

エネルギー政策の方向性

令和2年12月

資源エネルギー庁

- 1. エネルギー政策の全体像**
2. 2050年カーボンニュートラルの表明
3. 再エネ
4. 火力
5. 原子力

2002年6月

エネルギー政策基本法

- 2003年10月 第一次エネルギー基本計画
- 2007年 3月 第二次エネルギー基本計画
- 2010年 6月 第三次エネルギー基本計画

2014年4月

第四次エネルギー基本計画

- 総合資源エネルギー調査会で審議 → 閣議決定
- 原発：可能な限り低減・安全最優先の再稼働 再エネ：拡大（2割を上回る）
- 3年に一度検討（必要に応じ見直し）

2015年7月

長期エネルギー需給見通し（エネルギーミックス）

- 総合資源エネルギー調査会で審議 → 経産大臣決定
- 原発：20-22%（震災前3割） 再エネ：22-24%（現状から倍増）
- エネルギー基本計画の検討に合わせて必要に応じ見直し

2018年7月

第五次エネルギー基本計画

- 2030年の計画と2050年の方向性
- 2030年 ⇒ エネルギーミックスの確実な実現
- 2050年 ⇒ エネルギー転換・脱炭素化への挑戦

第5次エネルギー基本計画（2018年7月閣議決定）の概要

「3E+S」

- 安全最優先（Safety）
- 資源自給率（Energy security）
- 環境適合（Environment）
- 国民負担抑制（Economic efficiency）

⇒

「より高度な3E+S」

- + 技術・ガバナンス改革による安全の革新
- + 技術自給率向上/選択肢の多様化確保
- + 脱炭素化への挑戦
- + 自国産業競争力の強化

2030年に向けた対応

～温室効果ガス26%削減に向けて～

～エネルギーミックスの確実な実現～

- －現状は道半ば
- －計画的な推進
- －実現重視の取組
- －施策の深掘り・強化

<主な施策>

○ 再生可能エネルギー

- ・主力電源化への布石
- ・低コスト化, 系統制約の克服, 火力調整力の確保

○ 原子力

- ・依存度を可能な限り低減
- ・不断の安全性向上と再稼働

○ 化石燃料

- ・化石燃料等の自主開発の促進
- ・高効率な火力発電の有効活用
- ・災害リスク等への対応強化

○ 省エネ

- ・徹底的な省エネの継続
- ・省エネ法と支援策の一体実施

○ 水素/蓄電/分散型エネルギーの推進

2050年に向けた対応

～温室効果ガス80%削減を目指して～

～エネルギー転換・脱炭素化への挑戦～

- －可能性と不確実性
- －野心的な複線シナリオ
- －あらゆる選択肢の追求

<主な方向>

○ 再生可能エネルギー

- ・経済的に自立し脱炭素化した主力電源化を目指す
- ・水素/蓄電/デジタル技術開発に着手

○ 原子力

- ・脱炭素化の選択肢
- ・安全炉追求/バックエンド技術開発に着手

○ 化石燃料

- ・過渡期は主力、資源外交を強化
- ・ガス利用へのシフト、非効率石炭フェードアウト
- ・脱炭素化に向けて水素開発に着手

○ 熱・輸送、分散型エネルギー

- ・水素・蓄電等による脱炭素化への挑戦
- ・分散型エネルギーシステムと地域開発
(次世代再エネ・蓄電、EV、マイクログリッド等の組合せ)

基本計画の策定 ⇒ 総力戦（プロジェクト・国際連携・金融対話・政策）

エネルギーミックス～3E+Sの同時実現～

<3E+Sに関する政策目標>

安全性(Safety)

安全性が大前提

自給率
(Energy Security)

震災前(約20%)を
更に上回る概ね25%程度

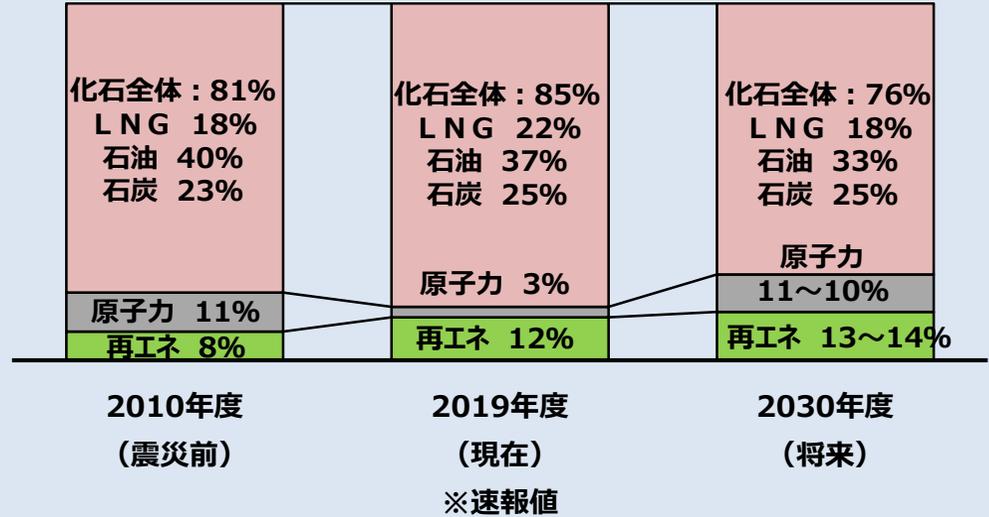
経済効率性(電力コスト)
(Economic Efficiency)

現状よりも引き下げる

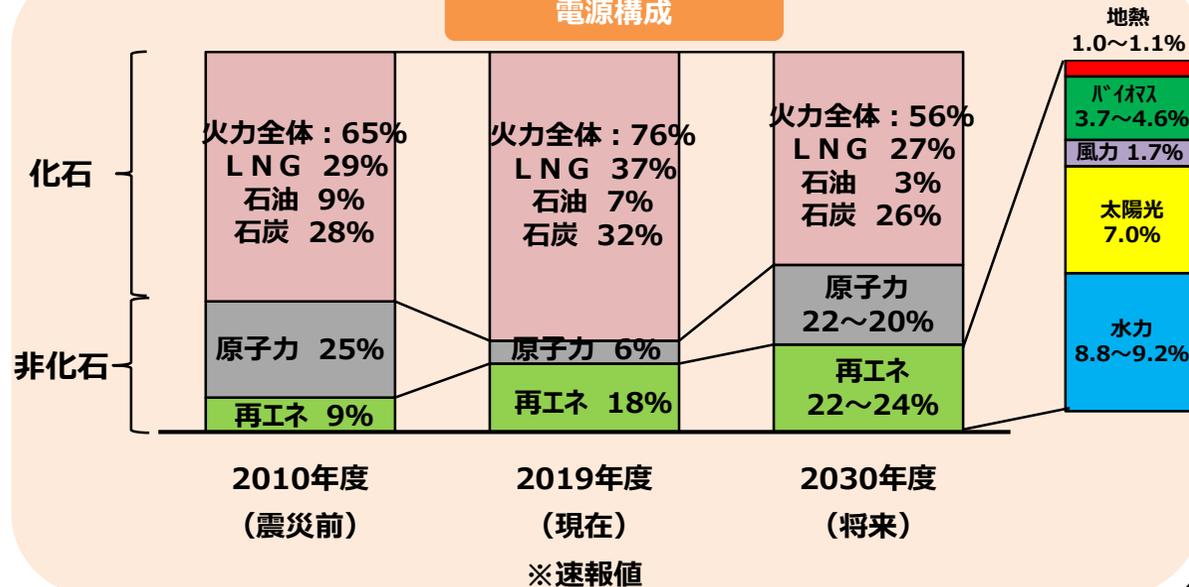
温室効果ガス排出量
(Environment)

欧米に遜色ない
温室効果ガス削減目標

一次エネルギー供給



電源構成



30年エネルギーミックスの進捗 ～着実に進展。他方で道半ば～

政策目標 (3E)

取組指標

	震災前 (2010年度)	震災後 (2013年度)	足下		ミックス (2030年度)	進捗状況
			(2018年度)	(2019年度)		
①エネルギー起源CO2排出量 (GHG総排出量)	11.4億トン (GHG:13.1億トン)	12.4億トン (GHG:14.1億トン)	10.7億トン (GHG:12.5億トン)	10.3億トン (GHG:12.1億トン)	9.3億トン (GHG:10.4億トン)	
②電力コスト (燃料費+FIT買取費)	5.0兆円 燃料費: 5.0兆円 (原油価格83\$/bbl) FIT買取: 0兆円	9.7兆円 燃料費: 9.2兆円 (原油価格110\$/bbl) 数量要因+1.6兆円 価格要因+2.7兆円 FIT買取: 0.5兆円	8.5兆円 燃料費: 5.7兆円 (原油価格63\$/bbl) 数量要因▲2.0兆円 価格要因▲1.6兆円 FIT買取: 2.8兆円	6.6兆円 燃料費: 3.6兆円 (原油価格53\$/bbl) 数量要因▲2.1兆円 価格要因▲3.5兆円 FIT買取: 3.1兆円	9.2~9.5兆円 燃料費: 5.3兆円 (原油価格128\$/bbl) FIT買取: 3.7~4.0兆円	
③エネルギー自給率 (1次エネルギー全体)	20.2%	6.5%	11.7%	12.1%	24%	
④ゼロエミ電源比率	35% 再エネ9% 原子力25%	12% 再エネ11% 原子力1%	23% 再エネ17% 原子力6%	24% 再エネ18% 原子力6%	44% 再エネ22~24% 原子力22~20%	
⑤省エネ (原油換算の最終エネルギー消費)	3.8億kl 産業・業務: 2.4 家庭: 0.6 運輸: 0.9	3.6億kl 産業・業務: 2.3 家庭: 0.5 運輸: 0.8	3.4億kl 産業・業務: 2.1 家庭: 0.5 運輸: 0.8	3.3億kl 産業・業務: 2.1 家庭: 0.5 運輸: 0.8	3.3億kl 産業・業務: 2.3 家庭: 0.4 運輸: 0.6	

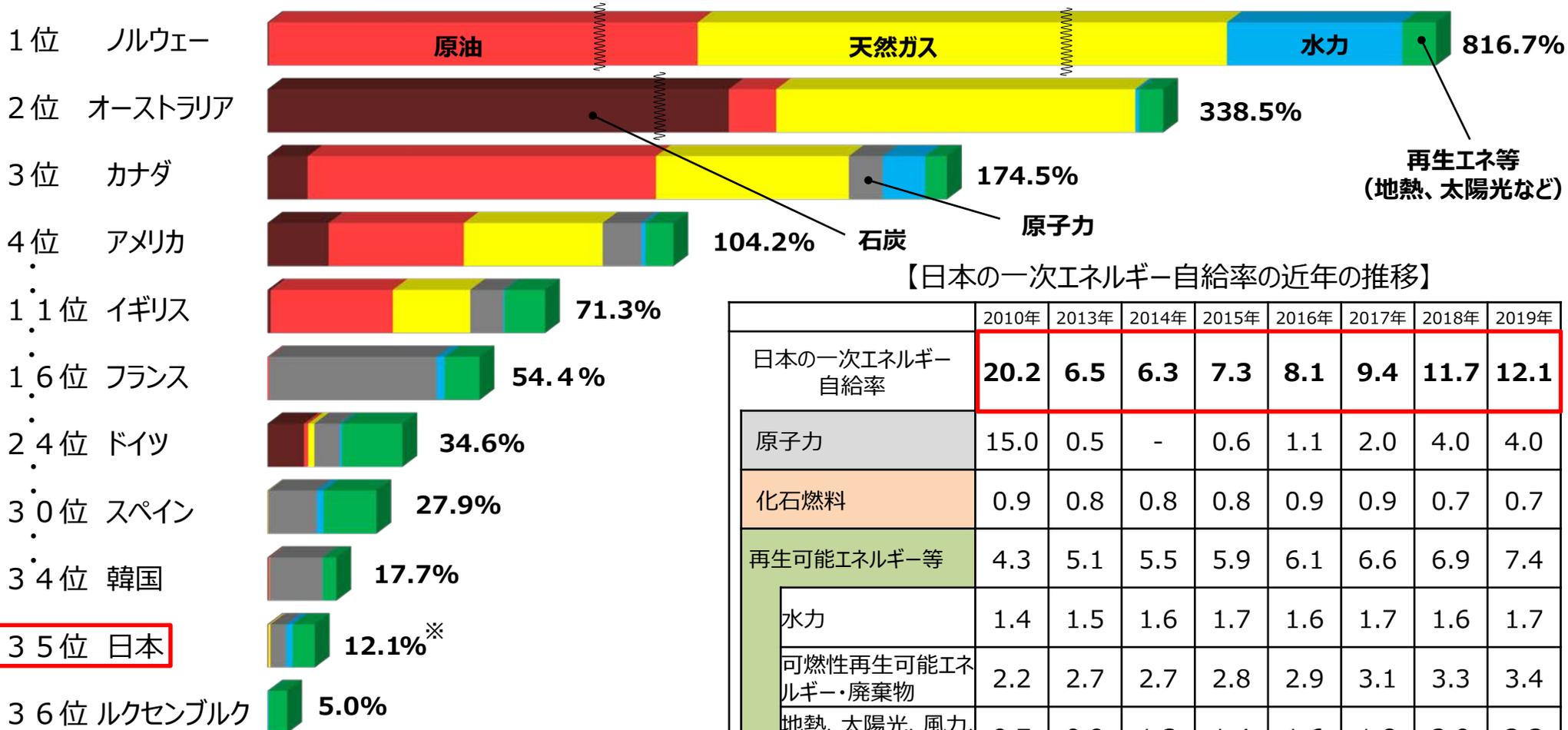
※四捨五入の関係で合計があわない場合がある。
 ※2030年度の電力コストは系統安定化費用0.1兆円を含む。

エネルギー安定供給：主要国の一次エネルギー自給率の推移

- 震災前（2010年：20.2%）に比べて大幅に低下。OECD 36か国中、2番目に低い水準に。

※ IEAは原子力を国産エネルギーとして一次エネルギー自給率に含めており、我が国でもエネルギー基本計画で「準国産エネルギー」と位置付けている。

OECD諸国の一次エネルギー自給率比較（2019年）



【日本の一次エネルギー自給率の近年の推移】

	2010年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
日本の一次エネルギー自給率	20.2	6.5	6.3	7.3	8.1	9.4	11.7	12.1
原子力	15.0	0.5	-	0.6	1.1	2.0	4.0	4.0
化石燃料	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.7	0.7
再生可能エネルギー等	4.3	5.1	5.5	5.9	6.1	6.6	6.9	7.4
水力	1.4	1.5	1.6	1.7	1.6	1.7	1.6	1.7
可燃性再生可能エネルギー・廃棄物	2.2	2.7	2.7	2.8	2.9	3.1	3.3	3.4
地熱、太陽光、風力、その他	0.7	0.9	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3

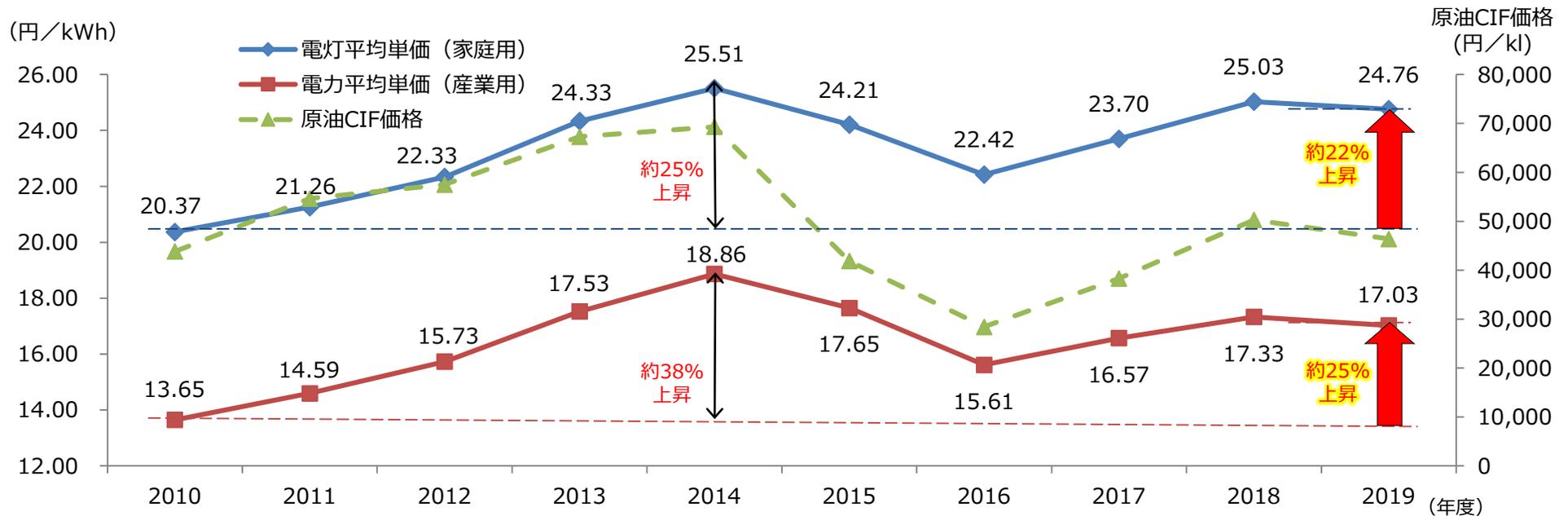
【出典】 IEA「World Energy Balances (2020 edition)」の2019年推計値

※日本のみ「総合エネルギー統計」の2019年速報値

※四捨五入の関係で合計が合わない場合がある。

大手電力の電気料金の推移

- 東日本大震災以降、原子力発電所の停止等により、大手電力（旧一般電気事業者）の値上げが相次ぎ、電気料金は大幅に上昇。
- 震災前と比べ、2019年度の平均単価は、家庭向けは約22%、産業向けは約25%高い水準に。



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
再エネ賦課金 (円/kWh)	-	-	0.22	0.35	0.75	1.58	2.25	2.64	2.9	2.95
原油CIF価格 (円/kl)	43,826	54,650	57,494	67,272	69,320	41,866	28,425	38,317	50,271	46,391
規制部門の料金改定	-	-	東京 ↗	北海道 ↗ 東北 ↗ 関西 ↗ 四国 ↗ 九州 ↗	中部 ↗	北海道 ↗ 関西 ↗	-	関西 ↘	関西 ↘	九州 ↘

※北陸電力は、自由化部門のみの値上げを2018年4月1日に実施している。

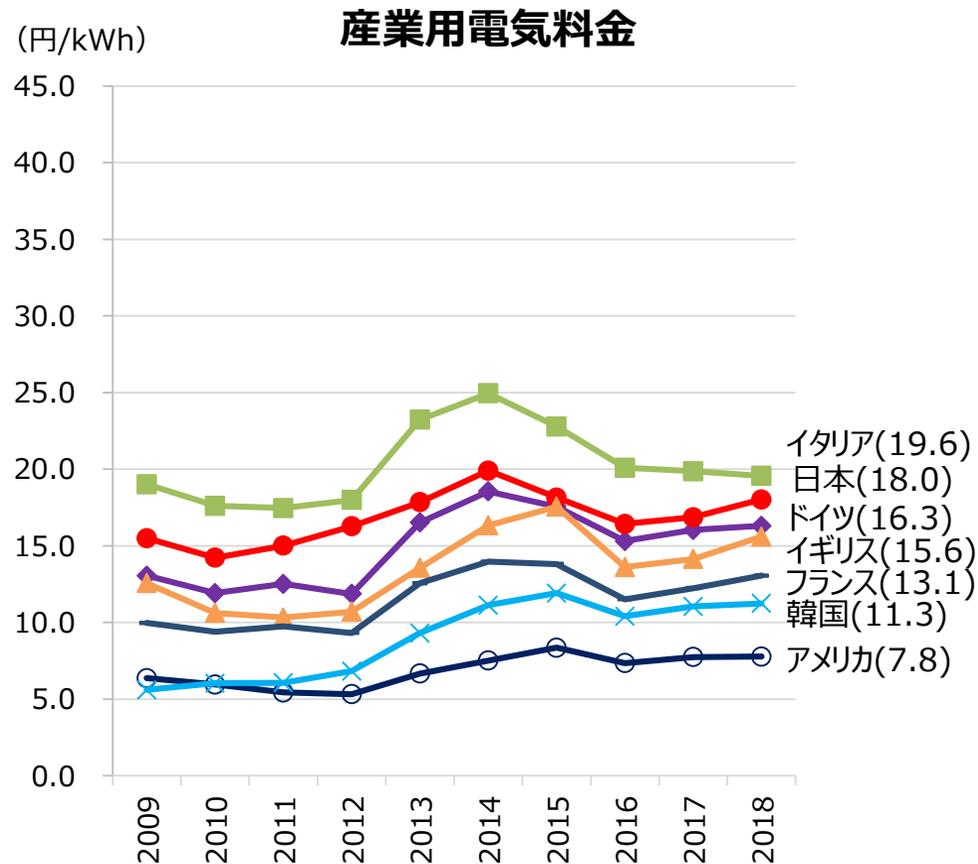
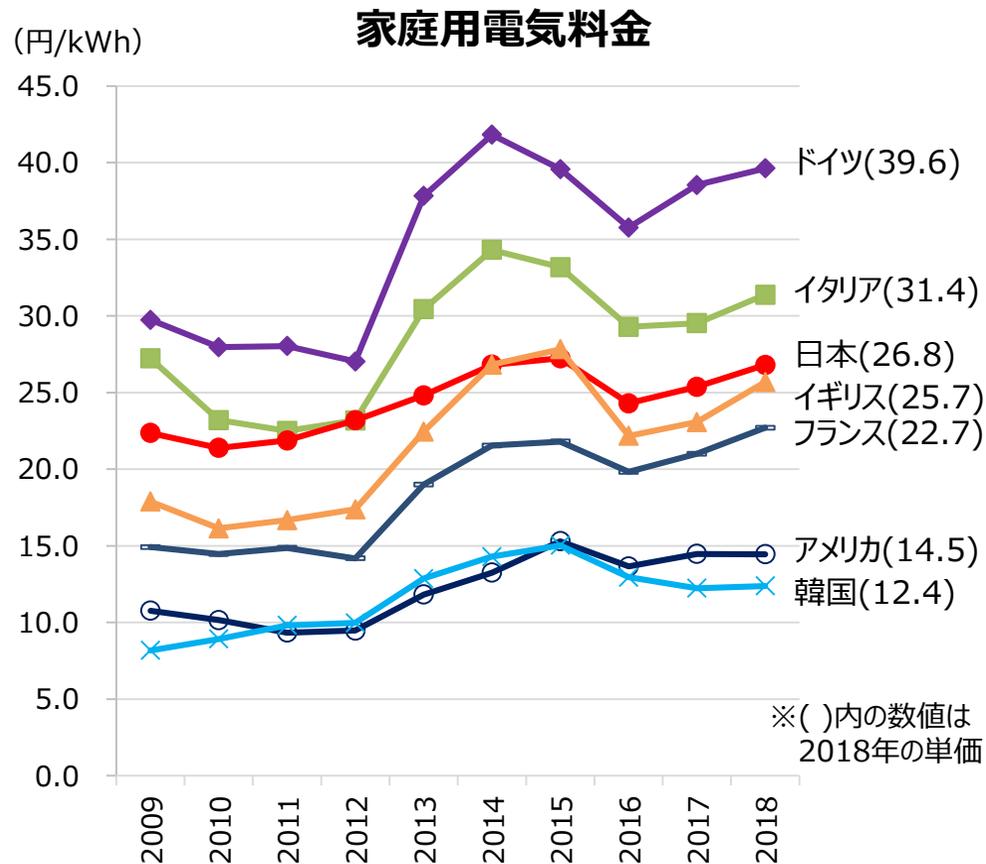
※上記平均単価は、消費税を含んでいない。

(出所) 発受電月報、各電力会社決算資料等を基に作成

経済効率性：電気料金の国際比較

- 従来、日本の電気料金は、家庭用、産業用ともに各国に比較して高い状況。
- 諸外国の電気料金の上昇に伴い、差は縮小傾向にあるが、引き続き各国に比べて相対的に高い水準にある。

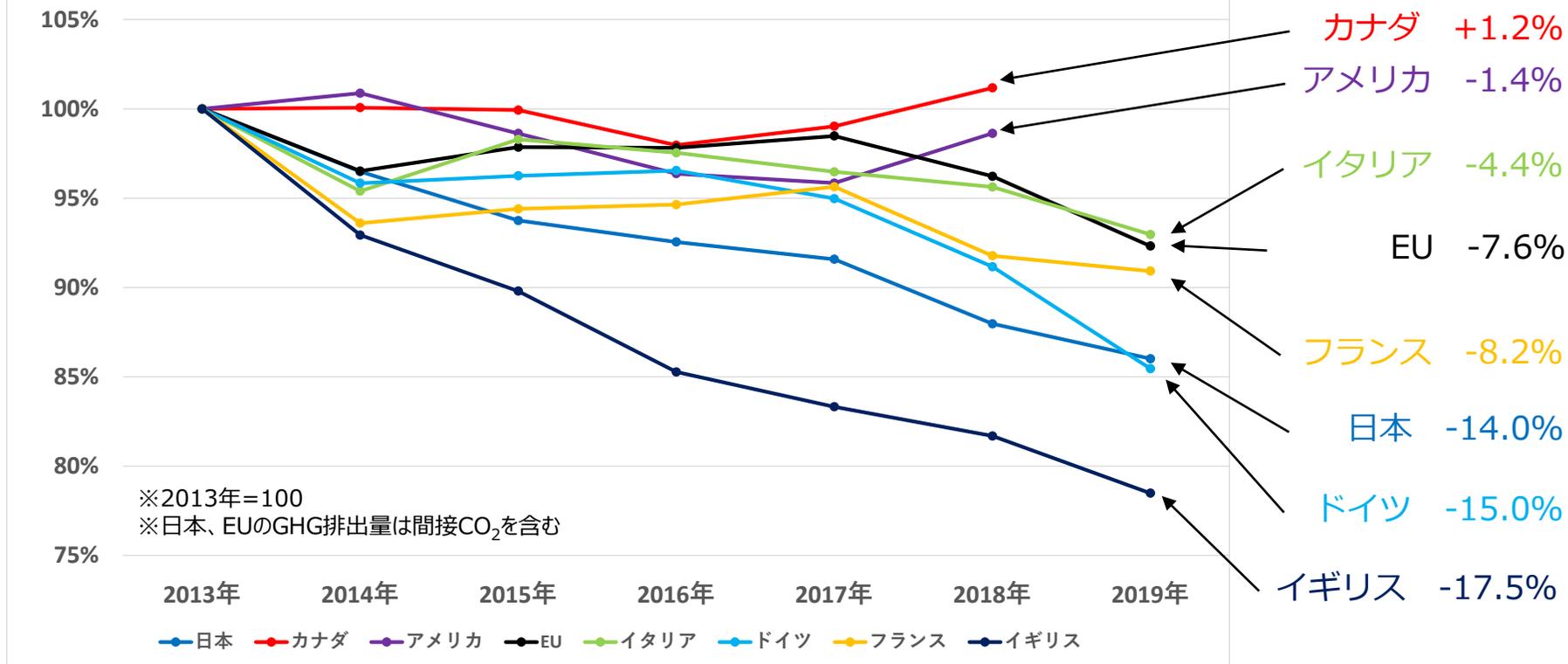
※IEAの統計では各国で算定方法にばらつきがあるほか、電気料金は同国内でも地域によって様々あるため、下記グラフはあくまで傾向を示すものであることに留意。



※単価算定方法： ドイツ＝家庭用は年間消費量2500～5000kWh、産業用は200万～2000万kWhの需要家の料金を消費量で加重平均算定したもの。 イタリア＝需要水準別料金を消費量で加重平均して算定したもの。 日本・イギリス・アメリカ・韓国＝総合単価を算定したもの。 フランス＝需要水準別料金を消費量で加重平均して算定したもの。
 ※上記料金は、各国の算定方法で求められた単純単価を、出典の資料に掲載されている各年の円ドル為替レートで変換したもの。
 ※上記料金は、再エネ賦課金や、消費税などの税を含んだもの。

G7及びEU（英国除く）諸国の温室効果ガス排出量の推移

日本は、**2014年度以降6年連続で排出量を削減**しており、既に**2013年度比14%削減**。



	2013年 【億トン】	2014年 【億トン】	2015年 【億トン】	2016年 【億トン】	2017年 【億トン】	2018年 【億トン】	2019年 【億トン】	削減率[%]※ (2013→2019)
日本	14.1	13.6	13.2	13.0	12.9	12.4	12.1	▲ 14.0
カナダ	7.2	7.2	7.2	7.1	7.1	7.3	-	▲ 1.2
アメリカ	67.7	68.3	66.8	65.2	64.9	66.8	-	▲ 1.4
EU	39.2	37.8	38.3	38.3	38.6	37.7	36.2	▲ 7.7
イタリア	4.5	4.3	4.4	4.4	4.3	4.3	4.2	▲ 7.0
ドイツ	9.4	9.0	9.1	9.1	8.9	8.6	8.0	▲ 14.5
フランス	4.8	4.5	4.6	4.6	4.6	4.4	4.4	▲ 9.1
イギリス	5.7	5.3	5.1	4.9	4.7	4.7	4.5	▲ 21.5

※アメリカとカナダの削減率は2013→2018

1. エネルギー政策の全体像
- 2. 2050年カーボンニュートラルの表明**
3. 再エネ
4. 火力
5. 原子力

諸外国におけるCO2削減目標

- 欧州は2050年に関する野心的なCO2排出削減目標を宣言（EU及び英国はカーボンニュートラルを目指す/義務化）。米国も、民主党バイデン大統領候補は2035年の100%グリーン電源、2050年のカーボンニュートラルを目指すなど脱炭素化に積極的な姿勢。中国もカーボンニュートラルを目指すと表明。

EU

- ✓ 2020年3月に長期戦略を提出。「2050年までに気候中立 (Climate Neutrality) 達成」を目指す。
- ✓ CO2削減目標を2030年に1990年比少なくとも55%とすることを表明し、NDCを国連に提出。
- ✓ コロナからの復興計画を盛り込んだ総額1.8兆ユーロ規模の次期中期予算枠組(MFF)及びリカバリーファンドに合意。予算総額の30% (復興基金の37%) を気候変動に充当。

英国

- ✓ 気候変動法（2019年6月改正）の中で、2050年カーボンニュートラルを規定。
- ✓ 長期戦略については、2021年提出に向けて準備中。

中国

- ✓ 2020年9月の国連総会一般討論のビデオ演説で、習近平は2060年カーボンニュートラルを目指すと表明。
- ✓ EVやFCV等の脱炭素技術の産業育成に注力、2020年の新工ネ車の補助金予算は4,500億程度。

米国

- ✓ 2019年11月トランプ大統領はパリ協定脱退を決定。（本年11月に効力が発生）
- ✓ 一方、民主党は気候変動の課題を最重要政策の一つに位置づけ。バイデン候補は、2035年の電力脱炭素の達成、2050年以前のネット排出ゼロや、グリーンエネルギー等のインフラ投資に、4年間で2兆ドル投資する計画を発表。

2050年カーボンニュートラル

- 菅内閣総理大臣は2020年10月26日の所信表明演説において、我が国が2050年にカーボンニュートラル（温室効果ガスの排出と吸収でネットゼロを意味する概念）を目指すことを宣言。
- カーボンニュートラルの実現に向けては、温室効果ガス（CO2以外のメタン、フロンなども含む）の85%、CO2の93%を排出するエネルギー部門の取組が重要。
- 次期エネルギー基本計画においては、**エネルギー分野を中心とした2050年のカーボンニュートラルに向けた道筋を示す**とともに、**2050年への道筋を踏まえ、取り組むべき政策**を示す。

10月26日総理所信表明演説（抜粋）

<グリーン社会の実現>

我が国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち**2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す**ことを、ここに宣言いたします。

（中略）

省エネルギーを徹底し、**再生可能エネルギーを最大限導入**するとともに、**安全最優先で原子力政策を進める**ことで、安定的なエネルギー供給を確立します。長年続けてきた石炭火力発電に対する政策を抜本的に転換します。

10月26日梶山経産大臣会見（抜粋）

（中略）

カーボンニュートラルに向けては、**温室効果ガスの8割以上を占めるエネルギー分野の取組が特に重要**です。カーボンニュートラル社会では、電力需要の増加も見込まれますが、これに対応するため、**再エネ、原子力など使えるものを最大限活用**するとともに、**水素など新たな選択肢も追求**をしまります。

3E+Sを目指す上での課題を整理

- レジリエンスの重要性など新たな要素の確認



2050年カーボンニュートラルの実現を目指すための課題と対応の検証

- カーボンニュートラルを目指すEU、英国の状況
- カーボンニュートラルに向けた主要分野の取組
- エネルギー部門（電力分野、非電力分野）に求められる取組 など

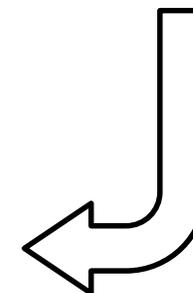


2030年目標の進捗と更なる取組の検証

- エネルギーミックスの達成状況
- エネルギー源ごとの取組状況
- 今後、さらに取り組むべき施策 など

グリーンイノベーション
戦略推進会議

電力、産業、民生、運輸
部門において、脱炭素化
に向けて必要となるイノ
ベーションについての検討



議論の内容を取り込み

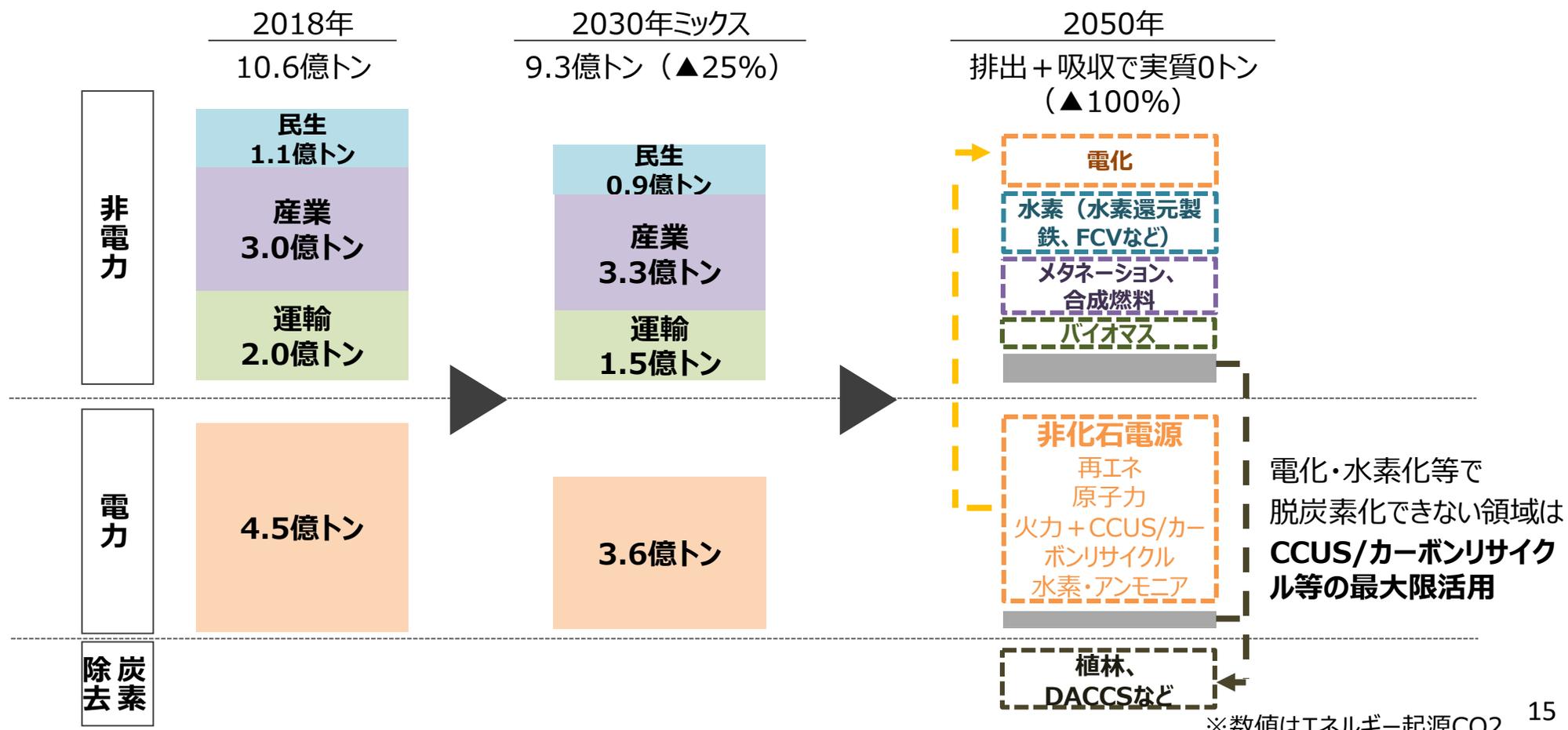
(参考) 諸外国のエネルギー政策

- 諸外国においても、3E（エネルギーの安定供給、経済効率性の向上、環境適合性）をエネルギー政策の方向性として提示。

エネルギー政策の方向性		主な戦略・スタンス		
		経済効率性	安定供給	環境適合
米国	<p>安全、安価、安定、クリーンなエネルギー供給 国産資源の開発・活用を重視</p> <p>It is further in the national interest to ensure that the Nation's electricity is affordable, reliable, safe, secure, and clean, and that it can be produced from coal, natural gas, nuclear material, flowing water, and other domestic sources, including renewable sources.</p> <p>(Executive Order 13783: Promoting Energy Independence and Economic Growth, 2017)</p>	<p>自国産エネルギーの開発による 低価格の実現と 産業競争力強化</p>	<p>自国産エネルギーの開発による 安定供給の確保</p>	<p>きれいな空気と きれいな水を確保 クリーンな成長</p>
中国	<p>クリーンで低炭素、安全で効率的なエネルギーシステムの構築 市場原理の活用によるエネルギーコストの低減、 自給率の維持によるエネルギー安全保障確保</p> <p>(第13次5か年計画, 2016)</p>	<p>市場原理の活用による エネルギーコストの低減</p>	<p>エネルギー自給率 80%以上維持によるエネルギー安全保障の確保</p>	<p>大気汚染物質排出低減と エネルギーの低炭素化を進める</p>
英国	<p>エネルギーの低炭素化を通じた経済成長 低炭素化を通じ、安価なエネルギー供給とエネルギー安全保障を実現</p> <p>The move to cleaner economic growth is one of the greatest industrial opportunities of our time. It will mean cleaner air, lower energy bills, greater economic security and a natural environment protected and enhanced for the future. (The Clean Growth Strategy, BEIS, 2017)</p>	<p>エネルギーコスト最小化を通じた 産業競争力の強化</p>	<p>多様で信頼できるエネルギーミックスを通じた安定供給の確保</p>	<p>排出削減と成長を両立させる クリーン成長を進める</p>
ドイツ	<p>安定・環境適合的・経済効率的なエネルギー転換を進める</p> <p>The energy transition is Germany's avenue into a secure, environmentally-friendly, and economically successful future. (Making a success of the energy transition: On the road to a secure, clean and affordable energy supply, 2015)</p>	<p>産業競争力維持のため、 安価なエネルギー供給を目指す</p>	<p>調整力確保や電力輸出入による安定供給の確保</p>	<p>再エネ導入拡大とエネルギー利用効率化による 気候変動対策</p>
EU	<p>安定・持続可能・安価なエネルギー供給を目指す</p> <p>The goal of a resilient Energy Union with an ambitious climate policy at its core is to give EU consumers - households and businesses - secure, sustainable, competitive and affordable energy. (The energy union strategy, 2015)</p>	<p>市場取引による競争を通じた 安価なエネルギー供給の実現</p>	<p>エネルギー源多様化と自給率向上を通じた安定供給の確保</p>	<p>排出権取引・再エネ導入拡大による脱炭素化</p>

カーボンニュートラルへの転換イメージ

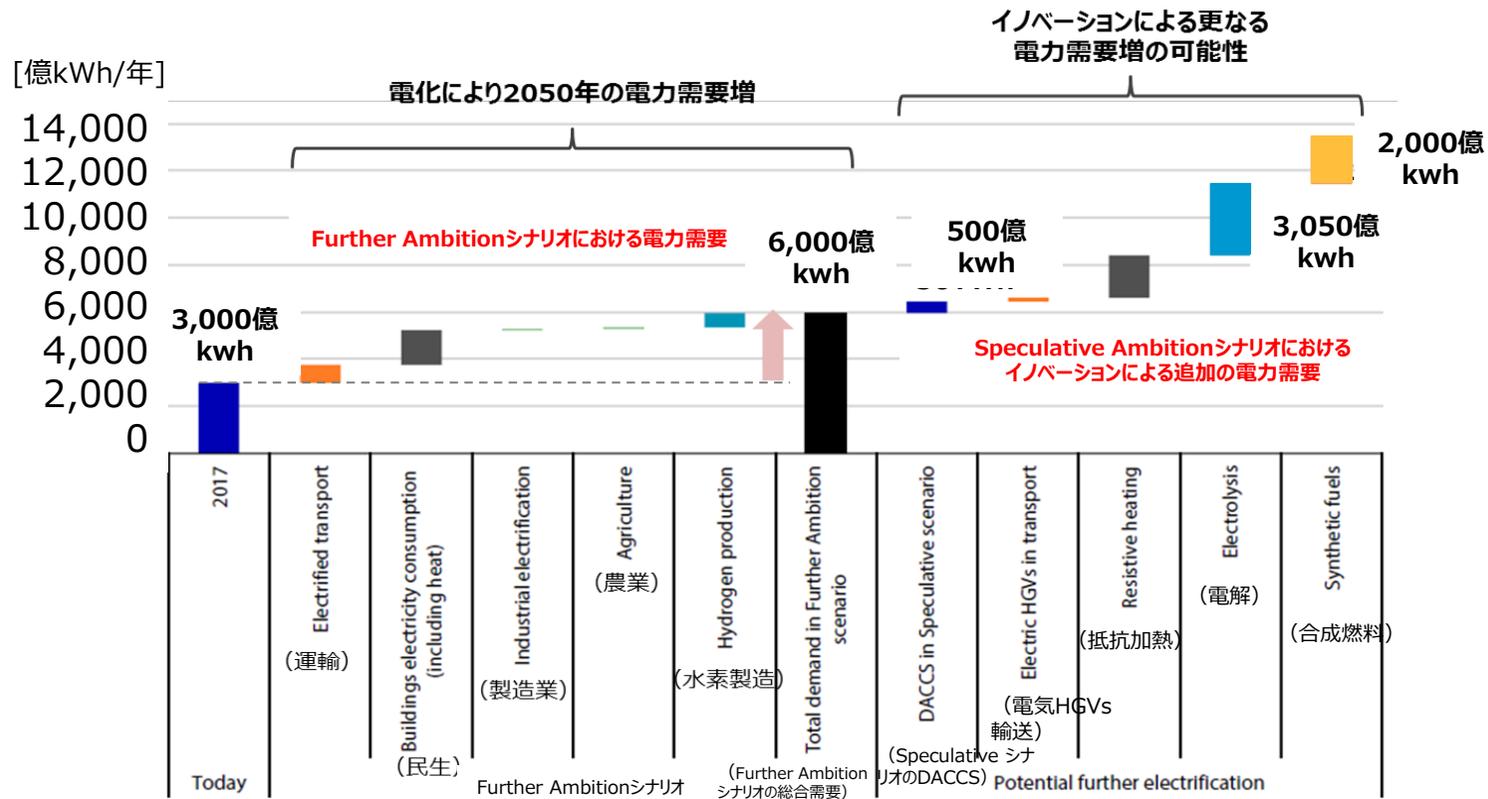
- 社会全体としてカーボンニュートラルを実現するには、電力部門では非化石電源の拡大、産業・民生・運輸（非電力）部門（燃料利用・熱利用）においては、脱炭素化された電力による電化、水素化、メタネーション、合成燃料等を通じた脱炭素化を進めることが必要。
- こうした取組を進める上では、国民負担を抑制するため既存設備を最大限活用するとともに、需要サイドにおけるエネルギー転換への受容性を高めるなど、段階的な取組が必要。



英国シナリオにおける電力需要

- 2017年から2050年にかけて、**輸送の電動化・建築物の電力消費、水素製造など**によって**電力需要**は、
 - Coreシナリオ**では、5000億kWh程度と**約1.7倍**
 - Further Ambitionシナリオ**では、6000億kWh程度と**約2倍**に増加
 - Speculativeシナリオ**では、DACCS (+ 500億kWh) や電気分解による水素製造 (+ 3050億kWh) など、**電力需要が拡大する対策の実施が想定**されている

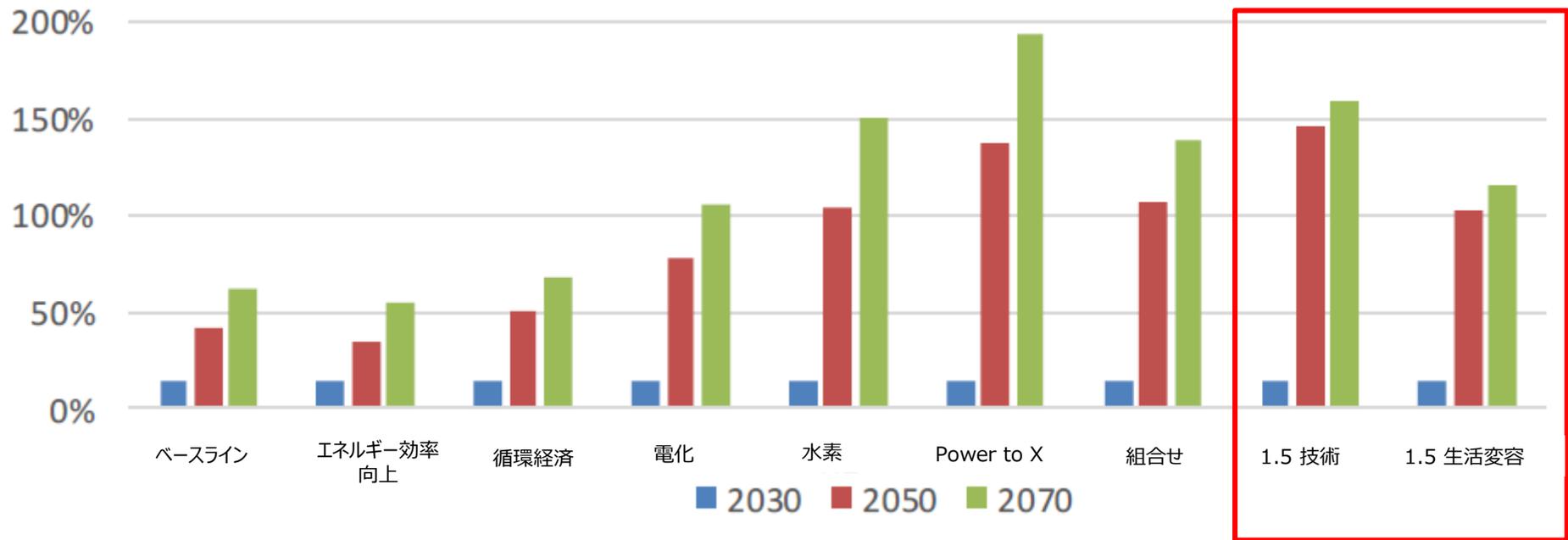
2050年 電力需要



E Uシナリオにおける電力需要

- いずれのシナリオも、最終電力需要量が増加することに加えて、合成燃料製造の増加により、発電電力量がさらに増加することを想定。
- **2015年比**で、2030年は10%程度、2050年は各シナリオで30～150%程度増加、**カーボンニュートラルのシナリオでは2～2.5倍の増加**を想定。

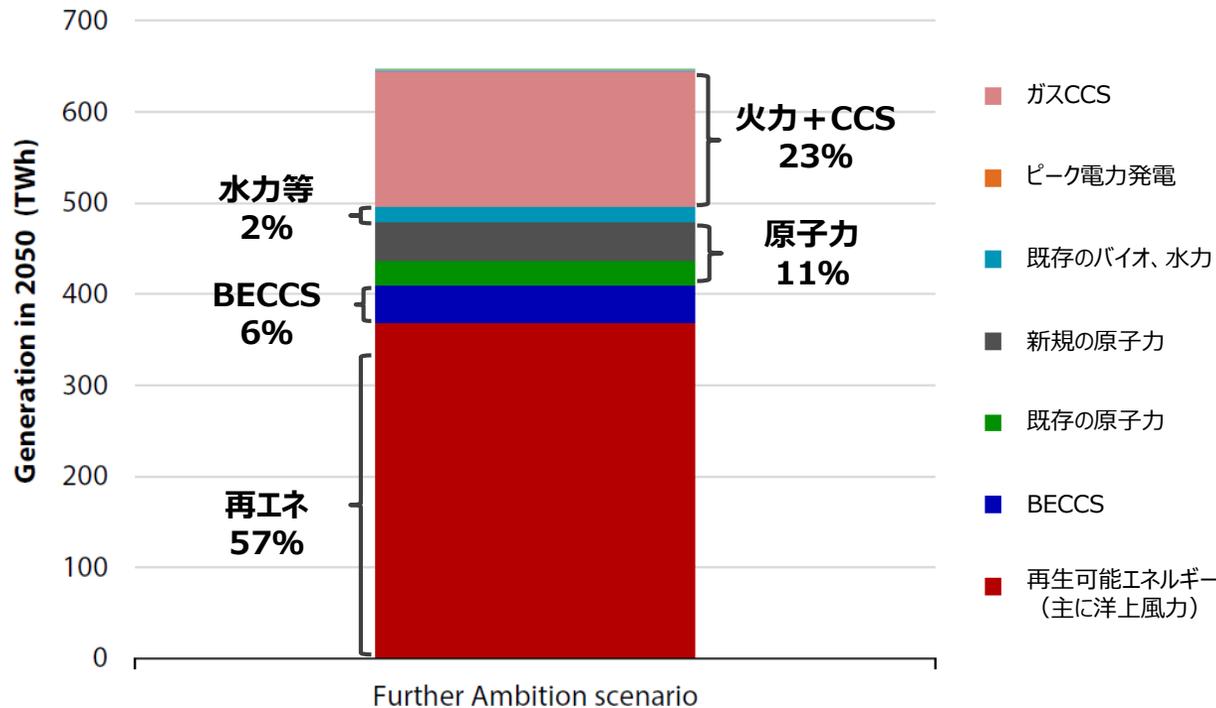
総電力発電量の増加比率（2015年比）





- 安定供給を維持しながら、最小コストで電力需要増加を達成するための電源構成を正確に出すことは不可能であるため、イメージとして、再エネ（水力含む）は59%（50%まではグリッド制御等により可能、50%以上についてはシステムの柔軟性の改善により可能）、BECCSは6%、原子力は11%、残りの23%がCCS付きガス火力発電という電源構成（indicative/illustrative generation mix）を示している。
※水素発電は再エネが少なく需要が大きいとき、さらに、蓄電がその差を埋められない時のバックアップ電源として想定されている。

2050年Further Ambitionシナリオにおける電源構成イメージ (Illustrative generation mix)

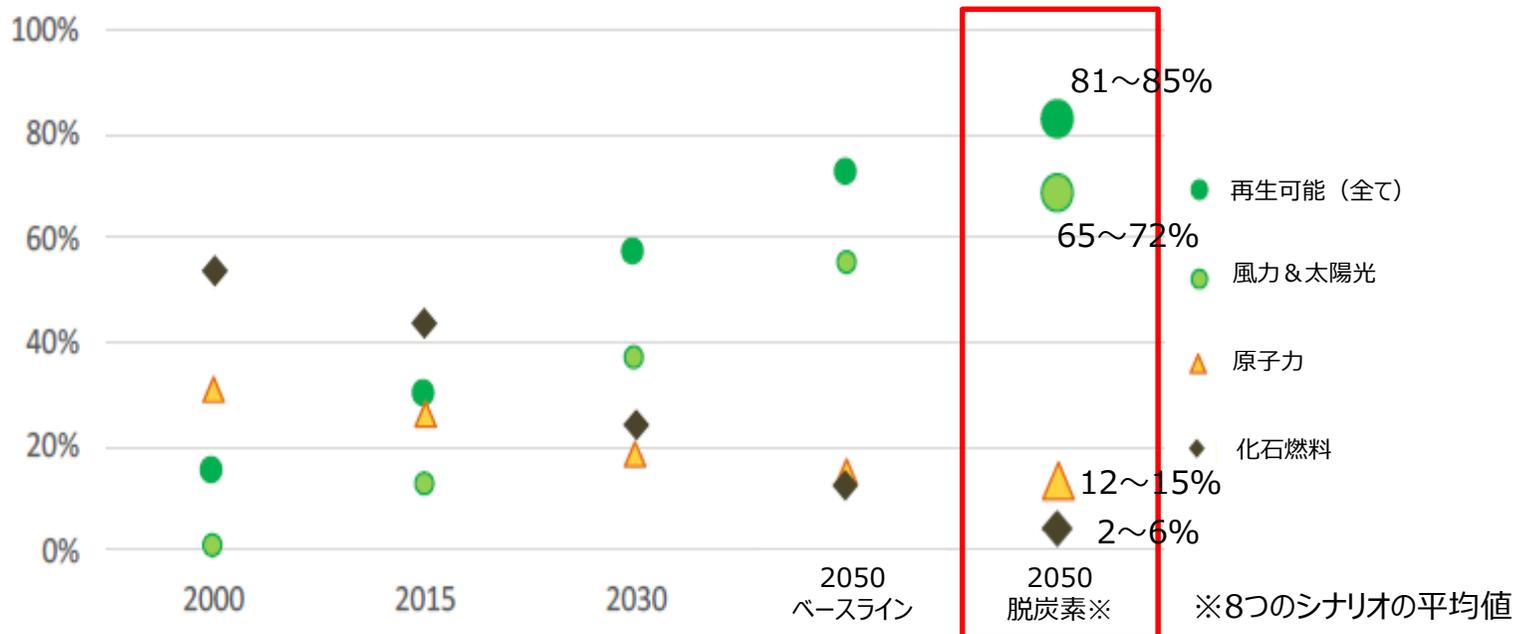


(参考) EUシナリオにおける電源構成



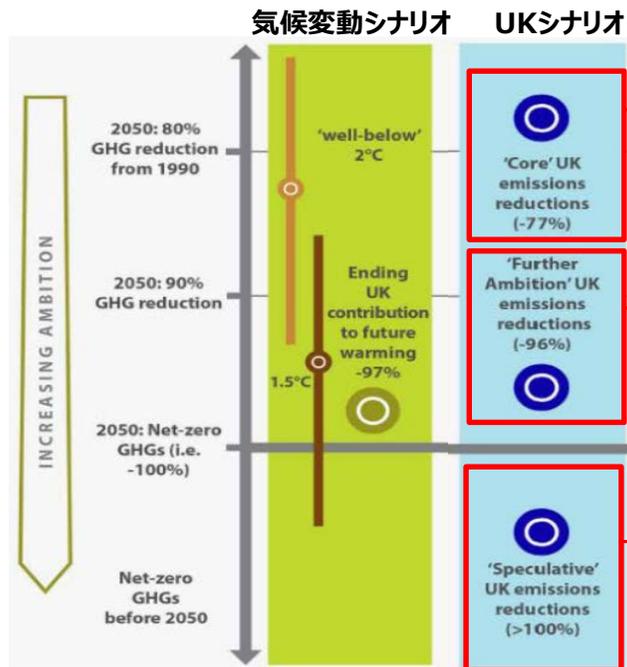
- 各シナリオ毎に異なると考えられるが、2050年の8つのシナリオにおける電源構成は以下を想定。再生可能エネルギーは、揚水、定置・EV車載電池、(間接的に)水素、e-fuel、デマンドレスポンスによる電力貯蔵の可能性によって導入が促進されることを想定しているが、モデルでは、**土地制約、社会受容性、域外からの電力・水素・合成燃料の輸入との競合など、あらゆる可能性のある事象をとらえて示したのではない**としている。
- 再生可能エネルギー全体：81~85% (うち太陽光+風力：65~72%)
- 原子力：12~15%
- 化石燃料：2~6%

電源構成割合





- 2018年4月、80%目標を前提とした「Clean Growth Strategy」という長期低排出発展戦略を国連に提出。
- 2018年10月、IPCC1.5度報告書の提出を受け、英国政府から気候変動委員会（英国気候変動法に基づく独立機関）に諮問。
- 2019年5月、気候変動委員会は「Net Zero – The UK’s contribution to stopping global warming」という報告書で2050年ネットゼロを追求すべきと勧告。
 - ✓ **ネットゼロ排出に向けた正確な技術や行動を予測することは不可能**であり、将来の技術ミックスを予測したり規定したりするものではない
 - ✓ ミックスがどのようなものか理解し、**可能性のある課題やコストをアセスする**ためのものと説明した上で、**将来のエネルギーミックスを規定するものではなく、一定の前提をおいたシナリオ**として、3シナリオ（▲約80%、▲約96%、▲100%）を提示している。
- 2021年に2050年ネットゼロの長期低排出発展戦略を国連に提出すべく作業を進めている。



※現行政策では、ネットゼロはもちろん、従来の80%削減にも不十分との評価。

①Core

：2050年▲約80%に向けたシナリオ
 ※産業、農業、航空、建築等で排出残余

②Further Ambition（野心的）

：2050年▲約96%に向けたシナリオ
 ※①の施策の深掘りに加え、産業部門での排出削減、BECCS等も活用し、また民生（建物）部門での水素を用いたヒートポンプや地域暖房の利用による更なる削減を追求。

③Speculative（投機的）

：2050年ネットゼロに向けたシナリオ
 ※②の施策の深掘り、炭素除去（例：BECCSやDACCS）、カーボンニュートラル合成燃料（例：藻や再エネから生産）の3つのパターンでネットゼロを実現

※複数の道筋（シナリオ）で達成する絵姿としているため、部門別の排出量キャップも設定していない。



- 2018年11月、欧州委員会は、2050年のカーボンニュートラル経済の実現を目指す「A clean planet for all」という「**ビジョン**」を公表。
※本ビジョンより新しい政策を打ち出すことを決定するものではなく、EUの**気候・エネルギー政策の方向性(direction of travel)**を示すことが明記されている。
- 2020年3月に国連に提出したパリ協定長期戦略では、このビジョンに基づく議論の結果として2050年「気候中立」合意に至ったとの説明。
- なお、ビジョンでは、**具体的なエネルギーミックスの目標を決定している訳ではなく**、削減の道筋には様々なオプションが考えられることから、
 - 技術の成功に関する長期の不確実性が大きい。
 - ベースラインや脱炭素化シナリオは、単にシナリオでしかない。
 - 技術の進展、消費者の選択、規制により異なった結果をもたらす。
 - モデルの結果は、注意を持って解釈せねばならず、現実の近似したものであることを認識しなくてはならない。といった認識の下、どのような対策を実施するか複数の前提を置き、80%（5つ）、90%（1つ）、100%削減（2つ）となる8シナリオを分析。

出典) A Clean Planet for all IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM (2018)



長期戦略におけるオプション

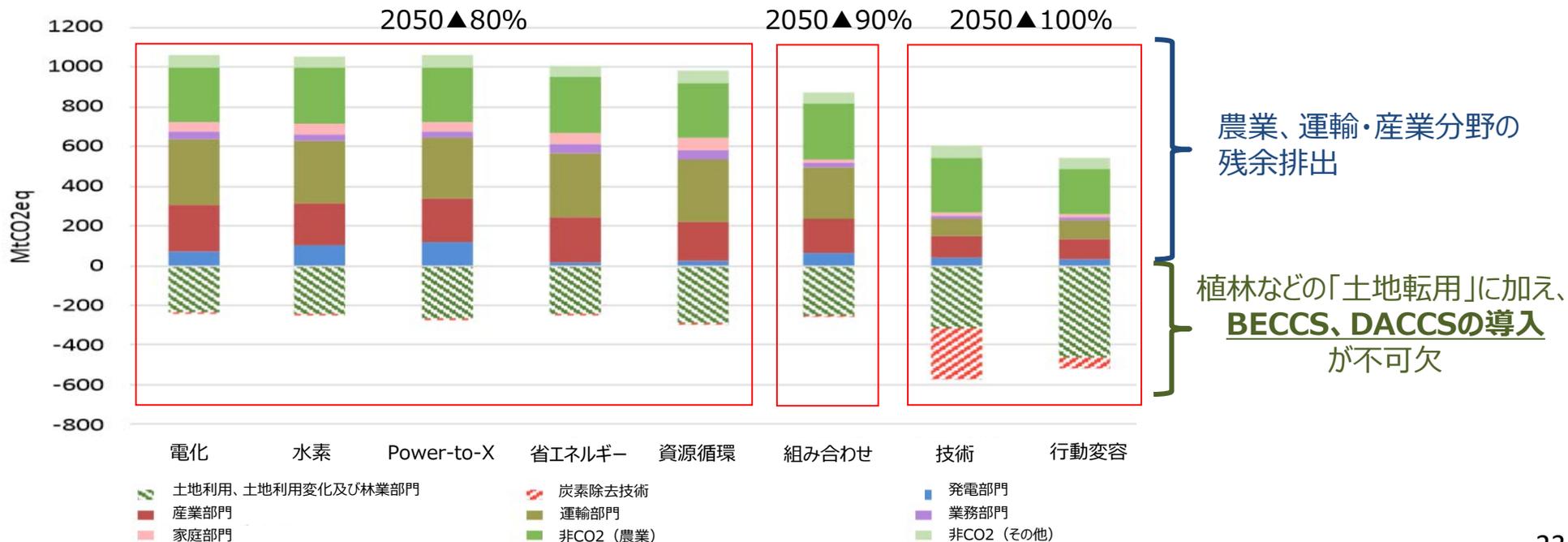
	電化 (ELEC)	水素 (H2)	Power-to-X (P2X)	省エネルギー (EE)	資源循環 (CIRC)	組み合わせ (COMBO)	1.5°C 技術 (1.5TECH)	1.5°C 行動変容 (1.5LIFE)
主要な要素	全てのセクターで電化を重点化	産業、輸送、建物での水素利用	産業、輸送、建物での合成燃料利用	全セクターでのエネルギー効率向上	資源、材料効率の工場	2°Cシナリオから費用対効果の高い方法で組み合わせ	COMBOからBECCS,CCSの更なる利用	COMBOとCIRCからさらに行動変容
温室効果ガス 2050年目標	- 80%GHG (吸収源を除く) ("2°Cを大きく下回る"野心)					- 90%GHG (吸収源を含む)	- 100%GHG (吸収源を含む) ("1.5°C"野心)	
主要仮説	<ul style="list-style-type: none"> 2030年以降の省エネの向上 持続可能、高度なバイオ燃料の展開 適度な資源循環対策 デジタル化 					<ul style="list-style-type: none"> インフラ配備のための市場調整 2°Cシナリオ下ではBECCSは2050年以降のみに存在 低炭素技術について著しい learning by doing 輸送システム効率の著しい改善 		
電力部門	2050年までに電力はほぼ脱炭素化。システム最適化による再エネシステム施設の強力な浸透力 (デマンドサイドレスポンス、貯蔵、相互接続、プロシューマーの役割)。原子力は依然として電力部門で役割を果たし、CCS配備は限界に直面。							
産業	プロセスの電化	対象アプリケーションでの水素利用	対象アプリケーションでの合成ガス利用	省エネによるエネルギー需要の減少	高いサイクル率、代替材料、循環対策	対象アプリケーションでの"2°Cを大きく下回る"シナリオから費用効果のあるオプションの組み合わせ	COMBOの強化	CIRC + COMBOの強化
建物	ヒートポンプの配備増加	暖房用水素の配備	暖房用合成ガスの配備	リノベーション率の向上	持続可能な建物			CIRC + COMBOの強化
輸送部門	全輸送方法用の電化の迅速化	HDVs (LDVs) 用水素配備	全ての方法のための再生燃料配備	モーダルシフトの増加	サービスとしての可動性			CIRC + COMBOの強化 航空旅行の代替
他の要素		配ガス網における水素	配ガス網における合成ガス					自然吸収源の限定的向上

80%減 (2°Cシナリオ) 異なる技術オプション	90%減 組合せ	ネットゼロ (1.5°Cシナリオ) BECCS/CCS、行動変容
------------------------------	-------------	-------------------------------------

(参考) EUの8つのシナリオ概要

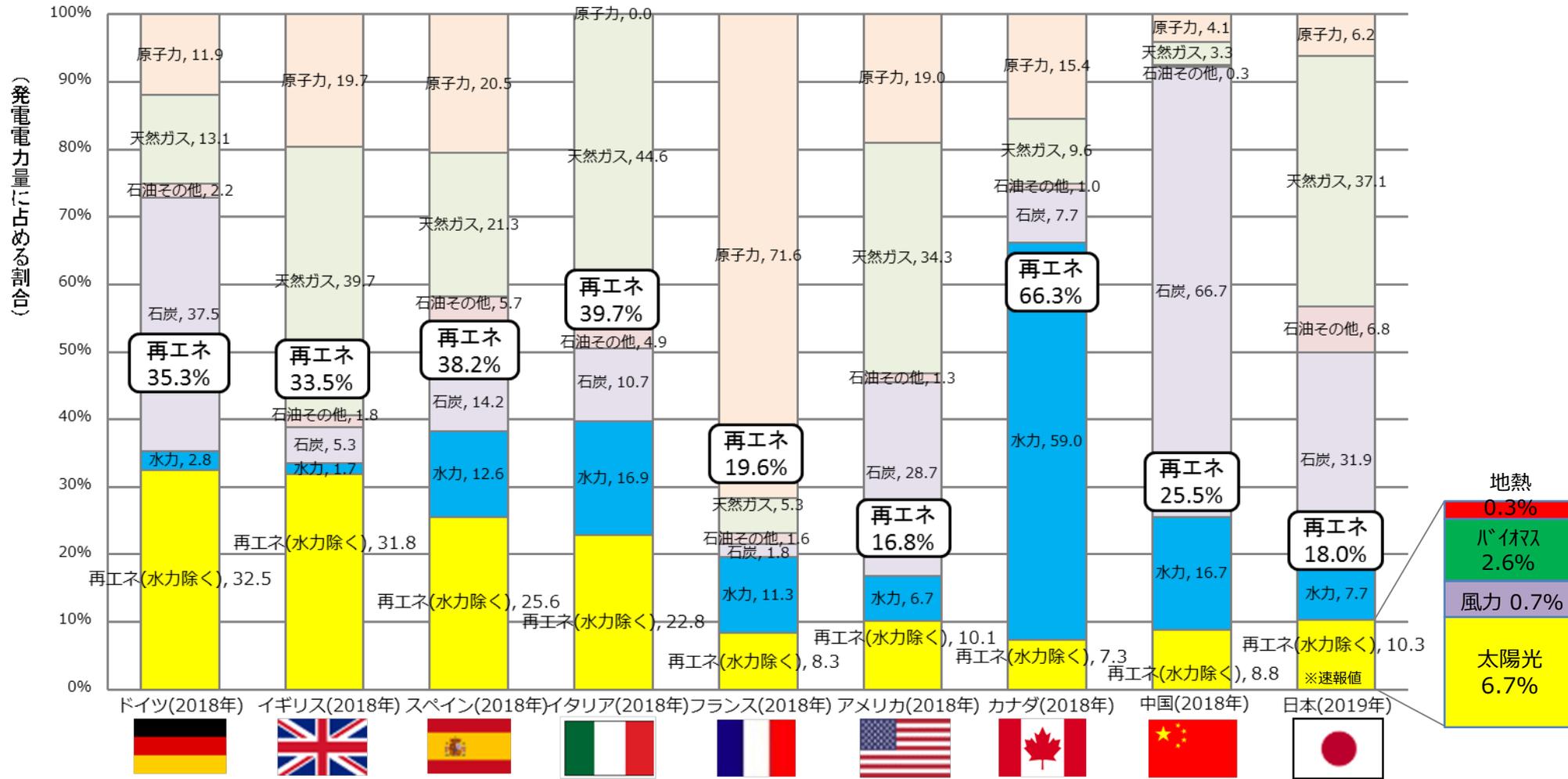


- 「電化」、「水素」、「合成燃料」、「省エネ」、「資源循環」の各シナリオでは▲80%になるように分析。「組み合わせ」はこれらを費用対効果の高い方法で▲90%になるようにしたもの。
- 農業や運輸、産業などの部門では、現在の技術では排出ゼロを実現できず、カーボンニュートラルの実現には、植林などの「土地利用に加え」、BECCS（バイオマス発電+CCS）、DACCS（大気からのCO2回収+CCS）などの炭素除去（ネガティブエミッション）技術の活用が不可欠とされている。**
- 各シナリオで**電化率・電力需要・電力消費の増加、電力消費者価格の上昇を想定。**
- 現在EUETS価格（EU排出量取引制度の炭素排出枠価格）は約25EUR/t-CO₂、2030年の28EUR/t-CO₂、2050年に▲80%シナリオで250EUR/t-CO₂、▲100%シナリオで350EUR/t-CO₂と大幅な上昇を想定。**エネルギー総コストも2040年に大幅に上昇し、その後減少することを想定。**今後、**研究開発が進展することにより、こうしたコストが低減していくことについても言及。**



1. エネルギー政策の全体像
2. 2050年カーボンニュートラルの表明
- 3. 再エネ**
4. 火力
5. 原子力

再生可能エネルギーの国際比較（発電比率）



主要再エネ ※水力除く	風力 17.3%	風力 17.2%	風力 18.7%	太陽光 7.9%	風力 5.0%	風力 6.2%	風力 5.1%	風力 5.1%	太陽光 6.7%
目標年	2030年	2030年	2030年	2030年	2030年	2030年 (国家レベルでは 定めていない)	— (国家レベルでは定め ていない)	2020年	2030年
再エネ導入 目標比率	65% 総電力比率	60.6%(※) 総電力比率	74% 総電力比率	55% 総電力比率	40% 総電力比率	32% 総電力比率	— (国家レベルでは定め ていない)	15% 1次エネルギーに 占める非化石比率	22~24% 総電力比率

(※) 複数存在するシナリオの1つ。

出典：IEA データベース・総合エネルギー統計(2019年度速報値)等より資源エネルギー庁作成

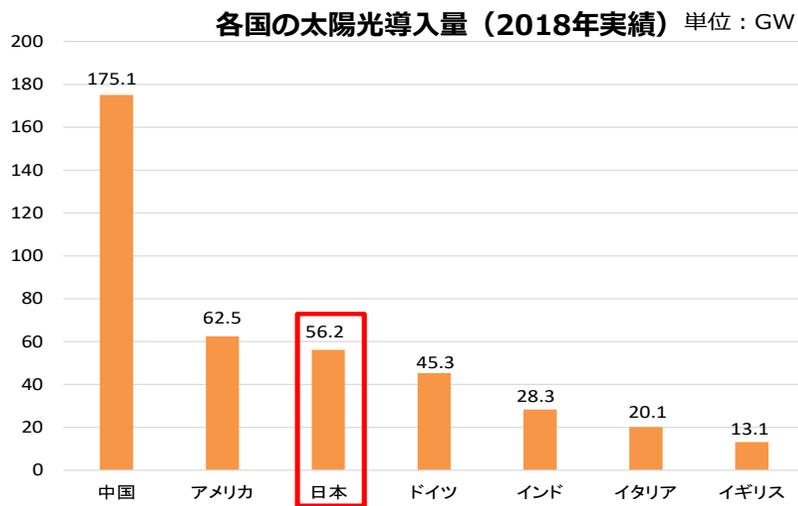
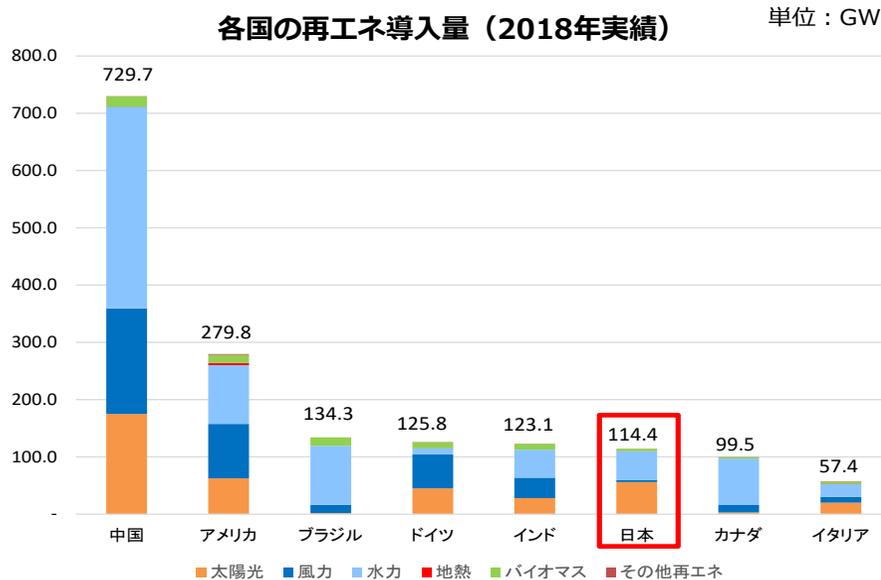
再生可能エネルギー導入状況の国際比較

- 再エネはエネルギー密度が相対的に低く、導入可能量は自然条件・土地条件などに依存。
- 各国の再エネ導入量を機械的に国土面積で割ると、日本は面積あたり再エネ発電が多く、電力需要密度も高い。

	国土面積あたり発電量			電力需要密度 (総発電量÷国土面積)	電源構成に占める割合		
	太陽光	風力	水力		太陽光	風力	水力
日本	17	2	23 万kWh/km ²	280 万kWh/km ² (総発電量: 10,600億kWh 国土面積: 38万km ²)	6%	1%	8%
ドイツ	13	31	7 万kWh/km ²	180 万kWh/km ² (総発電量: 6,400億kWh 国土面積: 36万km ²)	7%	17%	4%
スペイン	3	10	7 万kWh/km ²	54 万kWh/km ² (総発電量: 2,700億kWh 国土面積: 51万km ²)	5%	19%	13%
イタリア	7	6	17 万kWh/km ²	96 万kWh/km ² (総発電量: 2,900億kWh 国土面積: 30万km ²)	8%	6%	17%
デンマーク	2	32	0 万kWh/km ²	71 万kWh/km ² (総発電量: 300億kWh 国土面積: 4万km ²)	3%	46%	0%
スウェーデン	0	4	14 万kWh/km ²	37 万kWh/km ² (総発電量: 1,600億kWh 国土面積: 44万km ²)	0%	10%	38%

日本の再生可能エネルギー導入量の国際比較（絶対量と増加スピード）

- 我が国の再生エネ導入量は世界第6位、このうち太陽光発電は世界第3位となっている。
- この7年間で約3倍という我が国の増加スピードは、世界トップクラス。



発電電力量の国際比較（水力発電除く）

単位：億kWh

	2012年	2018年
日本	309	963 3.1倍
EU	4,319	6,743 1.6倍
ドイツ	1,217	1,962 1.6倍
イギリス	358	934 2.6倍
世界	10,693	21,870 2.0倍

固定価格買取制度（FIT制度）

- 本制度は、送配電事業者に対し、再生可能エネルギー発電事業者から、政府が定めた買取価格・買取期間による電気の供給契約の申込みがあった場合には、応ずるよう義務づけるもの。
- 政府による買取価格・買取期間の決定方法、買取義務の対象となる発電事業計画の認定、買取費用に関する賦課金の徴収・調整、送配電事業者による契約拒否事由などを、併せて規定。

再生可能エネルギーによる発電を事業として実施される方

太陽光



中小水力



風力



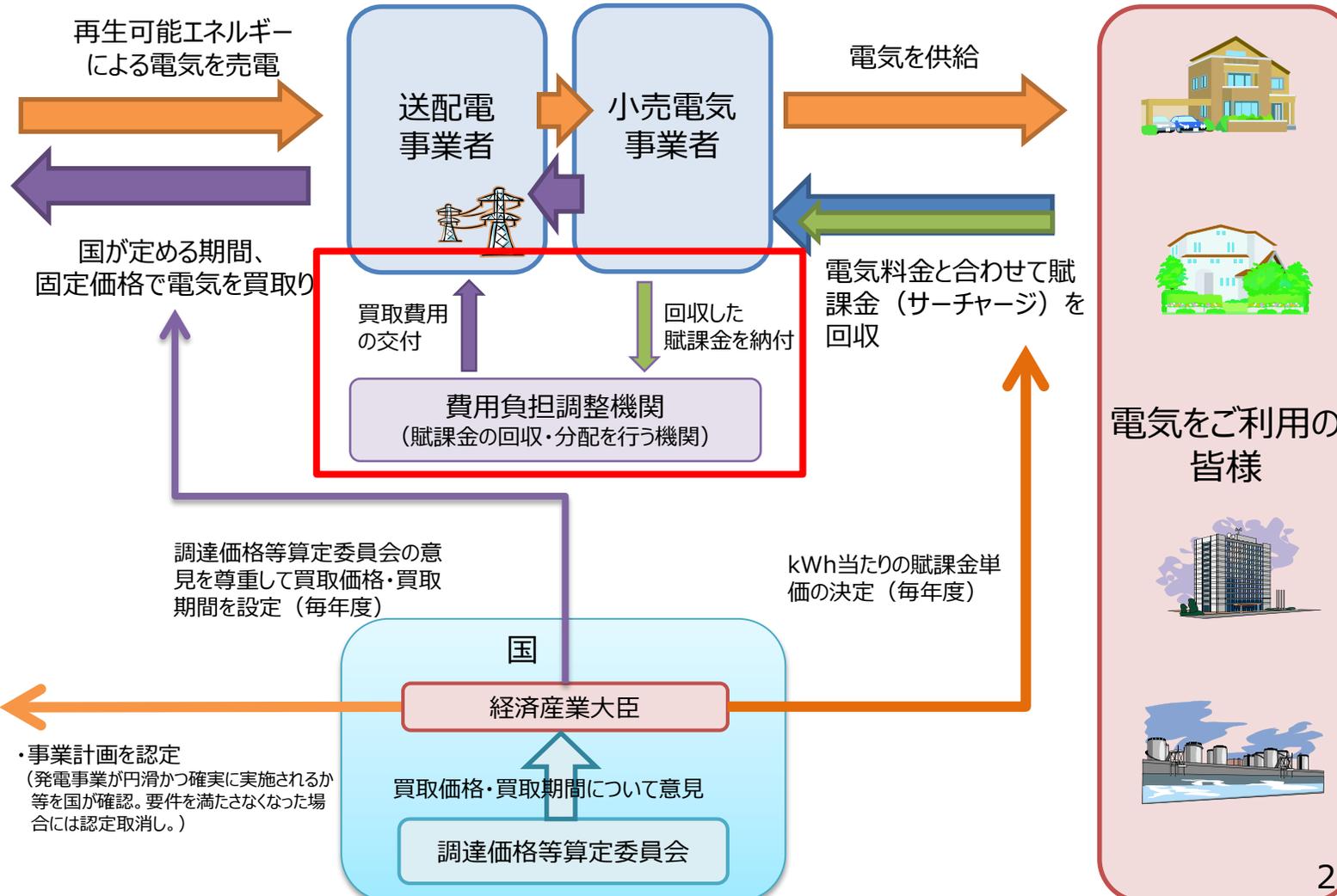
バイオマス



地熱

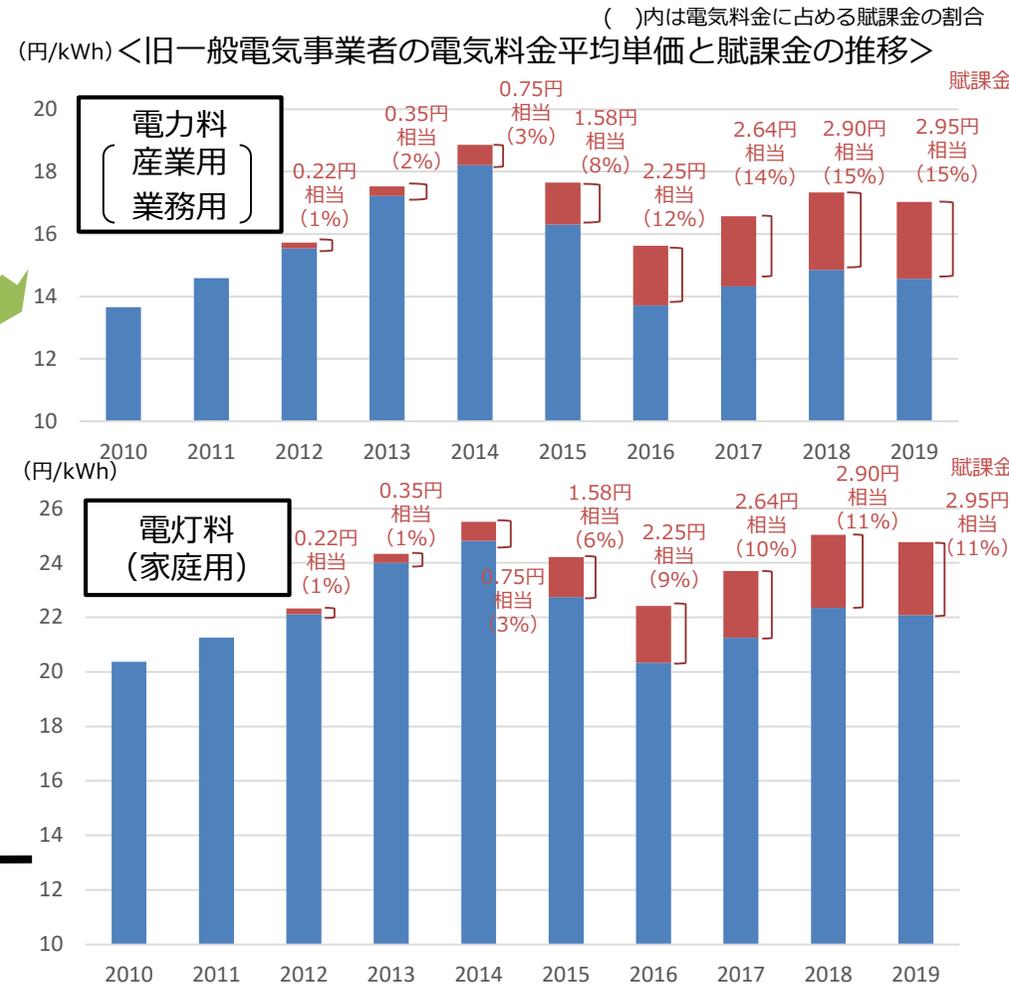
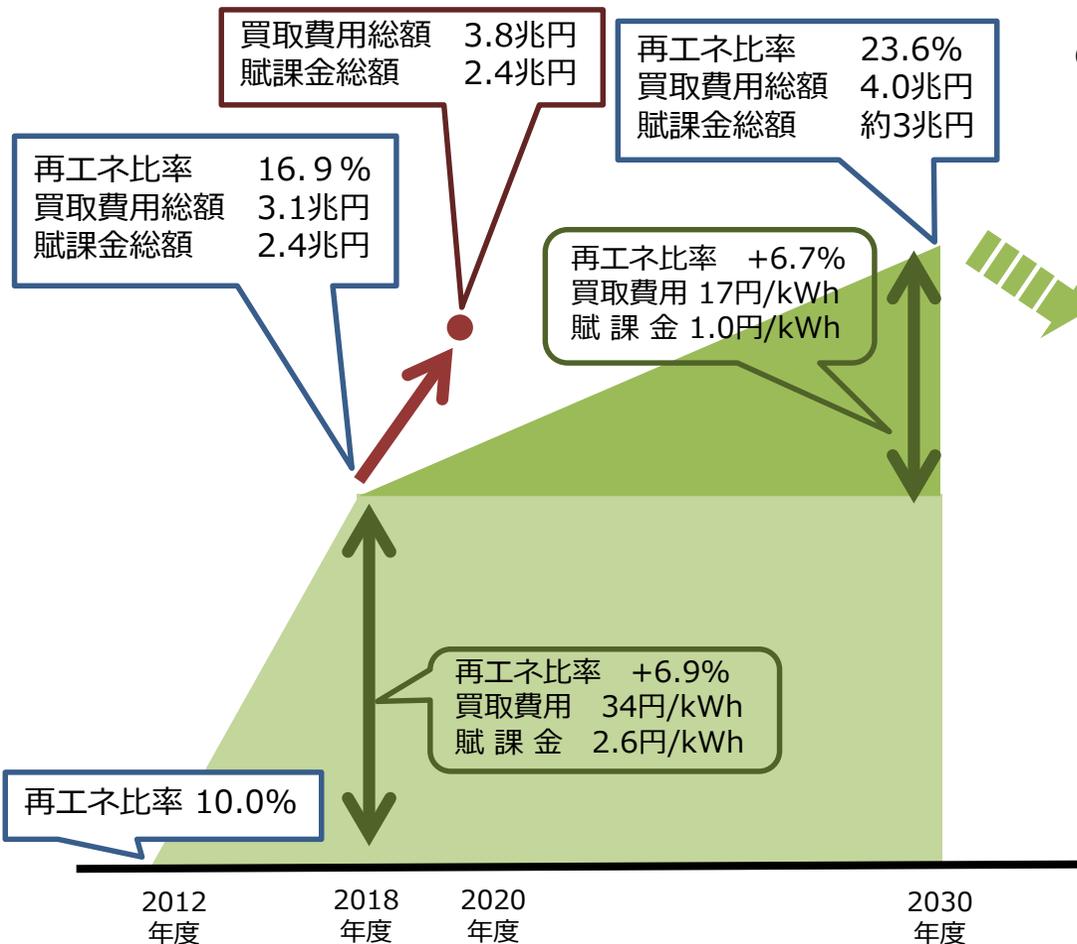


自宅で発電される方



国民負担の増大と電気料金への影響

- 2020年度の**買取費用総額は3.8兆円、賦課金総額は2.4兆円。**
- これまで、再エネ比率10.0%→16.9% **(+6.9%)** に約**2兆円/年**の賦課金を投じ、今後、**7.1%を+約1兆円/年**で実現する必要。
- 今後、賦課金総額を抑制・減少させていくためには、**早期の価格引き下げ、自立化が重要。**



(注) 2018~2020年度の買取費用総額・賦課金総額は試算ベース。
 2030年度賦課金総額は、買取費用総額と賦課金総額の割合が2030年度と2018年度が同一と仮定して算出。
 kWh当たりの買取金額・賦課金は、(1) 2018年度については、買取費用と賦課金については実績ベースで算出し、
 (2) 2030年度までの増加分については、追加で発電した再エネが全てFIT対象と仮定して機械的に、①買取費用は総買取費用を総再エネ電力量で除したものと、②賦課金は賦課金総額を全電力量で除して算出。

(注) 発受電月報、各電力会社決算資料等をもとに資源エネルギー庁作成。
 グラフのデータには消費税を含まないが、併記している賦課金相当額には消費税を含む。
 なお、電力平均単価のグラフではFIT賦課金減免分を機械的に試算・控除の上で賦課金額の幅を図示。

再生可能エネルギー導入拡大に向けた課題

① 出力変動への対応 (調整力の確保)

- 変動再エネ（太陽光・風力）は、自然条件によって出力変動するため、需給を一致させる「調整力」が必要。現在は調整電源として火力・揚水に依存。
- 調整力が適切に確保できないと、再エネを出力制御する必要。結果として、再エネの収益性が悪化し、再エネ投資が進まない可能性。
- 今後、変動再エネの導入量が増加する中で、①調整力の脱炭素化（水素、蓄電池、CCUS/カーボンリサイクル付火力、バイオマス、デマンドレスポンス等）を図りつつ、②必要な調整力の量を確保する、といった課題をどのように克服していくか。

② 送電容量の確保

- 再エネポテンシャルの大きい地域（北海道等）と大規模需要地（東京等）が離れているため、送電容量が不足した場合には、物理的に送電ができず再エネの活用が困難。
- 特に北海道については、北海道内の需要規模が小さいこともあり、導入拡大が難しい状況。
- 社会的な費用に対して得られる便益を評価しながら、どのように送電網の整備を進めていくか。

③ 系統の安定性維持 (慣性力の確保)

- 突発的な事故の際に、周波数を維持しブラックアウトを避けるためには、系統全体で一定の慣性力（火力発電等のタービンが回転し続ける力）の確保が必要。
- 太陽光・風力は慣性力を有していないため、その割合が増加すると、系統の安定性を維持できない可能性。
- その克服に向けて、疑似慣性力の開発等を進めていく必要があるが、現時点では確立した技術がない状況。

④ 自然条件や社会制約への対応

- 自然条件に左右される再エネの導入にあたっては、平地や遠浅の海が少なく、また日射量も多くない我が国の自然条件を考慮する必要。
- また、他の利用（農業、漁業）との調和、景観・環境への影響配慮を含む地域等との調整が必要。
- 導入できる適地が限られている中で、各電源毎の現状・課題を踏まえ、どのように案件形成を進めていくか。

⑤ コストの受容性

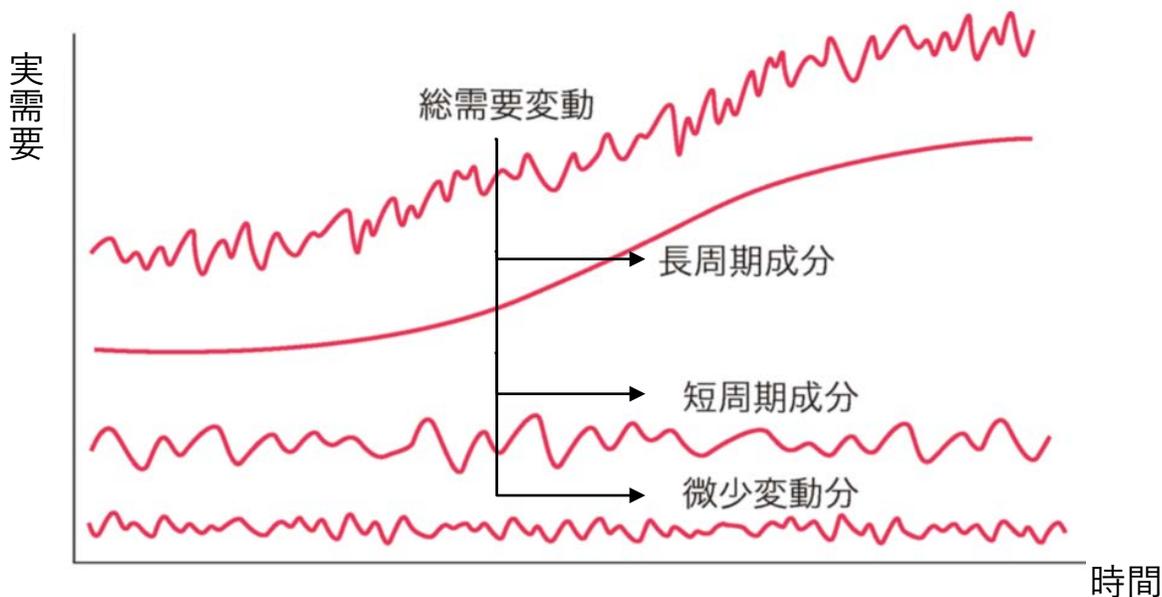
- 上記のような諸課題を克服していくためには、大規模な投資が必要。また、適地が限られている中で大量導入した場合には、適地不足により今後コストが上昇するおそれ。
- 既に再エネ賦課金の負担が大きくなっている中で、こうしたコスト負担への社会的受容性をどのように考えるか。また、イノベーションの実現が不確実な中で、どのようにリスクに備えた対応をしていくべきか。

(注) これらの課題以外にも、今後検討を深める中で生じる様々な課題について対応策を検討する必要がある。

①出力変動と調整力

- 電力系統を安定的に運用するためには、需要と供給を常に一致させる必要がある。
- 供給側の変動は、発電設備の起動停止等のほか、太陽光・風力等の自然変動型電源においては、時間帯や季節、雲の通過・風向きの変化等によって生じる。
- 需要側の変動は、需要家における空調や照明の利用状況、オフィスビルや工場の操業などの社会活動や、季節や気温などの気象条件等によって生じる。
- 一般送配電事業者は、時々刻々と変動する需要と供給を一致させるべく、必要な調整力（現状は主に火力・揚水）を確保しており、周期が短い変動（数秒、数分単位等）から長い変動（数時間、数日単位等）まで、それぞれの変動に応じた調整力を用いて需給運用を実施。

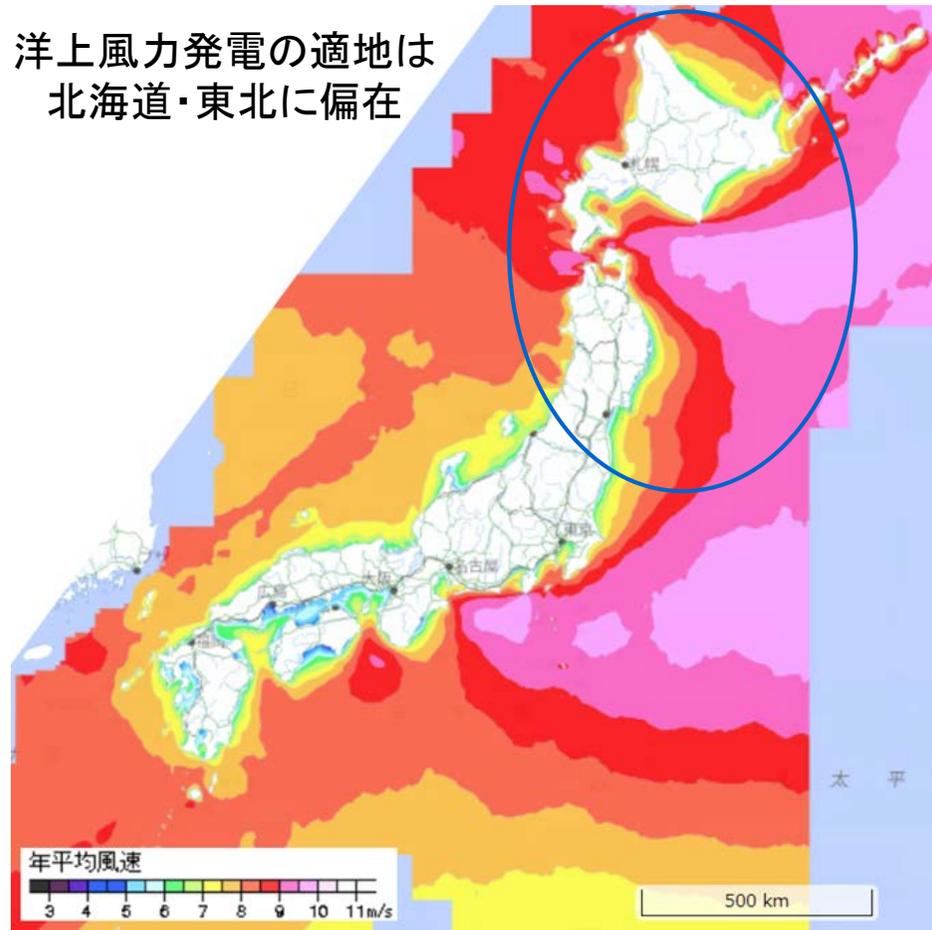
各周期変動のイメージ



②再エネ適地の偏在性／基幹系統の混雑状況

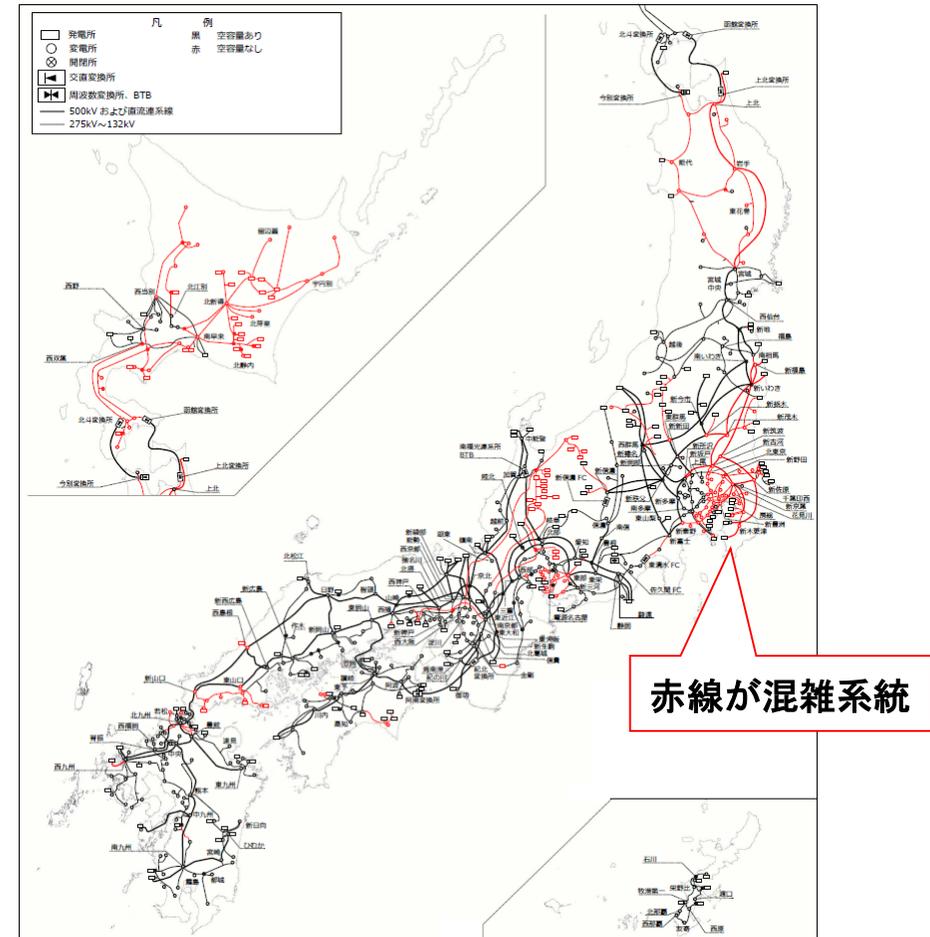
洋上風力発電の適地(風況マップ)

洋上風力発電の適地は
北海道・東北に偏在



出所) NeoWins (NEDO) 風況マップより

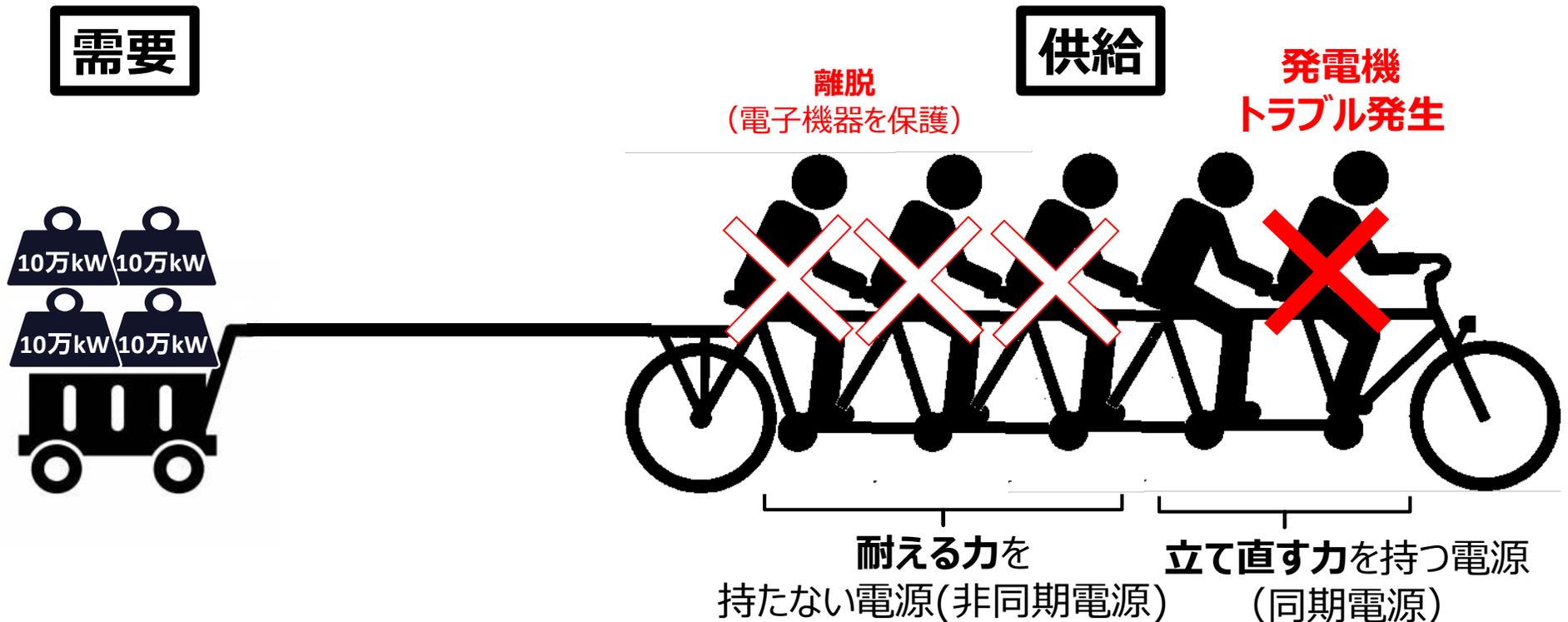
基幹系統の混雑状況



出所) 2020年9月23日18時時点の各社空き容量マップ

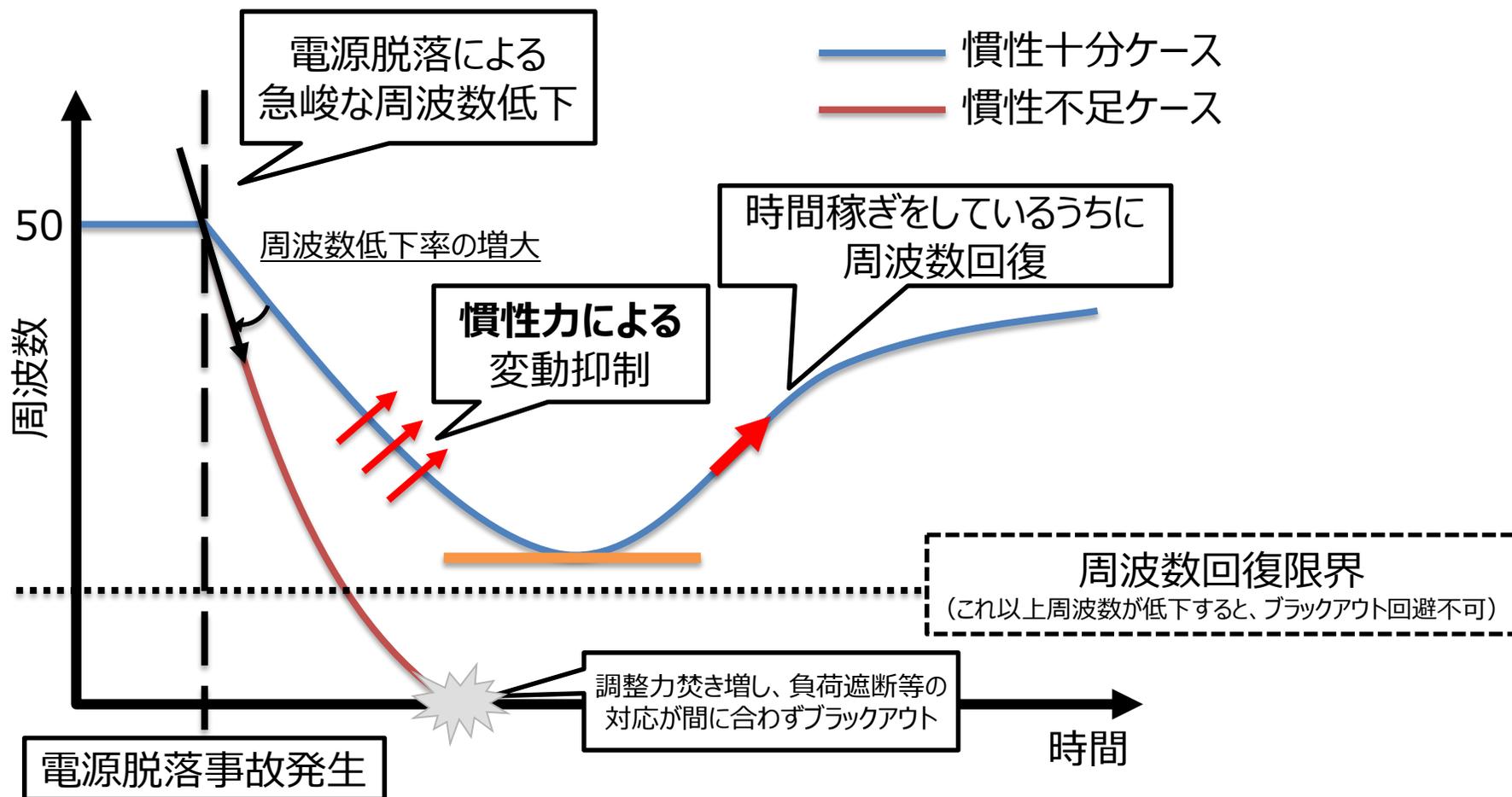
③慣性力の減少と停電リスク

- 系統で突発的なトラブル（電源の離脱、落雷等）が生じた場合、
 - ✓ 太陽光、風力、蓄電池などの非同期電源は、50Hzや60Hzの交流に変換するため電子機器を使用。周波数や電流の急激な変化に対して、**周波数を維持する機能を持たず**、周波数の変化が一定の閾値を超えると、その電子機器を守るため**離脱**（解列）する。
 - ✓ 火力、原子力、水力などの同期電源（50Hzや60Hzの回転速度で回る電源）は、タービン（機械）の回転で発電しており、周波数や電流の急激な変化に対して、**同じ周期で回転を維持する力（慣性力）が働くため**、相対的に周波数や電流の急激な変化に対して、**発電を継続し、周波数を維持する機能を有する**。



(参考) 慣性力不足によるブラックアウトが発生するイメージ

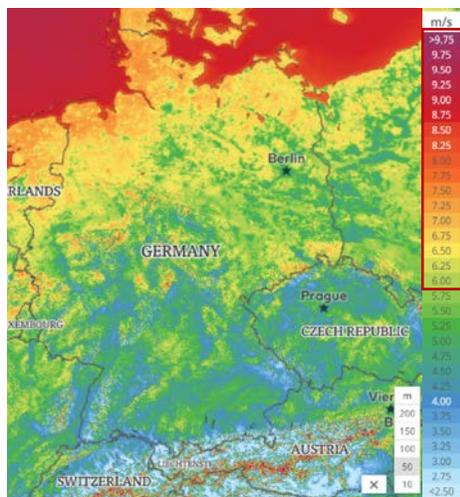
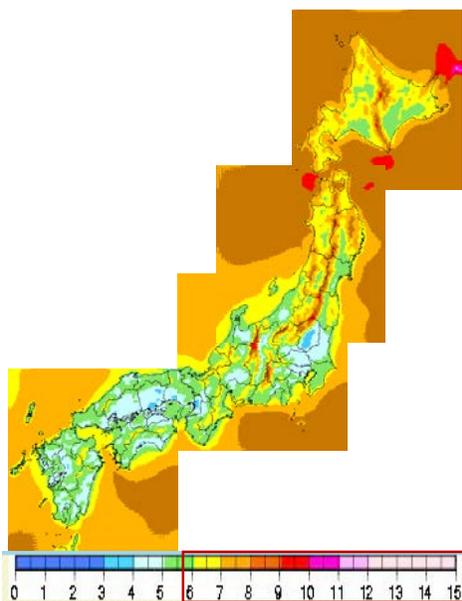
- 慣性力は、火力等のタービンが回転し続ける力であり、電源脱落等によるエリア全体の周波数を維持して、停電を防ぐことができる。
- 再エネ導入拡大に伴い、火力等が減ることで、この慣性力が減少することが懸念される。



④適地が限定（陸上風力）

- 風力適地である6m/s以上の地域は、ドイツでは北部の平地を中心に広く国土に広がっているが、日本は沿岸部及び山地に集中している。
- 平地の適地が限られているため、安価な陸上風力発電の大量導入が進みにくい。

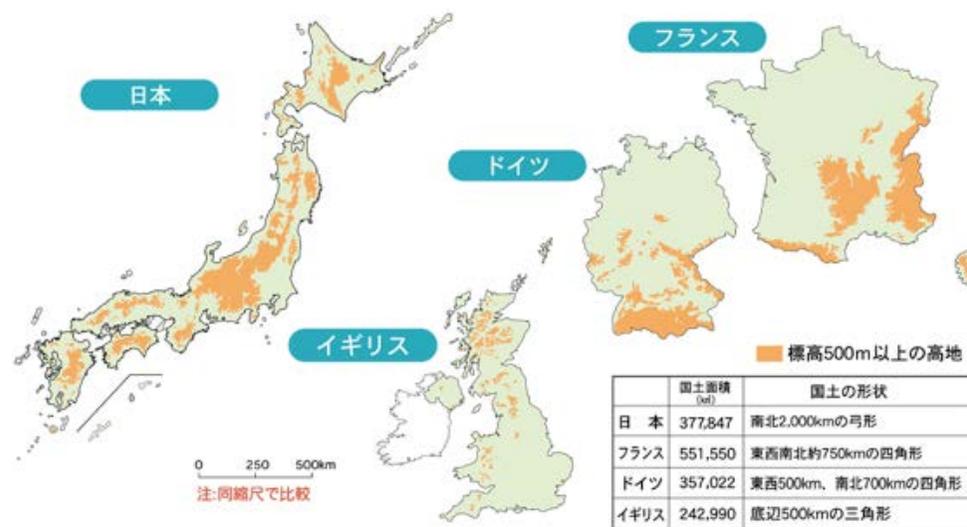
日本と欧州における風況の違い



50m高さでの風速分布（ドイツ）

（出所）NEDO局所風況マップ50m高さでの風速分布（日本）

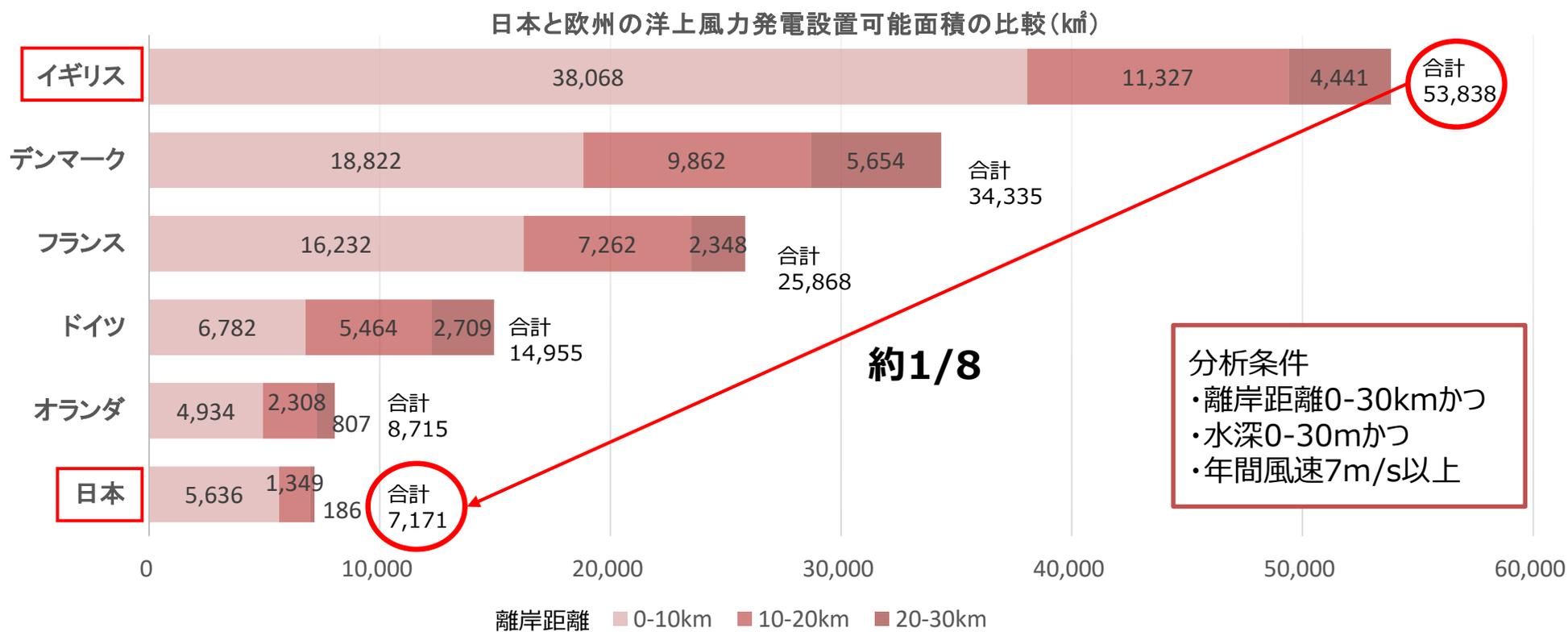
日本と欧州各国の国土比較（同縮尺）



出所）一般財団法人国土技術研究センター

④適地が限定(洋上風力)

- 日本の設置可能面積(着床)は、洋上風力の導入が進んでいるイギリスの約1/8(イギリス54,000 km²、日本約7,200 km²)。※離岸距離、水深、年間風速等から機械的に試算したもの
- 海底地形が急深な日本では立地が限られており、その中で、漁業者や地元と調整を進めながら案件形成を進めていく必要がある。

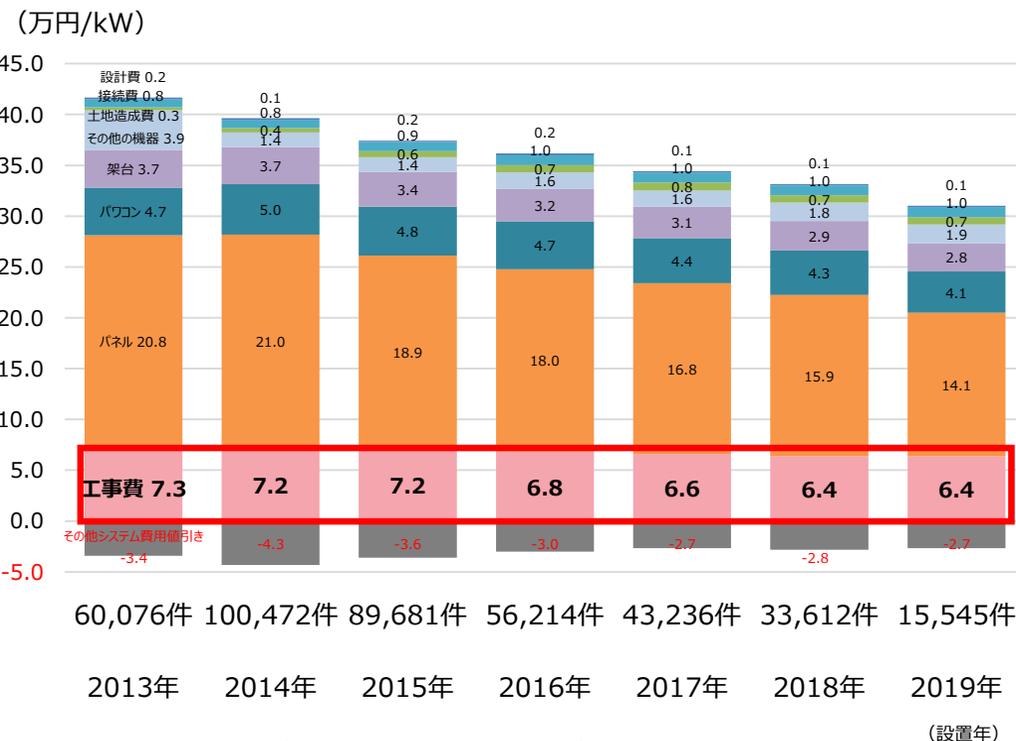


出典)「着床式洋上風力発電導入ガイドブック」(2018.3.国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)

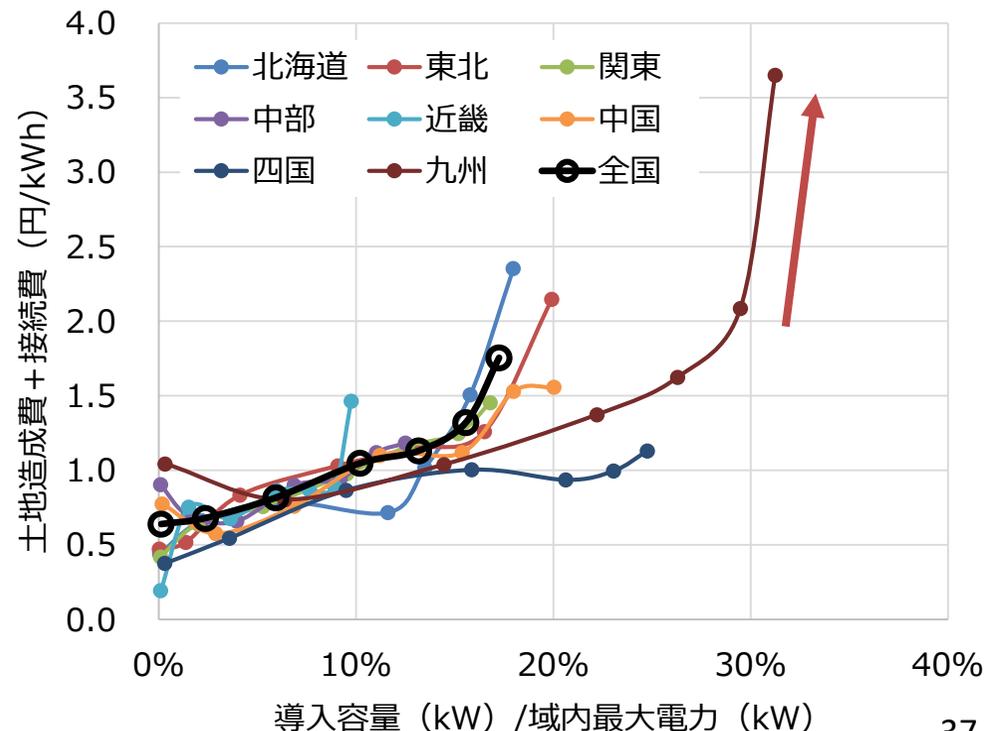
⑤太陽光発電のコスト

- 資本費のうち、パネルの価格は減少傾向で推移している一方、パネルに次いで割合を占める工事費部分は下げ止まり。
- また、域内最大電力に占める導入容量が増えれば増えるほど、土地造成費と接続費は増加する傾向。これは、適地ではないところへの導入等により、より多くのコストが必要となると考えられる。
- 例えば、導入が進んでいる九州地方では、域内最大電力に占める導入容量の割合が30%から31%に増加した際、土地造成費と接続費は2.1円から3.7円に上昇。

設置年別 資本費内訳

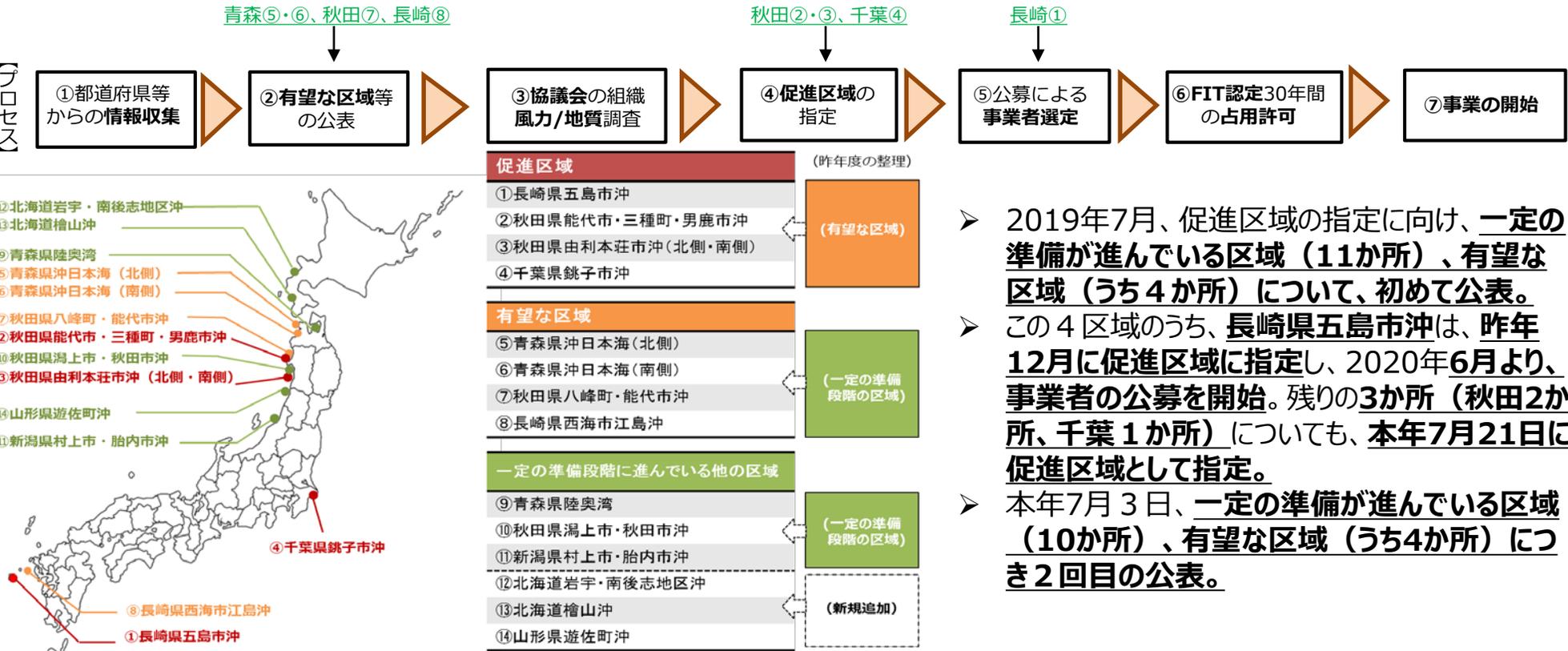


太陽光発電に係る土地造成費+接続費



導入拡大に向けた取組：再エネ海域利用法に基づく案件形成

- 「海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律（以下、**再エネ海域利用法、2019年4月1日施行**）」は、**①海域利用に関する統一的なルールがない、②先行利用者との調整の枠組が不明確、③高コスト等**の課題を背景として制定。
- ①国が洋上風力実施可能な**促進区域を指定し、十分な占用期間（30年間）の確保**、②**関係者による協議会を設置して地元調整の円滑化**、③**事業者を公募・選定**することによる**コスト競争の促進**、といった仕組みであり、現時点で、**促進区域として4か所指定し、公募に向けたプロセスが進行中**。



- 2019年7月、促進区域の指定に向け、**一定の準備が進んでいる区域（11か所）、有望な区域（うち4か所）**について、初めて公表。
- この4区域のうち、**長崎県五島市沖は、昨年12月に促進区域に指定し、2020年6月より、事業者の公募を開始**。残りの3か所（秋田2か所、千葉1か所）についても、**本年7月21日に促進区域として指定**。
- 本年7月3日、**一定の準備が進んでいる区域（10か所）、有望な区域（うち4か所）**につき2回目の公表。

導入拡大に向けた取組：官民協議会を通じた投資促進

- 洋上風力を主力電源としていくためには、競争力を強化し、コスト削減していくことが必要。コストが高いままでは、国民の理解が得られず、継続的な案件形成が困難。
- また、競争力強化・コスト削減の鍵となる投資拡大について、事業者からは、日本の市場拡大の見通しが見えないと投資を躊躇するとの声がある。
- そのため、洋上風力の導入拡大と競争力強化・コスト低減を同時に実現していく「好循環」を形成するため、官民が集い対話する協議会を設置（7月17日に第1回を開催）。「洋上風力産業ビジョン（仮称）」を作成していく。

※（参考）メンバー 行政側：経済産業省、国土交通省
 民間側：日本風力発電協会及び分野ごとの主要会員企業、日本港湾協会、日本埋立浚渫協会、
 有識者：工学、金融、法律等約5名

協議会での論点	業界・事業者からの意見
①中長期的な洋上風力発電の導入のポテンシャルと課題の分析	○ 予見性の確保が重要。投資判断に必要な市場規模は、 <u>2030年にかけては100万kW×10年、2040年には3000万kW～4500万kW</u>
②分野別の課題の分析	○ <u>洋上風力関連産業（風車製造工場等）の誘致</u> が必要。 ○ 基礎工事、据え付け等の <u>低コスト化に向けた技術の確立が必要</u>
③計画的導入に向けたインフラ環境整備のあり方	○ <u>直流送電も含めた系統整備を適切に実施して欲しい。</u> ○ <u>導入見通しに応じた、計画的な港湾整備が必要。</u>
④事業者（業界）の投資やコスト削減等に関する取組	○ 発電コストは、 <u>8～9円/kWhを目指す。</u>

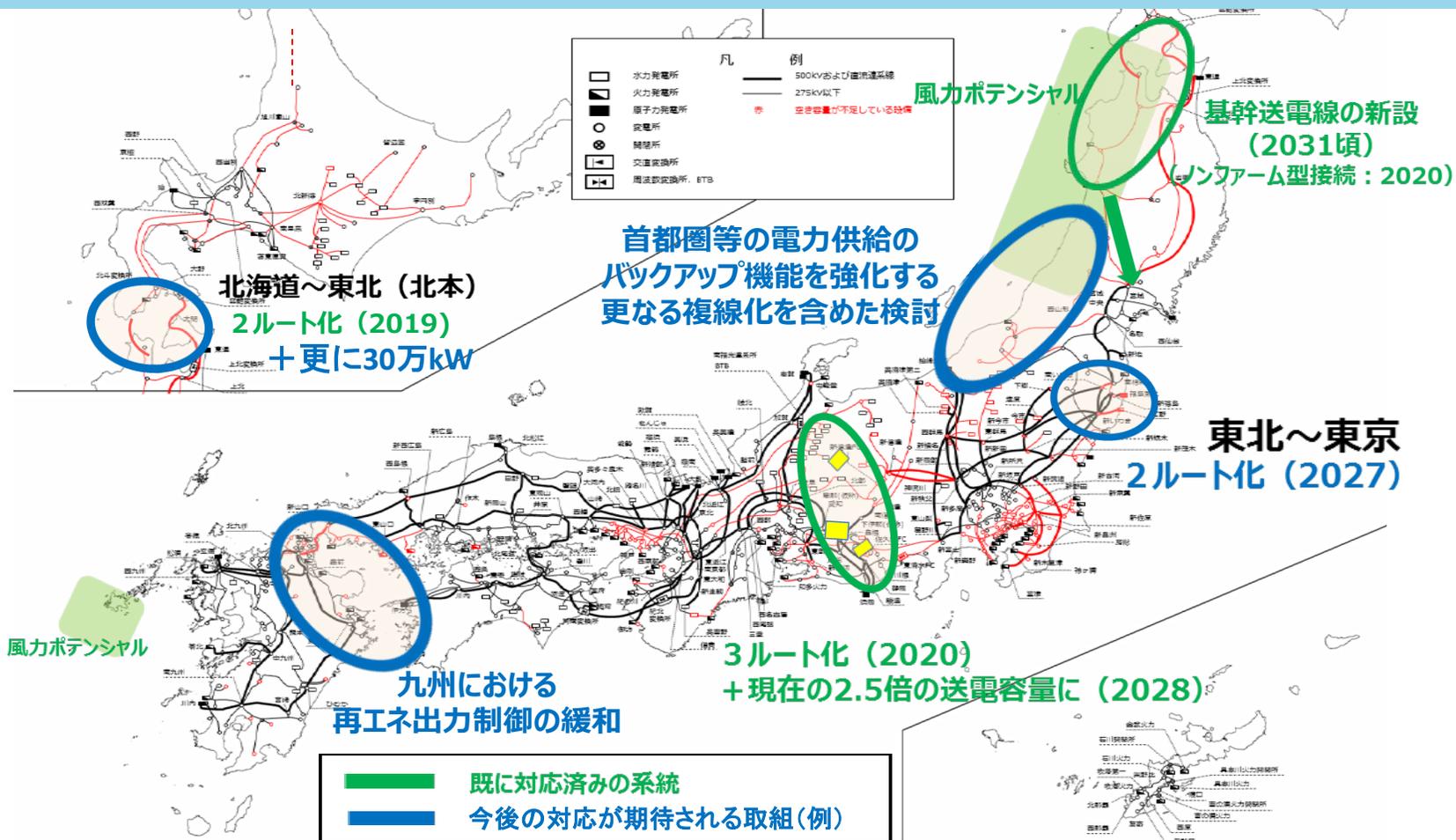
□ 梶山大臣の締め挨拶

- 当面10年間は100万kW/年、2040年にかけては3000万kWを超える導入量の見通しがあれば思い切った投資ができるものと思っており、引き続き、本協議会で議論していきたい。
- また、（本日発言があった）直流送電や港湾についても今後議論が必要。



地域間連系線等の増強促進

- 首都直下地震等の大規模災害の発生が予想され、脱炭素化の要請が強まる中、我が国の電力ネットワークは、**レジリエンスを抜本的に強化し、再エネの大量導入等にも適した次世代型ネットワークに転換していくことが重要。**
- 具体的には、①「プッシュ型」の系統形成による送電の広域化や②配電事業ライセンス等による配電の分散化を推進し、前者については、**再エネ適地と需要地を結び、国民負担を抑制して再エネの導入を図ると共に、首都直下地震等により首都圏等に集中立地するエネルギーインフラが機能不全に陥った場合なども想定し、バックアップ機能の強化を図るため、全国大でのネットワークの複線化を図り、電力インフラの強靭化を実現することが重要**となる。



市場連動型の導入支援（FIP制度）

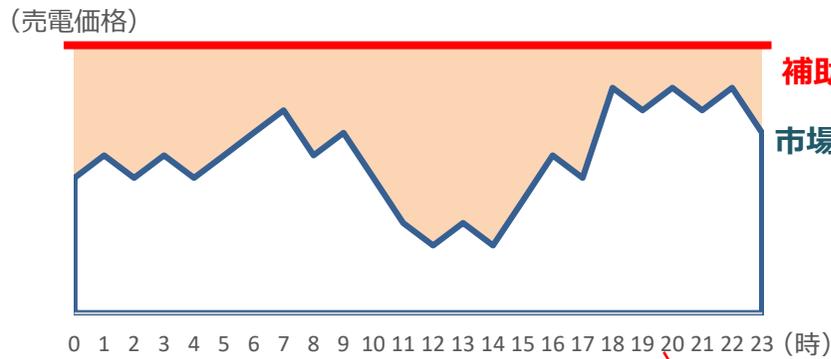
- **大規模太陽光・風力等**の競争力ある電源への成長が見込まれるものは、欧州等と同様、**電力市場と連動した支援制度へ移行**。

FIT制度

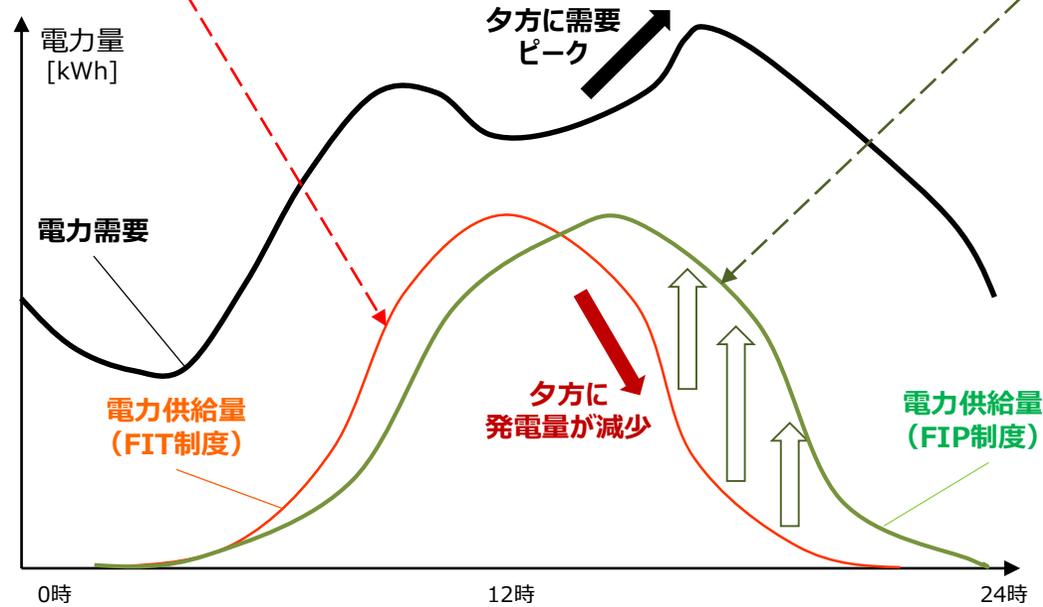
価格が一定で、収入はいつ発電しても同じ
 → 需要ピーク時（市場価格が高い）に供給量を増やすインセンティブなし

FIP制度

補助額（プレミアム）が一定で、収入は市場価格に連動
 → 需要ピーク時（市場価格が高い）に蓄電池の活用などで供給量を増やすインセンティブあり
 ※補助額は、市場価格の水準にあわせて一定の頻度で更新



1日の電力需要と太陽光発電の供給量

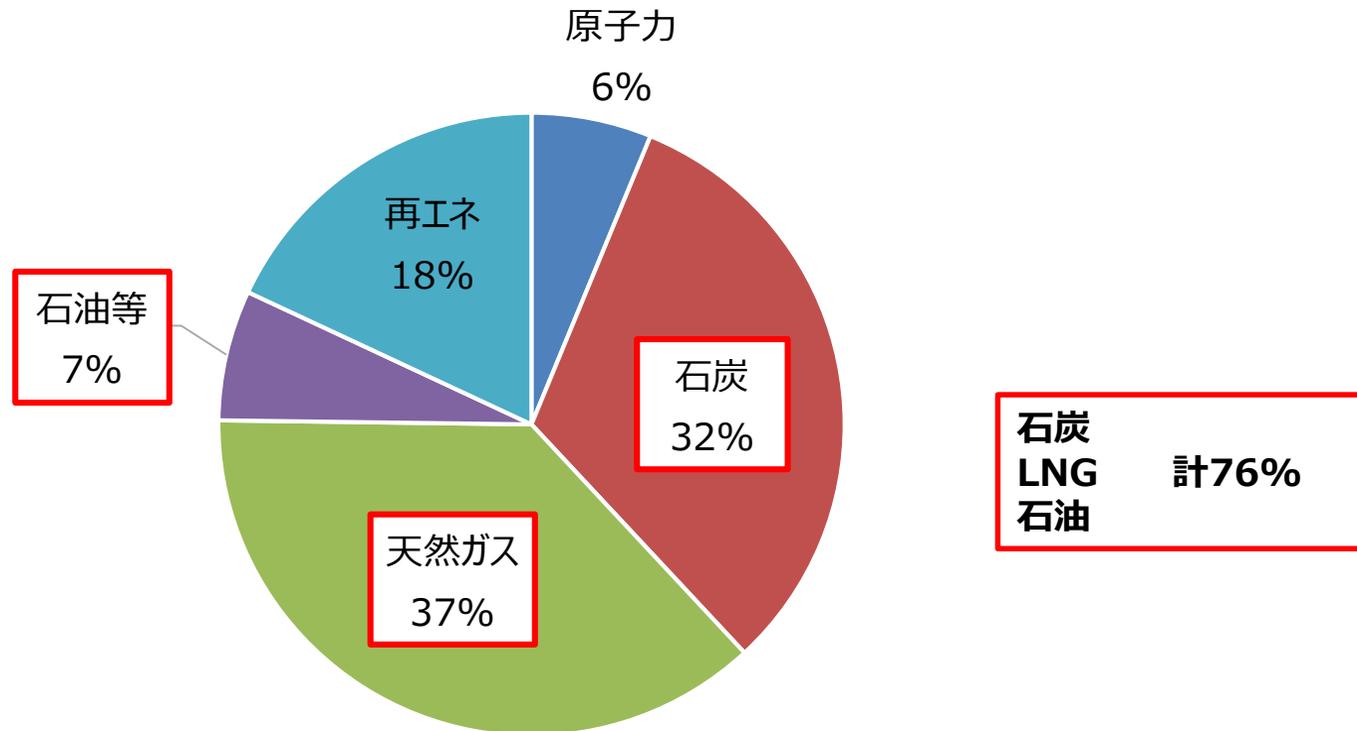


1. エネルギー政策の全体像
2. 2050年カーボンニュートラルの表明
3. 再エネ
- 4. 火力**
5. 原子力

火力発電の役割①：供給力

- 火力発電は、発電電力量の7割以上を占める「供給力」として、ベースロード、ミドル、ピークといったそれぞれの特性を踏まえ、安定供給上重要な役割を担っている。
- 特に、これまでも災害時における供給力を提供してきており、容量を確保することはエネルギー供給のレジリエンス対策にも大きく貢献。

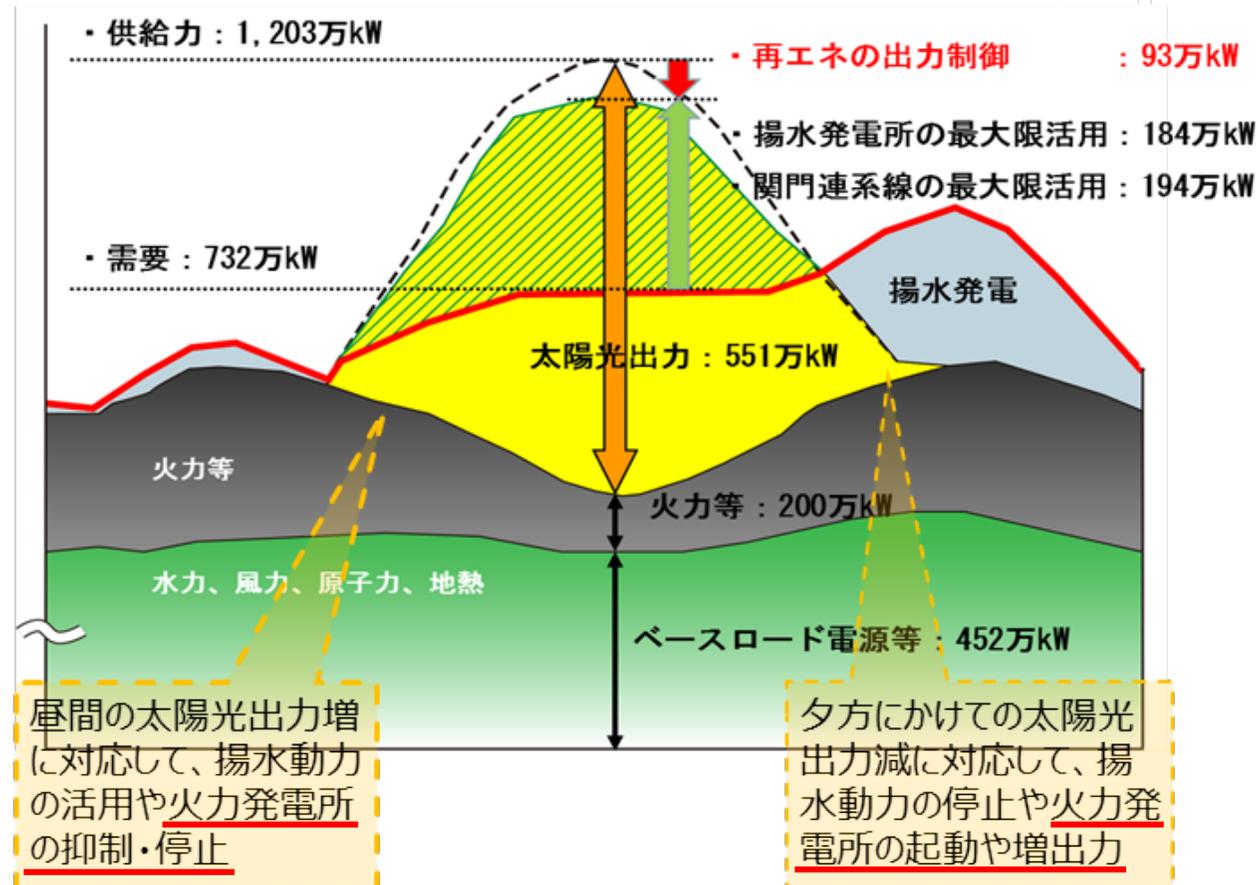
電源別発電電力量構成比（2019年度速報値）



火力の機能②：調整力

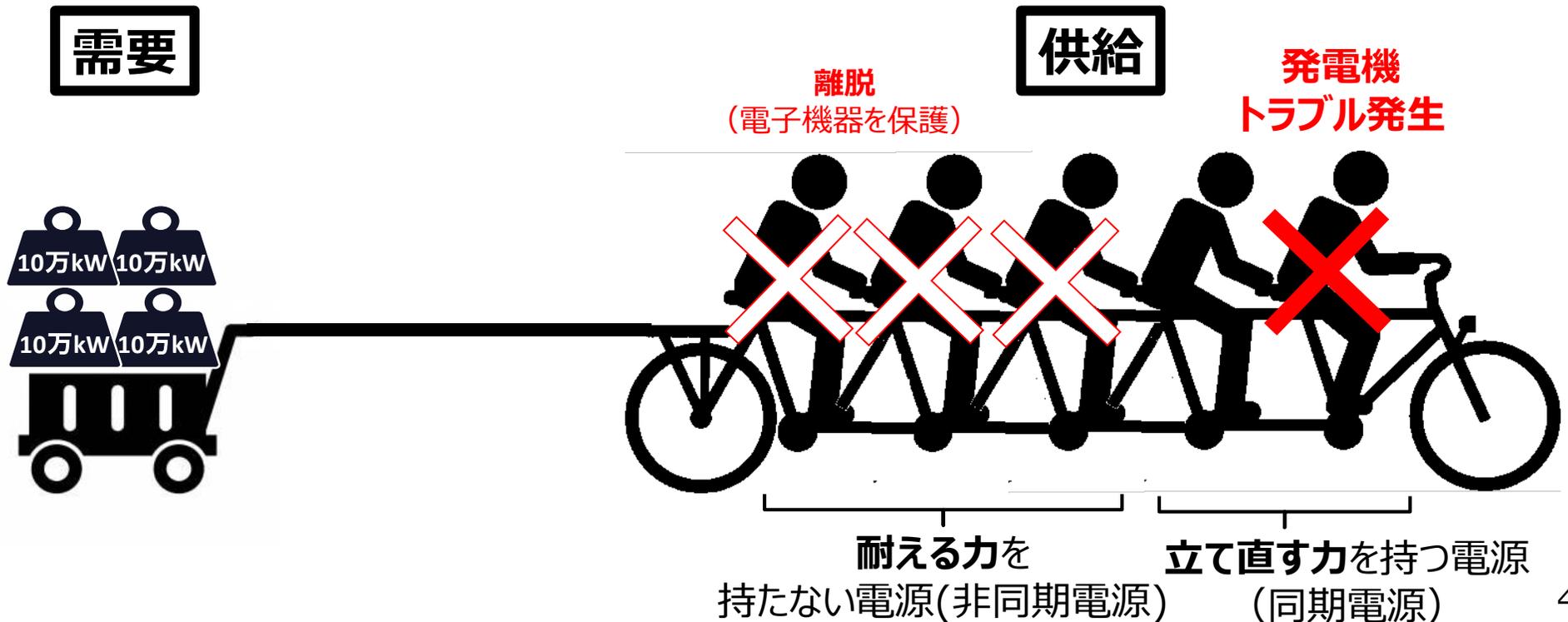
- 太陽光や風力といった変動再エネの導入の進展に伴い、その出力変動を吸収し、需給バランスを調整する機能を持つ他電源の存在が必要。
- 他のエリアよりも再エネの導入量が多い九州エリアでは、**火力発電は、再エネの出力増減に応じて抑制・停止、起動・増出力といった出力調整を行いながら運用**されており、**電力の安定供給に大きく貢献**している。

＜九州の電力需給イメージ（2018年10月21日の例）＞



火力の機能③：慣性力

- 系統で突発的なトラブル（電源の離脱、落雷等）が生じた場合、
 - ✓ 太陽光、風力、蓄電池などの非同期電源は、50Hzや60Hzの交流に変換するため電子機器を使用。周波数や電流の急激な変化に対して、**周波数を維持する機能を持たず**、周波数の変化が一定の閾値を超えると、その電子機器を守るため**離脱（解列）**する。
 - ✓ 火力、原子力、水力などの同期電源（50Hzや60Hzの回転速度で回る電源）は、タービン（機械）の回転で発電しており、周波数や電流の急激な変化に対して、**同じ周期で回転を維持する力（慣性力）**が働くため、相対的に周波数や電流の急激な変化に対して、**発電を継続し、周波数を維持する機能を有する**。



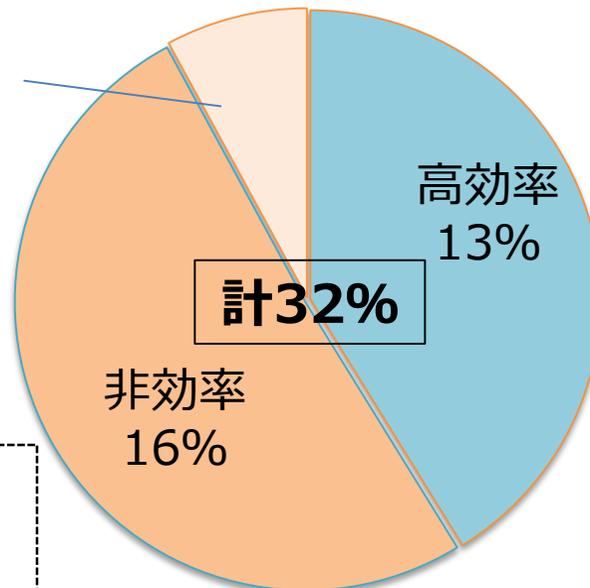
非効率石炭火力のフェードアウト

- 足下の石炭火力比率は**32%**（うち非効率石炭は**16%**）。一方、エネルギーミックスにおける**2030年度の石炭火力比率は26%**。
- 今後、建設中の最新鋭の石炭火力の運転開始も見込まれる中、**エネルギーミックスの達成には、非効率石炭火力による発電をできる限りゼロに近づけていく必要**。

石炭火力発電による発電量の内訳（推計）
（全発電量に占める割合）

計約3,300億kWh（2018年度）

自家発
自家消費分
3%



- ◆ 石炭ガス化複合発電（IGCC）
発電効率46～50%程度
- ◆ 超々臨界圧（USC）
発電効率41～43%程度 計26基※

今後、建設中の最新鋭石炭火力の運転開始により、高効率石炭火力による発電比率が約20%となる可能性

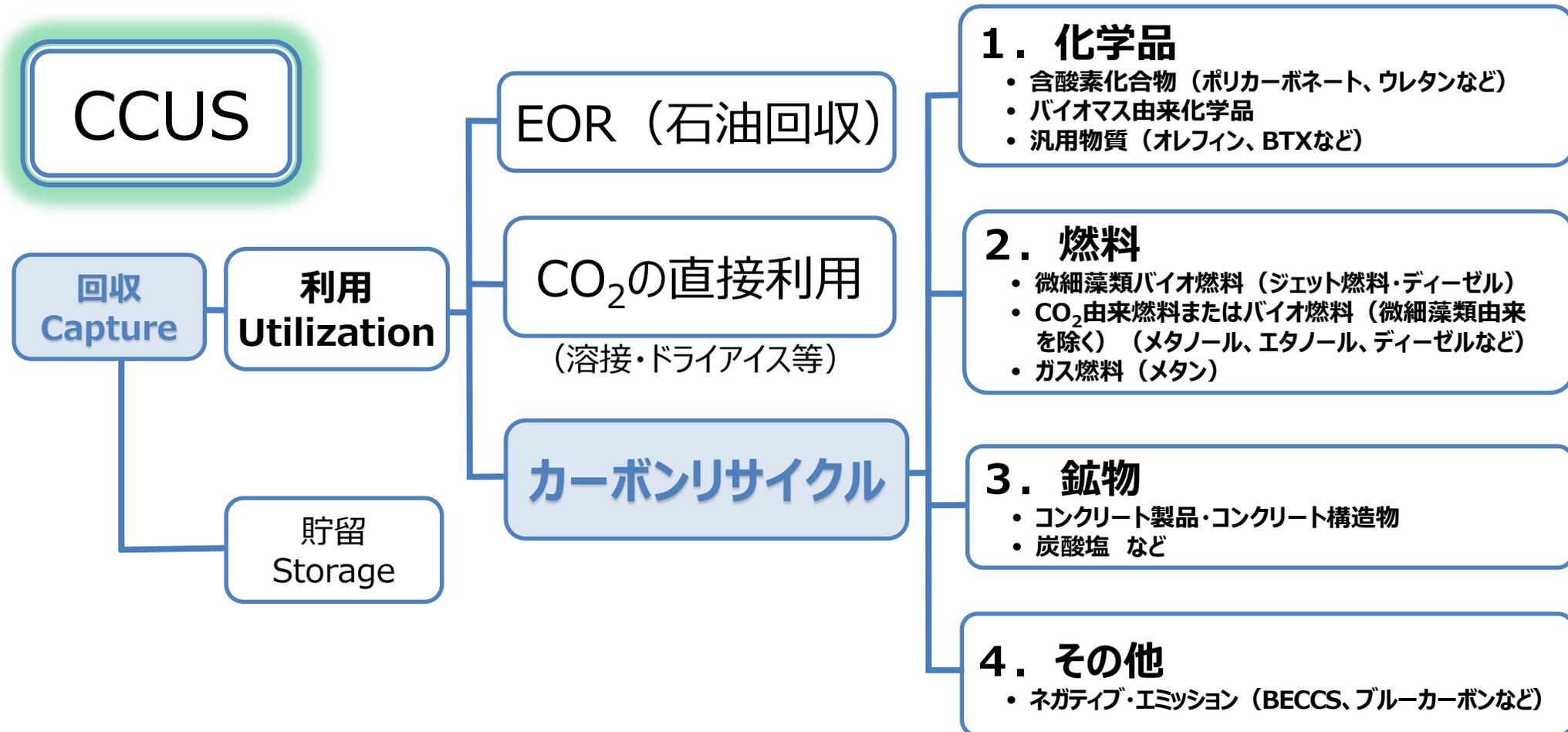
- ◆ 亜臨界圧（SUB-C）
発電効率38%以下
- ◆ 超臨界圧（SC）
発電効率38～40%程度 計114基※

⇒ **非効率石炭火力による発電を削減するため、新たな措置を検討**

※ 電気事業法に基づく発電事業者に対して、石炭火力発電所（電気事業法に規定する発電事業者が保有する特定発電用電気工作物）について、経済産業省においてその発電方式を確認し集計。
※ 「エネルギー基本計画」においては、非効率な石炭火力は超臨界以下とされており、その整理に沿って分類している。

CCUS/カーボンリサイクル

- カーボンリサイクルは、CO₂を資源として捉え、これを分離・回収し、鉱物化や人工光合成、メタネーションによる素材や燃料への再利用等を行い、大気中へのCO₂排出を抑制していく取組。
- 省エネルギー、再生可能エネルギー、CCSなどとともに、CO₂削減の鍵となる取組の一つ。CO₂の利用について、世界の産学官連携の下で研究開発を進め、非連続的イノベーションを進めていく。



水素発電・アンモニア発電 概要

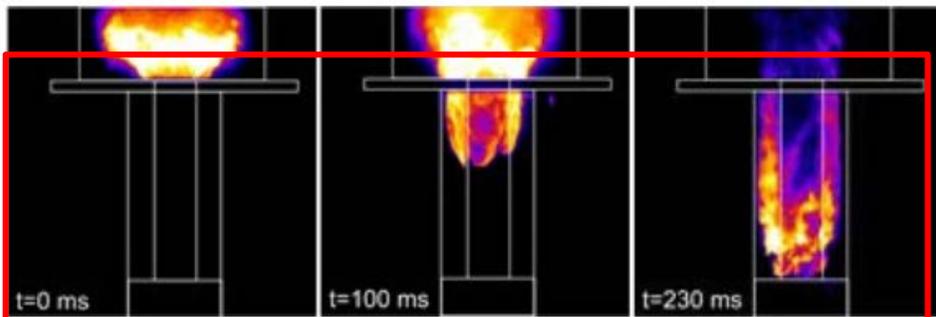
	水素	アンモニア
概要	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 燃烧速度が比較的近いガス火力発電に水素を混入。水素の燃烧速度が速いため、その燃烧を制御する技術が必要。 ➤ 上記制御技術を使うことで、ガスタービンの水素専焼化も可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 発電用バーナーの中心にある再循環領域（高温・低酸素）にアンモニアを一定速度で投入することで、アンモニアの分解及び還元反応を促進しつつ、アンモニアを燃烧。 ➤ アンモニアは燃烧速度が石炭に近いことから、石炭火力での利用に適している。
現状の取組	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 小型器（1MW）での専焼は現在実機で実証を開始し、大型器（数十万kW級）は30%の混焼率を達成するための燃烧器の技術開発が完了。 ➤ コストが下がれば、2050年時点での有望な電源となり得るため、JERAも2030年頃からの混焼開始を目指すことを表明。他電力会社も活用に関心。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ NOx発生抑制が課題であったが、混焼バーナーの開発に成功。現在大容量での混焼試験を実施中、2021年度から2023年度まで、実機を活用した20%混焼の実証を予定。 ➤ こうした取組も踏まえ、JERAが2020年代後半からの火力発電での燃料アンモニアの活用に向けた計画を表明。その他電力会社も活用に関心。
強み	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 既存のガスタービン発電設備のタービン部など多くの設備をそのまま利用可能、アセットを有効活用出来る。 ➤ 調整力、慣性力機能を具備しており、系統運用安定化に資する。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 既に肥料用途を中心にアンモニア市場が存在。既存の製造・輸送・貯蔵技術を活用したインフラ整備が可能。 ➤ -33℃（常圧）で液化が可能であるため、輸送や貯蔵コストの抑制が可能。
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 一カ所で大規模な水素需要を創出し、水素の活用を更に高めるための国際サプライチェーン構築に大きく貢献出来る。 ➤ 水素専焼の技術開発に見通し有。 	
弱み	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 液化水素の場合、脆化に加え、極低温という厳しい環境に耐える材質を使う必要。 ➤ MCHやアンモニアを水素キャリアとして使う場合、脱水素行程でもエネルギーを使う。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 混焼率向上、専焼化にあたってはNOxの抑制技術、発電に必要な熱量を確保するための収熱技術が必要。 ➤ 毒性があるため、取り扱いには配慮が必要。

水素発電の技術的な課題

- 水素火炎は、LNGに比較して**伝播速度が速く**、燃焼器内の火炎が、投入される燃料を伝って逆戻りしてしまう現象「**逆火**」が**起こりやすく**、**燃焼器の破損に繋がる**。
- そのため、空気と燃料を適切に混ぜる等の措置を講ずることで、「**逆火**」対策をしつつ、発電効率を既存の天然ガス並に高めることが求められ、**これらを両立させた専焼用の燃焼器の開発（マルチクラスタ方式）が必要**。



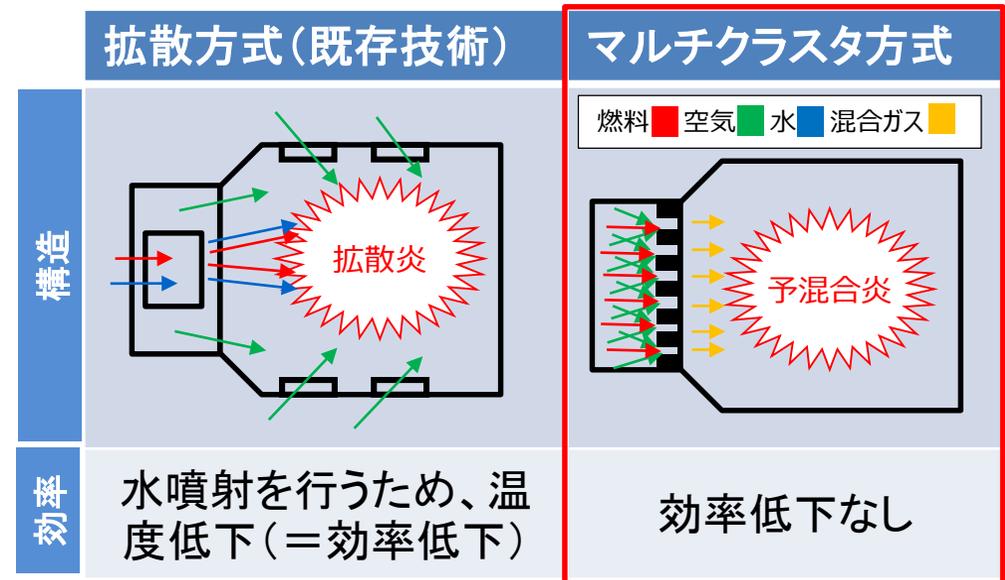
逆火の仕組み



赤枠内：燃焼器内部

出典：University of Michigan at the 2014 University Turbine Systems Research Workshop

専焼用の燃焼器



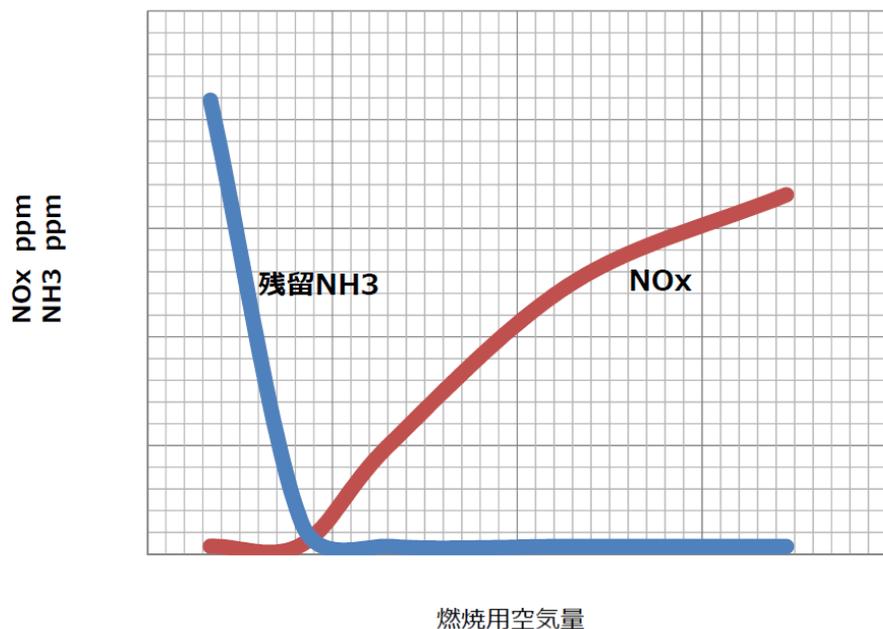
NEDO支援で開発中

出典：三菱パワー

アンモニア発電（専焼）の技術的な課題

- アンモニアの燃焼時には、含有窒素が容易に酸化することで、窒素酸化物（NOx）が発生。
→20%混焼時には技術的に抑制可能。他方、空気量が増えるにつれてNOxは増加するため、混焼率向上（50%以上）や専焼化に向けた技術開発が必要。
- アンモニアの場合、メタンと比較して、燃焼速度、断熱火炎温度等が低く、燃焼の安定性確保が困難
→高い混焼率や専焼の場合には、燃焼の安定化に向けた収熱技術の開発が必要。

アンモニア燃焼に伴うNOxの発生



出典：中外炉工業(株)

アンモニアと他の燃料の特性比較

燃料種	アンモニア NH3	メタン CH4	プロパン C3H8	水素 H2
大気圧における沸点 (°C)	-33.3	-161.6	-42.1	-252.9
低発熱量 (MJ/kg)	18.6	50.2	46.6	120.4
可燃当量比範囲 (-)	0.63-1.40	0.50-1.69	0.51-2.51	0.10-7.17
最大燃焼速度 (m/sec)	0.09	0.37	0.43	2.91
最低自着火温度 (°C)	651	537	432	500
最高断熱火炎温度 (°C)	1750	1970	2020	2120

1. エネルギー政策の全体像
2. 2050年カーボンニュートラルの表明
3. 再エネ
4. 火力
5. **原子力**

第5次エネルギー基本計画における原子力の位置付け

2030年：エネルギーミックスの実現

- 3E+Sの原則の下、2030年エネルギーミックスの確実な実現を目指す

原子力 = 長期的なエネルギー需給構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源

- いかなる事情よりも安全性を全てに優先し、原子力規制委員会により世界で最も厳しい水準の規制基準に適合すると認められた場合には、その判断を尊重し原子力発電所の再稼働を進める。
- 原発依存度を可能限り低減させる方針の下、確保していく規模を見極めて策定した2030年のエネルギーミックスにおける電源構成比率（原子力は20-22%）の実現を目指し、必要な対応を着実に進める。
- 東京電力福島第一原子力発電所事故の真摯な反省。福島への復興・再生に向けた取組、原子力利用における不断の安全性向上と安定的な事業環境の確立、使用済燃料問題の解決に向けた取組の抜本強化等

2050年：エネルギー転換への挑戦

- あらゆる選択肢を追求する「野心的な複線シナリオ」

原子力 = 実用段階にある脱炭素化の選択肢

- 東京電力福島第一原子力発電所事故を経験した我が国としては、安全を最優先し、経済的に自立し脱炭素化した再生可能エネルギーの拡大を図る中で、可能な限り原発依存度を低減する。
- 社会的信頼の回復に向け、人材・技術・産業基盤の強化に直ちに着手し、安全性・経済性・機動性に優れた炉の追求、バックエンド問題の解決に向けた技術開発を進めていく

原子力発電所の現状

2020年12月21日時点

- エネルギーミックスの実現に向け、設備利用率の向上や40年超運転も含め、安全確保を大前提として、再稼働を進める。

再稼働
9基

設置変更許可
7基

新規規制基準
審査中
11基

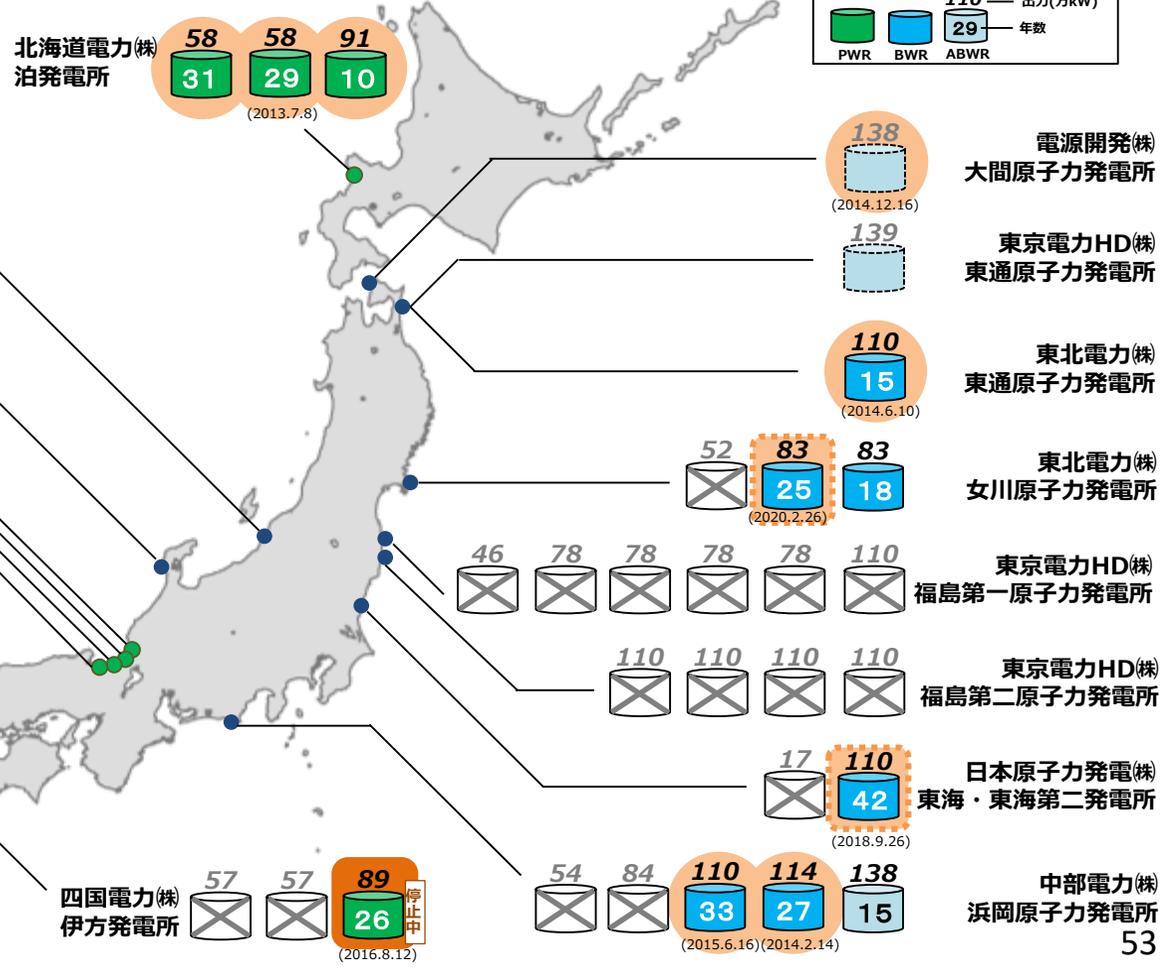
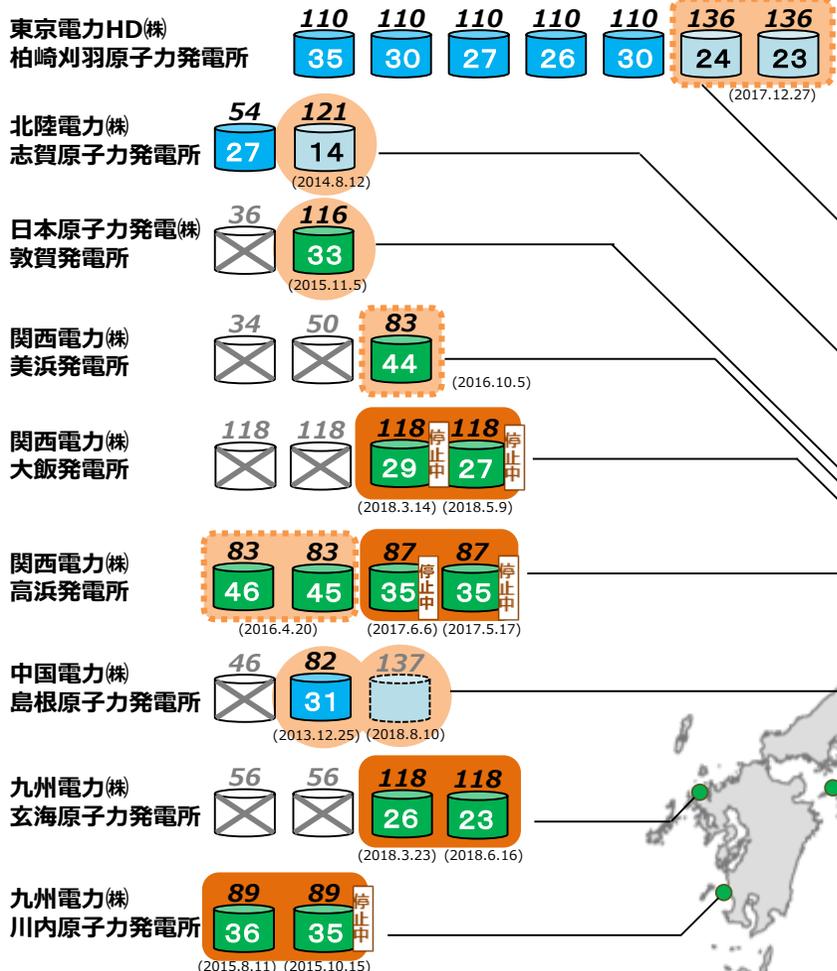
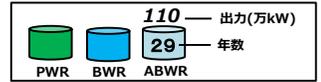
未申請
9基

廃炉
24基

稼働中 3基、停止中 6基 (起動日)

(許可日)

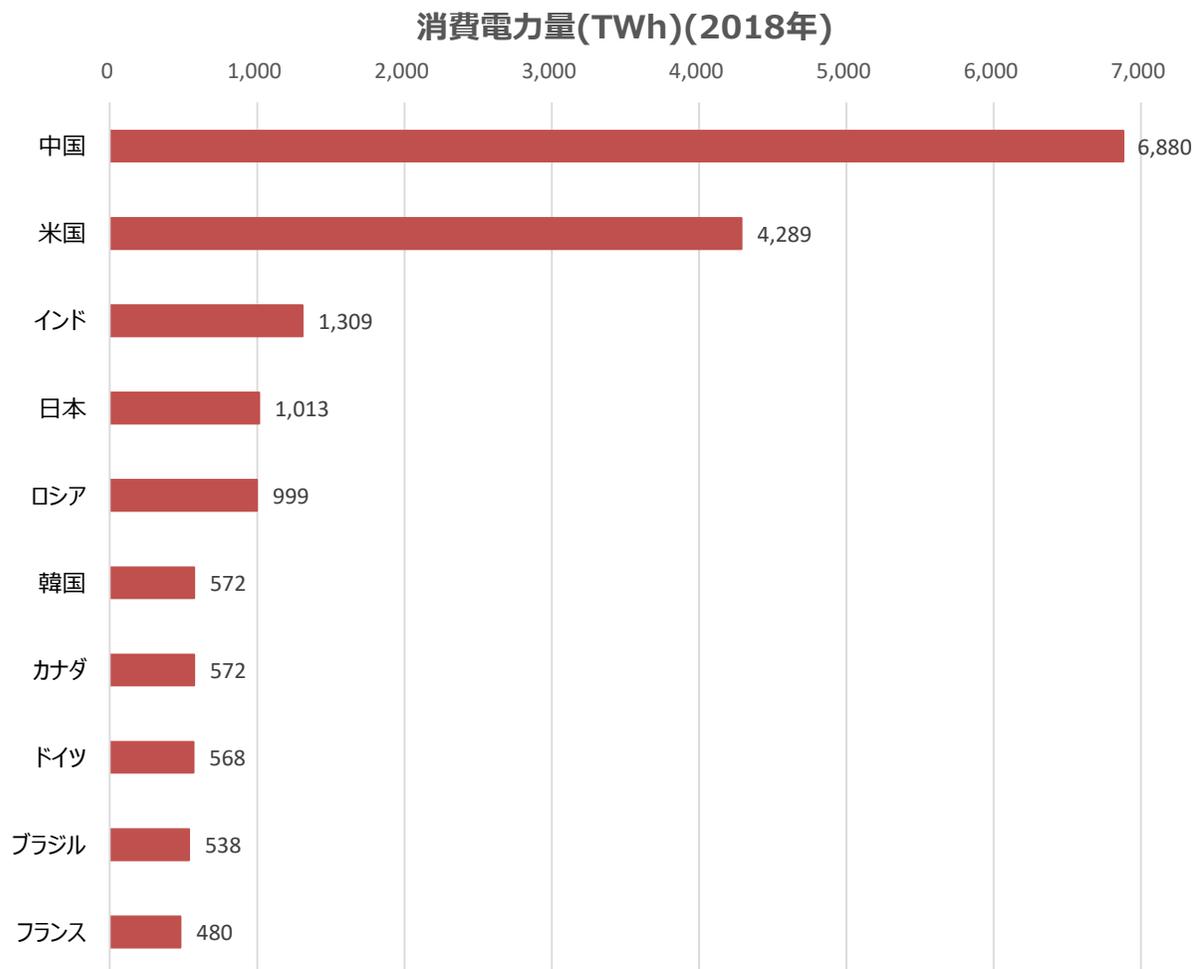
(申請日)



カーボンニュートラルと原子力利用の動向

- 消費電力量が大きく、かつカーボンニュートラルを表明している国の多くは、将来にわたって原子力発電を利用する方針。

2019年名目GDP (ドル)	カーボン ニュートラル	原子力 利用
14兆4000億	表明※ 1	利用
21兆4300億	未表明※ 2	利用
2兆8700億	未表明	利用
5兆800億	表明	利用
1兆7000億	未表明	利用
1兆6500億	表明	2080年頃廃止
1兆7400億	表明	利用
3兆8600億	表明	2022年廃止
1兆8400億	未表明※ 3	利用
2兆7200億	表明	利用



※ 1 : 2060年までにカーボンニュートラル

※ 2 : バイデン政権は、カーボンニュートラルを公約に掲げる。 ※ 3 : ブラジルは、条件付きで2060年までのCNを検討。

各国のイノベーションに向けた取組



英

革新炉の実証支援

グリーン産業革命の一環として、
革新炉実証等に向けた
£ 385M(約539億円)の基金を設置



SMRの開発

ロールスロイス社のSMRが2029年までの
運開を目指す



仏

高速炉開発の推進

・多年度エネルギー計画で高速炉開発方針を堅持。

多様な炉型の開発

・軽水炉SMRであるNUWARDを開発中。
・大型の高速炉に加え、小型モジュールタイプの高速
炉も開発。



NUWARD



露

高速実証炉

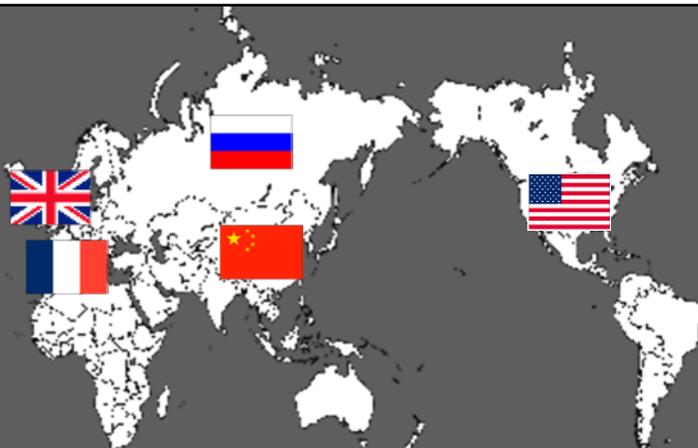


BN-800
～ 2015年12月に運開 ～

海上浮揚式原発



アカデミック・ロモノソフ号
～ 本年5月に運開 ～



中

高温ガス炉



高温ガス実証炉 (HTR-PM)
が来年に運開予定

中国国産炉 (華龍1号)

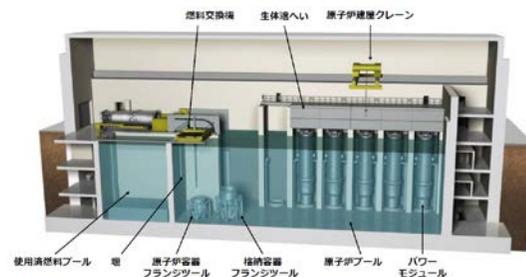


福清原子力発電所
～ 2020年12月に送電網接続～



米

軽水炉SMRの開発



NuScale社のSMR
～ アイダホ国立研究所内で2029年の運開を目指す ～

その先の実証炉建設

7年以内の実証炉建設に向け、2 炉型の支援を決定



ナトリウム冷却高速炉
(テラパワー社)



高温ガス炉
(X-Energy社)

安全性向上技術の開発

- 原子力の更なる安全性向上の追求のため、福島第一原子力発電所の事故の教訓も踏まえ、**民間で多様な安全性向上技術を開発し、導入に向けた取組を実施中。**

溶融した燃料を受け止める技術

- コリウムシールド
 - 事故時に溶融燃料を受け止め
 - 柏崎刈羽発電所7号機に導入



導入された
コリウムシールド

水素処理技術

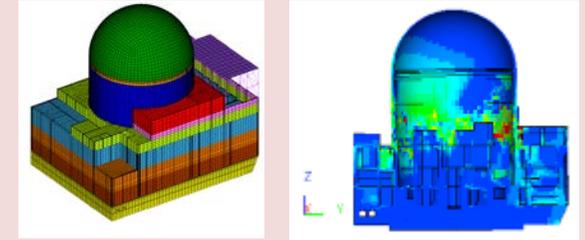
- 化学反応による水素処理装置
 - 事故時に発生する水素を処理し、水として格納容器に戻す
 - 来年度までに実証試験



水素処理装置の
概念図

リスク評価技術の開発

- 確率論的リスク評価（PRA）
 - 地震や津波等のリスクを評価するための計算手法等を整備し、よりの確な安全対策に反映
 - 来年度までに実証試験



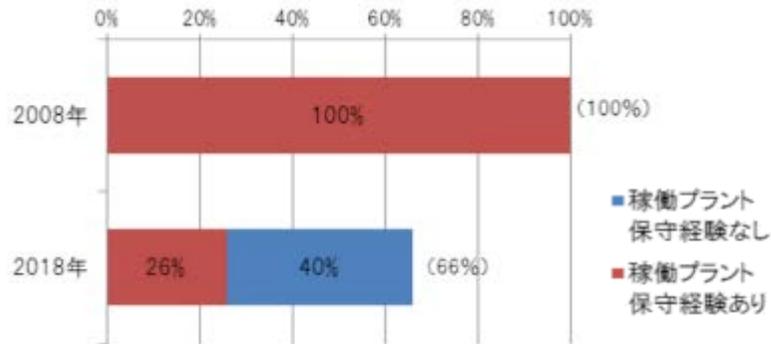
シミュレーションモデル（左）
と地震時の解析例（右）

プラントの運転・保守に必要な技術力維持

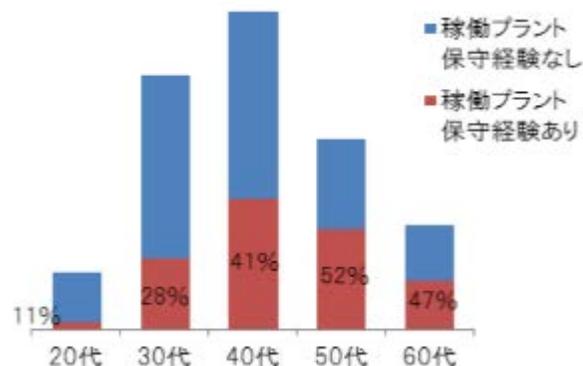
- プラントの長期停止により、稼働プラントの運転・保守作業を経験する機会が減少。
- 電力会社では、人員の融通や研修等により、再稼働に備えて技術力を維持している。

保守経験の低下の例

- 保守・定検を行うA社では、2018年の作業班長（各作業ごとの責任者）は2008年に比べて**33%減少**している。



- また、作業班長のうち、稼働プラントの保守経験を有する者の比率も低下している。



電力会社の技術力維持の取組例

- **未稼働プラント（泊発電所）の運転員を稼働プラント（高浜発電所、伊方発電所）へ約2年間派遣し、当直勤務として経験を蓄積。**
- 活きた現場として火力発電所に運転員・保修員を派遣し経験を蓄積
- **海外プラントメーカーへの研修派遣等による技術レベル向上**
- 教育訓練の充実（シミュレーター訓練、ベテラン社員によるOJT等）
- 原子力安全推進協会（JANSI）による再稼働レビュー（先行プラントの知見を、後続プラントへ現場レベルで反映）