

IPCC 第5次報告書にむけた地球システムモデルによる長期気候変動予測実験  
The long-term projection of climate change using the earth system model  
for the IPCC 5<sup>th</sup> assessment reports

羽島 知洋  
Tomohiro HAJIMA

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)による第5次報告書にむけ、様々な科学コミュニティが現在準備を進めている。社会経済シナリオに関係する統合評価コミュニティは、代表的な温室効果ガスの濃度経路(Representative Concentration Pathways, RCPs)とそれに対応する排出量を作成し、温暖化予測コミュニティはそのシナリオを基に、気候モデルを用いて予測実験や過去再現実験、各種感度分析のための実験等を実施している。また、このRCPsシナリオや予測実験結果を用いて影響評価やシナリオの再評価等が行われる。

RCPsシナリオは、温室効果ガスによる放射強制力に従って4つのシナリオが用意されている。放射強制力の強さの順に、RCP3-PD、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5と呼ばれ、それぞれの名称に含まれる数字が安定化したときの放射強制力を表している(RCP3-PDはピーク値)。これらの放射強制力に対応する温室効果ガス排出経路(Fig. 2(a))が統合評価コミュニティによって作成されている。同時に、人間の土地利用変化の時間的・空間的な変遷もまた、将来予測のためのシナリオとして準備・提供されている。

温暖化予測では大きく分けて2つの実験が行われている。一つは短期的な温暖化予測を行うものであり、数十年後の近未来をターゲットとし、高解像度の気候モデルを用いて多数回の実験を行う。もう一つは空間解像度が比較的低い気候モデルを用いて、数百年スケールでの予測実験を行うものである。数百年スケールでの長期気候変動予測を行うためには、大気や海洋における物理過程だけではなく、陸上や海洋の生態系と気候との相互作用が重要であるため、生態系における現象を"物質循環"の視点から記述した陸上・海洋生態系モデルが気候モデルに導入されている。このような大気・海洋・陸面の物理過程だけではなく物質循環の過程も導入した"全部入り"気候モデルは"気候-炭素循環モデル"や"地球システムモデル(Earth System Models, ESMs)"と呼ばれ、温暖化予測実験に用いられている。海洋研究開発機構/国立環境研究所/東京大学大気海洋研究においても地球システム統合モデル(MIROC-ESM, Fig. 1)が開発され、大気・海洋大循環モデルといった大気・海洋・陸面の物理過程モデルに加え、大気化学・エアロゾルモデルや海洋・陸域の生態系モデルが地球システムモデル内に導入されている。

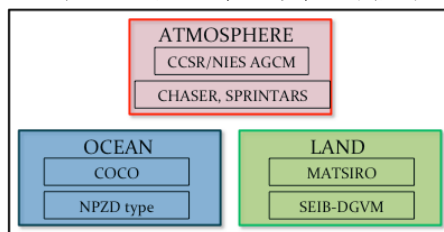


Fig. 1 Schematic diagram of MIROC-ESM.

温暖化予測実験では、前述の RCPs シナリオの温室効果ガスの”濃度”を用いた予測実験を中心に実験が実施されている。この実験では、1850～2100 年までの大気 CO<sub>2</sub> 濃度がモデル外部から与えられ、この濃度を基に気候の変化が逐一計算される。このようにして計算された地表近くの世界平均気温が Fig.2(b)である。同時に、地球システムモデル内の陸域・海洋生態系モデルでは、外部から与えられる CO<sub>2</sub> 濃度と地球システムモデル内部で生じる気候変化を逐一参照しながら、陸域や海洋における CO<sub>2</sub> の吸収/放出量を計算する。この CO<sub>2</sub> の吸収/放出量は診断されるのみであり、モデル内部における大気 CO<sub>2</sub> 濃度は変化させない。その代わりに、外部から与えられる CO<sub>2</sub> 濃度を実現するために必要な、化石燃料起源の CO<sub>2</sub> 許容排出量がモデルから出力される(Fig. 2(c))。

計算によると、1850 年からの気温上昇は 2000 年までに約 0.9 度であり、2100 年においては RCP8.5 シナリオが最大で、5.9℃であった。RCP 3-*PD* シナリオでは、人為的な炭素貯留による”ネガティブエミッション”がシナリオ内で想定されており、地球システム統合モデルから得られる許容排出量も負値を示している(Fig.2 (c))。しかし、このようなシナリオであっても気温上昇は全球平均で 2.0℃を超える(1850 年比)結果となった。ただし、地球システムモデルには大きな不確実性を含んだプロセスが存在しており、他国で使用されている地球システムモデルと結果を比較(モデル間相互比較)することにより、予測の信頼性評価や不確実性の大きなプロセスの解明が今後行われていくことになる。

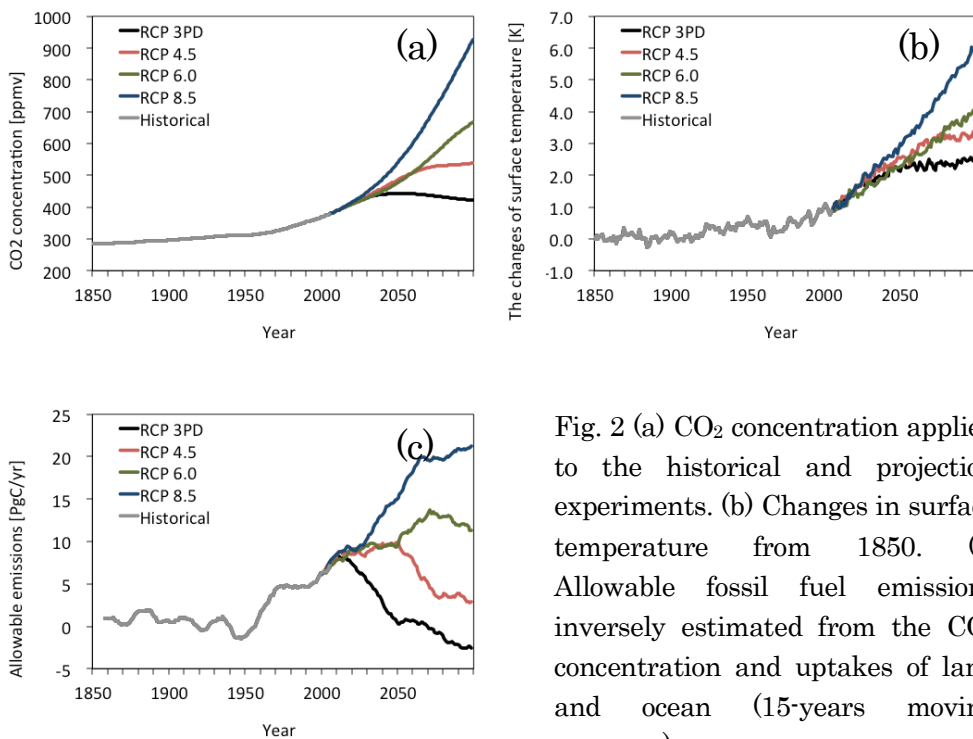


Fig. 2 (a) CO<sub>2</sub> concentration applied to the historical and projection experiments. (b) Changes in surface temperature from 1850. (c) Allowable fossil fuel emissions inversely estimated from the CO<sub>2</sub> concentration and uptakes of land and ocean (15-years moving averages).