

NEDO

再生可能エネルギー 技術白書

第2版

再生可能エネルギー普及拡大にむけて克服すべき課題と処方箋

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 編
New Energy and Industrial Technology Development Organization

第1章 再生可能エネルギーの役割

第2章 太陽光発電

第3章 風力発電

第4章 バイオマスエネルギー

第5章 太陽熱発電・太陽熱利用

第6章 海洋エネルギー

第7章 地熱発電

第8章 中小水力発電

第9章 系統サポート技術

第10章 スマートコミュニティ



第10章 スマートコミュニティ

10.1	技術の概要.....	3
10.1.1	スマートコミュニティとは.....	3
	(1) スマートコミュニティの定義について.....	3
	(2) スマートコミュニティの市場規模.....	3
	(3) スマートコミュニティに関する技術の特徴.....	4
10.1.2	スマートコミュニティへの期待.....	4
	(1) スマート化の背景.....	4
	(2) スマートコミュニティの拡がり.....	7
10.2	各国の技術開発動向.....	10
10.2.1	スマートコミュニティ形成に向けた新たな動き.....	10
10.2.2	日本の取組み状況.....	10
	(1) スマートコミュニティ分野の取組みを進める官民連携組織.....	10
	(2) 国内での主な取組み.....	11
	(3) 海外での主な取組み.....	16
10.2.3	各国・地域の取組み状況.....	20
	(1) 各国の主な取組み例.....	21
10.3	今後に向けた課題と克服方策.....	22
10.3.1	2030年の我が国のスマートコミュニティ像.....	22
	(1) 2030年の我が国の展望（人口・GDP・エネルギー消費等）.....	22
	(2) 目指すべきスマートコミュニティ像.....	23
	(3) エネルギーシステムの目指すべき姿.....	24
	(4) その他社会システムの目指すべき姿.....	24
10.3.2	スマートコミュニティ実現に向けた方策.....	25
	(1) 現地に根ざしたプロジェクトの展開.....	25
	(2) 需要家サイドの巻き込み.....	25
	(3) システムコストの負担.....	26
	(4) 海外及び国内の実証事業の連携.....	26

10.1 技術の概要

東日本大震災やその後の原子力発電所の事故を受け、日本のエネルギー戦略は根本的な見直しを余儀なくされた。一方では新興国の急速な発展を受け、エネルギーの効率的な利用が世界的に喫緊の課題となっている。

米国ではスマートグリッドを景気浮揚対策として打ち出し、多くの政策が講じられ、また欧州では EU 指令により 2020 年までに 20% の温室効果ガスの排出削減、省エネと新エネ導入を達成する目標が掲げられ、スマートコミュニティの市場が急速に立ち上がろうとしている。さらにエネルギー供給面からの変化も激しく、米国ではシェールガスの登場で、系統からの電力購入よりもガスによる自家発電の方が有利になるケースも出始め、マイクログリッド市場にも大きな変化が起こっている。また、燃料電池やコジェネシステム、蓄電池の技術革新も進み、分散型電源の有効性や必要性が再認識されている。

こうした状況の中、再生可能エネルギーの導入を促進する、新しい電力制御技術と ICT を組み合わせた電気の有効利用に加え、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、さらには、地域の交通システムや市民のライフスタイルの変化までも幅広く含む、エリア単位での次世代のエネルギー・社会システムの必要性が益々高まっている。

10.1.1 スマートコミュニティとは

(1) スマートコミュニティの定義について

世界的に合意されたスマートコミュニティの定義はまだない。これは、スマートコミュニティが包含する要素が多岐にわたるとともに、国ごと地域ごとの特徴に応じてその取り組みが異なるからであろう。スマートコミュニティの解釈や技術の範囲はまちまちであり、しばしば混乱のもととなっている。

本書では、スマートコミュニティを「進化する情報通信技術 (ICT) を活用しながら、再生可能エネルギーの導入を促進しつつ、交通システムや家庭、オフィスビル、工場、ひいては社会全体のスマート化を目指した、住民参加型の新たなコミュニティ」と定義し、以降の解説を進めて行きたい。

(2) スマートコミュニティの市場規模

スマートコミュニティに関する市場規模にはさまざまな予測があるが、その予測には大きな幅がある。例えば、市場予測を見てみると、日経 BP では 2030 年の市場規模は約 230 兆円とされており、富士経済では 2020 年の市場規模が 40 兆円とされており、大きな隔りがある。どの予測からも共通して読み取れるトレンドとしては、今後、市場の急速な立ち上がりが予測されること、また、蓄電池の市場構成割合が高いことであろう。

スマートコミュニティの重要な要素であるエネルギー、特に電力システムにおいては、電源としての利用に期待がかかる太陽光や風力といった自然エネルギーの大規模な利用のためには、「天候に左右され発電量に変化する」「需要に対する追従性がない」といった特徴を払拭し、「電力の在庫化」を可能とする蓄電池の利用がカギとなっていることが読み取れる。

第10章 スマートコミュニティ

(3) スマートコミュニティに関する技術の特徴

スマートコミュニティの実現には、その目的に応じてさまざまな技術が必要となる。スマートメーターや通信機器、電力機器、これらを制御するソフトウェアを適切に組み合わせて制御することで、例えば不安定な再生可能エネルギー源である太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの導入がより安全かつスムーズに行うことが可能となる。また、地域全体でのエネルギーの融通を行うことで街全体として最適な省エネを図ることも可能となる。さらには、蓄電機能を有する電気自動車を交通システムの核としつつ、家庭用電源としても活用すれば、災害に強い街づくりへの貢献も可能である。

また、スマートコミュニティはそこに暮らす人々の生活の基盤を支えるインフラとして極めて重要であるがゆえに、新しいシステムの受け入れにあたっては、社会受容性が極めて重要であり、システムの継続性に関わってくる。また、それぞれの地域毎の環境やエネルギー事情、経済情勢や法制度などの規制状況によっても異なるため、適切な技術の選択とともに、ローカライズ化、システム化が重要といった特徴を踏まえ、今後の取り組みを進めていくことが重要であろう。

また、スマートコミュニティにおいては、電力会社の電力送電システムから家庭の発電システムや機器までが ICT を通じてお互いにつながり、電力を融通し合うことが想定される。そのため、さまざまな機器と機器、システムとシステムを接続するインターフェイスが重要である。日本の強みであるアプリケーションや固有の技術を活かすためにも、インターフェイスの標準化が不可欠である。

10.1.2 スマートコミュニティへの期待

社会のスマート化が求められる背景とスマート化が実現したコミュニティの考え方を以下に示す。

(1) スマート化の背景

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の報告によれば、現在地球規模で進行している温暖化を防止するためには、CO₂を初めとする温室効果ガス排出量の削減が不可欠であり、全世界での取り組みがなされる必要がある (図 10-1)。

しかし、今後、CO₂排出量の削減のために、無理に多大な労力を割き、我々の日々の経済活動に支障を来すような社会スキームをもって対応してしまうと、その後の社会の発展はないであろう。我々が地球上で生活を営み続けるためには、地球温暖化防止対策と経済成長を同時に実現していく、つまりサステナブルな社会を構築し、発展させていくことが必要である。

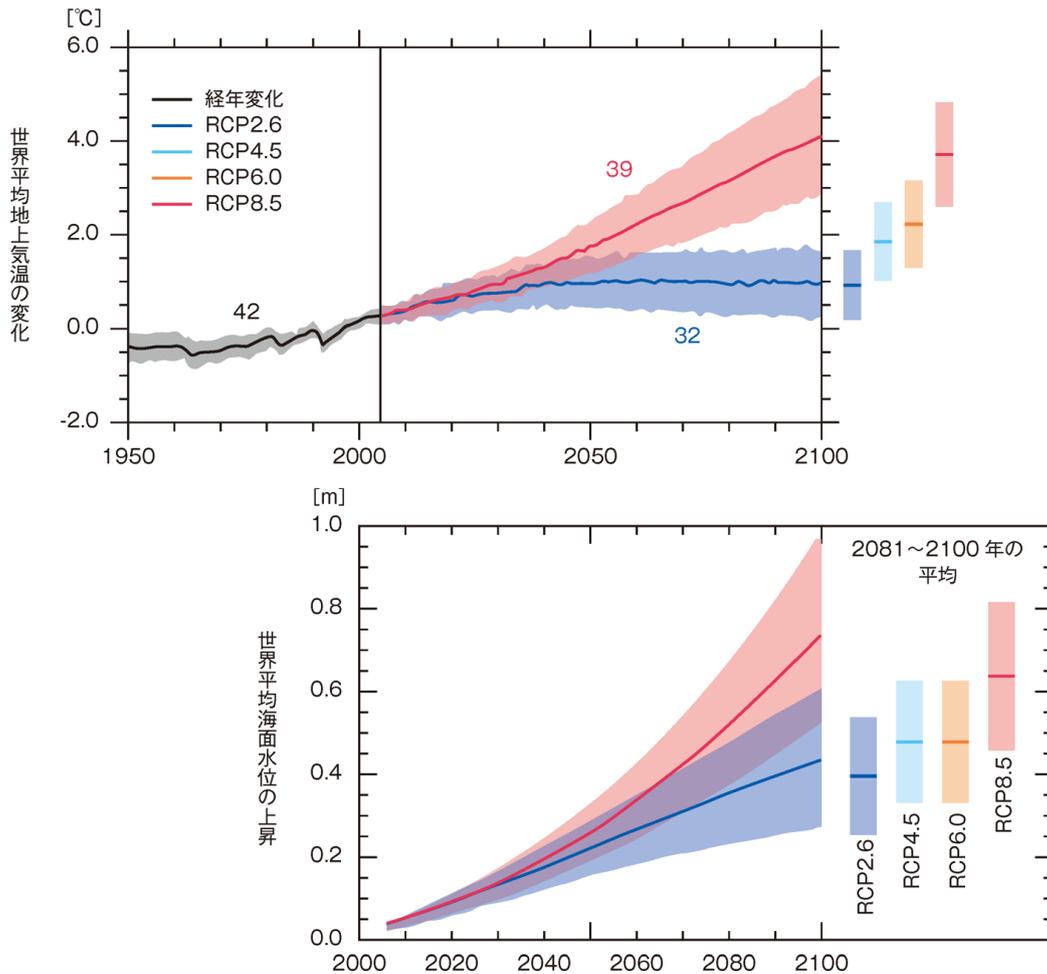


図 10-1 2100 年までの 世界平均地上気温の経年変化と世界平均海面水位の変化の予測

複数の気候予測モデルに基づく 1950～2100 年の世界平均地上気温の経年変化（1986～2005 年の平均との比較）（上図）及び複数の気候予測モデルと力学的諸過程を含む氷床モデルの組み合わせに基づく 21 世紀における世界平均海面水位の変化の予測（1986～2005 年平均との比較）（下図）。

出典：気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第 5 次評価報告書

第 1 作業部会報告書政策決定者向け要約（SPM）の概要（速報版）

<http://www.meti.go.jp/press/2013/09/20130927006/20130927006-2.pdf>

また、我が国のエネルギー情勢として、その供給源の大半を輸入に頼ってきたという経緯があり、輸入全体に占めるエネルギーの割合も高くなってきている。エネルギーは国民生活・経済活動に不可欠な財であり、我が国のエネルギー政策として、エネルギーの安定供給（energy security）、環境への適合（environment）、市場機能を活用した効率化（efficiency）の 3E をバランスよく目指すことが大切であり、この点も今後の社会を構築していく上で重要である。

以上から、今後我が国として取り組むべき社会構築の方針は、サステナブルであり、かつエネルギーの 3E の向上を可能とするような社会システムであり、このような社会システムを実現するために、「社会のスマート化」を図らなければならない（図 10-2）。

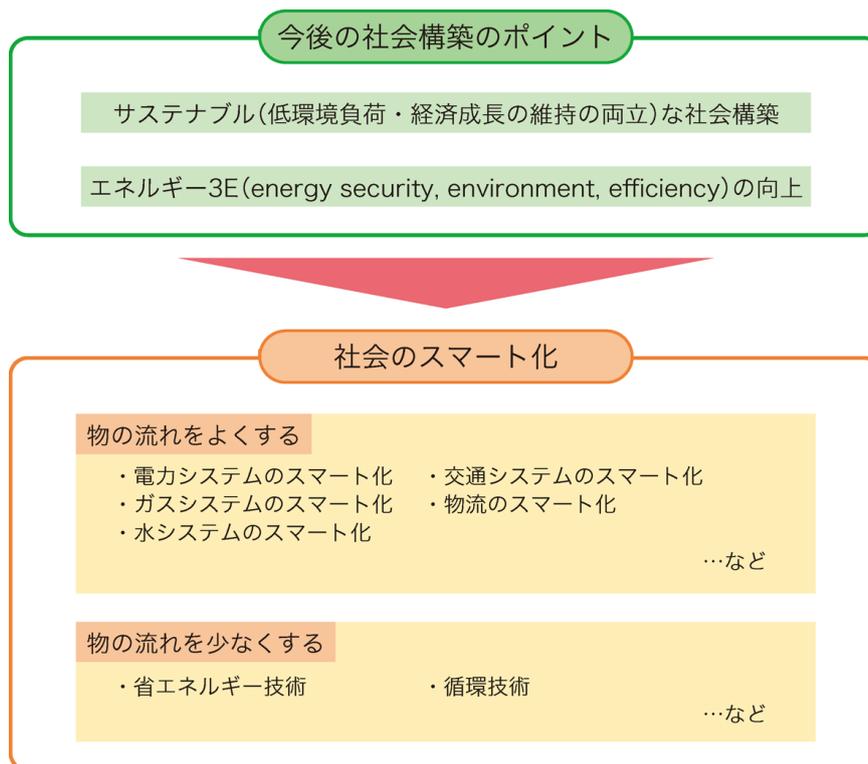


図 10-2 今後の社会構築のポイントと社会のスマート化

1) スマートな社会とその対象

「スマートな社会」が目指すべき姿は、低環境負荷であり、自然資源・エネルギー・廃棄物の流れを高度にマネジメントして無駄を少なくした社会である。このような社会を構築するためには、電気・ガスなどのエネルギー、水、交通、物流などの社会の「流れ」を、情報通信技術等を用いて効率化するような社会システムが期待される（図 10-3）。

無駄をなくすようなシステムの構築の仕方としては、i) 社会の中の流れをよくする、ii) 社会の中の流れを少なく済ませるといった方法が挙げられる。

i) 流れをよくする

近年の情報通信分野における技術発展は目覚ましい。情報通信技術を駆使して、需要家側のニーズを供給側に適切に提供することで、電気・ガス等のエネルギー流通において高度化が図れるだけでなく、水、交通、物流といった社会インフラの高度化も図ることができ、社会インフラの流れの改善を図ることができる。

ii) 流れを少なく済ませる

なるべく流れを少なくするというのも、スマート化の一つの方法である。例えば、電気・ガスなどのエネルギー流通においては、省エネ技術を用いることで、必要とするエネルギーを少なくできる。また、水やその他資源については、資源の再利用やリサイクルにより、循環型社会にすることで、新規の投入量を削減でき、流れを少なくできる。

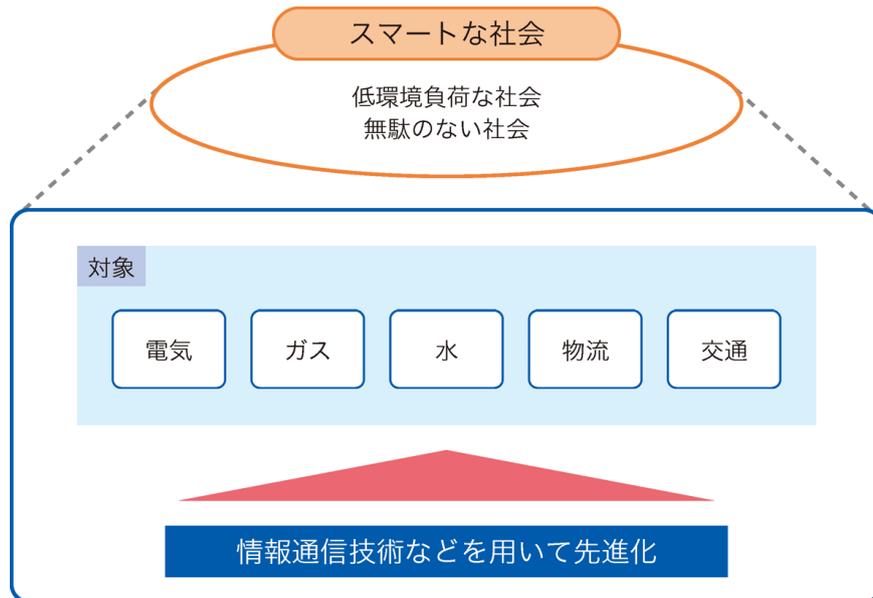


図 10-3 スマートな社会とその対象

(2) スマートコミュニティの拡がり

以上のようなスマート化は、ハウス、ビル、工場などの利用者が特定される構内に限らず、不特定多数が対象となる街、都市といった範囲までを含むコミュニティにおいてスマート化していく必要がある。

特に、都市はエネルギーが高度に集中しているところである。消費されるエネルギーが大きくなるほど、エネルギー生産を支えるのに必要な自然資源に対するニーズ（流れ）が大きくなり、廃棄物も増大し、その循環により流れを削減することが望まれる。このように、都市といった面的な広がりのある範囲においては、スマート化による大きな効果が期待される。

スマートコミュニティは、情報ネットワークとエネルギーシステム、交通システムを融合した新しい社会インフラであると同時に、快適性向上と CO₂ 排出量削減を両立した新しい街づくりのコンセプトの提案といえる。

経済産業省では、2009 年度末に関連企業を集めたスマートコミュニティ関連システムフォーラムを設置し、その報告書の中でスマートコミュニティのイメージを提示している（**図 10-4**、**図 10-5**）。

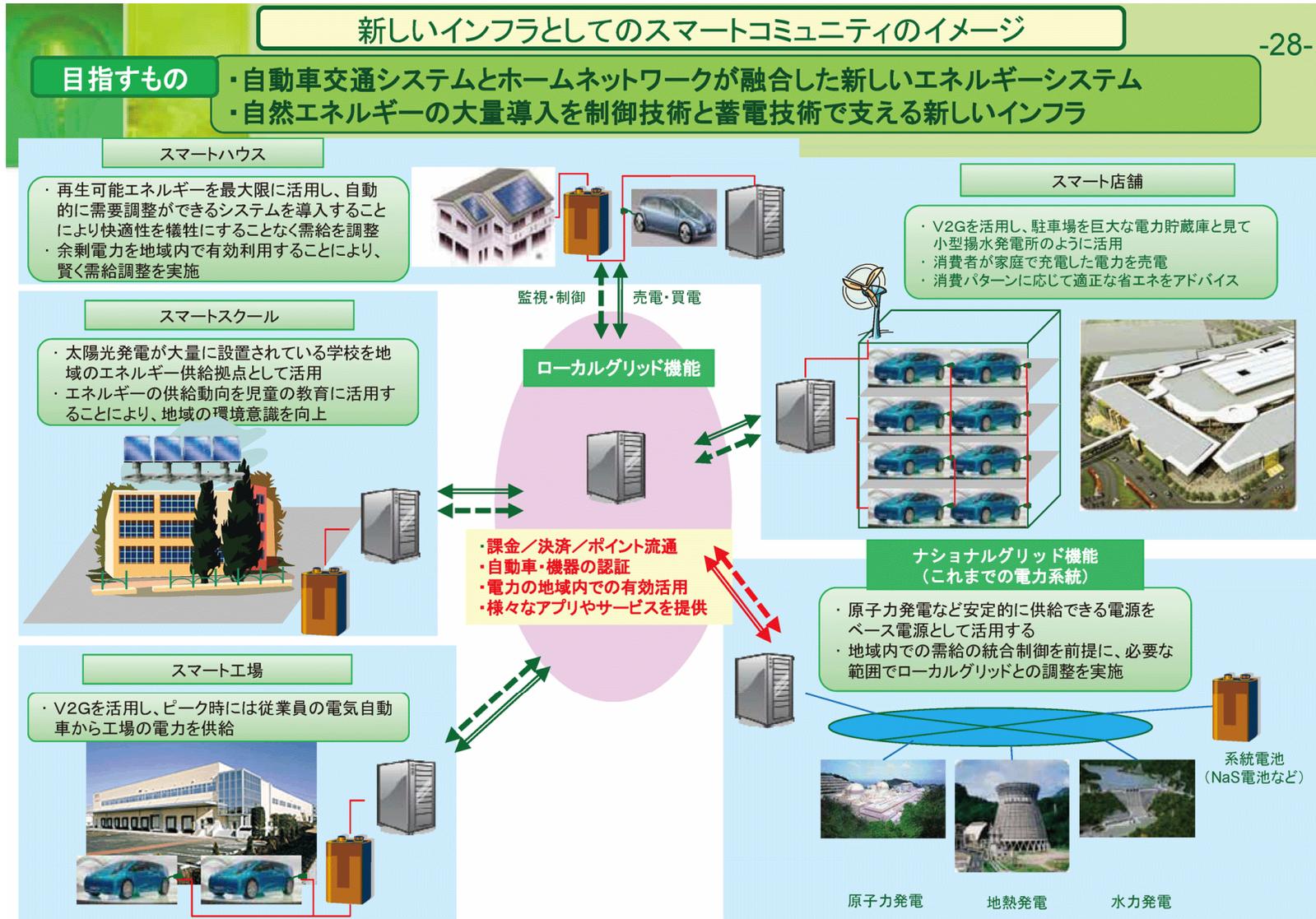


図 10-4 新しいインフラとしてのスマートコミュニティのイメージ

出典：「スマートコミュニティフォーラムにおける論点と提案～新しい生活，新しい街づくりへの挑戦～」(2010，経済産業省)



図 10-5 新しい街づくりとしてのスマートコミュニティのイメージ

出典:「スマートコミュニティフォーラムにおける論点と提案～新しい生活, 新しい街づくりへの挑戦～」(2010, 経済産業省)

10.2 各国の技術開発動向

10.2.1 スマートコミュニティ形成に向けた新たな動き

「スマートコミュニティ」の形成に向けて、日本とともに世界各国で社会実験及び関連組織の設立をはじめ活発な取組みが行われている。

10.2.2 日本の取組み状況

(1) スマートコミュニティ分野の取組みを進める官民連携組織

我が国が強みとする省エネルギー・新エネルギー技術により将来の成長を支えていくためには、世界市場にアクセスし、ビジネスチャンスを獲得するための「オールジャパン」で共通の課題に対応する推進母体が必要となる。そこで、スマートコミュニティの国際展開、国内普及のため、業界の垣根を越えて経済界全体としての活動を企画・推進する官民連携組織「スマートコミュニティ・アライアンス」が、2010年4月に設立された。事務局はNEDOが務めている。

300を超える会員は、電力、重電・機器メーカー、IT、不動産ディベロッパー、大学、研究機関、自治体などから構成され（2013年12月現在）、海外との連携プロジェクト獲得のための動向把握や、国際標準化に向けた取り組み、ロードマップの作成、HEMS機器の通信方式の詳細仕様作成の取組みなどを4つのワーキンググループ（WG）の活動を中心に進めている（図10-6）。

国際戦略WGにおいては、官民ミッション団を対象国に派遣し、例えばマレーシアでは、低炭素都市開発のマスタープランを具体化するプトラジャヤとサイバージャヤの両都市におけるアクションプランの作成に貢献した。最近では、WGメンバーの関心が高い国別にサブワーキンググループ（SWG）を設置し、SWG毎に対象国との対話を続けている。

また、スマートコミュニティの国際展開にとって重要な要素である国際標準化に関しては、経済産業省をはじめとした国の機関と官民連携した国際標準化を推進してきた。

例えば、経済産業省の「次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に関する研究会」では、2010年1月に、スマートグリッドの概念を7つの事業分野とそれらを実現する26の重要システム（アイテム）に整理した上で、重要アイテムごとに1. 積極的に国際標準化提案をしていくべき分野、2. 標準化すべきでない分野という観点から検討が行われ、報告書をまとめた。この研究会の検討結果を受けて、その後、2010年4月に設立されたJSCAの中に国際標準化WGが設置され、その戦略的な実行部隊として位置づけられた。さらにその後、2012年12月に日本工業標準調査会（JISC）のもとに設置された「スマートグリッド国際標準化戦略分科会」が見直しを行い、標準化すべき重要アイテムを20項目に絞り込んだ上で、それぞれの分野を担当する国内審議団体を明示した。

現在、スマートコミュニティ・アライアンスに設置された国際標準化WGにおいては、分野ごとに具体的な取組みを進めているほか、欧米等を中心とする国際標準化動向の把握やこれらとの連携可能性を探り、国際標準化の策定に向けた対応を進めている。また、海外機関との関係においては各国のアライアンスが加盟するGSGF（Global Smart Grid Federation）の中心メンバーとして活動する等JSCAの国際的な連携は広がりつつある。

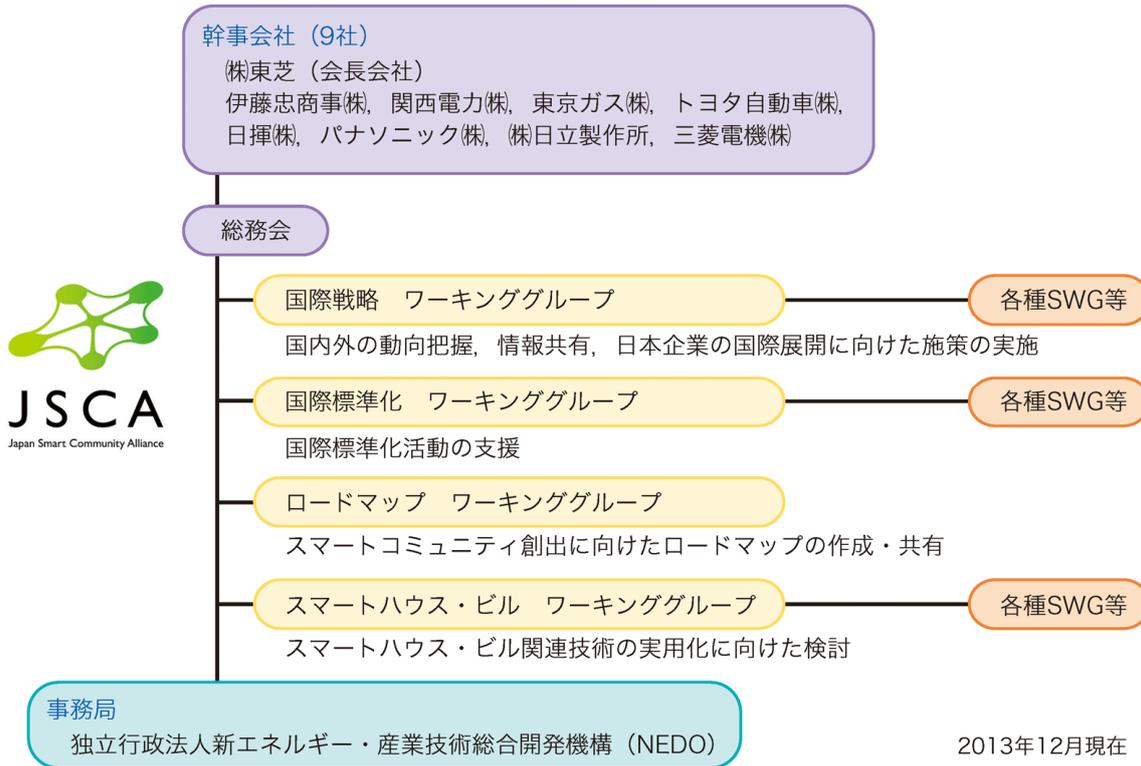


図 10-6 スマートコミュニティ・アライアンスの組織図

出典：NEDO 作成資料

(2) 国内での主な取組み

1) 次世代エネルギー・社会システム実証事業

国内での実証事業として、「次世代エネルギー・社会システム実証事業」がある。これは、エネルギーマネジメントシステムの実証にとどまらず、交通システムやライフスタイルの変革等の各種実証項目を含む国内実証事業である。全国 19 地域からの応募があり、2010 年 4 月に実証地域として、横浜市・豊田市・けいはんな学研都市（京都府）・北九州市が選定された（図 10-7）。

2011 年度より、自治体、住民、企業等の参画のもと、季節別・時間帯別電力料金メニュー、需給に応じた電力料金設定及びポイントの与奪による、節電・ピークカットを始めとする需要家の行動変化（デマンドレスポンス）や、エネルギーマネジメントシステム技術の確立に向けた実証を実施している。

i) 横浜市における次世代エネルギー・社会システム実証事業

横浜スマートシティプロジェクト（YSCP）では、エネルギー需要の特徴が異なる地域（商業、住宅、工業地区）間でエネルギー需給を最適化させる CEMS を中心に、HEMS, BEMS, EV, 蓄電 SCADA 等を最適に連携させることにより、天候に左右される太陽光発電の不安定さを吸収する等、再生可能エネルギーを大量導入しやすいインフラの構築に取り組む。また、震災以降ニーズが高まったピークカット実証も行っており、2013 年 1 月からスマート BEMS を含む大規模商業施設、オフィスビル等の大口需要家を対象にしたデマンドレスポンス実証を実施し、2 割のピークカット効果が得られた。2013 年度夏から家庭 1900 世帯と 14 の業務用・産業用建物向けに大規模なデマンドレスポンス実証を実施している（図 10-8）。

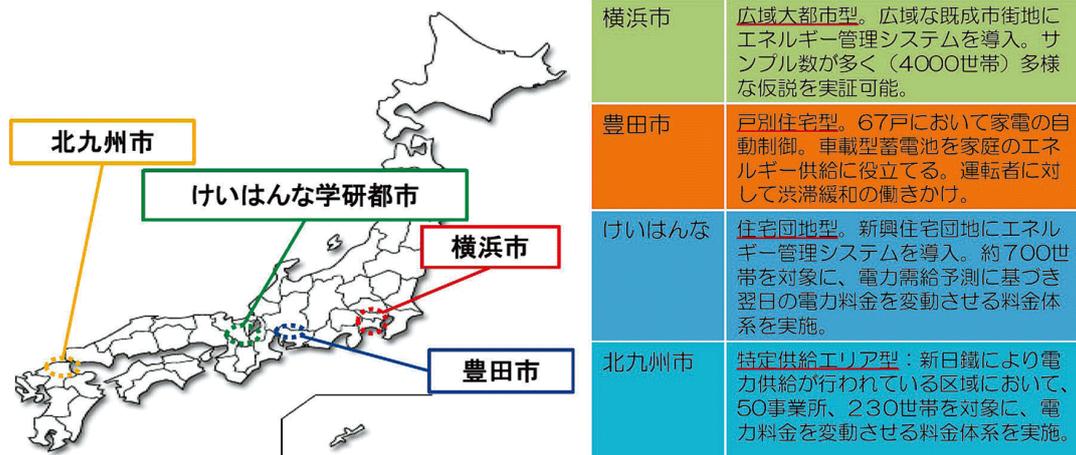


図 10-7 次世代エネルギー・社会システム実証地域の概要

出典：経済産業省資料

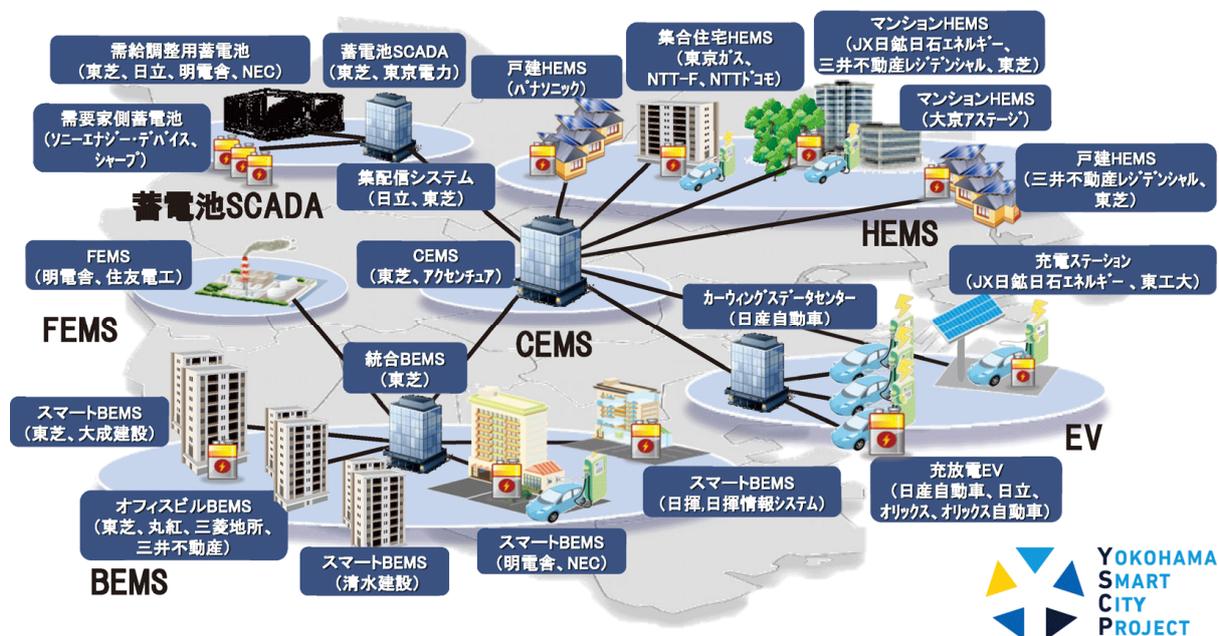


図 10-8 横浜スマートシティ実証概要図

出典：横浜市温暖化対策統括本部 森秀毅「横浜スマートシティプロジェクトの取組」, (スマートコミュニティサミット 2013)

ii) 豊田市における次世代エネルギー・社会システム実証事業

豊田市においては、家庭及び次世代自動車に焦点を絞り、暮らしの中での次世代自動車の使い方を大規模に実証している。東山地区と高橋地区に太陽光パネル、家庭用燃料電池、蓄電池、プラグインハイブリッド自動車、電気自動車等を備えた 67 戸のスマートハウスを建設し、既に入居を開始している。2011 年度 12 月から、電力需給の状況に応じて Edy によるポイントを徴収したり付与したりすることにより、擬似的にダイナミックプライシングの導入を行っている (図 10-9)。

第 10 章 スマートコミュニティ

iv) 北九州市における次世代エネルギー・社会システム実証事業

北九州市においては、新日鐵が九州電力から配電線を譲り受けし、一般電気事業者の供給エリアから独立して電力の特定供給を実施している。デマンドレスポンスの一つの手法として、日や時間帯によって電気料金を変動させるダイナミックプライシングを導入している。これまでに、通常料金 15 円/kWh、夜間料金 6 円/kWh で供給（家庭の通常の電気料金約 23 円/kWh に比べ安い）する代わりに、夏季のピーク時間帯に、翌日の需要予測に応じて、電気料金を最大 150 円/kWh まで変動させる料金制度を導入し、約 2 割のピークカットを実現した（図 10-11）。

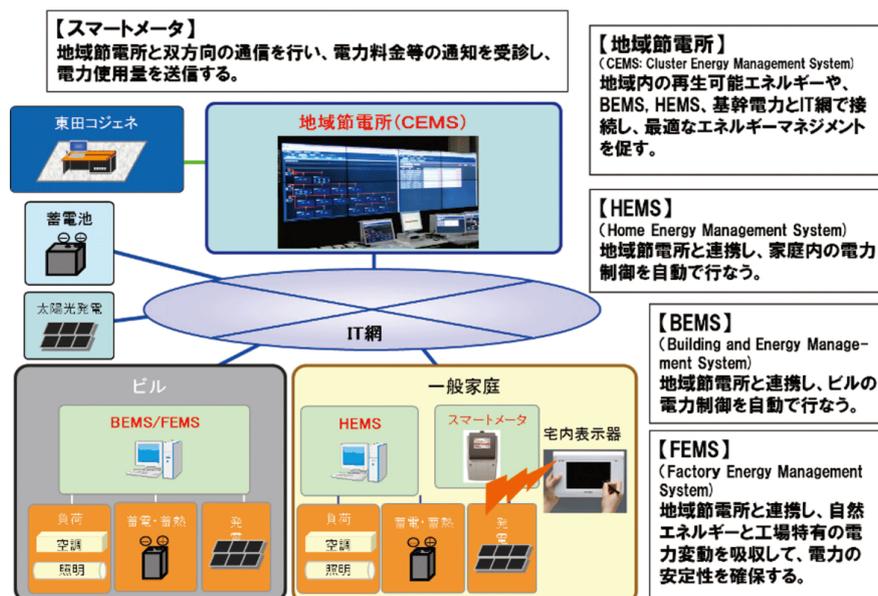


図 10-11 北九州スマートコミュニティ実証概要図

出典：北九州市環境局 紫田泰平，「北九州スマートコミュニティ創造事業」，（スマートコミュニティサミット 2013）

2) 次世代エネルギー技術実証事業

先に述べた 4 地域の実証を補完する先進的で汎用性の高い技術の確立，地域エネルギーの活用等，地域に根付いた実証を行うことを目的として，国内 9 地域において「次世代エネルギー技術実証事業」が実施されている（図 10-12）。



実施場所	概要	内容
鳥取市	鳥取市若葉台地区スマートグリッド・タウン実証事業	スマートハウス2棟、植物工場で蓄電池を共有し、スマートコミュニティ全体のコストを抑制。同時にCEMSで制御することで、エネルギーの融通を実施。
福山市	防災と自給自足を目指した臨海型スマートコミュニティ	災害時の非常用電源として船舶内のディーゼル発電機からEVへ給電し、EV経由で需要家に電力を供給するシステムを構築。
水俣市	みなまた農山漁村地域資源活用プロジェクト	ハウス栽培において、エネルギーの見える化及び機器の遠隔制御を可能とする農漁村型EMSを導入。太陽光発電を利用し、ビニールハウス内の温度、湿度、CO ₂ 濃度等を制御することで、省コスト・省エネ・省CO ₂ を実現。また、カキ養殖用の筏に太陽光発電と蓄電池を搭載して餌やり、水質監視を自動化。
佐世保市	電力需給抑制のモデル化と高自給率コミュニティの計画・運用体系化に関する実証事業	電力需要予測アルゴリズムを用いて、個々の機器の利用状況を予測するとともに、その予測に基づき、需要家に省エネの要請を行うことにより行動変容を促す。電力使用の効率化と電力削減効果を実証。
日立市	日立市スマートシティEVバス運用モデルプロジェクト	消費電力予測機能を有する次世代型バス運用管理システムを構築し、人員の乗降等による蓄電池の残存性の影響を評価。災害時に、次世代型バスから接続可能な外部給電装置への電力供給を実証。
三重大学	三重大学でのスマートキャンパス実証事業	大学内にEMSを構築し、大学の教職員及び学生など最大約9000人を対象としたダイナミックプライシングの制度設計及び効果検証。
大阪市	ごみ焼却工場等の都市廃熱高度活用事業	ごみ焼却工場の廃熱をパイプラインを用いず、需要家へ蓄熱槽搭載車両で輸送。最適な輸送管理システムを構築し、ビル、工場、温浴施設に対して熱輸送を実施。
柏市	柏の葉スマートシティ地域電力制御システム実証事業	ショッピングモール、オフィス、ホテル、集合住宅の間を自営線をつなぎ、太陽光発電と蓄電池の電力を融通する特定供給を行うことによりピークカットや省エネを実施。災害時には、蓄電池や非常用発電機による電力を集合住宅の共用部分（エレベーター等）に電力を供給。
大阪市	EV・PHV（次世代自動車）を活用した電力供給システム	複数車両での同時充放電を可能とする充放電システムを開発し、平常時に電力会社からの節電要請に対して、次世代自動車のバッテリーを活用したデマンドレスポンスを実施。災害時には次世代自動車からエレベーターに対して電力を供給。

図 10-12 次世代エネルギー技術実証事業

出典：一般社団法人新エネルギー導入促進協議会ホームページ及び経済産業省資料より NEDO 作成
<http://www.nepc.or.jp/topics/2013/0717.html>

第10章 スマートコミュニティ

3) 東北におけるスマートコミュニティの構築

被災地域における復興・再建に向けて、これらの実証の成果を活かして、被災三県（福島、宮城、岩手）において、再生可能エネルギーを活用した「スマートコミュニティ導入促進事業」が実施されている。これらの地域において、2012年12月に地域エネルギー管理システム（CEMS）の導入を中心としたマスタープランの策定が採択された。

(3) 海外での主な取組み

海外においてスマートエネルギープロジェクトの動きは急速に進展している。先進国においては地球温暖化等に対応するための低炭素社会への移行を念頭に置いたプロジェクトが、新興国においては人口増加に伴う都市への人口集中に対応するための環境負荷低減を目指した都市作りのためのプロジェクト等が行われている。

1) 国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業

我が国が海外で実施している実証事業として「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業」がある。現在、取り組みが具体化しつつあるのは、米国 ニューメキシコ、ハワイ、フランス リヨン、スペイン マラガ、インドネシア ジャワ、英国 マンチェスターにおける実証事業である。

i) 米国ニューメキシコ州におけるスマートコミュニティ実証事業

大量の太陽光発電が導入された時、消費者の電気の使い方を工夫してもらうことで電力システム全体の安定化を図ることを目的とした実証を行っている。具体的にはリアルタイムプライシングによるデマンドレスポンスと蓄電池などを組み合わせた系統安定化技術を確立することを目指している（図 10-13）。

ii) 米国ハワイ州におけるスマートコミュニティ実証事業

ハワイ州マウイ島における実証では、燃料の海上輸送に伴うリスクやコスト高といった離島ならではの課題に対処するため、再生可能エネルギーを可能な限り大量に導入することが望まれている。このため、EV 充電マネジメントを中心とする需要マネジメントを実施可能とする離島型マイクログリッドを構築することで、ピークシフト、主に夜間の風力余剰電力対策、風力・太陽光発電の変動対策による問題解決を図っている（図 10-14）。

iii) フランスリヨン市におけるスマートコミュニティ実証事業

環境規制の厳しいフランス リヨン市における実証事業では、PEB、太陽光発電と EV 充電、住宅間でのエネルギー消費の見える化を通じた省エネ促進などを組み合わせ、地域エネルギーの運用技術の確立を目指している（図 10-15）。

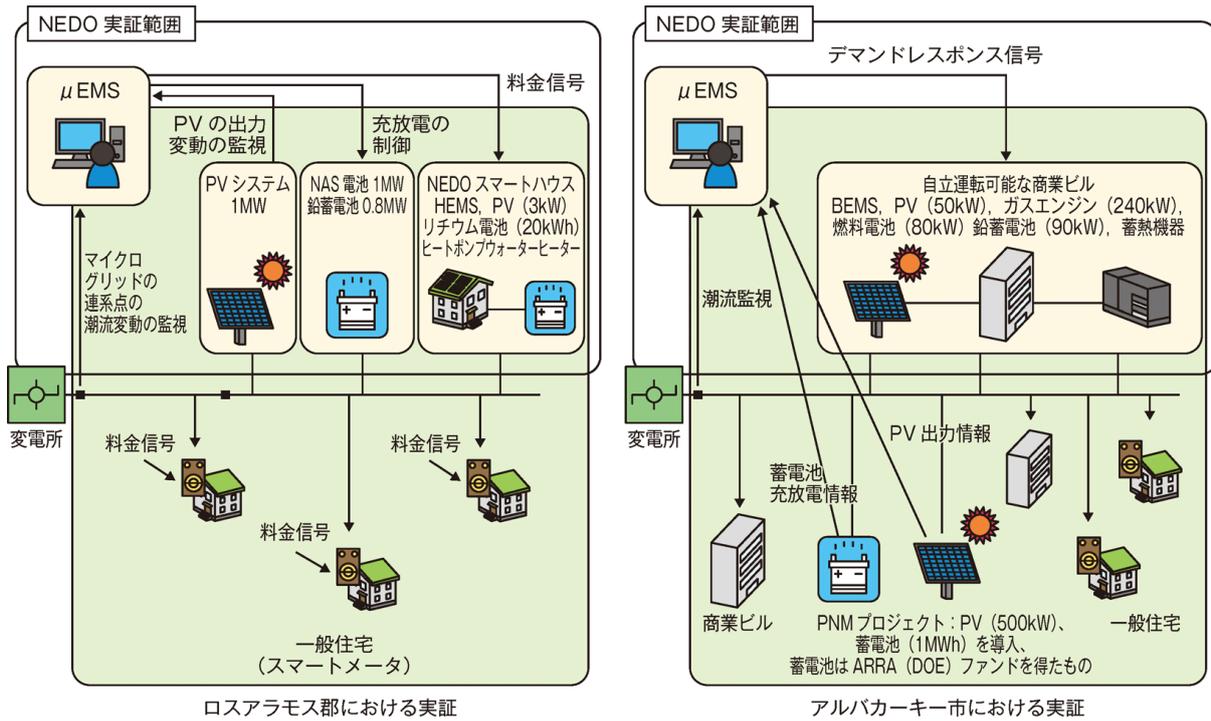


図 10-13 ニューメキシコ州における実証概要

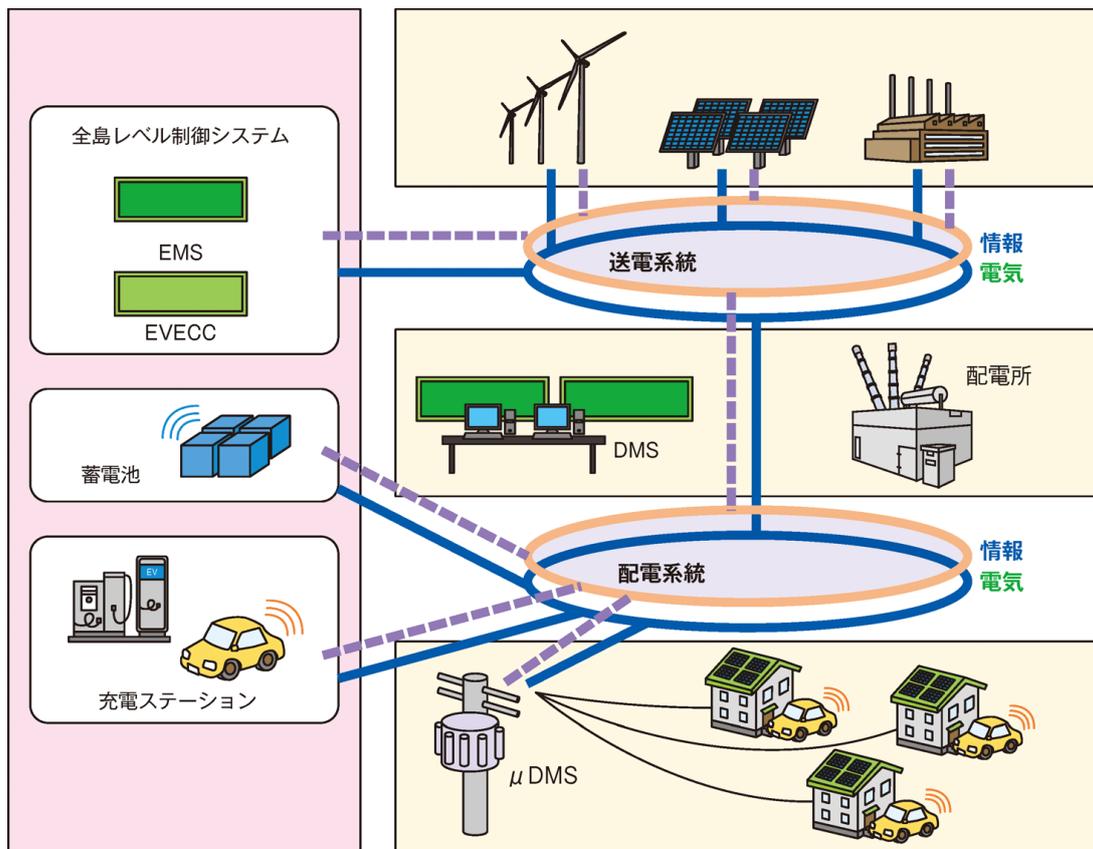


図 10-14 ハワイ州における実証概要

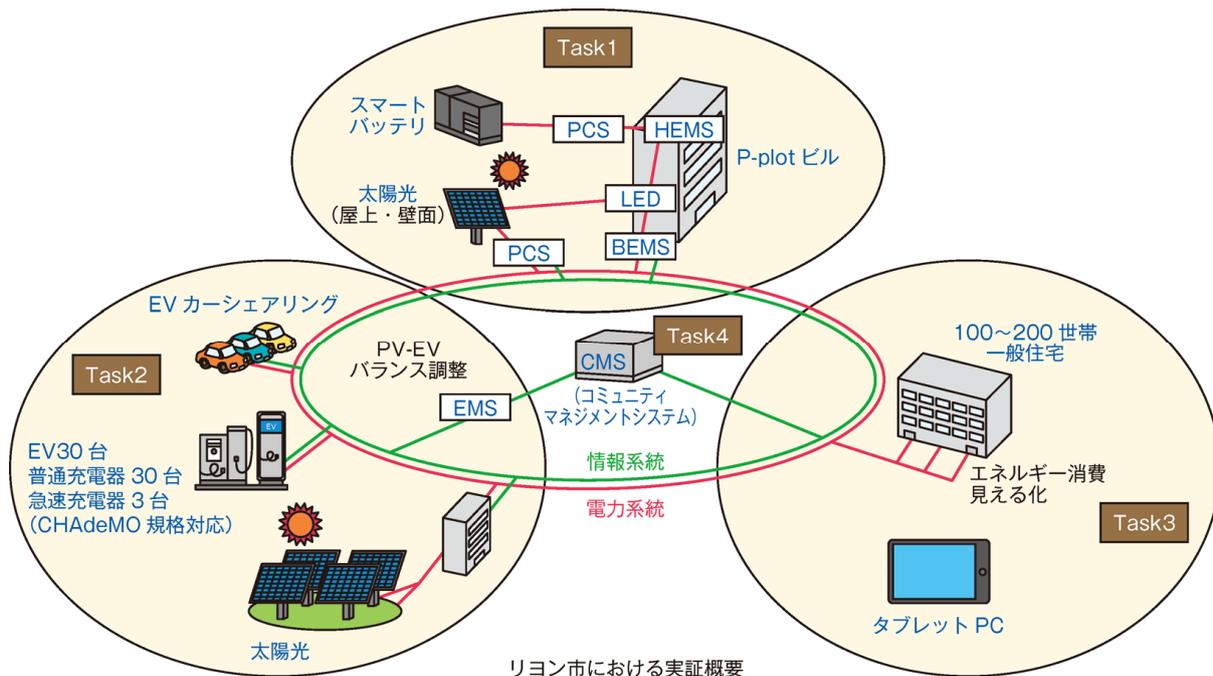


図 10-15 リヨン市における実証概要

iv) スペインマラガ市におけるスマートコミュニティ実証事業

エネルギー消費量の約 40%が交通分野であるスペインにおける実証事業では、スマートコミュニティを構成する重要な一要素である EV の都市部への大量普及を想定し、必要な充電インフラを整備した上で、個別の EV に対して充電誘導を行うことにより、配電網への負荷緩和や再生可能エネルギーを有効活用することを目指している (図 10-16)。

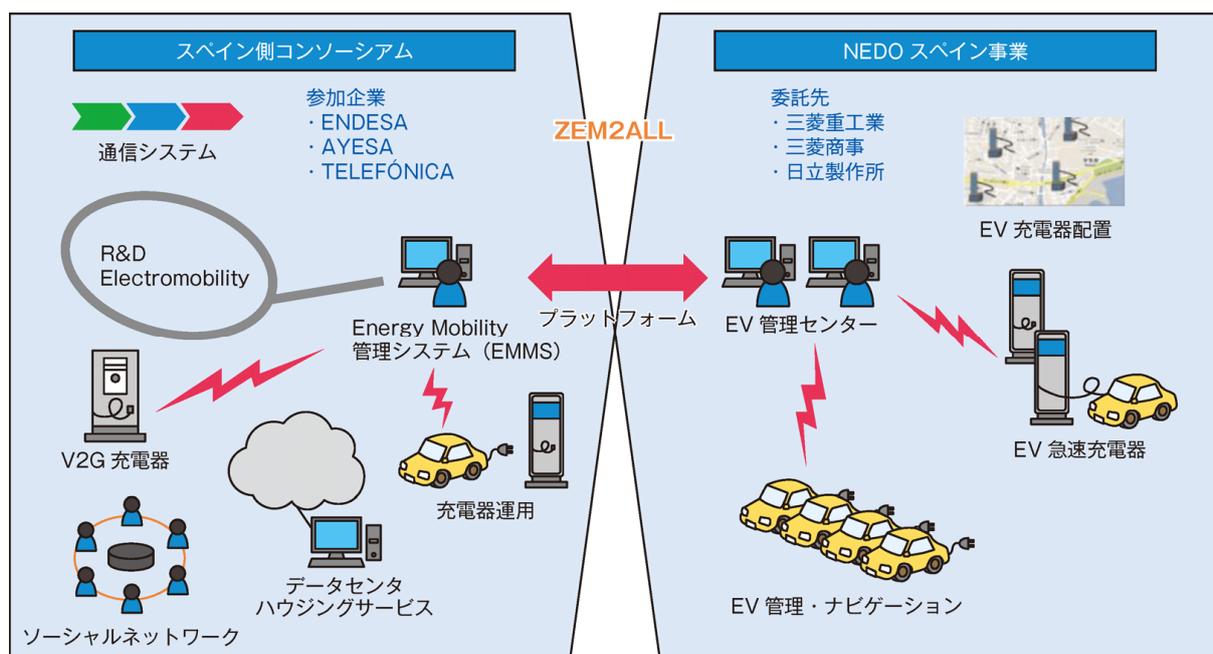


図 10-16 マラガ市における実証概要図

v) インドネシアジャワにおけるスマートコミュニティ実証事業

インドネシア ジャワ島の工業団地における実証事業では、電圧変動や突発的な停電といった課題を解決する為、電力品質安定化システム等を導入し、電力の安定供給を実現し、導入技術の有効性を実証し、インドネシア国内での普及を図る (図 10-17)。

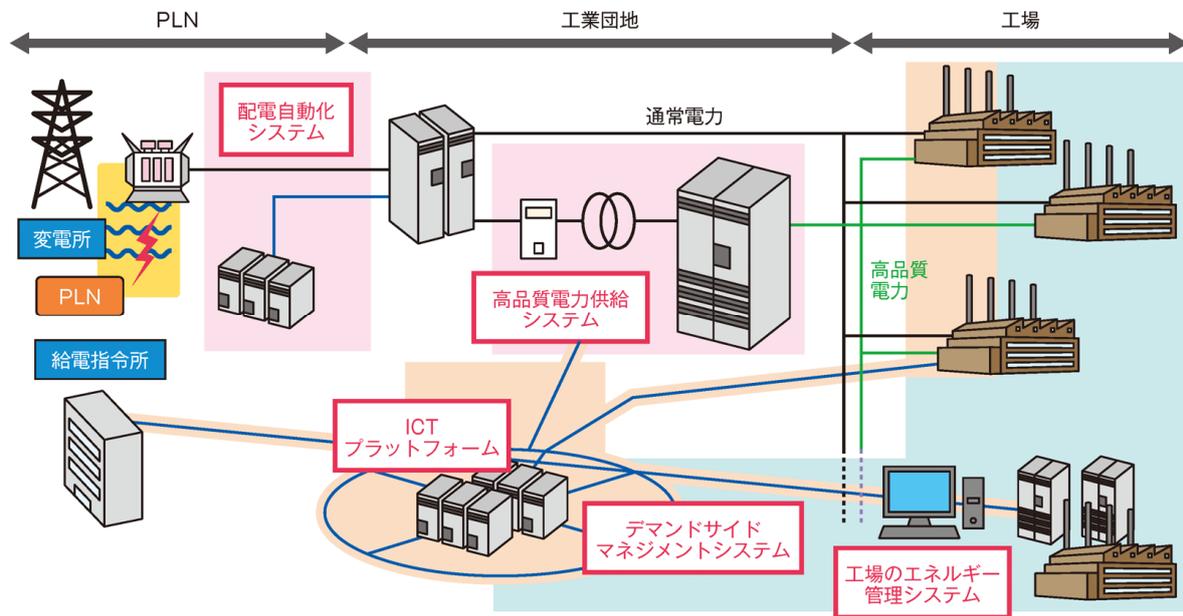


図 10-17 ジャワ島における実証概要

vi) 英国マンチェスターにおけるスマートコミュニティ実証事業

ヒートポンプ技術と ICT 関連技術を活用し、住宅の小口消費電力をアグリゲート（集約）し、各住宅の負荷のタイミングを調整することにより、住宅分野における低炭素化・スマート化と、電力取引市場における需給バランス調整能力を創出することを目指している (図 10-18)。

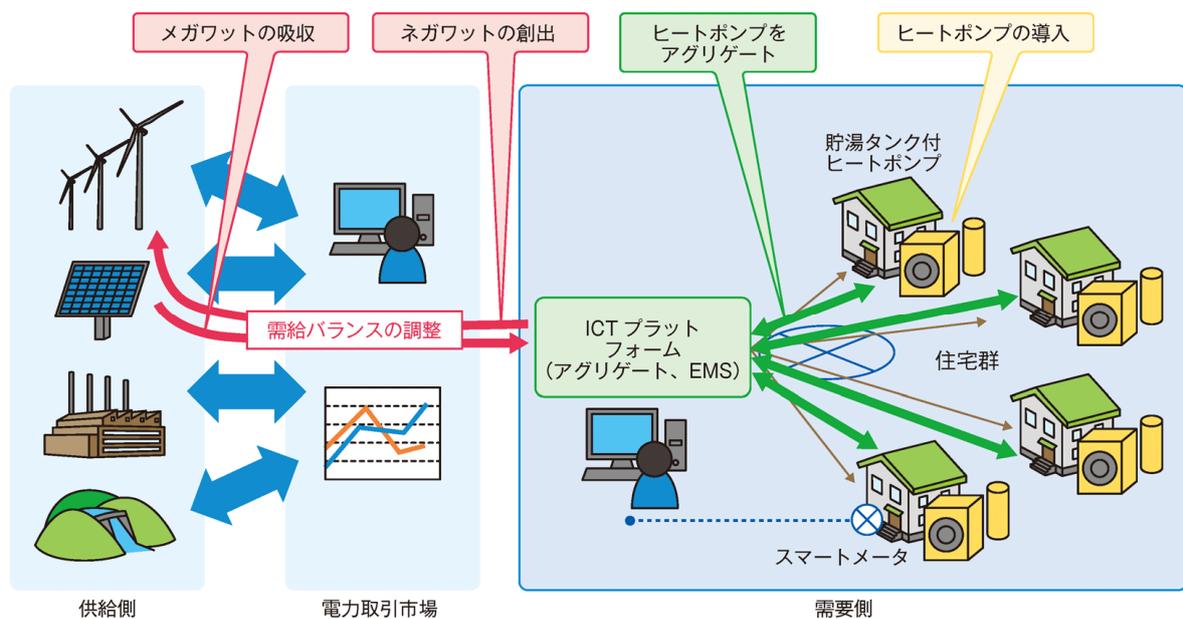


図 10-18 マンチェスターにおける実証事業

10.2.3 各国・地域の取組み状況

先進国のみならず、新興国においても「スマートシティ」や「エコシティ」といった新たな次世代都市インフラシステムの形成に向けたプロジェクトが多数開始されている（表 10-1）。

これらのプロジェクトでは、地球温暖化防止のために都市における CO₂ 排出量を削減し、自然資源・エネルギー・廃棄物の流れをより高度にマネジメントする街づくりが展開されている。ただし、スマート都市の構想はスマートメーターの単なる設置といった初期段階から、デマンドレスポンスの確立に注目点が移っており、さまざまな自動デマンドレスポンスの試みが増え始めている。

表 10-1 主な次世代都市インフラシステムの構築プロジェクト

コンセプト	実施場所	備考
スマートシティ (Smart City)	テキサス州オースチン市 (米国)	ピーカン・ストリート・プロジェクト。テキサス州オースチンで展開されているスマートグリッドの多くの要素を含めた実証。1000軒を越える規模のデマンド管理実証が特徴。
	ドイツ・マンハイム市 (ドイツ)	ドイツ E-Energy プロジェクトの一つ。エナジーパトラー（執事）と呼ばれるゲートウェイを 1000軒単位に導入しての自動デマンドレスポンス実証が特徴。
	ニーズ (フランス)	オランジュ社とニース・コートダジュール都市圏連合が展開する、が IT を利用した水や電気などの消費効率化や大気汚染監視などを行う実証実験。
	マラガ (スペイン)	環境都市の実現を目的にした、スマートグリッド技術の実証試験のちに、NEDO のマラガプロジェクトと連携している。
	サウスウエルズ州 (オーストラリア)	Smart City シドニー、ニューカッスルなど、サウスウエルズの都市で展開される。CO ₂ 削減に向けたスマートグリッド技術の実証試験。
	ボーンホルム (デンマーク)	EcoGrid EU プロジェクトという、EU の合同実証。再生可能エネルギーの割合が 50% を上回る実際の電力システムで行うデンマークボーンホルム島における本格的な実証実験。
エコシティ (Eco-City)	天津他 12 都市 (中国)	天津市をはじめとした中国国内合計 13 都市で、環境都市を建設する計画。 (再生可能エネルギー導入のみならず、地域熱供給、資源循環、その他省エネルギー技術の導入を目指す。)
	上海市他 (中国)	英国建設コンサルティング会社の ARUP 社がマスタープランを作成。 上海市の東灘地区の他に複数の都市で計画。 サステナブルな都市造りを目指す。
環境共生都市	ストックホルム他 (スウェーデン)	Symbio City ストックホルム郊外のハマビーショースタッドでの再開発で成功した自然資源、エネルギー、廃棄物の流れを閉鎖型にする街づくりを展開。
CO ₂ ニュートラル都市	マスダール (UAE)	Masdar City 必要な電力を 100% 再生可能エネルギーで賄う街づくりを開始。

出典：各種資料より NEDO 作成

これら海外プロジェクトのうち、米国 ボルダー市の「スマートグリッドシティ」、アムステルダム市の「スマートシティ」、UAE の「マスターシティ」、デンマークボーンホルム島の「EcoGrid EU」の4つの事例を以下に紹介する。

(1) 各国の主な取組み例

1) 米国オースチン市「ピーカン・ストリート・プロジェクト」

2008年ころのスマートメータ導入を中心としたスマートグリッド実証を皮切りに、いかにデマンドサイドと電力会社が協力できるかといった運用面に踏み込んだ実証まで、米国でも先進的なスマートグリッドプロジェクトが行われた。

この実験の主体は、テキサス州、GridPoint、デル、GE Energy、IBM、インテル、オラクル、シスコ、マイクロソフト、Texas- New Mexico Power (TNMP)、AT&T、ソニーなど日本企業を含む地方政府と企業アライアンスにより構成され、オランダなどの外国機関もサイバーセキュリティの研究などに参画している（表 10-2）。

表 10-2 オースチン市「ピーカンストリートプロジェクト」での実験対象となった環境技術の例

需給調整技術	<ul style="list-style-type: none"> 電力需要予測技術などにより電力のピークや余剰時間帯を予測し、余剰時間帯を利用して、バッテリーやEVの充電を制御 千軒の住宅を対象としたデマンド管理実証
スマートハウス技術	<ul style="list-style-type: none"> 楽しく継続的に利用したくなる HEMS 分電盤のメイン配線 1カ所の電流波形を測定するだけで、家の中の主要な機器の運転を計測する技術
次世代自動車技術	<ul style="list-style-type: none"> EV 大量流入に備え、街中にレベル 2 の充電器を 100 以上設置

出典：ピーカンストリートプロジェクト関係のホームページ、

<http://www.pecanstreet.org/projects/smart-grid-demonstration/> より NEDO 作成

2) マンハイム市「MOMA」プロジェクト

MVV Energie AG, IBM, Power PLUS Communications, Papendorf Software Engineering, DREWAG, University Duisburg Essen などの企業体により実施されたドイツ E-Energy プロジェクトの代表的実証事業。正式名は Model city of Mannheim.

エナジーバトラー（執事）と呼ばれるゲートウェイを 1000 軒単位に導入してのデマンドレスポンス実証や、ゲートウェイを通じた翌日価格の提示と家電の直接制御を行う社会実証、技術実証がメイン。ゲートウェイにフラウンホーファー研究所のオープンソフト OGEMA が採用されており、欧州における自動デマンドレスポンス実証の草分け的存在（表 10-3）。

表 10-3 マンハイム市「MOMA」の実証目標

エネルギーセルモデル	<ul style="list-style-type: none"> 住宅（セル）がエネルギーの自給自足を行い、不足する場合は近隣の住宅（セル）からエネルギー融通を受ける、地域レベルのマイクログリッドモデルの確立
Energy Butler による家電制御	<ul style="list-style-type: none"> リアルタイム電力料金情報（1 時間毎）情報をもとに、「Energy Butler」と呼ぶコントローラを使った自動デマンドレスポンスの実現。
将来的な電力取引市場モデルの検討	<ul style="list-style-type: none"> 小口需要のアグリゲートを前提とした将来の電力取引市場の検討

出典：MOMA プロジェクトホームページ、<http://www.e-energy.de/en/95.php> より NEDO 作成

第10章 スマートコミュニティ

3) UAE 「マスタートールシティ」

このマスタートールシティは、最先端エネルギー技術を駆使し、ゼロ炭素、ゼロ廃棄物の実現を目指す近未来都市を建築する構想である。

アブダビ政府および世界各国の企業が参加しており、当初計画では、人口約5万人、面積約6.5平方キロメートルの都市を事業総額220億ドルをかけて建設する。2006年に着手、2015年に完成予定である（表10-4）。

表10-4 UAE のマスタートールシティで採用が検討されているエネルギー技術

省エネ都市	・自然風と太陽光を活用した都市構造
発電施設	・太陽光発電, 太陽熱発電, 風力発電
交通手段	・長距離移動用の LRT (Light Rail Transit) ・短距離移動用の PRT (Personal Rapid Transit)

出典：経済産業省資料などより NEDO 作成

4) デンマークボーンホルム島「EcoGrid EU」

スマートグリッドの原理を基本とする EU の研究開発プロジェクトである。デンマークの TSO であるエナジーネットによって始められたプロジェクトであり、50%を風力発電によってまかなうという将来のデンマークの電力システムの技術的・経済的課題を扱っている（表10-5）。

スマート・コントローラーが、5分間隔で変動する電気料金に応じて、自動的に食器洗浄機やヒート・ポンプ、電気温水器などの選択した電気製品を制御するダイナミックプライシング実証が主流で、島の住民の10%に当たる2000世帯と、一部業務用需要家が参加している。

表10-5 デンマークボーンホルム島における実証実験

省エネ都市	・島内の需要の50%を再生可能エネルギーで賄う。主力は風力発電。
発電施設	・風力の変動は海底ケーブルを通して北欧電力市場である程度吸収できるが、できるだけ島内でのバランスを確立するため、自動デマンドレスポンス技術を導入。

出典：Eco-Grid 関連ホームページ, <http://www.eu-ecogrid.net/> より NEDO 作成

10.3 今後に向けた課題と克服方策

10.3.1 2030年の我が国のスマートコミュニティ像

(1) 2030年の我が国の展望（人口・GDP・エネルギー消費等）

我が国の人口は、2006年をピークに緩やかな減少を迎え、現在、約1億2,700万人の人口が2030年には約1億1,500万人になると予想されている（表10-6）。日本の経済は、2005～2020年に年1.3%、2020～30年に年1.2%の経済成長を実現することが目標となっている。このことは、人口減少時代に入っても、経済成長の維持のためにエネルギー消費の増大は続くことを意味している。

表 10-6 日本の人口・GDP等の将来予測（2020年・2030年）

		実績		予測	
		1990	2005	2020	2030
実質 GDP	00年連鎖価格兆円	451	540	656	739
原油 CIF 価格	ドル/bbl	23	56	121	169
為替レート	¥/ドル	142	113	95	95
総人口	万人	12,361	12,777	12,281	11,529
65歳以上比率	%	12.1	20.2	29.3	31.8
世帯数	万世帯	4,116	5,038	5,357	5,242
労働力人口	万人	6,384	6,651	6,467	6,180
素材生産	粗鋼	11,171	11,272	11,966	11,925
	エチレン	597	755	706	690
	セメント	8,685	7,393	6,699	6,580
	紙・板紙	2,854	3,107	3,244	3,190
業務用床面積	億平米	12.9	17.6	19.3	19.2
旅客輸送量	億人キロ	11,313	13,042	13,066	13,036
貨物輸送量	億トンキロ	5,468	5,704	6,341	6,344

出典：「長期エネルギー需給見通し（再計算）」，（2009/8，経済産業省）より NEDO 作成

また、IEA によると、2030 年にわたる原油価格は、新興国の需要増等から高位に推移すると予想されており、シェルガスの普及で需給が緩和する可能性もあるが、引き続き再生可能エネルギーへの依存度も高まる見込みであり、再生可能エネルギーの円滑な利用のためにも、スマートコミュニティの形成と国内／国際的な展開が望まれる。

(2) 目指すべきスマートコミュニティ像

10.1 で示したように、「持続可能」な社会の構築のためにスマートコミュニティの形成が期待されている。

スマートコミュニティにはエネルギーシステムのみならず、交通、上下水道、ゴミ処理、情報、建物、社会制度などの社会システム全般が統合される。また単に基盤的インフラ整備にとどまらず、最終消費者を巻き込んだシステムの運用に至るまでスマート化、インテリジェンス化するものである（図 10-19）。



図 10-19 我が国におけるスマートコミュニティのイメージ

出典：「次世代エネルギー・社会システム協議会」，（2010/1，経済産業省）

第10章 スマートコミュニティ

なお、エネルギーや資源の大半を輸入に頼る資源小国の我が国においては、エネルギー利用の高度化（省エネ）の観点からスマートコミュニティについて言及されることが多い。しかし、再生可能エネルギーの系統への親和性を高めるスマートコミュニティは需要のタイミングをずらすなど、負荷シフトなどの需要のリスケジュールに相当する技術が重要になる。そのため以下では、エネルギーシステムの側面から目指すべきスマートコミュニティ像を述べると共に、その他の社会システムについても解説する。

(3) エネルギーシステムの目指すべき姿

我が国のエネルギー政策の基本的視点は3E（エネルギーセキュリティ、温暖化対策、効率的な供給）を図ることである。そのため2010年6月に閣議決定されたエネルギー基本計画では、「自主エネルギー比率の向上（34%→約70%）」「ゼロ・エミッション電源比率の引き上げ（34%→約70%）」「家庭部門のCO₂を半減」「産業部門での世界最高のエネルギー利用効率の維持・強化」などを掲げている。

スマートコミュニティにおいても、再生可能エネルギーや未利用エネルギーを可能な限り活用し、エネルギー自給率の向上やCO₂排出量削減に貢献することが必要である。電力についてはスマートグリッド技術により、再生可能エネルギーの導入に伴う系統諸課題の解決を図り、さらなる導入を図る。住宅等の需要家施設においては、エネルギー消費の最適化や自ら発電も行うスマートハウスやスマートビル、ZEB（Net Zero Energy Building）等の導入という目的ではEMSは省エネを実現するツールとしてローカルエネルギーマネジメントシステムが利用される。一方、再生可能エネルギーを増やすための手法では需要の削減よりも、需要のシフトが重視され、系統運用、デマンドレスポンス等と協調することで、需給のバランスを採るEMSの制御を指向する。

一方、熱は電気と比べて遠距離まで移送することは困難であることから、日本のように需要家のコジェネに電力負荷追従を要求する場合には、コミュニティ内での熱融通等を通じて有効活用を図る技術が注目されている。しかし、熱のように長距離輸送が容易でないこともあり、欧米では熱負荷追従を行い地産地消を図るため、電気による融通が主流となっている。

なお、バイオマスやゴミ処理場、下水処理場などにおける未利用エネルギーの活用は、コミュニティの資源を循環させる静脈産業システムの整備・高度化と併せて行われる。

(4) その他社会システムの目指すべき姿

1) 交通システム

交通システムにおいては、自動車の電動化や電動自転車、電動バイクの活用の進展などにより、CO₂のみならずNO_x等の地域環境汚染物質の排出が削減され、クリーンで健康的なコミュニティ環境が実現される。こうした電動化による車両単体の低公害化のみならず、情報技術を活用した道路交通の改善により、平均速度が上昇して、さらなる低公害化が実現される。

また、都市部での新たな公共交通として例えばLRT（低床型路面電車）や、省エネルギー化、CO₂排出量削減を目的に、物流における鉄道や海運の活用といったモーダルシフトが進む。

都市部を中心に交通に関する考え方が、住民の間で変わりつつあるため、住民のニーズにもあったシステムの設計が重要である。

2) 廃棄物・水システム

上下水道やゴミ処理システムも、資源や設備の有効活用が進む。例えば下水処理場では、汚泥消化ガスや汚泥残渣のエネルギー等への有効活用などがこれまで以上に図られ、熱や電気の生産拠点としてコミュニティの中核的役割を果たす。ゴミ処理システムにおいても、ゴミの分別や少量化の進展によるゴミ回収頻度の低下、ゴミ回収車の電動化などが進むとともに、ゴミ焼却による電力・熱エネルギー供給基地として、コミュニティの中核的役割を果たす。

最近、海外の河川の汚れがひどく、日本のきれいな河川を前提とした上水技術が通用しないとの意見も聞かれるため、水ビジネスを展開する上では海外の経験の蓄積も重要である。

3) 情報システム

スマートコミュニティにおける情報システムは、これらさまざまな社会システムの基礎的インフラとしてますます重要度が増す。今後は、個人情報適切な管理等セキュリティの確保を前提として、俗にビッグデータといわれる大量のエネルギー需要情報を活用したり、双方向通信を利用したりしたさまざまなサービスが創出され、エネルギーのみならず物流や人流などと一体となった最適協調制御が実現される。一方で、サイバーセキュリティの重要性も叫ばれており、この分野の研究も継続的に必要である。

10.3.2 スマートコミュニティ実現に向けた方策

現在、各国で実証研究が展開されている「スマートコミュニティ」であるが、これを実現し、その価値を継続してコミュニティに還元しつつ、エネルギー消費の効率化や環境負荷の低減などを達成していくためには、次に掲げる点が重要である。

(1) 現地に根ざしたプロジェクトの展開

スマートコミュニティは社会システムを構築するものであるため、相手国や地域毎に異なる状況、ニーズを踏まえていくことが必要である。特に、電力等の公共サービスの規制についてはよく理解してシステムを設計する必要がある。また、スマートコミュニティにおいては、ICT技術を活用してさまざまなサービスを提供することが想定されるため、コンテンツの提供する価値を需要家側に訴求し、需要家にその費用を負担することに納得してもらう必要がある。ユーザーの潜在的なニーズをいかに掘り起こし、その解決策を具体的に提示できるかが事業の成否の鍵を握る。実社会や実生活への定着を可能とするため、対象とする国や地域の環境に応じた最適な解決策を設計し提供していくことが重要である。

(2) 需要家サイドの巻き込み

スマートコミュニティは、供給サイドと需要サイドが双方向で情報を共有することによって、エネルギーをより効率的に活用する仕組みであるため、如何に需要家側を巻き込むことができるかがポイントの一つとなる。例えば、エネルギー消費の無駄をなくし効率良くエネルギーを使用するためのツールである「エネルギーマネジメントシステム (EMS)」がもつエネルギー使用量を見える化する機能を活用し、単にエネルギー消費の総量を示すだけでなくとどまらず、前年同月のエネルギー使用量との比較表示や、省エネ行動による節電効果を数値で示すことで効果を実感できるようにするなど、見せ方を工夫することで需要家の省エネ意識を向上させるとともに、エネ

第10章 スマートコミュニティ

ルギーシステム全体への参加を促進することが可能である。また、こうした省エネ行動を持続的に行っていくことを可能とするインセンティブ設計や省エネ行動をサポートする自動制御機能などが今後の重要な課題である。

(3) システムコストの負担

環境や人に優しいスマートコミュニティを実現するためには、経済面でも持続可能であることが求められる。こうしたスマートコミュニティの実現に必要なシステムコストを誰が負担するか（事業者が負担するのか、需要家が負担するのか）が課題である。スマートコミュニティの実現によって省エネルギーを達成できれば、それだけエネルギー使用量削減による金銭的な価値が発生する。一方で、スマート化に伴う設備投資、ランニングコストなどのコストが発生する。コストに対してメリットが大きければ事業者がコストをすべて負担することになる。しかし、コストがメリットを超えるが導入が不可欠なスマート化技術は、需要家が広く薄くおしなべてコストを負担することになる。したがって、この場合には、最終需要家にサービスの有効性を理解させるとともに、できるだけマクロなメリットを個々の需要家に還元できる仕組みを構築することが重要である。

(4) 海外及び国内の実証事業の連携

これまで我が国が実施してきた海外実証事業は、電力システムのスマート化を課題とする取り組みが中心であった。今後は電力分野以外のエネルギーや交通分野など、スマート化への取り組みの幅を広げ、適用範囲を社会全体に広げていく必要がある。既に国内ではこうした幅広い分野のコミュニティ単位の実証事業が行われているが、こうした経験を海外実証へ反映させていくとともに、海外実証で得られた知見を国内へ反映することで、スマートコミュニティの汎用的なモデルを構築して、社会全体に展開しやすい技術に転換していく必要がある。なお、こうした取り組みを進める上で、スマートコミュニティ実証は現地の住民に参加してもらった大規模社会実証の側面をもつとの認識のもと、相手国や地域毎に異なる状況やニーズを踏まえて現地に根ざしたプロジェクトを展開していくことが重要である。

第10章 参考文献

- (1) 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第5次評価報告書 第1作業部会報告書政策決定者向け要約 (SPM) の概要 (速報版), (2013, 経済産業省), <http://www.meti.go.jp/press/2013/09/20130927006/20130927006-2.pdf>
- (2) スマートコミュニティフォーラムにおける論点と提案～新しい生活, 新しい街づくりへの挑戦～, (2010, 経済産業省)
- (3) 経済産業省, スマートコミュニティ施策について, (スマートコミュニティサミット 2013 講演資料)
- (4) 横浜市温暖化対策統括本部 森秀毅, 横浜スマートシティプロジェクトの取組, (スマートコミュニティサミット 2013 講演資料)
- (5) 横浜スマートシティプロジェクト (YSCP) ホームページ, <http://jscp.nepc.or.jp/yokohama/index.shtml>
- (6) トヨタ自動車 川本雅之, 地域コミュニティと次世代モビリティが創出する低炭素社会 豊田市低炭素社会システム実証プロジェクト-, (スマートコミュニティサミット 2013 講演資料)
- (7) 豊田市低炭素社会システム実証プロジェクト (Smart Melit) ホームページ, <http://jscp.nepc.or.jp/toyota/index.shtml>
- (8) 三菱重工業 半谷陽一, 次世代エネルギー・社会システム実証事業の取り組みと今後の展開 持続可能なモデル都市の構築を目指して, (スマートコミュニティサミット 2013 講演資料)
(2013, 推進協議会)
- (9) けいはんなエコシティ次世代エネルギー・社会システム実証プロジェクトホームページ, <http://jscp.nepc.or.jp/keihanna/index.shtml>
- (10) 北九州市環境局環境未来都市推進室 柴田泰平, 北九州スマートコミュニティ創造事業, (スマートコミュニティサミット 2013 講演資料)
- (11) 北九州スマートコミュニティ創造事業ホームページ, <http://jscp.nepc.or.jp/kitakyushu/index.shtml>
- (12) 新エネルギー導入促進協議会ホームページ, <http://www.nepc.or.jp/topics/2013/0717.html>
- (13) ピーカンストリートプロジェクトホームページ, <http://www.pecanstreet.org/projects/smart-grid-demonstration/>
- (14) MOMA プロジェクトホームページ, <http://www.e-energy.de/en/95.php>
- (15) MASDAR City ホームページ, <http://www.masdarcity.ae/en/>
- (16) Eco-Grid ホームページ, <http://www.eu-ecogrid.net/>
- (17) 長期エネルギー需給見通し (再計算), (2009/8, 経済産業省)
- (18) 次世代エネルギー・社会システム協議会資料, (2010/1, 経済産業省)