

TE(取引可能な電力)説明

- ・概要
- ・第1章: イントロダクション
- ・第2章: エネルギー取引のビジョン

2017年度第3回京大再エネ講座主催シンポジウム
説明資料

2018年2月13日
京都大学大学院経済学研究科
再生可能エネルギー経済学講座
特任教授 山家公雄

目 次

1. Transactive-Energy(取引可能な電力): 表紙と目次
2. TE(取引可能な電力)が登場する背景と概要
3. 著者とカリフォルニア州電力事情
4. 第2章エネルギー取引のビジョン

1. Transactive-Energy(取引可能な電力): 表紙と目次

2017年

山家公雄
Kinjo Yutaka

アメリカの電力革
広域運用からローカル運用へ

2017年

再生可能エネルギー政策
の国際比較
日本の変革のために
植田和弘・山家公雄 編

京都大学学術出版会

2018年2月

Transactive Energy

A Sustainable Business
and Regulatory Model
for Electricity

Stephen Barrager, Ph.D.
Edward Cazalet, Ph.D.

ステファン・バラガー、エドワード・カザレット 著
山家 公雄 監訳

京都大学大学院経済学研究科
再生可能エネルギー経済学講座 訳

- 第1章 インTRODクシヨN
- 第2章 エネルギ-取引のビジヨN
- 第3章 3本の柱: システム、接続、プロトコル
- 第5章 なぜ「取引可能な電力」なのか?
- 第6章 いかにしてTEモデルへ移行するか
- 第7章 本書の著者紹介

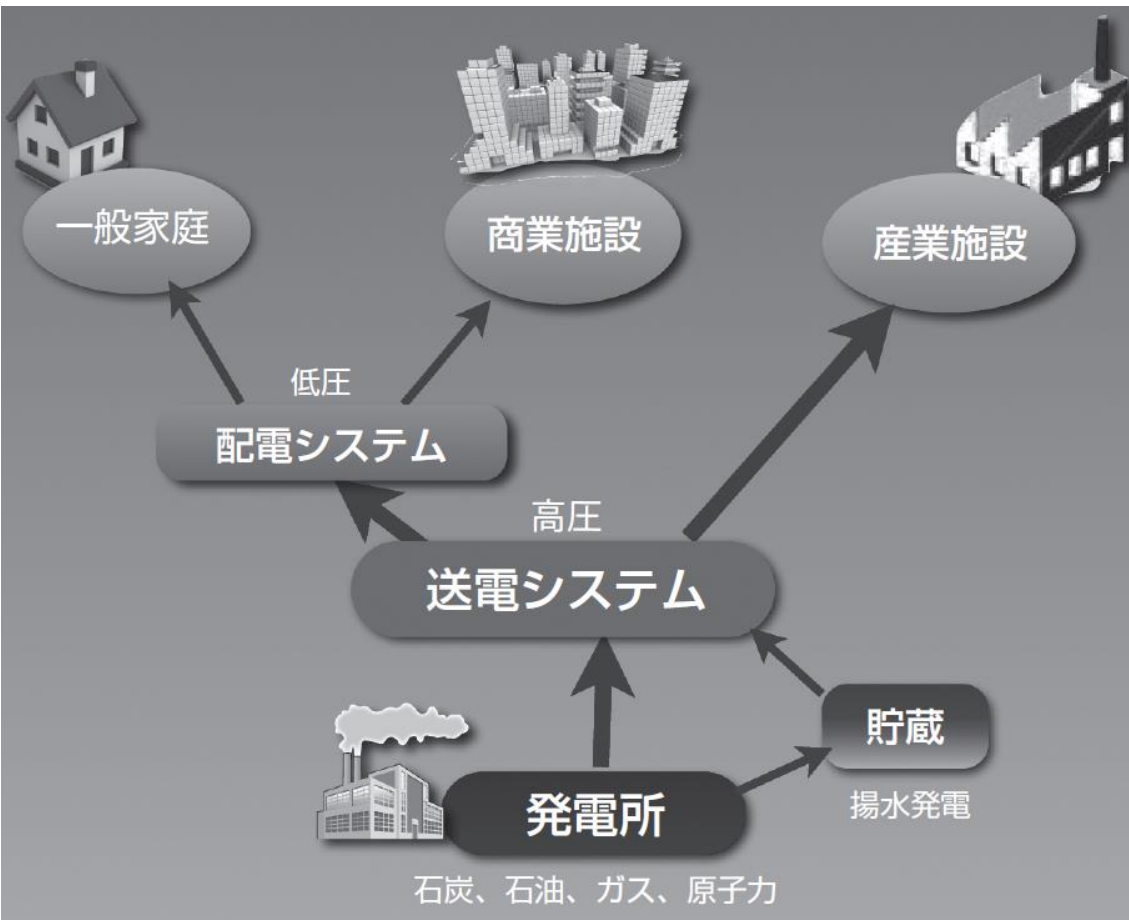
2. TE(取引可能な電力)が登場する 背景と概要

分散型エネルギー時代の課題にどう対応するか

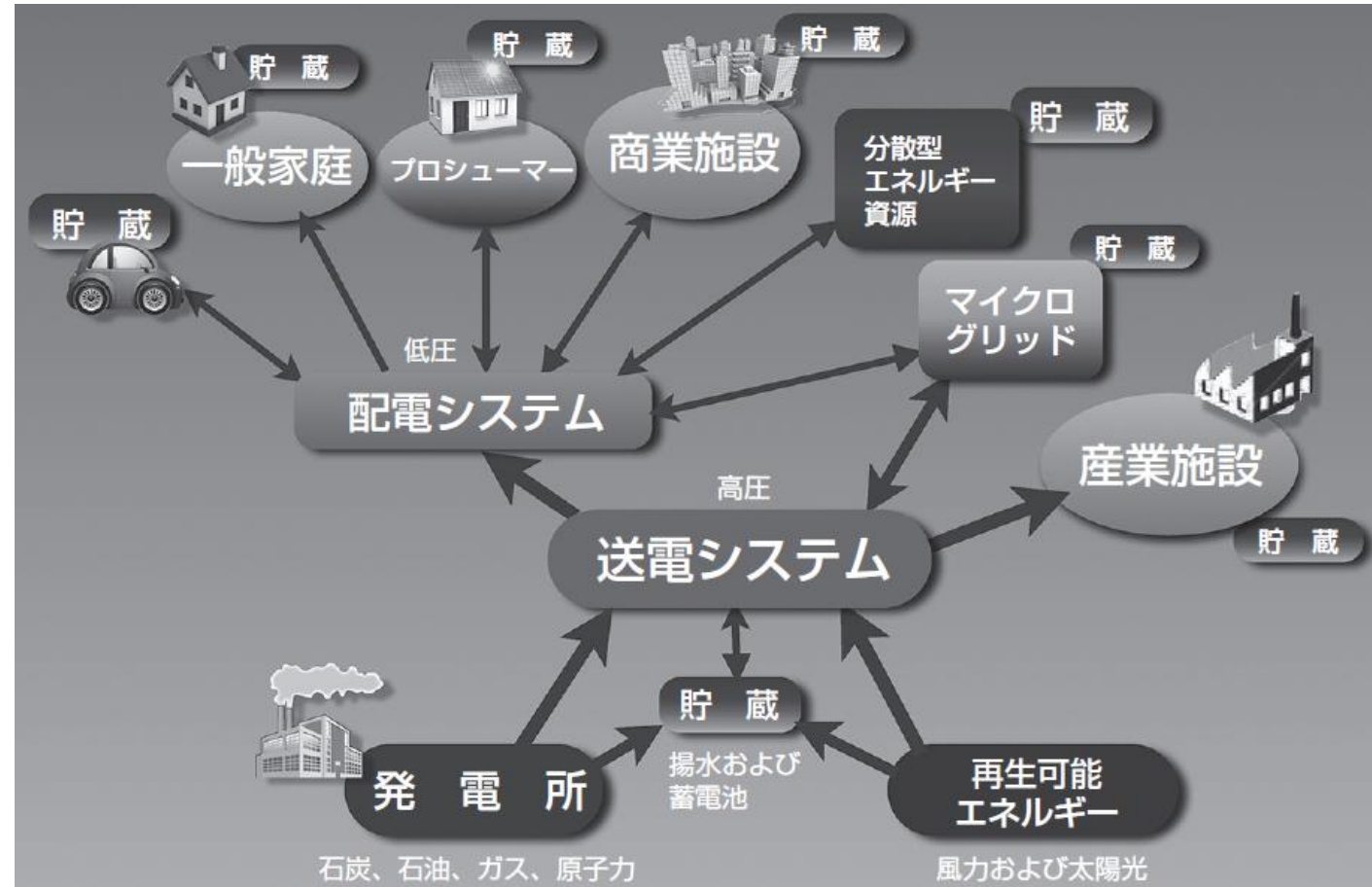
- ・低・脱炭素要請等を背景に再エネ、効率化投資が増加し、エネルギーも分散型に移行。
- ・分散型資源の投資や運用(運転)をどのような基準で行うか。
- ・需要家はいかにして合理的にリスク軽減して投資・運用判断をするか。
- ・自家消費が増え、既存システムを通るルートが細り、料金引き上げでの対応はこの循環を加速するが(デススパイラル)、システムをどう維持するか。
- ・スマートグリッド、デマンドレスポンス、ネワット取引、VPP等は要するに何か。

電力システムの移行

2010年当時の電力システム



2020年に予想される電力システム



(出所)トランザクティブ・エネルギー(和訳)

TE: Transactive Energy (取引可能な電力) とは何か

- TEモデルによって、以下の4つの大きなアイデアが具体化される。
 - * 「エネルギー(電力量)」と「輸送」サービスという2つの商品がある。
 - * 「先渡し取引」は、リスクを管理し、投資の意思決定を整理するために利用される。
 - * 「スポット取引」は、電力システムの運用の意思決定を整理するために利用される。
 - * すべてのプレイヤーが自発的に行動する。
- 卸市場・広域はTEに近い、これを小売市場・ローカルに展開する。
- IoT等の技術革新が上記変革を可能に。
- 誰もが参加できる単純なルールであり「公平性」、「透明性」、「効率性」に優れている。

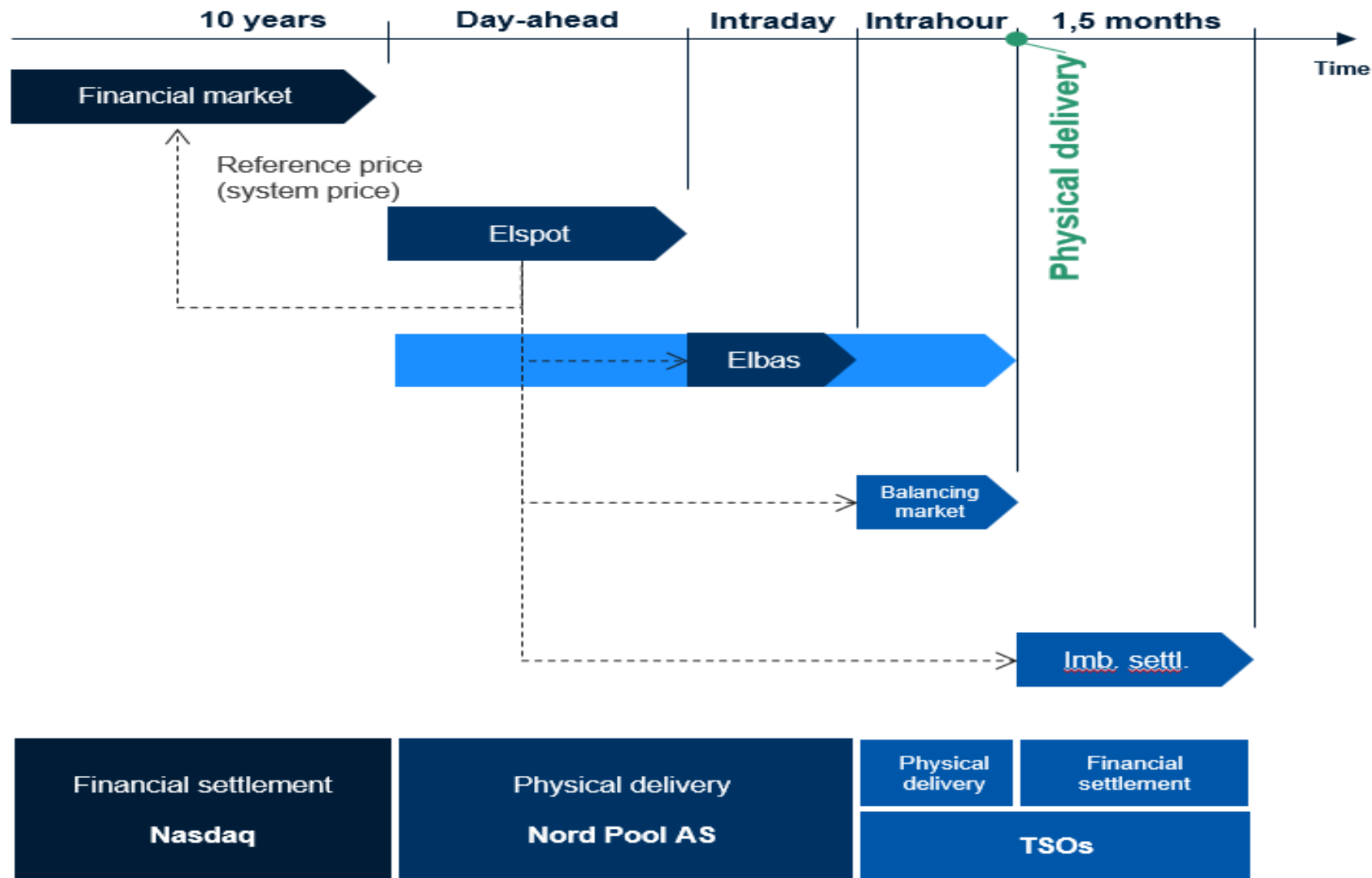
(参考)卸電力取引所の役割 ノルドプールの主要任務

- ・電力卸売市場取引所。取引市場に関し、高い流動性と安全性を提供する
- ・電力卸売市場に関し、正確でタイムリーな情報発信を行い、透明性を確保する
- ・市場に対する平等なアクセスを提供する
- ・全ての取引を仲介し、決済と供給を保証する

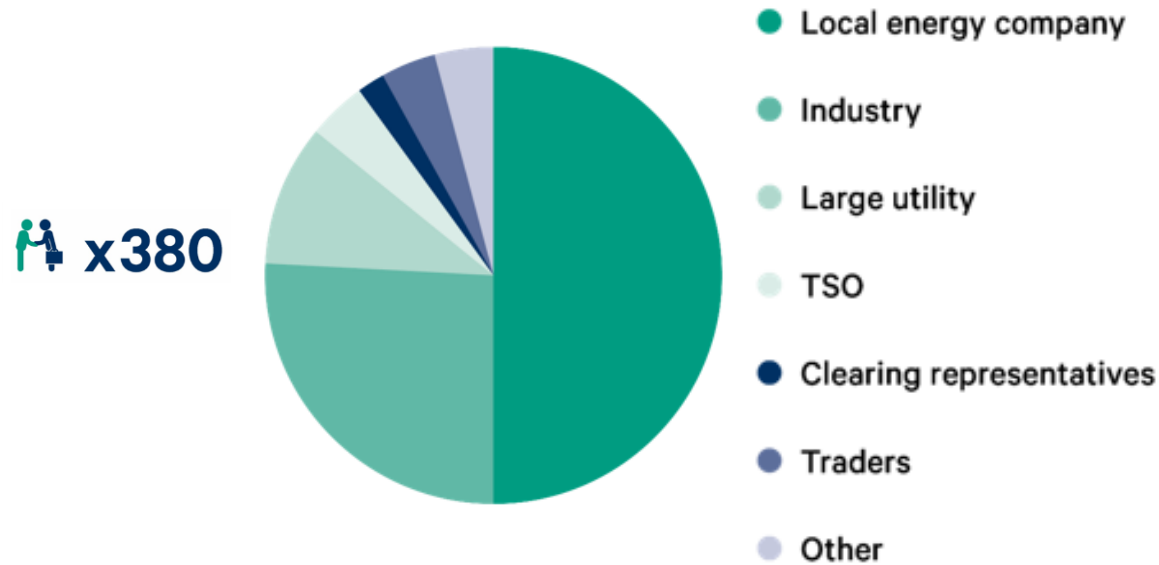


(出所)ノルドプールアカデミーを和訳

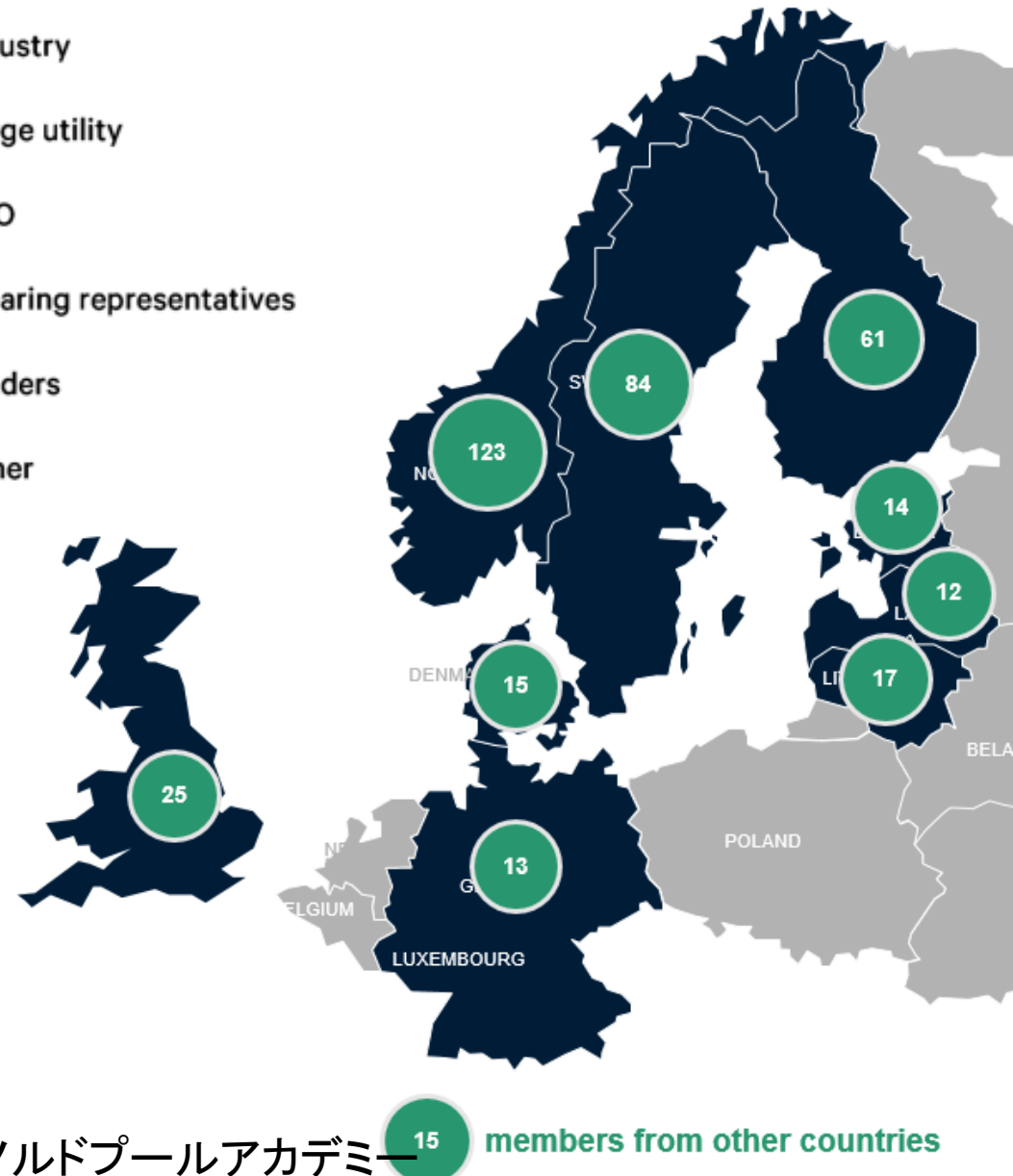
電力取引に係るノルドプールモデル



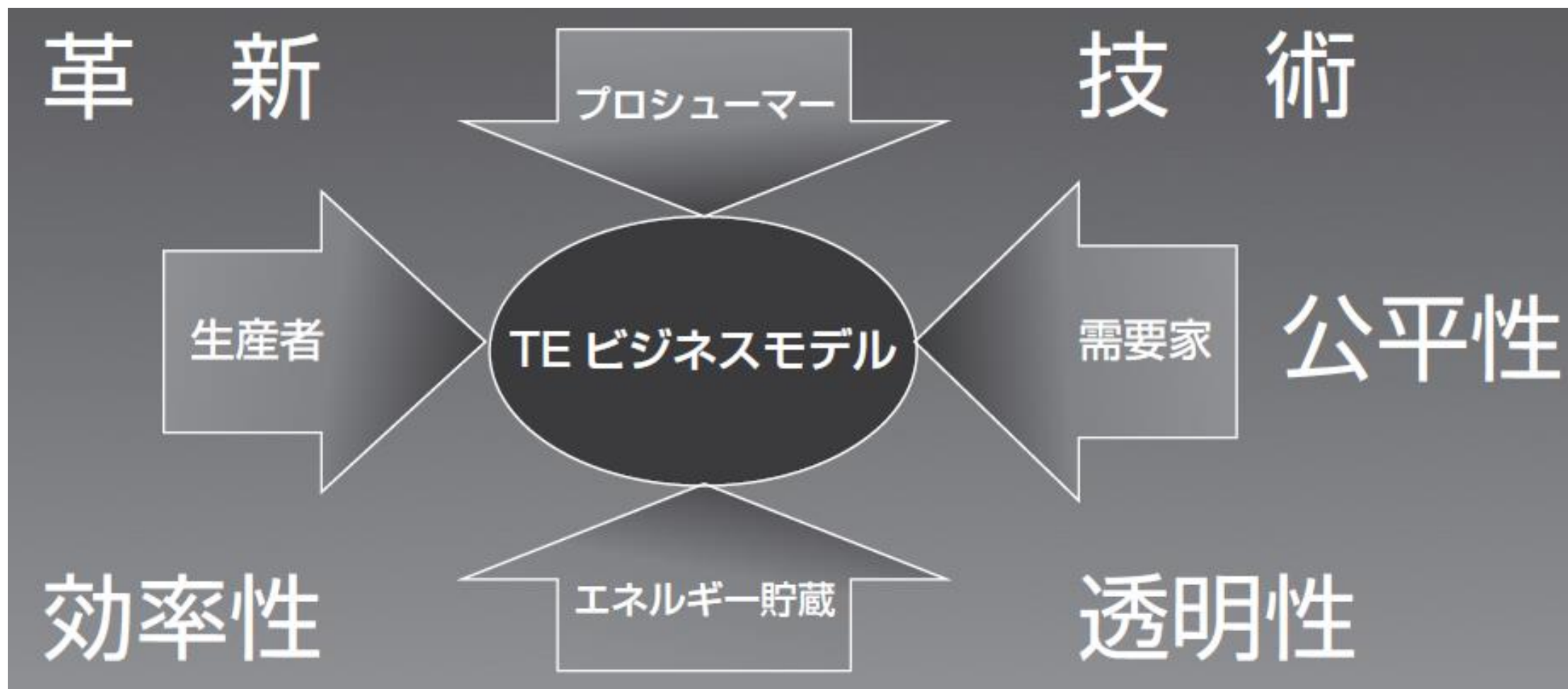
ノルドプール会員メンバー(2016/6末)



- ▶ Nord Pool has altogether approximately 380 members
- ▶ Majority of the members are Clients:
 - Client: 59% (222)
 - Participants: 40% (149)
 - Client representatives: 2% (6)
- ▶ Currently 20 different countries represented through members
- ▶ High level of versatility in terms of the type of market participants:
 - End consumers, producers, retailers, brokers
 - Starts ups and very large utilities
 - Industrial companies, municipalities, service providers, etc.



なぜ、取引可能な電力なのか。



3. 著者とカリフォルニア州電力事情

著 者



Stephen Barrager, Ph.D.

スティーブン・バラガー博士



Edward Cazalet, Ph.D

エドワード・カザレット博士

筆者のスティーブン・バラガーとエドワード・カザレットは、

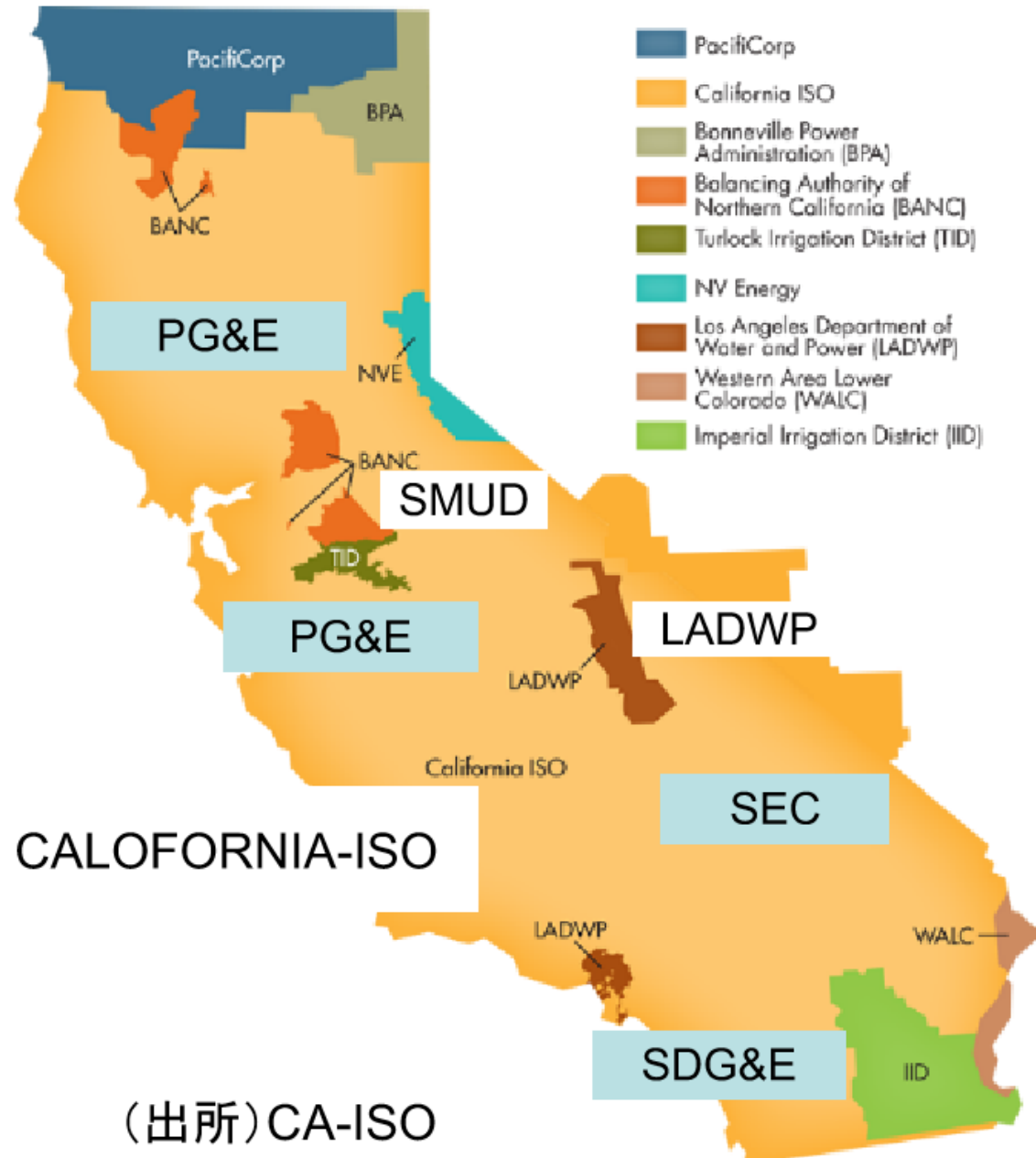
- ・電力システムの計画における新しい手法を設計したパイオニアであり
- ・スタンフォード大学の管理工学科でシステムエンジニアリングと経済学を学び
- ・電力業界にサービスを提供するためにいくつかの革新的な会社を設立してきた
- ・カザレット博士、元CAISO総裁

(出所)トランザクティブ・エネルギー(和訳)

カリフォルニア州の電力情勢

- 環境先進州、再エネ2030年までに50%（2045年100%へ）
- 太陽光発電設置量は全米で3割強、DER普及策
→ダックカーブ、デススパイラル
- 小売り部分自由化、垂直統合型の電力会社（ユテリティ）
- 3大民間電力会社（サンフランシスコ、ロサンゼルス地区、サンディエゴ）
→州規制機関PUCのきめ細かな規制
- 市営電力会社：サクラメント市、ロサンゼルス郡
- マーケットオペレート（卸取引所）とシステムオペレート（系統運用）
を担うCA-ISOが存在感。→市場取引、地点別価格
- DERの便益と費用を反映する仕組みを検討中
(cf.) NY州の電力改革

カリフォルニア州のBalancing-Groupと電気事業者



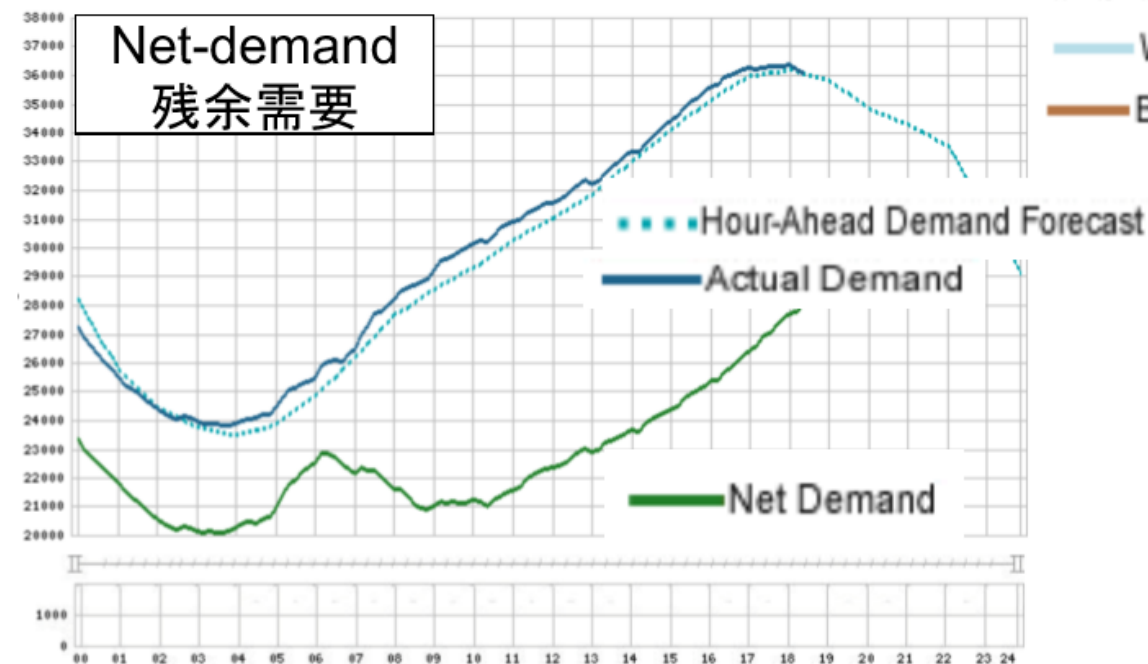
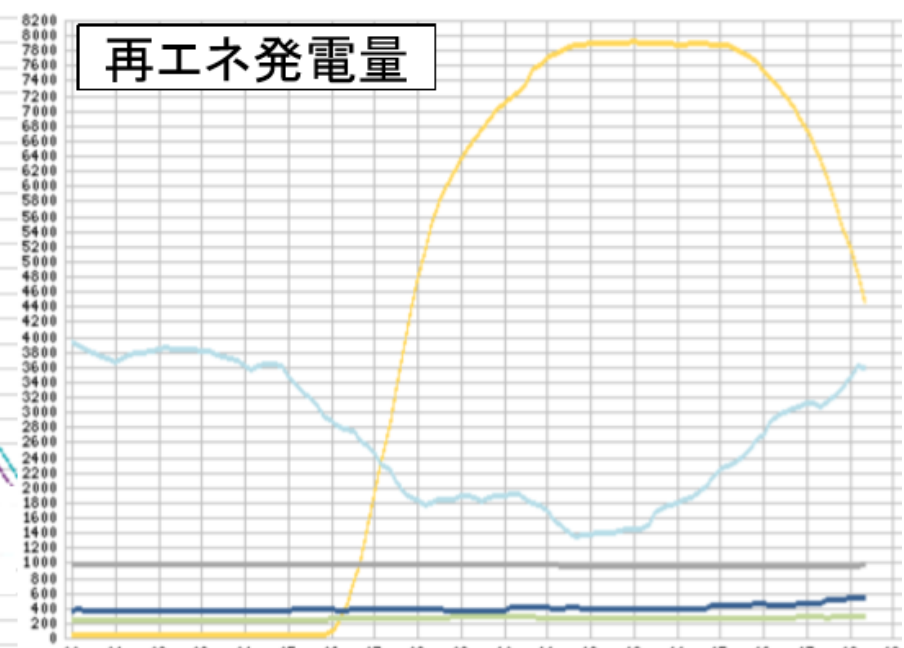
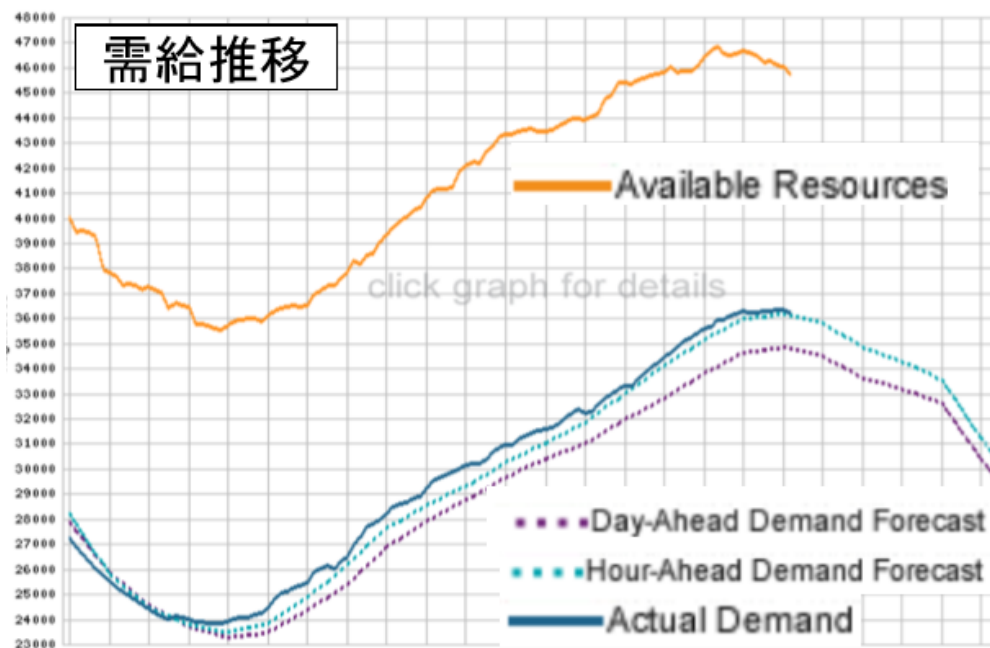
【電気事業者の類型】

- IOUs : Investor owned Utilities
 - PG&E
 - SCE
 - SDG&E
- POUs : Publicly Owned Utilities (Municipalities)
 - LADWP
 - SMUD
- CO-OP

(出所) CA-ISO

単位:MW

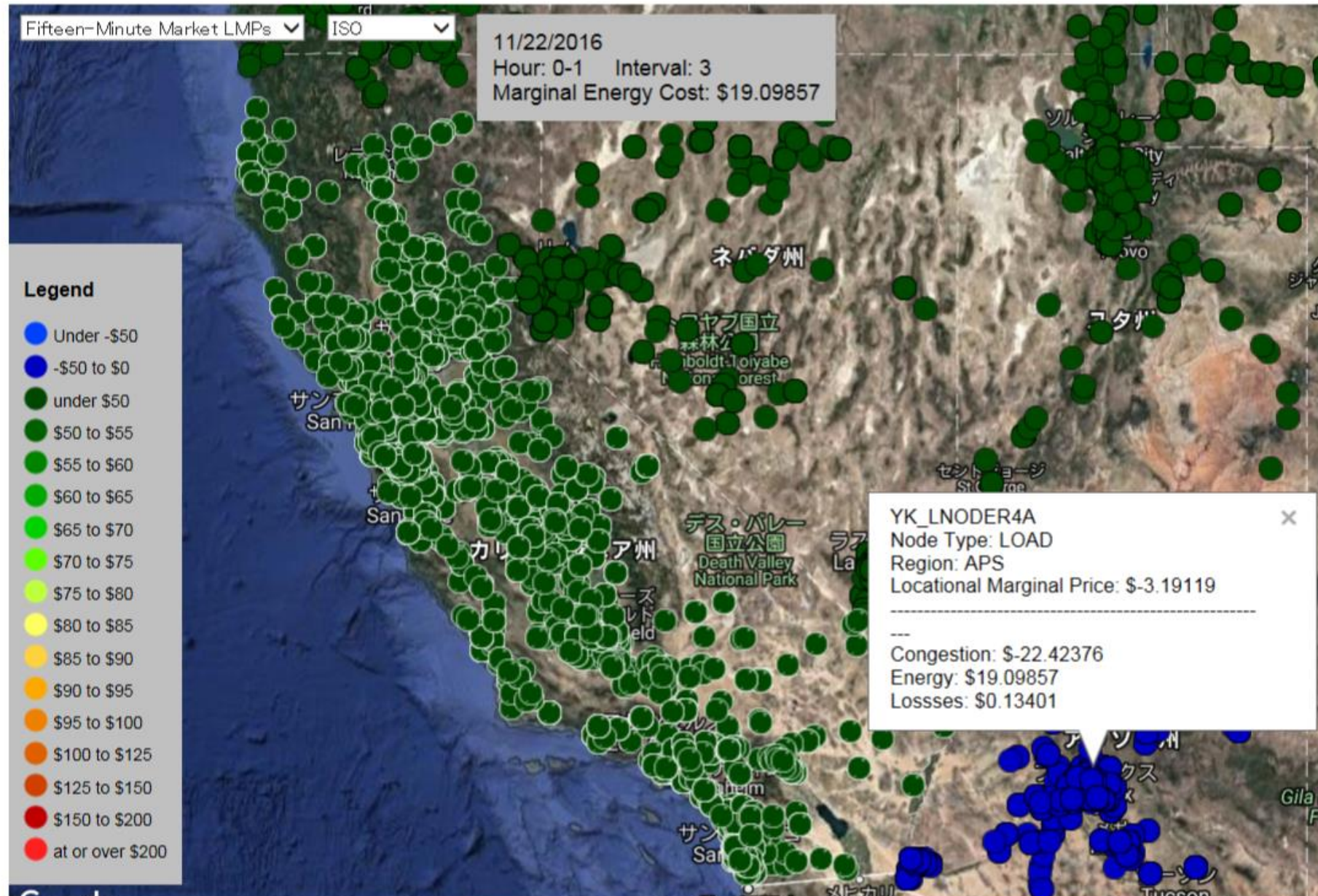
CA-ISOの需給表示 (7/8/2016)



- ・前日市場
*15分単位
- ・当日(リアルタイム)市場
*FMM:Fifteen-Minute Market (15分)
*RTD:Real-Time Dispatch (5分)

(出所)CA-ISO

CA-ISO地点毎卸市場価格の表示(15分毎)



(出所) CA-ISO

4. 第2章エネルギー取引のビジョン

1. 背景: スタットハブの機能
2. プロセス: 入札、取引、受渡し
3. 先渡し取引とスポット取引
4. エネルギー輸送

デジタル時代のダフ屋「スタッドハブ」の オンラインプラットフォーム---個人の取引参加



予め予約(先渡し)。
不要になると売却、安くなると買い替え(スポット)。



チケットを販売
ペイパルを通じたお金のやり取り
配送手段の選択

チケットを購入
連番チケットを購入



[stubhub.com](https://www.stubhub.com)

© 2013 Baker Street Publishing, LLC. All Rights Reserved.

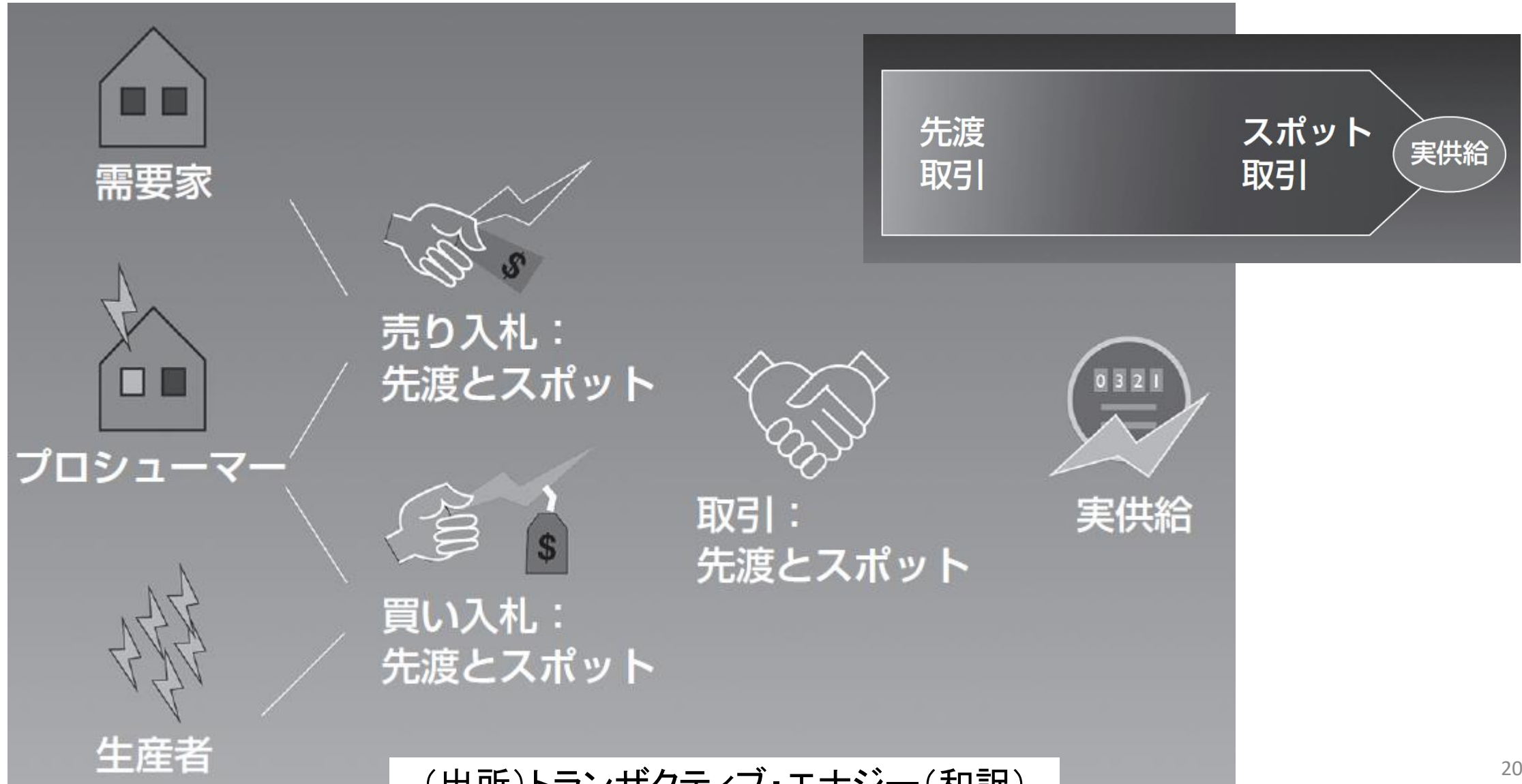


This is how we used to buy tickets.

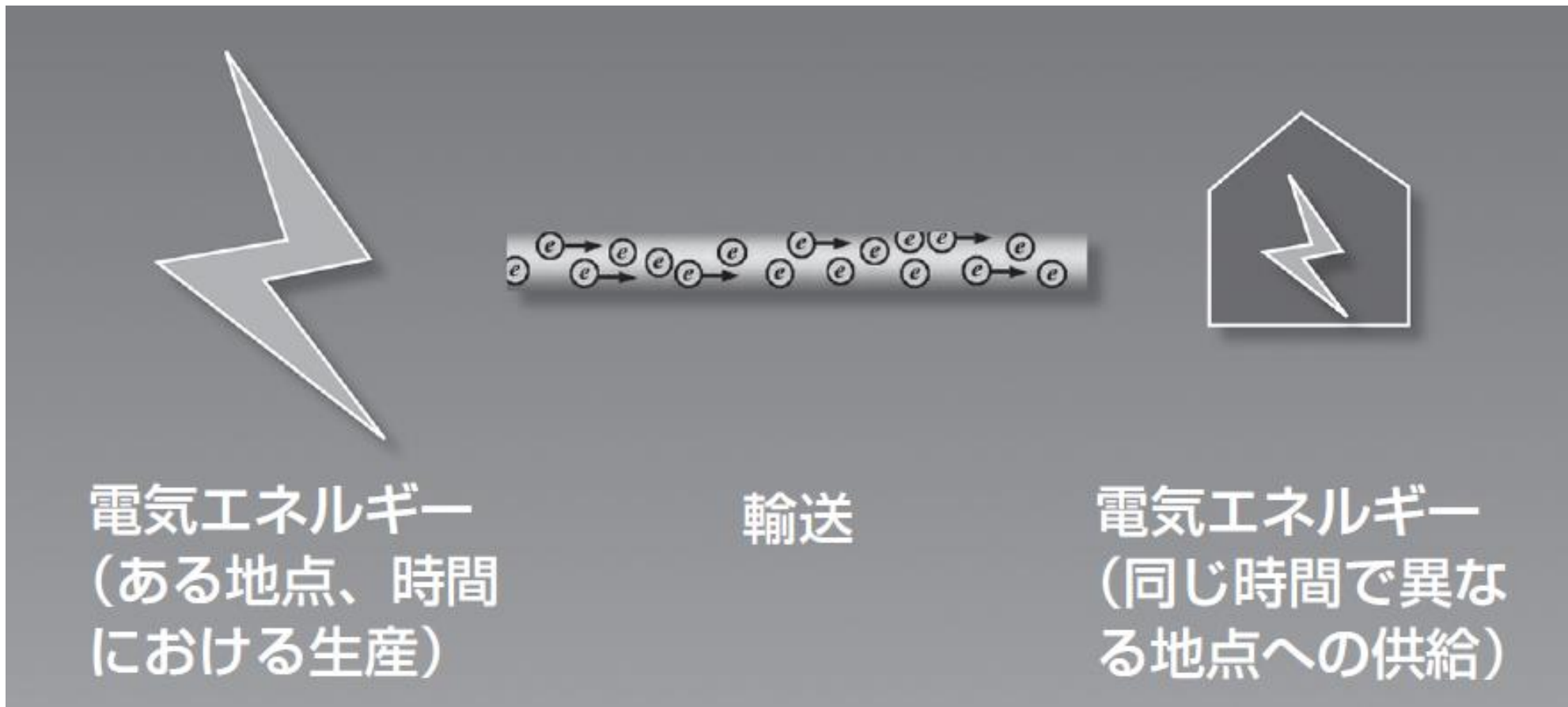
© 2013 Baker Street Publishing, LLC. All Rights Reserved.

(出所)トランザクティブ・エナジー(和訳)

入札と取引：先渡しとスポット ／ 受渡し（実供給）

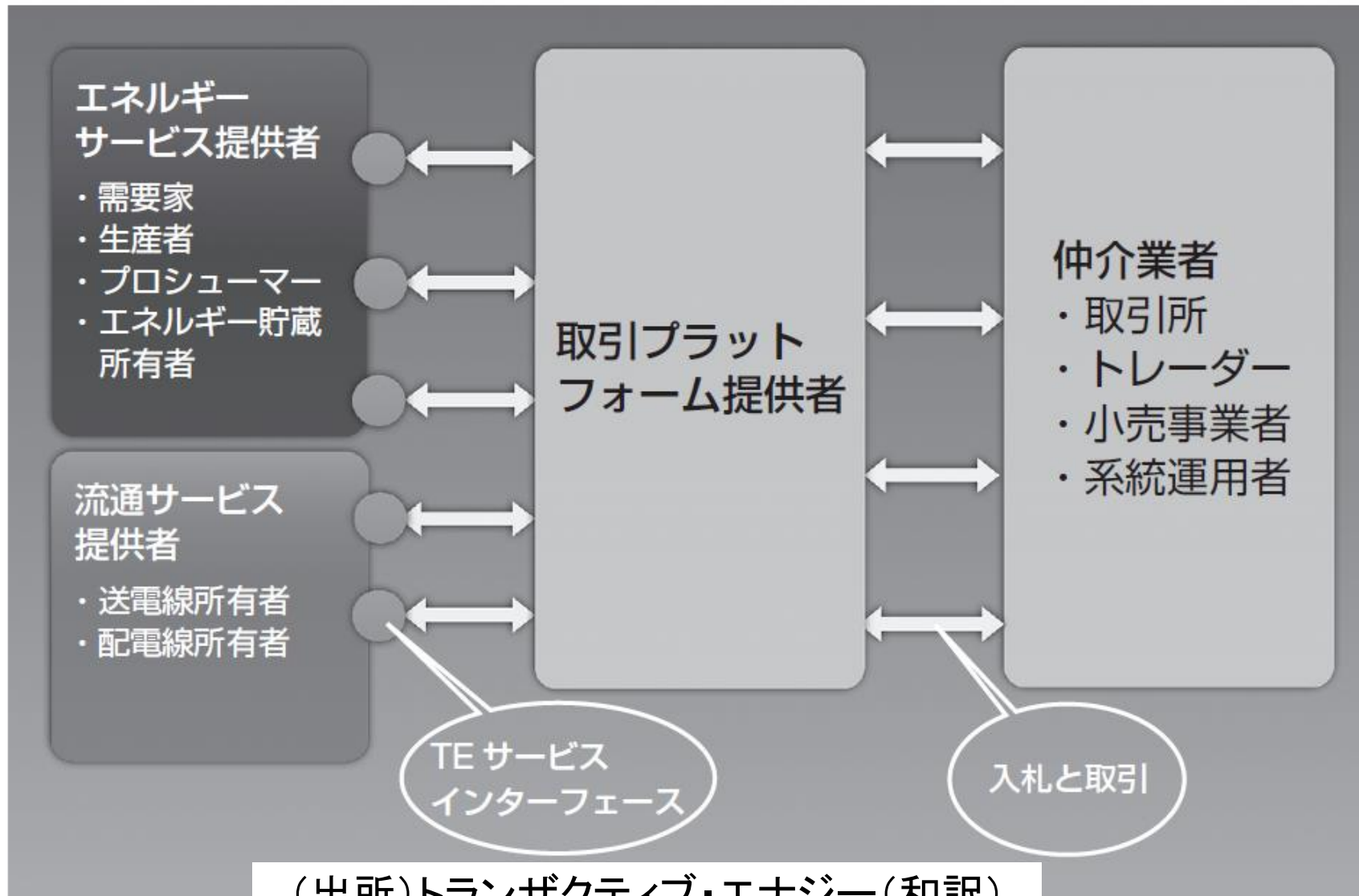


エネルギーと輸送サービスという2つの商品



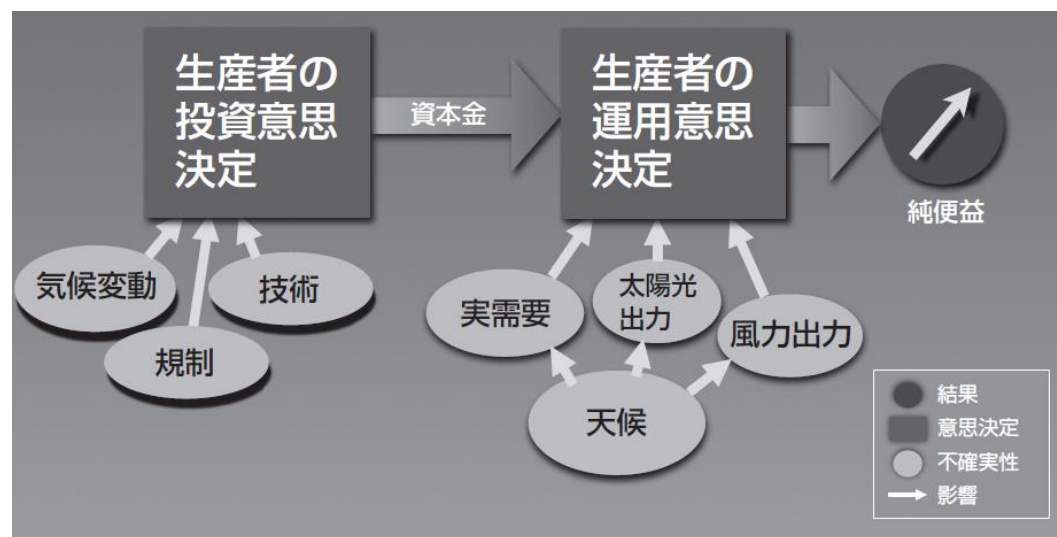
取引プラットフォームを通じた取引

(全てのプレイヤーが取引プラットフォーム提供者を通じてつながる。)



電力の「投資」と「運用」の意思決定

2000年時点の投資と運用の意思決定



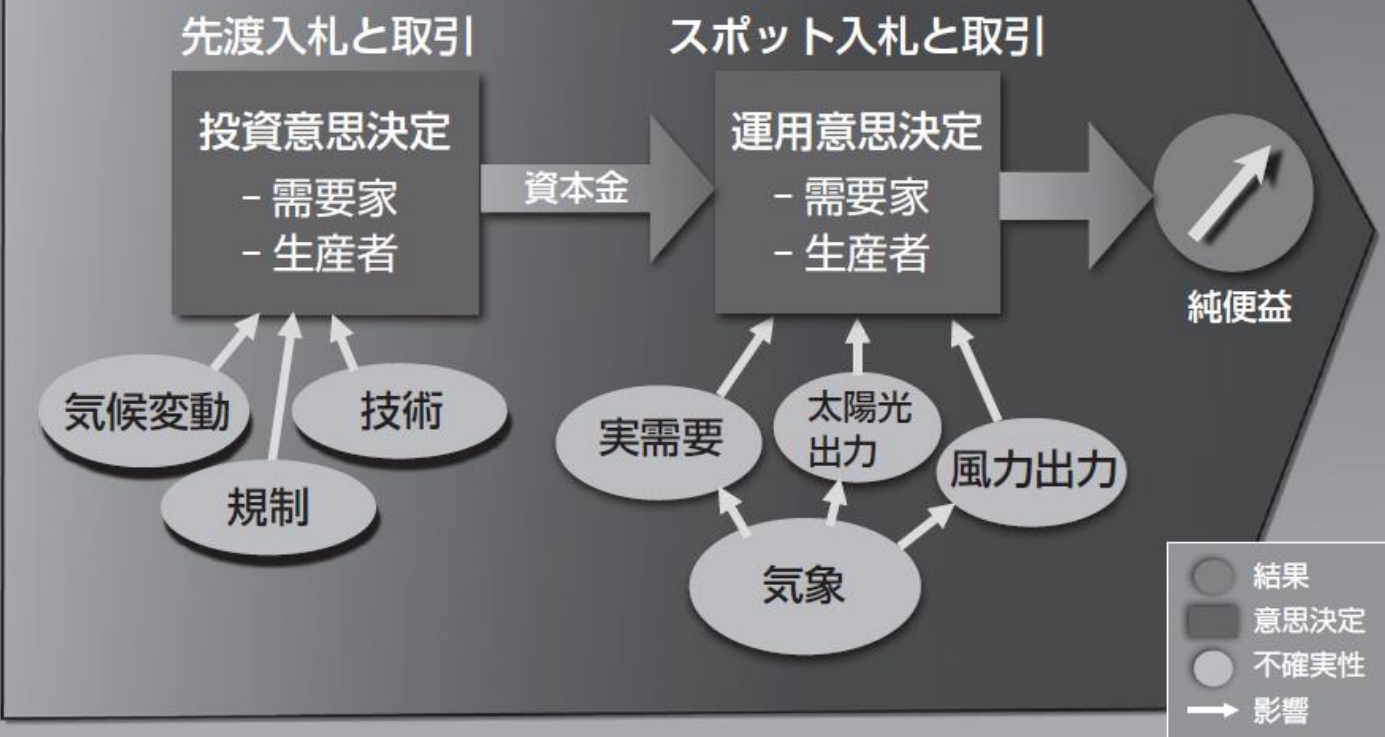
(生産者) 許認可、フラットな料金、リスクを需要家に
転嫁、低金利調達

(需要家) リスクを管理する手段がない

先渡取引とスポット取引の役割

(TEのビジネスモデルでは先渡入札と先渡取引を利用して投資意思決定の調整やリスク管理を行う。スポット入札やスポット取引は運用上の意思決定に利用される。)

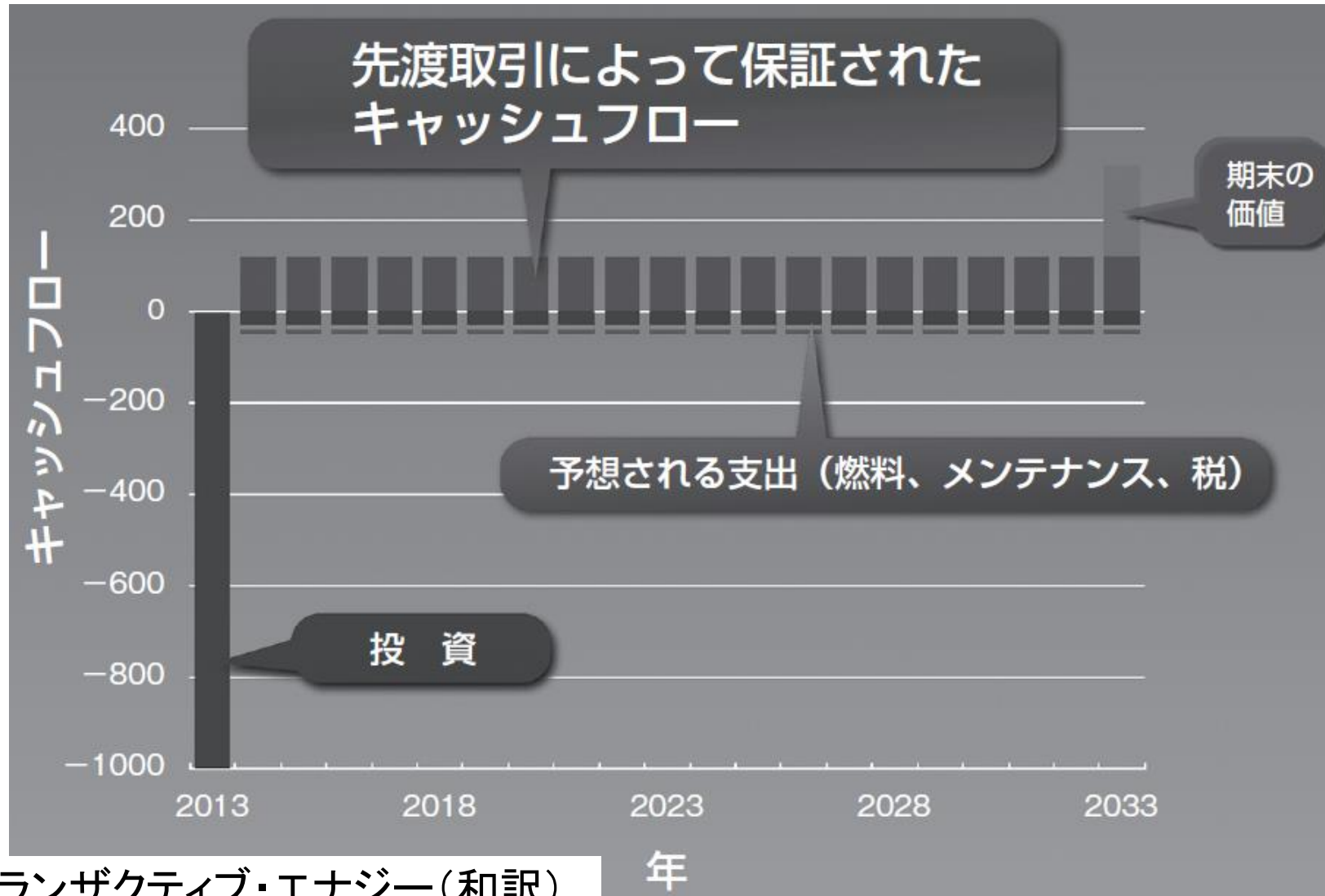
TE プラットフォーム



(出所) トランザクティブ・エナジー (和訳) (需要家) 市場取引参加を通じてリスク管理可能に。

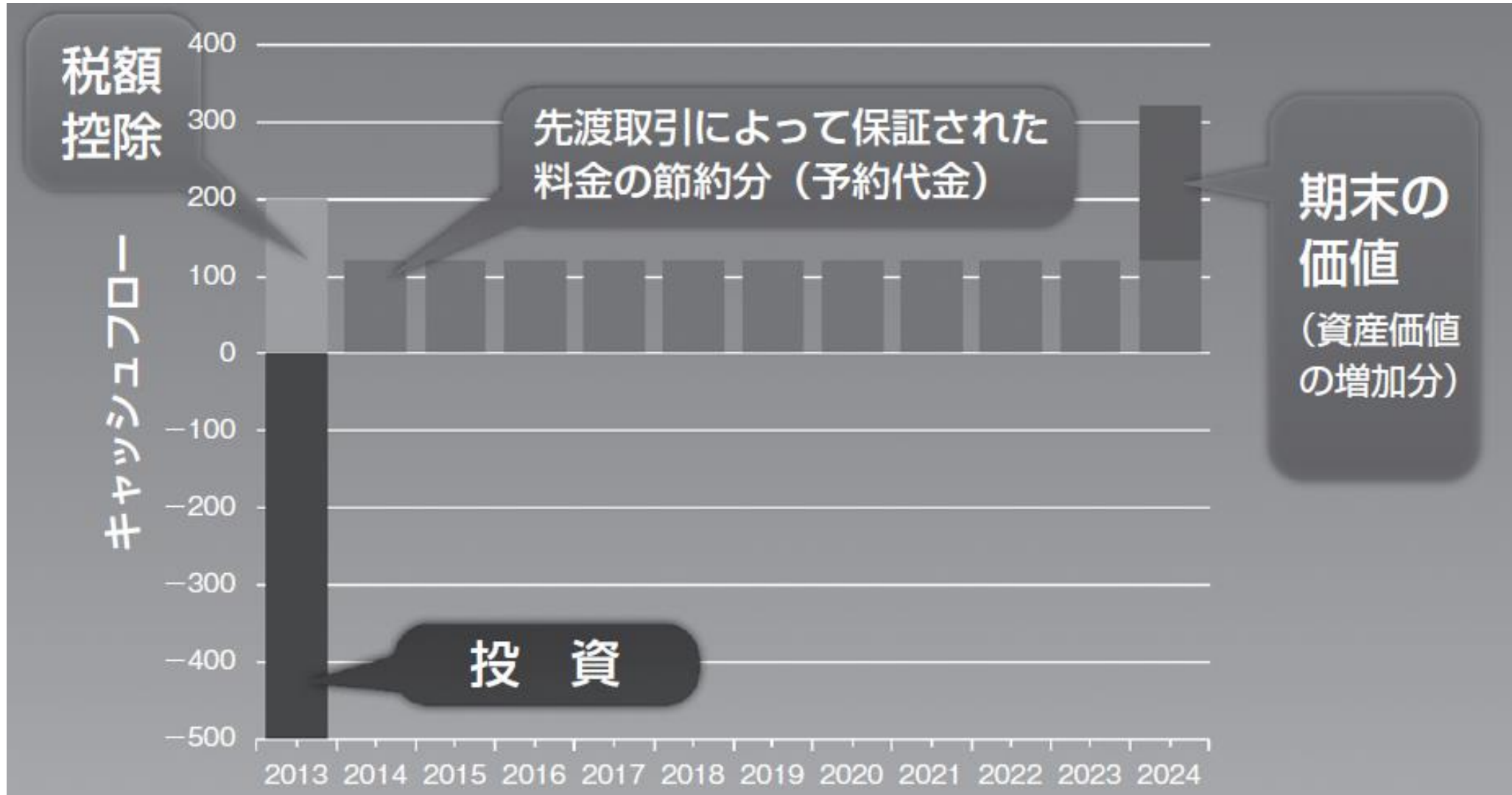
投資判断の基準：大規模発電設備

(キャッシュフローの割引現在価値が0より大きいと予想される場合、投資は望ましいものと判断される。)



(出所)トランザクティブ・エナジー(和訳)

投資判断の基準：需要家の省エネ機器投資 (典型的なキャッシュフロー)



(出所)トランザクティブ・エナジー(和訳)

既存、TEの意志決定の比較

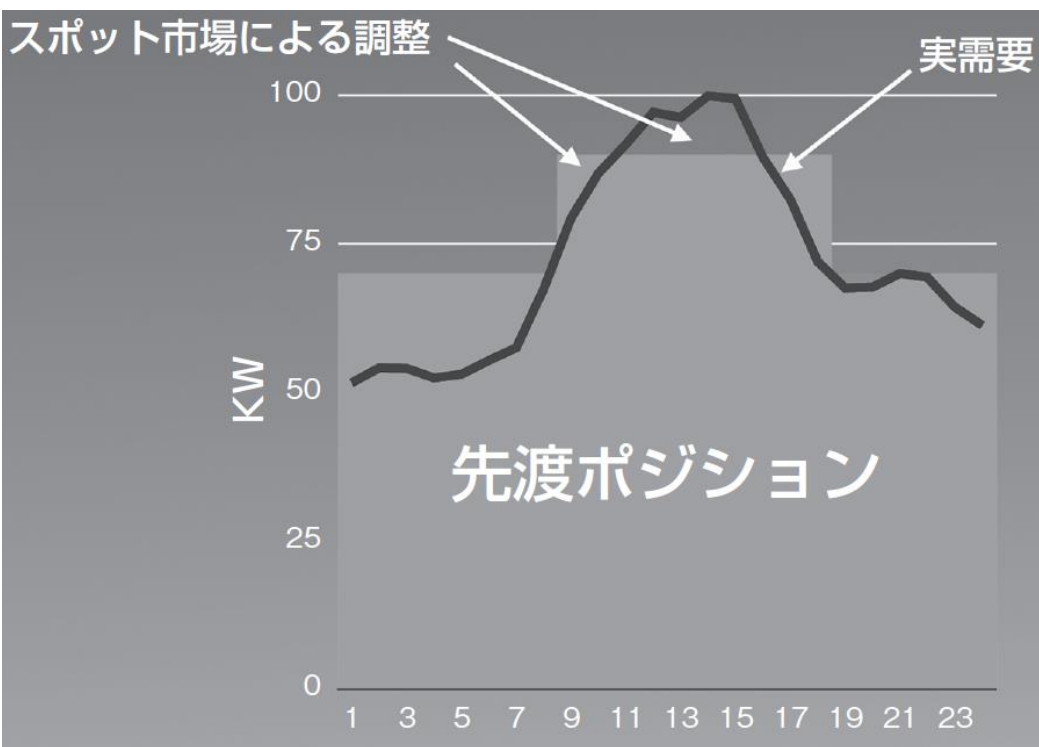
意志決定	TE	既存のシステム (サービスコスト)
生産者の投資	先渡取引が収益性を決め、リスクを減らす。	民間電力会社が行う投資は、料金算定の基準に算入することが認められる。料金算定基準に算入される投資はいずれも公正な利益が保証される。
需要家の投資	先渡取引（定量契約）が節約額を決め、リスクを減らす。	将来のサービスコストと補助金の予測に基づく。
生産者の運用	エネルギーと輸送サービスのスポット価格。	最低コストに基づく。
需要家の行動	エネルギーと輸送サービスのスポット価格。	サービスコストに基づく。変動がない、価格が固定された料金。

(出所)トランザクティブ・エナジー(和訳)

需要家のスポット取引を活用した運用

スポット取引の役割

(スポット市場取引は先渡ポジションと実需要の差異を取り除くために利用される)



TEの需要家による活用例

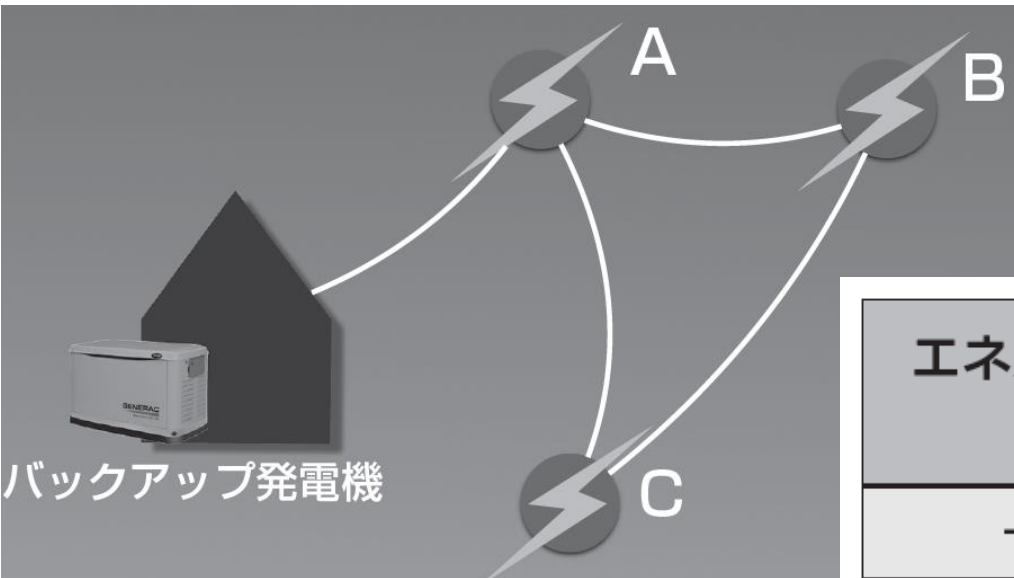
- 自身の典型的な電力消費の形態に基づき、毎月定額で、年間を通じて毎時間一定量の電力供給を受ける契約を、自動的に供給者と結ぶ（定量契約）。
 - ・ もしある 1 時間について契約したよりも少ない電力を使用した場合は、少ない分だけそのときのスポット価格に基づいて支払いを受ける。
 - ・ もしある時間について契約したよりも多く電力を使用した場合は、多い分だけそのときのスポット価格に基づいて支払いを行う。
- 自分の需要が変化するのに応じて、いつでも自動的に、その時点で供給者が入札しているスポット価格で、電力を売ったり買ったりすることができる。

取引に関する意志決定は全て EMS に組み込まれたアルゴリズムが処理する。EMS がエージェントとして振る舞う。

エネルギー輸送

合計価格

(合計価格はエネルギー価格と輸送価格の和となる。)

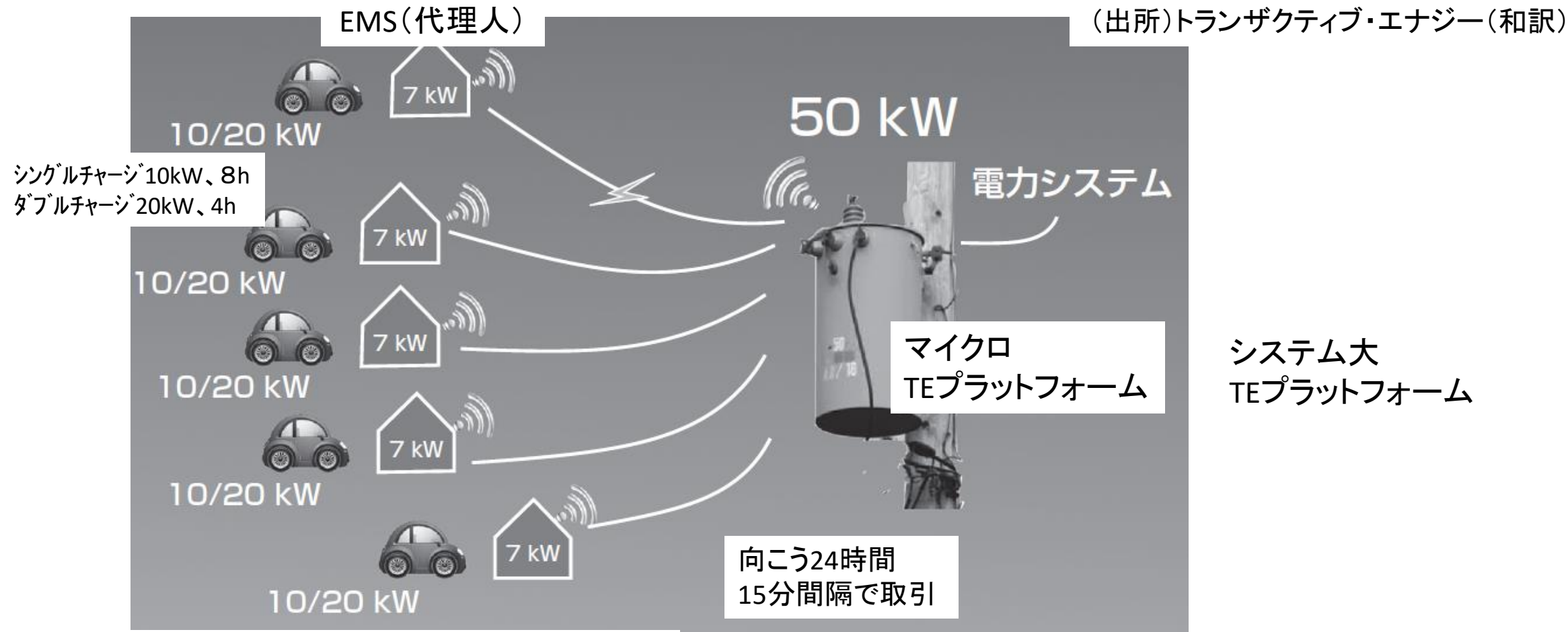


エネルギーと流通サービスの価格

エネルギー的な位置	その地点でのエネルギー価格	一般家庭への輸送価格	合計価格
一般家庭	50	0	50
A 点	38	4	42
B 点	30	7	37
C 点	30	3	33

(出所)トランザクティブ・エナジー(和訳)

トランス(変圧器)のスマートな利用(混雑対応)

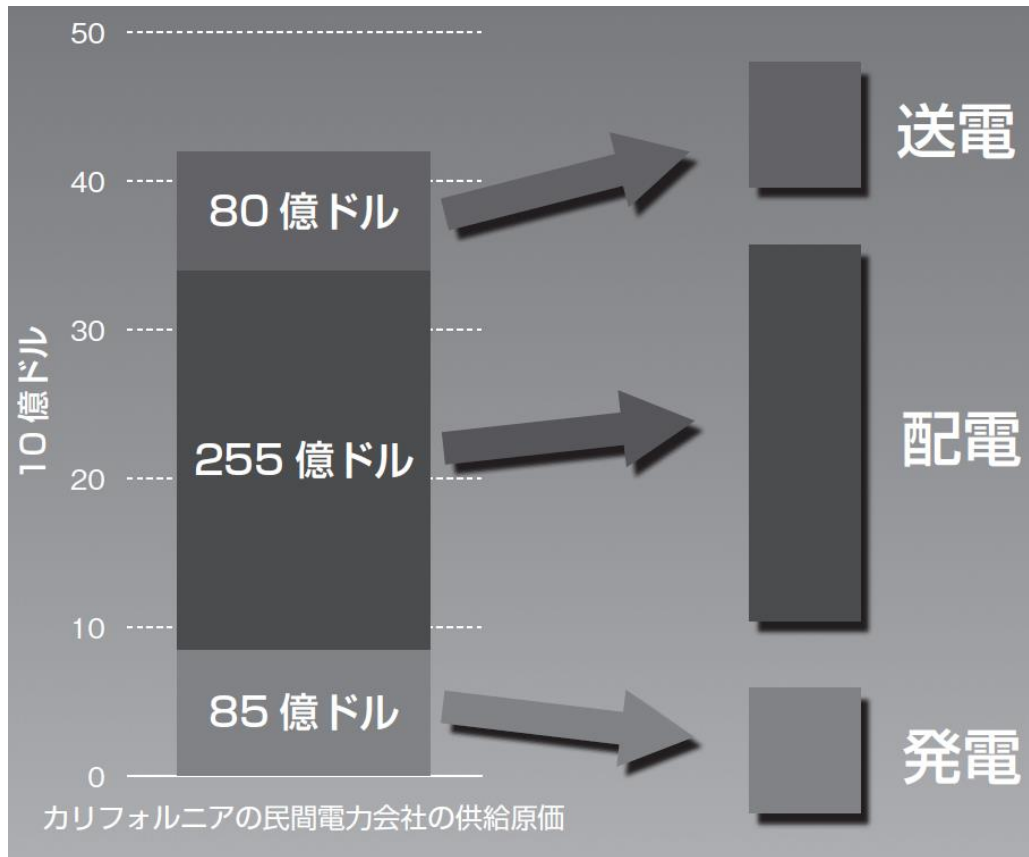


- ・5軒が10kWの定量輸送契約締結
 - *各々が10kW/h以内で使用の場合はOK
 - *余る家庭は不足する家庭に売却
 - *同時に10kW使うと変圧器容量一杯
 - *2軒が20kW充電しようとする場合は？
- ・輸送供給が不足の場合、5軒は100kWへ更新を要求
 - 各家庭は10kW分の塚料金を公平に支払う

- ・5軒の中に太陽光、蓄電池所有の場合
 - クラスター内取引、輸送量減少、一つのシステム
- ・EMSは変圧器の向こう側の生産者と交信
 - *電力の売買
- ・EMSは変圧器の向こう側スイッチ、保護回路と交信
 - *緊急時の自立運転

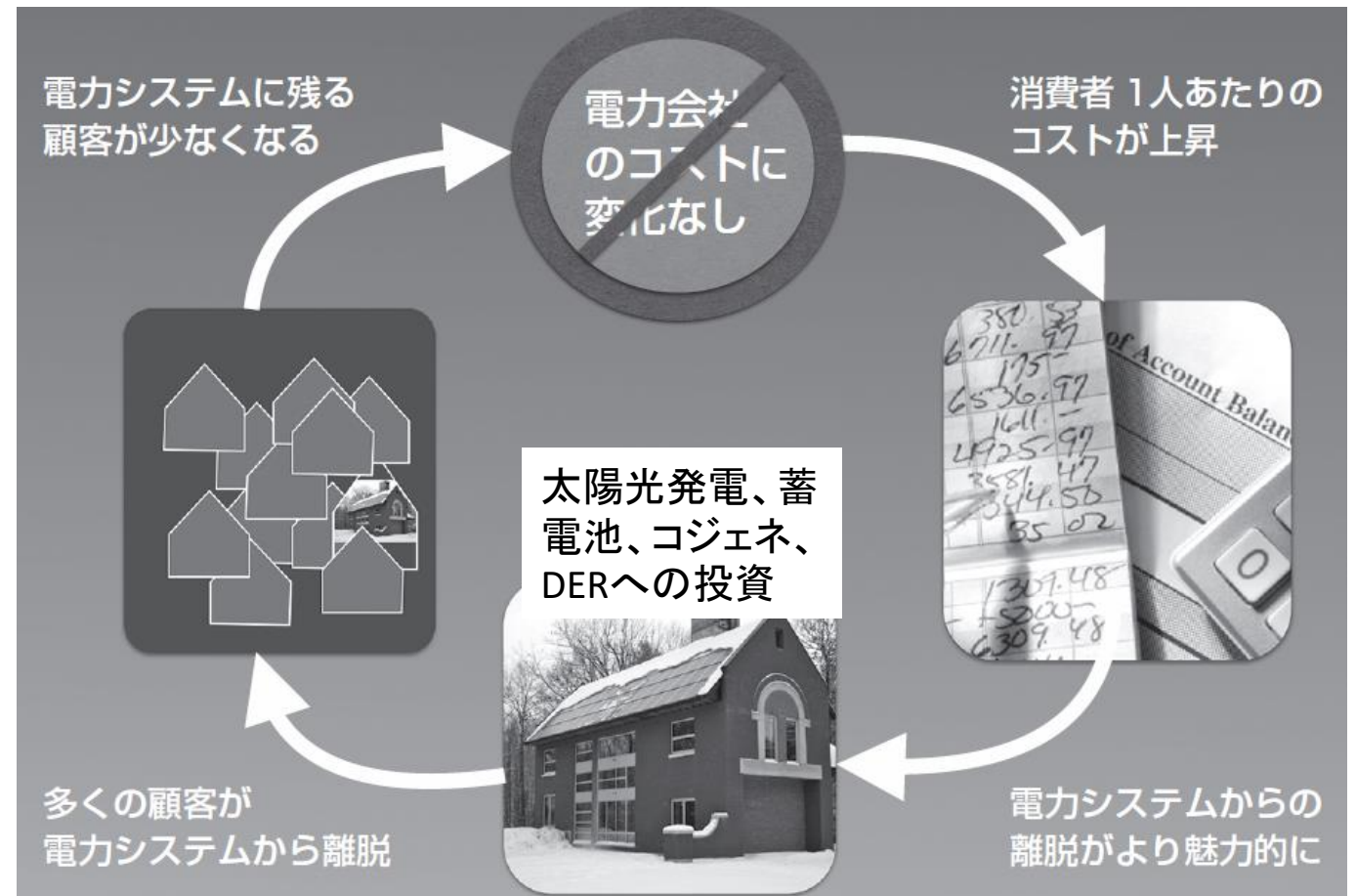
電力流通コストとデス・スパイラル

カリフォルニアの民間電力会社の料金構造



デス・スパイラル

収益性のある消費者が電力システムを離脱するとき「デス・スパイラル」が発生する。



- ・送配電会社: 需要家に輸送に係る長期先渡し契約を提供。→公平にコスト回収可能
- ・プロシューマー: 自身の需要に応じて輸送契約を売買可能
- ・システム離脱者: 輸送契約を別のプレーヤーに販売
- ・離脱者が戻る時; 新たに長期輸送契約を時価で締結。スポットも可能だが変動大

ご清聴、
有難うございました。