

第10章

温熱・省エネルギー

10-01 建築物省エネ法とZEB

10-02 ZEBのススメ

10-03 ZEB実現のために検討すること

10-04 事例紹介

- コラム

知的生産性の向上による低コスト化

ゼブ 建築物省エネ法と ZEB

事務所ビルや商業ビルはエネルギー消費率が高く、エネルギー消費量の削減が求められています。

省エネは「業務他部門」のエネルギー消費削減がカギ

我が国は 1970 年代のオイルショックを契機に、製造業を中心に省エネ化や省エネ製品の開発が進み、エネルギー消費を抑制しながら経済成長をしてきました。2011 年の東日本大震災以降、節電意識の高まりによって、最終エネルギー消費は減少が進んでいます(図 10-1)。

部門別にみると、1973 年度から 2019 年度において、多くの割合を占める「産業部門」は、経済規模、製造業全体の生産が増加しているにもかかわらず、最終エネルギー消費は 0.8 倍となっています。反面、「業務他部門」の最終エネルギー消費は、2.1 倍に増加しています。この部門において、エネルギー消費の削減が求められていることがわかります。「業務他部門」には、事務所ビル・商業施設などの建物が含まれます。

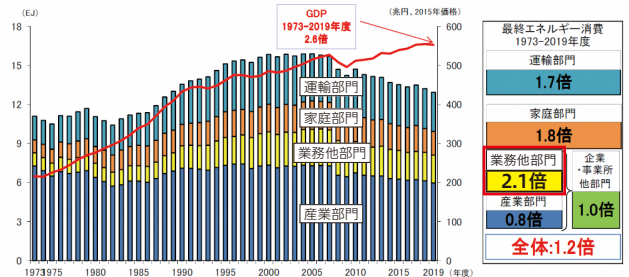


図 10-1 最終エネルギー消費と実質 GDP の推移
出典：「令和元年度エネルギーに関する年次報告」（エネルギー白書 2021）

改正建築物省エネ法とは？

非住宅建築物（新築）の省エネルギー性能の向上を図るため「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律(以下、建築物省エネ法)」(平成 27 年公布)では、延べ床面積 300㎡以上の建築物に、省エネルギー基準の適合を義務化し、建築確認や完了検査時に省エネ基準への適合を審査・検査しています。2021 年の制度内容の変更に伴い、現制度は「改正建築物省エネ法」と呼ばれています。

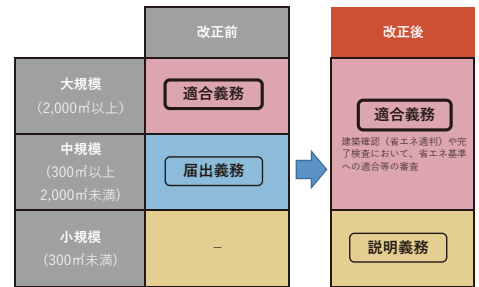


図 10-2 建築物省エネ法の改正

省エネ法における省エネルギー基準の概要と ZEB

非住宅建築物の省エネ性能の評価には、下記の 2 つの基準が用いられています。

- ① 建築物に導入する設備機器等の一次エネルギー消費量を評価する基準
- ② 建築物の外壁や窓等の外皮性能 (PAL* [パルスター]) を評価する基準

省エネ基準の適合義務に関しては、①の一次エネルギー消費量の基準への適合が求められ、より高い水準への取り組みとする誘導措置に関しては、①に加え②の外皮性能の基準への適合が加えられています。

①の建築物の一次エネルギー消費量の基準には、BEI (Building Energy Index) という指標を用います。BEI は、実際に建てる建物の「設計一次エネルギー消費量」を、地域や建物用途、室の使用条件などにより定められている「基準一次エネルギー消費量」で除した値で評価します。新築時の $BEI \leq 1.0$ であれば、基準適合とみなします。一次エネルギー消費量は、空調、照明、給湯等のエネルギー消費量から算出されます。計算は国立研究開発法人建築研究所が公表している「建築物のエネルギー消費性能計算プログラム」を使用して行います。

②の外皮性能 (PAL*) は、建物の形状、屋根・外壁・窓・外気に接する床などの外皮の断熱性能、日射遮蔽性能で決まり、建物用途ごとに、1～8 地域に分けられた地域区分に応じて基準値が定められており、その基準値を下回ればよいことになっています。

基準仕様	設計仕様
空調エネルギー消費量 EsAC	空調エネルギー消費量 EAC
+	+
換気エネルギー消費量 Esv	換気エネルギー消費量 EV
+	+
照明エネルギー消費量 ESL	照明エネルギー消費量 EL
+	+
給湯エネルギー消費量 EsW	給湯エネルギー消費量 EsW
+	+
昇降機エネルギー消費量 ESEV	昇降機エネルギー消費量 ESEV
+	+
事務・情報機器等エネルギー消費量 ESM	事務・情報機器等エネルギー消費量 EM
+	+
+	エネルギー利用効率化設備によるエネルギー削減量(エネルギーの創出) Es
=	=
基準一次エネルギー消費量 EST	設計一次エネルギー消費量 ET

図 10-3 建築物の一次エネルギー消費量 (非住宅部分)

次章で出てくる ZEB の評価は、建築物省エネ法と同様の「BEI」を用います。外皮性能に関する基準はありません。

〈一次エネルギー消費性能：BEI〉

$$BEI = \frac{\text{設計一次エネルギー消費量}^*}{\text{基準一次エネルギー消費量}^*}$$

*事務機器等/家電等エネルギー消費量（通称：「その他一次エネルギー消費量」）は除く

省エネ基準：BEI ≤ 1.0

誘導基準：BEI ≤ 0.8（非住宅）
（性能向上計画認定で適用）

出典：環境省「ゼブ・ポータル」

出所：「建築物の省エネ設計技術」編集委員会「建築物の省エネ設計技術省エネ適判に備える」（平成 29 年 5 月、（株）学芸出版社）より作成

一次エネルギー消費量の削減ポイント

「業務他部門」は、事務所・ビル、デパート、ホテル・旅館、劇場・娯楽場、学校、病院、卸・小売業、飲食店、その他サービス（福祉施設など）の 9 業種に大別されます。

非住宅建築物では、いずれの用途でも、空調設備（熱源）と照明設備（照明コンセント）の比率が高いことが共通である一方、熱の需要が大きいホテル、病院においては給湯設備（給湯・蒸気）の占める比率も高く、建物用途によってエネルギー消費状況は異なります。

省エネは、やみくもに全てのエネルギーの削減を目指すのではなく、まず、何が・どのくらい消費されているかといったエネルギー消費の実態を把握し、削減対象の優先順位を判断することが重要です。

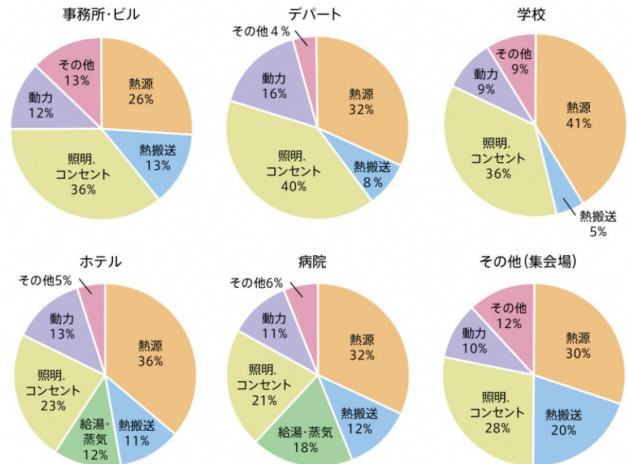


図 10-4 各建物用途におけるエネルギー使途別の消費内訳 (例)

出典：環境省「ゼブ・ポータル」

出所：関東経済産業局「中小企業の支援担当者向け省エネ導入ガイドブック」より作成

外皮性能の計画ポイント

非住宅建築物と住宅を比較すると、前者は後者に比べて内部発熱は 2 倍以上、換気量は 1.5 倍と大きくなります。また、前者は建物形状の奥行きが大きく、階数も多いため、建物全体として、床面積に対する外皮表面積の比率が小さくなります。こういった建物が、規模の大きな建物を中心に、数多く存在します。内部発熱が大きく、外皮表面積の小さな建物は、単位面積当たりの暖房負荷が小さくなり、冷房負荷が大きくなる傾向や、断熱性向上により暖房負荷は減る一方、冷房負荷は増加する傾向があります。PAL* は、暖房空調負荷と冷房空調負荷を合計しているため、その削減にあたっては、断熱性能の向上だけでなく、庇等の日除けや日射遮蔽性能の高い窓の採用など、冷房空調負荷の削減にも配慮する必要があります。

PAL* には外皮から 5m 以内の空間、又は屋根直下・ピロティ直上の空間（ペリメータゾーン）が計算にかかります。大規模建築物は外皮性能の影響を受けにくい空間（インテリアゾーン）が多く存在します。しかし、今後さらに木造化の推進が予測される低層の中規模木造の建物は、ペリメータゾーンが多く、外皮性能の影響を受けやすいため、外皮性能が省エネに大きく関わってきます。また、内部発熱がさほど大きくない種類の非住宅建築物では、断熱性能が低いと、上下の温度分布差の発生など劣悪な温熱環境を生み出すため、外皮の断熱性能の確保が必要です。温熱環境の向上は、外皮の気密性能の確保も大切です。

建物周辺（外周から 5m の距離までの空間）からどのくらい熱が入り出しているかの指標

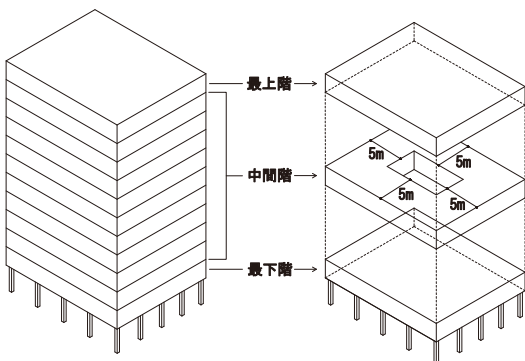
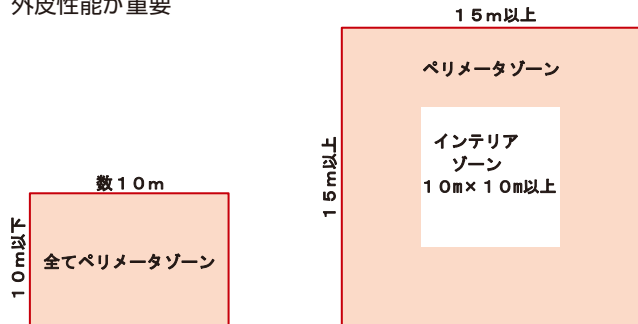


図 10-5 年間熱負荷係数 PAL* (Perimeter Annual Load Factor)

低層、中規模木造はペリメータタイプが多く、外皮性能が重要



ペリメータタイプ平面
外皮性能が省エネに大きく関わる

図 10-6 ペリメータゾーン

インテリアタイプ平面
大きいほど省エネに外皮の影響が少なくなる

ZEB のススメ

建築物のエネルギー性能の向上には省エネだけでは不十分。

自然エネルギーを活用した創エネにより、年間を通じた一次エネルギー消費量をネット・ゼロにしていく取り組みが必要です。

「省エネルギー」から、「ゼロ・エネルギー」へ

「業務部門」の最終エネルギー消費量の増加に伴い、CO₂ 排出量も1990年度以降の経済成長(実質GDPが27%増加)に対して、2016年度時点で産業部門からのCO₂ 排出量は17%減少したにも関わらず、業務部門からのCO₂ 排出量は66%増と大幅に増加し、全体の約2割を占めています。他部門に比べ増加が顕著であり、徹底的な省エネルギーの推進と再生可能エネルギーの活用によるCO₂ 削減が差し迫って重要な課題となっています。

さらに、東日本大震災における電力需給のひっ迫や北海道胆振東部地震における全域停電、国際情勢の変化によるエネルギー価格の不安定化等を受けて、エネルギー・セキュリティの観点から、建築物におけるエネルギー自立の必要性が認識されました。

こうした背景から、業務部門において、日本のエネルギー自給率の向上や、再生可能エネルギーによる持続可能な低炭素社会の構築のため、ZEB (ネット・ゼロ・エネルギー・ビル) の実現への期待が高まっています。

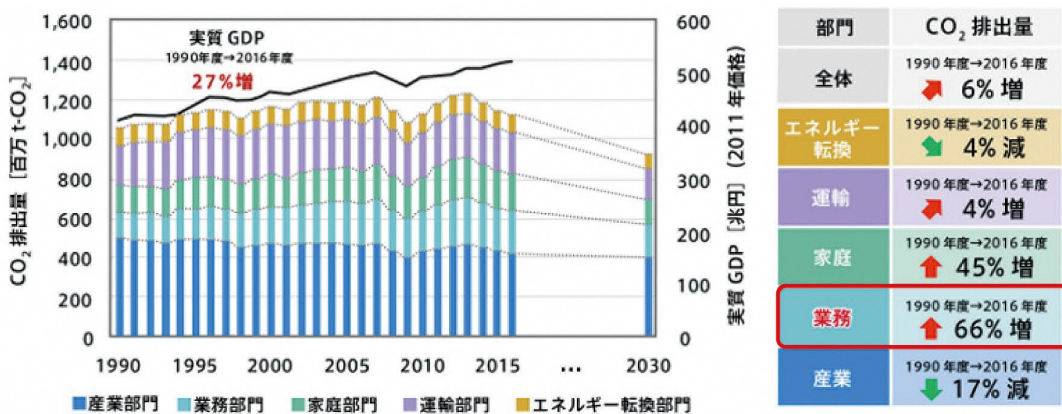


図 10-7 我が国における部門別の CO₂ 排出量の推移

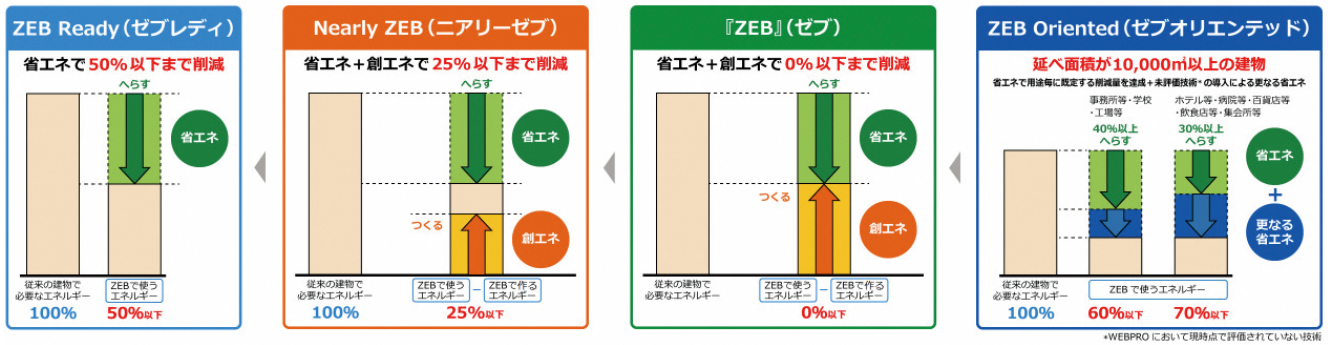
出典：環境省 ZEB PORTAL (ゼブ・ポータル)
出所) 国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス、日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」のデータを基に作成

ZEB の定義

ZEB とは、Net Zero Energy Building (ネット・ゼロ・エネルギー・ビル) の略称です。

建物内では、人が活動しているため、省エネのみで一次エネルギー消費量をゼロにすることはできません。しかし、快適な室内環境を保ちながら、①日射の遮蔽、外皮の断熱強化といった負荷を抑制、②昼光利用、自然換気などの自然エネルギーの利用、③照明、空調など設備システムの効率化、により使うエネルギーを大幅に減らし、太陽光発電などで使う分のエネルギーをつくることで、建物で消費する一次エネルギー消費量の年間収支を正味ゼロ(ネット)にすることができます。これらを目指した建物を ZEB といいます。

ZEB には、大幅な「省エネルギー」と、大量の「創エネルギー」が必要です。そこで、ゼロエネルギーの達成状況に応じて、4段階の ZEB シリーズが定義されています。第1段階：ZEB Ready (50%削減) 第2段階：Nearly ZEB (75%削減) 第3段階：ZEB (100%削減) です。延べ面積 10,000m²以上の建築物は、年間の新築着工に占める割合が棟数ベースでは 1%程度ですが、エネルギー消費量ベースでは 36%程度と影響が大きいため、この規模の建築物の ZEB 化の実現・普及が重要であり、「ZEB Oriented」が加わっています。



ZEB のメリット

ZEB には、エネルギー消費量が削減できること以外にも様々なメリットがあります。具体的には、大きく図 10-9 の 4 点が ZEB のメリットとして挙げられます。

建物の関係者には、オーナー、働く人、訪れる人など、さまざまな立場の人がいて、その立場によって得られるメリットは異なるものの、全ての人々に対して ZEB のメリットは存在しています。

	民間オーナー	公共オーナー	テナントの方	まちにお住まいの方
	高性能な設備で環境にも優しい不動産は高い資産価値を持ちます！	災害などのエネルギー不足時にも建物内での活動が可能となります！	省エネ & 創エネにより光熱費を大きく減らすことができます！	だれでも快適に過ごせる、理想の空間を！
①光熱費の削減	経費削減 テナント誘致の競争力向上	経費削減	経費削減	—
②快適性・生産性の向上	テナント誘致の競争力向上	職員の満足度、業務効率の向上	従業員の満足度、業務効率の向上 集客力の向上	建物滞在時の満足度の向上
③不動産価値の向上	資産価値の増加	街の顔としての魅力の向上	従業員の満足度の向上	まちの魅力の向上
④事業継続性の向上	テナント誘致の競争力向上 近隣住民等からの評価	有事の際の活動拠点としての機能	リスクへの対応力強化	緊急時の避難先の確保

図 10-9 ZEB のメリット

環境省 ZEB PORTAL (ゼブ・ポータル) の資料を元に作成

ZEB 実現のために検討すること

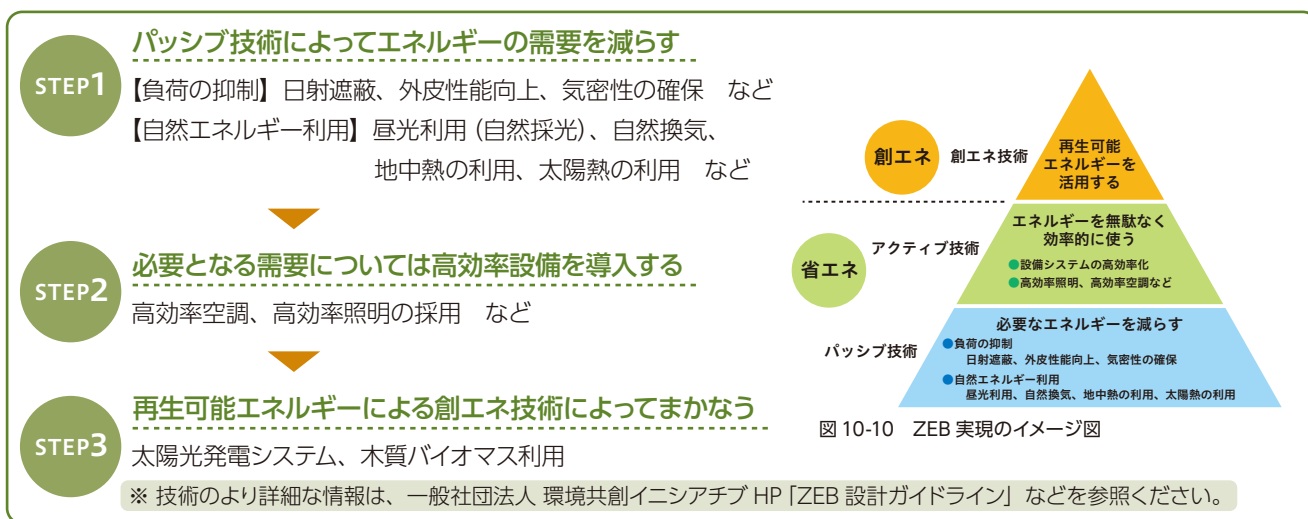
非住宅建築の ZEB 実現には、

- ①パッシブデザイン ②設備の検討 ③マネジメントの検討 といった流れがあります。

ZEB を実現する検討の流れ

ZEB を実現するための技術は、大きく「エネルギーを減らすための省エネ技術」と「エネルギーを作るための創エネ技術」に分けられます。さらに省エネ技術は、「必要なエネルギー量を減らすための技術（パッシブ技術）」と「エネルギーを効率的に利用するための技術（アクティブ技術）」に分けることができます。

実際に ZEB を実現する場合には、下記のステップで検討します。



イニシャルコスト（建設費）とランニングコスト（運用費）

建築には、2つのコストを検討する必要があります。建設時にかかるイニシャルコストと、運用時にかかるランニングコストです。後者のランニングコストには、運用時の費用として、光熱費などの運用費、建物や設備の点検や設備機器の保守・運転などの保全費、修繕費などが挙げられます。一般的な事務所のランニングコストは初期の建設費の約4倍、運用段階における運用費と保全費でその約5割を占めるといわれています。

どこにエネルギーの無駄が発生しているか、どのように効率的に設備を運用するかなど、エネルギーをマネジメントする技術（以下、エネマネ技術）も重要です。このエネマネ技術によって、継続的なエネルギー消費量の削減を図ることができます。

用途別の一次エネルギー消費量をつかみ、有効的にエネルギー削減

10-1章でも紹介しましたが、建物の用途別に、建物全体の一次エネルギー消費量の内訳が異なります。非住宅建築物では、特に空調設備と照明設備の占める割合が高く、事務所ビルでは、空調設備で全体の約半分、照明設備と合わせると約7割を占める試算もあります。

各建物用途において、エネルギー消費量の割合が高い項目に対して、優先的に適切な対策を取ることが重要です。

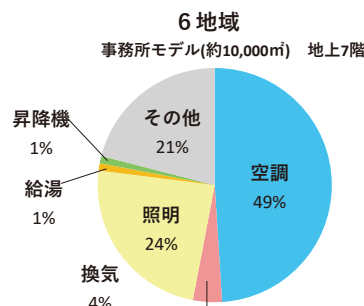


図 10-11 事務所ビルの基準値となる一次エネルギー消費量の比率
 平成25年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説
 I非住宅建築物、P464を元に作成

さらに詳しく（備考・参考資料・引用資料 10-01～03）

- ・ZEB PORTAL[ゼブ・ポータル] 環境省 HP <https://www.env.go.jp/earth/zeb/index.html>
- ・木でつくる中大規模建築の設計入門（公益財団法人 日本住宅・木材技術センター）
- ・令和元年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書 2021）経済産業省 資源エネルギー庁 HP
- ・ZEBのデザインメソッド（公益社団法人空気調和・衛生工学会編 技報堂出版）

事例紹介

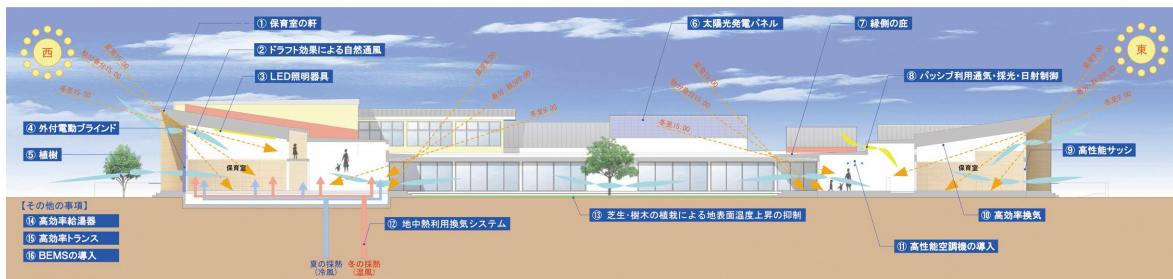
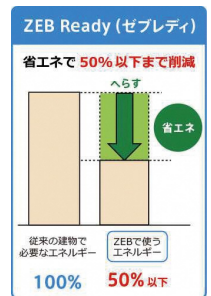
小矢部市立蟹谷こども園 (設計：株式会社シバタ建築設計事務所)



地域の省エネシンボルを ZEB Ready 建築

環境エネルギーについて、子どもたちや先生方をはじめとして地域住民の方々に問いかけ考えてもらう、「エコ教育（長寿命・省資源・省エネ・創エネ）の場」としての園舎づくりを目指した建物です。

外皮の高断熱化、ドラフト効果を利用した自然換気の促進、軒の出や外付けブラインドにより夏場の室内に直接日差しを入れない工夫など、パッシブな手法を最大限取り入れました。また、北陸において効果のある自然エネルギーシステムを模索し、太陽光発電、地中熱利用換気システムや高効率機器を採用し、BELS 評価にて ZEB-Ready を取得しています。



基本構想の基本的な考え方

- 1 小矢部市及び地域の特色を生かした施設**
 - ・メロヘン湖でシバタデザイン
 - ・家庭的な雰囲気に配慮した空間づくり
 - ・緑率をデザインした施設づくり
 - ・緑本の世界を感じさせる空間
 - ・周辺環境と特徴を生かした施設
- 2 子どもの育ちと子育ての支援拠点としての施設**
 - ・幼児連携型認定こども園としての施設づくり
 - ・幼児期の教育に配慮した施設
 - ・多様な保育サービスを提供する施設
 - ・地域と連携し地域に開かれた施設
 - ・小中学校との緊密な連携を図る施設
- 3 安全、安心で衛生的な施設**
 - ・子どもたちが安心して生活や遊びを行える施設づくり
 - ・安全性や防犯性に配慮した施設
 - ・明るく衛生的な施設づくり
 - ・事故防止への配慮を基本とした安全な施設づくり
- 4 人に優しい施設**
 - ・心理的に安んじて過ごせる快適な空間づくり
 - ・あらゆる人の利用に配慮したユニバーサルデザインの導入
 - ・障害児や妊産婦、高齢者等の利用を想定したバリアフリー対応の施設
- 5 環境に優しい施設**
 - ・外壁、窓の高断熱化と空調、照明設備の高効率化等の省エネルギーに配慮した施設
 - ・発電等による副エネルギーに配慮した施設
- 6 防災拠点としての施設**
 - ・市の指定避難所として利用できる施設づくり
 - ・乳幼児や妊産婦をはじめとして、地域の人たちの避難生活に配慮された施設づくり

コラム 知的生産性の向上による低コスト化

岐阜県立森林文化アカデミー 准教授 辻 充孝

2050年カーボンニュートラルに向けて

国交省、経産省、環境省が令和3年4月から6回にわたって開催した「脱炭素社会に向けた住宅・建築物の省エネ対策等のあり方検討会」の成果が、令和3年8月23日に「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた住宅・建築物の対策をとりまとめ」として公開された。

この中のロードマップで、2030年の新築建築物はエネルギー消費を実質ゼロにするZEBを目指すこととなり、さらに2050年にはストック平均でZEB+太陽光発電等の再生可能エネルギーの導入を一般化することを目標に今後、政策が展開されていくことが示された。

ライフサイクルで考える運用時の省エネ

建物をライフサイクルで考えると60年程度使用する一般的な建物の運用時のエネルギーやCO₂排出量、光熱費は、建設時の2~3倍を占めるとも言われる。ZEBは、この運用時のエネルギーをゼロにすることで、CO₂の排出抑制に加えて、長期にわたってコストも抑えることにつながる。

省エネを考える際に大切なのは、建物用途ごとにエネルギー用途のボリュームをイメージすることである。(図1)

例えば事務所建築であれば、空調エネルギーが約半数を占める。そのため、空調設備の省エネ化と躯体性能強化が特に大切である。一方、飲食店の場合は、給湯や換気、その他(冷蔵庫など)の割合が多いため、空調以外の省エネ対策の重要度が増す。

これら運用時のエネルギー削減が大切なのは当然であるが、2030年以降は当たり前のようにZEB作られていくと考えられるため、ここでは更なる視点を示唆しておきたい。

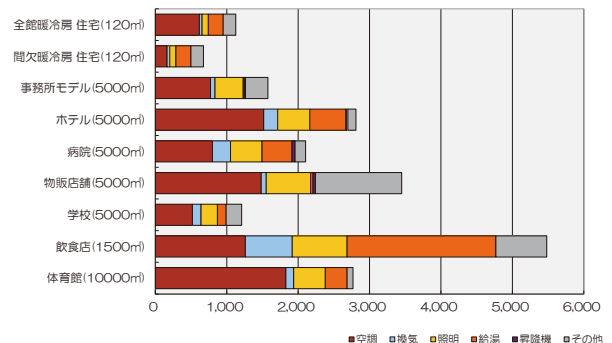


図1: 温暖地の床面積1㎡あたりの1次エネルギー [MJ/㎡・年]

スマート・ウェルネスオフィス: 知的生産性の向上

スマート・ウェルネスオフィスという言葉を知ったことがあるだろうか。これは働き手が健康で元気で幸せに働けるオフィスモデルの概念で4つの階層で示される。(図2)

ベースとなる最下段はレジリエンスである。耐震・耐風性能に加え、非常時の建物利用者の生命確保、事業継続を可能とする建物と組織のことである。

その上には、環境負荷を低減する建物性能と運用である。省エネ性能やZEBはこのレベルの検討である。

さらにその上に健康、快適性がある。温熱環境や空気質、音、光環境といった建物利用者やワーカーが健康で快適に建物を利用できる内容が含まれる。

そして、最上段には建物本来の目的である知的生産性の向上(作業効率向上、意欲向上、人材確保の優位性など)を支援するハードとソフトが存在する。

この最上段に配置された知的創造や知的生産性の大切さが世界中で注目を集めている。

地域や状況にもよるが、運用時のエネルギーコスト(光熱費)を1とすると、家賃が10、人件費が100程度の比率があるとも言われる。例えば15坪のオフィスに5人が働いていたとして、電気代が1.5万円とすると、家賃が15万円、人件費は150万円(37.5万×5人)ということである。つまり、オフィスでは人件費が最もコストがかかる。

働きやすい環境で、仕事の効率(知的生産性)が上がり売上が10%アップしたとすると光熱費の10倍の価値が生まれる。

同時に良好な環境は、この施設で働きたいという有能なワーカーを得やすく、つなぎ留める手助けにもなる。さらに、このような施設は、経営としての将来展望も有望で、総合評価として不動産市場におけるESG投資の対象としても効果的である。

こう考えると知的生産性の重要性が理解できる。そのためには、単に省エネや低コストだけにとどまらない総合的な視点とそれを実現する技術が必要であり、建築実務者が常に考え続けなければならない視点である。

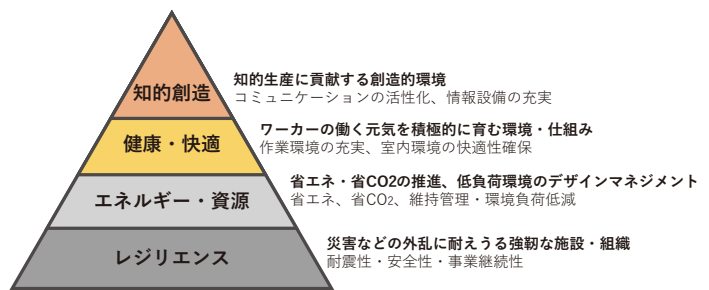


図2: スマート・ウェルネスオフィスの概念図