

将来の気候変化が積雪の量的・質的变化に 及ぼす影響に関する研究

谷口 陽子¹・中津川 誠¹・工藤 啓介²

¹室蘭工業大学 大学院工学研究科 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)

* E-mail: 15041043@mmm.muroran-it.ac.jp

²株式会社ドーコン 河川環境部 (〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4-1)

本研究は、積雪寒冷地の地域特性を踏まえた地球温暖化に対する適応策を考えていくための基礎研究として、北海道のダム流域を対象に、IPCC第5次評価報告書に対応した気候変動予測データを用いて地域レベルでの地球温暖化の影響を、水資源やウィンタースポーツに関連する積雪量・雪質の観点から定量的に評価したものである。

積雪量に関してはLoHASにより年最大積雪包蔵水量が将来気候において現在気候の約8割まで減少することが明らかとなった。積雪寒冷地のダムでは雪水資源を利用した夏場の利水補給を行っており、融雪期のダム貯水池運用に大きな影響が及ぶものと考えられる。また、雪質に関してはSNOWPACKにより将来気候では、積雪全体がざらめ雪になるのが早期化することが分かり、豊富な積雪量と良好な雪質をもつスキー場の環境が劣化する場合があることが示唆された。

Key Words : *Global warming, snowy environment, snow quality, MRI-NHRCM20, LoHAS, SNOWPACK*

1. はじめに

地球温暖化の影響は、北海道等の積雪寒冷地で顕著に現れることが予想される。今後、気温上昇や降雪量の減少がより顕著となった場合、水資源不足の問題のみならず、ウィンタースポーツや雪関連イベント等の冬季観光を主な収入源としている地域では、営業規模縮小に伴い観光入込客が減少し、地域経済に大きな影響が及ぶことが懸念される。

地球温暖化による積雪量の変化と水資源の関係について、IPCC第3次評価報告書以前にChong-Yu Xu¹⁾がスウェーデン中央部に位置する25流域にて気候変動の影響により春期と秋期の出水量が減少し、水資源に影響を及ぼすことを明確に示した。我が国では藤原ら²⁾がIPCC第4次報告書のSRESA2シナリオに基づいた利根川上流域の影響評価を行っており、冬から春の降水量の減少及び融雪出水が1ヶ月早まることを推定している。

地球温暖化による積雪量の変化とスキー場との関係については、Hans Elasserら³⁾が財源の大半を冬季観光業に頼るスイスのアルプス山脈において、気候変動が生じた場合約85%のスキー場で影響を受け、半数以上のスキー場では雪の減少により、適応策を講じなければ運営が困難であることを報告している。我が国では、畑中ら⁴⁾が気温が1℃上昇することでス

キー場の営業日数、入込客数の減少やそれに伴う経済効果の減少について検討している。また近年においては中口ら⁵⁾が地域気候モデル(MRI-RCM20)を、大田原ら⁶⁾が超高解像度全球大気モデル(MRI-AGCM3.2S)を用いて将来気候での積雪量を分析している。前者は2100年には全てのスキー場で積雪量が減少していることを指摘しており、後者は積雪量の減少による来客数及び営業利益が減少することを明示した。

しかしながら、将来気候の最新シナリオであるIPCC第5次評価報告書(以下、IPCCAR5)のRCP(代表濃度経路)シナリオ⁷⁾を適用した研究は少ない。RCPシナリオはRCP2.6, 4.5, 6.0, 8.5と4つのシナリオが用意されており、数値が大きくなるほど2100年時点での放射強制力が大きくなっている。第3次評価報告書と第4次評価報告書で使用されてきた「排出シナリオに関する特別報告書(SRES)」の「気候政策なし」シナリオと比べて21世紀の気候政策の範囲を表現できるものとなっており、最も変動が大きいとされるRCP8.5シナリオでは2100年までに最大で4.8度の上昇が予想されている。

よって雪の変化が地域レベルの生活基盤や経済にどのような影響をどの程度及ぼすのか、そのふり幅が十分評価されていない状況にある。また、積雪量に関する検討はなされていても、雪質に関する検討

は少ない。積雪量だけではなく、雪質が変化すればスキー場の営業日減少のみならずコンディション劣化という意味で経済的な影響は免れない。

以上を踏まえ、本研究は、積雪寒冷地の地域特性を踏まえた地球温暖化に対する適応策を考えていくための基礎研究として、北海道のダム流域を対象に、IPCCAR5に対応した気候変動予測データを用いて、地域レベルでの地球温暖化の影響を、水資源やウィンタースポーツに関連する積雪量・雪質の観点から定量的に評価したものである。研究手順を以下に示す。

- 1) IPCCAR5のRCPシナリオを適用した気象庁の地域気候モデルであるMRI-NHRCM20の現在気候と将来気候の予測結果を用いて、現況の観測値との関係からバイアス補正を行った。
- 2) 1)で得られた現在気候と将来気候のバイアス補正した値を用いて長期水循環モデル(Long-term Hydrologic Assessment model considering Snow process, 以下、LoHAS)⁸⁾より、現在気候から将来気候への積雪量や融雪量等水文データの変化を調べた。
- 3) 2)で得られた水文データを用いて積雪変質モデルであるSNOWPACK⁹⁾より、現在気候から将来気候への雪質の変化を調べた。

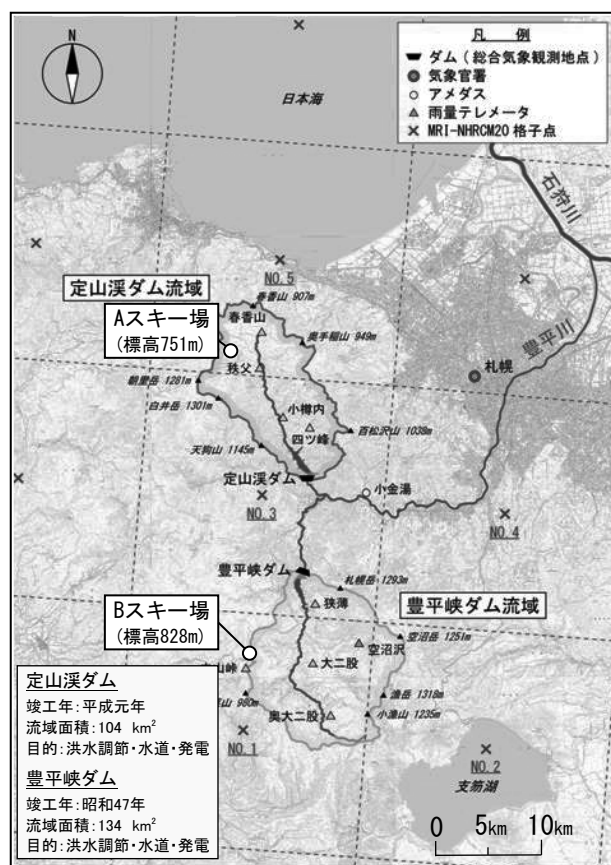


図-1 対象流域・観測地点位置図

2. 研究方法

(1) 対象流域の概要

本研究では、一級河川石狩川水系豊平川上流に位置し、札幌市周辺の治水・利水に重要な役割を果たすとともに、スキー場が立地する定山溪・豊平峡ダム流域を対象とした。図-1に対象流域を示す。

定山溪ダム流域のAスキー場は、1978年にオープンしたスキー場であり、例年11月下旬～5月上旬に営業が行われ、リフト利用延べ人数は年間約171万人¹⁰⁾となっている。豊平峡ダム流域のBスキー場は、1966年にオープンしたスキー場であり、例年11月上旬～12月中旬及び4月上旬～5月上旬に営業が行われている。

(2) 解析データ

本研究では、IPCCAR5のRCP（代表的濃度経路）シナリオ⁷⁾を適用した気象庁の地域気候モデルであるMRI-NHRCM20⁷⁾の予測結果を採用した。また採用した将来予測シナリオは全RCPシナリオの4パターンとした。

予測結果については、降水量（降雨・降雪）、海面気圧、地上風速（東西・南北方向）、地上気温、相対湿度、雲量（全層・下層）の6項目を対象に、ダム流域近傍に位置するMRI-NHRCM20格子点NO.1～NO.5の日データを抽出し、現在気候（1984年9月～2004年8月）及び将来気候（2080年9月～2100年8月）の計40ヶ年のデータ解析を行った。将来気候の海面水温・積雲対流条件は、既往検証結果⁷⁾等を参

表-1 気候変動予測モデルの概要

	MRI-NHRCM20(地域気候モデル)	
	現在気候	将来気候
空間解像度	20km	
予測期間	1984.9～2004.8	2080.9～2100.8
格子サイズ	211×175(水平)及び40層(鉛直)	
将来予測シナリオ	—	RCP2.6/4.5/6.0/8.5
海面水温パターン	HadISST	SST1/SST2/SST3
積雲対流スキーム	Yoshimura Scheme (YS) Kain-Fritsch Scheme (KF) Arakawa-Schubert Scheme (AS)	

考に海面水温パターンSST1、積雲対流スキームYoshimura Schemeによる予測結果を用いた。

また、現況における気温、降水量等の気象観測値は、HP等で一般に公開されているダム流域周辺の気象官署、アメダス、国土交通省雨量テレメータの日データを用いた。図-1にMRI-NHRCM20格子点及びダム流域内気象観測地点の位置、表-1に地域気候モデルの概要を示す。

(3) バイアス補正方法

気候変動予測データの現在気候値は、現況観測値を厳密に再現していないことから、既往検討¹¹⁾を参考に、以下の手法により上述したMRI-NHRCM20から抽出した6項目についてバイアス補正（月別の順位誤差率一定手法による補正¹¹⁾）を行った。図-2には例として1月のバイアス補正過程を示している。なお、バイアス補正は図-1に示すMRI-NHRCM20格子点No.1～No.5についてそれぞれ行った。

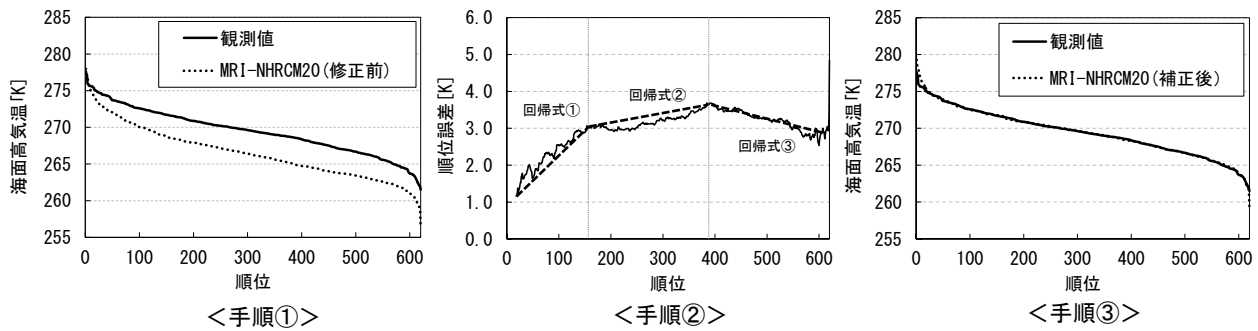


図-2 順位誤差を用いたバイアス補正過程(1月)

a) 地上風速については、水平方向である東西方向風速と鉛直方向である南北方向風速の二乗和の平方根をとる。地上気温については、MRI-NHRCM20格子点標高に気温減率 ($\gamma=0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) を乗じた値を差し引いて、海面高気温を算出した。

b) ダム流域周辺の気象観測データを空間補間法(距離重み法)に適用し、MRI-NHRCM20格子点範囲の現況観測値を推定した。

c) MRI-NHRCM20格子点毎に月単位で、a)で補正した現在気候値とb)で推定した現況観測値の日データを大きさの順に並べ替えた。図-2の横軸はデータの順位を表しており、1月の全データ数は31日×20年(1984.9-2004.8)=620より1位～620位まで存在することになる。＜手順①＞

d) c)で並べ替えた日データをもとに、順位誤差(海面高気温及び海面気圧については、現況観測値と現在気候値の差分、その他の気象項目については、現況観測値と現在気候値の比率)を算出した。なお、湿度と雲量に関しては100%を上限として補正した。次に順位に対する誤差の変動特性(変化点)を踏まえた回帰式を作成した。例えばデータの大きさの順位が1から152であれば図-2に示す回帰式①を用いて補正する。＜手順②＞

e) d)で推定した回帰式をもとに順位毎の補正値を設定し、現在気候値を補正した。＜手順③＞

f) 将来気候においても順位誤差は同様であると仮定し、d)の回帰式によって、将来気候値の補正を行った。

(4) ダウンスケーリング方法

ダム流域を1kmメッシュに分割し、川村ら⁸⁾による既往研究を参考に、以下の手法によりバイアス補正した気候変動予測データをダウンスケーリングした。

a) 地上風速、相対湿度、雲量(全層・下層)

バイアス補正を行った気候変動予測データを各MRI-NHRCM20格子点内の1kmメッシュにそのまま適用した。

b) 海面高気温、海面気圧

バイアス補正を行った気候変動予測データを各MRI-NHRCM20格子点内の1kmメッシュにそのまま適用した後、1kmメッシュ標高に気温減率($\gamma=0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)または気圧減率($\gamma=0.114\text{hPa}/\text{m}$)を乗じた

値を差し引いて、実標高の値に補正した。

c) 降水量

降水量は流域内での分布を考慮するために、緯度と標高を説明変数とする補正を行った。

まず、1984年9月～2004年8月の流域付近の降雨量観測値を利用して、降水量観測地点とMRI-NHRCM20格子点の総降水量比(=降水量観測データ/現在気候値)を目的変数、降雨観測地点とMRI-NHRCM20格子点の緯度差、標高差を説明変数とする回帰式を推定し、回帰係数を求めた。その後、バイアス補正後の気候変動予測データに乗じて1kmメッシュ値を算出した。

$$R_i = R_n \times [a_1 \times (y_i - y_n) + a_2 \times (z_i / z_n) + a_3] \quad (1)$$

ここで、 R_i は任意1kmメッシュの降水量(mm)、 R_n はMRI-NHRCM20格子点中心点のバイアス補正後の降水量(mm)、 y_i 及び z_i は任意1kmメッシュの緯度(°)及び標高(m)、 y_n 及び z_n はMRI-NHRCM20格子点中心点の緯度(°)及び標高(m)、 a_1 、 a_2 、 a_3 は回帰係数である。このダウンスケーリング手法については川村ら⁸⁾により妥当性が確認されている。

(5) 熱・水収支解析モデル

本研究では、川村ら⁸⁾の既往研究において水文諸量の推定精度の妥当性が確認されている解析モデルLoHASを採用し、以下に示す降雪・積雪条件をもとに、日単位でメッシュ毎に水文諸量(蒸発散量、融雪量、積雪深、積雪水量等)を算出した。なお、LAI、バルク輸送係数、蒸発効率、アルベド、受光係数比については、口澤ら¹²⁾の既往研究で設定されている値を用いた。

a) 積雪密度及び降雪密度

積雪密度については、口澤ら¹²⁾の既往研究で妥当性が確認されている最小積雪密度 $\rho=309\text{kg}/\text{m}^3$ で全層沈下率0.999、最大積雪密度 $\rho=700\text{kg}/\text{m}^3$ で全層沈下率0.985を採用し、変化する積雪密度に応じて按分し与えた。

降雪密度については、ダム流域周辺の観測地点における冬期間の降水量及び降雪日に観測された降雪深データを用いて、以下の式により降雪密度を逆算した。

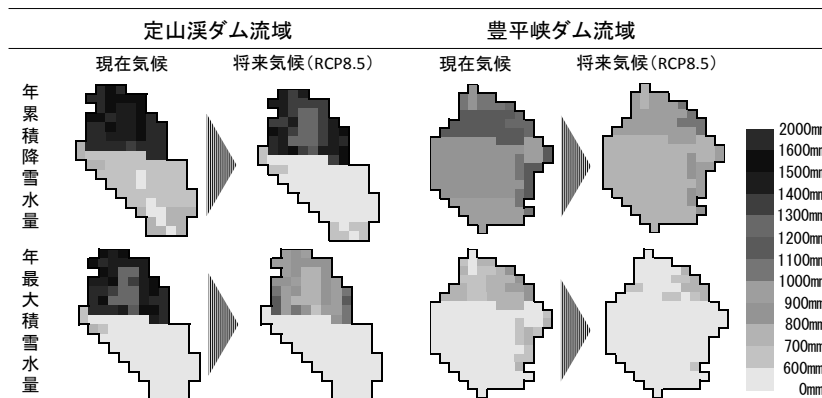


図-3 年累積降雪水量と年最大積雪水量の変化(将来気候：RCP8.5)

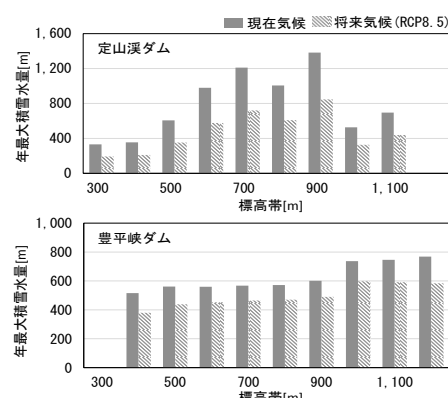


図-4 標高帯別年最大積雪水量の変化

表-2 ダム流域水収支及び年最大積雪包蔵水量の変化

RCPシナリオ		降雨量 (mm)	降雪水量 (mm)	蒸発散量 (mm)	水資源賦存量 (mm)	年最大積雪包 蔵水量 (千m³)
		①	②	③	④=①+②-③	
定山溪ダム	現在気候	896	1,122	557	1,461	72,394
	RCP2.6	1,003	1,050	572	1,481	69,948
	RCP4.5	994	1,047	596	1,445	67,789
	RCP6.0	930	999	604	1,325	63,250
	RCP8.5	983	926	645	1,264	56,152
RCPシナリオ		降雨量 (mm)	降雪水量 (mm)	蒸発散量 (mm)	水資源賦存量 (mm)	年最大積雪包 蔵水量 (千m³)
		①	②	③	④=①+②-③	
豊平峡ダム	現在気候	1,087	977	507	1,557	78,876
	RCP2.6	1,204	945	524	1,625	80,287
	RCP4.5	1,254	922	548	1,628	76,052
	RCP6.0	1,207	891	553	1,545	72,895
	RCP8.5	1,221	819	601	1,439	64,096

$$\rho = \frac{1}{10} \frac{R}{S_n} \rho_w \quad (2)$$

ここで、 ρ は逆算降雪密度(kg/m³)、 ρ_w は水の密度(kg/m³)、 R 及び S_n は観測地点における降水量(mm)及び降雪深(cm)である。これは降水量の質量(=降水量×計測面積×水の密度)と降雪量の質量(=降雪量×計測面積×降雪密度)が等しいものとして与えられる式である。

逆算した降雪密度については、防雪工学ハンドブック¹³⁾に記載されている新雪密度の最小値である $\rho = 50 \text{ kg/m}^3$ 以下及び水の密度である $\rho = 1,000 \text{ kg/m}^3$ 以上の値を対象外とし、異常値棄却検定を行い、平均値 $\rho = 86 \text{ kg/m}^3$ を採用した。

b) 雨雪判別温度

口澤ら¹²⁾の既往研究で提案されている判別式を用いて、1kmメッシュ相対湿度をもとに雨雪判別温度を算出し、1kmメッシュ気温との比較から降雨か降雪かを判別した。

(6) 積雪変質モデル

SNOWPACKは、スイス連邦雪・雪崩研究所(SLF)⁹⁾で開発された積雪変質モデルである。緯度経度、標高、LAI、アルベド等の土壌条件、表面・底面雪温、含水率、積雪粒径等の雪質条件、風速、気温、相対湿度、降水量、積雪深、下向き短波・長波放射量等の気象条件を与えることで、積雪内の鉛直方向の雪温、雪質(新雪、こしまり雪、しまり雪、ざらめ雪等)、密度等の時間変化を推定できる。

本研究では、以下の条件により、対象スキー場における積雪鉛直方向の密度及び雪質の時間変化を推定した。

a) 土壌条件

LoHASに適用したダム流域1kmメッシュLAI、アルベドから、対象スキー場が該当するメッシュの値を抽出し与えた。

b) 雪質条件

積雪の表面温度は大気との熱収支から求めた温度を与え、底面温度は0℃とした。積雪の含水率は10%、雪の粒径については、SNOWPACKのデフォルト値である0.5mmを初期値として与えた。

c) 気象条件

ダウンスケーリングにより推定したダム流域1kmメッシュ風速、気温、相対湿度、降水量及びLoHASにより推定したダム流域1kmメッシュ積雪深、下向き短波・長波放射量から、対象スキー場が該当するメッシュの値を抽出し、日単位で各時間同じ値を与えた。

3. 結果と考察

(1) 気象水文分布特性の評価

LoHASにより推定された現在気候及び将来気候における1kmメッシュの年累積降雪水量、年最大積雪水量をもとに、現在気候に対する変動が最も大きい将来気候シナリオRCP8.5の結果を算出し、平面分布としたものを図-3に示す。降雪水量、積雪水量は、Aスキー場が位置する定山溪ダム流域の北側、豊平峡ダム流域の東側で減少が顕著であり、変化量の大きい定山溪ダム流域の北側での減少量は年累積降雪水量で約100～310mm、年最大積雪水量で約200～760mmとなることが明らかとなった。

また、現在気候と将来気候の積雪水量を標高帯別平均値に整理し、図-4に示す。解析結果より、定山溪ダム流域では600m以上1000m未満、豊平峡ダム流

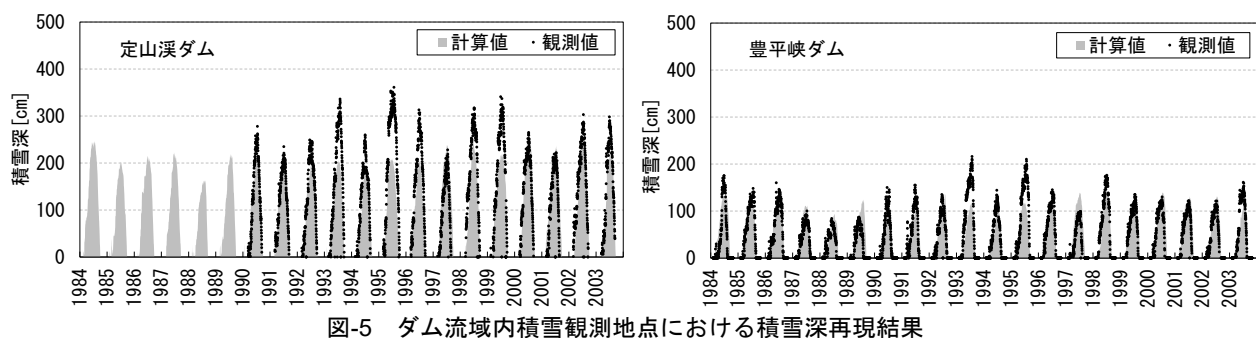


図-5 ダム流域内積雪観測地点における積雪深再現結果

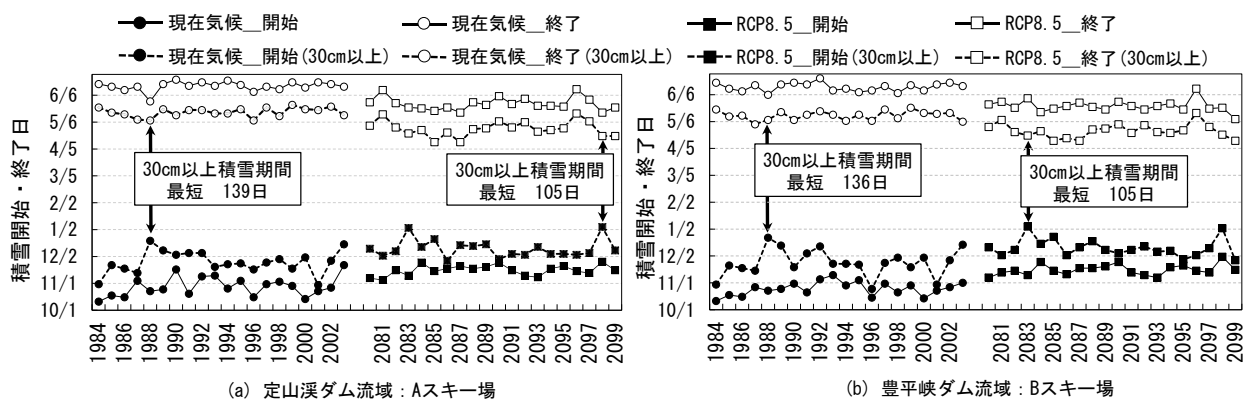


図-6 連続積雪開始日・終了日の経年変化（将来気候：RCP8.5）

域では1000m以上の標高帯で積雪水量の減少が顕著となることが明らかとなった。

(2) 流域水収支の評価

LoHASにより推定した降雨量、降雪量、蒸発散量を用いて、現在気候・将来気候におけるダム流域水収支を推定し、表-2に示す。降雨量、降雪量、蒸発散量は予測期間における各年累積値の平均値とし、算出した流出高と河川流量（自然流量）との比較結果及び図-5に示すダム流域内の観測地点における積雪深の再現計算結果により、ダム流域水収支の妥当性を確認した。推定結果より、非常に低い強制力レベルにつながる緩和型シナリオであるRCP2.6シナリオと安定化シナリオであるRCP4.5シナリオやRCP6.0シナリオでは、降雨量の増加により水資源賦存量の変化量は小さくなることが分かった。ただし、非常に高い温室効果ガス排出量となるRCP8.5シナリオに着目すると、現在気候に比べて降雨量が1割程度増加するものの、降雪量の減少及び蒸発散量の増加により流出高が減少し、減少量は定山溪ダム流域で最大約200mm、豊平峡ダム流域で最大約120mmとなることが明らかとなった。また同様にRCP8.5シナリオにおいて、年最大積雪包蔵水量については現在気候の約8割まで減少することが明らかとなった。積雪寒冷地のダムでは融雪水を活用した夏季の利水補給を行っており、融雪期のダム貯水池運用に大きな影響が及ぶものと考えられる。

(3) 積雪期間の評価

LoHASにより推定した1kmメッシュ積雪深から、

対象スキー場が該当するメッシュの値を抽出し、現在気候・将来気候シナリオRCP8.5の予測期間における連続積雪（根雪期間）開始・終了日の経年変化を整理し、図-6に示す。予測期間の平均値でみると、いずれのスキー場においても連続積雪開始日が最大2週間程度遅れ、終了日が最大3週間程度早まり、連続積雪期間は現在気候よりも1ヶ月以上短縮されることが明らかとなった。菊地¹⁴⁾は、スキーの滑走に十分な積雪量は積雪深30cm以上としており、図-6に示す点線の積雪深30cm以上の連続期間に着目すると、最短積雪期間の約1ヶ月の短縮が示唆され、対応策が必要であると考えられる。

(4) 積雪密度の評価

上記(3)の解析結果を踏まえ、現在気候において平均的な積雪期間となっている2002年、将来気候シナリオRCP8.5において最も積雪期間が短い2098年の2ヶ年を対象に、SNOWPACKにより対象スキー場における鉛直方向の積雪密度の時間変化を推定した。ここでは、将来気候において最悪な状況になるであろうと考えられる特徴的な雪質の変化をみるため、本来の温暖化予測実験結果の利用方法を超えて、各年の特徴を調べた。対象年における積雪密度の解析結果を図-7に示す。解析結果より、いずれのスキー場も現在気候では、積雪密度の大きい範囲が土壌付近で見られるものの、地球温暖化に伴い将来気候では積雪表面付近まで上昇し、積雪密度が大きくなる時期も早期化することが明らかとなった。

(5) 雪質の評価

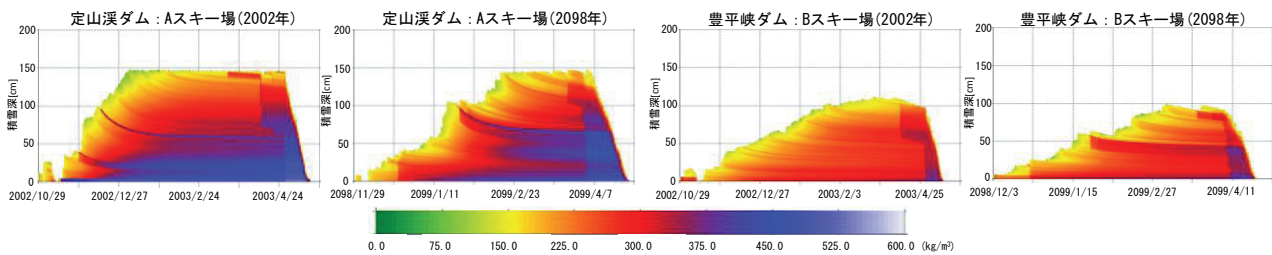


図-7 SNOWPACKによる積雪密度の推定結果(将来気候：RCP8.5)

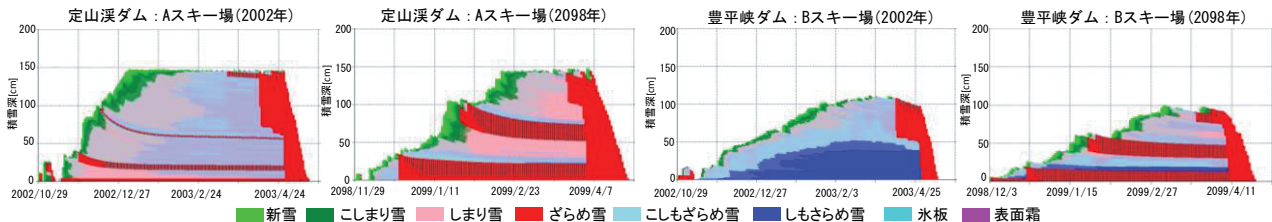


図-8 SNOWPACKによる雪質の推定結果(将来気候：RCP8.5)

上記(4)と同じ年を対象に、SNOWPACKにより対象スキー場における積雪内の雪質の時間変化を推定した。対象年における雪質の解析結果を図-8に示す。SNOWPACKの雪質17分類を、日本雪氷学会の積雪分類¹⁵⁾をもとに、新雪・こしまり雪・しまり雪・ざらめ雪の4種類に大別して解析結果を見ると、いずれのスキー場も現在気候では、積雪全体がざらめ雪となるのが概ね4月下旬であるのに対し、将来気候では3月下旬に早期化することが明らかとなった。

山本ら¹⁶⁾は、全国のスキー場を対象に、スキー利用者の好む雪質のアンケート調査を行い、スキー利用の視点から雪質評価を行っている。それによると、スキーヤーが好む雪質は新雪、こしまり雪、しまり雪であり、ざらめ雪については「固い、重い、べたべた」といった意見が寄せられている。スキー場の雪質が早い時期に悪くなることで、豊富な積雪量と良好な雪質をもつスキー場の環境が劣化する可能性がある。

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下に記す。

- 1) 将来気候の最新シナリオであるIPCCAR5のRCPシナリオに沿った予測データであるMRI-NHRCM20を用いることで、雪の量及び質に関してより具体的な将来気候の変化を得ることが出来た。
- 2) 積雪層を考慮した長期水循環モデルLoHASによって将来気候の水文諸量を予測することができ、特にRCP8.5シナリオにおいて水資源賦存量の減少が予測された。さらに同シナリオにおいて積雪深に着目すると、連続積雪日が約1ヶ月短縮する可能性が示唆された。
- 3) 積雪変質モデルSNOWPACKにより、RCP8.5シナリオでは水資源不足だけではなく雪質もさらさらしたパウダースノーのような新雪が減り、べ

たついたざらめ雪が増加することが分かった。これにより、雪質変化によるウィンタースポーツへの適応策も不可欠であると考えられる。

謝辞：本研究は文部科学省（MEXT）の事業である気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）の助成を受けた。本研究を進めるにあたり、積雪変質モデルSNOWPACKを用いた解析を行うにあたり、名古屋大学大学院環境学研究科の西村浩一教授ならびに（一財）日本気象協会北海道支社の松岡直基氏に資料の提供とご助言をいただいた。また、スキー場の営業状況等の知見収集において、（株）札幌リゾート開発公社ならびに加森観光（株）の関係者の方々にご協力をいただいた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Chong-Yu Xu: Modelling the Effects of Climate Change on Water Resources in Central Sweden, Water Resources Management, Vol.14, pp.177-189, 2000.
- 2) 藤原洋一, 大出真理子, 小尻利治, 友杉邦雄, 入江洋樹: 地球温暖化が利根川上流域の水資源に及ぼす影響評価, 水工学論文集, 第50巻, pp.367-372, 2006.
- 3) Hans Elsasser, Rolf Burki: Climate Change as a threat to tourism in the Alps, CLIMATE RESEARCH, Vol.20, pp.253-257, 2002.
- 4) 畑中賢一, マインハルト・ブライリンク, 佐藤洋平, パベル・カラムザ: 地球温暖化がスキー場周辺地域の経済に及ぼす影響: 農村計画論文集, 第2集, 2000.
- 5) 中口毅博: 地球温暖化がスキー場の積雪量や滑走可能日数に及ぼす影響予測—気象庁RCM20予測を用いて, 芝浦工大紀要人文系, Vol.44-1, pp.71-76, 2010.
- 6) 大田原望海, 大西暁生, 佐藤嘉展, 佐尾博志, 森杉雅史, 地球温暖化による積雪量の変化がスキー場に及ぼす影響—富山県を対象として—, 土木学会論文集G(環境), Vol.70, No.5, I_21 - I_29, 2014.
- 7) 環境省: 日本国内における気候変動による影響の評価のための気候変動予測について(お知らせ)別添資料, 2014.
- 8) 川村一人, 中津川誠: 気候変動下における積雪地域

- の利水への影響を踏まえたダム管理のあり方について，河川技術論文集第17巻，pp.287-292, 2011.
- 9) Perry Bartelt, Michel Lehning : Cold Regions Science and Technology 35 Part I, Part II, PartIII, pp.123-184, 2002.
 - 10) 札幌市：平成26年度版札幌の観光，2015.
 - 11) 国土交通省：第8回水資源分野における気候変動への適応策のあり方検討会 今年度の検討状況について【気候変動による水資源への影響について】，2014.
 - 12) 口澤寿，中津川誠：熱・水収支を考慮した流域スケールの積雪と蒸発散の推定，北海道開発土木研究所月報，No.588, pp.19-38, 2002.
 - 13) 一般社団法人日本建設機械施工協会HP : <http://www.jcmanet.or.jp> (2016年3月5日閲覧).
 - 14) 菊地達夫：本州との比較からみた北海道のレクリエーションスキーの特色とその地域性，北海道地理，No.71, pp.33-42, 1997.
 - 15) 日本雪氷学会：積雪・雪崩分類，1998.
 - 16) 山本千雅子，大島淳一：アメダスデータを用いた雪質推モデルによるスキー場雪質評価，2007.

(2016.4.7受付)

STUDY ON EFFECT OF QUANTITATIVE AND QUALITATIVE CHANGES OF SNOW COVER FROM THE FUTURE CLIMATE CHANGE

Yoko TANIGUCHI¹, Makoto NAKATSUGAWA¹ and Keisuke KUDO²

¹Graduate School of Muroran Institute of Technology

²River Environment Div. Docon, Co., Ltd.

This study addresses the regional influence of global warming in dam basins in snowy region on the quantity and quality of accumulated snow, using the climate change prediction data corresponding to the fifth IPCC report. The changes of accumulated snow were analyzed using the Long-term Hydrologic Assessment Model Considering the Snow Process (LoHAS) and the applications of the SNOWPACK snow cover model, based on climate change prediction data that was subjected to bias correction and for which down-scaling of 1-km mesh sizes in dam basins was performed. It was estimated that the following will occur: a decrease in water equivalent of snowpack in dam basins, a shift in the end of thaw to earlier and significant reductions in the snow cover period. In addition, it was revealed that the future snow will become granular earlier than it does at present. It is necessary to continuously and quantitatively investigate the influence of future climate change on the local economy with respect to winter tourism.