

(2) 富山県における温暖化に関する調査研究 (Ⅲ)

— 富山県の気候の近未来予測 —

初鹿 宏壮¹ 相部 美佐緒¹ 笹島 武司¹ 馬 燮 鈿² 川瀬 宏明^{2,3}
吉兼 隆生^{2,4} 宇野 史陸^{2,5} 鈴木 智恵子² 石崎 紀子⁶ 木村 富士男⁷

¹富山県環境科学センター, ²海洋研究開発機構, ³気象庁気象研究所, ⁴東京大学海洋大気研究所,
⁵産業技術総合研究所太陽光発電研究センター, ⁶防災科学技術研究所 ⁷筑波大学計算科学研究
センター

県民に温暖化防止のための行動を促すため、県内の降積雪などの将来変化を予測したところ、富山県周辺の気温は2030年代には2000年代と比較して年平均気温が1～2℃上昇すること、冬季の気温上昇により平野部では雪の深さは減るものの、引き続き大雪への備えは必要であることなどが分かった。

1 はじめに

国連機関である国連環境計画 (UNEP) が設置する専門家会合「気候変動に関する政府間パネル」では、温暖化はもはや疑う余地がないとしており、その原因として人間の活動の影響が大きいことが指摘されている¹⁾。本県においても、例えば高岡市伏木の気象観測所の年平均地上気温が100年で約0.92℃上昇²⁾していることなど、温暖化の影響と考えられる現象が現れている。

温暖化を防止するためには、地域レベルにおいても温室効果ガスの排出抑制が必要であり、そのためには温暖化によって将来の気候などがどのように変化するかを県民一人ひとりが自らの問題として理解することが重要である。

こうしたことを踏まえ、当センターでは、文部科学省の委託研究である気候変動適応研究推進プログラム (RECCA: 期間は2010年度から2014年度) の枠組みを活用し、国立研究開発法人海洋研究開発機構及び秋田大学との連携のもと、これまで地球全体あ

るいは日本全体の規模でしかなかった温暖化の影響予測をベースとして、県内の降積雪の変化など近未来における気候の変化を予測した。

本報告では、将来予測計算に用いたデータや手法について概要を説明した上で、近未来における富山県の気温、降水量及び降積雪の変化を予測した結果を示す。

2 解析方法

2-1 予測モデル及び使用データ

これまでの温暖化の影響予測は、国連のWCRP (世界気候計画) の作業部会が策定したCMIP5³⁾ (第5次結合モデル相互比較計画) の仕様に従って世界中の公的気象機関や大学・研究所等で作成されているが、地球全体の影響を網羅しているため、その空間解像度 (地球表面を等間隔な格子点で覆いつくした際の格子点間隔) は低く、最も空間解像度が高いものでも格子点の間隔は約60km (60kmメッシュ) 程度であった。

このため、本県の周辺を見た場合、多く

でも2～3メッシュの内側に県内全域が収まってしまい、また地形などの状況も反映されていないため、温暖化により本県の将来の気候がどのように変化するかを理解するためには不十分なものであった。

こうしたことを踏まえ、当センターでは、温暖化予測に用いられている複数の全球気候モデルをベースとして用いつつ、表1の地域データを活用し、本県の地形の特徴などを反映した地域的な気象状況を考慮した再解析を行うことで、4.5kmメッシュの細かさまで地域的な降雪量などを予測できるようにした。

表1 解析に用いた地域データ

項目	目的
1 km ² ごとの標高	標高による気温差や気流への影響などを反映させる。
1 km ² ごとの土地利用(住宅地、農用地、森林)	地面の起伏による気流への影響などを反映させる。
富山湾を含む北陸周辺の海水温(1990年から2010年の実測値及び2030年代の予測値)	海水温による海面から蒸発する水蒸気量への影響を反映させる。

予測に当たっては、将来の気温については、全世界的な予測で用いられているCMIP5のデータのうち、現時点で可能な温暖化対策を実施した場合の中位の予測結果

(RCP4.5)及び温暖化対策が十分に行われない場合の高位の予測結果(RCP8.5)を用いることとし、地上気温との相関が高く都

市化などの影響を受けにくい850hPa(上空1.5km付近)における気温を利用した。

2-2 将来予測計算の方法

将来予測については、県民が現実の問題としてイメージしやすく、かつ、2-1で示した2つのシナリオ間で大きな気温の差が生じない2030年代を対象として実施した。

4.5kmメッシュ単位で将来の降水量、降雪量等を予測するためには、限られた日本付近の気象データをもとに、まずは4.5kmメッシュ単位で現状の気象データを推測するダウンスケーリング⁴⁾の手法を用いる必要がある。このため、天気予報用に米国で開発された高精度の予測モデルWRF⁵⁾を用い、それに欧州中期予報センターが提供している日本付近の135kmメッシュ単位の気温や湿度などの推計データERA-interim⁶⁾を入力して18kmメッシュ単位のデータを算出し、さらにそれをもとにWRFで4.5kmメッシュ単位のデータを算出する多段階予測を行った。

同様にWRFを用いて、CMIP5の仕様に基づく5つの温暖化予測モデル(CNRM-CM5, GFDL-CM3, HadGEM2-ES, MRI-CGCM, MIROC5)により算出した2030年代の気候変動のデータをもとに、現状の気象データからどの程度の変化が生ずるかを4.5kmメッシュ単位で予測した。その際には、複数のモデルがほぼ一致した予測結果を示す項目は確度の高いデータとして取り扱い、それ以外は確度の低いデータとして整理するなど、各モデルの特性により著しく偏った予測結果にならないよう配慮した。

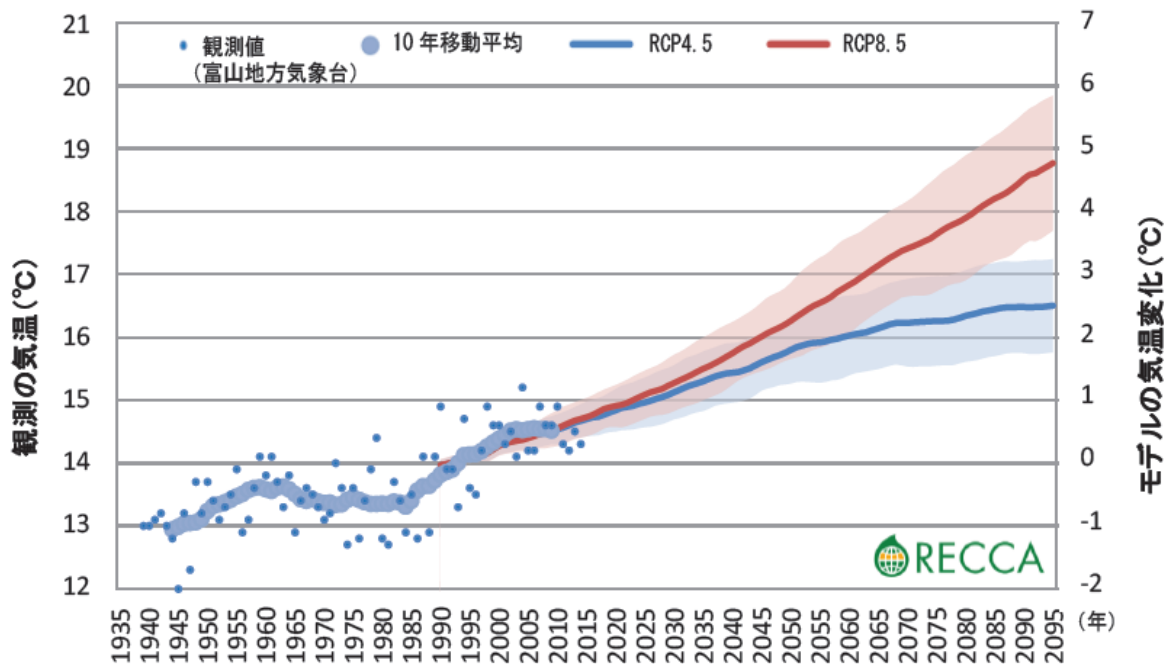


図 1：富山県周辺における年平均気温の観測結果と将来予測

過去から現在については、1940年～2014年の期間の富山地方気象台の年平均気温（点）とその10年平均（極太線）、将来予測については、高位参照シナリオ（RCP8.5）及び中位安定化シナリオ（RCP4.5）から求めた850hPaにおける気温の予測値と現在の平年値（1981年～2010年）の差、CMIP5から選定した25モデルの10年移動平均（太線）と年ごとのモデル間のばらつき幅（陰影）を表示する。

3 結果

3-1 富山県周辺の気温変化予測

2で示した解析方法により予測した本県の21世紀末までの気温の将来予測を図1に示した。

このうちRCP4.5は現在の想定できる温暖化対策を将来に実施した場合に世界の気温変化が中位に進んだ場合のものであり、RCP8.5は十分な対策を将来に実施しなかった場合に世界の気温変化が上位に進んだ場合のものを表している。2020年代までは両者に大きな差がなく、2030年代の終わりには、どちらも現在の平年値からの上昇は1℃～2℃となっているが、2030年代からは徐々に差が広がる事が分かる。

また、ダウンスケーリングした結果から県内の真夏と真冬の気温変化を5つのモデルの平均として求めると、2030年代には現在と比較して、平野部では1.5℃から2℃、山岳部では1℃から1.5℃の上昇が見られた。



地形情報出典：Google Earth

図2：6月の月間降水量の変化量

2030年代の5モデル平均値から2000年代のモデル再現値を引いたもの。

3-2 6月の月間降水量の変化

図2は、富山県周辺における6月の月間降水量の近未来変化量の予測値である。2000年代を対象とした現状再現計算（現在と呼ぶ）と2030年代を対象とした近未来予測計算（近未来と呼ぶ）を5つのモデルでそれぞれ実施し、近未来の月間降水量の平均値の現在との差を表した。

図は、富山県の北西部や南東部で降水量が増加することを示している。また、5つのモデルを個別に確認したところ、全てのモデルの解析結果が同様な変化を示すことから、因果関係のある降雨強度や降雨時間に変化が生じている可能性が高い。

各モデルにおける水蒸気収支及びその時間変化を解析することで、1回の台風の接近や前線の停滞による豪雨など特異な降水イベントによる影響であるのか、平均的な気温上昇による各降水イベントで降水量の増加が見込まれているのかなど、得られた予測計算の結果を詳細に解析する必要がある。

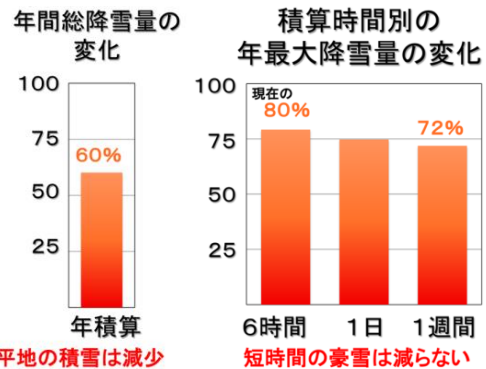
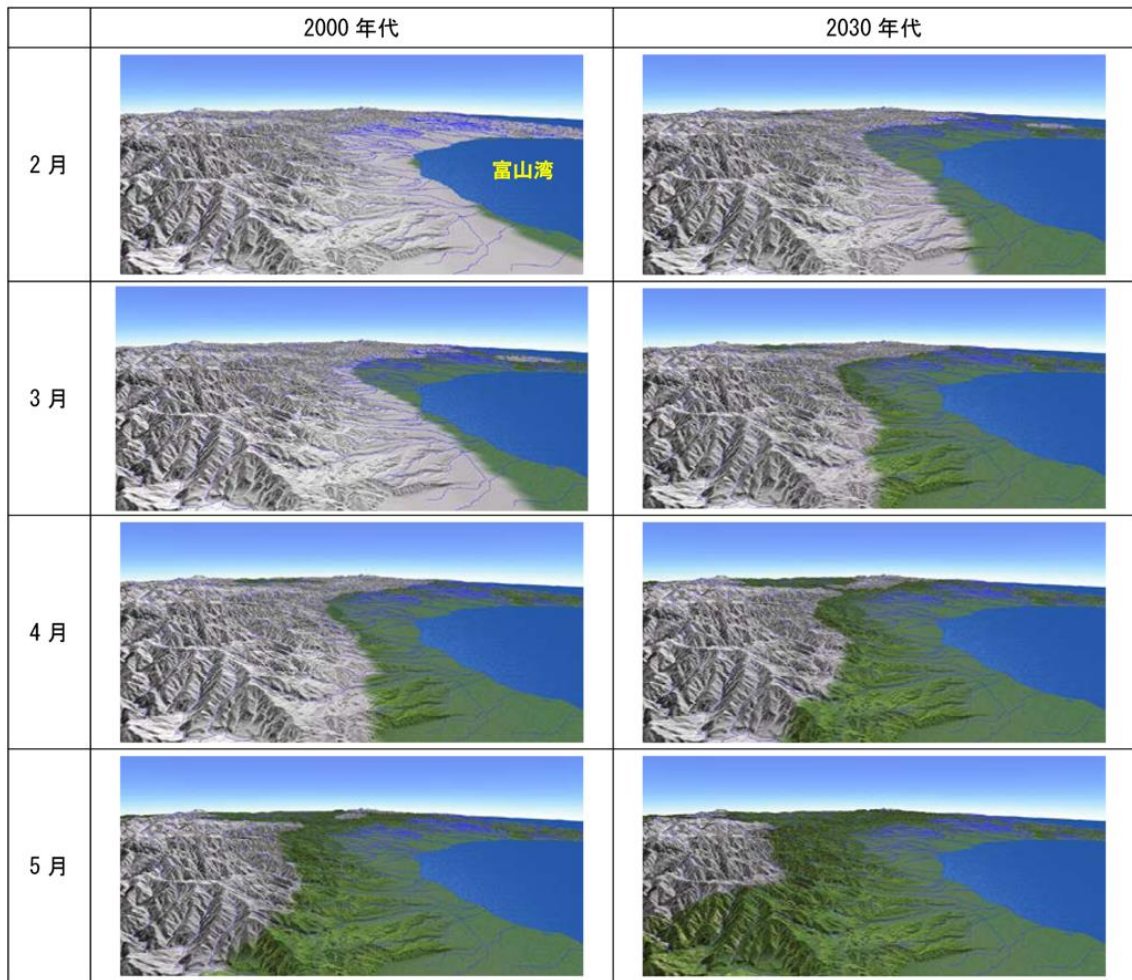


図3：富山県域の100m以下の平地における年間総降雪量及び積算時間別の年最大降雪量の変化

3-3 積算時間の降雪量変化の違い

図3は、富山県域の現在と近未来の年間の総降雪量並びに6時間、1日及び1週間で積算した年最大降雪量について、標高100m以下の平地における現在に対する近未来の増減を比で表したものである。年間総降雪量は、日々の降雪量を積算したもので、現在は富山県の平野部で3m程度である。予測計算結果を解析すると、年間総降雪量は、近未来には現在の60%程度まで減少することが確認できる。これは、初鹿ら(2008)⁷⁾で明確になった過去から現在までの降雪量及び降雪日数の減少が今後さらに進むことを示しており、現在は雪として降っている日のうちの一部が気温上昇により将来は雨の日になると予測できる。

一方で、積算時間が短くなるほど、年最大降雪量の比は大きくなっており、短時間の降雪については現在の80%程度と年間総降雪量のように減少しないことが分かる。温暖化により冬季を通しての降積雪量は減少するが、短時間の豪雪は温暖化による変化が小さいことから、今後とも豪雪災害への対策は継続する必要がある。



地形情報出典：カシミール3D、国土地理院 数値地図 50m メッシュ（標高）、国土数値情報（流路データ） 国土交通省

図4：現在と近未来における白马岳上空から見た積雪被覆地域の季節進行

10年平均した積雪量が10cm以上の地域を積雪域と判断した。左が現状再現（2000年代）、右が近未来予測（2030年代）

3-4 月別積雪域の将来変化

初鹿ら（2008）では、山岳部における降雪日数や積雪深の変化が2000年代までは明確になっていないものの、春先の気温が更に上昇することによる雪どけ時期の早期化が懸念されている。そこで、図4では、現在（2000年代）及び近未来（2030年代）において、地面を雪が覆っている地域（積雪被覆地域）を月ごとに示すことで、近未来の雪どけ時期の変化を示す。年々による

雪の降り方などの違いによる影響を排除するため、それぞれ10年分の積雪深を平均し、10cm以上積雪が予測される地域を積雪域と判断した。ただし、道路除雪などの効果は入っていないため、平野部においては過大評価となっている。図からは、どちらも2月に最も積雪域が広がっており、5月にかけて徐々に雪どけが進んでいる様子が確認できるが、近未来では既に2月にも平野で雪が積もりにくくなっている。また、現在

の3月と近未来の2月、現在の4月と近未来の3月、現在の5月と近未来の4月が類似した図となっており、季節進行が現在と比較して1か月ほど前倒しになる可能性がある。

4 まとめ

富山県の気候について現在と近未来の変化を予測したところ、高位参照シナリオだけでなく、中位安定化シナリオにおいても年平均気温は1～2℃上昇すること、平野部では年間の積雪は減少するものの、大雪の際に短時間に降る雪の量は大きくは減らないこと、山岳における雪どけ時期が早まる可能性があることが分かった。

こうした変化は、将来の県民の暮らしに大きな影響を与えることから、今後はこれらのデータを視覚的に分かりやすい形で取りまとめ、ウェブページの公開などを通じて、温暖化問題に関する県民の理解と意識を高め、その防止に向けた行動の実践をさらに促進していく必要がある。

また、今後の更なる温暖化に対応するためには温暖化を緩和するだけでなく、実際に温暖化した気候にいかに支障なく適応していくかも重要な課題であり、こうした検討にも活用されるよう本研究を発展させていく必要がある。

5 成果の活用

近未来における気候変化に関する研究を継続的に発展させるとともに、適応策の検討に活用してもらえよう、ウェブページ上に情報を集約して分かりやすく図化することにより、情報提供を進めていく。

謝辞

本研究は、文部科学省気候変動適応研究推進プログラム (RECCA) の支援により実施したものである。

参考文献

- 1) IPCC : Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 1535 pp, 2013.
- 2) Hatsushika et al. : Changes in surface air temperature, humidity, and precipitation over Toyama Prefecture due to Global Warming, Journal of Eco-technology Research, 14, 189-194, 2009.
- 3) Taylor et al. : An overview of CMIP5 and the experimental design, Bull. Amer. Meteor. Soc. 93, 485-493, 2012.
- 4) 高藪と金光: 力学的ダウンスケーリングのレビュー, 天気, 435-447, 2010.
- 5) The Weather Research and Forecast model, <http://wrf-model.org/index.php>
- 6) Dee et al. : The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. Q. J. R. Meteorol. Soc. 137: 553-597, 2011.
- 7) 初鹿ら: 富山県における地球温暖化に関する調査研究-県内の降雪に関する調査-, 75-80, 2008