

ALPS国際シンポジウム

2015年2月27日

---

# 2020年以降の排出削減目標に 関する排出削減努力の評価

---

(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 グループリーダー

秋元 圭吾



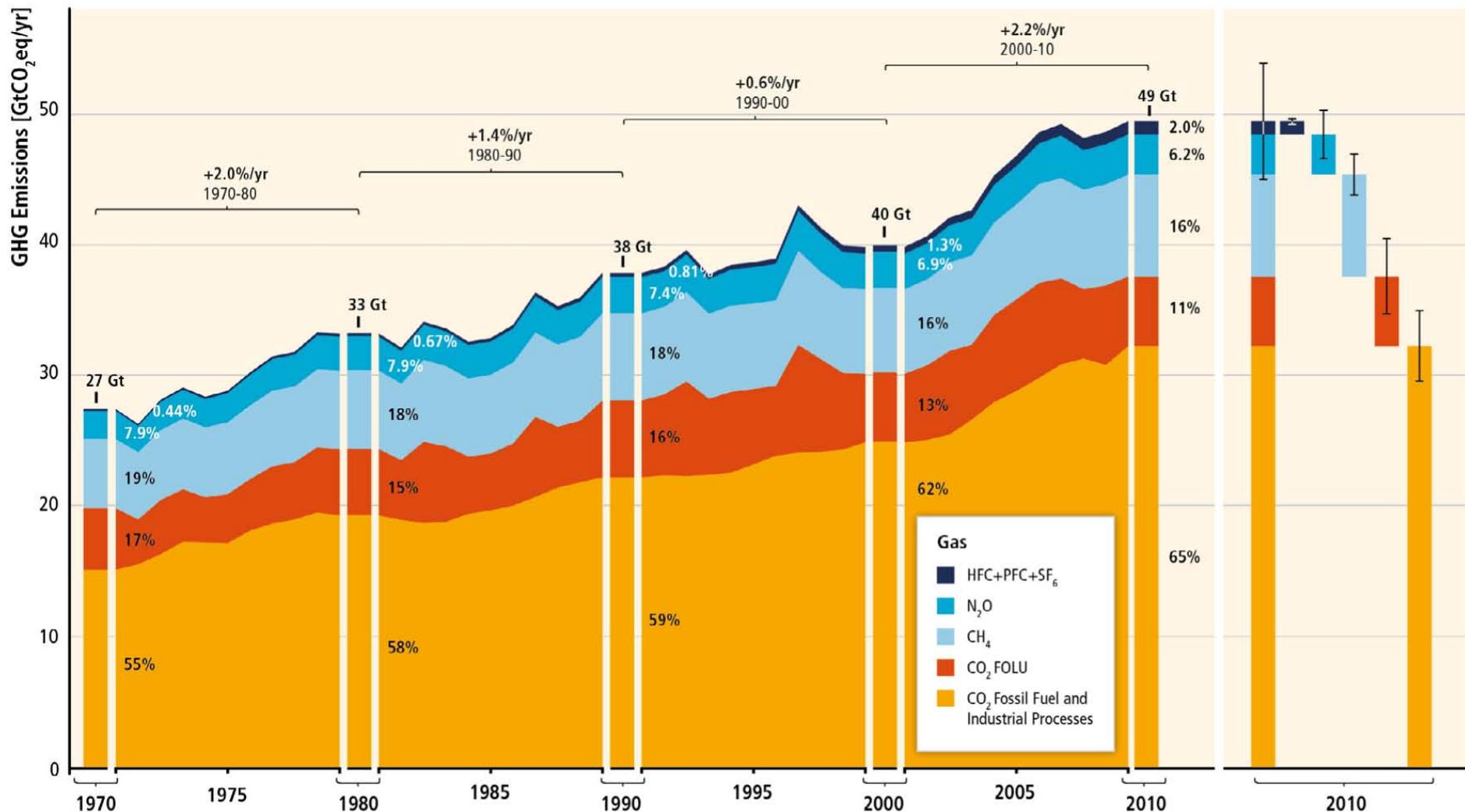
1. 背景・目的
2. 約束草案における排出削減努力のレビュー方法、  
レビューのための候補指標（事前評価、事後評価）
3. 事後評価指標の例（実績値データ、分析）
4. 事前評価指標の例（実績値データおよび暫定約  
束草案の位置づけ）
5. COP21に向けて



## 背景·目的



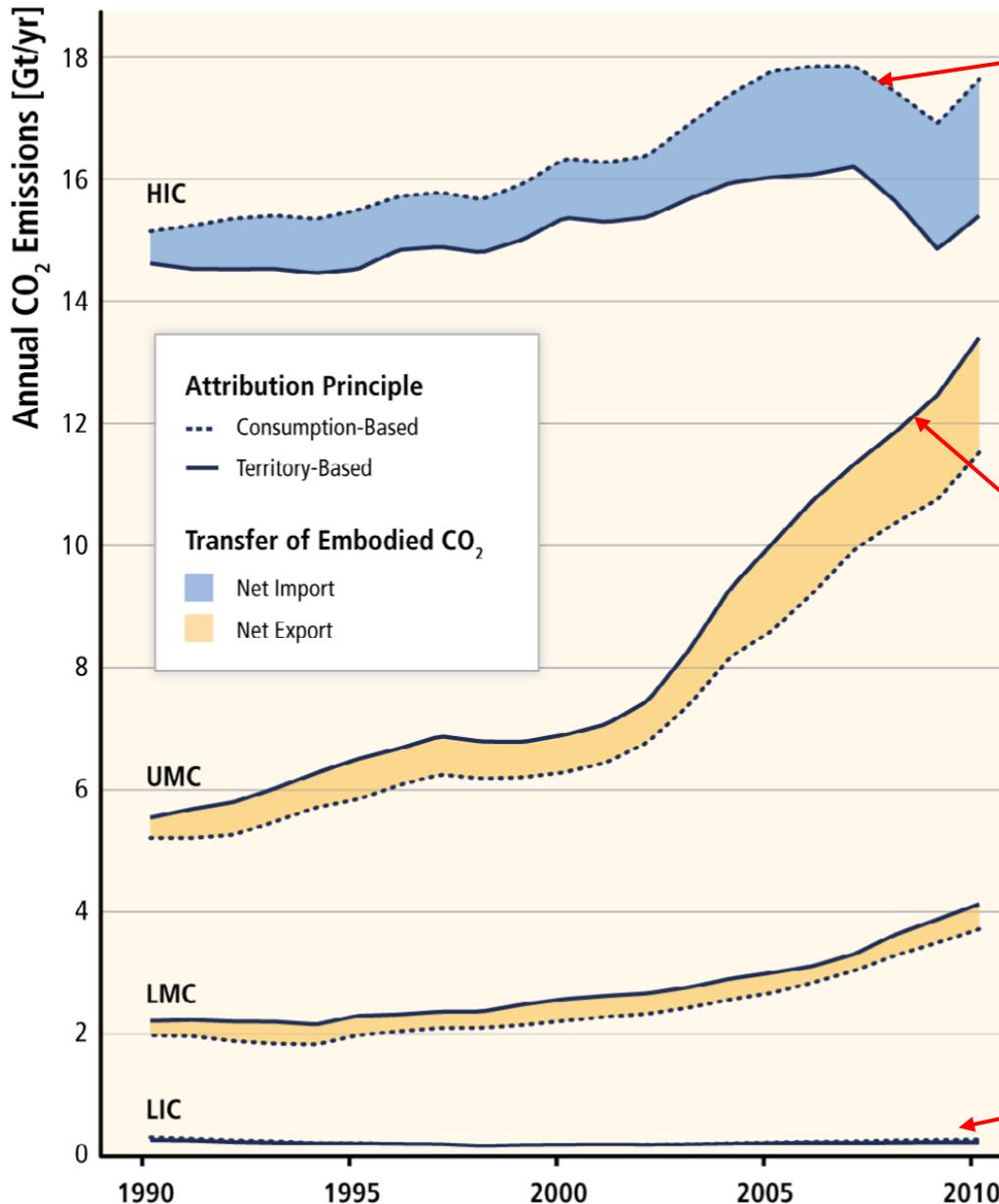
# 世界の温室効果ガス排出量の推移(ガス種別)



出典) IPCC WG3 第5次評価報告書、2014

近年、世界の排出量はむしろ増大。京都議定書(1997年採択、2005年発効)は効果を発揮できず

# 世界のCO2排出量の推移(地域別)



消費ベースで見たCO<sub>2</sub>は高所得国もさほど抑制できていない。

高所得国  
(\$12,616以上)

高中位所得国  
(\$4,086 to \$12,615)  
(中国、ブラジル、イラン、マレーシア、南アなど)

CO<sub>2</sub>排出の急増

低中位所得国  
(\$1,036 to \$4,085)  
(インド、インドネシア、フィリピン、エジプトなど)

CO<sub>2</sub>排出とは無縁で貧困に苦しんでいる国もある。

低所得国  
(\$1,035以下)

地球温暖化問題は大変複雑。現実社会で効果の上がる形で温暖化対策を進めることが重要。そのために、温室効果ガス排出削減策を技術的な側面、経済的な側面、政策的な側面など、総合的に把握し、定量的な分析・評価等を行い、真のグリーン成長を実現する国際枠組み、戦略立案に資することを目的にしている。

## 【主な研究実施項目】

- ◆ 気候変動リスクマネジメント戦略の検討
  - 気候変動影響被害、適応、および緩和の推計およびその不確実性の整理
  - 長期目標と排出経路の検討、分析(統合評価モデルによる分析等)
  - 気候変動の不確実性下でのリスクマネジメント戦略のあり方の検討 等
- ◆ 真のグリーン成長の実現パスを提示するための経済学的な理解の深化、分析
  - グリーン成長の可能性としての省エネ技術普及障壁除去、および、内生的技術習熟に関する論理的、実証的考察の整理(可能性と限界)
  - 電気料金の国際格差とその要因調査、国際格差とグリーン成長との関係の分析
  - 国際的な石炭火力発電融資規制の影響分析 等
- ◆ システム的な方策の検討・評価
  - 水素システム(供給、輸送、消費の全体システム)の分析、評価
  - 建物・まちづくり・運輸のシステムの検討・評価 等
- ◆ 国際的な枠組み、政策課題等に即したモデル分析・評価
  - 2020年以降の排出削減目標に関する評価方法に関する検討と分析・評価
  - 国際モデル比較プロジェクトを介しての排出削減対応策への貢献 等

- ◆ 京都議定書は、世界の排出削減目標量を決め、それを附属書I国(先進国)に割り当て、法的拘束力でしぼるような手法をとった(しかも原則1990年基準での排出削減率が提示されるような形)。しかし、これは破綻した。
- ◆ 2020年以降の排出削減枠組みは、プレッジ・アンド・レビュー(P&R、誓約と検証)タイプの目標となることが確実
- ◆ P&Rの仕組みにおいては、いかにレビューするかは、PDCA(Plan-Do-Check-Act)サイクルを確立して、排出削減を強化していく上で大変重要
- ◆ COP21に先立って(可能な国は2015年3月末までに)提出が求められている約束草案INDCs(Intended Nationally Determined Contributions)は、基準年が異なったり、原単位目標であったり、基準排出量比(BaU排出量比)であったりと様々な形でプレッジされる可能性が高い。
- ◆ 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

# 経団連自主行動計画におけるPDCAサイクル



出典)経団連、エネルギー・資源学会研究発表会、2014

日本の自主行動計画では、政府審議会、経団連内、各参加業界団体内といった複数のレビューやピア・プレッシャーが働き、PDCAサイクルが効果的に働いたと見られる。

**約束草案における排出削減努力の  
レビュー方法、レビューのための  
候補指標（事前評価、事後評価）**

## 事前評価 (Ex-ante evaluation)

### 例

- 1) CO<sub>2</sub>/エネルギー原単位 (GDPベース) の絶対水準
- 2) CO<sub>2</sub>/エネルギー原単位 (GDPベース) の改善率
- 3) ベースライン比の排出削減率 >> ただし推計に大きな不確実性あり
- 4) 限界削減費用、平均削減費用、GDPあたり削減費用等 >> モデルベースのコスト推計となるため不確実性大

## 事後評価 (Ex-post evaluation)

### 例

- 1) CO<sub>2</sub>/エネルギー原単位 (GDPベース) の絶対水準
- 2) CO<sub>2</sub>/エネルギー原単位 (GDPベース) の改善率
- 3) CO<sub>2</sub>排出量変化の要因分析、および、一人あたりGDP変化によるエネルギー原単位変化の説明性の強さに関する評価
- 4) 主要部門におけるエネルギー/CO<sub>2</sub>原単位の絶対水準
- 5) 2次エネルギー価格水準、炭素価格水準
- 6) ベースライン比の排出削減率 >> ただし推計に大きな不確実性あり
- 7) 限界削減費用、平均削減費用、GDPあたり削減費用等 >> モデルベースのコスト推計となるため不確実性大

# 指標に関する留意事項

- ◆ 国内排出削減分(真水分)であれば、特に経済状況の近い国間の削減努力を測るには限界削減費用均等化が最も経済合理性を持つ指標と言える。
- ◆ 海外貢献分を含むのであれば、GDP比費用均等化なども正当化されやすい。ただし、限界削減費用に国間で大きな差が生じれば炭素リーケージの可能性が増すため、ある程度の差以内である必要
- ◆ 一方、一人当たり排出量均等化などは、一見明確なようであっても、何年に均等化すべきか、何年を基準にすべきか、その経路はどうとるのか、客観的に決定することができない想定値が多くあり、それにより2020年などの各国排出割り当て量は大きく異なってくる。また、そもそも潜在的な排出は、地理、気候条件、人口密度などによっても左右されるため、一人あたり排出均等化が衡平とは言えないこと、等、留意が必要
- ◆ コストベースの指標は推計の不確実性の大きさから批判されることが多いが、とりわけプレッジ・アンド・レビュー的な枠組みの下では、明確な排出割り当て指標が必要なわけではないため受け入れやすい(ただし複数の適切なモデルによる分析が望ましい)。

# プレッジの説明およびレビューの方法

A国のプレッジ

B国のプレッジ

・・・国のプレッジ

	GDPあたり 排出量	一人当たり 排出量	限界削減費 用	GDPあたり 削減費用	・・・
A国	X	Y	Z	XX	
B国	X' (X' < X) ○	Y' (Y' > Y) ×	Z' (Z' > Z) ○	XX' (XX' > XX) ○	
・・・					

各国、様々な指標(適切な指標)の中で、プレッジした目標の妥当性を主張する。例えば、過半の指標で他の多くの国と同等もしくはそれ以上と評価できれば良い。

# CO2排出の要因分析

## 茅恒等式

$$\text{CO2排出量} = \frac{\text{CO2排出量}}{\text{一次E}} \times \frac{\text{一次E}}{\text{GDP}} \times \frac{\text{GDP}}{\text{POP}} \times \text{POP}$$

エネルギー原単位 (一次E/GDP)  
 一人当たりGDP (GDP/POP)  
 CO2原単位 (エネルギー構成) (CO2排出量/一次E)  
 人口 (POP)

**GDP**

排出削減努力の計測において  
代表的と考えられる指標  
(経済環境等の違いを除外)

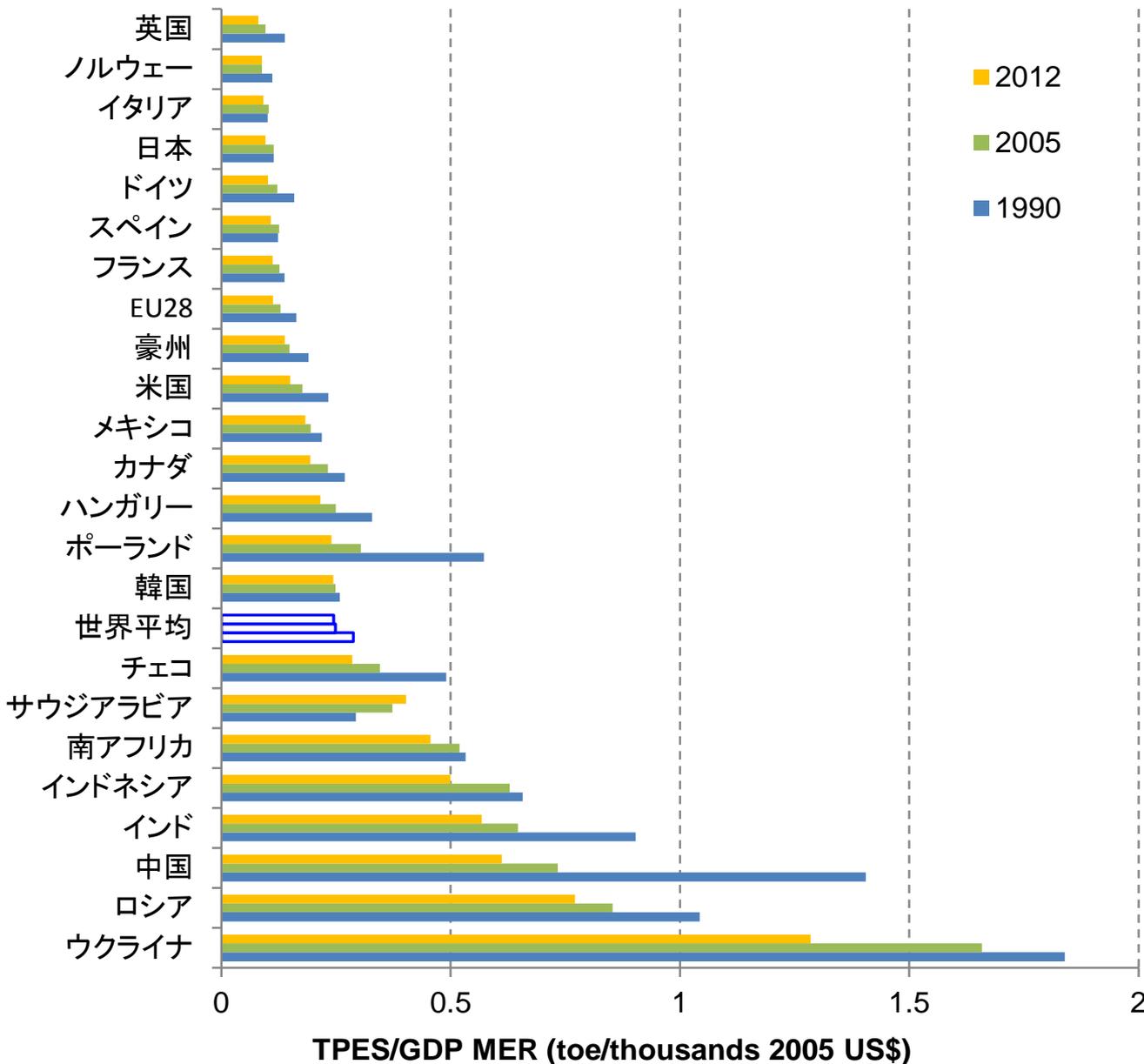
$$\Delta \text{CO2排出量} = \Delta \frac{\text{CO2排出量}}{\text{一次E}} + \Delta \frac{\text{一次E}}{\text{GDP}} + \Delta \text{GDP}$$

CO2原単位の年変化率 (CO2排出量/一次E)  
 エネルギー原単位の年変化率 (一次E/GDP)  
 GDPの年変化率 (GDP)

排出削減努力の計測において  
代表的と考えられる指標

ただし連動性が見られることも多い

# GDP(MER)基準のエネルギー原単位の国際比較

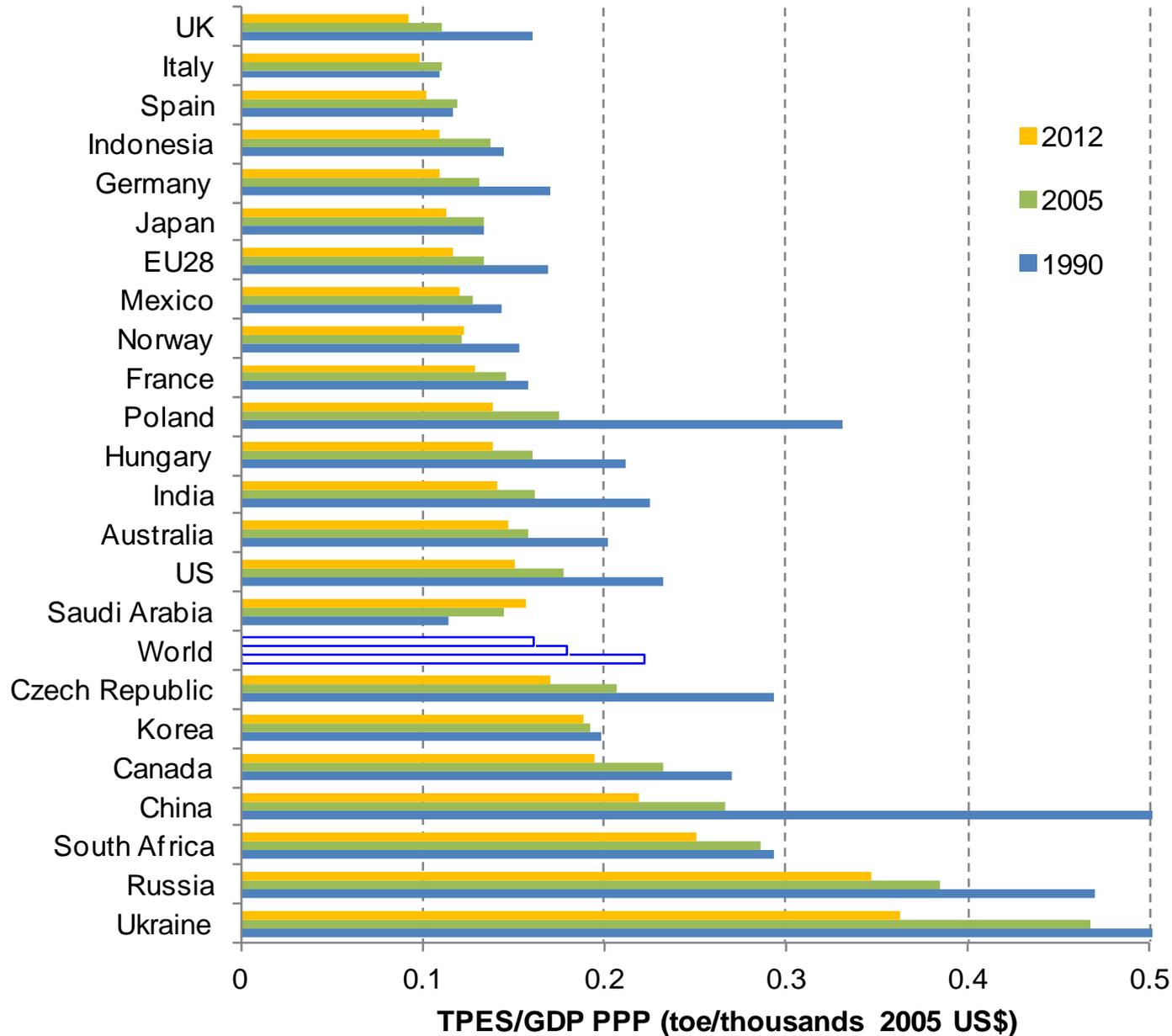


**GDP基準でのエネルギー原単位(GDPあたりの一次エネルギー消費量)の水準は、省エネルギー努力レベルを測る上で重要な指標。**

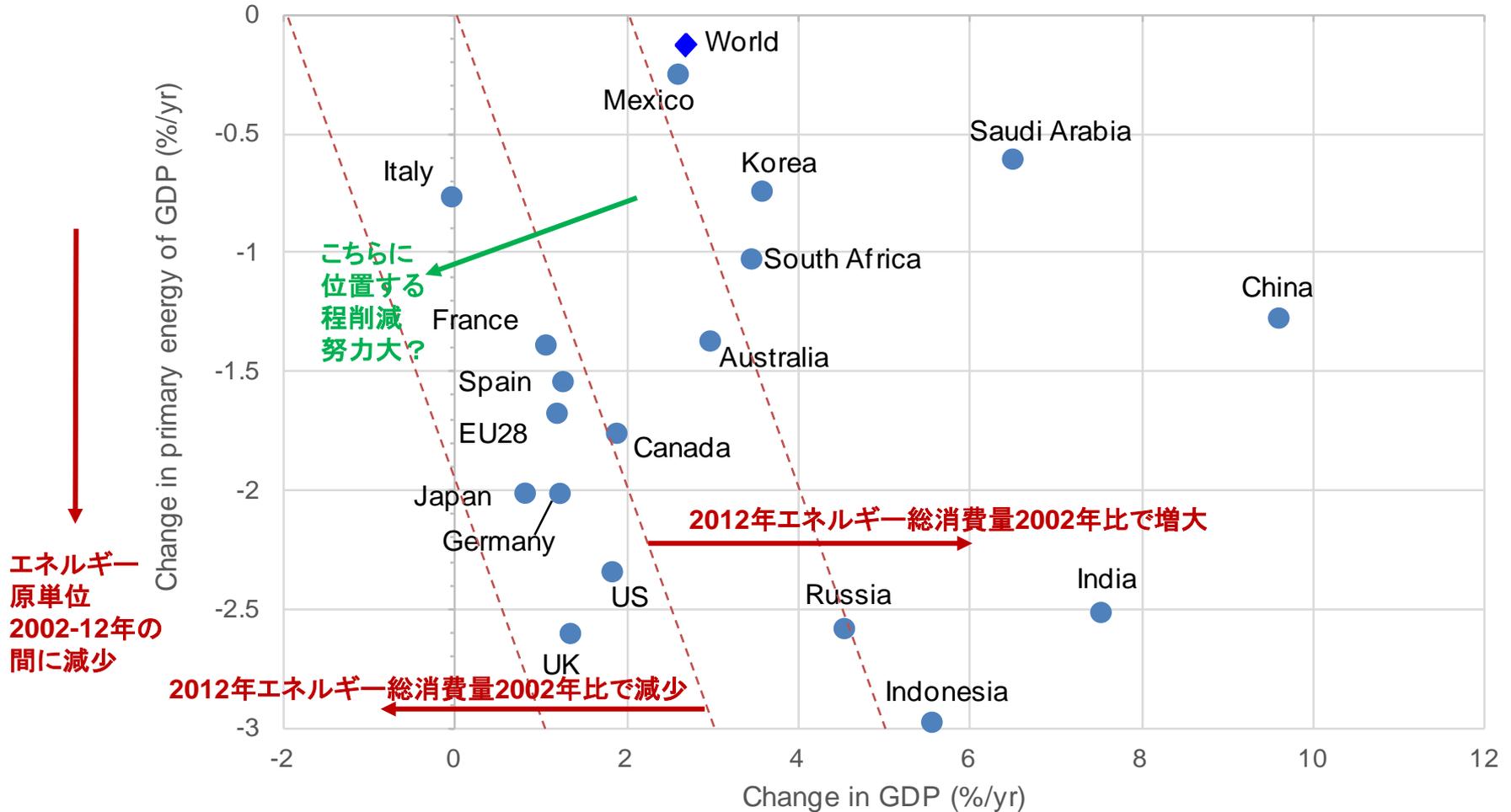
**2012年では、英国はトップ水準。日本もかなり良い水準。**

**ただし、為替換算レートへの依存が大きいことや産業構造に依存する部分が多いことから、必ずしも排出削減努力を計測できているわけではないことに注意が必要。**

# GDP (PPP) 基準のエネルギー原単位の国際比較



# GDP変化とエネルギー原単位変化 (2002~2012年の10年間)

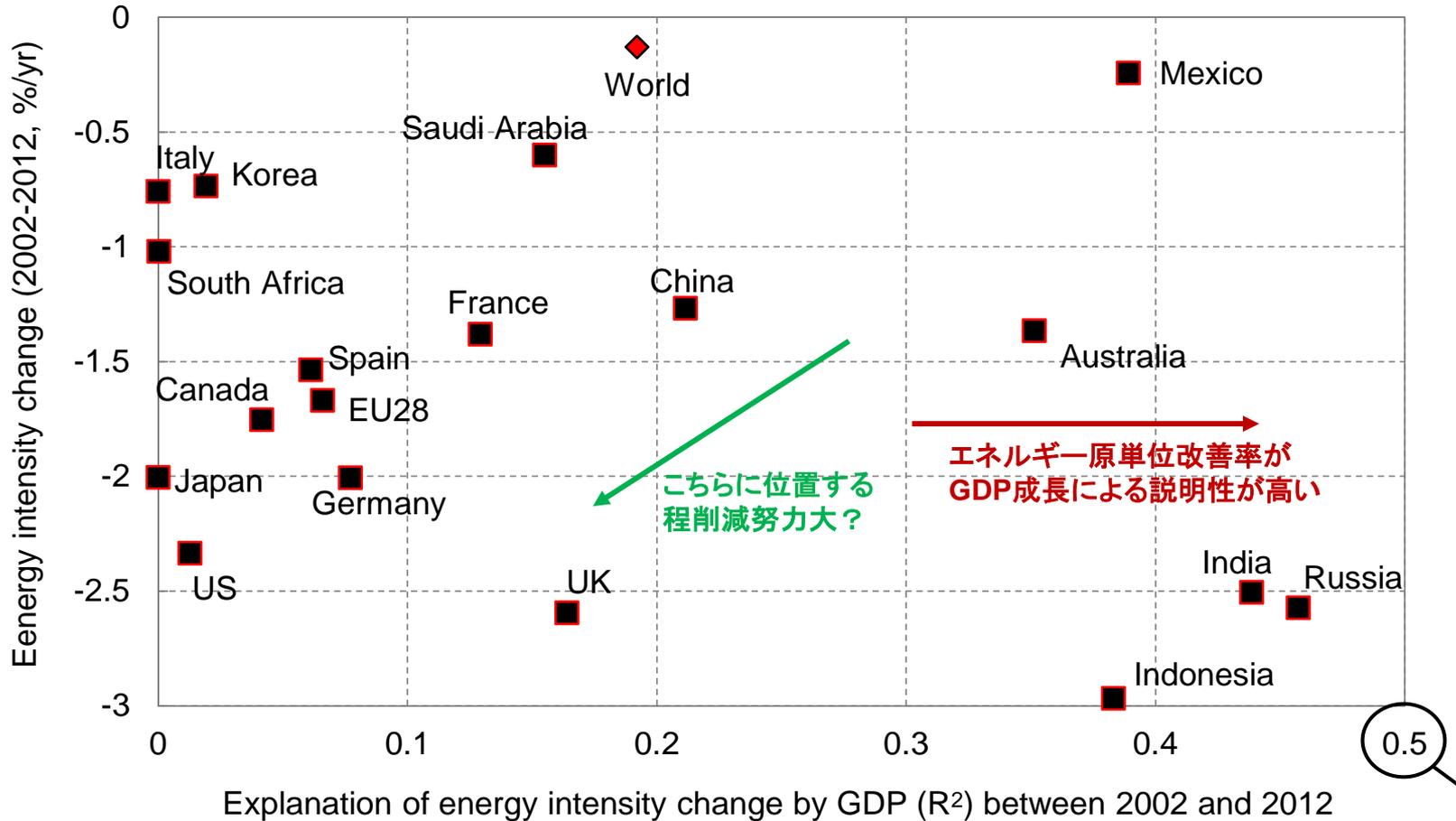


出典) 徳重他、エネルギー・経済・環境コンファレンス予稿集、2015 (IEA統計より推計)

原単位だけではなく、原単位改善率も排出削減努力の計測のための1指標と言える。しかしながら、そもそも原単位が良い場合は、改善率は大きくできにくい。また、経済成長が大きいと原単位改善率が大きくなりやすいので、改善率の大きさが排出削減努力を示すわけではないことに注意が必要である。

# 事後評価指標の例 (実績値データ、分析)

# GDP変化によるエネルギー原単位変化の説明性 (2002~2012年の10年間) 【事後評価向け】

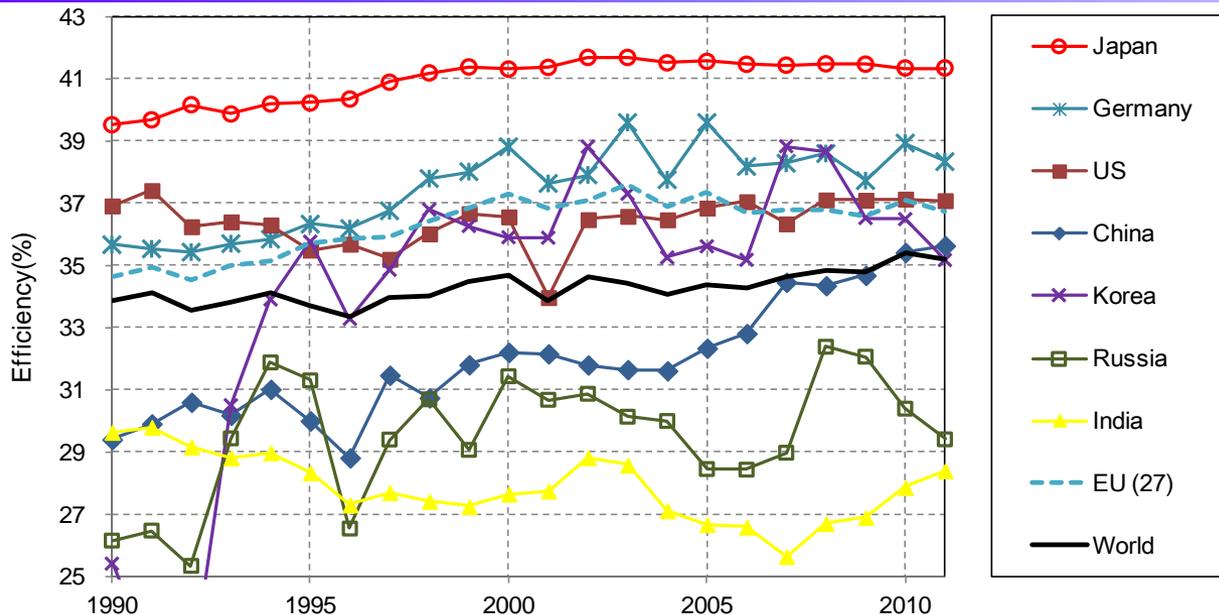


エネルギー原単位  
変化率の50%が  
GDP変化率で説明  
可能

出典) 徳重他、エネルギー・経済・環境コンファレンス予稿集、2015 (IEA統計より推計)

2002~2012年の間のエネルギー原単位変化率のうち、各国においてどの程度がGDP変化率で説明されるのかを評価。ロシア、インド、インドネシアなどは、原単位改善率が高いものの、改善率の4割程度はGDP成長率で説明され、実際の改善率はその6割未満と推察される。

# 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) : 【事後評価向け】



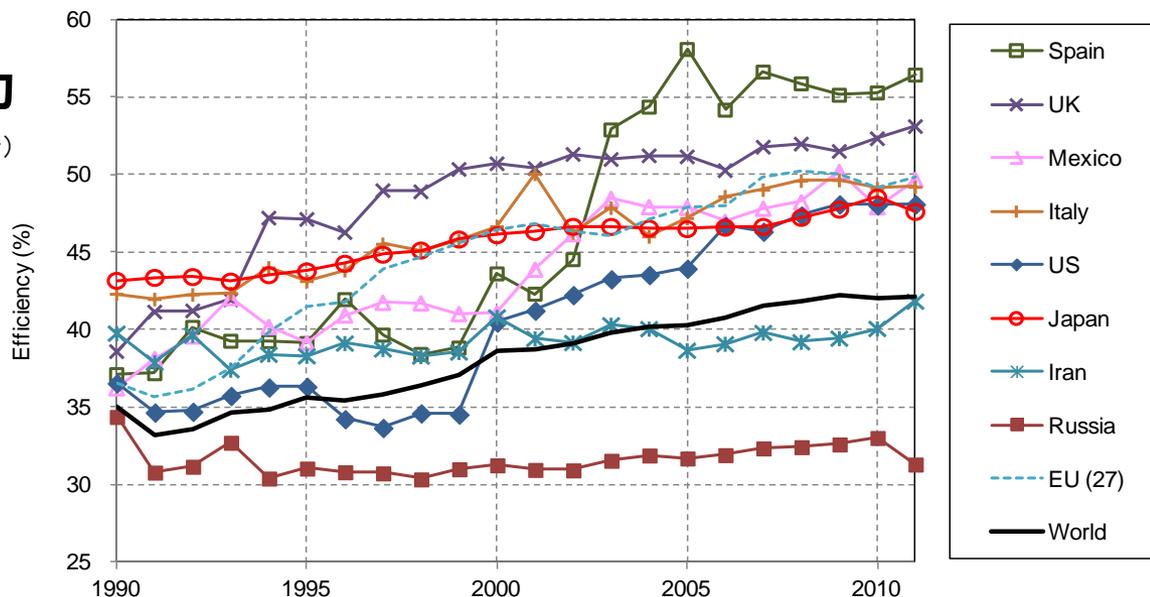
## 石炭火力

出典) RITE, 2014 (IEA, 2013を基に推計)

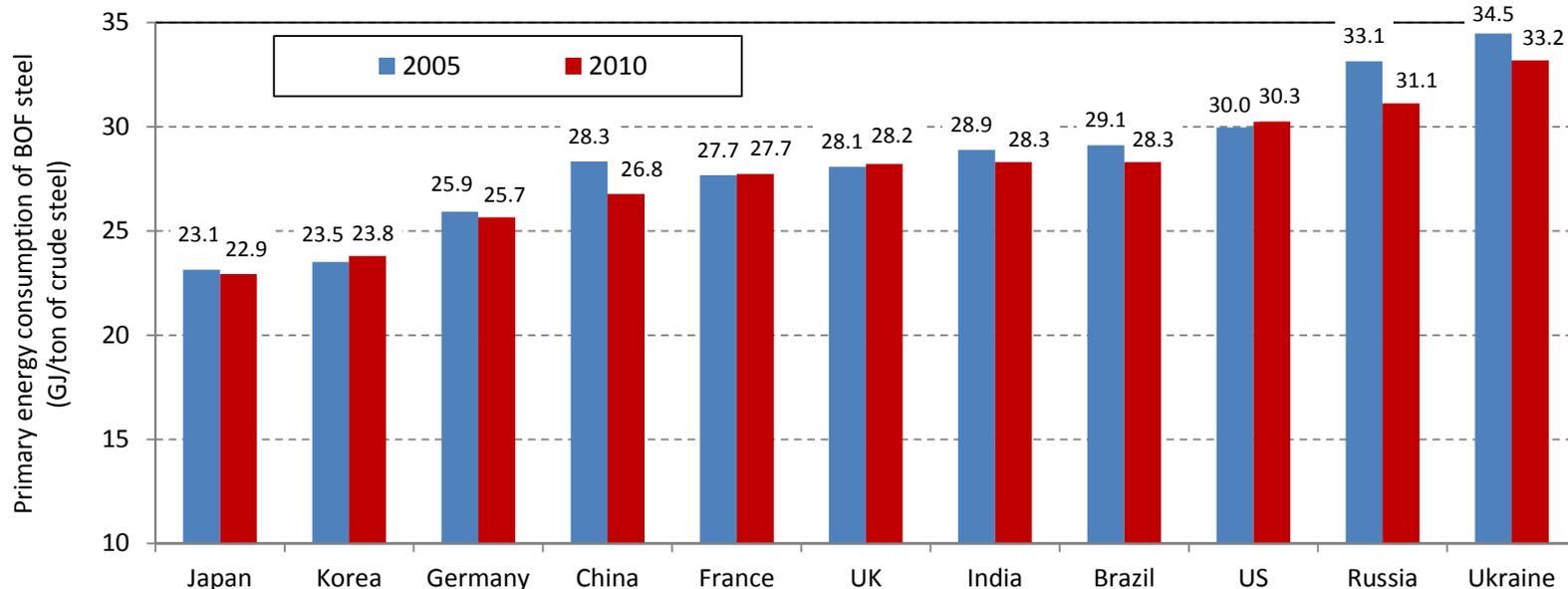
## ガス火力

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**



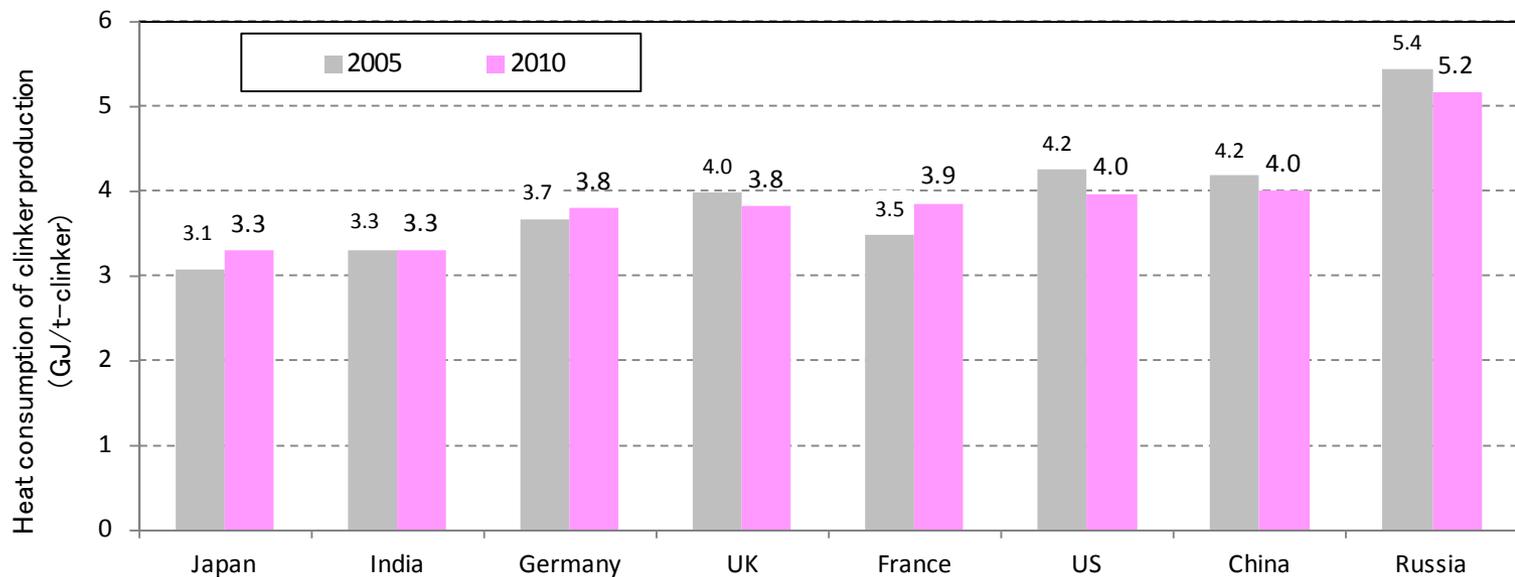
# 主要エネルギー部門におけるエネルギー効率の比較 (2/2) : 【事後評価向け】



鉄鋼  
(転炉鋼)

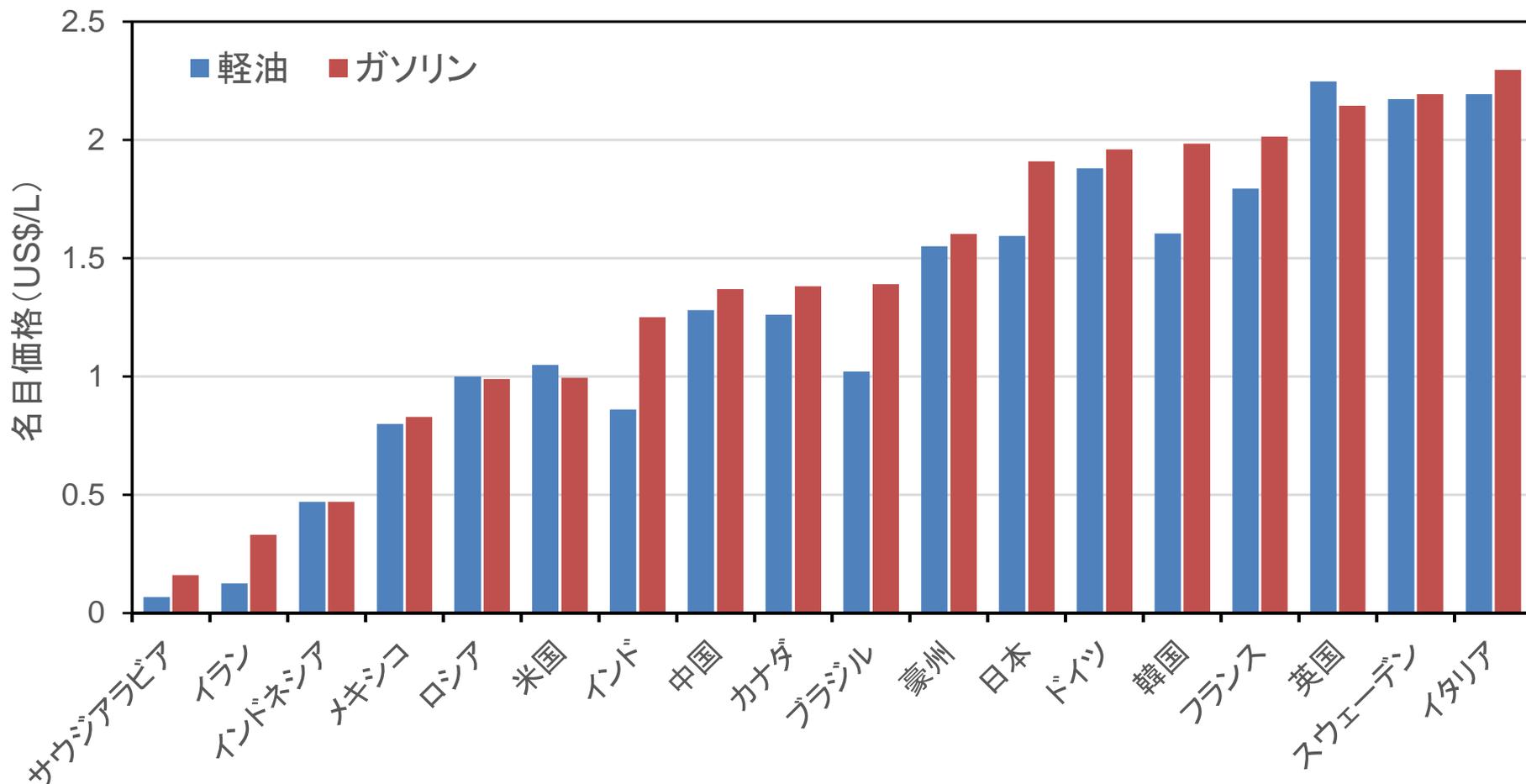
出典) Oda et al. 2012;  
RITE, 2012

セメント  
(クリンカ)



出典) WBCSD/CSI他を  
参考にRITEで推計

# 2次エネルギー価格の比較: ガソリン・軽油小売価格 (2012年)【事後評価向け】

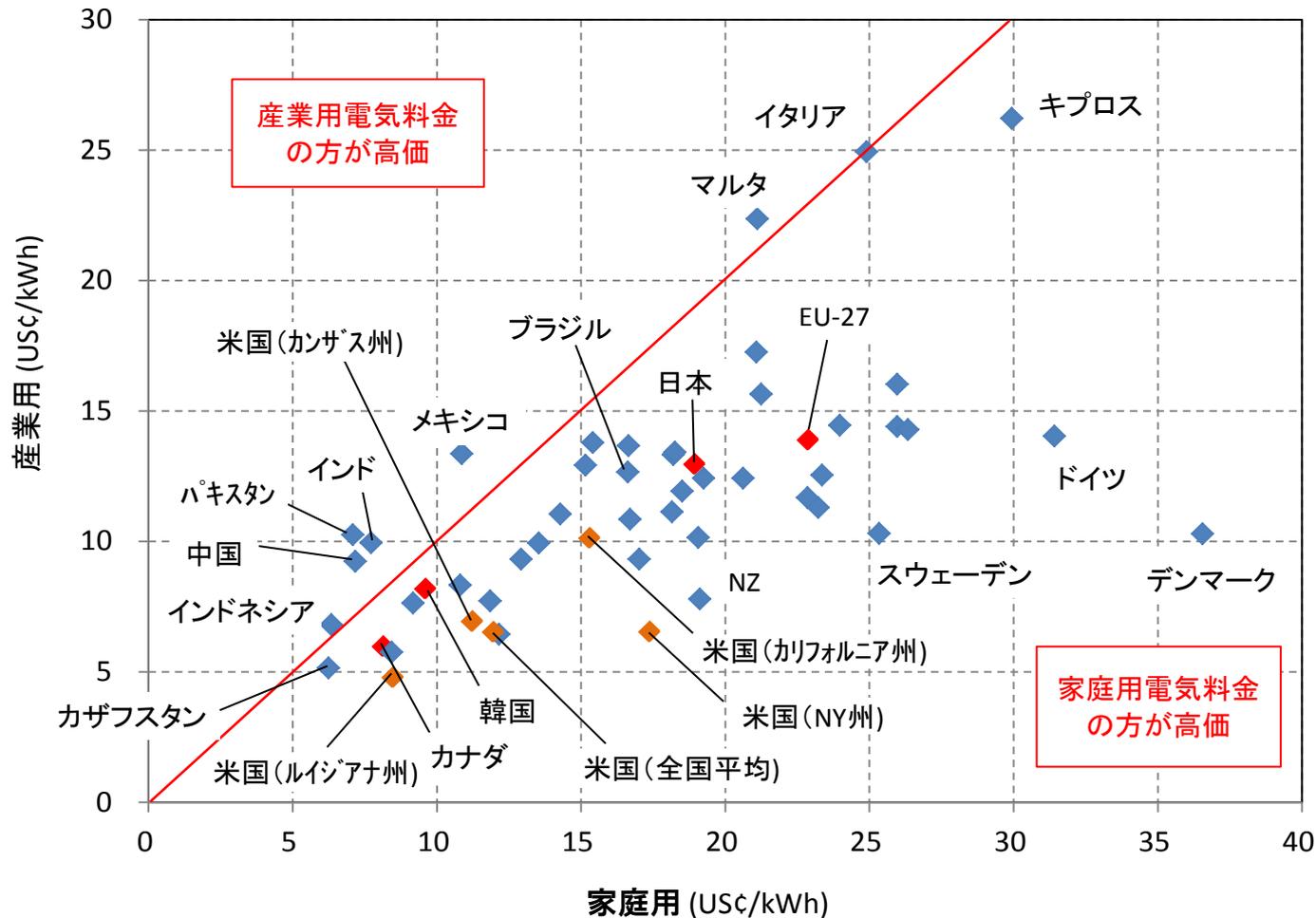


出典) IEA統計、GIZ統計よりRITEで整理

中東を中心とした一部の国では極めて安価な価格となっている。欧州、韓国、日本は高い水準にある。

# 2次エネルギー価格の比較：電力料金(2009-11年)

## 【事後評価向け】



注)2005年為替換算、名目値

出典)RITE, 2014; 小田他、エネルギー・経済・環境コンファレンス予稿集、2014

電力料金は電源構成に依る部分が大きく、安価であれば削減努力が不十分で、高価であれば削減努力が大きいとは一概に言えないので注意が必要だが、日欧は比較的高く、米中韓あたりは比較的安価

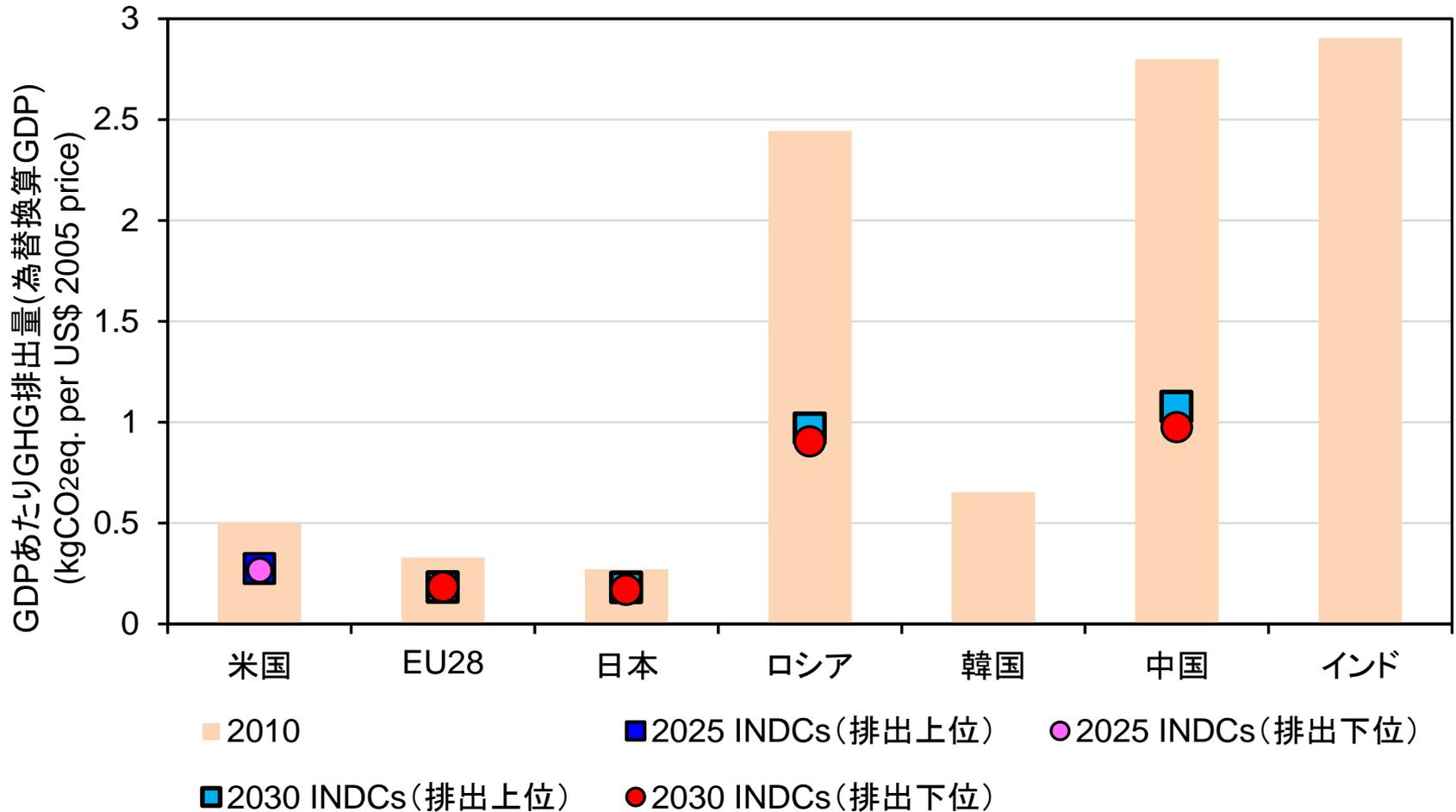
# 事前評価指標の例（実績値データ および暫定約束草案の位置づけ）

# 各国の約束草案例

	2020年目標 (カンクン合意)	2020年以降の約束草案 (INDCs)【暫定】
日本	-3.8%(2005年比)*	<b>【未定】2005年比-15~-20%としたときの試算例</b>
米国	-17%程度(2005年比)	<b>2025年に-26%~-28%(2005年比)</b>
EU	-20%(1990年比)	<b>2030年に-40%(1990年比)</b>
ロシア	-15~-25%(1990年比)	<b>2030年に-25~-30%(1990年比)が長期目標となり得る</b>
韓国	BAU比-30%	—
中国	GDP当たりCO <sub>2</sub> 排出量を-40~-45%(2005年比)	<b>2030年頃にCO<sub>2</sub>排出量のピークを達成する。ピークを早めるよう最善の取組を行う</b>
インド	GDP当たりCO <sub>2</sub> 排出量を-20~-25%(2005年比)	—

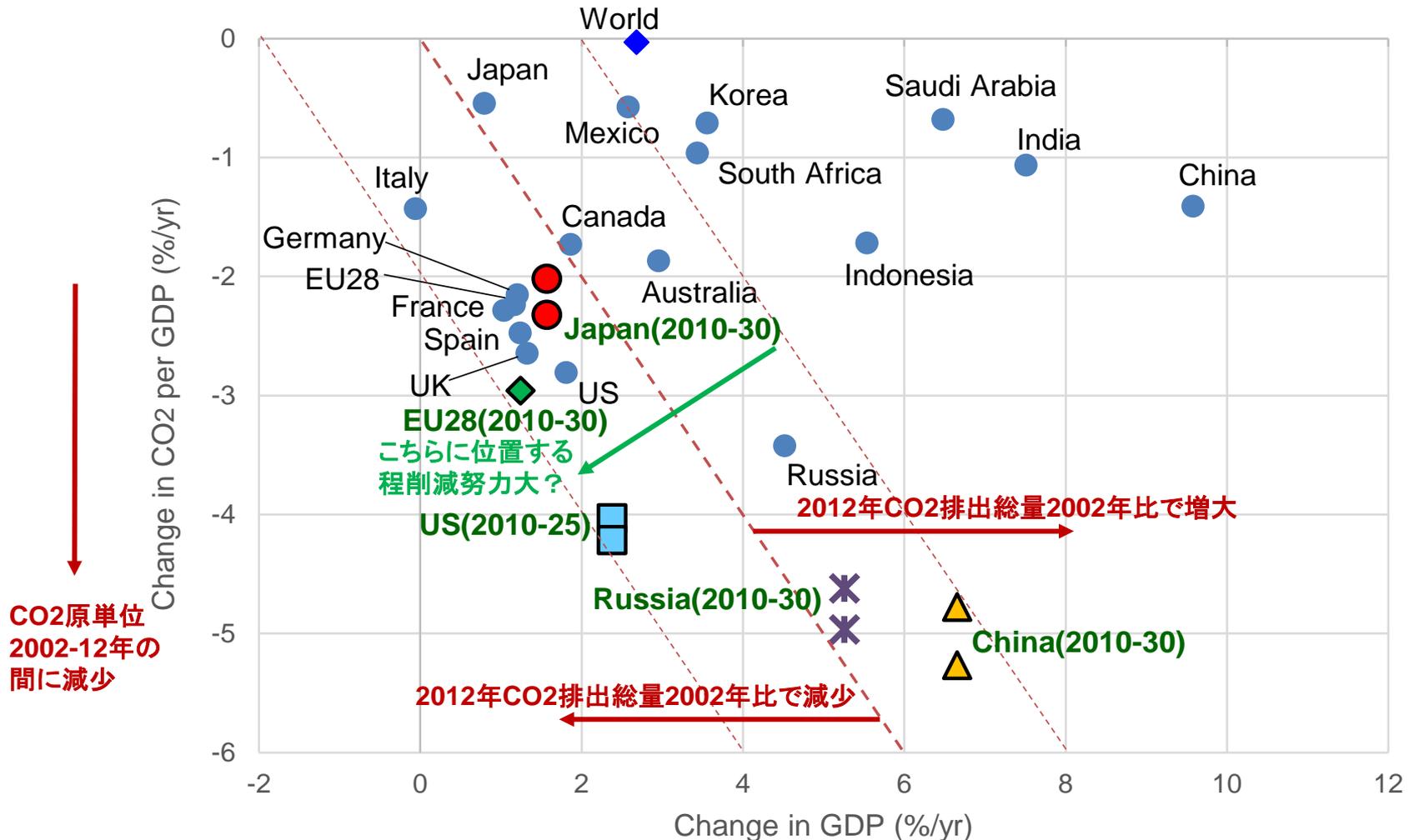
\* 原子力発電による温室効果ガス削減効果を含まない場合の目標

# 2010年のGHG排出原単位 (GHG/GDP) の比較と 約束草案の排出原単位



米国、EU28、中国、ロシアの暫定約束草案、および、日本は仮に2005年比▲15～▲20%とした場合、GHG排出原単位 (GDPあたりのGHG排出量) は上図のプロットのように位置付けられる。日本は2005年比▲15～▲20%の場合、EU28の1990年比▲40%も上回る。

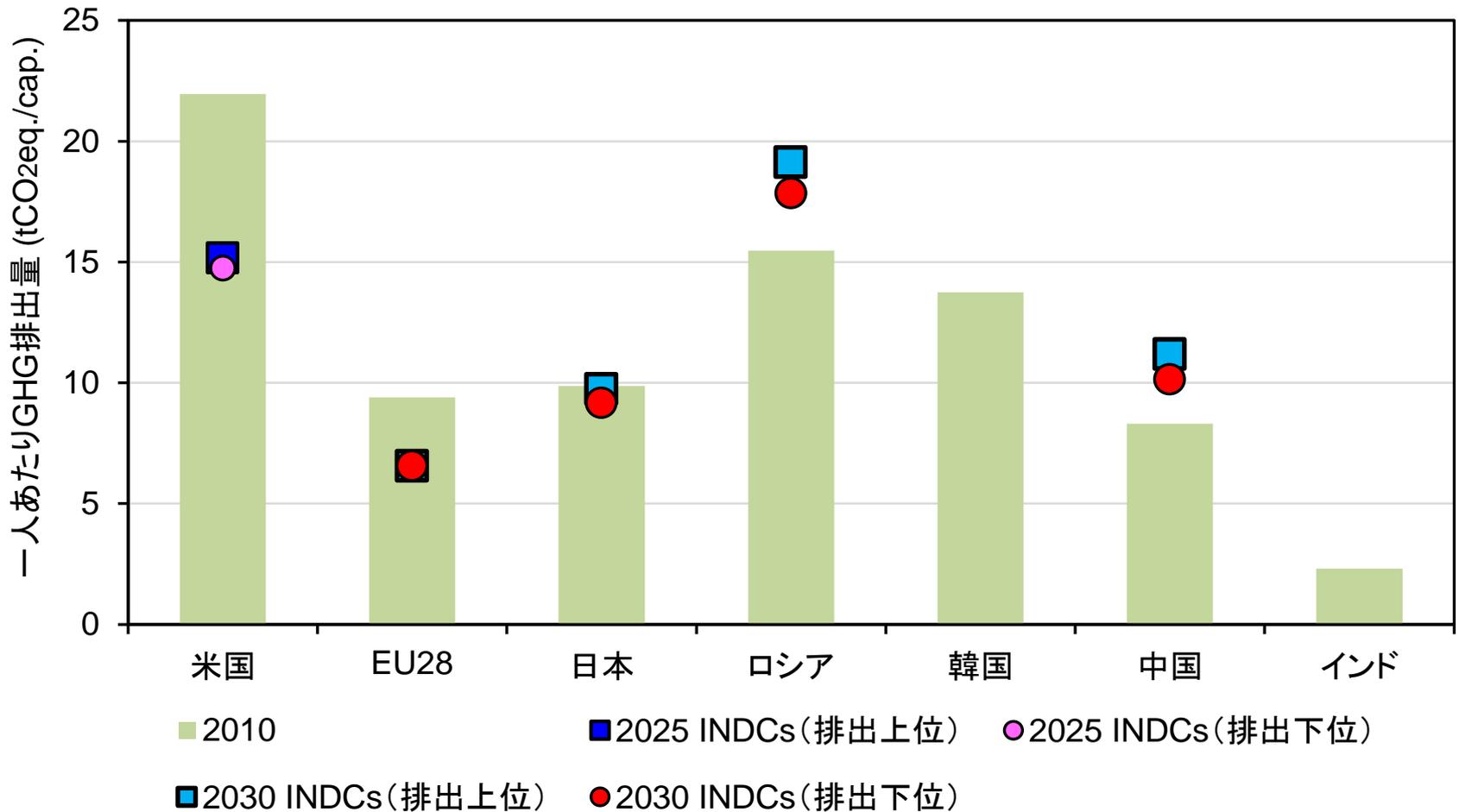
# GDP変化とCO<sub>2</sub> 原単位変化 (2002~2012年の10年間)



注)2012年の日本のCO<sub>2</sub>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。

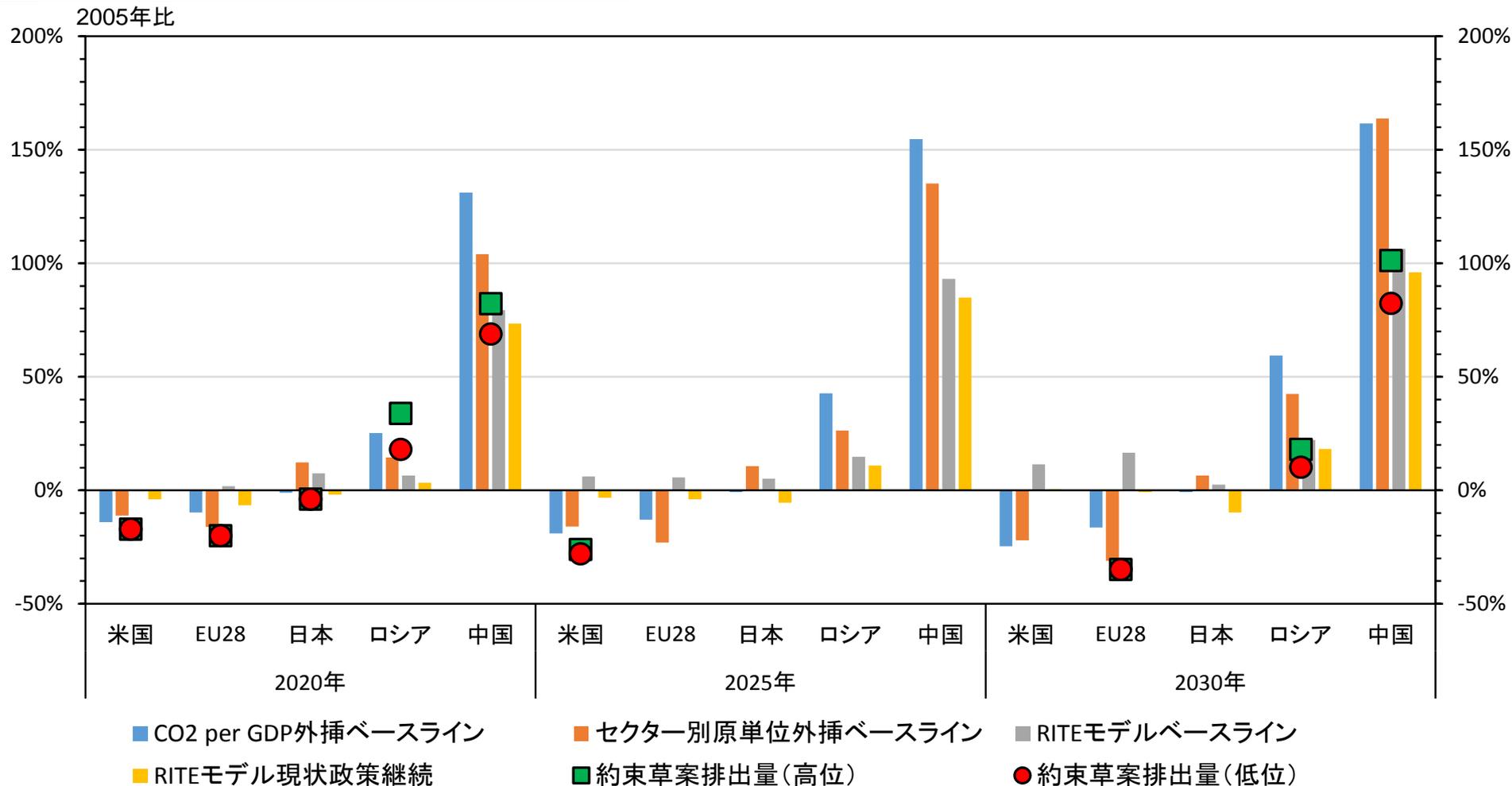
米国、EU28、中国、ロシアの暫定約束草案のCO<sub>2</sub>排出原単位変化(2010年から2025年／2030年の間)は上図のように位置付けられる。

# 2010年の一人あたりGHG排出量の比較と 約束草案の排出原単位



米国、EU28、中国、ロシアの暫定約束草案、および、日本は仮に2005年比▲15～▲20%とした場合、一人あたりGHG排出量は上図のプロットのように位置付けられる。中国は約束草案を実現しても現在の日本よりも大きな一人あたり排出量に。

# ベースライン排出量と排出削減目標



注1) 日本の2020年の排出削減目標は、原子力発電による排出削減効果を含まない数字

注2) 中国の2030年の数字は、2030年排出ピークアウトという目標について、2020年の原単位2005年比40~45%削減を踏まえてRITEで想定したもの

注3) 記載の2020年以降の約束草案の数字はすべて暫定的なもの

ベースライン排出量の推計は、推計方法によって不確実性が相当大きい。日本の2030年のベースライン推計は、推計方法によって2005年比で7%増~10%減。不確実性は大きいですが、ベースライン比削減率も排出削減努力を計測する一つの候補指標

# 各国約束草案のベースライン排出量からの削減率 (2005年比削減率による%ポイント)

	2025年	2030年		
	米国	EU28	ロシア	中国
<b>排出目標：上位値の場合</b>				
GDP基準のCO2原単位を外挿推計したベースライン基準	-7%	-18%	-41%	-26%
セクター・燃料種別のCO2原単位を外挿して推計したベースライン基準	-10%	-4%	-24%	-28%
RITE DNE21+モデルのベースライン(炭素価格ゼロ)基準	-32%	-51%	-4%	2%
RITE DNE21+モデルの現状政策継続シナリオ基準	-23%	-34%	0%	17%
<b>排出目標：下位値の場合</b>				
GDP基準のCO2原単位を外挿推計したベースライン基準	-9%	-18%	-49%	-51%
セクター・燃料種別のCO2原単位を外挿して推計したベースライン基準	-12%	-4%	-32%	-53%
RITE DNE21+モデルのベースライン(炭素価格ゼロ)基準	-34%	-51%	-12%	-23%
RITE DNE21+モデルの現状政策継続シナリオ基準	-25%	-34%	-8%	-7%

単位：2005年比の排出削減率を基にした%ポイント

推計方法の異なるいずれのベースライン排出量を基準にとるかによって、各国約束草案のベースライン比での排出削減率は大きく異なる。それぞれの推計法のベースライン推計の特徴を踏まえた上で、解釈することが必要と考えられる。

# 米、中、EU、ロシアの約束草案(暫定)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
米国: 2005年比▲26%~ ▲28% (2025年)	57	76
EU28: 1990年比▲40% (2030年)	168	
ロシア: 1990年比▲25%~ ▲30% (2030年)	0	12
中国: 2030年CO <sub>2</sub> 排出ピークアウト (RITE排出見通しに基づく)	0	9

排出削減費用は、各国の人口、経済成長の見通しの違い、再エネなどの対策技術ポテンシャルの違い、これまでの省エネ達成レベルの違いなど、各国の違いが反映された指標となるため、排出削減努力の計測には重要。ただし不確実性は大きい。

RITEの限界削減費用推計では、中国、ロシアの約束草案は0~10\$/tCO<sub>2</sub>程度と推計される。限界削減費用に差異が大きい場合、国際競争力に懸念が生じ、炭素リーケージも誘発してしまうため、限界削減費用に大きな差が生じないようにしていくことが重要。

# COP21に向けて



# COP21パリに向けて：約束草案

- ◆ 従来の京都議定書的な枠組みの下での国際的な公平性・衡平性指標の分析では、排出枠の割り当てのための指標の意図が強かった。しかし、これはゼロサムゲームとなり、一方、唯一の公平性・衡平性指標は存在しないので、合意が極めて困難である。2020年以降の枠組みは、プレッジ・アンド・レビュータイプとなることが確実であり、考え方の転換が可能。
- ◆ ここで示した指標も排出枠の割り当てを意図したものではなく、あくまでプレッジされた目標を評価し、PDCAサイクルを効果的に働かして、各国が前向きに逐次目標を引き上げ、実現可能で効果的な対策をとっていくためのものである。
- ◆ 法的拘束力を伴った枠組みの下での排出割り当てを意図した指標であれば、不確実性の小さい統計データのみを使うということも正当性を持ち得るが（他方、そのようなデータだけでは削減努力の公平性・衡平性を測れない）、P&Rの下では、論理性、妥当性を伴った指標であればある程度の不確実性がある指標も活用可能である。

# ACE: Action for Cool Earth

## (日本政府の大きな方針：攻めの地球温暖化外交戦略)

- 理念**
- 気候システムの温暖化については、疑う余地がない。(IPCC 第5次評価報告書)
  - クールアース50から6年。日本は、「美しい星」実現のため、東日本大震災及び原発事故を乗り越えつつ**技術革新及び普及**の先頭に立ち、**国際的なパートナーシップ**を強化し、**国際社会をリード**する。
  - 「**2050年世界半減、先進国80%削減**」の目標実現に向け、**今こそ具体的なアクションが必要**。日本は「**エース**」として、その努力の先頭に立つ。

**イノベーション**:革新的な技術開発は、この目標実現に不可欠。日本は技術のブレークスルーの先頭に立つ。

- **技術の創造(革新的な技術開発の促進)**
  - ✓ 2020年度までの国地方の基礎的財政収支黒字化を前提としつつ、官民併せ5年で1100億ドルの投資を目指す。
  - ✓ 改訂された環境エネルギー技術革新計画を着実に実行し、これらの技術が世界中で開発・普及されることにより、2050年世界半減に必要な量の約8割の削減が可能。  
(CCS(CO2回収・貯留技術)、革新的構造材料、人工光合成、途上国ニーズに応える技術開発)
  - ✓ イノベーション加速のため世界の産学官トップによる、いわば「エネルギー・環境技術版ダボス会議」を毎年開催。

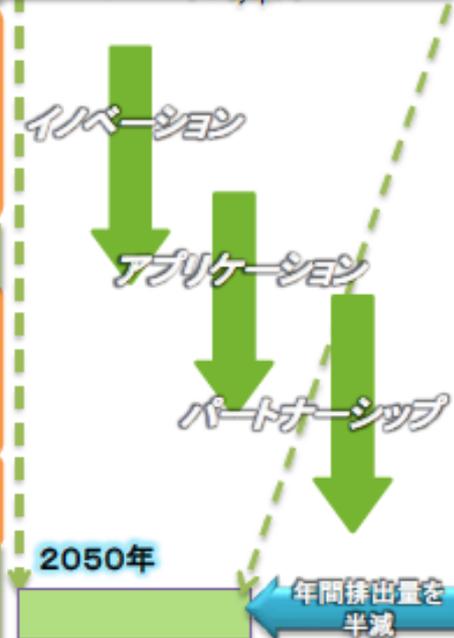
**アプリケーション**:日本の誇る低炭素技術を展開し、温暖化対策と経済成長を同時実現。

- **技術の普及 → 直ちに確実な排出削減を実現**
  - ✓ 3年間で二国間オフセット・クレジット制度(JCM)の署名国倍増を目指し、協議を加速するとともに、JBICやNEXIと連携したJCM特別金融スキーム(JSF)の創設、JICA等の支援プロジェクトと連携しつつ排出削減を行うプロジェクトを支援するための基金の設置等によりプロジェクト形成を支援する。
  - ✓ 技術の国際普及に向けた基盤づくり(例:LEDや遮熱窓等のエネルギー効率性の評価手法を戦略的に国際標準化)
- **世界最先端の温室効果ガス観測の新衛星の2017年度打ち上げを目指す。**
  - ✓ アジアを中心に国別・大都市別の排出量を測定し、削減対策案を提案。対策効果の検証・評価を行う。

**パートナーシップ**:脆弱国を支援し、日本と途上国のWin-Win関係を構築、技術展開と技術革新の基礎を作る。さらに、気候変動における国際議論に積極的に関与する。

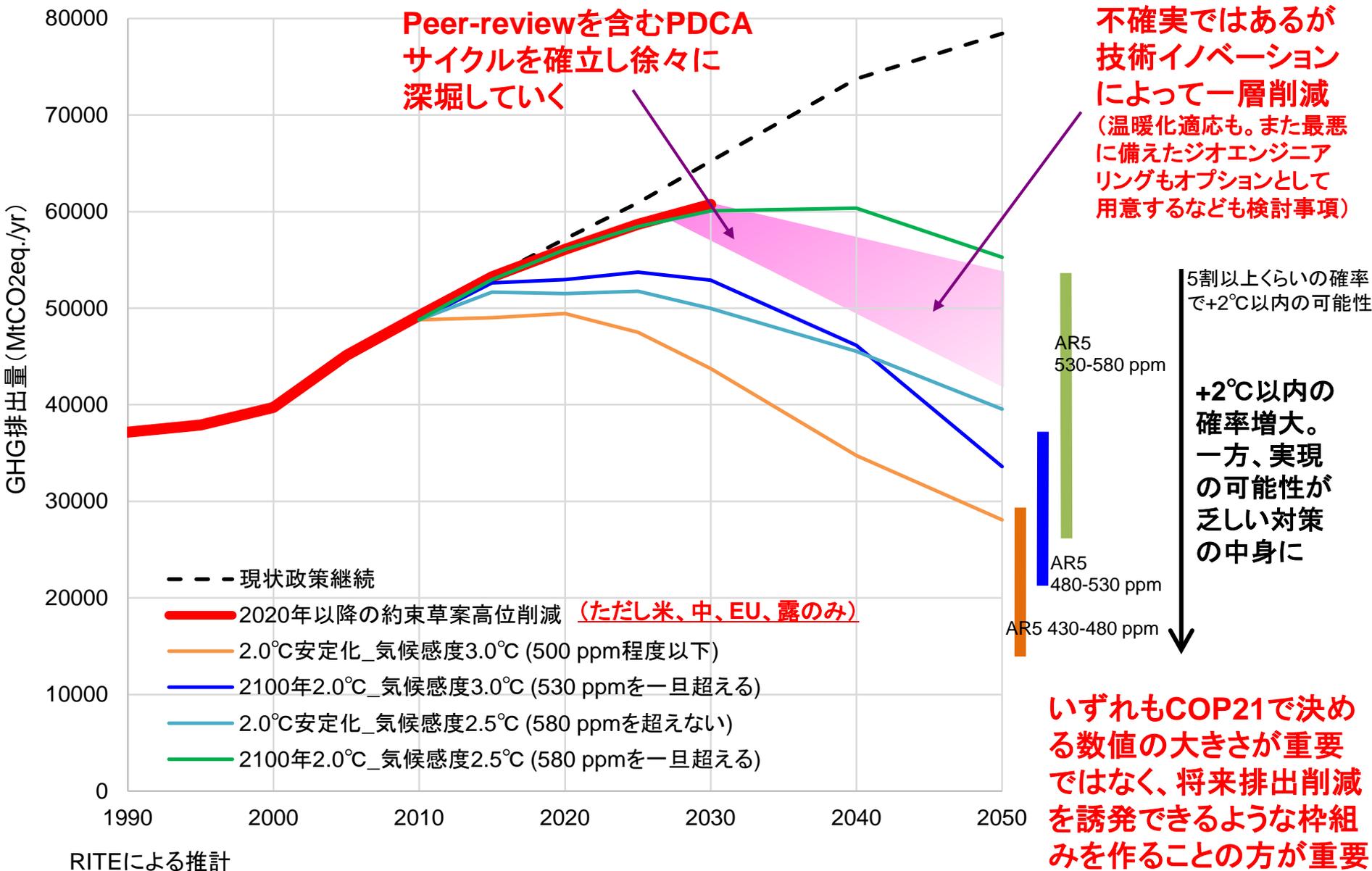
- **官民合わせた途上国支援で2013年からの3年間に計1兆6000億円(約160億ドル。公的資金は約130億ドルで、先進国に期待される3年計約350億ドルの1/3を日本が担う)**
  - ✓ 脆弱国への防災支援の重点化(災害復旧スタンドバイ借款、優先条件等、円借款の新制度も活用)。
  - ✓ 公的金融手段を活用し、気候変動分野への民間資金の大幅な増大を促す。
- **国際枠組みの構築に向けた議論を日本がリード**

現状



美しい星(Cool Earth)  
の実現に技術で貢献

# 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



# まとめ

- ◆ 2020年以降の目標は、現実社会で実現可能な範囲での意欲的な目標とすべき。日本の2020年1990年比▲25%目標は却って温暖化対策の停滞を招いた。世界の450 ppm CO<sub>2</sub>eq安定化目標も却って温暖化対策の停滞を招く恐れがあり、気候感度の不確実性等を踏まえ、柔軟に考えるべき。
- ◆ 排出削減目標は、数値の大小に拘り過ぎず、継続的に排出削減努力が行われるようなプロセスの確立に注力すべき。レビュープロセスは重要
- ◆ 省エネルギー、低炭素技術の国際的な幅広い普及と革新的な技術開発・普及などのパッケージとして長期的な排出削減の誘発を図るべき

# 付録

# 一人あたりCO2排出量

