

スマートシティを支えるエネルギーインフラの動向

Overview about Energy oriented infrastructure as the base of Smart City

日建設計総合研究所

Nikken Sekkei Research Institute

山村 真司

Shinji Yamamura

キーワード：コミュニティ（Community）、地域エネルギー（Area Energy Supply）、マイクログリッド（Micro Grid）、AEMS（Area Energy Management System）、再生可能・未利用エネルギー（Renewable & Untapped energy）

1. はじめに

昨今、メディアや学術・行政等の分野を問わずあらゆる場面で“スマート〇〇”という言葉をよく耳にする。モバイルや家電から、自動車、建築、都市、さらには教育分野や娯楽などのライフスタイルまで対象は拡大し複雑化している。スマート化は建築・都市を含めあらゆる分野でキーワードになりつつある。スマート化については汎用的な定義は特になく、本来同次元で議論されることのなかった物理的な取り組みから社会学的な範囲まで一括りで“スマート〇〇”と扱われているのが実情である。

国連の予測では2030年に世界人口の約3分の2（50億人）が都市に住み、GDPの約25%は人口の上位10数都市で生み出される。これに伴いCO2排出量の3分の2が都市部で発生し、経済活動のドライバーは都市域中心となる。それに着目するステイクホルダーたちはスマート化による更なるビジネスチャンスを期待している。このことからスマート化の流れは一過性に終わらず今後いつそう議論が拡大していくと予想される。このような状況を踏まえ、本稿では「スマートシティ」におけるエネルギーインフラの位置づけやその行方について述べる。

2. スマート化の背景とその方向

2. 1 スマート化の背景 世界的なエネルギー消費増大と高齢化

OECD（経済協力開発機構）諸国に対して、非OECD国、とくにアジア・オセアニアなどの開発途上国や新興国ではエネルギー消費が大幅に増加しており、世界全体でのエネルギー消費量の増加要因でもある。APEC地域の一次エネルギー消費量を見ると1998年以降、年平均2.7%の伸び率で増加しており、世界の一次エネルギー消費量に占める割合は、1985年に57.2%であったものが61.1%へと拡大した。とくに中国のエネルギー消費量は、約2倍以上の伸びを示している。今後もアジア新興国を中心とした高い経済成長にとともに、エネルギー消費量は大幅に増えていくと予測される。

今後、2030年には世界のエネルギー消費量は現在の1.4倍に達する見込みであり、約半分はアジアが占めると予測される。中国などの新興国では、今後の経済成長にとともに、石油や石炭、天然ガスといった化石燃料の需要がますます大きくなる。また世界のエネルギー供給可能量（可採年数）は、現在の消費ベースを前提として、石炭は約122年、石油約42年、天然ガス約60年と見込まれ（諸説あるが）、限られた

エネルギー資源からの再生可能・未利用エネルギーへの移行は喫緊の課題である（図1）。

我が国の高齢化については、2060年には、2.5人に1人が65歳以上、4人に1人が75歳以上となると予測され、これまで経験したことのない高齢化社会を迎える。関連支出の増大化などにより経済成長率を下げると考えられる。また、来るべき高齢化社会に対処するため、都市まるごとバリアフリー化など、全面的な都市構造の見直しという難しい課題に直面することにもなる。

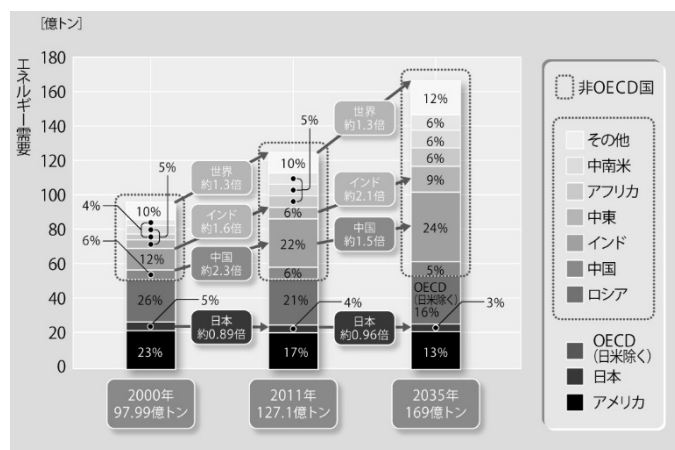


図1 世界のエネルギー消費の将来予測¹⁾

2. 2 まちをスマートにするとは？

(1) スマートシティの定義

スマートシティ・スマートコミュニティについては、国内外で標準的な定義がなされていない。経済産業省は、「ICT技術を有効活用して、基盤インフラ、生活インフラ等の都市関連インフラを効率的に運営し、生活を快適かつ利便性を向上させることが可能となる都市」と提示している。

EUでは定義化・標準化の動きがみられる。2012年設立の「Smart Cities and Communities European Innovation Partnership」にてスマートシティの評価軸や2020年までのロードマップが示された。英国規格協会(BSI)は、2014年2月、スマートで持続可能な都市に関する最初の基準を発表した。ISO化検討についてはIEC(TC111)とISO(TC268)が連携して活動しており、スマートシティを「都市の運用」と「インフラ」に分け、日本はTC268SC1の事務局としてインフラの標準化検討を進めている。一方、APECでは、低炭素都市に関するプロジェクトと標準化を進めている。2011年から始まったAPEC Low Carbon Model Town Project(APEC LCMT Project)では、Phase1天津于家堡金融区から、2015年のPhase5インドネシアBitung地区に至るまでプロジェクトが進んでいる。同時に「APEC LCMT コンセプト」がまとめられ、低炭素都市実現を支援する指標体系(LCT-I)の標準化についても検討されている。

(2) 空間スケールとスマート化

スマート化の手法は都市やコミュニティレベルなど空間スケールおよび対象分野に応じて整理すべきである。交通分野、建物省エネルギー分野などは、都市やコミュニティでどのような分野を対象にするのかを明確にする必要がある。そのうえで空間スケールに応じた適切な手法の導入をめざすことが実現に向け

た効率的な検討につながると考える（図2）。



図2 スマートシティを支える主たる技術手法と対象領域 (©NSRI)

3. エネルギーインフラ計画の考え方

3. 1 需要側の工夫（建物省エネルギーを面で考える）

まち全体で省エネルギーを実現するためには、大規模企業では高効率な省エネ対策を徹底し、中小ではローコストかつ必要最低限の対策を可能な限り実施するという、いわゆる「ロングテイル型」の省エネルギー普及方式にシフトすることが有効になりうる。例えば、東京都内のJR山手線各駅周辺において、延床5万m²以下の建物に、設備更新時にLEDの導入と高効率エアコンへの更新のみを行った「ロングテイル方式」と、延床5万m²以上の大規模建物において全てnZEB相当の60%以上省エネを実現する場合のエネルギー消費量削減効果の比較を行った。当該範囲の住宅以外の床面積合計では、一棟当たり5万m²以上は約20%、1万m²以下は約60%を占める。ロングテイル方式を広げるほど、面的には総量で省エネルギーが進むことがわかる（図3）。



図3 東京都内山手線駅周辺地区を対象にした建物省エネルギー対策の効果比較²⁾

3. 2 地域エネルギーインフラ

(1) 熱供給 (DHC) インフラの高効率化と効率底上げ

わが国では、EU等と比べ冷熱需要が大きいことから、冷水および蒸気（温水）供給をいかに低価格で実現できるかが事業性に影響を及ぼす。そのため近年の先進的なDHCシステムではより一層の高効率を目指している。晴海トリトン、東京スカイツリーなどは大深度蓄熱槽を用いて夜間電力で安価につくった冷温水を蓄熱するシステムを採用しており、国内でトップクラスの高いシステム性能となっている（図4）。

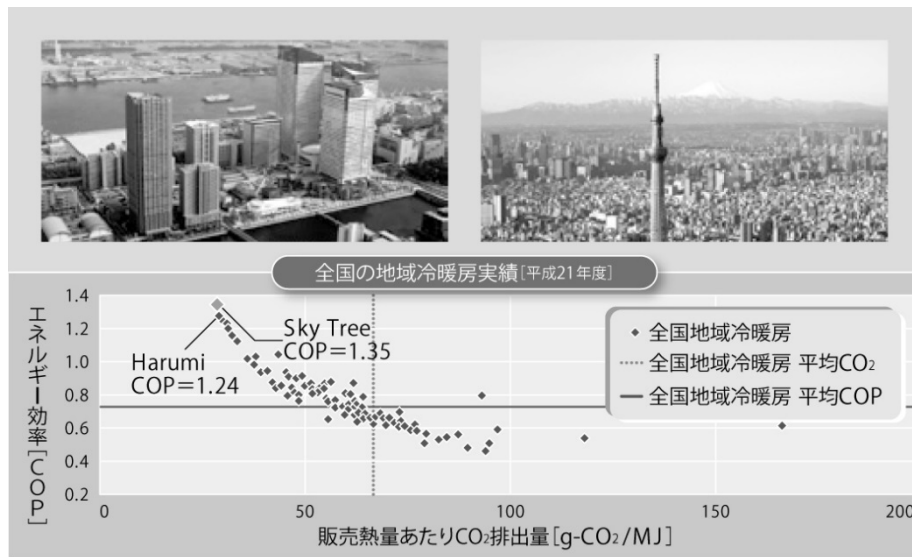


図4 Tokyo Sky Treeタウンと 晴海トリトンのDHCの効率³⁾

最高効率の熱源システムを個別に追及する一方で、総合効率が全国平均より低い施設はまだ多く、早期の効率の底上げが求められる。ドイツでは、1992～1995年にかけて、旧東ドイツの地域暖房システムの更新プロジェクト（約1615箇所）が実施され、33%のCO₂削減を実現した。大幅な効率向上により熱料金も平均25%程度低減した。また、国が都市計画指針PPS（Planning Policy Statement）を定める英国では、都市計画部局に対して、CO₂削減や再生可能エネルギー導入にかかわる開発（高効率な建築物整備や地域熱供給の推進等）に重点を置くことを要請する枠組みがある。ロンドンでは、再開発事業等を対象に「エネルギーアクションエリア」を五地域指定して省CO₂を達成するべく熱供給ネットワークの導入を推進している。フランスでは、2009年から、50%以上の再生可能エネルギーを導入する地域暖房施設への減税措置（VAT）を展開している。我が国でも英国やフランスのような開発諸制度による更新費用に対する支援策や税制優遇など、熱供給事業継続に踏み込んだ施策の必要性が高まっている。

(2) 電力供給インフラの事例（コミュニティレベルでのマイクログリッド）

都市レベルでのスマートグリッドに対してマイクログリッドは、小規模な地区街区やコミュニティレベルを対象に、非常時及び通常時でのより安定的な電力供給が期待できる。また、当該空間スケールでのピークカットおよび省エネルギーの両立をめざした制御技術も進展している。

千葉県柏市の柏の葉キャンパスシティでは、自営線によるマイクログリッドシステムを構築している。当開発地は、既存施設の蓄電池に新設の発電機や太陽光発電を自営線で連携させることで災害時の計画停電時には、3日間に約50%の電力供給を、全面的な停電時には約20%の供給が可能であり、通常時の電力融通によって10%前後のピークカットを可能とするシステムである（図5）。エネルギーの需給に関しては、AEMSによって、複合施設（業務商業、宿泊、賃貸住宅；2014年グランドオープン）など駅前街区内の各施設のエネルギー消費、新Nas蓄電池（既存）、新設のコジェネレーション・太陽光発電など、多様な自立分散型エネルギーシステムからの供給を同時に運用監視している。このAEMSは、常時の電力融通の省エネルギー運用だけでなく、震災時の計画停電のような状況や、系統電力インフラがダウンした状況など非常時のレベルも想定した自立的な電力供給のマネジメントもエリア全体で実施する（図6）。



図5 柏の葉キャンパスシティの自営線マイクログリッドシステム (©NSRI)



図6 柏の葉キャンパスシティのAEMS (©NSRI)

3. 3 再生可能・未利用エネルギーの導入

(1) 再生可能エネルギー

再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT；2012年より）の導入により、2014年段階で申請された計画発電容量は、国の目標普及率20%を概ね達成しそうとの報告は記憶に新しい。発電事業の申請と開始の期間のギャップが大きすぎることや、九州や東北では計画発電量の大幅な伸びにともなう系統電力の不安定化など問題は残っている。しかしながら、置き場所と日射量が確保できれば郊外、中心市街地を問わず敷設が困難ではないため、エネルギー地産地消の観点から無視できない。現状15～20%のエネルギー変換率がより高まり、系統接続時の電力安定化等が解決できれば、自立分散型エネルギーの一翼を担うと期待できる。今後の動向を見据えた建築・都市計画への配慮も重要と考える（図7）。

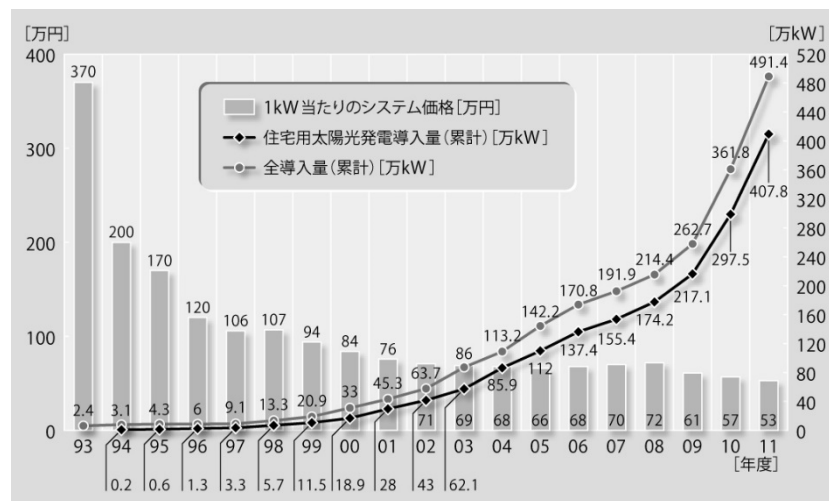


図7 太陽光発電の導入実績とシステム価格⁴⁾

(2) 未利用エネルギー

我が国の未利用資源系（廃棄物系）における林地残材や稲わら等の未利用系バイオマスの利用可能量は、それぞれ数10～数百PJ/年（原油換算200万～500万キロリットル/年）と豊富なポテンシャルを有している。また、世界全体のバイオマスエネルギー賦存量は、世界の一次エネルギー総供給420EJ/年（原油換算：110億キロリットル、2000年）の約7割、廃棄物系のみでは約3割に相当する。特に廃棄物は都市（シティ）の貴重な資源・エネルギー源ともなるため、そのエネルギー利用は戦略的な取り組みが重要である。他方、その事業化はその途に就いたばかりの状況であり、普及に向けた積極的な支援策が大いに期待される。大阪市阿倍野区の「あべのハルカス」では、百貨店やホテルの生ゴミ等からバイオガスを生成して生ゴミ排出量を抑えるとともに、生成したバイオガスは燃料として発電や給湯などに利用している。生ゴミバイオガス発電をわが国で初めて高層ビルに導入した事例である（図8）。



図8 バイオマスによるエネルギー化フローとあべのハルカスのバイオガス発電システム⁵⁾

3. 4 次世代エネルギーインフラ技術の導入化可能性

スマートシティについては、これまでの実証実験段階から、実現化に向けた様々な取り組みが求められる。従って、エネルギーインフラの対象分野（建物等の需要側省エネルギー技術、熱供給インフラ、マイクログリッドなど）による電気供給インフラ、再生可能・未利用エネルギーシステム、エネルギーマネジメントなど）自体は今後も大きく変わらず、その中で個々のシステム・技術の洗練と市場での普及度合いが高まっていくと予想される。

他方、革新的な技術としては、例えば水素技術については安全性の一層の強化、費用対効果など今後の課題はあるが、実用化に向けた取り組みが加速しつつある。これらの課題が整理されれば、その優れたエネルギー生産性・貯蔵性は再生可能エネルギーなどと組み合わせることで、より高効率で安定性の高いエネルギーインフラシステム構築が可能となると考える。

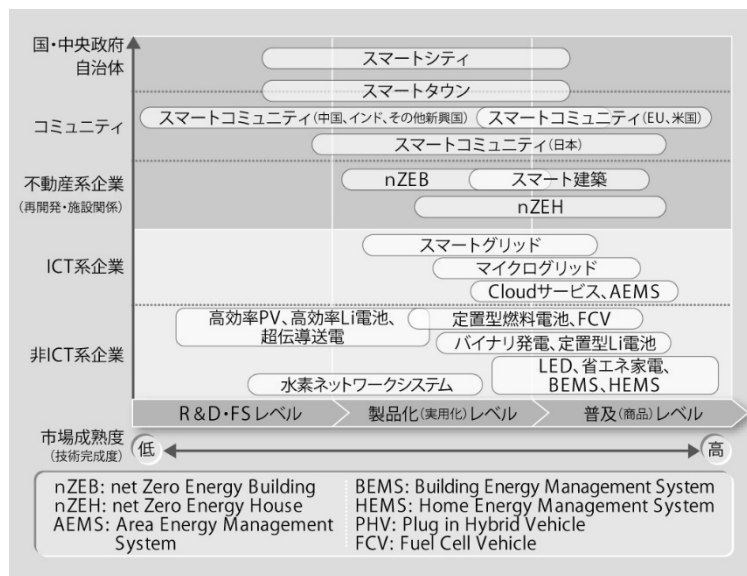


図9 スマート化の概念のスマート技術の動向整理²⁾

4. まとめ

今回、実現化を踏まえた視点から、スマートシティを支えるエネルギーインフラについて整理・検討を行った。各種エネルギーインフラは各々単独でその技術と敷設を検討するのではなく、空間スケールへの適用性やスマートシティとしての将来ニーズなどに基づいた多様な組み合わせ案としての検討が求められる。さらには、3. 4でも述べたように、スマート化技術については、スマートコミュニティ4大実証実験（北九州市、けいはんな、豊田市、横浜市）のような、これまでの実証実験段階から、実現化に向けた様々な取り組みにシフトしていく必要がある。従って、エネルギーインフラの対象分野自体は今後も大きく変わらず、革新的なインフラ分野が突然出現する可能性は当面考えにくいと考える。むしろ、各分野での個々のシステム・技術のブラッシュアップとシステムの製品→商品化、及び市場化が進んでいくと予想される。

他方で「スマートシティ」である以上、その魅力付けでもある「革新的な技術」は常に求め続けられることになり、その点からも水素タウンをはじめとして、「Netゼロエネルギーコミュニティ」や「AI化コミュニティ」などといった次世代を予想させる先進的技術（あるいはその概念）の導入可能性も併せて勘案することも重要と思われる。いずれにせよ、スマート社会を実現するためには、今後は一層、現実的手法と最先端手法をどのように組み合わせるのが課題となるであろう。

<参考文献>

- 1) IEA World Energy Outlook 2013
- 2) 山村真司：スマートシティはどうつくる？、工作舎、2015年
- 3) 平成21年度地域熱供給便覧より作成
- 4) 経済産業省：エネルギー白書、2013年
- 5) あべのハルカスホームページ：<http://www.abenoharukas-300.jp/>