IPCC 第 6 次評価報告書 第 3 作業部会報告書
気候変動 2022：気候変動の緩和
政策決定者向け要約（SPM）

執筆者:

Jim Skea (英国), Priyadarshi R Shukla (インド), Andy Reisinger (ニュージーランド), Raphael Slade (英国), Minal Pathak (インド), Alaa Al Khourdajie (英国/シリア), Renée van Diemen (オランダ/英国), Amjad Abdulla (モルジブ), Keigo Akimoto (日本), Mustafa Babiker (スーダン/サウジアラビア), Quan Bai (中国), Igor Bashmakov (ロシア), Christopher Bataille (カナダ), Göran Berndes (スウェーデン), Gabriel Blanco (アルゼンチン), Kornelis Blok (オランダ), Mercedes Bustamante (ブラジル), Edward Byers (オーストリア/アイルランド), Luisa F. Cabeza (スペイン), Katherine Calvin (米国), Carlo Carraro (イタリア), Leon Clarke (米国), Annette Cowie (オーストラリア), Felix Creutzig (ドイツ), Diriba Korecha Dadi (エチオピア), Dipak Dasgupta (インド), Heleen de Coninck (オランダ), Fatima Denton (ガーナ/ガンビア), Shobhakar Dhakal (ネパール/タイ), Navroz K. Dubash (インド), Oliver Geden (ドイツ), Michael Grubb (英国), Céline Guivarch (フランス), Shreekant Gupta (インド), Andrea Hahmann (チリ/デンマーク), Kirsten Halsnaes (デンマーク), Paulina Jaramillo (米国), Kejun Jiang (中国), Frank Jotzo (オーストラリア), Tae Yong Jung (韓国), Suzana Kahn Ribeiro (ブラジル), Smail Khennas (アルジェリア), Şiir Kılkış (トルコ), Silvia Kreibiehl (ドイツ), Volker Krey (オーストリア), Elmar Kriegler (ドイツ), William Lamb (ドイツ/英国), Franck Lecocq (フランス), Shuaib Lwasa (ウガンダ), Nagmeldin Mahmoud (スーダン), Cheikh Mbow (米国/セネガル), David McCollum (米国), Jan Christoph Minx (ドイツ), Catherine Mitchell (英国), Rachid Mrabet (モロッコ), Yacob Mulugetta (エチオピア/英国), Gert-Jan Nabuurs (オランダ), Gregory Nemet (米国/カナダ), Peter Newman (オーストラリア), Leila Niamir (イラン/ドイツ), Lars J. Nilsson (スウェーデン), Sudarmanto Budi Nugroho (インドネシア), Chukwumerije Okereke (ナイジェリア/英国), Shonali Pachauri (インド), Anthony Patt (スイス), Ramón Pichs-Madruga (キューバ), Joana Portugal Pereira (ブラジル), Lavanya Rajamani (インド), Keywan Riahi (オーストリア), Joyashree Roy (インド/タイ), Yamina Saheb (フランス/アルジェリア), Roberto Schaeffer (ブラジル), Karen C. Seto (米国), Shreya Some (インド), Linda Steg (オランダ), Ferenc L. Toth (ハンガリー), Diana Ürge-Vorsatz (ハンガリー), Detlef van Vuuren (オランダ), Elena Verdolini (イタリア), Purvi Vyas (インド), Yi-Ming Wei (中国), Mariama Williams (ジャマイカ/スイス), Harald Winkler (南アフリカ).

執筆協力者:

Parth Bhatia (インド), Sarah Burch (カナダ), Jeremy Emmet-Booth (ニュージーランド), Jan S. Fuglestvedt (ノルウェー), Meredith Keller (米国), Jarmo Kikstra (オーストリア/オランダ), Michael König (ドイツ), Malte Meinshausen (オーストラリア/ドイツ), Zebedee Nicholls (オーストラリア), Kaj-Ivar van der Wijst (オランダ).

A.　序と枠組み

IPCC第6次評価報告書（AR6）における第3作業部会（WG3）の役割は、気候変動の緩和の科学、技術、環境、経済、社会的な側面について文献を評価することである。[1]　確信度[2]は( )内に記載されている。[ ]内に数値による範囲を示す。本編報告書及び技術要約（TS）の章、節、図、及びボックスの参照箇所は、{}内に示す。

本報告書は、関連文献の新たな知見を反映しており、IPCC第5次評価報告書（AR5）の第3作業部会（WG3）報告書、第6次評価報告書（AR6）の第1作業部会(WG1)と第2作業部会(WG2)報告書、AR6サイクルにおける3つの特別報告書、[3]　並びに他の国連の評価を含むこれまでのIPCC 報告書に基づいて作成している。本報告書に関連する主要な進展には以下が含まれる：{TS.1,TS.2}:

- **進化するグローバルランドスケープ。**文献は、京都議定書の成果とパリ協定の採択を含む国連気候変動枠組条約（UNFCCC）のプロセスの進展{13, 14, 15, 16}、持続可能な開発目標（SDGs）を含む持続可能な開発のための国連の「持続可能な開発のための2030アジェンダ」{1, 3, 4, 17}、及び国際協力{14}、ファイナンス{15}、イノベーション{16}の進化しつつある役割をとりわけ反映している。

- **主体と緩和へのアプローチの多様化。**最近の文献では、気候変動に対処するための世界的な取り組みにおいて、都市、企業、先住民、地域コミュニティや若者を含む市民、多国籍間イニシアチブ、官民連携などの非国家及び準国家主体の役割が高まっていることを指摘している{5, 13, 14, 15, 16, 17}。文献は、気候政策の世界的な普及、及び既存及び新たな低排出技術のコスト低下、並びに様々な種類とレベルの緩和努力、一部の国における温室効果ガス（GHG）排出量の持続的な削減{2, 5, 6, 8, 12, 13, 16}、及びCOVID-19パンデミックの影響と教訓の一部について述べている。{1, 2, 3, 5, 13, 15, Box TS.1, Cross-Chapter Box1 in Chapter 1}

- **気候変動の緩和、適応と開発経路との緊密な関連性。**経済発展のあらゆる段階において、各国が採用する開発経路はGHG排出量に影響を及ぼし、したがって緩和の課題と機会を形成するが、それらは国や地域間で異なる。文献は、開発の選択や、行動と支援を可能とする条件の確立が、排出制限の実現可能性とコストにどのように影響するかを検討している{1, 3, 4, 5, 13, 15, 16}。文献は、持続可能な開発、衡平性、貧困撲滅の文脈におい

[1] 本報告書は2021年10月11日までに出版に向けて受理された文献を扱う。

[2] 各々の知見は、根拠となっている証拠と見解の一致度の評価に基盤を置く。確信度は「非常に低い」、「低い」、「中程度」、「高い」、「非常に高い」の5段階の表現を用い、斜体字で記述する。ある成果又は結果について評価された可能性の度合は次の用語を用いる。「ほぼ確実」：確率99～100%、「可能性が非常に高い」：確率90～100%、「可能性が高い」：確率66～100%、「どちらも同程度の可能性」：確率33～66%、「可能性が低い」：確率0～33%、「可能性が非常に低い」：確率0～10%、「ほぼあり得ない」：確率0～1%。適切な場合には、IPCC不確実性ガイダンスに沿った形で、追加の用語を使用する場合がある。
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/uncertainty-guidance-note.pdf.

[3] 3つの特別報告書は、「1.5℃の地球温暖化：気候変動の脅威への世界的な対応の強化、持続可能な開発及び貧困撲滅への努力の文脈における、工業化以前の水準から 1.5℃の地球温暖化による影響及び関連する地球全体での温室効果ガス(GHG)排出経路に関するIPCC 特別報告書(2018年) 」「気候変動と土地：気候変動、砂漠化、土地の劣化、持続可能な土地管理、食料安全保障及び陸域生態系における温室効果ガスフラックスに関する IPCC 特別報告書(2019年) 」「変化する気候下での海洋・雪氷圏に関するIPCC 特別報告書(2019年)」を指す。

て設計・実施され、それらが行われる社会の開発願望に根差した気候変動の緩和策がより受け入れやすく、持続的かつ効果的であることを強調している{1, 3, 4, 5}。本報告書は対象となる対策及び他の主要な目的を持った政策とガバナンスによる緩和の両方を扱っている。

- **評価における新しいアプローチ。**部門別及びシステム別の章{3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12}に加えて、本報告書はWG3報告書では初めて、サービスに対する需要、緩和の社会的側面{5, Box TS.11}、並びにイノベーション、技術開発及び移転に関する章{16}を含んでいる。本報告書の将来の経路の評価は、短期（2030年まで）、中期（2050年まで）、長期（2100年まで）の時間枠をカバーし、既存の誓約と行動の評価{4, 5}と2100年までの長期の気温推定値に関連づけられる排出削減とその影響の評価とを組み合わせている。[4]　モデル化された世界全体の経路の評価は、開発経路を持続可能な方向に向けて転換する方法を扱っている。IPCC作業部会間の協力の強化は、物理科学、気候リスクと適応、気候変動の緩和を統合したクロスワーキンググループのボックスに反映されている。[5]

- **社会科学を含む複数の専門分野からの分析枠組みの多様化。**本報告書は、緩和行動の駆動要因、障壁、オプションを評価するための複数の分析枠組みを特定している。これらには、影響回避の便益を含む経済効率化、倫理及び衡平性、相互に関連する技術的移行と社会的移行プロセス、制度とガバナンスを含む社会政治の枠組みなどが含まれる{1, 3, 13, Cross-Chapter Box 12 in Chapter 16}。これらは、地域、国、世界全体での共便益（コベネフィット）や公正で衡平な移行を含む、行動のリスクと機会を特定するのに役立つ。{1, 3, 4, 5, 13, 14, 16, 17}

本政策決定者向け要約（SPM）のセクションBでは、データの不確実性とギャップを含む*最近の開発と現在のトレンド*を評価する。セクションC、*地球温暖化抑制のためのシステム変革*は、異なる地球温暖化の抑制レベルと整合する排出経路と代替緩和ポートフォリオを特定し、部門レベル及びシステムレベルの緩和オプションを評価する。セクションDは、*緩和と適応と持続可能な開発との連携*を扱う。セクションE、*対策の強化*は、制度設計、政策、ファイナンス、イノベーション及びガバナンス体制を可能にする条件が、持続可能な開発の文脈においていかに気候変動緩和に貢献できるかという知見を評価する。

[4] 「気温」という用語は、本SPM全体を通じて、「世界平均気温(global surface temperature)」を指しており、WG1のSPMの脚注 8に定義されている。表SPM.2の脚注 14を参照。排出経路及びそれに伴う気温変化は、様々な形態のモデルを使い算定されており、ボックスSPM1及び第3章に要約され、Annex III で考察している。

[5] 即ち以下の通り: 長期緩和経路に沿って回避された気候影響による経済的便益{Cross-Working Group Box 1 in Chapter 3}; 都市域: 都市と気候変動 {Cross-Working Group Box 2 in Chapter 8}; バイオ経済による緩和と適応 {Cross-Working Group Box 3 in Chapter 12}

B. 最近の開発と現在のトレンド

B.1　人為的な GHGの正味の総排出量[6]は、1850年以降の正味の累積CO_2排出量と同様に、2010年～2019年の間増加し続けた。2010年～2019年の期間の年間平均GHG排出量は過去のどの10年よりも高かったが、2010年～2019年の増加率は2000年～2009年の増加率よりも低かった。（*確信度が高い*） (図 SPM.1) {図 2.2, 図 2.5, 表 2.1, 2.2, 図 TS.2}

B.1.1　2019年における世界全体の人為的なGHGの正味の排出量は59±6.6 $GtCO_2$-eq[7,8]で、2010年より約12%(6.5 $GtCO_2$-eq)高く、1990年より54%(21 $GtCO_2$-eq)高かった。2010年～2019年の10年間の年平均は、56±6.0 $GtCO_2$-eq で、2000年～2019年の10年間より9.1 $GtCO_2$-eq /年高かった。これは記録上、最も高い10年単位の平均排出量の増加である。年平均増加率は、2000年～2009年の2.1%/年から、2010年～2019年の1.3%/年に鈍化した。（*確信度が高い*） (図 SPM.1) {図 2.2, 図 2.5, 表 2.1, 2.2, 図 TS.2}

B.1.2　1990年以降、人為的な排出量の増加は、速度の差はあるものの、すべての主要なGHGグループにおいて持続している。2019年までに、絶対排出量の増加が最も大きかったのは化石燃料と工業由来のCO_2で、次いでCH_4であった。一方、相対的な増加率が最も高かったのは、1990年には低い水準であったフッ素化ガス（Fガス）であった（*確信度が高い*）。土地利用、土地利用変化及び林業由来の正味の人為的なCO_2排出量(CO_2-LULUCF)は不確実性と年変動性が高く、長期的なトレンドの方向性でさえ*確信度が低い*。[9]　(図 SPM.1) {図 2.2, 図 2.5, 2.2, 図 TS.2}

---

[6] 本報告書のGHGの正味の排出量とは、人為的な排出源由来の温室効果ガスの放出量から人為的な吸収源による除去量を差し引いたものを指しており、対象の温室効果ガスは、国連気候変動枠組み条約（UNFCCC）の共通報告様式に従って報告されるガス種：化石燃料の燃焼および工業プロセス由来のCO_2(CO_2-FFI)；土地利用、土地利用変化及び林業由来の正味のCO_2排出量(CO_2-LULUCF)、メタン(CH_4)；一酸化二窒素(N_2O)；及びハイドロフルオロカーボン類(HFCs)、パーフルオロカーボン類(PFCs)、六フッ化硫黄(SF_6)及び三フッ化窒素(NF_3)から成るフッ素化ガス(Fガス)である。GHG排出量に関する複数の異なるデータセットが存在しているが、時間枠及び対象としている部門とガスは異なっており、中には1850年まで遡るものもある。本報告書では、GHG排出量は1990年から評価されており、 場合によってCO_2排出量を1850年から評価している。その理由には、データの利用可能性とロバスト性（頑健性）、評価された文献の範囲、CO_2以外のガスが時間の経過とともに温暖化に与える影響の違いが含まれる。

[7] 異なる温室効果ガス排出量を共通の単位で表現するために、GHG排出量算定法が使われている。本報告書のGHG排出量の集計では、第6次評価報告書 第1作業部会報告書に基づいた数値を使い、地球温暖化係数100年値(GWP100）を用いて算定した二酸化炭素換算値(CO_2-eq）として述べられている。分析の目的によって算定方法が選択されており、物理的気候システムとその過去及び将来のGHG排出量に対する応答の複雑さを単純化しているため、全てのGHG排出量算定方法には限界と不確実性がある。{Chapter 2 SM 2.3, Cross-Chapter Box 2 in Chapter 2, Box TS.2, WG I Chapter 7 Supplementary Material}

[8] 本SPMでは、過去のGHG排出量は、別途記載がない限り、90%の不確実性区間を使用し報告している。GHG排出量の水準は2桁に四捨五入されている。その結果、四捨五入に起因するわずかな違いが総和に発生する可能性がある。

[9] 土地で発生している排出量と除去量のうちどれを人為的と見なすかは、世界データベースの種類で異なる。現在、ここで使われているグローバルBook-keeping モデルで報告されている土地由来の正味のCO_2排出量フラックスは、国別温室効果ガスインベントリに基づいた世界全体の正味の排出量より、現在のところ、約~5.5 $GtCO_2$ /年高く見積もられている。この差は文献で考慮されており、人為的な森林吸収源と管理された土地の区域がどのように定義されているかの違いを主に反映している。この差の他の原因は、定量化がより難しいものであるが、グローバル・モデルにおける管理された土地の表現が限定的であること、国別GHGインベントリにおけるLULUCFのフラックスの推定値の正確性と完全性の度合いが異なることに起因しうる。いずれかの方法も本質的に好ましくない。同じ方法論的アプローチが適用された場合でも、CO_2-LULUCF排出量の不確実性が大きいため、推定排出量の大きな改訂につながる可能性がある。 {Cross-Chapter Box 3 in Chapter 3, 7.2, SRCCL SPM A.3.3}

B.1.3　1850年～2019年の過去の正味の累積CO_2排出量は、2400±240 $GtCO_2$であった（*確信度が高い*）。これらのうち、半分以上（58%）は、1850年～1989年に排出され[1400±195 $GtCO_2$]、約42%は1990年～2019年に排出された[1000±90 $GtCO_2$]。1850年以降の過去の正味の累積排出量の約17%は、2010年～2019年の間に排出された[410±30 $GtCO_2$]。[10]　比較すると、50%の確率で温暖化を1.5℃に抑えるための2020年以降の残余カーボンバジェットの現在の推定中央値は、500 $GtCO_2$と評価されており、67％の確率で温暖化を2℃に抑える場合は、1150 $GtCO_2$ と評価されている。残余カーボンバジェットは、CO_2以外の緩和量(±220 $GtCO_2$)に依存しており、地球物理学的な不確実性をさらに伴う。中央推定値のみに基づくと、2010年～2019年の正味の累積CO_2排出量は、2020年以降の50%の確率で温暖化を1.5℃に抑えるための残余カーボンバジェットの約4/5であり、67％の確率で温暖化を2℃に抑えるための残余カーボンバジェットの約1/3である。不確実性を考慮したとしても、1850年～2019年までのCO_2の過去の排出量は、これらの地球温暖化の水準の総カーボンバジェットの大きな割合を占める。[11,12]　中央推定値のみに基づくと、1850年～2019年の正味の累積CO_2排出量は、50%の確率で温暖化を1.5℃に抑えるための総カーボンバジェット（中央推定値、約2900 $GtCO_2$）の約4/5であり[12]、67％の確率で温暖化を2℃に抑えるための総カーボンバジェット（中央推定値、約3550 $GtCO_2$）の約2/3である[12]。{図 2.7, 2.2, 図 TS.3, WG I 表 SPM.2}

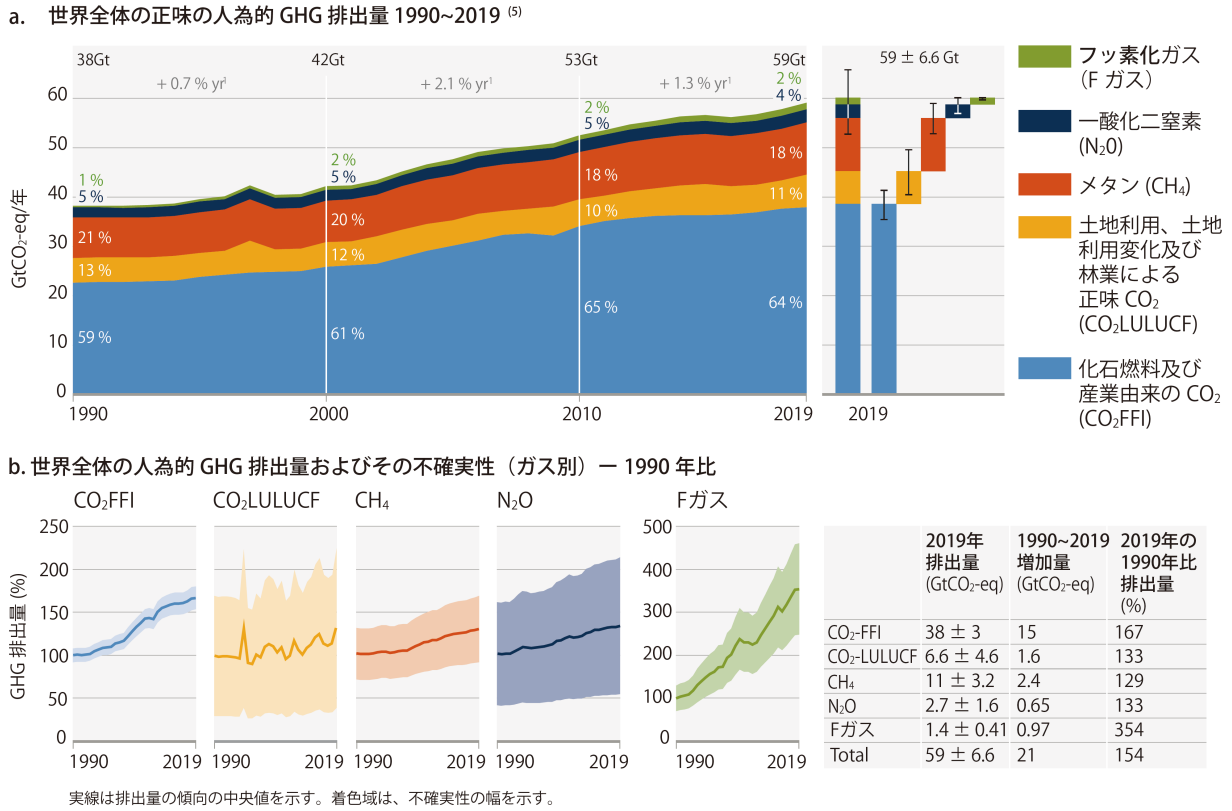
B.1.4　CO_2–FFIの排出量は、COVID-19パンデミックへの対応により2020年の上半期に一時的に低下したが（*確信度が高い*）、年末までに戻った（*確信度が中程度*）。2020年のCO_2–FFIの年間平均排出量は、2019年に比べて、5.8%[5.1～6.3%]、すなわち2.2 [1.9～2.4] $GtCO_2$減少した（*確信度が高い*）。COVID-19パンデミックのGHG排出量に対する影響の全容は、2020年のCO_2 以外のGHG排出量に関するデータが不足していたため評価できなかった。 {Cross-Chapter Box 1 in Chapter 1, 図 2.6, 2.2, Box TS.1, Box TS.1 図 1}

[10] WG1との一貫性のために、1850年～2019年のCO_2の過去の累積排出量は68%の信頼区間を用いて報告されている。

[11] カーボンバジェットとは、他の人為起源の気候変動強制因子の影響を考慮に入れて、所与の可能性で地球温暖化を所与の水準に抑える結果となる、正味の世界全体の人為的なCO_2累積排出量の最大値である。工業化以前の期間からとして表されている場合は、総カーボンバジェットと呼び、最近の特定の時期からとして表されている場合は、残余カーボンバジェットと呼ぶ。ここで報告されている総カーボンバジェットは、1850年～2019年の過去の排出量の和であり、残余カーボンバジェットは、2020年から世界全体のCO_2 排出量正味ゼロを達成するまでのバジェットである。 {Annex I: Glossary; WG I SPM}

[12] 総カーボンバジェットの不確実性は評価されておらず、特定の算定比率に影響する可能性がある。

世界全体の正味の人為的排出量は全ての主要な温室効果ガスの分類にわたって上昇し続けている。



	2019年排出量 (GtCO₂-eq)	1990~2019 増加量 (GtCO₂-eq)	2019年の1990年比排出量 (%)
CO_2-FFI	38 ± 3	15	167
CO_2-LULUCF	6.6 ± 4.6	1.6	133
CH_4	11 ± 3.2	2.4	129
N_2O	2.7 ± 1.6	0.65	133
Fガス	1.4 ± 0.41	0.97	354
Total	59 ± 6.6	21	154

図 SPM.1：世界全体の正味の人為的 GHG 排出量（$GtCO_2$-eq / 年）1990~2019。 世界全体の正味の人為的GHG排出量には、化石燃料の燃焼と工業プロセスに由来するCO_2 (CO_2-FFI)、土地利用、土地利用変化及び林業由来の正味の CO_2 (CO_2-LULUCF) [9]、メタン (CH_4)、一酸化二窒素 (N_2O); フッ素化ガス（Fガス） (HFCs; PFCs, SF_6, NF_3)が含まれている。[6] **パネル a**は、IPCC第6次評価報告書第1作業部会報告書（第7章）による地球温暖化係数100年値 (GWP100-AR6)に基づき、$GtCO_2$-eqに換算して報告されており、1990年～2019年における世界全体のGHGグループ毎の年間の正味の人為的GHG排出量の合計を示している。各ガス種の世界全体の排出量に占める比率は、 1990年, 2000年, 2010年, 2019年の各年について記載し、十年毎の平均年間増加率も示す。パネルaの右側には、2019年のGHG 排出量を、それぞれの不確実性[信頼区間90%]をエラーバーで示しながらガス種の内訳を示している。すなわちCO_2 FFI ±8%, CO_2-LULUCF±70%, CH_4 ±30%, N_2O ±60%, F-ガス ±30%, GHG ±11%の不確実性がある。 GHG 排出量の不確実性は、第2章の補足資料（Supplementary Material）で評価されている。1997 年の単年の排出が突出しているのは、東南アジアで発生した森林と泥炭地の火災に由来するCO_2-LULUCFの排出量増大によるものである。**パネル b**は、1990年～2019年における世界全体のCO_2-FFI,、正味のCO_2-LULUCF、メタン、 一酸化二窒素、フッ素化ガス（Fガス）の排出量を、1990年を100として正規化して個別に示している。Fガスのグラフの目盛りが他のガスとは異なっており、低いベース値から急激に増加している点がよく分かることに留意されたい。影付き部分は不確実性の範囲を指している。ここに示す不確実性の範囲は、各温室効果ガスグループ毎に固有であり、比較はできない。この表は、2019年の絶対排出量、1990年～2019年までの排出量の絶対的変化量、及び1990年の排出量に対する2019年の排出量割合(%)の推定中央値を示す。{2.2, 図 2.5, Supplementary Material 2.2, 図 TS.2}

B.2　正味の人為的な GHG排出量は、2010年以降、全ての主要な部門で世界的に増加している。排出量のうち、都市域に原因特定しうる割合が増加している。GDPのエネルギー原単位とエネルギーの炭素原単位の改善による、化石燃料と工業プロセスからのCO_2排出量の削減は、産業、エネルギー供給、運輸、農業、及び建築における世界全体の活動レベルの上昇による排出量の増加を下回っている。（*確信度が高い*）{2.2, 2.4, 6.3, 7.2, 8.3, 9.3, 10.1, 11.2}

B.2.1　2019年の人為的なGHGの正味の総排出量の約34%[20 $GtCO_2$-eq]はエネルギー供給部門から、24%は[14 $GtCO_2$-eq]は産業部門から、22% [13 $GtCO_2$-eq]は農業、林業及びその他の土地利用(AFOLU)部門から、15% [8.7 $GtCO_2$-eq]は運輸部門から、6% [3.3 $GtCO_2$-eq]は建築部門から排出された。[13]　電力と熱の生産由来の排出量を、最終エネルギーを使用する部門に帰すると、間接排出量の90%は産業部門と建築部門に割り当てられることになり、これらの部門のGHG排出量の相対的比率は、それぞれ24%から34%、6%から16%に増加する。電力と熱の生産による排出量をこのように再配分すると、エネルギー供給部門は、人為的なGHGの正味の総排出量の12%を占めることになる。（*確信度が高い*）{図 2.12, 2.2, 6.3, 7.2, 9.3, 10.1, 11.2, 図 TS.6}

B.2.2　2010年～2019年におけるGHG排出量の年平均増加率はその前の10年間に比べると、エネルギー供給部門[2.3% から1.0%に]と産業部門[3.4% から 1.4%に]において低下したが、運輸部門においては、ほぼ一定の2%で推移した(*確信度が高い*)。農業（主にCH_4とN_2O）、林業及びその他の土地利用（主にCO_2）由来の排出量からなる農業、林業及びその他土地利用(AFOLU)部門の排出量の増加は、そのうちのCO_2-LULUCFの排出量の割合と不確実性が高いため、他の部門より不確実である(*確信度が中程度*)。AFOLUの正味の総排出量の約半分はCO_2-LULUCF由来であり、圧倒的に森林減少によるものである[14]（*確信度が中程度*）。{図 2.13, 2.2, 6.3, 7.2, 図 7.3, 9.3, 10.1, 11.2, TS.3}

B.2.3　世界全体の排出量において、都市域に起因しうる排出量の世界的な割合が増大している。都市の排出量は、2015年においては25 $GtCO_2$-eq（世界全体の約62%）、2020年においては29 $GtCO_2$-eq（世界全体の67～72%）と推定された。[15]　都市のGHG排出量の駆動要因は複雑であり、人口規模、所得、都市化の状態、都市の形態が含まれる。（*確信度が高い*）{8.1, 8.3}

B.2.4　世界全体のエネルギー原単位（単位GDP当たりの総一次エネルギー）は2010年～2019年の間に年率2%減少した。炭素原単位（単位一次エネルギー当たりの化石燃料の燃焼と工業プロセス由来のCO_2（CO_2FFI））は、地域差は大きいが、同じ期間に、主に燃料を石炭からガスに転換したこと、石炭容量使用拡大の減退、再生可能エネルギーの使用の増大により、年率0.3%減少した。これは、2000年～2009年に観測されたトレンドの逆である。これに比して、温暖化を2℃ (>67%) に抑えるモデル化されたシナリオでは、一次エネルギーの炭素原単位は、2020年～2050年の期間に世界全体で年率3.5%減少すると予測されており、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℃ (>50%) に抑えるモデル化されたシナリオでは、世界全体で年率約7.7%減少すると予測されている。[16]（*確信度が高い*）{図 2.16, 2.2, 2.4, 表 3.4, 3.4, 6.3}

---

[13] 部門の定義はAnnex II 9.1を参照

[14] 土地は、Book-keeping モデルによると、2010年～2019年において、全体として-6.6（±4.6）$GtCO_2$/年の正味の吸収源であり、これは人為的環境変化と自然的気候変動性の両方に対するすべての土地の応答の結果による総吸収量-12.5(±3.2) $GtCO_2$/年と人為的CO_2-LULUCF の正味の排出量+5.9 (±4.1) $GtCO_2$ /年から構成される。 {2.2, 7.2, 表 7.1}

[15] この推定値は消費に基づく算定方法に基づいており、都市域由来の直接排出量と都市で消費される電力、物資、サービスの生産に関連した、都市域外由来の間接排出量を含む。これらの推定値は、航空輸送用及び海運用のバンカー燃料、土地利用変化、林業及び農業の排出量を除く、 CO_2 及びCH_4のすべての排出カテゴリーを含む。{8.1, Annex I: Glossary}

[16] 本報告書で採用されている、予測された気温推定値とそれにかかわる確率に基づくモデル化された長期の排出シナリオの分類については、ボックスSPM.1を参照。

B.3　世界全体のGHG排出量に対する地域別の寄与度[17]は引き続き大きく異なっている。地域や、国の一人当たりの排出量のばらつきは、発展段階の違いを部分的に反映しているが、同じような所得水準でも大きく異なる。一人当たりの排出量が最も多い上位10%の世帯が、世界全体の家庭部門のGHG排出量に占める割合が不均衡に大きい。少なくとも18か国が10年より長期にわたってGHG排出量の削減を持続している。（*確信度が高い*）（図 SPM.2）{図 1.1, 図 2.9, 図 2.10, 図 2.25, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 図 TS.4, 図 TS.5}

B.3.1　1990年～2019年にかけてのGHG排出量のトレンドは、図 SPM.2に示すように、地域及び期間、そして発展段階の違いによって大きく異なる。人為的なGHGの正味の排出量の一人当たりの世界平均値は、7.7 tCO_2-eqから7.8 tCO_2-eqに増加し、地域によって2.6 tCO_2-eq から 19 tCO_2-eqの幅がある。後発開発途上国（LDCs）及び小島嶼開発途上国(SIDS)の一人当たりの排出量(それぞれ1.7 tCO_2-eq、 4.6 tCO_2-eq)は、CO_2-LULUCFを除いて、世界平均(6.9 tCO_2-eq)よりもかなり低い。[18]（*確信度が高い*）（図 SPM.2）{図 1.2, 図 2.9, 図 2.10, 2.2, 図 TS.4}

B.3.2　1850年～2019年の間の正味の人為的な累積CO_2排出量に対する過去の寄与度は、その総量の大きさにおいて、地域間で大きく異なるが、また、CO_2-FFI (1650±73 $GtCO_2$-eq) に対する寄与度、及びCO_2-LULUCFの正味排出量(760±220 $GtCO_2$-eq) に対する寄与度においても大きく異なる。[10]　世界的に見て、CO_2-FFIの累積排出量の大きな部分が、いくつかの地域に集中しており、一方でCO_2-LULUCF[9]の累積排出量は、それ以外の地域に集中している。CO_2-FFIの1850年～2019年までの過去の累積排出量に占めるLDCsの割合は0.4%未満、一方SIDSの占める割合は0.5%である。（*確信度が高い*）（図 SPM.2）｛図 2.10, 2.2, TS.3, 図 2.7｝

B.3.3　2019年時点で、世界の人口の約48%がCO_2-LULUCFを除く一人当たりの平均排出量が、6tCO_2-eq以上の国に住んでおり、35%が一人当たりの平均排出量が9 tCO_2-eq以上の国に住んでいる。別の41%は、一人当たりの平均排出量が3 tCO_2-eq未満の国に住んでいる。これらの低排出国の人口のかなりの割合が、近代的なエネルギーサービスへのアクセスを欠く。[19]　これらの地域において、短期における持続可能な開発目的を達成するために極度の貧困とエネルギー貧困を撲滅し、適正な生活水準[20]をすべての人々に提供することは、世界全体の排出量の大幅な増大を引き起こすことなく達成しうる。（*確信度が高い*）(図 SPM.2) {図 1.2, 2.2, 2.4, 2.6, 3.7, 4.2, 6.7, 図 TS.4, 図 TS.5}

---

[17] 本報告書で採用している地域の分類は、Working Group III Annex II, Part 1を参照のこと。

[18] 2019年において、CO_2-LULUCF を除いて、LDCsは、世界全体のGHG排出量の3.3%を排出したと見積もられており、SIDSは、世界全体のGHG排出量の0.60%を排出したと見積もられている。これらの国のグループ分けは、地理的な地域区分にまたがっており、図SPM.2では個別に記載していない。{図2.10}

[19] 本報告書では、近代的なエネルギーサービスへのアクセスとは、調理、暖房、照明、通信、及び生産的な用途のためのクリーンで、安定した、手頃な価格のエネルギーサービスへのアクセスと定義される（Annex I ：Glossaryを参照のこと）

[20] 本報告書では、適正な生活水準とは、栄養、住まい、基本的な生活条件、衣服、ヘルスケア、教育、モビリティを含む基本的な人としての幸福を達成するために不可欠な一連の最低限必需な要件として定義される。

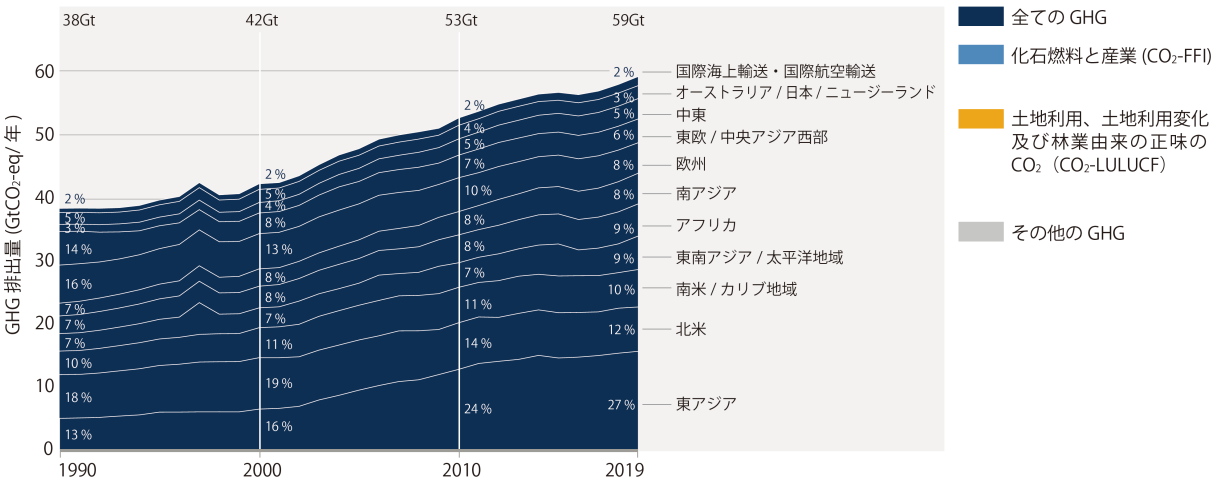
B.3.4　世界全体で、一人当たりの排出量が最も多い上位10%の世帯が、世界全体の消費ベースでの家庭部門のGHG排出量の34～45%を占めている[21]一方、中位40%が40～53%を占め、下位50%が13～15%を占めている。（*確信度が高い*）{2.6, 図 2.25}

B.3.5　少なくとも18か国が生産ベースのGHGと消費ベースのCO_2の排出量の削減を10年以上持続している。削減は、政策と経済構造の変化の両方によってもたらされた、エネルギー供給の脱炭素化、エネルギー効率の向上、及びエネルギー需要の削減に関連していた。生産ベースのGHG排出量をピーク時から1/3以上減らした国もあれば、また温暖化を2℃ (>67%) より低く抑えるシナリオの世界全体の削減量に匹敵する、年率約4%の削減率を数年続けて達成した国もある。これらの削減量は、世界全体の排出量の増加の一部を相殺するに過ぎない。（*確信度が高い*） (図 SPM.2) {図 TS.4, 2.2, 1.3.2}

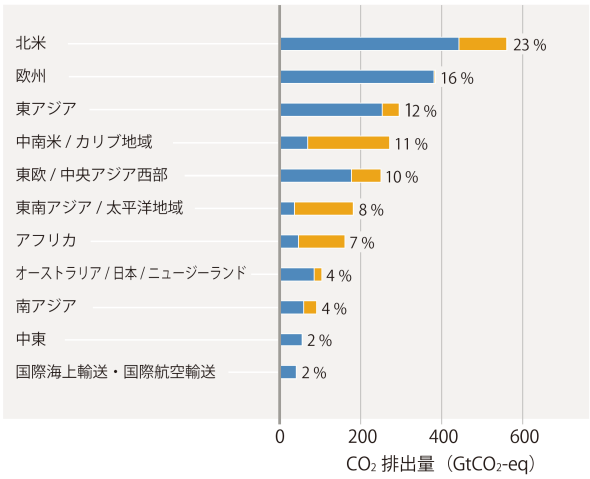
[21] 消費ベースの排出量とは、一定の主体(例えば人、会社、国、又は地域)が消費する製品とサービスを創出するために大気中に放出される排出量のことを指す。
排出量が下位50%の人の一日当たりの支出は、一人当たり3PPP(購買力平価)米ドル未満である。排出量が上位10%（上限のないカテゴリー）の人の一日当たりの支出は、一人当たり23PPP(購買力平価)米ドル超である。上位10%の寄与度の推定値に大きな幅があるのは、このカテゴリーの支出額に大きな幅があることと、評価された文献の方法が異なるからである。{2.6, Annex I: Glossary}

排出量はほとんどの地域で増加しているが、現時点と 1850 年からの累積の両方で不均等に分布している。

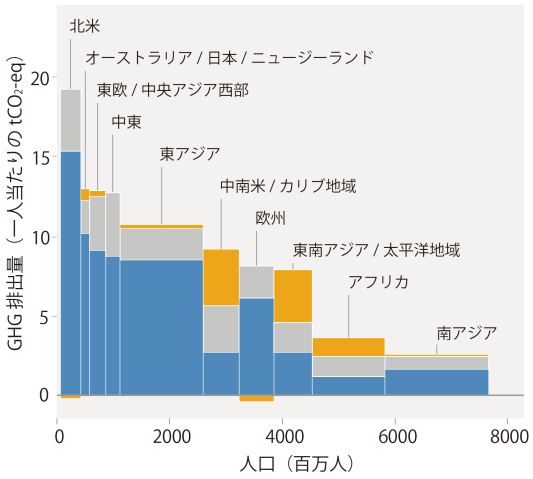
a. 地域別世界全体の人為的 GHG の正味の排出量（1990~2019）



b. 地域別、過去の人為的 CO_2 の正味の累積排出量（1850~2019）



c. 地域ごとの一人当たりの人為的 GHG の正味の排出量と総人口（2019）



d. 地域別指標（2019）と地域別の生産由来　対　消費由来の排出量（2018）

	アフリカ	オーストラリア / 日本 / ニュージーランド	東アジア	東欧 / 中央アジア西部	欧州	中南米 / カリブ地域	中東	北米	東南アジア / 太平洋地域	南アジア
人口（百万人、2019 年）	1292	157	1471	291	620	646	252	366	674	1836
一人当たり GDP（USD1000$_{ppp}$2017/ 人）[1]	5.0	43	17	20	43	15	20	61	12	6.2
正味 GHG2019[2]（生産ベース）										
GHG 排出量の割合（%）	9 %	3 %	27 %	6 %	8 %	10 %	5 %	12 %	9 %	8 %
GHG 排出原単位（tCO_2-eq/USD1000$_{ppp}$2017）	0.78	0.30	0.62	0.64	0.18	0.61	0.64	0.31	0.65	0.42
一人当たり GHG（tCO_2-eq/ 人）	3.9	13	11	13	7.8	9.2	13	19	7.9	2.6
CO_2-FFI 2018 年 / 人										
生産由来排出量（tCO_2 -FFI/ 人、2018 年データ）	1.2	10	8.4	9.2	6.5	2.8	8.7	16	2.6	1.6
消費由来排出量（tCO_2 -FFI/ 人、2018 年データ）	0.84	11	6.7	6.2	7.8	2.8	7.6	17	2.5	1.5

[1] 2019 年の、一人当たりの 2017 年の米ドルでの購買力評価 GDP

[2] CO_2-FFI、CO_2-LULUCF、それに国際海運輸送・国際航空輸送を除いた他の GHG を含む

本図に使用する地域区分はあくまでも統計目的にすぎず、Annex II Part I で説明されている。

図 SPM.2：地域別 GHG 排出量ならびに 1850年～2019 年の生産ベース CO_2 の総累積排出量における地域比率。

図 SPM.2（続き）：地域別 GHG 排出量ならびに 1850年～2019 年の生産ベース CO_2 の総累積排出量における地域比率。 **パネル a** は、1990年～2019年における世界全体の人為的 GHG の地域別正味の排出量($GtCO_2$-eq /年 (GWP100 AR6)) を示す。[6] %値は、各期間における総GHG排出量に対する地域別寄与度を指している。1997 年の単年において排出量が突出しているのは、東南アジアで発生した森林と泥炭地の火災によるCO_2-LULUCF由来の排出量増大によるものである。地域は Annex IIにまとめられている。**パネル b** は、1850 年から 2019年における過去の人為的な正味の累積CO_2排出量に対する地域別占有率を $GtCO_2$で示している。これには、化石燃料燃焼と工業プロセス由来のCO_2 (CO_2-FFI) と土地利用、土地利用変化及び林業由来の正味 CO_2 (CO_2-LULUCF)が含まれている。他の GHG排出量は含まれていない。[6] CO_2- LULUCF 排出量は不確実性が高く、世界全体の不確実性推定値± 70% (信頼区間90%)がこれを反映している。**パネル c**は、2019年における地域別のGHG排出量（1人当たりtCO_2-eq）の分布を示している。GHG 排出量は、CO_2-FFI、正味 CO_2-LULUCF、及びその他の GHG排出量 (GWP100-AR6に準じてCO_2換算値で表したメタン、一酸化二窒素、フッ素化ガス（Fガス））に分類されている。各長方形の高さは一人当たり排出量、幅は当該地域の人口を示しているため、これら長方形の面積は各地域の総排出量である。国際航空輸送と海上輸送由来の排出量は含まれていない。2つの地域においては、CO_2-LULUCF の長方形が軸の下に来ている。これは排出ではなく正味の CO_2 除去量を示す。CO_2- LULUCF 排出量は不確実性が高く、世界全体の不確実性推定値± 70% (信頼区間90%)に反映されている。**パネル d** は、人口、一人当たり GDP、2019年のGHG寄与度の%を示す地域別排出の指標 、一人当たりの総GHG排出量、及び総 GHG排出原単位に加え、生産ベースと消費ベースのCO_2-FFIデータを記載している。後者は本報告書では2018年まで評価している。消費ベースの排出量とは、ある集団（たとえば地域）が消費する製品やサービスを生産するために大気中に放出される排出量をいう。国際航空輸送と海上輸送由来の排出量は含まれていない。{1.3, 図 1.2, 2.2, 図 2.9, 図 2.10, 図 2.11, Annex II}

B.4　2010年以降、いくつかの低排出技術の単価は継続的に低下している。イノベーション政策パッケージがこれらのコスト削減を可能にし、世界的な普及を支えてきた。イノベーションシステムに個別に対応する適合した政策と包括的な政策の両方が、低排出技術の世界的普及に潜在的に関わる分配、環境、社会への影響を克服するのに役立ってきた。開発途上国では、それを可能にする条件が整備されていないためイノベーションが遅れている。デジタル化は排出削減を可能にしうるが、適切に管理されなければ副次的な悪影響を及ぼしうる。（*確信度が高い*）（図 SPM.3） {2.2, 6.3, 6.4, 7.2, 12.2, 16.2, 16.4, 16.5, Cross-Chapter Box 11 in Chapter 16}

B.4.1　2010年～2019年にかけて、太陽光エネルギー(85%)、風力エネルギー(55%)、リチウムイオン電池（85%）の単価は継続的に低下し、その導入は大幅に増加し、例えば太陽光エネルギーは10倍以上に、電気自動車（EVs）は100倍以上に増加したが、地域間で大きく異なる(図 SPM.3)。コストを削減し、導入を促進した政策手段の組み合わせには、公的研究開発、実証・パイロットプロジェクトへの資金拠出、規模を達成するための導入促進助成金などの需要けん引型手段が含まれる。実績を見てみると、複数の大規模緩和技術は、モジュール型の小規模設備の技術と比較して、学習の機会が少なく、コスト削減は最低限にとどまっており、その普及の伸びは遅い。（*確信度が高い*）{1.3, 1.5, 図 2.5, 2.5, 6.3, 6.4, 7.2, 11.3, 12.2, 12.3, 12.6, 13.6, 16.3, 16.4, 16.6}

B.4.2　国の状況と技術的特徴に応じた政策パッケージが、低排出イノベーションと技術の普及を支援するのに効果的である。適切に設計された政策とガバナンスが分配上の影響とリバウンド効果に対処するのに役立っている。イノベーションが排出を削減し、排出の増大を低減する機会を提供し、社会的、環境的共便益(コベネフィット)を創出した（*確信度が高い*）。低排出技術の導入は、資金、技術開発・移転、能力が限られている等、可能とする条件が十分整っていないことが部分的に起因して、ほとんどの開発途上国、特に後発開発途上国にお

いて遅れている。多くの国において、特に制度的能力が限られている国において、低排出技術の普及の結果、例えば、低賃金雇用、外国の知識とサプライヤへの依存など、いくつかの副次的な悪影響が見られる。可能とする条件の強化と合わせた低排出イノベーションは、開発の便益を強化し、それがひいては政策に対する社会の支持の拡大に向けてのフィードバックを生み出しうる。（*確信度が中程度*）{9.9, 13.6, 13.7, 16.3, 16.4, 16.5, 16.6, Cross-Chapter Box 12 in Chapter 16, TS.3}

B.4.3　デジタル技術は気候変動の緩和と複数のSDGsの達成に貢献しうる（*確信度が高い*）。たとえば、センサー、IoT、ロボット、AIなどは、経済的機会を創出する一方、全ての部門におけるエネルギー管理を改善し、エネルギー効率を高め、分散型再生可能エネルギーを含む多くの低排出技術の導入を促進しうる（*確信度が高い*）。しかし、デジタルデバイスの使用による商品とサービスに対する需要の増加によって、これらの気候変動の緩和効果の一部が減じられるか相殺されうる（*確信度が高い*）。デジタル化は、たとえば、電子機器の廃棄物の増加、労働市場における負の影響、既存のデジタル格差の悪化など、複数のSDGsにまたがるトレードオフを含みうる。デジタル技術は、適切に管理されている場合のみ、脱炭素化を支援する（*確信度が高い*）。 {5.3, 10, 12.6, 16.2, Cross-Chapter Box 11 in Chapter 16, TS.5, Box TS.14}

一部の再生可能エネルギーや EV(乗用車）向け蓄電池の単価が低下し、その利用は増大し続けている。

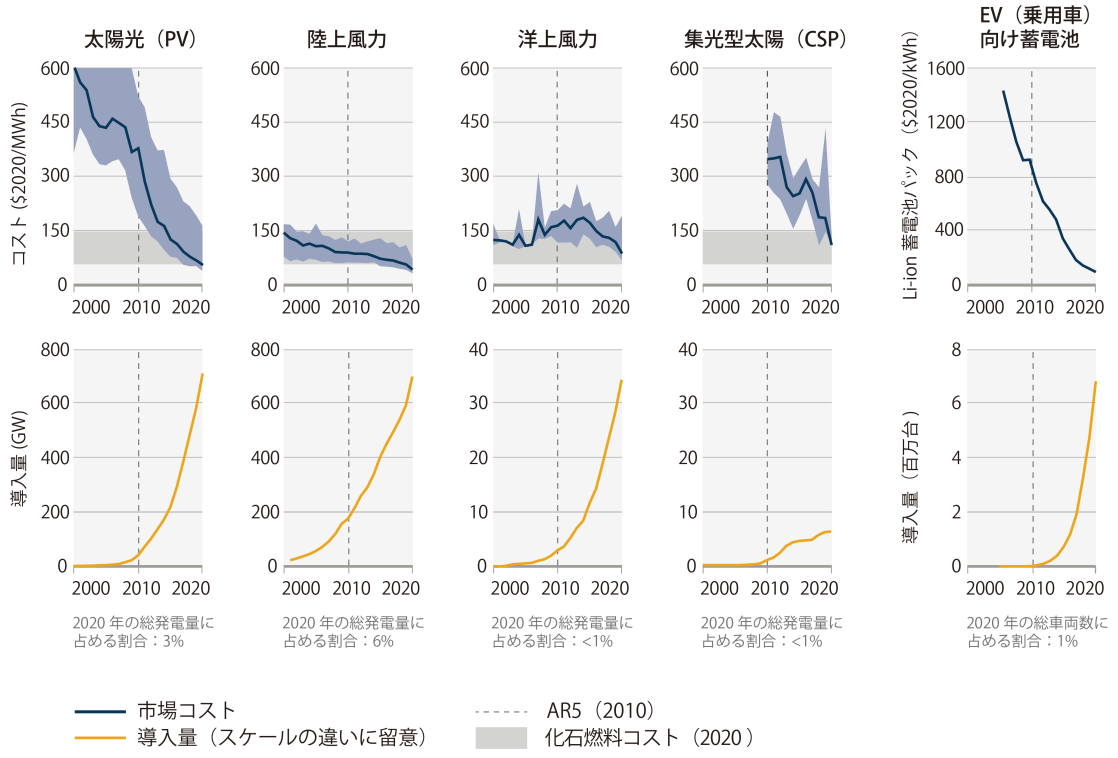


図 SPM.3：急速に変化するいくつかの緩和技術の単価の低下と利用。　上のパネルは、急速に変化しつつある一部の緩和技術の世界的な、エネルギー当たりの単価 (米ドル/MWh) を示す。青い実線は年毎の平均単位コストである。水色網掛け部分は各年の5～95パーセンタイル間の範囲を示す。灰色網掛け部分は、2020年の新規の化石燃料（石炭とガス）の火力発電の単価の範囲を示す (55～148 米ドル/MWh に相当)。2020年には、4つの再生可能エネルギー技術の均等化発電原価(LCOE)が、多くの場所で化石燃料と競争しうるだろう。蓄電池は、蓄電容量 1 kWh 当たりのコストとして示している。その他については、コストは均等化発電原価(LCOE)であり、発電電力量MWh当たりの設置、設備投資、運転、及び保

守のコストが含まれている。均等化発電原価(LCOE)は、多岐にわたるエネルギー技術のコストの動向について一貫性のある比較ができるため、文献ではこれを使用している。しかしながら、均等化発電原価(LCOE)には、グリッドの統合化及び気候影響のコストは含まれていない。さらに、均等化発電原価(LCOE)は、技術の全体コスト（金銭的及び非金銭的）を変更しその実装を変える可能性のある、他の環境及び社会的な外部性を考慮していない。**下のパネル**は、各技術の全世界の累積導入状況を示しており、再生可能エネルギーについては発電設備容量をGW で表示し、蓄電池式電気自動車については百万台単位で表示している。AR5以降の変化を示すために2010年に縦の破線を入れている。暫定データに基づいて、2020年の発電電力量における占有率と乗用自動車保有台数における占有率を記載した。つまり、総発電電力量における（PV、陸上風力、洋上風力、集光型太陽熱発電の）割合と乗用車の総ストックにおける（電気自動車の）割合である。発電電力量の占有率には、発電設備容量が同じであってもたとえば風力の発電電力量は太陽光PVの倍であるといった、設備利用率の違いが反映されている。{2.5, 6.4}　再生可能エネルギーと蓄電池技術は、最近、コストと導入が急速に変化しており、加えて一貫したデータが利用できることから、例示として選定された。本報告書で評価した他の緩和オプションは、これらの条件を満たしていないため含まれていない。

B.5　第5次評価報告書以降、緩和に対処するための政策や法律が一貫して拡充している。これにより、それらがなければ発生したであろう排出が回避され、低GHG技術やインフラへの投資が増加している。排出量に関する政策の適用範囲は、部門間で不均衡である。資金の流れをパリ協定の目標に向けて整合させることは、依然として進みが遅れており、追跡調査された気候変動資金の流れは、地域や部門間で不均等に分配されている。（*確信度が高い*）{5.6, 13.2, 13.4, 13.5, 13.6, 13.9, 14.3, 14.4, 14.5, Cross- Chapter Box 10 in Chapter 14, 15.3, 15.5}

B.5.1　京都議定書は、一部の国において排出削減につながり、GHGの報告、算定及び炭素市場に関する国及び国際的な能力を構築するのに役立った（*確信度が高い*）。京都議定書の第一約束期間の目標値を定めていた少なくとも18か国が、2005年から少なくとも10年間絶対量の排出削減を継続し、そのうち2か国は、経済移行国であった（*確信度が非常に高い*）。ほぼすべての国が参加しているパリ協定は、国及び準国家における政策策定と目標設定、特に緩和に関する政策策定と目標設定につながり、また、気候行動と支援の透明性の強化につながっている（*確信度が中程度*）。{14.3, 14.6}

B.5.2　緩和のための多様な政策手段を、国レベルで又準国家レベルで、複数の部門に適用することが一貫して増えている（*確信度が高い*）。2020年までに、世界全体のGHG排出量のうち、20%以上が炭素税又は排出権取引制度の対象となった。ただし、その対象範囲と価格は、大幅な削減を達成するのに十分ではない（*確信度が中程度*）。2020年までに、56か国が、主にGHG削減に焦点を当てた気候に関する「直接の」法律を整備しており、これらは世界全体の排出量の53%をカバーしている（*確信度が中程度*）。農業由来の排出量及び、産業用材料及び原料の生産由来の排出量を対象とした政策は、依然として限定的である（*確信度が高い*）。{5.6, 7.6, 11.5, 11.6, 13.2, 13.6}

B.5.3　多くの国で、政策がエネルギー効率を高め、森林減少率を削減し、技術の導入を加速し、排出の回避と、場合によっては排出の削減・除去につながった（*確信度が高い*）。複数の証拠が、緩和政策が数$GtCO_2$-eq /年の世界全体の排出量回避につながっていると示唆している（*確信度が中程度*）。経済的手段と規制手段の効果に関する別々の推定値を合算すると、少なくとも1.8 $GtCO_2$-eq /年が算定されうる。世界全体の排出に影響を及ぼす法律及び行政令の数が増えており、そのような法律や行政令がなかった場合と比べて、2016年には、5.9 $GtCO_2$-eq /年の削減につながったと推定された。（*確信度が中程度*）(図 SPM.3) {2.2, 2.8, 6.7, 7.6, 9.9, 10.8, 13.6, Cross-chapter Box 10 in Chapter 14}

B.5.4　追跡調査された気候変動の緩和と適応のための年間総資金フローは2013年～14年と2019年～20年の間に、最大60%（2015年米ドルベース）増加したが、 平均増加率は、2018年以降鈍化している[22]（*確信度が中程度*）。依然としてこれらの資金フローは緩和に重点が置かれており、不均衡であり、地域間や部門間で不均一に進展してきている（*確信度が高い*）。2018年の先進国から開発途上国への公的気候資金フロー及び公的資金から動員された民間気候資金フローは、意味のある緩和行動と実施の透明性の文脈において2020年までに年間1000億米ドルを動員するというUNFCCC及びパリ協定下の合同目標を下回った（*確信度が中程度*）。化石燃料に向けた公的資金及び民間資金のフローは、依然として、気候変動への適応と緩和に向けた公的及び民間資金のフローを上回っている（*確信度が高い*）。グリーンボンド市場、ESG（環境・社会・ガバナンス）、及び持続可能な金融商品が、第5次評価報告書以降、大きく拡大している。統合性と追加性にかかわる課題は注目すべき課題として依然として残っており、また、こうした市場の適用性が限られている開発途上国が多いという課題が残っている。（*確信度が高い*）{Box 15.4, 15.3, 15.5, 15.6, Box 15.7}

B.6　COP26より前に発表された国が決定する貢献（NDC）[23]の実施に関連する2030年の世界全体のGHG排出量では、21世紀中に温暖化が1.5°Cを超える*可能性が高い見込み*である。[24]温暖化を2°C 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の加速に頼ることになるだろう。2020年末までに実施された政策[25]の結果、NDCによって示唆される世界全体のGHG排出量よりも高いGHG排出量をもたらすと予測される。（*確信度が高い*）（図 SPM.4）{3.3, 3.5, 4.2, Cross-Chapter Box 4 in Chapter 4}

B.6.1　2020年末までに実施された政策は、NDCが示唆するよりも高い世界全体のGHG排出量をもたらすと予測されており、実施のギャップを示している。COP26 以前に発表されたNDCの実施に関連づけられる2030年の世界全体のGHG排出量と、即時行動を想定しているモデル化された緩和経路に関連付けられる2030年の世界全体のGHG排出量との間には、依然としてギャップがある（定量値については表SPM.1を参照）。[26]　排出ギャップの規模は、考慮する地球温暖化の水準とNDC の無条件要素のみを考慮しているのか、条件付き要素も考慮してい

[22] 資金フロー（民間・公的及び国内・国際的なフローいずれも含む）の推定値は、複数の資金源のデータを集約した一つの報告書に基づいており、過去複数年の間に、方法論に様々な変更を加えてきている。このようなデータは広範な傾向を示唆しうるが、不確実性を伴う。

[23] COP26より前に発表されたNDCとは、本報告書の文献締め切り日である2021年10月11日までにUNFCCCに提出された最新の国が決定する貢献と、中国、日本、韓国が2021年10月より前に発表し、その後提出した修正されたNDCを指す。2021年10月12日からCOP26の開会までの間で、25か国の更新されたNDCが提出された。

[24] このことは、2030年以降の緩和では、21世紀中に1.5°Cを超える確率が67%未満の経路をもはや確立できないことを意味する。これは、本報告書で評価した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 (>50%)に抑える経路（表 SPM.2 のカテゴリーC1）を決定付ける特徴である。これらの経路は、21世紀を通じて50%の可能性で温暖化を1.6°C以下に抑えるものである。

[25] 2020年末までに実施された政策」のGHG排出量の予測に使用された研究における政策の締め切りは、2019年7月から2020年11月の間で様々である。{表 4.2}

[26] モデル化された世界全体の経路における即時行動とは、2020年から遅くても2025年までに、温暖化を所与の水準に抑えることを意図する気候政策を採用することを指す。即時行動で温暖化を2°C (>67%) に抑えるモデル化された経路は、表SPM.2においてカテゴリーC3aとしてまとめられている。評価を行った全ての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 (>50%) に抑えるモデル化された経路は、ここに定義する即時行動を前提としている(Category C1 in 表 SPM.2)。

るのか[27]による。[28] （*確信度が高い*）{3.5, 4.2, Cross-Chapter Box 4 in Chapter 4}

B.6.2　COP26より前に発表されたNDCの実施に関連する2030年の世界全体の排出量は、元のNDC[29]によって示唆される排出量よりも低い（*確信度が高い*）。元の排出ギャップが、即時の行動を伴って67%以上の確率で温暖化を2°Cに(>67%)に抑える経路（表SPM.2のカテゴリーC3a）に比べて、約20%減少して1/3になり、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 (>50%) に抑える経路（表SPM.2のカテゴリーC1）に比べて、約15～20%縮小した（*確信度が中程度*）。(図 SPM.4) {3.5, 4.2, Cross-Chapter Box 4 in Chapter 4}

表 SPM.1：2020年末までに実施された政策及びCOP26以前に発表されたNDCに関連する2030年の世界全体の排出量予測と関連する排出ギャップ。　*2030 年の予測排出量及び絶対的な排出量差異は、基礎となっているモデル研究で前提とされている2019年の排出量、52～56 $GtCO_2$-eq /年 に基づいている。（*確信度が中程度*）{4.2, 表 4.3, Cross-Chapter Box 4 in Chapter 4}

	2020年末までに実施された政策によって示唆される排出量（GtCO2 eq / 年）	COP26より前に発表されたNDCによって示唆される排出量	
		無条件要素（GtCO2 eq / 年）	条件付き要素込み（GtCO2 eq / 年）
中央値（最小－最大）*	57 ［52–60］	53 ［50–57］	50 ［47–55］
実施された政策とNDC間の実施ギャップ（中央値）		4	7
NDC と、即時行動を行い温暖化を2 ℃（> 67 %）に抑える経路との排出ギャップ		10-16	6-14
NDCと、即時行動を行い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 ℃（> 50 %）に抑える経路との排出ギャップ		19-26	16-23

B.6.3　COP26より前に発表されたNDCと整合し、温暖化を2°C (>67%) に抑えるモデル化された世界全体の排出経路（表SPM.2のカテゴリーC3b）は、2020年～2030年の10年間に世界全体のGHG排出量を年平均0～0.7 $GtCO_2$-eq削減し、2030年～2050年の間には前例のない年平均1.4～2.0 $GtCO_2$-eqまで削減量を増加することを示唆する（*確信度が中程度*）。2030年より前に、排出削減対策が講じられていない高排出インフラへの投資を継続し、低排出代替技術の開発と導入が限定的であれば、この加速の障壁となり、実現可能性のリスクが高まるだろう（*確信度が高い*）。 {3.3, 3.5, 3.8, Cross-Chapter Box 5 in Chapter 4}

---

[27] 本報告書においては、 NDCの「無条件」要素とは、条件を何も設定せずに行われる緩和努力をいう。「条件付き」要素とは、たとえば二国間や多国間の協定、資金支援、あるいは資金及び/又は技術移転などの国際協力を条件とする緩和努力を指す。本用語は文献と国連気候変動枠組条約（UNFCCC）の NDC 統合報告書では使用されているが、パリ協定では使われていない。{4.2.1, 14.3.2}

[28] 2種類のギャップを評価した。実施ギャップは、2020年末までに実施された政策が示唆する2030年の世界全体の排出量の中央値と COP26より前に発表されたNDCの示唆する同排出量中央値との差異として算出されている。排出ギャップは、NDCの示唆するGHG排出量（2030年の最小/最大排出量）と、即時行動に基づき定められた可能性で、温暖化を特定の水準に抑えるモデル化された経路の世界全体のGHG排出量の中央値との間の差異として算出されている(表 SPM.2)。

[29] 元のNDCとは、2015年と2016年にUNFCCCに提出されたNDCを指す。COP26より前に発表されたNDCの無条件要素は、元のNDCより3.8 [3.0～5.3] $GtCO_2$-eq/年 低い2030年の世界全体のGHG排出量を示唆しており、NDCの条件付き要素が含まれる場合、4.5 [2.7～6.3] $GtCO_2$-eq/年低い。COP26 における、或いはCOP26後のNDCの更新が、示唆される排出量を更に変えうるだろう。

B.6.4　COP26より前に発表されたNDCと整合するモデル化された世界全体の排出経路では、21世紀中に1.5°Cを超える*可能性が高い*。その後2100年までに50%以上の可能性で温暖化が1.5°Cに戻る経路は、0.15～0.3°Cの気温のオーバーシュートが起こることを示唆している（表SPM.2のカテゴリーC2における42の経路）。そのような経路では、世界全体の正味負の累積CO_2排出量は、今世紀後半においては、-380 [-860 から -200] $GtCO_2$ [30]であり、2030年以降、すべての部門にわたって、他の緩和努力の急速な加速がある。そのようなオーバーシュートの経路は、気候関連のリスクの増加を示唆しており、実現可能性の懸念の増大を伴い[31]、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 (>50%) に抑える経路と比較して、より大きな社会的・環境的リスクを伴う。（*確信度が高い*） (図 SPM.4, 表SPM.2) {3.3, 3.5, 3.8, 12.3; AR6 WG II SPM.B.6}

COP26 以前に発表された NDCに基づいて予測される世界の GHG 排出量によって、温暖化が1.5 ℃を超えるとともに、2030年以降に温暖化を2 ℃より低く抑えることが難しくなる可能性が高くなるだろう。

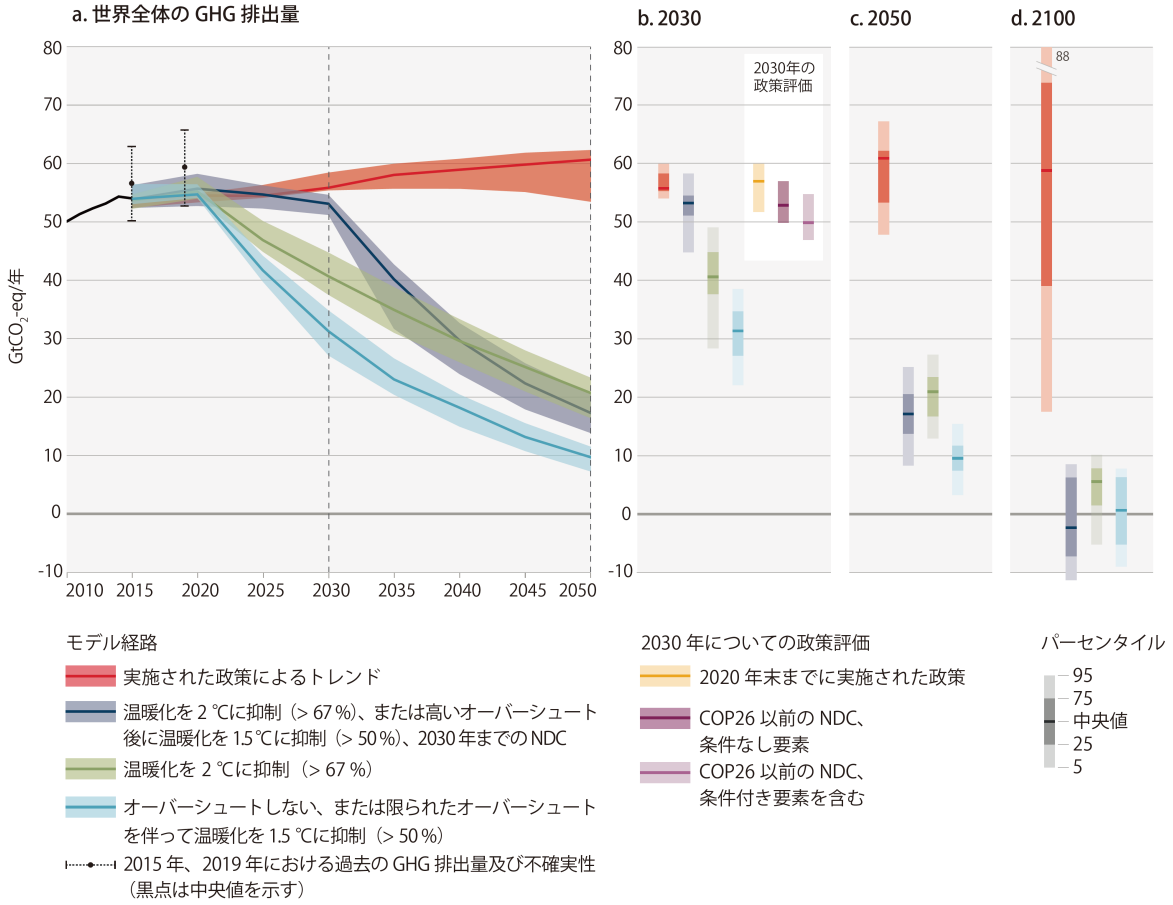


図 SPM.4：モデル化された経路による世界全体のGHG 排出量（パネルa の煙突状の着色域及びパネルb～d の関連する棒グラフ）並びに短期的な2030 年に政策評価の結果予測される排出量（パネルb）。

[30] 中央値と非常に可能性の高い範囲（5～95パーセンタイル）

[31] NDCの実施に伴う2030年のGHG排出量の水準から2100年に1.5°C未満に戻ることは、一部のモデルでは、緩和技術の導入と正味負のCO_2排出量の有用性におけるモデル特有の制約により、実現不可能である。

図 SPM.4（続き）：モデル化された経路による世界全体のGHG 排出量（パネルa の煙突状の着色域及びパネルb～d の関連する棒グラフ）並びに短期的な2030 年に政策評価の結果予測される排出量（パネルb）。 **パネルa**は、評価された世界全体のモデル化された4つの経路について2015年～2050年におけるGHG排出量を示す。

- 実施された政策によるトレンド：2020年末までに実施された政策に則した予測された短期のGHG排出量を伴い、2030年以後も同程度の野心が継続する経路（カテゴリーC5-C7のうちの29シナリオ、表 SPM.2）。

- 温暖化を2°Cに抑制(>67%)、または高いオーバーシュート後に温暖化を 1.5°C に抑制(>50%) 、2030年までのNDC: COP26より前に発表されたNDCの実施に関連する2030年までのGHG排出量に続いて、温暖化を2°Cに抑える可能性が高い加速化した排出削減を行う経路(C3b, 表 SPM.2)又は確率50%以上で、高いオーバーシュート後に温暖化が1.5°Cに戻る経路(C2のうちの42シナリオ、表 SPM.2)。

- 即時行動で2°C (>67%)に抑える：2020年以後に即時行動で温暖化を2°C (>67%)に抑える経路[26](C3a, 表 SPM.2).

- 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1.5°C (>50%)に抑制：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 (>50%)に抑える経路(C1, 表 SPM.2 C1)。これらの経路はすべてが2020年以後に即時行動が行われることを前提としている。

モデル化された経路の地球温暖化を予測するために使用された2010年～2015年の過去の GHG 排出量を黒線で示す[32]。また、報告書本体の第2章で評価した2015年及び2019年の過去の世界全体のGHG排出量は点線で示す。**パネルb, cならびにd**は、モデル化された経路の2030年、 2050年、 及び2100年における GHG 排出量の範囲をスナップショットでそれぞれ示している。パネル b はまた、報告書本体第4章 4.2 にある短期政策の評価から得られた2030年の予測排出量も示している(表 4.2 及び 4.3; 中央値と全範囲)。GHG 排出量は、AR6 WG1のGWP100を用いたCO_2換算値である。{3.5, 4.2, 表 4.2, 表 4.3, Cross-Chapter Box 4 in Chapter 4}

B.7　追加的な削減対策を行わない既存の化石燃料インフラ及び現在計画されている化石燃料インフラが、今後その耐用期間中に排出すると予測される累積CO_2排出量は、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 (>50%) に抑える経路における正味の累積CO_2総排出量を上回る。またそれらは、温暖化を2 °C (>67%) に抑える経路における正味の累積CO_2総排出量とほぼ同じである。（*確信度が高い*）{2.7, 3.3}

B.7.1　これまでの運転のパターンが維持された場合[33]、そして追加の削減対策が講じられなかった場合[34]、既存の化石燃料インフラ由来の今後の推定累積CO_2排出量は、大部分が電力部門であるが、2018年からその耐用期間の終了までで、660 [460～890] $GtCO_2$になるだろう。電力部門で現在計画されている排出削減対策が講じられていないインフラの排出量を含めた場合、

[32] モデル化された経路の地球温暖化を予測する方法の説明と、AR6 WG 1の気候評価との一貫性については ボックス SPM.1を参照のこと。
[33] これまでの運転パターンとは、過去に観察された化石燃料設備の負荷率と耐用期間(平均と範囲)によって記述される。
[34] ここでの削減対策とは、化石燃料インフラから大気に放出される温室効果ガスの量を 削減するための人為的措置を指す。

その推定量は850 [600～1100] $GtCO_2$になるだろう。これらの推定量と比較して、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 (>50%)に抑える経路において、CO_2排出量正味ゼロ[35]に達するまでのすべての部門の世界全体の正味の累積CO_2総排出量は510 [330～710] $GtCO_2$、温暖化を2°C (>67%) に抑える経路では890 [640～1160] $GtCO_2$ である。（*確信度が高い*）(表 SPM.2) {2.7, 図 2.26, 図 TS.8}

B.7.2　温暖化を2 °C (>67%) 以下に抑えるモデル化された世界全体の経路においては、世界全体でCO_2排出量正味ゼロに達するまでの化石燃料由来の残余CO_2排出量の殆どは、電力部門外で、主に産業部門と運輸部門で発生すると予測されている。既存の化石燃料ベースの発電インフラの廃止と利用の削減、既存の設備へのCCSの導入[36]、低炭素燃料への転換、及びCCSを伴わない新規石炭設備の建設中止が、電力部門の今後のCO_2排出量を、評価されたモデル化された世界全体の最小コストの経路に整合させることに貢献する主要なオプションである。何が最も適切な戦略かは、可能とする条件及び技術の利用可能性などの国や地域の状況による。（*確信度が高い*）(Box SPM.1) {表 2.7, 2.7, 3.4, 6.3, 6.5, 6.7}

[35] 世界全体のCO_2排出量が正味ゼロに達するまでの総CO_2累積排出量は、第1作業部会が評価した所与の気温の上限に対する残余カーボンバジェットと似ているが、全く同じではない。これは、第3作業部会が評価したモデル化された排出シナリオは、特定の上限に達するまでの気温の水準の範囲を含み、全体の温暖化に寄与するCO_2以外の様々な排出の削減量も様々を示しているからである。 {Box 3.4}

[36] この文脈では、CCS付の新規設備の炭素回収率は、90～95%強であると想定している{11.3.5}。導入済み設備の回収率は、プラントがCCSの導入用に特別に設計されていれば、CCS付の新規設備のそれに匹敵する{11.3.6}。

C.　地球温暖化抑制のためのシステム変革

C.1　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℃（＞50%）に抑えるモデル化された経路と、温暖化を2℃（＞67%）に抑える即時の行動を想定したモデル化された経路では、世界のGHG排出量は、2020年から遅くとも2025年以前にピークに達すると予測される。[i,37]　いずれの種類のモデル化された経路においても、2030 年、2040 年、及び2050 年を通して、急速かつ大幅な GHG 排出削減が続く（*確信度が高い*）。2020年末までに実施されるものを超える政策の強化がなければ、GHG排出量は2025年以降も増加すると予測され、そうなれば2100年[38,39]までに中央値で3.2 [2.2～3.5] ℃の地球温暖化をもたらす（*確信度が中程度*）。（表 SPM.2、図 SPM.4、図 SPM.5）{3.3, 3.4}

C.1.1　温暖化を2℃（＞67%）に抑える即時の行動を想定したモデル化された世界全体の経路(表SPM.2のカテゴリーC3a)では、世界全体の正味GHG排出量は、2019年のレベルから、2030年には27%[13~45%]、2050年には63% [52~76%]減少[40]すると予測される。これと比べて、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℃（＞50%）に抑えるモデル化された経路（表SPM.2のC1）では、2030年には43% [34～60%]、2050年には84% [73～98%]減少する（*確信度が高い*）。[41]　高いオーバーシュート[42]のあと、温暖化が1.5°C（＞50%）に戻るモデル化された経路（表SPM.2のC2）では、GHG排出量は、2030年に23% [0～44%]、2050年に75% [62～91%]減少する（*確信度が高い*）。2030年まではCOP26より前に発表されたNDCと整合しており、それ以降野心の強化がないと想定しているモデル化された経路では、排出量はより高く、2100年までに平均2.8°C [2.1～3.4°C]の世界全体の温暖化につながる（*確信度が中程度*）。[23]　(図 SPM.4) {3.3}

C.1.2　温暖化を2℃（＞67%）に抑える即時の行動を想定したモデル化された経路では、世界全体の正味CO_2排出量は、2019年のモデル化された排出量に比べて、2030年に27% [11～46%]、2040年に52% [36～70%]減少する。世界全体のCH_4排出量は2030年に24% [9～53%]、2040年に37% [20～60%]減少する。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℃（＞50%）に抑える経路では、世界全体の正味CO_2排出量は、2019年のモデル化された排出量に比べて、2030年に48% [36～69%]、2040年に80% [61～109%]減少する。

---

[37] 報告されているすべての地球温暖化の水準は、1850年～1900年を基準としている。別途特段の記載がない限り、「経路」は常にモデルを使って計算した経路を指す。経路における即時の行動とは、2020年から遅くとも2025年の間に、世界の温暖化を所与のレベルに抑えるための気候政策を採用することを指す。

[38] 長期の温暖化は、2020年末までに実施された国の政策と整合する緩和努力 (第3章のP1bの政策カテゴリーに当てはまるシナリオ)を想定し、第4章で評価された経路の2030年のGHG 排出量範囲を通過するモデル化された経路のすべてから計算される。（脚注 25参照）{3.2, 表4.2}

[39] 温暖化推定値は、モデル化された経路の50パーセンタイル値と5～95パーセンタイル値及びWG1の確率論的気候モデルエミュレータの気温変化推定値の中央値を指す。[a]

[40] 本報告書では、2019年のモデル排出量に対する排出削減量を報告しているが、SR1.5では、2010年に対する排出削減量が計算された。2010年から2019年の間に、世界全体のGHG排出量は12% (6.5 $GtCO_2$-eq)、世界全体のCO_2排出量は13% (5.0 $GtCO_2$)増加した。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（＞50%）に抑える、本報告書で評価されている世界全体のモデル経路では、GHG排出量は2030年には2010年比で37% [28～57%] 減少すると予測されている。SR1.5 で評価された同じ種類の経路では、GHG排出量は2010年比で45%(40～60% 四分位間範囲)削減される。絶対量では、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（＞50%）に抑える経路の2030年のGHG排出量は、第6次評価報告書AR6 (31 [21～36] $GtCO_2$-eq)では、SR1.5 (28 (26～31四分位間範囲) $GtCO_2$-eq)に比べて高い。（図SPM.1、表SPM.2）{3.3, SR1.5}

[41] このカテゴリーのシナリオでは、21世紀を通して温暖化のピークを2°Cに抑える可能性が90%に近い、又はそれ以上である。

[42] このカテゴリーには、即時行動を伴う91のシナリオと2030年までNDCと整合する42のシナリオが含まれる。

世界全体のCH_4 排出量は2030年に34% [21～57%] 、2040年に44% [31-63%]減少する。両方の種類の経路において、2050年までに、非CO_2の排出量が同程度削減される：CH_4 は45% [25～70%]、N_2Oは20% [-5 ～ 55%]、Fガスは、85% [20–90%]削減される。[43] ほとんどのモデル化された経路において、これが、その元となるモデルにおいて、人為的なCH_4 の削減量の技術的ポテンシャルの最大値である（*確信度が高い*）。IMP-SP経路で例示的に示されているようなさらなる排出削減は、活動レベルの変更、及び/又は、ほとんどの経路に入れられている以上の技術革新により、達成できるかもしれない（*確信度が中程度*）。CH_4 排出量の更なる削減は、温暖化のピークを更に抑制することができるだろう。（*確信度が高い*）(図SPM.5) {3.3}

C.1.3 2020年末までに実施された政策の継続と整合するモデル化された経路では、GHG排出量は上昇を続け2100年までに3.2 [2.2～3.5]°Cの地球温暖化につながる（表SPM.2のC5～C7の範囲）（*確信度が中程度*）。温暖化が4°C（≧50%）を超える経路（表SPM.2のC8, SSP5～8.5）は、現在の技術及び/又は緩和政策のトレンドの逆行を示唆するだろう（*確信度が中程度*）。このような温暖化は、もし気候感度が推定値の中央値より高い場合は、2020年末までに実施した政策と整合する排出経路で起こりうるだろう（*確信度が高い*）。 (表 SPM.2、図SPM.4) {3.3, Box 3.3}

[43] CH_4、 N_2O、及びFガスの数値は、5%未満を除いて、四捨五入している。

表 SPM.2：モデル化された世界全体の排出経路の主な特徴。 CO_2およびGHG排出量の予測、ネットゼロの時期の予測、およびその結果としての地球温暖化の結果のまとめ。経路は、異なる温暖化のピークの水準（気温のピークが2100年以前に起きる場合）と2100年の温暖化の水準に温暖化を制限する可能性に応じて、分類（行）されている。数値は中央値[p50]と5-95%[p5-p95]で、すべての経路がCO_2やGHGの正味ゼロを達成するわけではないことに留意のこと。

p50 [p5–p95][a]			GHG排出量（$GtCO_2$–eq yr^{-1}）[g]			対2019GHG削減量（%）[h]			排出マイルストーン[i,j]				累積CO_2排出量（$GTCO_2$）[m]		正味の負の累積CO_2排出量（$GTCO_2$）	世界平均気温確率 50 %（℃）[n]		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（%）[o]		
カテゴリ[b,c,d] [#経路]	経路/サブセット名	WGI SSP & WGIII IPs/IMPs 整合性[e,f]	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	温暖化のピーク時	2100	< 1.5 ℃	< 2.0 ℃	< 3.0 ℃
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。 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。			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。 2019年のモデル化したGHG排出量：55 [53-58] $GtCO_2$-eq。			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。			本カテゴリー内の経路の予想CO_2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。 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。		本カテゴリー内の経路の予想CO_2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。 3つの点（…）はそのパーセンタイル区間では正味ゼロに到達しないことを示す。		本カテゴリー内想定シナリオ全体の正味ゼロ年もしくは2100年までのCO_2累積正味排出量の中央値。[ ] 内は5~95パーセンタイル。		CO_2正味ゼロ年と2100年との間の累積CO_2負の排出量の中央値。 負の排出量が多いほどピーク後の気温降下となる。	本カテゴリー内経路の温暖化ピーク及び1850~1900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。		本カテゴリー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。		
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 ℃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]	2095–2100 (52 %) [2050–...]	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]				2070–2075 (100 %) [2050–2090]	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]				…–… [0 %] […–…]	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 ℃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]	[2020–2025]	2055–2060 (100 %) [2045–2070]	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 ℃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]	[2020–2025]	2070–2075 (93 %) [2055–...]	...–... (30 %) [2075–...]	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–...]	...–... (24 %) [2080–...]	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]

表 SPM.2（続き）：

p50 [p5–p95][a]			GHG排出量（$GtCO_2$–eq yr^{-1}）[g]			対2019GHG削減量（%）[h]			排出マイルストーン[i,j]				累積CO_2排出量（$GTCO_2$）[m]		正味の負の累積CO_2排出量（$GTCO_2$）	世界平均気温確率 50 %（℃）[n]		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（%）[o]		
カテゴリ[b,c,d] [#経路]	経路/サブセット名	WGI SSP & WGIII IPs/IMPs 整合性[e,f]	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	温暖化のピーク時	2100	< 1.5 ℃	< 2.0 ℃	< 3.0 ℃
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。 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。			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。 2019年のモデル化したGHG排出量：55 [53–58] $GtCO_2$–eq。			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。			本カテゴリー内の経路の予想CO_2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。 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。		本カテゴリー内の経路の予想CO_2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。 3つの点（…）はそのパーセンタイル区間では正味ゼロに到達しないことを示す。		本カテゴリー内想定シナリオ全体の正味ゼロ年もしくは2100年までのCO_2累積正味排出量の中央値。[ ] 内は 5~95パーセンタイル。		CO_2正味ゼロ年と2100年との間の累積CO_2負の排出量の中央値。 負の排出量が多いほどピーク後の気温降下となる。	本カテゴリー内経路の温暖化ピーク及び1850–1900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。		本カテゴリー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。		
C3b [97]	2030年までのNDC	GS	52 [47–56]	29 [20–36]	18 [10–25]	5 [0–14]	46 [34–63]	68 [56–82]	2020–2025 (100 %) [2020–2030]		2065–2070 (97 %) [2055–2090]	...–... (41 %) [2075–...]	910 [720–1150]	800 [560–1050]	−60 [−300 to 0]	1.8 [1.6–1.8]	1.6 [1.5–1.7]	17 [12–35]	73 [67–87]	99 [98–99]
C4 [159]	温暖化を2 ℃に抑制（> 50 %）		50 [41–56]	38 [28–44]	28 [19–35]	10 [0–27]	31 [20–50]	49 [35–65]			2080–2085 (86 %) [2065–...]	...–... (31 %) [2075–...]	1210 [970–1490]	1160 [700–1490]	−30 [−390 to 0]	1.9 [1.7–2.0]	1.8 [1.5–2.0]	11 [7–22]	59 [50–77]	98 [95–99]
C5 [212]	温暖化を2.5 ℃に抑制（> 50 %）		52 [46–56]	45 [37–53]	39 [30–49]	6 [−1 to 18]	18 [4–33]	29 [11–48]			...–... (41 %) [2080–...]	...–... (12 %) [2090–...]	1780 [1400–2360]	1780 [1260–2360]	0 [−160 to 0]	2.2 [1.9–2.5]	2.1 [1.9–2.5]	4 [0–10]	37 [18–59]	91 [83–98]
C6 [97]	温暖化を3 ℃に抑制（> 50 %）	SSP2–4.5 ModAct	54 [50–62]	53 [48–61]	52 [45–57]	2 [−10 to 11]	3 [−14 to 14]	5 [−2 to 18]	2030–2035 (96 %) 2020–2025 (97 %) [2020–2090]		正味ゼロなし		正味ゼロなし	2790 [2440–3520]	正味ゼロなし	気温は2100年までピークせず	2.7 [2.4–2.9]	0 [0–0]	8 [2–18]	71 [53–88]
C7 [164]	温暖化を4 ℃に抑制（> 50 %）	SSP3–7.0 CurPol	62 [53–69]	67 [56–76]	70 [58–83]	−11 [−18 to 3]	−19 [−31 to 1]	−24 [−41 to −2]	2085–2090 (57 %) 2090–2095 (56 %) [2040–...]					4220 [3160–5000]			3.5 [2.8–3.9]	0 [0–0]	0 [0–2]	22 [7–60]
C8 [29]	温暖化が4 ℃を超える（≧ 50 %）	SSP5–8.5	71 [69–81]	80 [78–96]	88 [82–112]	−20 [−34 to −17]	−35 [−65 to −29]	−46 [−92 to −36]	2080–2085 (90 %) [2070–...]					5600 [4910–7450]			4.2 [3.7–5.0]	0 [0–0]	0 [0–0]	4 [0–11]

表 SPM.2（続き）：

[a] 本表の数値は、ボックスSPM.1に定義する各カテゴリーにつきその内の経路全体の50及び[5～95]パーセンタイルの数値である。排出関連の列の数値は、そのカテゴリー内の経路の分布に関するものである。調和された排出量の数値は、気候エミュレータを使い、予測されたされている地球温暖化と一貫性をもたせるようにしている。AR6 WG1の気候エミュレータの評価(WG1 第7章, ボックス 7.1)に基づいて、エミュレータ2種を使用して、経路の温暖化結果の確率論的評価を行った。「気温変化」と「可能性」の列において、単一の上段の数字は当該カテゴリーの全経路の50パーセンタイルと確率論的MAGICC気候モデルエミュレータによる温暖化推定値の中央値を示している。四角括弧に示す範囲を出すために、当該２つの気候モデルエミュレータ(MAGICC 及びFaIR)それぞれについて、当該カテゴリー内の経路毎に気温変化の中央値を計算した。次に各エミュレータについて全経路の5及び95パーセンタイル値を計算した。その最も低い結果と高い結果（すなわち、2つのエミュレータのもっとも低いp5と最も高いp95）を[ ]に入れてある。したがって、これら範囲値は、気候エミュレータの不確かさと排出経路の不確実性の両方が含まれている。

[b] 経路カテゴリーの説明はボックスSPM.1を参照。

c 地球温暖化の水準はすべて1850年～1990年との相対値である。（詳細は下記、脚注 n及びボックスSPM.1[45]を参照。）

[d] C3経路は図SPM.4の排出経路に整合するように政策行動の時期によってさらに小分類される。費用便益分析から得られた二つの経路がC3aに追加された。一方、具体的に設計された2030年までの短期行動を有す10個の経路は、COP26前に発表されたNDCが示唆する排出量よりも低い排出量となるが、2つの小区分のどちらにも入っていない。

[e] AR6 WG1で検討された例示的SSPシナリオのカテゴリーとの整合性、ならびにWG3の例示的（緩和）経路（IPs/IMPs）との整合性。IMPsは深く急速な排出削減のような共通要素を持っているが、同時に部門別緩和戦略の組み合わせが異なっている。IPsとIMPsの紹介はボックスSPM.1を、本格的な説明には第3章を参照。{3.2, 3.3, Annex III.II.4}

[f] 例示緩和経路「Neg」とあるのは、AFOLU、エネルギー、産業の各部門で正味負の排出を達成するために二酸化炭素除去（CDR）を幅広く利用する。温暖化は2060年あたりにピークとなり、2100年を過ぎてまもなく1.5℃（50%の可能性）以下に低下する。C3に技術上分類されるものの、C2の高いオーバーシュートを伴う経路の特徴を強く打ち出しているため、カテゴリーC2に入れてある。IPsとIMPsの紹介はボックス SPM.1を参照。

[g] 全経路の調和化されたGHG排出量の2019年の範囲[53～58 $GtCO_2$-eq]は、第2章で評価された2019年排出量[53～66 $GtCO_2$-eq]の不確実性の範囲内である。[49] {図 SPM.1, 図 SPM. 2, ボックスSPM.1}

[h] 緩和経路における世界全体の排出削減率は、SPM セクションB及び第2章で報告されている世界全体の排出量ではなく、2019年の調和化したモデル化された世界全体の排出量を基準に、経路毎に報告されている。これによって、WG1によって行われた物理気候学的評価に基づいた気温の予測との一貫性と共に、排出源と活動に関する前提条件に内部的な一貫性を確立しているのである。[脚注 49] {Annex III.II.2.5} 負の値（C7、C8など）は排出量の増加を表す。

[i] 排出量のマイルストーンは、その基礎となっているモデル化した経路の5年間隔の経時データと整合させるために、5年間隔で提供されている。（CO_2とGHGの）ピーク排出量は、2020年から5年間隔の報告区間について評価されている。2020年～2025年の区間は、予測された排出量が2020年から遅くても2025年前までにすみやかにピークに達するとしている。5年区間の上限は、排出量がピークとなるか正味ゼロとなる中央値区間を示している。その下の四角括弧内の範囲は、当該全経路の範囲を示し、これ

は5年区間の下限5パーセンタイルと上限95パーセンタイルから構成されている。括弧内の数字は、特定のマイルストーンを達成する経路の比率を示している。

[j] 当該カテゴリー内の全経路について報告されているパーセンタイルは、2100年以前に正味ゼロを達成しないものが含まれている（正味ゼロを達成する経路の比率は括弧内）。2100年以前に正味ゼロを達成する経路の割合が、パーセンタイルの対象となっている経路の割合より低い（例：95パーセンタイルについては0.95）ときは、当該パーセンタイルは定義せずに…と表記される。正味ゼロを達成する経路の比率には、正味ゼロに到達する調和化されていない排出プロファイル及び/又は調和化された排出プロファイルを含む経路など、すべてが入っている。経路は、その2つのプロファイルのうち一方だけでも2100年までに100 $MtCO_2$/年を下回る場合に参入している。

[k] 正味ゼロのタイミングは、SPM C2.4 及び第3章の the Cross-Chapter ボックス 3 でCO_2排出正味ゼロとGHG排出正味ゼロについてさらに詳しく論じられている。

[l] モデルがGHG全種を報告しない場合においては、欠落しているGHG種を内挿し、地球温暖化係数100年値（GWP100）によって定義されている二酸化炭素換算したGHG排出量の京都バスケットアプローチで集計している。各経路において、CO_2, CH_4, 及び N_2O排出量の報告が気候応答の評価と気候カテゴリーに割り振るための最低要件となっていた。気候評価なしの排出経路はここに示す範囲には含まれていない。{Annex III.II.5}

[m] 累積排出量は、2020年の初頭から正味ゼロならびに2100年のそれぞれについて計算されている。これらは調和化されたCO_2正味排出に基づいており、WG1による残余カーボンバジェットの評価との一貫性を確保している。[50] {Box 3.4}

[n] AR6 WG1による評価に対し校正された確率論的気候モデルエミュレータを使用して評価した各経路の全世界の温暖化中央値に基づく、カテゴリーの対1850年～1900年の世界平均気温の変化（気温のピークが2100年以前に発生するときにはピーク時、ならびに2100年）。[12] (Box SPM.1も参照されたい。) {Annex III.II.2.5, WG I Cross Chapter Box 7.1}

[o] AR6 WG1による評価と整合する気候モデルエミュレータ由来の不確かさ範囲を考慮したうえで、各カテゴリー内の全経路が気温の閾値に行かずに留まる確率。気温がオーバーシュートする場合（例えば、カテゴリーC2やC1の一部の経路）、今世紀末に気温が下回る確率は、ピーク時の確率よりも高いことに注意する。

C.1.4 評価された文献の中で最も低い気温カテゴリーに当てはまる世界全体のモデル化された経路（表SPM.2のC1）は、SR1.5 の同じカテゴリーの経路に比べて、AR6では、平均して、温暖化のピークの中央値が高い。AR6のモデル化された経路では、温暖化を1.5℃に抑える可能性が、SR1.5 に比べて、平均して低下した。これは、2017年以降GHG排出量が増加したからであり、最近の多くの経路では、2030年までの予測排出量がより多く、正味の累積CO_2排出量がより多く、CO_2排出量正味ゼロ、GHG排出量正味ゼロに達する日が少し遅くなっているためである。例えば、遅い技術変化、世界の人口の大幅増加、共通社会経済経路SSP3の高い細分化の想定による高い緩和課題は、温暖化を2℃以下（＞67%）に抑えるモデル化された経路を実現不可能にするかもしれない。（*確信度が中程度*） (表 SPM.2、ボックスSPM.1) {3.3, 3.8, Annex Ⅲ 図Ⅱ.1, Annex Ⅲ 図Ⅱ.3}

ボックスSPM.1：モデル化した世界全体の排出シナリオの評価

本報告書では文献に見られる、幅広いモデル化した世界全体の排出経路とシナリオを評価しており、これには緩和の有無両方の経路とシナリオが含まれている。[44]　排出経路とシナリオは、将来の社会経済状況と関連する緩和対策について、前提条件の内部一貫性を有するセットに基づいたGHG排出の動きを予測するものである。[45]　これらは定量的な予測であり、予知するものでも予報するものでもない。モデル化した世界全体の排出シナリオの半数程度は、最もコストがかからない排出削減オプションに全世界的に依存する費用対効果の高い方式を前提としている。残りの半数は、既存の政策ならびに地域別、部門別に異なる行動を検討している。ほとんどは、世界的な衡平性、環境正義、あるいは地域内の所得分布について、明示的な仮定を行っていない。世界全体の排出経路は、費用対効果の高い方式を重視するものを含めて、地域的に異なる前提と結果が入っている。本評価では、これらの全世界的な特性を中心とする。評価したシナリオの大半（約80%）は、SR1.5以後に利用できるようになったが、一部はSR1.5で評価されている。緩和の有無を問わずシナリオは、21世紀にわたって予測される地球温暖化によって、2℃までの気温上昇に対してSR1.5が使用したのと同じスキームにしたがって区分された。{1.5, 3.2, 3.3, Annex III.II.2, Annex III.II.3}

シナリオのカテゴリーは、特定の地球温暖化の水準を超える可能性（ピーク時及び2100年）によって定義されていて、本報告書では以下のようにされている。:[46, 47]

- カテゴリー C1は、2100年に温暖化を1.5℃に抑える可能性が50%超であり、21世紀中に温暖化が1.5℃に到達するかこれを超える可能性が67%以下であるモデル化したシナリオで構成されている。本報告書では、これらシナリオは、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℃(>50%)に抑えるシナリオと称する。限られたオーバーシュートとは、地球温暖化1.5℃を、最長数十年にわたっておよそ0.1℃まで超えることをいう。[48]

- カテゴリーC2 は、2100年において温暖化を1.5℃に抑える可能性が50%超であり、21世紀中に温暖化が1.5℃を超える可能性が67%超であるモデル化したシナリオで構成されている。本報告書では、これらシナリオは、高いオーバーシュート後に温暖化を1.5℃(>50%)に抑えるシナリオと称する。高いオーバーシュートとは、地球温暖化1.5℃を、最長数十年にわたって0.1～0.3℃超えることをいう。

---

[44] 文献では経路とシナリオという用語が互換的に使用されており、経路の方が気候目標に関連して使われることが多い。このため、本SPMでは、基本的に（排出及び緩和）経路という用語を使用する。{Annex III.II.1.1}

[45] 鍵となる前提は、人口統計的及び経済的な予測を含めて、農業、エネルギーシステム、そして社会的経済的開発における技術開発に関連している。IPCCは本報告書で評価する文献内のシナリオの根底となっている前提条件について中立であり、これらシナリオはありうる未来のすべてをカバーしているわけではない。さらなるシナリオが開発される可能性がある。基底となる想定人口は、2019年の76億人から出発して、2050年に85億人から97億人、2100年に74億人から109億人という範囲である（5～95パーセンタイル）。世界GDP成長率は、2019-2050年の期間で年率2.5%から3.5%、2050年～2100年においては年率1.3から2.1%（5～95パーセンタイル）である。多くの根本的な前提は地域毎に異なっている。{1.5; 3.2; 3.3; 図 3.9; Annex III.II.1.4; Annex III.II.3}

[46] 本書に記載する将来的なシナリオの予測は、2011年～2020年が対象であるが、WG1で評価された1850年～1900年と1994年～2014年に観察された世界平均気温の上昇と一貫している（最善の推定値として、それぞれ0.85℃と1.09°C）。1850年から2019年までの過去のCO2累積排出量が2400 ± 240 (GtCO2)であり、CO_2が歴史的に人為的な温暖化に対する最大の要因である。{WG I SPM A.1.2,WG I 表 SPM.2, WG I 表 5.1, WG III SPM Section B}

[47] 可能性が明示されていない場合は、当該の温暖化の水準は50%超の可能性と関連している。

[48] 本カテゴリーのシナリオは、21世紀を通じて地球温暖化のピークを2℃に抑える可能性が90%に近く、それ以上である。

- カテゴリー C3 は、21世紀中はピーク温暖化を2℃に抑える可能性が67%超であるモデル化されたシナリオで構成されている。本報告書では、これらシナリオは、温暖化を2°C (>67%)に抑えるシナリオと称する。

- カテゴリーC4～C7は、温暖化を21世紀中はそれぞれ2°C, 2.5°C, 3°C, 4°Cに抑える可能性が50%超であるシナリオで構成されている。C4 のシナリオの一部とC5～C7のシナリオ多数においては、温暖化が21世紀以後も継続する。

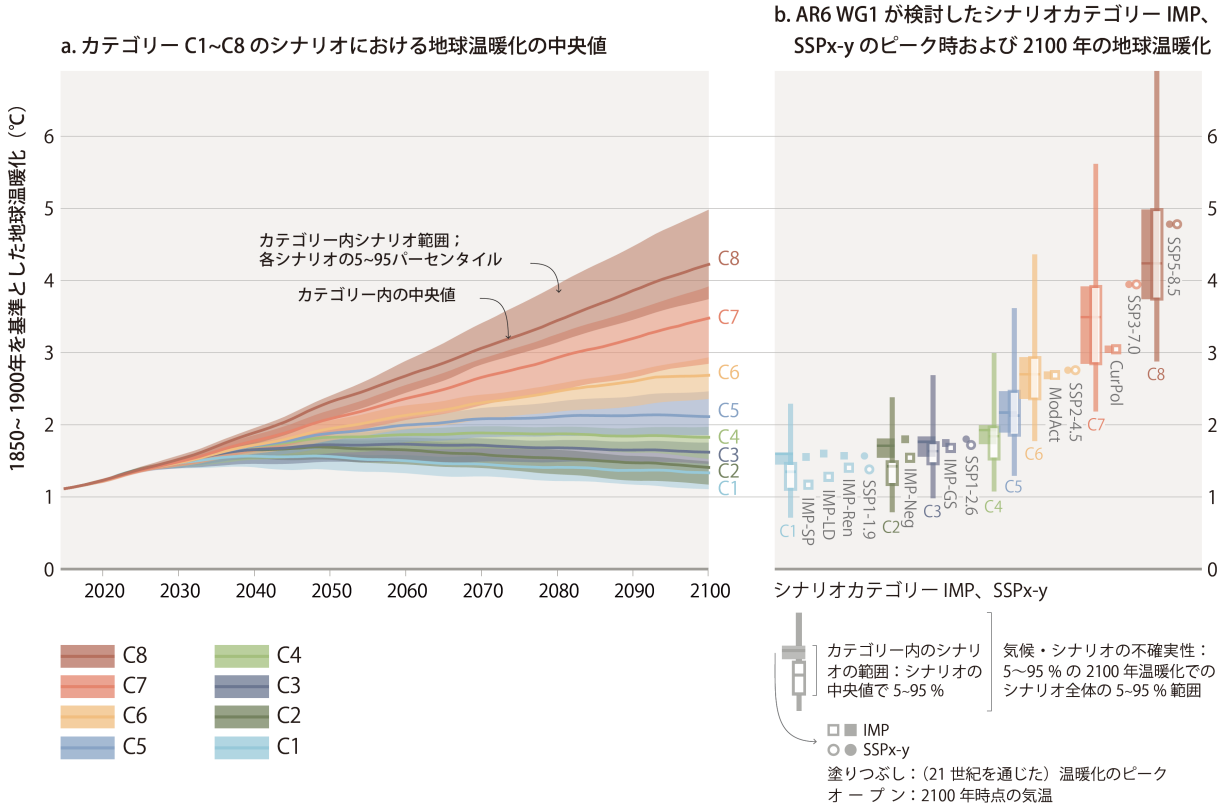
- カテゴリーC8は、21世紀中に温暖化が4℃を超える可能性が50%以上であるモデル化されたシナリオで構成されている。これらシナリオでは温暖化が21世紀後も上昇し続ける。

モデル化されたシナリオのカテゴリーは、相互排他的であり、重複しない。たとえば、温暖化を2°C (>67%)に抑えるカテゴリーC3のシナリオは、温暖化を1.5°C (>50%)に抑えるか、戻るC1とC2のシナリオを含まない。本報告書において関連する箇所では、C1-C3群に所属するシナリオを温暖化を2°C (>67%)以下に抑えるシナリオとする。

シナリオに関連する温暖化の予測方法は、AR6 WG1の物理気候科学評価と一貫性を確保するように更新されている。[49] {3.2, Annex III.II.2.5, WG I Cross-chapter box 7.1}

[49] これには、気候エミュレータ(MAGICC7 及び FAIR v1.6)を使用する改善された方法が入っており、これらのエミュレータは、AR6 WG1で評価された、排出に対する地球温暖化応答に合致するように評価と校正が行われた。その際には、時の経過によって更新されている歴史的排出量の同様のデータ源に基づき、モデル化シナリオについて、WG1が評価したCMIP6の予測される気候応答の基礎となっている、呼応する排出量(54 $GtCO_2$-eq)との、2015年の世界 GHG 排出量の調和を含んでいた(51～56 $GtCO_2$-eq; 5～95パーセンタイル)。本報告書の第2章の過去の GHG 排出量の評価は、より最近のデータセットに基づいており、2015年の排出量が 57 [±6.3] $GtCO_2$-eqとなっている (B.1)。ここでの差異は、評価された不確実性範囲内に十分に収まっているが、この差異は主に、大きな不確実性と年変動、及び経時的更新を伴うCO_2-LULUCF 推定排出量の差異に起因している。緩和シナリオにおける世界全体の排出削減率の予測は、報告書本体第2章に報告されている世界全体の排出量ではなく、2019年のモデル化された世界全体の排出量を基準として報告している。これによって、WG1が評価した物理気候学に基づく気温の予測との一貫性、ならびに排出源と行動に関する前提条件の内部一貫性を確実にしている。{Annex III.II.2.5}

評価されたシナリオの範囲により、21 世紀のさまざまな地球温暖化が予測される。



ボックス SPM.1、図 1：気候カテゴリーC1～C8に入っているモデル化シナリオの集合ならびに(WG1評価に合わせて校正したエミュレータによる) IMPs、それにAR6 WG1 が検討した5件の例示シナリオ(SSPx-y) の予測された地球温暖化平均値。 **パネルa**は、各カテゴリー内のモデル化された世界経路で予測された温暖化中央値の5～95パーセンタイルを当該カテゴリーの中央値（実線）と共に示す。**パネルb**は、C1～C8のモデル化シナリオ及びIMPs、ならびにAR6 WG1 が検討した5件の例示シナリオ(SSPx-y)の気温のピークとエミュレータによる2100年の気温推定値を示す。これら四角は、パネルaにあるように、各シナリオカテゴリーの5～95パーセンタイルを示している。シナリオ間の集積した5～95パーセンタイルとC1～ C8の各カテゴリーの気候不確実性も、2100年の温暖化に対して示している（縦の細線）。(表 SPM.2) { 図 3.11, WG I 図 SPM.8}

これら更新された方法は、一部のシナリオの区分化に影響する。シナリオは、平均的に言えば、地球温暖化ピークが、SR1.5の方法論で同一シナリオセットを評価した場合より、最高で0.05[±0.1]°C 低くなると予測され、2100年の地球温暖化はおよそ0.1[±0.1]°C低くなると予測される。{Annex III.II.2.5.1, Annex III 図 II.3}

表 SPM.2 に記載するシナリオカテゴリーの排出特性に結果として生じる変化は、SR1.5以来発表された幅広い排出シナリオの特性における変化と相互作用する。その分、AR6において評価されたシナリオは、SR1.5に比較して、気温オーバーシュートを制限するように設計されているシナリオが多くなっており、大規模な正味負のCO_2排出を制限するシナリオが多くなっている。その結果、気温が最も低いカテゴリーの AR6 シナリオ (C1)は、SR1.5で評価された同じカテゴリーのシナリオよりも、21世紀中にGHG排出正味ゼロに到達する時期が全般に後ろ倒しになっていて、約半分は2100年までGHG排出正味ゼロを達成しない。カテゴリーC1において、2030年までの直近においてGHG排出量の減少率は、SR1.5で評価されたものと近似しているが、AR6におけるカテゴリーC1のシナリオの絶対 GHG排出量は、2020年の排出量がより高いとこ

ろから出発するため、2030年において SR1.5よりも高くなる。 (表 SPM.2) {Annex III, 2.5, 3.2, 3.3}

気候エミュレータを使用して地球温暖化の予測を行った1202件のシナリオを含めて、多数の世界全体の排出シナリオを評価したが、これらは、多岐にわたるモデル化方式から生まれている。これには、WG1がその気候成果を評価した5つの例示シナリオ（共有社会経済シナリオ：SSP）が含まれているが、前提条件とモデル化した結果においてより幅広く多岐にわたるシナリオが対象となっている。本評価では、例示的緩和経路（IMPs）がこの多数のシナリオから、異なる温暖化の水準と一致する様々に異なる緩和戦略を例示するために選定された。IMPsは、緩和戦略の様々な組み合わせによって大幅かつ急速な排出削減を達成する経路を示す。IMPsは包括的であることを意図するものではなく、また本報告書において可能なあらゆるテーマに対応するものではない。IMPsはその主眼点において異なり、たとえば再生可能エネルギーにより力点を置いたもの(IMP-Ren)、二酸化炭素除去を展開してGHG正味負排出となるもの(IMP-Neg)、高度のサービスの確保と基本ニーズの充足と同時に、全世界の消費パターンの転換と資源の効率利用によって資源需要を下げるもの(IMP-LD)がある (図 SPM.5)。他のIMPsは、緩和策の導入がそれほど急速ではなく、その後、漸次的に強化された場合にどうなるかを示すもの(IMP-GS)、ならびに全世界的な経路を、不平等を軽減することを含めて持続可能な開発に移行させることで緩和に繋がることを示すもの(IMP-SP)がある。IMPsは、表 SPM.2 及び図 Box SPM.1に示すように、異なる気候目標を達成する。{1.5, 3.1, 3.2, 3.3, 3.6, 図 3.7, 図 3.8, Box 3.4, Annex III.II.2.4}

C.2　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℃（＞50%）に抑えるモデル化された経路では、世界全体としてCO_2排出量正味ゼロ（ネットゼロCO_2）に2050年代前半に達し、温暖化を2 ℃（＞67%）に抑える可能性が高い経路では、ネットゼロCO_2に2070年代前半に達する。これらの経路の多くは、ネットゼロCO_2を達成した後も、正味の負のCO_2排出を続ける。これらの経路はまた、他のGHG排出量の大幅な削減を含む。温暖化のピークの水準は、CO_2排出正味ゼロまでの累積CO_2排出量及びピークまでのCO_2以外の気候要因の変化に依存する。2030年と2040年までにGHG排出量の大幅な削減、特にメタン排出量の削減を行うことは、温暖化のピークを引き下げると共に、温暖化の上限をオーバーシュートする可能性を低減し、今世紀後半に温暖化を逆転させる正味負のCO_2排出への依存度の低下につながる。GHG排出量が世界全体で正味ゼロに達し、それを維持することは、温暖化の漸進的な低下につながる。（*確信度が高い*） (表 SPM.2) {3.3, 3.5, Box 3.4, Cross-Chapter Box 3 in Chapter 3, AR6 WG I SPM D1.8}

C.2.1　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℃（＞50%）に抑えるモデル化された世界全体の経路では、CO_2排出量正味ゼロ[50]までの累積CO_2排出量は、510 [330～710] $GtCO_2$ と予測されており、温暖化を2℃（＞67%）に抑える経路では、890 [640～1160] $GtCO_2$ と予測されている（表SPM.2）。（*確信度が高い*）{3.3, Box 3.4}

C.2.2　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℃（＞50%）に抑えるモデル化された世界全体の経路は、高いオーバーシュートのあと、温暖化が1.5°C（＞50%）に戻る経路と比べて、2030年までの短期間にGHG排出量をより急速かつ大幅に削減することを伴っており、長期的には、負のCO_2排出量がより少なく、二酸化炭素除去

[50] 評価された経路の2020年からCO_2排出量正味ゼロまでの正味の累積CO_2排出量は、WG3の気温カテゴリーの範囲とCO_2以外の温暖化を考慮に入れると、WG1で評価された残余カーボンバジェットと整合している。{Box3.4}

（CDR）がより少ないと予測されている。温暖化を2℃（＞67%）に抑える経路は、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℃（＞50%）に抑える経路（カテゴリーC1）、及び高いオーバーシュートのあと、温暖化が1.5°C（＞50%）に戻る経路（カテゴリーC2）に比べて、平均して、正味の負のCO_2排出量が少ない。高いオーバーシュートのあと、温暖化が1.5°C（＞50%）に戻るモデル化された経路（カテゴリーC2）の短期のGHG排出削減量は、温暖化を2℃（＞67%）に抑える経路(カテゴリーC3)のそれと同様である。所与の地球温暖化のピークの水準において、短期のより大幅かつ急速なGHG排出削減は、より遅いCO_2排出量正味ゼロ達成日と関連付けられている。（*確信度が高い*） (表 SPM.2) {3.3, 表 3.5, Cross-Chapter Box 3 in Chapter 3, Annex I: Glossary}

C.2.3　今後の非CO_2の温暖化は、CO_2以外のGHG、エーロゾル及びその前駆物質、及びオゾン前駆物質の排出量の削減次第である。モデル化された世界全体の低排出経路では、冷却・温暖効果をもつエーロゾルの排出量の時間の経過とともに予測される削減は、短期・中期的に正味の温暖化につながっている。これらの緩和経路において、エーロゾルの冷却効果の低減が予測されているのは、主に、効果的な大気汚染防止策を講じていない化石燃料の燃焼の減少による。CO_2排出量正味ゼロの時点におけるCO_2以外のGHG排出量は、温暖化を2℃（＞67%）に抑える経路では、みな同様の規模になると予測されている。これらのCO_2以外のGHG排出量は、約8 [5～11] $GtCO_2$-eq/年で、CH_4 が最大の割合を占め(60% [55～80%])、ついでN_2O (30% [20～35%])、Fガス(3% [2～20%])である。[51]　CH_4 は大気中の寿命が短いため、モデル化された緩和経路におけるCO_2排出量正味ゼロの時点までのCH_4 排出量の予測された大幅削減は、効果的にピークの温暖を下げる。（*確信度が高い*）{3.3, AR6 WG I SPM D1.7}

C.2.4　世界全体のGHG排出量正味ゼロの時点で、正味負のCO_2排出量が、重みづけを適用して算定したCO_2以外のGHG排出量を相殺する。地球温暖化係数100年値（GWP100）[7]に基づく世界全体としてのGHG排出量正味ゼロを達成し、維持する典型的な排出経路は、地球温暖化の漸進的な低下につながると予測される。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℃（＞50%）に抑える評価された経路（カテゴリーC1）の約半分は21世紀の後半にGHG排出量正味ゼロに達する。これらの経路は、2100年までにGHG排出量正味ゼロに達せず、2100年までに地球温暖化が1.4 [1.3～1.5]°Cになる同じカテゴリーのモデル化された経路に比べて、ピーク後の地球温暖化低下が大きく2100年までに1.2 [1.1～1.4]°Cになる。温暖化を2°C (>67%) に抑える経路(カテゴリーC3）では、GHG排出量正味ゼロに達する経路（約30%）と達しない経路との間に、2100年までの温暖化に大きな差はない（*確信度が高い*）。GHG排出量正味ゼロに達する、温暖化を2°C (>67%)以下に抑える経路では、 GHG排出量正味ゼロは、 CO_2 排出量正味ゼロより10～40年遅れて達成される（*確信度が中程度*）。{Cross-Chapter Box 2 in Chapter 2, 3.3, Cross-Chapter Box 3 in Chapter 3; AR6 WG I SPM D1.8}

C.3　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℃（＞50%）に抑える、あるいは、温暖化を2℃（＞67%）に抑えるモデル化された世界全体の経路の全てにおいて、全ての部門における急速かつ大幅な、そしてほとんどの場合、即時のGHG排出量の削減を伴っている。これらの削減を達成するためのモデル化された緩和戦略には、二酸化炭素回収・貯留（CCS）なしの化石燃料から、再生可能あるいはCCS付きの化石燃料のような超低炭素あるいはゼロ炭素エネルギー源への移行、需要側対策と効率の改善、CO_2以外の排出量の削減、残余GHG排出を相殺するための二酸化炭素除去（CDR）方法の導入が含まれる。例示的緩和経路（IMPs）は、所与の温暖化の水準に整合する部門別の緩和戦略の

[51] すべての数値は、5%未満の値（Fガスの場合）を除いて、四捨五入している。

様々な組み合わせを示す。（*確信度が高い*） (図 SPM.5) {3.2, 3.3, 3.4, 6.4, 6.6}

C.3.1　例示的緩和経路で示されているように、モデル化された緩和経路におけるそれぞれの部門の寄与度にはばらつきがある。しかし、温暖化を2℃（＞67%）に抑えるモデル化された経路は、急速かつ大幅なGHG排出量削減などの共通の特徴を持っている。ある部門における削減が低いと、温暖化を抑えるためには、他の部門の更なる削減によって相殺する必要がある。（*確信度が高い*） (図 SPM.5) {3.2, 3.3, 3.4}

C.3.2　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℃（＞50%）に抑えるモデル化された経路では、石炭、天然ガス、及び石油の世界全体の使用量は、2019年と比較して、2050年までにそれぞれ95%、60% 、45%(中央値)減少すると予測されている。四分位間範囲は、それぞれ、(80～100%)、 (40～75%) 、 (20～60%)であり、p5-p95範囲は[60 ～ 100%]、[25～90%]、 [-30～85%]である。温暖化を2℃（＞67%）に抑えるモデル化された経路では、2050年までの予測された減少率の中央値と四分位間範囲はそれぞれ、85% (65 ～ 95%)、 30% (15 ～ 50%) 、15% (-10 ～ 40%)である。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℃（＞50%）に抑えるモデル化された経路では、CCSなしの石炭、天然ガス、及び石油は更に削減されると予測されており、2019年と比較した2050年の減少率の中央値は、それぞれ、約100%、 60% 、 70%である。石炭、天然ガス、及び石油についての、四分位間範囲はそれぞれ、(95 ～ 100%)、 (45 ～ 75%)、 (60 ～ 80%)、p5-p95範囲は、約[85～100%]、[25～90%]、 [35～90%]である。これらのモデル化された緩和経路では、2050年には、ほとんどすべての電力のエネルギー源は、再生可能エネルギー、又はCCS付の化石燃料などのゼロまたは低炭素エネルギー源であり、また、エネルギー需要の電化が進む。これらの範囲が示すように、評価された温暖化の水準との整合性を維持しながら、ある部門の選択は、他の部門の選択によって補いうる。[52]（*確信度が高い*）{3.4, 3.5, 表 3.6, 図3.22, 図6.35}

C.3.3　世界全体でCO_2排出量正味ゼロに達するモデル化された経路では、正味ゼロに達する時点で、いくつかの部門に由来する5-16 $GtCO_2$の排出量が、それ以外の部門の正味の負のCO_2排出量によって補われている。温暖化を2℃（＞67%）に抑えるモデル化された世界全体の経路では、AFOLU部門（再植林と森林減少の削減による）及びエネルギー供給部門が、建築、産業、及び運輸部門よりも早くGHG排出量の正味ゼロに達する。（*確信度が高い*） (図 SPM.5e, f) {3.4}

C.3.4　世界全体でCO_2排出量正味ゼロに達するモデル化された経路では、正味ゼロに達する時点で、世界全体の排出削減量のうち約74% [54 ～ 90%]が、エネルギー供給・需要におけるCO_2排出量削減によって達成され、 13% [4 ～20%]がAFOLU部門におけるCO_2緩和策によって、そして、13% [10 ～18%]が土地利用、エネルギー、産業における非CO_2の排出量削減によって達成されている（*確信度が中程度*）。（図 SPM.5f）{3.3, 3.4}

[52] 全てではないが、ほとんどのモデルが原料に化石燃料を使用することを含んでいるが、その基本的な基準は様々である。

C.3.5　モデル化された世界全体の緩和経路におけるCDR導入の方法とレベルは、コスト、利用可能性、及び制約に関する仮定によって異なる。[53]　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℃（＞50%）に抑えるモデル化された経路で、CDRを報告している経路では、炭素回収・貯留付きバイオエネルギー（BECCS）による2020年～2100年の世界全体の累積CDRは、30～780 $GtCO_2$、大気中からの二酸化炭素直接回収・貯留（DACCS）は0～310 $GtCO_2$であった。これらのモデル化された経路において、AFOLU部門は20～400 $GtCO_2$ の正味負の排出量の貢献をしている。これらのモデル化された経路で表されているすべてのオプションによる、CDR導入を含む正味負の累積CO_2排出量の総量は20～660 $GtCO_2$である。温暖化を2℃（＞67%）に抑えるモデル化された経路では、BECCSによる2020年～2100年の世界全体の累積CDRは170～650 $GtCO_2$ 、DACCSは0～250 $GtCO_2$ である。AFOLU部門は10～250 $GtCO_2$ の正味負の排出量の貢献をしており、正味負の累積CO_2排出量の総量は約40 [0～290] $GtCO_2$である。 (表 SPM.2) （*確信度が高い*）{表 3.2, 3.3, 3.4}

C.3.6　全ての緩和戦略は、技術リスク、規模拡大、及びコストなどの実施の課題に直面する。CDRへの依存、土地と生物多様性に対するプレッシャー(例えばバイオエネルギー)、及び初期投資コストが高い技術(例えば原子力)への依存などの課題の多くは、資源の効率的な利用を想定しているモデル化された経路（例えば IMP-LD）、又は、世界の開発が持続可能な方向へ転換することを想定しているモデル化された経路（例えばIMP-SP）では、大きく低減されている。（*確信度が高い*） (図 SPM.5) {3.2, 3.4, 3.7, 3.8, 4.3, 5.1}

[53] 導入されたCDRの一部は、残余総排出量の相殺に使われることから、CDR導入の総レベルは、正味負のCDRの総量より高い。モデル化された経路における正味負のCO_2排出量の総量は、個々のCDR方法に帰される正味負のCO_2排出量の総和とは一致しないかもしれない。範囲は、ある特定のCDR方法を含むモデル化された経路全体の5～95パーセンタイルを指す。AFOLUによる累積CDRレベルは次の理由により、正確に定量化できない：a) いくつかの経路は、あるベースラインと比較してCDRの導入を評価している。b) それぞれのモデルは異なった報告の方法論を使っており、場合によってはAFOLUの総排出量と総除去量を組み合わせる方法を使っている。AFOLU由来のCDR総量は、言及されている正味負の排出量と等しいか、それを上回る。

温暖化を 1.5 ℃と 2 ℃に抑えるモデル化された緩和経路では、大幅で急速かつ継続的な排出削減が必要である。

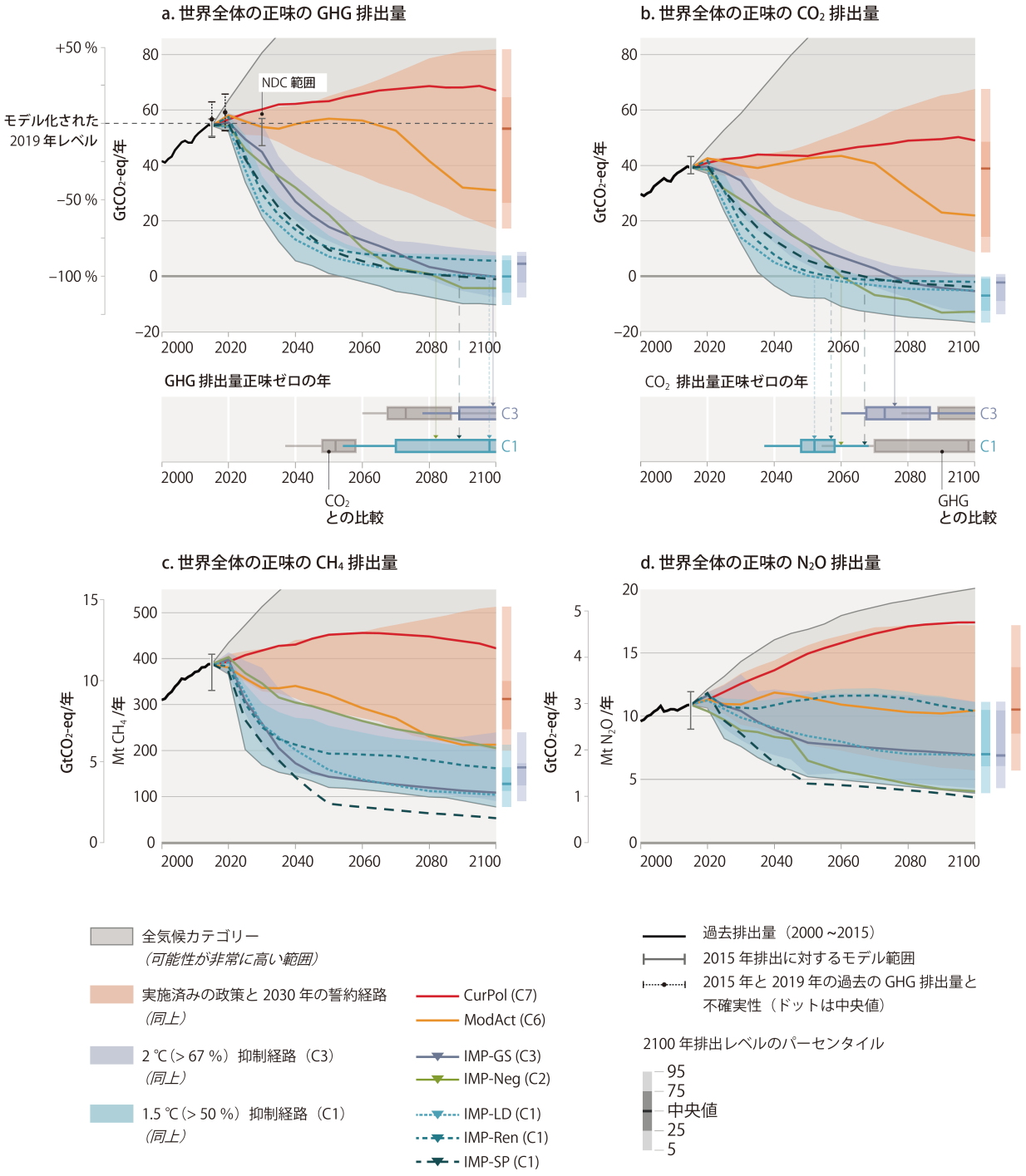


図 SPM.5：例示的緩和排出経路(IMPs)と正味CO_2ゼロおよび正味GHGゼロ排出戦略。

CO_2 排出正味ゼロと GHG排出正味ゼロは、モデル化された様々な緩和経路を通じて可能である。

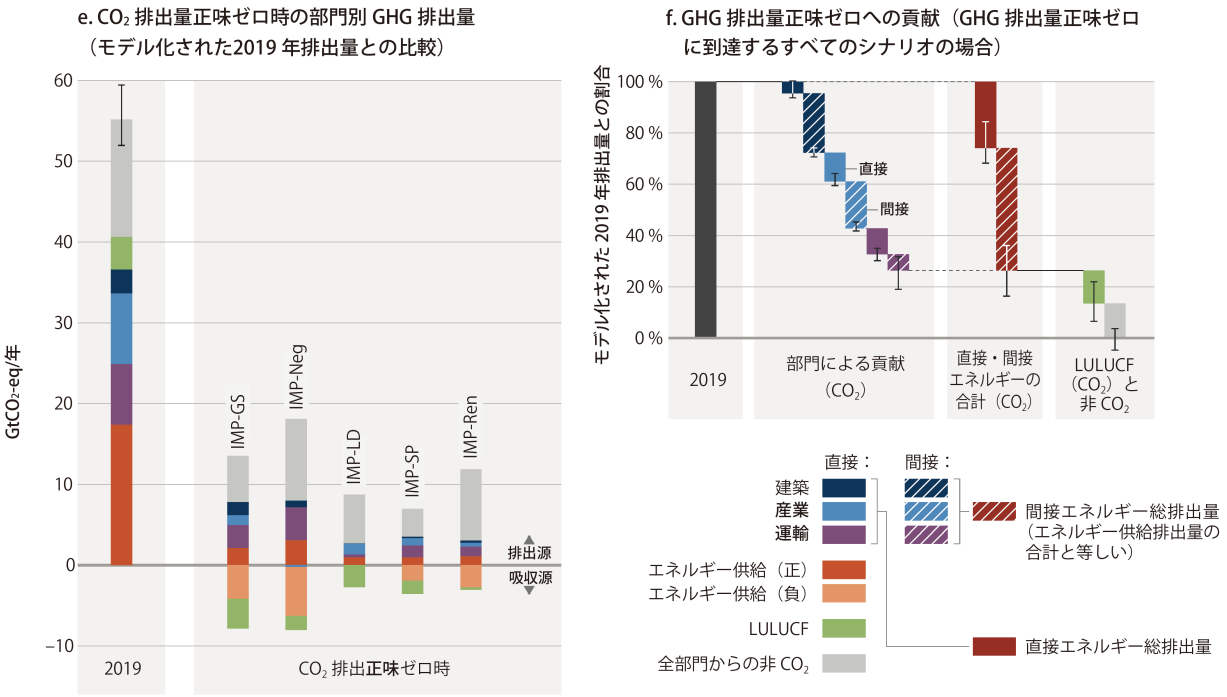


図 SPM.5（続き）：例示的緩和排出経路(IMPs)と正味CO_2ゼロおよび正味GHGゼロ排出戦略。 **パネル a とパネル b** は、モデル化された世界全体の経路（上サブパネル）において世界全体のGHG 及びCO_2排出量の推移と、GHG 及び CO_2 排出量が正味ゼロに到達するタイミング（下サブパネル）を示す。**パネル c及びパネルd**は、世界全体の CH_4 とN_2O 排出量それぞれの推移を示す。色付きの範囲は経路全体の5～95パーセンタイルを示す。赤色の範囲は、2020年末までに実施された政策を前提とする排出経路と（COP26以前に発表された）NDCの実施を前提としている経路を表している。 オーバーシュートなし又は限られたオーバーシュートを伴って温暖化を1.5ºC (>50%) に抑えるモデル化された経路（カテゴリーC1)の範囲は水色で、温暖化を2ºC (>67%)に抑える経路（カテゴリーC3）は薄紫色で示されている。灰色の範囲は、温暖化の最も低いカテゴリー(C1)の5パーセンタイルから温暖化が一番高いカテゴリー(C8)の95パーセンタイルまで、評価された経路すべて(C1-C8)となっている。このモデル化された経路の範囲は、高い排出量である2つの例示的経路(CurPol 及び ModAct)の排出量、それに5つのIMPs: IMP-LD, IMP-Ren, IMP-SP, IMP-Neg 及び IMP-GSの排出量と比較されている。排出量は、同一の基準年2015年に調和化されている。2015年の縦のエラーバーは、経路全体の調和化されていない排出量の不確実性の5～95パーセンタイル範囲を示し、排出量の推定の2015年、および2019年の不確実性範囲と中央値を示している。2030年の縦のエラーバー(パネル a)は、COP26以前に発表されたNDCの評価された範囲を示している(図 SPM.4)。[23] **パネルe**は、CO_2 正味ゼロ排出量がIMPsで達成されたときのCO_2 と非CO_2の排出源と吸収源に対する部門別の寄与度を示す。異なるIMPsの正と負の排出量を2019年のGHG排出量と比較している。エネルギー供給（負）にはBECCS 及びDACCSが含まれている。DACCSは5つのIMPsのうちの2つのみ(IMP-REN, IMP-GS)で使われていて、エネルギー供給の正味負の排出量（負）に対しそれぞれ<1% と64%の寄与度となっている。**パネル f** は、2019年のベースラインからGHG排出量正味ゼロに至るまでの排出削減に対する各部門と排出源の寄与度を示す。棒グラフは、GHG排出量正味ゼロに至る経路すべての排出削減中央値を示す。ひげ根線はp5-p95範囲である。サービス部門（運輸、建築、産業）の寄与度を直接（需要側）ならびに間接（供給側）的なCO_2 排出削減に分けている。直接排出は、当該需要部門の燃料使用によって発生する需要側排出量である。間接排出量は、工業プロセス、エネルギー転換、送配電によって発生する上流側の排出量である。加えて、LULUCF部門からの寄与と非CO_2の排出源からの削減（緑と灰色の棒グラフ）を示している。 {3.3, 3.4}

C.4　エネルギー部門全体を通してGHG排出量を削減するには、化石燃料使用全般の大幅削減、低排出エネルギー源の導入、代替エネルギーキャリアへの転換、及びエネルギー効率と省エネルギーなどの大規模な転換を必要とする。排出削減対策が講じられていない化石燃料[54]インフラの継続的な設置は、排出量を「ロックイン（固定化）」する。（*確信度が高い*）{2.7, 6.6, 6.7, 16.4}

C.4.1　CO_2排出量正味ゼロのエネルギーシステムには以下が含まれる：化石燃料使用全般の大幅削減、排出削減策が講じられていない化石燃料の使用を最低限に限ること、及び残りの化石燃料システムにおけるCCSの利用；[54]　正味CO_2を排出しない電力システム；エンドユースを含むエネルギーシステムの広範な電化；電化にあまり適していない用途に持続可能なバイオ燃料や低炭素水素とその派生物質のようなエネルギーキャリア；エネルギー効率と省エネルギー；エネルギーシステム全体の物理的・制度的・運営上の統合の強化。エネルギーシステムにおける残余排出量を相殺するのにCDRが必要であろう。最も適した戦略は、可能とする条件及び技術の利用可能性を含む、国や地域の事情による。（*確信度が高い*）{3.4, 6.6, 11.3, 16.4}

C.4.2　主要技術、特に風力発電、太陽光発電、貯蔵のコストの単価の低下が、2030年までにおける低炭素エネルギー部門の移行の経済的魅力を高めている。炭素集約型システムを維持することは、一部の地域や部門においては、低炭素システムへの移行より高くつくかもしれない。エネルギー部門の低排出への移行は、大気の質と健康の改善を含む、複数の共便益(コベネフィット)がある。エネルギーシステムの緩和オプションの導入の長期的な経済的魅力は、とりわけ、政策の設計と実施、技術の利用可能性と性能、制度上の能力、衡平性、資金へのアクセス、公的及び政治的支援、に依存する。（*確信度が高い*）(図 SPM.3) {3.4, 6.4, 6.6, 6.7, 13.7}

C.4.3　再生可能エネルギーを主力電源とする電力の実現可能性が高まっている。いくつかの国と地域においては、電力システムは、再生可能エネルギーを既に主力電源としている。エネルギーシステム全体を再生可能エネルギーで供給するのは、より困難であろう。運営上、技術上、経済上、規制上、及び社会的な課題が残ってはいるが、エネルギーシステムに大きな割合の再生可能エネルギーを組み入れるための様々な体系的な解決策が生まれている。統合システム、セクターカップリング、エネルギー貯蔵、スマート系統、需要側管理、持続可能なバイオ燃料、電気分解水素及びその派生物質、及びその他の広範囲の様々なオプションが、エネルギーシステムに大きな割合の再生可能エネルギーを組み入れるためには、最終的に必要になるであろう。（*確信度が高い*）{Box 6.8, 6.4, 6.6}

C.4.4　温暖化を2°C以下に抑えることは、かなりの化石燃料資源を燃やさないままにし、かなりの化石燃料関連インフラを座礁資産化しうるだろう（*確信度が高い*）。その利用可能性にもよるが、CCSは、化石燃料をより長く使うことを可能にし、座礁資産を削減しうる（*確信度が高い*）。温暖化を2°Cに抑えるために2015年～2050年の間に燃やさないままにする化石燃料と座礁資産化した化石燃料関連インフラの割引後の価値の世界全体の総額は約1～4兆ドルになると予測されており、温暖化を約1.5°Cに抑える場合には、もっと高くなる（*確信度が中程度*）。この文脈で、石炭資産は2030年より前に座礁資産化するリスクがあると予測されており、一方、石油とガスの資産は世紀半ばにかけて座礁資産化するリスクのほうが高いと

[54] 本文脈においては、「排出削減対策が講じられていない化石燃料」とは、ライフサイクルを通じて排出されるGHGの量を大幅に削減する措置を講じずに生産・使用されている化石燃料のことを指す。例えば、発電所の排出量の90%以上を回収する策やエネルギー供給におけるメタン漏出量の50～80%を回収する策である。{Box6.5、11.3}

予測されている。低炭素ネルギー部門への移行は、化石燃料の国際貿易を減らすと予測されている。（*確信度が高い*）{6.7, 図 6.35}

C.4.5　エネルギー供給由来の世界全体のメタンの排出量は、化石燃料の生産と輸送による漏出が主だが、エネルギー供給由来の世界全体のGHG排出量の約18% [13%～23%]、世界全体のメタン排出量の32% [22%～42%]、及び2019年の世界全体のGHG排出量の6% [4%～8%]を占めた（*確信度が高い*）。これらの化石燃料由来のメタンの排出量の約50～80%は、50米ドル/tCO_2-eq未満で現在利用可能な技術を用いて避けることができうるだろう（*確信度が中程度*）。{6.3, 6.4.2, Box 6.5, 11.3, 2.2.2, 表 2.1, 図 2.5, Annex I : Glossary}

C.4.6 CCSは、地質貯留が利用可能な場合に、エネルギー部門と産業部門の化石燃料ベースの大規模な排出源からの排出量を削減するオプションの一つである。CO_2が大気から直接回収された場合（DACCS）、あるいはバイオマスから回収された場合（BECCS）、CCSはこれらのCDR方法の貯留の部分を提供する。CO_2の回収と地下注入は、天然ガスプロセスと原油増進回収法において、成熟した技術である。CCSは発電部門及びセメントや化学品の生産において、重要な緩和オプションであるが、石油・ガス部門と比べて、発電部門においてそれほど成熟していない。地質のCO_2貯留の技術上の能力は、1000 $GtCO_2$相当と見積もられており、これは、地球温暖化を1.5℃に抑えるのに2100年までに必要なCO_2貯留量を上回るが、地域における地質貯留の利用可能性が、制限要因となりうるだろう。地質貯留サイトを適切に選び管理した場合、CO_2排出量を大気から恒久的に隔離することができうる。現在、CCSの実施は技術、経済、制度、生態・環境及び社会・文化的な障壁に直面している。現在の世界全体のCCSの導入率は、地球温暖化を1.5℃又は2℃に抑えるモデル化された経路での導入率をはるかに下回る。政策手段、社会支援の増大、技術革新などの可能とする条件がこれらの障壁を削減しうるだろう。（*確信度が高い*）{2.5, 6.3, 6.4, 6.7, 11.3, 11.4, Cross-Chapter Box 8 in Chapter 12, 図 TS.31, SRCCS Chapter 5}

C.5　産業部門由来のCO_2排出を正味ゼロにすることは、困難であるが可能である。産業由来の排出量の削減には、削減技術や生産プロセスの革新的変化とともに、需要管理、エネルギーと材料の効率化、循環型の物質フローを含む全ての緩和対策を促進するためのバリューチェーン全体での協調行動を伴う。産業由来のGHGの正味ゼロ排出への推進は、低及びゼロGHG排出の電力、水素、燃料と炭素管理を用いた新しい生産プロセスの導入により可能となる。（*確信度が高い*）{11.2, 11.3, 11.4, Box TS.4}

C.5.1　世界的に、鉄鋼、セメント、プラスチック、及び他の材料の使用量が増加している。需要管理、材料効率及び循環型の材料のフローに関して、排出削減に寄与できる多くの持続可能なオプションがあるが、これらがどう適用されるかは、地域や様々な材料によって異なる。これらのオプションは産業活動においてさらに使用される可能性があり、産業政策でより注目する必要があるであろう。これらのオプション、そして新しい生産技術は、新しさゆえに、一般的に、最近の世界全体のシナリオで考慮されておらず、国の経済全体のシナリオでも考慮されていない。その結果、いくつかのシナリオにおいて、ボトムアップ型の特定の産業別のモデルに比べて、緩和ポテンシャルが過小評価されている。（*確信度が高い*）{3.4, 5.3, 図 5.7, 11.2, Box 11.2, 11.3, 11.4, 11.5.2, 11.6}

C.5.2　ほとんどの基礎材料 – 一次金属[55]、建築資材、化学品 – にとって、多くの低～ゼロGHG炭素原単位の生産工程が*試験段階*から*短期での商用化*の段階にあり、場合によっては、*商業化*の段階にあるが、まだ産業界の慣習までには達していない。持続可能な新規基礎材料の生産工程の導入は生産コストを増加させうるが、消費者コストのうち材料に関連する比率は小さいことから、最終消費者にとってのコスト増加割合はわずかであると予想される。一次製鉄用の水素直接還元は一部の地域では*短期での商用化*の段階にある。セメント工程での排出量の大幅な削減については、新たな化学方式が取り入れられるまでは、既に商業化された代替セメント材料と利用可能なCCSに依存することになる。化学品の生産と使用による排出量の削減には、プラスチックのリサイクルの拡大、燃料と原料の転換、およびバイオ由来の炭素などのライフサイクルアプローチ、CCUが利用可能であればCCU、大気中二酸化炭素の直接回収、およびCCSに依存する必要性があるであろう。軽工業、鉱山業、製造業には、利用可能な削減技術(例：材料効率、循環)、電化（例：電熱暖房、ヒートポンプ）、低～ゼロGHG排出燃料(例：水素、アンモニア、生物由来の燃料、その他合成燃料)を通して脱炭素化を行うポテンシャルがある。（*確信度が高い*）{表 11.4, Box 11.2, 11.3, 11.4}

C.5.3　産業部門の排出量を削減する行動は、GHG集約型産業の立地とバリューチェーンの構成を変える可能性がある。低GHGエネルギーと原料の豊かな地域は、低炭素電力と水素を使って生産加工した水素ベースの化学品及び材料の輸出国になる可能性がある。このような再配分は、雇用と経済構造に対してグローバルな分配の効果をもたらす。（*確信度は中程度*）{Box 11.1}

C.5.4　排出強度が高く、貿易が盛んな素材産業は国際競争にさらされており、変化を可能にするために、国際協力と国際協調が特に重要である可能性がある。持続可能な産業の移行のために、幅広く、順序だった、地域の状況を反映した、国及び地方の政策戦略が必要である。これらの戦略として、以下の政策パッケージの組み合わせが考えられる：透明性のあるGHG算定方法・基準、需要管理、材料・エネルギー効率化政策、低排出材料と製品の実用化のためのR&Dとニッチ市場、市場での普及を促進する経済手段・規制手段、高品質のリサイクル、低排出エネルギー及びその他の排出削減インフラ(例えばCCSのための)、公正な移行の文脈の中での排出強度の高い設備の社会的に包摂的な段階的廃止計画。緩和政策の対象を国内およびサブナショナルに拡大し、すべての産業排出源と、利用可能な緩和策および新たに出現する緩和策の両方を含めることができる。（*確信度が高い*）{11.6}

C.6　都市域は、正味ゼロ排出に向かう低排出開発経路の中で、インフラと都市形態の体系的な移行を通して、資源効率を高めGHG排出量を大幅に削減する機会を生み出しうる。確立された都市、急成長中の都市、そして新興都市にとっての野心的な緩和努力は、1）エネルギーと物質の消費量の削減または消費（形態）の変更、2）電化、及び3）都市環境における炭素吸収と貯留の強化を含む。都市は正味ゼロ排出を達成しうるが、それは、サプライチェーンを通じてその管轄境界の内外で排出量が削減される場合に限られ、そうなれば他部門にわたり有益な連鎖的効果をもたらす。（*確信度が非常に高い*）{8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 図 8.21, 13.2}

C.6.1　モデル化されたシナリオでは、中程度の緩和努力（中間のGHG排出量、SSP2-4.5）の場合、都市部の消費に基づくCO_2とCH_4の世界全体排出量[15] が2020年の29 $GtCO_2$-eqから2050年には34 $GtCO_2$-eqに増加すると予測され、低緩和努力（高GHG 排出量、SSP3-7.0）の場合、2050年には最大40 $GtCO_2$-eqにまで増加すると予測されている。GHG排出量が非常に低い、モ

[55] 一次金属とは、鉱石から生産された未使用の金属を指す。

デル化されたシナリオ（SSP1-1.9）では、高度の電化とエネルギー効率・材料効率の改善など、野心的で即時の緩和努力により、都市部の消費に基づくCO_2とCH_4の世界全体排出量が2050年には3 $GtCO_2$-eqにまで削減できうる。[56]（*確信度が中程度*）{8.3}

C.6.2　緩和戦略のGHG排出量を削減するポテンシャルとその実施順序は、都市の土地利用、空間形態、開発レベル、都市化の状態によって異なる（*確信度が高い*）。確立された都市が大量のGHG排出削減を達成するための戦略には、効率改善、建築ストックの再利用・レトロフィット、的を絞ったインフィル開発、非動力型交通手段（例：徒歩、自転車）、公共交通機関などがある。急速に成長する都市は、職住近接によりコンパクトな都市形態を達成し、また低炭素技術への飛躍又は移行を行うことによって、将来の排出を避けることができる。新興都市は、質の高い生活水準を達成するために多大なインフラ開発を必要とし、これは、エネルギー効率の良いインフラとサービス、人間中心の都市設計を通して達成できる（*確信度が高い*）。都市にとって、以下の3つの幅広い緩和戦略が、それらが同時に実施されたときに効果を発揮することがわかった。すなわち、i)より持続可能な生産と消費に向けてエネルギーと材料の使用を削減または変更。ii)低排出エネルギー源への転換と並行した電化。iii)例えば、生物ベースの建築資材、透水性地表面、屋根の緑化、樹木、緑地、河川、湖沼などによる都市環境における炭素吸収・貯留の拡大である。[57]（*確信度が非常に高い*）{5.3, 図 5.7, Supplementary Material 表 5.SM.2, 8.2, 8.4, 8.6, 図 8.21, 9.4, 9.6, 10.2}

C.6.3　複数の都市規模の緩和戦略からなるパッケージの実施は、部門横断的に大きな波及効果をもたらし、都市の行政圏内外でのGHG排出量を削減できる。都市における緩和戦略の策定および実施能力は、より大きな規制的・制度的設定によって異なり、また資金源と技術的リソースへのアクセス、地方政府の能力、市民社会の参加、自治体の予算権限などを含む可能とする条件によって異なる。（*確信度が非常に高い*）{図5.7、Supplementary Material 表 5.SM.2, 8.4, 8.5, 8.6, 13.2, 13.3, 13.5, 13.7, Cross-Chapter Box 9 in Chapter 13}

C.6.4　GHG排出量正味ゼロを含め、気候目標値を設定する都市の数が増えている。都市の消費パターンと供給網が地域や世界にまで広がっていることを考えると、都市の管轄区域を超えた排出量に対処して初めて、消費ベースの都市の排出量をGHG正味ゼロにまで削減するポテンシャルを完全に実現することができる。これらの戦略の効果は、国の政府、地方政府、産業、市民社会間の協力・協調にかかっており、また、都市が緩和戦略を計画し実施するのに必要十分な能力を持っているかにかかっている。都市は、たとえば、建築基準や建設資材の選択を通して、都市の管轄区域を越えて広がるサプライチェーン由来の排出削減にあたって役割を果たしうる。（*確信度が非常に高い*）{8.4, Box 8.4, 8.5, 9.6, 9.9, 13.5, 13.9}

C.7.　モデル化された世界全体のシナリオでは、野心的な充足性対策、省エネ対策、及び再生可能エネルギー対策を組み合わせた政策パッケージが効果的に実施され、脱炭素化への障壁が取り除かれた場合、改修された既存の建物とこれから建設される建物は、2050年に正味ゼロのGHG排出量に近づくと予測される。野心度の低い政策は、何十年にもわたって、建物の炭素ロック・インを起こすリスクを増大させる。一方、適切に設計され、効果的に実施される緩和介入策は、新築の建物と改修された既存の建物の両方において、将来の気候に建物を適応させながら、すべての地域においてSDGs達成に貢献する大きな潜在的可能性を有する。（*確信度が高い*）{9.1, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.9}

[56] これらのシナリオは、中間、高い、非常に低いGHG排出量に相当するとして、WG1によって評価されている。
[57] これらの例は、自然を活用した解決策または生態系ベースの解決方式のサブセットとみなされている。

C.7.1　2019年には、建築物及び建物の建設と改修で使用されるセメントと鉄骨から排出される世界全体の直接・間接のGHG排出量は12 $GtCO_2$-eqであった。これらの排出量には、オフサイトにおける電気と熱の生成によって発生する間接の排出量、オンサイトで発生する直接の排出量、及び建物の建設と改修で使用されるセメントと鉄骨から発生する排出量が含まれる。2019年には、1990年と比べて、住宅以外の建物から発生する世界全体の直接・間接の排出量は約55%、住宅のそれは約50%増加した。要因分析によると、後者は、効率改善により一部排出が減少した一方、主に一人当たりの床面積の増加、人口増加、排出原単位の高い電気と熱の使用の増加が主な駆動要因となって増加した。これらの駆動要因の地域の排出量に対する寄与度には大きな差がある。（*確信度が高い*）{9.3}

C.7.2　建物の建設と改修に対する統合的設計アプローチは、いくつかの地域において、ゼロエネルギーまたはゼロ炭素建築物の例の増加につながっている。しかし、建物の改修率が低く、改修した建物への野心が低いことが、排出量の減少を妨げている。設計段階の緩和介入策には、GHG原単位の高い材料と更なる土地の使用を避けるために、建物のサイズを使用者の新しいニーズに従って調整し、未使用の既存の建物の再利用することを可能にするような建物の種類、形態、多機能性が含まれる。緩和介入策には以下が含まれる：建設段階では、低炭素建材、高効率の建物エンベロープ、及び再生可能エネルギーソリューションの統合；[58] 使用段階では、高効率な家電と設備及び建物の使用の最適化と低排出エネルギー源の供給；廃棄段階では、建設資材のリサイクル及び再利用。（*確信度が高い*）{9.4, 9.5, 9.6, 9.7}

C.7.3　ボトムアップ型研究は、2050年までに、世界全体の建築の排出量を最大61% (8.2 $GtCO_2$)まで緩和できうることを示している。エネルギーと材料の需要を回避する充足性政策[59]は、このポテンシャルに10%、エネルギー効率化政策は42%、再生可能エネルギーは9%貢献する。新規建築物の緩和ポテンシャル最大の割合は開発途上国にあり、一方、先進国における最大の緩和ポテンシャルは、既存の建物のレトロフィットにある。2020年～2030年の10年間が、ノウハウの習得を加速し、技術的・制度的能力を構築し、適切なガバナンス構造を設定し、資金フローを確保し、建築の緩和ポテンシャルを完全に実現するための必要なスキルを開発するのに、非常に重要である。（*確信度が高い*）{9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7, 9.9}

C.8　**需要側のオプションと低GHG排出技術は、先進国における運輸部門の排出量を削減し、開発途上国における排出量の増加を抑制しうる（*確信度が高い*）。需要に焦点を当てた対策はすべての輸送サービスに対する需要を削減し、よりエネルギー効率の高い輸送方式への移行を支援しうる（*確信度が中程度*）。低排出電力を動力源とする電気自動車は、陸上輸送について、ライフサイクルベースで最大の脱炭素化ポテンシャルを提供しうる（*確信度が高い*）。持続可能なバイオ燃料は、陸上輸送において、短期・中期的にさらなる緩和効果をもたらしうる（*確信度が中程度*）。持続可能なバイオ燃料、低排出の水素とその派生物質（合成燃料を含む）は、海上輸送、航空輸送、及び貨物の陸上輸送由来のCO_2排出の緩和を支援しうるが、生産プロセスの改善とコスト削減を必要とする（*確信度が中程度*）。運輸部門における多くの緩和戦略は、大気質の改善、健康上の便益、交通サービスへの衡平なアクセス、渋滞の軽減、材料需要の削減など、様々な共便益（コベネフィット）をもたらすだろう（*確信度が高い*）。{10.2, 10.4, 10.5, 10.6, 10.7}**

[58] 再生可能エネルギーソリューションの統合とは、太陽光発電、小型風力タービン、太陽熱集熱器、バイオマスボイラーのようなソリューションの統合を指す。

[59] 充足性政策とは、地球に住むすべての人々に人としての満足な生活状態を提供する一方、エネルギー、材料、土地、水に対する需要を回避するような一連の施策と日常習慣である。

C.8.1　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℃（＞50%）に抑える経路では、世界全体の運輸関連のCO_2排出量は、モデル化された2020年の排出量に比べて、2050年までに59%[42～68%四分位数範囲]減少するが、地域のトレンドには差異がある*（確信度が高い）*。温暖化を2℃（＞67%）に抑えるモデル化された世界全体のシナリオでは、世界全体の運輸関連のCO_2排出量は、モデル化された2020年の排出量に比べて、2050年までに29%[14～44%四分位数範囲]減少すると予測されている。両方のシナリオカテゴリーにおいて、運輸部門は、ゼロCO_2排出量に達しない可能性が高く、したがって、この部門の残余CO_2排出量を相殺するために負の排出量が必要となる可能性が高い（*確信度が高い*）。{3.4, 10.7}

C.8.2　都市形態の変化（例えば密度、土地利用ミックス、接続性、アクセス性）と消費者行動の変化を促進する施策(たとえば交通機関の価格体系)を組み合わせることにより、先進国の輸送関連の地球温暖化ガス排出量を削減し、開発途上国の排出量の増加を鈍化させうるだろう（*確信度が高い*）。都市内・都市間の公共交通機関及びアクティブ交通インフラ（例えば自転車・歩行者専用道路）への投資が、更に、GHG原単位のより低い輸送方式へのシフトを支援しうる（*確信度が高い*）。テレワーク、デジタル化、非（脱）物質化、サプライチェーンマネジメント、スマートモビリティ・シェアードモビリティなどの体系的な変化を組み合わせることにより、陸上・航空・海上の旅客輸送・貨物輸送に対する需要が低減するかもしれない（*確信度が高い*）。これらの変化のいくつかは、輸送サービスやエネルギーサービスへの需要の誘発につながる可能性があり、その結果、これらのGHG排出量削減の潜在的能力が低下するかもしれない（*確信度が中程度*）。{5.3, 10.2, 10.8}

C.8.3　低GHG排出の電力を動力源とする電気自動車は、陸上輸送のGHG 排出量をライフサイクルベースで削減するポテンシャルが高い（*確信度が高い*）。自動車、2輪車、3輪車、及びバスを含む電動車両のコストは減少しつつあり、その普及が加速しつつあるが、普及規模の拡大には、インフラ支援への投資を続けることが必要である（*確信度が高い*）。電池技術の進化は、貨物輸送用トラックの電化を促進し、従来型の鉄道システムを補完しうるだろう（*確信度が中程度*）。電池に必要不可欠な鉱物についての懸念が高まっている。材料と供給源の多様化戦略、エネルギー効率・材料効率の改善、循環型の材料フローは、電池生産の環境負荷と材料供給リスクを減らしうる（*確信度が中程度*）。持続可能な調達を行い、低GHG排出原料を使って製造した生物由来の燃料は、化石燃料とブレンドする場合でもしない場合でも、特に短期・中期的に緩和効果をもたらしうる（*確信度が中程度*）。合成燃料を含む低GHG排出の水素と水素派生物は、一部の状況において、また陸上輸送部門において、緩和ポテンシャルを提供しうる（*確信度が中程度*）。{3.4, 6.3, 10.3, 10.4, 10.7, 10.8, Box 10.6}

C.8.4　効率の改善（例えば航空機や船舶の設計の最適化、重量低減、推進システム改善）は一定の緩和ポテンシャルを提供しうる一方、航空輸送・海上輸送部門による更なるCO_2排出量緩和技術が必要である（*確信度が高い*）。航空輸送部門におけるそのような技術には、高エネルギー密度バイオ燃料（*確信度が高い*）、及び低排出の水素と合成燃料が含まれる（*確信度が中程度*）。海上輸送部門のための代替燃料には、低排出の水素、アンモニア、バイオ燃料、及びその他の合成燃料が含まれる（*確信度が中程度*）。電化は、短距離の航空輸送・海上輸送において、ニッチな役割を果たすことができ（*確信度が中程度*）、港湾・空港の運用から排出されるガスを削減することができる（*確信度が高い*）。国内及び国際ガバナンス構造の改善は、海上輸送と航空輸送の脱炭素化を更に可能にするだろう（*確信度が中程度*）。そのような改善には、例えば、より厳しい効率及び炭素原単位に関して基準を各部門で実施することが含まれるだろう（*確信度が中程度*）。{10.3, 10.5, 10.6, 10.7, 10.8, Box 10.5}

C.8.5　輸送部門の直接及び間接のGHG削減の潜在的な可能性は、主に、電力部門の脱炭素化、及び低排出原料と低排出生産チェーンに依存する（*確信度が高い*）。輸送インフラとエネルギーインフラの計画・運営の統合は、部門間の相乗効果を可能にし、輸送部門とエネルギー部門の脱炭素化に伴う環境・社会・経済的影響を削減しうる（*確信度が高い*）。技術移転と資金支援は、開発途上国が低排出輸送システムに飛躍又は移行するのを支援し、その結果、複数の共便益(コベネフィット)を提供しうる（*確信度が高い*）。{10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, 10.7, 10.8}

C.9　農業、林業及びその他の土地利用（AFOLU）の緩和オプションは、持続可能な方法で実施された場合、大規模なGHG排出削減と除去の促進をもたらしうるが、他の部門における行動の遅れを完全に補うことはできない。加えて、持続可能な方法で調達された農林産物は、他の部門において、よりGHG排出量の多い製品の代わりに使用しうる。実施を阻む障壁やトレードオフは、気候変動の影響、土地に対する競合需要、食料安全保障や生計との競合、土地の所有や管理制度の複雑さ及び文化的側面などから生じるかもしれない。共便益（コベネフィット）（生物多様性の保全、生態系サービス、生計など）を提供し、リスクを回避する（例えば、気候変動への適応を通して）ための、国ごとに特有の機会が多く存在する。（*確信度が高い*）{7.4, 7.6, 7.7, 12.5, 12.6}

C.9.1　2020年～2050年のAFOLUオプションの経済的緩和ポテンシャルは、100米ドル/ tCO_2-eq未満のコストで、8～14 $GtCO_2$-eq/年と予測される[60]（*確信度が高い*）。このポテンシャルの30～50%は、20米ドル/ tCO_2-eq未満で利用可能であり、大部分の地域で、短期的に規模を拡大しうるだろう（*確信度が高い*）。この経済的ポテンシャルの最大の割合[4.2～7.4 $GtCO_2$-eq/年]が、森林及びその他の生態系(沿岸湿地、泥炭地、サバンナ、草地)の保全、管理の向上、及び回復に由来するものであり、熱帯地域の森林減少の削減が最大の総緩和ポテンシャルを有する。持続可能かつ向上した作物及び家畜の管理、及び農業における炭素隔離（これには農地及び草地の土壌炭素管理、アグロフォレストリー、及びバイオ炭が含まれる）は、1.8～4.1 $GtCO_2$-eq/年の削減に貢献しうる。バランスの取れた、持続可能で健康的な食生活[61]への移行、食品ロスと廃棄の削減、バイオ材料の使用などの需要側の対策及び材料代替の対策は、2.1 [1.1～3.6]$GtCO_2$-eq/年の削減に貢献しうる。更に、農業の持続可能な集約化と並行して行われる需要側の対策は、生態系の転換を軽減し、CH_4 と N_2Oの排出量を削減し、再植林と（生態系の）回復、及び再生可能エネルギーの生産のために土地を解放する。持続可能な方法で管理された森林から調達された木材製品の使用の改善及び拡大もまた、伐採木材を長寿命な製品への割り当て、再利用の増加又は材料の代替を通じて、（緩和）ポテンシャルがある。AFOLUの緩和策は、他の部門における排出削減の遅れを埋め合わせることはできない。持続的で地域特有の障壁が、AFOLUの緩和策を展開する経済的・政治的な実現性を阻み続けてい

[60] ここで記述している、トップダウン型の世界全体の推定値と部門別ボトムアップ型の世界全体の推定値には、化石燃料及びGHG原単位が高い材料からの排出の代替は含まれていない。8～14 $GtCO_2$-eq/年は、AFOLUの経済的緩和ポテンシャルのトップダウン型の推定値（範囲の下限）と世界全体の部門別ボトムアップ型の推定値（範囲の上限）の平均を表している。トップダウン型の推定値の全範囲は、「政策なし」のベースラインを使った場合、4.1～17.3 $GtCO_2$-eq/年である。世界全体の部門の研究の全範囲は、様々なベースラインを使っており、6.7～23.4 $GtCO_2$-eq/年である（*確信度が高い*）。

[61] 「持続可能で健康的な食生活」は、FAOとWHOで述べられているように、個人の健康と幸福のあらゆる側面を促進し、環境に対するプレッシャーや影響が少なく、アクセスが容易で、手頃な価格で、安全で、衡平であり、文化的に受容できるものである。これに関連した、バランスの取れた食生活とは、SRCCLが示すように、粗粒穀物、豆類、果物、野菜、種実類などの植物を中心とした食品、及びレジリエントで持続可能、かつ温室効果ガスの排出量の少ないシステムで生産された動物性食品を特徴とする食生活を指す。

る。障壁を克服するために各国を支援することは、大幅な緩和の達成に役に立つ（*確信度が中程度*）。(図 SPM.6) {7.1, 7.4, 7.5, 7.6}

C.9.2　AFOLUの炭素隔離及びGHG排出削減のオプションは、生物多様性と生態系の保全、食料と水の安全保障、木材の供給、生計、先住民、地域コミュニティ及び小規模土地利用者の土地の保有及び使用権の面において、共便益（コベネフィット）とリスクの両方がある。多くのオプションは共便益（コベネフィット）があるが、土地及び土地に基づく資源を求めて競合するオプションは、リスクをもたらしうる。便益とリスクの規模は、行う活動の種類、展開戦略（例えば規模、方法）、及び地理的に、また時間に応じて異なる文脈（例えば土壌、バイオーム、気候、食料システム、土地の所有権）に大きく依存する。複数の関係者のニーズと視点に対応して、共便益（コベネフィット）を最大限にし、トレードオフを制限するような成果を達成するために、AFOLUの緩和対策が行われるとき、リスクは回避しうる。（*確信度が高い*）{7.4, 7.6, 12.3}

C.9.3　AFOLUのポテンシャルを実現するには、制度的・経済的・政策的制約を克服し、潜在的なトレードオフを管理することが必要である（*確信度が高い*）。土地利用の決定は広範な土地所有者に分散されていることが多く、需要側の対策は様々な状況にある何十億もの消費者にかかっている。AFOLUによる緩和実施を阻む障壁には、不十分な制度的・資金的支援、長期的な追加性とトレードオフに関する不確実性、弱いガバナンス、不安定な土地所有権、低所得及び代替の収入源へのアクセスの欠如、及び反転のリスクなどが含まれる。技術・データ・ノウハウへの限られたアクセスは、実施を阻む障壁の一つである。研究開発は、すべての対策にとっての鍵である。例えば、農業のCH_4とN_2Oの排出を新規の技術で緩和する対策は有望な結果を示している。しかし、それであってもなお、農業のCH_4とN_2Oの緩和は、コスト、農業システムの多様性と複雑さ、農業の収量を増加させる必要性の高まり、及び家畜製品の需要の増加によって、制約を受ける。（*確信度が高い*）{7.4, 7.6}

C.9.4　部門別モデルで評価された森林関連の炭素隔離及び排出削減による5～6 $GtCO_2$/年を実現するための正味コストは、2050年までに～4000億米ドル/年に達すると予測されている。他のAFOLUの緩和コストは、状況に応じて大きく異なる。AFOLUの資金ニーズ、特に林業におけるニーズには、活動の変化による直接の効果と、土地利用変化に伴う機会費用の両方が含まれている。モニタリング・報告・検証の能力の強化及び法の支配は、土地ベースの緩和にとって不可欠であり、より幅広い生態系サービスとの相互作用を認識する政策との組み合わせによって、民間企業、NGO、先住民、地域コミュニティを含む、より広範囲な主体の参画を可能にしうるだろう。（*確信度が中程度*）{7.6, 7.7}

C.9.5　状況に応じた政策と対策がAFOLUによる炭素隔離とGHG排出削減オプションの実現を実証するのに効果的であるが、上述の制約が大規模な実施を阻んでいる（*確信度が中程度*）。土地ベースの緩和の実施は、規制、政策、経済的インセンティブ、支払い（例えば、バイオ燃料、肥料汚染の管理、水に関する規制、保全と森林炭素、生態系サービス、農村の生計への支払いなど）に関する経験に基づく教訓や、先住民の知識、地域住民の知識、科学的知見、などの多様な形態の知識に基づく教訓を生かしうる。先住民、民間の森林所有者、地元の農民や地域コミュニティは、世界の森林と農地のかなりの割合を管理しており、土地ベースの緩和オプションにおいて中心的な役割を果たす。成功した政策と対策の規模拡大は、SDGsの枠組みに沿った統合的な土地利用計画と管理を重視するガバナンスと実施に対する支援にかかっている。（*確信度が高い*）{7.4, Box 7.2, 7.6}

C.10　需要側の緩和には、インフラ利用の変化、エンドユース技術の採用、及び社会文化的変化及び行動の変容が含まれる。需要側の対策とエンドユースサービスの新しい提供方法によって、エンドユース部門分野における世界全体のGHG排出量をベースラインシナリオに比べて2050年までに40～70%削減しうる一方で、いくつかの地域や社会経済集団は、追加のエネルギーや資源を必要とする。需要側の緩和対応策は、全ての人々の基本的幸福の向上と整合的である。（*確信度が高い*） (図 SPM.6) {5.3, 5.4, 図 5.6, 図 5.14, 8.2, 9.4, 10.2, 11.3, 11.4, 12.4, 図 TS.22}

C.10.1　インフラ設計とインフラへのアクセス、及び情報・通信技術を含む技術へのアクセスと導入が、需要のパターン及び移動・住宅・水・衛生・栄養などに関するサービスの提供方法に影響する。地域の差を考慮した、例示的な世界全体の低需要シナリオは、より効率的なエンドユースのエネルギー転換が上流のエネルギーの必要量を、2020年と比べて、2050年には45%減らす一方、サービスを改善しうることを示している。需要側の緩和ポテンシャルは、地域間、地域内で異なり、一部の地域や人々は、人としての幸福のために、更なるエネルギー、能力、資源を必要としている。世界全体の所得区分で最低の四分位に区分される人々は、住宅、移動性、栄養面において、不足に直面している。（*確信度が高い*）{5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 図 5.6, 図 5.10, 表 5.2, 図 TS.20, 図 TS.22 }

C.10.2　すべての部門にまたがる包括的需要側戦略は、世界全体のCO_2排出量及びCO_2以外のGHG排出量を、2020年までに各国政府が発表した政策と整合する2つのシナリオの2050年の排出予測と比べて、2050年までに40%～70%減らすことができうるだろう。政策の支援、社会経済対策と行動変容は、インフラ設計とインフラへのアクセスの改善を組み合わせた場合、エンドユース部門の世界全体のGHG排出量を少なくとも5%急速に、先進国ではそのほとんどを、2050年までにもっと削減することができる。高い社会・経済ステータスを持つ個人が排出に不均衡な割合寄与しており、彼らは例えば、市民、投資家、消費者、ロールモデル、専門家として、最も大きな排出削減ポテンシャルを有する。（*確信度が高い*） (図 SPM.6) {5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, Supplementary Material 表 5.SM.2, 8.4, 9.9, 13.2, 13.5, 13.8, 図 TS.20}

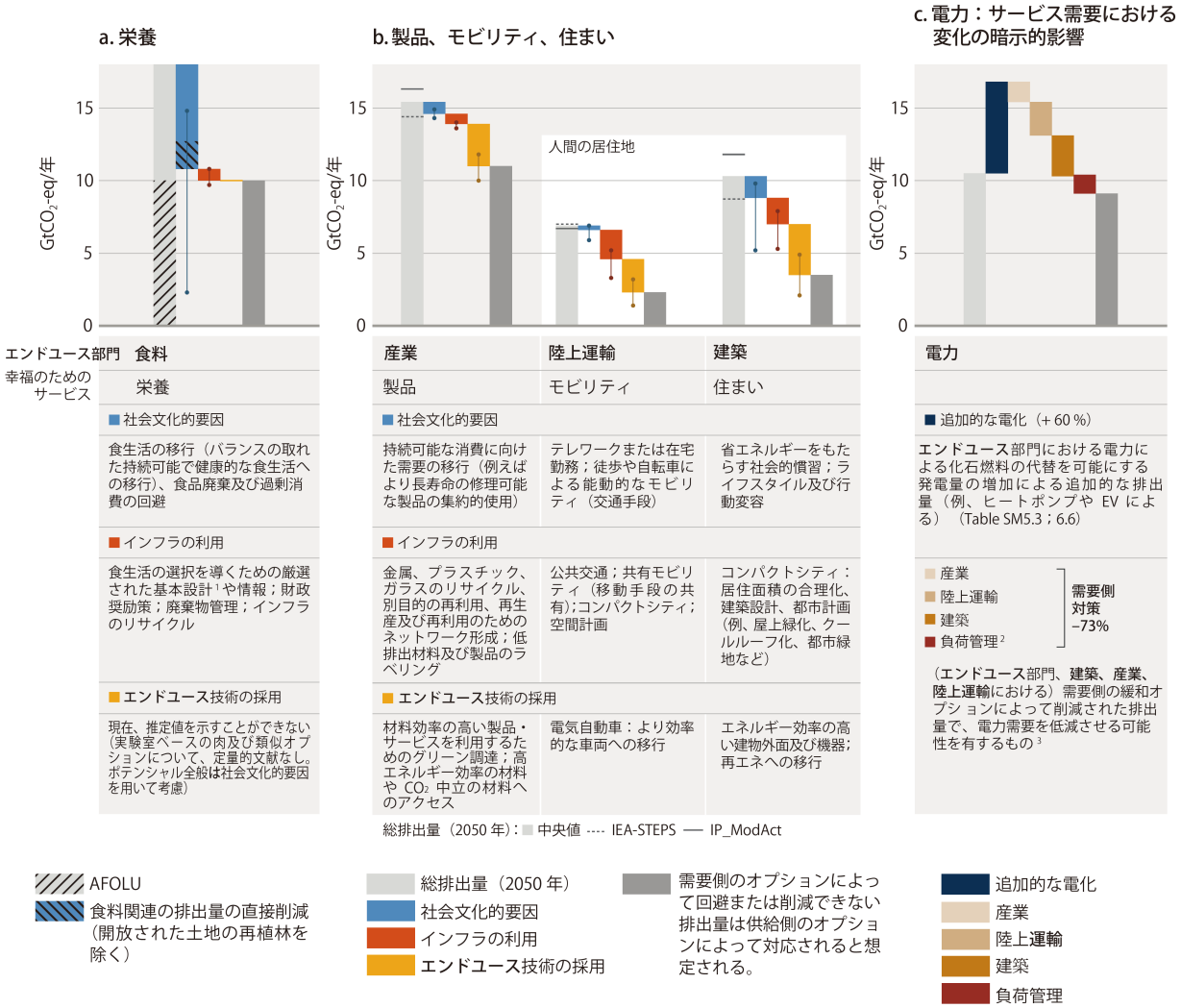
C.10.3　建造環境の変化、コンパクトな都市での新規及び再利用のインフラとサービスの提供、職住近接、建物における床空間とエネルギーの利用効率の向上、及び街路空間を活動的な移動手段用に再配分を行うことにより、エンドユース部門の世界全体の年間GHG排出量を、2020年まで各国政府が発表した政策と整合する2つのシナリオの2050年の排出量予測と比べて、2050年までに5～30%避けることができる（*確信度が高い*）。(図 SPM.6) {5.3.1, 5.3.3, 5.4, 図 5.7, 図 5.13, 表 5.1, 表 5.5, Supplementary Material 表 5.SM.2, 8.4, 9.5, 10.2, 11.3, 11.4, 表 11.6, Box TS.12}

C.10.4　選択アーキテクチャ[62]は、最終消費者が、消費者、文化、国の事情に関連する中において、以下のようなGHG原単位が低いオプションを選択するのに役に立つ：栄養のニーズを認識しつつ、バランスの取れた、持続可能で健康的な食生活[61]；食品廃棄物の削減；適応型冷暖房；再生可能エネルギーを統合した建物；電気軽自動車及び徒歩・自転車・共有モビリティ・公共交通機関へのシフト；長寿命の修理可能な製品の徹底的な使用による持続可能な消費（*確信度が高い*）。不平等と多くのステータス消費[63]；に対処し、満足な生活水準に焦点を当てることは、気候変動に対する緩和の取り組みを支援することになる（*確信度が高い*）。(図 SPM.6) {2.4.3, 2.6.2, 4.2.5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 図 5.4, 図 5.10, Supplementary Material 表 5.SM.2,

[62] 選択アーキテクチャとは、消費者に対する選択肢の提示とその提示が消費者の意思決定に与える影響を指す。
[63] ステータス消費は、社会的な名声を公的に示す財やサービスの消費を指す。

7.4.5, 8.2, 8.4, 9.4, 10.2, 12.4, 図 TS.20}

需要側の緩和は、社会文化的な要因、インフラの設計・利用、及びエンドユース技術の採用における変化を通じて2050 年までに達成しうる。



[1] 消費者に対する選択肢の提示、及びその提示が消費者の意思決定にあたる影響
[2] 負荷管理とは、全ての部門にわたる需要側の柔軟性のことであり、人工知能（AI）や蓄エネルギー設備の多様化による時間帯別料金設定・モニタリングのようなインセティブ型の設計を通じて実現しうる
[3] 需要側の緩和が電力部門の排出量に与える影響は、電力供給の基準炭素原単位に依拠し、これはシナリオに依存する。

図 SPM.6：2050年までの需要側緩和対応策の暗示的ポテンシャル。 図 SPM.6は2050年における需要側対応策の暗示的ポテンシャルを表す。図SPM.7は2030年のコストとポテンシャルを対象としている。需要側の緩和対応策は、3つの広い領域に区分されている。すなわち「社会文化要因」は、個人の選択や行動、生活様式の変化、社会規範と文化に関連している。「インフラ利用」は個人の選択と行動の変容を可能にするハードとソフトのインフラの設計と利用に関連している。「エンドユース技術の採用」は、エンドユーザーによる技術の採用をいう。需要側緩和策はIMP-LD 及び IMP-SPシナリオの中心要素である（図 SPM.5）。**パネル a** (栄養)の2050年の需要側 ポテンシャルの評価はボトムアップ研究に基づいており、査読済み文献に記載されている食料部門の2050年ベースラインに準じて推定されている(詳細は Supplementary Material 5.II, 及び 7.4.5参照)。**パネル b** (製品、モビリティ、住まい) の2050年の総排出量ポテンシャルの評価は、約500件の世界の全地域を表したボトムアップ研究(詳細なリストは Supplementary Material 表5.SM.2参照)を基にしている。ベースラインは、各国政府が2020年までに発表した政策と整合する2つのシナリオによる2050年の部門別GHG排出量平均から出している。色付き棒グラフの高さは 中央値が示すポテンシャルを表す。この高さは、Supplementary Material 5.SM.IIに示す文

献の事例研究に記載されている数値の範囲に基づく。その範囲は、文献中の最高ポテンシャルと最低ポテンシャルを示す点を点線で結んで示している。**パネル a**は、社会文化的要因とインフラの利用の需要側ポテンシャルを示す。直接排出削減(ほとんどが非-CO_2) の中央値は、開放された土地の再植林による土地利用変化を考慮しなければ 1.9 $GtCO_2$-eq である。仮に食料需要の変化によって土地利用パターンの変化 が可能になることを考慮すれば、この暗示的ポテンシャルは7 $GtCO_2$-eqに達しうるだろう。**パネル b**は、産業、陸上運輸、建築のエンドユース部門における需要側オプションを通じた緩和ポテンシャルを図示している。鍵となるオプションは本図の下の表にまとめてあり、詳細はSupplementary Material 表5.SM.2に示している。**パネル c**は、部門毎の需要側緩和オプション（パネル bに記載）がいかに配電システムの需要を変化させるかを示している。複数のボトムアップ研究（詳細なリストはSupplementary Material表5.SM.3）と第6章（6.6）にあるように、2050年の最終エネルギー需要における電力の割合は増大する（追加電力の棒グラフ）。 これらの研究は、全体の電力需要を増大させるエンドユースの電化の影響を算出するのに用いられた。ボトムアップ評価に基づく文献にあるように、建築、産業、陸上運輸における電力のエンドユースに対し、社会文化的要因とインフラ利用の領域における需要側緩和対策を講じることによって、予測される電力需要増加分の一部は回避することができる。濃い灰色の棒グラフは、需要側の緩和対策では回避できない排出量を示す。{5.3, 図 5.7, Supplementary Material 5.SM.II}

C.11　CO_2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。導入の規模と時期は、各部門における総排出削減量の軌道次第である。CDR導入の拡大は、特に大規模な場合、実現可能性と持続可能性の制約に対処するための効果的なアプローチの開発に依存する。（*確信度が高い*）{3.4, 7.4, 12.3, Cross-Chapter Box 8 in Chapter 12}

C.11.1　CDRとは、大気からCO_2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。CDR方法は、その成熟度、除去プロセス、炭素貯蔵期間、貯蔵媒体、緩和ポテンシャル、コスト、共便益（コベネフィット）、影響とリスク及びガバナンス要件において様々である（*確信度が高い*）。具体的には、成熟度は、成熟度の低いCDR（例えば海洋アルカリ化）から成熟度の高いCDR（例えば再植林）まで、除去と貯蔵のポテンシャルは低いポテンシャル(1 $GtCO_2$ /年未満、例えばブルーカーボン管理)から、高いポテンシャル(3 Gt CO_2 /年以上、例えばアグロフォレストリー)まで、コストの面では低コスト(例えば土壌炭素隔離の場合、45～100米ドル/tCO_2) から、高コスト(例えばDACCSの場合、 100～300米ドル/tCO_2) まで幅がある（*確信度が中程度*）。推定される貯留期間は、植生における炭素貯留と土壌炭素管理を通した貯留の場合は数十年から数世紀まで、地層に炭素を貯留する場合、数万年以上と 、様々である（*確信度が高い*）。大気からCO_2 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。新規植林、再植林、森林経営の向上、アグロフォレストリー、及び土壌炭素隔離が現在唯一広く実施されているCDR方法である（*確信度が高い*）。{7.4, 7.6, 12.3, 表 12.6, Cross-Chapter Box8 in Chapter 12, 表 TS.7; AR6 WG I 5.6}

C.11.2　生態系、生物多様性及び人々に対するCDRの影響、リスク及び共便益(コベネフィット)は、その方法、サイト特有の事情、実施及び規模によって大きく異なる（*確信度が高い*）。再植林、森林経営の向上、土壌炭素隔離、泥炭地の回復、及びブルーカーボン管理は、文脈にもよるが、生物多様性と生態系機能、雇用、及び地域の生計を強化しうる方法の例である（*確信度が高い*）。対照的に、BECCSやバイオ炭のための新規植林やバイオマス作物の生産は、下手に実施された場合、特に大規模に実施されたり土地の保有が不安定な場所で実施された場合、生物多様性、食料や水の安全保障、地域の生計、先住民の権利など、社会経済的及び環境的な悪影響を及ぼしうる（*確信度が高い*）。海洋施肥は、実施された場合、栄養の再分配、生態系の再編成、深海における酸素消費と酸性化の増大につながりうる（*確信度が中程度*）。{7.4, 7.6, 12.3, 12.5}

C.11.3　植生と土壌管理を通じたCO_2 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CO_2 、及びバイオ炭に炭素として貯留されたCO_2 は逆戻りする可能性はそれほど高くない。（*確信度が高い*）{6.4, 7.4, 12.3}

C11.4　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CO_2 又は正味GHG排出量の削減；中期的にはCO_2 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CO_2 排出量又は正味負のGHG排出量の達成。（*確信度が高い*）{3.3, 7.4, 11.3, 12.3, Cross-Chapter Box 8 in Chapter 12}

C.11.5　全ての部門における急速な排出量削減は、CDR方法の今後の導入規模、及びそれに関連するリスク、影響、共便益(コベネフィット)と相互作用する。CDR方法の導入の拡大は、持続可能性と実現可能性の制約、潜在的な影響、共便益(コベネフィット)とリスクに対処する効果的なアプローチの開発に依存する。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。（*確信度が高い*）{3.4, 7.6, 12.3}

C.12　100米ドル／tCO_2-eq以下のコストの緩和オプションにより、世界全体のGHG排出量を2030年までに少なくとも2019年レベルの半分に削減しうるだろう（*確信度が高い*）。モデル化された経路[64]において、世界のGDPは引き続き成長するが、気候変動による損害の回避や適応コストの削減による緩和対策の経済的利益を考慮しない場合、現行の政策を超える緩和を行わない経路と比べて、2050年には数パーセント低くなる。温暖化を2°Cに抑えることの世界規模の経済効果は、評価された文献のほとんどにおいて緩和コストを上回ると報告されている（*確信度が中程度*）。(図 SPM.7) {3.6, 3.8, Cross-Working Group Box 1 in Chapter 3, 12.2, Box TS.7}

C.12.1　緩和オプションの詳細な部門別評価に基づくと、100米ドル／tCO_2-eq以下のコストの緩和オプションは、2030年までに、世界全体のGHG排出量を、2019年レベルの少なくとも半分にまで削減しうるだろう（20米ドル／tCO_2-eq未満のコストのオプションがこのポテンシャルの約半分以上を占めると見積もられている。）。[65]　割合はそれよりは小さいが、その導入が正味のコスト節減となるオプションもある。20米ドル／tCO_2-eq未満のコストのオプションのかなりの割合を占めているのが、太陽光エネルギーと風力エネルギー、エネルギー効率改善、自然の生態系の転換の削減、及びCH_4 排出量（石炭鉱山、石油・ガス、廃棄物）の削減である。特定の状況や地域における個々の技術の緩和ポテンシャルと緩和コストは、ここに記述した推定値とは、大きく異なるかもしれない。基礎となる文献の評価は、様々なオプションの総体的寄与度は、2030年以降変わり得るだろうことを示唆している。（*確信度が中程度*）(図SPM.7) {12.2}

C.12.2　気候変動の緩和のマクロ経済的な影響を定量化している、評価された、モデル化された世界全体のシナリオにおいては、気候変動の緩和が世界のGDPに与える効果の総量は、予

[64] 温暖化を2℃ (>67%)、又はそれ以下に抑えるモデル化された経路。
[65] 評価の元となる方法は、図SPM.7のキャプションに記載している。

測された世界全体のGDPの成長率に比べて小さいが、これは、気候変動による損害と適応コストを算定に入れていない（*確信度が高い*）。例えば、2020年末までに実施された政策の継続を想定している経路に比べて、2050年に到達した世界のGDPは、温暖化を2°C (>67%)におさえるために、現在から始まって遅くとも2025年までの世界全体の協調行動を想定しているモデル化された経路においては、1.3～2.7%減少している。それに相当する2020年～2050年の世界の年間GDP成長率の平均減少率は0.04～0.09パーセントである。評価されたモデル化経路では、緩和行動のレベルにかかわらず、世界のGDPは、2020年～2050年の間に少なくとも倍増（少なくとも100%増）すると予測されている。他の気温カテゴリーのモデル化された世界全体の経路では、2020年末までに実施された政策の継続を想定している経路に比べた場合の2050年における世界のGDPの減少率は、以下のとおりである：2.6 ～ 4.2% (C1), 1.6～2.8% (C2), 0.8 ～ 2.1% (C4), 0.5 ～ 1.2% (C5)。これに相当する、2020年～2050年の世界のGDPの年間成長率の減少率（パーセンテージ）は、以下のとおりである：0.09 ～0.14 (C1), 0.05 ～ 0.09 (C2), 0.03 ～ 0.07 (C4), 0.02 ～ 0.04 (C5) 。[66]　特に、経済構造、地域の排出削減量、政策設計、国際協力のレベルによって、地域間にGDPに対する緩和のモデル効果に大きな違いがある[67]（*確信度が高い*）。国レベルの研究でも、特に緩和のレベルとその達成方法によって、GDPに対する緩和の効果に大きなばらつきがあることが示された（*確信度が高い*）。緩和の共便益(コベネフィット)とトレードオフのマクロ経済的な影響は上記のシナリオでは包括的に定量化されておらず、緩和戦略に大きく依存する（*確信度が高い*）。{3.6, 4.2, Box TS.7, Annex III.I.2, Annex III I.9, Annex III.I.10 and Annex III.II.3}

C.12.3　気候変動の損害を回避することによってもたらされる経済的効果と適応コストの減少によってもたらされる経済的効果の総量は、緩和策の厳格性が増すとともに増加する（*確信度が高い*）。気候変動による経済的損害を取り入れたモデルでは、温暖化を21世紀を通じて2°Cに抑えるための世界全体のコストは、温暖化削減による世界全体の経済的効果を下回る。ただし、以下の場合はこの限りでない。i）気候変動が下限に近い。ii)将来の損害が高い率で割り引かれている（*確信度が中程度*）。[68]　世界全体の排出量が現在から遅くとも2025年までの間にピークに達するモデル化された経路は、世界全体の排出量のピークがより遅いモデル化された経路に比べて、より急速な短期の移行とより高い初期投資を伴うが、経済にとって長期的な利益をもたらし、同時に気候変動の影響回避の恩恵をより早くもたらす（*確信度が高い*）。これらの利益と恩恵の正確な規模は、定量化することはむずかしい。{1.7, 3.6, Cross-Working Group Box 1 in Chapter 3, Box TS.7; AR6 WG II SPM B.4}

---

[66] これらの推定値は、緩和のGDPに対する影響を報告している311の経路に基づいており、これらを気温カテゴリーに分類することはできるが、これらは気候変動の損害も適応コストも算定に入れておらず、緩和の共便益(コベネフィット)とトレードオフの経済的影響をほとんど反映していない。ここに示している範囲は四分位間範囲である。定量化されたマクロ経済的影響は、技術に関する仮定、気候/排出量目標値の設定の仕方、モデルの構造と仮定、これまでに存在した非効率をどの程度考慮に入れているか、によって大きく異なる。気温カテゴリーに分類した経路を作り出したモデルは、現存する多様なモデリング手法のすべてを代表しているわけではなく、文献の中のモデルの中には、緩和コストがより高いという結果となったモデルもあれば、逆に緩和コストがより低い、或いは利益の結果になっているモデルもある。{1.7, 3.2, 3.6, Annex III I.2, Annex III I.9, Annex III I.10, Annex III II.3}

[67] 世界的に統一された炭素価格をもち、国際的な資金移転と補完的政策を伴わない、モデル化された費用対効果の高い経路では、炭素強度が高いエネルギーの輸出国は、より大きな経済の転換と、国際的なエネルギー市場の変化のため、相対的により高い緩和コストを負担すると予測されている。{3.6}

[68] 温暖化を1.5°Cに抑える場合について、同様の堅牢な結論を出すには証拠があまりにも限られている。

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 年以降長期的に変化する。

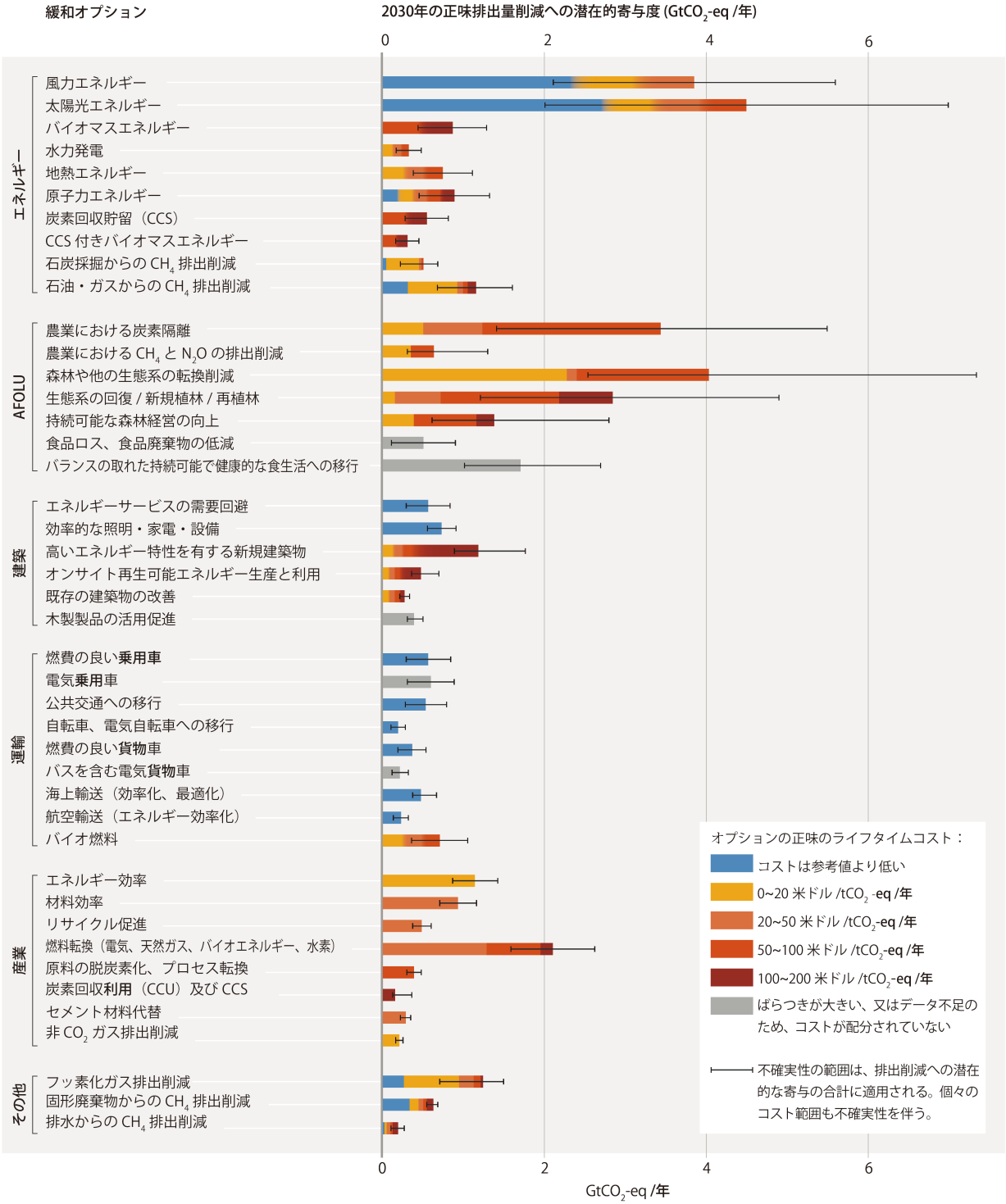


図 SPM.7：緩和オプションの概要と、2030年におけるコストと可能性の推定範囲。

図 SPM.7（続き）：緩和オプションの概要と、2030年におけるコストと可能性の推定範囲。　ここに示すコストは、気候温暖化ガス排出回避の正味のライフタイムコストである。コストは、参照技術との比較で算出されている。部門別評価は、ポテンシャルの定義、目標達成年、参照シナリオ、コストの定義などを含めて共通の方法論を用いて行った。（横軸に示す）緩和ポテンシャルは、特定の排出量ベースラインを基準に、所定の緩和オプションで達成できる温室効果ガスの正味排出削減量である。温室効果ガスの正味の排出削減量は、排出削減量及び/又は吸収増加量の合計である。使用したベースラインは、AR6シナリオデータベース(25/75 パーセンタイル値)に存在する現行政策(~ 2019年) 参照シナリオで構成される。当該評価はおよそ175の基礎資料に基づいており、これらは全体として見ると、全地域にわたって排出削減ポテンシャルを公平に表現している。緩和ポテンシャルは各オプションについて個別に評価されていて必ずしも加算的になっていない。{12.2.1, 12.2.2}　塗りつぶされた棒グラフの長さは、あるオプションの緩和ポテンシャルを表している。エラーバーは、総緩和ポテンシャルの推定値の全範囲を示す。コスト推定値の不確実性は、技術の進歩スピードに関する仮定、地域差、スケールメリットに起因する。こうした不確実性は本図では示していない。ポテンシャルは、コストカテゴリーに区分し、色を変えて示している（凡例参照）。金銭的な割引ライフタイムコストのみを検討している。色がグラデーションとなっている箇所は、ポテンシャルをコストで区分するだけの知見がないか、地理的な立地、資源の利用可能性、地域事情などの要因に大きく左右されることを示し、色は推定値の範囲を示している。コストは、基礎資料となっている（ほとんどが2015年から2020年の）研究か最近のデータセットから直接引用された。使用しているコストが広範囲であるため、インフレに対する補正は行っていない。基準技術のコストも基礎研究と最近のデータセットから直接引用されている。技術の習得によるコスト削減が考慮されている。[69]

- 本図を解釈するときには、以下を考慮されたい。
- 緩和ポテンシャルは、転換される参照技術（と排出量）、新規技術の導入スピード、その他複数の要因に左右されるので、不確実なものである。
- コストと緩和ポテンシャルの推定値は、利用できる部門別研究から外挿されている。実際のコストとポテンシャルは、場所、文脈、時期によってばらつきがある。
- 2030年以後は、評価された緩和オプションの相対的な重要性は、とりわけ長期緩和目標を追求している間に変化すると予想され、また、地域によって注力するオプションが異なることも認識される（具体的な緩和オプションについては、C4.1, C5.2, C7.3, C8.3 及びC9.1を参照）。
- オプションによってコスト面以外でも実現可能性が異なるが、これは本図には反映されていない（E.1参照）。
- 100 米ドル/ tCO_2-eqから 200米ドル/ tCO_2-eqというコスト範囲であるポテンシャルは、オプションによっては低く見積もられている場合がある。
- 変動する再生可能エネルギー源を電力網に統合するためのコストは2030年までは控えめであると予想されており、このようなコストを個々の技術オプションに帰属させるのは複雑になるため、ここでは含めていない。
- コスト範囲のカテゴリーは低から高の順に記載されている。この順番は、実施の順序を意味するものではない。
- 外部性は考慮されていない。{12.2, 表12.3, 6.4, 表7.3, Supplementary Material 表 9.SM.2, Supplementary Material 表 9.SM.3, 10.6, 11.4, 図 11.13, Supplementary Material 12.SM.A.2.3}

[69] 原子力エネルギーについては、放射性廃棄物の長期保管についてモデル化したコストが含まれている。

D.　緩和、適応、持続可能な開発の連携

D.1　気候変動の影響を緩和し、適応するための加速した衡平な気候行動は、持続可能な開発のために非常に重要である。気候変動行動もまた一部のトレードオフをもたらしうる。個々のオプションのトレードオフは、政策設計により管理することができる。国連の「持続可能な開発のための2030アジェンダ」の下で採択された持続可能な開発目標（SDGs）は、持続可能な開発の文脈において、気候行動の評価基準として利用することができる。（*確信度が高い*）(図 SPM.8) {1.6, 3.7, 17.3, 図 TS.29}

D.1.1　人為的な気候変動は、持続不可能なエネルギーの利用、土地利用と土地利用変化、生活様式と消費・生産パターンによって一世紀以上にわたって排出されてきた正味のGHG排出量の結果である。緊急の効果的で衡平な緩和行動なくしては、気候変動は世界中の人々の健康と生計、生態系の健全性、及び生物多様性をますます脅かす。気候行動とSDGsの追及の間には相乗効果とトレードオフの両方がある。気候変動の影響を緩和し、それに適応するための加速した衡平な気候行動は、持続可能な開発のために非常に重要である。（*確信度が高い*）{1.6, Cross-Chapter Box 5 in Chapter 4, 7.2, 7.3,17.3; AR6 WG I SPM.A, 図 SPM.2; AR6 WG II SPM.B.2, 図 SPM.3, 図 SPM.4b, 図 SPM.5}

D.1.2　相乗効果とトレードオフは、不平等を含む開発の文脈、及び気候正義への配慮によって左右される。それらはまた、実施手段、部門内・部門間の相互作用、国家間・地域間の協力、緩和行動の順序、タイミングと厳しさ、ガバナンス、および政策設計にも左右される。相乗効果を最大限にし、トレードオフを避けることは、制度上、技術上、資金上の能力が限られ、社会的・人的・経済的資本に制約のある開発途上国、脆弱な人々及び先住民にとって、特に困難となる。トレードオフは、能力構築、資金、ガバナンス、技術移転、投資及び先住民と脆弱な人々の有意義な参加による開発と社会的平等への配慮を強調することにより、評価され、最小限になりうる。（*確信度が高い*）{1.6, 1.7, 3.7, 5.2, 5.6, 7.4, 7.6, 17.4}

D.1.3　持続可能な開発と、エネルギー効率及び再生可能エネルギー、グリーン空間の多い都市計画、大気汚染の軽減、バランスの取れた、持続可能で健康的な食生活へのシフトを含む需要側の緩和との間には、相乗効果のポテンシャルがある（*確信度が高い*）。低GHGエネルギーと組み合わせた電化と公共交通機関への移行は、健康と雇用を促進し、エネルギー安全保障につながり、衡平性を提供しうる（*確信度が高い*）。産業においては、電化と循環型の材料の流れが、環境への圧力の低下及び経済活動と雇用の増大に貢献する。しかし、産業オプションの中には、コストが高いものもありうる（*確信度が中程度*）。(図 SPM.8) {5.2, 8.2, 11.3, 11.5, 17.3, 図 TS.29}

D.1.4　再植林と森林保全、森林減少の回避と自然生態系及び生物多様性の回復と保全、持続可能な森林経営の向上、アグロフォレストリー、土壌炭素管理及び農業における家畜と土壌からのCH_4 と N_2O の排出量を削減するオプションといった土地ベースのオプションは、SDGsと複数の相乗効果を持ちうる。これらには、持続可能な農業の生産性とレジリエンスの強化、食料安全保障、人が使用するための追加的なバイオマスの供給、土地の劣化に対する対処が含まれる。相乗効果を最大限にし、トレードオフを管理することは、特定の慣行、実施の規模、ガバナンス、能力構築、既存の土地利用との統合、地域コミュニティと先住民の参加、砂漠化対処条約(UNCCD)の中の「土地の劣化の中立性」のような枠組みに支えられた利益配分に依存する。（*確信度が高い*）{3.7, 7.4, 12.5, 17.3}

D.1.5 雇用、水の利用、土地利用の競合及び生物多様性並びにエネルギー、食料、水資源へのアクセスとその価格の手頃性に関するトレードオフは、土地ベースの緩和オプション、特に、既存の持続可能な土地利用と土地の権利を脅かさない緩和オプションの適切な実施により、回避されうるが、統合的な政策実施のための枠組みがさらに必要である。バイオエネルギー及びその他の生物ベースの製品の持続可能性は、原料、土地管理方法、気候地域、既存の土地管理の文脈、及び、導入の時期、規模、速度に影響を受ける。（*確信度が中程度*）{3.5, 3.7, 7.4, 12.4, 12.5, 17.1}

D.1.6 土壌炭素隔離やバイオ炭[70]のようなCDR方法は、土壌の質と食料生産能力を向上しうる。生態系の回復と再植林は、植物と土壌に炭素を隔離し、生物多様性を強化し、追加的なバイオマスを供給しうるが、食料生産と生計を置き換えてしまう可能性があるため、土地利用計画には食料安全保障を含む複数の目的を満たすような統合的アプローチが必要である。しかし、オプションのいくつかは、現在、その適用が限られているため、潜在的な便益についてある程度の不確実性がある。（*確信度が高い*）{3.7, 7.4, 7.6, 12.5, 17.3, 表 TS.7}

[70] 潜在的なリスク、土壌改質としてのバイオ炭の使用が比較的未成熟であることによる知識ギャップ、及びバイオ炭が広く普及した場合の影響が未知であること、ならびにバイオ炭の共便益（コベネフィット)については、7.4.3.2 で検討している。

緩和オプションは多数の「持続可能な開発目標」と相乗効果を有すが、トレードオフとなるオプションもある。相乗効果とトレードオフは状況と規模によって異なる。

	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
農業、林業及びその他の土地利用（AFOLU）	農業における炭素隔離[1]	+	+	•			+		+				•	+	+	+		Sections 7.3, 7.4, 7.6
	農業における CH_4 と N_2O の排出削減		•	+			•			•			+	+	+			Section 7.4
	森林や他の生態系の転換削減[2]	•	−	+			+		•			•		+	+	•	•	Section 7.4
	生態系の回復 / 新規植林 / 再植林	+	•	+			•		−		•	+		+	+			Section 7.4
	持続可能な森林経営の向上	+	•	+			+	•	+	+	•	•		+	+			Section 7.4
	食品ロス、食品廃棄物の低減	+	+	+			+	+			+	+	+	+	+	+		Section 7.5
	バランスの取れた持続可能で健康的な食生活への移行	•	+	+			+	+		•	+	+	+	+	+			Section 7.4
	再生可能物資の供給[3]	•	•	•			•	•	+	+				•	•			Section 7.6
都市システム	都市域の土地利用と空間設計	+	•	+	+	+	+	+	+	+	•	+	•	•	•	+		Sections 8.2, 8.4, 8.6
	都市エネルギーシステムの電化	+	•	+	+	+	+	+	+	+	+	+	•	+	•	+		Sections 8.2, 8.4, 8.6
	地域暖冷房網	+	−	+				+	+	+		+	+		+	+		Sections 8.2, 8.4, 8.6
	都市域のグリーン及びブルーインフラ	+	+	+	+		+	+	+	+	•	+	+	+	+	+		Sections 8.2, 8.4, 8.6
	廃棄物の防止 / 最小化 / 管理	+	+	•			+		•	+		+	•	+	+	+		Sections 8.2, 8.4, 8.6
	部門、戦略、イノベーションの統合	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Sections 8.2, 8.4, 8.6
建築	需要側の管理	+	+	+			+	+	•	•	+	+	+					Section 9.8, Table 9.5
	高エネルギー効率の建物外被	•	+	•	+		+	+	•	•	•	+	+			+	+	Section 9.8, Table 9.5
	効率のよい暖房 / 換気 / 空調（HVAC）	•	+	+			+	+	•	•	•	+	+					Section 9.8, Table 9.5
	効率のよい電化機器	•	+	+	+	+	+	+	•	−	•	+	•		+			Section 9.8, Table 9.5
	建築の設計と性能	+	+	+			+	+	•	−	+	+	+		+	+		Section 9.8, Table 9.5
	再エネのオンサイト及び近接生産利用	•	•	+	+	+	•	•	•	•	•	+	+		+	+	+	Section 9.8, Table 9.5
	建築工法の変更と循環経済			+			•	+	•	+		+	+				+	Sections 9.4, 9.5
	建築材料の変更			•			•	+	•	+		+	+		−		+	Section 9.4
運輸	**燃費の良い乗用車**	+		+				+	+			+			+			Sections 10.3, 10.4, 10.8
	電気**乗用**車			•				•	+	+	•	+	•					Sections 10.3, 10.4, 10.8
	公共交通へ転換	+		+	+	+		+	+	•	+	+	+					Sections 10.2, 10.8, Table 10.3
	自転車、電気自転車、無動力輸送へ転換	+		•	+	+		+	+	+	+	+	+		+			Sections 10.2, 10.8, Table 10.3
	燃費の良い貨物車	+		+				+	+						+			Sections 10.3, 10.4, 10.8
	（電化を含め）燃料転換**した貨物車**			+				+	+	+			•					Sections 10.3, 10.4, 10.8
	海運の効率 / 物流の最適化 / 新燃料							+	+	+								Sections 10.6, 10.8
	航空 – エネルギー効率、新燃料							+	+	+								Sections 10.5, 10.8
	バイオ燃料		•	•				+	+	+		+		•	•			Sections 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, 10.8
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

図 SPM.8：部門別及びシステム別緩和オプションとSDGs の間の相乗効果とトレードオフ。

図 SPM.8（続き）：部門別及びシステム別緩和オプションとSDGs の間の相乗効果とトレードオフ。
部門別の章(第6章～第11章)には、部門別緩和オプションとSDGsの間の相乗効果とトレードオフの定性的な評価が含まれている。図SPM.8は、選定した緩和オプションについて章記載の評価のまとめを示している（その基盤となっている評価についてはSupplementary Material 表 17.SM.1を参照）。最後の列には参照すべき部門別の章が記載されていて、それを見ると状況の特異性と実施規模によって当該相互作用も変化することが詳細に書かれている。空欄は文献が限定的なために相互作用の評価が行われなかったことを示す。空欄は緩和オプションとSDGsの間に相互作用がないという意味ではない。確信度は、部門別の章が評価した基礎文献のエビデンスの質と一致性に左右される。相乗効果とトレードオフの両方が存在するときは、それらの相互作用については確信度の低い方を使用している。緩和オプションには、部門やシステムの複数にわたって適用できるものがある。一部の緩和オプションとSDGsの間の相互作用は、部門やシステムによっても、また、状況と実施規模によっても異なるであろう。実施規模は、特に、乏しい資源の取り合い競争が存在するときに問題となる。{6.3, 6.4, 6.7, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 8.2, 8.4, 8.6, 図 8.4, Supplementary Material 表 8.SM.1, Supplementary Material 表 8.SM.2, 9.4, 9.5, 9.8, 表 9.5, 10.3,10.4, 10.5, 10.6, 10.8, 表 10.3, 11.5, 12.5, 17.3, 表 17.1, Supplementary Material 表 17.SM.1, Annex II. IV.12}

D.2　持続可能な開発、脆弱性及び気候リスクの間には強い関連性がある。特に開発途上国においては、経済的、社会的、制度的資源が限定的であるため、脆弱性が高く、適応能力が低い結果となる場合が多い（*確信度が中程度*）。いくつかの対応のオプションは、特に人間の居住地や土地管理において、そして生態系との関連において、緩和と適応の両方の成果をもたらす。しかし、陸域生態系と水域生態系は、一部の緩和行動によって、その実施次第では悪影響を受けうる（*確信度が中程度*）。協調的な部門横断的な政策と計画により、相乗効果を最大化し、 緩和と適応の間のトレードオフを回避または低減しうる （*確信度が高い*）。 {3.7, 4.4, 13.8, 17.3, AR6 WG II}

D.2.1　屋上緑化、ファサード緑化、公園や空き地のネットワーク、都市の森林や湿地の管理、都市農業、及び水資源に配慮した設計などの持続可能な都市計画及びインフラ設計は、居住地において、緩和と適応の両方の便益をもたらしうる（*確信度が中程度*）。これらのオプションはまた、洪水リスク、都市の下水道網に対する圧力、都市のヒートアイランド現象を軽減し、大気汚染の減少による健康上の便益をもたらしうる（*確信度が高い*）。また、トレードオフも存在しうる。例えば、移動需要を削減するための都市の高密度化は、熱波や洪水に対する脆弱性の高まりにつながる可能性がある（*確信度が高い*）。(図 SPM.8) {3.7, 8.2, 8.4, 12.5, 13.8, 17.3}

D.2.2　適応の潜在的共便益(コベネフィット)をもつ土地関連の緩和オプションには、アグロフォレストリー、被覆作物、間作、多年生植物によって自然植生を回復し劣化した土地を修復することが含まれる。これらは、土地の生産性を維持し、生計を保護・多様化することによってレジリエンスを高めうる。マングローブと沿岸湿地の回復は、炭素を隔離するともに、沿岸の浸食を低減し高潮から保護することにより、海面水位上昇と極端な気象のリスクを低減する。（*確信度が高い*）{4.4, 7.4, 7.6, 12.5, 13.8}

D.2.3　一部の緩和オプションは、土地、水資源、バイオマスを含む乏しい資源に対する競争を激化させうる。その結果、適応能力も低下する可能性があり、とりわけ大規模に導入され、急速に拡大すると、特に土地や水資源が非常に限られている場合に既存のリスクを悪化させうる。例としては、十分に計画せずにバイオエネルギーやバイオ炭を大規模展開することや、自然には森林の存在しない土地への新規植林がある。（*確信度が高い*）{12.5, 17.3}

D.2.4　部門内及び部門間における協調政策、衡平なパートナーシップ、及び適応と緩和の統合は相乗効果を最大限にし、トレードオフを最小限にし、その結果、気候行動に対する支持を高めうる（*確信度が中程度*）。たとえ、緩和の取り組みが世界的に広範に実施されたとしても、適応のために、多大な資金、技術及び人的な資源が必要である。社会的、制度的システムにかかわる資源の不在或いは不足は、協調を欠く対応につながり、その結果、緩和と適応の便益を最大限にするポテンシャルが減少し、リスクが増大しうる（*確信度が高い*）。{12.6, 13.8, 17.1, 17.3}

D.3　強化された緩和や、持続可能性に向けて開発経路を移行させるためのより広範な行動は、国内及び国家間に分配的な影響をもたらす。衡平性への配慮や、全ての規模における意思決定への全ての関係者の幅広く有意義な参加は、社会的信頼を築き、変革への支持を深め、広げうる。（*確信度が高い*）{3.6, 4.2, 4.5, 5.2, 13.2, 17.3, 17.4}

D.3.1　あらゆる経済発展段階の国々が国民の福祉の向上を追求しており、その開発優先課題は、出発点や状況の違いを反映している。状況の違いには、社会状況、経済状況、環境状況、文化状況、政治状況、資源賦存量、能力、国際環境、歴史などがある。したがって、開発経路を持続可能性の増大に向けて移行させることを可能にする条件は異なり、その結果、ニーズも異なる。（*確信度が高い*）(図 SPM.2) {1.6, 1.7, 2.4, 2.6, Cross-Chapter Box 5 in Chapter 4, 4.3.2, 17.4}

D.3.2　野心的な緩和経路には、経済構造上の大きな、時には破壊的な変化と、国内及び国家間の分配に対する大きな影響を伴うことが示唆される。時間の経過とともに国家の区分に変化が生じ、公平なシェアを評価する上での困難にも関わらず、衡平性は依然として、国連の気候レジームの中心的な要素である。国内及び国家間の分配に対する大きな影響には、高排出活動から低排出活動への移行中に所得と雇用がシフトすることが含まれる。一部失われる職がある一方、低排出開発はまた、国家間、部門間で違いはあるものの、スキルを改善し、持続的な雇用を生み出すためのより多くの機会をもたらしうる。統合された政策パッケージでは、衡平性、ジェンダー平等と公正さへの配慮をよりよく統合することができる。（*確信度が高い*）{1.4, 1.6, 3.6, 4.2, 5.2, Box 11.1, 14.3, 15.2, 15.5, 15.6}

D.3.3　国内における排出の分布と緩和政策の影響に関する不平等は、社会の結束及び緩和策や他の環境政策の受容に影響を及ぼす。衡平性と公正な移行は、緩和の加速に対する野心をより大きくすることを可能にする。集団型・参加型の意思決定プロセスを通して公正な移行の原則を適用し実施することは、国の事情に応じてその方法は異なるが、衡平性の原則をあらゆる規模の政策に組み込む効果的な方法である（*確信度が中程度*）。これは多くの国や地域で既に行われており、複数の国で公正な移行に関する国家委員会やタスクフォースが設置され、それに関連した国の政策が整備されている。様々な主体、ネットワーク、運動が参加している（*確信度が高い*）。{1.6, 1.7, 2.4, 2.6, 4.5, 13.2, 13.9, 14.3, 14.5}

D.3.4　ニーズに明確に対処しつつ、国内及び国際的な資金、緩和を促進する技術、能力に対する衡平なアクセスを拡大することは、国内及び国際政策に衡平性と正義をより一層組み込み、緩和を加速し開発経路を転換する触媒としての役割を果たしうる（*確信度が中程度*）。倫理と衡平性を考慮することは、あらゆる社会において、1.5°C以上の温暖化の悪影響の不均等な分布に対処するにあたって有用である（*確信度が高い*）。緩和の便益と負担の衡平な共有、特に脆弱な国やコミュニティの気候変動インパクトに対するレジリエンスの強化、支援が必要な人々に対する衡平な支援を通して、気候正義を考慮することにより、持続可能性に向け

た開発経路の移行が促進される（*確信度が高い*）。{1.4, 1.6, 1.7, 3.6, 4.2, 4.5, Box 5.10, 13.4, 13.8, 13.9, 14.3, 14.5, 15.2, 15.5, 15.6, 16.5, 17.3, 17.4; SR1.5 SPM, AR6 WG II Chapter 18}

E.　対策の強化

E.1　短期的に大規模展開が実現可能[71]な緩和のオプションは複数ある。実現可能性は、部門や地域、能力、及び実施の速度と規模によって異なる。緩和オプションを広く展開するためには、実現可能性の障壁を削減又は除去し、可能にする条件[72]を強化する必要があるだろう。これらの障壁と可能にする条件には、地球物理学的、環境生態学的、技術的、経済的な要因があり、特に、制度的要因と社会文化的要因がある。 UNFCCC COP26以前に発表されたNDCを超えるような短期的な対策の強化は、オーバーシュートしないまたは限られたオーバーシュートを伴って1.5°C（＞50%）に抑えるという世界全体のモデル化された経路における長期的な実現可能性の課題を軽減や回避、もしくはその両方をしうる。（*確信度が高い*）{3.8, 6.4, 8.5, 9.9, 10.8, 12.3, 図 TS.31, Annex II.IV.11}

E.1.1　いくつかの緩和オプション、特に太陽光エネルギー、風力エネルギー、都市システムの電化、都市グリーンインフラ、エネルギー効率、需要側管理、森林や土地/草地の管理向上、及び食品廃棄とロスの削減は、 技術的に実施可能であり、費用対効果が高まりつつあり、全般的に世論の支持を得ている。このため多くの地域で展開が可能となっている（*確信度が高い*）。多数の緩和オプションが、たとえば非常に大規模なバイオエネルギーやバッテリー蓄電の大規模利用など、非常に大規模に展開されると、大気質の改善と有毒廃棄物の削減などの環境上の共便益（コベネフィット）を有す一方で、生物多様性の減少のように、管理する必要のあるような環境上の悪影響をもたらすオプションも多数ある（*確信度が中程度*）。ほとんどすべての緩和オプションが制度的な障壁に直面していて、大規模展開を可能にするためにはこれに対応する必要がある（*確信度が中程度*）。{6.4, 図 6.19, 7.4, 8.5, 図 8.19, 9.9, 図 9.20, 10.8, 図 10.23, 12.3, 図 12.4, 図 TS.31}

E.1.2　緩和オプションの実現可能性は、状況と時期によってばらつきがある。たとえば、導入を支える制度的な能力は国によって異なる。大規模な土地利用変化を伴うオプションの実現可能性は地域で異なる。空間計画は都市開発の早期においてより高いポテンシャルがある。地熱の可能性は用地特定である。各種能力、文化と地元の事情は需要側の対応策を阻害することもあれば可能にすることもありうる。太陽光と風力エネルギーの導入は時間の経過とともに実現可能性が高まってきていると評価されている。一部のオプションの実現可能性は、土地を農業と太陽熱エネルギーの集約生産の両方に利用する場合のように組み合わせや統合化することで高めうる。（*確信度が高い*）{6.4, 6.6, Supplementary Material 表 6.SM, 7.4, 8.5, Supplementary Material 表 8.SM.2, 9.9, Supplementary Material 表 9.SM.1, 10.8, Appendix 10.3, 12.3, 表 12.SM.B.1～12.SM.B.6}

E.1.3　実現可能性は、実施の規模と速度に依存する。ほとんどのオプションは、大規模かつ急速に実施されたときに障壁に直面するが、どの規模で障壁が表面化するかは異なる。温暖化を2°C以下 (>67%)に抑える費用対効果があるモデル化された世界全体の経路において、強化

[71] 本報告書において「実現可能性」の用語は、緩和あるいは適応オプションの実施の可能性を意味する。実現可能性に影響を与える要因は状況に依存し、時間の経過とともに変化するかもしれない。実現可能性は、オプションの実施を可能にもしくは抑制する、地球物理学的、環境生態学的、技術的、経済的、社会文化的、制度的な要因に依存する。オプションの実現可能性は、異なるオプションを組み合わせることで変化し、また可能にする条件が強化されることで高まるかもしれない。

[72] 本報告書において「可能にする条件」との用語は、適応オプションと緩和のオプションの実現可能性を強化する条件を意味する。可能にする条件は、資金、技術革新、政策手段の強化、制度的能力、複層的なガバナンス、人間の行動や生活様式の変化を含む。

した短期的な協調行動は、行動が相対的に遅い、あるいは協調されていないモデル化経路に比較して、システム移行の実現可能性にかかわる全体的なリスクを軽減する。[73]（*確信度が高い*）{3.8, 6.4, 10.8, 12.3}

E.2　全ての国において、より広範な開発の文脈に組み込まれた緩和努力によって、 排出削減の速度、深度、幅を増大させうる（*確信度が中程度*）。開発経路を持続可能性に向けて移行させる政策は、利用可能な緩和対策のポートフォリオを拡げ、開発目標との相乗効果 の追求を可能にする（*確信度が中程度*）。開発経路を移行させ、 システム全体にわたる緩和と変革を加速させる行動を、今、取ることができる（*確信度が高い*）。{4.3, 4.4, Cross-Chapter Box 5 in Chapter 4, 5.2, 5.4, 13.9, 14.5, 15.6, 16.3, 16.4, 16.5}

E.2.1　現行の開発経路は、あらゆる規模において、緩和の加速化を阻むような、行動、空間、経済及び社会に係る障壁を生み出すかもしれない（*確信度が高い*）。政策決定者、市民、民間、その他利害関係者による選択が各社会の開発経路に影響する（*確信度が高い*）。たとえばエネルギーシステムと土地制度の移行、経済全体の構造的変化、行動変化のかじ取りを行う行動は、開発経路を持続可能な方向に転換させうる[74]（*確信度が中程度*）。{4.3, Cross-Chapter Box 5 in Chapter 4, 5.4, 13.9}

E.2.2　広範な部門別政策、生活様式や行動様式の変容を誘導する政策、金融規制、マクロ経済政策のような、開発経路を転換させる政策と組み合わせた緩和は、障壁を乗り越え、より幅広い緩和オプションを可能としうる（*確信度が高い*）。また、緩和に他の開発目標を組み合わせることを促進しうる（*確信度が高い*）。たとえば、電化と再生可能エネルギーと共に歩きやすい都市作りを促進すれば、きれいな空気による健康上の共便益(コベネフィット)や移動性の向上といった便益が生まれうる（*確信度が高い*）。移住地の選択肢の幅を広げるような、他の政策と連携した住宅政策は運輸部門の緩和策の効果をより高めうる（*確信度が中程度*）。{3.2, 4.3, 4.4, Cross-Chapter Box 5 in Chapter 4, 5.3, 8.2, 8.4}

E.2.3　制度的及び規制的能力、イノベーション、資金、様々な規模でのガバナンスと連携の向上並びに多目的な政策は、緩和の強化と開発経路の転換を可能にする。こうした取り組みは相互補強効果を発揮し、フィードバックの好循環を生み出し、その結果、緩和の加速につながりうる。（*確信度が高い*）{4.4, 5.4, 図 5.14, 5.6, 9.9, 13.9,14.5, 15.6, 16.3, 16.4, 16.5, Cross-Chapter Box 12 in Chapter 16}

E.2.4　上記の可能にする条件すべてにおいて強化された行動を、今、起こすことができる（*確信度が高い*）。開発早期の技術イノベーションや低排出に向けた行動の変化のような状況によっては、可能にする条件が確立するまで時間がかかるかもしれないため、短期の行動は、中期的に緩和の加速化をもたらしうる（*確信度が中程度*）。他の状況においては、可能にする条件を入れ込むことで、比較的短時間に成果を得ることができる。たとえば、エネルギー関連情報や助言とフィードバックを提供し、省エネルギー行動を促進することができる（*確信度が高い*）。{4.4, 5.4, 図 5.14, 5.6, 6.7, 9.9, 13.9, 14.5, 15.6, 16.3, 16.4, 16.5, Cross-Chapter Box 12 in Chapter 16}

---

[73] モデル化した経路に記述されている将来の実現可能性の課題は、過去の現実世界における実現可能性に関する経験とは異なるかもしれない。

[74] 社会は様々な持続可能な開発目的を追求するものであり、持続可能性は文脈によって異なる解釈をされる場合がある。

E.3　気候ガバナンスは、各国の事情に基づき、法律、戦略、制度を通じて行動し、多様な主体が相互に関わる枠組みや、政策策定や実施のための基盤を提供することにより、緩和を支援する(*確信度が中程度*)。気候ガバナンスは、それが複数の政策領域にわたって統合し、相乗効果の実現とトレードオフの最小化を支援し、国と地方の政策決定レベルを結びつけるときに最も効果的なものとなる（*確信度が高い*）。効果的で衡平な気候ガバナンスは、市民社会の主体、政治の主体、ビジネス、若者、労働者、メディア、先住民、地域コミュニティとの積極的な関与の上に成り立つ（*確信度が中程度*）。{5.4, 5.6, 8.5, 9.9, 13.2, 13.7, 13.9}

E.3.1　気候ガバナンスでは、全体的な方向性を提供し、目標を設定し、政策分野横断的に気候行動を主流化し、規制上の確実性を強化し、専門組織を設立し、資金動員の背景を創出することにより、緩和を可能にする（*確信度が中程度*）。これらの機能は、数が増えつつある気候関連法規や気候戦略などによって、国と地方の状況に基づいて促進しうる（*確信度が中程度*）。基本法は、当該国の事情に基づき、目標設定・実施方式か部門別主要課題化方式のいずれか、またはその両方によって 、基本的な法的枠組みを設定する（*確信度が中程度*）。国と地方の法令において、 緩和を対象とすることを明示している直接法と緩和関連の政策によって排出に影響を与える間接法のいずれも緩和の結果に関連することが示されている（*確信度が中程度*）。{13.2}

E.3.2　国家の効果的な気候関連制度とは、部門間、異なる規模間、各種主体間の連携に取り組み、多岐にわたる利害の間で行動に向けたコンセンサスを構築し、戦略設定の情報を提供するものである（*確信度が中程度*）。こうした機能は、国の独立した専門家団体や、省庁管轄権を超越した高位の調整機関によって担われることが多い。補完的な地方機関が気候行動を地元の事情に合わせて調整し、実験的試みを可能にするが、不衡平性や限定された資源と能力によって制約を受ける可能性がある（*確信度が高い*）。効果的なガバナンスとは、すべてのレベルにおいて充分な制度整備力を必要とする（*確信度が高い*）。{4.4, 8.5, 9.9, 11.3, 11.5, 11.6, 13.2, 13.5, 13.7, 13.9}

E.3.3　市民社会の主体、政治の主体、ビジネス、若者、労働者、メディア、先住民、そして地域コミュニティがどの程度関わっているかが、気候変動の緩和に対する政治的な支持とひいては政策の成果に影響する。国家の事情と能力の構造的要因 (経済及び自然資産、政治制度、文化的要因、ジェンダーに対する配慮等) が気候ガバナンスの広がりと奥行きに影響を及ぼす。現在主流となっている考え方、価値観、信条と整合する緩和オプションは、導入と実施がより容易である。気候関連の訴訟が増加しつつあり、たとえば、政府、民間、市民社会や個人が係争している。これらの訴訟の多くが一部の先進国で発生しており、はるかに少ない数ではあるが開発途上国でも発生していて、気候ガバナンスの成果と野心に影響を与えた事例もある。（*確信度が中程度*）{5.2, 5.4, 5.5, 5.6, 9.9, 13.3, 13.4}

E.4　多くの規制的手段や経済的手段はすでに成功裏に展開されている。制度の設計は、衡平性やその他の目標に対処するのに役立ちうる。これら制度は、規模を拡大し、より広範に適用すれば、大幅な排出量の削減を支援し、イノベーションを刺激しうる（*確信度が高い*）。イノベーションを可能にし、能力を構築する政策パッケージは、個々の政策よりも、衡平な低排出な将来への移行をよりよく支援できる（*確信度が高い*）。各国の状況に即した経済全体のパッケージは、排出量を削減し、開発経路を持続可能な方向にシフトさせつつ、短期的な経済目標を達成しうる（*確信度が中程度*）。{Cross-Chapter Box 5 in Chapter 4,　13.6, 13.7, 13.9, 16.3, 16.4, 16.6}

E.4.1　部門レベルにおいて幅広い規制手段が排出削減に有効であることを立証している。これらの手段と、関連する経済手段[75]を含めたすそ野の広いアプローチは補完的である（*確信度が高い*）。柔軟なメカニズムを組み込んで実施されるように設計された規制手段は、コストを下げうる（*確信度が中程度*）。国の状況に合わせて規制手段の規模を拡大し、その使用を強化することで、部門別の適用における緩和成果を向上させうる。部門別の適用には、再生可能エネルギー、土地利用とゾーニング、建築基準、車両とエネルギーの効率化、燃料規格、ならびに低排出な工業プロセスと材料を含むがこれに限らない（*確信度が高い*）。{6.7, 7.6, 8.4, 9.9, 10.4, 11.5, 11.6, 13.6}

E.4.2　経済的手段は、主として国レベル、地方レベル、そして地域レベルにおける規制手段に補完されて、排出を削減するのに効果を示してきた（*確信度が高い*）。カーボンプライシングは、それが実施されたところでは、低コストの排出削減対策を行うインセンティブとなったが、さらなる削減のために必要な、よりコストの高い対策の促進には、それ自体でも評価期間中に主に採用されていた価格帯でも、それほど効果的ではなかった（*確信度が中程度*）。こうしたカーボンプライシング手段の衡平性と分配の影響は、炭素税や排出権取引から生まれる収益を低所得世帯の支援に利用するなどして対応することができる（*確信度が高い*）。実際の経験が手段の設計に知見を提供し、予測性、環境上の実効性、経済効率、分配目標、及び社会受容性を高める一助となった（*確信度が高い*）。化石燃料補助金の廃止は、排出を削減し、公共部門の歳入とマクロ経済のパフォーマンスを改善し、他の環境上及び持続可能な開発上の便益をもたらすであろう。補助金の廃止は、特に最も経済的に脆弱な集団に分配上の悪影響を及ぼすかもしれない。場合によっては、節約できた収入分を再配分するような対策でこれは緩和しうるが、これらはすべて国の事情による（*確信度が高い*）。化石燃料補助金の廃止は、地域によってばらつきはあるが、2030年までに全世界のCO_2排出量を1～4%、GHG排出量を10%まで削減すると、様々な研究が予測している（*確信度が中程度*）。{6.3, 13.6}

E.4.3　低排出に向けた技術イノベーションは、特化した技術プッシュ型政策と投資（例えば、科学的研修、研究開発、実証）の組み合わせに、インセンティブと市場機会を創り出す需要プル型政策（例えば、標準化、固定価格買い取り制度、税金）があいまって強化される。低排出技術を導入し、社会経済的な便益を享受しトレードオフを管理する開発途上国の能力は、技術移転と並行して、現在は先進国に集中している資金リソースとイノベーション能力の増大によって強化されるであろう。（*確信度が高い*）{16.2, 16.3, 16.4, 16.5}

E.4.4　効果的な政策パッケージとは、対象において包括的であり、変化に対する明確なビジョンに基づき、目的項目全体において均衡がとれており、特定の技術とシステムのニーズに整合させており、設計に一貫性があり、国の状況に即したものであろう。 こうしたパッケージは気候と開発の目的全体にわたって相乗効果を実現しトレードオフを回避しやすくなっている。例としては、効率目標、建築基準、機器の性能規格、情報供与、カーボンプライシング、資金及び技術支援の組み合わせを通じた建築物由来の排出削減、それにイノベーション支援、市場創出、能力構築を通した産業由来のGHG排出削減がある。（*確信度が高い*）{4.4, 6.7, 9.9, 11.6, 13.7, 13.9, 16.3, 16.4}

[75] 経済手段は、排出を削減するような財政的インセンティブを提供するように組み立てられていて、市場ベース及び価格ベースの手段などを含む。

E.4.5　緩和を支援し環境に対する負の結果を回避する経済全体のパッケージには公共部門による長期的な支出のコミットメントや価格改革、ならびに教育や研修、自然資本、研究開発及びインフラに対する投資などがある（*確信度が高い*）。これらは排出削減を行い、開発経路を持続可能な方向に転換させながら、短期的な経済目標を達成しうる（*確信度が中程度*）。インフラ投資は、開発ニーズを満たしながら低排出な未来を促進するように設計しうる（*確信度が中程度*）。{Cross Chapter Box 5 in Chapter 4, 5.4, 5.6, 8.5, 13.6, 13.9, 16.3, 16.5, 16.6}

E.4.6　化石燃料に対する需要が減少すると輸出国にはコストとなりうるが（*確信度が高い*）、技術開発と普及、ならびに排出削減に向けた国際市場への参加を支援する国家政策は、他の国に対して前向きな波及効果をもたらしうる（*確信度が中程度*）。現行の排出権取引制度が大きな排出リーケージにつながったという一貫したエビデンスはなく、これには様々な理由がありうるが、競争効果を最小限にすることを意図した設計上の特徴に帰することができる（*確信度が中程度*）。{13.6, 13.7, 13.8, 16.2, 16.3, 16.4}

E.5　追跡調査された資金の流れは、すべての部門と地域にわたって、緩和目標の達成に必要なレベルに達していない。その資金ギャップ解消についての課題は、全体として開発途上国で最も大きい。緩和のための資金フローの拡大は、明確な政策の選択肢と政府および国際社会からのシグナルにより支えられうる（*確信度が高い*）。加速された国際的な資金協力は、低GHGと公正な移行を可能にする重要な成功要因であり、資金へのアクセスや、気候変動の影響のコストと脆弱性における不衡平に対 処しうる（*確信度が高い*）。{15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6}

E.5.1　温暖化を2℃もしくは1.5℃に抑えるシナリオにおける、2020年から2030年までのモデル化された平均年間投資必要額は、現行水準の3倍から6倍となっており、緩和投資総額(官民及び国内、国際)がすべての部門と地域で増大する必要があろう（*確信度が中程度*）。緩和投資ギャップは、すべての部門で大きいが、相対的にはAFOLU 部門と開発途上国において最大となっている[76]（*確信度が高い*）。適応、損失と損害の逓減、一般的なインフラ、規制環境及び能力構築、ならびに気候に対応した社会保護策のための資金と投資の要求は、開発途上国が資金を集める上での困難さを一層悪化させている（*確信度が高い*）。{3.2, 14.4, 15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5}

E.5.2　世界の金融システムの規模を考えれば、世界全体的の投資ギャップを埋めるのに必要十分な資本と流動性が世界には存在するが、世界の金融部門の内外両方において、気候行動に資本を振り向けさせるには障壁が存在し、開発途上地域にはマクロ経済的に逆風が吹いている。マクロ経済的な考慮点ならびに金融部門内から商業金融を展開させるうえでの障壁には次などがある。すなわち、気候関連リスクと投資機会の評価が不十分であること、利用可能な資本と投資ニーズの間に地域的ミスマッチが存在すること、ホームバイアス要因、国家の負債水準、経済的な脆弱性、そして限られた制度的能力である（*確信度が高い*）。金融部門外の課題には次を含む。すなわち、地域の資本市場が限定的であること、特に規制環境が野心の高さに見合っていないか弱いことに起因してリスクに対するリターンの分析結果が魅力的でないこと、制度機構能力が限定的であるためにセーフガードが担保されていないこと、投資機会と資金調達モデルの標準化、集約化、スケーラビリティ、及び再現性、そして商業投資の用意のあるパイプラインである。（*確信度が高い*）{15.2, 15.3, 15.5, 15.6}

[76] モデル化された経路では、地球温暖化を抑えるのに最も費用対効果が大きい時と場所で地域投資が発生すると予測されている。モデルによる定量化は、費用対効果のある投資のために優先的な分野を特定するのに有用であるが、当該地域への投資に誰が資金提供するのかについて何ら示唆を与えるものではない。

E.5.3　先進国及びその他の資金源から開発途上国への資金支援の加速化は、開発途上国にとって、緩和行動を強化し、コスト、支援条件を含む資金アクセスの不衡平及び気候変動に対する経済的脆弱性に対処する非常に重要な成功要因となる（*確信度が高い*）。脆弱な地域、特にサハラ以南のアフリカにおける緩和及び適応のための公的な無償資金供与の拡大は、費用対効果が高く、基礎エネルギーへのアクセスの点で社会的な投資効果が高いだろう（*確信度が高い*）。開発途上地域において緩和を促進するオプションには次を含む：年間1000億米ドル目標の文脈において、先進国から開発途上国への公的資金及び公的資金によって動員された民間資金のレベルを拡大すること、リスクを軽減し低コストで民間資金の流れを活用できるようにするため、政府による保証の利用を増やすこと、地域の資本市場育成、国際協力プロセスにおける信頼構築の強化（*確信度が高い*）。パンデミック後の回復を持続可能なものにし、次の10年における資金の流れを拡大するための協調された努力は、高い債務コスト、債務危機、マクロ経済の不確実性に直面している開発途上地域と国を含め、気候行動を加速化しうる（*確信度が高い*）。{15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 15.6, Box 15.6}

E.5.4　公共部門における資金と政策との整合性の強化を含めた政府と国際社会による明白なシグナル、ならびに公共部門における気候資金の拡大は、民間部門にとっての不確実性と移行リスクを縮小する。各国の事情によるが、投資家と金融仲介業者、中央銀行、金融規制当局は、気候行動を支持することができ、気候関連リスクと投資機会の認知度、透明性、考慮を強化することで、体系的に低く見積もられている気候関連リスクを変化させることができる。また、資金フローを次によって、資金ニーズに合致させることができる。すなわち、技術開発に対する支援の拡大、多国間及び国家の気候基金及び開発銀行の役割の継続、一部の国に存在するグリーンバンクのような事業体、ファンド、リスク共有メカニズムを通じた、サービスの届いていなかった集団の金融コストの引き下げ、経済的及び社会的な衡平性と分配上の影響を配慮した経済手段、地元コミュニティ、先住民、零細土地所有者の資金アクセスの強化ならびにジェンダー対応プログラムと女性活力強化プログラム、それに官民協力の強化である。（*確信度が高い*）{15.2, 15.5, 15.6}

E.6　国際協力は、野心的な気候変動緩和目標を達成するための極めて重要な成功要因である。国連気候変動枠組条約（UNFCCC）、京都議定書、及びパリ協定は、ギャップが残っているものの、各国の野心レベル引き上げを支援し、気候政策の策定と実施を奨励している。世界規模未満のレベルや部門レベルで実行され多様な主体が参画するパートナーシップ、協定、制度やイニシアチブが出現してきているが、その有効性の程度は様々である。（*確信度が高い*）{8.5, 14.2, 14.3, 14.5, 14.6, 15.6, 16.5}

E.6.1　排出量、行動、支援に関する各国の報告の透明性義務、及びNDC達成に向けた進捗状況の追跡を含め、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）、京都議定書、及びパリ協定 のような、国際的に合意されているプロセスや目標は、国際協力、国家の野心ならびに政策策定を強化している。開発途上国に対する国際金融、技術、能力構築の支援は、時間の経過と共に実施拡大を可能にし、野心的なNDCを奨励する。（*確信度が中程度*）{14.3}

E.6.2　能力構築、知見共有、ならびに技術及び資金支援を伴った技術開発と技術移転における国際協力は、国家ならびに準国家レベルにおいて緩和の技術、実務、政策の世界的な普及を加速し、これらを他の開発目標と整合させうる（*確信度が高い*）。イノベーションにおける協力の促進においては、評価文献によるとUNFCCCとパリ協定の要素の実施を含め、技術開発、技術移転及び資金との関連するもの等、課題と機会が存在する（*確信度が高い*）。イ

ノベーションにおける国際協力は、個別の制度及び能力の事情に沿ったものであるとき、地域のバリューチェーンに便益をもたらすとき、パートナーが自発的かつ相互に合意した条件で衡平に連携するとき、関連する全ての意見に耳が傾けられたとき、及び能力構築が当該取組の不可欠な一部であるときに、最もよく機能する（*確信度が中程度*）。開発途上国において資金支援を通じた場合も含め、技術革新のためのシステム及びイノベーション能力の強化のための支援は、イノベーションにおける国際協力への関与を促進し、これを向上させるだろう（*確信度が高い*）。{4.4, 14.2, 14.4, 16.3, 16.5, 16.6}

E.6.3　国境を越えたパートナーシップは、政策開発、低排出技術の普及、及び排出削減を、市、地域、非政府機関、民間を含めた地方その他主体を連携させること、ならびに国家と非国家主体間の相互作用を強化することによって刺激しうる。国境を越えたパートナーシップのこうした可能性は明白であるが、そのコスト、実現可能性、実効性については不確実性が残っている。国境を越えた自治体政府のネットワークは、野心の強化と政策策定、そして経験とベストプラクティスの交流の拡大につながっている（*確信度が中程度*）。{8.5, 11.6, 14.5, 16.5, Cross-Chapter Box 12 in Chapter 16}

E.6.4　環境や部門における国際協定、制度、取り組みは、低GHG排出に向けた投資を刺激し排出を削減する助けとなっているか、助けとなる場合がある。オゾン層破壊と国境を越えた大気汚染に対する合意は、緩和に貢献し、水銀の大気放出のような他の分野において緩和に貢献する可能性がある（*確信度が高い*）。貿易規則は緩和技術と緩和政策の国際的な導入を刺激する可能性を有するが、国の貿易に関連した気候政策を採用する能力に制約を与えるかもしれない（*確信度が中程度*）。部門別にみた野心の現行水準はばらつきがあり、国際航空と海運においては排出削減に向けた意思が他の多くの部門よりも低い（*確信度が中程度*）。{14.5, 14.6}