

日本付近の詳細な気候予測を目指した 地域気候モデルの現状

環境・応用気象研究部 栗原 和夫

1. はじめに

二酸化炭素の増加がもたらす地球温暖化により、日本の地域の気候はどのように変化するか。このことは大きな関心事である。しかしこれを明らかにするには、これまで用いられてきた全球を計算対象とする気候モデルでは格子点間隔が粗すぎ、十分な情報を得ることはできなかった。日本の地形は複雑で、冬季の太平洋側での乾燥した晴天と、日本海側での雪深い気候などのように地域ごとに大きく気候が変化する。これに対応できる格子点間隔を全球気候モデルで実現するには膨大な計算機資源が必要になり現実的でない。このため、気象研究所では、地域的な気候が将来どのように変わるかについて、限られた計算機資源で容易に計算することのできる地域気候モデルを開発・改良している。このモデルを使った結果は気象庁から「地球温暖化予測情報」として刊行され、また気象研究所の成果としてIPCCの報告書などにも提供された。今回は気象研究所で開発された地域気候モデルにより予測された日本周辺の温暖化予測結果と、現在進行中の新しい地域気候モデルに関する研究について紹介する。

2. 地域気候モデルによる研究の現状

2.1 地域気候モデルとはどのようなものか

気候を再現・予測するためには長期間の計算を行わなければならない。しかも、モデルには、放射、降水、小スケールの乱流効果などの大気中で起こる複雑な過程が組み込まれているために膨大な計算量が必要になる。この計算を全球にわたって細かい空間間隔で計算することは負担が大きい。このため、日本周辺という限られた領域だけを対象とし、少ない計算機資源でも高い空間分解能で気候計算を行うことのできる地域気候モデルが開発された。これまでに開発され、用いられてきたのは20km間隔で計算を行うモデルである。この計算には大規模場の情報として、300km間隔で計算を行う全球気候モデルの結果を与えた。300km間隔の計算では日本列島上に数個の計算点しかなく、日本海側、太平洋側などの地域ごとの気候の差は表現することができない。一方、20km間隔で計算する地域気候モデルでは、日本の脊梁山脈などを概ね表現することができ、冬季の日本海側、太平洋側の降水量の違いも再現することができた。このモデルは気象庁の温暖化予測業務に役立てられている。

2.2 地域気候モデルによる日本周辺の気候予測

気象研究所の地域気候モデル（空間分解能20km）で予測された地球温暖化による100年後の日本周辺の気候変化は「地球温暖化予測情報第6巻」（気象庁、2005）に公表されている。日本の気候変化の概略をこれに基づいて示す。

計算には温暖化を引き起こす二酸化炭素の大気中濃度予測が必要であるが、これにはIPCCのSRES-A2シナリオと呼ばれる予測を用いた。A2シナリオはいくつかのシナリオのうち大気中二酸化炭素濃度の増加が大きい場合に属し、温暖化による気候変化が判別しやすいと考えられる。

気温についての変化を見てみよう。全球気候モデルでは、気温は全球的に上昇し、陸上や高緯度で気温上昇が大きいと予測されている。地域気候モデルによる、日本付近の予測結果でも、100年後の年平均気温は日本周辺全域にわたって上昇すると予測されている（図1）。気温の上昇は、日本の陸上では2.0～3.6℃程度である。地域的に著しい差異があるわけではないが、内陸で上昇幅が大きくなるとともに、オホーツク海沿岸でも気温上昇が大きいと予測されている。日本での気温上昇の季節変化を見ると、1年の内、夏季で上昇幅が小さい傾向が全国的に見られる（図略）。

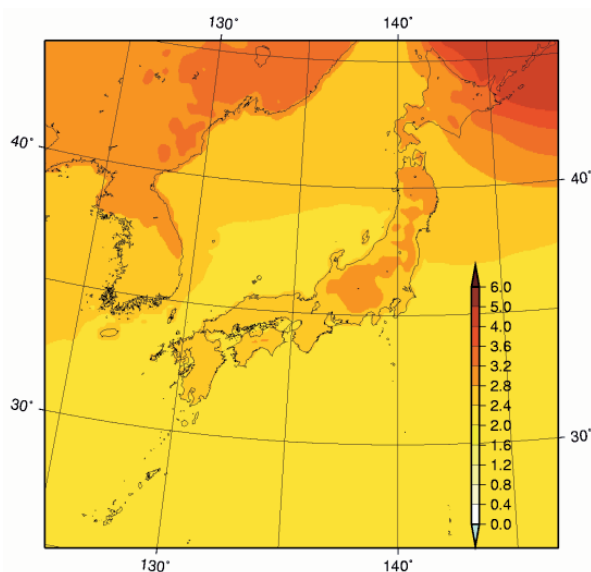


図1 年平均気温の上昇(単位℃)。(地球温暖化予測情報第6巻による)。

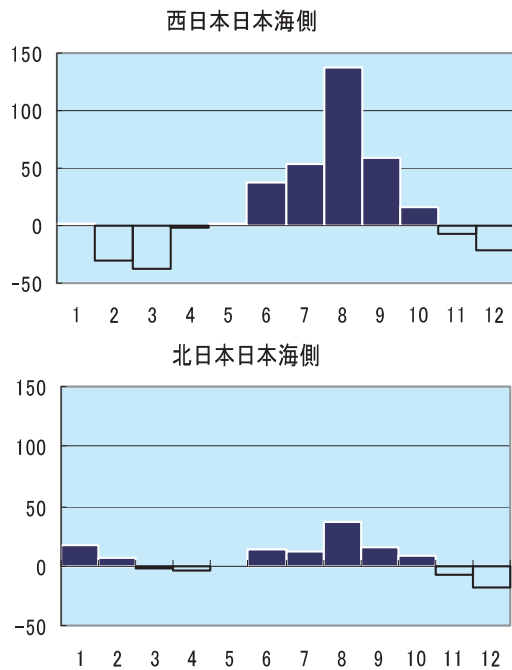


図2 月ごとの100年後の月降水量の増加(単位mm)。西日本日本海側(上段)と北日本日本海側(下段)を示す。

日本周辺の降水については、夏季を中心に100年後の降水量の増加が予測されている。その他の季節では、降水量の変化ははっきりしない。夏季の降水量の増加は西日本の6～9月で顕著である(図2)。図では西日本日本海側と北日本日本海側の結果を示したが、西日本では増加傾向がはっきりしているが、北日本では目立たない。

2.3 新しい地域気候モデルの開発

前節では、これまで開発してきた20kmの空間分解能の地域気候モデルの結果について述べた。このモデルにより北日本、西日本、太平洋側、日本海側など日本の地域ごとの気候変化予測を行うことができたと考えている。しかし、20kmの空間分解能では、地域気候モデルの結果を、地球温暖化の社会生活への影響を評価したり、対策への利用を考える場合、まだ十分とは言えないであろう。このため、気象研究所の温暖化特別研究「温暖化による日本付近の詳細な気候変化予測に関する研究」を平成17年度～21年度に実施し、新しい地域気候モデルを開発している。

日本の気象は複雑な地形の影響を受けているが、20kmのモデルでは、脊梁山脈の存在を表現できる程度であり、個々の山脈や河川流域などの詳細な地形を表せるわけではない。地形による降雪域の詳細な再現、細かな地形による降水の変化、各河川に流入する降水量分布などの予測を考えると、少なくとも主要な山脈や主要河川とその流れている谷の一つ一つを表現できる空間分解能が必要である。このため、空間分解能を4kmまで高めた地域気候モデルを開

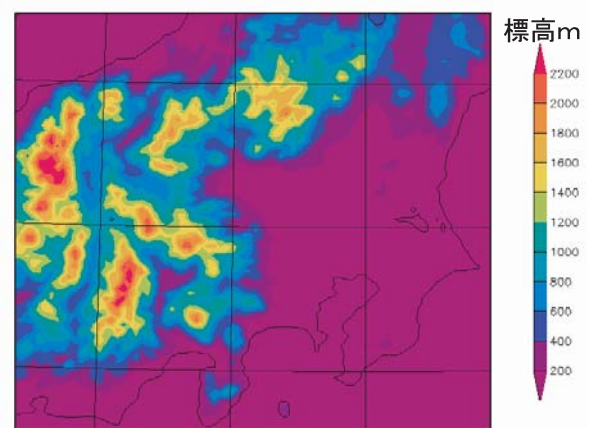


図3 4km空間分解能の地域気候モデルで用いる地形。

発し、温暖化予測を実施する予定である(図3)。

さらに温暖化による気候変化予測で重要な予測要素は、災害を引き起こすような局地的な強い降水がどのようになるかということである。強い降水は積乱雲の発生・組織化によりおこる。20km分解能のモデルではそのような現象は正確には計算できなかった。これは強い降水は空間スケールが小さい現象の場合が多く、20kmの分解能では粗すぎることで、また降水の計算方法が積乱雲の発達などを十分に表現していないことに原因があった。このため、4km地域気候モデルでは分解能をあげると同時に、精密な降水過程の計算法を導入する。積乱雲中では、水蒸気は凝結して雲粒を形成し、それが成長して雨水や雪片となって地上に達する。新しい計算方式では、このような個々の過程を計算し、雲粒量、雨水量、雪片量などの時間変化を予測することができる。この方式で、短期的な計算であるが、これまで十分に再現できなかった強い積乱雲の発生や組織化、またそれにより引き起こされる強い降水現象の再現に成功している。

これらの改良には、モデルの全体構造にも従来と異なった技術が求められる。このため気象研究所と気象庁が共同で開発した非静力学モデルの最新の技術を取り入れる。

開発する新しい地域気候モデルでは、このような改良により温暖化による強い降水現象の地域ごとの発生頻度や降水量の増加などの予測精度の向上が期待される。

3. まとめ

地域気候モデルでは、日本周辺の詳細な気候変化の予測を行うことができる。複雑な地形と、細かな地域ごとに特徴的な気候を持つ日本において、温暖化の影響を正確に知り、適切な対策を検討するためには、高空間分解能を持ち、強い降水などの顕著な現象をより高精度に予測できる地域気候モデルの開発が必要である。今後は、詳細な温暖化予測を実施し、その結果を国内の影響評価及びIPCCなどを通じた国際貢献に役立てていく予定である。