

気候と炭素循環の相互作用－気象研モデルによる評価

小畑 淳 (気象研究所)

1. はじめに

大気二酸化炭素の増加とそれが引き起こす温暖化に対して、陸や海の炭素循環がどの程度の大きさで促進又は抑制の役割を果たすのかという問題の解明は温暖化予測の精度向上に必須である。これは気候と炭素循環の相互作用の問題であり、例えば、二酸化炭素排出量を与えた数値実験において、気候と炭素循環が結合して影響を及ぼし合う場合は、気候を固定した場合に比べて大気二酸化炭素濃度にどの程度の差が生じるのか調べる必要がある。このことに関して既に欧米ではモデル間の違いも含めて議論が行われている (Friedlingstein et al., 2003)。気象研開発のモデルでもその相互作用を評価したのでここに報告する。

2. 実験方法

モデルは気象研気候大循環モデルに陸域と海洋の炭素循環過程を組み込んだもの (2003 春 P447, 2004 春 B413) を用いる。既に定常状態として産業革命以前の気候と炭素循環に相当する場が計算されている。これを初期値 (西暦 1850 年) として、1998 年までは CDIAC 編集の、1999 年からは IPCC-IS92a シナリオの、化石燃料消費による二酸化炭素排出量をモデルの大気を与えて 2100 年まで計算する。この二酸化炭素排出実験については、気候と炭素循環を結合させた従来のモデル (結合実験) と、気候は産業革命以前の状態に固定して炭素循環のみを計算するモデル (非結合実験) による二種類の実験を行い、両者を比較する。

3. 結果と考察

大気二酸化炭素濃度は 2100 年には、結合実験では 674ppm、非結合実験では 641ppm に達した (図 1)。産業革命以前の濃度 280ppm からの増加量については、結合実験は非結合実験の 1.09 倍であり、この数値は大気二酸化炭素増加と温暖化を促進させる気候炭素循環相互作用の強さと見なせる。これを陸や海の炭素収支で見ると、結合実験では非結合実験に比べて、大気からの二酸化炭素吸収が、陸域で 60GtC、海洋で 10GtC 減少している (図 2)。陸域での吸収減少は、温暖化による土壌呼吸の増加に加えて、中南米やアフリカでの雨量減少に伴う生産低下によるものである (図 3)。海洋での吸収減少は、主に温暖化に伴う全球的な二酸化炭素溶解度の低下によるものである (結合実験の全球平均表面気温は 1850 年から 2000 年にかけて 0.8℃、21 世紀には 1.4℃上昇) (図 3)。但し、エルニーニョ型の温暖化に伴う東部太平洋赤道域での湧昇弱体化による二酸化炭素放出の減少や、高緯度での海水融解に伴う光環境向上による生物生産増加など逆の効果もあり、海洋の炭素吸収の減少は陸域に比べて非常に小さい。

欧米の結果では気候と炭素循環の相互作用の強さは、

米が 1.13、仏が 1.2、英が 1.69 と、モデルによりかなり違うが、我々の結果 1.09 はこれらの値より小さい。この原因の一つとして、我々の陸域炭素循環モデルが純一次生産の見積もりについて、過度の高温化でも減少しない経験式 (Miami model) を使っていることが考えられる。この点を精緻な光合成モデルの計算を参考にして補正すると、詳細は省くが、2100 年の大気二酸化炭素濃度は約 710ppm、相互作用の強さは 1.19 と予想され、仏の結果に近づく。その他、モデルの気候感度の違いも異なる相互作用を生み出す要因である。

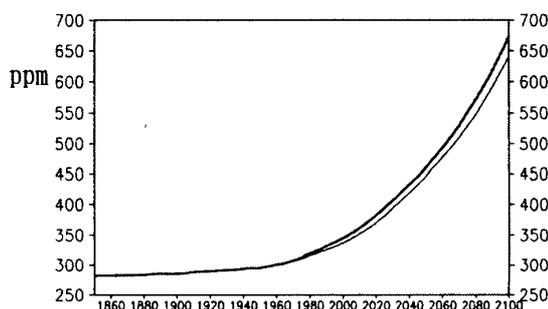


図 1 大気二酸化炭素濃度
気候炭素循環結合実験 (太線)、非結合実験 (細線)

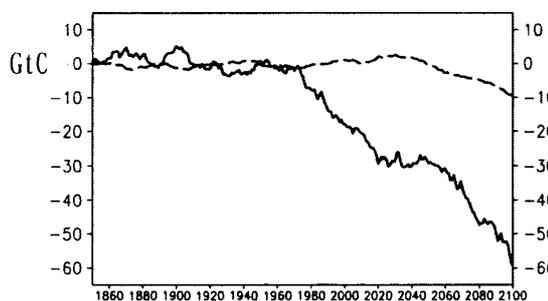


図 2 陸域 (実線) と海洋 (破線) の二酸化炭素吸収蓄積量
について、結合実験から非結合実験を引いたもの

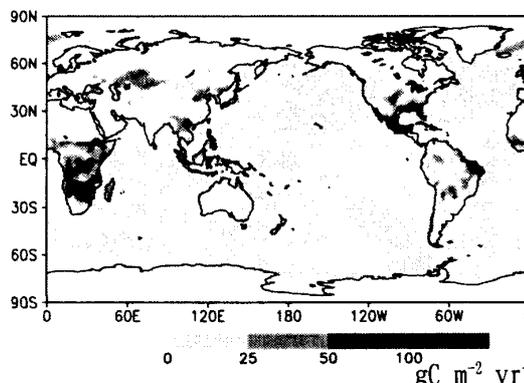


図 3 2091 年～2100 年平均の陸域及び海洋の大気との二酸化炭素交換量について、結合実験から非結合実験を引いたもの。正の値 (陰影) は陸域又は海洋からの二酸化炭素放出。