

2015年7月31日

---

# 日本のエネルギーミックスと 約束草案の評価

---

(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

問い合わせ先：佐野史典、本間隆嗣  
徳重功子、秋元圭吾

TEL: 0774-75-2304、E-mail: [sysinfo@rite.or.jp](mailto:sysinfo@rite.or.jp)

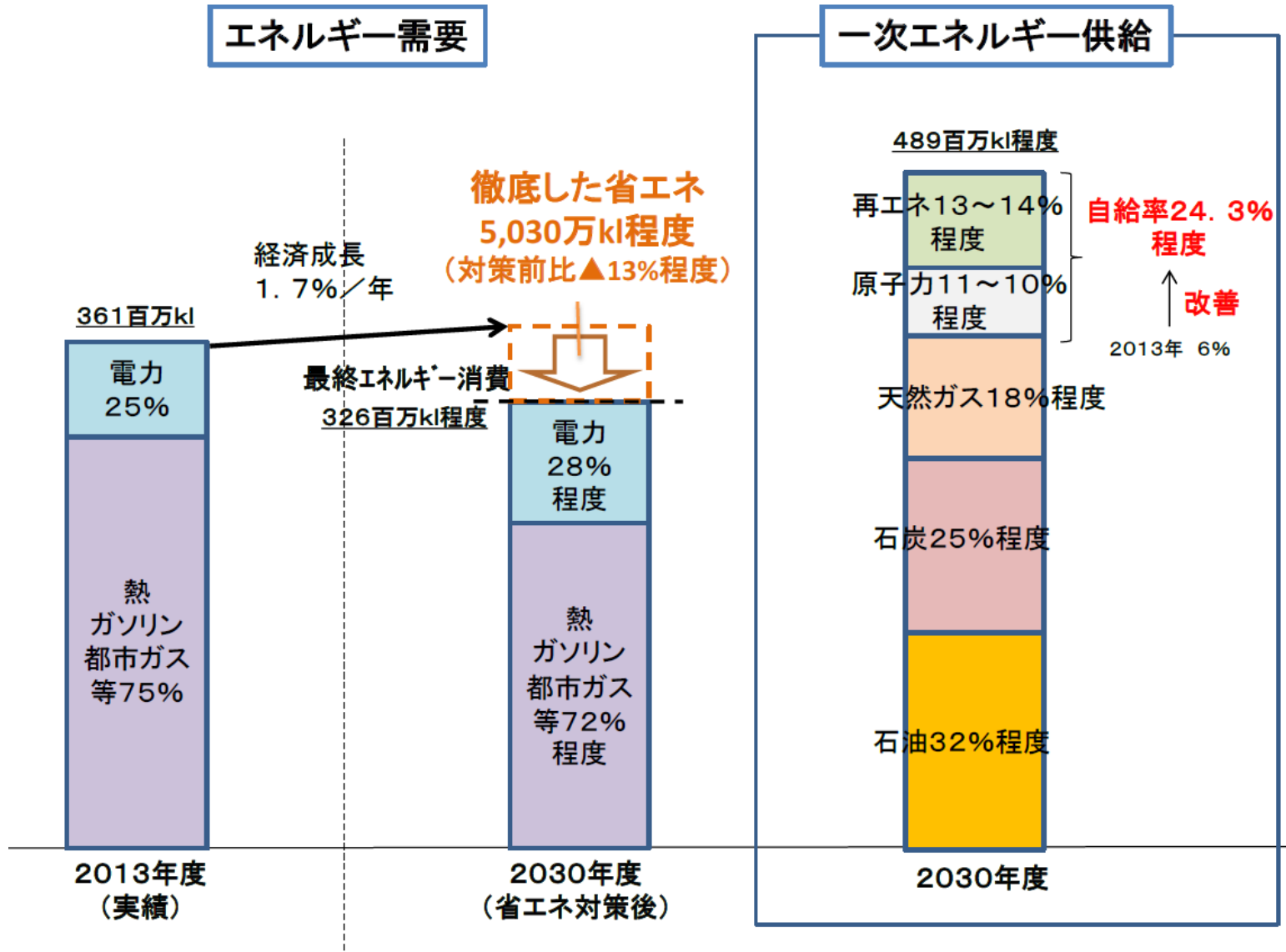


# はじめに

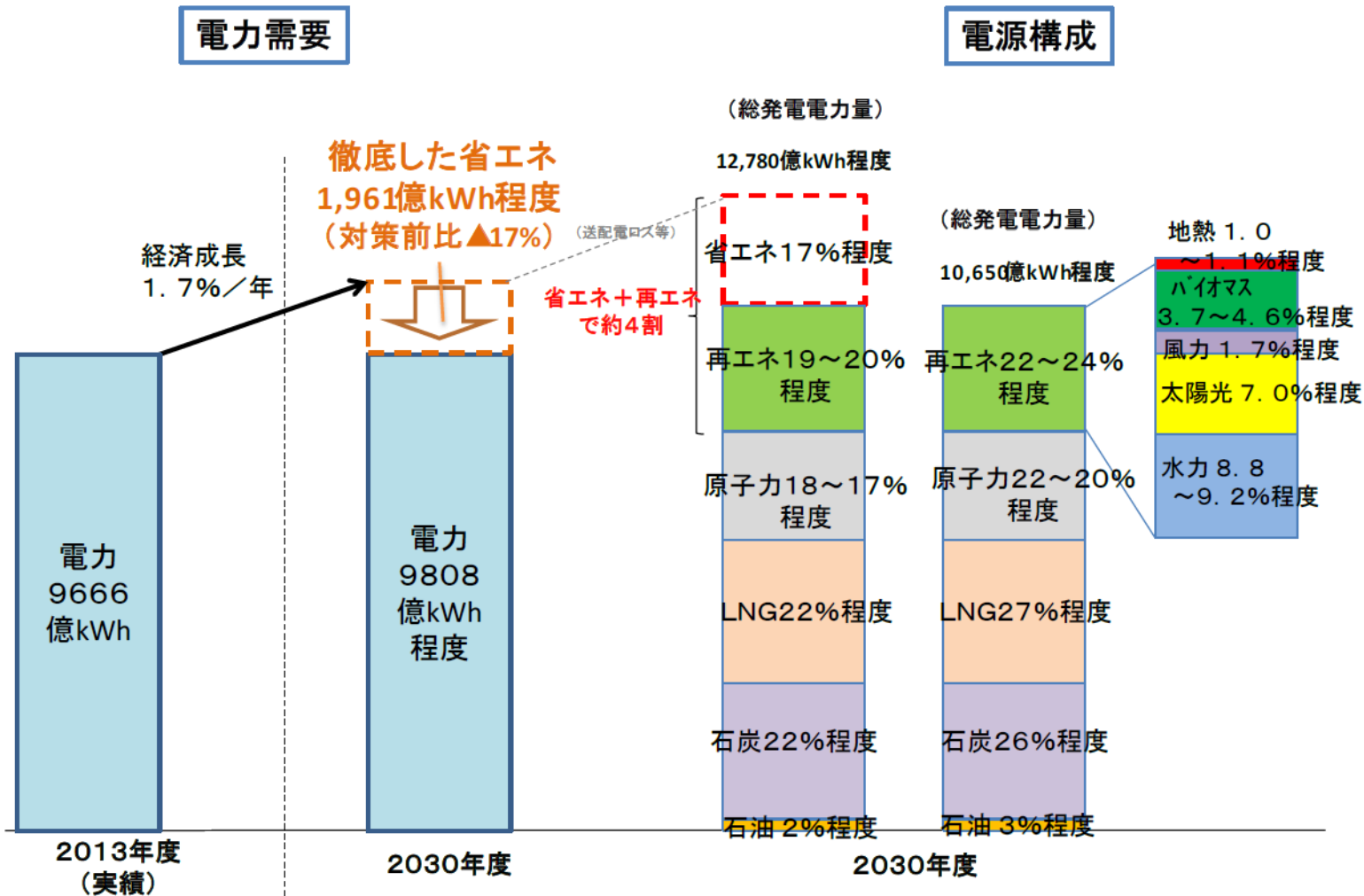
- ◆ 2014年4月に東日本大震災・福島第一原発事故以降初となるエネルギー基本計画が閣議決定された。しかし、具体的なエネルギーミックスの姿の提示はなされなかった。
- ◆ 一方、国際的には、2020年以降の温室効果ガス排出削減目標策定の議論が進められており、2015年末にパリで開催のCOP21において国際的合意を目指している。そして、COP21に先立って温室効果ガス排出削減目標（約束草案（INDCs: Intended Nationally Determined Contributions））の提出が求められており、米国やEU等は2015年3月末までにUNFCCC事務局への提出した。
- ◆ 日本政府は6月初めに「長期エネルギー需給見通し（案）」と、それに基づいた「日本の約束草案（政府原案）」をとりまとめた。そして、パブコメを経て、7月17日にUNFCCC事務局に約束草案の提出を終えた。
- ◆ 本資料では、今後の議論において、いくつかの重要な論点となると考えられる点について、定量的な分析・評価を行った。

**政府のエネルギーミックス、  
約束草案の審議会提示案  
(2015年4月末)**

# 日本政府の2030年のエネルギーミックス案



# 日本政府の2030年のエネルギーミックス案—電源構成—



省エネ前の基準ケースにおける電力需要のGDP弾性値は0.68となっている。RITEの分析では、2013-20年が0.8、2020-30年が0.6としており、IEA WEO2014の現状政策シナリオも同様である。これらと比較しても政府の推計は妥当な範囲にあると考えられる。しかし、対策ケースでは▲17%と大きく需要が低減すると想定されており（対策後の電力のGDP弾性値は0.05）、この点について後述のような検証を行った。

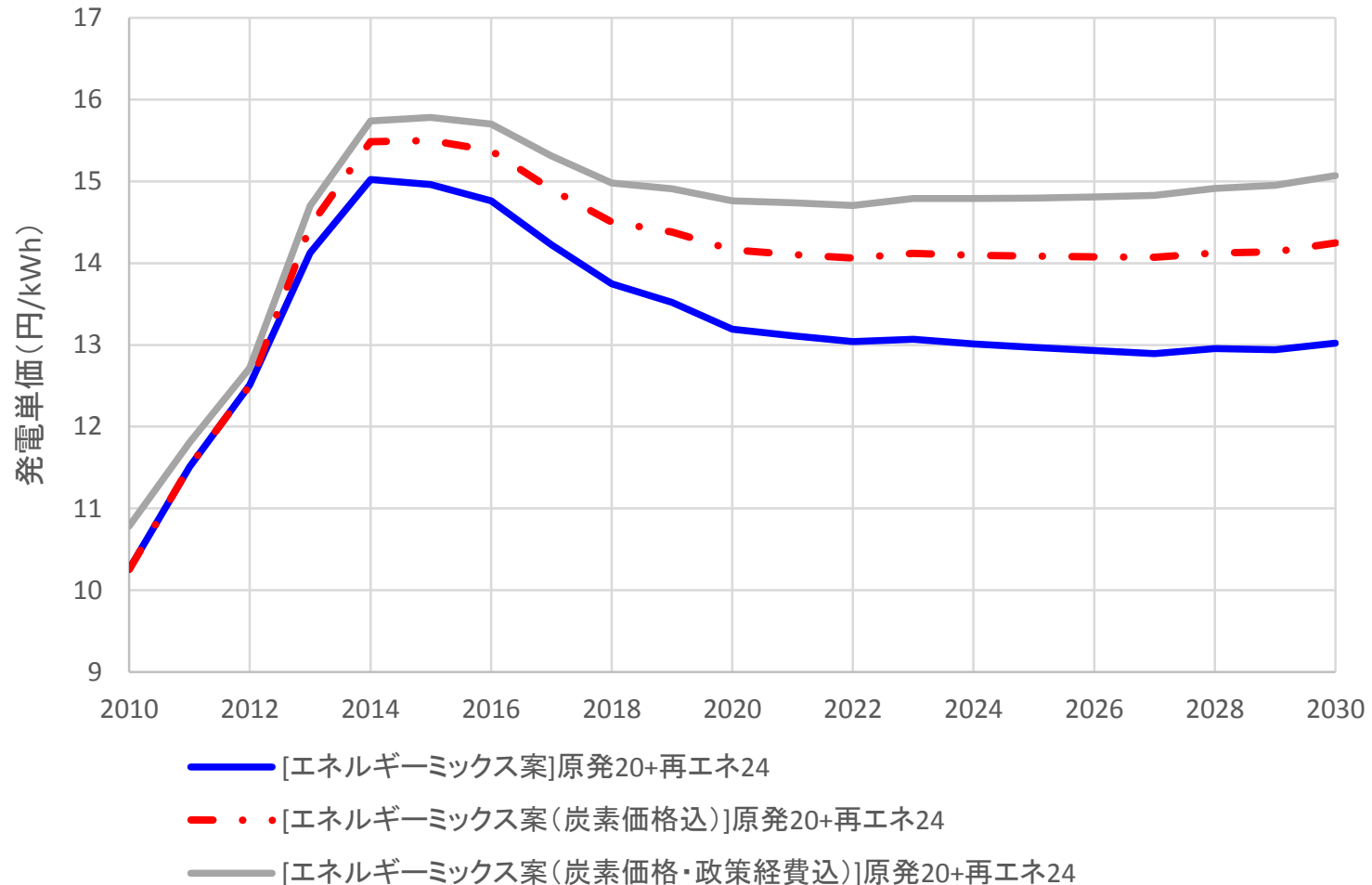
# 日本の約束草案の案(2030年時点)

2020年以降の温室効果ガス削減に向けた我が国の約束草案は、エネルギーミックスと統合的なものとなるよう、技術的制約、コスト面の課題などを十分に考慮した裏付けのある対策・施策や技術の積み上げによる実現可能な削減目標として、国内の排出削減・吸収量の確保により、2030年度に2013年度比▲26.0%（2005年度比▲25.4%）の水準（約10億4,200万t-CO<sub>2</sub>）にすることをとする。

	2013年比（2005年比）
エネルギー起源CO <sub>2</sub>	▲21.9%（▲20.9%）
その他温室効果ガス	▲1.5%（▲1.8%）
吸収源対策	▲2.6%（▲2.6%）
温室効果ガス計	▲26.0%（▲25.4%）

# 平均発電コストの推計

# 政府エネルギーミックス案の 平均発電コスト推移の推計



発電コスト検証WGで推計された電源別コスト（2015）を用いた場合の政府エネルギーミックス案における平均発電コスト推計。2030年に向けた電源構成の推移は一定のシナリオをおいて計算したもの。

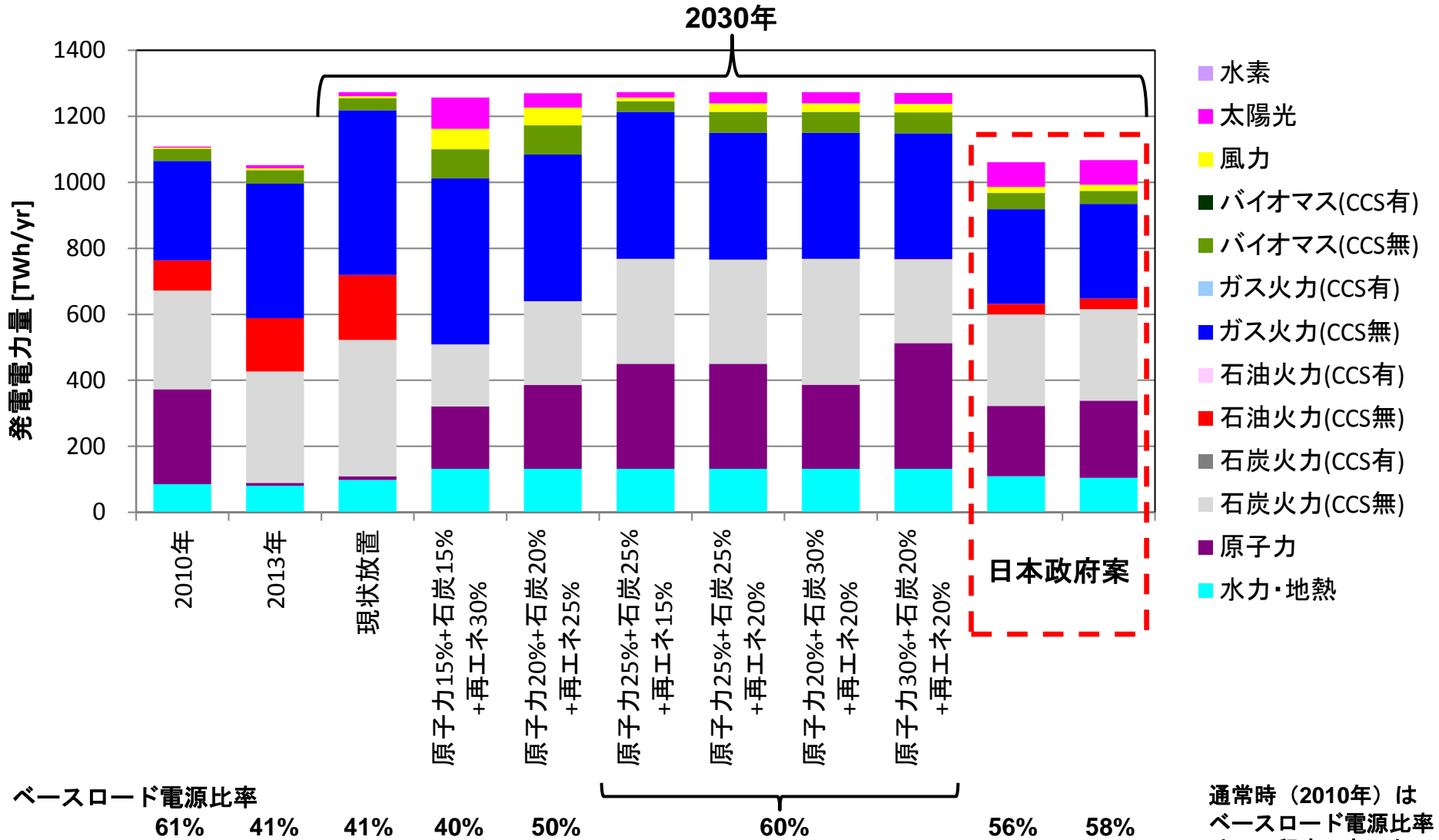
2030年に向けて、現状（2015）よりは1～2円/kWh程度のコスト低下が見込まれるものの、太陽光発電を中心とした再エネ比率拡大によって震災以前（2010年）のコストからの増大は避けられない。



# **RITEモデル分析結果\*と 政府案との比較**

**\* 2014年3月31日および4月14日にRITE WEB公表**

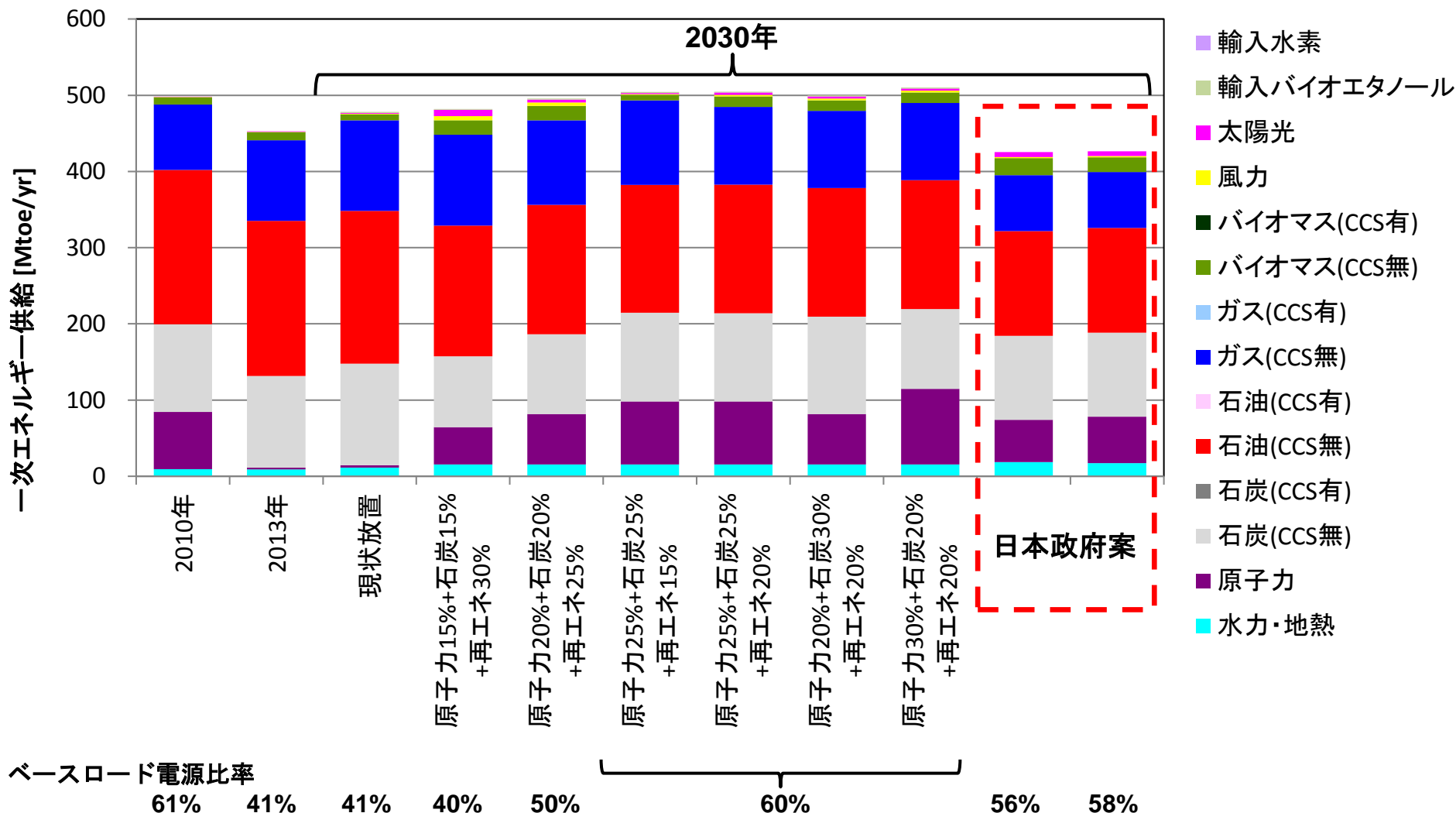
# 2030年の発電電力量 (GHG排出削減強度:WEO2014新政策シナリオレベル\*)



\* WEO2014新政策シナリオの2030年時点の炭素価格水準は、2013年価格で37 \$/tCO2 (2000年価格で23\$/tCO2) であり、これを想定

# 2030年の一次エネルギー供給

(GHG排出削減強度: WEO2014新政策シナリオレベル\*)



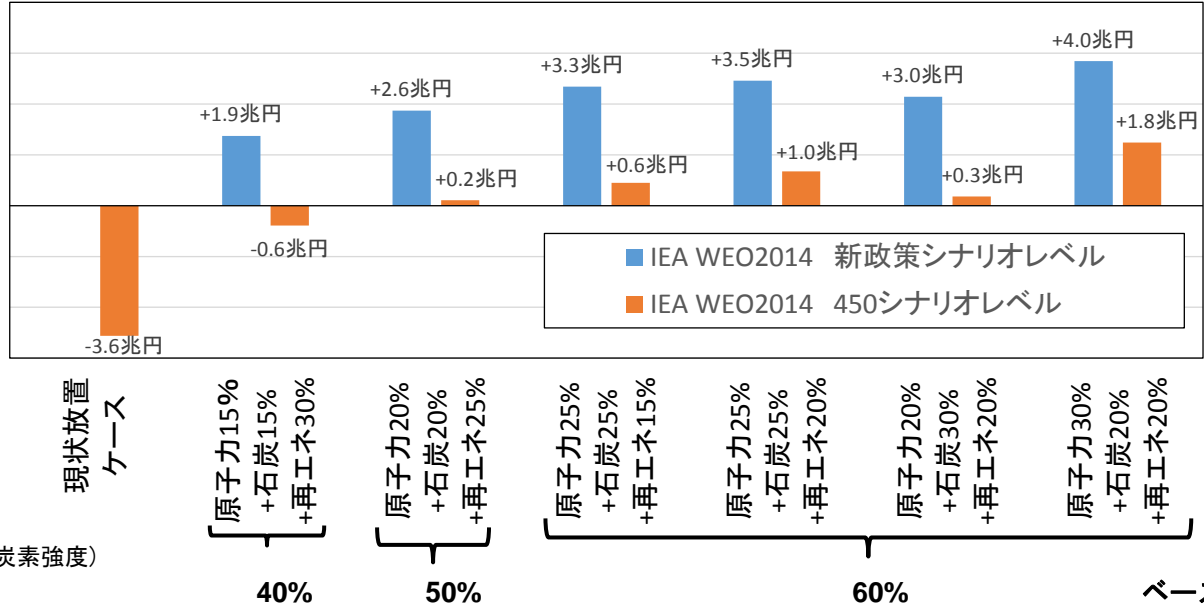
\* WEO2014新政策シナリオの2030年時点の炭素価格水準は、2013年価格で37 \$/tCO<sub>2</sub> (2000年価格で23\$/tCO<sub>2</sub>)であり、これを想定

注) IEA統計表と同じく、(1)真発熱量で表示、(2)一次電力の発電効率は原子力:発電効率33%、地熱:発電効率10%、水力他:発電効率100%と想定。(日本政府案は公表値に基づき、RITEで換算)

# 2030年の経済影響 (GDPと家計消費)

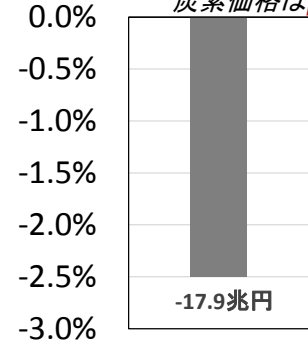
## GDP

GDPの変化  
(%,基準ケース比)



### <政府案\*>

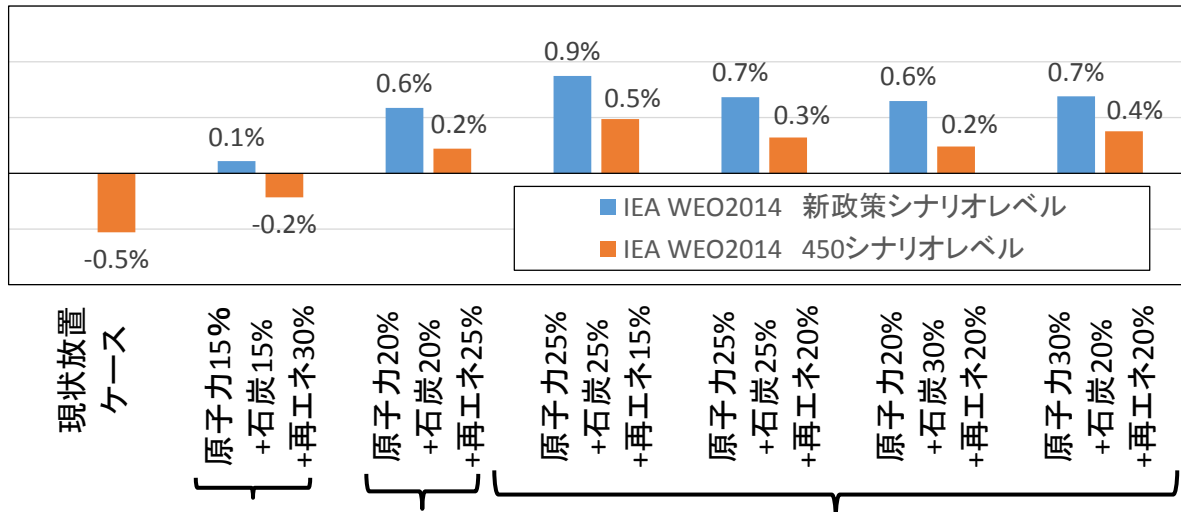
\*炭素価格はp.31参照。



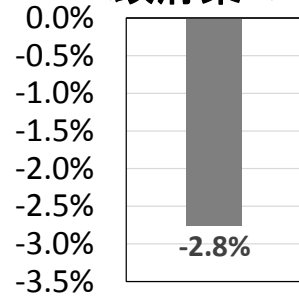
注：  
基準ケースは、  
現状放置(発電構成) &  
IEA WEO新政策レベル(炭素強度)

## 家計消費

家計消費の変化  
(%,基準ケース比)



### <政府案\*>

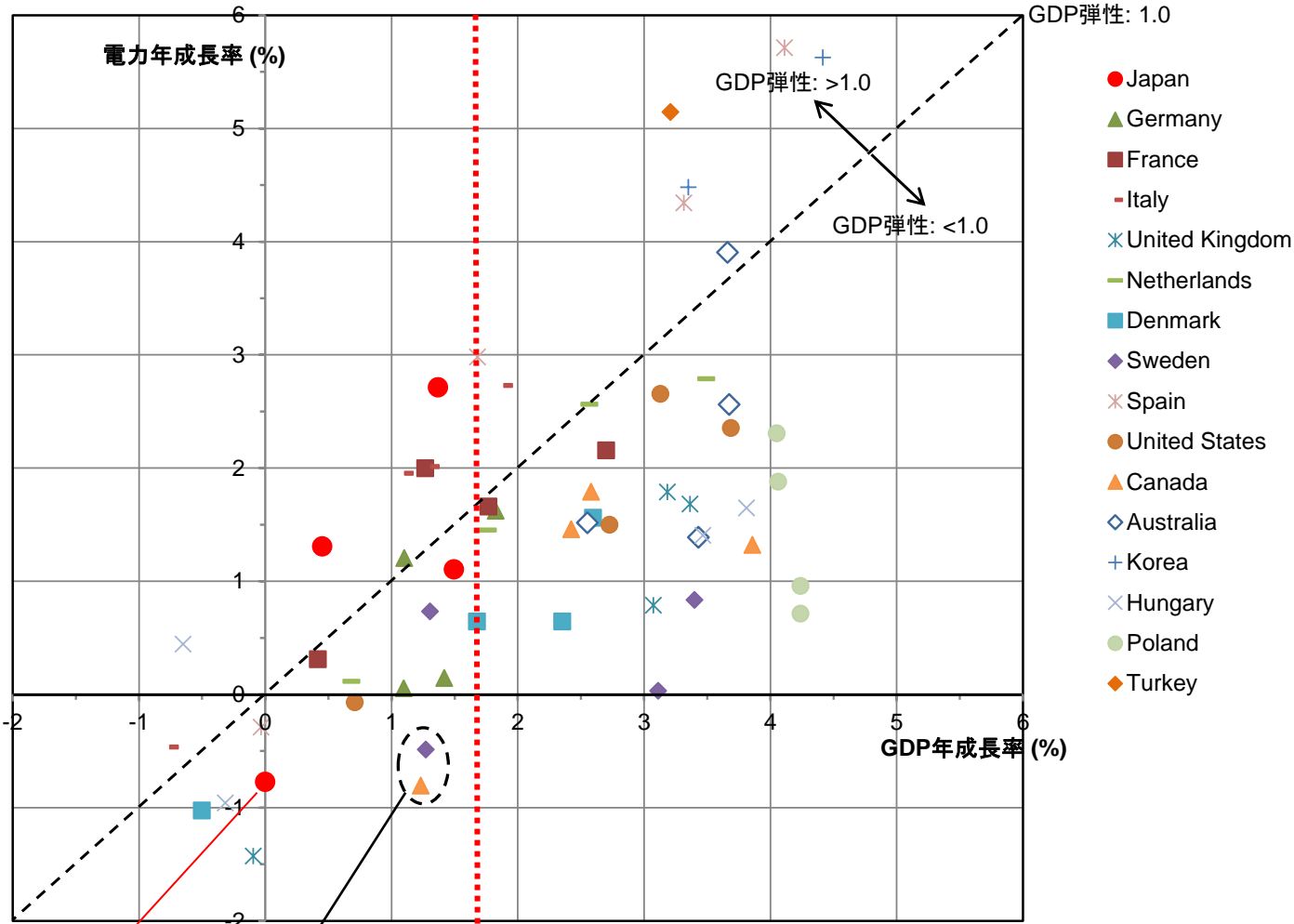


- ◆ P.5でも指摘したように、政府案では、GDP成長率を1.7%/年と高い成長を見込んでいるのに比して、対策後の発電電力量の伸びは小さく見込まれている。
- ◆ RITEの経済モデルによる複数のシナリオにおける分析結果と比べると（p.12）、政府案のGDPや家計消費損失は相当大きいものとなっている。
- ◆ これは政府案は、電源構成（電源比率）はそれほど大きな経済損失をもたらすような偏った構成となっていないが（GDPは現状放置(2013年の発電構成)ケース比で +0.36～+0.38%）、大きな省エネが見込まれているため、これを実現するため大きな炭素価格（暗示的、明示的問わず）が必要と推計される（p.31）。そのため、少なくとも過去の対策を踏まえた実績をベースに構築されている経済モデルによる評価では、これを実現するには相当な経済コストが必要と推計される。

# 電力需要に関する検証

- ◆ 指摘しているように、政府案では、GDP成長率の想定（1.7%/年）に比して発電電力量が小さいので、ここでは実績値のデータをより詳細に分析した結果を示す。
- ◆ 以下、まず、①GDP変化と電力需要変化の関係（電力需要のGDP弾性）について、OECD諸国の実績を検証した。
- ◆ 次に、②電力料金上昇が大きく起こってきた欧州主要国（ドイツ、イタリア、英国）について、価格効果を含めて電力需要を検証した。
- ◆ 更に、③電力料金上昇が大きく起こったドイツ、イタリアについて、産業部門別に電力コスト負担と当該部門の成長率との関係について、慶応大野村准教授らが分析した研究について整理した。

# OECD諸国の電力需要のGDP弾性 (5年平均での表示)



5年平均の変化率  
(1990-92)~(1995-97)  
(1995-96)~(2000-02)  
(2000-02)~(2005-07)  
(2005-07)~(2010-12)  
の4点を表示  
(特異時点を避けるため  
に代表点は3年平均  
を利用)

震災後の節電  
の効果込み

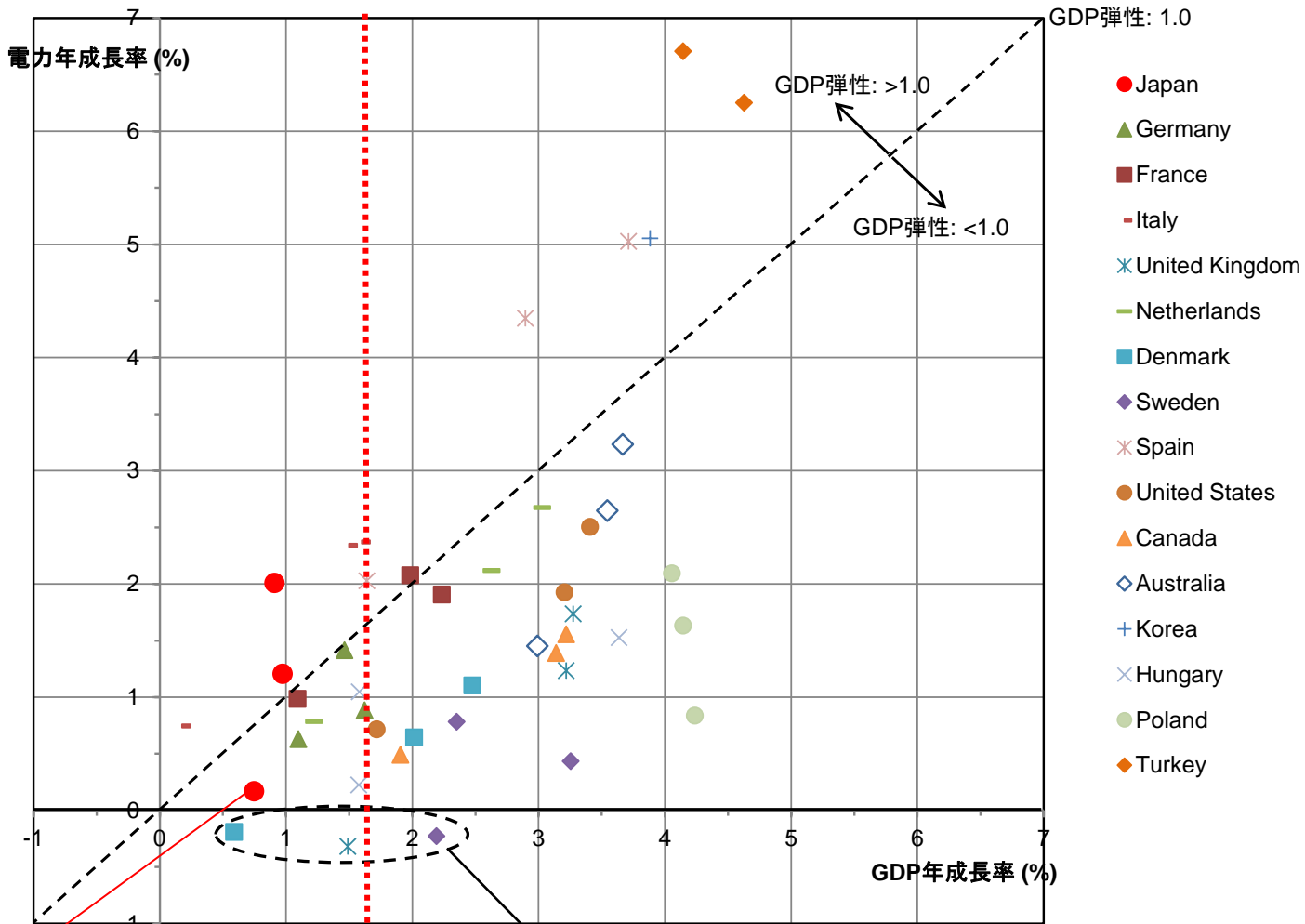
GDP弾性値が負の  
ケースは極めて稀

政府エネルギーミックス  
GDP想定値(1.7%)

OECD諸国の電力のGDP  
弾性値は1.0弱程度が多い。



# OECD諸国の電力需要のGDP弾性 (10年平均での表示)



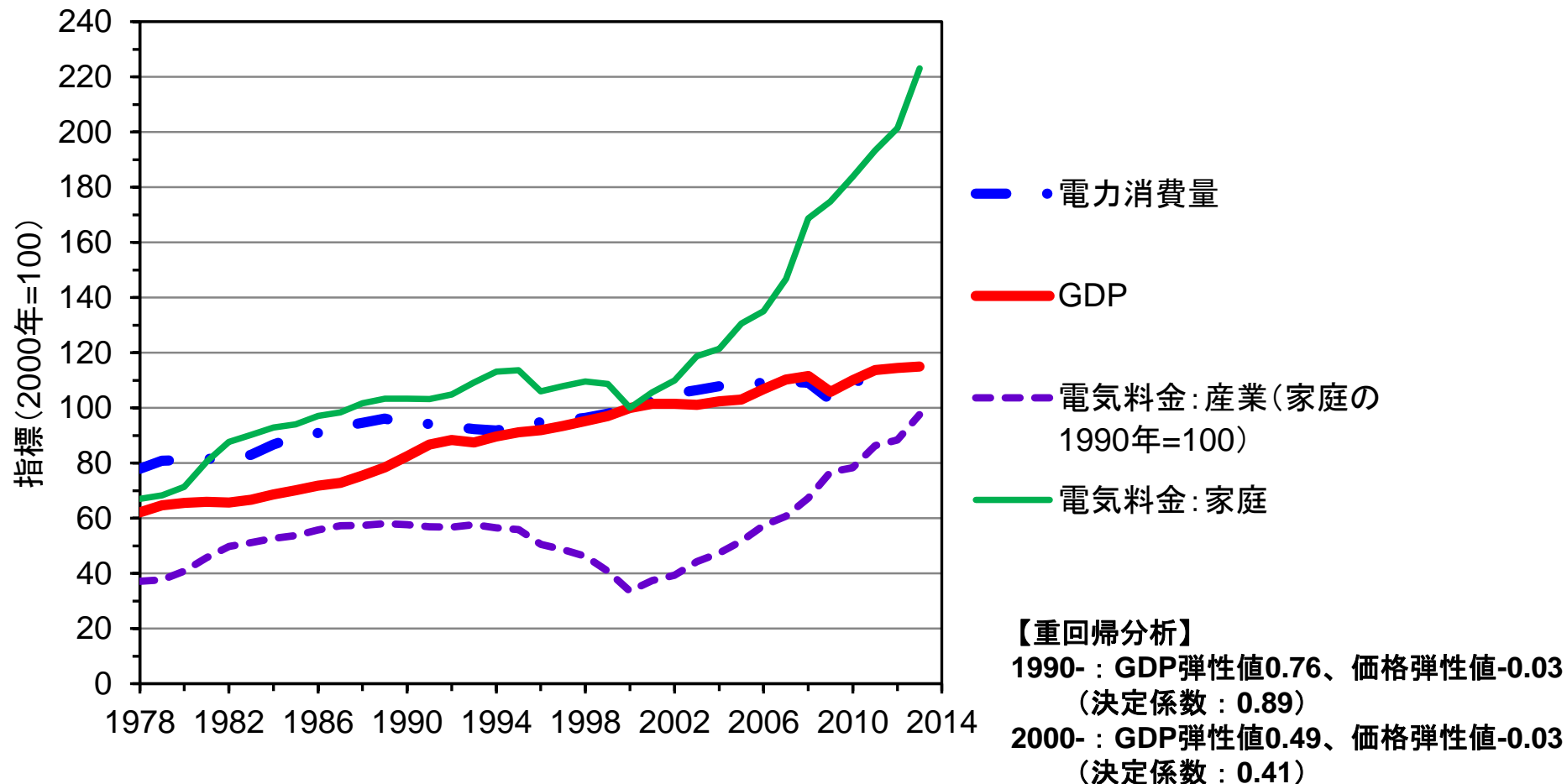
10年平均の変化率  
(1990-92)~(2000-02)  
(1995-97)~(2005-07)  
(2000-02)~(2010-12)  
の3点を表示  
(特異時点を避けるため  
に代表点は3年平均  
を利用)

震災後の節電  
の効果込み

政府エネルギーミックス  
GDP想定値(1.7%)

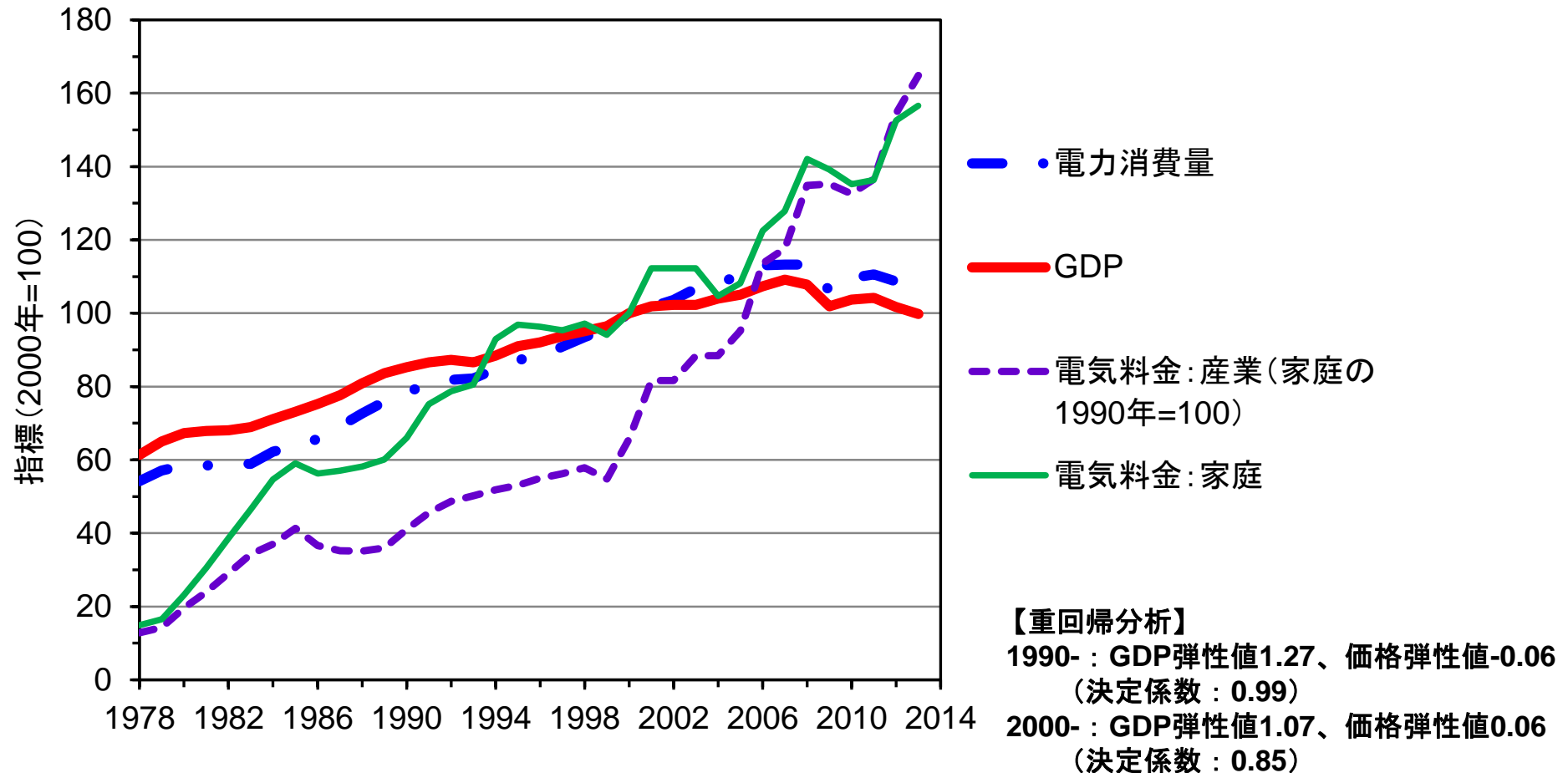
GDP弾性値が負の  
ケースは極めて稀

# GDP弾性と価格弾性 ードイツー



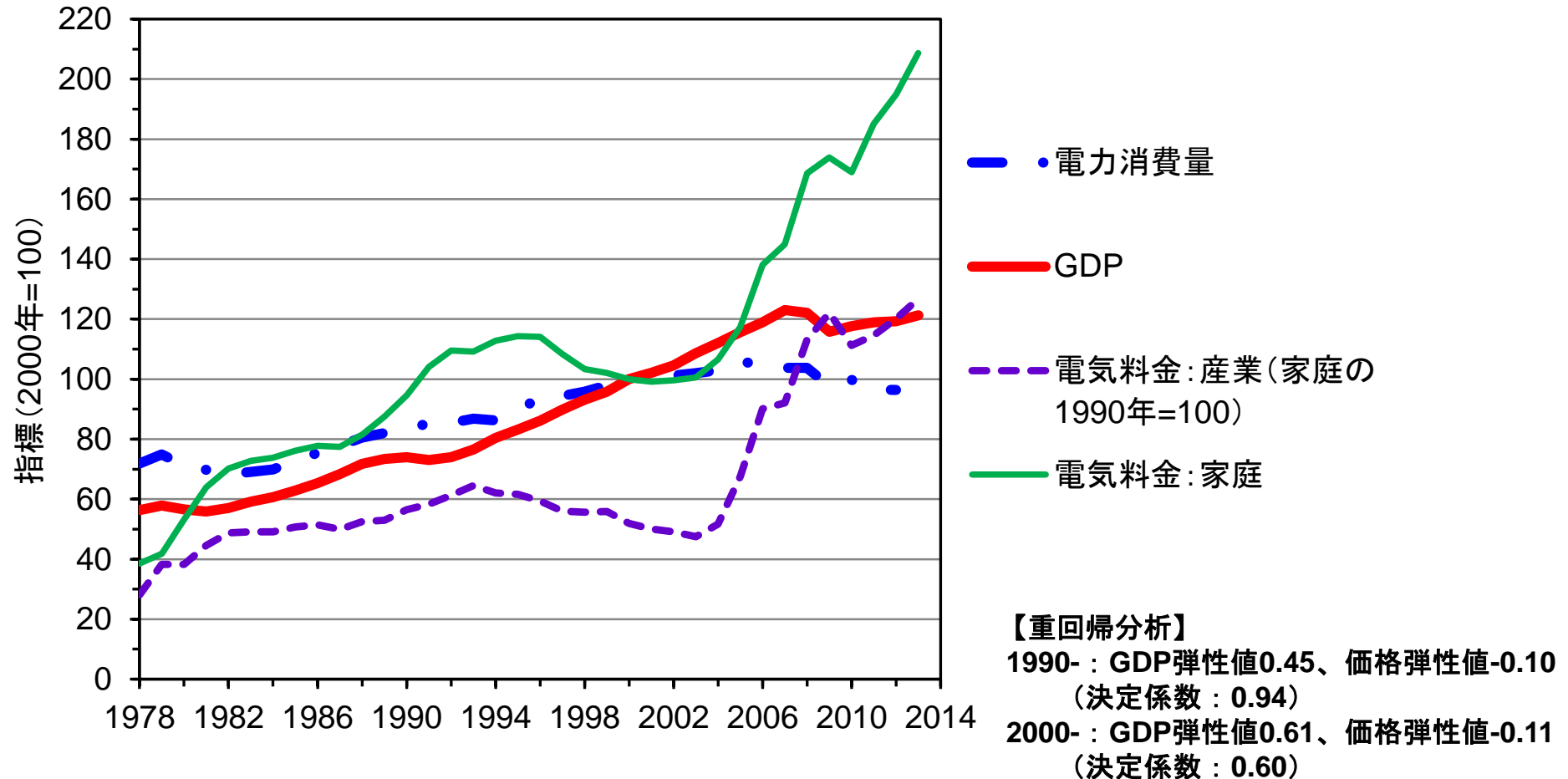
ドイツにおいては電力のGDP弾性は0.5~0.8程度で推移している。GDP弾性が比較的低かったのは、東西ドイツ統合時と、電力料金上昇の影響が大きく、価格効果が表れ始めているとも見られる最近である。ただし、重回帰分析から推計される価格弾性値は小さい。

# GDP弾性と価格弾性 —イタリア—



イタリアにおいては電力のGDP弾性は1.0強程度で推移している。2006年頃から電力消費量は低下傾向にあるが、GDPとの相関は強い。一方、価格弾性値はドイツと同様に小さい(2000年以降のみで分析すると価格弾性値はむしろ正)。

# GDP弾性と価格弾性 —英国—

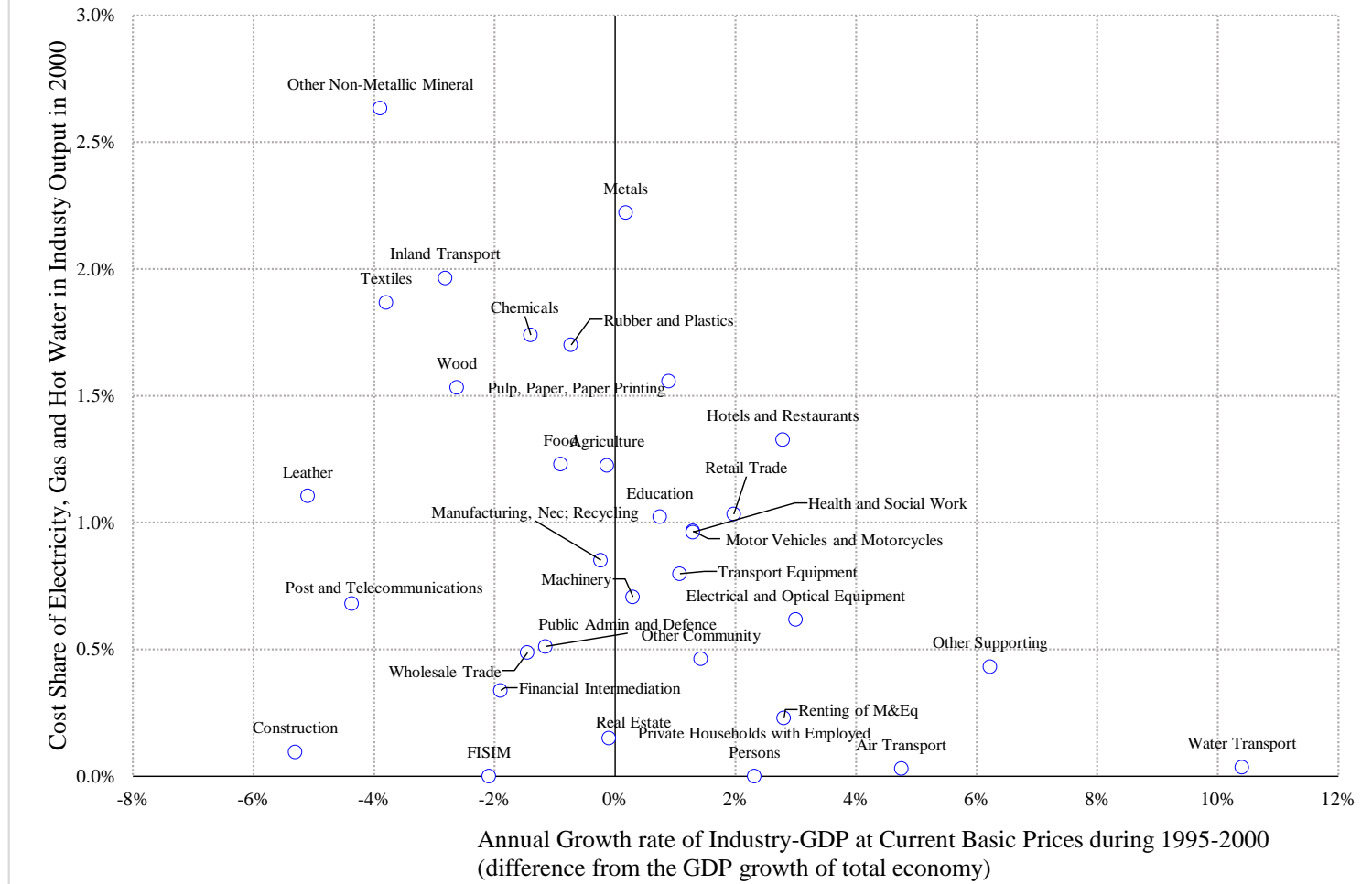


英国は、電力のGDP弾性は、ドイツやイタリアと比べると低い傾向にあるが（金融サービス等のシェアが高いことが一因と考えられる）、0.5前後はある。価格弾性値はドイツ、イタリアよりも高いものの-0.1程度である（価格100%増で需要は10%減）。

# 産業部門別の電力コストと成長率 —ドイツ(電力価格高騰前)—

ドイツにおける産業別電力コスト係数(縦軸)と産業別GDP成長率(横軸)(1995-2000年)

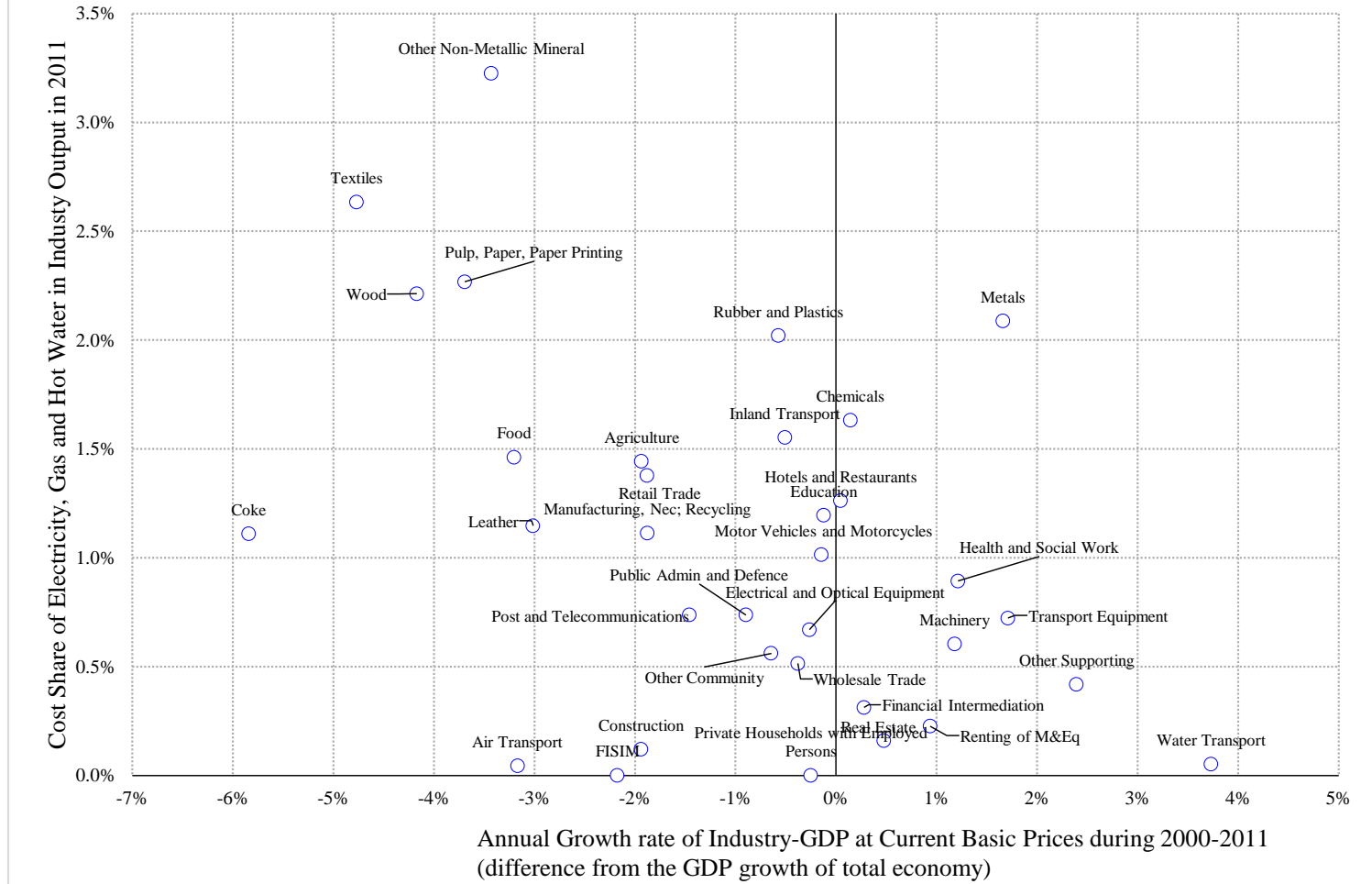
出典) 慶応大野村浩二、WIOD Data (<http://www.wiod.org/>)、ドイツのNational Use Tablesに基づいた推計(2015年2月)



# 産業部門別の電力コストと成長率 —ドイツ(電力価格高騰後)—

ドイツにおける産業別電力コスト係数(縦軸)と産業別GDP成長率(横軸)(1995-2000年)

出典) 慶応大野村浩二、WIOD Data (<http://www.wiod.org/>)、ドイツのNational Use Tablesに基づいた推計(2015年2月)

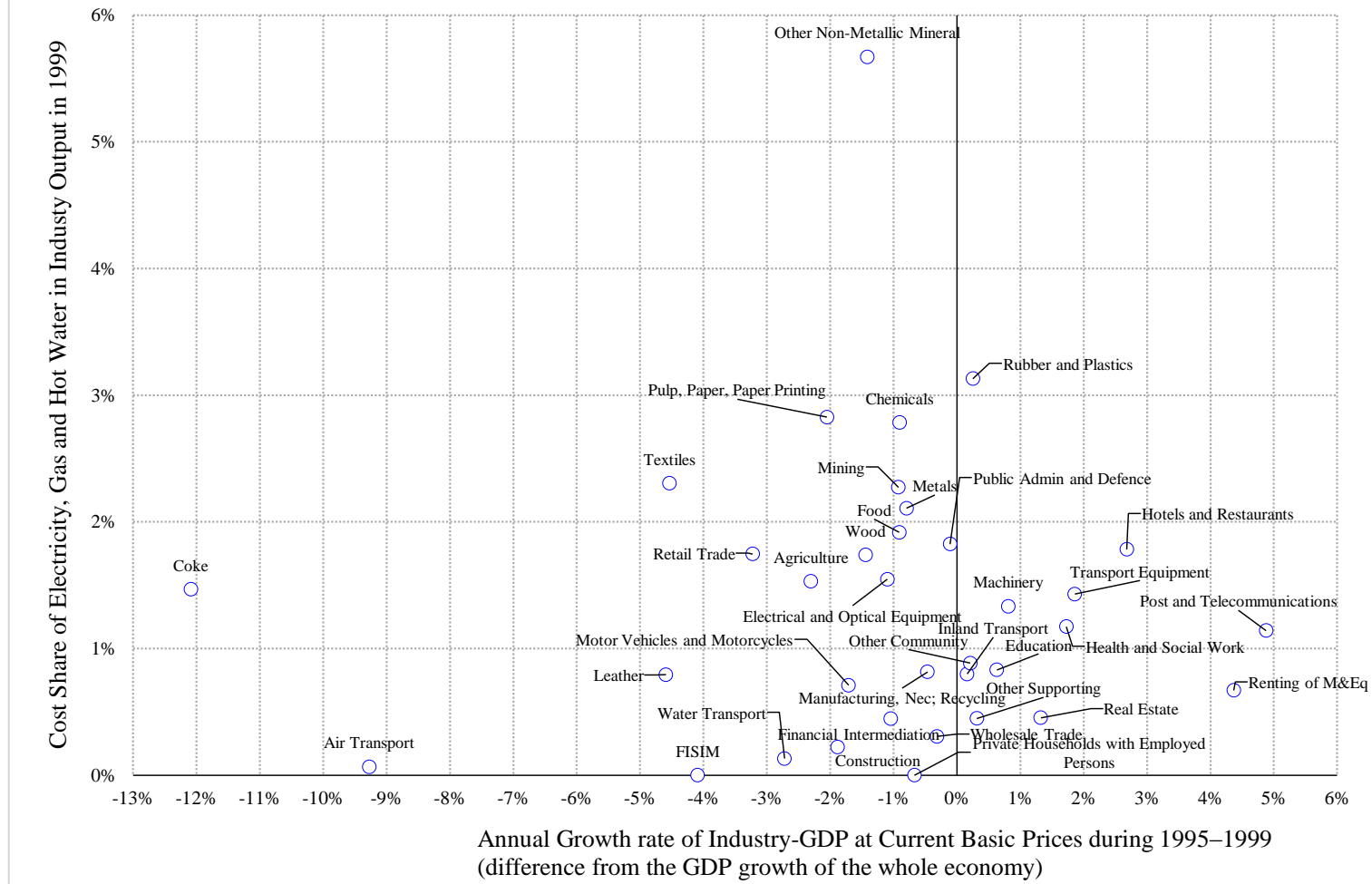


産業部門別の電力コストと経済成長率には緩やかながら相関が見受けられる。

# 産業部門別の電力コストと成長率 —イタリア(電力価格高騰前)—

イタリアにおける産業別電力コスト係数（縦軸）と産業別GDP成長率（横軸）（1995-1999年）

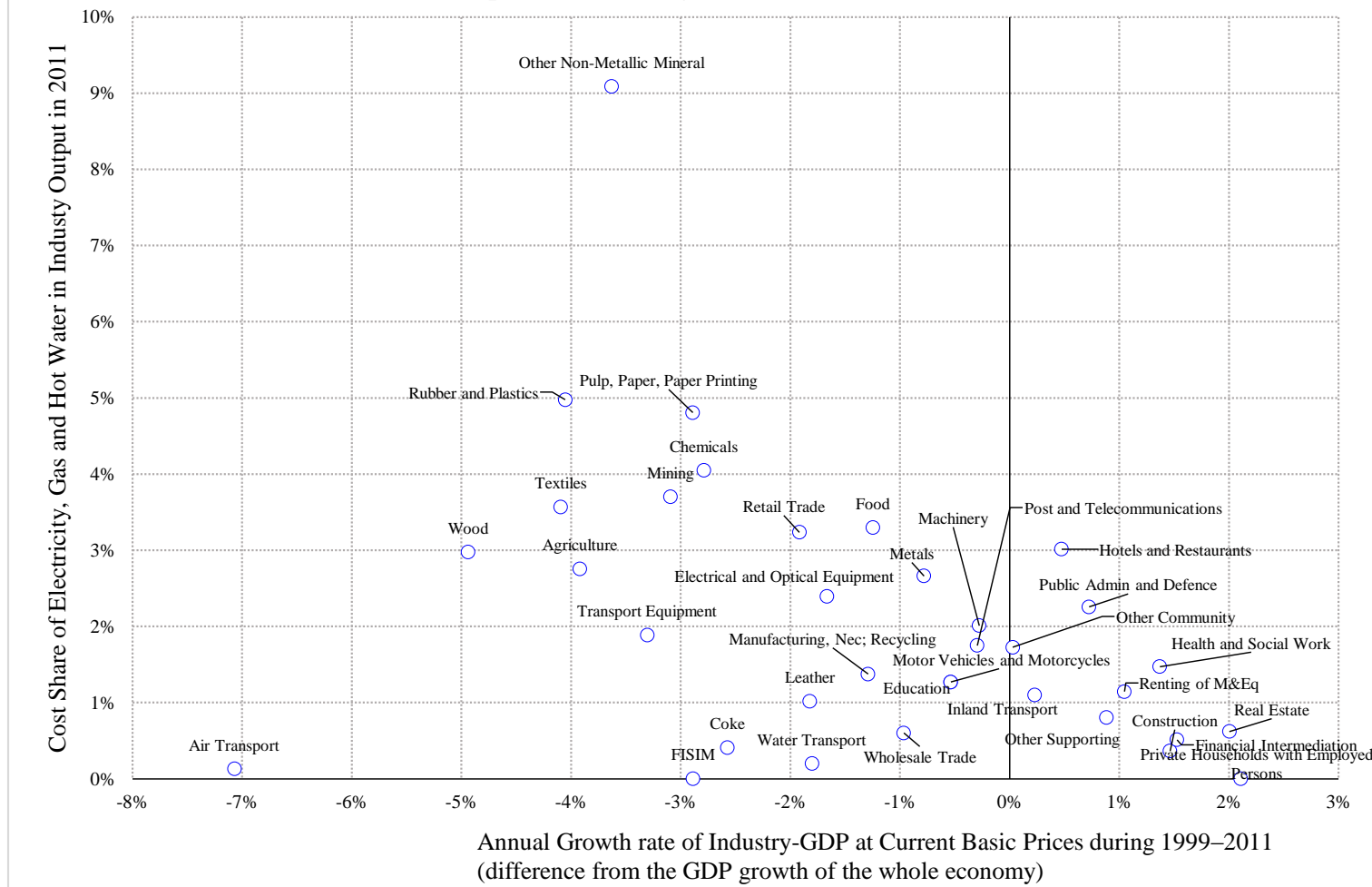
出典) 慶応大野村浩二、WIOD Data (<http://www.wiod.org/>). イタリアのNational Use Tablesに基づいた推計(2015年2月)



# 産業部門別の電力コストと成長率 —イタリア(電力価格高騰後)—

イタリアにおける産業別電力コスト係数（縦軸）と産業別GDP成長率（横軸）（1995-1999年）

出典) 慶応大野村浩二、WIOD Data (<http://www.wiod.org/>). イタリアのNational Use Tablesに基づいた推計(2015年2月)



産業部門別の電力コストと経済成長率には緩やかながら相関が見受けられる。



**約束草案(2030年の排出削減目標)  
についての検証  
—国際公平性・野心度を中心に—**

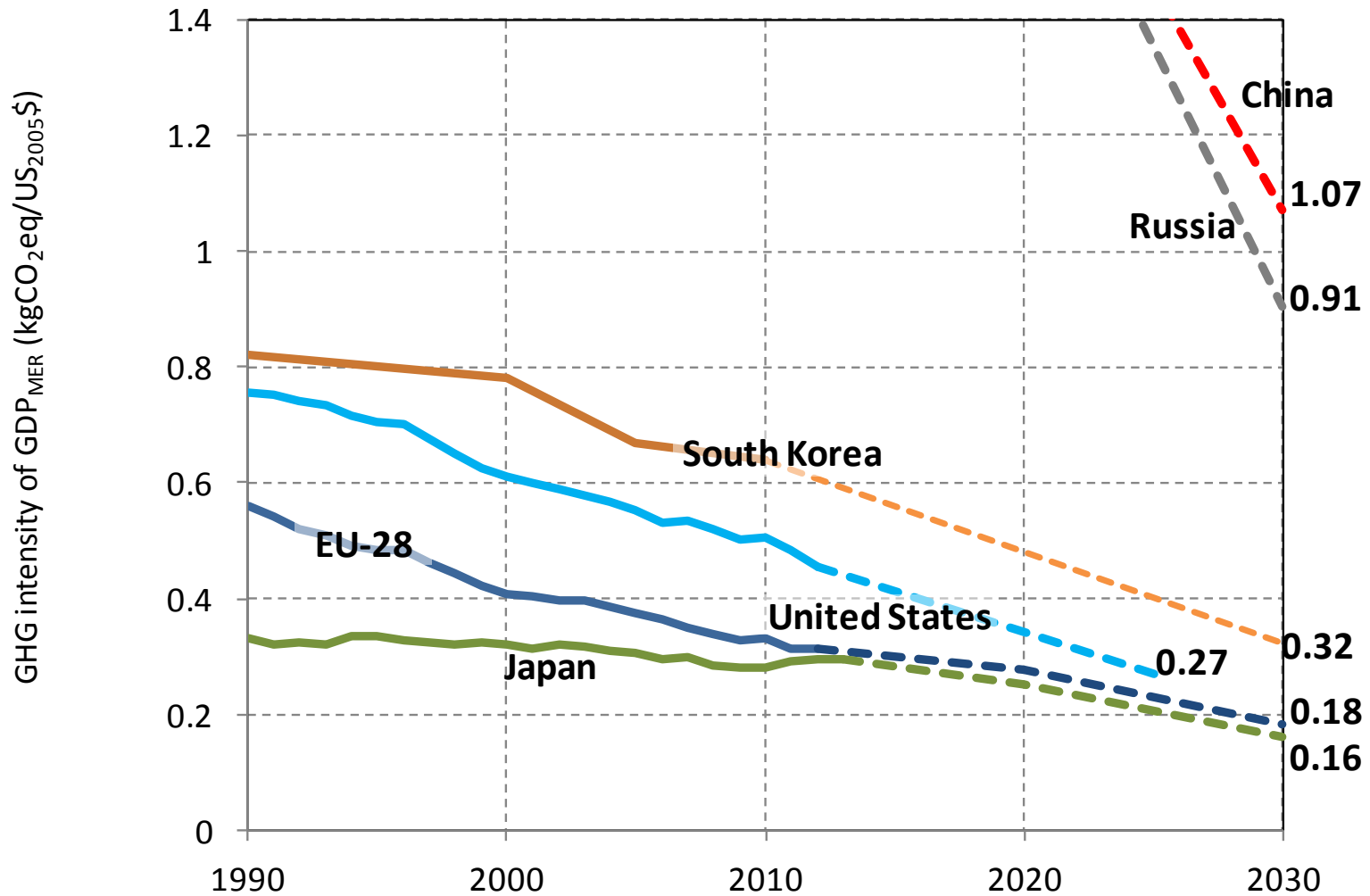
- ◆ 各国間に差異がある中で、すべての国がそれぞれの事情を踏まえながら、できるだけ均等な排出削減努力を行うことが重要。
- ◆ また、各国間とりわけ国際競争下にある各国間において限界削減費用に差が大きい場合、生産においてエネルギー効率に優れていたとしても、限界削減費用が高ければ競争力が阻害され、限界削減費用の低い国へと生産拠点がシフトする恐れもあり、持続的な対応がとりにくくなる。そして、そのとき限界削減費用の低い国のエネルギー効率が低ければ、世界全体で見れば却ってCO<sub>2</sub>排出が増大する恐れもある。よって排出削減目標は、限界削減費用など、国際的なバランスがとれていることが重要である。
- ◆ 各国間の排出削減努力を適切に評価し、排出削減余地を実現していくためには、適切な評価指標を選択して、それを評価し、見えるようにすることが重要と考えられる。
- ◆ なお、それぞれの指標は、長所、短所を有しており、単独の指標で排出削減努力を評価することは困難である。適切な複数の指標を選択し、その中で削減努力を説明しつつ、足りない部分を認識し、更なる削減につなげていくことが重要
- ◆ 例えば、特定の基準年比での削減率の大きさが衡平な排出削減努力を表すわけではない。とりわけ1990年など遠い過去を基準とした場合は、その後の社会の状況の激変を含むため、より一層、排出削減努力とは無関係となりやすい。

# 日本、および世界主要国の約束草案の 基準年比排出削減率

	基準年比排出削減率		
	1990年比	2005年比	2013年比
日本：2013年比▲26% (2030年)	▲18.0%	▲25.4%	<u>▲26.0%</u>
米国：2005年比▲26% ～▲28% (2025年)	▲14～▲16%	<u>▲26～▲28%</u>	▲18～▲21%
EU28：1990年比▲40% (2030年)	<u>▲40%</u>	▲35%	▲24%
ロシア：1990年比▲25% ～▲30% (2030年)	<u>▲25～▲30%</u>	+10～+18%	—
中国：2030年CO <sub>2</sub> 排出 原単位2005年比▲60～ ▲65%	+329～+379%	+105～+129%	—

日本の排出削減率は直近の2013年比で見ると、米・欧よりも大きい。

# GDP (MER)あたりGHG排出量

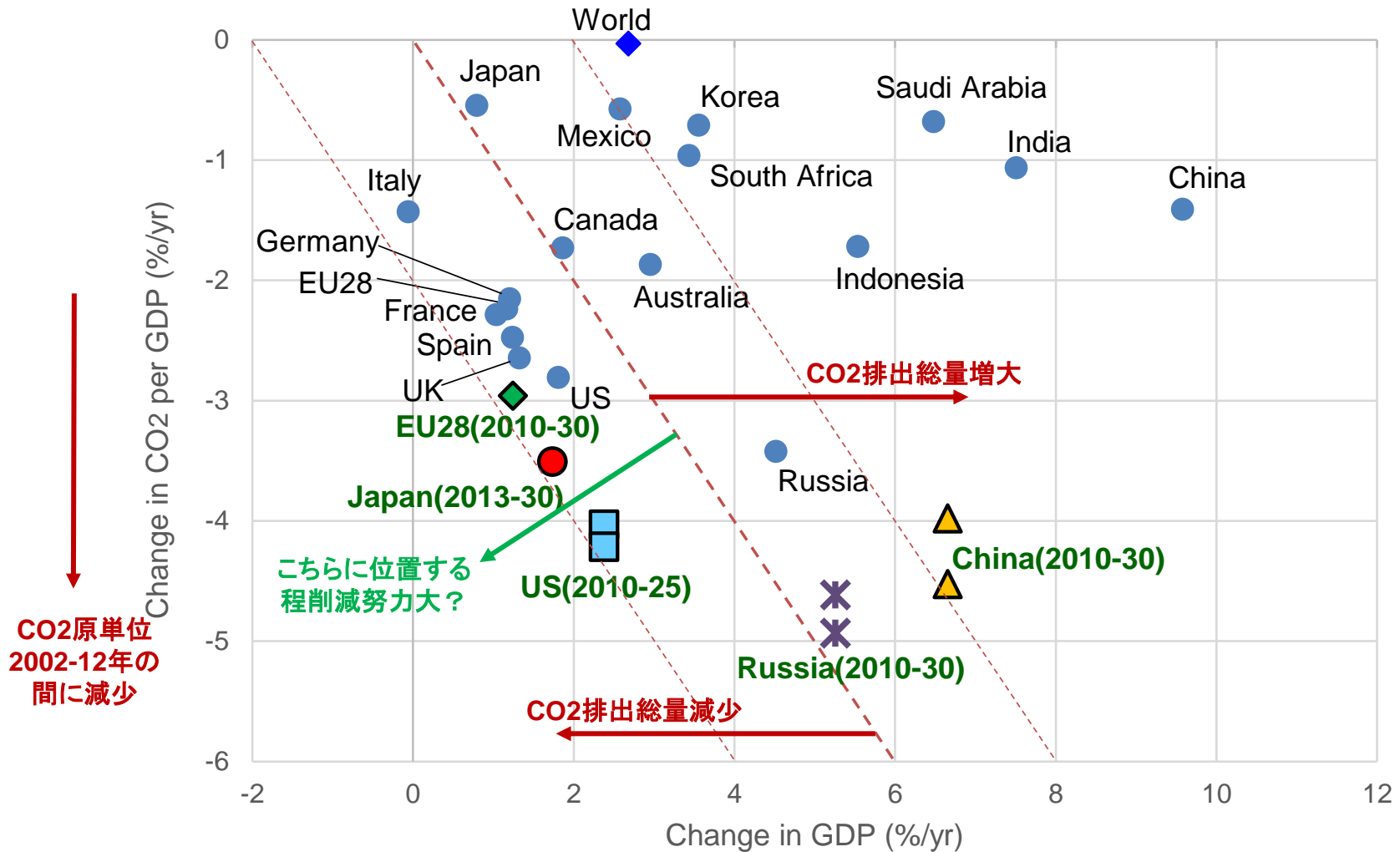


注) 幅をもって提示されている排出目標の国は、排出量が低位のケースを表示している。

日本の政府案は、GDPあたりGHG排出量で見ても欧米目標よりも優れた数字と評価される。

# GDP変化とCO2 原単位変化

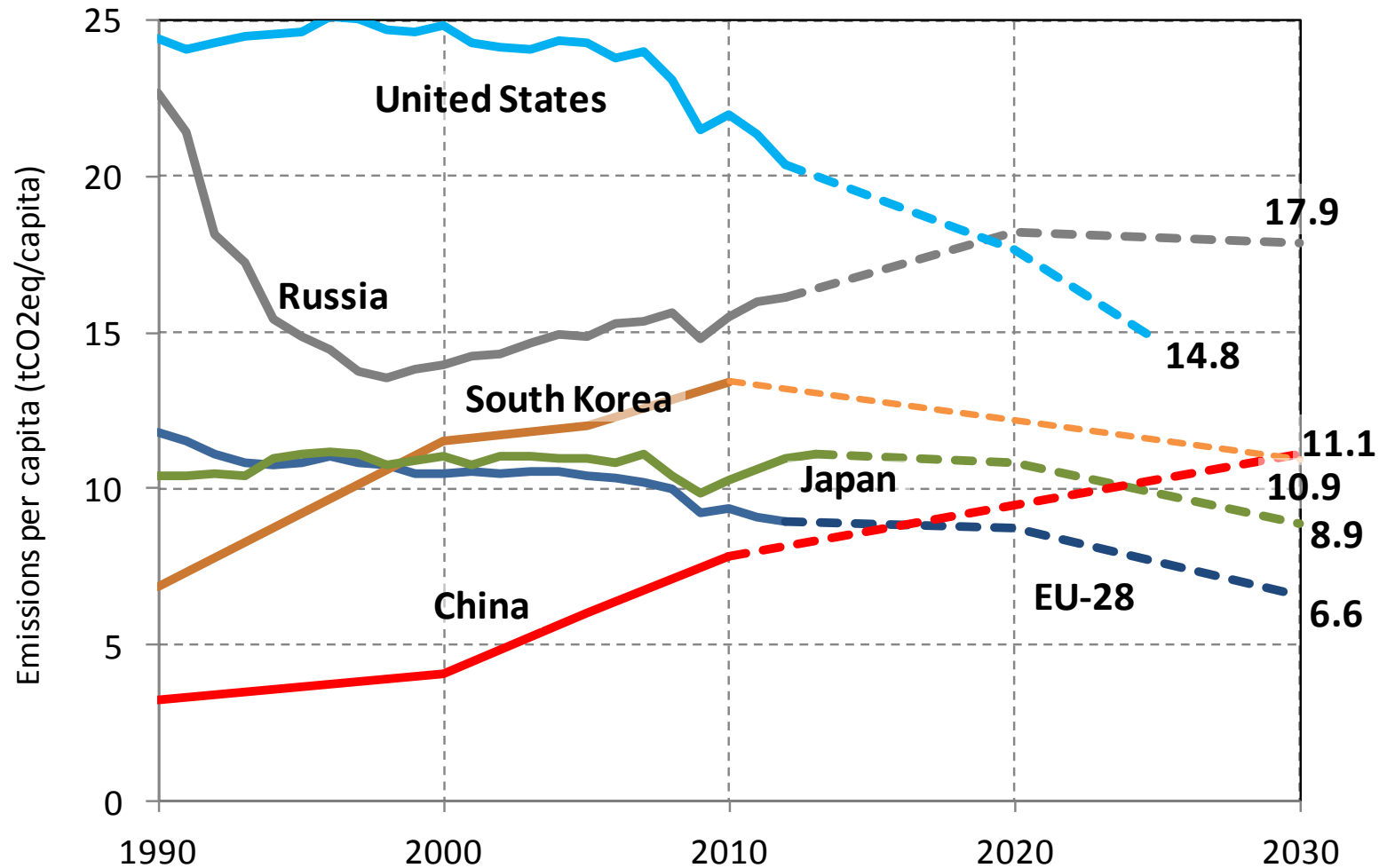
## —2002～2012年の10年間の実績値と約束草案—



注)2012年の日本のCO2原単位は、原子力発電の停止によって強く影響を受けている。

**GDP成長率と排出原単位変化の関係を踏まえても、日本の約束草案は、意欲的な排出削減目標と評価できる。**

# 一人あたりGHG排出量



注) 幅をもって提示されている排出目標の国は、排出量が低位のケースを表示している。

# 日本、および世界主要国の約束草案の CO<sub>2</sub>限界削減費用推計値 (RITE DNE21+推計)

	限界削減費用 (\$/tCO <sub>2</sub> eq)	
	低位	高位
日本: 2013年比▲26% (2030年)	<b>380程度*</b> (エネルギー起源CO <sub>2</sub> の目標のみで評価した場合は260程度)	
米国: 2005年比▲26%~ ▲28% (2025年)	<b>60</b>	<b>69</b>
EU28: 1990年比▲40% (2030年)	<b>166</b>	
ロシア: 1990年比▲25%~ ▲30% (2030年)	<b>0</b>	<b>6</b>
中国: 2030年CO <sub>2</sub> 排出原単 位2005年比▲60~▲65%	<b>~0</b>	<b>~0</b>

\* 吸収源対策▲2.6%は森林吸収対策としてコスト計算せずに、エネルギー起源CO<sub>2</sub>、その他GHG排出削減対策で実施するとして計算した場合。他国も同様

日本の限界削減費用は他国よりも大変高いと推計される(元々、エネルギー効率が高いにも関わらず(参考p.42-43などを参照)、省エネルギーを大きく見こみ過ぎていることが主因)。日米欧の限界削減費用曲線の推計は参考資料に掲載(p.44)。

# 日本、および世界主要国の約束草案の GDPあたり排出削減費用推計値 (RITE DNE21+推計)

	GDPあたり排出削減費用 (%)	
	低位	高位
日本: 2013年比▲26% (2030年)	<b>0.7程度</b>	
米国: 2005年比▲26%~ ▲28% (2025年)	<b>0.36</b>	<b>0.42</b>
EU28: 1990年比▲40% (2030年)	<b>0.82</b>	
ロシア: 1990年比▲25%~ ▲30% (2030年)	<b>~0</b>	<b>~0</b>
中国: 2030年CO <sub>2</sub> 排出原単 位2005年比▲60~▲65%	<b>~0</b>	<b>~0</b>

**GDPあたりの排出削減費用で評価しても、日本の排出削減目標は、欧州並みの厳しい目標と評価される。**



# 長期目標との関係

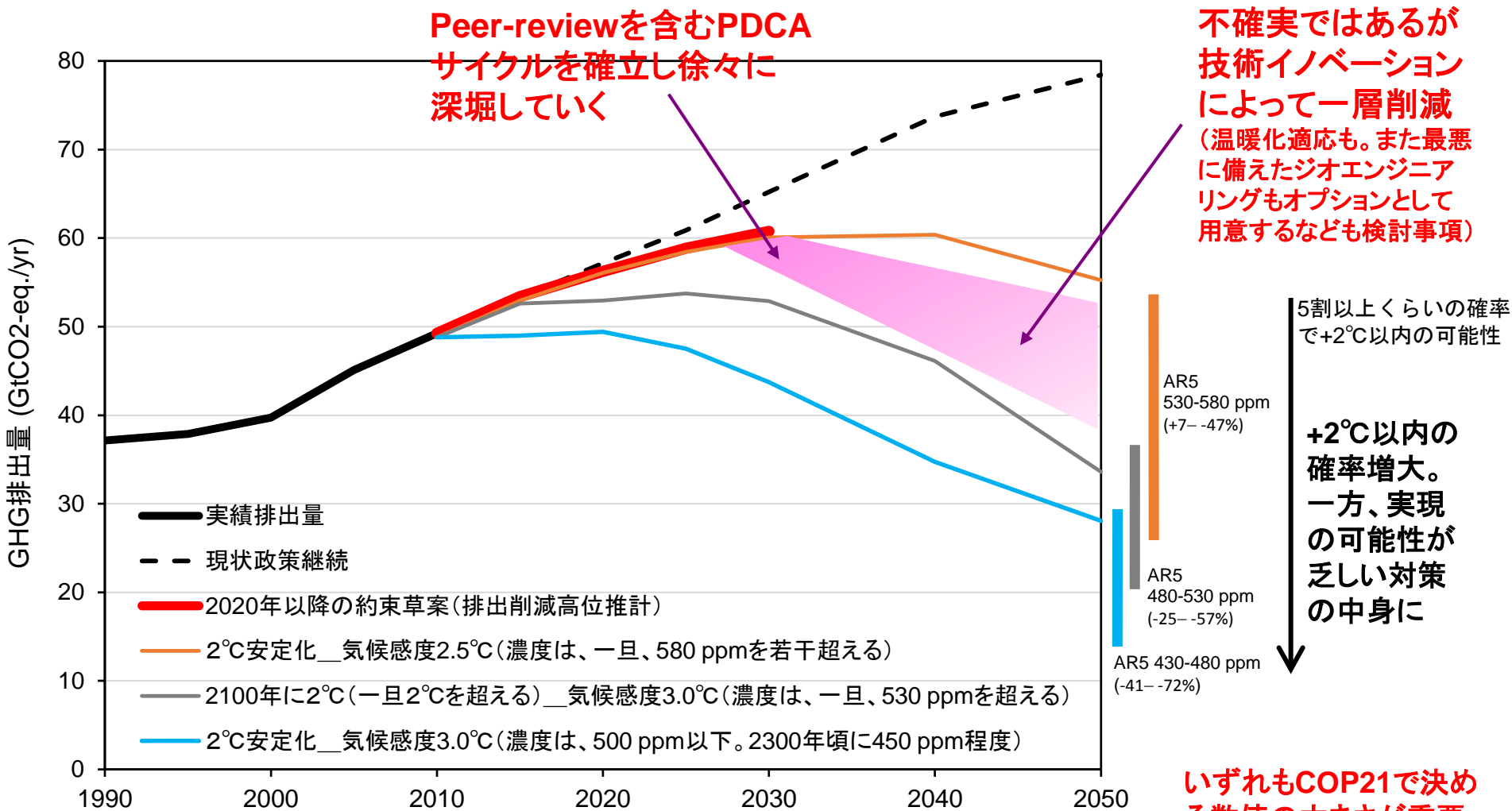
## 【国連気候変動枠組条約第2条】

この条約及び締約国会議が採択する関連する法的文書は、この条約の関連規定に従い、気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極的な目的とする。

そのような水準は、生態系が気候変動に自然に適応し、食糧の生産が脅かされず、かつ、経済開発が持続可能な態様で進行することができるような期間内に達成されるべきである。

- ◆ 条約第2条には具体的な長期目標水準は記述されていないものの、国際政治目標として良く議論される、産業革命以前比 $2^{\circ}\text{C}$ を超えないとするいわゆる「 $2^{\circ}\text{C}$ 目標」と約束草案との整合性についても大きな議論がある。
- ◆ RITEでは、 $2^{\circ}\text{C}$ 目標がどのような排出経路を求めているのかについて、IPCCの最新報告書の正しい理解として、2015年4月22日に「気候感度の最新知見からの $2^{\circ}\text{C}$ 目標と排出経路との関係、その約束草案への含意」をWEB公表済みである。本資料では、 $2^{\circ}\text{C}$ 目標達成のために必要と推計される排出経路と、これまでに公表・言及のあった主要国の約束草案（日本を含む）との関係を分析した。
- ◆ また、2030年と2050年の排出削減費用の負担の衡平性の視点からの分析も行った。

# 2°C目標の排出経路（気候感度の不確実性含む） と約束草案見通し



RITEによる推計。約束草案は、日、米、EU、露、中国、メキシコ、ノルウェー、スイス、カナダを考慮

**約束草案は、気候感度3°Cを想定した場合、2°C目標と大きなギャップ有。しかし、気候感度2.5°Cの場合は、2°C目標とかなり整合的。**

**いずれもCOP21で決める数値の大きさが重要ではなく、将来排出削減を誘発できるような枠組みを作ることの方が重要**

# 時点間の排出削減費用負担の衡平性評価

- ◆ 各国は2030年までは約束草案に従って排出削減を行い、それ以降は世界全体で2050年に2005年比エネルギー起源CO<sub>2</sub>半減という長期目標を想定し、2030年と50年の削減費用の比較評価を行った。なお、2050年の限界削減費用は世界全体で均等化することとした（2030年時点では各国の限界削減費用は異なるが、2050年に向けて収斂することとした）。
- ◆ 2050年に世界全体で排出量半減という目標の下では、2050年の限界削減費用は431\$/tCO<sub>2</sub>といった非常に高い水準が必要と見込まれる。その時の日本の排出量は2005年比でほぼ半減の水準であり、GDP比排出削減費用は0.74%と評価された。すなわち、日本の2030年約束草案は、世界排出量半減の排出削減費用負担とほぼ同程度と言える。

## 日本のGHG排出量、限界削減費用、GDP比排出削減費用

	2030年	2050年 (限界削減費用均等化の下、世界全体で2005年比エネルギー起源CO <sub>2</sub> 半減)
GHG排出量 (2005年比)	▲25.4%	▲50%
限界削減費用 (\$/tCO <sub>2</sub> )	381	431
GDP比排出削減費用 (%)	<b>0.72</b>	<b>0.74</b>

\* 2050年における世界全体の排出量を2°C安定化\_気候感度2.5°Cレベルとした場合、日本のGHG排出量：2005年比▲32%、限界削減費用：40\$/tCO<sub>2</sub>、GDP比排出削減費用：0.22%。また、2100年に2°C\_気候感度3.0°Cレベルとした場合、日本のGHG排出量：2005年比▲48%、限界削減費用：360\$/tCO<sub>2</sub>、GDP比排出削減費用：0.65%。

- ◆ 産業革命以前比 $2^{\circ}\text{C}$ を超えないことを前提としたとしても、気候感度の不確実性は大きく、IPCC第5次評価報告書の最新の知見を基にすると、「 $+2^{\circ}\text{C}$ 」のための排出経路には柔軟性が大きい。日本の約束草案を含めたこれまでの約束草案は、 $2^{\circ}\text{C}$ は期待値として達成が見込める範囲にある（平衡気候感度が $2.5^{\circ}\text{C}$ 相当の場合）。
- ◆ 長期的な更なる深堀に向けては、PDCAサイクルの確立と革新的な技術開発の強化によって対応していくことが望ましい。
- ◆ このように世界排出許容量には大きな幅があるものの、仮に2005年比世界排出量半減という厳しい排出削減を前提としたとしても、日本の2030年と2050年について排出削減努力をGDP比排出削減費用で測ると、2030年0.72%、2050年0.74%と推計され、世代間の負担の衡平性も担保され、2030年の日本の約束草案は、厳しい長期排出削減との関係からも十分な排出削減努力と評価できる。

まとめ

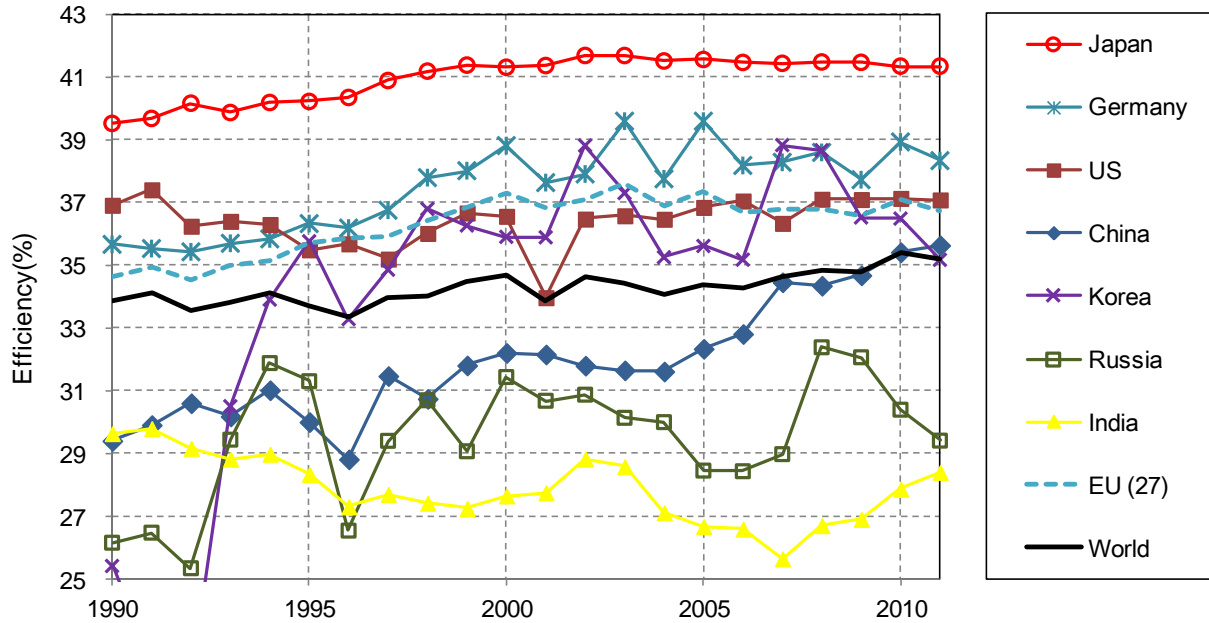
- ◆ 政府のエネルギーミックス案は、電力コストの抑制、CO<sub>2</sub>排出削減、エネルギー安全保障・安定供給の3E+Sのバランスの点から、電源構成（電源比率）については概ね妥当なものと評価できる。
- ◆ 一方、政府のエネルギー見通しでは、GDPは1.7%成長を見込みながら、電力需要は0.1%成長しか見込んでいない（GDP弾性値は0.05）。日本の電力のGDP弾性は、震災後に節電が進展した時期を除けば1.0近い推移が見られる。また、OECD主要国を見ても、多くの国で0.5～1.0程度の弾性値が見られ、政府見通しは実績と比べかなり小さい。
- ◆ また、GDP弾性が小さいように見える国でも、電力料金上昇による価格効果によって、電力需要が抑制されていると見られる国も多い。一方、それらの国においても、電力の価格弾性は小さいと見られ、需要を抑制するためには、相当高い電気料金が必要になることを意味する。
- ◆ 政府の長期エネルギー需給見通しでは、基本方針として「電力コストは現状よりも引き下げる」としている。上記の事実からすると、GDPとの強い相関のある潜在的な電力需要から、「電力コストは現状よりも引き下げ」ながら、省電力を実現し需要を大幅に抑制することは、少なくともこれまでに世界でほとんど事例がないチャレンジであると言える。

- ◆ 温室効果ガス排出目標は、様々な指標で見て、世界主要国の約束草案よりも優れたものと評価される。しかし、省エネ対策を大きく見込んでいることに起因する意欲的な目標に過ぎるようにも評価され（CO<sub>2</sub>限界削減費用が他国に比べ極めて高い目標となっている）、その実現性が懸念材料と考えられる。また、産業の国際競争の視点からも注意が必要である。
- ◆ 長期目標（2°C目標）との関係については、2°C目標達成の排出経路は幅が広く、最新のIPCC報告書の知見を踏まえ、平衡気候感度2.5°Cを想定した場合には、2°C以内を期待できる排出経路に沿っていると推計される（ただし、平衡気候感度3.0°Cを想定した場合には、大きな排出ギャップがある）。
- ◆ また、2030年と2050年の排出削減費用負担の視点で日本の目標を評価すると、仮に、余裕を持って2°C目標達成を期待できる世界排出量を2005年比で半減する目標を想定したとしても、2030年と50年のGDPあたり排出削減費用は同レベルであり、費用負担を先送りするような目標ではなく、十分に世代間の費用負担のバランスがとれた目標であると評価される。



# 参考

# 主要エネルギー部門における エネルギー効率の比較 (1/2)



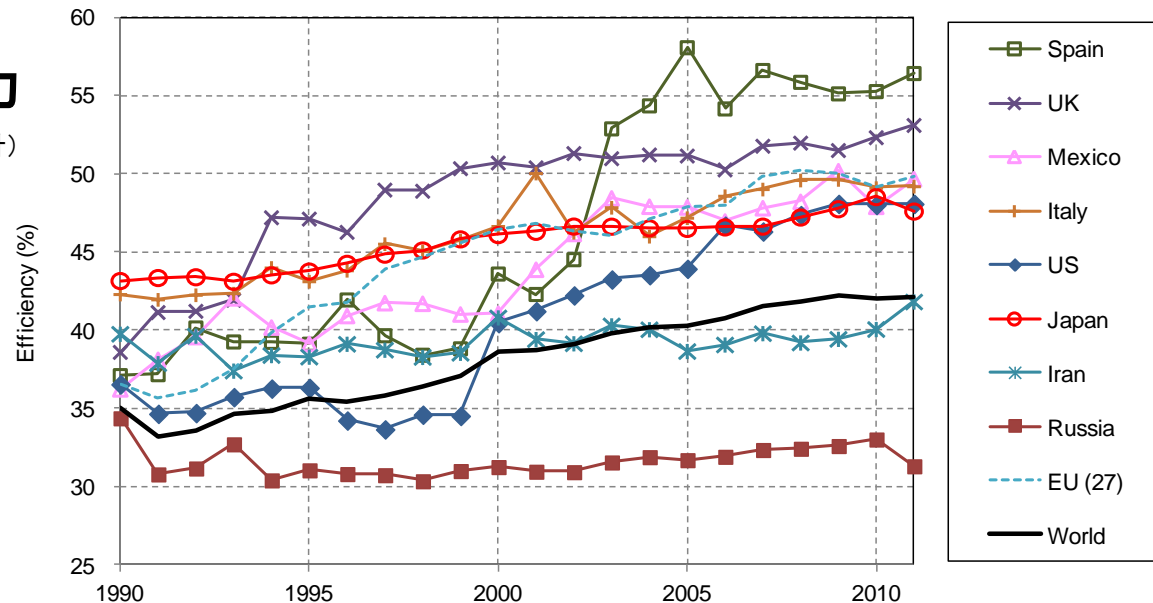
## 石炭火力

出典) RITE, 2014 (IEA, 2013を基に推計)

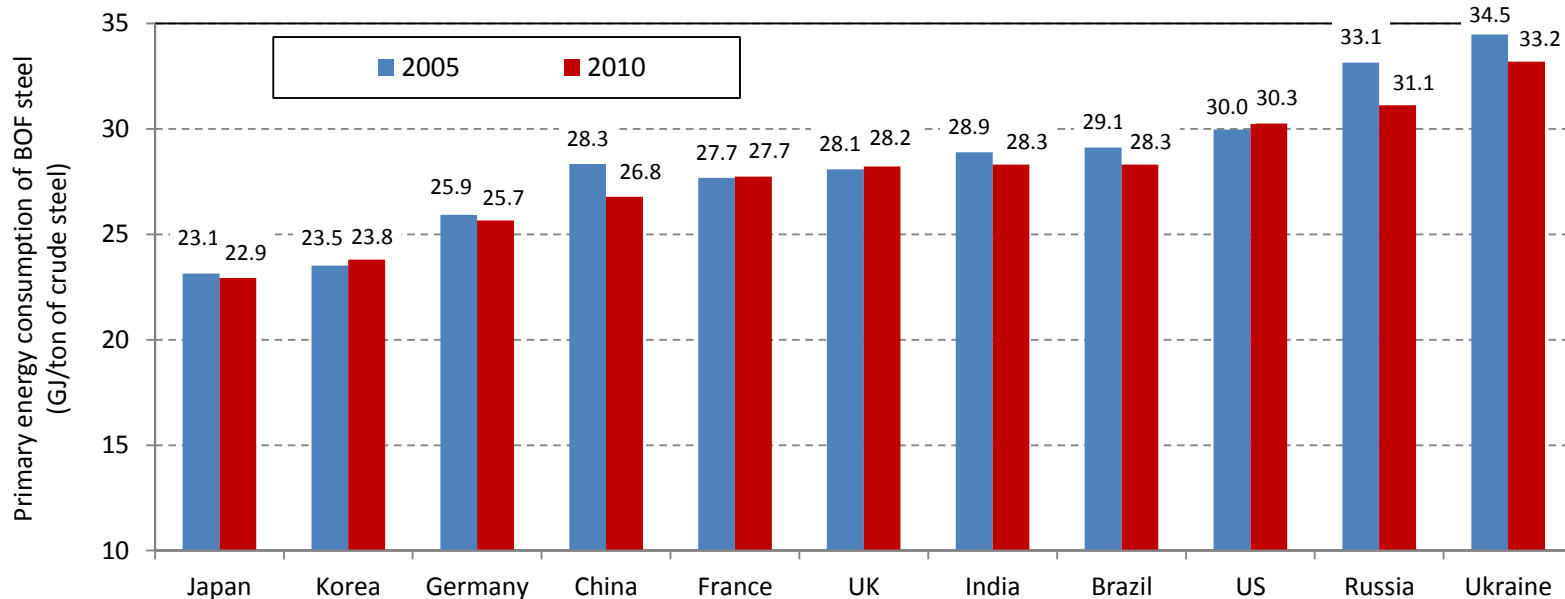
## ガス火力

出典) RITE, 2014 (IEA, 2013を基に推計)

**GDP基準でのエネルギー原単位  
(GDPあたりの一次エネルギー消費量)の水準は産業構造によって影響される。よって、排出削減努力を評価するためには、主要部門・生産プロセス別のエネルギー原単位(エネルギー効率)を計測することは重要**



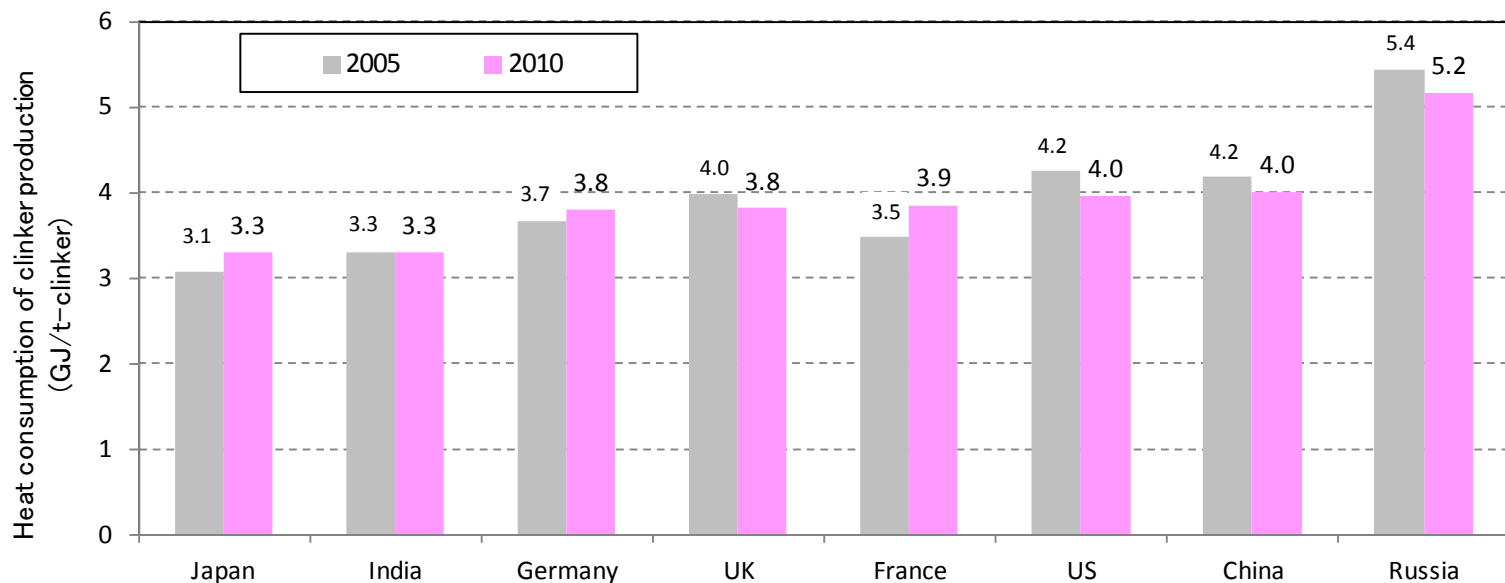
# 主要エネルギー部門における エネルギー効率の比較 (2/2)



鉄鋼  
(転炉鋼)

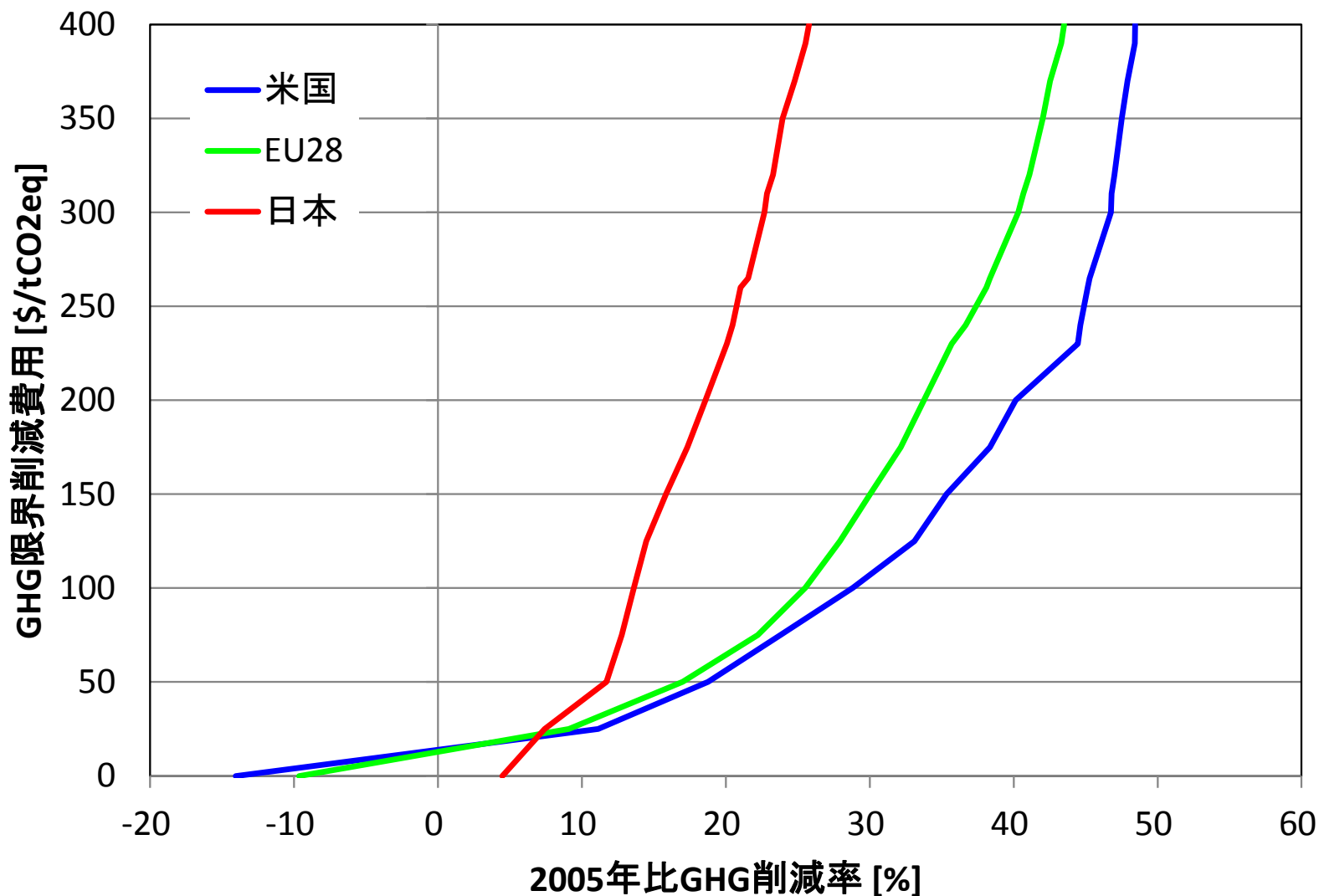
出典) Oda et al. 2012;  
RITE, 2012

セメント  
(クリンカ)



出典) WBCSD/CSI他を  
参考にRITEで推計

# 主要国における限界削減費用曲線の比較(2030年)



同じ2005年比GHG削減率を達成する時の限界削減費用は、欧米に比べて日本では高くなる。

\*本限界削減費用曲線の推計においては、それぞれの価格帯において世界全体の限界削減費用が均等化していると想定した。