

2019年の電気事業・再生可能エネルギー発電 の展望と課題

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 電力グループ

小笠原潤一

本報告のポイント

- ✓ 日本卸電力取引所の前日スポット価格は限界的な供給力としての位置づけを有する石油火力の燃料費と連動する傾向にある。本年の石油価格の上昇に伴い、平均で10円/kWh前後で推移している。ただし、石油火力が縮小する中、スポット取引価格が、徐々にガス火力や石炭火力の変動費で価格形成される地域・時間帯が出現し出しており、今後もこの傾向は強まると見込まれる
- ✓ 小売競争では競争の激化でマージンが縮小し、新電力の事業採算性が厳しくなりつつある。回避可能原価の激変緩和措置の終了とベース電源市場取引開始に向け、新電力はビジネスモデルの見直しに迫られている。
- ✓ 世界における再生可能エネルギー発電の増加量の約半分を中国が占めるようになっており、中国における再生可能エネルギー発電の買取制度が変更され買取量が大きく変化すると世界の再エネ市場に影響を与えるようになっている。
- ✓ FIT電気の出力行制御と併せて小規模供給力の活用を目指した次世代型ネットワークの検討が進められている。わが国でもN-1電制やノンファーム型接続として混雑処理の仕組みを検討しているが、混雑発生箇所である異なる電圧間での変電所容量の管理・情報公開方法や経済的な出力制御の考え方について整理が必要と考えられる。

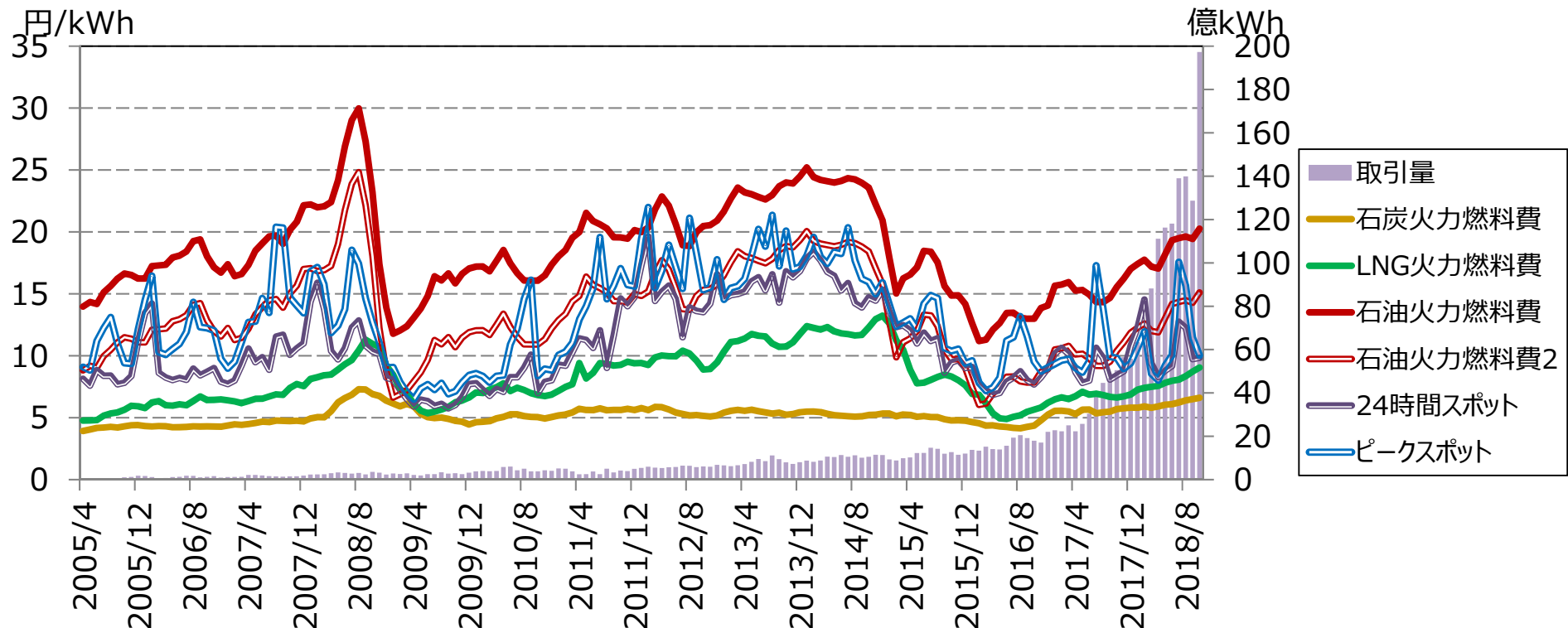
電力システム改革の進捗

- 各市場の運用開始に向け詳細設計の検討が継続している。一方で①太陽光発電の予測誤差解消方法や②インバランス料金によるインセンティブ提供のあり方が重要課題になっている。特に①は当日市場との整合性確保が難しく、卸電力取引プロセスの見直しが必要になる可能性も。

	内容	予定	課題
ベースロード電源市場	原子力発電、石炭火力、水力発電等のベース供給力を先渡オークションで販売（当面、年取引）	<ul style="list-style-type: none"> ● 2019年度取引開始 ● 2020年度受渡開始 	<ul style="list-style-type: none"> ● 制度の複雑化と検証可能性
連系線利用ルール	長期で確保された連系線予約を前日スポット取引化し、間接送電権を販売することでリスクヘッジ可能に	<ul style="list-style-type: none"> ● 2018年度間接オークション（連系線利用の取引所取引化）導入 ● 2019年度間接送電権導入 	<ul style="list-style-type: none"> ● 間接送電権の会計上の扱い
容量市場	卸市場活性化により固定費回収が難しくなった通常供給力をネットワーク部門が供給力価値を買い上げ、小売事業者が負担	<ul style="list-style-type: none"> ● 2020年度取引開始 ● 2024年容量受渡開始 	<ul style="list-style-type: none"> ● 既設の扱い ● 小売事業者の負担増
非化石価値取引市場	非化石電気を全て証書化し、小売事業者が買い取ることで非化石目標達成を促す	<ul style="list-style-type: none"> ● 2018年度FIT分販売開始（オークションを通じた販売） ● 2019年度全非化石取引開始 	<ul style="list-style-type: none"> ● 非FIT非化石証書の認証
その他市場	グロスビディング：旧一般電気事業者が取引所で限界費用ベースにより売り・買い入札を同時に行う 需給調整市場：柔軟に調整力の取引や調達を可能にする市場（広域化）	<ul style="list-style-type: none"> ● 2017年度グロスビディング開始 ● 2021年度需給調整市場創設 ● 2020+X年度広域需給調整市場創設 	<ul style="list-style-type: none"> ● 小売電気事業者の予備力確保 ● 太陽光発電予測誤差問題 ● インバランス料金

前日スポット価格の推移

日本卸電力取引所の前日スポット価格は限界的な供給力としての位置づけを有する石油火力の燃料費と連動する傾向にある。本年の石油価格の上昇に伴い、平均で10円/kWh前後で推移している。ただし、石油火力が縮小する中、スポット取引価格が、徐々にガス火力や石炭火力の変動費で価格形成される地域・時間帯が出現し出しており、今後もこの傾向は強まると見込まれる。旧一般電気事業者の社内取引の一部を取引所経由とする「グロスビディング」と連系線利用を取引所を介して割り当てる「間接オークション」開始に伴い取引量は急激に増加している。（2018年8月時点で販売電力量比17%）。

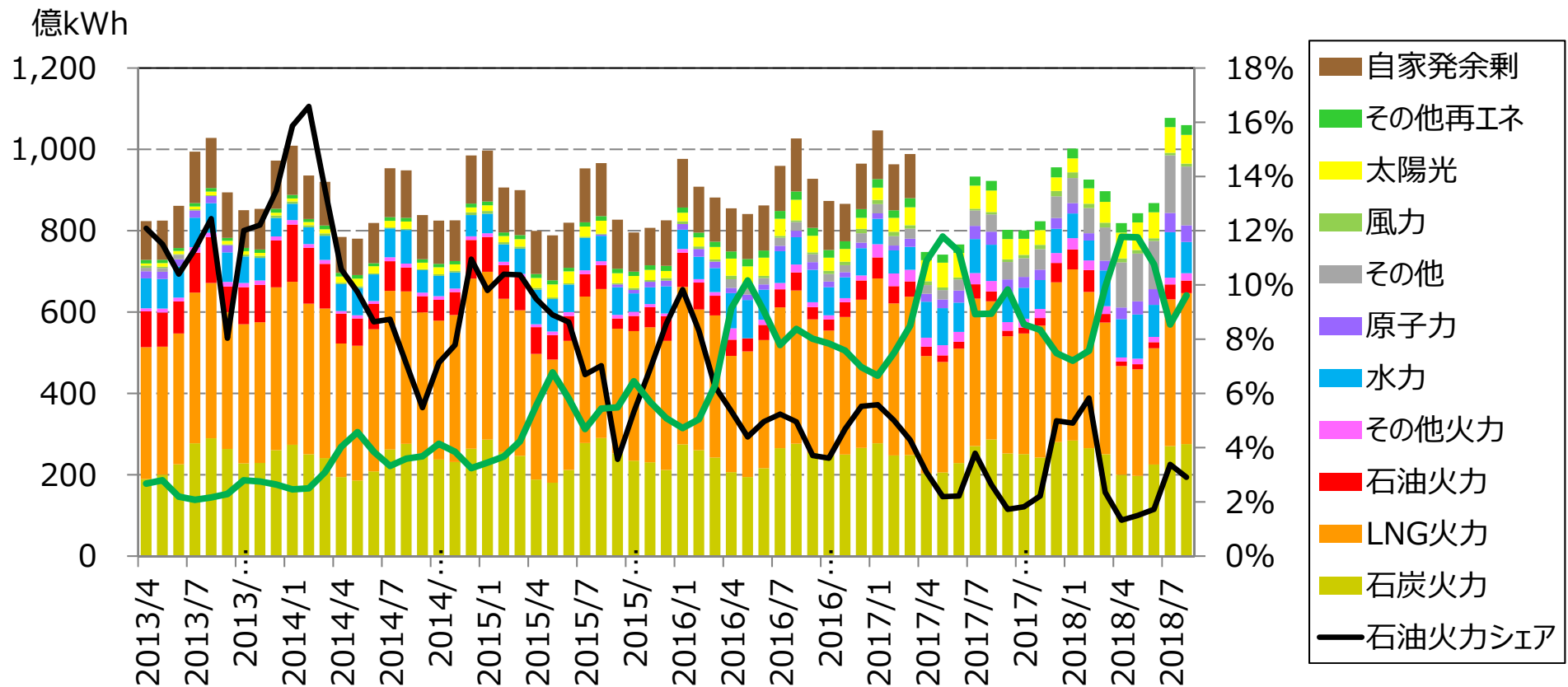


(注) 石炭火力は燃料費（発電効率40%）+運転維持費1.7円/kWhで算定、LNG火力は燃料費（発電効率50%）+運転維持費0.6円/kWhで算定、石油火力は燃料費（発電効率35%）+運転維持費5.15円/kWhで算定（石油火力燃料費2は燃料費のみ）

(出所) 燃料価格は日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット、スポット価格は日本卸電力取引所

【参考】 月別電源種別発電電力量の推移

2013年頃までは石油火力発電の割合が一定程度維持されていたが、2017年以降5%を下回る傾向にある一方、再生可能エネルギー発電の割合が上昇傾向を維持しており、2017年度以降は10%近辺で推移している。

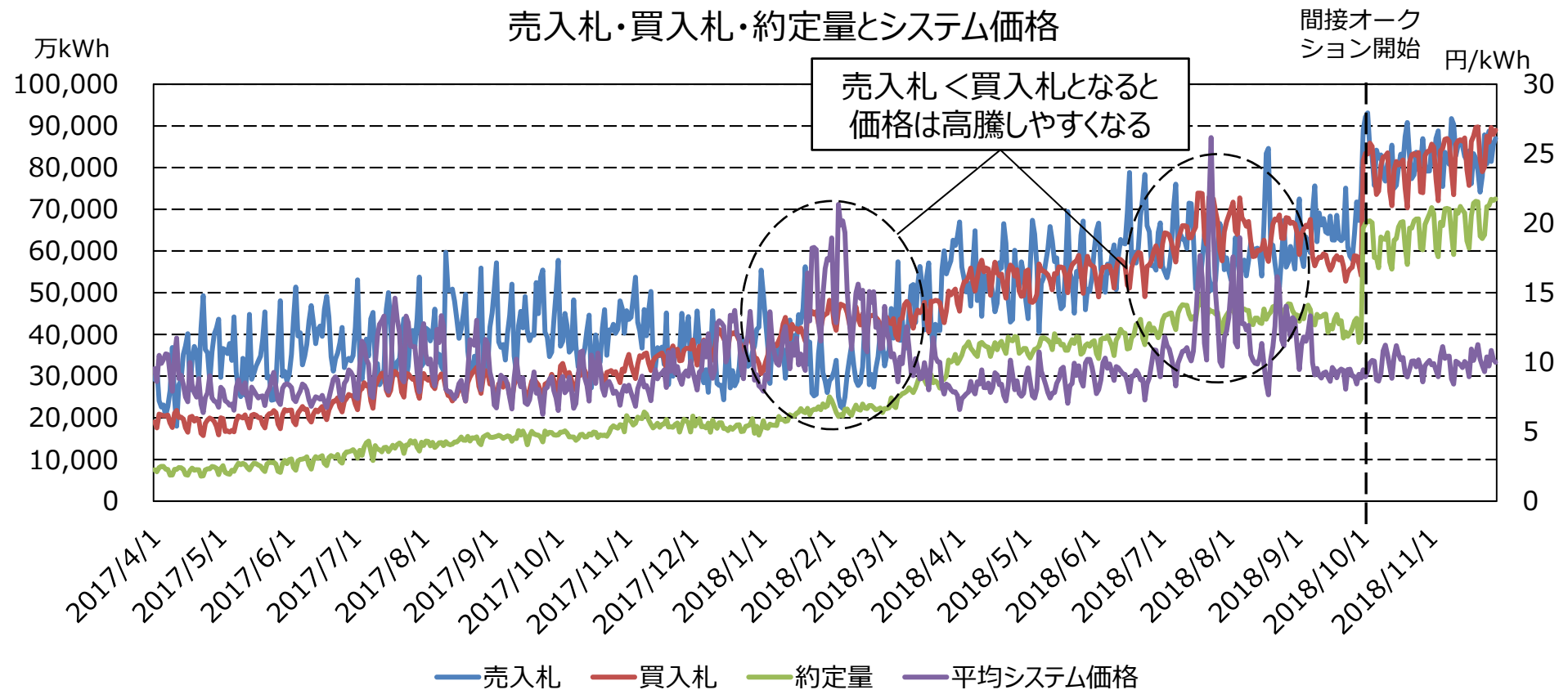


(注) 2017年4月より統計の内容が変更された。

(出所) 資源エネルギー庁「電力調査統計」より作成

取引所取引政策の効果

グロスビディングが2017年度から開始されたことで日本卸電力取引所前日スポット取引の約定量は徐々に増加している。2018年10月より間接オークション制度へ移行したことで更に約定量が増加した。2019年度はベースロード電源市場の取引開始を予定しているが、受渡しは2020年度のため取引所取引への影響は無い。

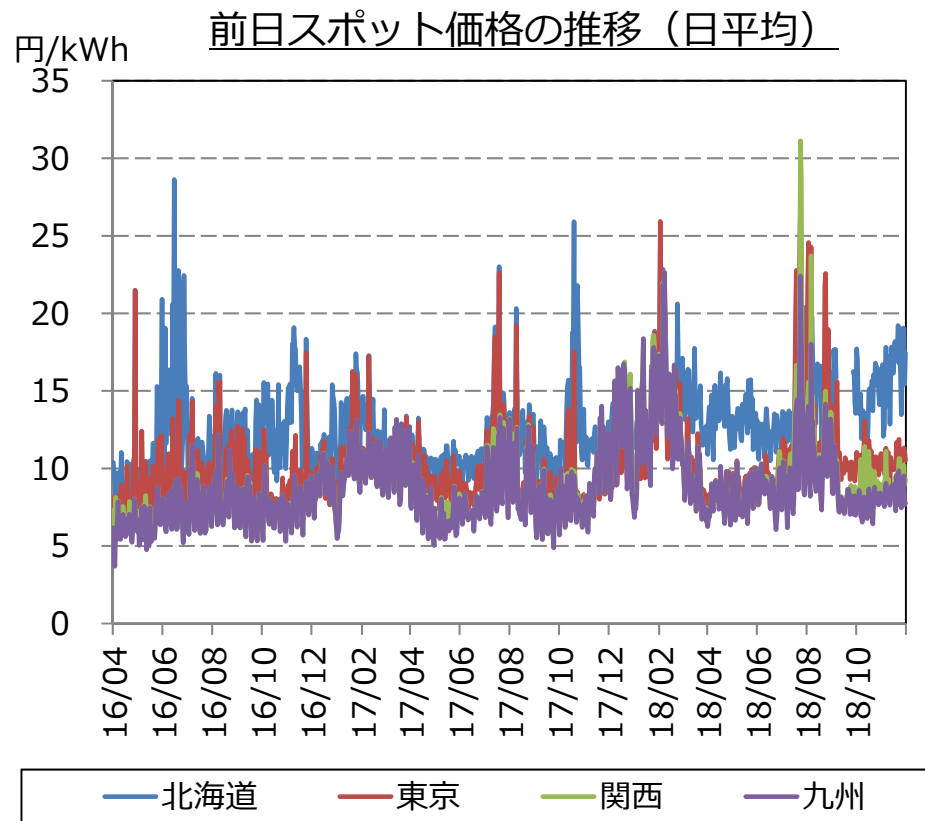


(出所) 日本卸電力取引所

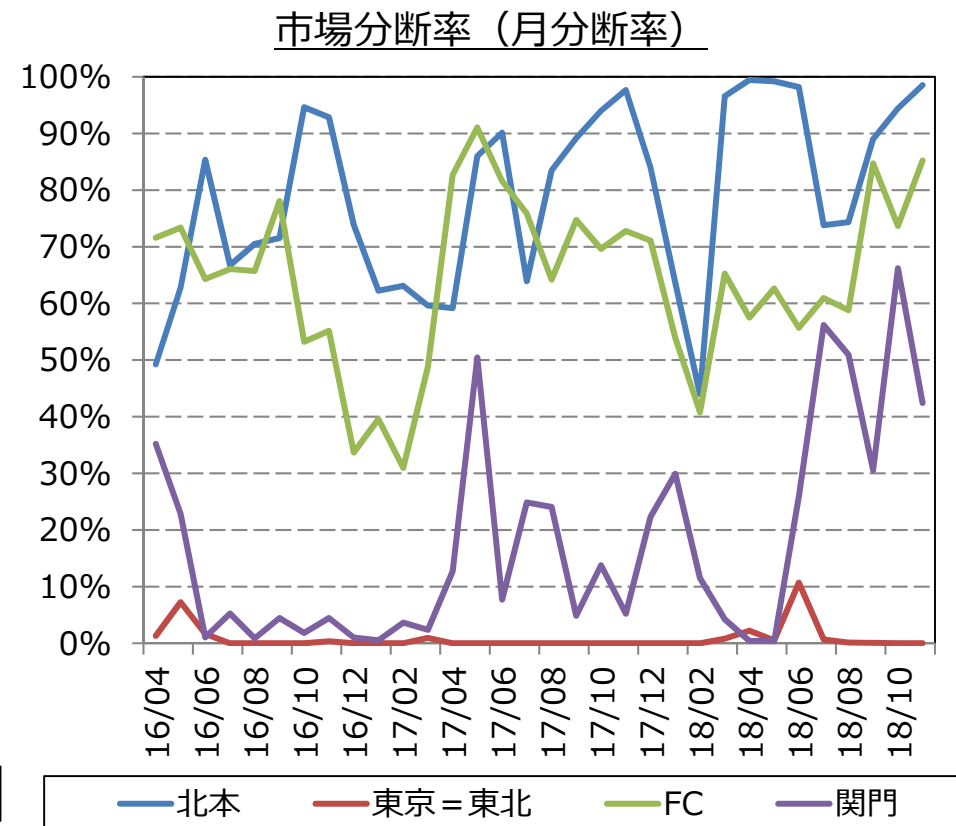
前日スポット市場の地域差

北本連系線及びFC、関門連系線を跨る電力取引の市場分断^(注)が引き続き高い水準で生じており、北海道、東西、九州の間で値差が恒常的に発生する傾向にある。今のところ間接オークションへの移行で市場分断に対して影響は生じていない模様であるが、2020年度からのベースロード電源市場の受渡しが開始された場合には市場分断の増加が予想される。

(注) 市場分断：全国大で売買を成立させた際に、連系線の送電混雑が生じる場合は、各エリアごとに市場を分断してそれぞれ約定処理を行うこと

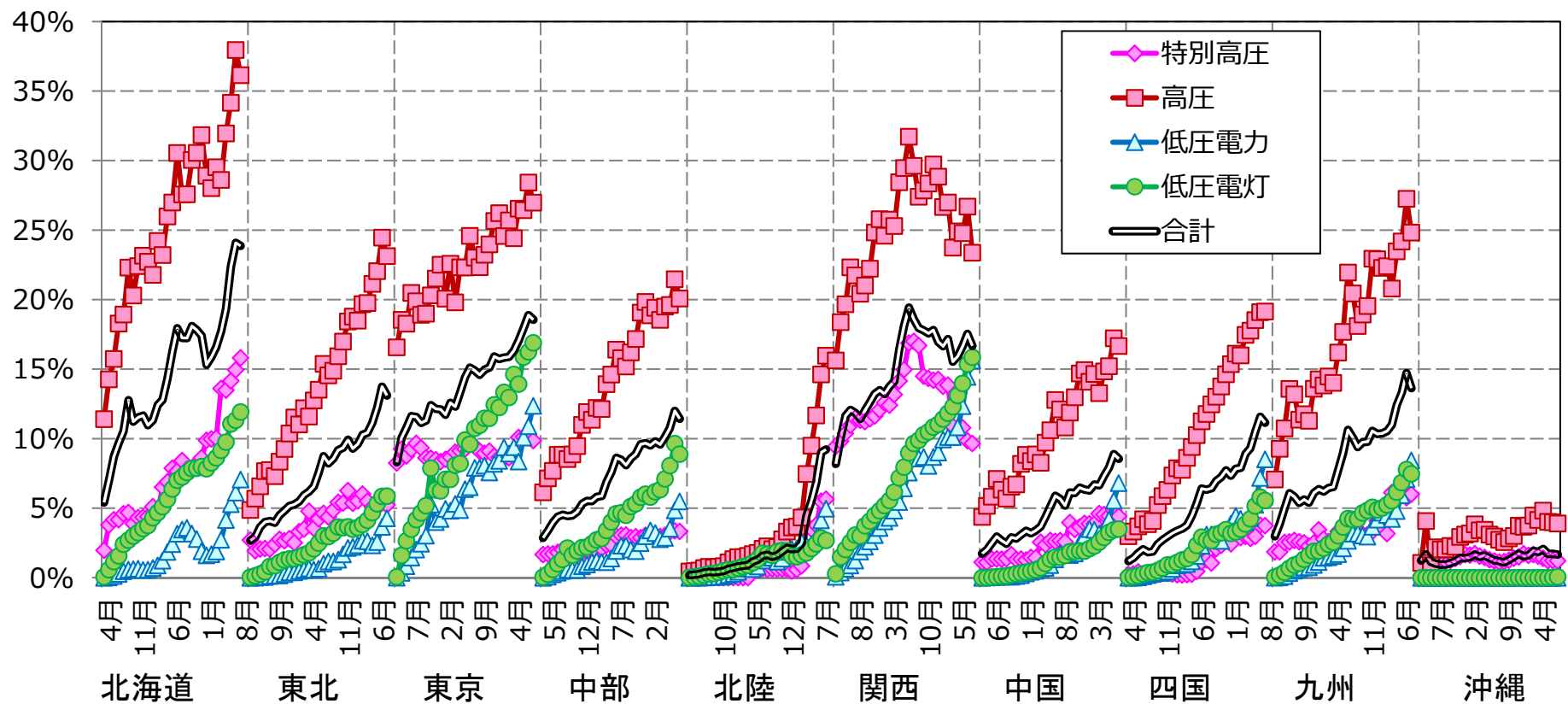


(出所) 日本卸電力取引所



地域別離脱率の推移

北海道、東京及び関西地域で離脱率が上昇しており、特に北海道地域では全体の約2割を超えた。電気料金平均単価が燃料費の影響を受けにくくなっており、卸市場の市況や競争状態で料金が決まる傾向が強くなっていると考えられる。

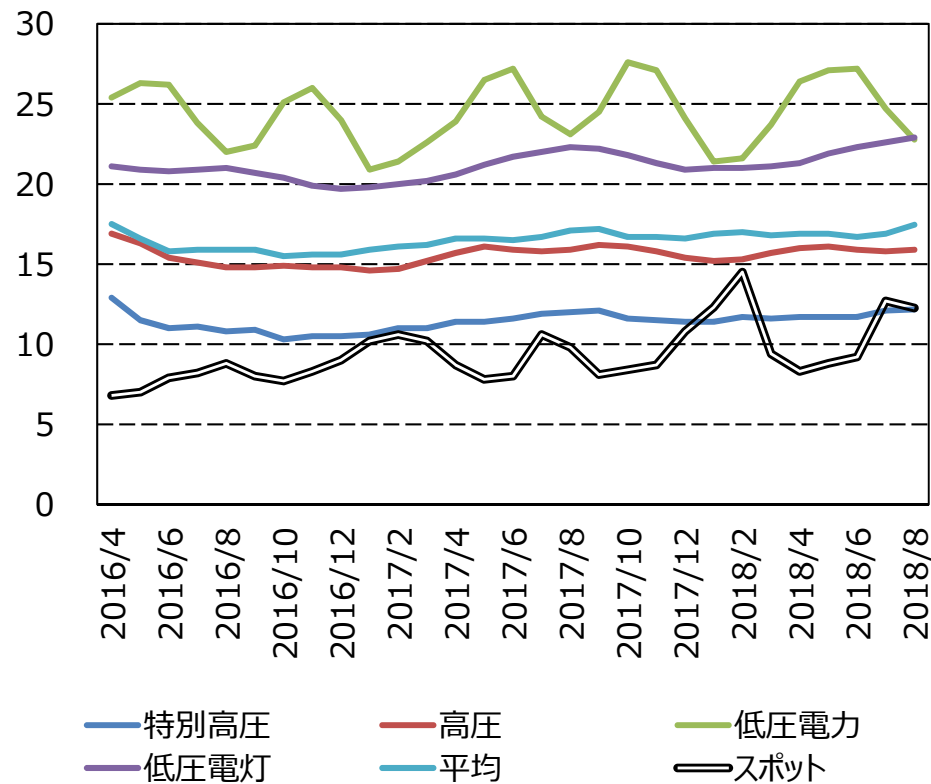


(出所) 電力・ガス取引監視等委員会「電力取引報集計結果」より作成

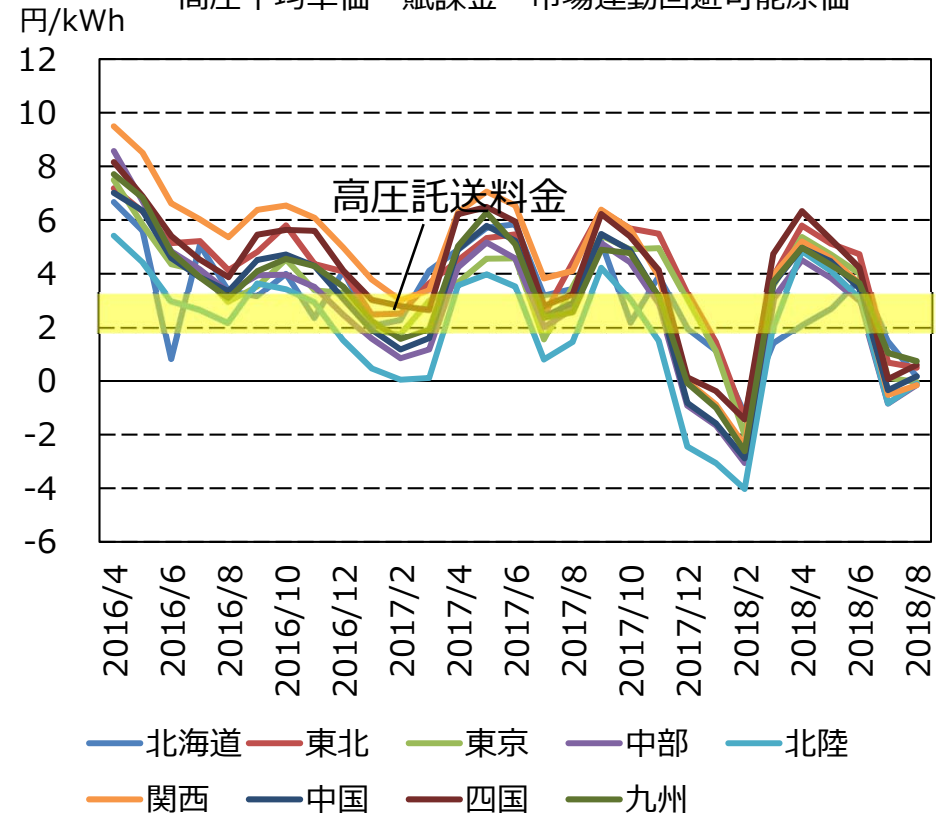
電気料金平均単価と収益性①

輸入燃料価格の上昇により前日スポット価格は上昇傾向にあると共に賦課金も上昇しているが、電気料金は競争の結果、それを反映するほど上昇しておらず、小売マージンの縮小が継続していると考えられる。高圧分野ではFIT電気の市場連動型回避可能原価での調達では赤字になっていると推察される。

円/kWh 全国電気料金平均単価とスポット価格



円/kWh 高圧平均単価－賦課金－市場連動回避可能原価

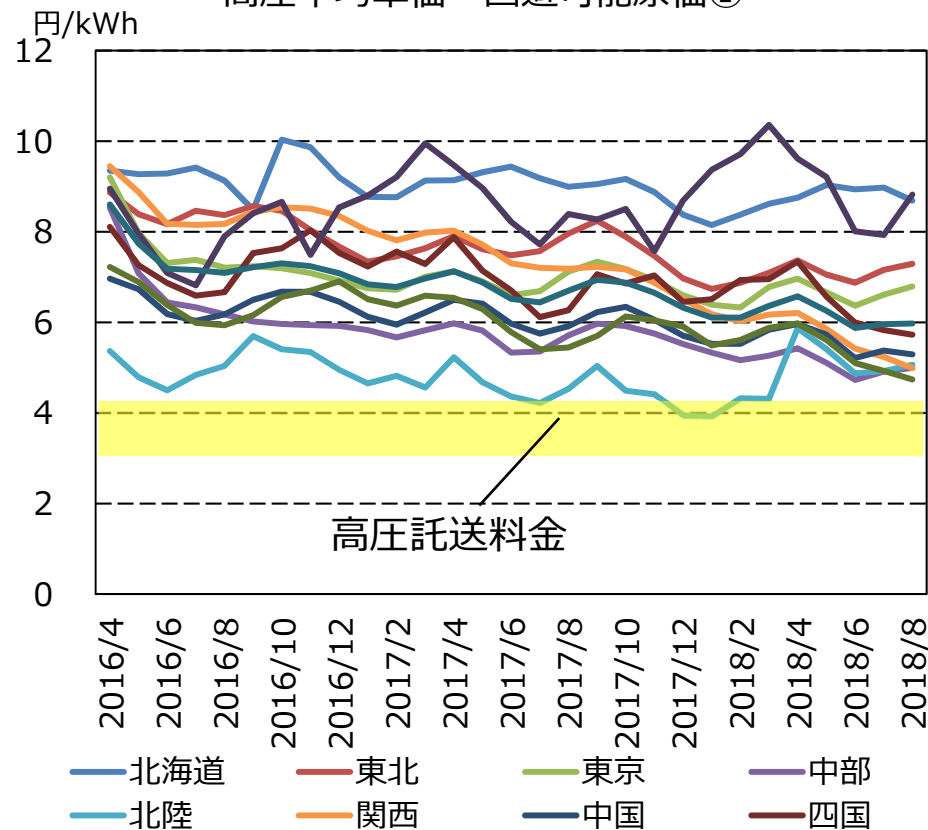


(出所) 電力・ガス取引監視等委員会

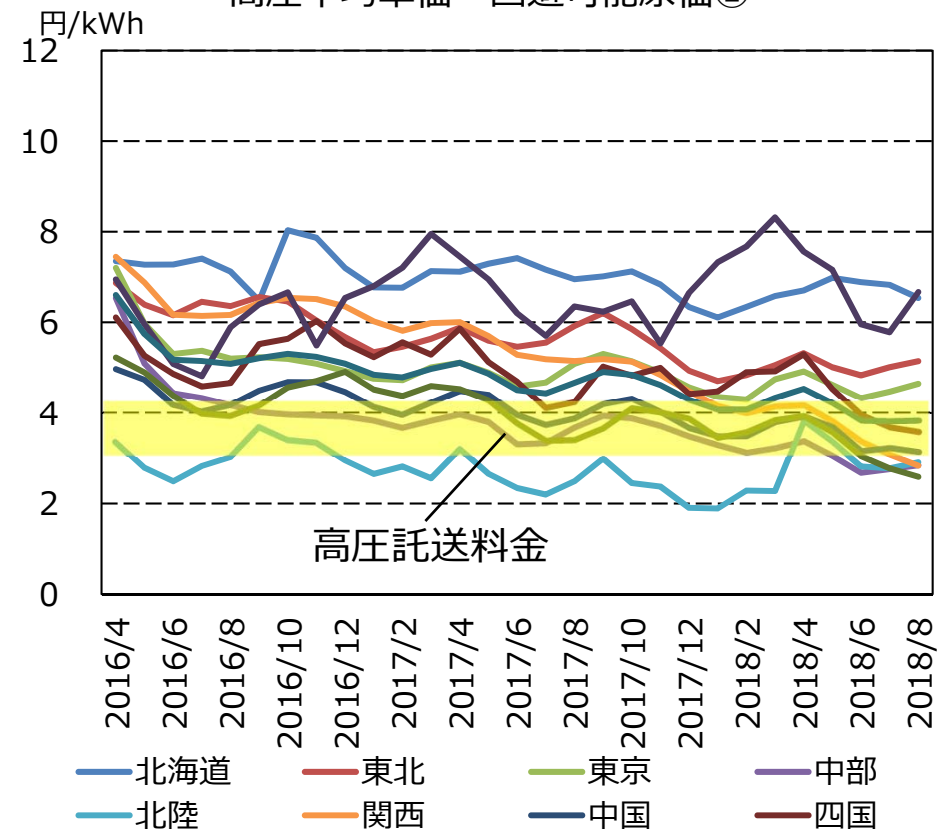
電気料金平均単価と収益性②

2016年4月からFIT電気の回避可能原価が市場連動になったが、激変緩和措置で導入された2014年以前認定された設備に適用されるもの（グラフ①）では採算が取れていると考えられるが、2014年3月以後認定された設備に適用されるもの（グラフ②）では赤字になっていると考えられる地域が増加している。

高圧平均単価－回避可能原価①

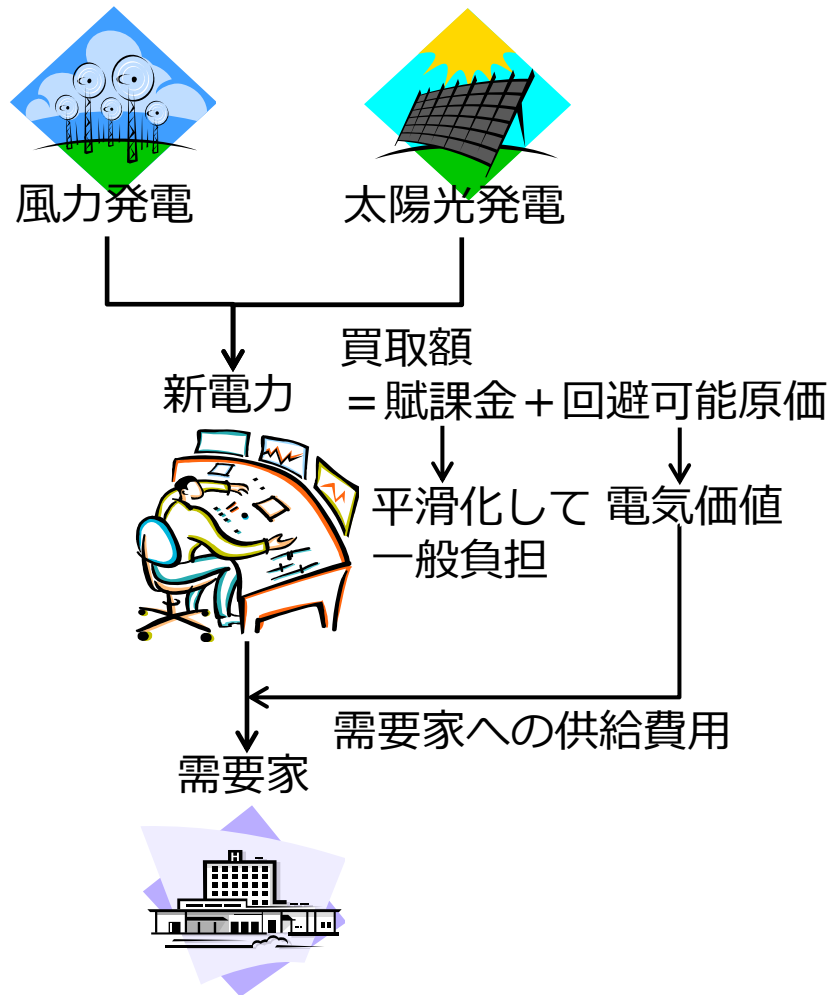


高圧平均単価－回避可能原価②



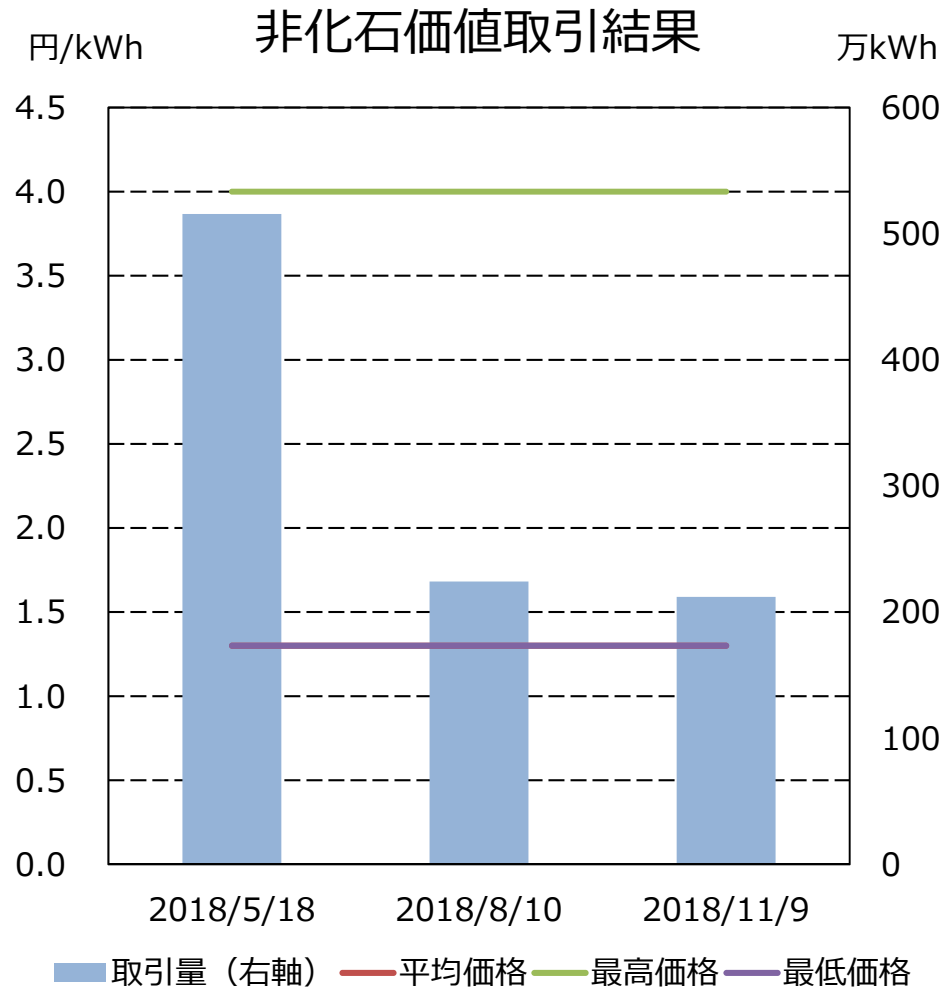
(出所) 電力・ガス取引監視等委員会

【参考】回避可能原価とは



- 2016年3月までは小売電気事業者がFIT電気を買い取って、需要家へ供給を行うための供給力とする契約が認められていた。現在は送配電買取に移行しているが、既存契約分は小売電気事業者買取のままである。
- 小売電気事業者が買取るFIT電気の電気価値を回避可能原価と呼ぶ。2016年3月までは新電力に適用される回避可能原価は旧一般電気事業者の回避可能原価の平均値で決められており、地域によっては安価な供給力とすることができていた。現在は市場連動で決められるが、激変緩和措置として上記の考え方に基づく回避可能原価の算定方法を5年間継続することに。
- 激変緩和措置適用の回避可能原価には2014年3月以前に認定されたものと2014年4月以降に認定されたものとで2種類ある。前者は長期調整を重視した全電源平均可変費の発電原価に基づき算定され、後者は再エネの種類別に供給力評価を考慮して可変費に固定費の要素を加味したものである。現在の回避可能原価は前日スポット取引及び当日スポット取引を考慮して算定する短期型に移行している。

非化石価値証書



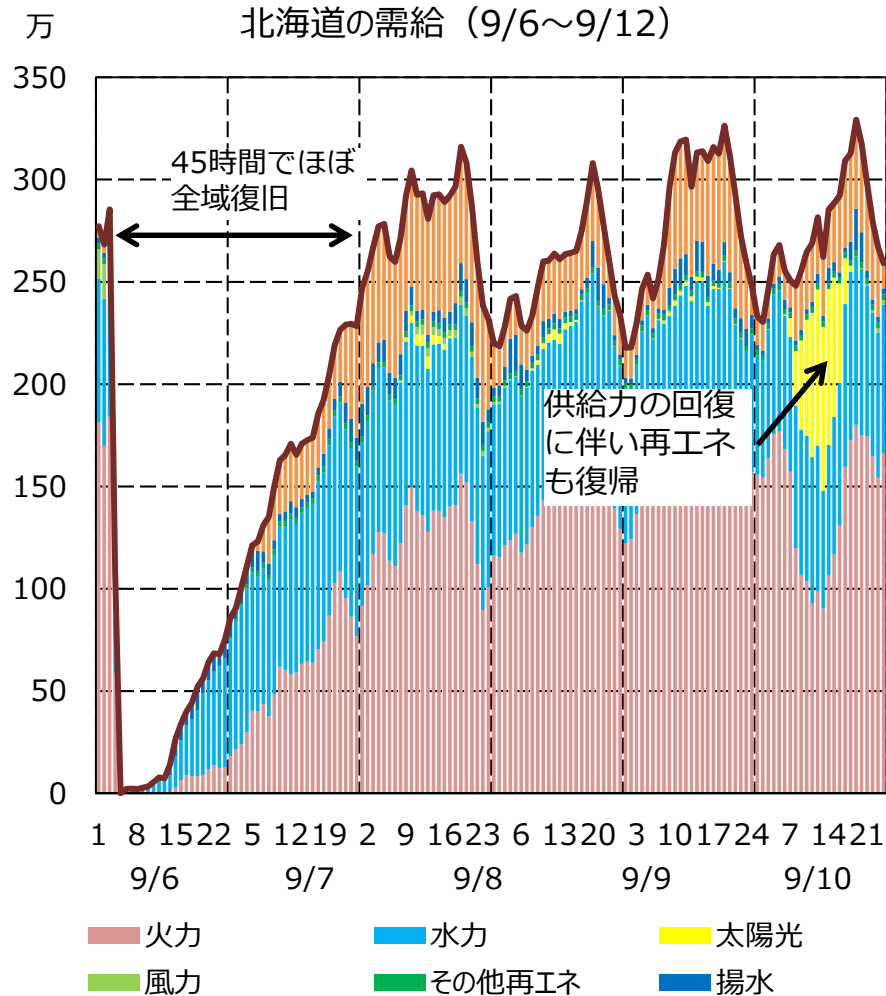
(注) 5月の取引は2017年度分、それ以降は2018年度分

(出所) 日本卸電力取引所

- 非化石価値証書取引が2018年5月に開始されたが、取引量はごく僅かに止まり、賦課金の節約額は累積で約1,237万円となった。
- 価格水準は平均額が最低価格の1.30円/kWhとなっており、買い意欲が低いことが伺える。オークション参加者も当初は26社の参加があったが、11月のオークションでは9社に止まった。
- 小売事業のマージンが縮小傾向にあると考えられ、非化石価値が需要家に受け入れられるか精査が必要と思われる。
- FIT分についてRE100に活用できるようトラッキング^(注)を行うことで需要家の購買意欲を高める取り組みを行うこと、非FIT分の非化石価値証書の制度設計に取り組む方針が示されている。

(注) トラッキングとは発電された電力量に関して、電源種、発電場所、容量、発電期間、管理情報を管理するもので、非化石価値証書と紐付けることで証書活用の二重使用の防止を行うことができる。

北海道停電を踏まえたレジリエンスの検証



(出所) 北海道電力「北海道エリアの需給実績」より作成

- 9月6日の北海道胆振東部地震に伴い北海道全域で停電が発生した。レジリエンスWGの検証によると、震源地に近い苫東厚真発電所の停止及び送電線4回線事故に伴う水力発電停止という複合要因に基づくものであった。今後は運用条件に制約を課すことで再発防止に取り組むことになった。
- また他地域で同様の事態が生じないかという観点で行われた電力レジリエンス総点検では以下の点が確認された。
 - ✓ 東日本エリア、中西日本エリア、四国エリア及び九州エリアでは最大サイトが脱落しても周波数低下によるブラックアウトには至らないことが確認された。
 - ✓ 沖縄エリアでは最低需要断面と太陽光出力が最大となる昼間断面では過酷な条件となることが確認され、運用条件の見直しが行われた。
 - ✓ N-4^(注1) 送電線事故があってもいずれの地域でもブラックアウトには至らないことが確認された。
- 今後は電力広域的運営推進機関において、①更なる北本連系線の増強、②更なる供給力等の対応力確保策、③レジリエンスと再エネ拡大の両立に資する地域間連系線等の増強・活用拡大策、④太陽光・風力発電機の周波数変動に伴う解列の整定値^(注2)等の見直し、⑤停電コストの技術的な精査等を行うことになった。

(注1) N-4とは系統設備のうち4設備は同時に故障することを指す。安定供給解析において用いられる用語である。

(注2) 周波数低下が一定時間、一定周波数以下となった場合に、発電機の故障を防止するため周波数低下リレーが動作して発電機が停止する仕組みになっているが、この「一定の周波数」を整定値と言う。

今冬の需給バランス

- 11月28日に公表された送電事業者協会であるENTSO-Eの冬季見通しによると、厳冬時に幾つかの国で再生可能エネルギー発電が低稼働であった場合に供給力不足リスクがあると評価している。ガス火力への依存の高い国で供給力不足リスクが高いのが特徴的である。またドイツとイタリアでは国内の供給過剰量が連系線容量を超過することで再生可能エネルギー発電の出力制御の可能性が高くなるとしている。
- わが国でも昨年度の厳冬を踏まえ厳冬期の需要想定が見直されたことから、昨年度に比べて域内供給力のみでは安定供給に必要な供給力を確保できない地域が増えている。電源Ⅰ' (注)、火力増出力運転及び連系線の活用を通じて各エリアで予備率3%を確保できる見通しである。なお米国の冬季信頼度評価では需給逼迫のリスクは小さいとしている。

(注) 10年に1回程度の猛暑や厳寒に対応するための調整力

今冬の主要国需給バランス見通し

	平常時	厳冬	昼間超過 リスク	夜間超過 リスク
オーストリア	輸入依存	輸入依存	なし	なし
ベルギー	輸入依存	不足リスク	輸出で対処	輸出で対処
フィンランド	輸入依存	不足リスク	なし	輸出で対処
ハンガリー	輸入依存	輸入依存	なし	なし
イタリア	輸入依存	不足リスク	あり	あり
イギリス	国内供給力	国内供給力	なし	輸出で対処
ドイツ	国内供給力	輸入依存	あり	あり
フランス	国内供給力	輸入依存	なし	なし

(注) ここでの「輸入依存」は供給力<最大電力だが輸入で対処可能、「不足リスク」は供給力<最大電力で不足が輸入可能容量を超えるもの
(出所) ENTSO-E, "Winter Outlook 2018/2019", 2018年11月

今冬の地域別需給バランス見通し

	厳冬時域内	連系線活用
北海道	○	○
東北	予備力不足	○
東京	予備力不足	○
中部	○	○
北陸	供給力不足	○
関西	○	○
中国	供給力不足	○
四国	供給力不足	○
九州	供給力不足	○
沖縄	○	○

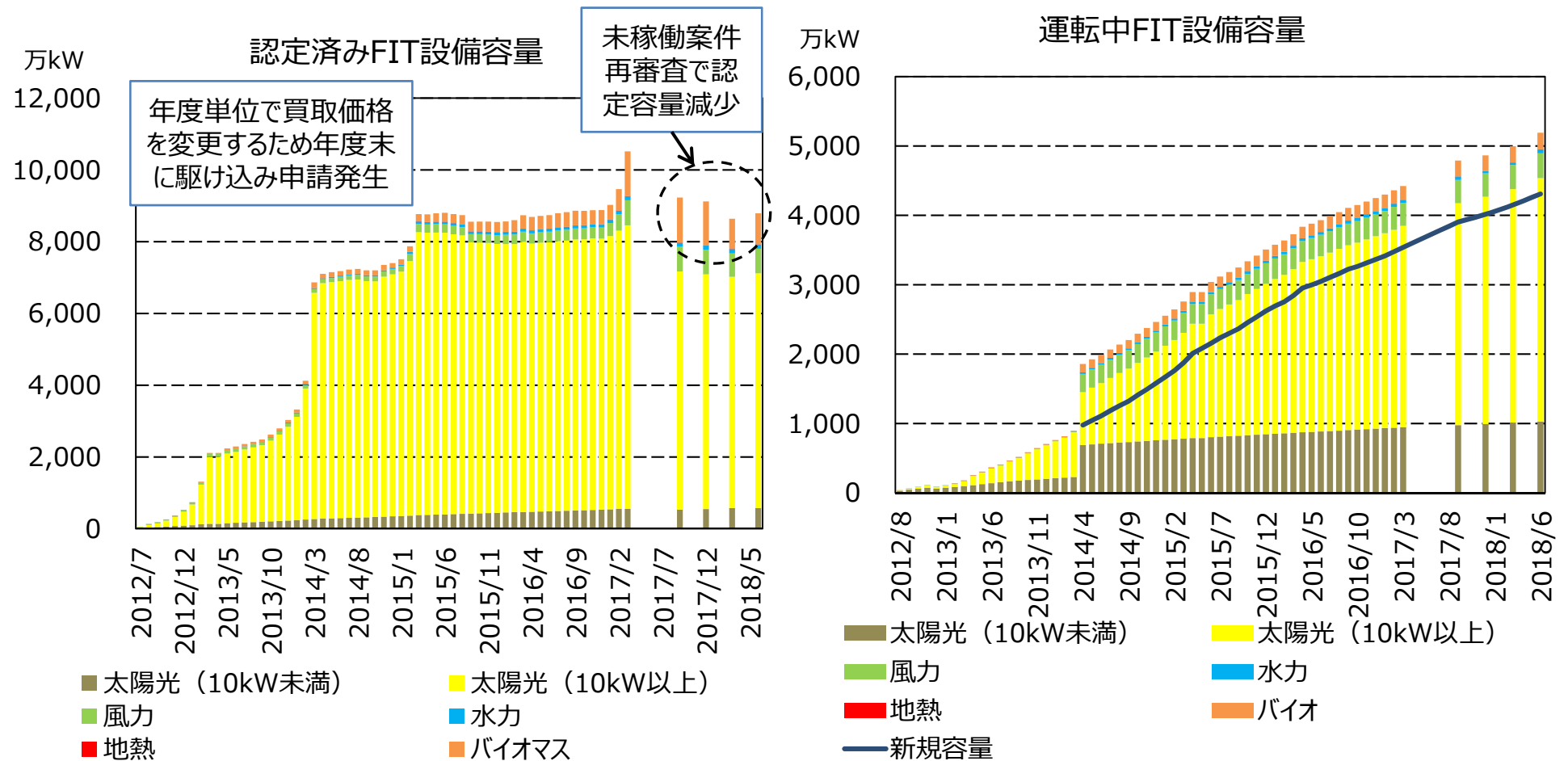
(注) ここでの「予備力不足」は供給力>最大電力だが予備力が不足、「供給力不足」は供給力<最大電力
(出所) 電力広域的運営推進機関、「電力需給検証報告書」、2018年11月

電気事業の短期的課題

- 2019年度はベースロード電源市場取引及び間接送電権取引が開始される予定になっている。ベースロード電源市場取引の受渡しは2020年度とされているため、2019年度内の影響は無い。FIT制度に伴う再生可能エネルギー発電の導入拡大に伴い特に昼間の供給余剰が増加するため、卸電力スポット価格の市場分断頻度は増加する傾向にある。燃料価格の上昇に伴い価格水準も上昇している。
- 小売競争に伴うマージンの縮小傾向が続いており、市場取引を通じた電気の調達では競争力確保は厳しい状態にある。このため非化石価値証書と容量市場という新電力に追加的負担を求める制度の検討が難しくなっている。
- FIT電気の回避可能原価市場連動化への激変緩和措置は5年間とされている（2016年4月開始）。安価な供給力確保の代替策であるベースロード電源市場取引開始に向け、ビジネスモデルの再検討が必要になっている。
- 北海道全停電によりレジリエンスの検証が行われたが、北海道及び沖縄を除き同様の事態が生じてもブラックアウトに至らず、北海道・沖縄についても運用条件の見直しで回避可能と結論付けられた。
- 今冬の電力需給バランスに関しては、欧州の送電事業者協会（ENTSO-E）の冬季見通しによると、厳冬時に幾つかの国で再生可能エネルギー発電が低稼働であった場合に供給力不足リスクがあると評価している。再生可能エネルギー発電導入拡大に伴い卸価格が低迷し、火力発電の廃止が続いていることも要因となっている。わが国でも容量市場の受渡しが開始されるまでの間、安定供給が確保されるか確認が必要であろう。

FIT制度を通じた再生可能エネルギー発電導入量

- 認定を受けたものの未稼働が長期化している案件への対処のため認定済み容量が減少したが、運転を開始したFIT設備容量の増加は継続している。

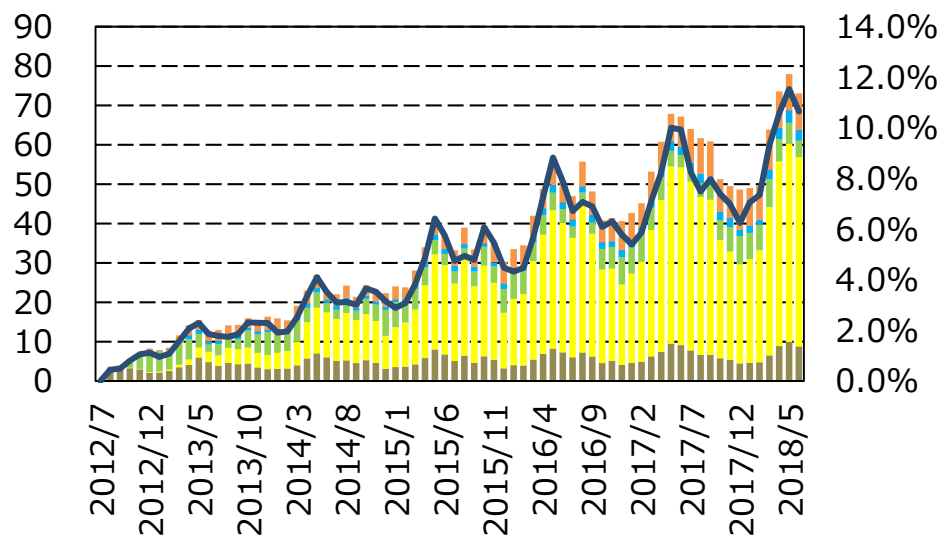


(出所) 資源エネルギー庁「情報公表用ウェブサイト」より作成

FIT買取量・買取額

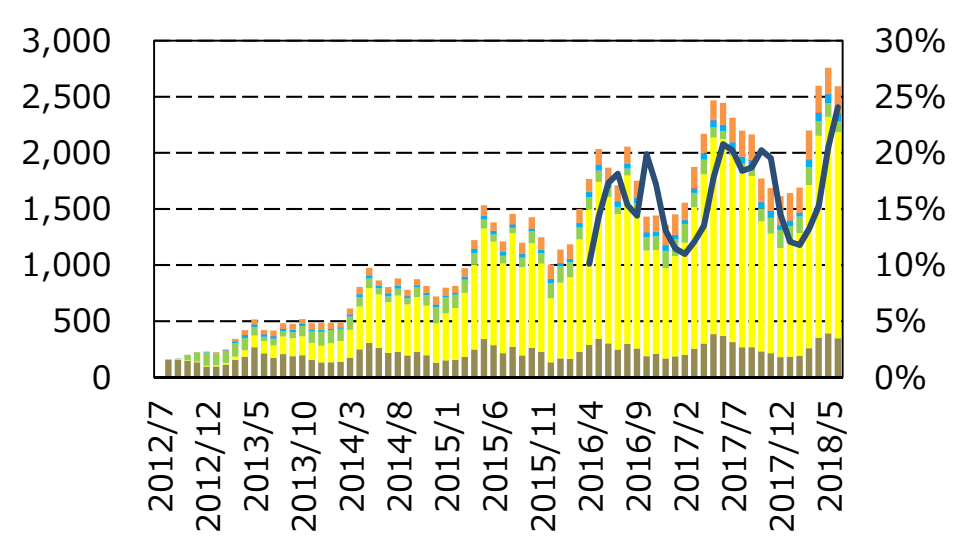
- FITからの買取電力量・買取額は増加傾向にあり、対電力消費で10%そして総電気代比で20%に達する月も出て来ている。急激な買取額をどう抑制するかが課題になりつつある。
- 国民負担の抑制に向けて再生可能エネルギー発電のコスト抑制が注目されているが、太陽光発電や風力発電などでは安価で安定して事業を実施できる事業者の育成にも配慮する必要がある。

億kWh 買取電力量



■ 太陽光（10kW未満）
 ■ 太陽光（10kW以上）
 ■ 風力
 ■ 水力
 ■ 地熱
 ■ バイオマス
 — 電力消費比

億円 買取額

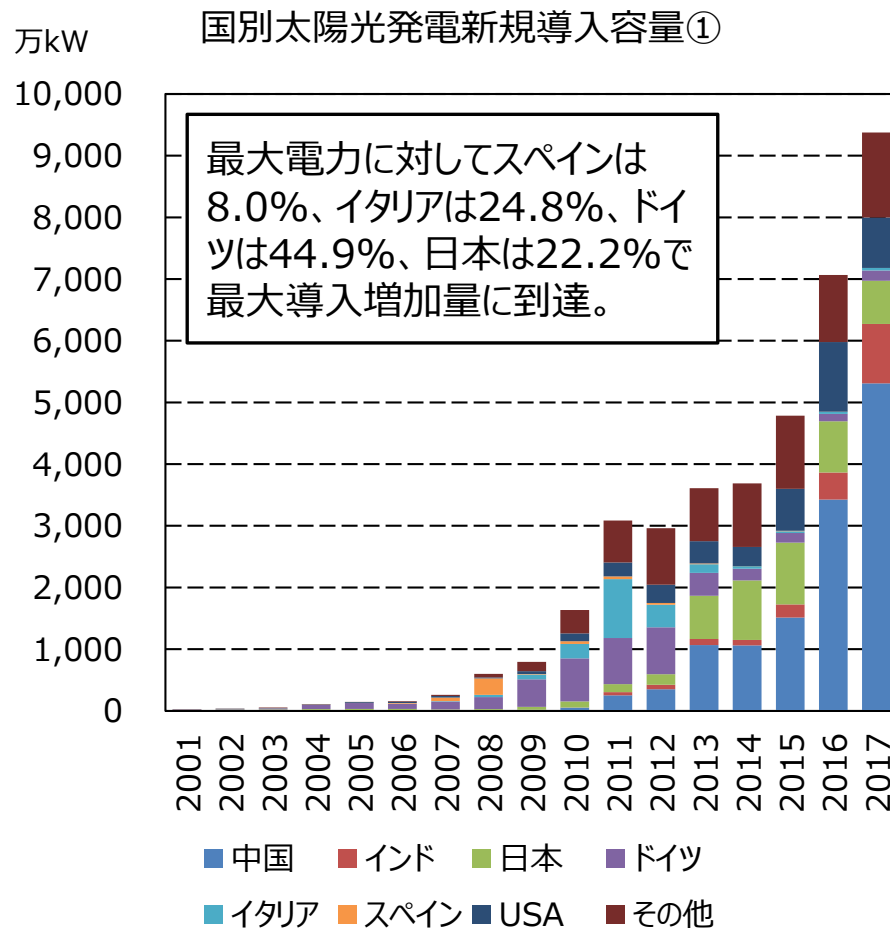


■ 太陽光（10kW未満）
 ■ 太陽光（10kW以上）
 ■ 風力
 ■ 水力
 ■ 地熱
 ■ バイオマス
 — 総電気代比

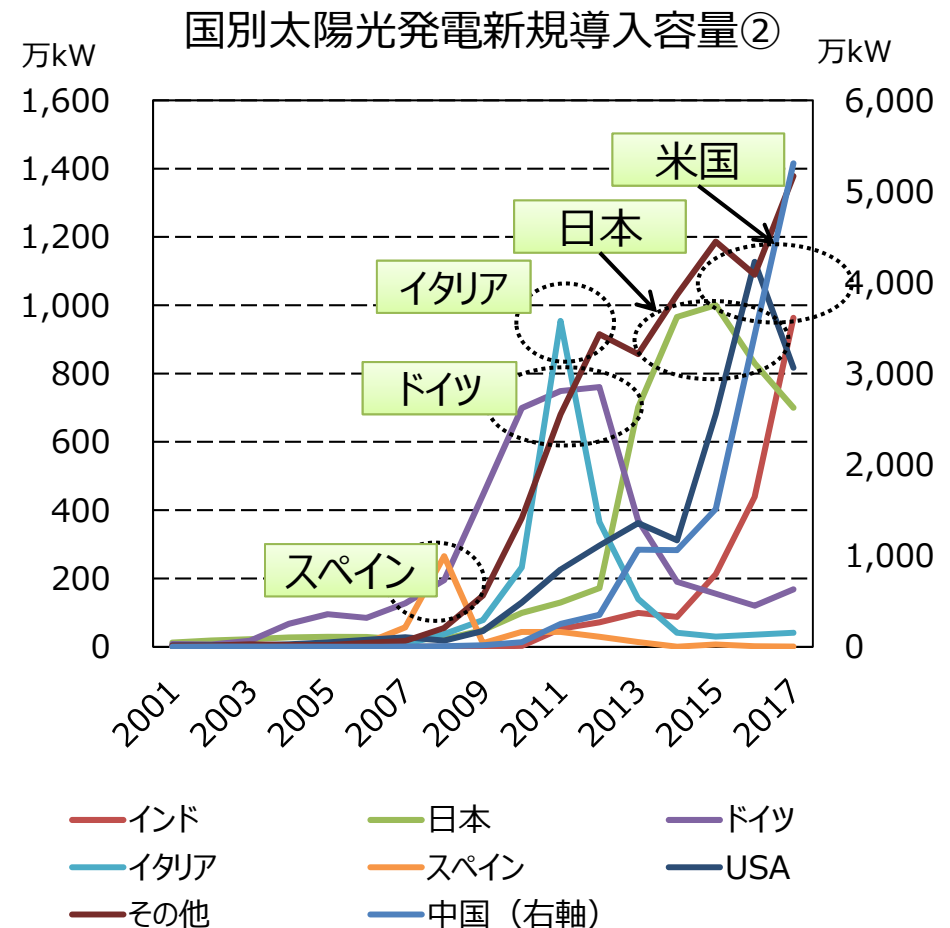
（出所）資源エネルギー庁「情報公表用ウェブサイト」より作成

太陽光発電新規導入容量

- 太陽光発電は投資ブームが起こりやすく、急激に導入が進展した後に導入量が減少する傾向にある。現在は米国及び中国で導入が拡大している。



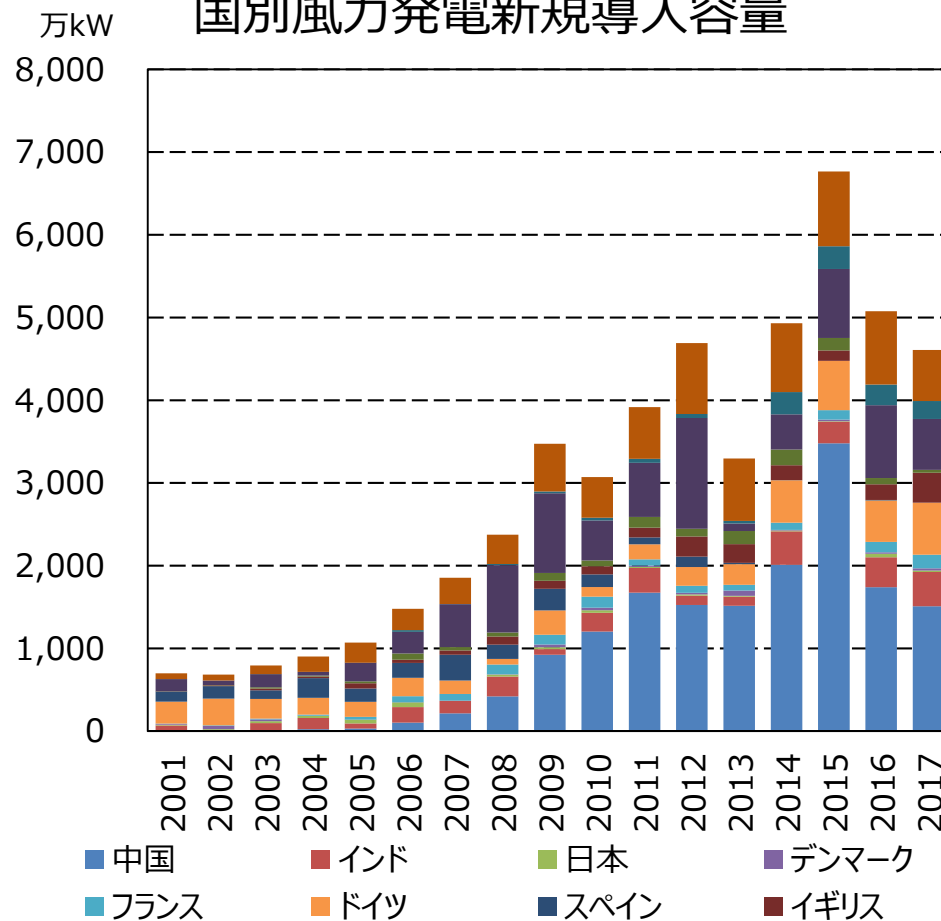
(出所) IRENA



風力発電新規導入容量

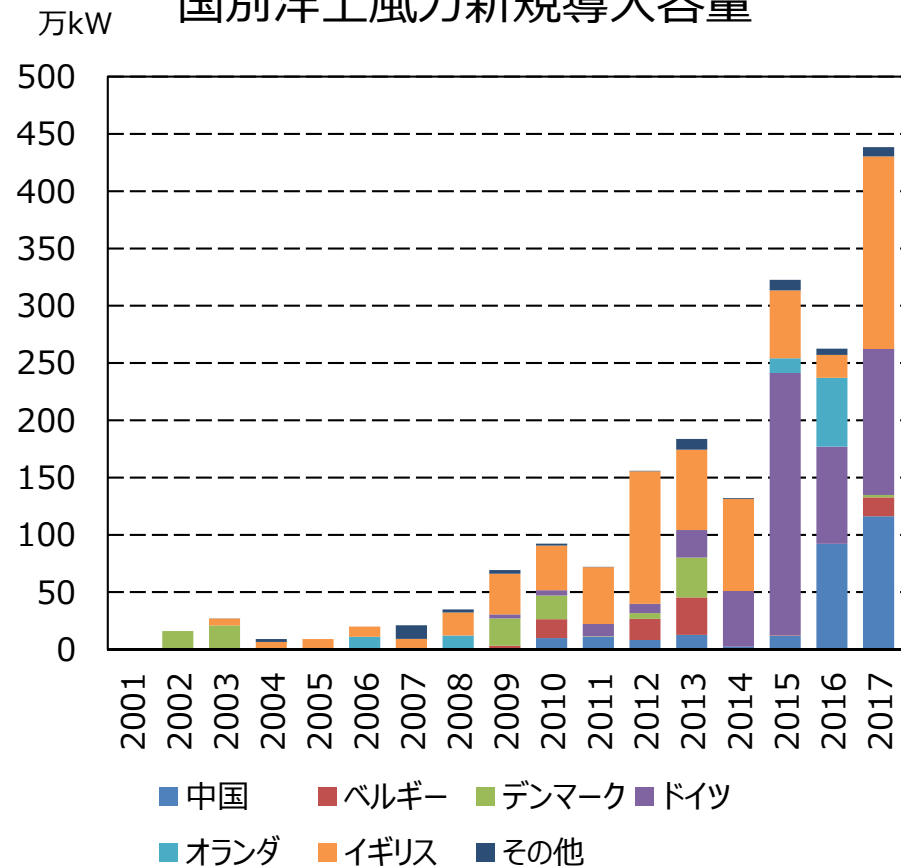
- 中国での風力発電の新規導入が引き続き多い。洋上風力は欧州の北海で開発が進展している一方、中国でも導入が拡大しつつある。

国別風力発電新規導入容量



(出所) IRENA

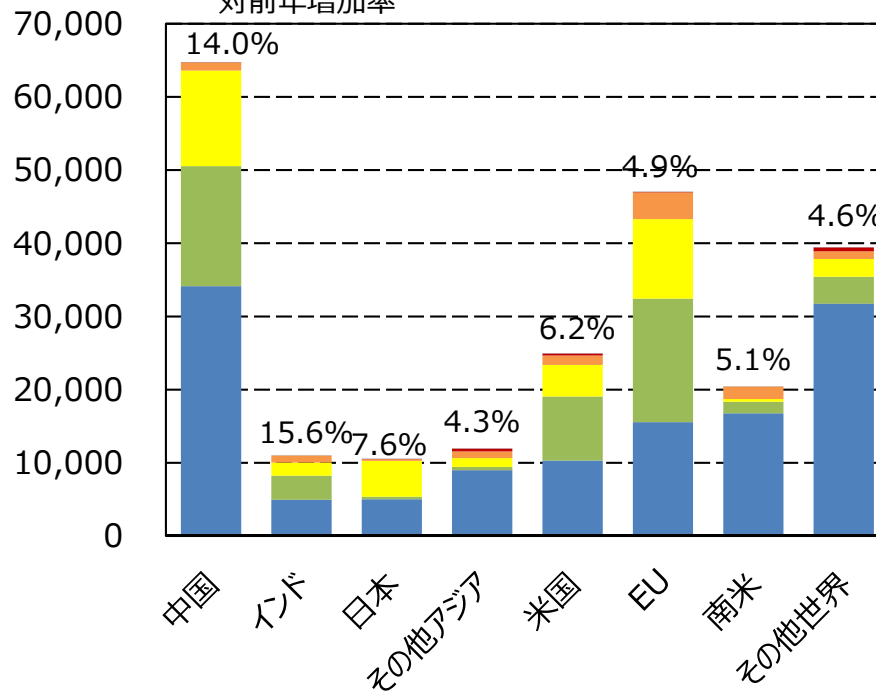
国別洋上風力新規導入容量



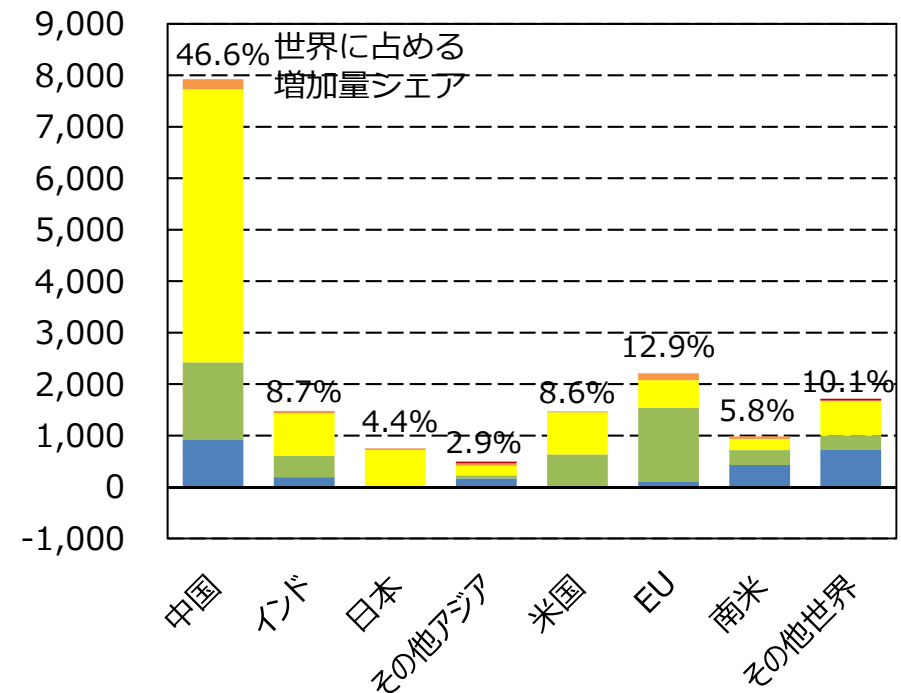
再生可能エネルギー発電設備の増加傾向

- 再生可能エネルギー発電設備の対前年増加の46.6%を中国が占めている。中国における再生可能エネルギー発電の買取制度が変更され買取量が大きく変化すると世界の再エネ市場に影響を与えるようになっている。例えば、2018年5月に中国で太陽光発電の買取抑制が公表されたことで、パネル供給過剰とパネル価格の下落をもたらした。

万kW 2017年再生可能エネルギー発電設備容量
対前年増加率



万kW 再生可能エネルギー発電設備対前年増加容量



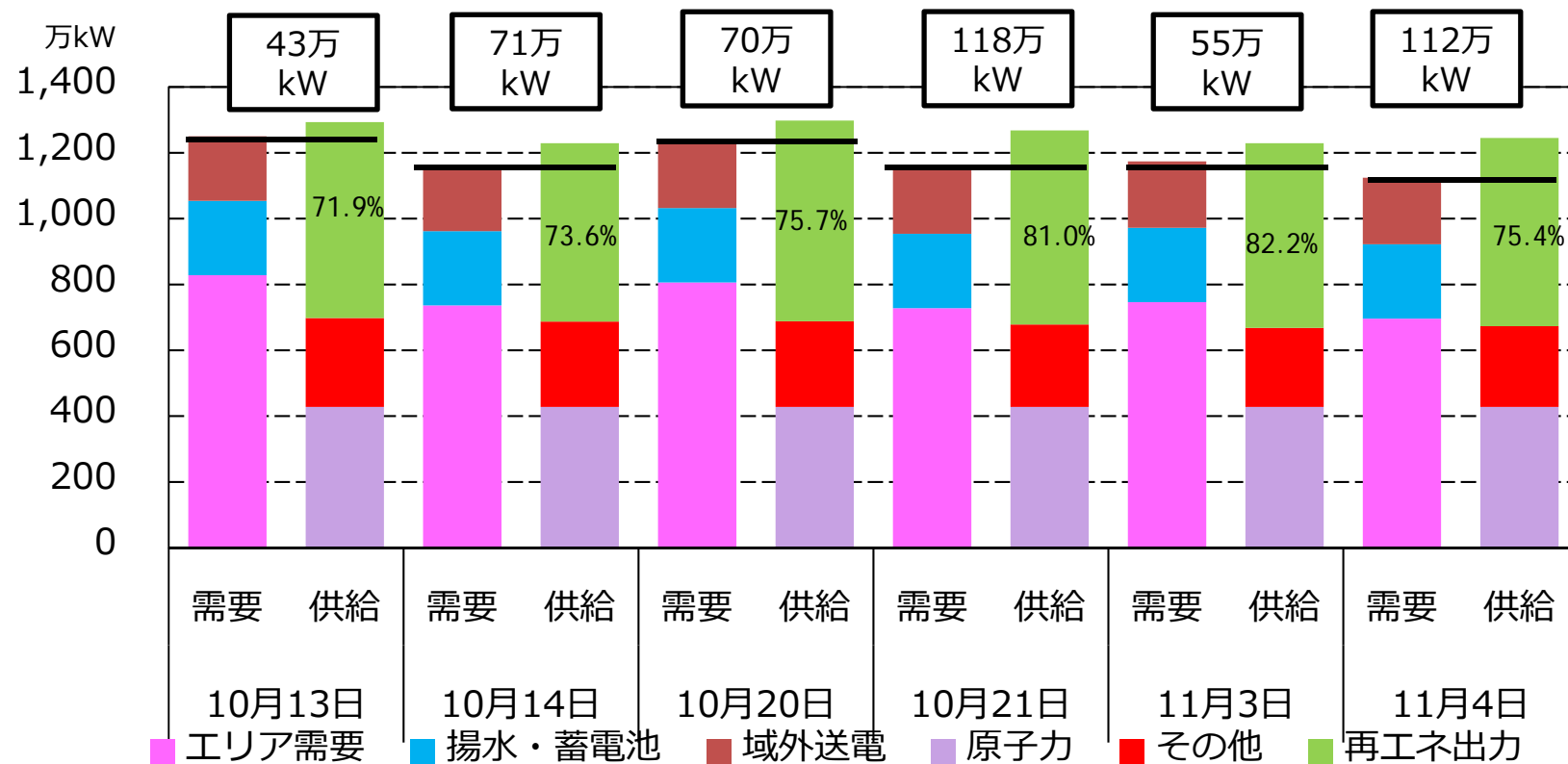
■ 水力 ■ 海洋 ■ 風力 ■ 太陽光 ■ バイオ ■ 地熱

(出所) IRENA

■ 水力 ■ 海洋 ■ 風力 ■ 太陽光 ■ バイオ ■ 地熱

九州電力におけるFIT出力制御

- 九州電力管内では2018年10月中旬の土曜日・日曜日に出力制御を実施。連系線と揚水発電・蓄電池を最大活用するも余剰を回避できずに出力制御に至った。今後、接続容量の増加に伴い出力制御の頻度も増加すると考えられる。

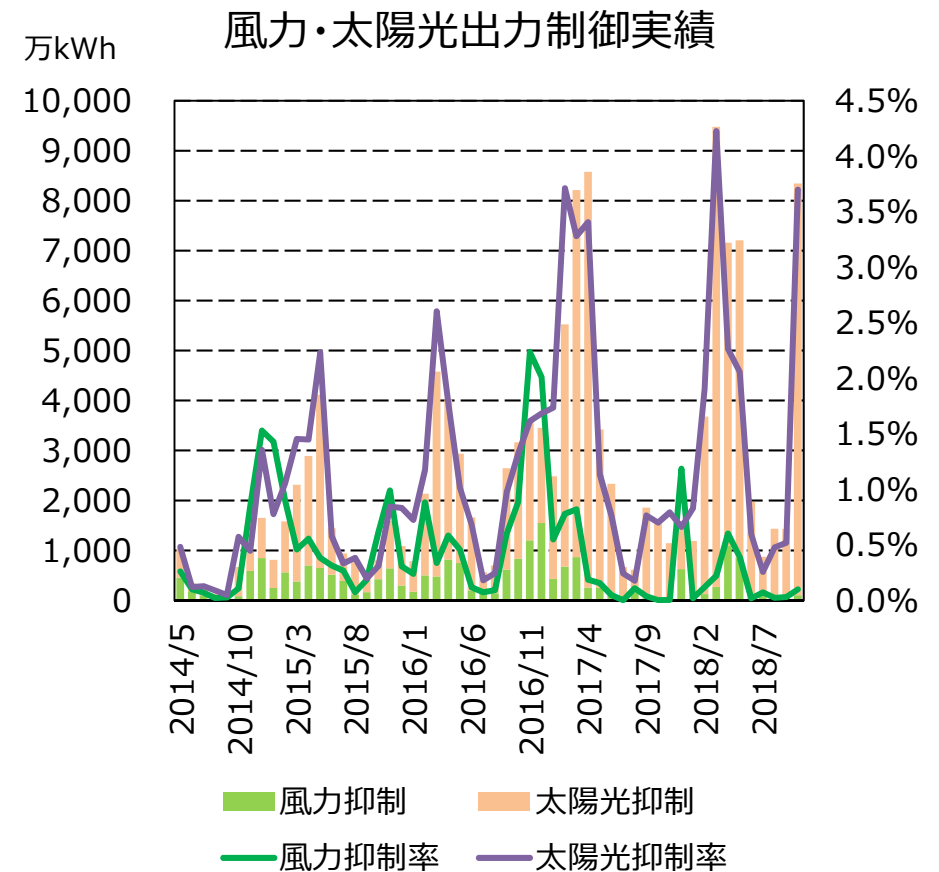
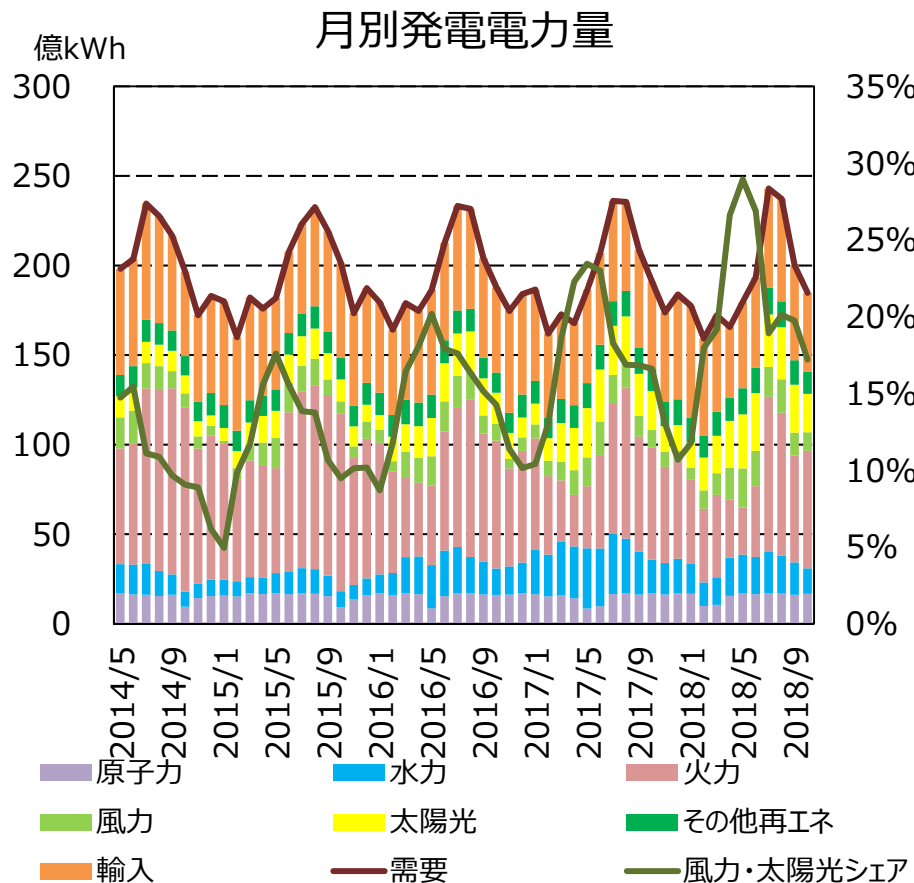


(注) 図中のパーセントは再エネ出力のエリア需要に対する比率

(出所) 九州電力「『再生可能エネルギーの固定価格買取制度』に基づく再エネ出力制御指示に関する報告」

カリフォルニアISOの状況

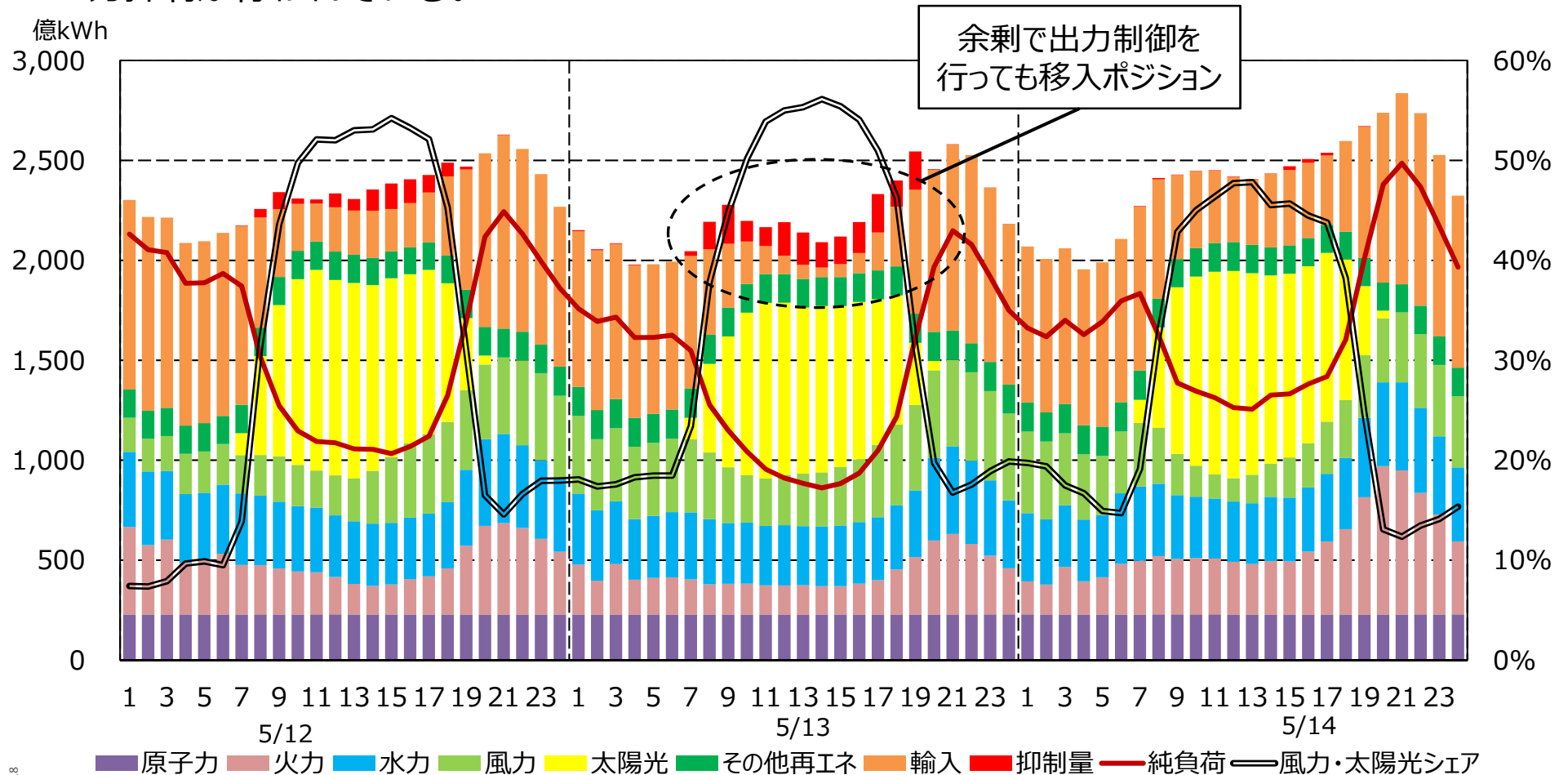
- 米国カリフォルニアISO管内では太陽光発電の導入が拡大しているが、太陽光発電の出力制御の電力量が4%を超える月も出て来ている。低需要期である春に出力制御が増加する傾向にある。



(出所) California ISO, "Historical wind and solar curtailment"より作成

カリフォルニアISOの2018年5月12日～14日の状況

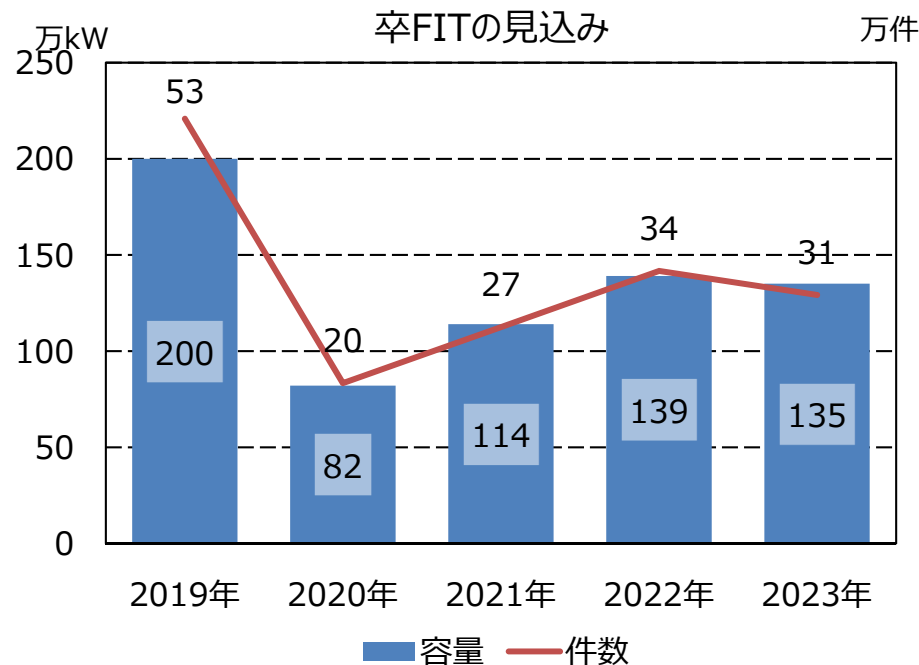
- 出力抑制の規模が大きかった2018年5月12日と13日の状況は下図の通り。広域需給調整市場の構築により移入の抑制が容易になったが、移入が残っている昼間の供給余剰時に出力抑制が行われている。



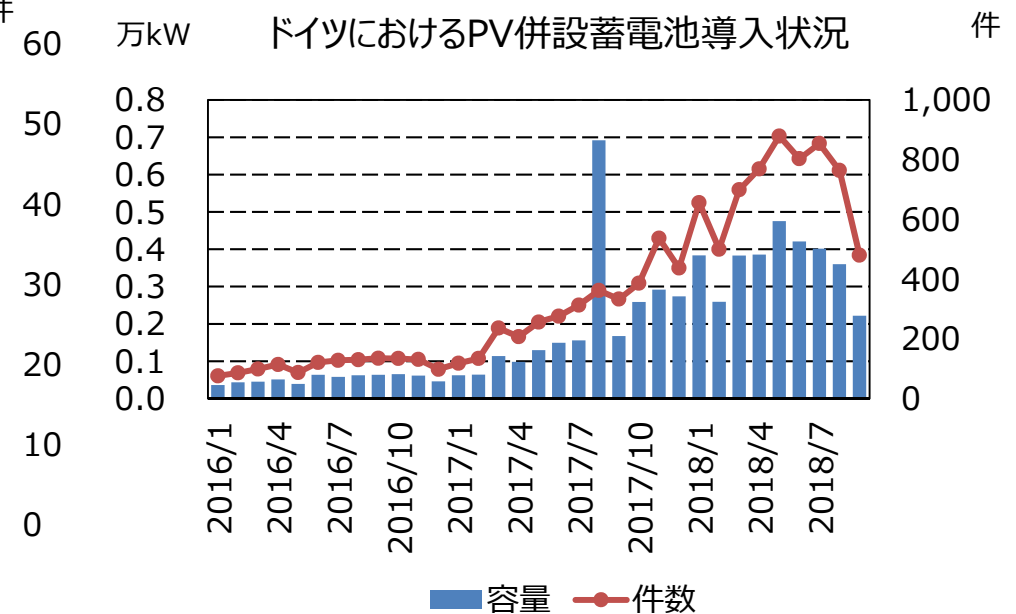
(出所) カリフォルニアISO、"Daily renewables watch"及び"Wind and solar curtailment report"より作成

2019年問題への対応

- 2019年11月以降、FIT制度による買取期間が終了する住宅用太陽光発電設備が増加する見込みとなっており、その対応が検討されている。買取期間が10年間と設定されているものの、その後少なくとも10年間はパネルの耐用年数から発電を継続できると想定されている。
※ 余剰電気を購入する契約相手が一時的に存在しなくなった場合には一般送配電部門が買取ることになっている。
- ドイツでは住宅用電気料金よりも太陽光発電の設置費用が下回ったこと及び蓄電池を併設すると補助金が見込めるため急速に蓄電池の設置が進んでいる。同様の支援が見込めるカリフォルニア州以外で設置が進んでいないことから、何らかの支援措置がない限り蓄電池活用は難しいと思われる。

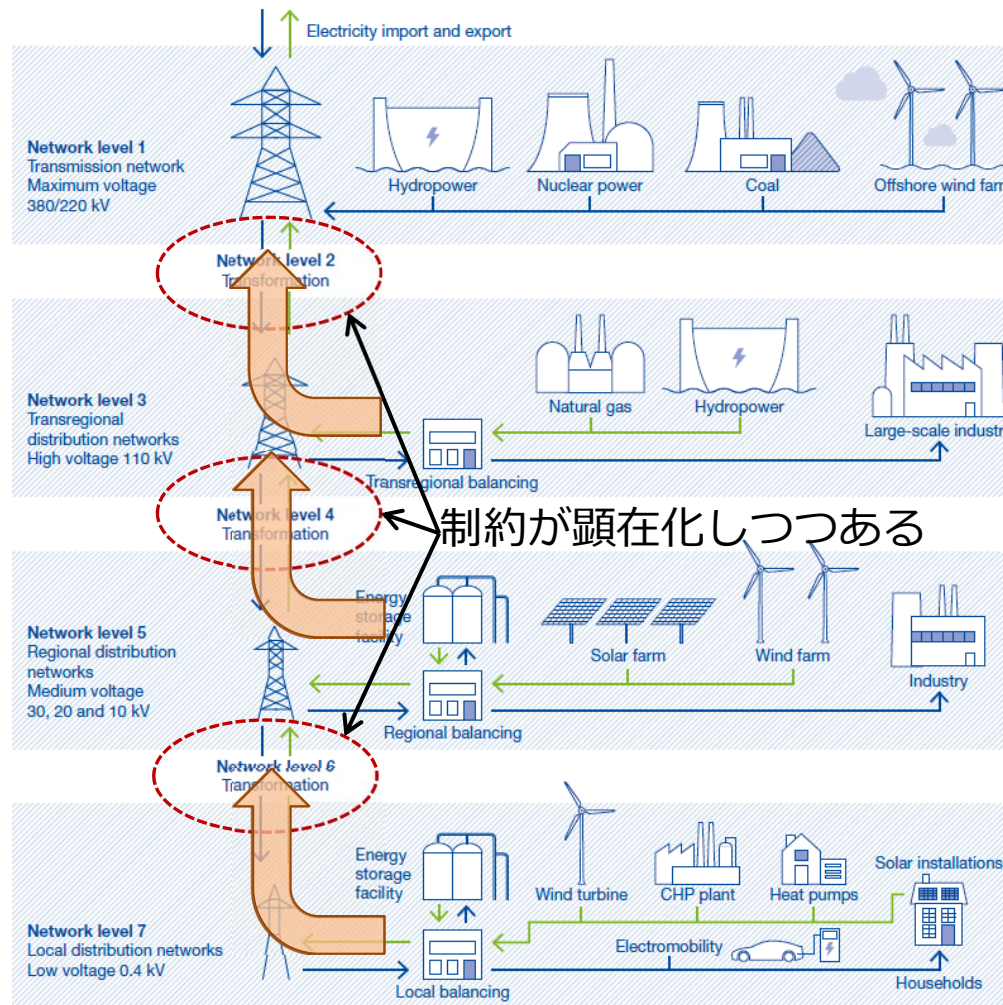


(出所) 資源エネルギー庁、「住宅用太陽光発電設備の FIT買取期間終了に向けた対応」、2018年9月



(出所) 連邦ネットワーク庁、「Publication of EEG Battery Storage - November 2017 to September」より作成

新たな系統制約問題



制約が顕在化しつつある

(出所) GEODE, "Flexibility in the Energy Transition: a Toolbox for Electricity DSOs", 2018年2月

- 混雑管理とは相互に送電可能な送電系統における混雑を解消する問題として設定されていた。
- しかし小規模な再生可能エネルギー発電の連系増加等により各変電所レベルで「混雑」が発生するようになってきた。
- 欧州ではTSO（送電系統運用者）の混雑処理にDOS（配電系統運用者）の混雑処理を統合するのか別システムにするのかが議論されている。
- TSOとDSOの協調方法及び混雑識別方法、DSOの調達市場のあり方、各種プラットフォームの規制と非規制の範囲等が課題である。
- わが国でもN-1電制やノンファーム型接続（注）として混雑処理の仕組みを検討しているが、異なる電圧間での変電所容量の管理方法や経済的出力制御の考え方について整理が必要だと考えられる。

(注) N-1電制とは従来送電線2回線のうち事故時に1回線空けていたが、事故時の遮断を前提に接続を認めるものを呼ぶ。ノンファーム型接続は送電容量を持たず、系統の空きがあるときには送電することができるが制約が生じた場合に遮断することを選定に接続を認めるもの。

再生可能エネルギー発電の短期的課題

- 世界における再生可能エネルギー発電の増加量の約半分を中国が占めるようになっており、中国における再生可能エネルギー発電の買取制度が変更され買取量が大きく変化すると世界の再生可能エネルギー市場に影響を与えるようになっている。例えば、2018年5月に中国で太陽光発電の買取抑制が公表されたことで、パネル供給過剰とパネル価格の下落をもたらした。
- 国内ではFIT制度からの自立に向けたコスト削減を促す仕組み作りの議論が進展する見込みである。2019年11月以降、FIT制度による買取期間が終了する住宅用太陽光発電設備が増加する見込みとなっており、自家消費への誘導も含め、その対応が検討されている。しかし、国際的に見ると、太陽光発電併設型蓄電池が補助金を得られるドイツとカリフォルニア州以外では設置が進展していない状況である。これらを踏まえ、小売電気事業者による買取のあり方を中心に対応策の検討を進めるのが適当と考えられる。
- FIT電気の出力制御と併せて小規模供給力の活用を目指した次世代型ネットワークの検討が進められている。わが国でもN-1電制やノンファーム型接続として混雑処理の仕組みを検討しているが、混雑発生箇所である異なる電圧間での変電所容量の管理・情報公開方法や経済的出力制御の考え方について整理が必要と考えられる。