

再生可能エネルギーの普及に関わる技術と社会制度

再生可能エネルギーの普及に向けては、個別エネルギーの技術開発に加え、当該エネルギーを普及させるための技術の開発・導入や、社会制度の整備も必要となる。

再生可能エネルギーの普及を促す技術では、出力を安定化させ電力を安定的に供給する対策が必要となる。これは、再生可能エネルギーは賦存量が地域的に偏在しており、日間・時間単位での変動も大きいためである。電力系統の連系対策や蓄電池の導入、再生可能エネルギーによる電力を貯蔵・輸送するための技術開発、スマートコミュニティの構築等が有効とされている。

社会制度面では、一部の再生可能エネルギーでは、初期投資の多額の費用をどのようにファイナンスするかが課題となる。また、電力システムにおいて広域運営体制の強化や連系容量拡大につながる制度の見直しが再生可能エネルギーの拡大に有効であるとの指摘もされている。このほか、再生可能エネルギーの普及には、環境アセスメント等の既存制度の改革も求められている。

I 概観

再生可能エネルギーは、化石燃料等に比べて資源の賦存量が多い等の特徴を持ち、その導入には重要な意義があるが、普及に向けては阻害要因となり得るいくつかの特徴がある。その具体的な内容を以下に述べる。

まず、太陽光・太陽熱・風力・海洋エネルギーは発電出力が気象条件や時間により変動する変動電源である⁽¹⁾。この特徴から、需要の少ない時期に余剰電力が発生して需給ギャップを生じたり、大きな出力の変動で周波数が変化し、電力の安定供給に影響を及ぼす可能性がある⁽²⁾。さらに、火力発電所のように大規模な設備で大量の発電を行い、需要家に供給する「集中型電源」とは異なり、再生可能エネルギーのうち、例えば風力や地熱エネルギーなどは地域的な偏在性が強い地域ごとに発電を行い、地域内で消費することが多い「分散型電源」に該当する。⁽³⁾

次に、再生可能エネルギーのうち、例えば太陽光発電やバイオマス発電などの発電コストは火力発電と比較すると高額である。太陽光発電は昼間しか発電できず、天気によって左右されることによる設備利用率の低さが、バイオマス発電では散在するバイオマス資源を収集・運搬しなければならないことがコスト高の要因となっている。⁽⁴⁾

このほか、導入を妨げている規制等も存在する。例えば風力発電の場合、最適地が国有林、保安林、農地など法規制の制約がかかる土地であることが多く、また、地熱発電では資源の賦存する地域が規制対象の国立・国定公園内であることが多い⁽⁵⁾。

*本稿の執筆時点は平成26年2月3日である。インターネット情報の最終アクセス日は平成26年1月31日である。

(1) 地熱発電や水力発電は、出力安定的で出力の調整も可能である。新エネルギー・産業技術総合開発機構「第1章 再生可能エネルギーの役割」『NEDO 再生可能エネルギー技術白書』2013, p.11. <<http://www.nedo.go.jp/content/100544816.pdf>>

(2) 同上, p.24.

(3) 「環境用語集 分散型エネルギー」2009.10.14. EIC ネットウェブサイト <<http://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=2892>>

(4) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 前掲注(1), p.23.

(5) 同上, pp.24-25.

こうした様々な特徴に応じて再生可能エネルギーの普及を推進するためには、技術・社会制度の両面からの対策が不可欠である。

例えば、技術面においては、上述の変動性や分散型である特徴等に対し、供給安定性を確保するための系統連系対策が必要となる。関連して、再生可能エネルギー電源の出力変動による様々な課題を克服するために、蓄電池や水素による貯蔵といった蓄エネルギー技術に期待が寄せられている⁽⁶⁾。また、情報通信技術の活用によって需給を効率的に調整するスマートコミュニティ（後述）を構築することが求められている。

一方、社会制度面では、再生可能エネルギー発電事業を行う際に、設備の初期投資に多額の費用を要するため、公的な金融制度や市民による直接出資なども含め、様々なファイナンス手法の組み合わせと選択が重要なテーマとなる。また、環境アセスメントの見直しや土地制約の解消など、規制の緩和に取り組んでいくことが必要である⁽⁷⁾。さらに、電力システムについては、広域運営体制の強化や連系線⁽⁸⁾の容量拡大につながる制度の見直しも有効とされている。

以下では、これらの再生可能エネルギーの普及に関わる技術と社会制度についてみていくこととする（表1）。

表1 本稿で取り上げる再生可能エネルギーの普及に関わる技術と社会制度

技術	社会制度
系統連系 蓄電技術 水素による貯蔵・輸送 スマートコミュニティ	ファイナンス 環境アセスメント 電力システム 既存の諸制度

（出典）筆者作成。

II 技術

以下では、再生可能エネルギーの普及に関わる技術について日本と海外の動向をみていく。

1 系統連系

(1) 概要

電気は、発電所で発電され、発電所から消費地近くまで送電系統で運ばれた後、変電所で電圧を調整され、配電系統を通り消費者へ供給される。「系統連系」とは、発電設備等をこれら送電系統や配電系統に接続することをいう。

安定した電気を供給するためには、需要の時々刻々の変化に対応して、発電量を調整し常に需給を一致させる必要がある。需給バランスが崩れると、電圧や周波数が変動し、利用者側の機器の運転等に支障が生じるのみならず、その変動が限界値を超えた場合には、保護機能によって発電所の発電機が系統から切り離され、大停電に至る可能性もある。

従来型の発電設備は出力が安定しており、ほとんどが出力を調整できるものであるが、再生

(6) 新エネルギー・産業技術総合開発機構「第9章 系統サポート技術」『NEDO 再生可能エネルギー技術白書』2013, p.25. <<http://www.nedo.go.jp/content/100544824.pdf>>

(7) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 前掲注(1), pp.43-44.

(8) 連系線とは、電力会社の供給エリア間を結ぶ送電設備のことをいう。「電力用語集 連系線」電気事業連合会ウェブサイト <http://www.fepec.or.jp/library/words/jiyuuka/keitou/1225524_4604.html>

可能エネルギー、特に太陽光発電や風力発電などは出力が自然条件により変動し、出力の制御も難しい。このため、再生可能エネルギー電源が大量に導入されると、電力系統全体では、電力の需給ギャップ（余剰電力）が発生したり、瞬時の調整ができず、周波数変動が発生する等の問題が生じる。また、配電系統では、配電系統に接続された太陽光発電等の再生可能エネルギー電源の出力合計が配電系統内の電力需要を上回り、電力が末端から配電用変電所に逆流（逆潮流）することにより、基準値を超える電圧上昇が発生する等の局所的な問題も存在する（表2）⁽⁹⁾

導入時に目を転じると、需要地の遠隔地にある導入適地に送電網が整備されていない、送電容量が不足している、出力変動や需給ギャップを吸収する調整力が電力系統側で不足しているため系統連系できないといったケースがあり、導入の障害になっている。

再生可能エネルギー電源を系統連系する際に生じるこれらの課題の解決には、複合的な対策を講じる必要がある。

具体的に需給調整については、火力発電や水力発電等の既存の発電設備を最大限活用し、需給調整を行う、地域間連系線を強化することで調整力を地域間で融通可能にするといった電力系統側の対策に加え、再生可能エネルギー電源側でも出力を制御・調整する技術の開発等が重要となる。例えば、風力発電機の出力制御、ウインドファームでの複数の風力発電機の協調制御、蓄エネルギー設備の併設、出力予測技術の確立等が挙げられている⁽¹⁰⁾。

表2 再生可能エネルギー導入時の3つの課題

課題	① 配電系統	② 送電系統	③ 系統アクセス・系統容量
	・逆潮流による電圧上昇	・周波数調整力不足 ・余剰電力（需給インバランス）	・系統脆弱地域における送電線の空容量不足
太陽光	○	○	△
風力	△	○	○
地熱	—	△	○
小規模水力	△	△	△
バイオマス	—	—	△

*○：顕在化が確実視、△：顕在化の可能性 顕在化が確実視されるものを太枠で表示。

（出典）環境省「図表5 系統連系に関する課題」『再生可能エネルギーの大量導入に向けた系統対策の概要』（地球温暖化に係る中長期的ロードマップ検討会エネルギー供給WG（第3回）配付資料）2010.2.10, p.5. <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/mlt_roadmap/comm/com05-03/mat02.pdf> を基に筆者作成。

(2) 動向

(i) 日本

日本の電力系統システムの特徴をみると、地域単位で構成された一般電気事業者⁽¹¹⁾のうち、沖縄を除く9つの一般電気事業者の電力系統が、連系線につながるように構成されている（図1）。周波数が東日本では50ヘルツ、西日本では60ヘルツと異なるため、東西間は周波数変換設備

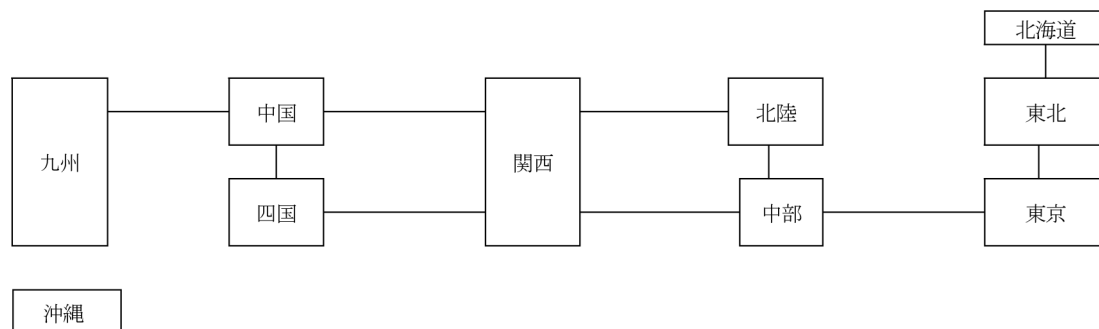
(9) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 前掲注(6), pp.3-6.

(10) 同上, pp.86-89. なお、風力発電の発電予測の動向については、欧州風力エネルギー協会（日本風力エネルギー学会）『風力発電の系統連系—欧州の最前線—』日本風力エネルギー学会, 2012.（原書名：European Wind Energy Association, Powering Europe : wind energy and the electricity grid, 2010.）<<http://www.jwea.or.jp/publication/PoweringEuropeJP.pdf>> が詳しい。

(11) 「一般（不特定多数）の需要に応じ電気を供給する」事業者のことをいう。具体的には、北海道電力、東北電力、東京電力、中部電力、北陸電力、関西電力、中国電力、四国電力、九州電力、沖縄電力のことをいう。「電気事業の概要」経済産業省関東経済産業局ウェブサイト <http://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/denkijigyo/index_gaiyou.html#d01>

を介した連系である⁽¹²⁾。連系線は、事故などの非常時における地域間でのバックアップ、平時における発電設備の地域間有効利用に用いる目的で設置されている⁽¹³⁾。

図1 日本の基幹系統の形態



(出典) 一般社団法人電力系統利用協議会「各地域間連系設備の運用容量算定結果の公表」2013.4.5, p.4. <http://www.escj.or.jp/rep/pdf/h2504_opecapa_posting.pdf> を基に筆者作成。

日本で行われている再生可能エネルギーの普及に寄与する送電網整備の試みとしては、北海道・東北エリアにおける風力発電に係る実証事業がある。日本では、風力適地⁽¹⁴⁾の45%が北海道、21%が東北に集中しているにもかかわらず、こうしたエリアの送電網は脆弱である。当該エリアの送電インフラ投資が実現すれば、風力発電の立地環境の改善に資するとされている。⁽¹⁵⁾

そこで、北海道・東北の一部を「重点整備地区」として指定し、「重点整備地区」で地域内送電網整備・技術実証を行う「風力発電のための送電網整備実証事業」が実施されている。具体的には、風力発電事業者と一般電気事業者が、半々で出資してSPC（特定目的会社）を設立した際に、事業費用の2分の1を国が補助するものである。借入金の返済には、送電線の利用料金を風力発電事業者から徴収して充てる（図2）。2013年10月に、日本送電と北海道北部風力送電が国の補助を受ける事業者に採択された⁽¹⁶⁾。

(12)「電力用語集周波数変換装置（FC）」電気事業連合会ウェブサイト <http://www.fepec.or.jp/library/words/setsubi/ryutsu/setsubi/1225606_4632.html>

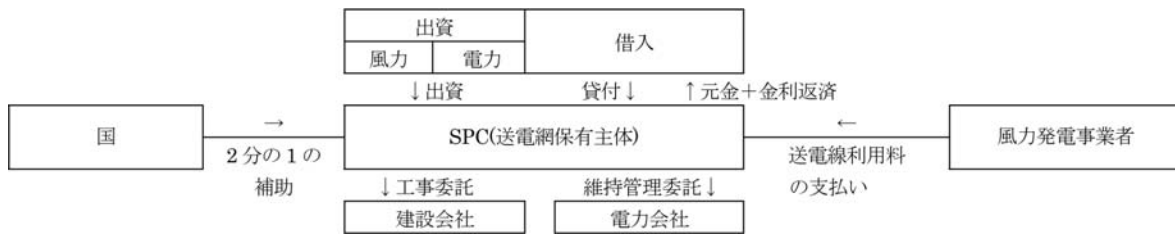
(13)環境省低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及方策検討会「参考資料6 再生可能エネルギー電力導入拡大に伴い必要となる電力需給システム進化の方向性」『低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及方策について（提言）』2009.2.10, pp.1-2. <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/mlt_roadmap/comm/com05_h20a/ref06.pdf>

(14)風力適地とは、「事業採算性が確保可能とされる6.5m/秒を超える地域」のことをいう。（資源エネルギー庁総合資源エネルギー調査会基本政策分科会（第3回）「再生可能エネルギーを巡る情勢について」2013.9, p.12. <<http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/kihonseisaku/3rd/3rd-1.pdf>>）

(15)新エネルギー・産業技術総合開発機構 前掲注(1), pp.27-28.

(16)資源エネルギー庁「風力発電のための送電網整備実証事業の補助事業者を採択しました」『News Release』2013.10.21. <<http://www.meti.go.jp/press/2013/10/20131021002/20131021002.pdf>>

図2 新たな民間主導の送電線整備モデル



(出典) 資源エネルギー庁総合資源エネルギー調査会基本政策分科会 (第3回)「再生可能エネルギーを巡る情勢について」2013.9.4, p.13. <<http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/kihonseisaku/3rd/3rd-1.pdf>> を基に筆者作成。

(ii) 海外

欧米では、日本よりも電力系統の広域化、再生可能エネルギーの系統連系などが進んでいる。例えばドイツでは、北部において大きな賦存量の存在する洋上風力発電の開発を促進しており、比較的電力消費が集中する南部へ大容量の送電を行うため、南北を走る超高圧送電線を整備することが喫緊の課題とされている⁽¹⁷⁾。ドイツエネルギー機構の調査によれば、2020年までに38万ボルトの超高圧送電線を整備する必要があるとされている⁽¹⁸⁾。

さらに、スペインやドイツでは、系統連系されている風力発電等の再生可能エネルギーの出力をモニタリングし、制御する再生可能エネルギー運用システムが導入されている。スペインでは、Control Centre for Renewable Energies (CECRE) という電力系統全体を制御する中央給電指令所が運営されている。風力、太陽光、水力、バイオマスなどの再生可能エネルギーを対象とし、電力需要に応じて発電出力を管理・調整している。⁽¹⁹⁾

また、米国では、送配電ネットワークにおいて必要となる電気の品質維持のための「アンシラリーサービス (Ancillary Service)」を細かく分類し、取引市場を通じてサービスを売買する仕組みが発達している。アンシラリーサービスとは、系統制御、需給バランス調整、周波数制御、事故により周波数が低下した場合の発電機出力の増加などにより、系統を安定的に運用するサービスのことである。⁽²⁰⁾

2 蓄電技術

(1) 概要

電力の貯蔵手段としては、蓄電池 (蓄電技術) や揚水発電がある。蓄電池とは、使いきりでなく、充電することで繰り返し使用できる電池のことである。揚水発電とは、水力を使用した

(17) 公益財団法人自然エネルギー財団「ドイツ視察報告書—“Energiewende”を進めるドイツ—」2012.10.17, p.17. <http://jref.or.jp/images/pdf/20121018/energiewende_20121018.pdf>

(18) Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), “dena Grid Study II. Integration of Renewable Energy Sources in the German Power Supply System from 2015-2020 with an Outlook to 2025,” Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2011.4, pp.2-3. <http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Projekte/Erneuerbare/Dokumente/dena_Grid_Study_II_-_final_report.pdf>

(19) 石原孟「『風力発電大国』の実像—その背景に電力系統制御への挑戦—」『日経エレクトロニクス』2011.7.11, pp.19-22.

(20)「電力用語集 アンシラリーサービス」電気事業連合会ウェブサイト <http://www.fepec.or.jp/library/words/keiei/tokushitsu/kyoukyuu/1225627_4542.html> なお、アンシラリーサービスの詳細については、第II部第2章浅野論考を参照。

蓄電方式のことで、夜間など電力需要が少ない時間帯の余剰電力を利用して水をくみ上げておき、電力需要が高まる時間帯に水を落とすことで発電する仕組みのことをいう。現在、ピークカット・ピークシフト対策には、コストが安い揚水発電が用いられることが多い。しかし、揚水発電は環境面と立地条件の制約が多く、建設には15～20年を要する。他方、蓄電池は、揚水発電に比べると貯蔵容量が小さいものの、立地制約が少なく、建設のリードタイムがより短い（1年程度）という点で優位性があるとされている。⁽²¹⁾

現在実用化されている主な蓄電池には、①NAS電池、②ニッケル水素電池、③リチウムイオン電池、④鉛蓄電池などが挙げられる⁽²²⁾。それぞれは、エネルギー密度（1キログラムあたりに蓄電可能な電気量）やコストなどの面で異なる特徴があり、用途によって使い分けられている（表3）。

表3 各種蓄電池の比較

電池の種類	鉛	ニッケル水素	リチウムイオン	NAS（ナトリウム硫黄）	レドックスフロー	熔融塩
エネルギー密度 (Wh/kg)	35	60	200	130	10	290
コスト (円/kWh)	5万円	10万円	20万円	4万円	評価中	評価中
大容量化	～MW級	～MW級	通常1MW級	MW級以上	MW級以上	評価中
運転時における加温の必要性	なし	なし	なし	有り (≧300℃)	なし	有り (≧50℃)
寿命 (サイクル数)	17年 (3,150回)	5～7年 (2,000回)	6～10年 (3,500回)	15年 (4,500回)	6～10年 (制限無し)	評価中

*サイクル数とは、1回の充放電を1サイクルとして何サイクル充放電できるのかを示す指標。

*レドックスフロー電池 (redox flow cell) とは、「バナジウムなどのイオンの酸化還元反応を利用して充放電を行う蓄電池」であり、長寿命、メンテナンスが容易な点が特徴である。「メガワット級大規模蓄電システム」『SEI WORLD』vol.420, 2012.9. <<https://www.sei.co.jp/newsletter/2012/09/feature.html>>

(出典) 経済産業省蓄電池戦略プロジェクトチーム「蓄電池戦略」2012.7, p.10. <<http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/kihonmondai/28th/28sankou2-2.pdf>> を基に筆者作成。

以下では、発電側、送電・変電側、需要家という観点で、蓄電池の用途について整理してみたい。

まず、発電側としては、電力供給のピークカット・ピークシフト対策として、蓄電池を使用することができる⁽²³⁾。電力は基本的に、発電（供給）と需要の完全なマッチングが必要であるが、それぞれの事情により乖離する場合もある。余剰分を貯めておくことができれば、電力消費のピーク時や非常時に必要な分だけ放電することが可能となる。

発電側に加えて送電・変電側においても、再生可能エネルギーの導入拡大との関係で蓄電池を使用するメリットは大きい⁽²⁴⁾。再生可能エネルギーによる発電は、天候などの要因に左右されるため、供給が不安定となり、電圧や周波数などに悪影響を及ぼす可能性がある⁽²⁵⁾。こうした悪影響を緩和する手段として、電力量の平準化、電圧・周波数の調整を可能とする蓄電

(21) 経済産業省蓄電池戦略プロジェクトチーム「蓄電池戦略」2012.7, p.4. <<http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/kihonmondai/28th/28sankou2-2.pdf>>

(22) 同上, pp.9-10.

(23) 同上, p.4.

(24) 同上, pp.3-4.

(25) 経済産業省九州経済産業局「地域 EMS 課題調査報告書」2011.4.18, pp.12-16. <http://www.kyushu.meti.go.jp/report/1104_ems/1-3.pdf>

池の役割が期待されている。

最後に、需要家である。蓄電池は、自動車（バッテリー）や携帯電話、PCなど生活に身近なところでも使用されている。2011年の東日本大震災や昨今の電気料金値上げなどを受けて、家計の節電・省エネ意識が高まる中、家庭用の蓄電池にも注目が集まっている⁽²⁶⁾。家庭に蓄電池を導入することにより、災害時や緊急時への備えになるだけでなく、安価な夜間電力を蓄電し、昼間に使用することなどで電気料金の低減にもつなげることができる。将来的には電気自動車やプラグイン・ハイブリッド車などが普及することなども予想され⁽²⁷⁾、蓄電池の活用範囲が一層広がるものとみられる。

(2) 動向

(i) 日本

日本では、様々な用途で蓄電池の実証・導入が進められている。以下では、2013年度において新たな動きのあった主な事例についてみていく。

(a) 北海道と東北の変電所に導入される大型蓄電池（実証試験）

再生可能エネルギーの導入拡大を目指し、経済産業省は「平成24年度大型蓄電システム緊急実証事業」を公募した。その結果、東北電力と、北海道電力・住友電気工業の2件が採択された（2013年7月31日）⁽²⁸⁾。2013～2014年度の2年間で設備を建設し、2015～2017年度の3年間で実証試験を行うものである。

具体的な実証内容について、東北電力は、さらなる再生可能エネルギーの連系拡大のためには、周波数調整力を拡大する施策が必要となることを踏まえ、中央給電指令所からの充放電制御により周波数変動を調整する蓄電池システム（20MWh）を変電所に設置し、蓄電池制御による周波数調整力の拡大効果を実証する。また、北海道電力・住友電気工業は、変電所にレドックスフロー電池を設置し、蓄電池設備の性能確認および性能評価を行うとともに、風力や太陽光発電の出力変動によって電力系統に生じる影響を緩和するための最適な制御・運転技術を開発し、実証を行う。⁽²⁹⁾

(b) マンション全住戸内に設置される蓄電池システム

三井不動産レジデンシャル、日立製作所、日立マクセルは、マンション各住戸内に設置する蓄電池とHEMS（ホームエネルギー管理システム）の連携システムを、日本で初めて開発したことを発表した（2013年9月4日）⁽³⁰⁾。同システムは、夜間など電気料金が安価な時間帯に充電し、料金が安い昼などの時間帯に放電するものである。電力のピークシフトを促進し、電気代の節

(26) 経済産業省近畿経済産業局『省エネ成功事例集—今すぐできる省エネ・節電20例—』2012.1, p.8. <http://www.kansai.meti.go.jp/3-9enetai/shoene-seikojireishu/img/shoeneiseikojireishu_1201.pdf>

(27) 経済産業省蓄電池戦略プロジェクトチーム 前掲注(21), p.5.

(28) 資源エネルギー庁「大型蓄電池を変電所に導入し再生可能エネルギーの導入拡大に取り組む採択事業者を決定しました」『News Release』2013.7.31. <<http://www.meti.go.jp/press/2013/07/20130731007/20130731007.pdf>>

(29) 「平成24年度大型蓄電システム緊急実証事業 補助事業者一覧」 <<http://www.nepc.or.jp/topics/pdf/130731/130731.pdf>>（「平成24年度大型蓄電システム緊急実証事業の交付決定について」（平成25年7月31日）一般社団法人新エネルギー導入促進協議会ウェブサイト <<http://www.nepc.or.jp/topics/2013/0731.html>> の別紙添付資料）

(30) 日立製作所「日本初、マンション全住戸設置の蓄電池・HEMS 連携システムを開発」2013.9.4, p.1. <<http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2013/09/0904.pdf>>

約にもつながる。また、万が一の大規模停電が発生した場合などには、非常用電源としての機能を発揮し、約3時間、各種家電製品（ダイニングの照明、リビングコンセント、冷蔵庫、テレビやインターネットの通信設備）を利用できる。新築分譲マンションに導入され、入居開始後の2015年3月下旬から運用が開始される予定である。

(c) 使用済みの車載用蓄電池の再利用

トヨタ自動車は、ハイブリッド車用の使用済みニッケル水素電池を再利用した定置型蓄電システムをトヨタ車販売店に販売することを決めた（2013年1月23日）⁽³¹⁾。これにBEMS（ビル向けエネルギー管理システム）や太陽光発電システム、LED照明などを組み合わせ、電力の消費・蓄電・放電をコントロールし、効率化できる総合的なエネルギーマネジメントシステムとして販売するという。

(ii) 海外

以下では海外事例のうち、日本企業が関わっている主な事例と、しばしば取り上げられる米国の事例をみていく。

(a) 変電所への蓄電池設置の実証実験等（イタリア）

イタリアでは、再生可能エネルギーの大量導入により引き起こされる電力系統への影響を蓄電池によって抑える試みがなされている。2012年にはNECが大手電力会社ENEL SpAの関連会社であるエネルギーディストリビューター（ENEL Distribuzione）社からカラブリア州キラバッレ変電所で行われる予定の実証実験用リチウムイオン蓄電池システムを受注した⁽³²⁾。2013年には、日本ガイシが大手送電会社であるテルナ（Terna）社に電力貯蔵用NAS電池システムを納入する基本契約に合意したと発表した⁽³³⁾。

(b) 蓄電池を活用したアンシラリーサービス市場（米国）

米国では、蓄電池を活用した系統の周波数調整や発電所の予備力用途としての市場が立ち上がり始めている。Viridity Energy（Viridity Energy）社は、NYISO（ニューヨーク独立系統運用者）が運営する周波数調整市場に参加し、リチウムイオン電池システムを採用した周波数調整サービスを提供している⁽³⁴⁾。またAESエナジーストレージ（AES Energy Storage）社は、NYISOの運営する電力市場に対し、リチウムイオン電池システムを用いて周波数を調整するサービスを開始し、PJM（米電力卸取引所）の電力市場においても、アンシラリーサービスを提供している⁽³⁵⁾。

(31)トヨタ自動車「トヨタ、ハイブリッド車の使用済みニッケル水素電池を再利用する定置型蓄電システムを使用した、エネルギーマネジメントシステムの販売を決定」2013.1.23. <http://www2.toyota.co.jp/jp/news/13/01/nt13_0102.html>

(32)日本電気「NEC、イタリア大手電力会社から欧州最大クラスの大容量リチウムイオン蓄電システムを受注」2012.10.18. <http://jpn.nec.com/press/201210/20121018_02.html>

(33)日本ガイシ「伊大手送電会社とNAS電池システム供給に関する基本契約に合意」2013.5.14. <http://www.ngk.co.jp/news/2013/20130514_01.html>

(34)Viridity Energy, “VPower from Viridity.” <<http://viridityenergy.com/solutions/vpower/>>

(35)AES Energy Storage, “AES Energy Storage Services.” <<http://www.aesenergystorage.com/services.html>>

3 水素による貯蔵・輸送

(1) 概要

水素は、「地球上で最も多く存在する元素」である⁽³⁶⁾。天然に存在するエネルギー資源ではなく、他のエネルギー源から製造される二次エネルギーであり、地域的偏差や時間的変動の大きい再生可能エネルギーを効率的かつ効果的に輸送・貯蔵できるエネルギーとして近年注目されてきている。代表的な二次エネルギーである電力と同様のエネルギーキャリア⁽³⁷⁾であり、輸送や貯蔵の面で電力を凌ぐ特徴も有している。一方、利用に際しては、最近の燃料電池技術の進展により効率的に電力に変換することが可能になり、水素を中核として理想的なエネルギーシステムを構成する「水素エネルギー社会」も展望されている。⁽³⁸⁾

風力や太陽光発電などの再生可能エネルギーは、賦存量が地域的に偏在していたり、日間・時間単位での変動も大きい。そのため、再生可能エネルギーを需要に合わせて安定的に利用するためには、水素に変換して需要地に輸送し、また貯蔵し、電気に再変換して利用することが効果的である。また、バイオマス等においては、水素に変換することで他の再生可能エネルギーと合わせて輸送・貯蔵が容易になり、より高効率で電力に変換できるなど利用面でのメリットも生じてくる。⁽³⁹⁾

産業競争力懇談会（2013）⁽⁴⁰⁾は、水素をエネルギーキャリアとして活用することの意義やメリットを、①経済性、②エネルギー安全保障、③環境の視点から表4のように整理している。

表4 水素エネルギーの活用の意義・メリット

<p>①経済性 (Economy)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・熱エネルギーや電気エネルギーへの変換が比較的容易に行える ・時間の経過によってエネルギー量が減じないため貯蔵/輸送に際して熱エネルギーや電気エネルギーのような時間的および空間的な制約が少ない <p>②エネルギー安全保障 (Energy Security)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・石油、天然ガス、石炭等の化石燃料をはじめ太陽光、太陽熱、風力、水力、バイオマス等の非化石エネルギーからの製造も可能であり、多様なエネルギー源を利用可能 ・石油精製所、製鉄、電解等からの副生水素も供給源として利用可能 <p>③環境 (Environment)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・熱エネルギーや電気エネルギーへの変換時に CO₂ を排出しない
--

(出典) 産業競争力懇談会 (COCN) 「エネルギーネットワークへの最先端技術適用」 2013.11, pp.18-19. <<http://www.cocn.jp/common/pdf/thema63-S.pdf>> を基に筆者作成。

水素は、単位質量当たりのエネルギー量が大きく、CO₂を排出しないクリーンエネルギーである反面、「体積がかさばる」、「発火しやすい」、「超低温（マイナス253℃）まで冷却しないと液化しない」、「金属を脆くする性質を持つ」といった特徴を有する二次エネルギーであることから、その輸送・貯蔵に係る技術やインフラの開発が限定的にしか進んできていないが、今日の再生可能エネルギーの活用促進策として水素の製造（水素への変換）・輸送・貯蔵・利用技術

(36)「水素材料先端科学研究センター」産業技術総合研究所ウェブサイト <<https://unit.aist.go.jp/hydrogenius/ci/hydrogen/>>

(37)「エネルギーの輸送・貯蔵のための担体」のことをいう。「再生可能エネルギーの輸送・貯蔵・利用に向けた革新的エネルギーキャリア利用基盤技術の創出」文部科学省ウェブサイト <http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/25/03/attach/1331299.htm>

(38)新エネルギー・産業技術総合開発機構 前掲注(6), pp.40-41；経済産業省「第3部 第6章 新たなエネルギー社会の実現」『エネルギー白書2013』2013.6, p.243. <<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2013/3-2.pdf>>

(39)詳細は、新エネルギー・産業技術総合開発機構 前掲注(6), pp.41-44を参照。

(40)産業競争力懇談会 (COCN) 「エネルギーネットワークへの最先端技術適用」 2013.11.1, pp.18-19. <<http://www.cocn.jp/common/pdf/thema63-S.pdf>>

の開発や実証の重要性が認識され、多くの取組みが推進されてきている。

(2) 動向

(i) 日本

日本で水素エネルギーに係る取組みが本格化したのは、1993～2002年のWE-NET（World Energy Network: 水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術）プロジェクトからである⁽⁴¹⁾。これは、再生可能エネルギー由来の電力を水素に変換し、世界の需要地に輸送して発電等に利用するネットワークの構築を目指した大規模な国家プロジェクトであり、液体水素や、水素とトルエン等の化合物である有機ハイドライド等の輸送・貯蔵技術の進展に大きく寄与したが、変換（電力から水素への変換、水素から電力への変換等）に関する基礎研究については注力していなかったとされる。⁽⁴²⁾

その後、燃料電池自動車開発の進展に伴い、燃料としての水素供給のニーズが高まり、2002年からはJHFC（水素・燃料電池実証）プロジェクトが開始された⁽⁴³⁾。首都圏、中部地区、関西地区、九州地区に14基の水素ステーションが整備され、実証試験が行われてきた⁽⁴⁴⁾。自動車メーカーや水素供給事業者は、2015年からの燃料電池自動車や水素ステーションの実用化を目標として掲げている。⁽⁴⁵⁾

また、2013年度には、経済産業省と文部科学省が連携テーマ⁽⁴⁶⁾の1つに「再生可能エネルギーの貯蔵・輸送技術」を掲げ、研究支援の支援等に取り組んだ。具体的には、経済産業省は、再生可能エネルギーに適合した低コスト・高効率な水素製造技術等の開発（再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発）を推進する一方、文部科学省は、エネルギーキャリアとして有力な有機ハイドライドやアンモニア等の生成・利用に関する基礎・基盤研究（エネルギーキャリアプロジェクト）を実施した。また、両省の取組みを一体化するべく、各省代表者や関係機関からなるガバニング・ボードが組織されて全体を運営することとなった。⁽⁴⁷⁾

自治体でも取組みが進められており、例えば福岡県、北九州市等は、「福岡水素戦略（Hy-Lifeプロジェクト）」の一環として、「北九州水素タウン」事業を2011年に始動させた。この事業では、製鉄所で発生する副生水素を、地中に敷設したパイプラインによって近傍の市街地（水素タウン）に供給する。水素タウン内では、一般家庭や公共施設が燃料電池を使って水素から発電、給湯を行うほか、燃料電池を搭載したフォークリフトやアシスト自転車も運用する。

(41)「WE-NET プロジェクト終了、水素供給ステーション3カ所完成」WE-NET ウェブサイト <http://www.ena.or.jp/WE-NET/newinfo/station_taka_j.html>

(42)WE-NET ウェブサイト 同上；科学技術振興機構研究開発戦略センター「再生可能エネルギーの輸送・貯蔵・利用に向けたエネルギーキャリアの基盤技術—戦略プロポーザル—」2013.3, p.47. <<http://www.jst.go.jp/crds/pdf/2012/SP/CRDS-FY2012-SP-08.pdf>>

(43)「JHFC プロジェクトとは」JHFC ウェブサイト <<http://www.jari.or.jp/Portals/0/jhfc/jhfc/index.html>>

(44)「JHFC 水素ステーション」JHFC ウェブサイト <<http://www.jari.or.jp/Portals/0/jhfc/station/index.html>>

(45)資源エネルギー庁「燃料電池自動車の国内市場導入と水素供給インフラ整備に係る民間事業者による共同声明について—2015年、燃料電池自動車の市場への本格導入がスタート！—」『News Release』2011.1.13. <<http://www.meti.go.jp/press/20110113003/20110113003-1.pdf>>

(46)文部科学省、経済産業省が共同で2011年10月に設置した有識者による合同検討会が、両省が連携して取り組むべきエネルギー・環境分野の革新的技術テーマを毎年度提言、検討しており、それを踏まえて両省が予算要求、事業を行っている（科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会 第7期 環境エネルギー科学技術委員会（第2回）「資料2-4 文部科学省・経済産業省の合同検討会の状況について」2013.6.19. <http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/067/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2013/11/26/1341695_02.pdf>）。

(47)総合科学技術会議エネルギー戦略協議会（第2回）「資料4-2 エネルギー貯蔵・輸送（エネルギーキャリア）技術」2013.12.20. <<http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/juyoukadai/energy/2kai/siryo4-2.pdf>>

2011年1月15日以降、これらの実証試験が行われているところであるが、一般家庭・商業施設・公共施設という本格的なコミュニティ規模での実証は世界初の取組みとなる。⁽⁴⁸⁾

2013年9月には、福岡県と北九州市は、国家戦略特区の提案として「アジア・イノベーション創造国家戦略特区」を政府に提出した。この提案は3つのプロジェクトから構成されており、その1つに、北九州水素タウンを含む「水素エネルギー社会実現加速プロジェクト」がある。⁽⁴⁹⁾

(ii) 海外

日本よりも再生可能エネルギーの導入が進んでいる欧米では、再生可能エネルギー由来の電力から水素や化学燃料を製造し、既存のパイプライン等で陸送するプロジェクトなどが数多く進められている⁽⁵⁰⁾。中でも注目されるのが、ドイツのPower to Gasプロジェクトである。

ドイツでは、再生可能エネルギーの風力発電の普及に伴い、風況の良い北部で需要を上回る電力が発電される一方で、高圧送電線施設の不足から、電力需要の多い南部への送電容量に制限があるため、発電が抑制されるケースが発生してきている。こうした問題を解決する手段として期待を集めているのがPower to Gasである。以下では、Power to Gasを始めとする、各国の具体的な取組み内容についてみていく。

(a) Power to Gas (ドイツE.ON社)

Power to Gas の代表的事例として、まずはドイツ最大手の電力会社E.ON社の取組みが挙げられる。2013年8月からE.ON社は、ドイツ北東部のブランデンブルグ州ファルケンハーゲンにおいて、風力発電の余剰電力を水の電気分解によって水素に変換し、既存の天然ガスパイプラインへ送る実証事業を開始した。このシステムは、製造した水素を既存の天然ガスインフラで活用する点が新しく、追加投資は抑えられ、また、貯蔵した水素は必要に応じてバイオマスから製造したメタンなどの可燃性ガス（バイオガス）と5%までは問題なく混ぜられ、電力や熱を生成する燃料として使用される。中期的には水素の混合率を15%に上げられるとE.ON社は見込んでいるが、これはドイツの再生可能エネルギーによる電力すべてをガス供給網に貯められることを意味するという。⁽⁵¹⁾

(48) 福岡県商工部新産業・技術振興課『北九州水素タウン』始動！』2011.1.7. <http://www.pref.fukuoka.lg.jp/uploaded/life/56/56352_8284511_misc.pdf> ; 『北九州水素タウン』の整備 福岡水素エネルギー戦略会議 北九州水素タウン特設ホームページ <http://www.f-suiso.jp/kitakyushu_Hytown/pdf/gaiyo.pdf>

(49) 国家戦略特区ワーキンググループ 提案に関するヒアリング（開催日：2013.9.17）「アジア・イノベーション創造国家戦略特区（提案主体：福岡県・北九州市）」首相官邸ウェブサイト <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kokusentoc_wg/pdf/43-fukuoka.pdf>

(50) 日経 BP クリーンテック研究所の調査によると、現在進行している世界の代表的な水素関連プロジェクトは70あり、国・地域別では、米国16、カナダ5、欧州24、日本13、中国7、その他5となっている（日経 BP クリーンテック研究所「エグゼクティブサマリー」『世界水素インフラプロジェクト総覧』日経 BP, 2013.10）。水素の貯蔵・輸送について重視されている技術開発上の課題として、EU では、大規模地下貯蔵サイトを用いた電源燃料としての水素活用の実証、価格競争力を有する固体材料による代替貯蔵手法の開発、既存の天然ガス供給網での水素5%混合の実現性の実証等が、また米国では、高圧気体貯蔵の開発、有機ヒドライドなど液体キャリア材料の開発、パイプラインによる気体・液体の輸送等がそれぞれ挙げられている（一般財団法人日本エネルギー経済研究所「平成24年度環境問題対策調査等委託費 環境イノベーション技術の削減効果に関する調査 報告書」2013.3, pp.82-84. <http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2013fy/E002866.pdf>）。

(51) ドイツ E.ON 社のプレスリリース, “E.ON examines options for storing wind power in the German gas grid”, 2011.11.11. <<http://www.eon.com/en/media/news/press-releases/2011/11/11/e-dot-on-examines-options-for-storing-wind-power-in-the-german-gas-grid.html>> ; “Power-to-gas unit injects hydrogen into natural gas system for first time”, 2013.6.13. <<http://www.eon.com/en/media/news/press-releases/2013/6/13/power-to-gas-unit-injects-hydrogen-into-natural-gas-system-for-f.html>> ; “E.ON inaugurates power-to-gas unit in Falkenhagen in eastern Germany”, 2013.8.28. <<http://www.eon.com/en/media/news/press-releases/2013/8/28/eon-inaugurates-power-to-gas-unit-in-falkenhagen-in-eastern-germany.html>>

(b) Power to Gas (ドイツAudi社)

自動車メーカーのAudiが進める「アウディe-gasプロジェクト」も注目を集めている。このプロジェクトでは、まず再生可能エネルギーによる電力で水を電気分解して水素を生成する。その水素は、水素自動車に使用するとともに、一部についてはCO₂と化合させてメタンガス(Audi e-gas)を生成し、ドイツ国内の既存の天然ガスネットワークに供給される。2013年6月にAudi e-gas製造工場が稼働開始した。⁽⁵²⁾

(c) Power to Gas (ドイツETOGAS社 (旧SolarFuel社))

ドイツ南西部のバーデン＝ヴュルテンベルク州シュトゥットガルトに本拠を置くETOGAS社(2013年4月にSolarFuelから名称変更)は、再生可能エネルギーによる電力で水を電気分解して水素をつくり、それをさらに空気中のCO₂と反応させてメタンを製造するプラントをつくって実証実験を進めている。2009年11月に25kWの試作機を稼働し、電力と水と空気中のCO₂から40%の効率でメタンをつくることに成功している。2013年には6MW級の実証プラントを効率54%以上で運転することを目指し、2015年には20MW級にスケールアップするとしている。得られるメタンは都市ガスの規格を満たすもので、そのまま都市ガスのパイプラインに供給することを計画している。⁽⁵³⁾

(d) 水素の地下貯蔵 (ドイツ・英国・米国)

Power to Gas以外に、水素の地下貯蔵がある。非常に大量の水素を、枯渇した油田やガス田、帯水層、岩塩または岩石空洞などの地中に貯蔵しておいて必要なときに取り出すことができる。ドイツのキール市では1971年頃から、60～65%の水素を含んだ都市ガスを、地下1,330mにある3万2,000m³の空洞に貯蔵している⁽⁵⁴⁾。英国では、Imperial Chemical Industries社が、地下400mの岩塩ドームを活用して水素貯蔵を行っている。また、米国のテキサス州クレメンズでは、ConocoPhillips社とPraxair社が同様に岩塩ドームでの水素貯蔵を実施している⁽⁵⁵⁾。

(e) Electrofuelsプログラム (米国)

2010年から米国では、エネルギー省(DOE)のElectrofuelsプログラムが、企業・大学の連携により進められている。これは、再生可能エネルギー(および原子力エネルギー)による電力と、そこから得られる水素を用い、CO₂と微生物などを利用して反応させ液体化学燃料の生産を目指す基礎研究である。本来は大気に放出されるはずのCO₂を回収し燃料化するため、カーボンニュートラルであり、またガソリンなど既存燃料を代替できる可能性が期待されている。⁽⁵⁶⁾

(52) Audi Japan 社ニュースリリース「世界初：Audi、power-to-gas 精製設備が本格稼働」2013.6.27. <<http://www.audi.co.jp/jp/brand/ja/company/news.detail.2013-06-130627.html>>

(53) 科学技術振興機構研究開発戦略センター 前掲注(42), p.11 ; 「CO₂出さない水素製造事業、巨大市場見据え世界で始動」『日本経済新聞電子版』2013.11.13.

(54) L. D. ダニー・ハーヴィー (立木勝ほか訳) 『カーボンフリーエネルギー事典』ガイアブックス, 2013, p.740. (原書名: L. D. Danny Harvey, *Energy and the New Reality 2: Carbon-free Energy Supply*, London: Earthscan, 2010)

(55) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 前掲注(6), p.47.

(56) 科学技術振興機構研究開発戦略センター 前掲注(53), p.11 ; 新エネルギー・産業技術総合開発機構「DOE が最新研究プロジェクトに1億ドル拠出 (米国)」『NEDO 海外レポート』2010.1, p.60. <<http://www.nedo.go.jp/content/100105967.pdf>>

4 スマートコミュニティ

(1) 概要

スマートコミュニティとは、「進化する情報通信技術を活用しながら、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」である⁽⁵⁷⁾。

スマートコミュニティではスマートグリッド⁽⁵⁸⁾等を活用し、供給サイドと需要家サイドが相互に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できる⁽⁵⁹⁾。また、需要を制御することにより、再生可能エネルギー電源を系統連系するうえでの課題（出力変動に伴う余剰電力、周波数変動などの問題）の解決を図り、導入を促進することも可能となる⁽⁶⁰⁾。

需要の制御で鍵を握るのが「デマンドレスポンス（Demand Response: DR）」である。デマンドレスポンスとは、「電力の卸市場価格が上昇した場合や電力系統の信頼性が損なわれるおそれがある場合に行われる経時的な電気料金の変更や電気の使用を抑制するように設計されたインセンティブの付与に対する応答として生じる、需要側のリソースによる通常の電力消費パターンからの電力使用の変化」⁽⁶¹⁾のことをいう。

デマンドレスポンスには、電気料金ベースやインセンティブベースがある。電気料金ベースは、電気事業者が時間帯（または時間）別に料金を設定することにより、需要家に自らの判断で、割高な料金が設定された高負荷時に需要を抑制し、割安な料金が設定された低負荷時に需要をシフトすることを促す枠組みである。一方、インセンティブベースは、プログラム設置者（電気事業者、系統運用者）が需要家と契約を締結し、卸電力価格が高騰または電力需給が逼迫した際に、負荷抑制・遮断を要請または実施する枠組みである⁽⁶²⁾。

デマンドレスポンスを実現するための技術構成要素としては、①双方向通信機能や遠隔開閉機能を有するスマートメーター、②電気・ガスなどのエネルギー使用状況を把握し、消費するエネルギーの流れを効率的に制御・管理するエネルギーマネジメントシステム、③電気自動車を持つ蓄電池を有効活用するV2G（Vehicle to Grid）・V2H（Vehicle to Home）・G2V（Grid to Vehicle）等がある⁽⁶³⁾。

(57) 新エネルギー・産業技術総合開発機構「第10章 スマートコミュニティ」『NEDO 再生可能エネルギー技術白書』p.3. <<http://www.nedo.go.jp/content/100544825.pdf>>

(58) グリッドとは電力網のことで、スマートグリッドとは情報技術等の活用により電力の需給を調整し、効率的に電力を供給する次世代型電力網のことをいう。

(59) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 前掲注(57), p.28.

(60) 同上, p.26.

(61) U.S. Department of Energy, *Benefits of Demand Response in Electricity Markets and Recommendations for Achieving Them*, 2006.2, p.ix. <http://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE_Benefits_of_Demand_Response_in_Electricity_Markets_and_Recommendations_for_Achieving_Them_Report_to_Congress.pdf>

(62) 経済産業省 総合資源エネルギー調査会総合部会 電力システム改革専門委員会（第2回）配布資料「デマンドレスポンス（Demand Response）について」2012.3.6, pp.41-42. <http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/sougou/denryoku_system_kaikaku/002_s01_01_05.pdf>

(63) V2Gとは電気自動車の蓄電池から電力系統に電力を供給すること、V2Hとは電気自動車の蓄電池から家庭に電気を供給すること、G2Vとは電力系統側からの指令によって電気自動車の充電を制御する（充電の一時停止等）ことをいう。新エネルギー・産業技術総合開発機構 前掲注(6), pp.66-70.

(2) 動向

(i) 日本

日本ではスマートコミュニティの構築を目指し、経済産業省が「次世代エネルギー・社会システム実証事業」として、愛知県豊田市、神奈川県横浜市、けいはんな学研都市⁽⁶⁴⁾、福岡県北九州市で実証事業を進めている（表5）。同事業では、電力や熱、未利用エネルギーも含めたエネルギーを地域単位で管理し、エネルギーを有効利用する仕組みづくりを目指している。例えば愛知県豊田市では、車と住宅をつないだエネルギーの利用に関する実証事業が進められている。住宅で太陽光により発電した電気を電気自動車等に充電したり、電気自動車に蓄えている電気を家庭に戻す試験が行われている。また、神奈川県横浜市では、4,000世帯での実証事業を行い、既に大規模なインフラが整備されている都市での事業展開方法を検討している。

このほか、東日本大震災からの復興・再建に向け、2012年12月には被災3県（福島、宮城、岩手）の7地域で地域エネルギー管理システムの導入に関するマスタープランが策定された⁽⁶⁵⁾。

表5 次世代エネルギー・社会システム実証事業の概要

都市名	事業概要	具体的な取組み
愛知県豊田市	<ul style="list-style-type: none"> プラグイン・ハイブリッド車（PHV）/電気自動車（EV）を家庭用蓄電池に活用 市域の7割が森林地域。間伐材や食品残渣を活用したエネルギーマネジメントシステムにより、熱と電気を面的供給・制御 	<ul style="list-style-type: none"> 豊田市低炭素社会システム実証プロジェクト「Smart Melit (Smart Mobility & Energy Life in Toyota City)」において2013年1月から、一般家庭を対象にしたデマンドレスポンスの実証実験を開始
神奈川県横浜市	<ul style="list-style-type: none"> 電力系統に依存しつつ、異なる特徴を持つ複数の広域地区（住宅・商業・工業地区）の間で需給をバランス 実証家庭全世帯に太陽光発電と HEMS を導入。さらに、創エネ・蓄エネ器機、EV の組み合わせをパターン化し、パターンごとの典型的な制御システムを追求 	<ul style="list-style-type: none"> 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。CEMS（地域エネルギー・マネジメント・システム）からの指令に応じて、各ビルで蓄電池から放電したり節電策を実施したりすることの効果を実証・評価 2013年夏から家庭1,900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
けいはんな学研都市	<ul style="list-style-type: none"> 家庭に設置する蓄電池と地域に設置するローカル蓄電池により、地域内での再生可能エネルギーの最適な活用方法を実証 	<ul style="list-style-type: none"> 2012年12月～2013年2月には、「電気のかしこい使い方プログラム」を実施。電気の使用状況の「見える化」に加え、節電のお願いの「お知らせ」のほか、時間帯別料金（Time of Use Rate）とピーク時変動料金（Critical Peak Pricing）を組み合わせた方式を採用
福岡県北九州市	<ul style="list-style-type: none"> 翌日の需給予測に基づき、30分単位の料金を需要家に配信。2時間先の電力消費抑制の協力情報を配信 車載用蓄電池を定置用蓄電池に二次利用し、定置用蓄電池のコスト低下を目指す 	<ul style="list-style-type: none"> 2012年4月1日に CEMS が稼働し、電力料金の変動に対する家庭の反応の検証を開始

（出典）経済産業省次世代エネルギー・社会システム協議会（第13回）配付資料「本格化するスマートコミュニティ」2011.6, pp.16-19. <http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004633/013_02_02b.pdf> ; 「Japan Smart City Portal (JSCP)」新エネルギー導入促進協議会ウェブサイト <<http://jscp.nepc.or.jp/index.shtml>> を基に筆者作成。

(ii) 海外

海外でも、スマートコミュニティやスマートコミュニティを構成するスマートグリッドに関する事業が進められている（表6）。プロジェクトの種類は、スマートメーターの実証・導入といったプロジェクトから、業種横断的に複数の事業者が参画する総合プロジェクトまで幅広い。

(64) 京都、大阪、奈良の三府県にまたがる地域に建設された関西文化学術研究都市のことをいう。「関西文化学術研究都市（愛称：けいはんな学研都市）」京都府ウェブページ <<http://www.pref.kyoto.jp/bunkaga/>>

(65) 経済産業省 前掲注(38), p.242.

このほか、代表的なスマートコミュニティの例として、アラブ首長国連邦のマスダールシティがある。マスダールシティは同国連邦を構成しているアブダビ首長国により構築を進められており、アブダビ政府は、「2020年までにエネルギー需要の7%を再生可能エネルギーにより供給する」という目標を掲げている⁽⁶⁶⁾。

また、2010年には、スマートグリッドに関する実証実験の成果を国際的に共有することを目的として、ISGAN (International Smart Grid Action Network) が設立された。ISGANには、2014年2月現在25の国・地域が参加している⁽⁶⁷⁾。具体的には日本のほか、英国、欧州委員会、韓国、中国、米国、アイルランド、イタリア、インド、オーストラリア、オーストリア、オランダ、カナダ、シンガポール、スイス、スウェーデン、スペイン、ドイツ、フィンランド、フランス、ノルウェー、ベルギー、南アフリカ共和国、メキシコ、ロシアが参加している。

表6 海外のスマートコミュニティやスマートグリッド実証事業の概要

国名	動向
ドイツ	・ドイツ連邦経済技術省およびドイツ連邦環境省が主導し、E-ENERGY プロジェクトを実施。ドイツ国内6地域において、需要側に主眼を置いたエネルギーマネジメント実証試験を推進。2013年までの予算規模は総額1億4000万ユーロ（約56億4000万円）
米国	・スマートメーター設置、各種実証等を推進。2009年にはスマートグリッド予算に45億ドルを充当 ・米国標準技術局を中心に関連機器等の国際標準化を推進
韓国	・2009年にグリーン成長国家戦略を公表し、スマートグリッドを重点分野に位置付け ・海外展開を目指したモデルプロジェクトを、370億ウォンをかけて済州島で実施
中国	・政府がスマートメーター、蓄電池、電気自動車用の充電設備の導入を推進。スマートグリッド予算に2,200億元（2012年から2015年）を充当

*1ユーロ141円で換算。

(出典) 経済産業省次世代エネルギー・社会システム協議会（第13回）配付資料「本格化するスマートコミュニティ」2011.6, p.12. <http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004633/013_02_02a.pdf> ; 新エネルギー・産業技術総合開発機構『ドイツ連邦共和国におけるスマートコミュニティの参考資料』2013.3, pp.42-43. <<http://www.nedo.go.jp/content/100529835.pdf>> を基に筆者作成。

III 社会制度

以下では、日本において再生可能エネルギーの普及に関わる社会制度についてみていく。

1 ファイナンス

(1) 固定価格買取制度と再生可能エネルギー向けファイナンスの拡大

太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスなどの再生可能エネルギーを対象とした固定価格買取制度が2012年に導入されて以降、金融機関の再生可能エネルギー向けファイナンス⁽⁶⁸⁾が拡大している。固定価格買取制度とは、再生可能エネルギーによって発電した電気を国が定める価格で一定期間電力会社買い取らせ、電力会社の発電コストを上回る費用を電力消費者が負担する制度である。

(66)“Future Energy: A New Economic Sector in the Making.” Abu Dhabi eGovernment Gateway <https://www.abudhabi.ae/portal/faces/en/gen_info_detail?docName=ADEGP_DF_150122_EN>

(67) IEA-ISGAN, “ISGAN Participants.” <<http://www.iea-isgan.org/?c=4>>

(68) ここでは、ファイナンスとは、直接資金の融資を行うことに加え、株式や債券等により融資を行うことを含む。

再生可能エネルギーは、発電コストの高さから事業としての収益性に不安があったが、固定価格買取制度開始後は、計画通り発電できれば買取期間中は安定的なキャッシュフロー（資金の流入）が見込まれることから、金融機関の注目が高まっている。2012年7月1日の制度導入以降、メガソーラーといわれる規模の大きい太陽光発電の認定件数と認定出力は2012年7月末時点で81件、24万3,102kWであったが、2013年10月末時点で3,060件、1408万7,008kWに大きく拡大している⁽⁶⁹⁾(表7)。

表7 太陽光（1,000kW以上のメガソーラー住宅）の設備認定状況

	2012年7月末	2013年10月末
認定件数	81	3,060 (625)
認定出力 (kW)	243,102	14,087,008 (1,079,743)

*括弧内の数値は、認定設備のうち運転開始したものの件数、出力。

(出典)「なっとく！再生可能エネルギー：再エネ設備認定状況（件数、出力）」資源エネルギー庁ウェブサイト <<http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/index.html#setsubi>> 所載資料を基に筆者作成。

(2) 再生可能エネルギー向けファイナンスの手法

再生可能エネルギー発電事業を行う際には、設備の初期投資に多額の費用が必要となることから、多額の設備費用をいかにファイナンスするかが重要なテーマとなる。

一般的に、ファイナンスの手法には、新株発行等によりエクイティ（株主資本）の増加をもたらすエクイティファイナンス（Equity Finance）や、金融機関からの借入や社債の発行など負債の増加を伴うデットファイナンス（Debt Finance）などがある⁽⁷⁰⁾。借入については、自治体や公的機関による低利の融資や信用保証を利用すれば、より有利な条件で資金を調達しやすくなる可能性がある。また、初期投資に要する資金調達額を抑えるうえでは、設備リースの活用や、設備リースも含め事業に要する費用に対する国や自治体等による各種補助金制度の活用等も考えられる⁽⁷¹⁾。

そのほか、市民が直接出資する市民出資により行われる事業も出てきている。その初めの事業として、北海道浜頓別に2001年に竣工された市民風車「はまかぜちゃん」が挙げられる。これはNPO法人「北海道グリーンファンド」による定格出力990kWの風力発電事業で、事業資金の7～8割を市民出資で建設した日本で初めての自然エネルギー市民出資事業である。⁽⁷²⁾

(3) コーポレートファイナンスとプロジェクトファイナンス

デットファイナンスの形態は、企業の信用力や保有資産を担保に資金調達を行うコーポレートファイナンスと、担保を当該事業資産に限定し、当該事業収益のみを返済原資として資金調

(69)「なっとく！再生可能エネルギー：再エネ設備認定状況（件数、出力）」資源エネルギー庁ウェブサイト <<http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/index.html#setsubi>> 所載資料

(70)このほか、劣後ローンなどによる資金調達手法であるメザニンファイナンス（Mezzanine Finance）といった手法もあり、これらのファイナンス手法を組み合わせることで資金調達を行うこともある。

(71)寺林暁良・安藤範規「電力固定価格買取制度への地域金融機関の対応」『金融市場』農林中金総合研究所、2013年1月号、p.25。<<http://www.nochuri.co.jp/periodical/market/contents/2013-01.html>> 国や自治体の支援制度については、例えば、資源エネルギー庁のホームページでは、事業者向けの補助金制度として「独立型再生可能エネルギー発電システム等対策費補助金」や「再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策費補助金」など、また、融資制度として「環境・エネルギー対策貸付」や「電力需給対策高度化事業」が紹介されている。「なっとく！再生可能エネルギー 各種支援制度」資源エネルギー庁ウェブサイト <<http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/support/index.html>>

(72)環境エネルギー政策研究所『自然エネルギー白書2013』七つ森書館、2013.5、p.171。

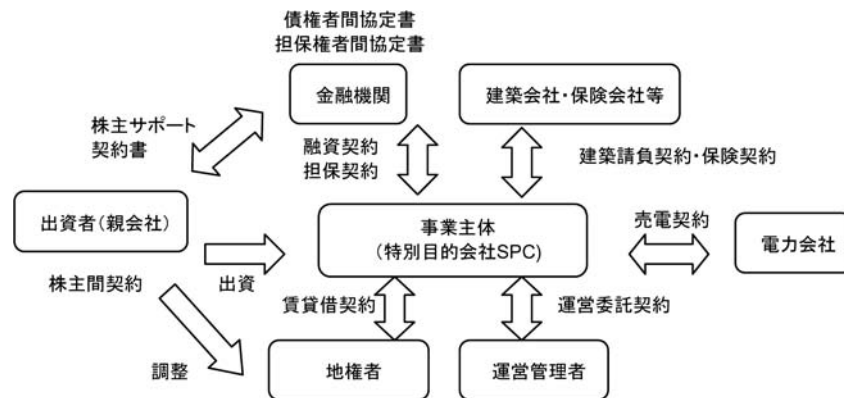
達を行うプロジェクトファイナンスとに大別される。⁽⁷³⁾

コーポレートファイナンスは、企業の信用力や保有資産を担保に資金調達を行うものである。融資を行う金融機関にとっては、企業の借入能力が融資の判断基準となる。規模の小さい事業の場合は、コストなどの面から後述するプロジェクトファイナンスを用いることは難しいため、コーポレートファイナンスが用いられることになる。ただし、再生可能エネルギー事業は固定価格買取制度により収入は安定しているものの、発電設備の故障や災害などで売電できなくなる等の様々なリスクを抱えており、事業者の信用力によっては資金調達が困難となる可能性もある。

コーポレートファイナンスが企業の信用力等を基に資金調達を行う手法であるのに対し、プロジェクトファイナンスは、事業の収益性に基づき資金を調達する手法である。担保は当該事業の資産や事業権益等に限定され、融資の返済には事業から生み出される収益やキャッシュフローのみが充てられる。

プロジェクトファイナンスの具体的な仕組みの例は、図3の通りである。まず、親会社が出資者となり、プロジェクトの実施主体となる特別目的会社（SPC）を立ち上げる。そして、設立されたSPCが、当該事業資産および事業権益等を担保に借入れを行うとともに、事業収益を原資として借入金を返済する。仕組みの構築においては、SPCを立ち上げる出資者（親会社）は原則として融資を行う金融機関に担保や保証を提供せず、また、借入人であるSPCにおいて債務不履行等の責任が生じても、出資者（親会社）自身に負債が遡及されないようにする。出資者（親会社）にとっては、リスクを限定した形で事業を行うことができるという点で大きなメリットがある。

図3 プロジェクトファイナンスの仕組み



（出典）NPO 法人再エネ事業を支援する法律実務の会「再生エネルギー事業におけるファイナンス」p.2. <http://re-ene.org/wp-content/uploads/re-ene_finance.pdf> を基に筆者作成。

このような仕組みを活用して金融機関等から融資を受けるには、SPCが実施する事業のリスクを小さくしつつ、返済原資となる事業収益をいかに長期安定的に実現・確保するかが重要となり、事業のキャッシュフローやリスクの検証が必要となる。また、図3の通り、プロジェクトファイナンスには、出資者（親会社）や金融機関のみならず多くの関係主体が存在する。これらの関係者間での合意を基に、SPCを中核にして関係者との個別契約が成立して、初め

(73)本節は、主に次の資料を参照しつつ記述した。片山善行『国際プロジェクト・ファイナンス』中央経済社、2006、pp.2-8、15-18；寺林ほか 前掲注(71)、pp.25-27。

てプロジェクトファイナンスの仕組みが構築される。こうした長期のキャッシュフロー・リスク分析や法務等は多大な時間と費用を要し、その負担・コストを吸収するのは小規模の事業では難しい。プロジェクトファイナンスは、事業費が数十億円以上となるような大規模な事業に向けたファイナンス手法である。

(4) 再生可能エネルギー向けファイナンスの今後

固定価格買取制度において太陽光発電等の買取価格が高く設定されれば、メガソーラー発電等の大型事業の収入が安定する可能性がある。固定価格買取制度等の制度設計は、今後の再生可能エネルギー向けファイナンスの動向に影響を及ぼすと考えられる。国内金融機関は企業が設備投資を抑制してきた中で預貸率が低下しており⁽⁷⁴⁾、潤沢な余剰資金を抱える状況にある中、再生可能エネルギー向けファイナンスはさらに拡大する余地があると考えられる。

また、再生可能エネルギー事業は様々なリスクを抱え、事業期間が長期にわたるため、金融機関以外に、年金基金等をはじめ投資家も多様化していく可能性がある。グローバルにみると、年金基金が再生可能エネルギーファンドの主要な投資家である。年金基金は負債側のデュレーション⁽⁷⁵⁾が長く、他の資産に比べデュレーションの長いインフラ資産を持つメリットがあることがその背景にある。日本でも、既述の市民ファンドのほか、民間による再生可能エネルギーファンドの設定や政府・自治体によるファンドへの支援の動きがみられている⁽⁷⁶⁾。

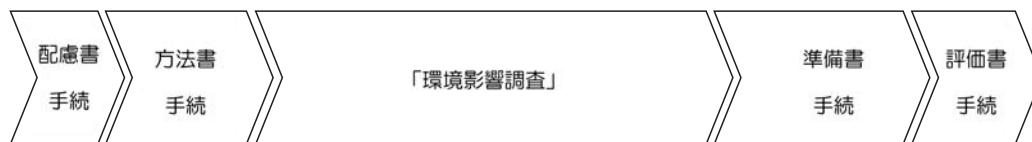
2 環境アセスメント（環境影響評価）

(1) 概要

環境アセスメント（環境影響評価）とは、「開発事業の内容を決めるに当たって、それが環境にどのような影響を及ぼすかについて、あらかじめ事業者自らが調査、予測、評価を行い、その結果を公表して一般の方々、地方公共団体などから意見を聴き、それらを踏まえて環境の保全の観点からよりよい事業計画を作り上げていこうという制度」のことをいう⁽⁷⁷⁾。

日本の現行の環境アセスメントにおける工事着手前手続きは、「配慮書手続」、「方法書手続」、「環境影響調査」、「準備書手続」、「評価書手続」の流れで実施される（図4）。

図4 環境アセスメントの工事着手前手続きの流れ



(出典) 資源エネルギー庁総合資源エネルギー調査会基本政策分科会（第3回）「再生可能エネルギーを巡る情勢について」2013.9, p.16. <<http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/kihonseisaku/3rd/3rd-1.pdf>> を基に筆者作成。

(74) 東京商工リサーチ「銀行113行預貸率調査 預貸ギャップは217兆円に拡大」2013.12.13. <http://www.tsr-net.co.jp/news/analysis/20131213_01.html>

(75) 投資の平均回収期間を示す指標。

(76) 例えば、三井物産と東京海上アセットマネジメント投信は、国内のメガソーラーに投資を行うファンドを立ち上げ、企業年金等より200億円規模の資金を集めたとされる（「メガソーラー、20カ所で 三井物産など」『日本経済新聞』2012.8.9.）。また、オリックスも太陽光に540億円投資する考えを明らかにしており、ファンド化も視野に入れている（「太陽光に540億円投資 オリックス社長が方針 ファンド化も視野」『東京新聞』2012.8.17.）。

(77) 「環境アセスメントガイド」環境省環境影響評価情報支援ネットワークウェブサイト <<http://www.env.go.jp/policy/assess/1-1guide/1-1.html>>

この流れのうち、「配慮書手続」では、事業者が事業の位置、規模等を選定するにあたり環境の保全のために配慮すべき事項について検討を行い、配慮書を作成する⁽⁷⁸⁾。

また「方法書手続」では、環境影響評価の方法を決定する際、住民、地方公共団体等の意見を聞くために事業者が方法書を作成する⁽⁷⁹⁾。

「環境影響調査」では、事業者は、地域の環境情報について調査し、事業による環境の変化を予測し、十分な対策が講じられているか、環境保全の基準・目標を達成しているか否かの評価を行う⁽⁸⁰⁾。これと並行して、環境保全対策を検討し、この対策がとられた場合の環境影響を総合的に評価する。

「準備書手続」では、環境影響調査の結果について環境保全の観点から関係者の意見を聞く準備として、環境影響調査を実施した結果等を示すとともに、環境保全に関する事業者自らの見解を取りまとめた「環境影響評価準備書（準備書）」を作成する。準備書は、関係地域を所管する都道府県知事、市町村長に送付する。また、事業者には、準備書作成の公告、関係地域における準備書および要約書の縦覧、説明会の開催が義務付けられている。⁽⁸¹⁾

「評価書手続」では、準備書に対する都道府県知事等の意見を踏まえて記載事項を再検討し、必要に応じて見直したうえで、準備書に対する意見と、それに対する事業者の見解を準備書に追加した「環境影響評価書（評価書）」を作成する。環境影響評価法（平成9年法律第81号）に基づく手続きでは、評価書は事業者から事業の許認可等を行う者に送付され、許認可等を行う者からさらに環境大臣に送付される。環境大臣は環境保全の観点から意見を述べ、許認可等を行う者は、それを踏まえて事業者に意見を述べる。事業者は、必要に応じて評価書を再検討し、最終的に確定した後、都道府県知事、市町村長、事業の許認可等を行う者に送付するとともに、公告と縦覧を行う。⁽⁸²⁾

また、工事着手後には「報告書手続」があり、評価書の公告を行った事業者が環境保全措置等の実施状況について「報告書」を作成し、報告と公表を行う。⁽⁸³⁾

(2) 動向

日本では、1997年に環境アセスメントを法制化した環境影響評価法が制定され、1999年に完全施行された。法律の完全施行後10年の経過を受け、法律の見直しに向けた検討が行われ、2011年に配慮書手続や報告書手続などを盛り込んだ「環境影響評価法の一部を改正する法律」が成立し、2013年に完全施行された（平成25年法律第60号）。

環境アセスメントは、開発事業と環境保全の両立を図ることを目的としているが、環境アセスメントが負担となり、再生可能エネルギー事業が進まないという問題も指摘されている。例えば、2012年10月に風力発電事業が環境影響評価法の対象となったことで、環境アセスメントに4年以上の期間と1億円を超える費用が必要となり、事業の見通しが不明確な初期段階で巨額

(78)「環境アセスメント用語集」環境省環境影響評価情報支援ネットワークウェブサイト <<http://www.env.go.jp/policy/assess/6term/index.html>>

(79)同上

(80)「環境アセスメントガイド 2-5 調査・予測・評価の実施」環境省環境影響評価情報支援ネットワークウェブサイト <<http://www.env.go.jp/policy/assess/1-1guide/2-5.html>>

(81)環境省環境影響評価情報支援ネットワークウェブサイト 前掲注(78)

(82)同上

(83)「環境アセスメントガイド 2-9 「報告書」の手続」環境省環境影響評価情報支援ネットワークウェブサイト <<http://www.env.go.jp/policy/assess/1-1guide/2-9.html>>

の費用を負担することは風力発電事業者にとって非常に困難であるとの声が挙げられている⁽⁸⁴⁾。

環境アセスメントの見直しについては、政府も検討を進めている。2012年9月、環境省と経済産業省により「発電所設置の際の環境アセスメントの迅速化等に関する連絡会議」が設置された。その背景には、東日本大震災以降の電力需給ひっ迫等により、電源を早急に確保することへのニーズの高まりがあった。同会議の目的は、2012年8月に、風力・地熱発電所については環境アセスメント手続きに要する期間を概ね半減させるという方針が環境大臣から示されたこと、また、同年9月に策定された「革新的エネルギー・環境戦略」⁽⁸⁵⁾において、風力・地熱発電所の新設や火力発電所の更新について、環境アセスメントの簡素化と迅速化に取り組む方針が明記されたことを受け、その具体的な方策について検討を進めることであった。⁽⁸⁶⁾

2012年11月27日、同会議の中間報告が取りまとめられた。報告書では、火力発電所の更新について、150日程度を確保していた国の審査期間を45日程度に短縮することを目指し、審査手続見直しの具体策が示され、風力・地熱発電所についても、そのうち適用できる取組みを実施することとした。また、風力・地熱発電所の環境アセスメントの簡素化については、モデル地区をあらかじめ選定して環境基礎情報を整備する、配慮書段階・方法書段階のモデル事業の成果を公表する、配慮書手続の種類、配慮書段階以前における環境影響調査の前倒し実施の調査手法の知見などを手引書に盛り込む等、事業者による手続き、調査を簡素化する方策が示された。⁽⁸⁷⁾

その後、内閣府規制改革会議「規制改革に関する答申—経済再生への突破口—」（2013年6月）においても、実施及び検討時期を明記した上で同様の方向性が示されている⁽⁸⁸⁾。

3 電力システム

(1) 概要

電力システムは、発電部門、送配電（送電・配電）部門、小売部門に分類される。発電所で発電された電気は、送電線、変電所、配電線などの経路をたどり、事業者や家庭などの各需要者（利用者）まで供給される。

電力事業は、一般に規模の経済が働く大規模な設備産業の代表であり、自然独占性があると考えられてきた。しかし、発電技術の革新や競争原理の導入による電気料金引き下げの要請等を背景に、日本では1990年代より、卸・小売分野で順次自由化が進められ、発電部門や小売部門で新規参入が可能になるとともに、競争分野で料金規制が緩和されてきた。⁽⁸⁹⁾

(84) 規制改革会議エネルギー・環境ワーキンググループ（第1回）「資料4-2 風力発電の課題と規制改革要望について（一般社団法人日本風力発電協会）」2013.3.15。<http://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/kaigi/meeting/2013/wg/ene/130315/item4-2_1.pdf>

(85) 「革新的エネルギー・環境戦略」（平成24年9月14日 エネルギー・環境会議決定）<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/npu/policy09/pdf/20120914/20120914_1.pdf>

(86) 環境省報道発表資料「発電所設置の際の環境アセスメントの迅速化等に関する連絡会議の設置について」2012.9.25。<<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=15738>>

(87) 環境省・経済産業省「発電所設置の際の環境アセスメントの迅速化等に関する連絡会議中間報告」2012.11.27, pp.2-7。<http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=21089&hou_id=16016>

(88) 内閣府規制改革会議「規制改革に関する答申—経済再生への突破口—」2013.6.5, pp.18-19。<<http://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/kaigi/publication/130605/item1.pdf>>

(89) 環境エネルギー政策研究所 前掲注(72), p.52；経済産業省総合資源エネルギー調査会 総合部会 電力システム改革専門委員会「電力システム改革専門委員会報告書」2013.2, p.3。<http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/sougou/denryoku_system_kaikaku/pdf/report_002_01.pdf>

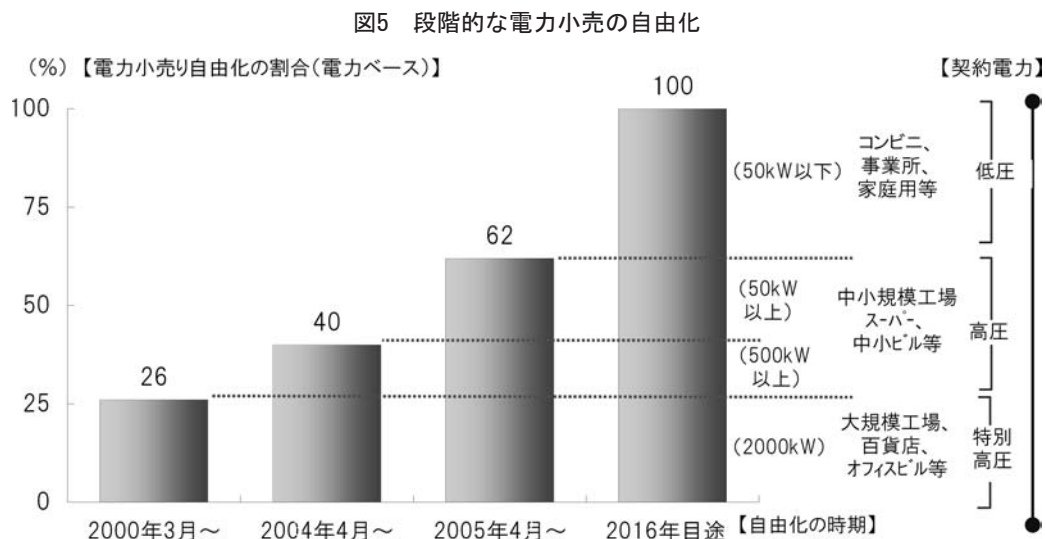
さらに、2011年の東日本大震災とこれに伴う東京電力福島第一原子力発電所事故を契機とした電力需給ひっ迫下で、電力供給力の強化等が問題となる中、エネルギーを安定的に供給すること等を目指し、制度改革が加速され、現在、「電気事業法の一部を改正する法律」（平成25年法律第74号。平成25年11月20日公布）にしたがって「電力システム改革」が進行中である。2013年から2020年にかけて行われる本改革により、広域系統運用機関の設立、電力小売の完全自由化、価格規制の撤廃、発電と送配電の分離などが実施される見通しである。

このうち、再生可能エネルギーについては、広域系統運用機関が設立されることで、電力会社間などの地域を越えた電力の融通の円滑化が図られ、出力変動のある再生可能エネルギーの導入拡大が進むことが期待されている。

(2) 動向

日本の電力システムは、地域単位で構成された10電力会社（北海道電力、東北電力、東京電力、中部電力、北陸電力、関西電力、中国電力、四国電力、九州電力、沖縄電力）により主に担われている。

前述の通り電力市場の自由化は、1990年代より段階的に進められてきた。まず1995年に「電気事業法」（昭和39年法律第170号）が改正（第一次）（平成7年法律第75号）され、発電部門の規制が緩和され、独立発電事業者（Independent Power Producer: IPP）の参入が認められた。続いて2000年には、大規模工場等の大口需要者を対象に、電力小売の一部自由化が行われた（図5）。



(出典) 資源エネルギー庁電力・ガス事業部電力市場整備課「電力小売市場の自由化について」2012.4, p.6. <<http://www.enecho.meti.go.jp/denkihp/genjo/seido.pdf>> 等を基に筆者作成。

2003年の第3次制度改革では、電気事業法が改正され、電力小売の自由化範囲の拡大が2004年と2005年に実施され、併せて卸電力の取引所も創設された。その日本卸電力取引所（JEPX）は、電力会社や卸・自家発電事業者が出資する一般社団法人で、翌日受け渡す電力を30分単位で取引するスポット市場や、1か月から1年先の電力を1か月単位や1週間単位で取引する先渡し市場などが設けられている。

その後、2011年3月11日に発生した東日本大震災を踏まえ、日本はさらなる電力システムの改革に乗り出すこととなり、「電力システムに関する改革方針」が2013年4月2日に閣議決定された⁽⁹⁰⁾。同方針では、電力の安定供給の確保、電気料金の最大限の抑制、需要家の選択肢や事業者の事業機会の拡大が、改革の目的として掲げられている。

電力システム改革は、(1) 電力ネットワークの広域的な調整機関である広域系統運用機関(仮称)の設立、(2) 電気の小売業への参入の全面自由化、(3) 法的分離による送配電部門の中立性の一層の確保・電気の小売料金の全面自由化の3段階で進められる(表8)。

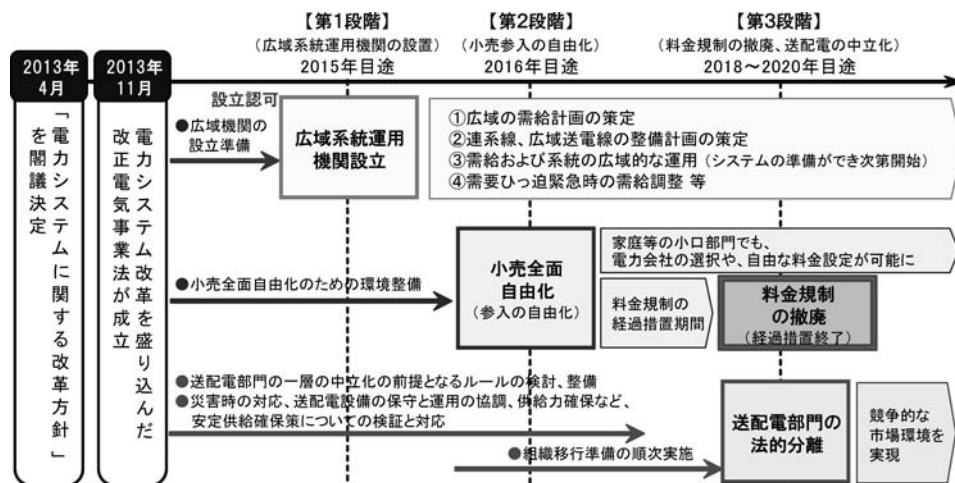
表8 電力システム改革のスケジュール

内容	スケジュール
広域系統運用機関の設立	2015年を目途に設立
電気の小売業への参入の全面自由化	2016年を目途に措置
法的分離による送配電部門の中立性の一層の確保・電気の小売料金の全面自由化	2018~2020年を目途に措置

(出典)「電力システムに関する改革方針」(2013年4月2日閣議決定) <<http://www.enecho.meti.go.jp/denkihp/kaikaku/20130515-2-2.pdf>> を基に筆者作成。

具体的にみていくと(図6)、第1段階では、2015年を目途として広域系統運用機関が認可法人として創設される。これは、東日本大震災の発生で問題化した電力需給逼迫への備えを強化するとともに、出力変動のある再生可能エネルギーの導入拡大に対応するためのもので、電力会社間などの地域を越えた電力の融通の円滑化を図る。

図6 電力システム改革の全体観



(出典) 資源エネルギー庁「電力システム改革の工程表」2013.5.15. <<http://www.enecho.meti.go.jp/denkihp/kaikaku/20130515-1-2.pdf>> を基に筆者作成。

広域系統運用機関の具体的な役割は、次の通りである⁽⁹¹⁾。まず、電力の需給計画・系統計画を取りまとめ、周波数変換設備、地域間連系線等の送電インフラの増強を行う等、区域を越えた系統運用等を図ることである。また、平常時においては、各区域の送配電事業者による需

(90)「電力システムに関する改革方針」(2013年4月2日閣議決定) <<http://www.enecho.meti.go.jp/denkihp/kaikaku/20130515-2-2.pdf>>

(91) 以下は、同上、p.2を基に整理している。

給バランス・周波数調整に関し、広域的な運用の調整を行うとともに、災害等に需給逼迫が生じた際に、電力融通を指示することで需給調整を行うことである。さらに、中立的に新規電源の接続の受付や系統情報の公開に係る業務を行うことである⁽⁹²⁾。

第2段階では、2016年を目途に電力小売業への参入が全面的に自由化され、一般家庭などを含めすべての利用者が電力の供給元を選択できるようになる。これによって、小口需要者レベルでも競争的に新しいサービスを受けられるようになる。

第3段階では、2018年から2020年を目途に、電力料金規制が撤廃される。これにより、グリーン電力など再生可能エネルギー利用の促進につながる新しいサービスが広がることが期待されている。

また、第3段階では、送配電業務の一層の中立化のため、送配電事業が、別会社化されることなどにより分離される。

このような電力システム改革の広範な措置を盛り込んだ電気事業法の一部を改正する法律は、2013年11月に成立した。本法律は、電力システムの改革方針に示された前記の3段階からなる電力システム改革の全体像を具体的な実施時期も含めて法律上明らかにし、第1段階の広域系統運用機関の創設を定めたものである。⁽⁹³⁾

以上の電力システムの改革には、電力市場への参入の促進、電力市場の効率化、サービスの多様化、料金の低下など、幅広い効果が期待されており、ビジネスチャンスを目指した企業の動きも出始めている。

電力システム改革は今後制度の詳細設計が行われることになるが、様々なリスク要因に対応しつつ、料金水準安定化のための電力産業の効率化と再生可能エネルギーの普及に結び付く仕組みづくりが求められている。

4 既存の諸制度

(1) 概要

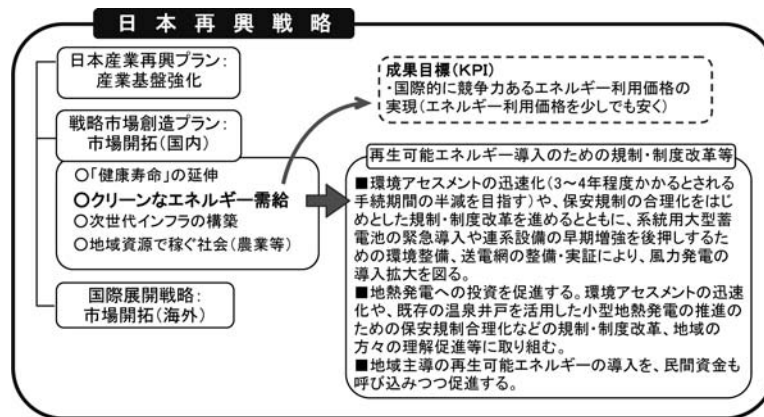
日本の再生可能エネルギーの導入拡大に向けては技術面の改善のほか、規制改革の推進による事業環境の整備も重要となる。再生可能エネルギーの普及拡大に向けた規制緩和の推進は、2013年6月14日に閣議決定された成長戦略である「日本再興戦略」にも盛り込まれている。成長戦略を構成する3つのアクションプランのうち、エネルギー制約といった、先進国に共通する課題で日本の強みを発揮するための「戦略市場創造プラン」には、今後の成長産業の1つにエネルギー分野が掲げられた(図7)⁽⁹⁴⁾。

(92) 広域系統運用の拡大と再生可能エネルギーの導入については、第II部第2章浅野論考を参照。

(93) 「電気事業法の一部を改正する法律」が成立しました」経済産業省ウェブサイト <http://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/enagy_policy/denjihou/index.html>

(94) 「日本再興戦略」(2013年6月14日閣議決定), p.69. <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/saikou_jpn.pdf>

図7 日本再興戦略における再生エネルギー導入促進の位置付け



(出典)「日本再興戦略」(2013年6月14日閣議決定) <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/saikou_jpn.pdf>を基に筆者作成。

同じく2013年6月14日に閣議決定された「規制改革実施計画」の中には、再生可能エネルギーの規制緩和について、政府で様々な検討を行うことが明記されている⁽⁹⁵⁾。

以下では、主要な再生可能エネルギーの普及拡大にあたって、日本が直面する制度上の課題を整理するとともに、それらの課題改善に向けた政府の動向を示す。

(2) 主要な再生可能エネルギーに関する制度上の課題と改善動向

(i) 太陽光発電

太陽光発電の導入の際、電気事業法に基づき、電気設備の技術基準への適合が求められ、関連手続き(必要に応じて工事計画、保安規程等)が必要である⁽⁹⁶⁾。2012年6月、電気事業法施行規則の改正・施行により、太陽電池発電設備に関する規制の合理化が図られ、工事計画届出や使用前安全管理審査の対象となる範囲が「出力500キロワット以上」から「出力2,000キロワット以上」に引き上げられた⁽⁹⁷⁾。また、「農地法」(昭和27年法律第229号)では「農地に太陽光発電システムを設置する場合、農地法による転用許可等が必要となる」。さらに、「森林法」(昭和26年法律第249号)では、「森林計画対象民有林の開発の場合、都道府県知事等の許可が必要」と定められている⁽⁹⁸⁾。

なお、2013年5月に、これまで安全上の理由から認められなかった、配電用変電所から上位系統への逆潮流(「バンクの逆潮流」)を認める保安規制の緩和を行い、太陽光発電の立地が集中した配電用変電所管内での電圧上昇の回避が可能となるなどの対応が図られている⁽⁹⁹⁾。

(ii) 風力発電

風力発電では、風況調査や環境影響評価、系統連携協議といった、立地・調査に関わる法律

(95)「規制改革実施計画」(2013年6月14日閣議決定) <http://www.kantei.go.jp/jp/kakugikettei/2013/_icsFiles/afieldfile/2013/06/20/20130614-03.pdf>

(96)「太陽光発電に関連する法令・規制について知りたい方へ」資源エネルギー庁ウェブサイト <http://www.enecho.meti.go.jp/ohisama_power/info/kanren.html>

(97)経済産業省『エネルギー白書2013』2013, p.202. <<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2013/3-1.pdf>>

(98)資源エネルギー庁ウェブサイト 前掲注(96)

(99)資源エネルギー庁総合資源エネルギー調査会基本政策分科会 前掲注(14), p.24.

や、電気事業法などの電気関係法規、「建築基準法」(昭和25年法律第201号)などの風力発電の設置や変更にかかわる法手続きなど、数多くの法律が関わるうえに、法律と照らし合わせた許認可・申請が必要となるものが多く、開発期間は4年程度を要するとされる⁽¹⁰⁰⁾。特に立地規制に関する課題が多い。風力発電は、規模の経済が働く事業なので、基本的に設置できる面積が大きいほど、経済的なメリットは大きくなるといわれている。日本の(陸上)風力発電をみると、最適地が国有林、保安林、農地など法規制の制約がかかる土地が多い(森林法、国有林法、農地法、農業振興法、自然公園法、自然公園条例など)。例えば、太陽光発電においても取り上げた、農地法に基づいた、農地は原則的に他の用途に使えないとする「農地転用禁止」は、風力発電設置の際の大きな障壁となっている。

こうした課題を踏まえ、前述の規制改革実施計画では、「農地転用」に関する項目が規制緩和の検討対象となった。

(iii) 地熱発電

地熱発電では、資源量調査や各種許認可手続き、地元調整、建設などを含めると、稼動まで最大13年程度かかる⁽¹⁰¹⁾。各種許認可手続きの中でも最大の障壁は、自然公園法や温泉法といった立地に関わる規制である⁽¹⁰²⁾。地熱資源はその8割が国立・国定公園にあるといわれており、そのため開発が制限されている。地熱発電の開発は、自然環境や景観に影響を及ぼすため、国立・国定公園内の特別地域といった自然環境保全上重要な地域においては、自然公園法によって厳しく開発が制限される。工作物の新築・土石採取は設置場所により、国立公園の場合は環境大臣、国定公園の場合は都道府県知事への許可申請が求められる⁽¹⁰³⁾。

これらの規制が普及の障害であると考えられていることを踏まえ、環境省は2012年3月に、自然公園法を見直し、地元住民との合意形成や環境影響を最小限にとどめる技術の活用などを条件に規制緩和を行った⁽¹⁰⁴⁾。これを機に、北海道や九州での地熱発電の事業化に向けた、国立・国定公園での地表調査などの各種調査が始まっている。

また、温泉法では、地熱発電の導入に伴って増掘もしくは動力装置を設置する際には、新規掘削と同様に都道府県知事の許可が必要と定められている⁽¹⁰⁵⁾。さらに、地熱を発電に利用すると温泉資源が枯渇するという懸念から、温泉関係者の反対によって地熱の利用が進まない面も依然ある。そのため、現在政府は、温泉資源を適切に管理できれば、地熱発電による売電収入なども見込めるため、温泉地域における温泉資源保護と地熱発電の調和を図る規制緩和の検討を始めている。「規制改革実施計画」では、温泉法によって掘削の許可申請が必要とされる事業とそうでない事業の明確化を進めることが挙げられている。

その他、電気事業法に基づき、工事計画書・保安規程届出書・使用前安全管理審査申請書・電気主任技術者およびボイラー・タービン主任技術者選任届出書の提出が必要である⁽¹⁰⁶⁾。た

(100) 同上, p.16.

(101) 同上, p.20.

(102) 環境エネルギー政策研究所 前掲注(72), p.118.

(103) 新潟県「新潟県地域新エネルギービジョン「小規模地熱発電(パイナリー方式)導入の可能性調査」報告書」2010.2, p.33. <http://www.pref.niigata.lg.jp/HTML_Article/443/884/6,0.pdf>

(104) 環境省 報道発表資料「国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて(お知らせ)」2012.3.27. <<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=15019>>

(105) 新潟県 前掲注(103), pp.28-29.

(106) 同上, p.28.

だし、一定の条件を満たす小型のバイナリー発電設備については、2012年4月17日付けで電気事業法施工規則等が改正され（平成25年経済産業省令第36号）、ボイラー・タービン主任技術者の選任等が不要となった⁽¹⁰⁷⁾。

(iv) 小水力発電

小水力発電の普及の障壁となっているのは、川の水を使う人が持つ「水利権」に関わる、設置、手続き、権利取得上の調整等である。

国土交通省が規制緩和を検討しており、具体的には、農業用水として許可を得ている場合に、小水力発電を導入する場合は追加の申請が不要となるといった手続きの簡略化の方針を打ち出している。

また、河川の水や土地を使用する場合、河川法に基づき、河川管理者からの許可、河川の水を使用するための「流水の占有」の許可、土地を使用するための「土地の占有」の許可、河川区域内で工事を行うための「工作物の新築等の許可」および河川保全区域内での工事のための「河川保全区域における行為の制限」に関する許可を取る必要がある⁽¹⁰⁸⁾。

手続きの簡素化を目的に、2013年1月、河川法施行令が改正され（平成25年政令第17号）、小水力発電（最大出力が1,000kW未満のもの）のための水利使用について、特定水利使用から除外するなど水利使用区分の見直しが行われた。これにより、許可申請から許可までの期間が短縮された⁽¹⁰⁹⁾。

(107) 「電気事業法施工規則等の改正 バイナリー発電設備に係る規制の見直し」2012.7.31. 公益社団法人日本電気技術者協会ウェブサイト <<http://www.jeea.or.jp/latest-info/release/120813-01.html>>

(108) 国土交通省「小水力発電を行うための水利使用の許可申請ガイドブック」2011.3, p.37. <http://www.mlit.go.jp/river/riyou/syousuiryoku/syousuiryoku_guide3.pdf>

(109) 経済産業省 前掲注(97), p.203.

【コラム：太陽光パネルに関する通商問題】

再生可能エネルギーの普及拡大に伴って、通商摩擦も起きている。太陽光パネルをめぐる通商摩擦がそれである。この摩擦の一要因として「ローカル・コンテンツ要求 (Local Content Requirement: LCR)」が挙げられる。ローカル・コンテンツ要求とは、「進出企業に対して「国内原産の製品又は国内供給源からの製品の企業による購入又は使用を要求する」行為であり、貿易に関連する投資措置に関する協定 (TRIMs協定) 第2条及び例示表において明示的に禁止されている。また、関税及び貿易に関する一般協定 (GATT) 第3条4項にも抵触する」⁽¹¹⁰⁾。

中国は2012年11月5日、EU、ギリシャ、イタリアの固定価格買取制度 (Feed-in-Tariffs: FITs) に関わるローカル・コンテンツ要求を含む施策、例えば、太陽光発電設備に対しインセンティブを付与するイタリアの政令等⁽¹¹¹⁾が協定違反であるとして世界貿易機関 (World Trade Organization: WTO) に協議を要請した (整理番号DS452)⁽¹¹²⁾。これに対しEU側は2012年9月に反ダンピング調査を、同年11月に反補助金調査を開始し、中国企業が欧州において太陽光パネルの不当廉売を行い、不正に補助金を受領していたとの結果を得た。EU理事会 (Council of the European Union) は2013年12月2日、反ダンピング最終措置等を課すことに関する欧州委員会 (European Commission) の提案を承認した。中国のソーラーパネル輸出企業には高い関税が課されているが、捜査に協力した企業に対しては、より低い税率 (平均47.7%) を適用することが決定された。適用期間は2013年12月6日から2年間である⁽¹¹³⁾。

また、カナダ・オンタリオ州は2009年5月、再生可能エネルギー (太陽光・風力) による電力の固定価格買取制度を導入し、適用条件として、一定割合以上の付加価値 (原材料調達、組立等) を同州内で付与した発電設備の使用を義務付けた。これに対し日本は2010年9月13日、このローカル・コンテンツ要求が協定違反であるとしてWTOに協議要請を行った (整理番号DS412)。その後、両国間での協議、WTO紛争解決機関 (Dispute Settlement Body: DSB) による小委員会 (Panel) の設置と会合の開催、小委員会の報告書公表、両国による上級委員会 (Appellate Body) への上訴を経て、2013年3月、上級委員会が報告書を公表した。同報告書は、WTOの関連協定に照らして、オンタリオ州のローカル・コンテンツ要求の撤廃を求める日本の主張をおおむね認め、カナダがGATT第3条およびTRIMs第2条等に違反して同州産製品を不当に優遇しているとの判断を示した。これは、再生可能エネルギー分野において、自国産品優遇がWTO協定違反と判断された初のケースである。⁽¹¹⁴⁾

2013年5月24日の会合において、DSBは上級委員会の報告書を採択した。同年6月20日、カナダはDSBに対し、DSBの勧告を履行する意思を表明している。⁽¹¹⁵⁾

みずほ総合研究所株式会社 社会・公共アドバイザー一部
政策・経営研究グループ 研究員 塚越 由郁

(110) 経済産業省「2013年版不正貿易報告書 第II部 WTO協定と主要ケース 第8章 貿易関連投資措置」2013.4, p. 368. <http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004532/pdf/2013_02_08.pdf>

(111) WTO, "European Union and Certain Member States - Certain Measures Affecting the Renewable Energy Generation Sector: Request for Consultations by China," G/L/1008; G/SCM/D95/1; G/TRIMs/D34; WT/DS452/1, 2012.11.7, p.2. <https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/FE_Search/DDFDocuments/95644/Q/G/TRIMs/D34.pdf>

(112) WTO, "Dispute Settlement: DISPUTE DS452: European Union and Certain Member States, Certain Measures Affecting the Renewable Energy Generation Sector," 2012.11.5. <http://www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/cases_e/ds452_e.htm>

(113) 駐日欧州連合代表部 ニュース「EU、中国の太陽光パネルに最終措置を発動、輸出業者との価格約束を確定」2013.12.2. <<http://www.euinjapan.jp/media/news/news2013/20131202/173012/>>; EU Press releases database, "EU imposes definitive measures on Chinese solar panels, confirms undertaking with Chinese solar panel exporters," 2013.12.2. <http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-1190_en.htm?locale=en>

(114) 経済産業省「WTO カナダ・オンタリオ州の州産品優遇措置がGATT違反等と判断されました—WTO紛争処理上級委員会報告書が公表されました—」『News Release』2013.5.7. <<http://www.meti.go.jp/press/2013/05/20130507001/20130507001.pdf>>

(115) WTO, "Dispute Settlement: DISPUTE DS412: Canada - Certain Measures Affecting the Renewable Energy Generation Sector," 2013.5.24. <http://www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/cases_e/ds412_e.htm>