

# 再生可能エネルギー発電コストの評価手法動向

「システムコスト」の考え方と解釈

計量分析ユニット 研究員 遠藤聖也

## 1. なぜ「コスト評価」が重要なのか

### 1.1. コスト評価の意義と役割

2018年7月に閣議決定された「第5次エネルギー基本計画」<sup>1</sup>では、2050年を見据えた長期シナリオ設計として、「野心的かつしなやかな複線シナリオ」を掲げている。将来の技術開発や各国政策の不確実性を見据え、現時点では特定のエネルギー源やエネルギーミックスを決め打ちせず、幅広いエネルギーミックスの可能性を探る姿勢を示したものである。

では、政府は複線化したシナリオの中からどのようにして進むべき道を見定めるのだろうか。その鍵となるアイデアが「科学的レビューメカニズム」と「エネルギーシステム間のコスト・リスク検証」である。これは各種技術開発の進捗、および電力システムコストとリスクを中立的、具体的に見極めた上で、複線的シナリオの中から進むべき道を検討するためのメカニズムである。その後者「エネルギーシステム間のコスト・リスク検証」の一環として、それぞれの電源にまつわるコストを正確に把握することは、将来のエネルギーミックス決定上ますます大きな意味を持つようになり、今後その検証プロセスが整備されるであろう。このように、エネルギーあるいは電源選択に関して、その関連費用の評価は、企業や政府の意思決定上重要な意義を持ち続けており、今後も変わらず大きな意味を持つ。

## 2. コストの評価例と現状

### 2.1. 発電設備に係るコスト

従来のエネルギー選択検討の場では、電源別の発電コスト検証が主流の方法であった。2015年に開かれた「発電コスト検証ワーキンググループ」は、火力、原子力、再生可能電源など様々な電源別のコストを検証した<sup>2</sup>（表1）。

ここでは、各種発電設備における、資本費、運転維持費、燃料費等発電に要した費用を、生涯の発電量で割ることでkWhあたりの電力単価を求め、異なる電源間の比較を行っている。この単価は均等化発電原価（LCOE: Levelized Cost of Electricity）と呼ばれ、国内外で電源の経済性評価指標として広く用いられている。

---

<sup>1</sup> 資源エネルギー庁（2018）：第5次エネルギー基本計画

<sup>2</sup> 発電コスト検証ワーキンググループ（2015）：長期エネルギー需給見通し小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告

表 1 電源別発電コスト (2030年モデルプラント試算)

電源	原子力	石炭火力	LNG火力	風力(陸上)	風力(洋上)	地熱	一般水力	小水力 80万円/kW	小水力 100万円/kW	バイオマス (専焼)	バイオマス (混焼)	石油火力	太陽光 (幼)	太陽光 (住宅)	ガス コジェネ	石油 コジェネ
設備利用率 稼働年数	70% 40年	70% 40年	70% 40年	20~23% 20年	30% 20年	83% 40年	45% 40年	60% 40年	60% 40年	87% 40年	70% 40年	30~10% 40年	14% 30年	12% 30年	70% 30年	40% 30年
発電コスト 円/kWh	10.3~ (8.8~)	12.9 (12.9)	13.4 (13.4)	13.6 ~21.5 (9.8 ~15.6)	30.3 ~34.7 (20.2 ~23.2)	16.8 (10.9)	11.0 (10.8)	23.3 (20.4)	27.1 (23.6)	29.7 (28.1)	13.2 (12.9)	28.9 ~41.7 (28.9~ 41.6)	12.7 ~15.6 (11.0~ 13.4)	12.5 ~16.4 (12.3~ 16.2)	14.4 ~15.6 (14.4~ 15.6)	27.1 ~31.1 (27.1~ 31.1)
2011コスト 等検証委	8.8~	10.3	10.9	8.8~ 17.3	8.6~ 23.1	8.2~ 11.6	10.6	19.1 ~22.0	19.1 ~22.0	17.4 ~32.2	9.5 ~9.8	25.1~ 38.9	12.1~ 26.4	9.9~ 20.0	11.5	19.6

追加的安全対策費2倍	+0.6
廃止措置費用2倍	+0.1
事故廃炉・賠償費用等1兆円増	+0.04
再処理費用及びMOX燃料加工費用2倍	+0.6

燃料価格10%の 変化に伴う影響 (円/kWh)	石炭 約±0.4	LNG 約±0.9	石油 約±1.5
--------------------------------	-------------	--------------	-------------

※1 今後の政策努力により化石燃料の調達価格が下落する可能性あり。感度分析の結果は下記の通り。

※2 2011年の設備利用率は、石炭:80%、LNG:80%、石油:50%、10%

※3 ( )内の数値は政策経費を除いた発電コスト

出所) 発電コスト検証ワーキンググループ (2015)

近年は、風力、太陽光のような変動性再生可能エネルギーの発電コスト低下が世界の関心事項となっている。調達価格算定委員会 (2019)<sup>3</sup>のデータを基に推計すると、2018年に運転開始した案件の LCOE は太陽光 (メガソーラー) で 20 円/kWh、住宅用太陽光で 21 円/kWh、陸上風力で 18 円/kWh 程度でありいずれも低下を続けている。その中でもトップランナーとなる一部の個別案件は 10 円/kWh の水準に近づき、石炭、LNG 火力等に近い経済性を持つようになっている。

## 2.2. 「システムコスト」とは？

ただし、近年においては太陽光・風力といった変動性再エネの導入拡大を背景に、LCOE にないコスト項目の評価が必要になりつつある。

既存電源と変動性再エネの差異は何であろうか。Hirth ら(2015)<sup>4</sup>は、変動性再エネの課題として、時間、空間的影響へ対応する必要性を挙げている。それぞれ具体的には以下のような対策が必要となる。

- 時間的影響: 時間ごとに変動する出力と需要をマッチさせるため、火力発電所等の調整力提供、および揚水・蓄電設備によるピークシフト、変動性再生可能エネルギー自身の出力制御が求められる。
- 空間的影響: 再生可能エネルギーには自然条件等を踏まえた適地が存在し、それと需要地を結ぶ電力系統増強が必要になる場合がある。

<sup>3</sup> 調達価格算定委員会 (2019) :平成 31 年度以降の調達価格に関する意見

<sup>4</sup> L. Hirth, F. Ueckerdt, O. Edenhofer (2015): "Integration Costs Revisited –An economic framework of wind and solar variability", Renewable Energy 74, 925–93

これらの対策は単一の発電設備内で完結せず、他電源や系統へ波及する影響である。そのため、従来の電源単体での評価に加えて、その電源がシステム全体へ与える影響を踏まえた、包括的なコスト評価を行うことが、全体最適の観点から重要である。このような、特定の電源の導入のために電力システムに生ずるコストは「システムコスト」と呼称される。

このような対策コストのうちいくつかの項目は、既にコスト検証ワーキンググループ(2015)等で検討されているが、再生可能エネルギーが主力電源となるような場合を想定すれば、より包括的な議論が求められるところである。

現在再生可能エネルギーの導入は国際的に進んでおり、同様の問題意識から、各国際機関などが包括的なコスト評価手法の開発を進めている。現在、世界標準となるような手法は存在していないが、大きく分けて2種類の評価手法が開発されている。LCOEに電源外部の追加費用を積み上げる手法と、LCOE内では評価されていない「価値」を盛り込む手法が存在する。以下では、それぞれのアプローチから1つずつ代表的な事例を紹介する。

### 2.3. OECD/NEA の評価——「追加費用」を積み上げるアプローチ

経済協力開発機構/原子力機関(OECD/NEA)は、発電プラント外の費用、及び他の発電システムに与える影響の費用を積み上げた統合的な評価を行っている<sup>5</sup>。発電プラント外の項目を「System Cost」と呼称し、以下のように分割している。

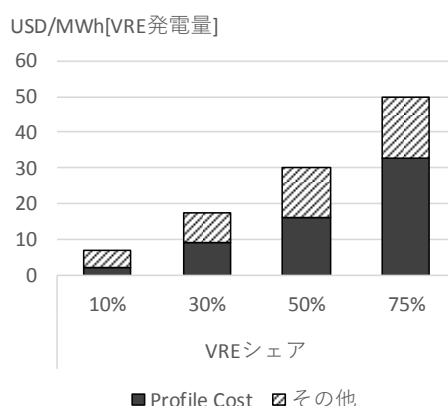
- Grid Cost：系統費
- Profile Cost：供給力確保のための費用
- Balancing Cost：調整力提供費

この手法を用いて、NEAはモデル地域の変動性再エネ(VRE)導入量に応じた発電コスト(システムコスト含む)を評価した。VRE発電量あたりのシステムコストは導入量に応じて大きくなり、VREの発電量に占めるシェアが10%の場合7[\$/MWh]、30%では17.5[\$/MWh]、50%では30[\$/MWh]と推計している(図1)。この中でも十分な供給力を確保するためのProfile Costが、システムコストのうち半分以上の割合を占める傾向にあり、さらに再エネシェアが増加するごとにその割合は更に大きくなる。Profile Costは具体的に火力発電所の設備利用率低下、再エネ自身の出力制御による収益性悪化や、蓄電池にかかる費用を含む項目である。

---

<sup>5</sup> OECD/NEA(2019):The Costs of Decarbonisation: System Costs with High Shares of Nuclear and Renewables

図 1 VRE（変動性再エネ）導入量あたりのシステムコスト



出所) OECD/NEA(2019):The Costs of Decarbonisation: System Costs with High Shares of Nuclear and Renewables より、筆者グラフ作成

#### 2.4. IEA の評価——「価値」を差し引くアプローチ

国際エネルギー機関 (IEA) は最新の世界エネルギー見通し<sup>6</sup>にて独自のコスト評価手法に基づく電源別の競争力比較を行っている。電源別の LCOE をベースに、各電源に関して下記 3 つの価値を差し引きした競争力の指標、VALCOE (Value Adjusted LCOE) を定義し電源間で比較している。

- Energy Value : 時間ごとに異なる電力の価値 (LCOE との差分)
- Flexibility Value : 調整力としての価値
- Capacity Value : 容量としての価値

それぞれの価値は、わが国の電力システム改革で検討されているところの卸電気市場 (kWh)、需給調整市場 ( $\Delta$ kW)、容量市場 (kW) で取引されうる価値に概ね対応する。例えば LCOE が高い設備であっても、調整力を提供可能であれば、その調整力価値分だけ競争力の高い電源として評価される。一方で変動性再生可能エネルギーのような調整力、容量としての価値が相対的に低い電源の LCOE は、相対的にマイナスの補正を受ける (追加的なコストがかかるとみなされる)。

ただし、この VALCOE と、電気事業者が負担する実際の費用とは差異が生じる。VALCOE はあくまで電力システム内における各電源の競争力を示す指標に過ぎない。

<sup>6</sup> IEA(2018): World Energy Outlook 2018

### 3. 発電コストの解釈と活用の注意

#### 3.1. コスト評価の議論、解釈で注意すべき点

##### ①前提とするシステムによって変動する

上述したどちらの手法でも、システムコストは特定の電力システムを前提として推計される。例えば風力発電の導入に係る費用を考える場合に、対象とするエリアが火力や揚水式水力などの出力調整可能な設備をどの程度有しているか、風力の導入地と需要地の間の系統規模はどのくらいか、需要が時間によってどのように変動するかによって、導入費用は大きく異なる。そのため、比較評価は例えば「(ある系統条件を想定した) 電源 A と電源 B」、もしくは「電源構成 X と電源構成 Y」という様相になる。いずれにせよ、評価結果の伝え方は従来のものに比べて複雑になる。評価者には適格な前提条件の選択と開示、受け取り手にはコスト数値の他、その前提となる条件を踏まえた解釈が求められる。

##### ②システムコストは変動性再エネ導入量に応じて加速度的に増加する傾向

変動性再エネにかかる、LCOE 以外の対策費用は、太陽光や風力の導入量に必ずしも比例しない。変動性再エネの導入量が小さければ、出力変動に対してはわずかな運転パターンの変化や需要家のピークシフトで対応可能である。一方、導入量が増えれば需給バランスへの影響が大きくなり、送電容量の逼迫や出力制御などを起こすため、より抜本的な対応が求められ、導入量当たりで見ても大きな費用を要する傾向にある<sup>7</sup>。例えば変動性再エネ 30%でのシステムコストは 10%の時の 3 倍よりも大きくなることが考えられ、過小評価に陥らないよう留意する必要がある。

##### ③個別事業の評価指標とは別物

LCOE は原則として、一定の割引率の前提の下で、その設備を運営する発電主体が負担する kWh あたりの費用である (一部例外あり)。しかしながら、新たな評価手法では一つの数字の中に当該発電主体が支払うコストと、他に関連する事業者が負担することになるコストが混在している。そのため、得られたコストは政策評価者等による検討を行う上で有益な情報だが、一方で個別案件の収益性評価に役立つ指標とは限らない。

#### 3.2. 総括

再生可能エネルギー発電の設備費用、運転費は年々下がっており、より費用低減が大きい海外の事例では、近い将来既存の電源と肩を並べる、或いは同等以上の競争力を持つに至っている、との見方も示されるようになってきている。ただし、実際には発電設備費用だけでなく、システムコストを含めてかかる影響を評価、比較することが今後はますます重要になる。国内外でそれらを考慮に入れた評価がなされ始めているが、その活用においてはシステムコストが前提となる電力システムにより変動する点、特に再エネ導入量に応じて加速度的に増える点に注意を払う必要がある。

<sup>7</sup> IEA(2018): System Integration of Renewables-An Update of Best Practice

お問い合わせ：[report@tky.ieej.or.jp](mailto:report@tky.ieej.or.jp)