

世界のエネルギー環境情勢と わが国の課題

名古屋学院大学 エネルギー環境シンポジウム

2019年12月3日

一般財団法人 日本エネルギー経済研究所

小山 堅

過去の世界のEnergy Transition

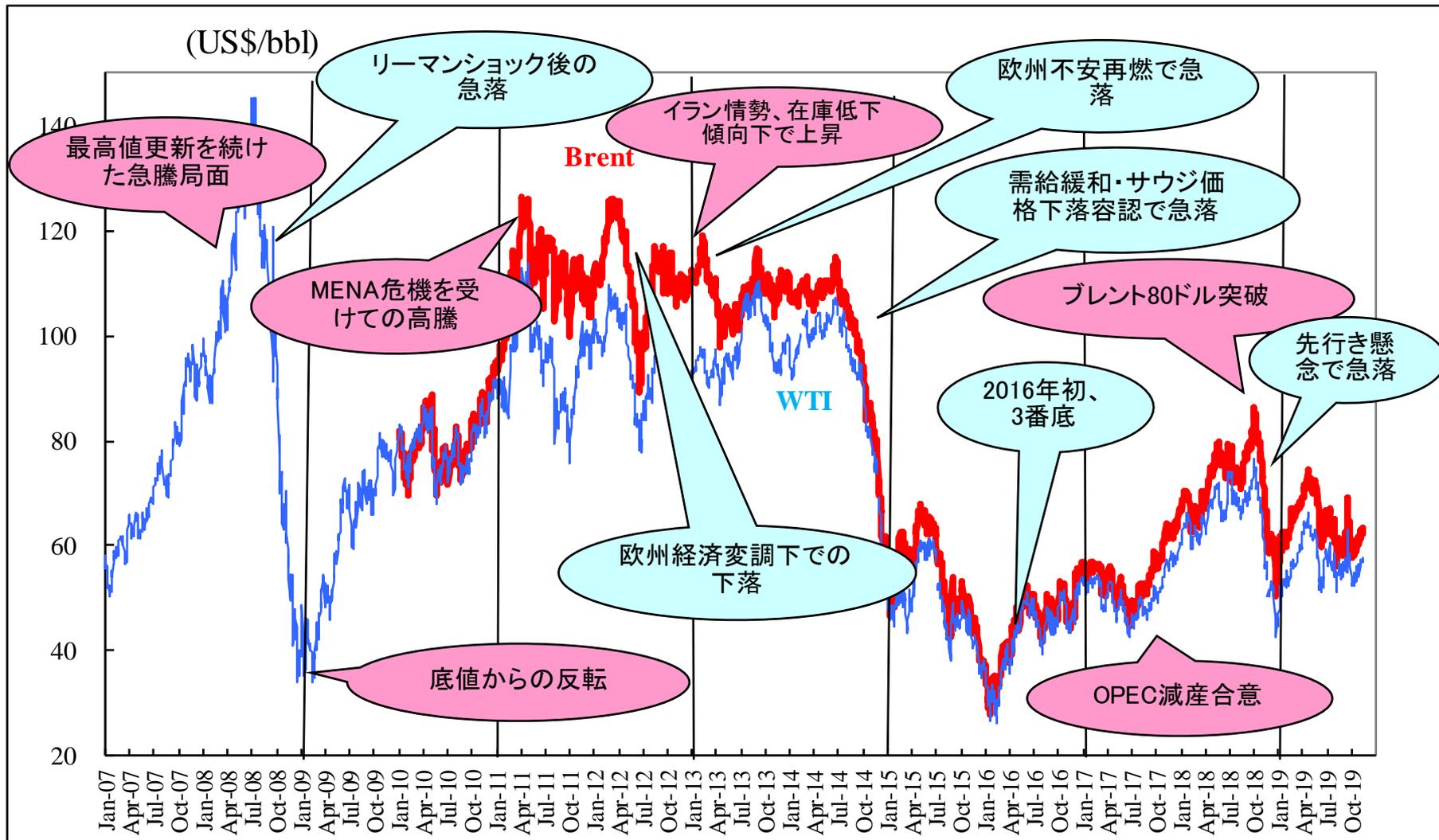
- 19世紀：産業革命の進展で、自然エネルギーから石炭へ
- 20世紀：「石油の世紀」へ
 - ✓ その背景には、石油の持つ経済性・利便性・供給可能性・利用技術進歩など
- 1970年代：石油危機を契機とした脱石油政策の展開
 - ✓ エネルギー安全保障対策で、OECDで強力な政策が実施され、石油代替へ
- 21世紀：「石油の世紀」から次は「何の世紀」になるのか
 - ✓ 環境問題への対応、エネルギー安全保障への対応
 - ✓ 再エネ・先進自動車など新たな技術開発と普及
 - ✓ 新たな（非在来型）資源利用の可能性
 - 上記要因によって、今後の展開は大きく左右される可能性
- 技術覇権と“Geo-technology”

エネルギー問題を巡る新たな国際情勢

- 乱高下する国際エネルギー価格
- 世界の需要・輸入の重心はアジアにシフト
- 高まるエネルギーを巡る地政学リスク
- シェール革命とトランプ政策で揺れる世界
- 環境制約と持続可能性への課題
- 急速な技術進歩とイノベーションへの期待
- 不確実性・不透明感の高まり

最近の原油先物価格動向

2014年後半の急落以降、原油価格は激しく変動



(出所) NYMEX資料等より作成

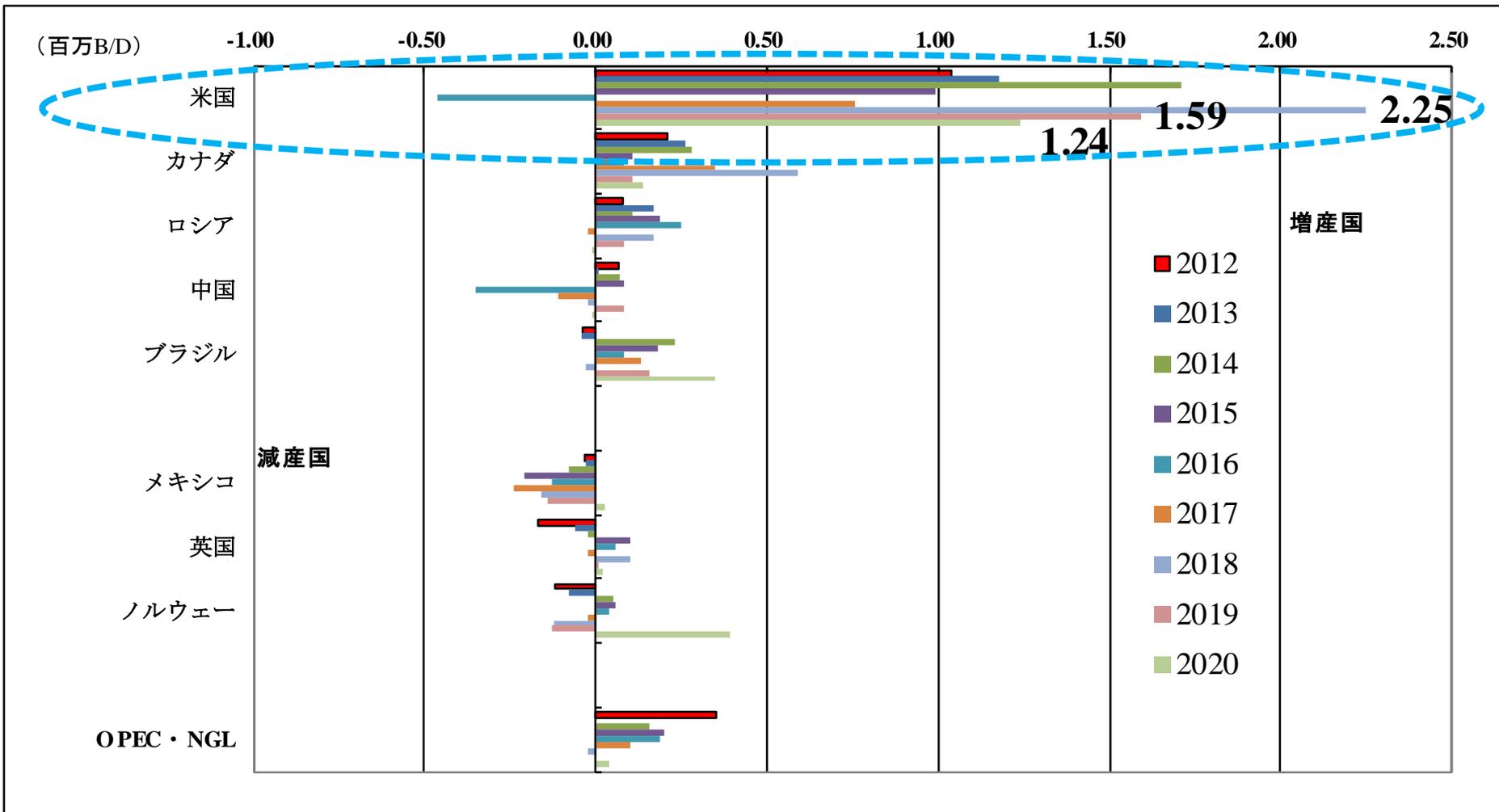
米国トランプ政権のエネルギー・環境政策の影響

- 反オバマ政策
 - アメリカ第1主義
 - Energy Dominanceの追求
 - パリ協定離脱と環境政策
 - 化石燃料重視
 - 対中国・中東・露など対外政策とエネルギー市場への影響
 - 米国経済の先行きと政策への影響
 - しかし、政策以上に影響する「市場の力」にも留意が必要
-
- **次期大統領選挙の結果とその影響？**



米国大增産が非OPEC増産を牽引

米国は2018年225万B/D、2019年159万B/D、2020年124万B/D増産へ。

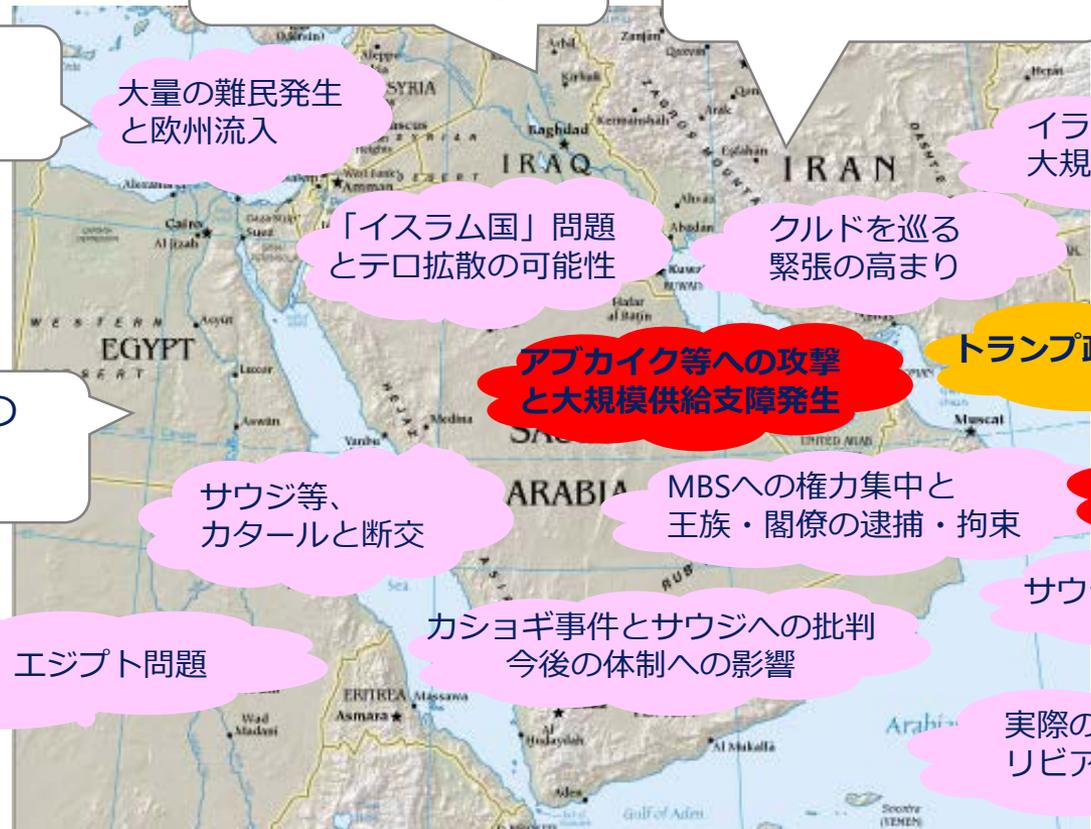


(出所) IEA「Oil Market Report」より作成

米中貿易戦争の推移

- 2018年3月、米、中国の鉄鋼・アルミへの追加関税、4月、中国は報復
- 2018年7月、米国は中国の知財権侵害への制裁で第1弾として、360億ドルの中国製品に25%の追加関税発動。中国は同規模で報復関税。
- 2018年8月、第2弾として140億ドル分に25%追加関税。中国も報復
- 2018年9月、第3弾として2000億ドル分に10%追加関税。中国は600億ドル分に報復関税
- 2018年12月、米中首脳会議。構造協議開始
- 2018年12月、カナダでファーウェイ幹部逮捕
- 2019年5月、米、第3弾制裁に関し25%へ関税引き上げ。中国も対抗へ。
- 2019年5月、米、第4弾として約3000億ドル分への25%関税引き上げへ
- 2019年5月、米、ファーウェイを経済制裁対象へ
- 貿易戦争再燃で、再び経済下振れリスク顕在化
- 8月以降、貿易戦争激化。その後、「第1段階合意」の可能性も

不安定な政情が続く中東・北アフリカ地域



パリ同時テロ
欧州でも、アジアでも

イラク戦争後の
イラク内外情勢

イラン核開発問題

核合意と
経済制裁の将来

先行き不透明な
中東和平問題

大量の難民発生
と欧州流入

イランでの同時テロと
大規模な反政府デモ

エルサレム問題

「イスラム国」問題
とテロ拡散の可能性

クルドを巡る
緊張の高まり

「アラブの春」の
広範な影響

アブカイク等への攻撃
と大規模供給支障発生

トランプ政権の中東政策の影響

サウジ等、
カタールと断交

MBSへの権力集中と
王族・閣僚の逮捕・拘束

タンカー攻撃および
米偵察機撃墜事件発生

シリア、イエメン、エジプト問題

カショギ事件とサウジへの批判
今後の体制への影響

サウジ-イラン関係の緊張

アラブイスラム社会に広がる
米国への不満・反発...

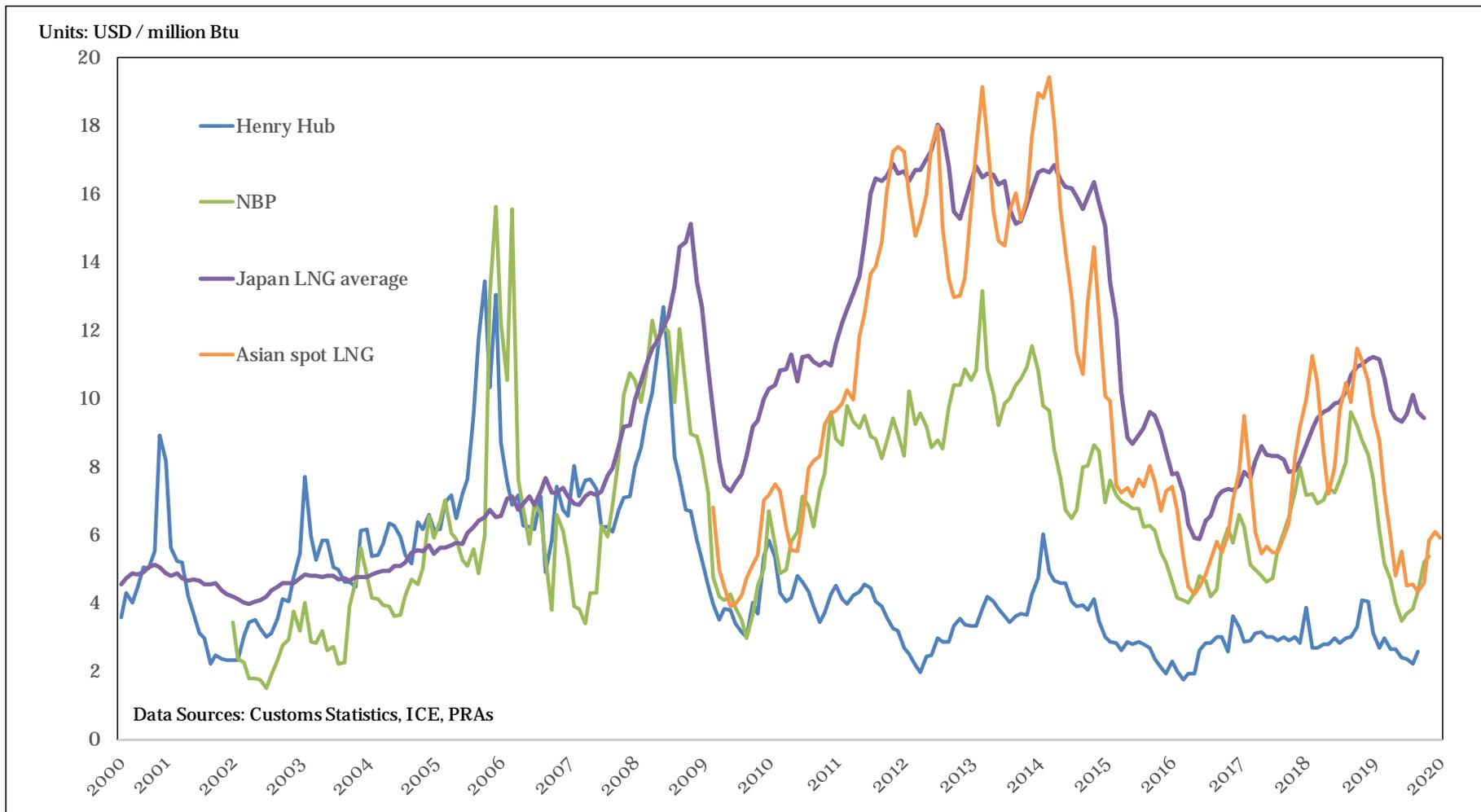
中東の現政権・体制
を巡る不安定要因

石油施設に対する
テロ活動の危険性

実際の石油供給支障・低下
リビア（及びベネズエラ）

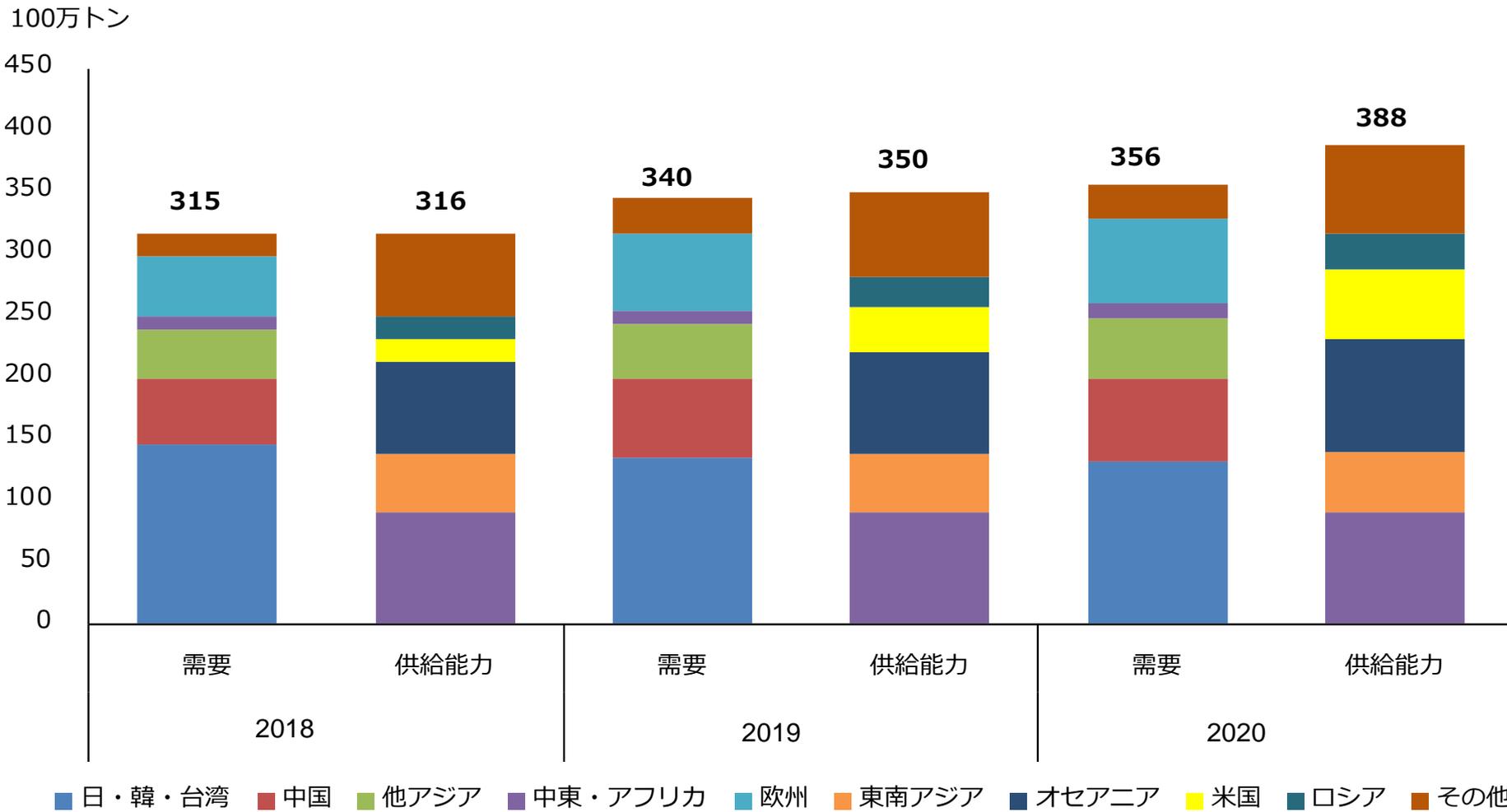
世界の地域別ガス価格

アジア向け価格は、長契とスポットで価格に大きな乖離



(出所) US EIA他

2020年に向け、LNG需給は緩和傾向に



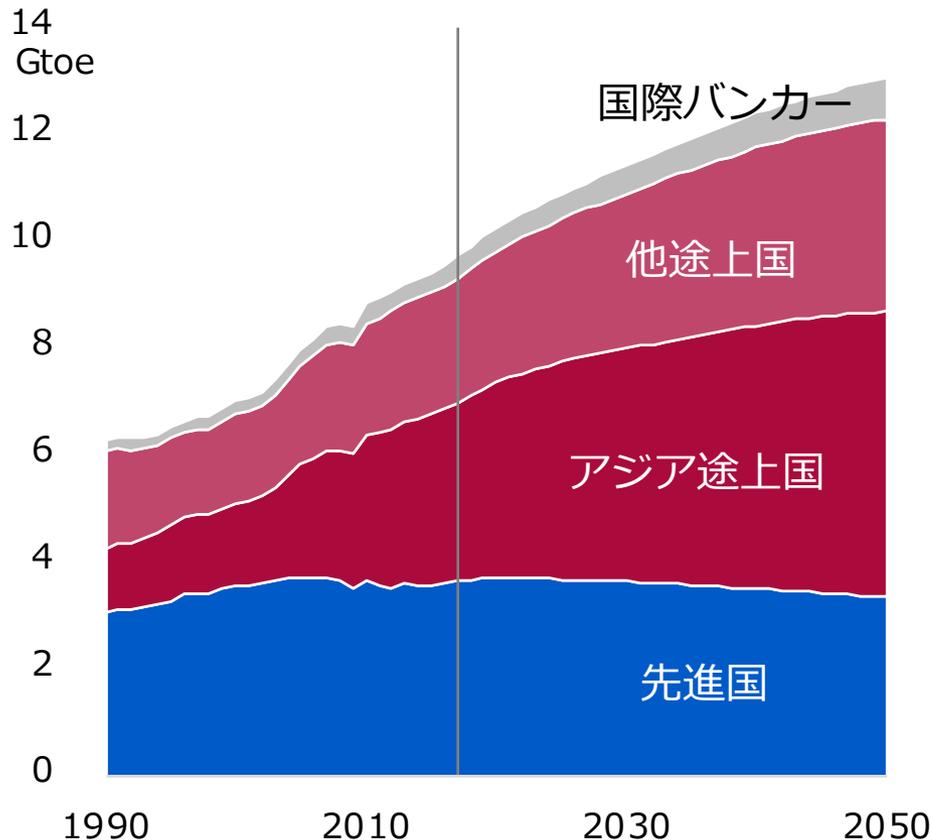
(出所)「国際天然ガス情勢の展望」(橋本裕、日本エネルギー経済研究所)、2019年7月

アジアのガス/LNG需要に影響する要因

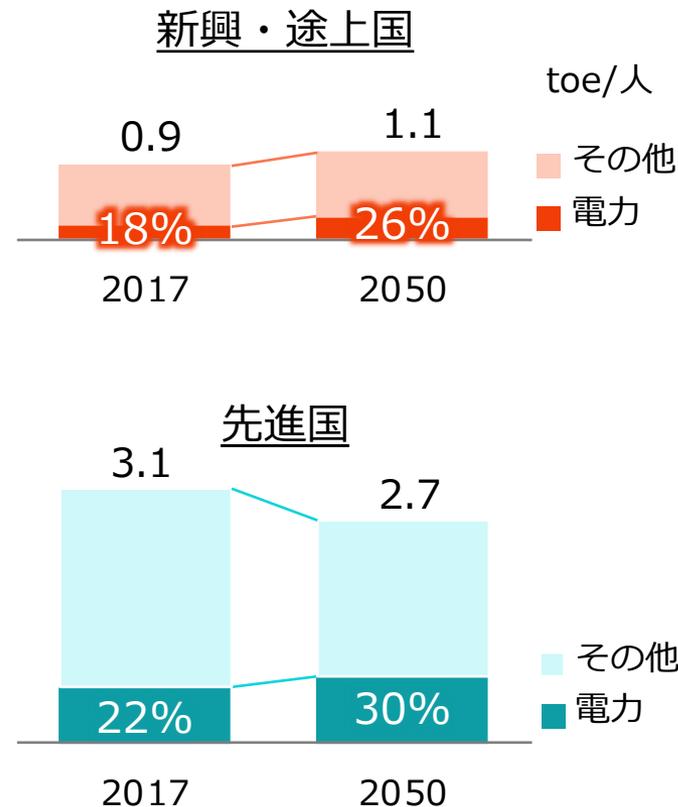
- 経済成長
- 環境保護政策・対策の強度
- 価格
- 石炭との競合
- 原子力の将来
- 再生可能エネルギーとの競争
- 石油製品等との競争
- 電力・ガス市場の自由化
- パイプラインとLNGの競争

途上国では1人当たりの消費量はまだ小さい

◆ 最終エネルギー需要



◆ 1人当たりのエネルギー消費量

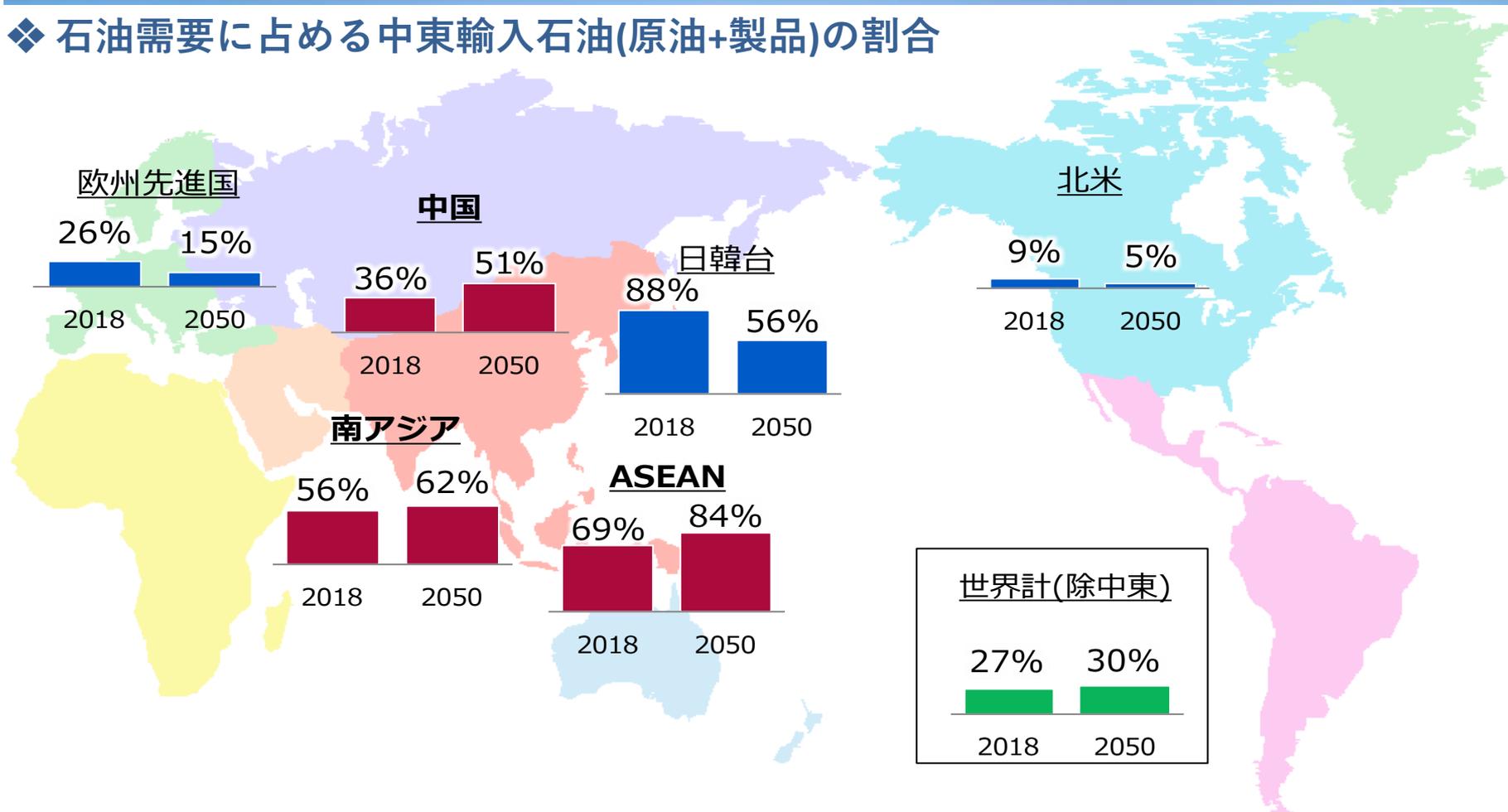


世界の最終エネルギー需要は2050年までに1.3倍に拡大、一方、先進国の需要は減少に転じる。新興・途上国の1人当たりのエネルギー消費は、2050年でも先進国に比べて半分以下にとどまる。電力需要は増加し続け、最終エネルギー需要に占める電化率は大きく上昇する。

出所: IEEJ Outlook 2020

アジアだけが中東依存を高めている

❖ 石油需要に占める中東輸入石油(原油+製品)の割合



アジア途上国が石油需要の中東依存を高めている。供給障害に対するリスク緩和が課題。
一方、北米や欧州先進国では大きく低下する。しかし、世界石油需要の中東依存が高まる中で、有事における価格高騰の影響は先進国にも及ぶことに。

出所: IEEJ Outlook 2020

重要性を増す環境問題への対応

- エネルギー需要の増大
- 長期的課題としての気候変動への対応
- 喫緊の重要課題である大気汚染対策の必要性

パリ協定の下でのGHG削減目標

	提出日 (2015年)	タイプ	削減水準(%)	参照点	目標年	対象セクター・ガス
EU	3月6日	基準年比排出量目標	40	1990年	2030年	GHG排出量
米国	3月31日	基準年比排出量目標	26~28	2005年	2025年	GHG排出量 ※基準年排出量には森林 吸収源等による吸収量を含む
ロシア	4月1日	基準年比排出量目標	25~30	1990年	2030年	GHG排出量
中国	6月30日	基準年比対GDP原単位目標 (2030年前の排出量ピークアウトも)	60~65	2005年	2030年	CO2排出量
日本	7月17日	基準年比排出量目標	26	2013年	2030年	GHG排出量
インドネシア	9月24日	BAU比排出量目標	29	BAU	2030年	GHG排出量
ブラジル	9月30日	基準年比排出量目標	37 (2030年に43%)	2005年	2025年	GHG排出量
インド	10月1日	基準年比対GDP原単位目標	33~35	2005年	2030年	GHG排出量

中国の大気汚染



パリ協定は重要な第1歩。しかし…

◆ パリ協定の評価

好評価点



中国、インドなどの途上国も含め、**全ての国が削減義務**を負い、180を超える国々が、今後の削減努力に合意。

京都合意のように削減率を先に決めて各国に当てはめようとしたトップダウン方式ではなく、**削減目標を持ち寄り、積み上げていくボトムアップ方式。**

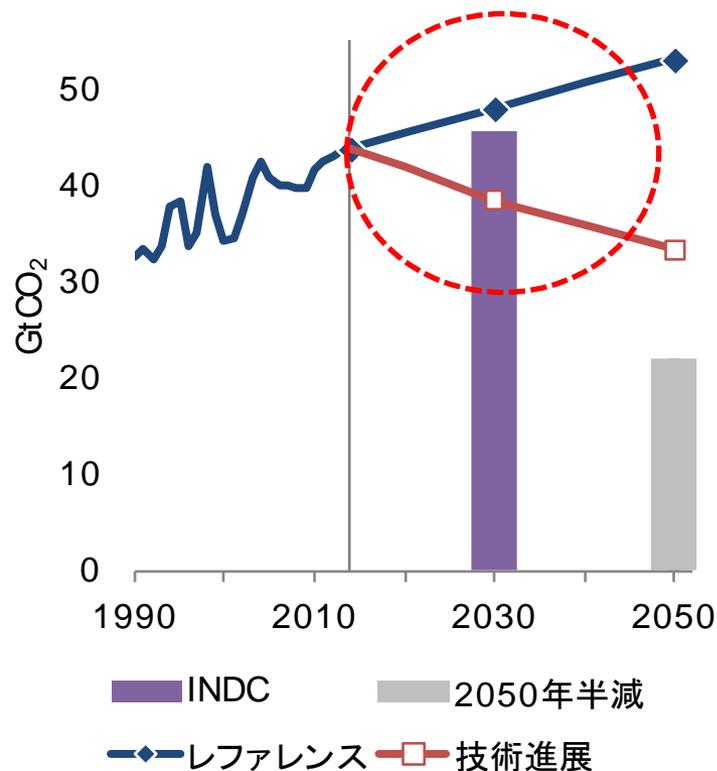
5年に1度、各国の目標の合計を評価し、さらなる削減努力を求めてゆく方式

課題



世界のGHG排出量が足元より増加する

◆ 温室効果ガス排出



「自主的に決定する約束草案(INDC)」下での2030年のGHG排出量は、足元を上回る。トレンドよりは抑制されるが、2050年排出半減といった将来像には結びつき難い姿。パリ協定での目標を着実に現実のものとし、さらなる削減につなげることが必要。技術革新と同時に、技術移転による世界全体での対策を後押しすることが欠かせない

2050年に向けた主要国長期戦略等の比較

最近は、さらにGHG排出「ネットゼロ」表明を行う国も...

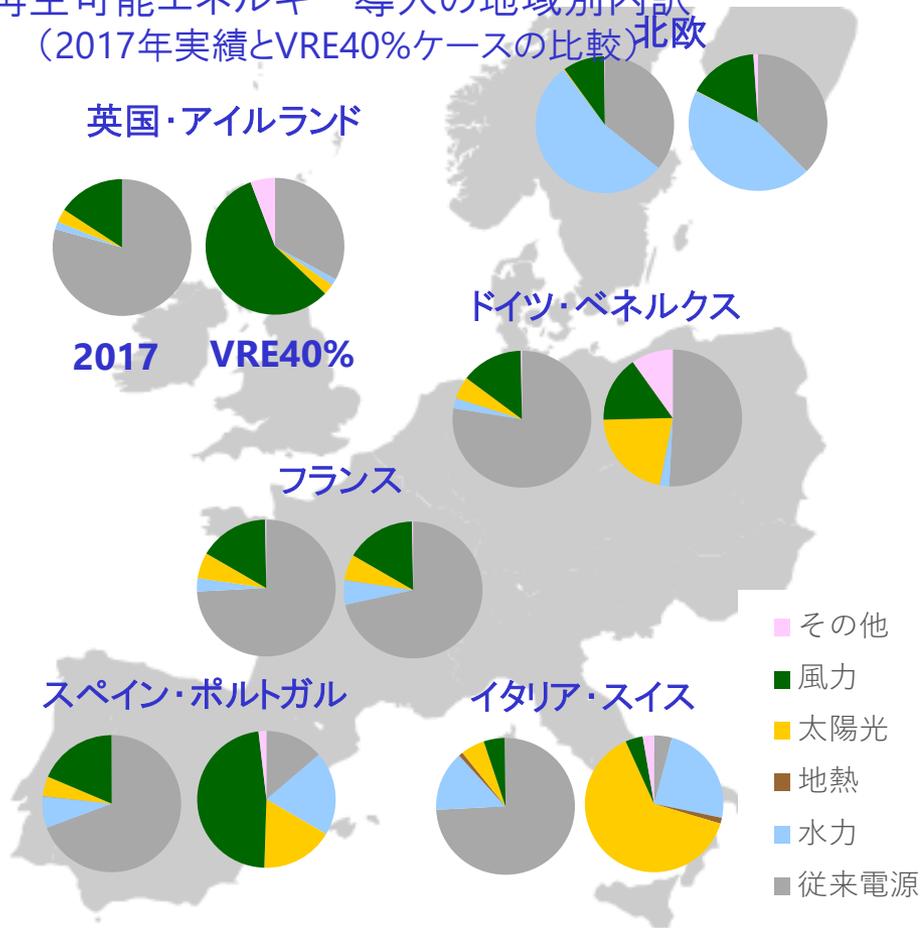
		米国	カナダ	英国	フランス	ドイツ	日本	
コンセプト (柔軟性の確保)		削減目標に向けた 野心的ビジョン (足下での政策立案を 意図するものではない)	議論のための 情報提供 (政策の青写真 ではない)	経路検討による 今後数年の 打ち手の参考 (長期予測は困難)	目標達成に向けた あり得る経路 (行動計画ではない)	排出削減に向けた 方向性 を提示 (マスタープランを模索 するものではない)	エネルギー転換への イニシアティブ (野心的 複線シナリオ)	
目標・政策方向性	削減目標	▲80%以上 (2005年比)	▲80% (2005年比)	▲80%以上 (1990年比)	▲75% (1990年比)	▲80~95% (1990年比)	▲80%	
	ゼロエミ	変動再エネ	●インフラ・規制両面で 支援必要 (再エネ全体で55~65%)	●風力・太陽光、 水力も更に拡大必要 (再エネ全体で50~80%等)	●洋上風力など新規 市場参入を支援	●再エネ統合のために 更なる柔軟性が必要	●変動再エネをセクター カップリングで最適化 (再エネ全体で80%)	●超高効率再エネの 開発、蓄電池・水素 蓄電の開発
		安定再エネ・原子力	●運転延長 & 次世代 原子力投資が必要 (17~26%)	●今後15年で原子力に 250億ドル投資予定 (5~50%)	●次世代原子力の 開発等に向けた イノベーションを支援	●原子力比率50%へ (エネルギー転換法)		●安定再エネ開発 ●安全炉・ バックエンド技術開発
		火力(CCS・水素)	●幅を持った想定 (CCS: 0~25%)	●CCS付含めて想定 (CCS: 0~10%)	●2025年までにCCS が無い石炭火力廃 止	●極端なゼロエミ化 シナリオではCCSが 不可欠	●石炭火力新設を 支援しない	●資源国でCCS 水素・合成ガス輸入 ●水素発電開発
	熱・輸送の電化・水素化 CCUS活用		●電化が進展 (45~65%) ●水素は電化困難な 分野で重要な役割を 担う可能性	●各分野での電化は 排出削減に不可欠 (40~72%) ●多排出産業CCS余地 ●重工業・船舶で 水素活用の可能性あり	●ヒートポンプ・EVの 普及推進 ●CCUS技術を先導 ●水素はFCV、産業と 民生の熱供給に利用	●省エネ促進に向けて 電化が重要 ●多排出産業で CCS活用	●自動車・民生熱利用 の電化(30%程度) ●水素・CCUSは 重工業分野での 脱炭素化に貢献	●高性能HPの開発・ EV/PHVの開発 ●水素還元システムの 開発・FCV開発等
	省エネ		●エネルギーシステム 全体で効率向上必要 (▲24~30% 2005年比)	●エネルギーシステム 全体で効率向上必要 (▲5~35% 2014年比)	●全ての家庭の省エネ 性能を一定水準まで 引き上げ必要	●各分野における 大幅な省エネ必要 (▲50% 1990年比)	●経済成長とエネ消費 の強いデカップリング が必要 (▲50%2008年比)	●分散型エネルギー システム開発を主導 (小型脱炭素化発電、車の 蓄電利用、AI・IOT利用、 自動走行開発、需要制御等)
海外貢献		●米国製品の市場 拡大を通じた貢献	●国際貢献を視野 (0~15%)	●環境投資で 世界を先導	●仏企業の国際開発 支援を通じて貢献	●途上国投資機運の 維持・強化	●低炭素化投資+ 脱炭素化開発	
実行のメカニズム		定期的レビュー	定期的レビュー	カーボンバジェット	カーボンバジェット	科学的な検証・ 公共との対話	脱炭素化システム コスト・リスク評価 + 科学的レビュー	

※定量値は長期戦略中のシナリオの幅や各国個別目標値等。

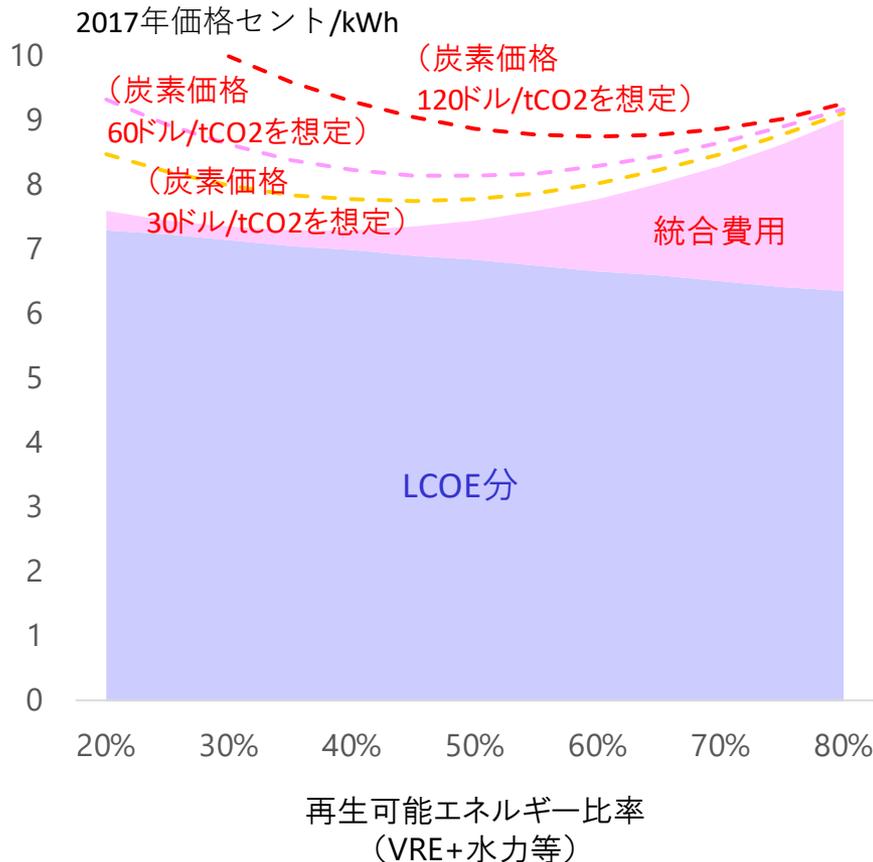
(出所) 経済産業省 資源エネルギー庁「第5次エネルギー基本計画(案)の構成等」総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会(第27回)資料1、p.3(2018年5月16日)

欧州における国・地域別内訳と統合費用

再生可能エネルギー導入の地域別内訳 (2017年実績とVRE40%ケースの比較)



欧州における統合費用



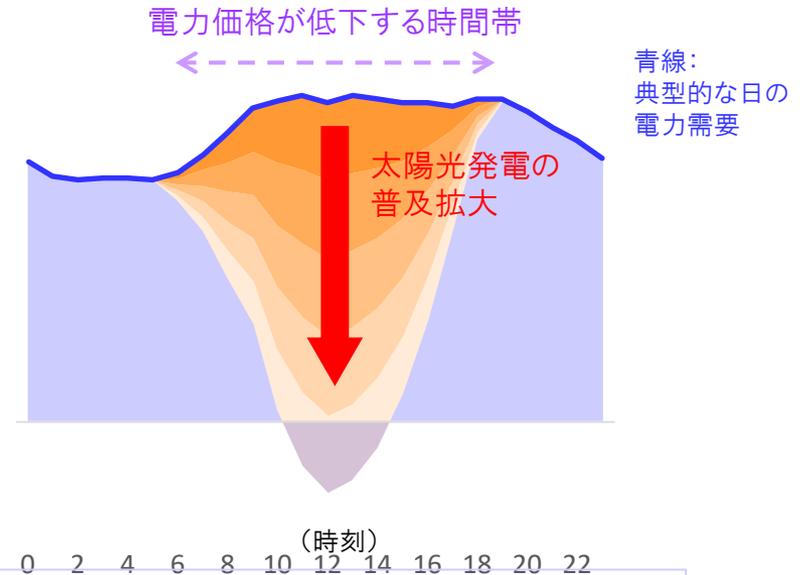
- 欧州においても資源量は偏在し、水力資源の豊富な北欧や、風力資源の豊富なスペイン・英国、太陽光資源の豊富なイタリア・スペインなど、地域によって異なる特徴を有する。
- VRE比率が拡大するにつれ、統合費用は緩やかに上昇。ASEANよりも従来電源のコストが高いため、コスト最小点のVRE比率が高めとなる一方で、炭素価格による影響は比較的小さくなる。

出所: IEEJ Outlook 2020

VRE大量導入時の課題：共食い効果(Cannibalization effect)

◎ 太陽光発電設備が大量に導入された場合

- 晴れた昼間に限界費用(ほぼ)ゼロの電力が大量に供給される
- 晴れた昼間の電力価格が低く、もしくは負になる



このとき、

太陽光発電設備

- 電力価格が低い時間帯にしか発電できない
- 太陽光発電の普及拡大に伴い、**太陽光発電設備自体の「価値」が低下する**
- 「価値」が「コスト」を下回ると、それ以上の普及拡大がより困難になる

従来型発電設備

- 夜間にも発電が可能のため、「価値」の低下は太陽光発電設備に比べて限定的
- 価格の低下により**設備の投資回収がより困難になる**
- 価格が燃料費を下回る場合には、設備利用率の低い運用が求められる

※ 同様の現象は太陽光のみでなく、より緩やかな程度で、風力発電についても生じる。

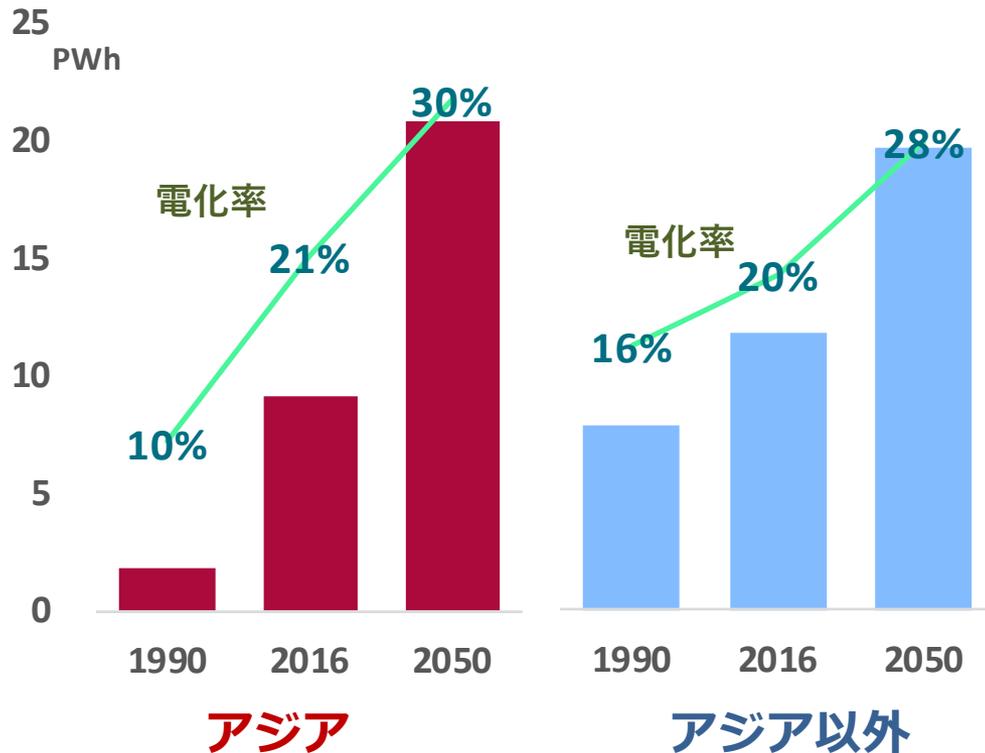
出所: IEEJ Outlook 2020

低/脱炭素化への国際エネルギー企業の対応策

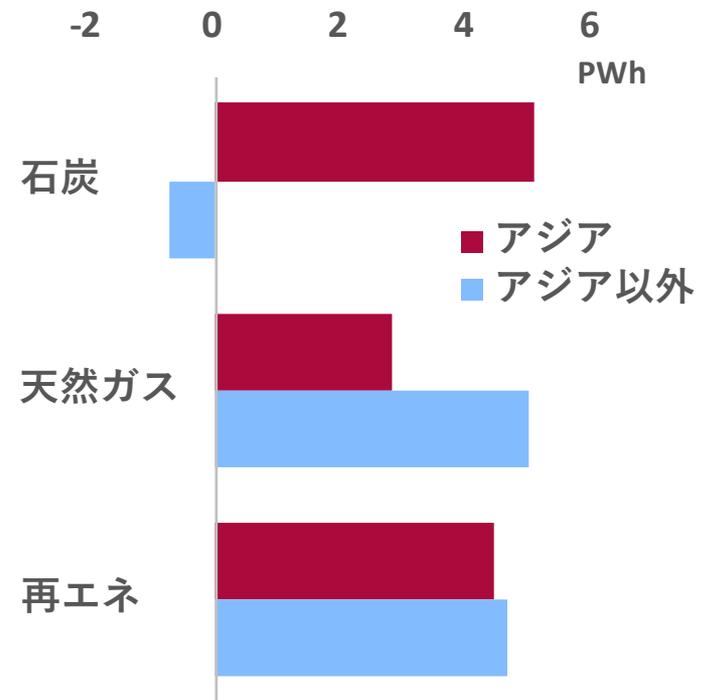
- よりクリーンな化石燃料である天然ガスへの取組み強化
- 世界的に拡大が進む再生可能エネルギーへの取組み強化
- 次世代を担う革新的エネルギー（水素等）への取組み
- CCS・カーボンリサイクル等のCO2対応/利用技術への取組み
- ESG投資、企業Reputation等を意識した事業戦略の展開

経済社会の電力依存が高まる

◆ 最終電力需要と電化率



◆ 発電量増減(2016-2050年)



※電化率:最終エネルギー需要に占める電力需要の割合

一次エネルギー需要増加のうち6割以上が発電のためのエネルギー投入である。世界の電力需要は倍増し、その増加の60%はアジアから生じる。アジアの最終需要における電化率は30%へ上昇。急増するアジアの電力需要の約4割は主に安価で豊富な石炭を利用して賄われる。一方、アジア以外では石炭火力より環境負荷の低い天然ガス火力が好まれる。

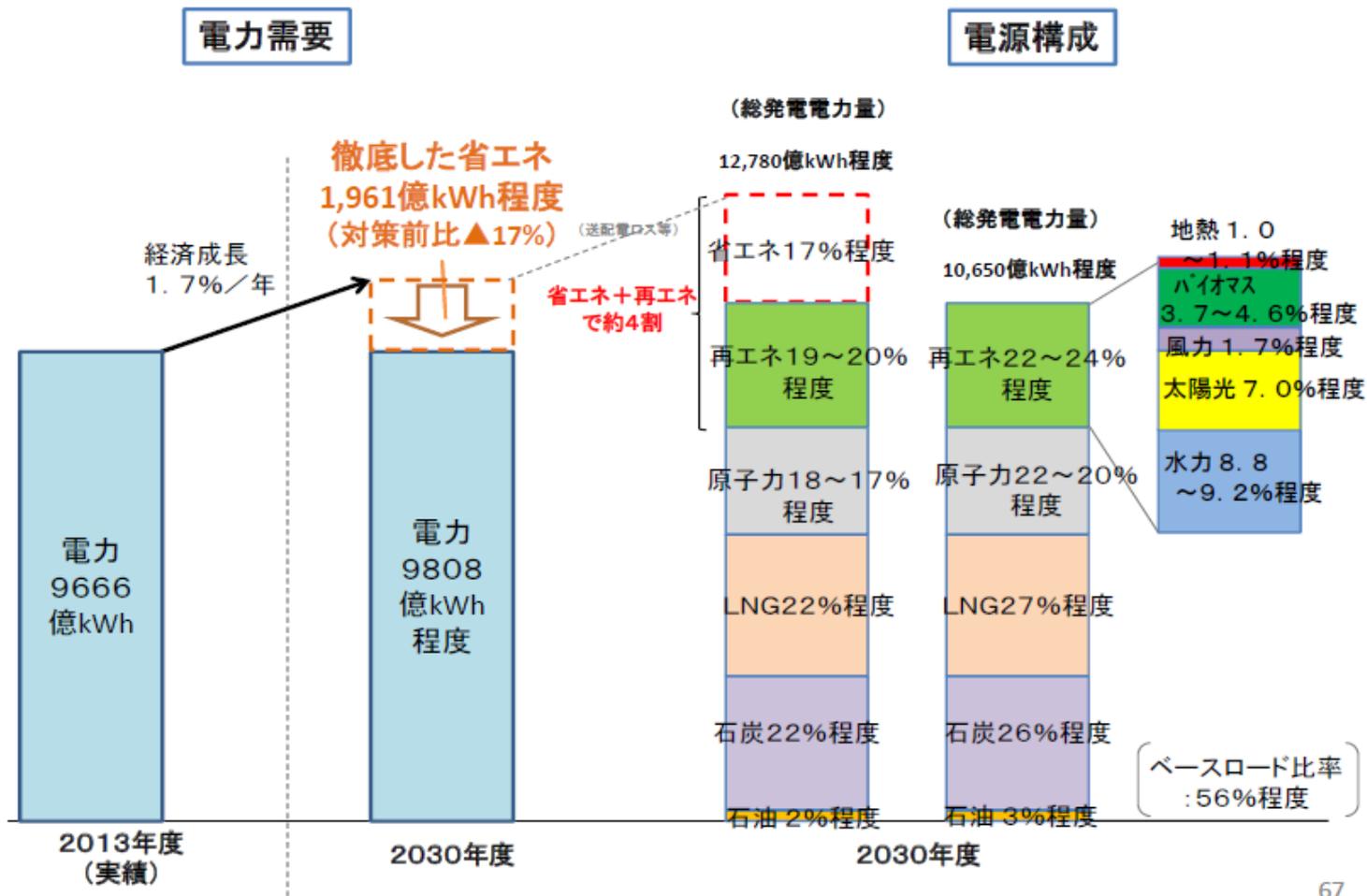
重要性高まる電力セクターでの「4D課題」

- **Decarbonization** : 大幅なGHG排出削減にどう取り組むか
- **Deregulation** : 規制緩和・自由化がもたらす変化への対応
- **Digitalization** : デジタル社会で電力は一層重要に。しかし...
- **Decentralization** : 分散化社会への変化にどう対応するか
- これら4つの課題は、相互に複雑に関係。時には相反も。
- 同時に、電力価格のAffordabilityや電力安定供給は変わらぬ重要テーマでもある。
- REの大幅拡大、自由化の影響、Cyber securityなど、新たなリスク・脅威も念頭に置いた戦略の必要性。

日本のエネルギー政策課題

- 策定されたエネルギーミックスは実現できるのか
- 原子力再稼働を中心とした原子力を巡る諸課題
- 電力・ガスシステム改革の行方とその影響
- 乱高下し先行き不透明な化石燃料市場での安定供給確保
- 再生可能エネルギーの経済的に自立化した主力電源化への課題と省エネルギーの更なる深掘り
- エネルギー政策と整合した長期気候変動政策をどう具体化するか
- 地政学の浮上など新情勢に対応する国際エネルギー戦略の強化
- **第5次エネルギー基本計画（2018年閣議決定）にどう取り組むか**
 - 2030年エネルギーミックスの堅持とその実現
 - より長期への取り組み：複線シナリオ、イノベーションの重要性
 - **次期エネルギー基本計画にむけた課題**

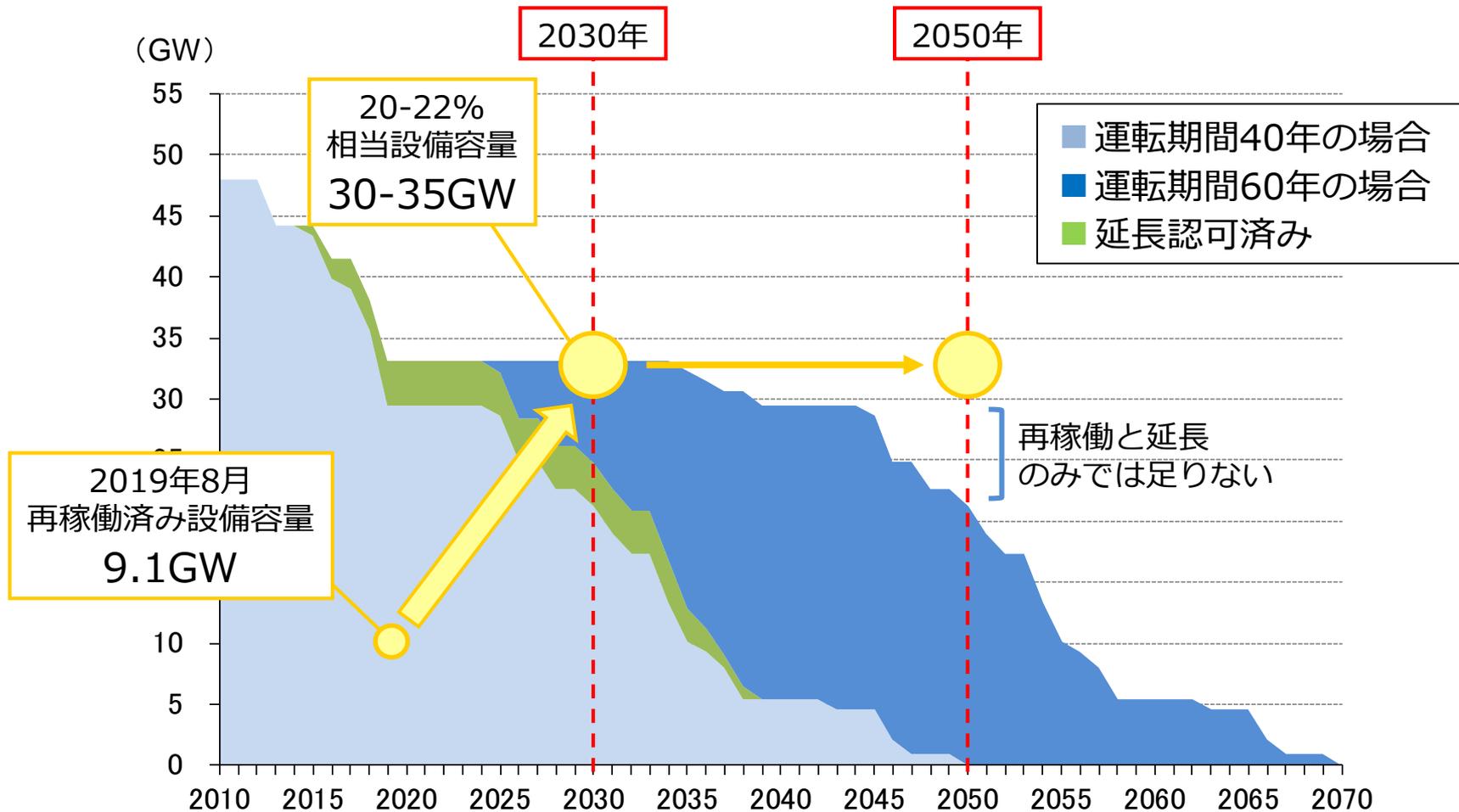
わが国の電力需要と電源構成見通し



(出所) 長期エネルギー需給見通し小委員会第10回 (2015年6月1日) 資料より

エネルギーミックスと原子力

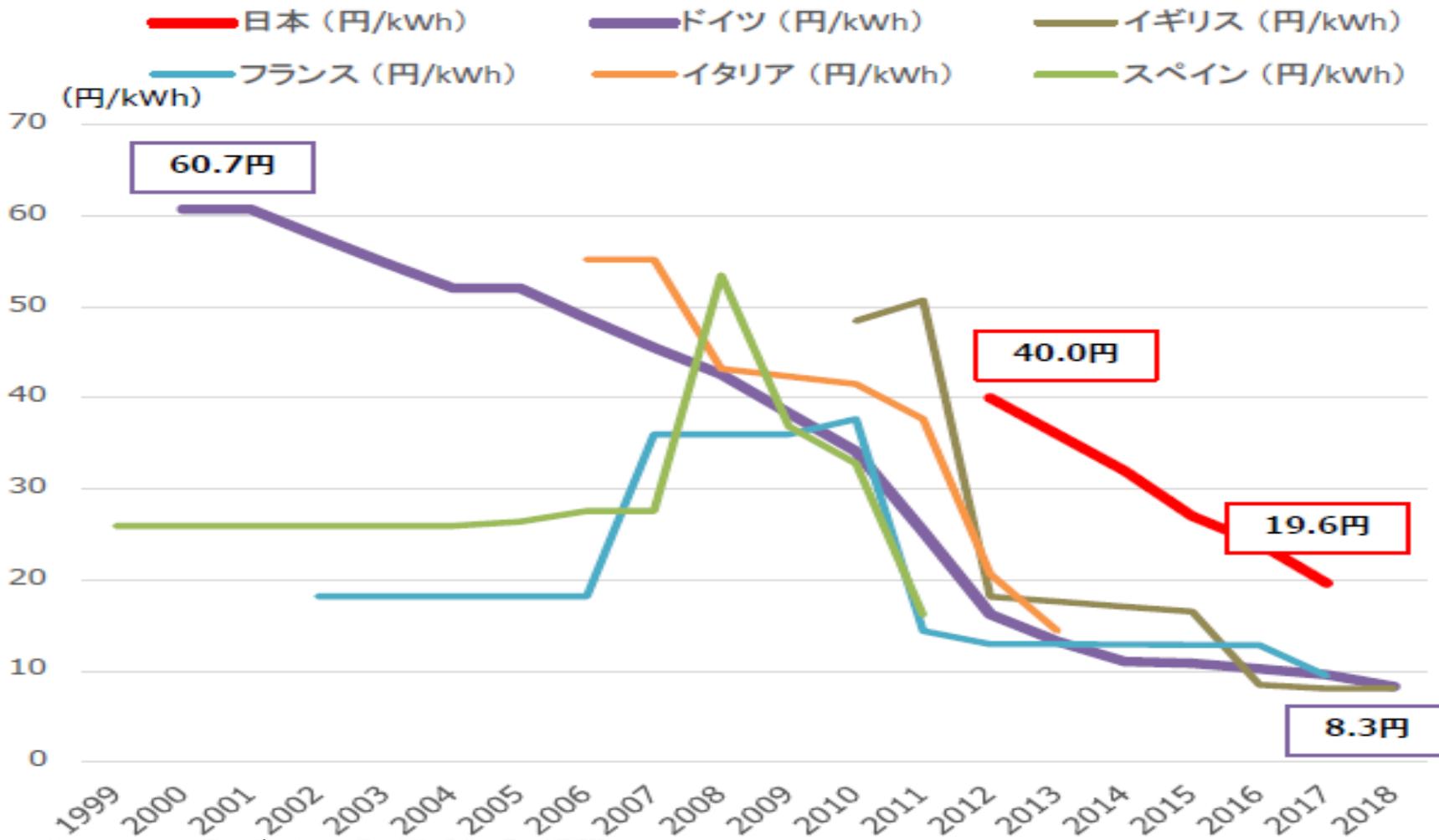
- 2030年目標の達成には、再稼働のみならず運転期間の延長が必要。
- 2050年にも同等の水準を保持するのであれば、新設も必要となる。



(原典) 日本原子力産業協会資料などより推計・作成

低減する再エネ発電コストと日本の独歩高

主要国の太陽光発電（2000kW）買取価格



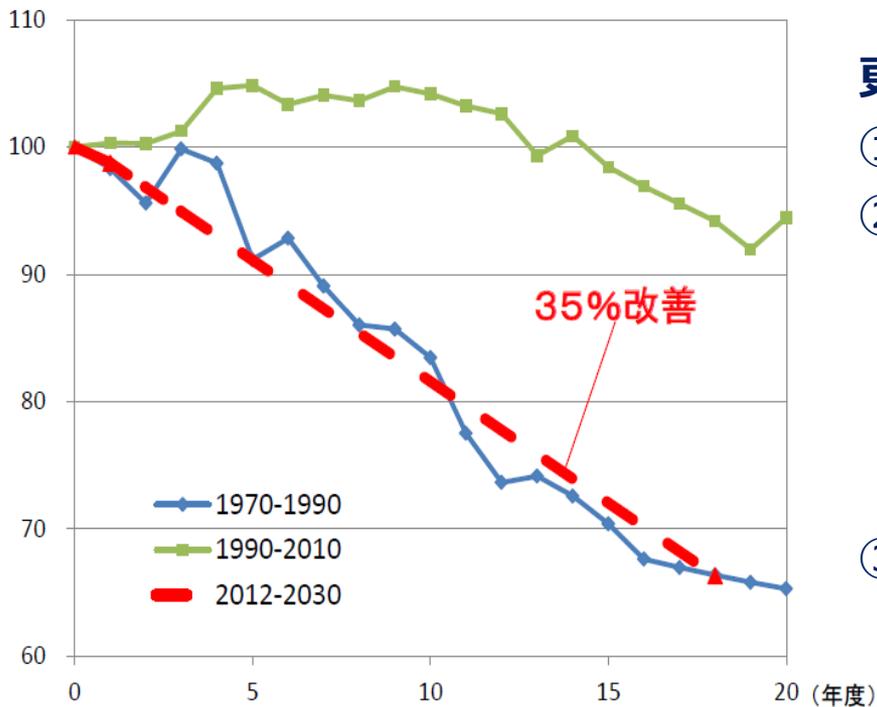
注：1ユーロ=120円、1ポンド=150円で換算。欧州の価格は運転開始年。
入札対象電源の場合、落札価格の加重平均。
原典：調達価格等算定委員会

(出所) 松本知子「再生可能エネルギーの現状と課題」(日本エネルギー経済研究所、第32回エネルギー環境基礎講座、2019年)

野心的省エネ目標と達成に向けた課題

- 省エネルギー対策を徹底して進めた後のエネルギー需要の見通しは、最終エネルギー消費 326百万kL程度(対策前比▲13%)。
- これらの対策の積み上げにより、石油危機後並みの大幅なエネルギー効率改善を実現。

【エネルギー効率の改善】



エネルギー効率 = 最終エネルギー消費量 / 実質GDP

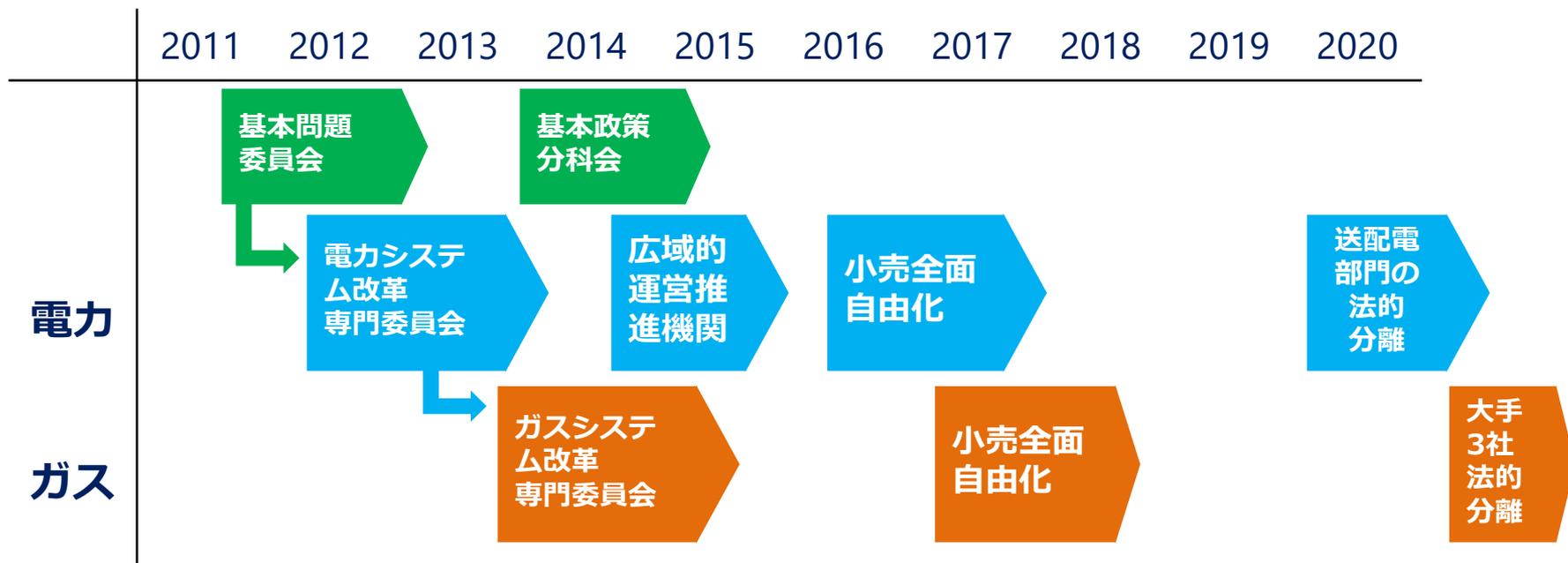
更なる省エネの3つのポイント

- ① 製造設備の更新
 - a. F E M S (Factory Energy Management System)
 - b. B E M S (Building ")
 - c. H E M S (Home ")
 - d. I T S (Intelligent Transport Systems)
- ③ 建築物の省エネ化

(出所) 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 長期エネルギー需給見通し小委員会 第11回会合 (2015年7月16日) 資料3「長期エネルギー需給見通し 関連資料」p.66

2011年以降の電力・ガスシステム改革

- 電力システム改革は3段階、ガスシステム改革は2段階
- 電力改革： 小売全面自由化(2016年4月)
おおよび法的分離(2020年)
- ガス改革： 小売全面自由化(2017年4月)
おおよび大手3社の法的分離(2022年)



まとめ

- 国際エネルギー市場では、足下では国際情勢に揺さぶられる不安定な展開。
- 中長期的にも、大きな不確実性。
- 注目される中東における著しい地政学リスクの高まり
- 世界のエネルギー市場における重点はアジアにシフト。当面は中国動向に要注目。
- アジアのエネルギー・経済情勢の展開が世界に大きな影響を及ぼす
- 高まる非化石エネルギーへの期待。しかし化石エネも重要な役割を果たし続ける。
- 世界のエネ政策、環境政策、技術進展でエネルギー需給構造は大きく変化

- わが国を取り巻く内外情勢には様々な課題と不確実性が存在
- 「完璧なエネルギー」が存在しない中、ベストミックスの追求が重要