

発電コスト検証について

令和3年8月4日

資源エネルギー庁

本日（8月4日）の報告内容について

- 発電コスト検証については、令和3年 7月13日の第45回基本政策分科会において、7回にわたる検討の結果を報告。

発電コスト検証報告内容等も踏まえ、7月21日の第46回基本政策分科会において、「エネルギー基本計画（素案）」と「エネルギー需給の見通し（暫定版）」が示された。

- 昨日（8月3日）の報告では、「エネルギー需給の見通し（暫定版）」に示された内容を踏まえ、電源別発電コストについて、7月13日に示した「〇円台前半」といった形からさらに詳細化し、小数点第一位まで示した。

あわせて、「太陽光・風力（自然変動電源）の大量導入により、火力の効率低下や揚水の活用などに伴う費用が高まるため、これも考慮する必要がある」としてきた点についても、具体的な数値を示した。

ただし、その分析手法や結果の示し方は、電源別発電コストほど国際的に確立しておらず、研究途上。このため、今回は、他国の示し方も参考にしつつ、委員有志による試算を参考として整理。

また、各電源の設備利用率、燃料費など、試算の前提を変えれば、結果も変わる。

各電源を電力システムに受け入れるコスト（統合コスト）
電力コストの全体像と、統合コストの一部を考慮した発電コスト（仮称）について

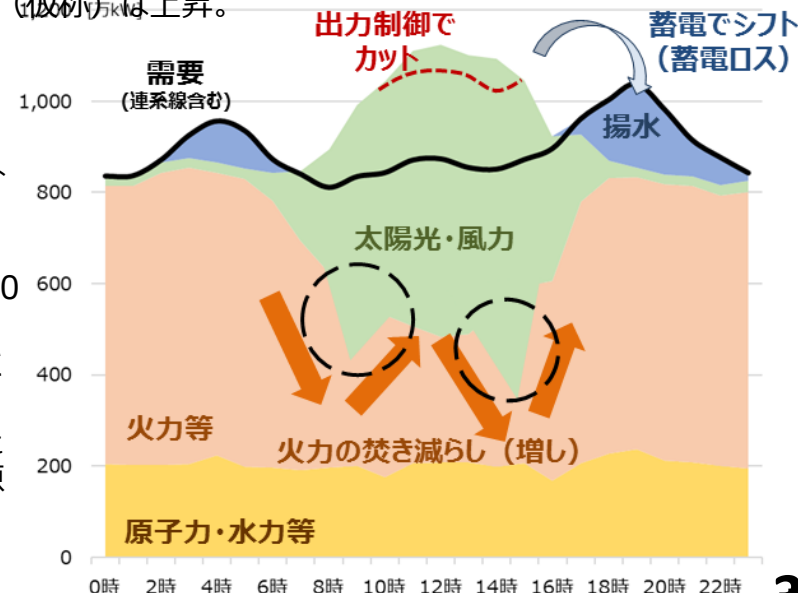
- 2030年エネルギーミックスが達成された状態から、さらに各電源を微少追加した場合に、電力システム全体に追加的に生じるコストを分析。
- これを追加した電源の有効な発電量で割り戻し、「統合コストの一部を考慮した発電コスト（仮称）」として整理。

電源別の 発電コスト	統合コストの一部を考慮した発電コスト（仮称）※1 ・資本費 ・運転維持費 ・燃料費 ・社会的費用（CO2対策費） ・政策経費	今回検証に含まない ・土地造成費 今後、適地の減少に伴い、山地や森林等を造成する際のコストの増加分
電源を電力システムに受け入れるコスト（統合コスト）	今回の試算にあたって考慮した要素 ① 他の調整電源（火力等）の設備利用率の低下や発電効率の低下 ② 需要を超えた分の発電量を揚水で蓄電・放電することによる減少分や、再エネの出力抑制 ③ 追加した電源自身の設備利用率の変化	・電力需給の予測誤差を埋める費用 需要量の予測誤差 太陽光・風力の発電量の予測誤差 ・発電設備容量の維持にかかる費用※2 ・デマンド・レスポンスの効果※3 ・基幹送電網につなぐ費用 電源が基幹送電網から離れている場合 ・基幹送電網の整備費用

※1 「統合コストの一部を考慮した発電コスト（仮称）」は、これまでのWGにおいて「統合コスト」と呼んでいたものを、正確を期する観点から呼び変えたもの。
※2 発電設備容量の維持にかかる費用は、設備を廃棄すればコストが低減するが必要があり維持すれば上昇するという両面があり得る。なお今回の委員有志による分析では、発電設備は廃棄しない前提で分析を行った。
※3 デマント・レスポンスについては、導入にあたっての効果を評価するには精査と実績が必要であるため、今回の検証対象には含まない整理とした。

（参考）統合コストの一部を考慮した発電コスト（仮称）（参考②）の前提条件など

- 天候・時間帯による太陽光・風力の発電量変動等を吸収する際は、原則、LNG→石炭→揚水→太陽光・風力の順に出力調整。
 - 2030年エネルギーミックスには、調整力を持たない太陽光が大量に存在（電力システム全体で使える調整電源が少ない状態）
 - 少ない調整電源で大きな調整力を発揮するには、「費用の安い電源」よりも、LNG火力などの「瞬発力が高い電源」を多用することになる。LNG火力は燃料費が高い。さらにLNG火力を定格で動かせず、発電効率が低下。結果、電力システム全体のコストは上昇。
- 上記を前提に、各電源を微少追加した際の主な動きと、「統合コストの一部を考慮した発電コスト（仮称）」への影響は以下の通り
 - **太陽光** → 天候や時間による発電量の変動が増幅され、瞬発力が高いが費用も高いLNG火力を伸び縮みさせて調整する局面が増える。また、お昼に発電が偏るため、需要以上の発電をする時間帯が増え、出力抑制が増加。結果、統合コストの一部を考慮した発電コスト（仮称）は上昇。
 - **風力** → 太陽光と同様変動することで、統合コストの一部を考慮した発電コスト（仮称）は上昇（夜も発電でき、導入量も太陽光より低いいため増加幅は小さい）
 - **LNG火力** → 電力システムの調整力が上昇し、太陽光や風力の変動をLNGで調整できる幅が拡大。結果、瞬発力は低いが費用が安い石炭の出力調整や起動停止が減り、燃料費を節約。一方、LNGは調整力として使われる局面が増え、発電効率が低下。結果、統合コストの一部を考慮した発電コスト（仮称）は上昇。
 - **石炭火力** → 2030年の新設は高効率を想定しているため、他の効率の悪い石炭を停止させる断面が増え、高効率の追加分は高い設備利用率で動かすこととなる。一方、調整力が高くない石炭の追加で、瞬発力が高いが費用も高いLNG火力を大きく伸び縮みさせて調整する局面が増える。これらを合わせると、統合コストの一部を考慮した発電コスト（仮称）は上昇。
 - **原子力** → 需要等の変動に対して発電量を調整せず、一定の出力を続ける前提で動かす。その分、瞬発力が高いが費用も高いLNG火力を大きく伸び縮みさせて調整する局面が増える。これらを合わせると、統合コストの一部を考慮した発電コスト（仮称）は上昇。
- 各電源の設備利用率、燃料費など、試算の前提を変えれば、結果は変わる。
- 統合コストの一部を考慮した発電コスト（仮称）の試算方法について
 - 天候や時間帯で発電量に幅が生じる太陽光・風力の大量導入に伴い、電源別の発電コストだけでなく、各電源が電力システム全体に与える影響も分析する必要があるという考え方が、世界各国で広がってきている。
 - 例えば、OECD、米国、英国では、「各電源が電力システム全体に与える影響」について2020年に試算されており、政策にも活用されている。
 - 分析手法や結果の示し方は、電源別発電コストほど国際的に確立しておらず、研究途上。こうした中、今回は、他国の示し方も参考にしつつ、委員有志が試算を行った。
 - 具体的には、2030年エネルギーミックスが達成された状態から、さらに各電源を微少追加した場合に、電力システム全体に追加的に生じるコストを算出し、便宜的に、これを追加した電源の有効な発電量で割り戻した「統合コストの一部を考慮した発電コスト（仮称）」として試算。
 - どの電源を追加しても、電力システム全体にコストが生じる。このコストをどう抑制するか、誰が負担するかを議論していくことが大事



均等化発電原価(LCOE)は、標準的な発電所を立地条件等を考慮せずに新規に建設し所定期間運用した場合の「総発電コスト」の試算値。政策支援を前提に達成すべき性能や価格目標とも一致しない。

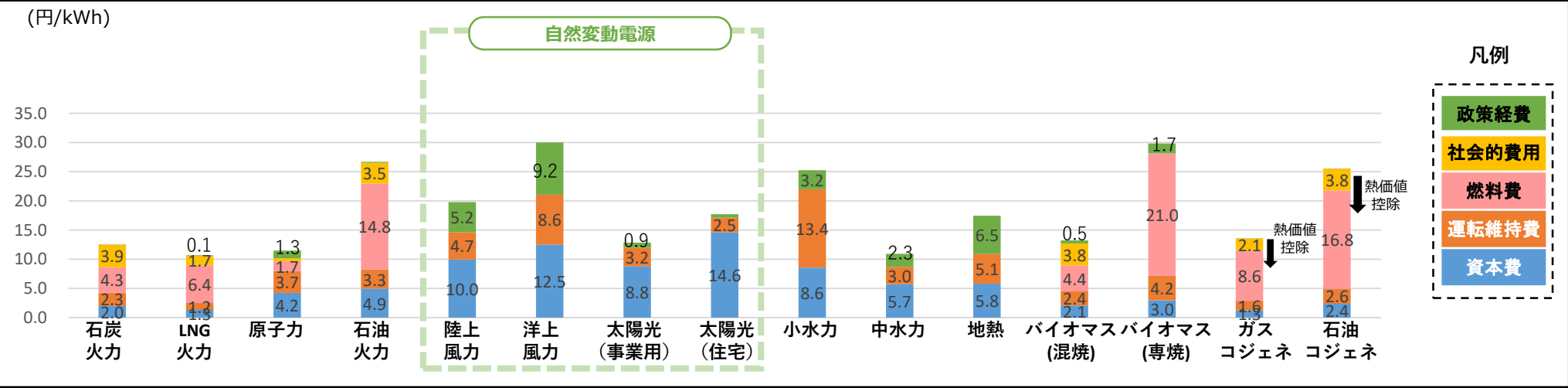
2020年の電源別発電コスト試算の結果概要

均等化発電原価(LCOE)は、標準的な発電所を立地条件等を考慮せずに新規に建設し所定期間運用した場合の「総発電コスト」の試算値。政策支援を前提に達成すべき性能や価格目標とも一致しない。

- 1. 各電源のコスト面での特徴を踏まえ、どの電源に政策の力点を置くかといった、2030年に向けたエネルギー政策の議論の参考材料とする。
- 2. 2020年に、新たな発電設備を更地に建設・運転した際のkWh当たりのコストを、一定の前提で機械的に試算。
(既存の発電設備を運転するコストではない)。
- 3. 事業者が現実に関電設備を建設する際は、ここで示す発電コストだけでなく、立地地点毎に異なる条件を勘案して総合的に判断される。

電源	石炭 火力	LNG 火力	原子力	石油 火力	陸上 風力	洋上 風力	太陽光 (事業用)	太陽光 (住宅)	小水力	中水力	地熱	バイオマス (混焼、5%)	バイオマス (専焼)	ガス コジェネ	石油 コジェネ
発電コスト (円/kWh) ※()内は 政策経費なしの値	12.5 (12.5)	10.7 (10.7)	11.5～ (10.2～)	26.7 (26.5)	19.8 (14.6)	30.3 (21.1)	12.9 (12.0)	17.7 (17.1)	25.3 (22.0)	10.9 (8.7)	17.4 (10.9)	13.2 (12.7)	29.8 (28.1)	9.3～10.6 (9.3～10.6)	19.7～24.4 (19.7～24.4)
設備利用率 稼働年数	70% 40年	70% 40年	70% 40年	30% 40年	25.4% 25年	30% 25年	17.2% 25年	13.8% 25年	60% 40年	60% 40年	83% 40年	70% 40年	87% 40年	72.3% 30年	36% 30年

(注1) グラフの値はIEA「World Energy Outlook 2020」の公表済政策シナリオの数値を表示。コジェネは、CIF価格で計算したコストを使用。



原子力の感度分析 (円/kWh)		化石燃料価格の感度分析 (円/kWh)			
廃止措置費用2倍	+ 0.1	燃料価格10%の変化に伴う影響 (円/kWh)	石炭 約±0.4	LNG 約±0.6	石油 約±1.0
事故廃炉・賠償費用等1兆円増	+ 0.01~0.03				
再処理費用及びMOX燃料加工費用2倍	+ 0.7				

(注2) OECD (2020) 「Projected Cost of Generating Electricity 2020」等を参考にして試算

(参考) 2021年発電コスト検証ワーキンググループ委員名簿・審議経過

(五十音順)

<委員>

(座長)

山地 憲治

(公財) 地球環境産業技術研究機構理事長・研究所長

(委員)

秋池 玲子

ボストンコンサルティンググループ マネージング・ディレクター & シニア・パートナー

秋元 圭吾

(公財) 地球環境産業技術研究機構システム研究グループリーダー・主席研究員

岩船 由美子

東京大学生産技術研究所 特任教授

荻本 和彦

東京大学生産技術研究所 特任教授

高村 ゆかり

東京大学 未来ビジョン研究センター教授

原田 文代

日本政策投資銀行 執行役員 (GRIT担当) 兼 経営企画部サステナビリティ経営企画室長

増井 利彦

国立研究開発法人国立環境研究所 社会システム領域 室長

又吉 由香

みずほ証券 ディレクター

松尾 雄司

(一財) 日本エネルギー経済研究所研究主幹、OECDコスト試算専門家会合副議長

松村 敏弘

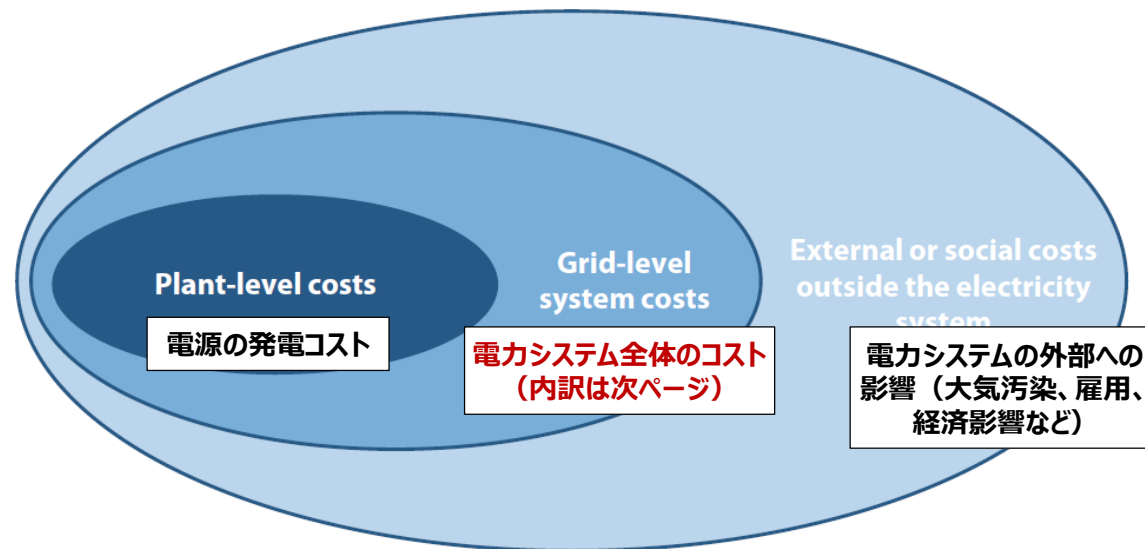
東京大学社会科学研究所教授

<審議経過>

- 第1回 (2021年3月31日) 議題: 2015年発電コスト検証WGの検討結果を踏まえた発電コストに関する議論
- 第2回 (2021年4月5日) 議題: 再生可能エネルギーに関する論点等
- 第3回 (2021年4月12日) 議題: 火力発電等に関する論点・原子力発電に関する論点
- 第4回 (2021年4月20日) 議題: 系統安定化費用等に関する論点
- 第5回 (2021年4月26日) 議題: 系統安定化費用等について、これまでの議論でのご指摘等について
- 第6回 (2021年7月7日) 議題: 発電コスト検証WGに対する情報提供依頼について
- 第7回 (2021年7月12日) 議題: これまでの議論について
- 第8回 (2021年8月3日) 議題: とりまとめ (案) について

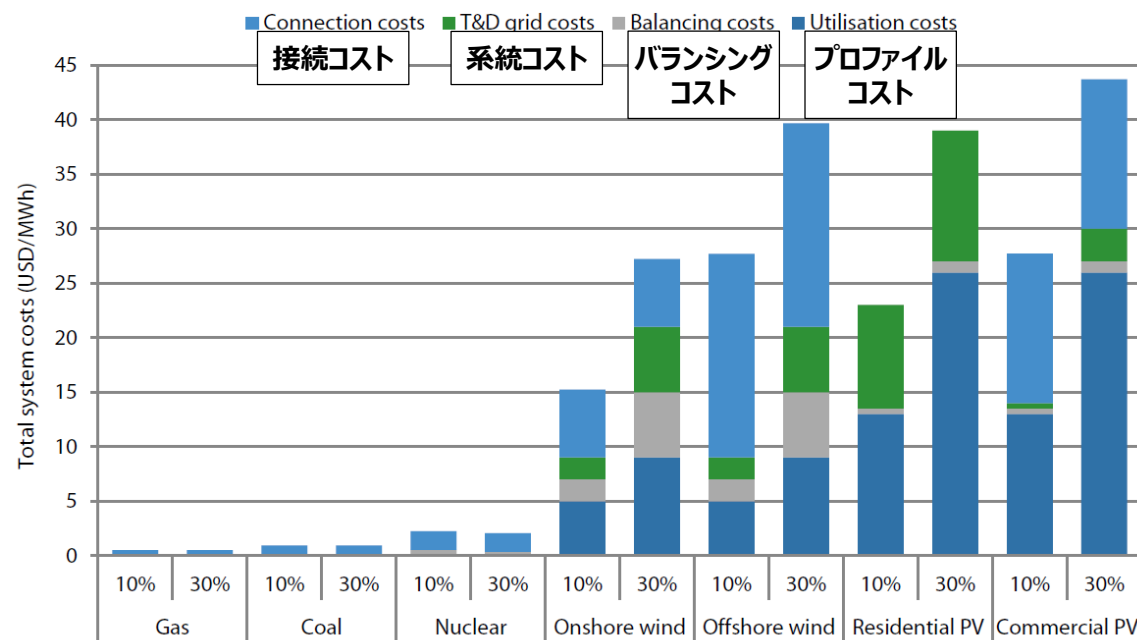
(参考) OECDにおける電力コストの議論①

- 発電総コスト (Full cost of Electricity Provision) は以下の3カテゴリーに分類される。
 - (1) 発電所のコスト (例: LCOE)
 - (2) 電力システム全体のコスト (例: 再エネ導入に伴う系統安定化費用)
 - (3) 外部費用 (例: 大気汚染、事故、国土利用の変化や資源の目減り、雇用・経済・イノベーション・エネルギー安全保障への影響等に伴う費用)
- 今回の分析対象は、上記 (2) 電力システム全体のコスト (Grid-level system cost) の一部。これは、変動再エネの大量導入に伴い注目されている比較的新しいコストの概念。



(参考) OECDにおける電力コストの議論②

- (2) 電力システム全体のコストは、さらに以下の3カテゴリーに分類できる。
 - ① プロファイルコスト : 変動再エネ発電量が上下することに伴う、既存火力等の運用変更と発電効率低下に伴うコスト
 - ② バランシングコスト : 変動再エネ発電量が予測不可能なことに伴う、既存火力等の発電量の調整や予備力の確保に伴うコスト
 - ③ 系統・接続コスト : 変動再エネ適地と需要地がズれることに伴う基幹系統整備費用や基幹送電網につなぐコスト
- 今回の分析対象は、上記①と、②の一部（出力抑制など）。



注1 : 上記は特定国の分析ではなく、既存の論文等の平均値を集計したもの。

注2 : 原子力は出力調整可能（ディスパッチャブル）という設定。

(出所) OECD (2018) The Full Cost of Electricity Provision

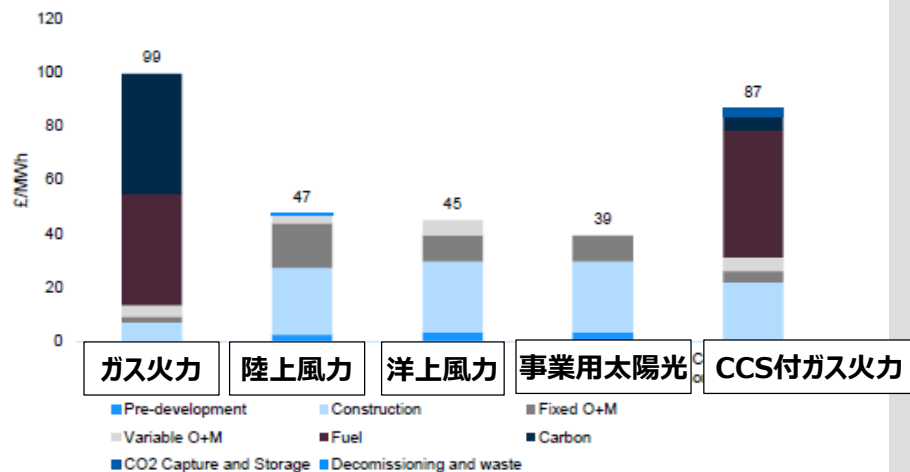
(参考) 世界における検討

- 太陽光・風力の大量導入に伴って、電源別の発電コスト分析だけでなく、各電源が電力システム全体に与える影響も分析しないと、コストの全体像を捉えられないという考え方が、世界各国で広がってきている。
- 例えば、OECD、米国、英国などで試算が行われており、政策にも活用されている。
- LCOEに比べ、分析や表現手法が国際的に確立しておらず、各国が試行錯誤で取り組んでいる。

- 英国（ビジネス・エネルギー・産業戦略省）では、モデルプラント方式を採用してkWhあたりの発電コスト（LCOE）を試算。
- 最新（2020年）の報告書（5年に1度、コストを試算するもの）で、電力システム全体への負荷を考慮したLCOEを初めて試算。

電源別の発電コスト（LCOE）

Chart 4.5: Levelised Cost Estimates for Projects Commissioning in 2030, £/MWh, in real 2018 prices



電力システム全体への負荷を考慮したLCOE

- 灰色の棒グラフが、LCOE。
- 青色のドットが、電力システム全体への負荷を考慮したLCOE（複数のシナリオを想定しているため、複数の点が表示されている）

