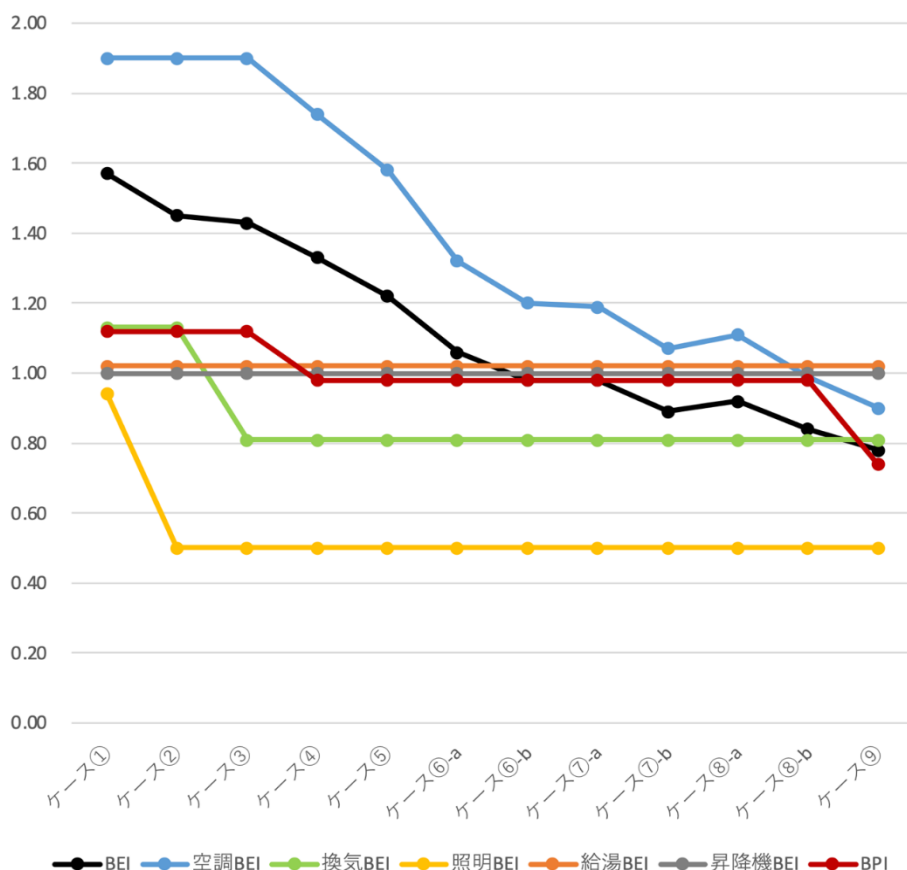


図 2.3-1 BEI と BPI の推移

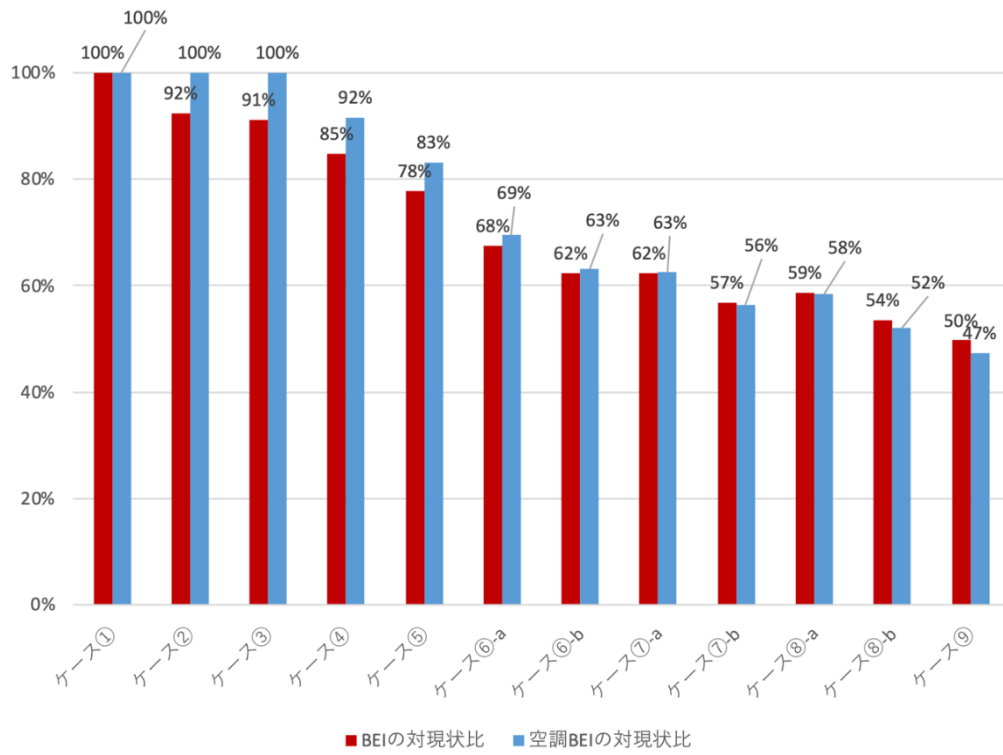


図 2.3-2 BEIと空調 BEI の対現状比

## 2)ベースケース(ケース①)の分析と課題

全体 BEI	空調 BEI	換気 BEI	照明 BEI	給湯 BEI	昇降機 BEI	BPI
1.57	1.90	1.13	0.94	1.02	1.00	1.12

表 2.3-12 BEIとBPIのまとめ(ケース①)

図2.3-3 エネルギー消費性能(ケース①) BEI=1.57 [GJ/年]

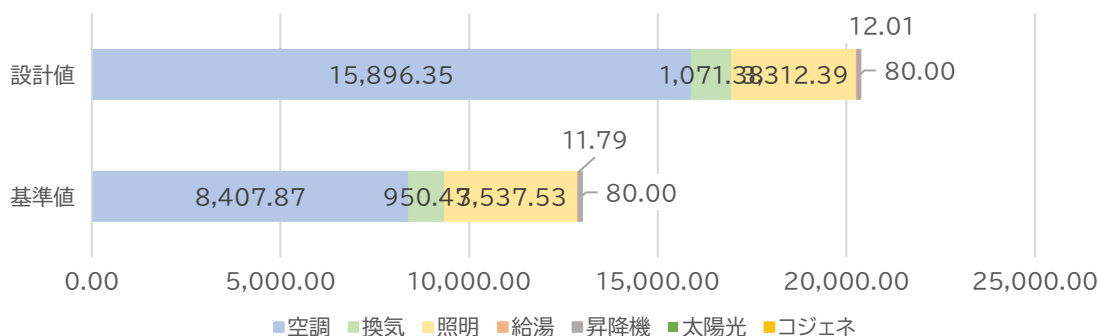


図2.3-4 設計一次エネルギー消費量の内訳(ケース①)

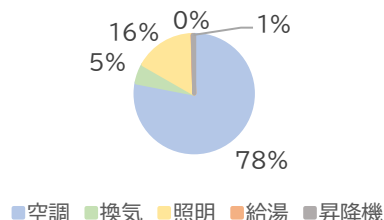
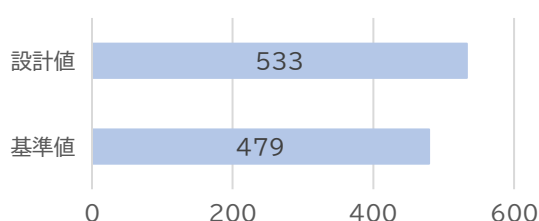


図2.3-5 外皮性能(ケース①) BPI=1.12



全体 BEI は 1.57 となり、基準値を大きく上回っている。特に空調 BEI が 1.90 と高く、全体 BEI を押し上げる主因となっている。

設計一次エネルギー消費量の内訳を見ると空調が約 8 割を占めており、本施設の省エネルギー対策は「空調系の改善」が最優先であることが明確である。

なお、過去 4 年間の実績一次エネルギー消費量(平均約 1,189 MJ/m<sup>2</sup>年)に対し、ケース①の計算値は約 2,425 MJ/m<sup>2</sup>年と大きな乖離がある。これは、実際の区役所では一般の事務所に比べて夜間利用が少ないことに加え、予算制約等から空調時間を極力抑えた「我慢の運用」が行われている可能性が高いためである。したがって、ケース①は実績再現を目的としたものではなく、あくまで改修効果を相対的に評価するための基準点である。

項目	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	4 年間の平均	ケース①
電力[kWh/年]	754,305	758,034	799,176	757,878	767,348	1,559,290
ガス[N m <sup>3</sup> /年]	83,278	89,761	91,502	76,029	85,143	174,841
一次エネルギー MJ/年	11,109,527	11,437,657	11,917,548	10,818,194	11,320,731	23,086,514
一次エネルギー MJ/m <sup>2</sup> 年	1,167	1,202	1,252	1,136	1,189	2,425

表 2.3-13 過去 4 年間の実績一次エネルギー消費量との比較

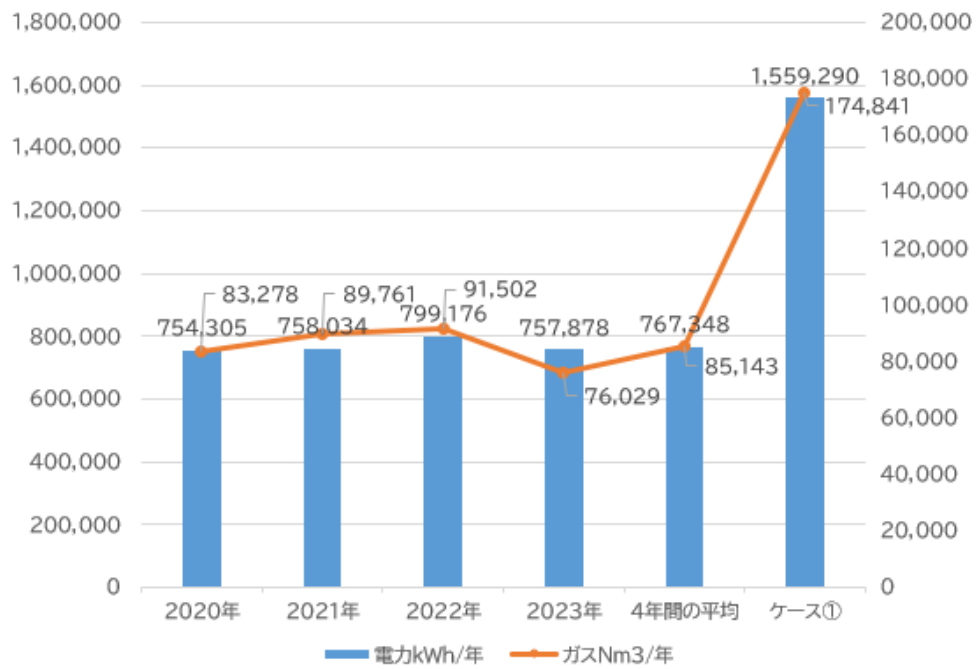


図 2.3-6 実績値と計算値の比較



図 2.3-7 一次エネルギー消費原単位のランク分け 10,000 ㎡未満(2019 年公表)

CASBEE 不動産 2024 年版マニュアルより抜粋

### 3) 既存空調方式(ガス中央方式)を踏襲した設備更新の狙い(ケース⑥~⑧)

全体 BEI	空調 BEI	換気 BEI	照明 BEI	給湯 BEI	昇降機 BEI	BPI
0.92	1.11	0.81	0.50	1.02	1.00	0.98

表 2.3-14 BEIとBPIのまとめ(ケース⑧-a)

図2.3-8 エネルギー消費性能(ケース⑧-a) BEI=0.92 [GJ/年]

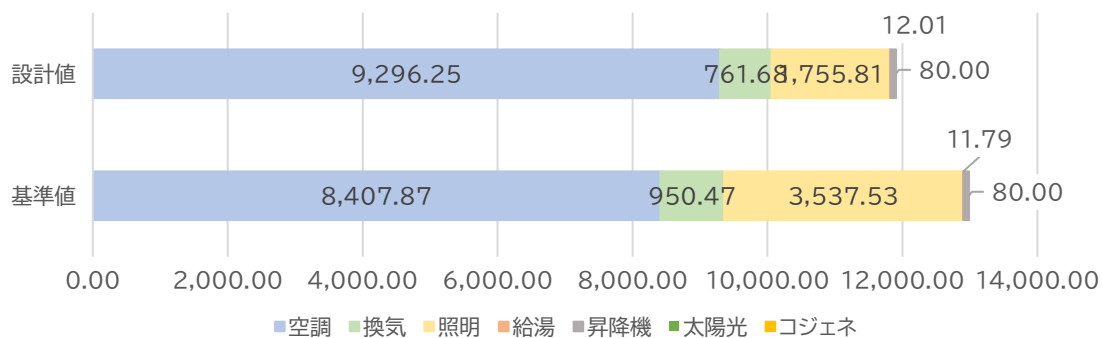


図2.3-9 設計一次エネルギー消費量の内訳(ケース⑧-a)

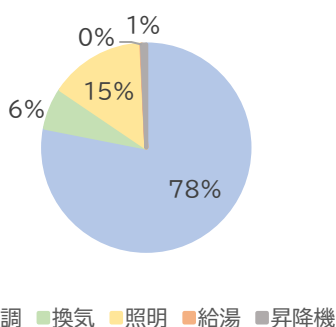
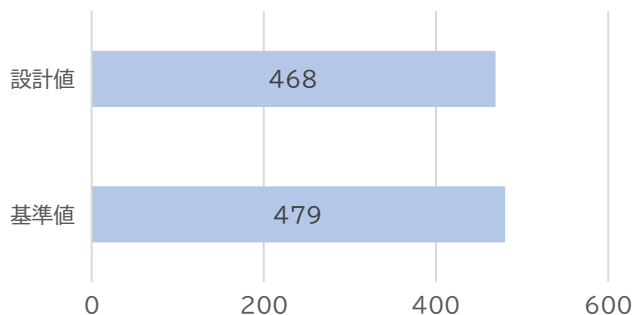


図2.3-10 外皮性能(ケース⑧-a) BPI=0.98



本検証では、熱源の完全電化や個別空調への全面的な系統再編は行っていない。これは、既存の受変電設備の容量制限や、区役所の業務を継続しながらの大規模な配管・配線工事が極めて困難であるという実務的な制約を考慮したためである(※熱源の電化は今後の長期的な検討対象とする)。

したがって、ケース⑥以降の設備更新においては、既存の「中央方式(ガス吸収式冷温水発生機)」を前提としつつ、ダウンサイジングによる容量適正化と機器の高効率化による改善を主眼とし、実務的に成立しうる ZEB 水準への到達可能性を検証している。

#### 4) 熱源・空調設備の更新効果(ケース⑥～⑧)

全体 BEI	空調 BEI	換気 BEI	照明 BEI	給湯 BEI	昇降機 BEI	BPI
0.84	<b>0.99</b>	0.81	0.50	1.02	1.00	0.98

表 2.3-15 BEIとBPIのまとめ(ケース⑧-b)

図2.3-11 エネルギー消費性能(ケース⑧-b) BEI=0.84 [GJ/年]

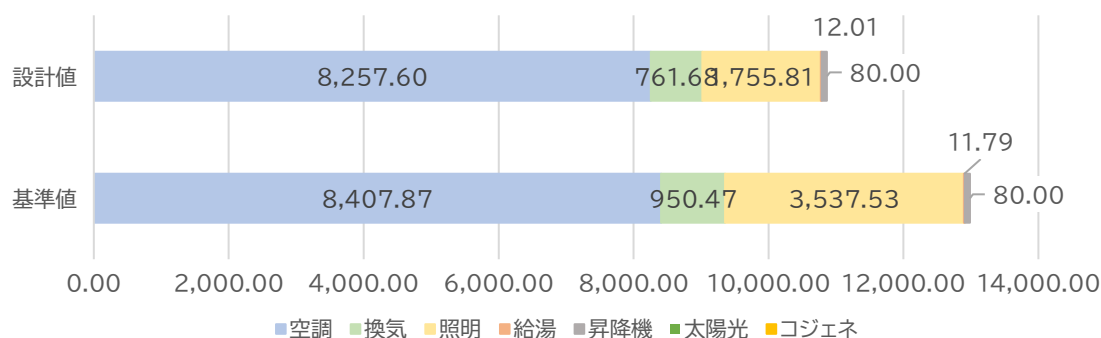


図2.3-12 設計一次エネルギー消費量の内訳(ケース⑧-b)

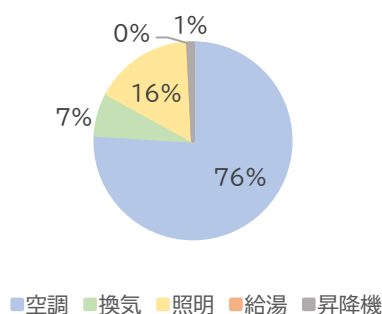
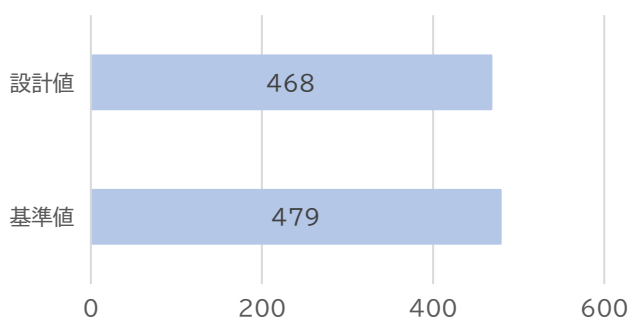


図2.3-13 外皮性能(ケース⑧-b) BPI=0.98



ケース⑥以降は、外皮および換気量の適正化によって低減した熱負荷を前提に、設備の最適化を図っている。ケース⑥において既存熱源を高効率機へ更新し、ケース⑦で大温度差送水・変流量制御、ケース⑧で外調機 VAV 化等を導入することで、部分負荷時のエネルギー効率を大きく改善した。

さらにケース⑥-b・⑦-b・⑧-b では、熱源の台数制御まで踏み込むことで、空調 BEI が 1.0 を下回る水準(0.99)まで低減している。特にケース⑧-b は、設備更新を伴う改修として実務上の到達点となる水準を示している。

#### 5) 外壁断熱の追加効果(ケース⑨)

ケース⑨は、外壁断熱を含む最終段階として、さらなる BEI 低減の可能性を確認する位置付けである。外皮性能を示す BPI は劇的に改善するものの、費用対効果や施工性(足場仮設等)のハードルが高いため、外壁の劣化改修等とタイミングを合わせた長寿命化工事としての採用が望ましい。

## 6)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)

・居ながら施工と仮移転(ローリング)の検討:区役所のような稼働中の施設における大規模改修では、日常業務を継続しながらの施工(居ながら施工)が基本となる。「No.4 高断熱化」で推奨する内窓設置などの外皮改修や、天井内での配管・機器更新等の工事においては、執務室の仮移転が必要となる場合がある。

・バイパス工事のスペース確保:また、「No.9 中央熱源方式 熱源の高効率化」等に伴う設備更新において、既存システムを活かしながら空調を停止させずに工事を行うためのバイパス工事(仮設配管等)のスペースが不足しやすい。そのため、実施設計段階において、緻密な施工ステップの構築と業務継続計画(BCP)、それに伴う仮設費用の算定を詳細に行う必要がある。

## (5) ライフサイクルコストシミュレーション結果の分析

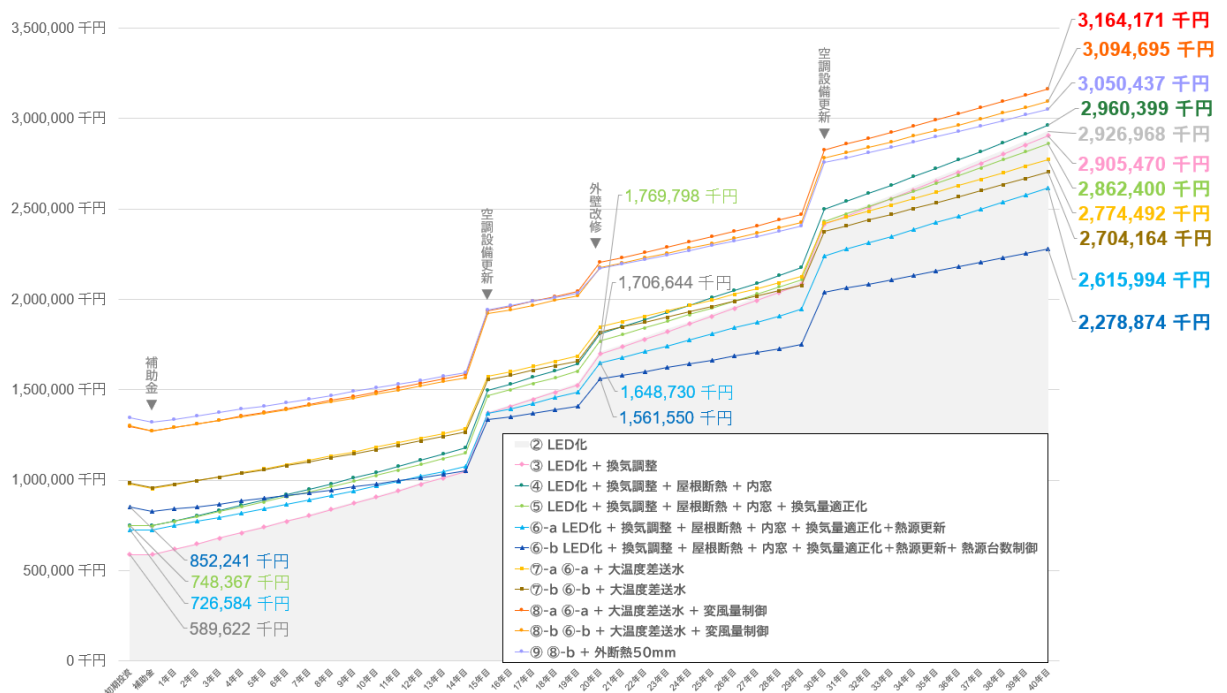


図 2.3-14 区役所の LCC グラフ

本検証では、区役所を対象として、断熱仕様および空調方式(熱源更新・搬送制御)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。大規模な改修は長期間の継続使用を前提とするため、初期投資だけでなく、将来の空調・電気設備等の更新費用や光熱費を含めたトータルコストの縮減が重要な評価基準となる。

グラフに示す通り、各ケースの LCC は以下のような推移と特徴を示している。

### 1. 最安 LCC と早期の投資回収を実現する「ケース⑥-a・⑥-b」

照明の LED 化や換気調整といった運用改善に加え、外皮改修(屋根断熱・内窓)と換気量の適正化による負荷低減を前提とし、熱源機器の更新(ダウンサイジング)および熱源の合体を行った「ケース⑥-a」およびそれに台数制御を加えた「ケース⑥-b」が、40 年間のトータル LCC において最も安価となる結果が示された。

初期投資はケース②(LED 化のみ)等と比較して増大するものの、改修直後からのランニングコスト削減効果により、次の空調設備更新時期を迎える前(約 15 年程度)に累積コストが逆転し、長期的なコスト削減において最も有利となる。

ただし、⑥-b の実現には、2 台の熱源をバイパスするための工事スペースに限りがあるなど、詳細な検討が必要なことに注意する必要がある。

## 2. 高度なシステム追加(ケース⑦、⑧)

ケース⑥に対して、さらなる制御(大温度差送水、変風量制御等)を追加した「ケース⑦系列」や、「ケース⑧系列」は、自動制御システムの大掛かりな導入費用の増大が影響し、40年間のLCCではケース⑥のコストパフォーマンスには及ばない結果となった。

## 3. 民間提案によるLCC削減の可能性

一方で、⑥の台数制御や、⑦、⑧の自動制御システムに係る費用は、市の類似実績から概算として算出したものであり、詳細検討で大きな金額の増減がある可能性が高いことや、今回想定したパターンの組み合わせだけでなく、他にも多くの改修方法が存在することなどを踏まえると、民間ノウハウによる提案を受ける余地が大いにあると言える。

## 4. 壁外断熱(ケース⑨)の費用対効果

壁外断熱を追加した「ケース⑨」は、本施設では、近年に外壁改修実績があったため、追加的な工事が困難という事情を加味して、最後のパターンとして追加試算を行っており、一見するとコスト回収が困難なメニューに見えるが、実際には、壁外断熱の外壁改修工事への追加コスト(5,000万円)を、40年間のLCC削減額(6,540万円=光熱費削減額4,370万円+20年目外壁改修コストの削減額2,170万円)が上回っている。

このため、外壁改修のタイミングが空調更新と重なるような事務所系建築物であれば、壁外断熱も選択肢のひとつになり得ることに注意が必要である。

## 5. まとめ

これらの結果に基づき、区役所の大規模改修においては、外皮性能の向上と換気量の適正化により空調負荷を徹底的に抑え込んだ上で、熱源のダウンサイジングと合体・高効率化を行う「ケース⑥-a」または「ケース⑥-b」を標準として推奨する。

本パッケージは、執務室内の大規模な工事を伴うような大掛かりな制御工事(VAV化等)を必要とせず、比較的容易な施工で最大のコストメリット(約15年での投資回収)を生み出せる点が最大の付加価値として評価できる。

なお、下表のとおり、投資的経費については、「ケース⑥-a」、「ケース⑥-b」は、更新費用については、4億円の削減となったが、40年ではマイナスに転じるころまではいかないことが確認された。

	投資的経費		
	初期投資	更新費	計
② LED化	589,622	699,672	1,289,294
③ LED化 +換気調整	589,622	699,672	1,289,294
	0	0	0
④ LED化 +換気調整 +屋根断熱 +内窓	748,367	699,672	1,448,039
	158,745	0	158,745
⑤ LED化 +換気調整 +屋根断熱 +内窓 +換気量適正化	748,367	699,672	1,448,039
	158,745	0	158,745
⑥-a LED化 +換気調整 +屋根断熱 +内窓 +換気量適正化 +熱源更新	726,584	656,105	1,382,689
	136,962	▲ 43,567	93,395
⑥-b LED化 +換気調整 +屋根断熱 +内窓 +換気量適正化 +熱源更新 +熱源台数制御	852,241	663,060	1,515,301
	262,619	▲ 36,612	226,007
⑦-a ⑥-a +大温度差送水	980,748	658,623	1,639,370
	391,125	▲ 41,049	350,076
⑦-b ⑥-b +大温度差送水	984,225	665,577	1,649,802
	394,603	▲ 34,095	360,508
⑧-a ⑥-a +大温度差送水 +変风量制御	1,297,217	782,074	2,079,291
	707,595	82,402	789,997
⑧-b ⑥-b +大温度差送水 +変风量制御	1,300,654	788,947	2,089,601
	711,032	89,275	800,307
⑨ ⑧-b +外断熱50mm	1,346,696	759,362	2,106,058
	757,074	59,689	816,763

表 2.3-16 投資的経費一覧表

## (6) 区役所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、区役所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・空調仕様

長期使用が想定される区役所においては、約 15 年という早期の投資回収が可能であり、室内への大掛かりな工事を伴わない「屋根断熱 + 内窓 + 熱源の合体・高効率化(ケース⑥-a・⑥-b 相当)」のパッケージを標準設計とする。なお、⑥-b における熱源のバイパス工事の採否については、(基本・)実施設計の中で、実現性を確認し LCC 評価の上、決定する。

さらに、長期の利用が想定され、外壁改修のタイミング等と合致する場合には、建物の長寿命化や外壁落下対策としても有効な理想案「外壁断熱(ケース⑨相当)」の採用を積極的に検討する。

また、民間提案を受けて改修事業を行う場合には、ケース⑦や⑧に示す自動制御も排除せず、最も有利な提案を採択することができるものとする。

対象施設(想定シナリオ)	標準仕様および備考
基本方針 (推奨案)	「屋根断熱 + 内窓 + 換気量適正化 + 熱源合体・高効率化」を標準とする  ・大掛かりな室内工事(天井内配管の大幅なやり替え等)を回避しつつ、約 15 年で投資回収が可能なため(ケース⑥-a・⑥-b 相当)。
理想案	「推奨案 + 壁外断熱」を理想案として推奨する  ・躯体の長寿命化(コンクリート中性化防止)や外壁落下防止に直結するため、将来の外壁改修等とタイミングを合わせて導入を検討する。

表 2.3-17 区役所施設における推奨改修仕様

## ② 空調方式および条件設定

空調方式は、既存の配管等を活かしつつ熱源機器をダウンサイジング・合体させる「中央熱源方式の高効率化」を標準とする。大規模な VAV(変風量)制御などの導入は必須とせず、費用対効果を踏まえて台数制御等の簡易なシステムを優先する。

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	執務室の実際の定員(レイアウト)および、窓口エリアの想定来庁者数に基づき適正に算定する。
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 10W/m <sup>2</sup> 程度など)にて算定する。
外気負荷	建築物環境衛生管理基準に基づく必要換気量とし、過大設計とならないよう見直しを行う。
空調方式	中央熱源方式を基本とし、負荷低減効果を見込んだ熱源機のダウンサイジングおよび系統の合体・台数制御を標準とする。

表 2.3-18 空調設計における熱負荷計算条件(区役所)

## 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。(※過剰な外気導入を防ぐため、換気量の適正化を最重要視する)。

設備種別	標準仕様および備考
換気設備	必要換気量の適正化(CO <sub>2</sub> センサー制御等の導入) ・既存施設の多くが過剰換気となっているため、実態に合わせた風量調整や、CO <sub>2</sub> 濃度に応じた外気導入量の制御等を行い、外気負荷を最小限に抑える。
照明設備	全面 LED 化および細やかな点滅制御を標準とする ・高効率 LED を採用し、窓際の昼光利用(個別消灯)や、不在エリアの消灯を徹底できるよう細やかなスイッチ回路(またはセンサー制御)とする。

表 2.3-19 換気・照明設備の標準仕様(区役所)

## (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基本とする。特に夏季は、窓面のブラインドを適切に下ろすことでペリメーターゾーン(窓際)の空調負荷を低減させることが可能となる。

### ② 空調に関わる機器(中央熱源・空調機等)の運用方法

本施設は、断熱強化による負荷低減を前提として熱源機器を合体・ダウンサイジングしている。部分負荷時(春秋の中間期や冷暖房の立ち上がり後)において最も効率よく運転できるように設計されているため、不要なエリアの空調停止や、外気冷房(中間期)の積極的な活用を行うことで省エネルギー効果が最大化される。

### ③ 設備機器のメンテナンス方法

空調機(AHU や FCU)のフィルター清掃は、熱交換効率の維持と搬送動力の削減に直結するため、定期的実施することが重要である。また、更新した高効率熱源機の性能を長期間維持するため、専門業者による定期的な保守点検を確実に実施する。

### 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夜間や休日の室温変動が抑えられるため、朝の立ち上がり時の空調負荷(予冷・予熱負荷)が小さくなる設計としている。

この特性を活かし、開庁直後に一斉に全館の空調を強運転とせずとも快適性を確保しやすいため、時間差運転や段階的な設定温度の変更を行う運用が推奨される。これにより、電力使用のピーク(最大需要電力)の集中を回避・抑制し、基本料金の低減に繋げることが可能である。