

革新的環境技術シンポジウム2014

2014年12月17日

排出削減努力の公平性を踏まえた 2020年以降の排出削減目標の評価

(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

はじめに

- ◆ 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
- ◆ どのようなレビューをするかは、PDCA(Plan-Do-Check-Act)サイクルを適切に動かすために大変重要
- ◆ 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。

日本 (submission to ADP, 2014年5月):

- “Each Party is subject to an effective transparency mechanism namely ‘Ex-ante consultation’ and ‘Ex-post international evaluation and review of the performance’.”
- “With an effective transparency mechanism for ex-ante consultation as well as ex-post international evaluation and review of the performance, each Party is subject to an international review in a comparable manner which allows other Parties to estimate the progress in global emission reduction.”

米国 (submission to ADP, 2014年9月):

“Important consultative work would likely take place outside the FCCC as well. We would expect that Parties, civil society, and independent analytic entities would analyze and publicly comment on intended contributions.”

中国: INDCsの事前評価は不要との考え方を示す (COP20)

- ◆ **Aldy & Pizer (2014)では、各国排出削減努力を比較する指標として以下の原則を上げている。**
 - **Comprehensive: 努力を包括的に捉えること**
 - **Measureable: 直接的な計測もしくはは間接的に分析できること**
 - **Replicable: 再現性があり、透明性があること**
 - **Universal: できる限り多くの国に適用可能なこと**

- ◆ **公平性・衡平性を一意に決める指標は存在しない。複数の指標を多面的に評価することが必要**

- ◆ 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)。

事前評価 (Ex-ante evaluation)

例

- 1) CO₂/エネルギー原単位 (GDPベース) の絶対水準
- 2) CO₂/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) CO₂/エネルギー原単位 (GDPベース) の絶対水準
- 2) CO₂/エネルギー原単位 (GDPベース) の改善率
- 3) CO₂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/CO₂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**

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)

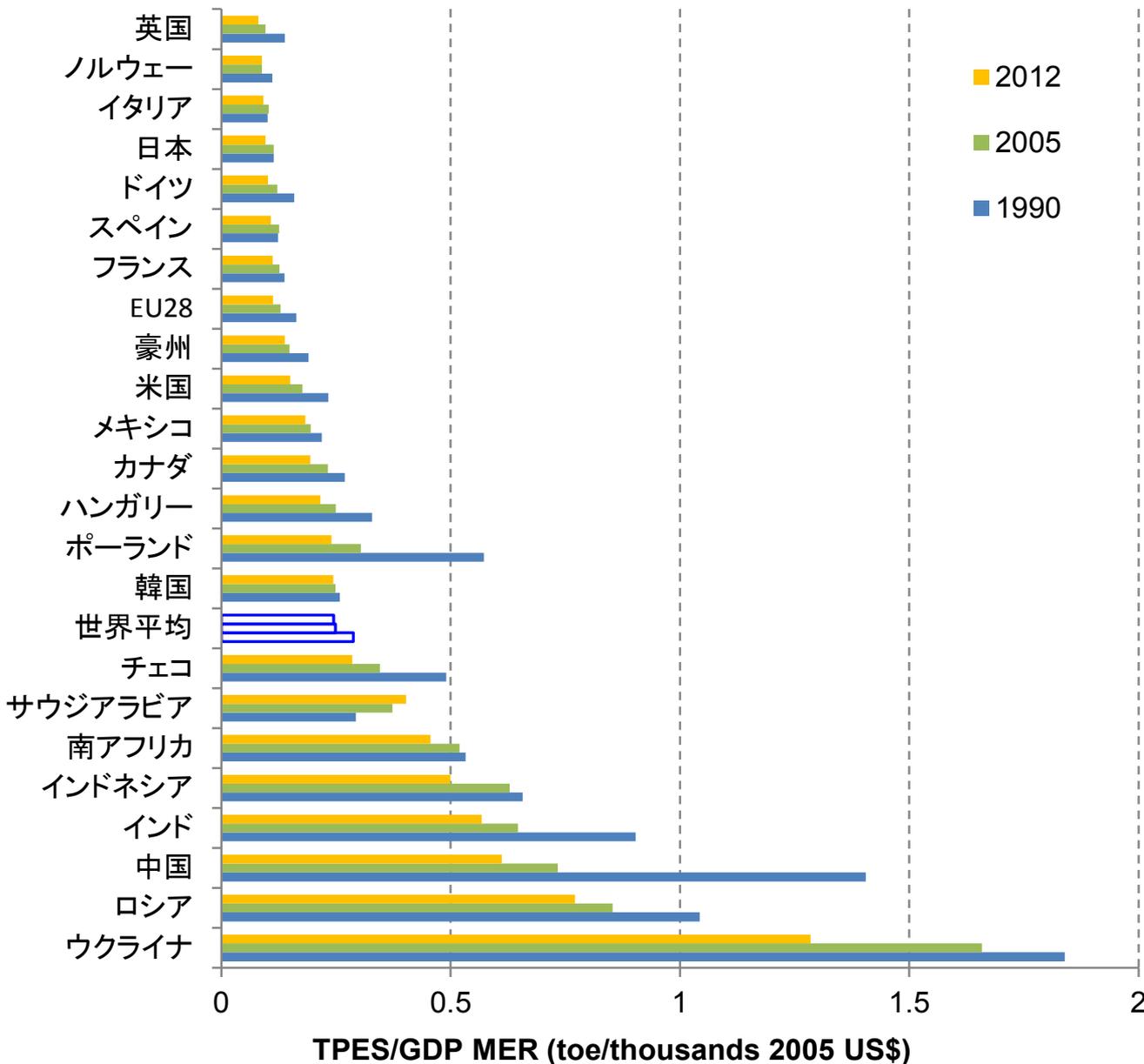
$$\Delta \text{CO2排出量} = \Delta \frac{\text{CO2排出量}}{\text{一次E}} + \Delta \frac{\text{一次E}}{\text{GDP}} + \Delta \text{GDP}$$

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

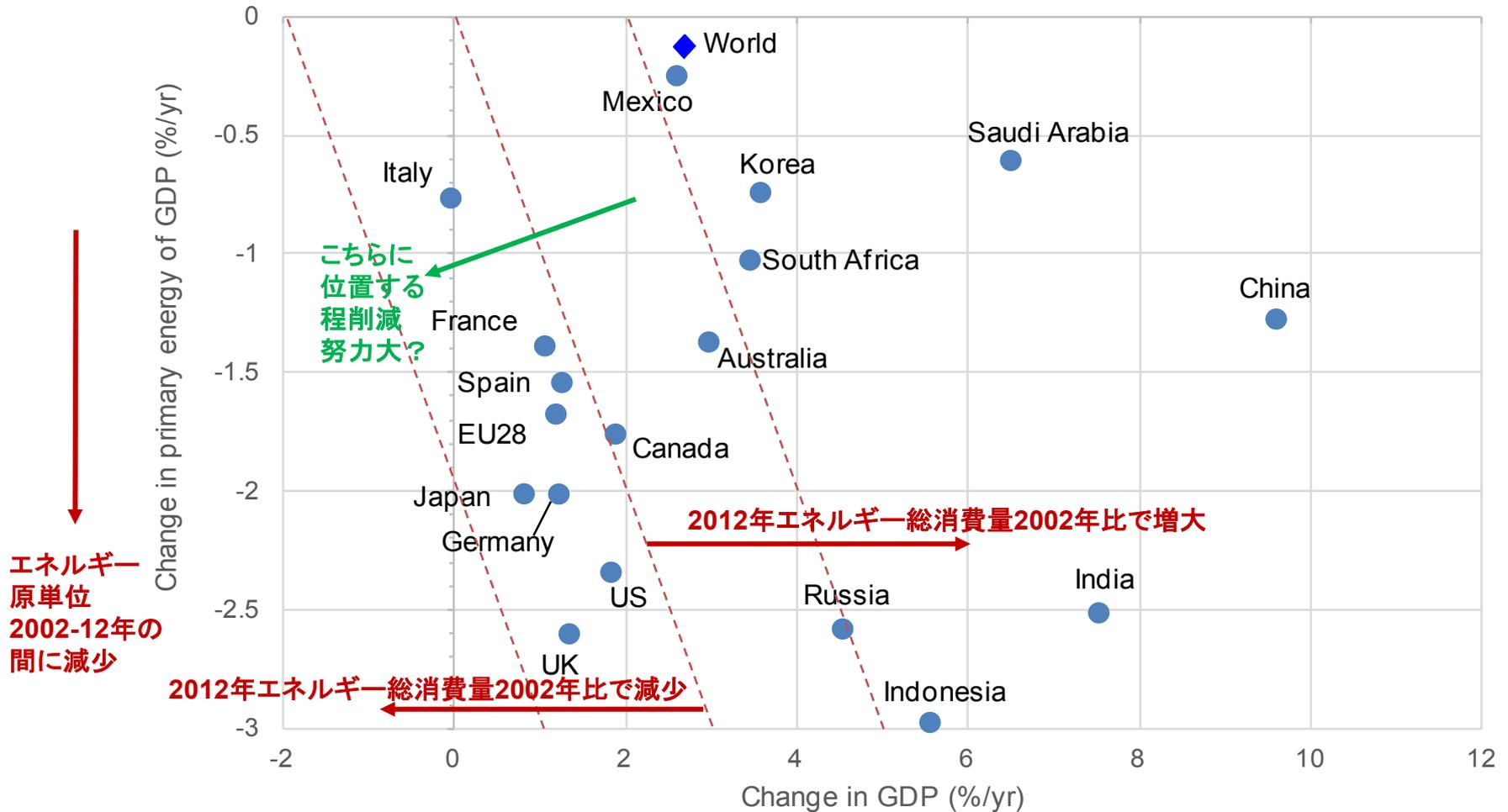


GDP基準でのエネルギー原単位(GDPあたりの一次エネルギー消費量)の水準は、省エネルギー努力レベルを測る上で重要な指標。

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。

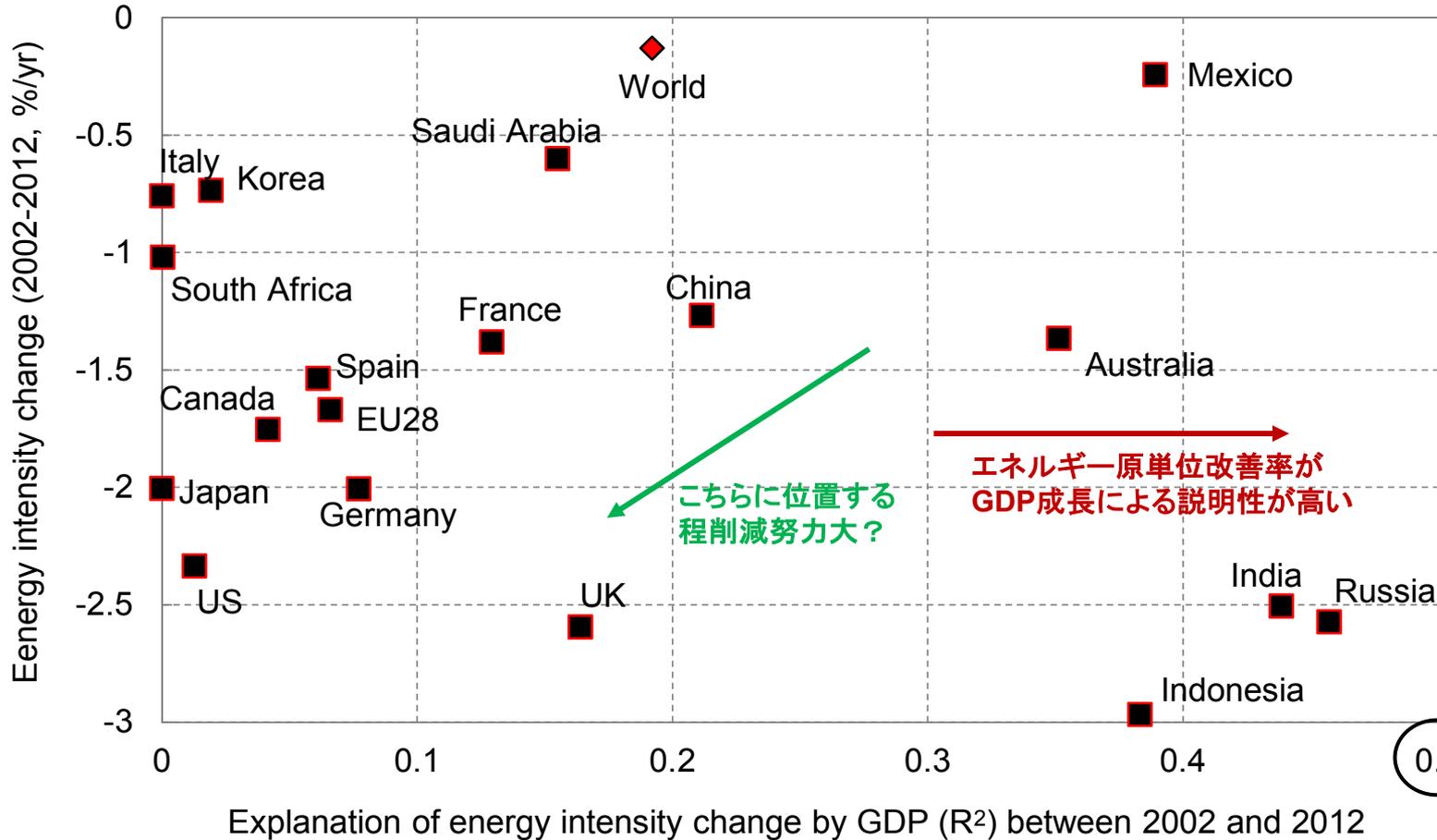
GDP変化とエネルギー原単位変化 (2002~2012年の10年間)



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。

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】



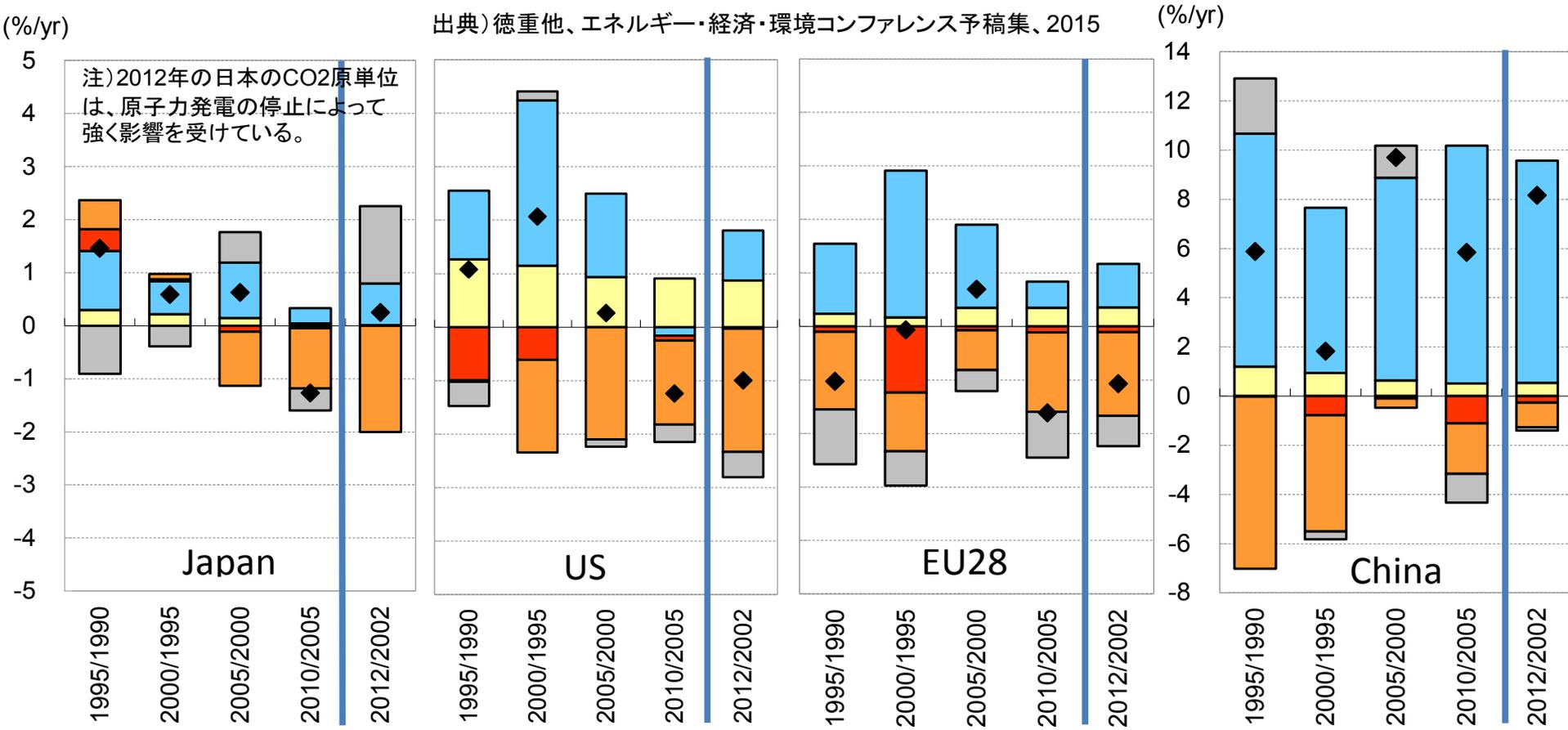
出典) 徳重他、エネルギー・経済・環境コンファレンス予稿集、2015 (IEA統計より推計)

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。

CO2排出量変化の要因分解【事後評価向け】

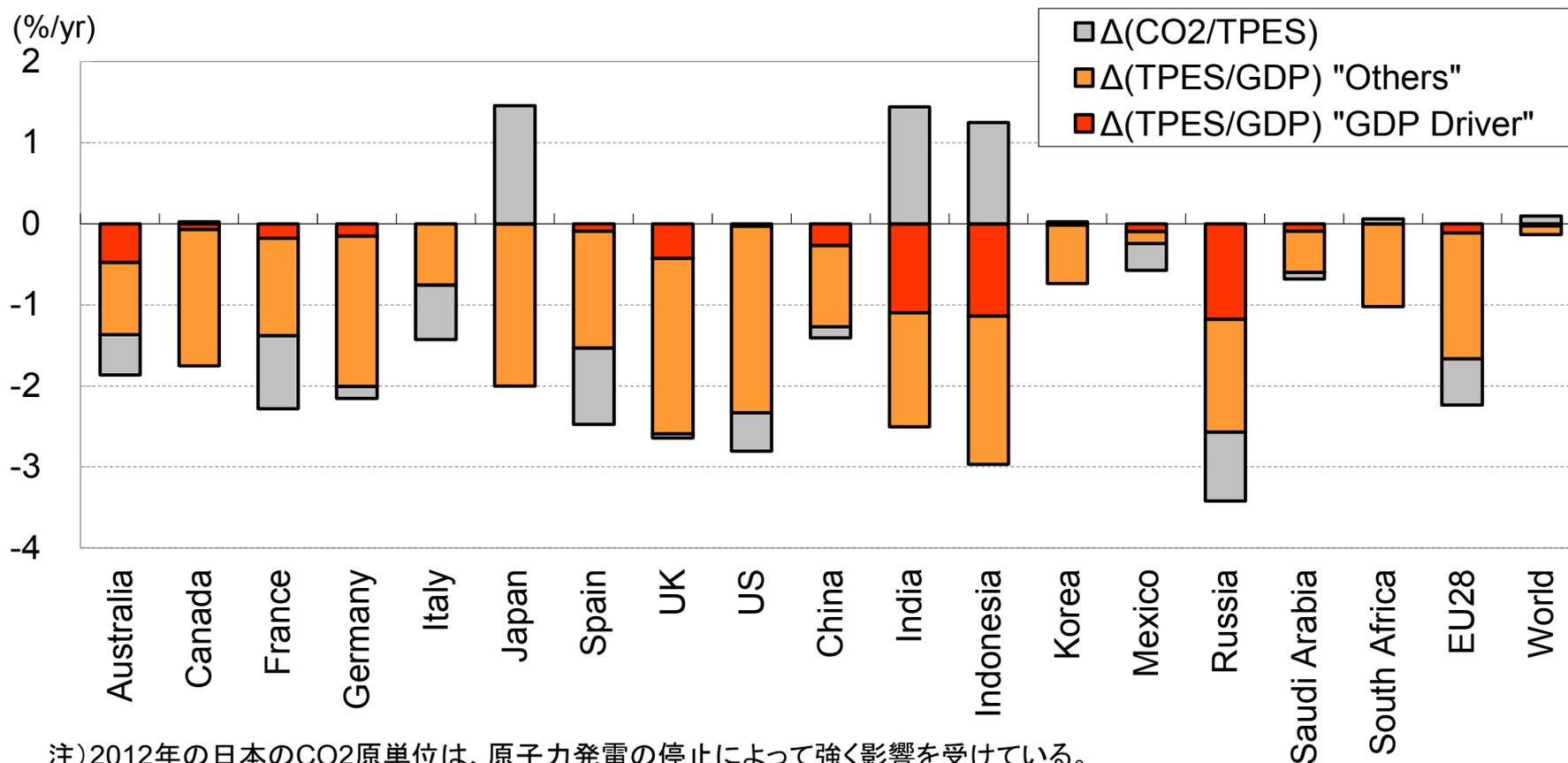
- $\Delta(\text{CO}_2/\text{TPES})$
- $\Delta(\text{TPES}/\text{GDP})$ "Others"
- $\Delta(\text{TPES}/\text{GDP})$ "GDP Driver"
- $\Delta(\text{GDP}/\text{POP})$
- ΔPOP
- ◆ ΔCO_2

日本のエネルギー原単位は1990年代には改善がほとんど見られなかったが、2000年代に入ってから相応な改善が見られる。米国、EUの1990年代のエネルギー原単位改善、また、中国の2005～10年間のエネルギー原単位改善は、GDP成長で説明できる部分が比較的大きい。



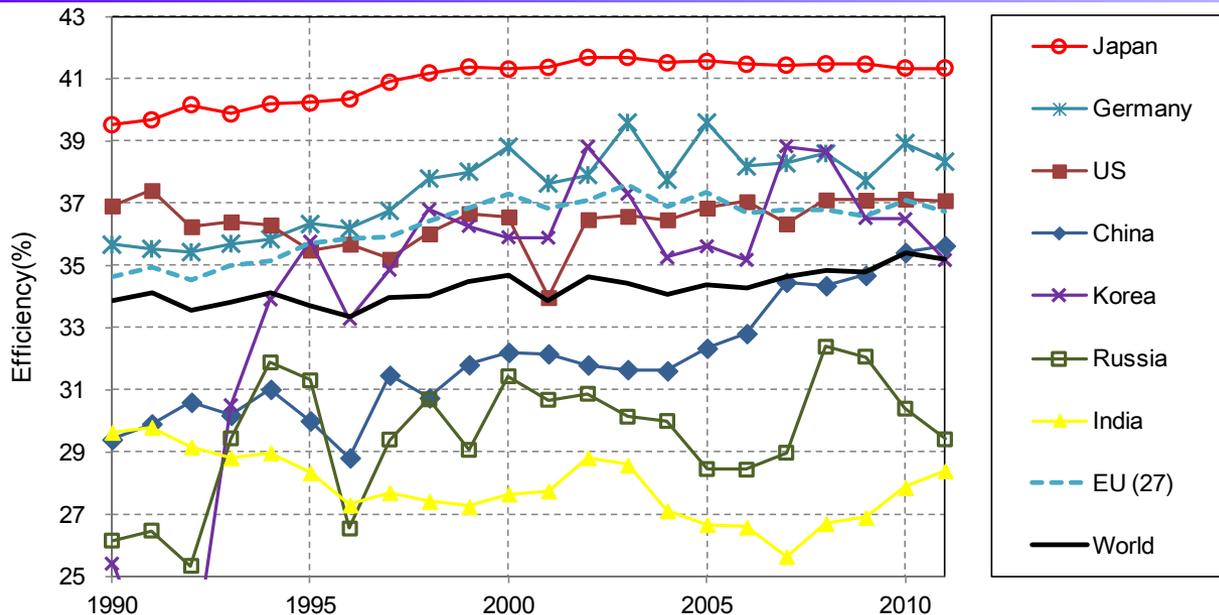
原単位改善率の比較【事後評価向け】

2002～2012年の10年間



インドネシア、英国、ロシア、インド等のエネルギー原単位改善率は大きいですが、そのうちの一定程度は、GDP成長によってその原単位改善が説明される。排出削減努力の評価のためには、この寄与分は除外して評価することも必要である。排出削減努力をより適切に評価していくことによって、より良いPDCAサイクルを確立していくことが、将来の実効ある排出削減につながるはずである。

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】



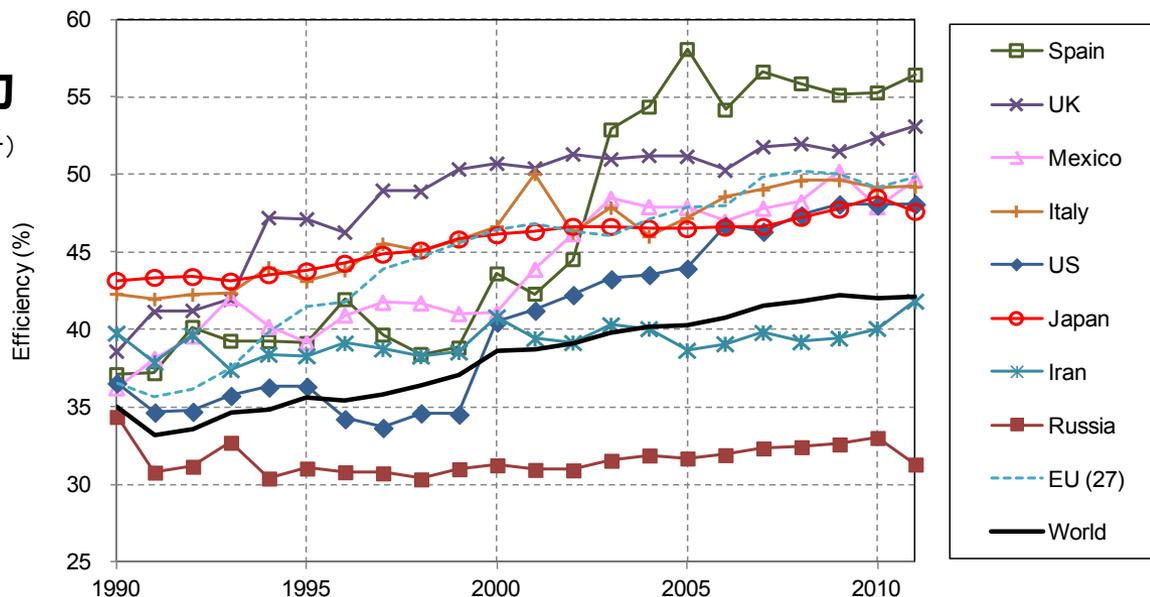
石炭火力

出典) RITE, 2014 (IEA, 2013を基に推計)

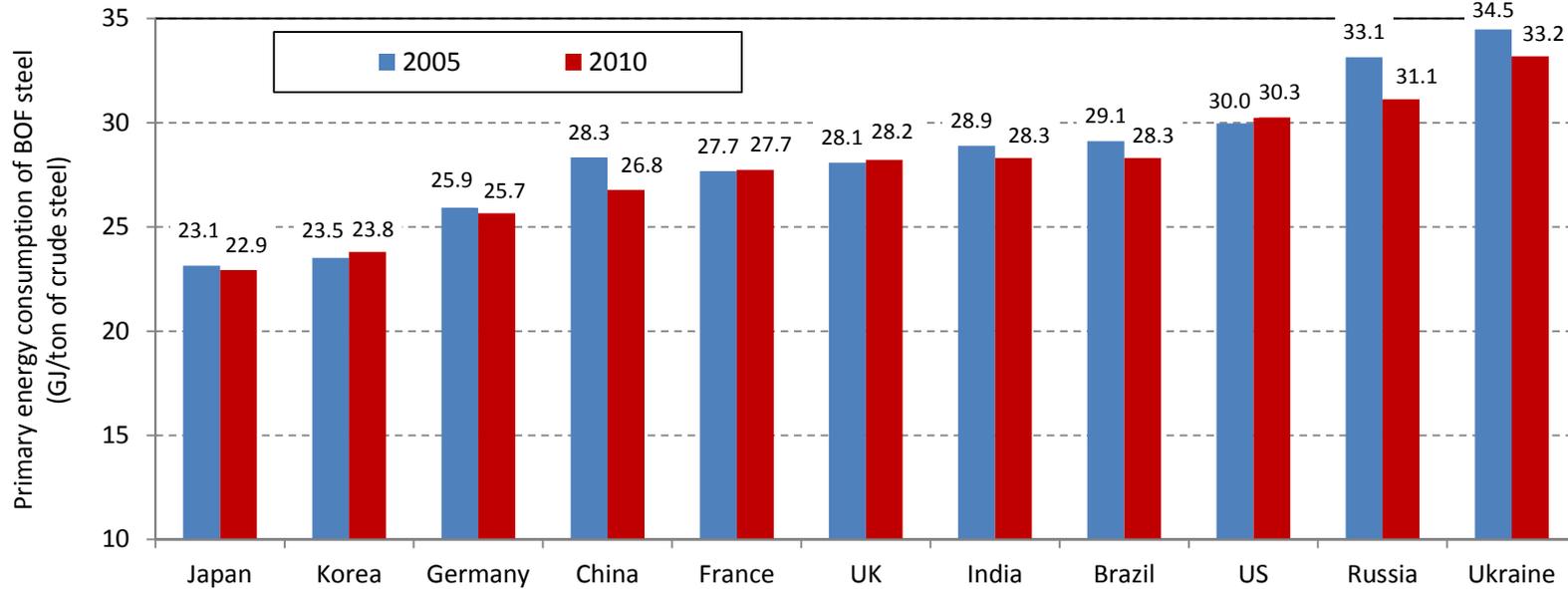
ガス火力

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



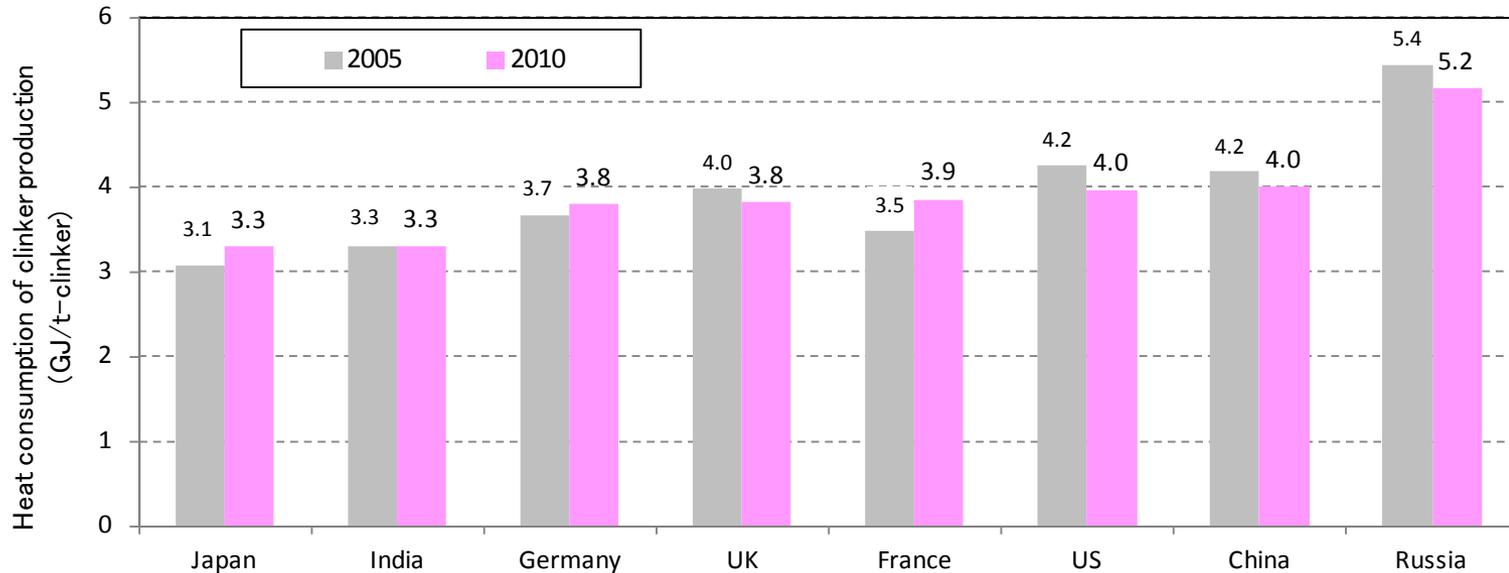
主要エネルギー部門におけるエネルギー効率の比較 (2/2) : 【事後評価向け】



鉄鋼
(転炉鋼)

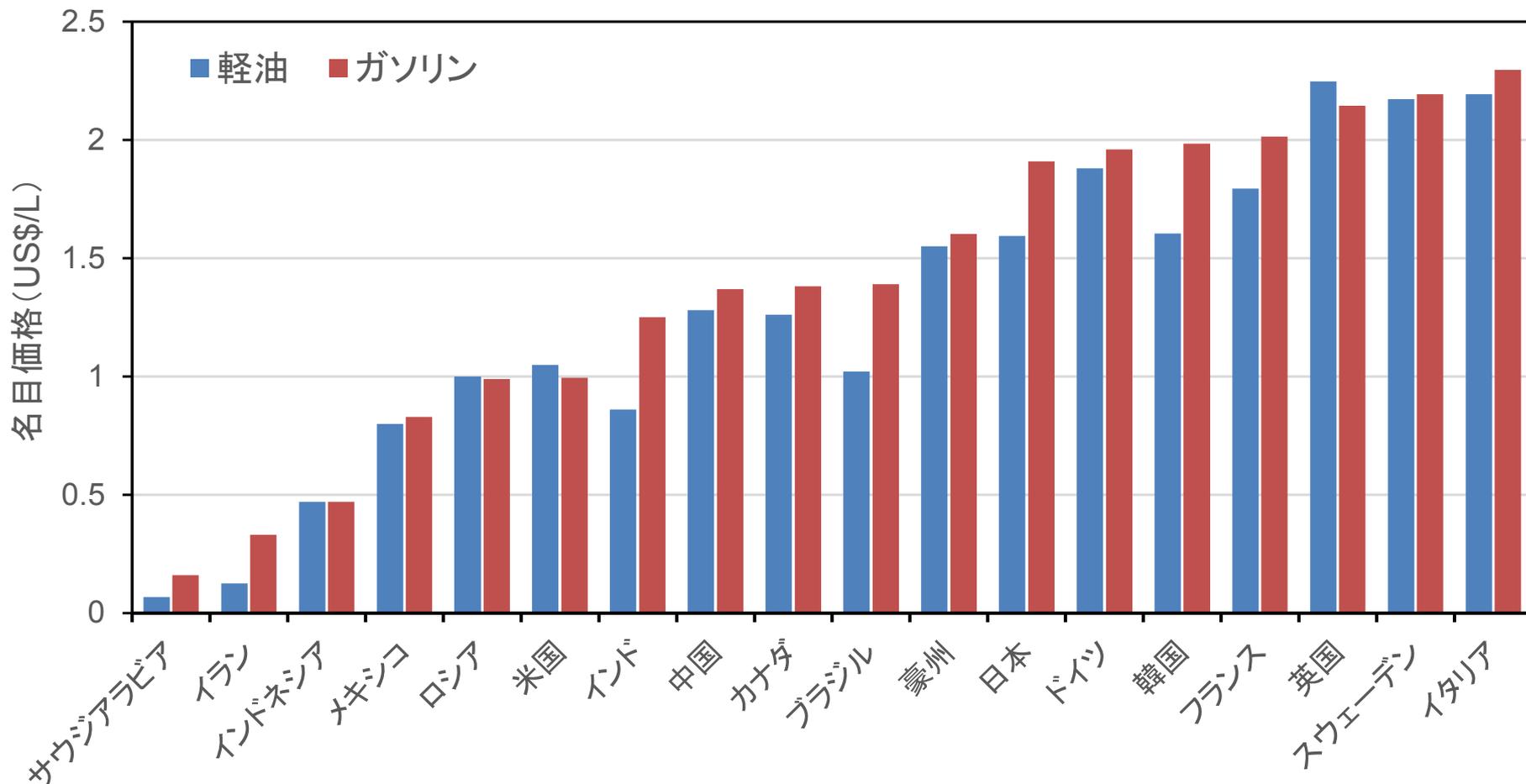
出典) Oda et al. 2012;
RITE, 2012

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】

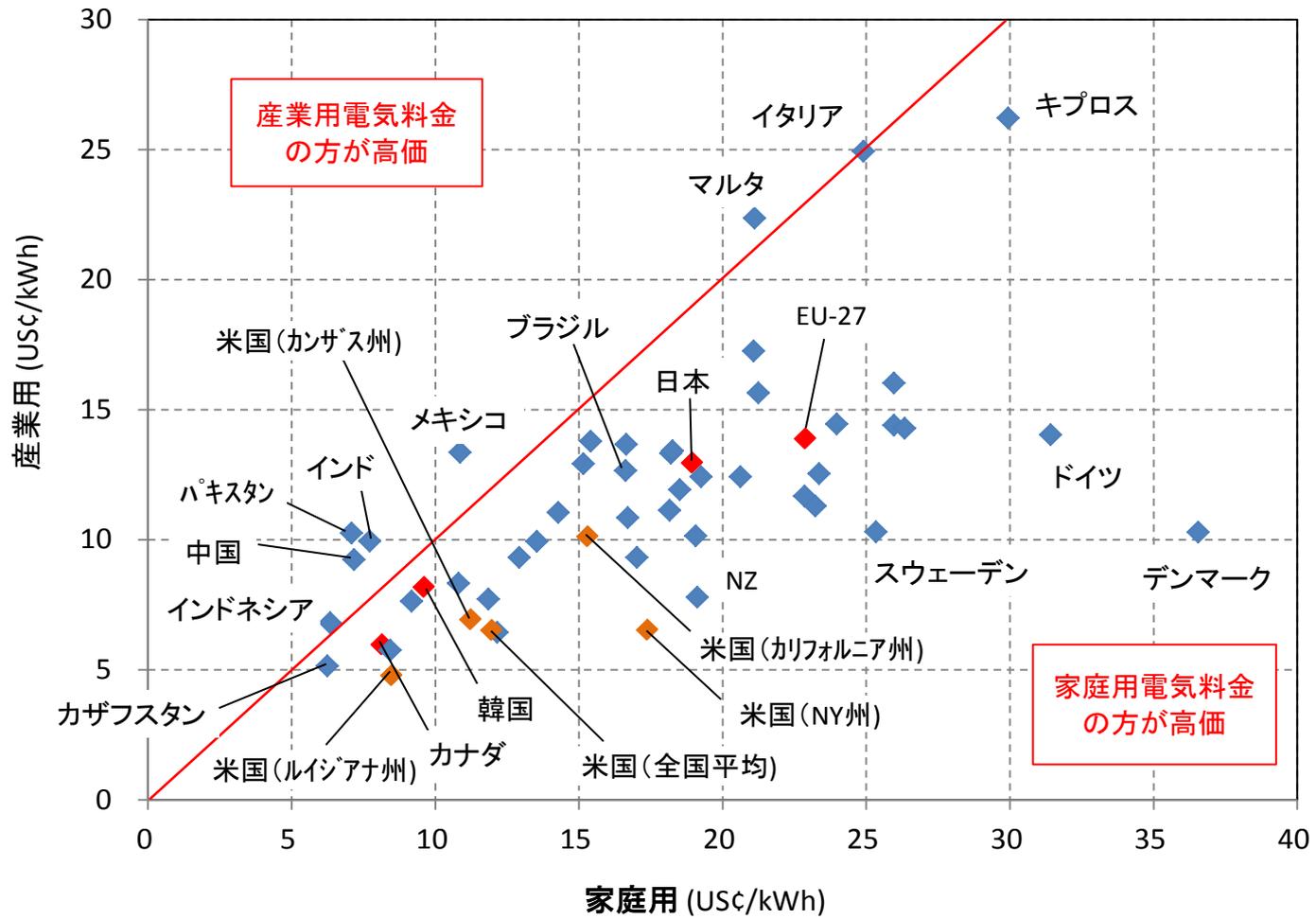


出典) IEA統計、GIZ統計よりRITEで整理

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

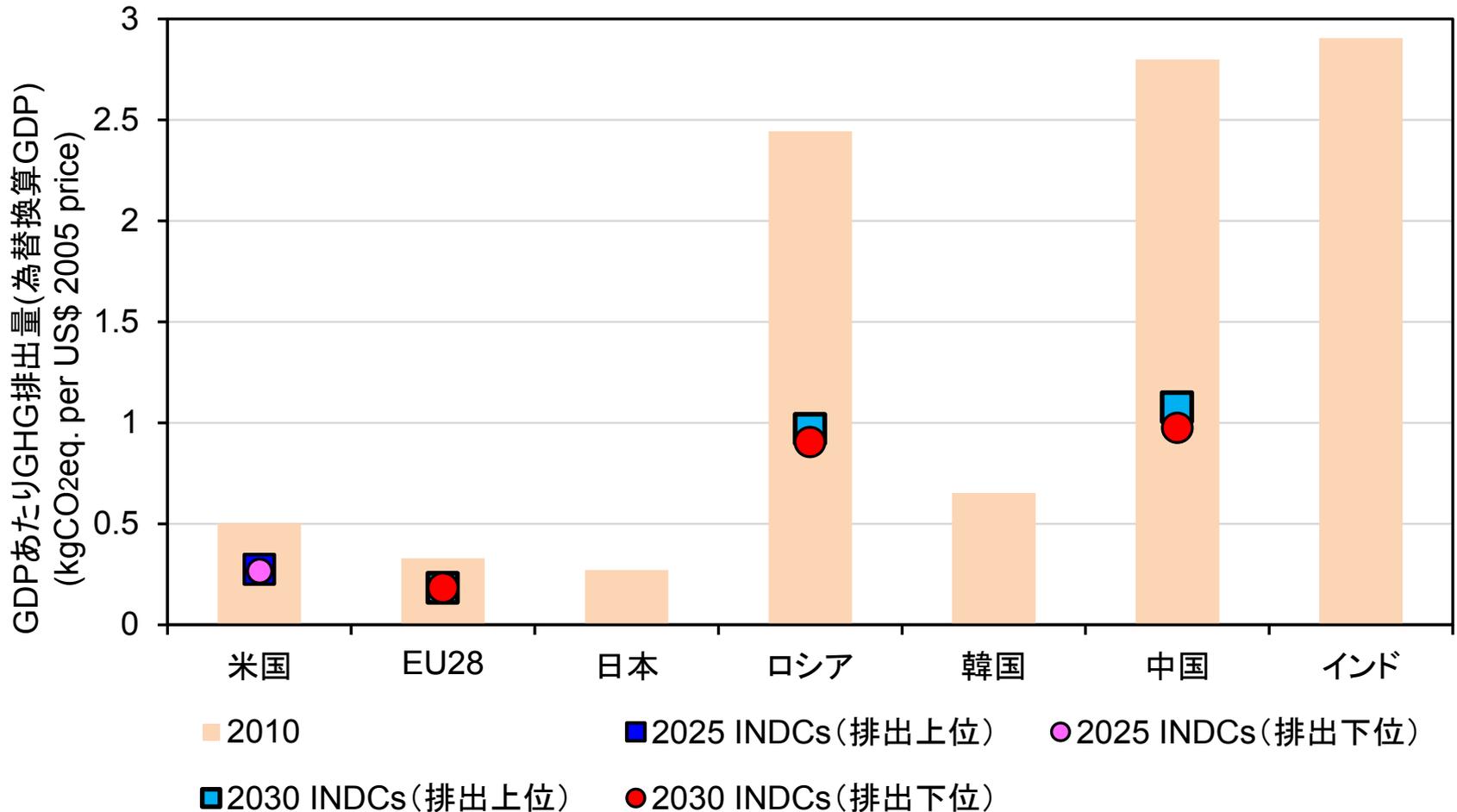
電力料金は電源構成に依る部分が大きく、安価であれば削減努力が不十分で、高価であれば削減努力が大きいとは一概に言えないので注意が必要だが、日欧は比較的高く、米中韓あたりは比較的安価

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)*	—
米国	-17%程度(2005年比)	2025年に-26%～-28%(2005年比)
EU	-20%(1990年比)	2030年に-40%(1990年比)
ロシア	-15～-25%(1990年比)	2030年に-25～-30%(1990年比)が長期目標となり得る
韓国	BAU比-30%	—
中国	GDP当たりCO ₂ 排出量を-40～-45%(2005年比)	2030年頃にCO ₂ 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
インド	GDP当たりCO ₂ 排出量を-20～-25%(2005年比)	—

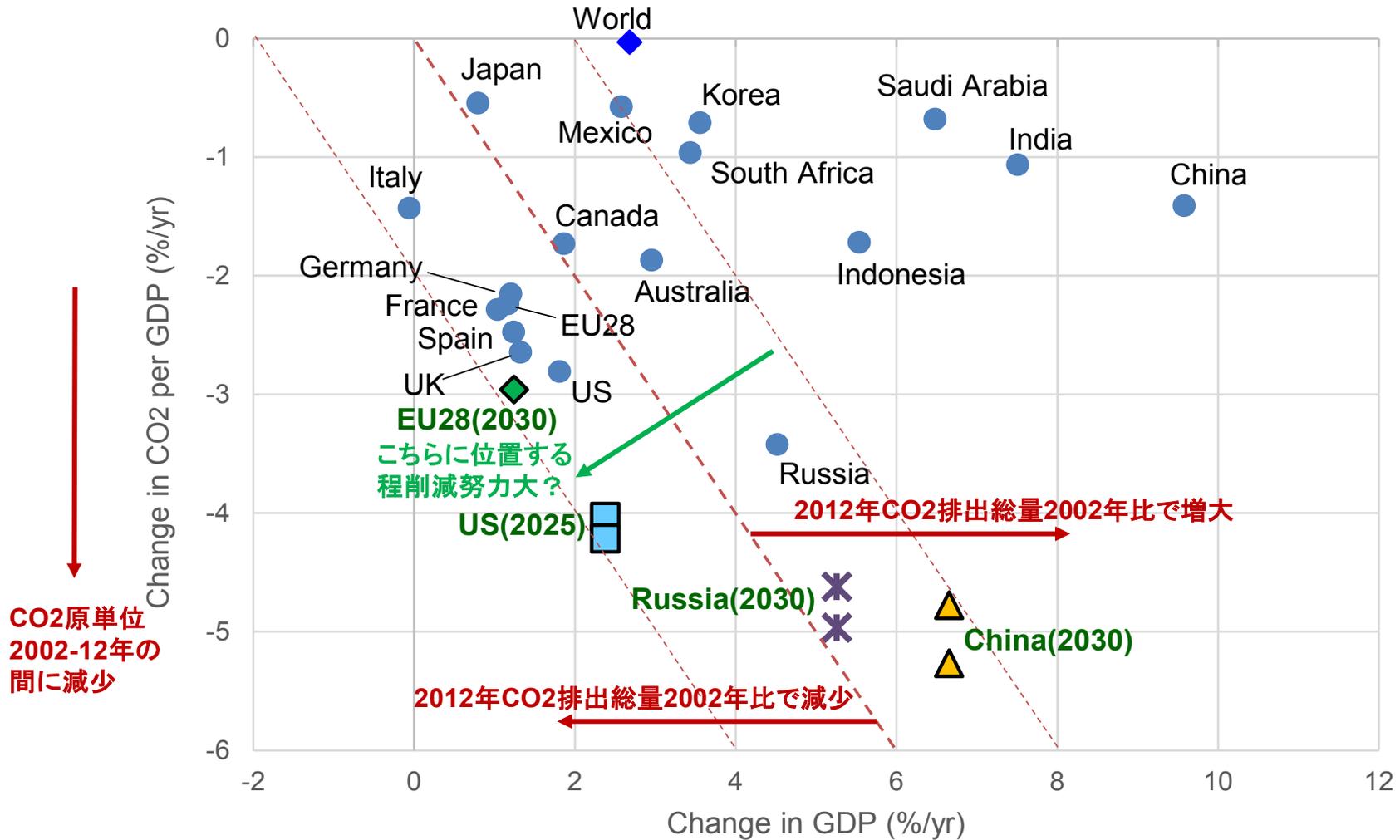
* 原子力発電による温室効果ガス削減効果を含まない場合の目標

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の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。

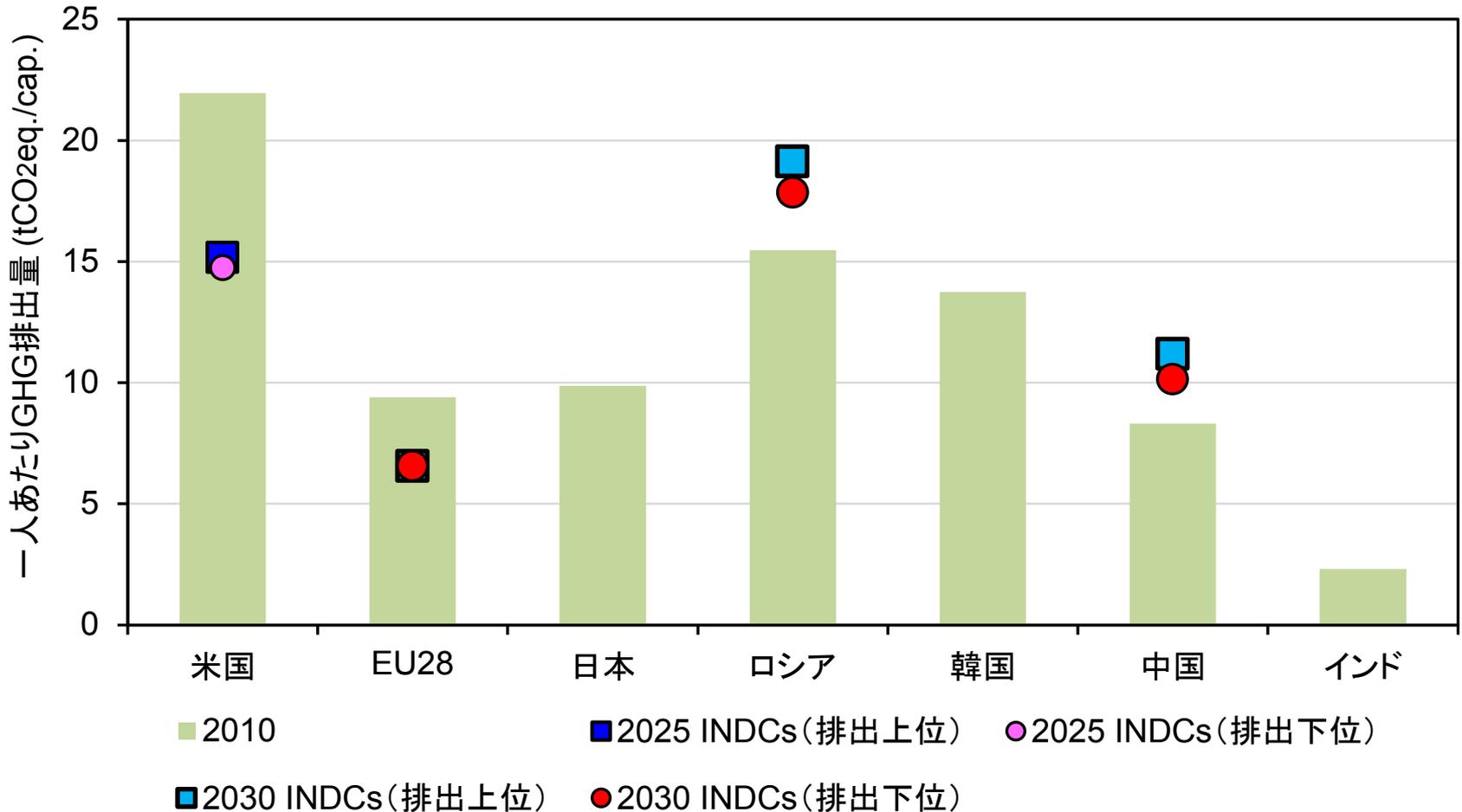
GDP変化とCO₂原単位変化 (2002~2012年の10年間)



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。

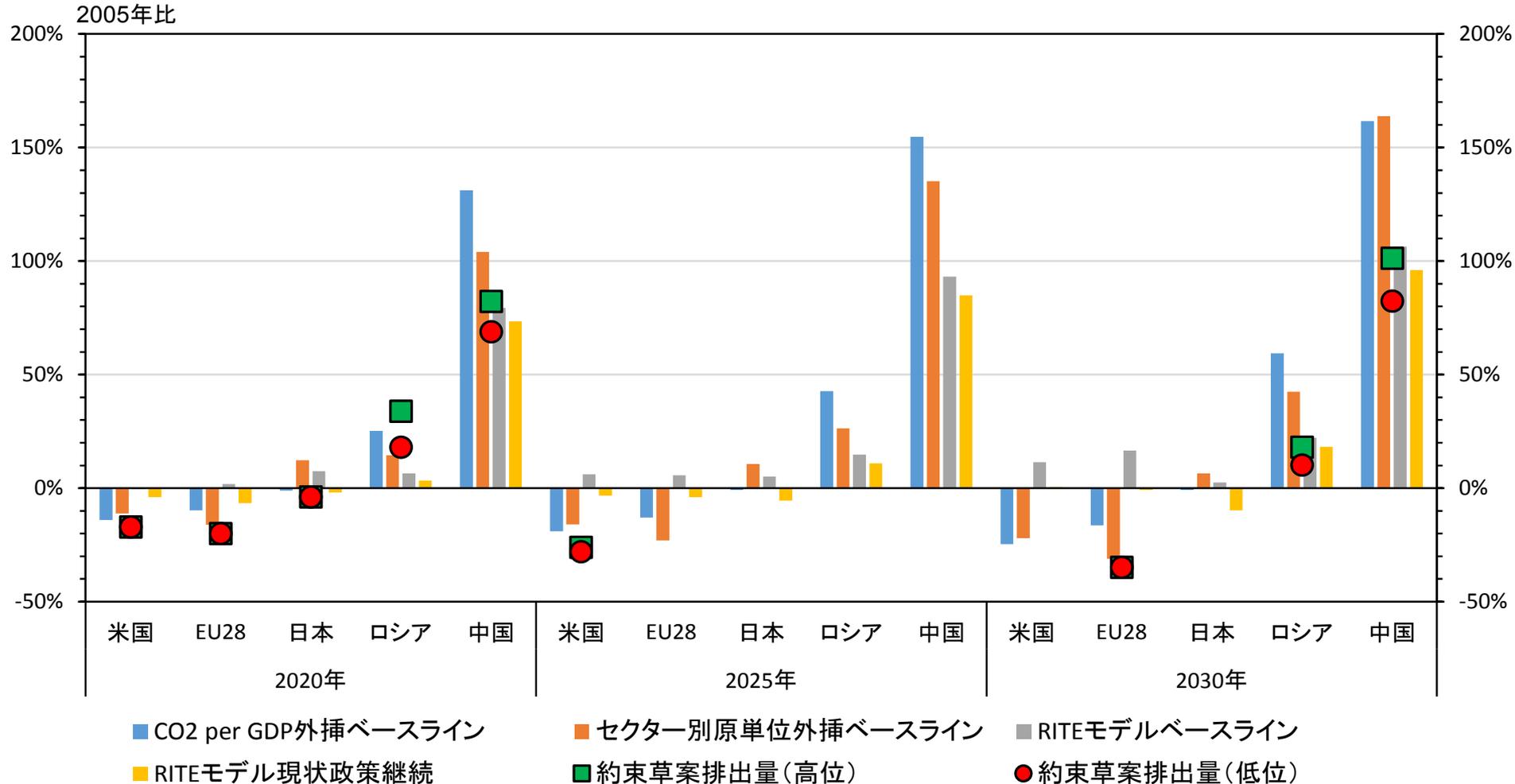
米国、EU28、中国、ロシアの暫定約束草案のCO₂排出原単位変化(2010年から2025年／2030年の間)は上図のように位置付けられる。

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の一人あたり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
排出目標：上位値の場合				
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%	<u>-60%</u>
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%	<u>-63%</u>
RITE DNE21+モデルのベースライン(炭素価格ゼロ)基準	-32%	<u>-51%</u>	-4%	-5%
RITE DNE21+モデルの現状政策継続シナリオ基準	-23%	<u>-34%</u>	0%	5%
排出目標：下位値の場合				
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%	<u>-79%</u>
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%	<u>-81%</u>
RITE DNE21+モデルのベースライン(炭素価格ゼロ)基準	-34%	<u>-51%</u>	-12%	-24%
RITE DNE21+モデルの現状政策継続シナリオ基準	-25%	<u>-34%</u>	-8%	-14%

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 CO₂限界削減費用推計値 (RITE DNE21+推計)

	限界削減費用 (\$/tCO ₂ 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 ₂ 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\$/tCO₂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。

まとめ：COP21パリに向けて

- ◆ 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。
- ◆ 本研究は、RITEと米国未来資源研究所（RFF）（およびその協力としてハーバード大Aldy教授、デューク大Pizer教授）が共同で進めており、COP20（リマ）のサイドイベントとしても中間報告を行った。今後、COP21（パリ）に向けて一層の研究進展また成果発信を行っていく予定



ご清聴有難うございました。

より良い地球温暖化対策のために引き続き取り組んでいきます。引き続き、ご支援を宜しくお願い致します。

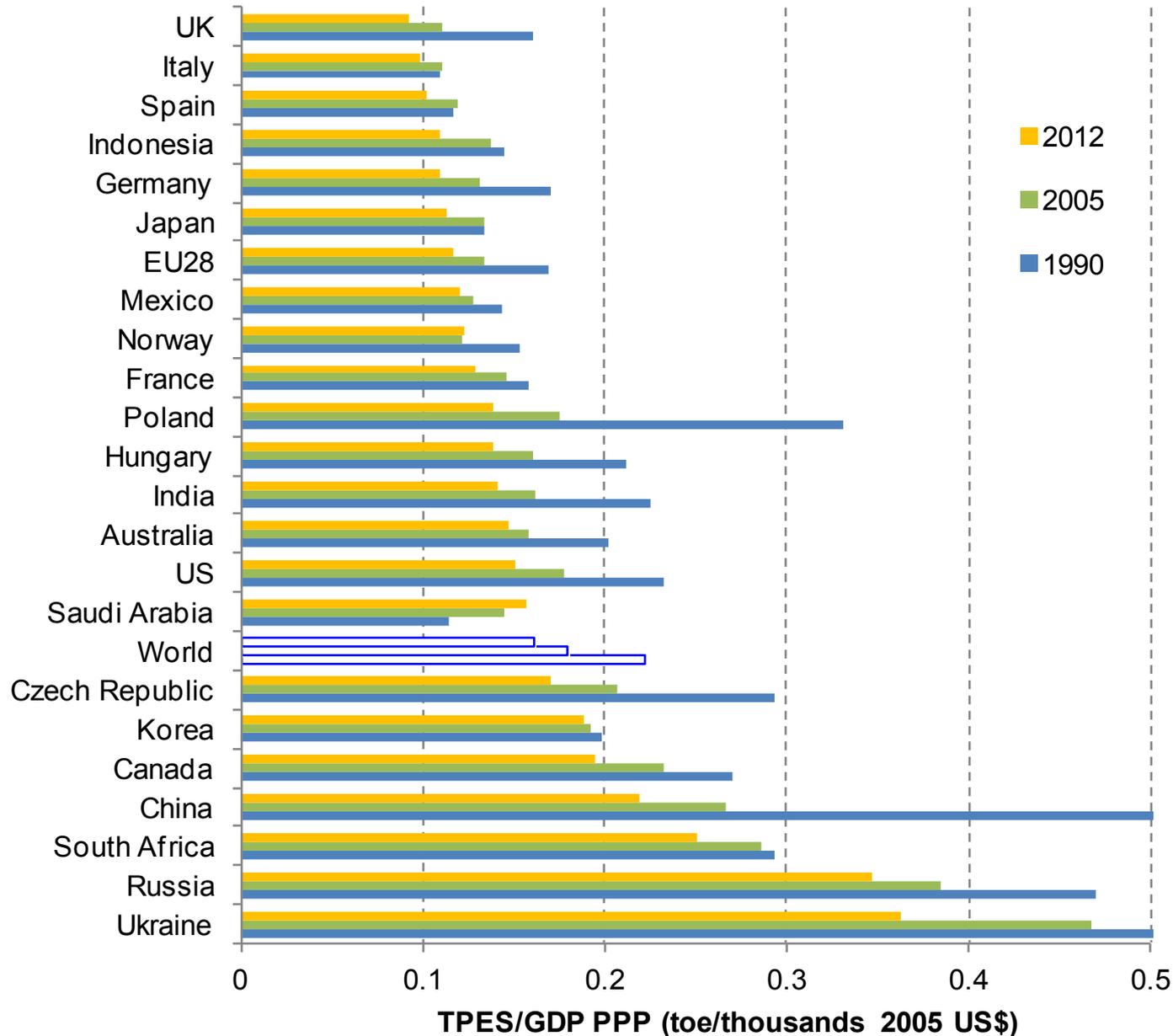


COP20、リマ、2014年12月9日



付録

GDP (PPP) 基準のエネルギー原単位の国際比較



一人あたりCO2排出量

