

The Tokyo
Foundation

東京財団

政策提言

日本のエネルギー政策再構築

～電力統合体制 (Energy Integration) を構築し エネルギーの多元化を実現せよ～

2014 年 9 月

本提言書について

本書は、東京財団「資源エネルギー」研究プロジェクトにおける研究成果である。同プロジェクトでは、3.11 原発事故によりこれまでのような原発に依存したエネルギー政策の継続は事実上不可能という状況の中、エネルギーの安定供給、エネルギーコストの低減・適正化を実現する新しい日本のエネルギー体制を構築するため、川上（発電）から川下（小売）にわたり多様な担い手を創出し資源エネルギーの多元化を促進することを目的に研究を進めている。

2012 年 5 月には、日本のエネルギー選択肢を多元化するために喫緊に取り組むべき課題として、①天然ガスの供給源と調達方法の多元化を促進するロシアからの天然ガスパイプラインの設置、②新たなエネルギー源としてポテンシャルの高い浮体式洋上風力発電を活用するために必要な技術の国際標準化への対処、および洋上風力発電と漁業との共生について提言を公表した。

その後示された政府の「電力システム改革に関する改革方針」、および「第四次エネルギー基本計画」では、日本のエネルギー体制を大胆に改革しエネルギー多元化を目指す方針が示されたものの、新しいエネルギー体制の具体的な姿が十分に示されていないこと、また、政府が示した改革の方法についてその実効性に懸念な点があることなど、果たしてこのままでエネルギー多元化が実現されるか疑問な点も多い。

今回公表する本提言書では、原発に依存することなく多元化されたエネルギーが有効に活用されるエネルギー多元化体制を確実に実現させるため、スペイン、ドイツ、アメリカ等の海外事例調査、そしてエネルギー復興に取り組む福島県の現場調査等を通して研究し、その研究成果をとりまとめ、4 つの提言として公表するものである。

【プロジェクト・メンバー】

平沼 光 東京財団研究員兼政策プロデューサー（主担当 ※本提言執筆者）

畔蒜泰助 東京財団研究員兼政策プロデューサー

【本提言に関する問い合わせ】

東京財団 政策研究 平沼 光 東京財団研究員兼政策プロデューサー

電話：03-6229-5642 / Email：hiranuma@tkfd.or.jp

はじめに

2014年4月、福島原発事故後の日本のエネルギー政策の方向を示す「第四次エネルギー基本計画」が閣議決定されました。「エネルギー基本計画」は個々のエネルギー政策を立案する上でその元となる重要なものです。それが2011年3月11日の福島原発事故から数えて3年後にようやく決定されたことになります。

これまで日本は原子力発電を主たる電源としてきましたが、福島原発事故でそれが使えなくなった途端に電力不足に陥り、結果として東京電力管内で計画停電を実施しなければならないという事態に陥ったことは未だ記憶に新しいことでしょう。これは、日本のエネルギー体制が原子力発電に過度に依存していたにもかかわらず、それが停止した場合のリスクをコントロールする体制が出来ていなかったことを意味し、日本のエネルギー体制の脆弱性を露呈したと言えます。

一刻も早く古い体制を改革し、いかなる事態にも耐えうるリスクに強いエネルギー体制を構築することが求められていますが、これまでおよそ60年間をかけて築き上げられてきた現行の体制を変えるのは一朝一夕にはいかないでしょう。「第四次エネルギー基本計画」の決定まで3年もかかったということが日本におけるエネルギー問題の難しさを表しているのではないのでしょうか。

かといって改革の歩みを止めるわけにはいきません。「第四次エネルギー基本計画」では、原子力依存を解消し、“多層化・多様化した柔軟なエネルギー需給構造の実現”が目指すべき基本方針とされていますが、その方向性は本プロジェクトが目指す“資源エネルギーの多元化”とも一致します。

今後は、リスクに耐えうる体制を一日も早く構築するため、原子力発電所の再稼働の如何にかかわらず、福島原発事故から得た教訓を活かし、資源エネルギーの多元化を促進していく必要がありますが、これまで講じられてきたエネルギー政策の実施状況を振り返ってみると、せっかく政策を計画、立案してもその実施段階で具体的な視点が欠けていたため十分な成果を得られず、それが“絵に描いた餅”になった例も少なくありません。

4月に決定された「第四次エネルギー基本計画」についても、目指すべき方向は示されましたが、日本の新しいエネルギー体制の具体像が十分に示されているとは言えません。また、改革を進めるために「第四次エネルギー基本計画」に先立って閣議決定された「電力システムに関する改革方針」についてもその実効性が懸念される点があります。

本書では、3.11後に示された方針が“絵に描いた餅”にならぬよう、具体的に実現させるための施策として4つの提言を行っています。本書がエネルギーに係わる多くの方々に読まれ、提言が政策に反映されることを望みます。

公益財団法人 東京財団
理事長 秋山昌廣

目次

はじめに 1

要旨 3

第一章 震災が浮かび上がらせた日本のエネルギー体制の脆弱性 7

第二章 目指すべきはエネルギーの多元化 11

第三章 エネルギー多元化を実現するために 13

【提言1】エネルギー多元化を実現しているスペインの電力統合体制を参考にせよ 14

【提言2】小売自由化が先ではなく所有権分離による発送電分離を先行せよ 20

【提言3】多様な電力を系統に接続し統合して運用するエネルギー・インテグレーション技術
の開発を急げ 25

【提言4】福島を再エネ普及のみならずエネルギー・インテグレーションのモデル地区とせよ 29

巻末資料： 検証：エネルギー基本計画3 ハワイの知見を福島に

要旨

1. 震災が浮かび上がらせた日本のエネルギー体制の脆弱性

2011年3月11日に発生した東日本大震災とそれによる福島第一原子力発電所事故は、日本のエネルギー体制の脆弱さを露呈させ、震災前は見えてこなかった様々な課題を浮かび上がらせた。震災直後には、事態の進行とともに以下4つの点が課題として浮上している。

- ①一般電気事業者¹（以下電力10社）による電力系統の地域独占により地域が分断されていたことから電力を広域的に運用する体制が出来ておらず、電力が不足する場所に対して地域を跨いだ供給が十分に出来ないこと。
- ②電力10社以外から電力を調達しようとしてもその供給力が低いこと。
- ③電力供給不安時に需要抑制する仕組みがなく、その結果、計画停電という事態を招いたこと。
- ④需要家が電力を選択できないこと。

そして、原発事故の影響が明らかになるとともに以下2つの課題が浮上してきている。

- ⑤原発に大きく依存していたにもかかわらず原発が停止した場合のリスク（電力供給不安、燃料コストの増加）をコントロールする体制が出来ていなかったこと。
- ⑥原発は過酷事故を引き起こす大きなリスクがあり、原子力施設の嚴重な事故対策、原子力事故災害予測と実行可能な避難計画、風評被害を含めた事故賠償制度、そして放射性廃棄物の処理が不可欠なこと。

こうした課題に対処するため、これまでの電力10社による地域の独占、および発電から送電、配電、小売の独占、そして原発に依存した大規模集中型の発電という日本のエネルギー体制を見直す必要に迫られている。

2. 目指すべきはエネルギーの多元化

震災から見えた日本のエネルギー体制の課題はこれまでおよそ60年間続いた電力10社による

¹ 一般電気事業者とは、北海道電力（株）、東北電力（株）、東京電力（株）、中部電力（株）、北陸電力（株）、関西電力（株）、中国電力（株）、四国電力（株）、九州電力（株）、沖縄電力（株）の計10社で各々その地域における電力系統と小売市場を独占する電力会社。

地域と事業の独占、そして原発に依存した大規模集中型の発電という日本の体制の弱点と言える。

こうした弱点を克服するため、今後は従来の石油、石炭、天然ガス利用の高効率化と資源の安定確保、そして国内資源としての再生可能エネルギー（以下、再エネ）の最大限の導入を進め多様なエネルギー源を活用するとともに、発電から送電、配電、小売にわたり多様な担い手を創出しリスクを分散する必要がある。

すなわちそれは、従来の原発に依存した構造ではなく、広域にわたり多様な電力が電力系統に平等に接続（イコールアクセス）され、それらを最適に活用できるよう統合（インテグレーション）してコントロールするという電力統合体制を構築しエネルギーの多元化を実現することにほかならない。エネルギー多元化の実現は自由化市場の創出など自由競争を促す条件でもある。

政府では前述した原発事故後の課題に対処しエネルギー政策の再構築を図るべく、2013年4月に、①多様な電源の活用による電力安定供給、②原子力比率の低下など電気料金の上昇圧力の中での電力料金の抑制、③需要家の選択肢や事業者の事業機会の拡大、を目的とした「電力システムに関する改革方針」が閣議決定されている。また、2014年4月には、“多層化・多様化した柔軟なエネルギー需給構造”の実現を基本方針の一つとした新しい「エネルギー基本計画」が閣議決定されている。3.11 原発事故後に策定されたこれらの政策の意味するところは、現在の体制を大胆に改革していくことにほかならず、目指すものはエネルギーの多元化と言えるだろう。

3. エネルギー多元化を実現するために

エネルギー政策を再構築するため大胆な改革が必要だが、戦後60年余り続いてきた現行の体制を変えるのは容易なことではないだろう。前述した政府の方針を絵に描いた餅に終わらせず、着実にエネルギー多元化を実現させるために必要な具体的な視点として、以下4点を提言する。

【提言1】エネルギー多元化を実現しているスペインの電力統合体制を参考にせよ

スペインは石油、天然ガス、石炭、ウランなどの資源に乏しい資源輸入国である。また、その地理的条件から他国と電力の国際連系が難しいという日本と同様な環境にあるが、電力会社の統廃合と発電電分離、そして電力統合コントロールシステムの構築等を推進することで導入が難しいとされている再エネの活用を含めエネルギー多元化を実践している。一方、日本ではエネルギーを多元化するという方針は示されたが、具体的にどのような姿を目指すのかその具体像は十分に示されていない。エネルギー多元化を実現する具体的な全体像として、こうしたスペインの体制を日本は大いに参考にすべきである。

【提言 2】小売自由化が先ではなく所有権分離による発送電分離を先行せよ

「電力システムに関する改革方針」の閣議決定により日本のエネルギー体制の改革が具体的に進められることになったがまだ不安は残る。例えば、

- ・第2段階の小売の自由化と第3段階の発送電分離は順序が逆ではないか。
- ・法的分離による発送電分離で果たして送電線の無差別公平な利用が担保されるか。

といった点が懸念される。

電力市場自由化の取り組みは、第二次電気事業法改正により 2000 年から進められているが、発送電分離がなされていない状況のままでは様々な障壁が残り、「新電力」²と呼ばれる新規事業者の参入は遅々として進んでいないことから、市場自由化と発送電分離のタイミングは見計らう必要がある。

また発送電分離についても法的分離では依然として電力会社との資本関係が残ることから送電線の無差別公平な利用がどこまで担保されるか注視することと、問題がある場合には速やかに所有権分離の方式へ移行するプランを予め想定しておく必要がある。

【提言 3】多様な電力を系統に接続し統合して運用するエネルギー・インテグレーション技術の開発を急げ

現行の日本の電力システムは原子力を機軸とした大規模・集中型のシステムである。スペインのように電力統合体制を構築しエネルギーの多元化を実現するにはそれを支える技術システムの開発が必要不可欠だが、今回の電力システム改革の方針ではどのような技術システムを構築していくかという点はまだ明確ではない。

エネルギーミックスを考える上でも技術的に、何が、どれくらい電力系統に統合が可能なのか中立な立場で技術的検証を行う必要がある。

米国においてもエネルギー省が中心となりスペインが実用しているような多様なエネルギーを電力系統に効率的に統合する技術（エネルギー・インテグレーション）の開発を急速に進めている。

電力システムの改革においては制度設計と技術的なシステム設計は表裏一体であることから日本も後れをとらないよう電力統合技術開発の取り組みを急ぐ必要がある。

² 既存の大手電力会社である一般電気事業者（電力 10 社）とは別の、特定規模電気事業者（PPS: Power Producer and Supplier）のことで、契約電力が 50kW 以上の需要家に対して、一般電気事業者が運用、維持する系統（電線）を通じて電力供給を行う事業者。

【提言 4】福島を再エネ普及のみならずエネルギー・インテグレーションのモデル地区とせよ

「電力システムに関する改革方針」では、日本のエネルギーシステムを大きく改革していく予定だが、これまでおよそ 60 年間にわたり続いた日本の電力システムを変えるにあたっては実際の改革の現場ではどのような課題にぶつかるか未知な点も多い。さらに、前項で提言したエネルギー・インテグレーション技術を開発するには机上論だけではなく現場の実証が不可欠だ。

そこで、再エネの普及促進による県の復興を進めている福島にて、単に再エネ発電所を増やすだけではなく、県内の石炭ガス化複合発電（IGCC）などの火力発電、そして既存の電力系統をも統合したエネルギー・インテグレーション技術開発の実証実験を行い、課題の洗い出しを行うことでリスクの低減を図るとともに、福島をエネルギー・インテグレーションのモデル地域とすることで福島の地域活性化と全国への波及効果とを促すべき。

また、先端的なエネルギー・インテグレーションのモデル地区を世界に先駆けて示すことは、今後成長が見込まれる世界のエネルギー関連市場の獲得にも繋がるのが期待できる。

第一章 震災が浮かび上がった日本のエネルギー体制の脆弱性

3.11 福島原発事故前の日本のエネルギー政策

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、東京電力福島第一原子力発電所のシビアアクシデントという深刻な事態を招いた。原子炉建屋が爆発し白煙を上げているショッキングな映像はいまだ記憶に新しいことだろう。それまで日本では「原子力発電所は安全です」ということが半ば神話のように信じられ、エネルギー政策においても原子力を中心とした政策が構築されてきたが、この事故は日本のエネルギー政策の根本を覆すこととなった。

原発事故前の日本のエネルギー政策については、2010年6月18日に日本のエネルギー政策の根幹となる「エネルギー基本計画」という公式文書が閣議決定されている。その中では、電力構成に占める原子力及び再エネといったゼロ・エミッション電源を2010年時点の34%から、2020年には約50%、2030年には約70%にまで引き上げるとの目標が掲げられ、原子力発電所については、2020年までに9基、2030年までに少なくとも14基新增設し、電力に占める原子力の割合を50%まで引き上げるとの目標が掲げられている。

また、同じく2010年6月18日には内閣官房の下に設置された国家戦略室が中心となりまとめられた、「新成長戦略」も閣議決定されている。「新成長戦略」は、日本経済が1990年代初頭のバブル崩壊から低迷をし続ける中、「国際競争力の強化」と「地域経済の活性化」を二本柱とし、継続的に人口が減少する中でも「新しい成長」を実現させる政策をまとめたもので、政府肝いりの戦略と言える。「新成長戦略」では、世界的な原子力回帰の流れの中で、ウラン燃料の安定供給を確保するとともに、戦略の一環として、我が国の原子力産業を積極的に国際展開していく方針も同文書の中で確認されている。

発送電体制については、戦後およそ60年をかけて電力10社による電力系統の地域独占、発電から送電、配電、小売を垂直統合した体制、火力と原子力を中心とした大規模集中型発電、そして東西を50Hz/60Hzの2つの周波数で分断した体制が構築されてきていた。(図表1)

また、電力小売市場については電力市場の自由化が2000年3月から取り組まれてきており、自由化部門はこれまで大規模工場などの特別高圧部門(2万V以上)、中規模工場などの高圧部門(6000V以上)と拡大し、自由化部門は全体電力量の60%にまで及んでいる。しかし、自由化部門における新電力³のシェアはわずかに3.5%にとどまっており⁴自由化後10数年を経た現在においても、新電力をはじめとする新規参入者のシェアは依然として小さい。さらに、2014年6月現

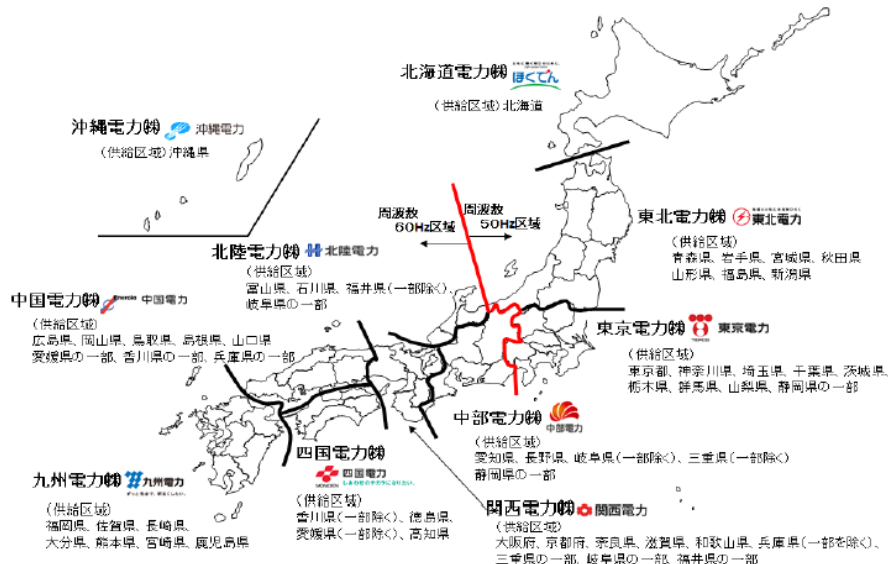
³ 新電力(特定規模電気事業者): 特定規模需要(原則50kW以上)に応じ、一般電気事業者が運用・維持する系統を経由して供給する事業者

⁴ 「電力小売市場の自由化について」経済産業省資源エネルギー庁(平成25年10月)

在、家庭などの低圧部門（100～200V、家庭用）はいまだ規制部門となっており電力 10 社による独占体制が続いている。

こうした体制の下、原発事故前となる 2010 年度の電源別発電電力量構成比は、原子力 28.6%、石炭 25.0 %、LNG29.3%、石油等 7.5%、水力 8.5%、再エネ（除く大規模水力）1.1%となっており原子力に大きく依存した構成となっていた。（図表 2）

（図表 1）電力 10 社の供給区域（地域独占の区域）



出所：「電力システム改革の基本方針」（電力システム改革専門委員会 平成 24 年 7 月）

（図 2）電源別発電電力量構成比



出所：電気事業連合会 2013 年 5 月 17 日公表資料

浮かび上がったエネルギー体制の課題

前述により構築されてきた日本のエネルギー政策であったが、2011年3月11日に発生した福島第一原子力発電所事故は国際原子力事象評価尺度（INES）に照らし合わせ深刻な事故とされるレベル7という最悪の事態となり、震災前は見えてこなかったエネルギー政策における様々な課題を浮かび上がらせることとなった。具体的には、発災直後、事態の進行とともに以下4つの点が課題として浮上している。

- ①電力10社による電力系統の地域独占により地域が分断されていたことから電力を広域的に運用する体制が出来ておらず、震災により電力が不足する場所に対して地域を跨いだ供給が十分に出来ないこと。
- ②電力10社以外から電力を調達しようとしてもその供給力が低いこと。
- ③電力供給不安時に需要抑制する仕組みがなく、その結果、計画停電という事態を招いたこと。
- ④需要家が電力を選択できないこと。

そして、原発事故の影響が明らかになるとともに以下2つの課題が浮上してきている。

- ⑤原発に大きく依存していたにもかかわらず原発が停止した場合のリスク（電力供給不安、燃料コストの増加）をコントロールする体制が出来ていなかったこと。
- ⑥原発は深刻な事故を引き起こす大きなリスクがあり（原子力安全神話の崩壊）、原子力施設の厳重な事故対策、原子力事故災害予測と実行可能な避難計画、風評被害を含めた事故賠償制度、そして放射性廃棄物の処理が不可欠なこと。

原発事故の結果、2012年度の電源別発電電力量構成比における原子力発電の比率は大きく落ち込むこととなり⁵、その分を補うことになった火力発電の比率は88.3%にまで高まるというアンバランスな状態となっている。そして、化石燃料の輸入が増加したことも影響し、日本の貿易収支は2013年には過去最大となる約11.5兆円の貿易赤字を記録している。もちろん化石燃料の輸入増加だけが貿易赤字の理由ではないが、諸外国と比べて高い日本の燃料輸入価格⁶とその輸入量の増大は経済上の問題となり、電気料金の値上げや燃料供給途絶による電力供給の不安定化という懸念を招いている。

原子力発電所の再稼動については、原子力規制委員会が原子力施設の技術的な安全基準の審査

⁵ 2014年8月現在、原子力発電所はすべて停止している。

⁶ 日本の化石燃料輸入価格は他国と比べてかなり割高であることが指摘されている。詳細は東京財団論考「あらためて考える日本のエネルギー政策～エネルギー基本計画閣議決定を受けて」（2014年4月14日、平沼光）を参照。<http://www.tkfd.or.jp/research/project/news.php?id=1263>

を行っているが、原子力発電所再稼動における課題は原子力施設の技術的な安全基準の審査だけにとどまらず、原子力災害が発生した場合の周辺住民の安全な避難の確保⁷、原子力災害被災者に対する賠償制度の整備と賠償費用の確保⁸、そして使用済み核燃料の処分⁹など多岐にわたり、その解決の見通しは明確になっていない。

日本のエネルギー体制は戦後およそ 60 年間という長きにわたり現状の体制が続いてきたが、震災と福島原発事故は、現行の発送電体制の脆弱性を露呈させ、原子力安全神話の崩壊、電力供給力の低下と計画停電の実施、原発代替のための火力発電燃料コストの増大、さらに深刻な放射能汚染による周辺住民の避難と風評被害という事態を招いた。

そして、現在¹⁰もなお約 14 万人の人々が困難な避難生活を強いられているという状況下では、震災と福島原発事故からの復興を急ぐとともに、現行の体制を改めリスクに耐えうるエネルギー体制を一日も早く構築することが求められている。

⁷ 2014 年 4 月 23 日に静岡県が公表した「浜岡原子力発電所の原子力災害対策重点区域の避難シミュレーションの結果について」では避難中に多くの住民が被爆の影響を大きく受ける可能性が報告されている。

⁸ 福島原発事故の原子力損害賠償総額は 2013 年 6 月時点で 3 兆 9,093 億円と見込まれていたが、2014 年 1 月の東京電力の新・総合特別事業計画では 4 兆 9,088 億円に上る見込みが報告されており、増え続ける賠償額への対応が課題となっている。また第四次エネルギー基本計画では、「原子力損害賠償制度の見直しについては、本計画で決定する原子力の位置付け等を含めたエネルギー政策を勘案しつつ、現在進行中の福島の賠償の実情等を踏まえ、総合的に検討を進める。」とされているが、いまだに約 14 万人の人々が避難生活を余儀なくされているという現状を見る限り早急な見直しが求められる。

⁹ 平成 24 年 11 月の経産省総合資源エネルギー調査会基本問題委員会 第 33 回会合に提出された配付資料によると、各原子力発電所の使用済み核燃料の貯蔵状況について、使用済み燃料を 10 年以上貯蔵できる余力を有する発電所はわずかに 4 か所のみで、一番余力のある発電所でもおよそ 16 年で貯蔵容量を超過するということが報告されている。また、最終処分場については白紙の状況にある。

¹⁰ 2014 年 8 月現在

第二章 目指すべきはエネルギーの多元化

震災から見た日本のエネルギー体制の課題は日本のエネルギー体制の弱点であり解決していかなければならない。こうした弱点を克服するため、従来の石油、石炭、天然ガス利用の高効率化と資源の安定確保、そして国内資源としての再エネの最大限の導入を進め多様なエネルギー源を活用するとともに、発電から送電、配電、小売にわたり多様な担い手を創出しリスクを分散する必要がある。

すなわちそれは、従来の原発に依存した大規模集中型の構造ではなく、広域にわたり多様な電力が電力系統に平等に接続（イコールアクセス）され、それらを最適に活用できるよう統合（インテグレーション）してコントロールするというエネルギー多元化の体制を構築することにほかならない。エネルギー多元化体制の構築は自由化市場の創出など自由競争を促す条件でもある。

政府では、3.11 後のエネルギー政策として、2013 年 4 月に以下を趣旨・目的にした「電力システムに関する改革方針」が閣議決定されている。

「電力システムに関する改革方針」趣旨・目的の要旨

<趣旨>

東日本大震災とこれに伴う原子力事故を契機に、電気料金の値上げや、需給ひっ迫下での需給調整、**多様な電源の活用**の**必要性が増す**とともに、従来の電力システムの抱える様々な限界が明らかになった。

こうした現状にかんがみ、政府として、エネルギーの安定供給とエネルギーコストの低減の観点も含め、これまでのエネルギー政策をゼロベースで見直し、現在及び将来の国民生活に責任あるエネルギー政策を構築していく一環として、再生可能エネルギーの導入等を進めるとともに、以下の目的に向けた電力システム改革に、政府を挙げて取り組む。その際、電気事業に携わる者の現場力や技術・人材といった蓄積を活かす。

<目的>

1. 安定供給を確保する

東日本大震災以降、原子力発電への依存度が大きく低下し、大半の発電が既存火力に依存する中、分散型電源を始め、**多様な電源の活用が不可欠である**。特に、出力変動を伴う再生可能エネルギーの導入を進める中でも、安定供給を確保できる仕組みを実現する。

2. 電気料金を最大限抑制する

原子力比率の低下、燃料コストの増加等による電気料金の上昇圧力の中にあっても、競争の促進や、全国大で安い電源から順に使うこと（メリットオーダー）の徹底、需要家の選択による需要抑制を通じた発電投資の適正化により、電気料金を最大限抑制する。

3. 需要家の選択肢や事業者の事業機会を拡大する

電力会社、料金メニュー、電源等を選びたいという需要家の様々なニーズに多様な選択肢で応えることができる制度に転換する。また、他業種・他地域からの参入、新技術を用いた発電や需要抑制策等の活用を通じてイノベーションを誘発し得る電力システムを実現する。

※ 経産省 2013年4月2日公表資料より作成

「電力システムに関する改革方針」（いわゆる、電力システム改革）では現在の脆弱なエネルギー体制を改善するため、第1段階として電力需給のひっ迫や出力変動のある再エネの導入拡大に対応するため、国の監督の下に、需要計画・系統計画などの情報を一元的に把握し、区域を越えた全国大での系統運営、平常時・緊急時を問わない各区域の需給調整の実施、また、系統情報の

中立的な情報開示などを行う「広域的運営推進機関」を創設し、第２段階では電気の小売業への参入の全面自由化を行い、第３段階で法的分離方式による発電、送電、配電部門の分離を行い各部門の中立性を確保するとしている。

また、「電力システムに関する改革方針」の閣議決定からおよそ１年後となる２０１４年４月には、国の基本的な方針となる新しい「エネルギー基本計画」が閣議決定されている。新たに閣議決定された「エネルギー基本計画」の基本的な方針には、「東日本大震災及び東京電力福島第一原子力発電所事故後に直面している課題を克服していくためには、エネルギー需給構造の改革を大胆に進めていくことが不可避」であること、そして「平時において、エネルギー供給量の変動や価格変動に柔軟に対応できるよう、安定性と効率性を確保するとともに、危機時には、特定のエネルギー源の供給に支障が発生しても、その他のエネルギー源を円滑かつ適切にバックアップとして利用できるようにする必要がある。このような“多層化・多様化した柔軟なエネルギー需給構造”の実現を目指していく」ことが記されている。

3.11 原発事故後に策定されたエネルギー政策である「電力システムに関する改革方針」、そして「エネルギー基本計画」が意味するところは、電力１０社による地域独占、原子力を中心とした大規模集中型発電、発電～送電～配電～小売の垂直統合、そして東西を分断した周波数という現在の体制を大胆に改革していくことにほかならず、目指すものはエネルギーの多元化といえるだろう。

第三章 エネルギー多元化を実現するために

エネルギー政策を多元化の方向へ再構築するためには大胆な改革が必要だが、戦後 60 年余りかけて構築された現行の体制を変えるのは容易なことではないだろう。特に、改革を実行するにあたっては机上論だけではなく改革の現場を想定した具体的な視点をもって取り組むことが必要だ。

これまで講じられてきたエネルギー政策に関する施策の中には、せっかくスキームを作っても実施において具体的な視点が欠けていたため十分な成果を得られなかった例も少なくない。

例えば、再エネ普及のために始められた固定価格買取制度（FIT 制度）では、2013 年 11 月末までに設置を認めた再エネの設備認定量 2,796.9 万 kw に対して実際に発電を開始したのはその約 4 分の 1 の 645.3 万 kw でしかなかったという事例がある。これは、せっかく FIT 制度で再エネの買取補助を行っても、実際に再エネ事業を行なう際に必要となる、資金の調達、設備の調達・設置、土地の確保、電力系統への接続といった点に制度的な面も含めた障壁があったためその効果が十分に発揮されなかったことが考えられ¹¹、再エネ事業の起業現場ではどのような障壁に直面するかという具体的な視点到に欠けていたことにより FIT 制度が“絵に描いた餅”に陥った例と言える。

3.11 原発事故後に示された「電力システムに関する改革方針」、そして「エネルギー基本計画」では現行体制を大胆に改革する政府方針は記されたものの、前述のような事例があることを考えると果たして改革が机上論にとどまらず実現されるか懸念が残る。

「電力システムに関する改革方針」、そして「エネルギー基本計画」に記された改革方針が“絵に描いた餅”とならぬよう、着実にエネルギー多元化を実現させるために必要な具体的な視点として、以下 4 点を提言する。

¹¹ 財務省財務総合政策研究所「効果的な政策ツールに関する研究会」報告書（第 8 章 環境・エネルギーに係わる政策ツールの現況と今後の視点/平沼光）2014 年 7 月

【提言1】エネルギー多元化を実現しているスペインの電力統合体制を参考にせよ

スペインは石油、天然ガス、石炭、ウランなどの資源に乏しい資源輸入国である。また、その地理的条件から他国と電力の国際連系が難しいという日本と同様な環境にあるが、電力会社の統廃合と発送電分離、そして電力統合コントロールシステムの構築等を推進することで導入が難しいとされている再エネの活用を含めエネルギー多元化を実践している。一方、日本ではエネルギーを多元化するという方針は示されたが、具体的にどのような姿を目指すのかその具体像は十分に示されていない。¹²エネルギー多元化を実現する具体的な全体像として、こうしたスペインの体制を日本は大いに参考にすべきである。

スペインは日本と同様に石油、天然ガスなどの化石燃料に乏しく 2009 年時点でおおよそ 77%を海外からの輸入に依存している¹³。また、スペインは欧州の中でも隣国のフランスとの国境がピレネー山脈により分断されているため電力の国際連系線を思ったように引くことができないという地理的状况にある。そのため、EU 指令では一国あたり年間の電力量の 10%を超えることを奨励している電力の国際融通量はスペインでは 2.3% (2011 年)¹⁴にとどまっているという状況であり欧州の中でも他国に頼ることが難しく日本と似通った状況にあるといえる。¹⁵

こうした状況のスペインから、日本が福島原発事故に見舞われた 2011 年 3 月に大変興味深いニュースが報告されている。スペインの送電管理会社レッド・エレクトリカ社 (Red Eléctrica de España 以下、REE 社) によると、スペインの 3 月の電力供給のうち、風力発電が占める割合がほかの火力、原子力を越えて最大の電力供給源になったということだ。

スペインの 2011 年 3 月の電力供給割合は、風力 21%、原子力 19%、水力 17.3%、石炭火力 12.9%、太陽光 2.6%、その他コンバインドサイクル発電やコジェネレーション発電となっている。再エネだけで発電の 4 割以上を賄っていることになる。日本と同じような地理条件にあるスペインでなぜ再エネの大幅導入を含めたエネルギーの多元化が出来たのか。

そもそもスペインがエネルギーの多元化に取り組む第一の理由はエネルギー安全保障にある。日本と同じく化石燃料資源に乏しいスペインはエネルギー自給率が低く、石油、天然ガス、ウランなどを海外に依存しているため価格変動や供給途絶のリスクを抱えている。それを解消するた

¹² 例えば、エネルギー基本計画ではエネルギーを多元化するという方針は示されたがエネルギーミックスについては示されていない。また、各エネルギー源についての優先順位も示されていないばかりか、分散型電源の活用を中心として考えるのか大規模集中型を中心とするのか、または双方を両立させていくのかという点についても明確には示されていない。

¹³ Spain's National Renewable Energy Action Plan 2011-2020

¹⁴ 2011 The Spanish Electricity System (RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA)

¹⁵ 本プロジェクトが 2012 年 11 月に行ったスペインの現地調査では、自らを「わが国は電力孤島」と称している電力関係者もいた。

め可能なかぎり風力をはじめとする国内の資源の活用を推進し多元化を図るという道を選んだということだ。¹⁶

スペインでは電力市場を自由化する前となる 1970 年代から電力会社の統廃合を進め主な発電事業者を 3 社（当初）とし¹⁷、対する送電会社は集中的に送電管理が行えるよう REE 社 1 社とする体制がとられている。

本格的にエネルギー多元化に取り組み出したのは 1997 年頃からで、電力市場の自由化のための法制度を整備し再エネ事業者の参入を促すとともに、2002 年には発電事業者が持つ送電線を REE 社に売却するよう指示。これにより、REE 社はスペイン国内唯一の送電会社（TSO：Transmission System Operator）として国内全域の送電網を管理する体制に移行している。これは日本の発送電分離方式でいうところの所有権分離方式にあたる。ちなみに REE 社は私企業であるが株式の 20% を国が保有し組織の公共性を保つ体制がとられている。

さらに、REE 社は 2006 年 6 月にマドリッド北部近郊に再生可能エネルギー監視制御センターという再生エネの管理組織を設立した。再生エネはお天気まかせ、風まかせと言われるように、天候によりその発電が大きく左右されるという弱点がある。これを克服するべく、REE 社の再生可能エネルギー監視制御センターでは IT 技術を駆使することで風力を主として、水力などスペイン全土の再エネと天然ガスコジェネレーション発電の監視・制御を行っている。

再生可能エネルギー監視制御センターは、中堅・大手の発電事業者などが情報収集センターとしスペイン全土におよそ 30 カ所設置した発電コントロールセンターとリンクされている。

そして、発電コントロールセンターはスペイン全土の風力発電所やメガソーラー発電所の発電電力量や運用パラメーター情報を 12 秒ごとに吸い上げ、再生可能エネルギー監視制御センターに伝えるとともに、再生可能エネルギー監視制御センターからの制御指令をスペイン全土の風力、太陽光発電所に伝え、それを 15 分以内に実行させるという役割を果たしている。

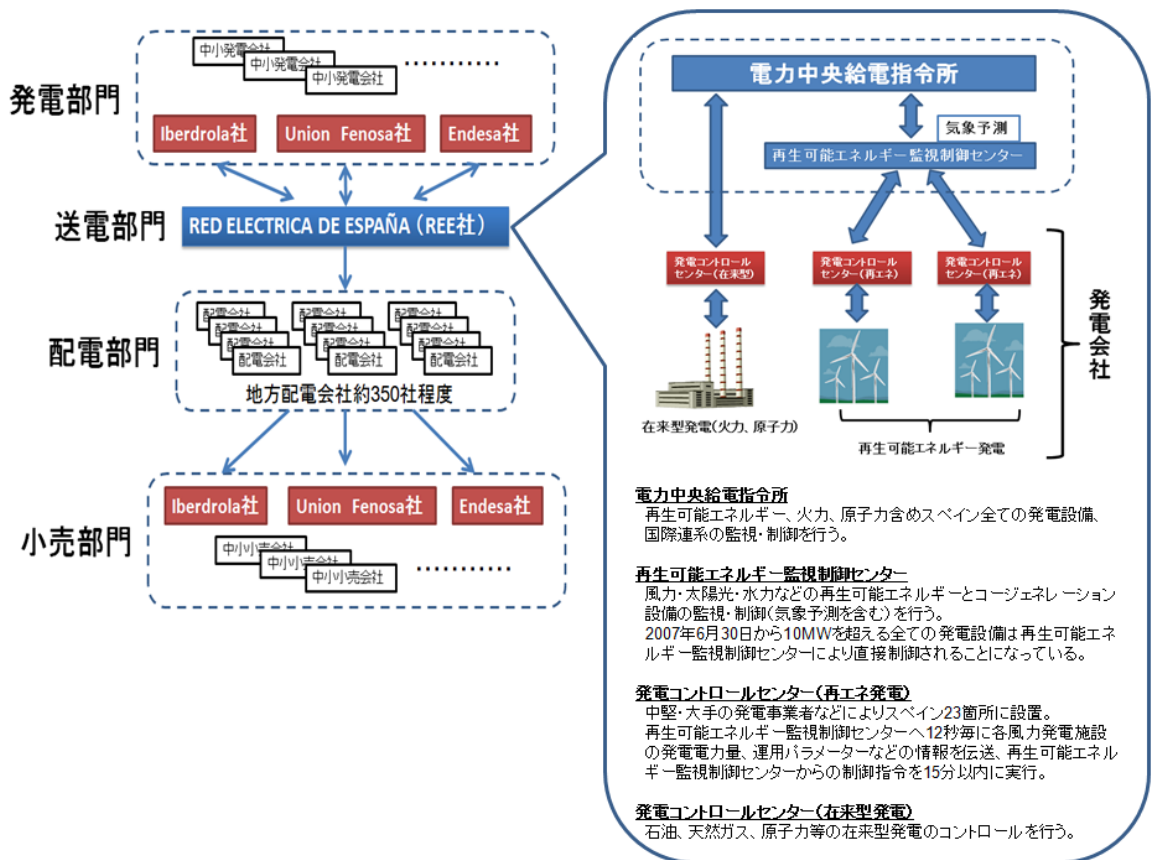
特徴的なのは再生可能エネルギー監視制御センターでは気象予測システムを活用しながら発電を制御しているという点だ。気象予測システムについてごく簡単に説明すると、天気予報を見ながら翌日に風力、太陽光など再生エネでどのくらい発電できるかを計算するものだ。発電量が多ければ天然ガス火力の発電を抑え、少なければ天然ガス火力の発電量を増やすといった指令を、発電全体を管理する中央給電指令所を通して火力等在来型の発電所とリンクされている発電コントロールセンターに伝えコントロールを実行する。これによって、風まかせ、天気まかせといった気象条件に左右される弱点を克服しているのだ。IT 技術を駆使し気象予測も取り入れながらの

¹⁶ 2012 年 9 月、スペイン政府のエネルギー機関であるエネルギー多様化・省エネルギー研究所（IDEA）へのヒアリングによる。

¹⁷ その後も企業の統廃合が進み 2014 年 1 月現在、最大手のエンデサ、イベルドローラの 2 社に、ガズ・ナチュラル・フェノーサ、イドロカンタブリコ、E.ON エスパーニャを加えた 5 大グループが電気事業の中心を形成している。

制御とは注目に値する¹⁸。(図表3)

(図表3) スペインの電力システム体制の概観



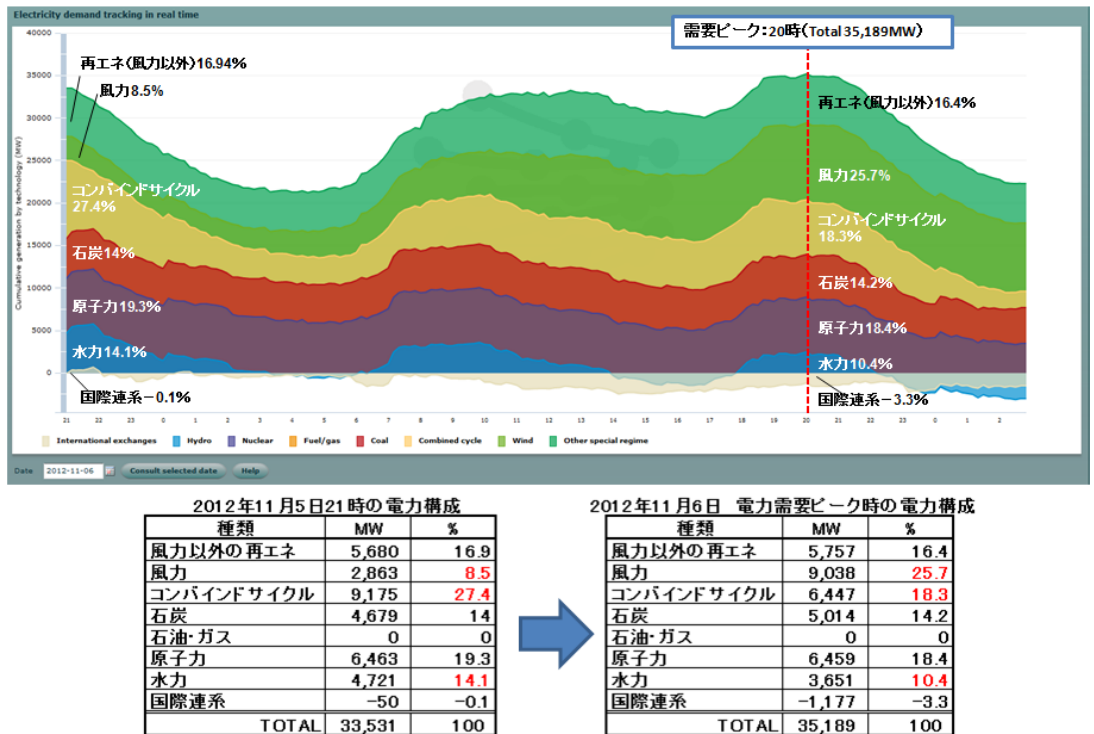
このように、スペインでは発送電分離など自らの電力システム体制を改革するとともに、IT技術、気象予測技術を駆使し再生エネの弱点を克服し、その普及とエネルギー多元化に成功している。

スペインの電力需給コントロールの一例を見てみよう。(図表4)は2012年11月5日から11月6日にかけてのスペインの電力需要の推移と発電電力の構成を表したものである。

¹⁸ 再生エネ普及と発送電分離が進んでいるドイツにおいても再生エネを含めた発電コントロールについて発電会社と送電会社間で様々な取り組みが行われているが、本プロジェクトが2013年5月に行った調査ではドイツ北東部を管轄する発電会社(VATTENFALL社)と送電会社(50hertz社)との間で行われている調整は電話連絡を中心にしたものであり、IT技術を駆使したスペインの体制はより完成度の高いものと見られる。

(図表 4)

スペイン 2012年11月5日(21時)～6日の電力需給状況



出典：RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA HP データから作成

グラフの左端、11月5日の電力需要のピークである21時の状況を見ると電力構成における風力は8.5%、コンバインドサイクル27.4%、水力14.1%となっている。この時点では風力発電に必要な風が吹いておらずコンバインドサイクルの発電量を増やして対応していることがわかる。

23時間後となる翌日6日の電力需要のピークの20時になると風況が良くなり、電力構成における風力を25.7%まで増やし、今度はコンバインドサイクルの発電量を18.3%、水力を10.4%まで落とすことで電力需要ピーク時における風力発電の最大活用を実現している。

スペインの再生可能エネルギー監視制御センターは気象予測システムを駆使し、23時間後の風の状況を算出し、需要ピーク時における最適な電力構成をコントロールしていることがわかる。

ちなみにこのグラフはREE社のホームページ (<http://www.ree.es/en>) から何時でも、誰でも、過去から現在に至るまでのスペイン全土の発電状況を一括して閲覧することができるというおよそ日本では考えられない情報開示がなされている。

様々な電力を統合して効率的に活用するスペインの電力統合体制とその技術システムは再エネ

普及やエネルギー多元化を推進する各国からも注目されている。中でも世界1、2位を争う風力発電導入国となり再エネ大国となりつつある中国では、送電網と電力制御体制が脆弱なためその発電力を十分に活かしてきれていないという課題を抱えていることから逸早くスペインの手法に注目し、その導入を試みている。

2011年1月、中国の李克強副首相（同時）はスペインのREE社を訪問し、再生可能エネルギー監視制御センターなどを視察。その後、間髪を入れず2011年3月には、中国全土の送電・変電・配電を手がける世界屈指の電力会社である中国国家電網とREE社との間で再生可能エネルギー普及のための技術協力の合意文書を交わしている。すなわち、少なからず中国はスペインの手法に注目し、スペインの経験から学ぼうということだろう。



合意文書に署名するREE社と中国国家電網

（出典：REE社 プレスリリース）

日本では3.11原発事故後に示された「電力システムに関する改革方針」、そして「エネルギー基本計画」によりエネルギーを多元化していくという方針は示されたが、具体的にどのような姿を目指すのかその具体像は示されていない。2012年2月2日に開催された経産省の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1回）では、出席した委員から「自由化や発送電分離は、責任体制の分散化ということであり、日本では海外での事例を検証し、官の役割、民の役割を適正化した整合的なシステムを構築することが必要。」また、「日本は制度改革のトップを切ったことがない。ならば海外から学ばない手はない。」という意見も述べられている。その意味で、地政学的に日本と似ておりエネルギーの多元化に成功しているスペインが、
①電力会社の統廃合と発送電分離¹⁹、②所有権分離による発送電分離と送電部門の1社集約化、③送電部門がスペイン全土の需給をコンロトルする体制の構築、④IT技術、気象予測技術を駆

¹⁹ 特に発送電分離が電力市場自由化前から取り組まれていたことは注目すべきで、この点は後述の【提言2】にて詳説する。

使した技術的な需給コントロールシステムの構築、などの施策により築いた多様な電力を統合して効率的に活用する電力統合体制は日本が目指すべき具体像として大いに参考にすべきである。

なお、スペインでは、1994 年から導入されてきた再エネの固定価格買取制度（以下 FIT）による再エネの買取コストが増加し電力会社が赤字に陥ったことから、買取価格の引き下げ、また 2012 年には買い取りを停止するという事態になっている。スペインのエネルギー政策を参考として例示すると、この再エネ買取コストの問題を指摘し、それをもってスペインのエネルギー政策は破綻しているという意見も聞かれる。しかし、FIT はスペインのエネルギー政策における政策ツールのほんの一部分でしか過ぎず、前述したその他多くの施策と混同し、全体の政策そのものを否定すべきではない。

また、再エネの買取コストが増加した主たる要因が、再エネというエネルギーそのものにあるのではなく、太陽光発電の極端な優遇買取価格を設定したことによる予想を越えた太陽光発電の急増という FIT 制度の運用上の問題²⁰にあり、現在運用の改善が検討されているという状況下では、FIT についてもその最終的な評価を下すにはまだ時期尚早と言える。²¹

本稿は以上の視点から、スペインの施策を参考にすべく提言するものである。

²⁰ FIT の経済影響については①FIT による買取費用（マイナス影響）と②再エネ導入による化石燃料輸入費削減効果（プラス影響）、③再エネ導入による温室効果ガス対策費削減効果（プラス影響）を相殺すると太陽光発電の極端な優遇買取価格を始めた 2009 年から赤字に陥っているが、それ以前の 2008 年までは黒字の状況が続いていた。（“STUDY OF THE MACROECONOMIC IMPACT OF RENEWABLE ENERGIES IN SPAIN”, Spanish Renewable Energy Association (APPA)）

²¹ 上記 17 のとおり再エネの経済効果についても FIT の買い取りコストのみで判断するのではなく、温室効果ガス削減費用低減効果、化石燃料調達費用低減効果、電力の市場価格低減効果などマクロ経済の視点からの検証が必要であることから今後の実績を注視していく必要がある。

【提言 2】小売自由化が先ではなく所有権分離による発送電分離を先行せよ

「電力システムに関する改革方針」の閣議決定により日本のエネルギー体制の改革が具体的に進められることになったがまだ不安は残る。例えば、

- ・第2段階の小売の自由化と第3段階の発送電分離は順序が逆ではないか。
- ・法的分離による発送電分離で果たして送電線の無差別公平な利用が担保されるか。

といった点が懸念される。

電力市場自由化の取り組みは、第二次電気事業法改正により 2000 年から進められているが、発送電分離がなされていない状況のままでは様々な障壁が残り、「新電力」と呼ばれる新規事業者の参入は遅々として進んでいないことから、市場自由化と発送電分離のタイミングは見計らう必要がある。

また発送電分離についても法的分離では依然として電力会社との資本関係が残ることから、送電線の無差別公平な利用がどこまで担保されるか注視することと、問題がある場合には速やかに所有権分離の方式へ移行するプランを予め想定しておく必要がある。

電力システム改革では現在の脆弱なエネルギー体制を改善するため、第1段階として電力需給のひっ迫や出力変動のある再エネの導入拡大に対応するため、国の監督の下に、需要計画・系統計画などの情報を一元的に把握し、区域を越えた全国大での系統運営、平常時・緊急時を問わない各区域の需給調整の実施、また、系統情報の中立的な情報開示などを行う「広域的運営推進機関」を創設し、第2段階では電気のの小売業への参入の全面自由化を行い、第3段階で法的分離方式による発電、送電、配電部門の分離を行い各部門の中立性を確保するとしている。

【電力システム改革のプログラム】

	実施時期	法案提出時期
【第1段階】 広域的運営推進機関の設立	平成27年(2015年)を 目途に設立	平成25年(2013年)11月 13日成立
【第2段階】 電気のの小売業への参入の全 面自由化	平成28年(2016年)を 目途に実施	平成26年(2014年)通常 国会に法案提出
【第3段階】 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	平成30年から平成32年 まで(2018年から2020 年まで)を目途に実施	平成27年(2015年)通常 国会に法案提出することを 目指すものとする

出所：「電気事業法等の一部を改正する法律案の概要」平成 26 年 2 月

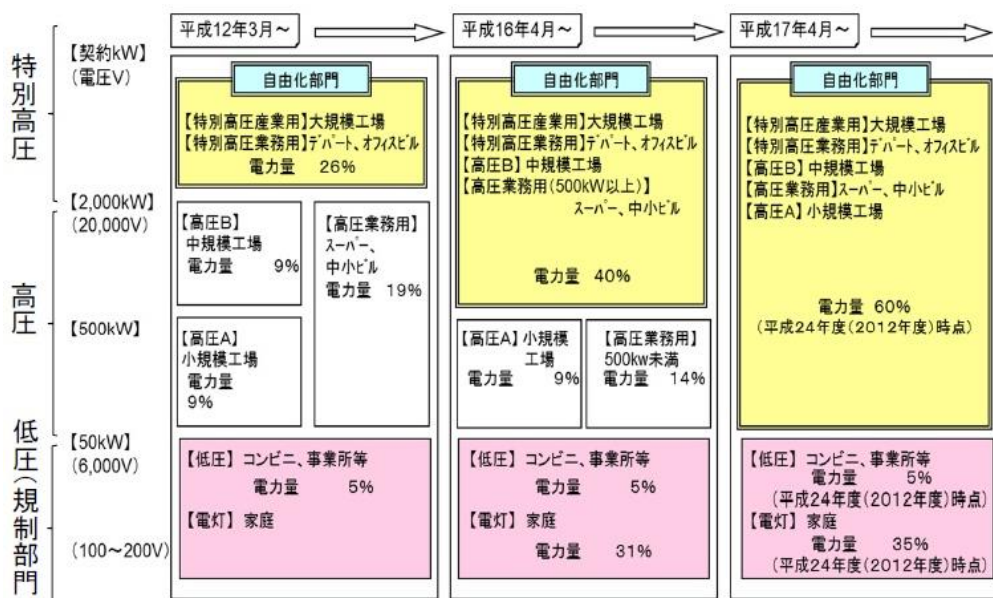
エネルギー基本計画の基本的視点である「多層化・多様化した柔軟なエネルギー需給構造」の実現²²、すなわちエネルギーの多元化を具体的に実現するために取り組まなければならない電力システム改革であるが、果たして十分な成果が上げられるであろうか。法律は成立したものの、失敗は許されないだけに実行面でいくつか懸念が残る。

まず、第2段階の電力自由化（小売全面自由化）と第3段階となる発送電分離の順序が逆ではないかという点だ。

電力自由化の大きな目的は、自由化により新電力など多くの新規事業者を市場に参入させることにある。そもそも日本における電力自由化は第二次電気事業法改正により2000年から進められており、経済の国際競争が激しくなる中で電気事業についても国際的に遜色のない水準まで電気料金を下げることが目的に取り組まれてきている。

自由化部門はこれまで大規模工場などの特別高圧部門、中規模工場などの高圧部門と拡大してきており²²、自由化部門は全体電力量の60%にまで及んでいる（図表5）。しかし、新規参入者にあたる新電力のシェアは、自由化部門の需要の僅か3.5%にとどまっており、自由化したにもかかわらず新電力の参入は進んでいない。

（図表5）電力小売事業の自由化



（注）沖縄電力の自由化の範囲は2万kW、6万V以上から、16年4月に特別高圧需要家（原則2千kW以上）に拡大。

出所：「電力小売市場の自由化について」経産省 平成25年10月

²² 特別高圧部門（電圧2万V超・契約2,000kW超）、高圧部門（電圧6,000V超・契約50kW超）、低圧部門（電圧100～200V、契約50kW以下）

新電力の参入が進んでいない大きな理由として、系統接続・利用において様々な課題が存在することが指摘されている。電力系統が電力 10 社の所有という独占体制にあるため、電力系統を持たない新電力には電力系統利用のための高額な託送料や厳しい罰則が課せられるなど事実上の参入障壁になっているということで、およそ以下の点が指摘されている。²³

新電力から見た系統の課題例

<系統接続における課題>

- ・ 接続ポイントにどのくらいの容量が接続できるのか情報が不十分。2013 年 3 月より電力会社は送配電系統の系統情報を自社のホームページ等を通じて閲覧を可能にしているがリアルタイムの状況など詳細情報は問い合わせが必要となり事業の計画策定を困難にしている。
- ・ 接続の可否を判断する電力会社の接続検討に長い時間を必要とし事業の工期見通し等の予見を困難にしている。
- ・ 接続検討の際に算出された接続に必要な工事負担金はあくまで仮であるとされ実際の工事負担金が大きく変動するリスクがある。

<系統利用における課題>

- ・ 新電力が生産・調達した電気を送電する際は電力 10 社に送電費用（託送料）を払わなければならない。また、金額も他国と比べて高くその妥当性の判断も難しい。
(EX. 電源開発促進税は、そのほとんどが原子力発電対策に充てられているが、原子力を保有しない新電力の顧客に対しても託送料金を通じて課税されている。)
- ・ 新電力には同時同量制度が課せられ新電力の顧客の消費量が新電力の発電量を±3%以上上下したときは大手電力会社に「罰金」インバランス料金を支払って大手電力会社から不足分の電力を購入（余剰分は電力会社が引き取る）しなければならない。また、その金額の妥当性の判断も難しい。

本来であれば、発送電分離を先に行い、電力系統を公共財として開放し、全ての事業者が公平な条件で電力系統を活用できる環境を整えてから自由化を行えば、このような指摘はなかったであろう。

自由化されていない規制部門は残すところ家庭などの低圧部門のみとなっている。これを電力システム改革の第2段階で自由化し、電力市場の全面自由化を行うわけだが、発送電分離がなされていない状況ではこれまでの新電力が市場に参入できなかった状況と変わりなく、効果が得られないのではと懸念されることから、第2段階実施後には新電力の参入状況に注視するとともに、

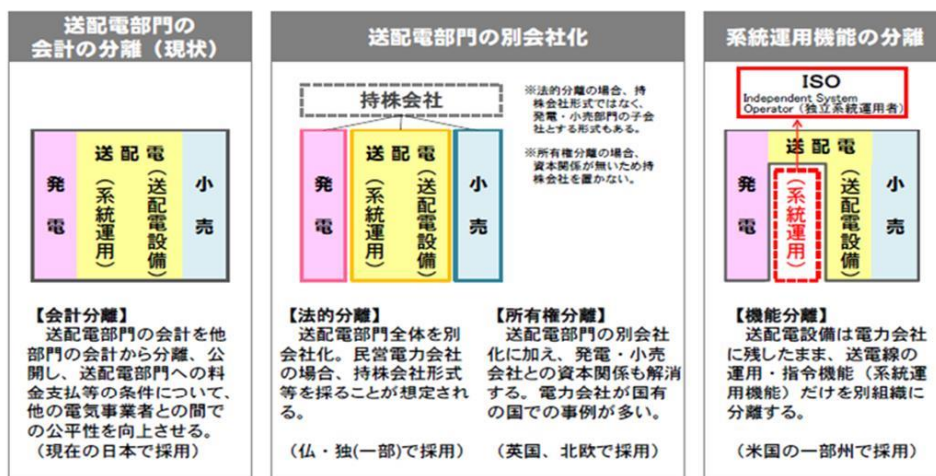
²³ 第4回電力システム改革専門委員会資料「新電力から見た系統利用に関する意見」（2012年4月25日）ほかによる。

効果が得られない場合には発送電分離のタイミングを早めるべきである。

第3段階の発送電分離についても懸念がある。電力システム改革の中で行おうとしている発送電分離は法的分離と呼ばれる分離方式だが、これは電力会社から送電部門を持ち株会社化して分離するというものだ。発送電分離のポイントはいかにして送電部門を公平中立な立場に置くかという点であり、電力会社と資本関係が残る状態で果たして電力会社からの関与を100%排除できるのかということが懸念される。

発送電分離については、スペインのように資本関係も解消した上で送電部門を電力会社から分離する所有権分離方式や、送電設備は電力会社に残すがそれを運用する機能（送電線の運用・指令機能）は別の組織が担うようにする機能分離方式など、より公平中立性が高い方式があるにもかかわらず今回の電力システム改革では選択されなかった。

（図表6） 発送電分離の類型



（※）米国は州により電力政策が異なる。全体の2/3の州は電力の小売自由化を実施しておらず、垂直統合型の電力会社が残存。

出典：電力システム改革専門委員会報告書 2013年2月

法的分離の優位点としては体制移行における時間、費用、労力を節約できる点がある²⁴が電力システム改革の趣旨である中立性の確保という点では前述したとおり懸念が残る。法的分離において中立性を確保するためには強力な監視体制が不可欠であるが体制管理の複雑化も懸念される。さらに、広域運用という点においても法的分離では資本関係の異なる送電会社が各地に存在することになり各送電会社間の運用連携がスムーズにいくか懸念が残る。

中立性の確保、広域運用、公平な取引市場の構築という電力システム改革の趣旨を考慮すると、所有権分離により電力会社の送電部門を独立させ、それを統合して一つの送電会社を作りスペイ

²⁴ 「自由で公平な電力の競争市場と発送電分離」奥村裕一（『都市問題』2013年7月号）

ンのように送電システムの広域運用と管理を一元化することが一番望ましい。(機能分離により全国で1本のISOを構築するという方法もありえるが、より明確な中立性の確保と大胆な改革という点において所有権分離の方が今回の改革の趣旨にあう)

電力システムに関する改革方針では、「制度の実施に向けた検討の過程で問題が生じた場合には、機能分離の方式を再検討することもあり得る」ことが記されている。それだけになおさら法的分離方式を選択するのであれば、具体的にどのようにして中立性を確保するのか、またどのような状況となった場合分離の方式を再検討するかを明確にし、制度の検討の過程のみならず実際の運営段階においても、法的分離では効果が出ないと判断された場合には速やかに所有権分離に移行するというオプションを策定しておくべきである。

エネルギー基本計画においても電力システム改革を断行することが記されているが、これまでの電力市場自由化のように10年経っても効果が出ないようなことがあってはならない。電力システム改革を推進するにあたっては、前述の懸念事項に十分注意を払うべきだ。

【提言3】多様な電力を系統に接続し統合して運用するエネルギー・インテグレーション技術の開発を急げ

現行の日本の電力システムは原子力を機軸とした大規模・集中型のシステムである。

スペインのように電力統合体制を構築しエネルギーの多元化を実現するにはそれを支える技術システムの開発が必要不可欠だが、今回の電力システム改革の方針ではどのような技術システムを構築していくかという点はまだ明確ではない。

エネルギーミックスを考える上でも技術的に、何が、どれくらい電力系統に統合が可能なものか中立な立場で技術的検証を行う必要がある。

米国においてもエネルギー省が中心となりスペインが実用しているような多様なエネルギーを電力系統に効率的に統合する技術開発を急速に進めている。

電力システムの改革においては制度設計と技術的なシステム設計は表裏一体であることから日本も後れをとらないよう電力統合技術開発の取り組みを急ぐ必要がある。

「電力システムに関する改革方針」の決定は日本の電力システム再構築における大枠の制度設計が示されたことを意味するが、制度に基づいて実際に電力の需給調整や電力変動対応を行うにはそれを可能にする技術的なシステムの構築も必要だ。

日本の電力システムはこれまでおよそ 60 年間、電力 10 社による発電～送電～配電～小売にわたる垂直統合型の地域独占という体制のもと、原子力を中心とする大規模集中型の発電を主としてきた。一方、電力システム改革が目指す方向は、地域を越えた広域にわたる電力運用と再エネなどの分散型電源をはじめとする多様な電源の活用でありその違いは大きい。

当然、電気工学的に考えて発送電から配電・小売にわたり既存の技術システムを大幅に改造する必要があるが、今回の電力システム改革の方針ではどのような技術システムを構築していくかという点はまだ明確ではない。

日本ではこれから研究開発が加速されることが予想されるエネルギー多元化のための技術システムだが、前述したスペインでは既に実用化されているように、エネルギー多元化を目指す各国においてその技術開発が進められている。

米国の「エネルギー・インテグレーション（Energy Integration）」研究

例えば米国では、「All-of-the-Above Energy Strategy」と呼ばれるシェールガスや各種再エネ、また燃料電池をはじめ国内の利用可能なエネルギーを全て活用し、他国に依存しないエネルギー多元化政策を明確に打ち出し、そのために必要な技術開発を急速に進めている。



**エネルギーシステム統合施設(ESIF: Energy Systems Integration Facility)外観
※筆者撮影**

米国で行われている研究は、化石燃料を主体とする既存の電力系統（電力網）に、太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスなど多様な再エネおよび各種分散型エネルギー、さらには燃料電池など新規の技術をスムーズに統合（インテグレーション：integration）し、その実用を目指すもので「エネルギー・インテグレーション（Energy Integration）」と呼ばれている。

中でも、天候によって電圧や周波数が変動する再エネ電力が既存の電力系統に大量に流れ込んだ場合、どのような影響が現れ、またどのようにしてそれをコントロールするかが技術的な課題とされている。

そうした課題を解決し、多様なエネルギーの活用技術を開発するため、2013年9月、米国エネルギー省(DOE)は、コロラド州デンバーにある国立再生可能エネルギー研究所(以下NREL)の中にエネルギーシステム統合施設(以下ESIF [Energy Systems Integration Facility])という大規模な研究施設を開所し、目下、盛んに研究を進めている。

ESIFは、電力の系統連系を研究する米国初の実証研究施設で総床面積およそ17,000平方メートル、15以上の研究設備と5つのデータ解析部門を有するNREL最大の研究開発施設となっている。(図表7) ESIFの15の研究設備は電力研究所、熱エネルギー研究所、燃料研究所という3つの分野に分かれており、再エネをはじめ様々なクリーンエネルギーを電力系統に統合（エネルギーインテグレーション）した場合、どのようなことが起こるか、その課題に対処する技術を開発している。

(図表7) ESIF内部の設備配置



- ・電力研究所:各種エネルギーの系統統合研究他(①～⑤)
- ・熱エネルギー研究所:太陽熱発電等の熱エネルギー研究他(⑥～⑧)
- ・燃料研究所:燃料電池研究他(⑨～⑮)
- ・データ解析部門(⑯～㉑)

(出典:米国再生可能エネルギー研究所(P))

例えば、メガソーラーやウィンドファームなどの分散型電源の系統統合、また太陽光パネルなど再エネ発電設備を活用するスマートハウスやビルオートメーションシステムの系統統合のほか、太陽熱発電システムや燃料電池システム、高性能蓄電池などの技術開発と実証実験などが行われている。

特に、注目すべきは ESIF での実験は実際の商用運転規模に近い環境で行うことができるという点にある。なかなか商用運転ほどの大規模な実験は難しいところ、ESIF には1秒間に1,200兆回の計算能力をもつ米国エネルギー省(DOE)の最新型スーパーコンピューターが設置されており、実際の商用運転規模と同様の環境を作り出せ、さらには実験によって得られたデータをデータ解析部門でビジュアル化(可視化)して検証することも可能になっている。

例えば太陽光発電が集中した場合に電力系統へはどのような影響があるかその全体像を大きなモニターに画像表示し、検証結果をより明確に示すことができるようになったことから NREL ではこれを“エネルギーインテグレーションは技術的に不可能”という考えを持つ電力会社を説得するための材料としても活用していると言う。

開発した技術を社会で実用化するため ESIF の設備は企業にもオープンにされている点も注目出来る。研究費の負担や研究趣旨を NREL と合意することで企業も国の最新施設である ESIF の設備を利用できるほか、開発した技術の知的財産権も企業側で保持できる。一般に技術開発の世界では研究機関等で開発した技術がなかなか商品化に至らず実用化されないことを技術開

発の「死の谷」と呼んでいるが、国の最新設備を企業に対してもオープンとすることで実用化への道を広げていると言える。

これほど大規模な研究開発施設は世界でも類がなく、米国は再エネをはじめ様々な国産エネルギーを活用すべく本気で取り組んでいるということだ。²⁵



太陽光発電が集中した場合の影響をモニターで検証している様子
出典：NREL資料

急がれる日本の取り組み

エネルギー多元化を目指す以上、スペインが既に実用化し、また米国が現在盛んに取り組んでいるようなエネルギー・インテグレーション技術の開発とその導入を逸早く行うことが必要だ。

日本では独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）がスペインの電力コントロールシステムよりも高度なシステムの構築を検討している²⁶ほか、2014年4月に福島県郡山市に開所した独立行政法人産業技術総合研究所（AIST）福島再生可能エネルギー研究所においても分散型電源を取り入れたエネルギーネットワーク構築の研究を進めている。また、各省庁（経産省、文科省、環境省等）や独立行政法人科学技術振興機構（JST）などにおいてもこれまで様々な研究が進められており、今後はその動きを加速させる必要がある。さらに、必要であればこれまで各々が独立して行ってきた研究成果を統合結集するとともに、相互補完できる研究体制の構築も視野に入れるべきである。

²⁵ 筆者は2013年10月15～10月21日にかけて行われた福島県議会議員海外行政調査「アメリカ合衆国」に同行。10月17日にNRELを訪問した際にヒアリングを行った。

²⁶ 『NEDO 再生可能エネルギー技術白書 第二版』（2014年3月10日発行）

【提言4】福島を再エネ普及のみならずエネルギー・インテグレーションのモデル地区とせよ

「電力システムに関する改革方針」では、日本のエネルギーシステムを大きく改革していく予定だが、これまでおよそ 60 年間にわたり続いた日本の電力システムを変えるにあたっては実際の改革の現場ではどのような課題にぶつかるか未知な点も多い。さらに、前項で提言したエネルギー・インテグレーション技術を開発するには机上論だけではなく現場での実証が不可欠だ。

そこで、再エネの普及促進による県の復興を進めている福島にて、単に再エネ発電所を増やすだけではなく、県内の石炭ガス化複合発電（IGCC）などの火力発電、そして既存の電力系統をも統合したエネルギー・インテグレーション技術開発の実証実験を行い、課題の洗い出しを行うことでリスクの低減を図るとともに、福島を電力統合（エネルギー・インテグレーション）のモデル地域とすることで福島の地域活性化と全国への波及効果とを促すべき。

また、先端的なエネルギー・インテグレーションのモデル地区を世界に先駆けて示すことは、今後成長が見込まれる世界のエネルギー関連市場の獲得にも繋がるのが期待できる。

前述したとおり、電力システム改革はこれまで 60 年余り続いてきた既存の体制をその制度と技術システムの両面にわたり改革していくもので、実際の改革の現場ではどのような課題にぶつかるか未知な点も多い。

前項で提言したエネルギー・インテグレーション技術（多様な電力を系統に接続し統合して運用する技術システム）を開発するに当たってもより確実に開発するためには米国が ESIF で行っているように実際の運用規模での実証実験が欠かせないだろう。また、制度を改革するという点においても、開発した技術システムを実際の電力系統に当てはめてみることでシステム導入に係わる制度上の問題やシステム運営上の組織的な課題などを検証することが出来るだろう。

3.11 福島原発事故後、エネルギー多元化の一環として FIT 制度導入による再エネの普及促進が進められているが、再エネ発電を系統に接続しようとするだけでも電力会社の受電拒否が多発し、またその拒否理由も明確でないこと、さらに各地域の受電可能量も不明であるといった問題が既に発生している²⁷ことから早急に実証実験を行い問題の洗い出しと対策を急がなければならない。

²⁷ 平成 25 年 9 月 12 日、東京財団シンポジウム「再生可能エネルギー、福島の取り組みと持続可能な普及に向けて」に登壇した福島県の担当者からも現場の意見としてこの問題は提起されている。

実証実験は福島で

エネルギー基本計画では、「福島の再生・復興に向けた取組は、エネルギー政策の再構築の出発点である。」とし、具体的な取り組みの1つとして、「福島沖での浮体式洋上風力技術の実証研究や独立行政法人産業技術総合研究所の『福島再生可能エネルギー研究所』の開所、相馬 LNG 基地の建設、石炭ガス化複合発電（IGCC）²⁸の実証など、福島がエネルギー産業・技術の拠点として発展していくことを推進する」ことが明記されている。福島県も再エネの推進を大きく掲げた県の復興計画を整え、福島を“再生可能エネルギー先駆けの地”とすべく再エネ発電所の導入を中心とした取り組みを活発に行っているが²⁹、前述した系統接続の問題などを抱えている状況にある。

こうした状況を鑑み、再エネの普及促進による県の復興を進めている福島にて、単に再エネ発電所を増やすだけではなく、IGCC など県内の火力発電、そして既存の電力系統をも統合したエネルギー・インテグレーション技術開発の実証実験を福島で行うことで課題の洗い出しと対応策の構築を行い、それを“福島モデル”として全国へ展開していくことが考えられる。

系統を組んだ発電～送電～配電～需要者にわたる実証実験

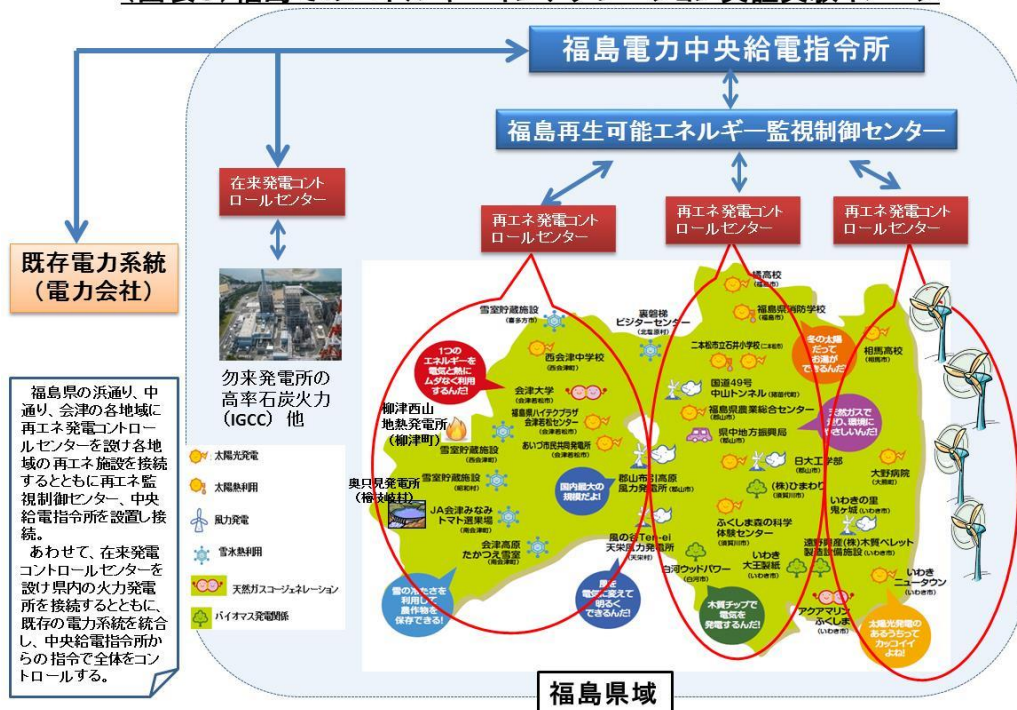
現在各地で様々なスマートシティの実証実験が取り組まれているがその多くは、HEMS（Home Energy Management System）、BEMS（Building Energy Management System）、FEMS（Factory Energy Management System）、そして CEMS（Community Energy Management System）といったシステムを導入し、ビル、住宅、工場などの建物とそれらが存在する地域における電力需要のモニタリングと調整を行う需要側のコントロールを主としたものであり、必ずしも電力会社の電力網（電力系統）を組込み、広域での調整を行うものとはなっていない。

福島で取り組む実証実験では“多様な電力を系統に接続し統合して運用する”また“広域での運用”という趣旨から、発電～送電～配電～需要者という川上（発電）から川下（需要者）までを含め、なおかつ電力系統に接続し福島全域という広域で調整・運用する実証実験が求められる。イメージとしては提言1で記したスペインの施策を福島県の規模に置き換えて行うものが考えられる（図表8参照）。

²⁸ 石炭ガス化複合発電（IGCC）：石炭をガス化し、コンバインドサイクル発電（ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた発電方式）と組み合わせることにより、従来型石炭火力に比べ更なる高効率化を目指した発電システム。

²⁹ 福島県は県内の一次エネルギー供給に占める再エネの割合を2009年度の実績である約20%から、2020年度までに約40%に高め、2030年度までに約60%、そして2040年頃を目途に100%とすることを県の推進ビジョンとしている。

(図表8)福島でのエネルギーインテグレーション実証実験イメージ



具体的に福島県の規模で実証実験を実施するにあたって参考に出る具体的な先行事例としては、2013年12月17日から米国ハワイ州マウイ島にて日米共同で行われているスマートグリッド実証事業（正式名称：Japan U.S. Island Grid Project、通称：JUMP Smart Maui Project）がある。

米国ハワイ州マウイ島で行われている実証実験では、再エネを主とする分散型電源を既存の電力系統に統合し、それをコントロールして活用することでエネルギーの多元化を図り化石燃料依存から脱却する試みが進められている。この実証実験は日本ではあまり例のない発電～送電～配電～需要者という川上（発電）から川下（需要者）までを含め、なおかつ電力系統に接続して行われていることから福島での実証実験を実施する際に参考に出る点が多い。（詳細は巻末資料「検証：エネルギー基本計画3 ハワイの知見を福島に」（東京財団研究員平沼光、2014年7月18日『National Geographic』日本版「Web ナショナルジオ」掲載）を参照。）

こうした先行事例も参考にして実証実験を成功させ、福島で先進的なエネルギー・インテグレーション技術を開発しエネルギー多元化のモデル地区となれば世界が注目し、今後成長が見込まれる世界のエネルギー関連市場の獲得にも繋がる³⁰ことが期待できる。

³⁰ 2013年6月14日に安倍政権下で閣議決定された「日本再興戦略－JAPAN is BACK－」では、クリーンエネルギー分野の国内市場について2013年の4兆円から2030年には11兆円になると見込まれている。また、グローバル市場については2013年の40兆円から2030年には160兆円に成長し自動車産業に迫る規模になると考えられている。（クリーンエネルギー分野とは、再生可能エネルギー、高効率火力発電、蓄電池、次世代デバイス・部素材、エネルギーマネジメントシステム、次世代自動車、燃料電池、省エネ家電、省エネ住宅・建築物等の省エネ技術関連製品・サービスを示す。）

日本のエネルギー政策再構築

～電力統合体制(Energy Integration)を構築しエネルギーの多元化を実現せよ～

2014 年 9 月発行

発行者 公益財団法人 東京財団

〒107-0052 東京都港区赤坂 1-2-2 日本財団ビル 3F

Tel 03-6229-5504 (広報渉外) Fax 03-6229-5508

E-mail info@tkfd.or.jp URL <http://www.tokyofoundation.org>

無断転載、複製および転訳載を禁止します。引用の際は本書が出典であることを必ず明記してください。
東京財団は、日本財団およびモーターボート業界の総意のもと、モーターボート事業の収益金から出捐を得て
設立された公益財団法人です。

公益財団法人 東京財団 | 政策をつくる・人を育てる・社会を変える

〒107-0052 東京都港区赤坂 1-2-2 日本財団ビル 3 階 | tel. 03-6229-5504 fax. 03-6229-5508 E-mail: info@tkfd.or.jp



東京財団ライブラリ

政策提言・報告書のデジタルデータは、下記 URL よりダウンロードできます。
<http://www.tkfd.or.jp/about/library.php>