

再生可能エネルギーの さらなる普及に向けた課題 ～求められる多角的な視点とは？～

一般財団法人日本エネルギー経済研究所

電力・新エネルギーユニット 新エネルギーグループ

柴田 善朗

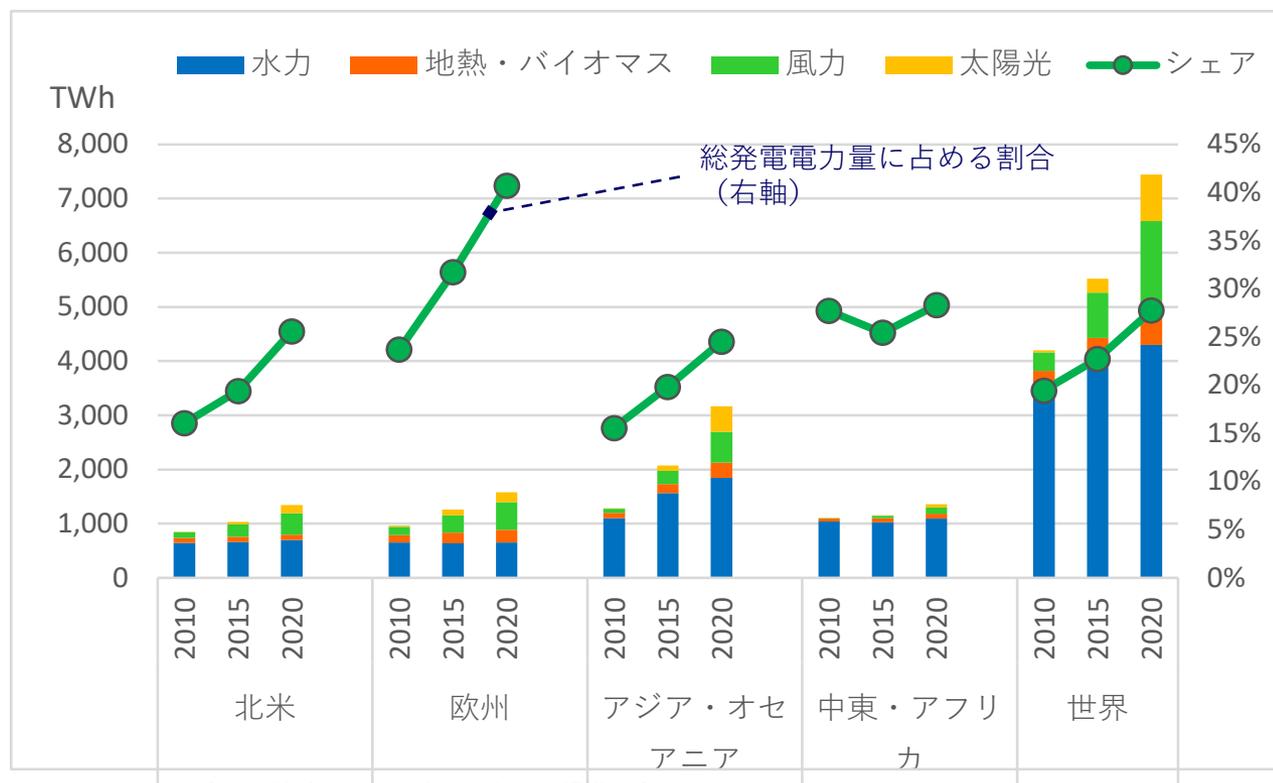
本報告のポイント

- ✓ わが国における2030年以降の再エネ導入拡大には、新たな多種多様な対応が求められる
- ✓ 環境との調和や地域住民との合意形成は基本
- ✓ 広域系統増強に加えてEnergy System Integrationの検討も必要
- ✓ エネルギー貯蔵技術は多種多様。技術特性・用途、重要鉱物資源供給制約を踏まえた議論が必要
- ✓ 経済性の観点から既導入設備・既存インフラの最大限の活用も
- ✓ 国内経済への還流を踏まえた再エネ関連産業の再構築と振興が肝要。また、再エネ設備大量廃棄やエネルギー貯蔵技術用の重要鉱物資源供給リスクを見据えたリユース・リサイクル産業の創出も課題

世界の再エネ発電導入状況

- 世界の総発電電力量に占める再エネ（大規模水力を含む）の割合は2020年は28%。風力は6%、太陽は3%に過ぎない
- 再エネシェアの地域差（欧州は41%だが、アジア・オセアニアは25%）

世界・地域別の再エネ発電電力量



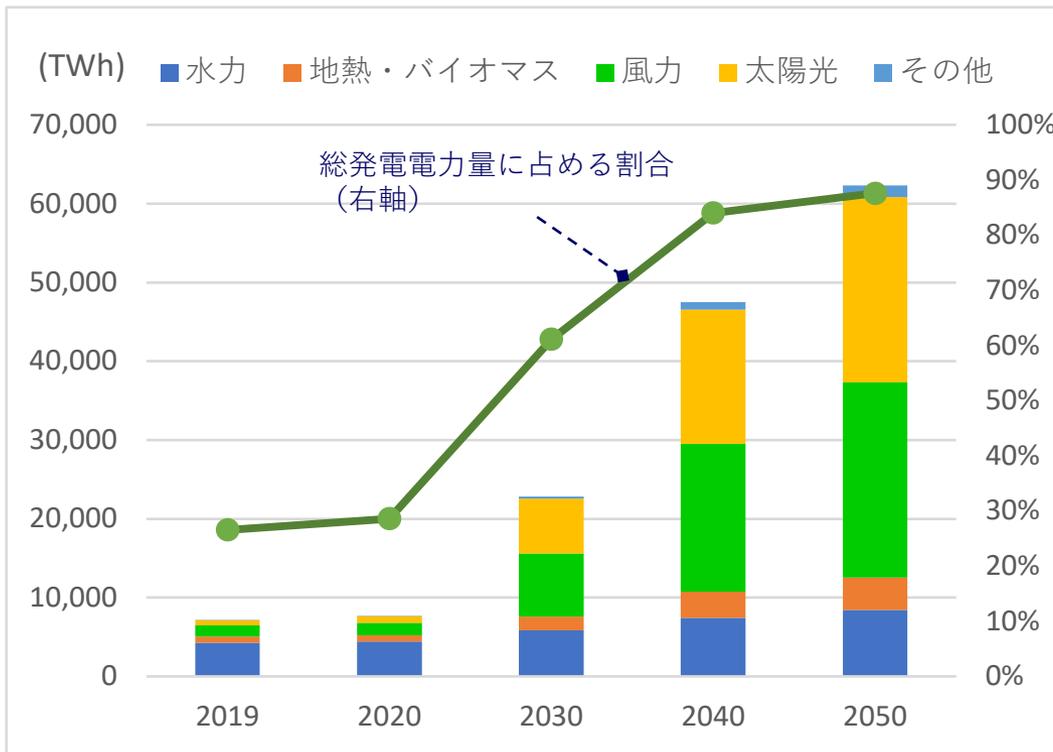
出所：BP統計

注：水力は大規模を含む

IEAのNZEシナリオ

- IEAのNet-Zero Emissions by 2050 Scenario (NZE)では、2050年に世界の再エネ発電量は62,000TWh（総発電電力量に占める割合は88%。VREは68%）と現在の9倍まで拡大。増分の80%が風力と太陽光
- 蓄電池の大幅な導入拡大も求められる

IEA NZEにおける世界の再エネ発電電力量



累積導入設備容量:GW

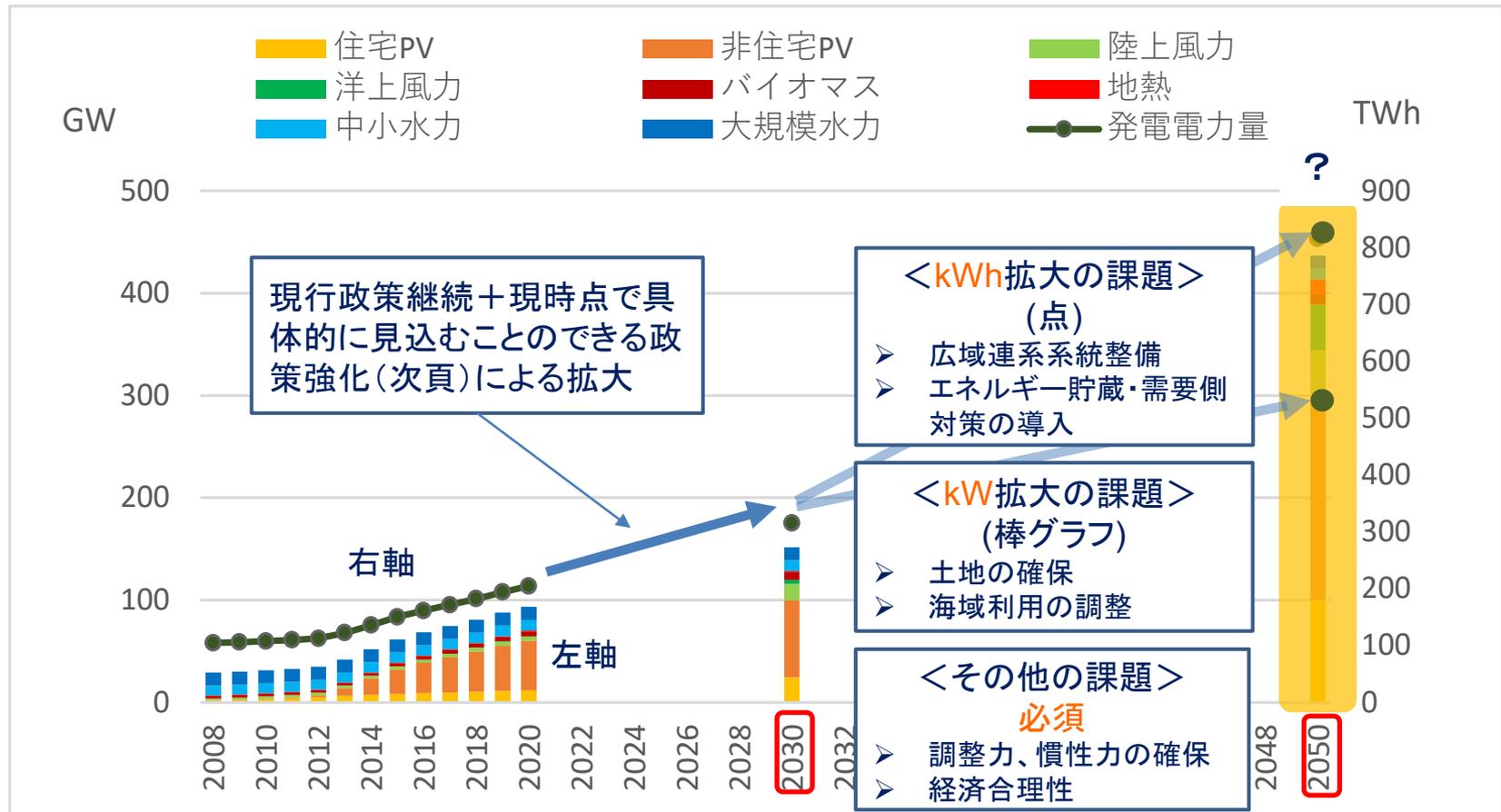
	2019年	2050年
太陽光	600	14,500
風力	620	8,300
水力	1,300	2,600
バイオマス	150	640
その他	22	610
蓄電池※	11	3,100

※参考値：現在の世界の揚水発電設備容量は120GW

出所：Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector, IEA 注：水力は大規模を含む。

わが国の再エネ導入大幅拡大には多くの課題

- 現行政策 + 施策強化により、再エネ(大規模水力を含む)は2030年で330~350TWh
- 以降2050年までは、未知の領域で多様な課題が山積。kWを拡大しても出力抑制が増大してkWh拡大が困難



注：2030年は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員会（第31回）、2050年は第43回基本政策分科会資料等に基づき想定

2030年までの政策の方向性

- 2030年までは、現時点で具体的に見込むことのできる政策を強化していくことが求められる

	現行政策努力の継続	政策対応強化
太陽光発電	年間1.5GWの認定量を想定	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 温対法改正によるポジティブゾーニングの推進 ✓ 故郷部門の率先導入 ✓ 農地転用ルールの見直し ✓ 系統利用ルールの見直し ✓ 住宅・建築物に係るZEB/ZEHの推進 ✓ PPAの支援、需要家が直接再エネを調達できるようなルールの整備
風力発電	陸上：年間1.3GWの認定量を想定 洋上：年間1GW程度の区域指定を10年継続	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 環境アセスメント対象を10MW以上から50MW以上に引き上げ ✓ 洋上風力の事業立ち上げ支援強化 ✓ 系統増強
地熱発電	現在の認定状況に基づく	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 調査・開発途上の大規模案件の加速 ✓ 蒸気量増加・安定化技術の確立
水力発電	現状の認定状況に基づく	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 既存設備の最適化・高効率化により、発電電力量の増加
バイオマス発電	現状の認定ペースの維持を想定	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 森林・林業基本計画における燃料材供給目標の拡大

出所：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員会（第31回、34回）資料に基づき作成

2050年に向けた課題：適地確保等

	考えられるオプション	課題
太陽光発電 (地上設置型)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 荒廃農地、所有者不明土地、自治体保有の土地の活用 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ これらの土地が元来の用途で活用されなくなる機会費用も考えるべき ✓ 荒廃農地の整地には約4万円/kW
太陽光発電 (屋根置型)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 新築住宅への義務化（見送り）やインセンティブ付与 ✓ 公共建築物への標準化（ほぼ決定。19GWのポテンシャル） 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 既築への設置を容易にする工法や軽量太陽電池の開発などの必要性 ✓ 屋根形状、空調機器等の設置により利用可能スペースに制約
風力発電	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 保安林区域等の活用 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 保安林という本来の政策目的と整合した土地利用が可能になるよう工夫が必要
地熱発電	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 規制・制度の見直しによる、開発期間の短縮 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 地元住民、温泉事業者からの反対
水力発電	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 貯水池等の発電用への転換 ✓ リパワリング 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 開発地点の奥地化、小規模化によるコスト課題
バイオマス発電	<ul style="list-style-type: none"> ✓ マーケット成熟による輸入燃料の価格下落の見込み 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 地域資源である国内木質バイオマス発電をどう進めるか ✓ バイオマス資源の持続可能性の確保

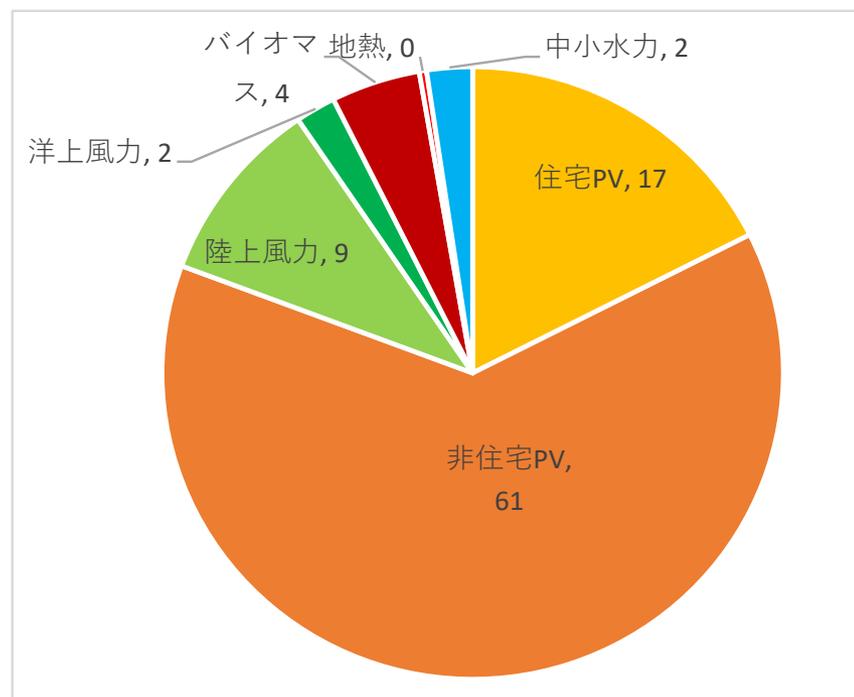
● その他以下の取組みも必要

- 地域における合意形成・環境との調和（再エネ設備導入を条例で制限する自治体数約140→ポジティブゾーニングの推進）
- 次世代太陽光等高効率化によるポテンシャルの拡大(単位kWあたり必要面積が縮小)

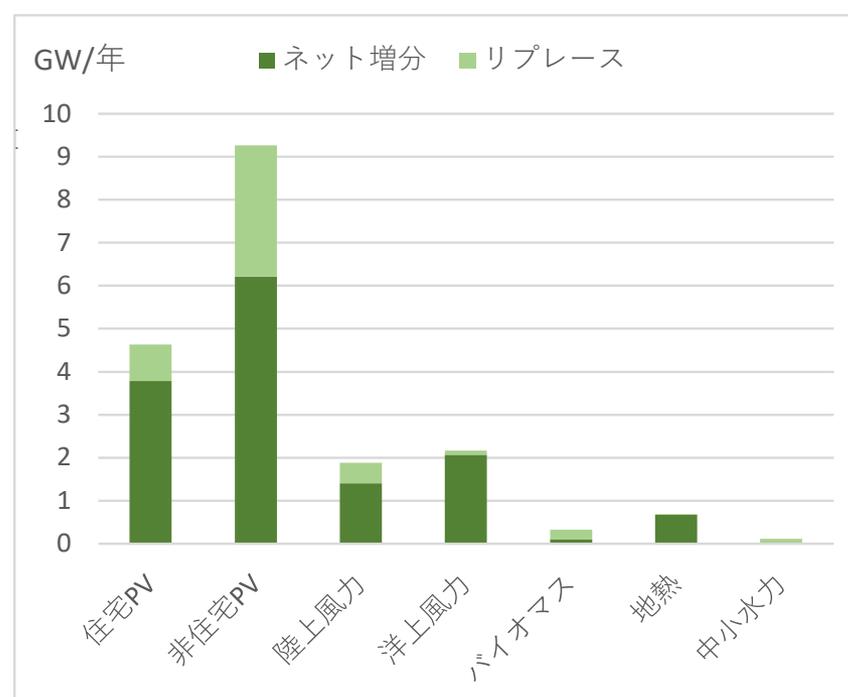
2050年に向けた課題：リプレース等の必要性

- 導入拡大のためには、卒FIT（買取期間の終了）案件の有効活用だけでなく、寿命を迎える案件をリプレースにより補うことが求められる
- つまり、発電事業継続性を担保するためには、廃止時にリプレースを促進させる枠組みが必要
- リパワリングによる高効率化や出力拡大も

2031～2050年に廃棄される設備容量（累積）



2031～2050年で必要な導入量（年平均）

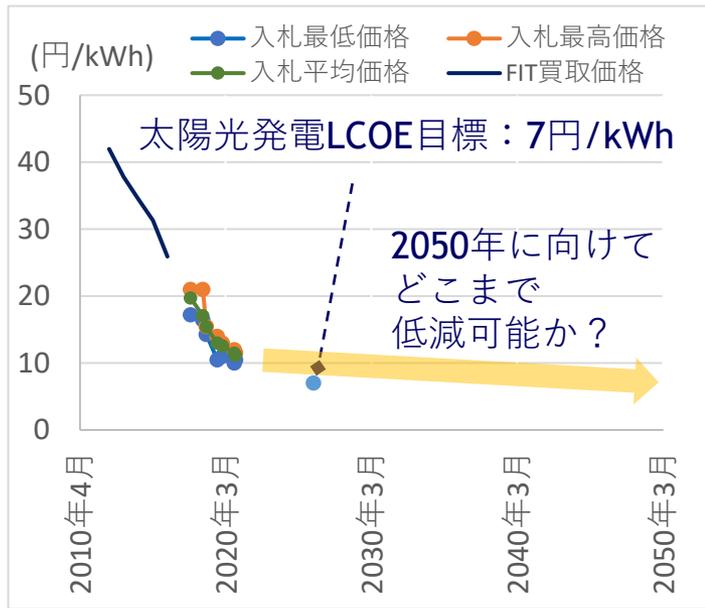


注：マスタープラン検討に係る中間整理, 電力広域的運営推進機関（2021年6月）の再エネ5～6割シナリオに基づく導入量を前提とした場合の試算

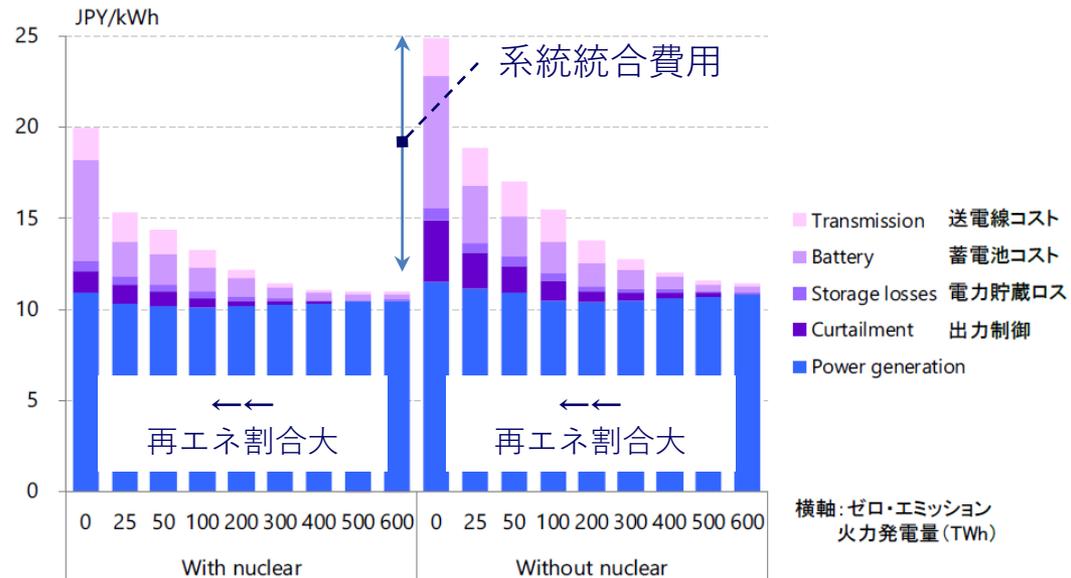
2050年に向けた課題：経済性

- 再エネの経済性については、発電コスト検証ワーキンググループで2030年の発電コストは事業用太陽光が最安となることが示されたが、8円～11円/kWhと、政府が目指す発電コスト7円/kWhには届かない。洋上風力も26円/kWhであり、官民協議会が目指す8～9円/kWhとの乖離が大きい
- 再エネ拡大により系統統合費用は増大。慣性力低下対策費用も今後の検討課題

大規模太陽光発電買取価格の推移



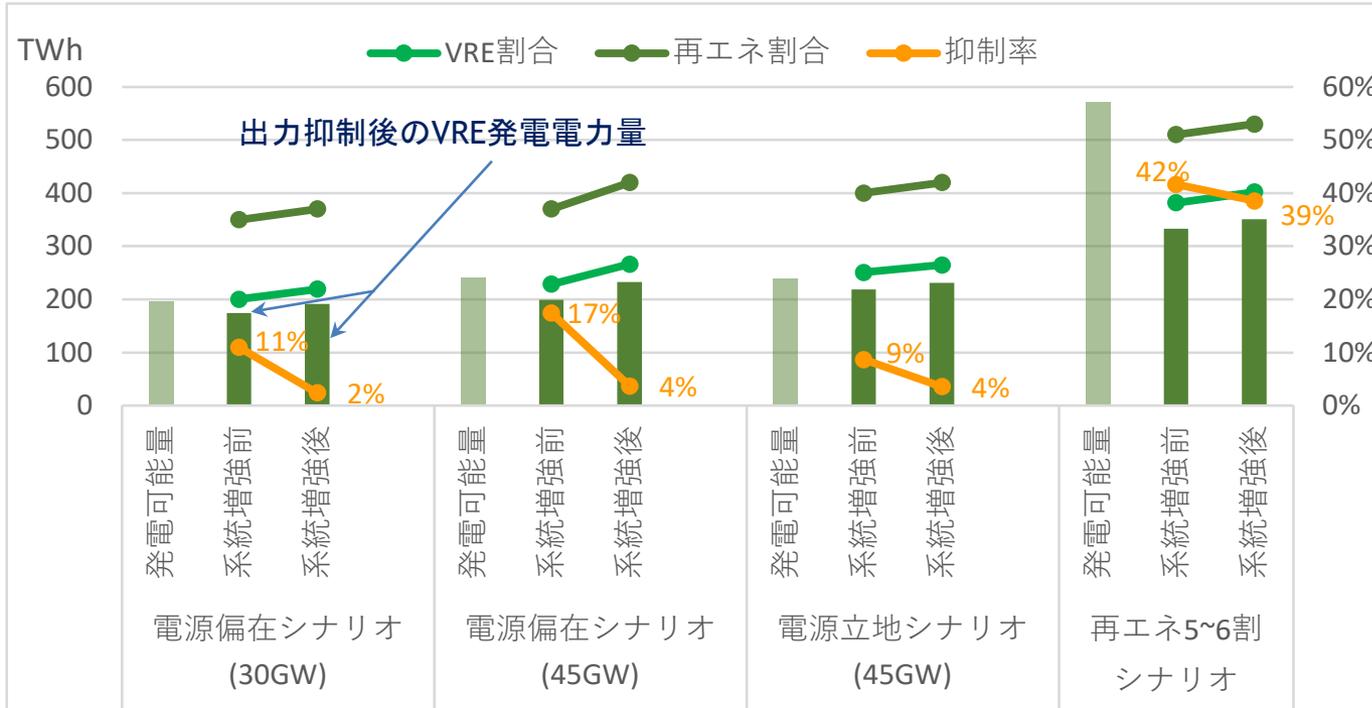
変動再エネの拡大→系統統合費用の拡大



出所：松尾ら，“2050年カーボンニュートラルのモデル試算”，総合資源エネルギー調査会基本政策分科会，2021年6月30日

2050年に向けた課題：広域連系

- 広域連系システムのマスタープランの中間整理が発表(6月)。複数シナリオに基づき、広域系統整備に係る費用便益評価を実施(連系線増強費用と燃料費削減の比較)
- 系統増強に加え、需要側対策、水素(Power to Gas)や蓄電池の重要性も示唆



- ✓ 再エネ5~6割水準(VRE4割程度)になると連系線増強のみでは再エネ出力抑制率の大幅削減が困難
- ✓ 需要側対策、水素(PtG)、蓄電池の導入も検討すべき課題

便益/費用 = 1.07 ~ 1.35 1.13 ~ 1.44 1.29 ~ 1.53 0.95 ~ 1.21

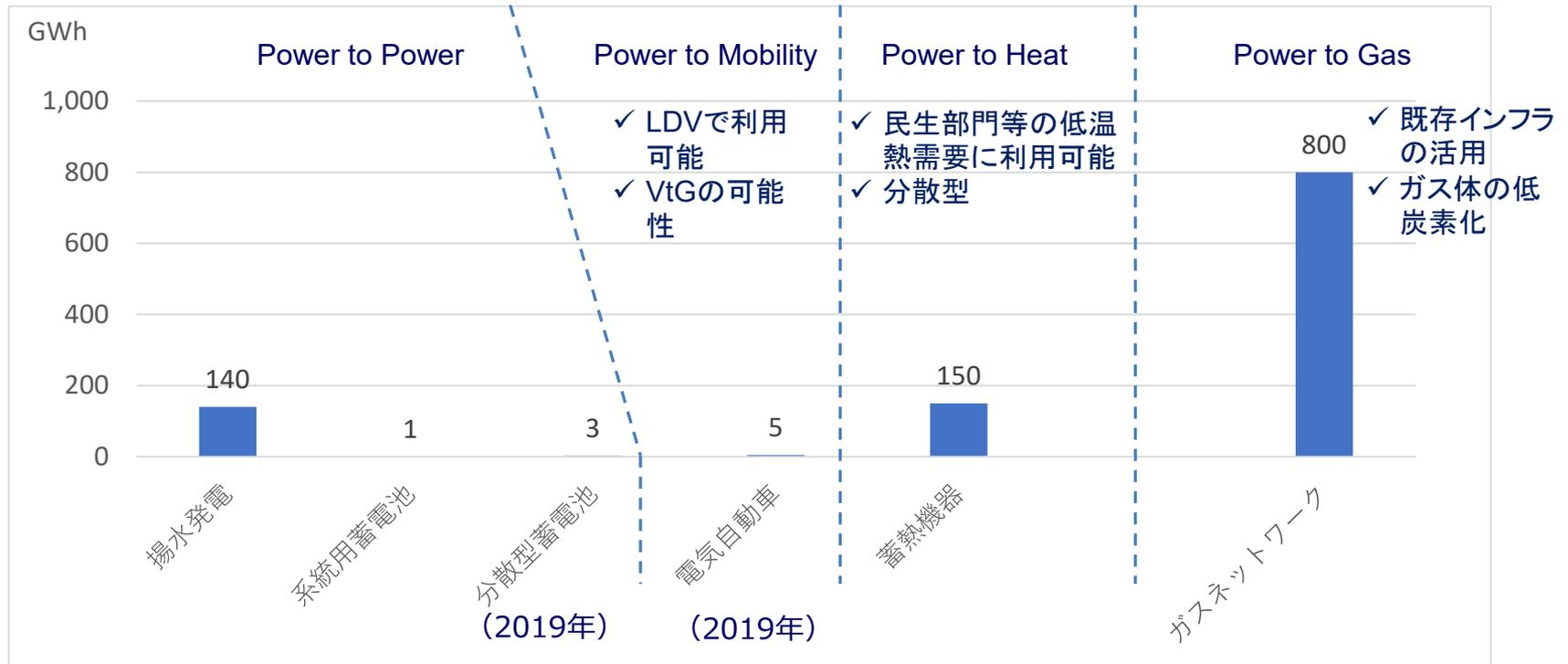
太陽光 =	76GW	76GW	76GW	304GW
陸上風力 =	11GW	11GW	11GW	44GW
洋上風力 =	30GW	45GW	45GW	45GW

注：マスタープラン検討に係る中間整理、電力広域的運営推進機関（2021年6月）に基づき作成

多様なエネルギー貯蔵技術が既に普及

- 今後蓄電池や電気自動車が期待されるが、需要家に既設置の蓄熱技術利用の可能性は大きい。また、ガスインフラのエネルギー貯蔵容量の大きさも注目

日本の既存エネルギー貯蔵容量(2020年)



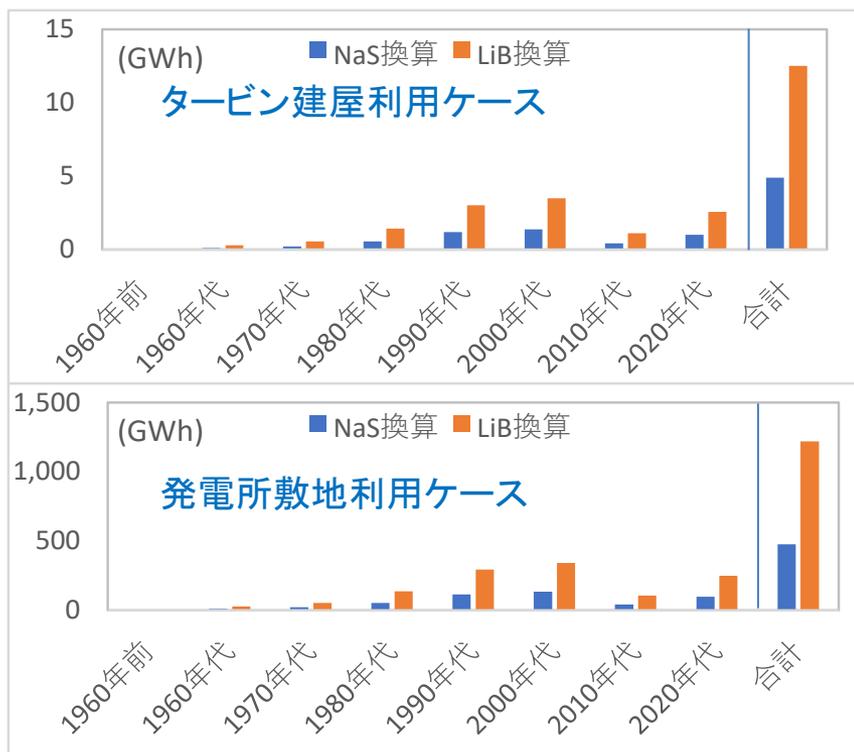
注：電気、熱、自動車、ガスの用途は異なることから単純比較はできないが、便宜上、統一単位（GWh）で表示。

注：揚水発電は設備容量（GW）に各種資料に基づく“h”を乗じて推計。系統用蓄電池（NaS、バナジウム、リチウム、その他）は米国DOE Global Energy Storage Databaseに基づく。分散型蓄電池は一般社団法人日本電機工業会「JEMA 蓄電池システム自主統計」に基づく。電気自動車は一般社団法人次世代自動車振興センター統計に基づき試算。蓄熱機器（電気温水器、ヒートポンプ給湯機、氷蓄熱）は、一般社団法人 日本冷凍空調工業会、一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター、経済産業省 生産動態統計 機械統計から推計。ガスネットワークは、ガス事業便覧から推計（ガスホルダ+導管）

廃止石炭火力発電“施設”の有効活用

- 今後廃止が予定される石炭火力施設をエネルギー貯蔵施設に転用する考え
- 蓄電池のみならず、システムの慣性力低下への対応として、圧縮空気、液化空気、カルノーバッテリー（石炭火力の蒸気タービンを利用）等の回転系エネルギー貯蔵技術設置の可能性も

石炭火力施設を活用した蓄電池導入ポテンシャル



注：横軸は石炭火力運開年代。石炭火力施設面積や蓄電池容量あたり必要面積（m²/kWh）は既存施設情報から把握

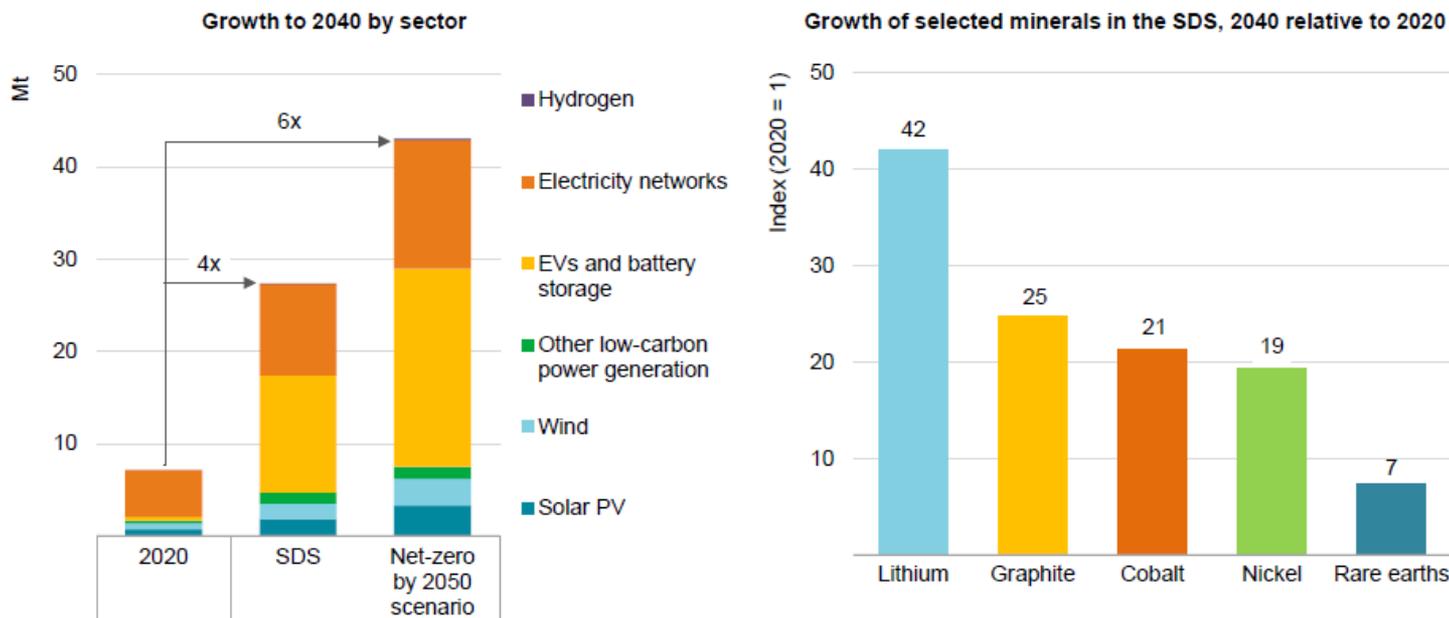
海外事例

場所	概要
ドイツ Elverlingsen 2018年	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 廃止石炭火力跡地に、需給調整用蓄電池を設置 ✓ 中古EV電池を活用 ✓ Daimler、Mercedes-Benz Energy、Getec Energie、The Mobility House) ✓ 蓄電池規模：9MW/9.8MWh
豪州 NSW州 2021年	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 2032年廃止予定の石炭火力（2,880MW）施設に蓄電池導入を計画 ✓ 余剰電力対応 ✓ Origin Energy ✓ 蓄電池規模：700MW×4h

重要鉱物資源供給制約に対する懸念

- EVや蓄電池の導入拡大によってリチウム等の重要鉱物資源需要が増大し、中国（等）への依存度の高まりによる経済安全保障に対する懸念
- 他のエネルギー貯蔵技術の検討も大事。レドックスフロー電池（バナジウム）やPtG（技術によっては白金）等
- 各エネルギー貯蔵技術の特性（短周期か長周期、roundtrip効率等）や鉱物資源供給制約を踏まえたエネルギー貯蔵技術のベストミックス検討の必要性

脱炭素化に向けた鉱物資源の必要量（世界）

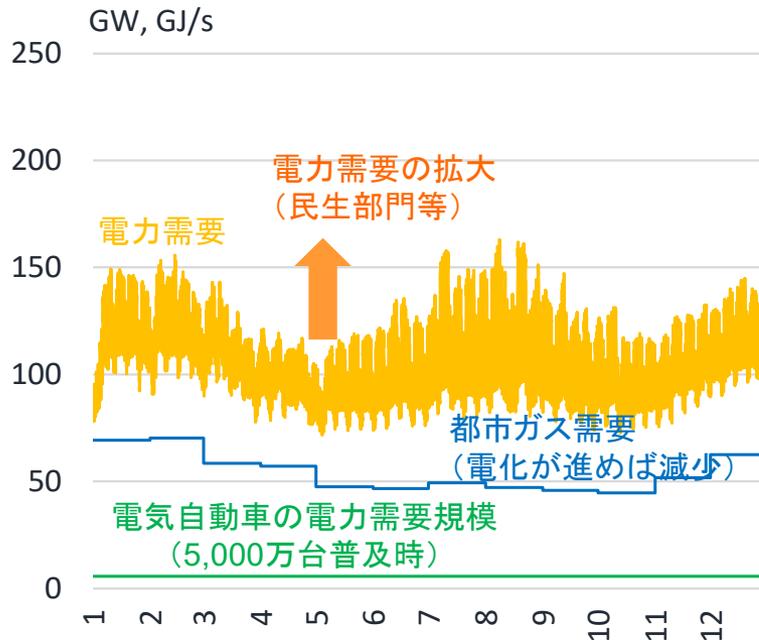


出所：“The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions”, IEA

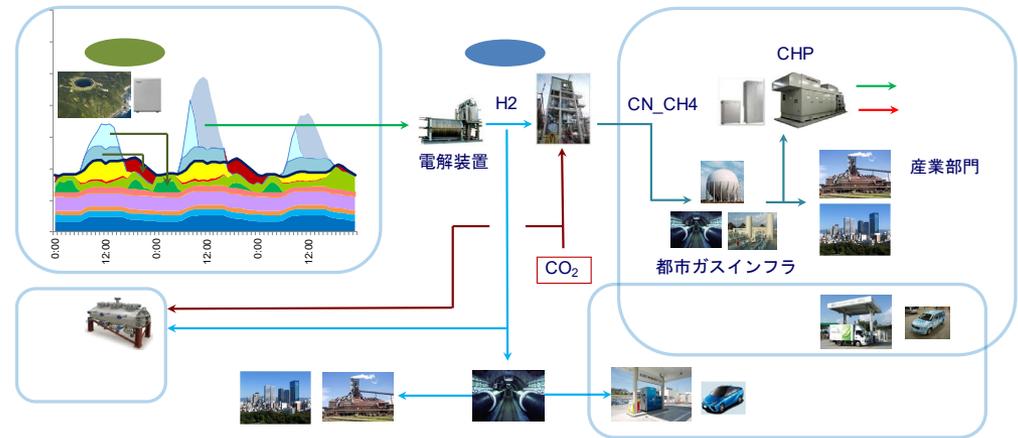
Energy System Integration(Sector Coupling)

- Energy System Integration(Sector Coupling)によって、再エネ受入先の拡大（出力抑制を低減=エネルギー貯蔵規模の抑制）も検討すべき課題
- Power to Gas(PtG)によって、都市ガスや運輸部門等他部門で再エネ利用が可能。水電解の需給調整の役割も重要

需要規模の比較(年間・毎時)



Power to Gasによる Energy System Integrationのイメージ



現在の乗用車全て（約5,000万台）がEVに置き換わった場合、電力需要は5~10%増加。一方、現在の都市ガス需要は電力需要の半分程度と大きな規模。その他、化学産業等での可能性も

産業の視点

- 再エネ導入拡大のみにフォーカスした取組みは持続可能的ではない（FITによる太陽光の教訓）。関連産業の再構築・振興が求められる
- また、マテリアルセキュリティを踏まえたリユース・リサイクル等の静脈産業の創出も検討課題

太陽光

- ✓ 関連産業の再構築（市場縮小に伴い撤退事業者が増加し、蓄積ノウハウの散逸、技術不足の懸念。競争が働かずコストも下げどまり）
- ✓ パネルの大量廃棄の課題（NEDOではリサイクル技術開発）

バイオマス

- ✓ 国内資源の有効活用（地域資源活用型再エネと同時に、合成燃料製造用のCO₂供給源となる可能性）
- ✓ 林業との協業が必須。長年の課題であり、改革が必要

風力

- ✓ 期待される洋上風力は国内産業振興も視野に入れている
- ✓ ブレード等の大量廃棄の課題（GEやVestasではFRP製ブレードのリサイクルの取組みも）

エネルギー貯蔵

- ✓ 必須技術
- ✓ リチウム等の重要鉱物資源供給制約を踏まえ、多様なエネルギー貯蔵技術の検討が必要
- ✓ リユース・リサイクルの取組みも必要