

第49回原産年次大会

2016年4月13日

---

# 3Eにおける原子力の価値に 関する定量的評価

---

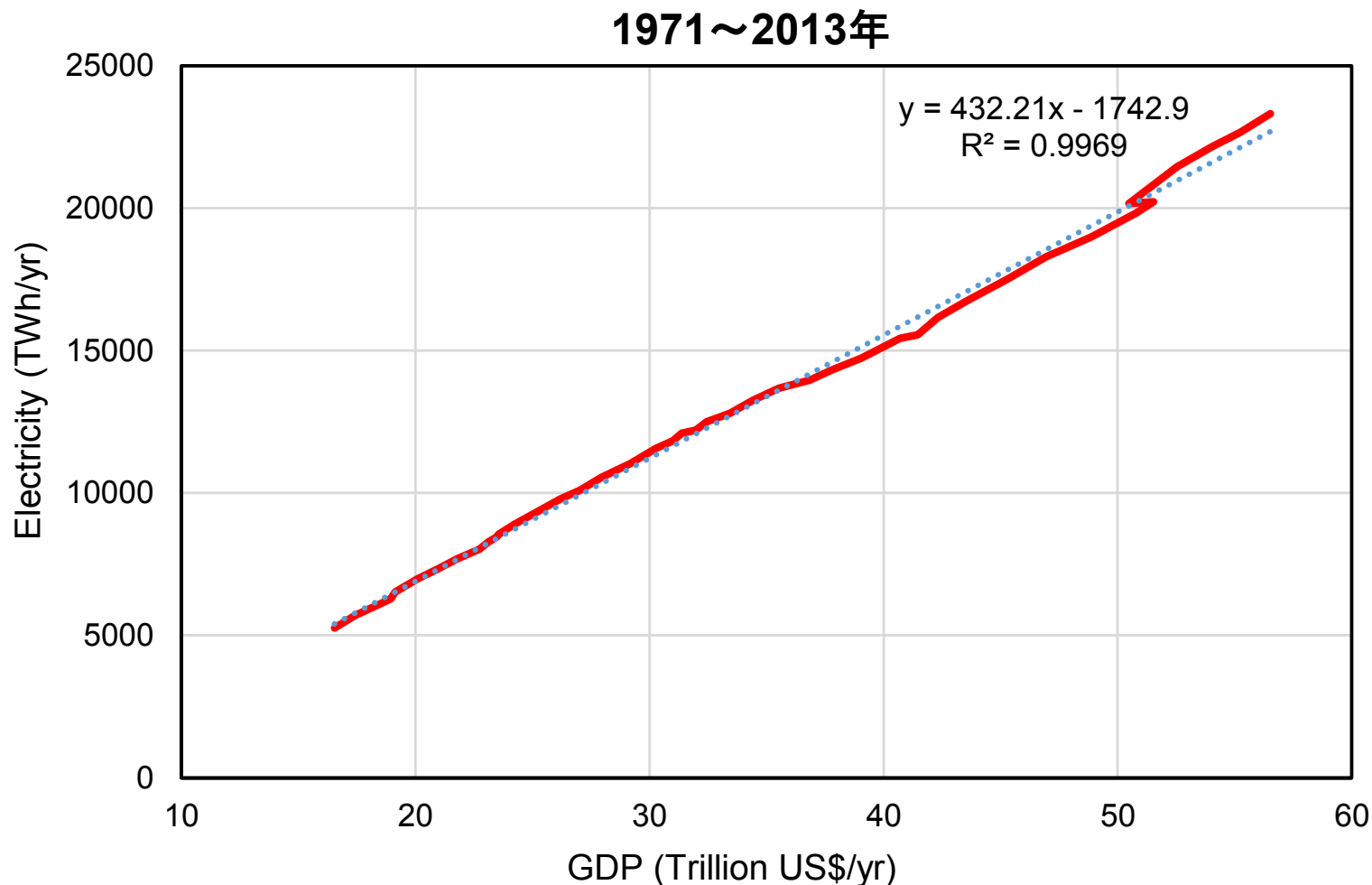
(公財)地球環境産業技術研究機構 (RITE)

システム研究グループ グループリーダー

秋元 圭吾



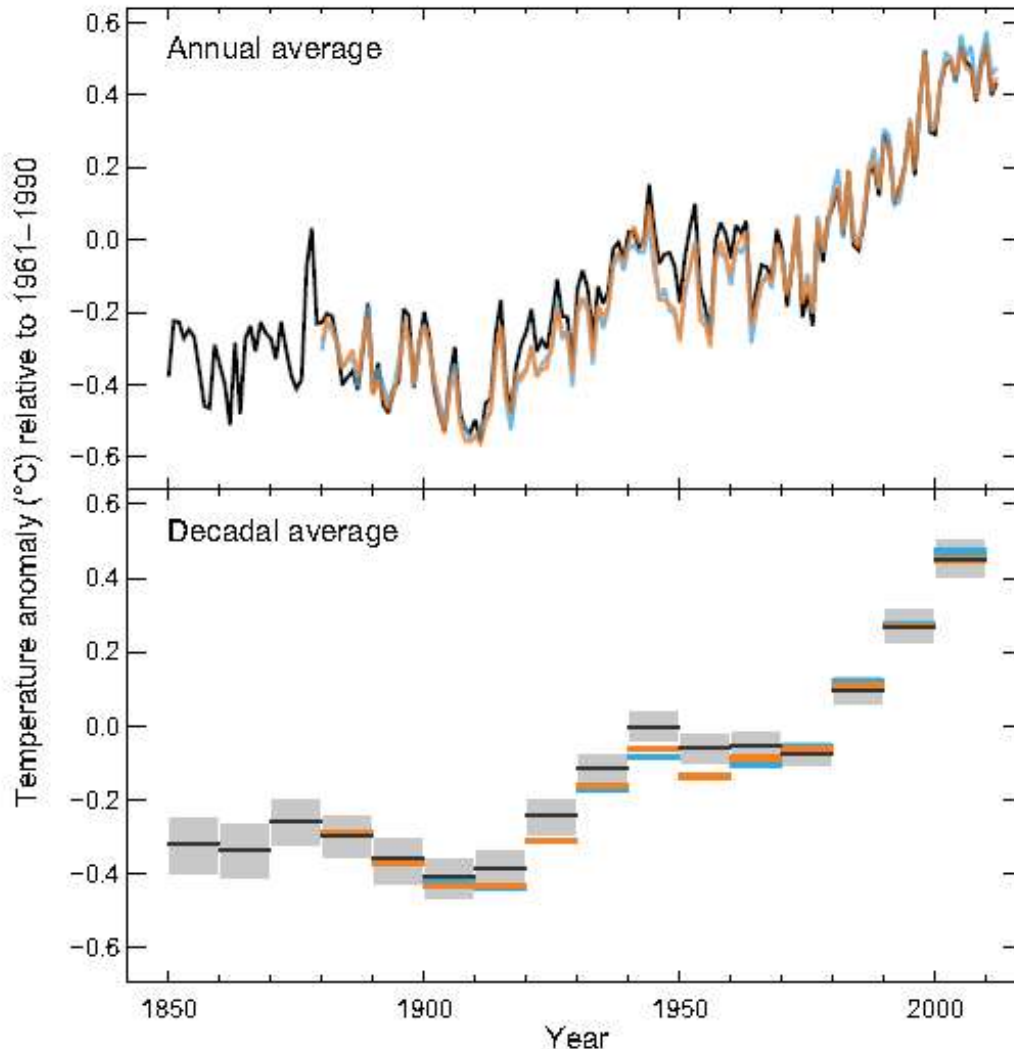
# 世界の経済成長と電力消費量の関係



出典) IEA統計、2015

世界の経済成長と電力消費量とは線形に近い強い正の関係が見られる。近年でもその傾向に変化は見られない。そして、経済成長とともに、乳幼児死亡率等も大きく低下させ、それに伴い社会の効用は向上してきたと考えられる。

# 気温上昇の推移とその要因



「気候システムの温暖化には疑う余地がなく、1950年代以降、観測された変化の多くは数十年～数千年間で前例のないもの」

「1880～2012年の期間では0.85 (90%信頼区間では0.65～1.06)°C上昇した」

「人間活動が20世紀半ば以降に観測された温暖化の主要因\*であった可能性が極めて高い(95-100%程度の確率)」

\* IPCCは温暖化のすべてが人間活動によるものと言っているわけではなく、太陽活動等による影響もあることは認めている。

# 日本における豪雨、大型台風被害

地球温暖化で海水温が上昇  
⇒海水の蒸発による大気中の水蒸気が増加  
⇒豪雨や大型台風が多発

ただし、具体的な被害事例について、人為的なCO<sub>2</sub>排出との因果関係について明確に言うことはできず、大きな不確実性があることは認識することが必要



出典) blog.livedoor.jp

豪雨による広島土砂災害、2014年8月  
死者・行方不明：74人  
家屋全壊：133戸



出典)産経デジタル

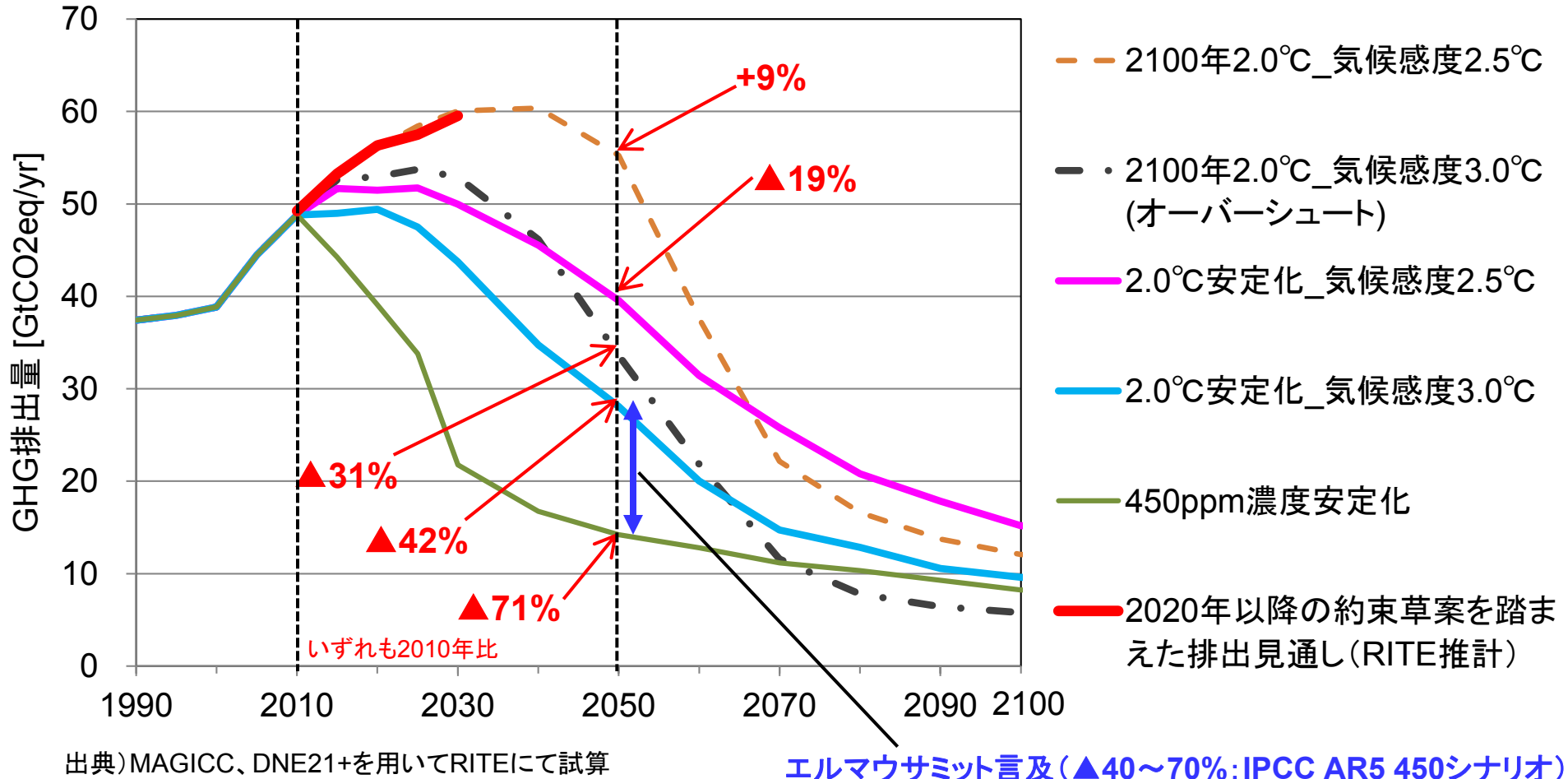
豪雨による鬼怒川堤防決壊、2015年9月  
茨城・常総市の浸水被害：1万1000棟

# パリ協定（COP21）における長期目標

2015年12月の国連気候変動枠組条約締約国会合（COP21）において、ほぼすべての国による2020年以降の気候変動対応のための国際枠組となるパリ協定が合意された。2030年に向けた取り組みが中核となっているが、長期の目標、それに向けた取り組みとして下記のような内容が含まれる。

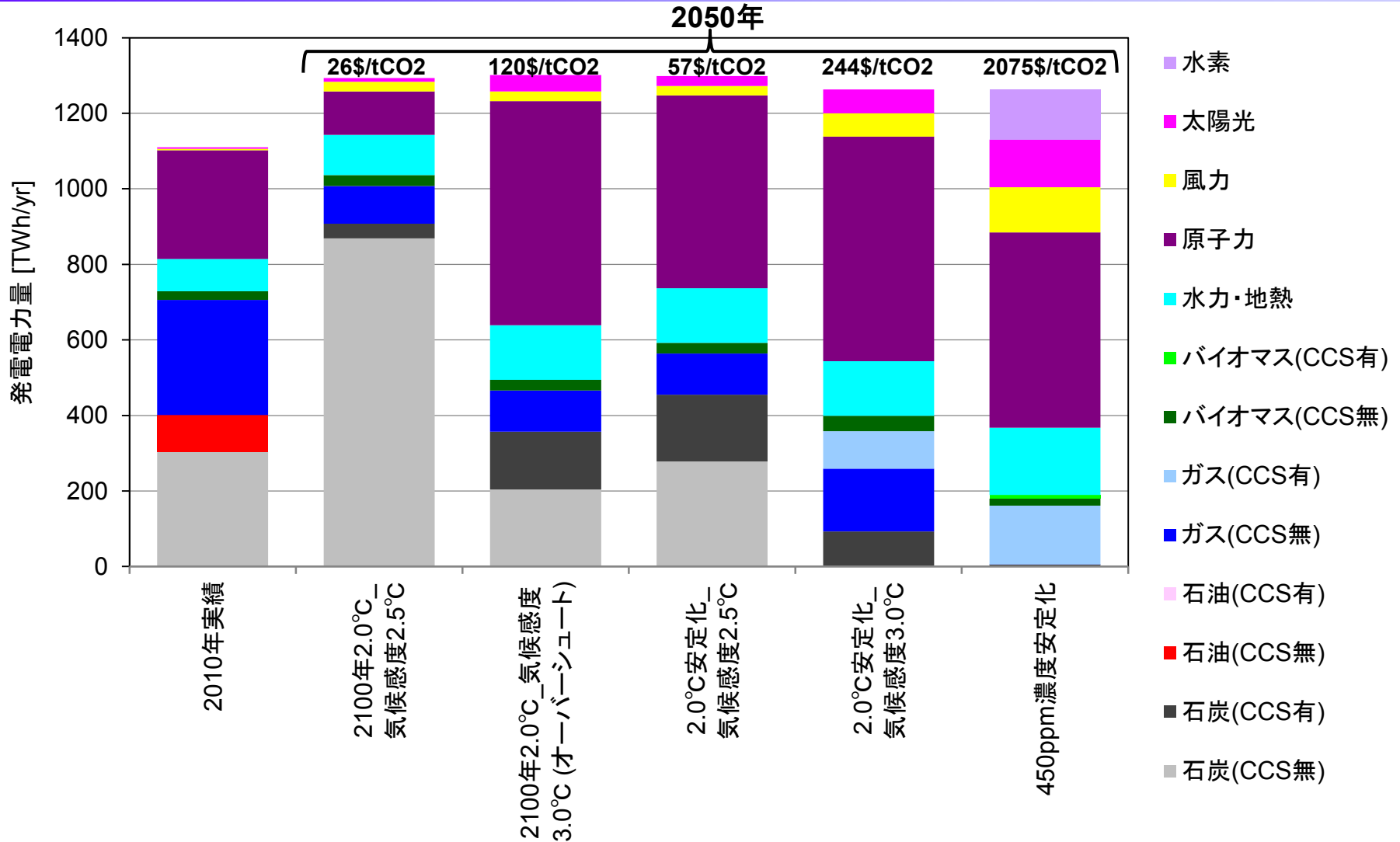
- ◆ 全球平均気温上昇を産業革命前に比べ2℃未満に十分に（"well below"）抑える。また1.5℃に抑えるような努力を追求する。（第2条1項(a)）
- ◆ 協定第2条の長期目標を達成するため、世界の温室効果ガス排出をできる限り早期にピークにする。その後、急速に削減し、今世紀後半には、温室効果ガスについて人為的起源排出とシンクによる吸収をバランスさせる。（第4条1項）
- ◆ 協定の目的と長期目標に向けた世界全体の前進を評価するために、協定の実施状況を5年毎に把握（「グローバル・ストックテイク」、2023年が第1回）（第4条9項、第14条）
- ◆ すべての国は、温室効果ガス低減のための長期発展戦略を策定するよう努力すべき（第4条19項）（COP21決定には2020年までにと時期も明示されている）

# 2°C目標のための温室効果ガス排出経路(～2100年)



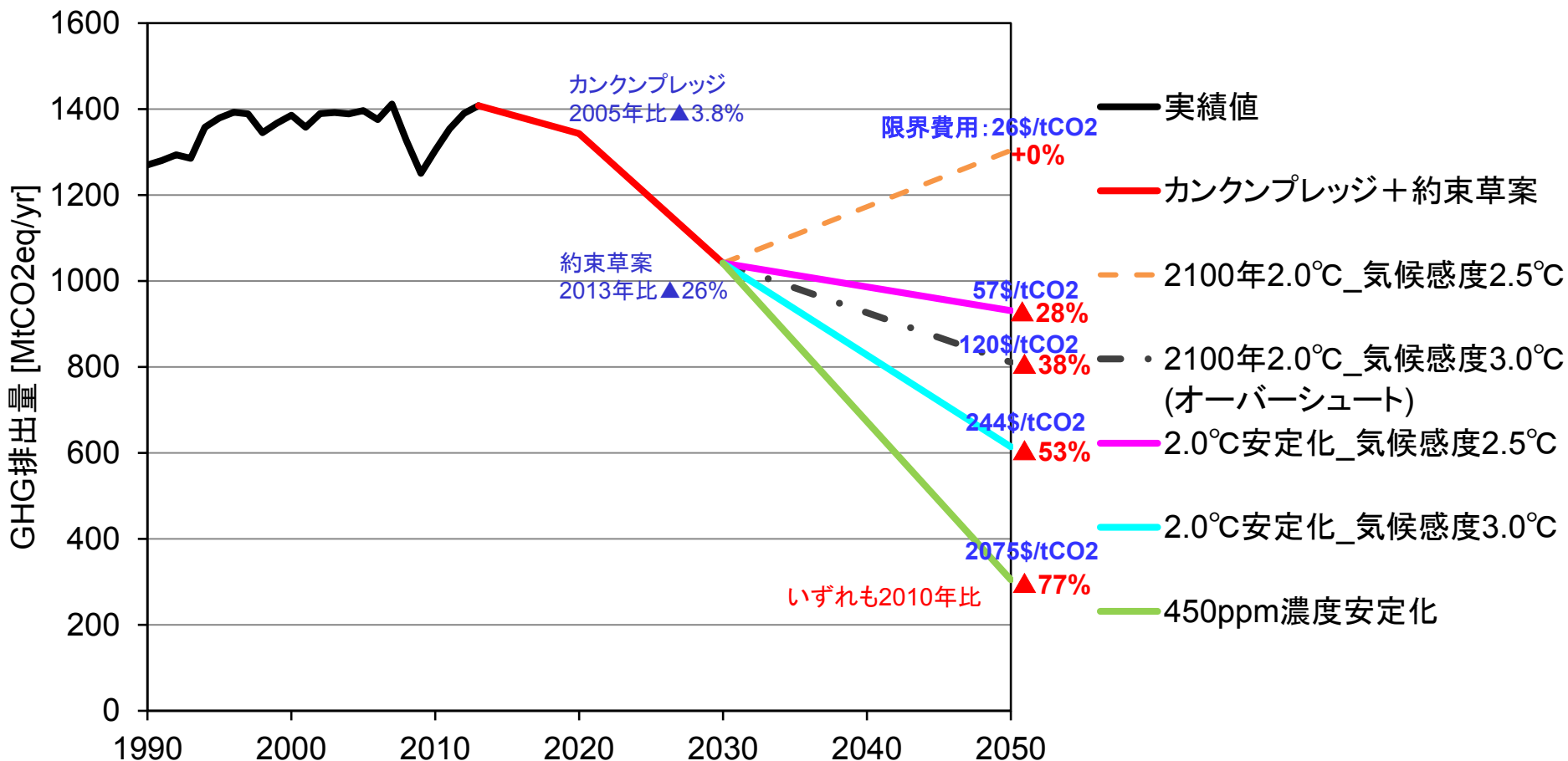
- たとえば、2°C未満に抑制するとしても、2°C未満とする時期、実現期待確率、気候感度の分布等によって、排出経路は大きく異なってくる(例えば、2050年に2010年比で+9%～▲71%)。ただし、気温安定化のためには、どの気温水準であってもいずれCO<sub>2</sub>ではほぼゼロ排出にすることが必要。
- 約束草案は、特に450 ppm CO<sub>2</sub>eq安定化シナリオや2°C安定化(気候感度3°C)シナリオ(2050年に40～70%削減程度)とは大きなギャップあり。

# 2°C目標、世界の限界削減費用均等化時の日本の2050年の電源構成



2°Cと整合的なシナリオであっても石炭が支配的とするのが費用効率的となるケースさえある。一方、2°Cをより高い確率で達成するシナリオでは原子力、二酸化炭素回収貯留(CCS)の大幅利用が費用効率的に。更に450 ppmシナリオでは再エネ、水素利用の大幅な利用が費用効率的に(ただしこの時の限界削減費用は2100\$/tCO<sub>2</sub>程度)。

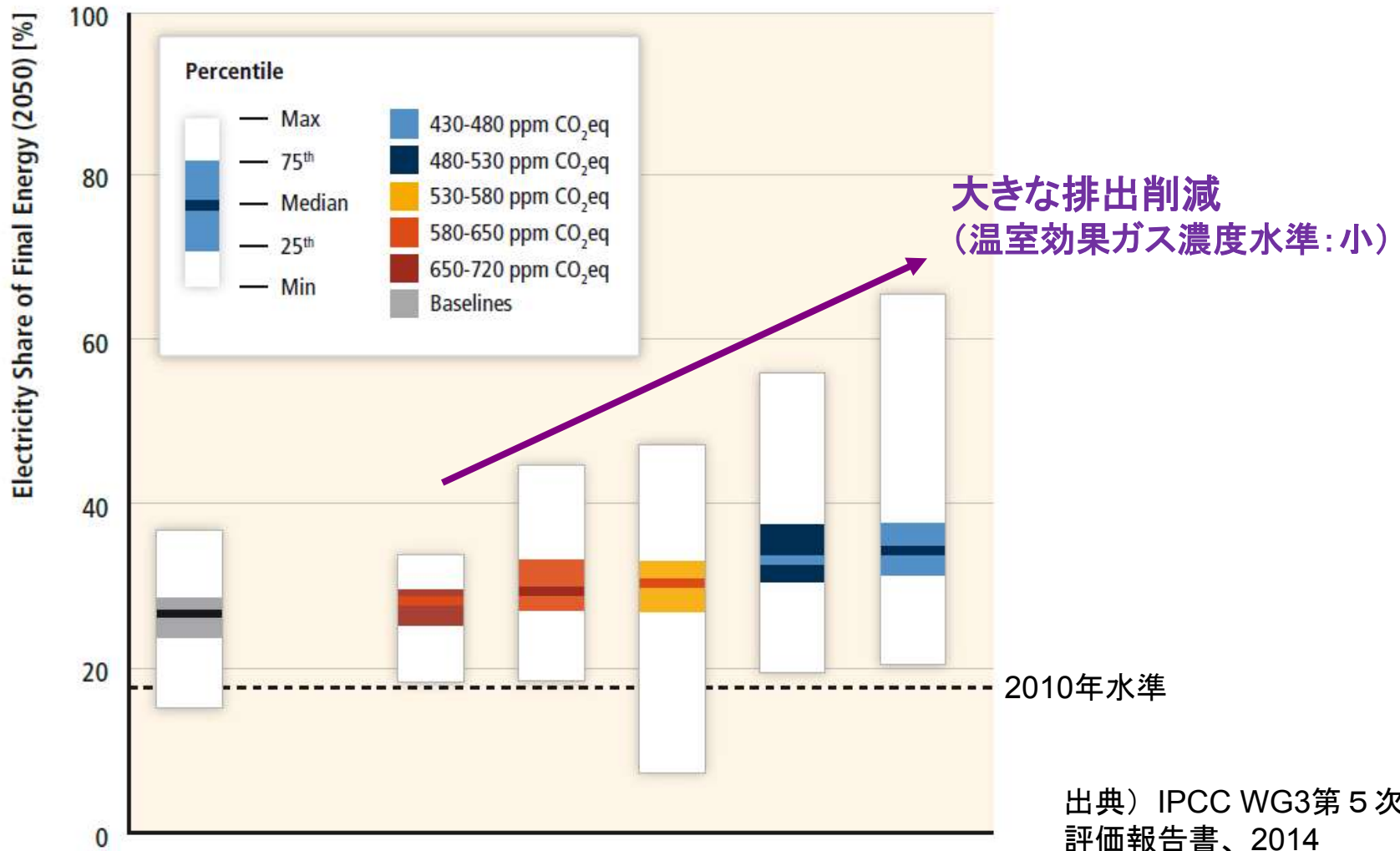
# 2°C目標と統合的な日本の温室効果ガス排出経路 (世界の限界削減費用均等化)



**2100年2.0°C\_気候感度2.5°Cと統合的な世界排出量経路について、世界の限界削減費用が均等化(このとき炭素価格26\$/tCO2)の場合、2050年の日本の排出量は2010年比+0%。これでも2°C目標との整合性は残しているが、2030年の約束草案よりも2050年は深堀が必要と考え、これを除いた排出経路を中心に考える必要あり。このとき、いずれも原子力は増大させることが費用効率的な対策となる。**



# 排出削減レベルごとの電力のシェア（2050年）



排出削減レベルが厳しくなるに従い、最終エネルギーにおける電力シェアを高めることが重要になる(同時に電源の脱炭素化を強化する)。

# 発電コストWGによる2014年時点の電源別コスト推計

電源	原子力	石炭火力	LNG火力	風力(陸上)	地熱	一般水力	小水力 80万円/kW	小水力 100万円/kW	バイオマス (専焼)	バイオマス (混焼)	石油火力	太陽光 (効)	太陽光 (住宅)	ガス コジェネ	石油 コジェネ
設備利用率 稼働年数	70% 40年	70% 40年	70% 40年	20% 20年	83% 40年	45% 40年	60% 40年	60% 40年	87% 40年	70% 40年	30・10% 40年	14% 20年	12% 20年	70% 30年	40% 30年
発電コスト 円/kWh	10.1~ (8.8~)	12.3 (12.2)	13.7 (13.7)	21.6 (15.6)	16.9※ (10.9)	11.0 (10.8)	23.3 (20.4)	27.1 (23.6)	29.7 (28.1)	12.6 (12.2)	30.6 ~43.4 (30.6 ~43.3)	24.2 (21.0)	29.4 (27.3)	13.8 ~15.0 (13.8 ~15.0)	24.0 ~27.9 (24.0 ~27.8)
2011コスト 等検証委	8.9~ (7.8~)	9.5 (9.5)	10.7 (10.7)	9.9~ 17.3	9.2~ 11.6	10.6 (10.5)	19.1 ~22.0	19.1 ~22.0	17.4 ~32.2	9.5 ~9.8	22.1 ~36.1 (22.1 ~36.1)	30.1~ 45.8	33.4~ 38.3	10.6 (10.6)	17.1 (17.1)

### 原子力の感度分析(円/kWh)

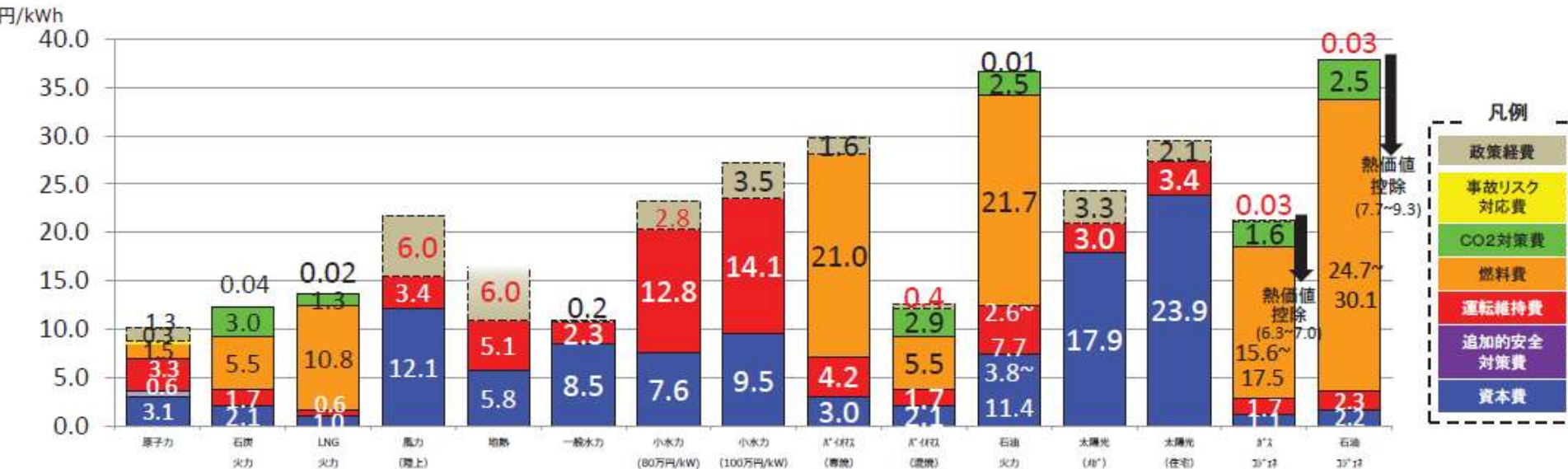
追加的安全対策費2倍	+0.6
廃炉費用2倍	+0.1
廃炉・賠償費用等1兆円増	+0.04
再処理費用及びMOX燃料加工費用2倍	+0.6

※1 燃料価格は足元では昨年と比較して下落。それを踏まえ、感度分析を下記に示す。

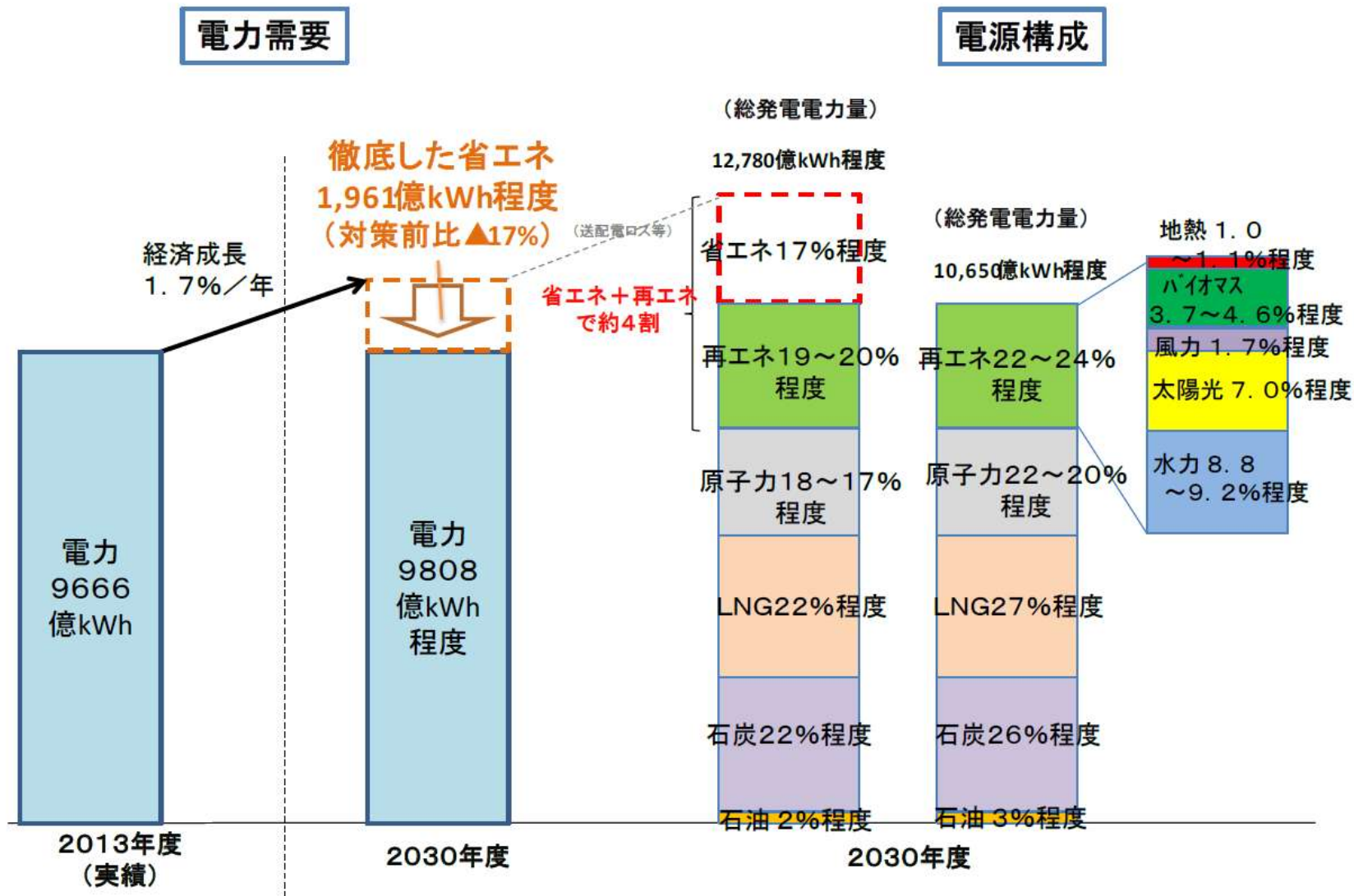
### 化石燃料価格の感度分析(円/kWh)

燃料価格10%の 変化に伴う影響 (円/kWh)	石炭 約±0.4	LNG 約±0.9	石油 約±1.5
--------------------------------	-------------	--------------	-------------

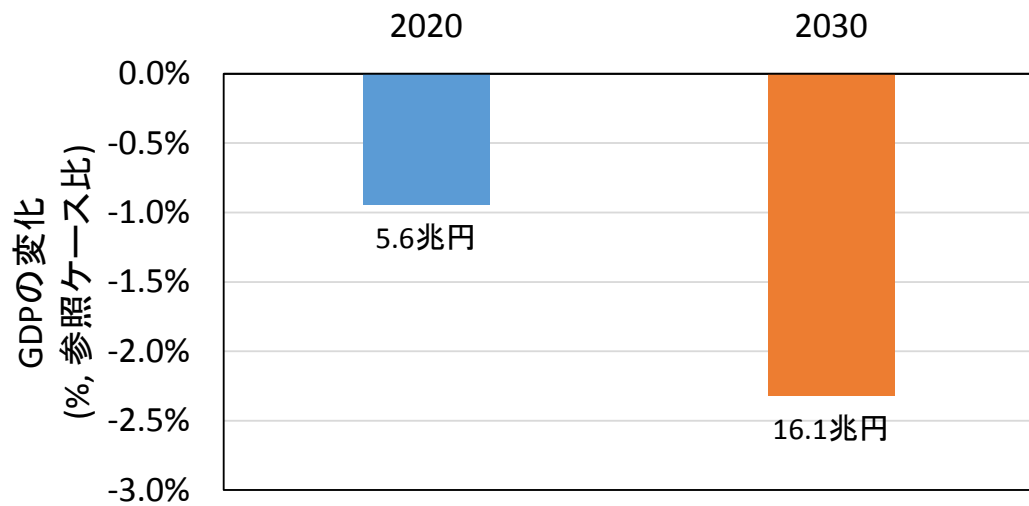
※2 2011年の設備利用率は、石炭:80%、LNG:80%、石油:50%、100%  
 ※3 ()内の数値は政策経費を除いた発電コスト  
 ※4 地熱については、その政策経費は今後の開発拡大のための予算が大部分であり、他の電源との比較が難しいが、ここでは、現在計画中のものを加えた合計143万kWで算出した発電量で関連予算を機械的に除した値を記載。



# 日本政府の2030年のエネルギーミックス案—電源構成—



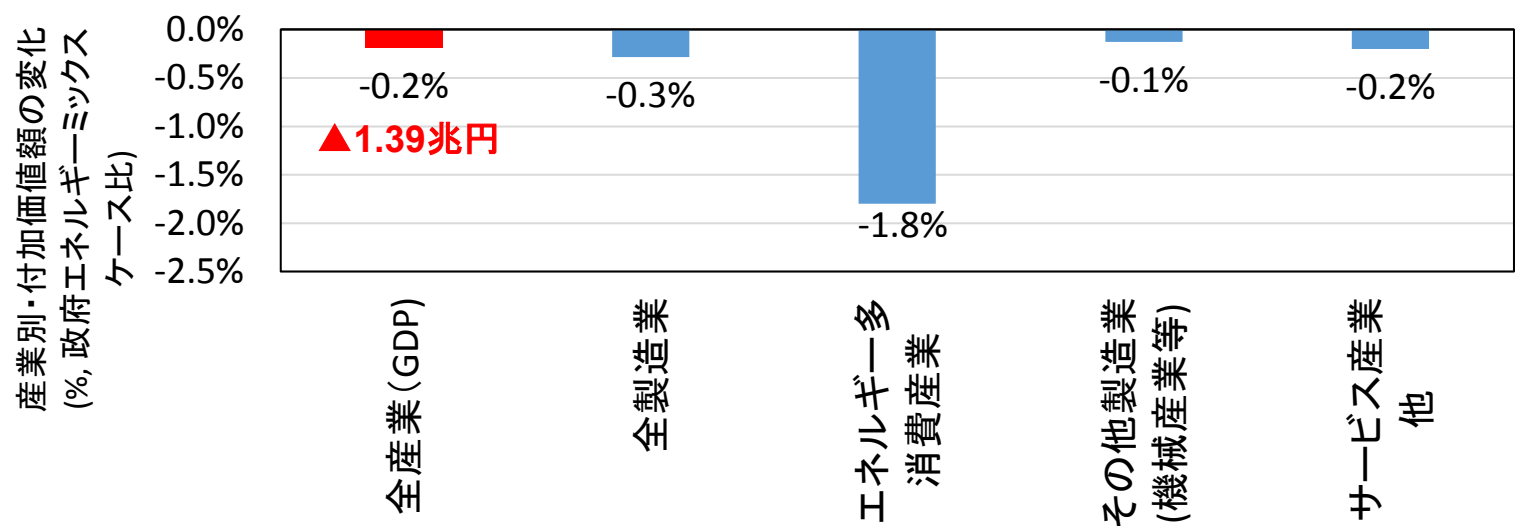
# 日本のエネルギーミックスのマクロ経済影響



**2030年にエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量を2013年比▲21.9%時(原子力比率20%の場合)**

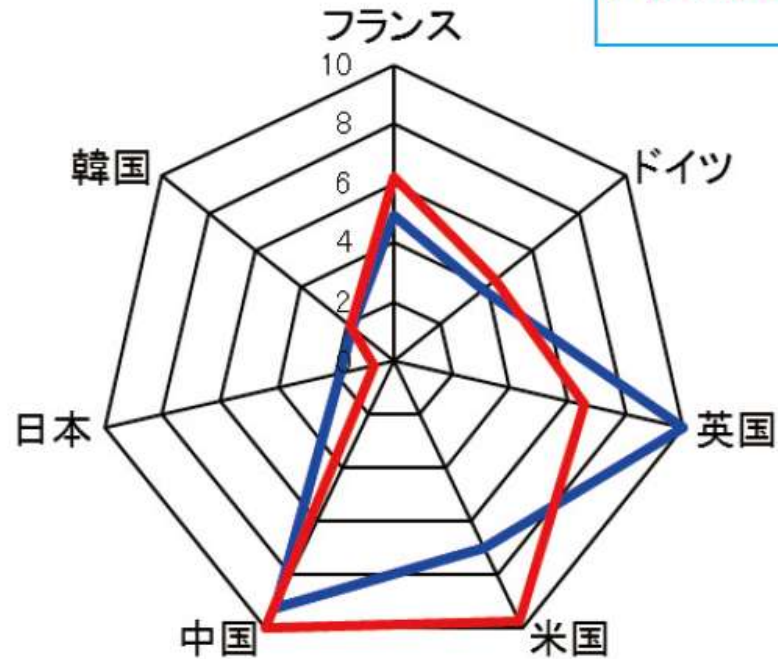
(2030年炭素価格:252\$/tCO<sub>2</sub>。2020年の炭素価格は、2030年の炭素価格をベースにし、IEA WEO2014 450シナリオにおけるEUの炭素価格シナリオの成長率を用いて想定した場合(55\$/tCO<sub>2</sub>)。RITE経済モデルDEARSによる分析)

**原子力比率:  
-5%ポイント**



# エネ白書におけるエネルギーセキュリティ指標評価

2000年代: 青色  
直近: 赤色

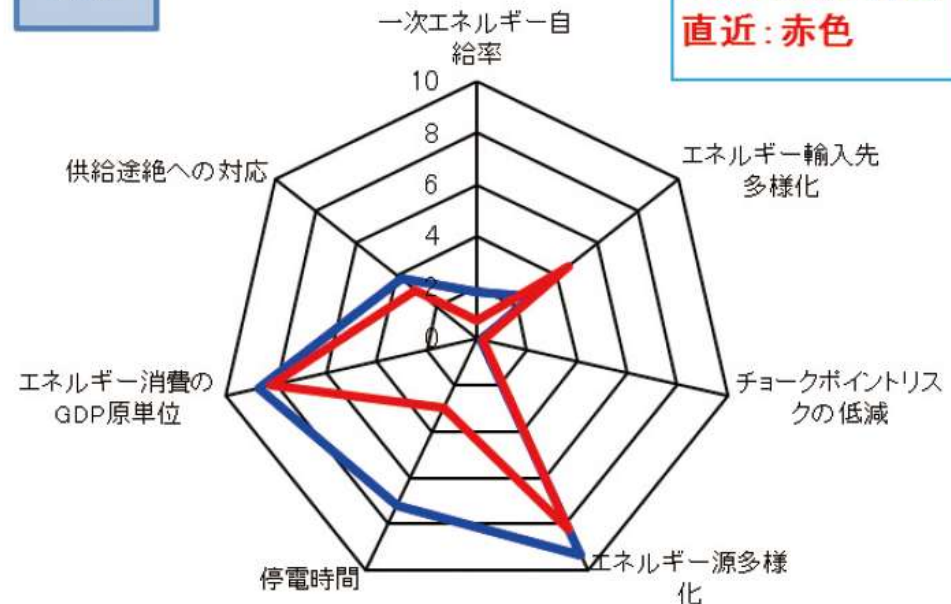


出典) エネルギー白書2015

日本のエネルギー安全保障は、主要国と比較して圧倒的に脆弱。震災後、一層脆弱に。エネルギー安全保障上のリスクを強く認識すべき。

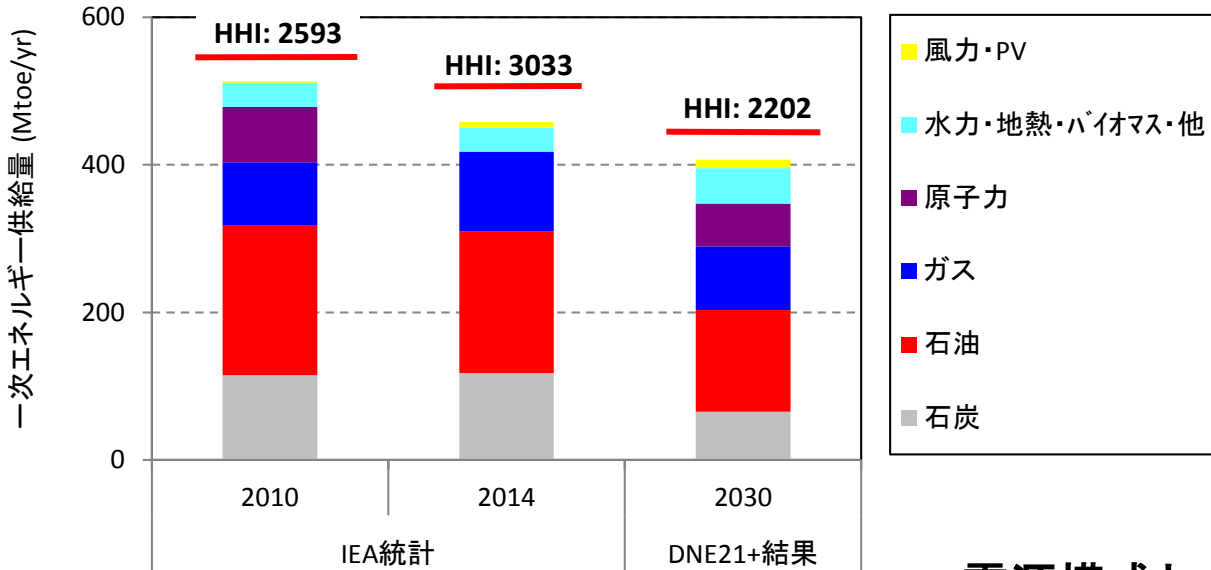
日本

エネ白2010: 青色  
直近: 赤色



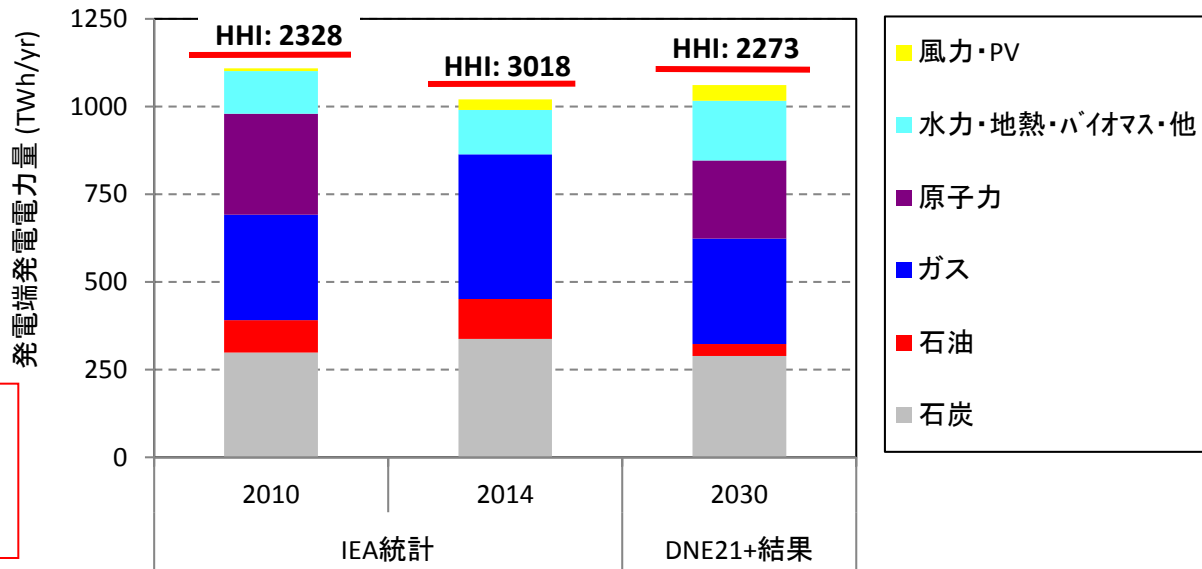
# エネミックスのエネルギーセキュリティ指標評価

## 一次エネルギー供給量とハーフィンダール指数(HHI)



ハーフィンダール指数(HHI):  
大きいほど脆弱と考えられる。

## 電源構成とハーフィンダール指数(HHI)



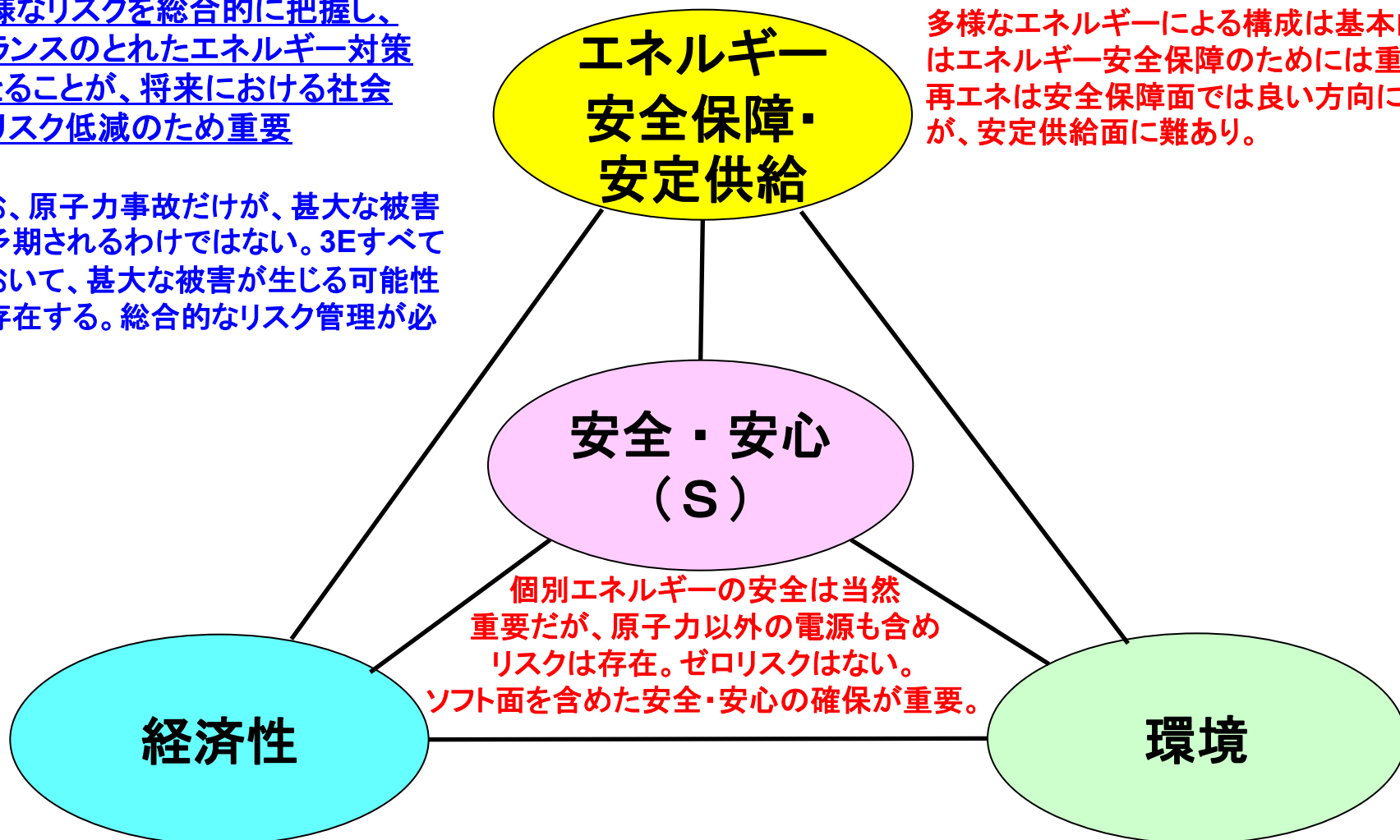
**2030年の政府エネルギーミックスは、2014年度比でエネルギーセキュリティ上の脆弱性が相対的に低下**

# 3E+Sの総合的なバランスが重要

多様なリスクを総合的に把握し、  
バランスのとれたエネルギー対策  
をとることが、将来における社会  
のリスク低減のため重要

なお、原子力事故だけが、甚大な被害  
が予期されるわけではない。3Eすべて  
において、甚大な被害が生じる可能性  
は存在する。総合的なリスク管理が必要。

多様なエネルギーによる構成は基本的には  
エネルギー安全保障のためには重要。  
再エネは安全保障面では良い方向に働く  
が、安定供給面に難あり。



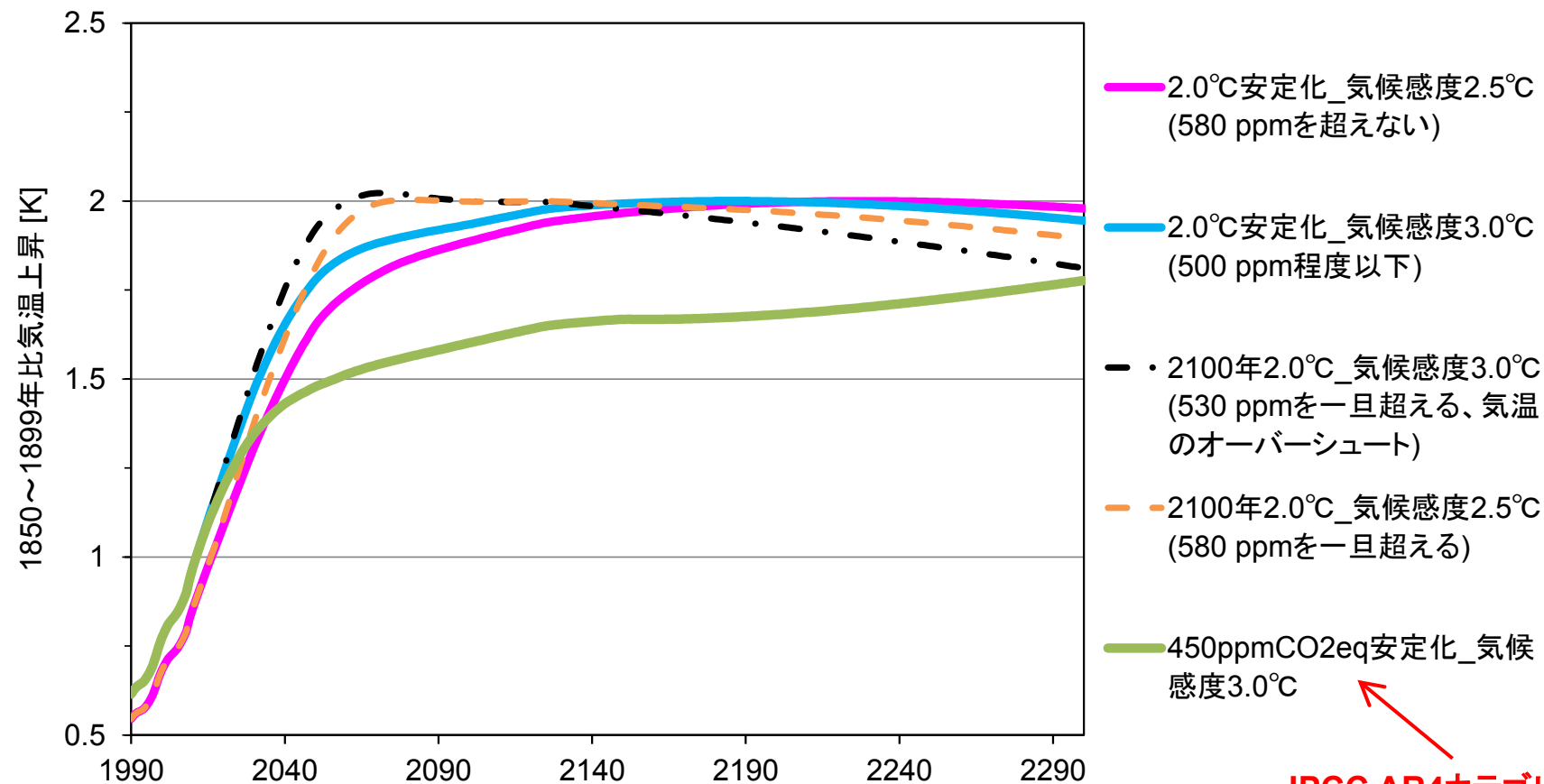
高いエネルギーコストは経済にダメージ。高い再生  
可能エネルギーの過度な導入は経済にダメージを  
もたらす。無駄の削減の省エネは経済に良い影響  
もあるが、無理な省エネもまた経済にダメージ

地球温暖化は不確実性が大きいものの、集中豪雨に  
よる被害が大きくなってきていると考えられ、リスクの  
大きさを認識することが重要。適応も含めた総合的な  
リスク管理が重要だが、CO2排出削減対策は重要

# 付 録



# 全球平均気温上昇経路例 (2°C目標)

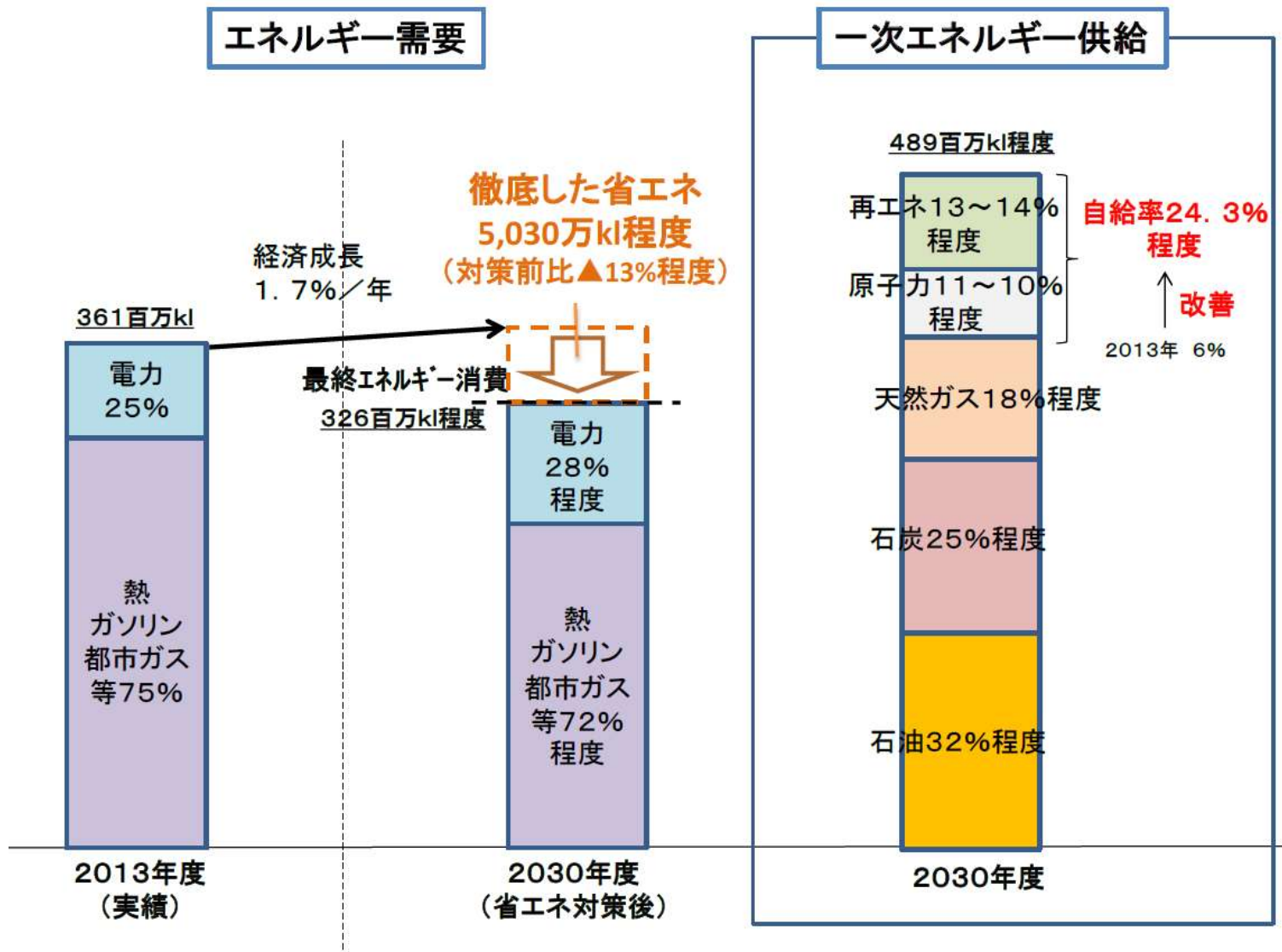


MAGICCを用いてRITEにて試算

**IPCC AR4カテゴリI相当**  
(>66%で2100年に2°C未満、>50%で2°C安定化)

例えば、2°C未満に抑制するシナリオに限っても、>66%で2100年に2°C未満(かつ>50%で2°C安定化)、>66%で2°C安定化(上記グラフにはこの経路は示していない)、>50%で2100年に2°C未満(かつ>50%で2°C安定化)など、様々考えられる。

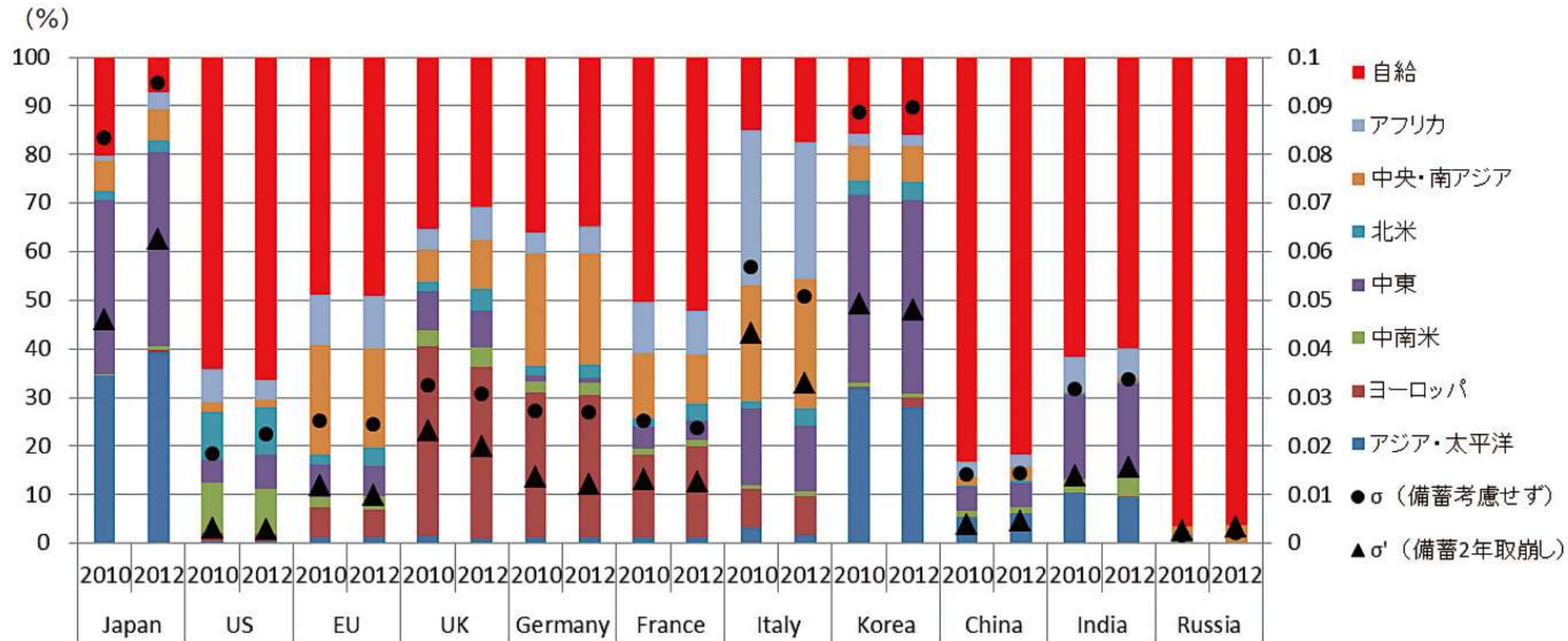
# 日本政府の2030年のエネルギーミックス案



# エネ白書におけるエネルギーセキュリティ指標

評価基軸指標	評価補足指標
(1) 国産・準国産エネルギー資源の開発・利用 ...一次エネルギー自給率 (原子力含む)	(1') 国産・準国産エネルギー資源の開発・利用...電源設備利用率
(2) エネルギー輸入先多様化 ...各資源輸入相手国の寡占度	(2') エネルギー輸入先多様化 ...評価対象国から産資源国への直接投資額
(3) エネルギー供給源構造多様化 ...一次エネルギー供給源の分散度 ...発電電力量構成の分散度	
(4) 資源の輸送リスク管理 ...チョークポイントリスクへの依存度	
(5) 国内リスク管理 ...電力供給信頼度 (停電時間)	(5') 国内リスク管理 ...政府のエネルギーR&D 予算額
(6) 需要抑制 ...エネルギー消費の GDP 原単位	(6') 需要抑制 ...部門別エネルギー消費の GDP 原単位
(7) 供給途絶への対応 ...石油備蓄日数	(7') 供給途絶への対応 ...国産資源利用可能年数

# エネルギー白書のエネルギーセキュリティ指標評価

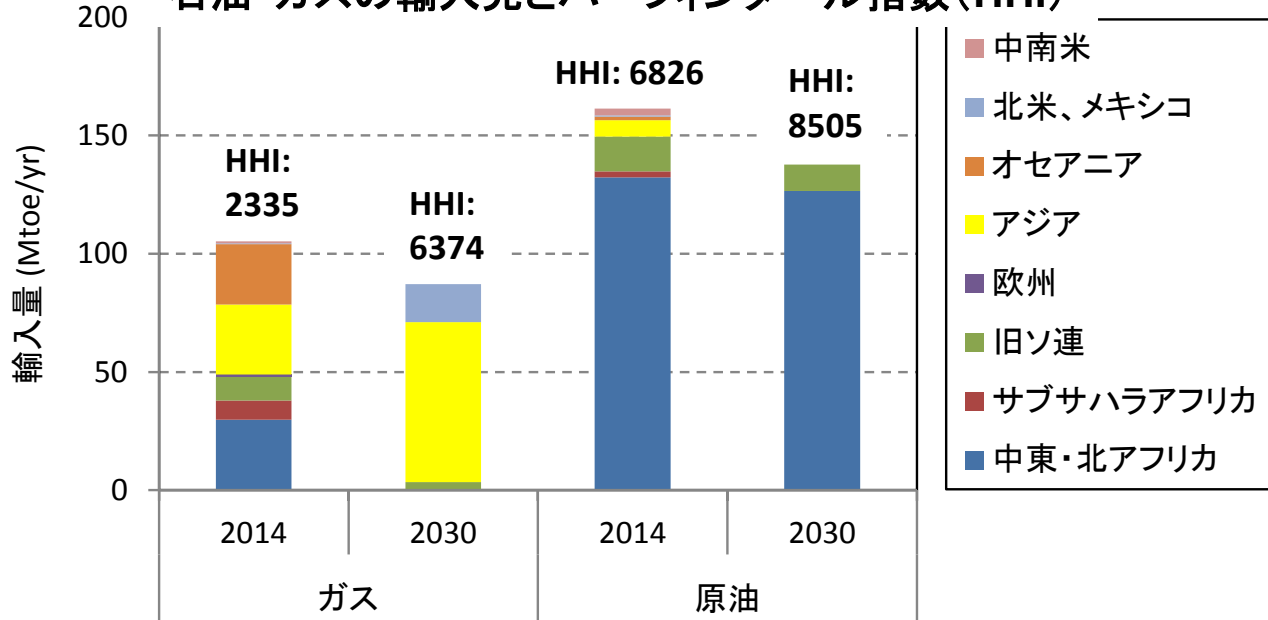


出典) エネルギー白書2015

エネルギー安全保障を高めるには、エネルギー輸入先の多様化など、様々な方策があり、複合的に対応することが重要である。しかしながら、原子力の停止は、エネルギー安全保障を大きく損なう一因となっている。

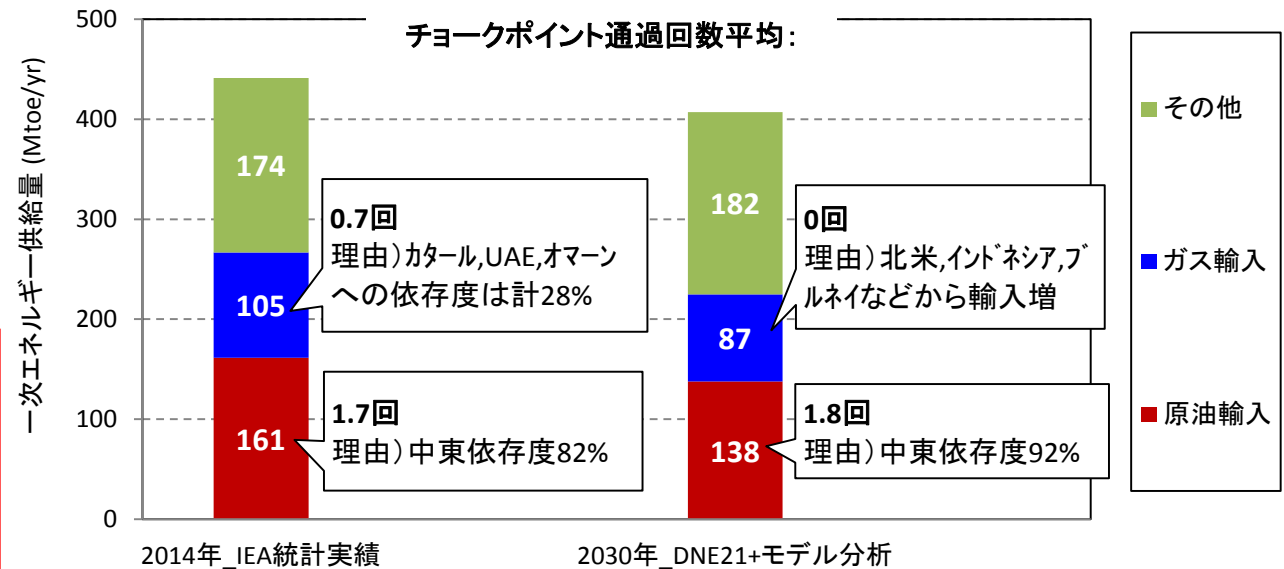
# エネミックスのエネルギーセキュリティ指標評価

## 石油・ガスの輸入先とハーフィンダー指数 (HHI)



**RITE DNE21+のコスト最小化計算結果からは、ガスのハーフィンダー指数は2014年度時点で小さく集中度が低い(分散度が高い)が、2030年はインドネシア、ブルネイといったアジア地域に集中する結果である。これは中東、オセアニアなどの供給がインドなどの南アジアに向かう影響も大きい。**  
**原油については今後とも中東・北アフリカへの依存度が高い結果である(ハーフィンダー指数が大きい、即ち、集中度が高い・分散度が低い)。**

**2030年に輸入先の集中度が高まりエネルギーセキュリティ上の懸念が一段と増す方向の結果である一方、チョークポイントリスクについては減少する結果**



2014年\_IEA統計実績

2030年\_DNE21+モデル分析