

地球温暖化リスクへの基本戦略

Principles of a Response Strategy to the Climate Risk

山地憲治 Kenji YAMAJI

(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)理事・研究所長

Director-General, RITE

平成28年度 ALPS国際シンポジウム

2016 ALPS Symposium

February 7, 2017

@TORANOMON Hills Forum、Tokyo

最近の我が国のエネルギー環境政策の動向

第4次エネルギー基本計画(2014年4月閣議決定)

電力・ガス システム改革

広域機関創設
(電力、2015年)

電力の小売り
全面自由化
(2016年)

ガスの小売り
全面自由化
(2017年)

送配電部門の
法的分離
(2020年)

導管部門の法的
分離
(2022年、ガス
大手3社)

総合資源エネルギー調査会

長期エネルギー需給見通し小委員会(2015年7月)



発電コスト検証WG

原子力事業環境整備検討専門WG

再生可能エネルギー導入促進関連制度改革小委員会

火力発電に係る判断基準WG



エネルギー革新戦略(2016年4月)

地球温暖化対策計画(2016年5月)
(中環審・産構審合同会議)

第5期科学技術基本計画 → エネルギー・環境イノベーション戦略(2016年4月)
(内閣府:総合科学技術・イノベーション会議)

COP21に向けた
約束草案決定
(2030年の温暖
化対策目標)



パリ協定採択
(2015年12月)



2015年12月 COP21: パリ協定の採択

2016年4月
～
2017年4月

署名開放期間

2016年4月22日

ハイレベル署名式 (NY)

署名国: 175カ国・地域
締約国: 15カ国・地域
(島嶼国等。排出量シェア0.04%)

2016年9月21日

国連事務総長主催パリ協定
早期発効促進イベント (NY)

今後必要な作業・交渉

(交渉期間: 2016年5月～第1回締約国会議
(CMA1) まで)

- ✓ 締結に向けた準備作業
- ✓ 協定実施のための詳細ルールに関する交渉

2016年11月4日 発効

(55カ国及び総排出量の55%以上が締結)

2018年 IPCC特別報告書

1.5℃気温上昇(産業革命前比)による影響とそれに関連する排出経路に関する特別報告書を提供

COP22@マラケシュ(2016年11月) ← **トランプショック(11月8日)**

2020年

パリ協定の実施開始 ※長期低排出発展戦略の提出が招請されている

パリ協定（+COP21決定）における排出削減目標

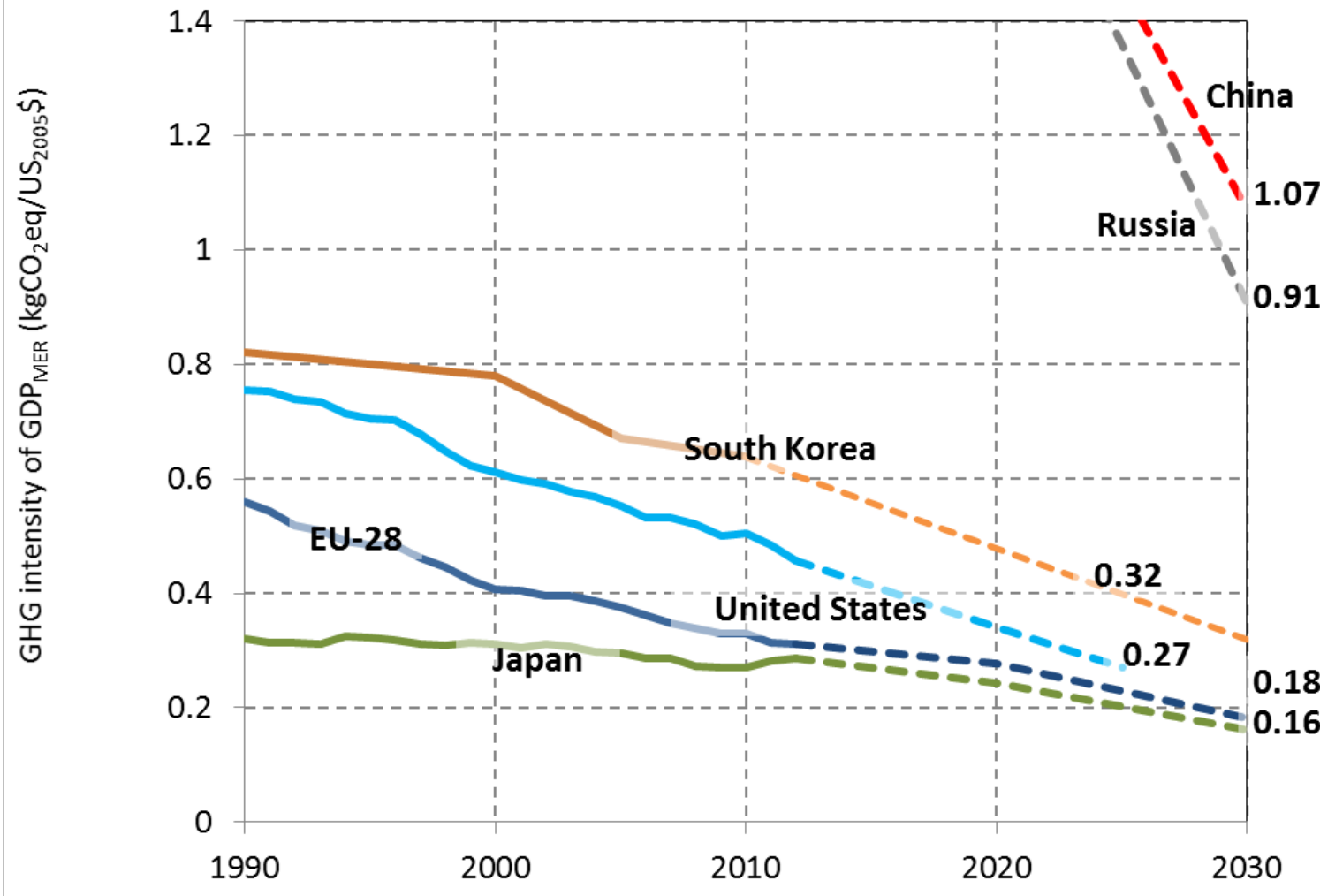
- ◆ 全球平均気温上昇を産業革命前に比べ **2℃未満に十分に抑える**。また 1.5℃に抑えるような努力を追求。（協定第2条）
- ◆ 協定第2条の長期目標を達成するため、世界の温室効果ガス排出をできる限り早期にピークにする。その後、急速に削減し、今世紀後半には、温室効果ガスについて人為的起源排出とシンクによる吸収をバランス(**グローバルネットゼロエミッション**)させる。（協定第4条1項）
- ◆ すべての国が**自主的に目標と達成方法を決め、5年ごとに提出する**（協定第4条2項、9項）。なお、目標見直しにあたっては、その時点の目標に比べて前進させるよう求めている（第4条3項）。ただし、パリ協定の中には各国の温室効果ガス削減目標は明記されていない（京都議定書とは大きく異なる点）。
- ◆ すべての国は、長期の低排出発展戦略を策定するよう努力すべき（協定第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）。
- ◆ **グローバルストックテイク**：世界全体の達成状況を把握するために、緩和、適応、支援を対象に評価。第1回を2023年に開始し、5年ごとに行う（協定第14条）。

Emissions reduction ratio from base year of NDCs for Japan and other major countries

	Emissions reduction ratio from base year		
	From 1990	From 2005	From 2013
Japan : in 2030, -26% from 2013 levels	-18.0%	-25.4%	<u>-26.0%</u>
US : in 2025, about -26 to -28% from 2005 levels	-14 to -16%	<u>-26 to -28%</u>	-18 to -21%
EU28 : in 2030, -40% from 1990 levels	<u>-40%</u>	-35%	-24%
Russia : in 2030, -25% to 30% from 1990 levels	<u>-25 to -30%</u>	+10 to +18%	—
China : in 2030, CO2 intensity of -60% to -65% from 2005 levels	+379 to +329%	+129 to +105%	—

If we take 2013 as the base year, the Japan's emission reduction target is more ambitious in the emissions reduction ratio than the US's or the EU's.

GHG intensity of GDP (MER)

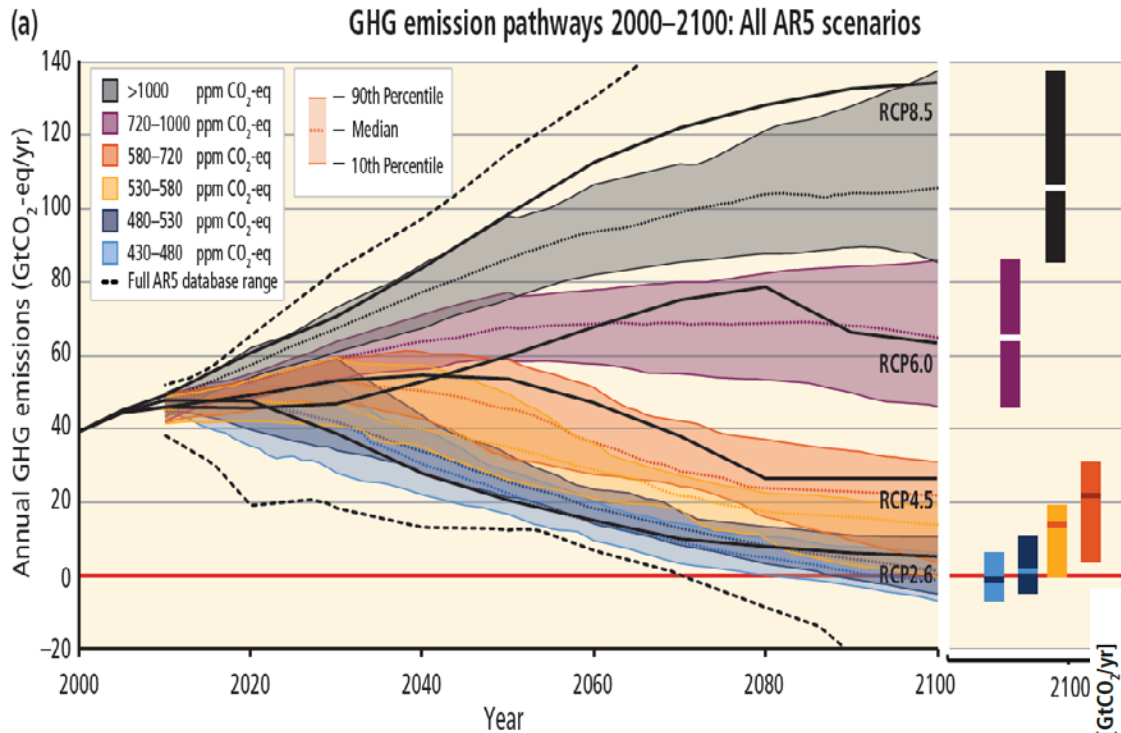


Note) The lower range of emission targets are shown for the countries submitting their INDCs with ranges.

Even from the GHG intensity, the Japan's NDC sets a more demanding target than the US or the EU.

IPCC WG3 AR5における長期排出シナリオ評価

7



出典) IPCC AR5 統合報告書

+2°C (>66%) ≡ 450 ppm CO₂eq

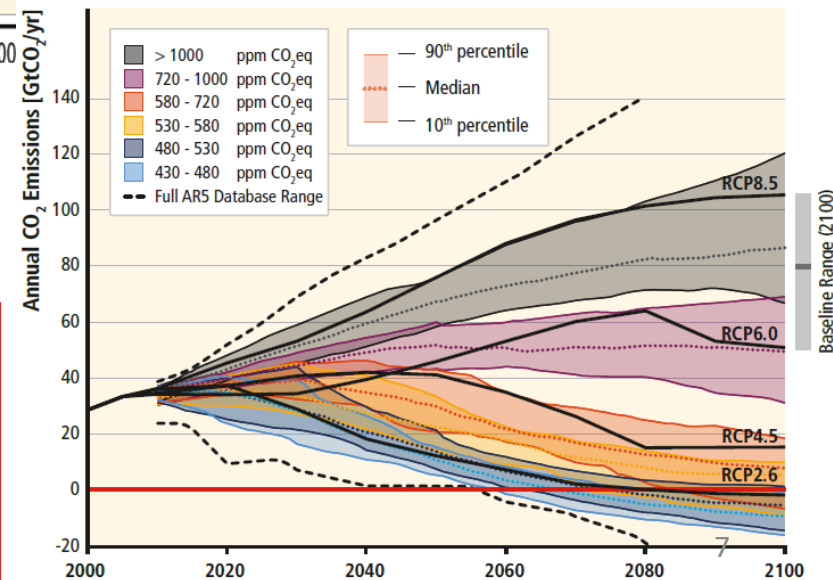
+2°C (>50%) ≡ 500 ppm CO₂eq

(いずれも2100年時点での気温、実現確率、濃度。なお、気候感度が2.0～4.5°Cがlikely、最良推定値が3.0°C程度の場合)

出典) IPCC WG3 AR5

450 ppm CO₂eq (430–480)および500 ppm CO₂eq (480–520)シナリオでは、CO₂排出量は2100年に負の排出、GHGはほぼゼロ。550 ppm CO₂eq (520–580)シナリオでは、CO₂排出量は2100年にゼロ前後、GHG排出量は0～20 GtCO₂eq/yr程度が求められる。

Total CO₂ Emissions in all AR5 Scenarios



地球温暖化リスクの構造 : Structure of the Climate Risk

- ・地球温暖化懐疑論 : Skepticism on Climate Change
科学(e.g. 太陽活動論)から政治(e.g. トランプ政権)まで
: from science (e.g. solar activity) to political arena (e.g. Trump Administration)
- ・2°C目標(地球温暖化の損害) : 2 Degree C Goal/Target(Damage of Climate Change)
- ・気候安定化への排出経路 : Pathways of Emission Reduction to Climate Stability
e.g. 気候感度の影響 : e.g. effects of climate sensitivity
- ・排出削減コスト : Cost of GHG Emissions Reduction
e.g. イノベーションの効果 : e.g. effects of innovations
- ・国際枠組みの有効性と安定性 : Functions and Stability of International Framework
e.g. 炭素漏洩と囚人のジレンマ : e.g. carbon leakage and prisoners' dilemma
- ・リスクの選択 : Risk Trade-Off
e.g. 持続可能な発展における温暖化リスク : e.g. climate risk in 17 SDGs
- ・気候正義 : Climate Justice

Social Cost of Carbon (SCC): 米国政府(USG)

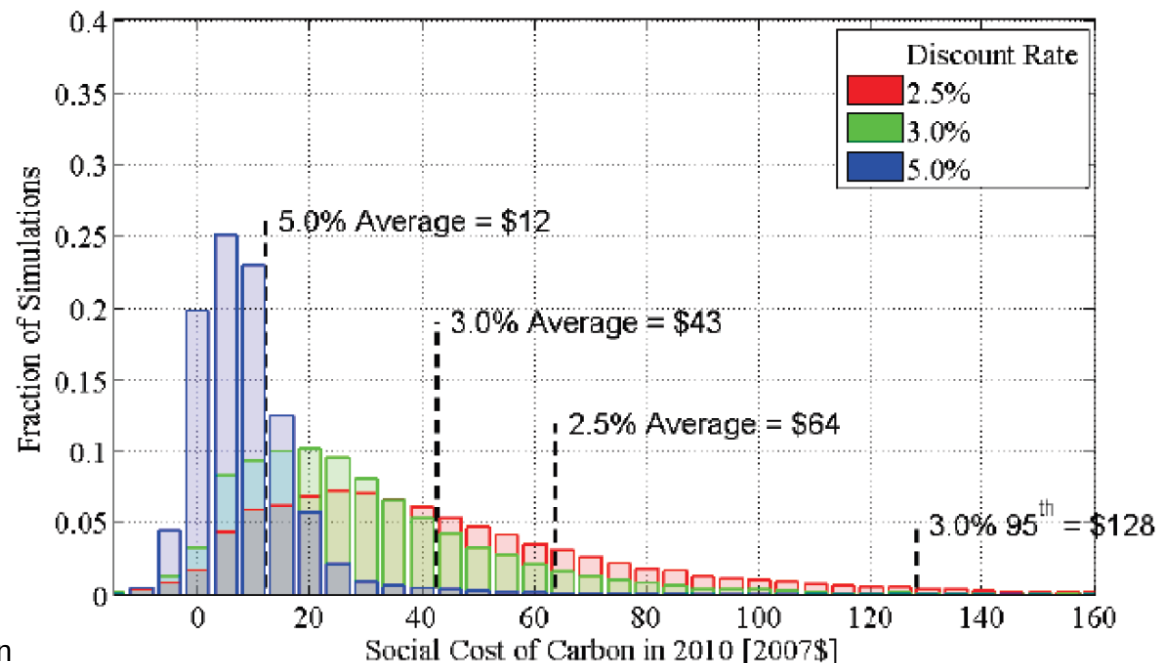
9

年 (year)	割引率 (discount rate)			
	5% (3 モデル平均)	3% (3 モデル平均)	2.5% (3 モデル平均)	3% (95 パーセンタイル値)
2010	\$11	\$32	\$51	\$89
2015	\$11	\$37	\$57	\$109
2020	\$12	\$43	\$64	\$128
2025	\$14	\$47	\$69	\$143
2030	\$16	\$52	\$75	\$159
2035	\$19	\$56	\$80	\$175
2040	\$21	\$61	\$86	\$191
2045	\$24	\$66	\$92	\$206
2050	\$26	\$71	\$97	\$220

USG(2013)による世界のSCC
推計値(2007年\$価格、\$/tCO₂)

温暖化影響被害費用(SCC)
の推計には大きな幅がある。

- DICE、PAGE、FUNDの3つのモデルを利用
- 経済成長、気候感度、割引率について複数のシナリオを想定して計算(150,000シナリオを推計)
- EPAの既設火力発電規制の費用便益評価では、3%の割引率ケースが標準で利用されている。(ただし2011年価格に換算したものを利用)



History of climate sensitivity judgment by IPCC and the sensitivity employed in the scenario assessments of the IPCC WG3 AR5

	Equilibrium climate sensitivity Likely range (“best estimate” or “most likely value”)
Before IPCC WG1 AR4	1.5–4.5°C (2.5°C)
IPCC WG1 AR4	2.0–4.5°C (3.0°C)
Global mean temperature estimations for the long-term scenarios in the IPCC WG3 AR4 (employing MAGICC)	No estimates with probability (3.0°C)
IPCC WG1 AR5	1.5–4.5°C (no consensus)
Global mean temperature estimations for the long-term scenarios in the IPCC WG3 AR5 (employing MAGICC)	2.0–4.5°C (3.0°C) [Based on the AR4]

[The related descriptions of the SPM of WG1 AR5]

Likely in the range 1.5 °C to 4.5 °C (high confidence)

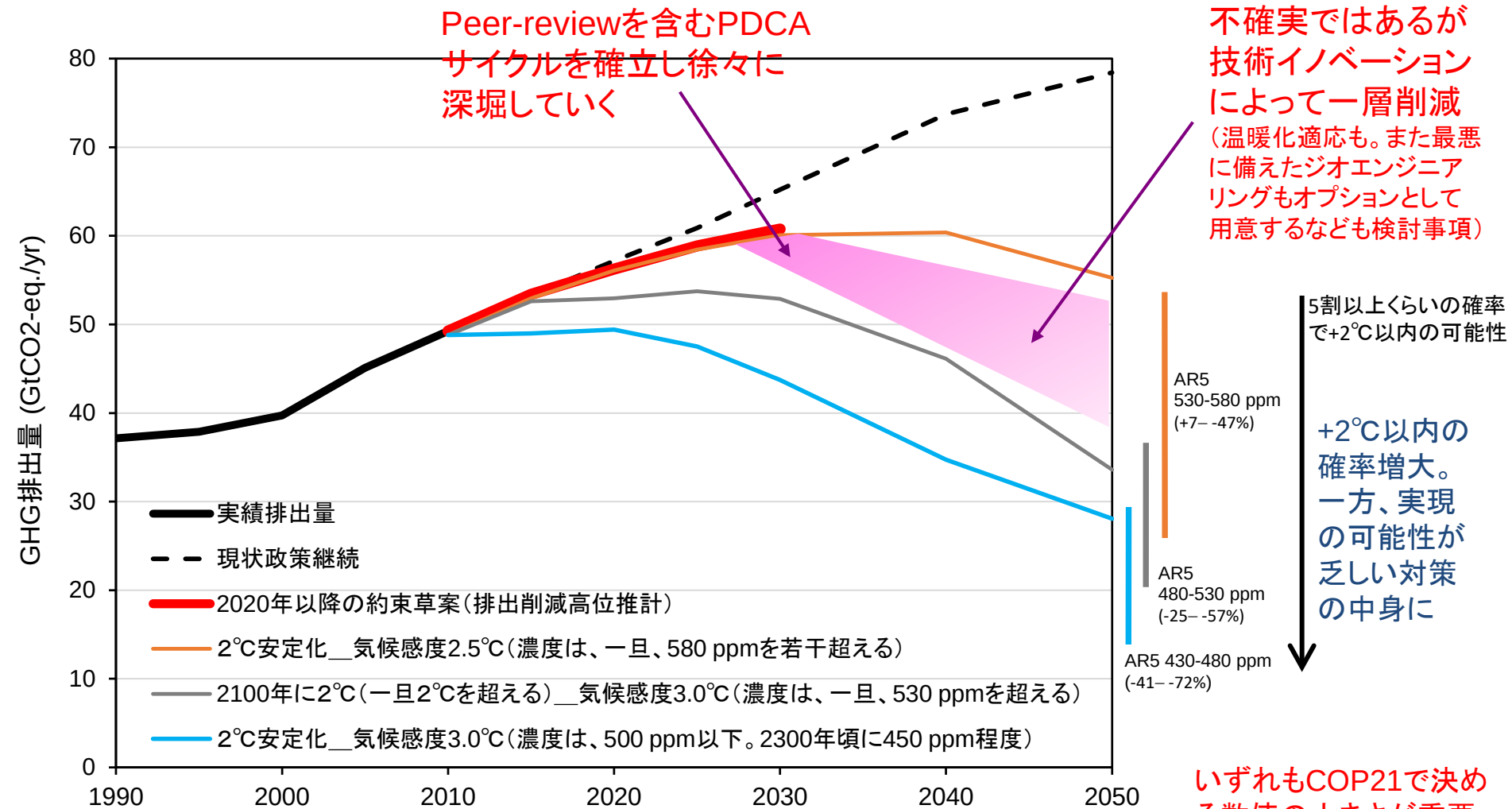
Extremely unlikely less than 1 °C (high confidence)

Very unlikely greater than 6 °C (medium confidence)

No best estimate for equilibrium climate sensitivity can now be given because of a lack of agreement on values across assessed lines of evidence and studies.

- ◆ The equilibrium climate sensitivity, which corresponds to global mean temperature increase in equilibrium when GHG concentration doubles, is still greatly uncertain.
- ◆ AR5 WG1 judged the likely range of climate sensitivity to be 1.5–4.5 °C, in which the bottom range was changed to a smaller number than that in the AR4, based not only on CIMP5 (AOGCM) results but also other study results.
- ◆ However, AR5 WG3 adopted the climate sensitivity of AR4, which has the likely range of 2.0–4.5 °C with the best estimate of 3.0 °C, for temperature rise estimates of long-term emission scenarios.

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

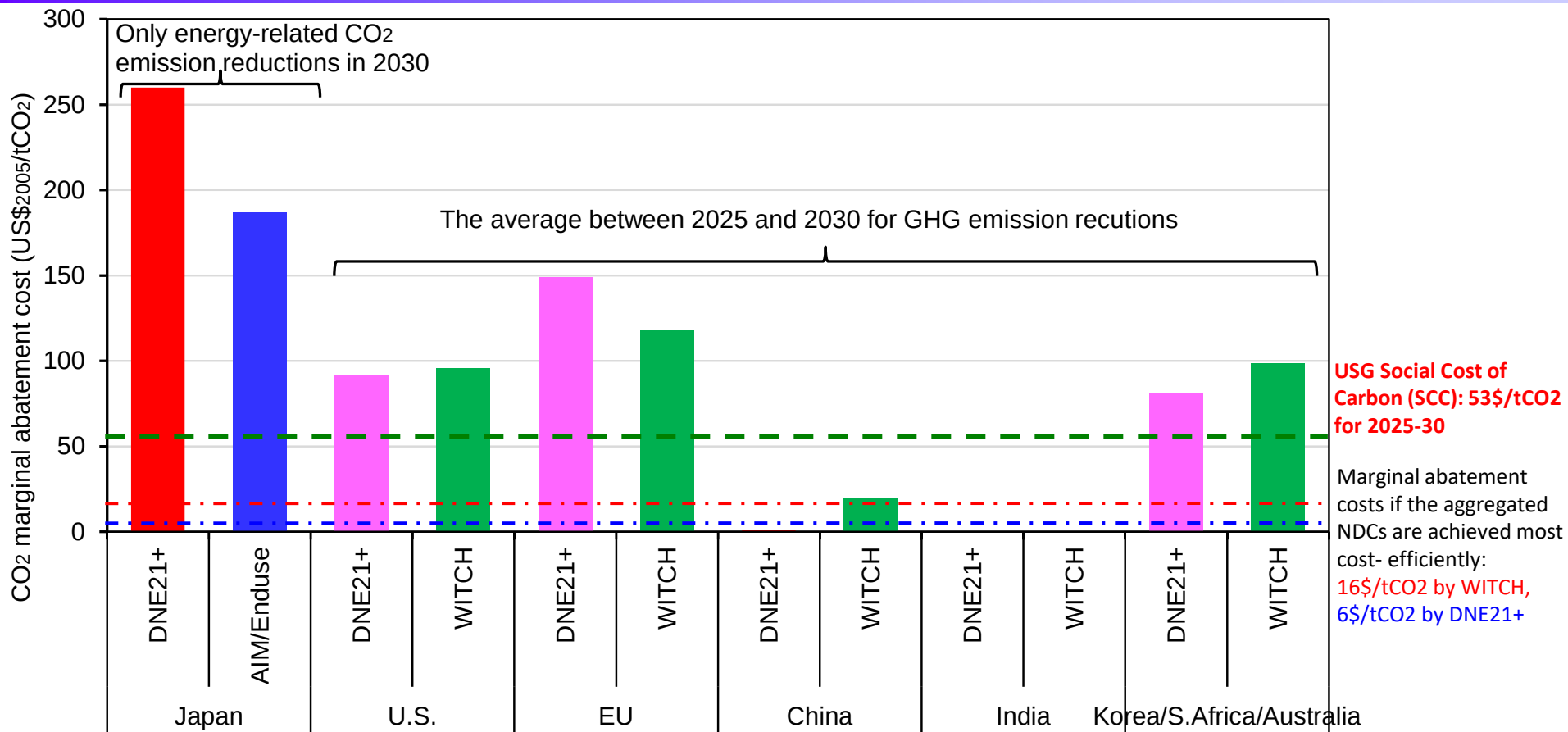


RITEによる推計。約束草案は、日、米、EU、露、中国、メキシコ、ノルウェー、スイス、カナダを考慮

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

Marginal abatement costs estimations across models (RITE DNE21+, FEEM WITCH and NIES AIM)

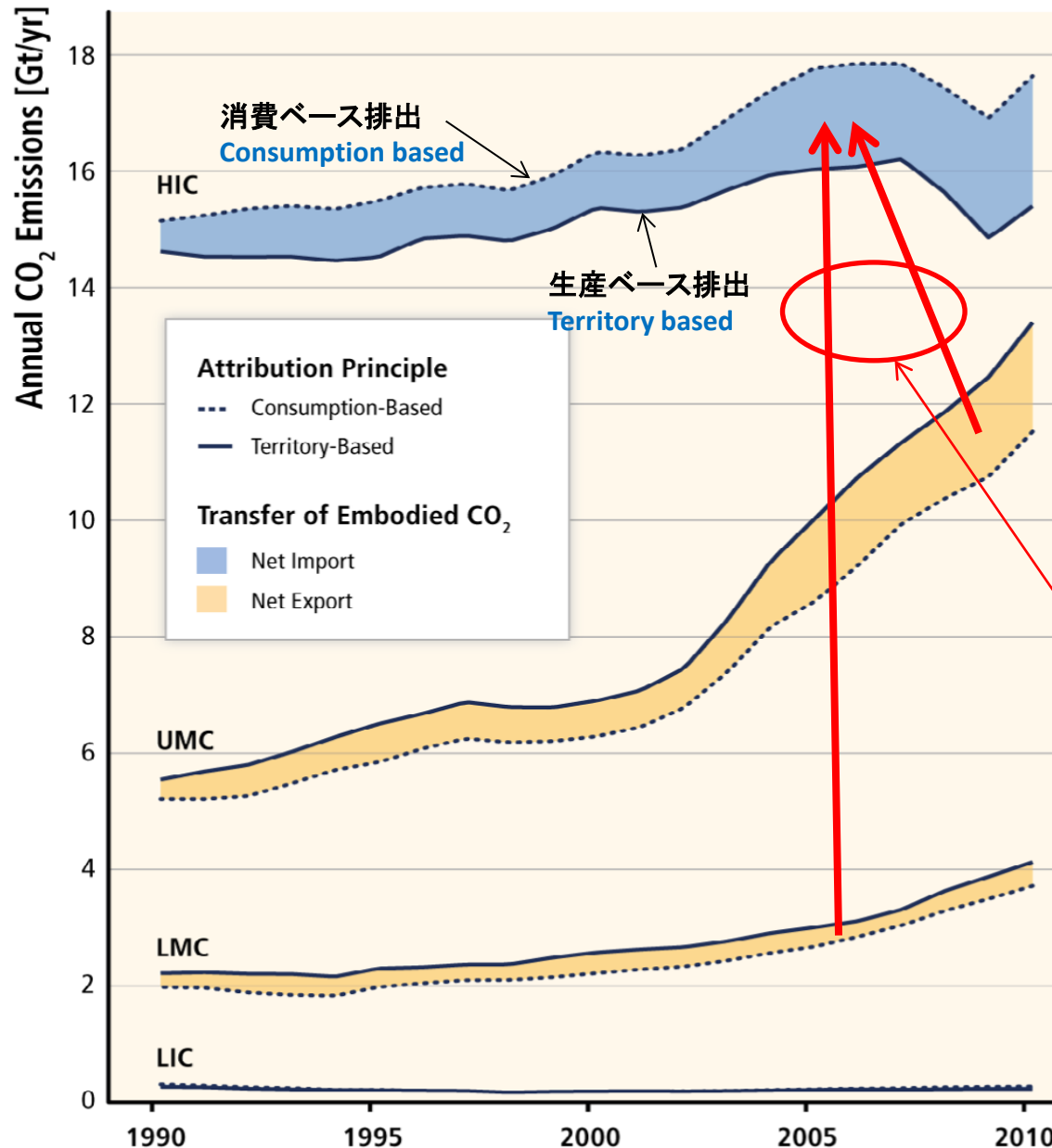


Source: B. Pizer, J. Aldy, R. Kopp, K. Akimoto, F. Sano, M. Tavoni, COP21 side-event; MILES project report for Japan

- The marginal abatement costs vary across models for some countries, but can be comparable for many countries/regions.
- The CO₂ marginal abatement costs of the NDCs of OECD countries are much higher than the marginal cost for the case that the total reductions are achieved most cost-efficiently (globally uniform marginal abatement cost).

製品に体化されたCO₂排出量の国際移動: Transfer of Embodied CO₂

Source: IPCC WG3 AR5, Figure TS.5



高所得国 (HIC)
(more than \$12,616)

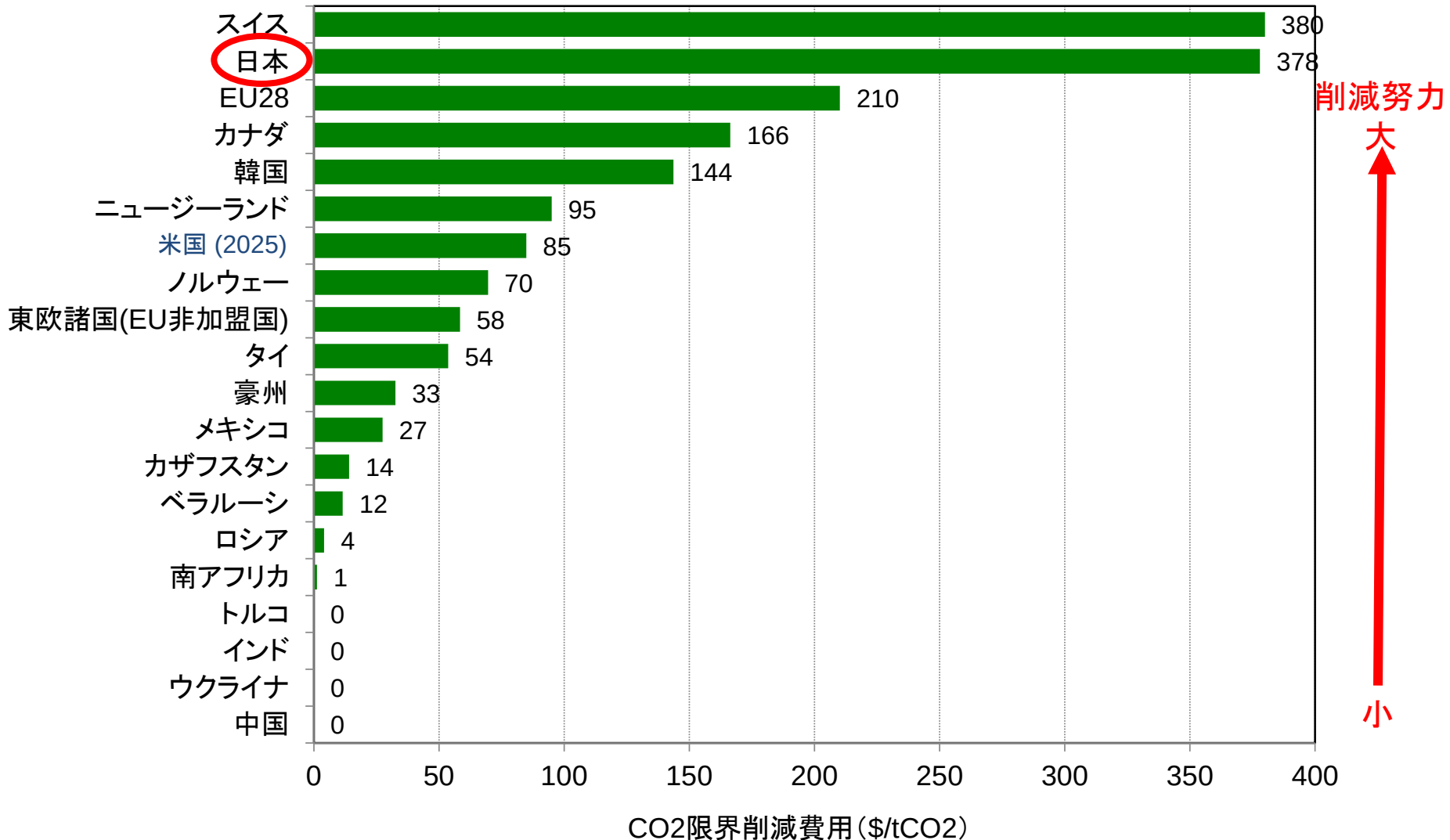
高中位所得国 (UMC)
(\$4,086 to \$12,615)
(中国、ブラジル、イラン、マレーシア、南アなど)

製品に体化されたCO₂排出移転 (逆転すれば炭素漏洩):
Transfer of Embodied CO₂ (inverse flow of carbon leakage)

低中位所得国 (LMC)
(\$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)

低所得国 (LIC)
(less than \$1,035)

2030年における約束草案のCO₂限界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

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

17 GOALS TO TRANSFORM OUR WORLD



地球温暖化リスクへの基本戦略

Principles of Responses to the Climate Risk

- 多様な選択肢 : **Diversified Response Options**
排出削減、気候変動適応からジオエンジニアリングまで
: **mitigation/adaptation + geoengineering**(緊急事態への備え)
→イノベーションの創出と国際展開 : **global deployment of innovations**
- システム全体を俯瞰する視点 : **Holistic Systems View**
ライフサイクル評価、グローバルな貢献
: **assessment of global life cycle effects of countermeasures**
- 総合的アプローチ : **Integrated Approach**
SDGsの複数のゴールの同時達成 : **co-benefits in achieving SDGs**
- 客観的な科学データの共有 : **Shared Scientific Data Base**
→世界共通リスクの認識 : **shared understanding of global risks**
- 多様な価値観の容認 : **Acceptance of Diversified Value Systems**
→国際フレームワークの維持 : **maintain international framework**

多様な対策を活用できるクリーンなエネルギー媒体(電気、水素等)の重要性

Key Role of Clean and Efficient Energy Carrier (Electricity, H₂ etc.)

電化とスマート化による大規模省エネ

Revolutionary Energy Saving through
Electrification and Digitalization of Energy

クリーンで効率的な利用ができる
エネルギー媒体(電気・水素等)

Clean and Efficient Energy Carrier
(Electricity, Hydrogen etc.)

Global Net Zero Emission には更なる工夫が必要:
BECCS(Bioenergy+CCS)、CO₂吸収増大(植林等)など

ゼロエミッション電源:

再生可能エネルギー,
原子力, 化石燃料+CCS
Carbon Free Power Source:
Renewables, Nuclear,
Fossil Fuel with CCS

ゼロエミッション燃料
(バイオマス等)

Carbon Free Fuel:
Biomass, etc.

ゼロエミッション熱源:

太陽熱、地(中)熱、未利用
熱等

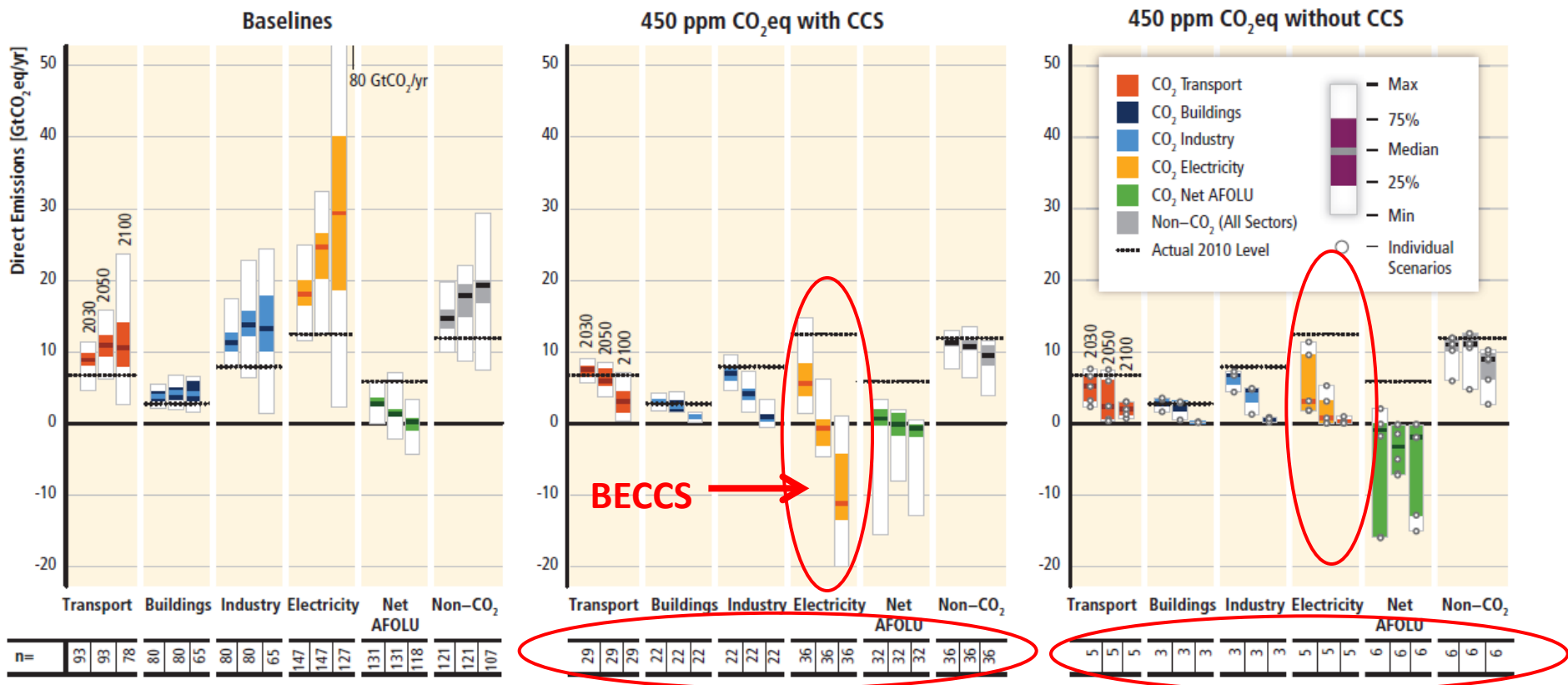
Carbon Free Heat Source:
Solar Heat, Geothermal, etc.

技術オプションの価値の評価例：CCSの場合

CCS無しでは多くのモデルでは450ppmCO₂換算濃度に到達できない(実現可能となったモデルでも、対策コストはCCSが使えるとした場合の2倍以上に増大と評価している)

Direct Sectoral CO₂ and Non-CO₂ GHG Emissions in Baseline and Mitigation Scenarios with and without CCS

Figure SPM.7



「CCS無しには、ほとんどのモデルが2100年までに450ppmCO₂換算濃度に到達できない。」(WG3 SPM 19 of 31)

「CCS無しの化石燃料発電は2100年までにはほとんど完全に消滅している。」(WG3 SPM 21 of 31)

【IPCC WG3 AR5】

2. 「エネルギー・環境イノベーション戦略（案）」の概要

I. 戦略の位置付け

○ COP21で言及された「2℃目標」の実現には、世界の温室効果ガス排出量を2050年までに240億トン程度に抑えることが必要。現在、世界全体で500億トン程度排出されている温室効果ガスは、各国の約束草案の積上げをベースに試算すると、2030年に570億トン程度と見込まれており、約300億トン超の追加削減が必要。これには、世界全体で抜本的な排出削減のイノベーションを進めることが不可欠。

○ 「超スマート社会」（Society 5.0）の到来によって、エネルギー・システム全体が最適化されることを前提に、2050年を見据え、削減ポテンシャル・インパクトが大きい有望な革新技術を特定。技術課題を抽出し、中長期的に開発を推進。

⇒ 2℃目標達成に必要な約300億トン超のCO₂削減量のうち、本戦略で数10億～100億トン超の削減を期待。

※ IEAの試算を基に、適正な技術分野において既に開発・実証が進んでいる技術の適用と合わせた数値

II. 有望分野の特定

- ①これまでの延長線の技術ではなく、非連続的でインパクトの大きい革新的な技術
- ②大規模に導入することが可能で、大きな排出削減ポテンシャルが期待できる技術
- ③実用化まで中長期を要し、且つ産学官の総力を結集すべき技術
- ④日本が先導し得る技術、日本が優位性を発揮し得る技術

エネルギーシステム統合技術

○革新技術を個別に開発・導入するだけでなく、ICTによりエネルギーの生産・流通・消費を互いにネットワーク化し、デマンドレスポンス（DR）を含めてシステム全体を最適化。AI、ビッグデータ、IoT等を活用。

システムを構成するコア技術

- 次世代パワエレ：電力損失の大幅削減と、新たなシステムの創造
- 革新的センサー：高耐環境性、超低電力、高寿命でメンテナンスフリー
- 多目的超電導：モーターや送電等への適用で、電力損失を大幅減

省エネルギー



- 1 革新的生産プロセス
- 2 超軽量・耐熱構造材料

- 高温高压プロセスの無い、革新的な素材技術
➢ 分離膜や触媒を使い、20～50%の省エネ
- 材料の軽量化・耐熱化によるエネルギー効率向上
➢ 自動車重量を半減、1800℃以上に安定適用

蓄エネルギー



- 3 次世代蓄電池
- 4 水素等製造・貯蔵・利用

- リチウム電池の限界を超える革新的蓄電池
➢ 電気自動車が、1回の充電で700km以上走行
- 水素等の効率的なエネルギーキャリアを開発
➢ CO₂を出さずに水素等製造、水素で発電

創エネルギー



- 5 次世代太陽光発電
- 6 次世代地熱発電

- 新材料・新構造の、全く新しい太陽光発電
➢ 発電効率2倍、昼夜電源並みの価格
- 現在は利用困難な新しい地熱資源を利用
➢ 地熱発電の導入可能性を数倍以上拡大

7 CO₂固定化・有効利用

- 排ガス等からCO₂を分離回収し、化学品や炭化水素燃料の原料へ転換・利用
➢ 分離回収エネルギー半減、CO₂削減量や効率の格段の向上

分野別革新技術

III. 研究開発体制の強化

1. 政府一体となった研究開発体制構築

- ・総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)が全体を統括し、関係省庁の協力を得て、一体的に本戦略を推進する体制を強化

2. 新たなシーズの創出と戦略への位置づけ

- ・先導的な研究情報の共有等により政府一体となって新たな技術シーズを創出・発掘し、戦略に柔軟に位置づけ
- ・ステージゲートを設け戦略的に推進

3. 産業界の研究開発投資を誘発

- ・政府の長期的コミットメントの明示、産業界と研究開発ビジョンを共有
- ・産学官研究体制の構築と、研究成果を切り出して事業化促進
- ・産学官が協力し国際標準化・認証体制を整備

4. 国際連携・国際共同開発の推進

- ・G7関連会合やICEF等を活用し、国際連携を主導
- ・国際共同研究開発を推進
- ・途上国、新興国への導入を見据え、国際標準化等の共同作業を模索

イノベーションで世界をリードし、気候変動対策と経済成長を両立

3つのキーワード Three Key Words

山地憲治 by Kenji YAMAJI

Decoupling: Economy $\neq$ Energy $\neq$ CO₂

- ・社会全体としてのエネルギー効率向上 (Digitalized Energy, Society 5.0, ...)
- ・低炭素エネルギーへのシフト (Low Carbon Power/Fuel/Heat, ...)
- ・エネルギーシステムの柔軟性向上 (Energy Storage (battery, etc.), ...)

Smart Integration: Energy + ICT, Supply + Demand

- ・スマートネットワークによる需要側資源の活用 (Demand Response, VPP, ...)
- ・人間の行動変化や社会インフラ整備による省エネ (Behavior Change by IT, etc.)
- ・サプライチェーン全体のマネジメント (Digital Integration of Supply Chain, etc.)

Globalization: Innovation + Contribution

- ・イノベーション (Open Innovation from Seeds to Implementation, Capacity Building)
- ・JCMなどを通じた地球温暖化対策への国際貢献 (Global Contribution through JCM)
- ・国際標準 + 国際認証 with 知財戦略 (Strategic Standardization, etc.)

ご清聴ありがとうございました

Thanks for your attention



公益財団法人 地球環境産業技術研究機構 (RITE)

Research Institute of Innovative Technology for the Earth