

# 世界の長期エネルギー見通しと 原子力の位置づけ



---

原子力委員会定例会(2018年2月26日)報告資料

2018年2月26日(月)

(一財)日本エネルギー経済研究所

小山 堅



# エネルギーの将来に影響を与える要因

- 経済成長
  - 政治・地政学
  - エネルギー価格(絶対水準・相対関係)
  - エネルギー資源・供給可能性
  - エネルギー政策
  - 環境問題への対応・政策
  - 技術進歩と普及
  - ライフスタイル・価値観
  - Etc.
- 上記の将来には大きな不確実性が存在

# 世界の長期エネルギー需給見通し(IEA)

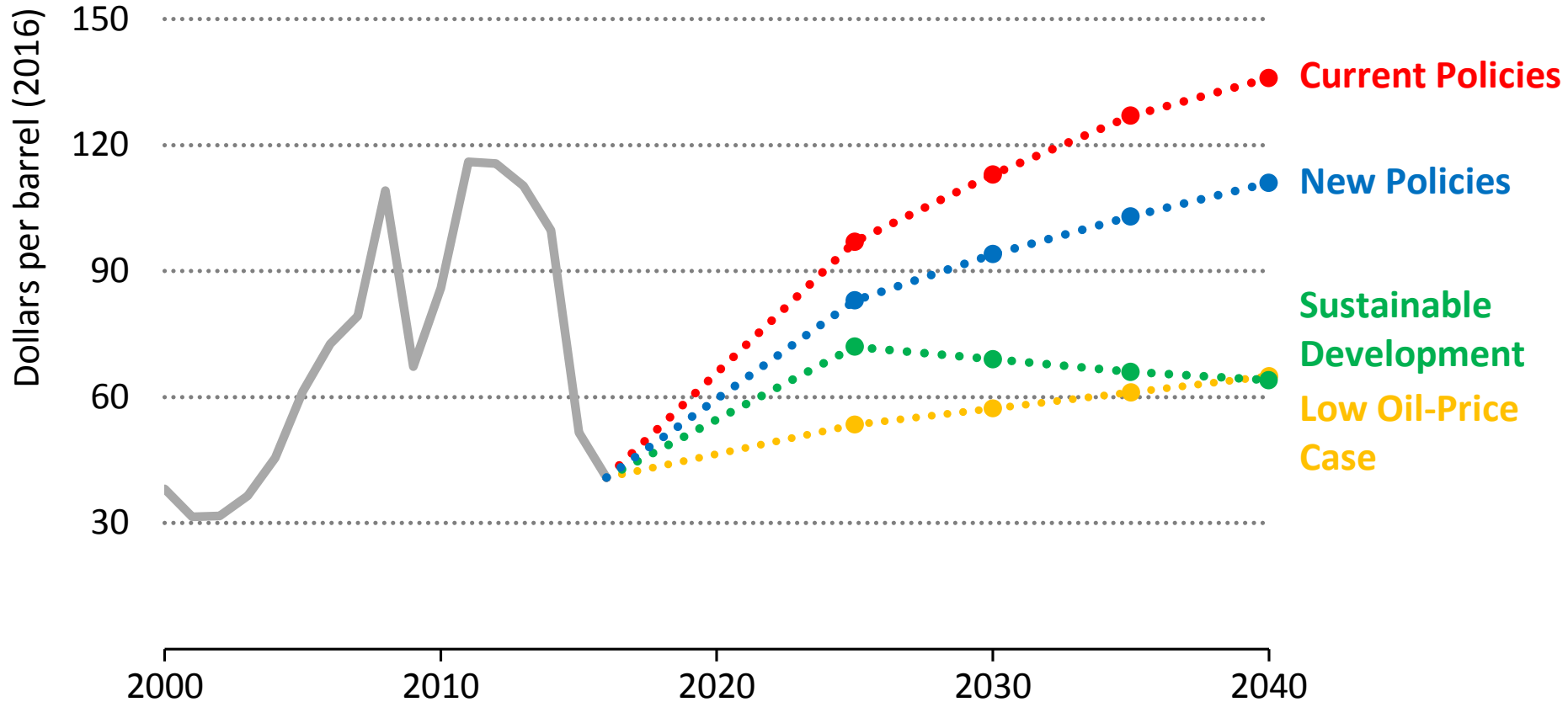
(WEO 2017「新政策シナリオ・中心シナリオ」主要前提)

- **経済成長**
  - 世界経済は2016～2040年まで年平均3.4%で成長
- **人口**
  - 世界の人口は2016～2040年まで年平均0.9%で増加(91億人)
- **エネルギー価格**
  - 原油価格(IEA輸入価格)は2040年には111ドル(2016年価格)に上昇
- **エネルギー政策**
  - 現在、各国政府が約束している政策は実現、と想定
    - 現状のまま、政策・需給が推移するケース(現行政策シナリオ)も
    - 気候変更目標を含む、国連の持続可能発展目標が達成されるシナリオ(持続可能発展シナリオ)も



# IEA見通しの各シナリオにおける原油価格

Average IEA crude oil import price by scenario and case

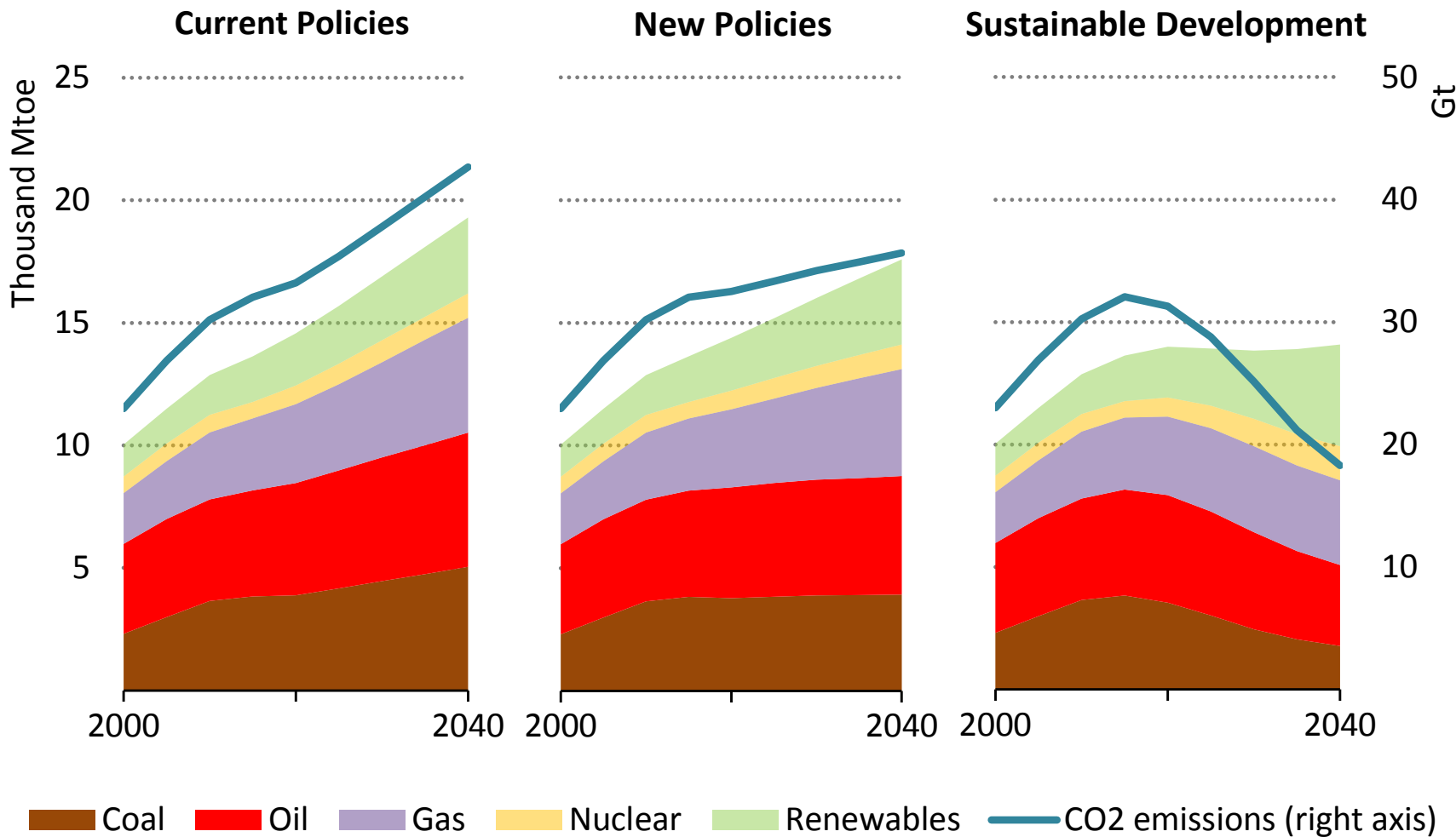


*Oil prices vary widely by scenario, reflecting the different ways in which resources, costs and policies could affect the supply-demand balance*



# IEA見通しの3シナリオにおけるエネルギー需要見通し

World primary energy demand by fuel and energy-related CO<sub>2</sub> emissions by scenario



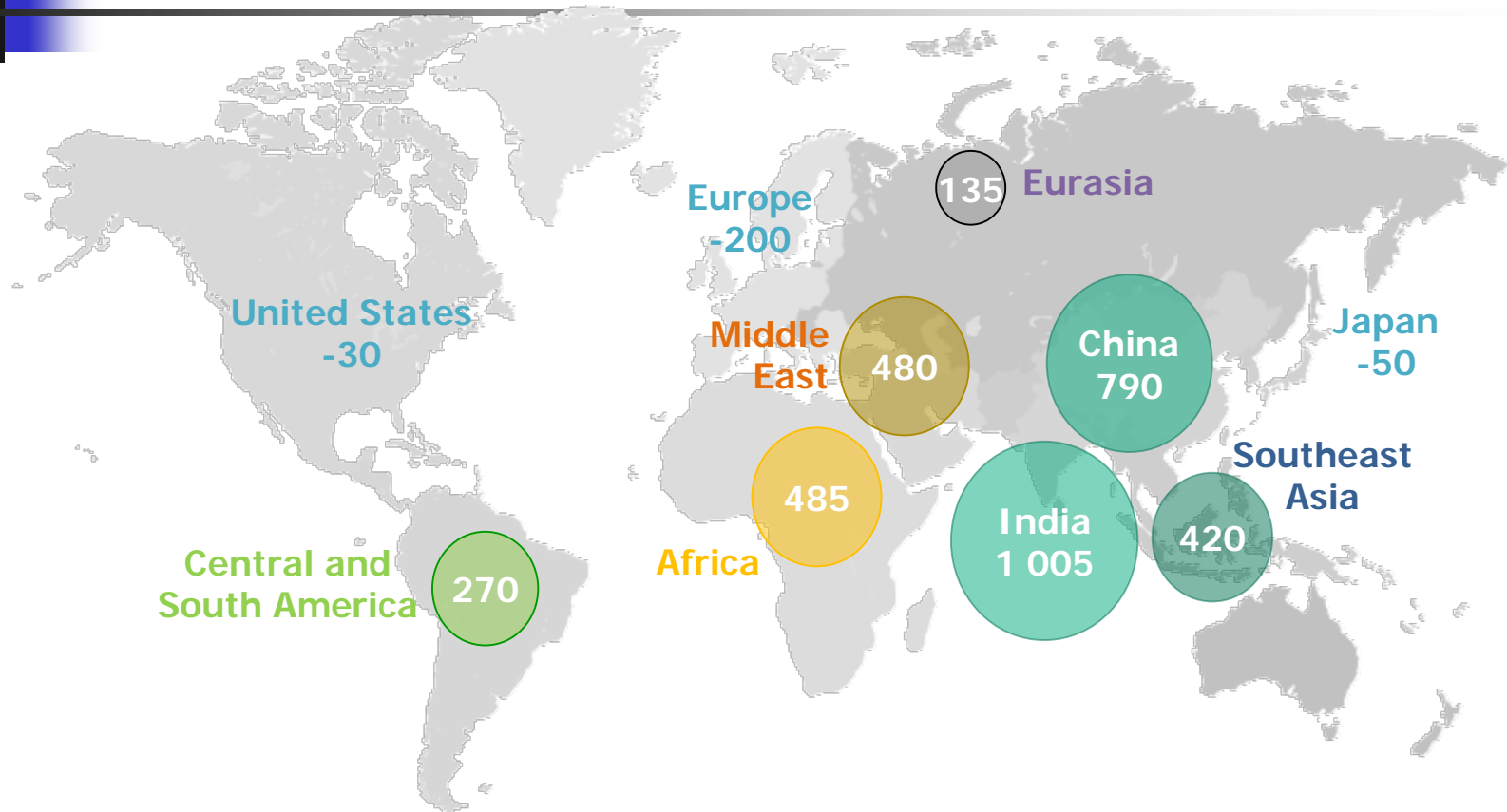
***The flattening of emissions in 2014-2016 is a pause in a slower upward journey in the New Policies Scenario, but a turning point in the SDS***



# IEA中心シナリオにおける地域別エネルギー需要増加

## India takes the lead, as China energy growth slows

Change in energy demand, 2016-40 (Mtoe)

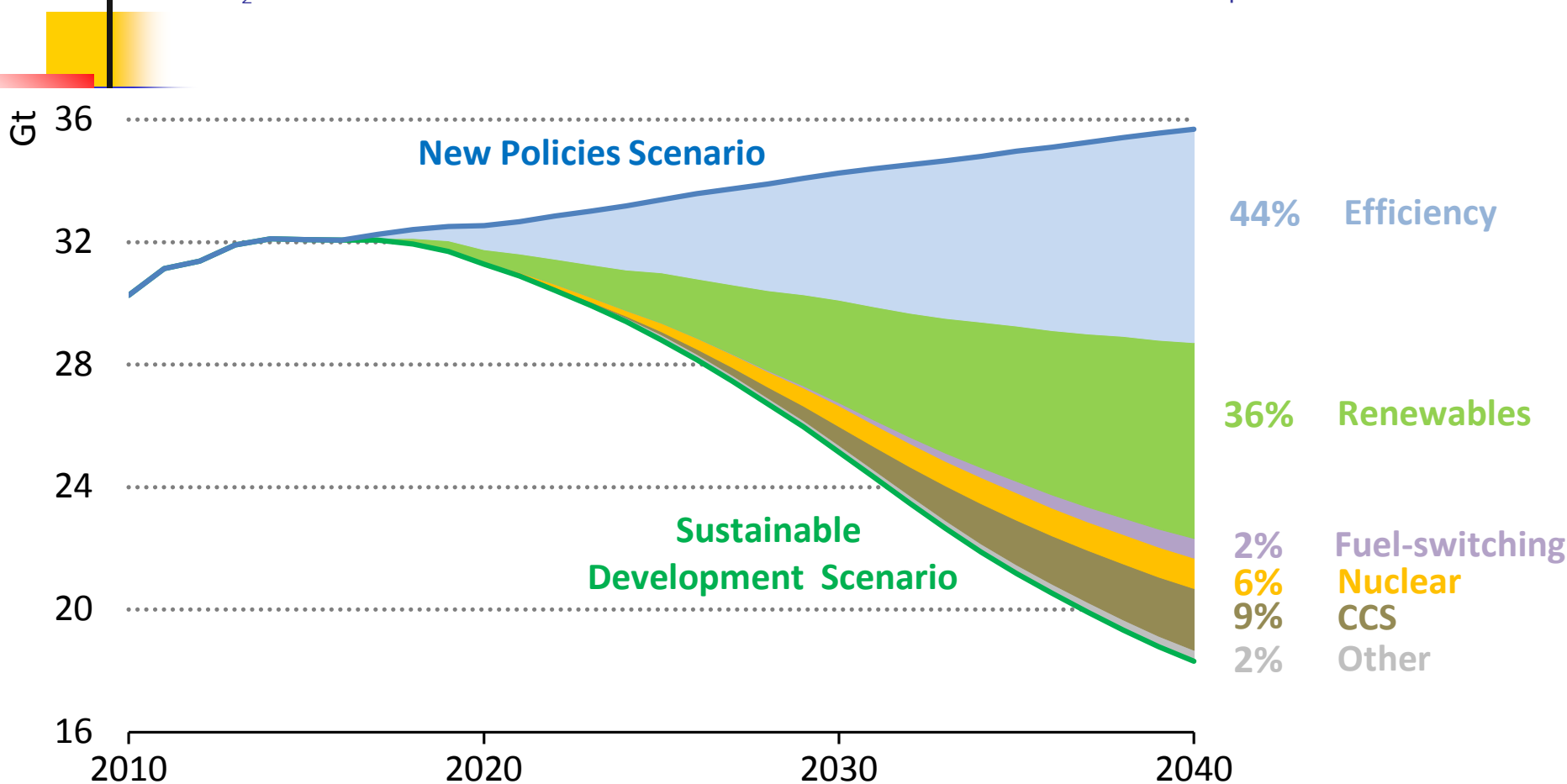


*Old ways of understanding the world of energy are losing value as countries change roles: the Middle East is fast becoming a major energy consumer & the United States a major exporter*



# IEAの2シナリオ間での技術別CO2削減への貢献

Global CO<sub>2</sub> emissions reductions in the New Policies and Sustainable Development Scenarios



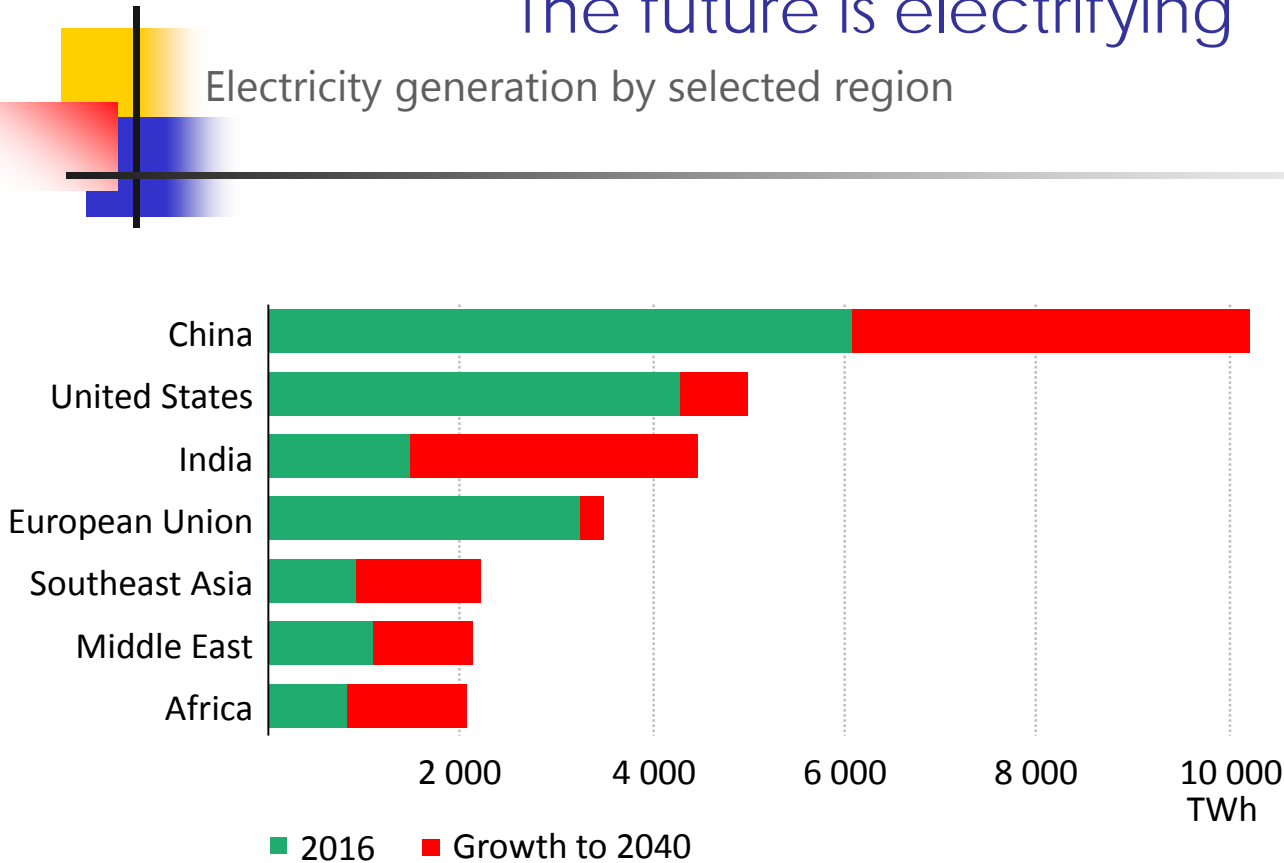
**Energy efficiency and renewables account for 80% of the cumulative CO<sub>2</sub> emissions savings in the Sustainable Development Scenario**



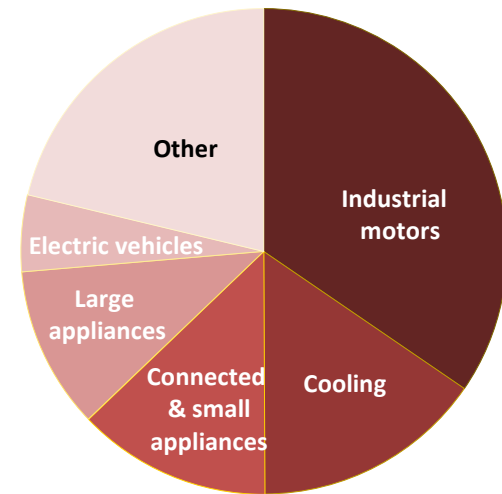
# IEA中心シナリオにおける電力需要見通し

## The future is electrifying

Electricity generation by selected region



Sources of global electricity demand growth



*India adds the equivalent of today's European Union to its electricity generation by 2040, while China adds the equivalent of today's United States*



# IEEJ Outlook 2018のシナリオ

## 【エネルギー需給モデル分析】

### ●レファレンスシナリオ

現在までのエネルギー・環境政策等を背景とし、過去の趨勢が継続するシナリオ。急進的な省エネルギー・低炭素化政策は打ち出されない。

### ●技術進展シナリオ

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、強力なエネルギー・環境政策を打ち出し、それが最大限奏功するシナリオ。

### ●石油需要ピークケース

石油需要ピークの可能性を分析するために、レファレンスシナリオをベースに、仮想的に自動車の電動化が急速に進んだ場合のケース。

## 【超長期気候モデル分析】

- レファレンス：過去の趨勢が継続する排出パス。
- 最小費用パス：累積総合コストが最小となる排出パス。
- 2050年半減：IPCC第5次評価報告書で整理されている「RCP2.6」における排出パス。

(出所)「IEEJ Outlook 2018」(日本エネルギー経済研究所、2017年10月)

## ◆技術導入例

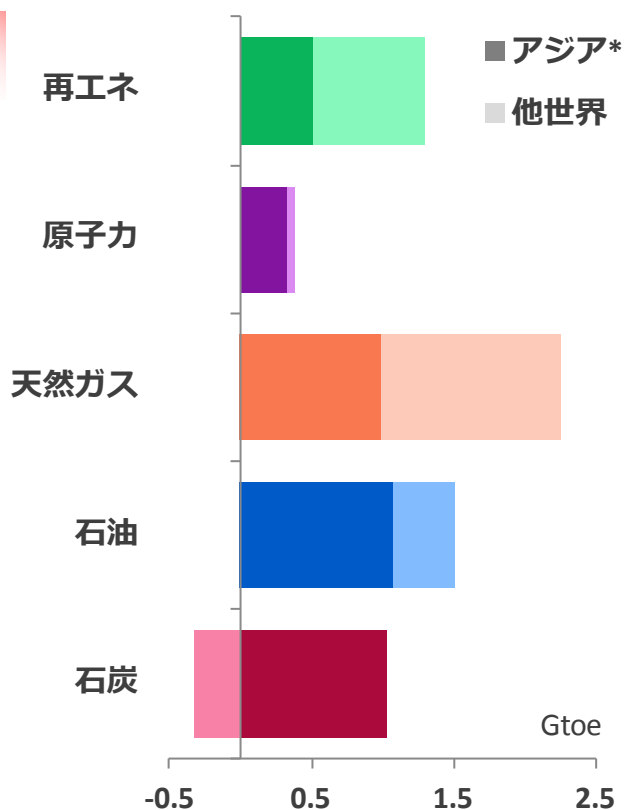
		レファレンス	技術進展	石油需要ピーク
省エネ	自動車技術 (ZEV* <sup>1</sup> 販売比率)	2030年 9% 2050年 20%	21% 43%	30% 100%
	石炭火力発電 (新設に占める高効率発電技術* <sup>2</sup> 比率)	2030年 30% 2050年 90%	70% 100%	レファレンスと同じ
非化石電源	設備導入量 太陽光発電 風力発電 原子力発電	(2015→2050) 224→1519GW 415→1865GW 399→577GW	(2050) 2497GW 3002GW 956GW	
	CCS付き火力発電 (帯水層を除くCO <sub>2</sub> 貯留ポテンシャルのある国・地域のみ)	なし	2030年以降の新設火力	

\*1 ZEV：電気自動車、プラグインハイブリッド自動車、燃料電池自動車

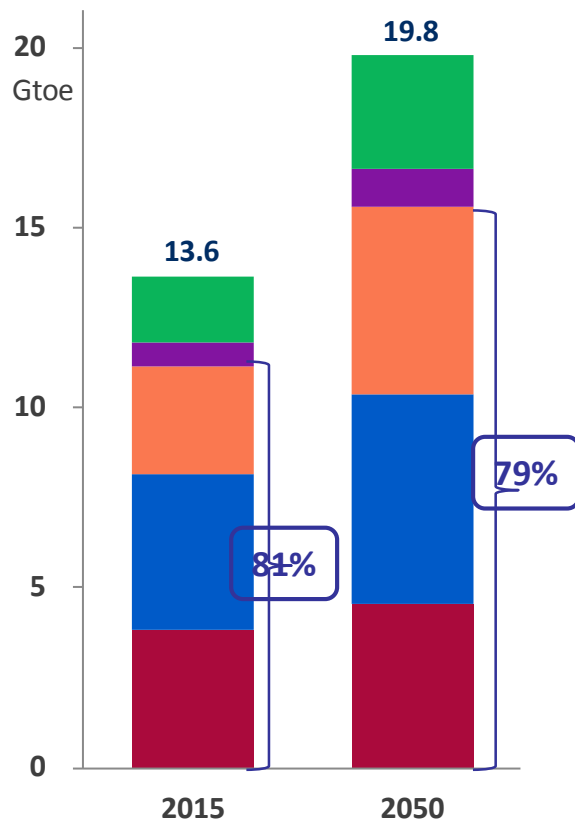
\*2 高効率発電：超々臨界圧発電、先進的超々臨界圧発電、石炭ガス化複合発電

# 化石燃料への依存体質は変わらない

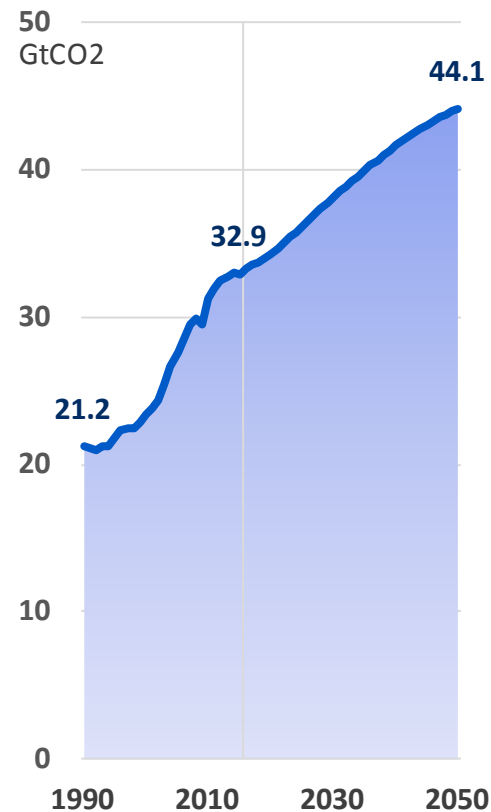
## 一次エネルギー需要増減



## エネルギー構成



## エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量



\* アジア非OECD諸国

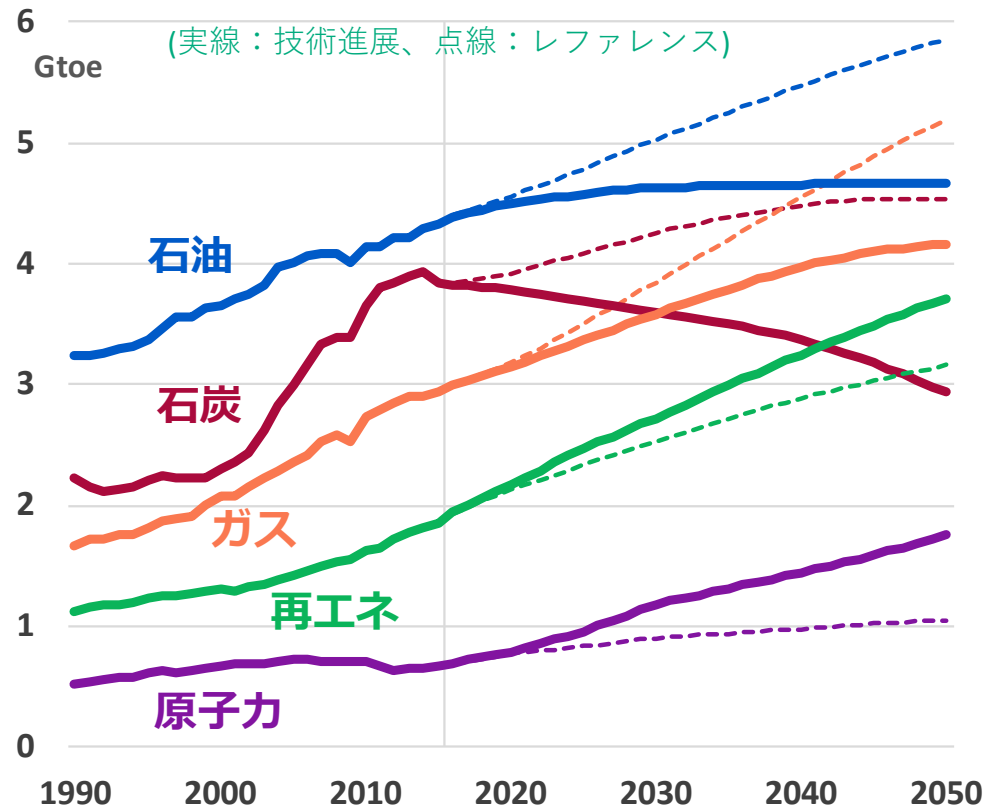
増大する電力需要は主に火力発電で賄われ(約6割)、特に天然ガスが大きく伸びる。輸送用燃料と合わせて、アジアが化石燃料消費の増加をけん引する。

化石燃料依存が変わらない中で、エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量は2050年までに34%増加する。

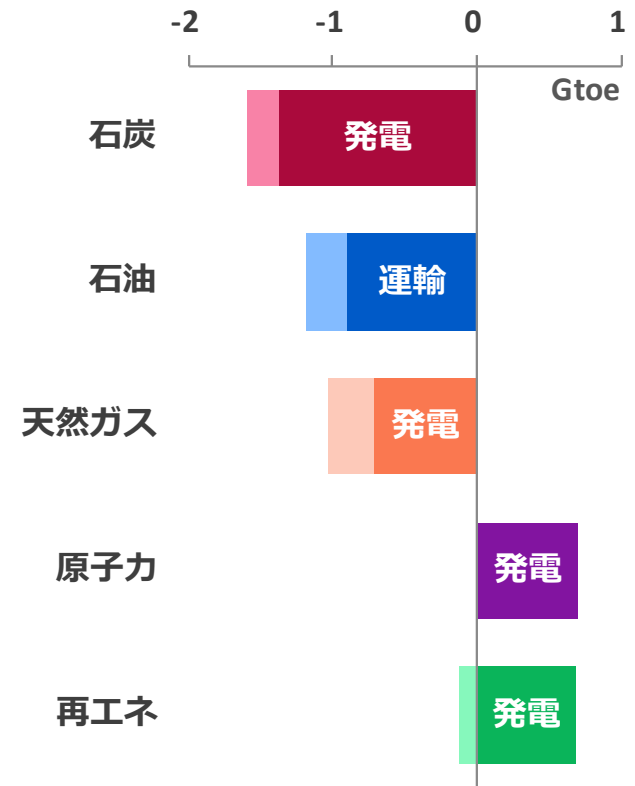


# 石炭は大きく減少。石油は需要ピーク迎えず。

## ◆ 一次エネルギー需要



## ◆ 技術進展による効果 (2050年)



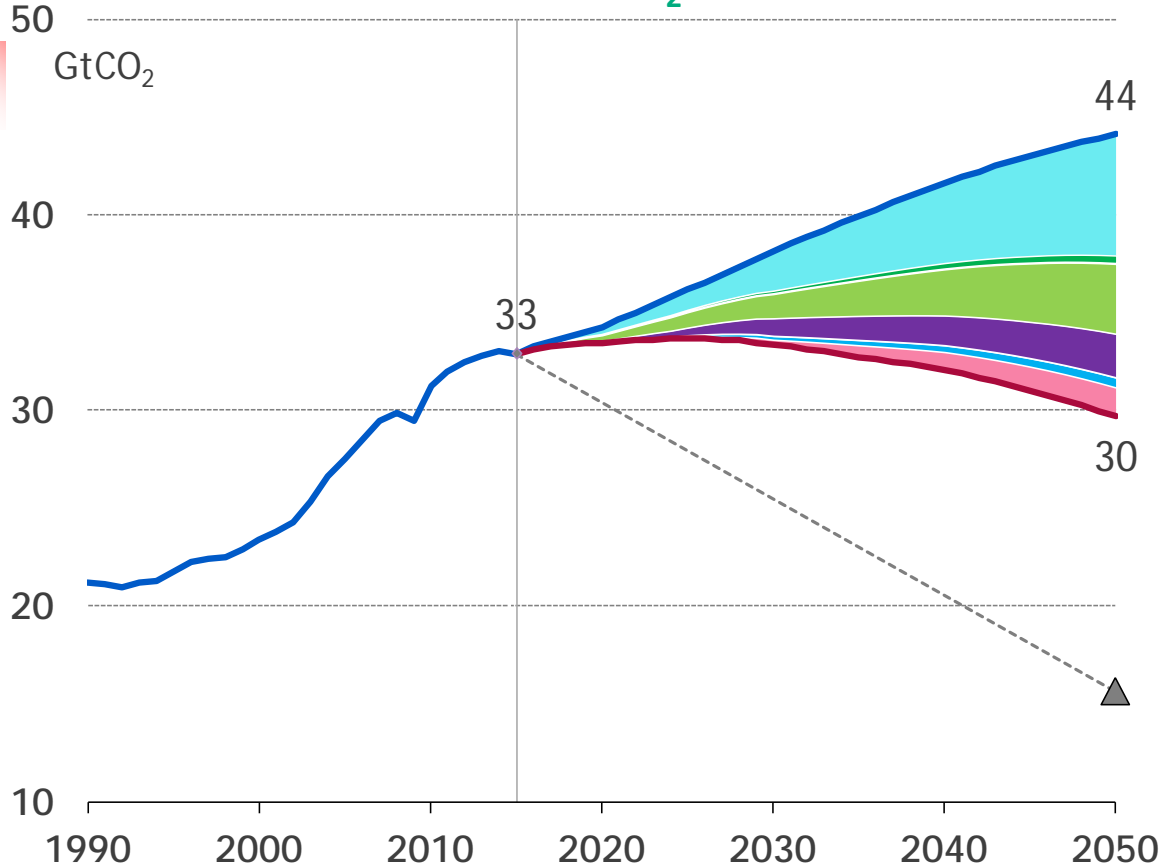
技術進展では、石炭は現在がピークで、2040年頃に再エネ合計を下回る。電力関連での省エネ・非化石燃料化が大きく寄与。輸送用燃料など石油需要も大きく減少するが、ピークには至らない。

2050年の化石燃料シェアは79%から68%まで低下するが、化石燃料依存度は高いまま。

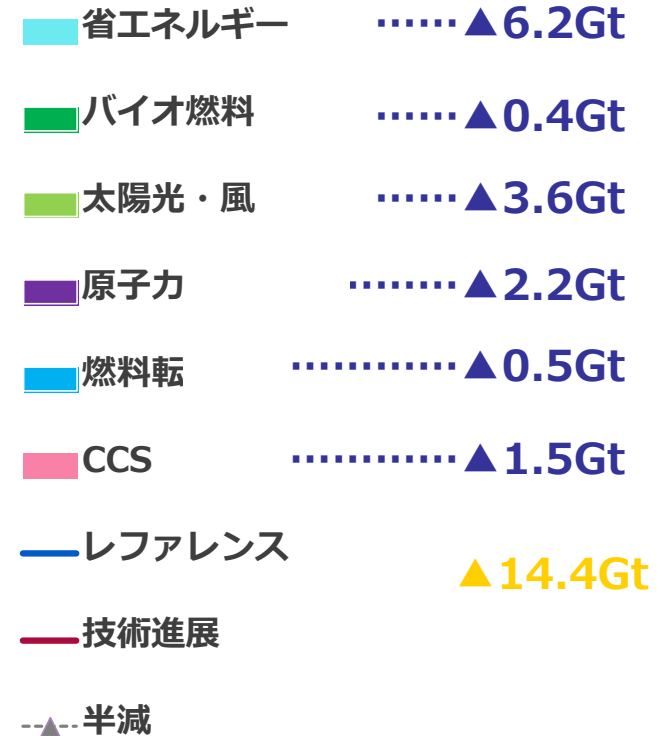


# CO<sub>2</sub>排出量は2020年代半ばにピーク

## ◆ エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量



## ◆ 技術別削減寄与

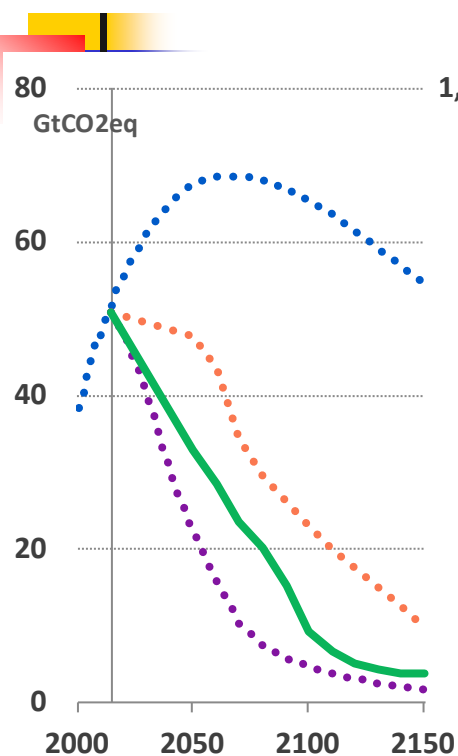


技術進展シナリオのエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量は2020年代半ば以降に減少に向かうが、2050年半減には程遠い。

レファレンスからのCO<sub>2</sub>削減効果は省エネルギーが最大。電力関連（非化石電源、火力発電CCS、電力・発電省エネ）による削減効果が全体の3分の2を占める。

# 2° C目標へのもう一つの排出パス

## GHG排出量



■レファレンス

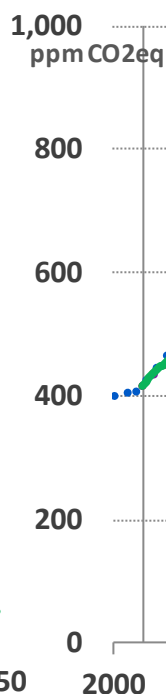
■最小費用パス

■2°C最小費用パス

■2050年半減\*

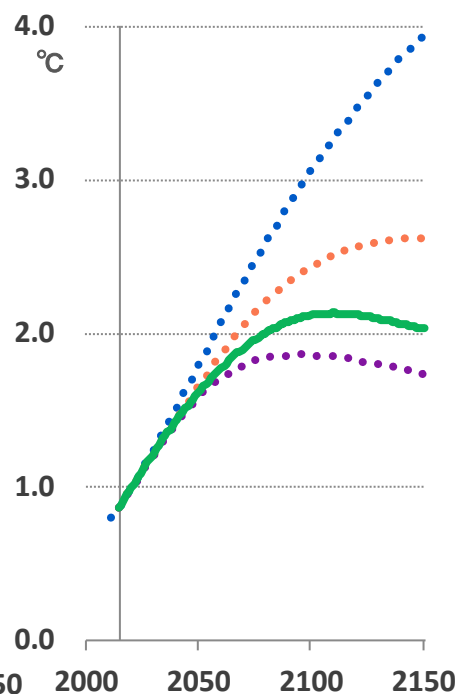
## GHG濃度

(エーロゾル等を含む)



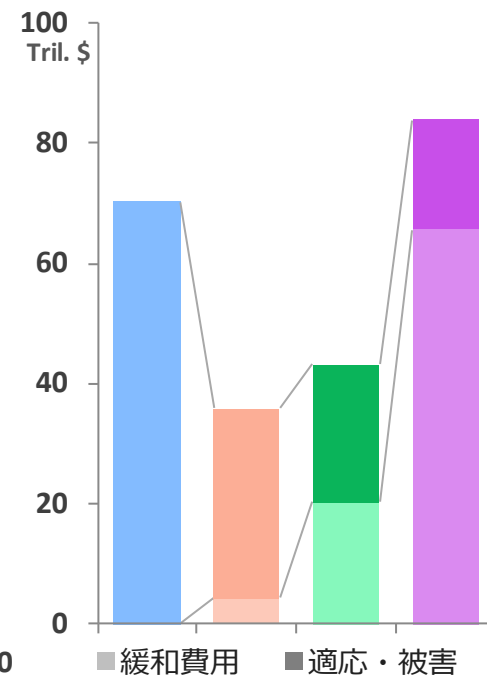
## 気温上昇

(19世紀後半から)



## 総合コスト

(累積現在価値\*)



■緩和費用 ■適応・被害

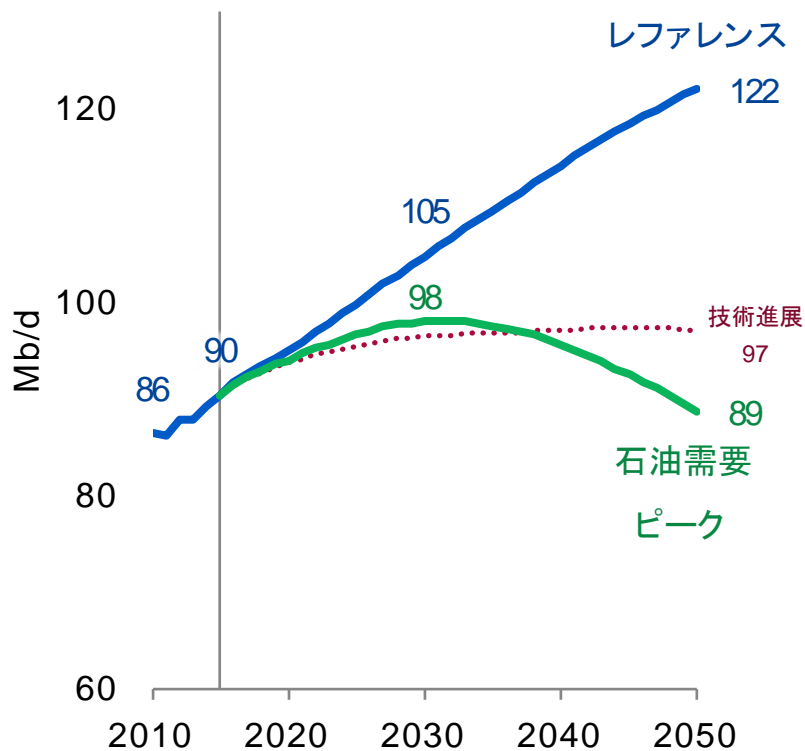
「2° C最小費用」は、例えば、2150年の気温上昇幅を2° Cに抑えるという条件下で、総合コストが最小化となるパスの例。気温条件のない最小費用パスより総合コストは2割ほど増大する。

GHG排出量は2050年に3割減、2100年以降は概ねゼロエミッションに。気温上昇幅は2100年に2° Cわずかに超えたところでピークとなり、低下に転じる。

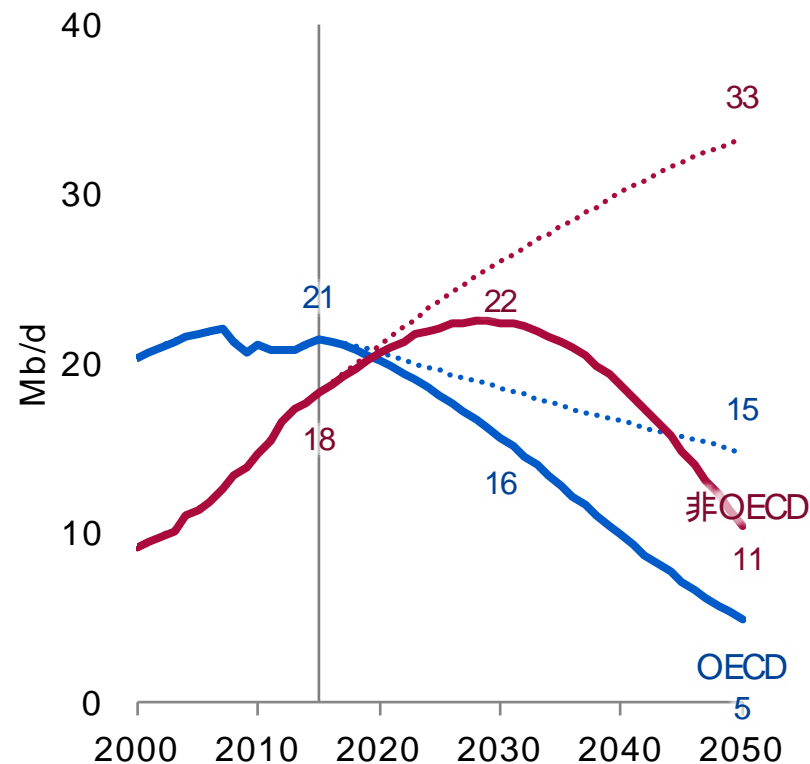
\* 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書(AR5)で整理されている「RCP2.6」における排出パスを設定。

# ZEVの急速普及で、石油は2030年ごろピーク

## ◆ 石油消費



## ◆ 自動車用石油消費[石油需要ピーク]



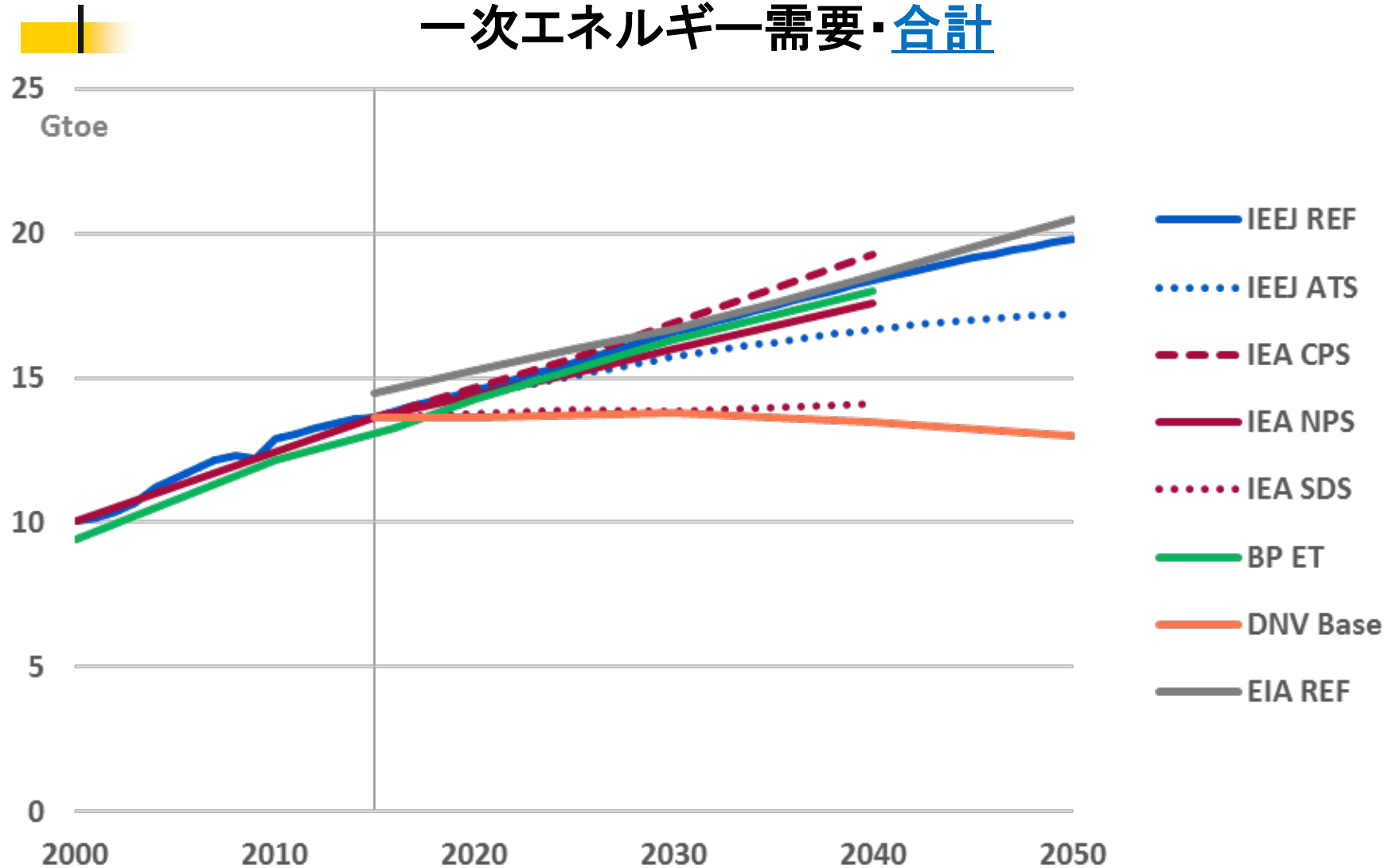
注: 点線はレファレンスシナリオ

石油需要ピークケースでは、石油消費は2030年ごろの98 Mb/dを頂点に減少に転じる。レファレンスシナリオからの減少は、2030年に7 Mb/d、2050年には33 Mb/dに拡大

レファレンスシナリオでは急速な増加を続ける非OECDの自動車用石油消費も2030年ごろから減少に転じる。2050年にはレファレンスシナリオ比で約3分の1にまで減少

# 各種の代表的長期見通しの比較(1)

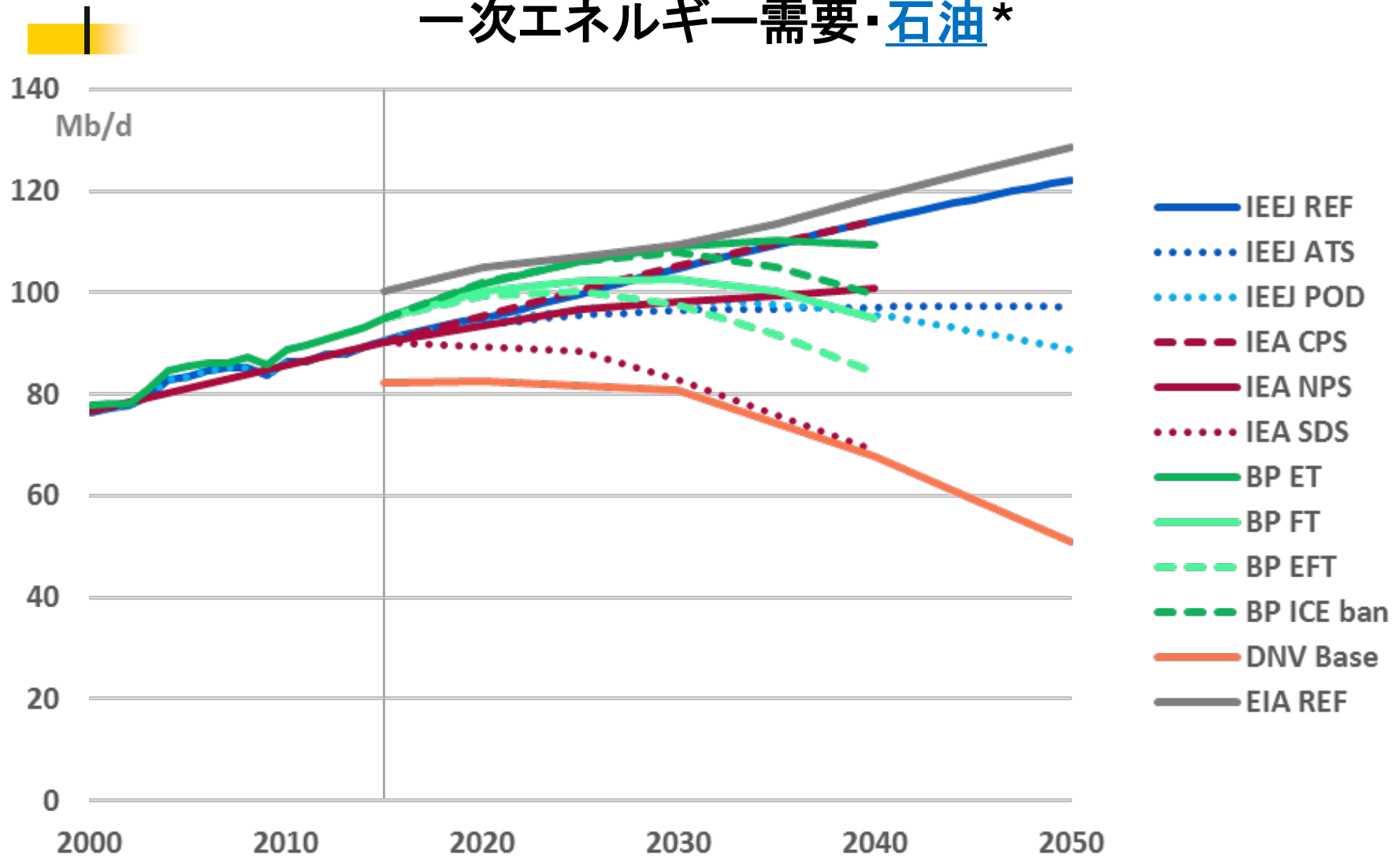
## 一次エネルギー需要・合計





# 各種の代表的長期見通しの比較(2)

## 一次エネルギー需要・石油\*



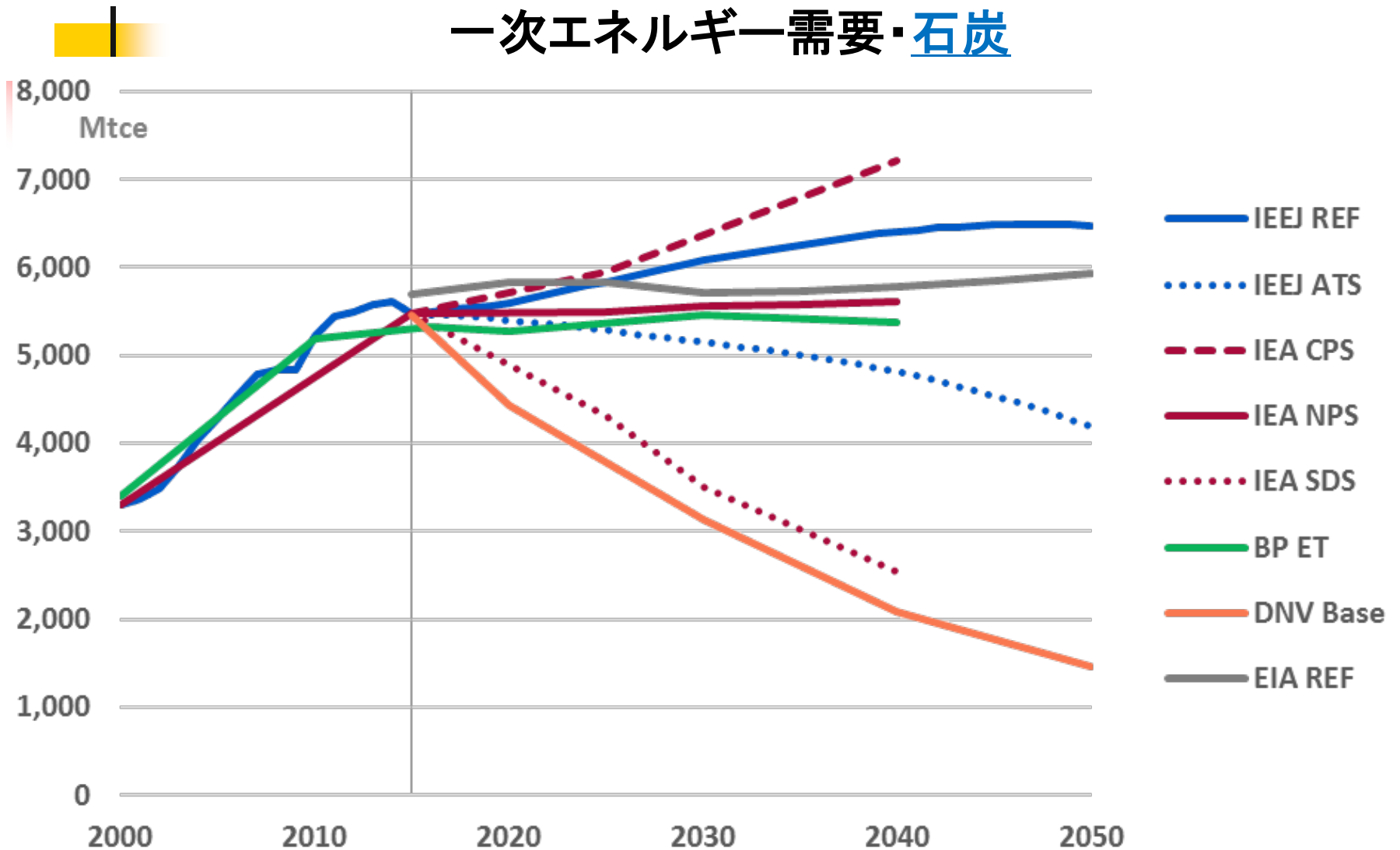
\*EIAはLiquidsでバイオ燃料、GTL等を含む。DNVはNGLsを除く。





# 各種の代表的長期見通しの比較(3)

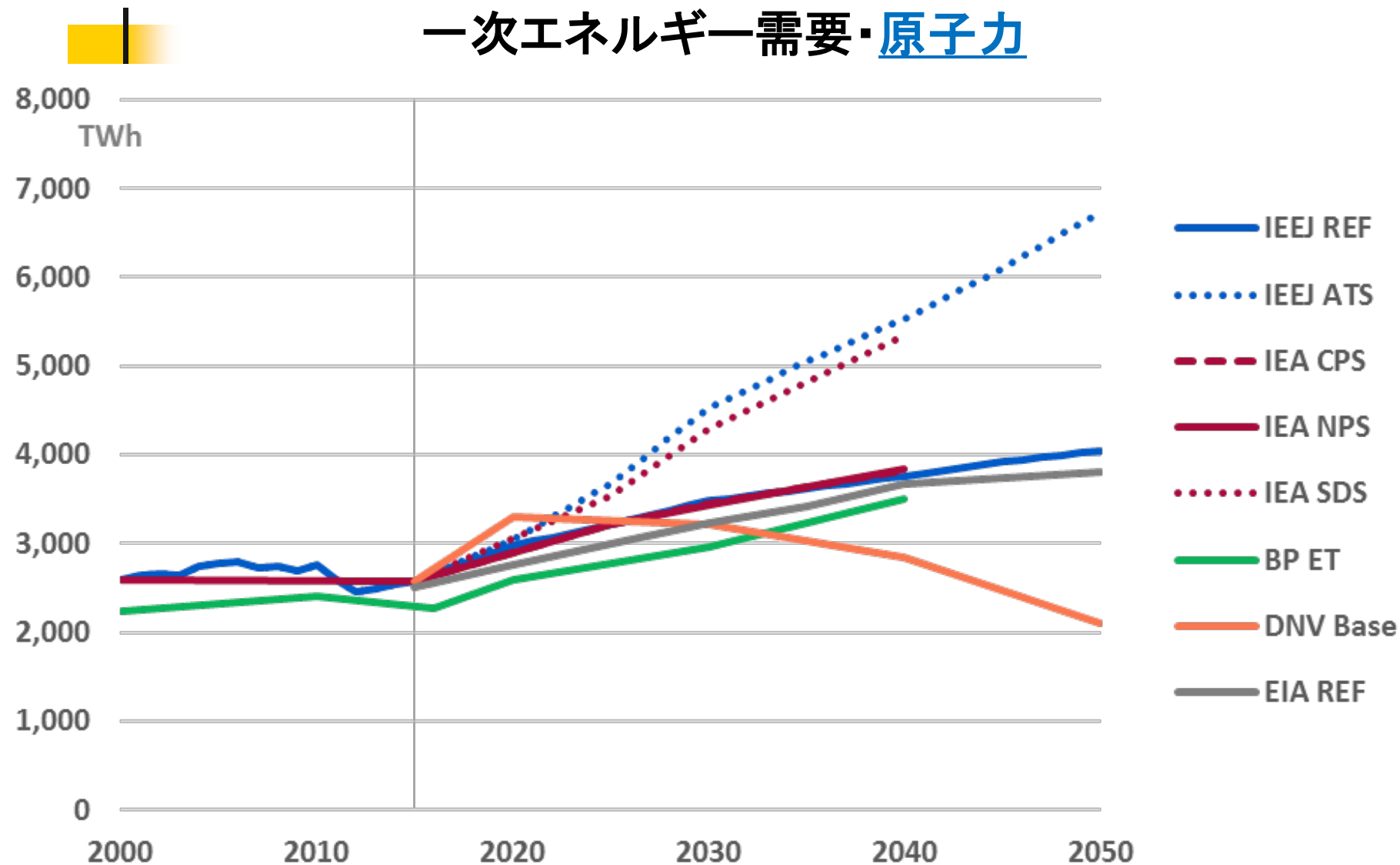
## 一次エネルギー需要・石炭





# 各種の代表的長期見通しの比較(4)

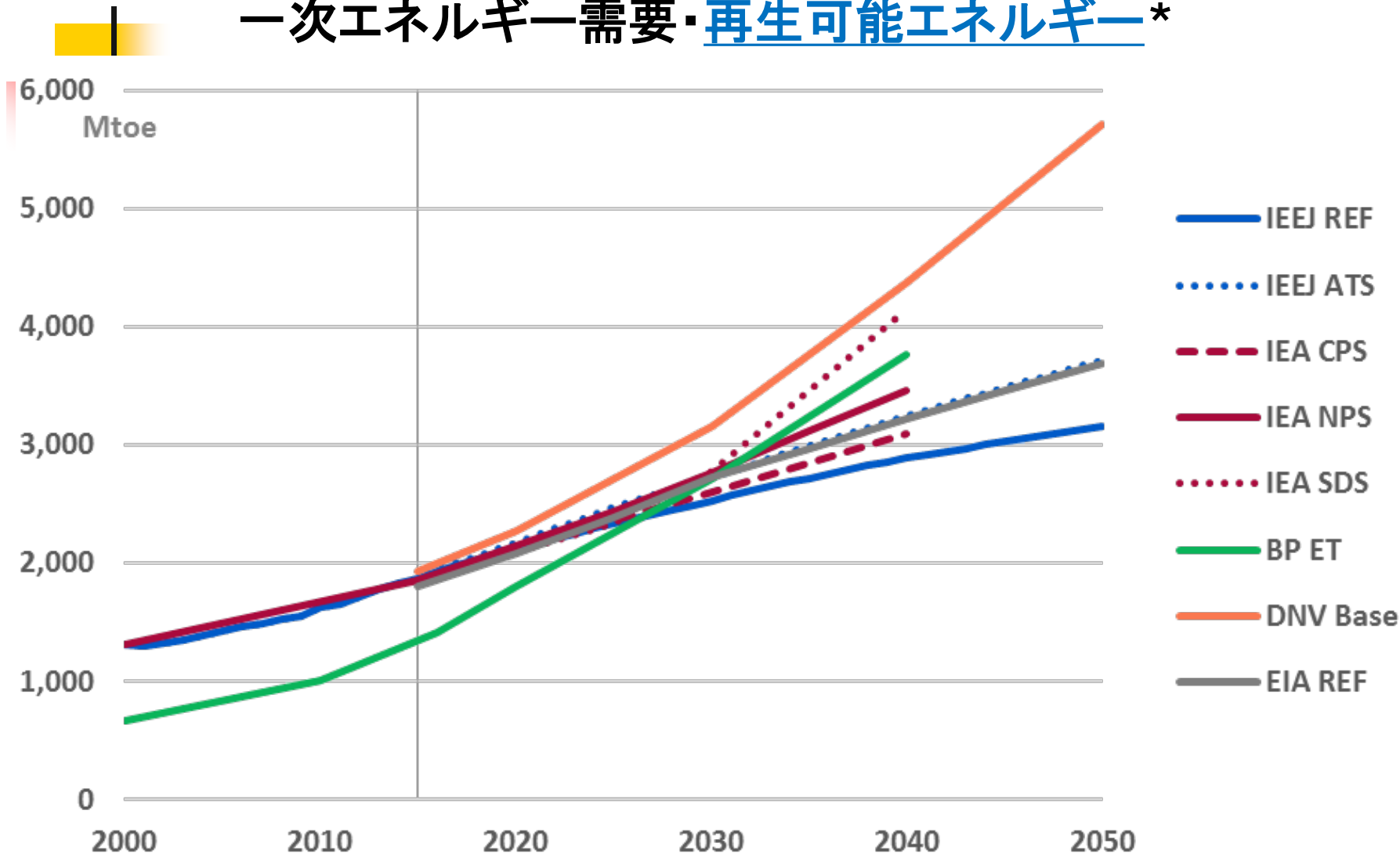
## 一次エネルギー需要・原子力





# 各種の代表的長期見通しの比較(5)

## 一次エネルギー需要・再生可能エネルギー\*



\*BPは薪、畜糞などの伝統的バイオマスを含まない。

出所:末広茂(日本エネルギー経済研究所)作成(2018年2月)

# 参考：上記長期見通しの出所元

## Source

### IEEJ “IEEJ Outlook 2018”, Oct. 2017

- REF: Reference Scenario
- ATS: Advanced Scenario
- POD: Peak Oil Demand Scenario

### IEA “World Energy Outlook 2017”, Nov. 2017

- CPS: Current Policies Scenario
- NPS: New Policies Scenario
- SDS: Sustainable Development Scenario

### BP “BP Energy Outlook 2018”, Feb. 2018

- ET: Evolving transition
- FT: Faster transition
- EFT: Even faster transition
- ICE ban: Internal combustion engine ban

### DNV GL “Energy Transition Outlook 2017”, Sep. 2017

- Base: Base Scenario

### US EIA “International Energy Outlook 2017”, Sep. 2017

- REF: Reference Scenario

# 「完璧なエネルギー」は存在しない

## ■ 石油

- 利便性・発達した国際市場・交通部門での競争力等
- 中東依存度・地政学リスク・CO2排出等

価格低下の影響は？

## ■ ガス

- クリーンな化石燃料・供給安定性等
- 相対的な価格の高さ・厳しい競合に直面等

米以外での黄金時代到来は？

## ■ 石炭

- 供給安定性・価格競争力等
- CO2排出・大気汚染等

低炭素化の中での将来は？

## ■ 再生可能エネルギー

- 国産エネルギー・CO2フリー等
- 高コスト・供給の間歇性等

急速な発電コスト低下 VS 統合コスト

## ■ 原子力

- 準国産エネルギー・CO2フリー・効率的なベースロード電源等
- 安全性への懸念等

電力自由化の影響は？

## ■ 省エネルギー

- 3E+Sへの貢献
- 過度な省エネは経済性・利便性等の現実的観点から困難

エネ価格低下の影響は？

# 原子力の“SWOT”

## ■ Strength

- 準国産エネルギー
- ベースロード電源
- CO2フリー電源
- コスト競争力(ただし、市場・状況によって差異あり)

## ■ Weakness

- 事故の際の巨大な影響の可能性
- Public Acceptance
- 巨額の資本(初期)投資
- コスト競争力(ただし、市場・状況によって差異あり)

## ■ Opportunity

- 電力需要の拡大
- エネルギー安全保障確保の必要性増大(輸入依存度の上昇等)
- 気候変動・大気汚染問題対処への必要性増大

## ■ Threat

- 安全対策(コスト)強化の必要性
- 他のエネルギー源との競争激化
- エネルギー(電力)市場自由化の影響

# 世界の原子力を巡る状況

- 世界の原子力利用については、以下3類型が見られる
  - ①利用の維持・継続を図る国
  - ②利用大幅拡大・新規導入を図る国
  - ③「脱原子力」の方向にある国
- ただし、全体としては、基本的に原子力は拡大の方向
- 様々な長期見通しのシナリオで差異あり
  
- 最近、競争的電力市場での原子力の位置づけが注目されている
- 準国産・CO2フリー・ベースロード電源としての価値を鑑み、
  - 英国におけるFIT/CfDの導入
  - 米国自由化州におけるZero Emission Credit(ZEC)等の導入
  - 米国連邦大でのベースロード電源価値の検討等が行われている。

# まとめ

- **世界のエネルギーの将来には、大きな不確実性が存在**
- **エネルギー安全保障の課題は複雑化**
- **環境問題への対応は一層重要に**
- **エネルギー・環境政策、技術進展でエネルギー需給構造は大きく変わりうる**
- **現時点で「完璧なエネルギー」は存在しない**
- **各々の利点を活かし、課題克服しながらバランスよく使うベストミックスが重要**
- **原子力にも固有の利点と課題あり。上記の視点に沿い、合理的・戦略的な思考・判断が重要**