

ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

# 気候変動 2014

気候変動の緩和

政策決定者向け要約  
技術要約

WGIII

気候変動に関する政府間パネル  
第5次評価報告書  
第3作業部会報告書

翻訳



経済産業省  
Ministry of Economy, Trade and Industry



WMO



UNEP



# 気候変動 2014：気候変動の緩和

## 気候変動に関する政府間パネル

### 第 5 次評価報告書

### 第 3 作業部会報告書

## 政策決定者向け要約

## 技術要約

### 編集

**Ottmar Edenhofer**  
Working Group III Co-Chair Potsdam  
Institute for Climate Impact  
Research

**Ramón Pichs-Madruga**  
Working Group III Co-Chair Centro  
de Investigaciones de la Economía  
Mundial

**Youba Sokona**  
Working Group III Co-Chair South  
Centre

**Jan C. Minx**  
Head of TSU

**Ellie Farahani**  
Head of Operations

**Susanne Kadner**  
Head of Science

**Kristin Seyboth**  
Deputy Head of Science

**Anna Adler**  
Team Assistant

**Ina Baum**  
Project Officer

**Steffen Brunner**  
Senior Economist

**Patrick Eickemeier**  
Scientific Editor

**Benjamin Kriemann**  
IT Officer

**Jussi Savolainen**  
Web Manager

**Steffen Schlömer**  
Scientist

**Christoph von Stechow**  
Scientist

**Timm Zwickel**  
Senior Scientist

### Working Group III Technical Support Unit

### 注意

この資料は、IPCC 第 5 次評価報告書第 3 作業部会報告書政策決定者向け要約 (Summary for Policymaker) を、経済産業省が翻訳したものである。この翻訳は、IPCC ホームページに掲載されている報告書 (2015 年 2 月 5 日公開) ダウンロード) [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_summary-for-policymakers.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_summary-for-policymakers.pdf) をもとにしている。

国連機関である IPCC は、6 つの国連公用語のみで報告書を発行する。そのため、IPCC 報告書「気候変動 2014—気候変動の緩和」政策決定者向け要約の翻訳である本書は、IPCC の公式訳ではない。本書は、原文の表現を最も正確に表すために経済産業省が作成したものである。

*As a UN body the IPCC publishes reports only in the six official UN languages.*

*This translation of Summary for Policymakers of the IPCC Report "Climate Change 2014 – Mitigation of Climate Change" is therefore not an official translation by the IPCC.*

*It has been provided by the Ministry of Economy, Trade and Industry with the aim of reflecting in the most accurate way the language used in the original text.*

翻訳 経済産業省

表紙の画像: 中国、上海上空からの眺め  
(China, Shanghai, aerial view) © Ocean/Corbis

© 2014 Intergovernmental Panel on Climate Change

© 2014 経済産業省

# 政策決定者向け要約



## 政策決定者向け要約

### 原稿執筆者 :

Ottmar Edenhofer (Germany), Ramón Pichs-Madruga (Cuba), Youba Sokona (Mali), Shardul Agrawala (France), Igor Alexeyevich Bashmakov (Russia), Gabriel Blanco (Argentina), John Broome (UK), Thomas Bruckner (Germany), Steffen Brunner (Germany), Mercedes Bustamante (Brazil), Leon Clarke (USA), Felix Creutzig (Germany), Shobhakar Dhakal (Nepal/Thailand), Navroz K. Dubash (India), Patrick Eickemeier (Germany), Ellie Farahani (Canada), Manfred Fischedick (Germany), Marc Fleurbaey (France), Reyer Gerlagh (Netherlands), Luis Gómez-Echeverri (Colombia/Austria), Sujata Gupta (India/Philippines), Jochen Harnisch (Germany), Kejun Jiang (China), Susanne Kadner (Germany), Sivan Kartha (USA), Stephan Klasen (Germany), Charles Kolstad (USA), Volker Krey (Austria/Germany), Howard Kunreuther (USA), Oswaldo Lucon (Brazil), Omar Masera (México), Jan Minx (Germany), Yacob Mulugetta (Ethiopia/UK), Anthony Patt (Austria/Switzerland), Nijavalli H. Ravindranath (India), Keywan Riahi (Austria), Joyashree Roy (India), Roberto Schaeffer (Brazil), Steffen Schlömer (Germany), Karen Seto (USA), Kristin Seyboth (USA), Ralph Sims (New Zealand), Jim Skea (UK), Pete Smith (UK), Eswaran Somanathan (India), Robert Stavins (USA), Christoph von Stechow (Germany), Thomas Sterner (Sweden), Taishi Sugiyama (Japan), Sangwon Suh (Republic of Korea/USA), Kevin Chika Urama (Nigeria/UK/Kenya), Diana Ürge-Vorsatz (Hungary), David G. Victor (USA), Dadi Zhou (China), Ji Zou (China), Timm Zwickel (Germany)

### 原稿執筆協力者 :

Giovanni Baiocchi (UK/Italy), Helena Chum (Brazil/USA), Jan Fuglestad (Norway), Helmut Haberl (Austria), Edgar Hertwich (Austria/Norway), Elmar Kriegler (Germany), Joeri Rogelj (Switzerland/Belgium), H.-Holger Rogner (Germany), Michiel Schaeffer (Netherlands), Steven J. Smith (USA), Detlef van Vuuren (Netherlands), Ryan Wiser (USA)

### 本政策決定者向け要約の引用時の表記方法 :

IPCC, 2014: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.





## 目次

SPM.1	序論.....	4
SPM.2	気候変動への緩和アプローチ.....	4
SPM.3	温室効果ガスのストックとフローの傾向及び駆動要因 .....	6
SPM.4	持続可能な開発を背景とした緩和経路及び緩和措置 .....	10
SPM.4.1	長期的な緩和経路 .....	10
SPM.4.2	部門別及び部門横断型の緩和経路、並びにその措置 .....	17
SPM.4.2.1	部門横断型経路及び措置 .....	17
SPM.4.2.2	エネルギー供給 .....	20
SPM.4.2.3	エネルギー最終消費部門 .....	21
SPM.4.2.4	農林業・その他土地利用(AFOLU) .....	24
SPM.4.2.5	人間居住、インフラストラクチャ及び空間計画 ..	25
SPM.5	緩和政策及び制度 .....	26
SPM.5.1	部門別政策及び国家政策 .....	26
SPM.5.2	国際協力 .....	30

## SPM.1 序論

IPCC 第5次評価報告書における第3作業部会の役割は、気候変動の緩和の科学、技術、環境、経済及び社会的な側面について文献を評価することである。これは、IPCC 第4次評価報告書(AR4)の第3作業部会報告書、再生可能エネルギー源と気候変動緩和の特別報告書(SRREN)及びその他の以前の報告書を基に組み立てられており、さらに、それに続く新しい知見や調査を取り込んだものになっている。この報告書は、様々なガバナンスレベルや経済部門が利用可能な緩和の選択肢や、種々の緩和政策が社会に及ぼす影響を評価するものであるが、特定の緩和の選択肢を推奨するものではない。

この政策決定者向け要約(SPM)は、第3作業部会報告書の構成に従っている。説明部は、太字で示される一連の結論が土台となっており、両方併せて、簡潔な要約となっている。SPMは報告書の章・節や技術要約(TS)を基にしている。これらへの参照を角括弧で示している。

この評価報告書における知見の確信度は、3つの作業部会報告書全てに共通であるが、裏付けとなる科学的な合意についての執筆者チームによる評価を基にしており、確信度の定性的水準(「非常に低い」から「非常に高い」まで)を用いて表現され、可能な場合には、定量化された可能性(「ほぼあり得ない」から「ほぼ確実」まで)を用いて確率的に表現されている。知見の妥当性における確信度は、証拠の種類、量、質、及び一貫性(例：データ、構造についての理解、理論、モデル、及び専門家の判断など)と見解一致度に基づいている<sup>1</sup>。ある知見に対する不確実性についての量的基準の確率推定は、観測結果もしくはモデルの結果、又はその両方についての統計的な分析及び専門家の判断に基づく<sup>2</sup>。知見は、それが適切である場合には、不確実性についての指標を示さず、事実として述べられる。この要約の段落内では、太字で示された知見に対する確信度、証拠、及び見解一致度は、追記が無い限り、その段落における後の記述に適用される。

## SPM.2 気候変動への緩和アプローチ

緩和とは温室効果ガス(GHG)の排出を削減し、吸収源を拡大するための人為的介入である。緩和は気候変動への適応と同じく、国連気候変動枠組条約(UNFCCC)第2条に示される目的に寄与する：

*この条約及び締約国会議が採択する法的文書には、この条約の関連規定に従い、気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととしない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極的な目的とする。そのような水準は、生態系が気候変動に自然に適応し、食糧の生産が脅かされず、かつ、経済開発が持続可能な態様で進行することができるような期間内に達成されるべきである。*

気候政策は、科学的知見及び他の学問分野の系統的な方法論の知見に基づくことがある。[1.2, 2.4, 2.5, Box 3.1]

- 
- <sup>1</sup> 本要約では利用できる証拠を記述するのに次の用語を用いている：限定的、中程度、確実；及び、見解一致度は次の通り：低い、中程度、高い、確信度は5つの用語を用いて表現されている：非常に低い、低い、中程度、高い、及び非常に高い。また、例えば、*確信度*：中程度のように斜体で表記する。ある一つの証拠と見解の一致度に対して、異なる確信度が割り当てられることがあるが、証拠と見解の一致度の増加は確信度の増加と相関している。詳細については第5次評価報告書の不確実性についての一貫的な処理についての主執筆者のためのガイダンスノートを参照のこと。
- <sup>2</sup> 次の用語がこれまで、結果の可能性を示すために用いられてきた：ほぼ確実 確率：99～100%、可能性が非常に高い 90～100%、可能性が高い 66～100%、どちらも同程度 33～66%、可能性が低い 0～33%、可能性が非常に低い 0～10%、ほぼありえない 0～1%。追加的な用語（どちらかと言えば可能性が高い >50～100%、及びどちらかと言えば可能性が低い 0～<50%）も、適切な場合には用いることがある。評価された可能性は斜体で表記する。例：*可能性が高い*。

持続可能な開発と衡平性が、気候政策の評価の基礎であり、これらによって、気候変動のリスクに取り組む必要性が強調されている<sup>3</sup>。気候変動の影響を制限することが、貧困の撲滅を含む持続可能な開発及び衡平性の達成に必要である。同時に、緩和努力の種類によっては、持続可能な開発を推進する権利や貧困撲滅と衡平性の達成に関する行動が損なわれる可能性がある。結果として、気候政策の包括的な評価を行うには、決定要因に加えて開発経路についてより広く検討するために、緩和及び適応政策のみに焦点を当てることに止まらない検討が必要となる。[4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.8]

各主体が、各々の関心事を個別に進めていては、効果的な緩和は達成されない。GHGのほとんどは長期にわたって蓄積し、世界中に広がり、またあらゆる主体（例えば個人、共同体、会社、国）からの排出が他の主体に影響を及ぼすことから、気候変動は世界的な集合行為問題という性質を有している<sup>4</sup>。従ってGHGの排出を効果的に緩和し、その他の気候変動問題に対処するため、国際協力が必要である[1.2.4, 2.6.4, 3.2, 4.2, 13.2, 13.3]。さらに、緩和を支援する研究開発は知識の波及効果をもたらす。国際協力は知識及び環境に適した技術の発展、普及、移転において建設的な役割を果たし得る。[1.4.4, 3.11.6, 11.8, 13.9, 14.4.3]

緩和と適応それぞれに関して、衡平性、正当性、及び公正についての課題が生じている<sup>5</sup>。各国が、過去及び将来に、大気中のGHGの蓄積に対してどれだけ寄与するかはそれぞれ異なる。また、各国は異なる課題及び状況に直面しており、緩和と適応の政策の実行能力にも差がある。結果が衡平と見做される場合、より効果的な協力につながり得ることを示唆する証拠がある。[3.10, 4.2.2, 4.6.2]

気候政策立案の多くの領域で、価値判断と倫理的配慮が必要である。これらの領域は、気候システムへの危険な介入を防ぐためにはどれだけの緩和が必要かという問いから、緩和又は適応のための特定の政策の選択にまで及ぶ。[3.1, 3.2] 価値判断のために、社会的、経済的、倫理的分析を用いることができ、これらの分析では、人間の福利、文化的価値、非人的価値などの様々な価値が考慮され得る。[3.4, 3.10]

その他の方法の中では、一般的に、経済性評価が気候政策設計に情報を与えるために使われる。経済性評価の実践的な手法には、費用便益分析、費用対効果分析、多基準分析、期待効用理論などがある[2.5]。これらの手法の限界については詳細に報告されている[3.5]。社会的厚生関数に基づく道徳理論は、人によって貨幣価値が異なることを考慮に入れた重み配分を、便益及び被害の金銭的な尺度に適用すべきことを示唆している[3.6.1, Box TS.2]。重み配分は、気候政策が、単一の時点における異なる人々に及ぼす効果を比較する際には、それほど頻繁に適用されてこなかったが、割引の形で異なる時点における効果を比較することは標準的な手法である。[3.6.2]

気候政策は、他の社会的目標と相互に影響し、共同便益や負の副次効果を伴う可能性がある。こうした関係をうまく扱うことができれば、気候変動対策に着手する基盤を強化できる。緩和と適応は、他の社会的目標、例えば、人間の健康に関すること、食料安全保障、生物多様性、地域の環境の質、エネルギーの入手しやすさ、生計、衡平かつ持続可能な開発の達成などに関連する目標に、良くも悪くも影響し得る。また逆に、こうした社会目標のための政策も、緩和と適応の目標達成に影響を及ぼす。[4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.8]この影響は大きなものになりかねないが、しばしば定量化することが困難であり、特に厚生の観点では難しい。[3.6.3] 多目的な観点を持つことが、場合によっては重要となる。なぜなら、それは複数の目的達成に寄与する政策への支援が強固となる分野の特定に役立つからである。[1.2.1, 4.2, 4.8, 6.6.1]

<sup>3</sup> 第5次評価報告書第2作業部会SPMを参照。

<sup>4</sup> 社会科学において、これは「グローバル・コモンズ問題」と呼ばれている。この表現は社会科学において用いられることから、努力分担に関する法的文書あるいは特定の基準を特に示唆するものではない。

<sup>5</sup> これらの概念の明確化のためにはFAQ 3.2を参照のこと。正当性に関する哲学的文献及び他の文献がこれらの問題を解明し得る。[3.2, 3.3, 4.6.2]

確率は低い、起これば重大な影響がある事象を始め、測定困難なこともある多種多様なリスクや不確実性を考慮することは、気候政策に情報を与え得る。AR4以降、気候変動、適応及び緩和戦略に関連するリスクを考察した科学文献が蓄積されてきた。緩和の便益を正確に推定する場合、起こる可能性は低い重大な被害があるものも含め、可能性のある気候変動の影響について全範囲を考慮に入れる。そうでない場合は、緩和の便益は低く推定されがちである(確信度：高い)。[2.5, 2.6, Box 3.9] 緩和行動の選択もまた、経済成長の速度や技術発展を含む多くの社会経済的変数の不確実性の影響を受ける(確信度：高い)。[2.6, 6.3]

気候政策の設計は個人や組織がリスクと不確実性をどのように受け止め、考慮に入れるかに影響される。現状を選好するなど、人は単純化された意思決定のルールを使うことが多い。個人や組織によってリスク回避的であるかどうかの度合いがそれぞれ異なるし、ある行動に対して短期、長期、どちらの結果に重きを置くかも異なる。[2.4] 形式的な方法を補助的に用いて、自然、社会経済、及び技術システム、加えて決定過程、認識、価値及び財産におけるリスクと不確実性を考慮に入れることで、政策設計を改善できる。[2.5]

## SPM.3 温室効果ガスのストックとフローの傾向及び駆動要因

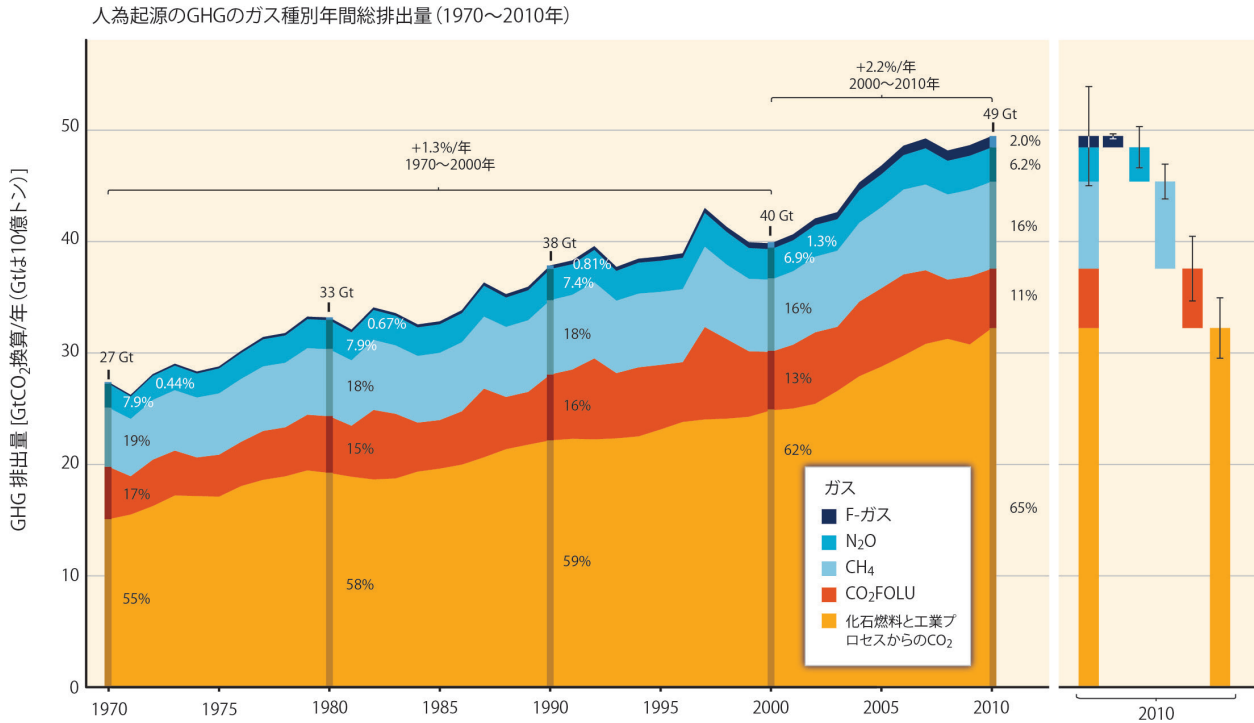
人為起源のGHG排出量は1970年から2010年にかけて増え続け、10年単位で見ると、当該期間の終わりに向けて、排出の増加量が大きくなっている(確信度：高い)。気候変動緩和政策の数は増えているにもかかわらず、GHGの年間排出量は、1970年から2000年にかけては平均で毎年4億トンCO<sub>2</sub>換算(1.3%)ずつ増加していたが、2000年から2010年にかけては平均で毎年10億トン(2.2%)ずつ、増えている(図SPM.1)<sup>6,7</sup>。人為起源のGHGの総排出量は、2000年から2010年の間に人類史上最高値に達し、2010年には490(±45)億トンCO<sub>2</sub>換算/年になった。2007/2008年の世界経済危機の時期は一時的に排出量が減少したに過ぎなかった。[1.3, 5.2, 13.3, 15.2.2, Box TS.5, 図15.1]

1970年から2010年の期間におけるGHG総排出の増加量の78%は化石燃料の燃焼や工業プロセスから排出される二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)が占めており、2000年から2010年の期間も同程度の割合で寄与した(確信度：高い)。化石燃料関連のCO<sub>2</sub>排出量は、2010年には、320(±27)億トン/年に達し、さらに2010年から2011年の間では3%増加し、2011年から2012年の間では1~2%増加した。2010年に排出された全ての人為起源のGHG 490(±45)億トンCO<sub>2</sub>換算/年のうち、CO<sub>2</sub>は依然として主要な人為起源のGHGであり、その量は、2010年の全ての人為起源のGHG排出量の76%(380±38億トンCO<sub>2</sub>換算/年)を占めた。残り16%(78±16億トンCO<sub>2</sub>換算/年)がメタン(CH<sub>4</sub>)由来及び6.2%(31±19億トンCO<sub>2</sub>換算/年)が一酸化二窒素、2.0%(10±2億トンCO<sub>2</sub>換算/年)がフッ素化ガス由来である(図SPM.1)。1970年以降、人為起源のGHG排出の年間約25%がCO<sub>2</sub>以外の気体であった<sup>8</sup>。[1.2, 5.2]

<sup>6</sup> SPMを通して、温室効果ガスの排出は、IPCC第2次評価報告書にある100年基準の地球温暖化係数(GWP<sub>100</sub>)を用いて重みづけがなされている。異なる排出結果の評価において、全ての指標には限界と不確実性がある。[3.9.6, Box TS.5, 付録II.9, WGIAR5 SPM]

<sup>7</sup> このSPMにおいては、特に表記しない場合には、過去の温室効果ガスの排出データにおける不確実性は、90%の信頼区間を用いて報告されている。この文書を通じて温室効果ガス排出レベルは有効数字2桁で表記している；概数として表記することにより、結果として、合計に小さな差が生じる可能性がある。

<sup>8</sup> この報告書におけるフッ素化ガスを含む非CO<sub>2</sub>のGHGに関するデータは、EDGARデータベース(付録II.9)から取られている。これは、京都議定書第一次約束期間で対象となった物質を扱っている。



**図 SPM.1** | 1970~2010年における人為起源のGHG排出のガス種別の年間総排出量の推移(GtCO<sub>2</sub>換算/年、Gtは10億トン)：化石燃料燃焼及び工業プロセス由来のCO<sub>2</sub>、林業・その他土地利用(FOLU)由来のCO<sub>2</sub>、メタン(CH<sub>4</sub>)、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)、京都議定書の規定に含まれるフッ素化ガス(F-ガス)。2010年のGHG排出は、図の右側に要素ごとに分解して、エラーバーで示される不確実性(90%の信頼区間)とともに示されている。人為起源のGHG年間総排出量の不確実性は、第5章(5.2.3.6)の個別のガス種ごとの推定値に基づいている。化石燃料燃焼由来の世界のCO<sub>2</sub>総排出量の不確実性は8%以内である(90%の信頼区間)。FOLU部門からのCO<sub>2</sub>排出には±50%程度の大きな不確実性がある。CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、F-ガスの世界の排出量の不確実性は、それぞれ20%、60%、20%と推定されている。2010年は、本報告書で扱っているデータ期間における不確実性の評価が完遂され、全てのガスについて排出統計がとられている直近の年である。排出量は全て、IPCC第2次評価報告書のGWP<sub>100</sub><sup>128</sup>を基に相当するCO<sub>2</sub>量に換算されている。FOLU部門からの排出量データは、森林・泥炭火災と泥炭分解からの土地ベースのCO<sub>2</sub>排出量を表し、この報告書の第11章で述べられているFOLU部門からの正味のCO<sub>2</sub>フラックスに近似している。期間毎の平均増加率は括弧を用いて目立つように示している。[図1.3、図TS.1]

**1750年から2010年までの人為起源のCO<sub>2</sub>の累積排出量について、その約半分はこの40年間に排出された(確信度：高い)。**1750年以降の化石燃料燃焼、セメント製造、ガスフレアリングからの累積CO<sub>2</sub>排出量は、1970年には、4,200±350億トンであったが、2010年には累積合計が約3倍の13,000±1,100億トンとなった(図SPM.2)。林業・その他土地利用(FOLU)<sup>131</sup>からの1750年以降の累積CO<sub>2</sub>排出量は、1970年の4,900±1,800億トンから、2010年には6,800±3,000億トンに増加した。[5.2]

**2000年から2010年までに、人為起源のGHGの年間排出量は100億トンCO<sub>2</sub>換算増加した。この増加を部門別に見ると、エネルギー供給部門(47%)と産業部門(30%)、運輸部門(11%)、建築部門(3%)からのものである(確信度：中程度)。**間接的な排出で評価すると、建築及び産業部門の寄与が大きくなる(確信度：高い)。2000年以降、GHGの排出量がAFOLU部門以外の全部門で増加し続けている。2010年の排出量で、490(±45)億トンCO<sub>2</sub>換算/年のうちの35%(170億トン)がエネルギー供給部門由来であり、24%(120億トン(正味の排出量))がAFOLU部門、21%(100億トン)が産業部門、14%(70億トン)が運輸部門、6.4%(32億トン)が建築部門由来であった。電力及び熱生産からの排出を最終消費の部門(すなわち間接排出)に割り当てると、産業及び建築部門のGHG排出はそれぞれ31%、19%<sup>9</sup>に増加する(図SPM.2)。[7.3, 8.2, 9.2, 10.3, 11.2]

<sup>9</sup> 林業・その他土地利用(FOLU) —LULUCF(土地利用、土地利用変化及び林業)とも呼ぶ—は、農林業・その他土地利用(AFOLU)によるGHGの排出と吸収の一部分であり、農業分を除いた直接的な人為起源の土地利用、土地利用変化及び林業部門の活動に関係するものである(WGIII AR5用語集参照)。

世界的には、経済成長と人口増加が、化石燃料燃焼による CO<sub>2</sub> 排出の増加の最も重要な駆動要因となっている状態が続いている。2000 年から 2010 年の間では、人口増加の寄与は過去 30 年と比べてほぼ同じである一方、経済成長の寄与は大きく伸びている(確信度:高い)。2000 年から 2010 年までの間では、これらの要因(経済成長と人口増加)がエネルギー原単位の改善による排出削減を凌駕した(図 SPM.3)。他のエネルギー源と比べて石炭の使用量が増加したことにより、世界のエネルギー供給が徐々に低炭素化するという長期的傾向が逆転した。[1.3, 5.3, 7.2, 14.3, TS2.2]

現時点を超える GHG 削減の追加的取組がないと、排出量の増加は続き、地球の人口増加と経済活動の発展に伴って大きくなると予測される。追加的な緩和措置を含まないベースラインシナリオでは、2100 年における世界平均地上気温が、産業革命前の水準 と比べ 3.7~4.8°C 上昇する<sup>10</sup> (幅は気候感度の中央値に基づく気候の不確実性を考慮すると 2.5~7.8°C の幅、表 SPM.1 参照)<sup>11</sup> (確信度:高い)。この評価のために集められた排出シナリオには、GHG、対流圏オゾン、エアロゾル、及びアルベド(地表面の反射率)変化などの全ての放射強制力が織り込まれている。ベースラインシナリオ(排出を抑制する明確な追加的な努力を織り込まないシナリオ)では、CO<sub>2</sub> の濃度水準が 2030 年までに 450ppm を上回り、2100 年までには 750ppm から 1300ppm を超すレベルに達する。これは RCP6.0 シナリオ と RCP8.5 シナリオの間の経路をとった場合の 2100 年の大気濃度水準の幅と類似している<sup>12</sup>。比較として、2011 年の CO<sub>2</sub> 換算濃度は、430ppm (不確実性の幅 340~520ppm) と推定されている<sup>13</sup>。[6.3, Box TS.6, WGI AR5 図 SPM.5, WGI 8.5, WGI 12.3]

- <sup>10</sup> 地球全体の地上気温について利用可能な最長のデータセットに基づくと、1850~1900 年の期間の平均と第 5 次評価報告書の基準期間の平均の間に観測された変化は 0.61°C (5~95% の信頼区間で 0.55 から 0.67°C) [WGI AR5 SPM.E] である。ここではこの値を、産業革命前 (1750 年以前) 以来の世界平均地上気温の変化の近似値として用いている。
- <sup>11</sup> 気候の不確実性は表 SPM.1 に記述された気候モデル計算の 5~95 パーセンタイルを反映している。
- <sup>12</sup> 本評価のために、約 300 のベースラインシナリオと 900 の緩和シナリオが、公開呼びかけを通じて、世界中の統合モデル化チームから集められた。これらのシナリオは、代表的濃度経路 (RCP, WGIII AR5 用語集を参照) シナリオを補完している。RCP シナリオは 1750 年を基準とした 2100 年の放射強制力の合計で識別される: RCP2.6 シナリオは平米あたり 2.6 ワット (Wm<sup>2</sup>)、RCP4.5 シナリオは 4.5Wm<sup>2</sup>、RCP6.0 シナリオは 6.0Wm<sup>2</sup>、RCP8.5 シナリオは 8.5Wm<sup>2</sup> である。本評価のために集められたシナリオは、2100 年における濃度の幅が 4 つの RCP シナリオよりやや広がっている。
- <sup>13</sup> これは WGI における、1750 年水準を基準とする 2011 年の人為起源の全ての放射強制力の評価に基づいていて、すなわち 2.3Wm<sup>2</sup> である。不確実性の幅は 1.1 から 3.3 Wm<sup>2</sup> である。 [WGI AR5 図 SPM.5, WGI 8.5, WGI 12.3]

経済部門別の温室効果ガス排出量

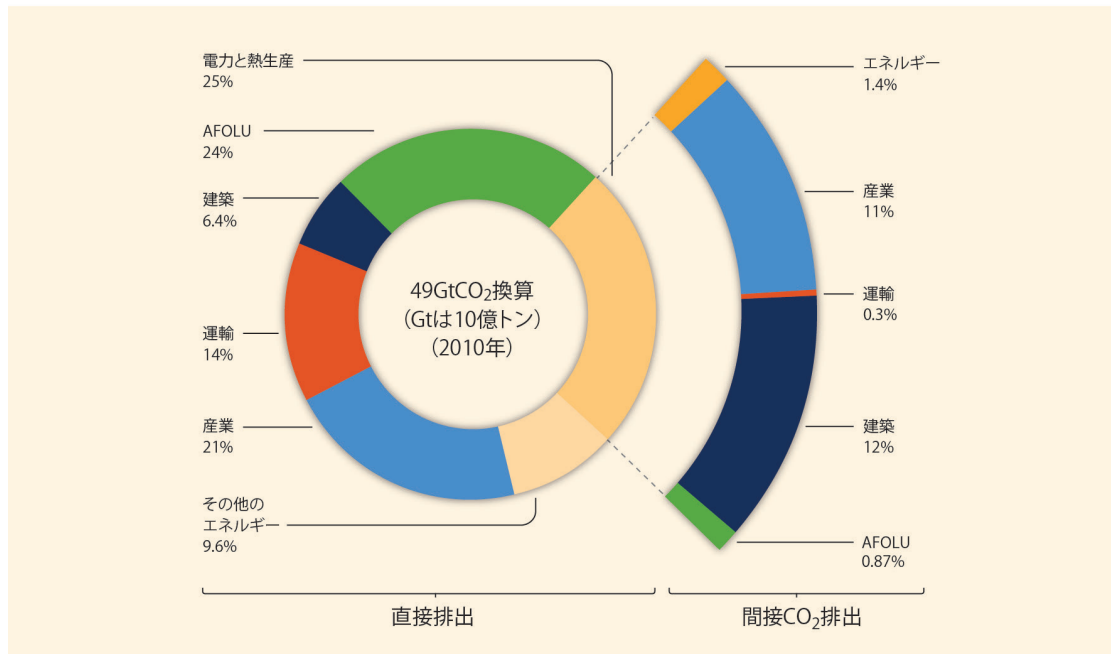


図 SPM.2 | 経済部門別の人為起源の GHG の年間総排出量(GtCO<sub>2</sub>換算/年、Gt は 10 億トン)。内側の円が 2010 年の 5 つの経済部門の直接排出の割合(全体の GHG 排出に対する%)を示している。引きだした図は、電力と熱生産からの間接的 CO<sub>2</sub> 排出を最終エネルギー消費部門に振り分けた割合(人為起源の GHG の総排出量に対する%)を示している。「その他のエネルギー」は、付録Ⅱで定義されているように、電力と熱生産部門以外のエネルギー部門における全 GHG 排出源を指す[AⅡ.9.1]。農林業・その他の土地利用(AFOLU)部門からの排出データには、報告書の 11 章に記載される林業・その他の土地利用(FOLU)準部門からの正味の CO<sub>2</sub> フラックスにほぼ相当する、森林・泥炭火災、及び泥炭分解からの土地利用ベースの正味の CO<sub>2</sub> フラックスが含まれている。排出量は全て、IPCC 第 2 次評価報告書の GWP<sub>100</sub><sup>128</sup> を基に CO<sub>2</sub> に換算されている。部門の定義は、付録Ⅱ.9 に示している。[図 1-3a, 図 TS.3 上図]

化石燃料燃焼からの世界のCO<sub>2</sub>年間総排出量における変化の要因分解

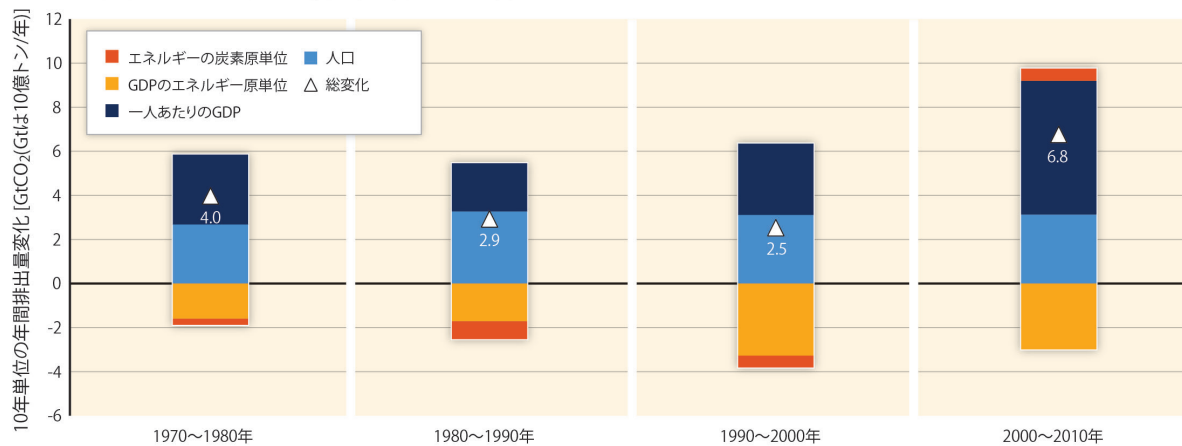


図 SPM.3 | 10 年毎の化石燃料燃焼由来の CO<sub>2</sub> 年間総排出量変化の要因分解：人口、1 人あたりの所得(GDP)、GDP のエネルギー原単位、及びエネルギーの炭素原単位の 4 つの駆動要因に分解。棒のそれぞれの区間は、他の要因を一定に保った場合の、それぞれの要因単独での変化を表している。排出量の総変化は△で示してある。それぞれの 10 年間の排出量の変化は年当たりの Gt (10 億トン)単位の CO<sub>2</sub> [GtCO<sub>2</sub>/年]で評価されている。所得は購買力平価を用いて、共通単位に変換した。[図 1.7]

## SPM.4 持続可能な開発を背景とした緩和経路及び緩和措置

### SPM.4.1 長期的な緩和経路

様々な緩和水準に整合する幅広い技術的・行動的選択肢を伴う複数のシナリオがあり、それらのシナリオには持続可能な開発についての様々な特徴と意味がある<sup>14</sup>。本評価のために、公開された統合モデルを基に、約900の緩和シナリオがデータベースに集められた。その範囲は、2100年における大気中のGHG濃度が430ppmから720ppmCO<sub>2</sub>換算を超える水準に及んでおり、これは2100年での放射強制力の水準がRCP2.6シナリオとRCP6.0シナリオの間にあることに相当する。この水準を外れるシナリオもまた検討されており、その中には2100年の濃度が430ppmCO<sub>2</sub>換算未満になるものも含まれている(これらのシナリオについての議論は下記参照)。緩和シナリオは広範囲な技術的、社会経済的及び制度的な経路を含む一方、不確実性とモデルの限界が存在しており、この範囲を外れた発展もあり得る(図SPM.4上図)。<sup>[6.1, 6.2, 6.3, TS.3.1, Box TS.6]</sup>

人為起源のGHGの排出による気温上昇を産業革命前に比べて2°C未満に抑えられる可能性が高い緩和シナリオは、2100年に大気中の濃度が約450ppmCO<sub>2</sub>換算となるものである(確信度:高い)。2100年までにおよそ500ppmCO<sub>2</sub>換算の濃度に達する緩和シナリオでは、約530ppmCO<sub>2</sub>換算の濃度水準を2100年以前に一時的に「オーバーシュート」しない限り、産業革命前の水準比で2°C未満に気温変化を抑えることができる可能性はどちらかといえば高い<sup>15</sup>。一方、「オーバーシュート」の場合に同一目標を達成するかどうかの可能性はどちらも同程度である。2100年までに530ppm~650ppmCO<sub>2</sub>換算の濃度に達するシナリオが産業革命前の水準比で2°C未満に気温変化を維持する可能性はどちらかといえば低い。2100年までに約650ppmCO<sub>2</sub>換算の濃度を超えるシナリオが産業革命前の水準比で2°C未満に気温変化を制限する可能性は低い。2100年までに産業革命前の水準比で気温上昇が1.5°C未満となる可能性がどちらかといえば高いシナリオは、2100年の濃度が430ppmCO<sub>2</sub>換算未満の濃度となる特徴がある。これらのシナリオでは今世紀の間で気温がピークとなり、その後、低下する。他の水準の気温変化の確率についての記述に関しては表SPM.1を参照できる。<sup>[6.3, Box TS.6]</sup>

2100年までに大気中のGHGの濃度水準が約450ppmCO<sub>2</sub>換算に達するシナリオ(産業革命前水準に比べて2°C未満に抑えられる可能性が高いことと整合)は、エネルギーシステムと、あるいは土地利用も大規模に変化させることを通して、今世紀半ばまでに人為起源のGHG排出を大幅に削減することを前提としている(確信度:高い)。2100年までにこれらの濃度に達するシナリオは、世界全体でのGHG排出量が2050年の時点で2010年より低く、世界全体で40%から70%少ない<sup>16</sup>という特徴があり、2100年にはほぼゼロかそれ以下に至るという特徴がある。

<sup>14</sup> WGIIIで評価された長期シナリオは、今世紀半ば以降に向けての緩和経路の多くの主要な特徴を予測する大規模な統合モデルを主として用いて作られた。これらのモデルは人間が関与する多くの重要な系(例:エネルギー、農業と土地利用、経済)を気候変動に関係する物理プロセス(例:炭素循環)と関連づける。モデルは、特に制限が設けられない限り、緩和結果を達成する総経済費用が最小となる費用対効果が高い解決を近似している。それらは非常に複雑な実社会プロセスを単純に定型化した表現であり、それらから生み出されるシナリオは、しばしば一世紀の長さの時間軸において起こる主要な事象と推進要因についての不確かな予測を基にしている。単純化と仮定の差が、モデルが異なると、あるいは同一モデルのバージョンの違いによって結果が異なり得る理由であり、どのモデルの予測も、現実の進展からかなり異なる可能性がある。<sup>[Box TS.7, 6.2]</sup>

<sup>15</sup> 緩和シナリオでは、2100年の濃度が550ppmCO<sub>2</sub>換算と同程度に高いかそれ以上に達するシナリオを含め、大気中のCO<sub>2</sub>換算濃度の水準が、後により低い水準に低下する前に、一時的に「オーバーシュート」し得る。そのような濃度オーバーシュートは、短期的には緩和が少なく、長期的により急速でかつ大きな排出削減を伴う。オーバーシュートは与えられた温度目標を超える可能性を増加させる。<sup>[6.3, 表SPM.1]</sup>

<sup>16</sup> この範囲はAR4における同様の濃度区分の範囲(CO<sub>2</sub>のみでは2000年より50%~85%小さい)と異なっている。この差の原因には、本報告書がAR4より十分に多くの数のシナリオを評価していること、及び、全てのGHGを対象としていることが含まれる。加えて、新しいシナリオの大部分が正味の負の排出技術(下記参照)を含んでいる。他の要因としては安定化水準の代わりに2100年濃度水準を利用したこと、参照年が2000年から2010年に移動したことがあげられる。2050年に高い排出があるシナリオは2050年以降にCDR技術に大きく依存するという特徴がある。



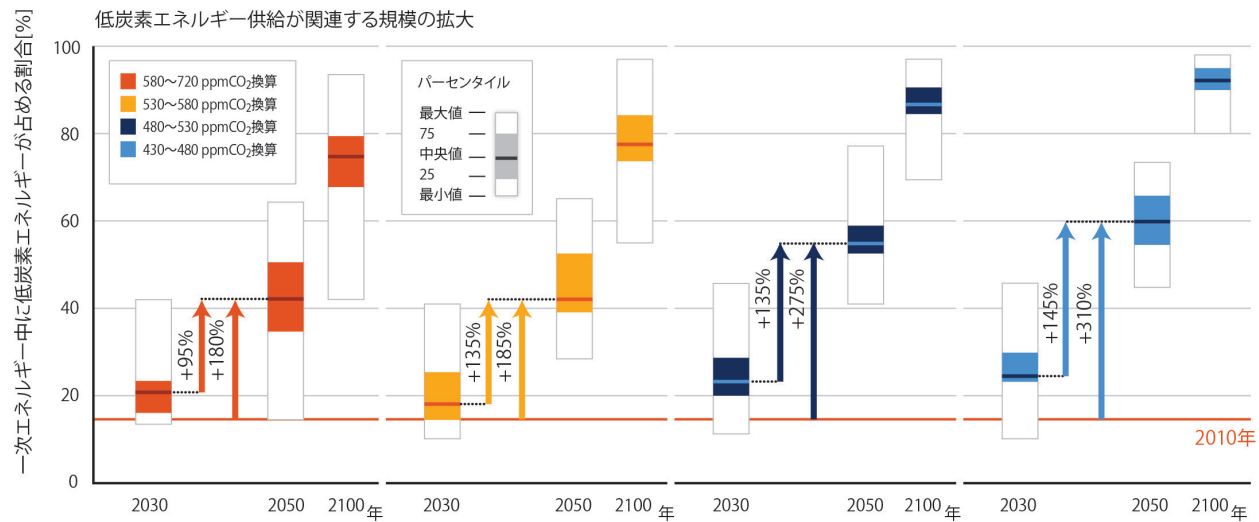
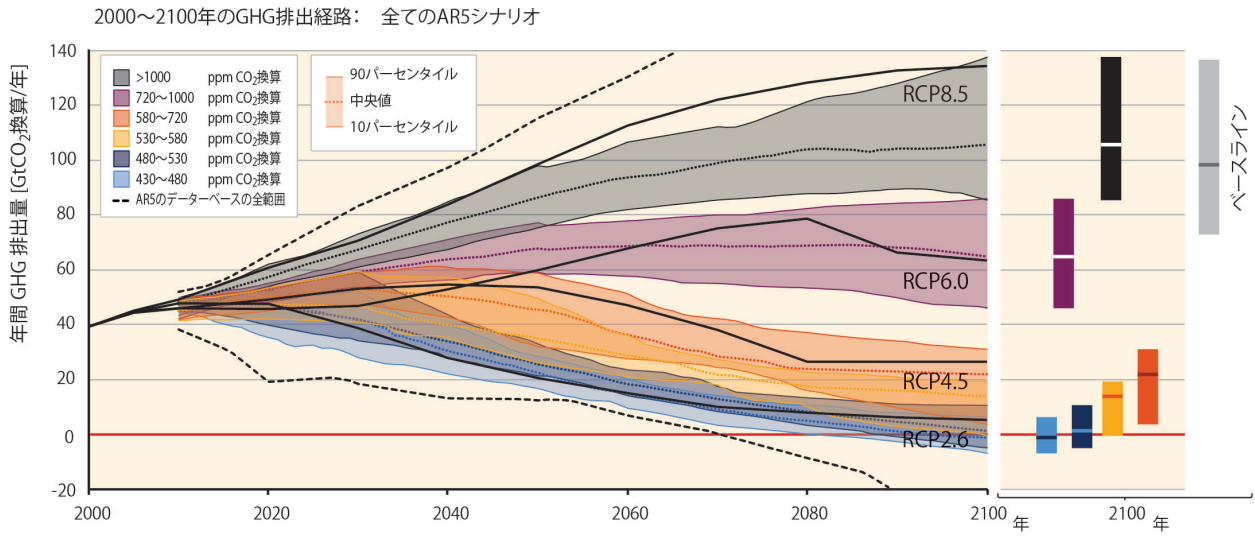


図 SPM.4] ベースライン及び異なる長期の濃度水準に対する緩和シナリオにおける、世界の GHG 排出量(GtCO<sub>2</sub>換算/年、Gtは10億トン)の経路(上図)[図6.7]、及び2030年、2050年、2100年での関連する低炭素エネルギーの2010年水準からの必要な拡大量(一次エネルギーに占める%で表す)(下図)。(図7.16)下の図は、技術の利用に制限があるシナリオと炭素価格の経路を外生的に与えるシナリオを除外している。CO<sub>2</sub>換算排出量とCO<sub>2</sub>換算濃度の定義に関してはWGIIIAR5の用語集を参照のこと。

2100年までに500ppmCO<sub>2</sub>換算に達するシナリオでは、2050年の世界の排出水準が2010年に比べて25～55%低い。550ppmCO<sub>2</sub>換算に達するシナリオでは、2050年での世界の排出量が2010年の水準の5%増から45%減までの範囲にある(表SPM.1)。約450ppmCO<sub>2</sub>換算に達するシナリオはまた、世界レベルで、エネルギー効率をより急速に改善し、再生可能エネルギー、原子力エネルギー及び二酸化炭素回収・貯留(CCS)付き化石エネルギー、あるいはCCS付きバイオエネルギー(BECCS)からのゼロ炭素及び低炭素エネルギー供給の割合を、2050年までに2010年の3倍から4倍近くにしているという特徴がある(図SPM4、下図)。これらのシナリオでは土地利用変化の広い幅が記述されているが、これはバイオエネルギー生産、植林、及び森林減少の抑制の規模についての様々な前提が反映されている。これらの排出、エネルギー、及び土地利用の変化には全て地域差がある<sup>17</sup>。より高い濃度に至るシナリオも同様の変化を伴うが、時間尺度がより緩やかである。一方、より低い濃度に至るシナリオはより速い時間尺度での変化を必要とする。[6.3, 7.11]

2100年に大気中のGHG濃度が約450ppmCO<sub>2</sub>換算に達するシナリオの典型は、2100年に500ppmから550ppmCO<sub>2</sub>換算に達する多くのシナリオと同様に、一時的に「オーバーシュート」する。「オーバーシュート」の程度にもよるが、「オーバーシュート」シナリオの典型は今世紀後半におけるBECCS及び植林の利用と広範な普及に依拠している。これら及び他の二酸化炭素除去(CDR)技術・手法の利用可能性や規模は不確実で、多かれ少なかれ、課題やリスクを抱えている(確信度：高い)(SPM4.2参照)<sup>18</sup>。CDRは、「オーバーシュート」がない場合も、緩和費用がより高い部門からの排出残分の補填のために、多くのシナリオでよく使われている。BECCSの大規模な普及、大規模植林、及びその他のCDR技術・手法の可能性に関しては不確実性がある。[2.6, 6.3, 6.9.1, 図6.7, 7.11, 11.13]

カンクンプレッジに基づいた2020年の推定GHG排出量水準は、産業革命前の水準と比べて気温上昇を2°C未満に抑えられるかどうかの可能性が、少なくともどちらも同程度(2100年の濃度が約450ppmから500ppmCO<sub>2</sub>換算)となる費用対効果が高い長期緩和経路と整合していないが、同目標を達成する選択肢を排除してはいない(確信度：高い)。この目標に達するには、2020年以降にさらに大きな排出削減が必要となるであろう。カンクンプレッジは、産業革命前の水準と比べて、温度上昇を3°C未満に収める可能性が高い費用対効果の高いシナリオと広義では整合している。[6.4, 13.13, 図TS.11]

現時点を超える緩和努力の増大を2030年まで遅延させると、より長期の低い排出水準への移行が相当困難になり、産業革命前から気温上昇を2°C未満に抑え続けるための選択肢の幅が狭まる(確信度：高い)。産業革命前の水準に比べて、気温変化を2°C未満に抑えられるかどうかの可能性が少なくともどちらも同程度である費用対効果が高い緩和シナリオ(2100年での濃度が、約450ppmから約500ppmCO<sub>2</sub>換算)では、特に、2030年における年間のGHGの排出量が約300億トンCO<sub>2</sub>換算から500億トンCO<sub>2</sub>換算の間にあるという特徴がある(図SPM5左図)。2030年における年間排出量が550億トンCO<sub>2</sub>換算を上回るシナリオは、2030年から2050年にかけて十分に大きな割合で排出削減するという特徴があり(図SPM.5中央図)、この期間に低炭素エネルギーがより急速に拡大し(図SPM.5右図)、CDR技術に長期間依存し、より過渡的かつ経済影響が長期に及ぶ、という特徴がある(表SPM.2、オレンジの部分)。この様に緩和の課題が増加するため、2030年のGHGの年間排出量が550億トンCO<sub>2</sub>換算を超えると、多くのモデルでは、産業革命前の水準に比べて気温変化を2°C未満に抑えられるかどうかの可能性がどちらも同程度となる大気濃度水準に達するシナリオを作ることができなかった。[6.4, 7.11, 図TS.11, 図TS.13]

<sup>17</sup> 国レベルでは、そのような変化が国の状況や優先順位に応じて、国及び地域のビジョンや持続可能な開発の達成に向けたアプローチを反映したものとなっているとき、最も効果的であると考えられる。[6.4, 11.8.4, WGII AR5 SPM]

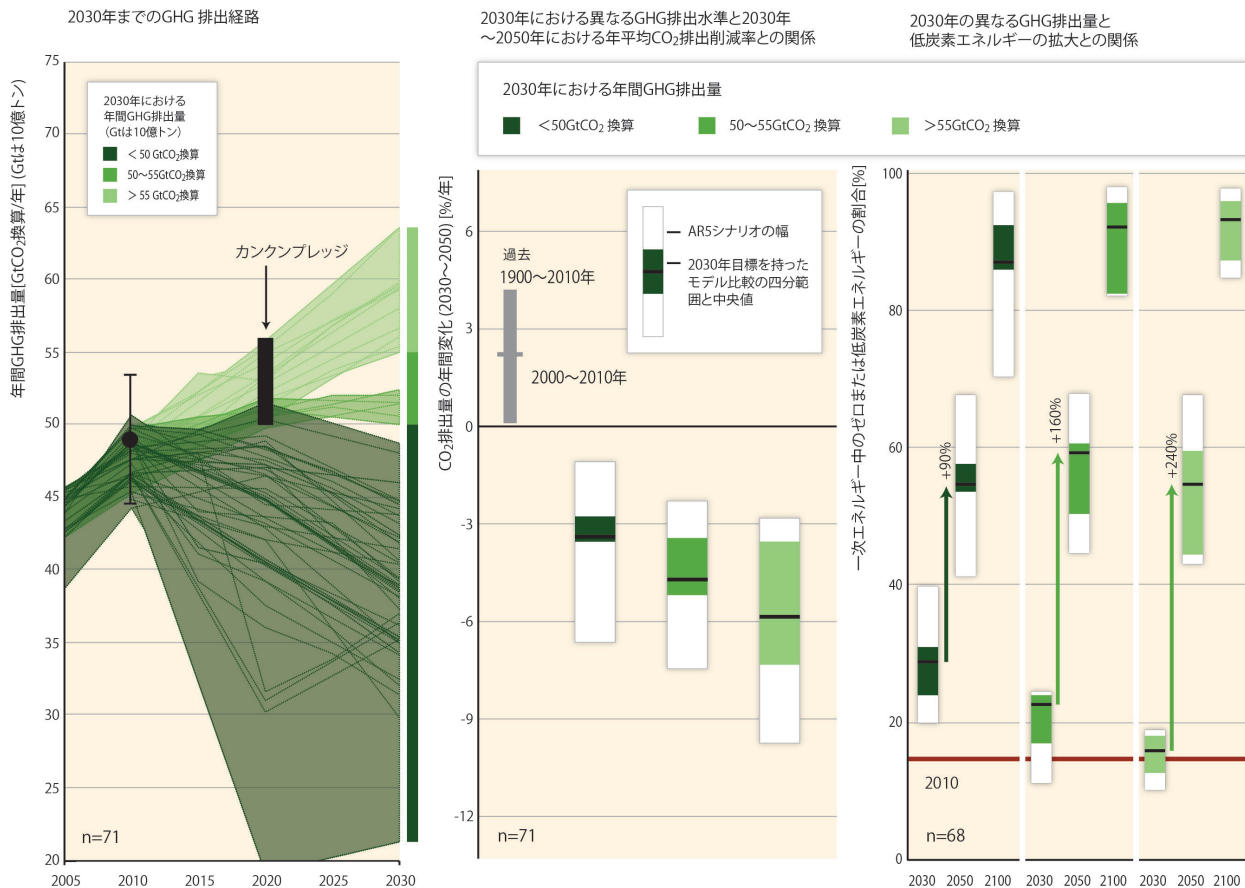
<sup>18</sup> WGIによれば、CDRは地球規模での潜在可能性に対して、生物地球化学的及び技術的制約がある。どの程度のCO<sub>2</sub>排出が100年の時間尺度でCDRによって部分的に相殺され得るかを定量化するには知識が不足している。CDRは地球規模での副次効果や長期的な影響をもたらす。[WGI AR5 SPM.E.8]

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

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

- 430~480ppmCO<sub>2</sub>換算に区分されるシナリオの「全体幅(total range)」は、表 6.3 の細区分で示される当該シナリオの 10~90 パーセントの幅に対応する。
- ベースラインシナリオ(SPM.3 参照)は、>1000ppmCO<sub>2</sub>換算と 720~1000ppmCO<sub>2</sub>換算の区分に該当する。後者の区分には緩和シナリオも含まれる。後者の区分に含まれるベースラインシナリオは、産業革命前を基準とする気温変化が 2100 年に 2.5~5.8°C に達する。>1000ppmCO<sub>2</sub>換算に区分されるベースラインシナリオと合わせると、両温度区分にわたるベースラインシナリオは、2100 年の気温変化の全体的な幅が 2.5~7.8°C(幅は気候感度の中央値に基づき 3.7~4.8°C)となる。
- ここで評価された累積 CO<sub>2</sub>排出量の推定値は、1870 年から 2011 年までの排出量として示された WGI の結果、すなわち 515 [445 から 585] GtC(1890 [1630 から 2150] GtCO<sub>2</sub>) (Gt は 10 億トン)[WGI 12.5]と対比される。累積排出量は、ここでは異なる期間(2011~2050 年と 2011~2100 年)で示されている。一方、WGI の累積排出量は、各 RCP シナリオ(2012~2100 年)に対応する全排出量、もしくは所定の可能性で所定の目標気温未満に留める場合の全排出量として示されている。[WG1 表 SPM.3, WG1 SPM.E.8]
- 2010 年の世界の排出量は 1990 年の排出量より 31%多い(本報告書で示された過去の GHG 排出量の推定値と整合的)。CO<sub>2</sub>換算排出量は、京都議定書規定のガス(CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O、及び F-ガス類)合算量を含む。
- WGIII の評価は、科学論文として発表された多数のシナリオを扱っており、RCP シナリオに限定されたものではない。これらのシナリオについて、GHG 濃度と気候の変化を評価するために、MAGICC モデルの確率評価モード(付録 II 参照)が使われた。MAGICC モデルの結果と WGI で使われたモデルの結果の比較については、WGI 12.4.1.2、及び WGI 12.4.8 と 6.3.2.6 を参照。WGI SPM 表 2 との違いは、基準年の違い(1986~2005 年に対し、ここでは 1850~1900 年)、報告年の違い(2081~2100 年に対し、ここでは 2100 年)、シミュレーションの設定(CMIP5 の濃度駆動計算に対し、ここでの MAGICC は排出量駆動の計算)、及びより広範囲なシナリオの扱い(RCP シナリオに対し、ここでは WGIII AR5 シナリオデータベースの全シナリオ)による。
- 気温変化は 2100 年について報告しており、WGIII AR4(第 3 章の表 3.5)で報告された平衡時の温度上昇量と直接的には比較できない。2100 年の気温推定では、過渡的気候応答(TCR)が最も関係するシステム特性値である。MAGICC の TCR が前提としている 90%幅は 1.2~2.6°C(中央値 1.8°C)である。これは、CMIP5 の TCR が 90%で 1.2~2.4°Cであること(WGI 9.7)、及び IPCC AR5 WGI で報告された複数の証拠に基づく可能性の高い範囲の評価 1~2.5°Cと同程度である。[12.5 章の Box 12.2]
- 2100 年の気温変化は、MAGICC の計算の中央推定値として与えられ、これは、それぞれのシナリオ区分の中での排出経路の違いを表している。丸括弧内の気温変化の幅は、それに加えて、MAGICC モデルで表される炭素循環と気候システムの不確実性も含んでいる(詳細は 6.3.2.6 参照)。1850~1900 年を基準年とする気温データは、1986~2005 年基準で全て計算された気温上昇に、HadCRUT4(WGI 表 SPM.2 参照)に基づき、1850~1900 年に対する 1986~2005 年の 0.61°Cを加えて算出された。
- この表の評価は、WGIII の全てのシナリオについて MAGICC で計算された確率と、気候モデル以外の情報も含めて WGI で評価された気温予測の不確実性に基づく。したがって、その言明は、RCP シナリオの CMIP5 ランと総合的な不確実性評価に基づく WGI の言明と一貫性がある。このため、言明された可能性には、両 WG からの様々な証拠が反映されている。WGI の方法は、CMIP5 ランが実施されていない中間の濃度水準のシナリオにも適用されている。可能性の表記は全て示唆的扱い(6.3)のものであり、66~100%を表す可能性が高い、>50~100%を表すどちらかと言えば可能性が高い、33~66%を表すどちらも同程度及び 0~33%を表す可能性が低いといった、気温予測に関して WGI SPM で使われた用語を概ね踏襲している。加えて、0~<50%を表すどちらかと言えば可能性が低いも用いている。
- CO<sub>2</sub>換算濃度は、エーロゾルやアルベド変化ばかりでなく、ハロゲン化ガスや対流圏オゾンを含む全ての GHG による強制力を含む(簡易炭素循環・気候モデル MAGICC の全強制力に基づいて計算)
- この区分のシナリオの大半は、区分境界の 480ppmCO<sub>2</sub>換算をオーバーシュートする。
- この区分のシナリオについては、CMIP5 ラン(WGI AR5 12 章、表 12.3)も MAGICC による計算(6.3)も、それぞれの気温水準未満に留まるものがない。それでも、現在の気候モデルに反映されていない可能性のある不確実性を考慮して、可能性が低いという評価を与えている。
- 580~650ppmCO<sub>2</sub>換算に区分されるシナリオは、オーバーシュートシナリオと、(RCP4.5 のように)高濃度側の区分境界水準を越えないシナリオの両方を含んでいる。後者のタイプのシナリオは、一般に、2°C未満に留まっている可能性がどちらかと言えば(可能性が)低いと評価され、前者はほとんどがこの水準未満に留まる可能性が低いと評価されている。

SPM



**図 SPM.5** | 2100年までに濃度が約450から約500ppm(430~530ppmCO<sub>2</sub>換算)に達する緩和シナリオにおける、2030年のGHG排出水準(左図)と、2030年から2050年のCO<sub>2</sub>排出削減率(中図)、及び2030年から2050年及び2100年への低炭素エネルギー拡大との関係(右図)。これらのシナリオは2030年までの排出水準によってグループ化されている(緑の濃さによって色分けされている)。左の図はそれぞれの2030年水準に達するGHG排出量(GtCO<sub>2</sub>換算/年)の経路を示している。黒い棒はカンクンプレッジが意味するGHG排出量の推定される不確実性範囲を示している。中央の図には2030年から2050年の期間の年間CO<sub>2</sub>排出削減率の平均値を表示している。これは、明確な2030年目標を持った最近のモデル間比較におけるシナリオ間の中央値と4分位範囲を、WGIII AR5のためのシナリオデータベースのシナリオ範囲と対比している。1900~2010年間の過去の排出量の年間変化率(20年間変わっていない)及び2000~2010年間の年間平均排出量の変化は灰色で示されている。右側の図の矢印は、2030年のそれぞれのGHG排出水準について、2030年から2050年に向けてのゼロ及び低炭素エネルギーの供給拡大の大きさを示している。ゼロ及び低炭素エネルギー供給には、再生可能エネルギー、原子力エネルギー、二酸化炭素回収・貯留(CCS)付きの化石燃料、及びCCS付きのバイオエネルギー(BECCS)などがある。注:シナリオのうち、使用モデルにおいて完全に制限のない緩和技術ポートフォリオが使われた場合(初期設定技術の仮定)のものだけを示している。シナリオのうち、正味の負の排出が大きい(>20GtCO<sub>2</sub>/年)もの、外部起因の炭素価格仮定を用いているもの、及び2010年の排出が明らかに過去の幅からはみ出るものは除いてある。右側の図では68のシナリオのみが用いられている。図に示した71シナリオのうち3つにゼロ-及び低炭素-エネルギーの割合の計算に必要な一次エネルギーのいくつかの細区分の報告がないためである。[図 6.32, 図 7.16, 13.13.1.3]

**表 SPM.2 |費用対効果の高いシナリオ<sup>1</sup>における世界全体での排出緩和費用。推定費用は特定技術の利用に限界があるとの仮定及び追加の緩和の遅れによって増加する。本表に示した推定費用では、緩和の共同便益や負の副次効果とともに、気候変動の削減の便益は考慮していない。黄色の列は、費用対効果が高いシナリオにおける2030年、2050年、及び2100年における消費の損失と年あたりの消費増加率の減少を気候政策のないベースライン開発との比較値で示す。灰色の列は、初期技術仮定<sup>3</sup>に比較して技術の制限を受けたシナリオにおける約百年間の割引費用<sup>2</sup>の、費用対効果が高いシナリオに対する増加を百分率で示す。オレンジ色の列は、即座の緩和があった場合に比べ、2030年までに追加的な緩和が遅れた場合の2030~2050年と2050~2100年の間での緩和費用の増加を示している<sup>4</sup>。このような緩和の遅れによるシナリオは、2030年の排出水準が55GtCO<sub>2</sub>換算(Gtは10億トン)未満とそれを超える場合に分けられ、2100年の2つの濃度幅(430~530ppmCO<sub>2</sub>換算と530~650ppmCO<sub>2</sub>換算)に分けられる。いずれの数字もシナリオセットの中央値は括弧なしで示され、シナリオセットの16及び84パーセンタイル間の幅を括弧内に示し、セット中のシナリオの数は角括弧の中にNで示している<sup>5</sup>。[図 TS.12, 図 TS.13, 図 6.21, 図 6.24, 図 6.25, 付録 II.10]**

	費用対効果が高いシナリオにおける消費の減少 <sup>1</sup>				技術の利用が限定されているシナリオにおける割引された総緩和費用の増加				2030年まで追加の緩和が遅れたことによる中-長期的な緩和費用の増加			
	[ベースラインに対する消費の減少(%)]			[年平均の消費増大率の減少パーセントポイント]	[初期設定の技術仮定に対する割引された総緩和費用(2015~2100年)の増加(%)]				[早急な緩和に対する緩和費用の上昇(%)]			
2100年での濃度 [ppmCO <sub>2</sub> 換算]	2030年	2050年	2100年	2010~2100年	CCS無し	原子力のフェーズアウト	太陽光/太陽熱と風力の制限	バイオエネルギーの制限	≤ 55 GtCO <sub>2</sub> 換算		>55 GtCO <sub>2</sub> 換算	
									2030~2050年	2050~2100年	2030~2050年	2050~2100年
450 (430~480)	1.7 (1.0~3.7) [N: 14]	3.4 (2.1~6.2)	4.8 (2.9~11.4)	0.06 (0.04~0.14)	138 (29~297) [N: 4]	7 (4~18) [N: 8]	6 (2~29) [N: 8]	64 (44~78) [N: 8]	28 (14~50) [N: 34]	15 (5~59)	44 (2~78) [N: 29]	37 (16~82)
500 (480~530)	1.7 (0.6~2.1) [N: 32]	2.7 (1.5~4.2)	4.7 (2.4~10.6)	0.06 (0.03~0.13)	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし				
550 (530~580)	0.6 (0.2~1.3) [N: 46]	1.7 (1.2~3.3)	3.8 (1.2~7.3)	0.04 (0.01~0.09)	39 (18~78) [N: 11]	13 (2~23) [N: 10]	8 (5~15) [N: 10]	18 (4~66) [N: 12]	3 (-5~16) [N: 14]	4 (-4~11)	15 (3~32) [N: 10]	16 (5~24)
580~650	0.3 (0~0.9) [N: 16]	1.3 (0.5~2.0)	2.3 (1.2~4.4)	0.03 (0.01~0.05)	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし				

- 費用対効果が高いシナリオでは、全ての国で直ちに緩和措置をとること、一つの炭素価格、及びモデルの初期設置の技術仮定に対して追加的な技術制約がないことを前提にしている。
- (一般平衡モデルからのシナリオにおける) ベースライン消費の百分率で表す消費損失の正味の現在値の増加(%)と2015年~2020年の期間での(部分的平衡モデルからのシナリオにおける)ベースラインGDPの百分率であらわす低減費用の増加(%)であり、毎年5%で割引される。
- CCS無し: CCSはこれらのシナリオに含まれない。原子力のフェーズアウト: 建設中のもの以外、追加的な原子炉はなく、現存のプラントは寿命終了まで稼働させる。太陽光/太陽熱と風力の制限: これらのシナリオでは、どの年でも世界の太陽光/太陽熱と風力による発電量を最高20%に限定している。バイオエネルギーの制限: 世界の新しいバイオエネルギーの供給量を最大100EJ/年とする(熱供給、発電、電熱供給、及び産業に使われる新しいバイオエネルギー量は2008年には約18EJ/年であった。[11.13.5])
- 2030~2050年と2050~2100年の期間の割引前の総緩和費用の増加割合(%)
- 幅はシナリオセットのうち16と84パーセンタイルの範囲にある中心的なシナリオによって決定されている。2100年までの時間経過があるシナリオのみを含めている。2100年に530ppmCO<sub>2</sub>換算を超える濃度水準に対して費用幅を持つモデルでは、技術の限定的な利用かつ又は追加の緩和の遅れを仮定した場合には、2100年に530ppmCO<sub>2</sub>換算未満の濃度水準となるシナリオが得られなかった。

緩和に係る総経済費用の推定値には大きな幅があり、モデルの構造と前提、及び導入される技術の性質や緩和のタイミングといったシナリオの仕様に大きく依拠している(確信度: 高い)。全ての国が緩和の取り組みを直ちに開始し、世界で単一の炭素価格が導入され、及び全ての重要技術が利用可能という前提をおいたシナリオが、マクロ経済学的に緩和費用を算出するための費用対効果が高いベンチマークとして用いられてきた(表 SPM.2 黄色部分)。この想定では、2100年までに濃度が450ppmCO<sub>2</sub>換算程度に達する緩和シナリオでは、緩和対策を行わないベースラインシナリオ(今世紀中に300%~900%を超えて消費が拡大することを前提)と比較すると、2030年で1%~4%(中央値: 1.7%)、2050年で2%~6%(中央値: 3.4%)、2100年で3%~11%(中央値: 4.8%)の損失が世界の消費に生じることになる。これは緩和による気候変動軽減の便益や緩和の共同便益や負の副次効果を考慮していない<sup>19</sup>。

<sup>19</sup> 異なる温度水準での総経済効果としては、緩和費用、緩和の共同便益、緩和の負の副次効果、適応費用及び気候変動による損害が挙げられるだろう。緩和の費用と便益を評価するために、与えられた温度水準における緩和費用と緩和費用気候変動による損害を比較することはできない。むしろ、緩和の緩和的費用と便益を検討するには、気候変動対策を行わない場合と比較した気候変動による損害の軽減を含めるべきである。

大気質に関する気候変動緩和の共同便益  
 厳格な気候政策の大気汚染物質排出に対する影響  
 (世界全体、2005~2050年)

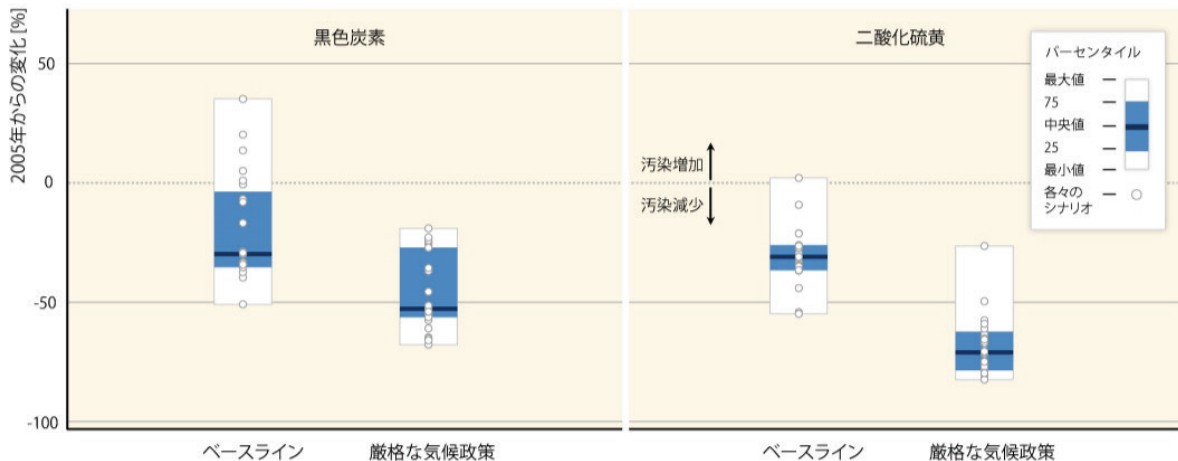


図 SPM.6 | 2005年と比較した2050年の黒色炭素(BC)と二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)に対する大気汚染物質排出水準(2005年を0とする)。現在、置かれている水準以上に GHG 排出を削減する努力をしないベースラインシナリオと 2100 年までに約 450 から 500(430~530)ppm CO<sub>2</sub> 換算に達することと整合している厳格な緩和政策が比較されている。[図 6.33]

これらの数値は、ベースラインにおける年率 1.6%~3%の消費の拡大と比べて、今世紀中に年率で 0.04~0.14(中央値:0.06)%ポイント消費拡大が減少することに相当する。これらの費用幅の上限の推定値は、目標に合わせるために長期に亘って必要な大きな排出削減を達成するため、比較的、柔軟性に乏しい、かつ/又は、費用上昇を引き起こす市場の不完全性についての仮定を含むモデルを使用していることから生じている。技術が利用不可能であったり、利用に制限があったりすると、想定する技術次第では緩和費用が大幅に増加し得る(表 SPM.2 灰色部分)。追加的な緩和の遅れは、中長期的な緩和費用をさらに増大させる(表 SPM.2 オレンジ色部分)。多くのモデルでは、追加的な排出削減がかなり遅延したり、又は、バイオエネルギー、CCS、及びその組み合わせ(BECCS)などの鍵となる技術の使用が制限されたりすると、2100年までに約 450ppmCO<sub>2</sub>換算という大気濃度水準を達成できなかった。[6.3]

2100年までに産業革命前の水準に比べて 1.5°C未満まで気温変化を戻す可能性がどちらかと言えば(可能性が)高いシナリオについては、限られた数の研究によってのみ検討されている。これらのシナリオでは、2100年までに大気濃度が 430ppmCO<sub>2</sub>換算未満となる(確信度:高い)。これらの目標を評価することは、これらのシナリオについては複数モデルで検討されていないため、現在のところ困難である。本目標を探る限られた数の公表研究に関連づけられているシナリオは、次の特徴を持つ: (1)すぐに排出に関する行動を始める、(2)全てのポートフォリオの排出緩和技術を急速に拡大させる、(3)低エネルギー需要の経路に沿って開発を進める<sup>20</sup>。[6.3, 7.11]

2100年までに約 450 から約 500ppmCO<sub>2</sub>換算に達する緩和シナリオでは、大気質、エネルギー安全保障の目的を達成するための費用が下がるとともに、人間の健康、生態系への影響、及び資源の充足やエネルギーシステムのレジリエンス(強靱性)に対する相当の共同便益があることが示されている。これらのシナリオは他の共同便益あるいは負の副次効果を定量化するものではない(確信度:中程度)。これらの緩和シナリオでは、エネルギー供給のレジリエンスとともに各国のエネルギー需要を満たす資源の充足についての改善が示され、その結果、価格変動や供給途絶に対する脆弱性の比較的低いエネルギーシステムがもたらされる。大気汚染物質の大幅削減に結びついた健康や生態系への悪影響削減による便

<sup>20</sup> これらのシナリオでは、2011~2050年の期間の累積 CO<sub>2</sub>排出の量の幅は 6,800~8,000 億トン CO<sub>2</sub>の間にあり、2011~2100年の期間では 900~3,100 億トン CO<sub>2</sub>の間にある。2050年における世界の CO<sub>2</sub>換算の排出量は 2010年の排出量の 70~95%減の間、及び 2100年には 2010年の排出量の 110~120%減の間になる。

益(図 SPM.6)は、現状で大気汚染対策の規制や計画の弱い場所では特に大きい。大気質やエネルギー安全保障以外にも追加的な目的のための広範囲な共同便益や負の副次効果がある。全体的には、エネルギー最終消費に係る措置の潜在的な共同便益は潜在的な負の副次効果をしのいでいる。一方、証拠から見ると、エネルギー供給全てと AFOLU 部門の措置については、これは当てはまるものではないかもしれない。[WGIII 4.8, 5.7, 6.3.6, 6.6, 7.9, 8.7, 9.7, 10.8, 11.7, 11.13.6, 12.8, 図 TS.14, 表 6.7, 表 TS.3~TS.7, WGII 11.9]

気候政策からは、共同便益や波及効果とともに、広範囲な負の副次効果の可能性があるが、これらは十分に定量化されてこなかった(確信度：高い)。副次効果が現れるどうか、及びどの程度まで副次効果が現れるかは、地域の環境や実施規模、範囲、及び速度に依存するため、条件や場所によって異なる。重要な例としては、生物多様性保全、水の利用可能性、食料安全保障、所得分配、税制の効率、労働力の供給と雇用、都市域が不規則に拡大する現象(スプロール化)、及び発展途上国の成長の持続可能性などがある。[Box TS.11]

緩和シナリオでは、排出緩和措置とその費用は国によって様々である。国を越えての費用の分配は行動自体の分配とは異なる可能性がある(確信度：高い)。世界全体で費用対効果が高いシナリオでは、緩和努力の大部分が、ベースラインシナリオで、将来、最も高い排出量となる国において起こることになる。特に努力分担の枠組みを調査したいくつかの研究では、世界的な炭素市場の前提のもと、2100年に約 450~約 550ppmCO<sub>2</sub> 換算の大気濃度になるようなシナリオに関係した十分に大きい世界的な資金の流れがあると推定してきた。[4.6, 6.3.6, 13.4.2.4, Box 3.5, 表 6.4, 図 6.9, 図 6.27, 図 6.28, 図 6.29]

緩和政策は化石燃料の資源価値を下げ、化石燃料輸出者の収入を減少させる可能性があるが、地域や燃料によって差がある(確信度：高い)。ほとんどの緩和シナリオは、主な輸出者の石油や石炭貿易からの収入減少と関係づけられている(確信度：高い)。天然ガス輸出収入への緩和の影響はより不確実性が高く、いくつかの研究では中期的には 2050 年頃まで輸出収入にプラスになるだろうことが示されている(確信度：中程度)。CCS の利用可能性が化石燃料資産の価値に対する緩和の負の副次効果を和らげる可能性がある(確信度：中程度)。[6.3.6, 6.6, 14.4.2]

## SPM.4.2 部門別及び部門横断型の緩和経路、並びにその措置

### SPM.4.2.1 部門横断型緩和経路及び措置

ベースラインシナリオでは、GHG 排出量は AFOLU 部門の正味の CO<sub>2</sub> 排出量を除き、全ての部門で増加すると予測されている<sup>21</sup>(証拠：確実、見解一致度：中程度)。エネルギー供給部門は、GHG の主要な排出源であり続け、最終的には建築及び産業部門の電力消費による間接排出量の大幅な増大が予想される。ベースラインシナリオでは、農業からの CO<sub>2</sub> 以外の GHG 排出量が増加すると予測されるのに対して、AFOLU 部門からの正味の CO<sub>2</sub> 排出量は時間をかけて減少し、いくつかのモデルでは今世紀末に向けて正味の吸収源となっていくと予測している(図 SPM.7)<sup>22</sup>。[6.3.1.4, 6.8, 図 TS.15]

<sup>21</sup> AFOLU 部門からの正味の CO<sub>2</sub> 排出量には、AFOLU (林業が行われている土地、及びいくつかの評価では、農地土壌への吸収源が含まれている) からの CO<sub>2</sub> の排出と吸収が含まれている。

<sup>22</sup> WGI AR5 で評価している地球システムモデルの多くは、2100 年までを通して全ての RCP シナリオにおいて陸域での炭素吸収が継続すると予測しているが、いくつかのモデルでは気候変動と土地利用変化の複合効果のために陸域の炭素が減少することを予測している。[WGI AR5 SPM.E.7, WGI 6.4]

ベースライン及び緩和シナリオにおけるCCS有・無の場合のCO<sub>2</sub>及び非CO<sub>2</sub>の部門別直接GHG排出量

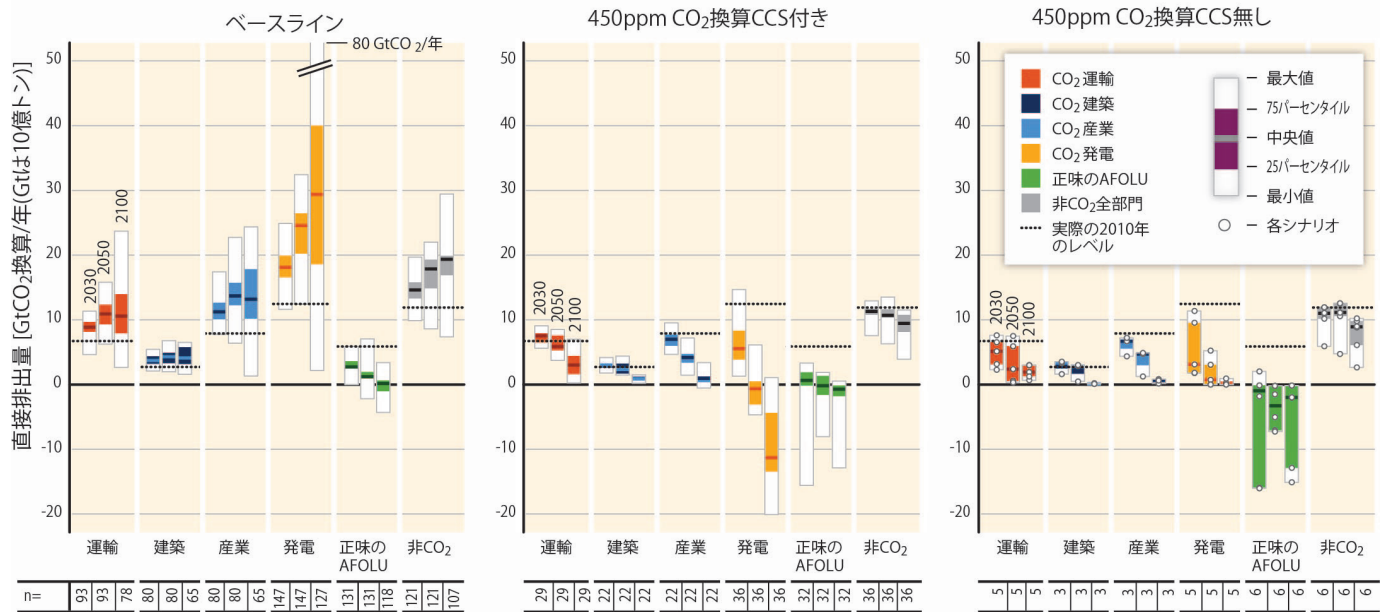


図 SPM.7 |部門別の CO<sub>2</sub> と全部門の CO<sub>2</sub> 以外の GHG 類(京都議定書規定のガス)の直接排出量。ベースライン(左図)、CCS を用いて 450(430~480) ppmCO<sub>2</sub> 換算に達する緩和シナリオ(中央の図)、同 CCS 無し(右図)。グラフの下の数字はその範囲に含まれるシナリオの数である。部門の解像度やモデルの対象期間が異なるため、範囲が部門と期間によって異なる。CCS 無しには、ほとんどのモデルにおいて 2100 年までに 450ppmCO<sub>2</sub> 換算濃度に到達できないことに注目。この結果、右図のシナリオの数が少なくなっている。[図 6.34 及び図 6.35]

インフラ開発及び長寿命製品は社会を GHG 原単位の大きい排出経路に固定化するが、それらを変えることは困難あるいは非常に高い費用を伴う可能性があり、このことは、野心的な緩和に向けた早期の行動の重要性を高めるものである(証拠: 確実、見解一致度: 高い)。この固定化のリスクはインフラの寿命、代替手段による排出量の差、設備投資の額の大きさから構成されている。結果として、インフラ及び空間計画に関連する固定化の緩和が最も困難である。しかしながら、長寿命でライフサイクル排出量が低い原料・製品・設備は低排出経路への移行を促進する一方で、原料使用を低い水準にすることを通じて排出を削減することができる。[5.6.3, 6.3.6.4, 9.4, 10.4, 12.3, 12.4]

緩和シナリオにおいては、エネルギー供給・エネルギー最終消費部門における緩和措置の導入速度と AFOLU 部門における開発の間に強い相互依存性がある(確信度: 高い)。部門を越えてどのような割合で緩和努力を行うかは、BECCS や大規模植林の利用可能性や成果に大きく影響される(図 SPM.7)。これは特に 2100 年までに約 450ppmCO<sub>2</sub> 換算濃度に達するシナリオの場合に当てはまる。適切に設計された組織的で部門横断的な緩和戦略は、個々の技術や部門に焦点を当てるより、排出削減において費用対効果が高くなる。エネルギーシステムレベルでは、これらには、エネルギー供給部門の GHG 排出原単位の削減、(電気の低炭素化を含む)低炭素エネルギーキャリアーへの切り替え、最終消費部門で成長阻害をもたらさないエネルギー需要の削減が含まれる(図 SPM.8)。[6.3.5, 6.4, 6.8, 7.11, 表 TS.2]

2100 年までに約 450ppmCO<sub>2</sub> 換算に達する緩和シナリオには、エネルギー供給部門での大規模で世界的な転換が示されている(証拠: 確実、見解一致度: 高い)。選定されたこれらのシナリオには、エネルギー供給部門からの世界の CO<sub>2</sub> 排出は、今後数十年にわたって低下することが予測されており、また 2040 年から 2070 年の間に 2010 年水準の 90% 減又はそれ以上の削減が予測される特徴がある。これらのシナリオの多くでは、その後、排出がゼロ未満に減少することが予測されている。[6.3.4, 6.8, 7.1, 7.11]





エネルギー最終消費部門におけるエネルギー消費需要の減少と低炭素エネルギーキャリアーのシェア

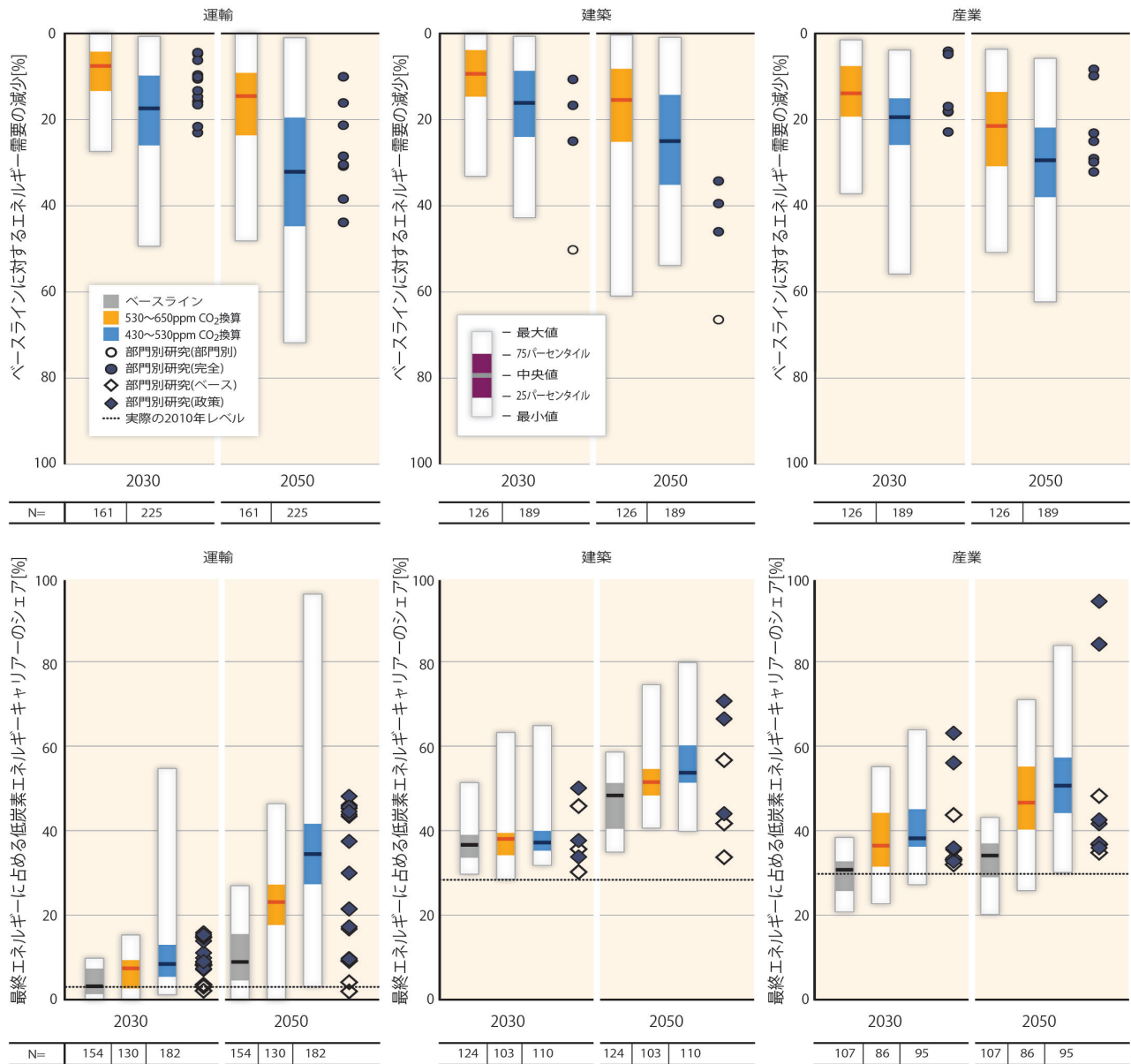


図 SPM.8 | 運輸、建築、産業部門の2030年及び2050年までの最終エネルギー需要のベースラインに対する減少(上段)、及び最終エネルギーに占める低炭素エネルギーキャリアーの割合(下段)。2つのCO<sub>2</sub>換算濃度区分のシナリオを第8~10章で評価される部門別研究と比較して示す。これらのシナリオ中の需要減少は、成長を妨げるものではない。低炭素エネルギーキャリアーには、運輸部門では電気、水素、液体バイオ燃料、建築部門では電気、産業部門では電気、熱、水素、バイオエネルギーが含まれている。グラフの一番下の数字はその範囲に含まれるシナリオの数である。部門での解像度やモデルの対象期間が異なるため、範囲は部門と期間によって異なる。[図 6.37 及び図 6.38]

2100年までに約450から約500ppmCO<sub>2</sub>換算の大気濃度に達するシナリオにおいて、開発を阻害せずにベースラインシナリオと比べてエネルギー需要を削減するためには、効率性を向上させ、行動様式を変化させることが、鍵となる緩和戦略となる(証拠: 確実、見解一致度: 高い)。エネルギー需要を短期に減少させることは、費用対効果が高い緩和戦略の重要な要素であり、これによってエネルギー供給部門における炭素排出原単位の削減に対してより柔軟性が高まり、関連する供給側のリスクがヘッジされ、炭素排出原単位の高いインフラの固定化(ロック・イン)が避けられ、さらに重要な共同便益が生まれる。統合及び部門別研究の両方が、運輸、建築、産業部門における2030年と2050年のエネルギー需要削減に対して、似通った試算を提出している(図 SPM.8)。[6.3.4, 6.6, 6.8, 7.11, 8.9, 9.8, 10.10]

行動様式、生活様式と文化がエネルギー利用とそれに関連する排出にかなりの影響を及ぼしており、いくつかの部門では緩和の潜在力が高く、特に、技術的及び構造的変化を補完する場合には顕著である<sup>23</sup>(証拠: 中程度、見解一致度: 中程度)。排出は、消費様式の変化(例えば移動に対する需要と交通モード、家庭でのエネルギー使用、長寿命の製品の選択)や食生活の変化と食品廃棄物の削減を通して、十分に低下させることができる。金銭的及び、非金銭的インセンティブを含む数多くの選択肢が、情報措置と共に行動様式の変化を促進させる可能性がある。[6.8, 7.9, 8.3.5, 8.9, 9.2, 9.3, 9.10, Box 10.2, 10.4, 11.4, 12.4, 12.6, 12.7, 15.3, 15.5, 表 TS.2]

#### SPM.4.2.2

##### エネルギー供給

AR5で評価されたベースラインシナリオでは、エネルギー供給部門からのCO<sub>2</sub>直接排出量は、エネルギー原単位の改善速度が過去の改善速度を大きく超えない限り、2050年までに2010年の144億トン/年水準の約2倍から3倍になると評価されている(証拠: 中程度、見解一致度: 中程度)。最近の10年間で大きく排出が増えた要因はエネルギー需要の増加と世界の燃料における石炭の占める割合の増加である。化石燃料の単独利用ではCO<sub>2</sub>換算濃度を450ppm、550ppm、650ppmといった水準に抑えることができない(図 SPM.7)。[6.3.4, 7.2, 7.3, 図 6.15, 図 TS.15]

発電の脱炭素化(すなわち、炭素原単位の削減)が、低安定化レベル(430~530ppmCO<sub>2</sub>換算)の達成において、費用対効果が高い緩和戦略に欠かせない要素である。ほとんどの統合モデルのシナリオでは、発電部門において、産業、建築、及び運輸部門より急速に脱炭素化が起こっている(証拠: 中程度、見解一致度: 高い)(図 SPM.7)。大多数の低安定化シナリオでは、低炭素発電(再生可能エネルギー(RE)、原子力及びCCSで構成される)の割合が、現在の30%から、2050年までには80%を超えるまで増加しており、CCS無しの化石燃料発電は2100年までにはほぼ完全に姿を消している(図 SPM.7)。[6.8, 7.11, 図 7.14, 図 TS.18]

AR4以降、多くのRE(再生可能エネルギー)技術が性能向上や費用低減を相当進めてきた。また大規模に普及させることが可能となる成熟度に達したRE技術の数も増えている(証拠: 確実、見解一致度: 高い)。発電のみに関しては、REは、2012年の世界の新規発電設備容量の半分強を占めており、それは、風力、水力、太陽光/太陽熱発電の成長に支えられている。しかしながら、多くのREは、市場に占める割合を顕著に増加させようとするならば、いまだに直接的あるいは間接的な補助を必要としている。RE技術政策は昨今のREの成長を支えることに成功してきた。REをエネルギーシステム中に統合させるための課題とその関連費用は、RE技術、地域の状況、及び背景にある既存のエネルギーシステムの特性によって異なっている(証拠: 中程度、見解一致度: 中程度)。[7.5.3, 7.6.1, 7.8.2, 7.12, 表 7.1]

原子力エネルギーは成熟した低GHG排出のベースロード電源であるが、世界における発電割合は低下している(1993年以降)。原子力エネルギーは低炭素エネルギー供給への貢献を増加し得るが、各種の障壁とリスクが存在する(証拠: 確実、見解一致度: 高い)。

<sup>23</sup> 構造変化とは、いくつかの構成要素を他の構成要素で置き換えるか、代替使用を可能とすることによる系の変革を意味している(WGIII AR5の用語集を参照)。

これらには、操業リスク、及びそれに関連する懸念事項、ウラン原石採掘に伴うリスク、資金及び規制のリスク、未解決の廃棄物管理の問題、核兵器拡散の懸念、並びに世論の反対が含まれる(証拠：確実、見解一致度：高い)。これらの課題のいくつかに関して、新しい燃料サイクルと原子炉技術が調査されており、安全性と廃棄物処分についても研究開発が進められてきた。[7.5.4, 7.8, 7.9, 7.12, 図 TS.19]

天然ガスが利用可能で、採取と供給時の GHG 漏出が小さい、又は緩和される場合、既存の標準的な石炭火力発電を最新の高効率天然ガス複合発電や熱電併給発電に置き換えることによって、エネルギー供給による GHG 排出を大幅に削減することができる(証拠：確実、見解一致度：高い)。2100 年までに約 450ppmCO<sub>2</sub> 換算に達する緩和シナリオでは、CCS を伴わない天然ガス発電が「つなぎ」の技術として用いられ、その普及は、増加してピークに達した後 2050 年までに現在の水準未満に低下し、今世紀後半にさらに減少する(証拠：確実、見解一致度：高い)。[7.5.1, 7.8, 7.9, 7.11, 7.12]

二酸化炭素回収・貯留(CCS)技術には、化石燃料発電プラントのライフサイクル GHG 排出を削減する可能性がある(証拠：中程度、見解一致度：中程度)。統合された CCS システムの全ての要素技術は現在、存在し、化石燃料の採取や精製産業で使われているが、CCS は大規模で商業的な化石燃料発電の規模ではまだ導入されてこなかった。規制によってインセンティブがつけられるか、かつ/又は、競合する電源に対して競争力を持つか、例えば効率低下によって部分的にもたらされる追加投資と操業費用増が十分に高い炭素価格(又は直接的な財政支援)で補償されるならば、CCS 発電プラントが市場に見られるようになる可能性がある。将来の大規模な CCS の普及のためには、貯留に対する短期、長期の責任に関する明確な規制が、経済的なインセンティブとともに必要である。CCS 技術の大規模な普及に対する障壁には、輸送リスクとともに運転の安全性と CO<sub>2</sub> 貯留の長期の健全性についての懸念が含まれる。しかし、CO<sub>2</sub> 坑井の健全性を確かめる方法、CO<sub>2</sub> 貯留によって生じた貯留層内での圧力増加がもたらす可能性のある結果(例えば誘発地震)、及び一次圧入ゾーンから移行した CO<sub>2</sub> の人間の健康や環境への潜在的影響についての文献の数が増えている(証拠：限定的、見解一致度：中程度)。[7.5.5, 7.8, 7.9, 7.11, 7.12, 11.13]

バイオエネルギーと CCS の組み合わせ(BECCS)は、多くの低安定化シナリオにおいて重要な役割を果たす、大規模な正味の負の排出を持つエネルギー供給の可能性を提供するが、課題とリスクも伴う(証拠：限定的、見解一致度：中程度)。これらの課題とリスクには、CCS 技術そのものの他に、CCS 施設で用いる上流のバイオマスの大規模供給に関連するものがある。[7.5.5, 7.9, 11.13]

### SPM.4.2.3

#### エネルギー最終消費部門

##### 運輸部門

2010 年に、運輸部門では、最終エネルギー消費の約 27%を占め、67 億トン CO<sub>2</sub>の直接排出があった。2050 年までにベースライン排出が約 2 倍に増加すると予測されている(証拠：中程度、見解一致度：中程度)。世界的に増え続けている旅客輸送と貨物輸送からの CO<sub>2</sub> 排出量が急速に増え続けており、燃料の炭素原単位とエネルギー原単位の改善、インフラの開発、行動様式の変化や包括的政策の実施を含む将来の緩和措置による効果を一部、相殺してしまう可能性がある(確信度：高い)。全体的には、ベースラインに比べて、2050 年に達成し得る全運輸部門での CO<sub>2</sub> 排出量削減は 15 から 40%である(証拠：中程度、見解一致度：中程度)。(図 SPM.7) [6.8, 8.1, 8.2, 8.9, 8.10]

全ての交通モードを対象とする技術と行動様式に関する緩和措置と、新しいインフラと都市再開発への投資により、2050 年の最終エネルギー消費はベースライン比で約 40%減らせる可能性があり、緩和ポテンシャルは AR4 で示したポテンシャルを超えると評価される(証拠：確実、見解一致度：中程度)。エネルギー効率と車両性能の向上は、2030 年には 2010 年比で 30~50%と予測できるが、交通モードと車両タイプに依存する(証拠：中程度、見解一致度：中程度)。統合都市計画、公共交通指向型開発(TOD)自転車や徒歩を支援するよりコンパクトな都市形態が全て、長期的には、都市再開発や、短距離輸送の航空需

要を削減する高速鉄道のような新たな設備投資と同様に、モーダルシフト(訳注:貨物や人の運輸手段の転換)につながっていく(証拠:中程度、見解一致度:中程度)。このような緩和措置は、挑戦的なもので、結果には不確実性があるが、運輸における GHG 排出を 2050 年にはベースライン比で 20%から 50%削減する可能性がある(証拠:限定的、見解一致度:低い)。(図 SPM.8 上図)[8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 12.4, 12.5]

燃料を低炭素化する戦略と低炭素化の速度は、エネルギー貯蔵と、低炭素燃料の比較的低いエネルギー密度に関連する課題によって制約を受けている(確信度:中程度)。統合シナリオ研究と部門別シナリオ研究の両方が、低炭素燃料への切り替えの機会が短期的にあり、時間とともにその機会が増加していくことで大まかに一致している。メタンベースの燃料は既に自動車と船舶に対してそのシェアを伸ばしている。低炭素原料から発電された電気は、直近では電気鉄道、短・中期的には電気バス、乗用車と二輪車に使われる可能性がある。低炭素原料から製造した水素燃料は、より長期の選択肢となっている。商業的に入手可能な液体及び気体のバイオ燃料は、既に緩和の選択肢であると同時に共同便益をもたらし、技術進歩によってこれらは増加する可能性がある。運輸部門の排出ガス中の粒子状物質(黒色炭素を含む)、対流圏オゾン、エロゾル前駆物質(NOx を含む)を減少させることで、短期的に人の健康と CO<sub>2</sub> 削減との共同便益が得られる(証拠:中程度、見解一致度:中程度)。(8.2, 8.3, 11.13, 図 TS.20 右図)

運輸部門における異なる CO<sub>2</sub> 削減措置の費用対効果は車両タイプと交通モードによって大きく異なる(信頼性:高い)。多くの短期的な行動面での措置や乗用車、貨物及び船舶の効率改善に対する平準化された削減費用は、非常に安いか負となっている。2030 年には、電気自動車、飛行機、及びおそらく高速鉄道に対する平準化された削減費用は 100 米ドル/トン CO<sub>2</sub> を超える可能性がある(証拠:限定的、見解一致度:中程度)。(8.6, 8.8, 8.9, 図 TS.21, 図 TS.22)

地域差が輸送緩和措置の選択に影響する(確信度:高い)。制度的、法的、財政的、及び文化的な障壁が低炭素技術の導入と消費者行動の変化を制約している。乗用車需要の鈍化は、いくつかの OECD 諸国では既に顕著になっているが、既存のインフラがモーダルシフトのための選択肢を制限し、先進的な自動車技術への依存度を高める可能性がある。全ての経済国において、特に都市の成長割合が高い国では、公共交通システムと低炭素インフラへの投資が炭素集約モードへの固定化(ロック・イン)を防ぐことができる。歩行者のためのインフラを優先させることや自動車を使わないサービス、公共交通サービスを組み合わせることで、全ての地域における経済的かつ社会的な共同便益を生み出すことができる(証拠:中程度、見解一致度:中程度)。(8.4, 8.8, 8.9, 14.3, 表 8.3)

緩和戦略は、全ての政府レベルで気候以外の政策と関連付けられる場合、全ての地域で運輸部門の GHG 排出量を経済成長から切り離すことに役立ち得る(確信度:中程度)。これらの戦略は、移動需要を減少させ流通システムの炭素原単位を減少させるため、貨物輸送にインセンティブを与え、モーダルシフトを誘起することに役立ち得る。同時に、アクセスや移動の改善、健康の増進と安全の向上、エネルギー安全保障の強化、及び費用と時間の節約などの共同便益を提供する(証拠:中程度、見解一致度:高い)。(8.7, 8.10)

## 建築部門

2010 年に建築部門<sup>24</sup>では直接、間接排出を含めて、最終エネルギー消費の約 32%、88 億トンの CO<sub>2</sub> の排出があった。ベースラインシナリオにおいては、今世紀中頃までにエネルギー需要が約 2 倍、CO<sub>2</sub> 排出が 50%~150%増加すると予測されている(証拠:中程度、見解一致度:中程度)。このエネルギー需要の増加は豊かさの向上、生活様式の変化、現代的なエネルギーサービスと適切な住宅へのアクセス、及び都市化の結果である。長寿命の建築物とそれに関連するインフラは、固定化(ロック・イン)リスクがあり、これらは建設比率の高い地域において特に重要である(証拠:確実、見解一致度:高い)。(図 SPM.7) [9.4]

<sup>24</sup> 建築部門は住居、商業、公共サービス部門を含んでいる。建設時の排出量は産業部門で計算されている。

近年の技術、ノウハウ、政策の進歩により、世界の建築部門におけるエネルギー消費は、今世紀中頃までに安定化又は削減する機会が提供される(証拠: 確実、見解一致度: 高い)。新しい建物については、低エネルギー建築基準の採用が重要で、これは、AR4 以来、大幅に進歩してきた。既に建築ストックが確立している国々では、改築が緩和戦略の必須部分であり、熱/冷エネルギーの 50~90%の削減が各建物で達成されてきた。最近の性能と費用の大幅な改善で、非常に低いエネルギーの建物の建設、あるいは改築が経済的に魅力的となり、時には正味で負の費用となることさえある。[9.3]

生活様式、文化、行動様式が建築におけるエネルギー消費に大きく影響する(証拠: 限定的、見解一致度: 高い)。建築では類似する建築物に関連するエネルギーサービス水準を提供するのに、3~5 倍のエネルギー消費量の差が示されてきた。先進国の場合、生活様式と行動様式の変化がエネルギー需要を、短期では現状レベルの 20%、今世紀中ごろまでには 50%まで削減する可能性をシナリオは示している。発展途上国では、伝統的な生活様式の要素を建築手法、構造と統合することで、ベースラインよりはるかに低いエネルギー投入量で高水準のエネルギーサービスを提供することが可能となり得る。[9.3]

建築物における大半の緩和選択肢は、エネルギー費用削減に加えて、大きく、かつ多様な共同便益を持つ(証拠: 確実、見解一致度: 高い)。これらの共同便益にはエネルギー安全保障、健康(例: よりクリーンな薪調理器など)、環境面の効果、職場の生産性、燃料不足の減少、及び雇用純増などの改善が含まれている。金銭価値化した共同便益についての研究では、しばしば、これらがエネルギー費用の削減や可能性のある気候便益をしのぐことが見出されている(証拠: 中程度、見解一致度: 中程度)。[9.6, 9.7, 3.6.3]

強力な障壁、例えばインセンティブの対立(例: テナントと建築業者)、断片的な市場、情報や財政が十分に得られないことが、費用対効果が高い機会を市場ベースで取り込むことを妨げている。障壁は建物と設備のライフサイクルの全段階へ政策介入することで克服できる(証拠: 確実、見解一致度: 高い)。[9.8, 9.10, 16, Box 3.10]

エネルギー効率政策のポートフォリオの開発とその実施は AR4 以降大きく進展してきた。建築基準と設備の省エネ基準が、正しく設計・実施されるならば、環境的にも費用対効果の面でも、排出削減の最も効果的な手段となってきた(証拠: 確実、見解一致度: 高い)。いくつかの先進国で、それらは建築物の全エネルギー需要の安定化、又は削減に貢献している。これらの基準を大幅に強化し、さらに多くの管轄領域で採択し、さらに多くの種類の建築物や設備に広げることが、野心的な気候目標に達する重要な要因である。[9.10, 2.6.5.3]

#### 産業部門

2010 年に産業部門ではプロセス排出とともに直接、間接排出を含めて、最終エネルギー消費のおよそ 28%、130 億トンの CO<sub>2</sub> 排出があった。AR5 で評価されたベースラインシナリオでは、エネルギー効率改善が大きく加速されない場合、2050 年までに排出量が 50~150%増加すると予測されている(証拠: 中程度、見解一致度: 中程度)。産業部門からの排出は、2010 年、世界の GHG の排出量の 30%強で、建築や運輸の最終消費部門より大きい。(図 SPM.2, 図 SPM.7)[10.3]

産業部門のエネルギー原単位は、大幅な性能向上、更新、及び利用可能な最高技術の普及を通じて、現行水準と比べておよそ 25%、直接的に低減し得る。特にこれらの技術が使用されていない国々やエネルギー集約型ではない国々において顕著である(見解一致度: 高い、証拠: 確実)。技術革新により、エネルギー原単位がさらに約 20%削減できる可能性がある(証拠: 限定的、見解一致度: 中程度)。エネルギー効率向上を実行する際の障壁は、初期の投資費用と情報の欠如に大きく関係している。情報プログラムがエネルギー効率の向上のためによく実施されるアプローチであり、経済的手法、規制的なアプローチ、及び自主的行動がそのあとに続く。[10.7, 10.9, 10.11]

エネルギー効率に加えて、GHG 排出効率や材料の使用効率、材料ならびに製品のリサイクルとリユースの効率の改善、及び製品需要(例えば、製品のより高い集中的な利用を通しての)やサービス需要の総合的な軽減が、産業部門において GHG 排出をベースライン未満に低減させることに役立つ(証拠: 中程度、見解一致度: 高い)。多くの排出削減の選択肢は、費用対効果が高く、収益性があり、(環境コンプライアンスの向上や健康便益等の)複数の共同便益と関係している。長期的には低炭素電気への移行、新工業プロセス、(セメントの代替品など)画期的な製品革新、あるいは(例えばプロセス排出の緩和のための)CCS が GHG の排出削減に大きく貢献し得る。原料と製品サービスの効率に関しての政策や経験の無さが主な障害である。[10.4, 10.7, 10.8, 10.11]

産業部門における GHG 排出の大半を占めるのが CO<sub>2</sub> である。しかし CO<sub>2</sub> 以外のガスについても大きな緩和機会がある(証拠: 確実、見解一致度: 高い)。2010 年における CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O やフッ素化ガスの産業部門からの排出量は 9 億トン CO<sub>2</sub> 換算である。障壁はあるものの、鍵となる緩和機会には、例えば、プロセスの最適化や冷媒の回収、リサイクルと置き換えによるハイドロフルオロカーボンの削減がある。[表 10.2, 表 10.7]

企業や部門を横断する体系的なアプローチや協調行動は、エネルギーと原材料の消費を削減し、それによって GHG 排出量をも削減し得る(証拠: 確実、見解一致度: 高い)。部門横断的技術(例: 効率的なモーター)や措置(例: 空気や蒸気の漏れを減らす)を大規模なエネルギー集約産業と中小企業の両方に適用すれば、プロセスの性能とプラントの効率を費用対効果的に改善し得る。企業間の協力(例: 工業団地内)や部門横断的な協力には、インフラ、情報、及び排熱利用の共有などがあり得る。[10.4, 10.5]

廃棄物管理における重要な緩和選択肢は廃棄物削減であり、リユース、リサイクル、エネルギー回収が続く(証拠: 確実、見解一致度: 高い)。廃棄物と排水は 2010 年には 15 億トン CO<sub>2</sub> 換算になった。材料のリサイクルとリユースの割合はまだ低い(例: 世界的には、都市町村の固体廃棄物のおよそ 20% がリサイクルされている)ので、廃棄物処理技術と化石燃料の需要量削減のためのエネルギー回収によって、廃棄物由来の直接排出量を大きく削減できる。[10.4, 10.14]

#### SPM.4.2.4

#### 農林業・その他土地利用(AFOLU)

AFOLU 部門は、正味の人為起源の GHG 排出量の約 1/4(約 100~120 億トン CO<sub>2</sub> 換算/年)を占め、森林減少と土壌・施肥管理、家畜由来の農業の排出が主である(証拠: 中程度、見解一致度: 高い)。最新の推定では AFOLU 部門の CO<sub>2</sub> フラックスが減少していることが示されており、それは森林減少率の低下と新規植林の増加の結果である。しかしながら、AFOLU 部門の過去の正味の排出量における不確実性は他の部門より大きく、AFOLU 部門の正味のベースライン排出量の予測にも、追加的な不確実性が存在する。それでもなお、将来的には AFOLU 部門からの正味のベースライン CO<sub>2</sub> 排出量の減少が予測されており、正味の排出量が 2050 年までには 2010 年水準の半分未満になる可能性があり、今世紀末以前に AFOLU 部門が正味の CO<sub>2</sub> 吸収源となる可能性がある(証拠: 中程度、見解一致度: 高い)。(図 SPM.7)[6.3.1.4, 11.2, 図 6.5]

AFOLU 部門は食料安全保障と持続可能な開発に対して中心的な役割を担う。最も費用対効果が高い緩和選択肢には、林業では新規植林、持続可能な森林経営、及び森林減少の抑制であり、その相対的重要性は地域によって大きく異なる。農業での最も費用対効果が高い緩和選択肢は農地管理、牧草地管理、及び有機土壌の回復である(証拠: 中程度、見解一致度: 高い)。100 米ドル/トン CO<sub>2</sub> 換算までの炭素価格<sup>25</sup>に相当する緩和努力に対する供給側措置の経済的な緩和可能量は、2030 年には年間 72 億トンから 110 億トン CO<sub>2</sub> 換算<sup>26</sup>であり、その約 1/3 が 20 米ドル/トン CO<sub>2</sub> 換算未満で達成できると予測されている(証拠: 中程度、見解一致度: 中程度)。

<sup>25</sup> 緩和の経済費用評価に用いられた多くのモデルでは、炭素価格が緩和政策における努力水準を表す代替指標として用いられている (WGIII AR5 用語集参照)

<sup>26</sup> 全ての研究の全体幅は 4.9~110 億トン CO<sub>2</sub> 換算/年。

利用可能な緩和措置の実行には潜在的な障壁がある[11.7,11.8]。食生活の変更、食品サプライ・チェーンにおけるロスの削減といった需要側の措置は、食料生産からの GHG 排出削減可能性は大きい、不確実である(証拠：中程度、見解一致度：中程度)。推定値には、2050 年まで約 7.6~86 億トン CO<sub>2</sub> 換算/年と幅がある(証拠：限定的、見解一致度：中程度)。[11.4, 11.6, 図 11.14]

**農業慣行と森林の保全・経営に関する政策は、緩和と適応の双方が含まれるとき、より効果的となる。**AFOLU 部門のいくつかの緩和の選択肢(例えば、土壌と森林への炭素ストック)は気候変動に対して脆弱である可能性がある(証拠：中程度、見解一致度：高い)。持続可能な形で実施されれば、森林減少と森林劣化からの排出を削減するための活動(REDD+<sup>27</sup> は持続可能な設計例である)は、費用対効果が高い気候変動の緩和政策の選択肢となり、経済的、社会的、及びその他の環境・適応に関する共同便益(例：生物多様性と水資源の保全、及び土壌侵食の低減)を持つ可能性がある。(証拠：限定的、見解一致度：中程度)。[11.3.2, 11.10]

**バイオエネルギーは、緩和において重要な役割を果たし得るが、実施の持続可能性やバイオエネルギーシステムの効率性等考慮すべき課題がある**(証拠：確実、見解一致度：中程度)。[11.4.4, Box 11.5, 11.13.6, 11.13.7] バイオエネルギーの大規模な普及への障壁には、土地からの GHG の排出、食料安全保障、水資源、生物多様性の保全及び生計などについての懸念がある。特定のバイオエネルギー経路が引き起こす土地利用の競合に関係した気候への総体的影響についての科学的議論は未解決のままである(証拠：確実、見解一致度：高い)。[11.4.4, 11.13] バイオエネルギー技術は多様で、幅広い選択肢や技術経路がある。ライフサイクル排出量が低い選択肢(例：サトウキビ、ススキ属、成長の速い樹種、及びバイオマス残渣の持続可能な利用)は、既にいくつかは利用可能であり、GHG 排出を削減し得ることを示す証拠がある。結果は場所によって変わり、効率的に統合された「バイオマスからのバイオエネルギー生産システム」及び持続可能な土地利用の管理とガバナンスに依存している。地域によっては、例えば、改良型の調理器、及び小規模のバイオガスとバイオ発電などの特定のバイオエネルギーに係る選択肢は、GHG 排出を減らし、持続可能な開発の観点で生計と健康を改善する(証拠：中程度、見解一致度：中程度)。[11.13]

#### SPM.4.2.5

##### 人間居住、インフラストラクチャ及び空間計画

**都市化は世界のトレンドであり、所得増加と関係し、都市生活者のより高い所得はより高いエネルギー消費及び GHG の排出と相関している**(証拠：中程度、見解一致度：高い)。2011 年の時点で全世界の人口の 52%超が、都市域に居住している。2006 年にはエネルギーの 67~76%が都市で使われ、エネルギー関連の CO<sub>2</sub> の 71~76%が都市から排出されている。2050 年までに都市の人口は 56 億~71 億人、世界人口の 64~69%に増加すると推定される。非附属書 I 国の都市では、一般的にその国全体の平均よりエネルギー消費が高水準であるのに対し、附属書 I 国の都市では、1 人あたりのエネルギー消費が、一般的にその国全体の平均より小さくなる(証拠：中程度、見解一致度：中程度)。[12.2, 12.3]

**今後 20 年間、世界の都市の地域の大部分が開発されるので、都市域における緩和の機会が提供される**(証拠：限定的、見解一致度：高い)。人口密度の減少傾向及び経済成長と人口増加の継続を考慮して、2000 年~2030 年の間に都市市街地が 56~310%増加すると予測されている。[12.2, 12.3, 12.4, 12.8]

**都市域における緩和の選択肢は都市化の軌跡によって異なり、複数の政策手法がまとめて実施される場合に最も効果的であると予想されている**(証拠：確実、見解一致度：高い)。インフラと都市形態は相互に強く結びついており、土地利用、交通の選択、住居、及び行動様式の態様は固定化(ロック・イン)されている。効果的な緩和戦略には相互補強政策パッケージがあり、そこには、高密度の居住地区に雇用密度の高い地区を合わせて配置すること、土地利用の多様化と一体化を達成すること、アクセス性を向上させること、公共交通へ投資すること、その他の需要管理手法等が含まれている。[8.4, 12.3, 12.4, 12.5, 12.6]

27 WGIII AR5 用語集参照。

人間の居住に関する最大の緩和機会が、都市形態及びインフラが固定化(ロック・イン)されていない、急速に都市化が進行している地域に存在するが、そのような地域ではガバナンス、技術、資金及び制度面での能力が限定されていることが多い(証拠: 確実、見解一致度: 高い)。発展途上国では都市化の進展の大部分が小～中型都市で起こると予測されている。気候変動緩和のための空間計画手法の実行可能性は都市の財政状況とガバナンス能力に大きく依存している。[12.6, 12.7]

何千もの都市が気候行動計画に着手しているが、それらが都市域の排出量へ及ぼす総合的な影響は不確実である(証拠: 確実、見解一致度: 高い)。それらの実施、排出削減目標の達成度合、あるいは排出削減量についての体系的な評価はほとんどなされてこなかった。現在の気候行動計画は主にエネルギー効率に焦点を当てている。非常に少数の気候変動対策のみが、都市域が不規則に拡大するスプロール化の現象を減らし、公共交通指向開発<sup>28</sup>を促進するための部門間にまたがる措置や、土地利用計画を考慮している。[12.6, 12.7, 12.9]

都市規模の気候変動緩和戦略の実施が成功すると共同便益が得られる(証拠: 確実、見解一致度: 高い)。世界中の都市域は、エネルギーへのアクセス保証、大気や水質汚染の抑制、及び雇用機会や競争力の維持といった課題に苦心して取り組み続けている。都市規模の緩和における行動は、しばしば、気候変動の緩和努力と地域の他の共同便益に関連づけることができるかどうかにかかわらず依存している(証拠: 確実、見解一致度: 高い)。[12.5, 12.6, 12.7, 12.8]

## SPM.5 緩和政策及び制度

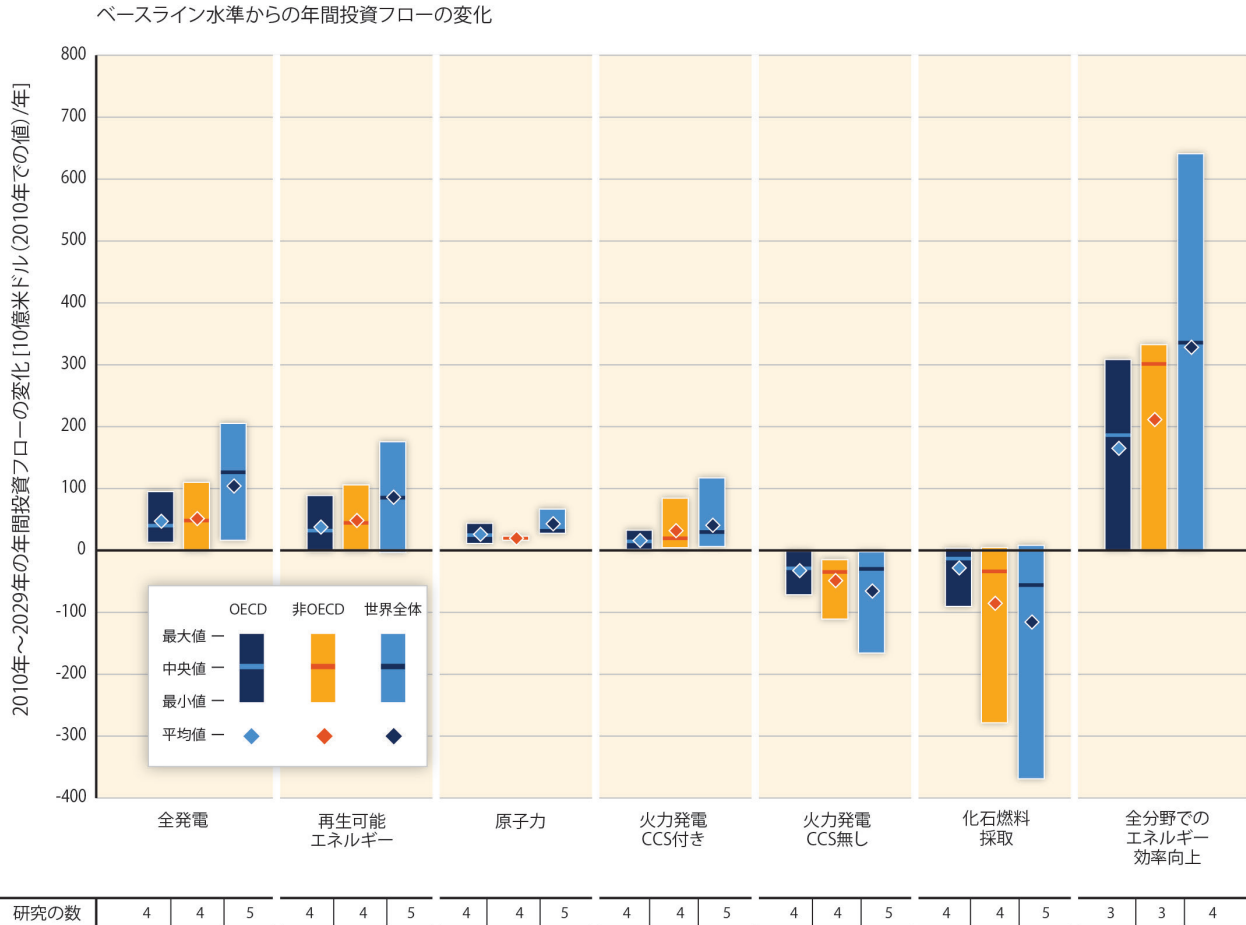
### SPM.5.1 部門別政策及び国家政策

大幅な排出削減のためには投資パターンの大きな変更が必要である。2100年までに、430～530ppmCO<sub>2</sub>換算の範囲に(オーバーシュート無しで)安定化させる政策を扱う緩和シナリオでは、ベースラインシナリオに比べて、2010年～2029年間で年間投資フローが大きく変化することが導かれている(図SPM.9)。今後20年間(2010～2029年)では、発電部門に関連する従来型の化石燃料関連技術への年間投資額は、300(20～1660)億米ドル(中央値: 2010年比で-20%)減少すると予想され、一方、低炭素発電(すなわち、再生可能エネルギー、原子力、CCS付発電など)に対する年間投資額は、1,470(310～3,600)億米ドル(中央値: 2010年比で+100%)増えると予測されている(証拠: 限定的、見解一致度: 中程度)。比較として、エネルギーシステムへの世界の年間投資額は、現在、12,000億米ドルである。加えて運輸、建築、産業でのエネルギー効率への投資の年間増加額は、約3,360(10～6,410)億米ドルであると予測されており(証拠: 限定的、見解一致度: 中程度)、これには、しばしば既存設備の近代化が含まれている。[13.11, 16.2.2]

気候資金が何によって構成されるかについては広く一致した定義はないが、気候変動の緩和及び適応に関係した資金フローの推定値が利用可能である。正味のGHGの削減、かつ/又は、気候変動や気候の変動性に対するレジリエンスの強化が期待される効果である、現時点での全ての年間資金フローに関して発表された評価によれば、その値は世界で年間3,430から3,850億米ドルであると示されている(確信度: 中程度)[Box TS.14]。このうちの大半が緩和に流れている。この他、発展途上国への全ての公的な気候資金の額は2011年と2012年で、年間350から490億米ドルの間にあると推定されている(確信度: 中程度)。

<sup>28</sup> WGIIIAR5 用語集参照。





**図 SPM.9 |** 2100年までに、約430~530ppmCO<sub>2</sub>換算の範囲内に濃度を安定化させる緩和シナリオにおける次の20年間(2010年~2029年)の年間投資フローの平均のベースライン水準からの変化。投資変化は限られた数のモデルとモデル比較に基づいている。全発電(一番左端のカラム)は再生可能エネルギー、原子力、CCS付き発電所、及びCCS無しの化石燃料発電所の総計である。縦棒は推定値の最小値と最大値の幅を示し、横線は中央値を示す。モデルの結果の集合度合いが異なること、利用可能な研究の数が少ないこと、研究ごとに仮定が異なることが理由で、中央値に近いことが高い可能性を示すわけではない。図下部の数字は本評価に用いた文献における研究の総数を表す。このことは、投資の必要性に関しては比較的検討されている研究数が少なく、未だに研究の途上分野であることを強調している。[図 16.3]

発展途上国への国際的な民間気候資金の流れは、100~720億米ドル/年の範囲にあると予想されている。この中には2008年~2011年の期間で100~370億米ドル/年の範囲に及ぶ株式・ローンによる海外直接投資が含まれている(確信度: 中程度)。[16.2.2]

**AR4以降、国家及び準国家(sub-national)の緩和措置及び戦略がかなり増加してきた。**国家の法律や、戦略の対象となる世界のGHG排出量は、2007年の45%に対し、2012年では67%であった。しかし、世界的には未だに過去の排出傾向とほとんど変わっていない[図 1.3c]。これらの計画や戦略は多くの国では開発及び実施の初期段階にあるため、それらが将来の世界全体の排出へどう影響するか評価することが難しくなっている(証拠: 中程度、見解一致度: 高い)。[14.3.4, 14.3.5, 15.1, 15.2]

**AR4以降、複数の政策目標を統合し、共同便益を増大させ、負の副次効果を減少させるように設計された政策への注目度が増大している(確信度: 高い)。**政府はしばしば、気候政策と部門別政策、戦略の共同便益に明確に言及している。共同便益の大きさ(SPM.4.1節参照)や、大きな共同便益があり負の副次効果が小さな政策について、より高い政策実現性や持続性について評価するために科学文献で調査された。[4.8, 5.7, 6.6, 13.2, 15.2] AR4以降、政策立案や科学文献において注目が高まっているにもかかわらず、多くの相互作用を理解するための分析的及び経験的土台は未開発である。[1.2, 3.6.3, 4.2, 4.8, 5.7, 6.6]

部門別政策が経済全体にわたる政策よりも普及している(証拠: 中程度、見解一致度: 高い)。ほとんどの経済理論が、緩和という一つの目的に対しては、経済全体にわたる政策の方が、部門別の政策より費用対効果が高いことを示唆しているが、AR4以降、増加する多くの研究が、行政的及び政治的障壁があるために、経済全体にわたる政策の設計と実施が部門別政策より難しい可能性があることを示している。部門別政策の方が特定部門に特有な障壁や市場の欠陥に対処するために適切であることがあり、またそれらは、補完的な政策パッケージの一部に束ねられることもある。[6.3.6.5, 8.10, 9.10, 10.10, 15.2, 15.5, 15.8, 15.9]

規制のアプローチや情動的措置は広く用いられており、しばしば環境に効果的である(証拠: 中程度、見解一致度: 中程度)。規制のアプローチの例には、エネルギー効率基準が含まれる。情動的措置の例としては、消費者に情報を知らせた上で意思決定させるラベリングプログラムがある。こうしたアプローチはしばしば社会的純便益を持つことが見いだされてきたが、科学論文において、そのような政策がどの程度まで企業及び個人への負の私的費用を伴いつつ実施され得るかについては意見が分かれている[Box 3.10, 15.5.5, 15.5.6]。効率が上がると、エネルギーの値段が下り消費が増えるという、「リバウンド効果」が存在することは一般的に合意されているが、その程度についての文献における見解一致度は低い。[3.9.5, 5.7.2, 14.4.2, 15.5.4]

AR4以降、GHGのキャップ・アンド・トレード制度が、多くの国や地域で構築された。キャップが緩い又は義務的でなかったため、短期的な環境効果は限定されている(証拠: 限定的、見解一致度: 中程度)。このことはエネルギー需要を減少させた金融及び経済危機、新しいエネルギー源、他の政策との相互作用及び規制の不確実性などの要因と関係している。原理的には、キャップ・アンド・トレード制度は、費用対効果の高い形で緩和を実現し得るが、その履行は各国の事情に依拠する。初期の制度はほとんど全てがグランドファザリング(排出枠の無償割当)に依拠していたが、排出枠のオークションの適用が増加している。排出枠がオークションによって有償割当されれば、歳入を高い社会的便益をもたらす他の投資への取り組み、かつ/又は、税金や債務負担の削減に使うことができる。[14.4.2, 15.5.3]

いくつかの国では、GHGの排出削減に特に狙いを定めた税ベースの政策が、技術や他の政策と組み合わせたり、GHG排出とGDPの相関を弱めることに寄与してきた(確信度: 高い)。多くの国において、燃料税は(必ずしも緩和目的で設計されたものではないにしても)部門別の炭素税と同様の効果を持つ[表 15.2]。輸送燃料の1%の値上げは、需要を長期には0.6~0.8%低下させるが、短期的な応答はもっと小さい[15.5.2]。国によっては、歳入はほかの税金を減らし、かつ/又は、低所得者層への移転に使われている。このことは歳入を増やす緩和政策が一般的に、そうでない他のアプローチより、社会費用を引き下げるという一般原理を説明している。以前は、輸送の燃料税は逆進課税(リグレッシブ)であると考えられていたが、AR4以来、それは累進課税(プログレッシブ)であり、特に途上国で顕著であるという研究が多くなっている(証拠: 中程度、見解一致度: 中程度)。[3.6.3, 14.4.2, 15.5.2]

様々な部門におけるGHGを排出する活動への補助金削減は、社会的及び経済的状況次第で排出削減を達成し得る(確信度: 高い)。多くの部門で補助金が排出に影響を及ぼし得るが、ごく最近の文献のうちの多くが、化石燃料への補助金に焦点を当てている。AR4以来、少数だが増えつつある、経済全体のモデルに基づく研究が、化石燃料のための補助金を全ての国で完全に撤廃すると、今世紀の中ごろまでに世界の総排出量が減少する可能性があると予想してきた(証拠: 中程度、見解一致度: 中程度) [7.12, 13.13, 14.3.2, 15.5.2]。方法論、補助金のタイプと定義、及び段階的廃止を考えた場合の時間枠によって、様々な研究がある。特にこれらの研究では、どの補助金が無駄で不十分かを調べ、国の状況を考慮せずに全部の化石燃料補助金を完全に廃止した場合の影響を調べている。政治経済学的な経済障壁は大きい、国によっては燃料補助金を削減するために、税制や予算システムを作り直している。しばしば収入の多くをエネルギーサービスに使う低所得者層に対して起こり得る悪影響を緩和するためにも、多くの政府が低所得者層向け一時金の支給や、他の方法を利用してきた。[15.5.2]

複数の緩和政策間における相互作用は相乗効果を生むこともあるが、排出削減への追加効果をもたらさないこともある(証拠: 中程度、見解一致度: 高い)。例えば、炭素税は再生可能エネルギーの供給への補助金等の政策に追加的な環境の効果をもたらし得る。逆にキャップ・アンド・トレード制度において、(排出関連の意思決定に十分な影響を及ぼさずほど厳しい)拘束的な排出枠(キャップ)があれば、キャップが適用されている期間内において、例えば再生可能エネルギーに対する補助金等の他の政策は、排出削減に追加的な効果を及ぼさなくなる(費用や将来的な厳しい目標の適用可能性には影響してくるであろう)(証拠: 中程度、見解一致度: 高い)。いずれの場合にも技術革新と技術の普及に関する市場の失敗を補う追加的な政策が必要であるかもしれない。[15.7]

緩和政策によってはエネルギーサービスの価格を上げ、サービスが十分でない人々への新しいエネルギーサービスを拡大させる社会的機能を損なう可能性がある(確信度: 低い)。これらの潜在的な負の副次効果は補完的政策の採用で回避することが可能である(確信度: 中程度)。世界中では13億人が電気を使用できず、健康や、環境、発展に深刻な被害があるにもかかわらず、30億人が料理や暖房のために伝統的な固形燃料に依存していることは、よく知られている。近代的なエネルギーサービスを提供することは、持続可能な開発の重要な目的である。電気やクリーン燃料を料理と暖房のためにほぼ世界中で使えるようにするための費用は、GHG排出増加を最小に抑える効果を伴う場合、2030年まで毎年720から950億米ドルである(証拠: 限定的、見解一致度: 中程度)。伝統的なバイオマス<sup>29</sup>の使用からの転換や固形燃料の燃焼効率向上によって、二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)、一酸化炭素(CO)、及び黒色炭素(BC)等の大気汚染物質の排出を削減でき、健康に大きな便益がもたらされる(確信度: 高い)。[4.3, 6.6, 7.9, 9.3, 9.7, 11.13.6, 16.8]

技術政策は他の緩和政策を補完する(確信度: 高い)。技術政策には、テクノロジー・プッシュ(例: 研究開発への公的ファンド)とデマンド・プル(政府調達プログラム)などがある。このような政策は技術革新と技術の普及に関連する市場の失敗に対処するものである。[3.11, 15.6] 技術支援政策は技術の大幅な革新と普及を促進してきたが、このような政策の費用効率率はしばしば評価が困難である[2.6.5, 7.12, 9.10]。それにもかかわらず、プログラム評価データがあれば、それぞれに異なる政策の相対的な効果について、経験的な証拠を与え、政策の企画を支援することができる。[15.6.5]

多くの国では、緩和とともに排出に至るプロセスにおいて、民間部門が中心的な役割を果たしている。適切で有効な環境の範囲内で、民間部門は公共部門とともに、緩和資金に重要な役割を果たすことができる(証拠: 中程度、見解一致度: 高い)。民間部門からの全緩和資金の割合は、データが限られているが、世界全体の水準の2/3から3/4の間にあると推定されている(2010~2012年)(証拠: 限定的、見解一致度: 中程度)。多くの国では、政府並びに各国及び国際的な開発銀行による公的な金融介入が、民間部門の気候投資を促進し[16.2.1]、民間投資が限られている場合には資金を提供している。国の環境整備の質には、制度の有効性、民間部門に関する規制とガイドライン、安全と財産権、政策への信頼度、及び民間会社が新たな技術とインフラに投資できるかに大きく影響するその他の要因が含まれる[16.3]。専用の複数の政策手法、例えば、信用保険、売電契約、固定価格買取制度、譲許的融資、又はリポートなどが民間のリスクを軽減して投資にインセンティブを与える。[16.4]

<sup>29</sup> WGIII AR5 用語集参照。

## SPM.5.2 国際協力

気候変動に関する国際連合枠組条約(UNFCCC)は気候変動に焦点を当てた主要な多国間フォーラムであり、ほとんどの国が参加している。異なるガバナンスレベルで組織されたそれ以外の機関は気候変動の国際協力を多様化させる結果となった。[13.3.1, 13.4.1.4, 13.5]

気候変動についての既存及び将来の国際協力の合意は、その対象と、集権化(centralization)と連携(coordination)の程度において異なる。その範囲には、多国間合意、調和のとれた国内政策、集権化はされていないが調整のとれた国内政策、同時に地域政策や地域協調政策も含まれる。[ 図 TS.38, 13.4.1, 13.13.2, 14.4]

京都議定書は特に、参加、実施、柔軟性メカニズム、及び環境に対する効果という点で、UNFCCC の究極目標達成に向けた教訓を与えている(証拠: 中程度、見解一致度: 低い)。[5.3.3, 13.3.4, 13.7.2, 13.13.1.1, 13.13.1.2, 14.3.7.1, 表 TS.9]

2007 年からの UNFCCC の活動は、国際的な気候変動協力のための制度や他の措置の増加につながってきた。[13.5.1.1, 13.13.1.3, 16.2.1]

地域、国家、準国家(sub-national)の気候政策間の政策連携はしばしば潜在的な気候変動の緩和と適応の便益を提供する(証拠: 中程度、見解一致度: 中程度)。連携は各国の政策間や様々な手法間において、また地域協力を通して定着する。[13.3.1, 13.5.3, 13.6, 13.7, 13.13.2.3, 14.4, 図 13.4]

国家規模と世界規模の間の様々な地域イニシアティブが開発され、実施されているが、世界的な緩和への影響はまだ限定的である(確信度: 中程度)。多くの気候政策は地理的地域を越えて実施されれば、より効力を発揮し得る。[13.13, 13.6, 14.4, 14.5]