



自然エネルギー財団

RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

2035年CO₂65%減・自然エネルギー80%は可能か？

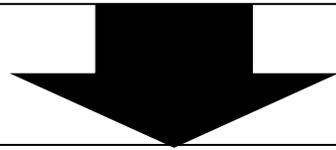
公益財団法人 自然エネルギー財団

シニアコーディネーター 高瀬香絵

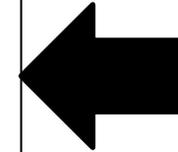
分析の枠組み：バックキャストिंग

国際的に責任も果たせるエネルギー需給の1つの姿を示した。

エネルギー需要積み上げモデル



電力供給シミュレーション



自然エネルギー導入量分析

2035年自然エネ80%で
電力システムとしてOKか？

2035年自然エネ80%のためにはど
こでどのくらい導入できそうか？

2035年エネ起源CO₂65%減*は
どうやったらできるのか？

*IPCC AR6による2019年比を参照。

エネルギー需要積み上げモデルの想定

■活動量は第六次エネ基2030年並みを想定。以下の電化・効率化を積み上げ。

分野	エネルギー消費原単位等の変化の主な想定
産業部門	<ul style="list-style-type: none">業種・用途ごとに省エネ率設定(空調等設備用途、生産用途(低温、それ以外))省エネ法ベンチマーク対象業種は、その達成を目安に省エネ率設定電化は鉄鋼業(高炉)で45%、それ以外は業種・用途により設定(3%~15%)
業務部門	<ul style="list-style-type: none">国交省による建築ストックの省エネ性能割合の進展想定を基に、建築性能ごとの対策による削減率、導入率を想定導入率は機器等の平均使用年数を考慮し、更新時期で導入削減率は、技術ごとのスペックの効率向上を安全側で見込む
家庭部門	<ul style="list-style-type: none">国交省による住宅ストックの省エネ性能割合の想定を基に、集合-戸建別に住宅性能ごとの対策による削減率、導入率を想定導入率は機器等の平均使用年数を考慮し、更新時期で導入削減率は、技術ごとのスペックの効率向上を安全側で見込む
運輸部門	旅客 <ul style="list-style-type: none">モード別エネルギー効率(燃費)向上想定(1%~33%)電化想定(ストック比):乗用車15%、タクシー15%、バス15%電化による省エネ率設定:乗用車-56%、バス-32%
	貨物 <ul style="list-style-type: none">モード別エネルギー効率(燃費)向上(0%~18%)電化設定(ストック比):トラック10%電化による省エネ率設定(トラック):-32%

これが唯一の姿、最適な姿ではない。

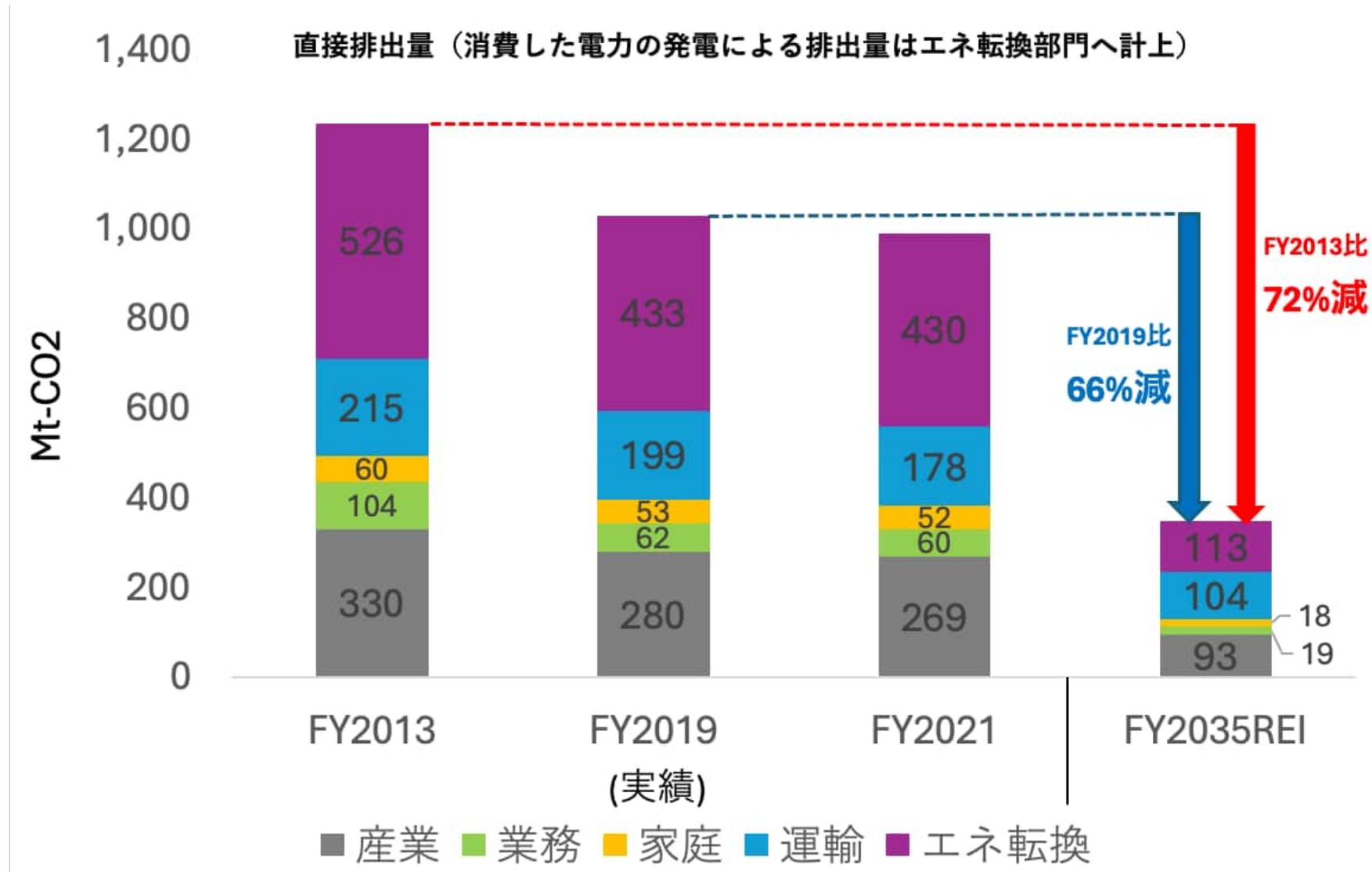
(最適はコスト想定的前提による。何年償却としてコストを割るか、割引率によって最適計算は全く異なる。)

しかし、1つのあり得る整合的な姿を示している。

国として、どこをどう下げるかは戦略、ないしはカーボンプライシングで“最適”な削減が可能。

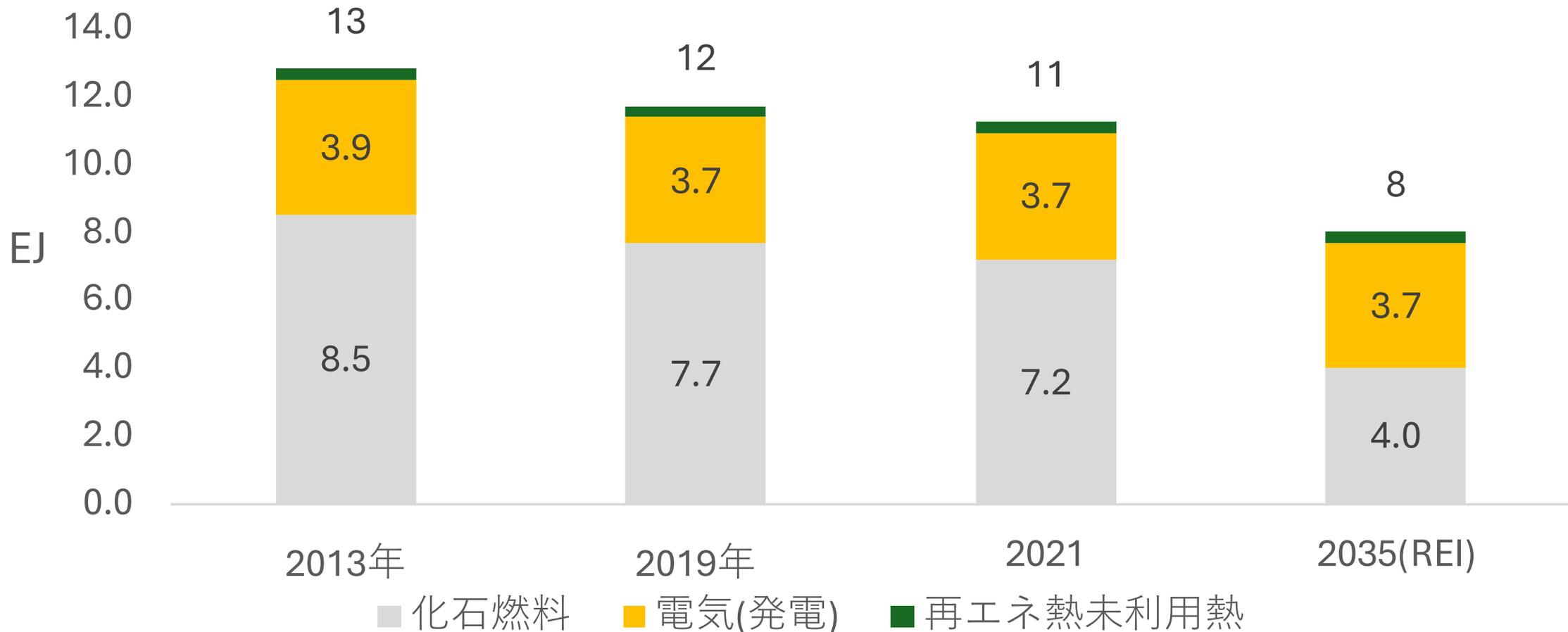
エネルギー需要積み上げモデルの結果

■エネルギー起源CO2排出量は、2013年比72%減、2019年比66%減と計算。



最終エネルギー消費：電化と効率化で電力需要はほぼ横ばい

- 電化の進展で化石燃料最終需要は減少。
- 電力需要は、電化による増加と効率化で、ほぼ横ばい。



分析の目的：可能な姿を示すこと

専門的観点から、これだったら可能という
1つの可能性を示すこと

日本の責任
(競争力)

2035年までにエネ起源CO₂を2019年比**65%減**
(IPCC: 1.5°C以内世界全体で)

2035エネルギー全体の需給の姿

機器更新、建て替え、設備投資など現実的観点から、
- 電化の進展
- 効率化の進展
を想定

電力需要・EV台数

1年間1時間ごとに**自然エネルギー80%**
で供給できる姿

太陽光・風力・バイオマスの
9エリア別導入量を想定

他のモデル分析手法との違い

- エネルギーシステムモデルでは、各技術のコスト（とポテンシャル）等の制約条件を設定し、エネルギー需要を満たすコスト最小のエネルギー技術選択を計算する。
- コスト設定については、1) 導入が進むにつれ、コストが下がる学習曲線を設定している場合、2) 導入が進むにつれ、コストが上がる（適地が減るという考え方）ように設定している場合で、結果は大きく異なる。また、コスト算定の際に、設備コストを何年で償却するか（年経費率）、割引率を何%とするかによって、同じ設備コストでもモデル入力のコスト値は大きく異なる。
- 本分析では、エネルギーシステムモデルのようにコスト設定で“最適”を計算する方法ではなく、自然エネルギー導入の現場を知る専門的知見（実際に導入が可能な場所はどこか、送電線は来ているか、風況はどのくらいだったら事業性があるか、等）より、条件を設定し、エリアごとの設備容量を設定した。またエネルギー需給想定では、機器・自動車の耐用年数、現実的買い替えサイクル、建築基準の動向、産業脱炭素化の動向などから、あり得る電化・効率化を専門的知見から設定した。
- よって、本分析結果は、専門家による積み上げがベースとなり、電力については1時間ごとに自然エネルギー80%でどうやったら供給できるかについて、1つの“こうだったらできる”という姿を示すものである。

日本には自然エネルギー資源はもうない？

- 住宅のPV搭載率はまだ1割程度。壁面活用
- 耕作放棄地のポテンシャル
- 洋上風力

自然エネルギーは変動するから、まかせられない？

- 太陽光だけじゃない！風力は夜発電。
- 劇的に安くなっている蓄電池+太陽光は頼れる
- 予測できるから、計画できる（ベストミックス）

慣性エネルギーなど系統安定化には火力が必要？

- 慣性エネは、蓄電池・風力に加え、同期調相機でもOK。
- 他の系統安定化サービスも、他国では蓄電池が活躍。
- 最後の数%をどうするかは、これからの課題。

よって、自然エネルギー中心の電力システムは無理？

他国で進む電力システムのイノベーションは日本のビジネスチャンスでは？

ウクライナ侵攻と脱炭素化で電力価格は上がった？

- ガス価格高騰によって電力価格はも上昇。（ドイツの昨今の電力価格上昇もガス価格上昇とタイミングが一致）
- 脱炭素化は、太陽光、風力、蓄電池の価格低下によってコストは安くなり、ガス価格の影響も受けにくくなる。

日本は特殊だから、日本だけ自然エネルギーは高い？

- 日本でもコストは下がっています。
- （円安で輸入の部分はコストが上がっている）
- 発電コストは低くなっても、容量拋出金などで系統を通すと高くなる仕組みに。

AIで電力需要爆発？

- AIは米国大手ITのサーバーが中心。
- 大手IT・半導体の多くがRE100メンバー。
- AI化は効率化や自然エネ統合のしやすさを加速。

日本の自然エネルギーポテンシャル

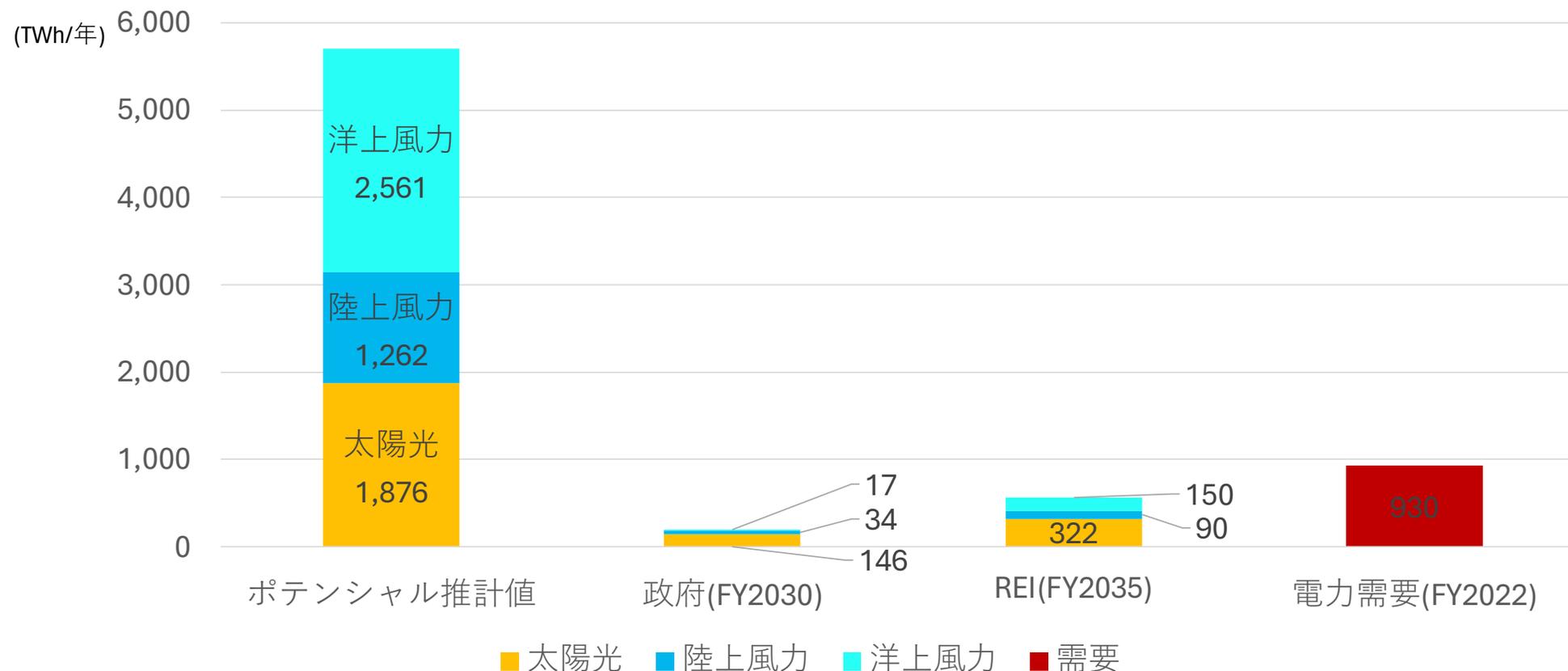
日本には自然エネルギー資源はもうない？

■最も保守的なもので、電力需要の6倍以上

■太陽光

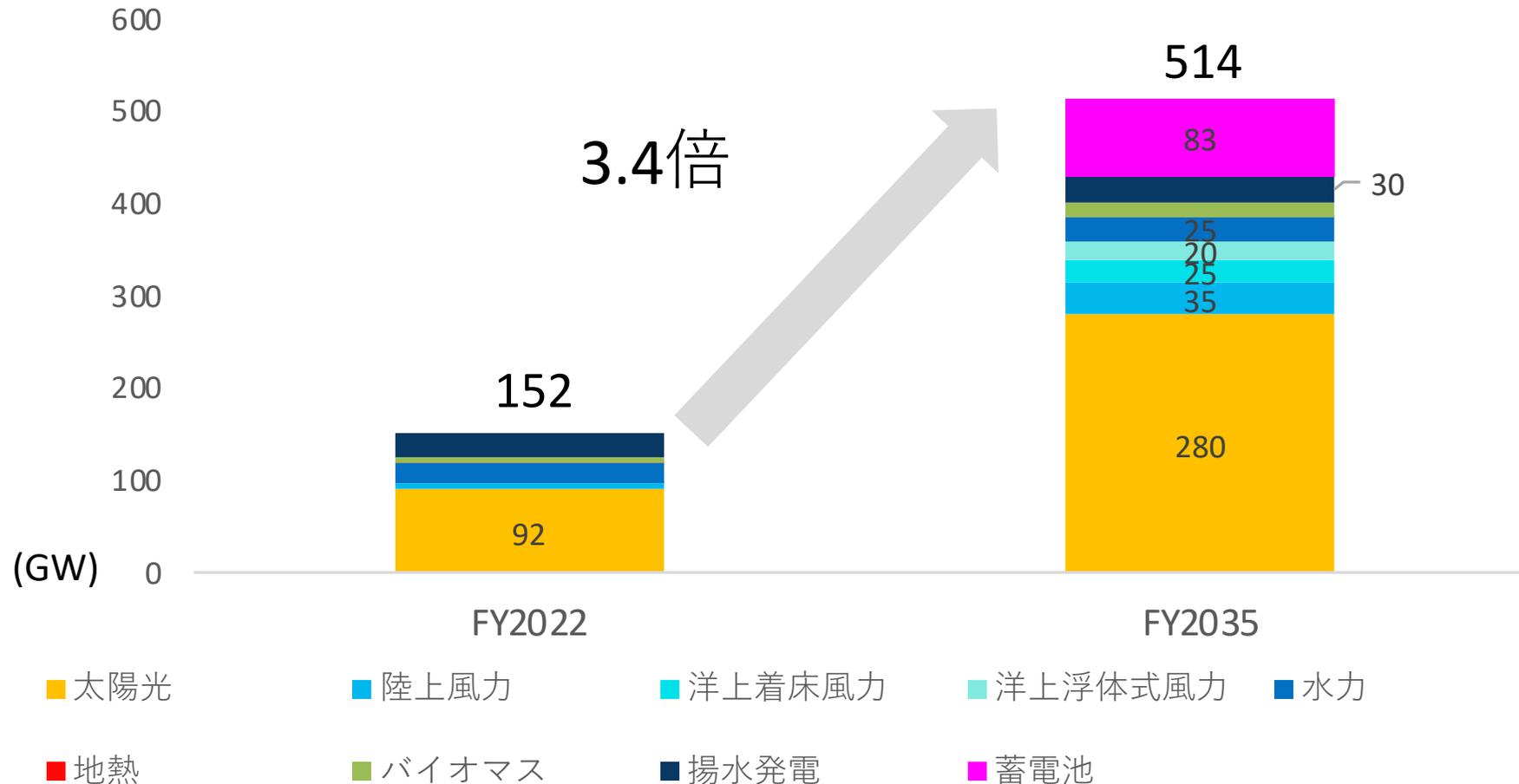
- 住宅への太陽光設置率は6.6%(戸建てで12%)
- 農地のポテンシャル大きい

■洋上風力



2035年自然エネルギー関連設備導入量想定

■2022年度から2035年度までに3.4倍。蓄電設備を除くと3.2倍。

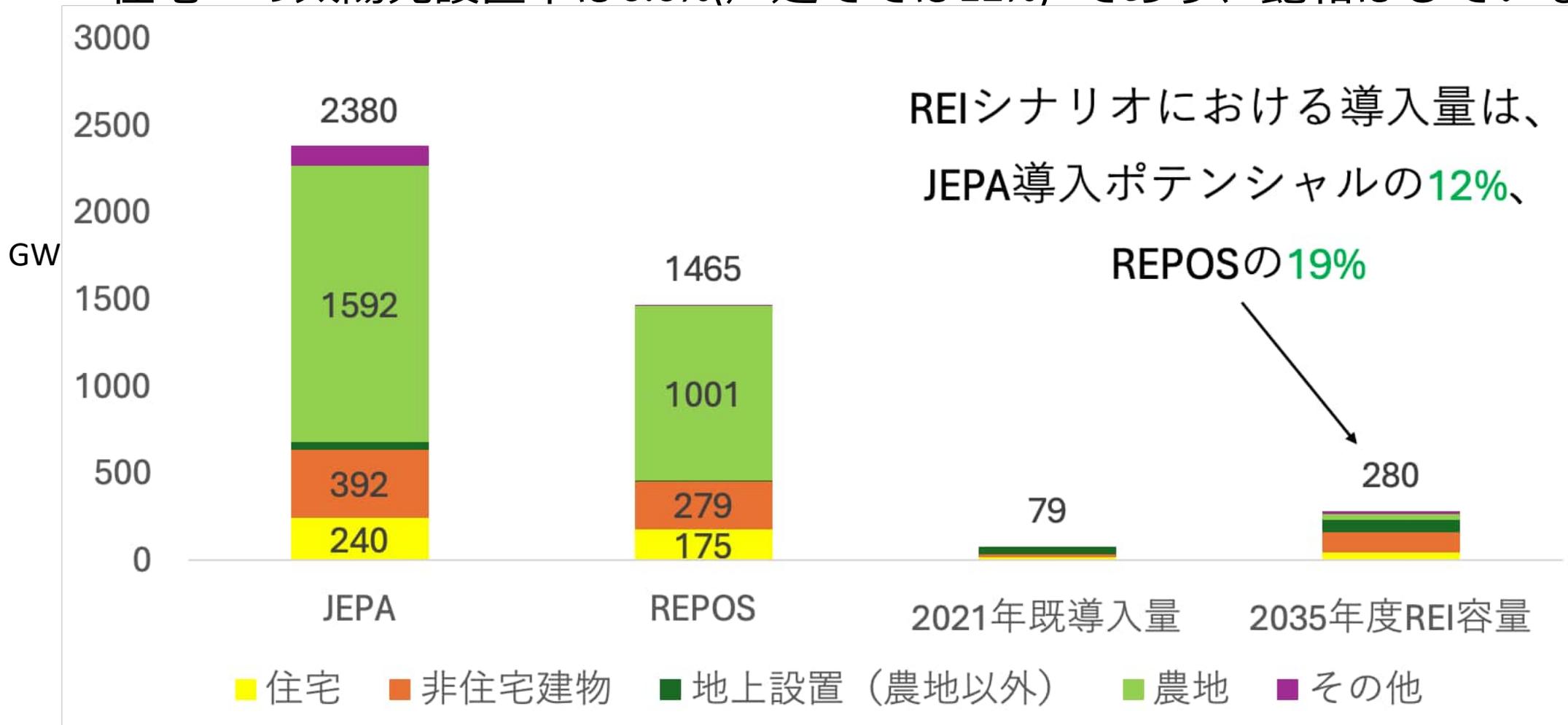


※洋上風力は見直し



太陽光ポテンシャルと導入量想定

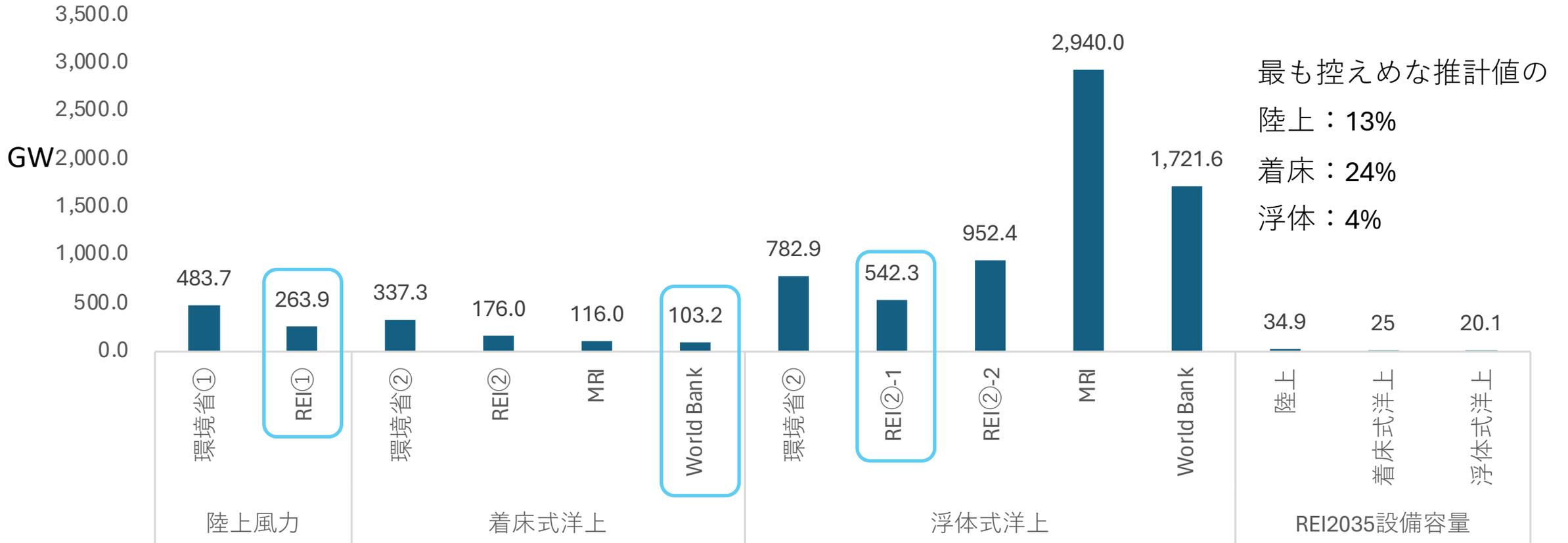
- ポテンシャル評価では、農地ポテンシャルも大きい。
- 住宅への太陽光設置率は6.6%(戸建てでは12%)*であり、飽和はしていない。



* 環境省、[令和4年度 家庭部門のCO₂排出実態統計調査結果について \(確報値\)](#) (2024年3月)

風力ポテンシャルと導入量想定

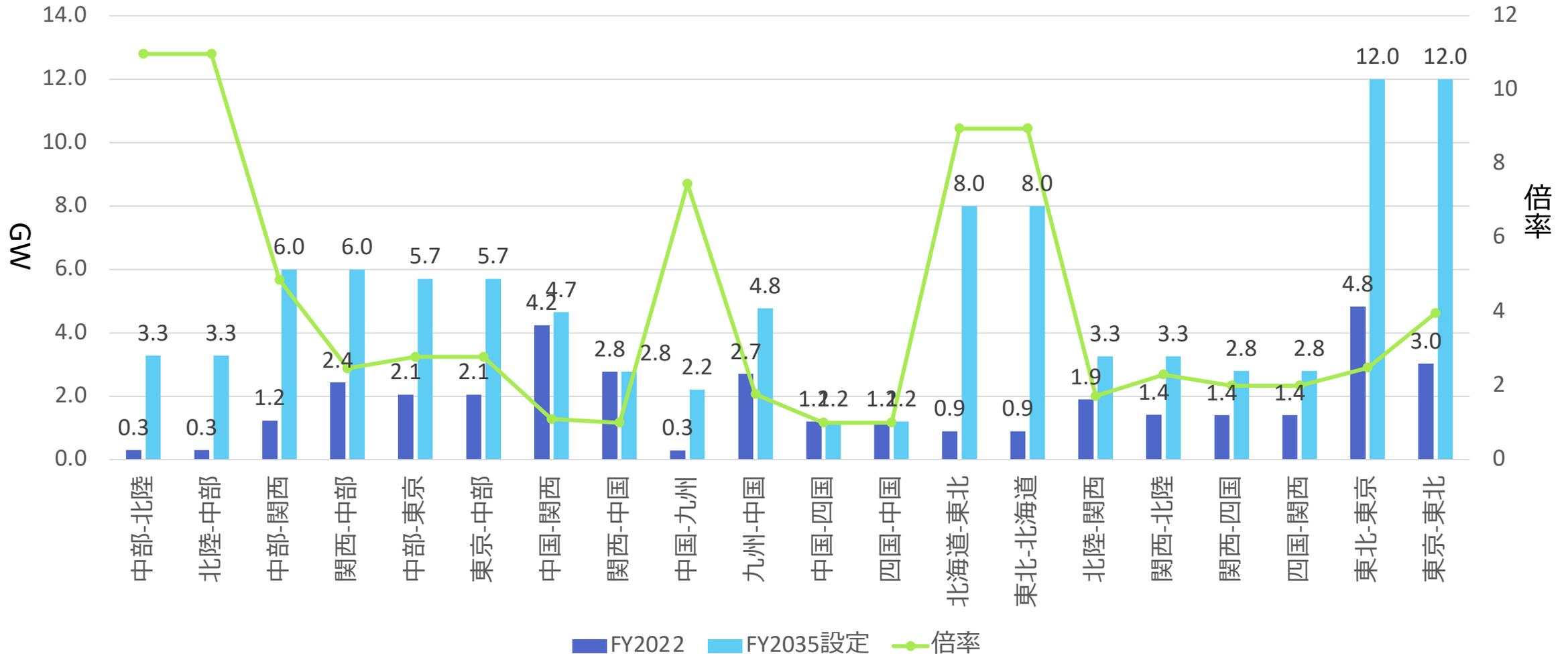
- ポテンシャルとしては、浮体式洋上風力が大きい。
- 一方、本シナリオの導入想定と比べると、陸上風力、着床式洋上風力もまだポテンシャルとしては存在することがわかる。



出典：環境省①：環境省、「令和3年度再エネ導入ポテンシャルに係る情報活用及び提供方策検討等調査委託業務報告書」（2022年4月）、環境省②：環境省、「令和元年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報等の整備・公開等に関する委託業務報告書」（2020年3月）、REI①：自然エネルギー財団、「2035年エネルギーミックスへの提案（第1版）」（2023年5月）、REI②：自然エネルギー財団、「日本の洋上風力発電ポテンシャル 領海と排他的経済水域」（2023年11月）、MRI：三菱総合研究所、「日本の洋上風力ポテンシャル海域」（2024年4月）、IEA：IEA、「Offshore Wind Outlook 2019」（2019年11月）、World Bank：World Bank, “Global Offshore Wind Technical Potential”（2023年1月）

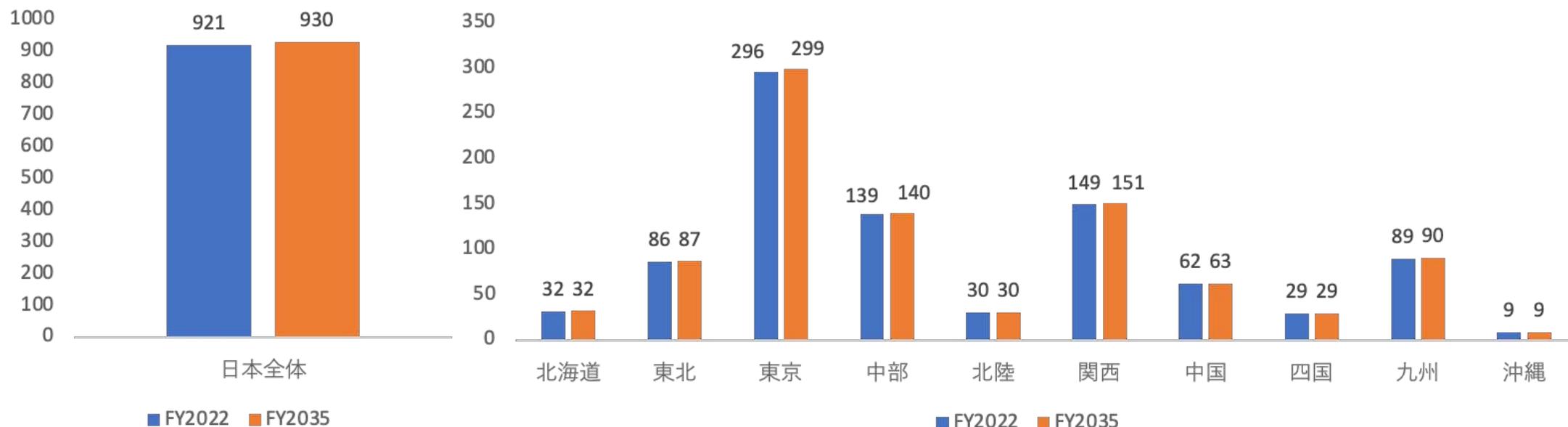
他の想定：連系線増強

■OCCTOマスタープランにおける需要立地自然体シナリオに、本シナリオでさらに増強を行った（北海道=東北送電線など）



電力需要想定

- 後に説明するボトムアップ型エネルギー需要シミュレーションの結果を利用。
- 電化やデータセンター等需要増を相殺する効率化により、電力需要は1%の微増。
- 今回は2022年度のカーブが保たれると想定。今後需要が価格に弾力的に反応するといった要素を考慮することが課題。



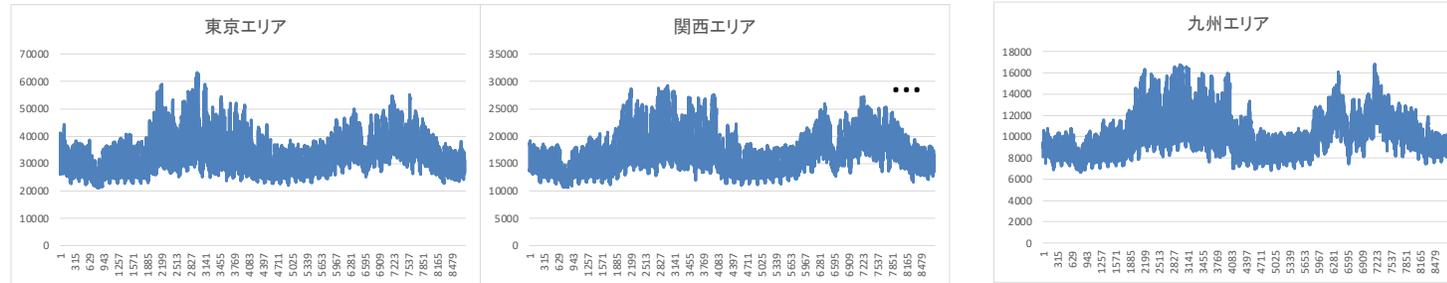
データセンターや半導体によって電力需要はどこまで増えるのか？

AIで電力需要 爆発？

- AI生成はGAFA等米国IT企業のサーバーによって行われている。
- AI生成には大量のデータ、労働力、電力が必要。
- GAFAMや半導体大手の多くがRE100に加盟。→安くて大量の自然エネルギーがあるところに多くを立地するのではないか。
 - 昨今のサーバー立地は、1秒以下のスピードが重要となる株取引などを目的としている可能性。
- IEAでは2022年から2026年に世界の電力需要の約2%が増加し得ると推計。
- 電力中央研究所による試算では、2050年に低位で約2%、高位で約20%相当の需要増加を想定。
- 一方で、AI活用による再エネ統合・エネルギー利用の効率化が指摘されている。
- 本シナリオでは、2035年断面で、**電力需要の1%強に相当する10TWh**をデータセンター等の需要増加として見込んでいる。

PROMODによる計算の概要

① 1年間1時間ごとの9エリアごとの電力需要を与える。



② 発電設備や連系線、揚水発電・蓄電池はどのエリアにどのくらい設置されているか。

発電設備についての前提

- 自然エネルギーはどのエリアにどのくらい導入され、そのエリア・時期・時間帯の風況や日射量はどのくらいか。
- 火力発電はどのエリアにどのくらい容量があるか。

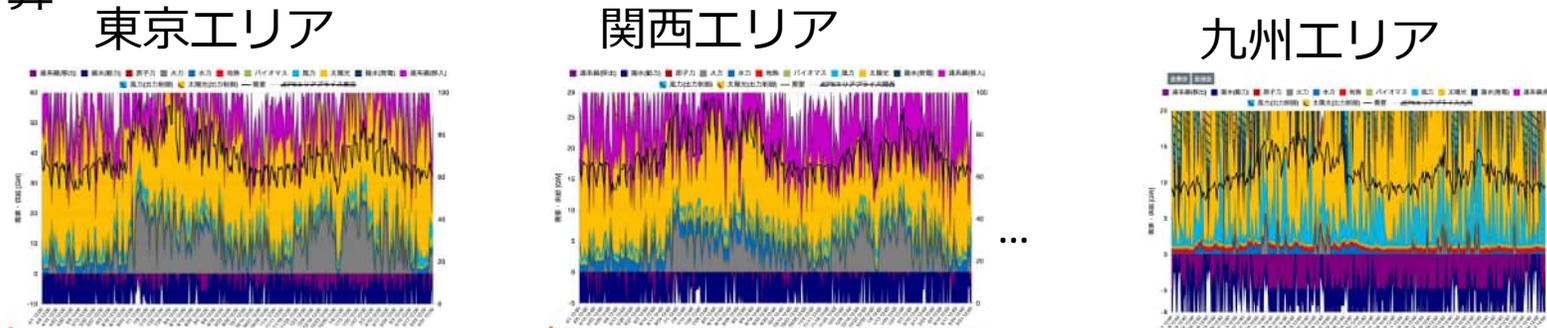
連系線についての前提

- エリア間の連系線容量はどのくらいになっているか。

柔軟性についての前提

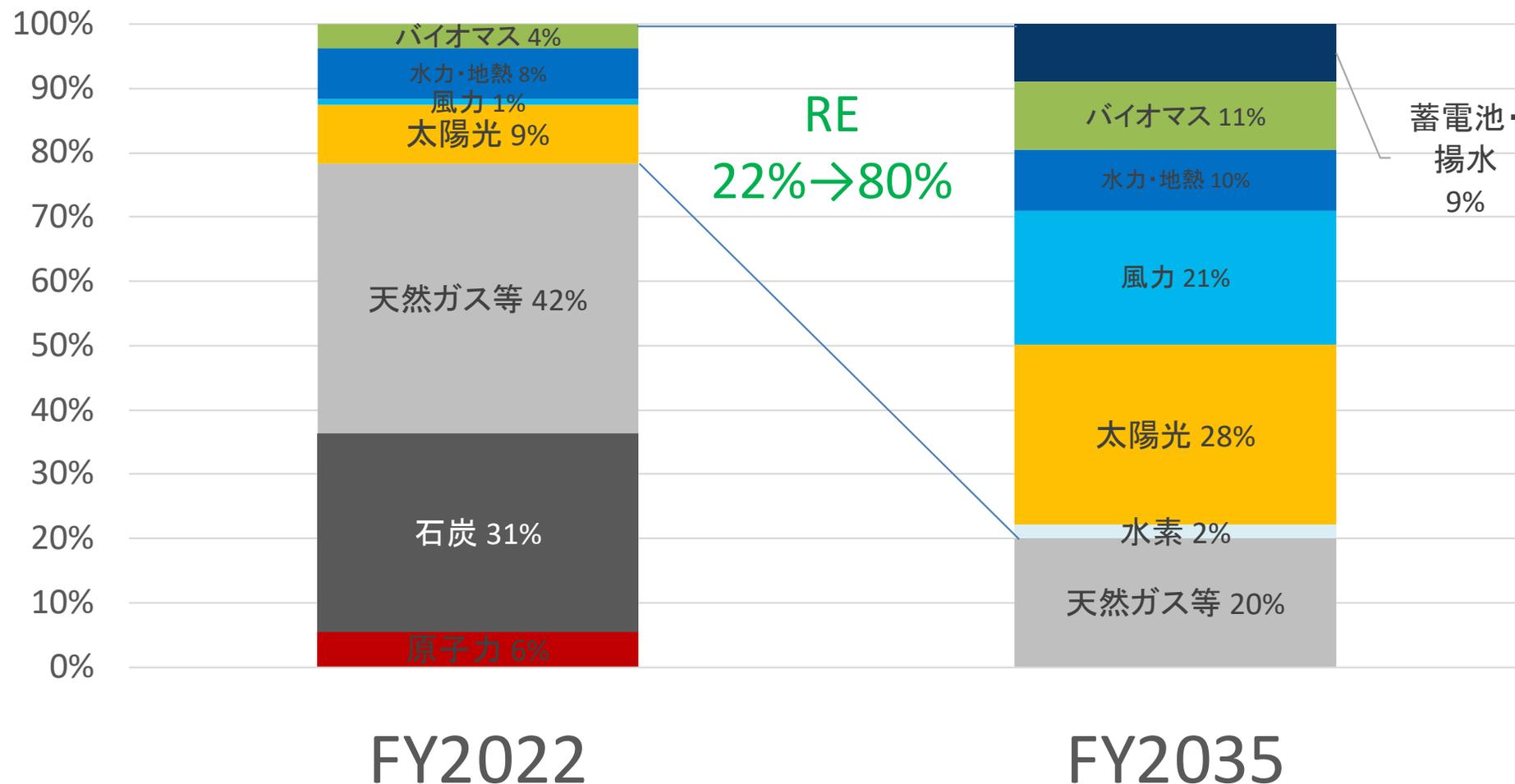
- 揚水発電のエリア別容量と運用制約
- 蓄電池のエリア別容量と運用制約
- デマンド・レスポンスのエリア別ポテンシャルと制約

③ コスト最小化計算



電力シミュレーション結果：年間

■設定した自然エネルギー関連設備容量と系統増強により、8760時間自然エネルギー80%にて供給が可能と示すことができた。



電力シミュレーション結果：夏のピークを含む1週間

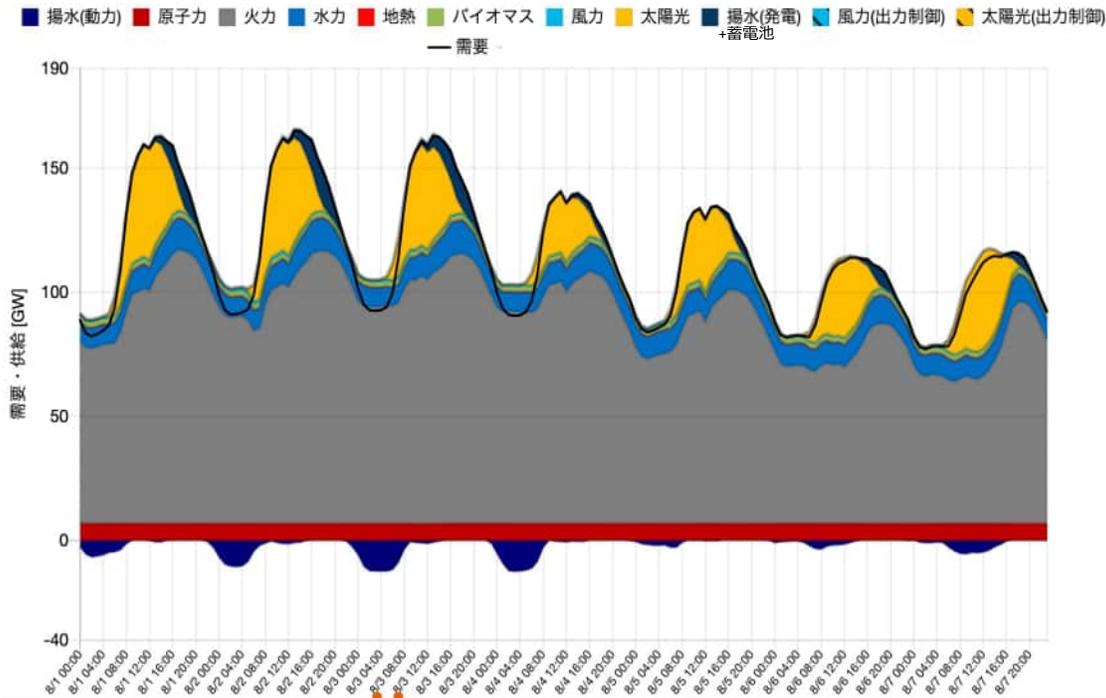
■2022年は化石燃料が大部分

■2035年は太陽光が増え、風力・バイオマスも夜間に発電し、日中の余剰を蓄電池にて夕方以降使う。

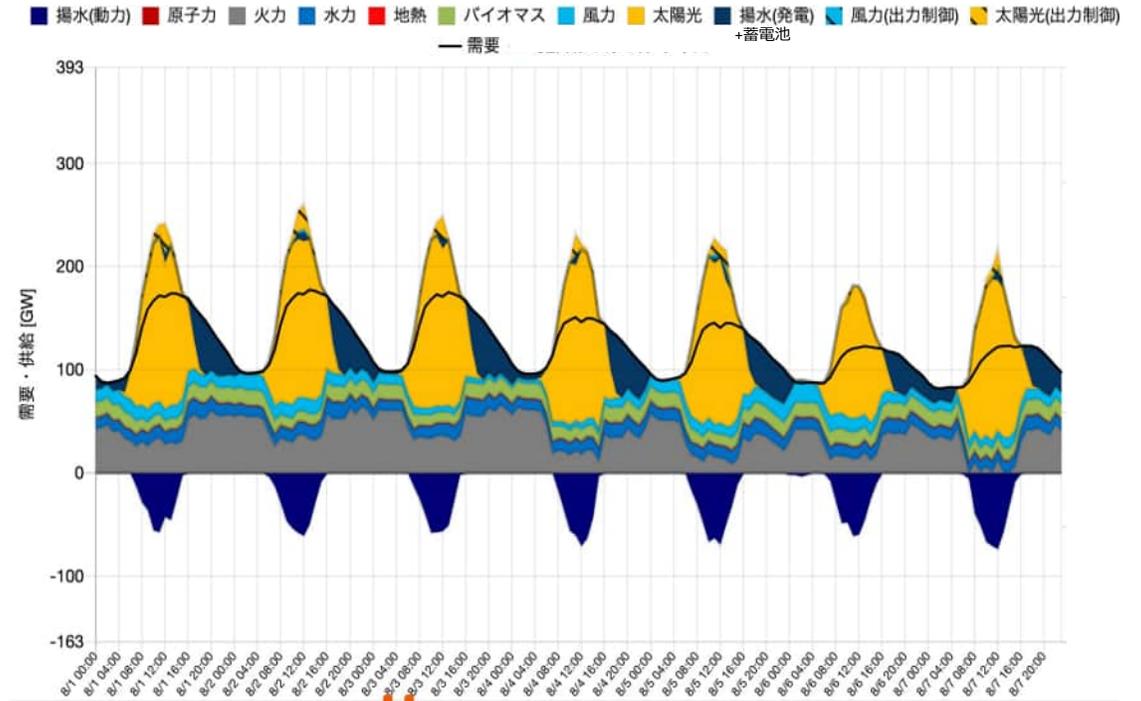
日本全体

自然エネルギーは変動するから、まかせられない？

2022年8月1日の週（実績）



2035年8月1日の週（シミュレーション結果）



夏のピークは主に太陽光 + 蓄電池が供給

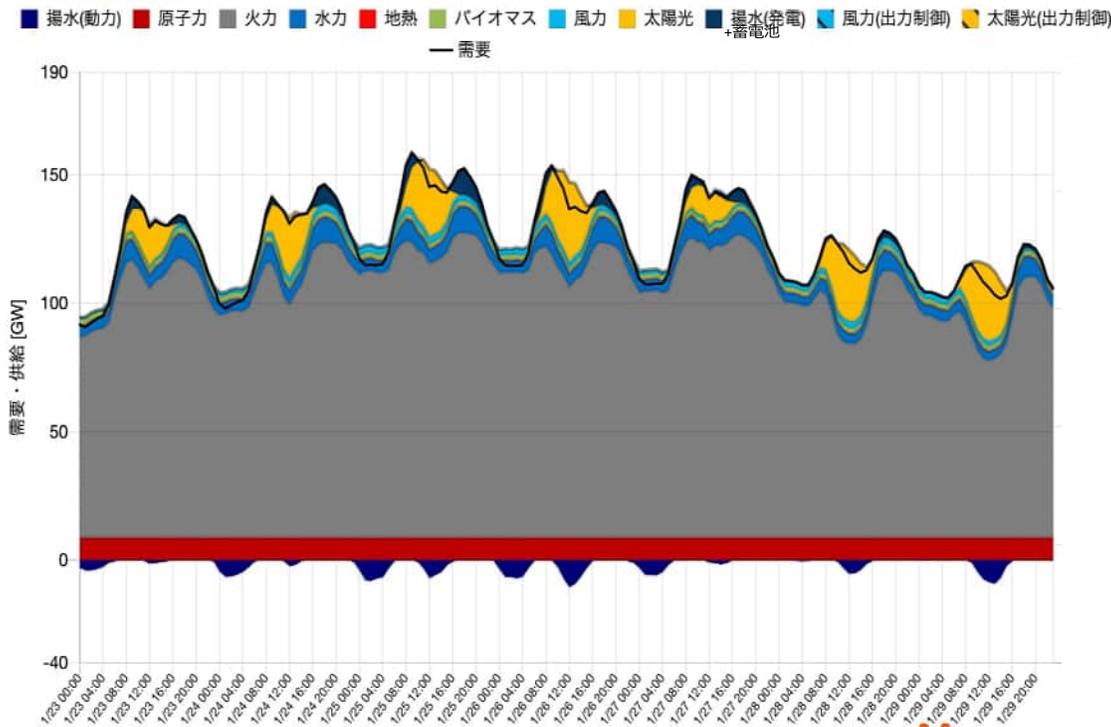
電力シミュレーション結果：冬の最大需要日を含む1週間

■冬は太陽光の発電量は日射によって夏より減るが、風が吹くことから、夏よりも蓄電池の活用は控えめとなっている。

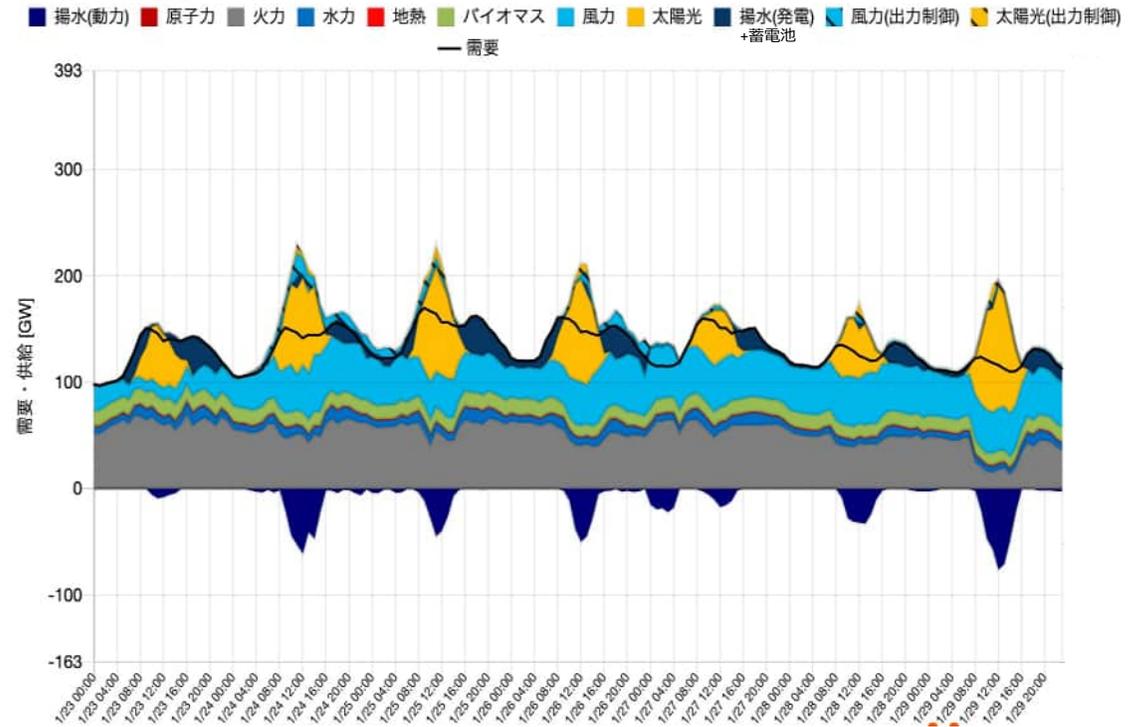
自然エネルギーは変動するから、まかせられない？

日本全体

¹ 2023年1月23日の週（実績）

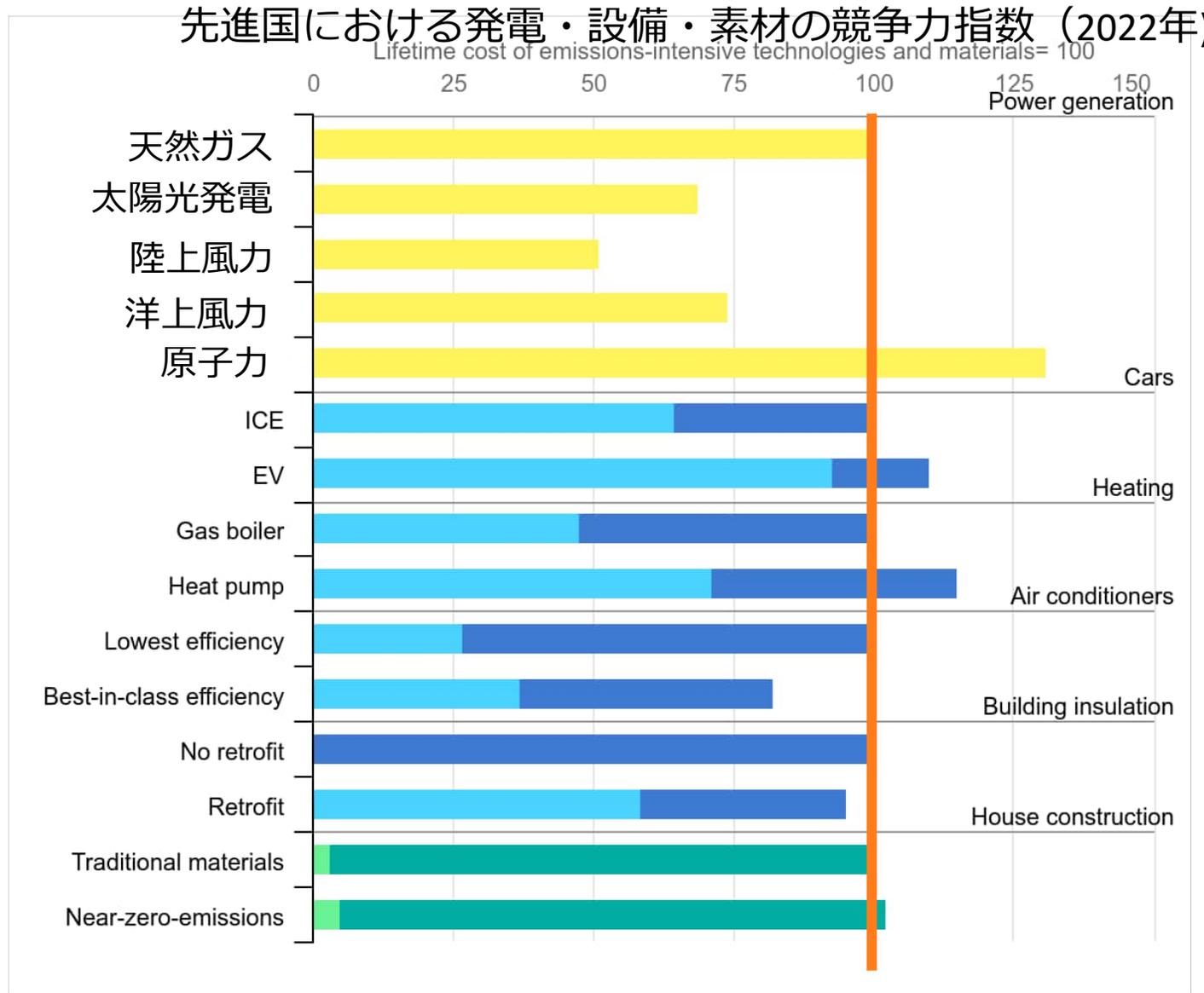


2036年1月23日の週（シミュレーション結果）



冬のピークは風力が活躍

IEAによる各脱炭素技術の標準技術とのライフタイムコスト比較

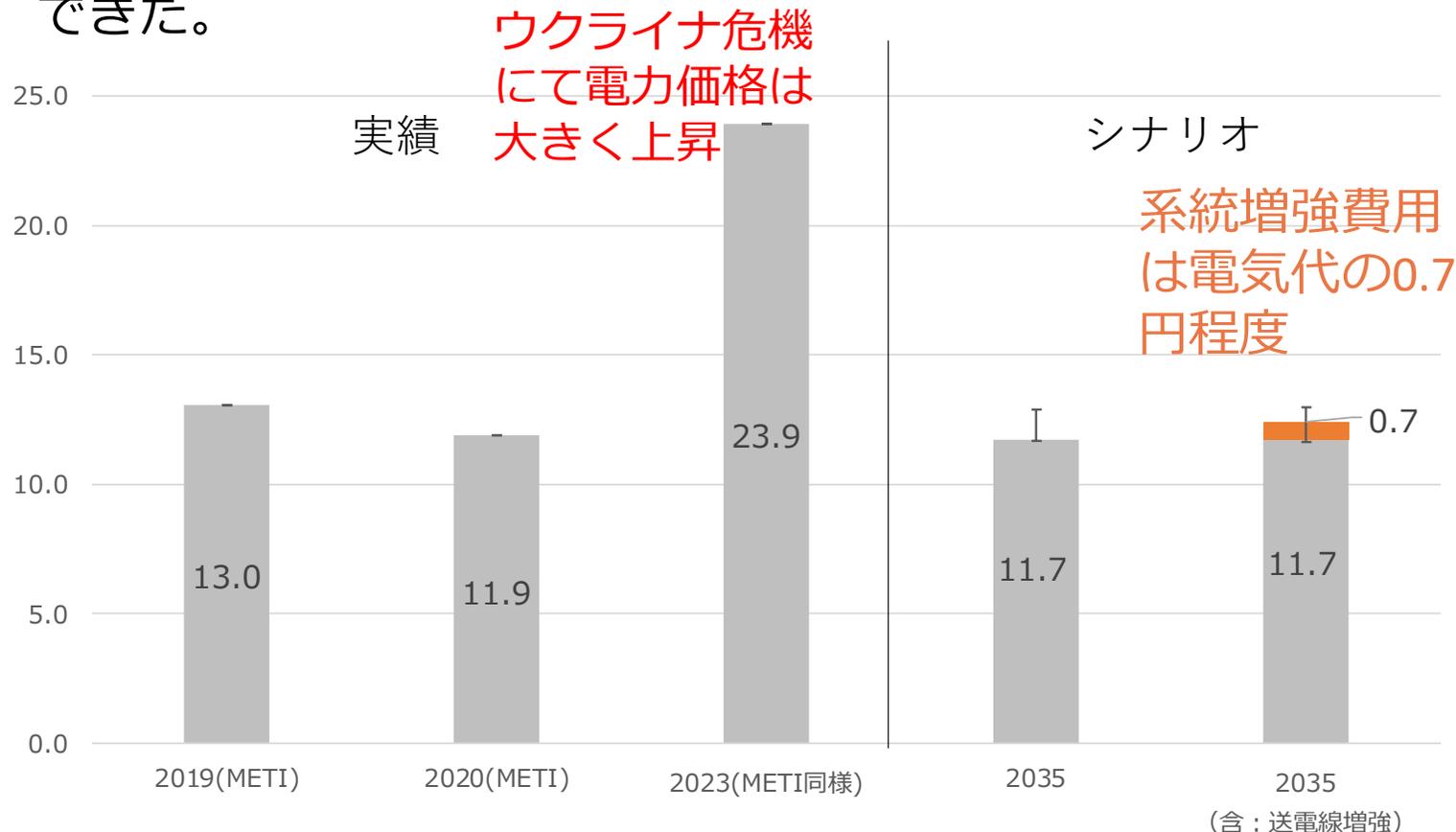


先進国ではライフタイムコストにおいて、太陽光、陸上風力、洋上風力は天然ガス発電よりも安い。

発電コスト

実績については、同年の名目価格。シナリオについては、2023年価格として想定。

■ウクライナ危機より前の電力価格と同等の発電コストと計算できた。



ウクライナ侵攻と脱炭素化で電力価格は上がった？

ウクライナ危機並みの化石燃料価格上昇による電気代上昇幅は、

2023年実績：+4.5-6.5円/kWh

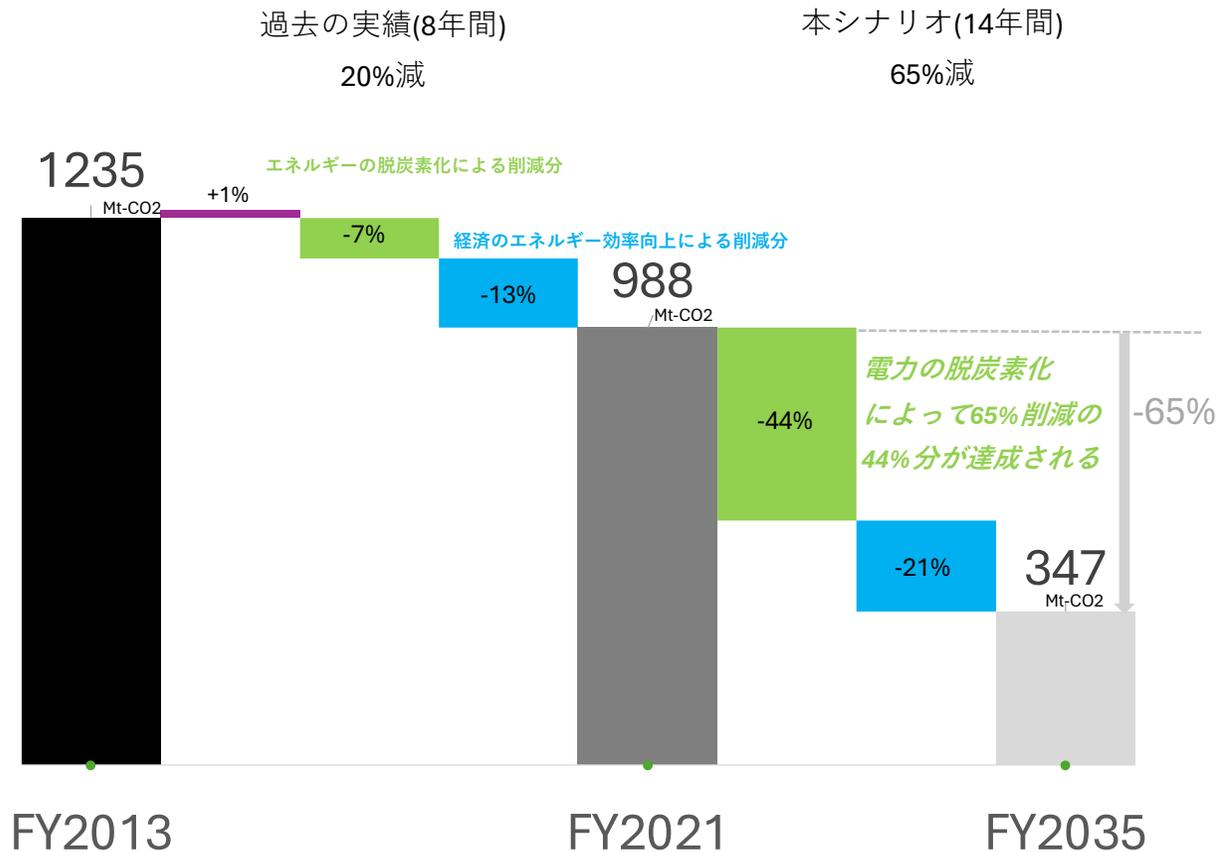
本シミュレーション：1.5-2.5円/kWh

自然エネルギー中心の電源構成は化石燃料価格高騰の影響を受けにくい。

2020年については、[経済産業省資料](#)における発電部門市場規模10.1兆円を送電端発電電力量で割った値。2023年については、電力取引報にて報告されている全社売上金額合計(18.9兆円)から推定託送料金収入(4.6兆円)を引き、小売電気事業者全体で1兆円の経費がかかると想定し、送電端発電電力量で割った値。なお、激変緩和補助金3.1兆円は考慮。

2035年については、2035年電源構成に対して、2035年時点のCAPEX、OPEXを設定し計算した。系統増強費用（オレンジ部分）については、広域機関のマスタープランにおいて検討された需要立地自然体シナリオに、本シナリオでさらに増強を行った送電線（北海道=東北送電線など）の費用を加え（つまり、現在からの増強分全てを加算）、年間経費率を10%として算出した。

まずは電力の脱炭素化：のちにあふれた分を水素製造へ活用できる！



- 2021年比65%減のうち、44%分は電化×電力の脱炭素化
- 電化を進めることで、“余剰電力”が出る。
- 安い再エネで水素製造となれば、国産水素も夢ではない。
- 電力だけでなく、燃料も自給できる可能性を示唆。

電力システムの常識が変わっている

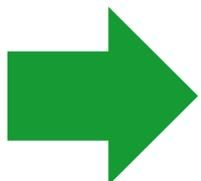
旧来の電力システム



新しい電力システム



	これまでの常識	これからの常識。
太陽光・風力・蓄電池	高い。	安い。
太陽光・風力の変動性	頼れない。	予測できる。蓄電池+太陽光は“頼れる”。
需要	需要ありき。	需要も価格などで動く。
慣性エネルギー	火力しか提供できない。	風力・蓄電池や同期調相機等にて提供。
エネルギーとは	輸入するもの。	国産が安い。
蓄電池材料	中国等一部地域に資源が偏在。	ナトリウムイオン電池など新技術で解決可能。



新しい電力システムでは、日本の技術が活躍できる可能性がある！

日本企業が強みを発揮している！

2024.5.15

(本件は、スイス・チューリッヒにおいて、
5月8日9:00(日本時間16:00)に発表しました。)

日立エナジーがドイツの再生可能エネルギー事業者RWEと 洋上風力向けHVDC変換所の供給に関する包括契約を締結

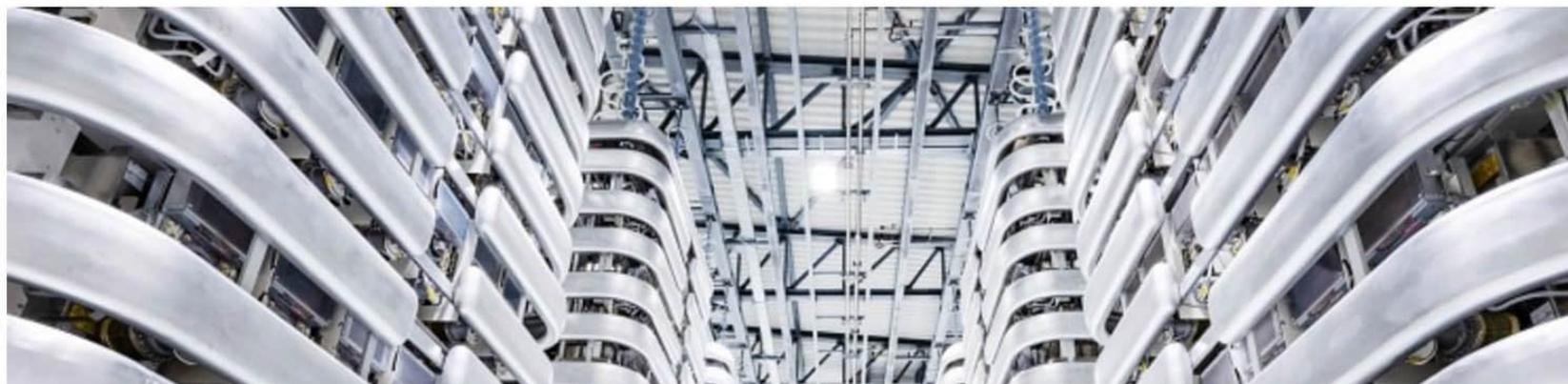
ノルウェーのEPC事業者アイベルと共に洋上風力発電所の連系を支援

環境

エネルギー



日立エナジー



まとめ

日本には自然エネルギー資源は十分ある。

Analysis

ウクライナ侵攻によるガス価格上昇で電力価格は上がった。再エネ比率上昇で緩和。

Analysis

自然エネルギーは変動するが予測可能。蓄電池で頼れるように。

Simulation

日本でも太陽光は最も安い電源。風力は国としての仕組みづくりが重要。

慣性エネルギーなど系統安定化も蓄電池が主役に

Simulation

AIを含むデータセンターや半導体大手は多くがRE100企業。

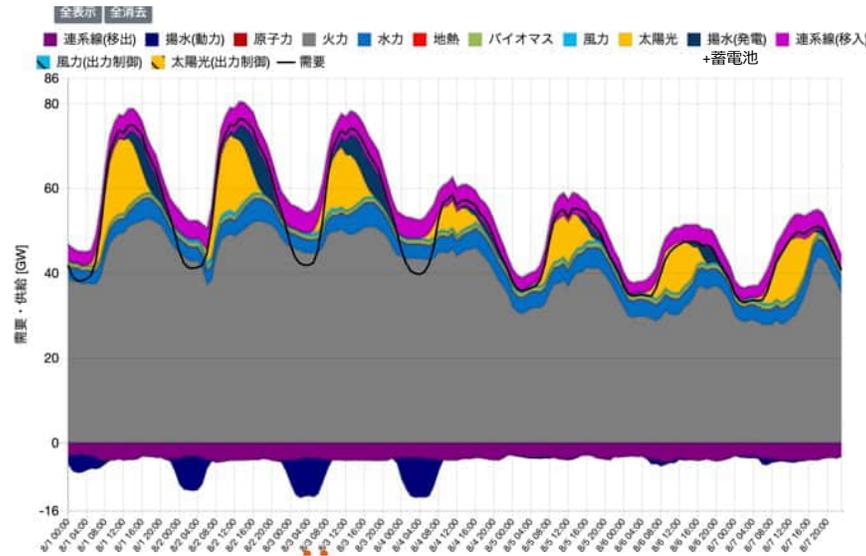
電力があればいいわけではなく、**安い大量の自然エネルギーが必要。**

自然エネルギー80%はできるが、頑張らなくてはいけない。
ただ、頑張ることによって日本企業の世界での活躍が見えてくる。

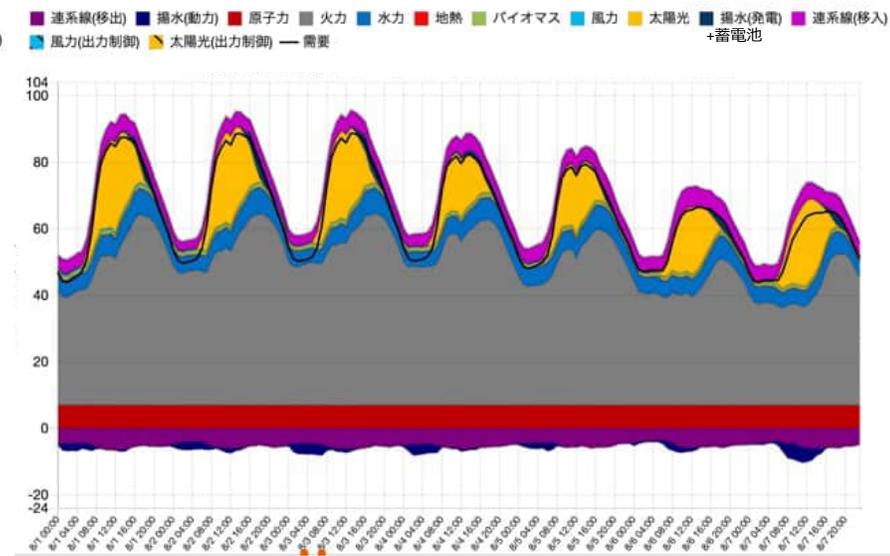
參考資料

電力シミュレーション結果：夏の最大需要日を含む1週間（東日本・西日本）

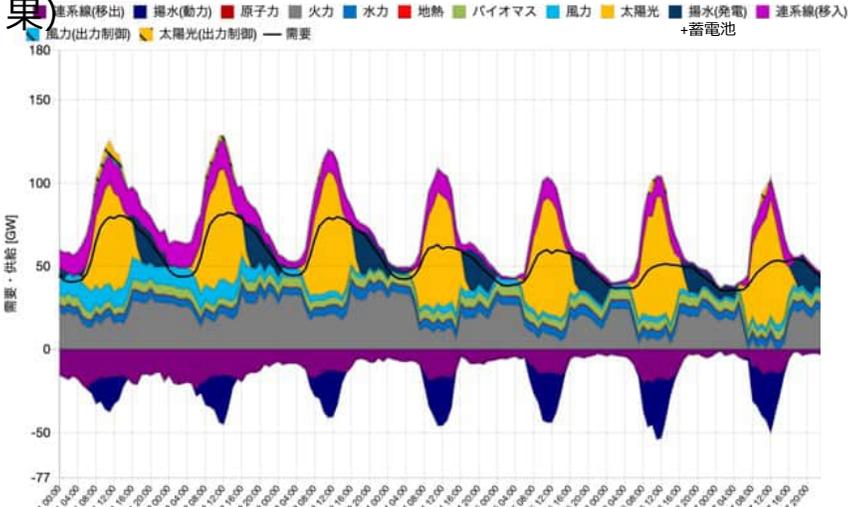
2022年8月1日の週（東日本・実績）



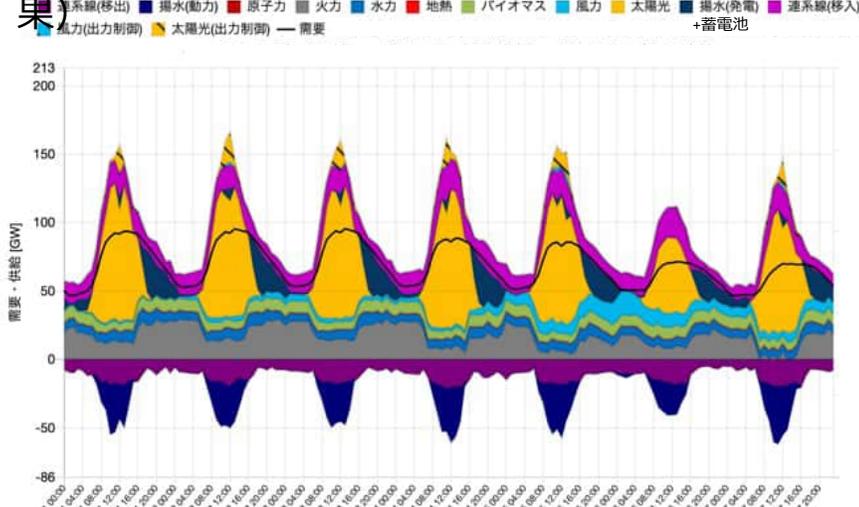
2022年8月1日の週（西日本・実績）



2035年8月1日の週（東日本・シミュレーション結果）

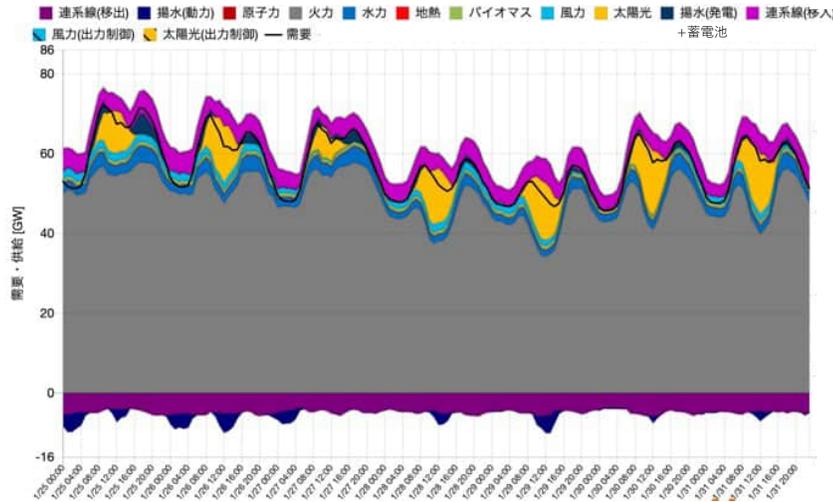


2035年8月1日の週（西日本・シミュレーション結果）

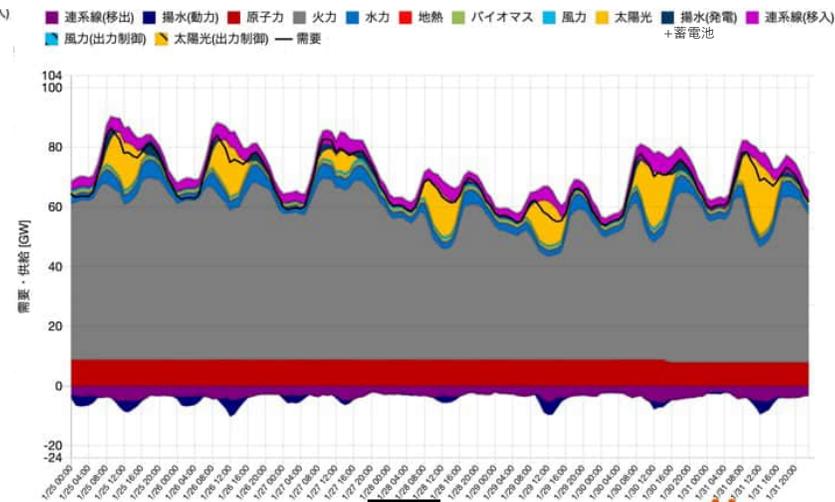


電力シミュレーション結果：冬の最大需要日を含む1週間（東日本・西日本）

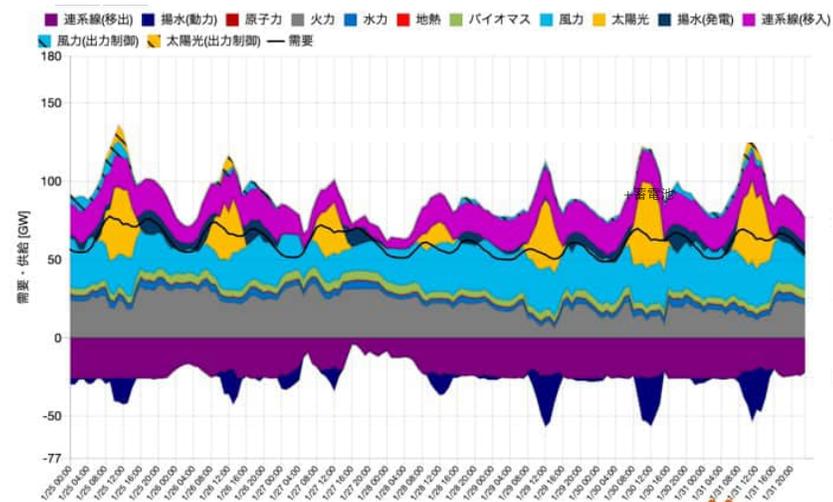
2023年1月23日の週（東日本・実績）



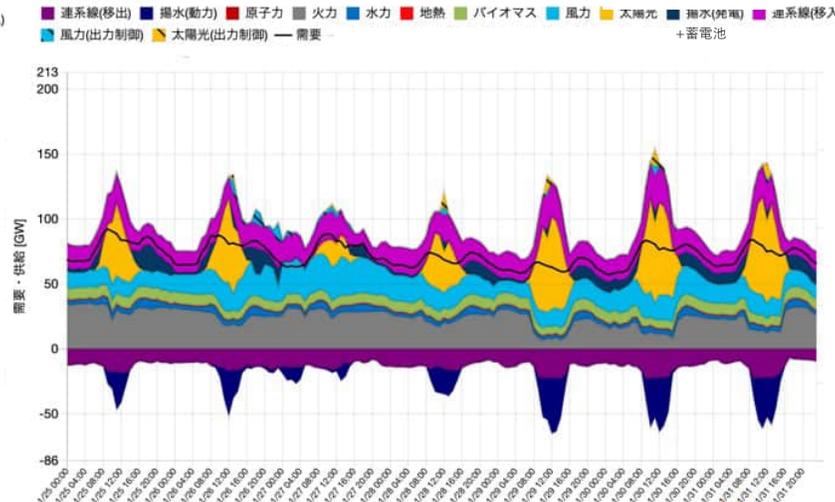
2023年1月23日の週（西日本・実績）



2036年1月23日の週（東日本・シミュレーション結果）

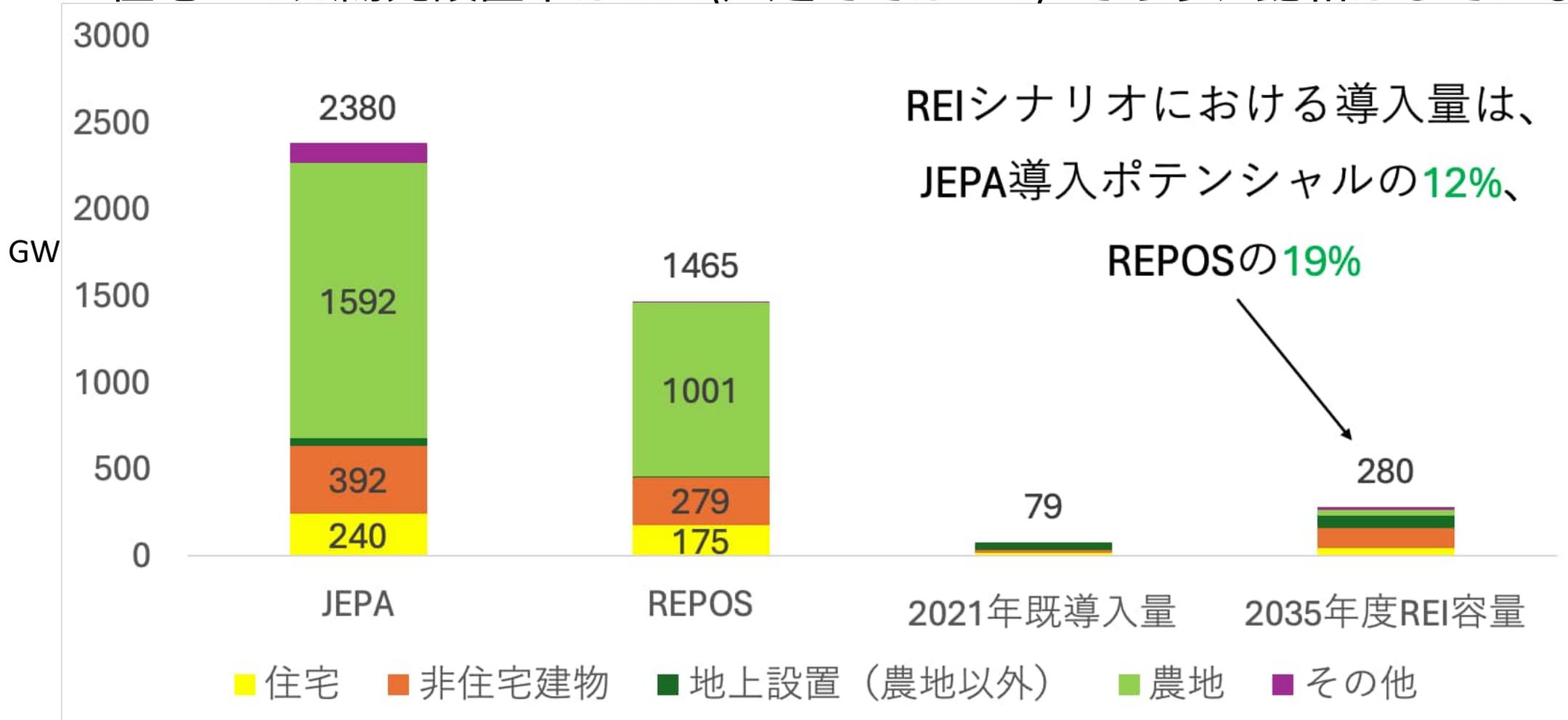


2036年1月23日の週（西日本・シミュレーション結果）



太陽光ポテンシャル

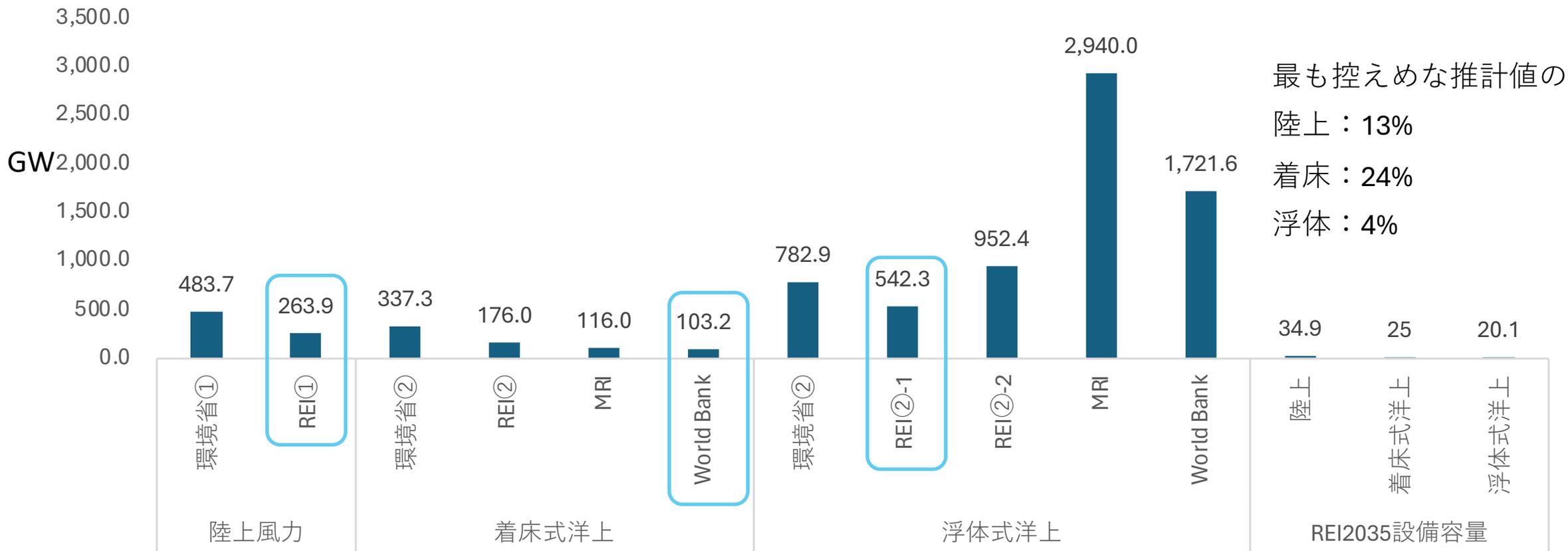
- ポテンシャル評価では、農地ポテンシャルも大きい。
- 住宅への太陽光設置率は6.6%(戸建てでは12%)*であり、飽和はしていない。



* 環境省、[令和4年度 家庭部門のCO₂排出実態統計調査結果について \(確報値\)](#) (2024年3月)

風力ポテンシャル

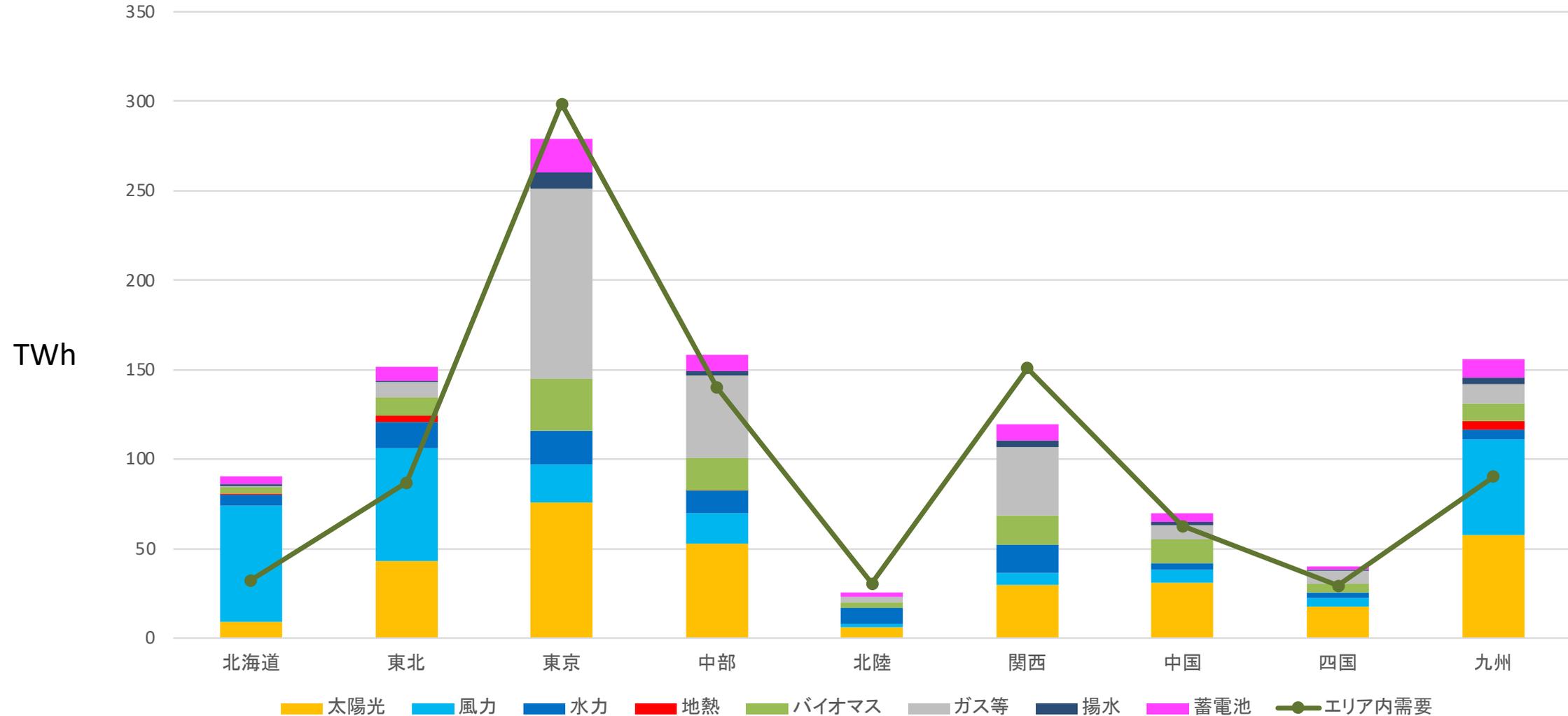
- ポテンシャルとしては、浮体式洋上風力が大きい。
- 一方、本シナリオの導入想定と比べると、陸上風力、着床式洋上風力もまだポテンシャルとしては存在することがわかる。



出典：環境省①：環境省、「令和3年度再エネ導入ポテンシャルに係る情報活用及び提供方策検討等調査委託業務報告書」（2022年4月）、環境省②：環境省、「令和元年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報等の整備・公開等に関する委託業務報告書」（2020年3月）、REI①：自然エネルギー財団、「2035年エネルギーミックスへの提案（第1版）」（2023年5月）、REI②：自然エネルギー財団、「日本の洋上風力発電ポテンシャル 領海と排他的経済水域」（2023年11月）、MRI：三菱総合研究所、「日本の洋上風力ポテンシャル海域」（2024年4月）、IEA：IEA、「Offshore Wind Outlook 2019」（2019年11月）、World Bank：World Bank, “Global Offshore Wind Technical Potential”（2023年1月）

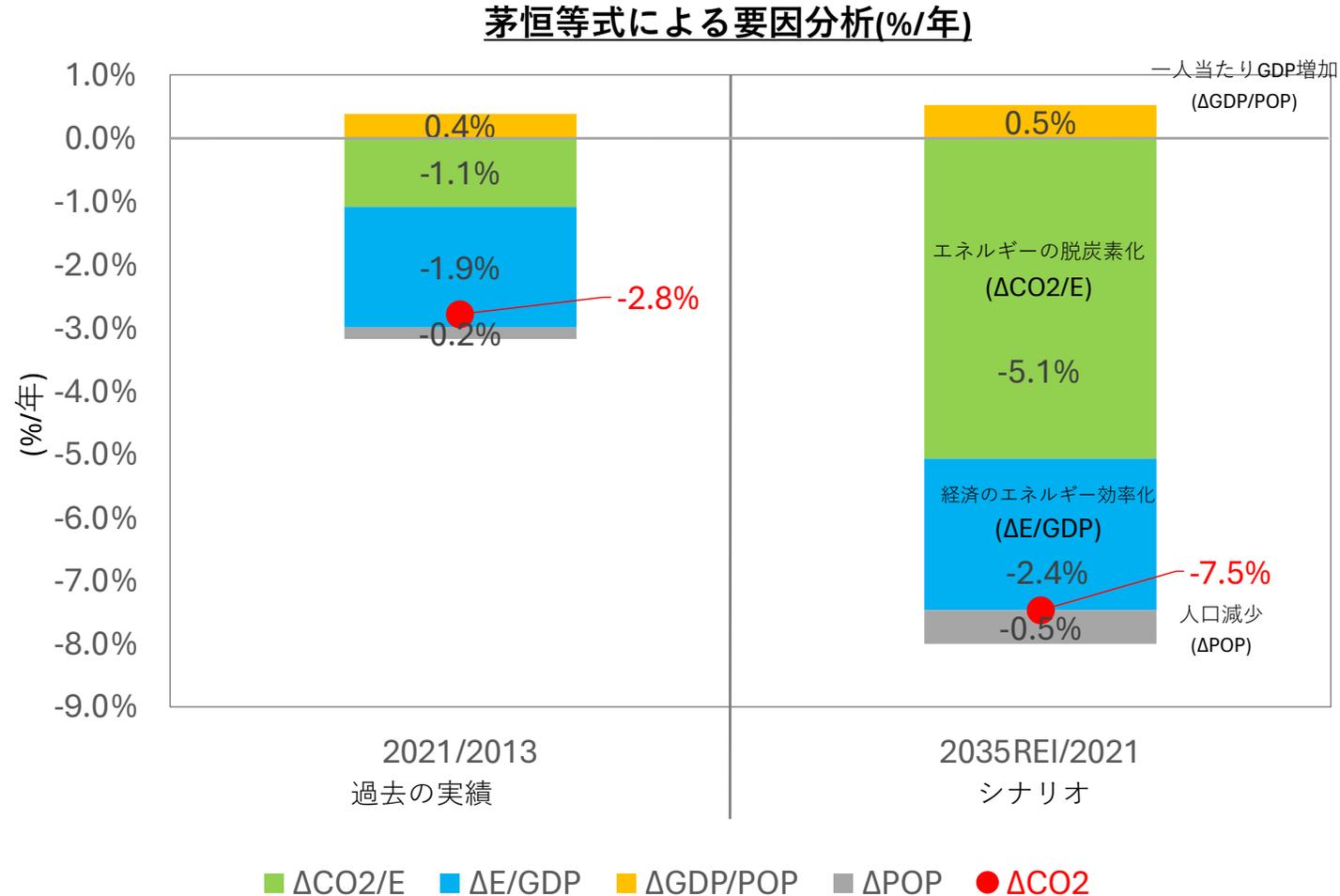
9 エリアごとの特徴

■東京・中部・関西など、需要の多いところはガスが多い。



エネルギー効率化 2 倍？

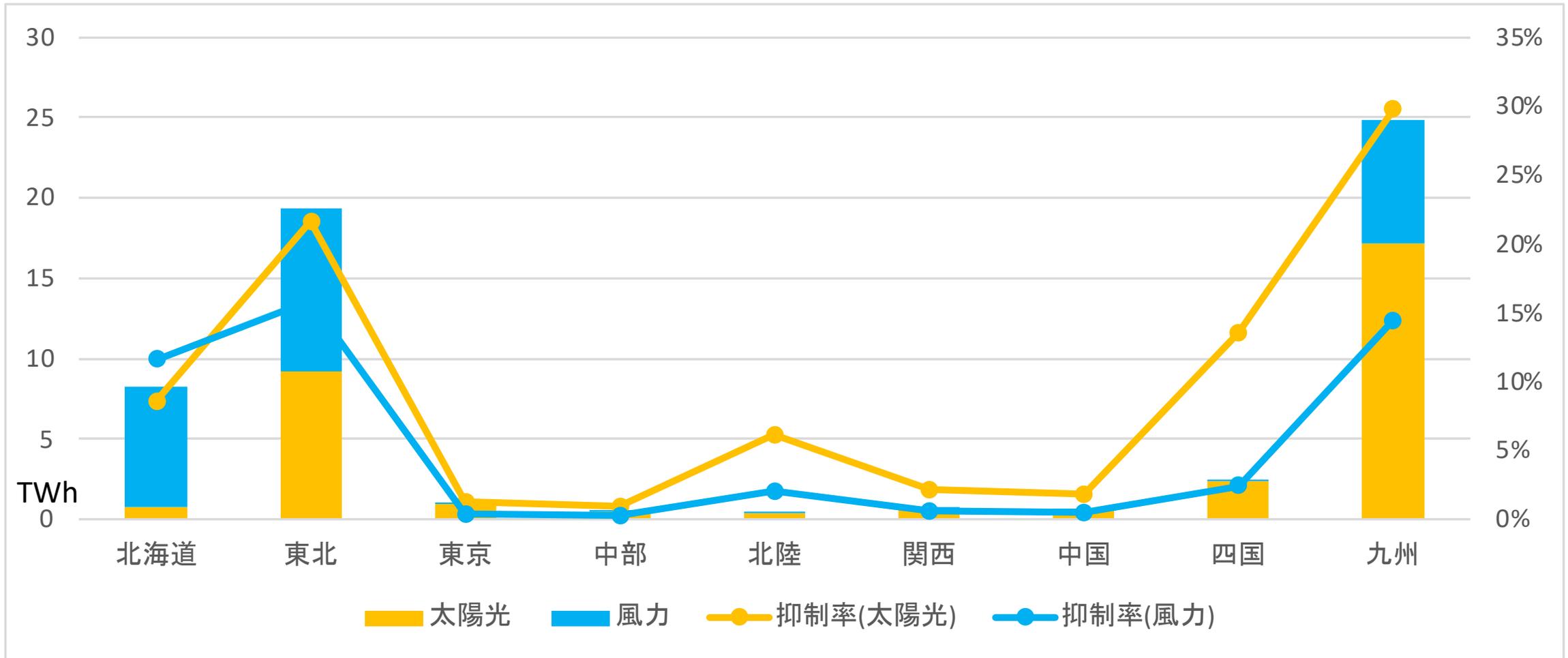
- エネルギー効率化は、過去(2013-2021)の1.3倍程度。
- 自然エネルギー80%による寄与が大きい。



注) 対数を活用した交差項なしの要因分析を行った。

9エリアごとの抑制比率

- 東北・北海道での抑制率・抑制量が大きい。
- 連系線のさらなる増強が抑制率減少に効果があるかは、今後シミュレーションにて実施。



抑制量（余剰量）≒ 水素発電量

