

第432回定例研究報告会 2019年7月23日

内外の再生可能エネルギー情勢の展望

一般財団法人日本エネルギー経済研究所

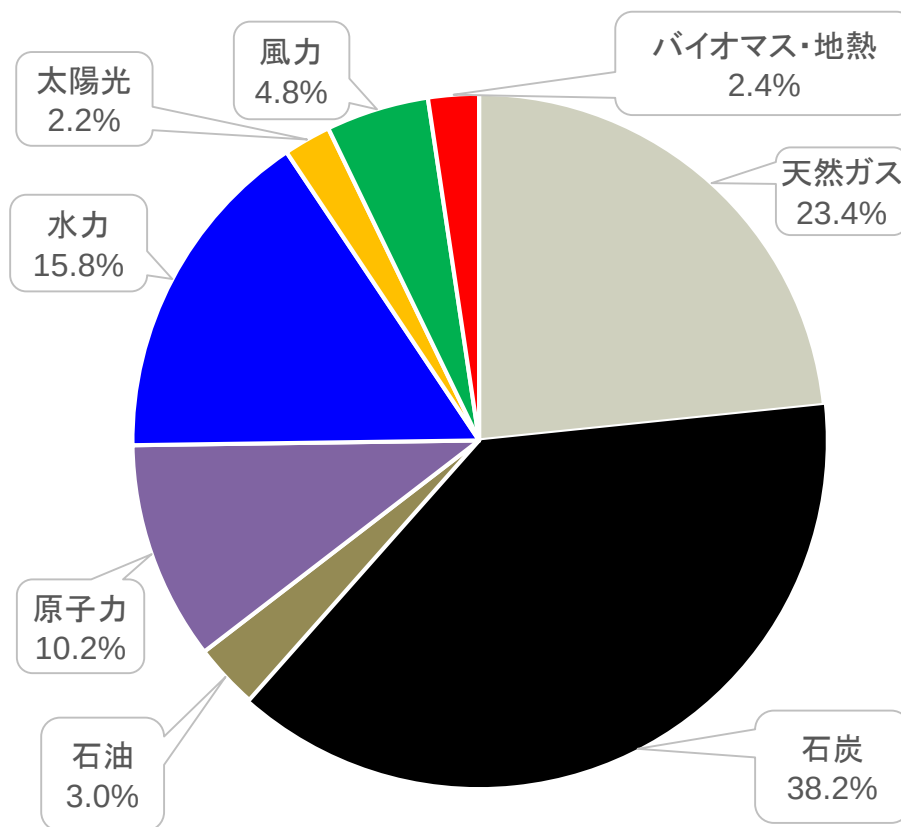
電力・新エネルギーユニット 新エネルギーグループ
研究主幹 二宮 康司

本報告のポイント

1. 2018年の世界の発電量のうち非水力再エネは、風力4.8%、太陽光2.2%、バイオマス・地熱2.4%で計9.4%を占め、水力15.8%と合わせると再エネ全体で25.2%となり初めて25%の大台を超えた。このまま再エネ発電設備の増加が続くと2025年には世界の発電量の1/3を（水力を含む）再エネが占めることになる。
2. 2018年の再エネ発電設備容量の年間増加量は171GWで、2017年の174GWに次いで過去2番目に高く、2016年以降3年間連続で160GW越えの高い水準を維持。2019～20年についても、引き続き発電コスト低下によって太陽光や風力発電の競争力が一層高まることから、2017～18年と同水準の170GW/年程度の増加が想定される。
3. 急速な発電コストの低下に裏打ちされた太陽光の増加の勢いが世界的に増しており、2016年以降は再エネ増加の主役が風力から太陽光に交代した。2019年以降も当面はこの傾向が一層強まると見られる。
4. 日本の再エネ発電設備容量（30MW以上の大型水力除いて）は2020年度末には78GW、その発電量は152TWhになる見込み。ここに30MW以上の大型水力を加えると2020年度の再エネ全体の発電量は、日本の総発電量の18.7%に達すると推計される。
5. 地熱を除く、太陽光、風力、バイオマスは2030年エネルギーミックス水準に向けて着実に設備導入面で導入が進んでいる。
6. 主要な政策課題として、再エネコスト低減による国民負担の抑制と系統制約の克服の2点が挙げられる。前者は2020年に予定されるFIT法の抜本的見直し、後者は「日本版コネクト&マネージ」の実施、系統増強と費用負担のあり方の検討が進められている。

世界の電源別発電量割合（2018年）

- 2018年世界の発電量26,461TWh*のうち再エネシェアは25.2%
 - 水力15.8%（2017年比0.2▼）、非水力再エネ9.4%（2017年比1.0△）
 - 再エネシェアは2017年24.5%から0.7ポイント上昇し、初めて25%の大台を超えた
 - 過去5年間以上にわたって平均0.7%ポイント/年で増加が継続、このペースが続くと2025年には1/3を越える

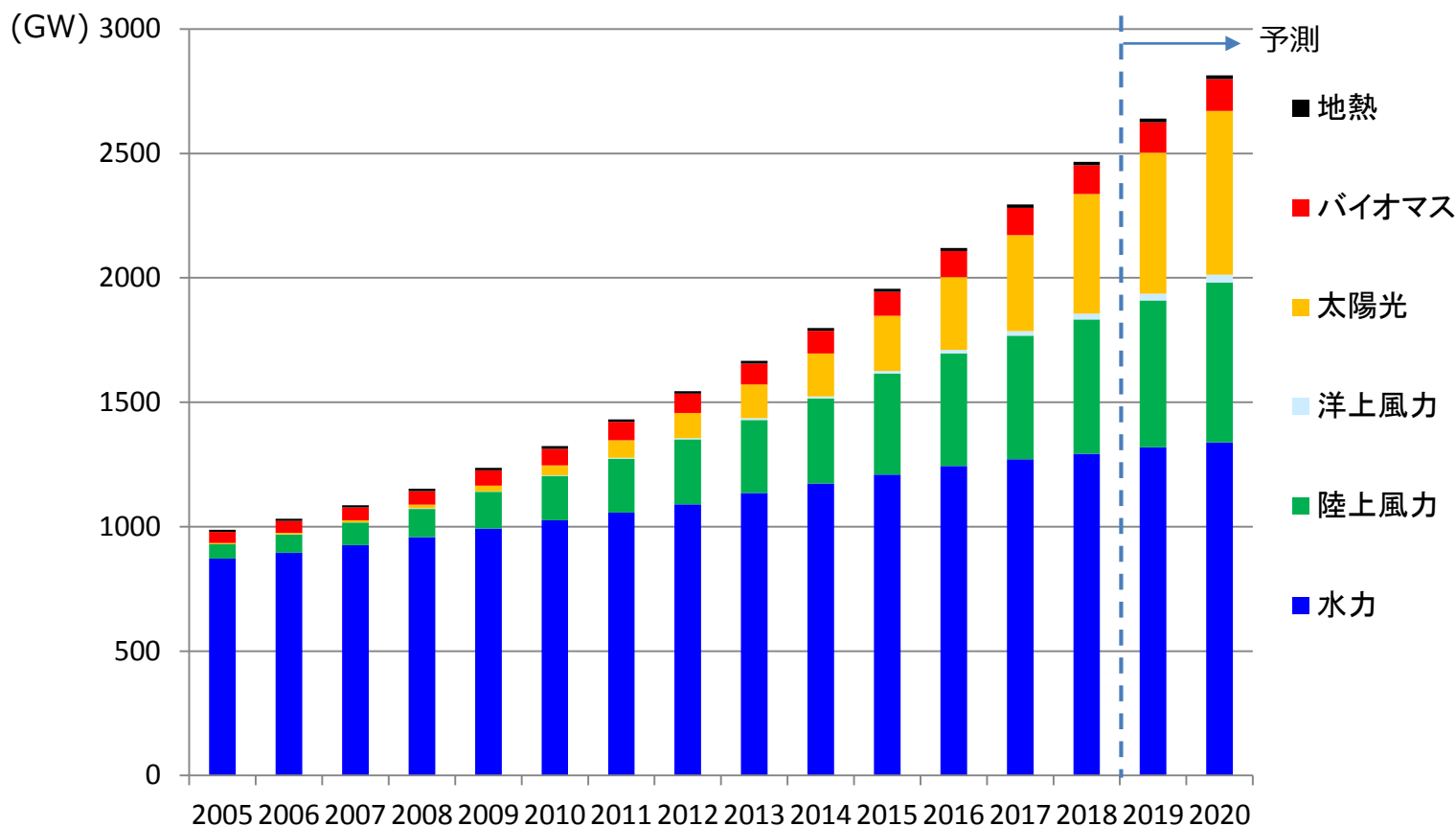


*統計誤差等の153.8TWhを除く

出所：BP Statistical Review of World Energy June 2019を基に作成

世界の再エネ発電設備容量・累積値（2005～2020年）

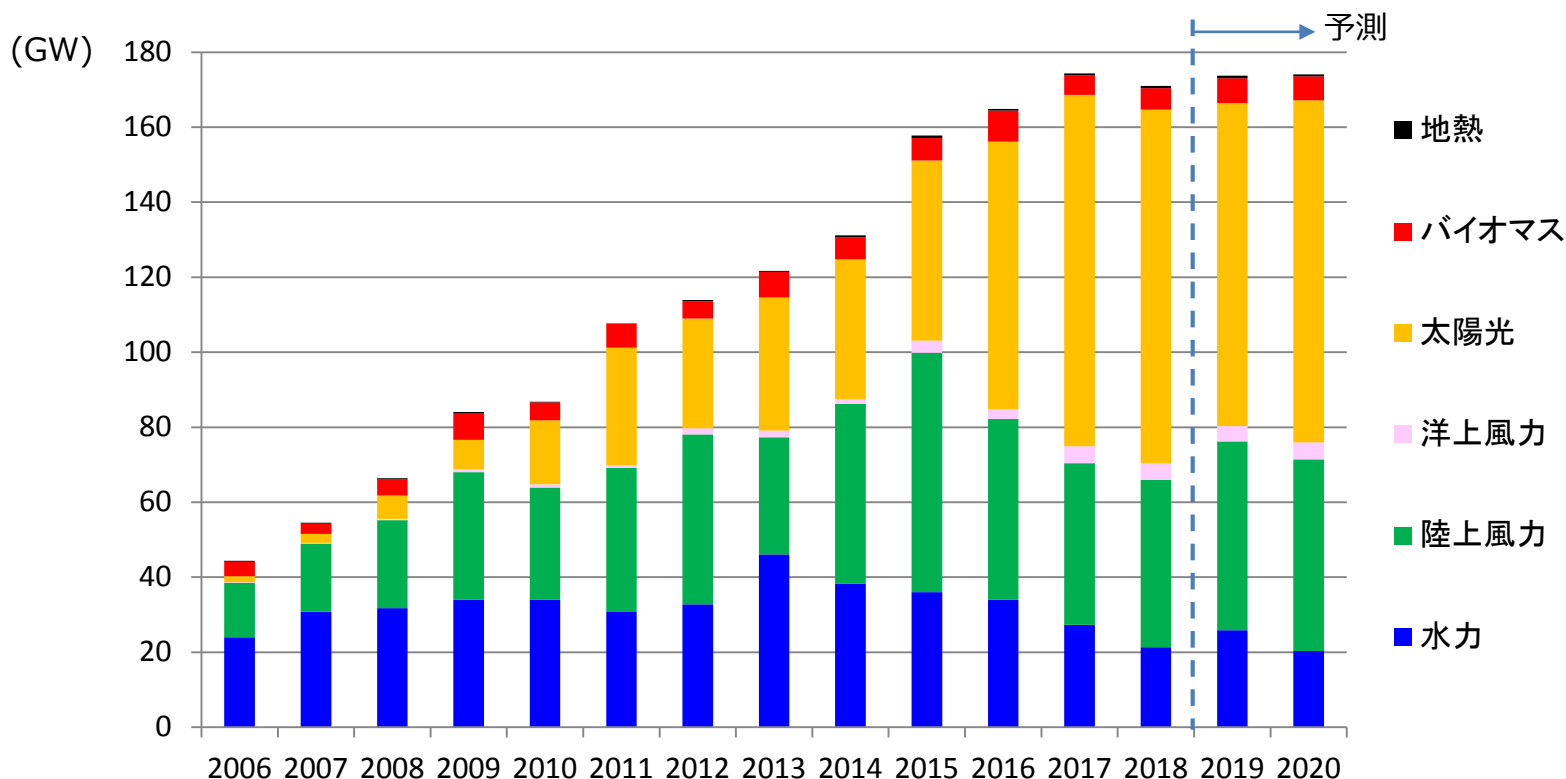
- 再エネ発電設備容量は2018年末には2,470GWまで増加、2020年末には2,800GWに達する
 - 過去10年間の年間増加率は平均で7%を越えており、10年間で倍増
 - コスト低下、EU等各国再エネ政策強化、ESG投資の世界的拡大を背景に趨勢を維持



出所：IRENA Renewable Electricity Capacity and Generation Statistics, IEA Renewables 2018他を参照して作成

世界の再エネ発電設備容量・年間増加量（2006～2020年）

- 2018年は171GWの再エネ発電設備が導入されたが2019年～2020年も同水準が導入される見込み
 - 中国での政策変更の影響で太陽光導入が減少するも当初予測よりも堅調に推移
 - 中国以外では中東、豪州、アフリカ、南欧で太陽光拡大が勢いを増している
 - 自家消費分散型の太陽光が増加傾向：増加量の半数を分散型が占める勢い
 - 太陽光については「系統への売電」から「自家消費」への流れが世界的に形成されつつある

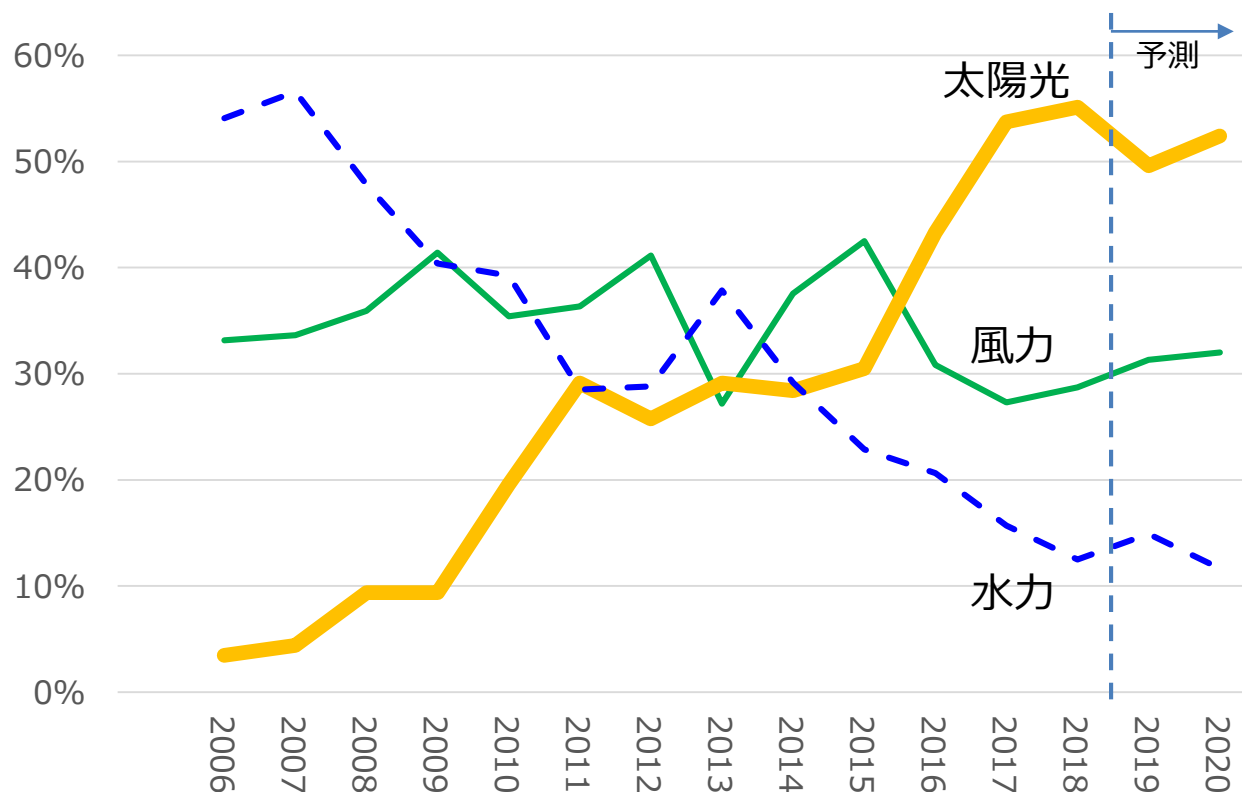


出所：IRENA Renewable Electricity Capacity and Generation Statistics, IEA Renewables 2018他を参照して作成

コスト低下を背景に風力増加から太陽光増加の時代へ突入

- 2000年代初頭は水力、2010年代前半は風力が再エネ増加をリードしたが、2016年以降は太陽光が増加の主役の座を確立
- 太陽光の発電コストは（国・地域、気象条件、建設コスト等の相違もあるものの）今後も全般に低下が想定され、かつ自家消費分散型の設置が進むことから太陽光が再エネ増加の主役になる見込み

毎年の再エネ発電設備増加量に占める太陽光・風力・水力のシェア

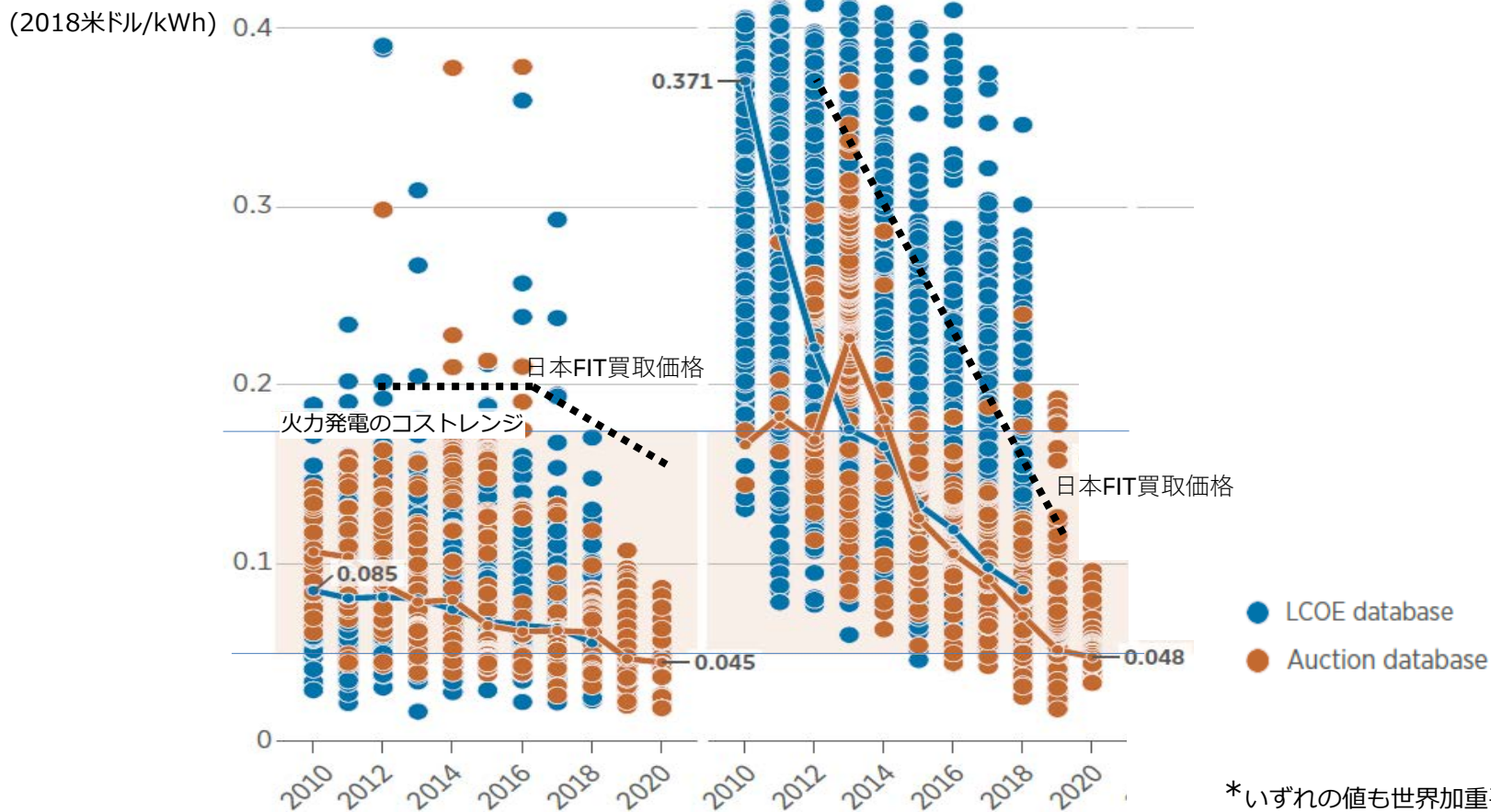


出所：IRENA Renewable Electricity Capacity and Generation Statistics, IEA Renewables 2018他を参照して作成

今後も低下が続く風力・太陽光の発電コスト（LCOE）

- 2018年のLCOEは陸上風力は0.065ドル/kWh、大規模太陽光0.085ドル/kWh*
 - 2020年には陸上風力0.045ドル/kWh、大規模太陽光0.048ドル/kWhとなる見込み
 - 両者共に火力発電コストの下限付近まで低下することでコスト競争力が一層高まる

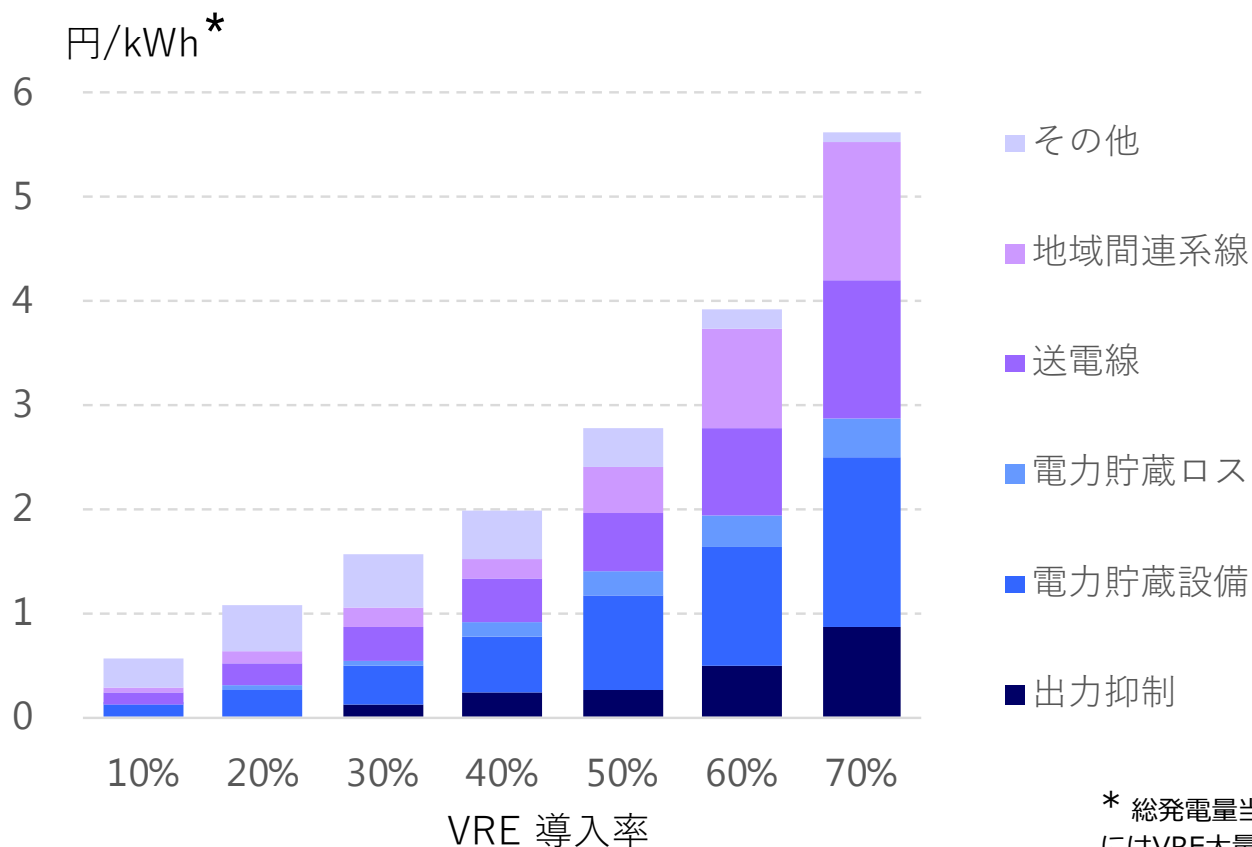
陸上風力（左）と大規模太陽光（右）のLCOEと入札価格の推移



出所：IRENA Renewable Power Generation Costs in 2018に加筆

(参考) 自然変動再エネ (VRE) 増加に伴う統合費用の試算

- 変動性再生可能エネルギー (Variable Renewable Energy: VRE) の比率が拡大するとグリッド増強・出力抑制・電力貯蔵等に伴う追加的費用 (統合費用) が発生する
- 下図は長期 (2050年) の日本を対象とした試算の一例



* 総発電量当りの平均統合費用。「その他」にはVRE大量導入に伴う既存発電設備の部分負荷運転・起動停止回数増加等に伴う費用などが含まれる。

世界主要国での再エネ動向のまとめ

● 中国

- 2018年5月に太陽光発電の新規設置抑制方針（FITのフェーズアウト等）が示され、導入量大幅減が予測されるも2018年には想定を大きく上回る44GWが導入された（再エネ全体75GW）
- 入札の導入、各省単位でのRPSへの移行等新しい再エネ政策を模索中
- それでも2019～20年には再エネ全体で70GW/年程度の増加が見込まれる
- 2020年ガソリンへのエタノール10%混入義務化は供給不足懸念で実施不透明に

● 欧州

- 改正EU再エネ指令の下での2030年再エネ目標（最終エネ消費の32%を再エネ起源）が確定
- 発電だけでなく熱、運輸部門にも再エネ目標設定→EV、次世代バイオ燃料に追い風
- エネルギーシステムへの再エネ統合を推進する強い姿勢をあらためて明確化
- 全体の増加率では特に洋上風力の伸びが目立つが、南欧では太陽光の増加に勢いあり

● インド

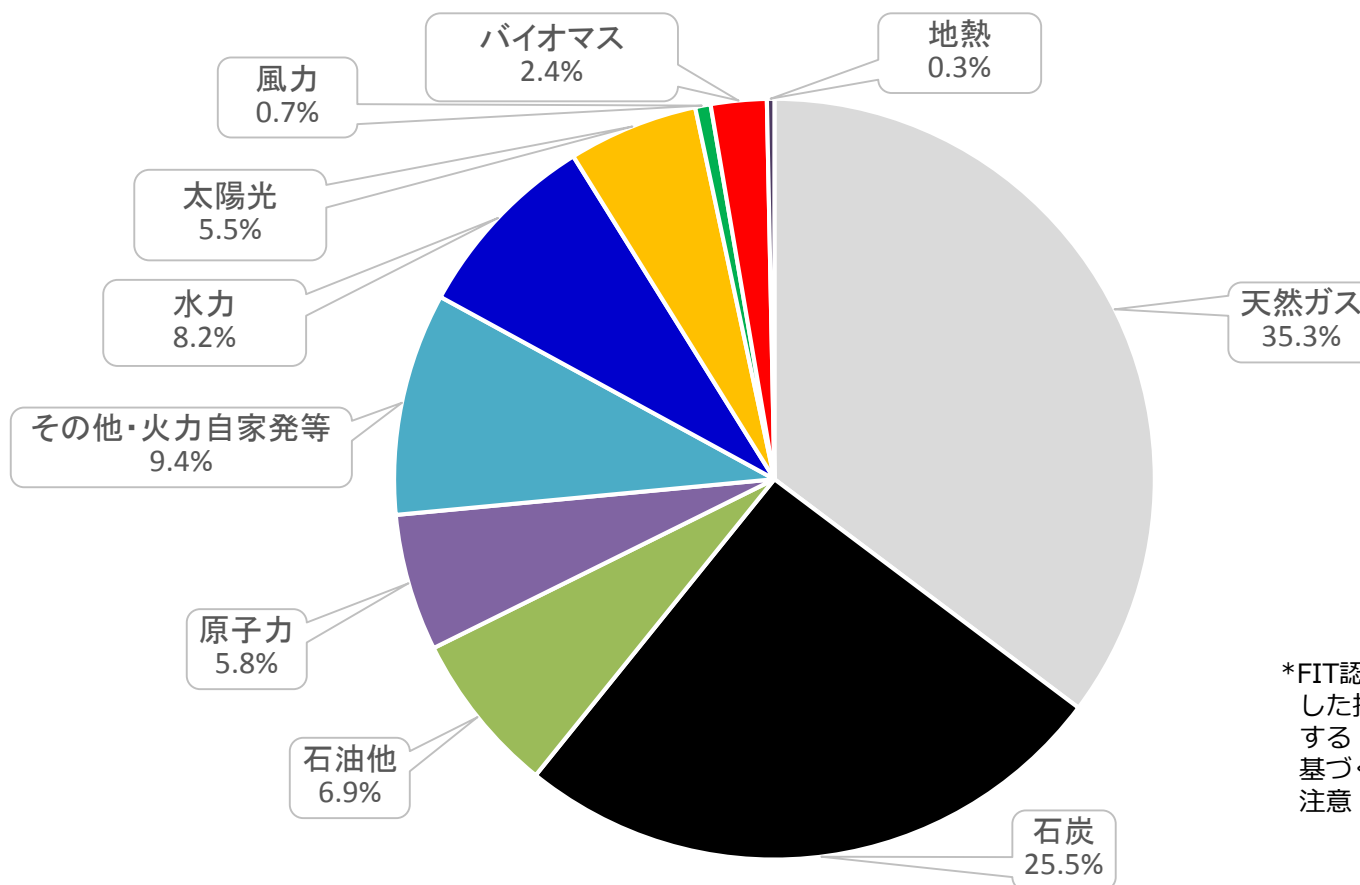
- 2018年太陽光導入量は10.8GWで中国に次ぐ世界2位の巨大太陽光市場に成長
- モディ政権の2022年太陽光100GW目標には20GW/年程度の導入が必要なため達成は厳しいか
- 現状の導入ペース（10GW/年程度）で推移すると2022年に70GW程度

● 米国

- 2018年1月トランプ政権による輸入太陽光パネルへの30%追加関税セーフガードが発動されたが、2018年の年間太陽光発電導入量は10.6GWと2017年とほぼ同水準
- 2019～20年についても、コスト低下を背景とした太陽光増加の勢いが維持されていること、ITC（Investment Tax Credit: 優遇税制）の切下げが2020年から開始されることによる駆け込みラッシュが想定されることから、依然として10GW/年程度の太陽光発電設備が導入される見込み
- 自然変動再エネ増加に伴いカリフォルニア州等で系統側蓄電池の設置が進んでおり、今後は需要側蓄電池も含めて市場が拡大する見込み

日本の電源別発電量割合（2018年度）

- 2018年度の日本の再エネシェアは30MW以上の大型水力の発電分を含めて17.0%*
 - 太陽光が2017年度4.8%→5.5%へ増加、風力・バイオマス・地熱は微増、水力は減少
 - 2017年度再エネシェア16.1%→17.0%へ0.9%ポイント増加



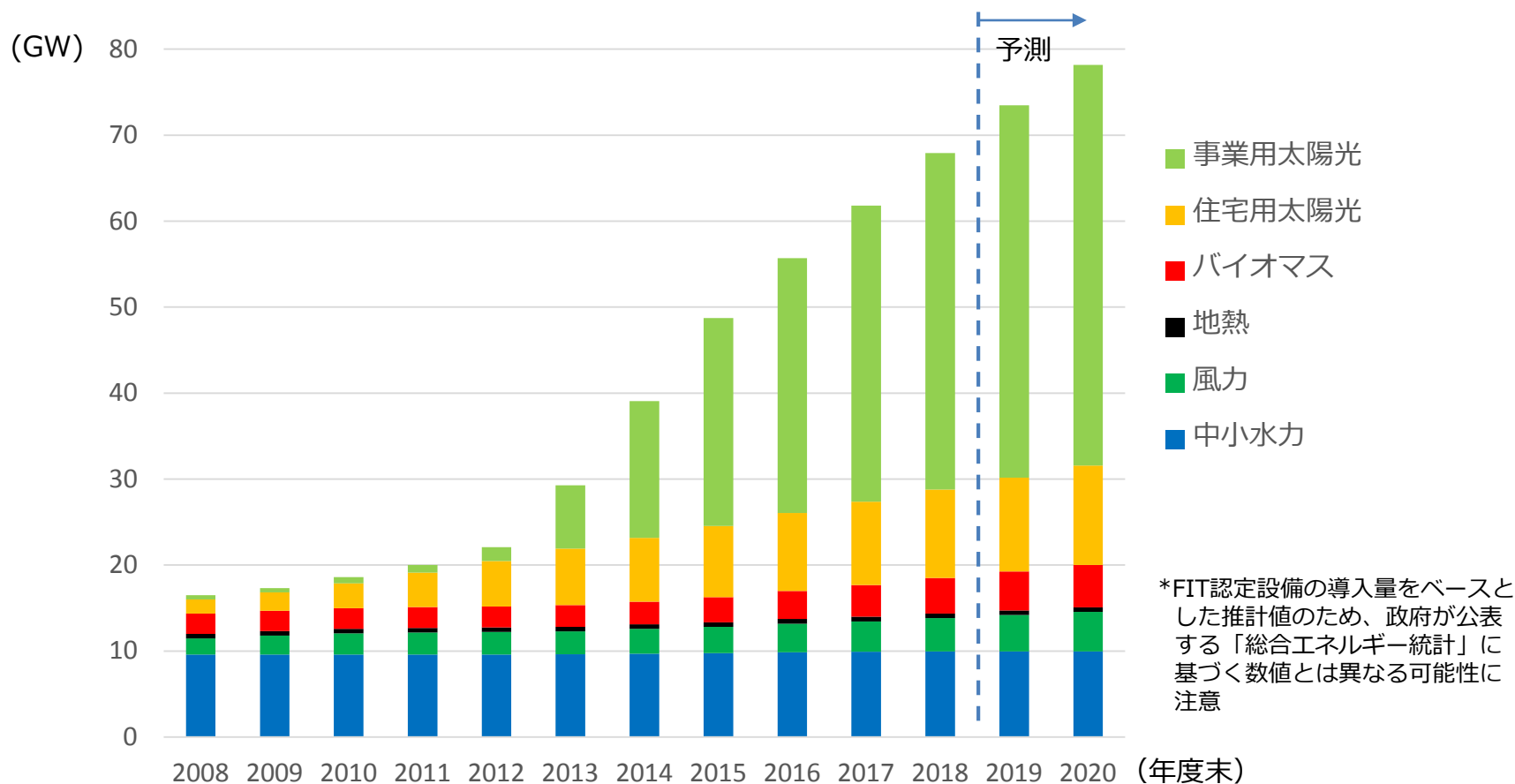
*FIT認定設備の導入量をベースとした推計値のため、政府が公表する「総合エネルギー統計」に基づく数値とは異なる可能性に注意

出所：日本エネルギー経済研究所推計

日本の再エネ発電設備容量・累積値（2008～2020年度）

（30MW以上の大型水力を除く）

- 2019年度末には73GW、2020年度末には78GWまで増加する見込み
 - 再エネに占める太陽光のシェアが年々高まっており2020年で設備容量の74%を占める
 - 2020年度の年間発電量は152TWh*に達し、ここに30MW以上の大型水力の発電分を含めると再エネ全体で日本の総発電量の18.7%を占める

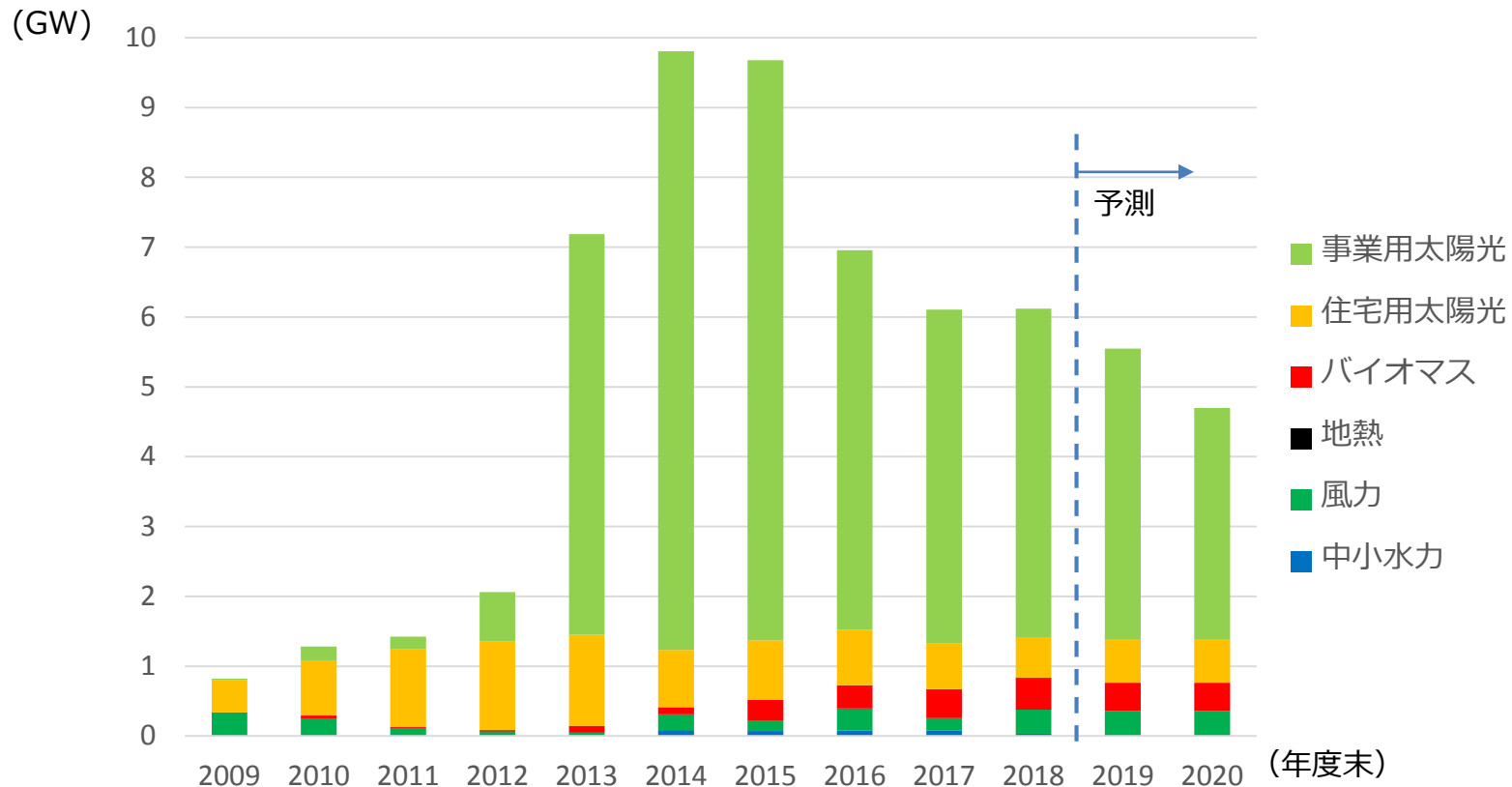


出所：日本エネルギー経済研究所推計

日本の再エネ発電設備容量・年間増加量（2009～2020年度）

（30MW以上の大型水力を除く）

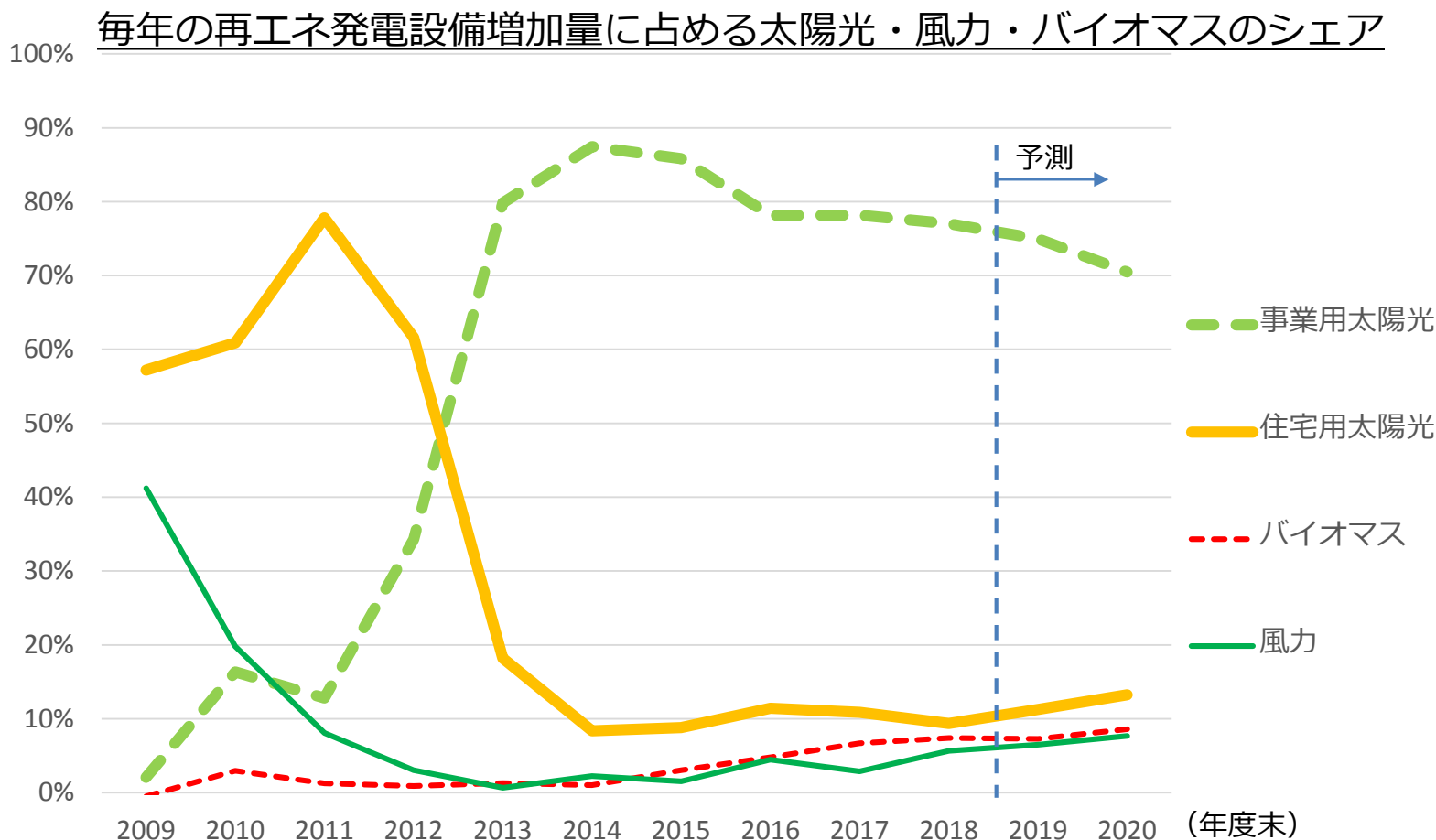
- 事業用太陽光の増加抑制に伴い2019年度以降は約5GW/年増加まで水準低下
 - 他方、住宅用太陽光は0.6GW/年程度で堅調に増加、太陽光合計で増加分の85%を占める
 - 環境アセスが次々と終了する陸上風力、多くのFIT認定案件を持つバイオマスは2019年度以降次第に増加する傾向



出所：日本エネルギー経済研究所推計

依然として事業用太陽光が増加の多くを占めるがそのシェアは次第に低下

- 再エネ増加の圧倒的多数を占める事業用太陽光のシェアは低下傾向
 - 代わって住宅用太陽光、バイオマス、風力（陸上風力）が低水準ながら増加傾向
 - 長期的には「売電目的の事業用太陽光から自家消費用太陽光へ」の傾向が強まる

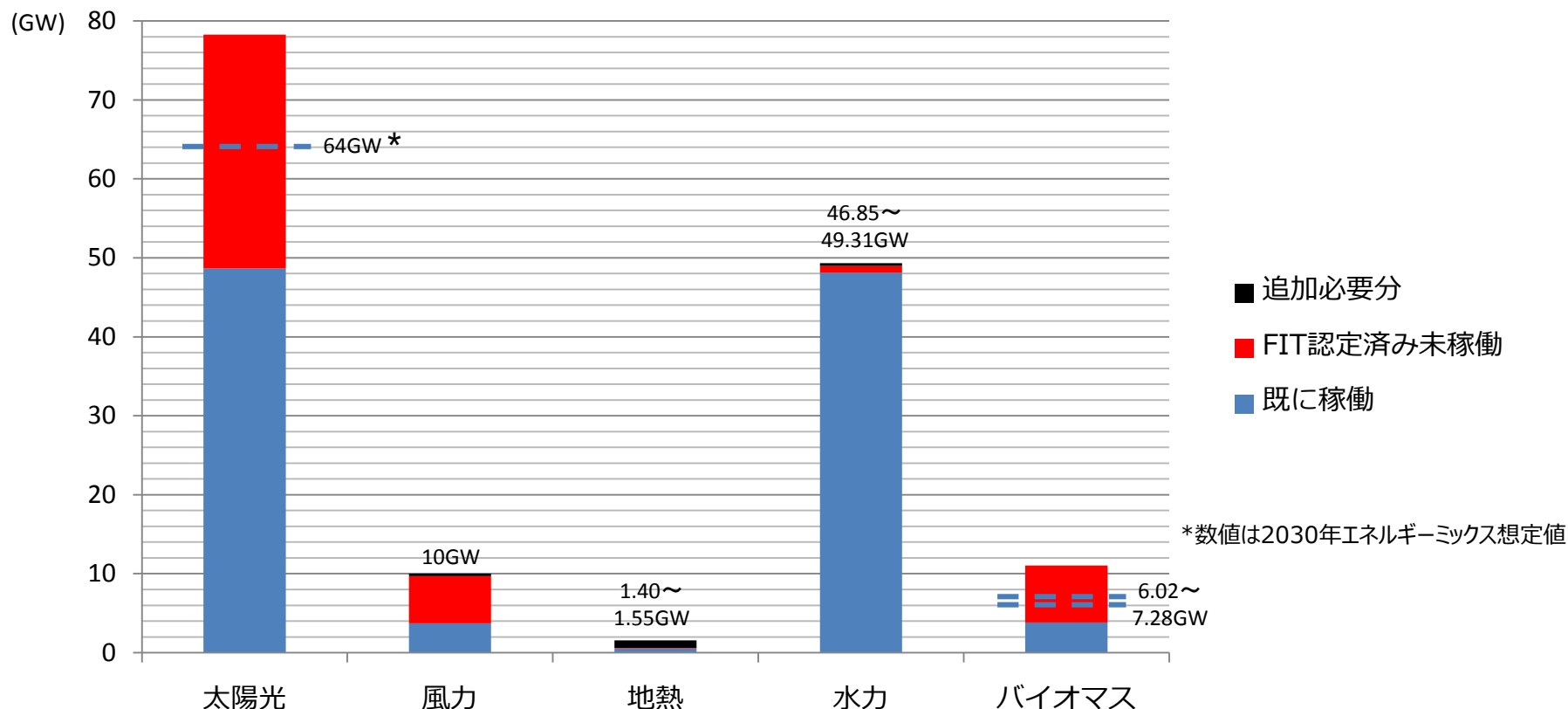


出所：日本エネルギー経済研究所推計

2030年エネルギーミックス想定値に対する再エネ導入状況

(30MW以上の大型水力を含む)

- 稼働 + FIT認定済み未稼働を合わせると2030年エネルギーミックス想定値に概ね到達
 - 太陽光は未稼働案件の大部分を占める2013～14年度FIT認定済み未稼働分の1/3程度が脱落したと仮定してもエネルギーミックス想定量を超えて導入が進む見込み
 - 系統制約が次第に改善に向かうと仮定すると、バイオマス・風力も稼働が進み、2020年代半ばにも2030年エネルギーミックス想定値（再エネシェア下限値22%）へ到達の可能性あり



出所：2018年12月末時点のデータを用いて日本エネルギー経済研究所作成

再エネ課題1. コスト低減：事業用太陽光・風力はFIT→FIPか

- 現行FITの下での取り組み：入札導入と未稼動太陽光案件の買取価格切り下げ
 - 2018年11月第3回太陽光入札：最低入札価格14.25円/kWh
 - 2017年の第1回17.2円/kWh、2018年8月の第2回16.47円/kWh と比較すると価格低下しており一定のコスト低減効果は認められるが、依然として世界加重平均の1.5倍と高コスト
 - 太陽光入札の対象を500kW以上に拡大し、2019年度にも合計750MW分の入札を実施予定
 - コスト高の象徴的存在である2012～14年FIT認定の未稼動太陽光の買取価格（40円～32円/kWh）を強制的に切り下げ→累積総額60兆円に上る賦課金負担の減額を目指す
- 2020年4月FIT法を抜本的見直し：事業用太陽光・風力の市場への統合が主眼、「経済的に自立した再エネの主力電源化」を目指す
 - 事業用太陽光（50kW～？）と風力をFITの対象外とするか
 - その場合、FITに代わってFIP（Feed-in Premium）を導入するか
 - 再エネ発電事業者自らが発電電力を市場、小売電気事業者、RE100企業等最終需要家へ直接販売（インバランス責任も生じるため発電事業者に格段の主体性と力量が求められる）
 - 卸電力市場での平均価格が「基準価格」を下回った場合は補填、「基準価格」は競争入札によって最低価格を提示した案件から優先的に採択
 - 再エネ予測誤差の精度向上と市場プレミアムによる買取価格上昇懸念が課題として浮上
 - 50kW以下の小規模及び家庭用太陽光は自家消費を原則とし、FIT対象は余剰分のみとするか
 - 太陽光については「売電」から「自家消費」への流れを形成する明確な政策意図あり

再エネ課題2. 系統制約：系統形成・費用負担について検討

- 既存系統インフラの有効活用：「日本版コネクト&マネージ」の着実な実施
 - 想定潮流の合理化、N-1電源制御*（いずれも既に適用開始）、ノンファーム型電源接続**（例：東電PGが千葉方面で試行運用開始）
- 系統増強と費用負担のあり方の検討
 - 再エネ増加に伴う系統増強費用負担の地域偏在性を踏まえて、地域間連系線の増強や系統形成によって生まれる効果（再エネ導入による卸価格低下、CO2削減、安定供給強化）を定量化、価格低下とCO2削減分の増強費用を原則全国負担とする方向性で合意
 - 北本連系設備増強、東北東京間連係設備増強を対象に既に検討を開始
 - これらの増強によって、新規再エネの導入量の拡大、既存再エネの設備利用率の拡大が期待される
 - 系統形成を受け身ではなくプッシュ型へ転換すると共に電力広域的運営推進機関（OCCTO）でも多くのシナリオを選択肢として想定し、規律などの仕組みをパッケージとしたマスタープランの基本的考え方を年度内に策定する予定
- 再エネも従来のように系統に依存するのではなく、系統の主たる構成要員として、適切な調整機能の具備と系統運用のための主体的な役割を果たしていくことが求められるようになる

*単一の電源設備の故障発生時に自動的に無保証で遮断・抑制を行う条件で平常時の接続可能量を拡大する措置

**故障発生時はもとより平常の系統混雑時にも無保証で出力抑制する条件に合意した新規電源を接続する措置

最初期の家庭用太陽光余剰買取案件がいよいよFIT卒業へ

- 2012年FIT制度開始に先立って「太陽光発電余剰電力買取制度」が2009年11月1日～2011年6月30日の間実施されていた＝「特例太陽光」
 - 10kW未満の太陽光発電設備からの余剰電力を48円/kWh（2009年度）で10年間買取を義務付ける制度（FIT制度と類似）
 - 2019年10月31日以降、10年間の買取期間が終了する案件が毎日発生してくる（2019年内だけでも1.3GWを超える発電容量）
- 卒FIT家庭用太陽光の選択肢は今のところ以下の4つ
 1. 一般送配電事業者による無償引取り（FIT終了後の買取契約が不在の場合：特殊ケース）
 2. 小売事業者との新規契約による卒FIT価格での買い取り
 - 新電力、旧一般電気事業者系小売各社が入り乱れての買取価格の提示合戦始まる
 - 卒FIT買取価格は7円/kWh～16円/kWhと契約内容によって大きな巾あり
 3. 定置型蓄電池、EVによる蓄電をベースとした自家消費の拡大
 - 自家消費にメリットが出るかどうかは蓄電池のコスト低下次第か
 - アグリゲータによるアグリゲーションを通じたVPPでの活用可能性も
 4. ブロックチェーン技術を活用したP2P取引による個人間の直接電力取引
 - 現時点では実証段階だが分散型電源としての特性を活かした取引形態
 - IoTのコスト低下によっては長期的には積極的な選択肢になる可能性もある
- FITの「呪縛」から家庭用太陽光がようやく解放されて分散型エネルギー資源の一つとしての活用可能性がこれから広がることになる
 - 日本の再エネの発展において重要な分岐点になると考えられる

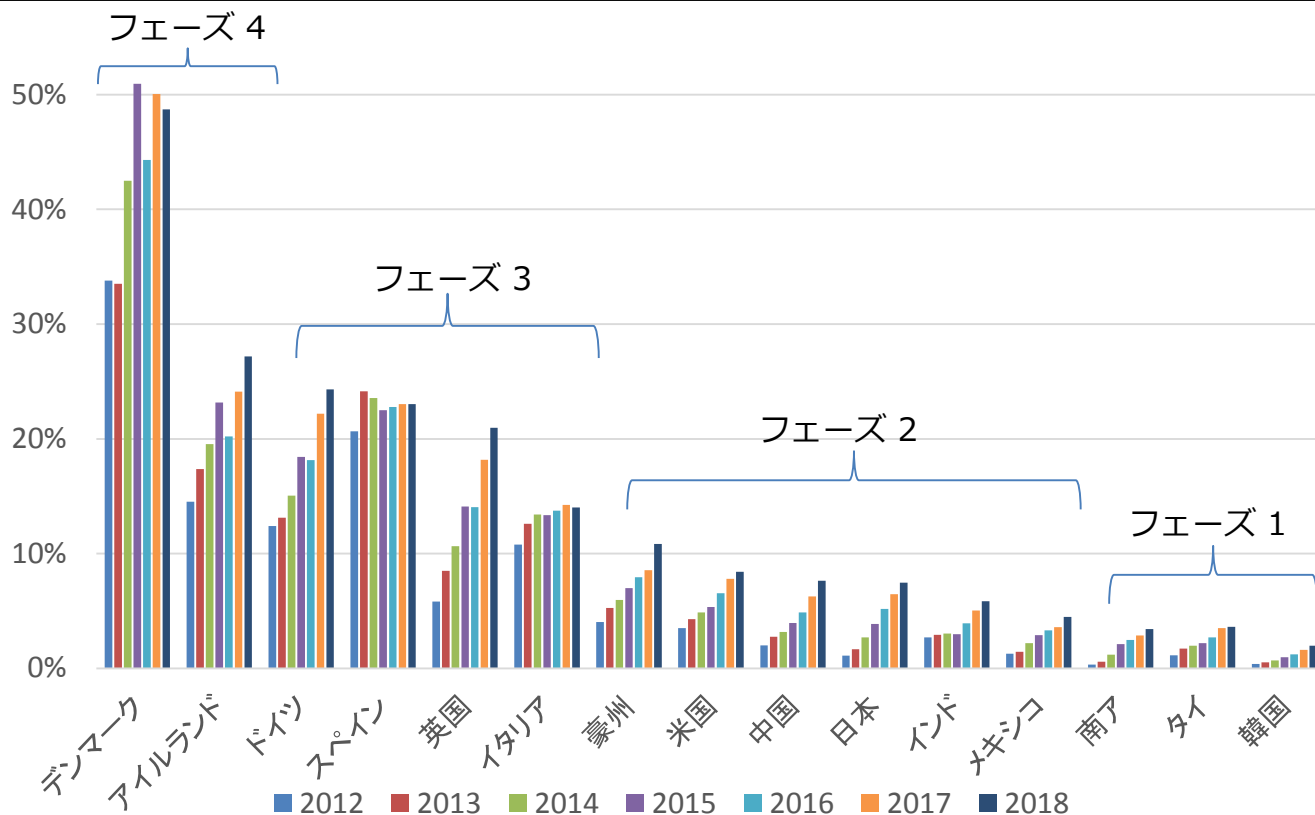
洋上風力：新法の下での促進政策によって導入加速するか

- 「再エネ海域利用法」（洋上風力新法）2019年4月1日に施行
- 今後、風況・海象等の自然条件が良好で、系統接続の要件を満たす場所を国が促進区域として指定し、区域ごとに洋上風力事業者を公募する予定
 - 洋上風力促進区域の指定の基準の具体化や促進区域の指定手続の具体的な運用方法について検討が進んでいる段階
 - まずはどのエリアが促進区域へ指定されるかが当面の注目点
- 促進区域の指定と並行して、洋上風力発電に必要な系統接続の確保については国が事前に確保する仕組みを検討中
- 現在、一般海域における環境アセス中の洋上風力案件が合計で4.8GW分存在しており、新法の下での促進区域指定と発電事業者の選定、国による系統接続の確保によって、導入に向けたプロセスが加速されることが期待される
 - 実際の導入拡大は2022～3年以降になるものと推定され、ポテンシャルも大きいことから有望市場になるとの期待が高まっている
- 但し、洋上風力発電設備の製造・設置と運用技術は、過去10年以上にわたる欧州での経験・知見を蓄積している欧米企業に著しい優位性があり、市場の拡大を日本企業のビジネスチャンスにできるかは不透明な状況

世界各国で高まる自然変動再エネ（VRE）の発電量シェア

- 総発電量に占めるVRE発電シェアは世界各国で年を追うごとに高まっている
 - IEAのVREフェーズ分類では欧州各国がフェーズ3、豪、米、中、日本等はフェーズ2だが、2020年に向けてVREシェアが一層高まり、次第に各国がフェーズアップしてゆくことが見込まれる
 - フェーズ3に入るとVREが電力システムの運用パターンに大きな影響を与えるようになり、系統、蓄電、分散型資源（DR、EV、P2G等）を活用してシステムの柔軟性を高める必要が出てくる

総発電量に占めるVRE発電量のシェア（2012～18年）とIEAによるVREフェーズ分類



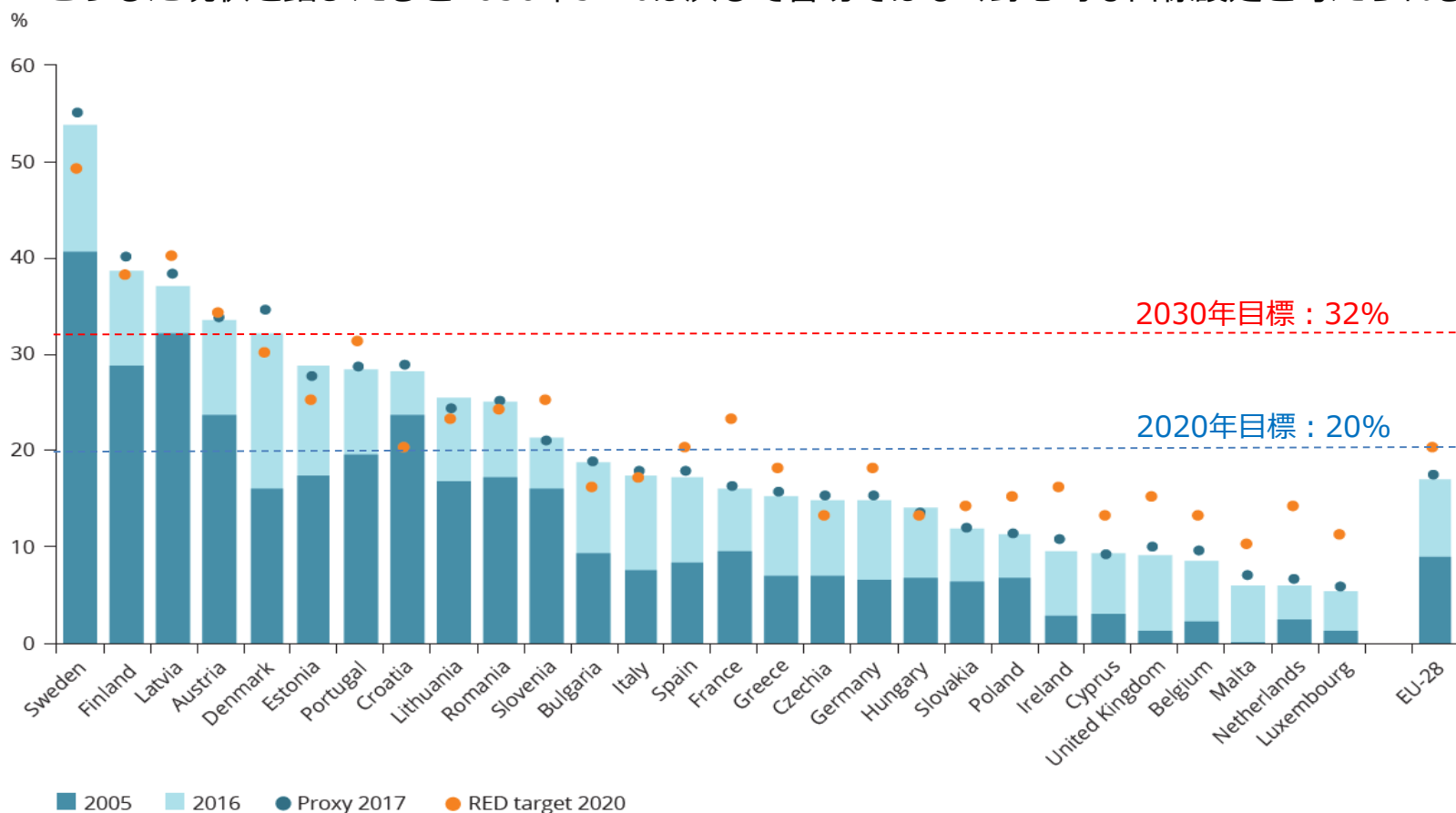
出所：BP Statistical Review of World Energy June 2019を基に作成

EUの2030年再エネ目標決定：冷熱・運輸の再エネ化に力点

- 改正再エネ指令を含むクリーンエネルギーパッケージを2019年5月に決定
- 2030年の再エネ導入目標：最終エネルギー消費のうち再エネシェアは少なくとも32%
 - 2023年までに再エネコストの低下を踏まえた目標の上積みを検討する
 - 但し、持続可能性を満たさないバイオ燃料、バイオマス利用は目標達成にカウントできない
- 冷熱部門の最終エネルギー消費量に占める再エネシェアを2020年水準から起算して2030年まで平均1.3%/年増加させるよう努力しなければならない
- 運輸部門の最終エネルギー消費量に占める再エネシェアを2030年に少なくとも14%とできるよう運輸用燃料供給事業者に対して義務を課さなければならない
 - 14%目標のうち次世代バイオ燃料のシェアは、2022年に少なくとも0.2%、2025年に少なくとも1%、2030年に少なくとも3.5%でなければならない
 - 食料起源バイオ燃料（＝第1世代バイオ燃料）のシェアは、陸上交通部門の最終エネルギー消費量の7%か、2020年実績値の1%増水準かのいずれかを超えてはならない
 - 特に、大きな土地利用変化のリスクや大規模な土地開発を伴うようなバイオ燃料、バイオマス資源については2019年の水準を超えて利用してはならない
 - 再エネ電気をEVに給電する場合はエネルギー量を4倍にして目標達成にカウント可能
 - 電気の再エネシェアは2年前の値を使用するが、再エネ発電設備からEVへの直接給電の場合は100%再エネとしてカウント可能
 - 航空及び海運部門への再エネ供給はエネルギー量を1.2倍にして目標達成にカウント可能（但し、食料起源のバイオ燃料を除く）
- 運輸部門でのEV（再エネ給電）、次世代バイオ燃料、再エネ水素の利用促進を明確化

EU各国の最終エネ消費に占める再エネシェア（2015～17年）

- 2020年20%目標に対して2017年末のEU全体の最終エネルギー消費量に占める再エネシェアは17.5%
- デンマーク、イタリア、フィンランド、スウェーデン等11か国が既に2020年目標を達成する一方、オランダ、フランス、アイルランド、英国、ルクセンブルグ等は厳しい状況
- こうした現状を踏まえると2030年32%は決して容易ではなく野心的な目標設定と考えられる



出所 : Renewable energy in Europe 2018, EEA Report No.20/2018に加筆

欧州で広がる2050年GHG排出量ネットゼロ目標

- 英国：CCC（Committee on Climate Change）は「2050年にGHG排出量ネットゼロは既存技術と既存目標2050年80%削減と同程度のコストで達成可能であり、政府目標としてセットすべき」と提言、法制化（2019年6月）
 - 背景に「再エネ発電と蓄電池のコスト低下」を指摘する見方も
 - 2016年時点ではコスト面から「2050年排出量ネットゼロは困難」とCCCは判断していた
 - 以下が「2050年排出量ネットゼロ」達成の計画
 - 2050年の電力は約90%を再エネ、残りを原子力、CCS付バイオマス・ガス火力
 - 再エネのメインは洋上風力で現在8GWを2050年75GWへ10倍もの大幅拡大
 - 熱需要と運輸需要の急速な電化（ヒートポンプ、EV…）
 - ガソリン・ディーゼル車の販売全廃は2040年でなく2035年に前倒し
 - 産業部門の高温熱、長距離貨物輸送、バンカーには水素を活用
 - 水素は再エネ由来またはCCS付きガス改質
 - 不可避のGHG排出（航空等）は森林吸収源でオフセット
- ドイツ：2050年GHG排出量ネットゼロを目指した議論を開始（2019年6月）
- フランス：2050年GHG排出量ネットゼロ法成立（2019年7月）
- EU：2050年GHGネット排出量ネットゼロ達成のための「戦略的長期ビジョン」を発表（2018年11月）→ 欧州首脳会議では反対意見もあり、合意できず（2019年6月）
 - 2050年の電力の80%以上は再エネ、15%は原子力
- 「排出量ネットゼロ」が実現できるのか、どの程度のコストがかかるのか、そのコスト負担が許容可能なのかが注目される

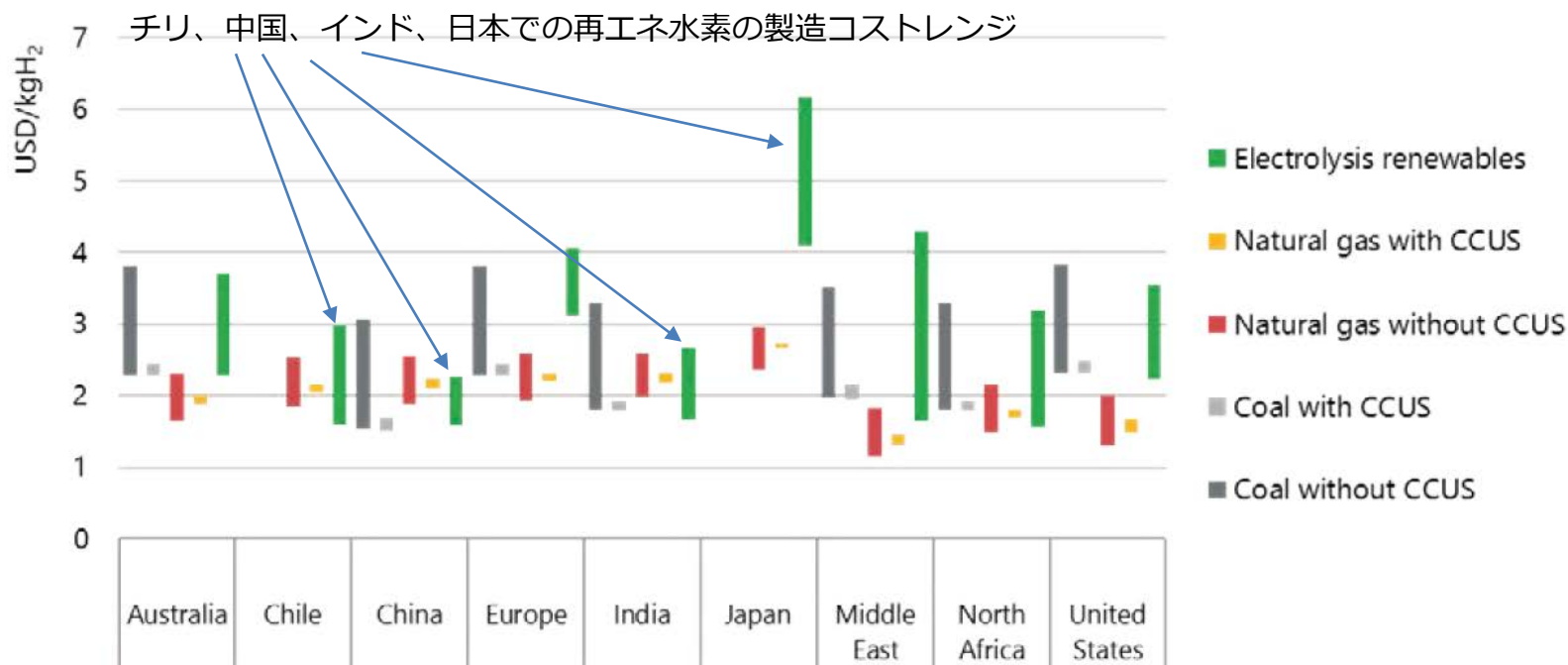
ESGを志向する企業が再エネ調達を拡大：RE100

- 2018年以降日本でも急速に関心が高まり、今やグローバルな企業経営において重要な課題となりつつあるESG（環境、社会、企業統治）への社会的責任
 - ESG投資、ESG指標、ESG目標、ESGレーティング…ほぼ連日紙面に
- ESGへの取り組みの一環として企業による再エネ調達が拡大している
 - RE100：使用電力の100%を再エネとすることを宣言する世界的イニシアティブで主要企業をはじめとする182社が加盟（過去半年間で27社が新規加盟）
 - 海外企業：イケア、3M、アップル、Adobe、Allianz、Bank of America、Barclays、Bloomberg、BMW、Burberry、Citi、コカコーラ、フェイスブック、GM、ゴールドマンサックス、グーグル、HP、HSBC、ジョンソン&ジョンソン、JPモルガン、ケロッグ、Lloyds、M&S、マイクロソフト、ネスレ、ナイキ、P&G、フィリップス、SAP、スターバックス、ユニリーバ、VISA、ウォルマート等
 - 日本企業：イオン、アスクル、大東建託、大和ハウス、富士フィルム、富士通、芙蓉総合リース、コニカミノルタ、丸井、NRI、リコー、積水ハウス、ソニー、戸田建設、東急不動産、ワタミ等
 - 参加企業の再エネ100%の達成目標年は平均で2026年、参加企業の年間電力需要は合計188TWhと日本全体年間電力消費量の約2割に相当
 - 米国では新設の大規模太陽光発電所の1/4程度がRE100参加企業等の民間企業による直接購入契約（PPA）と見られ、市場への影響が大きくなっている
 - グーグル：アラバマ・テネシー州の300MW太陽光とPPA契約（2019年1月）
 - フェイスブック：ヴァージニア州等の350MW太陽光とPPA契約（2019年4月）
 - グーグル、フェイスブック、ウォルマート等米国大手企業16社はREBA（Renewable Energy Buyers Alliance）設立、2025年までに再エネ契約量60GW拡大が目標（2019年4月）

水素：再エネ由来のクリーン水素に急速な関心の高まり

- 再エネ発電コストの急速な低下を背景に、カーボンフリーエネルギー源として再エネ由来の「クリーン水素」に対する関心が急速に高まっている
- クリーン水素には「再エネ電気による電気分解水素（再エネ水素）」と「化石燃料+CCS水素」の2つがあるがそれぞれの経済性は地域によって大きく異なる
 - ガス価格が相対的に高くかつ日照・風況の優れた特定の地域（チリ、中国、インド等）では、再エネ水素がガス+CCSに対して互角の経済性を持ちうる
 - 他方、日本では再エネ水素のコストが突出して高く、ガス+CCSに対する経済性を持たない

世界各国での再エネ電気分解、石炭+CCS、ガス+CCSによる水素製造コストの比較



出所：IEA (2019) The Future of Hydrogen

分散型再エネ増加に伴う動向：分散化、デジタル化、統合

- 今後の分散型再エネ発電の増加に伴う注目すべき動向を3つのキーワードでまとめれば「分散化」「デジタル化」「統合」
 - 統合は「市場への統合」と「エネルギーシステムへの統合」の2つの意味を持つ

