

# 「再エネの市場統合デザイン」

【科学研究費基盤A成果報告会】

再生可能エネルギー市場統合へ向けた電力システム設計

2023年4月24日（月）

於：オンライン

中山琢夫

（千葉商科大学）

# アジェンダ

1. はじめに
  - FITによる再エネ導入促進からFIPへ
2. FIP (Feed in Premium)
  - 再エネ自立化へのステップ
3. PPA (Power Purchase Agreement)
  - コーポレートPPAの急成長
4. DER (Distributed Energy Resources)
  - 分散型電源の市場開放
5. まとめ

1. はじめに

# 再エネ導入促進から市場統合へ

- 再エネ導入促進期の政策
  - 固定価格買取制度（FIT：Feed in Tariff）
    - アメリカ（1978）
    - ポルトガル（1988）
    - ドイツ（1990）
    - デンマーク（1992）
    - スペイン（1994）
  - 比較的低コストで、再エネを普及することに成功した
    - 2000年以降、世界中の国や地域が、FIT制度を採用
    - ドイツ「再生可能エネルギー法」（EEG: Erneuerbare Energien Gesetz）（2000）
    - 日本「再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法」（2012）
- 再エネの割合が高まるほど、電力市場との統合が重要になってきた

# 再エネの完全市場統合

- 他の従来型電源と、同じルールで市場参加
  - 市場の価格シグナルに反応して発電
  - 電力システムのニーズに応じてインセンティブを受け取る
    - 柔軟な供給
  - 再エネ割合の高まりは、スポット市場価格を下げる
- 市場の役割
  - 前日（一日前）スポット市場
    - 重要な価格シグナルを出し続ける
  - 当日（時間前）市場
    - リアルタイムに近い取引が可能になることで、再エネの市場アクセスが容易に
    - 増加する再エネの市場取引において、ますます重要な役割
  - 先物（先渡）市場
    - 中長期の価格リスクを管理、ヘッジ
    - PPAの構築をサポート

出所：[Europex \(2020\)](#)

# 再エネ市場統合手段としてのFIP

- プレミアム型FITとしてのFIP (Feed in Premium)
  - 再エネ発電事業者が受け取ることができるのは、電力市場価格とプレミアムの二つの要素
- 電力市場価格は、時間帯によって変動する
  - 市場価格が低い場合：十分な投資リターンが得られるように
  - 市場価格が高い場合：不当な利益が発生しないように制度設計しなければならない
- FIPのプレミアム水準（基準価格）は、FITの算定額と同等

# FIP制度が円滑に実施されるための条件

- 発電事業者と系統運用者が、厳密に**所有権分離**されていること
  - FITのように、電力会社に対する購入義務に頼ることができない
  - 公平な系統アクセスが保証されることが重要
- 電力の大部分が、スポット市場で取引される重要性
  - 電力市場価格を安定させ、変動を抑える
  - 電力市場価格を予測することもまた、プレミアムの適切な設定のために重要
  - 前日（1日前）市場で取引できない場合は、当日（時間前）市場での取引によって、需給補正することも大きな意味を持つ

(メンドーサら、2019)

## 2. FIP (Feed in Premium)

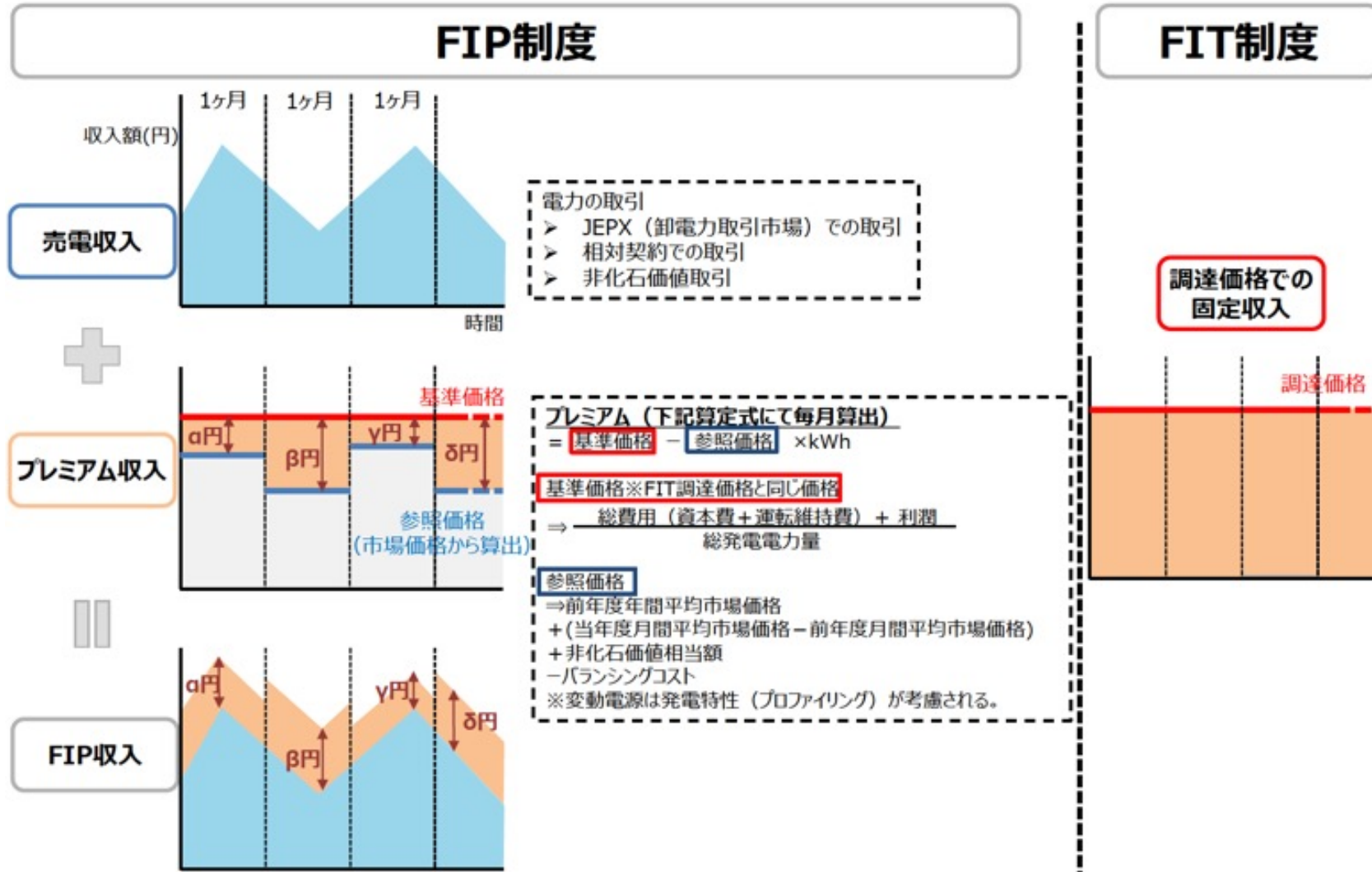
- 再エネ自立化へのステップ



# 日本のFIPの対象

- 日本でスタート（2022）
  - 全電源50kW以上は選択可能
  - FIPのみ認定
    - 太陽光：1,000kW以上（2022）、500kW以上（2023）、250kW以上（2024）
    - 陸上風力：50kW以上（2023）
    - 着床式洋上風力：50kW以上（2024）
    - 地熱・中小水力：1,000kW以上（2022）
    - バイオマス（一般木質等）：10,000kW以上（2022）、2,000kW以上（2023）
    - バイオマス（液体燃料）：50kW以上（2022）
    - バイオマス（その他）：10,000kW以上（2022）、2,000kW以上（2023）
  - 既にFIT認定を受けている事業も、50kW以上は希望すればFIPに移行可

# FIP制度の収入イメージ



# 発電事業者の行動変化

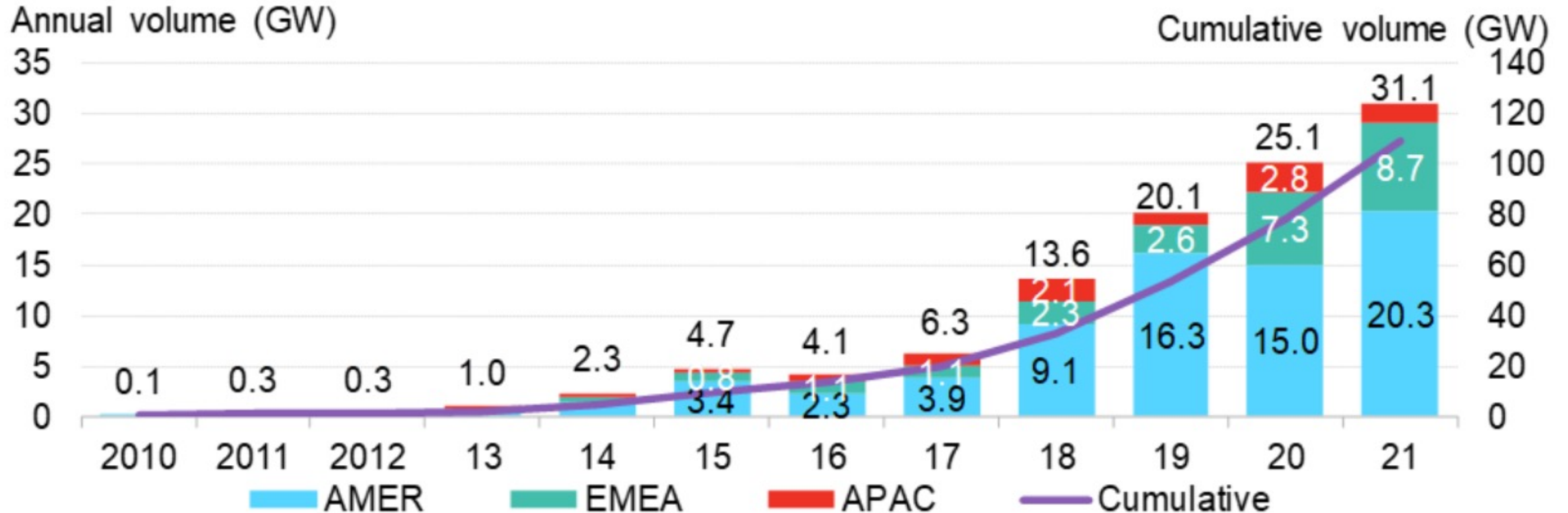
- 売電
  - FIT：固定価格で電力会社が全量買取（一部出力抑制あり）
  - FIP：市場（卸電力取引所）取引または相対取引で、自ら売電
- バランシング
  - FIT：インバランス特例によって免責
  - FIP：自らが発電量予測、計画値を提出。外した場合はペナルティ
- 非化石価値（環境価値）
  - FIT：原則なし
  - FIP：発電事業者に帰属。取引可

### 3. PPA (Power Purchase Agreement)

- コーポレートPPAの急成長

# 再エネの世界のオフサイトPPAの成長

**Figure 1: Global corporate PPA volumes, 2010-2021**



Source: BloombergNEF. Note: Onsite PPAs excluded. APAC volume is an estimate. Pre-reform PPAs in Mexico and sleeved PPAs in Australia are excluded. Capacity is in MW DC.

# コーポレートPPAとその経緯

- 再エネのコーポレートPPAが世界で大幅に成長
  - とりわけ、最近10年で顕著に
- 大口需要家（買い手）が、再エネ発電事業者（売り手）と、直接PPAを結ぶ
  - パリ協定（2015）目標達成への企業努力
    - 商業・産業部門の企業は、世界の電力の最終需要の約2/3を占める
      - 製造業・工業・農業・建築部門・自動車産業・冷暖房・照明・換気・空調システム運用等
  - 脱温暖化に取り組むことは不可欠
  - ESG投資への対応
  - RE100へのチャレンジ
    - 自社だけでなく、サプライチェーン（供給網）にも求める
- 発電事業者ではない、需要家企業
  - 発電事業者に直接働きかけて、PPA契約で再エネ電力調達
  - 競争的な価格で調達することが重要

# コーポレートPPAの分類

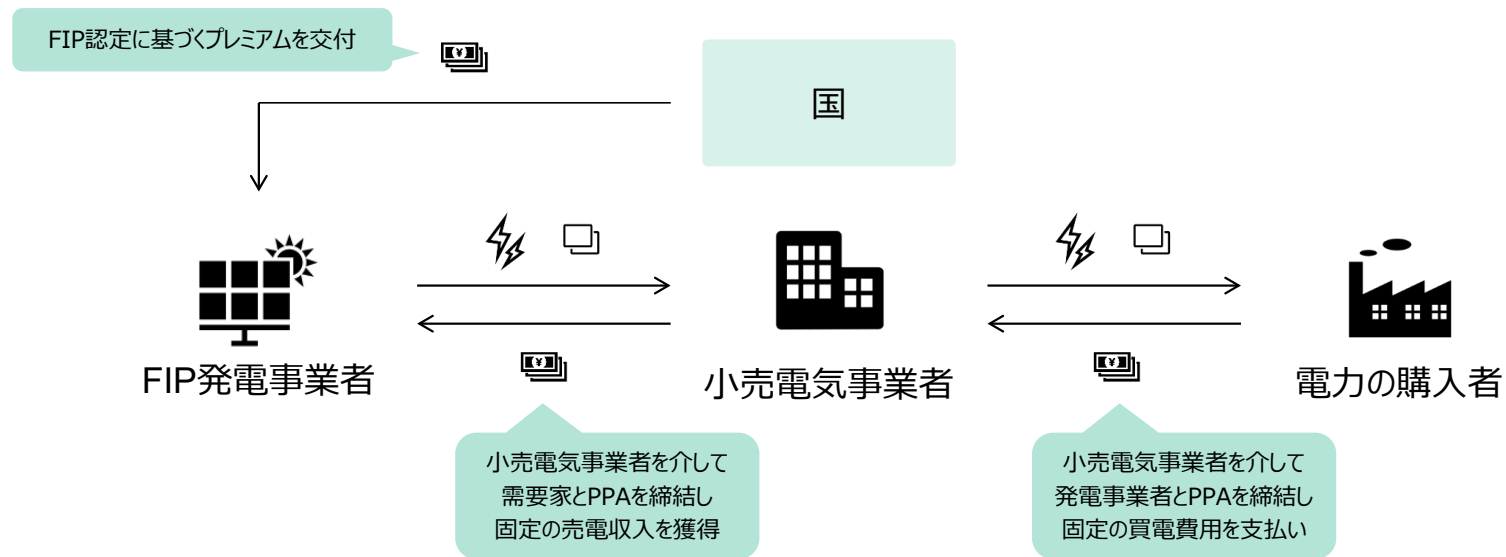
- オンサイトPPA
  - 需要家の敷地内や近隣で発電した電力を調達
    - 発電事業者に、需要家の敷地内で（太陽光）発電してもらう
    - そこで発電した電力を、需要家が購入する
- オフサイトPPA
  - 物理的（Physical）PPA
    - 従来型の相対取引
    - 需要地の外で発電した再エネ電力を、発電事業者から直接購入する
    - 発電原価+託送料+諸費用（再エネ賦課金・balancing費用・アンシラリーサービス料等）を支払う
    - 再エネ証書（RECs: Renewable Energy Certificates）を得る
    - 発電地点と需要地点が、原則同じ地域電力系統に接続していることが必要
  - 仮想的（Virtual）PPA
    - 需要家の敷地外で発電した再エネの市場価格を、発電事業者と需要家で金融的手法を用いて差金決済（CfD: Contract for Difference）する
    - 発電事業者は、発電した電力を、立地する卸電力市場（スポット市場）に販売する
    - 需要家は、発電所が発電して市場に売電した分の再エネ証書（RECs）を受け取る
    - 発電地点と需要地点は、必ずしも同じ地域の電力系統に接続している必要はない

# FIPとPPA

## FIP制度下におけるオフサイトコーポレートPPA



- 2022年度開始予定のFIP制度では、発電事業者の裁量で再エネ電力の相対取引が可能であり、FIP制度の支援を受けつつ間接型オフサイトコーポレートPPAを実現することが可能である。



FIP制度と間接型オフサイトコーポレートPPAの両立により  
FIP制度の支援を受けつつ再エネ電力を販売することが可能

出所：[環境省 \(2022\)](#)



# 1.3. DER (Distributed Energy Resources)

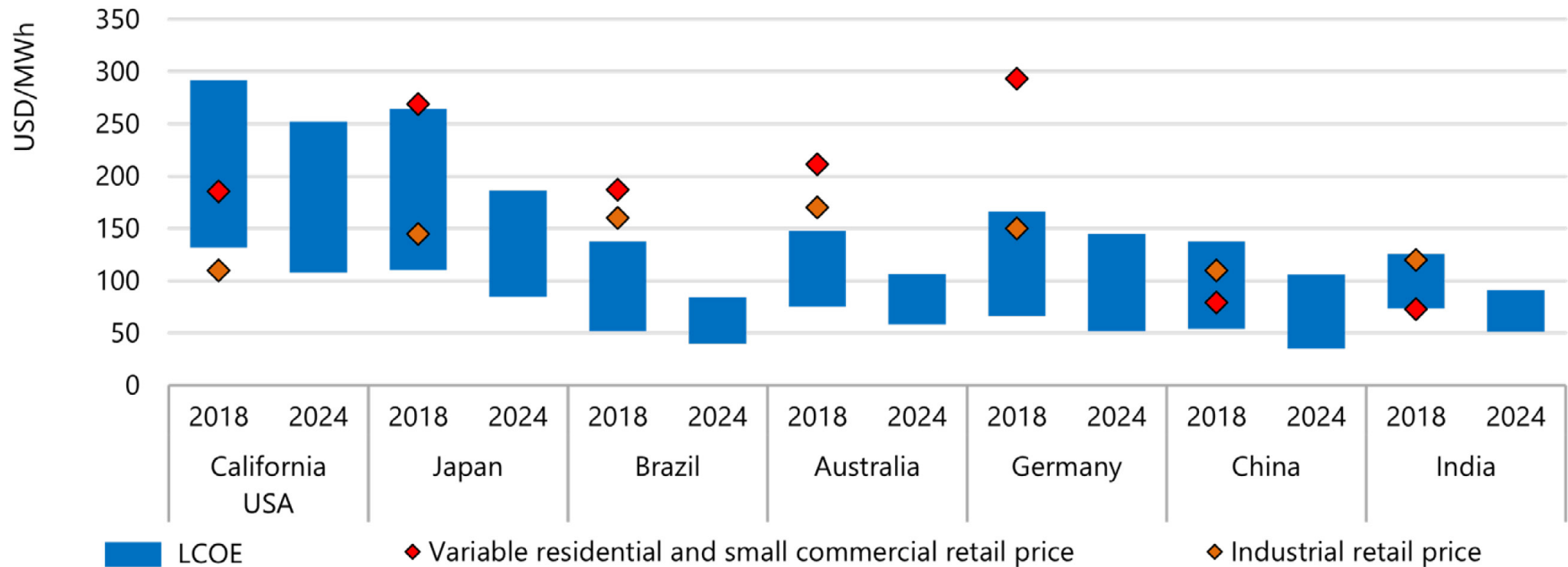
-分散型電源の市場開放

# DER (Distributed Energy Resources : 分散型電源) の定義

- 米国連邦エネルギー規制委員会 ([FERC, 2022](#))
  - DERは、配電システムやそのサブシステム、または、需要家のメーターの背後 (Behind the Meter) にあるリソース。DERには、蓄電リソース、分散型発電、デマンドレスポンス、省エネ、蓄熱、電気自動車や、その供給施設が含まれる。
- 欧州委員会 ([EC, 2015](#))
  - DERは、主に低圧 (配電網)、または最終需要家の近くに接続された、小規模から中規模のリソースで構成される。鍵となるカテゴリーは、分散型発電、エネルギー貯蔵、デマンドレスポンスである。
- オーストラリアエネルギー市場委員会 ([AEMC, 2020](#))
  - DERは、家庭や企業でエネルギーを生産、貯蔵、管理できる装置であり、ビ  
インド・ザ・メーター装置と呼ばれることもある。それらは、屋根上太陽光  
発電、エネルギー貯蔵、デマンドレスポンス、電気自動車、エネルギー管理  
システムが含まれるが、これらの技術の多くが、必ずしもメーターの背後だ  
けにあるわけではない。

# 分散型太陽光発電システムのLCOEと小売価格

LCOE for distributed PV systems and variable retail electricity prices, 2018/19



IEA. All rights reserved.

出所：[IEA \(2019\)](#)

# DERをどう市場統合していくか

- 4つの重要な要素

1. DERと配電システムの可視化
2. DERの系統連系の強化
3. 卸売市場と需給調整市場を、DERにも開放
4. DERの公正な市場報酬の保証

[IEA\(2022\)](#)

まとめ

# 再エネの市場統合プロセス

1. FITによる導入促進期
  - 発電コストの低減
2. FIPによる市場統合期
  - 自立のためのステップアップ
3. 需要家主導のPPAによるGX
  - UDA(User-Driven Alliance)モデル
4. DER価値の顕在化
  - 分散型電源のメーターの背後 (Behind the meter)を開放する
5. 完全市場統合