

地球温暖化による日本、北海道への影響

佐藤 友徳

1. 気候変動と対策

気候変動は人類の文化的生活にかかわる重要な問題として、近年大きく取り上げられている。さらにその影響は、自然災害、農林水産業、水資源、生態系、住環境や健康など幅広い分野に及ぶことが指摘されている。また、IPCC 第 5 次報告書でも述べられているように、気候変動に伴う影響の種類や強さは、地域によって、また季節によって大きく異なる特徴がある。このため、各国における気候予測や地域特有の社会・経済活動への影響など、地域レベルの気候予測と影響評価が求められている。すなわち、地球温暖化対策とは、温室効果ガスの排出を削減することや、森林を保護して炭素の固定を促進すること（すなわち緩和策）だけではなく、地域ごとに異なって現れる影響に対して、地域が主体となり影響に対する脆弱性を低減しようとする試み（すなわち適応策）も有効である。したがって、適切な地球温暖化対策とは地域によって異なる形態であって構わないものである。地域が主体となって適応策を立案する際には、地域スケールの気候予測と影響予測が極めて重要な判断材料となる。さらに、適応策では気候変動による影響の地域特性に加えて、当該地域における人口構成や産業構造も考慮する必要がある。先に述べた緩和策（植樹や二酸化炭素の地中埋蔵など気候変動自体を小さくすることが目的である対策）の多くはグローバルな気候変動の緩和に貢献するのに対して、適応策は地域ごとの政策との融和性が高いだけでなく、地球温暖化以外の問題（例えば、地域特有の自然災害に対する住民意識の向上など）に対しても有効であるといえる。以上の背景から、本講では気候変動による地域への影響の例として、日本への影響を紹介するとともに、北海道における気候予測の実情についても触れることにする。

2. 地域の気候予測

日本は、亜熱帯から亜寒帯までの気候帯に位置しているため、適確な影響予測を行うためには、地域詳細な気候予測データが必要となる。地域スケールの影響予測に求められる気候予測データは地域気候の特徴を十分に表現したものでなければならない。しかし、全球の気候モデルによる地球全体の気候シミュレーションは、現在の計算機性能では 100 km 程度の間隔でしか計算することができない。この場合、日本は 30 点程度の代表点でしか表現できず、脊梁山脈を表現することすら困難である。そこで領域気象モデル（以降、領域モデルと呼ぶ）を用いて地域詳細な気象情報を作成する力学的ダウンスケーリングと呼ばれる手法が広く採用されている（図 1）。力学的ダウンスケーリングでは計算領域を対象地域に限定し、その領域の大気側面境界や海面水温

をメッシュの粗い全球モデルから得て、領域内の気象を詳細に計算する（これをネスティングという）。領域モデルで 10 km 程度の解像度があれば、脊梁山脈はもちろんのこと、平野や盆地、海岸線もかなり現実的なものになる。このような地域特有の自然地理的条件も計算に反映されるので、地域特有な気候を表現することができる。さらに、その予測は領域モデルによって計算されるため、物理的に一貫性のある格子点の情報となる。

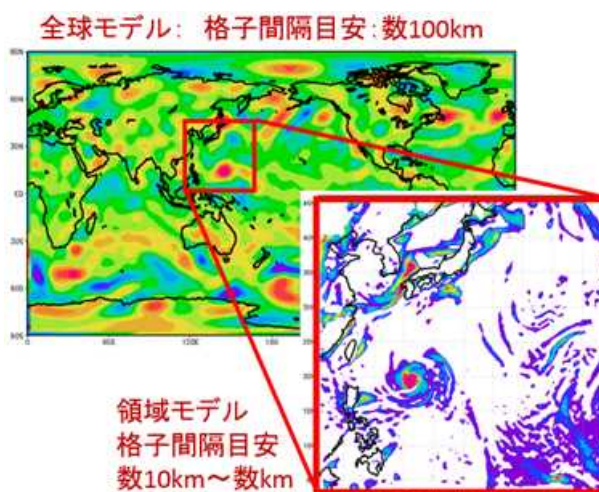


図1：ダウンスケーリングの概念図。全球モデルで得られた日本周辺の大気・海洋のデータ（赤線部分）を用いて、日本周辺のみについて高解像度の領域モデルで再計算を行う。

3. 日本域の気候予測

我が国では気象庁をはじめ、大学等の研究機関を中心に日本国内の気候予測について様々な研究が実施されている。また、気候変動による日本社会への影響（文部科学省ほか，2013）や、気候変動に対する適応に向けたガイドライン（気候変動適応の方向性に関する検討会，2010）が作成されるなど、適応策立案に向けた議論が活発化している。

気象庁による最新の予測は「地球温暖化予測情報第8巻（気象庁，2013）」であり、インターネットからも取得することができる。主な特徴としては、これまでの報告に比べてモデルの空間解像度が高くなったため、局所的な現象（特に強雨）についての予測が進化した点が挙げられる。地球温暖化の進行に伴い、我が国では強い降水の頻度が高くなること、あるいは強度が増すことが指摘されている。このような傾向は、IPCCの極端現象に関する特別報告書（IPCC，2012）においても世界的な傾向として述べられている。また、予測結果とは直接関係しないものの、気象庁の報告では地球温暖化予測の原理や不確実性についても丁寧な解説が記されている。中でも、自然変動による変化を「ジグザグ」な短期変動、外部強制（地球温暖化など）による長期的な変化を「じわじわ」進行する変化と表現している点が興味深い。対象とする地域を狭くすればするほど、長期変化のシグナル（すなわち「じわじわ」進行する変化）に対する自然変動によるノイズ（「ジグザグ」な短期変動）の比が大きくなるため、温暖化シグナルの検出が困難になる傾向がある。したがって、地域の気候予測を議論する際には、シグナルとして十分意味があるものかどうかを慎重に検討する必要がある。

4. 北海道の気候予測 —地域気候予測における不確実性—

ここでは、北海道大学を中心に実施されている北海道地域の地球温暖化予測研究の

中から、最新の結果を紹介する。詳細な予測の条件は割愛するが、地域の気候予測を行う際に含まれる様々な不確実性を考慮している点が特徴である。シミュレーションに用いた領域モデルは10kmメッシュで、9通りの予測（3つ全球モデルに対して、3つ領域モデルでダウンスケーリングを行うことで作成）を実施することで、予測の一致度・不一致度を測っている。ここでは、将来の特定の年代を対象とするのではなく、全球の平均気温が現在（20世紀末）に比べて2°C上昇した時の北海道の気候を詳細に調べた。現在までの温室効果ガス排出や今後の世界的な経済発展の見通しから判断すると、2°Cの上昇はほぼ不可避な状況となりつつあり、社会としてはこの気温上昇に対する適応策が求められている。このような背景から2°Cという数値を設定している。以下が予測結果の概要である。

- 北海道では、全球平均気温が2°C上昇した場合、それよりも大きな気温上昇が生じる傾向がある。
- 夏季（6～8月）の年間降水量の変化は、モデルによって符号が異なる。すなわち、あるモデルでは増加傾向であるが、別のモデルでは現在と同程度か、地域によっては減少を示す場合がある。これは日本付近の夏の気圧配置が温暖化によってどのように変化するかについて、まだ未解明の点があることを示唆する。いっぽう、強い降水の強度増加はほぼすべてのモデルで一致した傾向である。
- 冬季（12～2月）の年間降水量（雨と雪を足し合わせた量）は概ね増加傾向であるが、変化の地域的な分布はモデルによって異なる（図2）。
- 1月の平均積雪深は、ごくまれなケースを除いて、ほぼ全域で減少する。これは、冬季降水量は増加するものの、降雨の割合が増加し、降雪の割合が減少することや、冬季の融雪が増加していることを示唆している。

5. 地球温暖化以外の外部強制： 局地的な土地利用変化

地球温暖化が北海道地域にどのような影響をもたらしているのかについてこれまで概要を述べてきた。前節で示したような予測結果をもとに、今後求められる適応策の議論が進むことを期待する。一方で、地域を限定した予測には、様々な不確実性が含まれており、季節や対象とする変数（例えば、気温なのか降水量なのか）によって、予測の一致度には大きな幅がある。このような予測の限界を認識しつつ、とるべき対策の優先順位を検討する必要がある。最後に、地球温暖化とは別の原理であるものの、地域の将来気候に影響を与えうる要因の一つである、土地利用変化について触れる。開拓以前の北海道はうっそうとした森林に覆われていたといわれている。その後、大規模な開拓によって、畑地・水田や都市が作られてきた。地球温暖化による気候変動に加えて、このような土地利用変化が北海道の気候にどのように影響を与えてきたのだろうか。最近の研究によると、森林から畑や水田への変化に対してはごく僅かな気候変化しか生じないことが確認されている。いっぽう、森林から都市への改変は、局

所的に強い気温上昇をもたらしたと考えられている。現在と同程度の規模の都市が今後新たに生まれるとは考えにくい。局所的な開発が行われる場所においては、前節で述べた地球温暖化による影響に加えて、土地利用変化による気候変化が上乗せされる可能性がある。局所的な土地利用改変は、広域の気候に対しては無視できるほど小さな効果しかもたらさないもの

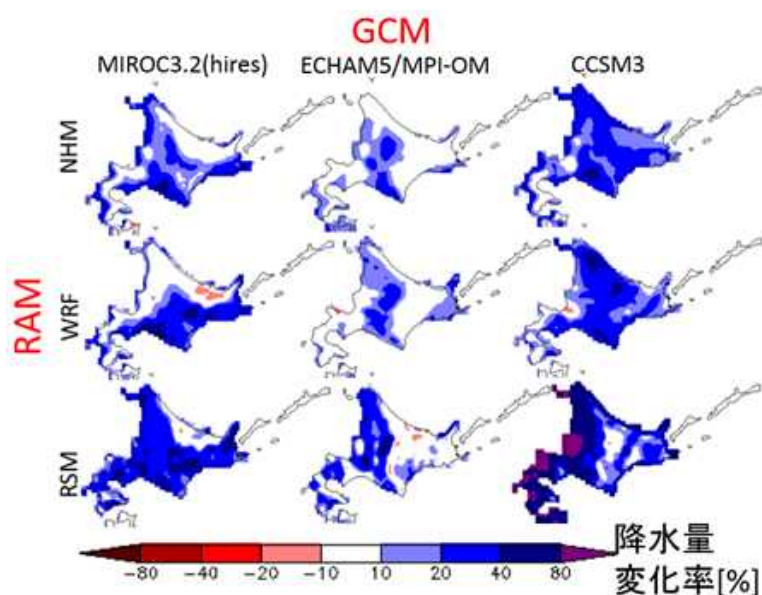


図 2：北海道における冬季降水量の変化率

の、適応策の観点から地域規模の気候予測を行う際には、このような局地的な土地利用の効果も不確実性の要因として含めることが必要であると考えられる。

謝辞：本資料で述べた内容の一部は、文部科学省による気候変動適応研究推進プログラム（RECCA）、および環境省による環境研究総合推進費（S-8-1(2)）の助成を受けて実施したものです。

参考文献

気象庁，2013：地球温暖化予測情報 第8巻，145pp.

文部科学省，気象庁，環境省，2013：気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート「日本の気候変動とその影響」（2012年度版），84pp.

気候変動適応の方向性に関する検討会，2010：気候変動適応の方向性．84pp.

IPCC，2012：Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation(SREX)「気候変動への適応推進に向けた極端現象及び災害のリスク管理に関する特別報告書」