

スマートコミュニティ構築の試みと政策課題

浜本 光紹

1. はじめに

エネルギー利用の効率化の推進は、地球温暖化防止に向けた様々な取り組みにおいて基盤的な位置を占めるといってよいであろう。日本は、石油ショックを契機として省エネルギーに努めるようになり、特に1970年代半ばから80年代前半にかけてGDP 1単位当たり1次エネルギー国内供給（エネルギー集約度）が大幅に低減した。今日、日本はエネルギー効率性に優れた国の1つであるが、地球温暖化を抑制するためにさらなる省エネルギーの推進が要請されるようになっている。加えて、東日本大震災に伴って発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故とその後の電力供給不安を経験した日本国民は、これまでのエネルギー利用のあり方を根本的に問い直す必要性を痛感することになった。

すでに高い水準のエネルギー効率性を実現している状況においては、従来と同様に企業や家計などが個別にエネルギーの節約に努めるだけではより一層の省エネルギーをもたらす効果に限界があるかもしれない。工場やオフィス、一般家庭などを含めた地域全体でのエネルギー利用の効率化が可能となるような仕組みを作り上げることが、さらなる省エネルギーの実現にとって不可欠になっているといえるであろう。その際、情報通信技術（information and communication technology: ICT）を活用したり、再生可能エネルギーや蓄電などの分野の最新技術を導入したりすることで、地域におけるエネルギー利用の効率化のみならず災害時のエネルギー供給の確保といった地域的なエネルギー安全保障のためのシステム構築にもつながることが期待される。

以上のような仕組みを兼ね備えた都市・地域はスマートコミュニティと呼ばれ、その構築に向けた取り組みが日本を含めた世界各国で進められている。ス

martコミュニティ関連の市場規模は将来的に大きく拡大することが見込まれており、有望なフロンティア市場として企業のビジネス戦略の中に組み込まれつつある。

本稿では、日本におけるスマートコミュニティ構築の試みに関して、いくつかの事例を概観しながらその現状と課題について考察する。そのうえで、スマートコミュニティ構築の実現にかかわる課題への政策的対応のあり方について検討を加える。

2. 日本におけるスマートコミュニティ構築に向けた取り組み

日本では、スマートコミュニティ構築に向けて、大規模なものから中小規模のものまで実に多くの取り組みが行われている。このうち、スマートコミュニティ構築に必要な機器やシステムの開発・実証を主な目的とする比較的規模の大きいプロジェクトに関しては、政府による支援の下で進められている。中でもよく知られているのが、経済産業省の「次世代エネルギー・社会システム実証事業」である¹⁾。この事業は、エネルギーの有効利用をより一層進めていくためには社会システムのあり方そのものを再考する必要があるとの問題意識から、経済産業省が2009年に省内横断的なプロジェクトチーム「次世代エネルギー・社会システム協議会」を設置したことに端を発する。2010年には次世代のエネルギー流通及び社会システムのあり方に関する中間取りまとめが発表され、これを受けてスマートグリッド・スマートコミュニティの社会実証地域の公募が行われた。この公募で選定されたのが、神奈川県横浜市、愛知県豊田市、京都府内のけいはんな学研都市、福岡県北九州市の4地域である。

エネルギー利用の効率化を進める際に重要となるのは、エネルギー消費の実態を利用者自身が把握するこ

とである。そのためには、エネルギー消費の「見える化」を図る必要がある。電力消費の「見える化」を実現するスマートメーターは、利用者が節約行動をとる際に必要な情報を提供するための基盤的な機器として位置づけられる。また、HEMS (home energy management system) を導入することにより、冷蔵庫やエアコンといった家電製品などのエネルギー消費に関する情報と太陽光発電などの機器によるエネルギー創出に関する情報の一括管理が可能となり、家庭内のエネルギー使用状況の詳細を可視化するとともにエネルギー利用の最適制御を図ることができる(図1)。家庭よりもエネルギー消費が大きいビルにおいても、BEMS (building energy management system) を導入することで、空調などの各種機器のエネルギー利用を管理・最適化することが可能となる。さらに、ICTを活用して家庭や商業施設、事業所などでのエネルギー利用状況に関する情報を地域レベルで管理するならば、コミュニティ全体でのエネルギー利用の最適化を図ることができるようになるであろう。これはCEMS (community energy management system) と呼ばれ、HEMSやBEMS、太陽光発電、電気自動車 (electric vehicle: EV)、蓄電装置などを組み合わせたインフラストラクチャーや情報管理システムを整備することにより、地域全体で効率的なエネルギー利用を実現することが可能になると期待されている。「次世代エネルギー・社会システム実証事

業」では、選定された4つの社会実証地域においてCEMSが構築され、コミュニティレベルでのエネルギー利用の効率化に関する実証実験が行われている。

スマートコミュニティに期待される機能の1つに、災害時におけるエネルギー供給の確保がある。東日本大震災によって甚大な被害を受けた岩手県宮古市は、深刻なエネルギー不足に悩まされた当時の経験を踏まえ、自立型エネルギー供給体制の確立を目指して復興計画の中に「森・川・海の再生可能エネルギープロジェクト」を盛り込んだ。このプロジェクトは、地域資源の1つである木材を活用して木質バイオマス発電を行い、これを核とした地域エネルギー管理システムの構築や産業振興・雇用創出を目指すものである。また、長野県塩尻市も、豊かな森林資源を多段階的に活用する仕組みを構築するとともに、木質バイオマス発電によって得られるエネルギーを地域で有効利用する「信州F・POWERプロジェクト」に取り組んでいる(柏木監修, 2013)。このように、災害時のエネルギー自給と同時に地域活性化を実現することを目的としてエネルギーの地産地消を中核的な概念に据えている点は、中小規模の地方自治体におけるスマートコミュニティ構築に向けた取り組みに特徴的にみられる傾向の1つといえるであろう。

3. スマートコミュニティ実証プロジェクトの事例

本節では、スマートコミュニティ構築にかかわる実



図1 HEMSのモニター(横浜スマートシティプロジェクトの実証実験住宅にて筆者撮影)

証プロジェクトの事例を概観する。ここでまず取り上げるのは、「次世代エネルギー・社会システム実証事業」の社会実証地域として選定された横浜市、豊田市、北九州市で実施されているプロジェクトである。また、これらに加えて、長野県飯田市における再生可能エネルギー導入に向けた取り組み、及び埼玉県本庄市の本庄スマートエネルギータウンプロジェクトについても触れる²⁾。

3.1 横浜スマートシティプロジェクト

「次世代エネルギー・社会システム実証事業」として行われている4つの実証プロジェクトの中でも、広域大都市型として位置づけられるのが、横浜スマートシティプロジェクト（YSCP）である。このプロジェクトには、横浜市をはじめ、東芝、パナソニック、日立製作所、明電舎、日産自動車、東京ガス、三井不動産など、多くの企業や団体が参加している。YSCPは、みなとみらい地区や港北ニュータウン地区などを含んだ広域の既成市街地を舞台として、CEMSを中心にHEMS、BEMS、FEMS（factory energy management system）、EV、蓄電池SCADA（supervisory control and data acquisition）を連係させた地域エネルギー管理システムの技術実証を行うことを目的としている。同プロジェクトでは、2014年度までに、27MWの太陽光発電施設を整備し、HEMSを4000世帯に設置するとともに、EVを2000台導入するという目標が掲げられている。

YSCPで取り組まれている地域エネルギー管理の試みは、太陽光発電などの再生可能エネルギーが大量に導入された場合の出力変動にも対応できるようなシステムを構築することを目指したものである。また、このプロジェクトでは、構築されたシステムを運用して、電力消費が抑制されるように需要家の行動を誘導するための仕組み（デマンドレスポンス）とその効果に関する実証が行われている。このデマンドレスポンス実証実験はビル部門と家庭部門において実施されており、以下でみるように一定の成果も得られつつある。

YSCPでは、ビル部門において、統合BEMSによる大規模なビル間連携実証が行われている。統合

BEMSとは、多様な特性を有する複数のビルのエネルギー消費を一括して管理し、節電量の最適な配分やデマンドレスポンス対応能力の最大化を図るシステムである。2013年1月にビル部門で行われた実証実験では、統合BEMSを活用することで冬季の電力消費ピークをどの程度カットすることができるのかについて検証がなされた。デマンドレスポンスの仕組みは次の通りである。最高気温が8度以下という条件（前日夜の予報に基づく）に達した日に、CEMSから統合BEMSに対してデマンドレスポンスの依頼がなされる。統合BEMSは、各ビルの節電調整能力を勘案したうえで、節電要請量をそれぞれのビルに対して配分する。これを受けて各ビルは、連携しながら節電に努めることになる。この実証実験では、冬季のピーク時間帯（デマンドレスポンスの対象時間帯である平日の17～20時）における参加ビル6棟合計の電力消費量（系統電力からの受電電力量）が最大で22%削減されたという結果が得られている³⁾。

また、2013年7～9月にはビル部門における夏季の電力消費ピークカットに関する実証実験が行われている。この実験では、インセンティブ価格の効果に関する検証も実施された。具体的には、予想最高気温が30度あるいは31度以上の日（天気予報に基づく）の翌日に統合BEMSを介してデマンドレスポンスの指令（対象時間帯は平日の13～16時）が発行され（当日にデマンドレスポンスの指令を発行したケースもあり）、これを受けて各ビルは電力消費の削減に努め、その削減実績（kWhで換算）に応じてリベート（電気料金の割引）が提供されるという仕組みである。電気料金の割引に際して適用される料金単価（インセンティブ価格）は、5円/kWh、15円/kWh、50円/kWhの3段階に分けられており、それぞれを日によって変更しながら用いるという方法が採用された。この実証実験の結果を表1に示している。この表にあるように、インセンティブ価格が15円/kWhと50円/kWhの場合に最大で20%以上、平均でも12%以上の電力消費（受電電力）が削減されたという結果が得られている⁴⁾。

YSCPでは2012年度末の時点で約2500世帯に

表1 YSCPにおけるビル部門の電力ピークカット夏季実証実験の結果

| インセンティブ価格 | 受電電力削減率 | |
|-----------|---------|-------|
| | 平均値 | 最大値 |
| 5 円/kWh | 2.1% | 6.6% |
| 15 円/kWh | 12.2% | 22.8% |
| 50 円/kWh | 12.7% | 22.0% |

出典：2013年10月24日付の横浜市記者発表資料（温暖化対策統括本部プロジェクト推進課）。

HEMSが導入されているが、このうちの約1900世帯を対象に、家庭における節電行動の実証実験が2013年度から行われている。2013年7～9月に実施された実験では、ある日において電力需給の逼迫が予想される場合、その前日にCEMSから実験に参加する世帯の一部に対してデマンドレスポンスの依頼がメールで送られ、電力需要のピーク時間帯における電気料金を他の時間帯よりも高く設定した料金システム（critical peak pricing: CPP）が提示されるという仕組みが試みられた。この実験では、デマンドレスポンスの対象でない世帯（電力消費の「見える化」のみが行われている世帯）における節電実績との比較を通じて、CPPがもたらす節電効果の検証が進められることになる⁵⁾。

3.2 豊田市低炭素社会システム実証プロジェクト

環境モデル都市に選定されている豊田市では、自動車・エネルギー・住宅・交通・流通などの分野の企業や団体によって豊田市低炭素社会システム実証推進協

議会が組織され、同協議会の運営の下で豊田市低炭素社会システム実証プロジェクトが実施されている。このプロジェクトは、家庭と交通に着目して地方都市型の低炭素社会システムを構築しようとしている点に特徴がある（柏木監修，2012）。その具体的な内容は、①家庭内のエネルギー利用の効率化、②低炭素交通システムの構築、③商業・公共施設等のエネルギー利用の最適化、④生活圏全体での行動支援、の4つで構成されている。

家庭内でのエネルギー利用の効率化を目的とした実証では、太陽光発電などで創出されたエネルギーを、給湯機（エコキュート）や家庭用蓄電池、プラグインハイブリッド車（plug-in hybrid vehicle: PHV）・EV搭載バッテリーといったエネルギー貯蔵機能を有した機器にHEMSを介して繋ぐことによりエネルギー利用の最適管理を実現するシステムの開発が進められている（図2）。また、電力を消費する機器の統轄制御を行う家電コントローラーを設置し、これをHEMSと関係させて消費電力予測に基づいて家電運転を自動



図2 豊田市の低炭素社会モデル地区にあるスマートハウス（筆者撮影）

制御するシステムの構築が試みられている。高橋・東山地区では、67戸の実証用住宅が整備され、HEMSやEV、蓄電池などを各世帯に無償で貸与してエネルギー消費の「見える化」や低炭素化行動の支援に関する実証実験が行われている。この実証では、住宅単体でみたCO₂排出量を2005年比で70%以上削減することが目標とされている。

低炭素交通システムの構築にかかわる実証では、PHVやEV、燃料電池自動車の普及促進や、交通需要を管理するシステムの開発に向けた取り組みが行われている。また、商業・公共施設等のエネルギー利用の最適化を目的とした実証においては、店舗数の多いコンビニエンスストアの施設及び配送用冷凍車によるロジスティックスを含めた蓄電複合システムを活用してエネルギー管理を行い、低炭素化を図ることが試みられている。

生活圏全体での行動支援に関する実証では、地域内の施設や家庭、交通を情報で結び、電力の需給バランスを調整するためのEDMS（energy data management system）を導入することによってエネルギー利用の最適化を実現しようという取り組みが行われている。EDMSによって、気候や想定される消費者行動を基に、太陽光発電による電力供給と地域内の電力需要を予測することができる。発電量不足が予測される場合には、EDMSを通じて住民に節電のための行動アドバイスが送られ、節電行動に対してポイ

ント（電子マネーとして利用可能）が付与される。ポイントの大きさは、低炭素電力を利用するインセンティブを需要家に対して与えることができるように設定される。EDMSは、豊田市低炭素社会システム実証プロジェクトにおいて、地域全体の電力の低炭素化を実現するための重要な仕組みとして位置づけられており、その開発・実証が進められている。

3.3 北九州スマートコミュニティ創造事業

かつて深刻な産業公害に直面し、それを克服した経験を持つ北九州市は、今日において最も積極的に環境問題に取り組んでいる自治体の1つに挙げられる。新日本製鐵（現在の新日鐵住金）八幡製鉄所の一部であった八幡東区東田地区は、2002年に区画整理がなされて住居や商業施設が整備された。この地区は八幡製鉄所の天然ガスコージェネレーション発電から電力を供給されており、広域電力系統からは独立した状態にある。北九州スマートコミュニティ創造事業は、同地区にあるこうした環境や機能を活用するかたちで展開されている。

このプロジェクトでは、実証対象地区内のすべての需要家にスマートメーターが設置される。このスマートメーターは地域節電所と繋がれており、双方向の通信を行って電力使用量の送信や電気料金などの通知の受信を行う。地域節電所とは、地区内の電力需要を監視・予測し、需給調整を図るための施設であり、スマー

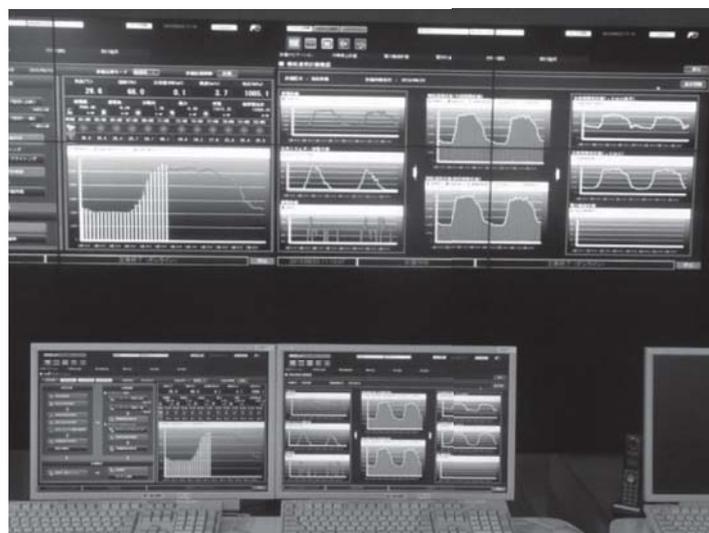


図3 北九州スマートコミュニティ創造事業の中核となる地域節電所の内部（筆者撮影）

トメーターに加えて HEMS や BEMS, FEMS, 再生可能エネルギーとの関係もなされている (図3)。この施設を中核に据えた地域エネルギー管理システムにおいては、広域電力系統から独立した天然ガスコジェネレーション発電による電力を利用することで、電力消費のピーク時には電気料金を高くするなどの変動料金を設定することが可能となっている。

北九州スマートコミュニティ創造事業では、以上のような地域エネルギー管理システムを運用してダイナミックプライシングのフィールド実験が行われている。2012年6～9月の実験では、気温が高く電力逼迫が予想される日において節電要請を発動し、スマートメーターを通じて変動型クリティカルピークプライシングを需要家に通知することで、どの程度のピークカット効果が得られるのかについて検証がなされた。ピーク料金については、kWh 当たり 15 円, 50 円, 75 円, 100 円, 150 円の 5 段階が用意された。実験の結果、ピーク料金が 50 円のとときに 9.0%, 75 円のとときに 9.6%, 100 円のとときに 12.6%, 150 円のとときに 13.1% というピークカット効果が得られた (依田, 2013)。また, 2012 年 12 月から 2013 年 3 月には冬季におけるダイナミックプライシングのピークカット効果について検証する実験が行われ, 50 円, 75 円, 100 円, 150 円のピーク料金においてそれぞれ 10.2%, 10.7%, 9.0%, 12.0% のピークカット効果があったことが明らかにされている。こうした実験を通じて, 電力負荷を平準化するための仕組みとしてダイナミックプライシングがどの程度有効であるか, またその制度設計はどのようになされるべきかについての知見が蓄積していくことが期待される。

3.4 飯田市における再生可能エネルギー導入に向けた取り組み

地域ぐるみで地球環境保全活動に取り組んできた飯田市は, 2007 年に環境文化都市宣言を行った。環境文化都市とは, 人も自然も輝く個性ある飯田市の姿を表現した言葉であり, 美しい自然環境と多様で豊かな文化を活かしながら市民・事業者・行政など多様な主体の積極的な参加と行動によってこれを築いていくこ

とが宣言された。また飯田市は, 2009 年に環境モデル都市に認定されたことを受けて, 地域の低炭素化に向けた取り組みを積極的に展開するようになった。その取り組みの中で注目されるのが, 太陽光市民共同発電事業である。

飯田市では, 地域の未利用エネルギーを積極的に活用して低炭素化を図る試みが行われている。そこで着目されたのが太陽光発電であり, その普及のための事業に要する費用を市民ファンドによって賄う仕組みが実施されている。その仕組みは次のようなものである。事業の窓口としての役割を担う「おひさま進歩エネルギー株式会社」(以下, おひさま進歩エネルギー)が出資者を募集し, 集められた出資金を太陽光発電事業の初期投資や維持運営の費用に充てる。太陽光発電は, 公共施設や事業所の屋根を活用して行われる。発電事業で得られる売電収入は, おひさま進歩エネルギーを通じて出資者に分配される。出資主体は, 飯田市民が約 4 割, 市外の住民が約 6 割という状況にある。また出資者の募集に際しては, 元本割れリスクについても説明を行うなど, 事業に対する十分な理解を得るように配慮がなされているという。なお, これまでの事業では計画通りの分配が実現できているということである。

また飯田市では, 一般住宅における太陽光発電の設置を促進するための仕組みが 2009 年度より始まっている。「おひさま 0 円システム」と呼ばれるこの仕組みは, 飯田市とおひさま進歩エネルギー, 及び飯田信用金庫の協働により, 一般住宅の初期投資の負担をなくすことで太陽光発電の普及を図ろうとするものである。具体的には, 飯田市と飯田信用金庫が地域活性化パートナーシップ協定を締結し, これに基づき前者が補助金を, 後者が政策的融資をおひさま進歩エネルギーに提供する。こうした資金を用いておひさま進歩エネルギーは, 市内の一般住宅に無償で太陽光発電設備を設置する。太陽光発電設備を無償で提供された世帯は, 9 年間にわたり毎月一定額をおひさま進歩エネルギーに対して支払うことになるが, 余剰電力を中部電力に売却して収入を得ることができる。なお, 設置された太陽光発電設備は 10 年目に設置世帯が譲り受

けることになる。

飯田市では、太陽光発電に加えて、木質ペレットなどのバイオマスエネルギーの活用や小水力発電の導入に向けた取り組みも進められつつある。こうした再生可能エネルギーの利用拡大を推進するために、2013年3月に「飯田市再生可能エネルギーの導入による持続可能な地域づくりに関する条例」を公布した。これは、再生可能エネルギーの導入という公益性の高い活動を実施する地域内の事業主体を支援することを企図したものであり、環境文化都市を目指すうえでの基盤となる条例として位置づけられるであろう。

3.5 本庄スマートエネルギータウンプロジェクト

1993年、本庄市を含む1市3町は、「地方拠点都市地域の整備及び産業業務施設の再配置の促進に関する法律（地方拠点法）」に基づき本庄地方拠点都市地域として指定された。これを契機に本庄市では、本庄早稲田駅周辺土地地区画整理事業が開始された。この事業が進められる中でエコタウンを整備する構想が浮上し、本庄スマートエネルギータウンプロジェクトが計画されるに至った。このプロジェクトは、本庄エリアの利点と早稲田大学の知を結集しつつ、産学官民の連携によってまちづくりを推進することを目的としている。事業計画としては、地中熱利用ヒートポンプシステムなどを導入した次世代スマートハウスやエネルギー供給拠点となる次世代商業施設の建設、EVを中心とした次世代交通システムの構築などが盛り込まれている。

本庄スマートエネルギータウンプロジェクトの役割は、地中熱などを活用するために必要な共有インフラストラクチャーや次世代モビリティシステムなどを整備し、民間企業が住宅や商業施設などを対象地区に展開するための基盤づくりを行うことにある。企業が事業を展開するか否かの意思決定を行う場合には採算性（例えば、一般の住宅と比較して割高になるスマートハウスが売れるかどうか、など）が重要であるが、この点で本庄エリアは企業を惹きつける力を十分持っているとはいえないようである。また、本庄早稲田駅周辺土地地区画整理事業での平均減歩率が約43%ということもあって、土地の買収が進まず用地確保が困難に

なっているという問題も抱えている。

4. スマートコミュニティ構築をめぐる課題

前節でみたように、スマートコミュニティ構築に向けた取り組みについては、自治体や企業、大学など多様な主体が関与しながら、各種関連機器の開発・実証やエネルギーの効率的利用を実現するための仕組みに関する実験が進められているという状況にある。こうした試みを通じて、スマートコミュニティ構築に不可欠な技術やインフラストラクチャー、及び社会システムのあり方などにかかわる知見が蓄積していくことが期待される。今後、スマートコミュニティ構築を広く展開していくためには、技術開発やシステム研究の段階を経た後に、そこで得られた技術や知見を社会全体に普及させていく必要がある。そこで以下では、技術の普及段階にかかわる課題について検討する。

4.1 省エネルギー分野における過小投資とその要因

一般に、省エネルギーへの投資は企業の生産性向上や家計支出の節約をもたらす。しかし、生産性向上や家計支出の節約につながるような省エネルギーの潜在的機会が存在していても、企業や消費者がそうした機会を活用するとは限らないことが指摘されている。例えば、ある時点において最もエネルギー効率性の高い技術が採用されない状態にあることや、省エネルギー性能に優れた製品の普及がなかなか進まないといったことがしばしばみられる⁶⁾。こうした省エネルギーへの過小投資という事態に陥る主な要因として、「情報の問題」と「資金調達の問題」が挙げられる⁷⁾。

情報の問題としてまず指摘されるのが、情報の欠如、あるいは情報の非対称性である。エネルギーを消費する財の選択の意思決定に際して、企業や消費者は、どの財が省エネルギー性能に最も優れているのか、あるいはそれぞれの財がどの程度の省エネルギー性能を有しているのかといったことに関して、十分な情報を持っていない可能性がある（情報の欠如）。また、このように買い手はエネルギー効率性に関する情報を欠いている一方で、売り手は自己が生産する財のエネルギー効率性について十分な情報を有する立場にある

(情報の非対称性)。そうであるならば、売り手は財の省エネルギー性能の優秀さに関する情報を買い手に提供しようとするであろう。しかし、買い手にとっては、実際に使ってみなければいかに省エネルギー性能に優れているかを観察したり体験したりすることはできない。このような情報の欠如あるいは情報の非対称性という状況は、省エネルギー投資を阻害することにつながると考えられる。

経済主体間のプリンシパル＝エージェント関係も、省エネルギーにおける過小投資をもたらす要因である。例えば、賃貸の住宅やオフィス・ビルの家主（エージェント）は、自己の所有する建築物に対する省エネルギー投資の意思決定を行う立場にあり、その借主（プリンシパル）は電気料金などのエネルギー費用を負担する立場にある。借主が借りようとする物件の省エネルギー性能について完全な情報を有しているならば、省エネルギー性能を向上させる投資が行われているために賃貸料が高く設定されていたとしても、省エネルギー性能の高い物件を借りることに伴う追加的費用がエネルギー費用の節約によって回収可能であれば、借主は当該物件を借りるであろう。この場合、家主は、所有する物件の省エネルギー性能を高めるのに要する費用を賃貸収入によって回収することができるので、省エネルギー投資を行うインセンティブを持つことになる。しかし実際には、借主は物件の省エネルギー性能について不完全な情報しか持たないので、高い賃貸料がエネルギー費用の節約によって回収可能であるかどうかについての判断を行うことができない。このような状況では、家主が省エネルギー投資に伴う費用増加分を賃貸料によって回収することは困難であろう。こうしたことから、家主の省エネルギー投資インセンティブが損なわれてしまうのである。

高いエネルギー効率性を有する新しい財についての情報は、それが実際に導入され使用されることを通じて伝播する。新たに登場した財を早期に導入・使用した主体がもたらす当該財に関する情報は、他の主体が対価を支払うことなく利用することができる。このように、ラーニング・バイ・ユージング（使用を通じた学習）は正の外部性をもたらすことになる。しかし、

早期に導入・使用する主体には、その行動が情報の提供というかたちで他の主体に便益をもたらしているにもかかわらず対価を支払われることがない。このようなことから、たとえエネルギー効率性に優れた新しい財であっても、それを早期に導入しようとするインセンティブが社会的にみて過小になってしまうのである。

次に資金調達の問題についてみてみよう。省エネルギー投資を行うためには資金が必要となるが、すべての企業や消費者が十分な資金を保有しているわけではない。エネルギー効率性の高い技術や、省エネルギー性能に優れた家電製品・自動車などが存在していたとしても、これらは一般的に高価なので、初期投資の費用負担が大きくなる傾向が強い。こうしたことが、省エネルギー効果の高い技術や製品への投資を阻害する要因になると考えられる。また、初期投資に必要な資金は借入によって調達することができるかもしれないが、現実には資本市場は不完全であるためにすべての企業や消費者が借入を行うことができるわけではない。こうした資本市場の失敗に伴う流動性制約が、省エネルギー分野における過小投資をもたらす要因となりうるのである。

4.2 家計における省エネルギー投資と割引率

スマートコミュニティ構築が広く展開していくためには、省エネルギー・創エネルギーに向けた投資が民間部門において積極的に行われることが不可欠である。特に、住宅における HEMS、太陽光発電、蓄電池の設置や EV の導入など、家計によるスマートハウス関連の投資がどの程度進展するかが重要な鍵を握っていると考えられる。ここで、省エネルギー・創エネルギー関連の投資を行う際の消費者の意思決定に関して、経済学の観点から簡潔に説明しておきたい。

消費者は、省エネルギー性能の高い耐久財の購入に要する追加的費用（省エネルギー性能が高い財とそうでない財の価格差）が、それを使用することで将来節約されるエネルギー費用の現在価値を下回るならば、当該財を購入するという意思決定を行うものと考えられる。このことは、具体的には次のように表現される (Meier and Whittier, 1983)。

$$P_0 E \int_0^n \exp[(f-r)t] dt > I$$

ここで、 P_0 はエネルギー価格の初期値、 E は年間のエネルギー節約分、 r は割引率、 f は年率でみたエネルギー価格上昇率、 n は耐用年数、 I は省エネルギー性能の高い財の購入に要する追加的費用である。エネルギー価格上昇率がゼロで、耐用年数が十分に長いと仮定すると、上の式は次のように書き換えることができる。

$$r < \frac{P_0 E}{I}$$

この式が意味するのは、省エネルギー投資の収益率が割引率を上回らない限り、消費者は省エネルギー性能の高い耐久財を購入しないということである。

消費者による省エネルギー投資に関する実証研究においては、消費者が暗黙裡に採用している割引率 (implicit discount rate) が非常に高いということが明らかにされている (Hausman, 1979; Meier and Whittier, 1983; Ruderman, et al., 1987)。Ruderman, et al. (1987) は、消費者が高い割引率を採用する要因を挙げているが、その中には先に述べた情報の欠如や流動性制約が含まれている。このことから、消費者が暗黙裡に採用する割引率には、これらの要因が消費者の意思決定に及ぼす影響の度合いが反映されていることが窺われる。

浜本 (2012) は、草加市におけるアンケート調査で得られたデータを基に、省エネルギー型のエアコンや冷蔵庫、及び太陽光発電の購入に際して消費者が採用する割引率を推計している。表 2 は、各世帯の割引率の平均値、及びそれを用いて算出される投資回収期間を示している。この分析結果より、消費者は省エネル

ギー型エアコン・冷蔵庫の購入に際して非常に高い割引率を適用しており、3年から3年半ほどの期間で投資回収を実現したいと考えている、ということが示唆される。一方で、太陽光発電システムの購入にかかわる割引率はエアコン・冷蔵庫と比較して低い値になっている。これに関しては、太陽光発電という耐久財に対して、そもそも長期的な投資回収期間を見込むものであるという認識を消費者が有していることが背景にあると思われる。

4.3 スマートコミュニティ構築に向けた投資をいかに促すか

上で述べたように、情報や資金調達にかかわる問題は省エネルギーへの過小投資をもたらす要因となる。スマートコミュニティ関連の投資は初期費用が大きくなると考えられるので、投資を行う主体にとっては長期間での投資回収を想定しなければならない。このような投資を促すためには、いかなる施策を講じる必要があるのだろうか。ここでは、資金調達の問題に焦点を当て、その解消に向けた政策措置のあり方について検討したい。

省エネルギー投資に伴う初期費用の負担が大きく、必要な資金を調達するのが困難であるという場合の対応策としてまず挙げられるのは、税額控除や低利融資、直接補助金といった助成措置であろう。また、こうした助成措置は、エネルギー効率性に優れた新しい財(あるいは技術)の導入を早め、ラーニング・バイ・ユージングを通じてそうした財(技術)に関する情報の創出を促すという点で社会に便益をもたらすと考えられる。ただし、助成措置によって省エネルギー投資を大幅に促進しようとするならば、大規模な財政支出を伴

表 2 省エネルギー型エアコン・冷蔵庫、及び太陽光発電に関する割引率と投資回収期間

| | 割引率 | 投資回収期間 |
|-------|-------|---------|
| エアコン | 50.8% | 3.11 年 |
| 冷蔵庫 | 41.6% | 3.57 年 |
| 太陽光発電 | 3.8% | 15.07 年 |

注：アンケート調査で得られた回答から各世帯の割引率を算出している。表中の数値はその平均値である。また、投資回収期間は割引率を用いて算出している。算出方法の詳細は浜本 (2012) を参照されたい。

出典：浜本 (2012)。

うことになりうる。財政事情によっては、助成措置に費やせる財源の規模に制約が生じざるを得なくなるだろう。さらに、助成措置が抱える問題として、助成措置がなかったとしても省エネルギー投資を行っていた主体と、助成措置がなければそれを行わなかった主体とを区別することが困難であるため、本来補助する必要がない消費者や企業に対しても財源を費やしてしまうことになるという点が指摘されている (Jaffe, et al., 2001)。

財政支出を最小化しつつ、家計をはじめとする投資主体の負担感を緩和するには、どのような仕組みが効果的であろうか。これに関しては、参考となる事例が欧米諸国に存在する。例えば、欧州のいくつかの国ではサプライヤー・オブリゲーション (Supplier Obligation) と呼ばれる制度が導入されている。これは、エネルギー供給事業者に対して需要サイドでの省エネルギーあるいはCO₂排出削減を義務づける制度である。この制度の下で、義務を果たすべくエネルギー供給事業者は需要家による省エネルギー技術の導入に関して費用面で支援を行うが、その際に投じた資金はエネルギー料金に上乗せして回収することができる。サプライヤー・オブリゲーションは、CO₂排出削減を直接的に義務づけることが困難な一般家庭などの排出主体による省エネルギー投資を促進する効果を持つと期待される。

イギリスでは1990年代からサプライヤー・オブリゲーションの仕組みが実施されており、幾度かの改変を経て、2008年からはCO₂排出削減を目標とするCERT (Carbon Emissions Reduction Target) と呼ばれる制度に改められた。さらにCERTは2012年に廃止され、ECO (Energy Company Obligation) と呼ばれる新たなスキームに引き継がれることになった (Rosenow, 2012)。加えて、イギリスでは、家庭・業務部門を対象とするグリーン・ディール (Green Deal) が2012年より開始された。これは、需要家が初期投資の費用を負担せずに省エネルギー投資を行えるようにするための仕組みである。この制度においては、ある需要家が自身の所有する住宅などにおいて省エネルギー投資を行おうとする際、グリーン・ディー

ル・プロバイダーと呼ばれる事業主体との契約の下で関連設備の設置が実施される。初期投資の費用については、エネルギー料金に対するサーチャージを通じて当該需要家からエネルギー供給事業者が回収し、これをグリーン・ディール・プロバイダーに支払うことになっている。なお、グリーン・ディールでは、需要家が支払うサーチャージが省エネルギー投資実施の前後を比較した場合のエネルギー料金の差額 (つまり節約分) よりも低くなる (すなわち需要家にとって投資回収が可能である) ことが条件とされている (Rosenow and Eyre, 2012)。

米国においては、州レベルでの省エネルギー政策としてEERS (Energy Efficiency Resource Standard) という制度が存在する。これは、州公益事業委員会がエネルギー供給事業者に対して一定の省エネルギー目標を設定し、これを達成するためにエネルギー供給事業者は需要家に対して各種の省エネルギープログラムを提供するというものである。EERSでは、省エネルギープログラムに要する費用をエネルギー料金に上乗せして全需要家から回収することが認められている (後藤・大藤, 2011)。エネルギー供給事業者が提供する省エネルギープログラムには様々なものがあるが、この中には先に述べたイギリスのグリーン・ディールに類似した仕組みであるOBF (On Bill Financing) が含まれている (Bird and Hernández, 2012)。また米国では、省エネルギーや再生可能エネルギーへの投資の初期費用を地方自治体が負担し、その資金を投資主体 (投資が行われた施設や住宅の所有者) が支払う固定資産税に上乗せして回収するというPACE (Property Assessed Clean Energy) プログラムも実施されている (Speer and Koenig, 2010)。

以上の欧米における諸事例は、スマートコミュニティ構築に向けた投資にかかわる資金調達問題を解消するための仕組みを考えるうえで示唆に富むものである。省エネルギー・創エネルギー関連の投資を行う主体が、初期投資の費用を他の主体に負担してもらい、エネルギー費用の節減分の範囲内でその負債を返済していくという仕組みは、スマートコミュニティ関連投資を促すための政策措置の基本となりうる。一方

で、省エネルギー・創エネルギー関連の投資は、環境保護やエネルギー安全保障という面で社会全体に便益をもたらすことにもなる。こうした外部性を考慮すると、スマートコミュニティ関連の投資に伴う費用を(例えばエネルギー料金への上乗せを通じて)社会全体で賄うという発想は理に適っているといえるであろう。

5. おわりに

現在日本国内で進められているスマートコミュニティ構築に向けた試みは、関連する技術やシステムの開発・実証を目的としたものが多いが、いずれ近い将来にその成果の普及を目指す段階を迎えることになる。そうした時期を見据えて、必要とされる政策措置のあり方について今から検討を始めたとしても、決して早すぎるということはないであろう。幸いなことに、欧米諸国には参考となる政策措置の事例が存在しており、そこから得られる知見は少なくないはずである。ただし、欧米諸国の事例は、それぞれの国や地域におけるエネルギー市場の構造的な特徴を前提とした政策措置であることに注意すべきであろう。この点を考慮すると、サプライヤー・オブレーションやEERSなど欧米で導入されているような仕組みを我が国において機能させるためには、電力の小売自由化や発送電分離といった電力システム改革を遂行することが急務であるのかもしれない。スマートコミュニティ構築を日本各地に広く展開させるという構想を掲げるのであれば、環境・エネルギーにかかわる社会システム全般を根幹から見直しつつ、その再整備を進めていく必要があると思われる。

付記

本稿は、「草加市・獨協大学地域研究プロジェクト」として実施されている「大学と行政によるスマートコミュニティ構築に関する研究」における研究成果の一部である。

注

1) 経済産業省の「次世代エネルギー・社会システム実証事業」をめぐる背景や事業の概要については、

柏木監修(2013)を参照。

- 2) ここで取り上げているのは、「草加市・獨協大学地域研究プロジェクト」として実施されている「大学と行政によるスマートコミュニティ構築に関する研究」において現地調査を行った5つの地域である。調査にご協力いただいた関係者の方々にこの場を借りて謝意を表したい。なお、本節の内容は、主としてその現地調査の際に提供された資料やヒアリングを通じて得た情報を基に記述している。
- 3) 2013年3月22日付の横浜市記者発表資料(温暖化対策統括本部プロジェクト推進課)による。
- 4) 2013年10月24日付の横浜市記者発表資料(温暖化対策統括本部プロジェクト推進課)による。
- 5) 2013年10月23日付の横浜市記者発表資料(温暖化対策統括本部プロジェクト推進課)による。
- 6) これは「エネルギー効率性ギャップ(energy efficiency gap)」と呼ばれる論点である。
- 7) 省エネルギーへの過小投資をもたらす要因については、Tietenberg(2009), Gillingham, et al.(2009)を参照。

参考文献

- Bird, S., and D. Hernández (2012) "Policy Options for the Split Incentive: Increasing Energy Efficiency for Low-income Renters," *Energy Policy* Vol.48, pp.506-514.
- Gillingham, K., R. G. Newell, and K. Palmer (2009) "Energy Efficiency Economics and Policy," *Resources for the Future Discussion Paper* 09-13.
- 後藤美香・大藤建太(2011)「米国の省エネルギープログラムの運営普及方策に関する調査—カリフォルニアの事例を中心に—」電力中央研究所調査報告 Y10029。
- 浜本光紹(2012)「家計における省エネルギー投資と割引率」有村俊秀・武田史郎編著『排出量取引と省エネルギーの経済分析—日本企業と家計の現状』日本評論社, 191-211頁。
- Hausman, J. A. (1979) "Individual Discount Rates and the Purchase and Utilization of Energy-Using

- Durables,” *Bell Journal of Economics* Vol.10 (1), pp.33-54.
- 依田高典 (2013) 「フィールド実験で測るスマートグリッドの経済効果」『経済セミナー』通巻 669 号, 48-53 頁。
- Jaffe, A. B., R. G. Newell, and R. N. Stavins (2001) “Energy-Efficient Technologies and Climate Change Policies: Issues and Evidence,” in: M. Toman, ed., *Climate Change Economics and Policy: An RFF Anthology*, Washington, D.C. : RFF Press, pp.171-181.
- 柏木孝夫監修 (2012) 『スマートコミュニティ 未来をつくるインフラ革命』時評社。
- 柏木孝夫監修 (2013) 『新たなビジネスモデルを世界へ スマートコミュニティ』時評社。
- Meier, A. K., and J. Whittier (1983) “Consumer Discount Rates Implied by Purchases of Energy-Efficient Refrigerators,” *Energy* Vol.8 (12), pp.957-962.
- Rosenow, J. (2012) “Energy Savings Obligations in the UK—A History of Change,” *Energy Policy* Vol.49, pp.373-382.
- Rosenow, J., and N. Eyre (2012) “The Green Deal and the Energy Company Obligation—Will It Work?” Paper presented at the 9th BIEE Academic Conference, St John’s College, Oxford.
- Ruderman, H., M. D. Levine, and J. E. McMahon (1987) “The Behavior of the Market for Energy Efficiency in Residential Appliances Including Heating and Cooling Equipment,” *The Energy Journal* Vol.8 (1), pp.101-124.
- Speer, B., and R. Koenig (2010) “Property-Assessed Clean Energy (PACE) Financing of Renewables and Efficiency: Fact Sheet Series on Financing Renewable Energy Projects,” (Brochure), Energy Analysis, NREL Report No. BR-6A2-47097.
- Tietenberg, T. (2009) “Reflections—Energy Efficiency Policy: Pipe Dream or Pipeline to the Future?” *Review of Environmental Economics and Policy* Vol.3 (2), pp.304-320.

Current Progress and Policy Issues in Creating Smart Communities

HAMAMOTO Mitsutsugu

Climate change problem and energy security issues are causing concern about how to create smart communities. There are a large number of experimental projects aimed at developing technologies and systems that are necessary for building smart communities. This paper reviews several projects carried out in Japan in order to explore the current state of smart community development. In addition, barriers to the deployment of smart communities are examined. The paper also discusses appropriate policy responses to such barriers.