

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

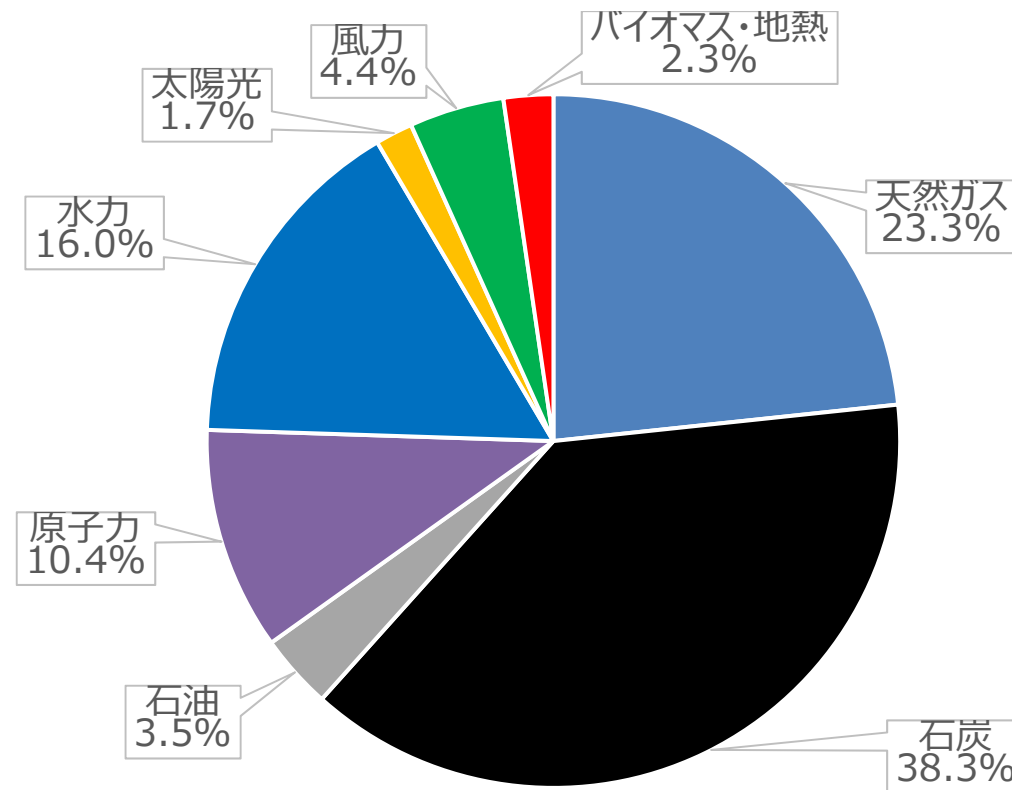
新エネルギーグループ 二宮 康司

本報告のポイント

- ✓ 世界の水力を含む再エネ発電設備容量は2017年末の2,290GWから2019年末には2,600GW超まで増加の見込み。2018年と2019年の2年は過去最高だった2016年・2017年水準をやや下回る150GW/年の増加を維持する見込み。その増加のうち中国、インドなどアジアが約5割、欧米が約3割を占める。なお、2017年世界の発電量に占める再エネシェアは24.5%（水力16.0%、非水力再エネ8.4%）。
- ✓ 第5次エネルギー基本計画が2018年7月に閣議決定され、「再エネの主力電源化を目指す」とした長期的な方向性が初めて明記された。コスト低減と国民負担の抑制のために、今後は入札の活用や自家消費拡大等FITから自立化を促すほか、もう一つの大きな課題である系統制約の克服には「日本版コネクト&マネージ」によって既存送電設備の有効活用を図る。
- ✓ 日本の太陽光、風力、バイオマス発電は、既導入量とFIT認定量を合計すると2030年エネルギーミックス水準にほぼ到達した。特に太陽光は2030年水準を大幅に超過しており、バイオマスについても燃料調達等の理由で今後実施困難と考えられる案件を除いても2030年水準に到達する見込み。一方で、FITによる賦課金は今後20年間で累積50兆円を超える模様で国民の負担額軽減が課題。

世界の電源別発電量割合（2017年）

- 2017年世界の発電量25,369TWh*のうち再エネシェアは24.5%
 - 水力16.0%、非水力再エネ8.4%（太陽光1.7%、風力4.4%、バイオマス・地熱2.3%）
 - 2016年の再エネシェア23.8%から0.7ポイント増加

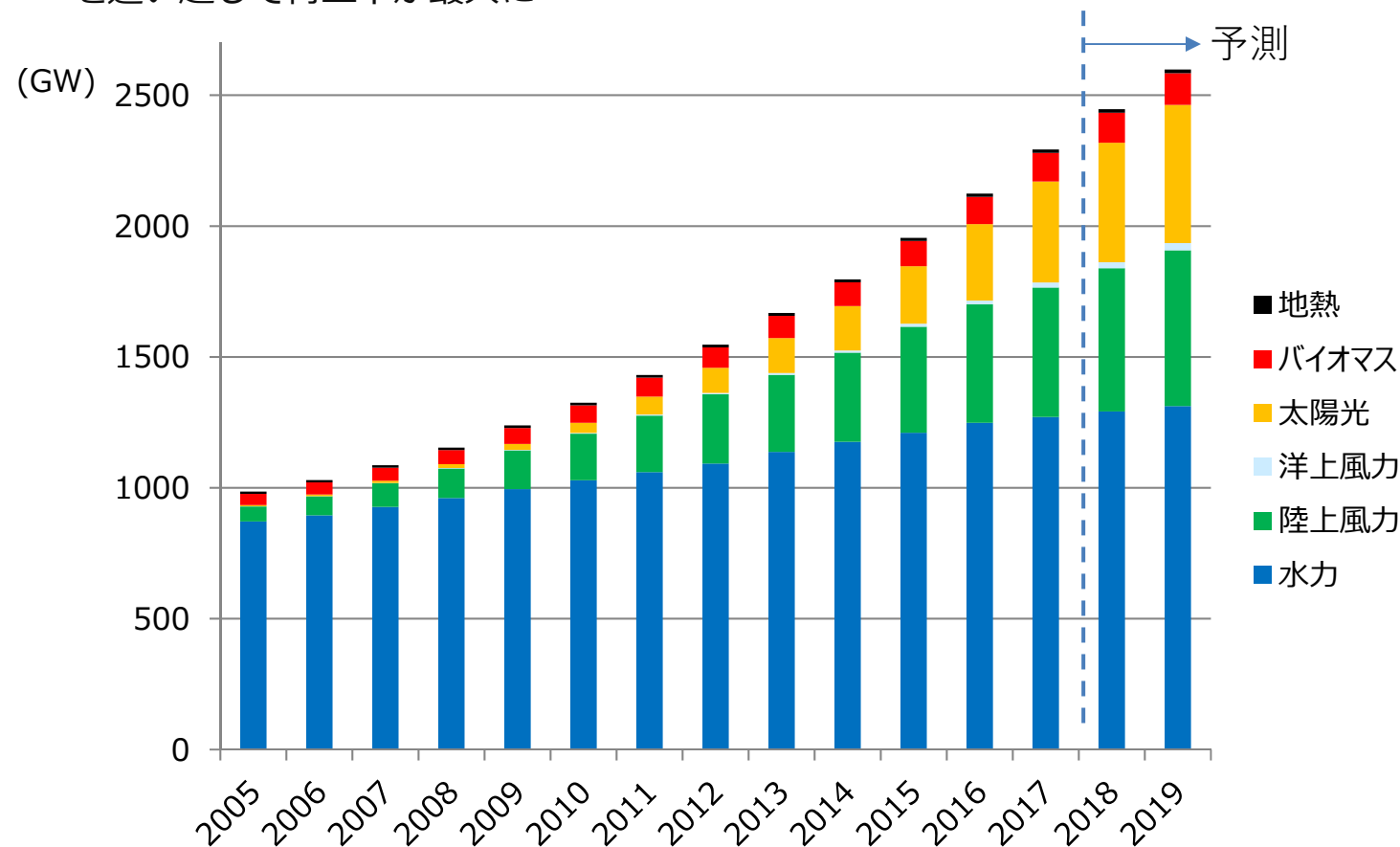


*統計誤差等の182.6TWhを除く

出所：BP Statistical Review of World Energy June 2018を基に作成

世界の再エネ発電設備容量・累積値（2005～2019年）

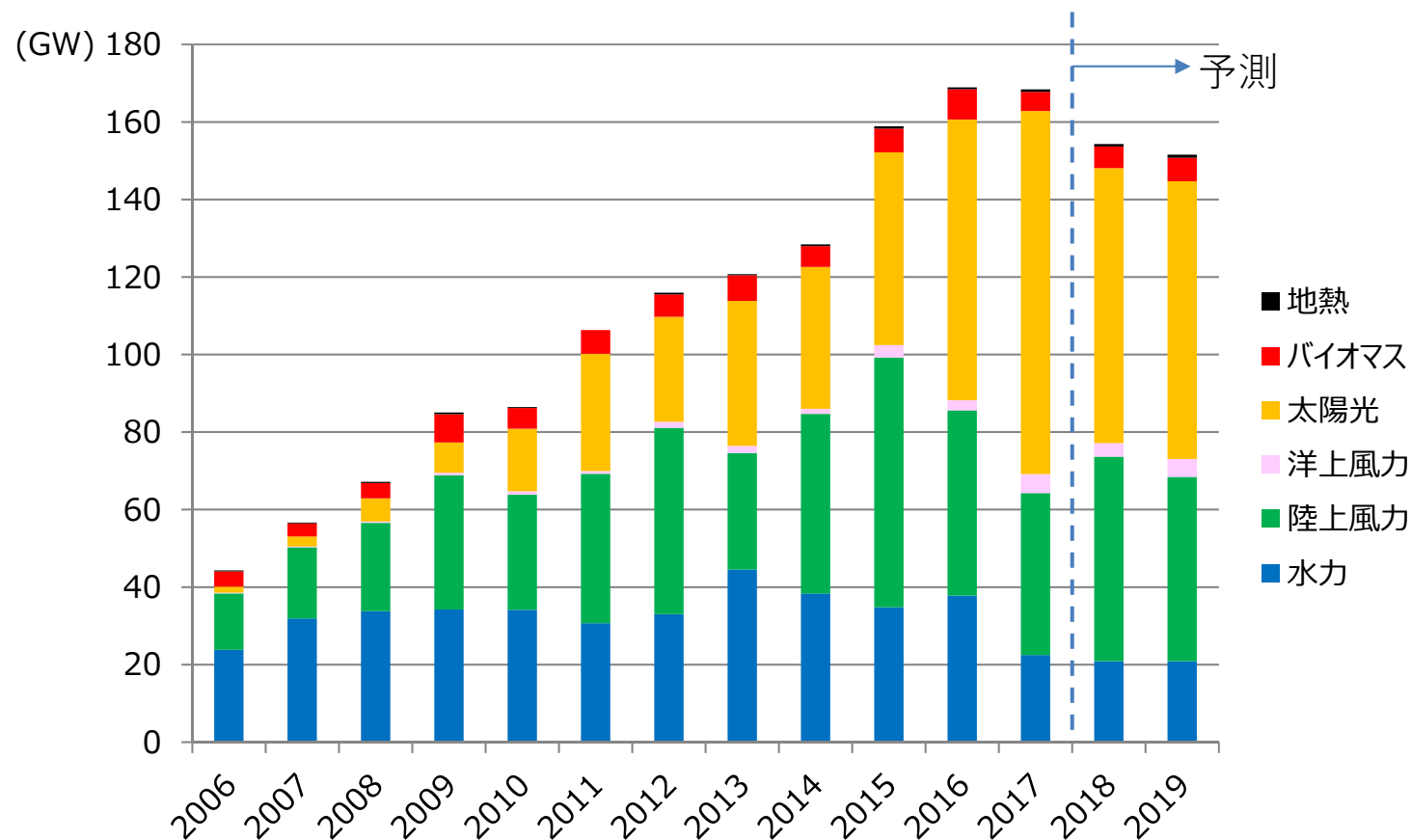
- 2017年末に2,290GWに達し、2019年末には2,600GWへ到達する勢いを維持
 - 水力を除く再エネは2014年から2019年の5年間で倍増
 - 設備容量ベースでは石炭火力（約2,100GW）、ガス火力（約1,700GW）、原子力（約400GW）を追い越して再エネが最大に



出所：IRENA Renewable Electricity Capacity and Generation Statistics, IEA Renewables 2017他を参照して作成

世界の再生エネルギー発電設備容量・年間増加量（2005～2019年）

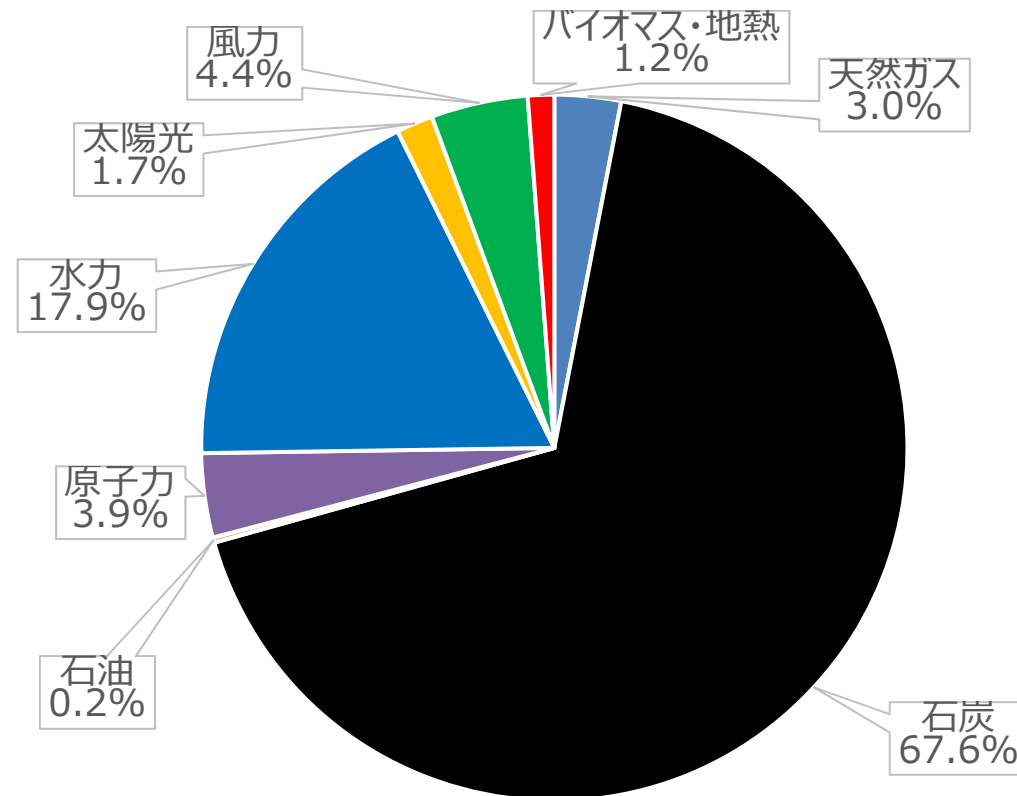
- 2016～17年には過去最大の170GW/年の設備が設置されたが、2018～19年もそれに準ずるレベルでの導入が進む見通し
 - 太陽光と風力が増加の大半を占める傾向が年々強まっており、2018～19年も8割以上を占める
 - コスト低下の著しい太陽光発電に特に強い増加の勢いが見られる



出所：IRENA Renewable Electricity Capacity and Generation Statistics, IEA Renewables 2017他を参照して作成

中国の電源別発電量割合（2017年）

- 2017年中国の発電量6,448TWh*のうち再エネシェアは25.2%
 - 水力17.9%、非水力再エネ7.3%（太陽光1.7%、風力4.4%、バイオマス・地熱1.2%）
 - 2016年の再エネシェア24.9%から0.3ポイント増加（水力18.9%→17.9%へ1ポイント減、太陽光1.0%→1.7%へ0.7ポイント増、風力3.9%→4.4%へ0.5ポイント増）

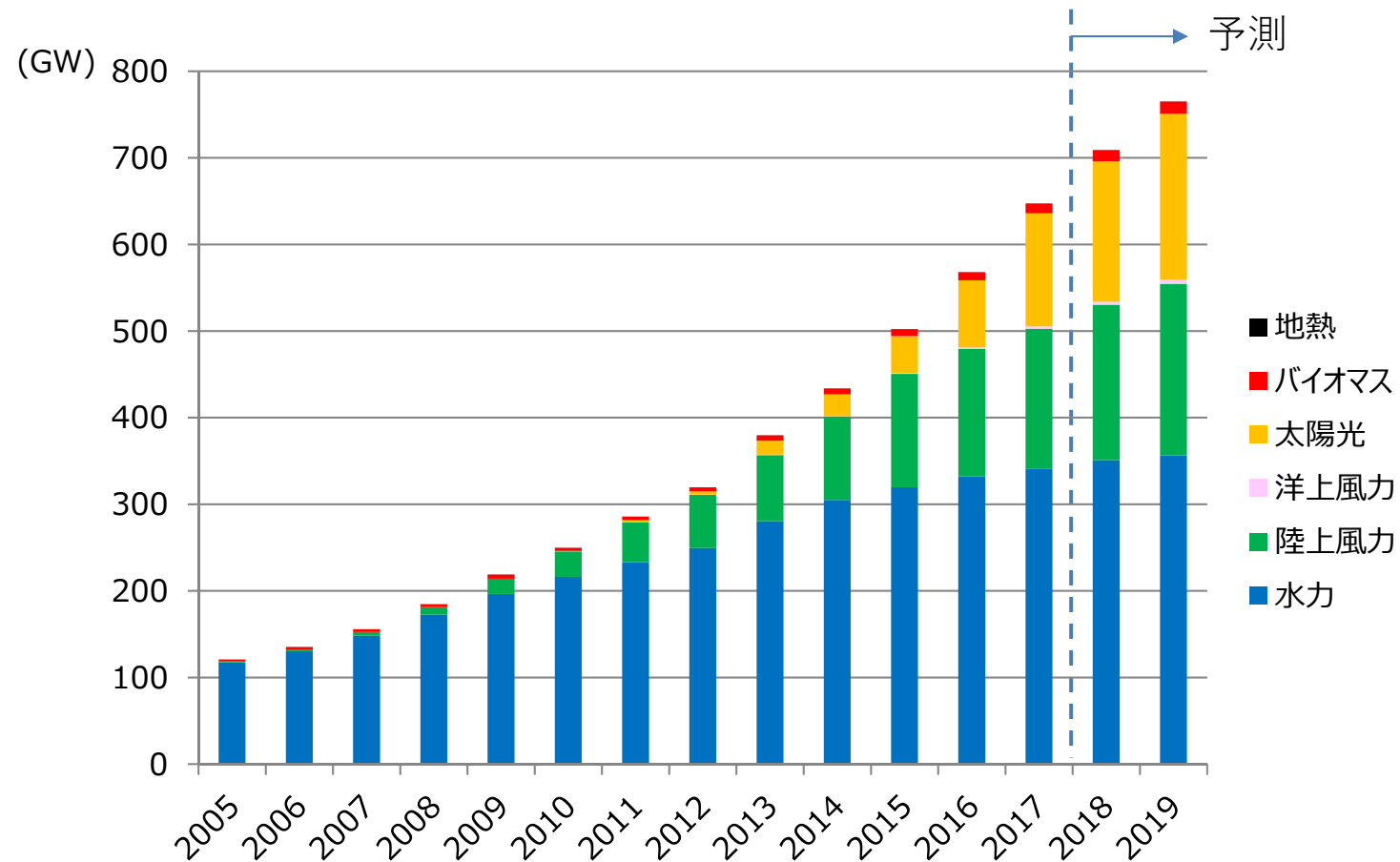


*統計誤差等の47.4TWhを除く

出所：BP Statistical Review of World Energy June 2018を基に作成

中国の再生エネルギー発電設備容量・累積値（2005～2019年）

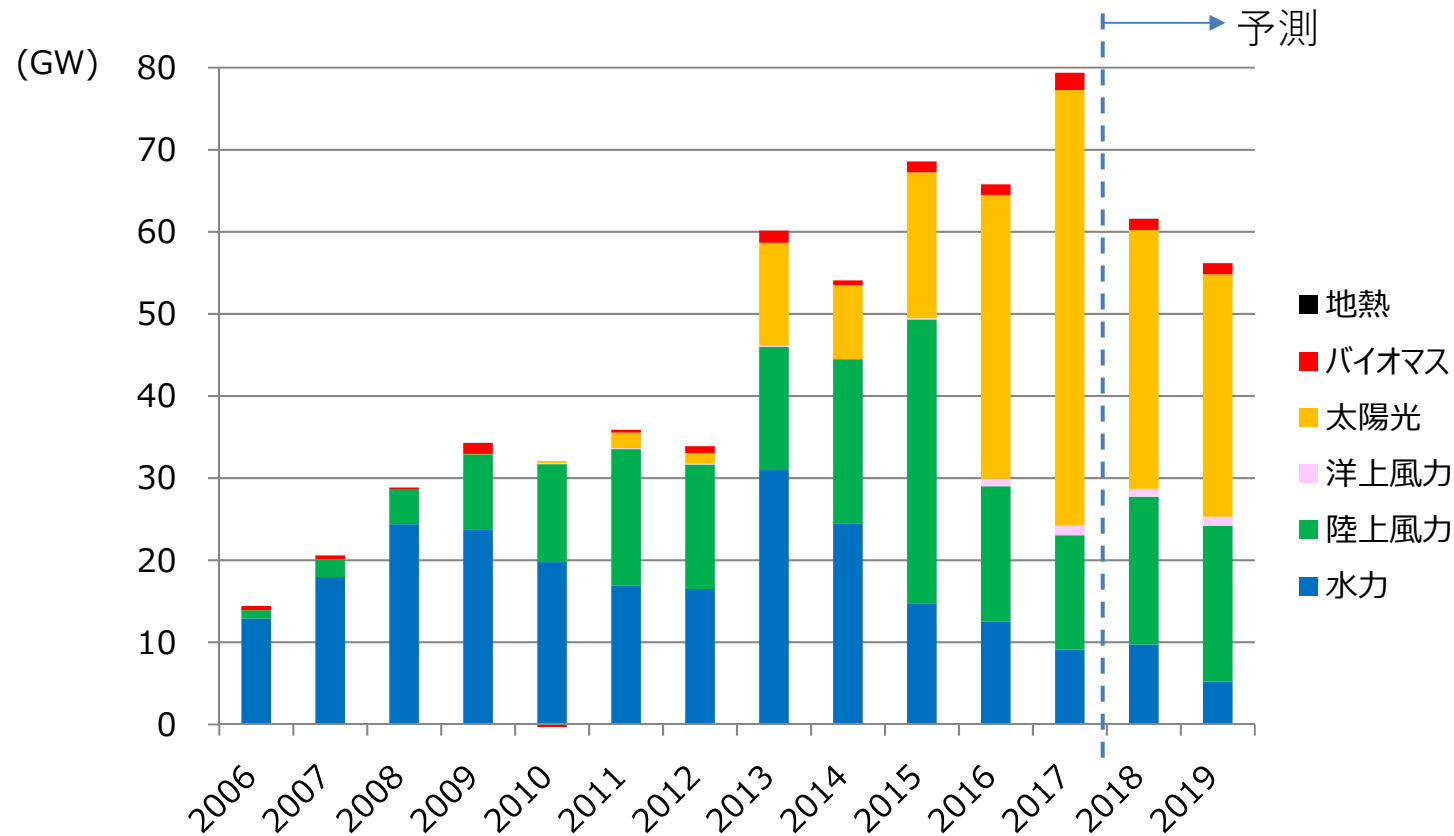
- 2018年末には770GWに達する＝世界の再生エネルギー発電容量の1/3は中国一国に集中
 - 水力を除く再生エネルギーは2015年180GWから2019年410GWと2倍以上に増加
 - 2018年以降水力は概ねフラットで変化なし、増加のほとんどは太陽光と風力で占められる



出所：IRENA Renewable Electricity Capacity and Generation Statistics, IEA Renewables 2017他を参照して作成

中国の再生エネルギー発電設備容量・年間増加量（2005～2019年）

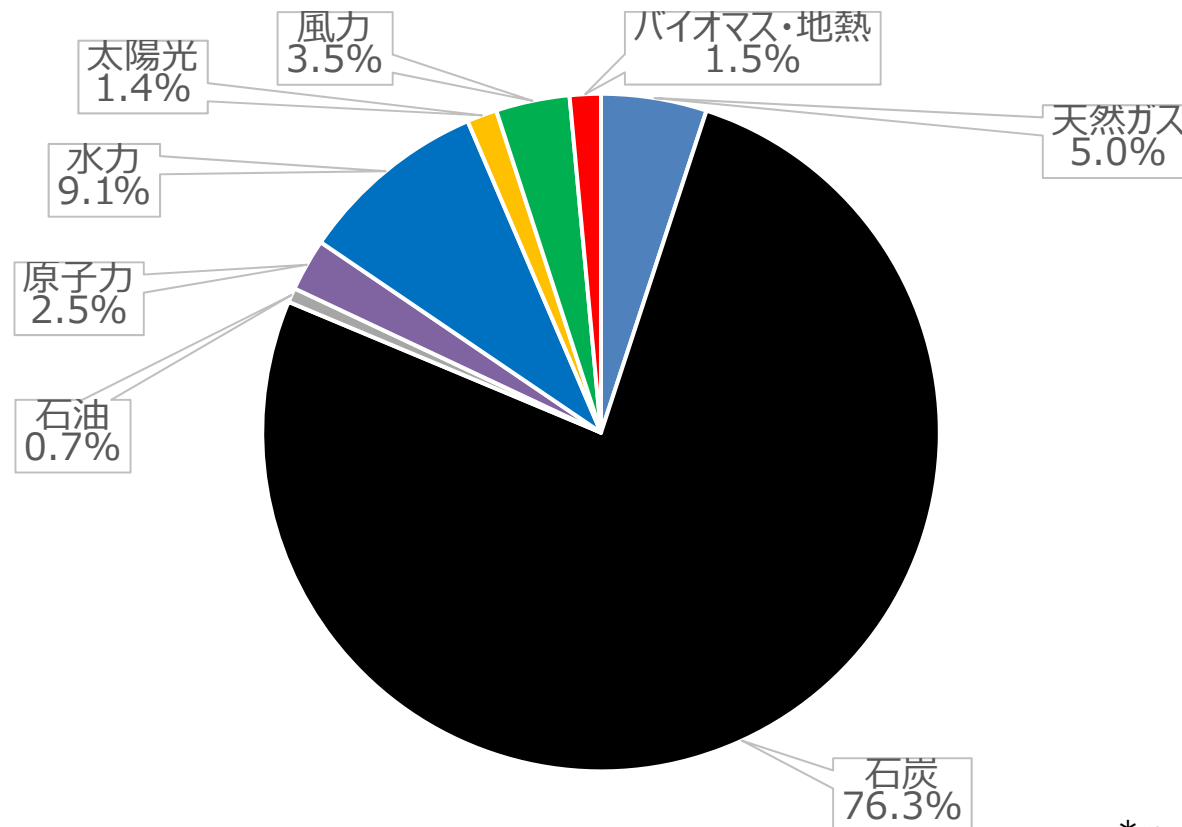
- 太陽光は2015年18GW、2016年35GW、2017年53GWと加速度的に増加してきたが、2018年は30GW程度の増加見通し = 5月末に政府が太陽光の新規設置抑制方針を発表
 - 想定を超える太陽光発電の大量導入が続いたためにFIT原資の財源不足が深刻化
 - この影響が2019年にも及び同年の増加量も30GW程度に落ち着く見通し



出所：IRENA Renewable Electricity Capacity and Generation Statistics, IEA Renewables 2017他を参照して作成

インドの電源別発電量割合（2017年）

- 2017年インドの発電量1,497TWh*のうち再エネシェアは15.5%
 - 水力9.1%、非水力再エネ6.4%（太陽光1.4%、風力3.5%、バイオマス・地熱1.5%）
 - 2016年の再エネシェア14.7%から15.5%へ0.8ポイント増加（太陽光0.8%→1.4%へ0.6ポイント増、風力3.1%→3.5%へ0.4ポイント増）

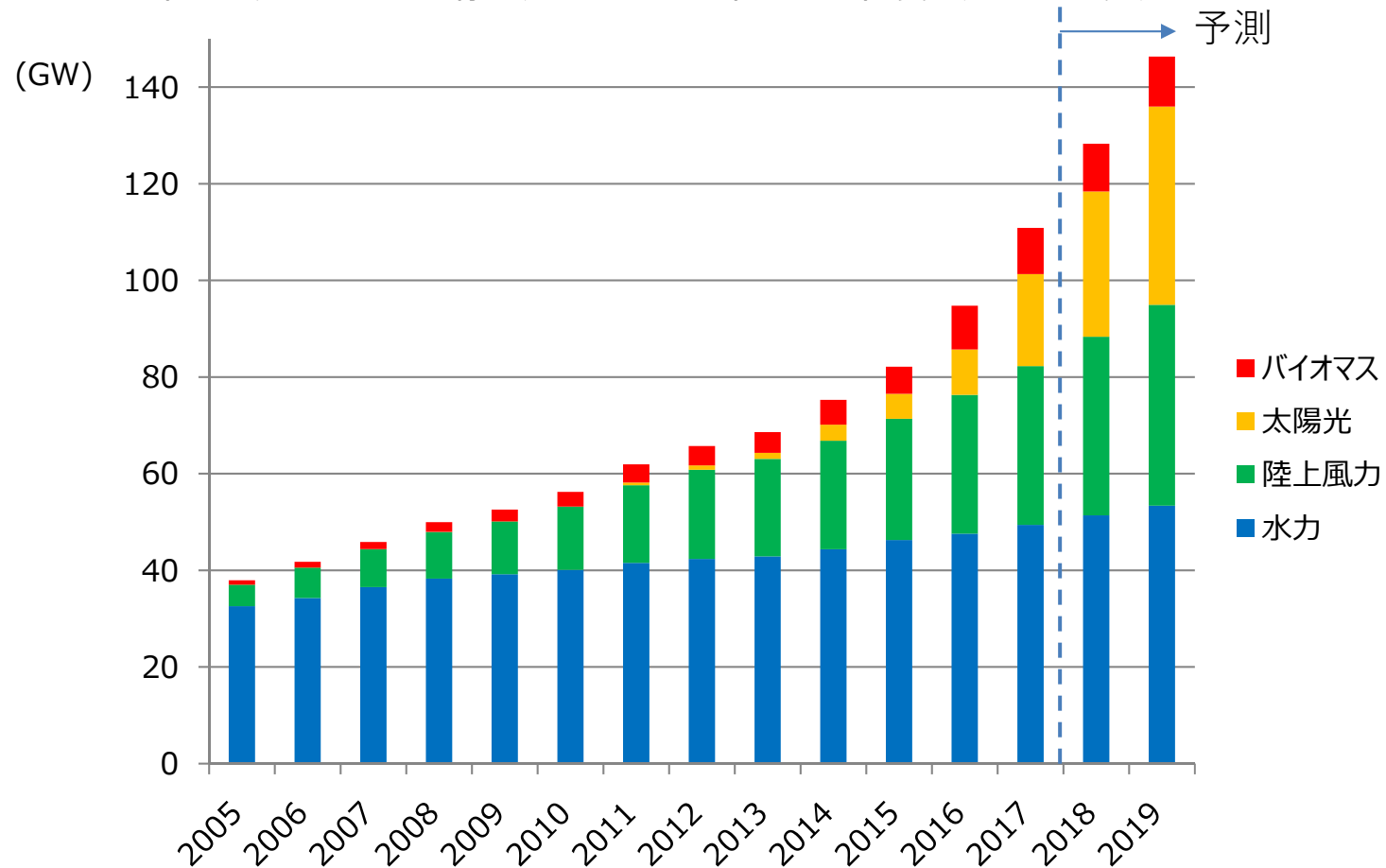


*統計誤差等の0.3TWhを除く

出所：BP Statistical Review of World Energy June 2018を基に作成

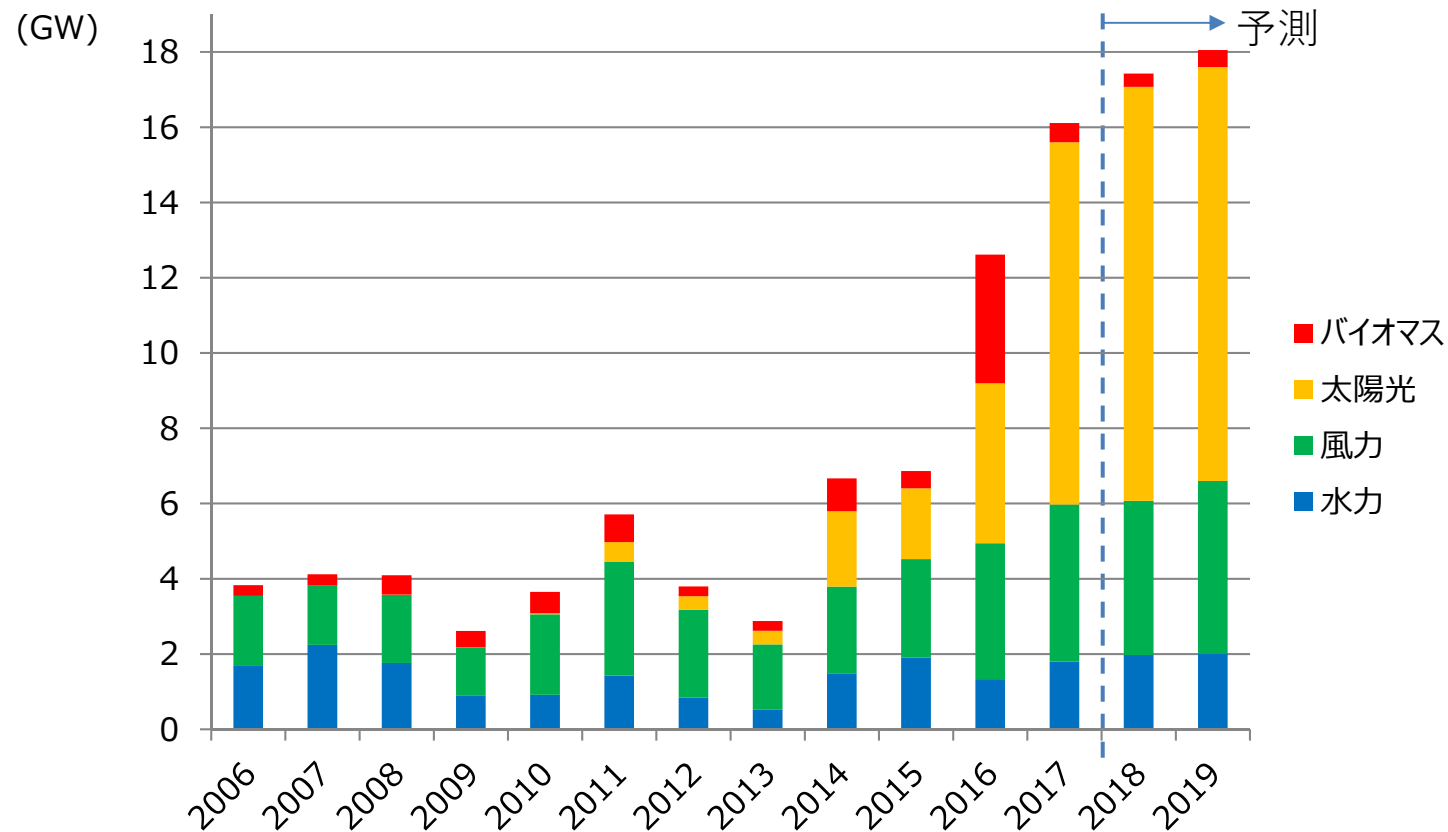
インドの再エネ発電設備容量・累積値（2005～2019年）

- 2015年以降の加速度的に増加しており2014年75GW→2019年146GWと5年で倍増
 - 非水力再エネに限ると2014年31GW→2019年93GWと5年で3倍と急増
 - 2022年太陽光100GW目標に対して2019年40GW程度に達するの見通し



インドの再エネ発電設備容量・年間増加量（2005～2019年）

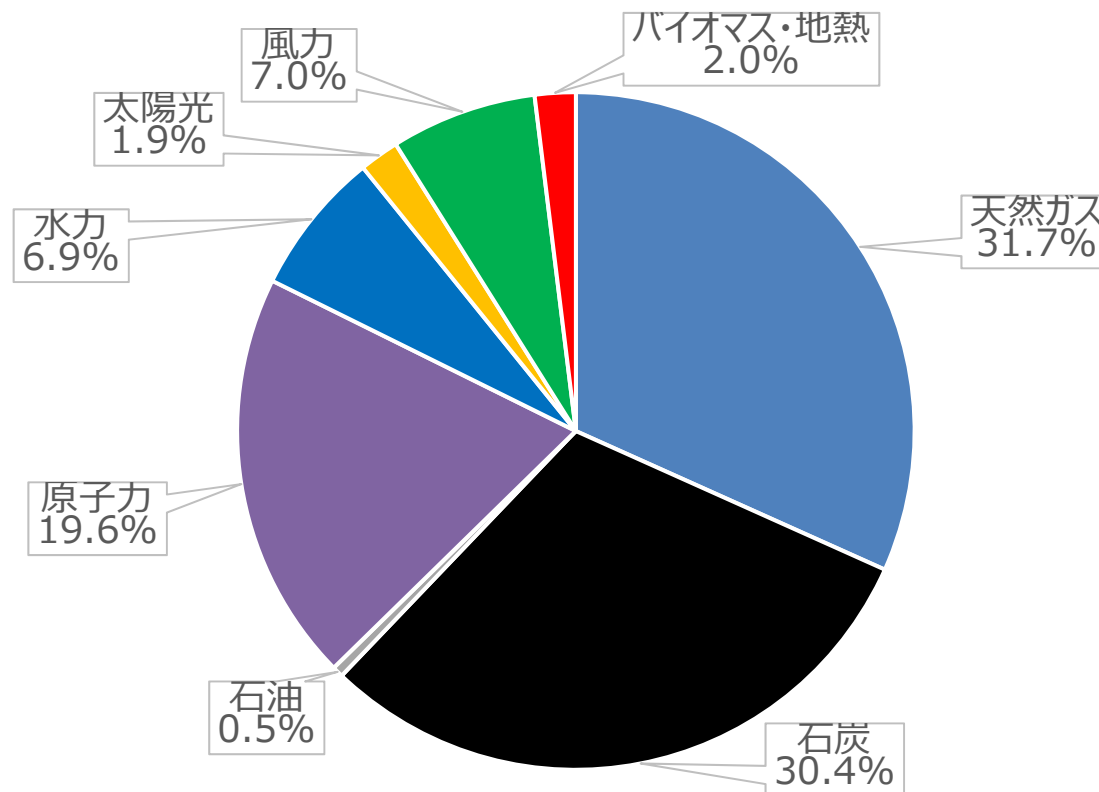
- 2015年2GWだった太陽光の年間増加量が2017年には10GWと5倍に急増、今後も少なくとも年間10GW以上の増加が続く
- 2022年太陽光100GW目標達成には2018年以降15GW/年以上の導入が必要
- 米国を抜いて中国に次ぐ世界第2の規模の太陽光市場になる可能性がある



出所：IRENA Renewable Electricity Capacity and Generation Statistics, IEA Renewables 2017他を参照して作成

米国の電源別発電量割合（2017年）

- 2017年米国の発電量4,268TWh*のうち再エネシェアは17.8%
 - 水力6.9%、非水力再エネ10.9%（太陽光1.9%、風力7.0%、バイオマス・地熱2.0%）
 - 2016年の再エネシェア15.6%から2.2ポイント増加（太陽光1.4%→1.9%、風力6.2%→7.1%へそれぞれ増加が大きい）

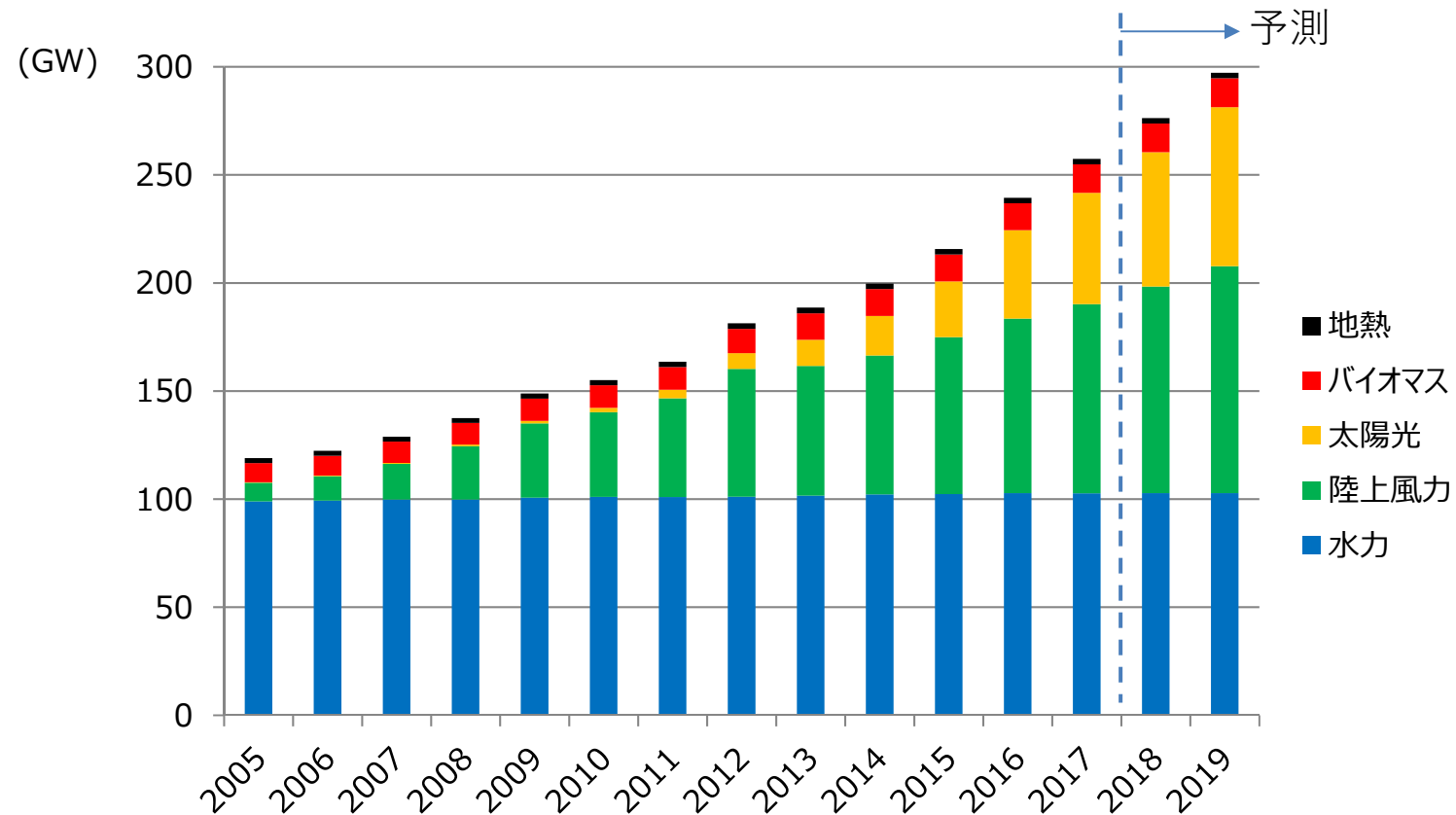


*統計誤差等の13.6TWhを除く

出所：BP Statistical Review of World Energy June 2018を基に作成

米国の再生エネルギー発電設備容量・累積値（2005～2019年）

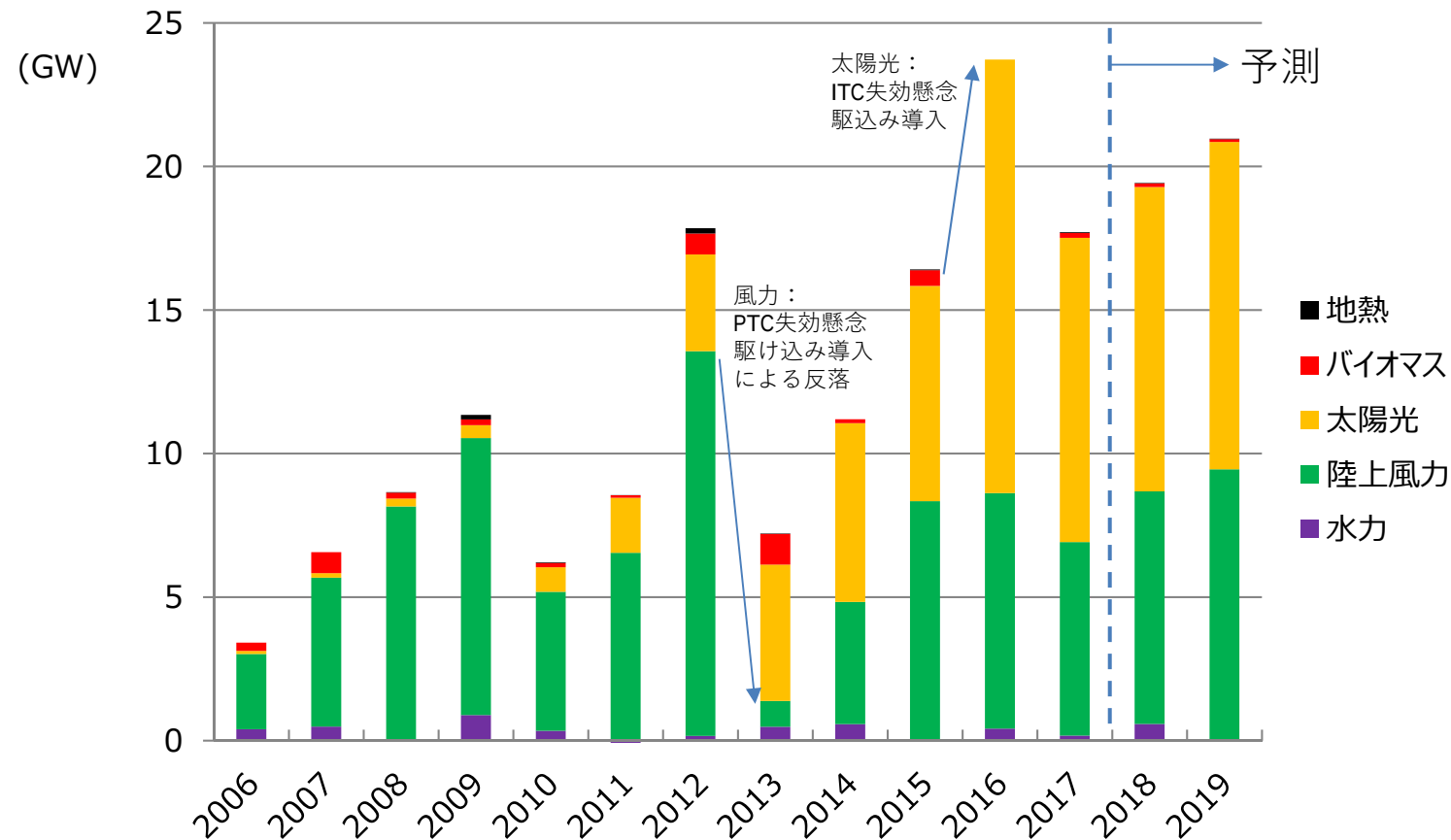
- トランプ政権下においても太陽光・風力発電の増加が継続的に進む見通し
 - 2017年末に250GWを超えた発電容量は2018年も増加を続け、2019年には300GWに迫る
 - 水力を除いた再生エネルギー発電容量は2014年97GW→2019年190GWへ倍増
 - トランプ政権の政策意図よりも、コスト競争による市場ベースでの太陽光・風力の増加が続く



出所：IRENA Renewable Electricity Capacity and Generation Statistics, IEA Renewables 2017他を参照して作成

米国の再生エネルギー発電設備容量・年間増加量（2005～2019年）

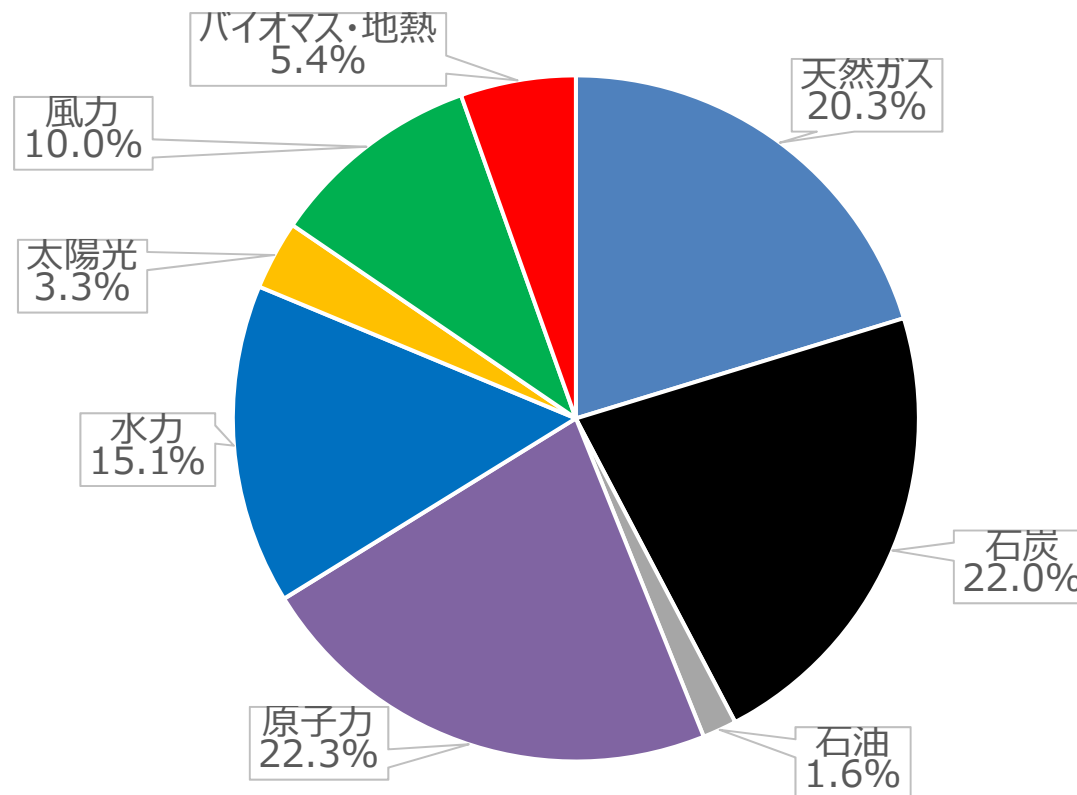
- トランプ政権下での最初の1年（2017年）の再生エネルギー導入量は18GW＝過去最大だった2016年に次ぐ高水準での再生エネルギー導入量を記録
 - 太陽光のコスト低下とPTC/ITCフェーズアウトを背景に2018～19年にかけても増加基調
 - トランプ政権による太陽光モジュールへのセーフガード発動、税制改革の影響等不透明な要因も



出所：IRENA Renewable Electricity Capacity and Generation Statistics, IEA Renewables 2017他を参照して作成

欧州の電源別発電量割合（2017年）

- 2017年欧州の発電量3,819TWh*のうち再エネシェアは33.8%
 - 水力15.1%、非水力再エネ18.7%（太陽光3.3%、風力10.0%、バイオマス・地熱5.4%）
 - 2016年の再エネシェア34.0%から0.2ポイント低下（記録的渇水のため水力17.1%→15.1%へ2.0ポイント減少、非水力16.9%→18.7%へ1.8ポイント増加）

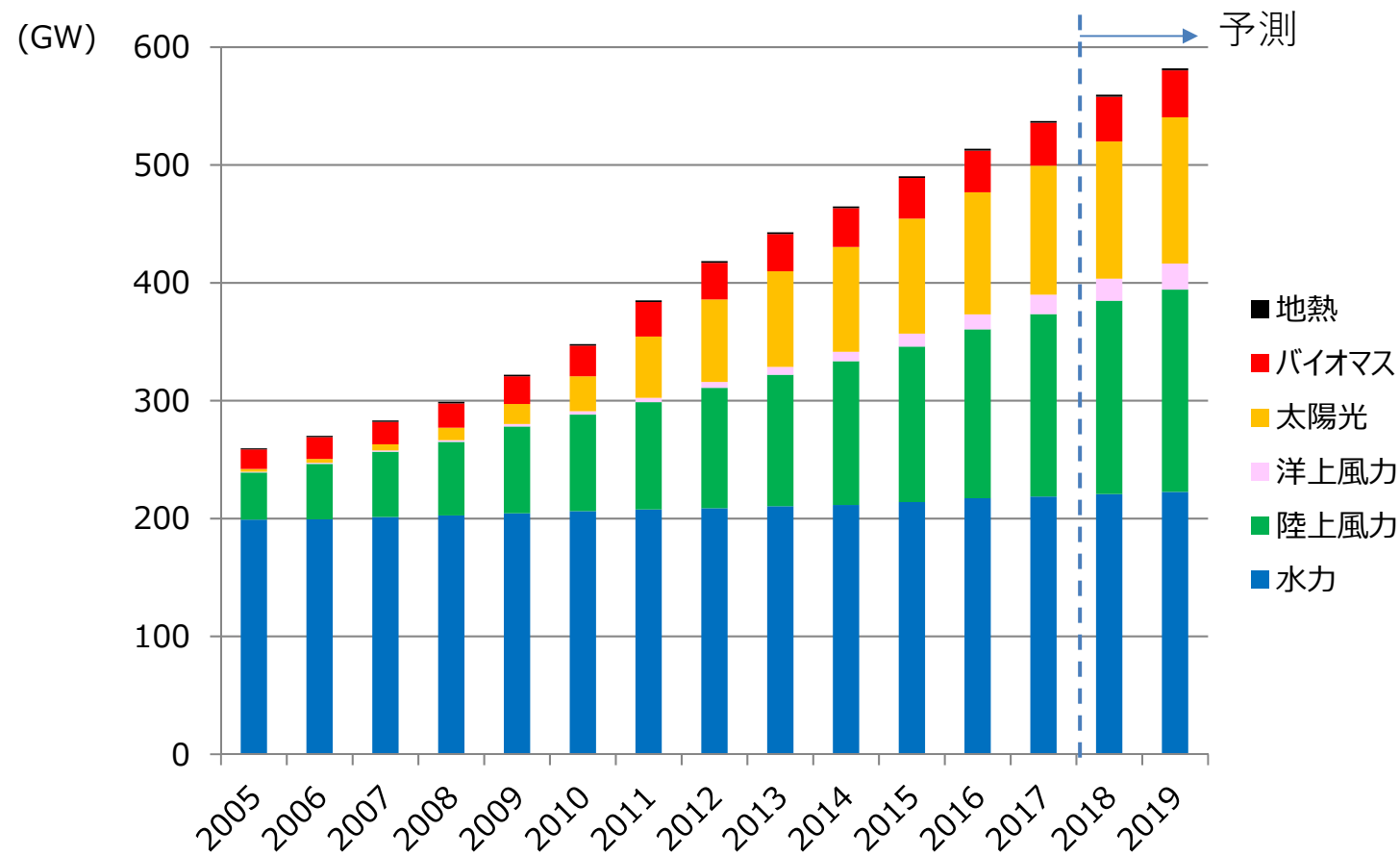


*統計誤差等の81.9TWhを除く

出所：BP Statistical Review of World Energy June 2018を基に作成

欧州の再生エネルギー発電設備容量・累積値（2005～2019年）

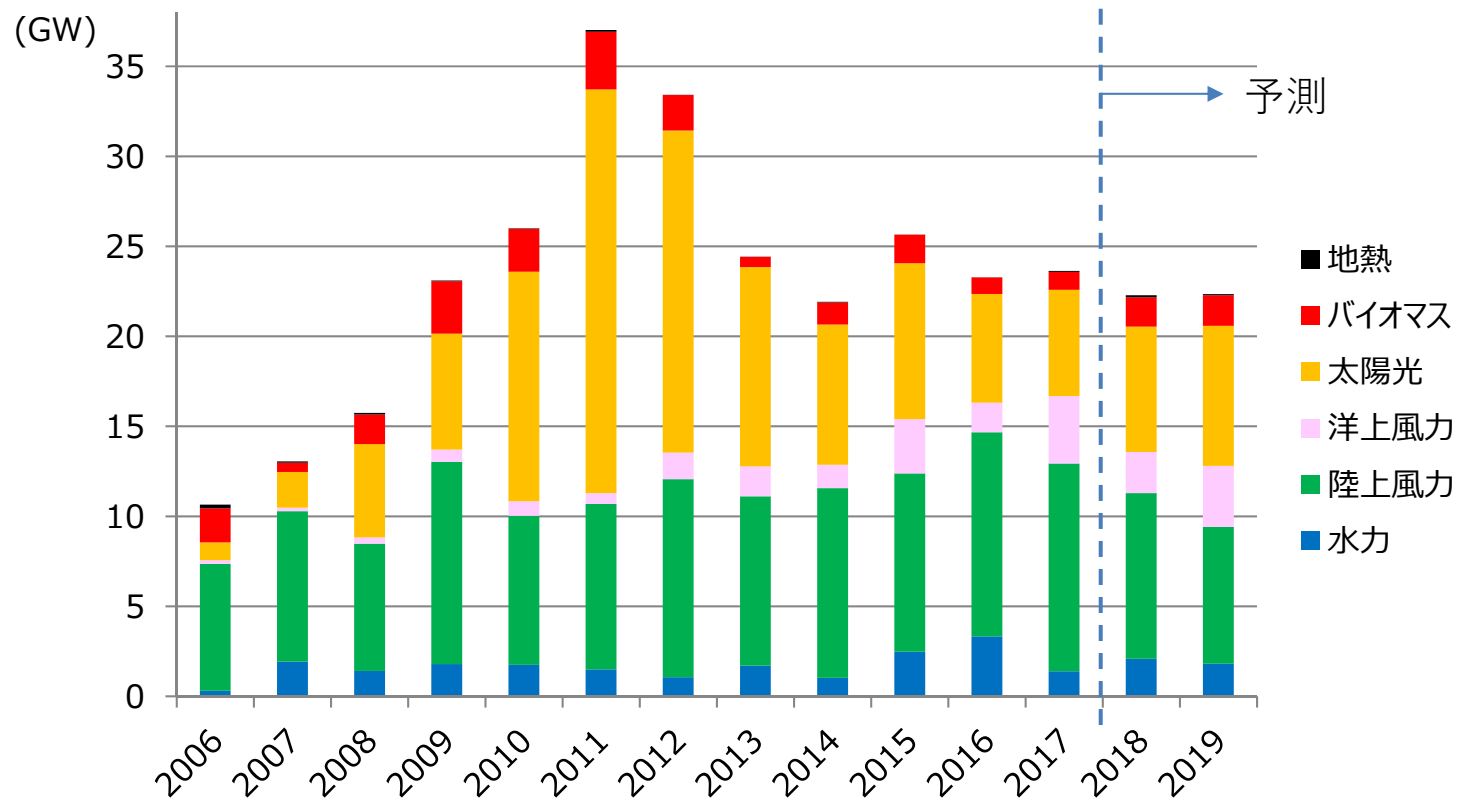
- 2019年末の580GWに向けて安定的に増加する見込み
 - 全体に占める割合は小さいが洋上風力が着実に増加（2015年10GW→2019年22GWへ倍増）



出所：IRENA Renewable Electricity Capacity and Generation Statistics, IEA Renewables 2017他を参照して作成

欧州の再生エネルギー発電設備容量・年間増加量（2005～2019年）

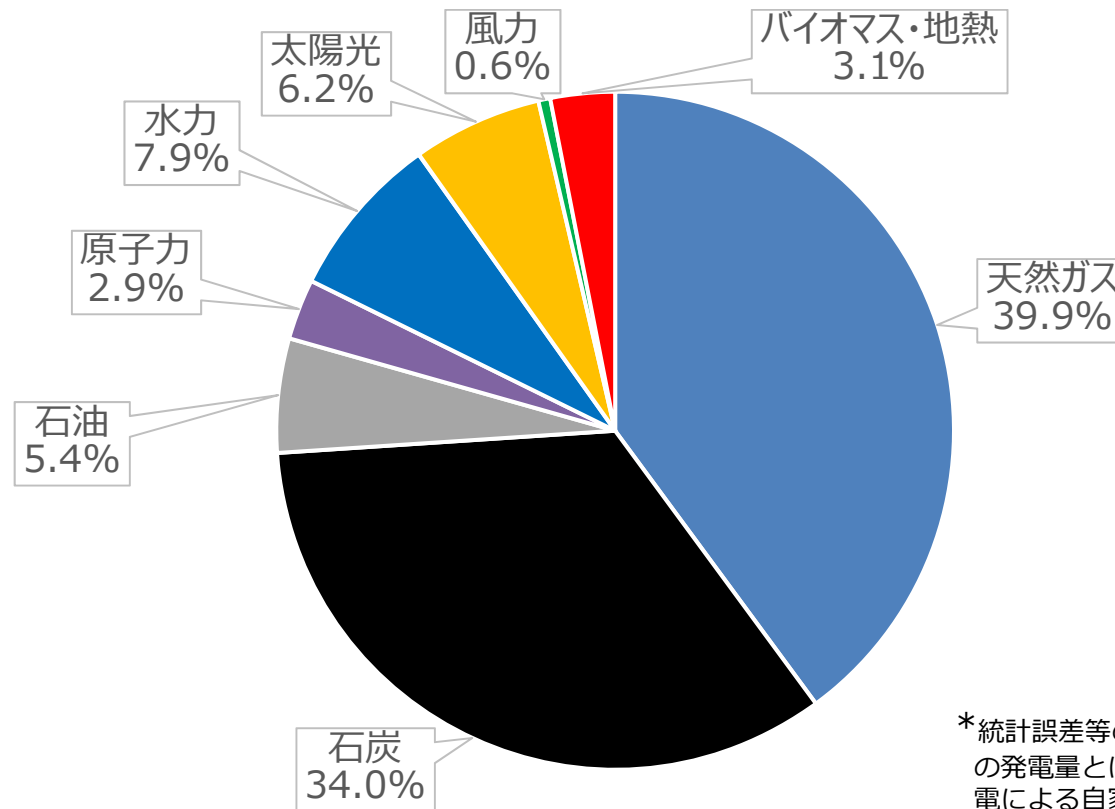
- 2011～12年の太陽光バブル期を経て、以後は20～25GW/年で安定的な増加を維持
 - 急速なコスト低下に伴って太陽光が底打ちし復活の兆しあり
 - 陸上風力（5%/年程度増加）と比較して洋上風力（20%/年程度増加）の伸びに勢いが見られる



出所：IRENA Renewable Electricity Capacity and Generation Statistics, IEA Renewables 2017他を参照して作成

日本の電源別発電量割合（2017年）

- 2017年日本の発電量1,006TWh*のうち再エネシェアは17.8%
 - 水力7.9%、非水力再エネ9.9%（太陽光6.2%、風力0.6%、バイオマス・地熱3.1%）
 - 2016年の再エネシェア16.5%から1.3ポイント増加（太陽光が4.9%→6.2%へ1.3ポイント増加）



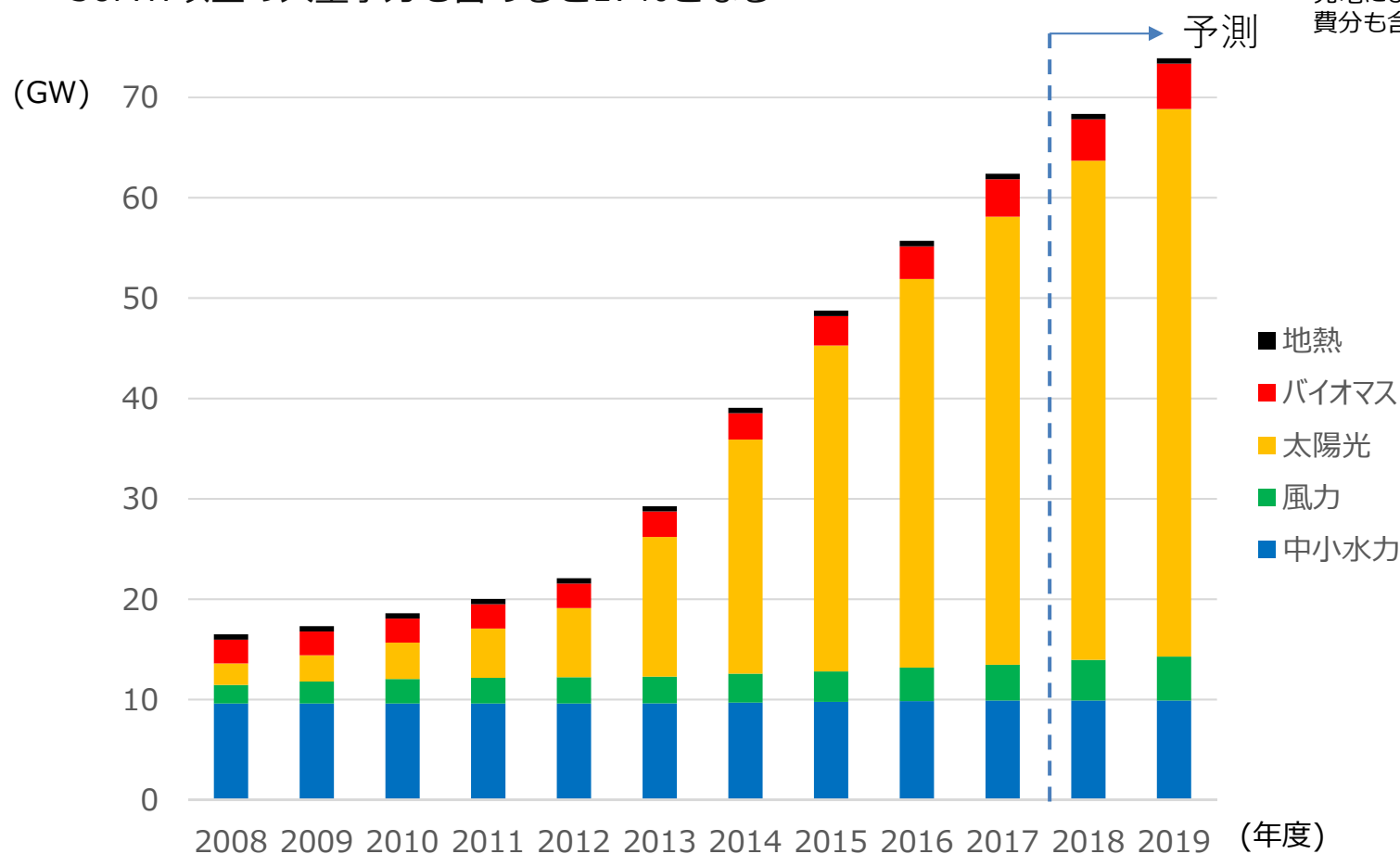
*統計誤差等の14.1TWhを除く。なお、ここでの発電量とは電気事業用発電量であり、自家発電による自家消費・所内消費分を含まないことに注意。

日本の再生エネルギー発電設備容量・累積値（2008～2019年） （30MW以上の大型水力を除く）

- 2018年度末には68GW、2019年度末には74GWまで増加する見通し

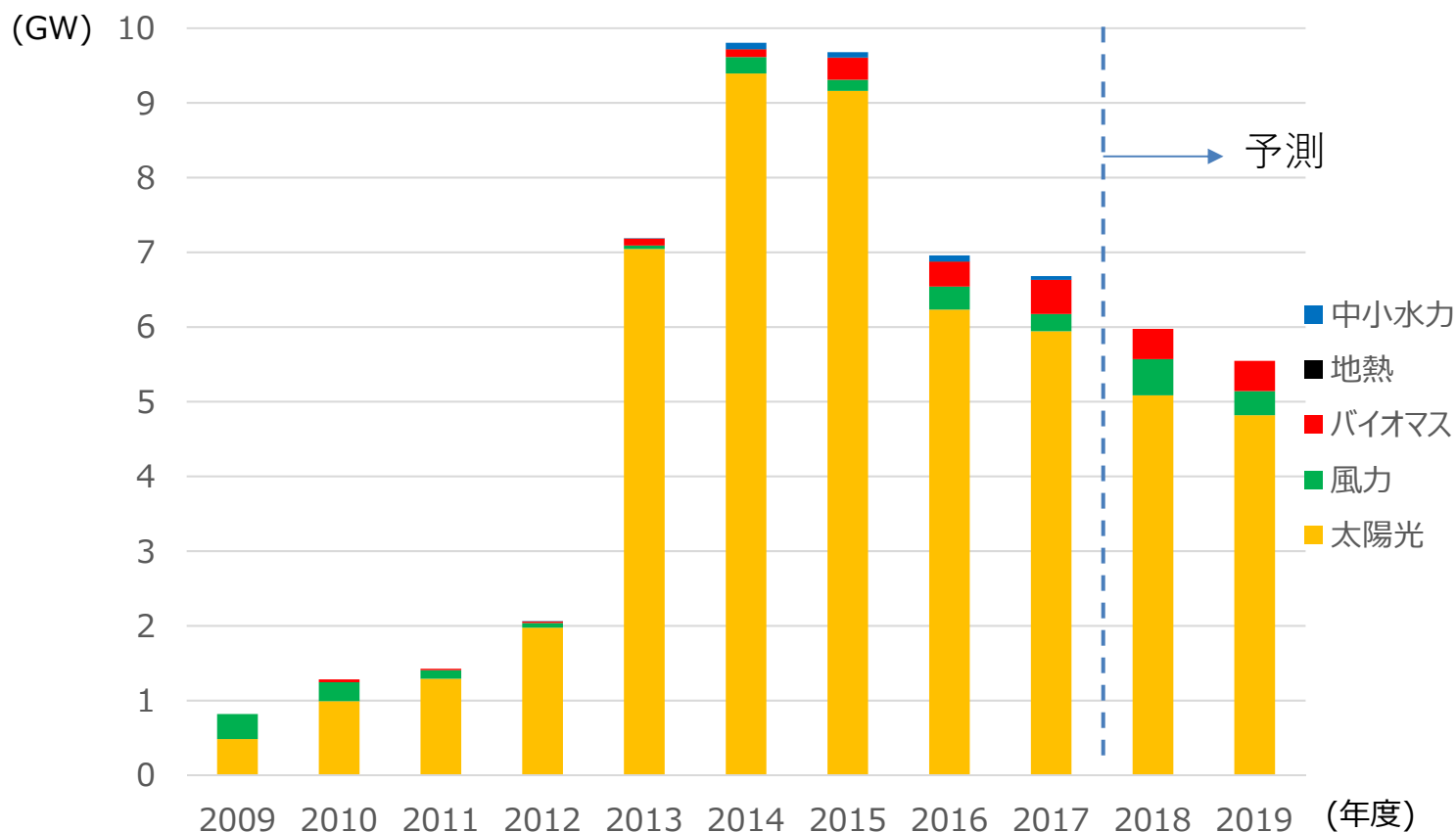
- 2019年度の年間発電量は1,351億kWhに達し、総発電量*の13%を占める
- 30MW以上の大型水力も含めると17%となる

*ここでの総発電量とは電気事業用発電量に加えて、自家発電による自家消費・所内消費分も含む。



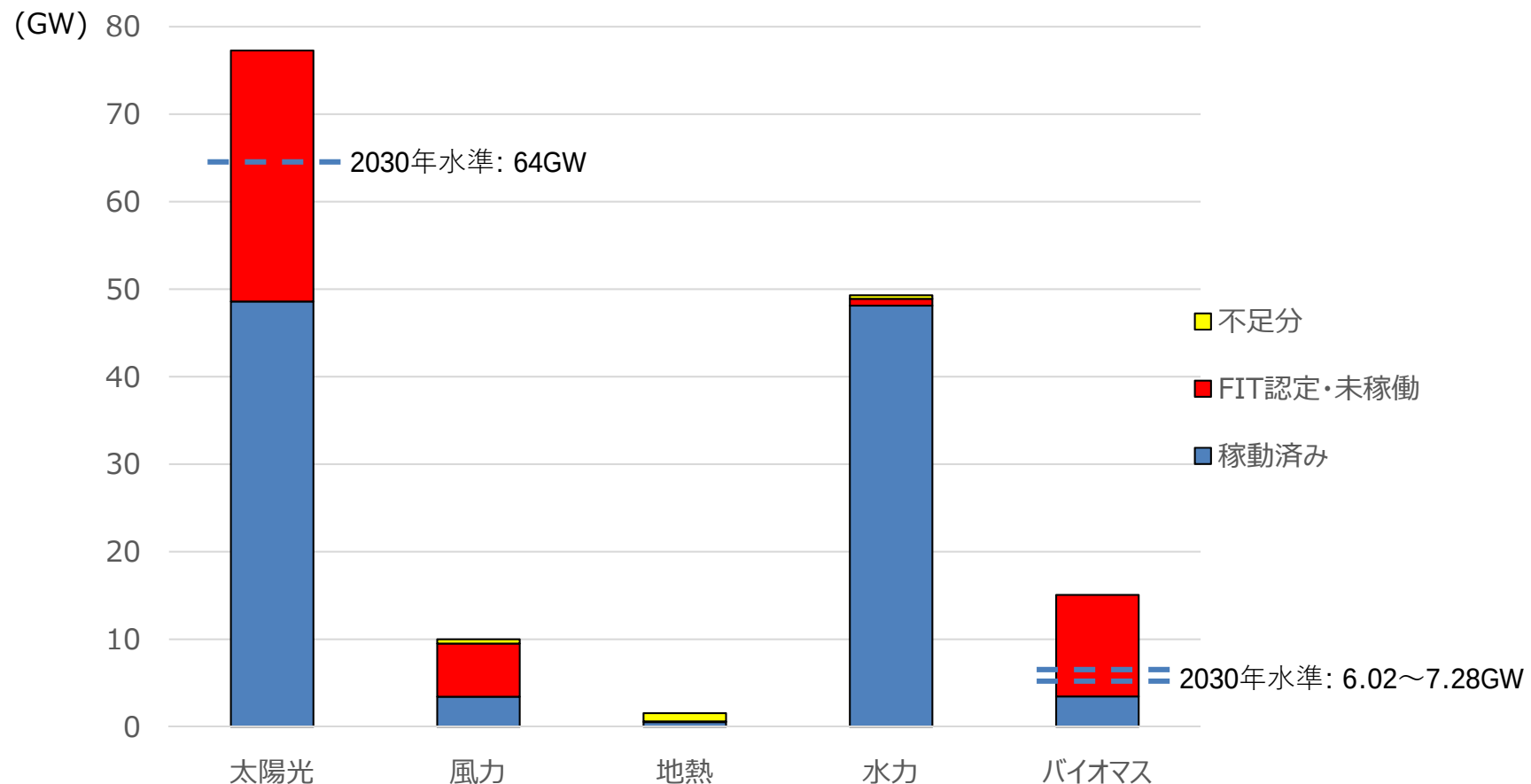
日本の再生エネルギー発電設備容量・年間増加量（2009～2019年） （30MW以上の大型水力を除く）

- 2014～15年をピークとする太陽光発電の年間増加量は年々縮小しているが、それでも2018～19年にかけても5GW/年程度増加する見通し（世界的に有数の市場規模を維持）
 - 再生エネルギー増加量の約8割を太陽光が占める状況は当面続く。



2030年エネルギーミックス水準に対する再エネ導入状況

- 稼働 + FIT認定分を合わせると2030年エネルギーミックス想定量に概ね到達
 - 太陽光は2030年水準を大幅に超過、バイオマスは導入困難な案件を除いても2030年水準に到達
 - 系統側の受け入れ次第で2030年水準再エネシェア22～24%は2020年代半ばに達成可能性あり

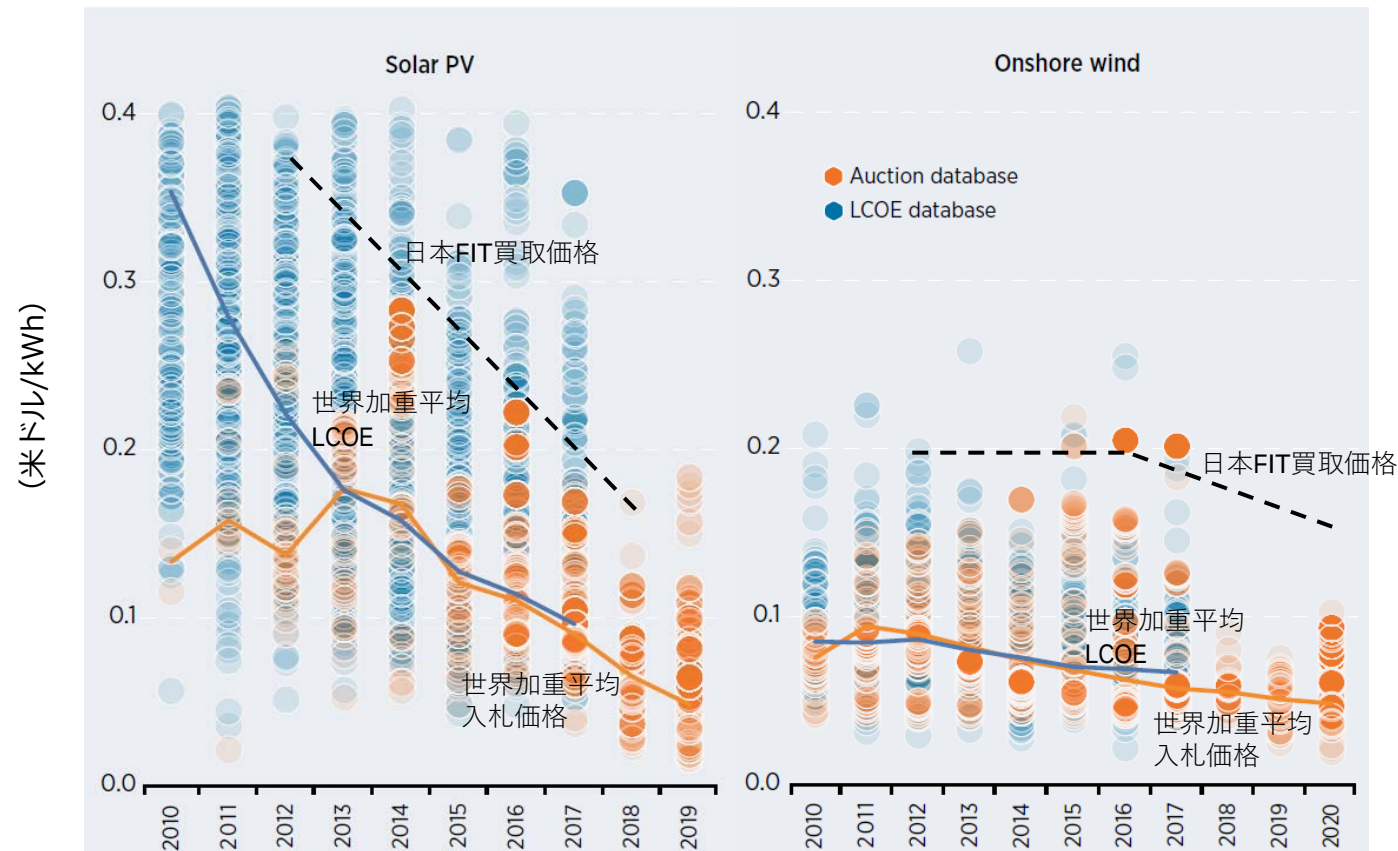


出所：IRENA Renewable Electricity Capacity and Generation Statistics, 資源エネルギー庁公表資料等を参照して作成

低下を続ける再エネ発電コスト（LCOE）：太陽光と風力

- 2019年の大規模太陽光の発電コストは6セント/kWh付近、陸上風力は同様に世界加重平均で5セント/kWh付近まで低下する見通し（世界加重平均）
- 日本のFIT買取価格は切下げするも世界加重平均LCOE・入札価格と比較して2～3倍高い水準

大規模太陽光（左）と陸上風力（右）の発電コストと入札価格の推移



出所：IRENA “Renewable Power Generation Costs in 2017”に加筆

再エネ拡大を踏まえたソリューションの模索に拍車

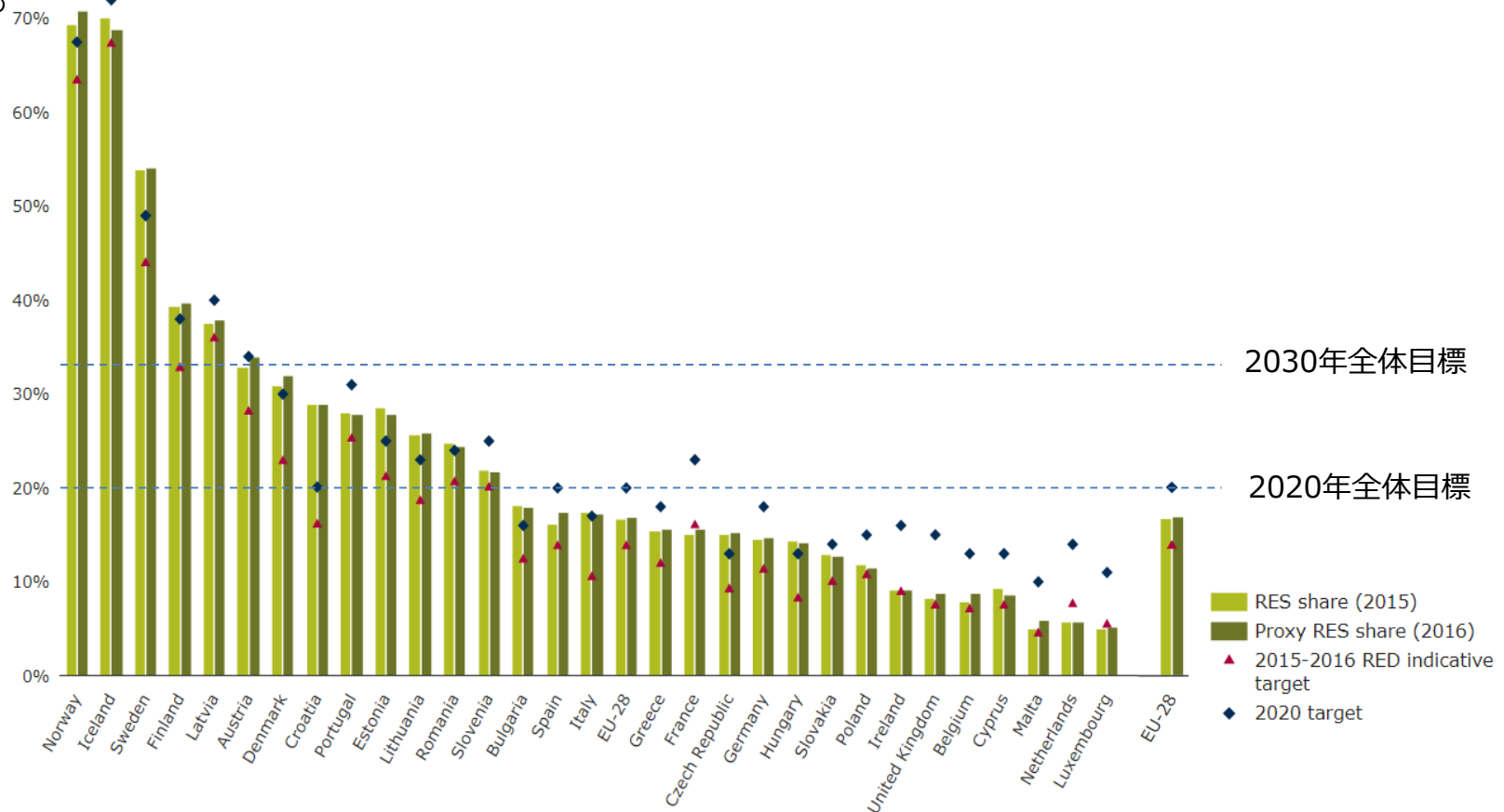
- 分散型再エネの長期的な拡大は不可避との共通認識が世界的に定着しつつある
 - 同時に、AI、IoT、デジタル化、ブロックチェーン^(注)といった技術革新も急速に進展
- エネルギーの分散化を見据えた新たなビジネスモデルとしての蓄電池、VPP、P2P、EV + V2G、P2G^(注)等のソリューションの模索が世界中で急速に顕在化、2019年にかけても一層拍車がかかる見込み
 - 東京電力HD：
 - ブロックチェーンによるP2P取引基盤の独ベンチャー企業コンジュールに出資（2017年7月）
 - ブロックチェーンによる顧客管理プラットフォームの英エレクトロンに出資（2018年1月）
 - ブロックチェーン技術を持つシンガポール企業エレクトリファイ・アジアと提携（2018年6月）
 - 関西電力：豪パワーレジャーとブロックチェーンによるP2P取引実証開始（2018年4月）
 - 東京ガス：ブロックチェーンでの電力P2P取引基盤構築のデジタルグリッドに出資（18年3月）
 - 伊藤忠商事：AI技術の蓄電池プラットフォームで英Moixa Energyと資本業務提携（18年2月）
 - イオン：ブロックチェーンによる再エネ電力のP2P取引の実証事業を開始（2018年4月）
 - 三菱自工：オランダでPHEVからのV2Gによる電力系統安定化の実証実験を開始（2017年10月）
 - 旭化成：ドイツで風力発電による「グリーン水素」生成の実証プロジェクト開始（2018年4月）
- 日本では2019年11月以降に大量発生する「卒FIT家庭用太陽光発電」に対して蓄電池設置による自家消費需要が喚起され、そこを起点としてエネルギーシステム分散化を踏まえた新しいビジネスモデルの流れが形成される可能性あり

(注) ブロックチェーン：分散型台帳技術、VPP：バーチャルパワープラント、P2P：“Peer to Peer”＝消費者間での直接電力取引、V2G：“Vehicle to Grid”＝EV・グリッド間での電力融通、P2G：“Power to Gas”＝主に再エネからの余剰電力を用いた水素製造

EU全体の2030年再エネ目標は32%で暫定的に合意

- 2018年6月、EU委員会、EU理事会、EU議会の3者はEU全体の2030年の再エネ目標を最終エネルギー消費の32%とすることで暫定的に合意（2020年の再エネ目標は最終エネルギー消費の20%）
 - 当初案では27%だった目標を32%に引き上げ
 - 今後数ヶ月以内にEU議会とEU理事会において正式に決定される見込み

(最終エネ消費に占める再エネ割合)



出所：Progress of renewable energy sources by country (2017) European Environment Agencyに加筆

第5次エネルギー基本計画（2018年7月3日閣議決定）

- 「再生可能エネルギーの主力電源化を目指す」と長期的方向性を初めて明記
 - 2030年エネルギーミックスの再エネ割合は22～24%で据え置き
- 再エネ主力電源化に向けた課題1：コスト低減と国民負担の抑制
 - 入札活用とFIT制度の適切な運用＝買取価格の機動的な切り下げ
 - 2030年事業用太陽光7円/kWh、陸上風力8～9円/kWhを目指す
 - FIT制度からの自立化
 - 家庭用太陽光は「売電」から「自家消費」へ、大規模太陽光・風力・地熱は市場売電へ
- 再エネ主力電源化に向けた課題2：系統制約の克服、調整力の確保
 - 既存系統の空き容量を活用する「日本版コネクト＆マネージ」を早期に実現
 - 再エネ大量導入を踏まえた次世代型送配電ネットワークへ転換を目指す
 - 調整力の確保：当面は火力発電＋再エネ自身の調整機能活用、エリア間の関係拡大、長期的にはVPP、V2G、蓄電池、P2G等次世代の調整力活用し脱炭素化
 - 蓄電池からの電力を系統に供給することを弾力的に認めるため逆潮流の運用を柔軟化

再エネ発電コストの低減策：FITから入札拡大へ

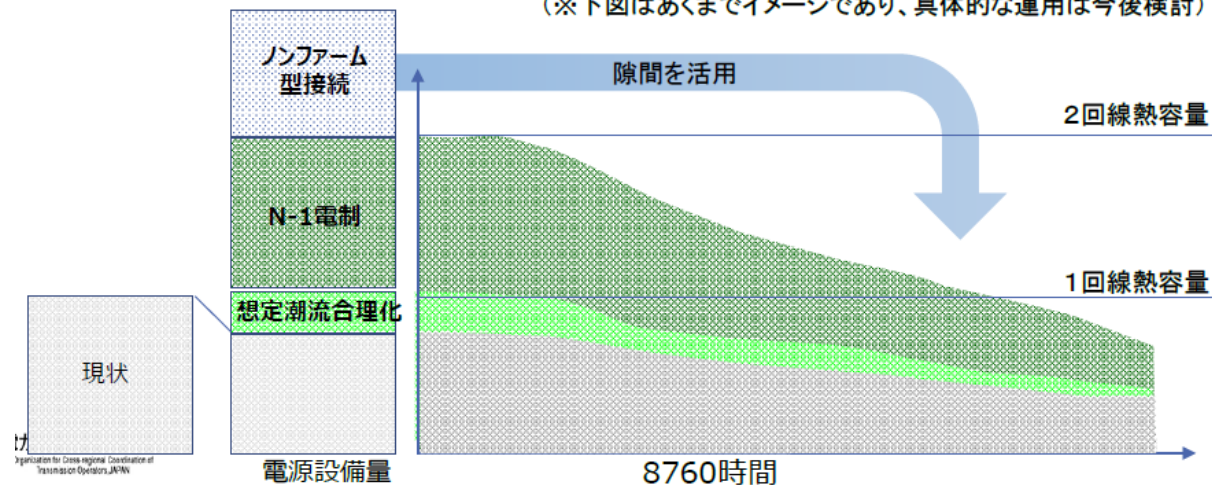
- ①導入が大幅に達成されていること②十分なFIT認定件数を有すること③コスト低下のポテンシャルが見込まれる再エネ電源について順次入札へ移行
- 2017年度から2MW以上の太陽光を対象に入札実施
 - 2017年11月初回入札では500MW入札枠に対して落札は144MW、さらに二次保証金納付は41MWのみ、FIT価格21円に対して最低落札価格は17.2円/kWh
- 初回結果を踏まえた入札ルール改定の上で、引き続き2MW以上の太陽光入札を2018年度内に2回実施する予定（いずれも上限価格は非公表で入札）
 - 第2回太陽光入札（18年8月）：250MW分
 - 第3回太陽光入札（18年12月）：250MW分（第2回応札量が250MW以下の場合はその応札量）
- 太陽光に続いて、2019年度からは以下のバイオマスについても入札を導入（太陽光同様上限価格は非公表で入札）
 - 10MW以上の一般木質バイオマス
 - 第1回（18年12月）一般木質バイオマス入札量：180MW分
 - すべての液体燃料バイオマス（主にパーム油発電）
 - 第1回（18年12月）液体燃料バイオマス入札量：20MW
- 着床式洋上風力については、一般海域占有ルールの適用開始に合わせて、ルールが適用される着床式案件から入札へ移行予定（既に環境アセス中の案件が3.76GW分あり）
 - 浮体式洋上風力、陸上風力については入札へ移行せず当面FITの対象とする

系統制約の克服：日本版コネクト&マネージ

- 既存送電線を活用して接続量を増加させる「日本版コネクト&マネージ」を今後進める
 - 想定潮流の合理化（いわゆる「送電線空き容量問題」への対応）
 - 従来の潮流想定（全電源が最大出力で稼働する前提で潮流想定）→ 電源稼働の蓋然性評価、自然変動再エネの出力評価に基づき実態に近い電源稼働を踏まえた潮流想定へ変更
 - N-1電制（N-1故障時瞬時電源制限）
 - 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
 - ノンファーム型接続（平常時出力抑制条件付き電源接続）
 - 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
 - 発電事業者は平常混雑時における出力抑制リスクを織り込んだ上での事業計画が必要となるため、系統混雑状況に関する情報開示が求められる

日本版コネクト&マネージの潮流イメージ

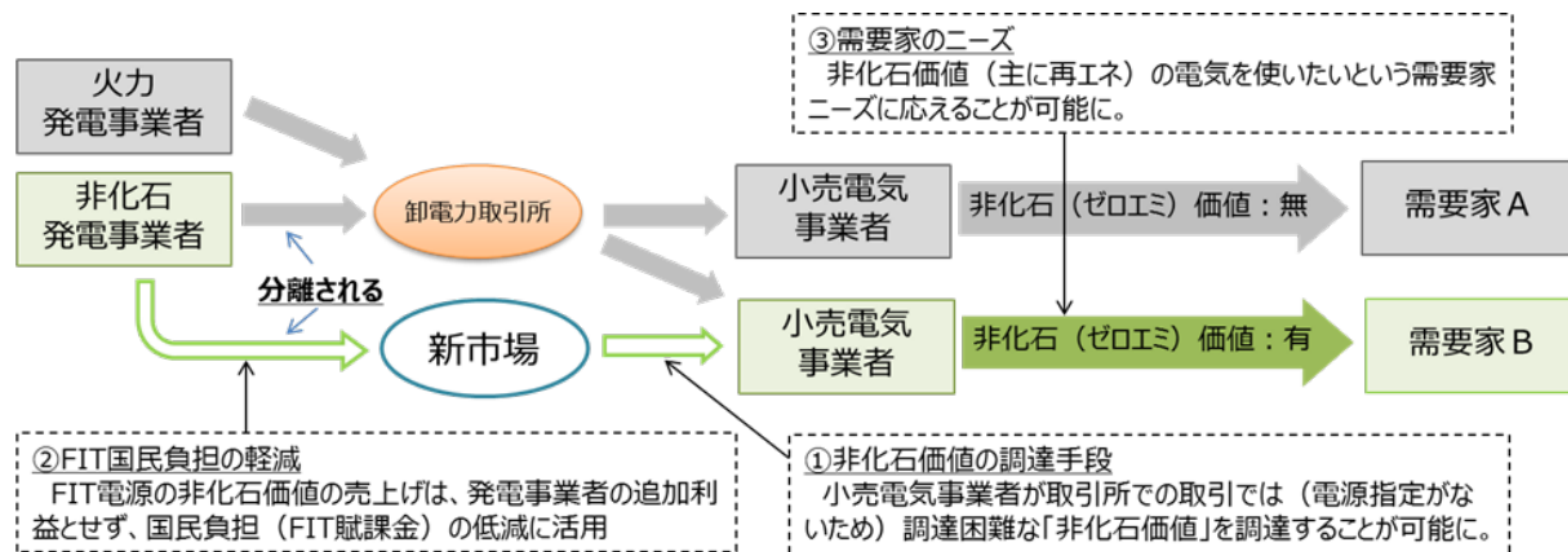
（※下図はあくまでイメージであり、具体的な運用は今後検討）



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2回）配布資料「広域機関における「日本版コネクト&マネージ」の検討について」

非化石価値取引市場の創設と初回入札

- FIT電気（FIT制度の下での固定価格で買取された電気）等非化石電気の非化石価値だけを分離・証書化し政府が販売する市場
 - ・ 電気の現物取引とはまったく別の仮想的な「非化石価値/kWh」なる新たな概念を政府が創出
- 購入対象者は小売電気事業者
 - ・ 非化石証書を購入した小売電気事業者は自らが販売する電気（例：石炭火力起源）に非化石証書を活用することで、非化石電気（CO₂排出係数＝ゼロ）の販売を行ったとみなされる（小売電気事業者は2030年度の販売電力の非化石比率を44%以上とすることが求められている）
 - ・ 非化石証書の売却収益はFIT賦課金の原資に充当＝賦課金減額を通じて国民の負担を軽減
- 2018年5月に日本卸電気取引所（JPEX）で初めての入札を実施
 - ・ 2017年4～12月に発電されたFIT電気約500億kWh分の非化石証書に対して応札は約515万kWhのみ
 - ・ 入札参加者数は26社、約定価格は1.3円～4円/kWh（加重平均1.3円/kWh）、売却収益は約670万円
 - ・ 1.3円/kWh≒2,600円/tCO₂のため類似制度（例：J-クレジット約1,700円/tCO₂）と比較して割高感も



洋上風力新法：日本の洋上風力促進の重要な1st ステップ

- 洋上風力発電事業のための一般海域の長期占有と先行利用者との調整のための枠組みを規定した洋上風力新法法案を2018年5月に閣議決定
 - 一般海域における洋上風力発電事業のための海域利用促進の区域指定と先行利用者との調整の枠組みを規定
 - 公募により事業者を選定し、供給価格の低減を図りつつ長期占有を実現するために必要な手続きを規定
 - 中長期的な事業の予見可能性を高めて案件組成を促進
 - 港湾区域においては、平成28年度の港湾法改正により長期の占有を確保するための制度が整備されたが、広大な一般海域における制度はこれまで未整備だった
- わが国の洋上風力促進のために重要な1st ステップとなる法案
 - 規定の適用案件はFIT固定価格買取→入札へ移行（着床式のみ）
 - 法案成立を見越して、既に環境アセスに入っている案件が3.76GW分あり
 - デンマークØrsted(旧Dong Energy)、同MHI Vestas、ノルウェイEquinor(旧Statoil)、独E-on等欧州の洋上風力関連企業が続々と日本市場に進出関心
- しかし、審議未了・廃案に、、、日本の洋上風力開発へのマイナス影響必至