

電力ネットワークを巡る最新動向について

2020年12月15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 副室長
木畑 英記

本日の内容

1. 脱炭素化に向けた設備形成

1.1 再エネ大量導入に向けたネットワーク(NW)のあり方

1.2 既存設備の有効活用(ノンファーム型接続)

1.3 プッシュ型系統整備

2. 電源・需要・NWを全体的に見据えた合理的な設備形成の在り方

2.1 脱炭素化に向けたエネルギー需給構造の転換

2.2 脱炭素化に向けた電力ネットワークの役割

3. 電力グリッドの方向性

4. まとめ

1. 脱炭素化に向けた設備形成

1.1 再エネ大量導入に向けたネットワーク(NW)のあり方

1.2 既存設備の有効活用(ノンファーム型接続)

1.3 プッシュ型系統整備

2. 電源・需要・NWを全体的に見据えた合理的な設備形成の在り方

2.1 脱炭素化に向けたエネルギー需給構造の転換

2.2 脱炭素化に向けた電力ネットワークの役割

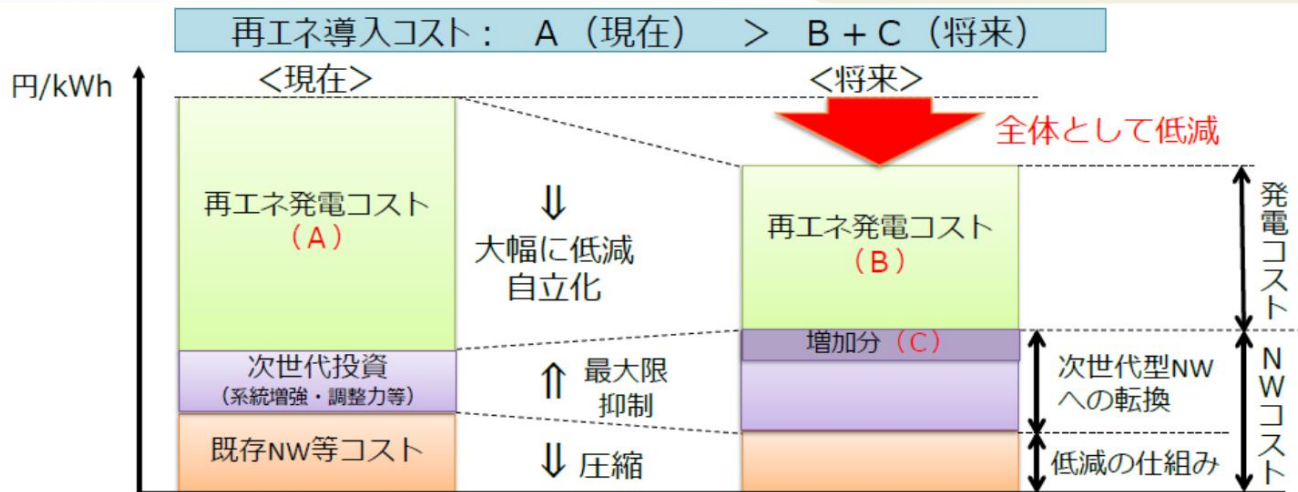
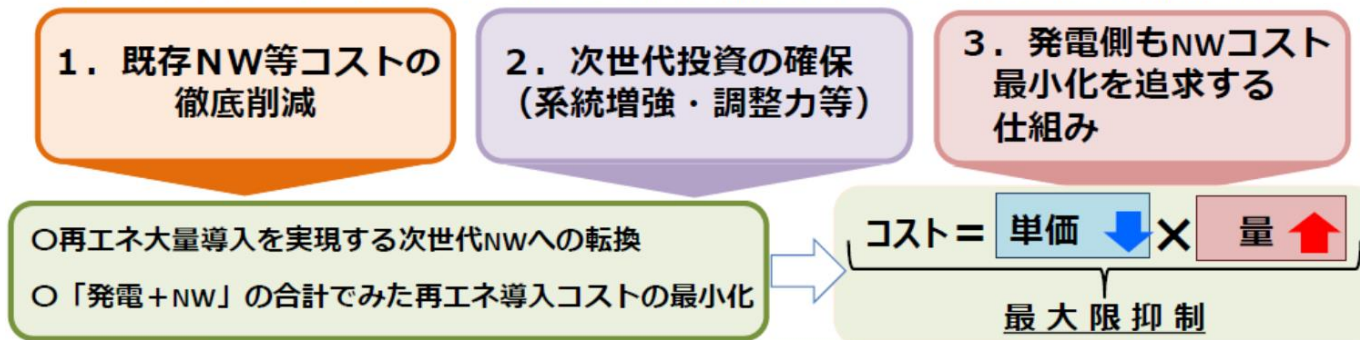
3. 電力グリッドの方向性

4. まとめ

1.1 再エネ大量導入に向けたネットワーク(NW)のあり方

- 脱炭素化に向けて、**再エネ等の分散型電源の導入拡大やシステムの整備**が必要
- 「発電コスト+NWコスト」を**全体として低減**しつつ、環境目標を達成していく必要

電力ネットワーク (NW) コスト改革に係る3つの基本方針 (概念図)



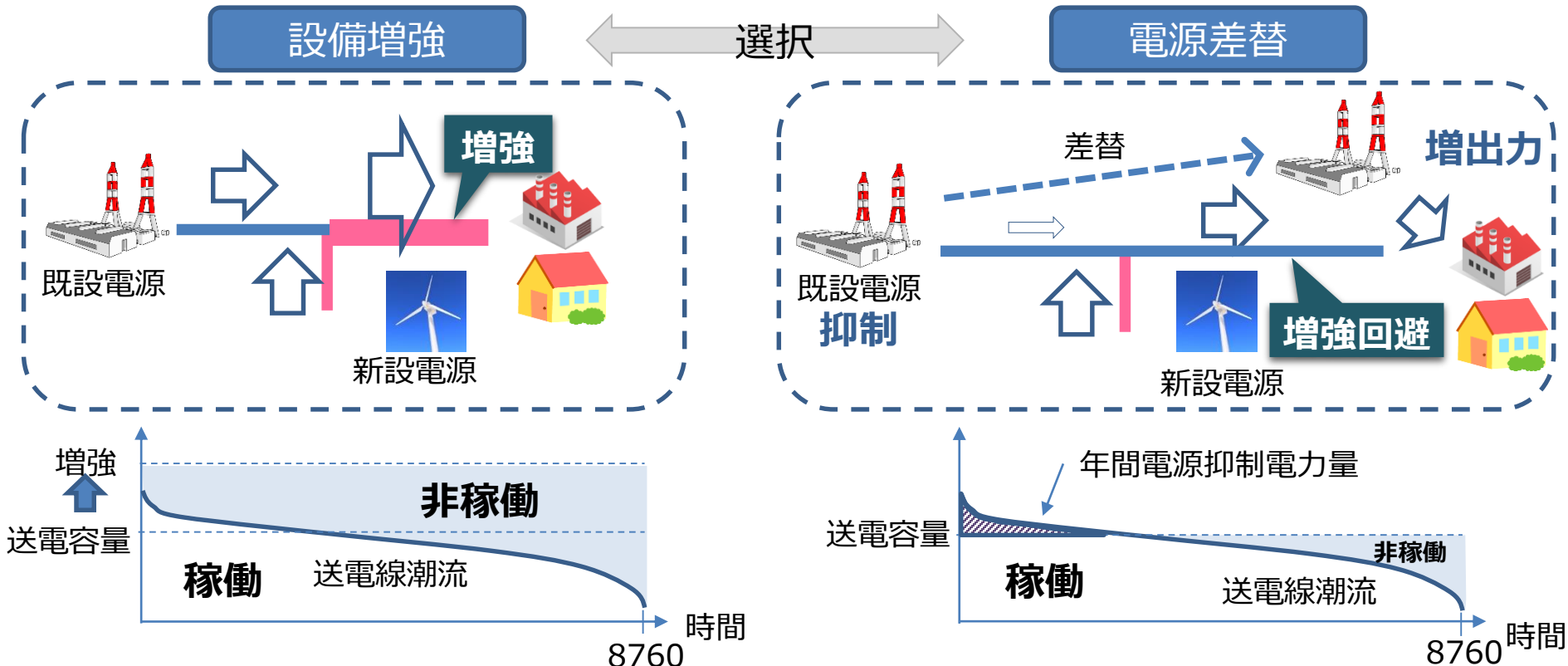
※日本版コネクト&マネージ等により、必要となるNW投資量を低減させることも必要

出典：METI 第4回 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委 資料4(2018.3.22)

1.2 既存設備の有効活用(ノンファーム型接続)

- 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を最小化
 - **ノンファーム接続**：一時的な電源抑制 (既設・新設)を許容
 - 費用対便益：**設備増強と電源差替(下図)の費用**※を定量的に比較

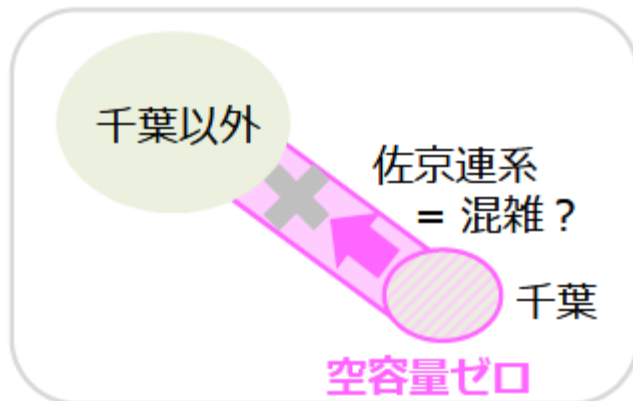
※kWh価値、kW価値、 Δ kW価値、非化石価値



出典：METI 第4回 再生可能エネルギー大量導入時代における政策課題に関する研究会 資料4(2017.6.20)

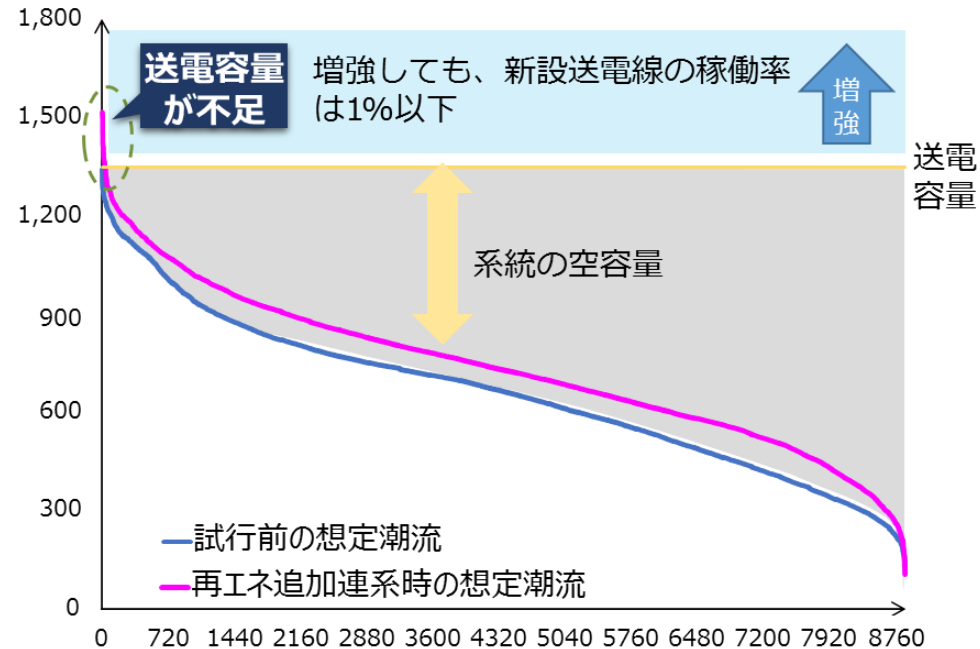
【参考】ノンファーム接続の試行(東電PG:千葉方面)

- 千葉方面では、1,000万kWを超える再エネ連系のニーズ。
- 500万kW規模の再エネを接続しても、送電容量超過は**年間の1%以下**(下図)
- **1%の時間帯で抑制を許容**することで、系統増強なしで接続が可能に。
 - 建設費 800億~1300億円 工期 9~13年
- 2019年9月にノンファーム適用系統に整理 (2021年に全国展開予定)



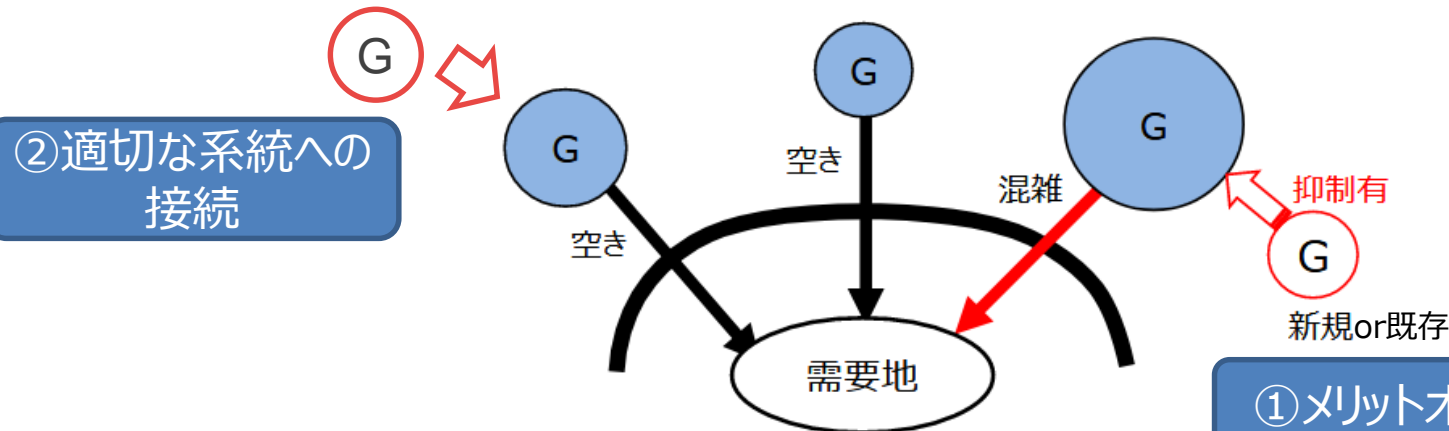
千葉で発電された電気を
50万V送電線2ルートで
他方面へ送電

想定潮流



さらなる社会コスト低減への取り組み

- 系統混雑を許容(ノンフォーム)して接続させることは、設備コスト面では合理的
- 現行の先着優先(後着者を抑制)は**再エネの持つ価値**をフルに発揮できない
- 国(OCCTO)が対応方策と課題を検討中※
 - **メリットオーダー**(経済性優先の系統利用)を可能とする仕組み
 - 自然と適切な系統に適切な電源が接続される(系統と電源が最適化される)仕組み(**価格シグナル**)



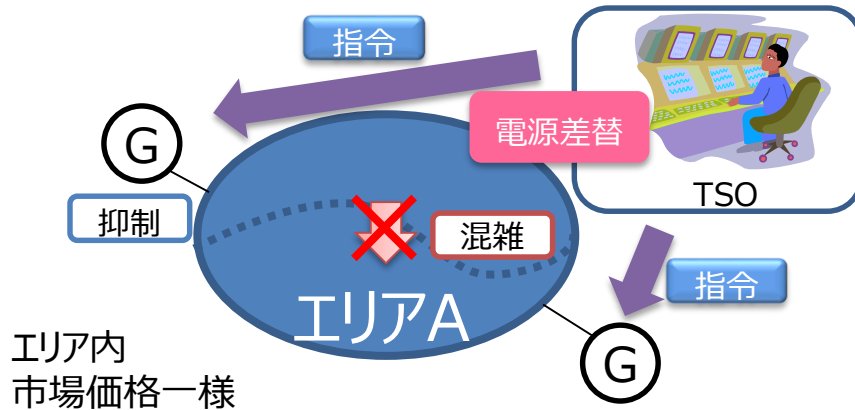
※参考：電力広域的運営推進機関(OCCTO) 地内系統の混雑管理に関する勉強会資料

【参考】混雑管理方式※

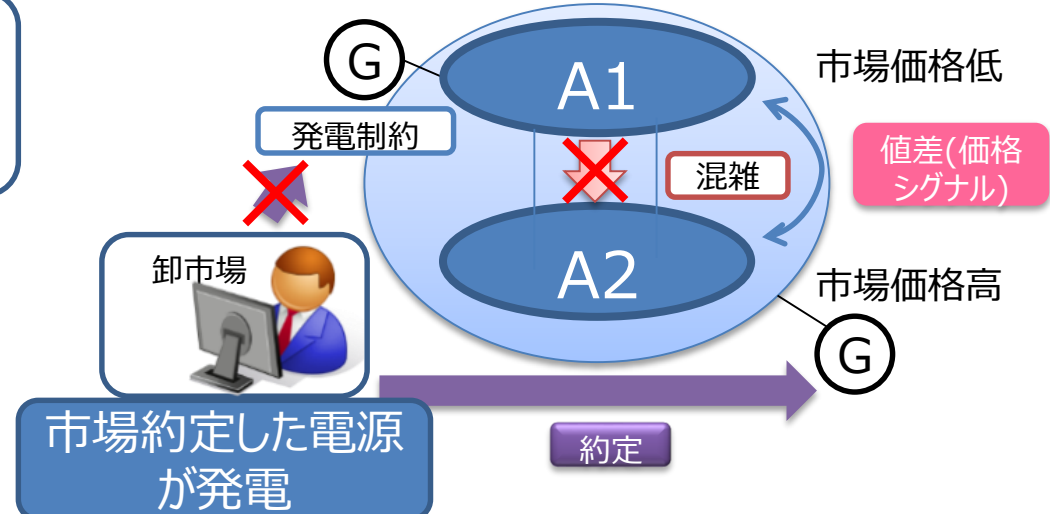
- 混雑解消実施主体は卸電力市場の閉場(GC:ゲートクローズ)前後で異なる
GC前：系統利用者(BG:バランシンググループ)、GC後：TSO
- BG・TSOがそれぞれの役割を果たすことでメリットオーダーを達成できる設計が必要
- 出力調整の公平性・透明性確保の観点から、欧米では原則②間接オークションとし、①再給電方式は補完的(GC後/市場利用不可の時)な位置づけ

※国(OCCTO)が検討中:地内系統の混雑管理に関する勉強会

①再給電方式



②間接オークション方式 (ゾーンまたはノードル)



出典：METI 第4回 再生可能エネルギー大量導入時代における政策課題に関する研究会 資料4(2017.6.20)

【参考】

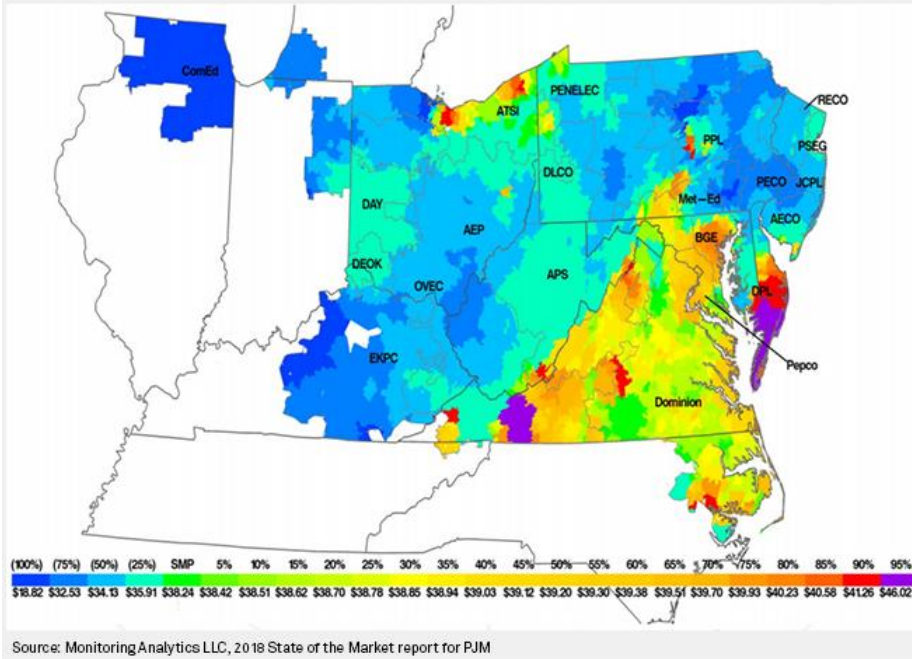
■ ノーダル方式導入例

- 米国PJM 地点別限界費用(LMP: Locational Marginal Pricing)

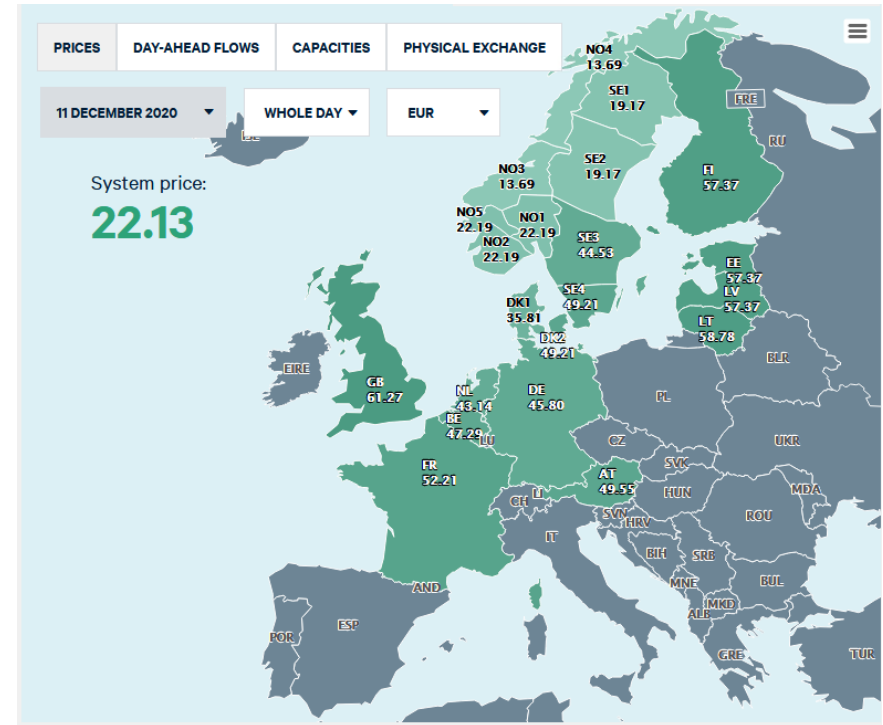
■ ゾーン方式導入例

- 欧州(北欧Nord Pool)

Real-time load-weighted, average locational marginal pricing for 2018 across PJM Interconnection's market



ノーダル制の例: 米国PJM



ゾーン制の例: 欧州 Nord Pool

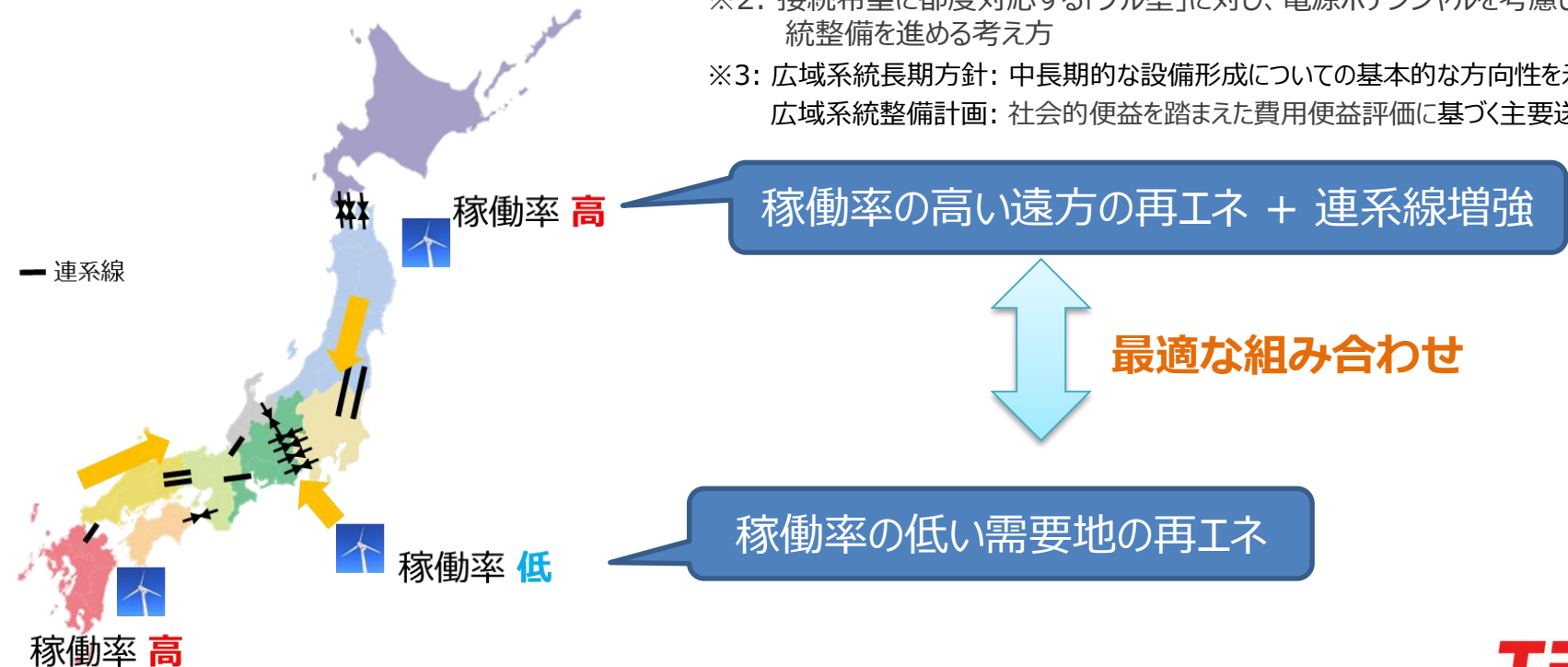
1.3 電力システムマスタープラン(プッシュ型系統整備)

- **エネルギー供給強靱化法**:再エネの主力電源化に向けて、**再エネ等の分散電源の拡大**や**地域間連系線等の整備**が必要※1
 - **プッシュ型**※2の考え方に基づき、広域系統長期方針と広域系統整備計画※3を合わせた**マスタープラン**を策定
 - **エネルギー基本計画**や**エネルギーミックス**とも整合し、電源と送配電設備を全体的に見据えた合理的な設備形成を目指す

※1: OCCTO 第48回 広域系統整備委員会 資料2(2020.6.26)

※2: 接続希望に都度対応する「プル型」に対し、電源ポテンシャルを考慮し、計画的に系統整備を進める考え方

※3: 広域系統長期方針: 中長期的な設備形成についての基本的な方向性を示すもの
 広域系統整備計画: 社会的便益を踏まえた費用便益評価に基づく主要送電線の整備計画



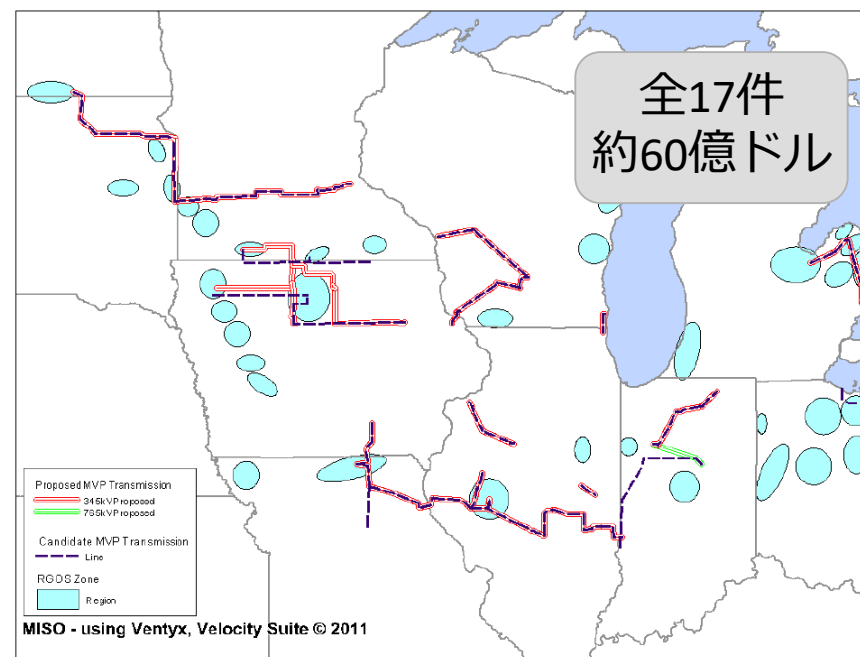
【参考】プッシュ型系統整備の例(米国)

- RTOが再エネ拡大等を目的に基幹送電線を整備
 - ERCOT: Competitive Renewable Energy Zone(CREZ)
 - MISO: Multi Value Projects(MVP)
 - SPP: Highway-Byway

【MISOの例】

	CREZ	MVP	Highway-Byway
目的	再エネ拡大	信頼度 経済性 エネルギー政策	ゾーン跨ぎの送電線費用負担明確化
費用負担	一般負担 (RTO大)	一般負担 (RTO大)	一般負担 電圧階級により、RTO大と各ゾーンの配分を決定

全17件
約60億ドル



出典：MISO “Multi Value Project Portfolio Result and Analyses”, 2012
MISOホームページ “MVP Dashboard”

参考資料を元に作成

Brattle “Transmission Investments and Cost Allocation: What are the Options?”, 2010

MISOホームページ “Multi Value Project Portfolio Analysis”

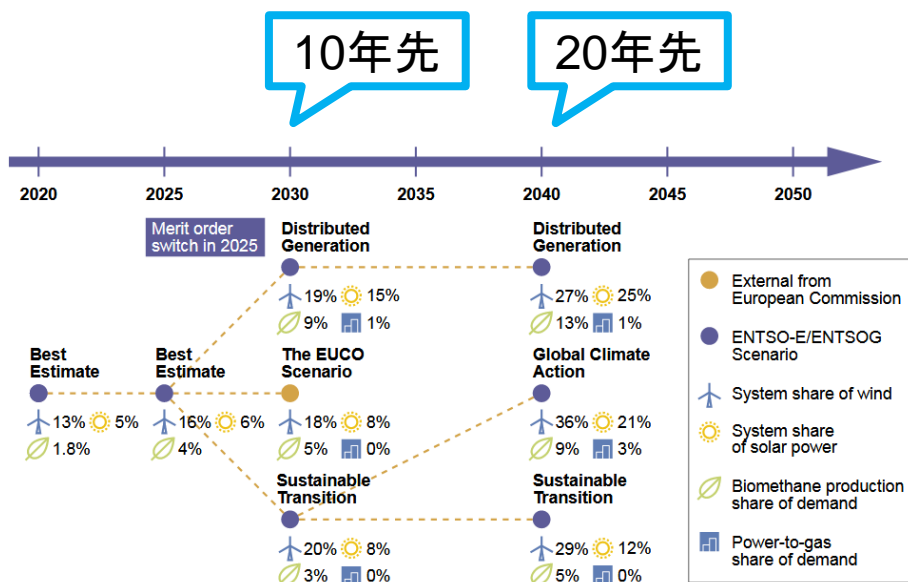
MISO “History of Cost Allocation within MISO”, 2015

SPP “Regional Cost Allocation Review”, 2016

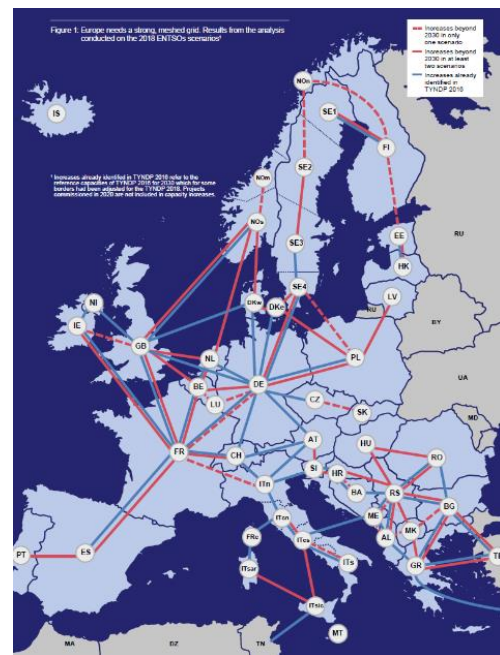
出典：METI 第4回 再生可能エネルギー大量導入時代における政策課題に関する研究会 資料4(2017.6.20)

【参考】欧州の例(TYNDP:10カ年系統整備計画)

- 欧州では、20年先を見据えたシナリオ分析に基づき、10年先の系統増強ニーズを検討。
- 特定された系統増強ニーズに合致するプロジェクトに対し、許認可面や経済面で支援を実施。(PCI: Projects of common interest)
- 様々なシナリオを定量的に評価し、将来に目指すべき姿を議論するとともに、それに向けた中長期的な施策を検討することが重要。



TYNDPにおけるシナリオ分析



汎欧州レベルの系統増強ニーズ

1. 脱炭素化に向けた設備形成

1.1 再エネ大量導入に向けたネットワーク(NW)のあり方

1.2 既存設備の有効活用(ノンファーム型接続)

1.3 プッシュ型系統整備

2. 電源・需要・NWを全体的に見据えた合理的な設備形成の在り方

2.1 脱炭素化に向けたエネルギー需給構造の転換

2.2 脱炭素化に向けた電力ネットワークの役割

3. 電力グリッドの方向性

4. まとめ

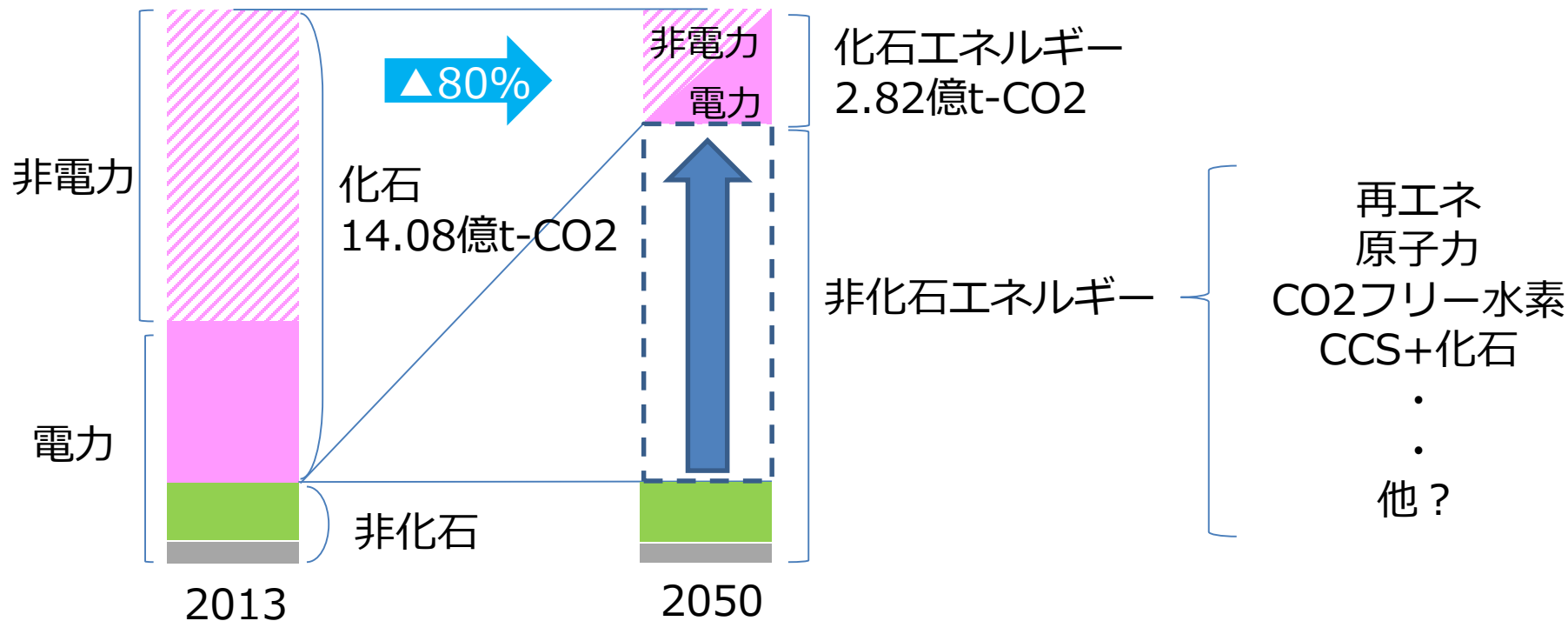
2.1 脱炭素化に向けたエネルギー需給構造の転換

(1) 脱炭素社会の実現に向けて

- 2050年GHG▲80%(2.8億t-CO₂)を達成するには、化石燃料消費によるCO₂排出を1.7億t-CO₂*に抑制する必要

※2.82億t-co₂ - 1.15億t-co₂(その他GHGおよび吸収源対策量(エネミ目標値))=1.7億t-CO₂

エネルギー使用量とCO₂排出量



日本のエネルギーポートフォリオの姿は？

2.1 脱炭素化に向けたエネルギー需給構造の転換

(2) エネルギー需給構造の転換

- エネルギー需給の両面で化石エネルギーから非化石エネルギーへの転換が必要

需要サイドの転換

- ① 最終エネルギー消費段階（特に運輸・熱分野）における**化石燃料利用から、電気・水素（アンモニア）の利用へ**【セクターカップリング】
- ② **電化によるエネルギー効率向上**にともない、一次エネルギー・最終エネルギー消費が大幅減少する一方、**電力消費は長期的に見れば増加**へ（ただし当分の間は減少基調）

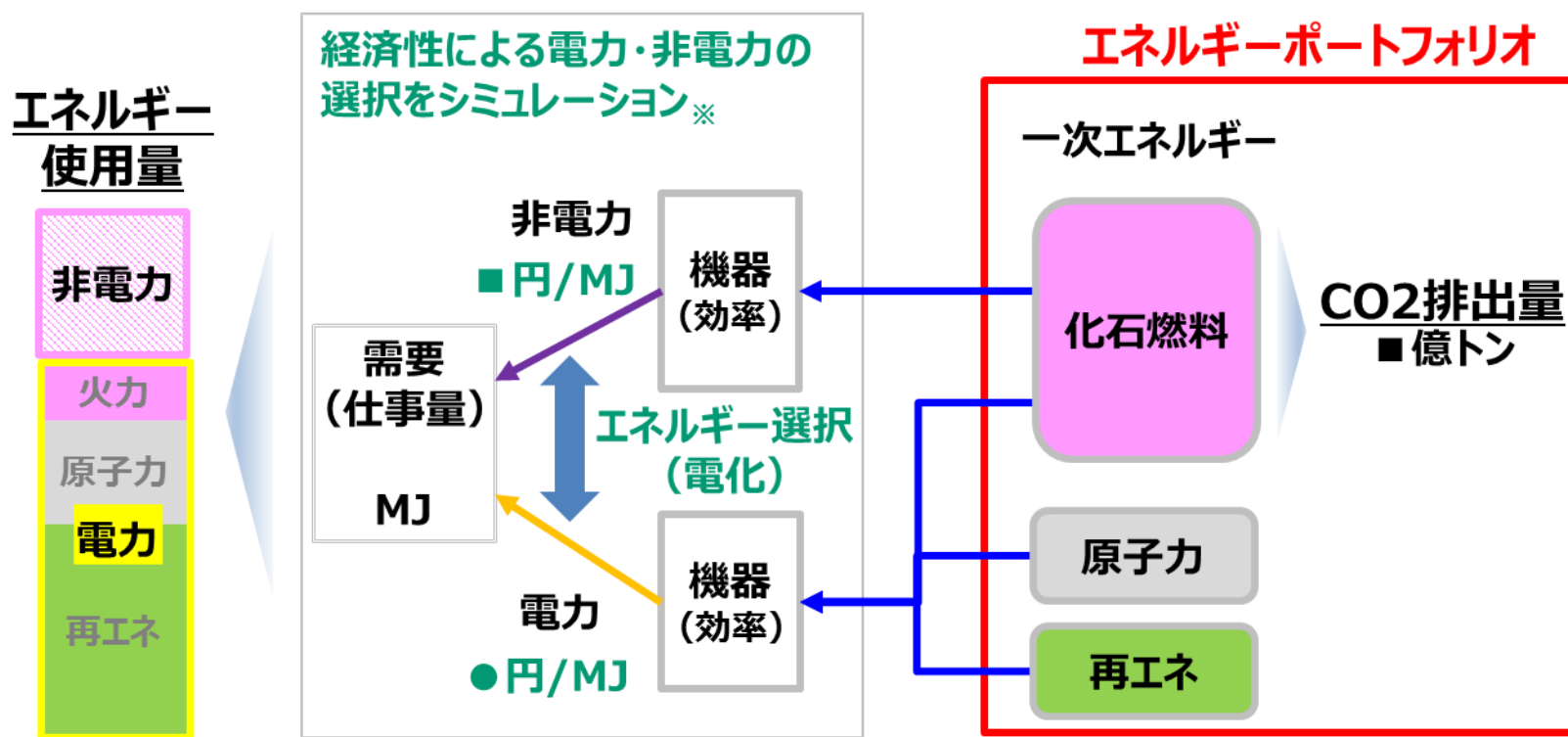
供給サイドの転換

- ① ニーズの拡大する脱炭素化された電気（さらに電気から生成する水素）を発電する**非化石エネルギー・ポートフォリオ**（再エネ、原子力、CCS、輸入水素・アンモニアなど）からの供給へ
- ② 大規模電源と分散型エネルギー資源(DER)が**共存**するエネルギーシステムへ

2.1 脱炭素化に向けたエネルギー需給構造の転換

(3) エネルギーポートフォリオ(PF)の試算

- 再エネと電化によりエネルギーの低炭素化を実現するシナリオを想定
- GHG削減目標を満たす中で、国民負担が最小となるエネルギーPFを試算

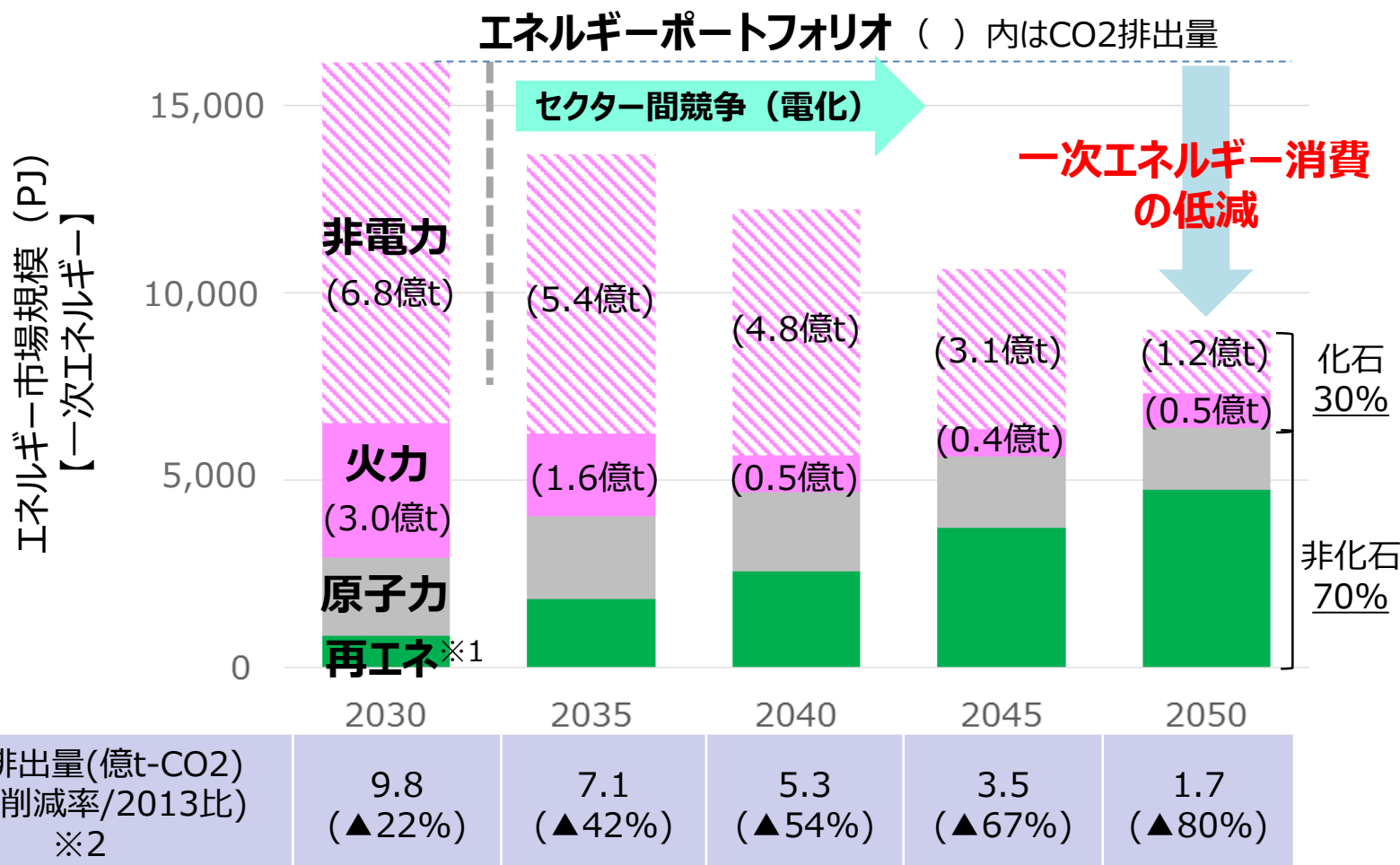


※水素活用や化石燃料+CC(U)S、(次世代)原子力の開発等は、再エネ・電化の代替となり得るが今回の試算では未考慮

2.1 脱炭素化に向けたエネルギー需給構造の転換

(4) エネルギーポートフォリオ試算例 (GHG▲80%)

- 化石燃料から非化石に移行する際のエネルギー効率向上（電動化やヒートポンプ活用など）により一次エネルギー消費が大きく低減。



※1 再エネは 1次エネルギー = 発電電力量として算定

※3 連系線増強は非考慮

※2 GHG削減率は「その他GHG,吸収源 (1.15億t)」を加味

出典 岡本:「脱炭素社会の実現に向けたエネルギーのビジョン」,ALPS国際シンポジウム 2019 (2020)

©Tokyo Electric Power Co. Holdings, Inc.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

2.2 脱炭素化を支えるプラットフォームとしてのネットワーク(NW)

(1) プラットフォームとしての電力NWの役割

- 電力NWは脱炭素社会への需給構造転換を支えるプラットフォームの役割を果たす

プラットフォームとしての電力NWの役割

- ① 再エネ等の非化石電源とエネルギー消費地をつなぐ

エネルギーコスト（電源＋系統＋燃料＋CO2）の最小化を実現するための系統整備

- ② 出力が変動する再エネと電力需要の時間的ずれを調整する

蓄電池・電気自動車など**分散型エネルギー資源（DER）**の有効活用
供給信頼性を確保するためのバックアップ電源の維持

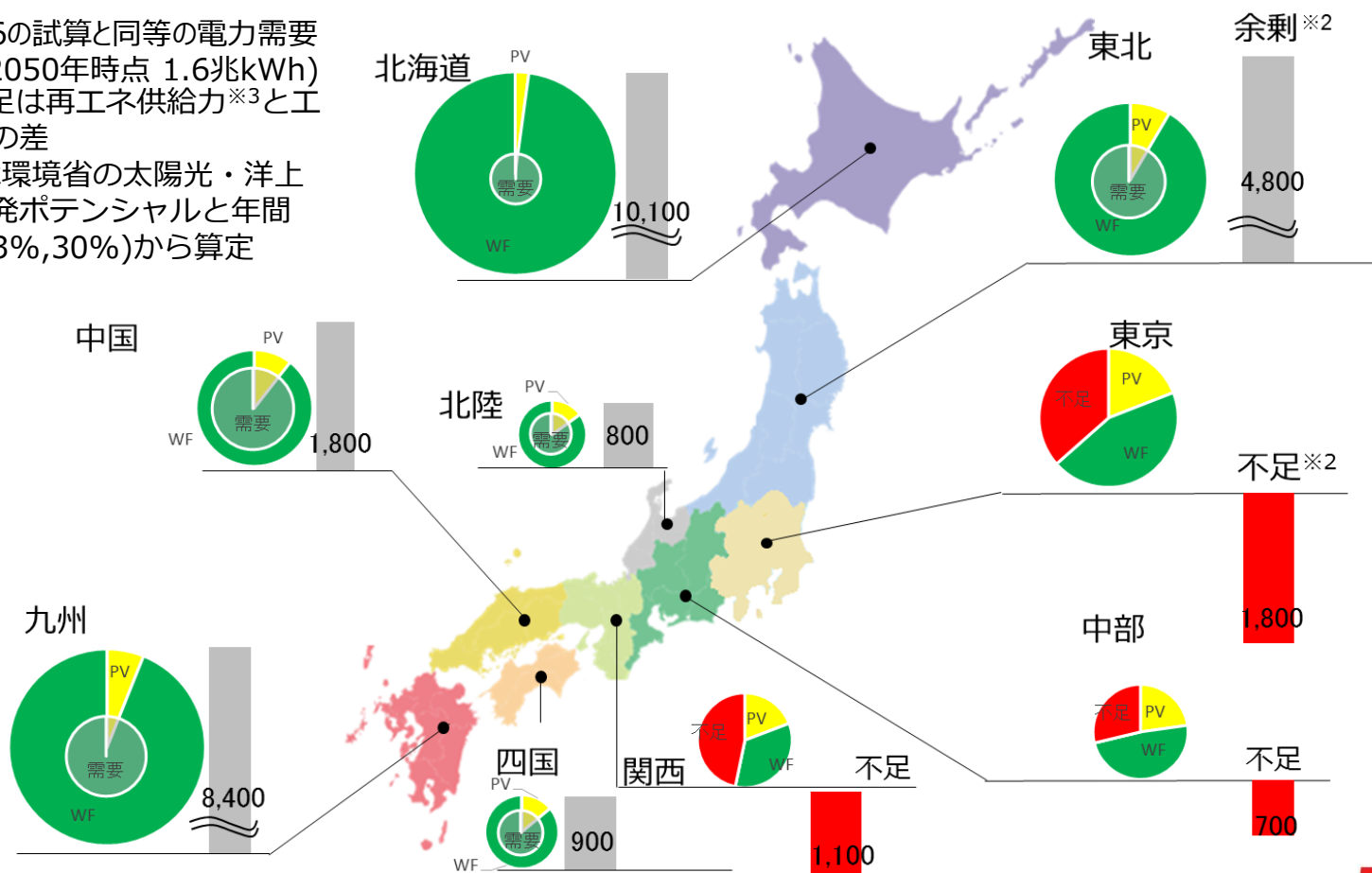
エネルギーの構造転換を見据え、最適な設備増強（投資）や調整機能
・供給信頼性の確保策を検討し、エネルギー構造転換を支える

2.2 脱炭素化を支えるプラットフォームとしてのネットワーク(NW)

(2) ①再エネ等の非化石電源とエネルギー消費地をつなぐ

- 再エネの適地と電力の大消費地には地理的な隔たりがあり、そのギャップを埋めるための電力システムが必要
- 需要・供給・NWを一体的に検討し、エネルギーコスト最小を実現するための系統整備により、国民負担を抑制

※1 スライド6の試算と同等の電力需要を想定 (2050年時点 1.6兆kWh)
 ※2余剰/不足は再エネ供給力※3とエリア需要の差
 ※3供給力は環境省の太陽光・洋上風力の開発ポテンシャルと年間稼働率(13%,30%)から算定



[億kWh]

出典 岡本: 「脱炭素社会の実現に向けたエネルギーのビジョン」, ALPS国際シンポジウム 2019 (2020)



2.2 脱炭素化を支えるプラットフォームとしてのネットワーク(NW)

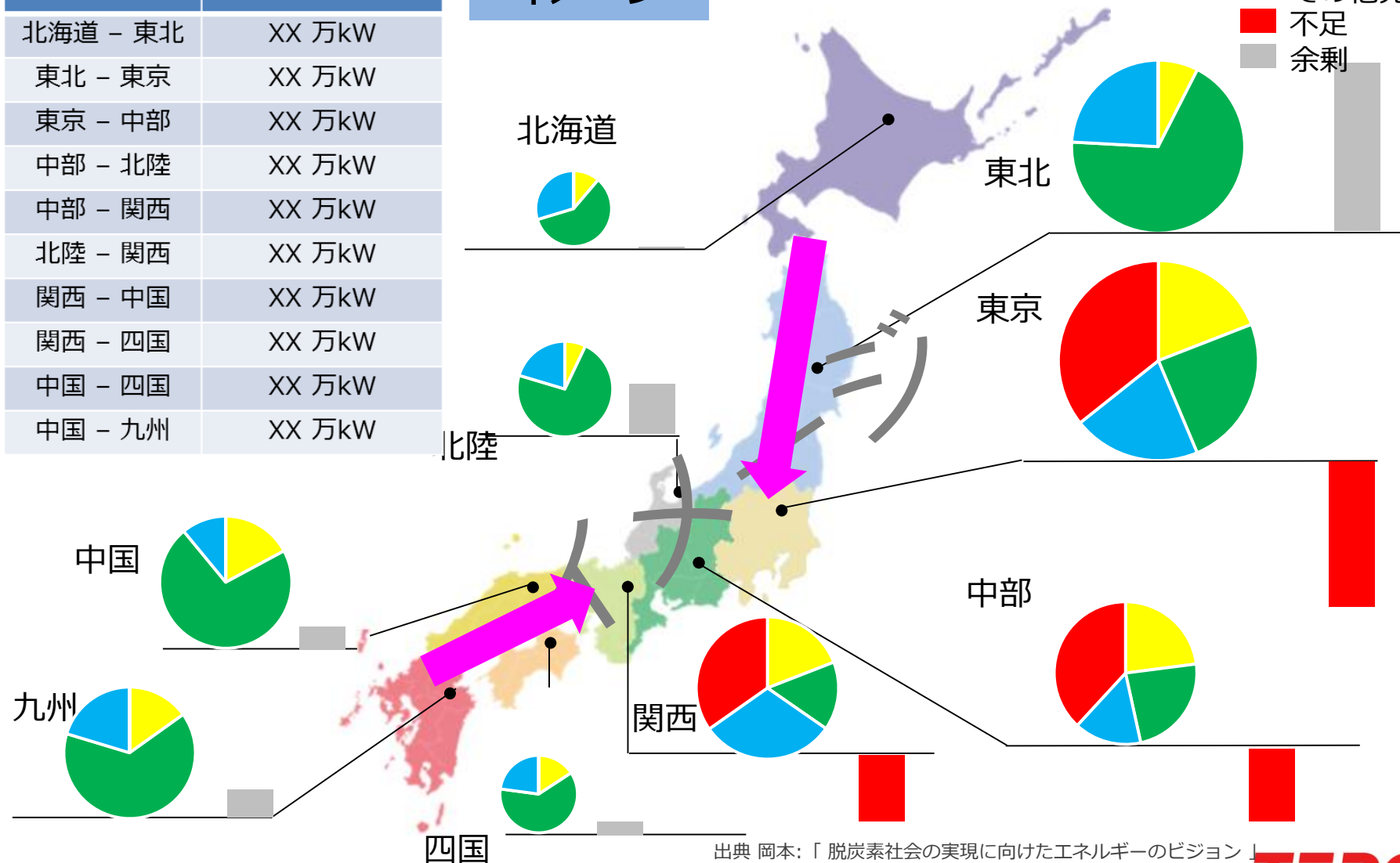
(2) ①再エネ等の非化石電源とエネルギー消費地をつなぐ

2050年GHG削減80%シナリオにおける全国の地域間連系線等の展望



地域間連系線	増強規模
北海道 - 東北	XX 万kW
東北 - 東京	XX 万kW
東京 - 中部	XX 万kW
中部 - 北陸	XX 万kW
中部 - 関西	XX 万kW
北陸 - 関西	XX 万kW
関西 - 中国	XX 万kW
関西 - 四国	XX 万kW
中国 - 四国	XX 万kW
中国 - 九州	XX 万kW

イメージ



出典 岡本: 「脱炭素社会の実現に向けたエネルギーのビジョン」, ALPS国際シンポジウム 2019 (2020)

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

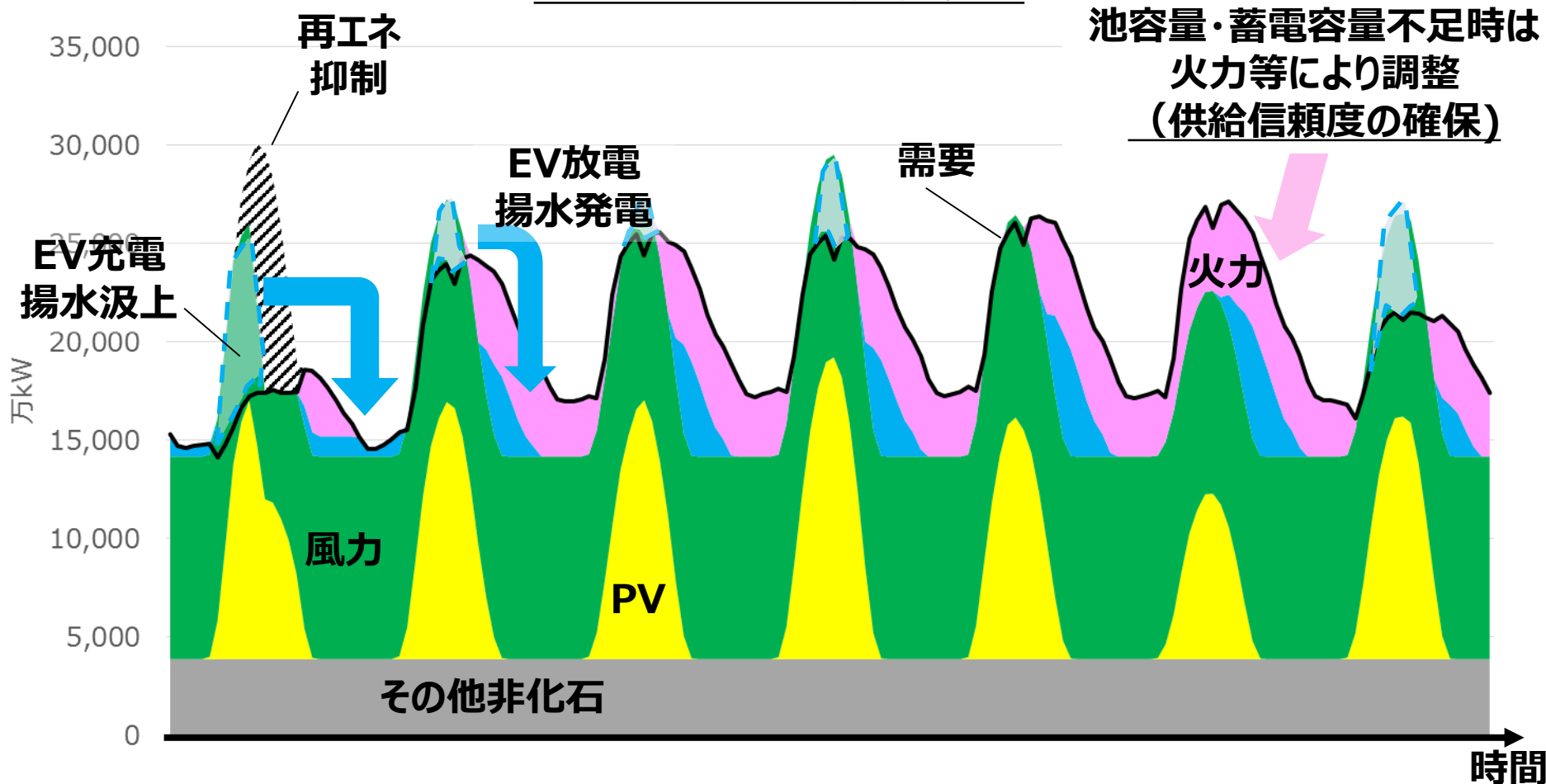


2.2 脱炭素化を支えるプラットフォームとしてのNW

②出力が変動する再エネと電力需要の時間的ずれ -1

- ①需要サイド（EVの蓄電池など）の調整力の活用、②火力・揚水など系統電源によるバックアップが必要

2050夏季 電力需給状況



出典 岡本：「脱炭素社会の実現に向けたエネルギーのビジョン」, ALPS国際シンポジウム 2019 (2020)

©Tokyo Electric Power Co. Holdings, Inc.

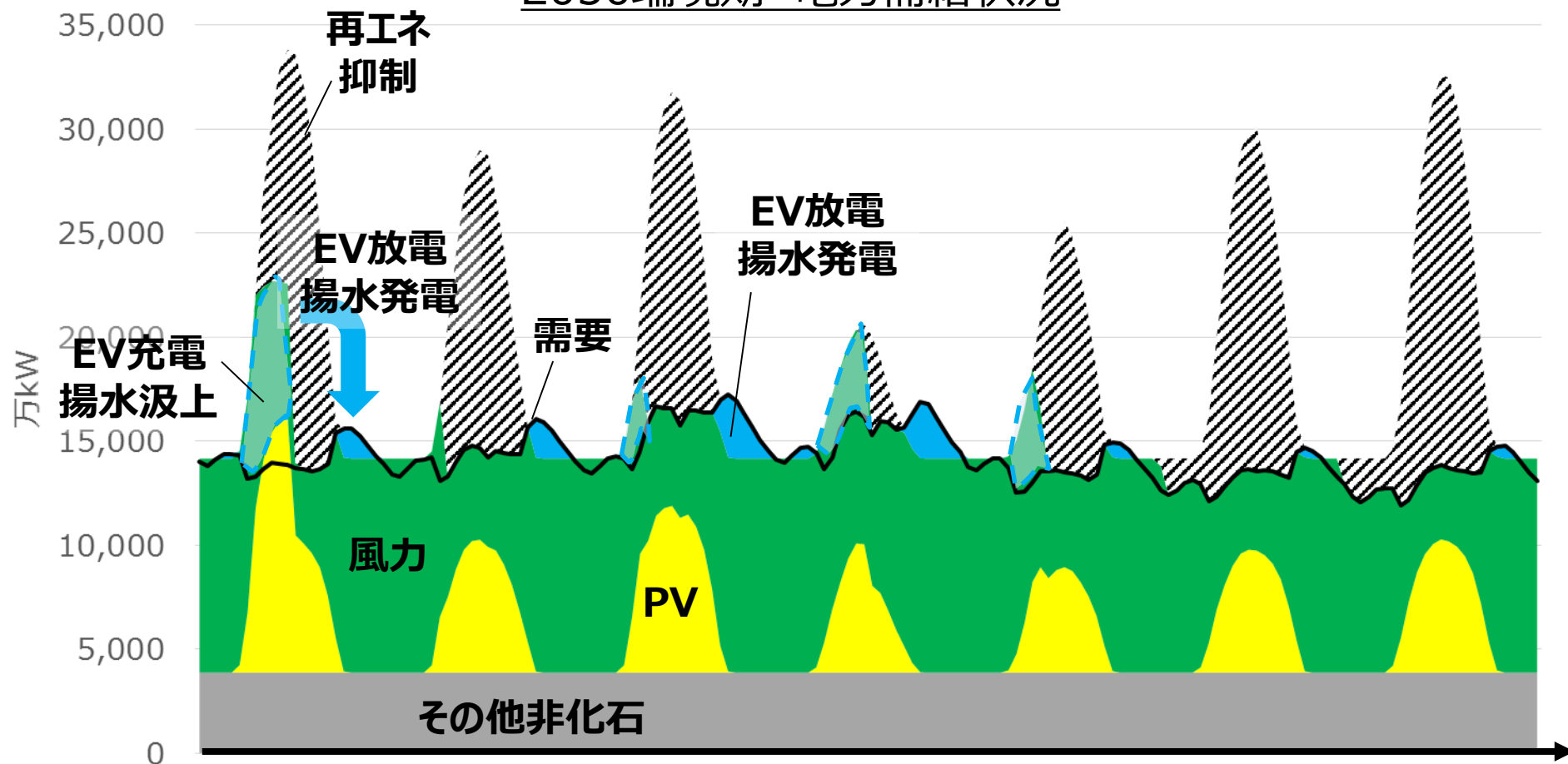
無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

2.2 脱炭素化を支えるプラットフォームとしてのNW

②出力が変動する再エネと電力需要の時間的ずれ -2

- 電力需要の低い端境期には多くの再エネ抑制が必要
 - ✓ 再エネ余剰対策としてのPower-to-Gasのオプション

2050端境期 電力需給状況



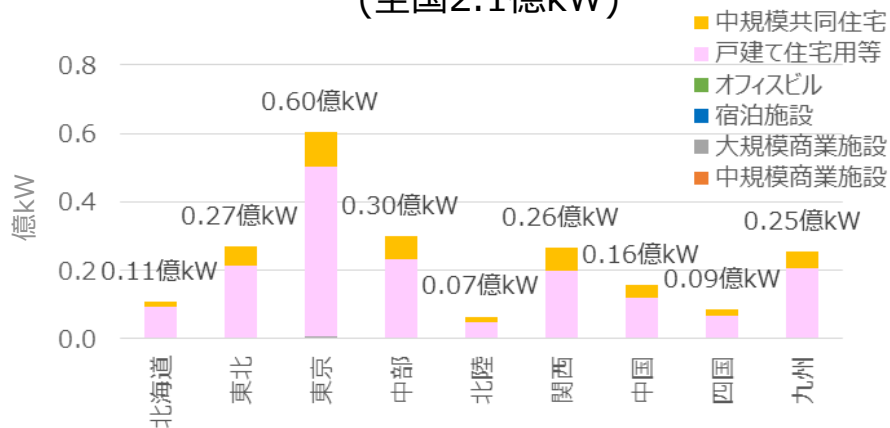
【参考】前提条件

項目	条件
電力需要	GDP・IIP等を想定し、将来の電力需要を想定 電化需要を電力需要に加算し、算定
再エネ	<p>運転期間（20年）の全国平均の想定市場収益でIRR8%を確保可能な範囲で最大限開発（ポテンシャル上限まで開発進展） 導入コスト</p> <p>2030年 PV：10万円/kW 風力：26万円/kW（再エネ小委目標値） 2050年 PV：4.4万円/kW 風力：19万円/kW(BloombergNEF)</p>
燃料費	CIF 121\$/b 為替110円/\$（2030年 IEA,EIAの見通し値から想定）
連系線	<p>下記の連系線増強を織り込み</p> <p>北海道東北間 30万kW（2019.4～） 東京中部間 90万kW（2021.4～） 90万kW（2028.4～） 東北東京間 50万kW（2020.4～） 383万kW（2027.11～）</p>
電化	<p>家庭・業務・産業の燃料セグメント毎に非電化コスト/電化コストを想定 ※電化コスト＝全国平均電気料金/電化機器効率 非電化コスト＝販売単価/非電化機器効率 （電化・非電化とも設備費は未考慮） 電化vs非電化のコスト競争力評価により全国の電化量を決定し、電化需要を各エリアの非電力エネルギー消費実績比率（2017）でエリアへ配分</p>
EV普及	<p>2050年で4,000万台(自家用車全数相当) 1台当たり5kW、60kWh、充放電ロス30% 全時間帯で平均30%が系統に接続</p>

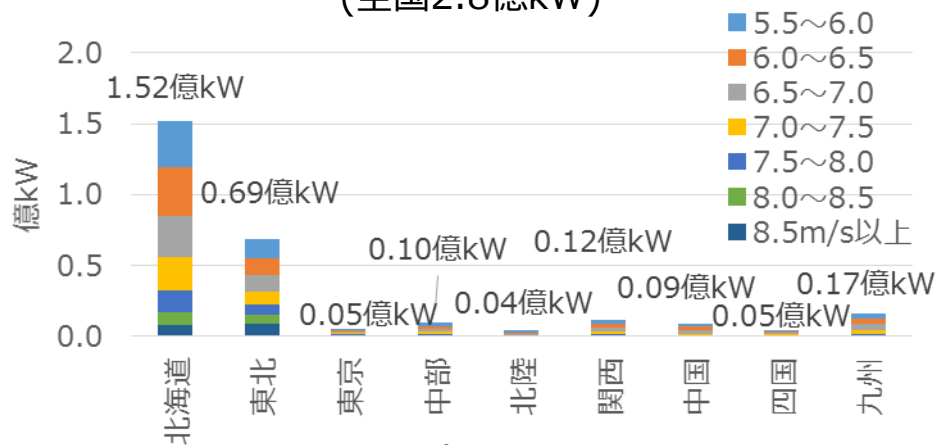
【参考】再エネ導入ポテンシャル

- 太陽光導入ポテンシャルは全国で3.6億kW程度
- 風力導入ポテンシャルは全国で16.2億kW程度

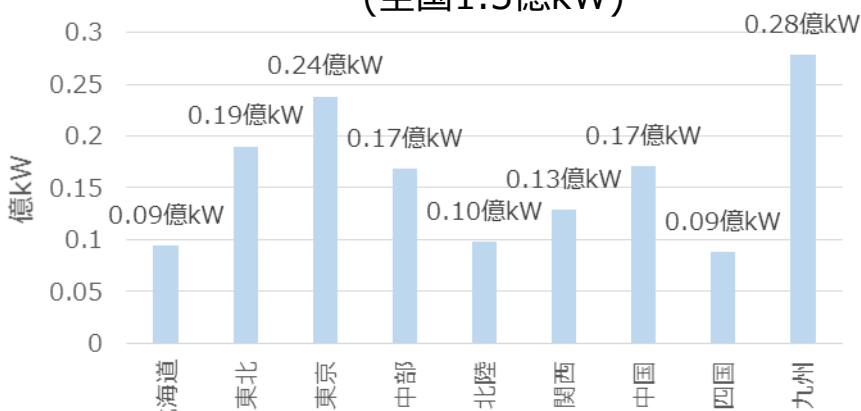
住宅用等太陽光ポテンシャル (全国2.1億kW)



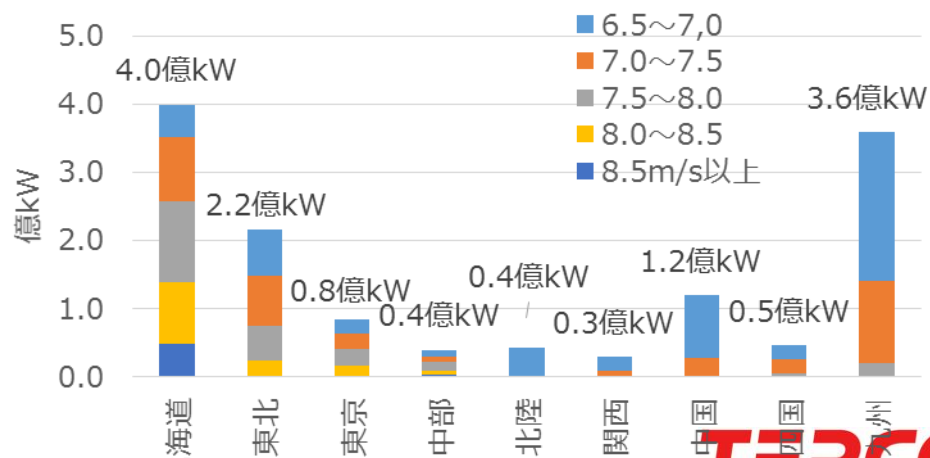
陸上風力ポテンシャル (全国2.8億kW)



公共施設等太陽光ポテンシャル (全国1.5億kW)

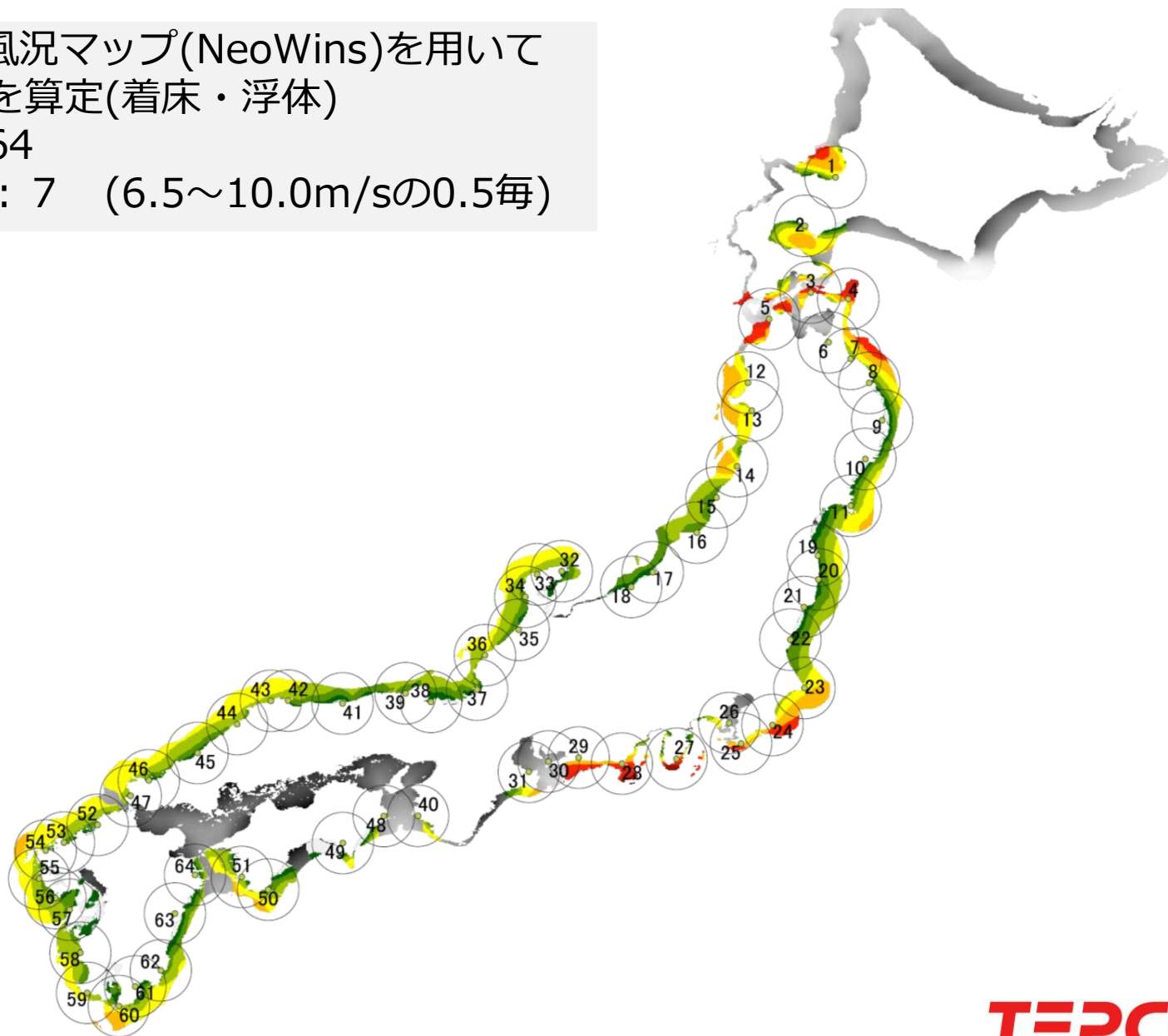


洋上風力ポテンシャル (全国13.4億kW)



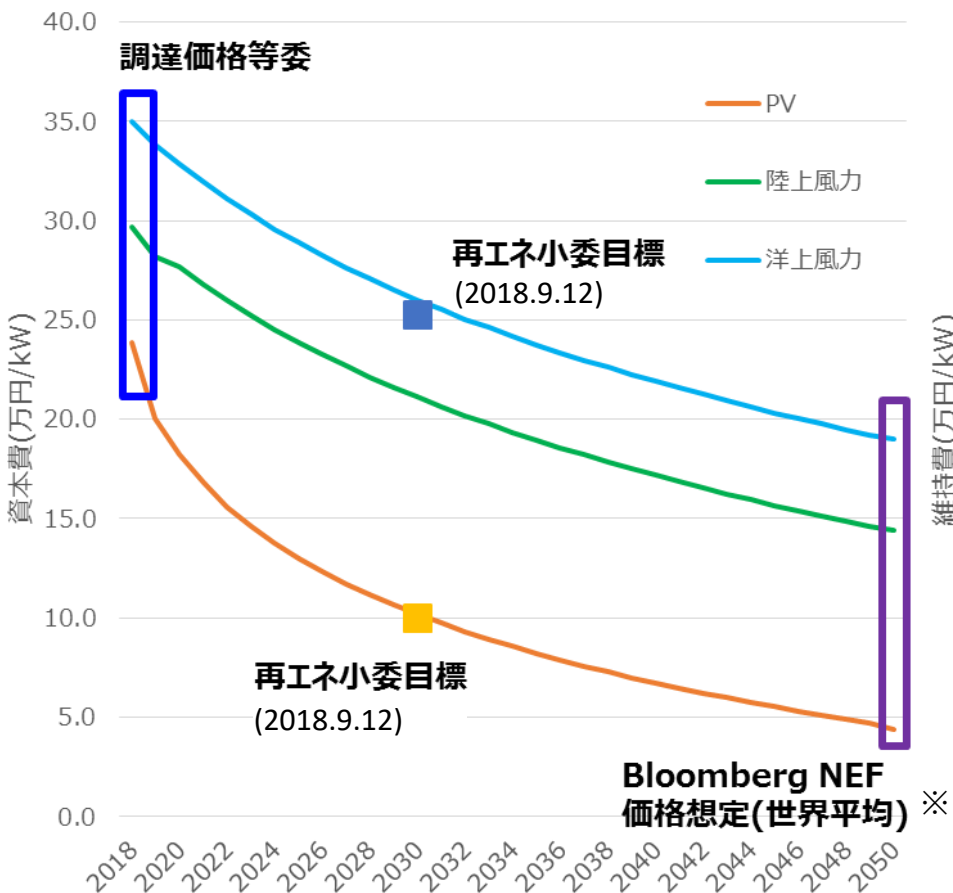
【参考】洋上風力ポテンシャルマップ

- NEDOの洋上風況マップ(NeoWins)を用いてポテンシャルを算定(着床・浮体)
 - ✓ 海域数：64
 - ✓ 風速区分：7 (6.5~10.0m/sの0.5毎)

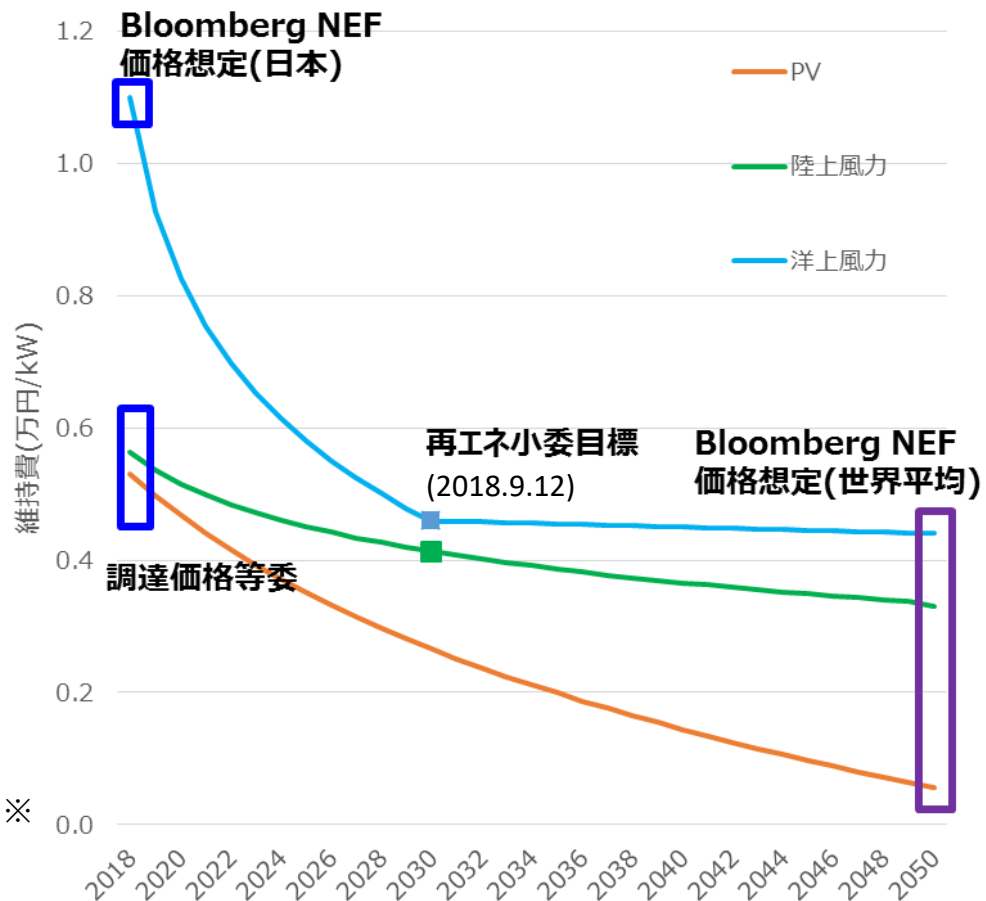


【参考】再エネコストの想定

資本費想定



維持費想定

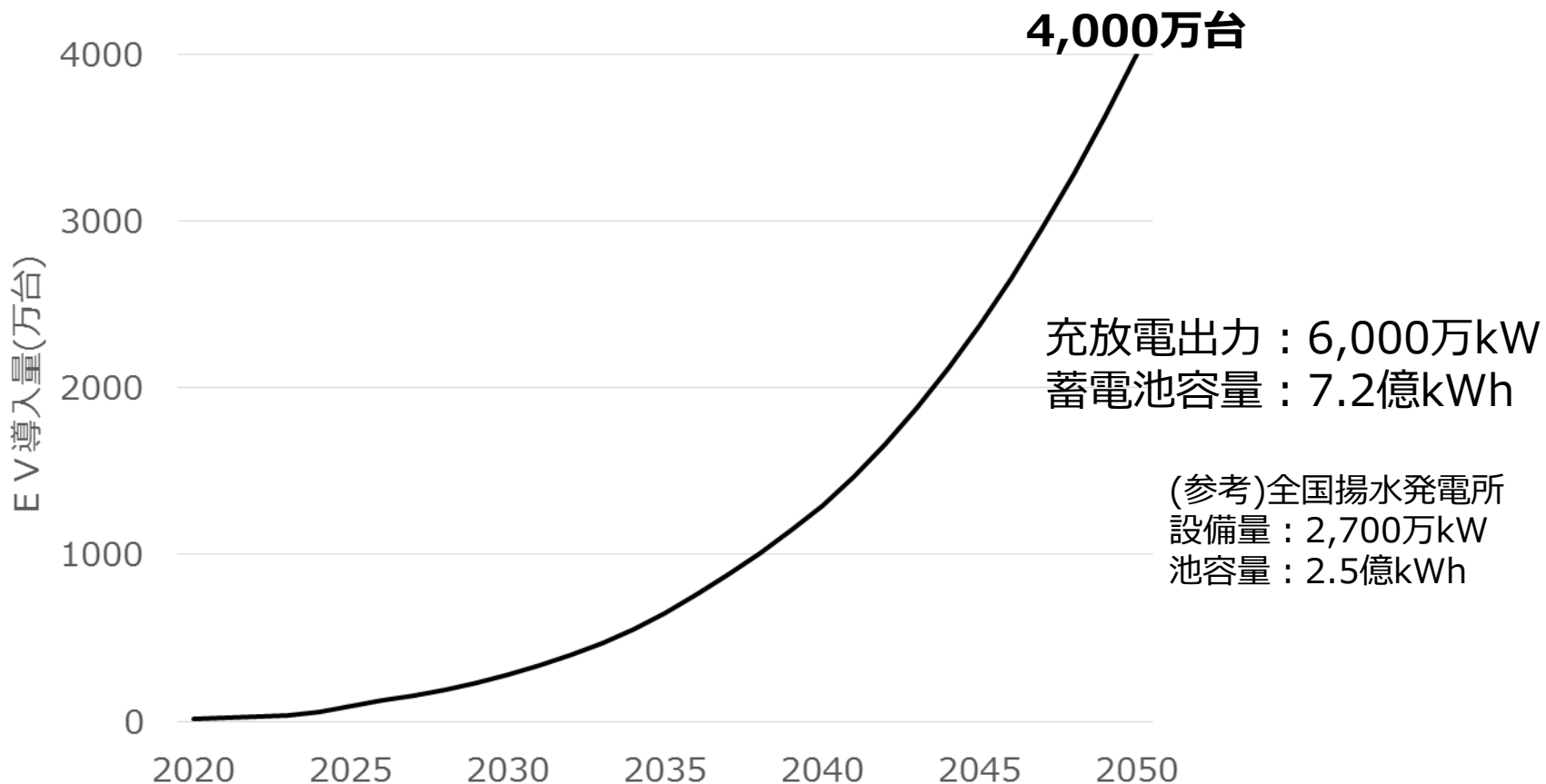


※ BloombergNEF 「2H 2018 LCOE - Data Viewer」

■ 2050 4,000万台^{※1}としてBloombergNEFのEV導入想定^{※2}を参考に、EV導入量を想定

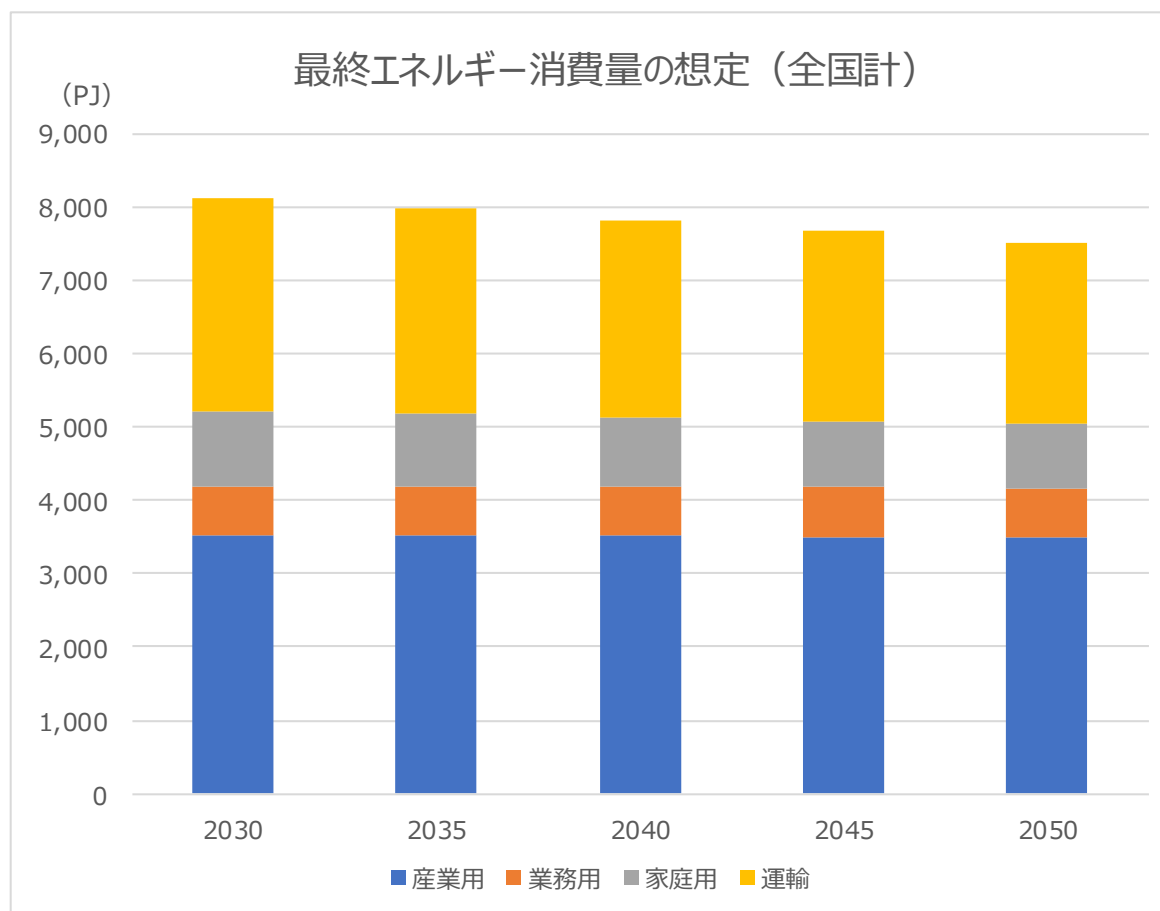
※1 エネルギー産業の2050年～Utility3.0へのゲームチェンジ

※2 BloombergNEF「Long-Term Electric Vehicle Outlook 2018」



【参考】電化ポテンシャルの想定（全国計）

- 日本エネルギー経済研究所（EDMC）のエネルギーバランス表を基に、将来の最終エネルギー消費量を想定
- ただし、エネルギー起源のCO2排出量に含まれていない、石油化学の原料となるナフサ・LPGは除外



1. 脱炭素化に向けた設備形成

1.1 再エネ大量導入に向けたネットワーク(NW)のあり方

1.2 既存設備の有効活用(ノンファーム型接続)

1.3 プッシュ型系統整備

2. 電源・需要・NWを全体的に見据えた合理的な設備形成の在り方

2.1 脱炭素化に向けたエネルギー需給構造の転換

2.2 脱炭素化に向けた電力ネットワークの役割

3. 電力グリッドの方向性

4. まとめ

3. 電力ネットワークの方向性

■ 系統整備面

- 発電コストだけでなく、系統コスト・CO2コストも含めたエネルギーコストの最小化に向け、地産地消、需要地近接電源（より需要地に近い洋上風力開発など）、電源近接需要（地域へのデータセンターや新産業創出など）の誘導
- エネルギーコスト低減やイノベーション創出に資する系統の計画的整備
 - ✓ 発電設備投資や新たな需要創出を促すためのプッシュ型計画

■ 系統利用面

- 系統利用のDX※化により、CO2コストも含めた発電コストの安価な順番で、限られた送配電空容量をリアルタイムに割り当てる仕組みへの移行
- 電気自動車の蓄電池など、需要側の分散エネルギー資源を再エネ出力変動の調整や系統の混雑管理、レジリエンス向上に最大限に活用するためのローカル市場を送配電事業者が自ら整備・運営

※DX: Digital transformation

1. 脱炭素化に向けた設備形成

1.1 再エネ大量導入に向けたネットワーク(NW)のあり方

1.2 既存設備の有効活用(ノンファーム型接続)

1.3 プッシュ型系統整備

2. 電源・需要・NWを全体的に見据えた合理的な設備形成の在り方

2.1 脱炭素化に向けたエネルギー需給構造の転換

2.2 脱炭素化に向けた電力ネットワークの役割

3. 電力グリッドの方向性

4. まとめ

4. まとめ

- 電源・需要・NWのコストを全体として低減しつつ、環境目標を達成していくために、**設備形成や系統運用の抜本的な改革**が重要
 - ノンファーム型接続
 - メリットオーダーの系統利用、系統・電源を最適化(価格シグナル)する仕組み
 - プッシュ型系統整備 等
- 脱炭素化社会に向け、エネルギー**需給の両面での構造転換**が必要。電力NWは、それを支える**プラットフォーム**としての役割を担う
 - 再エネ等の非化石電源とエネルギー消費地をつなぐ
 - 出力が変動する再エネと電力需要の**時間的ずれを調整**する
- 加えて、NWに繋がる皆さまとの共創により、
 - 電源と需要の近接化(地産地消)等によるエネルギーコスト全体のさらなる抑制
 - DXを通じて分散型エネルギーと新たなテクノロジーを組み合わせた効率的な需給運用
 - 地域のレジリエンス向上などを目指していく