

大規模 ZEB 庁舎の実現 —伊丹市新庁舎のグリーン化への挑戦—

伊丹市 総務部 デジタル戦略室 なかにし ひろし
中西 寛

1. はじめに

伊丹市は兵庫県南東部に位置し、大阪国際空港（伊丹空港）があり、大阪市には電車を利用して約15分でアクセスができる交通利便の良いまちである。

過去には阪神・淡路大震災を経験し、最大震度7を記録した地震では交通網の中心となる高架の駅舎が崩れ、当時、頻繁に報道された被災地でもある（写真-1）。今後30年以内に70%の確率で発生するといわれている南海トラフ地震に向けて、まちの強度をより一層上げることが課題となっている。



写真-1 阪神・淡路大震災で被災した高架の駅舎

2. 市庁舎整備と市民感覚

(1) 現在の市庁舎

現在の伊丹市本庁舎（以下、「庁舎」という）は、建設後約50年を経過し多くの課題を抱えている。

庁舎は財政的な理由から定期的な改修なども見送りがちとなり、いわば、手付かずのまま老朽化が進んでいる。さらに、自治体の業務は増加傾向のため、建設当時のスペースは狭隘化し、バリアフリーの対応など、さまざまな課題が未対応とな

っている。特に、被災後に実施した耐震診断の結果では、建築基準法の耐震基準に比べ、約40～70%の耐力不足が確認されたにもかかわらず、市民利用施設の補強等を優先した結果、庁舎の対応は未実施となっている。これらは、日常の市民サービスが低下するだけでなく、有事の際の救助・救援活動に支障が出るのが予想される状態である。

このような状況で、市民サービスの拠点となる庁舎整備を早々に着手するべきと考えられるわけであるが、未着手となっていたのはなぜなのか。

(2) 市民感覚

庁舎の建替えや整備費用は相当に巨額であり、その費用は税金を利用することとなる。一方で、学校や病院などといった市民生活に直接的なサー

ビスを提供する要素は少なく、いわゆる「オフィスビル」という色合いが強い。つまり、市民は庁舎整備に巨額な税金が投じられることよりも、身近で直接的なサービスを求めるものである。そのことから、庁舎整備においては、市民の理解が不十分であると、その想いが過熱し、建設反対が始まり、中止や見送りといったケースが散見される。

市としては、そういった市民の想いを理解し、学校教育施設やライフラインの耐震化、市民施設の改修等に積極的な投資を優先した結果、庁舎整備が後回しになってきたのである。

それでは、反対が想定される庁舎整備をどのように進めたのか。また、追加費用（追加の税金）が必要となるであろう ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビルディング）をどのように達成したのか。本稿では、その事業スキームや考え方を紹介する。

3. 庁舎建替えについて

(1) 建替え事業の経緯

庁舎整備については、平成 27 年度の「伊丹市公共施設再配置基本計画」において、令和 3 年（2021 年）から令和 12 年（2030 年）の期間に建替えを基本とした検討を行うこととなっていた。

ところが、平成 28 年 4 月に熊本地震が発生し、現地の市庁舎が被災したために災害応急活動に遅れが生じたことを目の当たりにした本市市長が、計画を大幅に前倒し、庁舎の建替えを決断した。平成 29 年度には防災・減災対策を目的に、耐震化が未実施の市町村庁舎の建替えにおける建設起債の一部を交付税として国が負担する「市町村役場機能緊急保全事業債」（以下、「保全事業債」という）が創設されたことで、財源的なハードルは低減されることとなった。

(2) 事業の進め方

庁舎の建替えの一般的な進め方は、規模にもよるが、基本構想から始まり、基本計画、基本設

計、実施設計、施工から竣工、開庁までという流れとなり、約 10 年を必要とする。しかし、創設当時の保全事業債は事業完了を平成 32 年度までとしていたため、本庁舎整備では、一般的な庁舎建替え事業の倍速で進めることとなる。

そこで、事業スキームを検討した結果、庁舎建替え事業は設計と施工を同時並行することにより、工期短縮を図ることができる「基本設計先行型デザインビルド方式」を採用することとした。

(3) 市民との共創・協働

庁舎建替え事業において、保全事業債による一定の市民負担軽減や事業スキームの確立が図れたとはいえ、最も重要なことは市民の理解である。

そこで、設計者を交えた市民ワークショップなどを実施し、「市民が求めるもの・こと」を対話形式で掘り下げることで、庁舎建替え事業を市民にとって「わがこと」になってもらうことや「ともに創る・共有する」ということ、つまり「共創・協働」を推進した（写真－2）。

一方で、市民負担軽減においては保全事業債だけでなく、さまざまな財源確保を検証することとし、結果、ZEB に関する国からの補助金についても検討を開始した。

また、建替え事業の推進のため、防災・減災だけでなく、新型コロナウイルス感染症対策や DX（デジタル・トランスフォーメーション）への対応等といった刻々と変化する時代の要請、つまり市民のニーズに対して柔軟かつスピードのある対



写真－2 設計者を交えた市民ワークショップの様子

応をすることで、投じる税金の価値をより一層高めることとなった。

そういった経緯により、市民から理解と賛同を得ることができ、庁舎整備事業の着手に至る。

4. ZEB 化の検討

市民との対話を経て、「市民の安全・安心な暮らしを支え 夢と魅力があふれる庁舎」を基本理念にした4つの基本方針の一つに「環境に配慮した庁舎」を掲げ、太陽光発電システムや雨水利用などを取り入れた庁舎となっている（図-1）。

環境面については、そもそも自治体は環境政策を業務の大きな柱の一つとしており、その庁舎は当然、環境負荷の低減が求められる。そのような中、市民からの要請もあった「環境配慮」について検討した結果、技術的な工夫が随所に発揮され、令和2年11月に建築物省エネルギー性能表示制度(BELS)によるZEB Ready 認証を取得し、5段階評価で最高ランクを獲得した（図-2）。

これは、延床面積2万m²を超える大規模庁舎では西日本初となり、さらに、環境省が実施する「レジリエンス強化型 ZEB 実証事業」の採択に至った。なお、この採択は同規模庁舎において全国初となる。

最近、よく耳にする「ZEB」であるが、達成した建物件数はいまだ多くない。これは、技術的な対応や費用の制約などに加え、市民は当然である

が、まずは市の内部関係者の理解獲得が最初で最大の障壁となる。その解決のためには、「ZEB」のロジックや費用の整理等において検討する際に、トライアンドエラーを繰り返しながらも、結論を導き出す事業担当者の「熱意」が重要であると考えられる。

5. ZEB の実現のために

(1) ZEB の考え方

それでは、いかに大規模 ZEB 庁舎の実現に至ったか。



図-2 BELS の認証（伊丹市新庁舎・ZEB Ready）

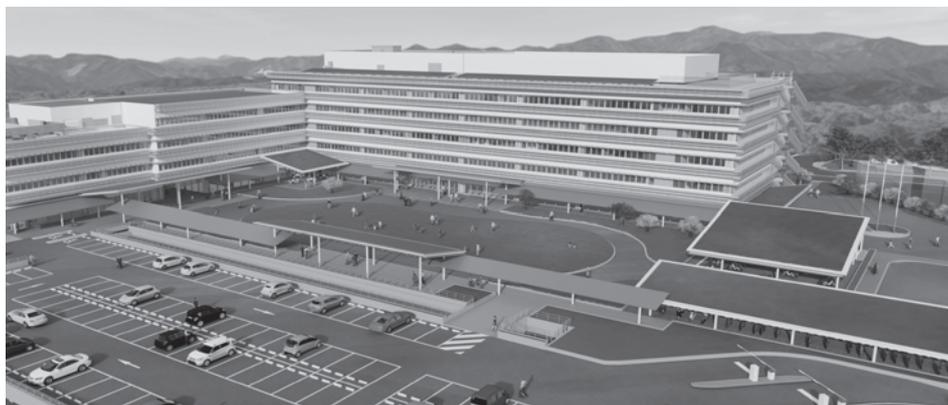


図-1 伊丹市新庁舎の完成予想パース

ZEB とは、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。

その手法は、まず日射遮蔽や外皮の断熱などといったパッシブ技術と高効率空調などといった設備を利用したアクティブ技術によって50%以上の省エネルギーを実現すること。これがZEB Readyとなる。そして、50%以上の省エネルギーを実現した上で、太陽光発電やバイオマス等の再生可能エネルギーといった創エネルギーにより、エネルギー消費量を正味（ネット）でゼロにすること。これでZEBとなる。

これを整理すると、「①エネルギーを減らす」、「②エネルギーを無駄なく使う」、「③導入設備・技術を見直す」の3点がポイントとなる。

これら3点のポイントによりZEBの実現可能性を整理し、技術面におけるZEB導入に至った。

(2) ZEB化に係る費用の考え方

次に課題となるのが、ZEB化による費用負担が挙げられる。庁舎建替えにおいて費用の増嵩は庁内をはじめ、市民の理解を得るのに困難となる。そこで、この点についてもシンプルに整理した。

ZEB化に係る費用については、一般社団法人環境共創イニシアチブによると、WEBプログラム上の基準建物（以下、「基準建物」という）に対して事務用途（庁舎用途）では、10%程度増嵩すると試算されている。

一方で、自治体が整備する公共建築物の建物仕様は基準建物に比べて高水準に位置しており、ZEB化を目指さなくても建築単価は一般的に高額となっている。

費用対効果の試算対象において、ZEB化により増嵩する費用を明確にするには、前述の10%程度を使うのではなく、公共建築としての伊丹市仕様の建築物とした。その結果、伊丹市仕様の建築物に対して約5%の費用増嵩となり、この費用を光熱費の回収コストで試算すると、10年ほどで回収される結果となった。

つまり、建物をZEB化することで約10年後にはその初期投資分が回収されることとなる。これは、ライフサイクルコストの考え方としても合理的な結果となることに加え、時代の要請たるカーボンニュートラルの観点でも利益が生まれることとなる。

さらに、環境省が実施する「レジリエンス強化型ZEB実証事業」の採択により、ZEB化における経費の3分の2（年間5億円を上限）が補助対象となり、ZEBを採用しないという選択肢はなくなった。

(3) ZEB化の導入技術と結果

具体的にはどのような技術を採用して大規模ZEB庁舎に至ったかは次のとおりとなる。

① エネルギーを減らす

施設のエネルギー消費の4割は空調の熱源と熱搬送が占め、次に照明が2割を占める。すなわち、空調関連と照明のエネルギー消費が全体の6割を占めることになるので、そこをいかに低減させるかが必須の課題となる。

そこで、空調関連に着目し、外皮性能と断熱性能の向上を図った。新庁舎では、建築デザインにおいて合理的な効果のある環境配慮デザインを目指し設計を進めた。前述のとおり、熱負荷を低減し効率的に空調を働かせることが非常に重要となることから、外観デザインにも優れ、遮蔽効果の高い水平庇と日射遮蔽フィンを設けることや、外壁断熱材を40mm厚、屋根断熱材を100mm厚、開口部にはLow-eガラスを採用することで屋内の快適な環境を維持しながら、空調負荷の低減を可能とした。加えて、自然換気シミュレーションを行い、卓越風を効果的に捉える設計も導入している（図-3）。

② エネルギーを無駄なく使う

エネルギーの効率的な利用では、高効率機器といった設備機器の設置とセンサ類によるセンシングが重要となる。

空調設備機器においては、熱源、個別空調機器ともに高効率空調機を採用することで、高COP

■ 建築 : BPI、BEI/AC (空調) の向上に反映された技術

- ・ 日射遮蔽効果の高い庇とフィンを組み合わせた外装

北西面、南西面 : 木調日射遮蔽アルミフィン
北東面、南東面 : アルミプレート水平庇

- ・ 開口部と外壁、屋根の断熱強化

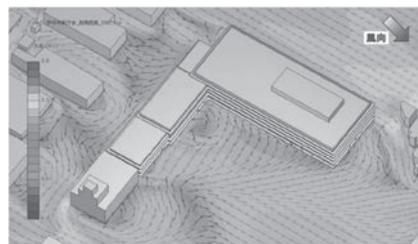
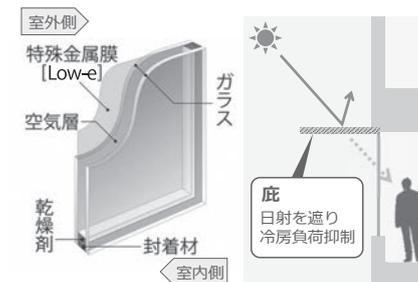
開口部 : Low-e二層ガラス
外壁 : 吹付硬質ウレタンフォーム40mm
屋根 : 押出ポリスチレンフォーム100mm

- ・ 中廊下型レイアウトの採用による効果的な自然採光

横連窓から日射制御された光を効果的に取り込む

- ・ 卓越風を効果的に捉える自然換気

対面する外壁の両面開口により、効果的な自然換気



自然換気シミュレーション

図-3 導入技術 (建築的手法)

■ 空調 : BEI/AC (空調) の向上に反映された技術

- ・ 高効率空調機器の採用

熱源 : 高効率ヒートポンプモジュールチラー (高COP 最適容量・台数制御)
個別空調機 : 高効率エアコン (高COP冷暖切替)

- ・ 空調の省エネルギー設備と制御

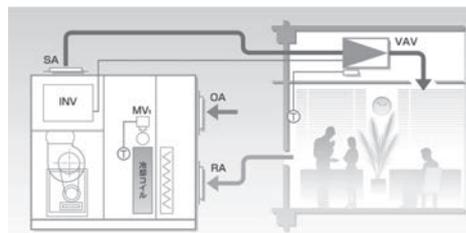
換気によって失う室内の熱エネルギーを無駄なく回収する全熱交換機の採用
外気が涼しく、冷房が必要な時に熱交換を自動で中止する外気冷房制御付き

- ・ 空調の省エネルギー制御

熱負荷に応じた風量に調整する変風量制御 (VAV)
熱負荷に応じた水量に調整する変水量制御 (VWV)
予冷予熱運転時に外気導入を停止する制御

- ・ 換気の省エネルギー設備

大風量換気ファンのインバータによる風量調整
電気室のサーモセンサによる自動換気発停



部屋の温度センサで吹出風量と空調機風量を調整するVAV方式

図-4 導入技術 (空調関連)

(エネルギー消費効率) と最適な容量と台数を実現している (図-4)。また、換気の際に熱効率を高める全熱交換機や、熱交換を無駄なく行う外気冷暖房制御を採用している。

加えて、部屋の温度センサで吹き出し風量と空調機風量を調整するVAV方式を採用するなど、省エネルギー制御を実現することとしている。換気についても大風量ファンにはインバータ制御による風量調整を行うことや、電気室といった温度変化のある室ではサーモセンサによる自動換気発停を導入している。

このように、効果的な機器選定とセンサ類による制御により、無駄なく効率的に機器を運転・稼働することで、大きな省エネルギー効果を実現した。

そして、照明機器では、高効率LED照明の採用と室の種別・ゾーニングごとによるセンサ配置と制御の採用により省エネルギー化を可能としているが、照度分布が利用者の満足度に直結するため、明るさ検知や初期照度補正の制御も導入している (図-5)。なお、これらのセンサ類は施設内に合計900を超える点数を設置している。

■照明：BEI/L（照明）の向上に反映された技術

・照明の省エネルギー制御

- ①**在室検知制御A**：2～4階大部屋執務室（センサ約290個）赤外線を使用した特殊人検知センサにより、不在部を自然な範囲で減光（**下限調光方式**）
- ②**在室検知制御B**：トイレ、廊下、階段室（センサ約220個）人感センサによりトイレ、廊下は不在時消灯（**点滅方式**）階段室は不在時減光（**減光方式**）
- ③**明るさ検知制御**：窓のある居室（センサ約100個）+①照度センサにより、昼光がある場合に照明を減光
- ④**初期照度補正制御**：①の対象室照度センサにより、照明器具の初期の明るすぎを抑え減光

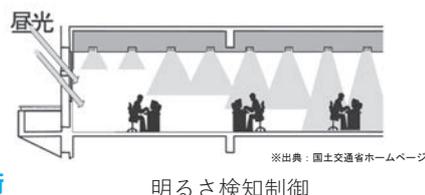
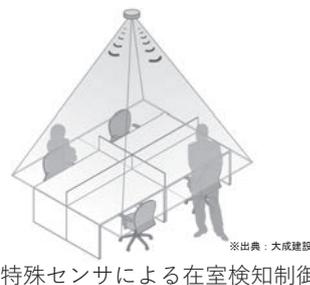
・高効率LED照明の採用

最新の高効率LED照明器具
（システム天井用器具・ダウンライト等）

■給湯・昇降機：BEI/HW・EVの向上に反映された技術

・潜熱回収型ガス給湯器の採用 排気ガスの排熱を回収する省エネ給湯器

・可変電圧可変周波数制御方式（VVVF）回生装置ありの採用



図－5 導入技術（照明等）

③ 導入設備・技術を見直す

最後に、ZEBの設計において過剰設計としないことが最重要となる。

例えば、設計条件における人員密度、OA機器の発熱量、空調容量などといった見込み数量については、過剰な設計とならないよう、実情・実運用に則した条件設定と設定値を使用し、過剰な機器選定を抑制することで、消費エネルギーの削減につながる。

④ ZEB達成の結果・効果

伊丹市新庁舎の一次エネルギー消費量結果は基準建物に対して、「トータル55%削減」となり、ZEB Readyの実現に至った。また、太陽光発電システムの導入では2%ほどの創エネルギーとなり、施設全体では57%の省エネルギーとなった。

内訳としては、空調設備で55%、照明設備で72%の省エネルギー効果となり、空調設備と照明設備におけるエネルギー削減がBEI（省エネルギー性能指標）低減の効果として大きいことも考察される。さらに、二酸化炭素排出量においても、基準建物に対して56%削減という効果を生み出している。

これらの結果については、今後、ZEB化の導入に当たり、ZEBの概念からその試算と設計の

考え方に至る各フェーズにおいて参考いただける内容となるのではないかと考える。

6. おわりに

全国的に高度経済成長期の建設施設の施設整備が行われる中、人口減少社会における更新費用を捻出する税収が見込めない未来に対して、施設の統廃合やライフサイクルコストの抑制等が必須となっている。そこで、ZEB化は光熱費といった運営費用の削減といった観点で有効手段の一つだと考える。

そして、環境負荷低減といった社会的ニーズへの対応の一つとしてZEBがあり、その実現には前述のように、まずはZEBを目指してみようという「意志」がなければならない。次いで、関係者への説得・理解を求めること。それには、環境面と長期的な経費での両面の効果から、フェーズごとにシンプルに考えるとZEB化のハードルは下がるのではないかと考える。

この伊丹市新庁舎整備事業が、来る未来に向けて明るい一助となることを期待し、本稿を閉じる次第である。