

カーボンニュートラル実現に向けた 電力システムの課題と将来像

2021年4月30日

東京電力パワーグリッド株式会社
取締役副社長 経営改革担当
岡本 浩



本日の内容

1. 脱炭素化に向けた課題認識

1.1 エネルギー需給構造の転換

1.2 需給構造転換に向けた電力グリッドの課題

2. 脱炭素化に向けたステップ（一考察）

2.1 化石燃料利用極小化（STEP1：GHG排出ゼロへの移行）

2.2 GHG排出ゼロ（STEP2:STEP1からの深掘り）

3. 今後の方向性

3.1 非化石ポートフォリオの必要性

3.2 電力グリッドの方向性

4. まとめ



1. 脱炭素化に向けた課題認識

1.1 エネルギー需給構造の転換

1.2 需給構造転換に向けた電力グリッドの課題

2. 脱炭素化に向けたステップ（一考察）

2.1 化石燃料利用極小化（STEP1：GHG排出ゼロへの移行）

2.2 GHG排出ゼロ（STEP2：STEP1からの深掘り）

3. 今後の方向性

3.1 非化石ポートフォリオの必要性

3.2 電力グリッドの方向性

4. まとめ



1.1 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



- 電力グリッド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グリッドの役割

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



1. 脱炭素化に向けた課題認識

1.1 エネルギー需給構造の転換

1.2 需給構造転換に向けた電力グリッドの課題

2. 脱炭素化に向けたステップ（一考察）

2.1 化石燃料利用極小化（STEP1：GHG排出ゼロへの移行）

2.2 GHG排出ゼロ（STEP2:STEP1からの深掘り）

3. 今後の方向性

3.1 非化石ポートフォリオの必要性

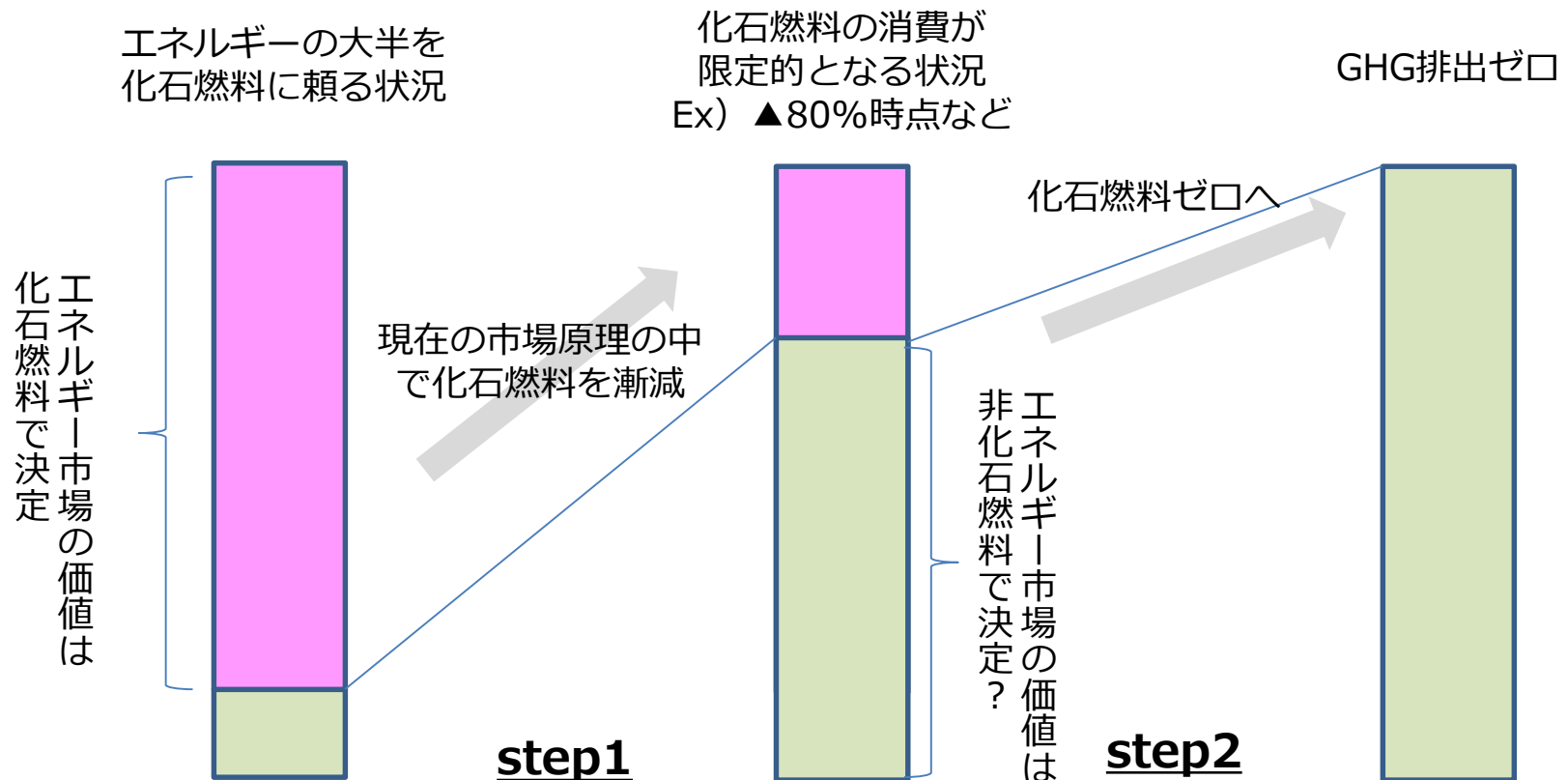
3.2 電力グリッドの方向性

4. まとめ



2. 脱炭素化に向けたステップ（一考察）

- STEP 1：化石燃料利用極小化（GHG排出ゼロ※1への移行）
「再エネ」「蓄電池」「電化」「NW」による大幅削減
（2050年GHG▲80%※2削減の試算）
- STEP 2：GHG排出ゼロ（STEP 1からの深掘り）



※1 本資料においてGHG排出ゼロは、エネルギー由来のCO2排出ゼロの意味

※2 本資料においてGHG削減率は、非エネルギーGHGおよび吸収源対策を含む総量での削減率



(補足) GHG排出ゼロとは

『パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略』(2019.6)

GHG目標
▲26%
 ※2013比

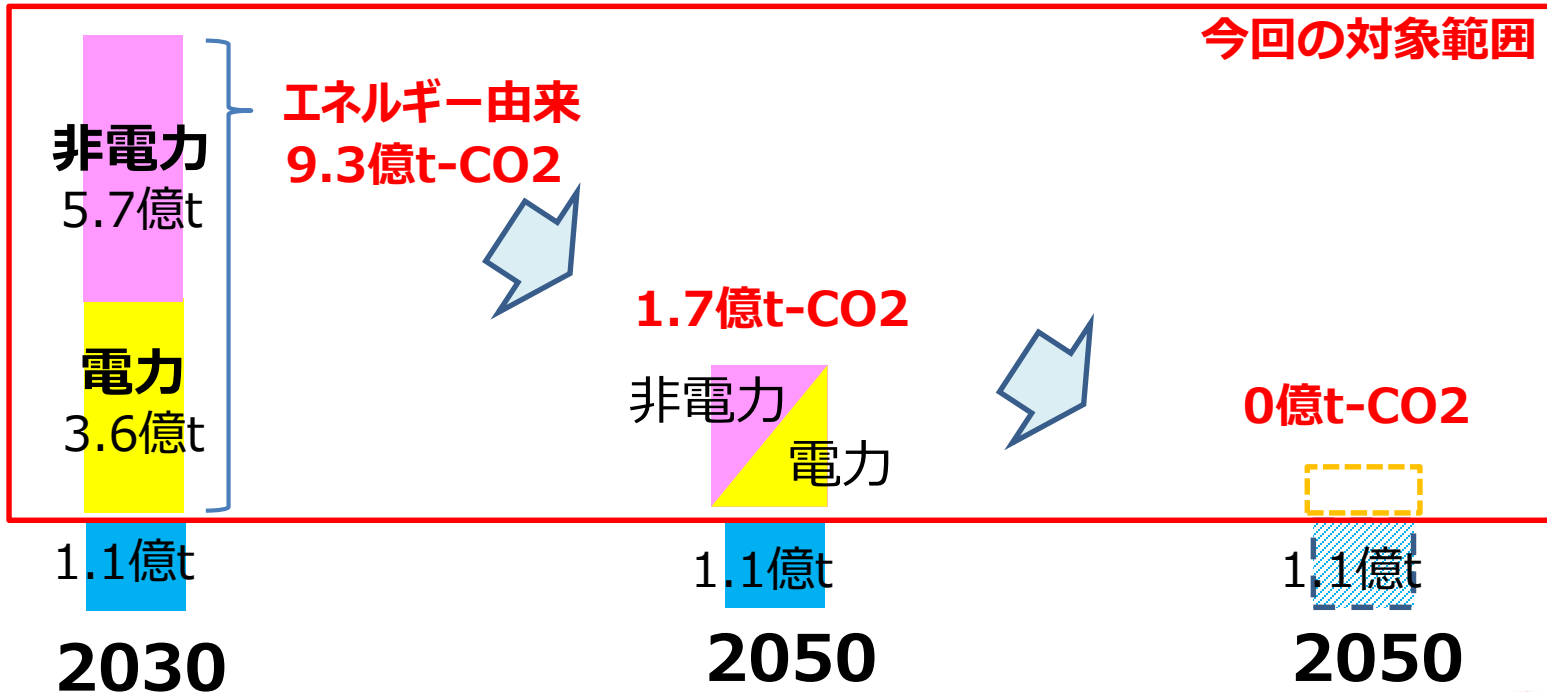
国内排出量
10.4億t-CO2

GHG目標
▲80%

国内排出量
2.8億t-CO2

GHG目標
排出ゼロ

国内排出量
0億t-CO2?



STEP 1 GHG排出ゼロへの移行ステップ⁸

ポイント

- 化石燃料→「再エネ」「蓄電池」「電化」「NW」
- 再エネと電化をつなぐ電力グリッド整備



2.1 化石燃料使用の極小化（GHG排出ゼロへの移行：STEP1） 9

- 化石燃料を再エネ+蓄電池・電化の組み合わせで非化石エネルギーに転換していく（STEP1）
- 需給両面のエネルギー転換により、電力系統の潮流も大きく変わる
⇒ 需要・供給・グリッドを一体的に検討することが必要

需要サイド

最終消費エネルギーを電気に転換

供給サイド

火力→再エネ+蓄電池

**需要・供給・グリッドの
一体的な分析・評価**

電力グリッド 広域的なネットワーク整備と
分散するエネルギー資源の有効活用

効率的なエネルギー転換・国民負担の抑制



- STEP1：国民負担（CO2・系統コスト含む）最小となるエネルギーポートフォリオの試算

目的関数

エネルギー関連国民負担※ 最小

※電力システムコスト(CO2負担含む) + 非電力燃料費 + 非電力CO2負担

変数

PV導入量

風力導入量

地域間連系線増強量

電化率

CO2価格

制約条件

**GHG▲80%
達成**

再エネ経済性
(IRR8%以上)

再エネポテンシャル

前提条件

原子力・地熱・バイオ・一般水力

地内系統制約未考慮

揚水・EV(2050 4,000万台)

水素・CC(U)S未考慮

市場設計
(現行制度 (kWh・kW市場))



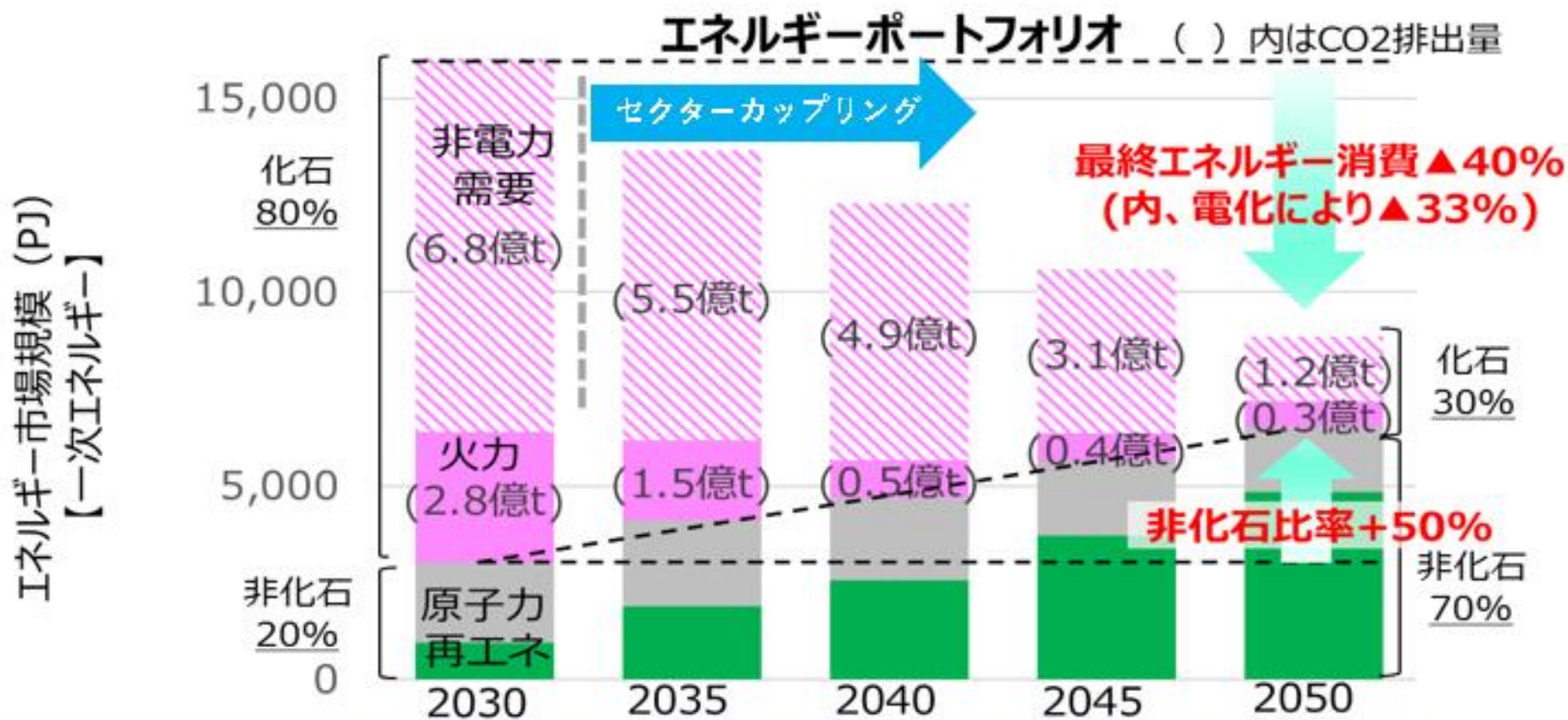
前提条件（公表情報をもとに設定）

項目	前提条件
エネルギー需要	人口減、GDP成長率0.3%を考慮し需要想定
燃料費	公表政策シナリオ(IEA WEO 2019より想定) 2030年度CIF 93 \$ /b 2040年度CIF 108 \$ /b 以降横置き
連系線	下記の連系線増強を織り込み 北海道東北間 30万kW (2019.4～) 30万kW(2030.4～) 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～) 上記の増強計画に加えて 電化・再エネ導入を考慮し、系統を増強
EV系統利用	2050年度 4,000万台 5kW/台、60kWh/台 系統接続率30% として 系統利用
環境規制	エネルギー全体でのGHG排出量が2050年度でGHG▲80%を達成 化石燃料を使用するCO2排出事業者を対象としたCO2負担を想定
再エネ導入量	再エネ大量導入・次世代NW小委員会、BloombergNEFの想定値などを用いて、再エネコストの低減を 考慮し、環境規制下でのP Vおよび風力の導入量を想定 2050年 PV資本費 4.4万円/kW 洋上風力資本費 19万円/kW
市場設計	電力市場では現行のkWh市場と容量市場を想定



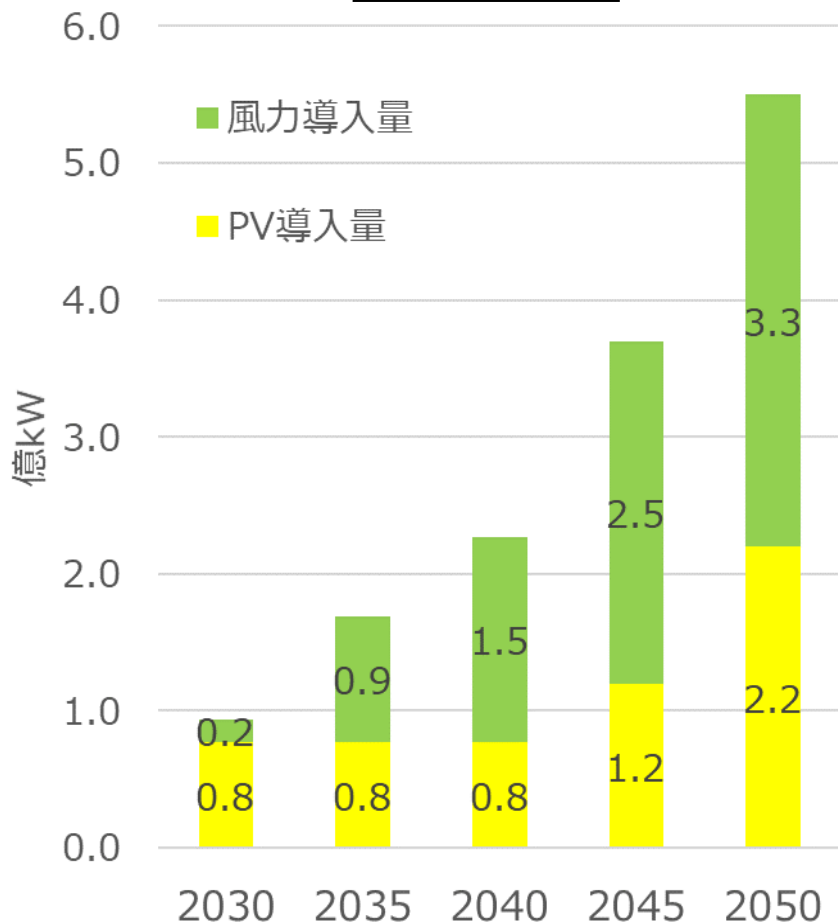
2050年GHG80%削減シナリオ試算例

- <CO2制約> 一次エネルギーが化石から**非化石**に移行し、GHG▲80%
- <エネルギー使用の効率化> 電化による機器効率向上等で**最終エネルギー消費▲40%**
- <国民負担> 再エネの価格低下等により国民負担は低下する可能性

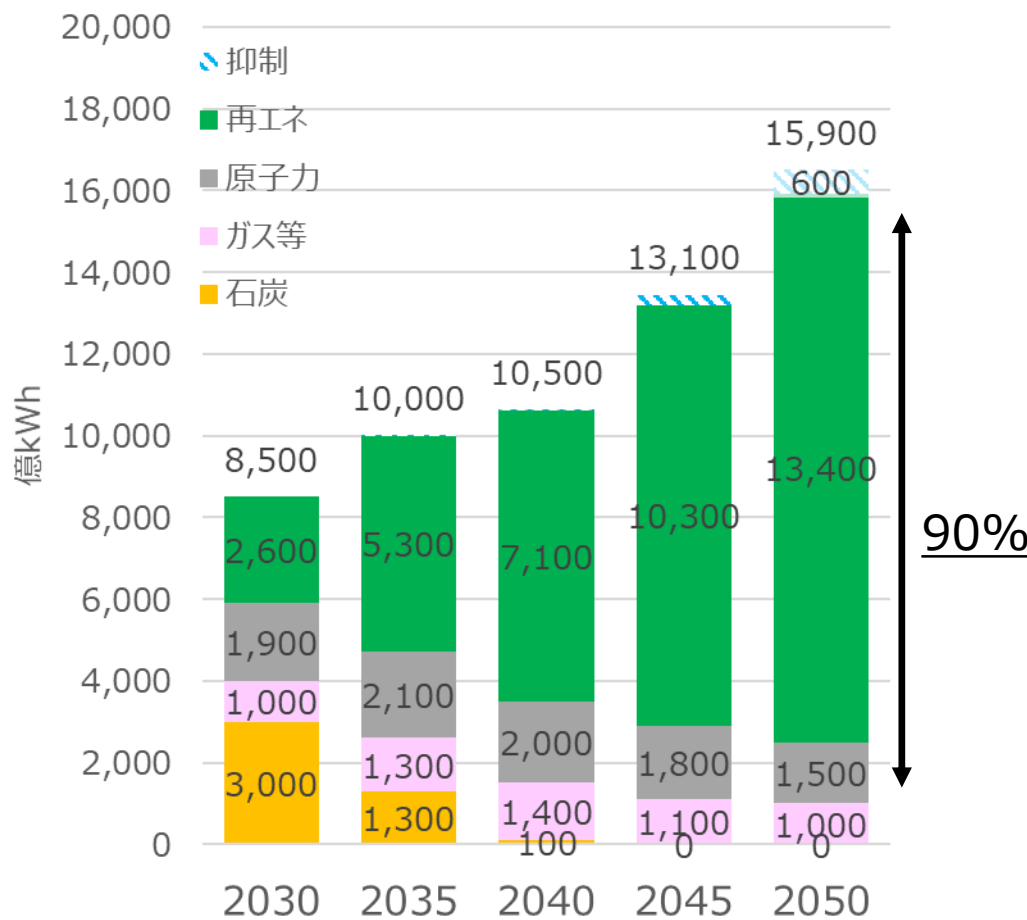


- PV導入量は約2億kW、風力導入量は約3億kW
- GHG▲80%を達成するために非化石電源が総発電量の90%程度必要

再エネ導入量



kWhバランス(送電端)

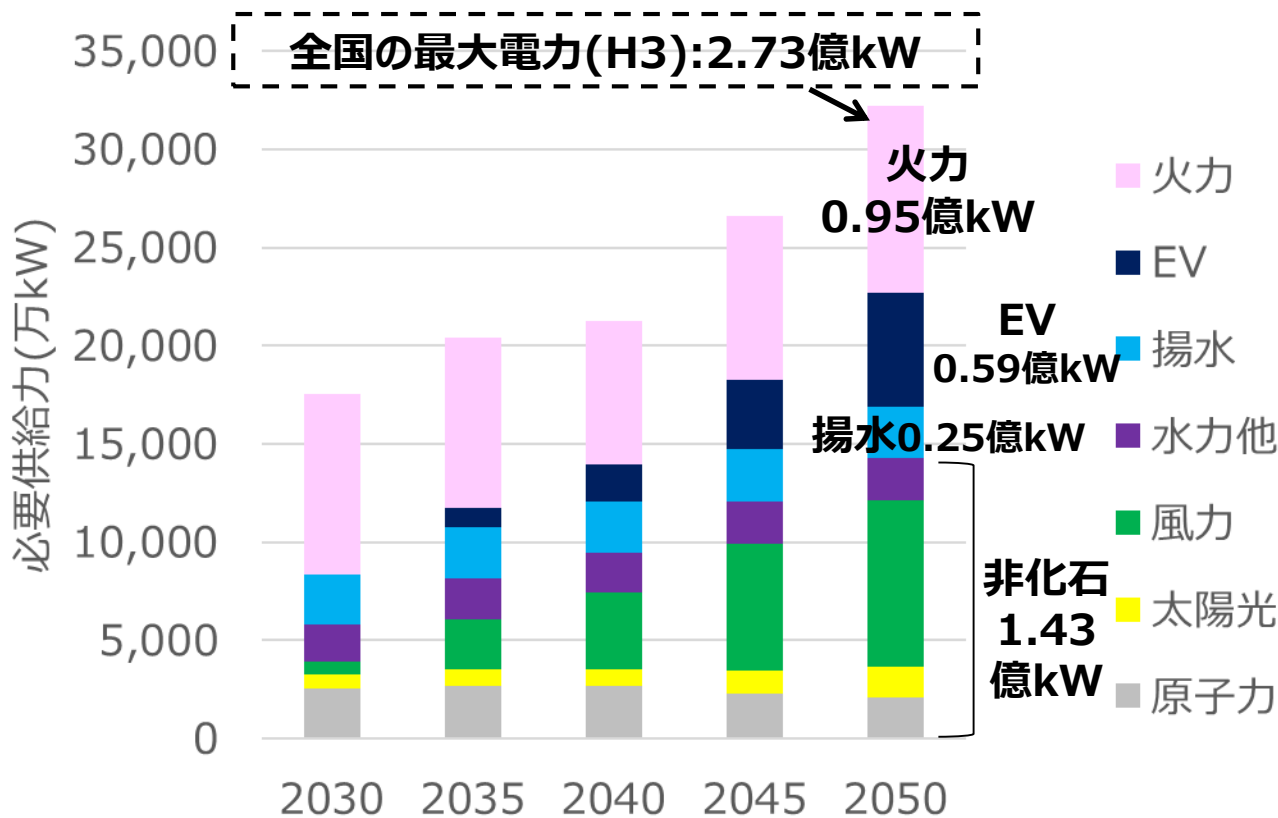


※四捨五入の関係で合計が合わない場合がある



■ 再エネの導入が拡大しつつも、kW価値（調整係数:供給信頼度への寄与）が低い
 ため、必要供給力確保には、一定の既存電源（原子力・火力・揚水）が必要

必要供給力



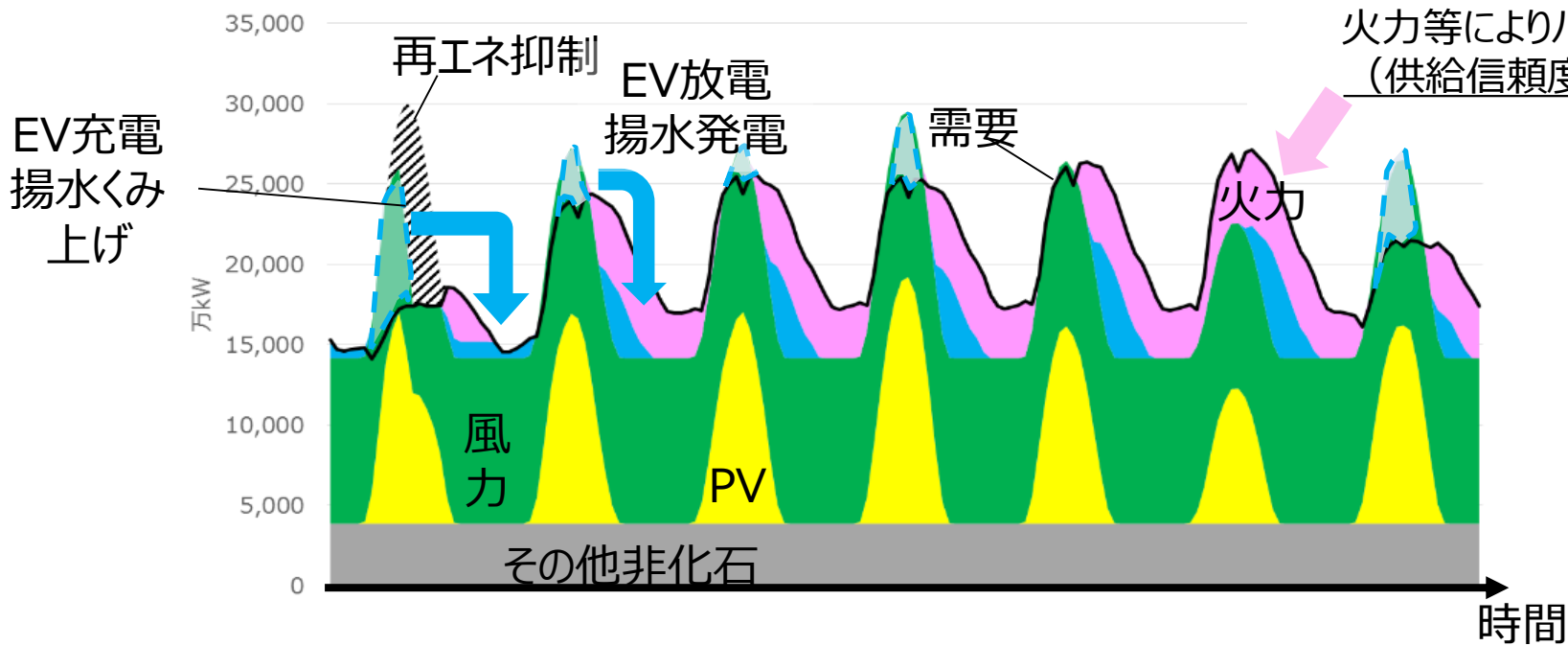
	2050年度 調整係数
太陽光	7%
風力	26%
揚水・EV	96%



- ①EVの蓄電池などDER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
- 需要の低い春季・秋季にはより多くの再エネ余剰が発生

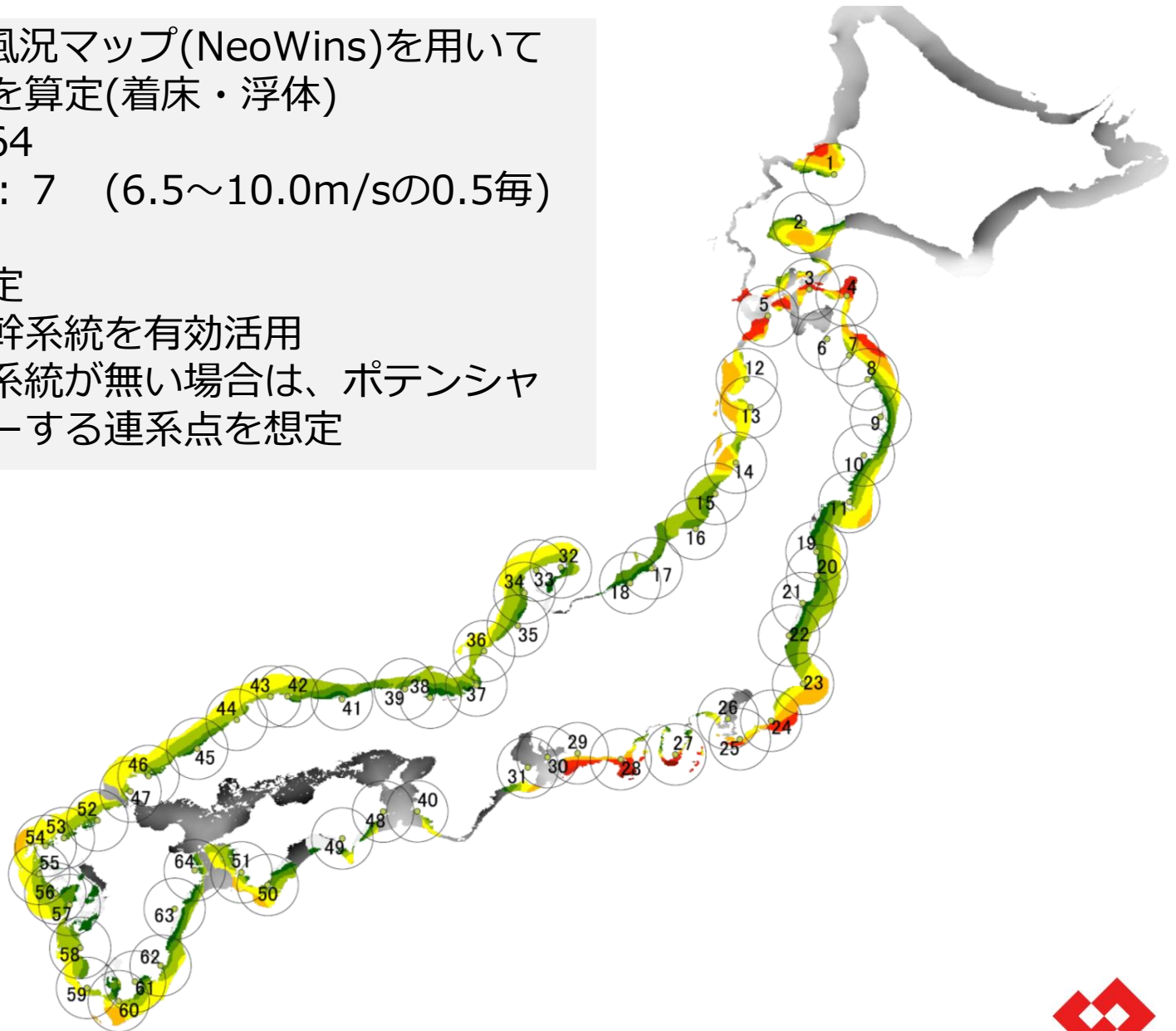
2050夏季の一週間の電力需給試算例

池容量・蓄電容量不足時は
火力等によりバックアップ
(供給信頼度の確保)



【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)
- 系統接続の想定
 - ✓ 既存の基幹系統を有効活用
 - ✓ 既存基幹系統が無い場合は、ポテンシャルをカバーする連系点を想定

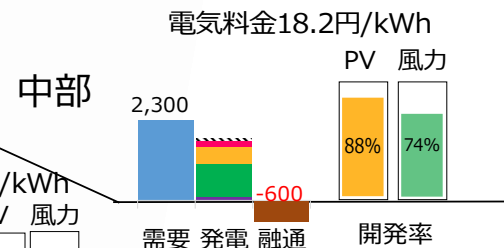
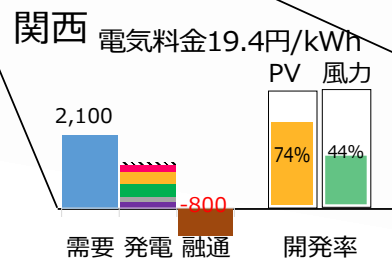
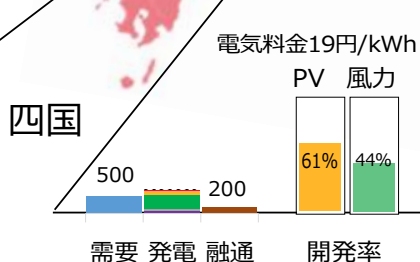
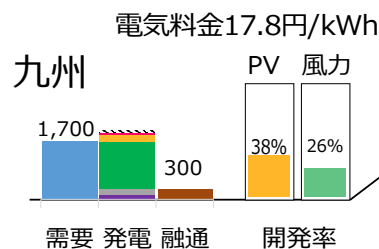
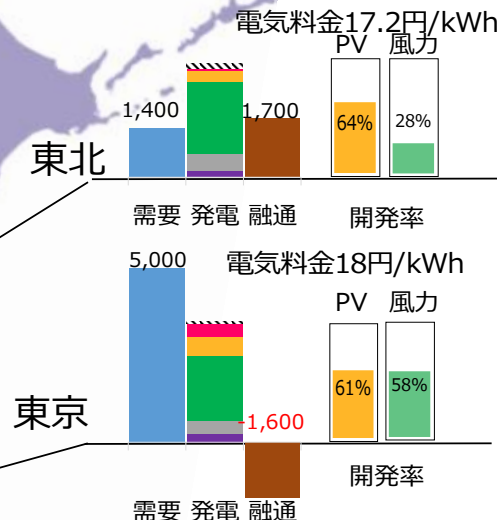
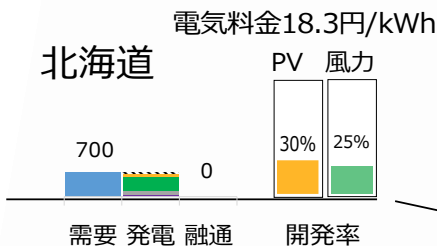
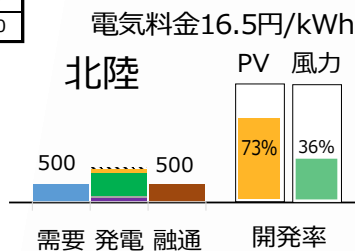
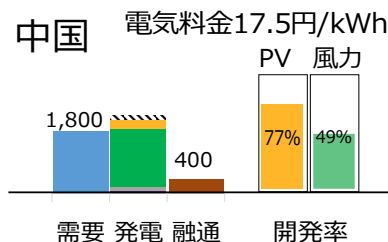
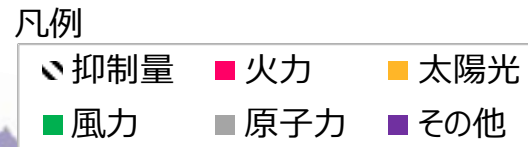


国民負担(CO2・系統コスト含む)を最小とする試算結果【2050】

■ 需要に対し、再エネ導入量の低い中3社エリアに、他エリアから融通

	需要(億kWh)		導入量(万kW)	
	需要	導入	PV	風力
北海道	700	0	600	1400
東北	1,400	1,700	2900	6400
東京	5,000	1,600	5100	6100
中部	2,300	2,300	4100	3000
北陸	500	500	1200	2200
関西	2,100	2,100	2900	1400
中国	1,800	400	2500	5900
四国	500	200	1100	1500
九州	1,700	300	2000	4700
合計	15,900	10,000	22500	32600

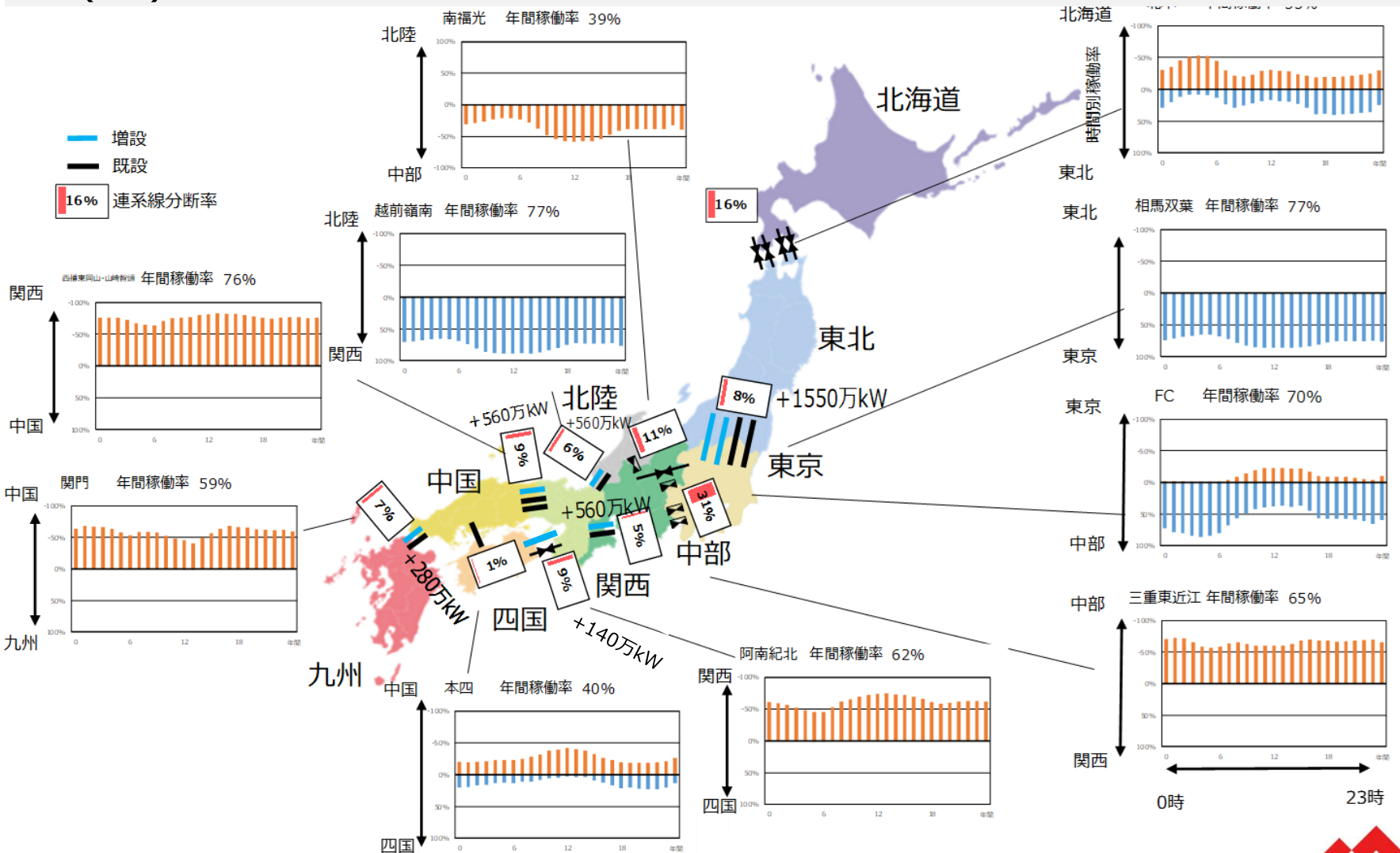
※棒グラフの大きさは導入ポテンシャルに対する比率



※四捨五入の関係で合計が合わない場合がある



■ 東地域と中・西地域それぞれで需給がバランスしており、東京-中部間 (FC)の増強はなし



ポイント

■化石燃料（STEP1の残り）

→ 「カーボンフリー水素（アンモニア）」
「CCUS」「原子力」
「再エネ」「蓄電池」「電化」「NW」

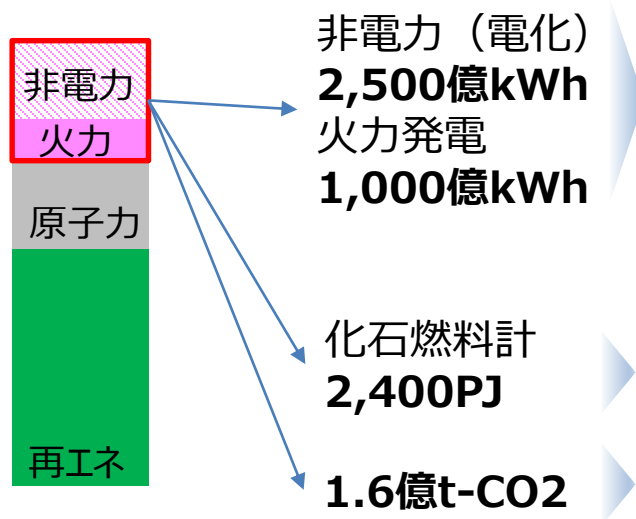


2.2 STEP2 : 2050年GHG排出ゼロ (STEP 1からの深掘り)²⁰

- GHG排出ゼロに向けては、新たな脱炭素テクノロジーの活用や需要構造の転換等、あらゆる対策を排除することなく継続的に検討していく必要

温室効果ガス▲80%

温室効果ガスゼロへのシナリオ (例)



①全電化+非化石電源 (Step1の延長)

- 全電化と火力代替のため、**3,500億kWh**を供給する非化石電源が必要
- 再エネと需要の時間的・空間的ギャップを埋めるために **NW増強・蓄電池等**、追加的なコストがかかる可能性

②脱炭素テクノロジー活用

- 水素 (アンモニア) 転換
化石燃料消費2,400PJを水素に転換 = **2,200億Nm³-H₂**
- CCS回収
CCS1か所あたり約0.01億t-CO₂/年⇒ **CCSプラント160か所**

③需要構造の転換



1. 脱炭素化に向けた課題認識

1.1 エネルギー需給構造の転換

1.2 需給構造転換に向けた電力グリッドの課題

2. 脱炭素化に向けたステップ（一考察）

2.1 化石燃料利用極小化（STEP1：GHG排出ゼロへの移行）

2.2 GHG排出ゼロ（STEP2:STEP1からの深掘り）

3. 今後の方向性

3.1 非化石ポートフォリオの必要性

3.2 電力グリッドの方向性

4. まとめ



非化石ポートフォリオの必要性

- 再エネ拡大のみで脱炭素を進めると、業界目標を大幅に超える量（最大 1 兆kWh）の開発が必要となり、電源開発の現実性に加え、系統増強や蓄電池など追加的なコストがかさみ国民負担を増大という課題が生じる
- カーボンフリー水素・アンモニア・CC（U）S・次世代原子力などを、再生可能エネルギー・蓄電池・電化を組み合わせ、最適な非化石ポートフォリオを構築することが重要

GHG80%削減（STEP1）

GHG排出ゼロ（STEP2）

2050年全電化
1.84兆kWh

2050年試算結果
非化石約1.5兆kWh

2050年業界目標程度の
再エネ導入となった場合

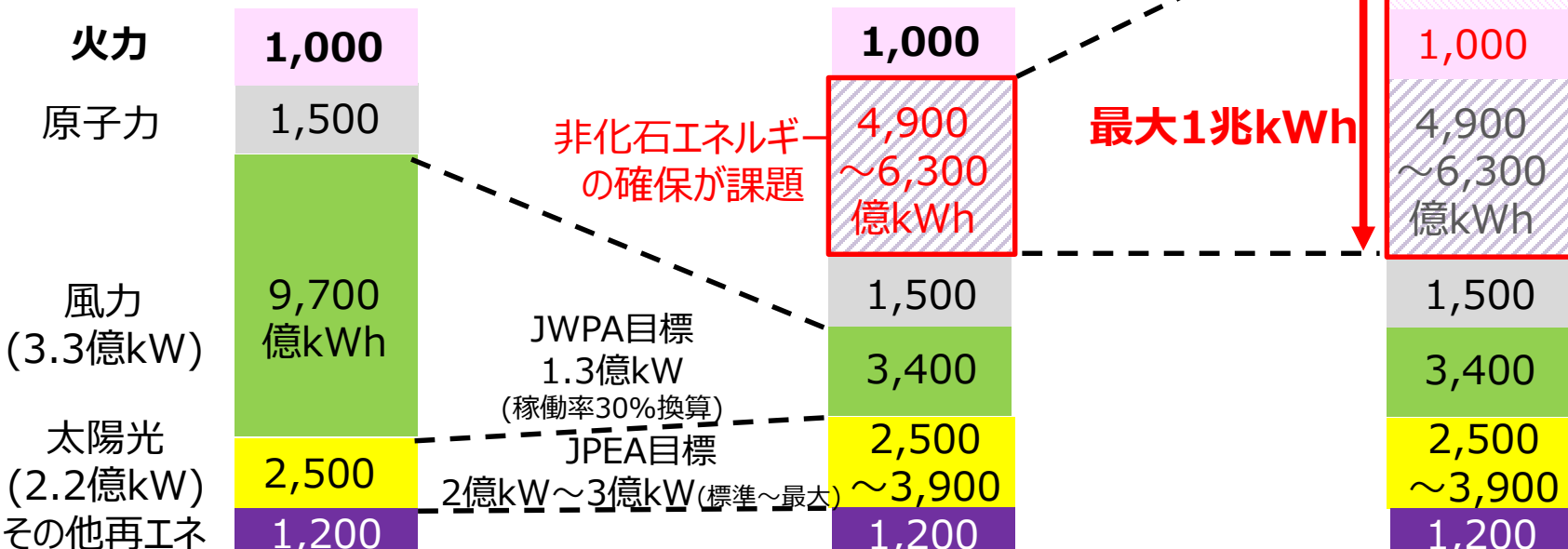
非電力分
2,500
1,000
4,900
~6,300
億kWh

最大1兆kWh

非化石エネルギー
の確保が課題

JWPA目標
1.3億kW
(稼働率30%換算)

JPEA目標
2億kW~3億kW(標準~最大)



3.2 電力グリッドの方向性

■ 系統整備の課題

- 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

■ 系統利用の課題

- 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



1. 脱炭素化に向けた課題認識

1.1 エネルギー需給構造の転換

1.2 需給構造転換に向けた電力グリッドの課題

2. 脱炭素化に向けたステップ（一考察）

2.1 化石燃料利用極小化（STEP1：GHG排出ゼロへの移行）

2.2 GHG排出ゼロ（STEP2：STEP1からの深掘り）

3. 今後の方向性

3.1 非化石ポートフォリオの必要性

3.2 電力グリッドの方向性

4. まとめ



4. まとめ

- 菅内閣総理大臣が掲げた2050年GHG排出ゼロに向けては、エネルギーの抜本的な構造転換が必須
- 効率的・経済的に非化石ポートフォリオを構築し、脱炭素化を進めることが重要であり、再エネ・蓄電池の最大限の導入と電化の推進、カーボンフリー水素（アンモニア）・CCUSなどのテクノロジーの開発・普及が不可欠
- 加えて、非化石エネルギーの地域偏在や、系統整備にかかるコスト等を踏まえ、需要構造の転換もGHG排出ゼロに向けたポイントとなる
- 電力グリッドは、脱炭素社会のプラットフォームとして、グリッドに繋がる皆様との共創を通じて、①最適な系統整備、②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、③地域のレジリエンス向上の両立を目指す



2021年1月の需給ひっ迫について

- ① 我が国では、原子力の稼働が極めて限定的であることに加え、市場競争力で劣後する石油火力の減少もあり、需要変動対応を燃料調達の柔軟性が低いLNGに依存。
- ② 発電事業者は自由化により、発電電力量の不確実性が増し（特に相対取引先の小売事業者の経営状況によって変動）、過剰在庫リスクにさらされているため、過小調達になりやすい構造。

