

再生可能エネルギー導入拡大に向けた 系統の現状と今後

TEPCO

2017年11月2日

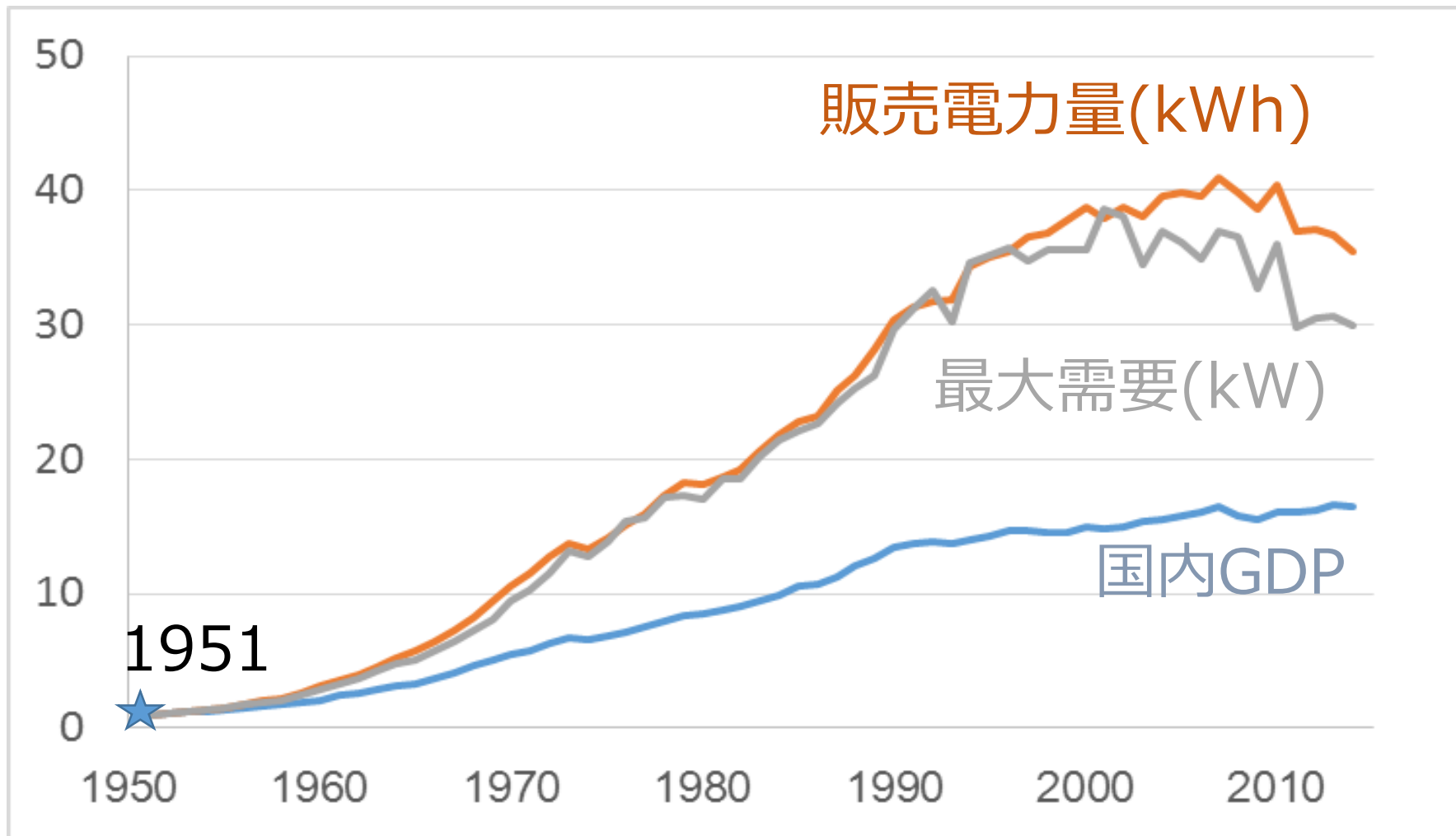
東京電力ホールディングス株式会社
経営企画ユニット系統広域連系推進室長
穴井 徳成



- ① De-population (人口減少)
- ② Deregulation (自由化)
- ③ De-carbonization (脱炭素化)
- ④ Decentralization (分散化)
- ⑤ Digitalization (デジタル化)

電気事業（東京電力）の規模推移

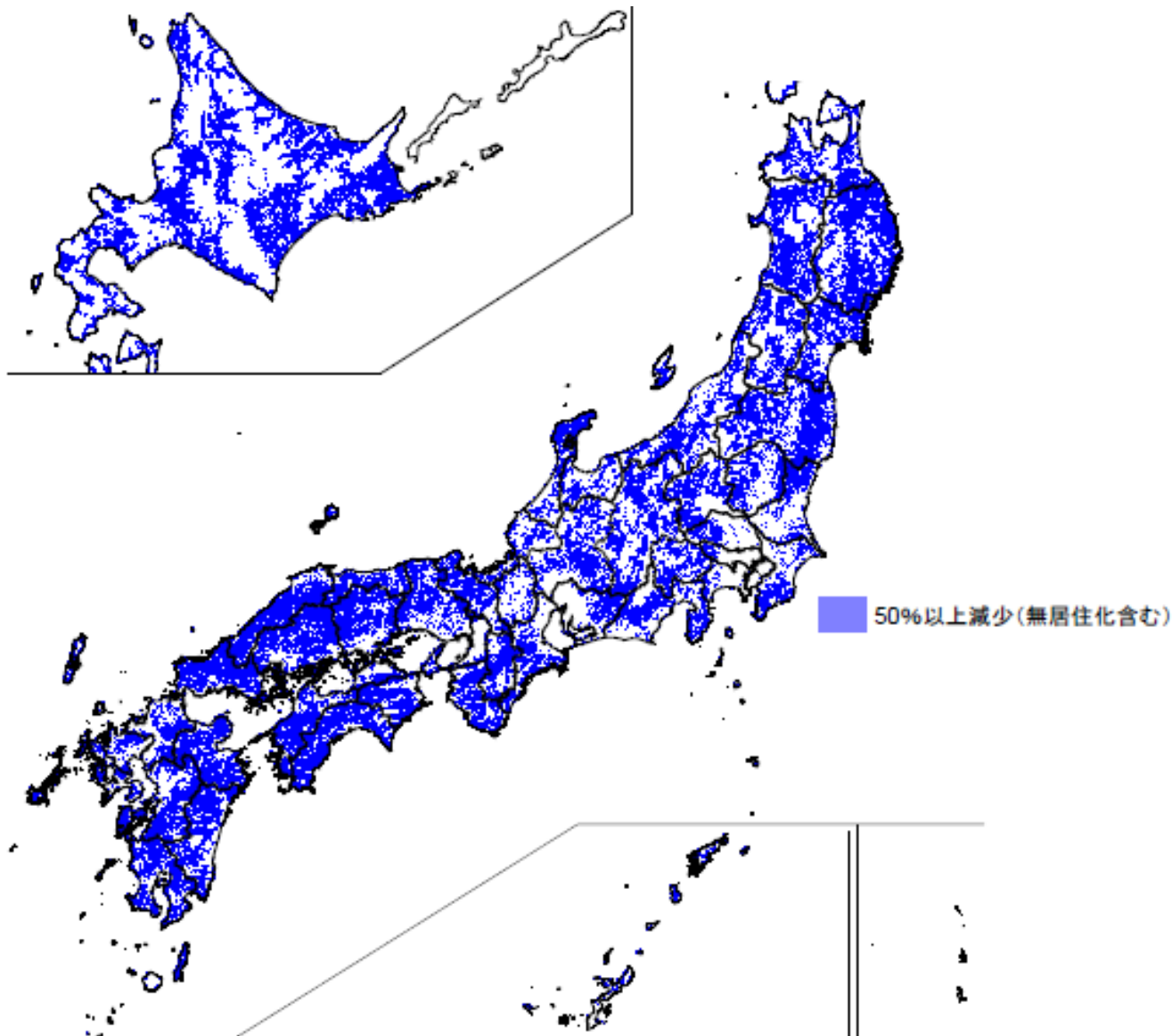
(倍) 1951年度を1とした指数



<国土交通省『国土のグランドデザイン2050～対流促進型国土の形成～』>

2050年の人口増減状況
(2010年=100)

【50%以上減少(無居住化含む)】



2050年に6割の地域で
人口が半減以下



あらゆる分野のインフラが
持続性の課題に直面

発電



調整

バランスグループ
(BG)毎に30分
単位で一一致

相対取引/
卸取引所

小売

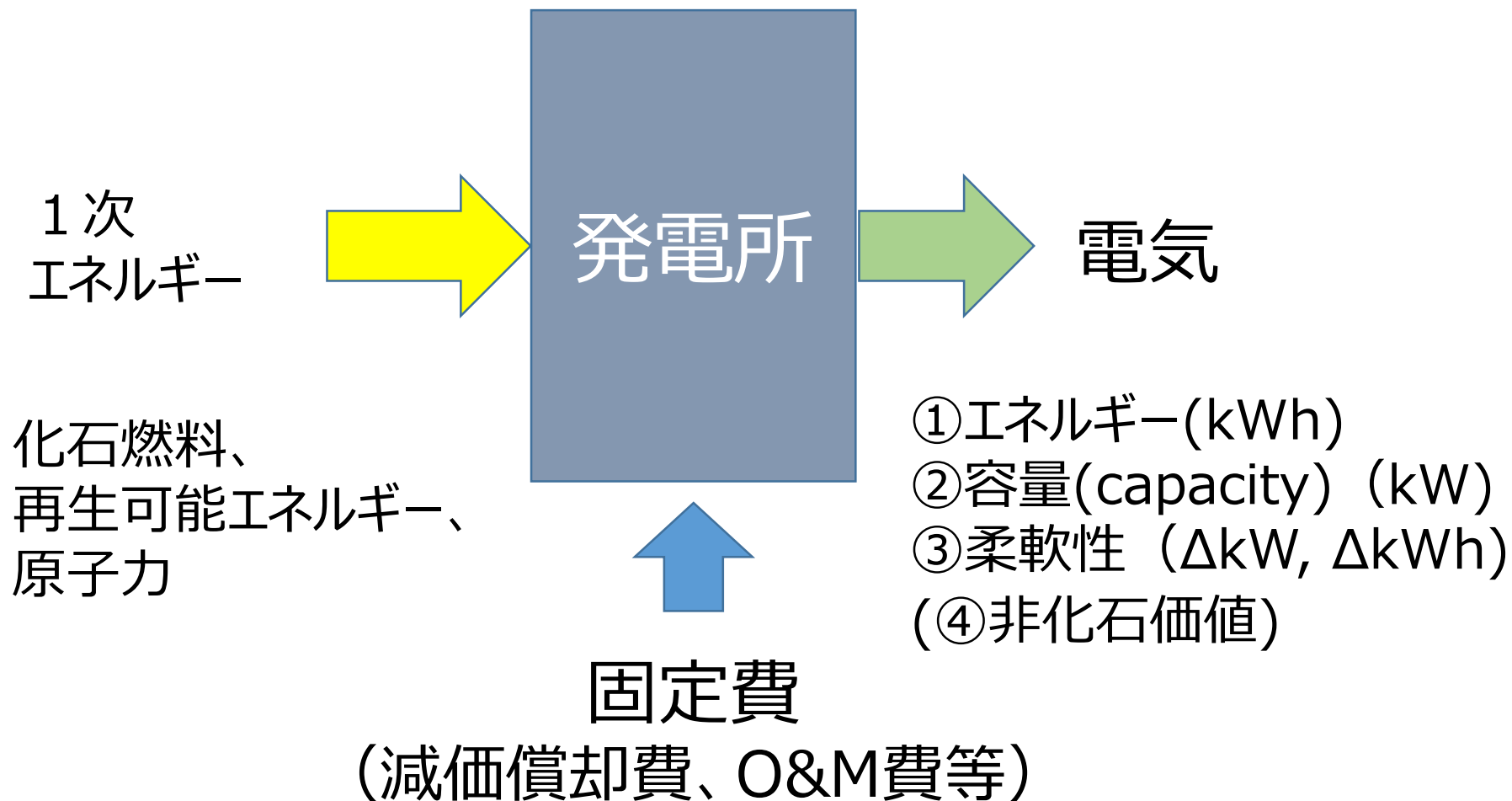
東京電力エリアのパワープール

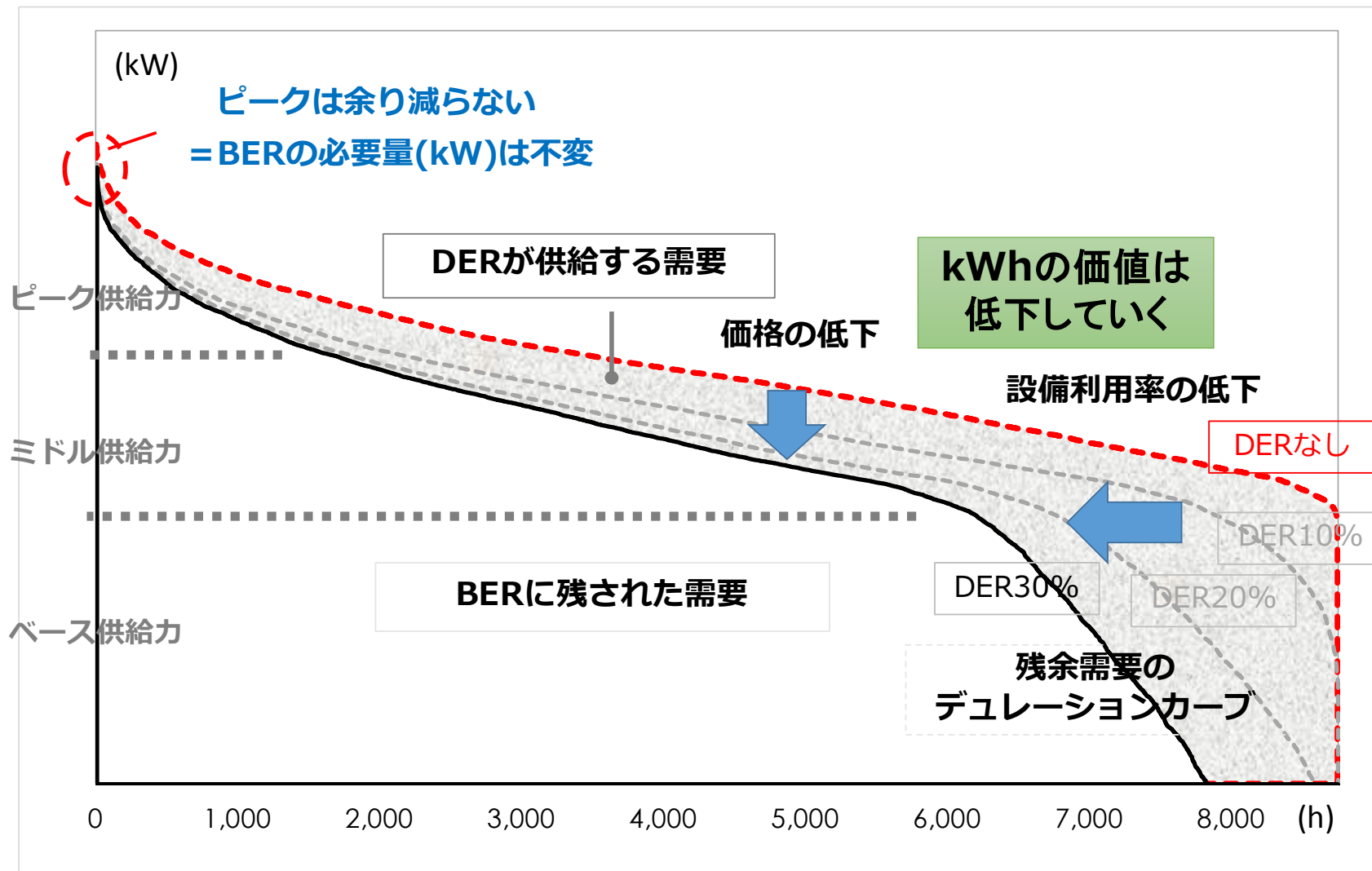


調整

送配電事業者

プールの管理責任者



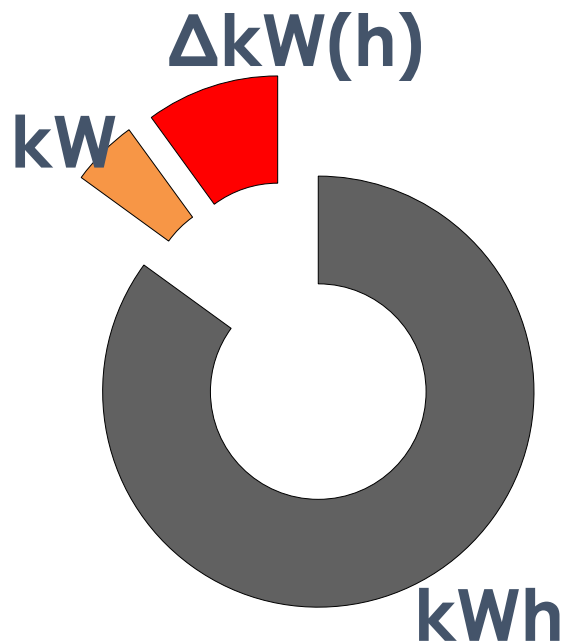


BER: Bulk Energy Resources (系統電源)

DER: Distributed Energy Resources (分散電源)

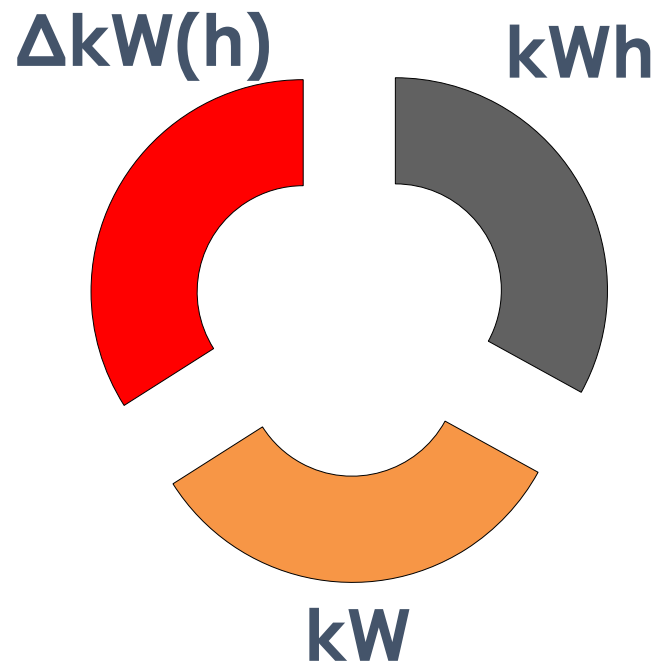
2020年時点

需給調整市場 ($\Delta kW(h)$)、容量市場(kW)が設立され3つの価値が取引可能に。

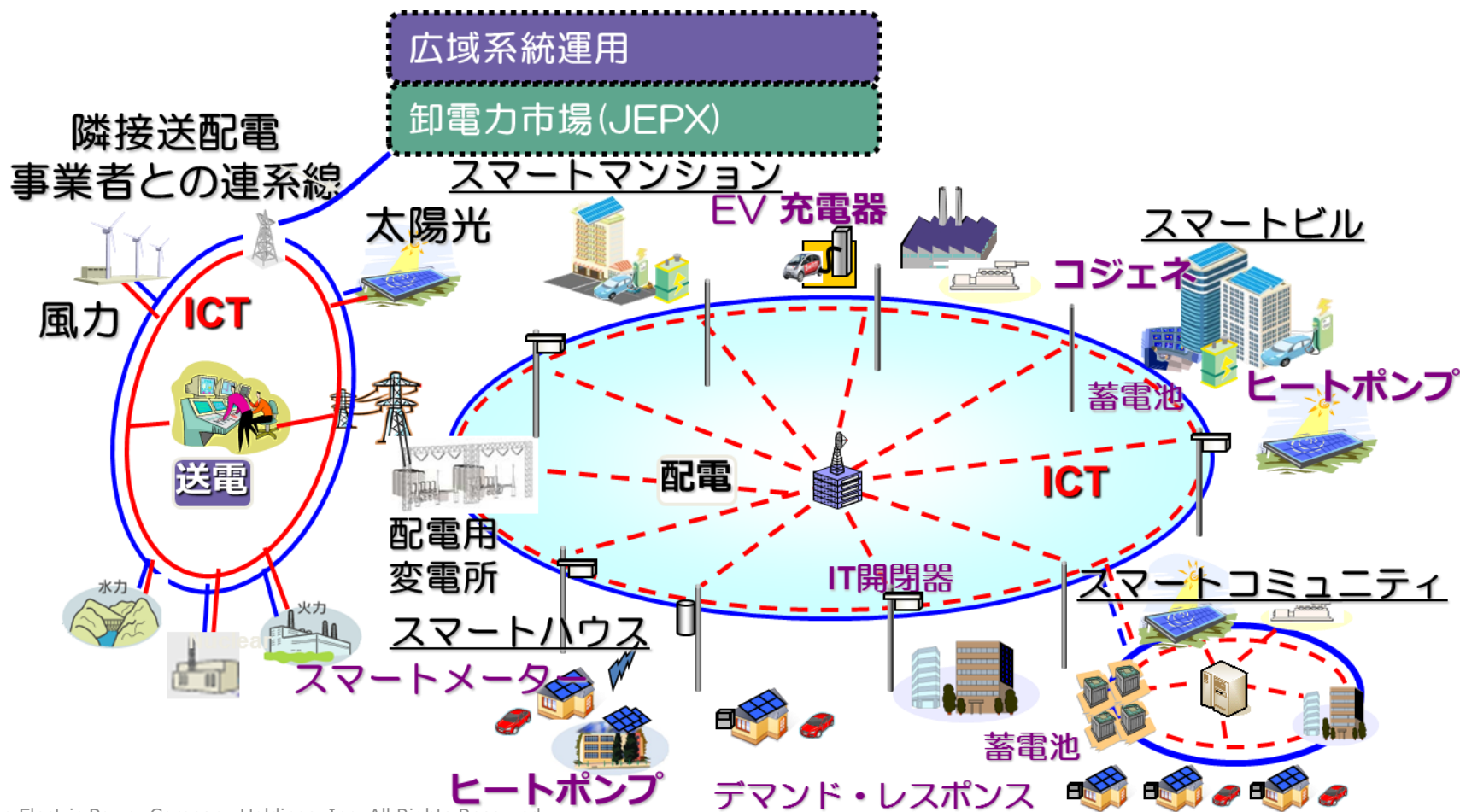


将来

分散型電源の進展で、市場におけるkWhの量・価格が低下。柔軟性と容量の価値取引が主体に。

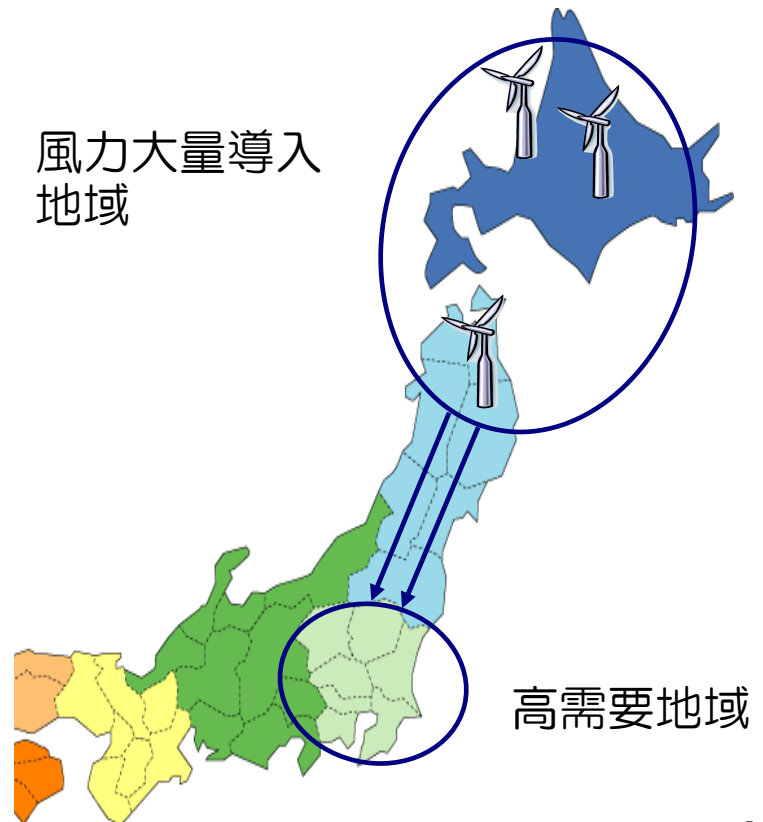
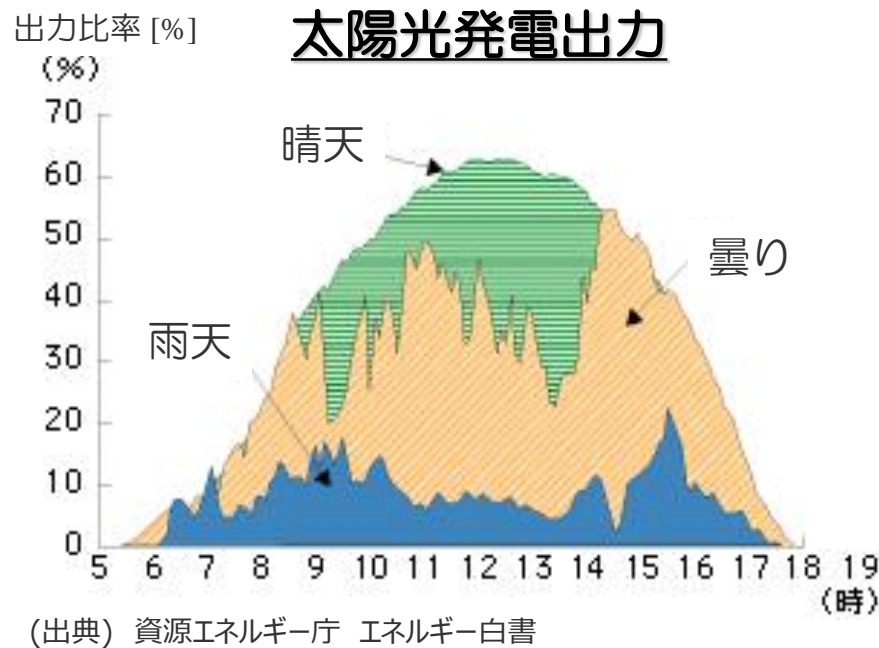


- 再エネ・DR・スマートコミュニティなど分散化と系統・市場の広域化が同時に進展
- 人口減少・省エネ進展により、当面の電力需要は減少



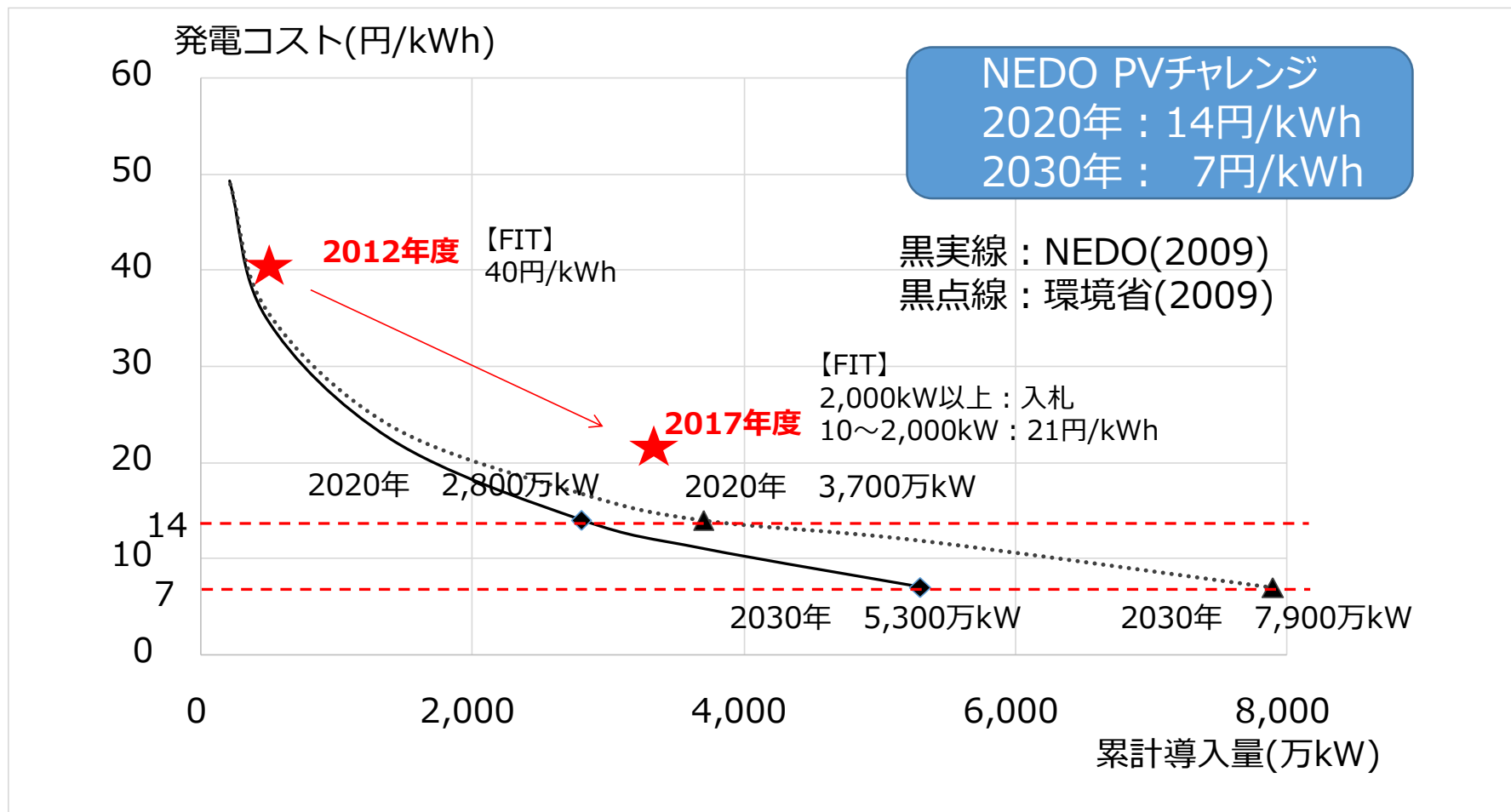
■ 再エネの導入拡大には以下の取り組みが必要

- ① 再エネの経済性確保
- ② 風力・太陽光などの出力変動に対する柔軟性確保
- ③ 送電ネットワーク(NW)の容量確保



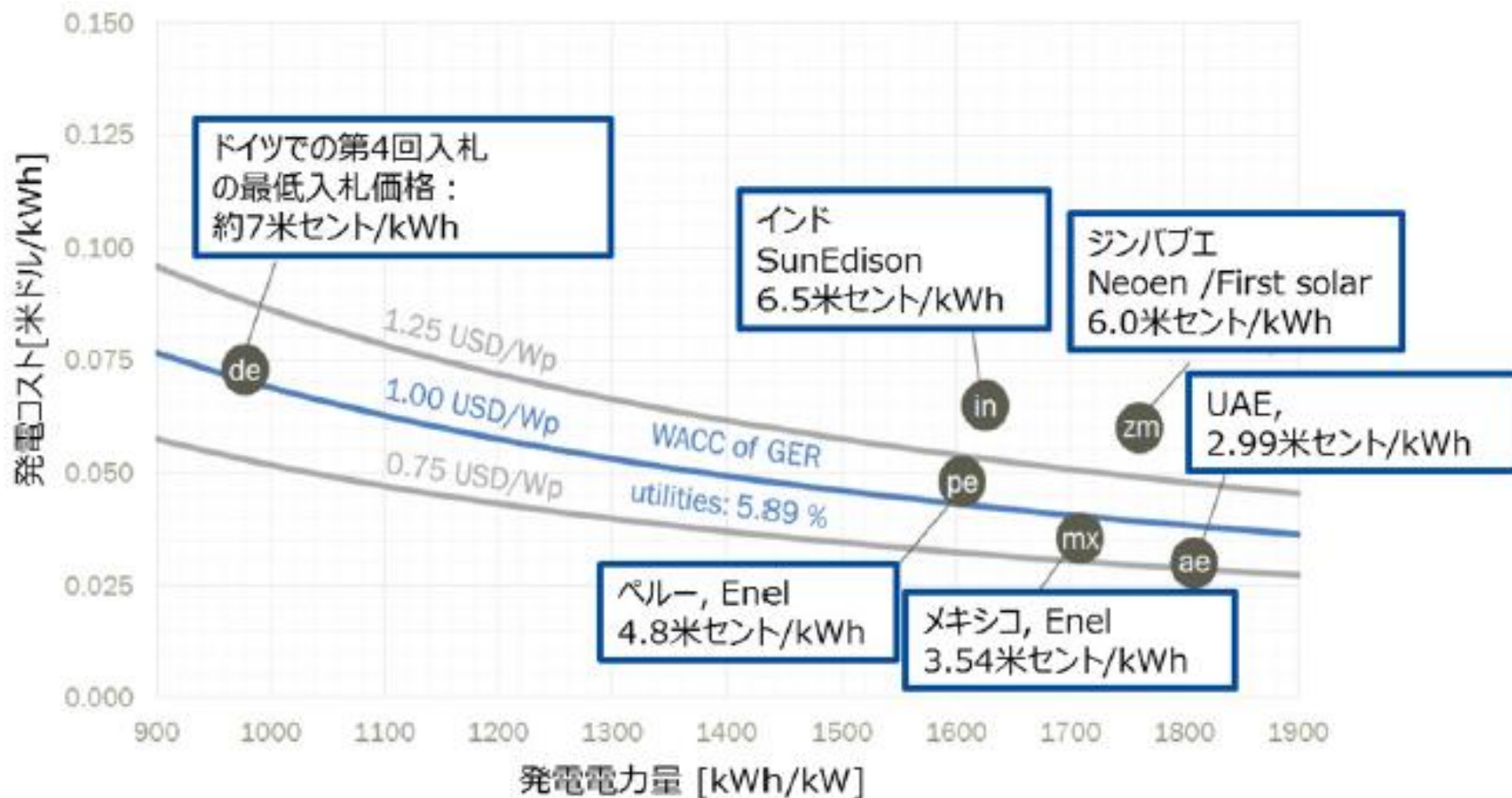
①再エネ：経済性（エネルギー:kWh）

＜非住宅用PVシステム価格＞



(出典) NEDO(2009)、環境省(2009)を基に作成

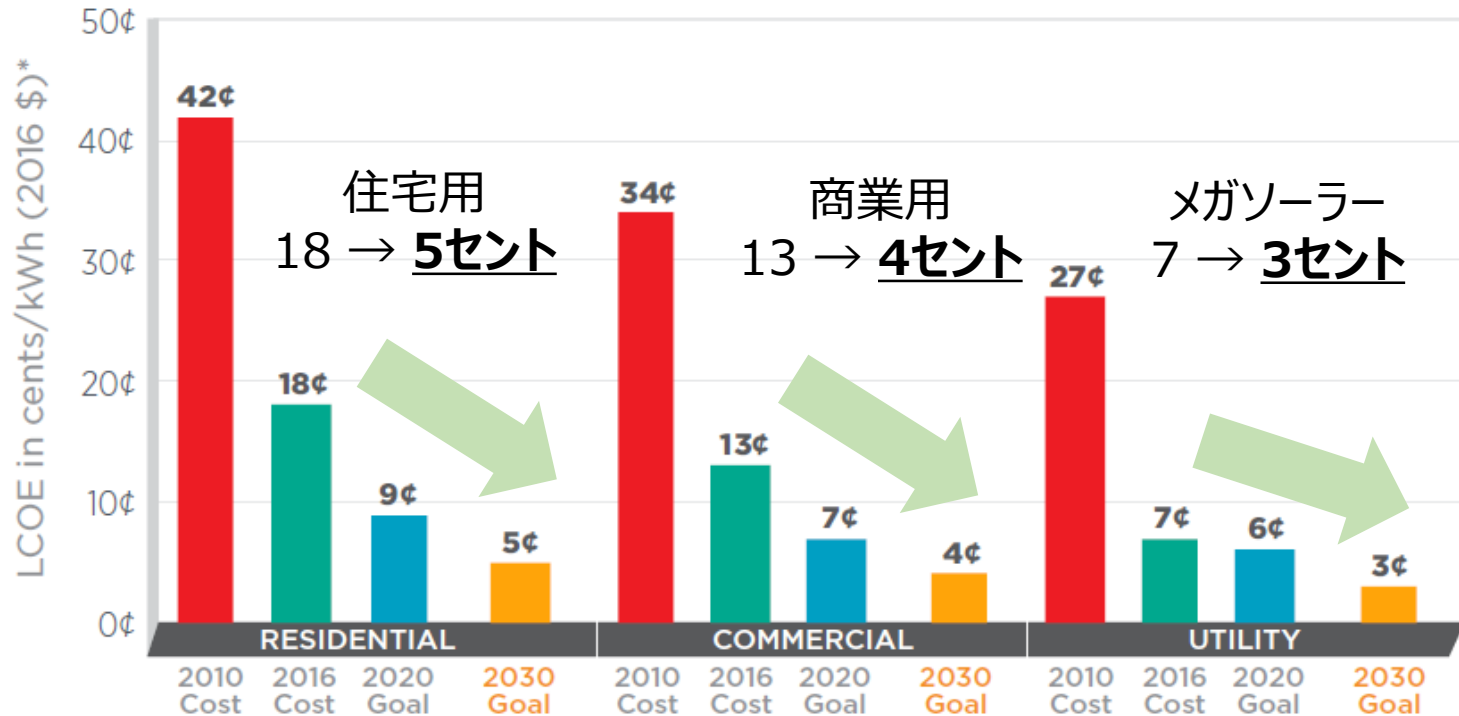
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.



(出典)資源エネルギー庁「太陽光発電競争力強化研究会報告書」,2016年

- 2016年11月、新たな目標（2030年）を公表

SunShot's 2030 Goals



*LCOE progress and targets are calculated based on average U.S. climate and without the ITC or state/local incentives. Utility-scale PV uses one-axis tracking.

Figure 1. LCOE values and SunShot goals for the residential, commercial and utility-scale sectors.

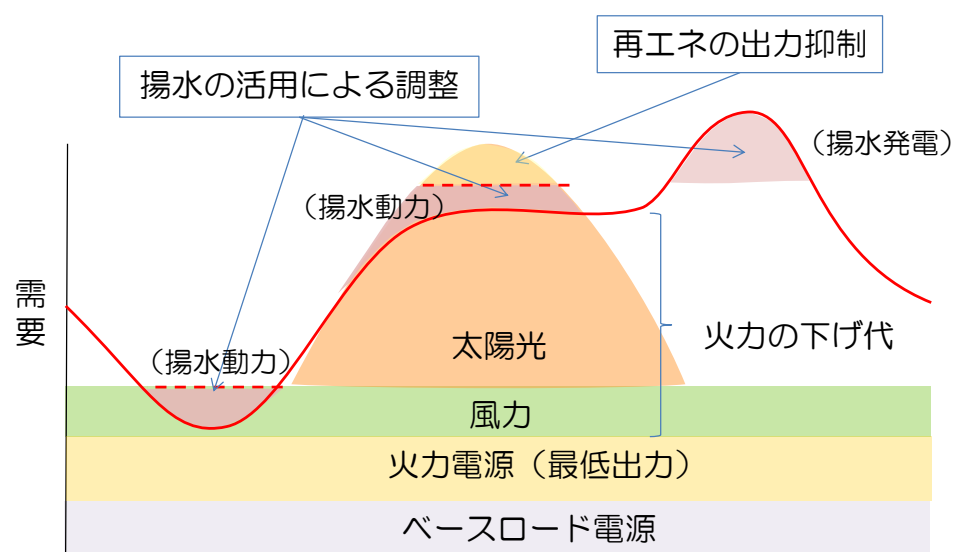
②再エネ：柔軟性（調整力： Δ kW（h））

柔軟性（調整力）確保の取り組み例①（揚水発電） TEPCO

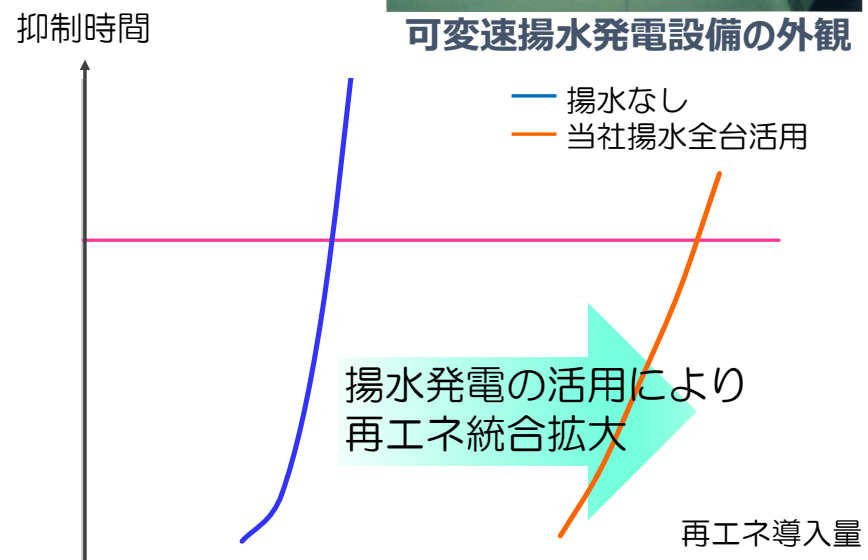
- 揚水発電は、電気を貯蔵し、再エネ発電と電力消費の時間的ミスマッチを解消することが可能
- **揚水発電を活用**することで柔軟性（調整力）を拡大でき、再エネ拡大に貢献



可変速揚水発電設備の外観



揚水による柔軟性確保のイメージ



揚水による再エネ拡大のイメージ

(出典)資源エネルギー庁 総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会
新エネルギー小委員会 系統ワーキンググループ 第1回資料5,2015年

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

柔軟性（調整力）確保の取り組み例②（広域化） **TEPCO**

- 北海道電力はシステムの柔軟性（調整力）不足で連系可能量を設定
- 東京電力PGから柔軟性（調整力）を調達し、連系可能量を20万kW拡大

<実証試験スキーム概要>



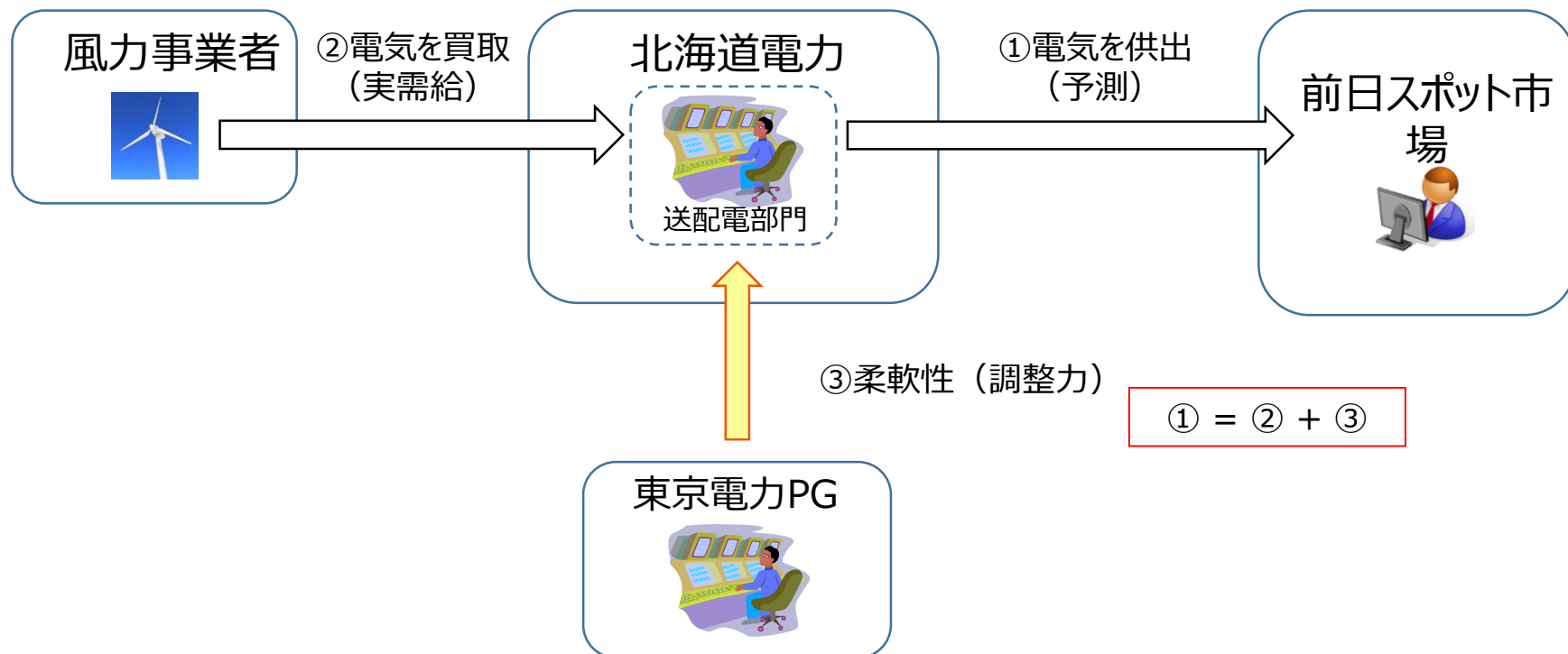
風力発電出力制御技術の導入

調整力が不足する場合には、風力発電の出力を制御し、電力システムの安定化を図る。

既設地域間連系線の活用

東京電力PGの調整力を利用し、北海道の調整力不足を解消。

- 北海道電力（送配電部門）は風力発電出力予測値（30分値）に基づいて、前日スポット市場に供出（①）
- 市場に供出する電気（①）と実需給断面の風力発電出力（②）の差分に対する調整に、地域間連系線を介して東京電力PGから調達する柔軟性（調整力）（③）を利用



今後の柔軟性（調整力）の広域化

- 多様な柔軟性（調整力）を全国市場取引。余力のある地域の火力・揚水発電などを有効活用して再エネ導入拡大

送配電事業者A

送配電事業者B

中央給電指令所

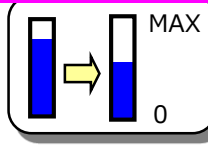
中央給電指令所

柔軟性（調整力）を調達

全国需給調整市場

柔軟性（調整力）を入札

指令(出力減)



火力

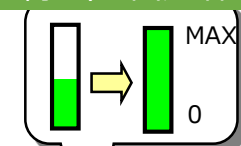
揚水

DR・蓄電池

DR・蓄電池

揚水 火力

再エネの出力増



風力

原子力

原子力

エリア A

エリア B

Δ P

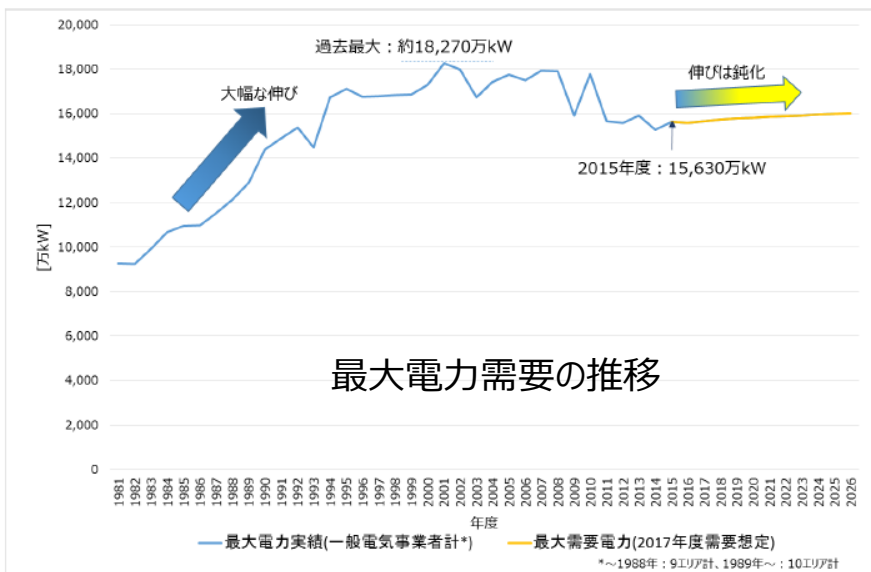
連系線

③再エネ：送電ネットワークの有効活用

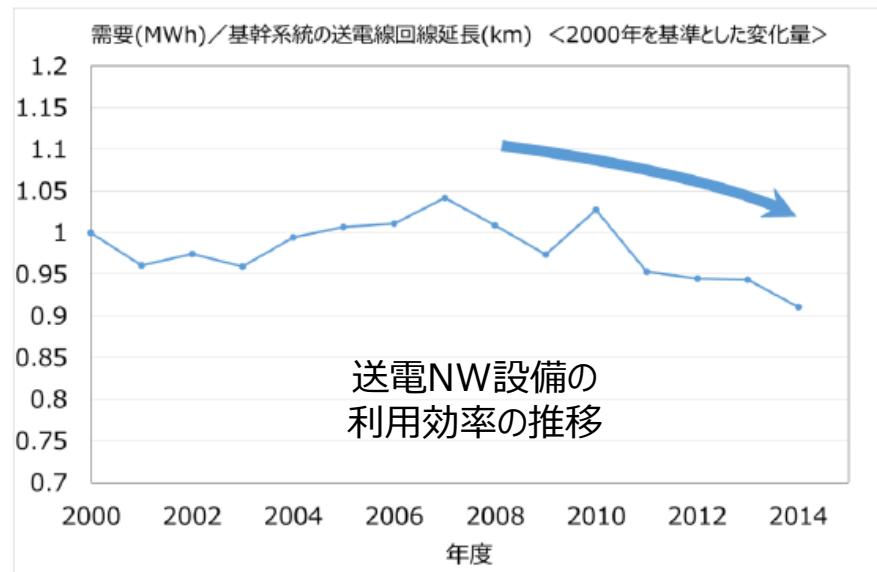
- 需要減少・既存電源の低稼働化・低稼働な再エネ導入拡大に伴い、送電NWの設備稼働率が低下
- 再エネ導入拡大に向け、局所的な系統制約も課題



送電NWの有効活用・再エネ導入拡大の観点から、
コネクト・アンド・マネージを議論



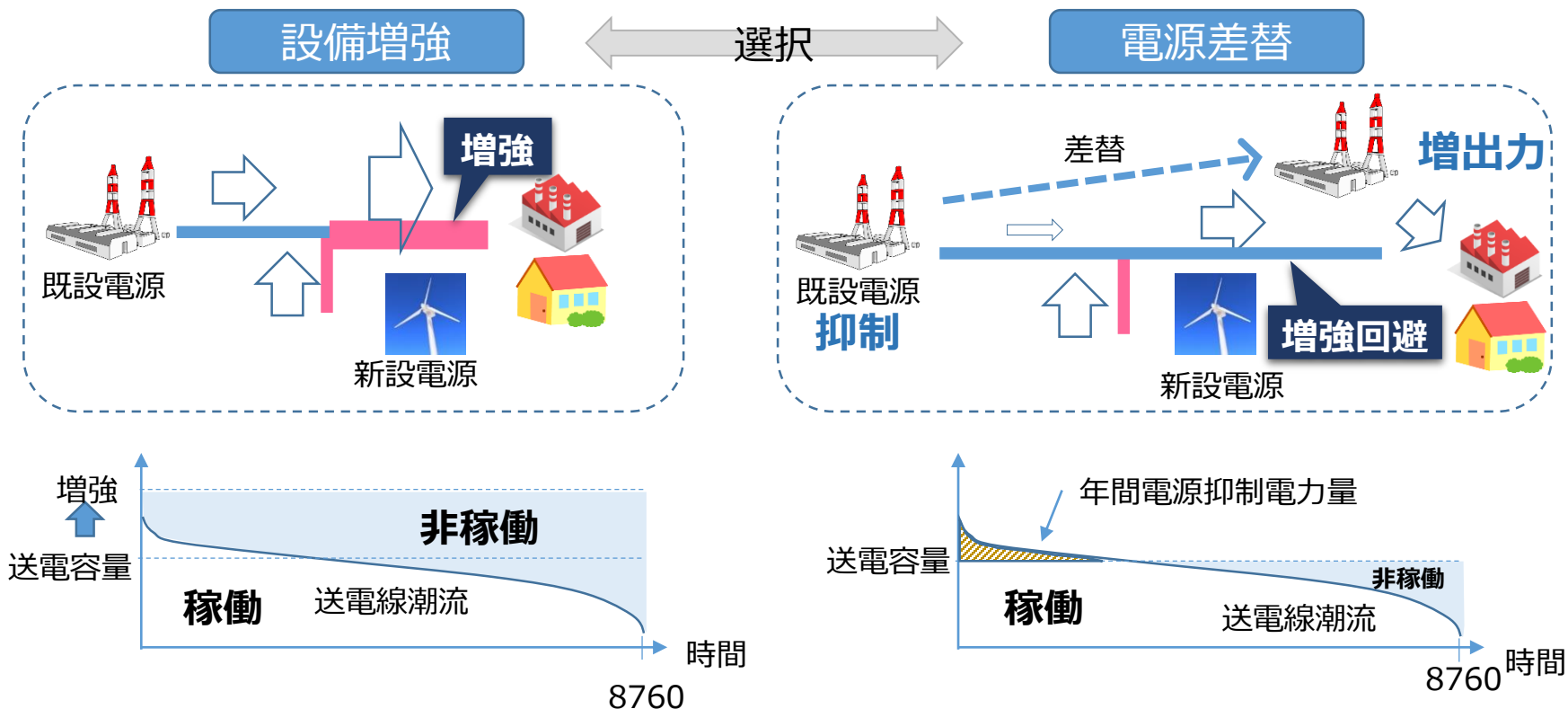
出典: 電力統計情報(電気事業連合会)、全国及び供給区域ごとの需要想定(平成29年度)(電力広域的運営推進機関)を基に作成



出典: 電気事業便覧(電気事業連合会)より作成

- **費用対便益の低い設備増強を回避**し、電源・流通全体でのコスト最小化をはかる（再エネ接続に限定した課題ではない）
 - **Non-firm**接続：一時的な電源抑制を許容(既設・新設)
 - **費用対便益：設備増強と電源差替の費用**※を定量的に比較

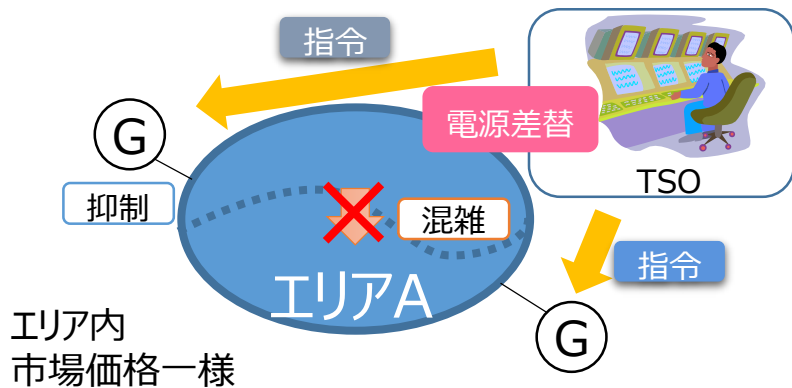
※kWh価値,kW価値,ΔkW価値,非化石価値



(出典) 資源エネルギー庁「再生可能エネルギーの大量導入時代における政策課題に関する研究会」第4回資料1,2017年

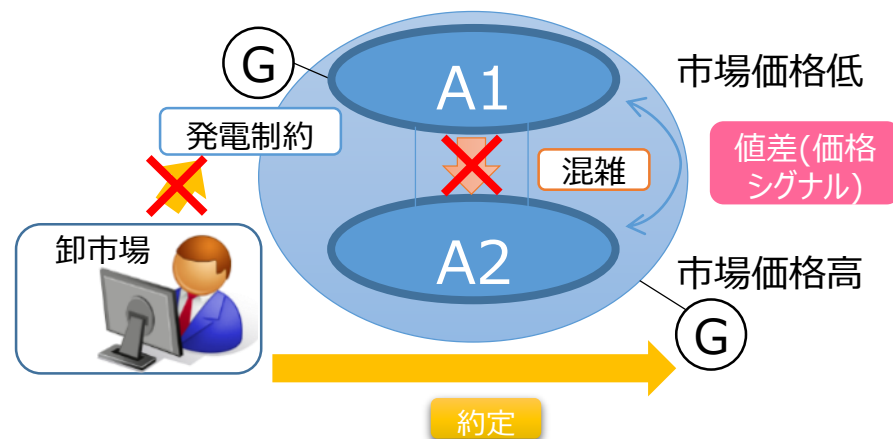
- 混雑解消のため、送電側の電源出力抑制と受電側の電源出力の増加が必要(電源差替え)
 - 再給電方式：TSOが出力調整(系統利用者は混雑を認識せず)
 - 間接オークション：市場で出力決定(系統利用者が混雑認識)

【ケース①】再給電方式



日本供給エリア内
英国内、北欧エリア内 等

【ケース②】間接オークション



日本供給エリア間(2018年度~)
米国RTO(ISO)内、北欧エリア間 等

(出典) 資源エネルギー庁「再生可能エネルギーの大量導入時代における政策課題に関する研究会」第4回資料1,2017年(一部修正)

■ 電源差替え方式

- 欧州は再給電方式が多い(抑制補償に共通の考え方は無い)
- 米国は間接オークション方式

<コネクト・アンド・マネージ（系統容量不足の管理等）に関する海外事例>

国名	政策名	概要
英国	Connect & Manage ※	送電網の増強前に接続許可し、出力抑制時には有償。
アイルランド	Non-Firm Access	系統増強前にNon-Firm契約を結び、接続許可。ローカル系統混雑時にはNon-Firm契約者は最初に出力抑制対象となり、かつ無補償。
ドイツ	Priority Connection	系統運用者は再エネを優先的に接続許可し、系統容量不足時は遅滞なく系統増強する。系統混雑による出力抑制時には有償。
米国	Implicit Auction	市場原理に基づきスポット市場を介して系統利用を行う方式。

※「コネクト・アンド・マネージ」は英国の方式に限定されない

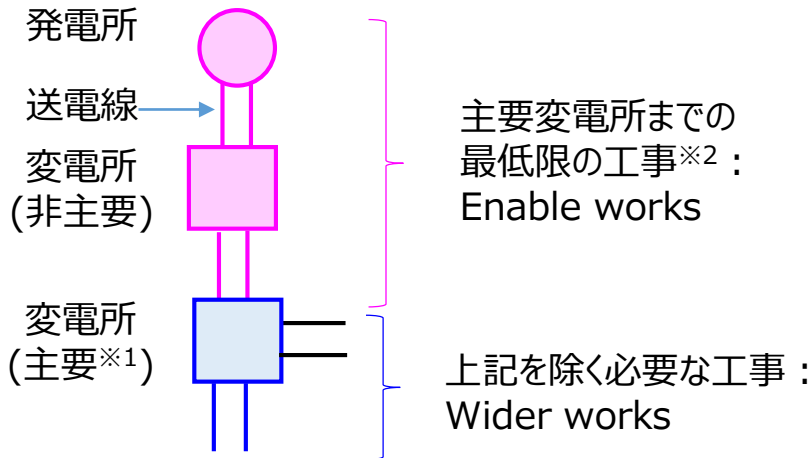
(出典) 資源エネルギー庁「再生可能エネルギーの大量導入時代における政策課題に関する研究会」第4回資料1,2017年

- 低炭素化の政策目標達成・廃止電源の代替供給力の確保が課題

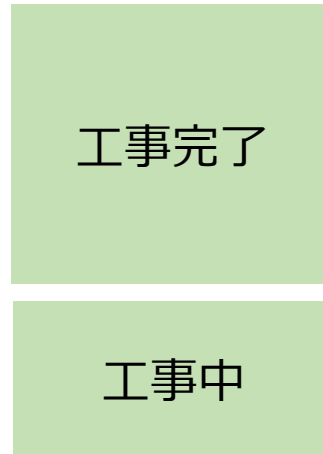


- 発電投資のインセンティブ・環境整備を目的にコネクト・アンド・マネージを一部導入

【コネクト・アンド・マネージによる早期連系】



・系統制約時は当該電源を抑制
・balancingメカニズムに基づき補償 (託送費回収)



【申請・承認】



＜送電設備所有者＞

- ・信頼度低下と対策
- ・理由
- ・期間 等

申請



承認



＜系統運用者＞

- ・費用
- ・CO₂削減量
- ・運用対策

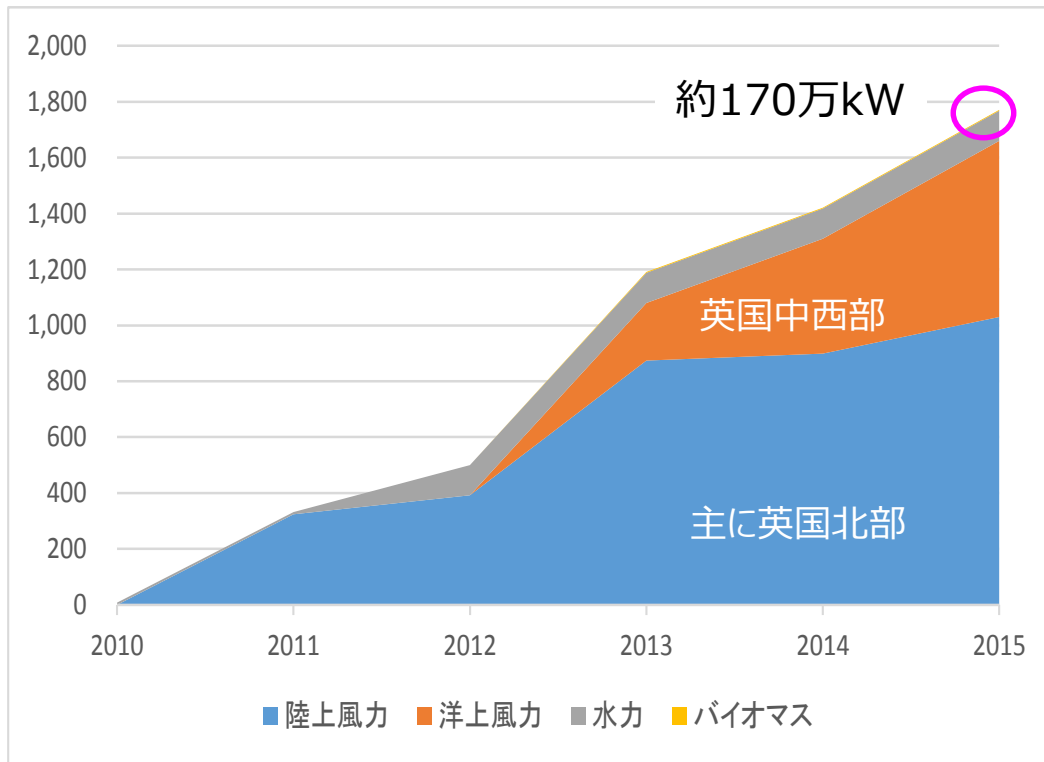
参考資料 : National Grid "Connect and Manage Guidance", 2013

DECC "Government Response to the technical consultation on the model for improving grid access", 2010

※1: 電源線を除く送電線が5回線以上の変電所
※2: 許容可能な信頼度対策工事を除く(N-2事故対応など)

【コネクト・アンド・マネージ発電設備容量】

累計容量[MW]



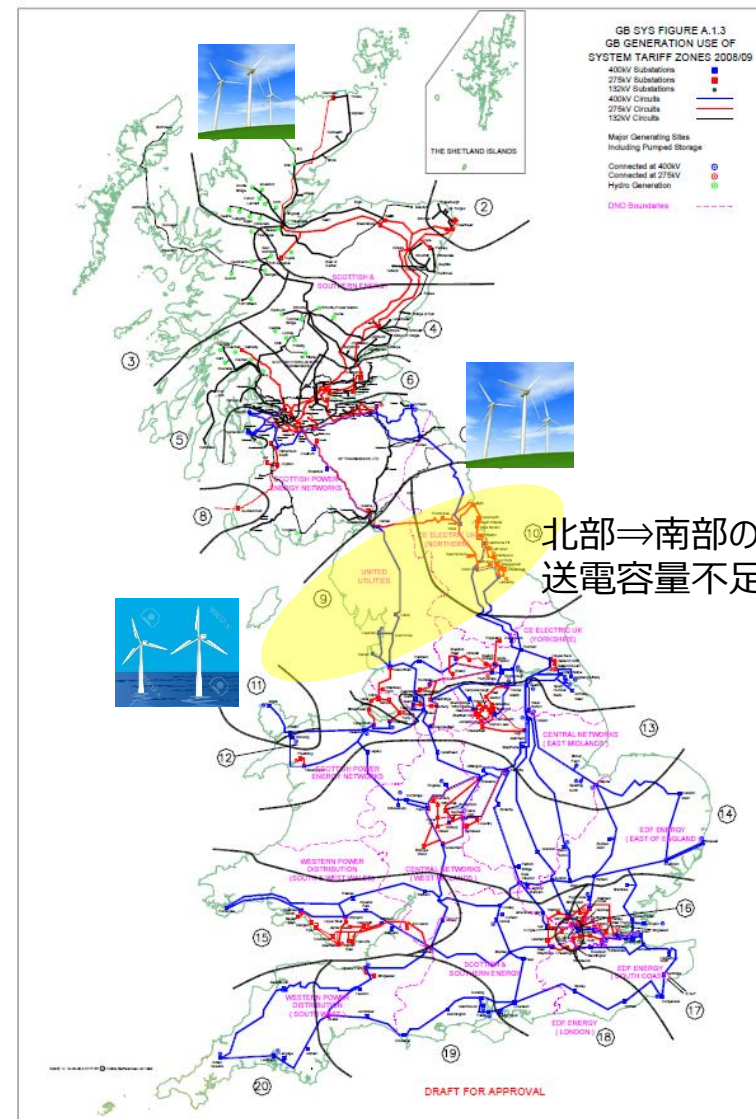
約170万kW

英国中西部

主に英国北部

■ 陸上風力 ■ 洋上風力 ■ 水力 ■ バイオマス

期間：2010.8～2015.3 本格運開済み除く

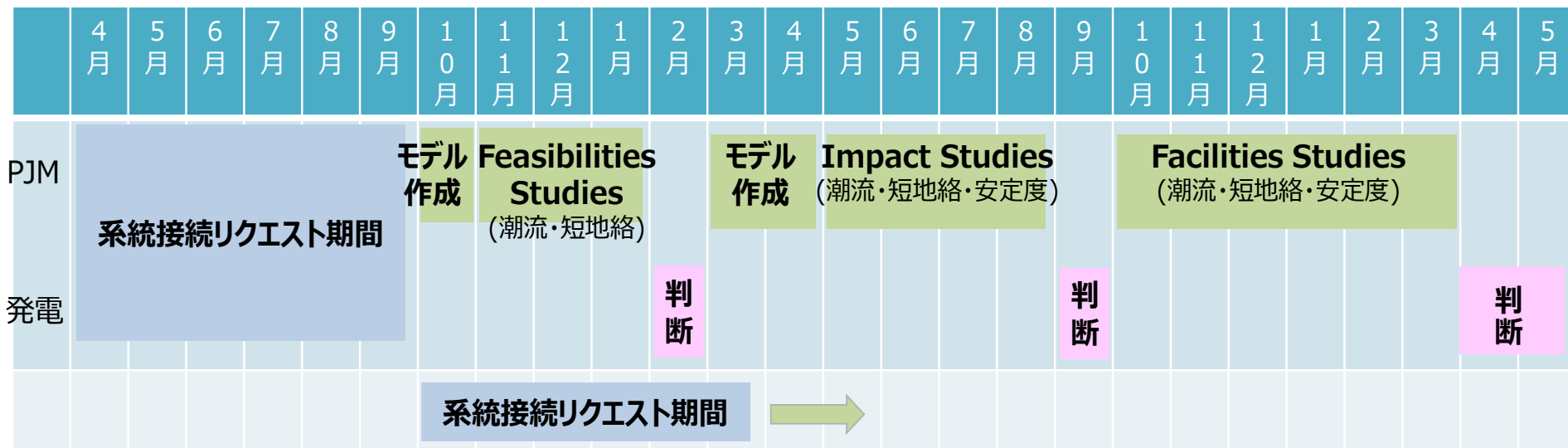


参考資料：National Grid "Connect and Manage Guidance", 2013
National Grid "Report on the Connect and Manage Regime Interim Outturn Report", 2015

■ 計画段階：

- 系統接続は一定期間に一括検討
 - 再エネ・火力ともに想定される稼働状況を考慮して増強
 - 費用対効果で評価
 - ※風力： 定格の13%、PV： 定格の38%
 - 火力等： メリットオーダーに加え、事故等の緊急時も考慮
- (電源線は起因者負担。系統線はMWで発電者按分)

【系統接続検討フロー】

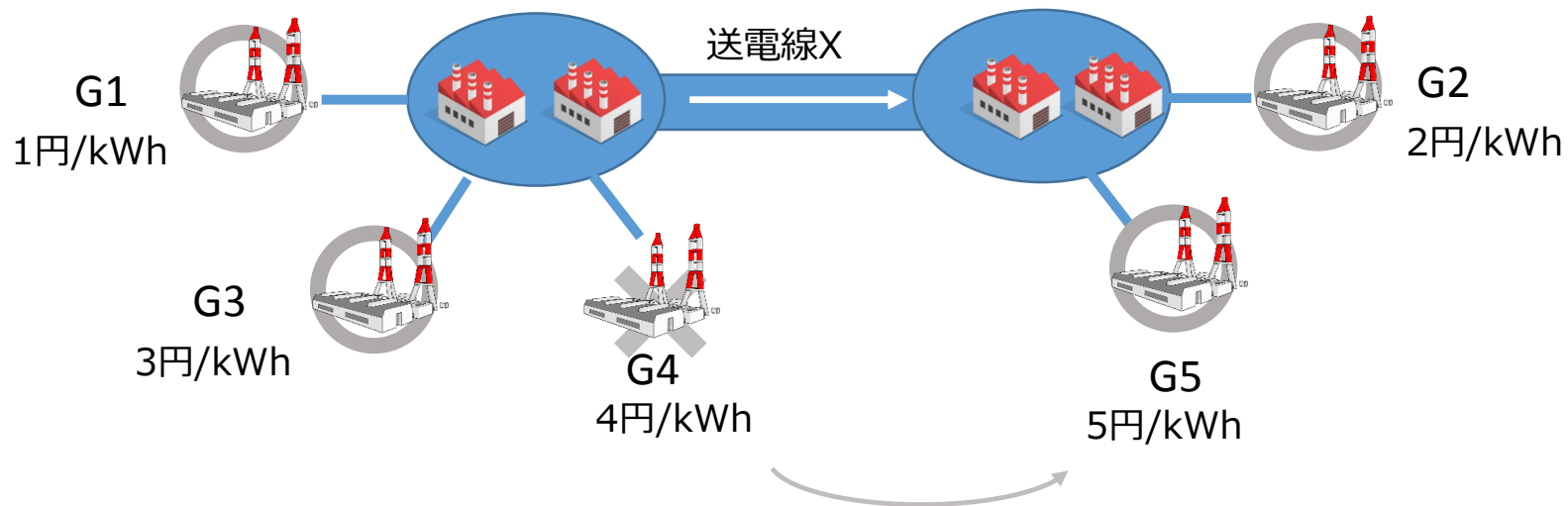


(出典) METIF「再生可能エネルギーの大量導入時代における政策課題に関する研究会」第4回資料1,2017年

■ 間接オークションで混雑解消

- 取引は市場を介して実施
- 送電線の容量の範囲で安価な順に市場約定

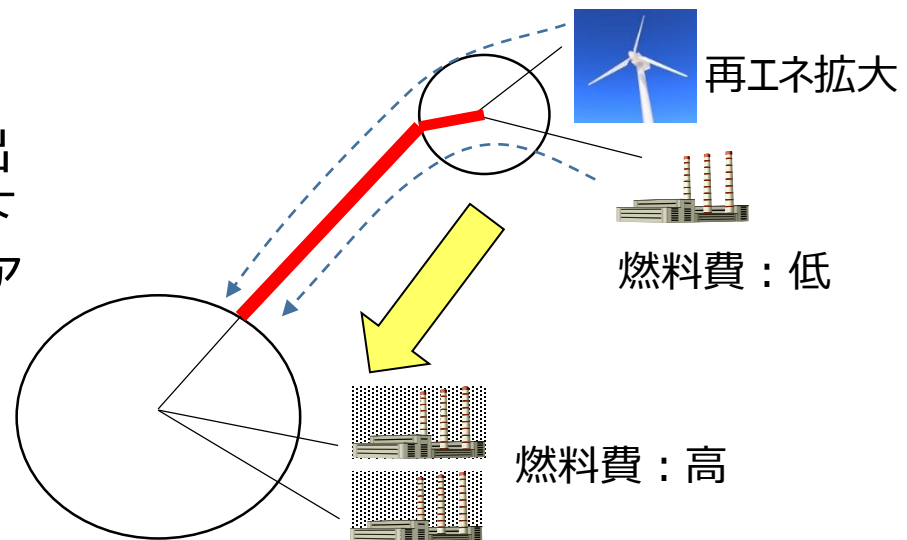
【送電線Xの容量が不足する場合】



安価な電源(G4)を飛ばして
高価な電源(G5)が約定

- 再エネは需要の少ないエリアに適地が多く、需要地までの送電容量確保のためにNW増強が必要となることが多いが、時間とコストを要する上に増強されたNWの稼働率は低下。
- **NW容量の配分への市場メカニズム活用**など、既存NWの利用方法を工夫して導入余地を増やせる可能性。ただしルール変更にあたっては既存のNW利用者が不利益を被らないための条件整備が不可欠。
- まず**既存のNW利用を最適化**した上で、**便益が費用を上回る場合に増強**することが必要。

再エネ導入量が多いエリアでは再エネ出力増加で限界費用（燃料費）が低下するため、市場では再エネの少ないエリアに向かって電気が流れる



- 低炭素社会実現には、電源の低炭素化と需要の電化の同時達成が必要
- 電源の低炭素化の手段として効率的な再エネ導入拡大が重要
- このため、再エネの経済性確保に加え、送電NWの効率化（①柔軟性確保と②送電NWの容量確保）が課題
 - 広域的な調整力市場の創設と最大限の活用
 - コネクト・アンド・マネージ（NW容量の配分への市場メカニズムの活用など、既存のNW利用を最適化した上で、便益が費用を上回る場合に増強）による効率的な送電NWの容量確保
- 再エネ導入拡大を推進していくには、その費用の確実な回収の担保が必要。更に再エネ導入拡大に対するインセンティブ付与を検討してはどうか