わが国の電力システム改革はなぜ行き詰っているのか どう改善していくべきなのか

竹内 純子

国際環境経済研究所理事・主席研究員 U3イノベーションズ合同会社共同代表 東北大学特任教授(客員)



現状の課題はなぜ発生しているのか

1 事前の検討が不十分であった

- ・ 澤[2012]が指摘していた、日本の電力システムが確保すべき要件
 - ✓ 第一に、安定供給に必要十分な一定の冗長性を持った供給力の確保
 - ✓ 第二に、国際エネルギー市場で伍していける購買力の形成
 - ✓ 第三に、電源の多様化によるリスク分散
- 自由化を進めるなら、下記を覚悟する必要
 - ✓ 電気料金の変動(下降・上昇)を消費者が許容すること。特に自由化した場合、燃料価格上昇局面においては、その上昇幅を上回る電気料金上昇が生じることが確認されている。(参照:日本エネルギー経済研究所[2013]「諸外国における電力自由化等による電気料金への影響調査」)
 - ✓ 電源投資は発電会社の経営判断となる。
 - ✓ 資金調達コストの上昇(安定供給の本質は、巨額の設備投資を支える資金調達力)。
 - ✓ 原子力発電所を運営するような大手電力会社も倒産する可能性があること。
 - ✓ 災害時を含め顧客対応に影響を及ぼす可能性があること。(参照:後藤[2012]「日本の電気事業の災害対応状況(東日本大震災を中心に)」)

② 複数の前提条件変化が生じた

- 2050年のカーボンニュートラルをわが国の目標として掲げた。
- 再生可能エネルギー(太陽光)が大量導入された。
- 安全規制の変更等(訴訟や立地地域理解含む)に伴い、原子力発電の停止が長期化した。
- 制度設計のタイム・ラグ(容量市場創設や経過措置料金解除の遅れ)



電力安定供給の前提とわが国の現状

<前提>

- 電力安定供給には、下記3点が揃う必要
 - ① 発電設備(kW)の十分な確保
 - ② 燃料(kWh)の安定的な価格の下での確保
 - ③ 送配電網の健全性
- 国内の設備投資確保で①および③は維持できるため、規制料金制度の下では特に大きな問題になることはなく、長年わが国のエネルギー政策の中心は②であった。

<現状>

- 現状は下記により大きく変化・脆弱化
 - ①kW 原子力長期停止、火力の休廃止増加
 - ②kWh 上流投資・長期契約減少、地政学リスク上昇
 - ③送配電網 人口減少・過疎化、再エネ大量導入



① 電源不足(dispatchable な電源)

- 原子力事故を契機とした原発廃止は約16GW。
- 自由化市場に置かれた火力発電の休廃止は2016-21年で約14GW。
- 同期間に再工ネは約9GW増加したが、主力の太陽光発電が低調な時(夏のタ方、冬の曇天など)を中心に供給力不足が顕在化。(風力の増加した欧州でも「dunkelflaute(無光/無風)」時の供給力確保が課題)
- 日本は揚水発電などを豊富に有する「蓄電大国」ではあるが、悪天候が数日続けば意味をなさない。



出所:第51回 総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会電力・ガス基本政策小委員会



電源投資判断を難しくする3つの要因

① 電力需要の不確かさ

- 人口減少等による需要減(現状比0.8) ⇔ 温暖化対策で電化が進めば需要増(現状比1.5)。
- 需要の伸びは、気候変動対策(電化に向けた政策の強度)によって変化。
- 加えて、半導体工場誘致やデジタル化によるデータセンター新設で電力需要は急増する見込み。
- 気候変動目標が前倒しされれば、移行期間必要な設備は投資回収不能に。

② 技術の不確実性

- 脱炭素電源ミックスを構成する技術の多くが、政策補助が必要な段階。
- どの技術がどの程度実装されるかは、政策補助の強度に多分に影響され、投資判断が難しい。
- 移行期に必要な在来技術についても、いつまで活用されるか不透明だと、投資判断ができない。

③ システム改革

- これまで日本も含めて世界各国が採ってきた改革手法は、発電分野においては多数のプレイヤーの参入により市場支配力を払拭し、限界費用による価格形成がなされる卸電力市場を実現。
- 固定費の回収不足が課題。⇔脱炭素電源は基本的に固定費比率が高い。
- 長期的なオフテイカーを見つけられなければ投資判断ができない。



"古い電力システム改革"への決別が必要

いないことは確かだろう。適切な電源投資がなされては複合的な要因によるが、 同期間に再生可能エネルギ になれた火力発電所の設 にされた火力発電所の設 にではは14㎡にのぼる。 とき(冬の曇天、夏の夕方な主力の太陽光発電が低調な 不足の原因として、「火力政府は昨今の電力供給力 くなっている。 ど)に需給逼迫が生じやす の10基、10がらにとどまる。 再稼働に至ったのは西日本16**12の原発が廃止され、 電所の再稼働の遅れ」を挙 発電所の休廃止や原子力発 は9が3以上増えたが、 原発事故を契機に約 供給力不足

政府が2月に策定したG ション)

2023年5月26日 日経経済教室

たけうち・すみこ 71年生まれ。東京大博 士(工学)。専門は温 暖化・エネルギー政策。 東北大特任教授。

> 0 0

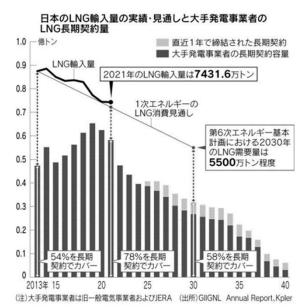
電力システム改革、残された課題 ®

竹内純子 国際環境経済研究所理事•主席研究員

長期電源計画、国関与強化を

日本が

考慮しなければならない が再考の時期にあることを きた電力システム改革自 には、世界中で実施されて目指す電源構成を実現する



引されることを期待した。 生の向上が図られ、安定供の市場に委ねれば社会的厚 **卸電力市場を実現する。そ** れる。市場価格が短期限界制約を負い、生産即消費さ 支配力を払拭し、 レーヤーの参入により市場た。発電分野では多数のプ 規参入を促進することだっ る従来の法的独占体制に対模の経済性などを根拠とす フラとして開放し、 送配電網を共通のイン 限界費用 発電· ことは十分できていない た各国でも新規投資を促す が、そうした施策を導入 補完的施策を講じつつある 回収の予見性を向上させる 日本も容量市場など固定費 確保されない恐れがある。

ステム全体を調整しようと 市場をベースとして電力シ 各国の研究者は、 卸電力

給調整機能で投資量を決め

とする脱炭素化政策はそう 術への大規模な投資を必要 特に資本集約的な低炭素技 させると指摘している。 離すもので、市場による需定を短期的な運用から切り 発電事業の長期的な投資決 通じて最適運用されるとい 通せる電源が短期の市場を 長期契約の公募などで確保 などが必要と考える電源を として提唱されるのが、 従来の改革手法への対案

機能に委ねるだけでは安定題となる。市場の需給調整 **卸電力市場をベースとする** 供給に必要な発電設備量が 固定費の回収不足が課

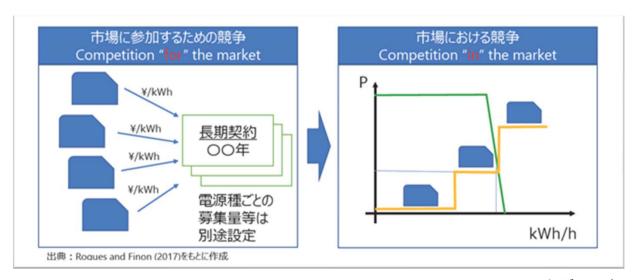
燃料資源の購買力向上には規模拡大有効 原発新設には投資回収の予見性向上必要 現改革では安定供給と脱炭素の することには限界があり、 両立 困難



"新たな電カシステム"として提唱されるハイブリッド市場

- Joskow(MIT)、Keppler(パリ・ドフィーヌ大学)らがハイブリッド市場を提唱。
- ●「市場支配力を極力払拭したkWh市場における価格シグナルが、短期の電源運用も長期の電源投資も 最適化する」という期待に基づくモデル(古い競争モデル)の限界、特に、資本集約的な大規模投資を必要とする脱炭素化政策と電気の安定供給を両立させる限界を認識し、その対案として提唱されている
- 長期的な投資決定を短期的な運用から切り離す概念であり、次の2段階の競争からなる
 - Competition for the market(市場に参加するための競争): 国などが必要と考える量の電源を、長期契約を通じて確保すべく行われる競争入札

Competition in the market(市場における競争): Competition for the marketで確保した電源を、最適運用する短期の卸電力市場における競争

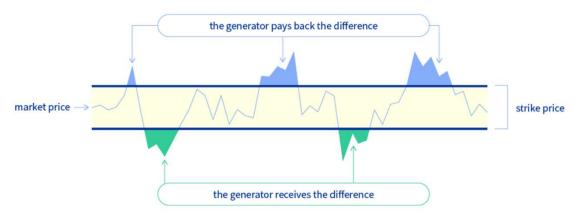


出所:服部(2022)



"新たな電力システム"として提唱されるハイブリッド市場

- EUは、各国政府が必要な低炭素電源に対して、双方向のCfDを締結することを通じてあらかじめ定めた 基準価格による収入を保証し、支援。大口需要家が締結するPPAに、政府が信用保証を付す枠組みもあ わせて、「Competition for the market」。
- わが国の長期脱炭素電源オークションも「Competition for the market」の役割が期待される。
- しかし、脱炭素電源オークションは収入の固定化による投資回収の予見性は向上させられるが、下記の特徴があるため、新規投資促進策として機能するか否かは検証が必要。
 - ✓ 費用の上振れには対応できない。
 - ✓ 回収期間(20年を基本。それ以上長い期間とすることも可)に建設期間は含まれない。
 - ✓ 供給力提供開始期限が設定されており、遅延・未完のリスクを発電事業者が負う。



出所: EU理事会



② 減少するLNG長期契約

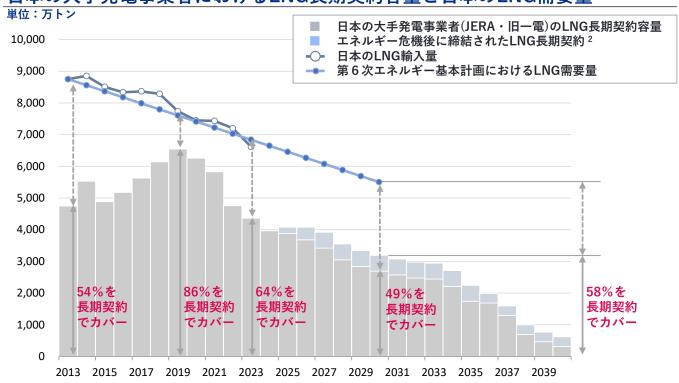
- 再エネ導入量の増加に伴い、季節間の需給変動が拡大。しわとりとしてのLNGの役割が高まっている。
- LNGは産ガス国側でも大規模投資を必要とするため、長期契約による安定的な調達が好まれる。
- しかし、内外無差別な卸取引の実現により、これまでリスクオフテイクしていた大手(みなし)小売電気事業者が発電事業者と電力長期契約を締結しない可能性が高まっている(実際に燃料スポット価格・市場価格下落を背景に、小売電気事業者の応札意欲が低下しており、発電事業者の燃料長期調達のディスインセンティブに)。
- 発電事業者は燃料の長期契約をするインセンティブを失い、需要家が価格変動のリスクにさらされる可能性が高まっている。(*価格の安定性の確保が困難に)
- 安定的な価格の下でのLNG確保に向けた施策と、石炭も含めたkWh確保の検討が 必要。
- 政府は、経済安全保障推進法に基づいて、事業者の戦略的余剰LNG:SBL (Strategic Buffer LNG)」確保支援を実施するが、価格安定性に与える効果は極めて限定的。



② 減少するLNG長期契約

- わが国においては、長期契約により確保されるLNG量は今後も減少傾向。
- 第6次エネルギー基本計画における一次エネルギー消費量の天然ガス消費と比較しても、スポット依存率が高まる見込み。2030年には2013年を上回るスポット比率となる可能性がある。

日本の大手発電事業者におけるLNG長期契約容量と日本のLNG需要量

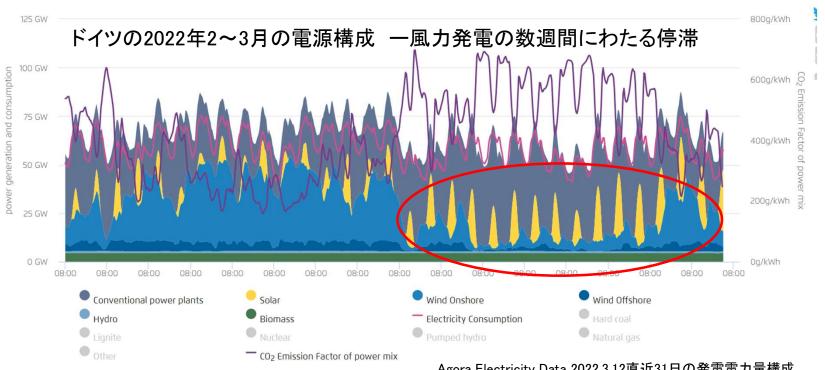


2 INPEXなど大手電力会社以外の事業者が締結した契約や、CP2などバイデン政権の新規液化施設承認停止措置の対象となった施設を含む



(補足)再エネ導入拡大に伴う、燃料確保の厚みの必要性

- 欧州では、日照不足と風況悪化「dunkelflaute(無光/無風)」の際のVRE(変動性再生可能エネルギー) 出力低下が課題となっている。特に2021年4月から8月にかけて風力出力が低下した日が多く、ガス需要 が増加しエネルギー危機が始まる契機となった。
- 再エネの低稼働が2~3週間続くことは、ある程度の頻度で発生。わが国のLNG在庫は2週間分程度。急 きょ調達しても到着までに約1か月要する場合も。→わが国の再エネ主力化には、特にLNG調達の備え を厚くする必要





(補足)電力安定供給の前提とわが国の現状

- 欧州:パイプライン供給網が発達。巨大な地下貯蔵施設が多数存在し、数か月分の消費量に相当するガス在庫が可能。北欧地域に豊富な水力発電所は数か月分の発電に相当する巨大な貯水池を持つ。
- 日本:水力発電所の貯水量は数日分レベル、天然ガスはほとんどを輸入LNGに依存。低温で液化しているので、大量在庫は難しく、発電用LNGの在庫は通常14日程度。



(注) 欧州の天然ガス貯蔵容量約1,100TWhは、LNG換算で約8,500万トン。日本の年間LNG輸入量にほぼ匹敵する

出所: 「JOMEC 天然ガス・LNG在庫動向 (2022年7月)」



システム改革の一番の難点は原子力事業の扱い

- 自由化市場での新増設資金調達
 - ✓ 卸電力市場での投資回収を前提として、民間事業者が原子力発電所の新増設を行った事例はない。 英国では、稼働前からの投資回収を認め、売電価格は総括原価方式で決定する「規制資産ベースモデル(RABモデル; Regulatory Asset Base Model)を導入。
- 既設原子力発電所の公正な競争力確保に向けて
 ✓ 米国の多くの州では自由化への移行に際して、ストランディッド・コスト回収を認めている。
 ✓ バックエンド費用は、必要費用や実施時期の不確実性があり、規制料金下であっても回収不足が生じやすい。事業者が市場退出した後に費用不足が明らかになった場合などに対しての備えが必要。
- 核燃料サイクル政策を維持するのであれば、自由化との整合性ある制度設計
 - ✓ 廃炉が増加した場合に、市場に残存する発電所1基あたりの負担が大きくなる可能性。他事業者の経営判断により、自社発電所のコスト競争力が影響されることとなり、自由化の趣旨と整合的ではない。
 - ✓ 費用回収の確保と、事業の進捗管理等の体制整備が必要。
- 事業者間相互扶助の考え方を採る原子力損害賠償制度との整合性
 - ✓ わが国では、民間の原子力発電事業者が限度額の無い賠償責任を負う(=一般的に、資金調達は困難になる)
 - ✓ 福島原子力発電所事故を契機として、事業者間相互扶助を導入。
 - ✓ 安全性向上に向けて、事業者間のピア・レビューが機能することが必要。



電力自由化による原子力発電事業の環境変化と現行制度の課題

市場制度 ● 事業者間相互扶助による原子力損害 賠償対応と、限定的な「国の支援」 ● 投資回収が確保されていることで、低 利の資金調達が可能

- 長期安定運転を前提とした投資回収 (特にバックエンド事業)
- 規制料金制度と護送船団方式を前提 とした核燃料サイクル政策

安全規制

- 自主的安全性向上の取組み促進
- 発電事業者が廃止措置まで実施する ことを前提とした枠組み
- 廃棄物処分基準は一部未確定のまま
- 規制基準の抜本的見直しとバック フィット規制の導入
- 安全目標無き規制活動
- 効率性の原則無き規制活動

自由化がもたらしたこと①

従来の事業環境·体制の前提が崩<mark>れる</mark>

自由化による電源間競争で、レベニューが不確実な事業環境下に

自由化による変化

- レベニューの不安定化
- 退出(破綻)事業者の発生

現行制度の課題①

の予見性低下

規制変更への対応余力が

低減するなか、安全規制

自由化がもたらしたこと

「効率性」を重視するプレッシャーが強まる

発電事業者は、これまで以上にシビアな「安全性」と「効率性」の両立を巡る判断が求められる

現行制度の課題②

- ・自由化市場において無限責任 を維持すれば、資金調達は本来 不可能。
- ・競争の激化により返済の長期 化の懸念/競争事業者に予見 可能性のない負担金。

自由化がもたらしたこと③

地域社会の期待・信頼に応えられなくなりつつある

施設受容の前提が崩れ、事業者と立地地域の関係性も変化

- 国策として事業に協力(施設受容)
- 国策として事業継続・安定性を信用
- 交付金制度等に加えて、事業者からの財政的・人的支援に期待
- 原子力損害賠償は事業者の無限責任と国の支援を期待。

立地地域の理解

筆者作成 14



まとめとして

- 安定供給と脱炭素、デジタル化を支える電力供給のあり方を、再度検討しなおすべき。
- わが国が参考とした、欧州や米国で行われた自由化は、経済成長が鈍化し、設備に余剰が生じた状態で行われた。必要な投資額が縮小したことが前提であったが、現在は、カーボンニュートラル実現に向けて大規模投資が必要な時代。なお、わが国は原子力発電所をほぼすべて停止させ、余裕がない状態で進めたことは反省すべき。
- EU、英国など各国が安定供給と脱炭素化に向けて、自由化の修正に着手(ハイブリッド市場)
- 安定供給の要諦は、投資に必要な資金調達(ファイナンス)。これまでの電力システム改革は、ファイナンスについて十分な配慮・検討がなされてきたのか?
 - ✓ 2013年11月の電気事業法改正案が成立翌日、9電力会社の格付が1ノッチ格下げ。JR東日本、NTT など他のインフラ事業会社がA1を維持する中で、9電力会社はいずれもA3以下となり格差がある。
- 脱炭素化やレジリエンス対応のための投資促進するために託送制度が改革されたが、定額償却の仕組みや事業報酬率の観点で、投資が実際に促進されているのかを含めて検証を行うべき。
 - ✓ 欧米では投資促進のため託送料金算定上の加速減価償却や早期減価償却を採用して投資を促進。
- 原子力発電の利用を継続するのであれば、新規投資の資金調達に関する環境整備に留まらず、賠償制度、核燃料サイクル政策、立地地域の理解と同意を得るプロセスのあり方など、多様な検討を要する。