



CDR・CCS技術の位置づけと展望

2022.2.13

地球環境産業技術研究機構 (RITE)

理事・研究所長

下田 吉之



1. 急速に変化した地球温暖化緩和目標

- 2014年に発表されたIPCC第5次報告書第3部では、**気温上昇を1.5°Cに抑えるシナリオ(430ppmCO₂eq以下)**は限られた数の研究しか存在しないとして明示されていなかった。2°Cに抑えるシナリオ(RCP2.6シナリオ)では、2050年に温室効果ガスが2010年頃のおよそ半分になっており、これが先進国の間では目標として概ね認識されていた（日本は、世界平均に比べ排出量が大きいことから2050年80%の削減を長期目標としていた）
- 2015年のCOP21で、パリ協定が採択され「2°Cより十分低く保ち、1.5°Cに抑える努力をする」と宣言されたことを受け、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）は、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）に対し工業化以前の水準から1.5°Cの気温上昇による影響や関連する地球全体の温室効果ガス(GHG)排出経路に関する特別報告書を2018年に発表することを招請。
- 2018年IPCC1.5°C特別報告書の発表（初めて1.5°Cシナリオ[RCP1.9シナリオ]を提示）：4つの代表的緩和経路。
- AR6では世界で研究された約2500通りのシナリオを検討

第5次報告書までは1.5°C目標は示されていないかった。

表 SPM.1 | AR5 第3 作業部会で集められ、評価されたシナリオの主な特徴。各シナリオの全てのパラメータについて 10 から 90 パーセントイルを示す^{1,2}。[表 6.3]

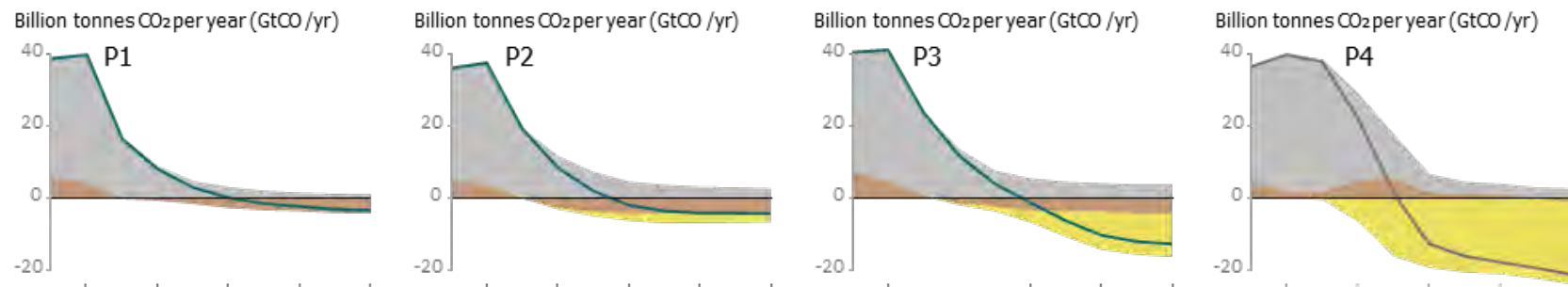
2100年のCO ₂ 換算濃度 区分ラベル (濃度幅) ⁹	細区分	RCP シナリオの 相対的位置 ⁵	累積CO ₂ 排出量 ³ (GtCO ₂ /Gtは10億トン)		2010年比のCO ₂ 換算 排出量変化(%) ⁴		温度変化(1850-1900年平均比) ^{5,6}						
			2011~2050年	2011~2100年	2050年	2100年	2100年の 温度変化(°C) ⁷	21世紀に下記の温度水準未満に留まる可能性(%) ⁸					
								1.5°C	2.0°C	3.0°C	4.0°C		
< 430	430ppmCO ₂ 換算未満では限られた数のモデルしか研究されていない												
450 (430~480)	全体幅 ^{1,10}	RCP2.6	550~1300	630~1180	-72 ~ -41	-118 ~ -78	1.5~1.7 (1.0~2.8)	どちらかと言えば 可能性が低い	可能性が高い	可能性が高い	可能性が高い		
500 (480~530)	530ppmCO ₂ 換算 のオーバーシュート無		860~1180	960~1430	-57 ~ -42	-107 ~ -73	1.7~1.9 (1.2~2.9)	可能性が低い	どちらかと言えば 可能性が高い				
	530ppmCO ₂ 換算 のオーバーシュート		1130~1530	990~1550	-55 ~ -25	-114 ~ -90	1.8~2.0 (1.2~3.3)		どちらとも同程度				
550 (530~580)	580ppmCO ₂ 換算 のオーバーシュート無		1070~1460	1240~2240	-47 ~ -19	-81 ~ -59	2.0~2.2 (1.4~3.6)		可能性が低い ¹¹			どちらかと言えば 可能性が低い ¹²	
	580ppmCO ₂ 換算 のオーバーシュート		1420~1750	1170~2100	-16 ~ 7	-183 ~ -86	2.1~2.3 (1.4~3.6)						
(580~650)	全体幅	RCP4.5	1260~1640	1870~2440	-38 ~ 24	-134 ~ -50	2.3~2.6 (1.5~4.2)						可能性が低い
(650~720)	全体幅		1310~1750	2570~3340	-11 ~ 17	-54 ~ -21	2.6~2.9 (1.8~4.5)						
(720~1000)	全体幅	RCP6.0	1570~1940	3620~4990	18 ~ 54	-7 ~ 72	3.1~3.7 (2.1~5.8)			可能性が低い ¹¹	どちらかと言えば 可能性が低い		
>1000	全体幅	RCP8.5	1840~2310	5350~7010	52 ~ 95	74 ~ 178	4.1~4.8 (2.8~7.8)	可能性が低い			可能性が低い	どちらかと言えば 可能性が低い	

IPCC 第5次評価報告書第3 作業部会報告書 (経済産業省訳)

• 1.5°C目標を達成する4つの排出経路類型

Breakdown of contributions to global net CO₂ emissions in four illustrative model pathways

● Fossil fuel and industry ● AFOLU ● BECCS



需要32%減、RE
77%BECCS無し

需要2%増、RE 81%、
BECCS 151Gt

需要21%増、RE
63%、BECCS 414Gt

需要44%増、RE
70% BECCS 1191Gt

LEDシナリオ
(Low Energy
Demand)

残りのシナリオではネガティブエミッション技術を利用

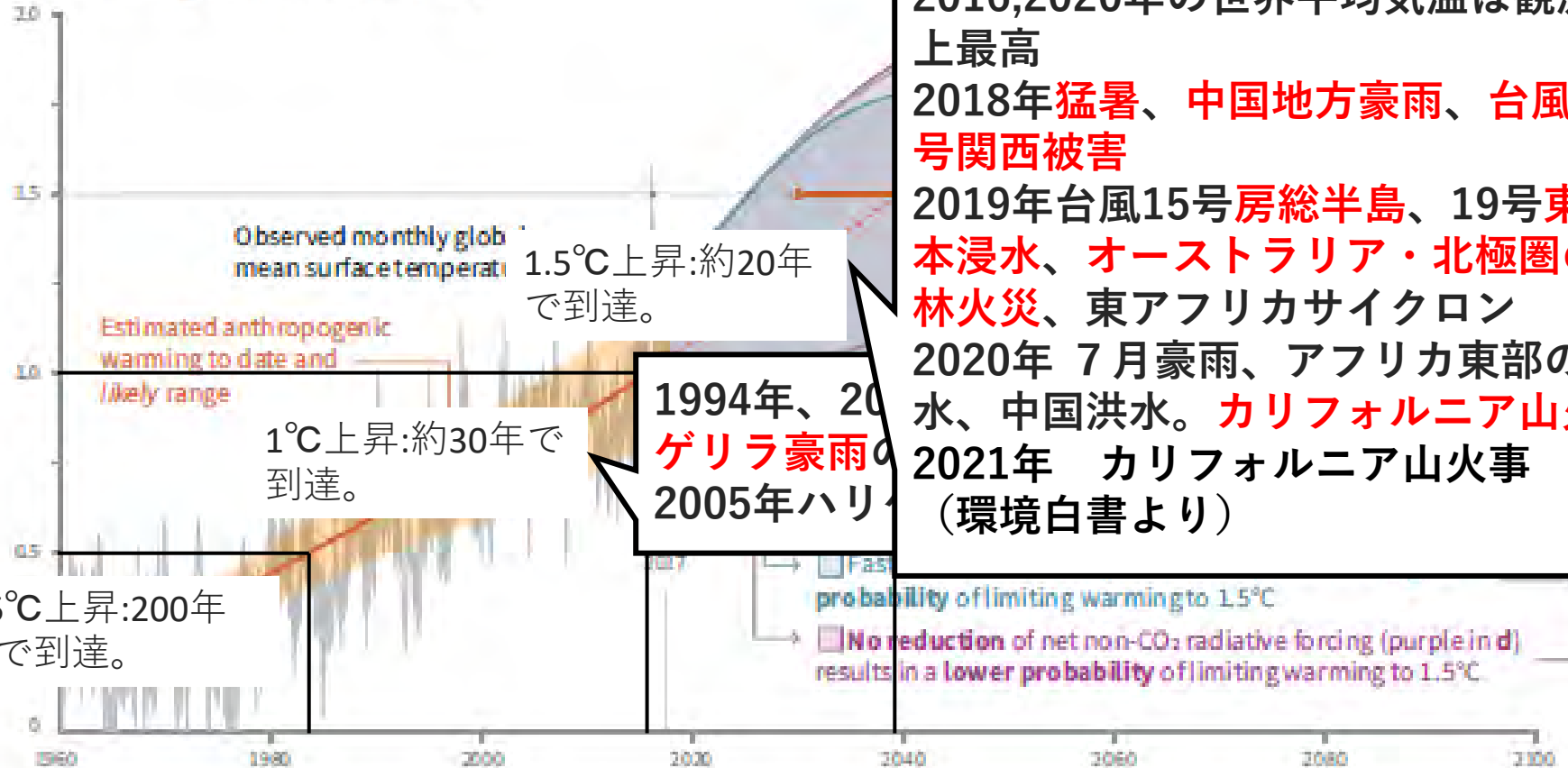
出典：IPCC 1.5°C特別報告書政策決定者向け要約

- 2014年 IPCC第5次報告書 1.5°Cシナリオは「限られた研究成果」
- 2015年 COP21 パリ協定採択「2°Cより十分低く保ち、1.5°Cに抑える努力をする」ここから潮目が変わったと言われる
- 2016年 (旧)地球温暖化対策計画 2013年比2030年26%削減、「2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指す」(2°C目標に整合した「できる目標」)
- 2018年 IPCC1.5°C特別報告書 (初めて1.5°Cシナリオを提示)
- 2019年 (旧)パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略「2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指すという長期的目標を掲げており・・・」
- 2020年10月 菅首相の2050年カーボンニュートラル宣言
- 2021年4月 菅首相が2030年目標を46%に引き上げることを宣言
(上記2つは1.5°C目標に整合した「トップダウンの目標」)
- 2021年10月 「エネルギー基本計画」「地球温暖化対策計画」「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」閣議決定
- 2022年4月 IPCC AR6 WG3報告書

IPCC1.5°C報告書

a) Observed global temperature change and modeled responses to stylized anthropogenic emission and forcing pathways

Global warming relative to 1850-1900 (°C)



科学的関連性については後10年程度検証が必要



第5次報告書WG3(2014)における ジオエンジニアリングの定義

- ジオエンジニアリングとは、気候変動の影響を軽減するために気候システムを意図的に変更することを目的とした一連の広範な手法と技術を指す。ほとんど（全てではない）の手法は、(1) 気候システムが吸収する太陽エネルギーの量を減らす（太陽放射管理） (2) 気候を変えるのに十分な規模で大気からの正味の二酸化炭素吸収量を増やす（CDR、二酸化炭素除去）に分類される。規模と目的が最も重要である。ジオエンジニアリングの特に懸念される2つの重要な特徴は、気候システム（大気、陸地、海洋など）を世界的または地域的に使用する、あるいは影響を与えること、国境を越えて意図しない重大な影響を与える可能性があることである。ジオエンジニアリングは、気象改変や生態学的エンジニアリングとは異なるが、それらとの境界があいまいになる可能性がある（IPCC、2012年、p. 2）。
- （IPCC AR5 WGIII 用語集）

以前のジオエンジニアリングの定義

太陽放射管理 (SRM)		<ul style="list-style-type: none"> ・都市・住宅における太陽光反射率の改変 ・草地や農耕地の太陽光反射率の改変 ・砂漠の太陽光反射率の改変 ・雲の太陽光反射率の改変 (有機硫黄化合物発生等の生物学的手法、海塩巻き上げといった機械的手法) ・成層圏へのエアロゾルの散布 ・宇宙における太陽光シールド
CO ₂ 除去 (CDR)	自然のプロセスを利用するもの	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄の散布による海洋肥沃化 ・リン・窒素の散布による海洋肥沃化 ・海洋の湧昇流・沈降流の促進 ・風化反応の促進 (土壌や海洋へのアルカリ物質の散布、地中でのケイ酸塩の炭酸化) ・バイオマスを炭化したバイオ炭によるCO₂貯留
	工学的手法	<ul style="list-style-type: none"> ・CO₂の直接空気回収
	緩和策との違いが不明確なもの	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオエネルギー・炭素回収貯留 (BECCS) ・植林・土地利用改善とCCS (CO₂回収・貯留)

- 以前の IPCC 報告書や文献では、太陽放射改変 (SRM) と二酸化炭素除去 (CDR) はしばしば「Geoengineering」と呼ばれていたが、IPCC 1.5°C特別報告書では、SRM と CDR をより徹底的に調査し、両者のアプローチの差異を明確に強調している。このセクションでは、このレポートの他の場所と同様、**緩和オプションとしてCDRが認識されている一方、SRMはそうでないことを認識しつつ**、SRM と CDR の両方の国際的なガバナンスを評価する。

解かねばならない2つの方程式

- カーボンニュートラル成立のための条件：
- 年間のエネルギーバランス
(年間合計において)

カーボンフリーエネルギー = エネルギー需要

- 電力システムの需給バランス
(常に成立していること)

カーボンフリー電力の供給 = 電力需要

第1の方程式

$$\text{カーボンフリーエネルギー} = \frac{\text{エネルギー需要}}{\text{サービス}} \times \frac{\text{サービス}}{\text{充足度}} \times \frac{\text{充足度}}{\text{人口}} \times \text{人口}$$

再生可能エネルギー

右辺第1項：エネルギー効率の逆数

原子力

右辺第2項：ライフスタイル効率の逆数

ブルー／グリーン水素・アンモニア
(及びそれらからなる合成燃料)

サービス：エネルギー消費機器から産み出される熱・光・情報など

充足度(Sufficiency)

CCSつき化石燃料火力

- 現時点で再生可能エネルギー電力の比率20%程度。再生可能エネルギー比率を80%にするとすれば、これを4倍にするよりも、電力需要を50%にして再生可能エネルギー電力を2倍にする方が現実的

第2の方程式

カーボンフリー電力の供給 = 電力需要

変動性再生可能電力（太陽光・風力）

原子力

調整可能再生可能電力
（水力・バイオマス）

ブルー／グリーン水素・アンモニア火力

CCSつき化石燃料火力

蓄電

水素

蓄熱

デマンドレスポンス

時間変動性の大きな需要（建築・住宅）

時間変動性の小さな需要（多くの工場・データセンター）

パルス状の需要（電気自動車の充電）



2. IPCC第6次報告書に見るCDRとCCS

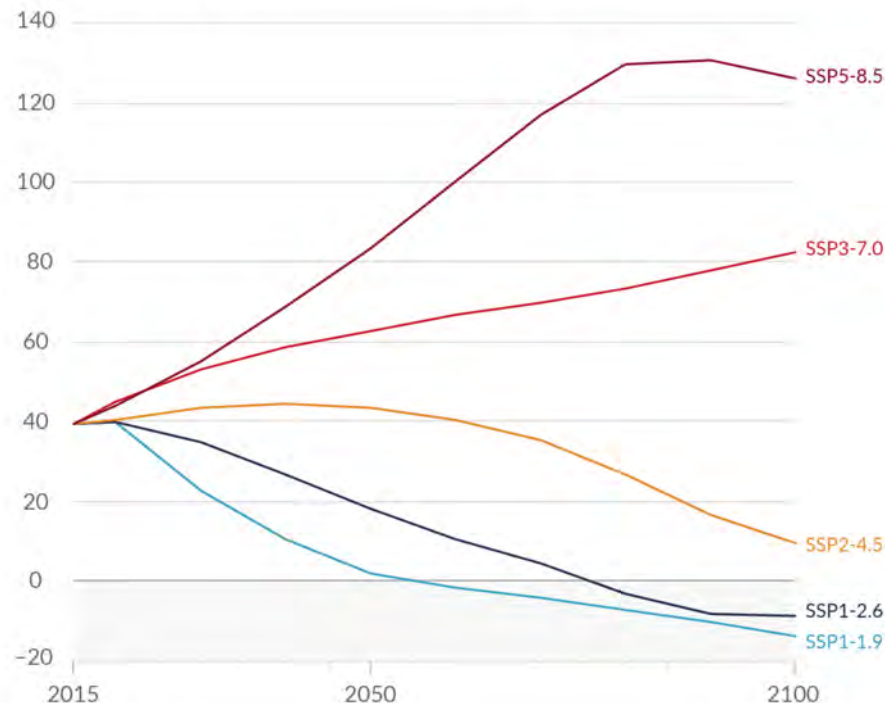


IPCC第6次報告書第1部



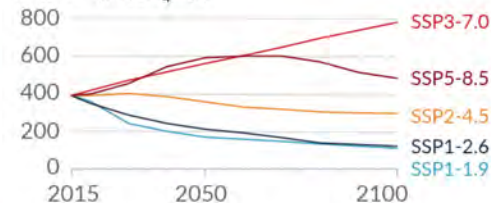
(a) 5つの例示的なシナリオにおけるCO₂ (左) 及び一部の主要な非CO₂駆動要因 (右) の将来の年間排出量

二酸化炭素 (GtCO₂/年)

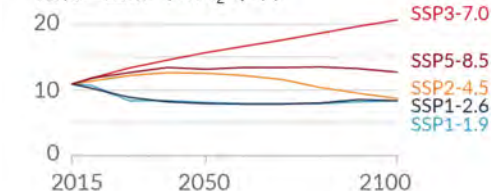


非CO₂温室効果ガス

メタン (MtCH₄/年)

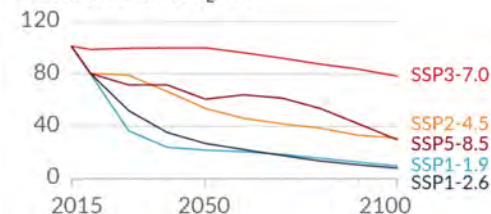


一酸化二窒素 (MtN₂O/年)



大気汚染物質かつエアロゾル前駆物質

二酸化硫黄 (MtSO₂/年)



シナリオ	短期、2021~2040年		中期、2041~2060年		長期、2081~2100年	
	最良推定値 (°C)	可能性が非常に高い範囲 (°C)	最良推定値 (°C)	可能性が非常に高い範囲 (°C)	最良推定値 (°C)	可能性が非常に高い範囲 (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2 - 1.7	1.6	1.2 - 2.0	1.4	1.0 - 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 - 1.8	1.7	1.3 - 2.2	1.8	1.3 - 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 - 1.8	2.0	1.6 - 2.5	2.7	2.1 - 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 - 1.8	2.1	1.7 - 2.6	3.6	2.8 - 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 - 1.9	2.4	1.9 - 3.0	4.4	3.3 - 5.7

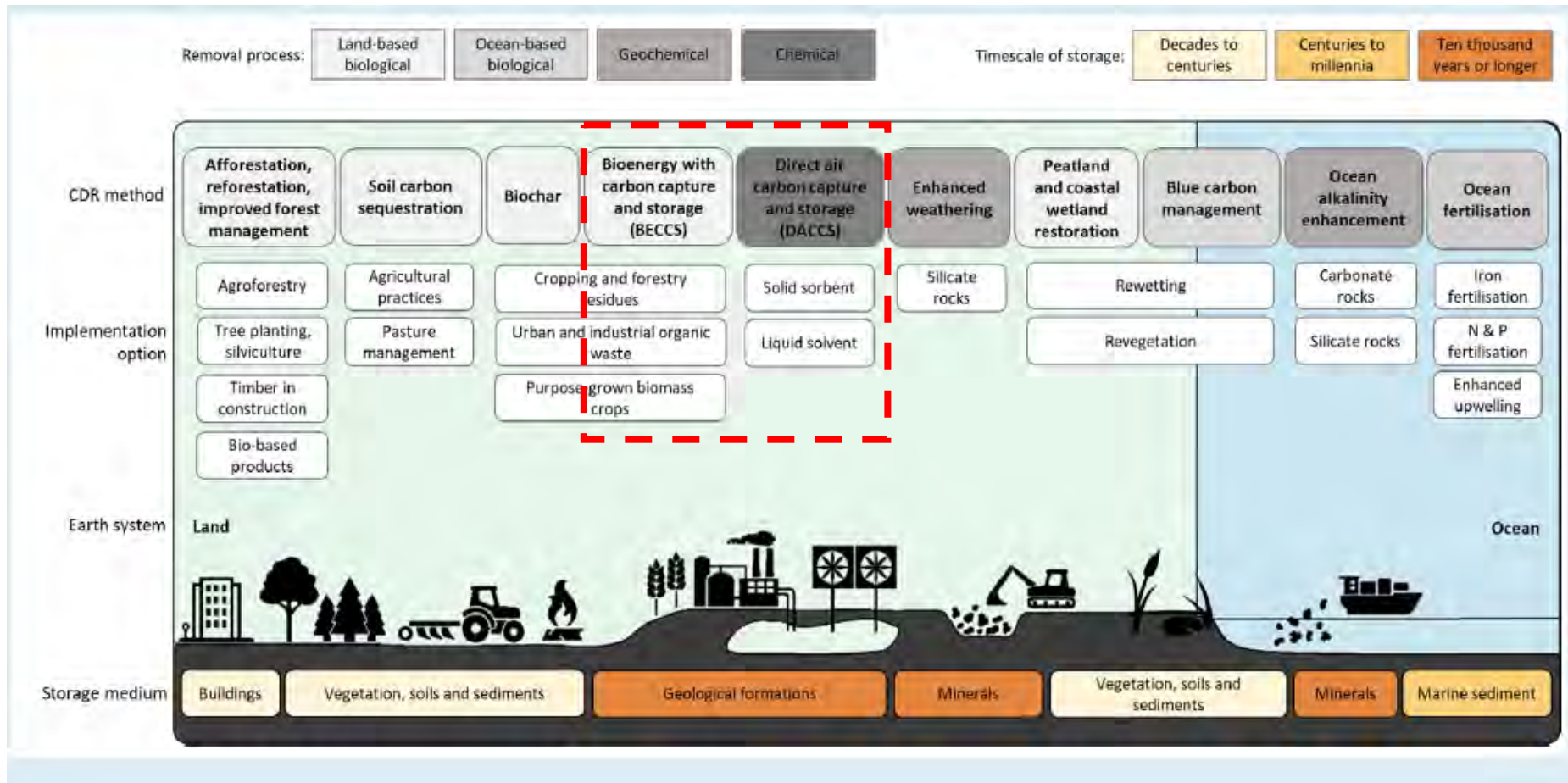
第5次報告書

- 第1章：イントロダクション
- 第2章：気候変動政策のリスク・不確実性評価
- 第3章：社会・経済・倫理的概念と手法
- 第4章：持続可能な開発と公正
- 第5章：駆動要因、排出傾向と緩和
- 第6章：転換経路の評価
- 第7章：エネルギーシステム
- 第8章：運輸
- 第9章：建築物
- 第10章：産業
- 第11章：農業、林業及びその他の土地利用
- 第12章：居住地、インフラ、空間計画
- 第13章：国際協力：合意形成と手法
- 第14章：地域の開発と協力
- 第15章：国・地方の政策と制度
- 第16章：分野横断の投資とファイナンス

第6次報告書

- 第1章：イントロダクションと枠組みづくり
- 第2章：排出傾向と駆動要因
- 第3章：長期目標に対応する緩和経路
- 第4章：短・中期的な緩和と開発の経路
- 第5章：需要、サービス、緩和の社会的側面
- 第6章：エネルギーシステム
- 第7章：農業、林業及びその他の土地利用
- 第8章：都市システムとその他の居住地
- 第9章：建築物
- 第10章：運輸
- 第11章：産業
- 第12章：複数部門にまたがる視点
- 第13章：国と地方(sub-national)の政策及び制度
- 第14章：国際協力
- 第15章：投資とファイナンス
- 第16章：イノベーション、技術開発及び移転
- 第17章：持続可能な開発の文脈での遷移加速

CDRの分類 (第12章)





SPM CDRの役割



- **CO2**又は**GHG**の正味ゼロを達成しようとするならば、削減が困難な残余排出量を相殺する**CDR**の導入は避けられない。
- **CDR**とは、大気から**CO2**を除去し、地質、陸域、又は海洋の貯留地、又は製品に長期に貯蔵する人為的な活動を指す。大気から**CO2**を除去する方法は、生物学的、地球化学的、又は化学的方法に分類される。
- 植生と土壌管理を通じた**CO2**の除去と貯留は、人為又は自然の介入によって逆戻りする可能性があり、気候変動の影響も受けやすい。一方、（**BECCS**、**DACCS**や海洋アルカリ化を通じて）地層や海洋の貯留地に貯留された**CO2**、及びバイオ炭に炭素として貯留された**CO2**は逆戻りする可能性はそれほど高くない。
- 大幅で、急速、かつ持続的な排出削減に加えて、**CDR**は以下の3つの補完的な役割を世界全体で、又は国のレベルで果たしうる：
 - 短期的には、正味**CO2**又は正味**GHG**排出量の削減；
 - 中期的には**CO2**排出量正味ゼロ又は**GHG**排出量正味ゼロを達成するにあたって「削減が難しい」残余排出量（例えば農業、航空輸送、海上輸送、産業プロセス由来の排出量）の相殺
 - 長期的には、もし年間の残余排出量を上回るレベルで展開した場合には、正味負の**CO2**排出量又は正味負の**GHG**排出量の達成。
- **CDR**の実現条件には、研究開発及び実証の加速、リスク評価・管理用のツールの改善、対象を絞ったインセンティブと炭素の流れの測定・報告・検証の合意された方法の整備が含まれる。

IPCC第6次報告書第3部

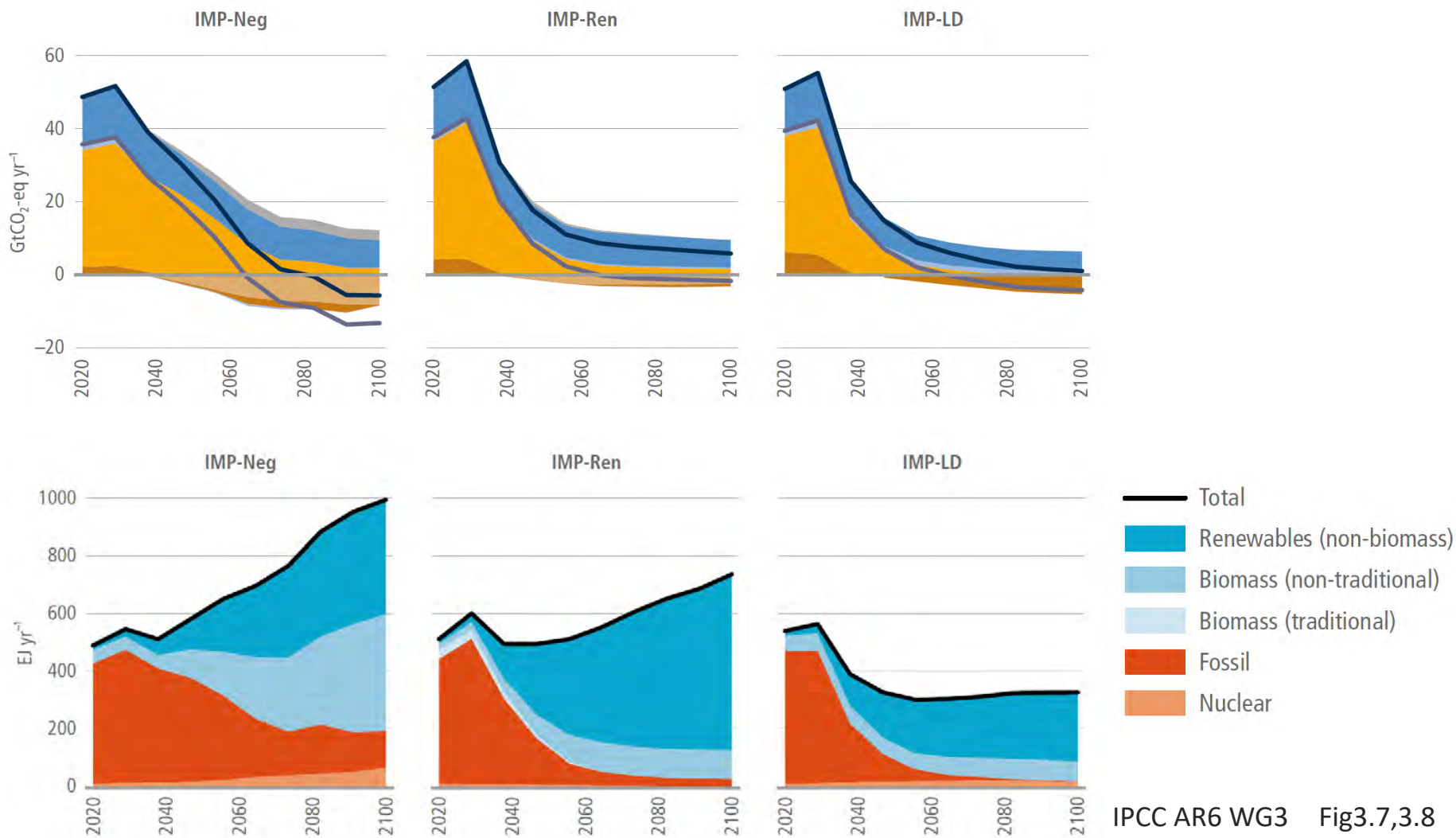


p50 [p5-p95] ^a			GHG 排出量 (GtCO ₂ -eq yr ⁻¹) ^b			対2019GHG削減量 (%) ^a			排出マイルストーン ^c				累積CO ₂ 排出量 (GtCO ₂) ^d		正味の負の 累積CO ₂ 排出量 (GtCO ₂) ^e		世界平均気温確率 50% (°C) ^f		地球温暖化のピークが 所定の温暖化の水準未満に とどまる可能性 (%) ^g		
カテゴリ ^{h,c,d} [#経路]	経路/ サブセット名	WGI SSP & WGIII IPs/IMPs 整合性 ^g	2030	2040	2050	2030	2040	2050	ピークCO ₂ 削減量 (2100年前の ピーク%)	ピークGHG 排出量 (2100年前の ピーク%)	CO ₂ 正味ゼロ (正味ゼロ 経路%)	GHG正味ゼロ (正味ゼロ 経路%)	2020から CO ₂ 正味ゼロ	2020-2100	CO ₂ 正味ゼロの年 から2100年まで	2100	温暖化の ピーク時	< 1.5 °C	< 2.0 °C	< 3.0 °C	
<p>全世界の予想温暖化水準 (GWL) によって区分したモデル化温暖化経路。可能性の詳細な定義はSPMボックス1を参照。</p> <p>AR6 WG1で検討した5つの例示的シナリオ (SSPx-y) と WGIIIが評価した例示的 (緩和) 経路は気温カテゴリーで整理し、別の列に示す。全世界の排出経路は、地域別情報が入っている。本評価はそのグローバルな特性を主眼とする。</p>			<p>各シナリオで予想される年間GHG排出量の中央値。[] 内は5-95パーセンタイル。</p> <p>2019年のモデル化したGHG排出量: 55 [53-58] GtCO₂-eq.</p>			<p>モデル化された2019年と比較した、各シナリオにおける経路でのGHG排出削減量予測の中央値。[] 内は5-95パーセンタイル。負の数値は対2019年で排出量増大を意味する。</p>			<p>本カテゴリ内の経路の予想CO₂とGHGの予想排出量がピークとなる5年区間の中央値。[] 内は5-95パーセンタイル。ピークとなる経路の%は () 内。</p> <p>3つの点 (...) はそのパーセンタイル区間でそのパーセンタイルで2100年以降に排出量のピークがあることを示している。</p>		<p>本カテゴリ内の経路の予想CO₂とGHGの予想排出量が正味ゼロとなる5年区間の中央値。[] 内は5-95パーセンタイル。正味ゼロとなる経路の%は () 内。</p> <p>3つの点 (...) はそのパーセンタイル区間で正味ゼロに到達しないことを示す。</p>		<p>本カテゴリ内想定シナリオ全体の正味ゼロ年もしくは2100年までのCO₂累積正味排出量の中央値。[] 内は5-95パーセンタイル。</p>		<p>CO₂正味ゼロ年と2100年との間の累積CO₂負の排出量の中央値。</p> <p>負の排出量が多いほどピーク後の気温降下となる。</p>		<p>本カテゴリ内経路の温暖化ピーク及び対1850年~1900年を基準とした2100年の気温変化予測 (気候不確実性の範囲の確率50%)。[] 内は全シナリオの中央値及び5-95パーセンタイル。</p>		<p>本カテゴリの想定経路が所定の温暖化の水準未満に留まる可能性の中央値。[] 内は5-95パーセンタイル区間。</p>		
C1 [97]	オーバーシュートしない又は限られたオーバーシュートを伴って温暖化を1.5°Cに抑制 (>50%)		31 [21-36]	17 [6-23]	9 [1-15]	43 [34-60]	69 [58-90]	84 [73-98]	2020-2025 (100%) [2020-2025]		2050-2055 (100%) [2035-2070]		510 [330-710]	320 [-210 to 570]	-220 [-660 to -20]	1.6 [1.4-1.6]	1.3 [1.1-1.5]	38 [33-58]	90 [86-97]	100 [99-100]	
C1a [50]	GHG正味ゼロあり	SSP1-1.9, SP, LD	33 [22-37]	18 [6-24]	8 [0-15]	41 [31-59]	66 [58-89]	85 [72-100]	2020-2025 (100%) [2020-2025]		2050-2055 (100%) [2035-2070]		550 [340-760]	160 [-220 to 620]	-360 [-680 to -140]	1.6 [1.4-1.6]	1.2 [1.1-1.4]	38 [34-60]	90 [85-98]	100 [99-100]	
C1b [47]	GHG正味ゼロなし	Ren	29 [21-36]	16 [7-21]	9 [4-13]	48 [35-61]	70 [62-87]	84 [76-93]	2020-2025 (100%) [2020-2025]		2050-2055 (100%) [2035-2070]		460 [320-590]	360 [10-540]	-60 [-440 to 0]	1.6 [1.5-1.6]	1.4 [1.3-1.5]	37 [33-56]	89 [87-96]	100 [99-100]	
C2 [133]	高いオーバーシュート後に温暖化が1.5°Cに復帰	Neg	42 [31-55]	25 [17-34]	14 [5-21]	23 [0-44]	55 [40-71]	75 [62-91]	2020-2025 (100%) [2020-2030]	2055-2060 (100%) [2045-2070]	2070-2075 (87%) [2055-...]	2070-2075 (87%) [2055-...]	720 [530-930]	400 [-90 to 620]	-360 [-680 to -60]	1.7 [1.5-1.8]	1.4 [1.2-1.5]	24 [15-42]	82 [71-93]	100 [99-100]	
C3 [311]	温暖化を2°Cに抑制 (>67%)		44 [32-55]	29 [20-36]	20 [13-26]	21 [1-42]	46 [34-63]	64 [53-77]	2020-2025 (100%) [2020-2030]	2070-2075 (93%) [2055-...]	2070-2075 (30%) [2075-...]	2070-2075 (93%) [2055-...]	890 [640-1160]	800 [510-1140]	-40 [-290 to 0]	1.7 [1.6-1.8]	1.6 [1.5-1.8]	20 [13-41]	76 [68-91]	99 [98-100]	
C3a [204]	2020年に行動開始	SSP1-2.6	40 [30-49]	29 [21-36]	20 [14-27]	27 [13-45]	47 [35-63]	63 [52-76]	2020-2025 (100%) [2020-2025]	2070-2075 (91%) [2055-...]	2070-2075 (24%) [2080-...]	2070-2075 (91%) [2055-...]	860 [640-1180]	790 [480-1150]	-30 [-280 to 0]	1.7 [1.6-1.8]	1.6 [1.5-1.8]	21 [14-42]	78 [69-91]	100 [98-100]	

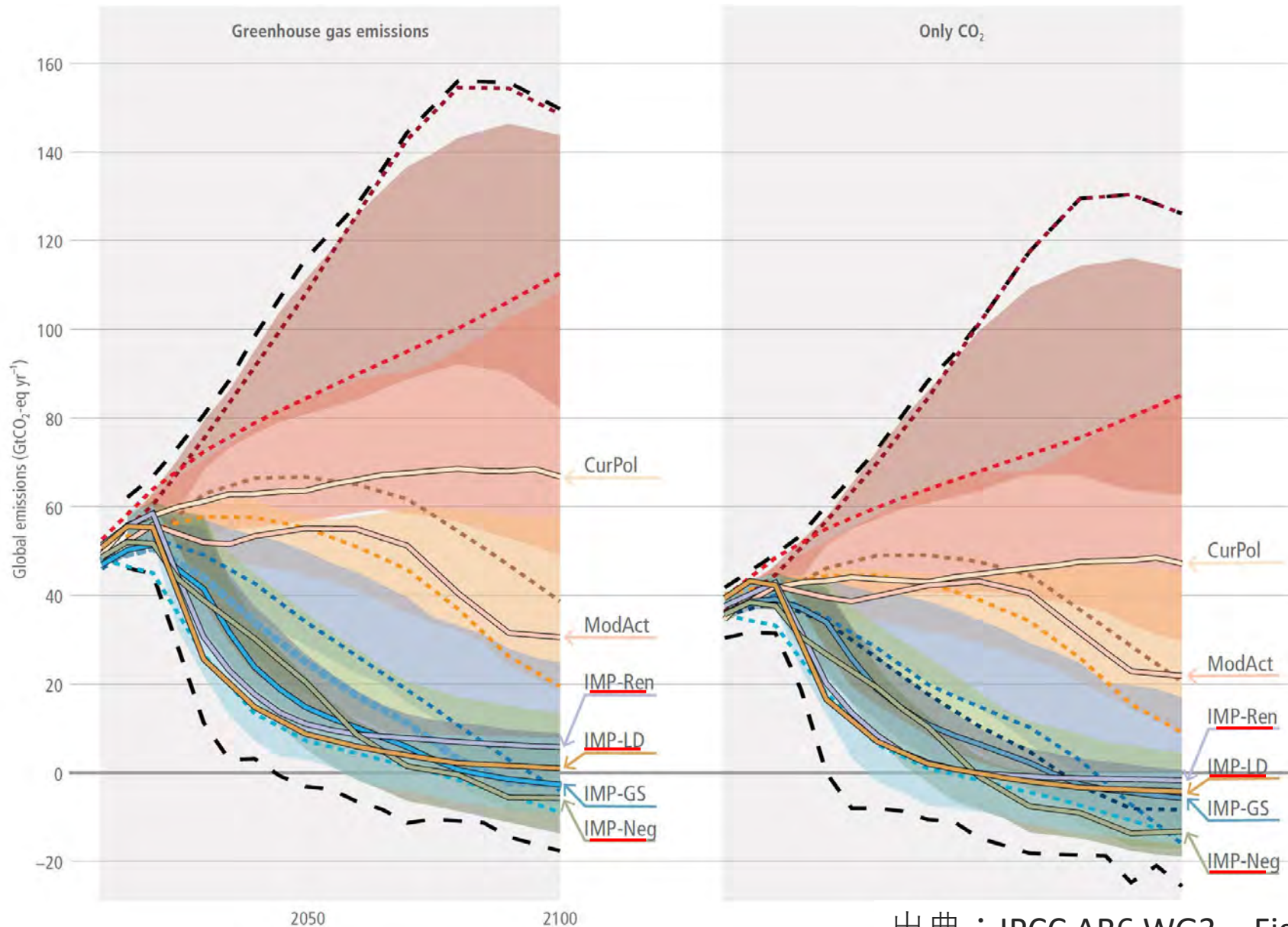
世界で研究された2500を超える緩和経路から代表的な経路に類型化して提示

排出経路の類型化

- エネルギー・産業分野でのCO₂除去技術(CDR)の活用(IMP-Neg)
- 再生可能エネルギーへの強い依存(IMP-Ren)
- エネルギー需要低減に重点(IMP-LD)



各シナリオの排出経路



出典：IPCC AR6 WG3 Fig3.10



第3章 長期目標に対する緩和経路

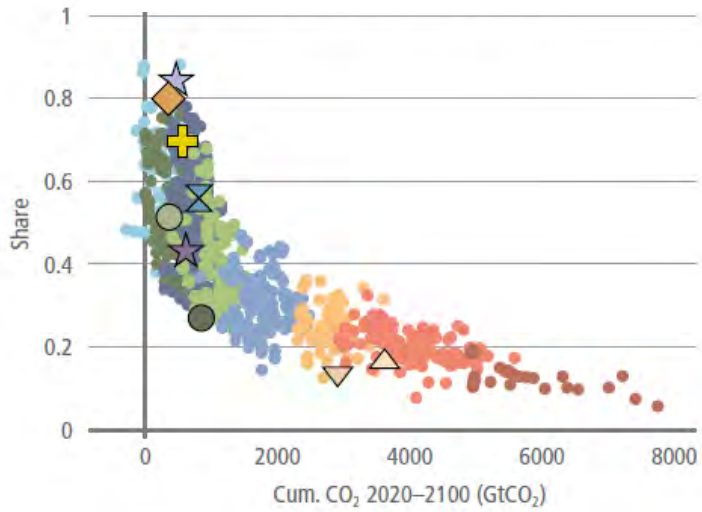
- CDRではBECCSが支配的。DACCSは比較的少ない。
- 緩和シナリオにおけるCDRへの依存に関して、CDRにより生じる**土地利用変化と生物多様性の損失、食料安全保障**についての可能性、貯留ポテンシャルの不確実性、BECCSの**水の消費**、DACCSの**エネルギー消費**について議論。
- 低排出経路を目指せば、CCSの比率は高くなる。
- BECCS AFOLUは**気候変動の影響を受ける**
- DACCSはエネルギー消費を増やすがBECCSと比べて土地利用や水消費には好影響。

低排出経路ではCCS、ネガティブエミッションの使用が不可欠

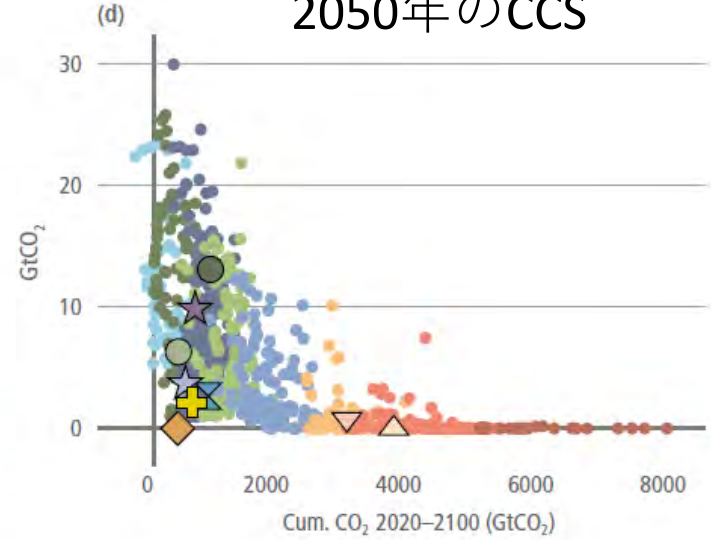
AR6 WG3 Chap3 Fig3.15

- C1: limit warming to 1.5°C (>50) with no or limited overshoot
- C2: return warming to 1.5°C (>50%) after a high overshoot
- C3: limit warming to 2°C (>67%)
- C4: limit warming to 2°C (>50%)
- C5: limit warming to 2.5°C (>50%)
- C6: limit warming to 3°C (>50%)
- C7: limit warming to 4°C (>50%)
- C8: exceed warming of 4°C (≥50%)

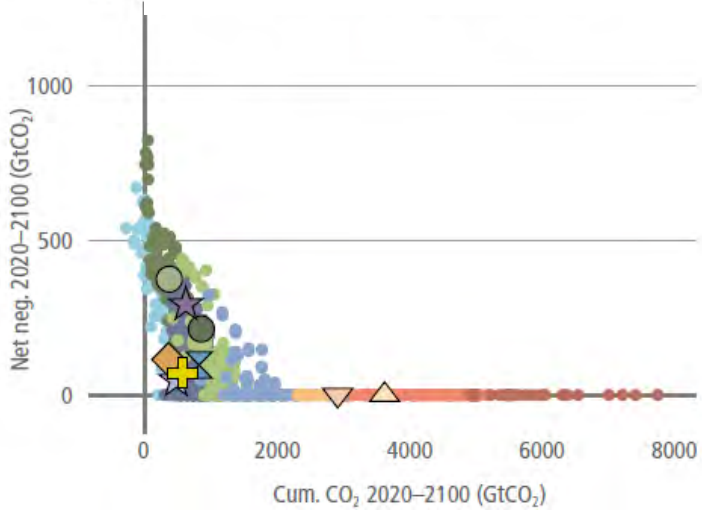
2050年の再生可能エネルギー



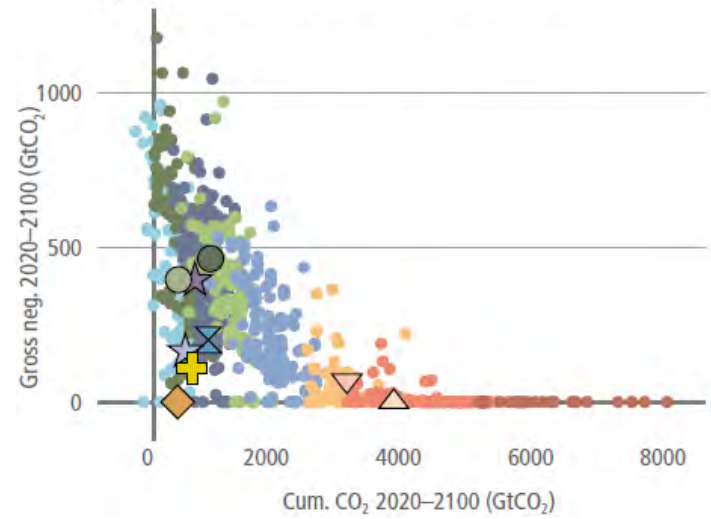
2050年のCCS



(e) 2020-2100年の正味負排出

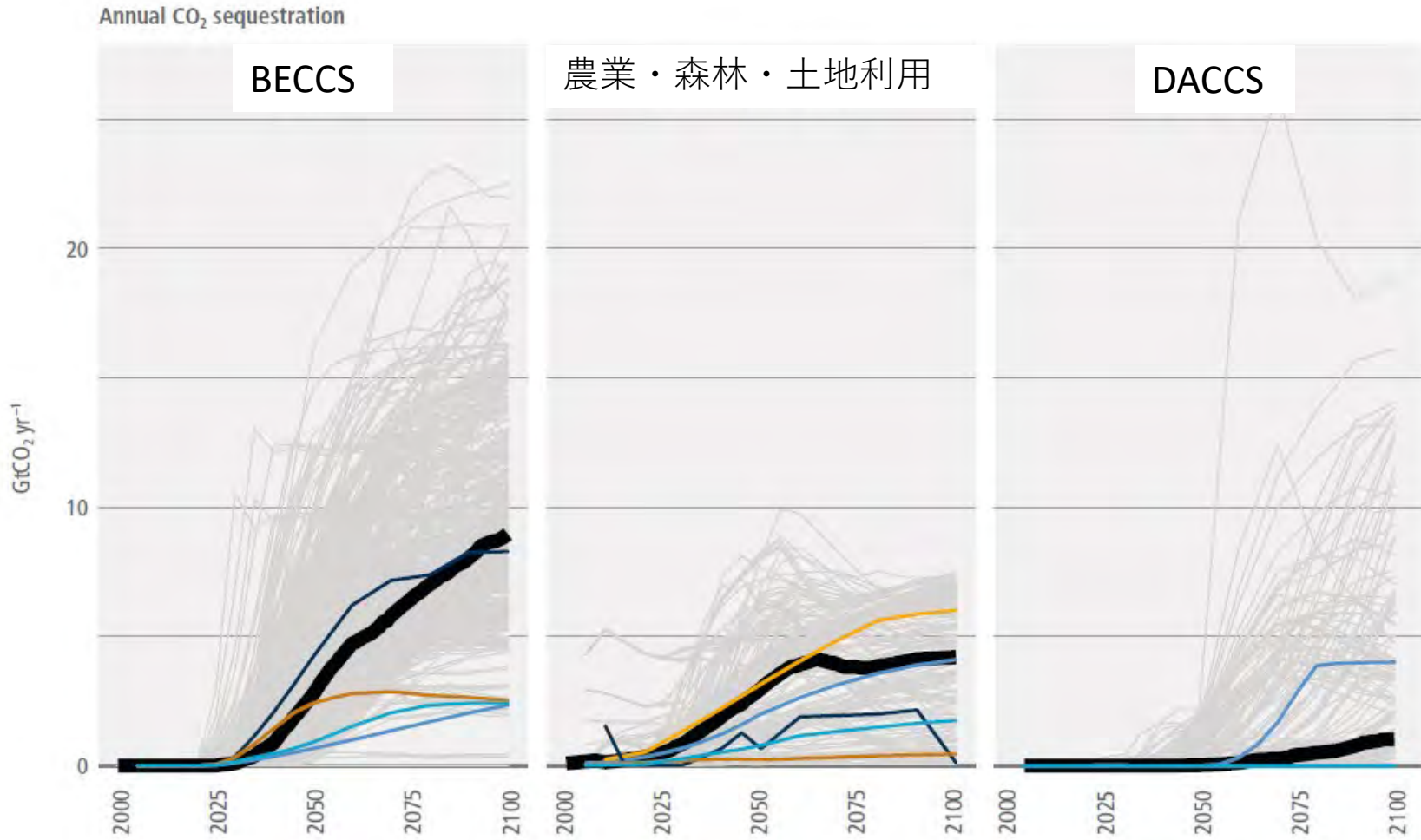


(f) 2020-2100年のグロス負排出



- △ CurPol
- ▽ ModAct
- ⊠ IMP-GS
- Neg-2.0
- ★ Ren-2.0
- IMP-Neg
- ★ IMP-Ren
- ◇ IMP-LD
- ⊕ IMP-SP

各シナリオにおけるCDRの位置づけ

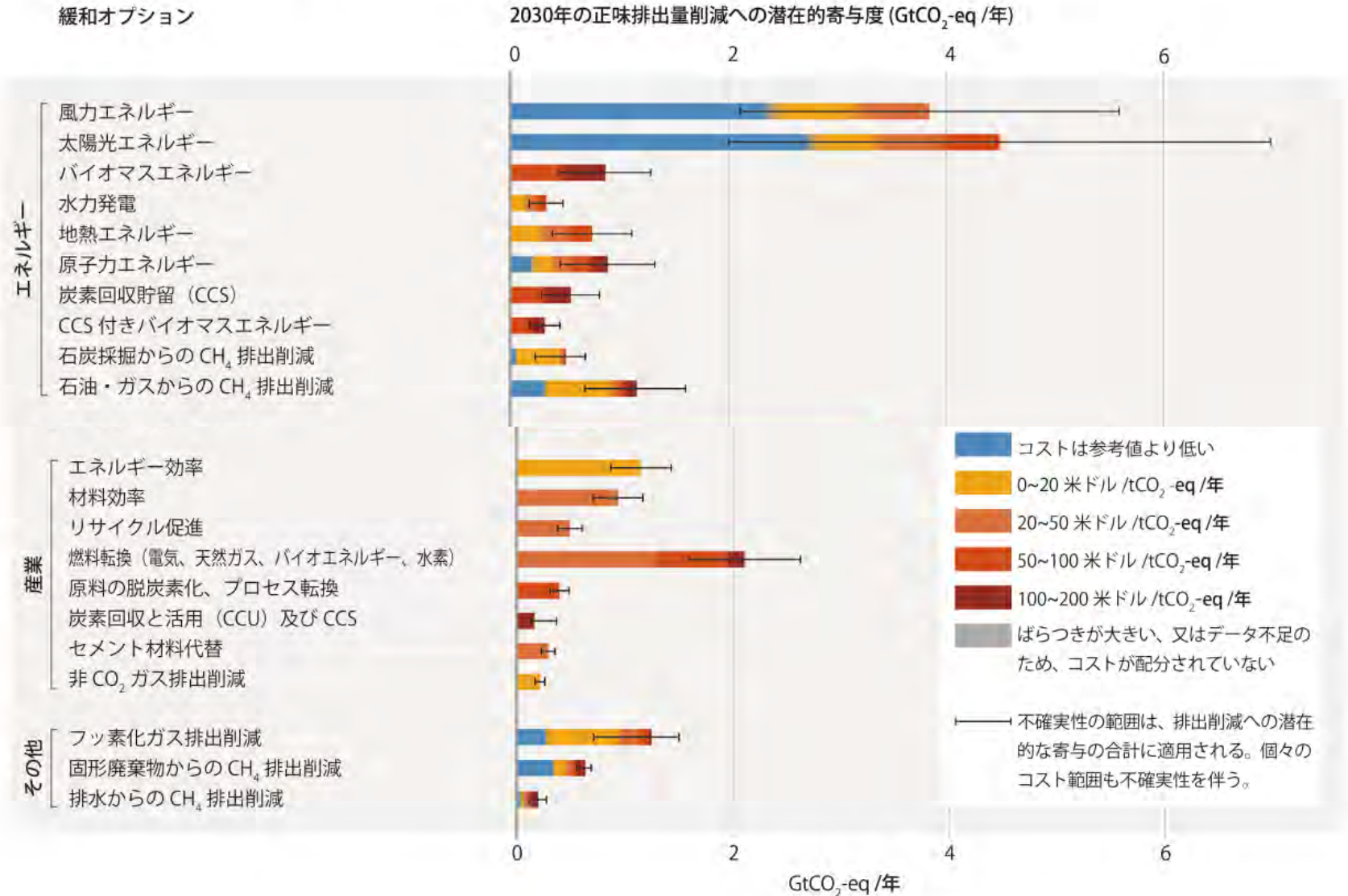


各シナリオにおけるCDRの位置づけ



手法	コスト USD/tCO ₂	緩和ポテンシャル GtCO ₂ /y	リスクとインパクト	コベネフィット	トレードオフとスピルオーバー
DACCS	100 – 300	5 – 40	エネルギー・水使用の増大	固体吸収材の場合、水の生産	水・エネルギー生産の場での排出増加
BECCS	15 – 400	0.5 – 11	バイオ生産における土地・水資源利用における競合、生物多様性	大気汚染削減、燃料セキュリティ、廃棄物活用、経済・健康利益	生物多様性、食料生産との土地利用の競合

すべてのセクターで現在利用可能な多くのオプションは、2030年までに正味の排出量を削減する大きな可能性を提供すると推定される。相対的なポテンシャルとコストは、国によって、また2030年よりも長期的に変化する。



第6章 Energy systems

- AR5以来、CCSのエネルギー消費削減等の努力が進む。CCSは低炭素エネルギーシステムへの転換に大いに寄与できるポテンシャルを有する。
- 10,000GtCO₂の貯留ポテンシャルがあると言われる。80%は塩水帯水層。
- 各種制約で全て利用できないが、それでも2100年までに気温上昇を1.5°Cに保つための十分なポテンシャルがある。
- CCS付き火力発電のコストはCCSなしの場合のおよそ2倍
- CCSは特に大量の水を必要とする。

Table 6.3 電力プラントにおけるCCSのコストと効率パラメータ(Muratori他 2017)

	資本コスト USD/kW	効率 [%]	CO ₂ 回収コスト [USD/t-CO ₂]	CO ₂ 回避コスト [USD/t-CO ₂]
石炭(蒸気プラント)+CCS	5800	28%	63	88
石炭(IGCC)+CCS	6600	32%	61	106
天然ガス(CC)+CCS	2100	42%	91	33
石油(CC)+CCS	2600	39%	105	95
バイオマス(蒸気プラント)+CCS	7700	18%	72	244
バイオマス(IGCC)+CCS	8850	25%	66	242

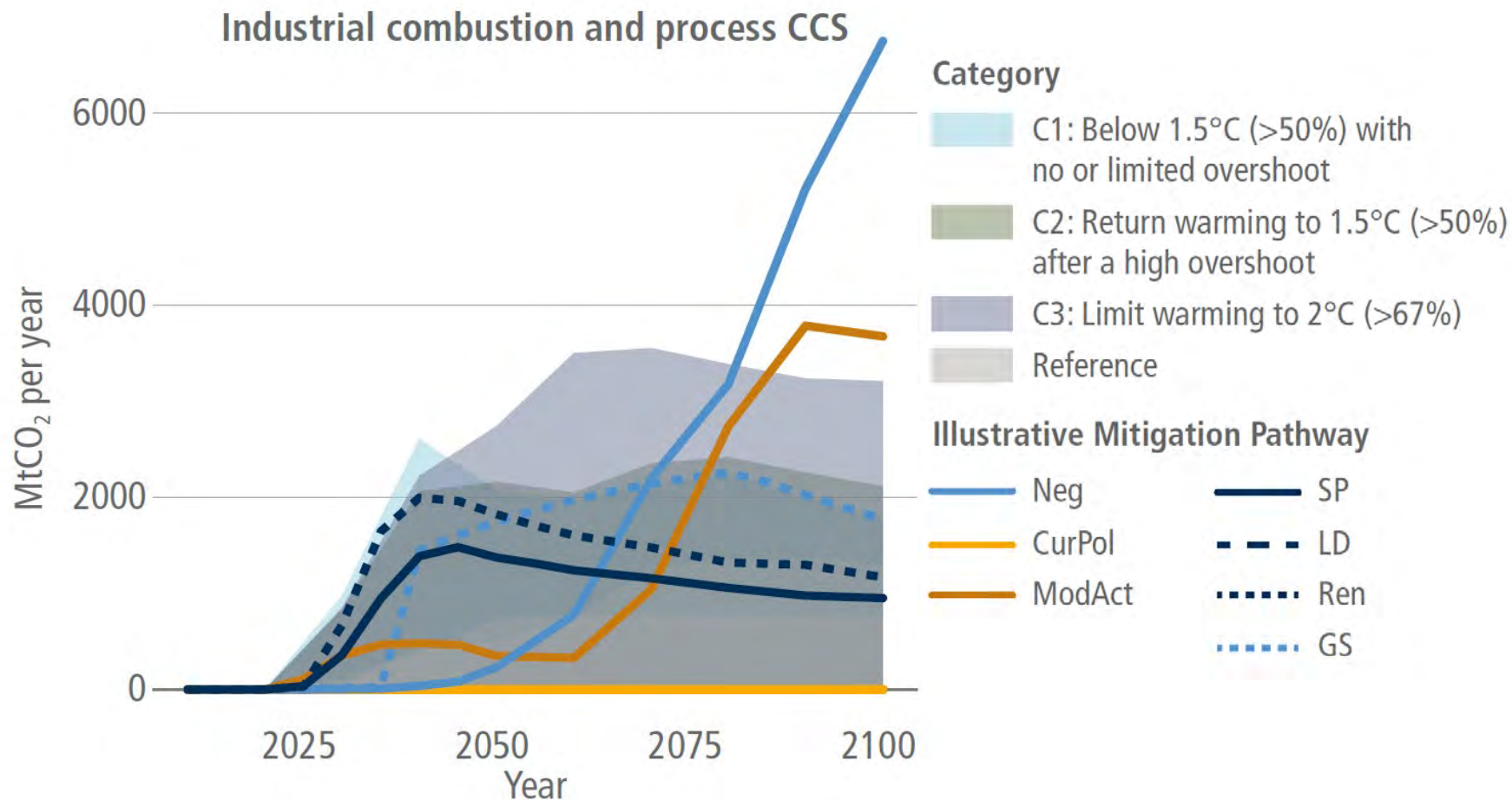


第6章 Energy Systems



- CDRはNet Zeroエネルギーシステムに必要であるが、BECCSやDACCSがその一部になるとは考えられるが、その規模や戦略は不明確である。
- エネルギーセクターのCDRは年間5-12GtCO₂の除去ポテンシャルを有する。
- BECCSは発電として変動性再生可能エネルギーの調整能力を有し、電池などへの負荷を減らす。水素などの燃料を製造することもできる。
- DACCSはCDRモジュールだが、大量のエネルギーを消費する。

第11章 産業分野でのCCS利用



AR6 WG3 Chap11 Fig11.12



SPM SDGs との関係



部門別・システム別緩和オプション

持続可能な開発目標との関係

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 14 15 16 17

本篇出典箇所

部門別・システム別緩和オプション	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	本篇出典箇所	
エネルギーシステム	風力エネルギー	+	●	+			+	+	+	+		+	●	●	●		Sections 6.4.2, 6.7.7	
	太陽光エネルギー	+	●	+			●	+	+	+		+	●		●		Sections 6.4.2, 6.7.7	
	バイオエネルギー	●	●	●			●	●	+	+		+	+	●	●		Sections 6.4.2, 12.5, Box 6.1	
	水力発電			●	+		+	+							●	●	Section 6.4.2	
	地熱エネルギー	+		●			●	+		+		+					Section 6.4.2	
	原子力エネルギー						●	●	+	+				●	●	●		Section 6.4.2, Figure 6.18
	炭素回収貯留 (CCS)				+			+	+	+				●				Section 6.4.2, 6.7.7
産業	エネルギー効率			+				+	+	+							Section 11.5.3	
	材料効率と需要削減						+		+	+			+				Section 11.5.3	
	材料の循環				+		+	+	+			+	+	+	+	+	Section 11.5.3	
	電化	+	●	+		+		+	+							+	Sections 11.5.3, 6.7.7	
	CCS 及び炭素回収利用 (CCU)						+	●	+	+		+				+	Section 11.5.3	

関係性の種類：

- +** 相乗効果
 - トレードオフ
 - 相乗効果とトレードオフ両方⁴
- 空欄は評価なしを示す⁵

確信度：

- 確信度が高い
- 確信度が中程度
- 確信度が低い

関連する持続可能な開発目標：

- 1 貧困撲滅
- 2 飢餓ゼロ
- 3 健康と福祉
- 4 質の高い教育
- 5 ジェンダー平等
- 6 安全な水と衛生
- 7 入手可能なクリーンエネルギー
- 8 働きがいと高度成長
- 9 産業と技術革新、インフラ
- 10 不平等をなくす
- 11 持続可能な街とコミュニティ
- 12 責任ある消費と生産
- 13 気候行動
- 14 海の豊かさ
- 15 陸の豊かさ
- 16 平和、公正と強力な制度
- 17 パートナーシップで目標達成

- ¹ 農地 / 草地における土壌炭素管理 / アグロフォレストリー / バイオ炭
- ² 森林減少 / 泥炭地や沿岸湿地の消失・劣化
- ³ 木材 / バイオマス / 原料
- ⁴ 2つの確信度レベルの低い方を報告
- ⁵ わずかな文献のため評価せず

3. 今後の展望

CO₂排出が1トン増えるたびに地球温暖化が進行

累積CO₂排出量 (GtCO₂) の関数としての1850~1900年以降の世界平均気温の上昇 (°C)

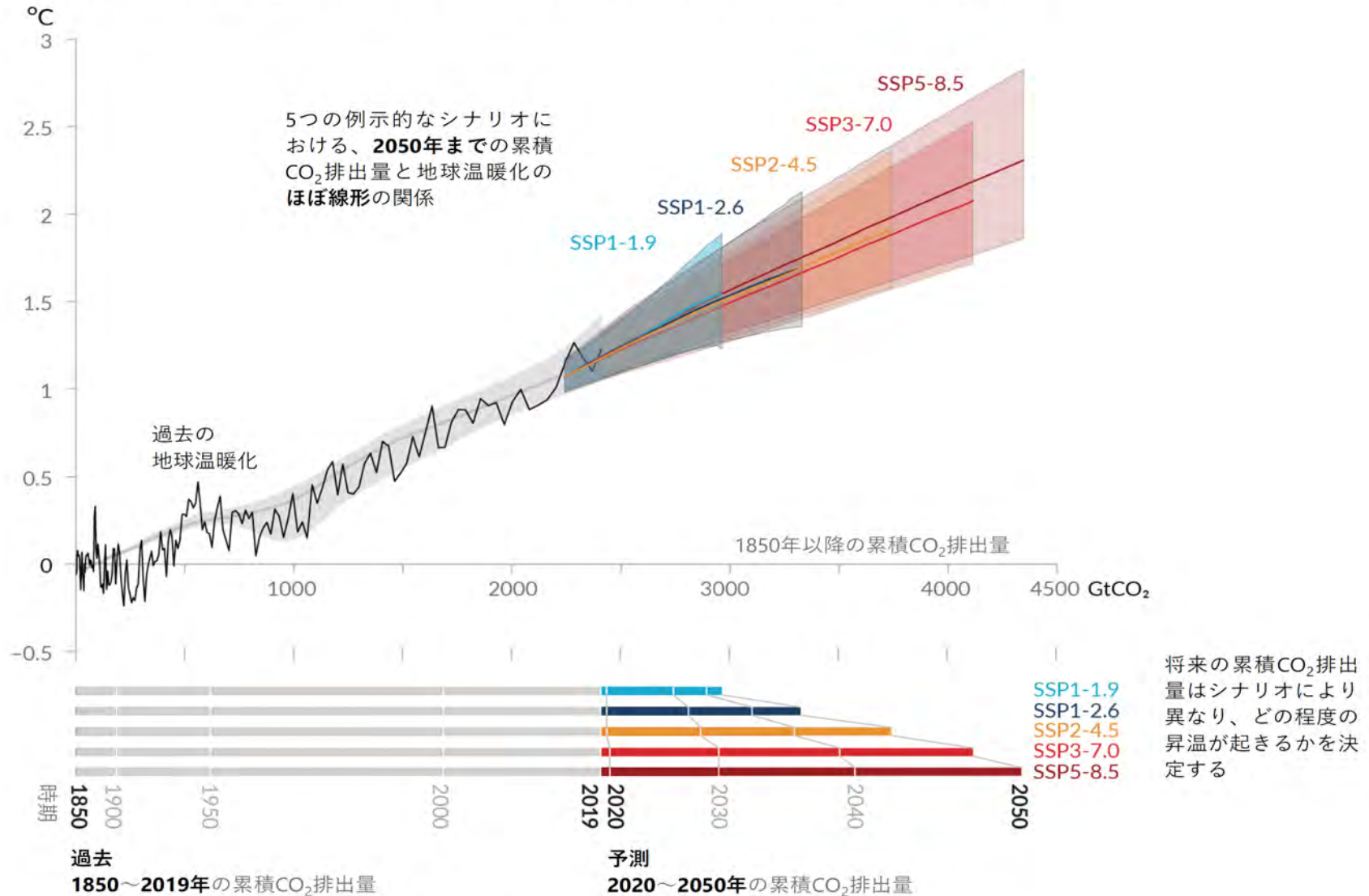


図 SPM.10 | 累積 CO₂ 排出量と世界平均気温上昇量との間の、ほぼ線形の関係 AR6 WG3 SPM経産省日本語訳

Beyond carbon neutralにおけるCDR

- Carbon Neutralを達成したとき、世界の気候はどうなっているか？
- 現状1.5°Cの経路には達することができていない。
- 炭素収支を使い切ってしまうとすると大気中濃度を下げる努力は必須。
- 森林は火災のリスクがある。
- BECCSは食糧供給とのコンフリクト
- エネルギー消費は多いものの、気候変動の影響を受けないDACは重要

2025年大阪・関西万博の位置づけ



改定版<EXPO 2025 グリーンビジョン>

2025年大阪・関西万博の脱炭素・資源循環
に関する目指すべき方向性及び対策について

2022年4月27日

公益社団法人2025年日本国際博覧会協会



グリーンビジョンの内容



4. 核となる対策の候補

エネルギー

【エネルギーマネジメント・水素エネルギー等】

- エネルギーマネジメントシステム
- 電力貯蔵
- 水素発電/アンモニア発電
- 海外からの水素/アンモニア輸送
- 燃料電池(純水素型燃料電池等)
- 再生可能エネルギー電力からの水素製造
- 水素等を燃料とする次世代モビリティ(FC・EVバス、FC・EV船等)やSAF (Sustainable Aviation Fuel)等の次世代燃料

【CO2回収・利用】

- DAC+CCS
- メタネーション
- カーボンリサイクル技術

【再生可能エネルギー】

- 再生可能エネルギー(次世代型太陽電池発電、風力発電、バイオマス発電、廃棄物発電、帯水層蓄熱、海水冷熱利用 等)

運営

- ごみゼロに資する技術・仕組み(ごみ回収×ナッジの仕組みの導入、食品提供に使用したプラスチックのリサイクル(プラ資源循環見える化)、生分解性容器のリサイクル及びバイオエタノール製造、マイボトル・マイ容器の推進 等)
- 食品廃棄ゼロに資する技術・仕組み(食品の需給予測、食品残渣や下水汚泥等の活用(バイオガス製造、堆肥化等) 等)
- ファッションロスゼロに資する技術・仕組み(ユニフォームのアップサイクル、サステイナブルファッションの推進 等)

会場整備

- 低炭素建材(CO2排出削減・固定量最大化コンクリート、木材等)
- 低炭素工法
- リユース・リサイクルの促進

来場者

- 行動変容を促すナッジの仕組み(会期前から来場者等の脱炭素・環境配慮行動に対して、積極的な動機付けを与えること等により行動変容を促し、CO2削減効果を図る)
- 選択可能なオフセットメニューの提示
- カーボンニュートラルに資する技術・仕組みの理解促進を促す展示方法等

その他

- 会場外脱炭素地域でのクレジット等の創出支援



ご清聴ありがとうございました。