

再生可能エネルギー導入拡大に向けた システムの現状と今後

TEPCO

2017年10月31日

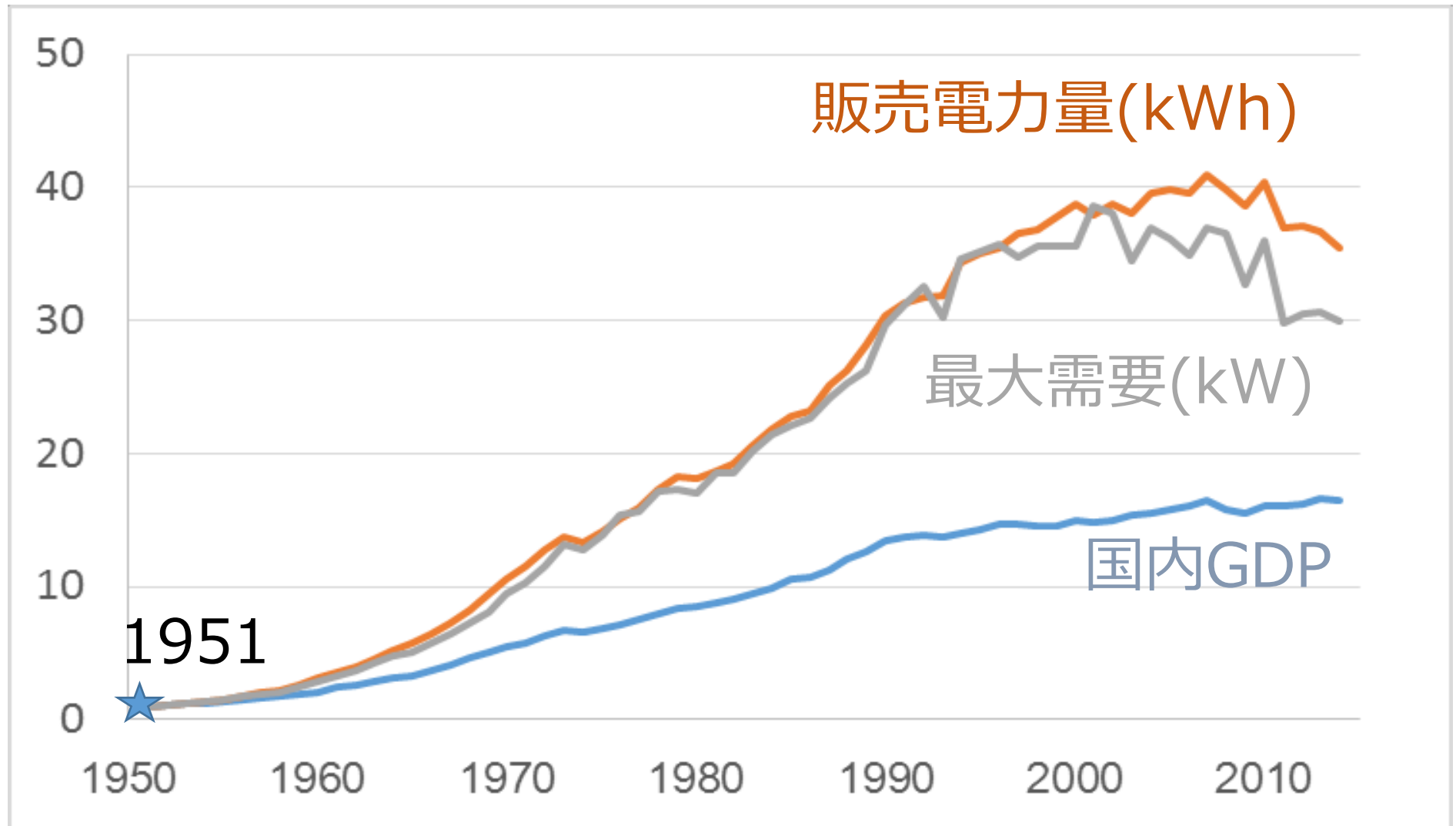
東京電力ホールディングス株式会社
経営企画ユニット系統広域連系推進室長
穴井 徳成



- 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

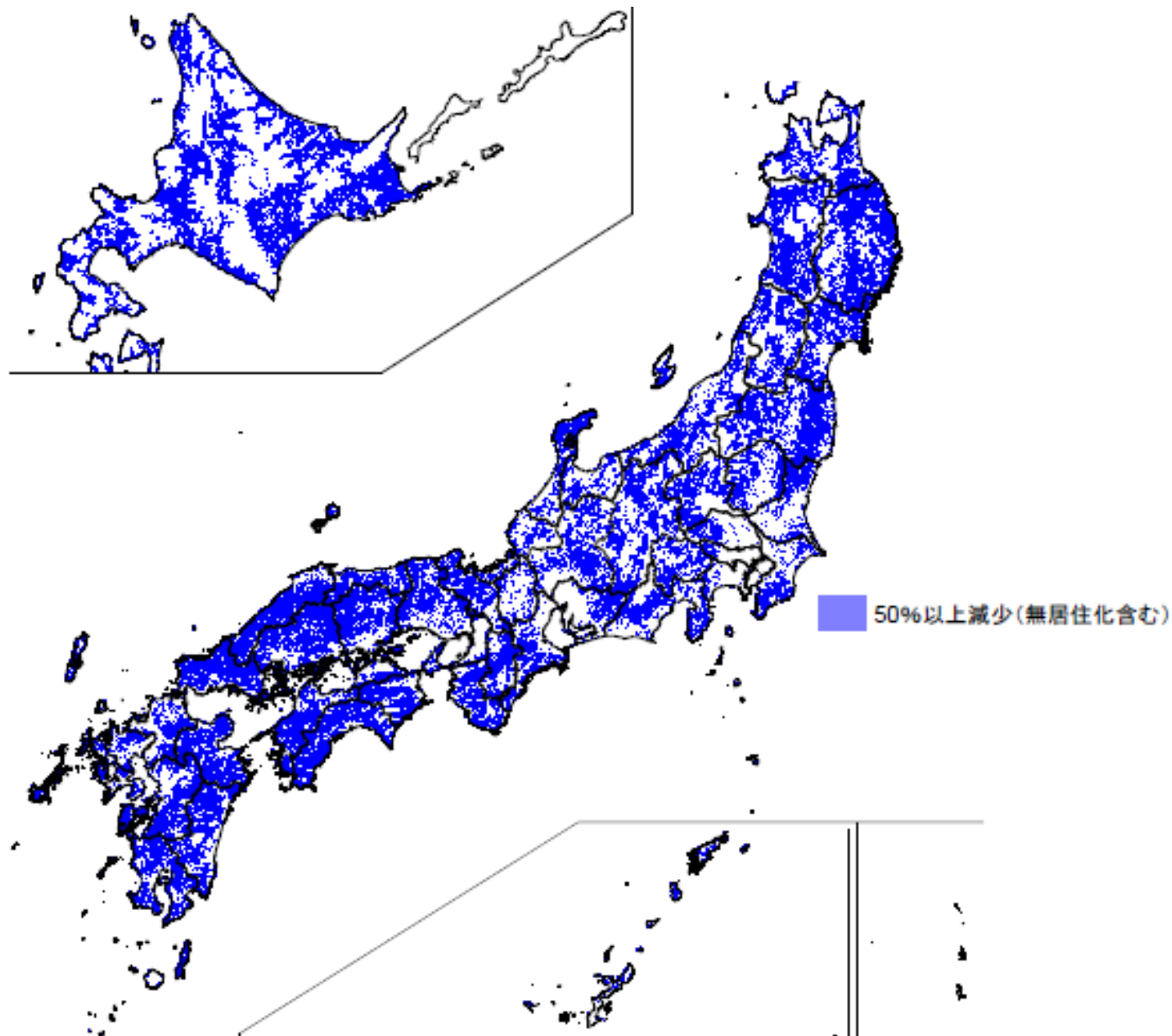
(倍) 1951年度を1とした指数



＜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)

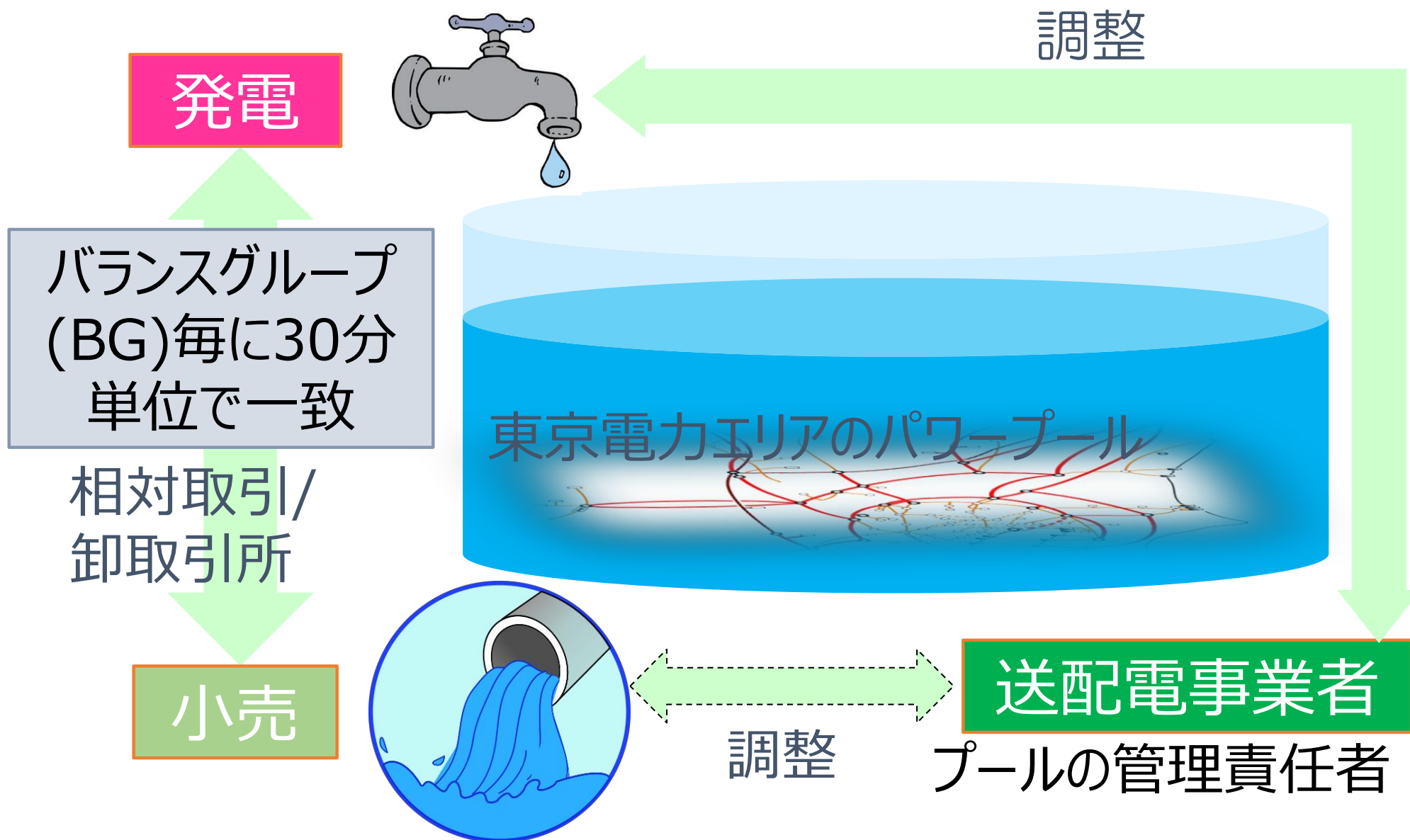
【50%以上減少(無居住化含む)】

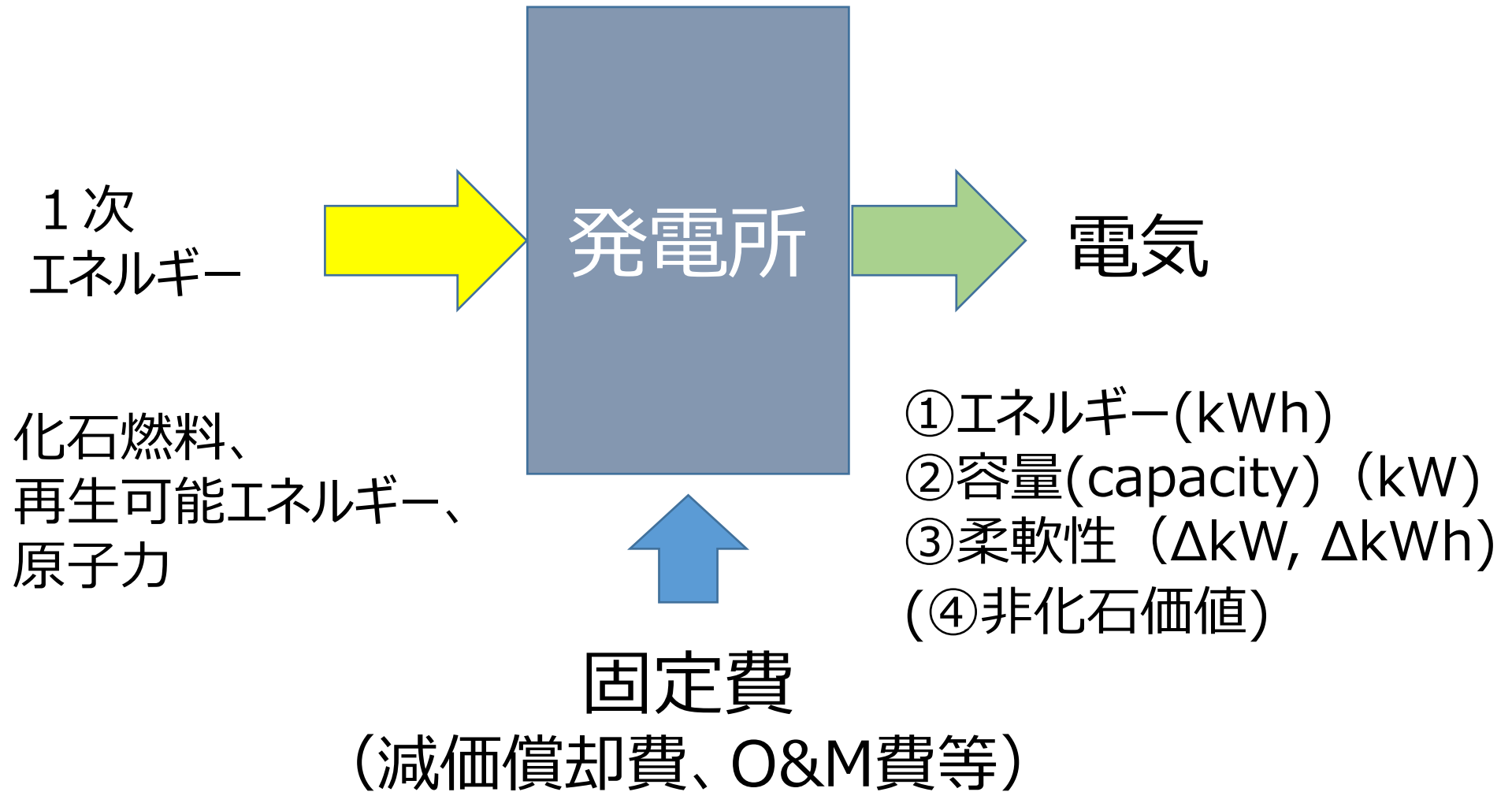


2050年に6割の地域で
人口が半減以下

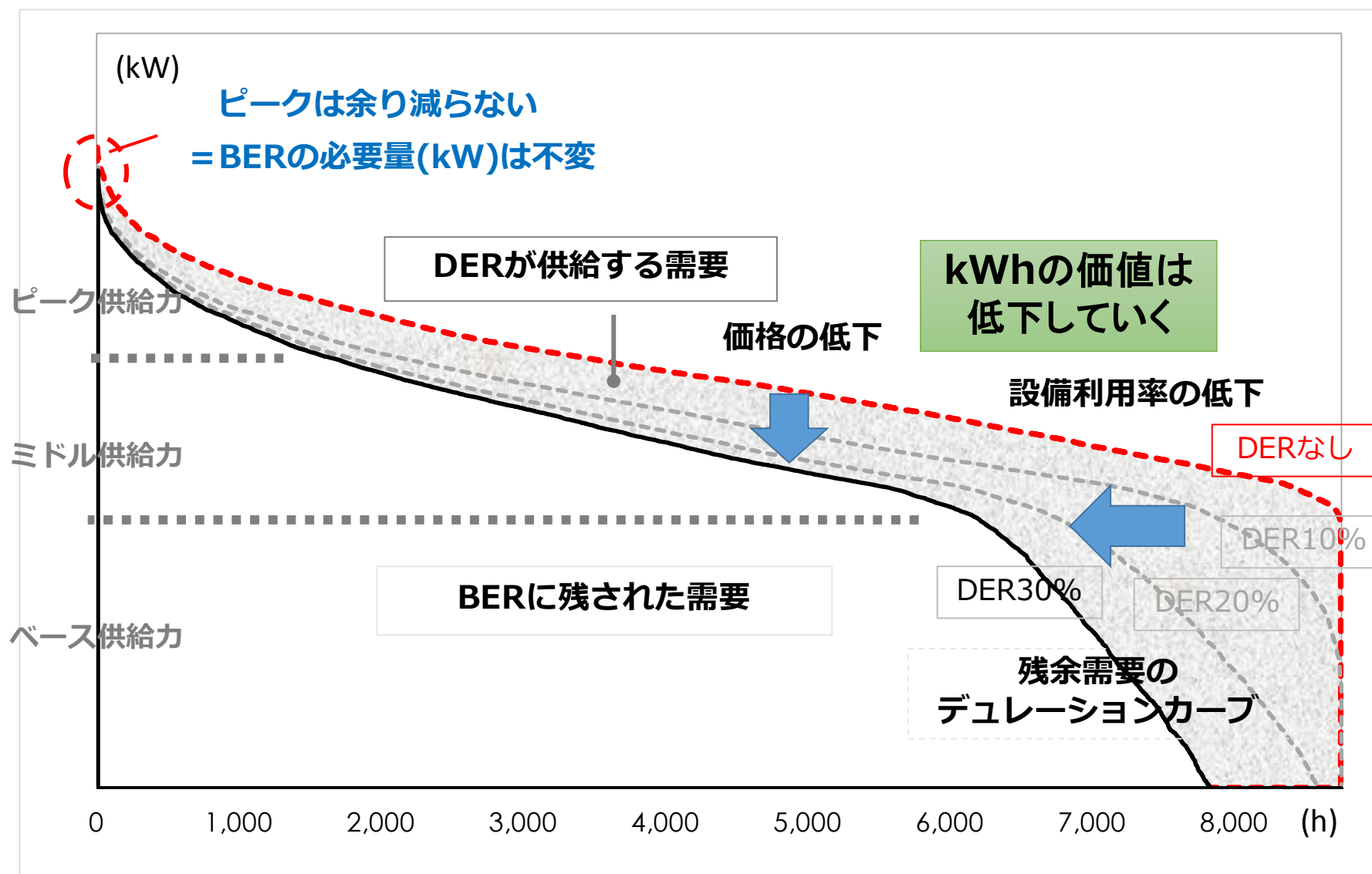


あらゆる分野のインフラが
持続性の課題に直面





再エネによるデュレーションカーブの変化



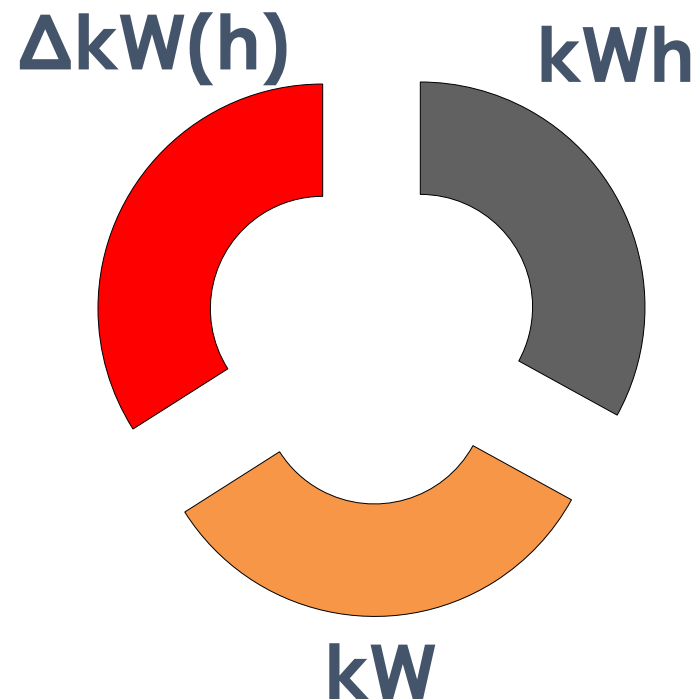
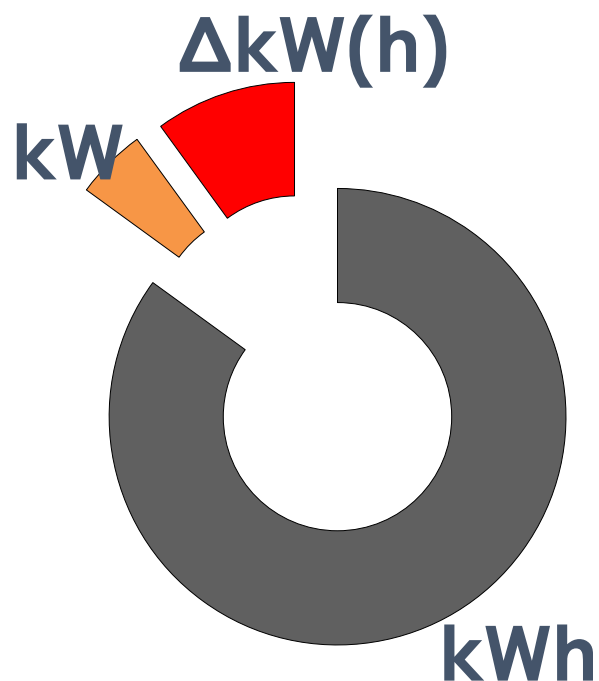
BER: Bulk Energy Resources (系統電源)
DER: Distributed Energy Resources (分散電源)

2020年時点

将来

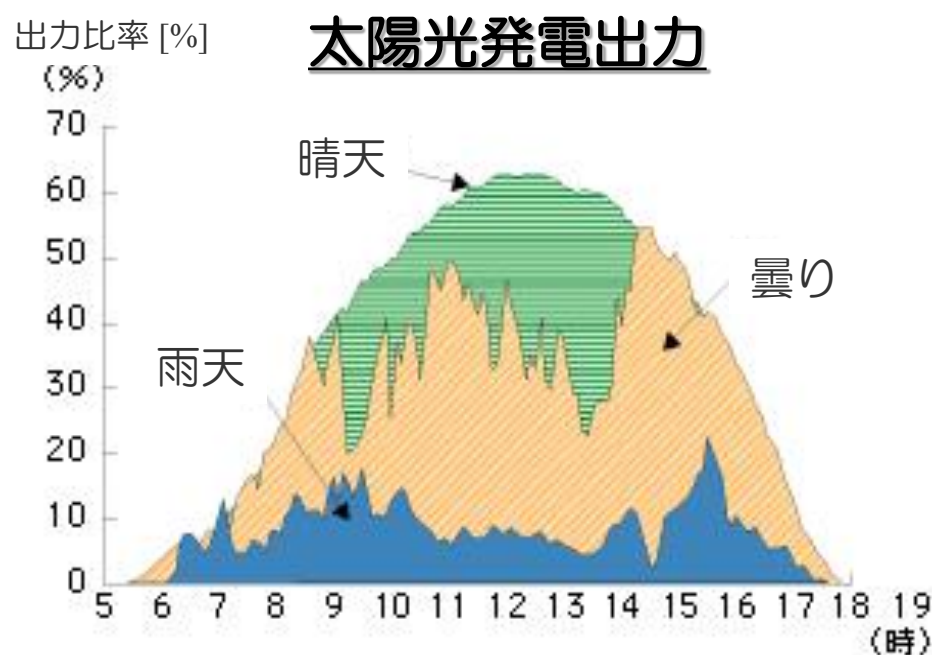
需給調整市場 ($\Delta kW(h)$)、容量市場(kW)が設立され3つの価値が取引可能に。

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。

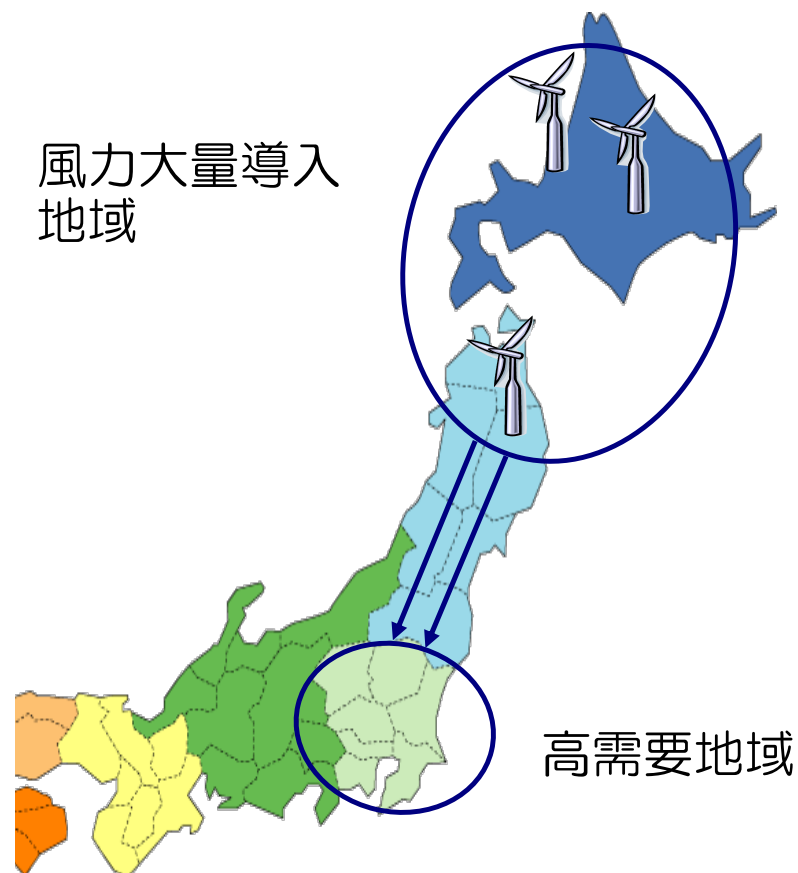


■ 再エネの導入拡大には以下の取り組みが必要

- 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

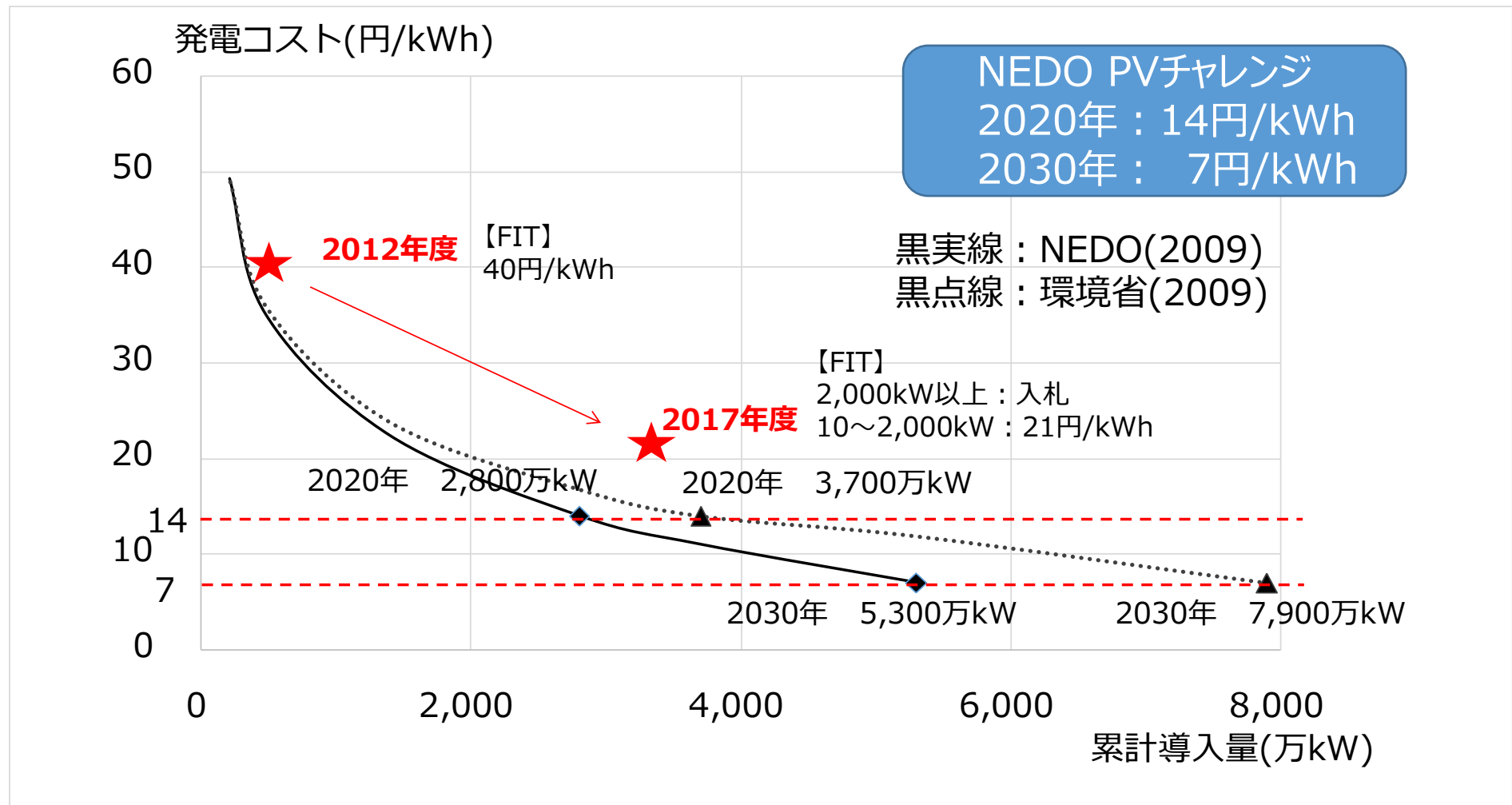


(出典) 資源エネルギー庁 エネルギー白書



①再エネ：経済性（エネルギー:kWh）

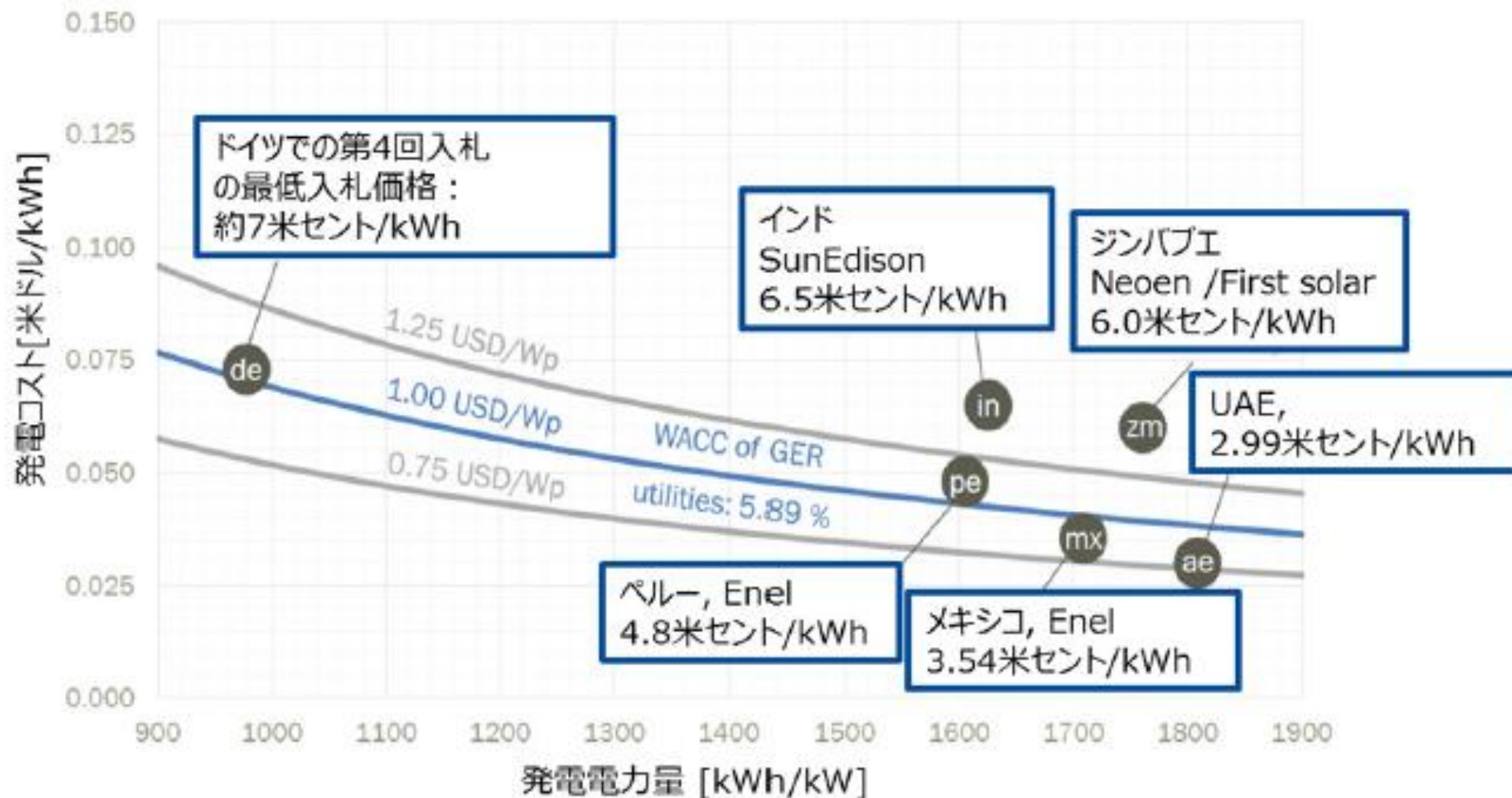
<非住宅用PVシステム価格>



(出典) NEDO(2009)、環境省(2009)を基に作成

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

【参考】海外のPVコストと最近の入札結果事例

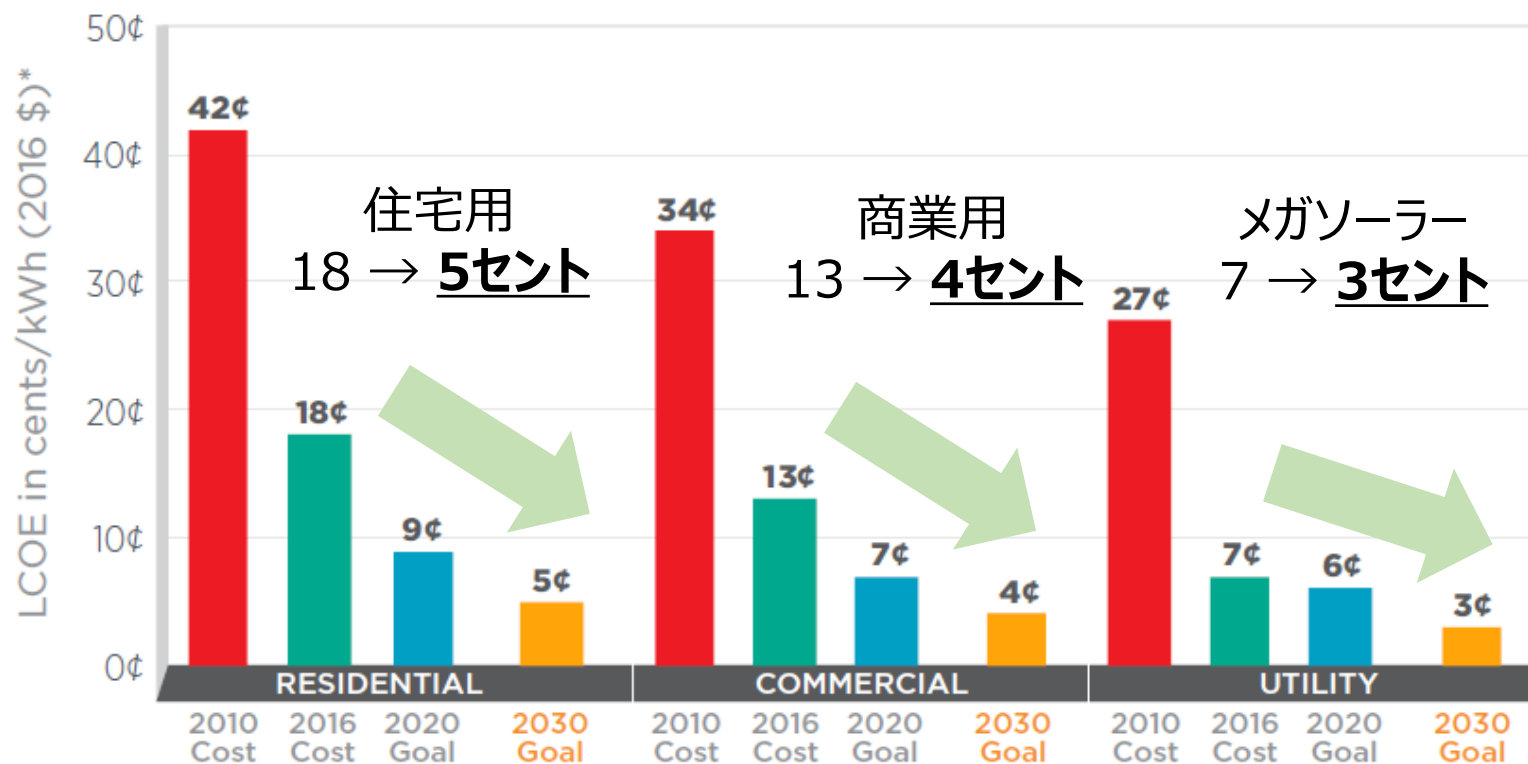


(出典)資源エネルギー庁「太陽光発電競争力強化研究会報告書」,2016年

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

- 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.

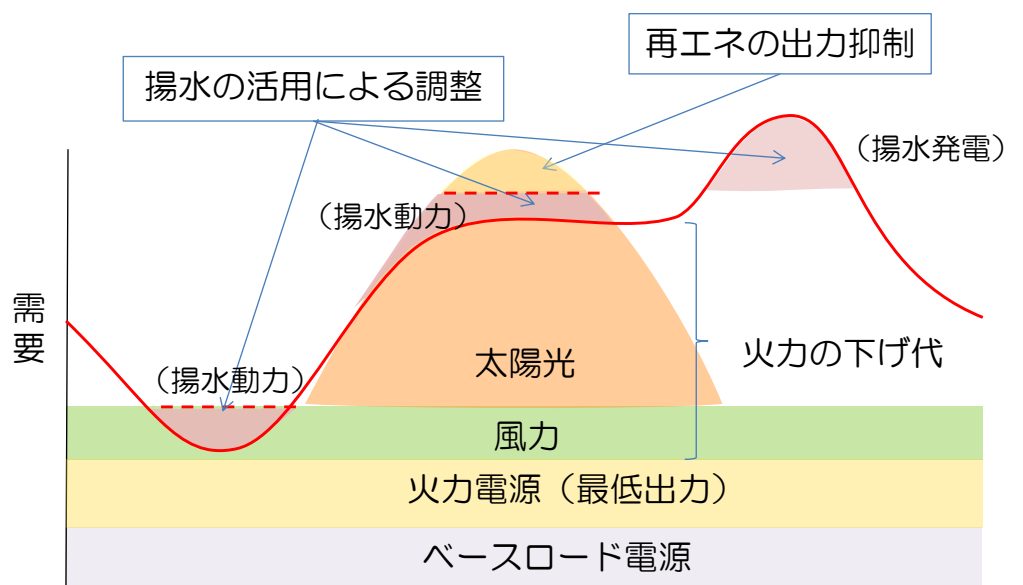
②再エネ：柔軟性（調整力： ΔkW （h））

柔軟性（調整力）確保の取り組み例①（揚水発電） **TEPCO**

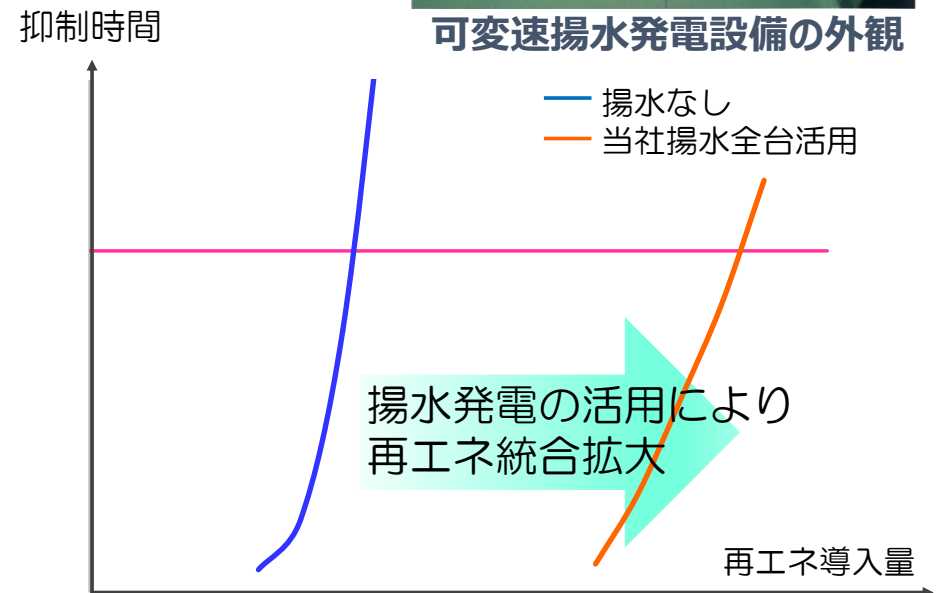
- 揚水発電は、電気を貯蔵し、再エネ発電と電力消費の時間的ミスマッチを解消することが可能
- **揚水発電を活用**することで柔軟性（調整力）を拡大でき、再エネ拡大に貢献



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

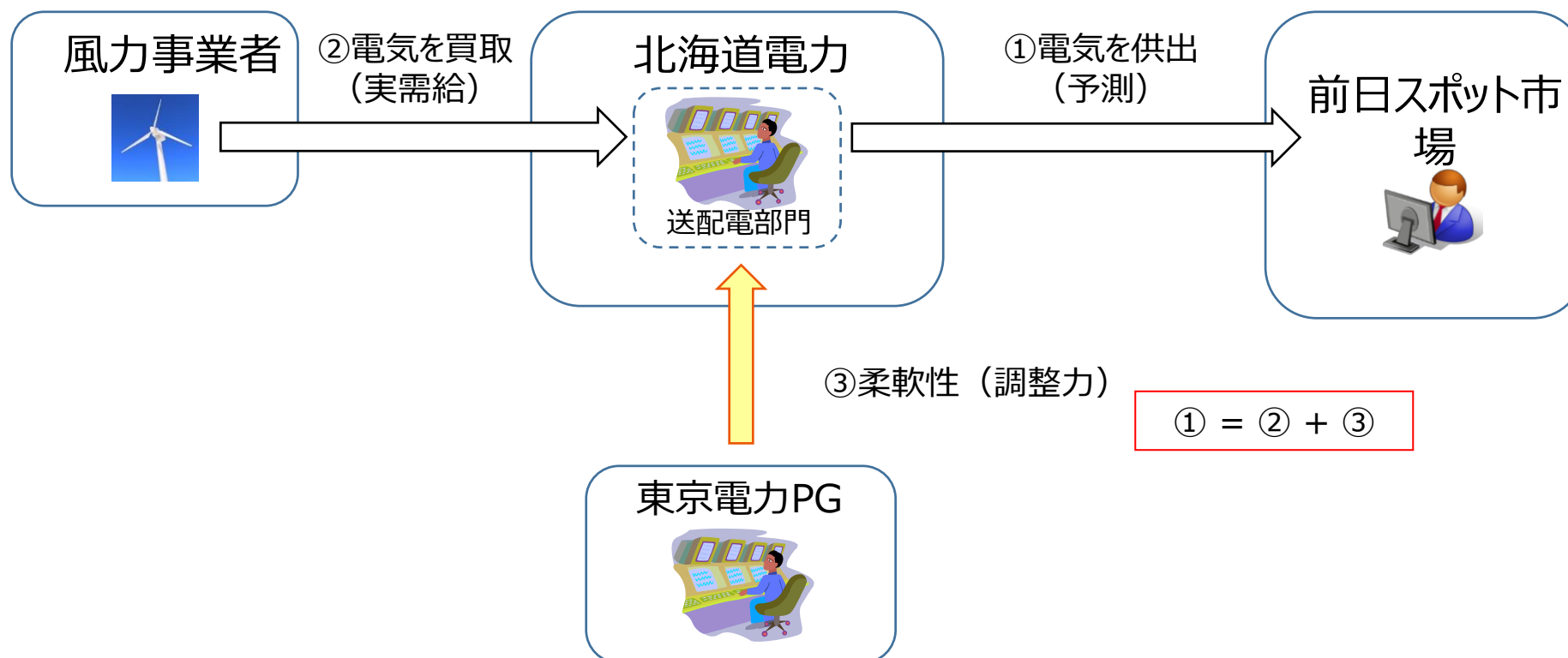
調整力が不足する場合には、風力発電の出力を制御し、電力システムの安定化を図る。

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。

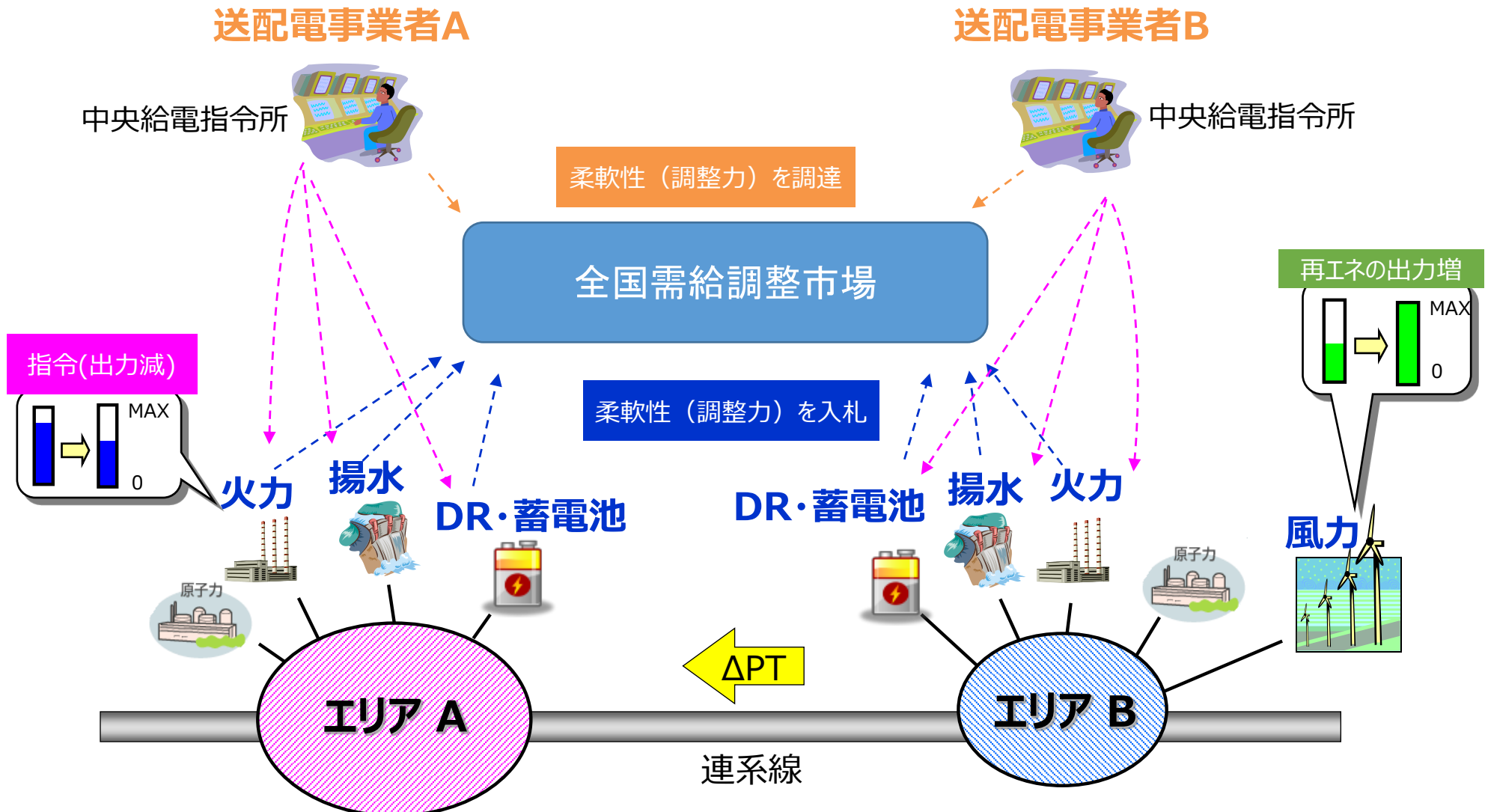
【参考】運用方法

- 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



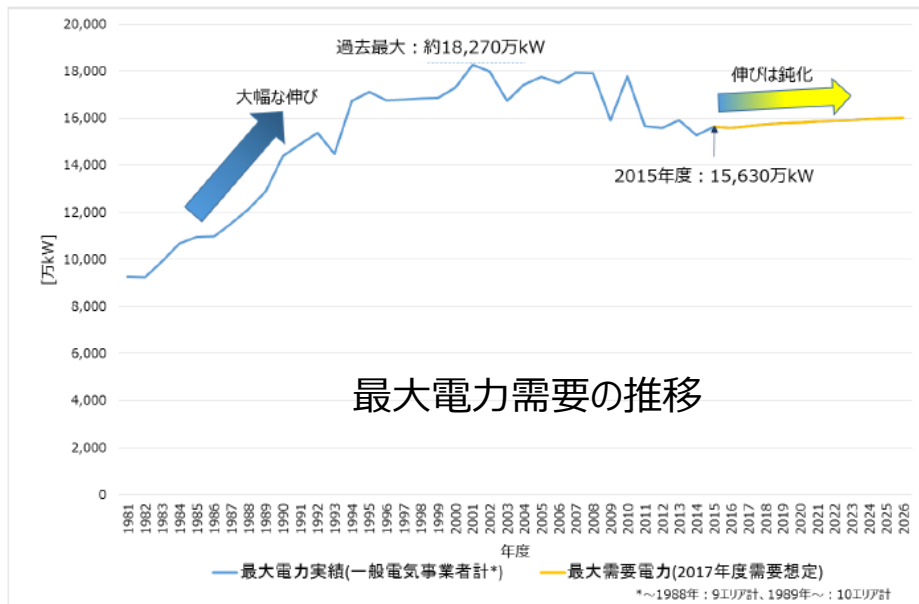
③再エネ：送電ネットワークの有効活用

送電NWの有効活用(コネクト・アンド・マネージの導入へ) **TEPCO**

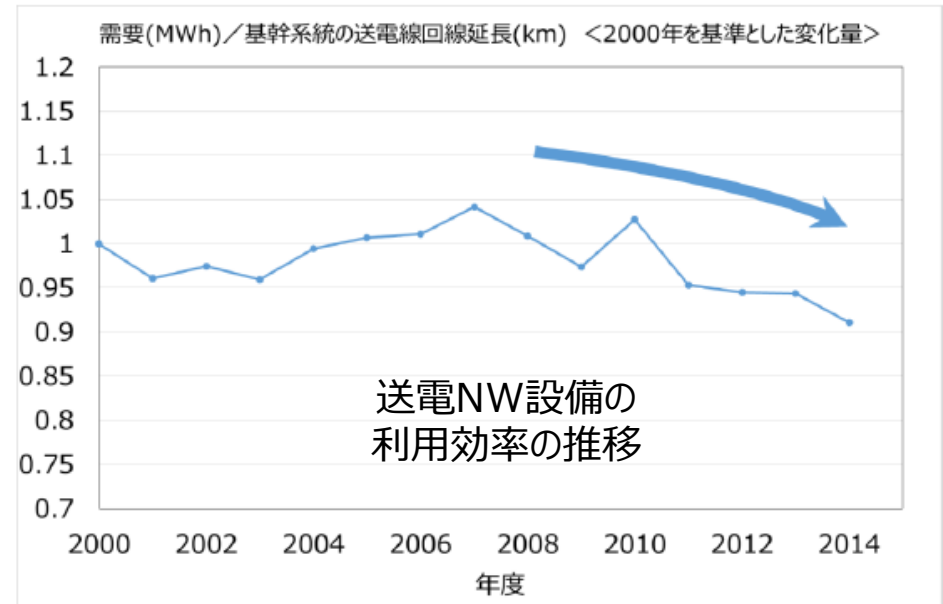
- 需要減少・既存電源の低稼働化・低稼働な再エネ導入拡大に伴い、送電NWの設備稼働率が低下
- 再エネ導入拡大に向け、局所的な系統制約も課題



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



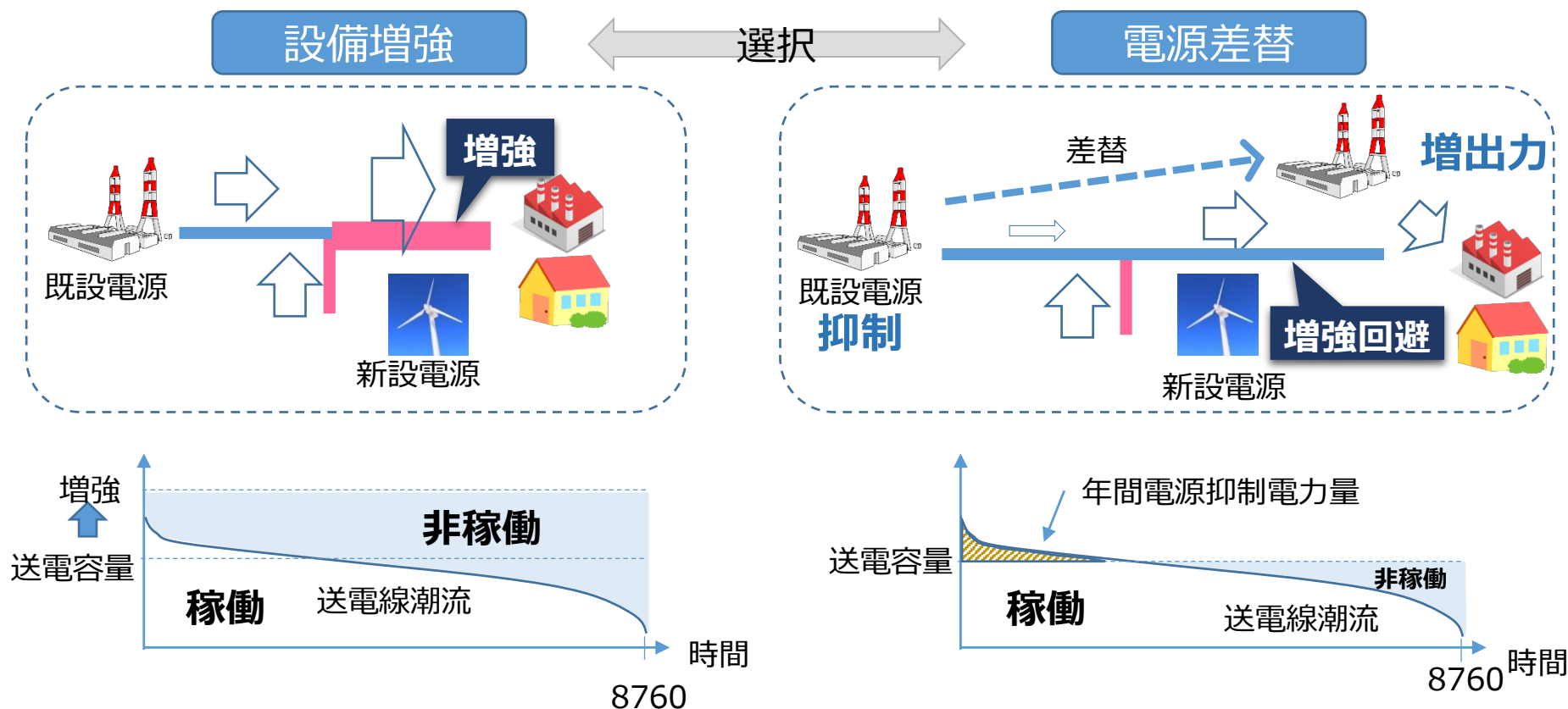
出典：電気事業便覧(電気事業連合会)より作成

(出典)電力広域的運営機関「広域系統長期方針」2017年

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

- **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

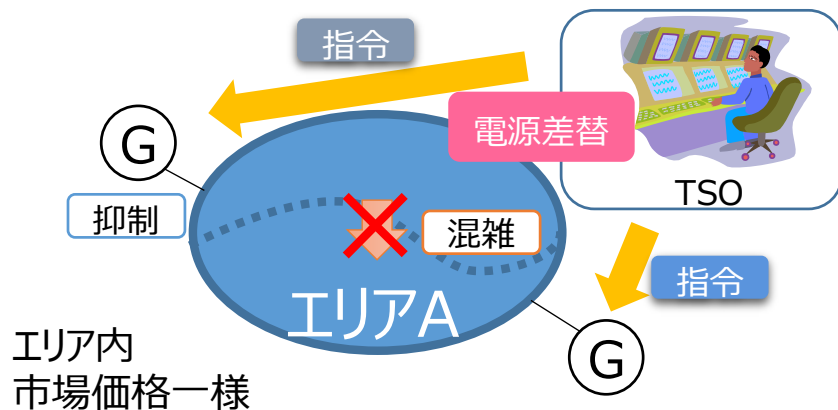


(出典) 資源エネルギー庁「再生可能エネルギーの大量導入時代における政策課題に関する研究会」第4回資料1, 2017年
 ©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

【参考】電源差替え方式

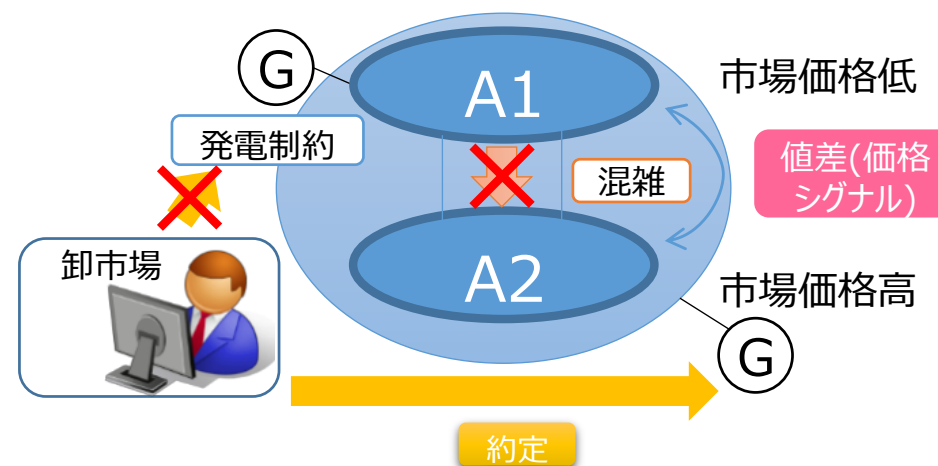
- 混雑解消のため、送電側の電源出力抑制と受電側の電源出力の増加が必要(電源差替え)
 - 再給電方式：TSOが出力調整(系統利用者は混雑を認識せず)
 - 間接オークション：市場で出力決定(系統利用者が混雑認識)

【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。

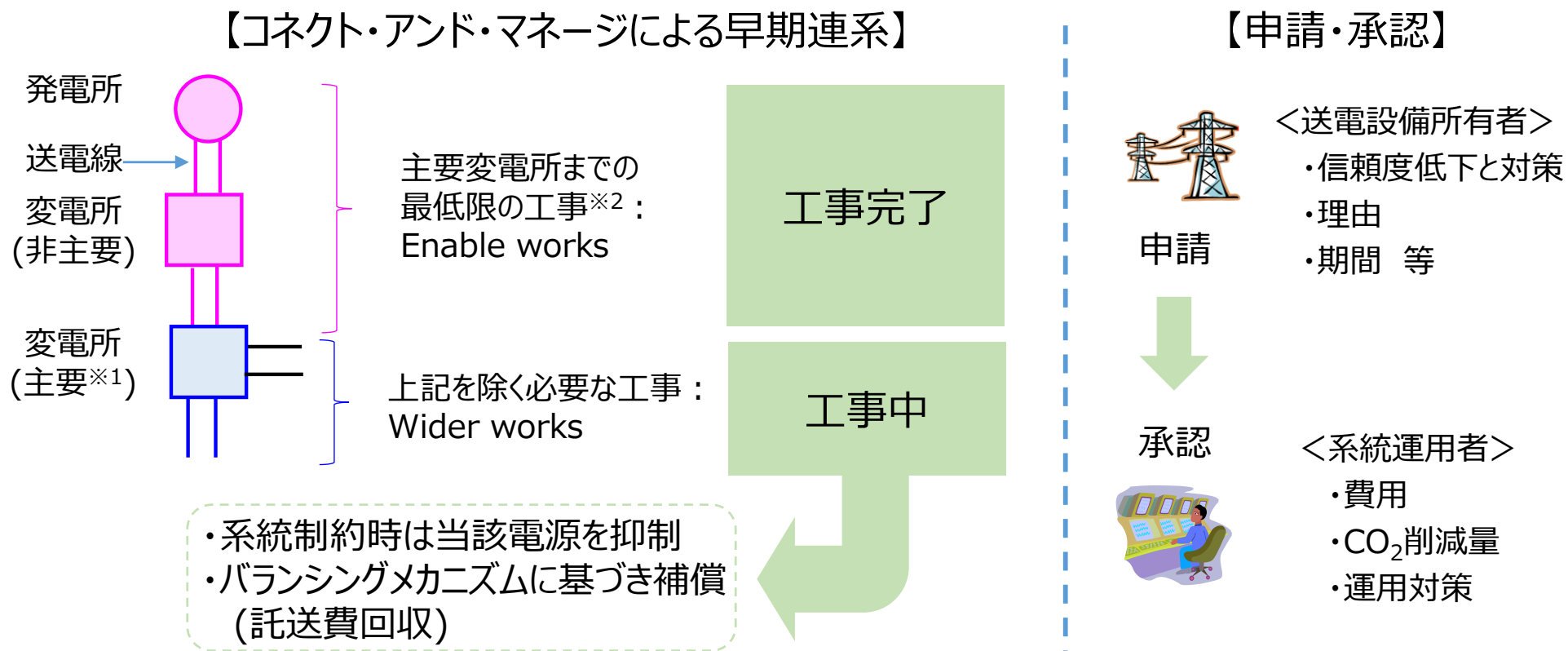
※「コネクト・アンド・マネージ」は英国の方式に限定されない

(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



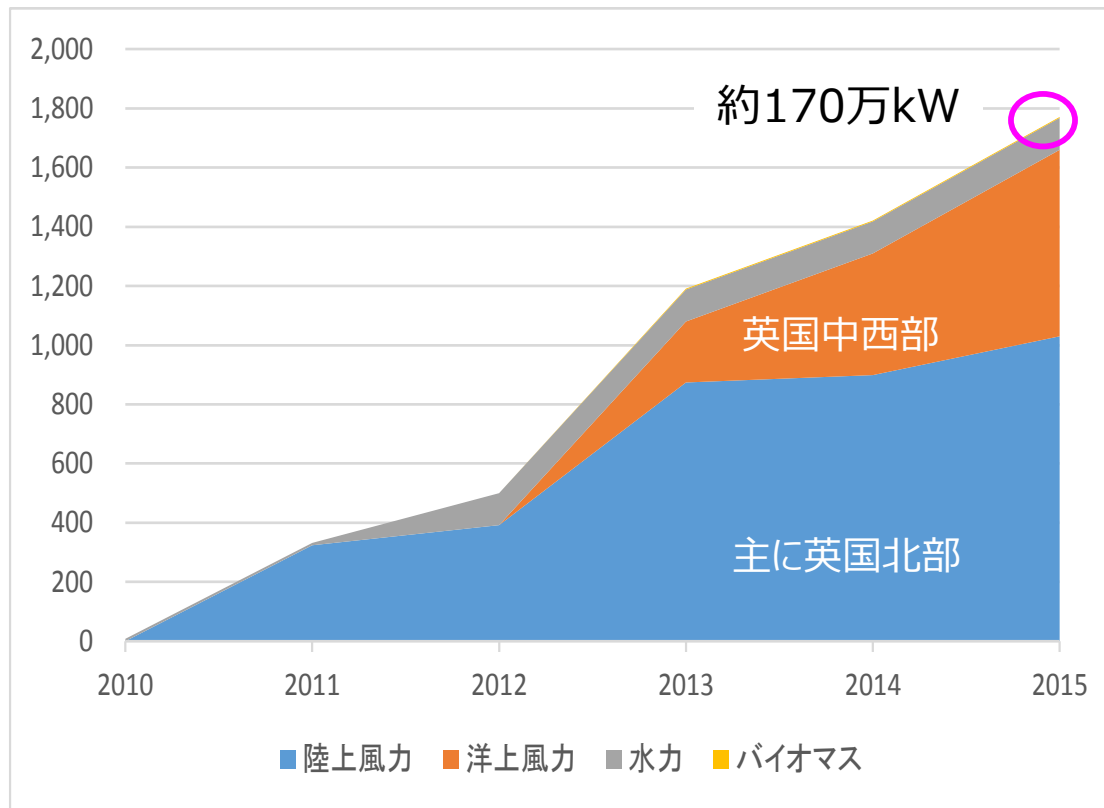
※1: 電源線を除く送電線が5回線以上の変電所
※2: 許容可能な信頼度対策工事を除く(N-2事故対応など)

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

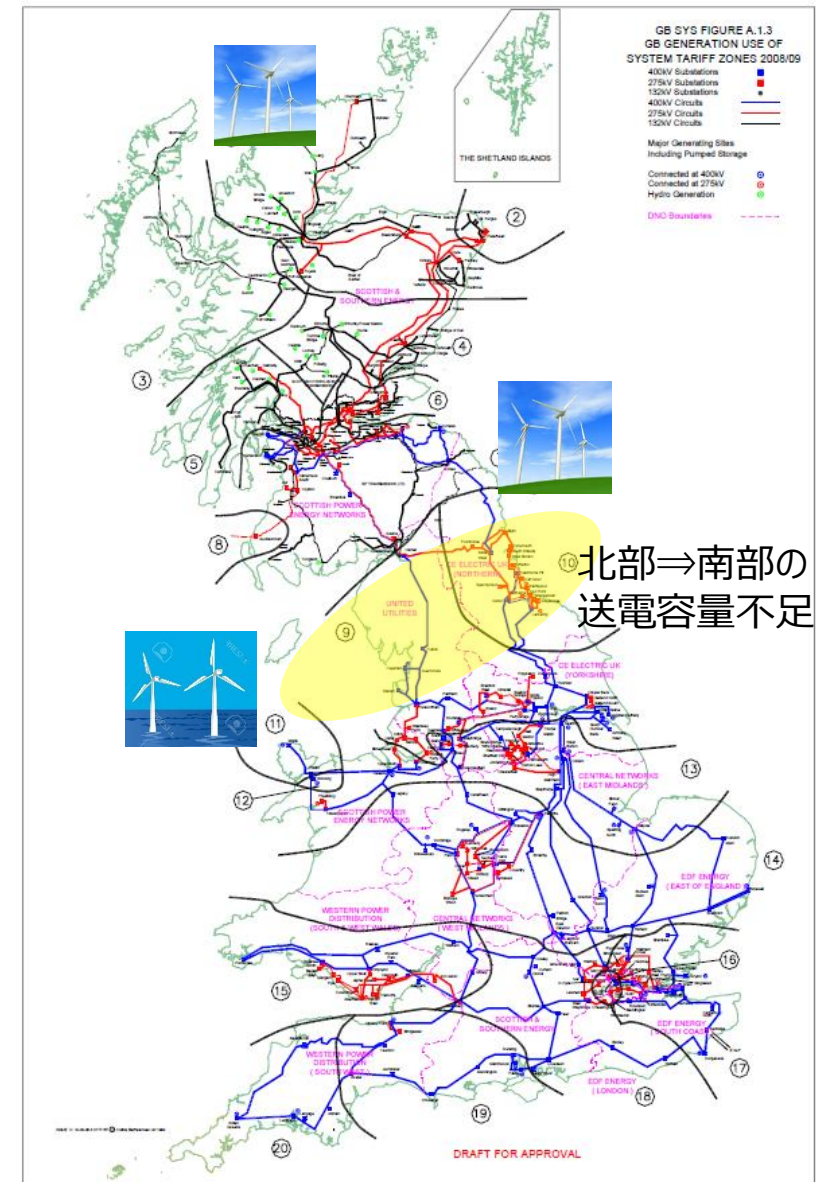
英国のコネクト・アンド・マネージ実績

【コネクト・アンド・マネージ発電設備容量】

累計容量[MW]



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

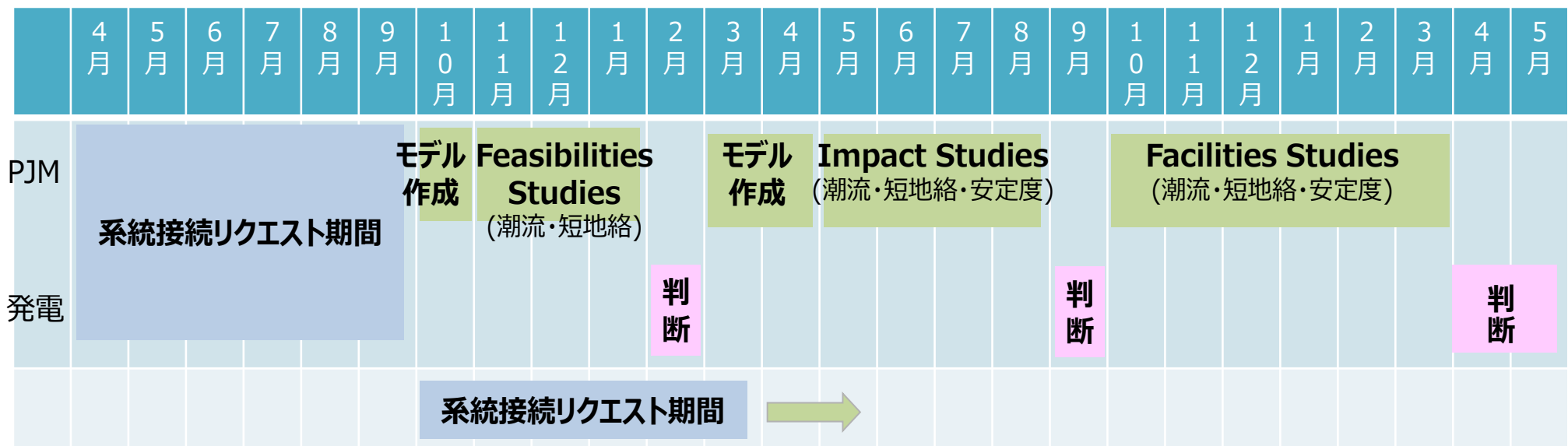
■ 計画段階：

- 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)

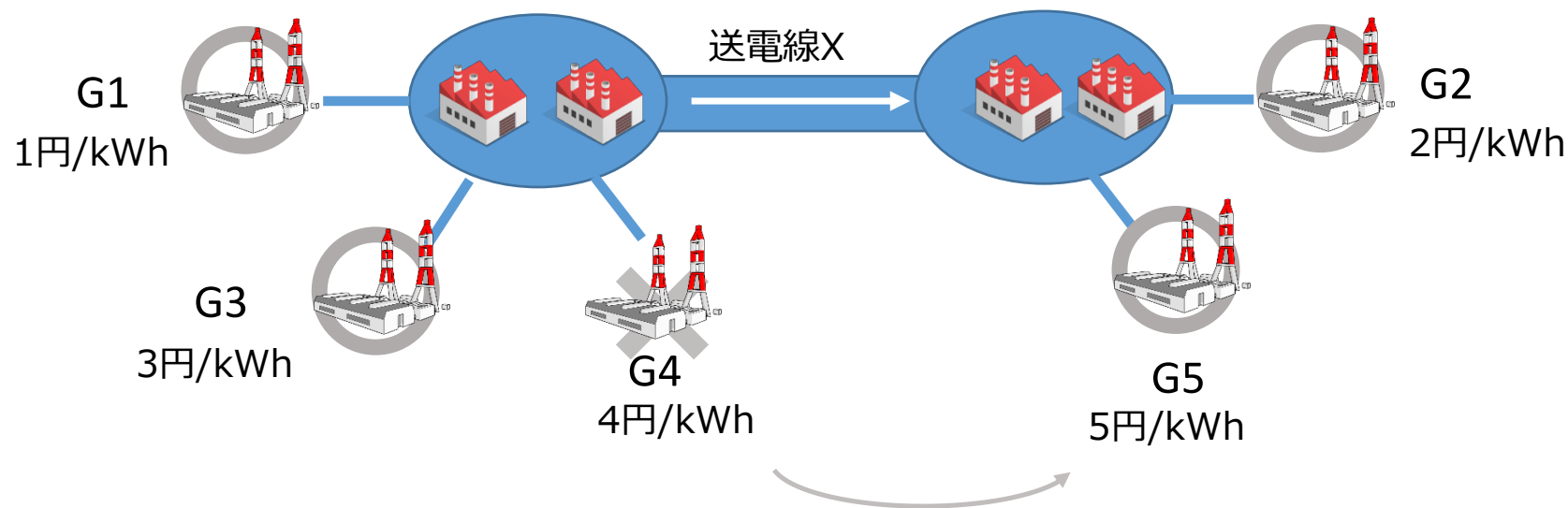
【系統接続検討フロー】



(出典) METI「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

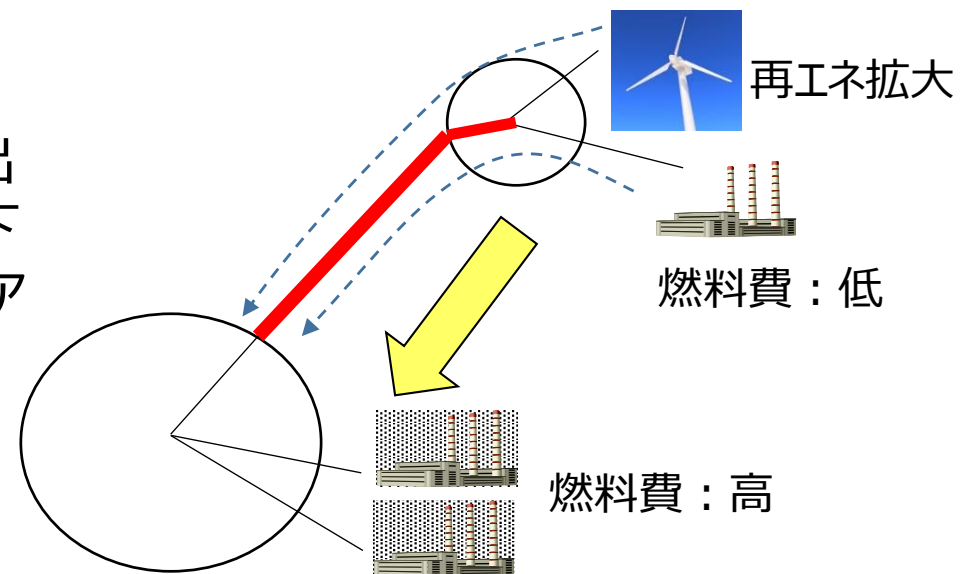
【送電線Xの容量が不足する場合】



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