

# 「Transactive-Energy(取引可能電力)」和訳本報告

## 第4章 我々が直面するチャレンジとチャンス

京都大学再生可能エネルギー経済学講座

2018年2月13日(火)

京都大学経済学部4回生 廣田駿介

# 目次

1. 背景
2. 風力・太陽光発電の系統連系
3. エネルギー貯蔵の系統連系
4. 住宅と商業ビルの統合
5. 分散型エネルギー資源(DER)の統合
6. マイクログリッドの統合
7. 電気自動車の統合
8. 信頼度の維持

# 1. 背景

本章ではエネルギー市場の変化による課題と、どのように取引可能電力(TE)ビジネスモデルが対応できるかを説明する。

## エネルギー市場の変化

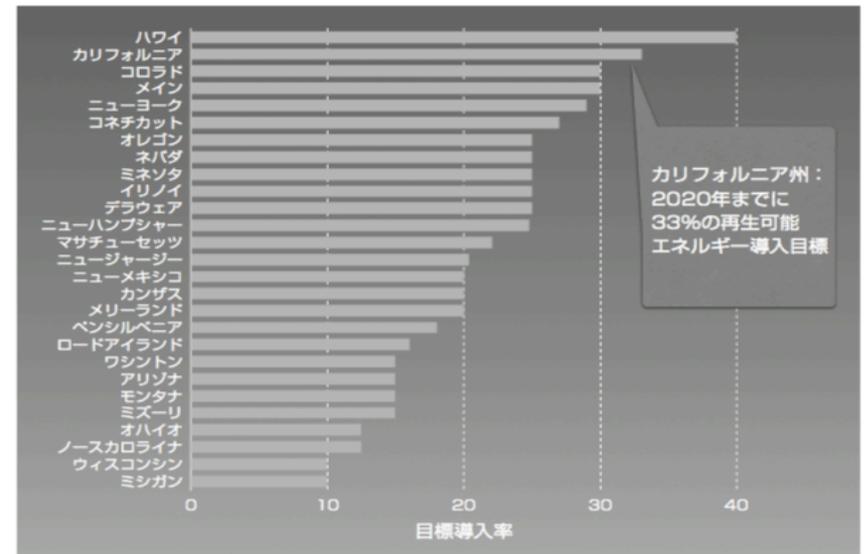


- 系統喪失に対する脆弱性の露見
- デススパイラルの懸念
- 電気自動車の導入による負荷曲線の変化

これらの変化により、投資と運用の判断はより複雑になっている。本章では、これらの課題に対してTEを関連づける

## エネルギー市場の変化と課題

- 政策目標を掲げて再生可能エネルギーの導入を推進(CA, DE etc)
- 風力・太陽光発電を低価格で利用できる時間帯に電力を使用するシステムが必要
- DERの展開で輸送上の利点をシステムに組み込む必要性がある



## 2. 風力・太陽光発電の系統連系

TEは風力・太陽光発電の成長を促進する。投資リスクの低減、電力消費時間帯のシフト、売電の簡易化が要因である。

TEは風力・太陽光発電の成長を促進する(変動性、安価、分散型)

### 1. 投資リスクの低減

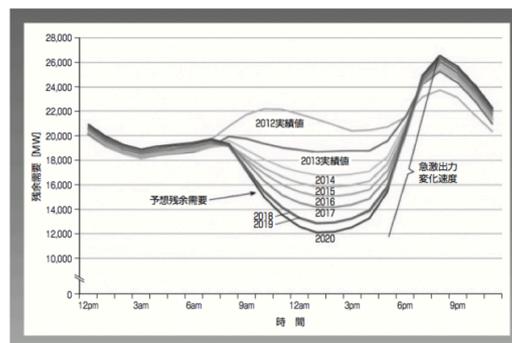
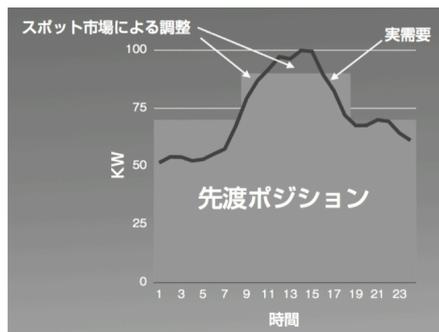
- 先渡し取引(定量契約)により、再エネ事業者の収益が確定

### 2. 電力消費時間帯のシフト

- エネルギー貯蔵が促進され、エネルギーがより価値のある時間にシフト

### 3. 売電の簡易化(主に太陽光)

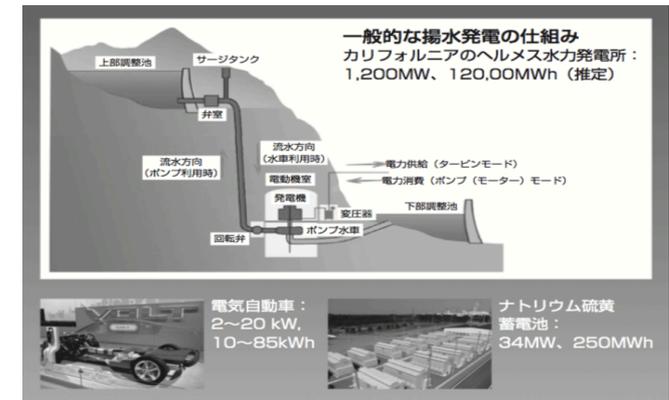
- TEではエネルギーと輸送の価格を分離し位置要因を考慮
  - 多くの太陽光発電は需要地近くに立地＝送配電コストを削減できる
- エネルギー価格は需要・供給曲線により決定(＝発電コストではない)
  - 残余需要(「ダックカーブ」となる)に合わせる柔軟性が必要
  - TEモデルでは柔軟性(DR、エネルギー貯蔵、DER等)の活用が容易



### 3. エネルギー貯蔵の系統連系

TEによりエネルギー貯蔵の投資と運用が効率化。情報公開と先渡し取引で所有者利益が最大化。立地の柔軟性も活用。

- TEモデルのエネルギー貯蔵における利点
  1. 利益を最大化できる
    - ← 先渡し価格と数量の情報が利用可能
  2. 立地の柔軟性を活用できる
    - ← エネルギーと輸送が分離しているため
- エネルギー貯蔵
  - 充放電サイクル効率は1kWhあたり70-90%である
  - 電力システム用では、効率とコストが重要である(容量と重量ではない)
- エネルギー貯蔵の送配電における利点
  - 利点は立地の柔軟性(システム上のどこにでも設置可能)
  - 需要地点近くに配置 → 送配電への新規投資の必要性を低減
  - 電力システム上で最も有益かつ、所有者にとって最も収益性が高い場所に配置される
- 先渡入札を利用したエネルギー貯蔵の運用
  - 蓄電池のEMSが、1つもしくは複数のTEプラットフォームで通信し入札と取引を行う
  - 所有者の利益を最大化するアルゴリズムで管理
    - 充電状態や物理的・化学的制約等は全て考慮されている



## 4. 住宅と商業ビルの統合

建物は効率とコスト改善で重要な分野。スポット取引により、競争市場で全プレイヤーがスマートな運用判断をする。

### 本節の概要

1	ほとんどの化石燃料削減とコスト削減は建物の効率改善で実現される
2	冷暖房需要が主要因
3	需要家の投資はスマート・低リスクに
4	全プレイヤーに公平なビジネス環境
5	需要家の自律的な行動

1. 化石燃料とコスト削減(RMIの試算)
  - 建物の電力使用量と、送配電損失の削減による
2. 冷暖房需要が主要因
  - EMSが経済的情報・選好情報で運用上の決定を行う=需要パターン変更

3. 需要家の投資はスマート・低リスクに
  - 先渡し取引:投資決定を調整  
全プレイヤーが同一の情報にアクセスし取引する。資本は最も収益性の高い投資に移行する。
  - スポット取引:運用上の決定を調整  
透明性の高い競争市場(TEプラットフォーム)を通じて整理される
4. 全プレイヤーに公平なビジネス環境
  - TEモデルは全需要家に高性能の意思決定ツールと必要情報を提供する
5. 需要家の自律的な行動
  - EMSが各スマート家電と通信し、需給を予測し、行動を最適化する
  - 需要家(プロシューマー)に投資と運用の情報と意思決定が委ねられる

## 5. 分散型エネルギー資源(DER)の統合

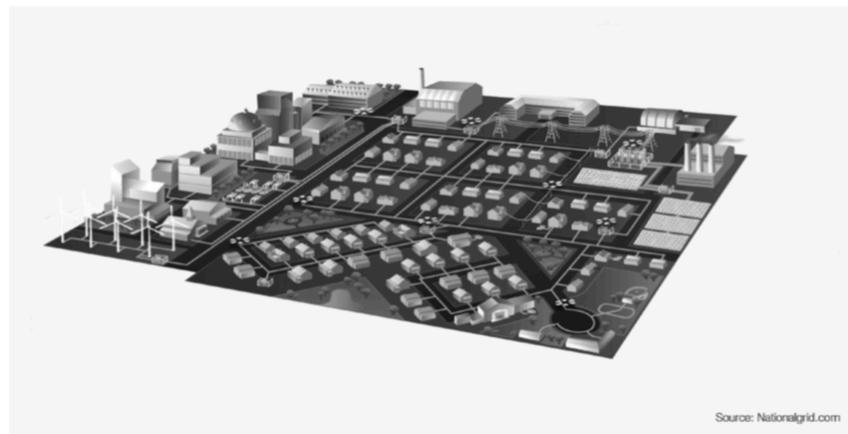
TEモデルによりDERの活用が可能になる。透明性のある競争市場の整備で導入が進み、電力システムの効率は向上する。

- DER概観
  - 「分散した」: 地理的に分散しており、配電系統に接続している
  - 電源は消費者の近くにあり、送電損失と故障を少なくする
  - 脆弱な大規模設備に置き換わることで信頼度を上げる
  - 細やかな需要にもよくマッチする
- 現状のDERの課題: 変動性
  - 集中化された電源は、発電を中心に単一の目的で運用されている
  - DERは複数の用途を持ち、発電も副産物と考えられる場合が多い
    - 発電量が建物や工場のニーズと結びついている
  - 発電以外の情報も考慮するセルフディスパッチによって最適な運用がなされる
- DERが送配電の必要性を変える
  - 需要近くに立地するため、輸送上のメリット大(投資必要性低減、損失削減)
  - デススパイラルの解消
    - 電力システムへの接続が必要家に便益をもたらす
  - TEモデルによりDER所有者が送配電の便益を享受する

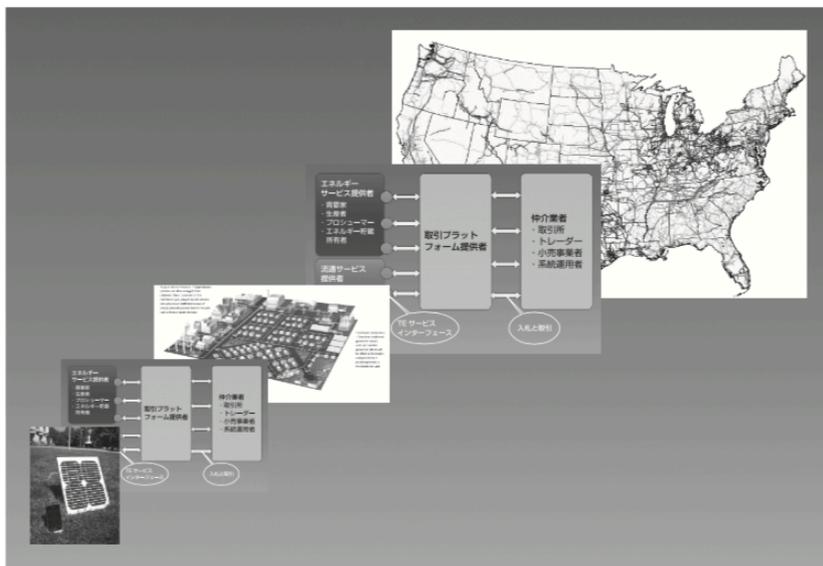
## 6. マイクログリッドの統合

TEモデルはマイクログリッド内・間で相互作用する枠組みを提供し、あらゆる規模での意思決定に取引が利用される。

- マイクログリッドの統合
  - 電力システムの一部であり、独立運用も可能
  - 利点は効率性と信頼度
  - EMSを活用し、それぞれのニーズに経済的に対応可能



- TEモデルは拡張可能である
  - 自由な規模で自由な数のTEプラットフォームを設定可能である
    - 全米、地域(州際)、州、町、工業団地、軍事基地、家庭、iPhone等
  - グリッドの境界はTEプラットフォームにより決定される



出所: The Cost of Power Disturbances to Industrial and Digital Economy Companies  
<http://www.epri.com/abstracts/Pages/ProductAbstract.aspx?ProductId=00000003002000476>

## 7. 電気自動車の統合

電気自動車は充電の柔軟性と分散型エネルギー貯蔵容量の2点で便益を享受し、電力システムの安定化に寄与する。

- 電気自動車の統合
  - EMSを搭載
  - 電力システムにシームレスに連系
  - 導入により電力需要に大幅な伸び
- 電気自動車の蓄電池は需要家に近い
  - ルーフトップの太陽光パネルに近い
  - エネルギーの消費地に近い
  - 特定地域の電力システム大きな負荷をかける可能性あり
    - ←適切に管理(速やかにディスパッチしうる電力量を利用)することで、負荷を軽減
  - 信頼度に対する便益も存在する
    - 車載蓄電池の容量は平均的な日々の電力使用量とほぼ同じ
- TE先渡入札を用いた電気自動車の運用
  - 柔軟な充電パターンの利用 = 便益をもたらす時間に充電時間をシフト
  - 所定の時間内で所定の電力量を売電することで、効率よく充電できる
  - 適切な時間に充放電することで、車庫内で「利益」を得る



## 8. 信頼度の維持

アデカシーはTE内の需要家の選択の問題。セキュリティは電カシステム保護者の管理下。マイクログリッドは個別に管理。

歴史的には、「電カシステム保護者」は、信頼度を維持するためにアデカシーの保たれた電源を維持する責任がある。

DER・マイクログリッド・需要家のエネルギー貯蔵が増えたので、集中型の設計は困難になっている

TEモデルでは、「アデカシーの保たれたレベルの信頼度」(NERCの定義による)の判断が需要家の手に委ねられるようになる

電カシステムの保護とセキュリティは「電カシステム保護者」の手に委ねられる(マイクログリッドを除く)

- 需要家はアデカシーコストと非アデカシー性の結果を負う
  - 自己運用と価格反応性を介して、どの程度のアデカシーを購入するか決定する
  - DERとマイクログリッドの活用で自らの信頼度を高めることが可能
- TEにおける輸送の信頼度は、送電網所有者と運用者によって管理されている
  - これらの投資は先渡し入札によって先導され、スポット入札は現在のシステムに合理的に対応することを確実にする