

低炭素社会実現に向けた ZEB と スマートコミュニティの取り組み

御器谷 良一・松本 久美

エネルギー分野の課題解決のためには、建物単体の取り組みはもちろん、地域全体での取り組みも重要となる。ここでは、建物単体の取り組みである ZEB（ゼロ・エネルギー・ビルディング）と、地域全体の取り組みであるスマートコミュニティについて、それぞれの普及拡大に向けた取り組みを具体的な事例を交えながら紹介する。

ZEB については、日本における ZEB の定義や国の政策、ZEB の具体的な事例や技術などについてまとめた。スマートコミュニティについては、その目的と機能をまとめるとともに、実現に向けて行われてきた具体的な取り組み事例を紹介する。

キーワード：低炭素社会、ZEB、スマートコミュニティ、太陽電池、照明、空調、燃料電池、AEMS

1. はじめに

世界全体で温室効果ガスの排出量が増え続けており、そこから予想される影響の大きさや深刻さから、地球温暖化は最も重要な環境問題の一つとなっている。この問題は一つの国や分野の取り組みだけでは解決できない状況であり、地球温暖化問題を防止することは人類共通の課題となっている。

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）第5次評価報告書によると、建築分野は2010年において世界のエネルギー消費量の32%を占め、このまま何も対策を講じなければ2050年までに建築分野のエネルギー消費量は2～3倍になると予想されている¹⁾。建築分野における迅速な対応が極めて重要である。

パリ協定では、温暖化対策に対する世界共通の長期目標として「産業革命前からの地球の気温上昇を2℃より十分低く保つこと。そのために21世紀の後半に世界の温室効果ガス排出を実質ゼロにすること。」を掲げている。日本では、パリ協定の枠組みを受けて、中期目標として2030年度の温室効果ガスの排出を2013年度の水準から26%削減することとなっている。さらに長期目標として2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指している。

日本において、この目標を達成するためには、大幅な排出削減を実現させる必要がある。2015年に国連で採択されたSDGsにおける環境・エネルギーなどの目標を達成するためにも、革新的技術の開発・普及な

どのイノベーションによる解決を追求していくことが必要である。また、日本では、東日本大震災を機に節電に対する意識や防災力強化に対する関心も高まっている。現在、建築分野に求められていることは多く、省エネルギーを最大限に進めてエネルギーを効率的に無駄なく利用することや、再生可能エネルギーの利用、地域分散型のエネルギー需給構造の構築などの地球温暖化に対する取り組みに加え、建物自体の安全性はもちろん、事業継続性を確保するBCPへの対応などもあり、様々な取り組みと工夫が必要である。建築物は他の工業製品などに比べて寿命が長く、対策の効果が出るまでに時間がかかることから、速やかな対応が求められる。

2. 低炭素社会への取り組み

低炭素社会実現に向けて、我々が力を入れている取り組みは、ビル単体の取り組みである「ZEB（ゼロ・エネルギー・ビルディング）」の普及展開と、地域単体の取り組みである「スマートコミュニティ」の形成である。

「ZEB」は、快適な室内環境を保ちながら、建物に対して徹底的な省エネルギー対策を行い、さらに建物で太陽光発電などによりエネルギーを創ることで、建物で消費するエネルギー量を大幅に削減した建築物である。現在、建築分野では環境負荷低減を目指してZEBの実現と普及が求められている。

「スマートコミュニティ」は、サステイナブルな社会構築手段のひとつである。温室効果ガスの排出削減が喫緊の課題となる中、建物単体だけではなく地域全体での取り組みも重要であり、太陽光や風力など再生可能エネルギーを最大限に活用しながらエネルギーの消費を最小限に抑える次世代の社会システムであるスマートコミュニティの形成が求められている。

持続可能性の高い低炭素な街づくりをするためには、ZEBとスマートコミュニティの両方を推進していくことが必要であり、ここでは、それぞれの普及拡大に向けた取り組みを紹介する。

3. ZEBの取り組み

(1) ZEBとは

ZEB（ゼロ・エネルギー・ビルディング）は、建物で消費するエネルギーを極限まで少なくし、さらにエネルギーを創り出す設備を持つことで、年間のエネルギー収支が正味「ゼロ」となる建物のことである（図—1）。エネルギー供給のない無人島で自立できるビルではない。



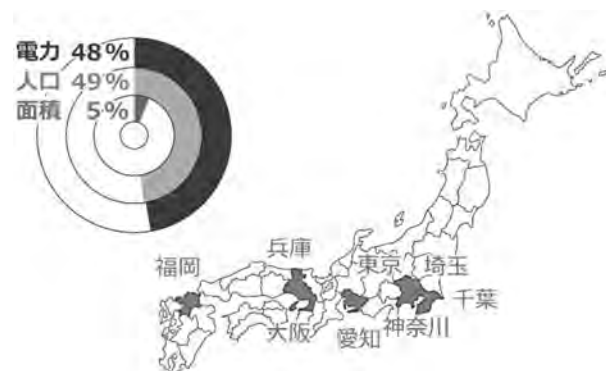
ZEBの取り組みは、欧米諸国を中心に活発化してきた。ZEBの定義は国や機関によって多少異なるものの、ZEBの実現で環境負荷を低減し、地球温暖化対策を行うという目的は共通である。ただ、海外のZEB事例は、広大な敷地を活用して太陽光発電などの創エネルギー設備を大量に設置している建物や、冷房または暖房が不要な地域の建物であるなど、日本と環境条件が異なるケースが多い。そのため、海外の事例をそのまま日本で展開することは出来ない。

日本は敷地が狭いケースが多く、建物以外に太陽光発電などの創エネルギー設備の設置が難しいため、ZEBを実現させるためには、建物で消費するエネルギーを最小化する技術と、創エネルギーを最大化する技術、さらにそれらを効率的に組み合わせる技術が求められる。

(2) 日本におけるZEB

日本においてZEBを実現するために、これまで業界各社においてZEB化技術の開発や実証等が推進されてきた。日本では、消費されるエネルギーのうち約40%はオフィスなどのビルで使われているため、建物の徹底的な省エネルギーの推進は我が国にとって喫緊の課題であり、ZEBの実現・普及は我が国のエネルギー需給の抜本的改善の切り札と考えられている。

ここでは、日本のZEB事例の一つである「大成建設ZEB実証棟」（以下「ZEB実証棟」という）について紹介する。ZEB実証棟は、都市部におけるZEBのパイロットビルである。都市部である理由は、日本のエネルギー事情にある。日本でエネルギーを大量に使用するビルは都市にあり、首都圏を中心とした都市部にエネルギー消費の約50%が集中している（図—2）。日本においてZEBを普及させ、低炭素な街づくりを推進するためには、エネルギーを大量に消費する都市部においてZEBを実現させ、普及展開していくことが必要である。



図—2 日本の都市部におけるエネルギー消費

(3) 事例紹介1 ～ZEB実証棟～

(a) 建物概要とコンセプト

ZEB実証棟は、横浜市の技術センター敷地内に、都市部をターゲットとしたZEBの実現可能性を実証することを目的として建設された。外観写真と建物概要を図—3に示す。

省エネ建築には、暑い、暗いといった快適性を我慢するネガティブなイメージがあるかもしれないが、ZEB実証棟が目指したのは、快適性も確保した超省エネルギーである。建物で消費するエネルギーを最小にするために高効率な設備機器やシステムを採用し、高いエネルギー性能を実現するだけでなく、建物利用者がオフィス環境として快適な空間を創ることと、安全性と事業継続性を確保することも目指した建物である。ZEB実証棟の3つのコンセプトを図—4に示す。



図-3 ZEB 実証棟

建物名称：大成建設 ZEB 実証棟
 所在地：神奈川県横浜市
 主要用途：事務所
 階数：地上3階，塔屋1階
 延床面積：1,277 m²
 構造：鉄筋コンクリート造
 竣工：2014年5月

いきいきオフィス
 業務に集中できるスマート
 で快適なオフィス環境を創出

ゼロエネルギー
 省エネと創エネにより年間
 エネルギー収支ゼロを実現

ひとつ上の安心
 高い安全性と事業継続性を
 確保するBCPへの対応を実施



図-4 建物コンセプト

(b) 導入技術の紹介

ZEB 実証棟の代表的な導入技術を紹介する。

①有機薄膜太陽電池外壁ユニット

創エネルギー設備として太陽光発電設備を設けている。都市部では高層ビルが多く、建物の屋上だけの太陽光発電では階が増えるごとに発電量が不足していくが、屋上だけでなく壁面部分も発電に有効に利用できれば、十分な発電量を確保できる可能性がある。そこで、外壁面での発電に有効な有機薄膜太陽電池に着目した。有機薄膜太陽電池の特徴を下記にまとめる。

- ・有機材料であるため色の選択・変更が可能
- ・形・寸法の自由度が高い
- ・軽量で施工性が向上し、建材一体化が可能

有機薄膜太陽電池は、発電量だけではなく、高いレベルのデザイン性を確保することが可能であり、ZEB 実証棟の壁面に適用し、外壁面でも発電を行っている。

②自然光を最大限活用した快適な光環境

大幅な照明エネルギーの削減を実現させるため、自然の光を最大限に活用した快適な光環境システムが導入されている。まず、太陽が出ている時間帯は外壁面に設置した採光装置により自然の光を執務室内の奥まで届ける。合わせて室内の照明には、効率の高いLEDによる全体照明と有機ELタスクライトを採用している。自然光で明るさが足りない場合に、室内の照明設備で光を補っている。部屋全体の照度は下げながらも、有機ELタスクライトによる柔らかい光で手元を明るくすることでワークスペースに必要な照度を確保し、照明のエネルギーを削減した。また、独自開発した人検知センサーによりリアルタイムに人の在／不在を検知し、照明の点滅や減光等の照明制御を行っており、一般ビルの照明エネルギーに対して86%のエネルギー削減を実現している(図-5)。



図-5 自然光を最大限活用した快適な光環境

③排熱を利用した高効率かつ快適な温熱環境

空調は建物全体のエネルギー消費の約半分を占めるといわれ、ZEBには空調エネルギーの削減は不可欠である。ZEB 実証棟は空調エネルギーを削減するために、空調負荷そのものの低減を行うとともに、高効率なシステムを計画し、一般ビルと比べ約76%のエネルギー削減を実現している。

ZEB 実証棟には高効率な発電設備として燃料電池を導入しており、燃料電池による電力と排熱を利用している。発電時の排熱は通常は捨てられてしまうが、ZEB 実証棟ではその排熱を利用し、躯体放射冷暖房を行っている。燃料電池からの低温排熱を利用して吸着式冷凍機によって冷水を製造し、床スラブに打設された配管に通水し、部屋全体を緩やかに空調している。さらに床面にはパーソナル吹出口が設けられ、空調風量も照明と同様に人検知センサーによる在／不在の情報でコントロールしてエネルギーの削減を図るとともに、個人の好みに合わせた風量選択が可能な快適性も両立したシステムとなっている(図-6)。



図-6 空調システム

また、コンセプトの一つである「ひとつ上の安心」に対しては、都市型小変位免震を用いることで建物自体の安全性を確保した上で、太陽光発電や燃料電池などの導入によりエネルギーの自立性を高めている。災害時にも高い安全性と事業継続性を確保し、BCPへの対応も行っている。

(c) 運用実績

ZEB 実証棟は 2014 年 6 月から運用が開始されている。運用 1 年目の実績は、一般的な建物のエネルギー消費量の 1/4 程度となる 463 MJ/m² 年、創エネルギー量 493 MJ/m² 年となり、建物単体での年間エネルギー収支ゼロを達成した。その後も引き続き適正なエネルギーマネジメントを行いながら、3 年連続で ZEB を達成しており、都市部をターゲットとした ZEB の実現可能性を確認できた (図-7)。

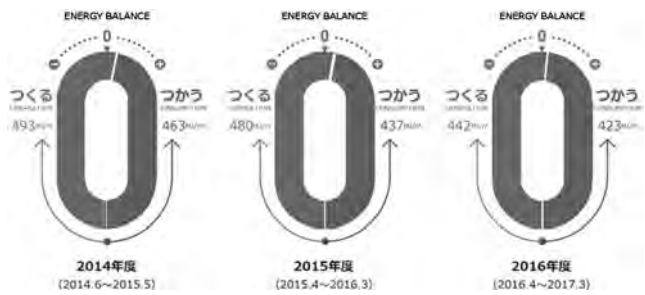


図-7 年間エネルギー収支

(4) ZEB の普及に向けて

日本における ZEB 実現の具体的な目標は、エネルギー基本計画 (2010 年閣議決定) において『2020 年までに新築公共建築物等で ZEB (ネット・ゼロ・エネルギー・ビル) を実現し、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。』と明記され、業界各社において ZEB 化技術の開発などが行われてきた。しかし、ネット・ゼロ・エネルギー・ビルの実現は、建物用途や建物規模などの物理的な制約や

建設コストなどから社会的に広く普及させるに至っていなかった。国はそのような状況の中、ZEB のさらなる普及展開を目指し、2015 年 12 月に日本における ZEB の定義を次のように決定した。

(a) ZEB の定義 (経済産業省資源エネルギー庁)

先進的な建築設計によるエネルギー負荷の抑制やパッシブ技術の採用による自然エネルギーの積極的な活用、高効率な設備システムの導入等により、室内環境の質を維持しつつ大幅な省エネルギー化を実現した上で、再生可能エネルギーを導入することにより、エネルギー自立度を極力高め、年間の一次エネルギー消費量の収支をゼロとすることを目指した建築物 (図-8)。

(b) ZEB の種類 (図-9)

- ・ ZEB Ready
省エネ法基準よりも 50%以上の省エネ
 - ・ Nearly ZEB
省エネ法基準よりも 50%以上の省エネ+再エネにより、正味で 75%以上の省エネ
 - ・ 『ZEB』 (ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)
省エネ法基準よりも 50%以上の省エネ+再エネにより、正味で 100%以上の省エネ
- 国が定義した ZEB では、年間のエネルギー収支が正味ゼロとなる 『ZEB』 以外に、エネルギー収支の



図-8 ZEB の定義のイメージ

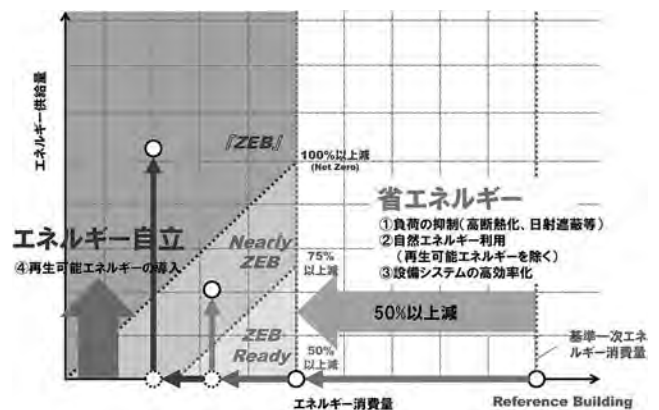


図-9 ZEB へのアプローチのイメージ²⁾

状況に応じて *Nearly ZEB*, *ZEB Ready* といった将来的に『ZEB』になる可能性のある建物も含まれており、社会への普及促進が期待できる定義とされた。まずは導入しやすい *ZEB Ready* の普及展開が重要となっている。*ZEB Ready* を中心に ZEB が普及していくことで、ZEB 化技術のコストダウンが実現し、さらに世の中に ZEB が展開され、*ZEB Ready* が当たり前の世の中になることが望まれる。

(c) ZEB の認証制度

建築物省エネルギー性能表示制度 (BELS) は、第三者評価機関が省エネルギー性能を評価・表示する制度である。2016 年 4 月からこの評価制度において ZEB の認証が行われるようになった。ZEB の認証は設計段階で評価され、認証された場合には次のような表示マークを提示できる (図-10)。



図-10 ZEB 表示マーク³⁾

(5) 事例紹介 2 ～市場性のある ZEB 事例～

現在は市場性のある ZEB の普及拡大を行うフェーズに移行している。

本建物は、福岡市博多区にあるテナントオフィスビルであり、BELS において「*ZEB Ready*」の認証をテナントオフィスビルとして初めて取得した。これまでの ZEB 事例は企業としての環境性を示すため自社建物が一般的であったが、ZEB の普及拡大を目指す上では国内のオフィスビルの約 70% を占めるテナントビルにおける ZEB の推進は必須の取組みとなる。

本建物は、高効率な空調システムの採用に加え、人検知センサーによる照明・空調制御、自然採光利用、テナント区画毎のエネルギー見える化システム等の ZEB 化技術が導入され、標準的なビルに比べて一次消費エネルギー量を 52% 削減している。本建物は今年の 2 月末に竣工しており、運用段階における ZEB の実現に向けて建物の利用を開始した。建物概要と外観写真を示す (図-11)。

建物名称

JS 博多渡辺ビル
ZEB Ready

建物概要

計画地 : 福岡市博多区住吉 4 丁目
 主要用途 : オフィス (テナント)
 階数 : 地上 7 階、塔屋 1 階
 延床面積 : 約 6,173 ㎡
 構造 : S 造
 工期 : 2018 年 2 月竣工

図-11 JS 博多渡辺ビル

4. スマートコミュニティの取り組み

(1) スマートコミュニティとは

スマートコミュニティは、スマートグリッドのような新しい電力制御技術と情報通信技術 (ICT) を組み合わせた電気の有効活用に加え、熱や未利用エネルギーも含めたエネルギー全体の需要・供給体制の構築、さらに地域の交通システムや市民のライフスタイルの変革まで幅広く含む、エリア単位での次世代のエネルギー・社会システムの考え方をいう⁴⁾ (図-12)。



図-12 経産省 スマートコミュニティのイメージ

特に建築分野では「エネルギー」を中心とした取り組みに力を入れている。スマートコミュニティでは、情報通信技術 (ICT) を活用しながら街区全体でのエネルギー利用の最適化を図るため、建物ごとの個別の取り組みでは実現が難しい街区全体での環境負荷低減に資する取り組みが可能になる (図-13)。また、広域でのエネルギー融通が可能のため、電力調整余力を持ち、不安定電源である太陽光発電や風力発電などに

よる再生可能エネルギーのより有効な利用が可能である。スマートコミュニティは、日本のエネルギーに関する様々な課題を解決していく手段として期待され、国としても積極的に推進を行っている。

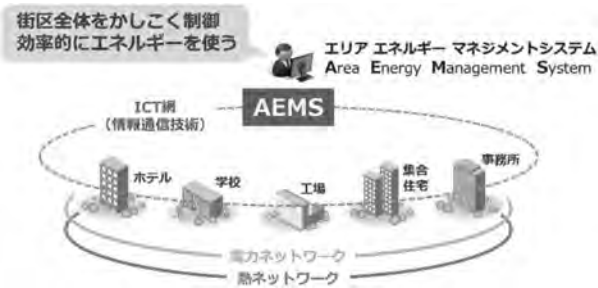


図-13 街区でのスマートコミュニティのイメージ

(2) スマートコミュニティの目的と機能

スマートコミュニティに求められる要素は次の3つである。

- ①低炭素社会の実現
- ②レジリエンス
- ③エネルギーセキュリティ、電力ピークカット

これらを実現し、街区単位で省エネルギーと太陽光発電・風力発電などの再生可能エネルギーの有効利用を行うことで、社会全体の低炭素化を図る。

さらに、スマートコミュニティの構築には省エネによる温室効果ガスの排出削減だけではなく、災害時における人命の保護や建物の機能維持も求められている。東日本大震災以降、防災・減災に対するしなやかな強靭性が重要であることが認識され、個別分散電源やスマートグリッドの構築によって災害に強い街づくりを行っていくことがますます重要になっている。日本では、原子力発電所稼働停止に伴う輸入化石燃料への高依存の低減、再生可能エネルギーによる不安定電源大量導入への対応などが必要であり、スマートグリッド、スマートコミュニティへの重要性が増している。

それらを実現するために、スマートコミュニティの構築には次の機能が求められる。

- ①創エネルギー
- ②電力ピーク調整余力
- ③ICTを活用した最適制御システム

スマートコミュニティ内には、太陽光発電や風力発電、バイオマス発電などの再生可能エネルギーを導入して化石燃料の消費削減に寄与することが求められている。また、蓄電池や蓄熱システムなどによって電力調整余力を持ち、再生可能エネルギーなどの不安定電

源への対応力を高め、電力需要ピークを緩和し、配電システムへの負担を減らすことも期待されている。さらに今後はデマンドレスポンス (電力需給調整: 以下 DR) への対応なども求められる。これらの対応をしていくためには、コミュニティ全体で最適にエネルギー制御する機能が必要であり、AIやIoTの技術を活用した最適制御システムの開発も求められている。

(3) 事例紹介1 ～ YSCP 実証事業～

(a) 横浜スマートシティプロジェクト (以下 YSCP) の概要

国はスマートコミュニティを持続可能な社会システムとして考え、実現を推進してきた。経済産業省は日本型スマートコミュニティの実現を目指し、2010年から2014年までの期間で「次世代エネルギー・社会システム実証事業」として、国内4地域 (横浜市、豊田市、けいはんな学研都市、北九州市) において実証事業を実施した。ここでは横浜市で行った YSCP における取り組み概要について紹介する。

YSCP は、横浜市が民間企業と共同で行った実証事業の名称である。地域のエネルギーを管理する CEMS (Community Energy Management System) を中心に、住宅 (HEMS)、工場 (FEMS)、一般ビル (BEMS)、大型蓄電池 (SCADA)、電気自動車 (EV) といった様々な実証が行われた。図-14 に YSCP 事業の全体イメージ図を示す。

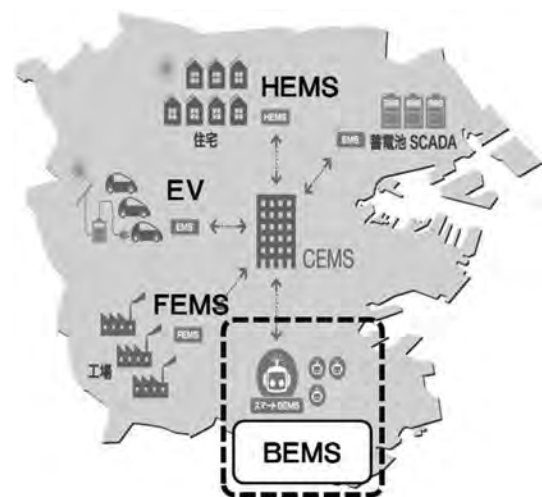
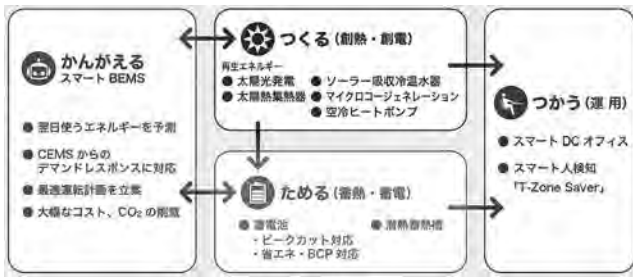


図-14 横浜スマートシティプロジェクト (YSCP)

(b) YSCP の BEMS の取り組み

YSCP の一般ビル (BEMS) の実証事業について紹介する。BEMS の実証には、(株)東芝と共同で参画し、横浜市戸塚区の技術センター内において BEMS を核としたシステムを構築し、DR 実証を行った。ここで



図一15 YSCP (BEMS) のシステム構成

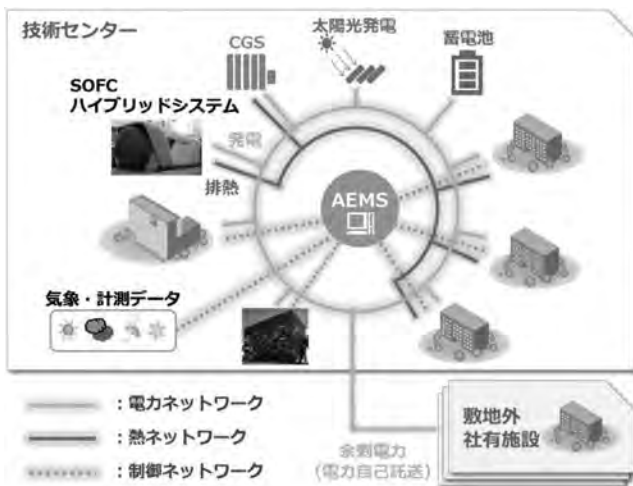
は「つくる」「ためる」「つかう」「かんがえる」の4つの機能を有するエネルギーシステムを構築し、電気と熱のピーク調整余力を持つことで、DR 要請に対応するピークカット制御を行った (図一15)。

この実証においては、電力だけではなく熱の利用も積極的に行ったため、横浜市が定めたDRの目標値20%に対して、最大で33.24%の大幅なピーク負荷削減を達成することができた。この実証事業を通して、電力ピークカット最大制御やエネルギーコスト最小制御など、様々な運転制御に関する知見が得られた。

(4) 事例紹介 2 ～技術センター～

(a) スマートコミュニティの概要

現在、技術センターにおいて、YSCP 実証事業で得られた知見を活かして、実装設備としてスマートコミュニティを構築しているため、その取り組みを紹介する。概念図を下記に示す (図一16)。



図一16 スマートコミュニティの取り組み

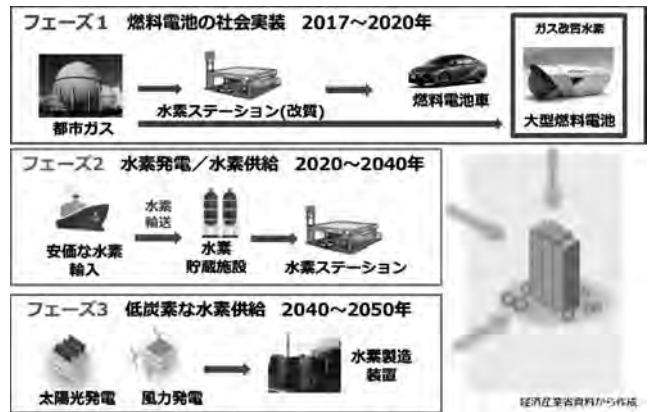
ここでは、太陽光発電などの創エネルギー設備や、マイクロコージェネレーションや固体酸化物形燃料電池 (SOFC) ハイブリッドシステムなどの発電設備による電力や排熱を、複数建物間で融通し、エネルギーを最適に利用するシステムの構築を行っている。休日

などで太陽光発電による発電量が多く、敷地内で電力が余った場合には、敷地外にある社有施設に電力自己託送によって融通することも想定している。さらに、それらを最適にコントロールするために AEMS (Area Energy Management System) が計画されている。AEMS は、AI を活用して、気象予報や過去のエネルギー消費データ、実験施設の予約情報を元に負荷を予測し、街区にある各設備を最適に制御する。

(b) SOFC ハイブリッドシステムの概要

発電設備として導入されている SOFC ハイブリッドシステムについて説明する。

経済産業省の「水素・燃料電池戦略ロードマップ」において、フェーズ1で燃料電池の普及拡大が示されている (図一17)。喫緊の課題であるフェーズ1に着目し、大型燃料電池である SOFC ハイブリッドシステムを技術センターに導入しており、燃料電池によるエネルギーを活用する技術の構築にも取り組んでいる。



図一17 水素・燃料電池戦略ロードマップ イメージ

本体は、NEDO による「平成 28 年度固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発事業」によって、三菱日立パワーシステムズ(株)殿 (以下 MHPS) が技術センターに設置し、共同研究を行っている。システム仕様および外観は次に示す通りである (図一18)。

- 定格出力：250 kW 級
- 発電効率：55% 以上
- 総合効率：73% 以上 (温水)
- 燃料：都市ガス (中圧)

発電と熱発生のおよびの概念図を図一19に示す。

SOFC ハイブリッドシステムは電気と温水を製造する発電設備である。まずは SOFC 本体に都市ガスを投入して改質することで水素とし、化学反応を利用して発電を行う。そこで使い切れなかった高温の SOFC 排ガスをマイクロガスタービン (以下 MGT) に投入

して二段階で発電するシステムであり、55%という高い発電効率を実現している。さらに、MGTの高温の排ガスから熱を取り出して温水を製造している。発電と熱利用を合わせた総合効率は73%のコジェネレーションシステムである。



図一 18 システムの概要



図一 19 発電と熱発生のおしき

(c) SOFC ハイブリッドシステムの特徴

建物へ導入する視点から、本システムの特徴をまとめる。

まず一つは、国内最高発電効率55%の発電システムという点である。発電効率が高いため、発電時の排熱量は少なく、熱需要が少ないオフィスビル等に適したコジェネレーションシステムである。

次に、BCP性能向上に有効な発電システムという点である。SOFCハイブリッドシステムは、耐震性があり信頼性の高い中圧ガスを利用したシステムである。技術センターには中圧ガスが無いため、ここで導入したシステムでは低圧ガスを昇圧して利用しているが、本システムには自立運転切替機能を設け、停電時にも運転が可能なシステムとして検証を行っている。

また、本システムは、一般建物へ導入しやすいように大型の水素や窒素等のタンクが不要なシステムになっている。大型の水素や窒素等のガスタンクは扱いが難しいため、それらをなくし、都心のオフィスビルなど様々な場所で導入しやすいという点が特徴である。

これらの特徴などから、SOFCハイブリッドシステムはオフィスビル等への導入に適した高効率な熱電併給システムと言える。

5. おわりに

建築分野においては事業活動そのものが地球環境へ影響を与えるため、そこで今後どれだけ環境負荷を削減できるかが非常に重要である。国は低炭素化を求めるとともに経済成長を同時に実現するため、様々な目標設定と取り組みを行っているが、それらの目標を達成するために我々が取り組んでいるZEBとスマートコミュニティの取り組みは、一般の建設市場でそれぞれの事業において独立して収益を上げ経済合理性が確立される事例がまだまだ少ない。ZEBとスマートコミュニティは、国としても重要な取り組みとして推進しており、今後さらに官民一体となって積極的に普及展開を図っていくことが望まれている。我々は引き続きこれらの取り組みを通して、持続可能な低炭素社会の実現を推進していく。

JICMA

《参考文献》

- 1) ZEBロードマップフォローアップ委員会「これからの建築環境の方向性 ZEB設計ガイドライン ZEB Ready・中規模事務所編 Ver.0」p.1, 2017年2月
- 2) 経済産業省資源エネルギー庁省エネルギー対策課「ZEBロードマップ検討委員会とりまとめ」p.27, 2015年12月
- 3) 一般社団法人住宅性能評価・表示協会、WEB公開資料
- 4) (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)「トコトンやさしいスマートコミュニティの本」, 日刊工業新聞社, p.10, 2012年6月

【筆者紹介】

御器谷 良一 (ごきたに よしかず)
大成建設
環境本部 自然共生技術部
部長



松本 久美 (まつもと くみ)
大成建設
エネルギー戦略部 ZEB・スマートコミュニティ部
ZEB推進室
主任

