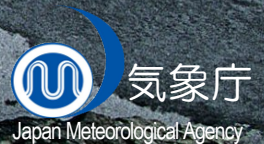


# 気候変動 2013

自然科学の根拠

政策決定者向け要約



気象庁  
Japan Meteorological Agency

気象庁記

WG I

気候変動に関する政府間パネル

第 5 次評価報告書

第 1 作業部会報告書



- RCPシナリオに基づく気候変動予測は、シナリオの違いを考慮すれば、空間分布と大きさの両方において第4次評価報告書に示されたものと類似している。高い放射強制力のRCPシナリオによる予測の全般的な幅は、第4次評価報告書で用いた同等のシナリオの結果と比べて狭くなっている。これは、第4次評価報告書で用いられたSRESシナリオとは対照的に、第5次評価報告書で用いたRCPシナリオは濃度経路として定義されているため、大気中の二酸化炭素濃度に影響を与える炭素循環の不確実性は、濃度によって駆動されるCMIP5のシミュレーションでは考慮されないためである。海面水位上昇の予測は第4次評価報告書より大きくなっており、これは主に陸氷からの寄与のモデル化が改善されたためである。{11.3、12.3、12.4、13.4、13.5}

## E.1 大気:気温

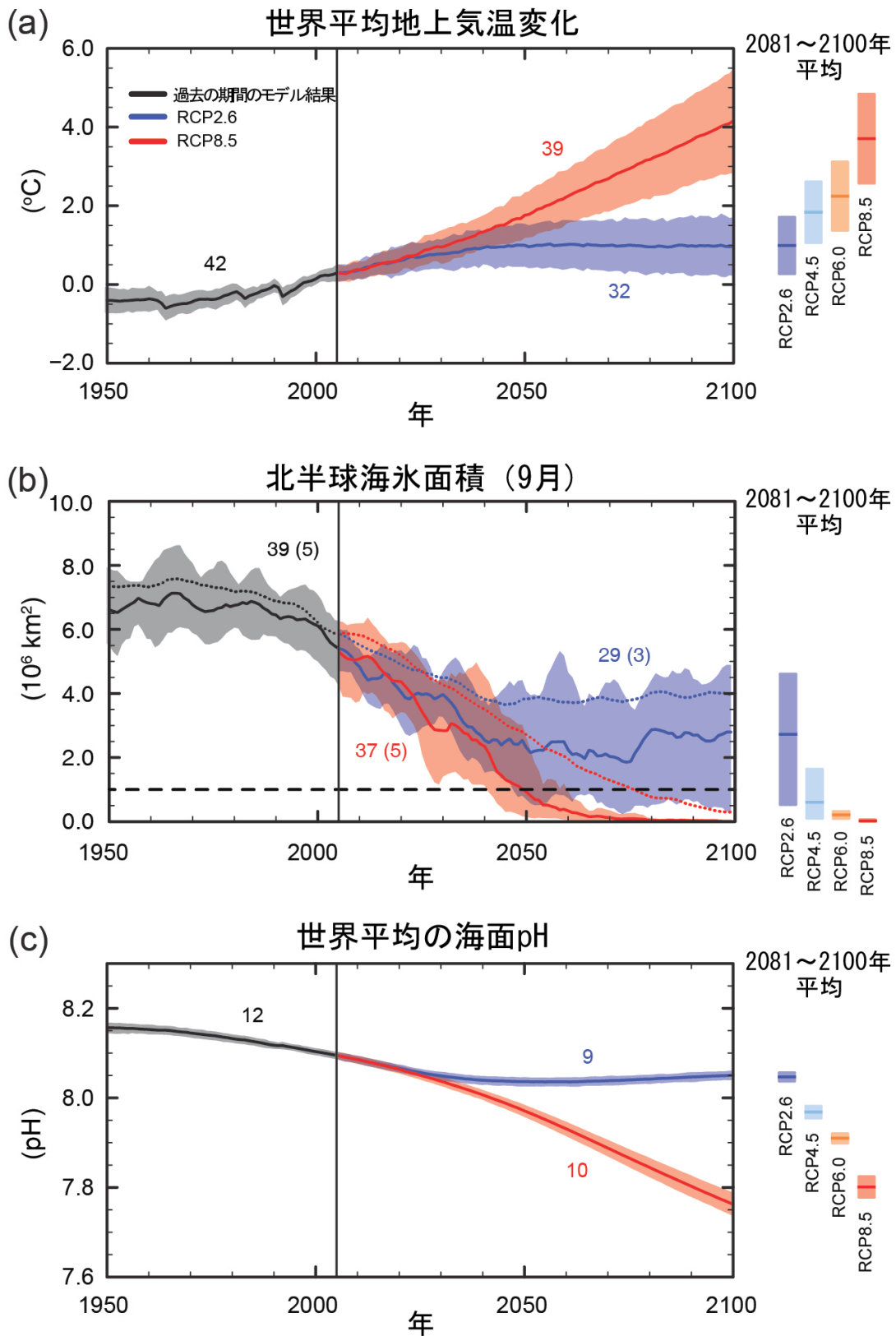
**21世紀末における世界平均地上気温の変化は、RCP2.6シナリオを除く全てのRCPシナリオで1850年から1900年の平均に対して1.5°Cを上回る可能性が高い。RCP6.0シナリオとRCP8.5シナリオでは2°Cを上回る可能性が高く、RCP4.5シナリオではどちらかと言えば2°Cを上回る。RCP2.6シナリオを除く全てのRCPシナリオにおいて、気温上昇は2100年を越えて持続するだろう。気温上昇は年々から十年規模の変動性を示し続け、地域的に一様ではないだろう(図SPM.7、図SPM.8を参照)。{11.3、12.3、12.4、14.8}**

- 2016～2035年における世界平均地上気温の1986～2005年平均に対する変化は、0.3～0.7°Cの間である可能性が高い(中程度の確信度)。この評価は、複数の証拠に基づくものであり、大規模な火山噴火や全太陽放射照度の長期的な変化がないことを仮定している。自然起源の内部変動性と比べると、近未来における季節平均や年平均気温の上昇は、中緯度よりも熱帯や亜熱帯において大きくなるとみられる(高い確信度)。{11.3}
- 2081～2100年の世界平均地上気温の1986～2005年平均に対する上昇量は、濃度で駆動されるCMIP5モデルシミュレーションから得られる幅によれば、RCP2.6シナリオでは0.3～1.7°C、RCP4.5シナリオでは1.1～2.6°C、RCP6.0シナリオでは1.4～3.1°C、RCP8.5シナリオでは2.6～4.8°Cの範囲に入る可能性が高いと予測される。北極域は世界平均より速く温暖化し、陸上における平均的な温暖化は海上よりも大きくなるだろう(非常に高い確信度)(図SPM.7、図SPM.8、表SPM.2を参照)。{12.4、14.8}
- 1850～1900年平均と比較した<sup>訳注H</sup>、21世紀末までの世界平均地上気温の変化はRCP4.5シナリオ、RCP6.0シナリオ、RCP8.5シナリオでは1.5°Cを上回って上昇する可能性が高い(高い確信度)。RCP6.0シナリオ、RCP8.5シナリオでは2°Cを上回って上昇する可能性が高く(高い確信度)、RCP4.5シナリオではどちらかと言えば2°Cを上回るが(高い確信度)、RCP2.6シナリオでは2°Cを超える可能性は低い(中程度の確信度)。RCP2.6シナリオ、RCP4.5シナリオ、RCP6.0シナリオでは4°Cを上回る可能性は低く(高い確信度)、RCP8.5シナリオでは4°Cを上回るか上回らないかはどちらも同程度である(中程度の確信度)。{12.4}
- 世界平均気温が上昇するにつれて、ほとんどの陸域で日々及び季節の時間スケールで極端な高温がより頻繁になり、極端な低温が減少することはほぼ確実である。熱波の頻度が増加し、より長く続く可能性が非常に高い。たまに起こる冬季の極端な低温は引き続き発生するだろう(表SPM.1を参照)。{12.4}

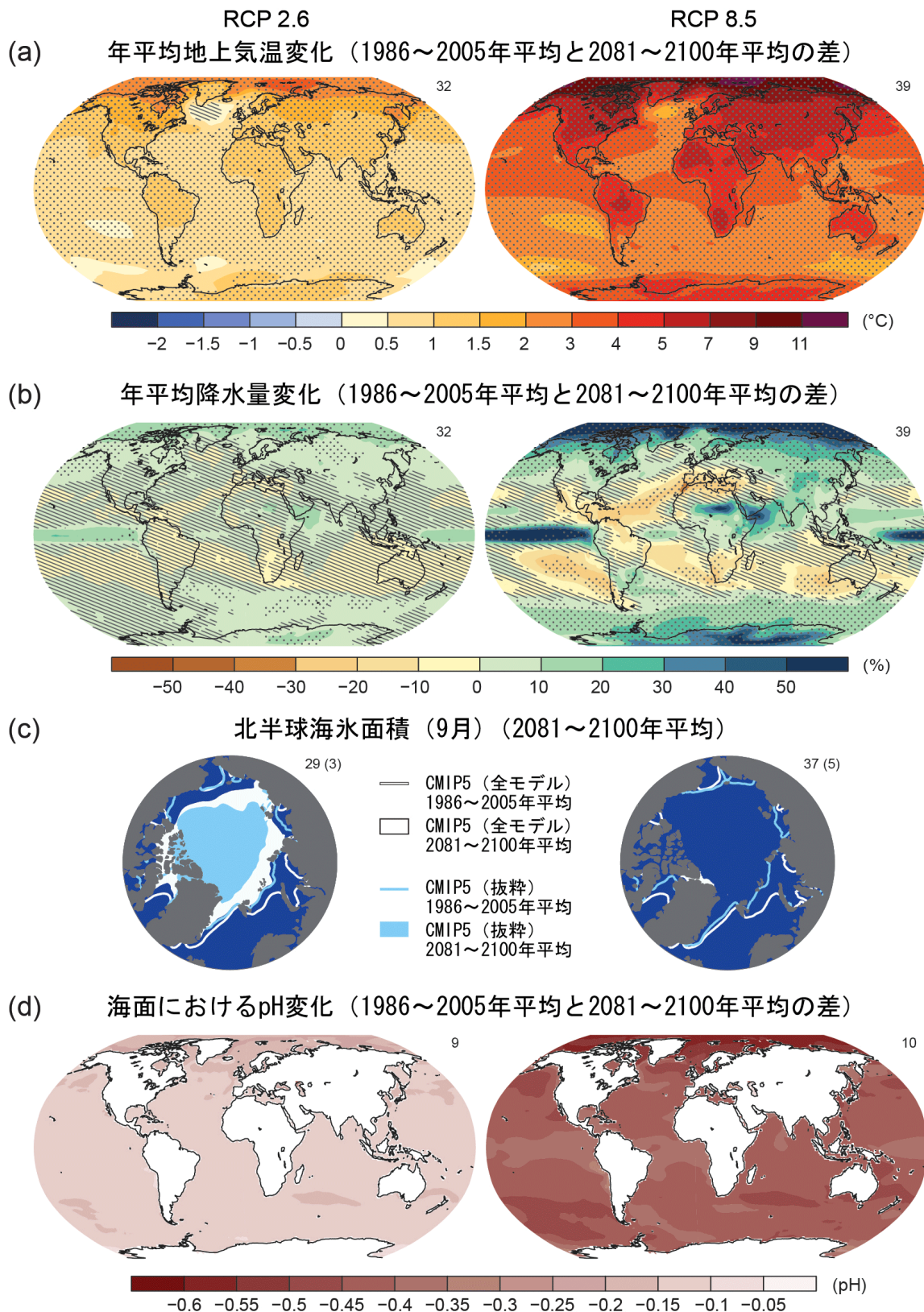
## E.2 大気:水循環

**21世紀にわたる温暖化に対する世界の水循環の変化は一様ではないだろう。地域的な例外はあるかもしれないが、湿潤地域と乾燥地域、湿潤な季節と乾燥した季節の間での降水量の差が増加するだろう(図SPM.8を参照)。{12.4、14.3}**

- 今後数十年にわたり予測される水循環の変化は、量的には小さいものの、21世紀末までに予測されるものと同様の大規模な分布を示している。近未来及び地域規模の変化は自然起源の内部変動性の影響を強く受けるだろう。また、人為起源のエロゾル排出の影響を受けるかもしれない。{11.3}



**図 SPM.7:** CMIP5 の複数のモデルによりシミュレーションされた時系列 (1950 年から 2100 年)。(a) 1986~2005 年平均に対する世界平均地上気温の変化、(b) 北半球の 9 月の海水面積 (5 年移動平均)、(c) 世界平均の海面における pH。予測と不確実性の幅 (陰影) の時系列を、RCP2.6 (青) と RCP8.5 (赤) のシナリオについて示した。黒 (と灰色の陰影) は、復元された過去の強制力を用いてモデルにより再現した過去の推移である。全ての RCP シナリオに対し、2081~2100 年の平均値と不確実性の幅を彩色した縦帯で示している。数値は、複数モデルの平均を算出するために使用した CMIP5 のモデルの数を示している。海水面積 (図 b) では、北極域の海水の気候値と 1979 年から 2012 年における傾向を現実になりに近く再現したモデルについて、予測の平均値と不確実性の幅 (最小と最大の範囲) を示した (モデルの数を括弧内に示す)。完全を期すために CMIP5 全モデルの平均値も点線で示した。破線は海水がほとんど存在しない状態 (つまり、海水面積が少なくとも 5 年連続で  $10^6 \text{ km}^2$  未満) であることを示す。さらに詳細な技術情報は、技術要約の補足資料を参照。{ 図 6.28、図 12.5、図 12.28~12.31、図 TS.15、図 TS.17、図 TS.20 }



**図SPM.8:** 2081~2100年におけるRCP2.6とRCP8.5のシナリオによるCMIP5複数モデル平均の分布図。(a) 年平均地上気温の変化、(b) 年平均降水量の平均変化率、(c) 9月の北半球の海氷面積、(d) 海面におけるpHの変化。図(a)、(b)、(d)は、1986~2005年平均からの偏差を示す。それぞれの図の右上隅の数値は、複数モデル平均を算出するために使用したCMIP5のモデルの数である。図(a)と(b)の斜線部は、複数モデル平均の変化量が自然起源の内部変動性に比べ小さい(つまり、20年間の自然起源の内部変動性の1標準偏差未満)であることを示す。また点描影は、自然起源の内部変動性に比べ大きく(つまり、20年間の自然起源の内部変動性の2標準偏差以上)かつ少なくとも90%のモデルが同じ符号の変化をしている領域を示す(Box 12.1を参照)。図(c)では、線で囲んだ部分がモデルによる1986~2005年の平均を、塗りつぶし部分が21世紀末の平均を示す。白色はCMIP5複数モデル平均、明るい青色は北極域の海氷面積の気候値と1979年から2012年における傾向を現実にかなり近く再現したモデル(括弧内にモデル数を示す)のみによる結果の平均である。さらに詳細な技術情報は、技術要約の補足資料を参照。{図6.28、図12.11、図12.22、図12.29、図TS.15、図TS.16、図TS.17、図TS.20}

- 高緯度域と太平洋赤道域では、RCP8.5シナリオにおいて、今世紀末までに年平均降水量が増加する可能性が高い。RCP8.5シナリオにおいて、中緯度と亜熱帯の乾燥地域の多くでは今世紀末までに年平均降水量が減少する可能性が高く、一方、多くの中緯度の湿潤地域では今世紀末までに年平均降水量が増加する可能性が高い(図SPM.8を参照)。{7.6、12.4、14.3}
- 世界平均地上気温が上昇するにつれて、中緯度の陸域のほとんどと湿潤な熱帯域において、今世紀末までに極端な降水がより強く、より頻繁となる可能性が非常に高い(表SPM.1を参照)。{7.6、12.4}
- 世界全体で、モンスーンシステムに含まれる領域は21世紀を通じて拡大する可能性が高い。モンスーンの風は弱くなる可能性が高い一方、モンスーンの降水は大気中の水蒸気量の増加により強まる可能性が高い。モンスーン期の開始期は早くなるか、又はあまり変化しない可能性が高い。モンスーン期の終了期は遅くなり、結果としてモンスーン期は多くの地域で長期化する可能性が高い。{14.2}
- エルニーニョ・南方振動(ENSO)は、21世紀中においても世界的影響を持った太平洋熱帯域における経年変動性の主要なモードのままである可能性が非常に高い。降水になり得る水分の増加により、地域規模のENSOに関連した降水量の変動性は強まる可能性が高い。ENSOの振幅や空間分布の自然変動性は大きく、このため21世紀においてENSO及びそれに関連した地域的な現象について予測されるいかなる変化についても依然として確信度は低いままである。{5.4、14.4}

表 SPM.2: 1986~2005 年平均を基準とした、21 世紀中頃と 21 世紀末における、世界平均地上気温と世界平均海面水位上昇の変化予測。{12.4、表 12.2、表 13.5}

		2046~2065年		2081~2100年	
	シナリオ	平均	可能性が高い予測幅 <sup>(c)</sup>	平均	可能性が高い予測幅 <sup>(c)</sup>
世界平均 地上気温の変化(°C) <sup>(a)</sup>	RCP2.6	1.0	0.4~1.6	1.0	0.3~1.7
	RCP4.5	1.4	0.9~2.0	1.8	1.1~2.6
	RCP6.0	1.3	0.8~1.8	2.2	1.4~3.1
	RCP8.5	2.0	1.4~2.6	3.7	2.6~4.8
	シナリオ	平均	可能性が高い予測幅 <sup>(d)</sup>	平均	可能性が高い予測幅 <sup>(d)</sup>
世界平均 海面水位の上昇(m) <sup>(b)</sup>	RCP2.6	0.24	0.17~0.32	0.40	0.26~0.55
	RCP4.5	0.26	0.19~0.33	0.47	0.32~0.63
	RCP6.0	0.25	0.18~0.32	0.48	0.33~0.63
	RCP8.5	0.30	0.22~0.38	0.63	0.45~0.82

注釈:

- (a) CMIP5 アンサンブル平均に基づく。偏差は 1986~2005 年平均に対して求めた。HadCRUT4 とその不確実性の評価結果(5~95%の信頼区間)によると、基準期間である 1986~2005 年に観測された温度上昇は、1850~1900 年平均と比べて 0.61 [0.55~0.67]°C、1980~1999 年(第4次評価報告書の予測で用いられた基準期間)平均と比べて 0.11 [0.09~0.13]°Cであった。以前の基準期間(1850~1900 年平均及び 1980~1999 年平均)に対する可能性が高い予測幅は評価していない。これは、モデルと観測のそれぞれの不確実性を組み合わせるために一般的に利用可能な手法が文献から得られないためである。予測された変化と観測された変化を足し合わせるだけでは、観測と比較したときのモデルバイアスの潜在的な効果や、観測の基準期間における自然起源の内部変動性は説明されない。{2.4、11.2、表 12.2、表 12.3}
- (b) 21 個の CMIP5 モデルに基づく。偏差は 1986~2005 年平均に対して求めた。特定の大気海洋結合モデルとシナリオにおいて CMIP5 の結果を利用できなかった場合は、13 章の表 13.5 に記述されているように推定値を用いた。氷床の急速な力学的変化や人為的な陸域の貯水量変化からの寄与は、一様な確率分布を持つとし、シナリオからほぼ独立したものと扱われる。この取り扱い、この寄与がシナリオに依存しないことを意味するものではなく、現在の知見では依存度を定量的に評価することが出来ないだけであることを意味している。現在の理解に基づく、世界平均海面水位の上昇が 21 世紀において可能性の高い予測幅を大幅に超えて引き起こされ得るのは、南極氷床の海洋を基部とする部分の崩壊が始まった場合のみである。この追加的な寄与による 21 世紀中の海面水位上昇が数十 cm を超えないことの確信度は中程度である。
- (c) モデル予測の 5~95%の信頼幅から計算した。これらの幅は、さらにモデルに含まれる追加の不確実性や確信度のさまざまなレベルを考慮した上で、可能性が高い予測幅と評価されている。自然起源の内部変動性が相対的に大きく、また温室効果ガス以外による強制力や応答の不確実性が 2081~2100 年に比べると大きいため、2046~2065 年の世界平均地上気温の変化予測の確信度は中程度である。2046~2065 年の可能性が高い予測幅の評価には、近未来(2016~2035 年)の世界平均地上気温変化においてモデルによる 5~95%の範囲を下回る評価幅とした要因の影響は考慮していない。これは科学的理解が不十分なために、これらの要因がより長期の予測に及ぼす影響が定量化されていないためである。{11.3}
- (d) モデル予測の 5~95%の信頼幅から計算した。これらの幅は、さらにモデルに含まれる追加の不確実性や確信度のさまざまなレベルを考慮した上で、可能性が高い予測幅と評価されている。世界平均の海面水位上昇についての予測の確信度は、両方の期間において中程度である。

### E.3 大気:大気質

- 大気質(地表付近の大気中のオゾンや PM2.5<sup>17</sup>)について予測される範囲は、物理的な気候変動よりむしろ排出量(メタンを含む)によって主に決まる(中程度の確信度)。世界的に、温暖化がバックグラウンドの地上オゾンを減少させることの確信度は高い。高いメタン濃度(RCP8.5 シナリオ)ではこの減少は相殺され、(RCP4.5 シナリオと RCP6.0 シナリオのように)メタンの濃度変化が小さいシナリオと比較して、2100 年までにバックグラウンド地上オゾンを平均約 8 ppb(現在の濃度の 25%相当)増加させうる(高い確信度)。{11.3}
- 観測とモデルの証拠によれば、他の全てを同じとすると、汚染地域における局所的に高い地上気温が、オゾンや PM2.5 の最大濃度を増加させるような地域規模の化学過程のフィードバックや地域的な排出を引き起こすであろう(中程度の確信度)。PM2.5 については、気候変動はエアロゾルの降水による除去過程の変化と同様に、エアロゾルの自然的発生源を変化させるかもしれないが、PM2.5 の分布に対する気候変動の全般的な影響についてはいかなる確信度も与えられない。{11.3}

### E.4 海洋

**21 世紀の間、世界全体で海洋は昇温し続けるであろう。熱は海面から海洋深層に広がり、海洋循環に影響するであろう。{11.3, 12.4}**

- 最大の海洋の温暖化は熱帯域と北半球亜熱帯域の海面において予測されている。より深い深度においては、昇温は南極海で最も大きいだろう(高い確信度)。21世紀末までの海面から水深100 mまでにおける温度上昇の最良推定値は約0.6°C(RCP2.6シナリオ)から約2.0°C(RCP8.5シナリオ)、水深約1000 mにおいては約0.3°C(RCP2.6シナリオ)から約0.6°C(RCP8.5シナリオ)である。{12.4, 14.3}
- 大西洋子午面循環(AMOC)は、21世紀を通じて弱まる可能性が非常に高い。弱化の最良推定値と範囲<sup>18</sup>は、RCP2.6シナリオで11%(1~24%)、RCP8.5シナリオで34%(12~54%)である。AMOCはおよそ2050年頃までにいくらか衰える可能性が高いが、大きな自然起源の内部変動性のために数十年規模でAMOCが強まる時期もあるかもしれない。{11.3, 12.4}
- 考慮されたシナリオの範囲では、大西洋子午面循環(AMOC)が21世紀中に突然に変化又は停止してしまう可能性は非常に低い。解析の数が限られており、結果もはっきりしていないため、21世紀より後のAMOCの変化に関する評価結果の確信度は低い。しかしながら、大規模な温暖化が持続することで21世紀より後においてAMOCが停止してしまう可能性を否定することはできない。{12.5}

### E.5 雪氷圏

**21 世紀の間、世界平均地上気温の上昇とともに、北極域の海水面積が縮小し厚さが薄くなり続けること、また北半球の春季の積雪面積が減少することの可能性は非常に高い。世界規模で氷河の体積はさらに減少するだろう。{12.4, 13.4}**

- 複数モデルの平均から、21 世紀の終わりまでに北極域の海氷面積は通年で減少すると予測されている。この減少は、9 月においては RCP2.6 シナリオの 43%から RCP8.5 シナリオの 94%、2 月においては RCP2.6 シナリオの 8%から RCP8.5 シナリオの 34%の間である(中程度の確信度)(図 SPM.7、図 SPM.8 を参照)。{12.4}

17 PM2.5 は 2.5 マイクロメートル未満の直径を有する粒子状物質のことであり、大気中のエアロゾル濃度の尺度の一つである。

18 この段落における範囲は CMIP5 モデルの予測範囲を示している。

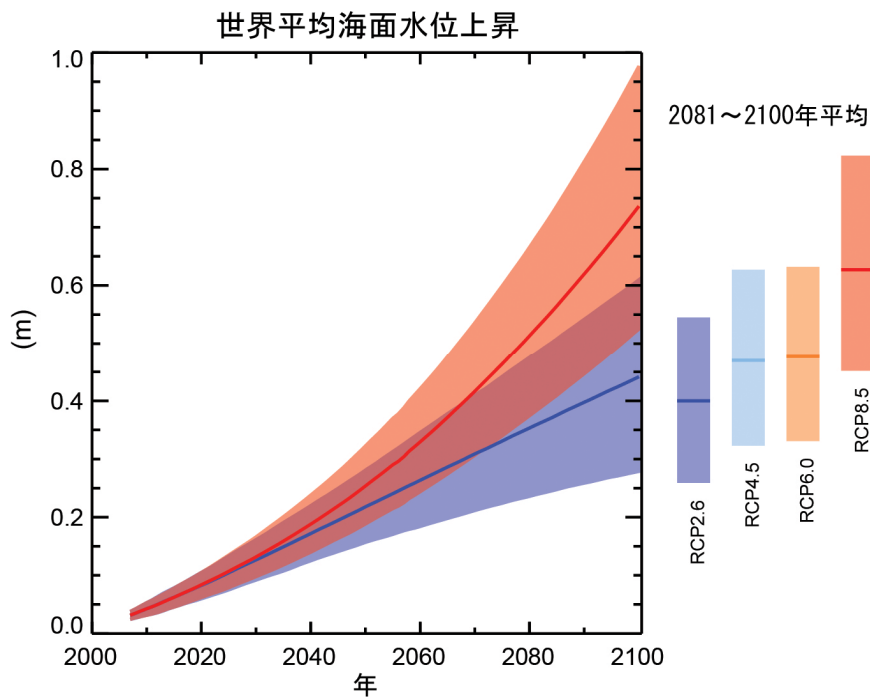
- 北極域の海氷面積について、その気候学的な平均状態と1979年から2012年の傾向を現実にかなり近く再現したモデルによる評価では、RCP8.5シナリオにおいて今世紀半ばまでに9月の北極海で海氷がほとんど存在しない状態となる<sup>19</sup> 可能性が高い(中程度の確信度)(図SPM.7、図SPM.8を参照)。他のシナリオでは、9月において21世紀のいつ頃に北極海で海氷がほとんど存在しない状態になるのかについて、確信のある予測をすることができない。{11.3、12.4、12.5}
- 南極域においては、世界平均地上気温の上昇に伴い、21世紀末に海氷面積と体積の減少が予測されているが、その確信度は低い。{12.4}
- 21世紀末までに、南極周辺の氷河を除いた世界の氷河体積は、RCP2.6シナリオでは現在の氷河体積の15～55%、RCP8.5シナリオでは35～85%減少すると予測されている(中程度の確信度)。{13.4、13.5}
- 北半球の春季の積雪面積は、モデル平均では21世紀末までにRCP2.6シナリオで7%、RCP8.5シナリオで25%減少すると予測されている(中程度の確信度)。{12.4}
- 世界平均地上気温の上昇に伴い、北半球高緯度における地表付近の永久凍土面積が減少することはほぼ確実である。21世紀末までに、地表付近(上部3.5m)の永久凍土面積は、モデル平均では37%(RCP2.6シナリオ)から81%(RCP8.5シナリオ)の間で減少すると予測されている(中程度の確信度)。{12.4}

## E.6 海面水位

**21世紀の間、世界平均海面水位は上昇を続けるだろう(図SPM.9を参照)。海洋の温暖化が強まることと、氷河と氷床の質量損失が増加することにより、全てのRCPシナリオについて海面水位の上昇率は1971年から2010年の期間に観測された上昇率を超える可能性が非常に高い。{13.3～13.5}**

- 世界平均海面水位の上昇予測についての確信度は、海面水位変化の要因に関する物理的理解の進展、諸過程に基づくモデル<sup>訳注</sup>と観測の整合性の改善、氷床の力学的変化を考慮したことによって、第4次評価報告書以降高まってきている。{13.3～13.5}
- 1986～2005年平均を基準とした、2081～2100年平均の世界平均海面水位の上昇はRCP2.6シナリオで0.26～0.55 m、RCP4.5シナリオで0.32～0.63 m、RCP6.0シナリオで0.33～0.63 m、RCP8.5シナリオで0.45～0.82 mの範囲となる可能性が高い(中程度の確信度)。RCP8.5シナリオにおいて、世界平均海面水位の2100年までにおける上昇幅は0.52～0.98 mの間であり、2081年から2100年の期間の上昇率は1年当たり8～16 mmである(中程度の確信度)。これらの範囲は、CMIP5の気候予測と諸過程に基づくモデルを組み合わせた結果と、氷河及び氷床の寄与に関する文献評価から導かれた(図SPM.9、表SPM.2を参照)。{13.5}
- RCPシナリオに基づく予測において、21世紀の世界平均海面水位上昇の30～55%を熱膨張が占め、氷河による上昇は15～35%である。グリーンランド氷床の表面融解の増加が降雪量の増加を上回るようになり、グリーンランド氷床表層における質量収支の変化は将来の海面水位に対して正の寄与となるだろう(高い確信度)。南極氷床の表面融解は少ないままである一方、南極氷床上での降雪量の増加が考えられ(中程度の確信度)、南極氷床表層の質量収支の変化は将来の海面水位に対して負の寄与となるだろう。両氷床からの流出の変化の合計は、2081～2100年までに0.03～0.20 mの範囲で海面水位上昇に寄与する可能性が高い(中程度の確信度)。{13.3～13.5}
- 現在の理解に基づく、世界平均海面水位の上昇が21世紀において可能性の高い範囲を大幅に超えて引き起こされ得るのは、南極氷床の海洋を基部とする部分の崩壊が始まった場合のみである。しかしながら、この追加的な寄与については、中程度の確信度で、21世紀中の海面水位上昇が数十cmを超えないだろうと見込まれる。{13.4、13.5}

19 北極海の状況は、海氷面積が少なくとも5年連続で10<sup>6</sup> km<sup>2</sup>未満である場合に、海氷がほとんど存在しない状態とする。



**図 SPM9:** 21世紀にわたる世界平均海面水位の上昇予測(1986~2005年平均との比較)。CMIP5と諸過程に基づくモデルの組み合わせによる予測をRCP2.6シナリオ、RCP8.5シナリオについて示す。可能性が高い幅は陰影部分で示されている。全てのRCPシナリオに対し、2081~2100年の平均について可能性が高い予測幅を彩色した縦帯で、対応する中央値を水平線で示している。さらに詳細な技術情報は、技術要約の補足資料を参照。{表 13.5、図 13.10、図 13.11、図 TS.21、図 TS.22}

- 21世紀中の世界平均海面水位上昇が更に高くなるという予測の根拠が検討され、評価された可能性の高い範囲を超えるような特定の水位になる確率を評価するには現在のところ証拠が不十分であると結論づけられた。世界平均海面水位上昇に関する多くの半経験的モデル<sup>註2)</sup>の予測は、諸過程に基づくモデルによる予測よりも高くなっている(最大約2倍の大きさ)が、その信頼性については科学界における合意が無く、故にそのような予測については確信度が低い。{13.5}
- 海面水位上昇は一様ではないだろう。21世紀末までに、海洋面積の約95%以上で海面水位が上昇する可能性が非常に高い。世界の海岸線の約70%で、世界平均の海面水位変化の±20%以内の大きさの海面水位変化が起こると予測されている。{13.1、13.6}

## E.7 炭素とその他の生物地球化学循環

**気候変動は、大気中の二酸化炭素の増加をさらに促進するような形で炭素循環過程に影響を与えるであろう(高い確信度)。海洋のさらなる炭素吸収により、海洋酸性化が進行するであろう。{6.4}**

- 人為的に排出された二酸化炭素の海洋への吸収は、4つの全てのRCPシナリオにおいて2100年まで継続し、高濃度の経路ほど高い吸収量となるだろう(非常に高い確信度)。陸域の炭素吸収が将来どう変化するかはあまり確かではない。大部分のモデルは全ての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、幾つかのモデル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。{6.4}
- 地球システムモデルによると、気候と炭素循環の間のフィードバックが21世紀に正であることの確信度は高い。即ち、気候変動は、大気中の二酸化炭素の増加によって引き起こされる陸地と海洋の炭素吸収の増加の一部を相殺するだろう。その結果、大気中に排出された人為起源の二酸化炭素のうち、より多くが大気中に残るであろう。百年から千年規模で気候と炭素循環に正のフィードバックがあることは、古気候に関する観測とモデリングの結果によって支持されている。{6.2、6.4}



**表SPM.3:** CMIP5の地球システムモデルのシミュレーションにより計算された、RCPシナリオの大気中濃度変化に対応する2012年から2100年の期間の累積二酸化炭素排出量<sup>取注K</sup>。{6.4、表6.12、図TS.19}

シナリオ	2012～2100年の累積二酸化炭素排出量 <sup>(a)</sup>			
	GtC		GtCO <sub>2</sub>	
	平均	範囲	平均	範囲
RCP2.6	270	140～410	990	510～1505
RCP4.5	780	595～1005	2860	2180～3690
RCP6.0	1060	840～1250	3885	3080～4585
RCP8.5	1685	1415～1910	6180	5185～7005

注釈:

(a) 1GtCは、炭素換算で1ギガトン(=10億トン=1000兆グラム)を表す。二酸化炭素換算では36億6700万トンに相当する。

- 地球システムモデルは全てのRCPシナリオにおいて海洋酸性化の世界的な進行を予測している。21世紀末までの海面のpHの低下量の幅<sup>18</sup>は、RCP2.6シナリオで0.06～0.07、RCP4.5シナリオで0.14～0.15、RCP6.0シナリオで0.20～0.21、RCP8.5シナリオで0.30～0.32である(図SPM.7、図SPM.8を参照)。{6.4}
- RCPシナリオの大気中二酸化炭素濃度に対応する2012年から2100年の期間の二酸化炭素の累積排出量<sup>20</sup>は、15個の地球システムモデルから得られた結果によると、RCP2.6シナリオで140～410 GtC<sup>18</sup>、RCP4.5シナリオで595～1005 GtC、RCP6.0シナリオで840～1250 GtC、RCP8.5シナリオで1415～1910 GtCである(表SPM.3を参照)。{6.4}
- 2050年までに、RCP2.6シナリオに従った地球システムモデルの結果から得られた二酸化炭素の年排出量は、1990年の排出量より少なくなる(14～96%少ない排出量)。21世紀末までに、モデルの約半数が0をわずかに超える程度の排出量を示唆しており、残りの半分は大気中から二酸化炭素を正味で取り除く事を示唆している。{6.4、図TS.19}
- 炭素を蓄積している永久凍土の融解による、21世紀を通じた二酸化炭素やメタンの大気中への放出量は、RCP8.5シナリオで50～250 GtCであると評価されている(低い確信度)。{6.4}

## E.8 気候の安定化、気候変動の不可避性<sup>取注L</sup>と、気候変動の不可逆性

二酸化炭素の累積排出量によって、21世紀後半及びその後の世界平均の地表面の温暖化の大部分が決定づけられる(図SPM.10を参照)。気候変動の特徴の大部分は、たとえ二酸化炭素の排出が停止したとしても、何世紀にもわたって持続するだろう。このことは、過去、現在、及び将来の二酸化炭素の排出の結果による、大規模で数世紀にわたる気候変動の不可避性<sup>取注L</sup>を表している。{12.5}

- 二酸化炭素の累積総排出量と世界平均地上気温の応答は、ほぼ比例関係にある(図SPM.10を参照)。どの温暖化レベルも、ある範囲内の累積二酸化炭素排出量<sup>21</sup>と関連づけられ、このため、例えば早い年代の高い排出量は、後の年代の低い排出量を意味する。{12.5}
- 人為的な二酸化炭素排出のみによる温暖化を、ある確率で1861～1880年<sup>22</sup>の平均から2℃未満に抑えるには、同期間以降の全ての人為的発生源からの累積二酸化炭素排出量を以下の範囲に制限する必要があるだろう。33%を超える確率の場合は0～約1570 GtC (5760 GtCO<sub>2</sub>)、50%を超える確率の場合は0～約1210 GtC (4440 GtCO<sub>2</sub>)、66%を超える確率の場合は0～約1000 GtC (3670 GtCO<sub>2</sub>)<sup>23</sup>。これらの上限値は、二酸化炭素以外の強制力をRCP2.6シナリオと同等として考慮に入れると、それぞれ約900 GtC (3300 GtCO<sub>2</sub>)、

20 化石燃料、セメント、産業、廃棄物の各部門からの排出量。

21 この二酸化炭素排出の範囲の定量化には、二酸化炭素以外の駆動要因も考慮する必要がある。

22 モデルの結果が利用可能な最初の20年。

23 累積炭素排出量に対する過渡的気候応答(TCRE; D.2節を参照)の評価に基づく。

約820 GtC (3010 GtCO<sub>2</sub>)、約790 GtC (2900 GtCO<sub>2</sub>)に減少する。2011年までに515 [445~585] GtC(1890 [1630~2150] GtCO<sub>2</sub>)<sup>訳注M</sup>の二酸化炭素がすでに排出された。{12.5}

- より低いレベルの気温上昇目標、あるいは特定の気温上昇目標以下に抑制できる可能性をより高めるには、より少ない累積二酸化炭素排出量が求められるだろう。二酸化炭素以外の温室効果ガスの増加、エーロゾルの減少、あるいは永久凍土からの温室効果ガスの放出が温暖化に与える影響を考慮すると、特定の気温上昇目標のための累積二酸化炭素排出量は更に少なくなるだろう(図SPM.10を参照)。{12.5}
- 二酸化炭素の排出に起因する人為的な気候変動の大部分は、大気中から二酸化炭素の正味での除去を大規模に継続して行う場合を除いて、数百年から千年規模の時間スケールで不可逆である。人為的な二酸化炭素の正味の排出が完全に停止した後も、数世紀にもわたって、地上気温は高いレベルでほぼ一定のままとどまるだろう。海洋の表面から深層への熱輸送の時間スケールが長いため、海洋の温暖化は何世紀にわたって続くだろう。シナリオによって違いはあるものの、排出された二酸化炭素の約15~40%は、1,000年以上大気中に残るだろう。{Box6.1、12.4、12.5}
- 熱膨張に起因する海面水位上昇が何世紀にわたって継続するため、2100年以降も世界平均海面水位が上昇しつづけることはほぼ確実である。2100年以降に及ぶ予測結果が利用できる少数のモデル予測によると、RCP2.6シナリオのようにピークに達した後減少し500 ppm未満を維持するような二酸化炭素濃度に相当する放射強制力の場合、工業化以前と比べて2300年までの世界平均海面水位の上昇は1 m未満であることが示されている。RCP8.5シナリオのように700 ppmを超えるが1500 ppmには達しない二酸化炭素濃度に相当する放射強制力の場合、予測された水位上昇は2300年までに1mから3 m以上である(中程度の確信度)。{13.5}

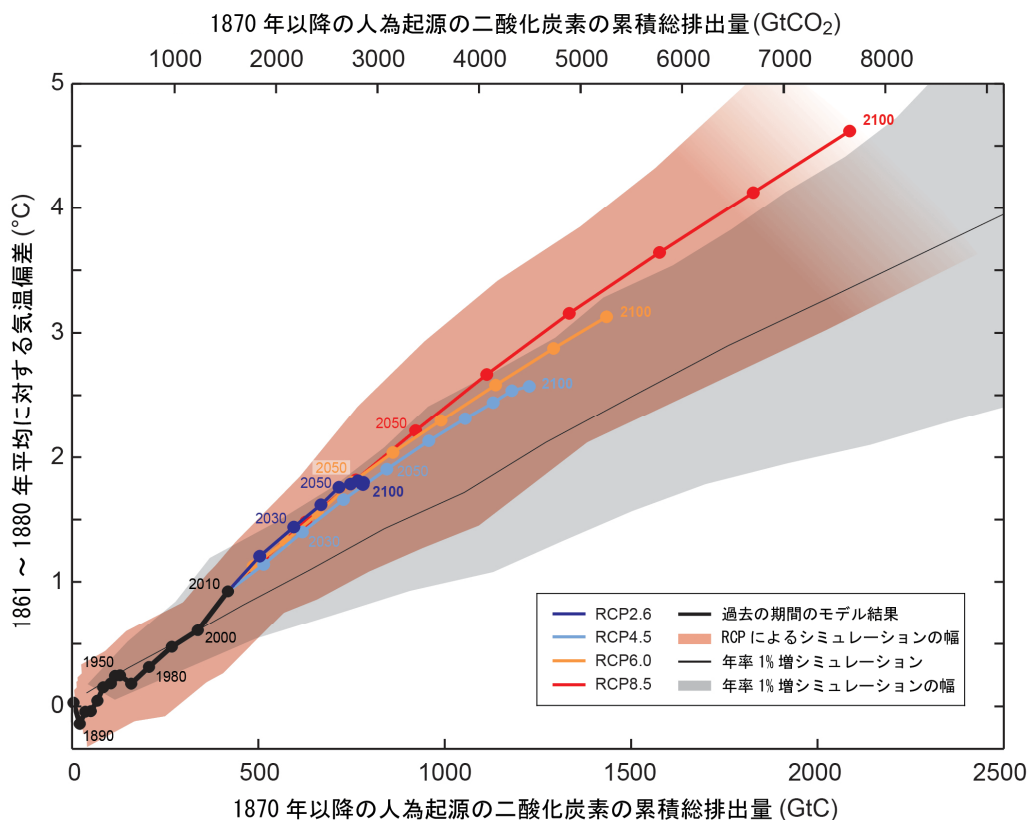


図 SPM.10: 世界全体の二酸化炭素の累積総排出量の関数として示した、様々な一連の証拠による世界平均地上気温の上昇量。2100年までの各 RCP シナリオについて様々な階層の気候-炭素循環モデルから得られた複数モデルの結果を、色付きの線と10年平均(点)で示している。明確にするため、いくつかの10年平均にその年を示している(例えば、2050は2040~2049年の10年平均を示す)。過去の期間(1860年から2010年)のモデル結果は黒で示されている。着色されたブルーム状部分は4つのRCPシナリオにわたる複数モデルの幅を表しており、RCP8.5シナリオにおいて利用できるモデルの数が減少すると共に陰影を薄くしてある。二酸化炭素を1年当たり1%ずつ増加させた場合(1%/年 CO<sub>2</sub>シミュレーション)の強制力による、CMIP5モデルのシミュレーションにより予測された結果の複数モデル平均とその範囲は、細い黒線と灰色の陰影域で示されている。累積二酸化炭素排出量の特定の値に対して、二酸化炭素を1年当たり1%ずつ増加させたシミュレーションの結果は、二酸化炭素以外の追加的強制力を含んでいるRCPシナリオにより駆動されるものよりも低い温暖化を示している。気温は1861~1880年の期間平均を基準としており、排出量は1870年を基準としている。各10年平均は直線で結んである。さらに詳細な技術情報は、技術要約の補足資料を参照。{図12.45、TS TFE.8 図1}