

2014年4月11日

**IPCC最新報告および国際的な最新のシナリオ
分析動向を踏まえた長期の温室効果ガス
排出削減パスと中期の排出削減分担の分析
(概要)**

**(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**

E-mail: sysinfo@rite.or.jp



要旨 (1/2)

IPCC第5次評価報告書が作成中。最新の動向を踏まえつつ、長期の世界の温室効果ガス排出削減パスと、2030年の国際衡平性の視点からの分析を含む中期の分析・評価を行った。

- ◆ 450 ppm CO₂-eq安定化（≒そのとき平衡気温で産業革命以前比2°C以内）シナリオは、中国等の途上国を中心としたGHG排出増に伴った世界排出量の増大により、仮に実現しようとするれば、2030年までに潜在的に増大傾向が続く世界排出量を、2010年比で50%以上も削減しなければならず、このシナリオの実現はまず不可能ということができる。
- ◆ 2°C目標は維持しつつも、2100年に2°Cとしつつ、それまでは少し2°Cを超えることも許容し、2050年もしくは2100年以降の技術革新をめざし研究開発を充実させ、そこで大幅に排出削減を行っていくオーバーシュートシナリオを目指すか、もしくは、もっと現実的に2.5°C程度の安定化（1986-2005年比で1.8°C程度の上昇での安定化）を目指すかなど、より柔軟な対応を行う必要性に迫られている。「2°C目標」が定着していて国際的に修正が容易でないならば、「産業革命以前比2°C安定化」目標を、「現状比2°C以内」目標にすることも一案ではないか。
- ◆ 2050年に必要となる世界のGHG排出削減は2010年比で2°C安定化目標の▲42%に対して、2°Cオーバーシュートシナリオでは▲30%程度、2.5°C目標では▲20%程度となり、かなり緩和される。世界排出量を1990年もしくは2005年比で半減というこれまでに主に議論されてきた目標から、世界排出量を現状比（2010年比）で2～3割削減といった目標への変更も今後の検討課題ではないか。

要旨 (2/2)

- ◆ 費用効率的な排出削減は大変重要であり、この点からも基本的には国内対策としては限界削減費用が世界で均等化するような対策を目指すべきである。一方で、衡平性の指標は様々考えられ、世界すべての国による削減努力を考えると、GDP比費用均等化を中心に目を配る必要がある。このとき2030年の日本が負うこととなる限界削減費用は、2.5°C安定化目標の場合、GDP比費用均等化では140 \$/tCO₂程度、一人当たり排出量均等化では180\$/tCO₂程度と推計された（2°Cオーバーシュートシナリオの場合は2030年頃までは許容排出量が2.5°C安定化目標よりも若干大きいため、もう少し低いCO₂限界削減費用になると考えられる）。限界削減費用均等化のときの限界削減費用は25\$/tCO₂程度であるため、できる限りこれに近い対応を日本も取りつつ、他の衡平性指標との差については、国際貢献を基本としつつ、できる範囲で国内対策の深堀を行うことが望ましいと考えられる。
- ◆ 国内対策の深堀は、経済的な影響を考えると、やはり原子力が主にならざるを得ないと考えられる。例えば、2.0°C安定化目標の場合で限界削減費用が世界で均等化のケースにおいても、原子力が2030年にゼロの場合はGDP損失は1.3%程度（年8.4兆円程度）と相当大きなものになってしまう。更にはGDP比費用均等化の場合、限界削減費用がより高い対策まで実施する必要があるが、原子力代替として比較的安価な石炭発電の利用も難しくなるため、GDP損失は3.3%程度（年21.4兆円程度）にも及ぶと推計される。

長期シナリオ分析

IPCC第4次評価報告書(2007)と 産業革命以前比2°C目標

世界排出量2050年半減目標

平衡気温

(濃度が安定化したとき、時間遅れを持って最終的に達すると推計される気温)

平衡気候感度は3.0°Cが想定

約450 ppm CO₂-eq安定化

2°C目標

Category	Radiative forcing (W/m ²)	CO ₂ concentration ^{a)} (ppm)	CO ₂ -eq concentration ^{c)} (ppm)	Global mean temperature increase above pre-industrial at equilibrium, using "best estimate" climate sensitivity ^{b), c)} (°C)	Peaking year for CO ₂ emissions ^{d)}	Change in global CO ₂ emissions in 2050 (% of 2000 emissions) ^{d)}	No. of assessed scenarios
I	2.5-3.0	350-400	445-490	2.0-2.4	2000-2015	-85 to -50	6
II	3.0-3.5	400-440	490-535	2.4-2.8	2000-2020	-60 to -30	18
III	3.5-4.0	440-485	535-590	2.8-3.2	2010-2030	-30 to +5	21
IV	4.0-5.0	485-570	590-710	3.2-4.0	2020-2060	+10 to +60	118
V	5.0-6.0	570-660	710-855	4.0-4.9	2050-2080	+25 to +85	9
VI	6.0-7.5	660-790	855-1130	4.9-6.1	2060-2090	+90 to +140	5
Total							177

○ IPCC第4次評価報告書で整理されたカテゴリ-シナリオが長期的な目標として、国際的な気候変動対応の議論において、目標として認識されるようになった。

○ これは、450 ppm CO₂-eqに濃度を安定化するもので、このとき平衡気温で産業革命以前比2°C以内となり得、このためには2000年比で世界排出量を最低でも半減しなければならない、とするものであった(ただし6シナリオのみの評価)。

2°C目標の考え方

- ◆ 450 ppm CO₂-eqに濃度安定化を行うシナリオ。この場合、平衡気温で産業革命以前比で2°Cを超えないことが期待できる。
 - IPCC第4次評価報告書のシナリオカテゴリーでは、これが前提だった。
(かつ平衡気候感度は最良推定値3°Cが前提)



- ◆ しかし、これは世界排出量の大幅な増大の中、ほぼ不可能な状況で、その後の国際的な分析等では、
 - 1) 産業革命以前比で2°C上昇を超えないシナリオ。このとき、濃度は一旦450 ppm CO₂-eqを超える
 - 2) 2°Cを一旦超えるものの、2100年頃に2°Cに戻すシナリオ。このとき、濃度は一旦450 ppm CO₂-eqを超える。しかも大きなオーバーシュートとなる。が分析されてきており、IPCC WG3の第5次評価報告書でも、このようなオーバーシュートシナリオも取り扱われると見られる。

気候感度に関するIPCCの評価の変遷

- ◆ 平衡気候感度（温室効果ガス濃度が倍増（550 ppm CO₂eq）し、その濃度で安定化したとき、最終的（数百年後）に到達する気温上昇幅）の修正

第3次評価報告書まで 1.5～4.5°C（最良推定値：2.5°C）



第4次評価報告書 2.0～4.5°C（最良推定値：3.0°C）



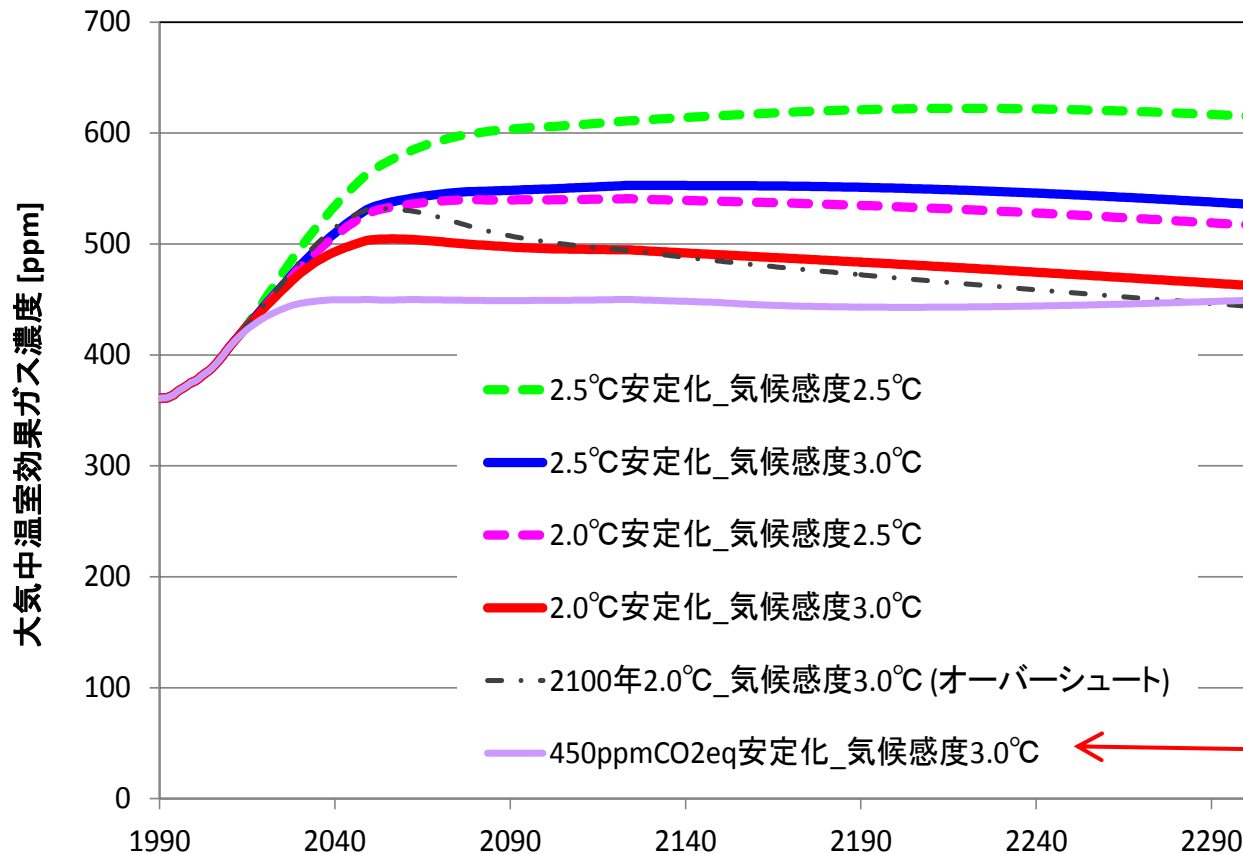
第5次評価報告書 1.5～4.5°C（最良推定値：合意なし）

1°C以下：extremely unlikely、6°C以上：very unlikely

【第4次報告書よりも下方に修正】

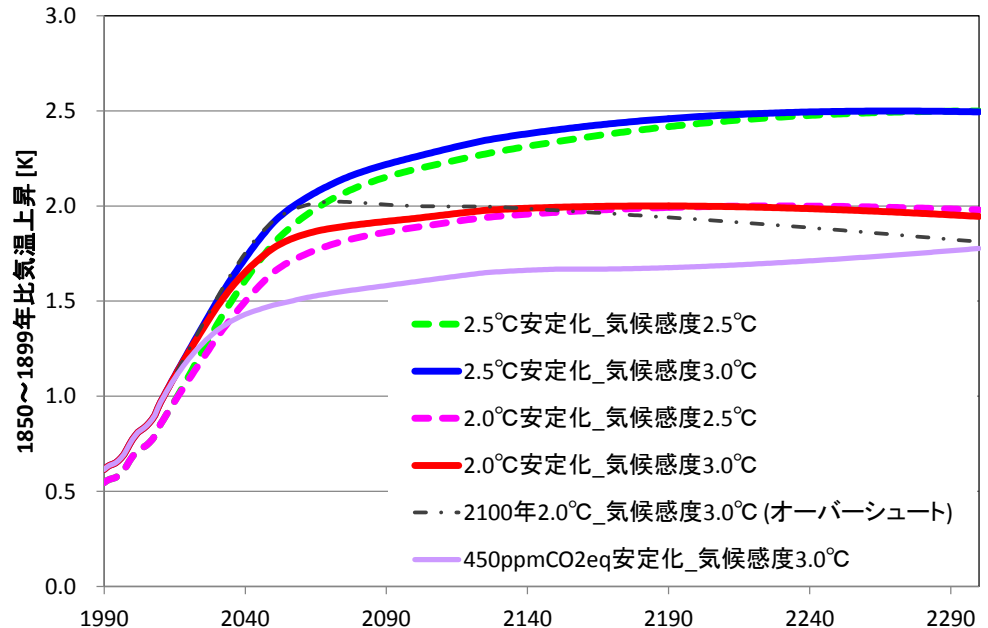
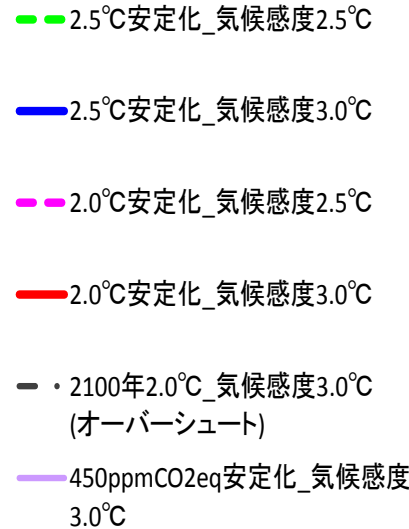
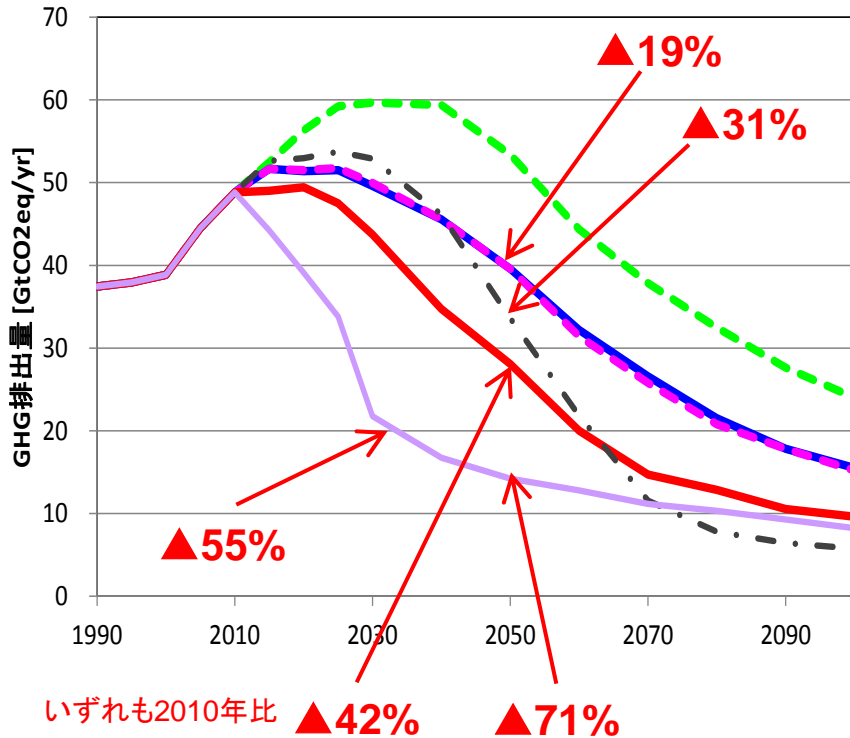
○ 本分析では、平衡気候感度を3.0°Cを中心にしながら、2.5°Cの場合についても分析を実施

大気中温室効果ガス濃度パス



- 本研究では、6種類のパスについて分析・評価を実施
- 産業革命以前比で2.0°C以内に安定化するシナリオでは、温室効果ガス濃度はオーバーシュート
- 気温のオーバーシュートを認める場合は、濃度に関する更に大きなオーバーシュートとなる。なお、本研究では2100年に2.0°Cを前提としたが、長期的に2°Cを前提とする場合でも、例えば2200年に2.0°Cに戻すなど、様々なオーバーシュートシナリオがあり得る。その際には、2050年以前の排出許容量はより大きくとることができる。

長期温室効果ガス排出・気温パス

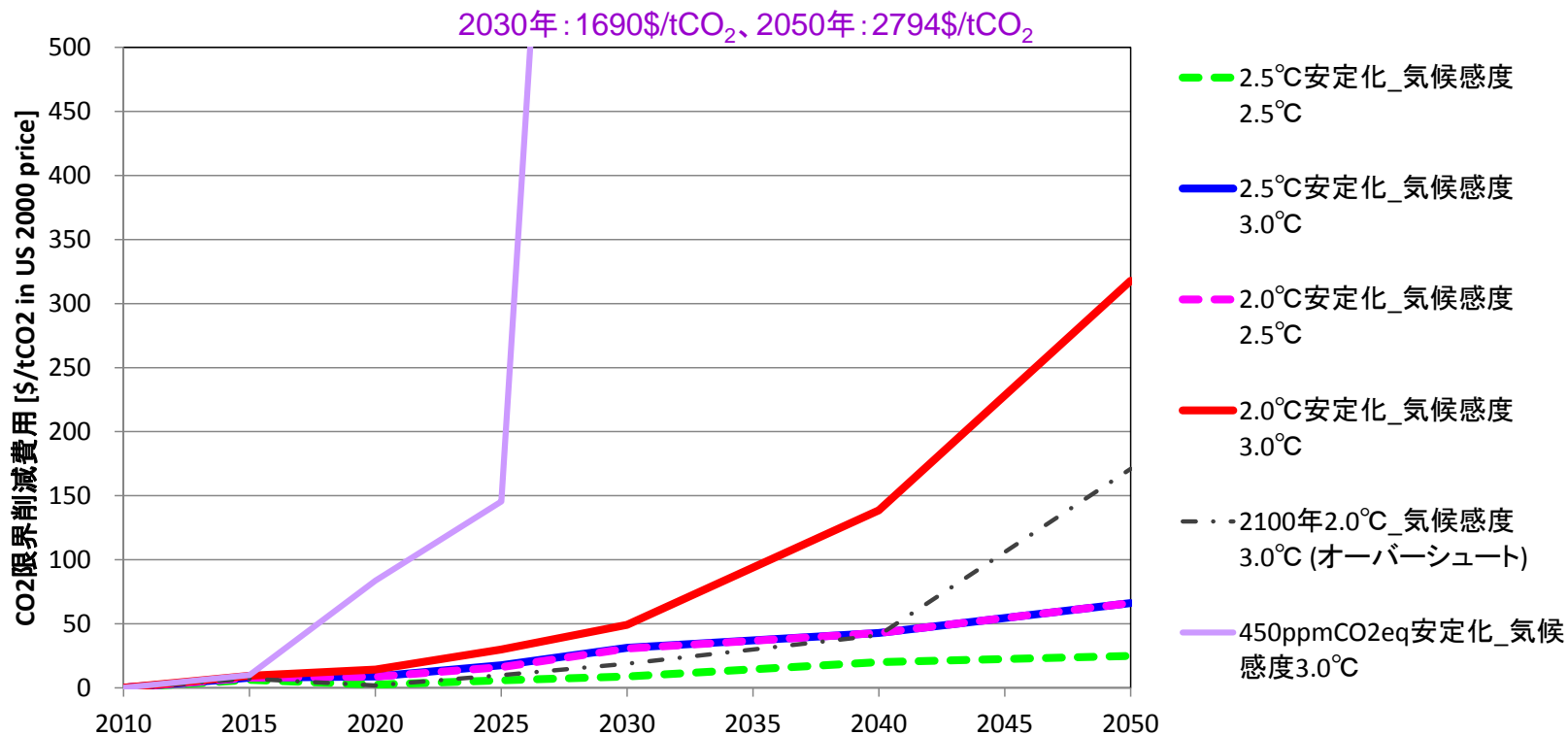


○ 450 ppm CO₂-eq安定化シナリオは全く実現不可能なレベルでの急激な排出削減が必要

○ 2.0°C安定化(気候感度3.0°C)シナリオでも増大が続く世界排出量をほぼ2010年レベルから増やすことなく、低減させることが必要で相当困難とみられる。

- 気温上昇抑制のパスは多様
- 温室効果ガス排出抑制のパスも多様
- 排出削減目標は柔軟性をもって考えるべき

CO2限界削減費用



○ 450 ppm CO₂-eq濃度安定化シナリオでは、2030年以降、世界すべての国において、1000\$/tCO₂を大きく超える限界削減費用までの対策をすべて実施する必要があり、コスト面からも実現不可能と言える。

○ 2.0°C安定化シナリオ(気候感度3.0°C)でも、2050年には300\$/tCO₂を超える対策が必要で、2030年で見ても50\$/tCO₂程度で、途上国における負担を考えるとこれも難しいと考えられる。

○ 2100年2.0°C(オーバーシュート)、2.5°C安定化シナリオ等の場合は、少なくとも2050年頃までの削減費用は、450 ppm CO₂-eqや2.0°C安定化シナリオ(気候感度3.0°C)よりもかなり小さくなる。

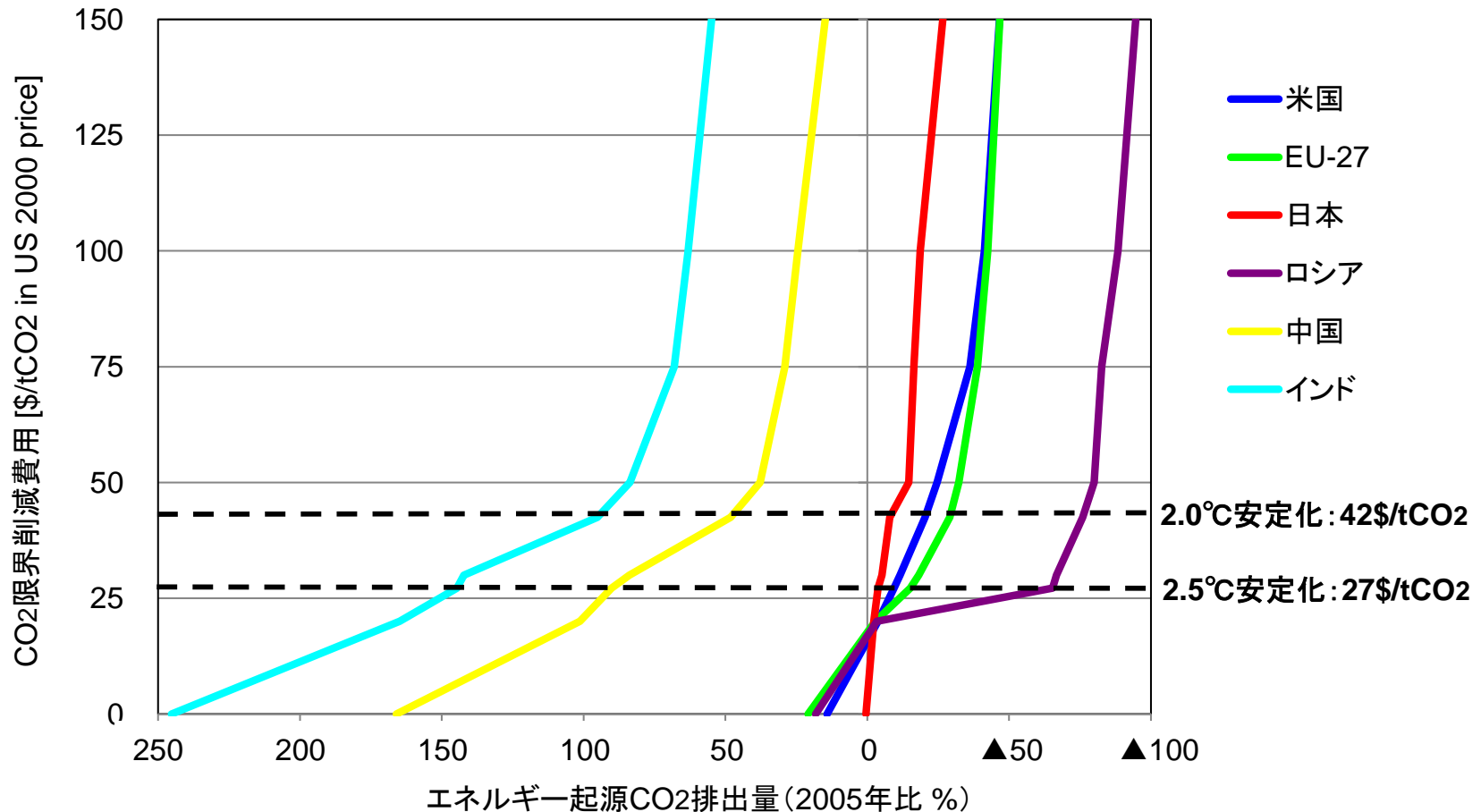
○ なお、ここで示されるCO₂限界削減費用は、各排出パスを実現するために、世界全体で最も費用効率的に排出削減を行った場合の費用であり、途上国を含むすべての国でこの限界費用までの対策をすべて実施するとした場合も費用である。現実にはそれはまず不可能であるため、それぞれの排出パスを実現しようとしたとき、より大きなCO₂限界削減費用が必要になる。(2.5°C安定化シナリオ等も容易な目標では決してなく、相当な削減努力が必要)

長期の世界排出削減シナリオの総括

	産業革命以前比の全 球平均気温上昇 (括弧内は1986 ~ 2005年比)		等価CO ₂ 濃度			2030年 GHG排 出(2010 年比)	2050年 GHG排 出(2010 年比)	CO ₂ 限界削減 費用	
	2100	2300	2100	2300	ピーク時			2030	2050
450 ppm CO ₂ -eq 安定化シナリオ	1.7°C (1.0°C)	1.8°C (1.1°C)	450 ppm	450 ppm	450 ppm	▲55%	▲71%	1690 \$/tCO ₂	2794 \$/tCO ₂
2.0°C安定化_気候 感度3.0°C	1.9°C (1.2°C)	1.9°C (1.2°C)	500 ppm	460 ppm	505 ppm (2055年)	▲10%	▲42%	49 \$/tCO ₂	318 \$/tCO ₂
2.0°C安定化_気候 感度3.0°C(オー バーシュート)	2.0°C (1.3°C)	1.8°C (1.1°C)	500 ppm	445 ppm	530 ppm (2055年)	+8%	▲31%	19 \$/tCO ₂	171 \$/tCO ₂
2.0°C安定化_気候 感度2.5°C	1.9°C (1.2°C)	2.0°C (1.3°C)	540 ppm	520 ppm	540 ppm (2125年)	+2%	▲19%	31 \$/tCO ₂	66 \$/tCO ₂
2.5°C安定化_気候 感度3.0°C	2.3°C (1.6°C)	2.5°C (1.8°C)	550 ppm	535 ppm	550 ppm (2125年)	+2%	▲19%	31 \$/tCO ₂	66 \$/tCO ₂
2.5°C安定化_気候 感度2.5°C	2.2°C (1.5°C)	2.5°C (1.8°C)	605 ppm	615 ppm	620 ppm (2220年)	+22%	+9%	9 \$/tCO ₂	25 \$/tCO ₂

中期シナリオ分析

各国の2030年におけるCO₂限界削減費用曲線

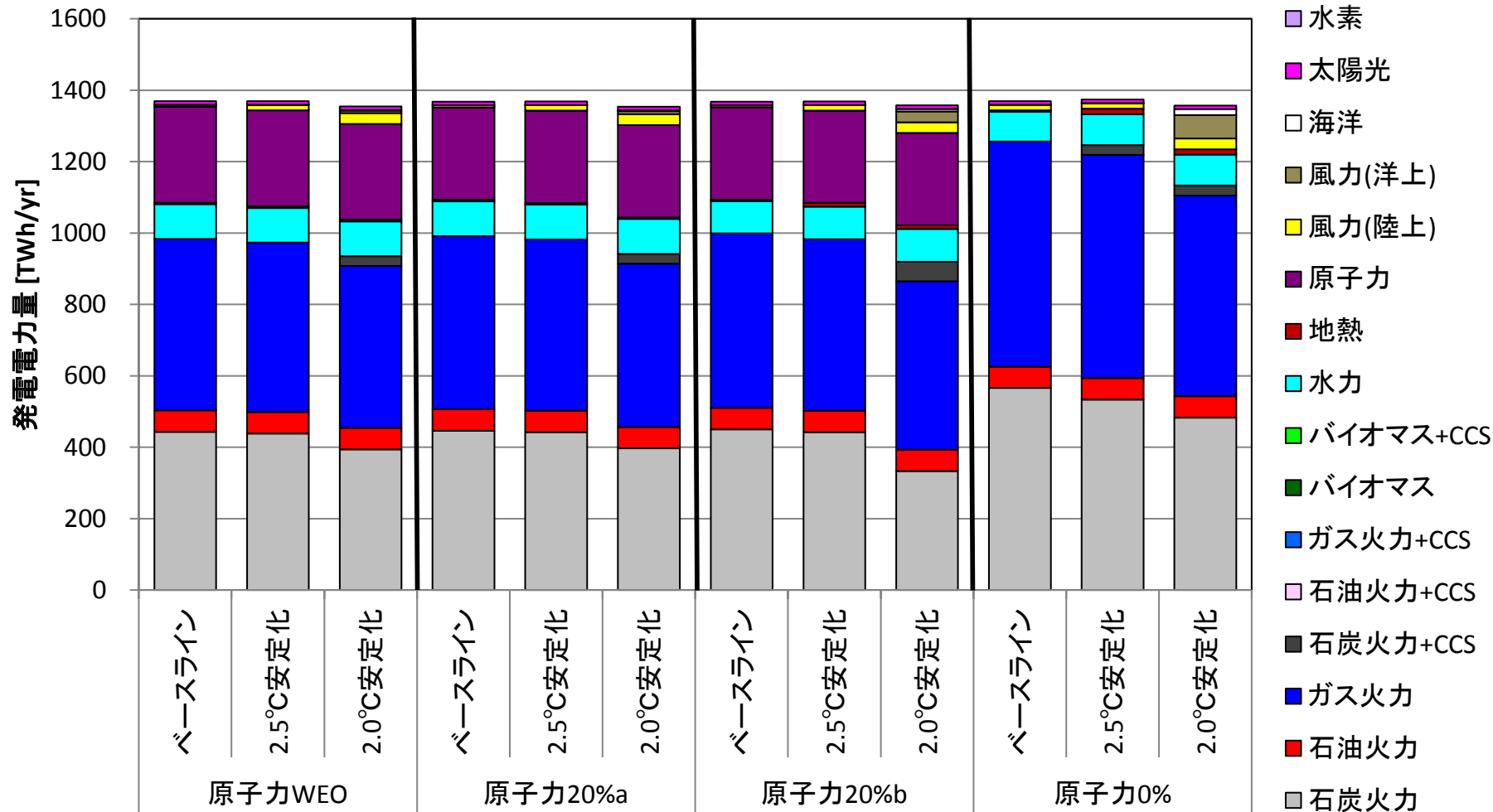


注1) 中期の分析では2030年までをモデル計算しており、一方、先に示した長期のシナリオにおけるCO₂限界削減費用推計は2050年までをモデル計算したものである。動的な効果があるため、両者で限界削減費用推計はわずかに異なる。

注2) 日本の原子力発電はIEA WEO2012の450シナリオ(2030年: 268 TWh/yr)に従うとした場合の試算値

○ 日本は省エネルギーが進展しているため、限界削減費用曲線が他国よりも急峻で、同じ排出削減率を実現しようとするれば、大きな費用が必要

各シナリオにおける日本の2030年の電源構成 (限界削減費用均等化時)



○ 2°C安定化目標のような厳しい目標でも、CO2限界削減費用均等化の場合(少なくとも国内対策としてはこれに近づけることが望ましい)には、石炭火力発電の活用などが費用効果的

2.0°C安定化シナリオ（気候感度3.0°C）時の2030年に おける主要国の排出枠、CO₂限界削減費用、GDP比費用

	ベースライン 排出量 (エ ネ起CO ₂) [05年比%]	排出枠 (エネ起CO ₂ +植林固定) [05年比%]			CO ₂ 限界削減費用 [\$/tCO ₂ in US 2000 price]		
		限界削減 費用均等 化	GDP比費用 均等化	一人当た り排出量 均等化	限界削減 費用均等 化	GDP比費用 均等化	一人当た り排出量 均等化
米国	+14	▲20	▲41	▲30	42	101	59
EU-27	+21	▲29	▲46	▲33	42	138	60
日本	+0	▲8	▲41	▲39	42	403	296
ロシア	+18	▲76	+14	▲34	42	4	23
中国	+166	+48	+55	+20	42	40	114
インド	+245	+95	+131	+100	42	33	38

注1) 日本の原子力発電はIEA WEO2012の450シナリオ(2030年:268 TWh/yr)に従うとした場合の試算値

注2) 排出枠、限界削減費用の推計は、すべての国内対策として実施するとしたときのもの

- 費用効率的な排出削減のためには、国内対策としては限界削減費用均等化が望ましい。
- 一方、すべての国が参加する枠組みの中では、国際衡平性指標としてGDP比費用均等化なども考慮されるべきである。ただし、限界削減費用均等化時の排出枠とGDP比費用均等化時などの排出枠の差は、国内で実施する必然性はなく、海外貢献等によって実施することも重要である。
- 2.0°C安定化時には、GDP比費用均等化や一人当たり排出量均等化基準による排出枠の割り当ての場合、相当大きな排出削減が求められる。

2.5°C安定化シナリオ（気候感度3.0°C）時の2030年に おける主要国の排出枠、CO₂限界削減費用、GDP比費用

	ベースライン 排出量 (エ ネ起CO ₂) [05年比%]	排出枠 (エネ起CO ₂ +植林固定) [05年比%]			CO ₂ 限界削減費用 [\$/tCO ₂ in US 2000 price]		
		限界削減 費用均等 化	GDP比費用 均等化	一人当 り排出量 均等化	限界削減 費用均等 化	GDP比費用 均等化	一人当 り排出量 均等化
米国	+14	▲9	▲24	▲25	27	49	56
EU-27	+21	▲15	▲29	▲25	27	42	37
日本	+0	▲4	▲25	▲33	27	143	180
ロシア	+18	▲65	+17	▲29	27	2	23
中国	+166	+90	+75	+39	27	33	47
インド	+245	+145	+150	+180	27	25	16

注1) 日本の原子力発電はIEA WEO2012の450シナリオ(2030年:268 TWh/yr)に従うとした場合の試算値

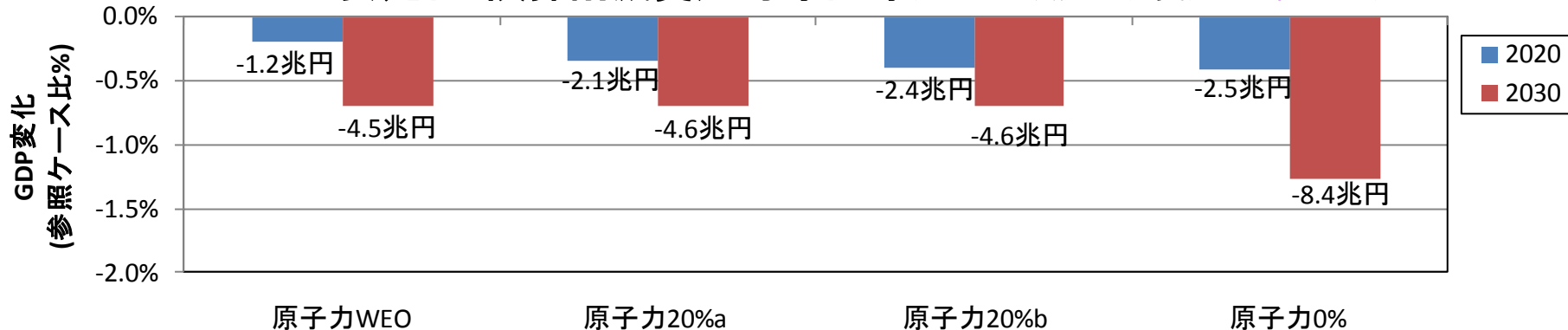
注2) 排出枠、限界削減費用の推計は、すべての国内対策として実施するとしたときのもの

○ 2.5°C安定化シナリオの下(2100年2°C(オーバーシュート)シナリオの場合もほぼ同等もしくは更に緩やかでも良い)では、特にGDP比費用均等化基準の下において、2.0°C安定化シナリオと大きな差異が生じる(2.0°C:▲41%→2.5°C:▲25%)。このとき、限界削減費用は143 \$/tCO₂程度と推計され、2.0°Cのときの403 \$/tCO₂よりも格段に小さい。

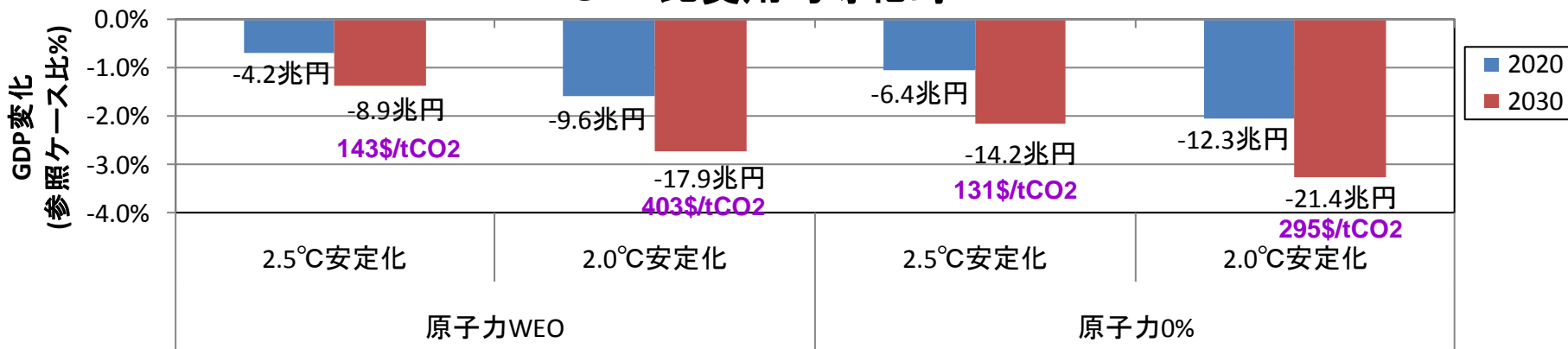
○ ただし、この場合でも、国内対策としては限界削減費用均等化の対策に近づけることが望ましい。

各シナリオにおける日本の2030年のGDP

2.0°C安定化・限界削減費用均等化時 (2030年限界削減費用: 43\$/tCO₂)



GDP比費用均等化時



- 原子力ゼロでは相当大きな経済損失が推計される。また、限界削減費用均等化に比べ、GDP比費用均等化で求められる排出削減を国内対策のみで実現しようとする場合には、大変大きな経済損失が推計される。
- GDP比費用均等化で排出枠の割り当てとしても、2.5°C安定化目標の場合でかつ原子力WEOシナリオの場合であれば、2.0°C安定化目標や原子力0%のケースに比べて、各段に経済損失が小さくなる。ただし、それでも絶対的には大きなものであるため、国内対策としては、できる限り、世界の限界削減費用均等化時の限界費用までの対策を中心に実施し、それを越える分については様々な海外貢献で実施する方向が望ましい。