

# 論文審査の結果の要旨

氏名 大石 龍太

人間活動によって大気中に放出される二酸化炭素等の温室効果気体が地球の気候や環境をどのように変化させうるかは、気候学のみならず社会的にも大きな関心事である。温室効果気体増加による地球温暖化の評価は、大気や海洋の三次元的な大循環を数値的にシミュレートする気候モデルを用いて行われてきた。しかしながら、これまでの予測実験においては、大気中の二酸化炭素量の将来推移は、社会経済の発展シナリオと単純な炭素収支モデルにもとづいてあらかじめ設定されていた。気候変化により、陸面生態系の活動度が変わり、固定された二酸化炭素シナリオにもとづく予測は変更を受けないだろうか？このような問題に答えるべく、近年ようやく大気、陸面植生、海洋間の炭素の循環を陽にシミュレートする炭素循環モデルの使用が始まったばかりである。しかしながら、現状ではほとんどの炭素循環モデルにおいて、気候が変化することによって陸上生態系の分布も変化する効果は未だ取り入れられていない。

本研究は、動態植生モデルと大気大循環モデルを結合することによって、温暖化に伴う気候変化と植生の分布変化の間の相互作用を陽に扱い、地球温暖化予測における定量的な役割を明らかにしようとしたものである。

第1章においては、大気 - 植生相互作用の一般的な解説に引き続き、地球温暖化問題におけるその重要性が指摘される。また、多くの炭素循環モデルにおいては動態植生モデルの導入が行われておらず、また、導入されたモデルにおいても、大気 - 植生相互作用が温暖化を促進、あるいは抑制するのかについて理解されていない現状が指摘され、本研究において大気 - 植生相互作用を取り出して定量的に議論することの意義が述べられる。

引き続き、第2章においては、本研究で用いる大気 - 動態植生結合モデルが説明される。混合層海洋が結合された大気大循環モデルと大気 - 陸面間の水、熱、炭素交換をシミュレートする陸面モデル、そして、陸面モデルに用いる植生分布を気温や降水量といった気候変数の関数として計算する動態植生モデルである。各コンポーネントモデルは、既存研究によって開発されたものであるが、申請者によってこれらを結合した大気 - 動態植生結合モデルとして構築された。

第3章においては、前章の大気 - 動態植生結合モデルの現在気候条件のもとでのシミュ

レーション結果が観測値と対比して議論され、温暖化時の変化を議論するに足る精度を備えていることが示される。

第4章では、大気中の二酸化炭素量が産業革命前とその4倍である場合の平衡気候実験結果が比較され、とくに従来の静的植生モデルと今回の動態植生モデルの差異が論ぜられる。動的植生変化を扱うことにより、温暖化によりツンドラが後退してタイガに取って代わられるなど、植生の拡張がみられ、それに伴ってアルベド(=太陽光反射能)が低下するため、温暖化が増幅される。ツンドラ域以外でもアジアアフリカモンスーン域、北米中南部などでもこのような効果が見られ、全球平均でも10~20%の温暖化増幅がもたらされる。本研究のモデルは、大気-動態植生相互作用に焦点を当てているため、陸面と大気の間での炭素交換が大気中の炭素量を変えるようにはなっていない。しかしながら、陸面生態系の炭素収支を調べることにより、寒帯での温暖化により土壌有機炭素の分解、さらには、大気中への炭素放出が加速されて、温暖化が増幅することが明らかとなった。

第5章では、結合モデルによる二酸化炭素1倍時と4倍時の気候要素を内挿して動態植生モデルに与え、炭素循環への影響の時間変化が議論される。気温、降水量、二酸化炭素の変化等各々の要素の変化の与える影響も評価された。温暖化により当初100年程度は、陸上生態系が活発化し、炭素を吸収する効果が勝るため、温暖化に対して負のフィードバック(抑制効果)となるが、その後土壌有機炭素の分解が勝るようになり、正のフィードバック(増進効果)へと転じる。植生を動的に扱うことにより、この符号転換が数十年早くなり温暖化を加速することになる。このように、最終的に植生の肥沃化より土壌炭素分解が勝ることは、モデル定式化の不確定を考慮してもなお確実なことと考えられる。

このように本研究は、植生と気候の相互作用に焦点を当てた明快な数値実験によって、同相互作用が地球温暖化を促進する効果を持つことをはじめて明らかにした。本研究の気候学への寄与は大きいと判断できる。

なお、本論文第2, 3, 4, 5章ならびに付録Bは、阿部彩子氏との共著論文の結果を含んでいるが、論文提出者が主体となって計算及び解析をおこなったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって、博士(理学)の学位を授与できると認める。