

ZEBの定義と大林組の取り組み

伊藤 剛 福田 裕行
(名古屋支店設備設計部) (本社建築本部)

島岡 宏秀
(本社設計本部)

Definition of Zero Energy Buildings and Efforts of Obayashi Corp.

Tsuyoshi Ito Hiroyuki Fukuda

Hirohide Shimaoka

Abstract

The Society of Heating, Air-Conditioning, and Sanitary Engineers of Japan (SHASE) proposed a definition of Zero Energy Buildings (ZEB) in 2015. Moreover, the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) defined ZEB and compiled a roadmap for achieving ZEB. The definition of ZEB is described in the METI's application guidelines of the subsidy for ZEB, and it is expected to support the dissemination of ZEB. The main building of Technical Research Institute (TRI) of Obayashi has been introducing advanced energy-saving technologies developed by the authors for achieving ZEB as a top runner. The present study describes the definition of ZEB and introduces the way in which Obayashi achieves ZEB.

概要

2015年空気調和・衛生工学会では、著者も委員として活動しZEBの定義について発表した。また経済産業省でも、ほぼ学会定義を踏襲する形でZEBを定義しロードマップをとりまとめた。この経済産業省における定義はZEB補助金(住宅・ビルの革新的省エネルギー技術導入促進事業費補助金)の募集要項に記載されており、今後ますますZEBの普及及び一般化へのフォースが働くことになる。ビルオーナーからもZEBに関する問い合わせが増加し、民間においても具体的にZEBを目指す志向が高まっている。当社の技術研究所本館テクノステーションはトップランナーとして先進的な省エネルギー技術を開発導入し、ZEBの構築に取り組んできた。ZEBの定義の動向と大林組の取り組みについて述べる。

1. はじめに

Zero Energy Building(以下ZEB)とは建築物の年間のエネルギー収支がゼロになるものであるが、エネルギー消費量とエネルギー生成量の関係によって、ZEBを分類して定義¹⁾されている。ZEBにとって重要なことは環境品質を低下させないこと、つまり省エネルギーと室内外環境のトレードオフを解決する必要がある。

定義を厳密化するあまりZEBの実現が遠く、またその意欲をそぐ部分もあった。空気調和・衛生工学会ZEB定義検討小委員会では、欧州や米国の事例などを研究し、日本国内の状況に整合しやすく、またZEBを普及させるべきとの考えにおいて、Nearly ZEB やZEB Readyを定義した。著者も委員としてとりまとめに参加したことから、国内のZEB事情を鑑みて、ZEBの定義の動向について述べるのと同時に、大林組の取り組み事例について紹介する。

2. ZEBの動向

2.1 ZEBの定義の推移

ZEBという概念が出てきたのは、2006年であるが、国内で聞かれるようになったのは経済産業省が報告書をまとめた2009年である。主要な動きは以下の通りである。

- ・2006年、米国再生可能エネルギー研究所が論文“Zero Energy Buildings : A Critical Look at the Definition”(定義の明確化)を発表した。
- ・2008年、国際エネルギー機関(IEA)が洞爺湖サミットで「ゼロ・エネルギー・ビル」(ZEB)に関し、G8各国が導入目標の設定をすることを勧告した。
- ・2009年、経済産業省が「ZEBの実現と展開に関する研究会」の報告書で、日本版ZEBの定義を提案した。
- ・2015年、空気調和・衛生工学会ZEB定義検討小委員会にて、ZEBの定義と評価方法について報告書をまとめた。
- ・2015年、経済産業省は空気調和・衛生工学会の定義をほぼ踏襲する形で、ZEBロードマップをとりまとめた。

その後経済産業省のZEB化ビジョン(2014年4月閣議決定)には、「2020年までに新築公共建築物等で、2030年までに新築建築物の平均でZEBを実現することを目指す」とする政策目標が設定されている。

2.2 ZEBの目的と達成普及の目標

ZEBの目的は、環境に配慮された再生可能エネルギーによって、安全で安心なエネルギー社会を継続しつつ、実現の過程で得られた知恵やライフスタイルを国内はもとより国外へ展開することで、健全な産業を発展させつつ、サステナブル社会を実現するものである。ZEB実現だけが目的ではなく、将来の国のエネルギーセキュリティのための1つの手段である。

現在は、トップランナーの建築物での早期実現をはかる「ZEB 推進段階」である。国内外とも既にZEBは実現されており、運用データがフィードバックされる時期である。2030年を目途に経済産業省・国土交通省・環境省のロードマップでは、一般新築建築物の平均で実現するものとしており、2020年以降に「ZEB普及段階」が到来すると考えられる。

対象建築物は、新築・既築は問わないが、学校、事務所(郊外型)が実現可能な用途であり、普及段階において事務所(都心型)、商業施設、その他の施設へ拡大が図られるものと思われる。

3. ZEBの定義

3.1 ZEBの定義

ここでは空気調和・衛生工学会の定義をZEBの定義¹⁾として説明する。ここには「室内及び室外の環境品質を低下させることなく、負荷抑制、自然エネルギー利用、設備システムの高効率化等により、大幅な省エネルギーを実現したうえで、再生可能エネルギーを導入し、その結果、運用時におけるエネルギー(あるいはそれに係数を乗じた指標)の需要と供給の年間積算収支(消費と生成、又は外部との収支)が概ねゼロもしくはプラス(供給量>需要量)となる建築物。」¹⁾と定義されている。

つまり知的生産性を損なうことなく、エネルギー消費が再生可能エネルギーの導入によって相殺される建築物である。ただし、省エネルギー手法の導入は必須であり、メガソーラーのように発電を目的とした付属建屋そのものは対象にしない。

3.2 ZEBの収支の定義

設定した境界における需要と供給の収支により、式(1)または式(2)で定義する(Fig. 1)。

$$G \geq C \dots \dots \dots (1)$$

$$E \geq D \dots \dots \dots (2)$$

G：生成エネルギー

C：消費エネルギー

D：配送(外部から供給された)エネルギー

E：逆送(外部へ供給した)エネルギー

3.3 ZEBのエネルギー収支の境界

エネルギー収支の境界は、敷地境界がわかりやすいが、近隣も含めた複数建築物での評価が必要な場合、また一

つの敷地内に複数の建築物がある場合は仮想の敷地境界を設定することが可能である。

対象とするエネルギー消費用途は、建築物の品質を維持するために必要なエネルギー消費を対象とする。欧州の動向等から、OA負荷等のコンセントの消費電力については、建築物の品質に直接関係しないことや設備設計者が直接コントロールできないこと等から、運用時に計量可能な場合、対象消費用途から外してもよいという考えもある。

3.4 再生可能エネルギーの供給方法

原則として、敷地内(分類Ⅰまたは分類Ⅱ)の再生可能エネルギーを対象とするが、換算係数等を明示できれば、分類Ⅲ、分類Ⅳも含めることができる。(Table 1)

なお、ここでいう再生可能エネルギーは、エネルギー供給構造高度化法(法第二条第三項、令第四条)によるエネルギー源(太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス、太陽熱、空気熱、地中熱等)を指す。

3.5 評価指標と期間

評価指標は、原則として一次エネルギー消費量とする(MJ, kWh)。換算係数については、建築物省エネルギー法(建築物エネルギー消費性能基準等を定める省令における算出方法等に係る事項等の別表第一)に準ずるが、無いものは都度根拠を示し設定する。外部収支のエネルギーの扱いについても同様とするが、外部の想定する設備シ

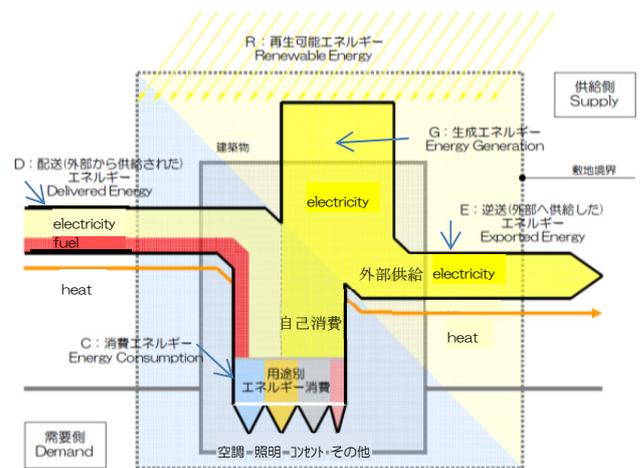


Fig. 1 ZEBのエネルギー収支¹⁾
Energy Balance of ZEB

Table 1 ZEBの再生可能エネルギーの供給方法¹⁾
Method of Supplying Renewable Energy for ZEB

| 分類 | 供給方法 |
|-----|------------------------------------|
| 分類Ⅰ | 建築物で生成される再生可能エネルギーを利用するもの。 |
| 分類Ⅱ | 敷地内で生成される再生可能エネルギーを利用するもの。 |
| 分類Ⅲ | 敷地外で生成されるエネルギーソースを電気や熱に変換して利用するもの。 |
| 分類Ⅳ | 敷地外で生成される再生可能エネルギーをそのまま利用するもの。 |

システムとの関係が不合理とならないことが必要である。原則として年間積算値によるエネルギー収支とし、建築物の使用時間外(いわゆる時間外空調等)の除外は行わない。

3.6 室内外環境の評価基準

知的生産性を低下させない良好な室内環境を維持していることが必要である。例えばCASBEE評価のQのスコアが3.0以上であることを示す等である。

3.7 エネルギー量の評価基準

生成エネルギー量Gおよび消費エネルギー量Cのレファレンスビルに対する比率G*, C*による評価をTable 2, Fig. 2に示す。段階的にZEBに誘導する動機付けとなるようラベリングを行う例がある。なお一次エネルギー消費量で評価する場合をソースZEB, CO₂排出量で評価する場合をエミッションZEBという場合がある。²⁾

レファレンスビルとは、ZEBを評価する建築物に対して、ZEB化技術を導入しなかった場合の一般的な同用途で構成される建築物を指す。

レファレンスビルの年間一次エネルギー消費量は、同用途の統計データ又は同用途で構成され、同様な運用時間となるような想定建築物のエネルギー消費量を計算により示してもよい。しかしながら施設(食堂や厨房)や使用時間、テナント入居率、人員密度の違いもあることから、一律的にレファレンスビルの年間一次エネルギー消費量を示すことは困難であり、設計者が妥当な方法で算出するか、統計データや公開されている指標を活用し案分して示すこともできる。

3.8 再生可能エネルギー利用の評価基準

再生可能エネルギー利用については、敷地内の再生可能エネルギー利用率にて評価する。この指標はZEBの評価基準には直接現れてこないが、再生可能エネルギー導入の目安となる。

4. ZEB実現のプロセス

4.1 ZEB への設計アプローチ

ZEB実現のためには、十分な省エネルギーを実現した後、消費エネルギーに見合う再生可能エネルギーの導入を計画する必要がある。Fig. 3に段階的な計画・設計のアプローチを示す。またZEBの要素技術をTable 3に示す。

4.2 バックキャストイング手法によるアプローチ

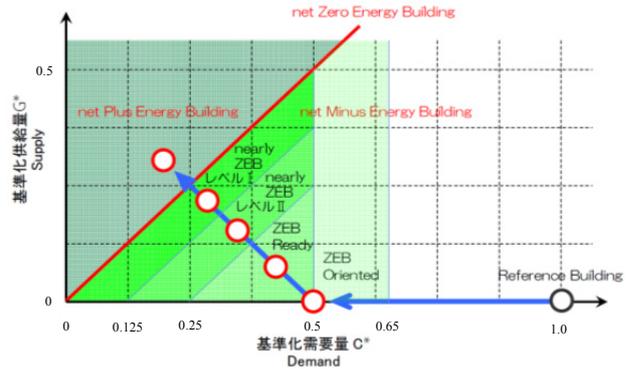
ZEB達成という理想的目標を立て、可能な再生可能エネルギー導入量を算出した後、それに見合う建築物の一次エネルギー消費量となるように、設計を行う手法が、バックキャストイング手法である。Fig. 3とは逆の流れになるがZEBを確実に達成させることが主目的の場合には有効である。

Table 2 ZEBのエネルギー評価基準例¹⁾

| Energy Evaluation Criteria for ZEB | |
|------------------------------------|--|
| Net Plus Energy Building | $G^* > C^*$ |
| Net Zero Energy Building | $G^* \approx C^*$ |
| Nearly ZEB I | $-0.125 < G^* - C^* < 0$ ($C^* < 0.5$) |
| Nearly ZEB II | $-0.25 < G^* - C^* < -0.125$ ($C^* < 0.5$) |
| ZEB Ready | $-0.5 < G^* - C^* < -0.25$ ($C^* < 0.5$) |
| ZEB Oriented | $C^* < 0.65$ |

G*: 生成エネルギー/レファレンスビルの消費エネルギー

C*: 消費エネルギー/レファレンスビルの消費エネルギー



G*: 標準化供給量=評価対象建築物の生成エネルギー/レファレンスビルの消費エネルギー
C*: 標準化需要量=評価対象建築物の消費エネルギー/レファレンスビルの消費エネルギー

Fig. 2 ZEBの段階的評価例¹⁾
Step-By-Step Evaluation of ZEB

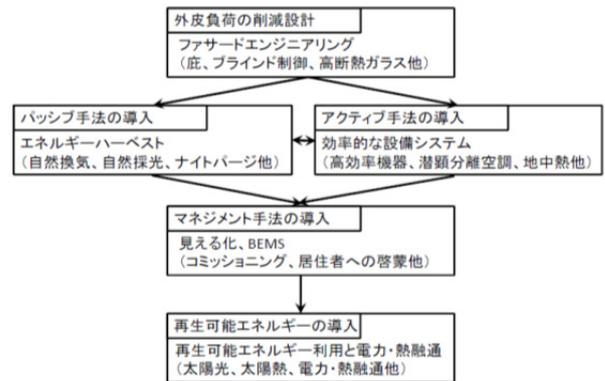


Fig. 3 ZEBへの設計アプローチ
Design Approach to ZEB

外気導入量、電力消費量、使用時間等の設計条件や導入する省エネルギー手法を組み合わせる設計を行うため、確実にZEB達成へ近づくことができるが、設計条件や運用条件に制限をかけ過ぎると、建築物本来の目的、つまり建築物が生み出す知的創造の価値が低下しかねないことに注意が必要である。

4.3 ZEB評価の課題

レファレンスビルのエネルギー消費量の妥当性や熱融通等を一次エネルギーに換算する場合の評価方法は設備システムによって変わるため、換算係数の根拠を示す必要がある。また電力買取制度を利用した場合は再生可能エネルギーの環境価値の帰属の問題がある。

再生可能エネルギーの種類によって、一次エネルギー換算の評価方法が明確になっておらず、例えば外部からの持ち込みによるバイオマス発電の換算係数も定まっていない。またヒートポンプは欧州では暖房時COPが一次エネルギー基準で1.0を超えた分を再生可能エネルギーとして評価する考え方がある。パッシブ手法の評価は太陽熱、自然換気等は、エネルギー消費量の削減として評価されるが、再生可能エネルギーの利得として考えることもできる。

今後ZEBの成立に重要な再生可能エネルギーは、逆流の増加で発電制限が条件となる場合があり、計画時には考慮する必要がある。

経済合理性が成立すれば、飛躍的にZEBは普及するはずであるが、いまのところトップランナーでしか実現ができていない。補助金活用の他、経済合理性に向けた技術開発が望まれる。

5. 大林組が取り組むZEBの事例

大林組技術研究所本館「テクノステーション」(以下、「本建物」)において、運用時の一次エネルギー削減率が、一般同様の建物との比較で2011～2013年度の運用で削減率59～65%とし、排出したCO₂は、「地球温暖化対策の推進に関する法律」算定割当量によって全てカーボンオフセットを行い、エミッションZEB(CO₂排出基準のZEB)を達成した。またさらなる省エネルギー改善への取り組みと隣接建物の屋根に電氣的に本館に直接接続された太陽電池を増設することで、2014、2015年度の運用でソーラZEB(一次エネルギー基準のZEB)を達成している。

5.1 建築概要

本建物は東京都の郊外で比較的緑の多い地域にある。郊外型の低層オフィスとして計画されており、1階にはエントランス、ホールやカフェテリア、2階には2層吹き抜けの主たる執務室(ワークスペース)、そして3階には会議室などを配置した。建築概要をTable 4に示す。

5.2 採用した省エネルギー技術

採用した省エネルギー技術のうち代表的な手法についてFig.4に示す。

パッシブ手法として、自然エネルギーを活用した採光、換気に加えてペリパフファゼーンによる空調緩和をプランニングと整合させている。アクティブ手法として、デシカント空調や放射タスクパネルを利用し、中温冷水を使用した潜熱顕熱分離空調やLED照明等により、設備機器

Table 3 ZEBの要素技術
Element Technologies for ZEB

| | 建築設計者による手法 | 設備設計者による手法 |
|--------------|---|---|
| 外皮負荷の削減設計 | 日射遮蔽(庇, ルーバー, セラミックプリントガラス, ブラインド, ダブルスキン) 高断熱化(高断熱材, 高断熱ガラス, 屋上緑化) 高气密性(高气密サッシ, 風除室) ペリパフファシステム(プランニング) | 日射遮蔽(自動ブラインド制御, ルーバー制御, エアフローウィンドウ) 高断熱化(配管, ダクト, 機器) 高气密性(室圧制御, 高气密ダンパ) ペリパフファ(エアバリア) |
| パッシブ手法の導入 | 自然換気(ソーラーチムニ, ウインドキャッチ) 自然採光(ハイサイドドライト, ライトシェルフ, 光ダクト, 自動制御ブラインド) 太陽熱利用(ダイレクトゲイン, パッシブソーラー) | 自然換気ダンパ制御, ナイターバージ, 自動制御ブラインド(採光) 雨水利用 |
| アクティブ手法の導入 | クールビット・ウォームビット 屋外緑化と外気入口 | 高効率機器(熱源, 空調, 給湯, 照明) 新空調システム(潜熱熱分離空調, 地中熱・井水熱利用空調, 置換空調) 温湿度コントロール(中温冷水空調, 適温適所供給配管, 放射空調, デシカント空調) パーソナル化(ICタグ, タスクアンビエント空調・照明) アダプティブ空調(クールシャワー) CGS, 蓄熱システム CO ₂ 冷媒給湯器, 潜熱回収型給湯器 |
| マネジメント手法の導入 | コミッションング, 居住者への取扱説明・啓蒙活動, CASBEE/LEED評価 インセンティブ, 場の選択性プランニング | BEMS, 見える化 |
| 再生可能エネルギーの導入 | 外装発電ファサード, 発電ガラス | 太陽光発電, 太陽熱利用, 風力発電, 小水力発電 電力・熱融通, 蓄電池 |

Table 4 建築概要
Building Profile

| | |
|-----------|-------------------------|
| 建物名称 | 大林組技術研究所本館 テクノステーション |
| 建築主・設計・施工 | (株)大林組 |
| 用途 | 研究所(事務所) |
| 敷地面積 | 69,401.30m ² |
| 建築面積 | 3,370.51m ² |
| 延床面積 | 5,535.38m ² |
| 階数 | 地上3階, 塔屋1階 |
| 構造 | 鉄骨造, スーパーアクティブ制震構造 |
| 軒高, 最高高さ | 13.692m, 16.092m |
| 設計期間 | 2008年10月～2009年6月 |
| 工期 | 2009年11月～2010年9月 |

の効率化を図っている。またマネジメント手法として、BEMSや居住者への省エネルギー効果の見える化、継続的なインハウスコミショニングが行われている。本建物の空調熱源システムをFig.5に示す。供給温度帯を用途別に系統分けし、地中熱等を利用することで、熱源機器の効率をあげている。^{3),4)}

5.3 ZEBの運用結果

2011年度～2014年度の延べ面積当たりの一次エネルギー消費量の実績データをFig.6に示す。2011年度以降一次エネルギー消費量は減少しており、2012年度は前年度の運転状況を踏まえ、運用を改善した成果であり、2013年度は省エネを図りつつも快適性に配慮して運用した結果である。2014年度は、業務量の増加により空調や照明点灯時

間の延長につながり、運用時間は増加傾向であった。しかしZEB化工事による更なる省エネルギー運用手法の導入やCGS排熱の建物間熱融通の手法などにより、2014年度の一次エネルギー消費量は1,169 MJ/m²・年となり、2013年度の一次エネルギー消費量以下に抑制した。そして一次エネルギー消費量を太陽光発電設備の追加導入で増加した再生可能エネルギー発電量(1,380 MJ/m²・年)にて相殺し、年間のエネルギー収支をゼロとしZEBを達成した。なお2015年度においても継続的にZEBを達成している。

2014年度の月別の一次エネルギー消費量と再生可能エネルギー発電量をFig.7に示す。春期は自然換気などの省エネ手法によりエネルギー消費量が小さく、発電量が大きいため、発電量がエネルギー消費量を大きく超過している。夏期は、エネルギー消費量が大きくなるが、発電量も大きく月別の全体量としては発電量が超過している。秋～冬期になると発電量が小さくなり、11月～2月ではエネルギー消費量と発電量が逆転し、発電量がエネルギー消費量よりも小さくなる。年間では、発電量が消費量を上回っている。

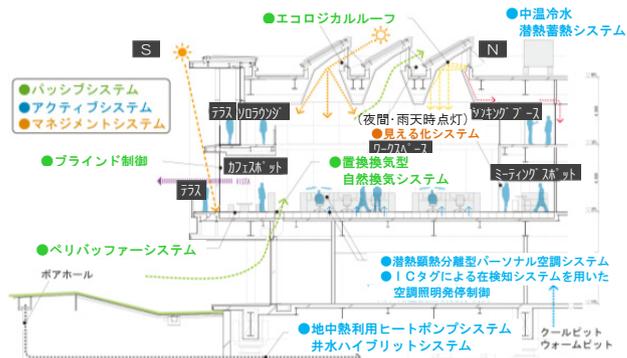


Fig. 4 ZEBの実例の要素技術
Element Technologies for ZEB(Techno-Station)

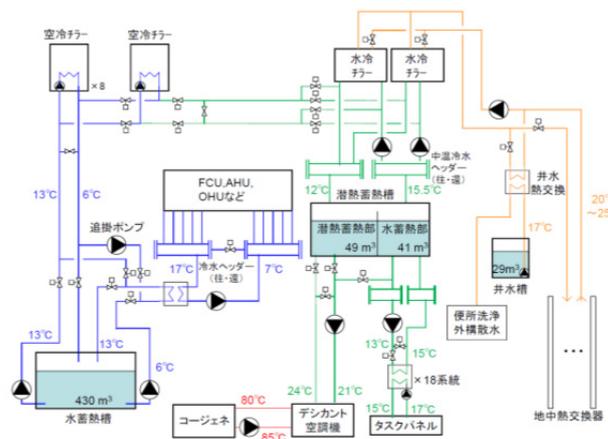


Fig. 5 ZEBの実例の空調熱源システム
Air Conditioning Heat Source System for ZEB

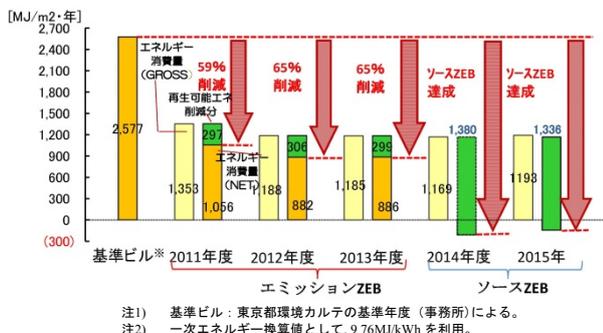


Fig. 6 一次エネルギー消費量収支の推移
Trends in Primary Energy Consumption Balance

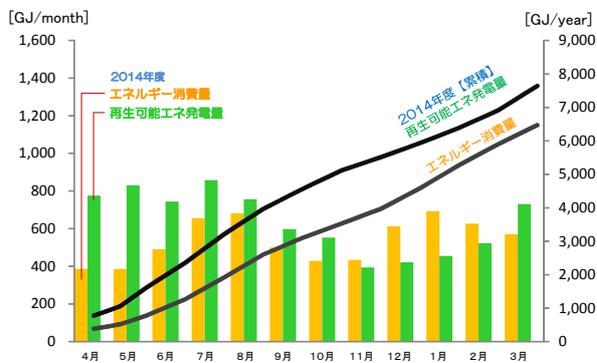


Fig. 7 月別一次エネルギー消費量と再生可能エネルギー発電量の推移(2014年度)
Trends in the Monthly Primary Energy Consumption and Renewable Energy Power Generation Amount(FY2014)

5.4 一次エネルギー消費量の用途別内訳

2014年度の消費用途別の一次エネルギー消費量内訳をFig.8に、一般ビルの一次エネルギー消費量内訳⁴⁾をFig.9に示す。傾向として似ているが、照明コンセントの比率が一般ビルよりも小さくなっている。大規模な自然採光やLED照明と調光制御のZEB化工事により省エネルギーが図られた結果と考えられる。

本建物の特殊要因と考えられる、サーバ室、厨房、非常用設備である制振装置のエネルギー消費量を含んでおり、特殊要因の占める割合は15%となる。これらの消費エネルギーを除くと約1,000(MJ/m²・年)程度となる。

2014年度の月別消費用途別の一次エネルギー消費量内訳をFig.10に示す。熱源・熱搬送以外は一年を通して大きな変動はない。熱源・熱搬送は季節によって大きく変動する。ZEB化建物は内部発熱が小さくなるため、冬期の熱源・熱搬送が多いのが特徴である。

5.5 ZEBと環境性能の両立

ZEBは省エネルギーと建物内外の環境性能がマッチングして初めて(知的)生産が生み出され、環境に調和した建築物としての価値が創造されると考える。本建物では、Fig.11に示す通り、エネルギー収支だけではなく、CASBEE既存のSランク(2013年9月、BEE値=7.0)やLEED-EBOMでプラチナ認証(2013年10月、95ポイント)と高い評価を受け、ZEBと環境性能の両立を確認している。

6. まとめ

2015年は空気調和・衛生工学会、そして経済産業省によってZEBの定義が示され、今後はトップランナープロジェクトだけでなく、官庁建物そして民間建物においても普及していく段階に入ってくる。大林組技術研究所本館「テクノステーション」の一連のZEB化への取り組みは、その先陣を切って情報発信を行っており、「快適性・知的生産性」に配慮しつつ「省CO₂・省エネ」を実現し、また総合環境評価としてCASBEEやLEEDでも評価を行い、トレードオフの解決を図っていくモデルケースとなっている。

この実現の過程を糧にして、今後は建物のライフサイクル全体のエネルギー収支をゼロにするLCZ(ライフサイクルZEB)の実現に展開していきたい。

参考文献

- 1) 空気調和・衛生工学会：ZEB(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)の定義と評価方法に関するガイドライン，2015.10
- 2) 米国再生可能エネルギー研究所，“Zero Energy

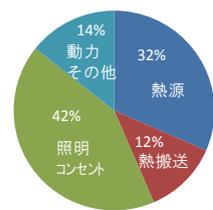
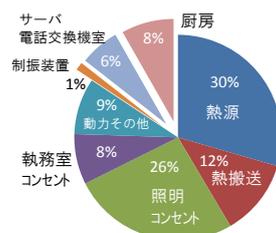


Fig. 8 本建物消費用途別一次エネルギー消費量内訳
Use Breakdown of Primary Energy Consumption (This Building)

Fig. 9 一般ビル消費用途別一次エネルギー消費量内訳
Use Breakdown of Primary Energy Consumption (General Building)

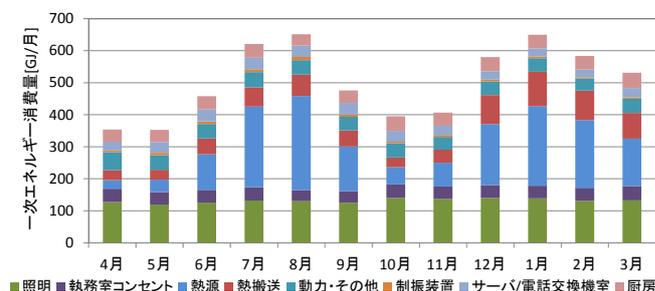


Fig. 10 月別一次エネルギー消費量の用途別内訳
Use Breakdown of Monthly Primary Energy Consumption

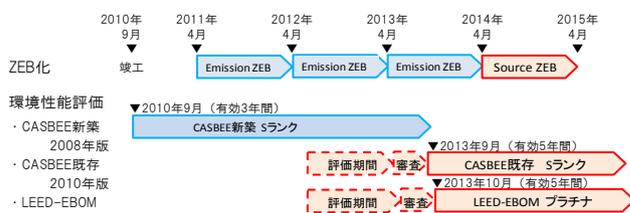


Fig. 11 ZEB化と環境性能評価
ZEB and Environmental Performance Evaluation

Buildings : A Critical Look at the Definition” , 2006

- 3) 伊藤，他：技術研究所新本館の省CO₂手法，大林組技術研究所報，No.74，2010
- 4) 島岡，他：技術研究所本館の低炭素化技術の評価，大林組技術研究所報，No.77，2013
- 5) 財団法人省エネルギーセンター：オフィスビルの規模別エネルギー原単位延べ面積20,000m²以下を集計，http://www.eccj.or.jp/office_bldg/01.html，2016.7.26アクセス

- 6) 伊藤，他：低炭素化と知的生産性に配慮した最先端オフィスの調査研究，その36，研究対象建物のZEBの定義との整合性に関する考察，日本建築学会大会論文集，2014
- 7) 島岡，他：低炭素化と知的生産性に配慮した最先端オフィスの調査研究，その37，ソースZEBの達成とエネルギー収支，日本建築学会大会論文集，2014
- 8) 経済産業省：ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）の実現と展開について，2009.11
- 9) 経済産業省：ZEBロードマップ検討委員会とりまとめ，2015.12
- 10) 伊藤，他：ZEB化に欠かせない空調負荷低減技術，自然採光の活用とヒューマンファクターを利用した照明負荷削減手法，空気調和・衛生工学，2016.5
- 11) 伊藤，他：見る・使う・学ぶ，新世代の環境建築システム ZEBを使う，日本建築学会，2016.6