



研究レポート

No.366 January 2011

北欧から考えるスマートグリッド
～再生可能エネルギーと電力市場自由化～

主任研究員 高橋 洋

北UU欧から考えるスマートグリッド ～再生可能エネルギーと電力市場自由化～

富士通総研 経済研究所 主任研究員

高橋 洋

<要旨>

スマートグリッドが世界的に注目を集めている。スマートグリッドは、IT(情報技術)の力で多様な供給者と需要者をリアルタイムに繋ぎ、電力の需給を分散的に最適化する、次世代の電力網を指す。欧州では地球温暖化対策として再生可能エネルギーを導入するという動機から、アメリカでは拡大する電力市場において発電や送電への設備投資を抑制するという動機から、スマートグリッドへの取り組みが進んでいる。

これに対して日本では、電力市場の拡大が見込めず、また再生可能エネルギーの普及率が低いため、いずれの動機も顕在化していない。一方で既存の電力システムが高い水準で確立されていることもあり、電力会社を中心にスマートグリッドに対して前向きでなかった。しかし日本でも、欧州と同様に再生可能エネルギーの導入という動機があるはずであり、特に北欧の取り組みを参考にしてスマートグリッドに本格的に取り組むべきというのが、本稿の主張である。

北欧では、1990年代から電力市場の自由化を進めてきたが、それがスマートグリッドの前提となっていることが重要である。供給者と需要者が市場において自由に電力を取引することが、需給の最適化を図る最も効率的な手段であると信じられ、実践されている結果、デンマークの風力発電がノルウェーの水力発電によって補完されるなど、北欧4カ国で不安定な再生可能エネルギーが柔軟に吸収されている。今後他国も風力発電などを大幅に増加させる計画になっており、電力の逆潮流への系統安定化対策として、家庭などの需要者をスマートメーターによって能動化する必要があると考えられている。その手段がスマートグリッドなのである。

日本では、再生可能エネルギーを大量導入する動機も、そのための技術的蓄積もある。一方で、家庭用太陽光発電対策に特化した、独自の「日本型」スマートグリッドを追求する動きもあり、ガラパゴス化が懸念される。北欧からの教訓を踏まえて考えれば、日本もグローバル標準に沿ったスマートグリッドを積極的に推進すべきであり、その前提として電力市場の自由化を早急に進めるべきというのが、筆者の提言となる。

<キーワード>

スマートグリッド、北欧、電力市場自由化、再生可能エネルギー、ノルドプール、国際連系

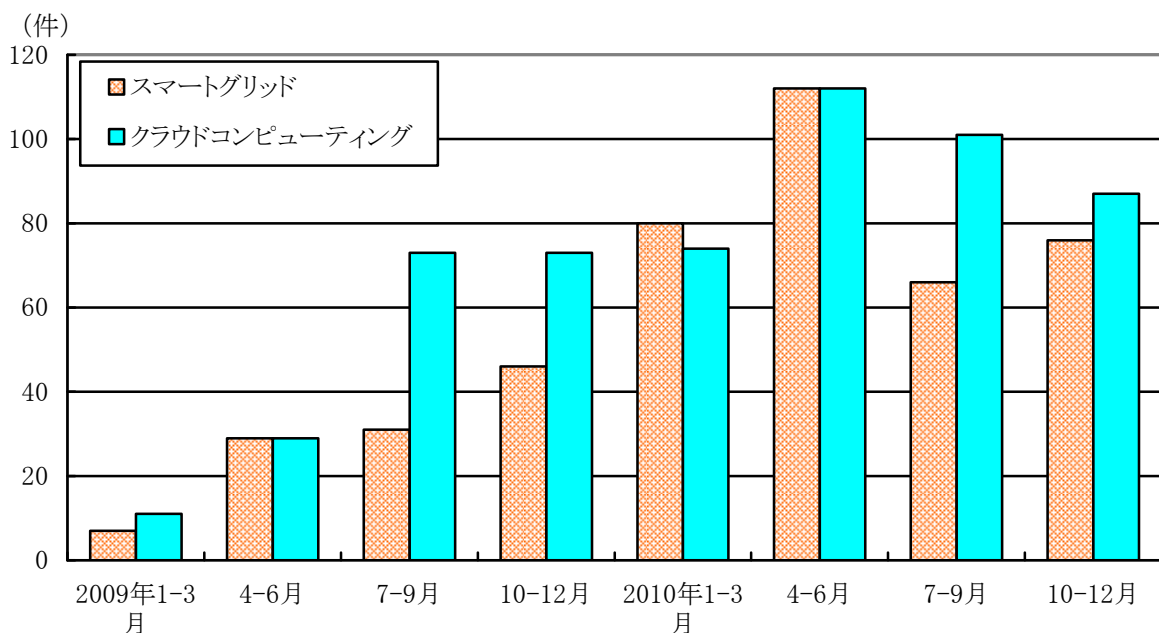
<目次>

1. はじめに	1
2. スマートグリッドへの各国の取り組み	3
2.1 スマートグリッドとは何か	
2.2 スマートグリッドに取り組む多様な動機	
2.3 「アメリカ型」、「欧州型」、「中国型」	
2.4 スマートグリッドに対して消極的な日本	
2.5 日本がスマートグリッドに取り組むべき動機	
3. 北欧の電力システム：市場自由化と再生可能エネルギー	11
3.1 北欧の電力市場自由化政策	
3.2 デンマークの風力発電普及政策	
3.3 系統安定化対策としての電力自由市場	
3.4 系統安定化対策としての国際連系	
4. 北欧が考えるスマートグリッド	18
4.1 更なる系統安定化対策としての需要者の能動化	
4.2 北欧のスマートグリッド実証実験	
5. 日本のスマートグリッドの展望	20
5.1 北欧からの教訓	
5.2 家庭用太陽光発電と「日本型」スマートグリッド	
5.3 「日本型」スマートグリッドのガラパゴス化	
5.4 「電力の安定供給」に対する発想の転換を	
6. おわりに	25
参考文献	26

1. はじめに

2010 年に入り、スマートグリッド¹は産業界が注目する最重要のキーワードの 1 つとなっている。図表 1 は、日本経済新聞について「スマートグリッド」で四半期ごとの記事検索をかけた結果だが、IT業界の最大のキーワードとされている「クラウドコンピューティング」と比べても、遜色ない注目を集めていることが分かる。アメリカではスマートグリッドや再生可能エネルギー関連分野に巨額のベンチャー投資が集まり²、中国政府は 2020 年までに 50 兆円を投資すると報道されるなど³、莫大なビジネスチャンスへの期待が高まっている。その中で、筆者が注目するのは欧州、とりわけ北欧である。

図表 1: 日本経済新聞における記事件数



出典: 日経テレコン 21 を活用し、筆者作成。

何故アメリカでも中国でもなく、地理的にも経済的にも関係が薄い北欧なのか？日本が目指すべきは、「アメリカ型」でも「中国型」でもなく、「欧州型」のスマートグリッドであり、その先進型は北欧にあると考えるからである。

環境意識が高い欧州では、かねてより再生可能エネルギーの導入が進んでおり、不安定な分散型電源からの逆潮流対策⁴として、政府と電力会社が一体となってスマートグリッドに取り組んでいる。人口

¹ スマートグリッド全般については、横山(2010)を参照のこと。

² アメリカのスマートグリッドや再生可能エネルギーについては、フリードマン(2009)、パーニック・ワイルダー(2008)を参照のこと。

³ 日本経済新聞、2010年3月20日。

⁴ 風力、太陽光、太陽熱、潮力といった再生可能エネルギーは、自然現象に左右されて出力が安定せず、1つ1つが小規模な分散型電源であるため、電力会社による制御が困難である。そのような不安定な電力が電力網に大量に流入(逆潮流)した場合、電圧や周波数の変動を生じ、電力システム全体に影響を与えるため、これへの対策が必要と指摘されている。

が減少傾向にあり、経済成長も限定的であるため、電力市場全体は拡大しないと予測されている点などは、日本と同様の条件下にあり、環境意識の高さでも共通する。このような欧州のスマートグリッドへの取り組みこそ、日本政府や日本企業が参考にすべきモデルではないか。これが、本稿を貫く筆者の最大の主張である。

その際には、欧州では全般的に電力市場の自由化が進んでおり⁵、これがスマートグリッドの前提条件となっている点が重要である。特に北欧では、送電網を国際連系して電力を相互融通すると共に、その取引をノルドプールという共同市場に委ねるなど、世界的に見ても自由化が成功しており、それが再生可能エネルギーの導入に大きく寄与している。多様な電源からの供給と工場やオフィス、家庭といった多様な需要を、価格シグナルに従って市場でやり取りするからこそ、不安定な風力発電に対して水力発電が補完的役割を果たすなど、分散型電源を効果的に吸収することが可能になっている。この自由化された電力市場は日本と大きく異なる点であり、日本が「欧州型」を目指すならば、越えなければならない壁となる。

本稿の目的は、北欧の電力システムやスマートグリッドへの取り組みを理解することにより、日本が目指すべきスマートグリッドのあり方を、主として公共政策面から考えることにある。そのため、各種文献やデータを幅広く参考にすると共に、内外の産官学の関係者に対して多数のインタビューを行った。特に北欧については⁶、下記の機関を訪れて意見交換をさせて頂いた。

- ・ノルウェー: 政府水資源エネルギー局、ノルウェー科学技術大学、エネルギー排出権取引研究所
- ・デンマーク: 政府エネルギー庁、デンマーク工科大学、Energinet.dk、エネルギー連盟
- ・スウェーデン: 政府エネルギー庁、王立工科大学、Fortum

以下、第2章では、各国がスマートグリッドに取り組む動機は複数あり、それらをバランスさせる際の力点の置き方によって、「アメリカ型」、「欧州型」、「中国型」といった分類ができること、日本は積極的な動機が見当らず、だからこれまで前向きに取り組んでこなかったことを説明する。第3章では、北欧の電力市場自由化と再生可能エネルギー導入の政策を紹介し、両者が密接な関係にあることを明らかにする。第4章では、自由市場を前提として、北欧がスマートグリッドをどのように位置付け、どのように取り組んでいるかを紹介する。その上で第5章では、北欧の取り組みから得られる日本にとっての教訓をまとめ、現在政府や電力会社が推進している「日本型」スマートグリッドでは、ガラパゴス化の恐れがあることを指摘する。最後に提言として、本格的な電力市場自由化の必要性を主張する。

⁵ 欧州の電力市場自由化全般については、野村他(2003)、熊谷(2005)を参照のこと。

⁶ 北欧訪問に際しては、環境エネルギー政策研究所の飯田哲也所長、デンマーク大使館の寺尾真紀商務官、ノルウェー大使館のペール・ルンド参事官のご協力を得た。これら全ての関係者に対して心より御礼申し上げたい。

2. スマートグリッドへの各国の取り組み

2.1 スマートグリッドとは何か

スマートグリッドは、一般に次世代送電網などと訳されるが、その意味するところは多様であり、1つの定義として確立されたものはない。例えば、2010年1月に発表された経済産業省の「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」の報告書によれば、「再生可能エネルギー等の分散型電源の大規模導入に向けて、従来からの大規模電源と送配電網との一体運用に加え、高速通信ネットワーク技術等を活用し、分散型電源、蓄電池や需要側の情報を統合・活用して、高効率、高品質、高信頼度の電力供給システムの実現を目指すもの」とされている。丁寧な定義といえるかもしれないが、これだけ回りくどい説明では分かりにくい。

そこで筆者なりにスマートグリッドの志向するところを突き詰めれば、「**需要者が供給者に協力することにより、電力の需給を最適化する**」ことに到達する。これまでの電力システムでは、1人の絶対的な供給者、即ち電力会社が、発電から送電、配電までのシステム全体を直接的に制御し、全面的に供給に責任を持つことで需給を一致させてきた。質的にも量的にも多様な需要者は、好きな時に好きなだけ電力を使う受動的な主体に過ぎなかった。これに対して今後は、供給者が多様化するに従って精緻な管理が難しくなる中で、需要者の協力を得て需給をダイナミックに一致させ、システム全体を分散的に維持しようというのである。

このためには、多様な供給者をITで結ぶと共に、需要者にも情報を与えて能動化する必要があり、それをもって「賢い電力網」と呼ぶのである。具体的には、家庭にスマートメーターを設置して電力の利用状況を「見える化」して省エネを促す、いわゆるデマンドレスポンス⁷によりピーク時の需要のシフトを促す、EV(電気自動車)の蓄電池を活用して余剰電力を柔軟に吸収する、更にはV2GやV2H⁸によりEVから電力を供給するといったことが、考えられている。

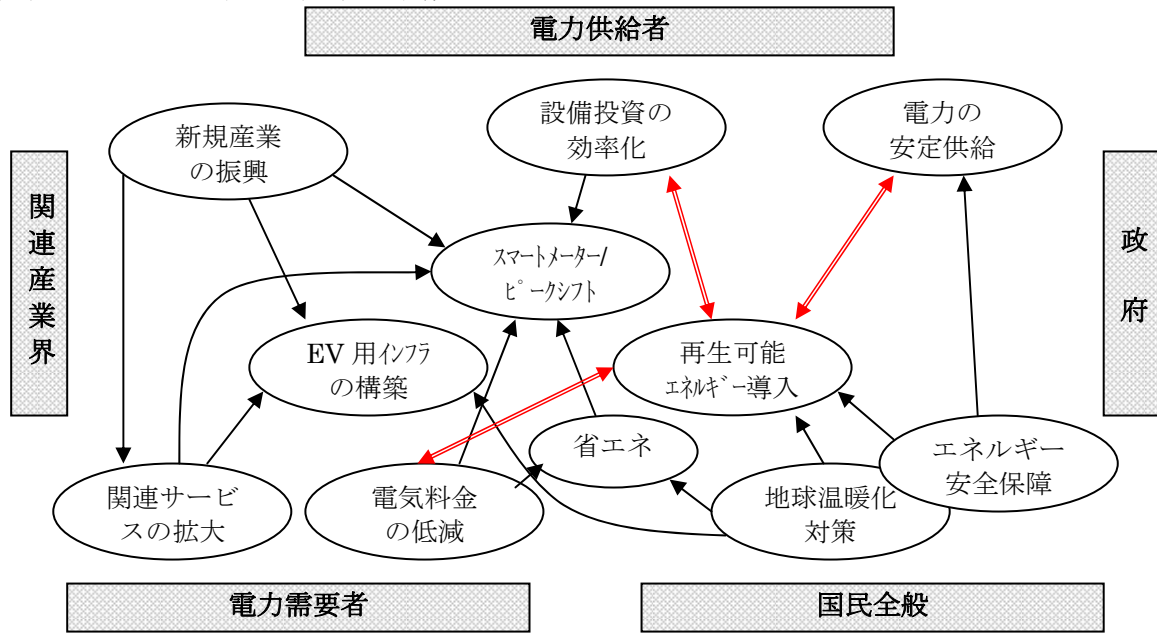
2.2 スマートグリッドに取り組む多様な動機

各国が取り組むスマートグリッドは、大まかな方向性では共通しているものの、その具体的な動機は複数あり、力点の置き方は一様ではない。図表2は、筆者が様々な動機を整理したものである。まず外側にある網掛けの四角は、利害関係者を表している。上段が電力供給者、即ち日本では10電力会社を、下段がその供給を受ける側として、左側がより直接的な電力需要者、右側が電力の需要と関係なく影響を受ける国民全般の立場を表している。これら以外に、右側の政府と左側の関連産業界が関係する。関連産業界とは、電力を利用するオフィスや工場など(これらは電力需要者に含まれる)ではなく、IT企業、太陽光発電メーカー、EVメーカーなど、スマートグリッドに関係する業界という意味である。

⁷ スマートメーターと家庭の家電などを通信網で接続した上で、電力会社などが家電の稼動を直接制御することにより、電力の需要側から供給に合わせること。

⁸ EVに蓄電されている電力を、必要に応じて電力網へ売電(Vehicle to Grid)したり、家庭で使ったり(Vehicle to Home)すること。

図表 2: スマートグリッドに取り組む動機



次に利害関係者の内側に楕円で記したのが、スマートグリッドに取り組む動機である。その中でより外側、即ち利害関係者に近いところに位置するのが、巨視的、一般的な動機であり、内側に位置するのは具体的、個別的な動機である。複数の動機の相互関係は、矢印で示した。矢印「→」は、巨視的な動機に対して、その先にある具体的な動機が目的に対する手段の関係にあることを、矢印「⇔」は、2つの動機が相反することを示している。

例えば、「地球温暖化対策」は、政府や国民全般にとって重要な動機であり、それを実現するには「再生可能エネルギー導入」や「EV用インフラの構築」が手段となり、これらはスマートグリッドを必要とする。一方で「再生可能エネルギー導入」は、不安定な分散型電源の系統接続を必要とし、システムの制御を困難にする。電力にはいわゆる「同時同量の法則」が働くため、需要と供給を常に一致させる必要があるが、需要は基本的に自由奔放で管理が難しく、また貯蔵は困難である。この結果、逆潮流が「電力の安定供給」を脅かし、特に電力供給者にとっては「設備投資の効率化」に反する。

図表2の中で、「再生可能エネルギー導入」に相反する矢印「⇔」が集中している点が目を引く。これは、太陽光や風力といった分散型発電の導入が市場ベースでは進まないことを意味している。ある動機が他の動機と相反する関係になれば、市場ベースで進むことが期待できるが、相反する場合には、公共利益を踏まえた政治的判断に基づき政策的支援が必要となる。このように、多様な動機が複雑に絡み合っているところに、スマートグリッドの難しさがある。

2.3 「アメリカ型」、「欧州型」、「中国型」

図表2から、各国のスマートグリッドへの取り組みを説明できる。例えばアメリカでは、電力供給者の「設備投資の効率化」と関連産業界の「新規産業の振興」という動機が強い。今後も人口が増加するアメリカでは電力市場が拡大すると見られ、株主利益の拡大が迫られている電力会社にとっては、自らの投資を抑えつつこれに対応していく必要がある。一方で、電力市場の自由化が秩序立って進まなかったこ

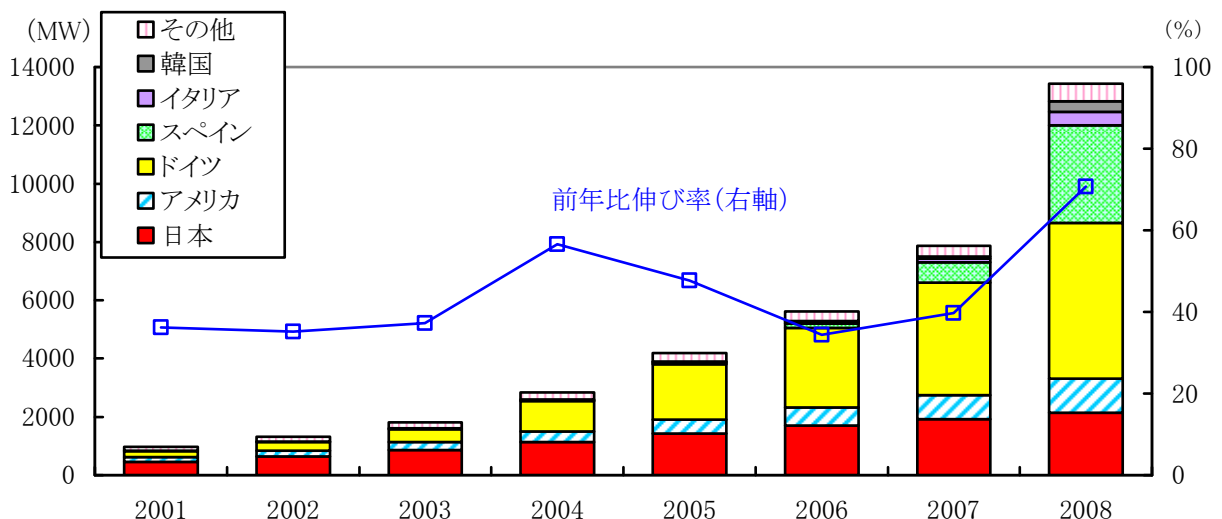
ともあり、広大な国土における送電網などへの投資が抑制され、停電が頻発するようになった。そのため、今後逼迫する需給に効果的に対処するために、家庭にスマートメーターを設置して電力需要を「見える化」し、時間帯別料金を導入して「電気料金の低減」を訴え、EMS⁹によってピークシフトを促すなど、供給側だけでなく需要側をコントロールすることにより、「設備投資の効率化」を達成しようというのである。

オバマ政権は、「グリーン・ニューディール」と題してスマートグリッドに政策的支援を動員しているが、「エネルギー安全保障」という動機も掲げるものの、雇用創出のために「新規産業の振興」を進める側面が強く、「地球温暖化対策」の優先順位は更に低い。また、そもそも電力会社の規模が小さく 3000 社も存在するため、市場全体として見れば寡占的ではなく、相対的に重電メーカーなどの独立性が高く、異業種からの関連市場への参入も難しくない。結果として、IT 企業など関連産業界が電力供給者に働きかける形で、ビジネス中心にスマートグリッドが盛り上がっているのが、「アメリカ型」の特徴である。

これに対して欧州では、「地球温暖化対策」と「エネルギー安全保障」の動機が圧倒的に強く、国民的合意の下に政府と電力供給者が一体となって、「再生可能エネルギー導入」を推進してきた。太陽電池の変換効率の上昇や風力発電の価格低減といった技術革新の影響もあり、近年再生可能エネルギーの導入が急増しているが(図表 3、4)、図表 5 の通り、欧州諸国の再生可能エネルギーの導入率は、概して高い。これが今後本格的に進めば、逆潮流によって系統制御に影響が出て、「電力の安定供給」との両立が難しくなる。その解決手段として、スマートグリッドが考えられている。

実際、世界で最も早く「スマートグリッド」という言葉を使い始めたのは、欧州であった。欧州委員会は、「再生可能・分散型エネルギー源の統合に関する国際会議」での議論に基づき、2005 年に The SmartGrids European Technology Platform という協議体を設立し、「2020 年以降を見据えた欧州の電力網に関するビジョン」の策定を進めている。

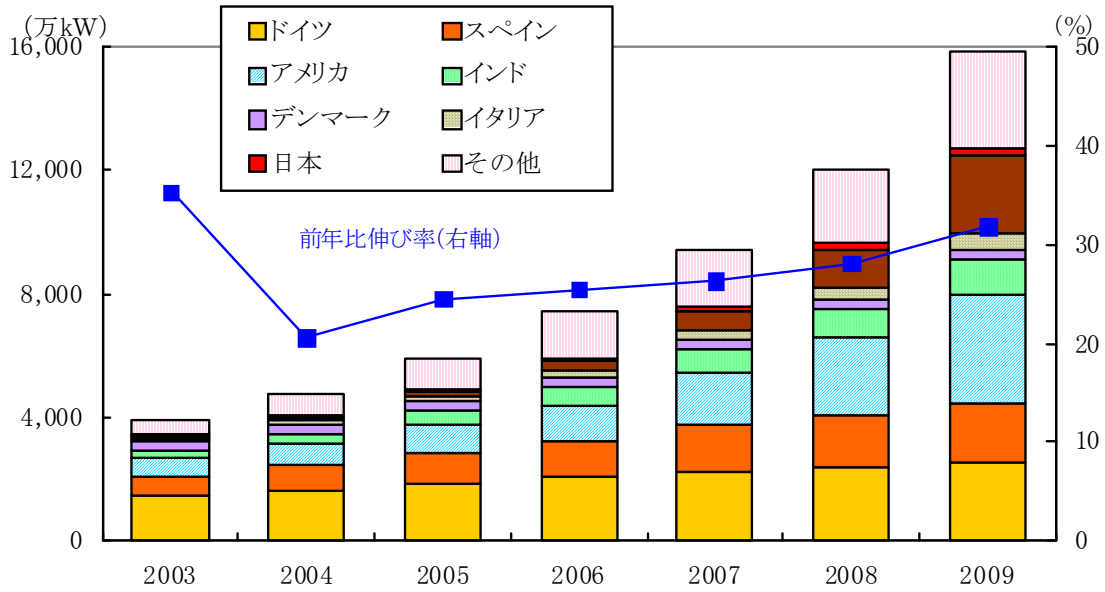
図表 3 世界の太陽光発電の累積設置容量



出典:IEA(2009)を基に筆者作成。

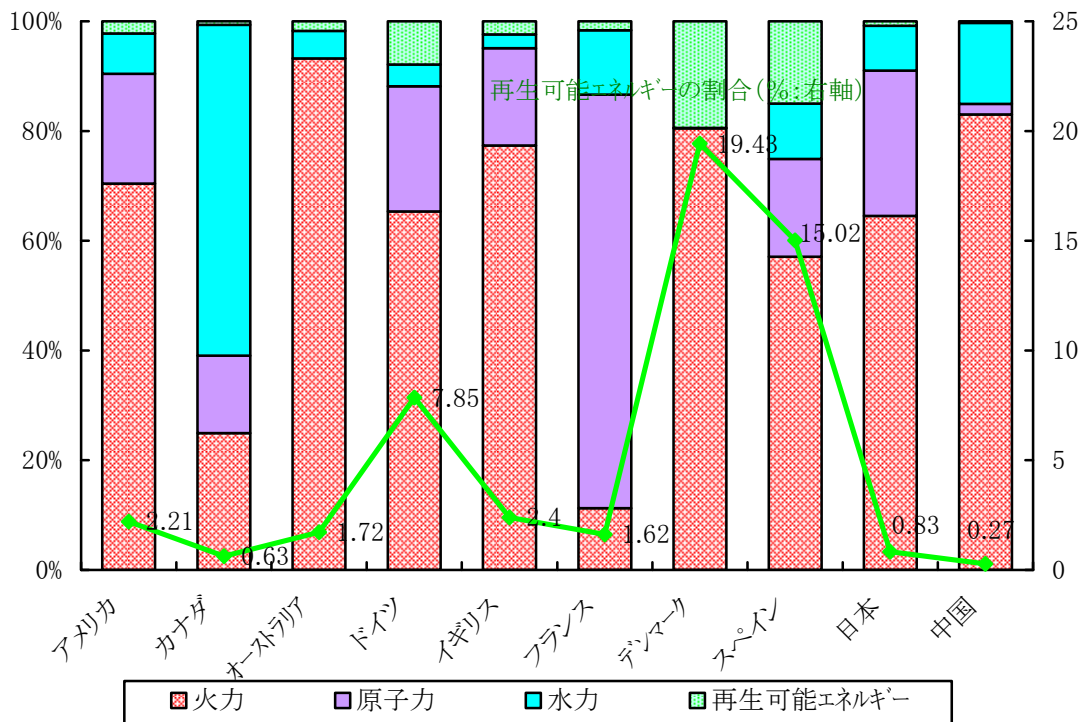
⁹ エネルギーマネジメントシステムの略。消費電力や CO2 排出量などを「見える化」し、家庭(HEMS)やビル(BEMS)、地域(CEMS)などの単位で、全体としてのエネルギー消費を効率化するよう促すサービス及びそのための情報システム。

図表 4: 世界の風力発電の導入量



出典: 経産省(2004-2010)を基に筆者作成。

図表 5 各国の電源ミックス(2009年時点、対発電量)



出典: IEA (2010)を基に筆者作成。中国のみ IEA ウェブサイトから 2007 年時点。

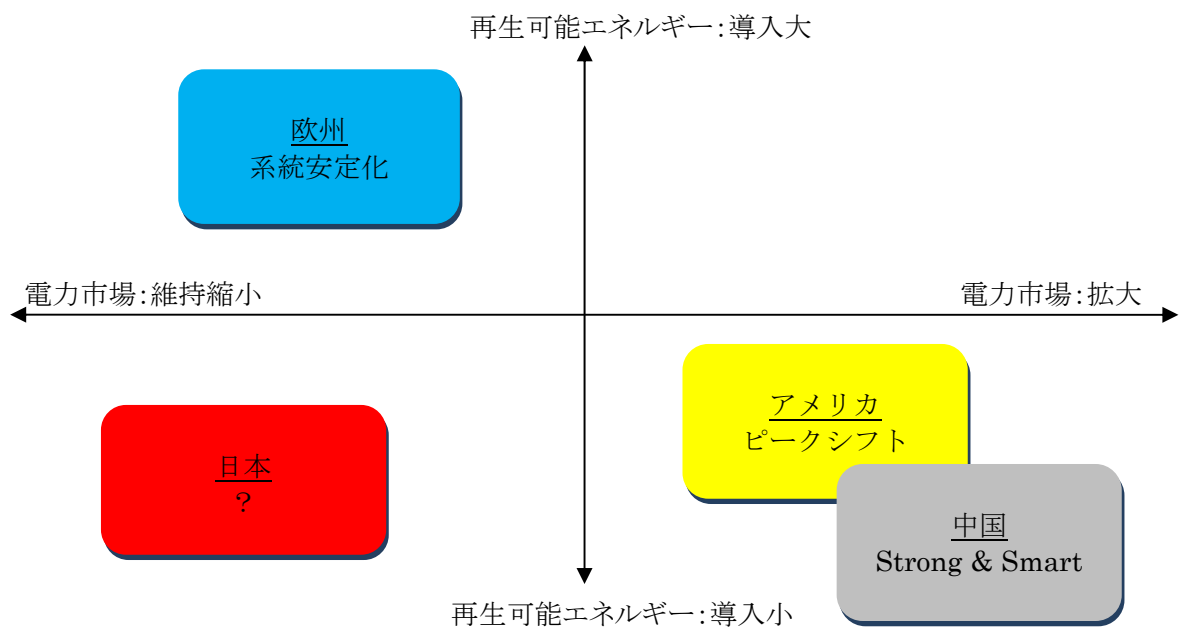
また、「再生可能エネルギー導入」と表裏一体の関係にあるのが、「エネルギー安全保障」である。ロシアによるガス供給停止問題は欧州諸国に衝撃を与えたとのことで、他国の化石燃料に頼るのではなく、自国の再生可能エネルギーを活用することにより、究極的にはエネルギーの自給自足を目指している。

そのため図表 2 の中で離れた位置にある関連産業界はアメリカほど盛り上がりはしていないし、電力需要者にとっての「電気料金の低減」は環境税などにより寧ろ反対方向に進んでいる。

中国は、国家政府の絶対的な指導力によって、複数の動機を強引に両立させようとしている。まずは、経済成長に伴い計画停電が必要なほど旺盛な電力需要に対して、発電設備や送電網を抜本的に拡充し、「電力の安定供給」を確立する必要がある。と同時に、国内では大気汚染が社会問題化しており、「地球温暖化対策」というより寧ろ国内対策として、「再生可能エネルギー導入」を進めつつある。また、ガソリン車から EV へと歴史的転換期に差し掛かっている自動車産業で、日米などの覇権を奪うことを国家として戦略的に考えており、「新規産業の振興」としての「EV 用インフラの構築」も精力的に進めるだろう。このため中国においてスマートグリッドを語る際には、「Strong & Smart」と表記されることが多い。これらの動機を同時に追求すれば、電力供給者の「設備投資の効率化」に反する可能性が高いが、その際には潤沢な国家予算を投入すれば良い。それが前述の 4 兆元の投資であり、2020 年までに「中国型」の「智脳電網」を完成させるという。

このような多様な取り組みを、簡明に類型化したのが図表 6 である。各国がスマートグリッドに取り組む前提条件として、電力市場が今後拡大するか縮小するか、再生可能エネルギーの導入量が現時点で大きいか小さいかで分類すると、4 つの象限が出来上がる。欧州は再生可能エネルギーの更なる導入が最大の動機であるため、第 2 象限に位置する。これに対してアメリカは、再生可能エネルギーの導入量が少なく、拡大する電力市場への対応という側面が強いため、第 4 象限に位置する。中国も同じ第 4 象限の更に隅の方に位置するが、共に今後再生可能エネルギーの普及率を高めるだろうから、第 1 象限に移動してくるだろう。

図表 6: スマートグリッドへの取り組みの類型



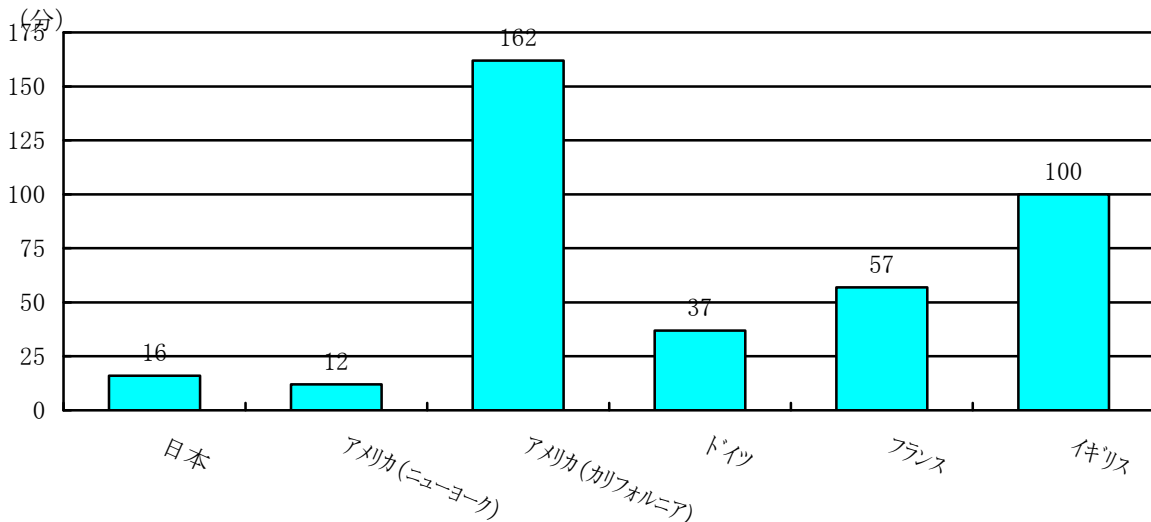
2.4 スマートグリッドに対して消極的な日本

これらに対して日本では、図表2のいずれの動機も強くないか既に達成されている。まず、アメリカや中国とは異なり、電力需要の拡大が望めないため、「設備投資の効率化」のために「スマートメーター/ピークシフト」に取り組む動機は弱い。次に、欧州ほどは「地球温暖化対策」に積極的ではなく、「再生可能エネルギー導入」は進んでいないため(図表5)、逆潮流の問題は顕在化していない。従って図表6の中で、「日本型」は第3象限に位置してしまい、取り組む動機が見当たらないことになってしまう。

その上日本では、地域独占・垂直統合型の電力システムが高い水準で完成されているため、電力会社にはこれに大きく手を加える誘因が働かず、スマートグリッドに対して前向きでないことが、特徴的である。そして日本の電力業界は、一般電気事業者を頂点として重電メーカーなどいわゆる電力ファミリー企業を包含する、閉鎖的な構造を持っているため、電力会社が否定するスマートグリッドに他企業が取り組むことは、極めて難しかった。そのため、欧米での盛り上がりが閾値を越える昨年後半まで、日本はスマートグリッドに消極的だったのであり、図表1はそれを裏付けている。

電力会社にも言い分はある。「電力の安定供給」という動機が絶対的であり、スマートグリッドはそれに反するというのだ。戦後の自民党政権下で「エネルギー安全保障」と言えば、化石燃料の対外依存を前提とした上で原子力の割合を高めることが、一貫した政策であった。電力会社もそれに共同歩調をとり、大規模電源や送電網への堅実な設備投資により、電気事業法が課す「電力の安定供給」義務を果たしてきた。実際、停電時間で見れば、日本の電力システムの安定性は世界有数と言われている(図表7)。だからこそ、不安定な電源を導入して「電力の安定供給」を脅かし、新たな対策費用がかかって「設備投資の効率化」にも反する「再生可能エネルギー導入」に対して、否定的だったのである。

図表7: お客さま1軒あたりの年間事故停電時間の国際比較

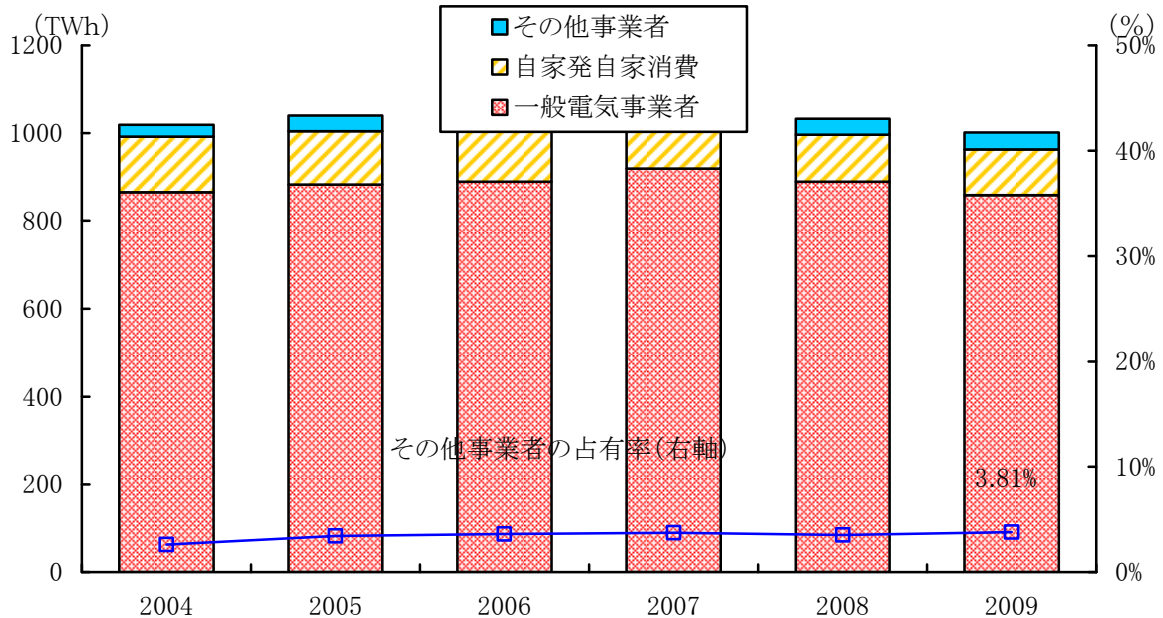


出典: 電気事業連合会(2009)。

日本でも1990年代に電力市場自由化の議論がなされたが、これは主として「電気料金の低減」を掲げて、図表2の動機の相互関係の再編を求めるものだった。しかし、「電気料金の低減」以外の説得力

のある動機や技術革新を伴うものではなかったため、自由化そのものが目的であるかのように議論が矮小化された面があり、アメリカでの失敗事例が注目を浴びるに及んで頓挫してしまったのである。最終的に、大口需要家向けなど自由取引の拡大が進められたが、一般電気事業者 10 社の市場シェアは極めて高く(図表 8)、実質的に垂直統合や地域独占は維持されたままである。

図表 8: 発電事業者別の発電量



出典: 経産省「総需要電力量速報」を基に筆者作成。

2.5 日本がスマートグリッドに取り組むべき動機

しかし現代のスマートグリッドは、単なる自由化論議の焼き直しではない。「地球温暖化対策」という大きな動機が顕在化すると共に、「再生可能エネルギー導入」の経済性が高まり、「エネルギー安全保障」の再考が迫られていること、ITの進歩によって「スマートメーター/ピークシフト」が容易になってきたこと、蓄電池の進化などにより自動車の電化が進み、「EV用インフラの構築」の現実味が高まってきたことに起因する。これらが「新規産業の振興」という動機から注目されているのが、いわゆるグリーン・イノベーションに当たる。各国はそれぞれの動機から、スマートグリッドに戦略的に取り組んでいるのである。

だとすれば、日本にとってもスマートグリッドに取り組む十分な動機があるのではないか。即ち、欧州と同様に「再生可能エネルギー導入」が、国民的合意の下に政府の明確な目標となり、そのために相反する「電力の安定供給」や「設備投資の効率化」との折り合いを、技術的・政策的に図っていくと共に、「新規産業の振興」も追求するのである。自民党政権は、「地球温暖化対策」に必ずしも積極的でなかったが、電力会社や鉄鋼会社の影響力が強い経団連との関係が親密であったことが、その一因と言われている。民主党政権に交代し、「温室効果ガスの25%削減」を国際公約し、2010年6月に発表された政府の「新成長戦略」においても、「再生可能エネルギー導入」が明記されている。民間企業に任せれば、経済合理性だけでは取り組みが進まないかもしれないが、政策的支援や税制・規制を動員して、

公共目的のためにイノベーションを追求することは、なんら珍しいことではない。

欧州では、次章以降で詳述する通り、EUとしても各国としても意欲的な目標を掲げ、後述するフィードインタリフ(固定価格買取制度)や環境税、風力発電の電力系統への優先接続など、包括的な政策対応によって、「再生可能エネルギー導入」を進めてきた。日本はそこまで徹底しなかったからこそ、現在の導入率は低い。その結果、日本の発電量の60%以上は化石燃料を電源とし、電力会社は国内の二酸化炭素排出量の34%を受け持つ、最大の排出者となっている¹⁰。第5章で改めて触れる通り、経産省は原子力発電に大きく依存して「地球温暖化対策」を進める方針のようだが、現時点で1%未満と極端に低い再生可能エネルギーによる電力(図表5)を、大幅に普及させる余地があるのではないか。即ち、図表6において、日本も第3象限から第2象限へ移動するのである。

日本も「再生可能エネルギー導入」を本格的に進めるのであれば、そのモデルとすべきは、同様の動機から先んじている「欧州型」であろう。スマートグリッドと言えば、スマートメーターなどで盛り上がっている「アメリカ型」が注目される傾向にある。しかし、日本と同様に電力市場自体の拡大は見込めず、一方で再生可能エネルギーの導入が進み、その背景に自由化された電力市場がある北欧こそ、日本が目指すべきモデルとなる。これが、本稿の最大の主張であり、その状況を理解することが次章の役割となる。

¹⁰ 環境省(2010)。

3. 北欧の電力システム:市場自由化と再生可能エネルギー

3.1 北欧の電力市場自由化政策¹¹

長らく世界中において、電力は自然独占性の高い公益事業の典型と見られてきた。そのサービスは誰にとっても必要で、莫大な設備投資が求められるネットワーク型産業であるため、自由競争になじまない。そのため電気事業者には法的に独占的地位を認め、一方で料金を認可制として安定供給義務を課すことが合理的である。現在でも日本では、一般電気事業者 10 社が民間企業ながら地域独占を認められ、発電から送電、配電までを統合的に管理し、家庭などの小口需要家は供給者を選ぶことができず、料金やサービス内容にも選択肢が殆どない。欧州でも 1980 年代までは同様の状況であったが、イギリスなどから始まった新自由主義の影響を受けて、電力にも自由化の波が押し寄せてきた。

北欧で自由化に先んじたのはノルウェーである。ノルウェーでも 1980 年代までは、垂直統合型の国営の電力会社 Statkraftverkene を中心とした、地域独占体制で運営されてきた。しかし、1990 年頃から自由化の議論が始められ、1991 年にエネルギー法が可決された。同法により、Statkraftverkene は送電会社の Statnett と発電会社の Statkraft に構造分離された。電力分野で競争を促進するには、ボトルネック設備である送電網を発電設備からアンバンドルすることが効果的であり、これにより発電分野に競争が導入されたのである。

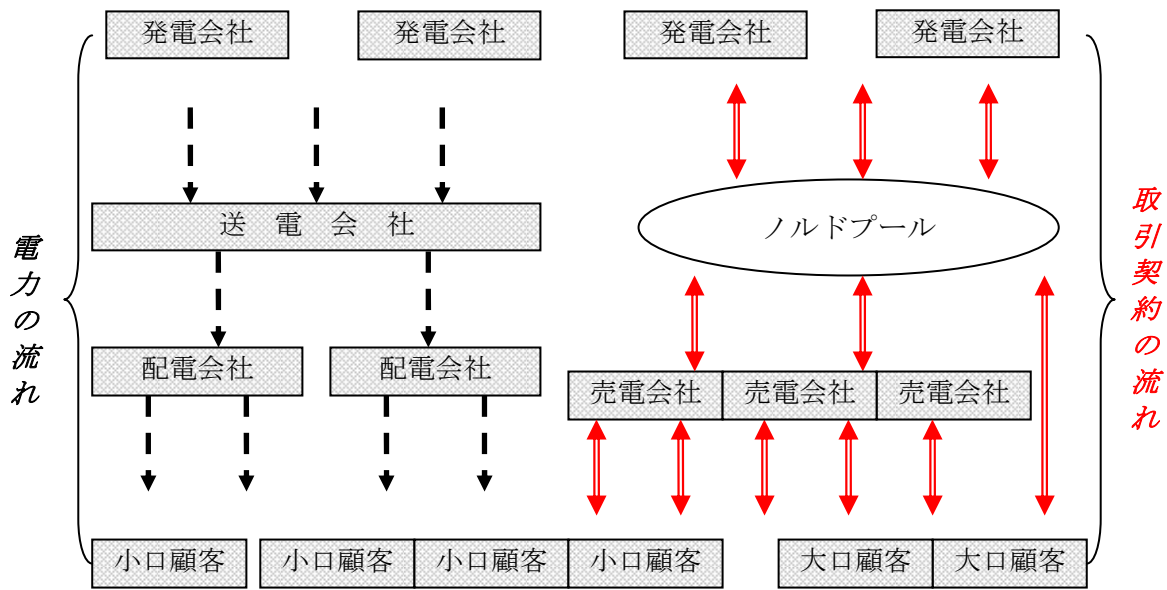
とはいえ、発電分野で Statkraft が独占的地位を占める状況には変わらない。そのため中小の発電会社との間で公正な競争を確保するために次に採られたのは、電力の取引市場の整備である。Statnett の子会社として、1993 年に Statnett Marked が設立され、発電会社と売電会社など需要家との間の取引が行なわれるようになった。1996 年には、ここにスウェーデンが加わることとなり、ノルドプール (Nord Pool) が設立され、国境を越えた電力の市場取引が始まった。その後、フィンランドとデンマークもノルドプールに参加し、2000 年に 4 カ国の電力市場は統合された。その結果、現在の年間取引量は約 2800 億 kWh に達し、世界最大の規模を誇っている¹²。ノルドプールの株式は、ノルウェーとスウェーデンの送電会社が 30% ずつ、デンマークとフィンランドの送電会社が 20% ずつ保有している。

図表 9 は、北欧の電力システムを筆者が概念的に示したものである。送電・配電分野が公的独占を保障され、発電・売電分野からアンバンドルされている結果、物理的な電力の流れ(左側)と取引契約の流れ(右側)とが、明確に分離されていることが理解して頂けるだろう。送電・配電分野は競争が働かないため、公的規制の下で開放的なインフラとして位置づけられ、法定の送電料金によって賄われる。一方の発電・売電分野では、市場原理に基づいて自由に取引契約がなされ、電力料金は競争的に決定されるのである。

¹¹ ノルウェーなどの電力市場自由化政策に関する本章の叙述については、Statnett のウェブサイトを参考にした。

¹² NordPool ASA (2009)。

図表 9: 北欧の電力システムの概念図



このように、北欧における電力自由化の取り組みは、政府の確固たる方針と公社である送電会社や関係国間の緊密な連携の下に、公益事業の規制改革の教科書通りに秩序立てて進められた。その結果、自由化による供給の不安定化などアメリカで見られたような問題は生じておらず、各国の電力関係者に聞いたところでは、供給者及び需要者の電力システムへの信頼は高く、自由化を見直すという話は全く出ていないという。

3.2 デンマークの風力発電普及政策¹³

図表 5 の通り、欧州では全般的に再生可能エネルギーの導入が進んでいる。欧州は以前から環境保護に熱心に取り組んでおり、2008 年に欧州委員会が「20-20-20」目標と呼ばれる気候エネルギー政策パッケージを提案し、温室効果ガスを 2020 年までに 1990 年比で 20% 削減すること、このために最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合を 20% にすること、1 次エネルギーの利用効率を 20% 改善することを域内全体の目標とした。図表 10 は、各国が設定した再生可能エネルギーの導入目標の一覧であるが、欧州諸国が「20-20-20」を実現すべく意欲的なことが分かる。

これらの中でも、現時点で最も再生可能エネルギーの導入が進んでいるのが、北欧のデンマークである。デンマークでは、1970 年代の石油危機以降、国を挙げて再生可能エネルギーの利用に積極的に取り組むようになった。ノルウェーでは北海油田から原油や天然ガスが豊富に供給され、スウェーデンでは水力発電によって電力の約半分が賄われているのと比較すれば、デンマークは化石燃料を殆ど持たない上、平坦な土地のために水力発電にも期待できなかった。そこで注目したのが、北海から吹き付ける強い風である。図表 11 の通り、1990 年代以降にデンマークでは風力発電が飛躍的に普及し、国内の

¹³ デンマークの風力発電普及政策に関する本章の叙述については、Danish Energy Agency (2009)を参考にした。

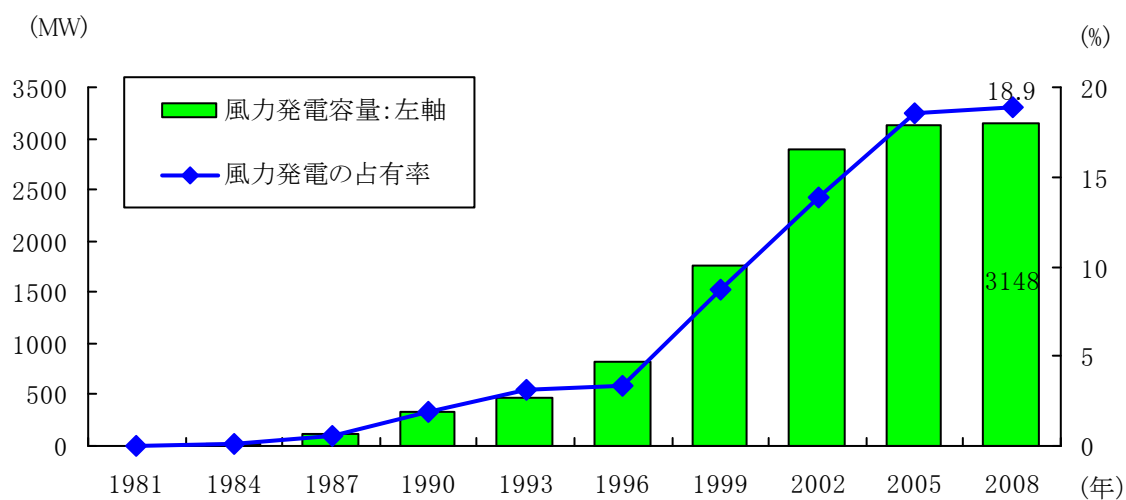
電力供給に占める割合は2割近くにまで達している。

図表 10: 各国の再生可能エネルギーの導入目標

政府	目標割合	定義	目標年	出典
EU	20%	最終エネルギー消費	2020	An Energy Policy for Europe, 2007
ドイツ	18-19%	最終エネルギー消費	2020	Renewable Energy Act, 2009
	35%	発電電力量		
イギリス	15%	最終エネルギー消費	2020	The UK Renewable Energy Strategy, 2009
	30%	発電電力量		
スウェーデン	50%	最終エネルギー消費(水力含む)	2020	A sustainable energy and climate policy, 2009
デンマーク	35%	最終エネルギー消費	2025	A Visionary Danish Energy Policy 2025, 2007
アメリカ	25%	発電電力量	2025	New Energy for America, 2008
日本	5.6%	一次エネルギー供給	2020	長期エネルギー需給見通し(再計算)、2009年、最大導入ケース
	5.8%	発電電力量		

出典: 各国政府ウェブサイトを基に筆者作成。

図表 11: デンマークの風力発電の設備容量と国内電力供給における占有率

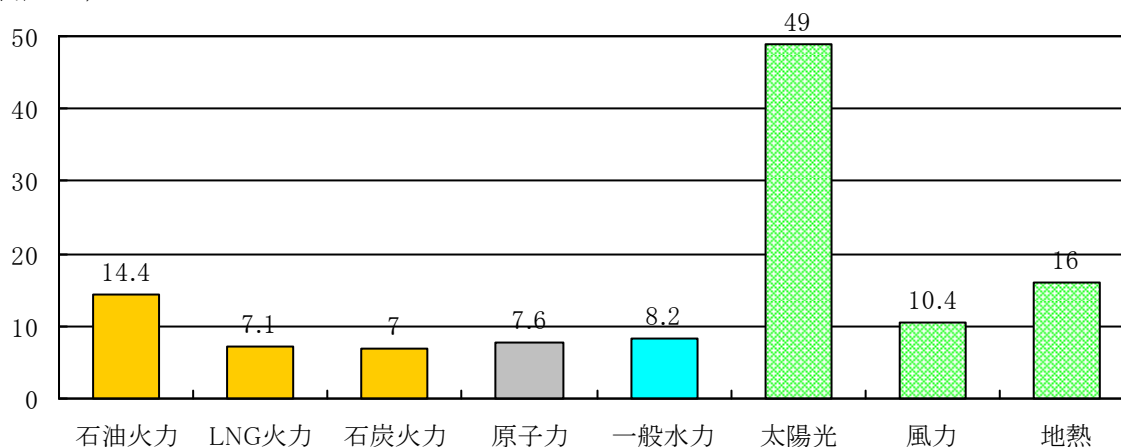


出典: Danish Energy Agency (2008) を基に筆者作成。

風力や太陽光といった再生可能エネルギーの普及が、近年まで進まなかった主たる理由は、発電コストが高いことにある。図表 12 の通り、原子力発電や火力発電と比べて、再生可能エネルギーによる発電は経済性が低い。図表 2 に即していえば、「地球温暖化対策」になりつつ「エネルギー安全保障」にも貢献するものの、「電気料金の低減」に反するため、そのままでは市場ベースの取引に馴染まない。

図表 12: 電源別の発電コスト

(円/kWh)



出典:再生可能エネルギーは総合資源エネルギー調査会(2009)、その他は電気事業者連合会(2004)。

このためデンマークでは、風力による電力に対して様々な財政的支援を施している。例えば、フィードインタリフとして、市場価格に対してDKK0.1/kWh¹⁴を上乗せすることが20年間保証されており、また系統接続に際して必要になるバランス費用の補助として、DKK0.023/kWhが支払われる。その他、古く小規模な風力タービンの取替えに対してDKK0.08/kWhの価格補填がなされる、政府入札によるオフショア風力発電に対して価格補填が追加される、家庭用風力発電に対してDKK0.6/kWhの固定価格での買い取りが保証されているなど、公共政策的要因から「下駄を履かせる」ことにより、コスト高の風力発電でも他の火力発電などに対抗して市場取引が可能になっている。

風力発電の普及を妨げてきたもう1つの理由は、系統接続である。商用のウィンドファームを建設する事業者にとっては、風力発電が送電網に接続されなければビジネスにならない。しかし送電網を保有する電力会社が発電設備も保有している場合、競合する発電事業者を容易に接続させることは、敵に塩を送ることになる。これは競争政策上の大きな問題であり、発電から送電・配電までを垂直統合的に運営する電力会社を構造分割する論拠となる。このためデンマークでも、1999年に送電網を発電部門からアンバンドルして、国営の送電会社である Energinet.dk を設立した上で、風力発電の優先接続を義務付けた。

これら以外にも、デンマーク政府は様々な政策を多面的に動員した。風力発電の建設に当たっては、景観上の損害や騒音の被害のために地元住民から反対の声が上がるのが珍しくない。そのため事業者に対して、建設前に地元住民を集めた説明会を行なうことを義務付け、不動産価値の損失について、気候エネルギー省の責任で査定を行なう制度を設けたり、その風力発電事業に地元住民が投資家として参画できるよう義務付けたり、地方自治体の景観向上プロジェクトに政府が資金援助したりするなど、行政が事業者と地元住民との調整役を担ってきた。また風力発電の建設に当たっては、環境計画庁、

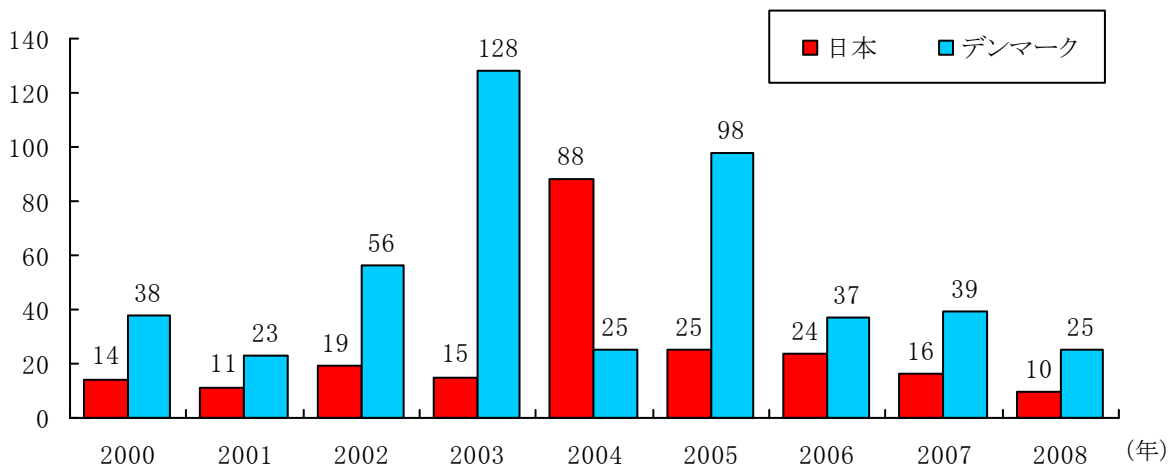
¹⁴ 1デンマーククローネ(DKK)は約15円。

海運局、防衛省など、複数の役所に出向いて申請書などを提出する必要があったが、これら行政事務の窓口を気候エネルギー省へ一本化する、いわゆるワンストップ・サービス化を実現した。

このような多様な政策的支援と国民的合意に基づき、デンマークでは 2 割近い電力が風力によって賄えるようになった。そしてその結果、世界最高水準にある日本ほどではないものの、特段停電が多く「電力の安定供給」が損なわれているという状況にはない(図表 13)。今後 2020 年に向けて、更に 5 割の導入を目指すという。

図表 13: 日本とデンマークの年間停電時間

(分)



出典: 日本は電気事業連合会(2009)、デンマークは Danish Energy Association(2008)を基に筆者作成。

3.3 系統安定化対策としての電力自由市場

デンマークでは、「再生可能エネルギー導入」が大きく進んだ結果、不安定な分散型電源からの逆潮流により、「電力の安定供給」を維持することが困難になってきた。この問題が、送電網を保有する電力会社が再生可能エネルギーの系統接続に難色を示す、もう1つの理由である。

風力のように、発電量の予測や制御が難しい電源が系統接続されている場合には、これに合わせて他の電源を柔軟に変動させられれば、供給量全体を調整して需要に合わせる事ができる。日本では、比較的自由に制御できる調整電源として、主として石油火力が使われている。これに原子力といったベース電源も加えて、長期的な視点から安定供給の計画を立て、日々需要と供給を一致させているのが、一般電気事業者と呼ばれる 10 の電力会社である。

これら電力会社が、計画経済のように発電から送電、配電まで含めて集中管理することで、日本の電力システムは維持されてきた。その結果、図表 8 の通り、日本の電力市場は一般電気事業者が独占的に支配しているのである。2004 年には日本卸電力取引所も設立されたが、その年間取引量は 3.55GWh¹⁵、即ち全取引量の 0.36%に過ぎない。日本の電力取引の圧倒的多数は、10 電力会社が関与

¹⁵ 日本卸電力取引所ウェブサイト。

する相対取引であり、需給調整は市場ではなく独占的事業者が責任を持って行っているのである。

北欧の電力システムはこれとは対照的である。前述の通り、北欧4カ国の電力市場は統合され、ノルドプールにおいて、日々多数の需要者と供給者の入札によって電力が取引されている¹⁶。取引価格は需要と供給によって決まるため、毎日時間帯に応じて変動する。需要者は価格が高ければ需要量を減らすこともあるし、供給者は需要が少なければ発電時間を抑制することもある。換言すれば、北欧では電力の需給調整が市場メカニズムに委ねられており、独占的事業者がシステム全体の需要を監視し、供給計画を立て、政府が電気料金を法定するわけではない。自由化された電力市場が、需要と供給を分散的に最適化する役割を担っているのであり、風力発電による供給の変動もその中で処理されている。

日本人から見れば、そのような市場に委ねたシステムが安定的に維持できるのか不安に感じられるだろう。それを北欧の電力関係者に聞くと、「神の見えざる手」に委ねるからこそ需要と供給の最適化が効率的になされていると、口をそろえる。確かに風力発電の純粋なコストは高いが(図表11)、これにフィードインタリフや環境税といった政策的支援が加えられることにより、異なる発電手段の間での競争が可能になり、あとは市場を通して最適な資源配分が決定される。

また電力料金の変動については、ノルドプールにはスポット市場以外に金融市場があり、ここでは先物取引が可能のため、大口需要者はリスクヘッジが可能であること、小口需要者は売電会社と売買契約を結んでいるため、スポット価格の変動がすぐには電気料金に及ばないなど、制度的に緩和措置が講じられている。その結果、ノルドプールの取引量は北欧全体の市場規模の70%以上に達し¹⁷、需給両面の関係者の高い信頼が表れる結果となっている。このように、電力自由市場は系統安定化の重要な対策となっているのである。

3.4 系統安定化対策としての国際連系

図表 14: 北欧4カ国の電源構成

(発電量:TWh)	ノルウェー	スウェーデン	デンマーク	フィンランド	北欧合計(%)
水力	135	68.4	0	16.9	220.3(56.0)
原子力	0	61.3	0	22	83.3(21.2)
火力	1.5	14.3	26.7	34.9	77.4(19.7)
再生可能エネルギー	0.9	2	9.5	0.2	12.6(3.2)
合計	137	146	36.4	74	393.4(100)

出典: 各国政府ウェブサイトを基に筆者作成。

需給調整の観点から電力自由市場と対をなすのが、国際連系による国境を越えた電力取引である。

¹⁶ 正確に言えば、電力のスポット取引はノルドプールのスポット市場において、需要者と供給者の間で前日に行われる。当日の需給の若干の過不足については、送電会社が運営するバランシング市場において行われる。

¹⁷ Nord Pool ASA(2009)。

デンマークの不安定な風力発電に対する調整電源の役割を果たしているのが、ノルウェーやスウェーデンの豊富な水力発電なのである。これらの水力発電には貯水式が多いため、水量の制御を通じて発電する時間帯や量を柔軟に変えられる。図表 14 の通り、デンマークだけでは 20%に達する再生可能エネルギーも、4カ国全体では3.2%にまで低下する。1国だけでは吸収しきれない不安定な電源を、4カ国の統合市場を通して均すところに、大きな知恵がある。

これは、単に不安定な風力発電を他国の水力発電に結びつけることを言っているだけではない。市場は大きければ大きいほど需給を一致させることは容易になるという、市場メカニズムの基礎をも体現している。これは、東京都内で生鮮野菜の需給を一致させることは不可能に近いが、日本全国であれば何とかできるということだ。一方で、公共経済学の伝統的な理論では、自然独占性の高い電力市場では市場メカニズムが働かず、だからこそ法定独占や認可料金が容認されることになる。これに対しては、1980年代以降に世界的に公益事業の自由化が進められてきたわけだが、北欧はその中でも市場自由化が最も上手くいっている成功例と言えよう。電力分野でも市場メカニズムは働くのである。

勿論、それを実現するには多大な努力や幸運な条件が揃っていたことも事実である。まず、閉鎖的だった国内市場を自由化し、海外に対して門戸を開放するのは、非常に難しい政治的決断であったはずだ。各国政府は地道に国民的合意を積み上げ、国際連系線を相互接続・拡充してきたのである。また、調整電源として有効な水力発電が豊富にあったのは、地形と歴史による偶然の賜物であるし、4カ国の電力システムや法体系が比較的類似していたことが、統合をやりやすくしたという。

その結果、デンマークは風力発電からの不安定で高価だがクリーンな電力を供給し、ノルウェーやスウェーデンの水力発電が柔軟にその補完を行うという、市場メカニズムを活用した需給調整が日々行われるようになった。実際、デンマークは全発電量の 32.9%を輸出し、全消費量の 35.6%を輸入している¹⁸。北欧では自由市場が国境を越えて機能し、日本では考えられない電力の輸出入ができるからこそ、不安定な分散型電源からの供給を吸収し、再生可能エネルギーの導入が進んでいるのである。

¹⁸ Nordel(2008)。

4. 北欧が考えるスマートグリッド

4.1 更なる系統安定化対策としての需要者の能動化

前章で説明したように、北欧では「再生可能エネルギーの導入」を市場メカニズムの活用という手段で積極的に進めてきた。高コストな再生可能エネルギーにも、クリーンである点を加味して適正な価格を付けた上で、国境をまたいだ広大な市場で自由に取引させることにより、価格シグナルに応じて需要と供給を分散的に調整し、結果として不安定さも吸収できるのである。

一方で、このような手法で際限なく再生可能エネルギーを導入できるわけではない。今後デンマーク以外の国も風力発電などを導入していくにつれて、供給側の調整力は不足してくる。水力発電を増強することは1つの解になるが、水力発電大国のノルウェーやスウェーデンでも、これ以上の大規模ダムを建設することは、自然環境保護上困難だという。ここで満を持して登場するのが、スマートグリッドである。即ち、需要者に情報を与えて能動化することにより、需給調整に協力してもらうのである。

実は、ノルドプールのような世界最大の電力自由市場でも、末端の需要者にまで十分な情報が与えられているわけではない。例えばガソリンの売買などでは、需要者にも供給者にもある程度の情報が与えられ、市場メカニズムに基づいて取引が行われていると行うことができよう。ドライバーは1円でも安くガソリンを買うためにガソリンスタンドを選ぶし、ガソリンスタンドはそれを見越して頻繁に店頭価格を変化させ、その結果、適正な需要と供給に落ち着く。しかし電力ではどうか？供給者は供給コストや需要者の動向などについての情報を保有しているが、家庭などの小規模需要者には十分な情報が与えられていない。現在の電力の課金方法とは、実際の需要の1ヵ月後に月額料金として一括して請求されるため、一体いつどこでどの程度の電力を消費したのかが分からない。しかも多くの場合フラットレートが採用されているため、家庭にはピークシフトの誘因が働かない。得をしなければ、需要者は自らの消費行動を変えようとは思わないのである。

そこで出てくるのが、スマートメーターによる「見える化」であり、時間帯別料金の採用によるピークシフトである。これまで電力分野では需要の制御が不可能との前提に立っていたが、供給が不安定化するのであれば、それを需要の対応によって調整する。そのためにITを活用して十分な情報を与え、と同時に適切な誘因を与えようというのである。更に、EVも柔軟な需要として期待されている。風が強くて供給過剰となる場合には、EVの電池を効果的に活用して蓄電するのである。これが、「欧州型」のスマートグリッドである。

4.2 北欧のスマートグリッド実証実験

「欧州型」スマートグリッドを実現するために、欧州では多数の実証実験が行われている。その特徴は、「地球温暖化対策」、特に「再生可能エネルギー導入」への対策に重点が置かれている点にある。

当然デンマークはこのような実証実験に積極的である。バルト海に浮かぶボーンホルム島では、送電会社 Energinet.dk を中心として、IBM やシーメンスも参加したエコグリッド・プロジェクトが行われており、

発電量の50%を風力など再生可能エネルギーで賄うことを目指し、逆潮流対策を進めている。また同島では、デンマーク最大の発電会社であるDONG Energyを中心として、やはりIBMなどが参加し、風力発電とEVの接続をシミュレーションするEDISONプロジェクトも進められている。

スウェーデンでは、首都ストックホルムのRoyal Seaportにおいて、電力会社のFortumや重電メーカーのABBが王立工科大学と連携して、2010年10月からスマートグリッドの実証実験を開始した。ここでは、旧石油備蓄基地の再開発に当たり、太陽光や風力による分散型発電の導入、蓄電池としてのEVの活用、スマートホームやデマンドレスポンスの実施、港湾施設の電氣化など、環境技術を総動員して2030年までに化石燃料の使用をゼロにすることを目指している。またスウェーデンでは、既に全世帯に通信機能が付いたスマートメーターが設置されているものの、現在は時間単位の計測は行われておらず、「見える化」は翌月の料金徴収時に限られている。今後はこのインフラを活用し、リアルタイムで「見える化」し、時間帯別料金を採用するなど、スマートグリッド化を進めていくという。その際に、既に自由化されている電力市場が親和的であることは言うまでもない。

このように北欧各国はスマートグリッドに積極的に取り組んでいるが、近年から始まったものが多く、実は他国と比べて特段進んでいたり、大きな成果を出したりしているわけではない。スマートグリッドの歴史は浅く、アメリカや中国、日本も含めて、各国がスマートグリッドの実現に向けて、そのノウハウの獲得や技術の開発にしのぎを削っている段階なのである。

5. 日本のスマートグリッドの展望

5.1 北欧からの教訓

北欧の電力システムやスマートグリッドへの取り組みから、日本にとってどのような教訓が導き出せるだろうか？第1に、電力分野でも市場メカニズムは働くのであり、自由化を進めることにより、需要と供給を効率的に最適化できるということだ。送電網のアンバンドルなど一定の枠組みに則って秩序立てて自由化を進め、成功を収めている北欧の事例は、電力自由化に対して慎重な日本にとって参考になるだろう。

第2に、電力分野でも市場は大きければ大きいほど調整機能が増すのであり、国際連系には大きな意義があるということである。これには2つの意味があり、まず不安定な再生可能エネルギーの普及という観点からは、調整電源としての水力発電によって国境を越えて補完できる。その上で仮に全く電源ミックスが同じ国同士であったとしても、発電や需要には時間的ばらつきがあるため、全体としてのパイが広がれば需給調整が容易になる。「再生可能エネルギー導入」の結果、不安定な電源が増加し、「電力の安定供給」に悪影響を与えるとすれば、これら2つの電力自由化政策は、その軽減に寄与するのである。

第3に、このような自由で開放的な電力市場は、スマートグリッドが志向するものと親和性が高いと言える。スマートグリッドが、多様な供給者と需要者に十分な情報を与えることにより、電力の需給の最適化に向けて自律的な行動を期待するものだとするれば、それはまさに自由市場を前提としている。換言すれば、取引の自由や価格変動がない状況下では、スマートグリッドは実現しないはずである。私はこれを、「自律分散・開放型」の電力システムと呼んでいるが、北欧はその前提条件が揃っていることになる。

これとは対照的に、第2章で説明した通り、日本の電力市場では自由化がほとんど進んでおらず、ましてや国際連系などしていない。そこでは、需要と供給の調整を「神の見えざる手」に委ね、市場を外にも開いて拡大するという発想はない。寧ろ国内を10地域に分断し、それぞれに絶対的管理者を置く方が、システムの安定化に繋がると考えられており、それを裏付ける停電時間の短さという成果を出してきた(図表7)。このような電力システムを「中央管理・閉鎖型」と呼ぶとすれば、日本はこの領域で世界最高水準に達していると言える。だとすれば、日本の電力システムはスマートグリッドと設計思想が根本的に異なり、だからこそ電力会社は現在でもスマートグリッドを肯定していないのだ。

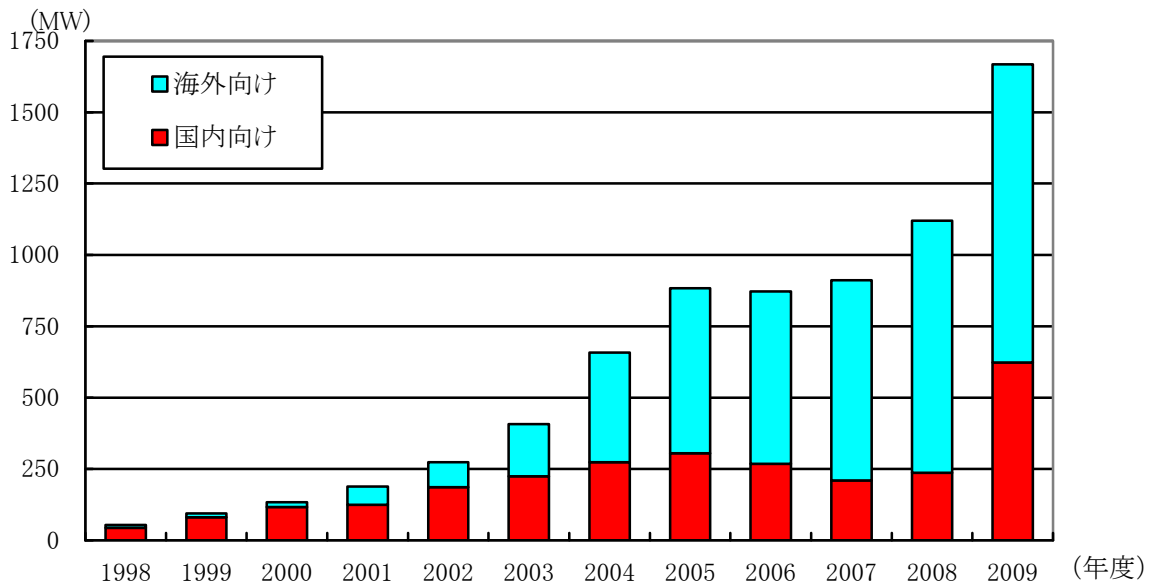
5.2 家庭用太陽光発電と「日本型」スマートグリッド

一方で、第1章で言及した通り、日本でも2010年に入ってからスマートグリッドへの取り組みが盛り上がり上がってきた。これは、筆者が指摘する、日本の電力会社がスマートグリッドに消極的という主張を覆す新たな動きなのだろうか？

確かに、日本でもスマートグリッドへの取り組みが加速しているが、経産省と電力会社が考えているのは、家庭用の太陽光発電に対応するための電力網である。日本でも、2009年11月から「余剰買取」と

いう限定的なフィードインタリフ¹⁹を導入したことにより、家庭用の太陽光発電が急速に普及しつつある。2005 年度に政府が補助金を廃止して以来、日本の太陽電池メーカーは市場を海外に頼るしかなくなる一方で、欧米や中国の新興メーカーとの投資競争に勝てなくなり、世界シェアを落としていた。しかし、2009 年度の国内向け出荷量は 2008 年度の 2.6 倍と急増した(図表 15)。国内向けの約 9 割が住宅用であることから、家庭用に限定されたフィードインタリフの効果が出ていることが伺える。その結果、日本では配電網の先にある家庭において分散型発電が大量になされ、「電力の安定供給」を脅かしかねない状況になってきたのである。

図表 15: 日本の太陽電池出荷量



出典:太陽光発電協会ウェブサイトを基に筆者作成。

この逆流対策として経産省が考えた処方箋は、家庭に蓄電池を設置して電力を出来る限り自給自足してもらうことである。2010年6月に発表された「エネルギー基本計画」から引用すれば、「系統安定化対策」として、「蓄電池技術の開発支援・導入支援」を行い、更にゴールデンウィーク中など家庭内で消費しきれない場合には、「太陽光発電の出力抑制」を行うという。既存の送電網は完成されているため基本的に手を加えず、変化が起きている家庭に限定して局所的に需要と供給を一致させ、電力システム本体への影響を最小化するというのだ。その上で、同じ時期に発表された前述の「新成長戦略」に明記された、フィードインタリフの「全量買取」については、家庭用太陽光発電には適用しないことで落ち着く見込みだ²⁰。

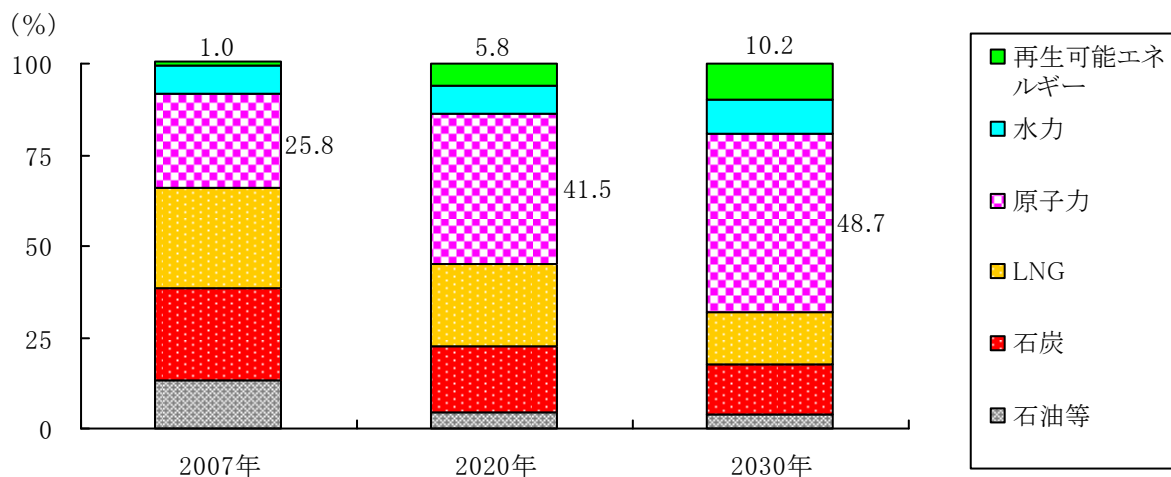
¹⁹ 2009年11月から始まった日本のフィードインタリフは、再生可能エネルギーの中で家庭用の太陽光発電のみを対象とし、家庭内で消費した後の余剰電力を、電力会社が家庭向け料金の2倍の固定価格で買い取る制度である。「新成長戦略」では、この対象を太陽光以外、家庭用以外、そして余剰だけでなく全量の買い取りに広げることが明記され、その後具体策が経産省で議論されてきた。

²⁰ 総合資源エネルギー調査会・新エネルギー部会・電気事業分科会・買取制度小委員会「再生可能エネルギーの全量買取制度における詳細制度設計について」2010年12月22日。

一方で再生可能エネルギーの普及を標榜しながら、他方で引き続き余剰のみに対象を限定して出力抑制まで行うのは、矛盾していると思われるだろう。更に家庭に1台数十万円の蓄電池の設置を求めれば、太陽光発電の普及に水を差すことは間違いない。だからと言って、家庭からの逆潮流を無制限に受け入れ、その対策費用を売上が減少する電力会社に負わせるのは、確かに酷な話である。例えば経産省の研究会では、「再生可能エネルギーの大量導入に伴う系統安定化対策コスト」として、出力抑制をせずに主として蓄電池で対応する場合には、系統側に設置すれば16兆円、需要家側に設置すれば実に50兆円という膨大な費用がかかると試算されている²¹。経産省としては、民主党政権になって優先順位が高まった「地球温暖化対策」といった動機と、「電力の安定供給」や電力会社の「設備投資の効率化」との両立を目指したギリギリの解が、このような「日本型」スマートグリッドなのである。

図表10の通り、日本の再生可能エネルギーの導入目標は欧州と比べればはるかに低い。今後の電源構成を詳しく見ると、火力発電の割合を急速に減らす一方で、原子力発電の割合を大きくすることとしている(図表16)。分散型電源による逆潮流といっても、日本では家庭用の太陽光発電だけが問題なのである。そして原子力のような大規模発電を増加させることは、中央管理の観点からは望ましい。即ち、政府の「地球温暖化対策」とは、「再生可能エネルギー導入」よりも「原子力発電導入」に依存しているのであり、「日本型」スマートグリッドとは、あくまで中央管理・閉鎖型の電力システムの延長線上にある。

図表16: 今後の電源構成の推移(発電量ベース)



出典: 資源エネルギー庁「長期エネルギー需給見通し(再計算)」を基に、筆者作成。2020年と2030年は最大導入ケース。「新エネルギー等」と「地熱」の合計を「再生可能エネルギー」と読み替えた。

5.3 「日本型」スマートグリッドのガラパゴス化

原子力発電が安全性などの面から適切かどうかを、本稿で議論する積もりは毛頭ない。それは環境保護主義者や原子力技術の専門家にお任せするとして、ここで問うべきは、中央管理・閉鎖型の「日本

²¹ 次世代送配電ネットワーク研究会「再生可能エネルギーの大量導入に伴う系統安定化対策コストについて」2010年3月3日。尚、出力抑制を効果的に行えば、対策コストは2兆円程度で済むという。

型」スマートグリッドと、自律分散・開放型の「欧州型」スマートグリッドの、いずれが優れているかである。日本は、本来のスマートグリッドが志向するものを目指す必要はないのだろうか？

確かに、中央管理・閉鎖型の電力網を自律分散・開放型へと抜本的に改革するとなれば、大きなコストが伴う。日本には固有の事情や電力システムの歴史があるのだから、完成度が高い送電網など全体システムには手を加えないのが、最も安上がりでかつ「電力の安定供給」も満たせるというのが、前述の経産省の立場である。スマートグリッドの定義はともかく、「日本型」が一番優れているのであれば、劣っている方に擦り寄る必要はない。

しかし、不安定な電力は1つ1つを個別に扱えばより不安定なのであり、それらを足し合わせれば不安定さは緩和されるというのが、北欧の取り組みからの教訓であった。スマートグリッドにおいて蓄電池が1つの重要な解であることは間違いないが、それを連動させずにまさに分散的に活用することは、大きな非効率を生み出すのではなかろうか？更に、各家庭にばら撒ける水準まで蓄電池の価格が下がるには、少なくとも10年以上の歳月が必要だろう。これでは、電力会社の「設備投資の効率化」は達成されるかもしれないが、需要者も含めたシステム全体として本当にコストが最適化されるのだろうか？

仮に「日本型」スマートグリッドが、システム全体としても効率的だったとしよう。政府が家庭の蓄電池に対して補助金を出せば、家庭も受け入れてくれるだろう。その総額が、システム全体を自律分散・開放型に抜本改革するコストより安ければ、日本としてはお得になる。しかしそれは、確実に海外に輸出できない代物になってしまうだろう。何故ならば、太陽光発電が家庭用として大規模に普及している国は、日本しか見当たらないからである。ドイツやスペインで急速に普及している太陽光発電は、多くが商用である。配電網の先だけでなく、送電網のいたるところから分散型電源の電力が流入するからこそ、市場を中心に据えた包括的な対策が必要となっているのであり、それが「欧州型」のスマートグリッドである。

北欧の政策担当者や電力会社の方に、「日本型」スマートグリッドについて説明したところ、高価な蓄電池を需給調整に活用することは現時点では考えていない、それよりも市場メカニズムを活用する方がずっと効率的であるとの答えだった。国際連系も含めてシステム全体の柔軟性によって不安定な電源を吸収するというのが、「欧州型」の基本姿勢である。中央管理・閉鎖型のシステムを基本として、不安定な太陽光発電を家庭内に封じ込めて自給自足を強いる「日本型」とは、大きく異なる。

にも関わらず、このまま「日本型」の開発を進めれば、いわゆる「ガラパゴス化」に行き当たる²²。これまで、欧州などを除けば電力システムは基本的に国内に閉じたものだったのであり、関連機器も国産メーカーによる特注品ということが多かった。だからこそ、各国でその基本設計が異なっても問題はなかったが、自律分散・開放型の電力システムの時代には、必ずやそのネットワークは世界中でつながり、関連機器やサービスの市場はグローバル化する。現時点では高い競争力を誇る日本の重電メーカーや太陽光発電メーカーは、特殊な国内市場に関わっているうちに国際標準化に出遅れ、世界のスマートグリッド市場において競争力を失ってしまうのではないか。

²² 外界から隔離されたガラパゴス諸島で稀少な種が生き残ったように、閉鎖的な市場においてのみ通用する特殊な財やサービスが開発され、グローバル展開できない状況を指す。日本の携帯電話機市場がその典型例。

前述の「エネルギー基本計画」では、再生可能エネルギーの導入の他に、「次世代エネルギー・社会システムの構築」と題して、スマートコミュニティの実証実験やスマートメーターの全需要者への設置、EMSの開発なども行うと明記されている。一方で、電気事業や電力市場の制度改革には全く言及していない。時間帯別料金の採用や電力の再販ができない環境下で推進するスマートグリッドは、一体どこがスマートになるのだろうか？このままでは、電力供給者は「設備投資の効率化」を死守して生き残ったとしても、「新規産業の振興」は実現せず、関連産業界は没落してしまうだろう。

5.4 「電力の安定供給」に対する発想の転換を

最終的に、スマートグリッドに関する議論とは、図表 2 の多様な動機の再編成に他ならないことに気づく。これまで日本では、「電力の安定供給」が最優先され、「再生可能エネルギー導入」や「電気料金の低減」などは二の次とされ、独占市場において「関連サービスの拡大」は全く想定されてこなかった。一方で欧州は、1990年代から「地球温暖化対策」と「エネルギー安全保障」という2つの動機を一体的に満たす手段として、「再生可能エネルギー導入」を重視し、「電力の安定供給」や「設備投資の効率化」といった動機とのバランスを見直してきた。この際、どこまで予見していたかは不明だが、電力市場自由化は「再生可能エネルギー導入」と親和的だった。

そして今問われているのは、世界的に見て電力を取り巻く環境が大きく変化し、これらの動機の再編成が求められているということである。まず「地球温暖化対策」という動機の優先順位が高まっていること、技術革新により「再生可能エネルギー導入」の経済性が高まり、また HEMS といった「関連サービスの拡大」や「EV 用インフラの構築」の可能性が高まっていること、そのため「新規産業の振興」という期待も大きく膨らんでいること、などである。これら多様な動機の相互関係が大きく変わろうとしている時に、あくまで「電力の安定供給」を聖域視し続けるのかが、日本に突きつけられている。

更に言えば、化石燃料と原子力に大きく依存した「電力の安定供給」が、「エネルギー安全保障」という観点から今後とも正当化されるかも、再検討する余地があろう。結局、日本はこれらエネルギー源のほぼ全てを中東など海外から輸入しているのであり、その上で「電力の安定供給」が確保されていると胸を張っても、どれだけの説得力があるのだろうか？欧州がロシアによるガス供給の停止によって、「エネルギー安全保障」のあり方を再検討しているように、日本も中国によるレアアースの禁輸の衝撃から学び、できる限り自国内の再生可能なエネルギーを利用するよう、考え方を改めるべきではないだろうか。これらの点について多様な関係者が議論し、国民的合意を得た政策として確立することが、求められているのである。

6. おわりに

本稿の最終的な提言は、日本も「再生可能エネルギー導入」を本格的に進めるよう政策的に確立し、自律分散・開放型のスマートグリッドをその手段として位置付け、その前提として電力市場の本格的な自由化を真剣に検討すべきということである。

欧州では、「地球温暖化対策」及び「エネルギー安全保障」という動機から、「再生可能エネルギー導入」が政策的支援を受けて進められてきた。特に北欧では、自由市場と国際連系といった電力自由化政策が、風力発電などの不安定な供給の吸収に大きな役割を果たしている。そして今後更に再生可能エネルギーを導入するために、需要者にも協力してもらうことを考えており、その手段としてスマートグリッドが位置づけられている。時間帯別料金によるピークシフトにしても、EVによるV2Gにしても、需要者の自律的な行動による分散的な需給調整を意図しているのであり、その思想は自由市場を前提とするのである。

日本では、確かにこれまでの中央管理・閉鎖型の電力システムの完成度が高い。だからこそ、自律分散・開放型のスマートグリッドへの移行への障壁となるわけだが、家庭用太陽光発電の普及という目の前の事象だけに捕らわれて、スマートグリッドの意味を限定的に捉えるべきではない。これまでも、例えば風力発電事業が普及しなかったのは、送電網がアンバンドルされず、発電分野で競争が働いていなかったからとの指摘がある。世界的に自律分散・開放型の電力システムへと移行していく中で、日本だけがいつまでも既存のシステムに固執すれば、「新規産業の振興」という観点からも、大きな損失となりかねない。

イノベーションを主導するのは民間企業である。特に起業家精神にあふれた新興企業や、これまで電力業界とは関係の薄かった企業が、風力発電事業やEV関連サービス、EMSといった分野で活躍し、スマートグリッドの実現へ向けて主導することに期待したい。

一方で、民間企業の競争条件を決めるのは政府である。特に日本の電力市場は、電気事業法などの強い規制が課せられており、また再生可能エネルギーの導入という観点からは、国民的合意の形成や政策的支援策が欠かせない。そうして「再生可能エネルギー導入」が十分に必要な動機として認識されてこそ、スマートグリッドに取り組む推進力が出てくるのである。その意味では、政府が指導力を発揮して、「地球温暖化対策」と「エネルギー安全保障」や「新規産業の振興」を両立させるようなビジョンを示し、電力市場の本格的な自由化を実行することが求められている。

参考文献

- 閣議決定「エネルギー基本計画」2010年6月18日。
- 閣議決定「新成長戦略」2010年6月18日。
- 環境省編『環境・循環型社会・生物多様性白書』平成22年版、日経印刷。
- 熊谷徹『ドイツの教訓 変わりゆく自由化市場と原子力政策』日本電気協会新聞部、2005年。
- 経済産業省「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 報告書」2010年。
- 経済産業省編『エネルギー白書』2004-2010年版、エネルギーフォーラム。
- 経済産業省「総需要電力量速報」。
- 経済産業省「長期エネルギー需給見通し(再計算)」、2009年。
- 次世代送配電ネットワーク研究会「再生可能エネルギーの大量導入に伴う系統安定化対策コストについて」2010年3月3日。
- 総合資源エネルギー調査会・資源エネルギー部会「中間報告」2009年8月31日。
- 総合資源エネルギー調査会・新エネルギー部会・電気事業分科会・買取制度小委員会「再生可能エネルギーの全量買取制度における詳細制度設計について」2010年12月22日。
- 電気事業連合会「電気事業の現状」2009年。
- 電気事業連合会「モデル試算による各電源の発電コスト比較」2004年1月16日。
- 野村宗訓・伊勢公人・河村幹夫・円浄加奈子『欧州の電力取引と自由化』日本電気協会新聞部、2003年。
- パーニック、ロン、クリント・ワイルダー著、飯野将人・堤孝志訳『クリーンテック革命』ファーストプレス、2008年。
- フリードマン、トーマス『グリーン革命』(上、下)日本経済新聞出版社、2009年。
- 横山明彦『スマートグリッド』日本電気協会新聞部、2010年。
- Danish Energy Agency, Energy Policy Statement 2010.
- Danish Energy Agency, Energy Statistics 2008.
- Danish Energy Agency, Wind Turbines in Denmark, 2009.
- Danish Energy Association, Danish Electricity Supply '08.
- Energy Market Authority, Finland, Annual Report 2009.
- International Energy Agency, Monthly Electricity Statistics, June, 2010.
- International Energy Agency, Trends in Photovoltaic Applications, Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2008, 2009.
- Nordel, Annual Statistics 2008.
- Nord Pool ASA, Annual Report 2009.
- Swedish Energy Agency, Energy in Sweden 2008.

研究レポート一覧

No.366	北欧から考えるスマートグリッド ～再生可能エネルギーと電力市場自由化～	高橋 洋 (2011年1月)
No.365	大手ICT企業がベンチャー企業を活用するべき理由 ーエコシステムからみた我が国大手ICT企業とベンチャー企業の関係構造ー	湯川 抗 (2011年1月)
No.364	中印ICT戦略と産業市場の比較研究	金 堅敏 (2011年1月)
No.363	生活者の価値観変化と消費行動への影響	長島 直樹 (2010年11月)
No.362	賃金所得の企業内格差と企業間格差 ー健康保険組合の月次報告データを用いた実証分析ー	齊藤有希子 河野 敏鑑 (2010年10月)
No.361	健康保険組合データからみる職場・職域における環境要因と健康状態	河野 敏鑑 齊藤有希子 (2010年10月)
No.360	生物多様性視点の企業経営	生田 孝史 (2010年8月)
No.359	クラウドコンピューティングに関するユーザーニーズの調査	浜屋 敏 (2010年7月)
No.358	高齢化社会における「負担と給付」のあり方と「日本型」福祉社会	南波駿太郎 (2010年6月)
No.357	「温室効果ガス25%削減と企業競争力維持の両立は可能か？」	濱崎 博 (2010年6月)
No.356	Global Emission Trading Scheme -New International Framework beyond the Kyoto Protocol-	Hiroshi Hamasaki (2010年6月)
No.355	中国人民元為替問題の中間的総括	柯 隆 (2010年6月)
No.354	サービス評価モデルとしての日本版顧客満足度指数	長島 直樹 (2010年5月)
No.353	健康と経済・経営を関連付ける視点	河野 敏鑑 (2010年4月)
No.352	高齢化社会における福祉サービスと「地域主権」	南波駿太郎 (2009年12月)
No.351	米国の医療保険制度改革の動向	江藤 宗彦 (2009年11月)
No.350	サービスプロセスにおける評価要素の推移 ー非対面サービスを中心としてー	長島 直樹 (2009年10月)
No.349	社会保障番号と税制・社会保障の一体改革	河野 敏鑑 (2009年9月)
No.348	カーボンオフセットと国内炭素市場形成の課題	生田 孝史 (2009年8月)
No.347	中国のミドル市場開拓戦略と日系企業	金 堅敏 (2009年7月)
No.346	企業の淘汰メカニズムはどのように働いているのだろうか	齊藤有希子 (2009年6月)
No.345	情報セキュリティと組織感情、Enterprise 2.0	浜屋 敏 (2009年6月)
No.344	高齢化社会における社会保障給付と雇用政策のあり方 ーグローバル競争力と雇用確保の両立に向けてー	南波駿太郎 (2009年5月)
No.343	森林・林業再生のビジネスチャンス実現に向けて	梶山 恵司 (2009年5月)
No.342	中国経済分析の視座 ーインフレと雇用の政策的意味ー	柯 隆 (2009年5月)
No.341	サービス・プロセスの評価とブループリンティング手法の有効性	長島 直樹 (2009年5月)
No.340	臨床研究における利益相反マネジメントに関する規程の現状と課題	西尾 好司 (2009年4月)

<http://jp.fujitsu.com/group/fri/report/research/>

研究レポートは上記URLからも検索できます



富士通総研 経済研究所

〒105-0022 東京都港区海岸1丁目16番1号 (ニューピア竹芝サウスタワー)
TEL.03-5401-8392 FAX.03-5401-8438
URL <http://jp.fujitsu.com/group/fri/>