



電力システムの経済性評価手法

- LCOEとシステムコストを中心とした考察 -

社会経済研究所 永井雄宇

第6回 発電コスト検証ワーキンググループ

2021年7月7日

 電力中央研究所

経済性評価手法①

均等化発電原価（Levelised Cost of Electricity : LCOE）

- モデルプラント方式による試算方法。電源ごとに、建設単価・燃料費等を想定し、発電コストを評価
- 電源そのものの経済性を評価するために有効。特に、当該電源の累積生産量とコスト低下の関係を分析する学習効果の推計に適している
- ただし、稼働率の一般化が難しい電源（例えばPVや風力発電）を評価をする場合は、幅を持たせて評価する等の工夫が必要

一般的なLCOEの計算式

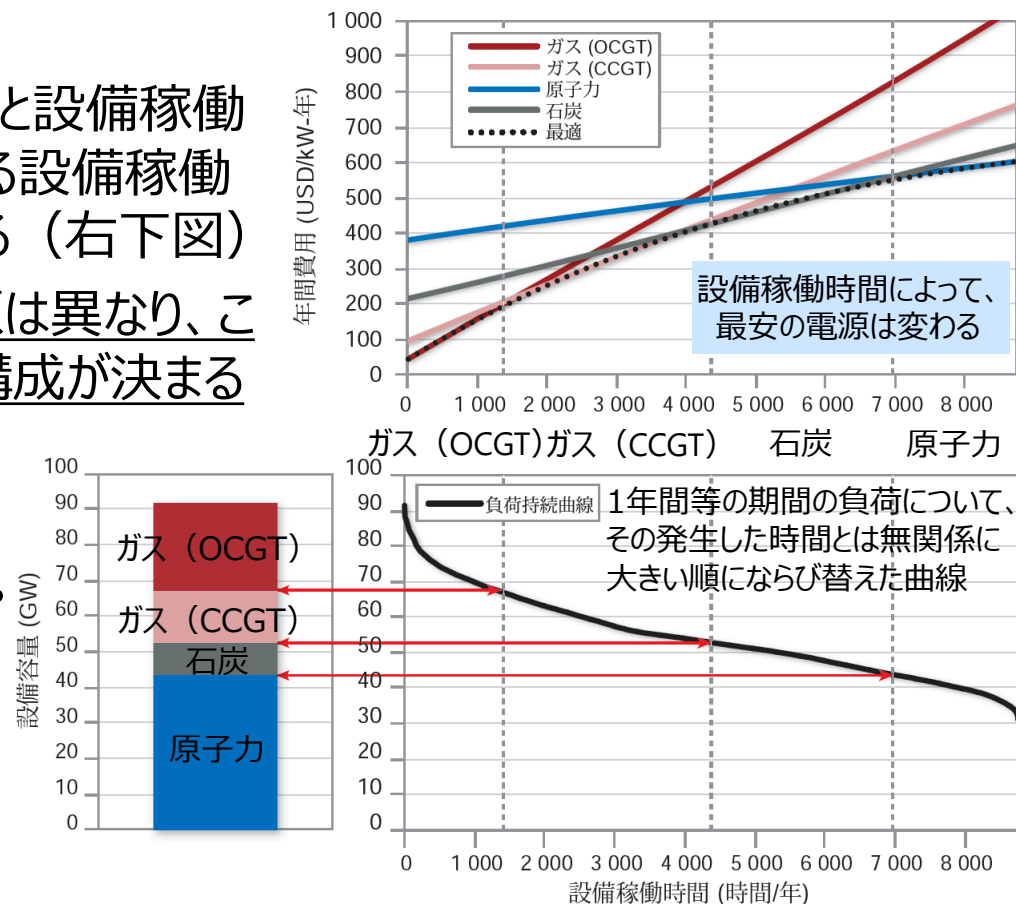
$$\text{LCOE} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

I = 資本費
M = 運転維持費
F = 燃料費
E = 発電電力量
r = 割引率
n = 稼働年数

LCOEと電源構成の考え方

これまでは、年間費用と年間発電量を用いて、最適な電源構成の検討（費用最小化等）を行ってきた

- 各電源の年間発電量は設備容量と設備稼働時間の積だが、電源毎に求められる設備稼働時間は、負荷持続曲線に依存する（右下図）
- 設備稼働時間によって最安の電源は異なり、これらの組合せにより、最適な電源構成が決まる（右上図）
- LCOEでも、年間費用と年間発電量を用いて、発電単価を算出する。しかし、電源ごとに、特定の稼働率を想定した結果であるため、LCOEだけでは、最適な電源構成の検討はできない



[出典] NEA (2012) Nuclear Energy and Renewables を基に著者作成

ただし、こうした検討は、**全ての電源がディスパッチ可能***であることが前提

ディスパッチできない電源が増加したシステム

ディスパッチできない電源は電力需要に応じた発電が困難であるため、発電の時間と場所による電気の価値を考えることがより重要になる

例：PVによる発電の価値（卸電力市場価格）

2016 年度：夏期を中心にPV発電時の平均価格が全日の平均価格を**上回っている**

- 電力需要が大きい夏期の昼間の時間帯に発電するPVの電気の価値も高くなっていた
- 卸市場価格がLNG火力などの比較的割高な電源の限界費用で決まっていたため

2019 年度：年間を通じてPV発電時の平均価格が全日の平均価格を**下回っている**

- PVの発電量が増えたことによりメリットオーダー効果が生じ、昼間における発電量のkWh価値が低下
- 需要平均(年間)より1円/kWh程度低くなっている

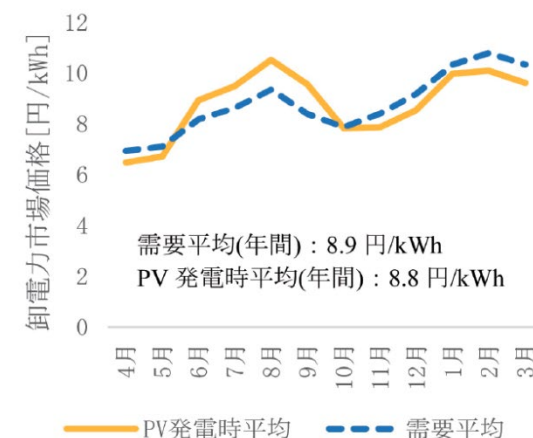


図3 卸電力市場価格の加重平均値（2016年度）

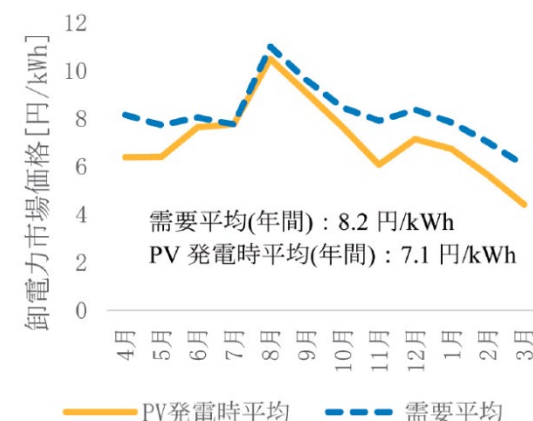


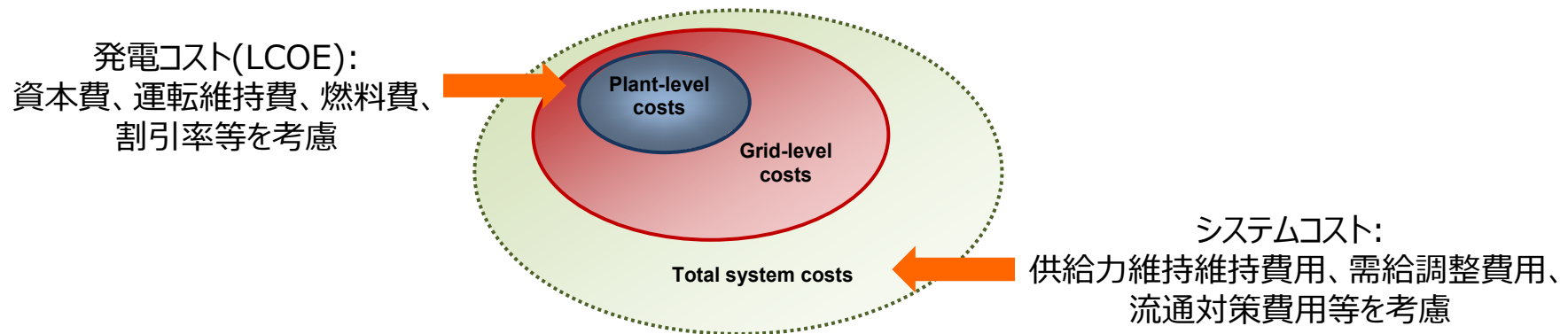
図4 卸電力市場価格の加重平均値（2019年度）

[出典] 吉岡・永井 (2021) 共食い効果が太陽光発電のコスト目標に与える影響

経済性評価手法②

システムコスト (System Costs)

- ディスパッチできない電源の導入拡大を受けて、発電される電力が時間的・地理的にどのような価値を持っているかを考慮するために提唱された評価手法
- LCOEは、発電プラントレベルでの評価であるのに対して、システムコストは、系統レベルや電力システム全体に関わるコストも含めて評価する点が大きく異なる

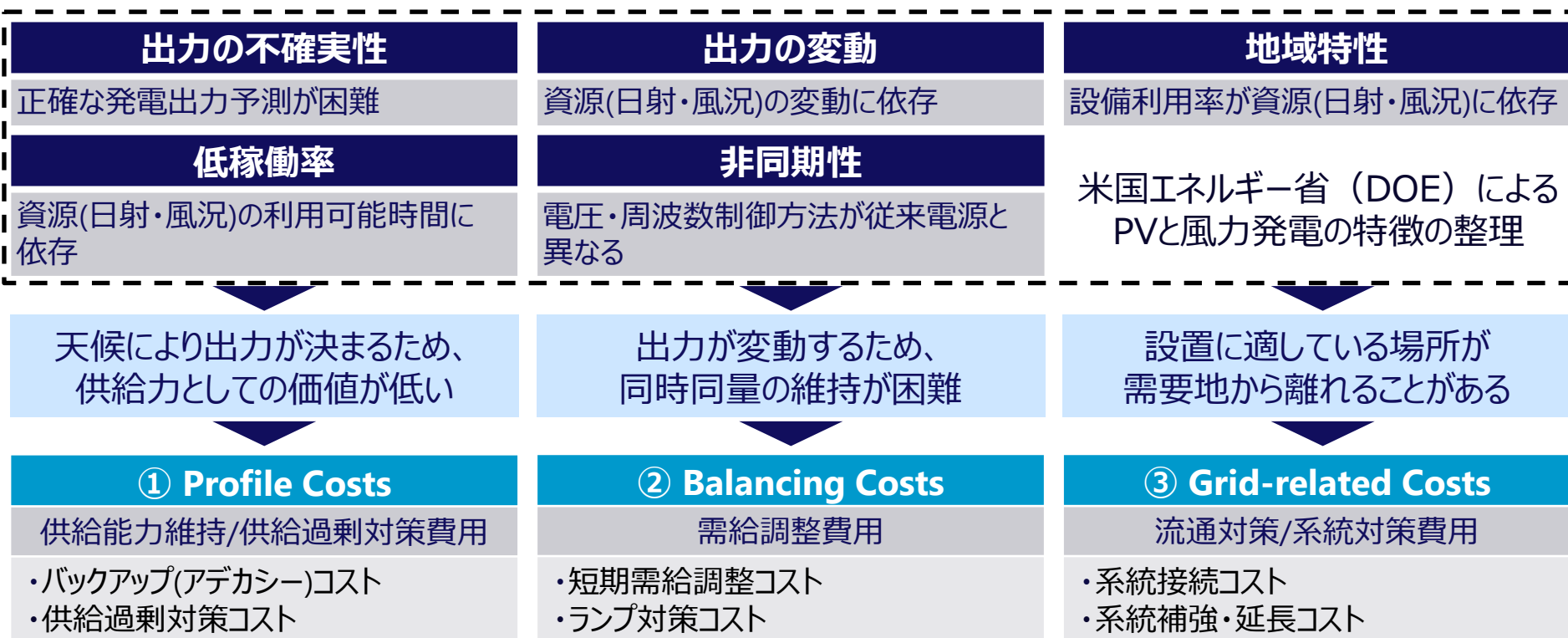


[出典] NEA (2012) Nuclear Energy and Renewables

システムコストの考え方

システムコストでは、ディスパッチできないPVや風力発電のような電源*の特徴を考慮し、LCOEで反映されている費用項目に加えて、**以下の3つの費用**も含めて、電源構成の経済性を評価

* PVや風力発電は、気候条件が変化しない場合に出力を増加させることは難しい



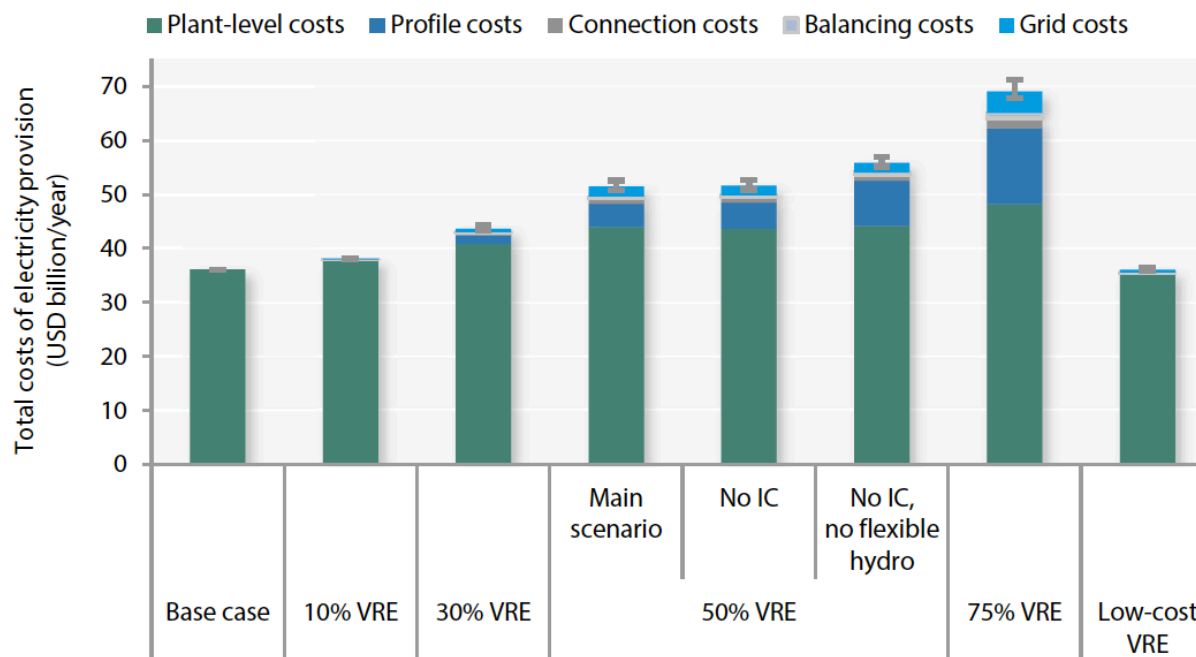
[出典] DOE (2017) Staff Report on Electricity Markets and Reliability

[出典] Ueckerdt et al. (2013) System LCOE: What are the costs of variable renewables?

(参考) システムコストの計算例

OECD/NEAによる評価では、基準となるベースケースを設定し、異なる電源構成を想定した場合に、各項目の費用がどのように変化するかを分析している

Figure ES7. **Total cost of electricity provision including all system costs**
(USD billion per year)

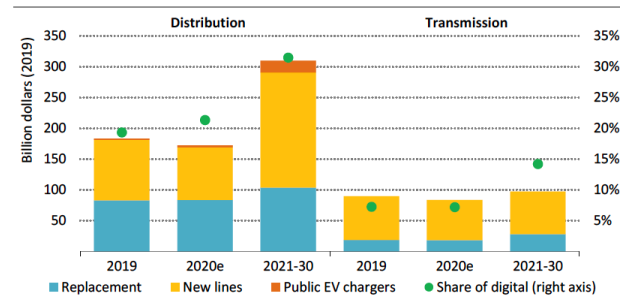


[出典] NEA (2019) The Costs of Decarbonisation: System Costs with High Shares of Nuclear and Renewables

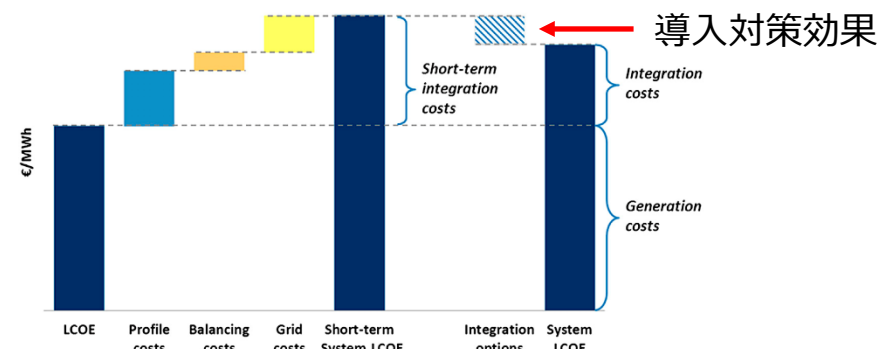
システムコストの課題

- 個別電源問題**：システムコストはシステム全体を評価するため、電源毎に費用を分解するのが難しく、特定の電源の評価には向いていない
- 配電費用未計上問題**：送電部門の追加投資は多くの分析で考慮されているものの、配電部門まで考慮した分析はまだ限られている。今後は配電部門における投資も重要となることが指摘されている（左図参照）
- システムの想定問題**：システム（電源構成、系統等）の想定によって費用に差が生じる。例えば、柔軟性の高い電源や蓄電池の拡大を想定すれば、 DISPATCH できない電源の導入によって生じる費用も低下（右図参照）
- バウンダリー問題**：システムコストは供給側を主に考慮するため、需要側の施策（DR等）の費用は計上されない。需要側の施策も、供給側の費用削減に貢献

Figure 6.19 ▶ Annual investment in electricity networks by sector in the Stated Policies Scenario



Notes: EV = electric vehicle; 2020e = estimated values for 2020. Digital share includes digital grid infrastructure and EV chargers.



[出典] IEA (2020) World Energy Outlook 2020

[出典] Ueckerdt, et. al (2013) System LCOE: What are the costs of variable renewables?

(参考) 海外事例

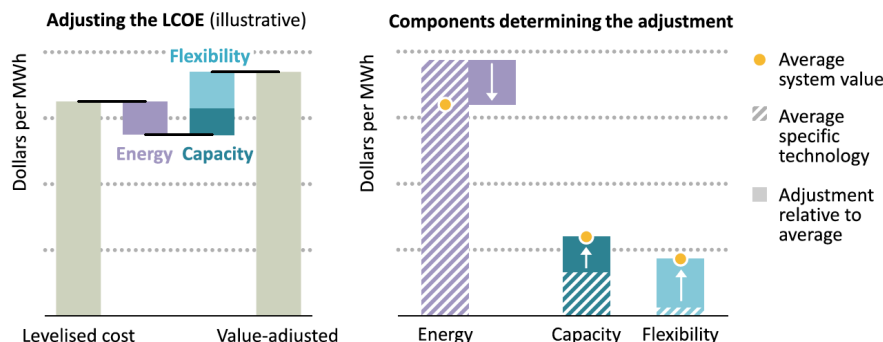
海外では、システムコスト以外にも、システム全体の費用を考慮する、様々な評価手法が考案されている

VALCOE (Value-adjusted LCOE)

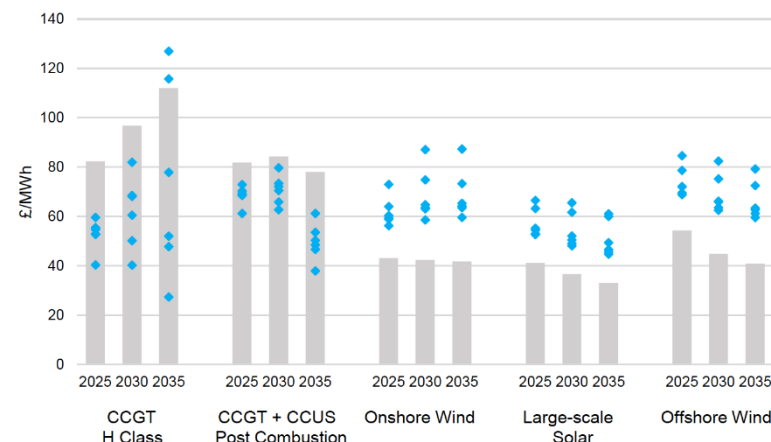
IEAが考案。当該電源の電力量価値、容量価値、柔軟性価値を算出し、LCOEの値を電源毎に補正する

Enhanced levelized cost

英国ビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）が考案。卸電力市場、容量市場、アンシリサービス市場、電力系統への影響の値を参考に、電源毎にLCOEを調整



Combining costs and value provides a more robust basis for evaluating competitiveness across technologies than costs alone



[出典] IEA (2018) World Energy Outlook 2018

[出典] BEIS (2020) Electricity Generation Costs 2020

まとめ

- LCOEは、ディスパッチ可能な電源間の比較には有効
(ただし、LCOEだけでは、最適な電源構成の検討はできない)
- システムコストは、ディスパッチできない電源の導入拡大を受けて、発電される電力が時間的・地理的にどのような価値を持っているかを考慮するために提唱された評価手法
- LCOEは、発電プラントレベルでの評価であるのに対して、システムコストは、系統レベルや電力システム全体に関わるコストも含めて評価する点が大きく異なる
- システムコストにも、個別電源問題、配電費用未計上問題、システムの想定問題、バウンダリー問題などの課題があるが、海外でも、システム全体の費用を考慮する、様々な評価手法が考案されており、LCOEより包括的な評価手法を活用しながら、将来的な電源構成の検討が進められている