

革新的環境技術シンポジウム2017

2017年12月6日

---

# パリ協定国別貢献NDCの 排出削減努力・政策評価

---

(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



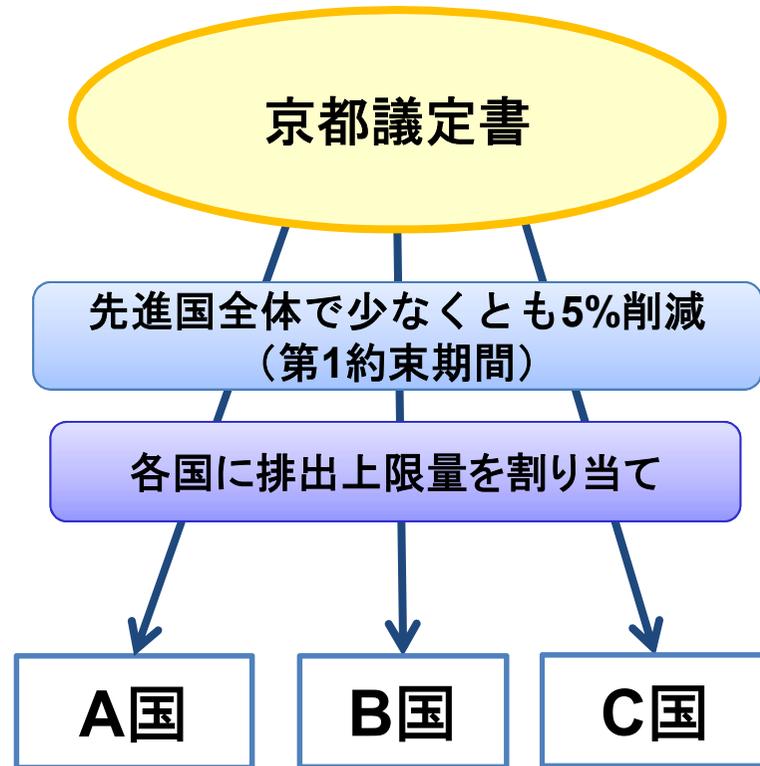
# 目次

1. パリ協定
2. 国別貢献NDCsの排出削減努力の評価
3. 2°C目標等の長期目標とNDCsとの関係性
4. トップダウン的なNDCsの評価事例
5. まとめ

# 1. パリ協定

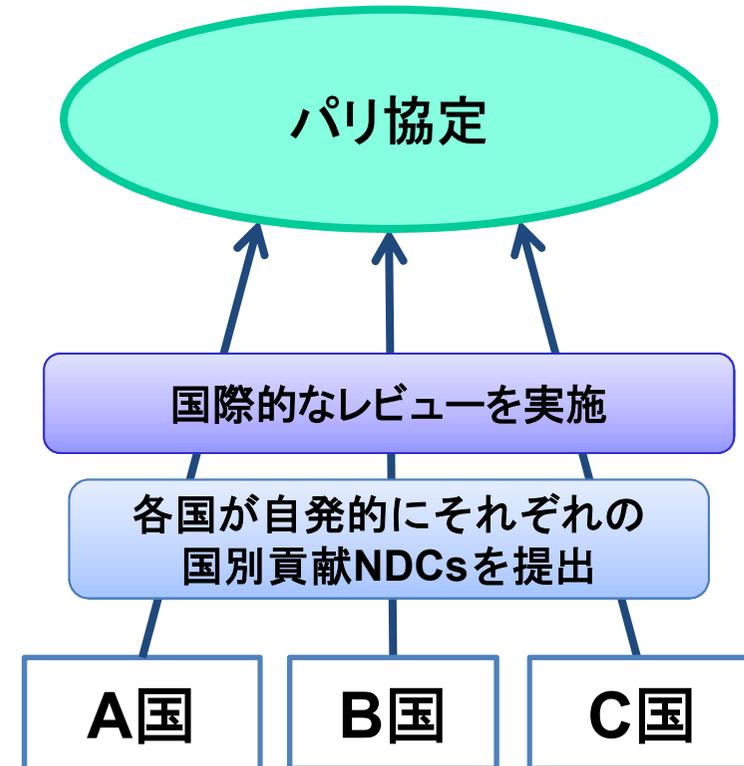
- ◆ すべての国が自主的に目標と達成方法を決め、5年ごとに提出する（第4条2項、第4条9項）。
- ◆ なお、目標見直しにあたっては、従前の目標に比べて前進させるよう求めている（第4条3項）。
- ◆ 効果的な実施を促すために、透明性を高めた形で、すべての国が共通かつ柔軟な方法でその実施状況を報告しレビューを受ける。（第13条）
- ◆ 全球平均気温上昇を産業革命前に比べ2°C未満に十分に（"well below"）抑える。また1.5°Cに抑えるような努力を追求する。（第2条1項(a)）（COP21決定では、IPCCに対し、1.5°C目標の影響と排出経路に関する特別報告書の2018年までの策定を求めている）
- ◆ 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）
- ◆ 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）

# パリ協定の仕組み



附属書I国 (先進国のみ)

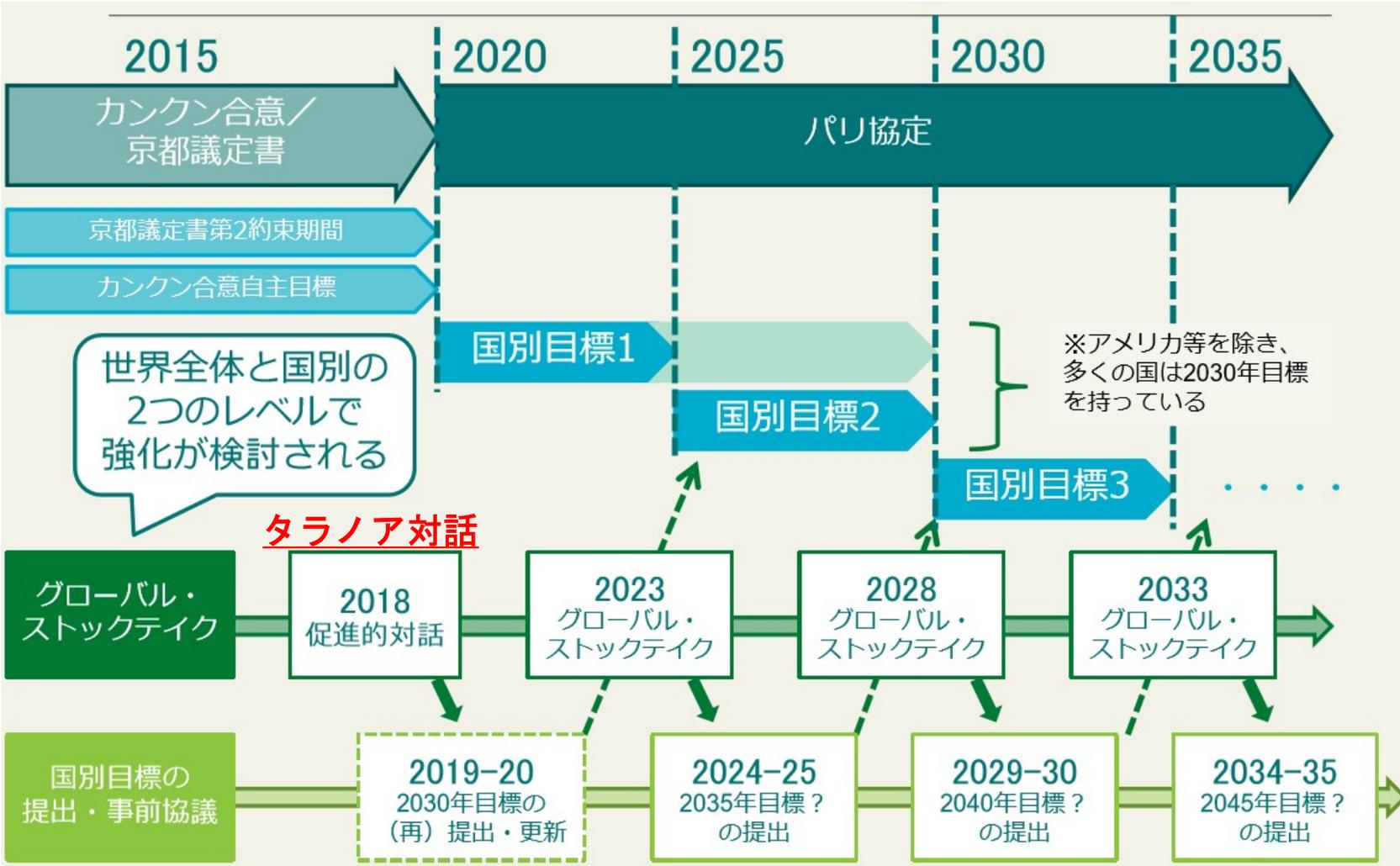
排出削減目標達成  
に関し法的拘束力  
有(罰則規定有)



ほぼすべての国

プレッジ&レビュー  
(目標提出、レビューを受ける  
ことには法的拘束力があるが、  
目標達成には法的拘束力無)

# パリ協定のスケジュール



出典) WWFより一部改変

## **2. 国別貢献NDCsの排出削減 努力の評価**

# NDCsの排出削減目標を排出削減努力として 比較可能にする指標化

各国約束草案は、基準年（各国によって異なった基準年）からの排出削減率の目標、CO<sub>2</sub>原単位目標、成り行きケース（明確に定義されている場合もあれば、されていない場合もある）からの排出削減量・削減率目標など様々。衡平な排出削減努力を測り、世界において効果的な排出削減を実現していくためには、これら約束草案を比較可能な形で指標化することが必要。以下のような指標が考えられる。

◆ 簡単な指標（簡単に計測、再現が可能）

- 同一の基準年に換算して算出した排出削減率 等

◆ より高度な指標（より良く比較できるが、予測が必要）

- ベースライン排出量からの排出削減率
- GDPあたりの排出削減量・削減率 等

◆ 更に高度な指標（最も包括的に比較できるが、モデル推計が必要）

- エネルギー価格への影響
- CO<sub>2</sub>限界削減費用
- GDPあたりの排出削減費用 等

<http://dx.doi.org/10.1080/14693062.2015.1119098>

climate  
policy

■ research article

## Comparing emissions mitigation efforts across countries

JOSEPH E. ALDY<sup>1\*</sup>, WILLIAM A. PIZER<sup>2</sup>, KEIGO AKIMOTO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Harvard University, Resources for the Future, National Bureau of Economic Research, Center for Strategic and International Studies, 79 JFK Street, Mailbox 57, Cambridge, MA 02138, USA

J. Aldy, B. Pizer, K. Akimoto, Climate Policy (2016)  
でも提示

排出削減努力を適切に評価できる万能な指標は存在せず、複数の指標を総合的に評価することが重要。ただし、排出削減費用に関する指標は、その中でも包括的に努力を計測できる可能性のある指標であり、この詳細検討は重要

# 各国NDCsの排出削減目標例

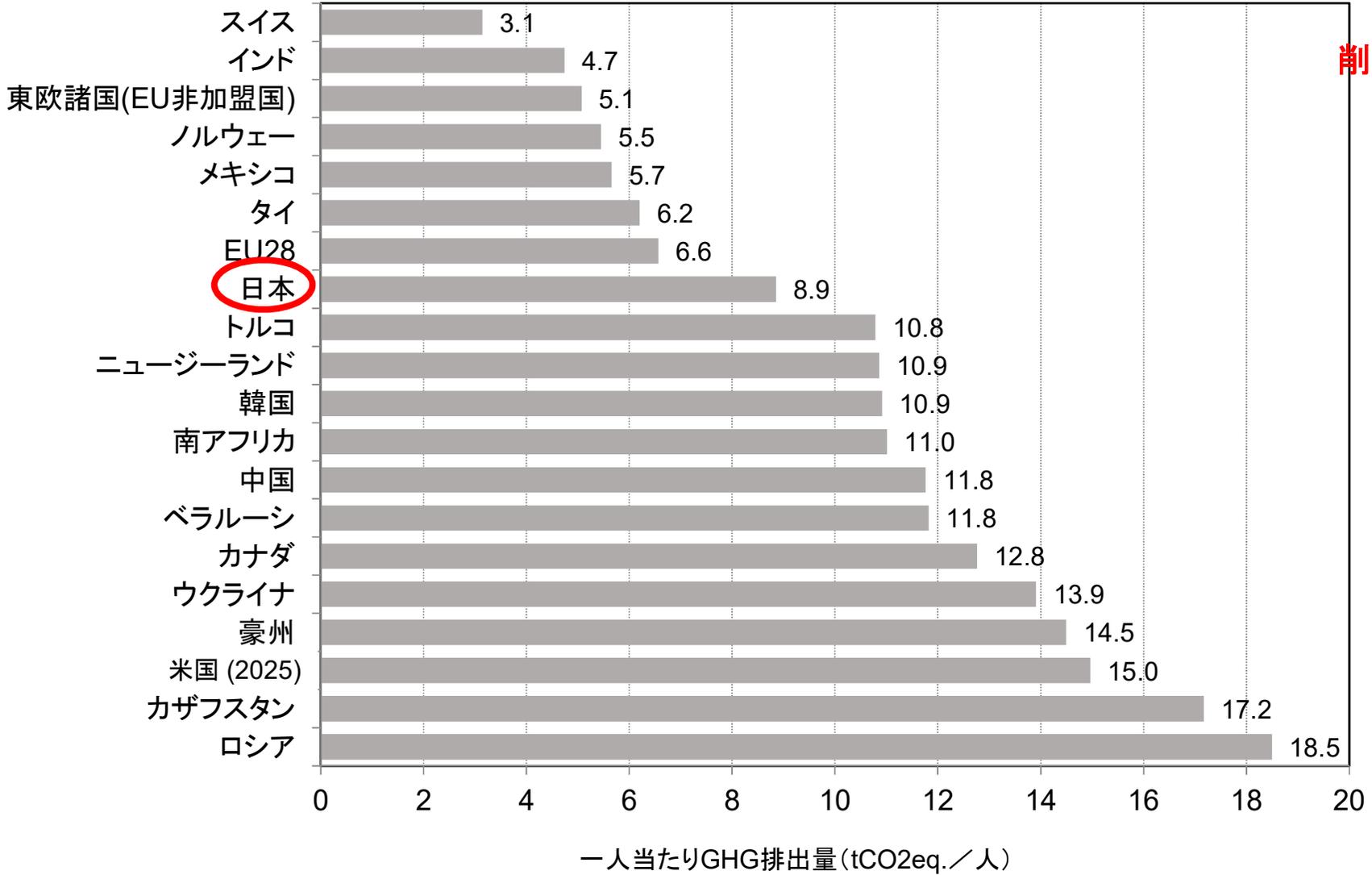
	2020年目標(カンクン合意)	2020年以降の約束草案(INDCs)
日本	-3.8%(2005年比)*	2030年に-26%(2013年比)
米国	-17%程度(2005年比)	2025年に-26%~-28%(2005年比)
EU28	-20%(1990年比)	2030年に-40%(1990年比)
スイス	-20%(1990年比)	2030年に-50%(1990年比)(2025年に-35%)
ノルウェー	-30%(1990年比)	2030年に-40%(1990年比)
豪州	-5%(2000年比)	2030年に-26%~-28%(2005年比)
ニュージーランド	-5%(1990年比)	2030年に-30%(2005年比)
カナダ	-17%(2005年比)	2030年に-30%(2005年比)
ロシア	-15~-25%(1990年比)	2030年に-25%~-30%(1990年比)
ウクライナ	-20%(1990年比)	2030年に-40%(1990年比)
韓国	BAU比-30%	2030年にBAU比-37%
メキシコ	BAU比-30%	2030年にBAU比-25%(GHGでは-22%)
中国	GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量を -40~-45%(2005年比)	GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量を-60~-65%(2005年比) (2030年頃にCO <sub>2</sub> 排出量のピークを達成)
インド	GDPあたりGHG排出量を -20~-25%(2005年比)	2030年にGDPあたりGHG排出量を-33%~- 35%(2005年比)

注)国によっては、条件付きで更に大きな排出削減をプレッジしている場合もある。 \* 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

# 日本および世界主要国の国別貢献NDCの 基準年比排出削減率

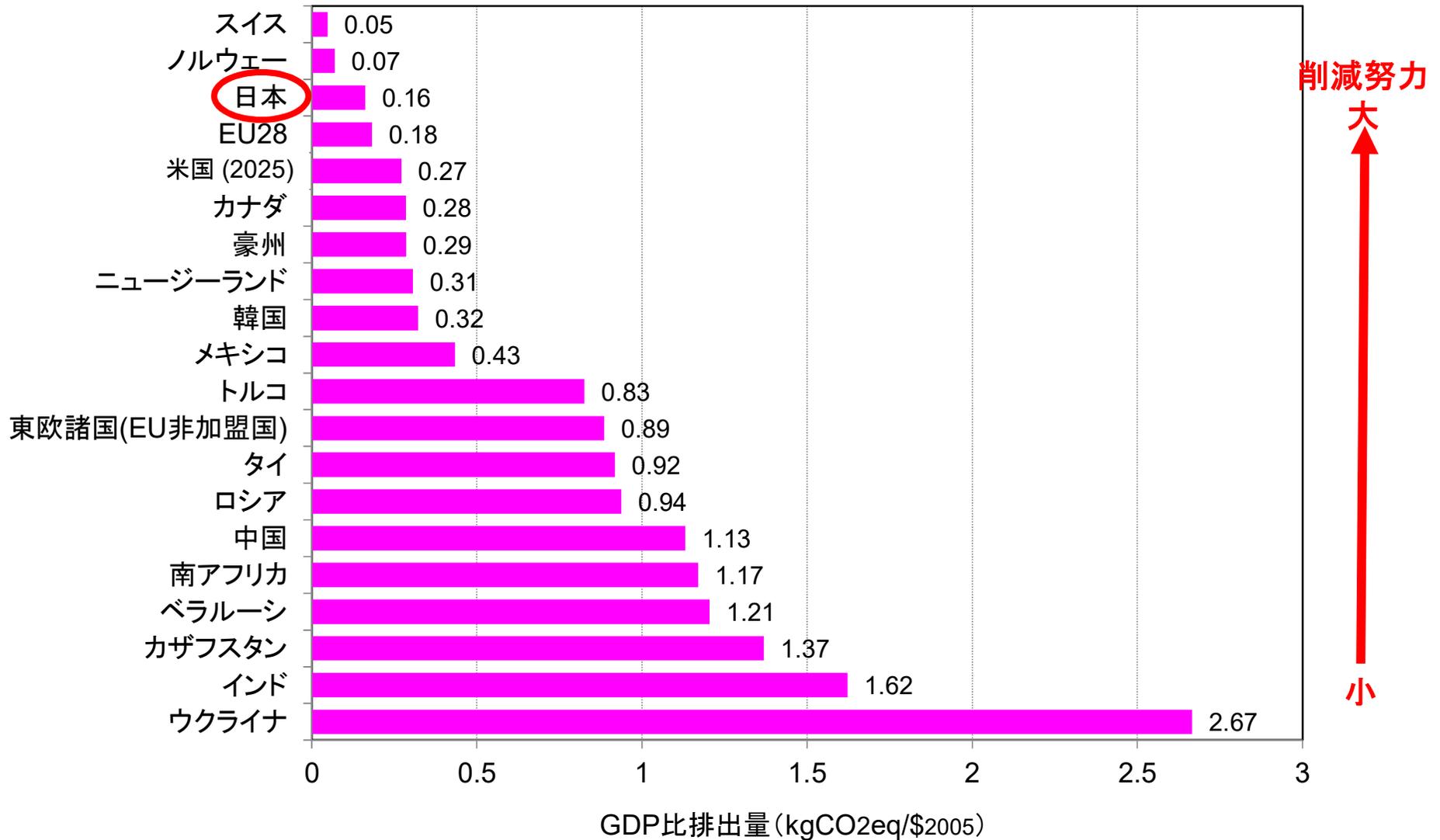
	基準年比排出削減率		
	1990年比	2005年比	2013年比
日本:2013年比▲26% (2030年)	▲18.0%	▲25.4%	<u>▲26.0%</u>
米国: 2005年比▲26% ~▲28% (2025年)	▲14~▲16%	<u>▲26~▲28%</u>	▲18~▲21%
EU28: 1990年比▲40% (2030年)	<u>▲40%</u>	▲35%	▲24%
ロシア: 1990年比▲25% ~▲30% (2030年)	<u>▲25~▲30%</u>	+10~+18%	—
中国: 2030年CO <sub>2</sub> 排出 原単位2005年比▲60~ ▲65%	+329~+379%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

# 2030年における一人あたりGHG排出量の国際比較



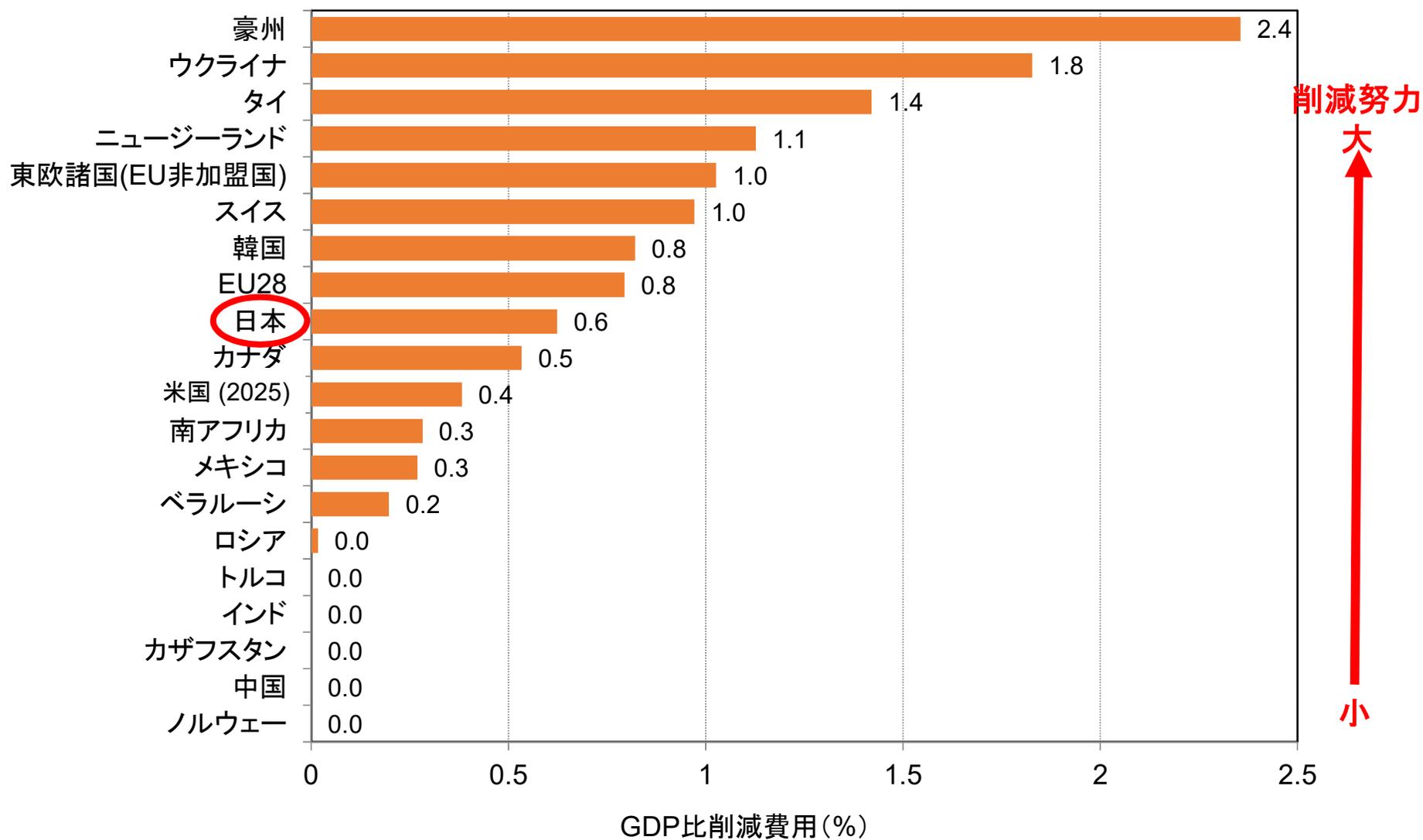
\* 上下限で幅がある国は平均値を表示

# 2030年におけるGDP(MER)あたりGHG排出量の国際比較



\* 上下限で幅がある国は平均値を表示

# 2030年におけるGDPあたり排出削減費用の国際比較

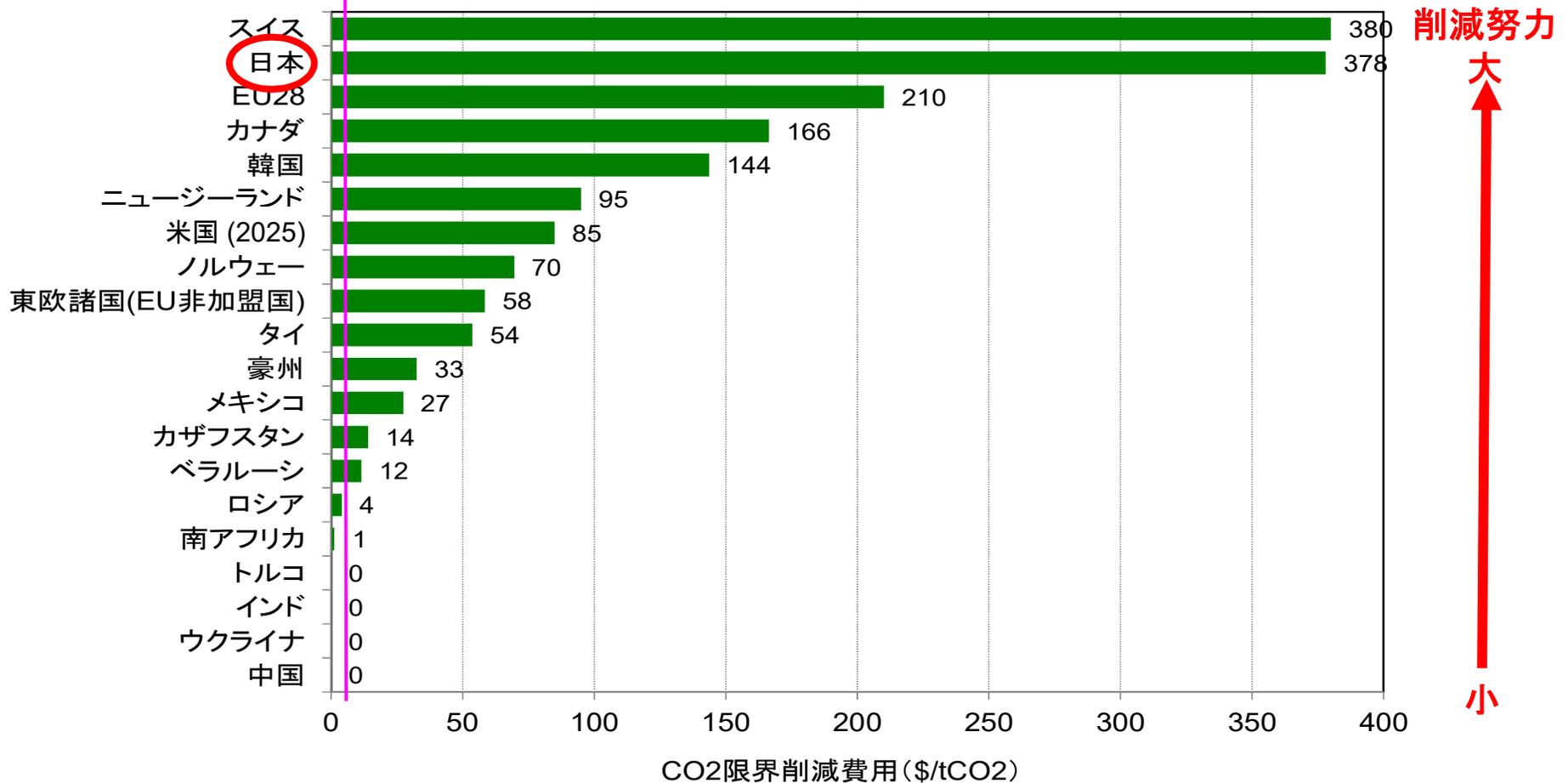


\* 上下限で幅がある国は平均値を表示

# 2030年におけるCO2限界削減費用の国際比較

【世界GDP比削減費用】 NDCs:0.38%、最小費用：0.06%

最小費用（限界削減費用均等化）：6\$/tCO<sub>2</sub>



\* 上下限で幅がある国は平均値を表示

Source: K. Akimoto et al., Evol. Inst. Econ. Rev., 2016

- NDCsの排出削減費用は各国間で大きな差異あり。
- もしNDCsで期待できる世界全体での排出削減を費用最小化(限界削減費用均等化)で実現できるとすれば、RITEモデルでは限界削減費用6\$/tCO<sub>2</sub>で済む。また、2030年時点の総削減費用は費用最小化に比べ6.5倍程度高い。
- 実際には国内対策も費用最小化では達成できず、各国の費用も現実にはもっと大きい可能性あり。

# NDCsのCO2限界削減費用推計(複数モデル推計)

## Economic tools to promote transparency and comparability in the Paris Agreement

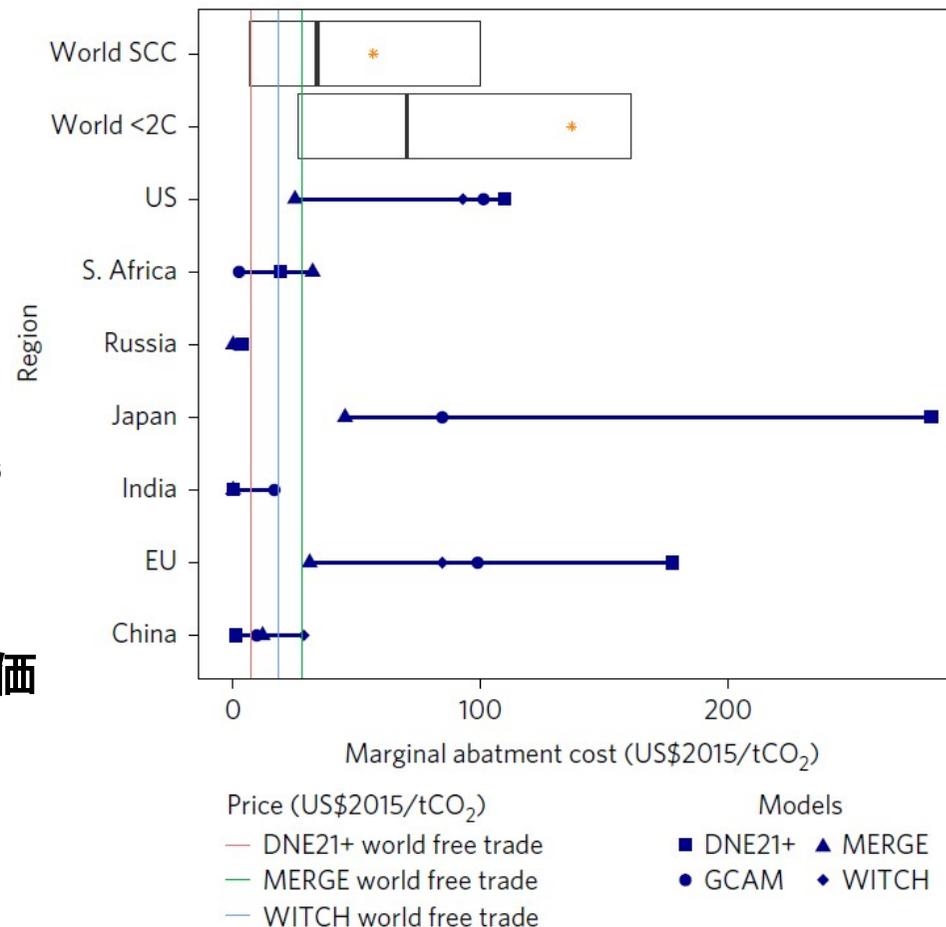
Joseph Aldy<sup>1,2,3,4\*</sup>, William Pizer<sup>2,3,5</sup>, Massimo Tavonj<sup>6,7,8</sup>, Lara Aleluia Reis<sup>6,7</sup>, Keigo Akimoto<sup>9</sup>, Geoffrey Blanford<sup>10</sup>, Carlo Carraro<sup>6,7,11</sup>, Leon E. Clarke<sup>12</sup>, James Edmonds<sup>12</sup>, Gokul C. Iyer<sup>12</sup>, Haewon C. McJeon<sup>12</sup>, Richard Richels<sup>10</sup>, Steven Rose<sup>10</sup> and Fuminori Sano<sup>9</sup>

The Paris Agreement culminates a six-year transition towards an international climate policy architecture based on parties submitting national pledges every five years<sup>1</sup>. An important various contexts, including international trade and common pool resource management, the demonstration of reciprocal actions has resulted in fewer deviations from agreements and positive reactions

Source: J. Aldy et al., Nature Climate Change, 2016

## RITEを含む世界の4つのモデルで評価

### 2025-30年平均値

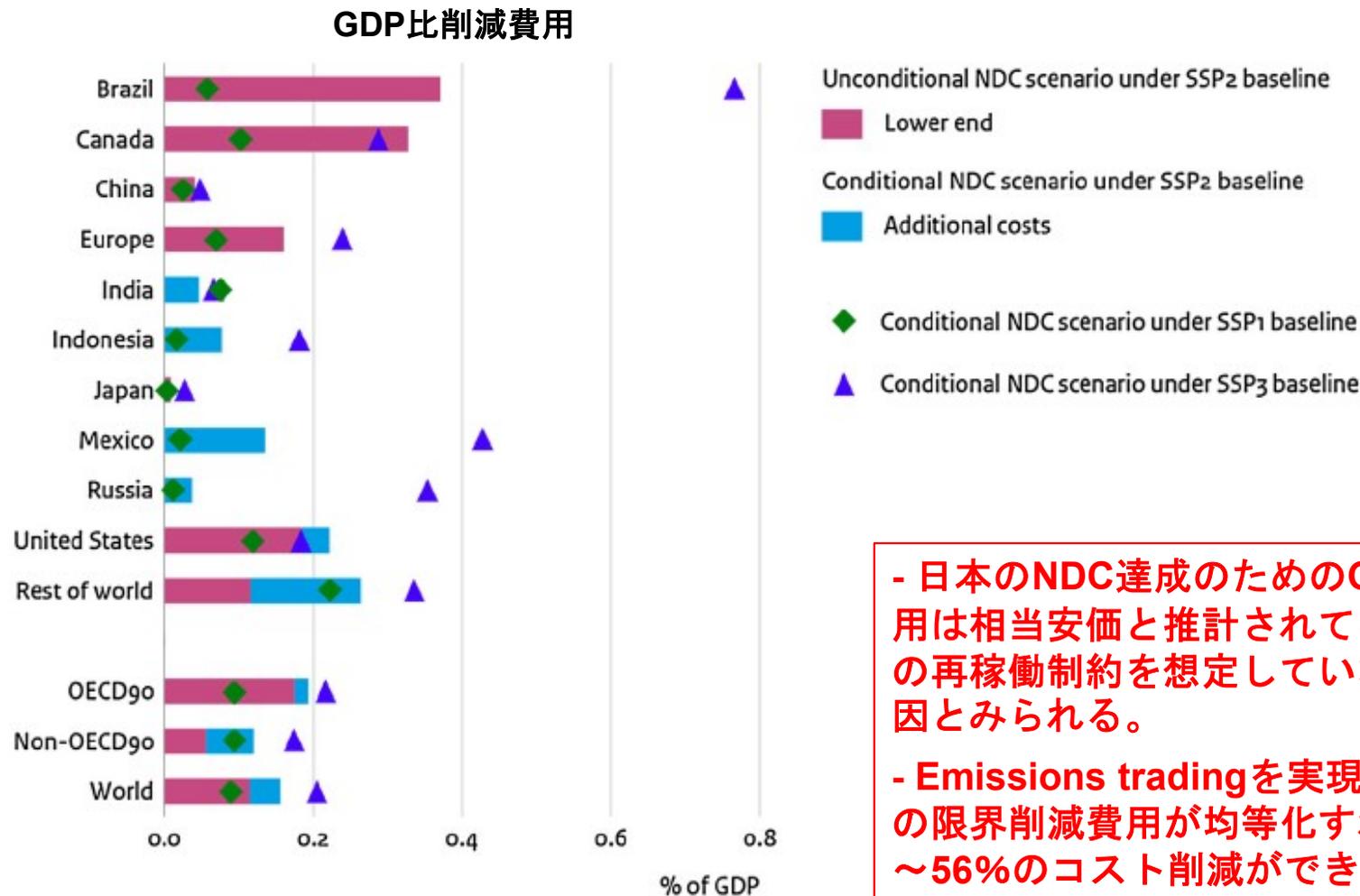


- この分析においても、NDCsの排出削減費用は各国間で大きな差異あり。
- 基本的に先進国のNDCs限界削減費用は、2°C目標を費用最小で達成するときの世界の限界削減費用と整合性を有している。
- ただし、国別の費用推計はモデルによって大きな差異が見られる。

# 他研究によるNDCsの排出削減費用の評価例

Hof et al, 2017. Global and regional abatement costs of Nationally Determined Contributions (NDCs) and of enhanced action to levels well below 2 °C and 1.5 °C. Envir Sci and Pol

## NDCの野心度を排出削減費用(GDP比削減費用)で計測 (IMAGEモデルで費用推計)

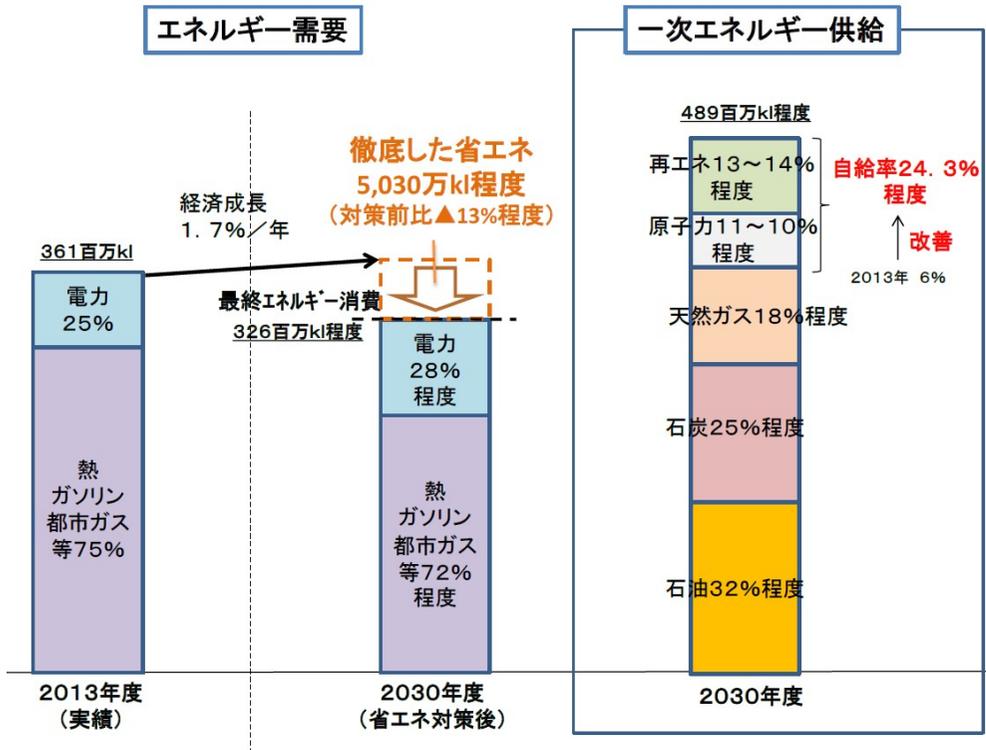


- 日本のNDC達成のためのGDP比削減費用は相当安価と推計されている。原子力の再稼働制約を想定していないことが主因とみられる。

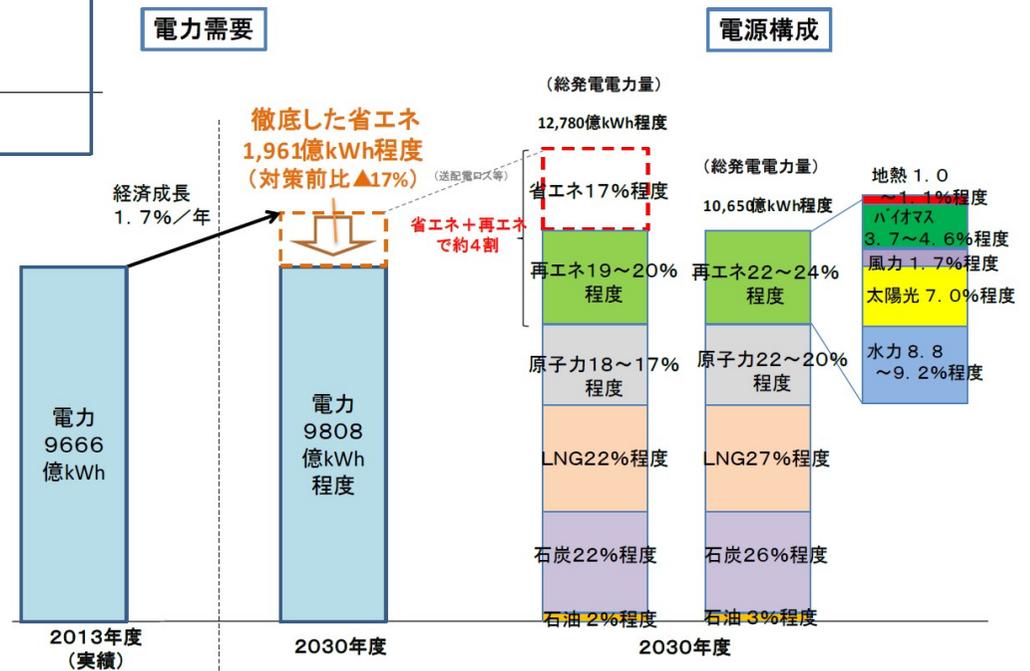
- Emissions tradingを実現すれば（世界の限界削減費用が均等化すれば）、44%～56%のコスト削減ができると評価

2°C目標を達成するための削減コストはNDCコストの**3～3.5倍**程度、1.5°Cの場合は**5～6倍**程度 (conditional NDC・emission trading無しのシナリオ比)

# 日本政府の2030年のエネルギーミックスと排出削減の内訳



	2013年比 (2005年比)
エネルギー起源CO2	-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	<b>-26.0% (-25.4%)</b>



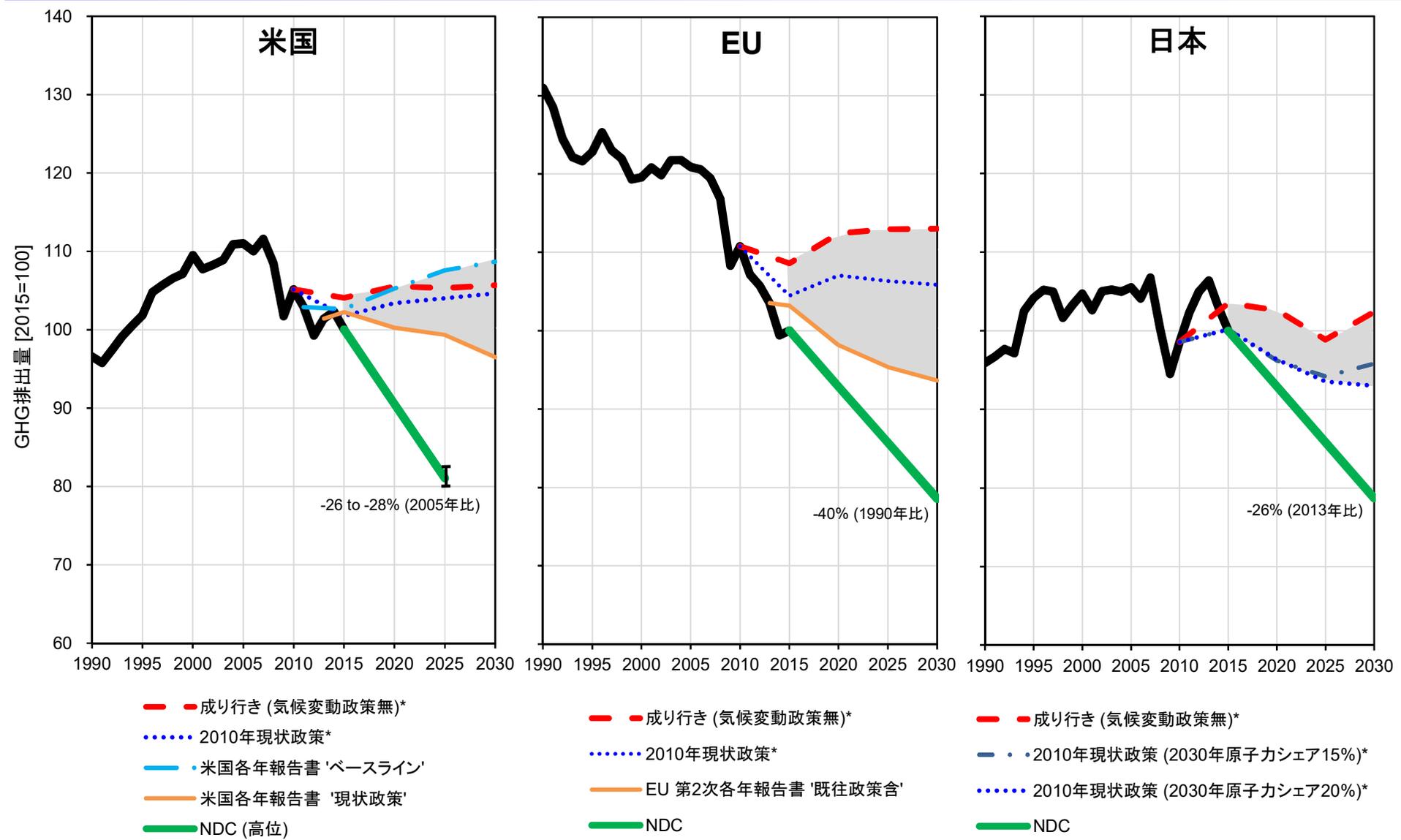
出典) 日本政府、資源エネルギー庁

# 日本の国別貢献NDC達成のためのコストの感度解析

- ◆ 日本の国別貢献NDC達成（エネルギー起源CO<sub>2</sub>削減のみ（▲21.9%）。GDP成長率想定1.7%/yr、原子力比率20%）の費用は、2030年の単時点だけで、**28 billion \$<sub>2000</sub>/yr**と推計（限界削減費用227\$/tCO<sub>2</sub>に相当）されるが、もし以下の条件がこととなった場合には、排出削減費用の差は以下のようなになる。

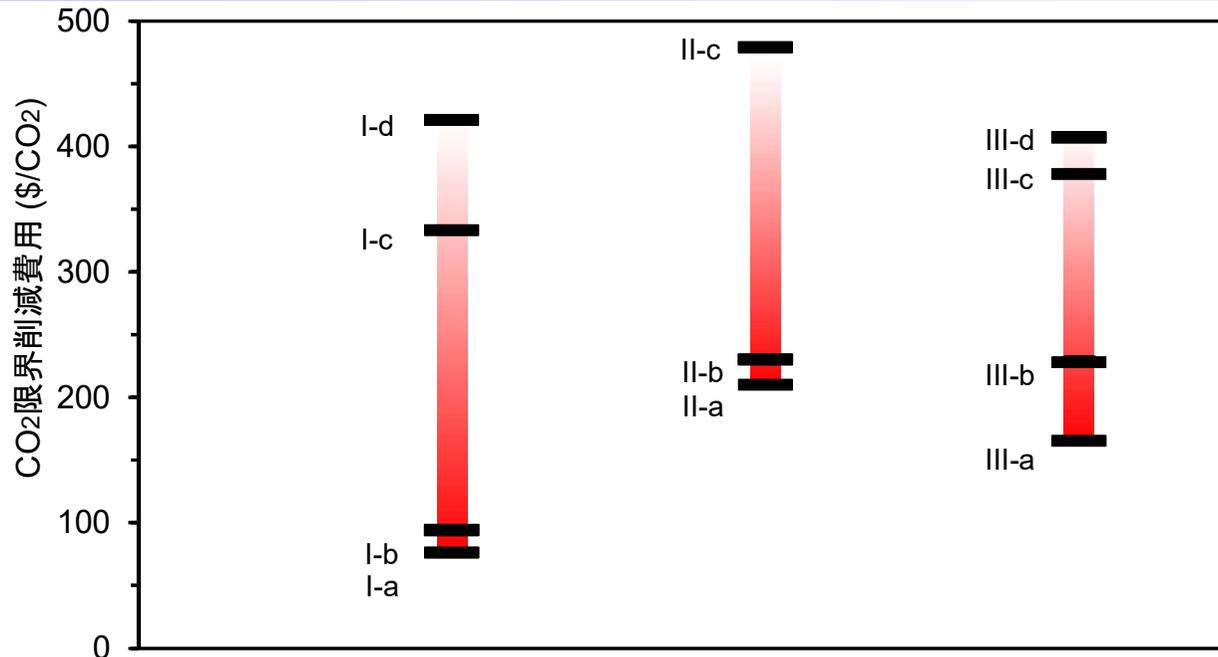
	年間排出削減費用 (billion \$ <sub>2000</sub> /yr)
低GDP成長率(0.9%/yr) 【←1.7%/yr】	▲10
原子力比率15% 【←20%】	+8
原子力比率42%(電源構成を社会的な制約を考慮せず費用最小化で計算した場合) 【←20%】	▲18

# 日米欧NDCsの排出削減目標(通常排出見通しとのギャップ)



日米欧ともにNDC達成は容易なことではない。

# 日米欧NDCsのCO2限界削減費用(各種制約による差)



Source: RITE DNE21+  
モデルによる推計

## I. 米国

- I-a: -26%; 最小費用
- I-b: -28%; 最小費用
- I-c: -26%; 発電部門がCPPに従った場合の非発電部門の限界削減費用
- I-d: -28%; 発電部門がCPPに従った場合の非発電部門の限界削減費用

## II. 欧州

- II-a: 最小費用
- II-b: ブレグジット(英国が-40%に留まる場合の英国以外の限界削減費用)
- II-c: ETS部門での排出削減が計画に従った場合、非ETS部門での限界削減費用

## III. 日本

- III-a: 最小費用(ただし原子力比率は20%が上限の場合)
- III-b: 最小費用(ただし原子力比率は15%が上限の場合)
- III-c: 電源構成を含むNDC目標(原子力比率20%の場合)
- III-d: 電源構成を含むNDC目標(原子力比率15%の場合)

- 各国の対策について、現実には、社会的な制約や、政治システム的な制約などもあり、費用最小となる効率的な対策をとることは容易ではない。  
 - 通常の長期モデル分析で示されるような費用で排出削減はできず、ずっと大きな費用が必要となる可能性も高い。

## COMMENT

**HOLIDAY HEADS** Michael Mann revisits a Carl Sagan book for Donald Trump's times p.29

**HOLIDAY HEADS** How shipping shaped the first two waves of globalization p.29

**REGULATION** US agencies respond on genetically modified food p.31

**OBITUARY** Angela Brodie, pioneer of breast-cancer drugs, remembered p.32



Japan is making efforts to restart some of its nuclear reactors, including reactors No. 3 and No. 4 at the Genkai power plant in Saga, Kyushu.

### Prove Paris was more than paper promises

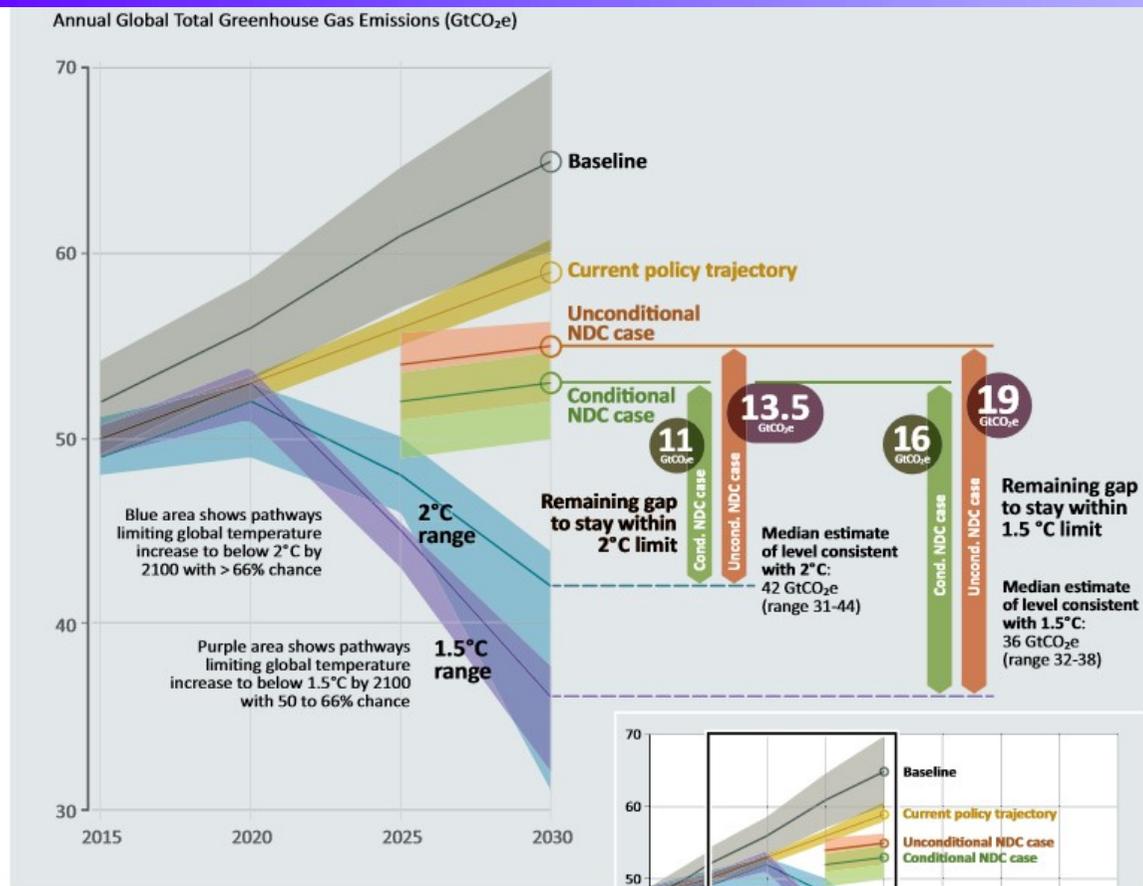
All major industrialized countries are failing to meet the pledges they made to cut greenhouse-gas emissions, warn David G. Victor and colleagues.

D. Victor (米UCサンディエゴ校教授)、秋元、茅、山口 (以上、RITE) 他

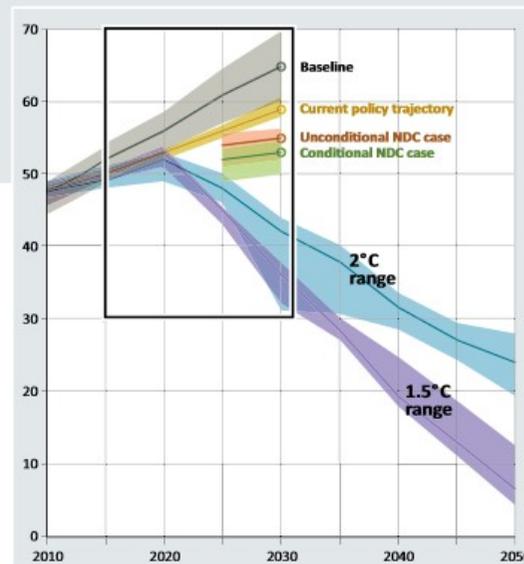
- ・パリ協定は希望的観測と虚勢が現実を覆い隠している。発展途上国は達成容易な目標を設定している一方、日米欧など、主要先進国は達成が難しい排出削減目標を提示している。
- ・パリ協定は曖昧かつ責任を負わない誓約を認めることで、無意識のうちに意欲の高い目標の制定に走らせている。多くの国の誓約は、どのような政策が適用されるかに関してほとんど記述が無く、どの政策が実際に効果的か見定めるのが難しい。誰がいつまでに何をするか、それをどのように、かつ、いくらのコストで行うかに関する幅広い情報を伴っている必要があり、各国政府にはその真摯な検討を求める。新技術への民間投資を促進するために各国政府が何をしているかに注意を払う必要がある。
- ・大胆な目標は重要であるが、より大切なのは各国政府が何をするかである。パリ協定は前進への大きな一歩だが、その枠組みは未成熟かつ不完全で脆弱な状況にある。

### **3. 2°C目標等の長期目標と NDCsとの関係性**

# 世界排出量”ギャップ”(UNEP)



Note: the emissions range for 1.5°C is smaller than for 2°C, as a smaller number of studies for 1.5°C are available. For current policy, the minimum-maximum across all assessed studies are provided.

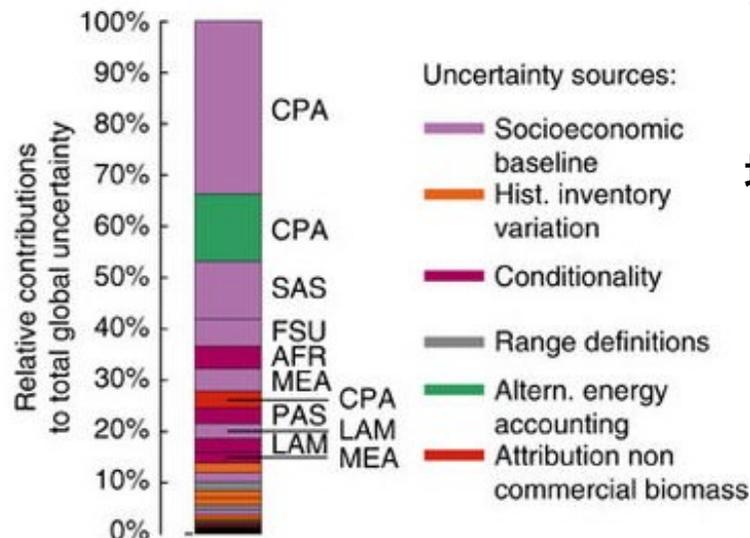
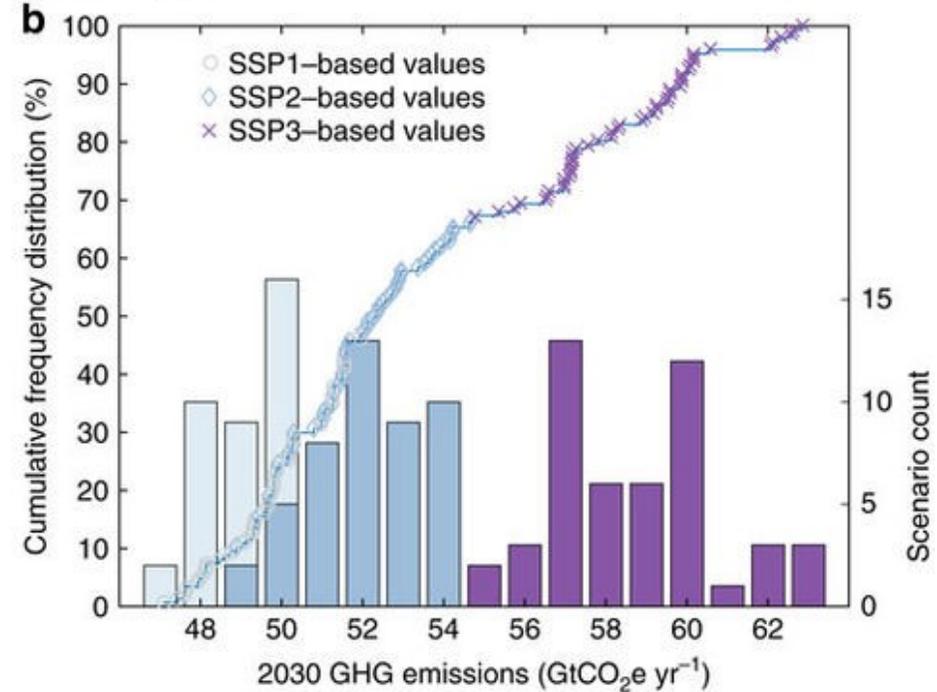
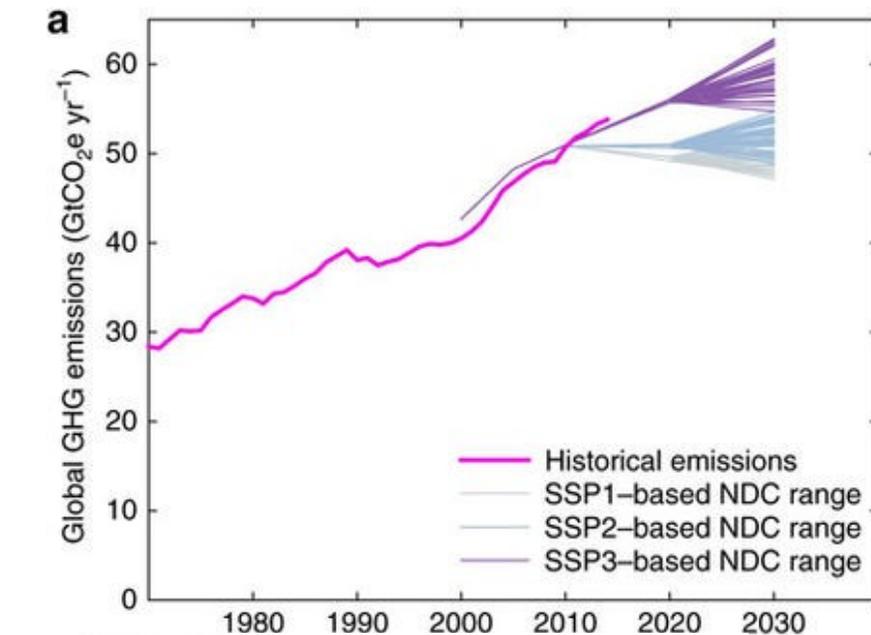


- 2°C目標、1.5°C目標の排出経路とのギャップを強調する指摘も多いが、NDCsの深堀は特に先進国は容易ではない。
- 仮に2°C目標が実現できるとすれば、それは気候感度が中位的な想定よりも低かったときで、かつ、21世紀後半での大幅なイノベーションが実現したときに限られると思われる。

# NDCs排出量の不確実性評価例

Rogelj J, Fricko O, Meinshausen M, et al., Nature Communications 8 (2017)

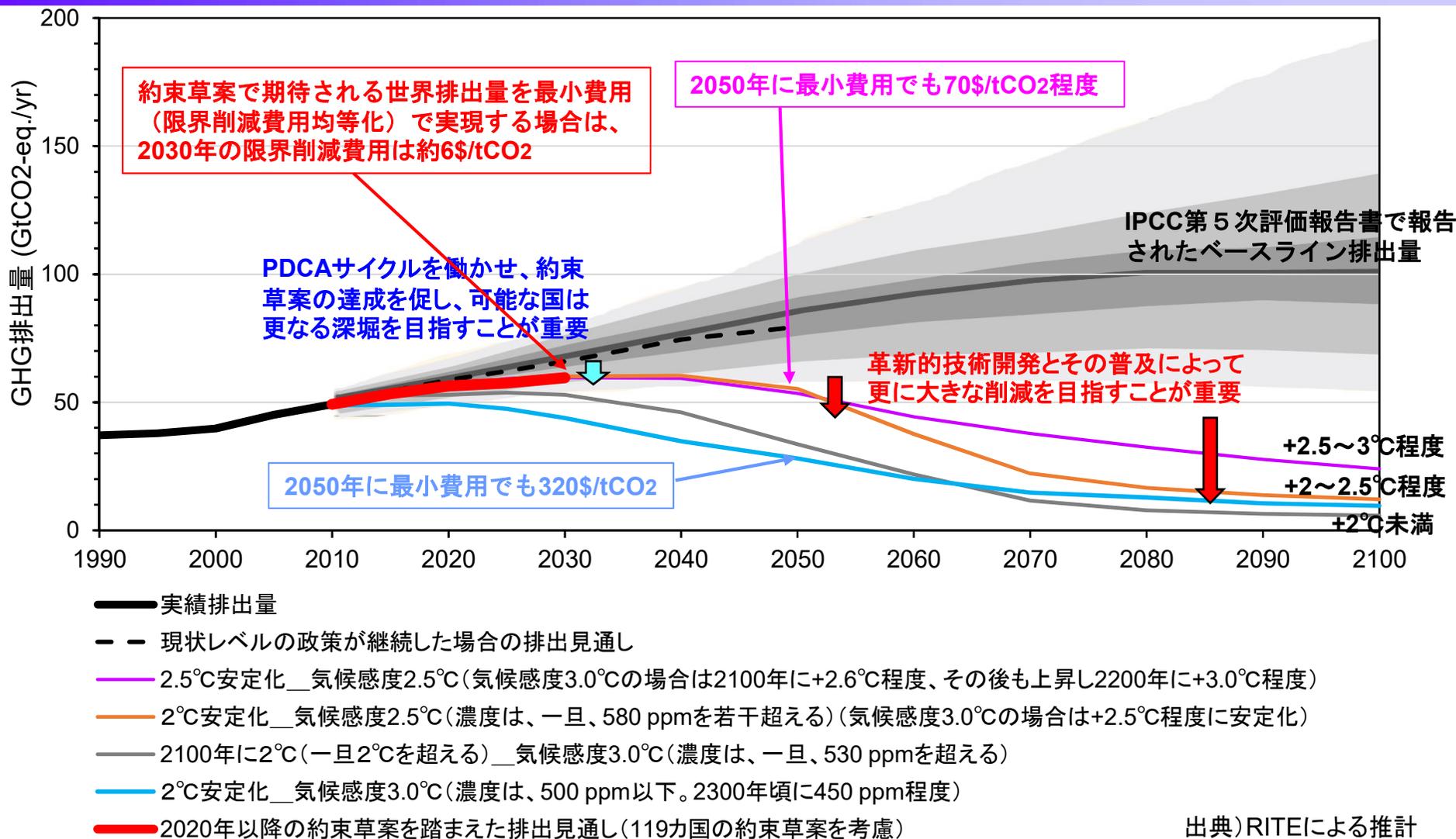
## NDCsによる世界排出量の見通し



## 地域・不確実性要因の排出寄与度

- 2030年の世界GHG排出量は、**47~63 GtCO<sub>2</sub>eq** (中央値は52Gt) と推計。6つの不確実性要因により**16 GtCO<sub>2</sub>eq**もの幅
- 不確実性要因のうち社会経済シナリオの寄与が最も大きい。

# 2°C目標等の排出経路とNDCsの世界排出量の見通し



**NDCsと2°C目標には大きなギャップがあるが、2°C目標の排出経路も実際には気候感度の不確実性等により大きな幅がある。いずれにしても21世紀後半における革新的技術開発とその普及による大幅な排出削減が気候変動緩和において大変重要**

# 2°C目標、長期目標に関する批判的見解の例

## Oliver Geden (ドイツ国際問題研究所), Nature, 2015年5月

- ◆ IPCC AR4では2°Cを実現するには2015年までにピークアウトしなければならないとしていたが、AR5では6%/年の排出削減をする必要はあるが2030年の排出量が現在よりも多くても2°Cは達成できるとしている。
- ◆ 政策立案者はIPCCの細かい注意書きには目もくれず、過去20年間排出が増え続けたにもかかわらず、まだ2°C目標は実現可能であるということを聞いて喜んでいる。
- ◆ 2°C実現へは時間切れになりつつあるが今行動すれば間に合うという気候政策のスローガンは科学的にナンセンス。それを言わないアドバイザーは科学的評判と人々の信用を損ねている。
- ◆ 気候政策アドバイザーは、開発、公衆衛生、外交・安全保障といった他の公共政策領域とも提携しつつ、経済を変革し、再生可能エネルギーを導入することがいかに容易かを大げさに言いふらすような誘惑に抵抗していかなければならない。



Climate advisers must maintain integrity

As global negotiations fail on emissions reductions, scientific advisers need to resist pressure to fit the facts to the failure, warns Oliver Geden.

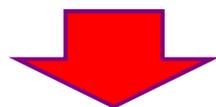
## Jeff Tollefson (Nature誌編集者), 2015年11月

- ◆ IPCCは政策中立的で公式に2°C目標を支持したことはないが、2°C目標は野心的であるものの実現可能というメッセージを明確に出している。これは環境保護主義者や政策担当者に希望を与え、パリ交渉の基礎を提供している。これまで各国が提示したコミットメントは排出削減に不十分という広い共通認識があるにもかかわらず、政策担当者は2°Cに向けた排出削減の議論を続けている。
- ◆ 2°Cシナリオは非常に楽観的なもので政治的現実からはかけ離れており、課題の大きさを曖昧にして政治的議論を歪めている懸念がある。
- ◆ モデルでは通常、全ての国が一斉に気候変動政策をとり（グローバルで共通の炭素価格）、技術も広く利用可能と想定するが、現実世界の状況を踏まえた研究成果もある。途上国の政治的不安定性や低い公共設備の質によるリスクを考慮すると、投資は途上国ではなく先進国に向かいやすくなり、その結果コストが上がり、途上国の排出抑制が難しくなるという結果が出ている。

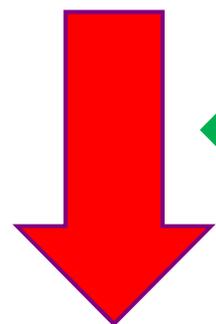
## 4. トップダウン的なNDCsの 評価事例

# 気温目標からのトップダウン的な評価

2°C、1.5°C目標



世界の排出許容量、排出経路



排出分担のための複数の衡平性指標  
(主に、一人当たり排出量均等化、一人当たり  
GDPに基づいた排出割り当てなどの指標)

各国への排出割り当て



各国NDCsと比較

このような方法は、バーデンシェアリングと呼ばれ、京都議定書の下でのトップダウン的な枠組みでの排出割り当ての発想であり、パリ協定の下でのプレッジ&レビュー的な枠組みでのレビューとは必ずしも整合性が良いとは思われない。

# CAT: 評価の方法論 (評価指標のカテゴリー分け)

Climate Action Tracker (CAT) <http://climateactiontracker.org/>

29

- 1) 責任 (Responsibility) : 過去の排出への責任。ブラジル提案 (UNFCCC1997)
- 2) 能力 (Capability) : 経済的な負担可能な能力に応じて負担。一人あたりGDPや人間開発指数 (HDI) 等に基づく。
- 3) 衡平 (Equality) : 一人あたり排出量均等化(C&C)など (Chakravarty 2009など)
- 4) 一人あたり累積排出量均等化 (Equal cumulative per capita emissions) : 一人あたり累積排出量均等化 (WBGU 2009など)
- 5) 責任/能力/必要性 (Responsibility/capability/need) : 排出開発権均等化 (GDRs: Greenhouse Development Rights) (Baer 2008など)
- 6) 能力/費用 (Capability/cost) : GDPあたり削減費用均等化、GDPあたり効用損失均等化など
- 7) 段階 (Staged) : 共通だが差異ある責任(CDC)手法、マルチステージアプローチ

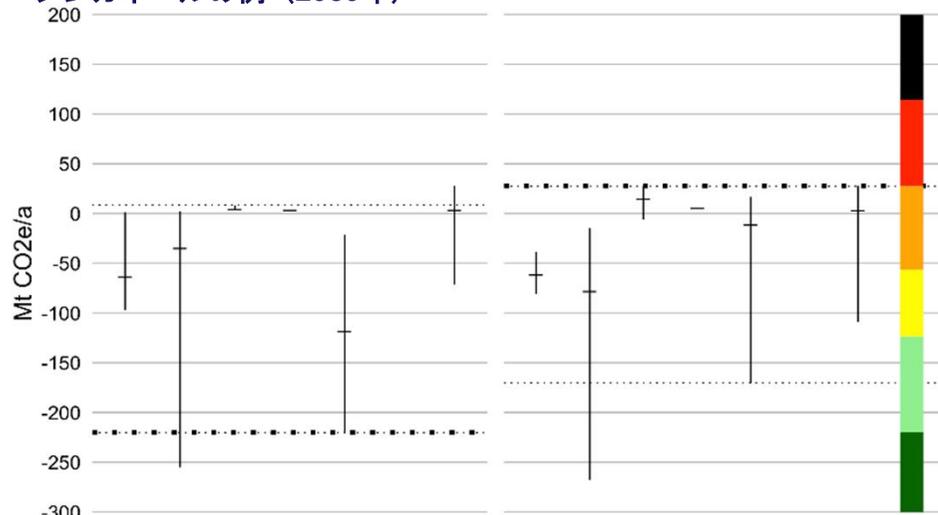
## - 7つの基準にカテゴリー分けして評価

- しかし、1、3、4、5、7)は、一人あたり排出量均等化がベースとなっており、同じような指標が採用されている。なお、一人あたり排出量均等化は、経済活動の大きさや国土の状況等に依拠しやすく、排出削減努力の指標とは言い難い。更に、テクニカル的に分析者の想定に大きく影響されやすい。
- また、2)は基本的に一人あたりGDPに応じた排出割り当てを志向しており、各国の「排出削減努力」を評価しているとは言い難い指標が多数用いられている。
- 一方で、6)を除いて、「排出削減努力」を表しやすいと考えられる「GDP比排出量」、「CO2限界削減費用」等は採用されていない。(CATでは、最終的には、7つの指標のうち、上下限を示すそれぞれ1つの指標は除いて評価しているため、6)も評価から除外されることも多いように見受けられる。)

# CAT: 評価の方法論 (評価指標からの判定)

Climate Action Tracker (CAT) <http://climateactiontracker.org/>

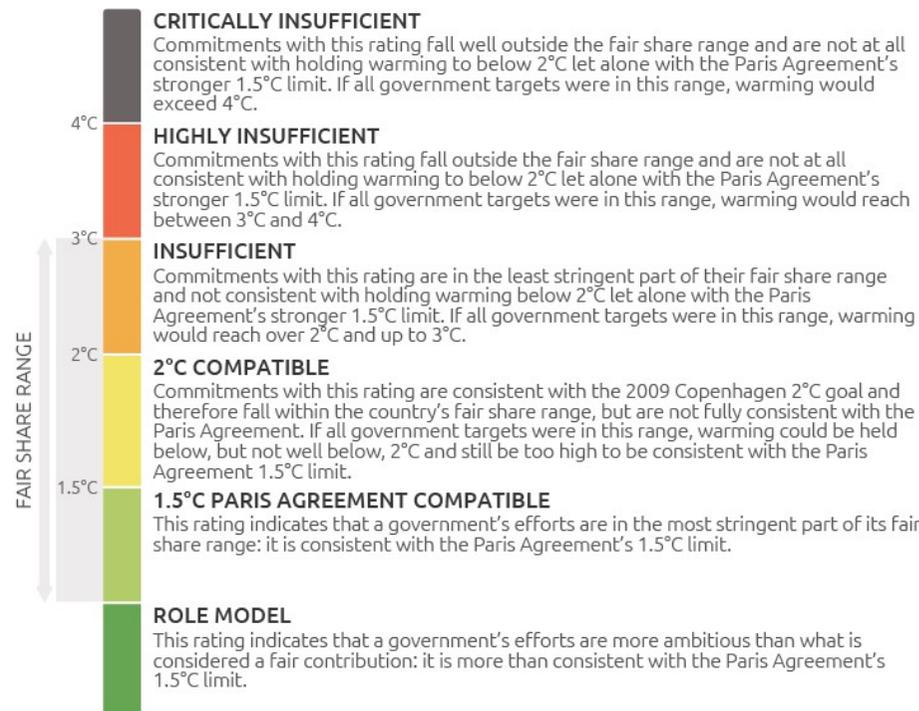
シンガポールの例 (2050年)



Category	Count
Responsibility	8
Capability	6
Equality	11
Eq. cumulative per capita emissions	1
Resp/Cap/Need	13
Capability/Costs	0
Staged	20
Responsibility	6
Capability	4
Equality	10
Eq. cumulative per capita emissions	1
Resp/Cap/Need	14
Capability/Costs	0
Staged	22

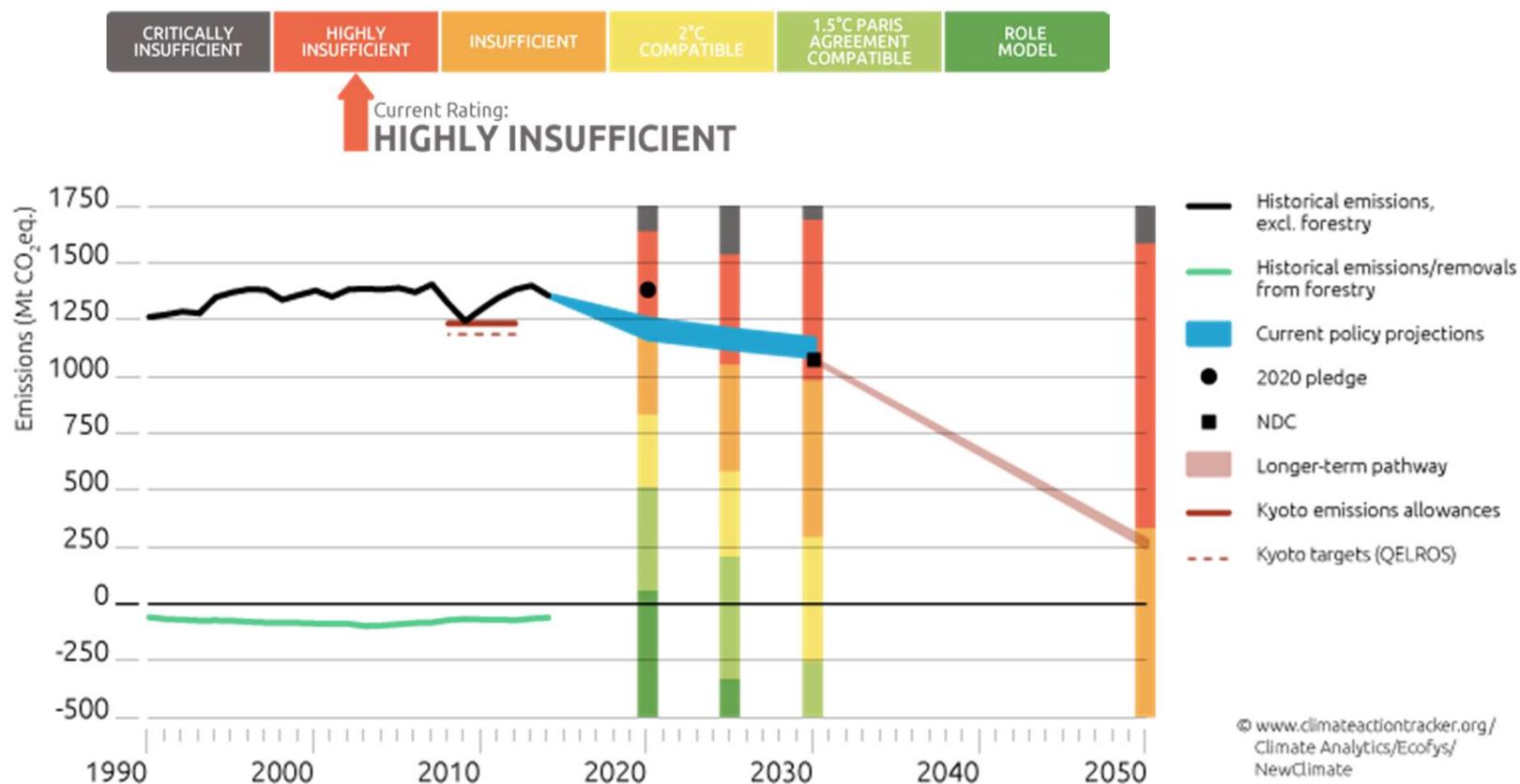
サーベイした論文数

Fair share range



# CATにおけるNDC評価：日本

## 日本



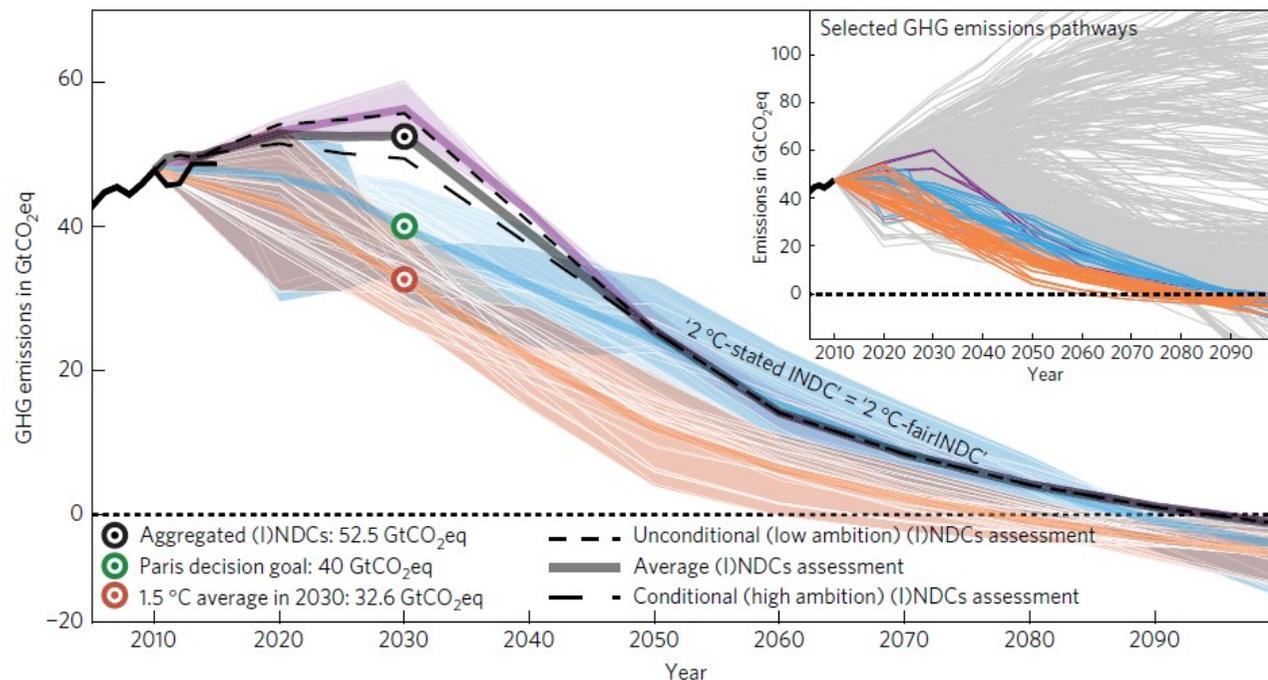
- この評価において、2°C目標と整合的にするには、2030年にGHGのゼロ排出前後が必要とするようなとても非現実的な評価になっている。

- Morocco
- The Gambia
- Bhutan
- Costa Rica
- Ethiopia
- India
- Philippines
- Australia
- Brazil
- EU
- Indonesia
- Kazakhstan
- Mexico
- New Zealand
- Norway
- Peru
- Switzerland
- UAE
- Argentina
- Canada
- China
- Japan
- Singapore
- South Africa
- South Korea
- Chile
- Russian Federation
- Saudi Arabia
- Turkey
- Ukraine
- USA
- Gabon
- Nepal

# CATの方法論と類似した方法によるNDCs評価論文例：方法論

Robiou du Pont et al., Equitable mitigation to achieve the Paris Agreement goals.

Nature Climate Change, 2017



1.5°C（達成確率>50%）、  
2°C（>66%）に整合的な  
世界GHG排出シナリオを  
選定



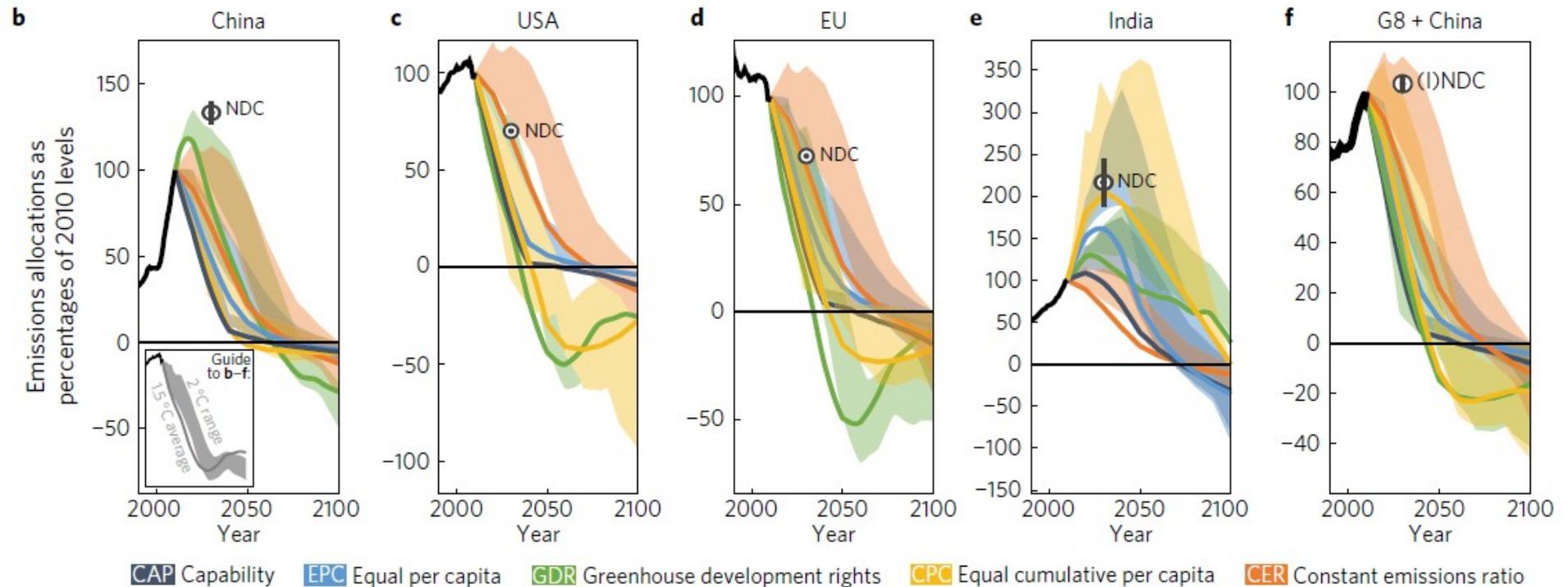
## 5つの衡平性基準で配分

Allocation code	Allocation name	IPCC category	Allocation characteristics
CAP	Capability	Capability	High mitigation for countries with high GDP per capita.
EPC	Equal per capita	Equality	Convergence towards equal annual emissions per person.
GDR	Greenhouse development rights	Responsibility-capability-need	High mitigation for countries with high GDP per capita and high historical per capita emissions.
CPC	Equal cumulative per capita	Equal cumulative per capita	High mitigation for countries with high historical per capita emissions.
CER	Constant emissions ratio	Staged approaches	Maintains current emissions ratios.

# CATの方法論と類似した方法によるNDCs評価論文例：分析結果 RITE

Robiou du Pont et al., Equitable mitigation to achieve the Paris Agreement goals. Research Institute of Innovative Technology for the Earth

Nature Climate Change, 2017



- 中国のNDCは、ここで採用された5つの指標いずれで見ても、2°C、1.5°C目標に照らして不十分との結果
- 米国、EUのNDCsは、基準年からの一律削減の指標(Constant emissions ratio)以外の指標で見ると、2°C、1.5°C目標に照らして不十分との結果。いくつかの指標(Greenhouse development rights、Equal cumulative per capita)では、2050年に大幅な負排出が求められる結果となっているが、あまりに非現実的

## 5. まとめ

- ◆ パリ協定の根幹はプレッジ&レビュー方式。国別貢献NDCsの適切なレビューは、排出削減目標の実効性、深堀のために大変重要
- ◆ RITEでは、NDCsの各国排出削減目標の「排出削減努力」を適切に計測することで、排出削減の実効性を高めることを意図した研究を実施してきている。
- ◆ 排出削減努力の国際公平性・衡平性を測る絶対的な指標は存在せず、複数の適切と考えられる指標を（それぞれの指標の特徴を理解しながら）総合的に見ることが重要
- ◆ 現在提出されているNDCsは、各国間で限界削減費用に大きな差異がある。先進国は全般的に大きな排出削減努力を有する目標となっている。
- ◆ 先進国は目標達成が容易ではなく未達等が生じ、一方、途上国の多くは容易に目標達成ができるという構図も予想される。
- ◆ 2°Cや1.5°C目標と2030年NDCsとの排出ギャップを強調しても、先進国では排出削減深堀の余地はほとんどないと考えられる。むしろ、NDCsをいかに着実に実行し目標達成に近づけていくか、またグローバルでいかに削減していくか、そして長期でいかにイノベーションを誘発していくかの行動の方が重要
- ◆ 排出削減費用は、排出削減努力を包括的に計測できるため、大変重要な指標。ただし、各国、様々な社会的、政治的な制約等が存在しており、それらをどう評価するかによって費用は大きく異なり、丁寧な分析、評価が望まれる。
- ◆ 一方、このような制約によって、通常モデルで計算される理想的な排出削減費用と現実での排出削減費用には大きなギャップが生じ得ることも認識が必要

# 付録

# 人口の想定(百万人)

	2010年	2020年	2030年
日本	127	124	118
米国	312	340	364
EU28	507	515	515
スイス	8	8	8
ノルウェー	5	6	6
豪州	22	25	27
ニュージーランド	4	5	5
カナダ	34	37	40
ロシア	144	139	132
中国	1367	1445	1477
韓国	48	49	49
メキシコ	118	128	135
ウクライナ	46	44	41
ベラルーシ	9	9	8
カザフスタン	16	17	17
東欧諸国(EU非加盟国)	23	23	22
タイ	66	70	72
インド	1206	1357	1474
トルコ	72	80	86
南アフリカ	51	54	56
<b>世界計</b>	<b>6916</b>	<b>7679</b>	<b>8308</b>

出典) 国連2008年中位推計を基にRITEで想定。2010年までの実績値については2012年国連推計を利用

# GDPの想定(MER、%/yr)

	2010年—2020年	2020年—2030年
日本	1.4	1.9
米国	2.6	2.0
EU28	1.2	1.3
スイス	1.4	1.2
ノルウェー	1.8	1.6
豪州	2.7	1.8
ニュージーランド	2.4	1.6
カナダ	2.1	1.7
ロシア	4.3	6.3
中国	7.7	5.6
韓国	3.0	1.9
メキシコ	3.2	3.0
ウクライナ	3.2	5.3
ベラルーシ	3.2	3.4
カザフスタン	5.4	5.0
東欧諸国(EU非加盟国)	2.2	3.8
タイ	4.3	4.0
インド	6.5	5.9
トルコ	4.0	2.8
南アフリカ	2.5	3.4
<b>世界平均</b>	<b>3.0</b>	<b>2.9</b>

出典) RITEにて推計。米国DOE/EIA International Energy Outlook、IEA World Energy Outlookと大きな差異はない(PPPとMERの違いなどを考慮した後で)。

# 温暖化対策評価モデルDNE21+の概要

## (Dynamic New Earth 21+)

本分析における排出削減費用推計については、以下のような世界エネルギー・温暖化対策評価モデルDNE21+を利用

- ◆ 各種エネルギー・CO<sub>2</sub>削減技術のシステムのなコスト評価が可能なモデル
- ◆ 線形計画モデル(エネルギーシステム総コスト最小化)
- ◆ モデル評価対象期間：2000～2050年
- ◆ 世界地域分割：54 地域分割(米国、中国等は1国内を更に分割。計77地域分割)
- ◆ 地域間輸送：石炭、石油、天然ガス、電力、エタノール、水素、CO<sub>2</sub>(ただしCO<sub>2</sub>は国外への移動は不可を標準ケースとしている)
- ◆ エネルギー供給(発電部門等)、CO<sub>2</sub>回収貯留技術を、ボトムアップ的に(個別技術を積み上げて)モデル化
- ◆ エネルギー需要部門のうち、鉄鋼、セメント、紙パ、化学、アルミ、運輸、民生の一部について、ボトムアップ的にモデル化
- ◆ 300程度の技術を具体的にモデル化
- ◆ それ以外はトップダウン的モデル化(長期価格弾性値を用いて省エネ効果を推定)

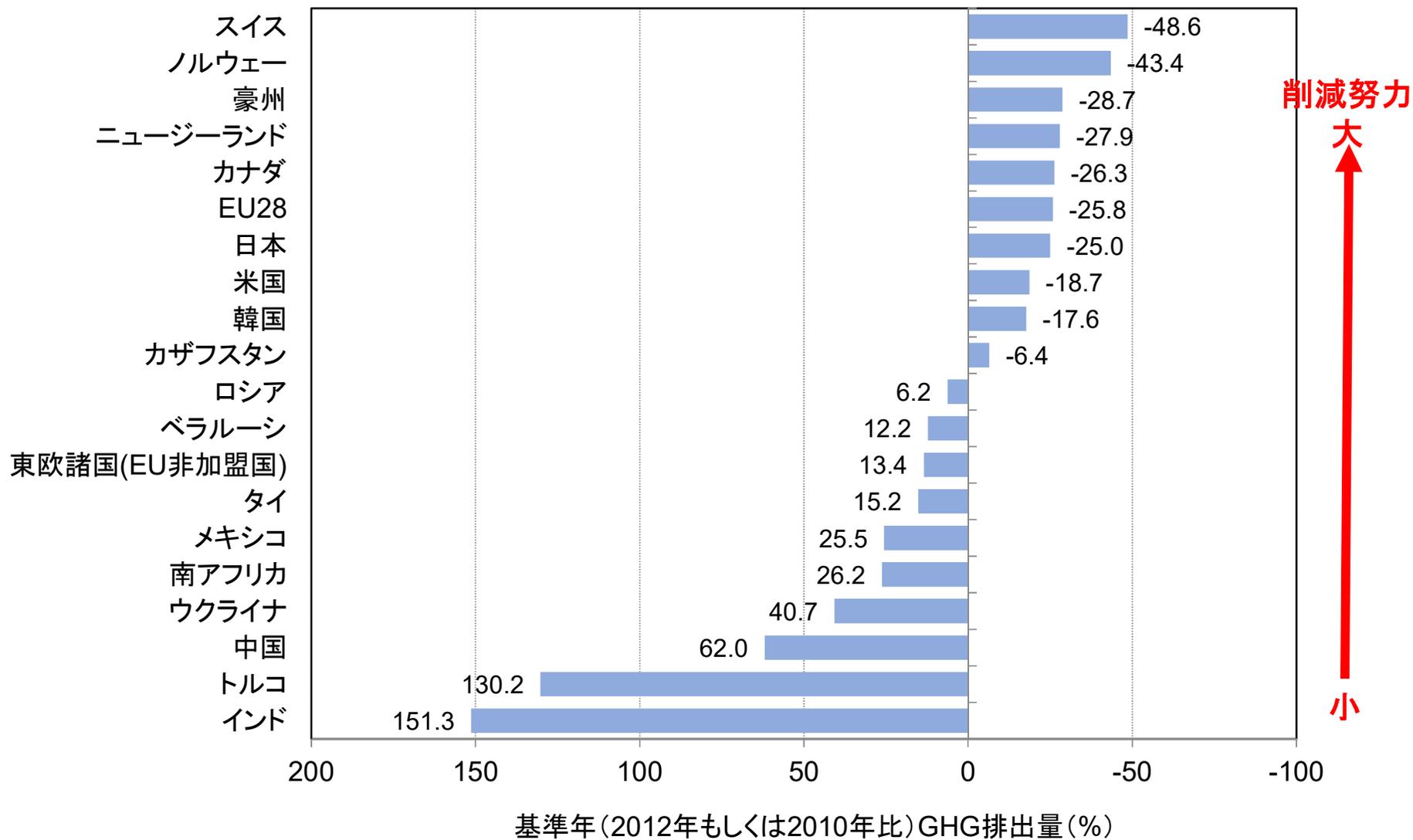
地域別、部門別に技術の詳細な評価が可能。また、それらが統合的に評価可能

IPCC第5次評価報告書の緩和策シナリオ分析での引用も多く、また2020年の排出削減目標の検討を行った政府中期目標検討委員会等をはじめ、気候変動政策の主要な政府検討において活用されてきたモデル【査読論文例】

K. Akimoto et al.; Estimates of GHG emission reduction potential by country, sector, and cost, Energy Policy, 38–7, (2010)

K. Akimoto et al.; Assessment of the emission reduction target of halving CO<sub>2</sub> emissions by 2050: macro-factors analysis and model analysis under newly developed socio-economic scenarios, Energy Strategy Reviews, 2, 3–4, (2014)

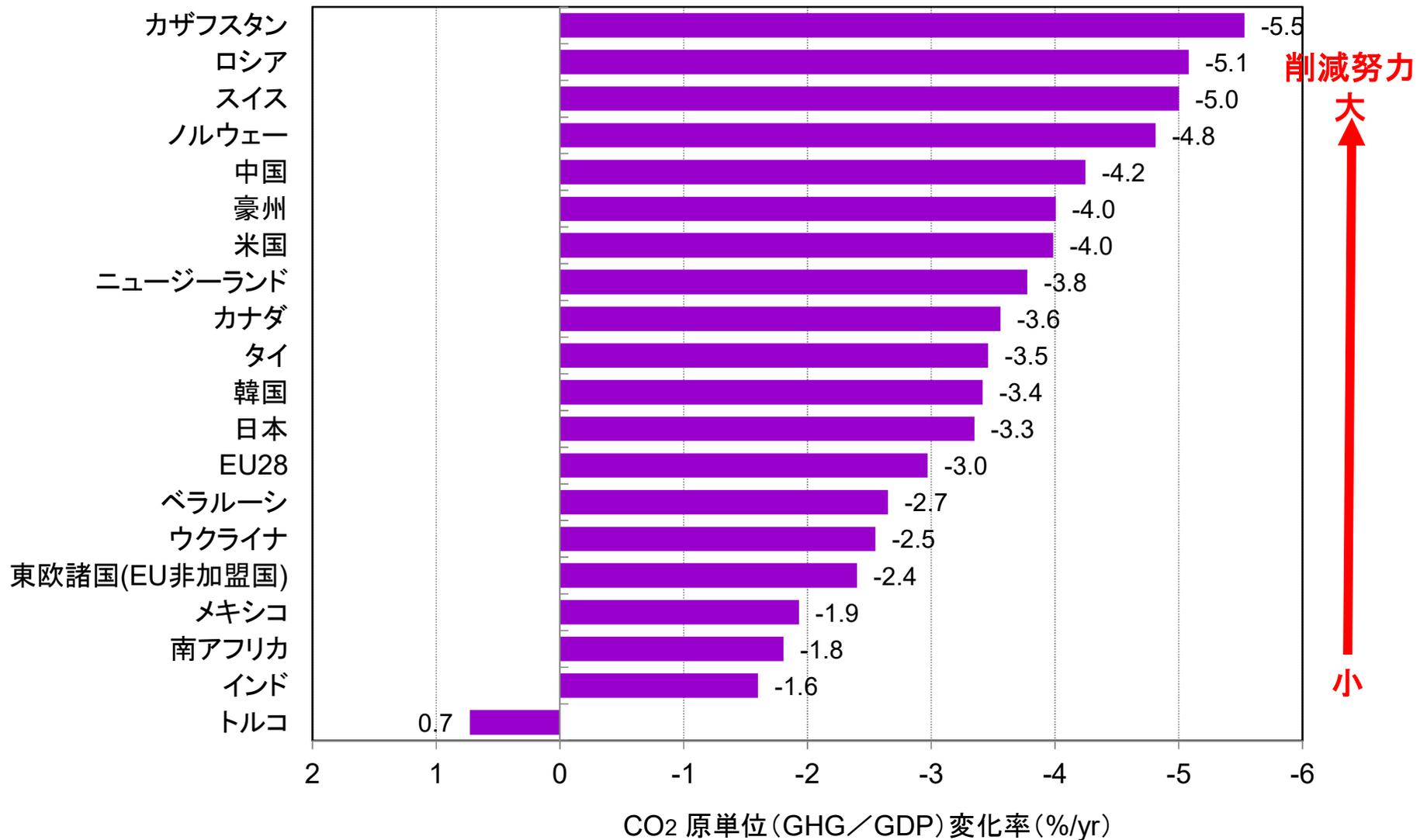
# 基準年(2012年もしくは2010年)比排出削減率の国際比較 RITE Research Institute of Innovative Technology for the Earth



\* 上下限で幅がある国は平均値を表示

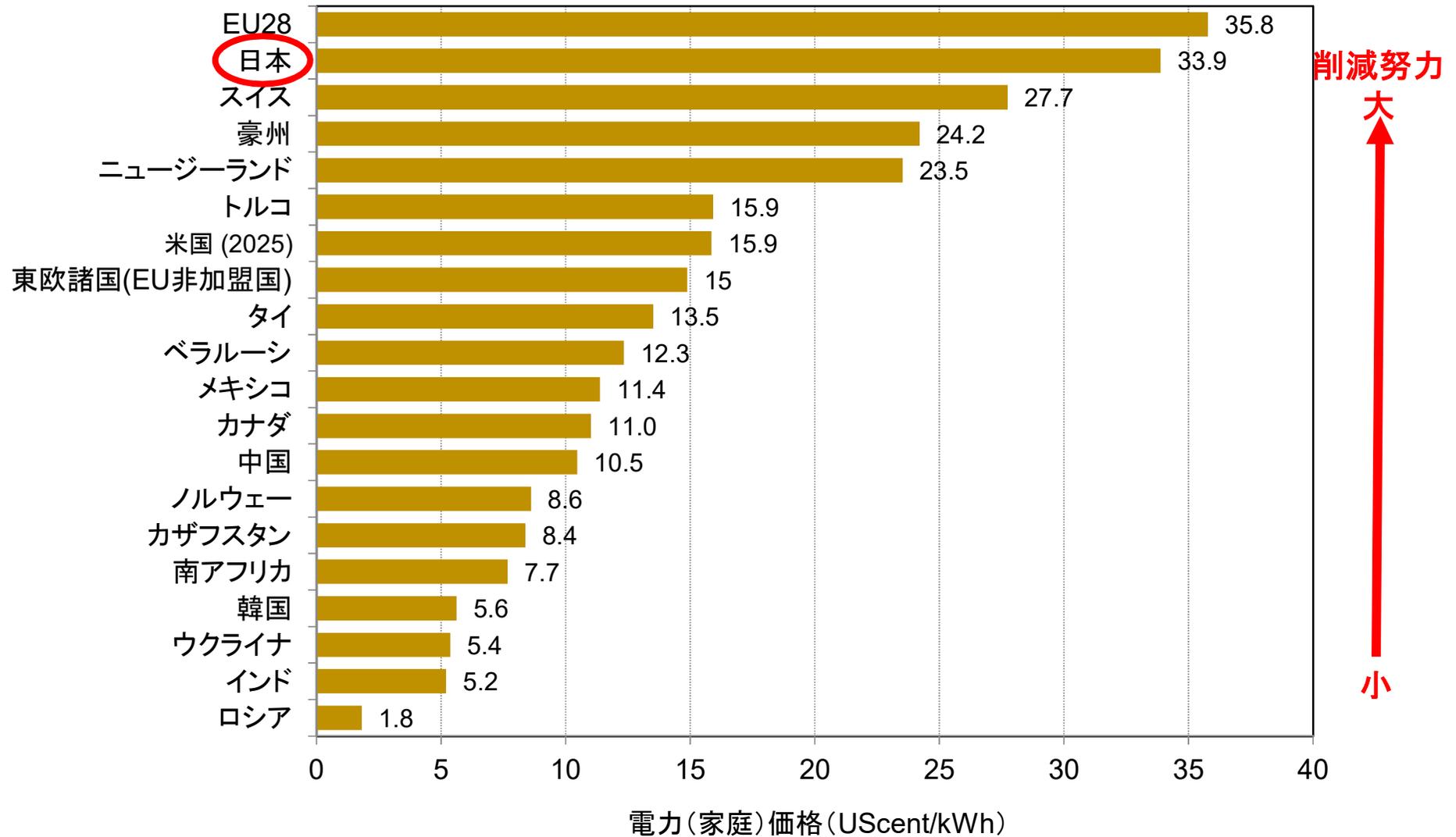
注) 指標化においては、OECD諸国もしくは附属書I国のみ本指標を適用

# CO2 原単位 (GHG/GDP) 変化率の国際比較



\* 上下限で幅がある国は平均値を表示

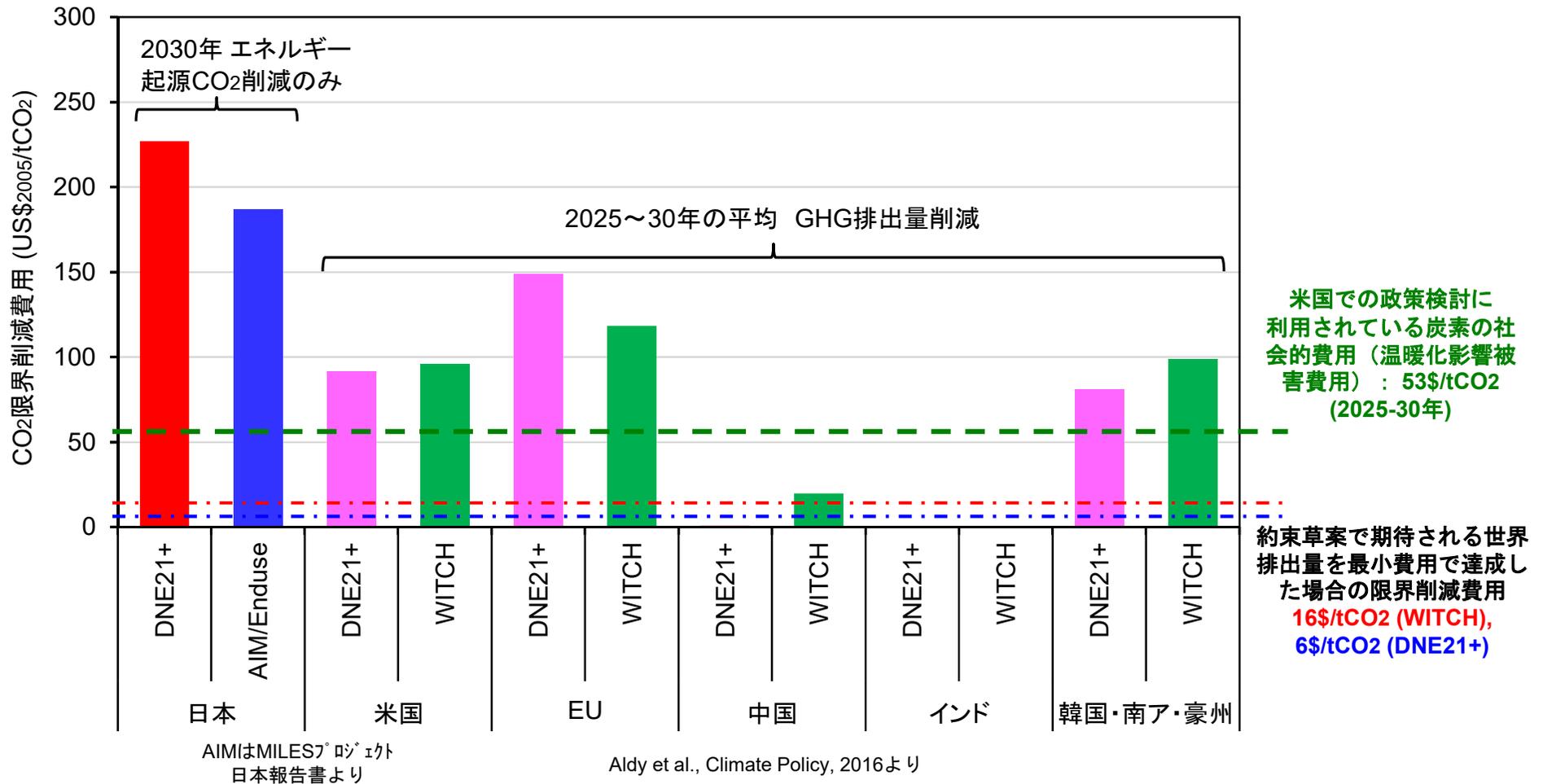
# 2次エネルギー価格(電力)の国際比較



\* 上下限で幅がある国は平均値を表示

# CO2限界削減費用推計

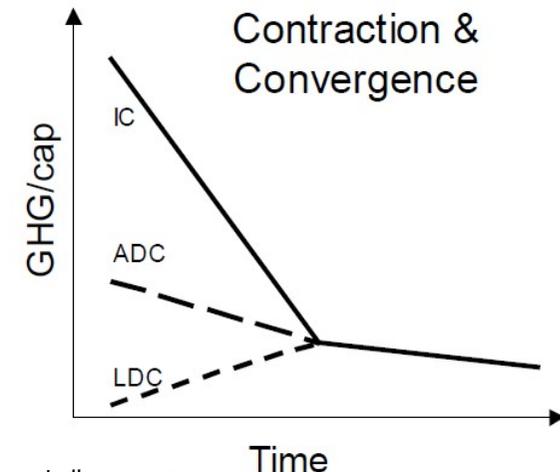
## —国環研AIM、FEEM WITCHとRITE DNE21+の比較—



- 排出削減費用の推計は難しく、国によってはモデルによって推計の幅があるものの、多くの国について比較可能な水準にある場合も多い。
- 多くのOECD諸国の約束草案のCO2限界削減費用は、約束草案で期待される世界排出量を最小費用で達成した場合の限界削減費用と比較してかなり高い水準にある。

## ◆ 一人あたり排出量均等化（Contraction & Convergence: C&C）

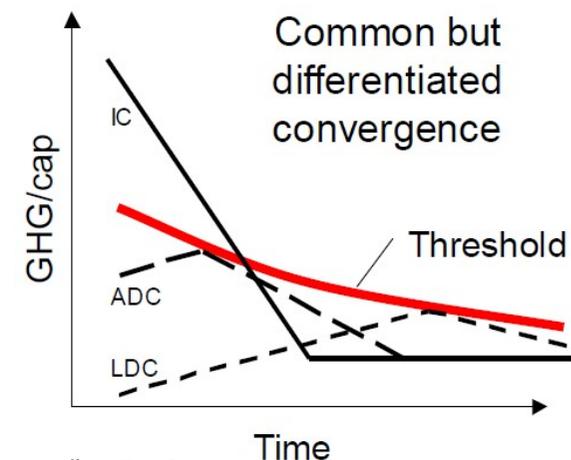
例えば2050年の総排出許容量を決め、それより一人あたり排出量が均等化するような一人あたり排出量を算出。そこに向かって現状から収斂すると仮定。それに想定する人口を掛けて各時点の国別排出許容量を算出するもの。線形に収斂すると仮定する場合が多い。しかし、何年（1990年や2010年など）から何年（2050年、2100年など。分析の事例では2050年としている場合が大部分）に向けて収斂すると想定するのかと、収斂の仕方（線形か、そうでないか）をどう想定するのか、は様々で、それにより2030年等の排出割り当ても大きく異なってくる。しかし、この想定は分析者が恣意的に想定することとなる。



出典：Ecofys

## ◆ 共通だが差異ある責任（Common but Differentiated Convergence: CDC）

先進国の過去の排出責任を重視し、これを根拠に途上国は一旦先進国よりも一人あたり排出量が大きくなることも許容するというもの。C&Cで必要な想定値に加えて、各時点の一人あたり排出量の閾値と何年までに一人あたり排出量を収斂させるのか、という想定が必要になる。しかし、この提案は、想定が必要なこれらの数値をどう想定すべきかという基準自体を提示するものではないため、その想定次第で、導かれる排出割り当てはいかようにも変わり、C&C以上に恣意性が高くなる。



出典：Ecofys

## ◆ 排出開発権均等化 (Greenhouse Development Rights: GDRs)

Responsibility Capacity Index (RCI)を定義 :  $RCI = R^a \cdot C^b$

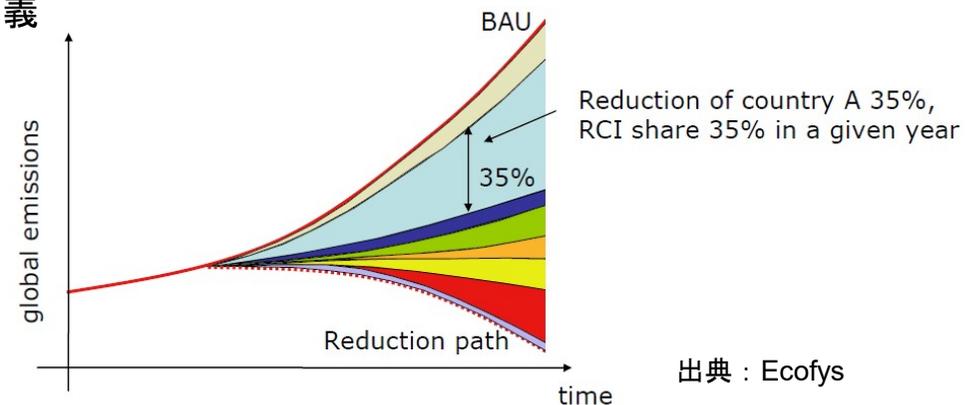
RCIに比例させて排出削減分担を決定

a=0.5, b=0.5もしくはa=0.4, b=0.6などの想定をおいて評価されている。

C: Capability。所得の分布 (gini係数を利用) から定義

R: Responsibility。一人あたり累積排出量から定義

また、排出制約の閾値として、所得が7500 \$/yrや9000\$/yr以下 (このとき排出制約無) されているケースが多い。



## ◆ マルチステージアプローチ

段階を設けて、ある国の一人あたり排出量や一人あたりGDPなどがある基準に達すると、次の段階に移るといふ枠組み。負担の能力に応じて段階的に実施しようとするもの。しかし、排出割当については一人あたり排出量均等化など、別の基準で決める必要がある。結果は、分析者の想定に大きく依拠し、恣意性が高い。

【ステージの想定例 (den Elzen & Meinshausen, 2005の例。例えばEcofys, 2013では4ステージで想定)】

Stage 1: 排出削減無し (ベースライン)

Stage 2: 原単位目標

Stage 3: 排出総量目標

Stageの移動はCapability-Responsibility index (一人あたりGDPと一人あたり排出量による) を設定し、450 ppmのケースでは、Stage1→2の閾値が3、Stage 2→3の閾値は10として分析