



【基調報告】

カーボンニュートラル社会を見据えた 電力システム改革のあり方

電力中央研究所 社会経済研究所

副所長・副研究参事 服部 徹

研究報告会2022

2022年11月10日

 電力中央研究所

© CRIEPI 2022



 電力中央研究所

本報告でお伝えしたいこと

- カーボンニュートラルの実現に貢献しつつ、電力の安定供給を確保するためには、脱炭素電源への投資を加速化していく必要があるが、電力システム改革の下で、投資回収の予見性は低くなっている
- そのため、脱炭素電源への投資回収の予見性を高める仕組みと、それらを組み合わせて適切な電源のミックスを実現する競争と規制の新たな枠組みが必要となる

© CRIEPI 2022

1

報告内容

1. カーボンニュートラルと電力安定供給
2. 電力市場を通じた供給力確保の課題
3. 投資回収の予見性を高める仕組み
4. 電源のミックスに対する制度の枠組み
5. 本報告のまとめと本日の報告会の内容

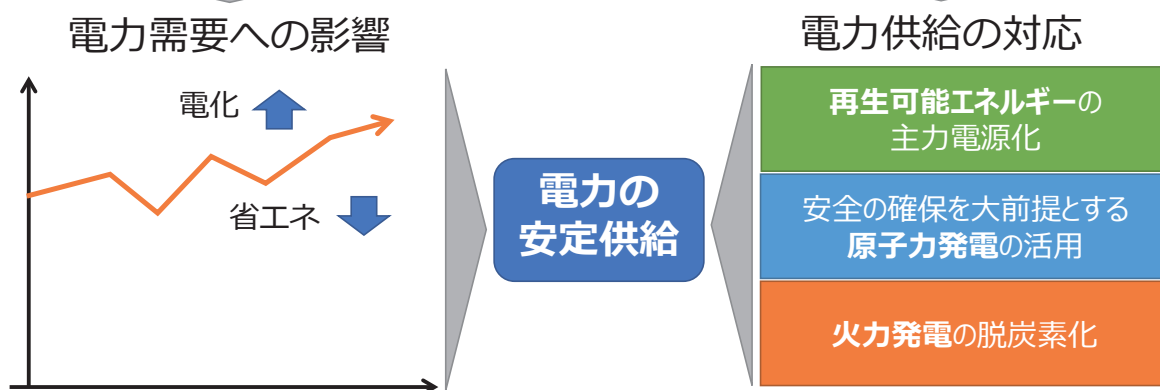
報告内容

1. カーボンニュートラルと電力安定供給
2. 電力市場を通じた供給力確保の課題
3. 投資回収の予見性を高める仕組み
4. 電源のミックスに対する制度の枠組み
5. 本報告のまとめと本日の報告会の内容

カーボンニュートラルと電力需給

- カーボンニュートラルの目標が電力需要に与える影響を踏まえつつ、電力供給の脱炭素化を図りつつ、安定供給を確保していく必要がある

2050年カーボンニュートラル目標



電力の安定供給の要件

- 電力の安定供給には、システムの信頼度と十分な供給力の確保が必要である
- 常に十分な供給力が確保されていることが、システムの信頼度の維持にも重要

システムの信頼度

電力の安定供給

十分な供給力

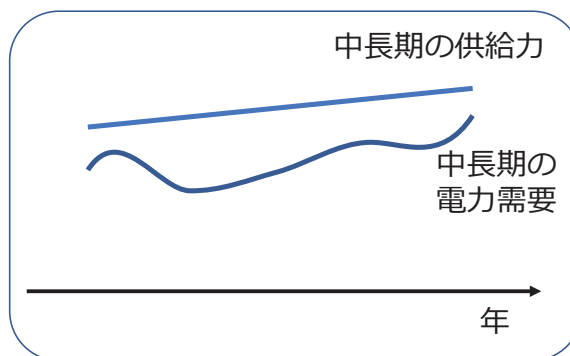
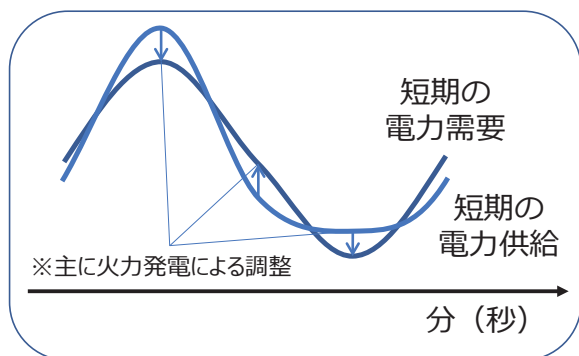
※最近では「レジリエンス」も安定供給に重要な要素とされる

短期の課題

中長期の課題

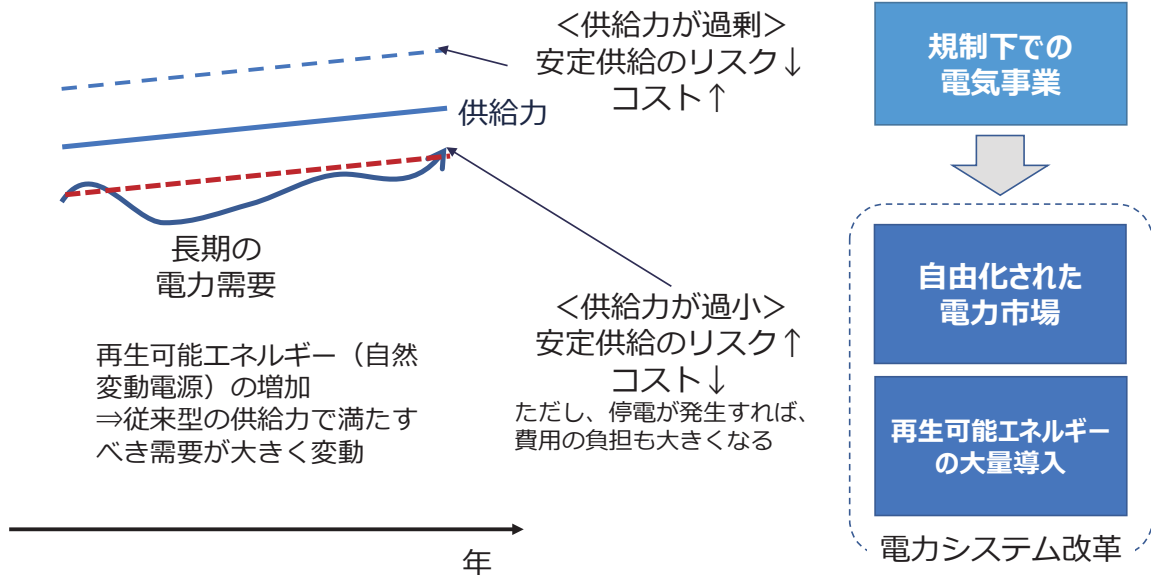
技術的課題

経済的課題



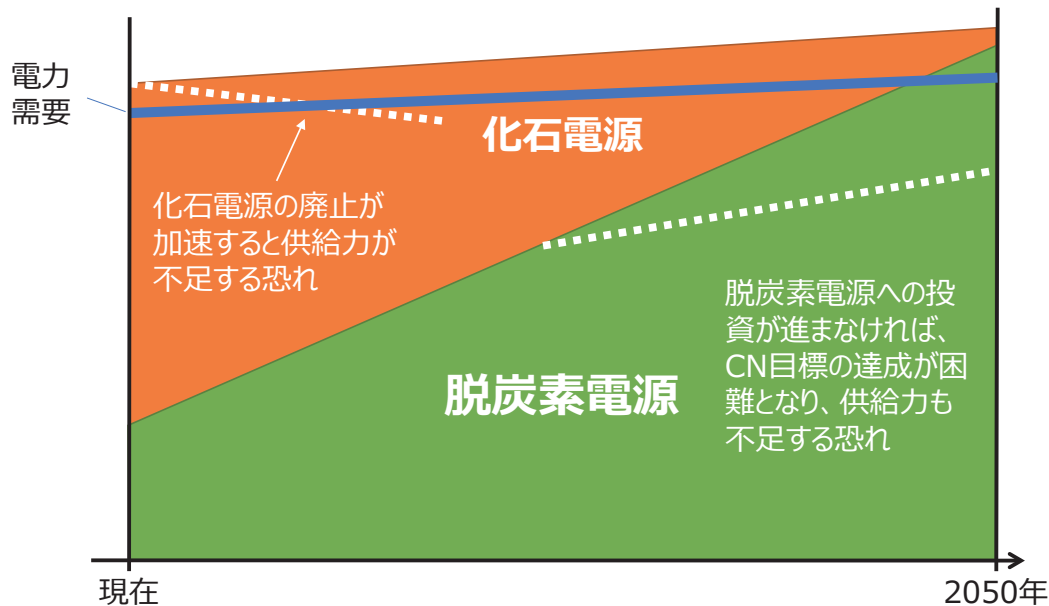
中長期の供給力確保の経済的課題

- 供給力は過剰でもなく過小でもない適切な水準で確保する必要があるが、電力システム改革の下では供給力が過小となるリスクが指摘されてきた



電源の脱炭素化と安定供給のリスク

- 2050年までの移行期においては、安定供給に必要な化石電源も維持しつつ脱炭素電源への投資を促していくことが必要

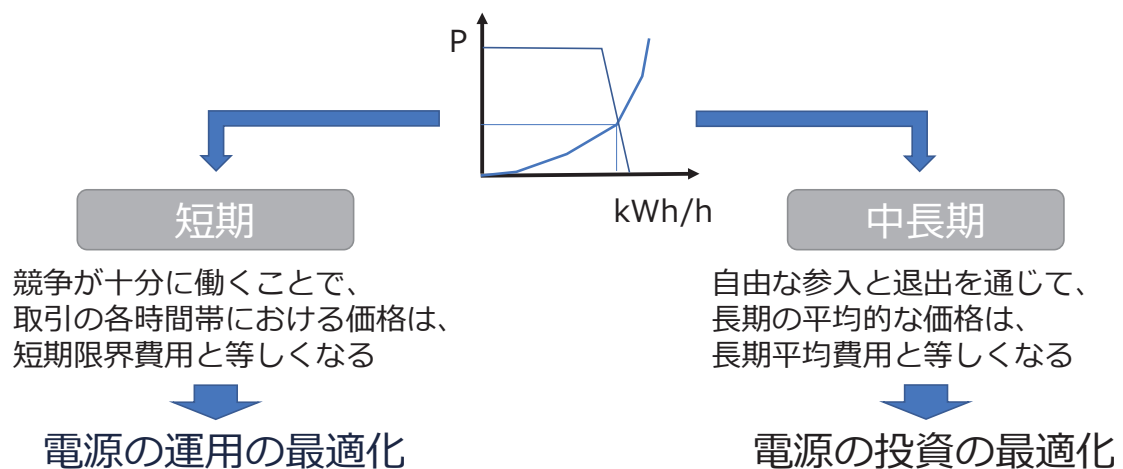


報告内容

1. カーボンニュートラルと電力安定供給
2. 電力市場を通じた供給力確保の課題
3. 投資回収の予見性を高める仕組み
4. 電源のミックスに対する制度の枠組み
5. 本報告のまとめと本日の報告会の内容

市場の役割と機能

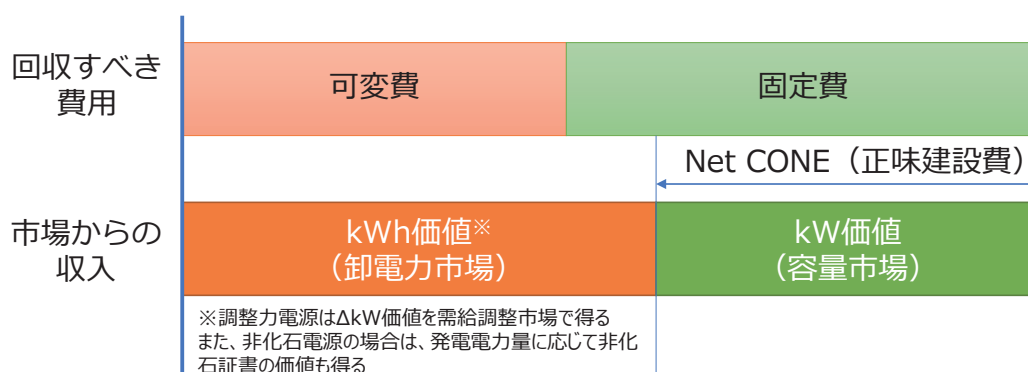
- kWhの価値を取引する卸電力市場には、電源の運用の最適化を図る短期の役割と電源の投資の最適化を促す中長期の役割があると考えられていた



ただし、卸電力市場だけでは、信頼度基準を満たすような供給力が確保される保証はない

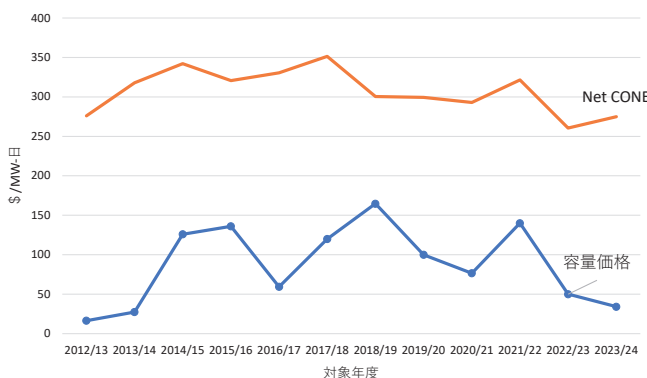
電源の固定費回収の構図

- 中長期的に必要な供給力をより確実に確保するために、海外およびわが国では、kW価値を取引する「容量市場」が創設され、現在、電源の収入は主にkWh価値とkW価値で構成されている
- 電力システム改革の下では、固定価格買取制度のある再生可能エネルギーを除き、電源への投資は、市場からの収入の見通しによって判断されるが、十分な供給力の確保のために新規電源が必要な場合、kW価値は正味建設費[Net CONE]を上回る（投資による利益が見込める）と考えられる

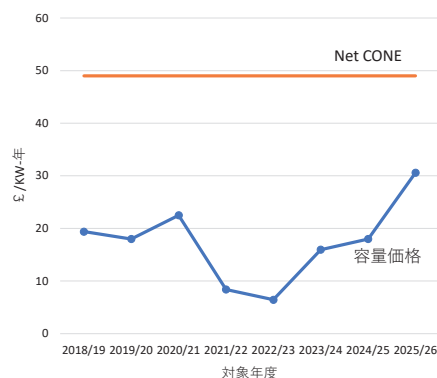


海外の容量市場の価格動向

- 日本と同じ「集中型容量市場」が導入されている米国PJM（北東部の電力市場）や英国の容量市場の約定価格は、年による変動が大きく、ほぼ常にNet CONE（新規電源の固定費回収に必要な水準）を下回っている
 - 国内の容量オークションにおいても、第1回の約定価格はほぼ上限価格の水準だったが、第2回の約定価格は大きく下落した



米国PJMの容量市場（RTO）の価格

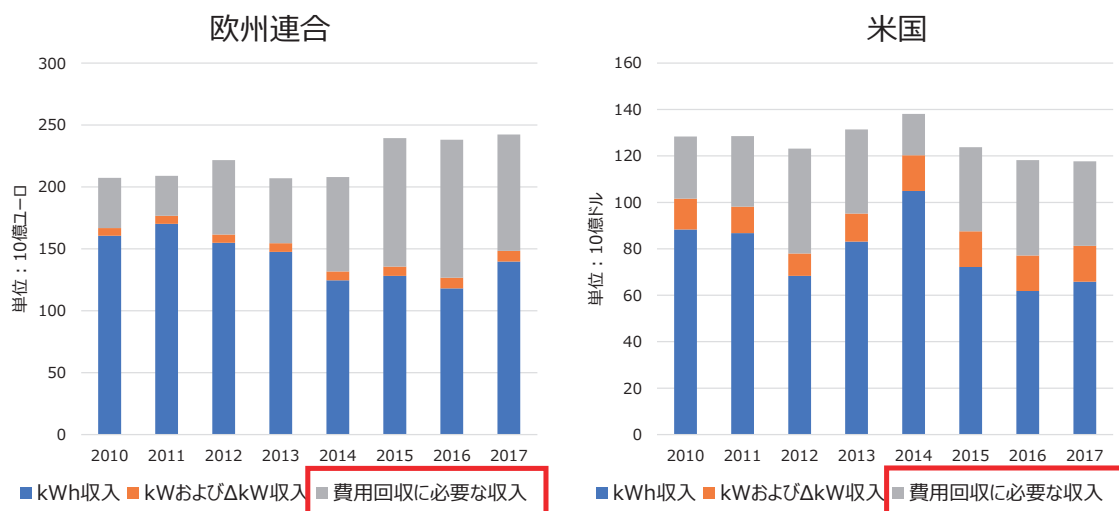


英国の容量市場の価格

出典：PJM InterconnectionおよびNational Gridのデータをもとに作成

欧米の発電部門の収支ギャップ

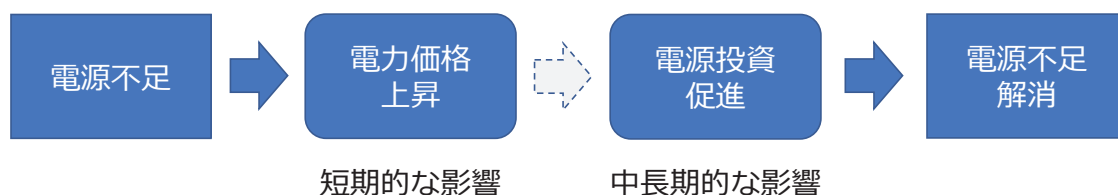
- 欧米では、卸電力市場や需給調整市場からの収入に、容量市場からの収入を加えても、平均的な発電所の固定費を回収するだけの収入は得られていない



出典：IEA (2018)のデータをもとに作成

CN目標に向けた脱炭素電源投資の課題

- 市場メカニズムは、価格シグナルを通じて投資を促すので、いずれ電源不足になれば価格は上昇すると考えられるものの、建設のリードタイムがある上、将来の需要ならびに燃料価格の不確実性があるため、投資がただちに行われ、電源不足を解消できるとは限らない
 - 価格が上昇したまま電源不足が解消されず、安定供給に懸念を抱えた状態がしばらく続く可能性がある
- 今後、脱炭素電源の投資を促す必要があるが、その多くは、初期投資額が大きく、投資費用や脱炭素の価値に関する不確実性も大きいいため、市場価格の下での投資はさらに進みにくいと考えられる
- 一方で、カーボンニュートラルの実現は「いずれ」ではなく、2050年までに達成する必要がある

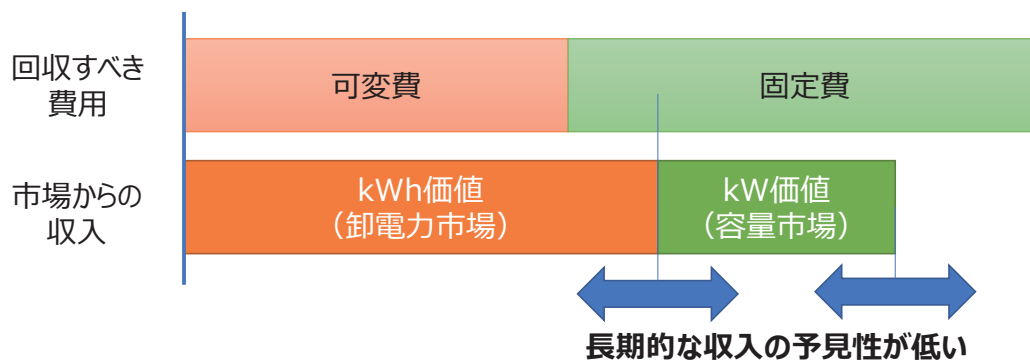


報告内容

1. カーボンニュートラルと電力安定供給
2. 電力市場を通じた供給力確保の課題
3. 投資回収の予見性を高める仕組み
4. 電源のミックスに対する制度の枠組み
5. 本報告のまとめと本日の報告会の内容

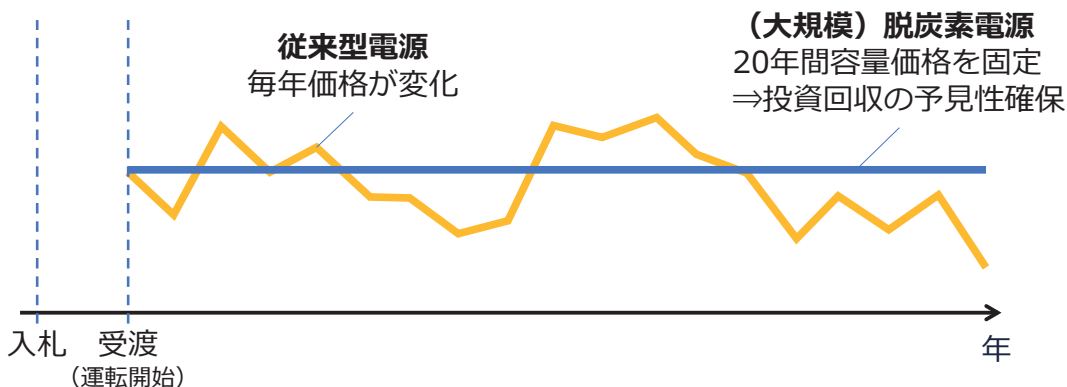
投資回収の予見性

- 今後、脱炭素電源への投資を加速していくためには、投資回収（収入）の予見性を高める必要がある
 - kWh価値ないしはkW価値のいずれかを長期にわたって固定化する必要があると考えられる
 - 再生可能エネルギーは、これまで売電収入を固定化する固定価格買取制度（FIT）により、普及してきた（現在はフィードインプレミアム（FIP）に移行）



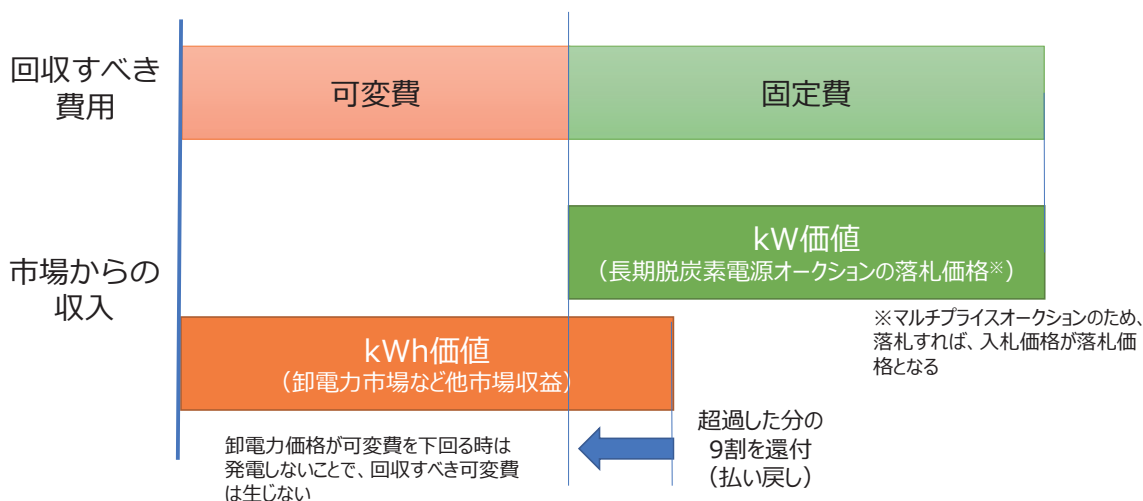
長期脱炭素電源オークション

- わが国では、大規模な脱炭素電源への投資を対象に、容量市場の価格を20年間固定する契約を与える「長期脱炭素電源オークション」を2023年度より導入予定
 - 「事前に決まっていない政策的な対応等」を行う場合に開催する「特別オークション」の一類型



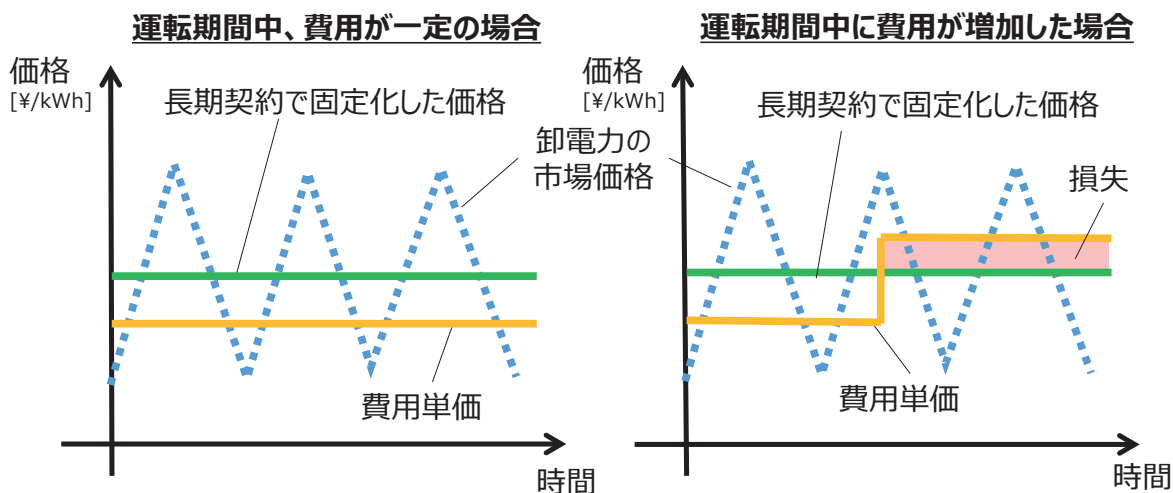
長期脱炭素電源オークションと費用回収

- 長期脱炭素電源オークションでは、卸電力市場からの収益を考慮せずに、固定費相当の価格で入札させる
 - 落札すれば、卸電力市場からの収益に関係なく固定費の回収が可能



長期契約による価格固定化の課題

- 長期契約による価格の固定化は、運転期間中に費用が変わらなければ、安定的な利益をもたらすが、建設中または運転開始後に、想定以上の追加投資などにより、費用が増加してしまうと、損失を被るというリスクがある
- 投資家はこうしたリスクの負担に見合う高いリスクプレミアムを要求する

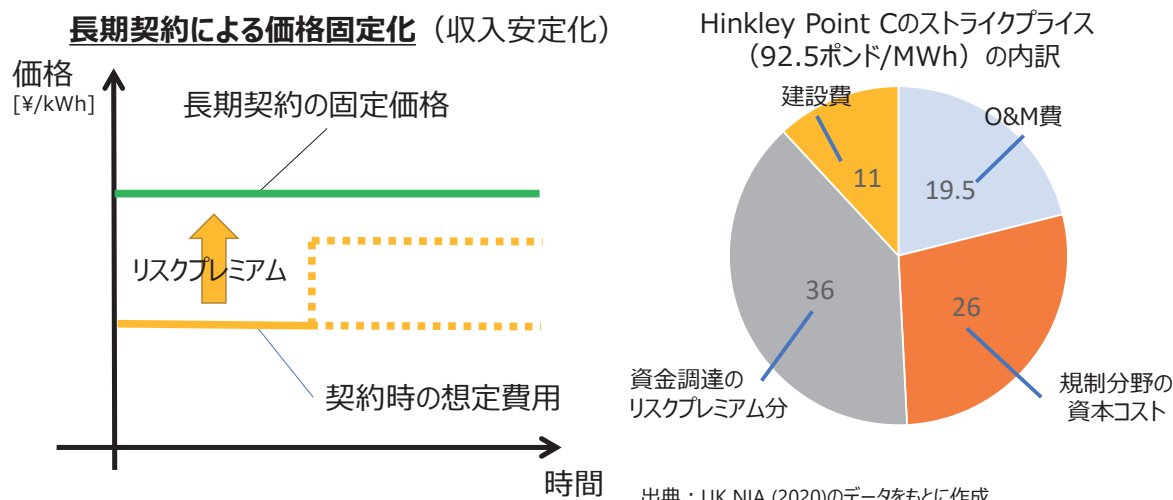


© CRIEPI 2022

18

長期契約による価格固定化の課題

- 実際、英国で、新設の原子力発電所 (Hinkley Point C) にFIT-CfD (差額契約型固定価格買取制度) を適用したところ、リスクプレミアムが大きく膨らみ、長期で固定化する買取価格がかなり高い水準に押し上げられた

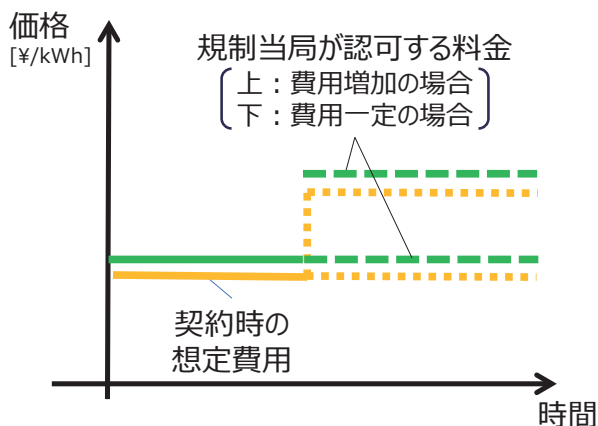


© CRIEPI 2022

19

英国の原子力RABモデル

- 英国では、新設の原子力発電所を規制事業として扱い、投資の回収を規制料金で行うRAB（Regulated Asset Base; 規制資産ベース）モデルを適用
- RABモデルでは、すべての小売事業者が、費用の変動に合わせて認可される規制料金を支払うことで、投資家が負担するリスクを軽減し、資金調達コスト（ひいては総費用）を低減できると考えられる
- ただし、その導入には、費用増加のリスクを負う需要家の理解が不可欠



なお、原子力RABモデルの導入をめぐる議論においては、

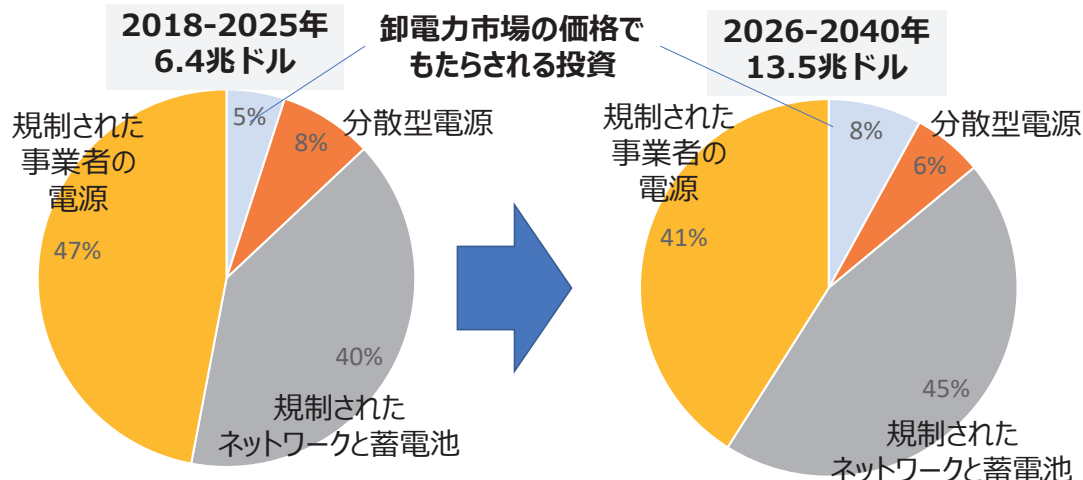
- ・潮力発電
- ・洋上風力
- ・CCUS
- ・エネルギー貯蔵

などへの適用を求める意見もあり※、原子力に限らず、技術開発段階で、費用の不確実性の大きい脱炭素電源を対象とすることも考えられる

※出典：BEIS (2020)

世界の電力部門の投資と規制の関係

- 世界全体では、市場を通じた投資は、再生可能エネルギーの費用の低下もあって、割合が若干増加する見通しもあるが、電力分野の投資の大部分は、規制された事業者によって推進され続けると考えられている
 - 競争によって投資を促す電源と規制によって投資を促す電源へと適切に分けていくことも重要



出典：IEA (2018)のデータをもとに作成

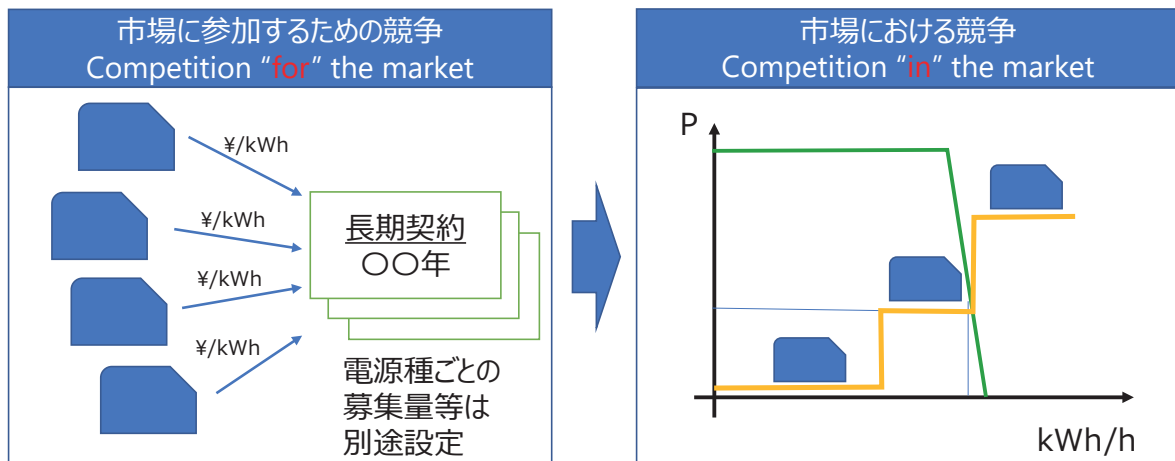
報告内容

1. カーボンニュートラルと電力安定供給
2. 電力市場を通じた供給力確保の課題
3. 投資回収の予見性を高める仕組み
4. 電源のミックスに対する制度の枠組み
5. 本報告のまとめと本日の報告会の内容

4. 電源のミックスに対する制度の枠組み

長期契約と卸電力市場の2段階の競争

- 海外では、民間による長期のPPA（電力販売契約）の活用にも期待しつつ、カーボンニュートラル社会に必要な脱炭素電源を国などが決めて公募し、長期的な投資回収に必要なコストで競わせた上で、長期契約で確保された電源間で、短期的な発電のコストで競わせる2段階の競争の枠組みへの移行が必要との認識が高まっている



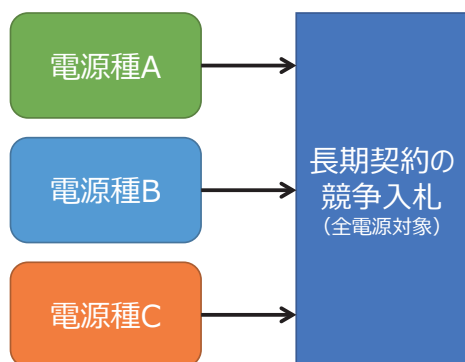
出典：Roques and Finon (2017)をもとに作成

電源構成を考慮した競争の枠組み

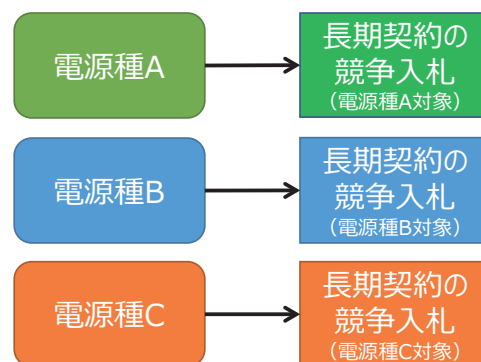
- 長期契約をめぐる競争入札は、効率性の観点からは、技術中立的に、全ての電源が同じ条件で価格競争する方が望ましいが、安定供給にとって望ましい電源構成となるように、電源種ごとの募集量を規制で定め、電源種ごとに競争する枠組みも検討に値する※
 - 例えば、再生可能エネルギーが増えると、調整電源を増やす必要があるような（補完関係が存在する）場合、特に重要である

※出典：Fabra (2021)を参照

技術中立的な競争



電源種ごとの競争

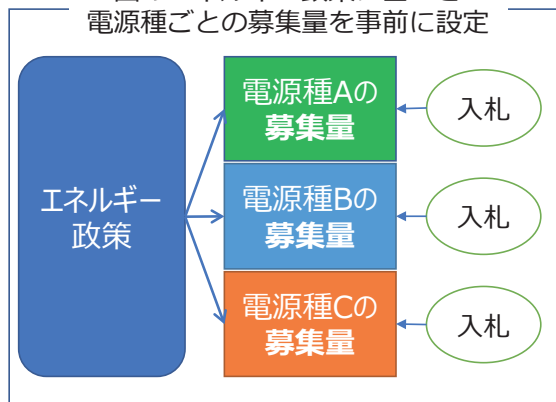


電源構成を考慮したオークションの方法

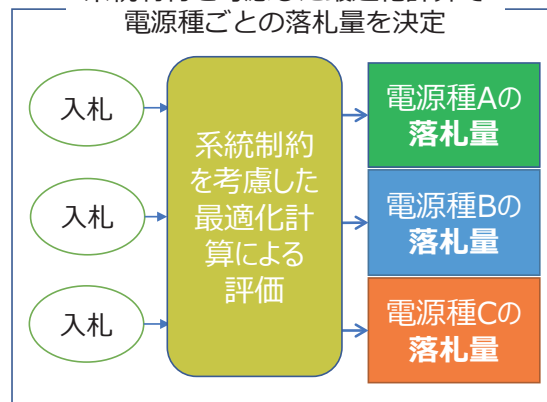
- 長期契約の制度設計をめぐる海外の議論では、エネルギー政策の目標を踏まえて電源種ごとの募集量を定める方法※¹の他、入札した電源の情報と系統制約を考慮した最適化計算で、信頼度を維持できる最も安い落札者の組み合わせを決める方法（Configuration Market※²）も提案されている

※¹出典：Pierpont (2020) ※²出典：Corneli (2020)

国のエネルギー政策に基づき
電源種ごとの募集量を事前に設定



系統制約を考慮した最適化計算で
電源種ごとの落札量を決定



報告内容

1. カーボンニュートラルと電力安定供給
2. 電力市場を通じた供給力確保の課題
3. 投資回収の予見性を高める仕組み
4. 電源のミックスに対する制度の枠組み
5. 本報告のまとめと本日の報告会の内容

本報告のまとめ

- 脱炭素電源の投資回収の予見性を高める制度として、国内では、再生可能エネルギーを対象とするFIT・FIPに加え、一定規模以上の脱炭素電源を対象とする「長期脱炭素電源オークション」が導入される予定であるが、費用の不確実性の大きい脱炭素電源には、英国で導入されたRABモデルのような規制の手段で資本コストを引き下げることが検討の余地がある
- 投資回収の予見性を高める長期契約の制度においても、民間によるPPAの活用や、国によるオークションを通じて、可能な限り競争が働くようにすることが望ましいが、安定供給の確保のためには、競争が電源構成に与える影響にも留意して、制度設計を進める必要がある

本日の報告の構成

- カーボンニュートラルに貢献しつつ、電力の安定供給を確保するには、競争や規制の制度的課題への対応（基調報告）に加え、個別の脱炭素電源の技術的課題（個別報告(1)-(2)）、電力ネットワークや電力システム全体の技術的課題（個別報告(3)-(4)）の解決に向けた取り組みが重要

カーボンニュートラル社会に向けた電力安定供給
 <競争や規制の制度的課題への対応>

基調報告：カーボンニュートラル社会を見据えた電力システム改革のあり方

<個別の脱炭素電源の技術的課題への対応>

個別報告(1)
 電力安定供給を支える
 原子力発電におけるリスク情報活用の役割

個別報告(2)
 安定かつ経済的な需給計画・運用に
 貢献する再エネ出力予測

<電力系統・電力システム全体の技術的課題への対応>

個別報告(3)
 分散型エネルギー資源を活用する
 需要地系統の実現に向けた取り組み

個別報告(4)
 電力システムの災害レジリエンス強化と
 カーボンニュートラル社会に向けた対応

ご清聴ありがとうございました

RI 電力中央研究所

Central Research Institute of Electric Power Industry

参考文献

1. BEIS (2020). "RAB Model for Nuclear: Government Response to the consultation on a RAB model for new nuclear projects."
2. Corneli, S. (2020). "A PRIMS-Based Configuration Market for Rapid, Low Cost and Reliable Electric Sector Decarbonization," World Resource Institute.
3. Fabra, N. (2021). "The energy transition: An industrial economics perspective," *International Journal of Industrial Organization*, 79, 102734.
4. IEA (2018) "World Energy Outlook 2018."
5. National Grid. "Final Auction Results" 各年版
6. Pierpont, B. (2020) "A Market Mechanism for Long-Term Energy Contracts to Support Electricity System Decarbonization," World Resource Institute.
7. PJM Interconnection. "RPM Base Residual Auction Planning Period Parameters" 各年版
8. PJM Interconnection. "RPM Base Residual Auction Results" 各年版
9. Roques, F. and Finon, D. (2017). "Adapting electricity markets to decarbonization and security of supply objectives: Toward a hybrid regime?," *Energy Policy*, 105, 584-596.
10. UK NIA (2020). "Nuclear Sector Deal: Nuclear New Build Cost Reduction."
11. 資源エネルギー庁(2022)「電力・ガス基本政策小委員会 制度検討作業部会 第八次中間取りまとめ」