

# ZEBの実現可能性とスマートコミュニティ構想

～災害時における自立エネルギー供給の視点も含めて～



特 集

株式会社日建設計総合研究所

取締役副所長 栗山 知広氏

## ●はじめに

本日お話しする内容は4つです。はじめに、日建グループの2施設で昨年2011年に取り組んだ節電状況をご報告し、その結果として得られたZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）化への示唆に富んだ内容をお話します。2つ目は、将来の技術開発状況を想定し、20年後のZEB化の実現可能性の検討結果についてご報告します。3つ目が私の考えるスマートコミュニティ構想について、災害時対応を含めた話題を提供します。最後に少しだけ余談を話させてください。

本題に入る前に、唐突ですが、業務用ビルの光熱費削減は私たちの責務だと考えています。例えば、テナントオフィスビルの光熱費ですが、延べ床面積あたりで年間4,000～5,000円/m<sup>2</sup>かかっています。有効面積率を70%とすると、貸室面積あたり年間6,000～7,000円/m<sup>2</sup>になります。月坪に直せば1,700～2,000円かかっていることになります。10%の省エネルギー化を図っても月坪約200円の低減です。大阪御堂筋沿いの賃貸料は月坪1万円くらいであり、お金の視点から言うと数%の家賃ダウン獲得の方が大きいと言えます。

しかし、美しい地球を我々の子孫に残すために、省エネルギー、低炭素化は私たちの責務だと考えます。

## ●日建グループ2施設の節電状況

### (1) 節電中の東京・・・それなりに過ごせた

東京の日建グループ2施設で昨年実施した節電の状況結果についてご報告します。ここに示した写真は節電中の東京ですが、いつもの東京の夜に比べかなり暗くなっているのが分かります。コンビニはかなり照度を落としたのに、この写真のように十分明るい状況です。右下の写真は、公共交通機関のエスカレーターが停まった状況で、階段を上り下りしなければならぬ大変でした。しかし、東京の人はそれなりに過ごせたと感じています。従来が明

るすぎたというのが多くの方の感想でした。

### (2) 日建設計東京ビルの概要と主な節電対策

日建設計東京ビルは9年前に完成した延べ床面積約2万m<sup>2</sup>、地上14階地下1階の建物です。主な節電対策として、執務室の照明を照度750ルクスから300ルクスに落としました。それに窓際2列を全消灯し、共用部照明は全消灯か点灯本数を削減しました。空調は冷房26℃を28℃、暖房22℃を20℃にしました。その他に、暖房便座の電源オフ、来客用を除く自販機停止などを行いました。

### (3) NS節電対策の効果

ここに示したグラフは、2010年7月と昨年2011年7月の平日の平均電力量です。2010年7月に比べ、節電対策を行ったことで25%削減しました。

その内訳は、照明が44%減と大きく削減できました。空調は、蓄熱システムを採用しているため夜間に大きい電力を使っているのですが、節電が必要な9時～20時の時間帯には12%削減ができています。一方で、コンセントは出来るだけ電源を切るという自己管理のため、8%削減にとどまっています。

これらに対して、冷水熱量＝冷房負荷ですが、照明・コンセントなどは内部発熱ですから、これらを



講師 栗山 知広氏

節電することで冷房負荷削減となります。温度設定を26℃から28℃にしたことと合わせて、2010年7月平均に比べ2011年7月平均では熱源の冷水負荷が20%減っています。大きいのは照明で、発熱する照明電力消費量が少なくなったため冷房負荷が減りました。節電すると冷房負荷が減少します。

それに対して暖房負荷はどうか。温水熱量＝暖房負荷は内部発熱の減少によって、2011年1月平均に比べ2012年1月平均は8%増加しました。照明の発熱がヒーターとして効いていたものがなくなったので、暖房熱源に負担がかかるという結果になっています。ですから、節電すると暖房負荷が増加するという事です。

#### (4) NS 節電対策の居住者アンケート～照度～

照明の照度を750ルクスから300ルクスに変更したことに対して、居住者はどう思っているのかを、昨年5月と7月にアンケート調査をしました。「適当」だと答えた人が5月に41%だったものが7月には56%へと15ポイント上昇しました。「やや暗い」、「暗い」と答えた人が合わせて5月の約60%から7月には約40%に減少しました。つまり、震災後の4ヶ月で300ルクスに順応したことになります。逆に言えば、今までが明るすぎたのではないかということです。

#### (5) NSRI 東京オフィスの概要と主な節電対策

日建設計総合研究所 (NSRI) 東京オフィスは、日建設計とは別のテナントビルに入居していますが、2011年夏に節電と在宅勤務を実施しました。節電対策では、空調機を28℃以上で使用、照明の間引き、プリンター・コピー機の台数制限、給茶機の使用時間制限などを実施しました。加えて、8月6日～21日までの約2週間、在宅勤務を行い事務所を閉鎖しました。その間は事務所の照明も空調も使用していません。ただし、在宅勤務は家庭での電力消費が増える可能性があります、そのプラス・マイナスがどうかということは、測定機器が手配できなかったため測定できていません。

#### (6) NSRI 節電対策前後の実測結果

節電による消費量削減は、平日平均で33%でした。その内訳は、照明が46%減、空調が45%減と大きい効果が得られています。ところが、パソコンやプリンターなどのコンセント電力消費の削減量はわずかです。在宅勤務期間中の消費量ですが、空調はし

ていないにも関わらず、節電対策後の空調の3分の1程度という大きい待機電力を消費していることが分かりました。ということは、パソコン・プリンター等の低消費電力運用、ならびに、それらと待機電力の低消費電力機器の開発が望まれることが分かります。

パソコンの消費電力ですが、デスクトップパソコンは定常時で65～80Wを消費しています。未使用状態でも50W程度という大きい電力を消費しています。

ノートパソコンの場合、A4 ノートは定常時38W程度、B5 ノートは16W というように、デスクトップに比べ4分の1～5分の1と消費量が少ないことが分かります。また、デスクトップと同様に、未使用状態でも10数Wという大きい電力を消費しています。席を離れる時はスリープモードにすることが重要だということが分かります。ノートパソコンは、消費電力が少ないだけでなく蓄電性能もあります。私のノートパソコンのバッテリーは4時間持ちます。それに予備のバッテリーを持てば8時間程度は持つので、昼間は商用電源を使わなくても済むわけです。昼間はバッテリーで使用し夜中に充電しておくことで、かなりの節電効果が上がると思います。

この図表は、1週間のコンセントの電力消費量です。夜間でもかなりの消費量で、昼間のゆーに1割以上を消費しています。つまり、無人時の消費量は非常に大きいということです。執務時間は長くても1日の2分の1です。また、平日は年間の3分の2、土日祝祭日は年間の3分の1あります。すなわち、我々が事務所内で勤務しているのは年間の3分の1であり、逆に無人時は年間の3分の2を占めることになります。無人時の低消費電力化が課題の一つだと言えます。

#### (7) 節電が示唆すること

以上の節電結果をまとめてみます。

節電すると冷房負荷が減少し、暖房負荷が増加します。冷暖房温度の見直しの効果もありますが、照度を下げることによる照明電力消費量、つまりヒーターを小さくしたことの影響が大きいと言えます。今までが明るすぎたということで、今後照度の見直しが出てくると思います。そして、将来の照明器具の効率向上によって、照明電力消費量がかなり少なくなるとともに、冷房負荷が減少し暖房負荷が増加



することが見込まれます。

パソコンは、種類により消費電力が大きく異なります。また、将来の低消費電力化によって、パソコン電力消費量がかなり小さくなるとともに、パソコンもヒーターなので、冷房負荷が減少し暖房負荷が増加すると言えます。

さらには、ビル用マルチエアコンの待機電力が大きいこと、コンセントの無人時消費電力が思いのほか大きいということなどから、待機電力、無人時消費電力の低消費電力化が望まれ、今後の開発課題になるだろうと思います。

## ● 20年後のZEB化の実現可能性

### (1) 低炭素化見通しの必要性とZEBの定義

低炭素化社会を実現するという流れはもう止めることはできません。この流れの中で、日本の業務用建築においても社会の厳しい視線が注がれています。業務用建築に関わるすべての人々による低炭素化戦略が必要となっています。そこで、日本の業務用建築における低炭素化展望を考えてみたいと思います。

その前に「ZEB (ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)」とは何かを考えます。いままで言われてきた省エネルギー建築と何が違うのか。私は、省エネルギー建築の行き着く先がZEBと考えています。現状の技術、ライフスタイルで、通常の業務用ビルでZEBは実現できません。現状でZEBを実現するか実現したと言うのは勘違いだと私は思っています。

### (2) 関わるすべての方たちによる役割発揮が必要

省エネルギービルもZEBも、建築をつくる方たちと使う方たちのみで達成しなければならないと考えられている節があるようですが、そうではなく、

業務用建築に関わるすべての方たちで達成すればいい、達成しなければならないと考えます。つまり、

- ・すべての方たちによる現状認識
- ・建築をつくる方たちによる最新技術の駆使
- ・製品を供給する方たちによる技術開発
- ・使う方たちによる運用改善
- ・エネルギーを供給する方たちによる低化石化
- ・行政に携わる方たちによる政策・指針策定

そして、

- ・使う方たちの豊かさの選択

も合わせて、すべての方たちの役割発揮による相乗効果でZEBを達成することになると考えています。

### (3) すべての方たちによる現状認識

ここに示した左の円グラフは、業務用建築のエネルギー消費先の割合の例です。省エネルギーといえば空調に注目されがちですが、空調は熱源と搬送を含め約4割です。空調以外の割合が6割と大きいのです。右の円グラフは空調負荷の割合例で、壁・窓、人体、照明、OA機器、取入外気負荷を示しています。空調熱負荷が低減すると、空調熱源、空調搬送が低減します。さらに、照明とOA機器の消費量が低減すると、空調負荷も減ります。したがって、空調だけでなく、すべての消費先ごとに大幅な削減が必要で、かつ、冷暖房負荷の削減は基本中の基本だということになります。

### (4) 建築をつくる方たちによる最新技術の駆使

まず、外皮性能とエネルギー消費量の検討が必要です。RC壁、ガラスカーテンウォール、透明ペア、Low-eガラス、窓面積率の大小、庇を付けるのか、袖壁を付けるのか、などの採否の検討です。こうした選択を行いながら適応していただきたいと思います。

照明による年間電力消費量は、従来器具を100とすると、現在の新築時には当たり前に採用される高効率なHf蛍光灯は80です。それに初期照明補正を行うことで70になります。さらに、人がいない空間は、緩衝帯を設けながら自動的に全消灯できるように人感センサーを設置することで、従来器具に比べて55%程度の消費量に抑えられます。将来的にはLED照明や有機EL照明などが普及します。

### (5) 製品を供給する方たちによる技術開発

冷凍機ですが、現在の効率を1990年当時に比べると、ターボ冷凍機は28%アップし、ガス焚吸収



式冷温水機も27%アップしています。この20年間で3割くらいアップしたことになります。ただし、ターボ冷凍機はそろそろ理論COPに近づいており、あと2割程度の向上が限界と思われま

す。照明器具の性能をグラフで表すと、いちばん下が白熱灯器具、その上が蛍光灯ダウンライト、10年前の銅鉄式蛍光灯です。そして、その上のHf蛍光灯が現在新築時に普通に採用されています。LED照明は効率がよいと言われているが、現状ではHf蛍光灯とほとんど変わりません。たぶん銅鉄式蛍光灯と比較されているのではないのでしょうか。ただし、LED照明も有機EL照明も、まだまだ効率向上が見込まれていて、2020年には現在の1.5倍の効率になると言われています。したがって、2020年には同じ照度を保っていても、照明の電力消費量は3分の2の時代になるということです。

ノートパソコンの消費電力は、マルチタッチノートやシンククライアント化により、2025年には6W程度になると予想されています。現状のノートパソコンの70W程度と比べ12分の1になるということです。ですから、ものすごい低電力消費化になるということです。

無人時の消費電力ですが、夜間無人時でもかなりの電力を消費しています。その原因は何かというと、パソコンやエアコン、ウォシュレット、各種制御盤などの待機電力、無人時でも建物維持に必要な例えば防災設備や防犯設備などの電力、それに変圧器の電力損失です。これらにより無人時でもかなりの電力を消費しているということです。通常の事務所建

物で年間の3分の2が無人ですから、例えば、無人時に消費する電力が $1\text{W}/\text{m}^2$ の場合、昼間に使用する器具が $3\text{W}/\text{m}^2$ のものと年間電力消費量は同じということになります。やはり夜間に消費する電力を今後少なくすることが重要だと言えます。

(6) 将来の低炭素化の見通し～あるモデルで試算～

今まで申し上げた将来の2025年、2030年までの技術開発を想定して試算すると、ここに示したグラフのようになります。現状を100%とすると、建築をつくる方たちによる成果として72%程度まで削減可能です。製品を供給する方たちの努力によって36%まで削減できるだろうと試算しています。さらにBEMSの効果や、明確ではないですが将来の電力のCO<sub>2</sub>排出係数が現状の50%低下になると見込むと、17%程度に削減できるという試算結果になります。20年後には、現状の20%以下となることはあながち非現実的でもないと思っています。

(7) 使う方たちの豊かさの選択

20%以下になるとの試算は、負荷Lの視点からの試算です。しかし、建築物からのCO<sub>2</sub>排出量80%削減が実現可能かどうかはLの視点からのみならず、価値あるいは豊かさを表すVを考慮したV/Lの視点から考える必要があります。分子が価値で分母が負荷、言い換えれば、分子が豊かさで分母がCO<sub>2</sub>排出量になります。分子の豊かさが向上するとCO<sub>2</sub>排出量も増加します。ですから、将来の低炭素化の実現を考える上でVの視点が必要です。豊かさを維持向上させながら低炭素化を図ることが基本です。Vは量と質に分けられ、量は床面積、質は快





適性や利便性になります。将来の豊かさの内容は予測しがたく、少子高齢化時代において床面積が増加するかどうかは不透明ですが、床面積の増加は総量増加の第一要因です。床面積はむしろ減っていくのではないかと考えていますが、一人当たりの床面積は増加し、また、病院などの高齢者対応施設も増加するだろうと考えられます。

豊かさの向上によって過去にどれだけCO<sub>2</sub>が増加してきたのかを見ましょう。1990年から現在までに機器性能向上によってエネルギー消費量が低減されています。ところが、豊かさの向上によってエネルギー消費量は増加しています。それを試算してみました。天井高は2.6mから2.8mに、机上面照度は500ルクスから750ルクスになっています。パソコンは1グループに1台だったのが、一人1台以上を持っています。こうしたことがエネルギー消費量を増やしていることとなります。それをグラフに表すと、90年を100%とすると窓性能の向上、Hf蛍光灯の採用、熱源性能向上などの建築設備性能の向上で78%という数値になります。ところが、豊かさが向上し、天井高の増加、OA機器の増加、照明が明るくなったということで167%、約7割も増加しています。建築設備性能の向上を打ち消した形で、逆に約3割も増加している状況です。ですから、豊かさが向上するとCO<sub>2</sub>排出量は増え、20年間で3割増えているということになります。

将来これがどうなるのか。さきほど建築設備性能の向上で17%に削減されると試算しましたが、豊かさの向上を考慮すると25%にもなりかねません。豊かさの向上も念頭に入れなければならないと思います。

## ●私の考えるスマートコミュニティ構想

### (1) スマートコミュニティって何？

マイクログリッド、スマートグリッドという言葉がありました。今はスマートシティ、スマートコミュニティという言葉に置き換えられています。グリッド（電力網）がシティやコミュニティに代わっているのですが、内容はグリッドやエネルギーのままで語られているのが現状です。また、対象地域、対象範囲、対象内容が特定されないままに語られていて、話がかみ合わないというのが現状です。エネルギーや負荷というLのみでなく、豊かさや安心・安全というVもあってこそ、スマートコミュニティでありスマートシティであると私は考えています。

### (2) 私の考えるスマートコミュニティ

ハード的には情報、電力、熱、人のネットワークだと思っています。図の中の「SCC」とあるのはスマートコミュニティセンターです。スマートコミュニティは、SCCを核に情報、電力、熱、人のネットワークを形成し、豊かで安心・安全で低炭素なコミュニティをつくることだと思っています。

SCCを核に、CEMS（コミュニティEMS）、HEMS（ハウスEMS）、IF（インターフェイス）、SM（スマートメーター）、PV（太陽光発電パネル）、BAT（蓄電池）を備えた情報、電力、熱、人のネットワークの形成だと思っています。

スマートコミュニティには、常時と災害時の機能が必要と考えられます。常時の機能には、高齢者のSOS情報などの地元のみの特有情報が必要で、その他の情報はネットで得られます。居住環境向上サービス、地元特有サービス、省エネルギー化助言、デマンドレスポンス（電力需給調整）なども必要と思います。災害時の機能では、災害情報の伝達、自家発電や太陽光発電の融通、蓄電池による夜間電力対応、さらには、雑用水の融通機能も必要と思います。

スマートコミュニティは事業であり、事業として成立する必要があります。現状での実証事業の事例では、すべて持ち出しで行われているようです。事業ですから、支出を十分検討する必要があります。SCC設置費（スペース費）、CEMS設置費、情報インフラ構築費が必要になります。電力の融通という観点では発電機、太陽光発電、蓄電池設置費もかなり大きな金額を占めます。これらに加えて、スマートコ



コミュニティ運営のための人件費も必要となるので、支出としては、初期投資を年間償却費に置き換えると、年間数千万円という支出がでます。

これを取入で賄えるのか。省エネルギー化による光熱費削減で賄えればいいのですが、なかなかそうはいきません。どの程度省エネルギー化が見込めるかは読めないため、事業を開始することがなかなか出来ません。ですから、皆でお金を出し合い、豊かで安心・安全で低炭素なコミュニティをつくるという考え方が必要ではないかと思っています。皆でお金を出し合うことで事業が成立するのではないかと思っています。それは、自治会費+災害時保険のようなものと考えており、それによって豊かで安心・安全で低炭素なコミュニティをつくるということです。定額でお金を出し合う、例えば、光熱費の2%くらいを供出することにより事業として成り立つと思います。

災害時の対応ですが、阪神淡路大震災の時は停電となり、ガスや水の供給が止まり、1週間程度困りました。やはり災害時には電源と雑用水の確保が必要になります。電源では、必要電源量が対象地域によって異なります。例えば避難場所となる公共施設、学校、治療行為が必要な病院などでは大きな電源が必要となります。非常用発電機、他にコージェネレーション発電機、大容量太陽光発電+蓄電池による電力確保と電力融通が必要です。ただし、他のビルなどへの電力融通は今の電気事業法では出来ないため、電気事業法の改正が必要になります。法律は時代とともに変化して当然であり、私は改正すべきは

改正すべきだと思っています。さらにコンセントとケーブルによる電気自動車搭載蓄電池も射程として入れる必要があると思います。

もう1つは水の確保の問題です。阪神淡路大震災の時はトイレの洗浄水に困りました。災害対応の兼用雑用水槽、雨水利用設備、コミュニティタンク（蓄熱槽）による雑用水確保と融通が必要となります。阪神淡路大震災の時は、発電機は動くが冷却塔用水が断水で結局動かせなかったという事例が多数見られました。また排水の貯留槽も必要であり、必要情報の提供も欠かせません。災害時でも有効に機能するスマートコミュニティが必要だと思います。ただし、災害時専用設備では喉元過ぎると設置に二の足を踏む可能性が高いため、通常時でも使用するという視点が必要だと思います。阪神淡路大震災では5年間くらいが「喉元」でした。やはり災害時専用設備だけでは無理があると思います。

## ●おわりに～余談

### (1) 将来のライフスタイルへの期待

豊かさを取捨選択する社会の実現がぜひ必要です。2050年CO<sub>2</sub>排出量80%削減に向けて「Vの取捨選択」が必要と考えています。さきほど、豊かさが5割向上すると、削減結果が25%になると申しました。豊かさの向上を野放図にして、建築性能の向上のみでは80%削減は難しいということです。テレビの電力消費量がインチあたり半分になっても2倍の大きさに買い換えるのでは元の木阿弥です。スーパーマーケットの生鮮食料品売場では、野菜などを新鮮



に見せるために専用の照明を当てているのですが、こうしたことはやめてほしいと思っています。そういう照明をしている店では買わないという文化になってほしいと思っています。豊かさを取捨選択することが重要で、付加価値向上製品に踊らされず本当の豊かさを選択する社会にしなければならないと思います。

#### (2) パソコンのシンクライアント化とクラウド化

さきほどパソコン性能が将来12分の1になると話しましたが、クラウドコンピューティングによって、オフィスにサーバーがなくなる日がいつか来るだろうと予測されます。パソコンをシンクライアント化し、クラウドコンピューター化すると、データセンターが増加していきます。そうなると、データセンターの低消費電力化を図らなければならないということになります。

まったく話が飛んでしまいましたが、河川水活用がデータセンターの高効率化を図る一つの方法だと思っています。そこで、淀川沿いへのデータセンター誘致を数年前から提案しています。市街部より地価が安く、大量の河川水が利用できるため、データセンターを誘致することにより、河川水活用による冷却熱源の高効率化を図ることができ、省エネルギー化、低炭素化、ヒートアイランド抑制につながるとしています。

#### (3) 将来の空調負荷変化への期待

過去の昭和40年代にはほとんどの建物で暖房が重要でした。現在、大規模百貨店やショッピングセンターでは冬季でも暖房負荷がなく、事務所ビルでも厳寒期を除き冷房となっています。これは照明やOA機器の発熱があるからです。照明やOA機器の消費量低減で冷房用消費量も低減されます。逆に暖房負荷は増加します。将来は、ほとんどの建物で昭和40年代のように暖房が重要となる時代がやって来る、やって来てほしいと思っています。

#### (4) 住宅・非住宅の将来の姿～私の勝手な予想～

次に将来の住宅・非住宅に対する私の勝手な予想です。

家庭部門は、オール電化住宅になっているのではないのでしょうか。ただし、省エネルギー化、低電力消費機器の普及により電力デマンドは増えていないのではないのでしょうか。現状では、全量を賄うには4kWが必要ですが、20年後、30年後の新築住宅で

は、省エネルギー化により2kWですみ、また、発電効率が現状10数%である太陽光発電が将来には25%になっていて、すべての新築住宅に設置されているのではないかと考えています。さらに、既設住宅での設置も進み、家庭での昼間の系統電力需要がマイナスになる、そういった時代になるのではないのでしょうか。さらにHEMS（ハウス・エネルギー・マネジメント・システム）が多くの家庭で設置され、見える化が進んでいると思います。自家用車のエネルギーも、家庭用で計上されている時代が来ると予想しています。

業務部門ではどうなるのか。照明の高効率化、パソコンのシンクライアント化、クラウド化、無人時でも消費する電力の削減などにより、データセンター以外の電力消費量が大幅に減っているのではないかと考えられます。このような内部発熱の減少によって冷房負荷が大幅に減り、暖房負荷が増加していきます。その結果、冷温両用熱源が復活し、冷房熱源より暖房熱源の効率が重要視されるようになっていくのではないかと思います。それに伴って、建築外皮の省エネルギー化がさらに大きな課題となっており、ガラス建築をつくったことを後悔している時代が来るだろうと思っています。

#### <質疑応答>

**Q)**： 将来、家庭用は4kWで賄えるということだが、風呂の給湯などは大丈夫か。

**A)**： 大丈夫です。

**Q)**： 今後は暖房が大事で、外皮の断熱化がますます重要になるということだが、建築の在り方として外皮の断熱化はどの程度まで進められる余地があるのか。

**A)**： 外皮の断熱では、外壁コンクリートの断熱化はそれほど重要でなく、断熱性能の高い二重窓ガラスが重要です。現状、冷房負荷が大きい地域である西日本で窓を二重化すると、かえって年間の冷房負荷が増えてしまいます。しかし、内部発熱が減ってくると、二重化で冷房負荷が減る可能性があるため、今後は窓ガラスの二重化が進んでいくだろうと思います。