

# 世界のエネルギー問題

山地憲治

(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)理事・研究所長

## 保物セミナー2018 —世界のエネルギーとこれからの保健物理—

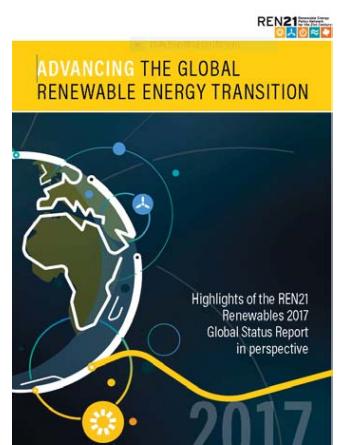
保物セミナー2018実行委員会  
(共催: 大阪科学技術センター、電子科学研究所  
日本保健物理学会、安全安心科学アカデミー)

2018年11月15日  
@大阪科学技術センター8階大ホール

1



WEO2017,IEA



REN21,renewable2017



IEEJ アウトルック2018

エネルギー情勢懇談会提言  
～エネルギー転換へのイニシアティブ～  
関連資料

平成30年4月10日  
資源エネルギー庁

エネ情勢懇資料

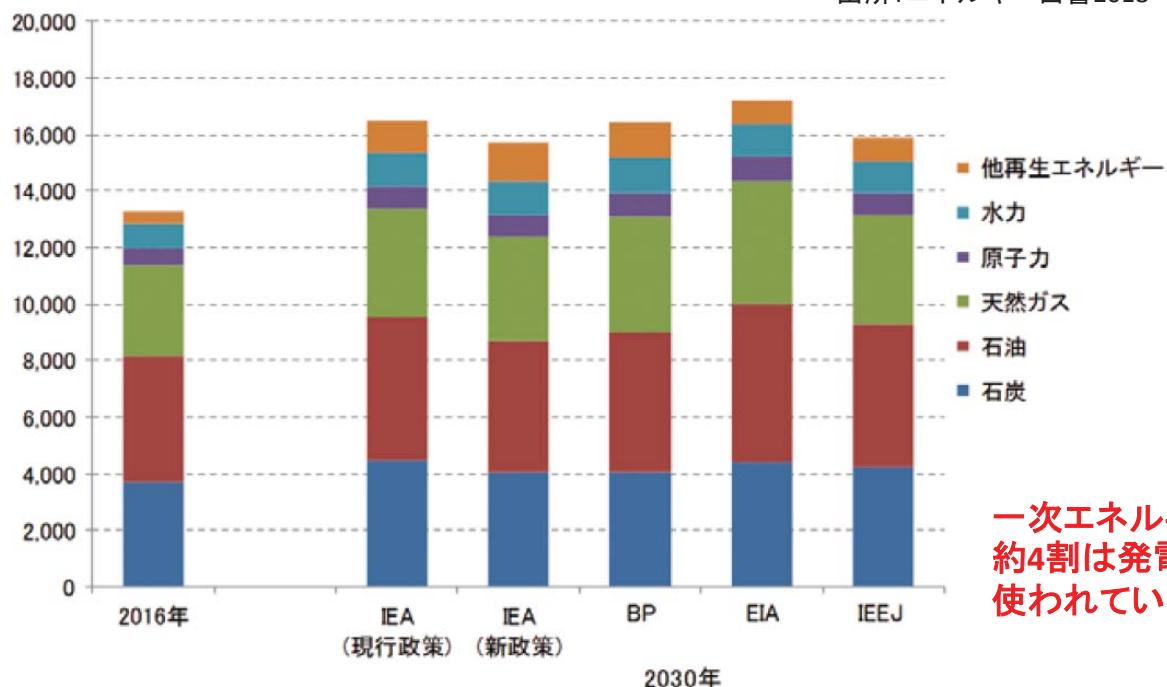
+RITEの長期地球温暖化対策評価

2

## 【第221-1-5】世界のエネルギー需要展望（エネルギー源別、一次エネルギー）

（百万石油換算トン）

出所：エネルギー白書2018



一次エネルギーの  
約4割は発電用に  
使われている！

(注1) EIA、IEEJはレファレンスケース。

(注2) 他再生エネルギーは風力、太陽光、地熱、バイオマス等の再生可能エネルギー発電である。

(注3) 原子力、水力、他再生可能エネルギー発電はBPに従って、一次エネルギーから電力への転換率を38%とする。

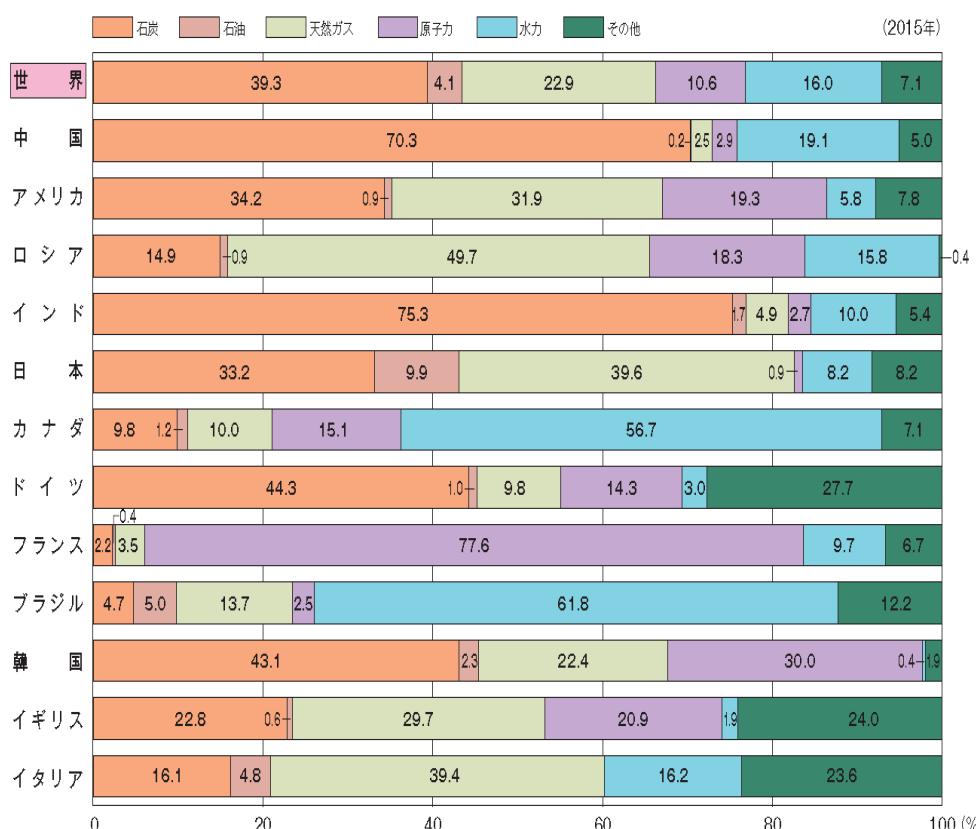
出典：BP「Statistical review of world energy 2017」、「Energy Outlook 2035 : January 2017」、IEA「World Energy Outlook 2017」、EIA「International Energy Outlook 2016」、日本エネルギー経済研究所（IEEJ）「IEEJアウトロック2018」を基に作成

世界全体のレファレンスケースでは、2030年までは大きな変化はないようだが…。

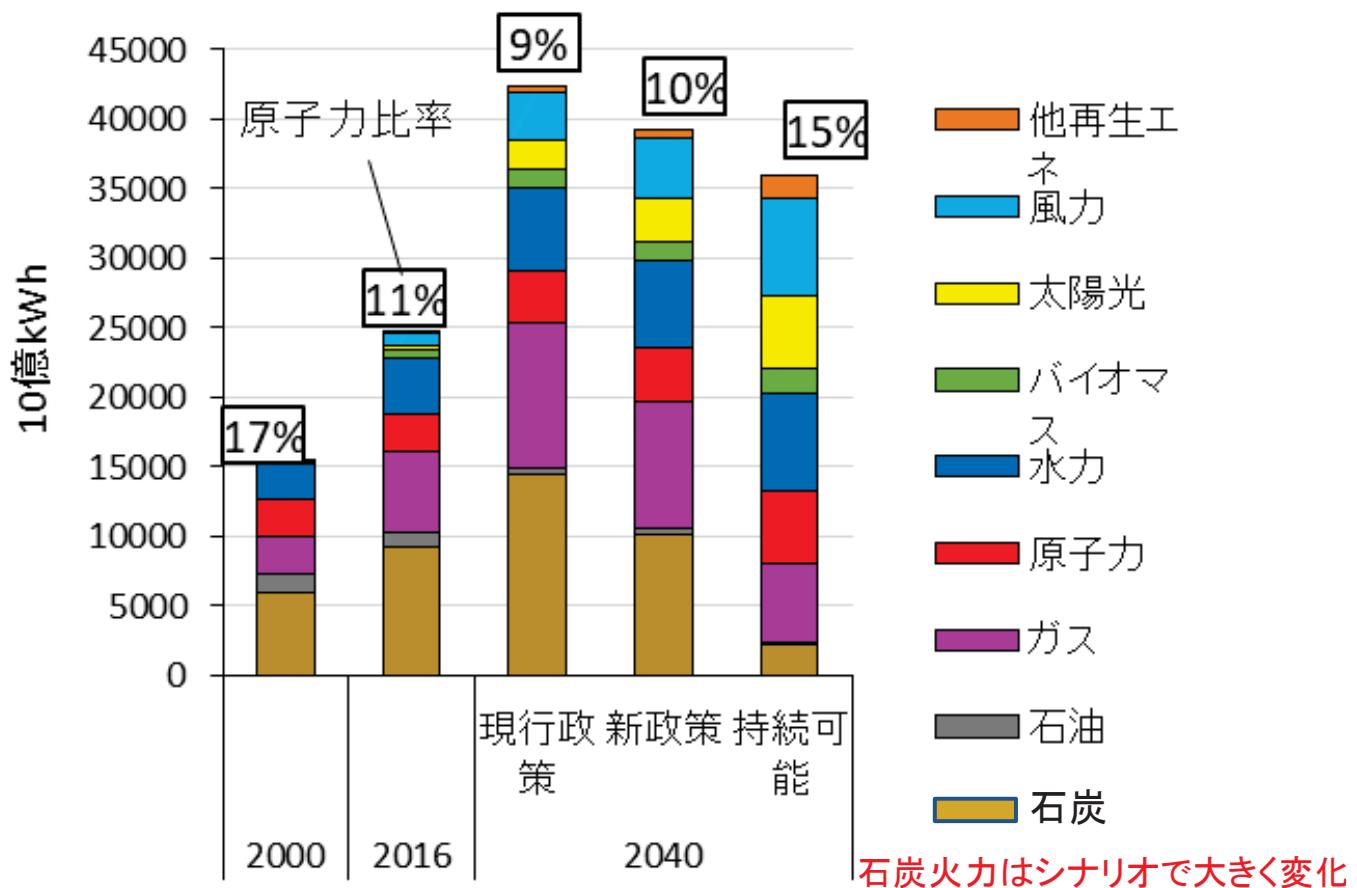
3

## 主要国の電源別発電電力量の構成比

（出典：IEA「WORLD ENERGY BALANCES (2017 Edition)」より作成）



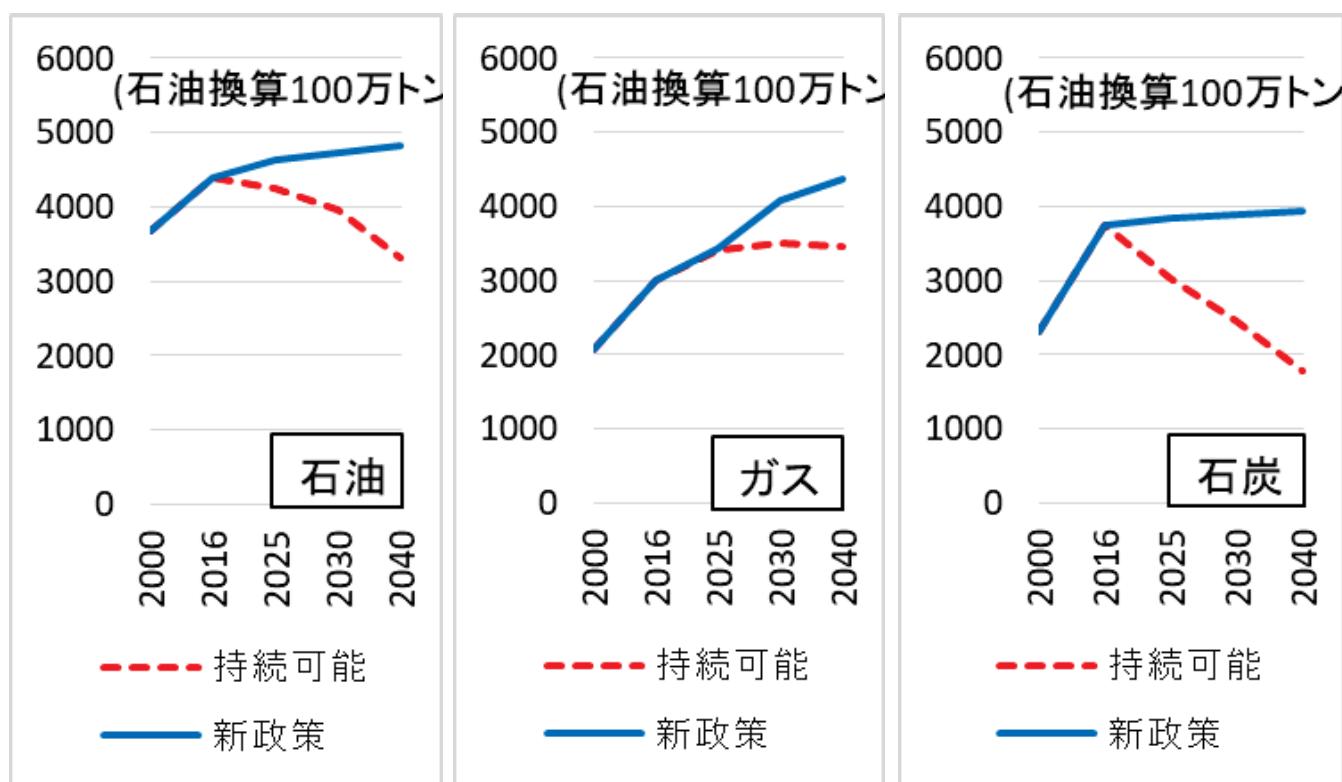
現状の電源構成は国ごとに大きな差がある。  
石炭主力：中国、インド  
天然ガス主力：ロシア  
水力主力：カナダ、ブラジル  
原子力主力：フランス



## WEO2017における電源構成変化

出所: 小宮山涼一、日本原子力学会誌、pp.29-33, Vol.60, No.8 (2018)

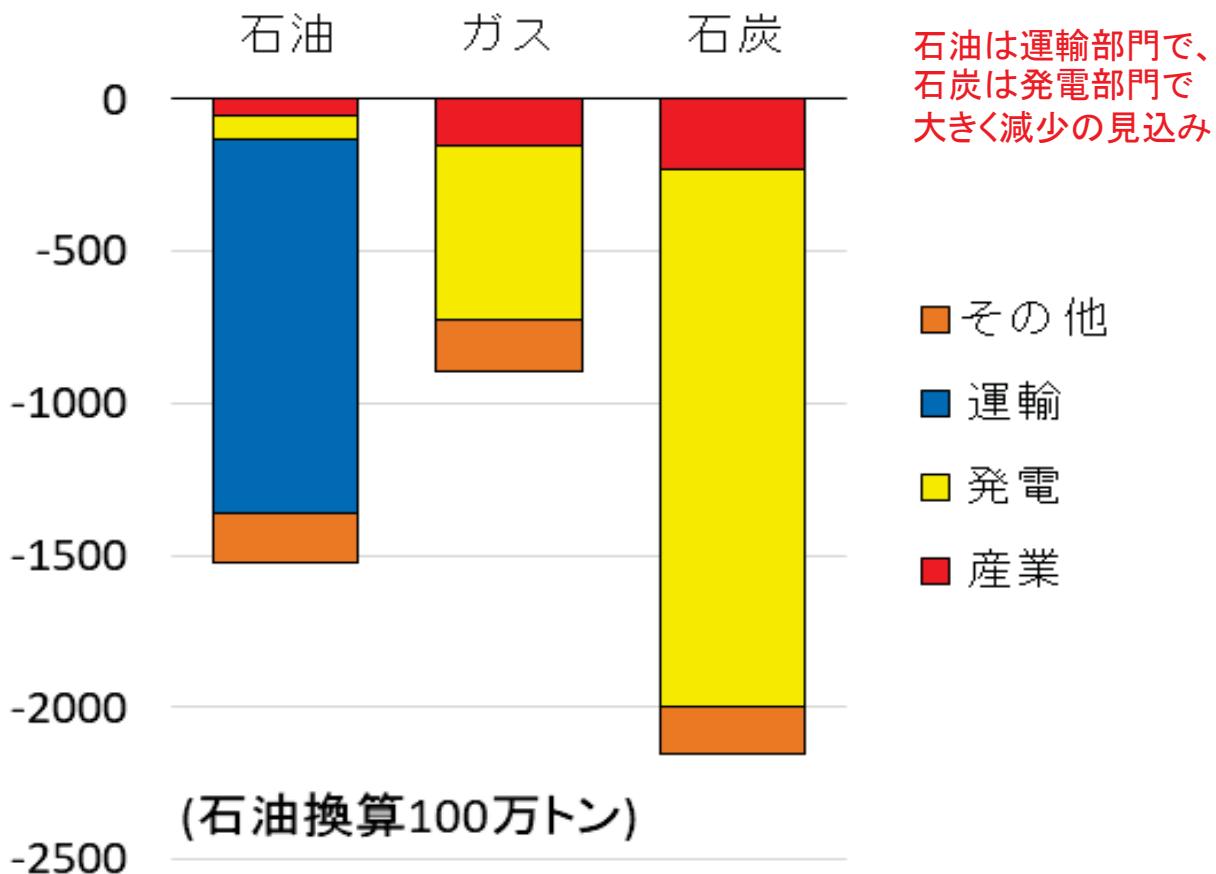
5



## WEO2017における化石燃料の展望

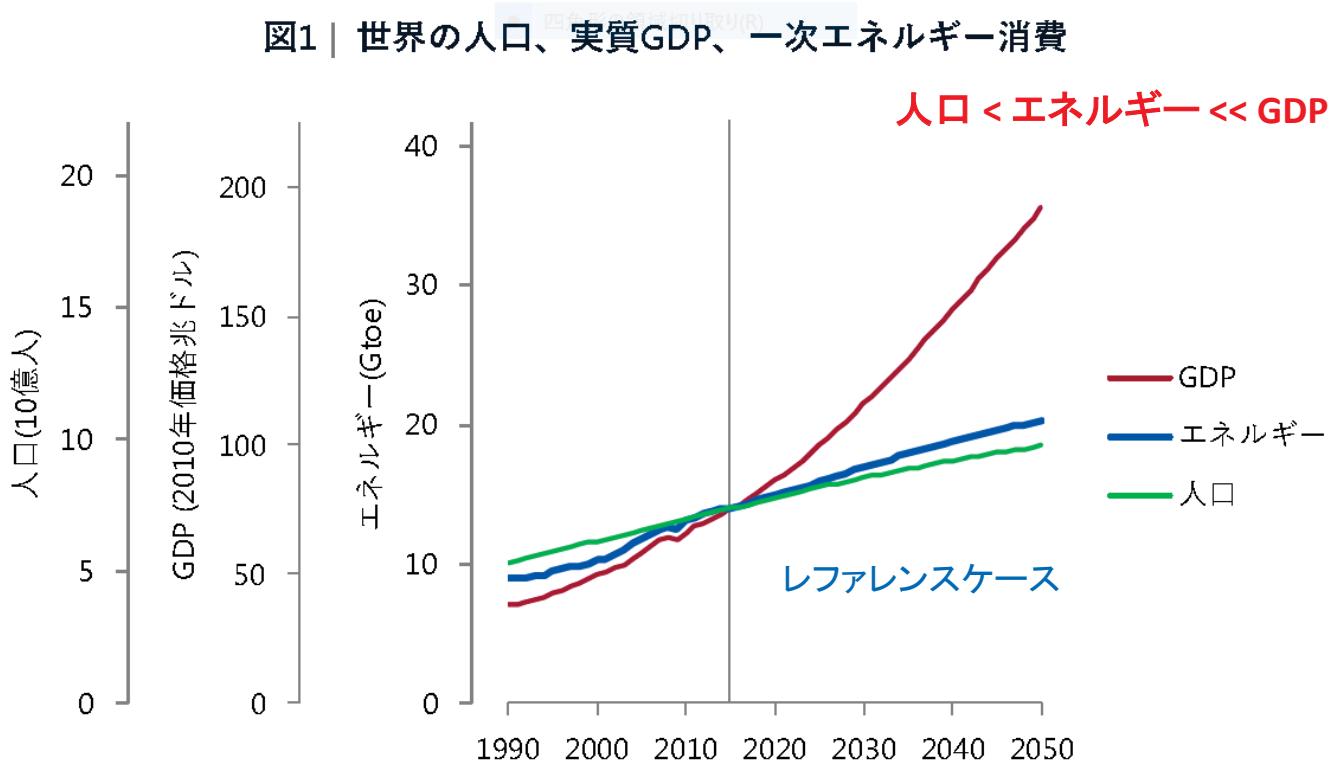
出所: 小宮山涼一、日本原子力学会誌、pp.29-33, Vol.60, No.8 (2018)

6



## WEO2017における2040年の化石燃料の減少量(新政策→持続可能)

出所: 小宮山涼一、日本原子力学会誌、pp.29-33, Vol.60, No.8 (2018) 7



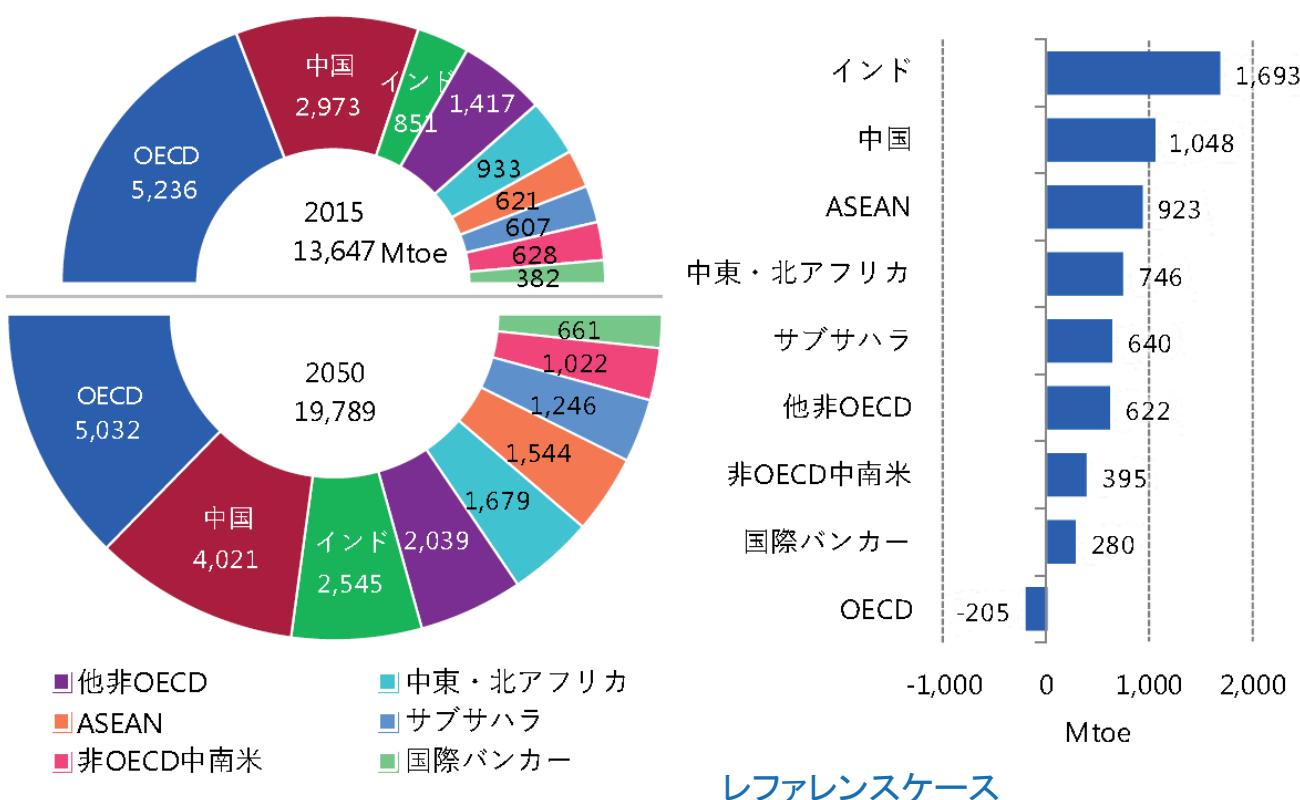
出所: IEEJアウトロック2018、2017年10月

図2 | 一次エネルギー消費、変分(地域別)

途上国の需要増  
OECDは減少

[2015年、2050年]

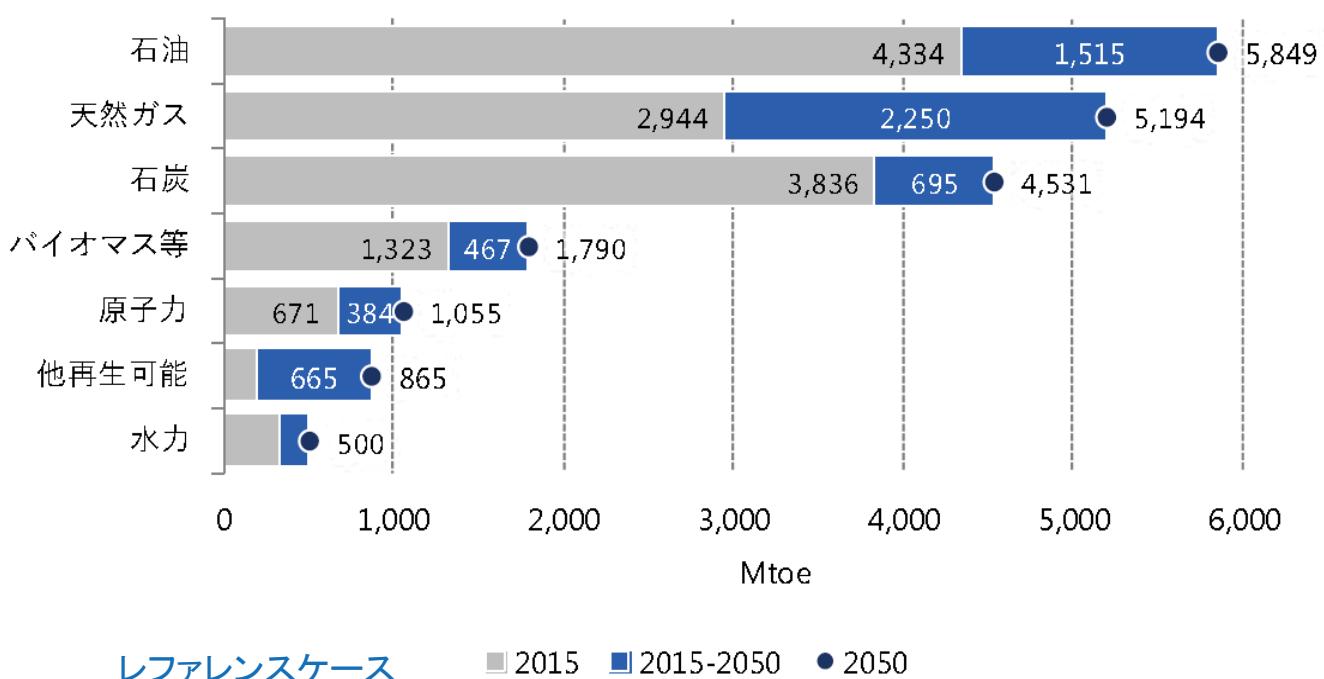
変分[2015-2050年]



出所:IEEJアウトロック2018、2017年10月

9

図3 | 世界の一次エネルギー消費(エネルギー源別)



レファレンスケース

■ 2015 ■ 2015-2050 ● 2050

レファレンスケースでは化石燃料も増大

出所:IEEJアウトロック2018、2017年10月

10

電力消費は2050年までに倍増  
OECDでも電力消費は増加

図4 | 最終エネルギー消費の変分  
[2015-2050年]

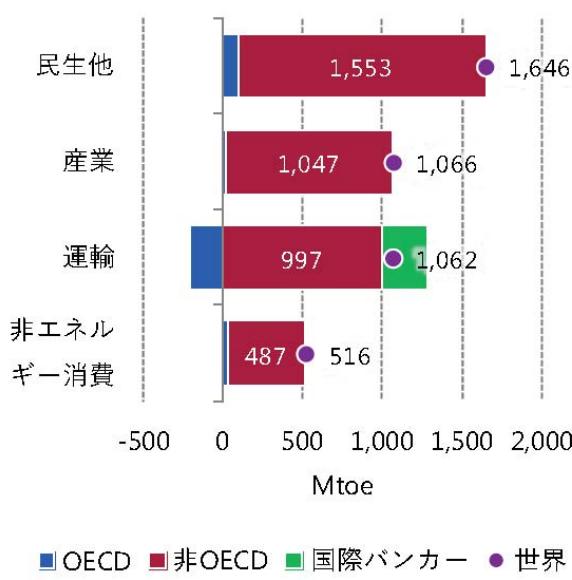


図5 | 電力最終消費

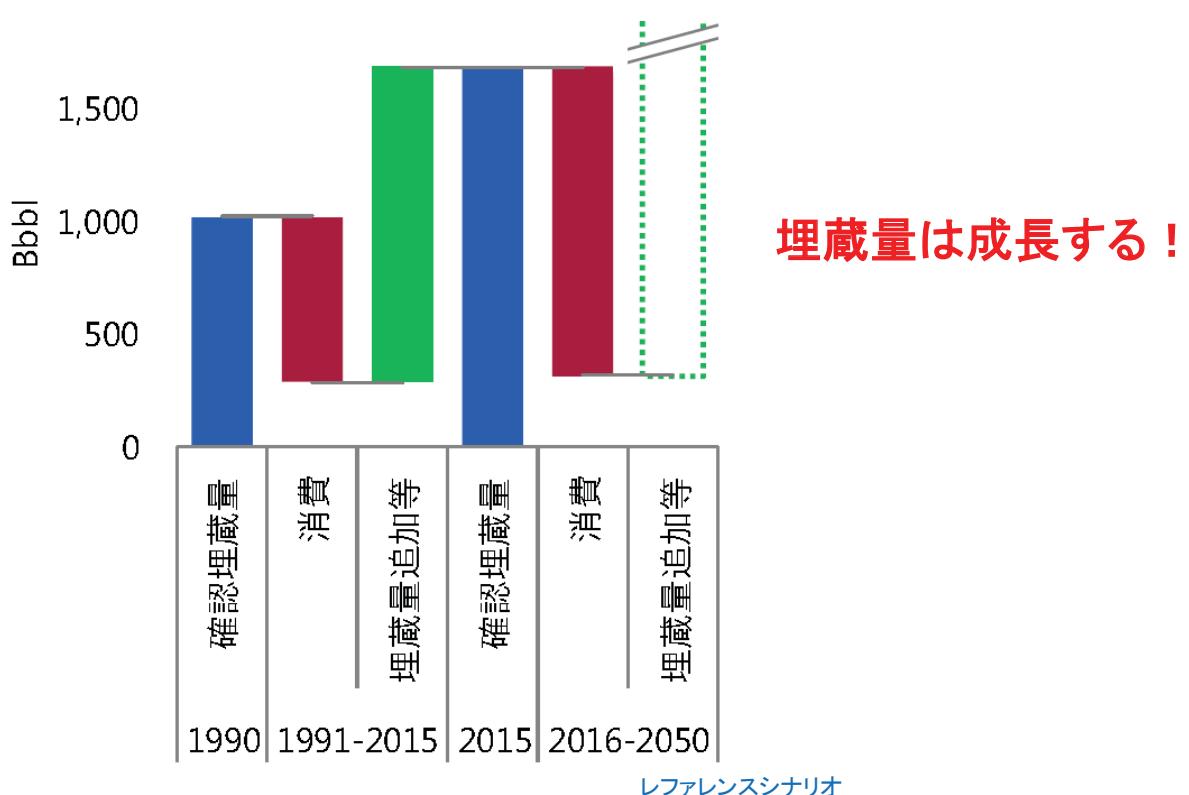


注: 低中・低所得国は2015年時点の1人あたり名目GDPが\$4,000以下の国・地域とした

出所:IEEJアウトロック2018、2017年10月

11

図7 | 世界の原油確認埋蔵量と累積生産量

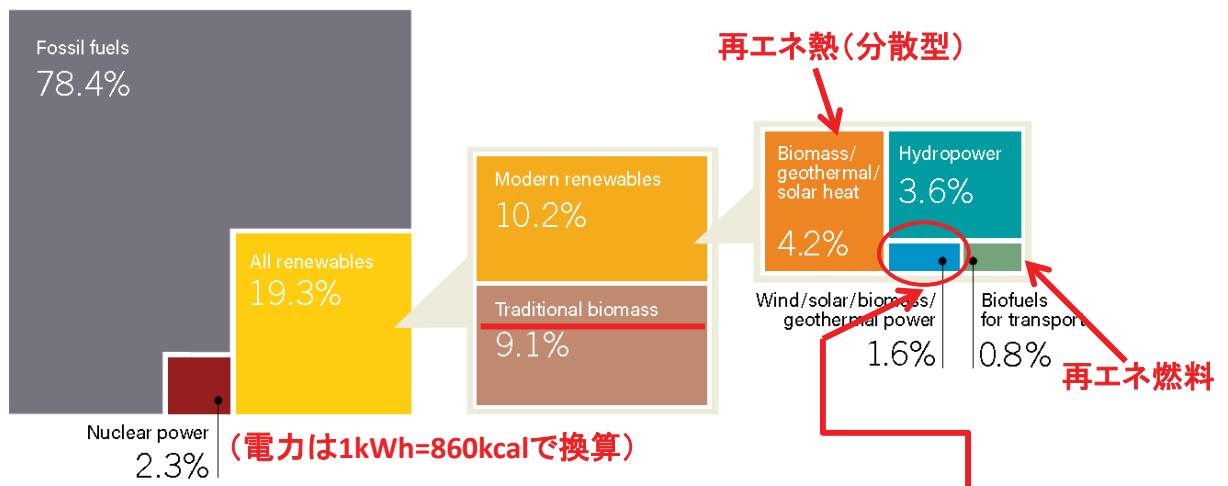


出所:IEEJアウトロック2018、2017年10月

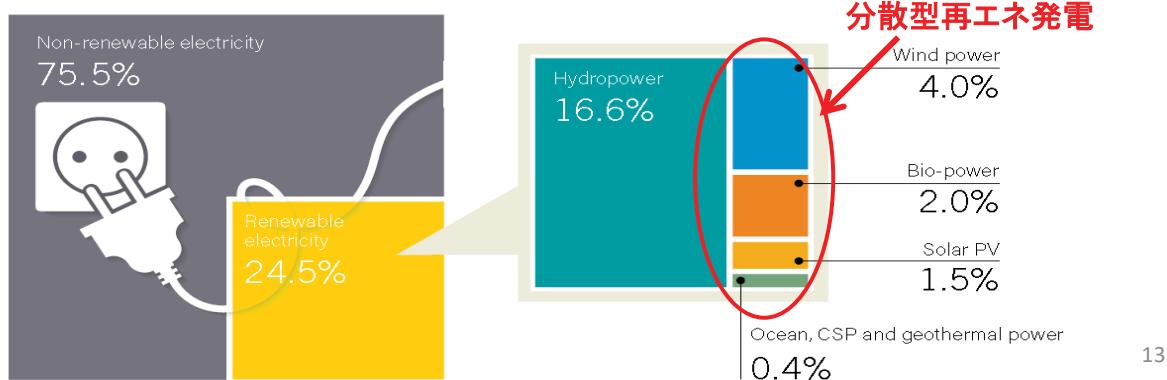
12

# 世界のエネルギー需給における再生可能エネルギー(出所:REN21 2017)

Estimated Renewable Energy Share of Total Final Energy Consumption, 2015

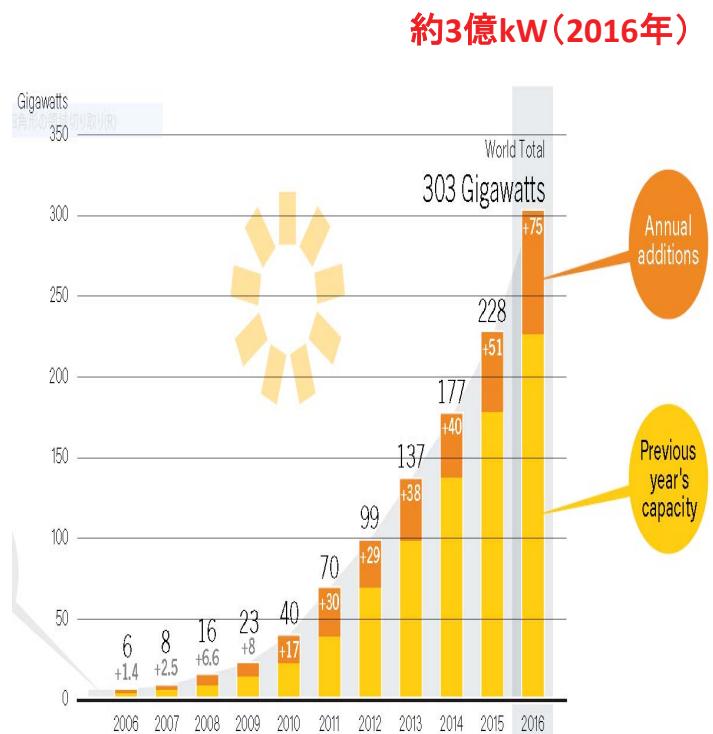
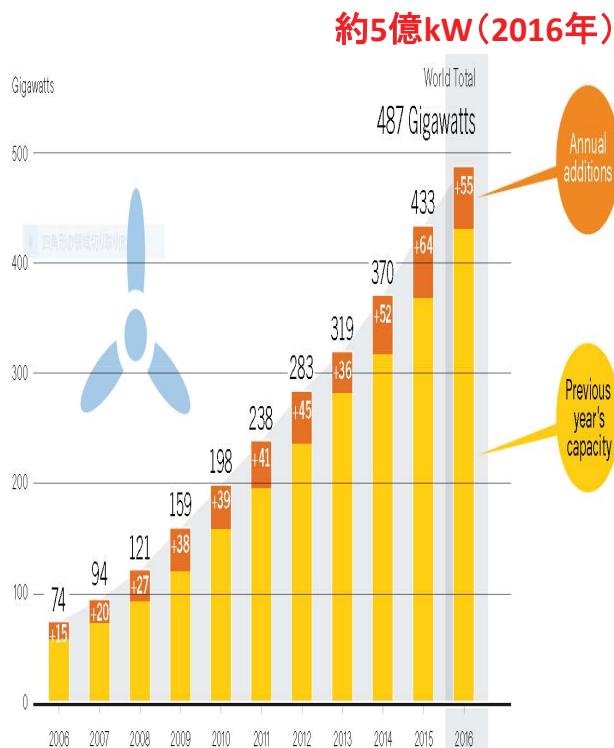


Estimated Renewable Energy Share of Global Electricity Production, End-2016



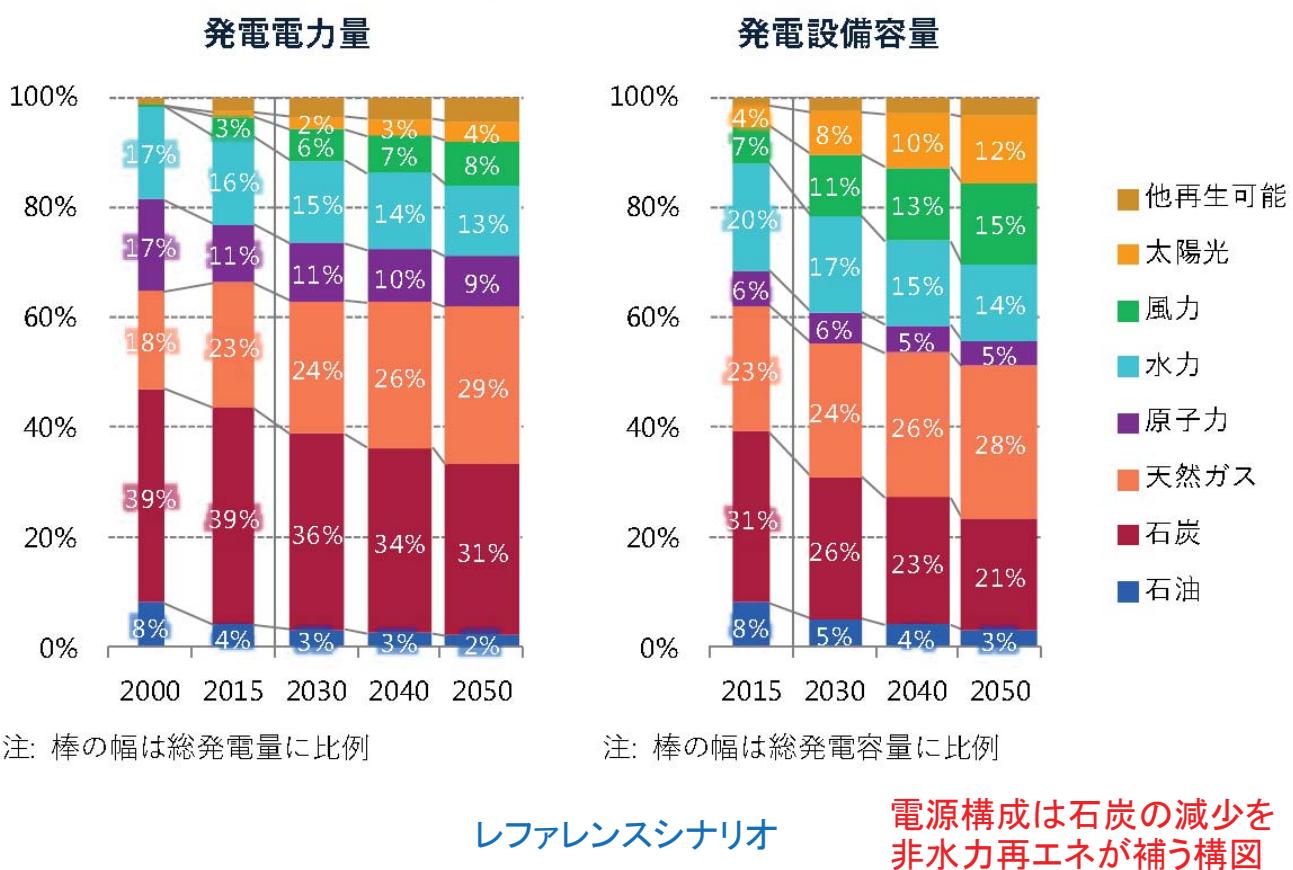
13

## 急速に伸びているのは風力発電と太陽光発電



14

図11 | 世界の発電構成



出所:IEEJアウトルック2018、2017年10月

15

図21 | 世界の一次エネルギー消費

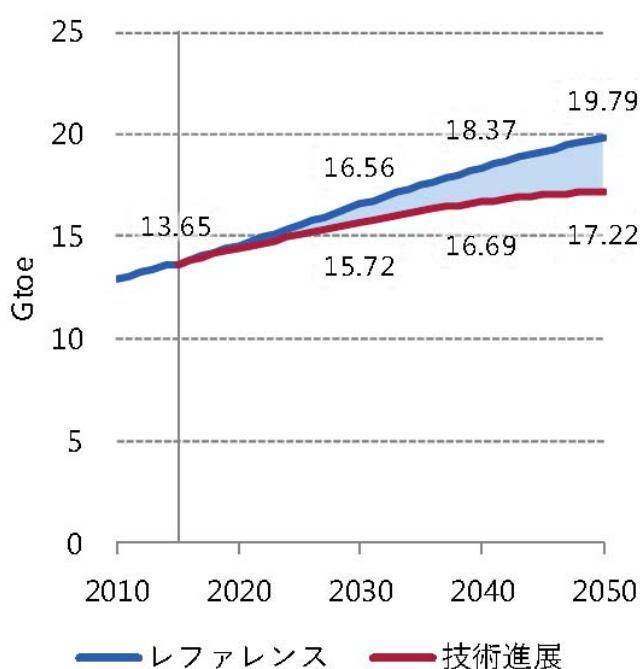
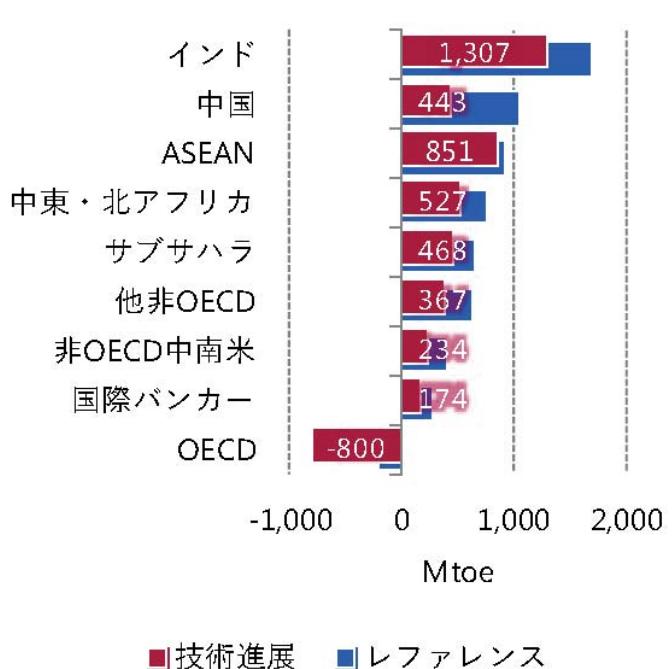


図22 | 一次エネルギー消費変分  
[2015-2050年]

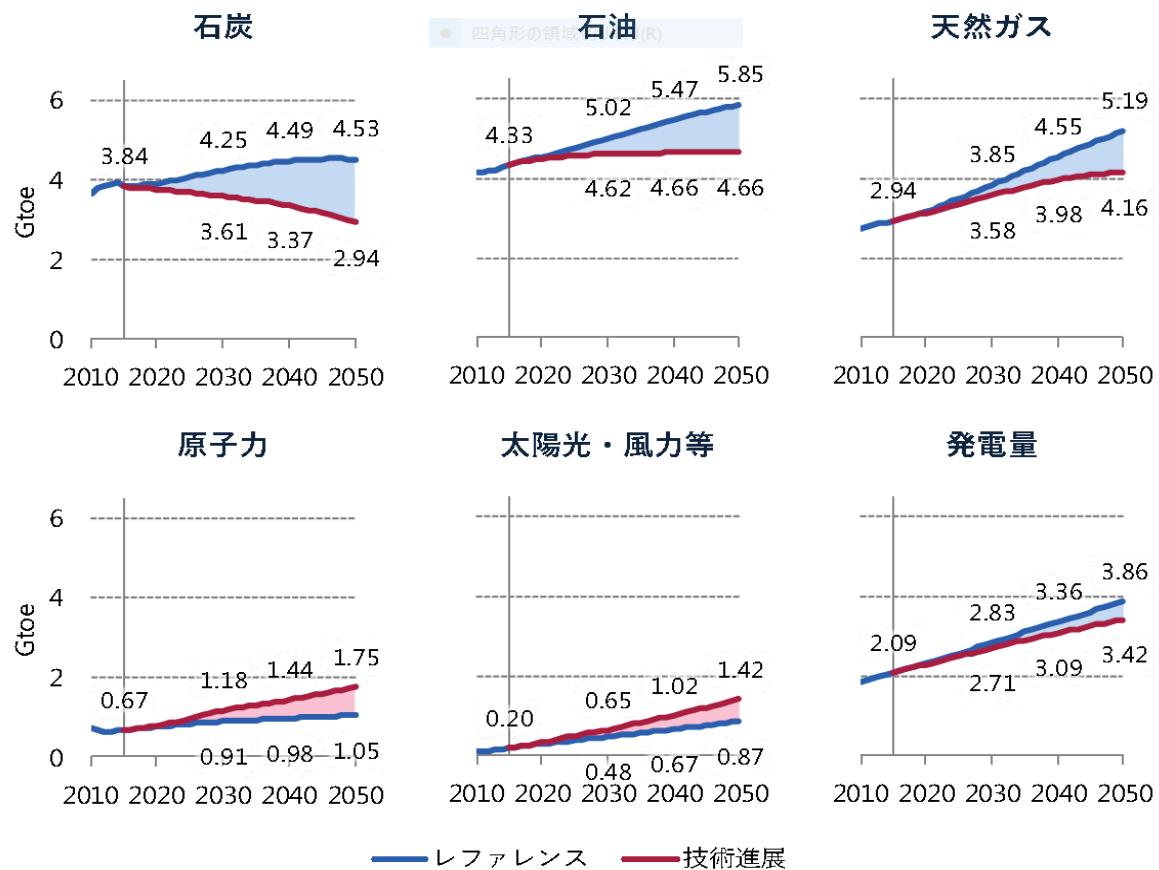


技術進展ケースでは一次エネルギー需要は減少する

出所:IEEJアウトルック2018、2017年10月

16

図23 | 世界の一次エネルギー消費と発電量

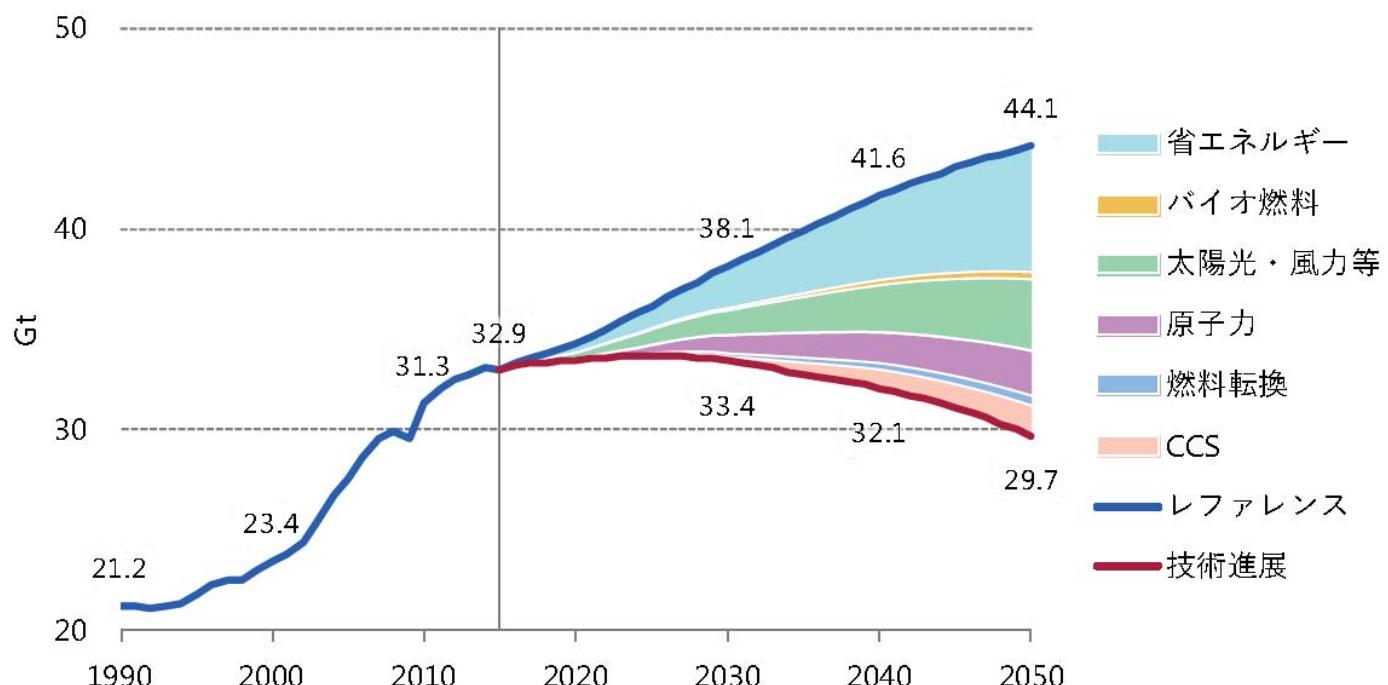


技術進展ケースでは化石燃料が減り、非化石が伸びる。電力需要はほとんど変わらない

出所:IEEJアウトルック2018、2017年10月

17

図24 | 世界のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出と削減寄与

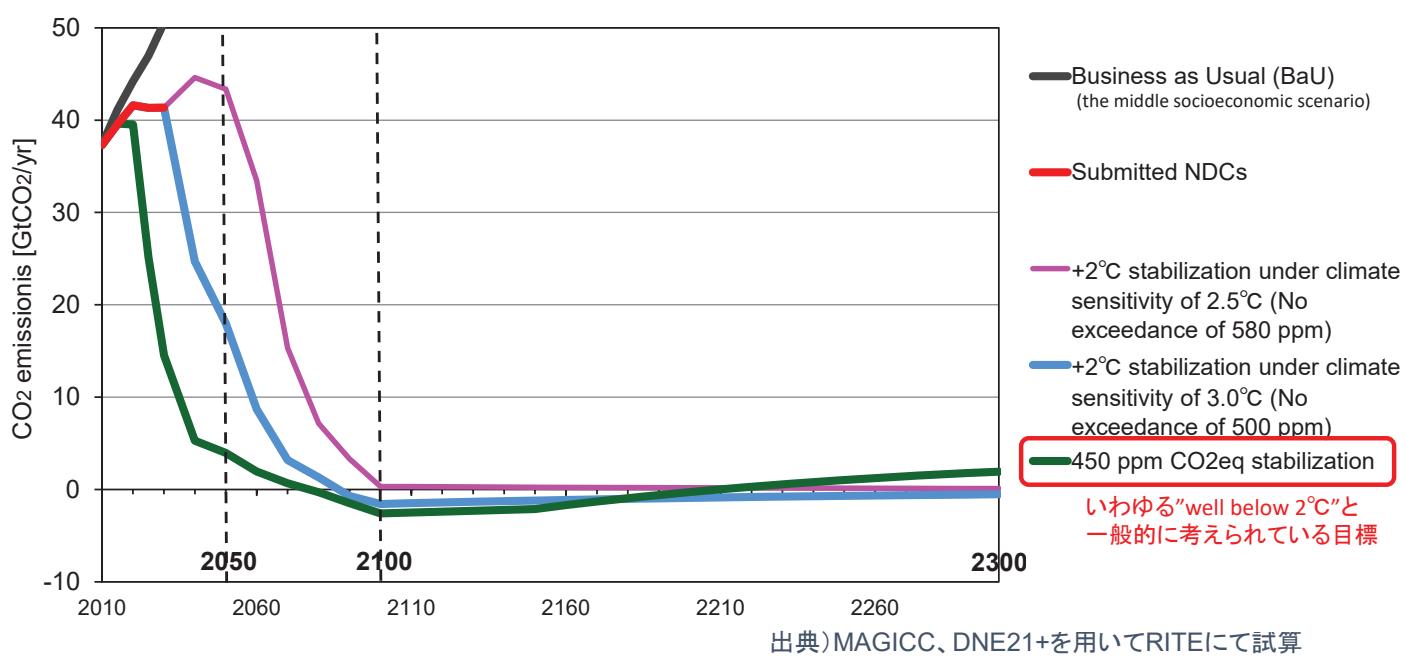


技術進展ケースではCO<sub>2</sub>排出は減る。  
でも、これで十分か？

出所:IEEJアウトルック2018、2017年10月

18

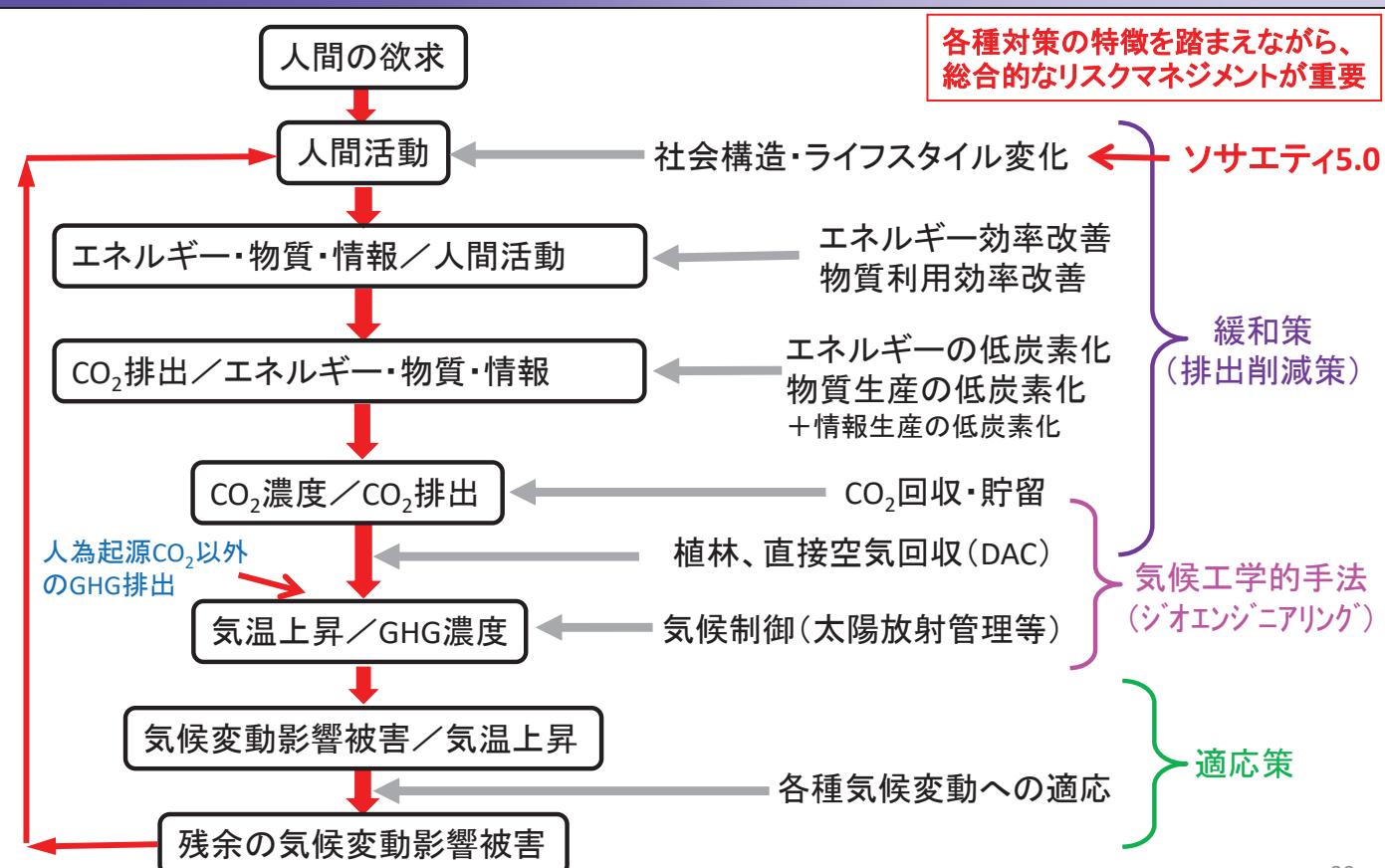
# 各シナリオのCO<sub>2</sub>排出量推移(～2300年)



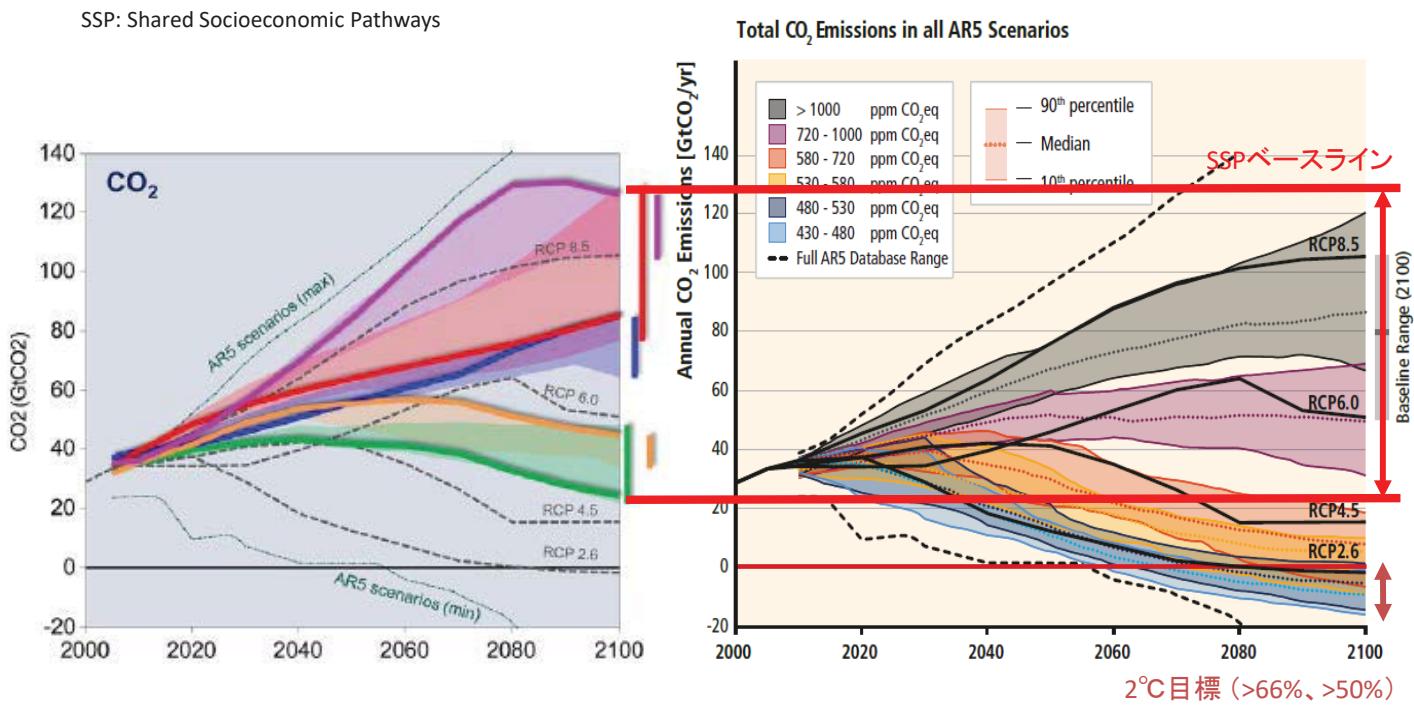
- いずれの排出経路をとっても、長期的(2100年以降)にはCO<sub>2</sub>ゼロ排出は必要
- 一方、2050年頃にかけては、2°C目標としても、気候感度の不確実性で許容される世界排出量には大きな幅が生じる。不確実性を適切にマネージメントしながら、長期的に必要となる正味ゼロCO<sub>2</sub>排出に近い要求を満たすような技術、社会のイノベーションを進める必要あり。

出所:右上に RITE マークがあるスライドは全て秋元圭吾(RITE)作成

## 地球温暖化対策の基本構造



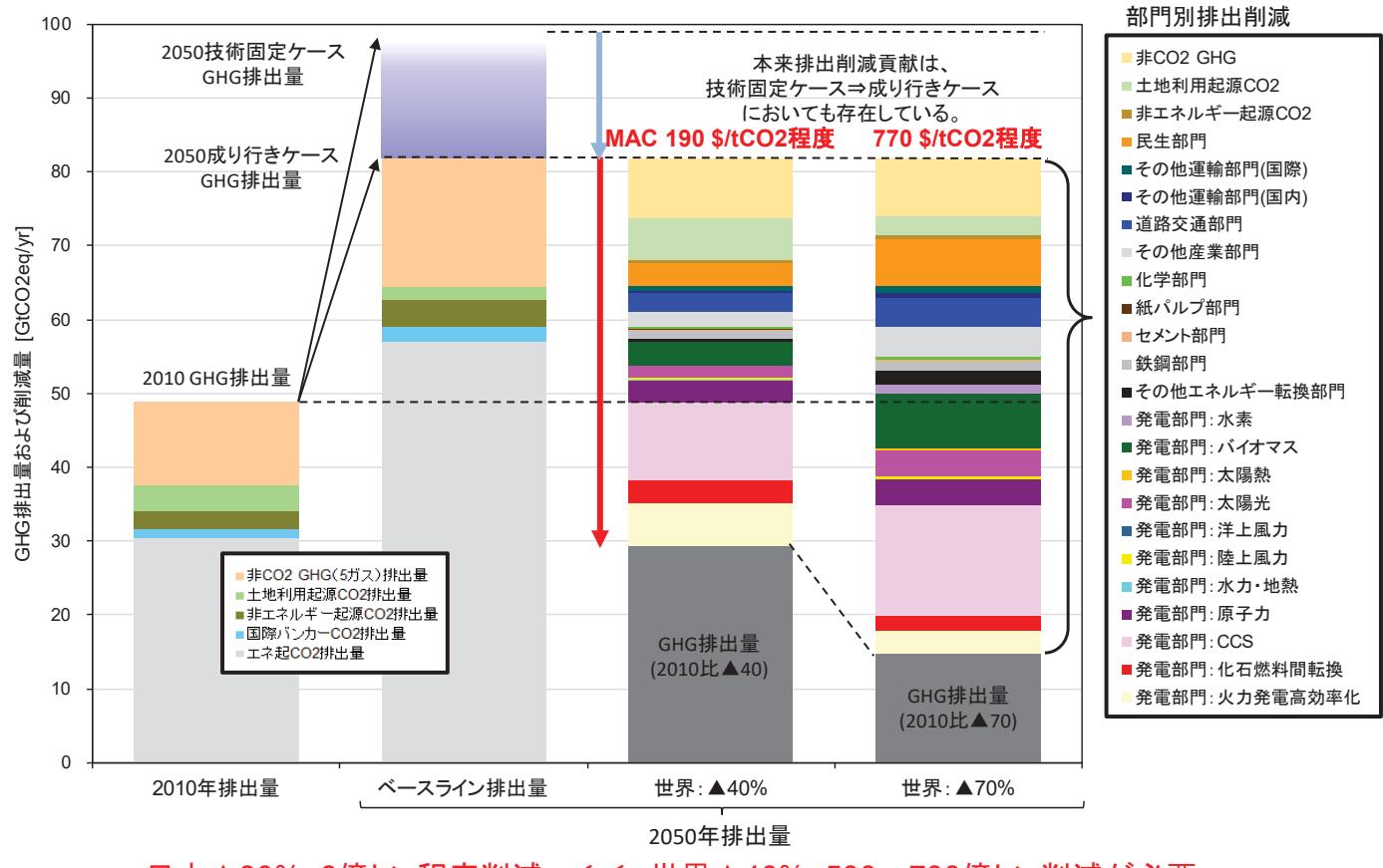
# 将来社会経済シナリオ(SSP)と2°C目標の関係性



- ベースライン(社会経済の動向)の方が圧倒的に大きな不確実性あり。
- ベースライン(炭素価格ゼロ以下)をいかに低い排出量に導けるか(それに寄与する技術)は大変重要。

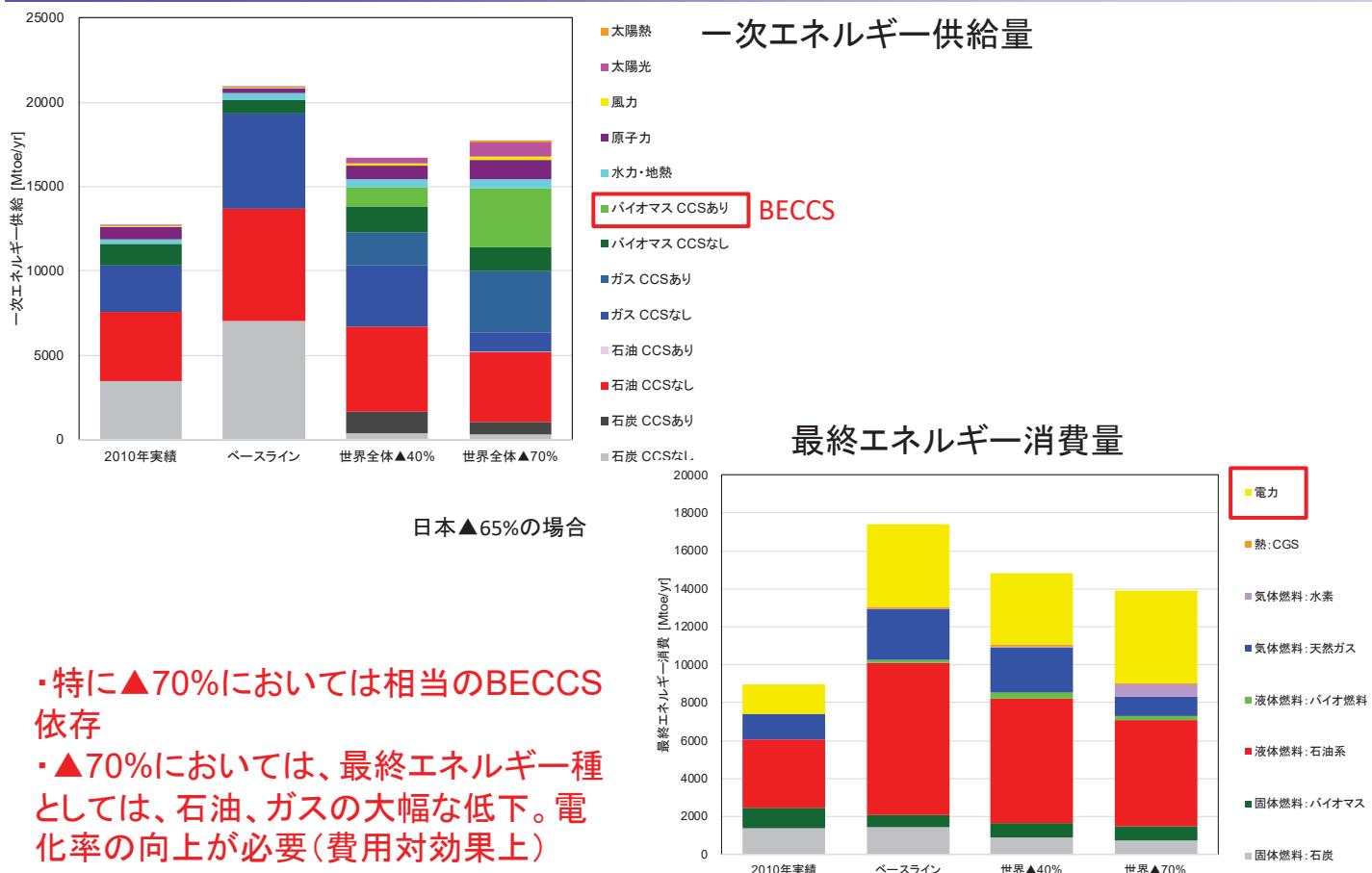
出所: 秋元圭吾、未来社会を支える温暖化対策技術シンポジウム in 関西 2008年9月26日 (その他 RITE マークのあるスライドは秋元が作成)

## 世界全体のGHG排出および削減(2050年)

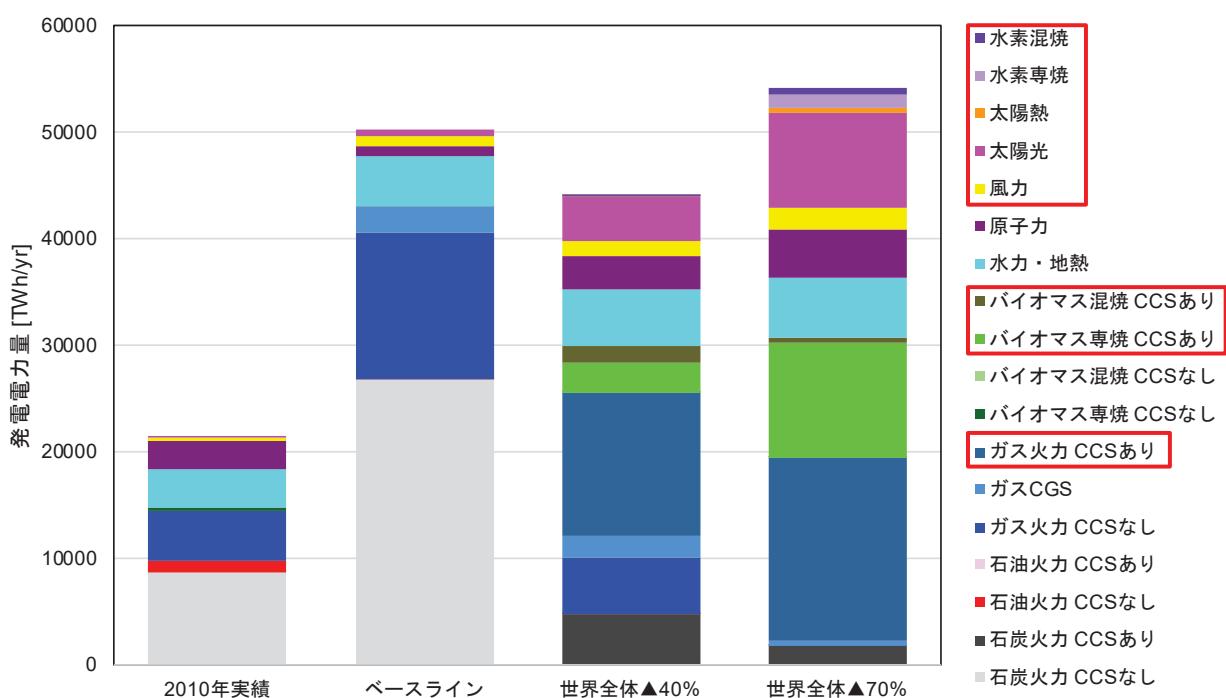


日本▲80%=8億トン程度削減 << 世界▲40%=500~700億トン削減が必要  
世界▲70%=650~850億トン削減が必要

# 世界全体の一次エネルギー供給量および最終エネルギー消費量(2050年)



## 世界全体の発電電力量(2050年)

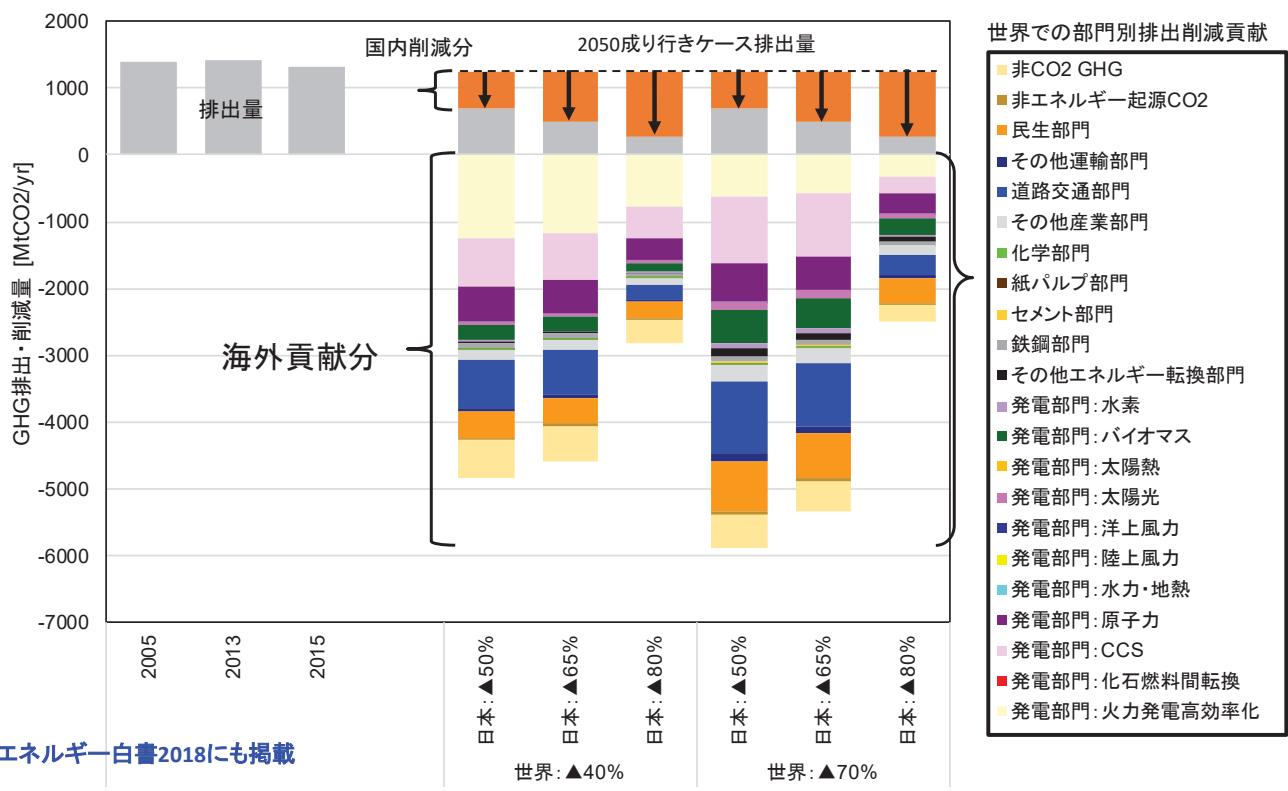


注1:「バイオマス混焼」は、石炭火力との混焼を想定。発電電力量は入力熱量の比率で石炭とバイオマスに按分し、図中に表示しているものはバイオマス分。日本▲65%の場合  
石炭分は石炭火力に含めている。

注2:「水素混焼」は、ガス火力との混焼を想定。発電電力量は入力熱量の比率でガスと水素に按分し、図中に表示しているものは水素分。ガス分はガス火力に含めている。

- ▲40%でも相当量のCCS導入。▲70%では石炭+CCSからバイオマス+CCS(BECCS)に
- ▲70%では世界全体でも相当の再エネ(特にPV) + 水素利用

# グローバル・バリューチェーンにおける日本の排出削減効果(2050年)



- 日本が厳しい排出削減に取り組む▲80%の場合、国内製造業の維持が難しくなるため、▲50%に比べて海外貢献分は大きく減少。国内削減分は増加するが、世界全体への排出削減貢献量は小さくなる。(例えば、世界で▲70%時に、日本国内▲80%(約8億トン削減)とすると、世界削減貢献は約25億トン、一方日本国内▲50%(約5億トン削減)とすると、世界削減貢献は約59億トン)

## 主要国の人一人当たりCO2排出の推移

～日本は震災後上昇。ドイツは削減が伸び悩む一方、英国・フランスは着実に削減。  
中国は先進国並みの水準に増加し、米国は低下傾向な一方で水準は未だ高い。



(参考) 主要国と比較した日本が置かれている状況

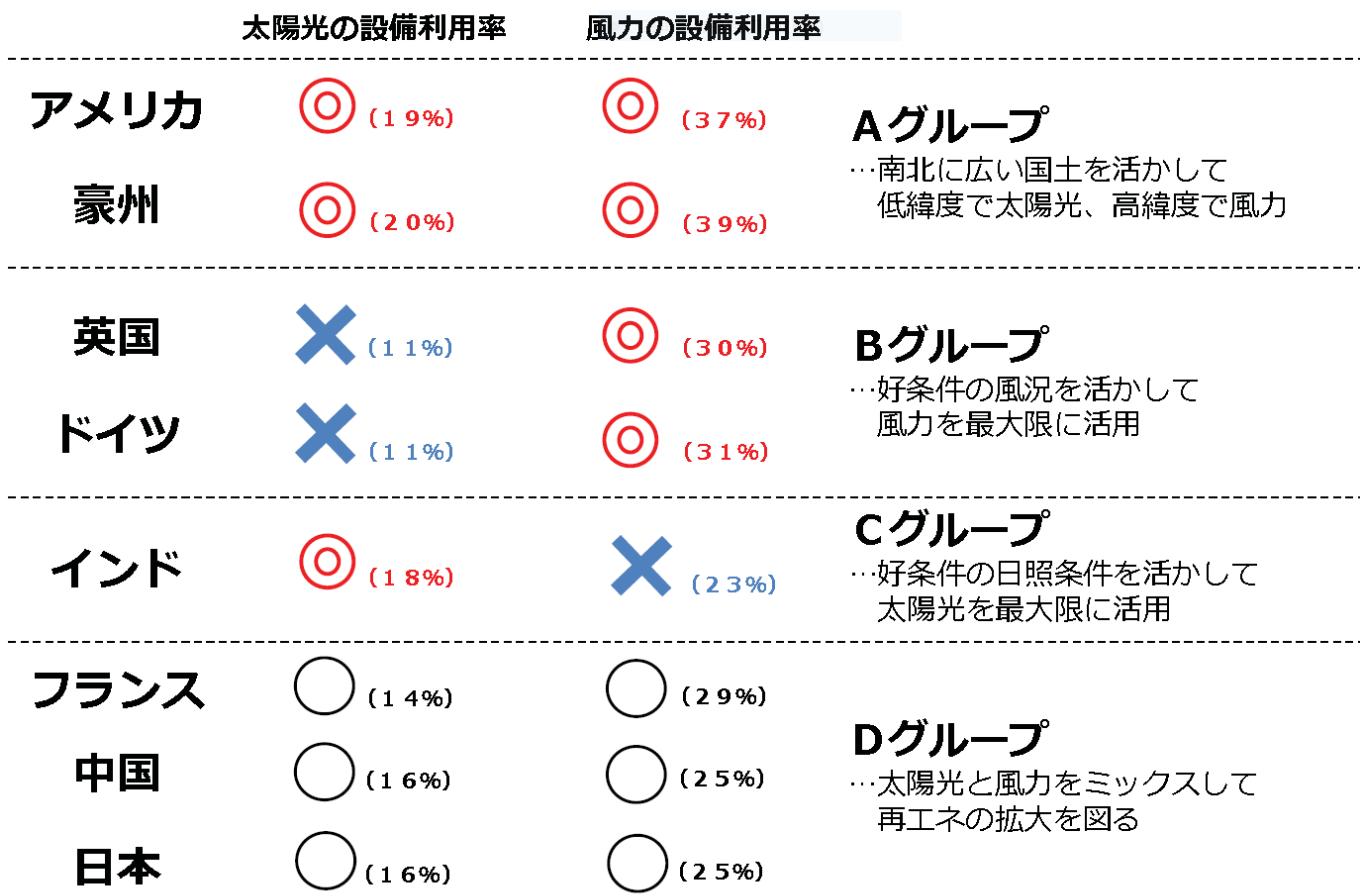
～ 日本は資源に乏しく、国際的なエネルギー連結もない。

	日	仏	中	印	独	英	米
自給率(2015年) 【主な国産資源】	7% 〔無し〕	56% 〔原子力〕	84% 〔石炭〕	65% 〔石炭〕	39% 〔石炭〕	66% 〔石油 天然ガス〕	92% 〔天然ガス 石油・石炭〕
再エネ設備利用率 (太陽光)	15%	14%	16%	18%	11%	11%	19%
再エネ設備利用率 (風力)	25%	29%	25%	23%	30%	31%	37%
国際パイプライン	×	○	○	×	○	○	○
国際送電線	×	○	○	○	○	○	○

出所:エネルギー情勢懇談会提言関連資料、2018年4月10日

27

(参考) 太陽光発電・風力発電の設備利用率の国際比較

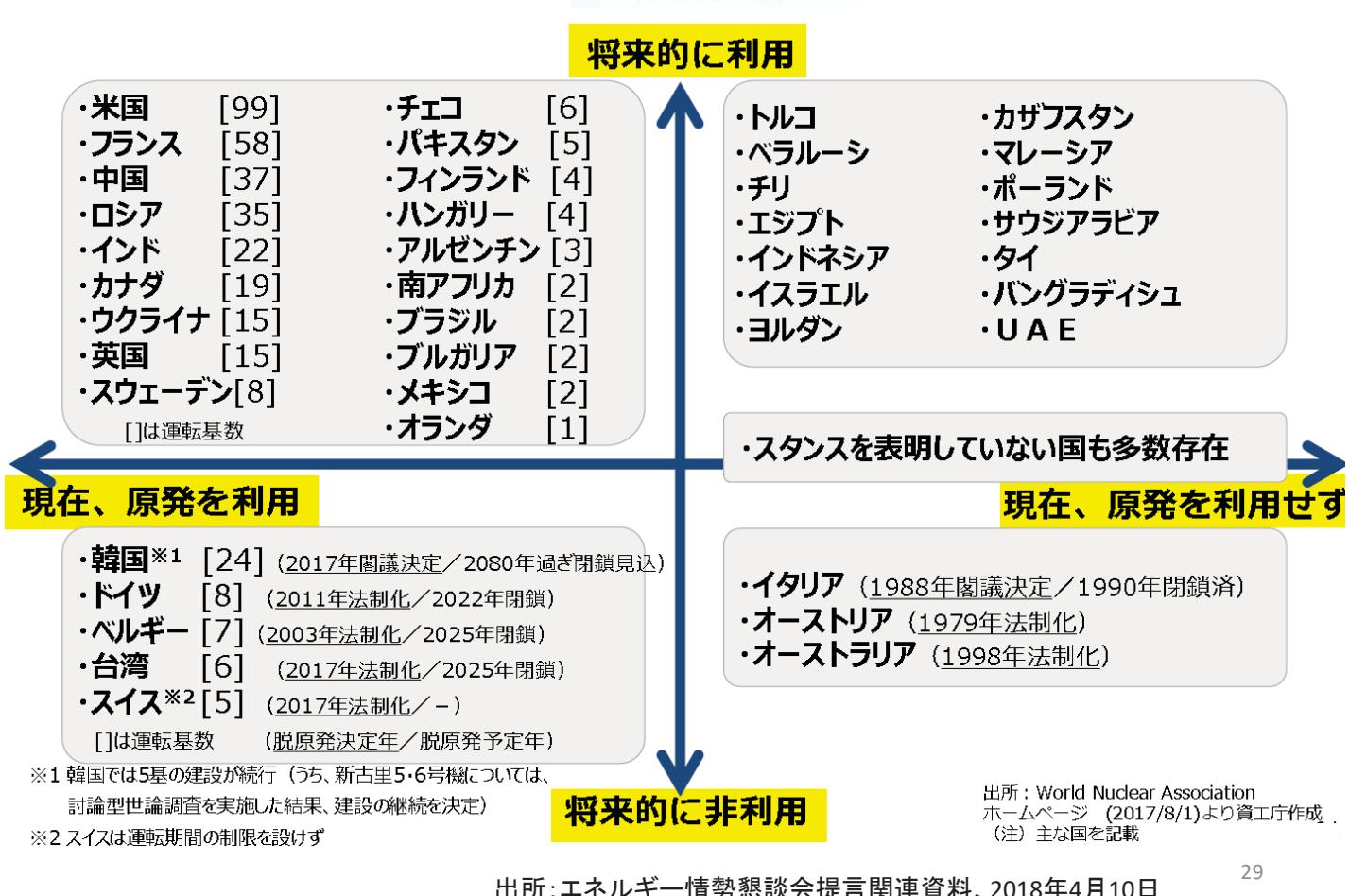


出典: Bloomberg New Energy Finance

28

出所:エネルギー情勢懇談会提言関連資料、2018年4月10日

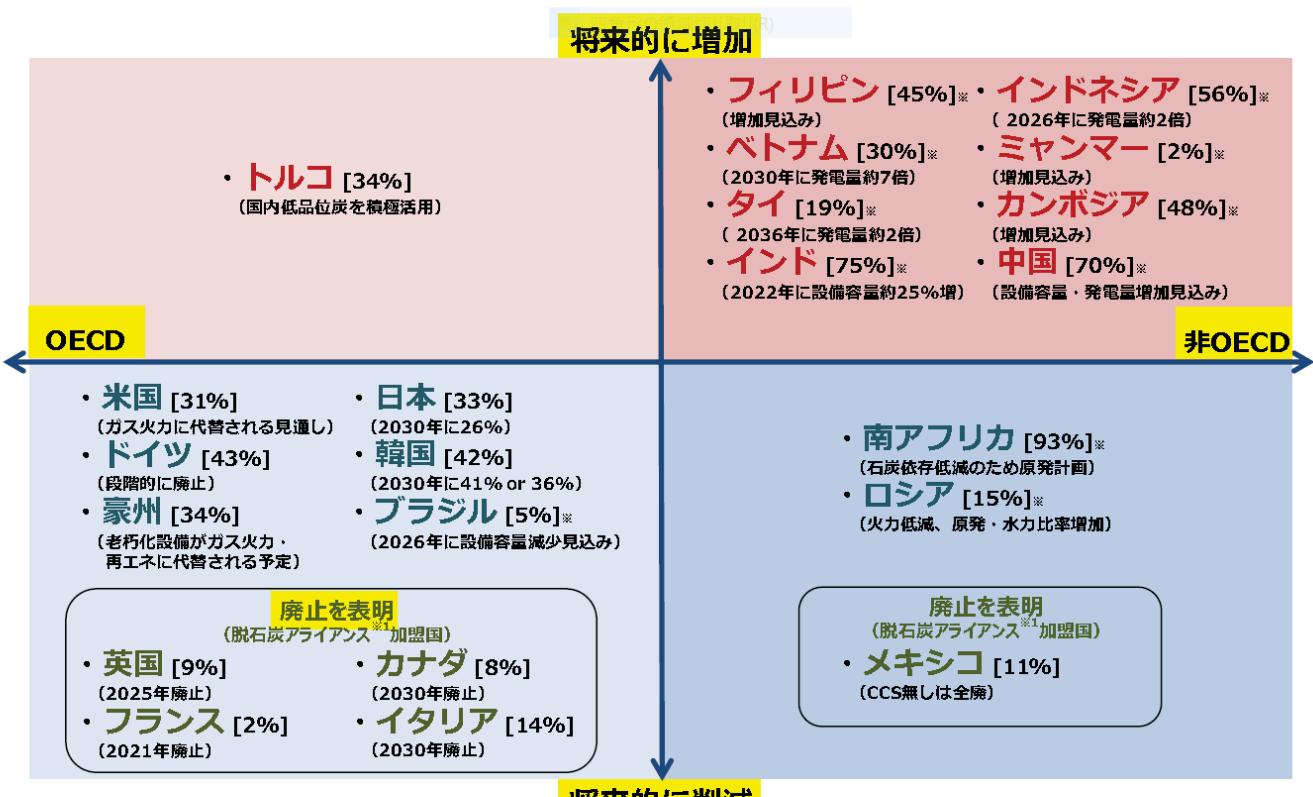
## (参考) 原子力の利用実態



29

出所: エネルギー情勢懇談会提言関連資料、2018年4月10日

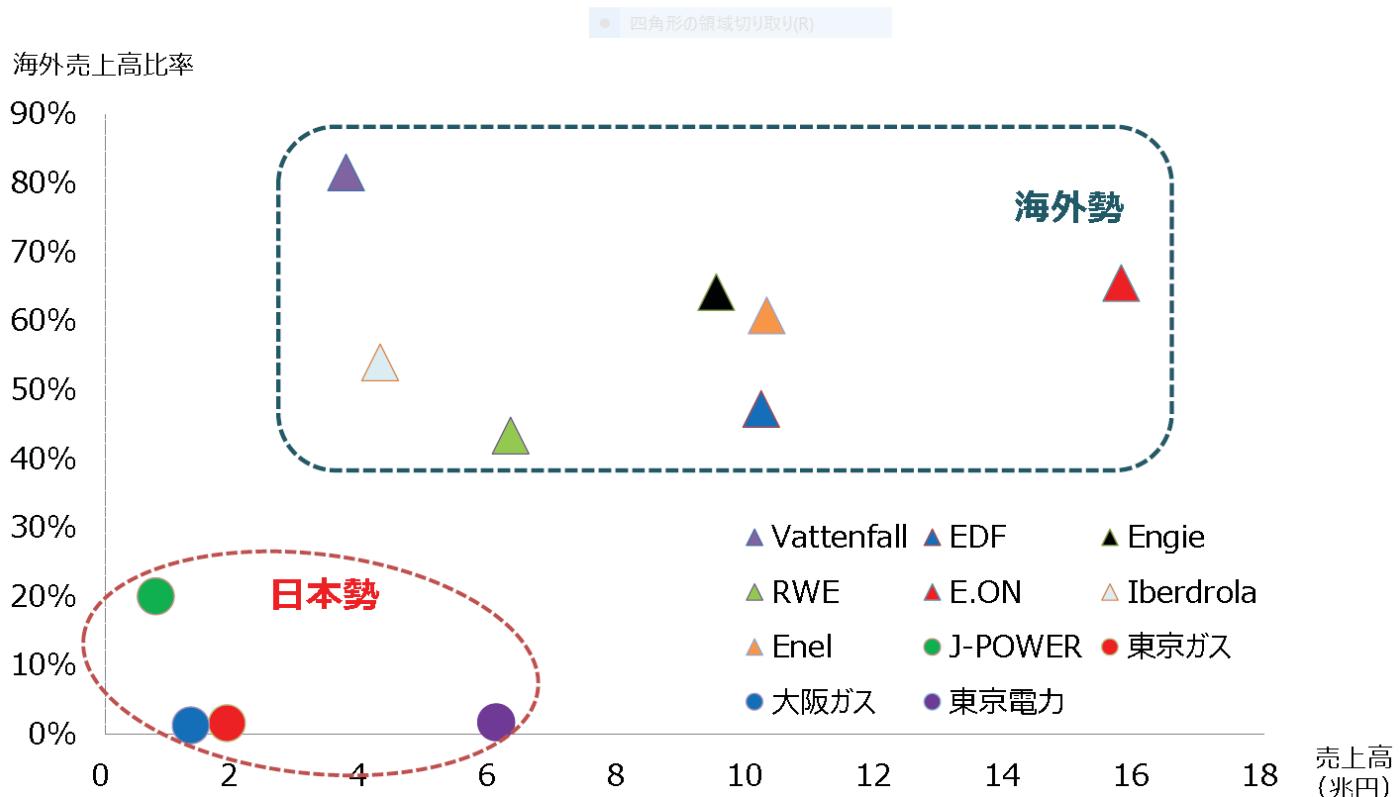
## (参考) 石炭火力の現実



30

出所: エネルギー情勢懇談会提言関連資料、2018年4月10日

## (参考) 産業のリスク投資能力の海外との格差 (2015年)



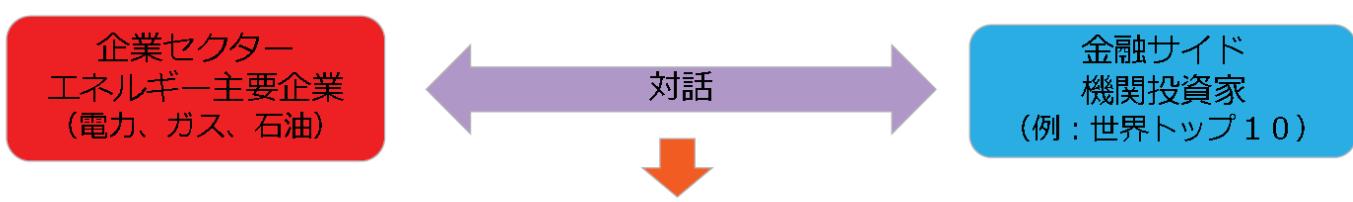
※中国の国家電網は30兆円以上の規模で世界一（海外比率は未公開）

出所：エネルギー情勢懇談会提言関連資料、2018年4月10日

31

## (参考) 金融セクターとの対話

- 金融セクターもCO2重視の動き。
  - 他方、脱炭素化の実現に向けた具体的な議論はこれから(ESG投資の動きが萌芽)。
  - 企業セクターと金融セクターとの双方向の対話の重要性が高まる（情勢懇提言が大きな契機）。
- ⇒ 「時間軸のあるエネルギー転換」（野心的&柔軟）のシナリオ設計に向けた対話



今後：エネルギー転換に向けたシナリオの共同設計（企業も主体的参加）

### (参考1) 企業セクターと金融セクターとの対話ルール

- ・「コーポレートガバナンス・コード」（2015年6月策定／東京証券取引所）  
：上場会社に対して、財務情報及び非財務情報（経営戦略、リスク・ガバナンス情報等）の適切な開示、情報提供を求める。
- ・「日本版スチュワードシップ・コード」（2017年5月改定／金融庁）  
：機関投資家に対して、投資先企業の持続的成長に向けて、スチュワードシップ責任を適切に果たすため、当該企業の状況（ガバナンス、企業戦略、リスク収益機会等）を把握することを求める。

### (参考2) 民間機関投資会社トップ10 (2016年)

機関投資家	投資額
ブラックロック (米)	5.1兆ドル
ヴァンガード (米)	4.0兆ドル
スタートストリートグローバル (米)	2.7兆ドル
フィデリティ (米)	2.1兆ドル
アリアンツ (独)	2.0兆ドル
JPモルガンチャース (米)	1.7兆ドル
バンクオブニューヨークメロン (米)	1.6兆ドル
アクサ (仏)	1.5兆ドル
キャピタルグループ (米)	1.5兆ドル
ゴールドマンサックス (米)	1.4兆ドル

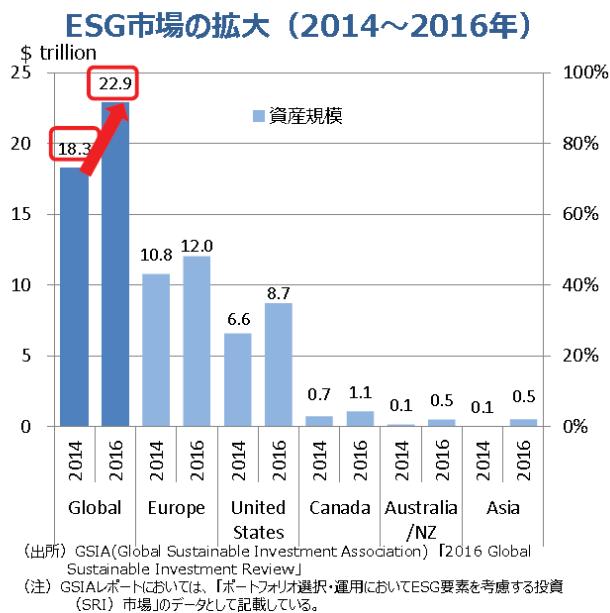
出所: Wills Towers Watson's Global 500 Research

出所：エネルギー情勢懇談会提言関連資料、2018年4月10日

32

## (参考) ESG投資やダイベストメント・エンゲージメントの動き

- 長期投資を行う欧米の機関投資家（年金基金、保険会社等）を中心に、投資判断において、企業のリスク・機会要因としてESG（環境、社会、ガバナンス）を重視する考え方が進展。
- 一部の機関投資家は、化石燃料、とりわけ石炭火力への資金の引き揚げ（ダイベストメント）を実施。
- 年金基金や保険等の資産運用会社では、リスク分散と受託者責任の観点から建設的な対話を通じて投資先企業に働きかけ、改善を促す（エンゲージメントする）方法を取る傾向がある。



### ダイベストメントとエンゲージメントの例

- 2017年12月の仏主催気候変動サミット（One Planet Summit）において、
  - ✓ 世銀は、最貧困国向けの一部事業を除き、2019年以降、石油や天然ガスの探査・採掘に原則として融資しない方針を表明。
  - ✓ 仏アクサは、石炭産業からの28億ドル相当の投資の引き上げ、石炭火力発電所の建設に関わる企業の保険や投資を扱わない方針を発表。
- 米国最大の公的年金であるカリフォルニア州職員退職年金基金（CalPERS：運用資産額2,857億ドル）は、燃料炭からの投資引き上げを求める法案（SB185）の成立を受けて、2015年10月に直ちにエンゲージメントを開始。

出所：エネルギー情勢懇談会提言関連資料、2018年4月10日

33

## 第5期科学技術基本計画で示されたソサエティ5.0の概念

### 第2章 未来の産業創造と社会変革に向けた新たな価値創出の取組み

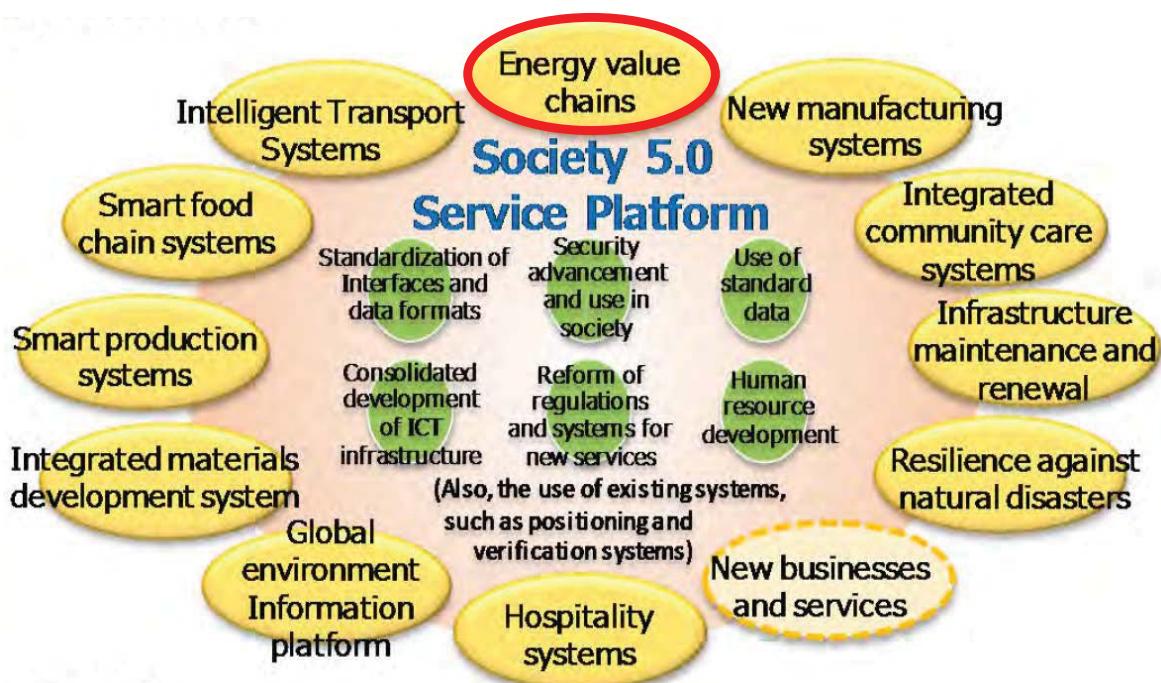
#### （2）世界に先駆けた「超スマート社会」の実現（Society 5.0）

- IoTの活用をものづくりだけではなく、様々な分野に広げ、経済成長や健康長寿社会の形成、さらには社会変革につなげていく。
- サイバー空間とフィジカル空間が高度に融合した「超スマート社会」を未来の姿として共有し、その取組みを「Society 5.0」として推進。
- サービスや事業のシステム化、複数のシステム間の連携協調が必要であり、超スマート社会サービスプラットフォームを構築。

高度道路交通システム、エネルギーバリューチェーン最適化、インフラ維持管理、防災、地域包括ケアシステムなど11のシステム開発を先行的に進める。

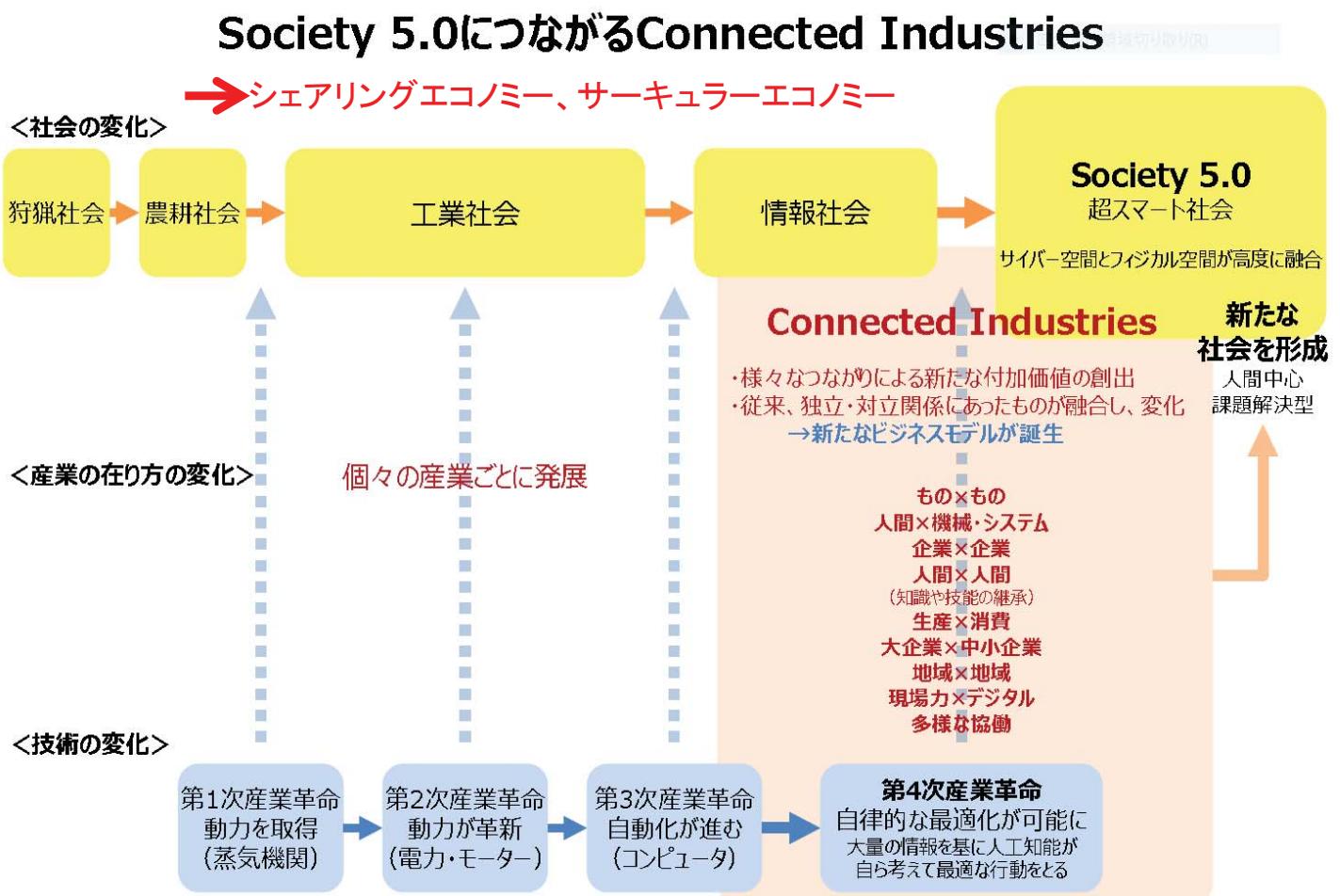
ロボット、センサ、アクチュエータ、バイオ、ヒューマンインターフェース（脳科学、感性工学等）、素材・ナノ、光・量子などの基盤技術の強化を図る。

34



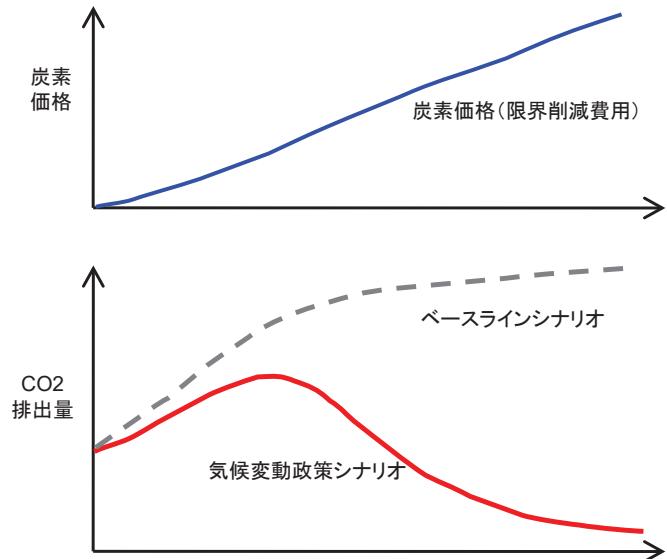
**超スマート社会**とは: 必要なモノ・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ 提供し、社会のニーズにきめ細かく対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、活き活きと快適に暮らすことができる社会。

35

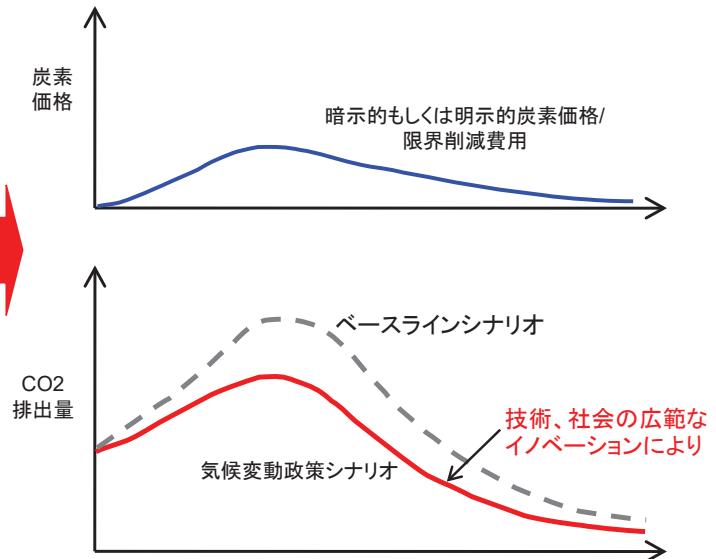


# モデルによって通常示される大幅排出削減シナリオと 現実社会でよりあり得る大幅排出削減シナリオ

モデル分析による典型的シナリオ:  
通常の技術進展の想定



現実社会で要求される世界:  
技術革新がより大きく誘発、実現される必要あり



現実世界においては、高い明示的な炭素価格(例えば100\$/tCO<sub>2</sub>を超えるような)を継続的に持つようなことは非現実的。高くない(暗示的もしくは明示的な)炭素価格であっても(2次エネルギー価格の世界的な協調を含め)結果として、排出が大幅に減るように誘発するような技術、社会の大幅なイノベーションが起こらなければ、現実世界では大幅な排出削減は不可能と考えられる。

## CO<sub>2</sub>正味ゼロ排出に向かうエネルギーシステム

