

九州大学講義 2020年1月16日



# エネルギー情勢と 日本のエネルギー政策の課題

一般財団法人 日本エネルギー経済研究所  
理事 山下 ゆかり

# IEEJ Outlook 2020

深刻化するエネルギートリレンマの克服に向けて

エネルギー・環境・経済

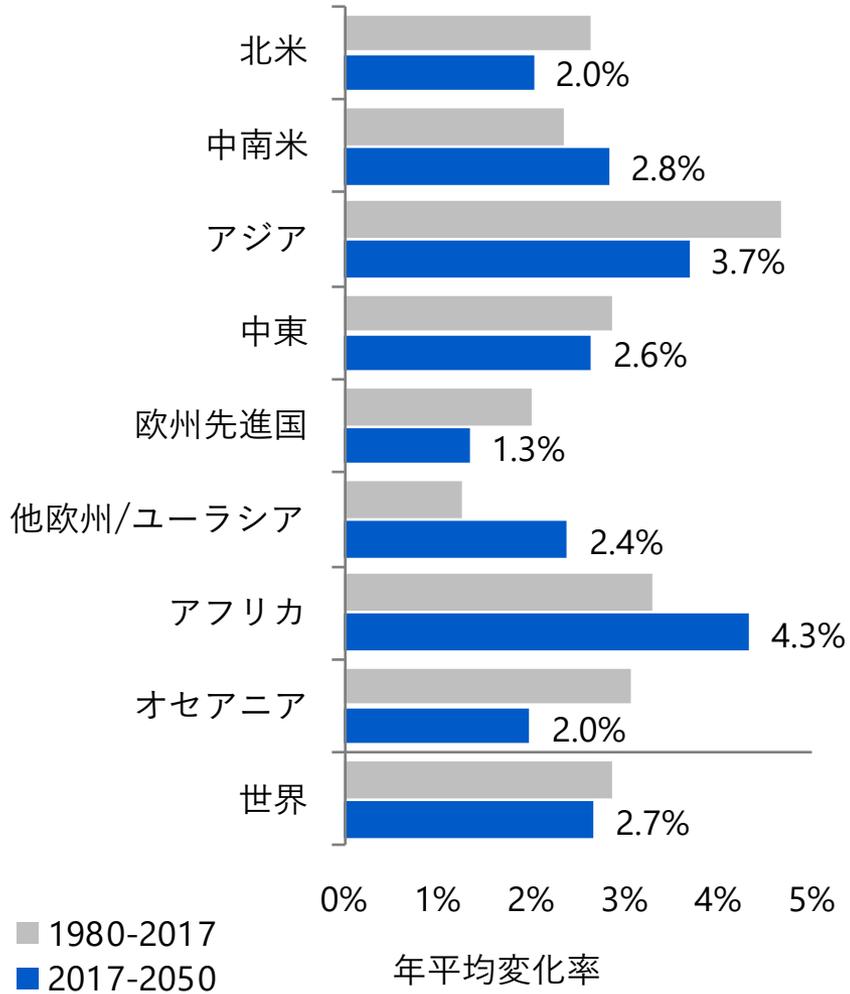
2019年10月15日, 東京

日本エネルギー経済研究所

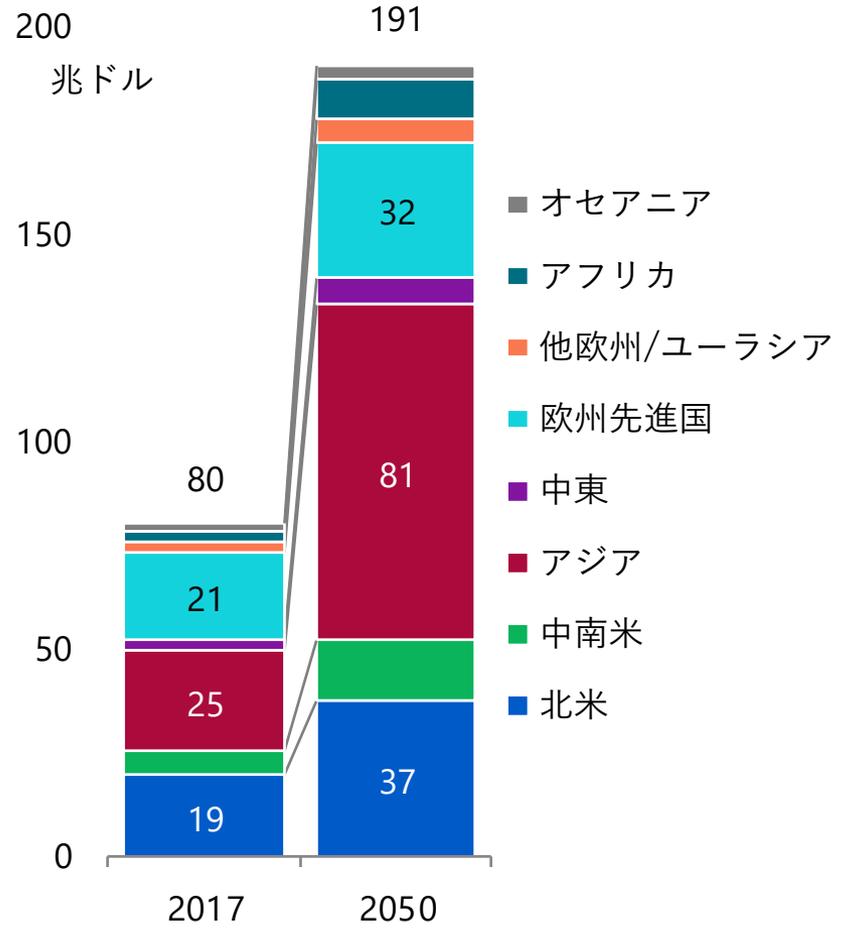
## IEEJ Outlook の基本シナリオ

	レファレンスシナリオ	技術進展シナリオ
	<p>現在までのエネルギー・環境政策等を背景とし、<b>これまでの趨勢的な変化が継続するシナリオ</b>。急進的な省エネルギー・低炭素化政策は打ち出されない</p>	<p>各国がエネルギー安定供給の確保や気候変動対策の強化のため、<b>強力なエネルギー・環境政策</b>を打ち出し、それが最大限奏功するシナリオ</p>
社会経済構造	<p>人口増加率は低下するものの、新興・途上国を中心に安定した経済成長 経済構造の変化は連続的、産業のサービス化が進展 所得水準の向上により、家電、自動車等のエネルギー消費機器が大きく普及</p>	
国際エネルギー価格	<p>原油：需要増に伴い、生産費用が上昇 ガス：欧米亜市場の価格差が縮小 石炭：現状と同程度の水準を維持</p>	<p>需要増抑制のため価格上昇は限定的 (石炭価格は低下)</p>
エネルギー・環境政策	<p>過去の動向と同様に低炭素化政策を漸進的に強化 ・規制措置(省エネ基準、排出規制等) ・経済的誘導措置(補助金、税金等)</p>	<p>国内政策強化とともに国際連携を推進 ・エネルギー安定供給の確保 ・気候変動問題への対処 ・低開発農村地域のエネルギー近代化</p>
エネルギー・環境技術	<p>現行技術について ・過去の趨勢と同程度の効率進展 ・過去の趨勢と同程度の価格低下 ・規制・誘導による低炭素技術の普及</p>	<p>現行技術及び商業化の見込みが高い技術について ・技術進展により価格低下が加速 ・規制・誘導強化により普及が加速</p>

経済成長率



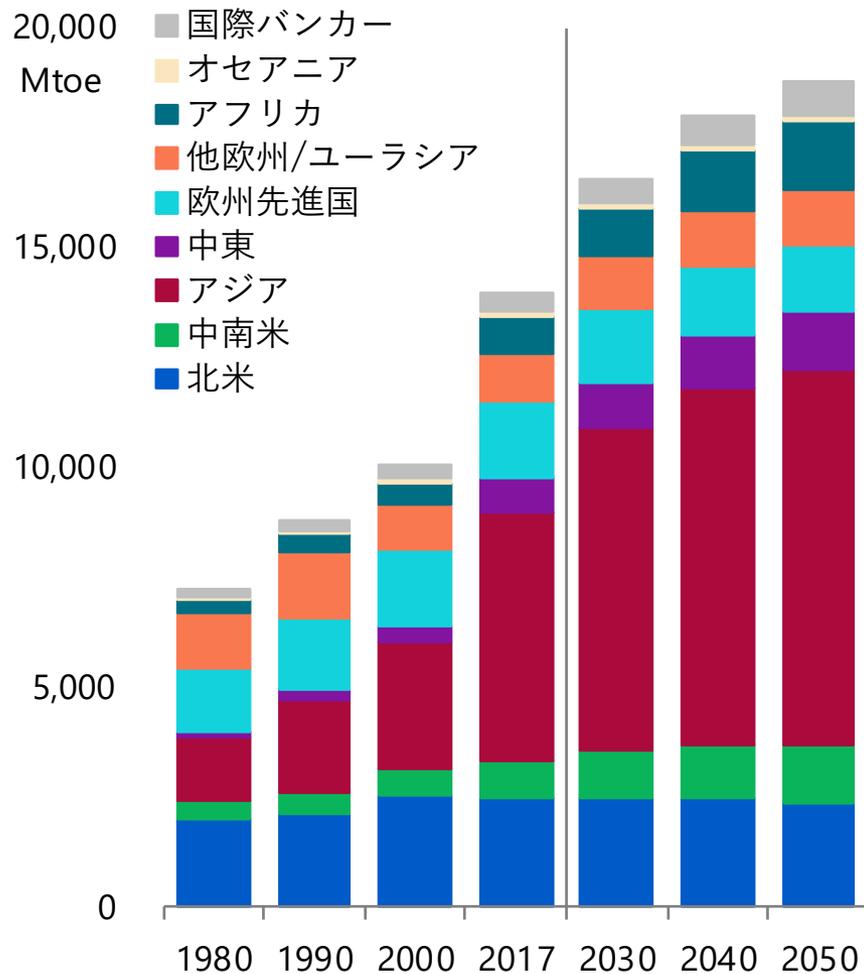
GDP構成



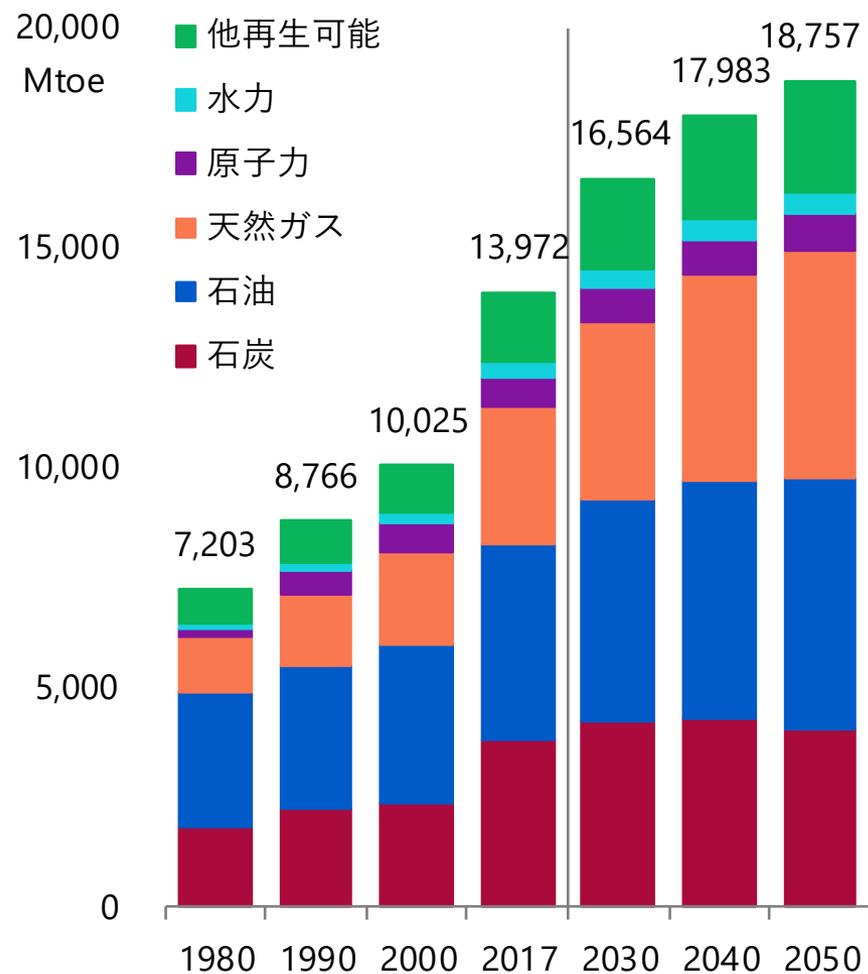
Decoupling required

# 一次エネルギー消費

地域別

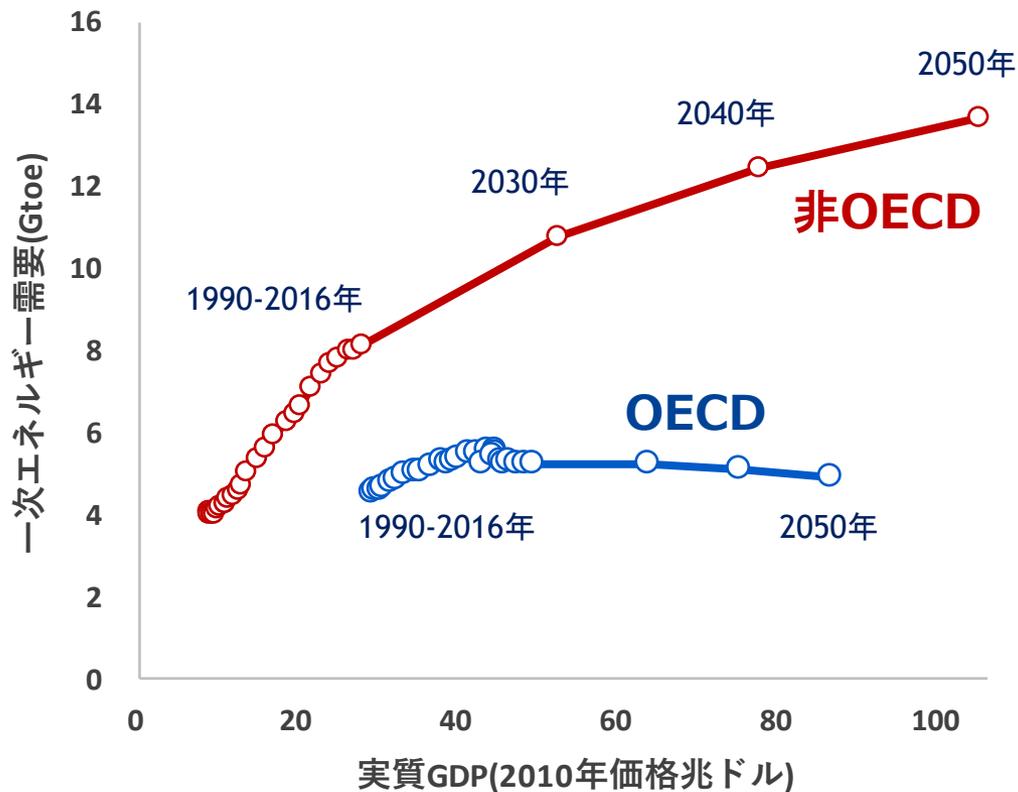


エネルギー源別

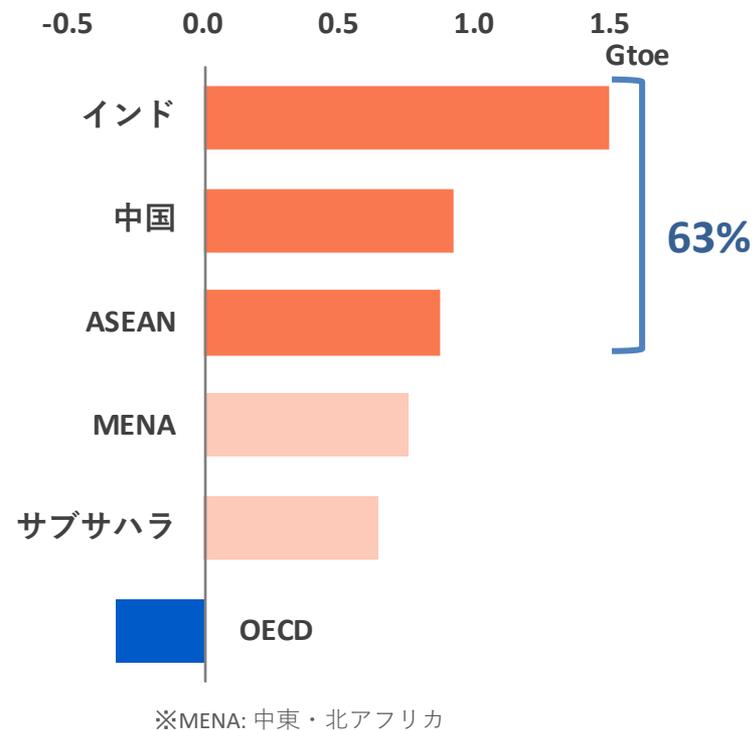


# エネルギー需要はますますアジアに集中

## ◆ 一次エネルギー需要とGDP



## ◆ エネ需要の増減(2016-2050年)

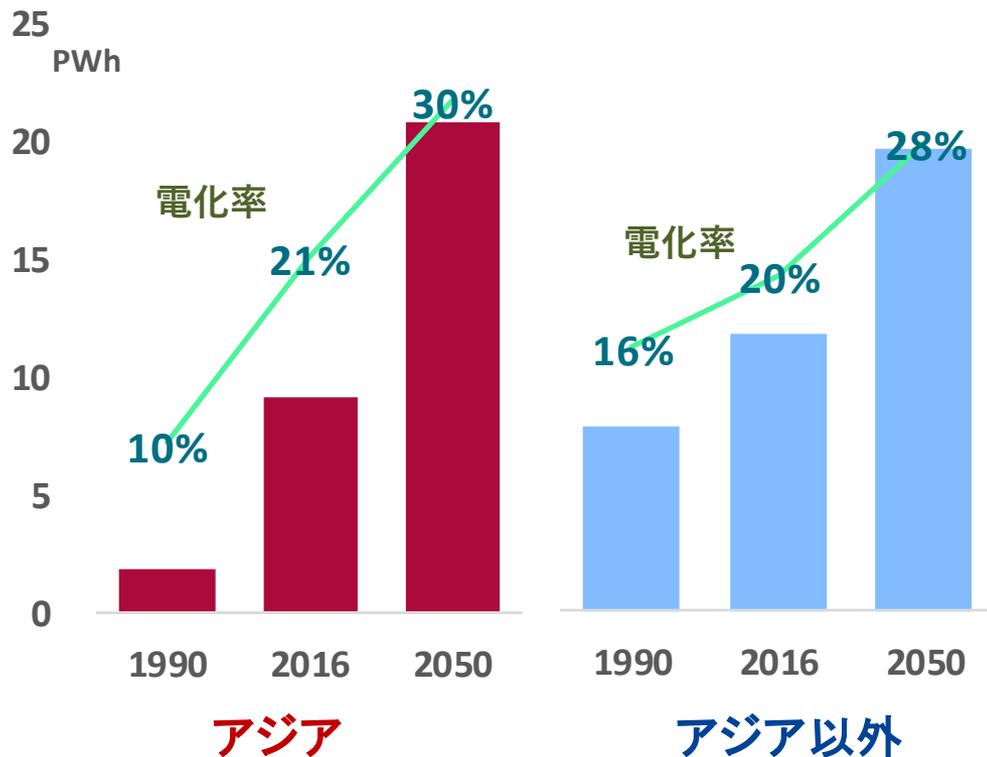


世界の一次エネルギー需要は2050年までに1.4倍に拡大、その増加分はすべて非OECD地域からである。一方、OECD地域ではエネルギー消費と経済成長のデカップリングが進む。

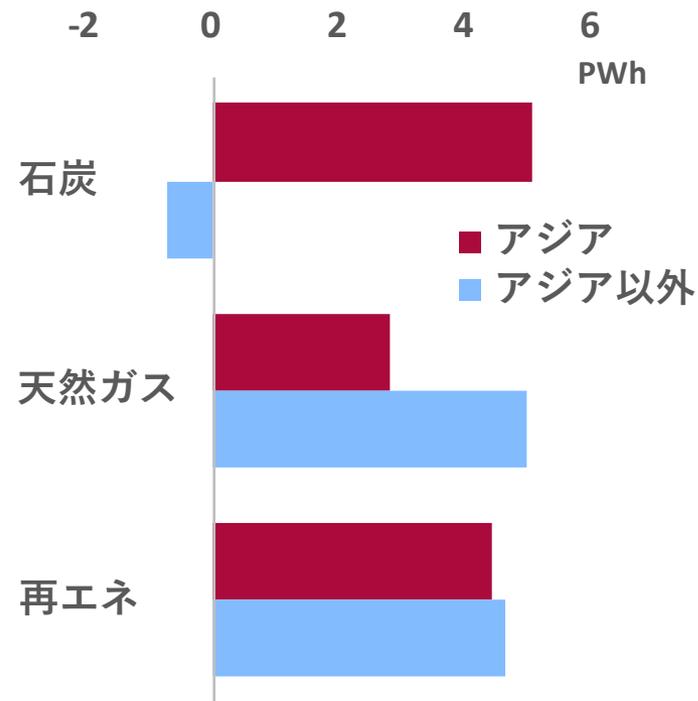
需要増加の63%が中印、ASEANに集中。世界に占めるアジアのシェアは41%から48%まで増加。

# 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)



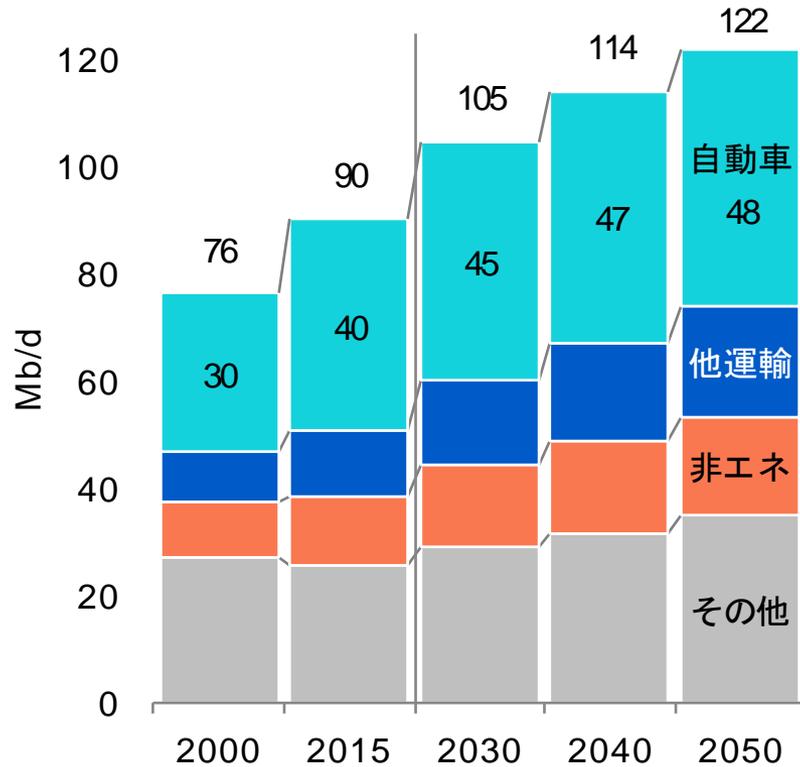
※電化率: 最終エネルギー需要に占める電力需要の割合

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。

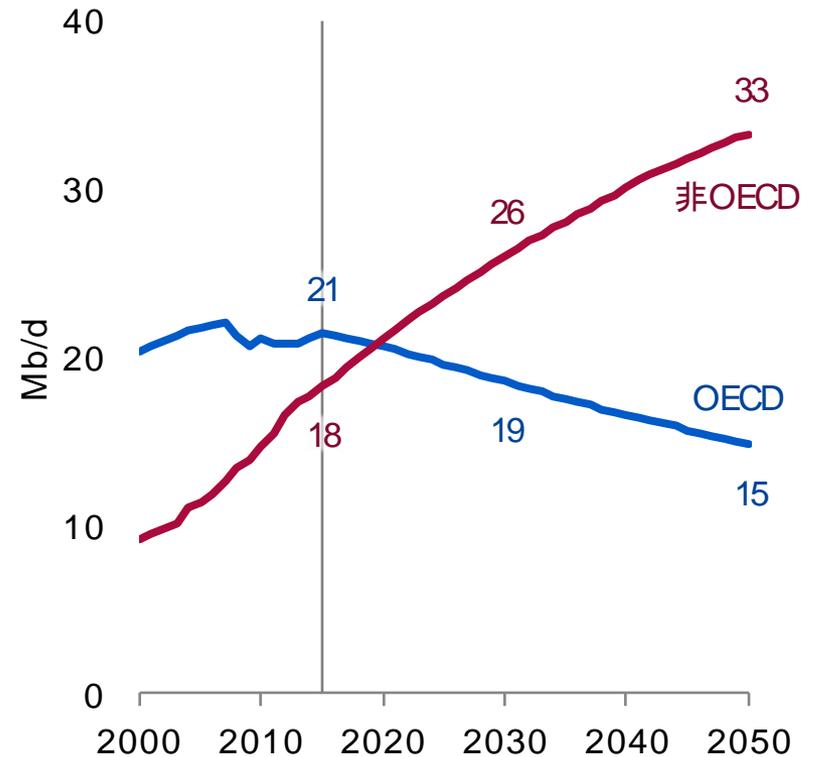
急増するアジアの電力需要の約4割は主に安価で豊富な石炭を利用して賄われる。一方、アジア以外では石炭火力より環境負荷の低い天然ガス火力が好まれる。

# 石油消費は運輸、とりわけ自動車ドライブ

## ❖ 石油消費[レファレンスシナリオ]



## ❖ 自動車用石油消費[レファレンスシナリオ]

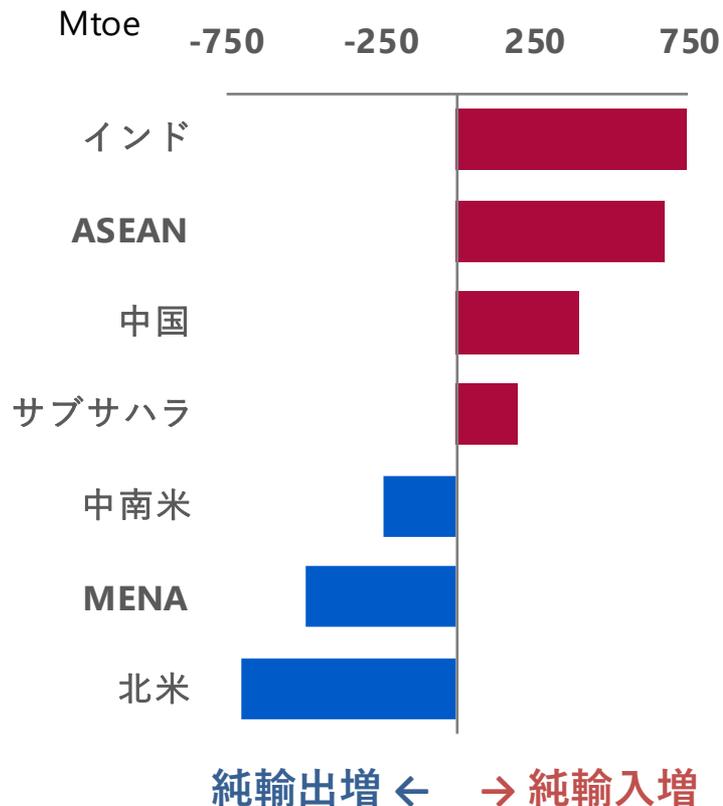


石油消費の2050年までの増分の約7割は、運輸と石油化学用原料。特に、自動車用が行き先を決めうる

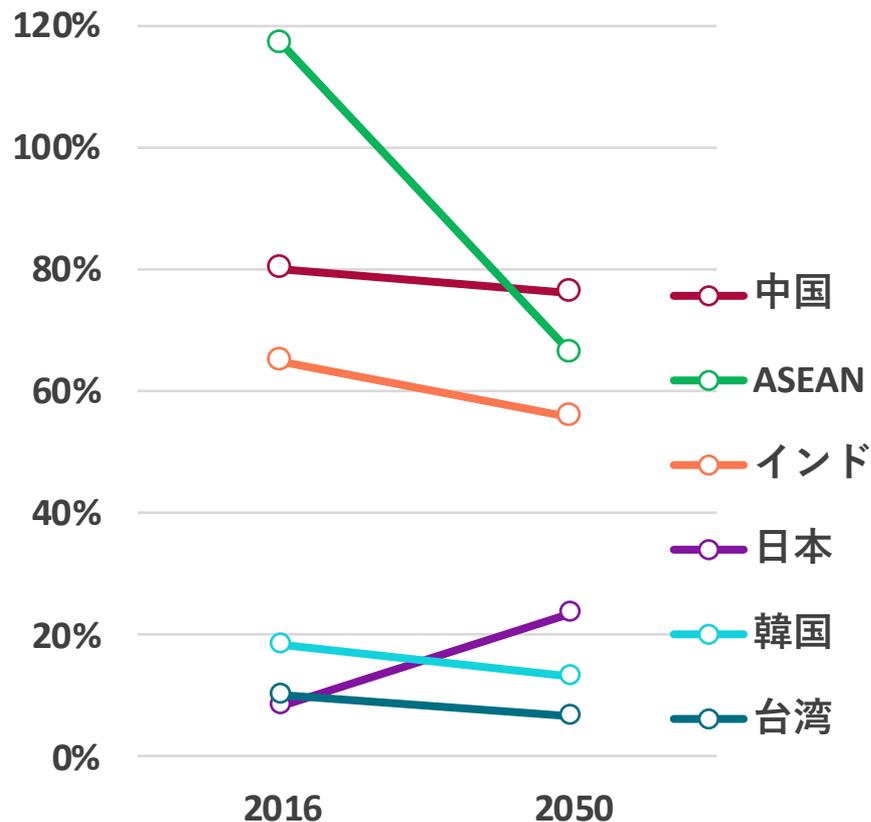
ただし、その自動車用もOECDでは減少の一途で、2020年ごろには非OECDを下回る。今後の増分はすべて非OECDで発生する勘定

# 輸入頼みのアジアのエネルギー供給

## ❖ エネルギー純輸入増減(2016-2050年)



## ❖ エネルギー自給率

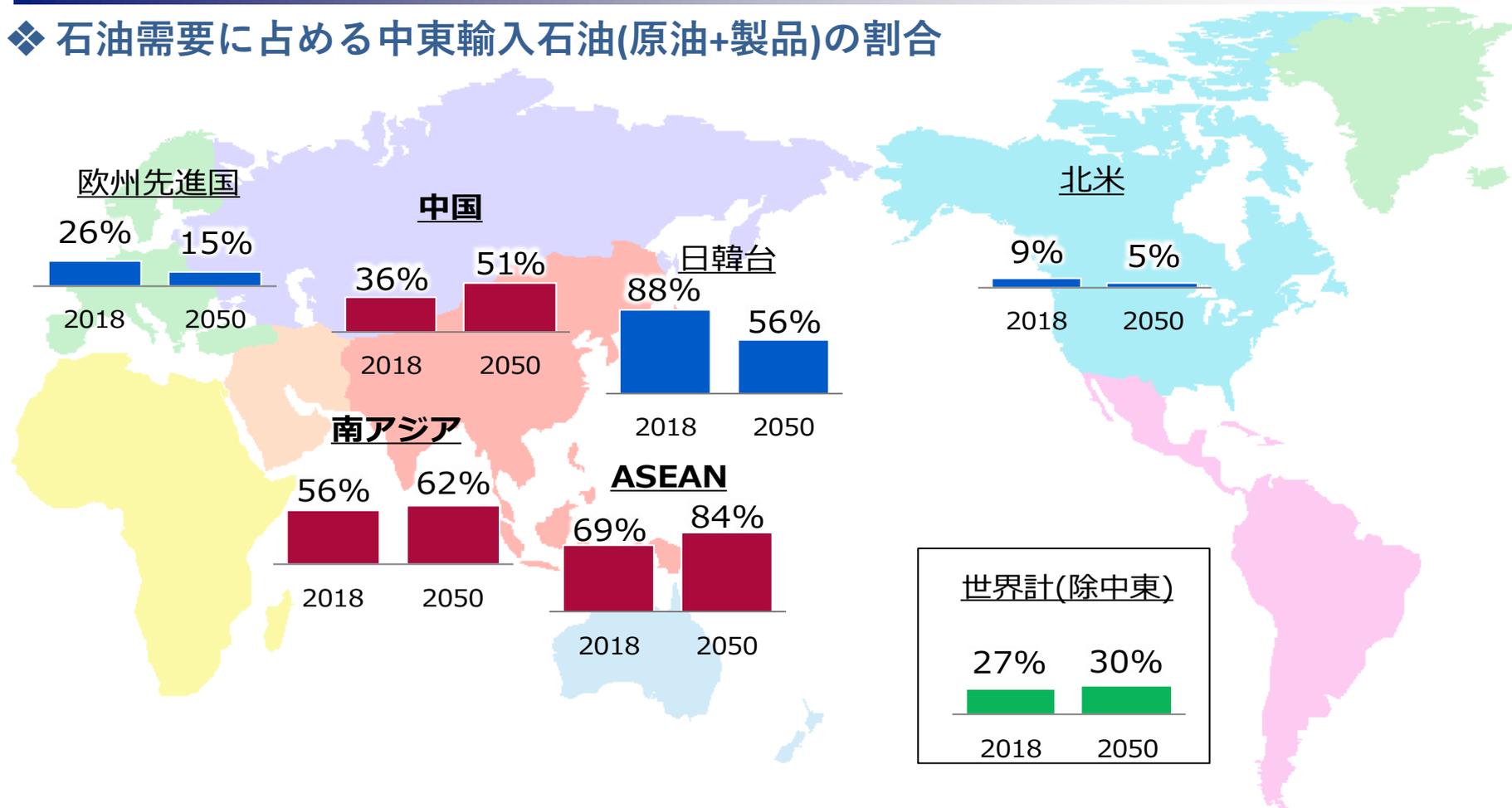


アジアのエネルギー輸入は大きく増加し、貿易取引量の8割がアジアに向かう。米国は2020年代半ばには純輸出国に転じる。

アジアの域内自給率は72%から63%に低下。とりわけ、2020年代前半には純輸入ポジションに転落するASEANで顕著。

# 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。

# 注目トレンド2：不安定な政情が続く中東・北アフリカ地域

パリ同時テロ  
ベルギーでも...  
先行き不透明な  
中東和平問題

ガザ紛争

ロシア空爆開始

「アラブの春」の  
広範な影響

シリア、イエメン、エジプト問題

アラブイスラム社  
会に広がる米国  
への不満・反発

米トランプ大  
統領によるエ  
ルサレム首都  
認定問題

大量の難民発生  
と欧州流入

トルコによる  
露軍機撃墜

イラク戦争後  
のイラク内外  
情勢

「イスラム国」巡る  
武力衝突

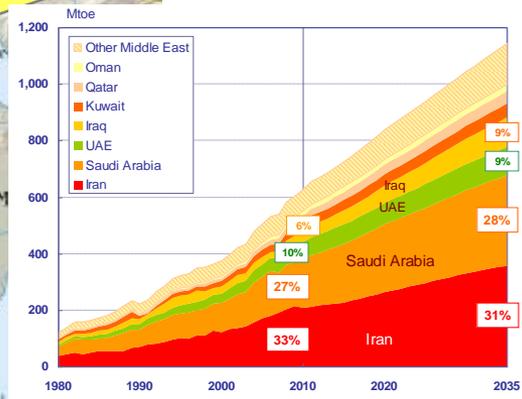
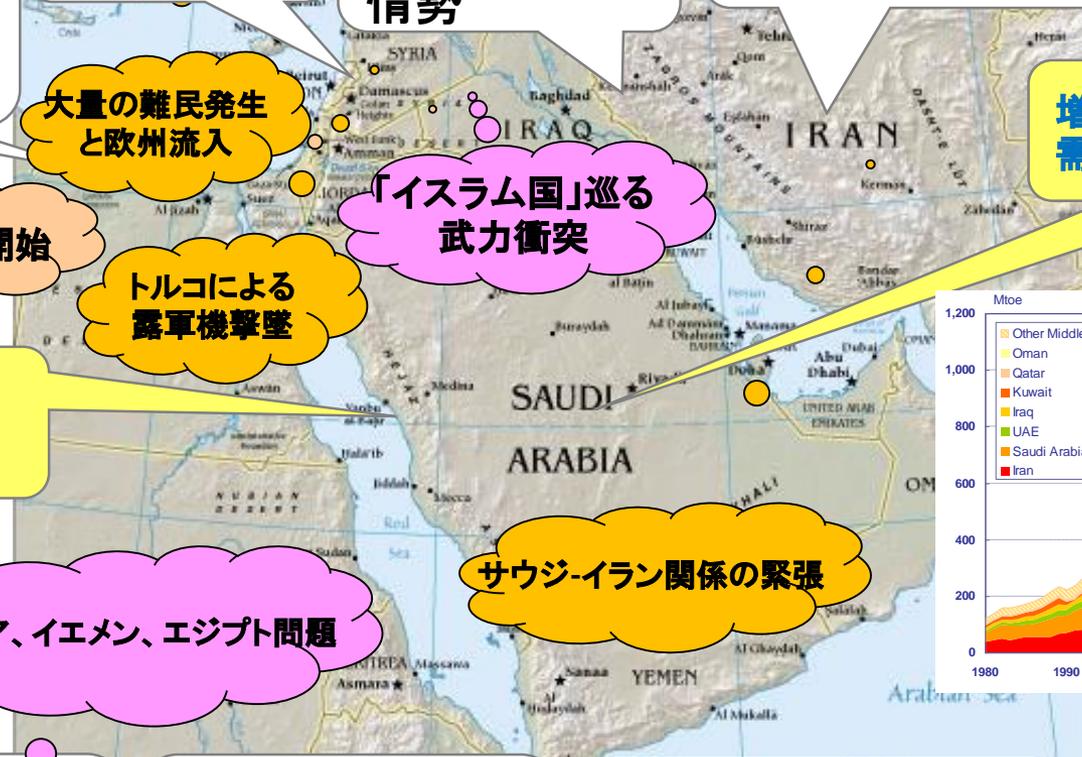
サウジ-イラン関係の緊張

中東の現政権・  
体制を巡る不安  
定要因

イラン核開発問題

経済制裁解除と  
イラン市場復帰  
⇒ 米国離脱

増大する国内エネルギー  
需要への対応とその影響

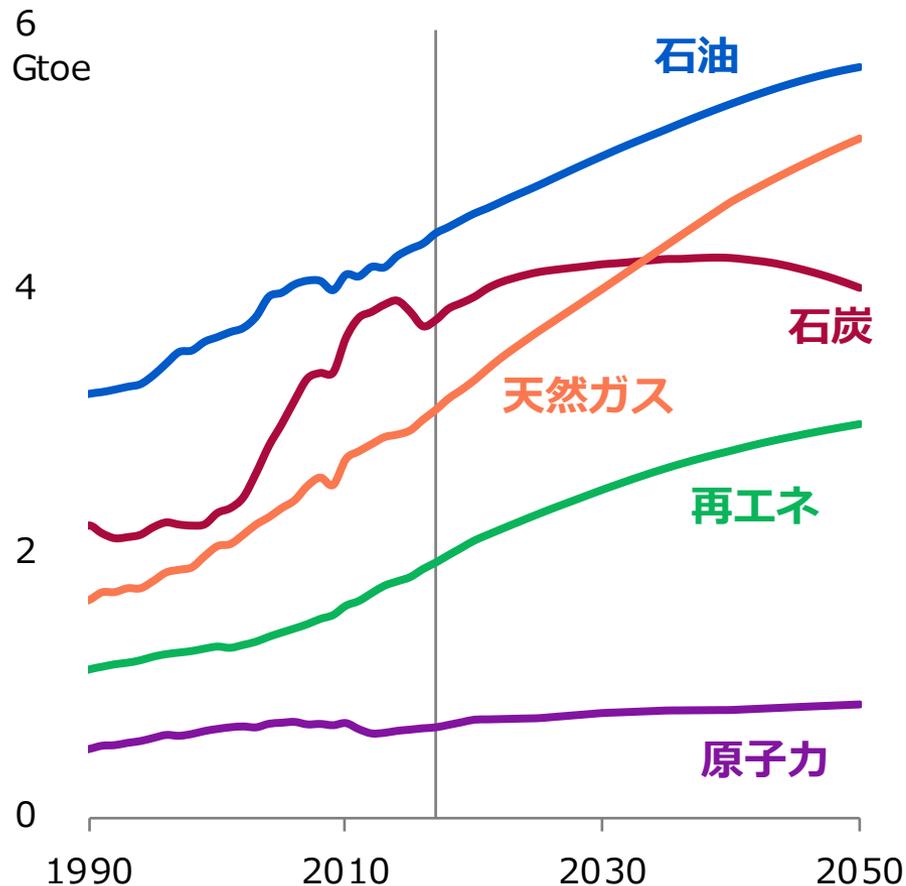


2017年11月 サウジア  
ラビアの「腐敗防止最  
高委員会」による王族・  
閣僚等の逮捕・拘束

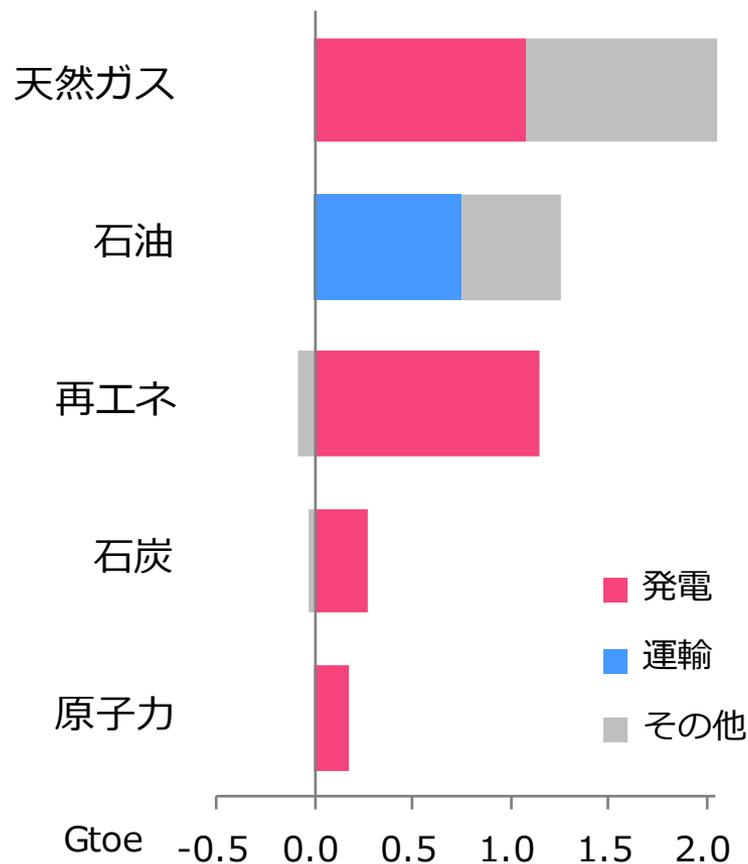
石油施設に対  
するテロ活動  
の危険性

# 化石燃料への依存は変わらない

## ❖ 一次エネルギー需要



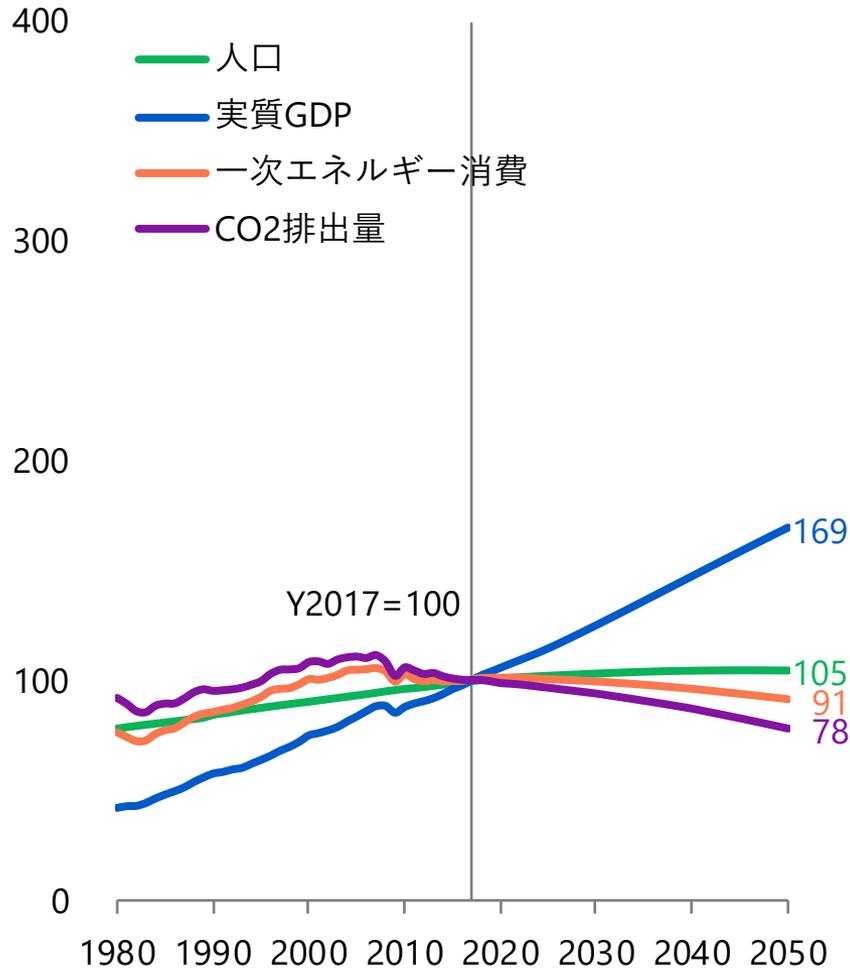
## ❖ エネ需要の増減(2017-2050年)



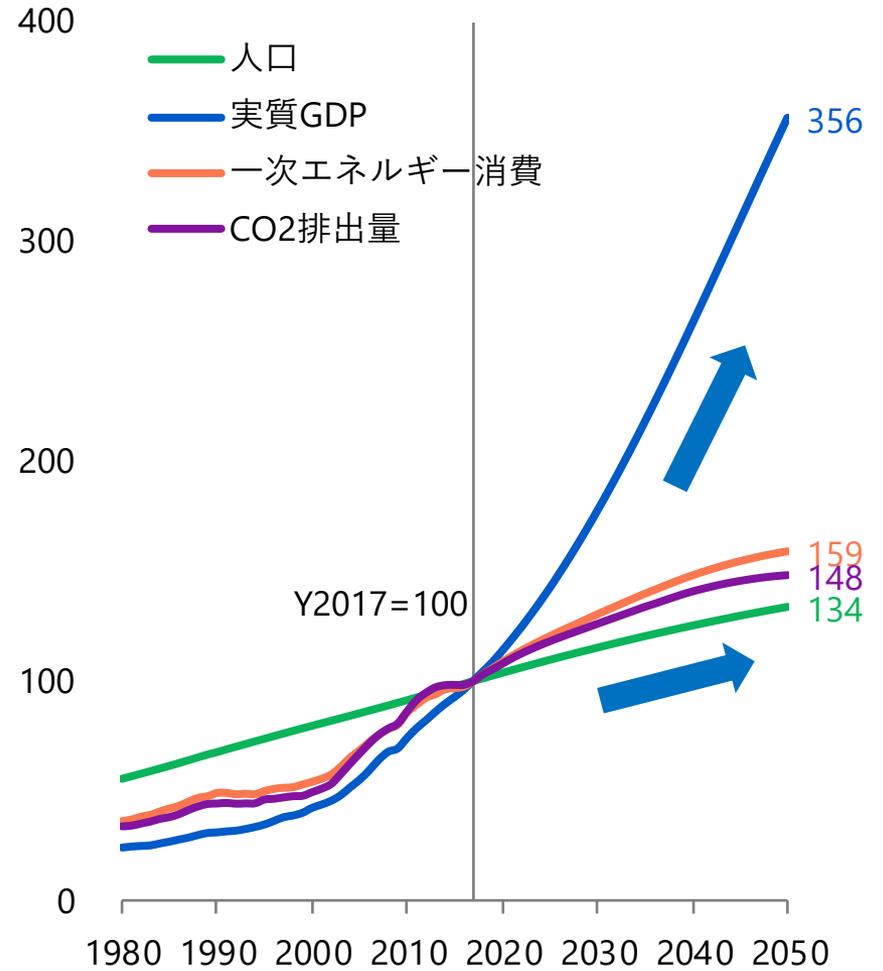
発電部門を中心に天然ガス需要が1.7倍に増加し、第二のエネルギー源に。石炭は2040年頃にピークを打ち減少へ。石油は第一のエネルギー源を維持する。再エネは大きく増えるも、シェアは14%から16%への上昇にとどまる。脱化石燃料の進展はわずか。

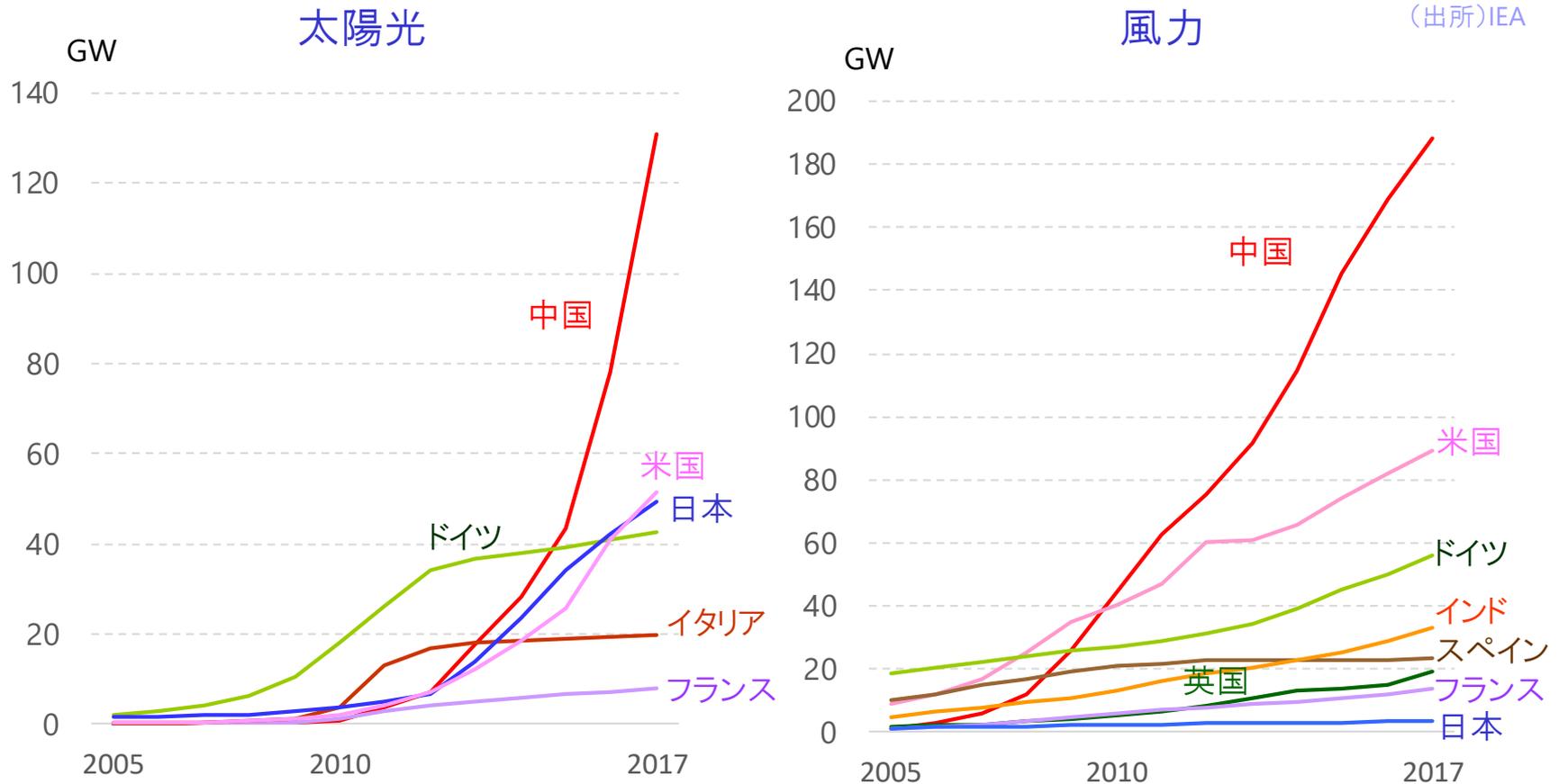
# 人口、GDP、エネルギー消費、CO<sub>2</sub>排出量

先進国



新興・途上国



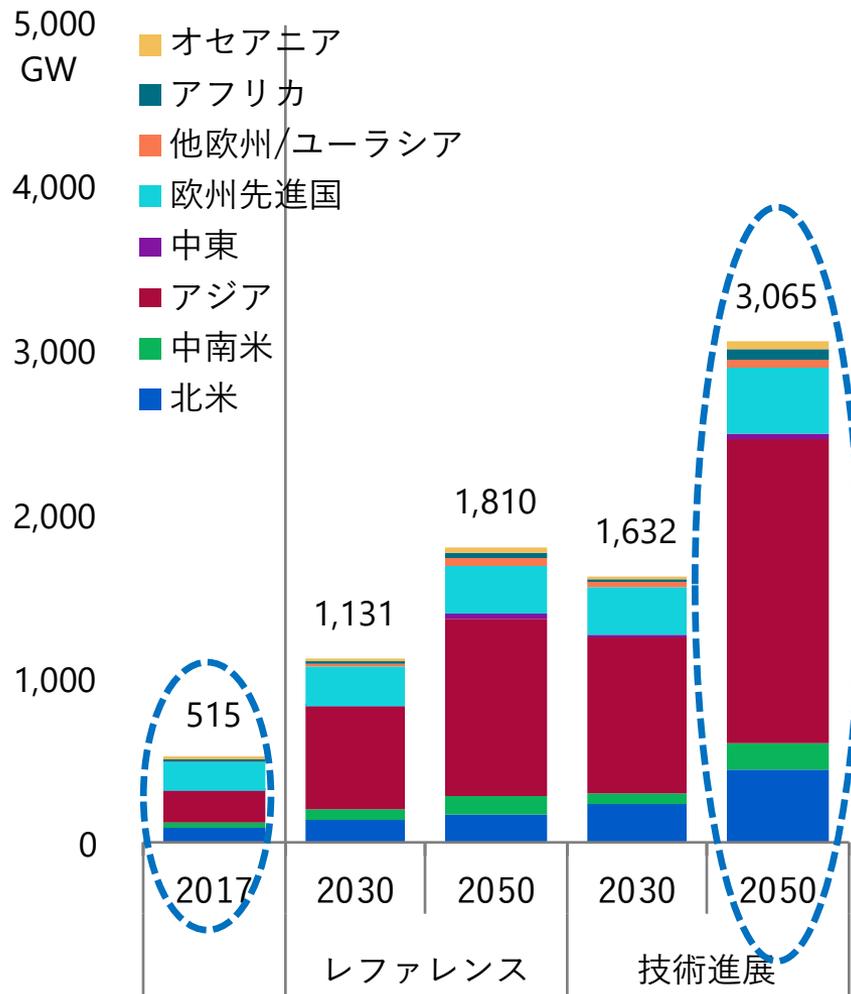


(出所)IEA

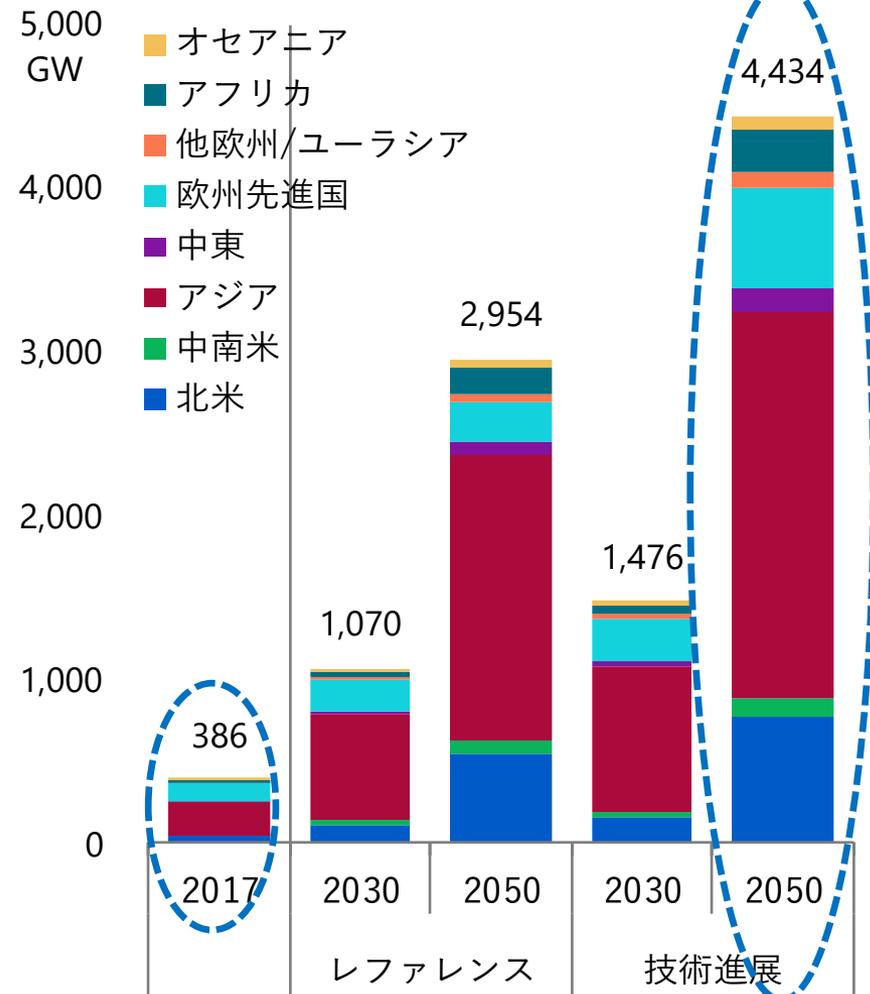
- ・ **VRE (Variable Renewable Energy)**: 変動性再生可能エネルギー＝風力・太陽光)は、地球環境問題への意識の高まりと発電コストの低下を背景に、世界各国で急速な普及が進んでいる。
- ・ 優れた環境特性や豊富な資源の利用可能性から、**今後も引き続きVREを中心とした再生可能エネルギーの導入拡大が進むことが予想される**。例えば欧州では、2050年までに発電部門で再生可能エネルギー100%の達成を目標とする国が複数存在する。また新興国、例えば中国においても、国家再生可能エネルギー中心は2050年までに再生可能エネルギーシェアを85%まで拡大するシナリオを提示している。
- ・ 但しVREの大量導入には後述する複数の課題があり、それを考慮した上で政策的支援を行うことが求められる。

# 風力・太陽光発電設備容量

## 風力発電

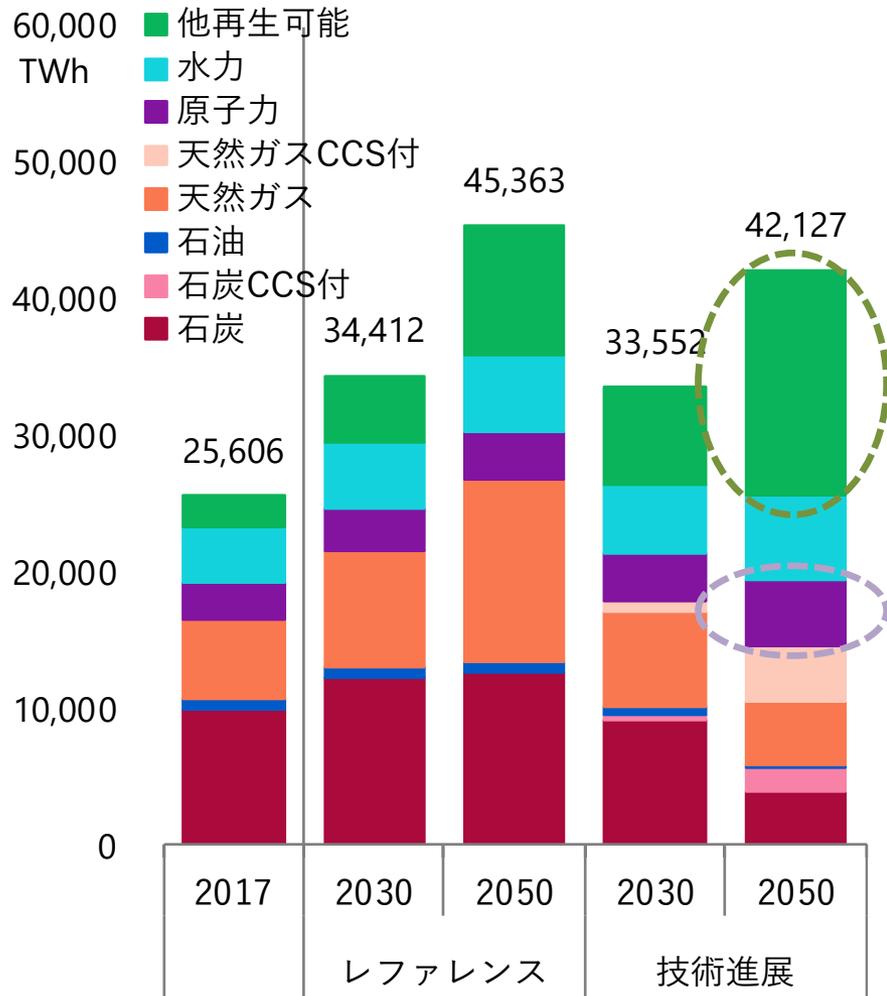


## 太陽光発電

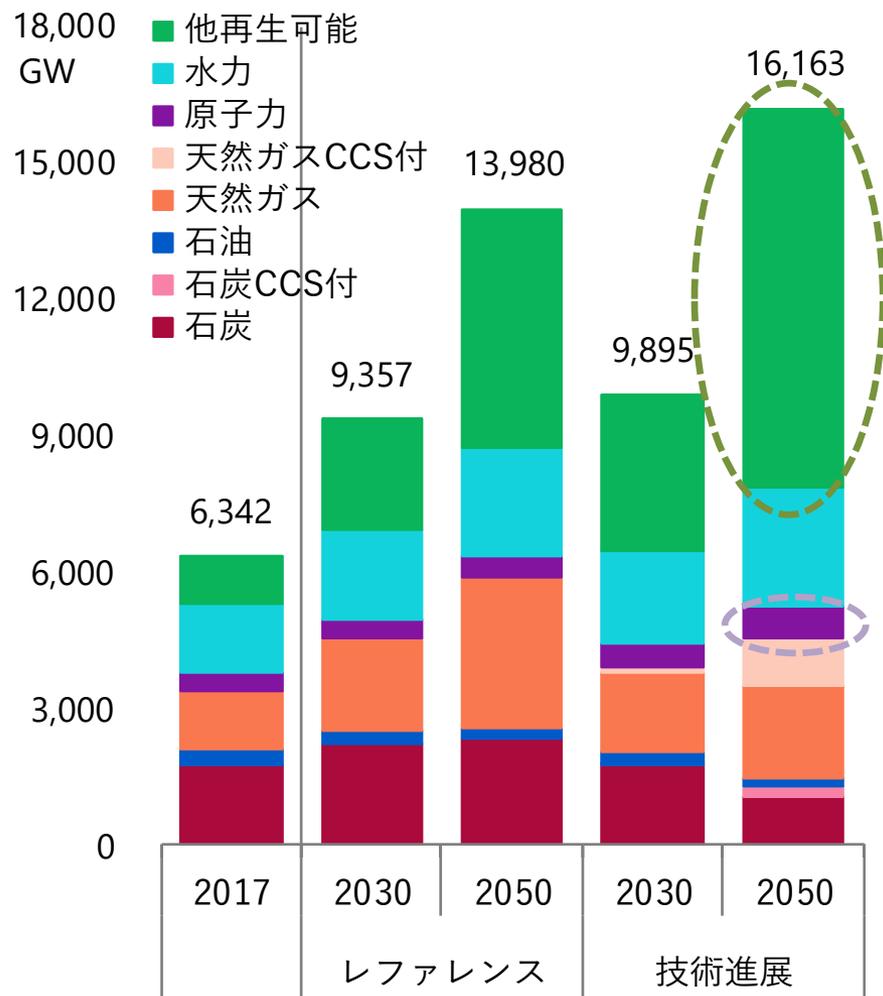


# 発電構成

発電量

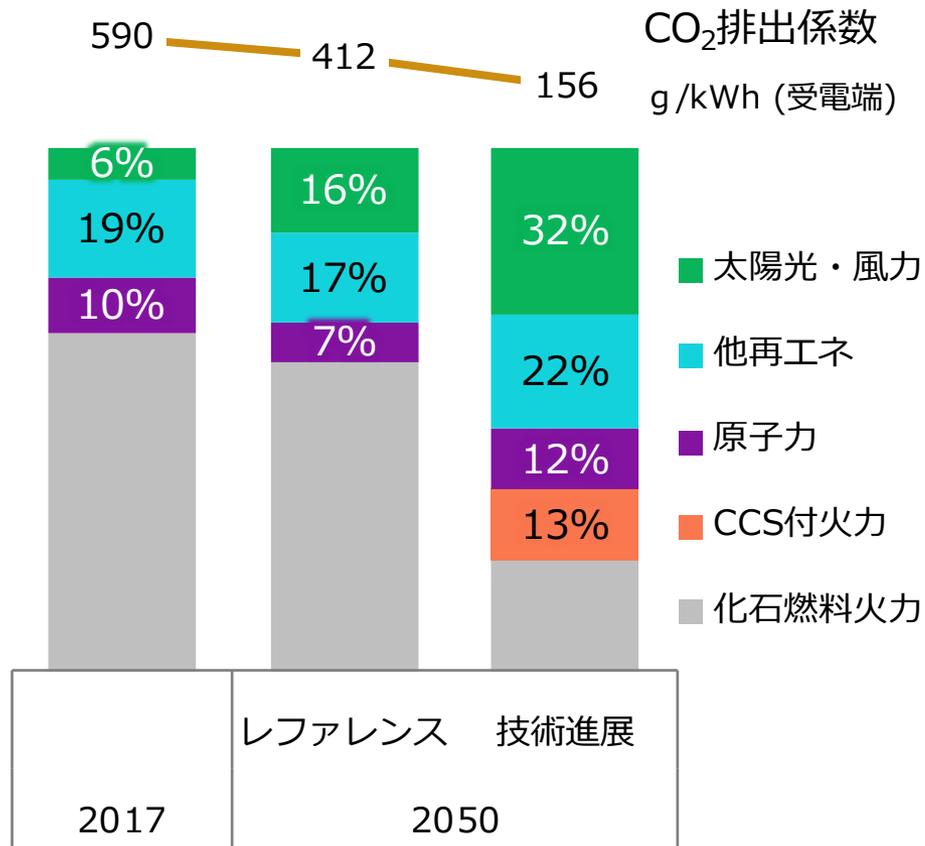


発電設備容量

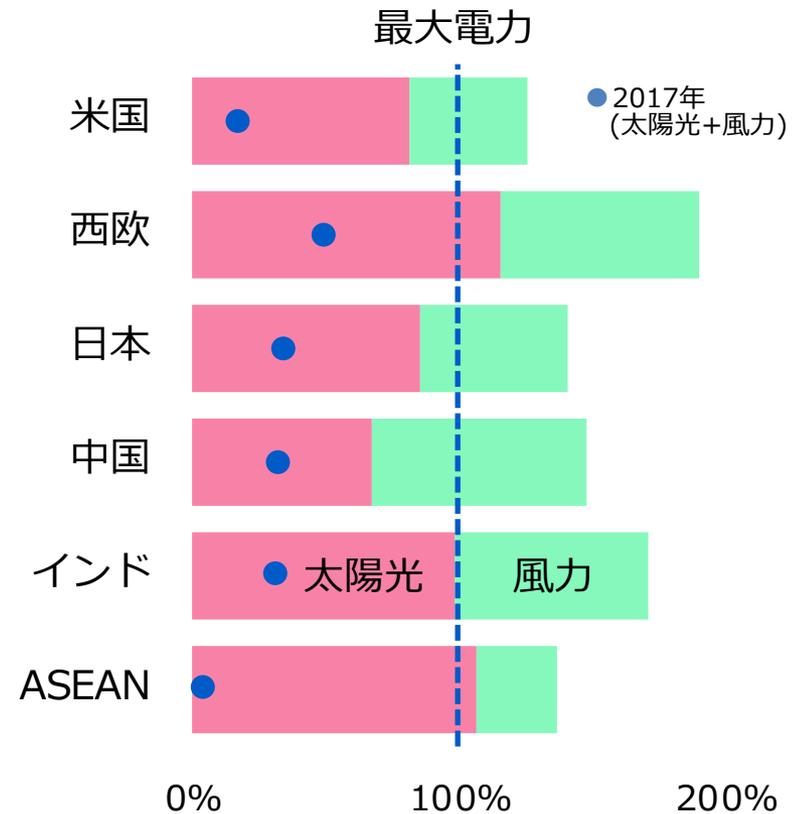


# 自然変動電源の発電能力が最大電力を超える

## ❖ 発電構成と排出係数



## ❖ 最大電力に対する発電能力の比 (2050年、技術進展)



技術進展シナリオの発電構成のうち、ゼロ排出電源（再エネ・原子力・CCS付き火力）が約8割に。

自然変動電源(太陽光・風力発電など)の発電能力が最大電力を超えてくる地域も。蓄電池などの系統安定対策が必要に。

## 1. 内外エネルギー情勢の変化（1）国際情勢

### 3) 原子力の貢献と各国固有の課題

**1. 米国** : シェール革命後のガス価格低下により、競争力の低下。自由化州では、Carbon Credit導入

#### 2. 英国、フランス、フィンランド

: 第三世代の導入が招いた工期の長期化とコスト増。温暖化対策上原子力は不可避の立場。英国はCFD\*導入

\*CFD (contract for difference) : 差額決済契約

**3. ドイツ** : 脱原発の一方で、再エネの大幅増と褐炭火力等によるバックアップが招いた GHG 下げ止まり  
⇒ **主要国で脱原発を決めたのは、ドイツのみ。**

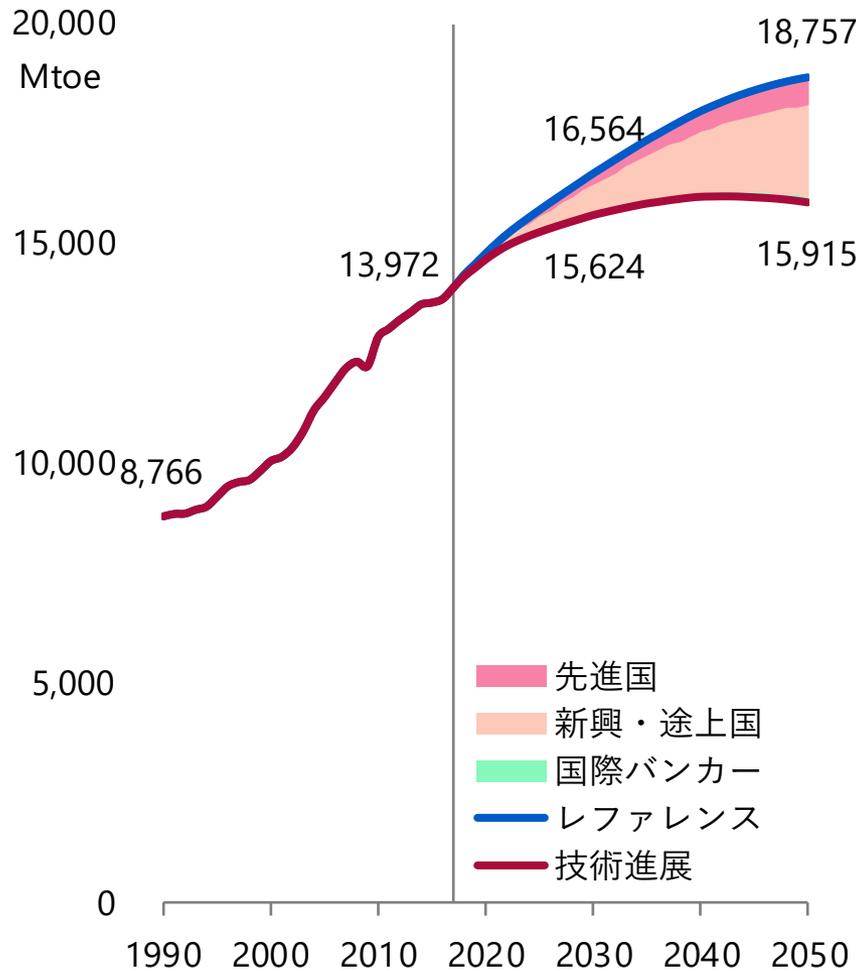
#### 4. 一方、悩みが見えないのは、中国&露

: **中国** ⇒ 毎年約 2 基完成。現在39基。海外展開 (英、パキ等)

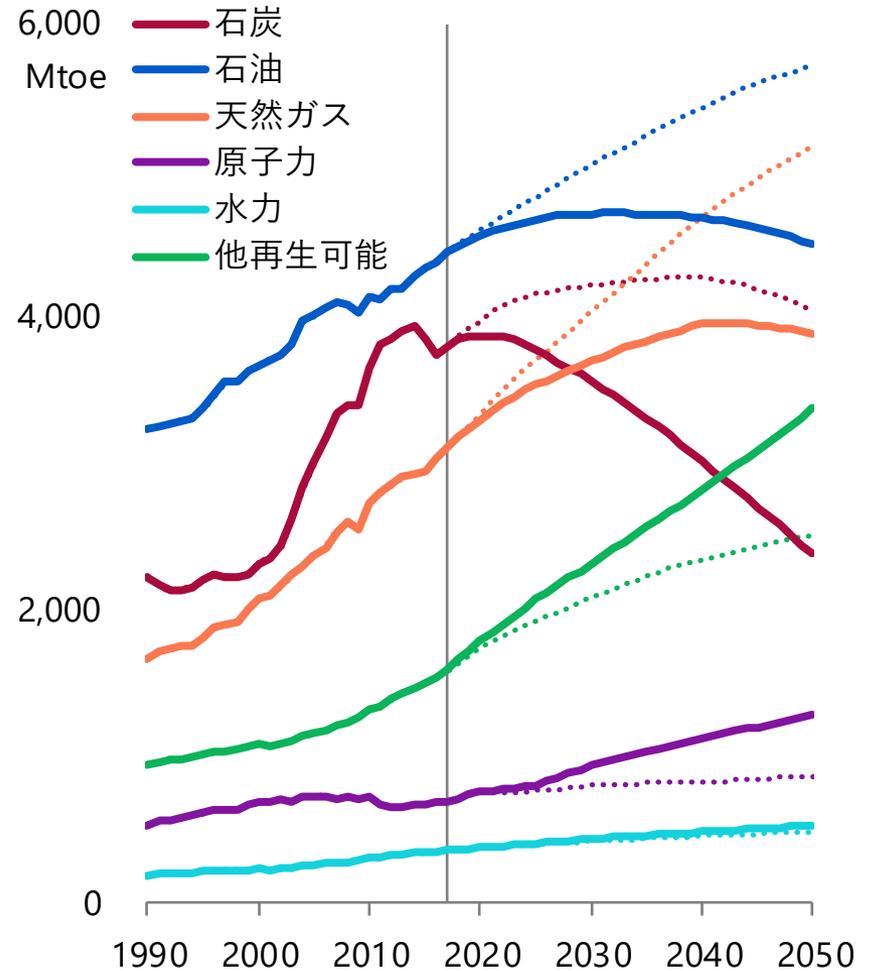
: **ロシア** ⇒ 毎年約 1 基完成。現在37基。海外backlog80基

# 一次エネルギー消費

国・地域別



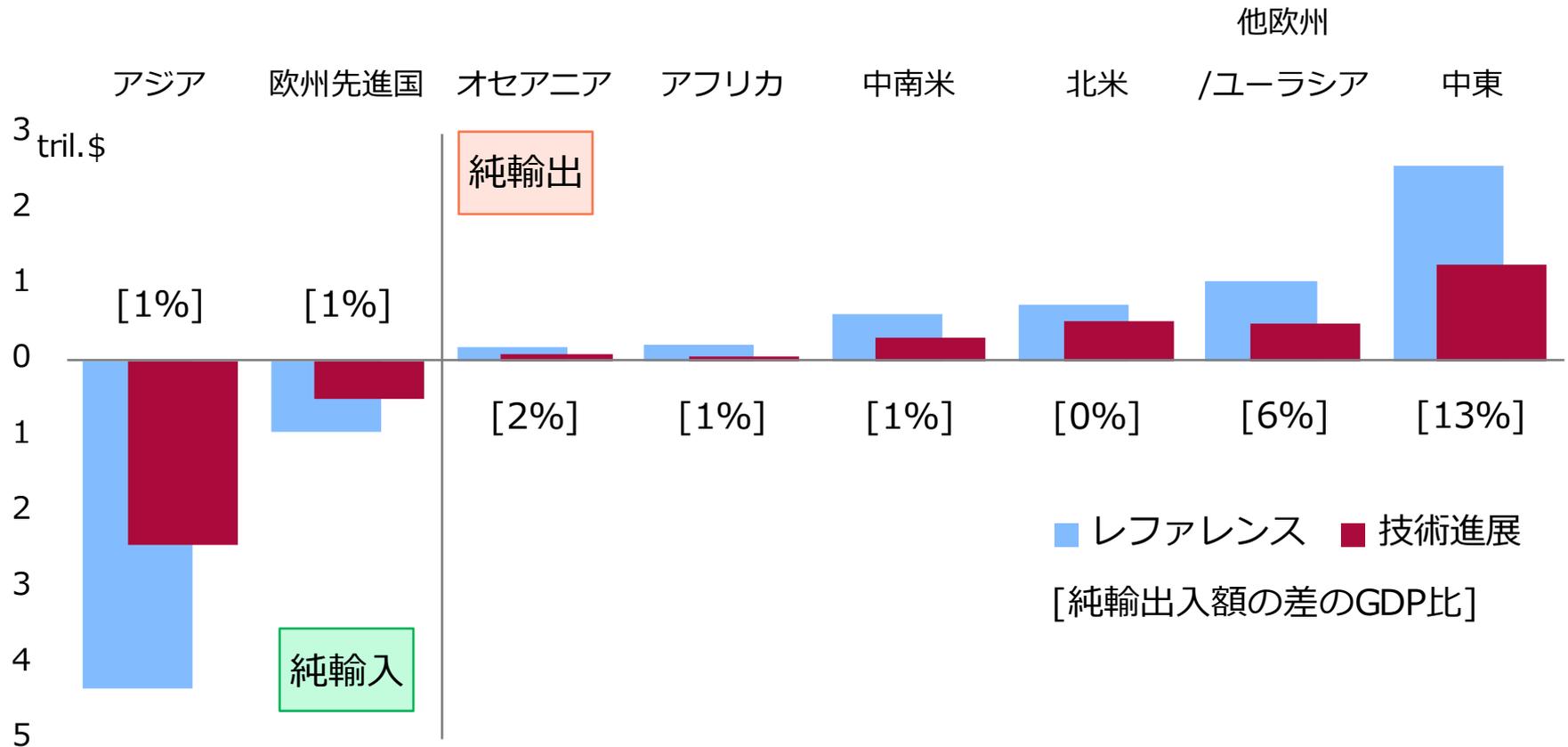
エネルギー源別



(注)実線：技術進展、破線：レファレンス

# 中東の石油収入見通しに大きな差

## ❖ 各地域の純輸出入額 (2050年)



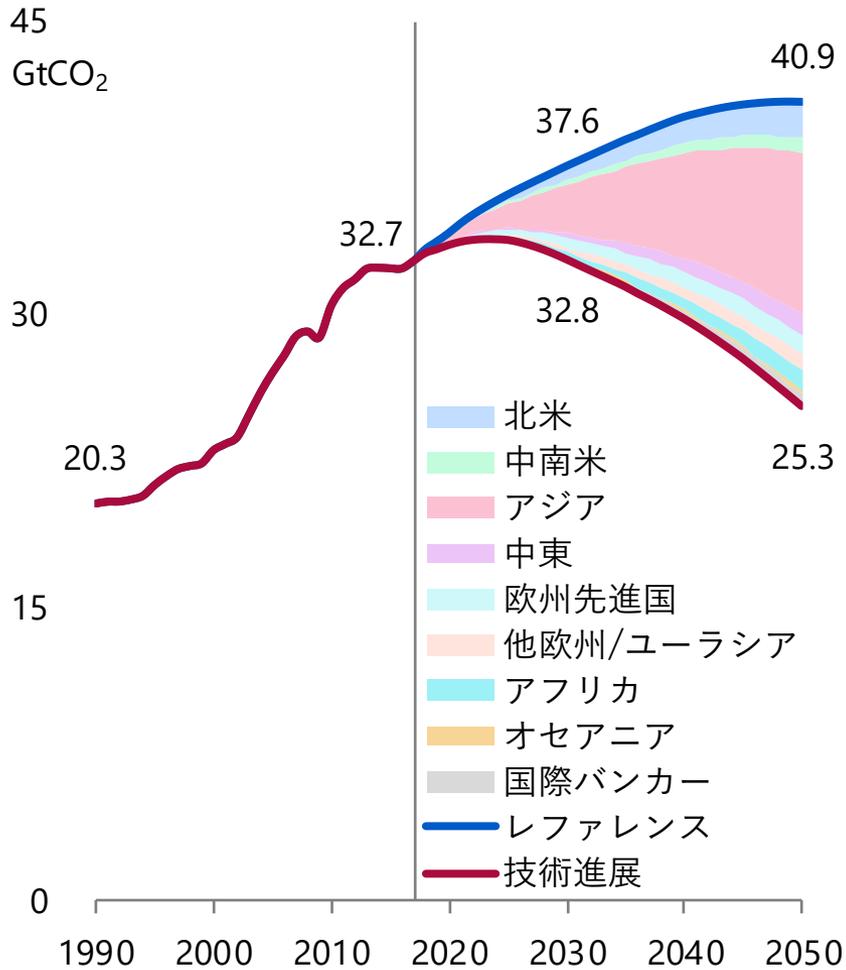
技術進展シナリオでは、化石燃料の需要増が抑制され、価格もレファレンスシナリオに比べて低い。

アジアや欧州先進国は、純輸入額を大きく抑制することができる。

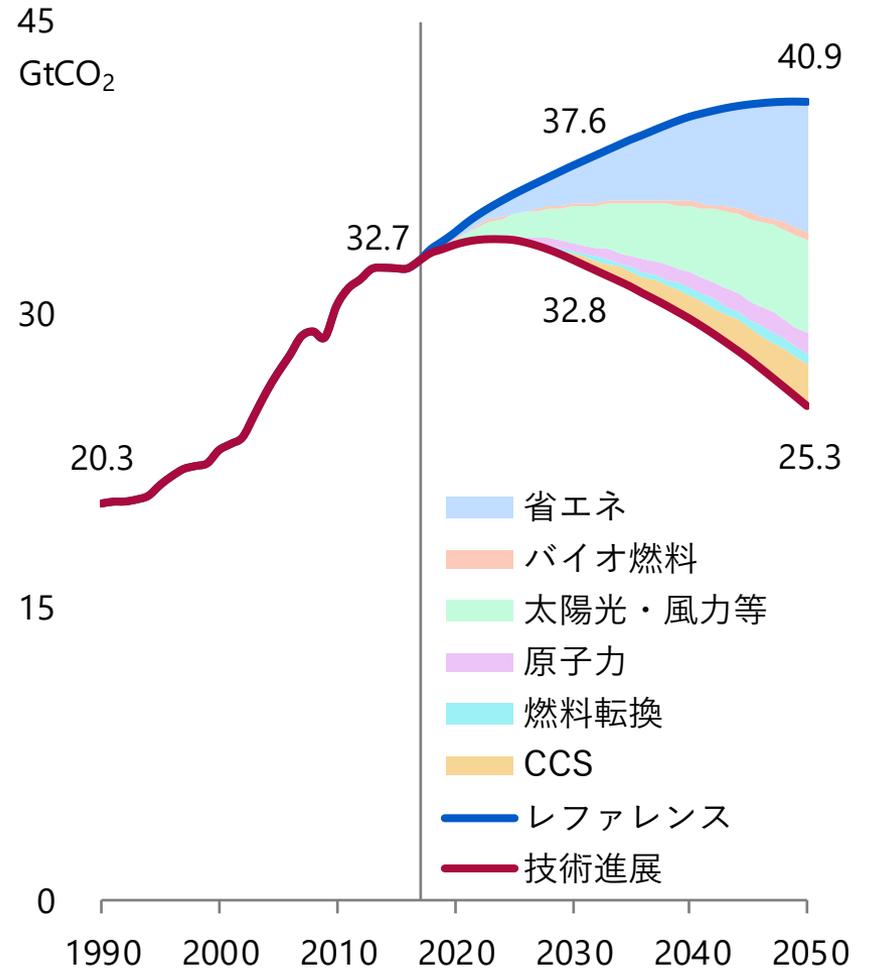
一方で、中東の純輸出額は大きく低下、GDPの13%に相当する収入が失われる可能性。

# CO<sub>2</sub>排出量

国・地域別

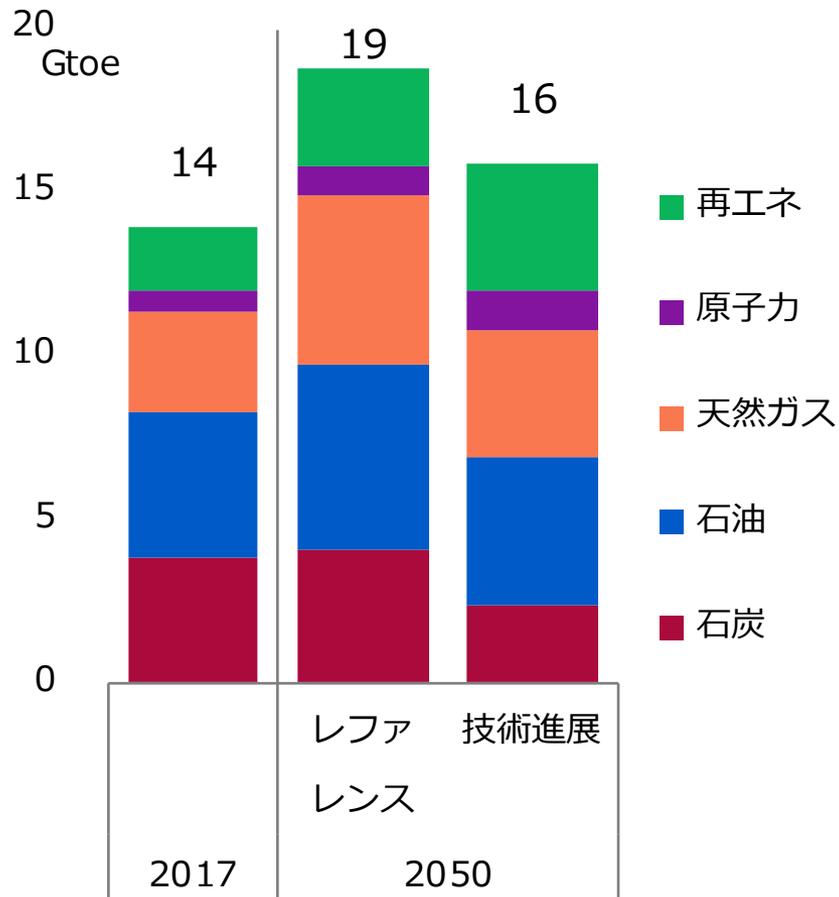


技術別

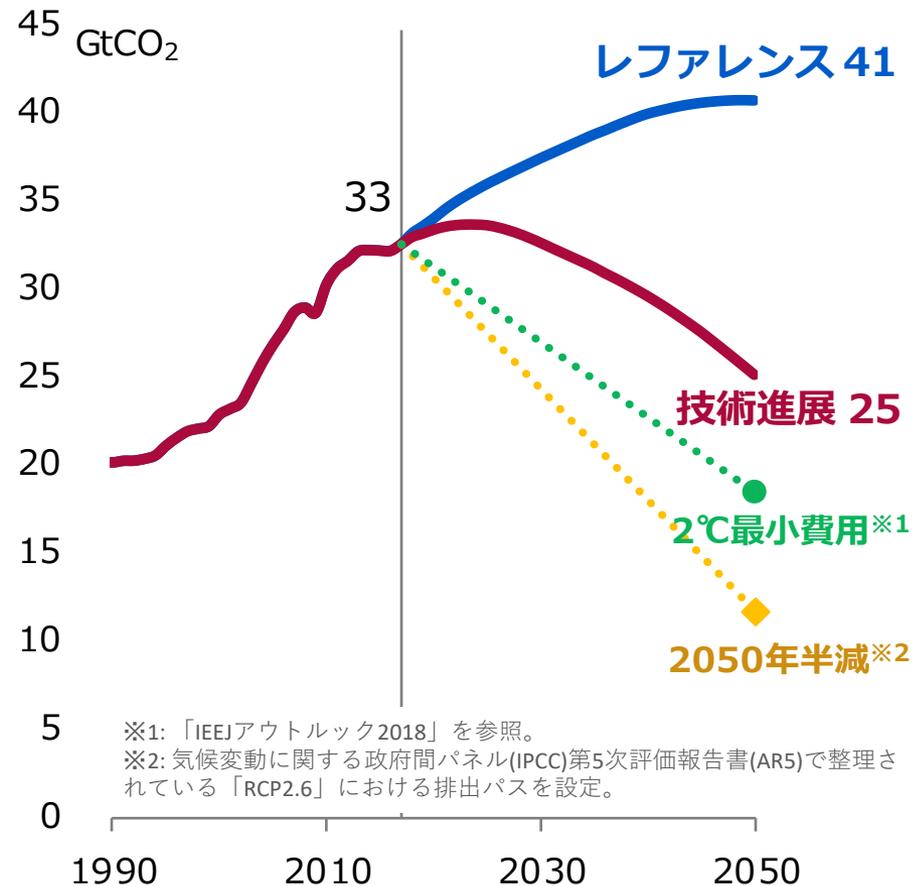


# 排出量は大きく減少も、2°C目標には届かない

## ❖ 一次エネルギー需要



## ❖ エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量



※1: 「IEEJアウトルック2018」を参照。  
 ※2: 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書(AR5)で整理されている「RCP2.6」における排出パスを設定。

技術進展シナリオの化石燃料依存は現在より低下するものの、依然として7割弱を占める。CO<sub>2</sub>排出量は2020年代半ばがピーク、2050年には2017年比で23%減となる。気温上昇を2°Cに抑える排出パスの実現には、さらなる削減政策や革新的技術の開発が必要。

- ✓ 今後エネルギー需要が大きく増えるのは新興・途上国。
- ✓ アジアの需要増に域内生産が追いつかず、北米・中東からの輸入が大きく増える。原油の中東依存度は高まる。
- ✓ 中東は石油輸出収入に依存しない経済への移行が急務。
- ✓ 「技術進展シナリオ」では、自然変動電源の発電能力が最大需要を超え、系統安定対策が必要。
- ✓ エネルギー全体の化石依存度は高く、2度目標には届かない。**革新的技術の開発が必要。**



- 1:米中の覇権争い。
- 2: 地政学的リスク
- 3: 気候変動と脱炭素化

注目される  
主要トレンド  
-アジアの視点から-

# 米中覇権争い：エネルギーで見れば生産国v s 消費国

## 中国

一次エネルギー消費の推移



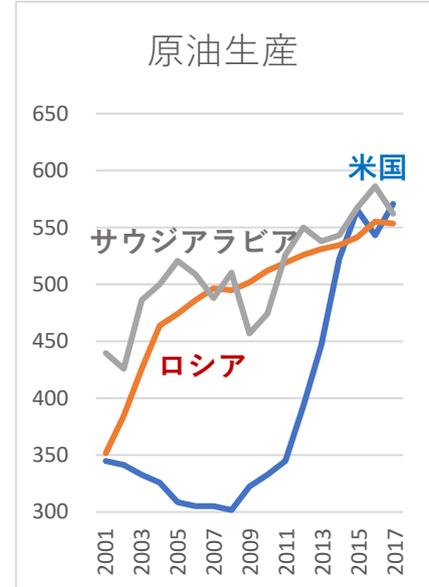
米中は報復関税をかけ合う貿易戦争を繰り広げてきた



5700品目への関税25%引き上げへ

## 米国

原油生産



ガス生産



世界最大のエネルギー生産国

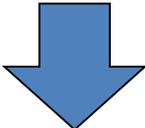
# 混迷を深める世界情勢と地政学リスクの増大



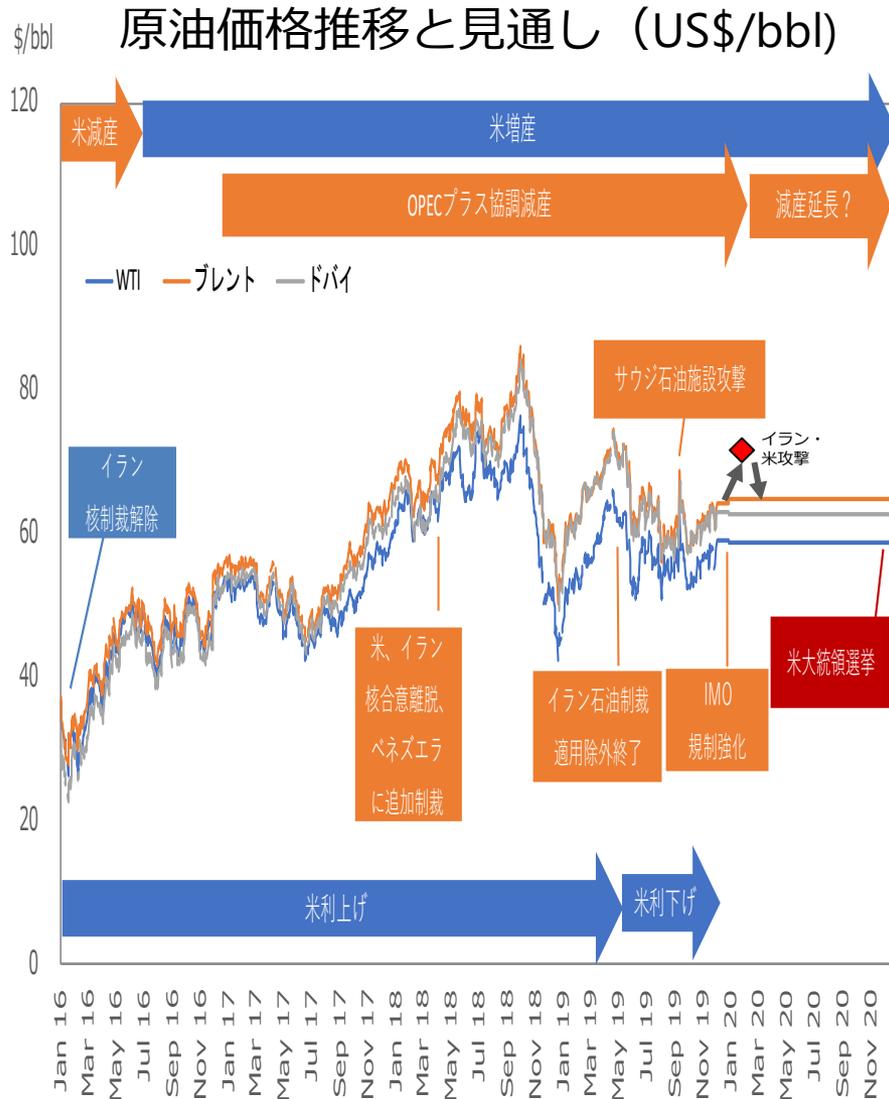
MBZ & MBS



## 石油：資源国経済・政治の不安定化

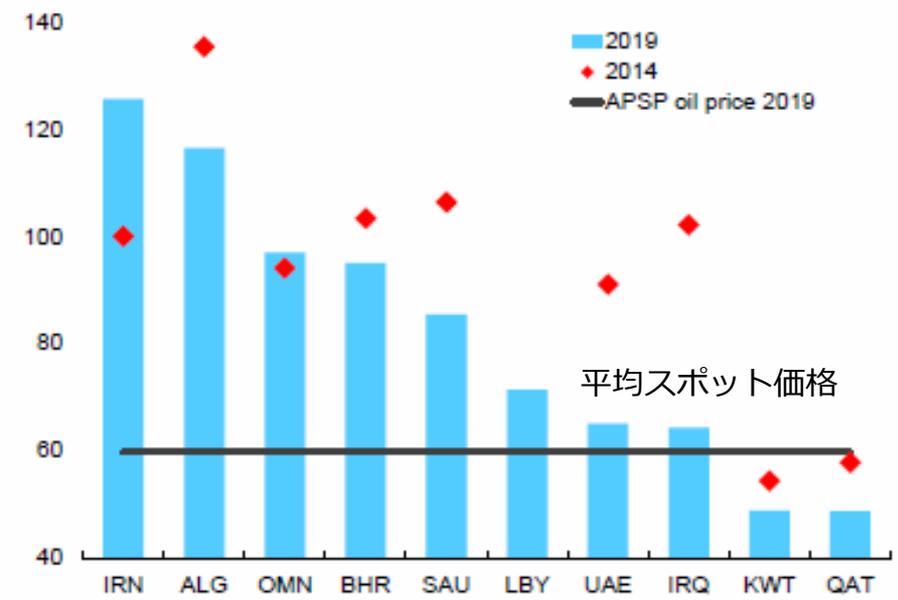
- 米国の石油自給化による外交政策の変化
  - 世界の石油供給の3割の地域における緊張
    - ◆ベネズエラの経済・経済破綻と減産
    - ◆リビア・ナイジェリアの政治不安の継続
    - ◆イランへの米国経済制裁復活による石油減産
    - ◆サウジ石油設備への攻撃
  - 世界全体での供給超過とOPEC+の協調減産（増産の自制）努力はいつまで続くか ⇔ 国際紛争
- 
- 産油国の動揺による石油供給不安の可能性への注意が必要。

# 中東産油国の支出は原油販売収入を上回っている



## 財政収支均衡原油価格 (US\$/bbl)

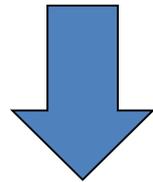
### Fiscal Breakeven Oil Prices (US\$ per barrel)



出所：IMF, Regional Economic Outlook-Middle East, North Africa, Afghanistan, and Pakistan (2019年 4月)

## ガス：米国からのLNG輸出とロシアへの影響

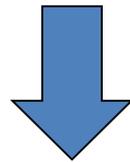
- 米国、ロシア、豪州、カタールによるガス販売競争。
- 米国LNGの欧州向け輸出：ロシアとの競合
- ロシアのアジア向けガス輸出戦略。北極海からのLNG輸出と米国LNGとの競合
- 米国の対ロシア強硬政策（安全保障上の懸念によるドイツ向けパイプライン計画（ノルドストリーム2）への反対）



- アジア等消費国には供給源の多様化と価格引き下げへの期待

## 何故石炭消費は増加しているのか？

- 石炭消費の7割はアジア、中国が世界の石炭消費の半分を占める。
- 電力化が進展、電源の中心は石炭火力
- 大気汚染対策で旧式石炭火力やボイラーの廃止・休止政策がとられた中国では、ガスシフトの対応を急ぐあまり、ガス不足から厳冬時の暖房休止も。



- 今後の経済成長とエネルギー消費の中心はアジア
- 旧式の非効率な石炭火力から大気汚染対策をした火力や最新式の高効率な石炭火力（USC、IGCC、A-IGCC等）への転換が課題
- 天然ガスシフトはガス価格次第の国も

# 深刻度を増す新興都市の交通渋滞



# 大気汚染の悪化と周辺国への影響



北京  
2013年



2013年3月 東京



2012年1月 東京



# 気候変動への対応と経済・社会への影響

# TCFD

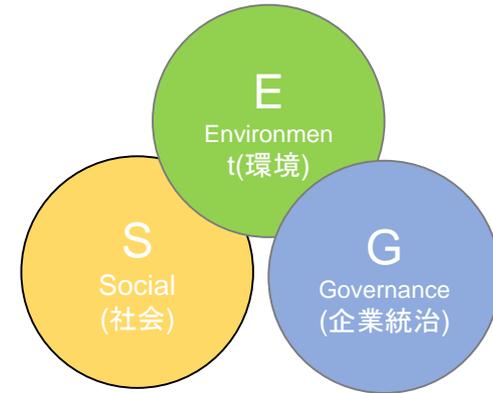
TASK FORCE ON  
CLIMATE-RELATED  
FINANCIAL  
DISCLOSURES

Figure E2

## Number of TCFD Supporters



金融界は脱炭素化を急ぎ、化石燃料にアレルギー症状



気候変動対策の遅れへの若者からの抗議



The REVOLT against energy taxes is worldwide.



Carbon taxes are inherently regressive and hurt the poor the most.

庶民の不満は炭素税に向けられて暴徒化

# 金融における気候変動リスクへの対応方針の変遷

1990年代：欧州で**社会責任投資**（**SRI**：Socially Responsible Investment)が進むが倫理観が先行し、投資効率性は置き去り

2006年：**国連責任投資原則**（**PRI**：Principles for Responsible Investment)の提唱。**ESG**と**経済発展**を双方考慮する投資へ。

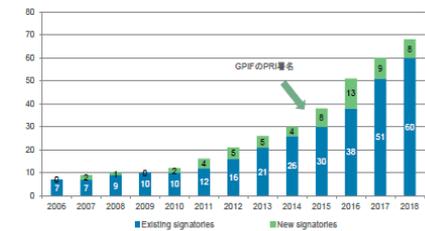
2015年：日本でもGPIFが署名したことで、PRI署名機関の伸びが倍増 →

2015年：**SDGs**（**持続可能な開発目標**）の策定で、企業の目指すべき社会的責任の方向性が明確に

2015年：**パリ協定**に190か国以上が参加、初の世界的取り組みに

日本の場合はさらに、コーポレートガバナンスコード（企業の行動規範）とスチュワードシップコード（投資家の行動規範）の改訂、強化がESGを牽引

■ 日本におけるPRI署名機関数の推移



「**RE100**」再生可能エネルギー100%で事業活動をする宣言をした企業集団。2014年～アップル、ウォルマート等多くのサプライチェーンを持つ企業参入の影響大

「**TCFD**（**気候関連財務情報開示タスクフォース**）」

FSB(金融安定理事会)のTF。年次報告での気候関連情報開示を求める提言を策定

気候変動がもたらすリスクおよび機会が財務に与える影響を明確化する

日本では164の企業や団体による賛同表明（世界で最多数）

「**ダイベストメント**」（⇒化石燃料、石炭などの座礁資産化の懸念も）

既に投資した金融資産の引き上げ（持株や自社事業の売却など）。再保険業界では

大手7社全てが石炭火力からのダイベストメント（投資撤退）方針を発表（2015-18年）

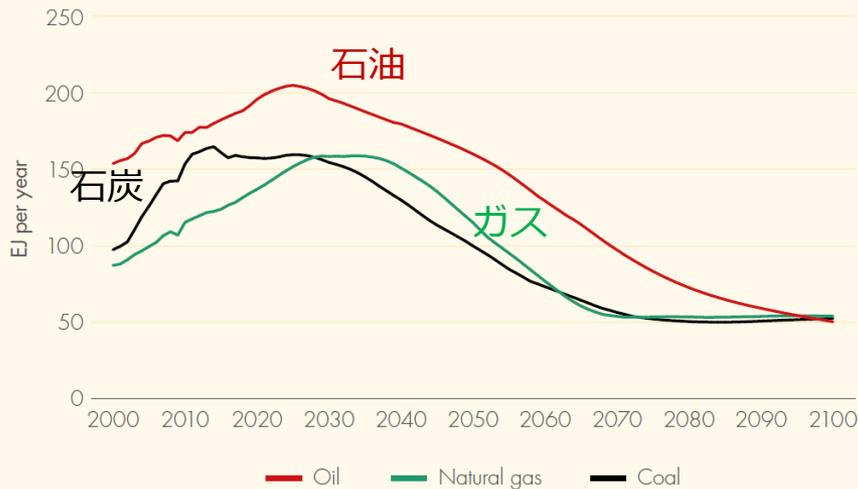
「**ESG投資**」環境（E）、社会（S）、ガバナンス（G）に貢献する投資

タバコ健康被害が認識されてから規制が入るまでの30年間は世論が醸成される期間  
条約策定後、現状までにさらに15年 → 嗜好品のタバコと環境問題では危機感醸成までのスパンは短期化

# ShellのSkyシナリオ

## 化石燃料は次々にピークを迎える

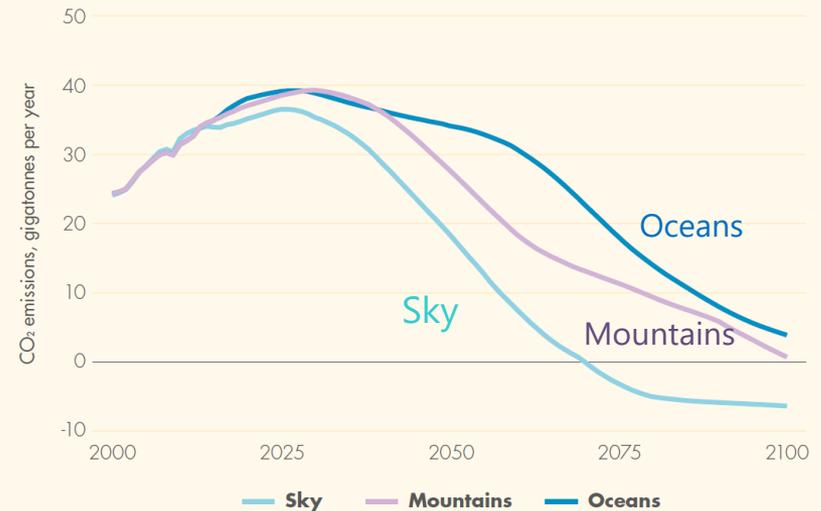
IN **SKY**, PEAK COAL DEMAND IS ALREADY BEHIND US, PEAK OIL DEMAND FOLLOWS IN THE 2020s, AND AFTER A PLATEAU, GAS DEMAND FALLS RAPIDLY FROM 2040



Source: Shell analysis

## エネルギー関連CO<sub>2</sub>排出量

SHELL SCENARIOS COMPARED – WORLD ENERGY-RELATED CO<sub>2</sub> EMISSIONS

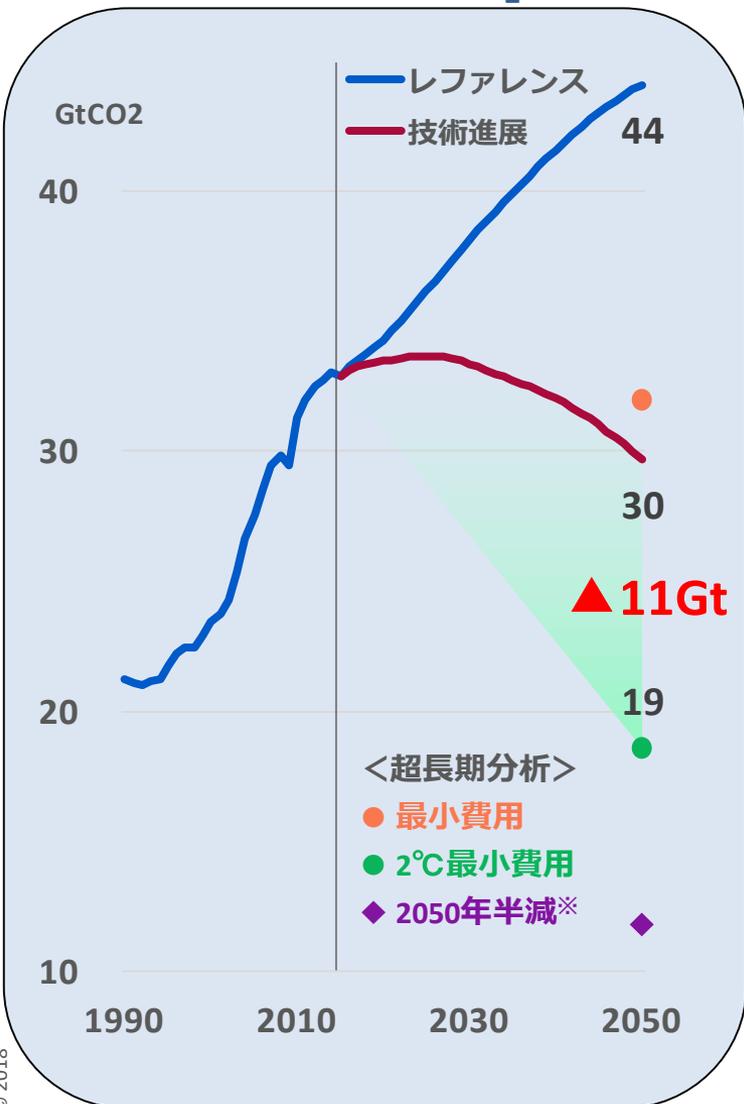


Source: Shell analysis

- Shellは4月12日、エネルギー移行の戦略に関するShell Energy Transition Reportを発表。
- この報告書は、金融安定理事会の気候関連財務情報開示タスクフォース（Task Force on Climate-related Financial Disclosures: TCFD）の勧告に対するShellの回答。
- 急速なエネルギー移行シナリオであるSkyシナリオに対してであっても、Shellは短中期的な財務およびポートフォリオの強靭性を有しているとした。

# さらなる削減には技術革新が必須

## ❖ エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量



## ❖ さらなる11Gtの削減に必要な技術導入量の例

### ① CO<sub>2</sub>フリー水素技術の利用 (参考: アウトルック2016)

- ・ 水素発電 1GW x 3000基
  - ・ 燃料電池車 10億台
- (800Mt/年の水素需要は現在のLNG需要の約3倍)

### ② ネガティブエミッション技術の利用

- ・ BECCS: バイオマス発電 0.5GW x 2800基
- (2000Mtoe/年の燃料供給に285万km<sup>2</sup>相当の土地)

### ③ ゼロエミッション電源の利用+製造業CCS

#### ▲ 10GtCO<sub>2</sub> (CCS未設置火力発電の代替による削減上限値)

- ・ 宇宙太陽光 : 1.3GW x 2300基
- or ・ 高温ガス炉 : 0.275GW x 8700基
- or ・ 核融合炉 : 0.5GW x 4500基
- or ・ CCS火力発電 : 2800GW

(CO<sub>2</sub>貯留のポテンシャルは推定7000Gt以上)

+

#### ▲ 1 GtCO<sub>2</sub>

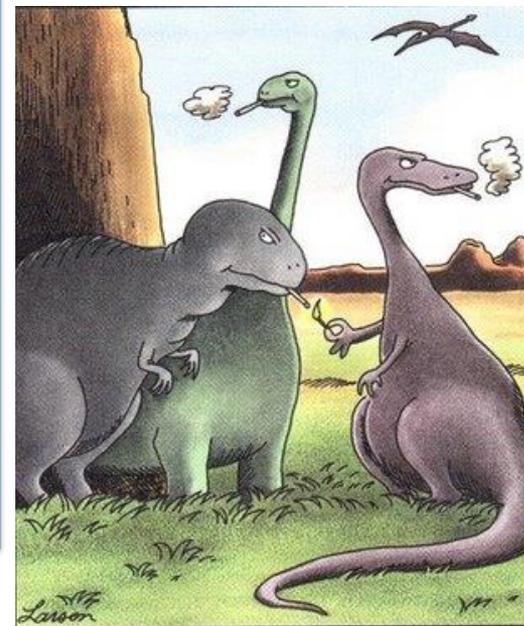
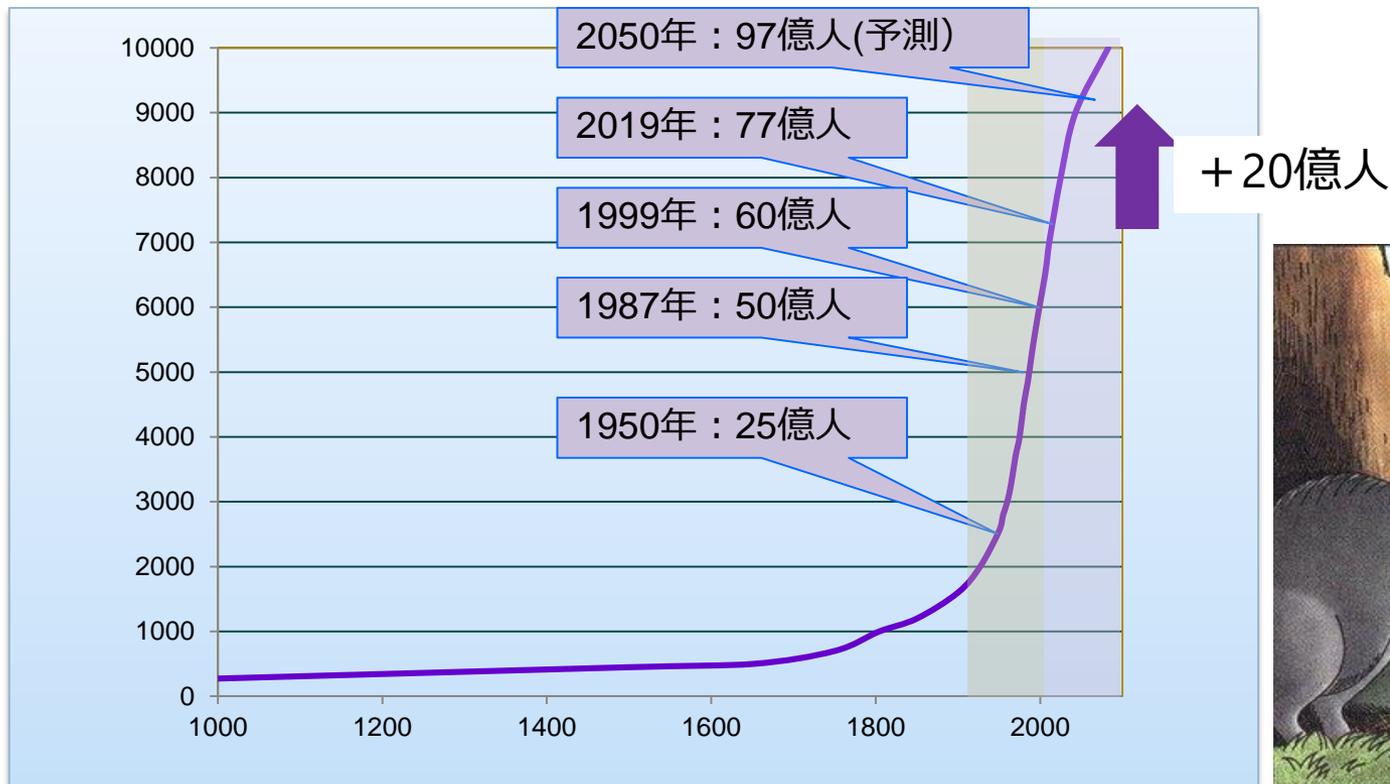
- ・ 製造業CCS: 製造施設・プラントの約2割に設置
- (鉄鋼、セメント、化学、紙パ、石油精製、GTL/CTL)



# 世界の課題



# 世界の人口は20世紀以降に急増



The real reason dinosaurs became extinct

如何にして、持続可能な成長を支えるのか...

3 (not 2) billion more  
needs energy access

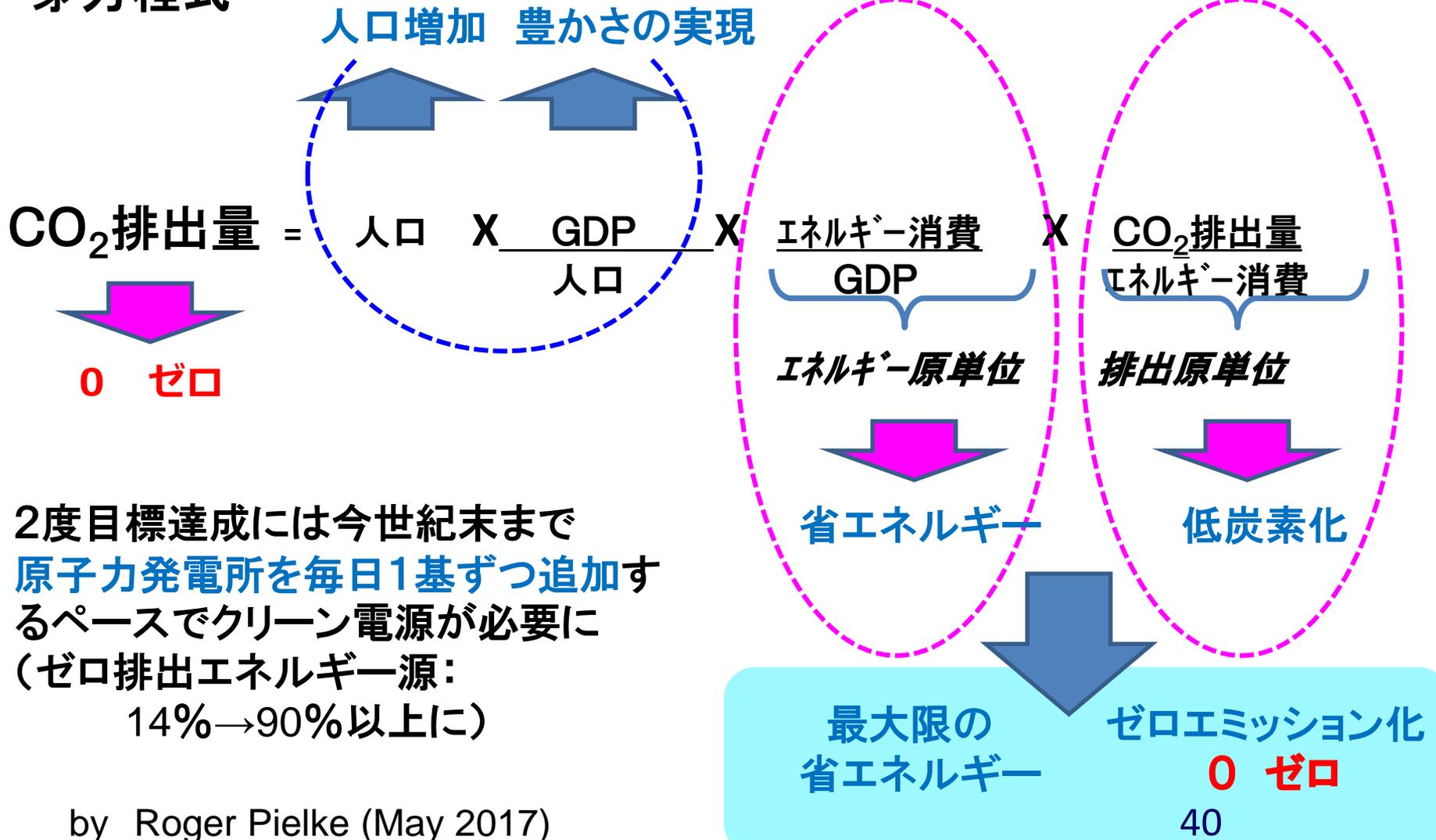
# 2050年に向けた主要国の戦略

	削減目標	柔軟性の確保	主な戦略・スタンス		
			ゼロエミ化	省エネ・電化	海外
米国	▲80%以上 (2005年比)	<b>削減目標に向けた野心的ビジョン</b> (足下での政策立案を意図するものではない) providing <b>an ambitious vision</b> to reduce net GHG emissions by 80 percent or more below 2005 levels by 2050.	ゼロエミ比率 引き上げ 変動再生エネ + 原子力	<b>大幅な電化</b> (約20%→45~60%)	米国製品の市場拡大を通じた貢献
カナダ	▲80% (2005年比)	<b>議論のための情報提供</b> (政策の青写真ではない) not a blue print for action. Rather, the report is meant to <b>infrom the conversation</b> about how Canada can achieve a low-carbon economy.	電化分の確保 水力・変動再生エネ + 原子力	<b>大幅な電化</b> (約20%→40~70%)	国際貢献を視野 (0~15%)
フランス	▲75% (1990年比)	<b>目標達成に向けたあり得る経路</b> (行動計画ではない) the scenario is not an action plan: it rather <b>presents a possible path</b> for achieving our objectives.	電化分の確保 再生エネ + 原子力	<b>大幅な省エネ</b> (1990年比半減)	仏企業の国際開発支援を通じて貢献
英国※	▲80%以上 (1990年比)	<b>経路検討による今後数年の打ち手の参考</b> (長期予測は困難) exploring the plausible potential pathways to 2050 <b>helps us to identify low-regrets steps we can take in the next few years</b> common to many versions of the future	ゼロエミ比率 引き上げ 変動再生エネ + 原子力	<b>省エネ・電化を推進</b>	環境投資で世界を先導
ドイツ	▲80~95% (1990年比)	<b>排出削減に向けた方向性を提示</b> (マスタープランを模索するものではない) ※定期的な見直しを行う not a rigid instrument; it points to <b>the direction</b> needed to achieve a greenhouse gas-neutral economy.	引き上げ 変動再生エネ	<b>大幅な省エネ</b> (1990年比半減)	途上国投資機運の維持・強化

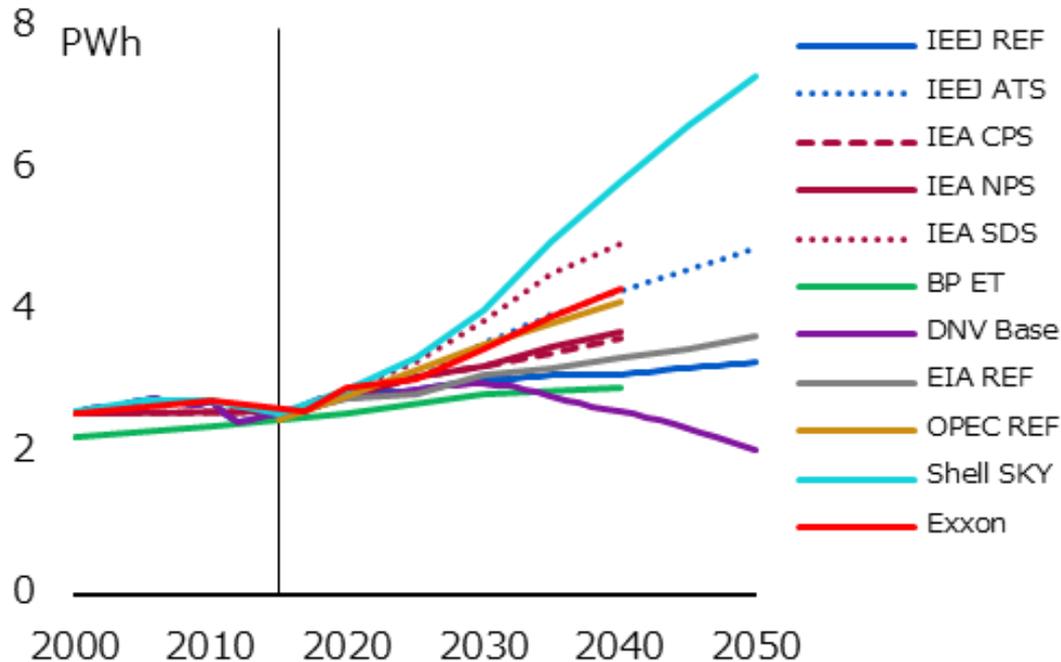
※ 長期戦略としてはUNFCCCに未提出。The Clean Growth Strategy (2017年10月)を基に作成。

# 最大限の省エネルギーと低炭素化が必須

## 茅方程式

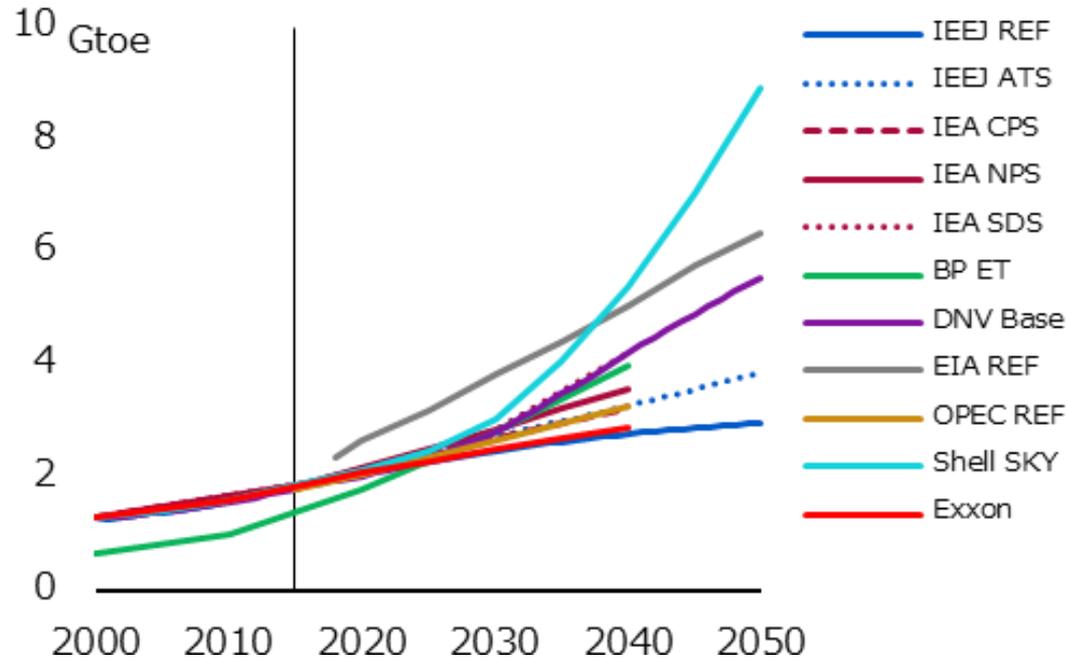


# 各機関の原子力見通し比較



- 2050年の見通しでは機関によって最大5兆kWhの開きがある。
- 近年先進国では安全性確保の追加コストの高騰が重荷となっている他、米国ではシェールガスに価格競争力で劣る。
- 他方、中東を含む新興国における原子力の導入が進んでおり、ロシアと中国からの輸出が続いている。
- 小型モジュール型原子炉（SMR）、次世代原子炉等の新技術や設備投資のコスト負担の工夫（英国のRABモデル）、変動制再エネ電力のバックアップとしてのFlexible Nuclearコンセプトなど、クリーン電力である原子力を活用する努力は続いている。

# 各機関の再生可能エネルギー見通し比較



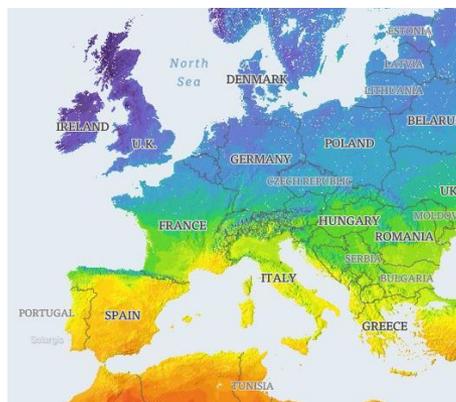
- 2050年の見通しでは機関によって最大石油換算 60億トンの開きがある。
- モジュール等の発電コストは下がっているが、蓄電池、出力抑制、系統接続等のシステム統合コストは変動制再エネ電力のシェアが増えると増加する。
- 太陽光や風力の地域毎の偏在性から、導入できるポテンシャルが国により異なる。
- デジタル技術の進化への期待

※1: Obtained from the "Global Solar Atlas 2.0, a free, web-based application is developed and operated by the company Solargis s.r.o. on behalf of the World Bank Group, utilizing Solargis data, with funding provided by the Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). For additional information: <https://globalsolaratlas.info>

※2: Obtained from the "Global Wind Atlas 2.0, a free, web-based application developed, owned and operated by the Technical University of Denmark (DTU) in partnership with the World Bank Group, utilizing data provided by Vortex, with funding provided by the Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). For additional information: <https://globalwindatlas.info>"

## 太陽光

### 欧州



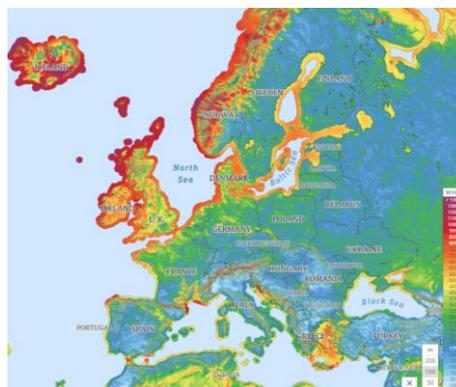
(出所)  
Global Solar Atlas※1

## ASEAN



## 風力

### 欧州



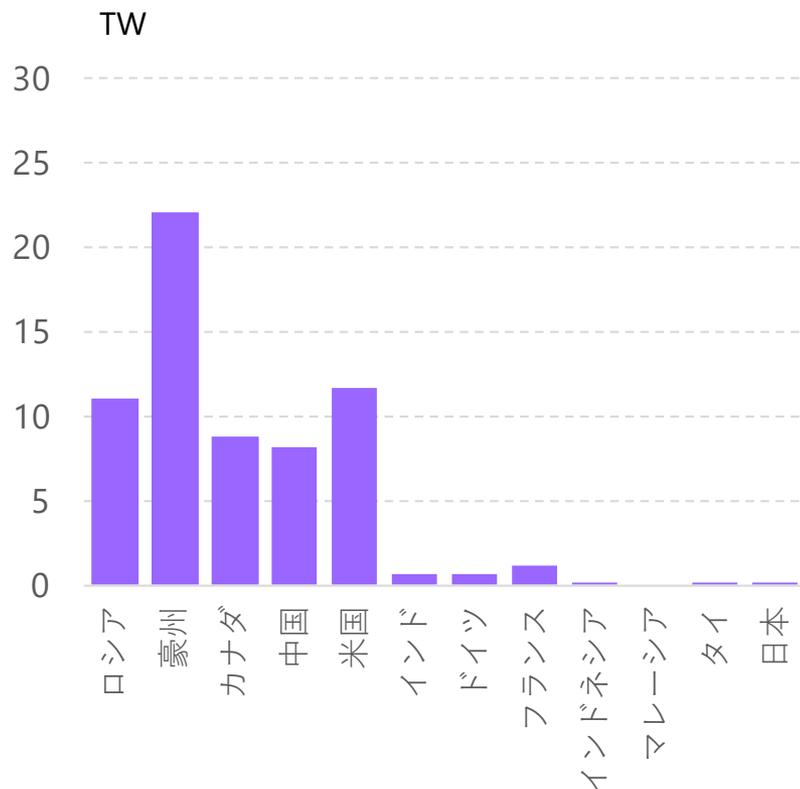
(出所)  
Global Wind Atlas※2

## ASEAN

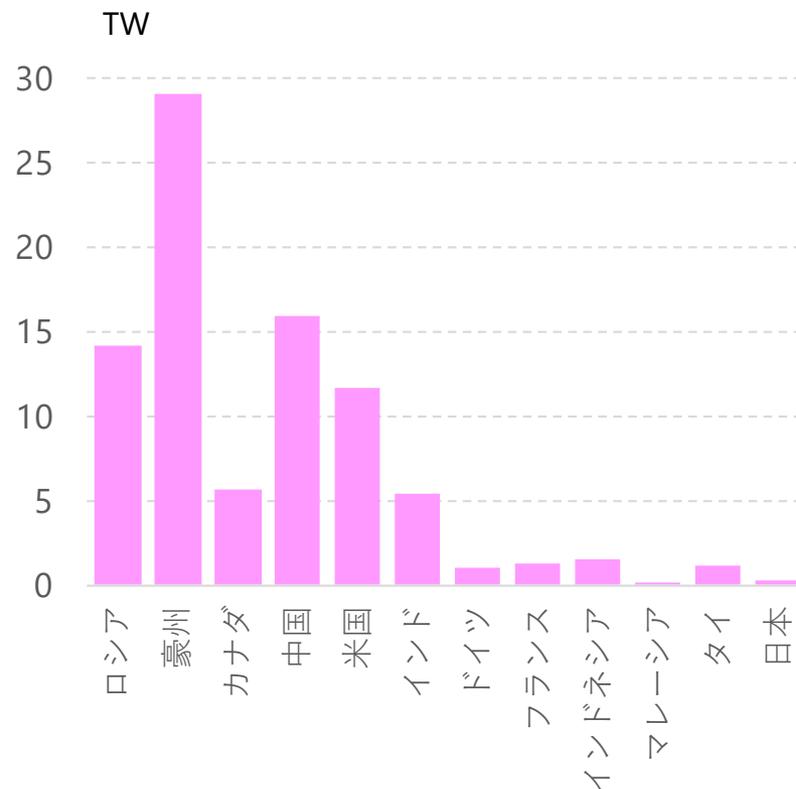


- ・ **VRE資源の賦存量は地域によって大きく異なる。特に風力発電資源の賦存量は風況によって大きく偏在し、例えば欧州では豊富に存在する一方で、ASEAN地域ではベトナム・フィリピンを除き、大きくない。**

陸上風力



太陽光



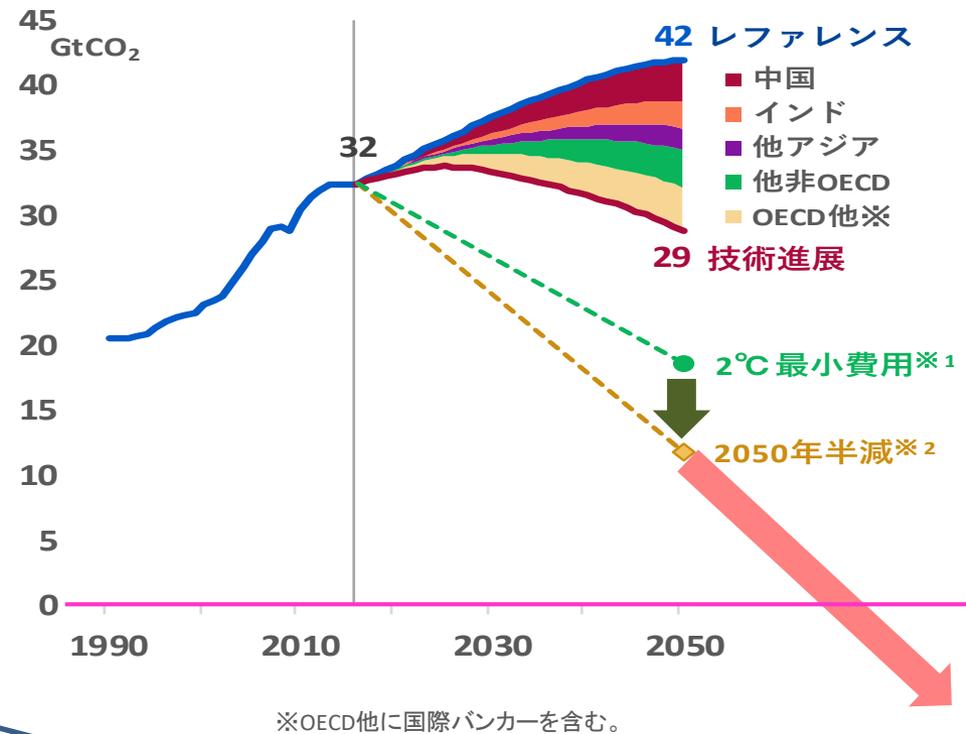
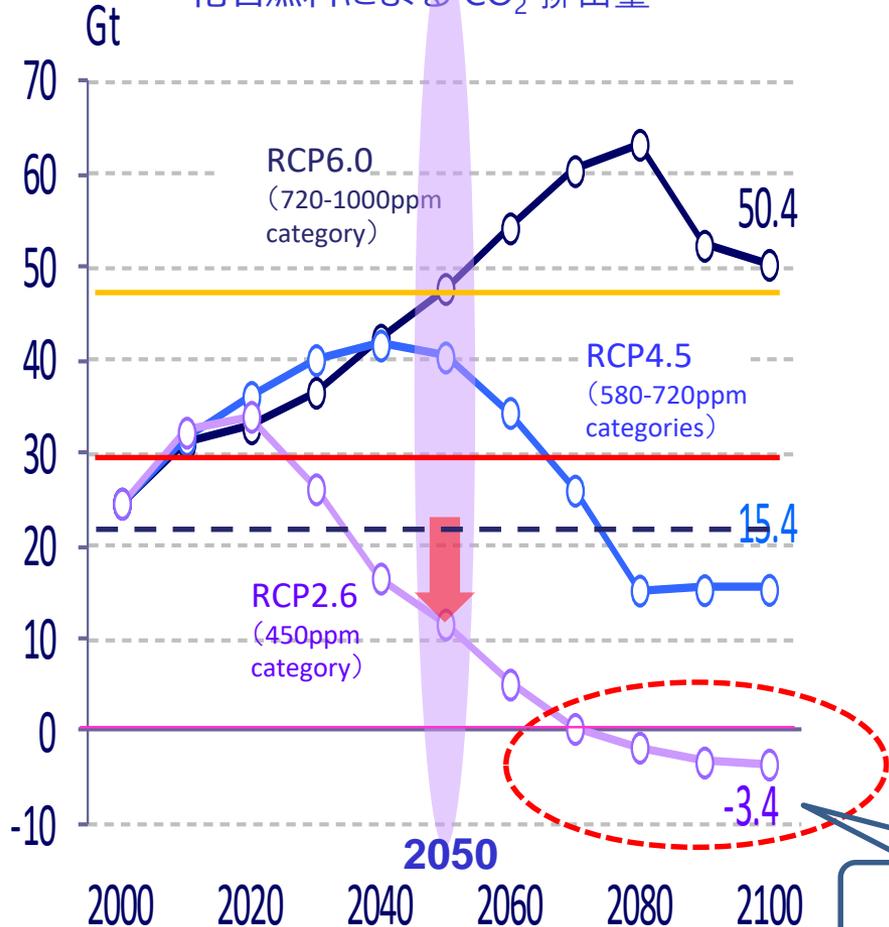
(出所)当所推計※

- ・ロシア・豪州・中国・米国など、**広大な土地を有する国に再生可能エネルギー資源は多量に存在する。**全ての国の資源量を合計すると、世界全体の電力需要を供給するために必要な設備量を遥かに上回る。
- ・緯度の高い地域では太陽光発電の資源量が比較的少ないのに対し、アジア地域では総じて風力資源に乏しい国が多い。

※ GISデータをもとに、世界各国の日射・風速や土地の傾斜・利用状況等を勘案して推計。

# さらなる削減によるネガティブエミッションが必須

化石燃料による CO<sub>2</sub> 排出量



※Calculated using MAGICC 6.0

Meinshausen, M., S. C. B. Raper and T. M. L. Wigley (2011). "Emulating coupled atmosphere-ocean and carbon cycle models with a simpler model, MAGICC6: Part I – Model Description and Calibration." Atmospheric Chemistry and Physics 11: 1417-1456.

出典: IPCC/AR5, 日本エネルギー経済研究所、「アジア/世界エネルギーアウトルック2015」

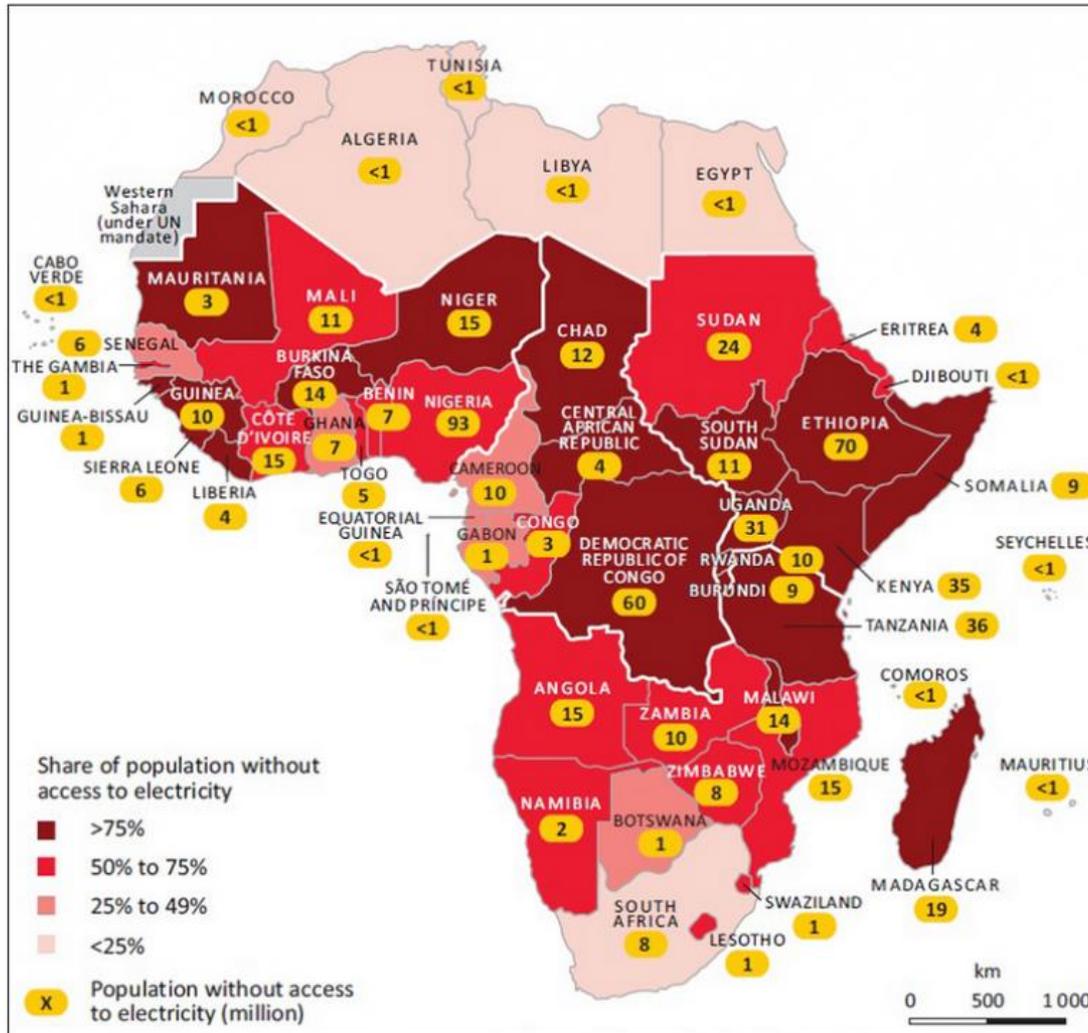
# 気候変動対策以外の目標の重要性

## SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

世界を変えるための17の目標



# エネルギー（電力）アクセス



- アフリカでは6億人が電力へのアクセスがない。
- 世界で電力へのアクセスがない人口の95%がサブサハラアフリカまたはアジア途上国。

This map is without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

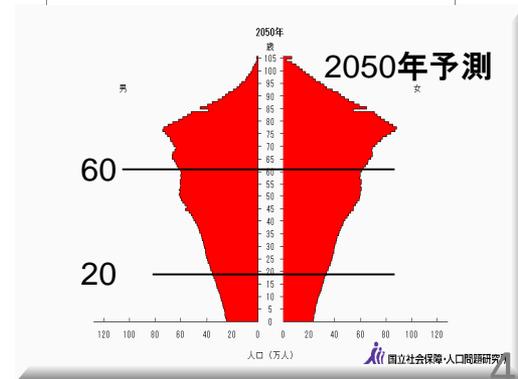
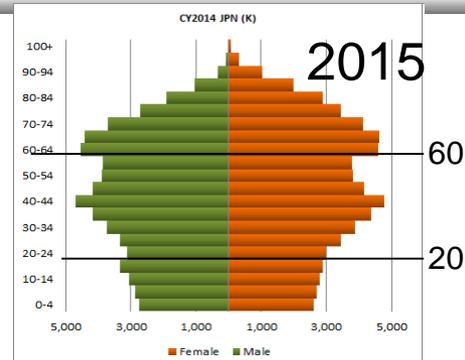
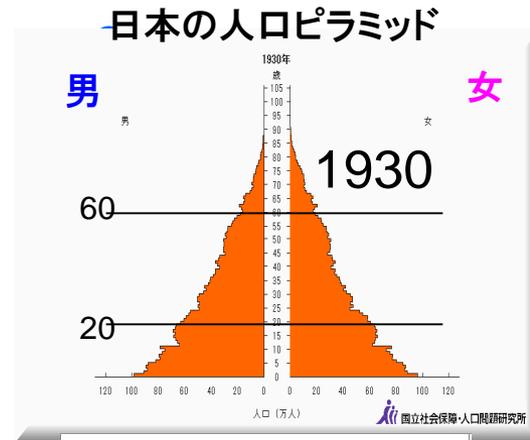


アジアでは  
気候変動対策だけでなく、  
残る2つのE（経済成長、  
エネルギー安全保障）も重要

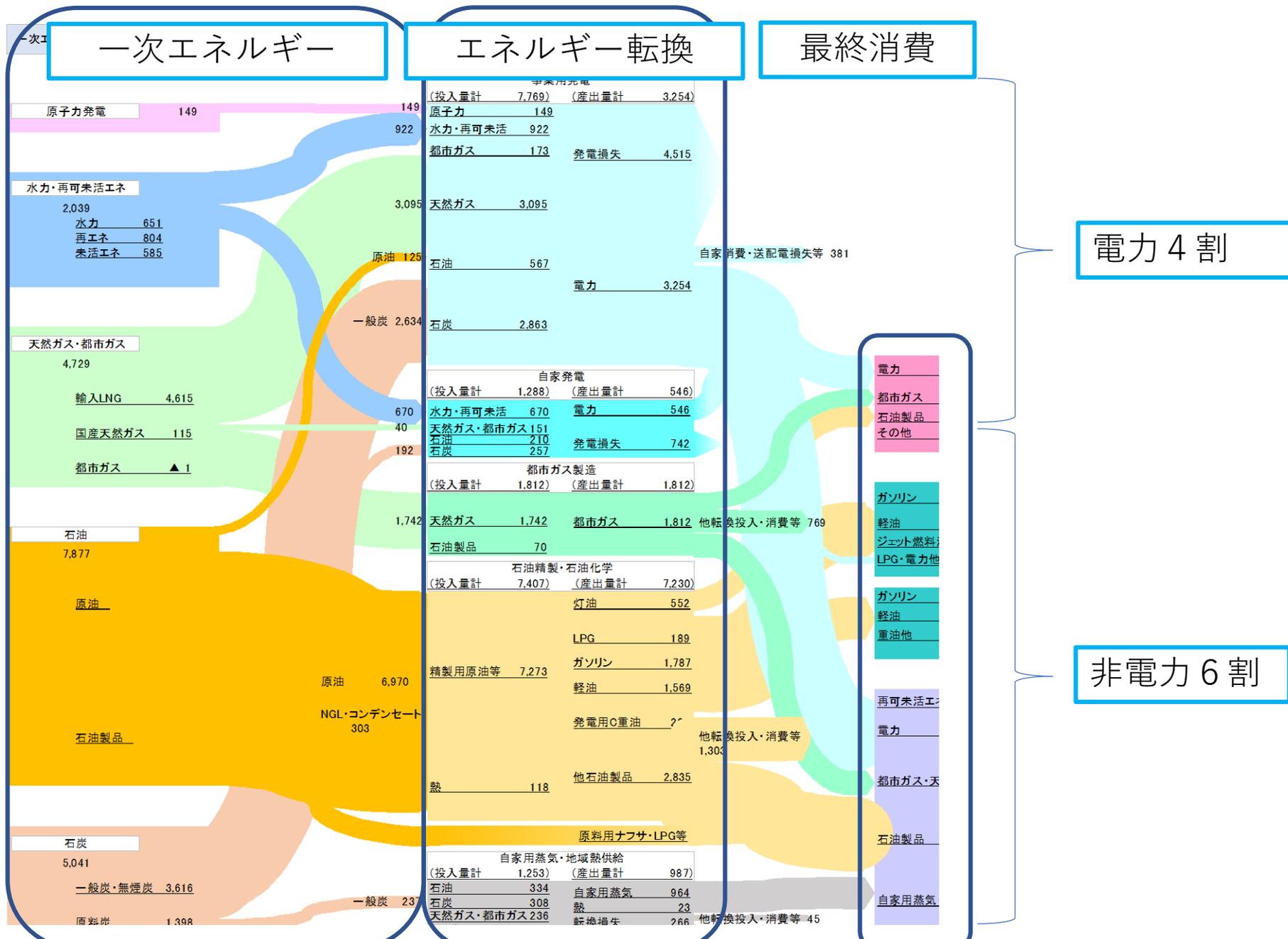
、  
新興国の

- 経済成長と気候変動対策の両立
- 新興都市の大気汚染対策

# 日本の課題



# 日本のエネルギー利用の6割は非電力

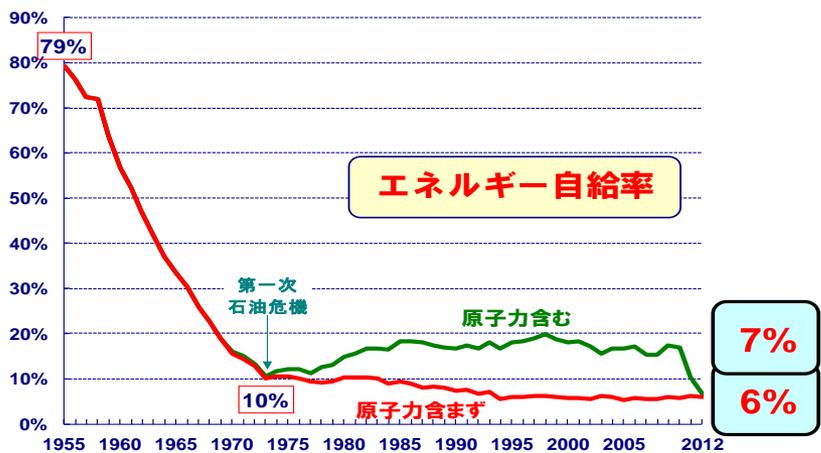
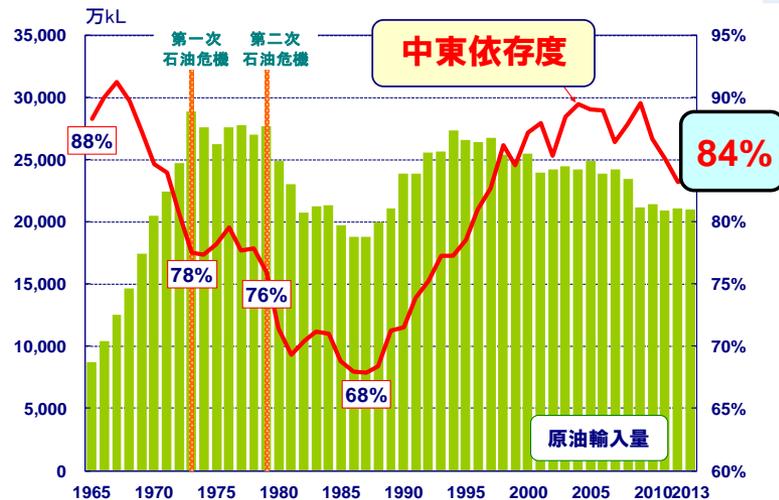
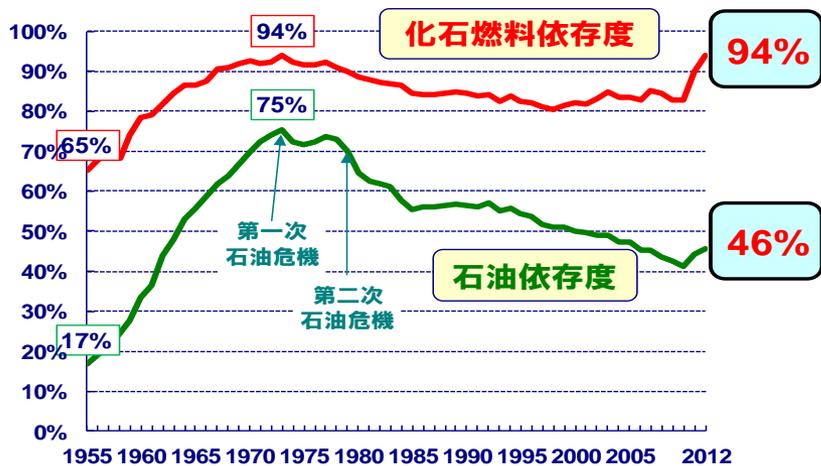


電力 4割

非電力 6割

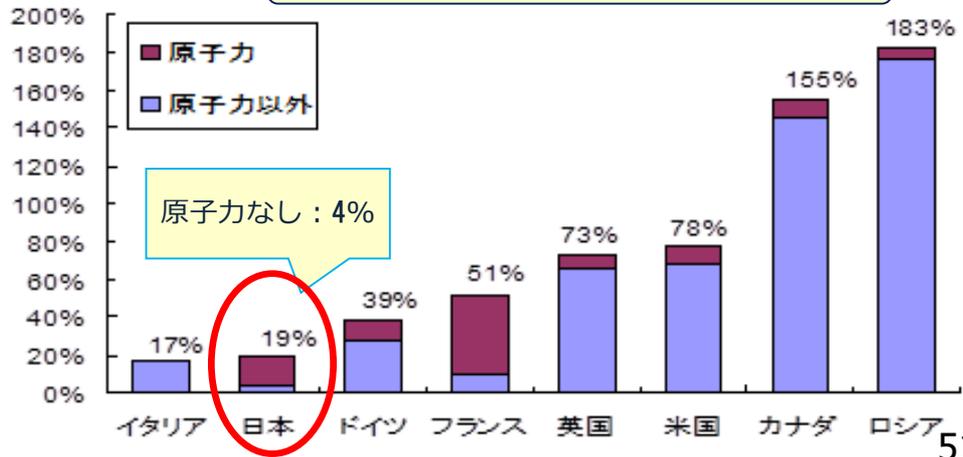
# 「エネルギー安全保障」(Energy Security) とは

日常生活や経済・産業活動に必要なエネルギー供給を適正価格で確保すること

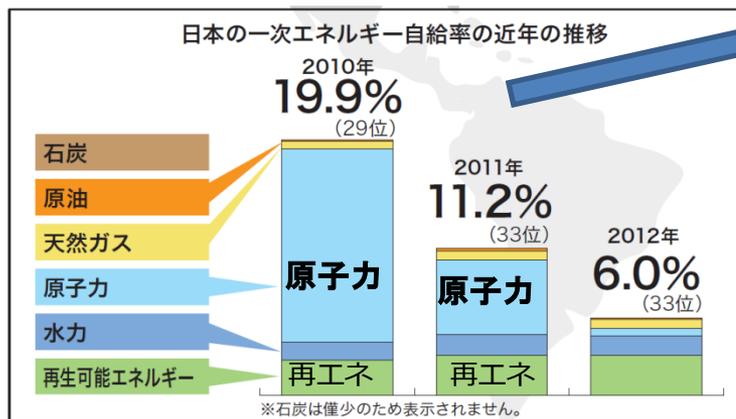
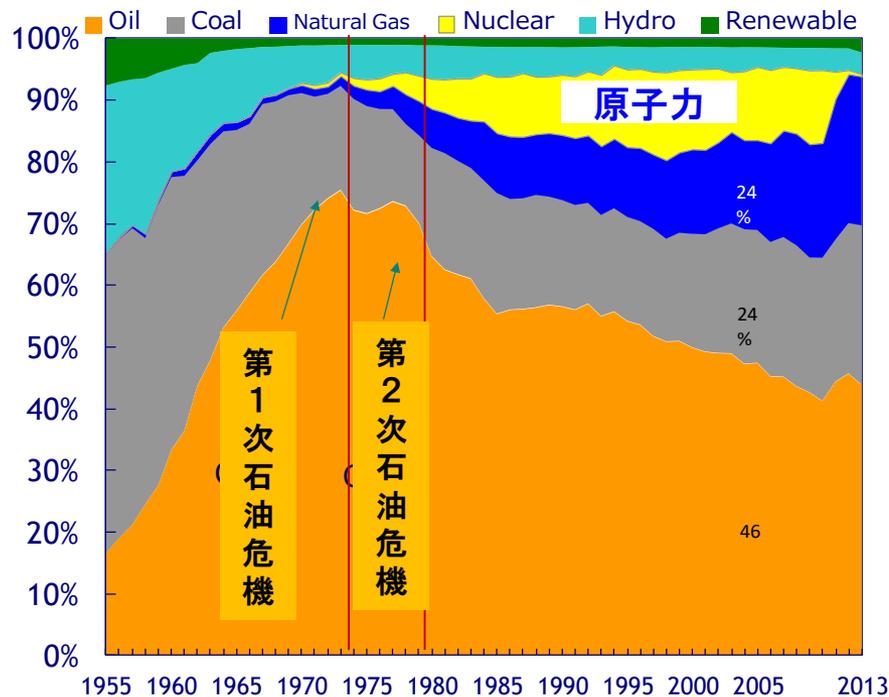
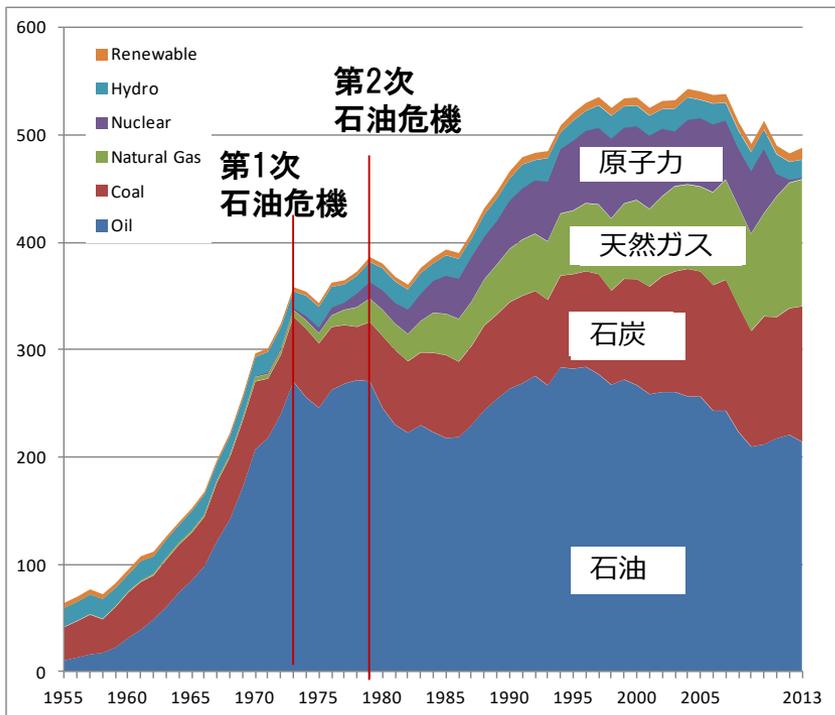


注) 2013年9月より全ての原子力発電所が停止中。

## エネルギー自給率の国際比較



## 日本の一次エネルギー供給推移 (1955-2013年度)

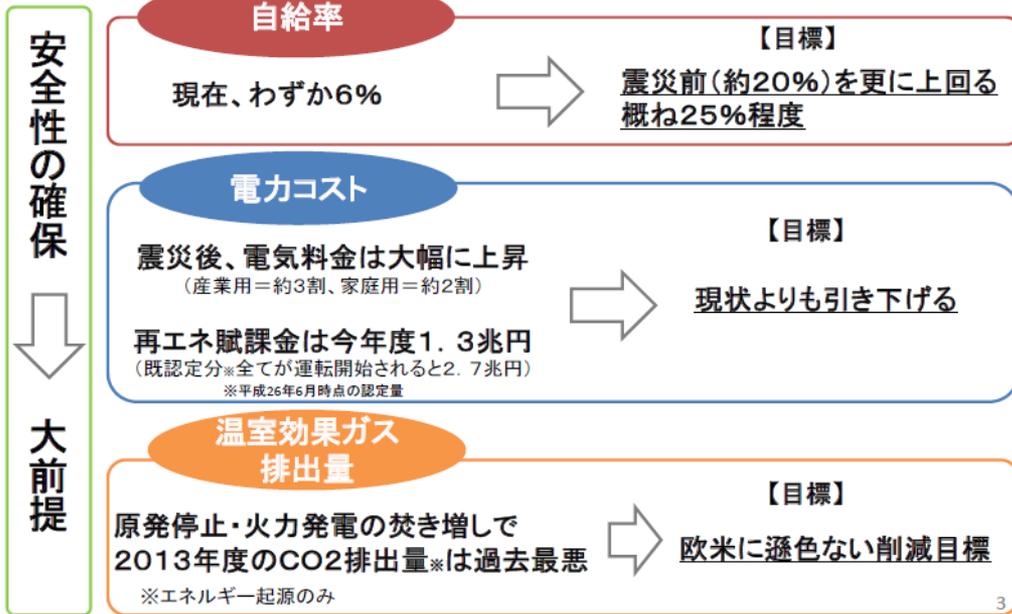


2030年度  
**25%**  
一次エネルギー供給  
再エネ : 13-14%  
原子力 : 11-10%

# 3E(+S)についての具体的目標

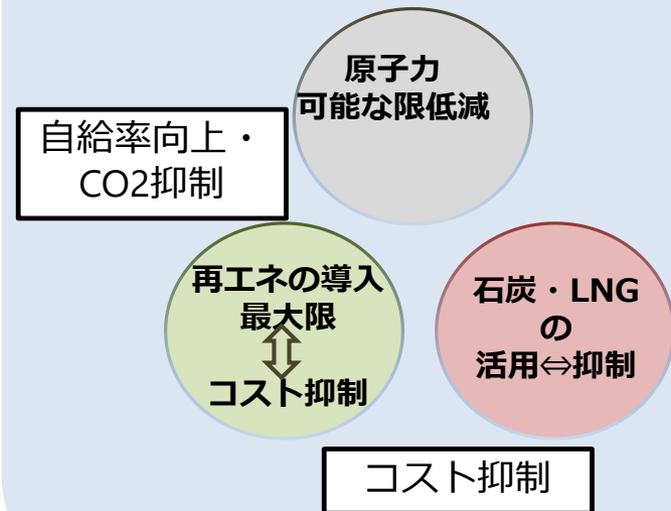
## 3E+Sについての具体的な目標水準

■ 今回の見通し策定にあたって、S(安全性)の確保を大前提としつつ、3Eに関する以下の目標を同時達成することを想定。



3E(自給率向上・CO2抑制・コスト低下)を同時達成する中で

「省エネ・再エネを拡大しつつ、原発依存度を低減させる」



# 3E+Sとエネルギーミックス

## <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

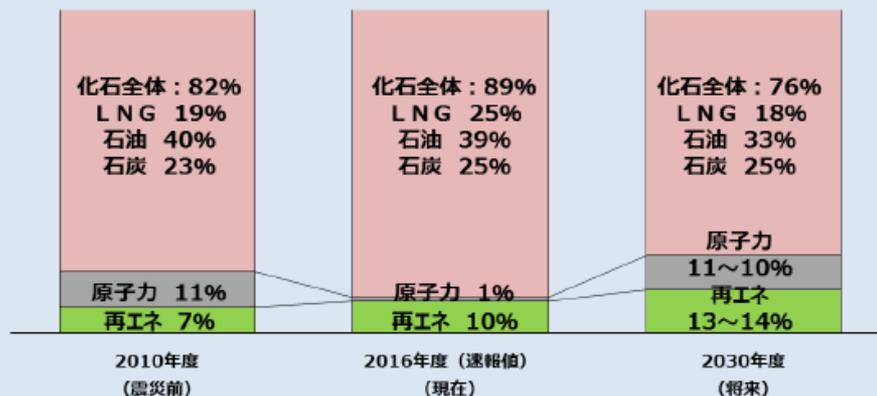
### 電力コスト (Economic Efficiency)

現状よりも引き下げる

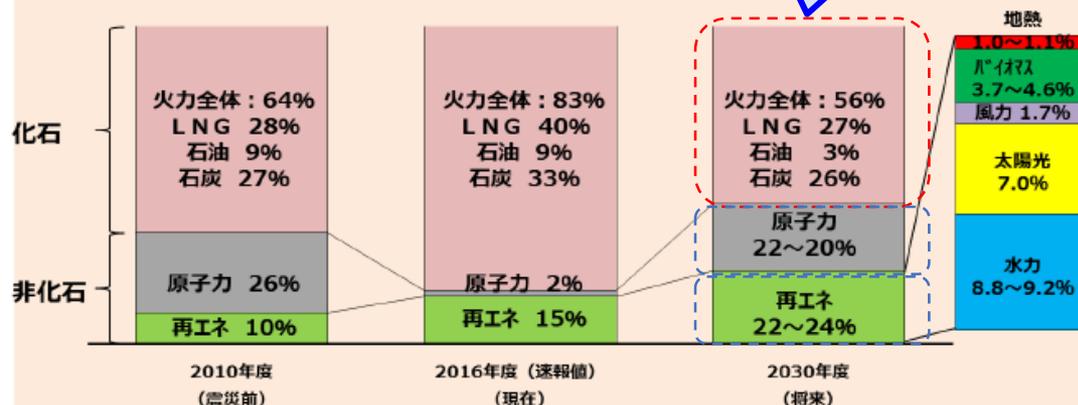
### 温室効果ガス 排出量 (Environment)

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

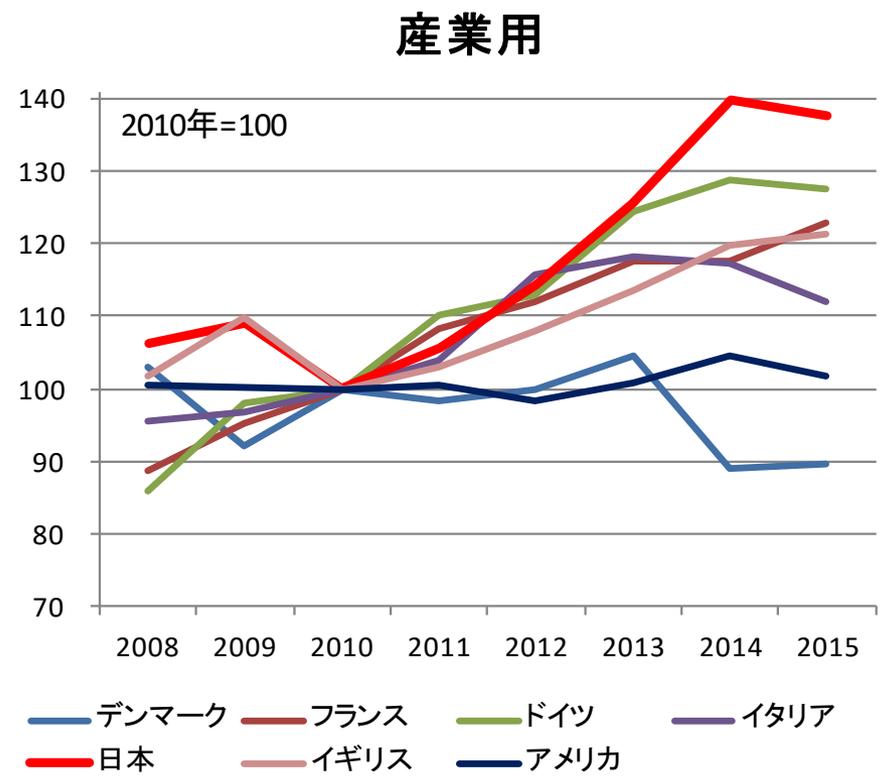


# 高コスト化：上昇する電気料金 (Economic Efficiency)

## 上昇する電気料金

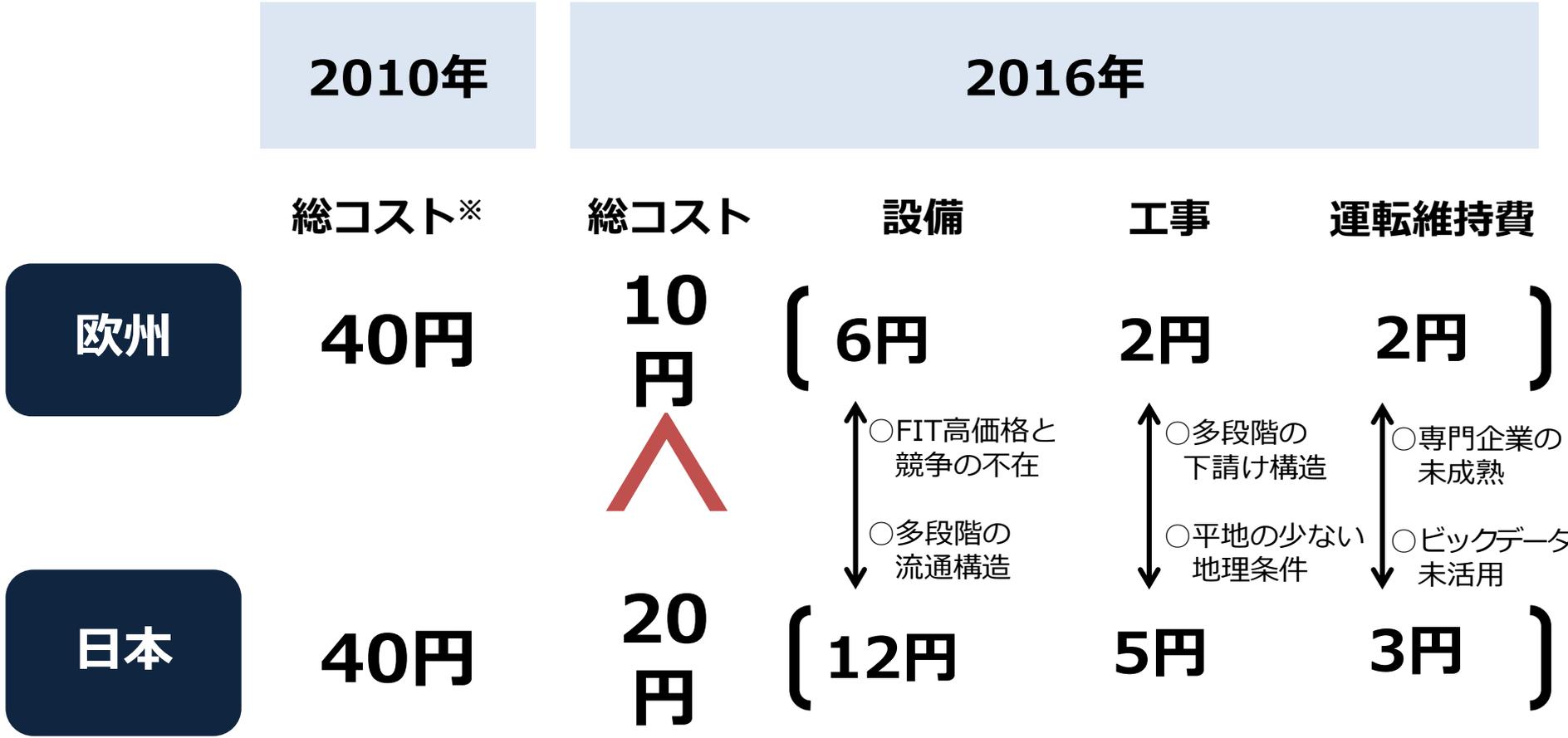
## 電力料金の国際比較 (2010年=100)

日本



(出所)日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」等より作成

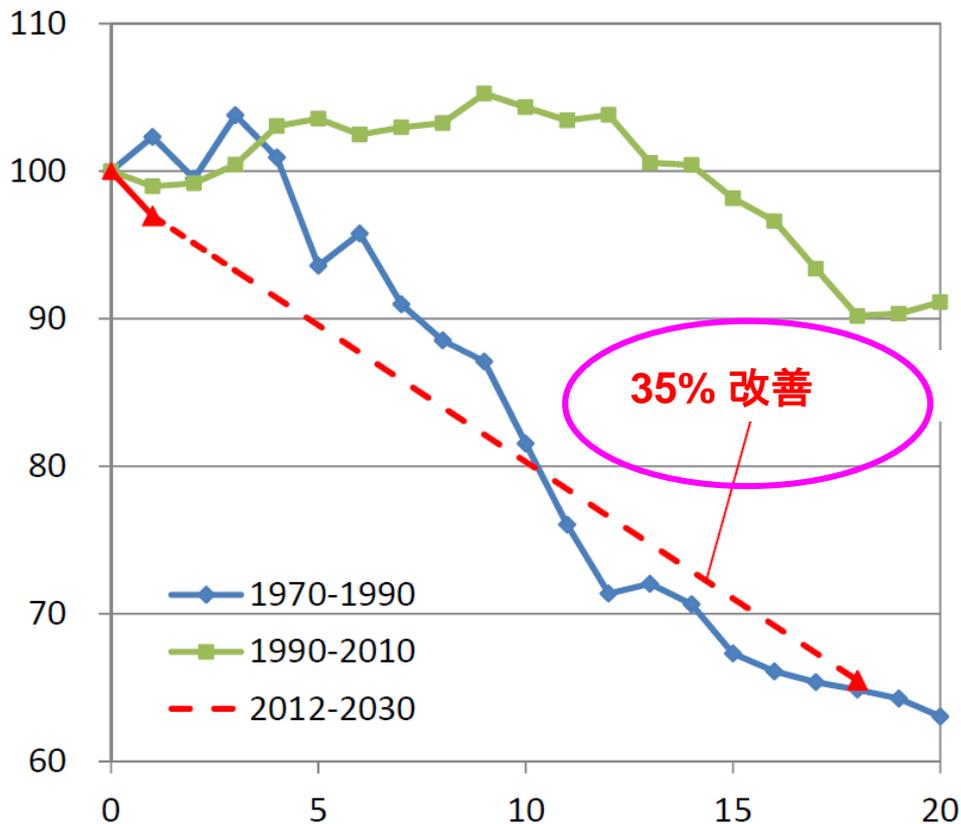
欧州と日本の太陽光発電コストの推移 [円/kWh]



※欧州・日本の総コストは、世界平均の太陽光発電コスト

(出所) Bloomberg New Energy Financeデータ等56資源エネルギー庁推計

## エネルギー原単位の改善 (最終エネルギー需要/ 実質GDP)



2013/30年の経済  
成長率は年率  
1.7%を想定

原単位改善で最大  
原油換算5000  
万KLの省エネ  
(▲13%)



# エネルギー・ミックスの3つの指標達成状況

エネルギーミックス決定時の **3つの数値目標**の現状  
⇒遅いが着実に進展

## ① エネルギー自給率の改善

目標： 2014年 6% ⇒ 2030年 24.3%

現状： 2019年度 12.8% (エネ研見通し)

未だ達成率半分

## ② 電カコスト (燃料費 + FIT買取費用 + 系統安定化費用)

目標： 2030年に、現状より低減 (2013年度比 ▲2-5%)

2013年度 9.7兆円 (FIT買取費用 0.5兆円、燃料費ほか 9.2兆円)

現状： 2019年度末 7.7兆円 (エネ研見通し) 2013年度比 ▲20.4%

2030年に原油高だとコストオーバー? (FIT買取費用 2.3兆円、燃料費ほか 5.4兆円※)

## ③ エネルギー起源CO<sub>2</sub>削減

目標： 2030年に、2013年比 ▲21.9%

現状： 2019年度末 ▲13.1% (エネ研見通し) 未だ達成率6割

※ 2019年度末見通しの前提条件  
原油CIF価格 69ドル/バレル

## 補足指標：スピードアップの必要性

エネルギーミックス決定時の重要な二つの**目標**の現状  
⇒遅いが着実に**進展**

### ① **ゼロエミ電源比率**

目標： 2013年度 12% ⇒ 2030年度 44%

現状： 2016年度 16% (概ね 2%/年 の上昇)

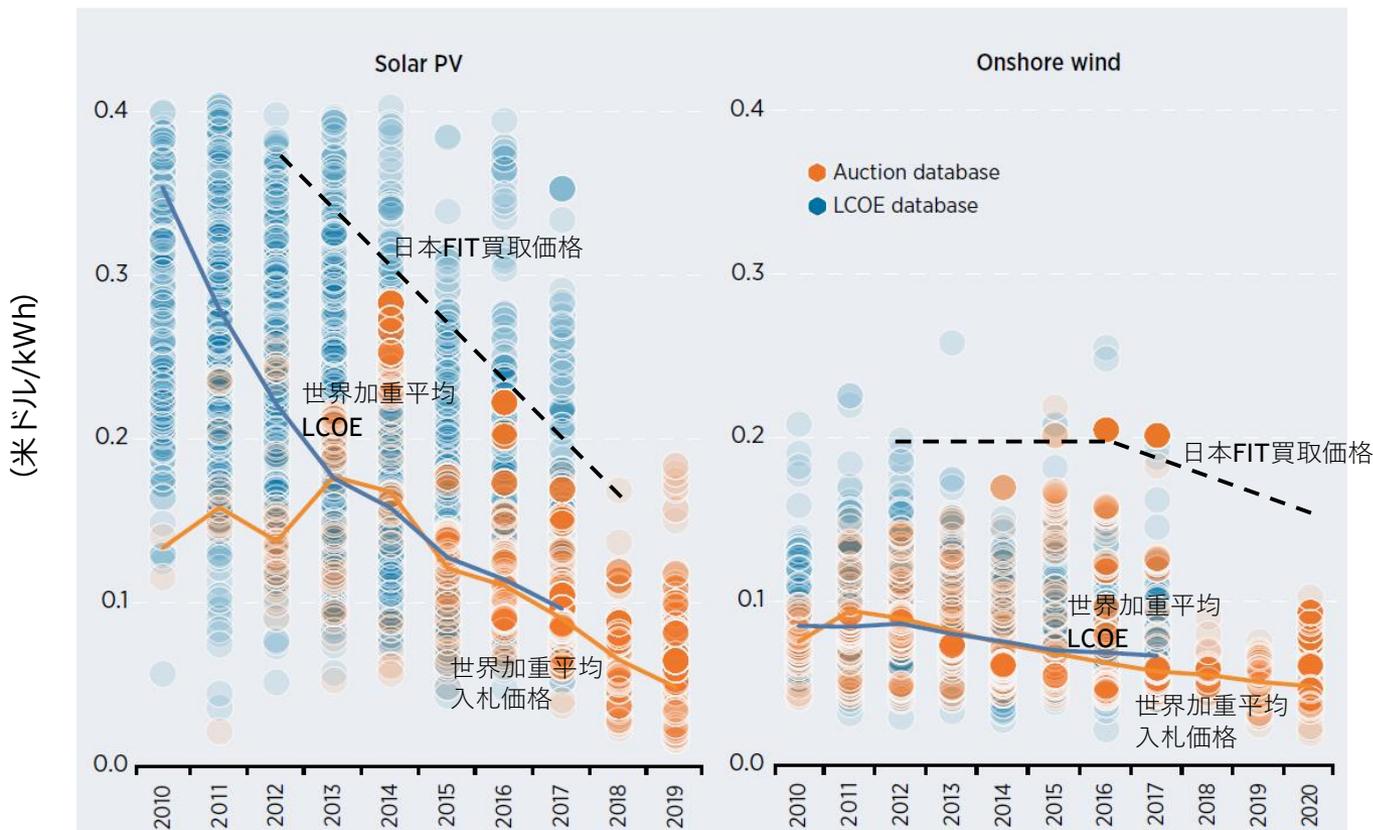
未だ1/3の達成度

### ② **省エネ**

目標： 2013年度 3.6億kl ⇒ 2030年度 3.1億kl (▲0.5億kl)

現状： 2016年度 3.4億kl 若干スピードアップ必要

# 太陽光と陸上風力の発電コスト比較



(世界の状況)

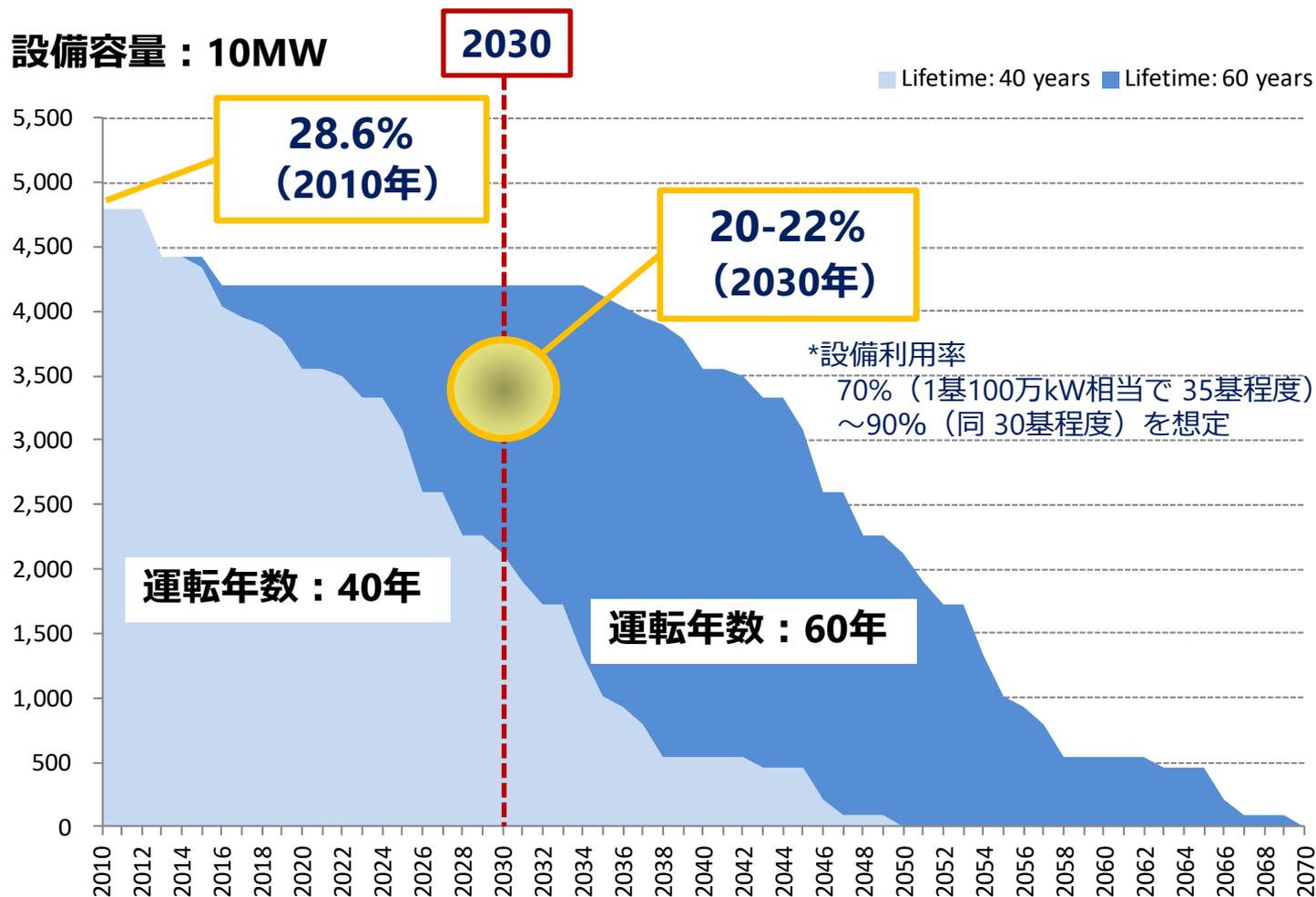
2019年の大規模太陽光の発電コストは世界加重平均で6セント/kWh付近、陸上風力は同様に世界加重平均で5セント/kWh付近まで低下する見通し。

(日本の状況)

日本のFIT買取価格は切下げするも世界加重平均LCOEや入札価格と比較して2~3倍高い水準

# 新增設の必要性：原子力20-22%の維持？

## ❖ 運転年数延長か、新規建設が必要



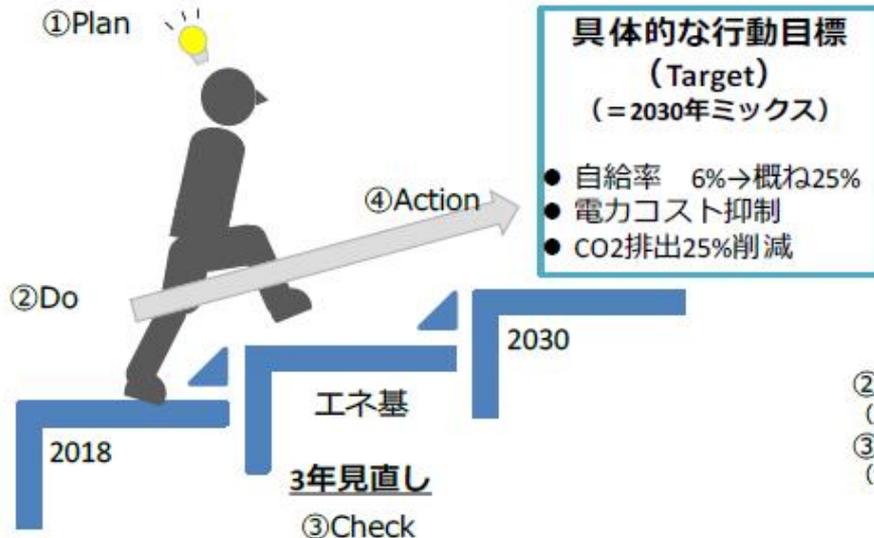
# 2050年に向けて：野心的複線型シナリオ

- 相応の蓋然性をもって  
予見可能な未来  
(予見性⇔現実的)

- インフラ・システム所与
  - ✓ 既存の人材
  - ✓ 既存の技術
  - ✓ 既存のインフラ



実現重視の直線的取組  
(PDCAサイクル)



- 不確実であり、それゆえ  
可能性もある未来  
(不確実性⇔野心的)  
(VUCA : Volatility, Uncertainty,  
Complexity, Ambiguity)

- インフラ・システム可変
  - ✓ 人材育成
  - ✓ 技術革新
  - ✓ インフラ更新

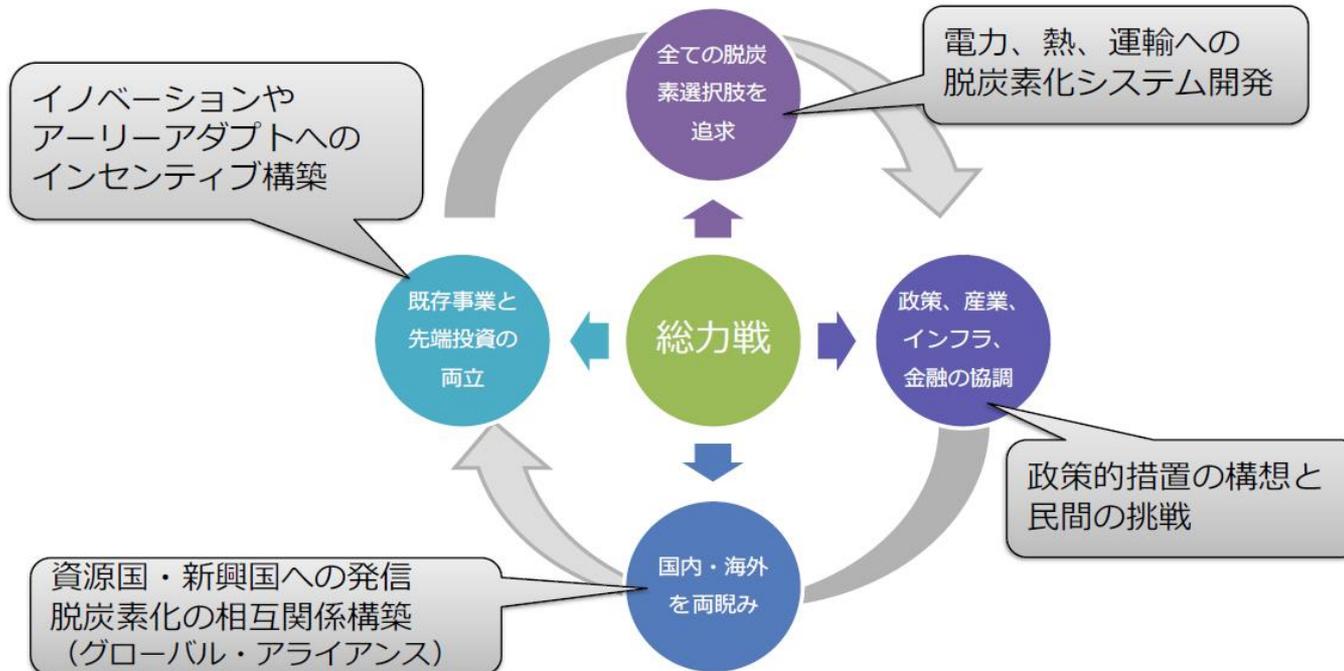


多様な選択肢による  
複線シナリオ  
(OODAサイクル)



# 2050年に向けて：包摂的な総力戦

- 2050年に向けた**エネルギー転換・脱炭素化**の道のりは、**可能性**に満ちている反面、多くの**不確実性**があり、**国内エネルギー市場の拡大が見込みにくい日本**にとって、この**プロセスは挑戦的**なものになる。
- 拡大する自国市場を持つ協力的な国家・企業群と伍して、エネルギー転換・脱炭素化を巡るグローバル競争を戦うために、「**総力戦**」での対応が必要。
- エネルギー転換に向け、**政策・外交・産業・金融の好循環の実現**が重要。



# まとめ（日本のエネルギー政策）

## 1. 国際的エネルギー情勢は、不確実、不安定。

その中で、エネルギー基本計画の見直しの議論は、2050年から見たエネルギー政策の在り方の議論 と並行して進展

## 2. 過去3年で起きた変化を踏まえた対応が必要だが、3E+Sの重要性は、益々高まっている。

## 3. 第5次基本計画のポイントは

- ⇒ ①2030年エネルギーミックスの確実な実現と②2050年を見据えたシナリオの設計
- ⇒ 再エネの主力電源化への布石
- ⇒ 資源確保の推進のため資源自給率の向上
- ⇒ 原子力の不断の安全性向上、（2050年に向けて）安全炉の追及
- ⇒ 水素基本戦略等に基づく実行
- ⇒ 国際協力の推進、世界全体のCO<sub>2</sub>大幅削減に貢献等

## 4. 残された課題は大きい

- ⇒ 再エネコスト(+統合コスト)の低減必要。原子力再稼働は、電力コスト低減に貢献
- ⇒ 原子力再稼働のスピードアップ、新增設は？
- ⇒ （2050年に向けて）「より高度な3E+S」、  
特に、技術自給率の向上・・・日本経済の国際競争力強化へ

# 最後に

## 1. 国際的エネルギー情勢は、不確実、不安定だが、脱炭素化は共通課題

- ◆ 日本のエネルギーMIX実現（2030年）は道半ば。
- ◆ 2050年以降は早期に脱炭素化を目指す。
- ◆ 欧州主要国においては脱炭素化が大前提。天然ガスも削減の対象に。
- ◆ 国毎、地域毎に異なるエネルギーMIXが必要である可能性が健在化しつつある

## 2. アジアにおける3E+Sの重要性は、益々高まっている。

- ◆ 気候変動への対応を優先課題と捉える風潮が金融ファイナンス部門を先頭に目立っているが、エネルギー貧困、エネルギー安全保障、持続可能な経済成長へのバランスのとれた対応が重要。
- ◆ 国民への情報提供とエネルギー・環境問題への理解促進が必須。

## 3. 残された日本の課題は大きい

- ◆ 再エネコスト(+統合コスト)の低減必要。
- ◆ 原子力再稼働のスピードアップ。
- ◆ (2050年に向けて)「より高度な3E+S」。  
特に、技術自給率の向上、日本経済の国際競争力強化へ

## 4. 技術革新の推進とコスト削減が急務

- ◆ 2°C目標達成には多様な革新技术開発と大幅なコスト削減が必須（今世紀末までに脱炭素化）。技術の確立を通じた技術覇権争いの懸念と、国際協力の必要性。

# 参考：第5次エネルギー基本計画の構成

## 第1章 構造的課題と情勢変化、政策の時間軸

### 第1節 我が国が抱える構造的課題

1. 資源の海外依存による脆弱性  
原子力発電所の停止等により状況悪化、2016年度のエネルギー自給率は8%程度に留まる
2. 中長期的な需要構造の変化（人口減少等）  
人口減少による需要減+AI・IoTやVPPなどデジタル化による需要構造の変革可能性
3. 資源価格の不安定化（新興国の需要拡大等）  
需要動向変動（中国等）と供給構造変化（シェール革命等）→2040年油価60～140ドル（IEA）
4. 世界の温室効果ガス排出量の増大  
2016年320億トン→2040年約360億トン（IEA新政策シナリオ）、パリ協定・SDGsのモメンタム

### 第2節 エネルギーをめぐる情勢変化

1. 脱炭素化に向けた技術間競争の始まり  
再エネ・蓄電・デジタル制御技術等を組み合わせた脱炭素化エネルギーシステムへの挑戦等
2. 技術の変化が増幅する地政学的リスク  
地政学的リスクに左右される構造の継続、地経学的リスクの顕在化、太陽光パネルの中国依存等
3. 国家間・企業間の競争の本格化  
国家による野心的ビジョン設定、企業による新技術の可能性追求、金融資本市場の呼応

## 第2章 2030年に向けた基本的な方針と政策対応

### 第1節 基本的な方針

1. エネルギー政策の基本的視点（3E+S）の確認：安全性を前提にエネルギー安定供給を第一とし、経済効率性を向上しつつ環境適合を図る。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**
2. “多層化・多様化した柔軟なエネルギー需給構造”の構築と政策の方向：AI・IoT利用等
3. 一次エネルギー構造における各エネルギー源の位置付けと政策の基本的な方向：各エネルギー源の位置づけ、2030年ミックスの実現に向けた政策の方向性、**再エネの主力電源化への布石**等
4. 二次エネルギー構造の在り方：水素基本戦略等に基づき、戦略的に制度やインフラの整備を進める等

### 第2節 2030年に向けた政策対応

1. 資源確保の推進：化石燃料・鉱物資源の自主開発の促進と強靱な産業体制の確立等
  2. 徹底した省エネルギー社会の実現：省エネ法に基づく措置と支援策の一体的な実施
  3. 再生可能エネルギーの主力電源化に向けた取組：低コスト化、系統制約克服、調整力確保等
  4. 原子力政策の再構築：福島復興・再生、**不断の安全性向上**と安定的な事業環境の確立等
  5. 化石燃料の効率的・安定的な利用：高効率な火力発電の有効活用の促進等
  6. 水素社会実現に向けた取組の抜本強化：**水素基本戦略等に基づく実行**
  7. エネルギーシステム改革の推進：競争促進、公益的課題への対応・両立のための市場環境整備等
  8. 国内エネルギー供給網の強靱化：地震・雪害などの災害リスク等への対応強化等
  9. 二次エネルギー構造の改善：**コージェネの推進、蓄電池の活用、次世代自動車の普及等**
  10. エネルギー産業政策の展開：**競争力強化・国際展開、分散型・地産地消型システム推進等**
- 1.1. 国際協力の展開：米国・ロシア・アジア等との連携強化、世界全体のCO2大幅削減に貢献等

### 第3節 技術開発の推進

1. エネルギー関係技術開発の計画・ロードマップ：エネルギー・環境イノベーション戦略の推進等
2. 取り組むべき技術課題：再エネの革新的な技術シーズを発掘・育成、社会的要請を踏まえた原子力関連技術のイノベーション、**水素コストの低減、メタネーションの技術開発等**

### 第4節 国民各層とのコミュニケーション充実

1. 国民各層の理解の増進：情報提供・広報の継続的な改善、わかりやすい積極的な広報
2. 政策立案プロセスの透明化と双方向的なコミュニケーションの充実  
政策立案プロセスの最大限のオープン化、双方向型のコミュニケーション充実、地域共生に関するプラットフォームを通じた原子力に関するコミュニケーションの実施など

### 第3節 2030年エネルギーミックスの実現と2050年シナリオとの関係

#### ●2030年ミックス実現は道半ば

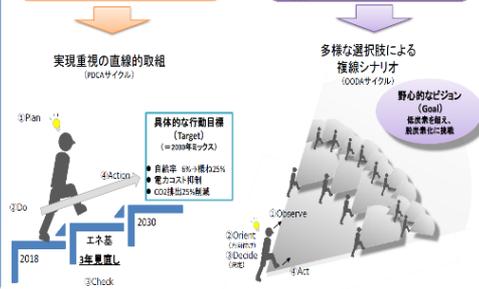
- ①省エネルギー  
2030年度に0.5kWh程度削減を見込み、2016年度時点の削減量は880万kWh程度
- ②ゼロエミッション電源比率  
2030年度に44%程度を見込み、2016年度は16%（再エネ15%、原子力2%）
- ③エネルギー起源CO2排出量  
2030年度に9.3億トン程度を見込み、2016年度時点で11.3億トン程度
- ④電力コスト  
2030年度に9.2～9.5兆円を見込み、2016年度時点で6.2兆円程度
- ⑤エネルギー自給率  
2030年度に24%を見込み、2016年度時点で8%程度

#### ●2030年に向けた考え方

- 幅広い選択肢をもつて 考え可能な未来（予見性・実現性）
- インフラシステム活用
- 既存の人的 資源の活用
- 既存のインフラ

#### ●2050年に向けた考え方

- 不確実性あり、それを見通し
- インフラシステム可変 難性もある未来
- 人的資源 活用可能
- 技術革新
- 社会情勢への対応
- インフラ更新



## 第3章 2050年に向けたエネルギー転換・脱炭素化への挑戦

### 第1節 野心的な複線シナリオへあらゆる選択肢の可能性を追求～

#### ●主要国の比較

－英国：再エネ拡大・ガスシフト・原子力維持・省エネなど脱炭素化手段を組み合わせ→効果的にCO2を削減  
－ドイツ：省エネ・再エネ拡大のみで脱炭素化を追求→石炭依存によりCO2削減が停滞

#### ●我が国固有のエネルギー環境（資源に乏しく、国際連系線が無く、面積制約が厳しい）

→あらゆる選択肢の可能性を追求する野心的な複線シナリオの採用

### 第2節 2050年シナリオの設計

#### 1. 「より高度な3E+S」

- Safety：安全最優先+技術・ガバナンス改革による安全の革新
- Energy Security：資源自給率向上+技術自給率向上・多様化確保
- Environment：環境適合+脱炭素化への挑戦
- Economic Efficiency：国民負担抑制+産業競争力強化

#### 2. 科学的レビューメカニズム

最新の技術動向と情勢を定期的に把握し、各選択肢の開発目標や相対的な重点度合いを柔軟に修正・決定

#### 3. 脱炭素化エネルギーシステム間のコスト・リスク検証とダイナミズム

「電源別のコスト検証」から「脱炭素化エネルギーシステム間でのコスト・リスク検証」に転換

- －電源別では、実際に要する他のコスト（需給調整、系統増強等のコスト）も含めたコスト比較は困難
- －熱・輸送システムも含めてエネルギーシステム間の技術やコストをトータルに検証、ダイナミックなエネルギー転換へ

### 第3節 各選択肢が直面する課題、対応の重点

- 再エネ：経済的に自立し脱炭素化した主力電源化を目指す。高性能低価格の蓄電池の開発等
- 原子力：実用段階にある脱炭素化の選択肢。**社会信頼回復のため安全を追求**、バックエンド技術開発等
- 化石：脱炭素化実現までの過渡期主力。ガス利用へのシフト、非効率石炭フェードアウト、CCS・水素転換等

### 第4節 シナリオ実現に向けた総力戦

- 総力戦対応：官民を挙げて、継続的な技術革新と人材の育成・確保に挑戦
- 世界共通の過少投資問題への対処：必要な投資が確保される仕組みを、着実に設計し構築
- 実行シナリオ：エネルギー転換・脱炭素化に向けた政策資源重点化、市場・制度改革等の政策展開、国際連携の実現、産業の強化とエネルギーインフラの再構築、資金循環メカニズムの構築等