

1. 研究の背景

2014年4月に閣議決定されたエネルギー基本計画において「2020年までに新築の公共建築物等で、2030年までに新築建築物の平均でZEBの実現を目指す」ことが示された。ZEB(Zero Energy Building)とは、建物運用時における年間エネルギー収支(生成エネルギーと消費エネルギーの年間積算収支)が概ねゼロもしくはプラスとなる建築物を意味し、低炭素化社会の実現やエネルギーセキュリティ向上を目的とした施策として期待が高まっている。世界各国でもZEBへの取組は活発化してきており、日本国内においてもZEBの事例が報告され始めている。

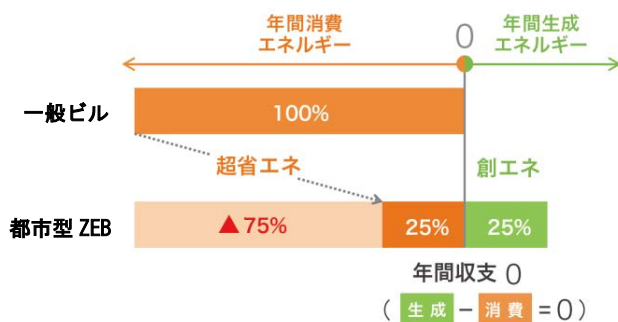
2. 都市型 ZEB のコンセプト

我々はエネルギー問題に実効的に寄与するためには人口密度が高く、エネルギー消費の多い都市部でのZEB実現を推進する必要があると考え、「都市型ZEB」プロジェクトへの取組を開始した。まず、現在の日本国内において再生可能エネルギーの利用を考える場合、敷地による差が少なく安定して享受できる太陽エネルギー利用技術の開発が進んでおり、中でも汎用的な電気エネルギーが得られる太陽光発電(PV: Photovoltaic)が有力である。他には、空調・給湯用途への利用として、地中熱や大気熱、下水熱などの利用が考えられる。

しかし、経済的理由や土地利用の効率化のため高層化が進む都市部の建物においては、主なPV設置場所である屋根の延床に対する面積比が小さくなるため、延床面積に比例して増えるエネルギー消費量に対し、エネルギー生成量が不足する。一方、建物の高層化により面積が増加するのは外壁であるため、外壁面で享受できる自然エネルギーを最大限利用することが都市型ZEBのメインコンセプトになると考えた。極論を言えば、各階で消費するエネルギーを各階の外壁で生成すれば、何層積み上げてもZEBが成立する。また、大規模なPV発電設備を屋根や建物外の敷地に展開できる郊外型建物とは異なり、エネルギー生成量が相対的に少ない都市型ZEBは、徹底した省エネルギーを図ることが大前提となる。

そこで、都市型ZEBの数値目標として、一般ビル比で75%の省エネと25%分の創エネによる年間エネルギー収支0を定めた(図-1)。

本報では、そのパイロットビルとして建設した「ZEB 実証棟(以降、実証建物: 写真-1)」の概要と年間エネルギー収支の結果を報告する。



3. 建物概要

表-1 に建築概要を示す。今回対象とする建物は、研究施設内の事務所棟であり、敷地内のほぼ中央に位置し、周りを研究施設に囲まれた立地である。都市部の建物同様に周辺建物からの日影や風通し等の影響を考慮する必要があり、「都市型 ZEB」のプロトタイプとして位置づけている。図-2、3 に平面図および断面図を示す。1 階はエントランスホール兼展示スペースと会議室、2、3 階は研究員の執務室として通常使用している建物である。

また、ZEB を評価する上では、多様なエネルギーソースが考えられるため、1 次エネルギー換算係数の設定に配慮する必要がある。本建物では、商用電力および都市ガスの供給を受けており、それぞれ 1 次エネルギー換算係数は省エネルギー法の換算係数として商用電力 9.76MJ/kWh、都市ガス 45.0MJ/m³ を使用するものとした。また、太陽光発電による電力は商用電力同等(9.76MJ/kWh)として扱う。

表-1 建築概要

所在地	神奈川県横浜市
敷地面積	34,821.92 m ²
建築面積	427.57 m ²
延床面積	1,277.32 m ²
構造	鉄筋コンクリート造
階数	地上3階、塔屋1階
用途	事務所
竣工	2014年5月

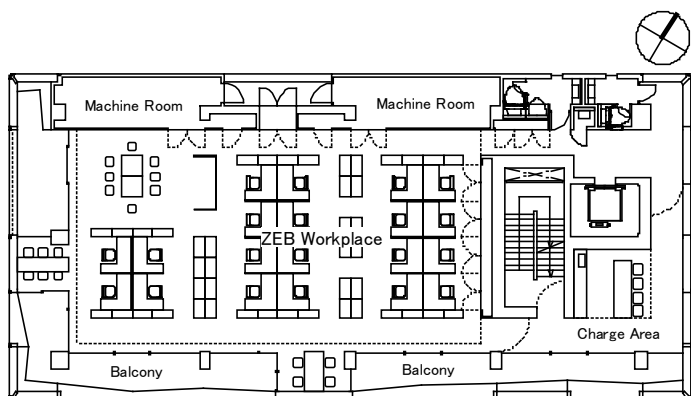


図-2 2階平面図

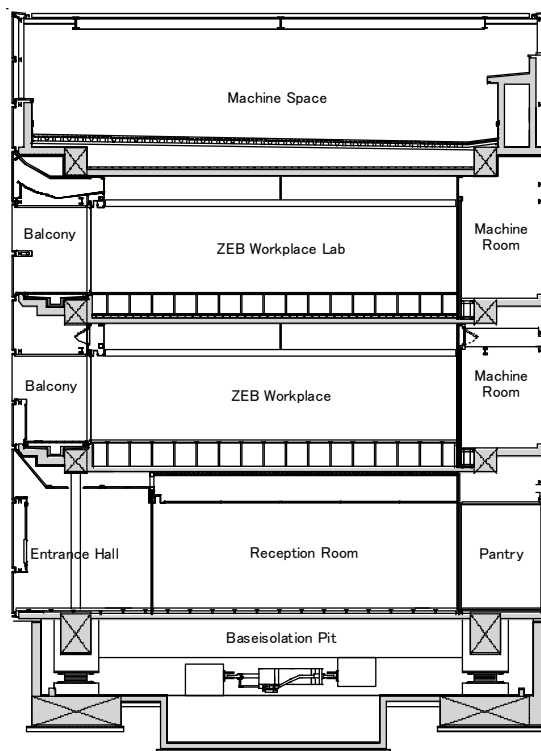


図-3 断面図


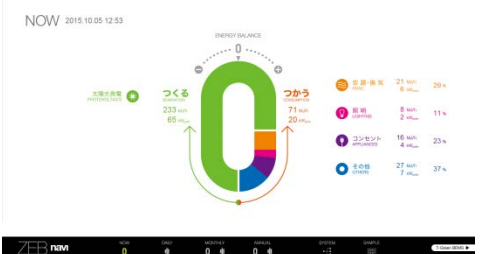
4. 採用技術概要

ZEB の計画にあたっては、外皮負荷の削減、自然エネルギーの有効活用を大前提とした建築計画を行い、その上で高効率な設備システムの導入を行う必要がある。また、計画・実施においては省エネルギーだけでなく、経済性、機能性、デザインとの融合も都市部での普及のための重要な要素である。

本建物では、省エネ技術の導入検討の際、表-2 に示す①～③の各段階に導入技術を整理し、④創エネ技術を組合せることで ZEB を計画した。

主な特徴は、バルコニーをキー建築要素として採用し、日射制御機能だけでなく、採光装置や自然換気口、アウターワークプレイスなどの機能を付加した計画とした点である。また、自然採光や躯体放射空調に適したスケルトン天井の形状として、逆梁によるフラットスラブを採用した点も特徴である。

表-2 採用技術一覧

<p>①パッシブ デザイン</p>	<p>バルコニー 高性能窓 (Low-E ガラス) 採光装置 自然換気窓 アウターワークプレイス</p>	
<p>②アクティブ デザイン</p>	<p>【空調】 高効率熱源 (燃料電池×吸着冷凍機) 躯体放射空調 パーソナル空調 自然換気制御システム</p> <p>【照明】 人検知センサー 低照度化 明るさ制御 高性能照明 (LED, 有機 EL)</p>	
<p>③マネジメント</p>	<p>BEMS (ビル・エネルギー・マネジメント・システム) 見える化 スマートコンセント ZEB ワークスタイル</p>	
<p>④創エネ 蓄エネ</p>	<p>高効率太陽光発電 有機薄膜型太陽光発電 リチウムイオン蓄電池</p>	

5. 年間エネルギー収支の予測

設計段階において、年間生成エネルギー量および消費エネルギー量の試算を行った。創エネ設備としては、屋上面積の約7割に単結晶シリコン型パネル56kW、壁面積の約4割に外壁ユニット一体有機薄膜型パネル10kWを計画し、年間発電量を算出した。尚、壁面への日射量は周辺建物の陰の影響を考慮した計算を行っている。消費エネルギーの計算方法としては、用途ごとに機器の運転時間や負荷率を考慮し、月毎に消費電力を積み上げ算出している。詳細な計算条件は既報¹⁾を参照していただきたい。

エネルギー収支の予測にあたっては一般ビルへの普及・展開を想定し、標準ビルに省エネ技術を加算していくことでZEB化が段階的に進んでいくプロセスを試算した。標準ビルの消費エネルギー量の設定に当たっては文献²⁾を参考に1817MJ/年m²を設定した。計算結果を図-4及び図-5に示す。①外皮性能の向上やバルコニーの採用、自然換気などにより空調負荷を削減し、建物全体のエネルギー比で10%程度の省エネルギーが見込める。②-1空調システムの高効率化により、空調エネルギーは半減させることができる。②-2更に照明制御の高性能化や器具の高効率化により照明エネルギーは1/4程度にまで削減が進む。③-1低消費OA機器の採用等により、コンセント消費エネルギーは半分程度となる。③-2運用段階の省エネ行動や適切なエネルギー管理による効果として20%程度の削減を見込んだ。最終的には建物全体で75%の省エネを図り、④創エネルギーにより消費分を賄うことが可能な試算となった。尚、図-5の評価においては文献³⁾を参照した。

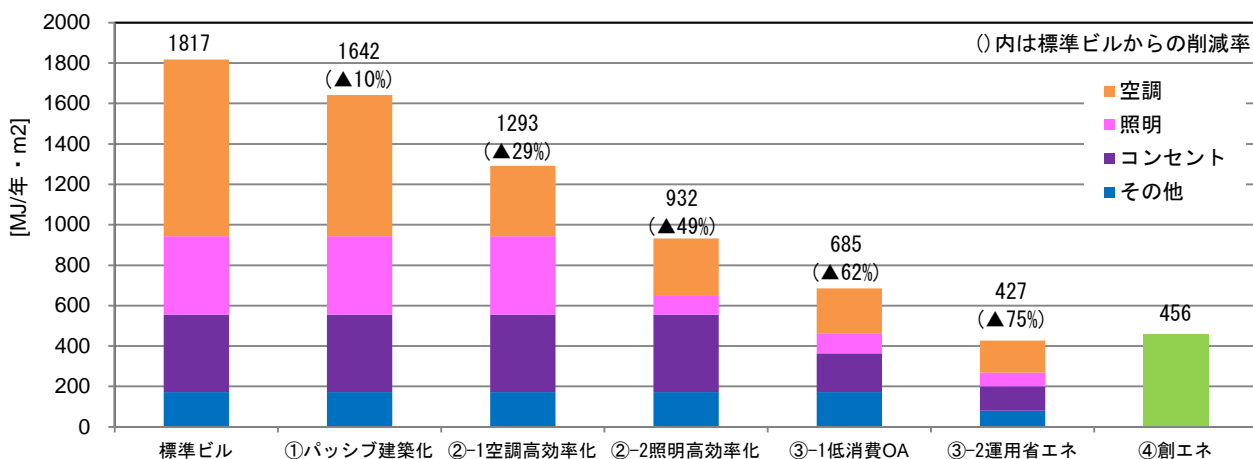


図-4 消費エネルギーの試算

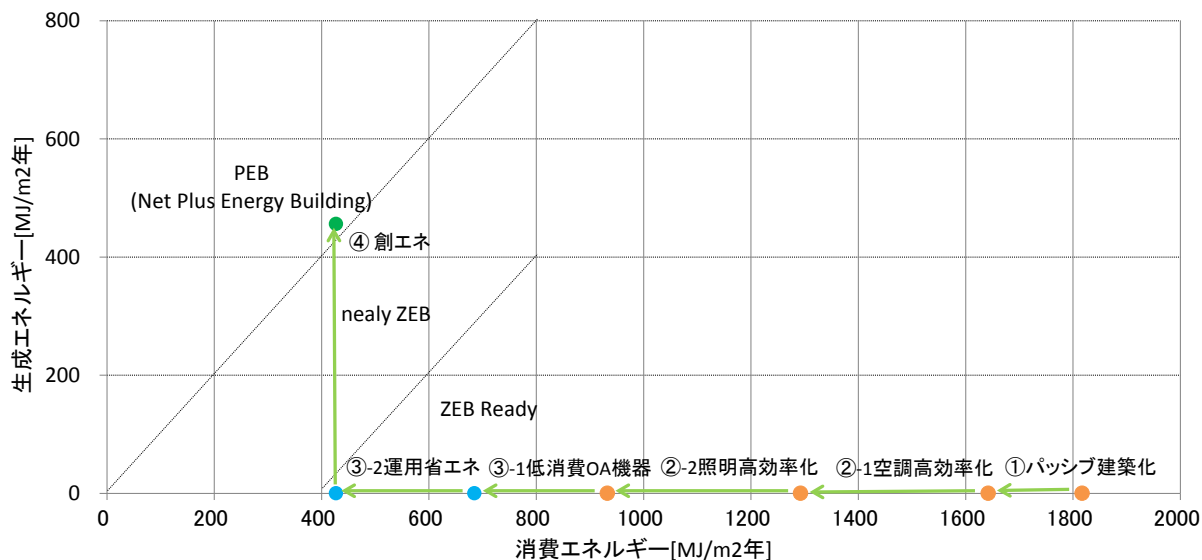


図-5 ZEB化プロセス

6. 年間エネルギー収支の実績

本実証建物では、多様なエネルギーソースを使用して、建物全体のエネルギー効率の最適化を図っている。このように時々刻々変動するエネルギーのバランスをエネルギー管理システム(T-Green BEMS)で制御・監視・データ収集を行い、最適なエネルギーマネジメントを行っている。

年間の実証結果として、図-6に月別のエネルギーの内訳を実績値と計画値で比較して示す。消費エネルギーに関しては、大きく4つの項目に分類し、整理した。「その他」エネルギーの内訳は、ELVや衛生器具、制御系電源、蓄電池・トランス等のロスを含んでいる。太陽光発電による生成エネルギーは日射量の影響を受け、多少の差異はあるが概ね計画通りの実績であった。消費エネルギーに関しても、建物全体として概ね計画通りの消費実績であり、ある程度の予測精度を持って計画が出来たと考えている。結果として、493MJ/m²の生成エネルギーと463MJ/m²の消費エネルギーであり、生成:493MJ/m²年-消費:463MJ/m²年=30MJ/m²年>0で、年間エネルギー収支がプラスとなり、ZEBを達成した。用途別の詳細な分析は今後進めていくが、空調システムの更なる効率化とその他電力の無駄削減が今後の更なる省エネに向けた課題になると考えている。

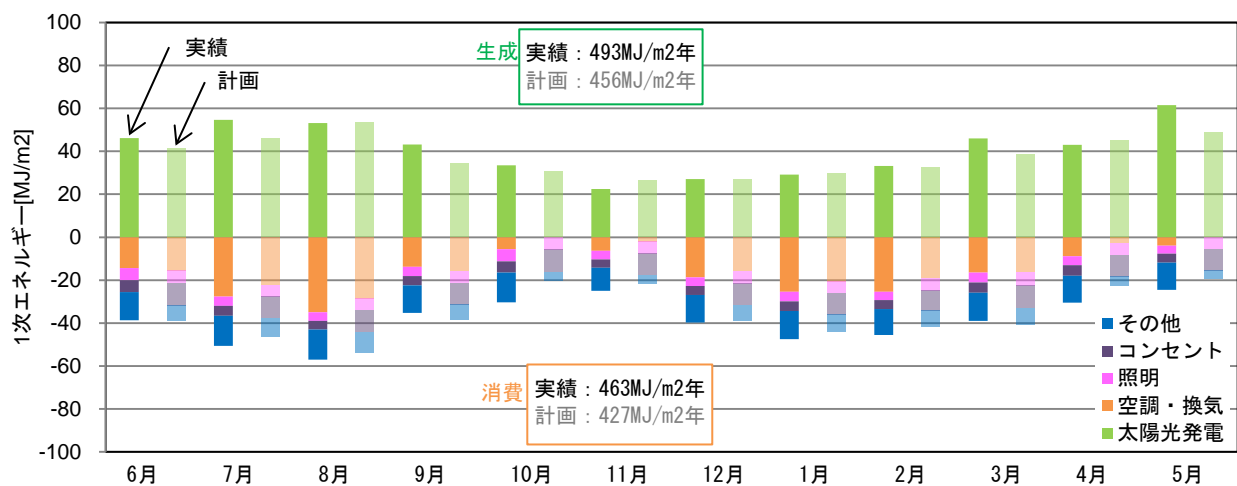


図-6 月別エネルギー収支の推移

7. まとめ

本報では、都市型 ZEB のパイロットビルと位置付け実証を進めている ZEB 実証棟に関して、その概要の紹介と竣工一年間の 2014 年 6 月から 2015 年 5 月までの運用実績を報告した。今後も、都市型 ZEB の普及に向け、実証レベルでの取組を行っていく予定である。

【謝辞】

本実証研究では、千葉大学の川瀬貴晴教授にご指導・監修を頂きました。また、共同研究先の企業の方々をはじめ、設計・施工から建物の運用に至るまで様々な方々のご協力を頂きました。この場を借りて、心より御礼申し上げます。

本実証研究の一部は、環境省平成 25～27 年度 CO₂ 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業による。

【参考文献】

- 1) 熊谷、他：都市型 ZEB の実証・評価に関する研究、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2015.9
- 2) オフィスビルの省エネルギー、一般財団法人省エネルギーセンター編
- 3) ZEB(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)の定義と評価方法、空気調和・衛生工学会空気調和設備委員会 ZEB 定義検討小委員会編