

## 気候変動に対する降雪量変化の標高依存性と地域性評価の試み Regional Assessment of Elevation Dependency of Climate Change Impact on Snowfall Amount

○工藤亮治・吉田武郎・増本隆夫・皆川裕樹・名和規夫

KUDO Ryoji, YOSHIDA Takeo, MASUMOTO Takao, MINAKAWA Hiroki, NAWA Norio

**1.はじめに** 近年、気候変動に伴う積雪融雪過程の変化が懸念されており、これまでの気候変動影響評価においても、気温上昇による降雪量の減少が報告されている。一方、過去の積雪量の経年変化を検討した研究（例えば Laternser et al., 2003）によれば、経年変化の程度は同じ地域でも標高により異なることが報告されている。このことは、気候変動による積雪の変化も標高によってその影響度が異なることを示唆している。特に、日本では山地からの融雪水を貯水池に貯留し春先以降に使用することが多いため、水資源の観点からは高標高地帯での積雪の影響が重要となる。また、日本の積雪帯は北海道や東北などの寒冷地域と北陸や西日本日本海側を中心とした暖地域に分けられ、それぞれにおいて気候変動に対する影響の感度が異なる可能性もある。積雪融雪過程の影響評価において、降雪量や融雪量は全球気候モデル（GCM）でも算出されるものの、解像度が粗く日本のような狭い領域では地形をうまく反映できないため、詳細な地形や標高を考慮した影響評価は困難である。本報告では、詳細な地形を考慮するため 5km メッシュ化した複数の気候シナリオ（マルチモデルアンサンブル）を積雪融雪モデルに入力し、気候変動に伴う積雪融雪過程の変化、特に降雪量変化の標高依存性と地域による変化の特徴について検討した。

**2.解析資料** 将来気候シナリオとして、第 5 次結合モデル相互比較プロジェクト（CMIP5）より高解像度の 5 つのモデルによる RCP4.5 シナリオの気候変動実験結果を入手した。各モデルにおいてアンサンブルメンバーが入手できる場合には最大 3 メンバーを収集した（Table 1）。収集した気候変動シナリオを逆距離内挿法で 5km メッシュ化し、

**Table 1** 使用した GCM  
GCMs used in this study

モデル名	解像度（度）	メンバー数	気温変化（℃）	降水量変化率
MIROC4h	0.563×0.563	3	+1.7	1.04
MIROC5	1.406×1.406	3	+1.0	1.03
MRI-CGCM3	1.125×1.125	1	+0.7	1.14
CSIRO-Mk3-6-0	1.875×1.875	3	+1.1	1.05
CNRM-CM5	1.406×1.406	1	+0.6	1.00

同じくアメダスデータを 5km メッシュ化した実測値（メッシュ気候値により標高を考慮したもの）によりバイアス補正を行った。対象期間は 1981-2000（20 世紀末）、2015-2035（近未来）のそれぞれ 20 年間である。Table 1 にそれぞれの GCM の 20 世紀末に対する近未来の 1～3 月の降水量の増加率と気温変化を示す。

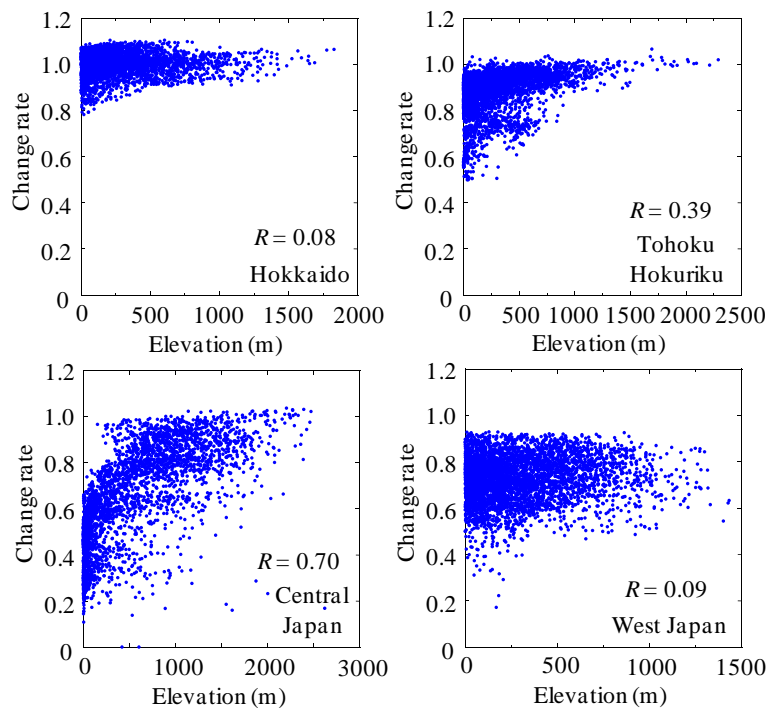
**3.積雪融雪モデル** 積雪融雪モデルには水津による簡易熱収支モデルを用いた。同定すべきパラメータは北陸における同定結果（吉田ら、2012）から標高とパラメータの関係式を作成し、5km メッシュごとに設定した。このモデルは降雪の判断、積雪過程、融雪過程を計算するが、ここでは降雪量のみを扱う。このモデルに、5 つの GCM（合計 11 パターン）の気候変動実験を入力し、解析結果を平均することで将来の降雪量の変化率を算出した。

**4.評価方法** 1～3 月の総降雪量の中央値（20 年間）の変化率（近未来の中央値/20 世紀末

の中央値)を評価指標とする。地域分類は、北海道、東北・北陸、中日本(関東・東海・長野)、西日本(近畿以西)とした。

### 5.評価方法(1)標高と変化率の関係

**Fig.1**は各地域における標高と降雪量の変化率の関係である。図には標高一変化率の相関係数も示している。まず北海道では、低地で降雪量が若干減少する傾向がみられるものの、全体的に変化率が1.0(変化なし)周辺に分布しており、降雪量に大きな変化はみられない。また、標高によっても変化率はあまり変化しない。相関係数も0.08となり無相関と考えられる。一方、東北北陸では、北海道に比べ低地で積雪量が減少する



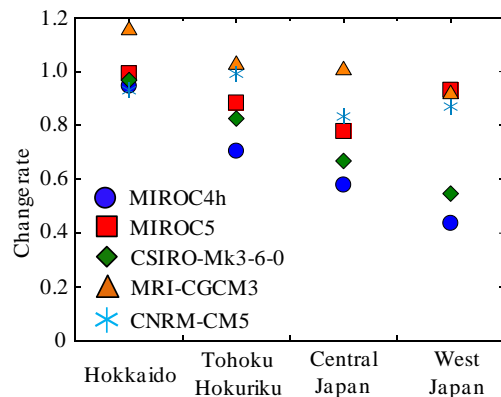
**Fig.1** 標高と降雪量の変化率の関係  
Relationship between change rate of snowfall amount and elevation

メッシュが多くみられる。変化率は標高が高くなるにつれ1.0に近づき、標高1,000m以上で変化率が0.9以上、標高1,500m以上ではほぼ1.0となる。相関係数は0.4となり標高への依存性がみられる。中日本では低地(特に関東平野)で大きく減少し、標高が高くなるにつれ減少の度合いが小さくなる。相関係数は0.7となり、明確な標高依存性がみられる。一方西日本では、北海道と同様に明瞭な標高依存性はみられない(相関係数0.09)。

ただし、変化の傾向は北海道と異なり、全標高帯で降雪量が減少している。これは他の地域に比べ気温が高く、気温上昇に対して相対的に脆弱なためと考えられる。

### (2)GCMによる予測のばらつき

**Fig.2**に、各GCMによる降雪量変化率の地域別平均値を示す。GCM間のばらつきは、北海道、東北北陸、中日本、西日本の順に大きくなり、特に西日本では予測結果が大きく二分されている。こうした予測のばらつきは、主に気温上昇に対する感度の差によるものと考えられる。例えば北海道では、元々の気温が低いいため気温の将来予測のばらつきは積雪の予測にあまり影響しない。一方、西日本は相対的に気温が高いため、わずかな予測のばらつきが降雪の判断に大きく影響すると考えられる。また、東北北陸ではモデル間のばらつきが北海道よりも大きい。これは、東北太平洋側の沿岸部や暖地積雪地域である北陸の低地において気温上昇に対する降雪量変化の感度が大きいためと考えられる。



**Fig.2** GCMによる積雪量変化率のばらつき  
Variability of snowfall change rate based on GCM projections

**6.おわりに** 以上のように、標高により降雪量の変化傾向は異なり、その特徴も地域によって異なることが示された。今後、地域をさらに細かく設定し、観測とモデルを併用しながら、積雪融雪過程の影響評価や経年変化の傾向をより詳細に把握する必要がある。