

＜温室効果ガス”ネットゼロ”セミナー＞

大きな温室効果を持ち排出の大幅増加も予想されるフロン・メタン等の削減に向けて、
動き出した世界・日本の今とこれから

短寿命気候強制因子による 気候変動・環境影響と緩和策に関する世界の動向

花岡達也

社会システム領域

国立環境研究所

長寿命の温室効果ガスと短寿命の温室効果ガス

◆ 長寿命な温室効果ガス(GHG: Greenhouse Gas)

- 大気中に長期期間にわたって存在する。
- 地球温暖化に長期にわたって寄与し続ける。
- 1.5度目標の実現に向けて、長寿命なGHGは**早期に大幅な**排出削減が必須。

◆ 短寿命な温室効果ガス

- 大気中の滞在時間（寿命）が数日から数十年と短く、かつ大気を温める作用を持つもの。
- 大気寿命が短いということは、削減対策を取れば気候への応答も早く表れる、ということ进行意味する。
- 長寿命な温室効果ガスの大幅削減と組み合わせて、早期に短寿命なGHGを大幅削減を実施することができれば、CO₂のみの排出削減対策を取ったときよりも、世界の平均気温上昇のスピードを抑制できることが期待される。

短寿命気候強制因子 [SLCFs: Short Lived Climate Forcers]
と呼ばれている。

注) 以前は、短寿命気候汚染物質 [SLCPs: Short-Lived Climate Pollutants]と呼ばれていた。
短寿命気候強制因子に関する詳細の説明については、以下の記事を参照。

https://www.nies.go.jp/social/navi/colum/topics_SLCP.html

本日の話題

[第一部]

IPCC 第6次評価報告書 第三作業部会 の概要
～“ネットゼロ”排出の含意～

[第二部]

短寿命気候強制因子の緩和策の重要性と課題

パリ協定とは？1.5℃目標とは？

2015年12月にパリで開催された、気候変動枠組条約第21回締約国会議 (COP21)で国際的に合意された協定



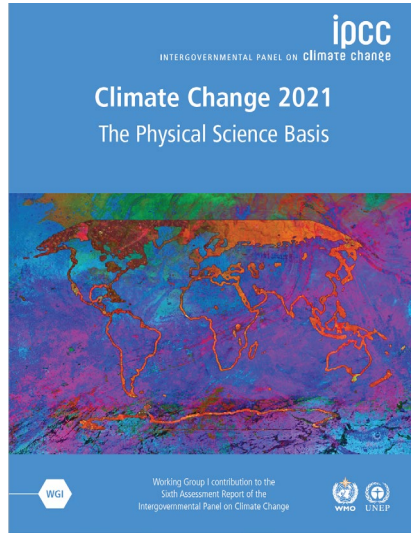
2条：産業革命前からの世界の平均気温上昇を2℃未満に抑える。
温暖化リスク低減へ貢献することを認識し、1.5℃未満に抑える様に努力

現在からの平均気温上昇ではなく、「産業革命前から」を基準とし
2℃未満に抑える目標のことを「2℃目標」
1.5℃未満に抑える目標のことを「1.5℃目標」と呼んでいます。

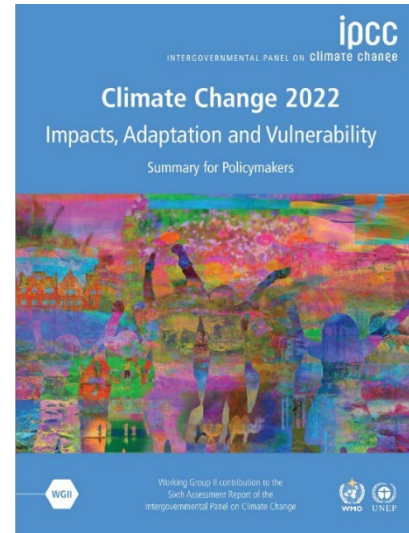


産業革命前からすでに1℃上昇しているため、
1.5℃目標の実現への残りの猶予は0.5℃未満

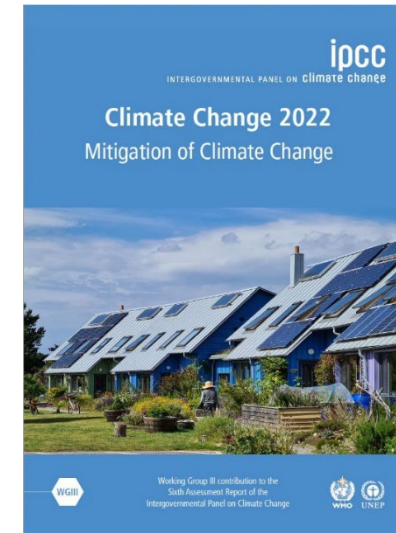
IPCC 第6次評価報告書(AR6)



第1作業部会(WG1)
科学的根拠
2021年8月



第2作業部会(WG2)
影響・適応・脆弱性
2022年2月



第3作業部会(WG3)
緩和策
2022年4月

各報告書は、以下のURLからダウンロードできる。いずれも数百ページの英語の本。

<https://www.ipcc.ch/ar6-syr/>

日本語要約版は、例えば以下に掲載されている。（他にも各研究機関による解説・要約も報告されている。）

WG1 <https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/index.html>

WG2 <https://www.meti.go.jp/press/2021/02/20220228002/20220228002.html>

WG3 <https://www.meti.go.jp/press/2022/04/20220404001/20220404001.html>

IPCC AR6 WG1とWG2による主なメッセージ

AR6 WG1(科学的根拠)の特徴

		人為起源の気候変動影響についての評価
TAR 第三次 報告書	2001	「可能性が高い」 (66%以上) 過去50年に観測された温暖化の大部分は、温室効果ガスの濃度の増加によるものだった可能性が高い。
AR4 第四次 報告書	2007	「可能性が非常に高い」 (90%以上) 20世紀半ば以降の温暖化のほとんどは、人為起源の温室効果ガス濃度の増加による可能性が非常に高い。
AR5 第五次 報告書	2013	「可能性が極めて高い」 (95%以上) 20世紀半ば以降の温暖化の主な要因は、人間活動の可能性が極めて高い。
AR6 第六次 報告書	2021	「疑う余地がない」 人間の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない (unequivocal)。

- 気候変動は既に、**世界中の全ての地域**において、観測された気象や気候の**極端現象（熱波、干ばつ、熱帯低気圧など）**に影響を及ぼしている。
- この先**数十年間にGHGsの排出を大幅に減少**しない限り、21世紀中に産業革命前からの気温上昇は2℃および1.5℃を超える。

AR6 WG2(影響・適応・脆弱性)の特徴

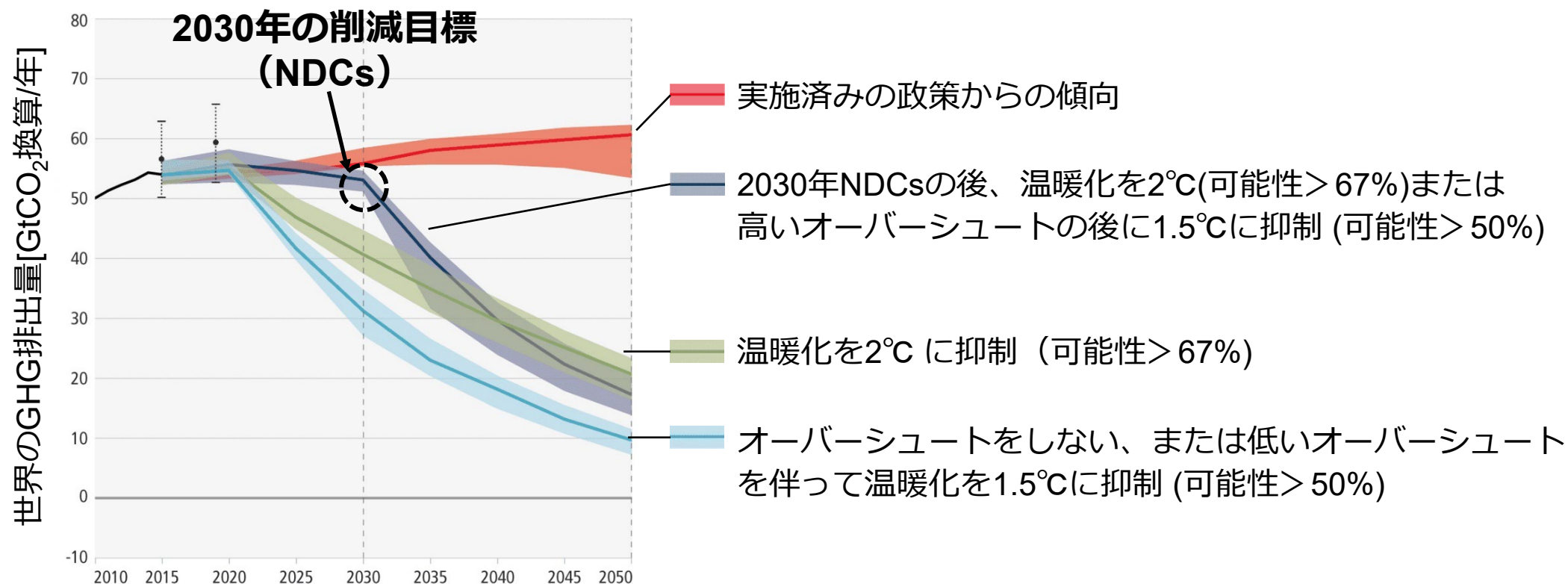
		気候変動が及ぼす観測された影響についての評価
TAR 第三次 報告書	2001	近年の地域的な気候変化、特に気温の上昇は既に 多くの物理・生物システム に対して 影響を及ぼしている 。
AR4 第四次 報告書	2007	多くの自然システム が、地域的な気候変動、とりわけ気温上昇の 影響を受けつつある ことを示している。
AR5 第五次 報告書	2014	ここ数十年で、すべての大陸と海洋において、気候の変化が 自然及び人間システム に対して 影響を引き起こしている 。
AR6 第六次 報告書	2022	人為起源の気候変動により、自然の気候変動の範囲を超えて、 自然や人間 に対して 広範囲にわたる悪影響 とそれに関連した 損失と損害を引き起こしている 。

- 地球温暖化を1.5℃上昇付近に抑えることができたとしても、**気候変動に関連する損失と損害を全てなくすことはできない**。それらのリスクは、**現在観測されている影響の数倍までの大きさ**になる。
- **今後10年間にける社会の選択および実施される行動が鍵**となるが、短期のうちに1.5℃を超えた場合には、気候にレジリエントな開発の実現可能性は限定的となる。

気温上昇水準に応じたGHG排出経路と国が決定する貢献目標との関係

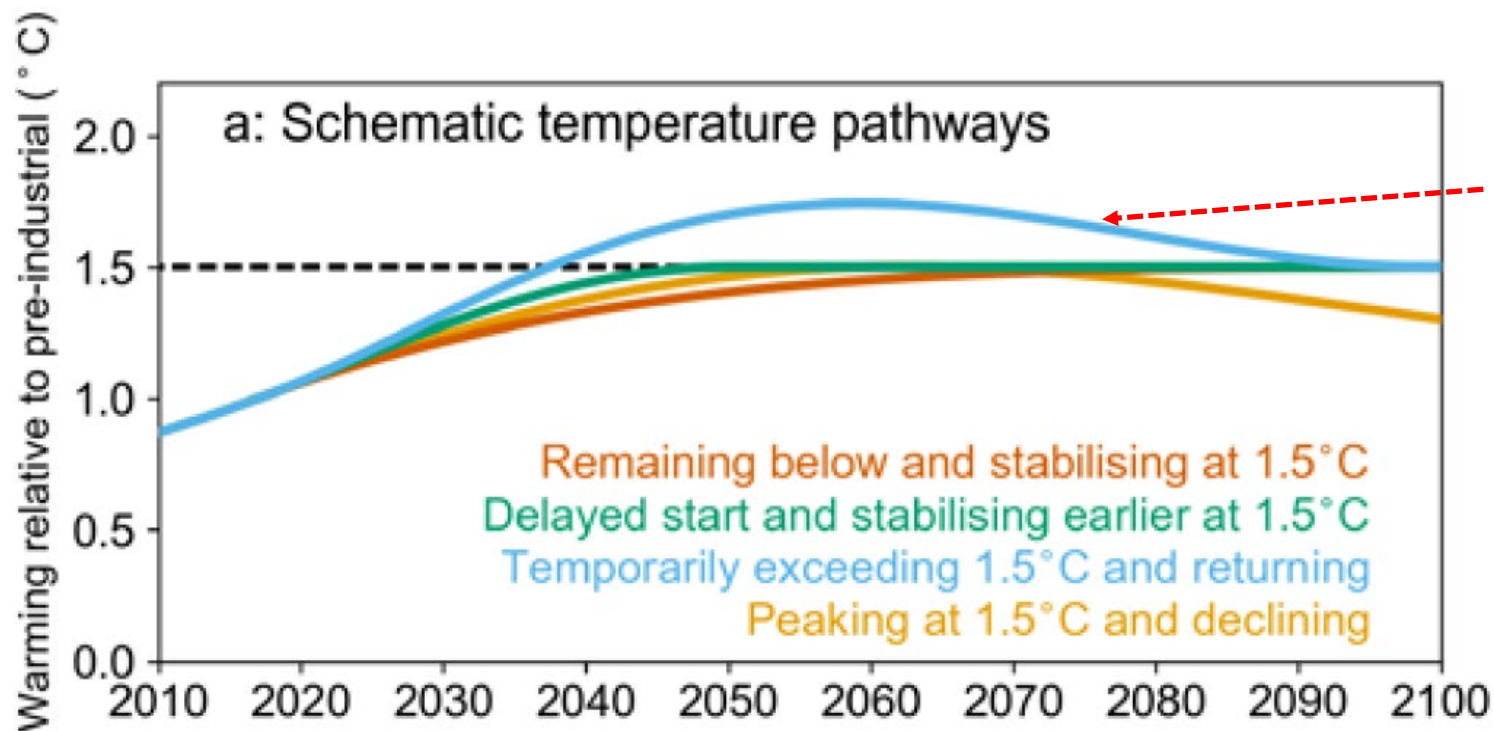
- ❑ **我々は、温暖化を1.5℃に抑制する経路上にない。**
- ❑ 2℃・1.5℃目標の達成には現行の国が決定する貢献（NDCs）では極めて不十分。
- ❑ 2℃より低く抑える可能性を高くするためには、2030年以降の急速な緩和努力が必要不可欠。

(SPMのB.6を抜粋・要約)



出典) IPCC AR6 WG3 SPM Figure SPM.4より抜粋・編集

(参考) 気温目標に対するオーバーシュートとは



オーバーシュートとは、例えば、1.5°Cの気温上昇水準の国際目標に対して、産業革命前と比べて平均気温上昇が**一時的に1.5°Cを超えてしまい**、超えてしまった気温を下げるために大気中のCO₂を取り除く対策を取ることで、**今世紀末（2100年）までに平均気温上昇を1.5°C未満まで戻す**こと

一次的に超えた気温を下げるためには大気中のCO₂を取り除く人為的な対策（CDR）が必要

(出典) IPCC (2018) 「SPECIAL REPORT Global Warming of 1.5 °C」より抜粋

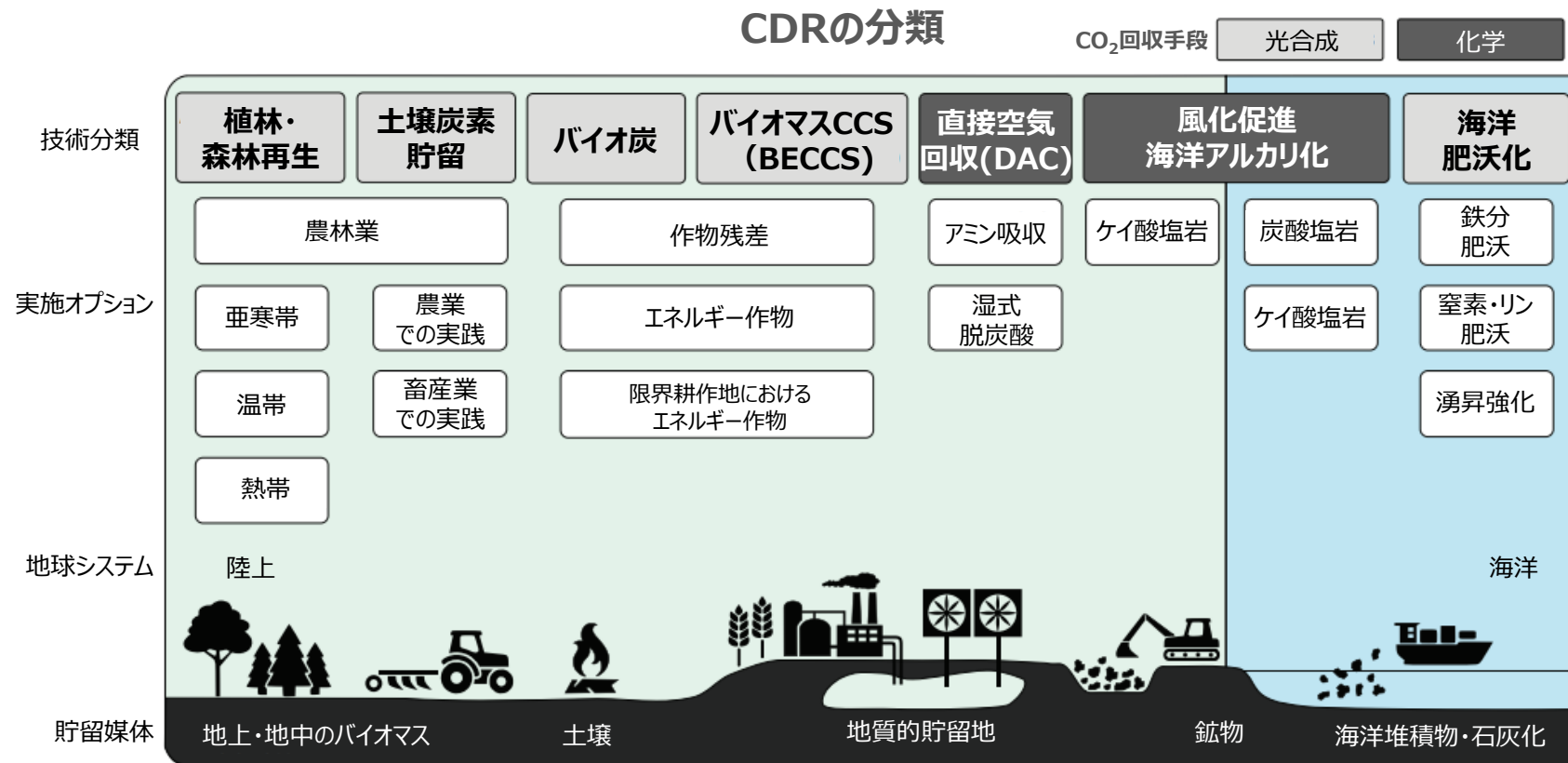
B.6.

地球温暖化が、次の数十年間又はそれ以降に、一時的に1.5°Cを超える場合（オーバーシュート）、1.5°C以下に留まる場合と比べて、多くの人間と自然のシステムが深刻なリスクに追加的に直面する（確信度が高い）。オーバーシュートの規模及び期間に応じて、一部の影響は更なる温室効果ガスの排出を引き起こし（確信度が中程度）、一部の影響は地球温暖化が低減されたとしても不可逆的となる（確信度が高い）

(参考) CDR (Carbon Dioxide Removal)とは

大気中の二酸化炭素を除去し、地中・地上・海洋の貯留層や製品に持続的に貯蔵する人為的な活動

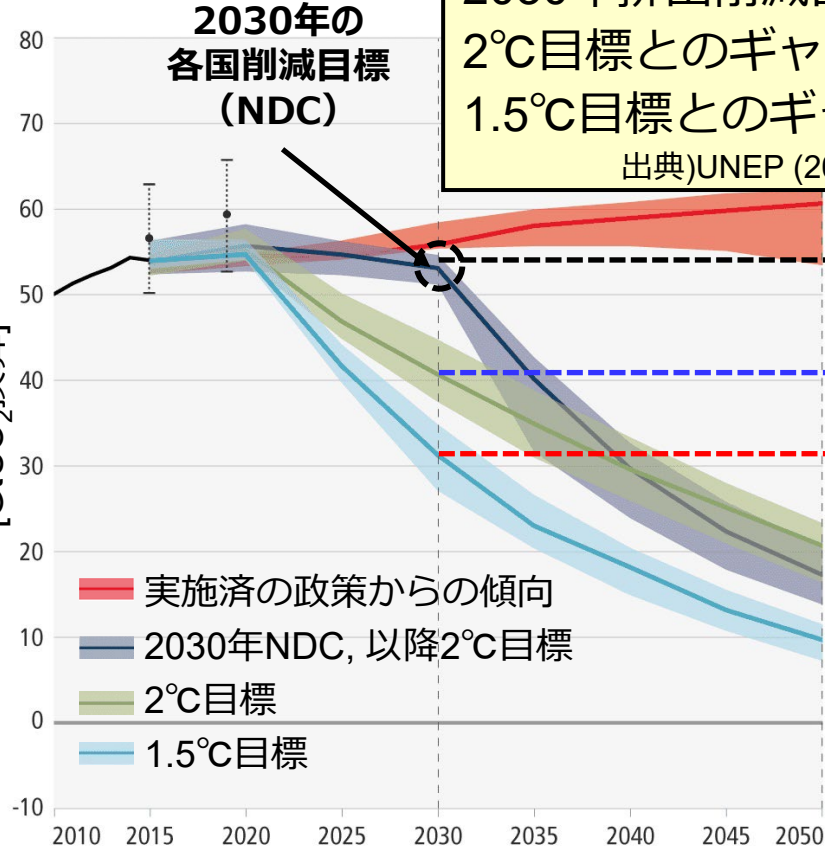
- ❑ CO₂及びGHGの正味ゼロ排出の実現には、削減が困難な部門の残余排出量を相殺するためのCDRが必須。
 - ❑ CDRを大規模に導入する場合、実現可能性と持続可能性に対処するための効果的なアプローチが必須。
- (SPMのC.11を抜粋・要約)



1.5℃目標と現在の各国排出削減目標とのギャップは？

気候変動枠組条約加盟国が掲げた
2030年排出削減目標を達成したとしても
2℃目標とのギャップは 12~15GtCO₂換算
1.5℃目標とのギャップは 29~32GtCO₂換算
出典) UNEP (2021) Emission Gap Reportから数値を抜粋

世界の温室効果ガス排出量
[GtCO₂換算]

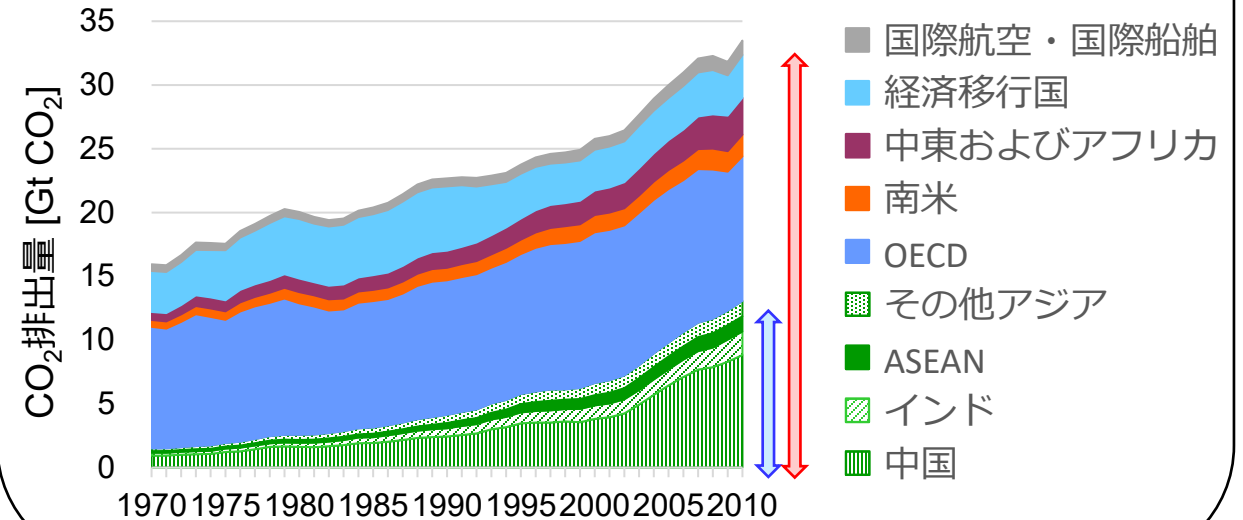


出典) IPCC 第六次評価報告書第三作業部会
Figure SPM4からの抜粋・編集。

← アジアの2010年のCO₂排出量に相当

← 世界の2010年のCO₂排出量に相当

アジアの2010年CO₂排出量 = 約13 GtCO₂
世界の2010年CO₂排出量 = 約33 GtCO₂



出典) EDGAR 4.3.2より筆者作図

IPCC AR6 WG3(緩和策) の主なメッセージ

2℃および1.5℃排出経路

分類			GHG排出量 (2019年比削減率)		GHG排出量 ピーク年	実質ゼロ排出達成年	
気温上昇(産業革命以後)	確率		2030	2050		CO ₂ 実質ゼロ排出	GHG実質ゼロ排出
C1	2100年 1.5℃まで 低いオーバーシュート	50%	43% (34~60%)	84% (73~98%)	2020-2025 (100%)	2050-2055 (100%)	2095-2100 (52%)
C2	2100年 1.5℃まで 高いオーバーシュート	50%	23% (0~44%)	75% (62~91%)	2020-2025 (100%)	2055-2060 (100%)	2070-2075 (87%)
C3	2100年 2℃まで	67%	21% (1~42%)	64% (53~77%)	2020-2025 (100%)	2070-2075 (91%)	… - … (30%)

補足) 「実質ゼロ (=ネットゼロ) 」とは排出量と吸収量を均衡すること

出典) IPCC AR6 WG3 Table SPM.1 より抜粋・編集

- ❑ **全ての部門・地域において**早期に野心的な削減を実施しないと1.5℃を達成することはできない。
- ❑ 1.5℃経路の実現には、世界のGHG排出量は遅くとも2025年までにピークに達し、2030年までに4割削減(19年比) し、2050年代初頭にCO₂を正味ゼロ排出にすることが必要。

(SPMのC.1を抜粋・要約)



つまり、CO₂だけでなく、
全ての温室効果ガスを大幅に削減する必要がある！

本日の話題

[第一部]

IPCC 第6次評価報告書 第三作業部会 の概要
～“ネットゼロ”排出の含意～

[第二部]

短寿命気候強制因子の緩和策の重要性と課題

長寿命の温室効果ガスと短寿命の温室効果ガス

◆ 長寿命な温室効果ガス

- 大気中に長期期間にわたって存在する。
- 地球温暖化に長期にわたって寄与し続ける。
- 1.5度目標の実現に向けて、長寿命なGHGは**早期に大幅な**排出削減が必須。

◆ 短寿命な温室効果ガス

- 大気中の滞在時間（寿命）が数日から数十年と短く、かつ大気を温める作用を持つもの。
- 大気寿命が短いということは、削減対策を取れば気候への応答も早く表れる、ということの意味する。
- 長寿命な温室効果ガスの大幅削減と組み合わせて、早期に短寿命なGHGを大幅削減を実施することができれば、CO₂のみの排出削減対策を取ったときよりも、世界の平均気温上昇のスピードを抑制できることが期待される。

短寿命気候強制因子 [SLCFs: Short Lived Climate Forcers]
と呼ばれている。

注) 以前は、短寿命気候汚染物質 [SLCPs: Short-Lived Climate Pollutants]と呼ばれていた。
短寿命気候強制因子に関する詳細の説明については、以下の記事を参照。

https://www.nies.go.jp/social/navi/colum/topics_SLCP.html

主要な温室効果ガスの一覧

～ 地球温暖化係数 (GWP: Global Warming Potential) ～

地球温暖化係数(GWP)とは、CO₂の赤外線吸収量と大気中寿命時間によって求められる温室効果能力を基準としたとの、他の温室効果ガスの相対的な地球温暖化能力（つまり、CO₂を1としたときの温室効果）

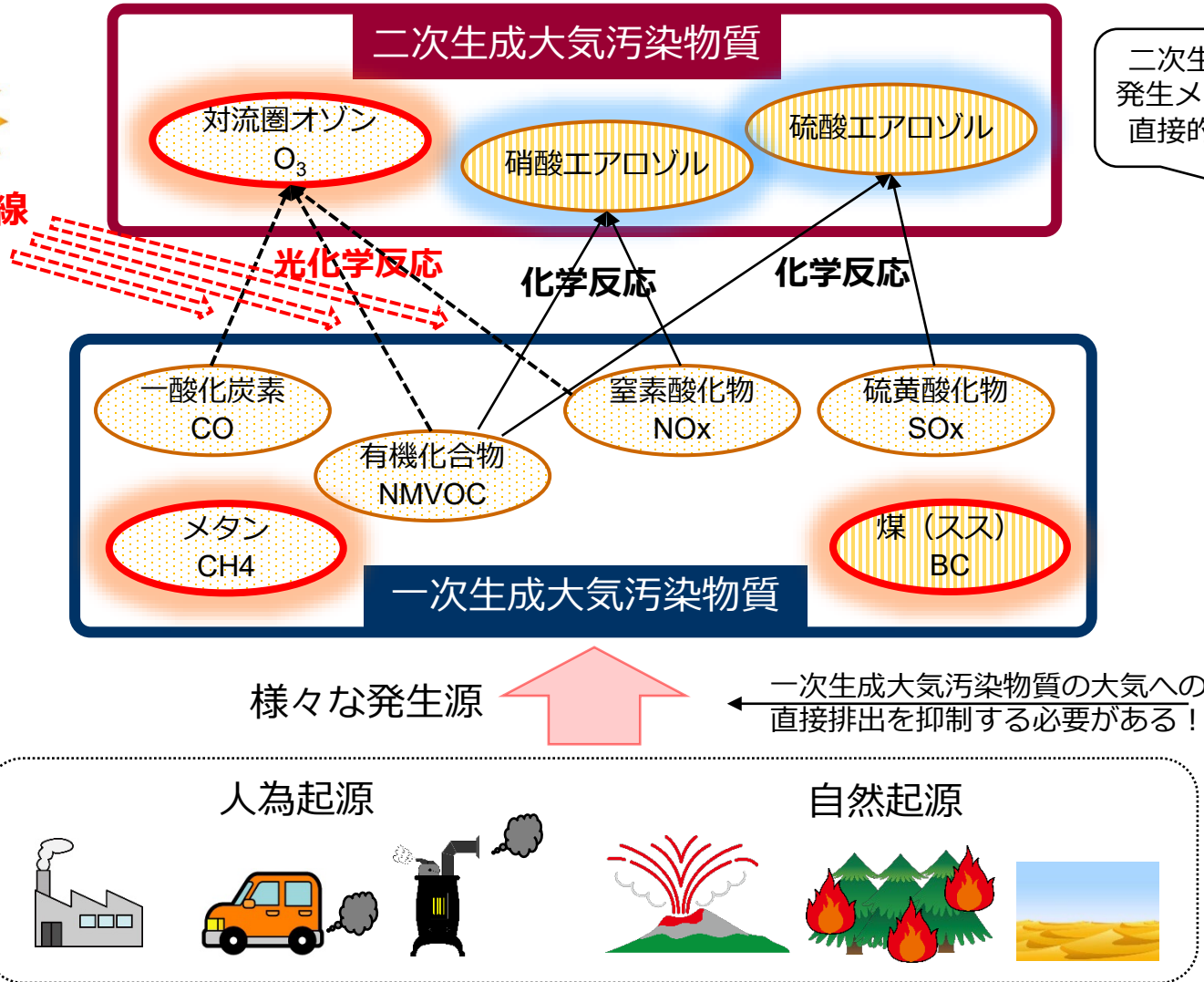
物質記号	物質名	大気寿命 (年)	IPCC AR4 地球温暖化係数 (GWP)			IPCC AR5 地球温暖化係数 (GWP)		主な排出源
			20年値	100年値	500年値	20年値	100年値	
CO ₂	二酸化炭素	－	1	1	1	1	1	エネルギー燃焼、工業プロセスなど
CH ₄	メタン	12	72	25	7.6	84	28	農耕作・農畜産、石炭採掘、廃棄物埋立など
N ₂ O	亜酸化窒素	114	289	298	153	264	265	農耕作・農畜産、工業プロセス、エネルギー燃焼など
CFC	CFC-11	45	6730	4750	1620	6900	4660	断熱材、発泡剤、スプレー缶等
	CFC-12	100	11000	10900	5200	10800	10200	冷媒（カーエアコン、小型冷凍冷蔵機器等）
	CFC-113	85	6540	6130	2700	6490	5820	洗浄剤（電子部品、ドライクリーニング等）
HCFC	HCFC-22	12	5160	1810	549	5280	1760	冷媒（ルームエアコン、業務用冷凍冷蔵空調機器など）
	HCFC-141b	9.3	2250	725	220	2550	782	断熱材、発泡剤、洗浄剤（電子部品）
	HCFC-142b	17.9	5490	2310	705	5020	1980	発泡剤
HFC	HFC-23	270	12000	14800	12200	10800	12400	HCFC-22生成時の副産物、消火剤、極低温冷媒
	HFC-134a	14	3830	1430	435	3710	1300	冷媒、断熱材、発泡剤、エアロゾル
	HFC-152a	1.4	437	124	38	506	138	ダストブロワー、エアロゾル、断熱材
	HFC-32	4.9	2330	675	205	2430	677	単独冷媒、混合冷媒、半導体・液晶
	HFC-125	29	6350	3500	1100	6090	3170	混合冷媒
	HFC-143a	52	5890	4470	1590	6940	4800	混合冷媒
	HFC-227ea	34.2	5310	3220	1040	5360	3350	エアロゾル、消火剤
PFC	CF ₄	50000	5210	7390	11200	4880	6630	アルミニウム精錬、半導体・液晶
	C ₂ F ₆	10000	8630	12200	18200	8210	11100	アルミニウム精錬、半導体・液晶
SF ₆	六フッ化硫黄	3200	16300	22800	32600	17500	23500	半導体・液晶、電気絶縁ガス
NF ₃	三フッ化窒素	740	12300	17200	20700	12800	16100	半導体・液晶

補足) UNFCCCへ提出する国別報告書に用いる地球温暖化係数は、**2014年まではIPCC AR2(1995)に記載されているGWP100年値**を使うことが定められていたが、**2015年以降からはIPCC AR4 (2007)に記載されているGWP100年値**を使うことが定められた。
さらに、**2023年または2024年以降から、IPCC AR5 (2013)に記載されているGWP100年値**を使うことと定められている。

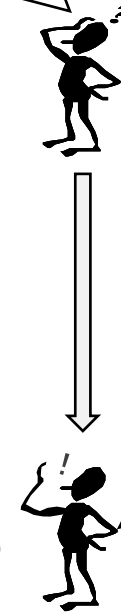
大気汚染物質と地球温暖化の関係

～ 大気を暖めるガスと大気を冷やすガス ～

大気汚染物質
(大気の質を悪化させる物質)
の種類



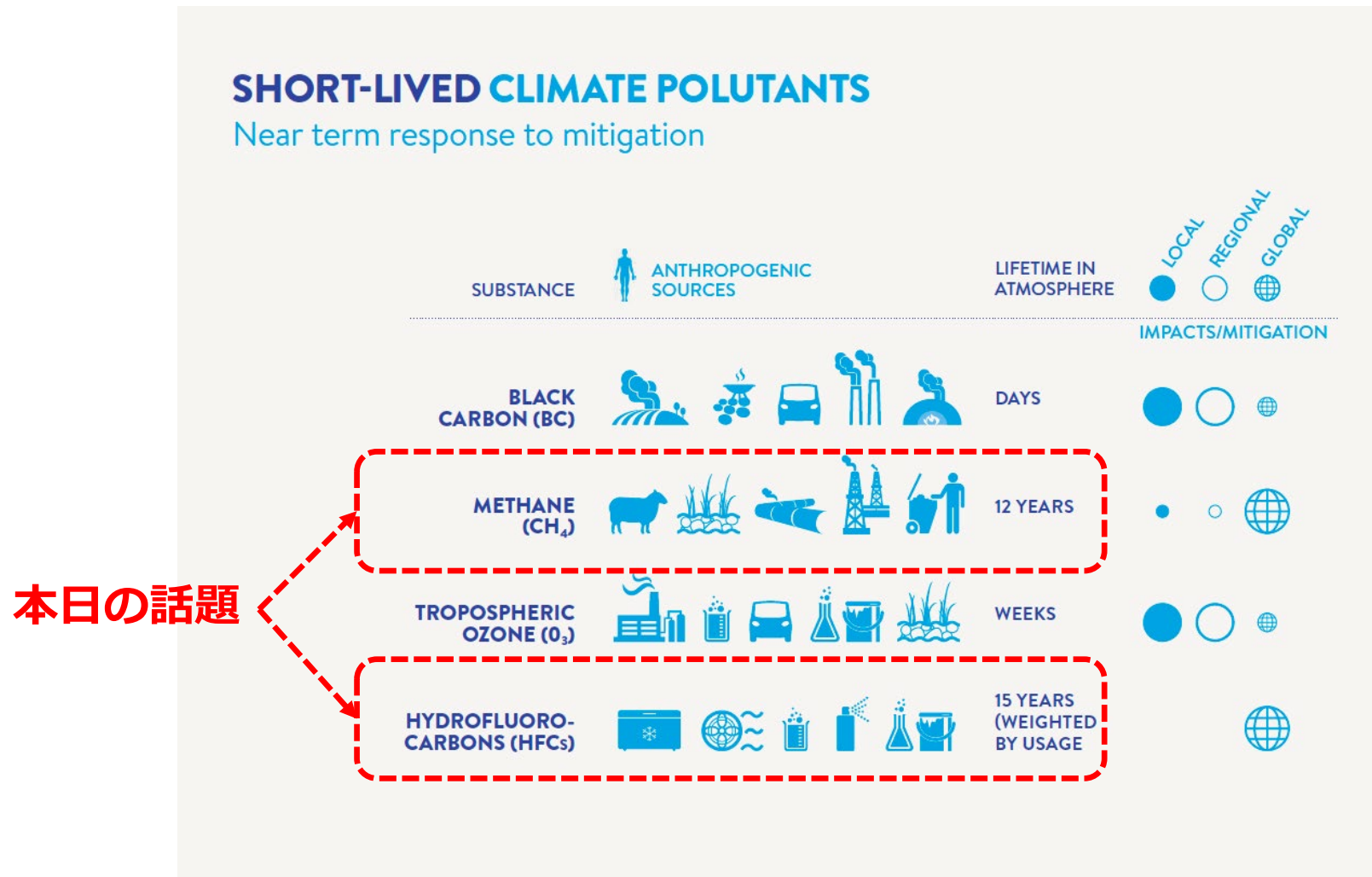
二次生成大気汚染物質の発生メカニズムは複雑で、直接的な削減対策は困難



大気汚染物質でもあり温室効果ガス・物質でもある

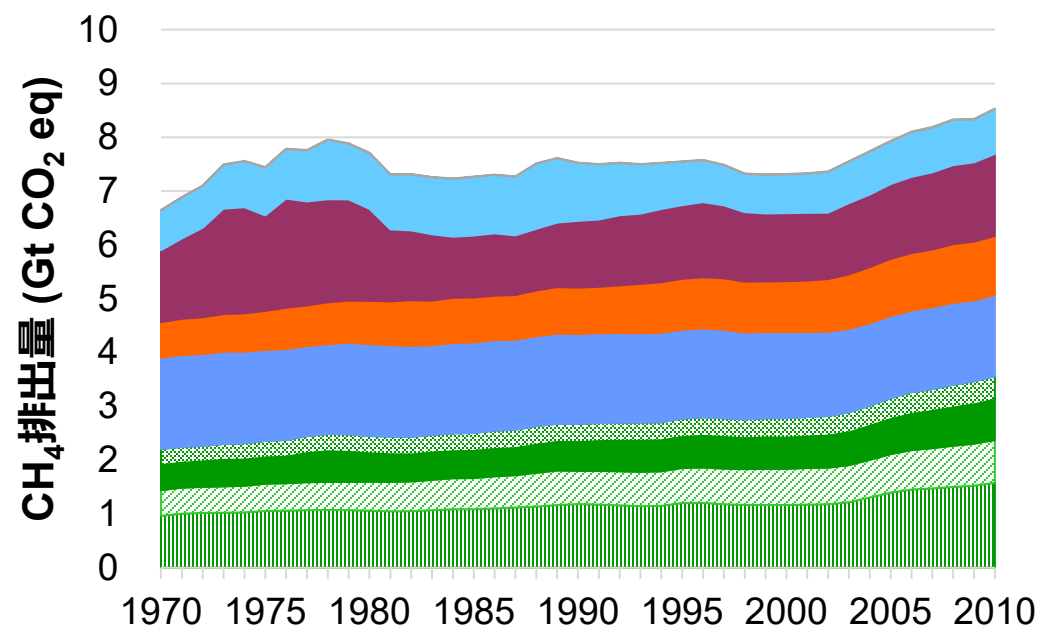
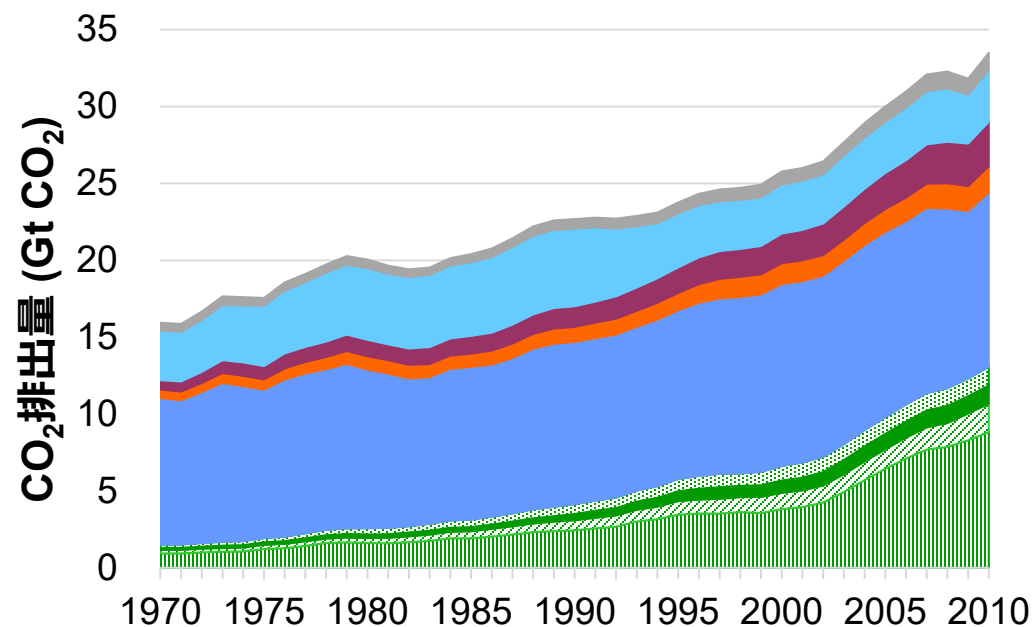
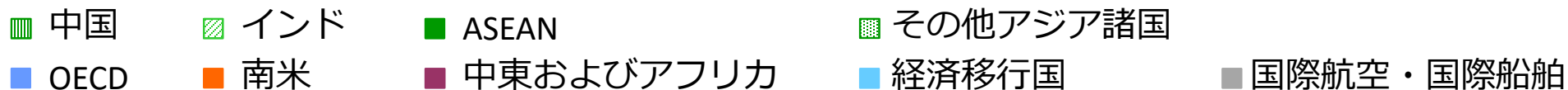
注) HFCも短寿命気候強制因子であるが、大気汚染物質ではないためこの図には示されていない。

気候と大気浄化の国際パートナーシップ(CCAC: Climate & Clean Air Coalition)が注目する 4つの短寿命気候汚染物質 (SLCPs: Short-Lived Climate Pollutants)



本日の話題

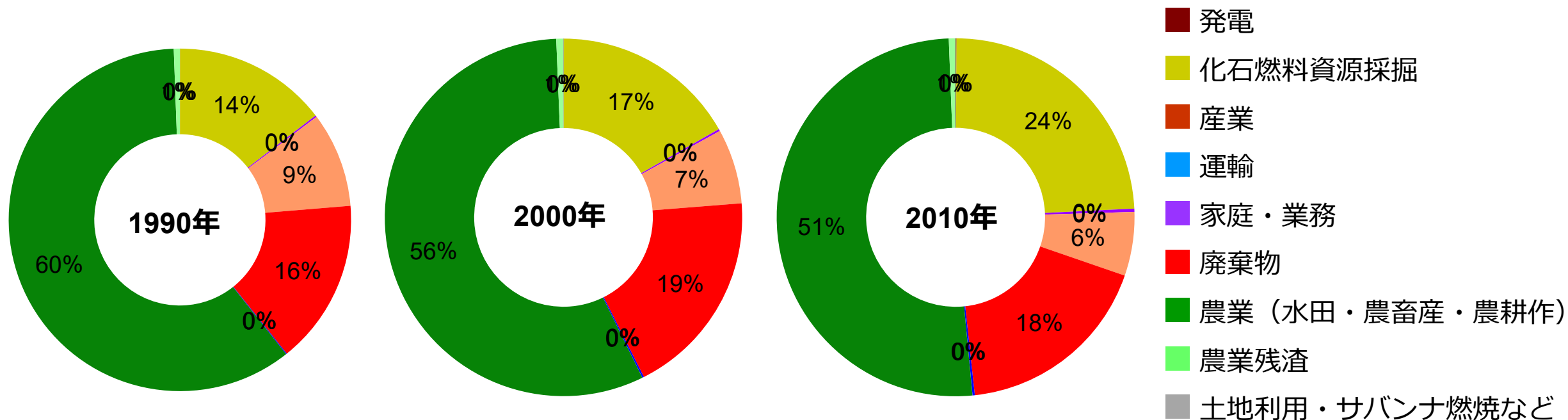
人為起源のCO₂およびCH₄の排出量の現状



- 世界の人為起源CH₄のCO₂換算排出量は人為起源CO₂排出量と比べて、約1/4 ～1/3に相当する。
- 特に、世界のCH₄排出量のうち途上国の割合が非常に大きく、約8割である。
(CO₂だけでなく、CH₄もアジアにおける排出量が増加中)



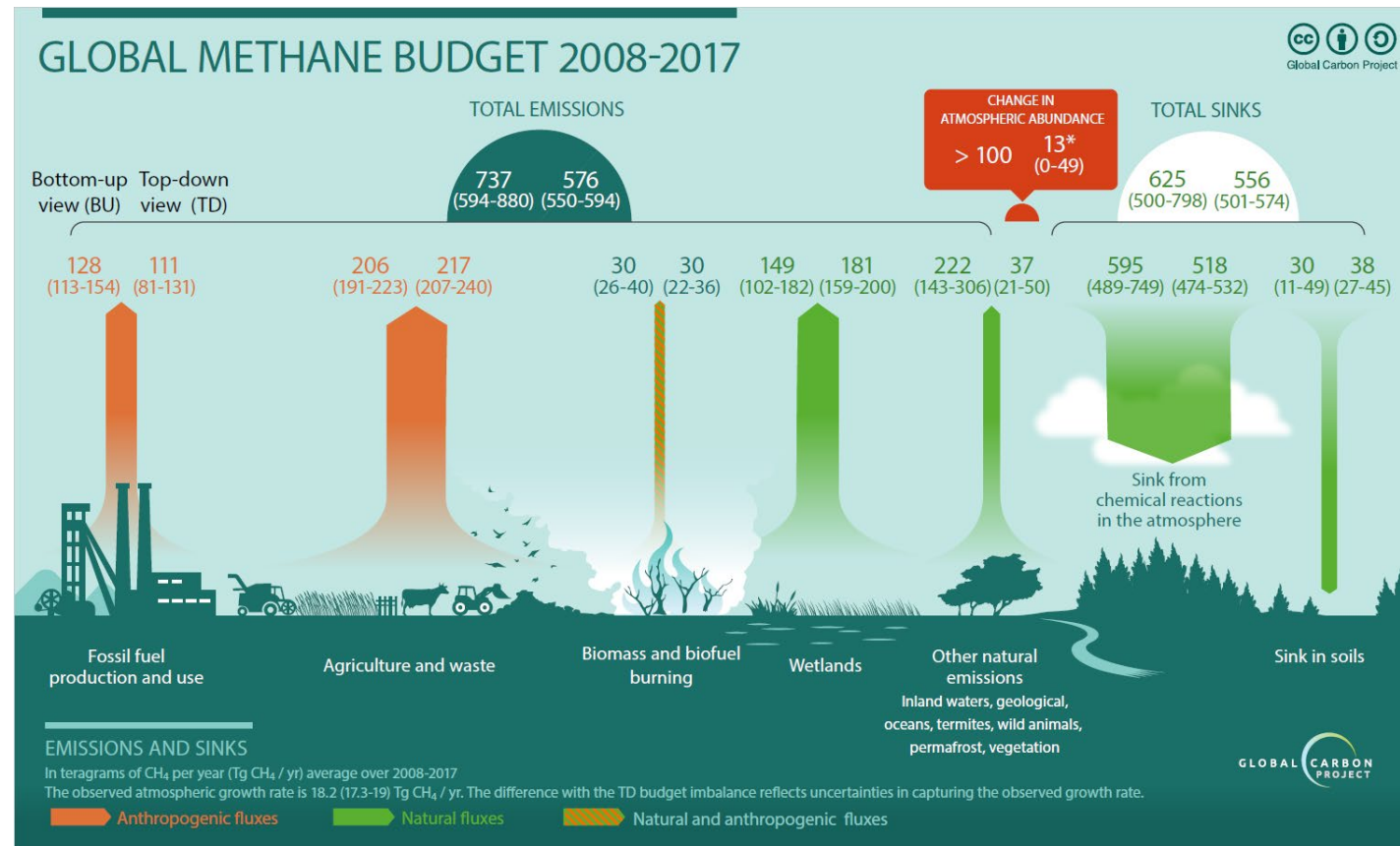
アジアにおける人為起源のCH₄ 排出量の内訳



- 農業(特に水田・農畜産)、廃棄物(特に埋立)および化石燃料資源採掘(特に石炭採掘)に由来するCH₄排出量が、全体の9割以上を占める。
- これら発生源における緩和策を取る必要がある。



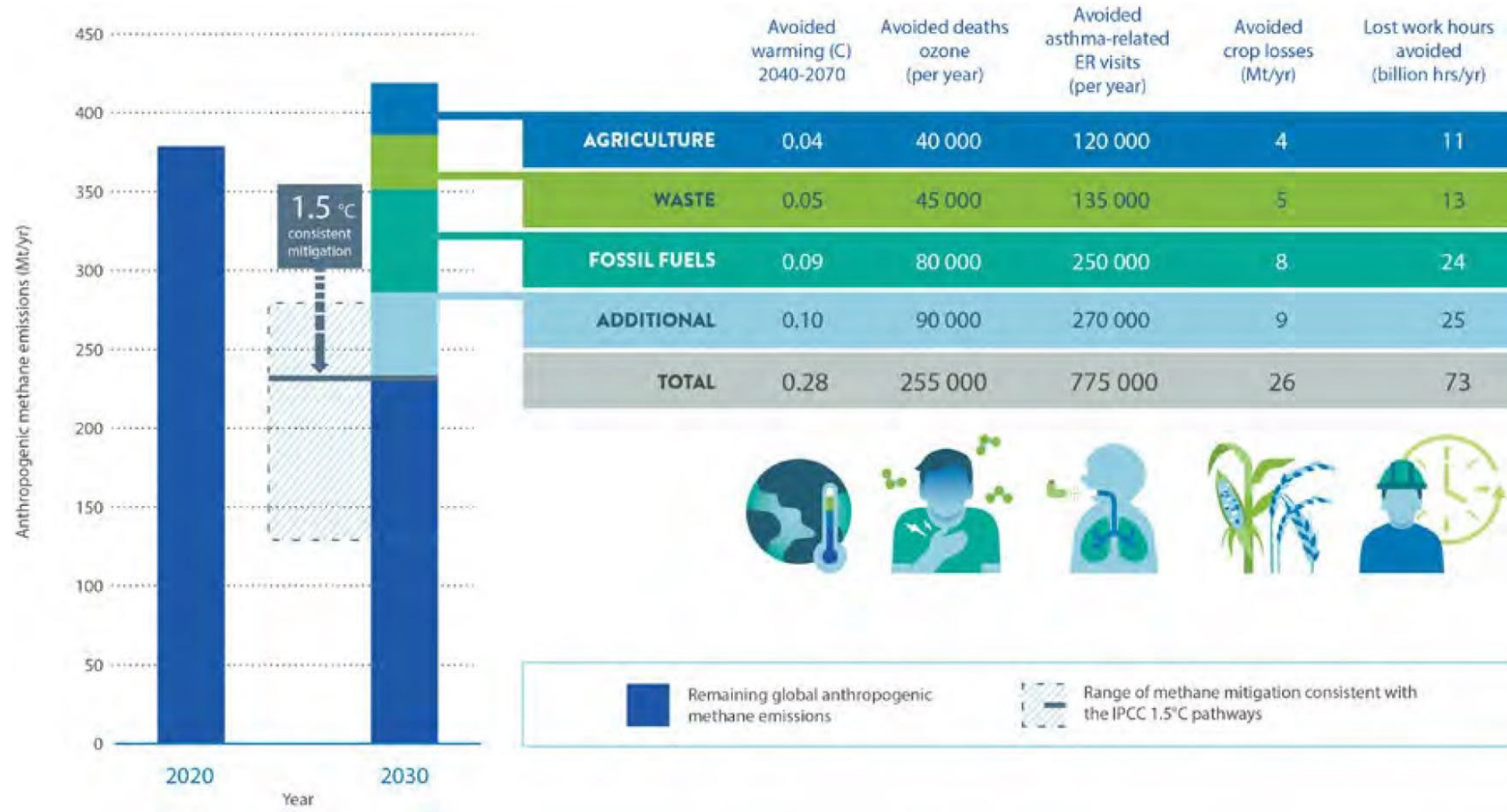
人為起源及び自然起源の世界のCH₄排出量



自然起源のCH₄排出量を抑制することは難しいため、人為起源CH₄排出量に対して緩和策を導入し、早期に大幅に削減する必要がある。



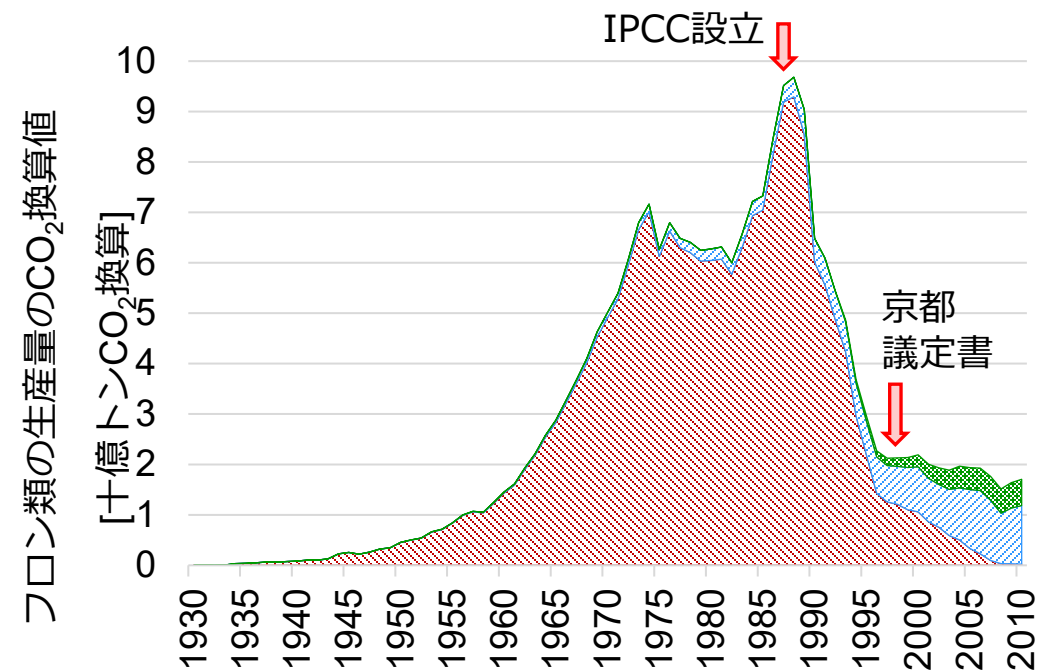
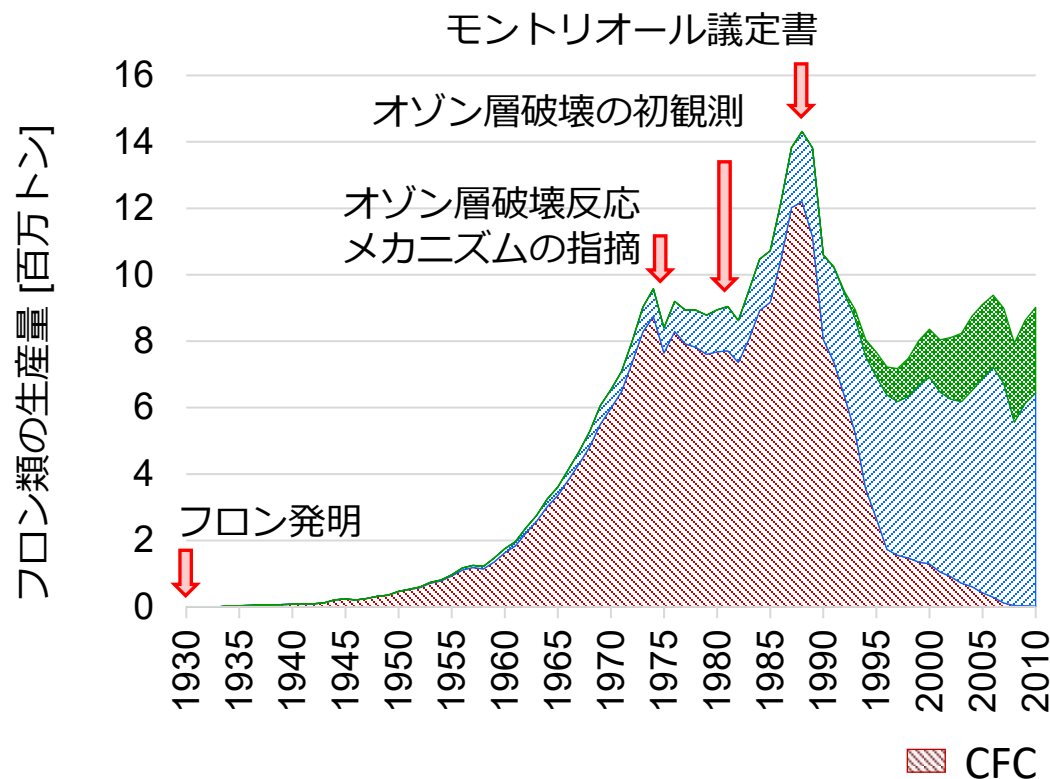
将来のCH₄排出削減の便益と費用



出典) UNEP CCAC Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions(2021)

<https://www.unep.org/resources/report/global-methane-assessment-benefits-and-costs-mitigating-methane-emissions>

世界のフロン類(CFCs, HCFCs, HFCs)の生産量の推移



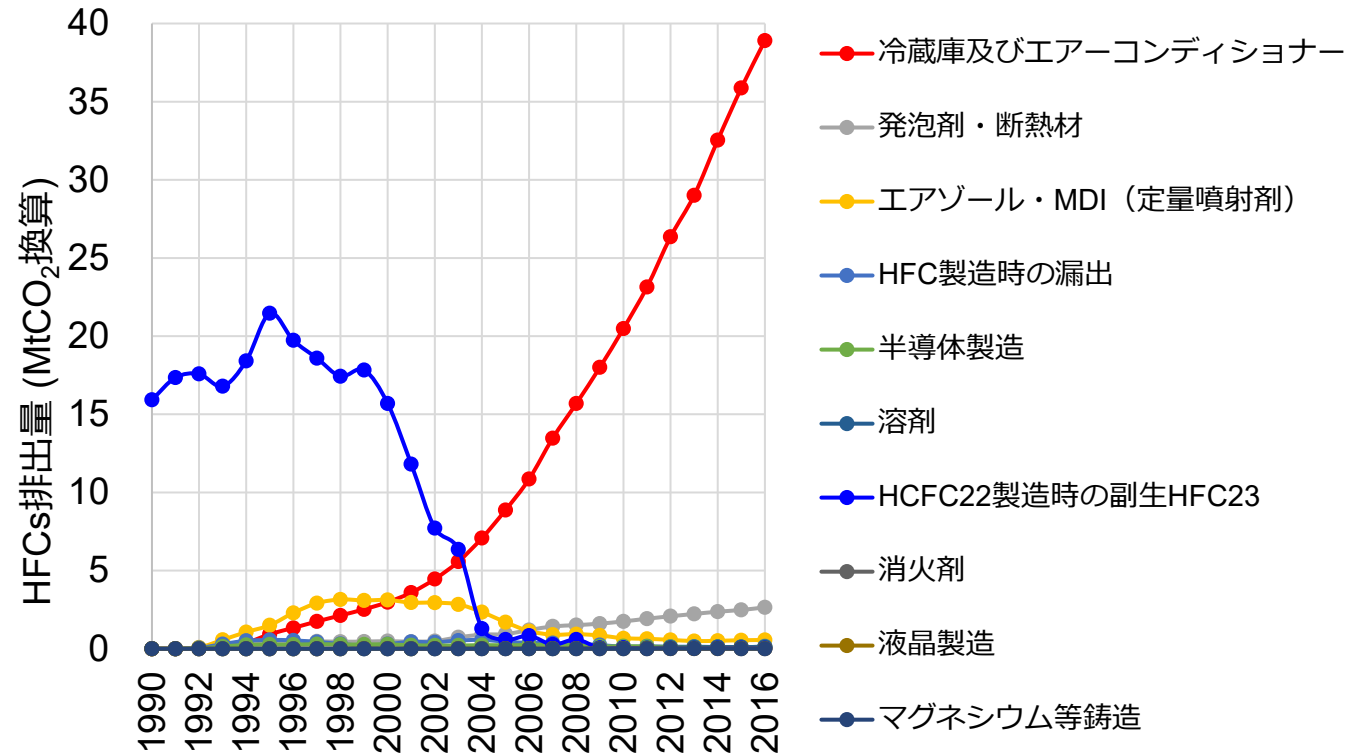
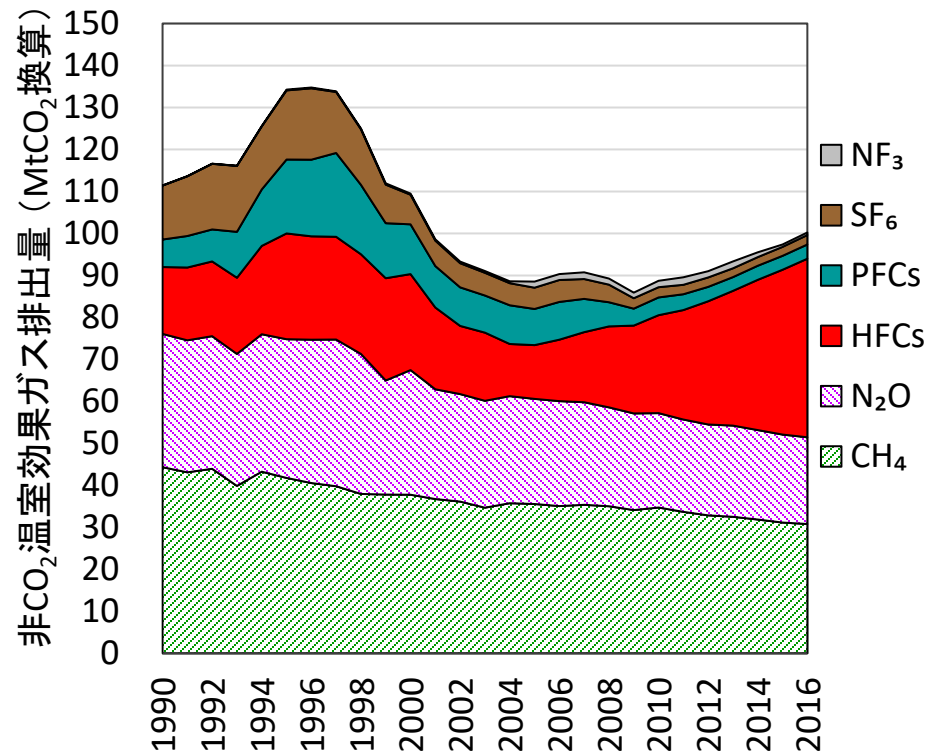
- フロン類(CFCs, HCFCs)の代替物質であるHFCsの生産が世界的に急増してきた。
- 特に途上国では、生産・消費されてきたものの多くが、大気中に排出されてきた。



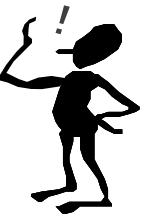
出典) フロン類生産量は、AFEAS, UNEP, UNFCCCのデータベースを用いて筆者が作成。

フロン類生産量のCO₂換算値は、IPCC第4次評価報告書における地球温暖化係数の値を用いて作成。

HFCs排出量の急増 ～日本の例～



- 非CO₂排出量の中で京都議定書対象のHFCs排出量の増加傾向が大きい。
 - HFCs排出量の中でも冷媒フロン類の増加傾向が大きい。
- ⇒ つまり冷媒フロン類への対策が重要。(日本だけでなく途上国でも同様の傾向)



将来のHFCs排出量の推計事例

出典論文のFigure 4の
左図を参照

出典論文のFigure 6の
上段の図を参照

先進国だけでなく、特にアジア途上国における冷媒HFCs排出量が将来急増する。



冷媒フロン類への対策

～ どれも欠くことのできない重要な対策 ～

代替対策

できる限りノンフロンへ代替促進していくこと
(キガリ改正、パリ合意の双方の達成に向けて効果的な対策)

漏洩対策

特に業務用の（大型な）冷凍空調機器からの漏洩を減らすこと

回収対策

業務用冷凍空調機器、カーエアコン、ルームエアコン、冷蔵庫などからの廃棄時冷媒を適正に回収すること。

処理対策

回収したものを適正に破壊処理または再処理すること。

国内における4つの対策パッケージの強化と共に、特にアジア途上国への支援の必要性！

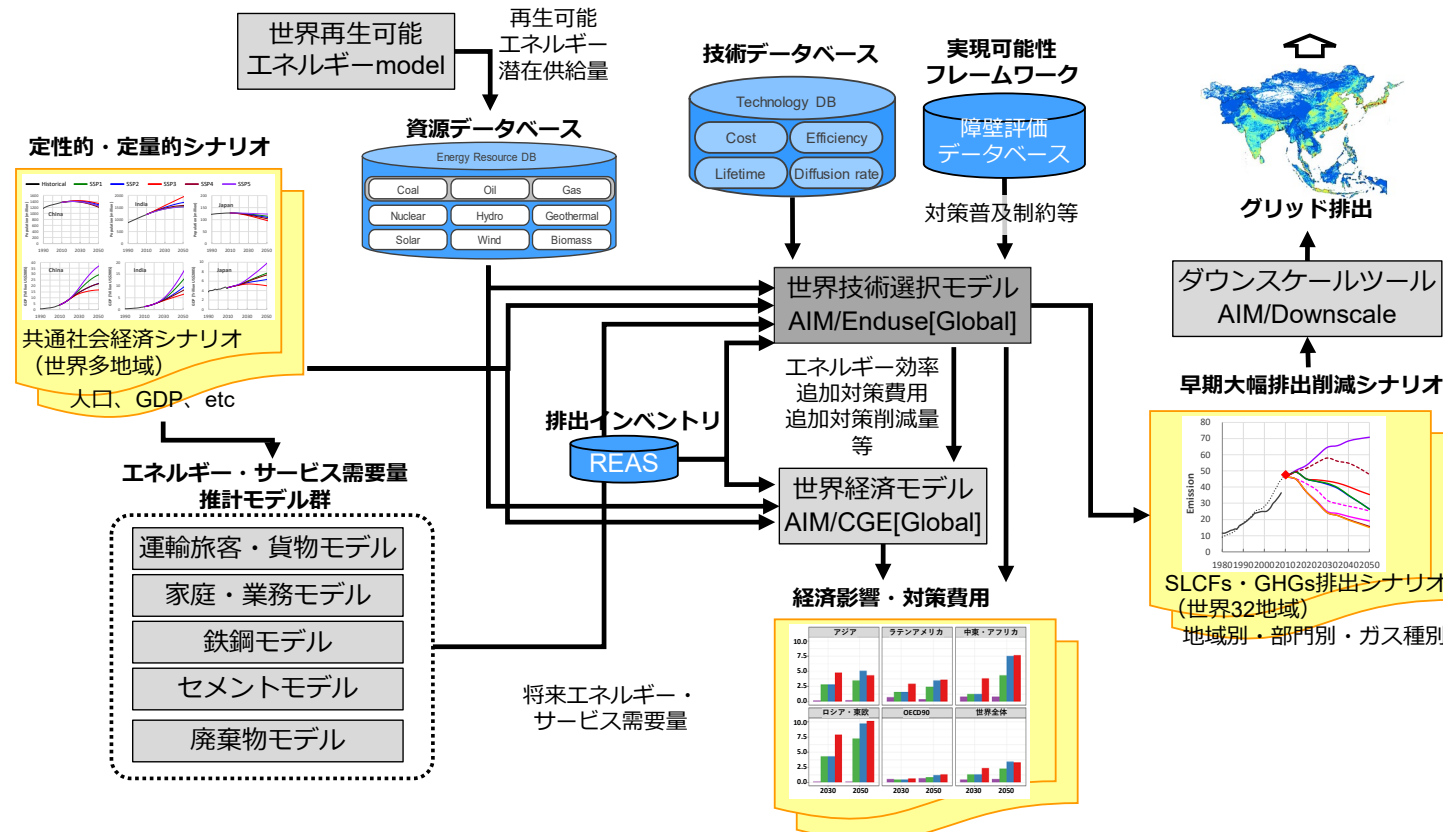


環境研究総合推進費S-20-3

短寿命気候強制因子による環境影響の緩和シナリオの定量化

2°C目標・1.5°C目標および環境影響の低減を考慮した

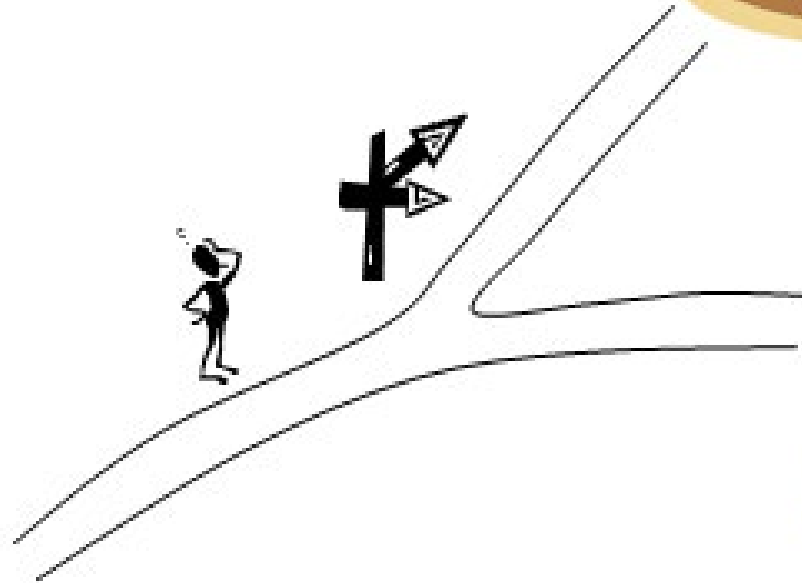
短寿命気候強制因子(SLCFs)と長寿命温室効果ガス(GHGs)の最適緩和シナリオを探索し、地域別・ガス種別の技術的な潜在削減量や経済影響などの定量的評価を行い、緩和策の技術的・経済的・制度的な課題を明らかにする



Timing is important!



【連絡先】
花岡達也
hanaoka@nies.go.jp



ご清聴ありがとうございます