

IPCC WG3 シンポジウム

2014年9月8日

---

# 排出経路、排出削減費用および 経済影響

---

(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

東京大学大学院総合文化研究科客員教授

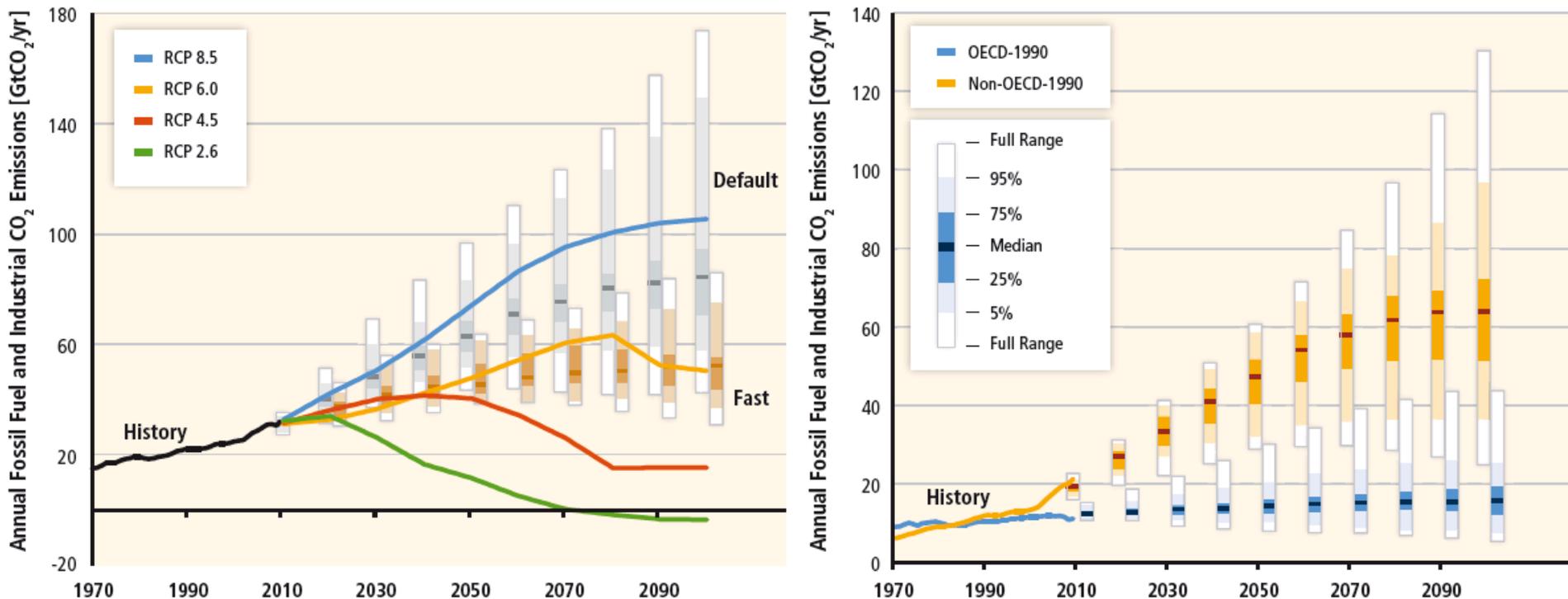
IPCC WG3 AR5 第6章LA



# 長期排出経路

# ベースラインの排出見通し

Figure 6.4



- ベースラインのCO<sub>2</sub>排出は2100年に800億トン程度で現在から2倍以上というのが主要な見通し(RCP8.5よりも小さく、RCP6.0よりも大きい。RCP: Representative Concentration Pathway)
- OECD1990(1990年時点のOECD加盟国)はほぼ横ばいから微増、Non-OECD1990は今後も大幅な排出増大が見込まれる。Non-OECDを含めたすべての国による排出削減努力が不可欠

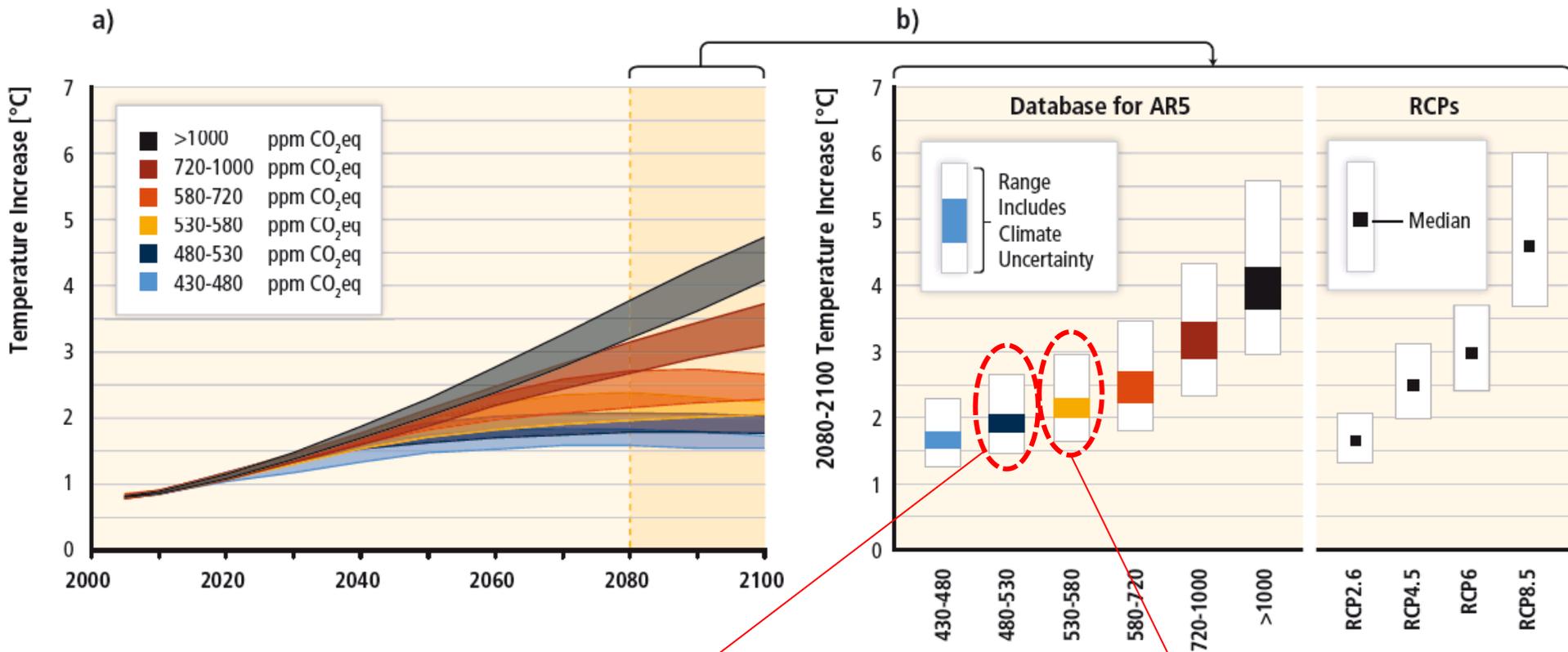
# 長期の世界排出削減シナリオの整理

## (AR5 Table SPM.1, Table 6.3より一部加工)

2100年の等価CO2濃度カテゴリ (ppm CO2eq)	サブカテゴリー	RCPとの対応関係	2050年世界排出(2010年比)	2100年気温(°C、1850-1900年比)	21世紀中に当該気温(1850-1900年比)を超える確率		
					1.5°C	2.0°C	3.0°C
<430	極めて限定的な数の分析報告しか存在しない(AR5シナリオデータベースへの登録はなし)						
450 (430-480)	—	RCP2.6	-72~-41%	1.5~1.7°C (1.0~2.8)	49-86%	12-37%	1-3%
500 (480-530)	530 ppm CO2eqを超えない		-57~-42%	1.7~1.9°C (1.2~2.9)	80-87%	32-40%	3-4%
	2100年までの間に530 ppm CO2eqを一旦超える		-55~-25%	1.8~2.0°C (1.2~3.3)	88-96%	39-61%	4-10%
550 (530-580)	580 ppm CO2eqを超えない		-47~-19%	2.0~2.2°C (1.4~3.6)	93-95%	54-70%	8-13%
	2100年までの間に580 ppm CO2eqを一旦超える		-16~+7%	2.1~2.3°C (1.4~3.6)	95-99%	66-84%	8-19%
(580-650)	—	RCP4.5	-38~+24%	2.3~2.6°C (1.5~4.2)	96-100%	74-93%	14-35%
(650-720)	—		-11~+17%	2.6~2.9°C (1.8~4.5)	99-100%	88-95%	26-43%
(720-1000)	—	RCP6.0	+18~+54%	3.1~3.7°C (2.1~5.8)	100-100%	97-100%	55-83%
>1000	—	RCP8.5	+52~+95%	4.1~4.8°C (2.8~7.8)	100-100%	100-100%	92-98%

# 各シナリオカテゴリーの気温上昇推計

Figure 6.13

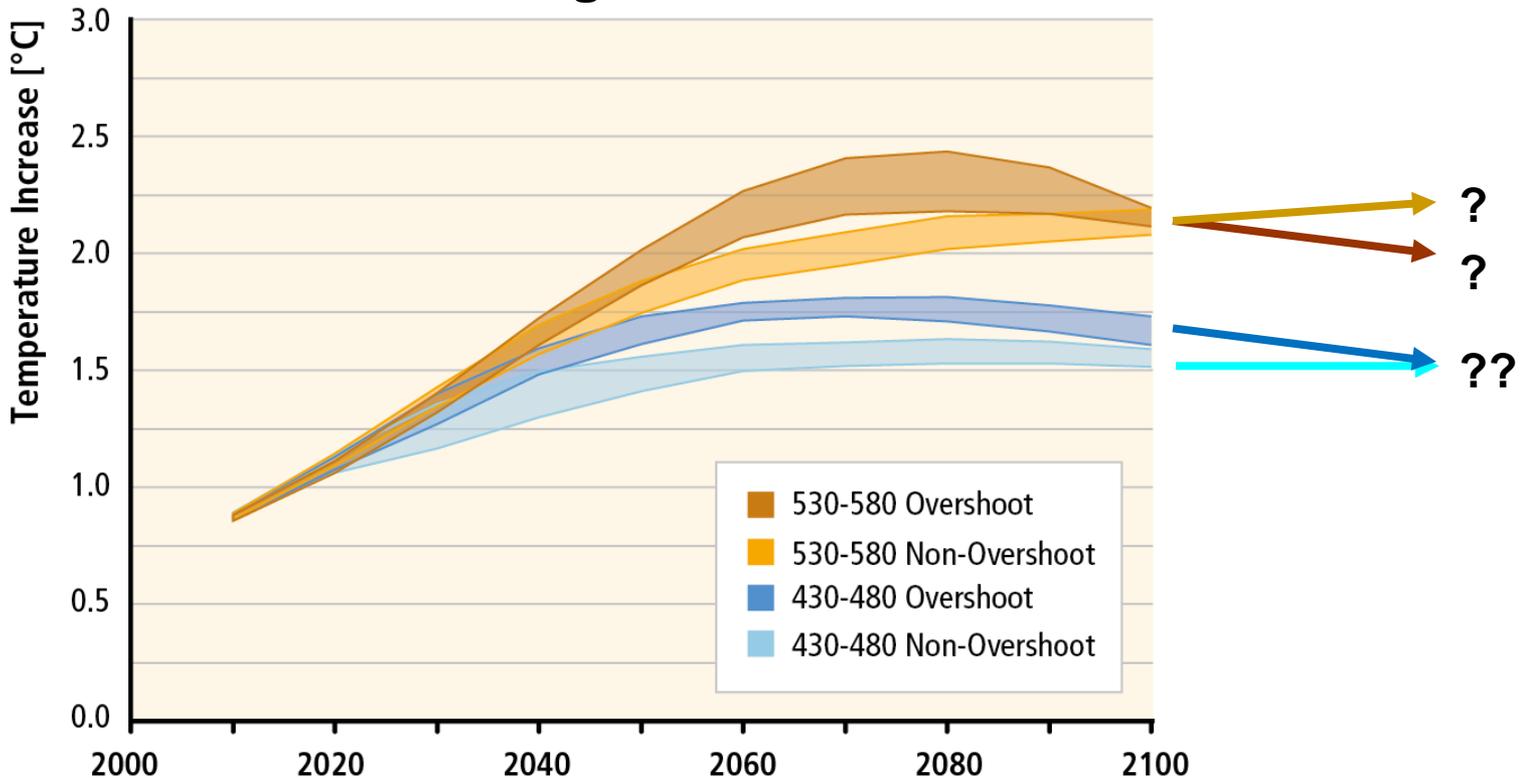


430-480 ppm CO<sub>2</sub>eqとなるシナリオのみならず、480-530 ppm CO<sub>2</sub>eqのシナリオにおいても、産業革命以前比2°C以内について50%以上の達成確率があると推計されている。

気候感度の幅は広く、この濃度レベルでも+2°Cに収まる可能性も相応な確率である。ただし、上振れの可能性も。

# 気温のオーバーシュートシナリオ

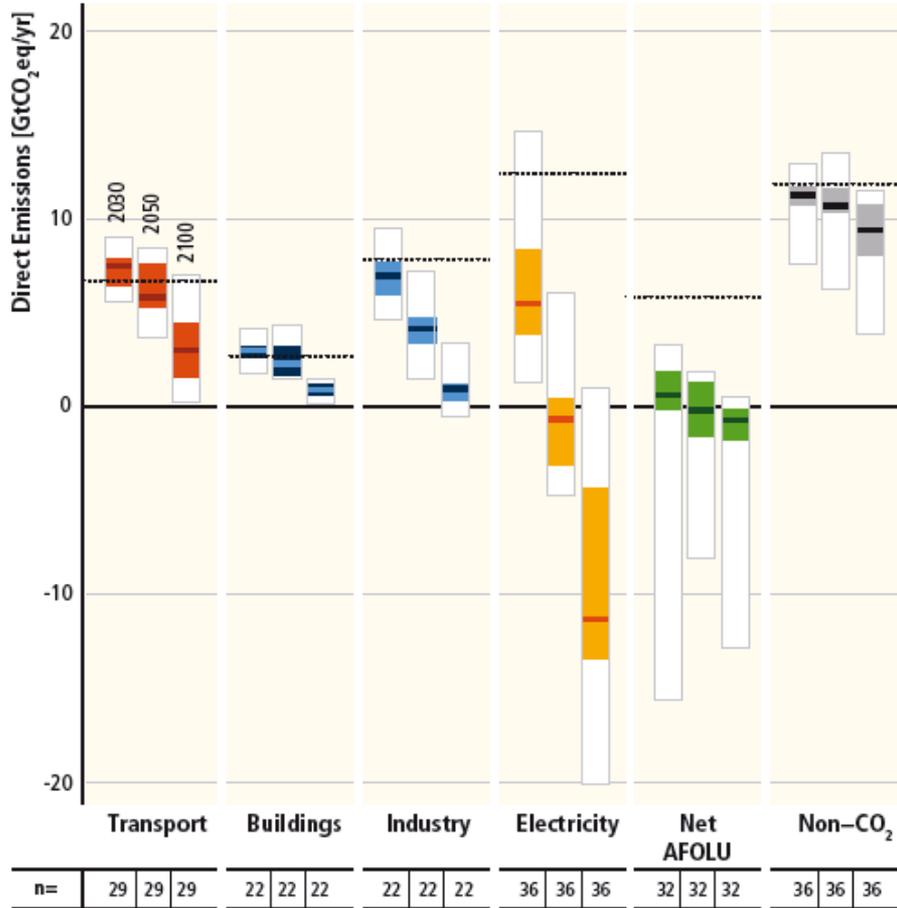
Figure 6.13



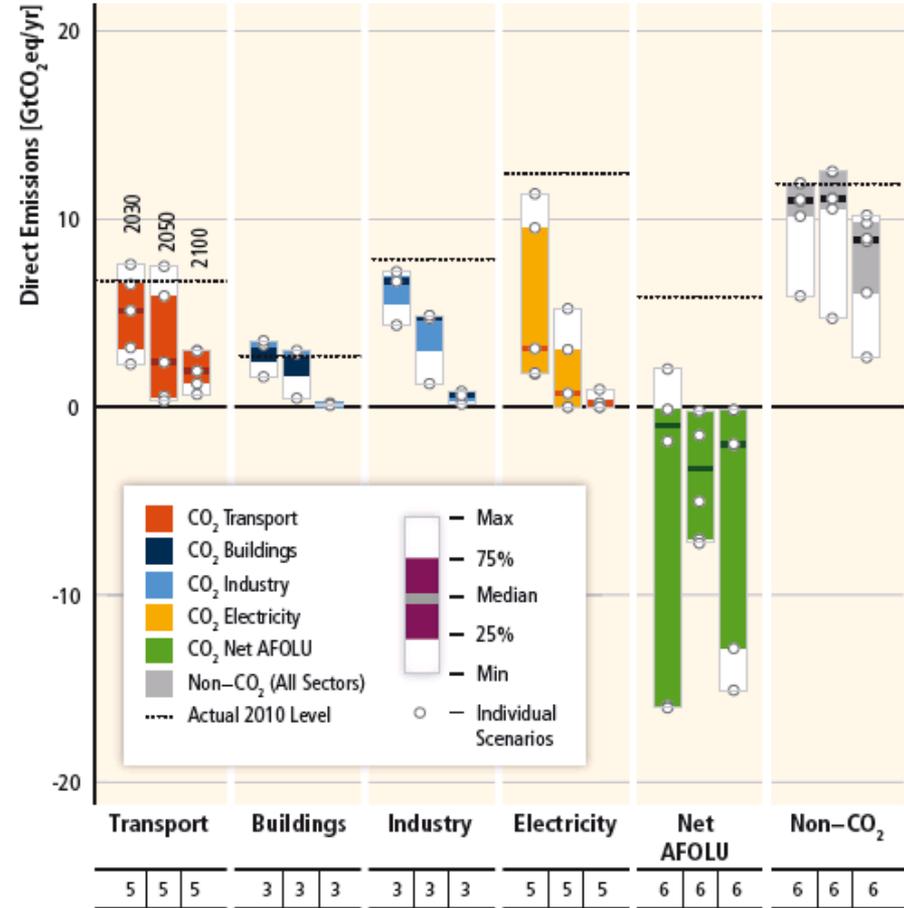
- AR5のシナリオの評価においては、濃度のオーバーシュートシナリオ、気温のオーバーシュートシナリオなど、シナリオは多様化
- 長期に対する厳しい排出削減の「政治目標」(+2°C目標)と近年の世界排出量の急増とのギャップを埋めるように、生み出されたのがオーバーシュートシナリオ

# 430-530 ppmの部門別排出量

450 ppm CO<sub>2</sub>eq with CCS



450 ppm CO<sub>2</sub>eq without CCS



- 430-530 ppmの場合、2050年以降、発電部門で正味で負の削減が必要( CCS付きバイオマスなどを大きく利用)
- CCS利用無しの場合は、かわりに大規模な植林が不可欠
- このように大規模なバイオマス利用が可能かは、食料生産との競合等を含め、今後、精査が必要

# 2050年の世界排出量 —AR4とAR5の比較—

## 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 CO2eq安定 化シナリオ(平衡気候 感度3.0°C想定)	450 ppm CO2eq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 CO2eq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

・2°C目標との整合性を考えた場合、2050年の世界排出量の削減レベルは、AR4の知見(2000年比50~85%削減)よりも今回のAR5の知見では、より幅が大きく、柔軟性をもって考えても良いと解釈できるものである。例えば、2050年の世界排出量半減目標を、2000年比26~6%削減に置き換えが可能なものともなっている。

・これは2010年比でとれば41~25%削減に相当

# AR5の長期排出経路評価からの示唆

- ◆ ベースラインにおける世界のGHG排出は、今世紀中、増大し続ける可能性が高く、大幅なる排出削減が不可欠である。
- ◆ AR5においては、世界の様々な研究コミュニティから、1000を超えるような大変多くの排出シナリオが収集された。
- ◆ 収集されたシナリオによれば、 $2^{\circ}\text{C}$ 目標に合致するような長期排出経路には比較的大きな柔軟性があることがわかる。これは、大気中GHG濃度のオーバーシュートや気温のオーバーシュートシナリオなどの排出経路によったり、目標とする気温をどの程度の確率（たとえば、50%以上、66%以上など）で実現すると考えるかにも依っている。
- ◆ 結果として、2050年に求められる世界のGHG排出量のレベルは、AR4で示されたレベルよりも、幅が大きくなり、より緩やかな排出レベルであっても $2^{\circ}\text{C}$ 目標と合致する可能性が示されている。

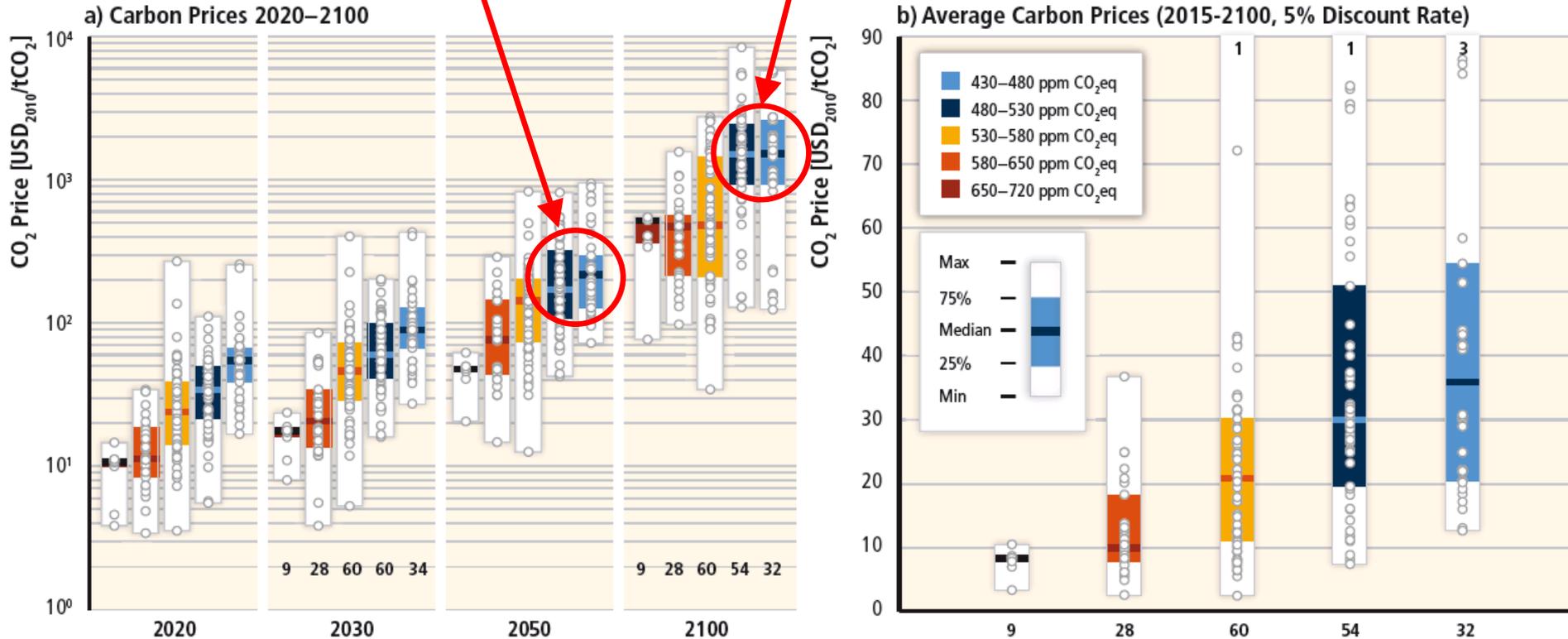
# 排出削減費用とその経済影響

# 限界削減費用および平均削減費用

430-530 ppm CO<sub>2</sub>eq

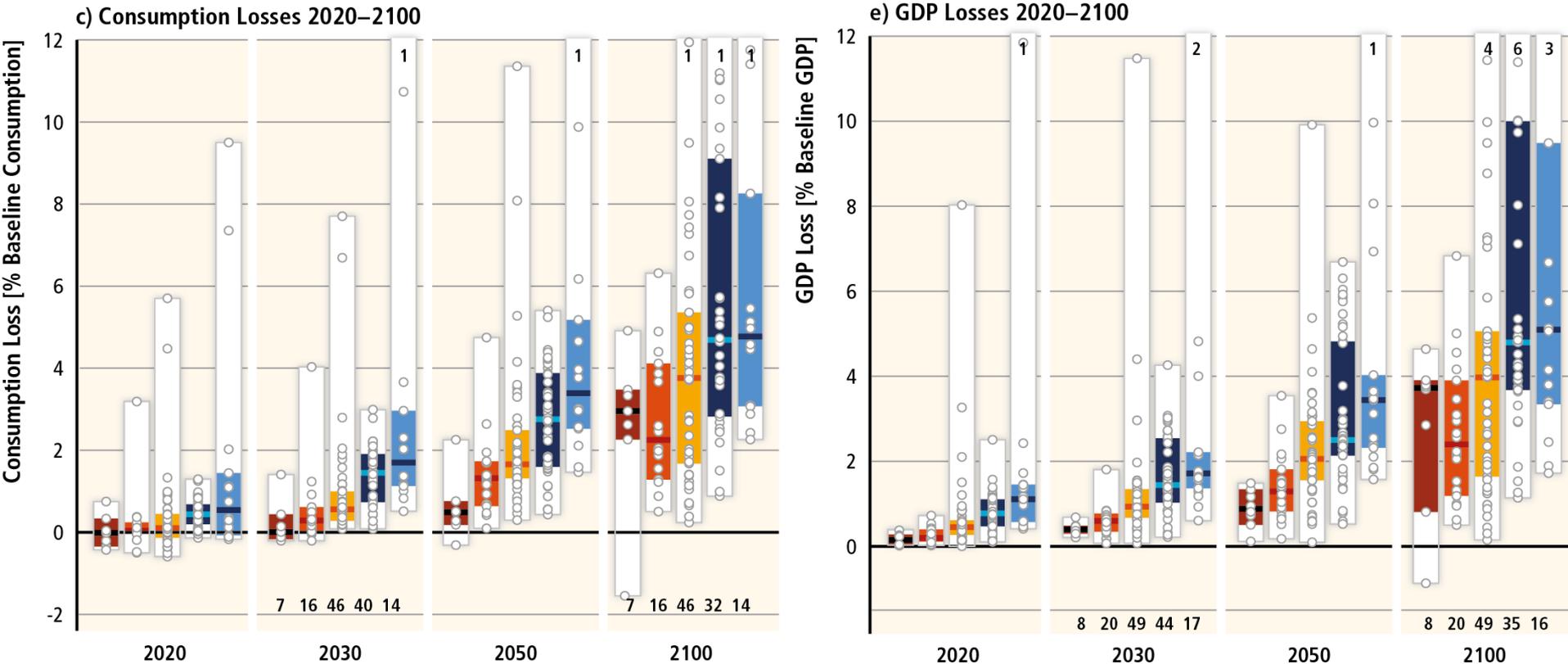
約100-300\$/tCO<sub>2</sub>

約1000-3000\$/tCO<sub>2</sub>



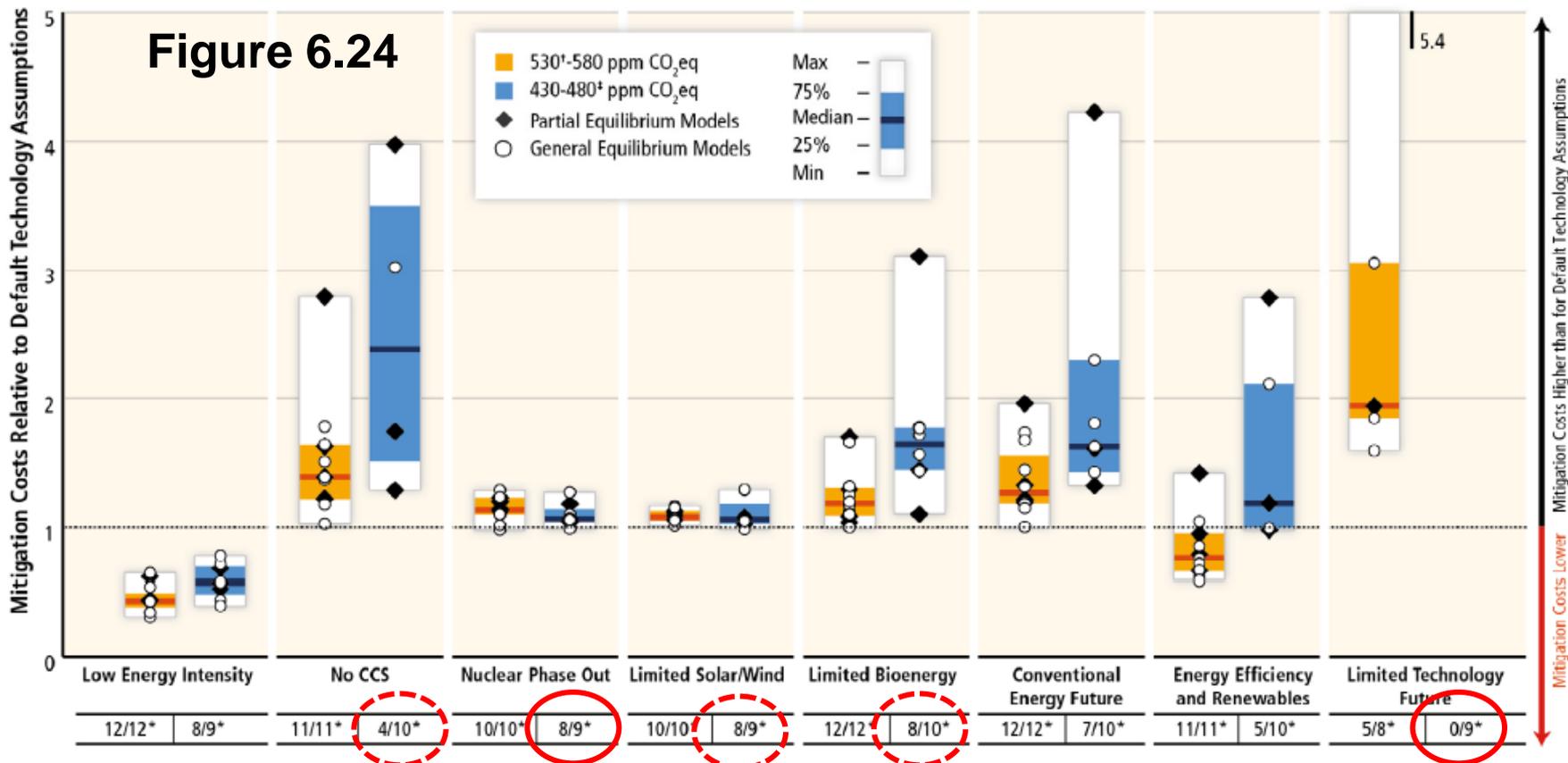
- CO<sub>2</sub>限界削減費用(炭素価格)は、430-530 ppm CO<sub>2</sub>eqシナリオの場合、2050年では約100-300 \$/tCO<sub>2</sub>、2100年では約1000-3000 \$/tCO<sub>2</sub>(いずれも25-75パーセンタイル)と推計
- 相当高い費用であり、このような厳しい排出削減レベルの実現は相当難しいと考えられる。そのように高い価格では、とりわけ明示的な炭素価格付け戦略は機能しないと考えられる。

# 消費とGDPの損失



- 排出削減に伴うGDP損失は、2100年に430-530 ppmの場合、ベースラインのGDP比でおおよそ4-10% (中央値: 5%程度)
- 2010年のアフリカ全体のGDPは、世界GDPの2.4%であり、またRITEのGDP推計では2050年におけるアフリカ全体のGDPも世界GDPの5%程度とみられる。この点からも、世界GDPの約5%というのは決して小さいものではない。

# 技術利用の有無によるコスト上昇の推計



<sup>†</sup> Scenarios from one model reach concentration levels in 2100 that are slightly below the 530-580 ppm CO<sub>2</sub>eq category

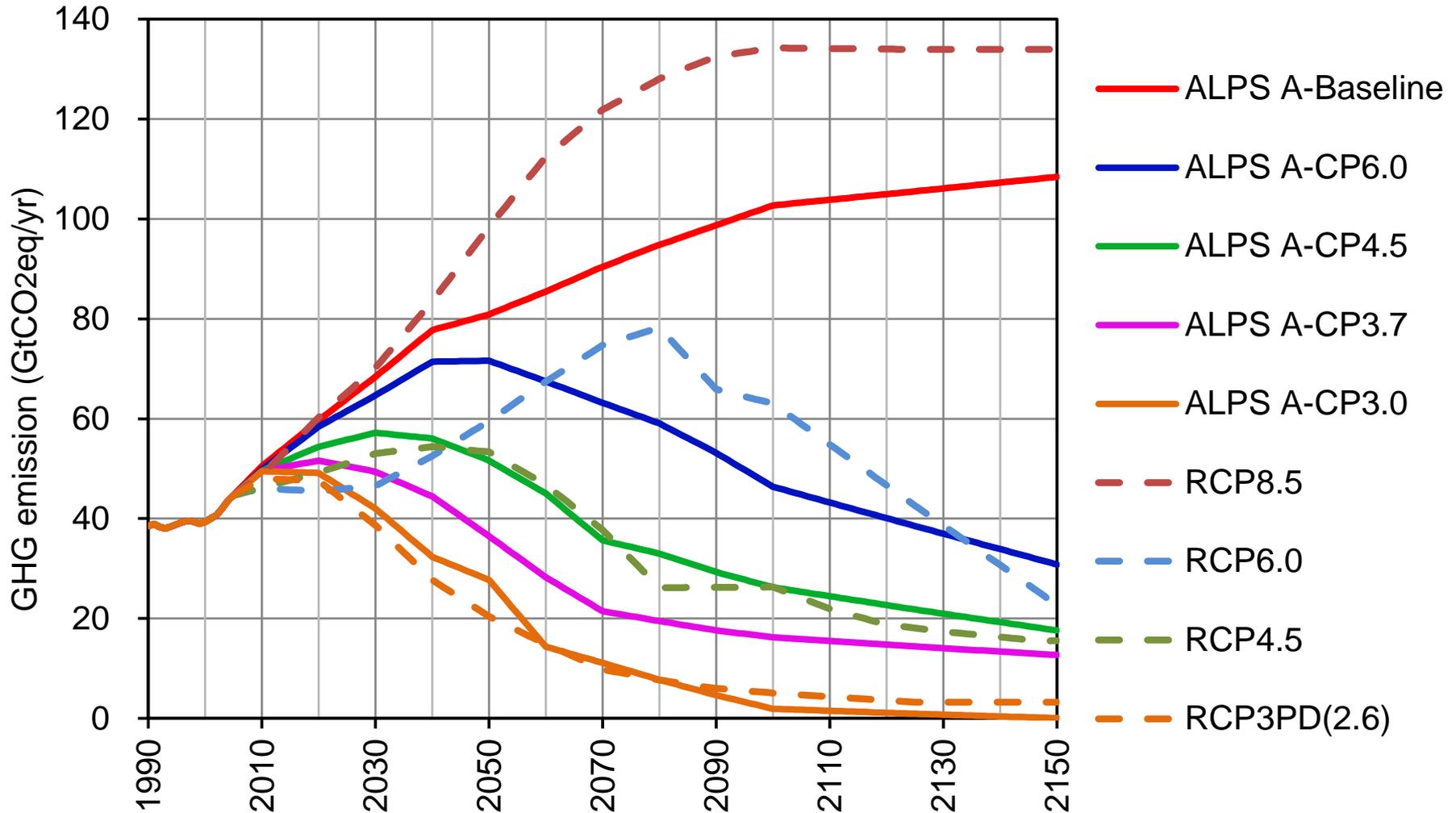
<sup>‡</sup> Scenarios from two models reach concentration levels in 2100 that are slightly above the 430-480 ppm CO<sub>2</sub>eq category.

\* Number of models successfully vs. number of models attempting running the respective technology variation scenario

- ここに提示された主要な技術のうち、一つでも利用できないなどの制約がある場合、2100年に450 ppm CO<sub>2</sub>eqにすることはできないとしたモデルはいくつか存在している。
- また、解が存在するとしたモデルに限っても、例えばCCSが利用できない場合、全体の排出削減費用は29～297%程度上昇(中央値:138%増)するとされた。また、原子力が利用できない場合は7%程度のコスト増、再エネの制約がある場合も6%程度のコスト増が推計されている。

**大幅な排出削減に向けた持続的な  
対策：革新的技術の必要性**

# RITE ALPS GHG排出シナリオ

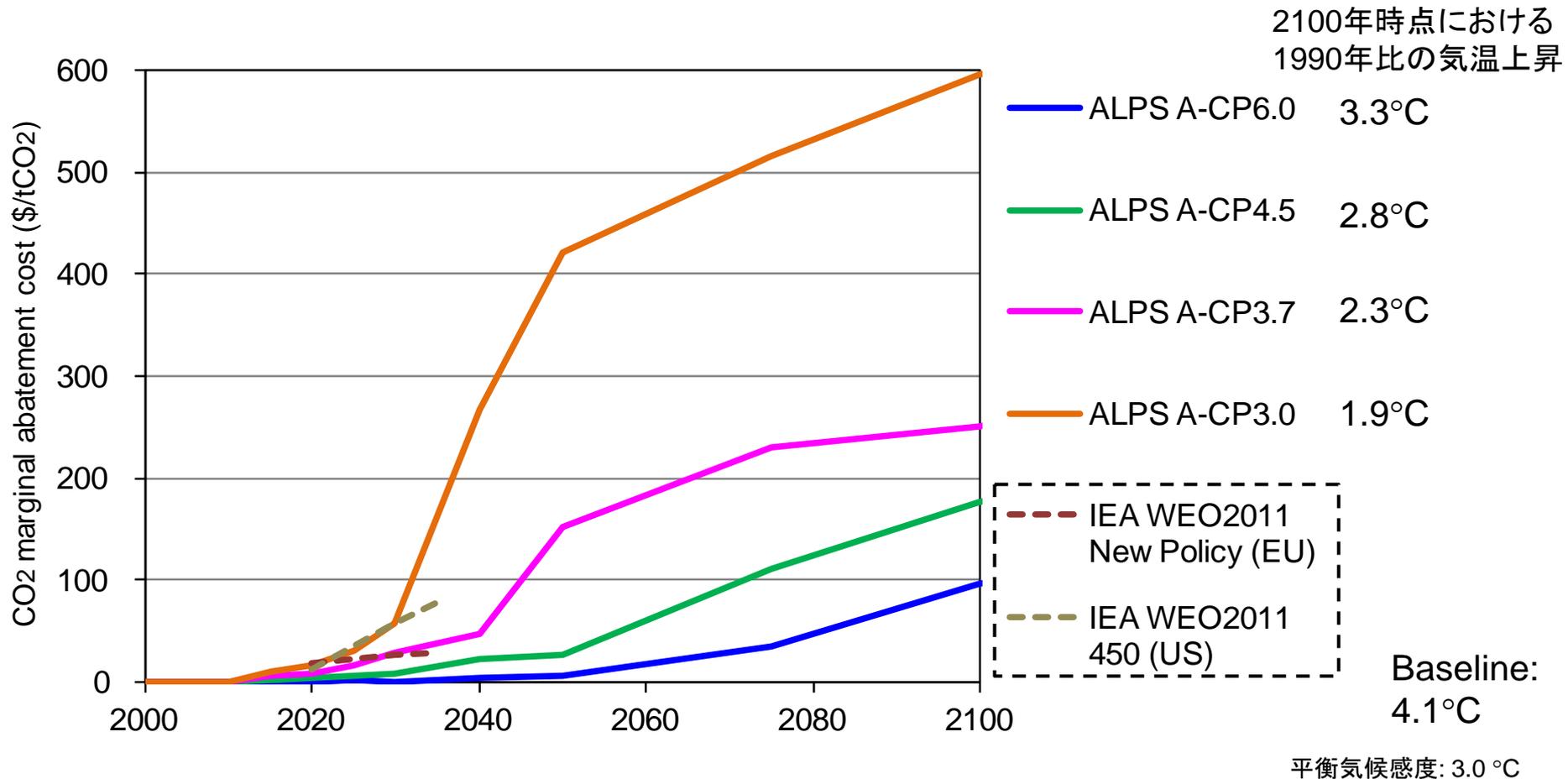


注: 産業プロセスおよび土地利用変化からのCO<sub>2</sub> 排出を含む

RCP: Representative Concentration Pathway

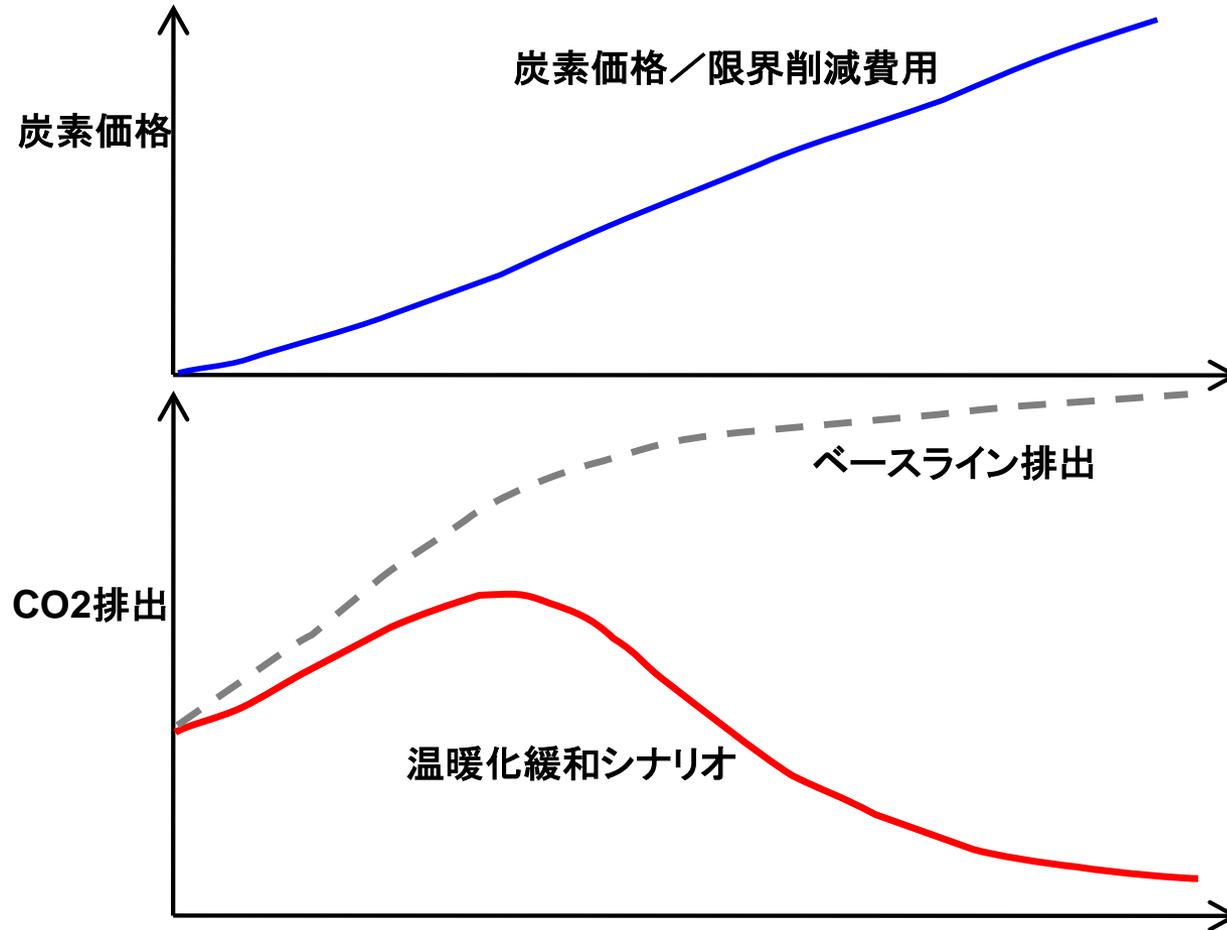
ALPS: ALternative Pathways toward Sustainable development and climate stabilization

# RITE ALPSシナリオのCO<sub>2</sub>限界削減費用



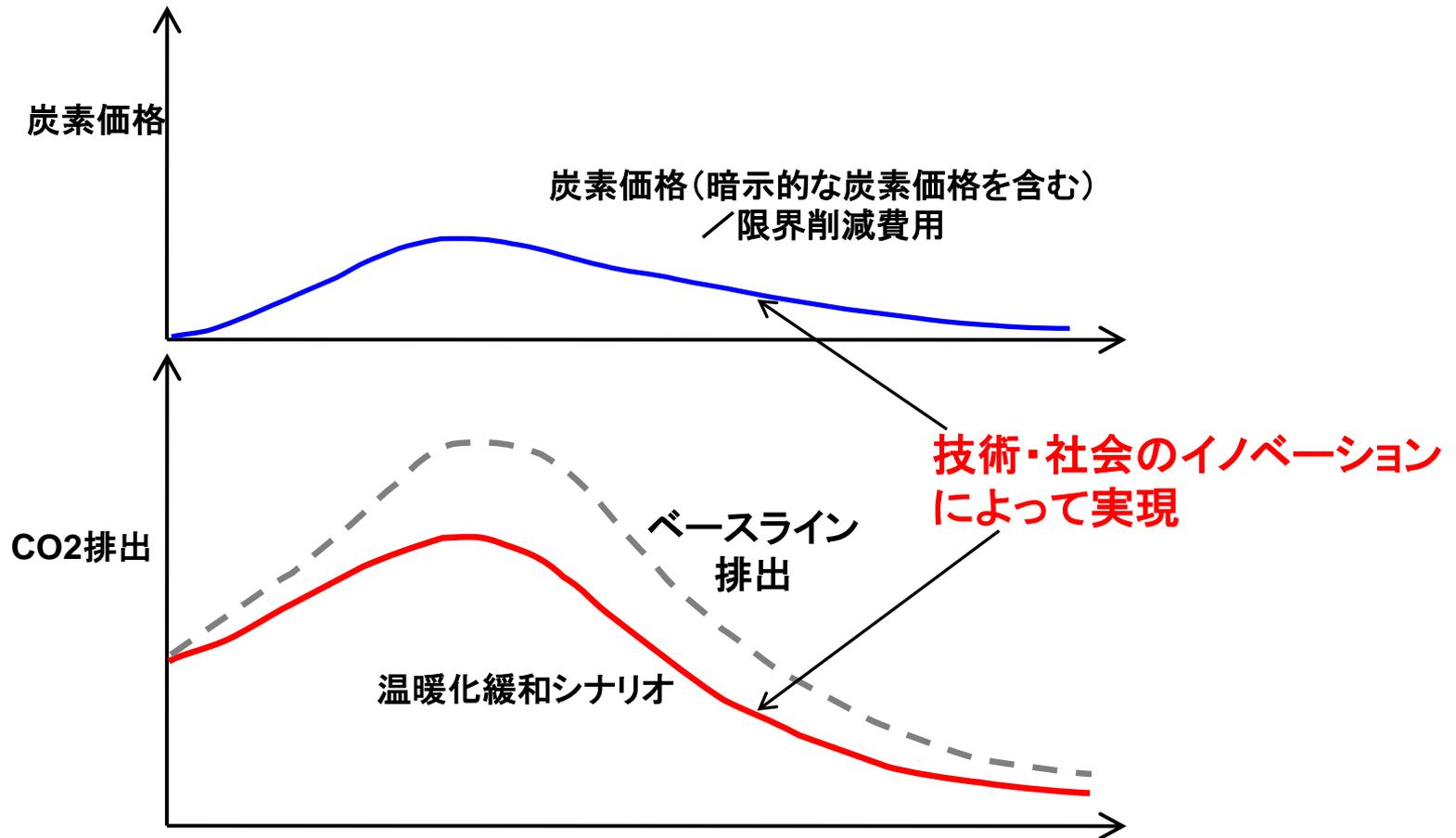
**AR5と同様に、2100年に、とりわけ450 ppm CO<sub>2</sub>eq.とするシナリオ(CP3.0シナリオ)では、2040年を超える頃から高い限界削減費用が推計される。これは、すべての国が限界削減費用が均等化するような削減努力をし、世界の排出削減費用を最小化するような対策をとったとした場合でも、この程度の費用が必要と推計されるものである。**

# 通常描かれる大幅排出削減シナリオのイメージ



炭素価格を上昇させていき、大幅な排出削減を実現するというシナリオがモデル分析では描かれがちであるが、現実の世界で、世界すべての国で100\$/tCO<sub>2</sub>(実質価格)を大幅に超えるような炭素価格にしていくようなことは困難と考えられる。

# 実際の社会で可能と考えられる大幅排出削減シナリオ

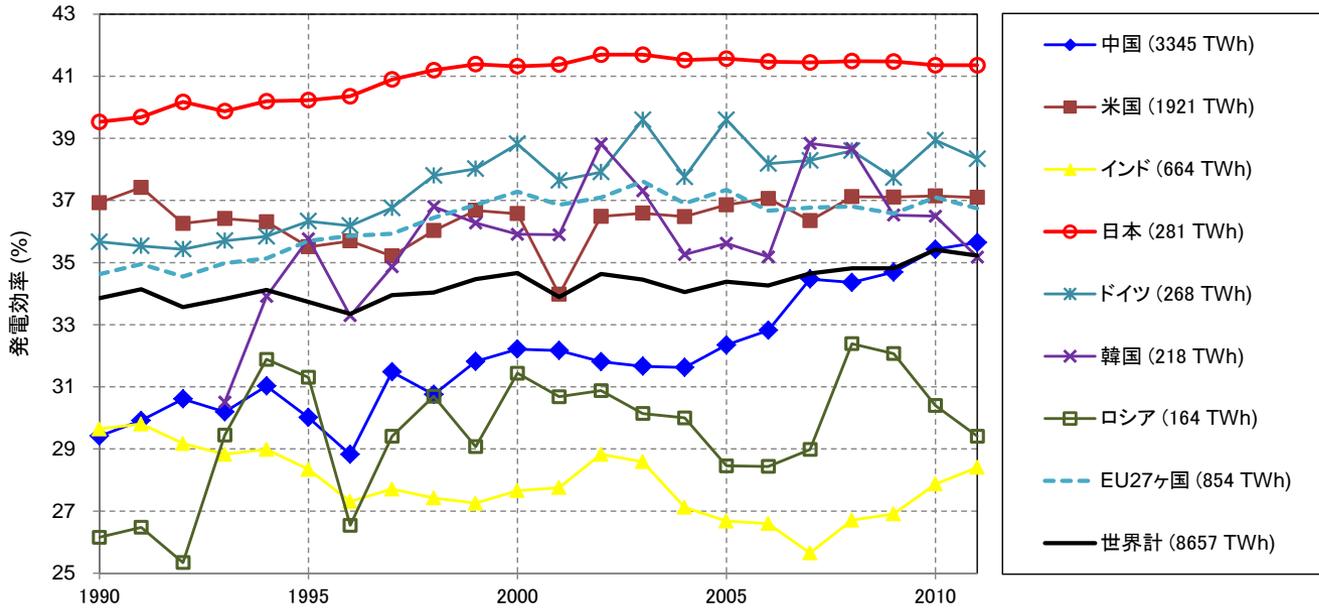


明示的で高い炭素価格を避けるボトムアップ的な排出削減対策と、低い炭素価格を実現するような技術的・社会的なイノベーションが、大幅な排出削減のために不可欠である。

# 各国間の均等な排出削減努力の 視点からの持続的な対策

- ◆ 先のスライドでも示したAR5における排出削減費用推計の多くは、基本的に世界の排出削減費用が最小化するような対策をとったときの費用を提示している。これは、すなわち、限界削減費用が世界各国間で均等化するような対策をとることを前提としている。
- ◆ もし、限界削減費用が国の間で異なるような対策がとられる場合は、AR5で示されたような排出削減費用よりもさらに高い費用が必要となる。
- ◆ 大きな排出削減を、できる限り小さい排出削減費用で実現するために、国間で均等な排出削減努力が求められる。

# 主要部門におけるエネルギー効率の国際比較

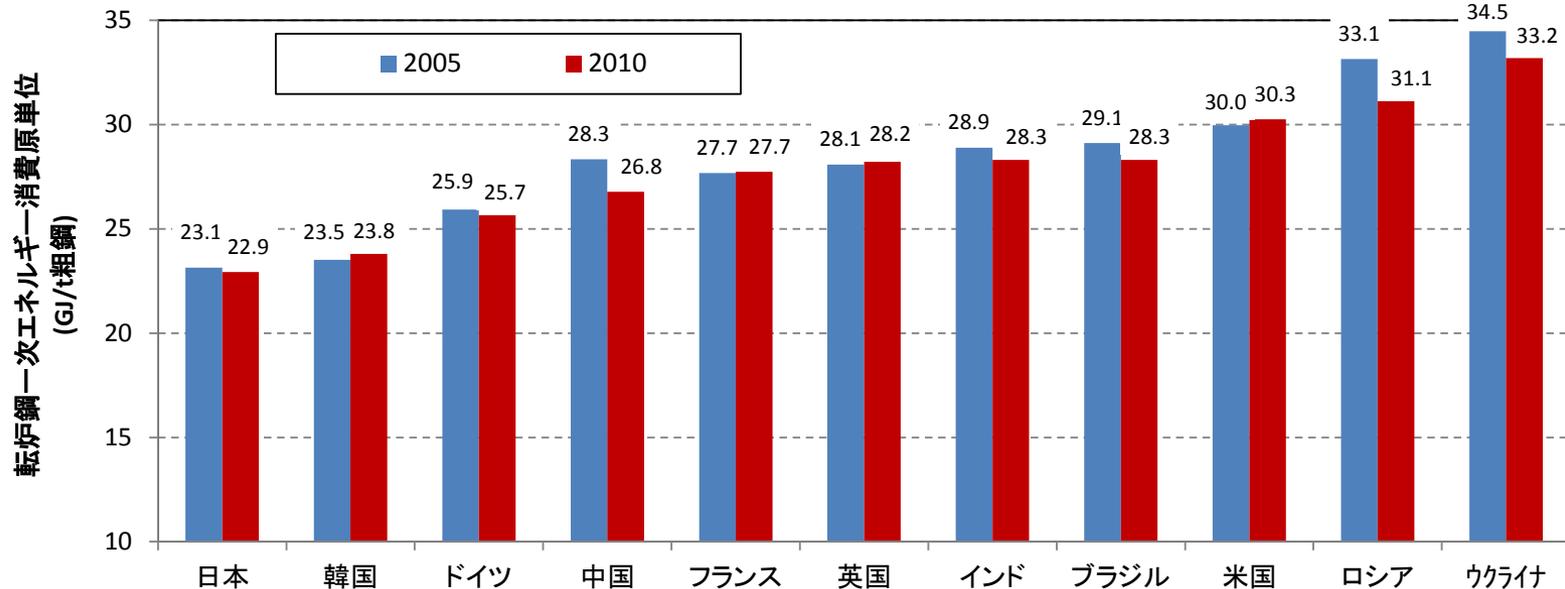


## 石炭火力

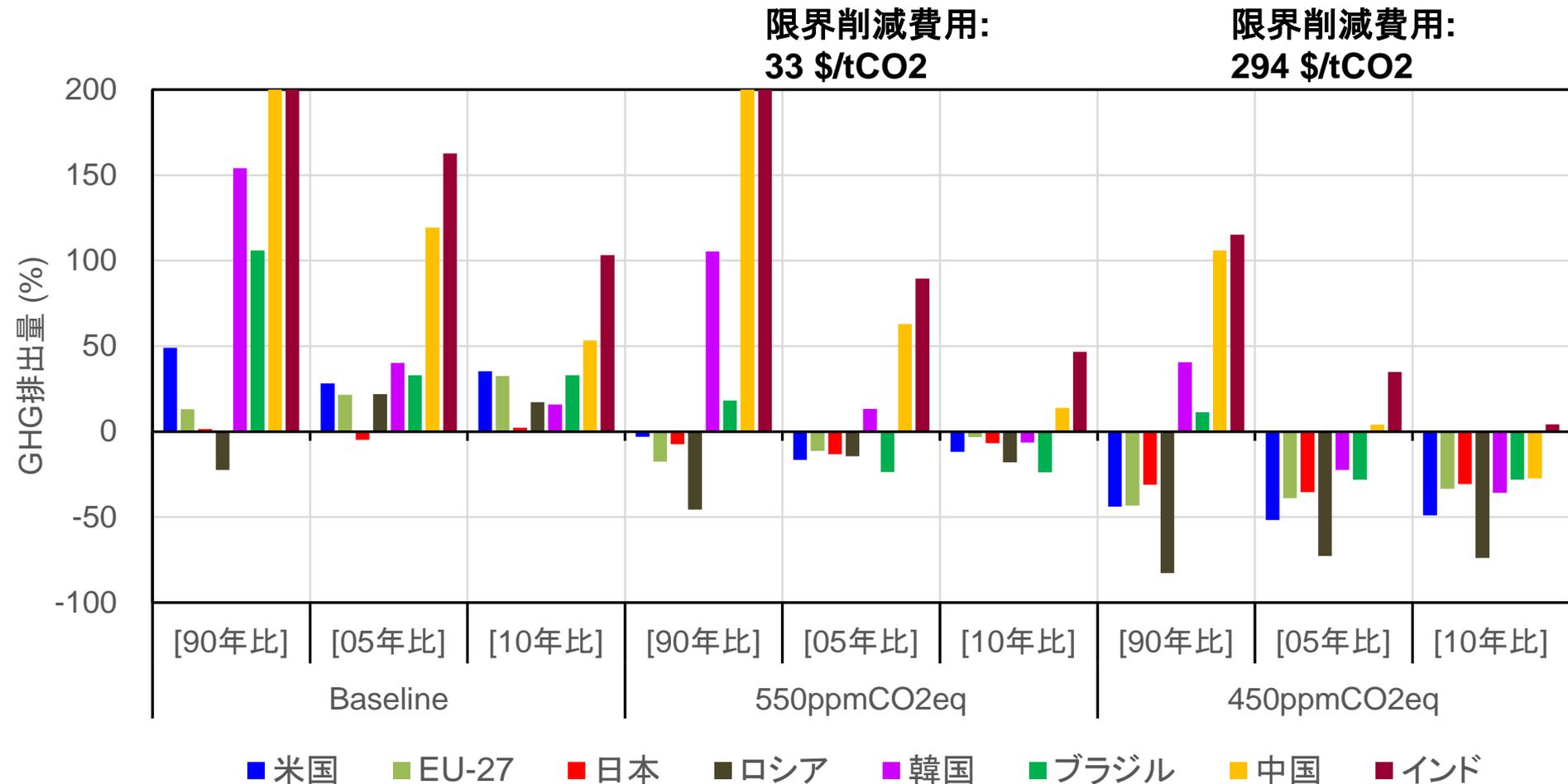
出典) IEA,統計(2013)に基づき、  
RITEにて推計(2014)

## 鉄鋼(転炉鋼)

出典) Oda et al. 2012;  
RITE, 2012



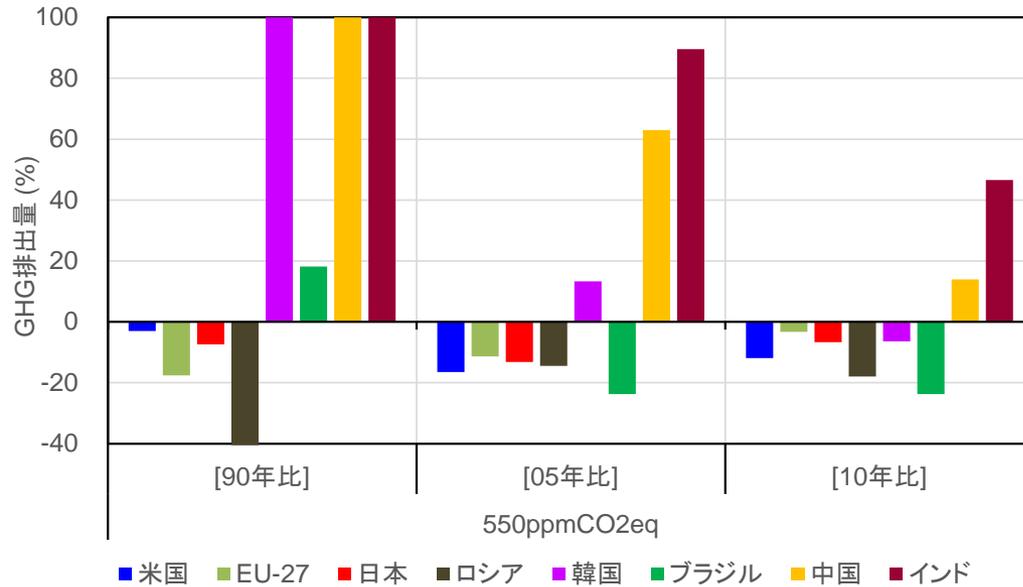
# 世界最小費用での目標レベル達成時の 2030年における主要国の排出削減レベル (1/2)



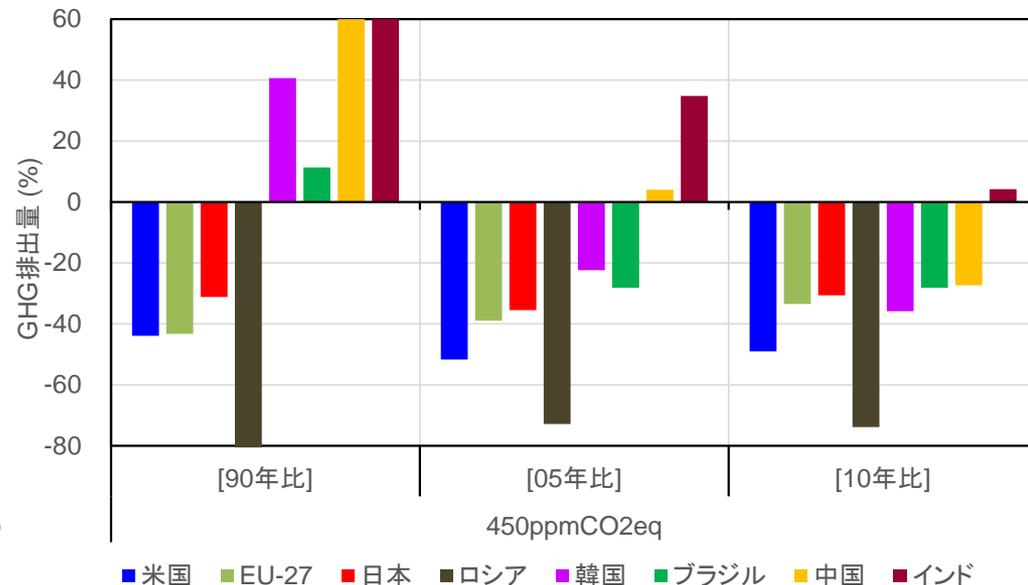
出典: RITE DNE21+ for the EMF27 study (550, 450 ppm CO<sub>2</sub>eqの各シナリオはEMF27の指示シナリオに基づく)

**世界最小費用での目標レベル達成時(限界削減費用が世界で均等化)、世界各国で排出削減レベルは大きく異なる。**

# 世界最小費用での目標レベル達成時の 2030年における主要国の排出削減レベル (2/2)



## 450 ppm CO<sub>2</sub>eq 限界削減費用: 294 \$/tCO<sub>2</sub>



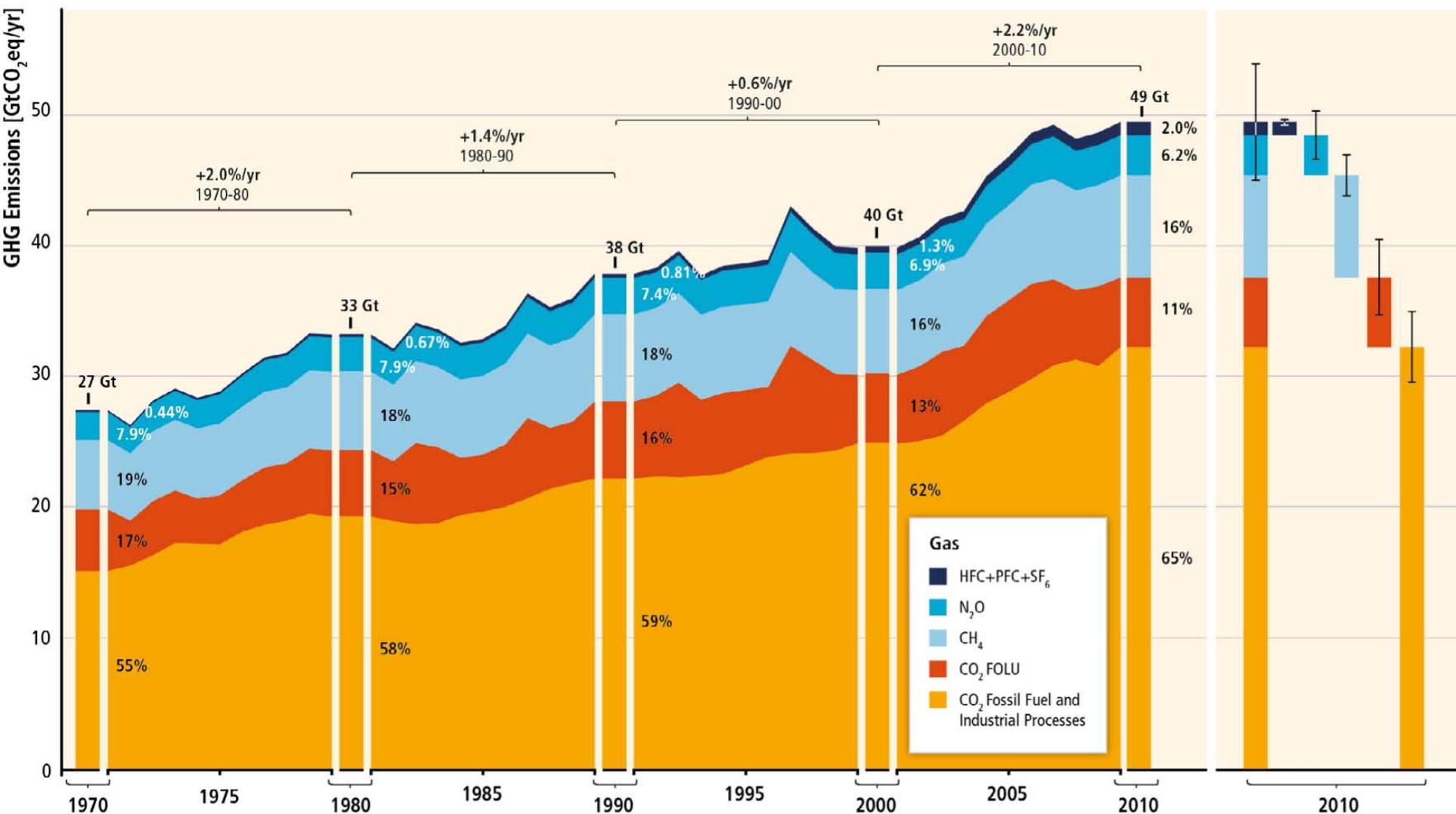
出典: RITE DNE21+ for the EMF27 study

注) 日本を含め、各国の原子力発電は、コスト条件が合致すれば、原子力発電に関する将来見通しに従って、その見通しまでは設備の拡大、運転がなされ得るとした場合の計算。たとえば、日本において原発拡大・稼働が制約される場合は、ここで示された削減率の結果よりも、小さな削減率となる。

- ◆ 気候変動は極めて重大な問題であり、これに真剣に取り組んでいくことが必要である。
- ◆ IPCC AR5は、前回のAR4に比べて、様々な分野において大きな進展が見られた。排出経路の評価においても、国際的な協力プロジェクトの下で、大きな進展があった。
- ◆ 仮に2°C目標としても、その実現確率をどう考えるか、オーバーシュート・非オーバーシュートシナリオの考え方など、不確実性の大きさとそのとらえ方によって、排出の幅や排出経路には相応の幅が存在している。
- ◆ 大幅な排出削減のための削減費用は相当大きい。
- ◆ 大幅な排出削減のためには、少なくとも、低炭素化技術（省エネ技術を含む）の幅広い普及とすべての国の均等で大きな排出削減努力は必要不可欠である。
- ◆ 加えて、2100年に450 ppm CO<sub>2</sub>eqのような大幅な排出削減を現実世界で実現するためには、現在モデル分析で想定されていないような革新的な技術の開発とその普及が不可欠である。

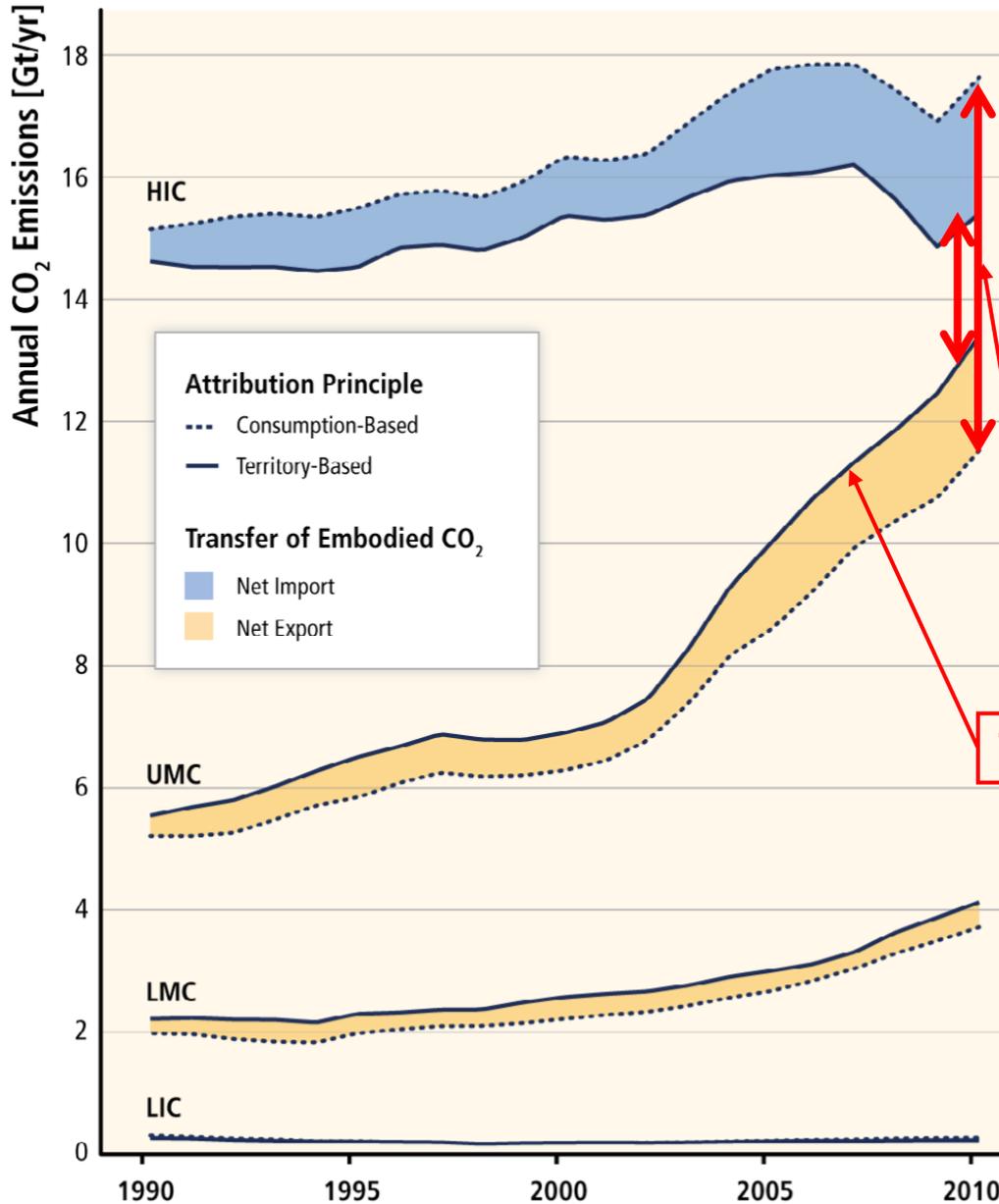
# 付録

# 世界の温室効果ガス排出量の推移(ガス種別)



京都議定書を含め、多くの気候変動政策がとられてきたものの、世界全体での排出量については、むしろ近年の方が増大傾向にある。

# 世界の温室効果ガス排出量の推移(地域別)



高所得国  
(\$12,616以上)

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

消費ベース排出で測ると、生産ベ  
ース排出よりもまだ差はある。

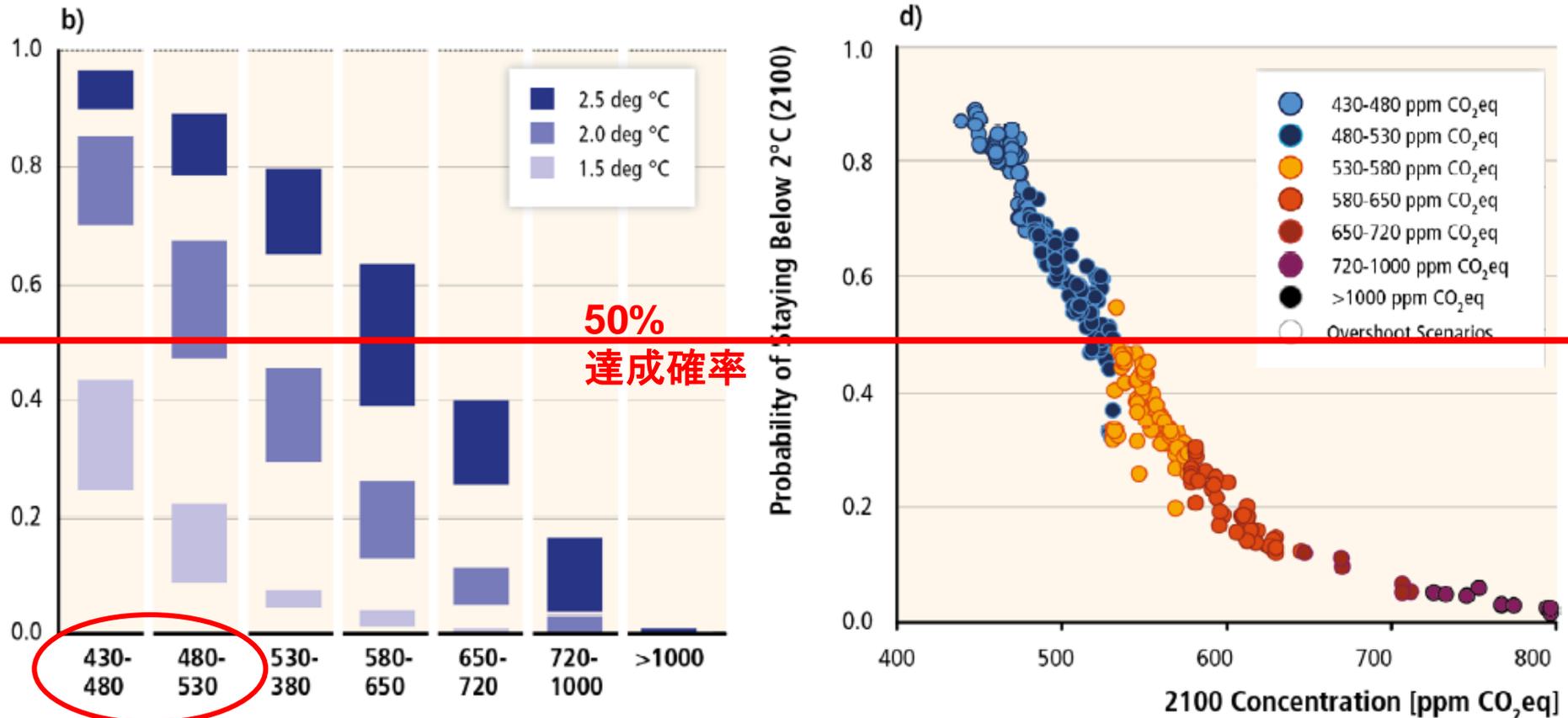
高中位所得国のGHG排出の急増

低中位所得国  
(\$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  
(\$1,035以下)

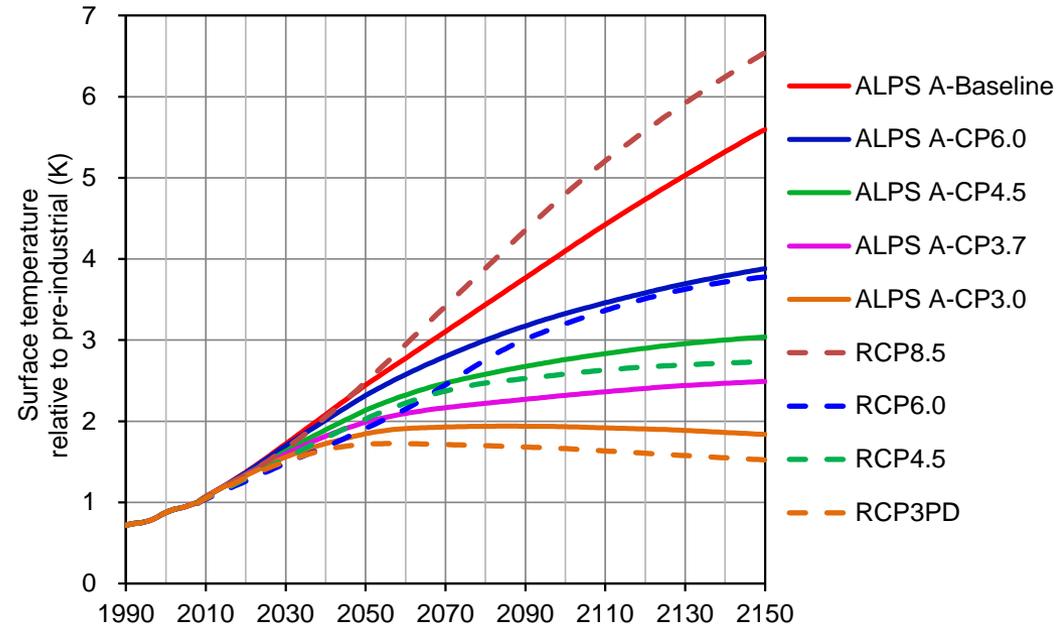
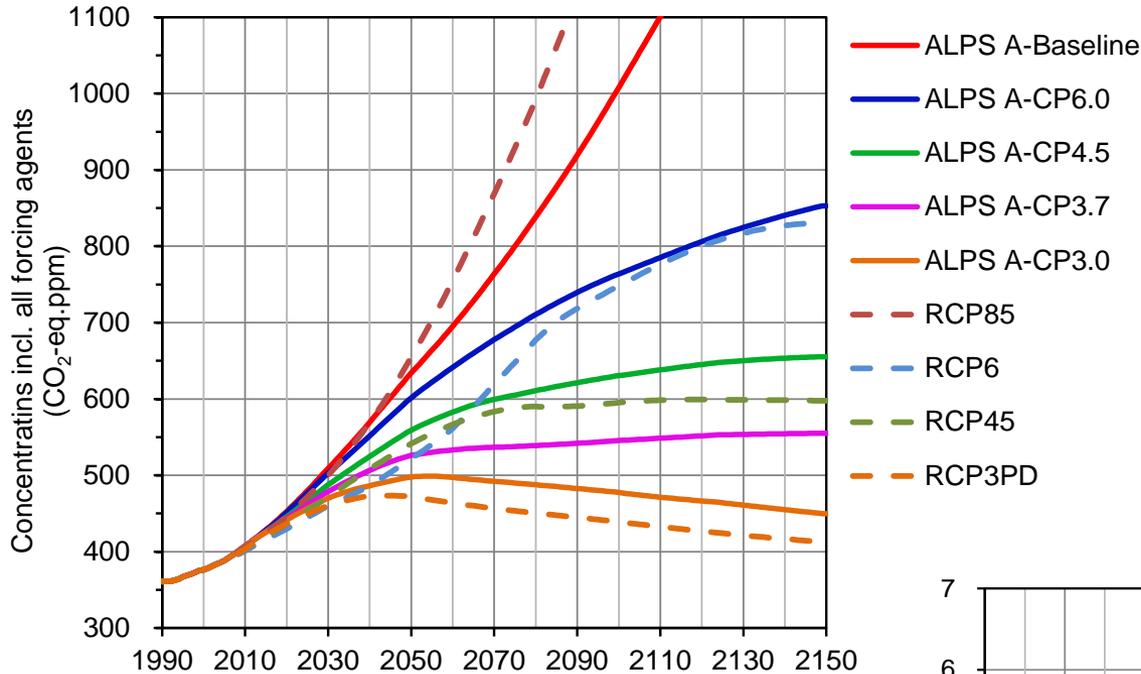
# 濃度レベルと気温上昇の到達確率評価

Figure 6.14



2100年に430-480 ppm CO<sub>2</sub>eqとなるシナリオのみならず、480-530 ppm CO<sub>2</sub>eqのシナリオにおいても、産業革命以前比2°C以内について50%以上の達成確率があると推計されている。

# RITE ALPSシナリオにおける GHG濃度と気温上昇推移



平衡気候感度: 3.0 °C