



JANOG42
日本オペレーターズ
ネットワーク
ミーティング

通信エンジニアが
知っておきたい
イマドキの電力業界事情

2018年7月12日(木)

電力市場と再生可能エネルギー ～真にスマートなグリッドとは？～



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

安田 陽

+ 市場を通じた商品取引



- 本来、高度な情報通信が必要とされる世界
 - 高速取引
 - サイバーセキュリティ
 - 暗号化
 - トレーサビリティ
 - ブロックチェーン
 - etc...
- 日本の電力事情は…？

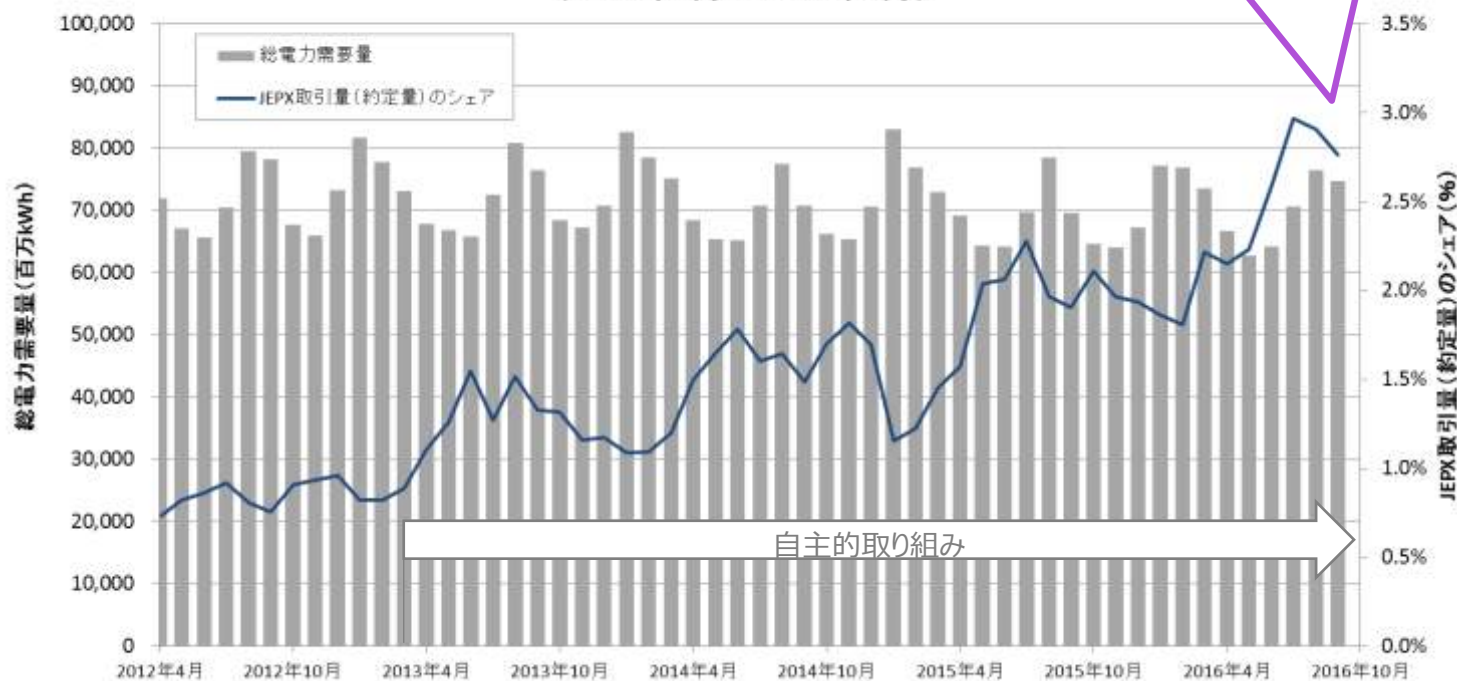




+ 日本卸電力取引所 (JEPX) のシェア

日本全体の消費
電力量のわずか
数%！

JEPX取引量(約定量)のシェアの推移
(2012年4月～2016年9月)



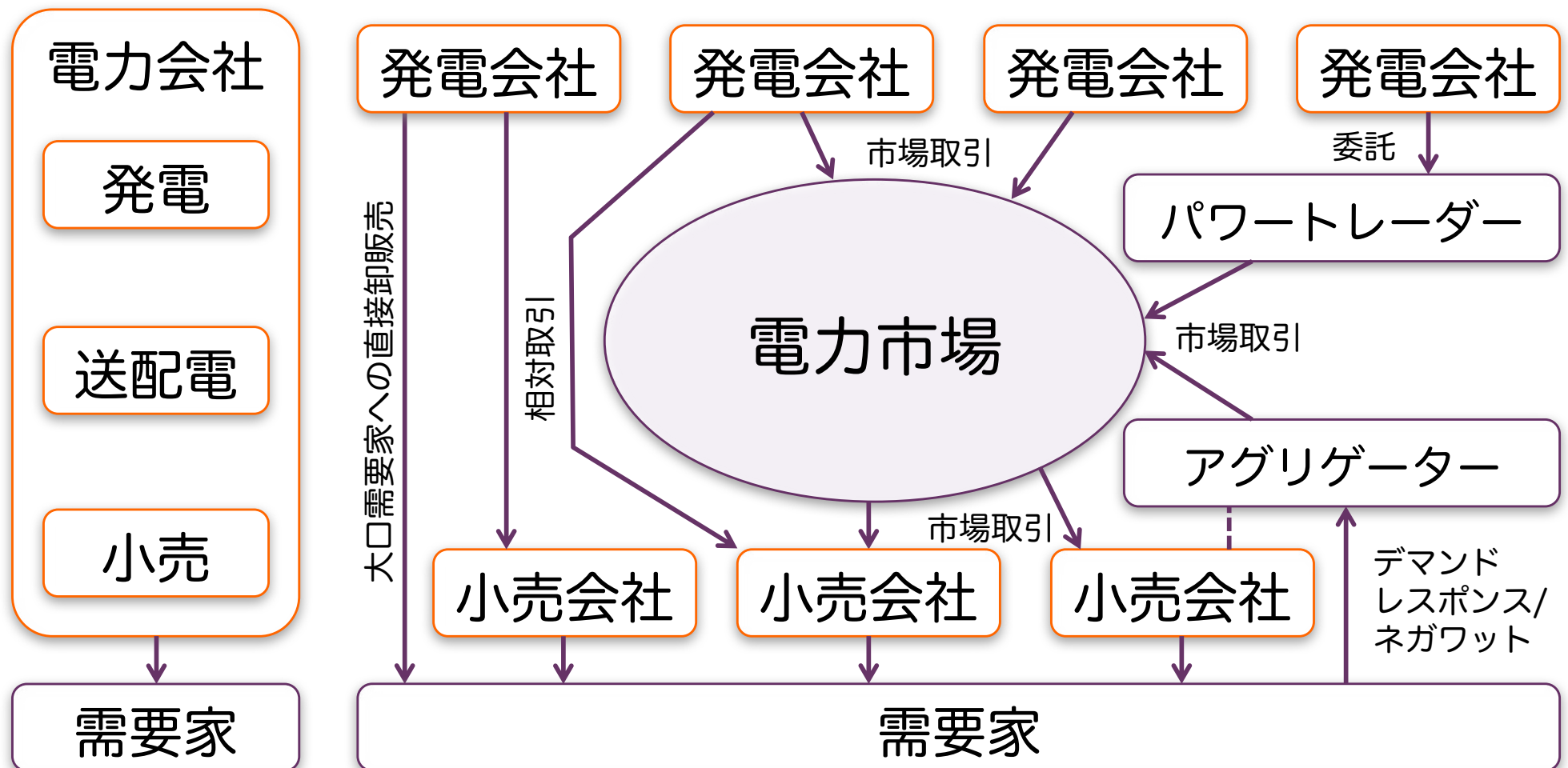
JEPX取引量のシェア：
2.8% (2016年9月時点)

(参考)

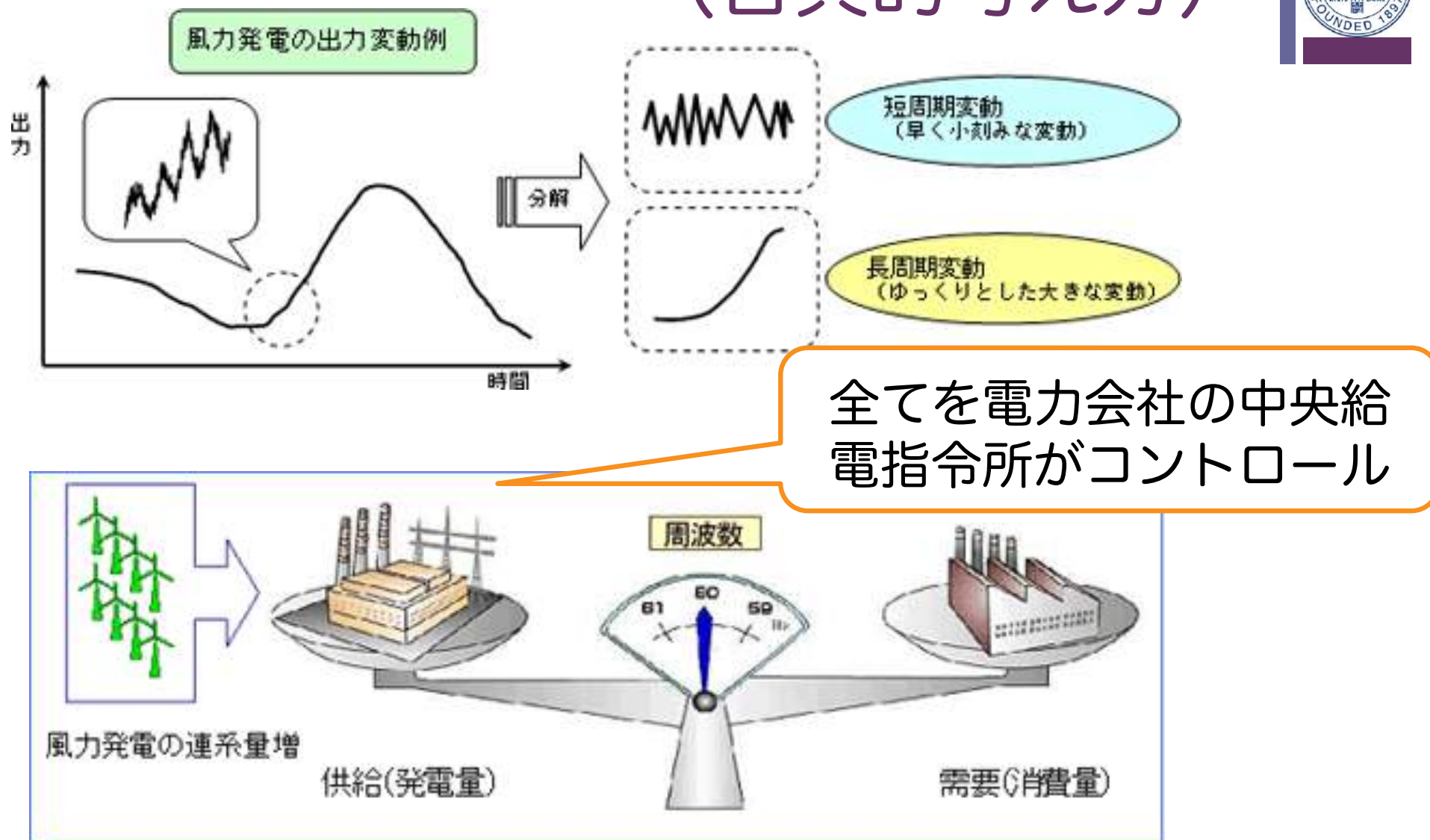
諸外国における国内電力
消費量に占める電カスポット
取引量の割合 (2013年)

イギリス	50.7%
ドイツ	50.1%
Nord Pool	86.2%

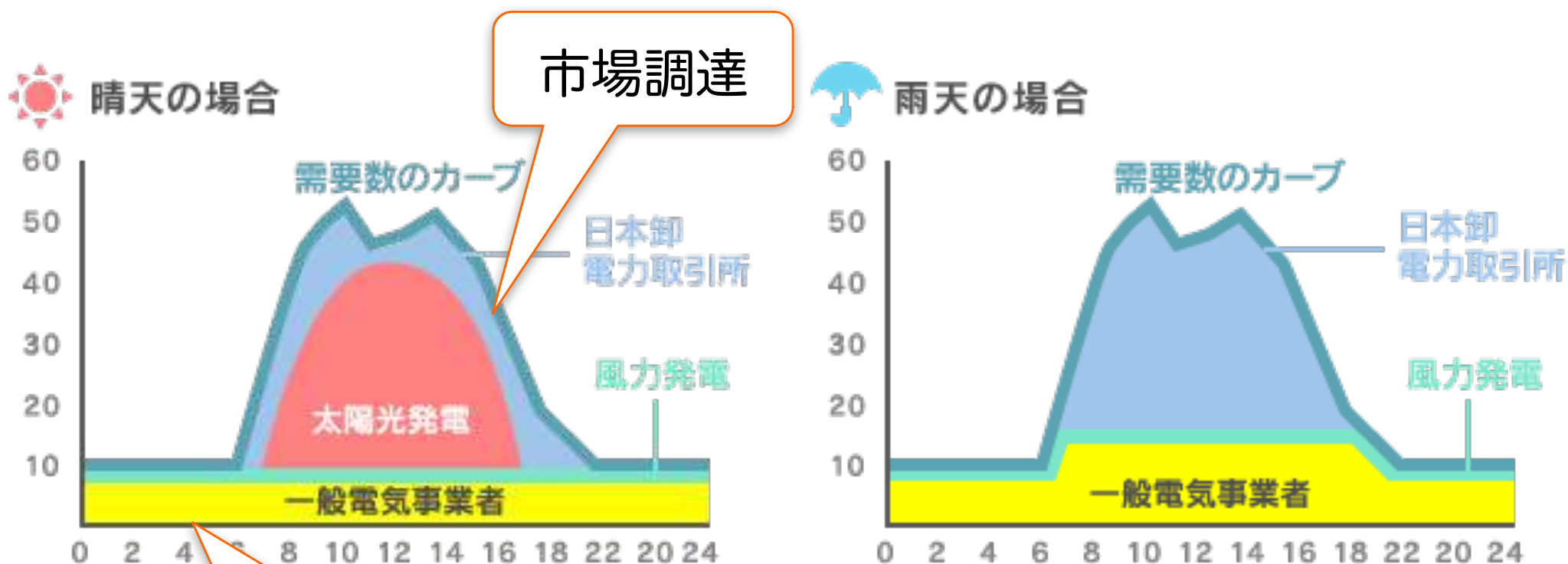
+ 自由化された電力システム



+ 需給調整は誰が行うか？ (古典的考え方)



+ 小売会社から見た 需給調整のイメージ（現在）



常時バックアップ

（大手電力会社との相対 ⇒
将来的には先渡市場などから調達）



需給調整は誰が行うか？



- 古典的考え方 (日本では現在も)
 - 垂直統合された電力会社の中央給電指令所
 - 系統内のすべての発電所を集中監視・制御

エネルギーの民主化！
…だけでなく、
需給調整も民主化！

- 将来 (欧州では現在既に)
 - BRP: Balance Responsible Party が
インバランスコストを最小化するように行動
 - 市場メカニズムで複数のプレイヤーが需給調整
に参画・責任
 - 送電会社は主に監視。いざという時だけ介入。



+ 需給責任会社 (BRP) とは何か？

- BRP: Balance Responsible Party
 - 電力市場および送電事業者 (中央給電指令所) と通信し給電指令等の要求を受ける
 - 電力市場における電力商品の取引
 - 前日市場 (スポット市場) における取引
 - 当日市場における需給調整オペレーション
 - 送電事業者とのサービスのやり取り
 - 需給調整管理・計画
 - アンシラリーサービスの提供

+ 欧州におけるBRP



BALANCE RESPONSIBLE PARTIES IN DENMARK

View a complete list of balance responsible parties in the Danish electricity market.

Balance responsible party	GLN-number	Card number (Serial ID) DK1	Card number (Serial ID) DK2	Production	Consumption	Trade
ALFID AG BAHNHOFPLAZ 12 CH - 4400 ULTEN	71099999121263	ALFID-W	ALFID-E			X
AMPONDIC AG TUVVHOLMEN ALLE 3, 5. ETAGE N - 0230 GSEL	7080005011789	EDLNDI-W	EDLNDI-E	X	X	X
AXPO TRADING AG LERZENSTRASSE 10 CH - 8153 DIETRICH	7629999913101	EDL-W	EDL-E			X

デンマーク:
現在45社が登録

ドイツTenneTエリア:
現在80社が登録

発電のみ、小売のみ、
取引のみの会社も

Full recognition

Organisation	Relation code	EAN code	Address	Date of acknowledgement
Axpo Trading AG	ELGELAUFL	7600999010118	Lerzenstrasse 10 CH-8953 Dietikon Switzerland	28-08-2014
Castleton Commodities Merchant Europe Sàrl	CCMEU	7600999122408	50 Rue du Rhône 1204 Geneva Switzerland	08-07-2017
De Nederlandse Energie Maatschappij B.V.	NEDERNRG	8719328002420	Aert van Nesstraat 45, 3012 CA Rotterdam The Netherlands	2-12-2016
De Vrije Energie Producent B.V.	PVDEVEP	8712423015821	Jan Timbergenstraat 110 7559 SP Hengelo The Netherlands	28-09-2006
Dong Energy Salg & Services A/S	DONG	5790001406523	Agern Alle 24-26 DK - 2970 Horsholm Denmark	01-07-2008
E.D. Mij B.V.	EDMU2	8712423030015	P.O. Box 15950 1001 NL Amsterdam The Netherlands	06-12-2013
EDF Trading Limited	EDFTRADE	5060008531016	80 Victoria Street Cardinal Place London, SW1E 6JL United Kingdom	01-02-2003
Endesa Generación SAU	ENDESTR	8712423010529	Ribera del Loira 60 28042 Madrid	01-07-2008

(出典) Energinet.dk: webpage “BALANCE RESPONSIBLE PARTIES IN DENMARK”
<https://en.energinet.dk/Electricity/New-player/Oversigt-over-BA>

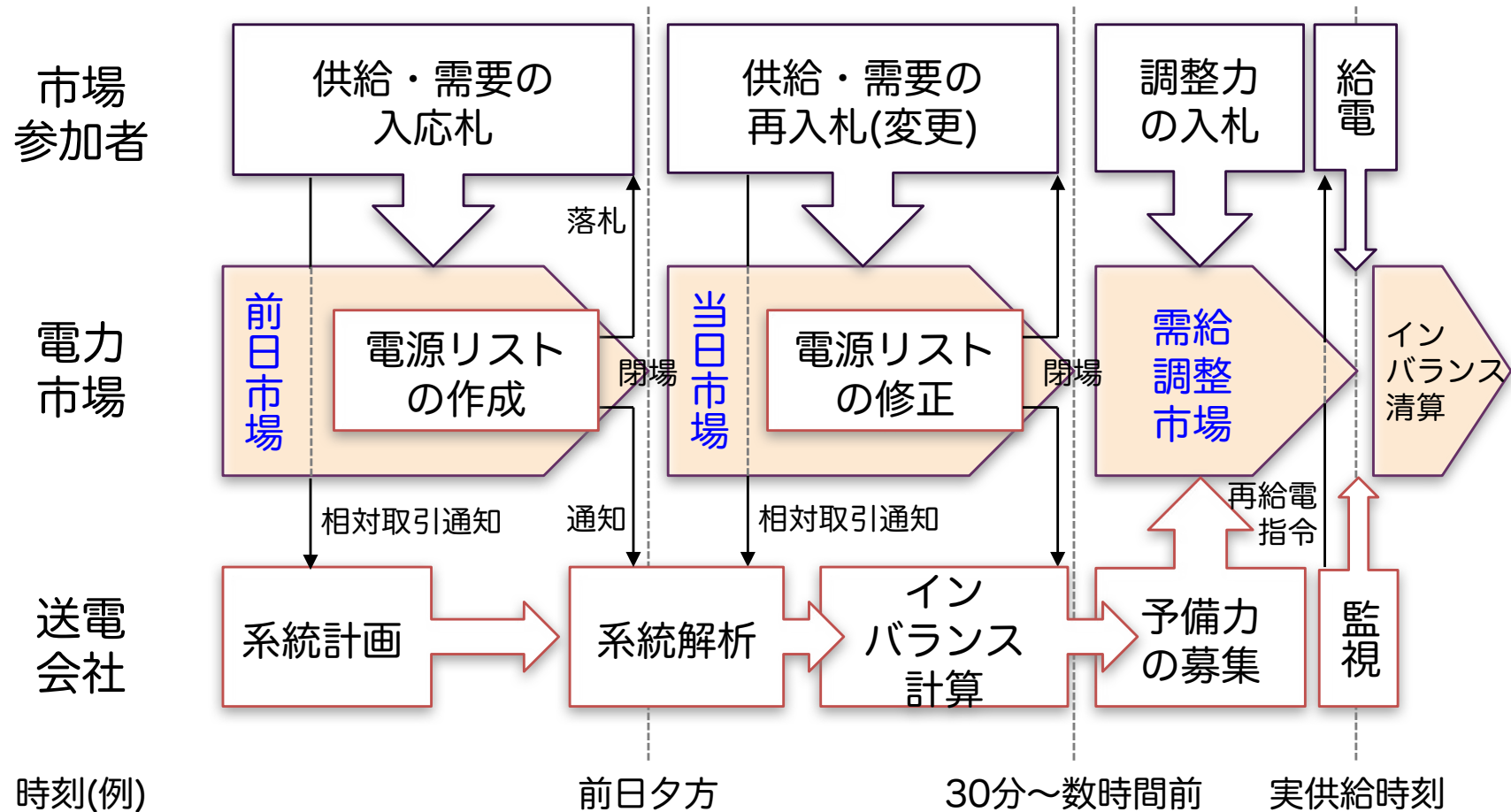


+ 自由化された市場取引の例

自由化前：電力会社が一元管理



自由化後：送電会社と電力市場の二本柱

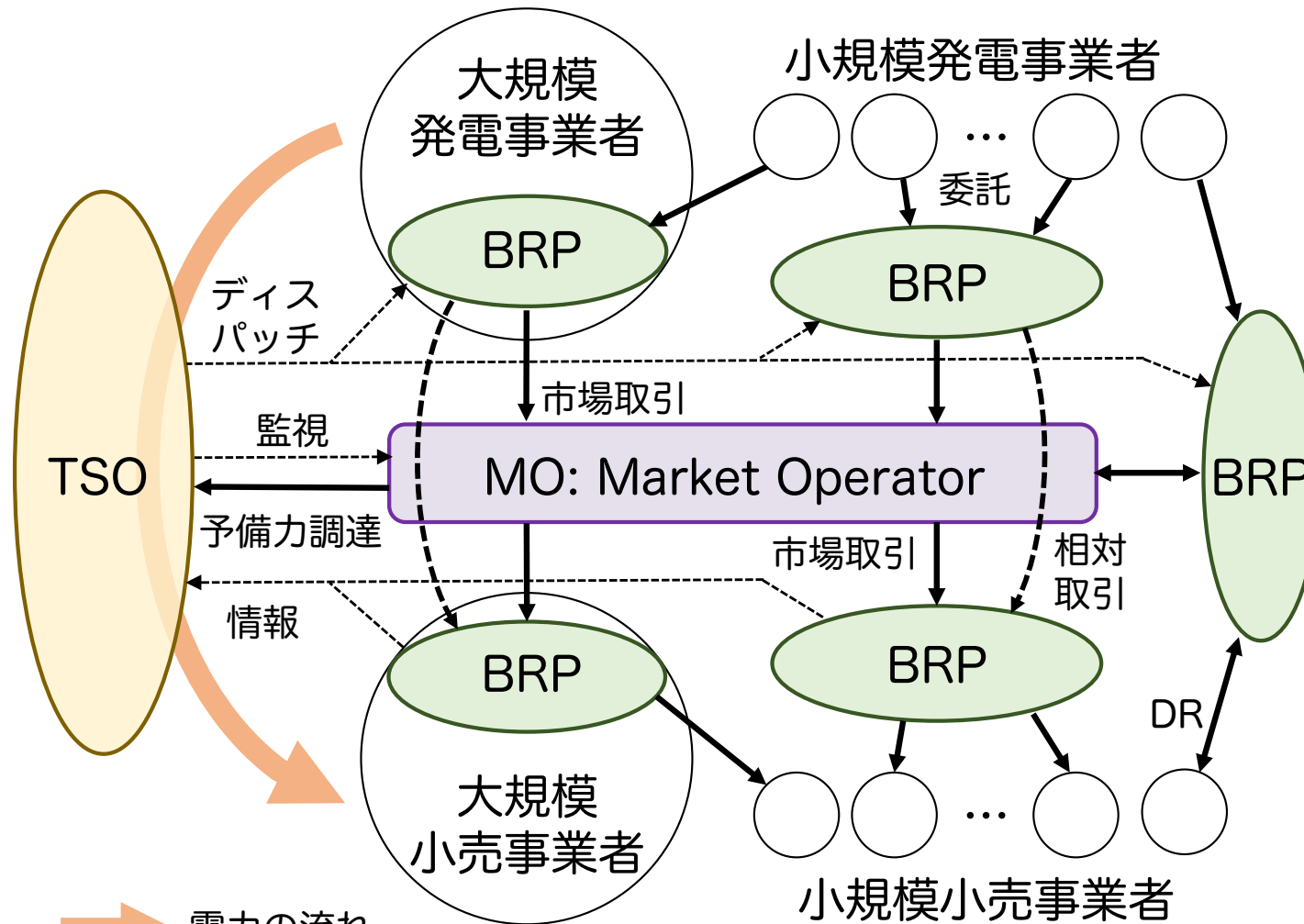


+ BRPの役割



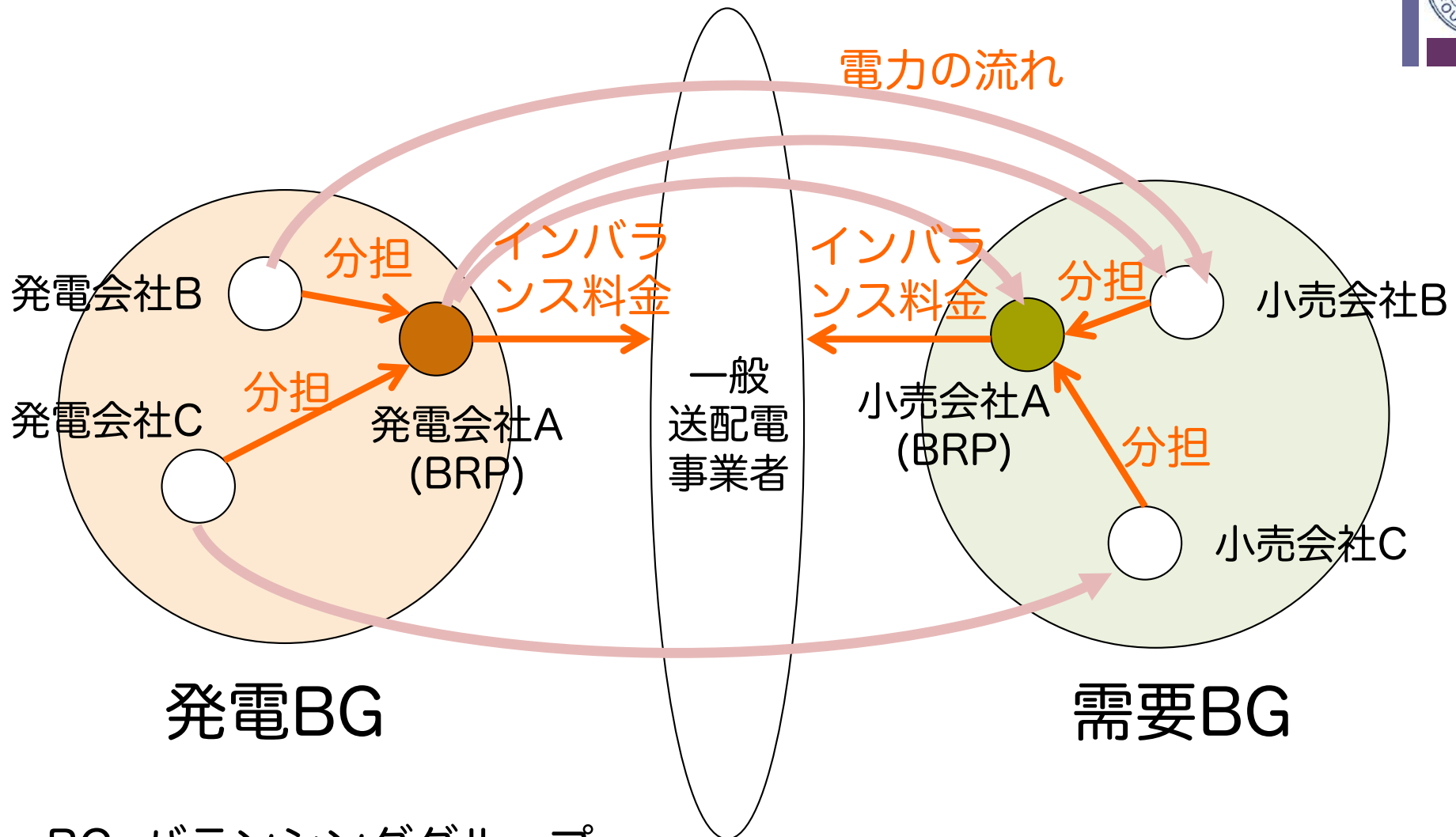
- BRPは大口ユーザーや発電所等の各社と契約を結び、それらのインバランスを一旦束ねる。それによって、各社のインバランスは相殺され、小さくまとめられる。
- TSOは、BRP各社とそのようにまとめられたインバランスの精算を直接に行う。
- このようにインバランス精算に当たっては、TSOとの間を卸業者のような形で仲介するのである。

+ 自由化市場におけるBRPの役割



BRP: Balance Responsible Party (需給調整責任者)
 TSO: Transmission System Operator (送電系統運用事業者)
 DR: Demand Response (需要応答)

+ 日本のバランシンググループ (BG)



BG: バランシンググループ
 BRP: 需給調整責任者 (BG代表者)



+ BRPとVPPは何が違うの？

■ VPP: Virtual Power Plant

- 技術ベースの概念。
- (特に日本語文献では)相対取引のみで市場取引を想定していない場合も少なくない。

■ BRP: Balance Responsible Party

- 市場ベースの概念
- (特に欧州では)当日市場・需給調整市場の高速取引を想定

+ BRPの顧客

- エネルギー (kWh)
 - コージェネレーション
 - ディーゼルエンジン、ガスタービン
 - 風力発電
 - 太陽光発電
 - バイオマス
 - 電気ボイラ
 - 蓄電池
 - 流れ込み式水力
- アンシラリーサービス (柔軟性)

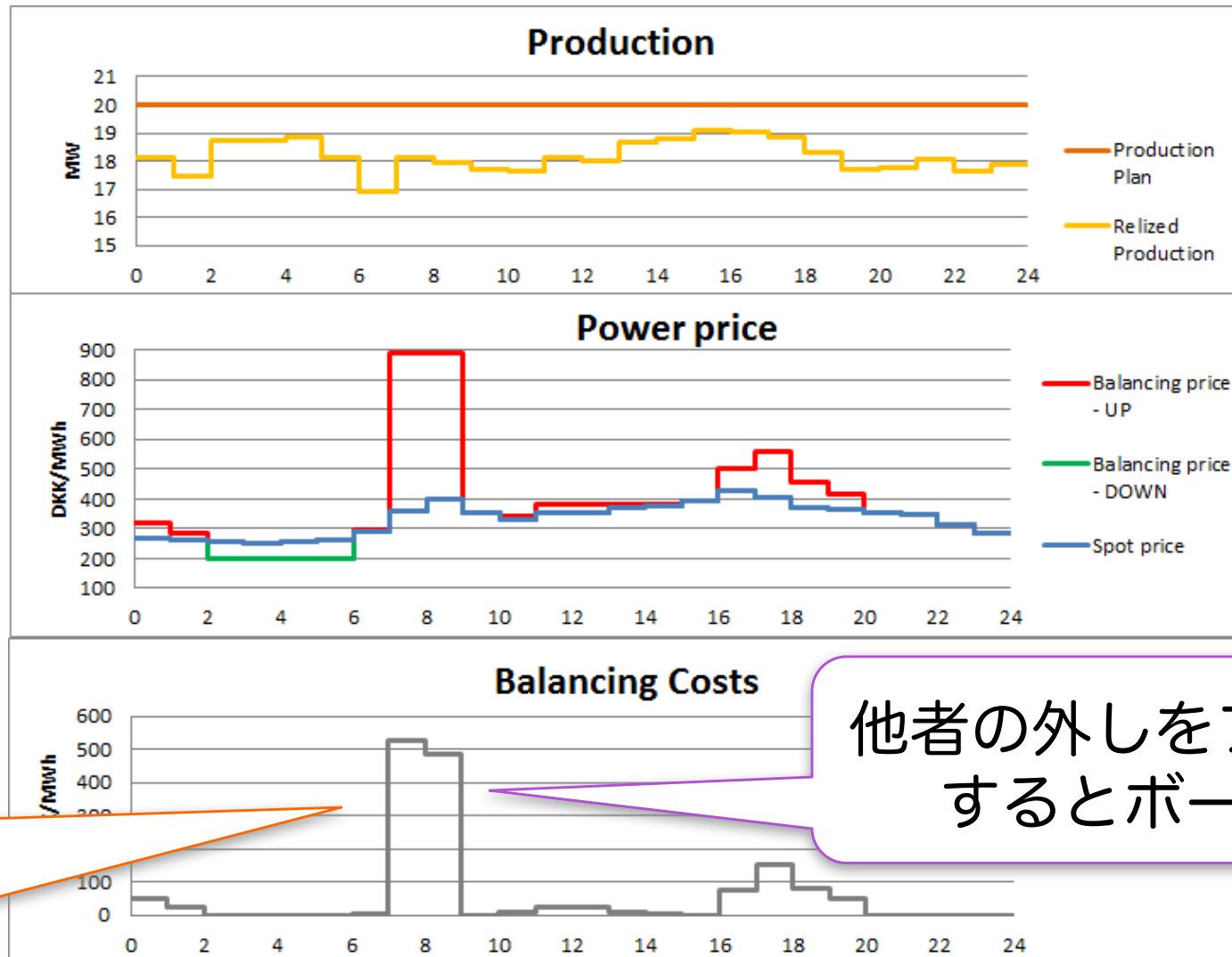


+ 当日市場でのBRPの仕事

- 再エネ出力予測
 - 気象予測に基づく
- 発電所出力計画
 - 気象予測に基づき、翌日の時間ごとの発電を予想
- 実供給
 - 予測値と比較
- 需給調整
 - 実供給と予測値が異なる場合、インバランス清算
 - より正確な予測 → 需給調整コスト低減



+ 当日市場でのBRPの役割



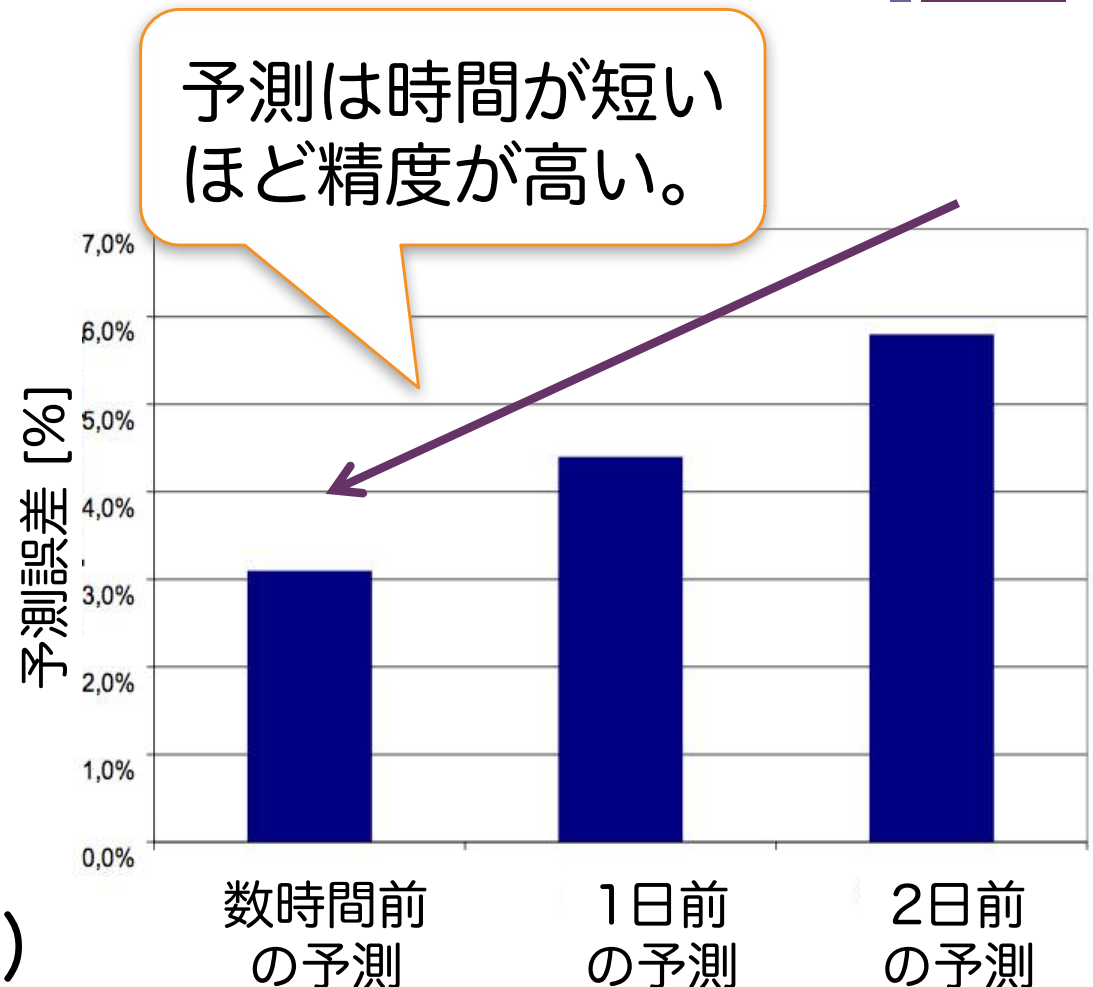
外すと
高い
ペナル
ティー

他者の外しをフォロー
するとボーナス



+ 出力予測技術と系統運用の組合せ

- 予測は時間が短いほど精度が高い。
(天気予報と同じ)
- 100%当たらなくともよい。
(予測誤差を予測する)
- 外れた分(予測誤差)を調整用電源で調整。
- 誤差が小さいと調整用電源を少なくできる。
(燃料コスト, CO₂排出減)

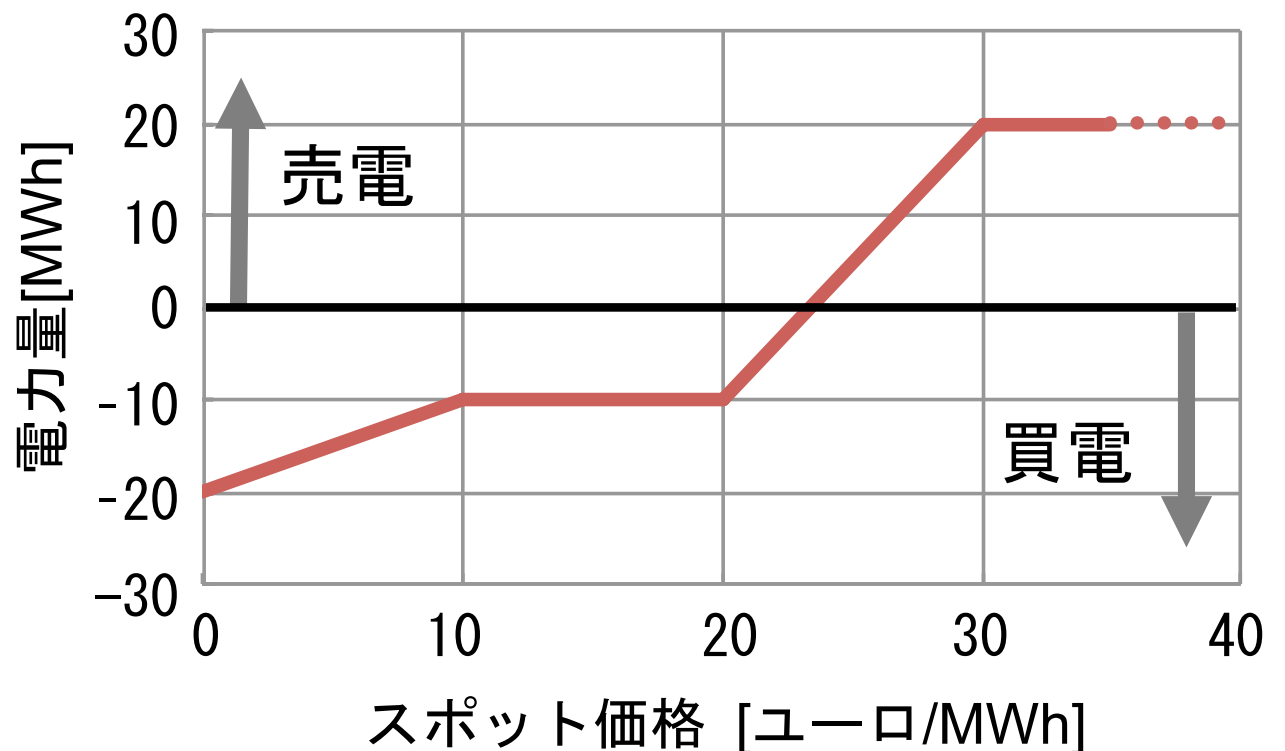




+ デンマークのコジエネ

- 送電会社 (TSO) や電力市場と**双方向通信**。
 - コジエネは**市場価格**を見ながら自動運転。
 - TSOが給電指令(介入)する前に混雑緩和
 - 数千台のコジエネが**仮想発電所 (VPP)**として動作。

これが本来の
「スマート
グリッド」
のはずでは？





+ 分散型電源によるVPP

- コージェネ (熱電併給) は分散型電源
- 分散型電源は系統運用からみると厄介者。
 - 今どれくらい発電しているのかわからない。
 - 必要なときに働いてくれない。
 - いざというときに止めてくれない。



2006年に法制化

- デンマークでは、コージェネに**通信要件**を課すことによりそれを解消。
 - 監視・制御機能を義務づけ (FIT認定条件)
 - 系統運用を支援する「柔軟性」のある電源に。

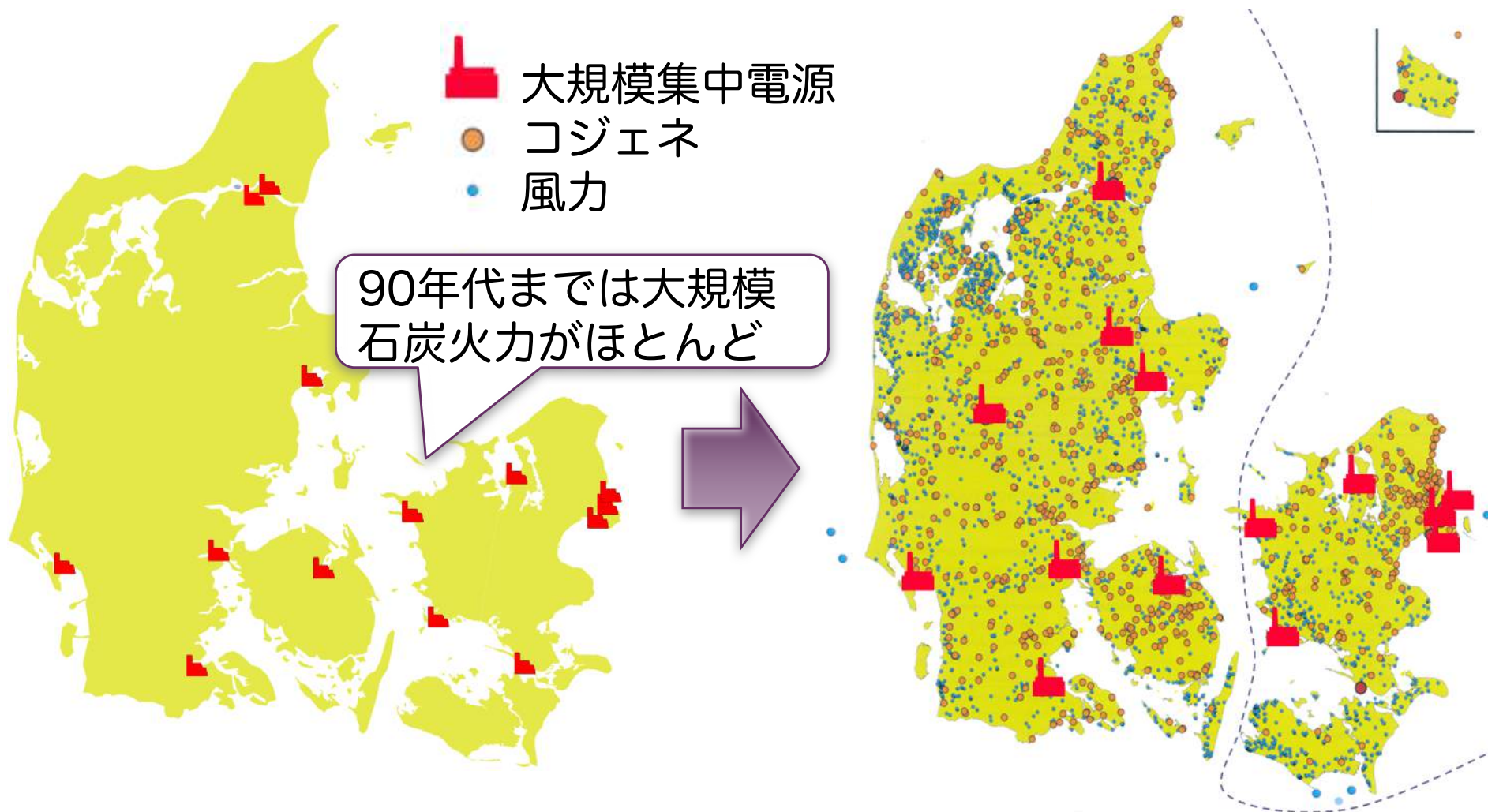
+ 電源構成の変化



小規模分散型コジェネ
を積極的に導入

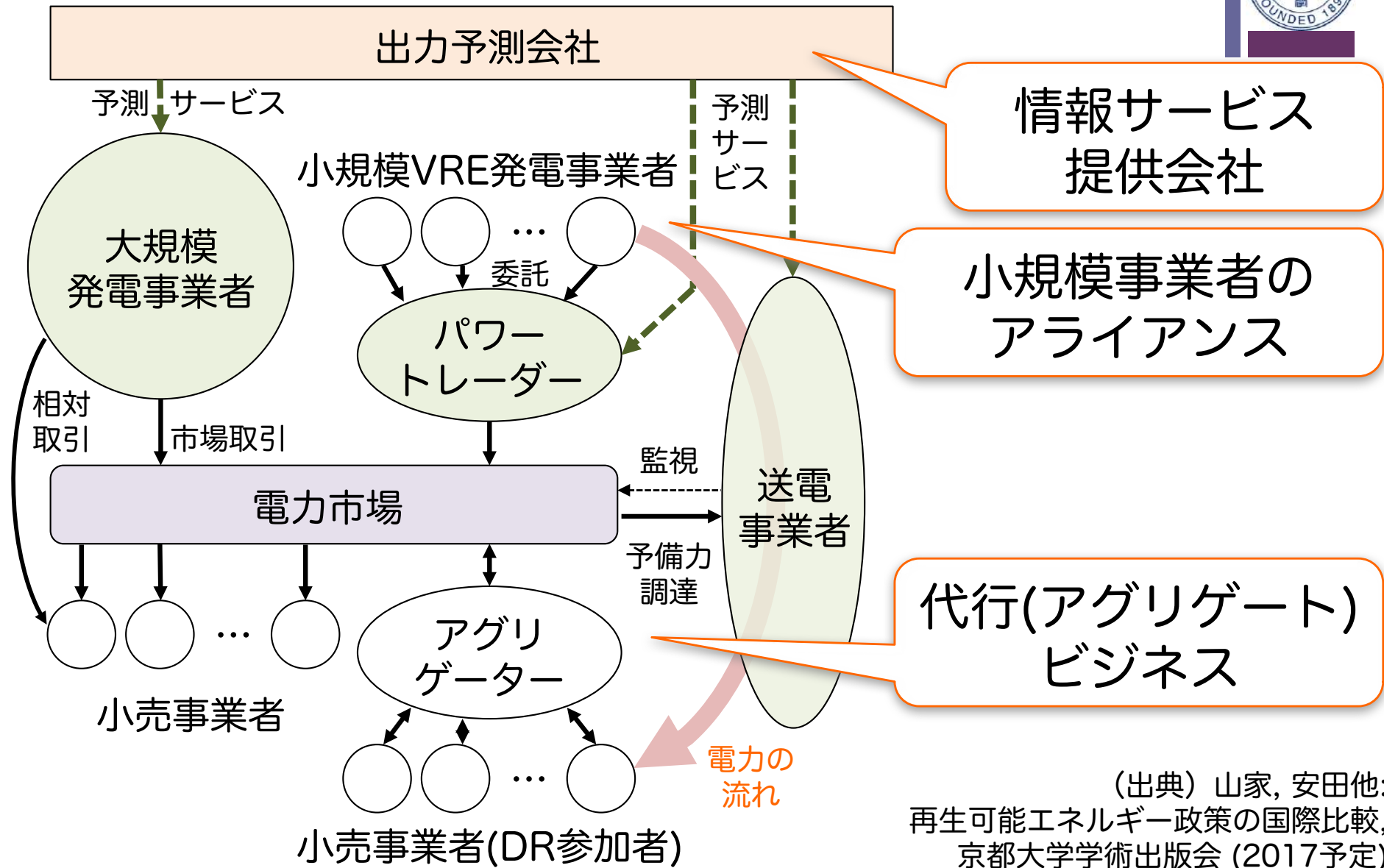
大規模集中電源 (1980年代頃)

分散型電源 (現在)





+ 自由化市場における情報サービス



(出典) 山家, 安田他:
再生可能エネルギー政策の国際比較,
京都大学学術出版会 (2017予定)



+ 「ジャーマンパラドックス」

【誤解と神話】

変動性再エネ(VRE)が増えると
バックアップ電源が増える！
(CO₂が却って増える！)



【ドイツの実際】

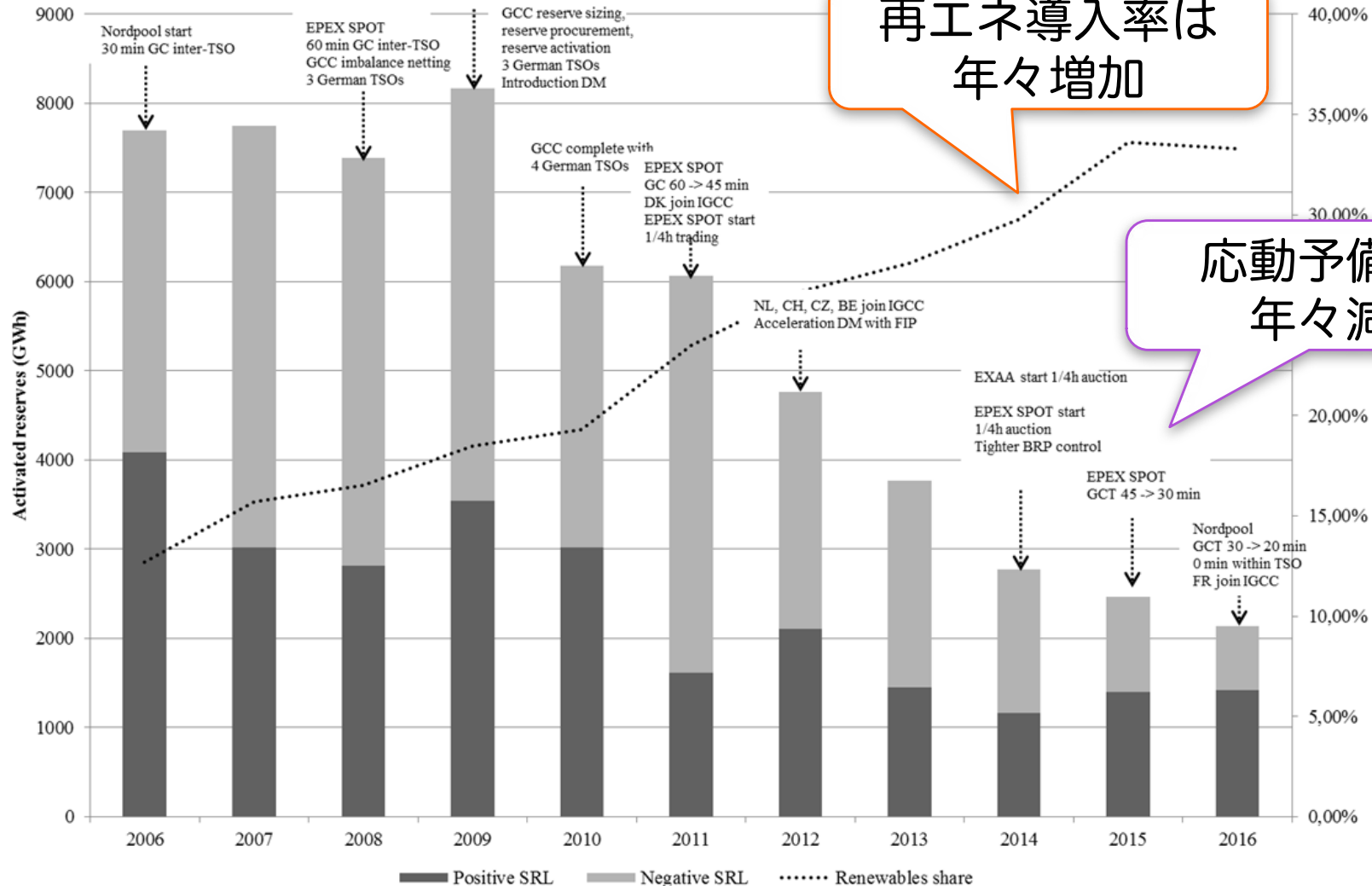
VREは増加したが実際に
応動した予備力は減少

【理由】

適切な市場設計
送電会社間の協調



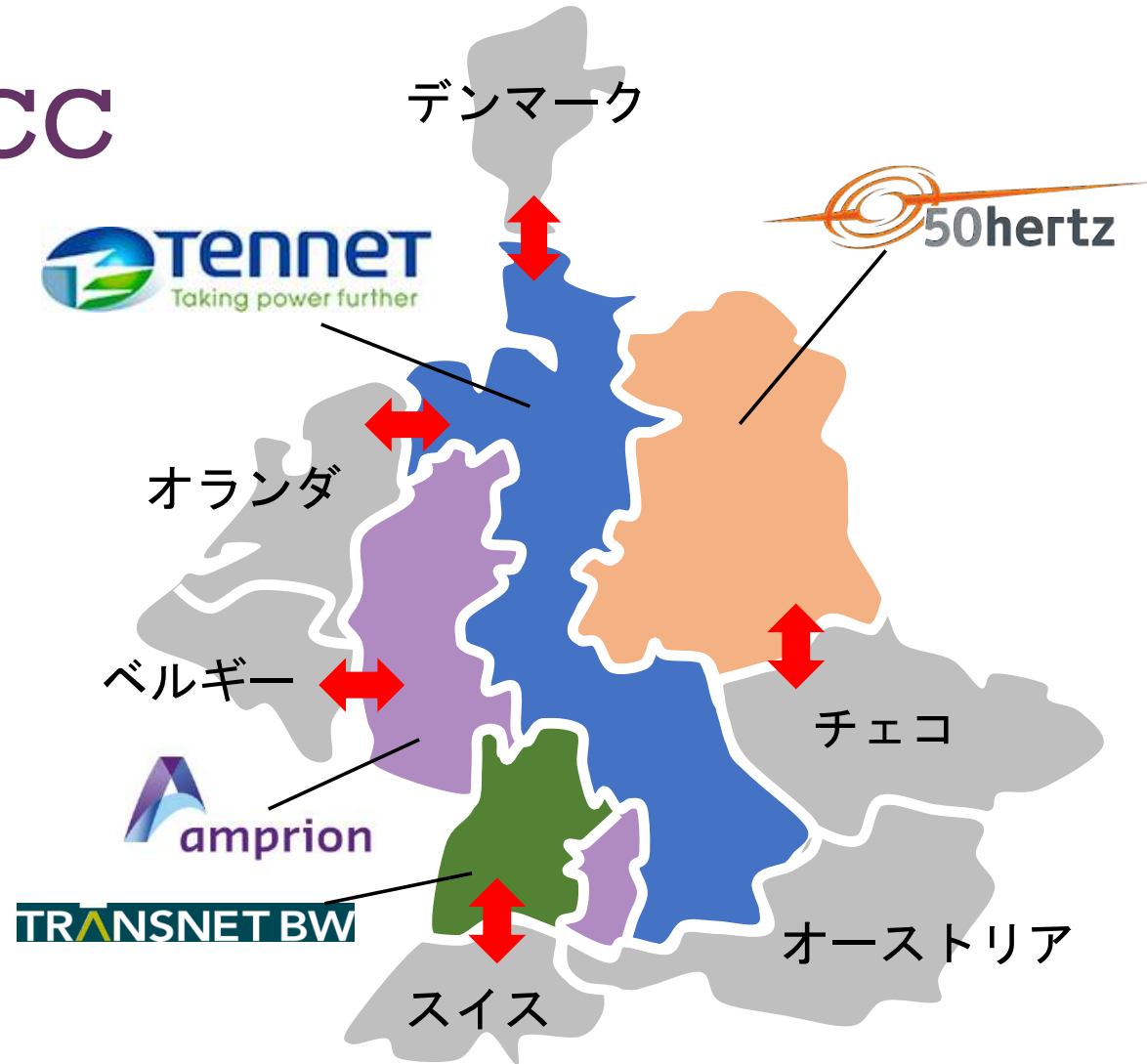
+ 再エネ大量導入でも調整力は少なく て済む (ドイツの実例)



(出典) 安田・桑畑:ドイツ需給調整市場の市場取引分析と再生可能エネルギー大量導入 ~日本への示唆~, 電気学会合同研究会 (2018.6)

+ GCCとIGCC

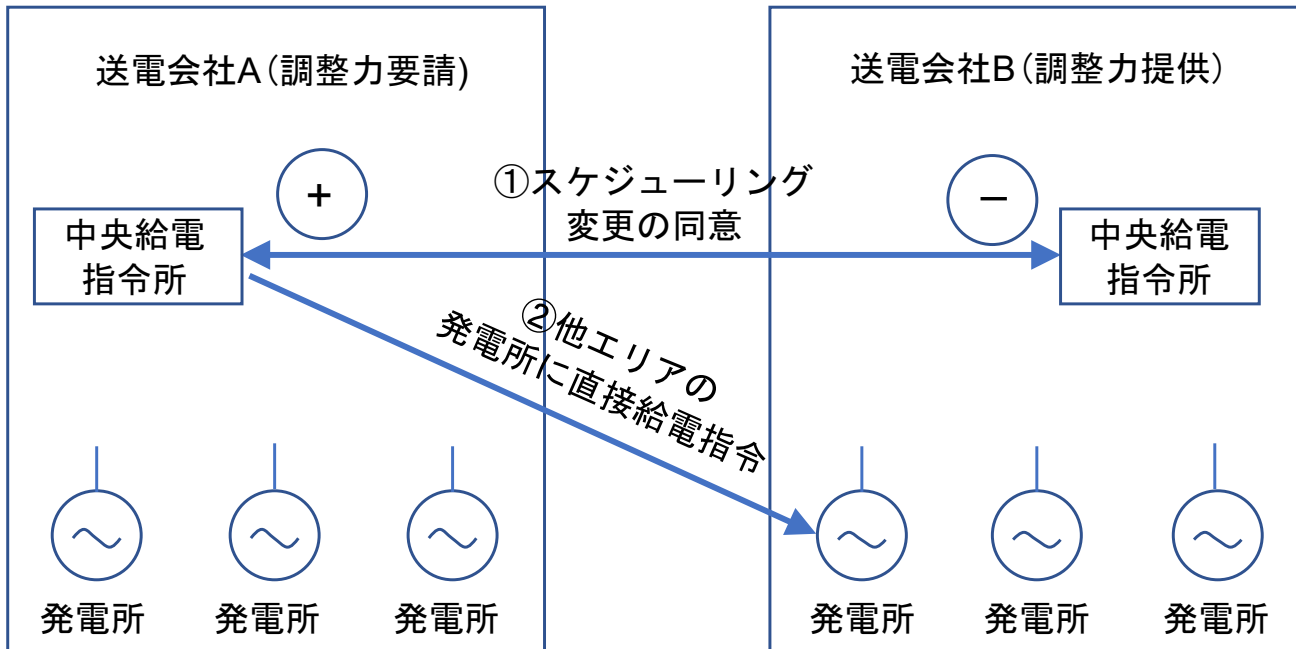
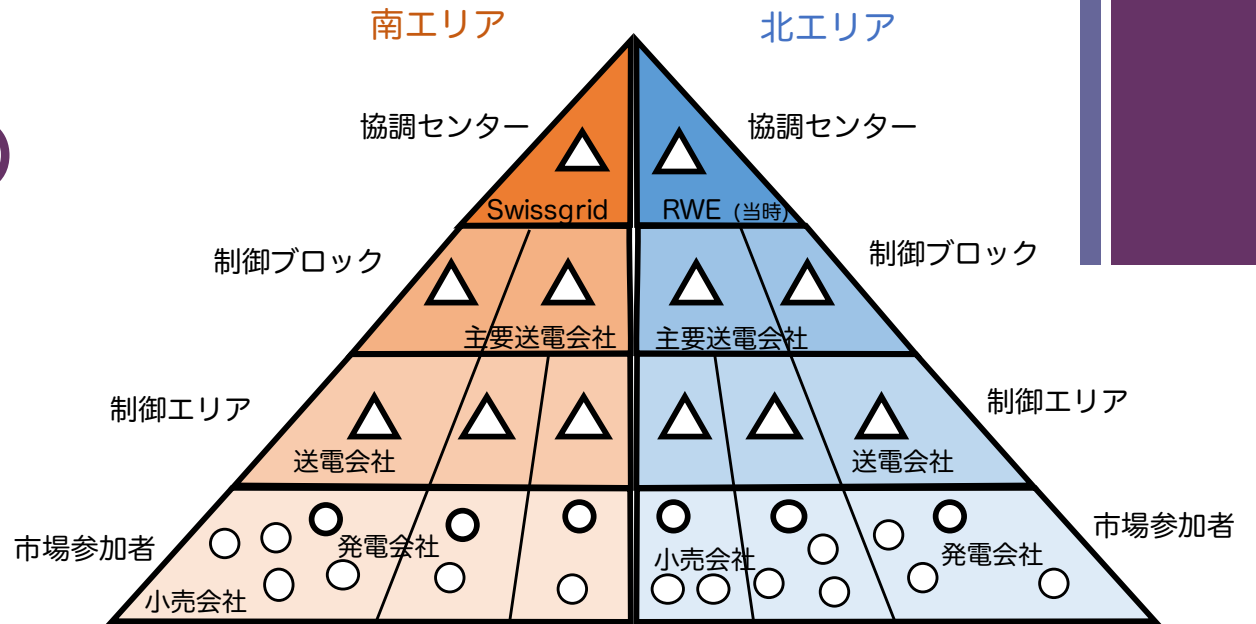
- Grid Control Coordination
- International Grid Control Coordination



(出典) 安田陽: 世界の再生可能エネルギーと電力システム～電力システム編, インプレスR&D (2018)



+ 国を超えた送電会社間の協調



(出典) 安田陽: 世界の再生可能エネルギーと電力システム ~ 電力システム編, インプレス R&D (2018)

+ 通信プロトコルの統一

■ 欧州

- IEC 60870-6
- 国同士で言語が異なっても通信プロトコルは同一。

■ 北米

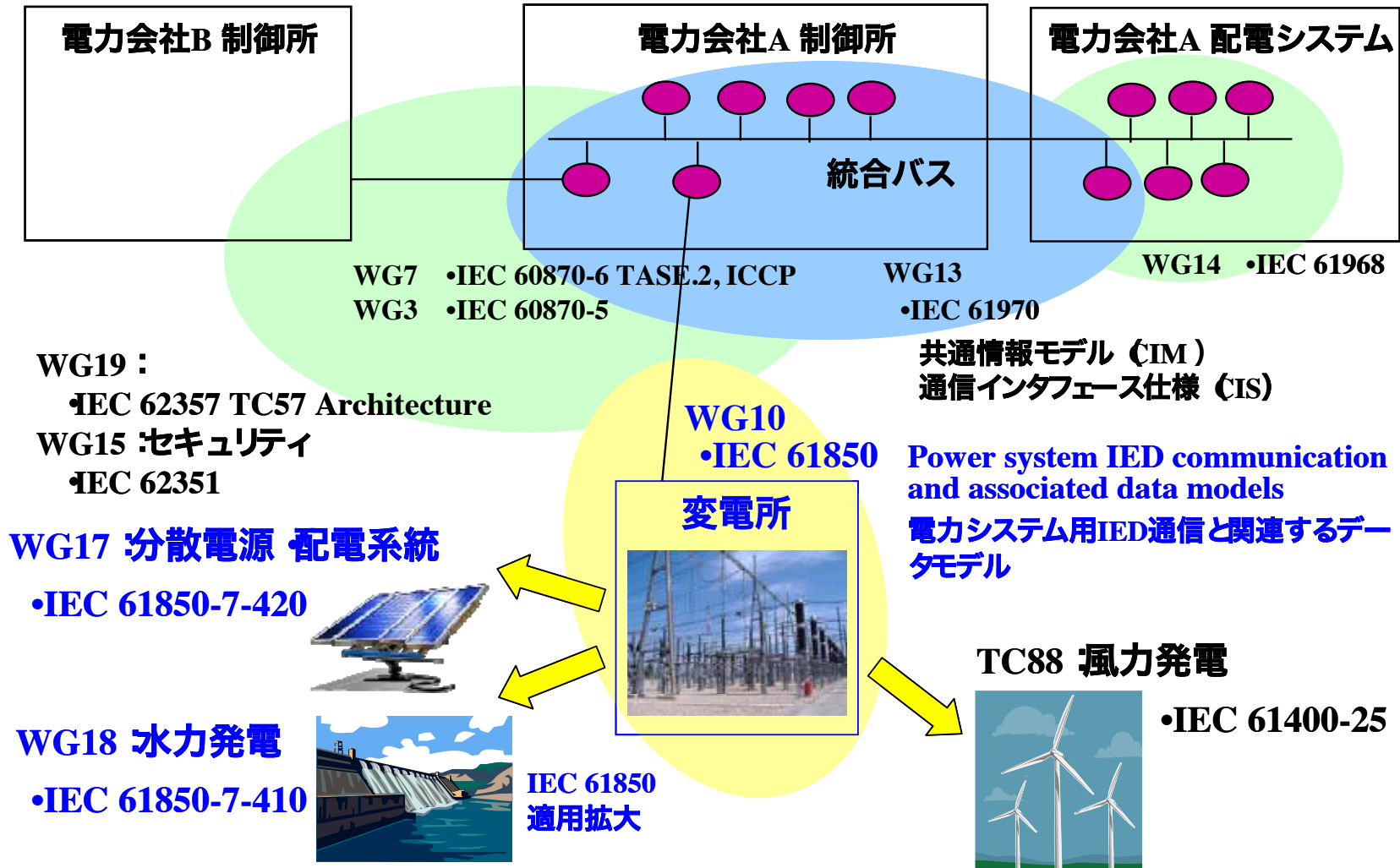
- TASE-2: 米国電力中央研究所が開発
- IEC 60870-6に昇格 ← 米欧で規格統一は実は稀(?)

■ 日本

- 独自規格。
- 喋る言語が同じでも通信プロトコルは異なる。
- 2000年代にIEC 60870-6の導入が検討されるも進まず。

送電レベルでのスマート化
が遅れている？

+ 電力通信の国際標準対応が急務



+ サイバーテロの懸念



30

- With the growing **interdependency between systems and telecom networks**, there are many vulnerabilities that can be exploited by criminals.
- An example would be the incident that happened in **Ukraine on the 23rd of December 2015**, when at least eight energy distribution companies were attacked. The attack resulted in power failures that affected **225,000 customers**.

+ まとめ



- 日本の電力分野は意外とスマート化されていない(?)
 - スマートグリッド技術は小規模エリアのみ
 - 独自規格。国際規格に未対応
 - 送電レベルでの電力情報通信が遅れている。
- 欧州ではBRPビジネスが活況
 - 情報を制すものが市場を制す。
 - 市場を制すものが電力を制す。
 - 日本の市場設計の議論は適切に進んでいるか？
⇒ 新しい発想とイノベーションが必要



電力市場と 再生可能エネルギー ～真にスマートな グリッドとは？～

ご清聴有り難うございました。

JANOG42
日本オペレーターズ
ネットワーク
ミーティング