

数値気候モデルによる融雪の推定と土砂災害への影響評価

東北大学大学院環境科学研究科 正 会 員 ○川越 清樹

東北大学大学院環境科学研究科 正 会 員 風間 聡

1. はじめに

SRES(Special Report on Emission Scenario)の温室効果ガス排出に基づく幾つかの数値気候モデルから気候変動の展望をまとめた IPCC AR4(Intergovernmental Panel on Climate Change 4th Assessment Report)は、北半球中緯度地域の極端な降水の発生を指摘し、洪水、渇水に伴う被害を予見している¹⁾。極端な降水は、降雨現象に特化したものではなく異常降雪も含み、冬季に対する温暖化の影響として、降雪の活発化する1月から2月への融雪現象の移行、急速かつ多量の融雪の発生も指摘されている²⁾。これらの現象は、積雪に水資源を依存し、多雪に伴い災害の生じうる「豪雪地域」の社会的被害を増大させる。そのため、気候変動による積雪の影響を時空間的に評価し、緩和策や適応策に用いることのできる情報を提供しなければならない。本研究では、被害事例が多く、洪水氾濫等と比較して対策整備率の低い斜面崩壊を対象に、衛星画像を利用して時空間的に作成した現在気候の積雪と融雪量の成果、数値気候モデルの将来気候のアウトプットを基に日本列島への気候変動に伴う融雪の影響を時空間分布で示した。この成果は、対策の投資分配、被害を軽減させる土地利用の誘導等の気候変動に対する適応策への貢献が期待できるものである。

2. 解析方法およびデータセット

気候変動による影響として、斜面崩壊の発生確率を求めた。地形、地質、そして融雪に伴う水文的条件を斜面崩壊の実績に基づく統計理論から開発された斜面崩壊発生確率モデル³⁾に利用することで、ある条件下における現象の生起と定義される発生確率が導出される。相関行列から統計的に有意と判定された地形条件である起伏量、水文的条件である動水勾配を説明変数として利用し、地質別(崩積土、新第三系堆積岩、第三系堆積岩、花崗岩)に発生確率モデルが構築された。モデル式は式(1)に示すとおりである。

$$P = \frac{1}{1 + \exp[-(\beta_0 + \beta_h H + \beta_r R)]} \quad (1)$$

ここで、 P :発生確率、 β_0 :切片、 β_h :動水勾配係数、 β_r :起伏量係数、 H :動水勾配、 R :起伏量である。各条件に解像度 $1\text{km} \times 1\text{km}$ の数値地理情報のデータを利用した。起伏量、地質データは、国土数値情報から取得した。

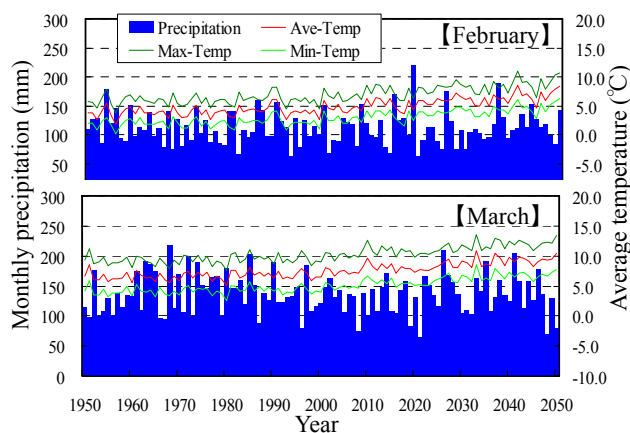


Fig.1 MIROCによる日本列島の月平均降水量、気温の推移

動水勾配データは、国土数値情報の土壌と斜面傾斜度、気候変動に応じた融雪量の情報により不飽和浸透解析を行い、得られた動水勾配を数値地理情報にしたものである。融雪量は気候変動に応じる動的データであり、融雪量変化に従い斜面崩壊の発生確率が増減する。

本研究では、現在気候において多雪の積雪、融雪を示した2000年の斜面崩壊発生確率の結果³⁾と、数値気候モデルにより得られる2050年までの気候変動状況から斜面崩壊の頻発の懸念される融雪ケースを抽出し、斜面崩壊の発生確率を求めた結果を比較する。比較検討より、気候変動に伴う土砂災害の変化を示す。数値気候モデルには、SRES-A1Bの大気海洋結合モデルMIROC(発行:国立環境研究所、東京大学気候システム研究センター、海洋研究開発機構)、および統計的アルゴリズムにより解像度 $1\text{km} \times 1\text{km}$ のグリッドセルに変換した数値地理気候情報⁴⁾を利用した。

3. 数値気候モデルによる積雪期の気象状況

Fig.1に1950年から2050年の日本列島における2月と3月の月平均降水量、月平均気温を示す。2月の月平均降水量は、従来 150mm/month 以上に達するのが稀であったものの、2015年を境に10年に1回から2回の発生頻度に増加する。3月の月平均降水量では、 150mm/month に達する降水頻度が2020年以降に増加する。月平均気温に関しては、2月、3月ともに2030年から2050年時に2000年時よりも 2°C から 3°C 上昇する。なお、冬季の他月を参考にとすると、1950年から2050年まで概ね同様の降水量、2030年から2050年時に2000年時よりも 2°C から 3°C 気温上昇する結果を得ている。これらの結果は、気候変動により2月、3月の降水量が増加する傾向を示す。ただし、気温変化の結果を参考にとすると、降雪量の増加だけでなく、冬季の降雨の増

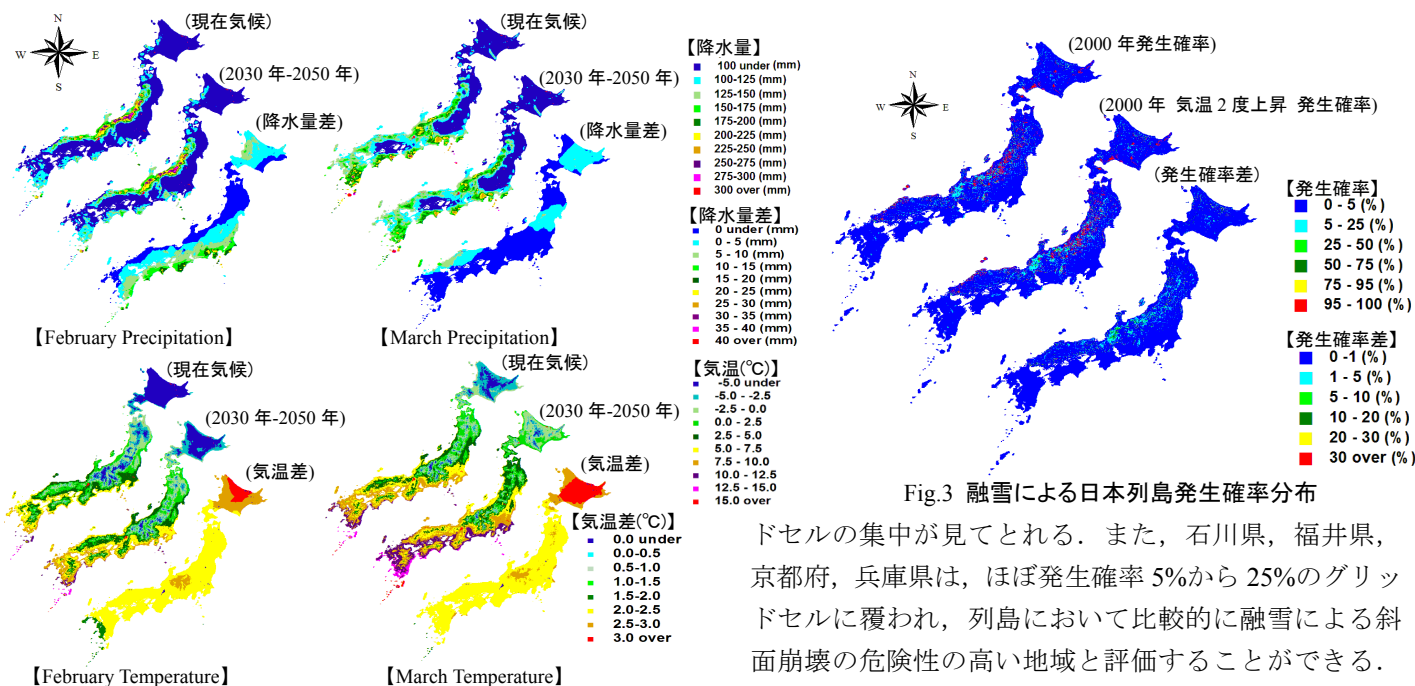


Fig.2 日本列島の月平均降水量と月平均気温の分布

加になる可能性も示唆している。

Fig.2 は、現在気候(メッシュ気候値 2000, 発行:気象庁)と 2030 年から 2050 年(以下 近将来気候)の 2 月, 3 月の月平均降水量, および月平均気温の分布である。降水量, 気温ともに気候変動に伴う空間分布は変化に乏しい。ただし, 雪と雨の判別の基準になる気温 2°C の分布に着目すると, 近将来気候の 2 月, 3 月ともに, 日本アルプス地域以北の沿岸域が気温 2°C 以上に変化することが明らかにされた。また, 気候による降水量の変動差分布から, 近将来気候に変化することで, 2 月の北海道, 列島南海地域, 3 月の北海道, 東北地方南部, 中国地方における 10mm 程度の降水量増加が認められる。気温の変動差によると, 2 月, 3 月ともに列島全域が 2°C 以上の気温上昇を示す。ただし, 北海道, 日本アルプス地域と 3 月の奥羽山脈北部は 2.5°C 以上で気温上昇幅が大きいことが示されている。分布情報による検討を包括すると, 気候変動により, 北海道, 日本アルプス地域, および以北の沿岸地域, 奥羽山地北部の融雪の早期化, および急激な融雪が推測される。

4. 気候変動による土砂災害の影響評価

気候変動による斜面崩壊の影響として, 現在気候の多雪年(2000 年時)の気象条件をベースにして, 気温変動による発生確率の感度を分布的に示し, その結果を論述する。Fig.3 は, 2000 年に最大融雪の認められた 3 月 23 日から 29 日の斜面崩壊発生確率分布, 200 年当時の積雪時で気温 2 度上昇した場合の融雪による斜面崩壊発生確率分布, 各ケースの発生確率差である。

2000 年時, 2000 年の気温 2 度上昇時の斜面崩壊発生確率は概ね類似した空間分布を示し, 東北地方南部日本海側から北陸地方北部に発生確率 95% 以上のグリッ

ドセルの集中が見てとれる。また, 石川県, 福井県, 京都府, 兵庫県は, ほぼ発生確率 5% から 25% のグリッドセルに覆われ, 列島において比較的融雪による斜面崩壊の危険性の高い地域と評価することができる。中国地方日本海沿岸は, 斜面崩壊発生確率の認められるグリッドセルが広範に分布しないものの, 95% 以上の発生確率のグリッドセルが点在し, 斜面崩壊による危険度の地域差が大きいことが示されている。各ケースの発生確率差から, 福井県から京都府日本海側に確率差 $10\sim 20\%$ のグリッドセルの集中が見てとれる。この地域は相対的に発生確率差の大きい地域であり, 温暖化の影響を受けやすいと解釈できる。ただし, 本検討は気温差にのみ着目したものであり, 今後は数値気候モデルの降水分布も踏まえて再検討し, 最終的な結論を導く意向である。

5. おわりに

数値気候モデルのアウトプットを考慮し, 気温変化に伴う融雪, および土砂災害のリスクを推算した。その結果, 豪雪地域の土砂災害リスクの増加が明らかにされた。今後は, 複数の数値気候モデルの日毎データを空間的にダウンスケーリングし, 災害リスクの時空間的な分布を明らかにさせる意向である。

謝 辞

本研究は環境省の地球環境研究総合推進費 (S-4) の援助を受けた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) IPCC 第 4 次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約, 経済産業省・気象庁・環境省, 2007.
- 2) 赤澤悠子, 沼口敦, 江守正多: 地球温暖化に伴う積雪量変化の地域特性, 水文水資源学会誌, Vol.18-5, pp.510-520, 2005.
- 3) 川越清樹・風間聡・沢本正樹: 日本列島を対象にした融雪に伴う土砂災害のリスク評価, 土木学会水工学論文集, No.52, pp.463-468, 2008.
- 4) Iizumi, T., M. Nishimori, and M. Yokozawa: Combined equations for estimating global solar radiation: Projection of radiation field over Japan under global warming condition by statistical downscaling, Journal of Agricultural Meteorology Vol.64, pp.9-23, 2008.

Fig.3 融雪による日本列島発生確率分布