

第 185 回エネルギー問題に発言する会 座談会議事録

座談会演題：「低炭素電力網の中の再生可能エネルギーと原子力」

副題 低炭素電力網の中の再生可能エネルギーと原子力

講師：尾本 彰 氏

日時：2018 年 2 月 15 日（木）16:00～17:40

場所：日本原子力安全推進協会（JANSI）13 階 第 3,4 会議室

座長：早瀬 佑一 氏

参加者：会員 約 40 名

議事録作成：田辺博三

配布資料：

- ① 講演資料：「低炭素電力網の中の再生可能エネルギーと原子力」

講演要旨：

低炭素エネルギー社会への移行を図ろうとすると、共に発電過程で二酸化炭素を放出しない発電オプションである再生可能エネルギーと原子力が相補的かつ社会の費用負担を最小限にしつつ貢献することが必要である。自然条件により発電量が支配される太陽光・風力のシェアの増大に伴うベースロード領域への浸透・需給ミスマッチ拡大の中、原子力の特性を生かして様々な技術・制度オプション利用のロードマップの検討が必要と考える。

講師略歴：

東京大学で原子力工学を学んだのち、東電・IAEA・東大・原子力委員会を経て現在は東工大特任教授、電中研リスク研究センター顧問。博士(工学)

講演概要：

1. はじめに

本講演の前提として考えている点は次の 3 点である。

- ① HDI（人間開発指数）と一人当たり年間電力消費量とはよい相関関係にある。（スライド 3） HDI の低い新興国ほど一人当たり年間電力消費量が少なく HDI が高い国では一人当たり年間電力消費量が多いが、だからといってエネルギー節約を軽視しているのではなく、World Energy Outlook の予測に示すように、節約の果たす役割は大きい。
- ② GHG（温室効果ガス）を下げるためには再生可能エネルギー、原子力発電、CCS（二酸化炭素回収・貯留）が有効である。MIT（マサチューセッツ工科大学、尾本先生も含めたメンバーで共同研究を行っている）は GHG 対策以外に原子力発電の生き残る余地は少ないとしている。しかし、温暖化を生む要因は多々あるなか GHG が支配要因なのかどうか議論があるところ。MIT のように GHG に寄りかかりすぎた議論には違和感

があるが、ここでは GHG 対策としての原子力を論議したい。

- ③ 原子力は再生可能エネルギーとの共存が必要。太陽光も風力も無視することは無理なところまで成長してきている。

2. 原子力・電力を巡るパラダイムシフト

以下のパラダイムシフトが生じている。

① 原子力・電力を巡るパラダイムシフト 1

国有あるいは強い規制を受けてきたインフラ部門の規制緩和の中で、電力では、以下の動きがある。(スライド 6)

- ・ 発送電分離と競争により電気代の低減を期待。
- ・ 実際の価格決定要因は競争よりも、ガス価格など外的要因、FIT・RPS などの環境政策の招いたもの、風力・太陽光のシェア拡大に伴う価格破壊など。

米国では、自由化州で原発の新規建設は無く、日本でも同じであれば新規が無くなる恐れがある。

② 原子力・電力を巡るパラダイムシフト 2

再生可能エネルギーが浸透すれば給電指令に馴染まない電力が増加し supply⇒contingent utilization system への動きが生じる。Prosumer (生産消費者) = Produce (生産者) + Consumer (消費者) が発生。ブロックチェーンを利用した peer to peer (P2P) 電力取引。(スライド 7)

現実に世界で再エネのシェアが増えており、FIT によらずとも安さを実現している。(スライド 8,9)

中国では、原発の容量の 10 倍の再エネが導入されている。最近では原発、火力の稼働率が低下しており再エネ拡大による負荷追随の影響ではないか。(スライド 10,11)

スウェーデンでは 2040 年に再エネ 100% (+揚水発電) を目標としているが、原発の新規も否定していない。また、近隣国と電力融通が出来るのに 100%の意味は何か、100%の時の系統安定性は、といった指摘がある。(スライド 12)

日本でも、太陽光の設置容量は原発を超えており、認可容量ではもっと大きくなる。九州電力エリアでは、低負荷時には昼間の電力の 7 割を太陽光が占めている。九電は対策として揚水発電、蓄電池、太陽光の出力制御の対策を行っている。再生可能エネルギーの浸透は FIT (固定価格買取制度)、PTC (生産税額控除)、RPS (電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法) などの支援方策によるものであるが、特定電源への肩入れ、電気料金の高騰、市場のゆがみなどの批判の声も出ている。(スライド 13,14)

欧州各国では、FIT のために再エネの容量が増えると電気料金が高くなる傾向がある。また、再エネの普及率は必ずしも GHG の放出量低減になっていないというデータもある。ドイツの予測図に示すように再エネがベースロード領域にまで入り込んでもはや

ベースロードは死語となっている。(スライド 17,18,19)

米国では安いシェールガスの供給と PTC 等による負の電気料金で、全米の 2/3 の原発で利益を生まない状態になっている。(スライド 20)

以上の結果もたらされたものは、以下のとおり。(スライド 22)

- ・電力系統にとっては断続性のあるエネルギーのシェア増加による需給バランスは困難であり、停電防止のために容量市場メカニズムの導入が必要になる。
- ・欧米の一部では、卸電力市場における価格破壊と負の電気料金により、ベースロード電源は存続が困難になりもはやベースロードが死語になっている。
- ・消費者にとっては電気代の上昇。独国では FIT 廃止へ。
- ・これから原発に取り組む新興国でも補助金を受けた太陽光、風力の卸電気料金が PPA (電気を利用者に売る電気事業者と発電事業者 (SBE など) の間で結ぶ「電力販売契約」) により原子力よりも安い現象が生じ原子力不要論も出ている。

③ 原子力・電力を巡るパラダイムシフト 3

米国ペンシルバニア州の Marcellus シェールガス田は今やカナダ・イランを超えるガスを生産しており、エネルギーセキュリティは米国にとっては今日的課題ではない。

④ 原子力・電力を巡るパラダイムシフト 4

輸送セクターの脱炭素化が起きており、電気、蓄電池、エネルギーキャリアの役割が増している。

⑤ 原子力・電力を巡るパラダイムシフト 5

Prosumer の発生により、Peer to peer 電力売買、分散しているデマンドサイドをまとめた市場、低電圧電気のネットワーク費用の見直し等。

⑥ 原子力・電力を巡るパラダイムシフト 6

原発は現在運転中のものは OECD 諸国あるいは西側に多いが、新規建設は既に non-OECD 諸国あるいは東側にシフト。

⑦ 原子力・電力を巡るパラダイムシフト 7

リスク回避姿勢の強い日本をはじめ原子力に関する様々なリスク [ファイナンス、政治、許認可、事故] の認識が拡大している。(スライド 25,26)

3. 将来の低炭素電力網のなかの原子力

原子力発電の将来を決める要素は、低炭素社会への移行、安全と廃棄物に関する実績と公衆の認識、およびコストと技術開発である。このうち、低炭素社会への移行では電力・輸送セクターの脱炭素化の中で原子力・再生可能エネがどのような役割が果たせるかが重要であり、「原子力・再生可能エネ・エネルギーキャリア・需給マネジメントの様々な脱炭素化技術や政策オプションを時系列的にどう配置するべきか」という課題の一部として考える必要がある。(スライド 28)

また、将来の原子力の満たすべき条件に関して、伝統的にはベースロード電源としての信頼

性・経済性、持続可能性、安全性が重要であったが、今日の環境と将来を考えれば、外因事象に対する強い耐性、炉心溶融を起こしても環境への放射性物質の放出が抑えられ長期非難を必要としないことといった追加・修正が必要である。

さらに低炭素社会に適合するためには **Intermittent Renewables** との両立（貯蔵ないしハイブリッド運転）が可能な給電指令可能電源という条件が追加される。（スライド 29）

MIT の GenX モデル計算では、原子力抜きでは経済的負担の少ない脱炭素化は困難であり資本費の高い原子力、再エネの設備利用率を高めることが必要という結果になっている。ただし、原子力抜きの脱炭素化オプションの経済的負担が大きい理由は再エネの需給ミスマッチを蓄電池で補償しているためであり、安い熱貯蔵の採用、再エネ側での需給ミスマッチ是正活動、原子力による熱の貯蔵とハイブリッド生産により設備稼働率の向上や再エネのシェア向上を考えてモデルを修正してゆけばこの負担は低下すると考える。（スライド 31,32）

以上の事例、対策、動向などを紹介。（スライド 33 から 52）

日本のエネルギー基本計画の原子力シェアの目標達成・維持のためには、再稼働・寿命延長、リプレース/新規建設が必要になる。（スライド 55）

日本での原子力オプションを維持発展させてゆくために考えるべき事項には

- ・再生可能エネルギーとの関係構築、
- ・電力市場制度の変更、
- ・強い産業界組織による競争力確保、あるいは
- ・市場での役割を特化する、

がある。（スライド 56）

4. まとめ

- ・原子力・電力を巡る 7つのパラダイムシフトが起きているが、これへの対処方策策定と技術の用意に遅れがある。
- ・将来の原子力をどうするかは、「原子力・再生可能エネルギー・エネルギーキャリア・需給マネジメントの様々な脱炭素化技術・政策オプションを時系列的にどう配置すべきか」という課題との関連でも考えるべき。この点で原子力と再エネが同じテーブルで議論すべきではないか。

質疑応答：（Q：質問、A：回答、C：コメント）

Q MIT 研究では風力 30%で価格破壊になるとの結論。再生可能エネルギー導入に限度があるべきではないか。

A FIT を廃止すべきとの声が大きくなっている。独国は廃止、英国もその方向。本来の目的が CO2 削減であるならば、その方向で扱うべきではないか。

- C 原子力の熱利用に関しては、日本では熱移送のネットワークが確立されていないので、有意義とは思えない。過去にも検討したが駄目だった。
- Q 米国の原発が落ちているのはシェールガスだけでなく安全対策のためでもあるのではないか。日本では高いコストになり厳しい状況が予想される。新規が無くなる。変動電源の隙間を埋めるのは蓄電池しかない。
- A 米国の東電福島事故後の安全対策の経済負担は一プラントあたりで平均 40 億円程度で 1000-1300 億円の日本に比して遥かに小さい。MIT レポートでは蓄電池には深く触れていない。バッテリーはまだ高い。それに比べて熱による貯蔵は安いし直ぐできるとしている。バッテリーはエネルギー源に関わらず共通の課題である。
- C バッテリーは小規模であり、太陽光が主になると個数が多くなって複雑化し、事故の確率も大きくなる不安がある。
- Q 今の電力系統は樹枝状であるが peer to peer を可能にするためにはメッシュ状のネットに替えなければならないのではないか。
- A ニューヨークの例では、prosumer 同士での peer to peer 電力供給と消費は電力系統新設などにそれ程コストをかけないで出来ている。日本のネットワークに再生可能エネルギーが大量に入り込んだ場合にエネルギー貯蔵がどのような役割を果たすかについては東大藤井教授が MIT 共研の中でよく検討されている。
- C 再エネは直接電気を作るので、熱に変えて貯蔵するよりは水素に変えたほうがよい。
- Q 福島事故後の安全対策のコスト（スライド 56）が、米国<欧州<日本となっているが本当か。
- A 検討のため各国からデータを持ち寄ったものでありおかしくないと思う。欧州は長寿命化のための改造コストも含まれる。
- Q 原子力と再エネをうまく使っていくべきと思う。原子力の経済性が悪いと言われているがどうか。
- A 既存のものは減価償却しており安いが新規建設は高くなっている。新規建設には不確実性が高いことから NEA がパンケーキ構造といっている供給者の各層でコンテンジェンシーを積んでいるため高くなるのが今日的課題らしい。

以上