

日本の地域気候変動予測をめざして

○栗原和夫、馬淵和雄、佐々木秀孝、高藪出、○小畑淳、村崎万代、山本哲、清野直子、三上正男、佐藤康雄、長友利晴(環境・応用気象研究部)、石原幸司、真木貴史、増田真次(気象庁)

1. はじめに

日本の気候はどのように変動しているか。地球温暖化により日本の気候は将来どのように変化するか。これらは日本を維持・発展させるためのビジョンを探る際に不可欠な情報である。気候変動予測の研究には数値モデルを使うが、これまでの全世界を対象とした全球気候モデルでは、計算機性能の制約から分解能が限られており、日本における気候変動を調べることはできなかった。環境・応用気象研究部では日本付近の詳細な気候変動を調べるために、高分解能の地域気候モデルを開発、改良した。また温暖化を引き起こす大気中の二酸化炭素濃度の増加をより現実に近い形で再現・予測するために炭素循環モデル、および陸面植生モデルBAIM Ver.2を開発した。今回はこの3年間になされてきた開発の努力と最新の成果を示す。

2. 地域気候系のモデル化の研究成果

2. 1. 地域気候モデル

2. 1. 1. 地域気候モデルの概要

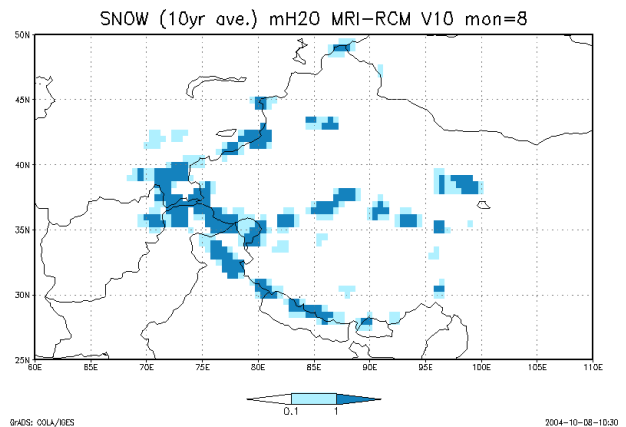
日本の気候変動予測を目的として、20kmの分解能を持つ地域気候モデル(以下RCM)を開発した。このモデルは、気象庁で現業用短期予報のために開発された領域スペクトルモデルをベースにしている。領域は日本付近の2500km四方で、降水過程、放射過程、乱流境界層過程などが組み込まれている。長期時間積分を実施するためにスペクトル境界結合(SBC)(Kida et al. 1991, Sasaki et al. 1995, 2000)により大規模場の情報を取り込む。境界値には全球大気海洋結合モデル(分解能約270km)を用い、二酸化炭素排出シナリオはIPCCのSRES-A2シナリオを想定した。

また将来の発展を目指して5km分解能の雲解像非静力学モデル(NHM)にSBCを組み込んだ。このモデルについては別の機会に発表することとする。

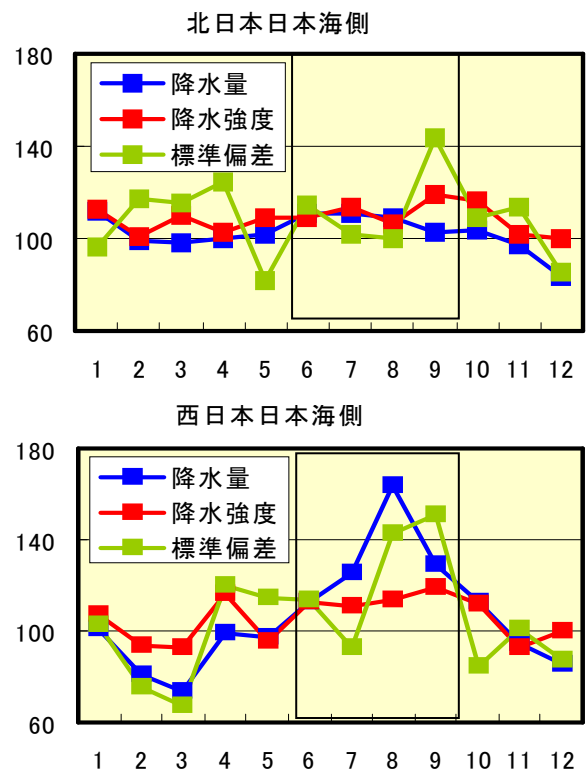
2. 1. 2. 地域気候モデルの陸面水文過程の改良

雪面はアルベードの変化を通じて、大気に与える熱量を制御しており、長時間積分では重要な要素になってくる。RCMの精度向上のために陸面水文過程の改良を行った。雪については積雪をモデル最下層の気温で制御し、氷点を超えるときに氷点との温度差に比例して雪を融かすデグリー・デイ法を用いた。分解能を60kmとしてアジア域に領域

を拡大したRCMの現在気候再現実験で、消雪時期、氷河域は観測値と良い対応を示した。第1図はモデルによるチベット周辺の氷河域である。



第1図 モデルで再現されたチベット周辺の最暖月(8月)の積雪(水等量:m)。



第2図 モデルで予測された地域ごとの月降水量(青色)、標準偏差(草色)、降水強度(赤色)の温暖化時と現在との比(%)。100%以上は将来の増加を表す。枠は6月から9月を示す。

※本研究は、経常研究「地域気候系のモデル化に関する研究(H14-16)」主任研究者:栗原和夫(H15-16)、佐藤康雄(H14)、研究担当者:馬淵和雄、佐々木秀孝、高藪出、小畑淳、村崎万代、山本哲、清野直子、三上正男、増田真次(H15-16)、真木貴史(H14)。および、気候変動予測研究費「地球温暖化によるわが国の気候変化予測に関する研究」のサブ課題「地域気候モデルの高度化(H12-16)」の一環として行われた。

2. 1. 3. 20km分解能地域気候モデルによる予測

20kmRCMを用いて現在気候再現と将来気候予測計算を実施し、その結果に見られる温暖化による日本の気候変動を調べた。日本の降水量は必ずしも年間を通して増加するのではなく、6月から9月の夏季に増加する。特に8月から9月にかけての増加は顕著である。将来的には梅雨明け後の晴天が減少し、秋雨の活動が強まることが予測された。この傾向は地域により現れ方が異なる。第2図は、北日本の日本海側と西日本の日本海側の月降水量の変化(青色)を、将来と現在の比で示した。夏季の降水量の増加傾向は西日本を中心とした地域で明瞭であり、北日本ではほとんど見られない。第2図には、月降水量の年々変動の標準偏差(草色)と、降水強度(降水量を降水日数で割った値、赤色)も現在との比を示した。降水量の増加する西日本を中心に、年々の降水量変動が大きくなり、降水強度の強まりも見られる。

一方、冬季(12月から2月)では、温暖化時には降雪量が主に日本海および日本海側で減少する。特に本州の日本海側の東北南部から北陸にかけての減少が目立つことがわかった(図省略)。

2. 2. 気候炭素循環モデル

正確な温暖化予測のためには、主な温室効果気体である二酸化炭素の大気中の濃度も大気・海洋・陸域間の相互作用を考慮しながら予測しなければならない。このために陸域と海洋の炭素循環過程を従来の気候の大循環モデルに組み込んだ気候炭素循環モデルを開発した。モデルにおいては、陸域は、気象要素から求められる生物生産の生態系各部分(葉、枝、幹、根、腐葉土など)への分配とその消費によって、二酸化炭素を大気と交換する(Goudriaan and Ketner, 1984)。また、海洋は、流れによる炭素の輸送や有機物の生成分解に影響される海面の二酸化炭素の分圧と、大気中の二酸化炭素の分圧との差によって、二酸化炭素を大気と交換する(Obata and Kitamura, 2003)。このモデルで産業革命以前の定常状態を再現した後、化石燃料の消費により発生する二酸化炭素をモデルの大気に排出して2100年までの温暖化実験を行った(21世紀については標準的な排出予想値IS92aを使用)。その結果、現在までの大気二酸化炭素の増加とそれに伴う温暖化が再現され、さらに2100年には大気二酸化炭素濃度は680ppmに達し、気温は現在に比べて1.5℃上昇した。この結果は、温暖化としては気象研の従来の二酸化炭素倍増実験とほぼ同じであるが、炭素循環も同時に計算している点が大きな違いであり、より整合性の高い温暖化実験であると考えられる。

2. 3. 陸面植生モデルBAIM Ver.2

現在のモデルでは、陸域の植生はごく簡単な取り扱いをしているだけである。しかし炭素循環や気候変動を理解するうえで、植物の季節的な特徴の年々変動をより精密に再現できる植生モデルが必要とされている。このためにBAIM Ver.1(Mabuchi et al. 2002, 2004a, 2004b)を開発したが、葉面積指数、樹高、蓄積炭素量などが月ごとの定数として与えられ、これらの再現や予測ができなかった。新しく開発したBAIM Ver.2では、葉、根、リター層、腐植土層に蓄積される炭素量を陽に計算する。さらに林床植生がある場合には、その各炭素量も見積もることができる。葉面積指数や、樹高などは対応する炭素量から計算によって求められる。このBAIM Ver.2を全球気候モデルに組み込み、予備的な数値実験を行った。その結果、観測された各種の植生パラメータと矛盾なく再現されており、新しい植生モデルの有効性が確認された。このモデルによるより高精度の炭素循環予測、地域気候予測を行うことは将来的に重要な課題である。

3. 結論

今回の研究計画において、20km分解能の地域気候モデルを開発し、温暖化予測を行った。温暖化時には6月から9月に西日本を中心に降水量が増加するとともに、年々変動も大きくなる。冬季には日本海側の東北南部から北陸にかけて降雪量の減少が予測された。

また、大気中の二酸化炭素濃度をより現実に近い形で取り扱える気候炭素循環モデルを開発した。このモデルは大気中のCO₂濃度を計算するとともに、植物や海洋での炭素吸収量などを評価することができる。さらに陸面の植生の効果を取り入れるため植物の季節的な特徴の年々変動を精密に再現できる植生モデルBAIM Ver.2を開発した。

今後は、これらの成果の取り込みやNHMの導入など、地域気候モデルの高度化を進め、より信頼性のある、使いやすい地域気候変動予測を行う必要がある。

参考文献

- Goudriaan, J. and P. Ketner, 1984: Climatic Change, 6, 167-192.
- Kida, H. et al., 1991: J. Meteor. Soc. Japan, 69, 723-728.
- Mabuchi, K., et al., 2002: J. Meteor. Soc. Japan, 80, 621-644.
- Mabuchi, K., et al., 2004a: J. Climate (in press).
- Mabuchi, K., et al., 2004b: J. Climate (in press).
- Obata, A., and Y. Kitamura, 2003: J. Geophys. Res., 108(C11), 3337.
- Sasaki, H., et al., 1995: J. Meteor. Soc. Japan, 73, 165-181.
- Sasaki, H., et al., 2000: J. Meteor. Soc. Japan, 78, 477-489.