

スマートグリッドの導入に向けた動きと我が国の課題

高 山 丈 二

- ① スマートグリッド (smart grid) という言葉が最近頻繁に聞かれるようになった。スマートグリッドは、“賢い電力網” という意味であるが、そのイメージを大まかに言えば、最新の ICT (情報通信技術) を活用して、電力供給・需要に係る課題に対応する次世代電力システムとされる。国際的な定義はまだない。スマートグリッドは、分散小型化した太陽光発電などの再生可能エネルギーによる電力を大量に導入する際に不可欠なシステムである。
- ② アメリカでは、送電線に対する投資が十分でなかったことなどにより、停電が多いなど電力供給の信頼度が我が国に比べて劣っており、これに対応するため電力網の改善に取り組んできている。最近では、オバマ政権下で制定されたアメリカ再生再投資法 (ARRA) によりスマートグリッドへの投資補助プログラム (スマートグリッドに係る施設・設備の導入) として、電力需要の管理を促進するためスマートメーターを需要者に設置することを中心とした各種の事業を進めている。
- ③ 一方、停電が少なく電力網に対する信頼度の高い我が国では、短期的課題として、2020 年までに約 2800 万 kW の太陽光発電の導入目標に対応すべく、電力網の系統安定化対策の検討を行っている。また、中期的展望として、エネルギー基本計画において、2030 年を見据えたスマートグリッド導入のプランを描いている。
- ④ 我が国のスマートグリッド導入に向けた課題は、国内的には、太陽光発電の出力抑制や系統安定化対策に係るコストの負担について国民のコンセンサスを得つつ、系統安定化対策を実施していくことであるといえる。また、対外的な課題としては、第 1 に、インフラとしてのスマートグリッドシステムの輸出に向けて、国際共同実証研究を行うなどして諸外国の電力事情を把握し、それに合致した内容のシステム提案が可能になるようにすること、第 2 に、現在アメリカを中心に世界的に進められている標準化の検討において、国際的な標準化機関に積極的に働きかけを行うなどして、我が国に有利な国際標準を獲得することであると思われる。そして、これらの対外的な課題を、タイミングを失することなくスピード感をもって推し進めることが重要である。

スマートグリッドの導入に向けた動きと我が国の課題

経済産業調査室 高山 丈二

目 次

はじめに

I スマートグリッドの概念と導入のインパクト

- 1 スマートグリッドの概念
- 2 再生可能エネルギーの導入拡大とスマートグリッド
- 3 スマートグリッド導入のインパクト

II アメリカにおけるスマートグリッド導入の動き

- 1 アメリカの電力網の状況
- 2 スマートグリッド導入の動き
- 3 標準化に向けた動き

III 我が国におけるスマートグリッド導入の動き

- 1 我が国の目指す「日本型スマートグリッド」
- 2 太陽光発電の大量導入に伴う系統安定化対策
- 3 エネルギー基本計画の策定
- 4 国際標準化に向けた動き
- 5 スマートグリッドの導入に向けた動き

IV 我が国におけるスマートグリッド導入の課題

- 1 国内的な課題
- 2 対外的な課題

はじめに

スマートグリッド (smart grid) という言葉が、国内でも最近頻繁に聞かれるようになってきた。その大きなきっかけは、アメリカのオバマ政権発足直後の 2009 年 2 月に成立したアメリカ再生再投資法 (American Recovery and Reinvestment Act of 2009: ARRA)⁽¹⁾において、政府は、Electricity Delivery and Energy Reliability (電力送配電及びエネルギー信頼性) に 45 億ドルの資金を提供するとされ、この中心にスマートグリッドが位置づけられたことにある。スマートグリッドは、“賢い電力網” という意味であるが、そのイメージを大まかに言えば、従来一方通行であった大規模な電力事業者からの送電と、太陽光発電に代表される分散型の再生可能エネルギーによるユーザー側での発電を双方向に組み合わせ、ICT (情報通信技術) を駆使して電力を効率的に利用し、高品質かつ安定的な電力供給を実現する次世代の電力網であるとされる⁽²⁾。しかし、世界に共通するスマートグリッドの定義はまだない。国際的にはスマートグリッドと呼ばれるが、我が国では次世代送電網あるいは次世代電力網ともいわれる。また、「スマートグリッド (次世代送電網)」 というように 2 つの言葉を組み合わせて用いられることもある。本稿においては、便宜上単に、「スマートグリッド」と表記する。

スマートグリッドの導入は、既存の電力網の連続線上の変化ではなく、技術革新に基づく歴史的なイノベーションをもたらすものであり、太陽光発電や電気自動車 (Electric Vehicle: EV)

なども網羅して新たな社会インフラになるものである⁽³⁾。国の経済成長の観点から、「スマートグリッドで大切なのは、どれだけ新しいビジネスや需要をつくっていけるか」であるとする議論もある⁽⁴⁾。

スマートグリッドについての各国の捉え方は一様ではなく、それぞれの国が直面している電力事情に応じて、特定の側面にスポットが当てられる傾向がある。

本稿では、送配電網が脆弱なため停電が多く、電力供給の信頼性の向上が国家的課題となっているアメリカにおけるスマートグリッド導入の動きについてみる。そして、アメリカと対照的に電力網に対する多額の投資を続けるなどしてきた結果、電力供給の信頼性が高い我が国におけるスマートグリッドの導入に向けた動きをみた上で、我が国の課題について考察する。

I スマートグリッドの概念と導入のインパクト

1 スマートグリッドの概念

先述したとおりスマートグリッドの世界共通の定義は現時点ではまだない。我が国では、例えば、経済産業省の低炭素電力供給システムに関する研究会が取りまとめた「低炭素電力供給システムの構築に向けて 低炭素電力供給システムに関する研究会報告」において、「スマートグリッドとは、対象となる地域や目的により様々な概念を持つが、概ね『従来からの集中型電源と送電系統との一体運用に加え、情報通信技術の活用により、太陽光発電等の分散型電源や需要家の情報を統合・活用して、高効率、高

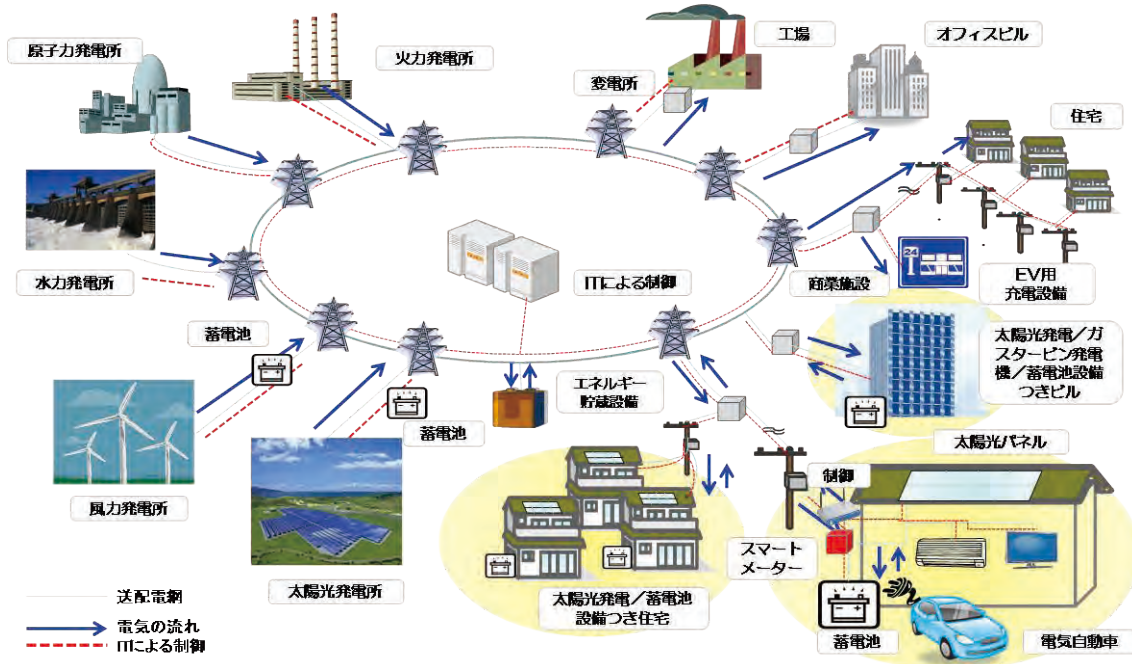
(1) American Recovery and Reinvestment Act of 2009 <http://frwebgate.access.gpo.gov/cgi-bin/getdoc.cgi?dbname=111_cong_bills&docid=fh1enr.pdf>

(2) 阿部裕『スマートグリッドが引き起こす社会インフラの変革』三井物産戦略研究所, 2010.4. <http://mitsui.mgssi.com/issues/report/r1004t_abe.pdf>

(3) 高橋洋「スマートグリッド政策：内閣主導の『新成長戦略』と『エネルギー基本計画』の実行を」富士通総研, 2010.7.26. <<http://jp.fujitsu.com/group/fri/column/opinion/201007/2010-7-3.html>>

(4) 安永崇伸「スマートグリッド ICT セミナー ICT がエネルギー新時代を支え、国際競争力を高める スマートグリッドと、IT 及びエネルギー政策に与えるインパクト」『日刊工業新聞』2010.7.27.

図1 スマートグリッド概念図



(出典) 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『次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に向けて』2010.1, p.2. <<http://www.meti.go.jp/press/20100128003/20100128003-2.pdf>> より

品質、高信頼度の電力供給システムの実現を目指すもの』を指すと考えられる」としている⁽⁵⁾。スマートグリッドの概念図を示すと図1のようになる。

2 再生可能エネルギーの導入拡大とスマートグリッド

これからの10～20年でエネルギー需給は大きく変化すると予想される。供給面についてみると、化石燃料への依存度の低減、エネルギー供給安定性の確保、地球温暖化問題への対応の見地から、原子力や再生可能エネルギー⁽⁶⁾といった非化石エネルギーの導入に重点が置かれるようになるであろう。先進国のみならず新興国等においても原子力や再生可能エネルギーの

導入に力を入れつつある状況にある。

スマートグリッドは再生可能エネルギー大量導入のための必要不可欠なシステムとして世界的に注目されている。再生可能エネルギーは、従来の火力発電、原子力発電といった大規模な発電と異なり、一般には発電施設が分散小型化される⁽⁷⁾。また、天候、風況などによる発電量の変化が激しく不安定な電源である。このような特質を持つ再生可能エネルギー起源の電力の導入を拡大すると、従来の電力網に余剰電力の発生、出力の急激な変動に伴う周波数調整などの問題が生じる。これらの問題を克服しつつ、発電量に占める再生可能エネルギーの割合を高めるには、従来の大規模発電による一方向の電力供給方式では困難となり、スマートグリッド

(5) 低炭素電力供給システムに関する研究会『低炭素電力供給システムの構築に向けて 低炭素電力供給システムに関する研究会報告書』2009.7, p.17. <<http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g90727e01j.pdf>>

(6) 自然現象から取り出すことができ、何度利用しても再生可能な枯渇しないエネルギー資源。具体的には、太陽光、風力、バイオマス、地熱、水力、空気熱等をいう。「次世代送配電ネットワーク研究会報告書(3)」『低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて～次世代送配電ネットワーク研究会 報告書～』2010.4, p.72. 経済産業省 HP <<http://www.meti.go.jp/report/data/g100426aj.html>>

(7) メガソーラー、大規模風力発電所など大規模な発電能力を有する施設もあり、欧米などではこれらの施設の建設が進んでいる。

の導入が不可欠となる。

3 スマートグリッド導入のインパクト

先述のとおり、スマートグリッドの導入は、既存の電力網の連続線上の変化ではなく、技術革新に基づく大規模なイノベーションをもたらす。すなわち、スマートグリッドの導入により太陽光発電等の再生可能エネルギー電源の大規模な活用が可能となるほか、以下のような新たな機能が実現されると予測されている。

- ① 需要サイドのエネルギーマネジメント (Demand Side Management) を可能にする。
 - ・ 需要者が、電力需給あるいは自宅における太陽光発電の発電量などの情報を入手し、それに合わせて効率的に電気を消費する。あるいは最適な時間帯に自動的に作動する家電 (スマート家電) を導入する。
 - ・ 需要者が、将来普及することが見込まれているプラグインハイブリッド車 (plug-in hybrid vehicles) や電気自動車の蓄電池を利用して、太陽光発電などにより自宅で発電した電力を家庭内で蓄電し必要な時に使用する。
- ② ①のようなエネルギーマネジメントは、家庭を単位として行われるだけでなくビル、工場さらには地域を単位として行われる。
- ③ ①、②のような需要サイドのエネルギーマネジメントにより分散型電源から発生した電力をそれぞれの需要者で効率的に使用する (いわばエネルギーの「地産地消」) ことで、系統に対する電力需要のピークをカットすることにより負荷を平準化し、従来の大規模電源を効率的に利用する。

以上のような機能は需要家 (主として家庭) にスマートメーター⁽⁸⁾を設置し、ICT を活用して系統との間で電力需給に関する情報を集約・配信することによって初めて可能となる。そして、これらの機能を実現することにより、電力需給のバランスを全体として効率よく達成し、生活の快適さと電力の安定供給を実現することが期待される。このように、スマートグリッドは、電気エネルギーに大きく依存する現代社会のエネルギー・インフラそのものの構造変革を必然的に引き起こし、さらには社会インフラや都市構造のあり方をも変えるインパクトを持つといわれる⁽⁹⁾。

したがって、スマートグリッドに関連するビジネスは、単に電力事業だけでなく、太陽光発電を始めとする再生可能エネルギー発電、スマートメーター、スマート家電、プラグインハイブリッド車や電気自動車、情報通信分野、さらには新たな社会インフラ建設など、極めて幅広いものになる。

スマートグリッド導入に伴う投資規模やその市場規模について確たる予測をするのは困難であるが、広範な産業分野に関わるイノベーションとなるだけに極めて大きな規模になるものと予想されている。アメリカの電力研究所 (Electric Power Research Institute : EPRI) は、スマートグリッドは、信頼性が高く環境に優しい安全な電力を供給し、国の将来のエネルギーを安定させるが、そのための費用は今後 20 年間で約 1650 億ドルになるという⁽¹⁰⁾。また、EPRI が 2008 年 6 月に公表した分析⁽¹¹⁾によれば、スマートグリッドの導入により、2030 年には、毎年のエネルギー消費を 560 ~ 2030 億 kWh 減少させる可

(8) 従来の電気メーターと異なり、通信機能を持つ先進的な電気メーターで、需要者の電力の使用状況を常時把握し、この情報を需要者の効率的な電力使用に役立てる (例えば、電気料金の高い時間帯には料金節約のため冷房の設定温度を自動的に高くするなど) とともに、電力会社にこれらの情報を提供することにより、系統による電力供給の効率化に資するもの。

(9) 阿部 前掲注(2)

(10) "Sticker Shock : EPRI Says Smart Grid Will Cost \$165 Billion Over 20 Years," *SMART GRID NEWS.COM*, Feb 15, 2010. <http://www.smartgridnews.com/artman/publish/Business_Policy_Regulation_News/Sticker-Shock-EPRI-Says-Smart-Grid-Will-Cost-165-Billion-Over-20-Years-1882.html>

能性を有するが、これは2030年の小売電力販売量（予測値）の1.2～4.3%の減に相当するという。加えて、スマートグリッドの導入は、再生可能エネルギーによる発電の大規模な統合とプラグインハイブリッド電気自動車（plug-in hybrid electric vehicles）のさらなる配置を促進させる。スマートグリッドの導入とこれらのメカニズムを合わせ、2030年には、温室効果ガス排出量が年6000万～2億1100万トン削減されると見積もっている。

スマートグリッドは、このような大きな投資規模や市場規模、エネルギー消費の効率化、温室効果ガスの排出削減などが見込まれることが要因となって、先進国のみならず新興国からも注目されている。

II アメリカにおけるスマートグリッド導入の動き

1 アメリカの電力網の状況

アメリカと我が国では電力供給の体制、電力網などインフラ整備の状況、電力系統の信頼性の度合いが異なっている。経済産業省の次世代

送配電ネットワーク研究会が2010（平成22）年4月にまとめた『低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて～次世代送配電ネットワーク研究会 報告書～』⁽¹²⁾では、我が国とアメリカの電力系統の特徴を表1のように示している。

我が国の電力供給はほぼ地域ごとに10の電力会社⁽¹³⁾がそれぞれ発電、送配電を行っている。これに対し、アメリカでは通常、発電、送電、配電が異なる事業者により行われており、電力事業者は一般に小規模でその数も3,200を超えるといわれている⁽¹⁴⁾。主要国の事故停電の発生状況を見ると図2のとおりであり、アメリカの事故停電時間は長く、我が国は比較的低い水準にある。

送電線に対する投資規模をみると、「全米大での送電線投資額は、近年約30億ドル／年（2700億円）弱に止まっている。東京電力の送電線投資額が過去10年平均で約7000億円／年であることを考えると、広大な米国での送電線投資額がその半分以下に過ぎないのはいかにも少ない。DOE（Department of Energy：エネルギー省。筆者注）によると『電力の供給遮断や停電

表1 我が国及びアメリカの電力系統の特徴

我が国	アメリカ
<ul style="list-style-type: none"> ・ 国土が狭く、電力の大消費地が連なって存在 ・ 送電設備は発電設備と一体的に整備され、基幹系送電網は整備済み ・ 大規模電源を基幹送電線を経由して需要地へ送電・供給 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国土が広く、電力の大消費地が点在（偏在） ・ 送電線下の樹木伐採管理の不徹底などによる停電の発生 ・ 電力需要の増加に対応した送電インフラ整備の遅れによる送電線混雑が発生、基幹系送電網が未整備など、我が国に比べ送電インフラが脆弱 ・ 我が国型の供給システムと異なり、ローカル系での需給バランスを図ることも選好 ・ 供給信頼度が我が国に比べ劣る

（出典）「次世代送配電ネットワーク研究会報告書（1）」『低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて～次世代送配電ネットワーク研究会 報告書～』2010.4, p.3.
経済産業省 HP（<http://www.meti.go.jp/report/data/g100426aj.html>）を基に筆者作成。

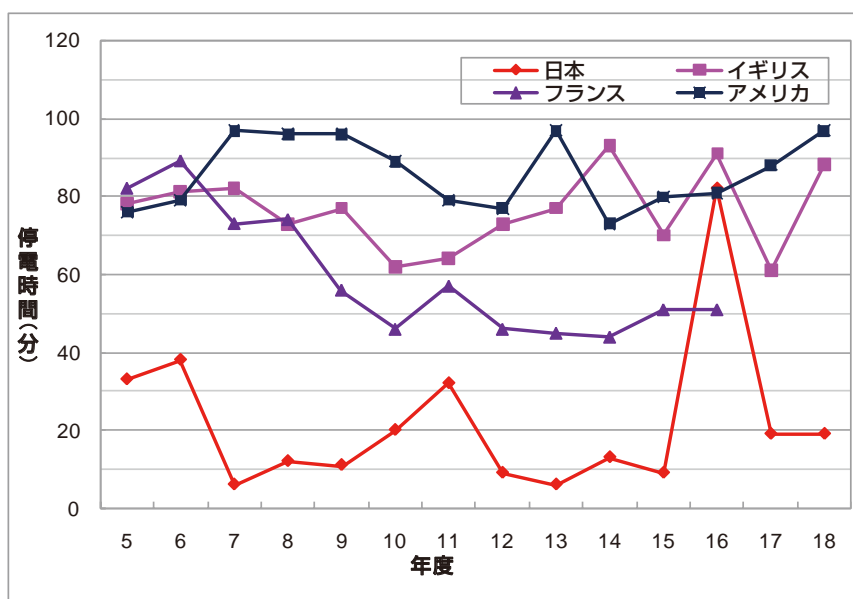
(11) O. Siddiqui, *The Green Grid : Energy Savings and Carbon Emissions Reductions Enabled by a Smart Grid*, June 2008, p.1 - 3. (http://www.smartgridnews.com/artman/uploads/1/SGNR_2009_EPRI_Green_Grid_June_2008.pdf)

(12) 「次世代送配電ネットワーク研究会報告書（1）」前掲注(6), p.3.

(13) 北海道、東北、東京、中部、北陸、関西、中国、四国、九州及び沖縄の各電力株式会社

(14) 中島丈雄「スマートグリッド クリーン電力中心社会へ—長い道のりが始まった」『ジェットロセンサー』60(718), 2010.9, p.7.

図2 主要国における事故停電時間（年間・1 需要家当たり）の状況



(注) 日本の停電時間について、平成16年度の停電時間が例年より長い理由は、例年より多くの台風が上陸したことにより九州・中国・東北地域で停電回数が増加し、停電時間も長時間にわたったためである。

(出典) 「次世代送配電ネットワーク研究会報告書(1)『低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて～次世代送配電ネットワーク研究会 報告書～』2010.4, p.10.
経済産業省 HP (<http://www.meti.go.jp/report/data/g100426aj.html>) より

によって、米国では1500億ドル/年(13.5兆円)もの損失が発生』しており、送配電網の増強及び信頼性向上は、まさに喫緊の課題』となっているという⁽¹⁵⁾。

また、再生可能エネルギーの導入拡大については、オバマ政権が、2025年までに全電力量の25%を再生可能エネルギーによることを掲げている。このような方針に基づき、将来、再生可能エネルギーによる大量の不安定な電源が系統に繋がった場合には、スマートグリッドの構築が必要になる⁽¹⁶⁾。

2 スマートグリッド導入の動き

上記のような事態を背景に、アメリカでは比

較的早い時期から、増加する電力需要と脆弱な電力網に対応するため、スマートグリッド導入に向けた取組が進められている。以下、その主な動きについてみる。

(1) Grid 2030

DOEのOffice of Electric Transmission and Distribution(電力送配電局)は、2003年7月、“Grid 2030” A National Vision for Electricity’s Second 100 Years (“グリッド2030” 来るべき100年の電気に関する国家ビジョン)⁽¹⁷⁾を発表した。Grid 2030ではスマートグリッドという言葉はほとんど使われていないが、実質的にスマートグリッドに関する最初の報告書といえる⁽¹⁸⁾。ブッ

(15) エネルギーフォーラム編『「スマート革命」の衝撃—図解スマートグリッド 情報通信とエネルギーの融合』エネルギーフォーラム, 2010, p.131.

(16) 同上, pp.131-132.

(17) “Grid 2030” A National Vision for Electricity’s Second 100 Years, United States Department of Energy, Office of Electric Transmission and Distribution, July 2003. (<http://www.ferc.gov/eventcalendar/files/20050608125055-grid-2030.pdf>)

シュ大統領（当時）の「アメリカの送配電システムを近代化する」という呼びかけの実行を支援するために作成された。

Grid 2030 では、「アメリカの電力システムは『20世紀技術の最高の達成物』ではあるが、それは老朽化し、効率が悪く、混雑しており、運営上の変更や来たる数十年にわたる相当な資本投資がなければ、情報化経済（Information Economy）の将来のエネルギー需要に応じることができない。電力産業の将来の状況についての先例のないレベルのリスクと不確実性は、将来の電力需要に応じるシステムの能力に懸念を惹起している。計画された何千メガワットの電力の追加がキャンセルされた。新しい送配電設備に投じられる資本の額は常に低い水準にある」と問題を提起している。

そして、今後の方策として、以下の事柄などを挙げている。

- ① 重要な電力システムの“技術の準備”が加速されるべきである。その技術とは、とりわけ、高温超電導ケーブル・変換機、低コストの蓄電装置、分散化されたインテリジェントで“スマート”な電力システムのための標準的なアーキテクチャーと技術、そして、よりクリーンな発電システム（原子力、クリーンコール（clean coal）、再生可能エネルギー、熱と電力を結合させた分散型エネルギー装置を含む）である。
- ② 電力産業は、電力設備の置換えに、今後数十年にわたって、何十億ドルもの投資をすることになるが、新しい設備の経済的な耐用年数は40年あるいはそれ以上となることから、電力資産に対する国の投資は、クリーンで、効率的で、信頼でき、安全な、

そして将来世代も購入可能な価格で提供できる発電力を保証する最新の技術を含む必要がある。

(2) エネルギー自給・安全保障法

2007年に制定されたエネルギー自給・安全保障法（Energy Independence and Security Act of 2007: EISA）⁽¹⁹⁾では、スマートグリッドを独立した項目（TITLE X III—SMART GRID）として挙げている。

EISAでは、「将来の電力需要の増加に対応できる信頼し得る安全な電力インフラを維持するために、国の送電及び配電システムの近代化を支援することは合衆国の政策である」と宣言している。そして、以下の事項を同時に達成するシステムをスマートグリッドとするとしている⁽²⁰⁾。

- ① 電力網の信頼性、安全性、効率性を向上させるためのデジタル情報・制御技術の利用の増大
- ② 十分なサイバーセキュリティによる電力網の運用及び資源の動的最適化
- ③ 再生可能資源を含む分散型電源及び発電の展開と統合
- ④ デマンドレスポンス、デマンドサイドの資源、エネルギー効率の高い資源の展開と採用
- ⑤ 計量に関する「スマート」技術の展開、電力網の運用と状況に関する情報伝達、配電自動化
- ⑥ 「スマート」家電や消費者機器の統合
- ⑦ プラグイン電気自動車やハイブリッド電気自動車、蓄熱空調など、先進的な電力貯蔵及びピークシェービング技術の展開と統

(18) 市川類「米国におけるスマート・グリッドを巡る動向」『ニューヨークだより』2009年2月臨時増刊号, p.5. <http://www.ipa.go.jp/about/NYreport/200902-1.pdf>

(19) Energy Independence and Security Act of 2007 http://frwebgate.access.gpo.gov/cgi-bin/getdoc.cgi?dbname=110_cong_bills&docid=fh6enr.txt.pdf

(20) “TITLE X III—SMART GRID SEC.1301,” *ibid.*; 横山明彦ほか『スマートグリッドの構成技術と標準化』日本規格協会, 2010, pp.172-173.

合

- ⑧ 消費者に対するタイムリーな情報及び制御オプションの提供
- ⑨ 電力網を供給するインフラストラクチャーを含む、電力網に接続された機器・装置の交信及び相互運用性に関する規格の開発
- ⑩ スマートグリッドの技術・実施・サービスの導入に対する不当又は不要な障壁の特定と軽減

また、EISA では、上記⑨の相互運用性に関する規格の開発に関して、国立標準技術研究所 (National Institute of Standards and Technology : NIST) に「スマートグリッドを構成するデバイスやシステムの相互運用を可能にするフレームワーク (情報管理のためのプロトコルとモデルの規格を含む) 制定のコーディネーター役として最も大きな責任」を課している⁽²¹⁾。この点については後述する。

(3) アメリカ再生再投資法

2009年初めに発足したオバマ政権は、その選挙運動期間中からスマートグリッドへの投資を含む「アメリカのための新しいエネルギー」を掲げていた⁽²²⁾。そして、大統領就任直後の2009年2月、2008年9月の投資銀行リーマンブラザー

ズの経営破たんを端を発した世界同時不況に対する景気回復対策として、先述したアメリカ再生再投資法 (ARRA) を成立させた。ARRAでは、総額7872億ドルの予算を組み⁽²³⁾、このうち45億ドルをElectricity Delivery and Energy Reliability (電力送配電及びエネルギー信頼性) に充てるとしている⁽²⁴⁾。

上記の予算を財源として、2009年10月、オバマ大統領はスマートグリッドへの投資補助プログラム (スマートグリッドに係る施設・設備の導入) として100のプロジェクトに対して、総額34億2900万ドルの助成を行うことを公表した⁽²⁵⁾。助成対象プロジェクトの具体的な内容は、表2のようになっており、①の需要者に対する多数のスマートメーターの設置が主な事業となっている⁽²⁶⁾。この助成プログラムにみられるように、アメリカのスマートグリッドに対する取組は、まず需要家における電力消費の状況を把握しこれをコントロールするためのスマートメーターを中心とする高度計量インフラストラクチャー (Advanced Metering Infrastructure : AMI) の導入に重点を置き、これによって、需要管理の促進 (ひいては省エネの実現) を行おうとしていると思われる⁽²⁷⁾。その上でそれらを基盤として活用しつつ、その後の分散型電源等の導入 (再生可能エネルギー、蓄電池の導入等)

(21) *ibid.* : 同上, p.148.

(22) “BARACK OBAMA AND JOE BIDEN : NEW ENERGY FOR AMERICA” 〈http://www.barackobama.com/pdf/factsheet_energy_speech_080308.pdf〉 この中で、①未来のクリーンエネルギーを打ち建てるための私的部門の努力を促進するため向こう10年間にわたって1500億ドルの戦略的な投資を行うことにより、500万人の新しい雇用創出を支援する、②2015年までに、1ガロンで150マイル走行可能な国内で生産されるプラグインハイブリッド車を100万台導入する、③2012年までに再生可能エネルギー由来の電力を10%確保し、さらに2025年までに25%にする、などのプランを盛り込んでいる。

(23) 阿部 前掲注(2)

(24) *op.cit.* (1)

(25) “President Obama Announces \$3.4 Billion Investment to Spur Transition to Smart Energy Grid” 〈<http://www.energy.gov/news2009/8216.htm>〉

(26) スマートメーター設備に8億1800万ドルが充てられるほか、21億5100万ドルが充てられる総合スマートグリッド投資においても多くがスマートメーターの導入を前提としている。阿部剛史「スマートグリッドに対する懸念、消費者保護の観点から」『海外電力』52(1), 2010.1, p.70.

(27) AMIにより収集される各需要家の電力消費に関する情報については、プライバシー侵害への懸念や、電力の使用を低単価の時間帯へピークシフトする余地のない低所得者層がスマートグリッド導入による料金低下の恩恵を受けられずAMIの導入費用を負担するだけにならないかとの懸念が寄せられている。同上, pp.69-71.

表2 スマートグリッドに係る施設・設備の導入に対する助成対象プロジェクトの概要 (単位：百万ドル)

カテゴリー名		プロジェクト内容	件数	助成金合計
①	先進的メーター設備	スマートメーターの展開など	31	818
②	需要家システム	需要反応、時間帯別料金提示など	5	32
③	配電システム	配電自動化、電力系統状態監視など	13	254
④	送変電システム	位相監視装置、電力系統状態監視など	10	148
⑤	スマートグリッド機器製造	PCなど周辺機器の製造	2	26
⑥	総合スマートグリッド投資	①～⑤を含む総合プロジェクト	39	2,151
合 計			100	3,429

(出典)「オバマ大統領、スマートグリッド助成制度の対象プロジェクトを公表」『海外電力』51(12), 2009.12, p.60. より筆者作成

を進めていくという戦略であるといえる⁽²⁸⁾。

また、スマートグリッド・デモンストレーション・プログラム（スマートグリッド導入前の段階における実証試験を行うプロジェクトの支援）として、2009年11月、DOEのチュー長官が、32のプロジェクトに対し、総額6億2000万ドルの助成を行うと発表した⁽²⁹⁾。このうちスマートグリッド実証について、16のプロジェクトに対し4億3500万ドルを、また、エネルギー貯蔵について、16のプロジェクトに対して1億8500万ドルをそれぞれ助成する。

3 標準化に向けた動き

先述したとおり、EISAは、NISTに「スマートグリッドを構成するデバイスやシステムの相互運用を可能にするフレームワーク（情報管理のためのプロトコルとモデルの規格を含む）制定のコーディネーター役として最も大きな責任」を課している。これを受けて、NISTは、2010年1月、NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 1.0（『スマートグリッド相互運用性の標準規格開発に関するNISTフレームワーク及びロードマップ（リリース1.0）』、以下「フレームワーク」という）を発表した。フレームワークでは、以下のように

述べている⁽³⁰⁾。

スマートグリッドのためのプロトコル及び標準は早急に確立される必要がある。それは、スマートグリッドに係る様々な要素—配電線に設置されるスマートセンサー、家庭に設置されるスマートメーター、広域に分散された再生可能エネルギーを含む—は今や既に整備が進行中であり、また、今後、それらはDOEによるスマートグリッド投資補助や再生可能エネルギー発電プロジェクトに対する融資保証のような他のインセンティブによって整備が加速されるだろう。しかし、標準がなければ、大規模な公的または私的投資によって開発・配置された技術が、未熟なまま時代遅れとなったり、セキュリティを保障するのに必要な手段がないまま実行されるおそれがある。

先述したとおりアメリカには多数の電力事業者があり、各電力事業者が導入するスマートグリッド間の互換性を確保することの緊急性が高い。また、スマートグリッド関連のビジネスもきわめて広い範囲に及ぶ。アメリカでは、このような状況の下でスマートグリッドの導入が積

⁽²⁸⁾ 市川類「米国におけるスマートグリッドを巡る最近の動向」『ニューヨークだより』2010年5月臨時増刊号, p.3. <http://www.ipa.go.jp/about/NYreport/201005-1.pdf>

⁽²⁹⁾ “Secretary Chu Announces \$620 Million for Smart Grid Demonstration and Energy Storage Projects” <http://www.energy.gov/news2009/8305.htm>

⁽³⁰⁾ NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 1.0, January 2010, p.7. http://www.nist.gov/public_affairs/releases/upload/smartgrid_interoperability_final.pdf

極的に推進されていることもあり、規格等の標準化が喫緊の課題とされている。

フレームワークでは、75の現存する標準、仕様、ガイドラインを現在形成されつつあるスマートグリッドに直ちに適用可能（あるいは適用できるであろうと思われる）として特定している。ただ、これら75の標準は、最終的にはその全体にわたって相互接続可能な安全で確実なスマートグリッドを構築するのに必要とされる規格・標準のほんの小さな部分であるとしている。

フレームワークではまた、スマートグリッドの相互接続標準はオープンであるべきとしている。標準は、協働しつつ一致した意見に主導されるプロセスすべての関係者あるいは影響を受ける当事者に公開され、また、1つのあるいは1グループの組織によって支配されたりコントロールされたりしないプロセスを通じて開発され維持されるべきである。このようなプロセスの結果として作られる標準は、スマートグリッドのすべてのアプリケーションに直ちにそして容易に利用可能となる。加えて、スマートグリッド相互接続標準は国境を越えて、どこでも実行可能なように開発され実施されるべきであるとする⁽³¹⁾。

以上、NISTのフレームワークの概要をみたが、アメリカでは、標準化へ向けての検討が積極的かつスピード感をもって行われている。これは上述したようなアメリカの電力事情があることにもよるが、その一方で、標準化において他国に先鞭をつけることは、自国仕様の規格・製品・ソフトを海外においても活用し得る可能性が広がることにつながる。国内におけるスマートグリッドの円滑な導入を目指すと同時に、

国外における市場開拓をも視野に入れた戦略を立てているのではないかとの推測も成り立ち得る。

Ⅲ 我が国におけるスマートグリッド導入の動き

前章では、アメリカにおけるスマートグリッド導入に向けた経緯、状況、標準化の動きなどについてみた。次に我が国におけるスマートグリッド導入や国際標準化に向けた動きなどについてみる。

1 我が国の目指す「日本型スマートグリッド」

我が国の目指す「日本型スマートグリッド」は、短期的な課題と中長期的な展望の2つの段階で捉えられると思われる。

(1) 短期的な課題

2009（平成21）年4月に策定された『経済危機対策』⁽³²⁾及び同年8月に公表された『長期エネルギー需給見通し（再計算）』⁽³³⁾において、太陽光発電を2020（平成32）年に現状（2005（平成17）年の140万kW）の20倍程度（2800万kW）導入することとされた。

短期的な視点からみた「日本型スマートグリッド」は、このような再生可能エネルギーの大量導入下においても、現在の電力システムの安定的な供給、品質の確保を維持できるような強靱なシステムであるとする。このために我が国の電力ネットワークの特徴を十分に踏まえた上で必要な系統安定化対策を講じていくとしている⁽³⁴⁾。

(31) *ibid.*, p.9.

(32) 「経済危機対策」に関する政府・与党会議、経済対策閣僚会議合同会議『経済危機対策』2009.4.10, p.8. 官邸HP <<http://www.kantei.go.jp/jp/asophoto/2009/04/090410kikitaisaku.pdf>>

(33) 『長期エネルギー需給見通し（再計算）最大導入ケースにおける主要対策の具体的な内容について』 p.1. 経済産業省HP <<http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g90902a03j.pdf>>

(34) 次世代エネルギー・社会システム協議会『次世代エネルギー・社会システム協議会中間とりまとめ（案）～次世代エネルギー・社会システムの構築に向けて～』2010.1, p.5. <<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g100119a04j.pdf>>

(2) 中長期的な展望

我が国では、上記の再生可能エネルギーの大量導入は、住宅用太陽光発電など主として需要サイドで起こると考えられる。このことは、従来電力事業者のみが行ってきた調整機能の一部を需要者が担い得ることを意味する。同時に、蓄電機能を有する電気自動車の導入や家庭の電化が進展する状況を踏まえれば、太陽光発電のような不安定な電源であっても需要サイドで蓄電したり、全体として供給過剰で調整が必要なときに電力を集中的に消費したりすることのニーズとポテンシャルが高まってくる。さらに ICT の発展により、需要サイドで電力の需要を柔軟にシフトさせたり、需要を減らすといった対応⁽³⁵⁾が可能となれば、需給両面からの一層の電力の効率化が可能となる。分散型の再生可能エネルギーの導入が進むことでエネルギーの「地産地消」モデルが成立する素地も生まれる。また、需要サイドのエネルギーマネジメントを通じて、ピーク時の電力需要の削減や系統側の発電状況に応じた需要抑制ができれば、系統側において、①発電施設の稼働率の向上、②過剰な供給予備設備の削減、③比較的燃料費の高いピーク対応の火力発電の削減につながると思われる。

中長期的な展望として、このような地産地消を可能とする地域レベルのエネルギーマネジメントシステムによって、電力ネットワークの負荷を低減しつつ、同時に電力ネットワークは地産地消モデルのバックアップとしても機能するという相互補完関係が構築される可能性があると考えられる。このようなシステム全体が、将来の

「日本型スマートグリッド」であると考えられる。そして、この可能性を見据えて、技術的課題や社会コスト最小化の観点から検証を進めることが必要であるとされる⁽³⁶⁾。

以下、短期的な課題として 2020（平成 32）年までの太陽光発電の大量導入に伴う系統安定化対策を、中長期的な展望として 2030（平成 42）年に向けた目標を掲げたエネルギー基本計画をそれぞれ取り上げる。

2 太陽光発電の大量導入に伴う系統安定化対策

経済産業省では、2009（平成 21）年 8 月、次世代送配電ネットワーク研究会を設置した。研究会では、太陽光発電を中心とする再生可能エネルギーの導入促進の加速によって、2020（平成 32）年をにらんだ系統安定化対策を検討することが急務となっているとして、電力の安定供給を保持しつつ太陽光発電の大量導入を見据えた電力系統安定化対策について具体的に検討した⁽³⁷⁾。そして、2010（平成 22）年 4 月、『低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて～次世代送配電ネットワーク研究会 報告書～』を取りまとめた。

報告書では、太陽光発電等の大量導入に伴う電力系統上の課題として、①余剰電力の発生（太陽光発電の導入量が増加すると、電力需要の少ない時期に、ベース供給力（一定量の電気を安定的に供給する電源：原子力+水力+火力最低出力）等と太陽光発電の合計発電量が電力需要を上回り、余剰電力が発生する。）のほか、②出力の急激な変動に伴う周波数調整力の不足、③配電系統における

⁽³⁵⁾ 例えば、晴天で太陽光発電が盛んな日には家電機器を稼働させたり、余ったエネルギーは電気自動車や蓄電池に充電し、雨天の日には蓄えた電気を利用する、といった需要サイドのエネルギーマネジメントを行うこと。

⁽³⁶⁾ 次世代エネルギー・社会システム協議会 前掲注⁽³⁴⁾, pp.4-5.

⁽³⁷⁾ 「次世代送配電ネットワーク研究会報告書（1）」前掲注⁽⁶⁾, p.1. 報告では、我が国の電力系統上、太陽光発電については、1000 万 kW 程度までは集中設置等の場合を除いて特段の系統安定化対策を講ずることなく電力系統で受入れ可能と評価されているとしている。その一方において、我が国の場合には、再生可能エネルギーのうち特に太陽光発電が住宅用を中心に需要家サイドに大量に導入されることが想定され、諸外国と比べても電力系統安定のための制御は難しくなるものと考えられるとしている。

表3 系統安定化対策のシナリオごとの余剰電力対策量、CO₂削減量及びコスト

系統安定化対策のシナリオ	2020年断面における 余剰電力対策量 (億 kWh) ^(注3)	CO ₂ 削減量 (万 t-CO ₂)	2020年までのコスト (兆円) ^(注4)
①余剰電力を系統側蓄電池で吸収（太陽光発電の出力抑制なし）	3.8	971	16.24
①'余剰電力を需要家側蓄電池で吸収（太陽光発電の出力抑制なし）	4.6～5.7	971	45.9～57.2
②特異日 ^(注1) における太陽光発電の全量出力抑制+余剰電力を系統側蓄電池で吸収	0.7	947	3.67
③特異日における太陽光発電の半量程度出力抑制+余剰電力を系統側蓄電池で吸収	1.9	959	8.54
④特異日及び電力需要の少ない季節（春・秋季）の週末（土曜又は日曜） ^(注2) における太陽光発電の全量出力抑制+余剰電力を系統側蓄電池で吸収	0.04	920	1.36
⑤特異日及び電力需要の少ない季節（春・秋季）の週末（土曜又は日曜）における太陽光発電の全量出力抑制+電気自動車やヒートポンプ等の電力貯蔵機器への蓄エネルギー+余剰電力を系統側蓄電池で吸収	0	940	1.45

(注1) 電力需要が特に少ない日（GW・年末年始）で、年間2週間程度と想定。

(注2) 特異日と合わせて年間の出力抑制の日数を年間30日と想定。

(注3) 発電電力が需要電力を上回り余剰となった電力量で、系統安定化のために対策を講じる必要のある電力量。

(注4) 2020年までのコスト（負担総額）の試算結果。将来価値で試算。

(出典) 「次世代送配電ネットワーク研究会報告書(2)」『低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて～次世代送配電ネットワーク研究会 報告書～』2010.4, pp.25-34.

経済産業省 HP (<http://www.meti.go.jp/report/data/g100426aj.html>) を基に筆者作成。

電圧上昇等、④単独運転と不要解列⁽³⁸⁾の防止、⑤系統事故時の電力系統の影響、⑥電力用蓄電池に係る技術的課題等、の6つの事項を挙げている⁽³⁹⁾。

さらに、上記の課題等を踏まえ、系統安定化対策として6つのシナリオを想定し、それぞれの場合に発生する余剰電力対策量と、これに係るコストなどの試算を行っている（表3）。

表3から、特定の時期に太陽光発電の出力抑制を行うことにより余剰電力対策量は大幅に減少することがわかる。しかし、これに伴い太陽光発電施設を設置し発電を行う者（主として家庭）に機会損失が発生することになる。このため、出力抑制を行うことについて発電を行う者の理解を得る必要がある。また、系統安定化対

策に要するコストは、総額で約1.36～57.2兆円（将来価値換算）と試算されている。①'の出力抑制を行わず余剰電力を需要家側の蓄電池で吸収するシナリオでは、極めて多数の小型蓄電池を設置することになりコストは著しく大きくなる⁽⁴⁰⁾。最も経済的なシナリオは、④の特異日及び電力需要の少ない季節（春・秋季）の週末（土曜又は日曜）に太陽光発電の全量出力抑制を行った上で、余剰電力を系統側蓄電池で吸収するシナリオであるとされる。

2020（平成32）年に現状の20倍程度（2800万kW）の太陽光発電を導入するには、上記のような太陽光発電の出力抑制、系統側における蓄電機能強化のための蓄電池の技術開発のほか、再生可能エネルギーの導入拡大に向けた最

⁽³⁸⁾ 解列とは、電力系統から切り離されることをいう。

⁽³⁹⁾ 「次世代送配電ネットワーク研究会報告書(1)」前掲注(6), pp.11-21.

⁽⁴⁰⁾ 報告書におけるこのようなコスト試算に対し、「合理的な価格体系が採用されれば、もっとも効率的に電気を使う知恵を持った者が参入し、効率的な技術が広がるはずである。（中略）報告書の数字は、そうした知恵を持つ参入者の存在や技術革新を想定していない。対策費用の大きさは、価格体系の整備などの適切な制度設計があれば生まれる巨大な社会的利益を表していると解釈すべきである」とする意見がある。松村敏弘「経済教室 太陽光発電、全量購入を 余剰買い取り、非効率 全体最適の制度設計に」『日本経済新聞』2010.8.20.

適な系統運用ルールの見直し、系統事故時における安定運用策の検討など、広範な措置について検討・実施が必要となる。

3 エネルギー基本計画の策定

2010（平成22）年6月、新たなエネルギー基本計画が閣議決定された⁽⁴¹⁾。この基本計画では、エネルギー政策の基本を、エネルギーの安定供給の確保（energy security）、環境への適合（environment）、市場機能を活用した経済効率性（economic efficiency）の3Eの実現を図ることであるとしており⁽⁴²⁾、2030年に向けた目標として、以下の5つの項目を掲げている⁽⁴³⁾。

- ① 資源小国である我が国の実情を踏まえつつ、エネルギー安全保障を抜本的に強化するため、エネルギー自給率（現状18%）⁽⁴⁴⁾及び化石燃料の自主開発比率（現状26%）⁽⁴⁵⁾をそれぞれ倍増させる。これらにより、自主エネルギー比率を約70%（現状約38%）⁽⁴⁶⁾とする。
- ② 電源構成に占めるゼロ・エミッション電源（原子力及び再生可能エネルギー由来）の比率を約70%（2020年には約50%以上）とする（現状34%）⁽⁴⁷⁾。

③ 「暮らし」（家庭部門）のエネルギー消費から発生するCO₂を半減させる。

④ 産業部門では、世界最高のエネルギー利用効率の維持・強化を図る。

⑤ 我が国に優位性があり、かつ、今後も市場拡大が見込まれるエネルギー関連の製品・システムの国際市場において、我が国企業群が最高水準のシェアを維持・獲得する。

政府は、2010（平成22）年3月に提出した地球温暖化対策基本法案において、「すべての主要な国が、公平なかつ実効性が確保された地球温暖化の防止のための国際的な枠組みを構築するとともに、温室効果ガスの排出量に関する意欲的な目標について合意をしたと認められる場合」において、2020（平成32）年までに温室効果ガスの排出量を1990（平成2）年比で25%削減するととの中期目標を掲げている。他方、エネルギー基本計画では、基本計画に掲げる政策を強力かつ十分に推進することにより、エネルギー起源CO₂は、2030（平成42）年に1990（平成2）年比で30%程度もしくはそれ以上の削減が見込まれるとしている⁽⁴⁸⁾。そして、上記の目標を実現するために、原子力発電の推進、化石燃料の高度利用などのほか、再生可能エネル

(41) 『エネルギー基本計画』2010.6. 経済産業省 HP <<http://www.meti.go.jp/press/20100618004/20100618004-2.pdf>>

(42) 同上, p.5.

(43) 同上, p.9.

(44) 一次エネルギー国内供給のうち、国産エネルギー（再生可能エネルギー等）及び準国産エネルギー（原子力）の供給の占める割合。ちなみに OECD 諸国のエネルギー自給率の平均値は約70%である。

(45) 我が国に供給される化石燃料（輸入量及び国内生産量。現状は一次エネルギー国内供給の約8割を占める）のうち、我が国企業が参画する国内外の権益（自主開発権益）からの引取量の占める割合。

(46) エネルギー自給率と分母は同一だが、分子に自主開発権益からの化石燃料の引取量を加算したもの。

(47) なお、これを実現するためには、大幅な省エネルギーや、立地地域を始めとした国民の理解及び信頼を得つつ、安全の確保を大前提とした原子力発電所の新增設（少なくとも14基以上）及び設備利用率の引上げ（約90%）、並びに再生可能エネルギーの最大導入が前提であり、電力システムの安定度については別途の検討が必要であるとす。前掲注(41), p.9.

(48) 同上, p.10. 2020（平成32）年までに1990（平成2）年比で25%削減の目標は、このうち真水部分（海外との排出量取引などを除き、国内の技術革新や省エネ努力で達成する分）をどの程度にするかについては明確にされていない。一方、エネルギー基本計画で示された2030（平成42）年に1990（平成2）年比30%程度の削減は真水部分とされている。「地球を守るパートⅡ 第5部ポスト京都③ 求められる「真水」の削減目標」『日刊工業新聞』2010.6.24.)

なお、基本計画では、「この数値は、国民に許容される規制の度合い、財政措置の大きさ、技術革新の進捗状況等によって変化しうるものであり、相当程度の幅をもって理解されるべき点に留意が必要である」としている。

ギーの導入拡大により自立的かつ環境調和的なエネルギー供給構造を実現するとしている。このうち再生可能エネルギーの導入拡大については、今後、2020年までに一次エネルギー供給に占める再生可能エネルギーの割合について10%に達することを目指すとしている⁽⁴⁹⁾。

そして、再生可能エネルギーの導入拡大に不可欠なスマートグリッドの導入については、次世代のエネルギー利用のあり方として、「ITを活用しつつ、需要家側の機器と、太陽光発電等の出力が不安定な分散型電源を含む電力設備を制御することで電力の需給をバランスさせ、安定的な電気の供給を維持する、『スマートグリッド』の整備を図る」としている⁽⁵⁰⁾。さらに、その具体的な取組として、以下の項目を掲げている。

- ・費用対効果等を十分考慮しつつ、2020年代の可能な限り早い時期に、原則すべての需要家にスマートメーターの導入を目指す⁽⁵¹⁾。
- ・需要家が自らの電気・ガス・水道等の需給情報を一元的に把握・管理することが可能となるよう留意する。
- ・民生部門を始めとしたエネルギーの使用実態を的確に把握するとともに、省エネルギー、低炭素エネルギーの活用に向けた国民の意識・ライフスタイルの改革を促し、国民的運動につなげる。
- ・エネルギー需要情報については、個人情報の適切な管理等セキュリティの確保を前提としつつ、第三者が利用できるような環境を整備する。

- ・エネルギー需要情報を活用した様々なサービスを創出し、内需の喚起及び外需の獲得を図る。このため、関連機器・システムの標準化、コスト低減や海外展開に向けた支援策等について検討する。

このように、エネルギー基本計画では、スマートメーターの導入、需要サイドにおけるエネルギーマネジメント、省エネルギー、低炭素エネルギーの活用に向けた国民の意識・ライフスタイルの変革、さらには内需の喚起及び外需の獲得による経済成長などをうたっている。前項で述べた短期的な課題（太陽光発電の大量導入に伴う系統安定化対策）からより踏み込んだ「日本型スマートグリッド」の展望が示されている。

4 国際標準化に向けた動き

アメリカでは、NISTを中心にスマートグリッドに係る規格等の標準化に向けた検討が積極的かつスピード感をもって行われていることを紹介した。我が国においても2009（平成21）年8月、経済産業省が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を設置した。スマートグリッド関連分野では、今後、欧米における社会インフラの再構築とともに、新興国においても新たな社会インフラ整備などの需要の拡大が見込まれる。スマートグリッドの導入に向けた取組は、隣国の中国、韓国などでもみられる⁽⁵²⁾。そして、ステークホルダー（利害関係者）の多い海外のインフラ市場においては、複数のシステムが「つながる」ためのルー

(49) 前掲注(41), p.23.

(50) 同上, p.48.

(51) スマートメーターの導入は、既に各電力会社において取り組まれている。例えば、関西電力株式会社は、2008（平成20）年9月から導入を始め、管内1200万戸のメーターの取替えを順次行う。東京電力株式会社は、2010（平成22）年10月から9万戸で実証試験を行い、2013（平成25）年度以降管内約2700万戸に全面展開するという。「『日本版スマートグリッド』確立へ」『日本工業新聞』2010.6.24.

(52) 中国では、2010年3月に開催された「第11期全国人民代表大会」において、「智能電網（スマートグリッド）」という言葉が初めて政府活動報告に盛り込まれた。これを踏まえ、中国政府は、「強靱な智能電網建設」を国家戦略の1つとして位置づけ、「第12次5カ年計画」（2011～15年）に組み入れるとしている。また、韓国では、2009年6月、国家レベルでスマートグリッドを構築する方針を発表し、済州島における実証事業（2010年）、試験都市での運用開始（2011年）、家電製品など消費電力のスマート化（2020年）、電力網のスマート化（2030年）を計画している。阿部 前掲注(2)

ル化、すなわち標準作りが特に重要であり、我が国としても戦略的に国際標準化に対応することが必要である⁽⁵³⁾。

研究会が2010（平成22）年1月に公表した報告書『次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に向けて』では、基本的考え方として以下のように述べている⁽⁵⁴⁾。

標準化とは、競争領域と協調領域の分水嶺の線引きを行うルール作りであり、グローバルマーケットでは特に、ルール作りのイニシアティブを取った者が有利になる。また、「標準を制する者が市場を制する」と言われるように、標準化に失敗すれば、優れた技術であっても市場で選択されないこともある。

他方で、標準化を行う時期や競争領域と協調領域の線引きの見極めを誤れば、技術を固定化しその後の技術開発を妨げる、あるいは標準化に成功しても逆に市場で選択されないなどの弊害も起こり得る。

民間企業は、タイミングや市場フェーズごとに異なるこの分水嶺を見極めつつ、優位なポジションを獲得・維持できるよう、それぞれの事業戦略の観点から積極的にこのツールを活用することが期待される。

また、自らに有利な分水嶺を設けるために、他国に先駆けて提案するなど、議論の主導権

を握ることが重要である。

我が国には優れた技術が数多くあるが、その海外展開において自国技術等の標準化を達成できず国際展開できない状況にあるといった事例がある⁽⁵⁵⁾。それだけにスマートグリッドの分野において海外における標準化の動向を注視しつつ、標準化の構想を立て、積極的に提案を重ねていくことが重要である。

報告書では、NISTのユースケース⁽⁵⁶⁾をベースとして、我が国企業が競争優位性を有し、市場が見込まれ、かつ参入可能性があるかどうかを考慮して、26の重要アイテムを抽出し⁽⁵⁷⁾、これらの重要アイテムごとに標準化テーマをまとめた。

今後は、3年以内に26件の国際標準化テーマに対応していくとしている。具体的には、以下の4つの施策を講じて、スマートグリッドの国際標準化を戦略的に推進する⁽⁵⁸⁾。

- ① 26の重要アイテムの着実な国際標準化の推進（既存の国際電気標準会議（International Electrotechnical Commission: IEC）等の国内対応委員会を強化することなど）
- ② 関連施策検討や技術開発と国際標準化活動等の一体的推進（競争・協調領域の分水嶺が定まっていない製品・サービスについて、具体的な国際標準化の方向が打ち出された際には

53) 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『次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に向けて』2010.1, p.11. <<http://www.meti.go.jp/press/20100128003/20100128003-2.pdf>>

54) 同上, p.9.

55) その例として、携帯電話端末が挙げられる。我が国の携帯電話サービスは、画像や音楽等のコンテンツサービス、メールサービスが充実し、携帯電話の普及率の高さもあわせてみると、携帯先進国といえる。しかし世界市場における携帯電話端末販売台数のうち日本企業のシェアは小さい。このようになった背景として、①第2世代の携帯電話で我が国が独自の規格（PDC）を推し進めたが欧州中心の規格（GSM）に市場を席捲されたこと、②我が国の場合、携帯電話事業者を中心とする垂直的結合のビジネスモデルが確立され、携帯電話端末メーカーは事業者の要求する仕様に依拠して端末を開発・生産していたこと、などが挙げられている。吉川尚宏『ガラパゴス化する日本』講談社、2010, pp.32-34.

56) システム開発などにおいて、システムが外部に提供する機能のこと。利用者や外部の別のシステム等がそのシステムを使ってできることを意味する。「次世代送配電ネットワーク研究会報告書（4）」前掲注(6), p.74.

57) 重要アイテムの例を挙げると、系統用蓄電池の最適制御、配電自動化システム、HEMS（家庭エネルギー管理システム）、電気自動車用急速充電器と車両間通信などである。

58) 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 前掲注(53), pp.26-27.

遅滞なく検討を行うことなど。)

- ③ 実施主体の設立の検討（先進的に取り組んでいる企業等で構成される民間の組織と、これに対する政府側からの支援の在り方について検討することなど。)

④ 諸外国との連携

スマートグリッドに係る標準化戦略の基本的な考え方は、標準化せずにクローズにするのは技術・ノウハウを有する分野であり、他方、標準化しオープンにすべき分野は、機器、ネットワーク間のインターフェイス部分や性能の評価方法であるとされる。

研究会は2009（平成21）年8月に発足し、翌2010（平成22）年1月には報告書を公表している。研究会設置から報告書公表まで極めて短い期間であると感じさせる。それだけスマートグリッド分野における標準化の動きが世界的に速いスピードで進んでいることを示しているといえる。

5 スマートグリッドの導入に向けた動き

上述した事項のほか、スマートグリッドの導入に向けた最近の動きとして、主なものを挙げる。官民協議体であるスマートコミュニティ・アライアンスの設立、国内外における各種の実証試験、日米クリーン・エネルギー技術協力の合意などである。

(1) スマートコミュニティ・アライアンスの設立

スマートコミュニティ・アライアンスは、

2010（平成22）年4月、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）を事務局とし、287の企業、団体等⁽⁵⁹⁾と経済産業省からなる官民協議会として設立された。世界規模での市場展開が見込まれるスマートグリッドを核としたスマートコミュニティ関連市場に、我が国企業が積極的に参画できるよう、また、官民連携によるスマートコミュニティの実現に向けた、共通の課題に取り組むための実務母体である⁽⁶⁰⁾。参加企業等は、電力、ガス、重電、家電、情報通信、ディベロッパーなど多岐にわたっている。スマートコミュニティ・アライアンスの目的は、政府及び関係機関、企業の連携により、我が国のスマートグリッド対応力を高めることにある⁽⁶¹⁾。具体的な活動内容は、①海外市場、政府、競合相手の動向等の情報収集・共有、②実際の案件獲得に向けた受注体制の構築、③国際標準化戦略の策定、④世界市場獲得に向けてのロードマップの作成・共有とされている⁽⁶²⁾。

アメリカでは、同様の組織として、2003年にグリッドワイズ・アライアンス（GridWise Alliance）が設立され、電力網を持続可能なエネルギーの未来を達成し得るものにすることを使命として⁽⁶³⁾、スマートグリッドの普及などに向けた活動を行っている。我が国のスマートコミュニティ・アライアンスは設立直後から、グリッドワイズ・アライアンスと交流を持っている⁽⁶⁴⁾。

このような様々な利害関係者が参加する協議体は、スマートグリッドを多面的に検討すると

⁵⁹ 2010（平成22）年10月15日現在で、参加団体数は478となっている。

⁶⁰ 『“スマートコミュニティ・アライアンス”の設立について—官民連携によるスマート社会構築に向けた協議会を始動—』2010.2.15. NEDO HP <<https://app3.infoc.nedo.go.jp/informations/koubo/press/AT1/nedopress.2010-02-12.3152072896/>>

⁶¹ 佐々木則夫「スマートグリッドサミット 世界とコンセンサスを」『日刊工業新聞』2010.7.22.

⁶² 坂秀憲「スマートコミュニティ・アライアンス」『日本貿易会月報』683号, 2010.7・8, pp.33-34. <http://www.jftc.or.jp/shoshaeye/contribute/contrib2010_07f.pdf>

⁶³ GridWise Alliance <<http://www.gridwise.org/>>

⁶⁴ スマートコミュニティ・アライアンスは、2010（平成22）年4月、官民共同のミッションをアメリカに派遣し、グリッドワイズ・アライアンスと協力文書を交わしている。「スマートグリッド 見せる日本技術の集大成」『日刊工業新聞』2010.6.10.

ともに、スマートグリッドの世界的な動向や我が国及びその企業の今後の方向を見定めていくために有効な組織であると思われる。また、スマートグリッド関連市場の開拓には、個々の要素技術の売込みを超えたシステムとしての提案が不可欠であり、このために業種や分野を横断した連携と全体のデザイン形成が重要で、スマートコミュニティ・アライアンスはその主要な場となり得ると思われる⁽⁶⁵⁾。官民及び民間同士の十分な連携を前提とし、積極的な情報収集、協議などを行い、スマートグリッドの分野において海外市場の獲得などを実現することが期待される。

(2) 次世代送配電系統最適制御技術実証事業

次世代送配電系統最適制御技術実証事業は経済産業省所管の補助事業である。2020（平成32）年における太陽光発電等の再生可能エネルギーの大量導入目標と系統安定化を両立するために、大規模発電から家庭までの送配電の全体制御・協調による高信頼度・高品質の電力供給システムの構築が必要となることから、太陽光発電大量導入時の課題を軽減するために、需要家内機器の最適制御方式、配電系統の系統電圧制御方式等の開発・実証等を行うものである。2010（平成22）年度から2012（平成24）年度までの3年間にわたって実施される。この事業には28の法人が共同申請し、2010（平成22）年5月、採択された。大学、電力会社、総合商社、電機関係、自動車関係の企業などがメンバーとして参加している。

(3) 次世代エネルギー・社会システム実証

次世代エネルギー・社会システム実証は、日本型スマートグリッドの構築と海外展開を実現するための取組として位置づけられる事業である。経済産業省が提案募集を行い、2010（平成22）年4月、この実証を行う4つの地域を決定した。4地域は、横浜市、豊田市、京都府（けいはんな学研都市）及び北九州市である⁽⁶⁶⁾。これらの地域では地方自治体、地域住民、エネルギー関連企業、システムメーカー、地域企業などが参加して、大幅な省エネ、CO₂排出削減、再生可能エネルギーの大規模な導入、地域レベルでのエネルギーマネジメントシステムの確立から、地域住民のライフスタイルの革新までを事業内容として実証に取り組むことになる。実証の期間は2010（平成22）年度から2014（平成26）年度までの5年間である⁽⁶⁷⁾。

(4) 離島における太陽光発電のための次世代送配電ネットワークの実証試験

経済産業省は、2009（平成21）年7月、10の離島で太陽光発電のための次世代送配電ネットワークの実証試験を開始することを公表した⁽⁶⁸⁾。この事業は、独立した系統となっている離島において、相当量の太陽光発電等を導入するとともに、蓄電池等を活用した系統システムの制御を実証的に行うことを通じて、今後の太陽光発電の大量導入に対応した、次世代送配電ネットワーク構築に向けての課題を整理していくものである。10の離島は、鹿児島県の黒島ほか5島と沖縄県の宮古島ほか3島で、九州電力株式

(65) 同上

(66) 『「次世代エネルギー・社会システム実証地域」の選定結果について』2010.4.8. 経済産業省 HP <<http://www.meti.go.jp/press/20100408003/20100408003-1.pdf>>

(67) 4つの地域は、2010（平成22）年8月、経済産業省にそれぞれ事業計画書を提出し、事業が本格的にスタートした。事業計画によると4つの地域での2014（平成26）年度までの総事業費は1266億円で、CO₂排出量を2005（平成17）年比で20～50%削減するとしており、全体で80以上の企業が参加するという。「次世代送電網実証実験 横浜など4地域 事業計画を提出」『日本経済新聞』2010.8.12.

(68) 「10離島で太陽光発電のための次世代送配電ネットワークの実証試験開始～離島における『マイクログリッド実証事業』の公募結果について～」2009.7.1. 経済産業省 HP <<http://www.meti.go.jp/press/20090701002/20090701002.pdf>>

会社と沖縄電力株式会社がそれぞれ事業者となる。

(5) 日米スマートグリッド共同実証研究

NEDO は、アメリカニューメキシコ州とスマートグリッドに関する共同実証研究に着手する予定である。ニューメキシコ州では、5つのエリアで実証実験を行うこととしているが、NEDO は、このうちロスアラモス郡とアルバカーキ市で行われるプロジェクトで共同実証を行う。ロスアラモス郡では、電気料金や電力保安に対する規制がかからないことから、この特徴を生かした実証研究を計画している。具体的には、太陽光発電の出力変動を抑制するためにどの程度の蓄電容量が必要かを分析するなどする。またアルバカーキ市では、オフィスビル1棟を対象として、燃料電池、蓄熱槽、蓄電池、太陽光発電等を設置し、系統事故時にエネルギー自立可能な商業ビルを構築するなどする。また、NEDO では、ニューメキシコ州側のデータも加えて分析・研究する全体総括研究についても日米で実施することを検討している⁽⁶⁹⁾。

NEDO が国外のニューメキシコ州でスマートグリッドの実証研究を行う目的は、以下の点にあるとする。

- ① 国内では規制等により実施が困難な技術を実証し、今後の我が国でのスマートグリッド研究開発にデータや知見をフィードバックする。
- ② 我が国のメーカーのエネルギー機器を実

際の系統へ導入し実証することを通じて、アメリカ市場にそれを紹介する。

- ③ 海外市場動向をも視野に入れた技術開発を進め、スマートグリッド関連の標準化活動に強く関与し、我が国技術の世界展開の足場を作る。

スマートグリッドの海外展開には、上記のように、海外の状況をも踏まえた実証実験を積み重ねることが重要である。

(6) 日米クリーン・エネルギー技術協力

2009(平成21)年11月、鳩山由紀夫首相(当時)とアメリカのオバマ大統領との間で、日米クリーン・エネルギー技術協力について合意がなされた⁽⁷⁰⁾。この技術協力には、「世界的なエネルギー安全保障及び気候変動という課題への解決策を提供するため、技術研究開発分野における既に強固な協力的取組を一層拡大するという日米両国の意思を確認」し、その一環として「標準化研究における協働を通じた、日米国立研究所間の共同活動の加速」、「スマートグリッド分野における、実証プロジェクトからの情報及び経験の共有並びに標準の開発を通じた協力の深化」が含まれる⁽⁷¹⁾。

また、沖縄とハワイにおいて、それぞれ進められているマイクログリッド実証を含むクリーンエネルギープロジェクトの成果を評価し、これらの島嶼が互いに経験及び知見を共有することに対する支援についても合意された。前項の日米スマートグリッド共同実証研究における活

(69) エネルギーフォーラム編 前掲注(15), pp.100-109.

(70) 「日米クリーン・エネルギー技術協力について」2009.11.13. 経済産業省 HP <<http://www.meti.go.jp/press/20091113010/20091113010.html>>

(71) オバマ大統領は、同年同月、中国の胡錦濤国家主席との間で米中・クリーンエネルギー共同声明を発表し「米中・電気自動車イニシアティブ」の立ち上げを発表した。このイニシアティブの一環として電気自動車に関する基準の共同開発が行われることになり、具体的な動きとして充電ステーションなどの規格に関する話し合いが始まった。「米中・クリーンエネルギー共同声明」『NEDO 海外レポート』NO.1057, 2009.12.16. NEDO HP <<http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/1057/1057-08.pdf>> ; 「米中鳴動 下 『世界標準』へ連携 規模の追求、利害が一致」『日本経済新聞』2010.8.6.

我が国とスマートグリッド分野の標準開発などについて協力を深め、同時に中国との間で電気自動車に関する規格に関して話し合いを始めるなど、アメリカの標準化に対する積極的な交渉姿勢が感じられる。

動と併せて、海外での実証活動を広げていく好機となると思われる⁽⁷²⁾。

IV 我が国におけるスマートグリッド導入の課題

「日本はスマートグリッドについて遅れている」という人もいれば、「最先端である」という人もいる。この違いはそれぞれが指摘している分野が異なっているのが原因である。前者はスマートメーターなどの顧客対応についてのコメントであり、後者は発電所と送電線や配電網のネットワーク、つまり電力系統について指摘しているといえる⁽⁷³⁾。

国や地域によって、スマートグリッドを導入する主要な目的は異なるが、共通するのは、太陽光や風力などの再生可能エネルギーが大量に導入される時代に、いかに電力系統を、停電を少なくしつつ安定的にそして経済的に運用するかがテーマになっていることである⁽⁷⁴⁾。

上記のことを踏まえ、我が国におけるスマートグリッド導入に際しての課題を、再生可能エネルギーの大量導入、これに伴う系統安定化対策の実施、さらにはスマートグリッドを新しい産業分野と捉え、我が国として今後どのような措置をとっていくべきかについて、国内的な課題と対外的な課題に分けて述べる。

なお、スマートグリッドが本格的に導入されれば、ICTを駆使して、膨大な量の電力需給に関する情報や個人の電力の消費状況に関する情報などが集約・活用されることになる。スマートグリッドが大規模かつ社会的に重要なシステムとなればなるほど、サイバーテロなどの阻害

行為の対象とされ、安全かつ円滑な運営が危機にさらされるおそれもある。したがって、我が国に限らず、他国におけるスマートグリッドの導入に際しても、システムのサイバー・セキュリティなど安全面に十分留意するとともに、個人情報などが不適切に流出することのないよう、構築・運営されるべきことが最も重要な課題であることはいうまでもない。

1 国内的な課題

我が国は、化石燃料への依存度の低減、エネルギー供給安定性の確保、地球温暖化問題への対応を図るため、再生可能エネルギーの大量導入に対応すべく系統安定化対策の検討を進めている。系統安定化対策として避けて通れないと思われる太陽光発電の出力抑制により主要な発電者である家庭が受ける機会損失についての広範な合意をどのようにして得ていくか、また、系統安定化対策のコストの負担についてコンセンサスをどのように得ていくかという課題がある。先述したとおり、系統安定化対策として最も経済的なシナリオは、「特異日及び電力需要の少ない季節（春・秋季）の週末（土曜又は日曜）における太陽光発電の全量出力抑制+余剰電力を系統側蓄電池で吸収」することであるとされる。その場合においても2020年までの総コストは1兆3600億円と試算されている。このようなコストを誰がどのように負担するかについて今後検討し決定する必要がある。

他方で再生可能エネルギーの大量導入に伴い、ビジネス環境が大きく変わる。太陽光発電設備の設置、住宅関連、家電機器、情報通信分野などで新しい事業機会が生まれてくるといわ

(72) さらに、NEDOが実施主体となって、インドネシアでスマートグリッドを活用した都市開発「スマートコミュニティ」の基礎調査を始める。ジャカルタ周辺の工業団地の電力事情やスマートグリッド関連技術のニーズを調べる。インドネシアは経済成長に伴い電力需要が旺盛であり、海外勢が進出する前の早い段階で基礎情報を収集し、事業化のチャンスを逃がさないようにするという。「スマートコミュニティ基礎調査 インドネシアで開始」『日刊工業新聞』2010.8.13.

(73) 横山明彦『スマートグリッド』日本電気協会新聞部, 2010, p.20.

(74) 同上, p.21.

れる。このような事業機会を生かして、内需の喚起による成長にいかに関与するかがポイントとなる。とはいえ、人口減少、少子高齢化の時代に入った我が国では、国内のエネルギー消費の伸びや経済成長は限定されたものになると予想される。したがって、将来的には、先進国（欧米）、新興国（中国、インド等）、さらには今後成長が予測されるアジア諸国などに向けたスマートグリッドシステムの輸出を目指す必要があるだろう。

2 対外的な課題

対外的な課題は、大まかに言えばインフラとしてのスマートグリッドシステムの輸出と国際標準化に向けての努力に集約されよう。

(1) インフラとしてのスマートグリッドシステムの輸出

スマートグリッドの普及は、長期間にわたる広範な産業群・企業群のビジネスチャンスになり得る。我が国が検討している系統安定化対策は、多額の投資と高度な管理運営の結果実現した信頼性の高い電力網を、その水準を維持しつつ、再生可能エネルギーの大量導入に対応しようとするものである。この意味で電力網の信頼性の低いアメリカや将来にわたって電力インフラを新規に建設しようとする新興国などは状況が異なる。したがって、このような諸外国にスマートグリッドシステムを輸出することにより外需を獲得するためには、それぞれの国の電力事情とスマートグリッド導入の必要性に沿ったシステムを提案することが必要である。そのために、我が国は、多数の国々において国際共同実証実験を行ったり、スマートコミュニティ・アライアンスの機能を大いに活用するなどし

て、他国の電力網の状況や課題等について把握し、情報・ノウハウなどを蓄積することにより、それぞれの国の状況に合致した適切な内容の提案ができるようにすることが重要である。

また、インフラ輸出に際して、他の先進国や新興国が官民一体となって働きかけを行っていることにかんがみ、スマートグリッドシステムの提案に当たっても、官民が連携して強力に働きかけることが不可欠であろう。

(2) 国際標準化に向けた働きかけ

DOE のチュー長官は、「スマートグリッドに係る技術の広範な実行を支えるのは、技術ではなく政策と標準である」⁽⁷⁵⁾と述べている。

市場における標準形成のプロセスには、デファクトスタンダード（de facto standard: 事実上の標準）とデジュールスタンダード（de jure standard: 公的標準）がある。前者は、市場競争の結果事実上の標準が選ばれるというプロセスである。より多く売れて市場規模が大きくなったほうが全体の支持を広げていき、事実上の標準となるというものである。後者は、国際標準機構（International Organization for Standardization : ISO）、国際電気標準会議などの国際的な標準化機関が決めるものである。この場合は、標準化機関内での話し合いや交渉の結果で標準が決まる⁽⁷⁶⁾。スマートグリッドに関する規格等の標準は、①市場で競争にさらされていない段階で検討されていること、②近年デジュールスタンダードによる事例が増えてきていることから、デジュールスタンダードとして決められることが予測される⁽⁷⁷⁾。それだけに、我が国としては上記の国際的な標準化機関に積極的に働きかけを行うことが重要となる。同時にアメリカ、欧州諸国、中国、韓国などとも連携して、国際標準化を強

(75) “Senate Panel to Study ‘Smart Grid,’” 2009.3.2. <http://www.nytimes.com/inc_com/02greenwire-senate-panel-to-examine-details-benefits-of-sma-9921.html?ref=energy-environment>

(76) 柳川範之「国際標準の新展開 (3)」『日本経済新聞』2010.6.8；同「国際標準の新展開 (4)」『日本経済新聞』2010.6.9.

(77) 「国際標準の新展開 (4)」 同上

方に推進するとともに、標準化戦略と関連施策（技術開発、実証）を一体的に推進することにより、我が国に有利な国際標準を獲得することが求められる⁽⁷⁸⁾。

我が国企業が蓄電池や送電線分野等の技術で優れていても、標準化に遅れれば、日本独自規格で進めてきた蓄電池やメーターがスマートグリッドに接続することができなくなる恐れがある。そうなれば、欧米だけでなく、次の市場となる可能性が高い新興国に、日本の技術を輸出することが難しくなるだろう⁽⁷⁹⁾。

(3) タイミングを失することのない速やかな実行

アメリカのスマートグリッド導入に向けた動きは速く、また、明確な方向感をもって進んでいると思われる。欧州においてもスマートグリッド導入に向けた努力が続けられており、先述したように、隣国の中国、韓国などにおける動きもみられる。我が国はこのような諸外国の動きに遅れることなく、スマートグリッドシステムの輸出に必要な措置と準備を進めていく必要がある。

例えば、前項の標準化に対する働きかけを取り上げると、スマートグリッドに関する技術の特性上、1つの国で複数の技術が併存して実用化されることはほとんどあり得ない。国際標準化の検討が積極的に進められている現状を考えると、世界全体でも1つとなる可能性が高いと

する意見もある⁽⁸⁰⁾。アメリカが標準化を急いでいるのは、国内でのスマートグリッドの円滑な導入を実現するとともに、世界的な戦略をも視野に入れているためであると推察することもできる。

また、スマートメーターについては、アメリカが、増大する電力需要の中でその需要管理を優先していることから積極的に導入を図っている。これに対し、我が国では電力網の信頼度が高いだけに、スマートメーター導入の緊急性はあまり強く意識されていない状況にあると思われる。このように、差し迫った問題としてスマートメーターを設置するなどして電力の需要管理を優先するアメリカと、太陽光発電の大量導入に伴う系統安定化対策を当面の課題として取り組もうとしている我が国とでは、スマートメーターの導入に対する取組に温度差があると感じられる。

アメリカのグリッドワイズ・アライアンス会長のギド・バーテル氏は「日本は自動車や電機など各分野でリーダーシップを持ち、手元にいろいろなカードを持っている。うまく使えば素晴らしいチャンスになる。ただ、バックミラーで他国の動向を見ているうちに追い抜かれてしまう恐れもある。そのことを認識し、リーダーであり続けるための計画を立て、実行すべき」であると指摘する⁽⁸¹⁾。傾聴に値する言葉である。

(たかやま じょうじ)

(78) 経済産業省「次世代エネルギーソリューション～海外展開のための総合戦略～」2010.6, p.22. <<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g100326a05j.pdf>>

(79) 新井宏征「標準化に乗り遅れば日本の将来は危うい」『エコノミスト』87(62), 2009.11.17, p.73.

(80) 柳川「国際標準の新展開(4)」前掲注(76)

(81) ギド・バーテル「パワーレポリューション 次世代電力網 キーマンに聞く③」『日刊工業新聞』2010.6.24.