

## 《米国訪問調査 ヒアリングメモ》

### 目次

1. テキサス電気信頼性評議会 (Electric Reliability Council of Texas: ERCOT) .....	2
2. MISO (Midwest Independent Transmission System Operator) .....	10
3. エジソン電気協会 (Edison Electric Institute) .....	15
4. 連邦エネルギー規制委員会 (FERC) .....	20
5. エネルギー省 (Department of Energy) .....	26
6. ジョージワシントン大学 .....	31
7. ジョンズ・ホプキンス大学高等国際問題研究大学院 (SAIS) .....	34
8. Resource for The Future .....	37
9. Austin Energy .....	40

## 1. テキサス電気信頼性評議会 (Electric Reliability Council of Texas: ERCOT)

日時 : 2012年12月3日(月) 8:30~10:00

場所 : テキサス州オースティン

### 1.1 再生可能エネルギーの系統連系に関する課題と方策

#### (1) ERCOT 概観

- ERCOTにおける発電ミックスは、天然ガスが40%、石炭が40%、原子力発電が10%、風力発電が10%である。
- ERCOTでは現在、1万MW以上の風力発電容量を有しており、これは過去数年間で急速に成長してきた。例えば、2003年から2009年までの間に、地域内の風力発電容量は2,000MWから8,000MWへと増加した。現在ERCOTでは、地域全体のエネルギー供給の10%弱を風力発電が占め、その多くが強風に恵まれているテキサス州西部で発電されている。しかし、テキサス州西部では通常、朝晩に風が吹くため、午後4時~5時のピーク時の電力需要と供給が呼応しない。一方、南部のメキシコ湾岸地域には約2,000MWの風力発電があり、当地域では特に夏季、午後1時~1時半や午後4時~5時に風が吹く傾向にあるため、ピーク時の電力供給に役立っている。
- ERCOTの市場取引では、各事業者が提出(入札)する価格曲線(price curve)に応じ、最も低コストで供給される発電源からの出力を優先的に採用する経済性に基づいたメカニズムを採用している。同メカニズムでは、送電混雑がない限り、価格曲線に基づいて低コストな電源を優先して送電が行われる。価格曲線は通常、設備投資(capital cost)等の固定費用ではなく、燃料費や運用費用等の変動費用(variable cost/running cost)に基づいた価格であることから、(燃料コストがゼロである)風力発電は低価格で、市場競争力がある。場合によってはマイナスの価格になることもある。このため、送電混雑がない限り、必然的に風力発電による電力が優先的に送電される。
- また風力発電は、今年(2012年)末までは政府の生産税額控除(Government Production Tax Credit : PTC)<sup>1</sup>の対象となっているため、さらにコスト競争力があ

---

<sup>1</sup>※ PTCは、2013年1月2日に成立した「2012年米国納税者救済法(American Taxpayer Relief Act of 2012)」により、期限が1年間延長され、制度の対象となる風力発電設備の要件が、「2013年1月1日以前に稼動を開始した風力発電施設」から、「2014年1月1日以

る。米国においても、仮に固定費用を価格曲線の要素として考慮した場合、風力発電は石炭や天然ガスの火力発電ほど経済的ではない。このため、PTCにより風力発電開発へのインセンティブを与えてきた。

- このような背景から、仮に PTC が今年末以降も延長されなければ、同州においても風力発電の今後の発展が鈍化することが予想される。現行の PTC 制度では、今年末までに稼働を開始していれば、今後 10 年間 PTC の適用が保証される。このため現在、テキサス州では多くの風力発電事業者が、年内の稼働開始を目指して風力発電開発に取り組んでいる。既述のように ERCOT では現在、1 万 MW 以上の風力発電容量を有しており、(PTC の適用を目指し) 年末までにさらに 1,000MW 以上の容量が追加される予定である。

## (2) ERCOT の系統運用戦略

- 現在、ERCOT では、地域全体のエネルギー供給の 10%弱を風力発電が占めるが、出力変動による系統運用への悪影響を避けるためではなく、系統容量制約のために風力発電の出力抑制を行っているケースがほとんどである。
- 我々の抱える最大の課題は、(風力発電の) 正確な予測を行うことである。特に、当日、および翌日の予測を行うことが重要である。これにより、風力発電からの電力が十分でない場合、その他のエネルギー源から電力を補填するよう調整することが可能となる。ERCOT では、風力発電の予備電源として主に天然ガス発電を利用し、需給バランスを維持している。
- 送電混雑を避けるためには、風力発電の出力抑制 (dispatch wind down) を行う必要があり、このためにも、風力発電の予測は必要不可欠である。ERCOT ではこの風力発電と負荷の両方の予測を重要視している。このため ERCOT では、各風力発電ファームに対して、5 分毎に気象情報を提供することを義務化している。これにより、さらに正確な風力発電の予測が可能となる。また気象情報に加えて、タービンの稼働状況、各発電所のメンテナンス状況等の運用計画 (Current Operating Plan) の報告も義務付けている。これにより、特に翌日の運営状況の把握に注力しつつ、先 7 日間に亘る運用状況を把握することで、正確、かつ無駄のない供給バランスの維持が実現する。
- ERCOT では数年前に、送電線にかかる大規模な調査のもと、「Competitive Renewable Energy Zone Transmission (CREZ)」を特定した。同調査は、テキサス

---

前に建設を開始する風力発電施設」に変更された。

州西部における強風を効果的に活用するために実施した。同調査の結果、ERCOTでは風力発電容量が約1万5,000MW(ERCOTにおけるピーク時の需要の約20%に相当)に到達すると、アンシラリーサービスによる補填が必要となることが判明した。

- ERCOTは、ノン・スピニングリザーブと呼ばれる予備発電の制度を導入している。同制度では、普段は稼働していないが、必要になった際に30分以内で起動することが条件とされる予備発電の確保を発電事業者に求めている。これらは通常、天然ガスによる発電施設である。しかし、風力発電容量が1万5,000MWに達した場合、ノン・スピニングリザーブを10分以内に起動出来るような制度が必要となる。つまり、現状の風力発電比率10%のレベルであれば、予備発電は30分以内の起動で対応できるが、これが仮にピーク時の電力需要の20%の電力を供給する場合、10分以内の起動が必要となる。
- アンシラリーサービスを強化するために、ERCOTではノンスピニングリザーブの量を増量してきたが、起動時間を既存の30分から10分以内に短縮する制度の改正は行われていない。
- 古いスチーム型のシステムを除いて、ガスタービンシステムの多くは5分以内の起動が可能である。つまり、技術的には不可能ではない。起動時間の短縮は、ERCOTが発電所に制度としてより短時間での起動を義務化する必要がある。また、稼働中(オンライン)の設備により補填することも可能である。
- 風力発電の出力抑制は、過去数年の間に減少傾向にある。これは、ERCOTが送電線の整備を進め、送電混雑のポイント(congestion point)の削減に努めてきたことが理由のひとつである。最大規模の取り組みが、約70億ドルをかけた送電線インフラの改善に向けた大規模なプロジェクト、CREZ(Competitive Renewable Energy Zone)である。同プロジェクトは、風力発電で生産された1万8,000MWの電力をテキサス州西部から東部の都市部に送電することを目的としている。既存のERCOTの送電容量は約9,000MWであるため、これを倍増させることとなる。同プロジェクトは、2013年末に完了する予定である。
- テキサス州西部で発電された大量の風力発電の電力を、東部の都市部までの長距離を送電する際に生じる周波数の変化のため、安定性の問題が付きまとう。この際に必要となるのが、安定性の分析(Stability Analysis)である。このためERCOTは最近、リアルタイムで安定性の分析を行う取り組みを始めた。これまでERCOTではリアルタイムのデータを用いてこなかったため、保守的な分析をせざるを得ず、送電上限を必要以上に低く設定するといったエラーが生じていた。しかし最近では、リアルタイムの分析を行うことにより、より実際の状況が反映された正確な予測が可能となっ

た。これにより、送電容量にして約 300～400MW の増量に成功した。

### (3) 送電混雑コストと削減方策

- ERCOT では、LMP (Locational Marginal Pricing、地点別限界価格<sup>2</sup>) と呼ばれる価格設定方法を採用している。従来、ERCOT では、負荷ゾーン価格 (load zone price) 制度と呼ばれる、特定の地域 (ゾーン) 内における全ての電力価格の平均値により価格が算出される方式を採用していた。これを ERCOT では近年、接続地点 (ノード、node) 単位で卸売価格を決定する方式へと転換した。同方式では、送電混雑がない場合は、価格曲線に基づき全ての発電事業者の卸売価格は同額になるが、送電混雑が発生し、安価な電源からの電力供給が出来なくなった場合は、ノード別に送電混雑費用や限界損失費用を考慮した卸売価格が決定される方式である。本方式のもと、ERCOT が各発電事業者単位で入札価格を決定し、FERC の承認を得ている<sup>3</sup>。同方式のもと、発電事業者は独自のリスク要素を考慮の上価格設定を行うほか、価格変動にかかるリスクヘッジのため、長期的な相対契約締結や一日前市場での取引を活用している。
- ERCOT では、送電混雑のために送電することが出来ない事業者に対する特別な補償は支払っていない。事業者は、価格曲線に基づいて事業者自らが判断の上決定した価格で取引を行うため、事業者は価格提出時に当然、(出力抑制への) リスクを想定したうえで利益が出るような価格設定を行っている想定している。なお、従来の負荷ゾーン価格制度が採用されていた当時は、発電事業者に出力抑制を要請する際に補償を支払うという計算式 (formula) が存在していた。しかし、価格曲線を基盤とするノード方式に転換した現在 (価格曲線が出力抑制コストやリスクも反映するという考えのもと)、このような計算式は利用されていない。

### (4) 新規送電線建設計画と費用負担の状況

- テキサス州における (電力小売市場の) 規制緩和以降、同州では、コストの上昇は州全体で負担するという「postage stamp right」の概念が導入、適用されてきた。これは基本的に、夏期のピーク時におけるコストの増額分を消費者全体で負担するという考え方に基づいている。同概念は、システムや施設の利用者数に左右されることなく、コスト回収が可能な点で優れている。こうした概念は、送電容量の増加は全ての消費者に恩恵を与えるという考え方に基づいているため、「社会主義的制度 (socialize

---

<sup>2</sup> LMP= 発電限界費用+送電混雑費用+限界損失費用

<sup>3</sup> 米国の卸電力市場は FERC が規制している。

system)」とも呼ばれ、社会保障制度が受け入れられにくい土地柄であるテキサス州では、本来相反する考え方である。しかし、電力消費ピーク時の負担を共有することは規制緩和以降、同州内の消費者に広く受け入れられており、コスト負担の共有に対する反発はあまりみられていない。また、風力発電の利点をあまり認識していない一部の消費者からは、毎月 3~4 ドルの追加料金を支払うことについて苦情が寄せられることはあるが、これまで大きな問題になったことはない。

- ERCOT 全体を考慮した際の送電インフラ投資による消費者負担の額（料金増分）について、正確な数値は把握していない。しかし現在、ERCOT 地域における送電線コストは、消費者が支払う電力料金の 10%以下で、少額であるため、今後の送電線建設により消費者負担が増加しても大きな問題にはならないだろう。ただし、この送電線コストはこれまで上昇してきたもので、上昇の要因の一部は、風力発電の導入にもあると言える。
- 尚、CREZ は現在建設中であるため、その建設コストの回収はまだ始まっていない。2013 年末に CREZ の完成をもって、コスト回収が開始される。
- （電力小売市場では）送電系統建設に係る投資は州公益事業委員会の監督のもと、消費者により回収される。特に CREZ に関しては、同委員会が、送電線開発事業者に対して開発プロジェクトの実施を（政策として）促したという背景から、投資コストの消費者負担への反対は見られない。

#### (5) デマンドレスポンスの供給調整機能と再生可能エネルギー導入拡大への貢献

- ERCOT では、デマンドレスポンスをさらに活用するための取り組みを行っている。しかし、デマンドレスポンスサービスは、再生可能エネルギー導入促進のためではなく、ピーク時の需要削減による電力供給の安定化を目的に設計されたものである。
- ERCOT は現在、緊急事態に備えたデマンドレスポンスの活用に向けたプログラムを実施している。また、より効果的な需要側の対策・管理のため、テキサス州の全消費者に対してスマートメーター（Advanced Meter）を導入した。これにより、消費者が使用する電力の消費方法を管理する環境が整備された。
- このようなプログラムを通して、理論上は、風力発電などの再生可能エネルギーによる供給不安定の問題を改善することも可能である。例えば、既述したノンスピニングアンシラリーサービスのように、風力発電の減少時に予備発電を稼働させる現行の対策の代わりに、デマンドレスポンスサービスにより需要を抑制するという方法が考え

られる。

- テキサス州内の一部の発電事業者は、こうした再生可能エネルギーの供給バランスにデマンドレスポンスを活用するプログラムの実験を行うなどの取り組みを行っている。しかし、これらは大手の民間電力会社によるものではなく、小規模で、遠隔地に多い電力供給組合等による取り組みに限られているのが現状である。これは、電力小売市場の自由化により事業者間の競争が生じたことが、逆に、このような追加コストのかかるサービス（プログラム）導入への障壁となっているためである。このようなプログラムを導入するには、導入済みのスマートメーターに加えて、グリッド管理のソリューションや制御システムなど、システム管理やモニタリングに必要な設備、ソフトウェア等をさらに導入する必要がある。このようなインフラ投資により発生するコストを価格に反映すると、競争市場のテキサス州では、価格上昇による顧客離れのリスクが高まるため、電力会社はこうした投資に積極的ではない。実際、ERCOTの管轄下の半分以上の住宅電力利用者が、（自由化後に）電力供給事業者を転じた。こうした市場環境からテキサス州では、再生可能エネルギーの電力供給安定化のためにデマンドレスポンスサービスを活用するという取り組みは、市場競争にさらされるリスクの低い自治体運営や組合形式の事業者のみにより実施されている。これは言い換えれば、再生可能エネルギー安定化へのデマンドレスポンス活用は、市場原理の観点から多くのインセンティブがないため、民間の電力会社は投資に踏み切れないのが現状である。

#### (6) 再生可能エネルギーのならし効果

- テキサス州では、メキシコ湾から吹く風と州西部から吹く風の特質が異なるため、（各地域に複数の風力発電施設を運用することによる）「ならし効果」がある程度得られている。
- 一方で、現時点では、住宅の屋根に設置されたソーラーパネル（PV）等、小規模な再生可能エネルギー電源やその他のエネルギーを含めた、エリア全体としてのならし効果については把握していない。これは現在 ERCOT 域内に導入されている再生可能エネルギーのほとんどは風力発電であること、また、小規模な分散電源で 69kV 以下、発電所では 10MW 以下の容量の施設は管理対象外としていることによる。

#### (7) シェールガス革命による再生可能エネルギー市場への影響

- 新規発電所建設は、電力の市場価格に大きく左右される。米国では天然ガス及び原油の新しい発掘方法が開発され、シェールガス・オイルの生産量が急増していることか

ら<sup>4</sup>、今後 15～20 年の間に、国内のエネルギー需要を全て国産エネルギーで満たすことが出来るとの予測も出ている。シェールガス革命により、米国の天然ガスの価格は非常に安価となっており、この低価格が今後も継続すると見込まれている。低価格の天然ガスにより、米国の相対的な電力コストが減少傾向にあることが、事業者による再生可能エネルギーの新規発電所建設へのモチベーションを削ぐ結果につながっている。

- テキサス州における再生可能エネルギー・ポートフォリオ基準 (Renewable Portfolio Standard : RPS) は、同州における電力規制緩和の一環として導入された。同州は 2015 年までに (再生可能エネルギーを) 1 万 MW (供給する) という目標を設定し、これを 2011 年に既に達成している。同基準を引き上げるという議論も出ているが、これには多くの反対意見が寄せられている。その理由として、既に ERCOT では、多くの再生可能エネルギーが導入されていること、新技術への出資に関する関心が薄れていること、特定の技術に限定した補助金等の支援は市場の原理に反すること等が挙げられる。特に風力発電は、変動費のみを見るとコストゼロで発電することも出来るため、さらなる導入は他のエネルギーとの競争において一部の企業に悪影響を及ぼす可能性もあるとの懸念が見られる。
- テキサス州における将来の PV 発電の普及は同技術の経済性に大きく左右され、政府による補助金制度等の積極的な支援策、またはその他の発電コストを上昇させる環境規制の導入等、政策的な後押しがない限り導入は進まないだろう。PV のコストが今後、他の資源と競争力を持つレベルにまで大幅に下がることは考えにくいいため、普及するとすればこうした外的要因による可能性が高い。現在、天然ガスが安価であるため、PV の需要を押し上げることは難しい。

## 1.2 再生可能エネルギーの社会的導入障壁と対応方策

- 再生可能エネルギーの社会的導入障壁の一つに、政府の補助金政策に対する反発の高まりがある。これは、長年にわたり補助金を受けているにも関わらず、まだ経済的に自立できない再生可能エネルギーに対し、いつまで国費を使って補助をし続けるのかという、再生可能エネルギー政策に対する批判である。仮に風力発電への PTC が延長されなければ、同州における風力発電のさらなる成長は実現しないであろう。
- 送電に関しては、既述のように、テキサス州では送電系統投資のコスト負担に関してある程度の容認が州民間に存在するため、あまり問題を抱えていないと考える。政府

---

<sup>4</sup> フラッキング等の採掘方法によるシェールガス、シェールオイルの生産増加を指す。

が1万8,000MWの発電目標と、そのための送電システムを構築するための規制を策定し、その整備にかかる費用は消費者が負担するという仕組みが確立されている。さらに、ERCOTは、他州との系統連系を行っていないことから、テキサス州の公益事業委員会が権限を持つ地域内で送電系統の開発を実施できるという利点がある。他州にまたがる系統を有する地域では、それぞれの州から承認を得なければならないため、プロセスも煩雑となるという問題を抱えている。

- CREZの大部分はテキサス州西部に位置している。テキサス州西部の殆どは砂漠であるため、同州東部と比較して土地の価値が低い。このため、立地を巡る問題も生じていない。さらに、テキサス州西部は風力発電施設により経済的恩恵を受けているため、地元住民も風力発電を好意的に受け止めている。一方で、都市部であるテキサス州東部に近づくに伴い、立地等への反対意見が目立つ傾向にある。
- 風力発電が盛んなテキサス州西部においては、主な経済効果は風力発電によりもたらされるため、発電施設の建設終了後の経済効果も期待できる。例えば、風力タービンが建設された土地の所有者は借地料（Royalty Fee）として風力タービン一基につき年間4,000ドル程度の収入を得ている。広大な土地所有者の場合、高額な収入を得ることが出来る。
- 風力発電施設のメンテナンスにより、ある程度の長期的な雇用創出効果はあると考えられるが、風力発電施設の建設などの短期的な雇用創出効果と比較すると、かなり小規模となるだろう。風力発電施設は、あまりメンテナンスを必要としない。また、発電施設の管理もオンラインを通して遠隔地に位置する制御施設で行われているのが現状である。

## 2. MISO(Midwest Independent Transmission System Operator)

日時 : 2012年12月4日(火) 13:00~14:30

場所 : ミネソタ州セントポール

### 2.1 再生可能エネルギーの系統連系に関する課題と方策

#### (1) MISO の風力発電量と全体に占める割合

- 現在、MISO の市場における電力需要は約 10 万 MW であり、風力発電の容量はその約 10%を占める 1 万 2,000MW に到達している。

#### (2) 系統混雑の主な要因と対処方法

- MISO では、風力発電の容量が増加する以前から送電混雑の問題を抱えていたことに加え、風力発電は供給における変動コストが低く、場合によってはゼロであることから風力発電の導入量が増加し、送電混雑が悪化した。また、風力発電の適地は、ミネソタ州西部の消費地から離れており、長距離送電の容量が不十分であり、系統の増強が必要となった。
- 送電混雑を避けるために MISO は、発電事業者に対して 5 分毎に出力データを通知するよう要求する、「Dispatchable Intermittent Product」と呼ばれるシステムを利用している。これにより、送電混雑を避けながら、経済性を考慮して送電することが可能となっている。同システムは送電アルゴリズム (Dispatch Algorithm) を利用している。まず発電事業者が送電可能な電力の量をあらかじめ MISO に伝え、これを受けて MISO は送電アルゴリズムを利用して、需要を考慮したうえで、最も低価格で信頼性における電力供給を実現するために最適な発電事業者(施設)を選択する。

#### (3) 卸売市場価格に含まれるコスト (変動・固定)

- 卸売電力市場の電力価格は、変動コスト (operation cost) のみを考慮して算出される。初期投資等の固定費用は、規制に基づき、電力料金で回収するのが原則である。
- MISO の卸売電力市場では、LMP (Locational Marginal Pricing、地点別限界価格<sup>5)</sup>) と呼ばれる価格設定方法を採用している。同方法は、送電混雑がある場合、その追加

---

<sup>5</sup> LMP=発電限界費用+送電混雑費用+限界損失費用

コストを市場価格に反映する等、系統運用の状況に応じた経済的シグナルを事業者に送るシステムとして機能する。

#### (4) 出力抑制の現状とスキーム

- MISO において風力発電の出力抑制が必要となる最も大きな要因は、送電混雑である。夜間に風力発電からの電力が供給過多になる場合に、出力抑制をする場合があるが、抑制量は大きくない。風力発電の出力変動にかかる問題は、5分毎に出力データを事業者が報告する Dispatchable Intermittent Product システムの導入により、改善されている。MISO では同システムが上手く機能しているため、現在風力発電の出力変動による大きな問題はない。5分毎に各風力発電の予測が把握できる同システムの下では、秒刻みでの系統のバランス維持が可能となる。

#### (5) ならし効果について

- MISO では、風力発電の供給過多や時間帯による出力変動対策は、既述した 5分毎の正確な風力発電予測によるシステム制御に加えて、「ならし効果」によるものが大きい。MISO 地域は面積が広大なため、地域内に風力発電設備が多数、散在している。MISO 地域の風力発電所を対象としたデータから、風力発電所間の距離が離れるほど、各発電所の風量や風速といった風の状況にばらつきが生じる（相関性が低くなる）ことが証明されている<sup>6</sup>。この広大な面積と風力発電所間の距離、および風況のばらつきにより、MISO の風力発電による出力のならし効果が得られる。
- 既述した MISO の風力の相関性に関するデータは、MISO が過去 7 年に亘り集計したデータに基づいているため、正確であると考えている。ただし、MISO のデータが米国のどの地域にも当てはまるわけではないことに留意が必要である。例えば、米国中部は、MISO と同様の特性を持つと思われるが、海岸部や山間部の風は（MISO のような）内陸の風とは異なる。MISO の実績からは、風力発電を導入する面積が広ければ広いほど高いならし効果が期待できると言える。

#### (6) 今後風力発電容量が増加した場合の系統安定化

- 今後も当面は既存の Dispatchable Intermittent Product システム、およびならし効果で安定化が可能と考えている。例えば、1週間ほど前の夜間に、MISO 内の風力発電供給が需要全体の 25%を（一時的に）占めたが、Dispatchable Intermittent Product システムで管理可能であった。MISO の地理的条件も重要である。ならし効

---

<sup>6</sup> 入手資料「Determining Capacity Credit for Wind Used in MISO Resource Adequacy-Paper 146」 John Lawhorn, 2012, P7 参照

果により、風力発電設備が広域に亘り分散されていれば、電力供給のバランスを維持しやすいという利点がある。

- 現状の Dispatchable Intermittent Product システム、およびならし効果の組み合わせにより、風力発電が MISO 全体の年間平均出力容量の 30~40%に達するまで、系統バランスを維持できると考えている。
- 風力発電の出力不安定の問題から、MISO では容量市場（発電設備容量をクレジットとして取引する市場）における風力発電に対する容量クレジットは 12~15%程度にとどまる設定となっている。この 12~15%は、ピーク時の需要が最も高い時の数値である。一方、MISO における原子力・石炭火力・ガス火力発電に対する容量クレジットは、100%である。風力発電と、原子力や火力発電の容量クレジットの差は、風力発電が変動制を伴うためベースロード発電として活用できないことに起因している。
- 現在の MISO の電源ミックスにおける風力発電の占める割合は 10%である。MISO が現行の Dispatchable Intermittent Product システム及びならし効果を活用し、系統安定化を図りつつ風力発電比をどの程度まで引き上げることができるかについては、詳細な調査を実施したわけではないため正確な数値は把握していないものの、現在の風力発電の容量の 2 倍となる 2 万 4,000MW（系統容量の 20%）の風力発電の容量を管理する事は可能であると見ている。ただし、そのためには送電システムの増強が必要となる。
- なお、現在、ミネソタ州政府が（RPS 等の）規制に基づいて風力発電による一定割合の電力購入を事業者に義務付けるという枠組みがあり、義務量達成のためには、MISO 地域全体で 2 万 5,000~3 万 5,000MW の風力発電の導入が必要と考えているが、市場価格がいくらになるかは、稼働率の違いにより、設置する地域によって異なる（西側の地域の平均的な稼働率は 40%であるのに対し、東側は 20%）。

#### (7) デマンドレスポンスの需給調整機能と再生可能エネルギー導入拡大への貢献

- MISO ではデマンドレスポンスを市場で取り扱っておらず、各電気事業者がそれぞれのデマンドレスポンス・プログラムを運用している。電気事業者は、経済的に必要であると判断した場合、または系統信頼度維持のために MISO が要求した場合、デマンドレスポンス・プログラムを実施する。MISO 地域でのデマンドレスポンス・プログラムは通常、7月~8月の夏季ピーク時に運用されるが、その他の時期に運用されることもある。多くのデマンドレスポンス・プログラムは、夏期の冷房による需要増に対応するためのもので、冬期や春期の活用を念頭に置いたものではない。また

同プログラムの中には、鉄やアルミ業界など、産業界に限定したプログラムもあるが、少数派である。産業顧客にとって電力消費量は、事業の収益に大きく関連するため重要な意味合いを持つ。MISO では、全てのデマンドレスポンス・プログラムの実施時間を最大年間 150 時間としている。

- 尚、デマンドレスポンス・プログラムは、風力発電の利用拡大を志向したものではない。既述のように、風力発電（出力変動）の管理には、Dispatchable Intermittent Product システムの方が適している。また、通常デマンドレスポンス・プログラムは日中のピークタイム利用に適しているが、湖岸からの風は夜間に吹くため、デマンドレスポンス・プログラムはあまり活用できない。

## (8) 予備発電の活用・起動

- 現在、MISO では、オフラインの予備発電の起動時間を最大 10 分と定めている。これらの予備発電は、緊急事態のためのリザーブ（emergency reserve）として利用される。MISO はこの 10 分という起動の最大所要時間をさらに短縮するのではなく、既に系統に連結し稼働している発電設備（オンライン）の容量を必要に応じて利用する機能の向上を検討している。MISO ではオフラインの予備発電を稼働する場合、（予備発電に通常使用される）天然ガスをパイプラインで運搬する必要があるため、パイプライン利用に必要な告知にかかる時間など、手続きに無駄な時間を要する。また MISO は、広域に風力発電が散在するため、ならし効果も高く、オフライン予備発電の起動時間を 10 分以下に短縮する必要性はないと見ている。

## 2.2 再生可能エネルギーの社会的導入障壁と対応方策

- MISO は多数の送電系統建設プロジェクトを抱えており、中でも特に複数の利益をもたらすプロジェクトを「Multi-Value Project (MVP)」として選定している。これらのプロジェクトは、①送電混雑の解消、②システム効率性の向上、③低い予備発電容量要件の維持、④低圧送電線への投資回避等、多数の利益をもたらすことが条件となる。このため MVP として選定された 17 件のプロジェクトは、費用対効果が特に優れているといえる。MVP を設置した背景には、建設の設計の段階で、相対的な市場コストを抑制するためには、どのような送電線が必要であるかということを念頭に置きプロジェクトを進めるといふ狙いがある。これにより、住民の賛同を得ている。
- この 17 件の MVP プロジェクトは MISO エリア全体に利益を与えるため、消費者全体に一律でコストを負担させる。MVP プロジェクトの利益はコストの 2 倍に相当すると想定されている。ただし、同プロジェクトのコスト分析には発電所の建設初期投資額は含まれていない。これは、発電所建設が規制により定められたためである。



### 3. エジソン電気協会 (Edison Electric Institute)

日時 : 2012 年 12 月 5 日 (水) 13:00~14:30

場所 : ワシントン DC

#### 3.1 再生可能エネルギーの系統連系に関する課題と方策

##### (1) 出力予測の間隔

- 地域送電系統運用機関 (ISO/RTO<sup>7</sup>) が運用する市場では、リアルタイム市場において 5 分間隔で発電事業者が入札 (風力発電の場合は予測または気象データの報告。風力発電はリアルタイム市場での取引はまだ行われていない) を行う制度が浸透している。しかし、ISO や RTO の管区以外の地域では、このような 5 分間隔のスケジュール決定の制度は存在しない。連邦エネルギー規制委員会 (FERC; Federal Energy Regulatory Commission) が最近推進している制度では、RTO 管轄区域外の電力会社は、15 分間隔のスケジュール提供 (既存の火力発電と風力発電の両方) を義務付けている<sup>8</sup>。このような区域に該当する電力各社は、現在同義務の履行に取り組んでいる段階にある。なお、電力会社は、(15 分) より短い間隔でのスケジュール提出を行うことも可能であるが、EEI が知る限りでは、RTO の管区以外の電力会社はこれを行っていない。
- 西海岸では、主にワシントン州とオレゴン州で運用を行っているボンネビル電力局 (Bonneville Power Administration : BPA) が、1 時間以内、15 分間隔でのスケジュール提出制度を採用している。BPA は、連邦制定法により設立された公共電力事業者で、BPA の系統には、多くの風力発電、および水力発電が統合されている。
- 将来的には蓄電池による対応も考えられるが、現時点で同技術はコスト的に商業レベルで実現する段階に達していない。このため風力発電および太陽光発電の出力変動性に対処するには、15 分以下の間隔での予測を行うことが望ましい。風力発電業者が、先 1 時間のスケジュール間隔をさらに短縮することで (たとえば 5 分間隔等)、より確実な供給安定化を実現することができる。RTO や ISO に関しては、風力発電の出力変動への対応には、5 分間隔の予測 (スケジュール提出) で現時点では十分であることが証明されている。

---

<sup>7</sup> Independent System Operator, Regional Transmission Organization

<sup>8</sup> 同新規制の詳細については、FERC の議事録参照のこと。

## (2) 不正確な予測に対する罰則

- すべての発電業者は、予測から逸脱した場合、罰則を課せられる可能性がある。FERC は、多様な発電事業者間で不当な差別が生じることのないよう、これらの罰則を審査し、公平性を確認する。FERC は数年前、予測逸脱に関する罰則を緩和する措置を講じた。これは、予測が他の電源に比べて困難な風力発電の系統統合を促進するために、風力発電にとって適切な基準へと罰則を改正するという目的で行われた。

## (3) 系統の安定化

- 水力発電は、風力発電の変動性に対する系統安定化（Balancing）に最適の電源である。既述の BPA は水力発電を多く有しているため、同電源（揚水式水力を含む）を利用できない他の多くの地域よりも風力発電の出力変動に対する安定化において有利である。また（東海岸を中心とする RTO の）PJM 管区内では、風力発電の変動性に対する系統安定化のため、複数の揚水式水力発電プロジェクトが実施されている。
- 予備発電の利用は、再生可能エネルギーの出力変動への対処に活用される手法である。米国のすべての電力会社は、ある種の予備電力を維持しており、これらは瞬時に負荷が確保できる瞬時予備力（spinning reserve）、比較的短時間で電力を供給することができる即時予備力（ready reserve）または運転予備力（operating reserve）等で構成される。水力発電のほか、短時間での対応能力を持つ予備発電施設として、天然ガス火力が多く活用される。
- （風力発電の導入量と同量の火力発電が新設されている、という話を聞いたことがあるが、そのような事例はあるか、という質問に対して）基本的には既存の設備を活用して出力調整を行うのが通常であり、風力発電の導入量拡大のためにガス火力を新設する、ということはない。ただし一例として、モンタナ州の電力会社、ノースウェスタン社（Northwestern Corporation）は、風力発電に対する系統安定化の予備発電施設として、50 MW のガスタービン発電機を 3 基導入した。同社は、国内でも極めて風が強く吹く立地にあり、遠方の供給業者から調整供給量（regulation service）を購入していたものの、購入の継続が困難となったため、自ら風力発電の予備発電容量を確保するため同施設への投資に踏み切った。同社が導入した 50 MW のガス発電機のうち 1 基は、他の 2 基が利用できなくなった場合の予備となっている。なお、モンタナ州の同社系統におけるバランシング要件（需給安定化のため確保が必要な予備容量）は、約 60 MW である。

## (4) 経済的な送電（Dispatch）

- 発電事業者が当該地域の RTO に価格曲線を提出する方式は、米国で一般的に行われているもので、RTO はこれにより、最も経済的な発電による供給を優先して行うことができる。EEI では、発電事業者が自らの価格曲線をどのように算出しているかは把握していないが、運営費用を基準にしたものとする。風力発電は燃料費はないが、変動しやすいことによる費用が発生する。この経済的な送電の概念は米国で広く浸透しているものの、発電事業者が価格曲線を算出する方法に関しては、多くの FERC 規制が存在する。その一例としては、最短の実行時間、最低負荷および最大負荷に関する約款 (clause) などが挙げられる。こうした発電事業者による入札にかかる規則は、入札の正確性を確保する目的で、可能な限り市場原理に基づいて定められている。
- MISO などの組織化された市場では、エネルギーからアンシラリーサービスまで、発電事業者は入札により取引を行う。こうした市場では、入札額に基づいて最も経済的な (低コストな) 送電を行うための方式が採用される仕組みとなっている。従って、特定の時点でどの発電源から送電するかについての RTO の判断は、基本的に市場価格に基づいて決定されている (発電事業者が一定期間運転できない等の例外を除き)。

#### (5) 投資費用の回収

- 電力の卸売価格では、発電にかかる変動費用のみが対象となることから、初期投資の回収も原則、同価格で行う。例えば、ある発電事業者の発電コストが 10 ドルの場合、20 ドルで入札し、送電が実現した場合は、差額の 10 ドルを収益として確保できることとなる。このように、発電事業者は、卸売市場にて投資の一部を回収することが可能である。また、公益事業委員会からの承認を経て、小売価格を通じて投資費用を回収することができる。なお、PJM および他の RTO の一部は、容量市場 (capacity market) を運用しており、同市場では発電事業者の投資費用、つまり固定費用と価格が連動している。しかし、EEI の知る限りでは、RTO がエネルギー取引市場 (卸売) で行う入札においては、投資費用と価格の直接的な関連性はない。

#### (6) 系統安定化のためのデマンドレスポンス活用

- 風力発電は夜間に出力が高まるため、ピークタイムに利用できないことが多いということが問題である。そのため、通常、暑い夏の日等の需要ピーク時に行われるデマンドレスポンスと連動して、風力発電による安定化の目的でデマンドレスポンスを実施することは困難である。米国では電力需要は夜間に低く、夜間の電力利用が見込めるプラグイン電気自動車の普及台数も未だ限られている。EEI の経験では、デマンドレスポンス・メカニズムは、ピーク負荷の削減において最も効果を発揮し、これにより、時間帯に応じて増す負荷を低下することができる。従って米国では一般的に、風力発

電の出力変動性のバランスを保つ手段としては、デマンドレスポンスは使用されていない。

### 3.2 米国電力セクターにおける送電系統および再生可能エネルギーへの取り組み（EEIによるプレゼンテーション）

- エネルギー情報局（Energy Information Administration: EIA）が 2008 年に予測したところでは、米国では 2030 年までに合計約 3,000 億ドル相当の送電インフラが必要となる。
- 天然ガス火力発電容量は 2015 年にかけて大幅に増加し、その後は新規容量の追加が徐々に減少すると予想されて、同期間における再生可能エネルギーも同様の予測がなされている。風力発電は引き続き、米国における再生可能エネルギー発電容量の主要な供給源となる。（現在、米国内の再生可能エネルギー発電量の約 61%が風力発電により賄われている。）尚、これらのデータは、発電所規模の発電量に関するもので、分散電源は含まれていない。米国で再生可能エネルギーが、発電容量全体において大きな割合を占めるまでには、10 年、15 年または 20 年ほどかかるであろう。
- EEI メンバーである米国電力会社が取り組む新規の送電投資額には、再生可能エネルギー、とくに風力発電の統合に関連した投資も含まれるものの、全般的な送電線混雑の解消による系統信頼度向上のニーズに対処することを目的としたものも多く含まれる。米国内のすべての電力会社は、北米信頼度協議会（NERC; North American Electric Reliability Corporation）が策定した電力サービスの信頼度基準に基づいて送電系統の運用を行っている。また、これらの信頼度基準は、FERC が管轄している（州をまたぐ送電線の場合）。
- FERC は、州をまたぐ送電線および電力販売（卸売）を規制しており、発電または発電所の要件設定、電力料金等に関する管轄権は有していない。一方、州は州内の送電と発電の双方の設置に責任を負う。
- 再生可能エネルギー発電量は、30 州で再生可能エネルギー・ポートフォリオ基準（RPS; Renewable Portfolio Standard）が設けられている。米国では RPS が、再生可能エネルギー導入の主な原動力となっており、今後も同市場の成長を支えるであろう。つまり、米国全体の再生可能エネルギーの容量は、a)ポートフォリオ基準を追加する州が増えず、および b)すでに基準を設定している州がその基準を強化しなければ、その割合が 20%を上回る可能性は低い。その他のこれまでの米国における再生可能エネルギー成長の原動力として、生産税額控除（PTC）が挙げられる。

- 米国では現在、石炭の利用が減少している。石炭の将来的な位置づけは、産業界が費用対効果の高い炭素回収貯留技術を開発できるか否かにある程度かかっているが、開発できる可能性は低い。ここ数年間、環境規制および低コストの天然ガスの影響で新規の石炭火力発電所の建設は許可されておらず、炭素回収技術を伴う発電所が建設される可能性も低い。

#### 4. 連邦エネルギー規制委員会(FERC)

日時 : 2012年12月7日(金) 9:00~10:30  
場所 : Washington DC  
資料 : FERC 概要資料一式(ハードコピー)

##### 4.1 再生可能エネルギーの系統連系に関する課題と方策

###### (1) FERC・州政府・RTO/ISO の役割

- 米国の送電系統および電力市場は、連邦政府である FERC、州政府、および RTO や ISO などの地域独立系送電系統運用者が、それぞれ役割を分担する形で管理している。各組織の送電系統・電力市場にかかる主な役割、権限は以下の通りである。

機関	主な役割・管轄対象
FERC	電力卸売市場、州際(州をまたがる)送電系統運用にかかる規制→主に卸売市場(wholesale market)におけるタリフ(コスト負担)の承認権限
RTO/ISO	管轄当該地域の系統開発計画
州政府	<RTO/ISOの有無に関わらず>電力小売市場、州内送電系統の立地 <RTO/ISOがない州のみ>州内系統開発計画

- FERC は州際送電系統を管轄する連邦政府組織であることから、再生可能エネルギーについては、こうした系統への統合が行われる大規模な商用プラント(太陽光発電ではメガソーラー等)が FERC の規制対象となり得る。一方で、家庭用 PV 等の小規模システムは FERC の規制対象外である。

###### (2) 米国電力卸売市場における価格決定メカニズム

- 電力卸売市場価格は、基本的に電力会社による市場への入札に基づき決定される。例えば、一部の RTO や ISO では、発電事業者が所定の予備発電容量(Reserve Margin)を満たすために取引可能な市場、容量市場(Capacity Market)を運営している<sup>9</sup>。同市場はオークション形式であり、需給のバランスに基づく需要曲線(高負荷時ほど取引価格は高くなる)を基盤に価格が決定され、その価格は変動費用(燃料費等)のみを反映したものである。ここで、同レベルの需要を持つ地域内<sup>10</sup>においては、各発電源に

<sup>9</sup> PJM、ニューヨーク独立系統運用者(NYISO)、ISO ニューイングランド(ISO-NE)等が容量市場を運営、一方 ERCOT、MISO は同市場を運営していない。

<sup>10</sup> 価格は地域の需要レベルにより異なる。例えば、人口が集中するニューヨーク州とアイオ

よる出力に応じた利用可能性（Availability）が価格を左右する。例えば一般的に、石炭や天然ガス等の化石燃料は稼働時間の 80%が利用可能との前提で価格（レート）が算出される。一方、再生可能エネルギー、特に風力発電の場合は火力に比べて稼働率が低く、稼働時間の 20%を利用可能として計算される。

- 仮にオークション取引において価格が\$120/MW（日）となった場合、化石燃料発電の場合は\$120/MW（日）の 80%を、風力発電ではその 20%を回収することとなる<sup>11</sup>。この価格決定メカニズムでは風力発電の取引価格が火力発電等と比較して安くなるため、経済合理性の観点から、風力発電から調達できる容量があれば優先的に取引される仕組みとなっている。
- 発電開発事業者は、この（変動費用のみを反映した）卸売り市場の価格メカニズムをもとに、初期投資費用を含む総コストの回収、および収益性を踏まえたうえで、プロジェクトの実現可能性を判断する。なお、風力発電開発事業者は、PTC 等の再生可能エネルギーに対するインセンティブも加味した上で採算性を決定している。さらに、電力小売市場において利用者から初期投資費用を別途回収できる場合は、これも考慮する。このように開発事業者は、卸売、小売市場において相対的に収益性を分析した上で、事業の実現可能性にかかる意思決定を行う。
- なお、FERC では、市場原理に基づいた価格決定メカニズムこそが消費者利益と生産者のビジネス機会の双方にとり最善であると考えており、できる限り市場原理を優先するアプローチをとっている。卸売市場価格（タリフ）は、各 RTO/ISO の信頼度評議会（Reliability Council）により承認され、さらに FERC がこれを承認する。また、各地の北米電気信頼度協議会（NERC; North American Electric Reliability Corporation）の承認も要求される。

---

ワ州では価格が違う。

<sup>11</sup> 尚、この稼働率は米国における一般的な数値として Miller 氏が言及したものであり、地域により異なる。稼働率は各 ISO や RTO の電力信頼度協議会や NERC（北米電力信頼度協議会）の承認を受けて決定されている。

### (3) 出力抑制と安定化 (Balancing)

- 風力発電容量が比較的多い ERCOT では、風力発電の価格がゼロを下回り、(抑制のため) 発電を停止することに対して発電事業者が報酬を受ける事態も生じている。これは ERCOT が大量の風力発電を導入する上での課題となっているが、風力発電の密度が高い地域では出力変動のバランスを取るために火力発電を予備容量として活用するなどの手法により、最善を尽くしている。
- FERC はこれまでの発電開発事業者との対話から、地域送電機関 (RTO) 内における透明性のある市場アプローチの導入が、再生可能エネルギーによる発電施設開発にかかる見通しを容易としてきたことを認識した。一方で、RTO/ISO が不在の地域においては、再生可能エネルギー源の相互接続 (系統統合) にかかる見通しを改善するための環境整備が必要であると認識した。このため FERC は、RTO/ISO 対象外の地域において、信頼性の高い再生可能エネルギーの系統統合をより容易とするツールを提供するための新しい規則の策定に取り組んだ (FERC 指令 764)。同規則は FERC 管轄区全体に適用されるが、特に RTO/ISO 対象外の地域における再生可能エネルギーの統合を促進する目的で導入したものである。
- 米国では特に、MISO 等の既存の RTO/ISO に取り込まれていない西部の市場において、大量の風力発電が送電系統に統合されつつある。このため既述した FERC の新規則では、従来は 1 時間毎であった発電事業者に対する稼働スケジュール報告 (予測) を 15 分間隔に実施するよう義務付けた。従来これらの地域で行われてきた 1 時間毎の予測では、実際には 90 分前のデータに基づきスケジュール決定を行うことも少なくなく、風速と風向が頻繁に変化する環境下で正確な予測が困難な状況であった。したがって、FERC の新規則ではより正確な予測が行えるよう、間隔を 15 分に短縮した。
- 現在、カリフォルニア ISO、および South West Power Pool (SPP) は、米国西部の RTO/ISO 管轄地域に含まれない州において、エネルギー・インバランス市場 (Energy Imbalance Market) と呼ばれる新たな市場形成を FERC に提案している。同市場は、RTO/ISO に類似したもので、エネルギー市場やアンシラリー市場を運用し、風力発電の予備容量の送電や送電混雑解消のための出力抑制を行う。ただし、1 日前市場、および容量市場の形成は含まれない。FERC は、同市場の形成が、再生可能エネルギーの系統統合、およびこれによる系統安定化のための (予備) 発電コスト抑制の双方に有効であると考え、この提案を支持している。市場形成の可否は、当該の州政府がそれぞれ判断の上、決定する。

- また、系統運用者にとって、各風力発電ファームの運用者は、現場の実情に最も近い正確なデータを保有する重要な情報ソースでもある。新規則により、変動しやすい風力発電や現場の気象データをより頻繁に提出するよう発電事業者に求めることで、市場運営者は該当地域のすべての風力発電ファームの状況をより正確に予測し、最も効率的で低コストな系統運用につなげることができる。また、FERC は新規則において発電事業者に対し、国立海洋大気庁（NOAA; National Oceanic and Atmospheric Administration）へ同様のデータ提出を勧めている（要求事項ではない）。NOAA は、このデータを活用し、米国全体のより良質な風の予測開発を実現することで、直近のデータに基づく精度の高い予測が可能となり、系統運営者は予備容量の必要性をより正確に計算できるようになるだろう。

#### 4.2 FERC 指令 1000 とコスト負担方法の考え方

- FERC 指令 1000 の主な目的は、最小の経済的コストで系統信頼度を高めることにある。従来、地域の送電システムの計画は、近隣におけるシステム更新の必要性を考慮せず建設が行われてきたため、非効率的で、最大限の利益を確保することができていなかった。FERC は、MISO や PJM といった広範囲の地域を管轄する RTO/ISO 形成により、より安定した送電システム計画が実現するだけでなく、コストを抑制する効果もあることを認識した。よって FERC は、このような利益を、より広域の地域間で達成することが重要と考えた。ここで問題となるのが、FERC が送電システムの立地に関する権限を持たないことである。同権限は現在、各州に委ねられている。このため FERC は指令 1000 において、州政府の（立地にかかる）権限、RTO の送電系統計画の専門性、そして電力会社の 3 者間の連携を図り、調整することで、強固で低コストの系統を確立するというアプローチをとった。
- FERC 指令 1000 では、これを以下の 2 段階のプロセスで進めている。
  - 第一段階：各 ISO/RTO はそれぞれの管轄地域における送電システムの計画、およびこれにかかるコスト負担の方法（誰が何を負担するか）を明確に示した「地域内」計画を提出する。
  - 第二段階：隣接する 2 つの RTO 管轄地域（市場）間における「地域間」送電線計画を相互の調整のもと作成、提出する（例：MISO と PJM、NYISO と ISO-NE を接続する送電線等）。
- 各 RTO は既に、「地域内」計画を 10 月に FERC へ提出した。これらの計画には、新規送電線建設にかかる初期投資と、誰がそれを負担するかが正確に示されており、送電システム開発事業者、電力会社、州規制当局、そして消費者団体等のステークホル

ダーが、前もってこれを把握することができる。「地域間」計画は、現在策定中で、近隣の RTO (ISO) 2 者が相互の管轄地域にかかる送電系統の立地やコスト割り当て計画を作成し、これを FERC に対して共同で提出する。FERC は同計画の提出により、近隣の RTO/ISO 間で、相互にかかる新規送電システムの初期投資の負担比率 (1:1、7:3 等) をあらかじめ設定するよう求めている。このような地域内、地域間計画の提出により、後々問題となりやすいコスト負担の枠組みを明示し、これに対するステークホルダーの見解をあらかじめオープンで透明性のあるプロセスを経て収集、議論することで、プロジェクト (建設) が実行される確立を高めることができる。

- 米国内における送電系統開発や再生可能エネルギー統合にかかる課題として、主に以下の 3 点が挙げられる。

- ▶ 土地所有者の反対が非常に根強い
- ▶ 住民からの送電システム建設への反対 (NIMBY: Not In My Backyard)
- ▶ 再生可能エネルギー発電の適地と消費地間との距離の問題

- コスト負担とその割り当ては常に意見の分かれる課題である。特に大規模で複数の州と地域をまたいだ送電システムプロジェクトの場合、間接的な利益を伴うため受益者と負担すべきコストの決定は極めて複雑となる。再生可能エネルギーは通常、人口密集地から離れた場所で発電されるため長距離の送電システムにより接続、送電する必要がある。このため送電線は複数の州を経由しなければならず、直接的な利益がほとんど得られない州へ立地する必要性が生じる。州政府は従来、コストを負担する州の住民の利益を尊重するため可能な限りコストを抑制したがる傾向にある。特に発電所の立地や消費地ではないものの、この 2 地点間を結ぶ送電系統の立地に該当する州は、直接的な経済効果を利益として認識できないため、コスト負担に対して政治的な賛同を得ることが困難となる。しかし、大規模送電システムの建設はシステム全体に利益をもたらすものであり、いわば「社会的な利益」を得られると考えられ、こうした論点で賛同を得られるよう中間点に位置する州等の関係者へ働きかけている。指令 1000 において FERC が地域内、地域間でコスト負担を事前に明確とするよう要求している背景には、こうした議論を計画時点で行うことで、建設実現の可能性を高めようとの狙いがある。

- 米国内の送電システム所有者は約 12% という非常に健全な収益率を上げている。しかし、FERC と州政府の間で、タリフ設定の際に意見が食い違い、調整を要することもある。本来、州政府は住民のコスト負担を最小限とするため低い料金レベルの設定を好む。一方、連邦議会は数年前より米国における新規送電線開発を促進するため、事業者インセンティブを与える (十分な収益率を確保した) 料金設定を優先するよう命じた。その結果、FERC は (人口) 過密地域での送電を改善するプロジェクトや

信頼性のニーズを取り扱うプロジェクト、新規または実証前の技術を利用するプロジェクト等、広範な利益をもたらすプロジェクトに対して事業者へのインセンティブを配慮したタリフ承認を行うことができる。

## 5. エネルギー省 (Department of Energy)

日時 : 2012 年 12 月 6 日 (木) 10:30~12:30

場所 : ワシントン DC

### 5.1 オバマ政権のクリーンエネルギー政策

- エネルギー省はこのほど、米国のエネルギー生産量および消費量に関する情報を更新した。米国では、約 7 京 9,400 兆 Btus のエネルギーを消費しており、うち 7.6% が水力発電以外の再生可能エネルギーとなっている。オバマ大統領は、2012 年の一般教書演説で、2008~2009 年に主張した再生可能エネルギー政策を基盤とした新たなエネルギー政策方針「Blueprint for an America that is Meant to Last」を発表した。この方針は、再生可能エネルギー技術により消費者へのコストを削減すると同時に、大気質と水質を保護し、より確実なエネルギー安全保障を提供することを目的として設計されている。
- ホワイトハウスは、この方針発表に先立ち、2035 年までに米国の電力の 80% を多様なクリーンエネルギー電源で賄うことを提案する「安定したエネルギーの将来のための方針 (Plan for a Secure Energy Future)」を取りまとめた。この「クリーンエネルギー電源」とは、再生可能エネルギーに加えて、クリーンコールテクノロジー等の既存電源の低 CO<sub>2</sub> 化技術も含んでいる。同方針では、電力会社に対して、発電量の一定の割合をクリーンエネルギー源から生産することを義務付けるクリーンエネルギー基準 (CES) の創出も提案されている。同方針にはまた、米国のエネルギー安全保障を強化するための再生可能エネルギー源の多様化、米国の CO<sub>2</sub> 排出量を 2050 年までに 2005 年比 80% 以下にする温室効果ガス (GHG) 削減目標、米再生可能エネルギーセクターの競争力確保等が盛り込まれている。
- またオバマ大統領は、2025 年までに石油輸入量を 3 分の 1 にし、2015 年までに 100 万台の電気自動車を導入、2035 年までに国内の発電量の 80% をクリーンエネルギー電源で賄う等、多くの目標を掲げている。これらの目標を達成するために、連邦政府は、数多くの政策とインセンティブを実施している。
- 2008 年のオバマ大統領の選挙公約の 1 つに、2012 年までに再生可能エネルギー発電容量と、省エネ技術による節電量を 2 倍にすることが掲げられた。2008 年からの 4 年間で、同国はこの目標を達成している。2008 年から現在に至るまでに米国で導入された再生可能エネルギー発電容量の大半は、風力発電である。

## 5.2 エネルギー省における再生可能エネルギーと系統統合にかかる取り組み

### (1) SUN SHOT プログラム

- エネルギー省 省エネ・再生可能エネルギー局 (EERE) の SUN SHOT プログラムは、太陽光発電の発電コストを 2020 年までに 5~6 セント/kWh まで引き下げる目標を掲げており、非常に野心的である。この目標は、米国全土の発電所規模の電源による電力価格と同等である。つまり EERE は、助成金に頼ることなく、太陽光エネルギーが従来型電源に対するコスト競争力を持てるレベルのコスト削減を目標としている。これは、極めて野心的な目標であるが、産業界は達成に向けて大きく前進している。2010 年における EERE のベンチマーク統計では、商用規模 (メガソーラー) の太陽光発電の発電コストは 3.80 ドル/W であったが、2011 年には 2.60 ドル/W にまで低下、また最新のデータでは 1.90 ドル/W となっており、kWh 当たりに換算すると 8~9 セント/kWh まで低下している。したがって、SUN SHOT プログラムは、わずか 2 年間で非常に大きな進歩を遂げたと言える。
- 当然ながら、現時点での課題は、特に中国との激しい国際競争である。そのため、米国と日本は、「Global Alliance of Solar Energy Research Institutes」を通じて技術革新を推進するために協力している。日本の産業技術総合研究所 (AIST) は今年はじめ、米国の再生可能エネルギー研究所 (NREL; National Renewable Energy Laboratory) と、太陽光発電技術の開発を推進するための基本合意書を締結した。
- 2020 年までに SUN SHOT プログラムの目標を達成するには、より多くの短期的な技術が必要となる。今後 8 年間で、有機系太陽電池が業界に影響を及ぼす可能性は低い。EERE は、ポートフォリオ手法を利用して、さまざまな太陽光発電技術に投資をしている。EERE は今年初め、ソーラーフロンティア株式会社と協議するために日本を訪問し、同社の CIS 技術を共同で推進する機会について話し合った。

### (2) 地熱の潜在的な可能性

- 米国における地熱発電量は全体のわずか 0.4% であるものの、世界最大の地熱発電国である。同国は現在、熱水源から地熱発電を行っている。EERE は今後、地表からは確認することができない潜在的な熱水源の開拓に向けた技術開発を推進する必要がある。ただし良質な熱水源の多くは、法律によって立ち入りが制限されている国立公園の下などに位置しているなど、日本と類似した困難に直面している。また、誘発地震も課題の一つである。注水により、地表下に小さな割れ目ができることで、小規模な地震が発生する。米国は、誘発地震プロトコル (自主的な指針文書) を作成した最初の国であり、現在、同文書は、同国内の地熱発電プロジェクトで遵守されている。

- 地熱井涵養システム (Enhanced geothermal system : EGS) は、今後数年間にわたって、米国の電力需要を満たすことができる潜在能力を有している。EERE の地熱発電プログラムの責任者は現在、実際に日本の新エネルギー・産業技術創造開発機構 (NEDO) と、EGS での協力について協議を行っている。EERE はまた、EGS について台湾政府と連携している。

### (3) バイオ燃料およびバイオマス発電

- 米国では、国内で販売される輸送用燃料に対して、一定割合の再生可能燃料の混合を義務付けており、2007 年の連邦議会の決定により、使用義務量を 2022 年までに 360 億ガロンまで拡大することが決定された。しかしながら、発電用にバイオ燃料を利用する取り組みはあまり行われていない。現在、再生可能エネルギーの総発電量の約 5.5% がバイオマス発電で賄われている (合計約 10 GW)。その発電量の大半は、紙パルプ工場の施設内電力として消費されている (導入基準が導入されているバイオ燃料とは異なり、発電にバイオマスを使用する義務はない)。
- ここ数年間、米国における非従来型の天然ガス資源の開発により、とくに新規の発電所において天然ガスを利用する傾向にある。この天然ガスの過剰供給により、本来バイオマスで稼働する計画であった新規発電所の多くが、天然ガスに転じている。
- エネルギー省は、石炭とバイオマスを組み合わせて稼働する石炭火力発電所導入の可能性を調査している。同技術は石炭を削減量と同割合の (1:1 の) CO<sub>2</sub> 削減効果がある (石炭の 20% をバイオマスに置き換えることで、発電所の CO<sub>2</sub> 排出量を 20% 削減することができる)。しかし、このような発電施設へのバイオマス導入は、電力価格を少なくとも 10% 上昇させるなど、コストの問題が残る。ただし、バイオマスの燃料効率を高める技術の開発は進んでいる。木材チップを緻密化してペレット化することで濃度を高め、燃料の含水量を減らすことができるため、発電所では、一度に多くの燃料を効率的に燃やすことができるようになる (ちなみに、緻密化は、コーヒー豆を焙煎する際に使用されるプロセスと同じである。) 熱電併給の応用としてバイオマスを利用することも、費用の低下につながる (加熱費用を相殺するため)。

#### (4) 電力系統の統合

- エネルギー省は、30～80%の再生可能エネルギー供給率を達成するためのさまざまな方法とその実現可能性を検証する研究、「Renewable Electricity Futures Study (RE Futures)」を国立再生可能エネルギー研究所 (National Renewable Energy Laboratory) にて実施した<sup>12</sup>。同研究の結果、現時点の市場で利用可能な再生可能エネルギー技術と、電力系統の改善を組み合わせることで、「米国は 2050 年までに再生可能エネルギーを 80% 普及させることができる」との結論が出された。
- また同研究では、電力系統の「柔軟性」を高め、複数の異なる電源からの発電量に対処できるようにすることが、高い再生可能エネルギー普及率を果たす上での鍵となるとした。「柔軟な電力系統」の定義はまだ明確となっておらず、現在同省でもその定義づけに取り組んでいるところである。ただし、再生可能エネルギーの系統統合にかかる 4 つの課題、①見える化 (データと情報)、②理解 (知識)、③柔軟性 (物理的なシステム)、④構造的問題 (市場、規制、政策・基準)、を解決するための手段が、柔軟な電力系統の意味するところとなると考えている。
- 電力系統 (グリッド) は、部品 (Components)、収集されるデータ、これをモニタリングするツール、さらに系統全体にかかるシステム等で形成される。系統の近代化により、将来的には、これら要素間の重複を解消し (③)、系統全体を効率化することで、事業者が系統上の状況を察知し (①)、理解し (②)、対処するための行動を (問題が生じる) 事前にとることが可能となる。
- こうした背景から、エネルギー省では、クリーンエネルギーの系統統合の課題に包括的に対処するため、多様なエネルギー源の系統統合にかかる課題を検証、対策検討を行う「グリッド技術チーム (Grid Tech Team: GTT)」を組成している。同チームは、近代的な電力系統への多様な技術の統合において、化石エネルギー局 (Fossil Energy)、原子力エネルギー局 (Nuclear Energy)、省エネ・再生可能エネルギー局 (EERE)、配電・電力信頼性局 (Electricity Delivery & Energy Reliability) 等、エネルギー省内の各局間を調整するために設置された。
- また NREL は、大量の風力発電、および太陽光発電の電力系統への統合についての実現可能性を検証するため、「Eastern Wind Integration and Transmission Study」および「Western Wind and Solar Integration Study」という 2 件の大規模な研究報告書を完成させた。これらの研究は、従来、化石燃料を使用してきた電力会社が再生可能エネルギー

<sup>12</sup> 詳細は左記サイトを参照。 [http://www.nrel.gov/analysis/re\\_futures/](http://www.nrel.gov/analysis/re_futures/)

一の導入に消極的であることを背景に、再生可能エネルギーの系統統合へのコストや系統安定化について地域別に検証するために実施された。結果、東部風力発電の調査では、20%の風力発電容量の追加には大幅なコスト増や課題が伴うものの、そのコスト増分を克服するだけの極めて大きな効果が期待できることが示された。また米国西部の太陽光発電に関する調査では、電力会社が広範な地域にわたり風力発電施設の運用を調整し、また毎1時間以内に発電と電力融通のスケジュールを組めば、風力発電30%、太陽光5%を系統統合し、運用することが可能であることが示された。

- さらに NREL では、分散電源の相互接続と再生可能エネルギーの系統統合にかかる課題克服のための技術、ソリューションをリアルタイムで実証するための施設、「Energy Systems Integration Facility(ESIF)」を設立している<sup>13</sup>。同施設では、スーパーコンピューティングを使った大規模なモデルやシミュレーションによるデータ解析等により、これまでの再生可能エネルギーの系統統合管理にかかる概念を実証する。大規模な再生可能エネルギー普及とその系統統合に対して懸念を示す電力会社に対して、実証済みの成果を出し、その実現可能性を示すことが目的である。

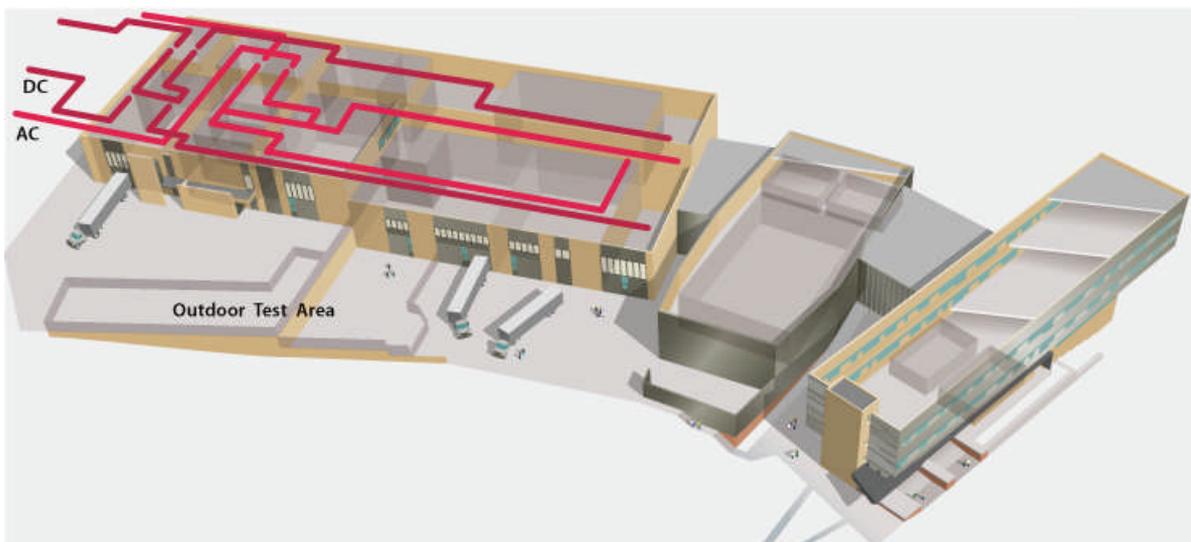


図 ESIF 見取り図

施設内には多様なエネルギー源と統合された直流、交流の電力回路が実験を行う全研究室を相互接続する形で敷設されている。

出典：NREL

<sup>13</sup> 同施設は面積 18 万 2,500 平方フィートにおよび、NREL の研究者やスタッフ約 200 名の研究施設やオフィスとして利用される。 <http://www.nrel.gov/esi/esif.html>

## 6. ジョージワシントン大学

日時 : 2012年12月5日(水) 14:30~15:30

場所 : ワシントン DC

### (1) 米国のエネルギー政策

- 米国には現在、国家で統一された再生可能エネルギー導入目標が存在しない。国家レベルでは、オバマ大統領とその政党が欲するところと連邦議会の下院で優勢である共和党の欲するところに違いがあるためである。州レベルでは、多くの州政府が再生可能エネルギーを支持しているものの、そうでない州も存在する。また支持している州でも、その政策は州毎に異なる。
- シェールガス革命は米国での再生可能エネルギーの開発に対して大きな損失となっている。天然ガスが非常に安価なため、天然ガスと再生可能エネルギーのコスト差は大きく、且つ増大しつつある。
- 再生可能エネルギーのコストを評価する上で、風力発電や太陽光発電のように(出力の)変動性を伴う電源に伴うコストに留意することは重要である。仮に単位あたりのコストが同額であっても、変動性のある電源の経済的価値は、恒常的に出力の提供が可能な電源に比べて低い。

### (2) メタンハイドレート

- 日本のメタンハイドレート開発プロジェクトがもし成功すれば、潜在的に数百年間にわたり有望な電源となり得る。メタンハイドレートおよびその回収について、日本の科学者は世界の中でも最も知識の豊富な陣容であり、その開発が注目される。

### (3) フィードインタリフの問題点

- FIT と RPS のどちらがより有効かという疑問は、2つの観点において論争を呼ぶ。1つは、どちらの政策が良いかという政策の観点、他方は、法的課題に関する観点である。法的課題とは、米国の州単位の規制権限に由来している。米国では、州が発電にかかるコスト回収を認可した場合「誰が払うのか」という問題が生じる。たとえば、カリフォルニア州の電力会社が、近隣のネヴァダ州やオレゴン州の消費者に電気料金の値上げを強いることはできない(各州間の管轄に関する問題)。

- 米国では電力会社がコストと法律面の理由から、州の FIT 導入を望まないことに加え、水圧破碎技術の開発によるシェールガス革命が再生可能エネルギーのコスト競争力の格差を広げていることも問題である。米国の低廉な天然ガス価格により、米国では電力会社が 1kWh の電力を約 5 セントで発電できる。一方、再生可能エネルギー源はいずれも、発電コスト、および既述した変動コスト双方を伴うため価格的に不利である（再生可能エネルギーの競争力を高めるための制度的負担が大きすぎるとの考え方）。

#### (4) 再生可能エネルギーの展望

- 米国における再生可能エネルギーの展望は良いものではない。ただし、再生可能エネルギーの発電コスト、または蓄電コストを削減する主要な技術開発が存在すれば話は別である。現時点では、出力変動対策にかかるコストで補正した場合、再生可能エネルギーの発電コストは天然ガス火力に比べ約 10 倍となり、これはあまりにも大きなギャップである。米国は、世界で温室効果ガスの排出量を現に削減した 2 か国のうちの 1 つであり（もう 1 か国はドイツ）、再生可能エネルギーをほとんど利用せずに、石炭火力の天然ガス火力への代替でこれを達成した。

#### (5) 炭素税

- 大規模な炭素税は非常に有益となると考えるが、炭素税は政治的に導入が極めて困難である。キャップ・アンド・トレードや炭素税が温室効果ガス排出量削減に効果を持ち機能するためには、炭素価格が 1 トンあたり 50 ドルから 200 ドルの間と、現行のカリフォルニア州や欧州の排出量取引制度に比べ、かなり高価でなければならない。
- また、炭素税は相当量の歳入を生み、国家が負債を完済し、財政上の瀬戸際へ接近することを回避する 1 つの方法でもある（という議論が現在、ワシントンを中心になされている）。しかしながら、現在の（ねじれ状態にある拮抗した）政治情勢では議会は小規模な租税の法案さえ通過させることができず、国家規模の炭素税での合意を得ることはほぼ不可能である。もちろん、歳入源の確保の方法として、炭素税は数ある選択肢の中でも最良である。しかし、歳入の増加はあくまで炭素税等の制度による副次効果であって、主要な目的は国家の温室効果ガス排出削減でなければならない。

#### (6) 米国環境庁（EPA; Environmental Protection Agency）による規則制定

- 石炭に関する EPA の規則制定活動にも関わらず、温室効果ガスの排出量期待されたほど低下していない。大気浄化法（Clean Air Act）は、本来温室効果ガスの問題を扱うために設計された法律ではなく、2009 年に大統領および民主党によって支持され

た温室効果ガスの削減目標達成には他の法制度が必要となると考えている。確かに石炭に対する規制の強化によって電力セクターは天然ガスへの転換を加速しているが、米国は天然ガスが非常に豊富であるなか、最終的には経済性の原理が機能するだろう。

## (7) 石炭の課題

- 米国の石炭産業は、現在、次の4点の戦略で課題に立ち向かっている。1)石炭火力発電による発電コストを増大させる EPA の規制発令を少なくとも延期させること、2)モンタナ州やワイオミング州といった石炭生産地から中国へ石炭を輸出できるよう、ワシントン州またはオレゴン州での輸出ターミナル建設を推進すること、3)パナマ運河の拡張についてロビー活動を実施し、大型石炭輸送船がパナマ運河からノーフォークなど東海岸の港を経由して中国を中心とするアジア市場へアクセスできる環境整備を目指すこと、4)CO<sub>2</sub>回収貯留技術の開発を促進すること。

## (8) オバマ大統領：二期目における再生可能エネルギー政策の方向性

- 米国の2大政党は、エネルギーの課題について合意できない部分が多く、国家的コンセンサスに到達するとは考えられない。今後4年間でオバマ政権がどのようなエネルギー政策を取るかは見通すことはできないものの、大統領選挙までの数ヶ月、オバマ大統領は再生可能エネルギーについてほとんど言及していない。一方で、米国の石油・ガス生産量増加を積極的に述べている。

## 7. ジョンス・ホプキンス大学高等国際問題研究大学院 (SAIS)

日時 : 2012年12月5日(水) 16:30~17:30

場所 : ワシントン DC

### (1) 米国における FIT (Feed-in-Tariff) の検討状況

- まず米国では、連邦政府は、州間商業規定 (Interstate Commerce Provision) の執行に責任を負うことが憲法に規定されていることから、電力事業の政策に対する主要な責任は州政府が負う。このため、米国は特に電力において極めて独特なエネルギー政策構造を有している。米国連邦政府が電力にかかる政策の枠組みを策定する可能性はあるものの、これを施行、運営する責任はあくまで州にある。なおこれは電力政策に対してのみ適用され、輸送用燃料としての再生可能エネルギー利用 (これは国家政策である) には該当しない点に留意されたい。
- 米国で FIT の検討をいち早く行ったのがカリフォルニア州であったが、結果的に導入には至らなかった。同州は、電力市場の自由化を行ったものの、不成功に終わったことから州の政策立案者らは、納税者の反発が強い政策には慎重となっているなか、納税者が費用を負担するというドイツ方式の FIT 制度は受け容れがたいものであった。
- 一般的に米国では、生産税額控除 (PTC) による財政支援型の政策アプローチが受け容れられており、規制においては FIT よりも再生可能エネルギー・ポートフォリオ基準 (RPS; Renewable Portfolio Standard) が好まれる傾向にある。また州間の送電に責任を負う連邦エネルギー規制委員会 (FERC) が、最近 FIT 制度導入の際のコスト回収にかかるタリフについて、同料金は新規発電量の回避コスト (avoided costs) を上回ってはならないという規則を呈したことも、障害となっている。仮にこれが導入されれば、FIT で回収されるコストが限定的となるため、FIT の経済的インセンティブが薄れ、風力発電については効果は残される可能性はあるものの、多くの再生可能エネルギーへの投資においては、他のエネルギーとコスト競争力を持つ水準までコストを低下させる効果は期待できない。FERC による同決定は比較的最近のものであるが、これにより米国で FIT スキームを使用することに対する関心が薄れた。
- 料金が段階的に減少することは、FIT の重要な特徴であり、産業の競争力を高めるために、毎年料金のレベルを低下させる必要がある。FIT は、あと一步で市場化が実現する技術に適用した場合に最も効果的である。一方で、商業化からほど遠く、コスト競争力のない技術ほど、FIT の効果は低くなる。こうした技術の場合、FIT と助成金を組み合わせるなどの並行した政策などが合理的であるが、助成金が最終的に中止さ

れた後に、同技術が競争力を有するよう配慮しなければならない。

- 太陽光発電は、FIT による支援の効果が十分に発揮できていない技術の 1 つである。スペインおよびドイツはともに、FIT で太陽光発電を支援するのに大変苦勞してきた。この失敗は、ドイツが自国の FIT の構造を改革した理由の 1 つとなっている。ドイツは、再生可能エネルギーへの投資を、メガソーラー等の大規模電源ではなく、より小規模な分散電源に向けるよう構造を改革した。分散電源への再生可能エネルギー技術活用は、近い将来、費用対効果が得られる可能性が高いため、ドイツが講じた策は賢明である。当然ながら、日本には、土地不足という問題がある。大規模な発電所プロジェクト用の土地が不足している日本では、分散電源向けの FIT はさらに合理的となる。

## (2) 米国の研究開発の理念

- 技術と製造手法の向上に伴い、再生可能エネルギー技術のコストは下がりつつある。しかし残念なことに、人件費、実装設備、そして太陽光発電のコンバーターなどのいわゆる「ソフト面のコスト」は低下していない。ソフト面のコストは、再生可能エネルギープロジェクトの初期費用の最大 50%を占める。
- 再生可能エネルギー技術の経済性が大幅に向上した背景には、2012 年までに米国の再生可能エネルギーによる発電容量を 2 倍にするというオバマ政権の目標と、クリーンエネルギー開発を目標に近年設立されたエネルギー省エネルギー先端研究計画局 (ARPA-E; Advanced Research Projects Agency-Energy) において推進されてきた多くの研究事業がある。ARPA-E において米国は当初から特定の技術に焦点を絞るのではなく、より広範な技術に包括的に投資を行い、総合的に機能する、有用な技術 (またはその組み合わせ) を見極めていくというより総体的な (Holistic) R&D アプローチをとった点で評価できる。
- 投資する技術を早い段階で絞り込むと、その技術が最終的に成功しない確立も高まり、結果として無駄が生じる。従って多様な研究対象を視野に。特定の費用効果的の達成ではなく、例えばより汎用性のある経過目標 (効率を数パーセント向上させるなど) に重点を置くことが望ましい。

## (3) 日本の再生可能エネルギー政策に対する示唆

- ジョンズ・ホプキンス大学高等国際問題研究大学院でエネルギー問題を勉強している日本の学生等との対話から、彼らが日本には最先端の省エネルギー技術があり、日本にとって大変意味があると認識していることがわかる。一方、再生可能エネルギー技

術に関しては、商業化の準備が整っていない新種の技術であり、日本には適していないと考えている傾向にあると認識している。今後の再生可能エネルギー導入においては、まずこうした考え方を変え、再生可能エネルギー技術に対する理解や認識を高める必要がある。

- 次に、電力会社の構造の問題に取り組む必要がある。日本は、オープンアクセス型の電力システムとするために電力会社の解体を検討している（理論的には、既に長い間オープンアクセス型の電力システムを有しているが、実態は有効に機能していないと見ている）。FIT の実施に必要な、再生可能エネルギーの開発業者の事業参入を促進できるオープンアクセス型の電力システムを機能させるには、まず電力会社の改革を先に実行せねばならない。再生可能エネルギーへの投資を行う起業家は、電力会社を法律に従わせるために何年もの時間を費やす余裕はなく、電力の確実な販売先を求めている。
- 日本は、米国と同様に、再生可能エネルギーのポテンシャルが大きい地域には、送電線が不足している。この問題により、米国の卸売市場の運用者は、遠く離れた発電量を電力システムに接続する新しい送電線の建設を奨励するために、あらゆる計画を策定している。この問題は、FIT が直面する他の問題とは異なるため、個別に対処しなければならない。
- 政府や NEDO 等の機関がリーダーシップをとり、商業化まで一貫して資金を提供する方法は魅力的であるが、性急に勝者が選ばれる研究開発プロセスとなるリスクがある。ベンチャー投資家やエンジェル投資家等の民間セクターが自ら投資戦略を立て、これに応じた意思決定を行える枠組みとその支援の確立が再生可能エネルギー市場の成長には重要である。

## 8. Resource for The Future

日時 : 2012年12月5日(水)

場所 : ワシントンDC

### 8.1 再生可能エネルギー政策

#### (1) 再生可能エネルギー・ポートフォリオ基準

- 米国では連邦政府レベルの再生可能エネルギー政策として、風力発電に対する生産税額控除、また主に太陽光発電に提供されている投資税額控除などの税優遇措置による支援策がある。一方、州レベルにおいては約30州にて再生可能エネルギー・ポートフォリオ基準(RPS)が導入されており、米国の再生可能エネルギー導入および普及に大きな影響を及ぼしている。例えばテキサス州ではRPS導入の結果、風力発電量が増大した。米国におけるこれまでの再生可能エネルギーへの投資のほとんどがこれらの政策を受けて行われてきたものであり、こうした政策がなければ投資も行われていなかったであろう。特にRPSは(法的拘束力を持つ場合)、電力会社は一定の再生可能エネルギー発電による電力の購入義務を負うため、天然ガス価格の低下といった市場の外的要因に関わらず再生可能エネルギーの導入のペースを決定でき、再生可能エネルギーへの投資を奨励する上で効果的である。
- 米国におけるRPSは概して、国または地球規模の温室効果ガス排出量削減目標と連動して導入されたものではなく、再生可能エネルギー導入のために各州が新しい技術を推進し、雇用を創出することに焦点が置かれている。RPSは、電気料金(上昇)への影響が最小限に留められることから、環境保護の支持者、研究開発コミュニティそして、地域社会のステークホルダー等から広範な支持を集めている。RPS制度では、追加コストの大半は化石燃料を使用する発電事業者が負担し、これらの事業者はそのコストを(再生可能エネルギー以外の)事業による利益で補填している。一方、炭素税が導入される場合は負担の多くは需要家に転嫁されることから、こうした問題がないRPSは政治的に支持されやすく、評判が高い制度である。
- ただし今後州政府がRPSの導入目標を継続的に高めるかどうかは、現時点で不明である。これまでのところ、RPS制度の導入による電気料金の上昇はあまり見られていないが、今後基準がさらに厳しくなれば、電気料金の上昇として現れ、(消費者等からの)反発が高まる可能性もある。また、総発電量に占める再生可能エネルギーの割合が高くなることで生じる、系統信頼度の問題等の影響や対策を検討する必要がある。

## (2) 洋上風力発電

- 米国東海岸部に計画される洋上風力発電プロジェクト「ケープウィンド(Cape Wind)」は、実現までに長い時間を要しており、最近になり洋上の土地借用権売却や必要な送電線整備の動きが進展を見せ始めたところである。洋上風力発電の経済性にかかる最大の課題は、海底送電ケーブルが必要となること、そして建設費と維持費の高さにある。洋上風力発電の支持者は、風は海上の方が強力かつ頻繁に吹き、ピーク需要時に豊富なため陸上風力発電と比べた設備利用率が高い点を強調する。しかし残念ながら、洋上風力発電のコストは、陸上の同電源よりも平均で2~3倍高くなるなど、相対的な費用等の経済面ではメリットよりもデメリットが上回るのが現状である。
- こうした課題を踏まえて米国政府は近年、洋上風力発電にかかる研究開発の支援に非常に積極的に取り組んでいる。たとえば、永久磁石を使用する大規模な発電機やタービンに関する研究などが挙げられる。規模の経済を達成するには洋上風力発電は陸上風力発電よりも優位であり、経済性はある技術である。ただし、(費用対効果を)達成するには時間がかかるであろう。

## (3) SUN SHOT・プログラムと太陽光発電のコスト

- エネルギー省が SUN SHOT プログラムにて目標に掲げている、2020年までに5~6セント/kWhのコストを実現することは極めて野心的である。多くの専門家は、残された目標までの期限に同水準にまでコストを低下できる可能性は低いとみている。ただし、エネルギー省の試みを批判するわけではない。同目標は太陽光エネルギー技術におけるエネルギー省のコスト低下とその研究へのコミットメントを示すものであり、評価すべき取り組みである。達成される可能性が低いと分かっているにもかかわらず、あえて野心的な目標を設定することでイノベーションを推進するという見方もある。SUN SHOT プログラムがなければ、この目標レベルの低コスト化は達成されない可能性がある。
- 米国で2011年に供給された太陽光による電力価格は14%下落し、さらに2012年前半には7%下がった<sup>14</sup>。現在カリフォルニア州等の米国では、これまで研究開発の中心となってきた太陽光発電パネルなどのハード面のコストではなく、導入にかかる労働等を含む「ソフト面のコスト」への問題意識が高まりつつある。ソフト面のコストは過去5年間横ばいで推移しており、これを引き下げるには規制面の変更(労働組合規則の変更など)が必要となる。近年実施されたマサチューセッツ工科大学の研究で

---

<sup>14</sup> 各前年(期)比の数値にかかるコメントと見られる。

は、太陽光発電モジュールのコストをゼロにしても、太陽光発電は、従来の形態のベースロード発電と競合できないことがわかった。これは、最終的な価格に付加される人件費および許認可費が太陽光発電においてはあまりにも高いためである。従って技術だけの問題ではなく、システムの総合的なコスト低下が課題である。

- カリフォルニア州は、大規模な太陽光発電設備が、天然ガス複合サイクル天然ガス発電所に対して将来コスト競争力を有するようになることに期待している。同州は2020年までに、同州の総発電量の11%を太陽光発電にしたいと考えている。つまり今後2020年までに導入される州内の新規再生可能エネルギー発電量の大半が風力発電ではなく、太陽光発電で賄われることとなる。カリフォルニア州公益事業委員会は、同目標を達成するための計画を発表している。同委員会が（ウェブサイト）で公開した今後7～8年で発電を開始する予定のプロジェクトリストを見る限り、これまでのマイルストーン（経過目標）の達成状況から、実現できない目標ではないと見ている（同計画には屋上設置型の太陽光発電は含まれていない）。ただし、再生可能エネルギーに対する投資税額控除は、今後数年以内に従来の10%の水準に戻される可能性が高く、その場合、太陽光発電設備の増築に対するインセンティブが低下する可能性がある。
- カリフォルニア州の太陽光発電への投資資金は、連邦政府の投資税額控除および同州の再生可能エネルギー生産税額控除を活用し、民間セクターが負担している。特に大規模なモハビ砂漠プロジェクトでは、送電線の整備にかかる投資が大きな課題となっている。送電コストと送電線設置の障害を克服することができれば、太陽光発電への大規模投資の魅力が増すであろう。

#### (4) 太陽光発電と太陽熱発電の競合

- EIAそしてカリフォルニア州は2年程前までは、大規模な太陽光発電よりも太陽熱発電の方が優れた投資先になると考えていた。しかし今では、太陽熱発電はあまり論じられていない。太陽光発電コストが劇的に低下した一方で、太陽熱発電のコストにはあまり改善がみられていない。太陽熱発電は、ある意味で極めて単純で優れた技術であるが、同時に改善が難しいことにもなる。太陽光を熱に転換する技術は既に高効率を達成しており、同技術が太陽光発電や天然ガスとの競争力を高めることは難しい。太陽光発電のコストの低下により、太陽熱発電が直面する課題が露呈されたこととなった。こうした認識のもとこの2年間で、投資家における太陽熱発電への関心が著しく低下した。

## 9. Austin Energy

日時 : 2012年12月3日(月)  
場所 : テキサス州オースティン

- オースティン・エナジー社は、テキサス州オースティン市に本拠地を構える電力会社で、同市と近隣の地域に電力を供給している。現在、同社は約3,000MWの発電容量を抱えており、そのうち10%が風力発電を主体とする再生可能エネルギーによるものである。同社はこれを2020年までに35%にまで引き上げる目標を掲げている。
- 再生可能エネルギーの普及が、電力供給の不安定化につながり、また(予備電源の確保等)その対策のためのコスト負担がリスクとなるといった見方が電力会社に根強く存在する。しかし、電力会社には、従来の視点でこの問題に取り組むのではなく、全く新しい視点で対応策を見出す姿勢が求められる。例えば、電力会社はこれまでも天然ガス、石炭等の火力発電所における故障等に備えたバックアップのための発電容量を、コストをかけて整備してきた。再生可能エネルギーに対する予備電源の確保も、こうした従来の取り組みと同様の考え方で取り組むものであるという発想の転換が必要となる。オースティン・エナジー社では、こうした考え方のもと、風力発電の拡大に取り組んできた結果、同分野で全米をリードする実績を持つ電力会社として位置付けられるようになった。再生可能エネルギーの普及には、このような従来の枠組みにとらわれず、建設的に取り組む姿勢が電力会社に必要となる。
- 現在、同社は5分毎に各発電施設の出力予測値を提出することが、ERCOTにより義務付けられている。価格曲線に基づくノード方式の価格決定制度は、負荷の量に対して報酬が支払われる仕組みであり、再生可能エネルギーにとっては不利な手法である。
- 同社では、夜間に西部の風力発電施設で発電される電力を、同社が提供する冷水(Chilled Water)システムによる冷房サービスへと活用している。特に夏場、夜間に西部で吹く風を有効に活用する方法として、同サービスへの利用は適している。
- ユーザー側に設置した太陽光発電からの余剰電力のグリッド還元、あるいは夜間の電気自動車への充電を今後、再生可能エネルギーの導入による電力供給の安定化等に活用する可能性については、同社でも注目しているものの、より長期的に取り組むべき課題である。現在、多くの米国電力会社がスマートメーターを導入しているものの、これらのアプリケーションの実現には、十分な帯域(Bandwidth)やスマート家電システム等、加えて多様な技術を導入する必要がある、これらの技術を効果的に機能させることは容易ではない。

- こうした課題に取り組むべく、オースティン・エナジー社は現在、「ピーカン・ストリート・プロジェクト (Pecan Street Project) は」と呼ばれるスマートグリッドプロジェクトを実施している。同プロジェクトでは、新規開発が計画された約 600 世帯の新規住宅を対象に、再生可能エネルギーや電気自動車等のシステム統合、省エネ効果が高い家電製品の導入、デマンドレスポンスサービスの提供といったスマートグリッドアプリケーションを試験的に導入する。加えて、エネルギー効率性が高いグリーンビルディングの新設、水保全を目的とした水管理システムの導入など、地域ベースの都市開発を含んだ包括的なプロジェクトとしても注目を集めている。
- 同プロジェクトは、エネルギー省による総額約 43 億ドルに及ぶ米国再生再投資法 (American Recovery and Reinvestment Act: ARRA) 予算からの補助金等を受け、米国各地で進められているスマートグリッドプロジェクトのひとつで、官民学が一体となり 2008 年に設立された、産学官共同のイニシアティブとして、700 エーカーに及ぶオースティン市ミューラー公営空港跡地を利用して、スマートグリッドを活用した環境を配慮した都市開発を目的としている<sup>15</sup>。
- 同プロジェクトの対象となる約 600 戸の世帯のうち、200 世帯には太陽光を設置し、さらに 100 世帯には電気自動車のグリッド接続 (V2G) を整備する。スマートメーターほか関連技術を活用し、これらの対象世帯における夜間の電気自動車の充電パターンと系統への影響、また太陽光発電の余剰電力等にかかるデータをモニタリングし、分析を行うことで、再生可能エネルギーと電気自動車をシステム統合した際の電力供給の安定化への実質的な効果等について把握することが可能となる。

以上

---

<sup>15</sup> 同プロジェクトの参加団体は、テキサス大学オースティン校 (University of Texas, Austin) を中心に、オースティン市、オースティン・エナジー社 (Austin Energy)、オースティン大都市圏商工会議所、テキサス大学オースティン校内に設置されたビジネス支援団体オースティン・テクノロジー・インキュベーター (Austin Technologies Incubator)、環境保護団体である環境防衛基金 (Environmental Defense Fund) など