

今後の温暖化を踏まえた近年の少雪に関する考察

東京大学 正会員 ○渡部 哲史

千葉大学 非会員 小槻 峻司

三井共同建設コンサルタント 非会員 齋藤 奏磨

1. 背景と目的

気象庁の報告によると 2019 年 12 月から 2020 年 1 月にかけての気温は例年よりもかなり高く、日本海側における降雪量は記録的に少ない(気象庁, 2020)。2018 年から 2019 年にかけての冬季の積雪も例年よりも大幅に少なく、2 年続けての少雪となっている。冬季の降雪量の多寡は春以降の利用可能な水資源量に影響を及ぼすと考えられるため、水資源管理の観点からも降雪量の適切な把握は重要である。一方で、温暖化の進展は積雪量に大きな影響を及ぼすと考えられる。2020 年は 2019 年に連続して 2 年連続の少雪となったが、2020 年は 2019 年と比べ多くの降水量がある一方で記録的な高温となるなど、少雪の背景となる傾向は両者で異なっていた(Watanabe et al., 投稿中)。2020 年の記録的な高温と 2019 年の低降水量が重なった際にはさらに少雪の傾向が進む可能性がある。今後の温暖化の進展により 2020 年のような記録的な高温がより頻発すると考えられる。これらの背景を踏まえ、本研究では過去の積雪とその背景となる気温および降水量の関係を明らかにする。さらに、近年の少雪が将来の温暖化の下でどれくらいの頻度で生じるかということについても明らかにする。

2. 手法

過去60年の再解析データ(JRA55)を入力値とした陸面過程モデル(SiBUC)による解析結果(Watanabe et al., 投稿中)を基に積雪・気温・降水量の関係を推計する。推計した結果を基に温暖化時の気温および降水量で近年の少雪がどの程度の頻度で生じるかを明らかにする。将来気温および降水量は文科省・気候変動リスク情報創生プログラムにより開発されたd4PDFの日本周辺領域版を用いる。将来変化シナリオとして全球平均気温が産業革命以降2度および4度上昇した実験結果を用いる。気候予測情報にはモデル特有のバイアスが含まれており、これらの値を用いて影響評価を行う際には補正が必要とされることが広く知られている。本研究では大規模アンサンブルデータセットの特徴を考慮した渡部ら(2018)のバイアス補正手法を適用する。

将来の積雪傾向を把握する方法としてはd4PDFから得られる積雪および気温と降水量を直接評価する方法が考えられる。しかしながら、これらの方法を用いる場合は上述のモデルバイアスに関する扱いが問題となる。一般的に気候モデルのバイアス補正においては複数の変数間の関係の考察に課題を有している。積雪に関しては気温と降水量の相互の関係が重要となってくることから、複数の変数間の関係について考慮した手法が必要となる。また、本研究においては観測値に基づく変数間の関係を基に将来の気温と降水量下での積雪の傾向を推定する方法を採る。

長期間かつ広範囲にわたる比較を行うためには、地域ごとに異なる特性を標準化する指標が必要となる。このために本研究では気象学的渇水を表す代表的な指標であるSPIを参考に、各年における積雪量などの生起確率をBox-Cox変換により正規分布に変換したものから推定した標準偏差を、各年の結果を比較するための指標(以下、標準化指標と呼ぶ)とした。即ち、指標の絶対値が1, 2, 3を超える事象が生じる確率はそれぞれ約32%, 5%, 0.3%となる。例えば積雪量が少ない場合について評価する場合は、負の値が大きいほど稀な事象を表す。標準化指標により平均値の異なる複数の地域の深刻さを評価することが可能となる。

キーワード 積雪, 気温, 水資源, 気候変動, バイアス補正

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻 TEL 03-5841-6108

3. 結果と考察

推計結果より積雪量は2月から3月にかけての期間にピークが存在することから、本解析においては各年の3月上旬の積雪量を扱う。気温と降水量に関しては1月および2月の平均値（気温）合計値（降水量）を扱う。地域間での特徴を比較するために、空間平均の降雪量が少ない4つの年(1990, 2007, 2019, 2020)を対象に、各変数の標準化指標を気温、降水量、積雪量の散布図として表した主要水系単位で求めた(図1)。結果から、本州南部(図1左上)地域においては、2020年の事例で他の年よりも明らかに気温の値が大きく、積雪量が小さいことがわかる。一方でこれらの地域の降水量は例年と同程度である。北海道(図1右上)においては、気温は例年と同じかやや高い程度であるが、降水量が例年よりも少ない傾向となっている。本州南部においては降水量の大小と積雪には明確な関係が見られない。本州北部や北海道においては逆に気温よりも降水量に関係があることが確認できる。

本州南部における結果からは2020年の積雪量はほとんどの河川流域で過去最低もしくはそれに次ぐ値であることが明らかとなった。本州南部におけるほとんどの流域の標準化指数は-1.6(5.5%に相当する)を下回る。また、本州南部における気温の標準化指標はほとんどの流域で2.2(1.4%に相当する)を超えており、これも過去最大もしくはそれに次ぐ値となっている。これらの結果のより具体的な例として信濃川流域における推計結果を示す。信濃川流域では積雪、気温の指標はそれぞれ-1.96, 2.57でありその頻度はそれぞれ約2.5%, 約0.5%であった。これは40年, 200年に1回に相当する。数百年規模の非常に稀な高温に伴い、数十年規模の稀な少雪となったことが示唆された。

以上の結果が温暖化の下でどのような頻度に該当するがについて推計した。本稿においては、上述の信濃川流域を対象とした簡易的な推計結果のみ掲載する。いま、気候変動により今回対象とした気温が2度および4度一律に上昇すると仮定する。この際に2020年と同様の気温が生じる確率は24.2%, 77.1%である。つまり40年に1度規模の小雪がそれぞれ、4年, 1.3年に1回生じることとなる。ただし、全球平均気温の上昇と地域の気温の上昇は同一ではないためこの点には留意すべきである。発表においては、これらの点に関して詳細に検討した結果を示す。

参考文献

- ・気象庁 2020. “令和元年 12 月以降の高温と少雪の状況について（速報）”, 気象庁ホームページ, https://www.jma.go.jp/jma/press/2001/24b/press_r01shousetsu20200124.html (2020 年 3 月 15 日確認)
- ・渡部哲史, 中村みゆき, 内海信幸: アメダス観測点を対象とした d4PDF バイアス補正降水量データセットの開発. 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 74, No. 5, I_127-I_132, 2018.
- ・Watanabe S, Kotsuki S, Kanae S, Tanaka K, Higuchi A. Snow water scarcity induced by the record breaking warm winter in 2020 in Japan. (in preparation)

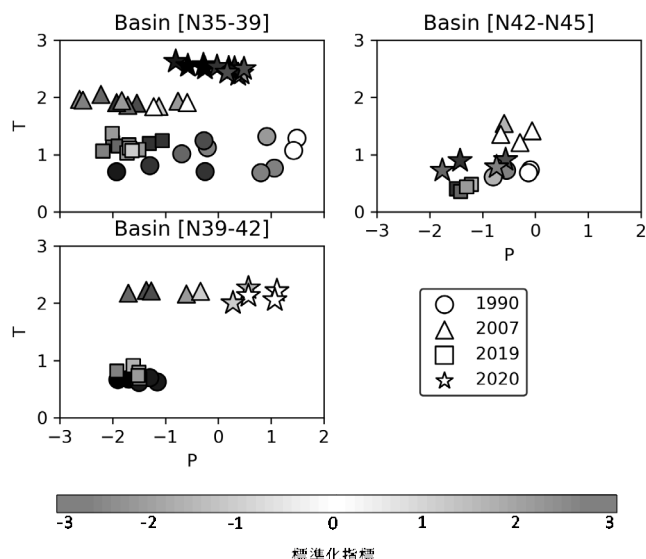


図1 過去の少雪事例における積雪・気温・降水量の関係
北海道・北東北・南東北およびその他の積雪地域を対象に過去の顕著な事例における積雪（濃淡）・気温（縦軸）・降水量（横軸）の関係を主要水系毎に求めた。それぞれの値は各水系における各変数の標準化指標であり、指標の絶対値が1, 2, 3を超える事象が生じる確率はそれぞれ約32%, 5%, 0.3%に相当する。