

2014年4月21日

IPCC第3作業部会第5次評価報告書 のシナリオ分析との関係の解説

(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



本解説は、IPCC第3作業部会（WG3）第5次評価報告書（AR5）公表を受け、RITEで4月11日に公表した「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」について、IPCC WG3 AR5との関係を補足説明を行うことで、WG3 AR5の意味するところのより良い理解のために作成したものである。

「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」

http://www.rite.or.jp/Japanese/lab0/sysken/about-global-warming/ouyou/midandlongterm_analysis.html

はじめに

- ◆ 2014年4月12日にIPCC第3作業部会（気候変動緩和）の第5次評価報告書（AR5）が公表された。第1、2作業部会の報告書と併せての最新の知見からも、気候変動問題を軽視することなく、強く対応していかなければならないことは明確である。
- ◆ ただし、IPCCは、特定の目標や政策を推奨していることはないことには、特に注意が必要である。また、「地球温暖化の深刻な悪影響を避けるための国際目標の達成には、2050年の温暖化ガスの排出量を10年比で40～70%削減する必要がある」との新聞報道もよく見受けられるが、IPCCが「地球温暖化の深刻な悪影響」を引き起こす特定の気温レベルを特定してることではない。「産業革命以前比で2℃未満」は、IPCCが推奨していることではなく（IPCC議長などが個人の見解として語ることは過去見受けられ、それが誤解を呼ぶことはある）、あくまで政治目標である。
- ◆ 「2℃目標」は政治目標として一定の認識を持つことは重要であるが、科学的に推奨された目標ではないため、2℃目標に固執し過ぎることなく、目標レベルは柔軟に考えることが重要である。
- ◆ 本資料では、先に公表した「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」とIPCC WG3 AR5との関係を説明し、WG3 AR5の意味するところを解説する。

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)。

RITE長期排出パス推計とIPCC第5次評価報告書の 排出パスの対応関係

IPCC AR4
Category I
相当

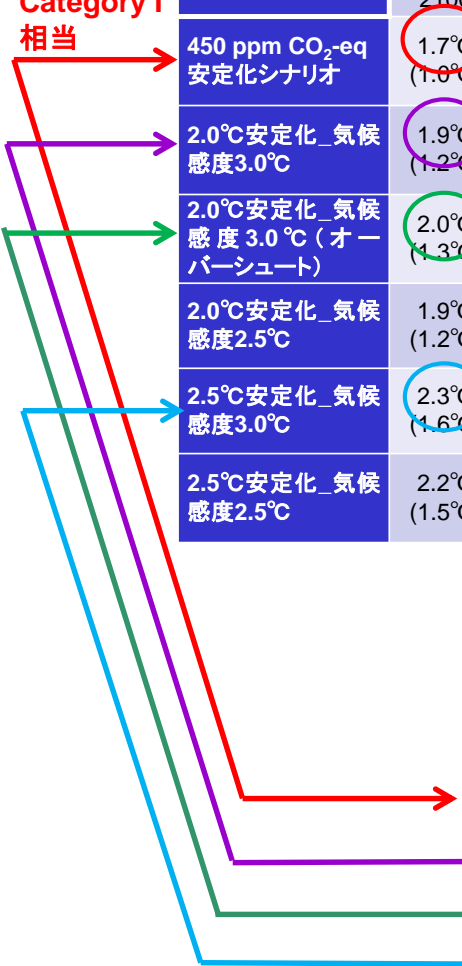
	産業革命以前比の全 球平均気温上昇 (括弧内は1986 ~ 2005年比)		等価CO ₂ 濃度			2030年 GHG排 出(2010 年比)	2050年 GHG排 出(2010 年比)	CO ₂ 限界削減 費用	
	2100	2300	2100	2300	ピーク時			2030	2050
450 ppm CO ₂ -eq 安定化シナリオ	1.7°C (1.0°C)	1.8°C (1.1°C)	450 ppm	450 ppm	450 ppm	▲55%	▲71%	1690 \$/tCO ₂	2794 \$/tCO ₂
2.0°C安定化_気候 感度3.0°C	1.9°C (1.2°C)	1.9°C (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

RITE長期排出パス推計 (2014.4.11)

2100年の気温は若干差があるものの、2100年以降、その差は縮まる。
 いずれのシナリオでも産業革命以前比2°Cは期待できる。
 実現不可能に近い450 ppm CO₂-eq安定化シナリオにのみ注目すべきではない。

IPCC WG3 AR5 Table SPM.1

CO ₂ eq Concentrations in 2100 (CO ₂ eq)	Subcategories	Relative position of the RCPs ⁵	Cumulative CO ₂ emission ³ (GtCO ₂)		Change in CO ₂ eq emissions compared to 2010 in (%) ⁴		2100 Temperature change (°C) ⁷	Ter
			2011-2050	2011-2100	2050	2100		
< 430	Only a limited number of individual model studies have explored levels below 430							
450 (430-480)	Total range ^{1,10}	RCP2.6	550-1300	630-1180	-72 to -41	-118 to -78	1.5-1.7 (1.0-2.8)	Mo th
500 (480-530)	No overshoot of 530 ppm CO ₂ eq		860-1180	960-1430	-57 to -42	-107 to -73	1.7-1.9 (1.2-2.9)	
	Overshoot of 530 ppm CO ₂ eq		1130-1530	990-1550	-55 to -25	-114 to -90	1.8-2.0 (1.2-3.3)	
550 (530-580)	No overshoot of 580 ppm CO ₂ eq		1070-1460	1240-2240	-47 to -19	-81 to -59	2.0-2.2 (1.4-3.6)	
	Overshoot of 580 ppm CO ₂ eq		1420-1750	1170-2100	-16 to 7	-183 to -86	2.1-2.3 (1.4-3.6)	
(580-650)	Total range		1260-1640	1870-2440	-38 to 24	-134 to -50	2.3-2.6 (1.5-4.2)	



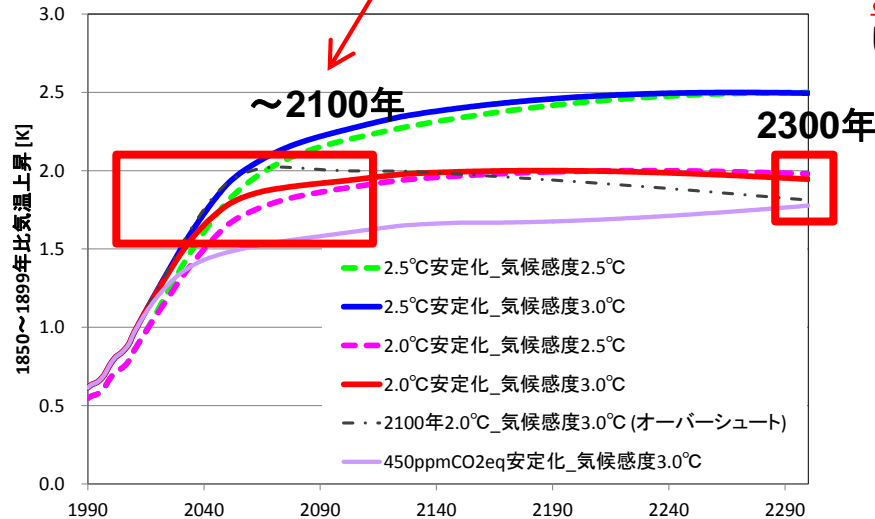
RITE長期排出パス推計とIPCC第5次評価報告書の 排出パスの関係

CO ₂ eq Concentrations in 2100 (CO ₂ eq)	Subcategories	Temperature change (relative to 1850-1900) ^{5,6}			
		2100 Temperature change (°C) ⁷	Likelihood of staying below temperature level		
			1.5°C	2.0°C	3.0°C
< 430					
450 (430-480)	Total range ^{1,10}	1.5-1.7 (1.0-2.8)	More unlikely than likely	Likely	
500 (480-530)	No overshoot of 530 ppmCO ₂ eq	1.7-1.9 (1.2-2.9)	Unlikely	More likely than not	
	Overshoot of 530 ppm CO ₂ eq	1.8-2.0 (1.2-3.3)		About as likely as not	
550 (530-580)	No overshoot of 580 ppmCO ₂ eq	2.0-2.2 (1.4-3.6)		More unlikely than likely ¹²	Likely
	Overshoot of 580 ppm CO ₂ eq	2.1-2.3 (1.4-3.6)			
(580-650)	Total range	2.3-2.6 (1.5-4.2)			
(650-720)	Total range	2.6-2.9 (1.8-4.5)	Unlikely	More likely not	
(720-1000)	Total range	3.1-3.7 (2.1-5.8)		More unli	

排出が小さいパスほど、目標とする気温レベルの達成確率は増すが、**IPCC AR5での評価は2100年断面に限ったもの**である。

500 ppmパス(特にオーバーシュートシナリオの場合)でも、排出パス次第では、2100年以降(たとえば2300年)において、目標レベル達成の確率の差異に大きな差がないようにできるパスは存在している。

IPCC WG3 AR5
Table SPM.1



RITE長期排出パス推計とIPCC第5次評価報告書の排出パスの関係

CO ₂ eq Concentrations in 2100 (CO ₂ eq)	Subcategories	Temperature change (relative to 1850–1900) ^{5,6}				
		2100 Temperature change (°C) ⁷	Likelihood of staying below temperature level over the 21 st century ⁸			
			1.5°C	2.0°C	3.0°C	4.0°C
< 430						
450 (430–480)	Total range ^{1,10}	1.5–1.7 (1.0–2.8)	More unlikely than likely	Likely		
500 (480–530)	No overshoot of 530 ppmCO ₂ eq	1.7–1.9 (1.2–2.9)	Unlikely	More likely than not	Likely	
	Overshoot of 530 ppm CO ₂ eq	1.8–2.0 (1.2–3.3)		About as likely as not		
550 (530–580)	No overshoot of 580 ppmCO ₂ eq	2.0–2.2 (1.4–3.6)		More unlikely than likely ¹²		Likely
	Overshoot of 580 ppm CO ₂ eq	2.1–2.3 (1.4–3.6)				
(580–650)	Total range	2.3–2.6 (1.5–4.2)				
(650–720)	Total range	2.6–2.9 (1.8–4.5)	Unlikely	More likely than not		
(720–1000)	Total range	3.1–3.7 (2.1–5.8)		More unlikely than likely		
>1000	Total range	4.1–4.8 (2.8–7.8)	Unlikely ¹¹	Unlikely	More unlikely than likely	

IPCC WG3 AR5
Table SPM.1

平衡気候感度（温室効果ガス濃度が倍増（産業革命以前比では約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

MAGICCの平衡気候感度に関する確率密度分布想定に記載はAR5にはなされていないが、CMIP5のTCR: 1.2～2.4°Cは、AR4の気候感度とほぼ同様とされているため、平衡気候感度はAR5の評価と整合的ではなく、むしろAR4の評価に近いもので設定されている可能性が高い。

この確率を算定するための計算においては、簡易気候変動モデルMAGICCが利用されている。この際、モデルパラメータが調整され、**過渡的気候応答** (Transient Climate Response: TCR、温室効果ガス濃度を年率1%ずつ上昇させ、濃度が2倍になったとき（約70年後に550 ppm CO₂eq）の気温上昇幅推計）は**1.2～2.6°C（中央値1.8°C）**となるように設定したとしている（Table SPM.1注）。しかし、**IPCC WG1 AR5では、1.0～2.5°Cとしており、WG1の知見よりも少し高い想定になっている。WG1の最新の知見に合致させれば、500 ppm等のパスでも、気温目標達成の実現性がより高いと評価され得る。**

2°C目標のために2050年に必要となる削減率の理解

- ◆ IPCC報告書が、「地球の気温上昇を産業革命前から2度未満に抑える国際合意を達成するには、温暖化ガスの排出を2050年に10年比40～70%減らす必要があるとした。」（新聞報道）は正しい理解ではない。
- ◆ 450 ppm CO₂-eqのシナリオのみならず、500 ppm CO₂-eqシナリオ（2°C安定化シナリオ（緩やかな濃度オーバーシュートシナリオ）や2100年2°C安定化シナリオ（気温のオーバーシュートシナリオ、強い濃度オーバーシュートシナリオ））でも、産業革命以前比2°C未満は期待できる。前者は緩やかに気温が上昇し2°Cへ、後者は早期に2°Cに近づくものの、それ以降はほとんど上昇せず。IPCC AR4以降、研究者コミュニティは、多様な排出パスを分析、評価し、それが今回の最新報告書AR5でもまとめられたと理解すべき。
- ◆ よって、最新のIPCC報告書は「地球の気温上昇を産業革命前から2度未満に抑える国際合意を達成するには、温暖化ガスの排出を2050年に10年比25～70%減らす必要があるとした。」（正確には25～72%）とする方が、より妥当な理解である。
- ◆ これは、IPCC第4次評価報告書の「2000年比50～85%削減」（2010年比では60～88%削減）と比べると緩やかなものに修正となっていることに注目すべきである。

2050年の世界排出量半減目標との関係

産業革命以前比2°C未満のための2050年の排出削減率

	第4次評価報告書 (AR4)	第5次評価報告書 (AR5)	第5次評価報告書 (AR5)
		450 ppm CO ₂ eqシナリオのみの場合	2°C目標達成の可能性 がある様々なシナリオを 含めた場合(500 ppm CO ₂ eqシナリオまで)
2000年比	50~85%削減	26~65%削減	6~65%削減
2010年比	60~88%削減	41~72%削減	25~72%削減

・AR4に従って、世界排出量半減目標が大きく議論されるようになったことを考えると、今回のAR5で更新された知見では、世界排出量半減目標を、26%削減もしくは6%削減に置き換えるということが妥当性が高いと言える。

・2010年比でとれば41~25%削減に修正というのが、今回のAR5の新知見と言える。

・IPCC WG3 AR5(注16)では、AR4から変更の理由として、排出が負になるシナリオなどを含めて、分析されたシナリオが大幅に増加したこと(AR4ではわずか6シナリオ)、濃度安定化シナリオのみならず、2100年濃度シナリオ(濃度のオーバーシュートシナリオ)も分析されるようになったこと、基準が2000年から、2010年基準に変更したことを挙げており、これは本資料での説明と合致している。

気候変動緩和費用と影響被害費用 (1/2)

IPCC WG3 AR5 Table SPM.2

	Consumption losses in cost-effective implementation scenarios			[percentage point reduction in annualized consumption growth rate]	Increase in consumption [% i c]
	[% reduction in consumption relative to baseline]				
2100 Concentration (ppm CO ₂ eq)	2030	2050	2100	2010-2100	No C
450 (430–480)	[A] 1.7 (1.0–3.7) [N: 14]	3.4 (2.1–6.2)	4.8 (2.9–11.4)	0.06 (0.04–0.14)	138 (29) [N:]
500 (480–530)	1.7 (0.6–2.1) [N: 32]	2.7 (1.5–4.2)	4.7 (2.4–10.6)	0.06 (0.03–0.13)	
550 (530–580)	0.6 (0.2–1.3) [N: 46]	1.7 (1.2–3.3)	3.8 (1.2–7.3)	0.04 (0.01–0.09)	39 (18) [N: 1]
580–650	0.3 (0–0.9) [N: 16]	1.3 (0.5–2.0)	2.3 (1.2–4.4)	0.03 (0.01–0.05)	

原則、[A]+[B]が最小となるのが望ましい。450 ppmはこれに合致しない可能性大(影響被害低減の便益に比べ緩和費用が大きすぎる)。より緩やかな目標レベルの方が望ましい可能性大

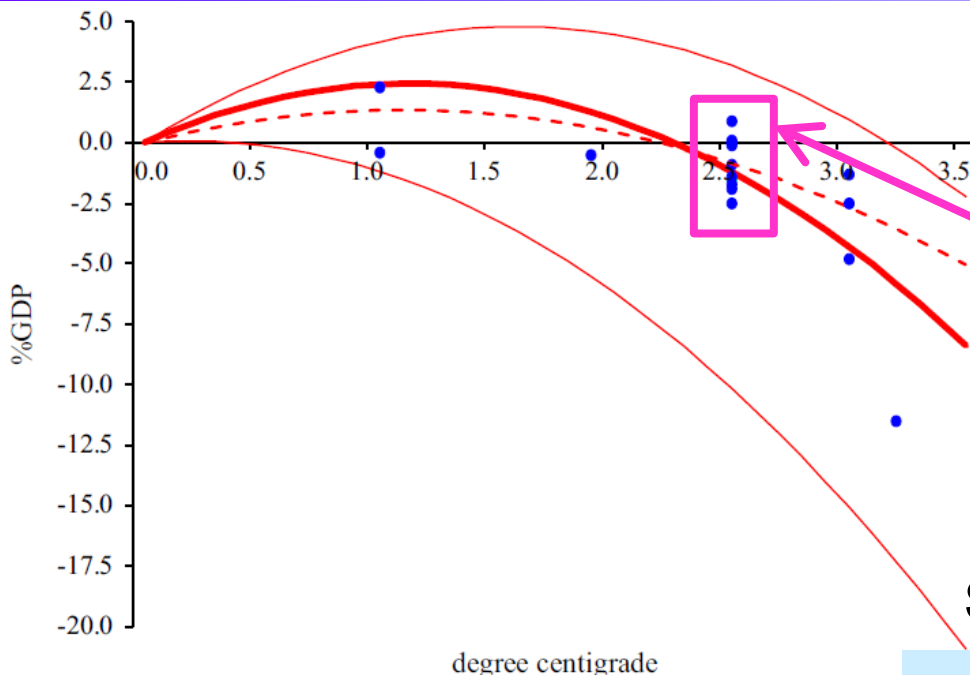
[B]

IPCC AR5に具体的な数値の記述はないが、影響被害額は 0.2~2.0%よりも小さい値 (次頁参照)

↑
IPCC WG2 AR5
「追加的に2°C上昇時: 所得の0.2~2.0%の影響被害額」
(産業革命以前比では2.5~2.8°C程度上昇時)

← おおよそこの濃度レベル相当 →

参考：気候変動影響被害推計例



R.S.J.Tol, 2013における各種影響被害推計の整理(16文献)

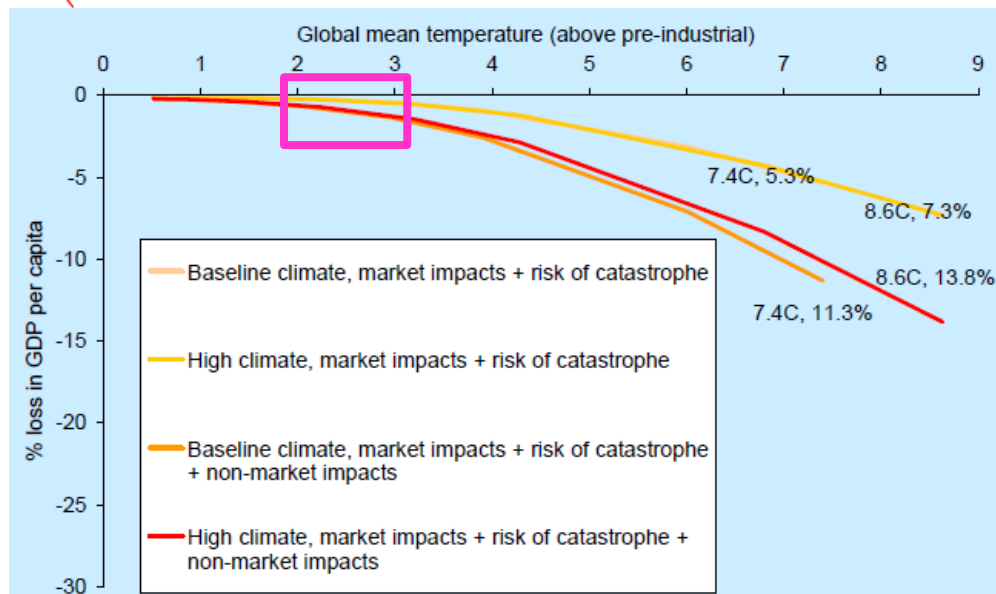
注)ただし、左図は論文掲載のものであるが、論文発表後、プロットに若干の誤りがあることが判明していることに注意されたい。

この評価結果をベースにIPCCは追加的に2°C上昇時(産業革命以前比では2.5°C程度): 0.2~2.0%の影響被害と評価

Stern Review (2006)の影響被害推計

基本的に産業革命以前比基準だが曖昧さがある

IPCC AR5では、「追加的に2°C上昇時」の数値しか記載されていないが、産業革命以前比で3°Cといったレベルを上回るような気温上昇でさえなければ、気温レベルが前後0.5°C程度変わった場合でも、緩和費用と比して、影響被害額が大きく変化することはなく、**費用便益の点から「産業革命以前比2°C未満」の正当性は見いだせない。**



気候変動緩和費用と影響被害費用 (2/2)

IPCC WG3 AR5 Table SPM.2

	Increase in total discounted mitigation costs in scenarios with limited availability of technologies [% increase in total discounted mitigation cost (2015–2100) relative to default technology assumptions]				Increase in mid- and long term mitigation costs due delayed additional mitigation up to 2030 [% increase in mitigation cost relative to immediate mitigation]			
	No CCS	Nuclear phase out	Limited Solar / Wind	Limited Bio-energy	≤55 GtCO ₂ eq		>55 GtCO ₂ eq	
2100 Concentration (ppm CO ₂ eq)					2030–2050	2050–2100	2030–2050	2050–2100
450 (430–480)	138 (29–297) [N: 4]	7 (4–18) [N: 8]	6 (2–29) [N: 8]	64 (44–78) [N: 8]	28 (14–50) [N: 34]	15 (5–59)	44 (2–78) [N: 29]	37 (16–82)
500 (480–530)								
550 (530–580)	39 (18–78) [N: 11]	13 (2–23) [N: 10]	8 (5–15) [N: 10]	18 (4–66) [N: 12]	3 (-5–16) [N: 14]	4 (-4–11)	15 (3–32) [N: 10]	16 (5–24)
580–650								

前頁に記載の緩和費用は、すべての技術が使い、すべての国が即座に限界削減費用均等となる対策を実施するとした費用最小の場合の結果であり、実際には、ここで示されているように更に高い緩和費用が必要になり得る。(例えば450 ppmシナリオでCCSが理想的に拡大できなければ、CCSが利用的に利用できるとした場合の対策費用よりも平均して+138%もコストが上昇する。)

2°C目標に関するより良い理解

- ◆ 「はじめに」で述べたように、IPCCは特定の目標や政策を推奨していることはない。「産業革命以前比2°C未満」目標は政治的な目標であり、IPCCは、この目標が必要であるとか、この目標が望ましいとしたことは一度もない。
- ◆ その上で、IPCC第5次評価報告書が提示した気候変動影響被害の費用（WG2より）と緩和策に要する費用（WG3より）から、費用と便益（被害を低減することによって得られる便益）の簡略な評価からは、少なくとも450 ppm CO₂eqシナリオの妥当性は見いだせず、より高い濃度レベル（500 ppmや550 ppmなど）の方が、影響被害費用を含めて考えても、総合的な費用が安価に済む可能性が強く示唆されている。
- ◆ したがって、「産業革命以前比2°C未満」目標に拘ることなく、より柔軟に長期の目標をとらえ、緩和費用の効率性を踏まえながら、革新的な技術開発も含めて、継続できる対応策をとっていくことが重要と考えられる。