

メッシュ気候情報を用いた尻別川流域の水収支に関する基礎的研究

Basic research on water budget in the Shiribetsu River basin using climate mesh information

室蘭工業大学

室蘭工業大学

室蘭工業大学

(一財) 日本気象協会

○学生員

学生員

正 員

正 員

宮川泰地 (Taichi Miyakawa)

武田篤弥 (Atsuya Takeda)

中津川誠 (Makoto Nakatsugawa)

上田聖也 (Seiya Ueda)

1. はじめに

平成 25 年から平成 26 年にかけて公表された IPCC 第 5 次評価報告書 (AR5) では「気候システムの温暖化には疑う余地はない」と結論付けられており、気候変動の影響はすでに顕在化しつつある¹⁾。

今後、地球温暖化による気温上昇や降雪量の減少がより顕著となった場合、ウイ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、営業規模の縮小に伴い観光客が減少し、地域経済に大きな影響が及ぶことが懸念される。このような地球温暖化に伴う気候変動の影響は北海道のような積雪寒冷地で、より顕著に出るとの見解もある。北海道における気候変動の流域規模での気候変動の影響を推定した事例では、谷口ら²⁾が定山溪ダム・豊平峡ダム流域を対象とした積雪への影響を報告しており、連続積雪日が1か月短縮する可能性や、雪質の変化によるスキー場の環境劣化に言及している。

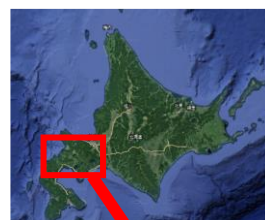
北海道における流域規模の影響を推定するためには、北海道内を網羅する高解像度の気候変動予測データが有用である。上田らは³⁾ IPCC 第 5 次評価報告書 (IPCCAR5)⁴⁾ の RCP (代表濃度経路) 8.5 シナリオに基づく気候変動予測データを、統計的ダウンスケーリング手法 (SDS) によって、解像度 1 km のメッシュデータとして整理した。これによって北海道全体の気象情報を地域毎の影響評価に利用できるようにした。この結果からは将来的に年平均気温が 5℃程度、年平均降水量が 100~200 mm 程度増加することが示されている。なお、上記 SDS 情報は、データ統合・解析システム (DIAS)⁵⁾ により公開されている。

本研究では、ウインタースポーツを目玉に全国的にも有数の観光地となっているニセコ地域がある尻別川流域を対象に、積雪量の将来変化を推定することを目的とする。本報告はその基礎研究として、上田らが作成した解像度 1 km の現況気候の SDS メッシュデータ (以下、1 km SDS データと称す) をもとに尻別川流域の水収支、降水量、降雪量の空間分布を解明するものである。

2. 研究手法

2. 1 研究対象個所の概要

対象河川は北海道の南西部に位置する尻別川 (幹線流路延長 126.0 km, 流域面積 1,640 km²) とした。流域は羊蹄山をはじめニセコ連峰や尻別岳など標高 1,000 m 級を超える山地に囲まれている。尻別川はその源を伊達市

流域面積
(km²)

喜茂別下流	231
倶知安	717
昆布	1,314
蘭越	1,368
名駒	1,402



図-1 対象地域の概要

のフレ岳の西方に発し、羊蹄山の北側を半周したのちニセコ連峰の南麓を流れ、下流部では平地を蛇行しながら日本海に流入する。流域内では図-1 に示すように上流域に喜茂別下流 (流域面積 231 km²)、中流域に倶知安 (流域面積 717 km²)、下流域に昆布 (流域面積 1,314 km²)、蘭越 (流域面積 1,368 km²)、名駒 (流域面積 1,402 km²) の計 5 個所の観測所で流量観測が行われている。

2. 2 取水量の推定

各流量観測所の集水域の自然状態の水収支を推算するにあたり、各観測所間の取水量の情報が必要となる。そのために、北海道開発局小樽開発建設部より提供して頂いた平成 31 年度 (2019 年度) 尻別川流域水利権調書を使用し、以下の方法で取水量を算出した。

- 各取水個所には河川から取水できる水利権量とそれが適用される期間が定められており、水利権量にその時間に乗じることで総量を m³単位で求める。
- 実際に河川から取水をしている量は、a)で算出した値の 7 割程度と考え、本研究では a)の総量に 0.7 を乗じることで実取水量を推算した。
- 取水個所については国で管理している箇所が 21 件、北海道では 130 件あるため、水利権調書の住所等から位置を確認し、各観測所間の取水量を合算する。これを各観測所間の流域面積で除すことにより、mm 単位の水頭値に変換する。また、表-1 には 5

月から8月の流域全体の農業用水の総取水量を示す。

2. 3 1 km SDS データ

1 km SDS データでは、北海道全域の気象情報が3次メッシュ毎に格納されており、高解像度で各気象情報における空間分布を知ることができる。この中には降水量、気温、海面気圧、全総雲量、下層雲量、風速、相対湿度、雪の積算降水量を対象に、気象庁により再解析された解像度 5 km の解析雨量・メソ客観解析データ・局地客観解析データ、(一財)日本気象協会のモデル値である SYNFOSS-5 を、図-2 に示すように距離重み法で空間内挿して解像度 1 km へ細分化し作成している。距離重み法による気象値 z は下式 (1) で得られる。

$$z(X_0) = \sum_{i=1}^N [z(X_i)/d_i] / \sum_{i=1}^N [1/d_i] \quad (1)$$

ここで、 $z(X_0)$ は任意メッシュ X_0 での推定値、 $z(X_i)$ は観測所 X_i における観測データ、 d_i は観測地点と任意メッシュ間の距離、 N は d_i 離れた観測所と対をなすデータ数である。また、気温は以下の手順で標高補正を行った。

① 解像度 5 km の気温を海面高での気温に補正する。

$$T'_5 = T_5 - \gamma \Delta H_5 \quad (2)$$

② T'_5 を (1) 式で解像度 1 km に空間内挿し T'_1 を得る。

③ T'_1 を実標高での気温に補正する。

$$T_1 = T'_1 - \gamma \Delta H_1 \quad (3)$$

ここで、 T'_5 は解像度 5 km の海面高での気温 (°C)、 T_5 は解像度 5 km 標高の気温 (°C)、 ΔH_5 は解像度 5 km の標高差 (=海面高 (=0 m) - 解像度 5 km の標高値)

(m)、 γ は気温減率で 0.0065 (°C/m)、 T'_1 は解像度 1 km の海面高での気温 (°C)、 T_1 は解像度 1 km 標高の気温 (°C)、 ΔH_1 は解像度 1 km の標高差 (=解像度 1 km の標高値 - 海面高 (=0 m)) (m) である。

本研究では、北海道全域の現況の 1 km SDS データから尻別川流域のメッシュを抽出し、2016年1月から2018年12月の降水量と気温の空間分布を抽出・整理した。

2. 4 各メッシュ内の降雨・降雪の判別

尻別川流域内の各メッシュの降水量のうち、降雨量と降雪量の構成を明らかにする。両者の判別方法の概要を図-3 に示す。緯度、経度の一致する 1 km SDS データの日降水量と日平均気温を比較し、日平均気温が 0 °C 以上の場合、そのメッシュの日降水量の値を降雨量、0 °C 以下の場合、降雪量というように判別した。以上によって流域内のすべてのメッシュにおいて、2016年1月1日から2018年12月31日まで判別を行い、各メッシュの降水量に占める降雪量の割合を算出した。なお、降水量、降雨量、降雪量は水量として mm 単位で表す。

3 結果と考察

3. 1 各観測所集水域の水収支の検証結果

各流域の水収支の整合性が取れているかの検証結果を表-2 に示す。また、各観測所間の取水量と観測所の流出高を表す模式図を図-4 に示す。年総降水量、流出高は2016年~2018年の平均値である。観測流量は国土交通省水文水質データベース⁶⁾の値を使用した。

流出率は各観測所の観測流出高を各流域の年総降水量で割った値であるが、昆布観測所の流出率が他の観測所よりも目立って小さい。この原因としては、観測所上流

表-1 尻別川流域農業用水の期別の取水量 (水頭値)

	5月	6月	7月	8月
農業用水取水量(mm)*	148	136	141	127

*水利権量×0.7を実取水量として推算

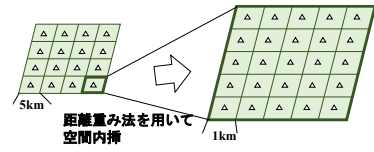


図-2 1km SDS データの概要

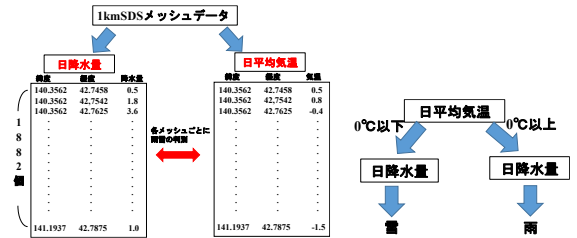
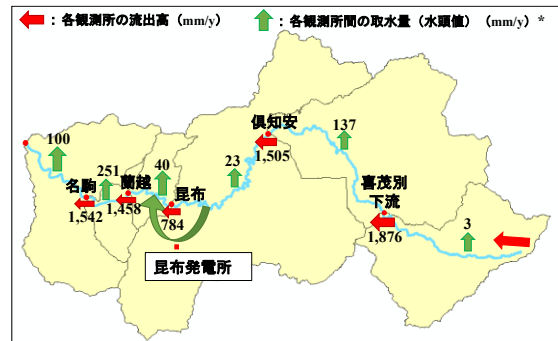


図-3 各メッシュの降雨・降雪の判別の概要

表-2 各観測所集水域の水収支の検証

	集水面積 (km ²)	年総降水量(mm/y) (A)	流出高(mm/y) (B)	農業用水取水量 (mm/y)	流出率 (B/A)
喜茂別下流	231	1,577	1,876	3	1.18
倶知安	717	1,667	1,505	140	0.90
昆布	1,314	1,570	784	163	0.50
蘭越	1,368	1,567	1,458	203	0.93
名駒	1,402	1,562	1,542	454	0.99



*取水量を観測所間の集水面積で除して水頭値としたもの

図-4 尻別川流域水収支模式図

の昆布発電所での取水の影響が考えられる。昆布発電所では昆布観測所上流で取水した水を発電で使用し、下流側に放出している。昆布発電所では1年を通して発電を行っており、水利権量の 32 m³/s の 7 割 (20 m³/s) 程度の取水とみなすと、倶知安の年平均流量が 34.2 m³/s、昆布の年平均流量が 32.6 m³/s に匹敵することから、その影響は大きいと考えられる。

また、昆布以外の4つの流域では流出率が0.9を超えている。既存研究³⁾の年蒸発散量を400 mm程度と見込むと各流域の年総降水量は1,900 mm程度になるはずである。このことから降水量が過小推算されている可能性が考えられる。

3. 2 メッシュ降水量の妥当性

図-5には流域界のGoogle Earth⁷⁾への投影図を示す。図-6には国土数値情報3次メッシュを用いた標高の空間分布図を示す。図-7は年平均気温、図-8は年総降水量、図-9は降水量に占める雪の割合(降雪量比)を



図-5 流域界の投影図

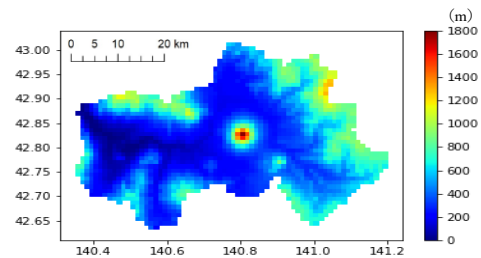


図-6 標高の空間分布図

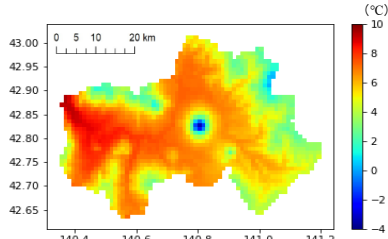


図-7 年平均気温の空間分布図

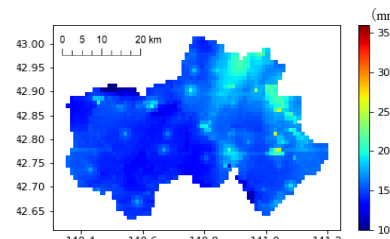


図-8 年総降水量の空間分布図

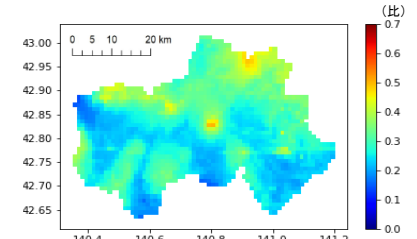


図-9 降雪量比の空間分布図

表す空間分布図を示しており、いずれも2016年～2018年の1kmSDSデータの平均値を使用した。標高の空間分布図と年平均気温の空間分布図を比較すると、標高が1,000mを超える羊蹄山やニセコアンヌプリ、流域北東部のあたりで年平均気温が0℃前後と低くなっている。

年降水量については、流域内のすべてのメッシュ平均値が1,547mm/yと推定され、尻別川河川整備計画⁸⁾に記載されている約1,500mmと同程度となっている。また、空間分布図より流域北東部では2,000mm前後であることが確認できる。先行研究の口澤ら⁹⁾によると、流域北東部に隣接する定山溪ダム流域と豊平峡ダム流域の年総降水量が、2,000mm前後であると推定されており、合致する結果となっている。

さらに、降雨・降雪の判別結果を検証する。図-9の空間分布からは年平均気温の低い羊蹄山の山頂付近やニセコ連峰、流域北東部では降水量のうちの4割～5割程度が雪であると推定されている。表-3には降水量と降雪量の内訳について、アメダス観測所を含む1kmSDSデータの値およびアメダス観測値を示す。アメダス観測値の降雪量は気温観測値から判別し推算した。この結果、降水量に関しては、1kmSDSデータ値はアメダス観測値を上回っており、過小評価はしていないと考えられる。

また、表-4に各観測所集水域の降雨量と降雪量の判別結果を示す。取水された水がすべて還元されている最も下流の観測所となる名駒地点を含む全ての地点で、降水量と降雪量の比率は同じ傾向が見られた。比較のために、上田ら³⁾の道内主要河川の水収支の検証結果を表-5に示す。同じく日本海側に位置する石狩川流域でも降雪量比が0.3程度であり、尻別川流域での降水量や降雪量の推定結果に大きな誤差はないものとする。

そこで、表-6に2017年の国土交通省水文水質データベース⁶⁾の値より算出した道内一級河川の流況を示す。この結果、尻別川は低水、渇水流量の値が他の河川の値よりも大きく、流況が安定していることがわかる。

これらの結果より、降水量は、必ずしも過小評価されておらず、流出率が高くなっているのは、流況を安定させる地下水流出成分が多いことが理由として推察される。一つの可能性として、流域外の山間部から涵養されて流

表-3 1kmSDS データとアメダス観測値の比較
(2016年～2018年平均)

	1kmSDSデータ			アメダス観測値		
	降水量(mm)(A)	降雪量(mm)(B)	降雪量比の割合(B)/(A)	降水量(mm)(C)	降雪量(mm)(D)	降雪量比の割合(D)/(C)
喜茂別	1,692	397	0.23	1,168	280	0.24
倶知安	2,072	718	0.35	1,710	667	0.39
蘭越	1,726	372	0.22	1,301	328	0.25

表-4 各観測所集水域の降雨・降雪の判別結果

	年総降水量(mm/y)(A)	降雨量(mm/y)(B)	降雪量(mm/y)(C)	降雪量比の割合(B)/(A)
喜茂別下流	1,577	1,183	384	0.24
倶知安	1,667	1,179	488	0.29
昆布	1,570	1,119	451	0.29
蘭越	1,567	1,117	450	0.29
名駒	1,562	1,110	452	0.29
流域全体	1,547	1,102	445	0.29

表-5 道内主要河川流域の水収支(上田ら³⁾より)

基準地点	年総降水量(mm/y)(A)	降雨量(mm/y)(B)	降雪量(mm/y)(C)	降雪量比の割合(B)/(A)	蒸発散量(mm/y)
石狩川 石狩大橋	1,432	1,002	430	0.30	461
石狩川 赤平	1,438	1,050	388	0.27	501
十勝川 帯広	1,224	993	231	0.19	444
十勝川 藻岩	1,141	922	219	0.19	453
釧路川 樺太	1,164	867	297	0.26	453
沙流川 平取	1,419	1,108	311	0.22	523
常呂川 北見	919	706	213	0.23	564

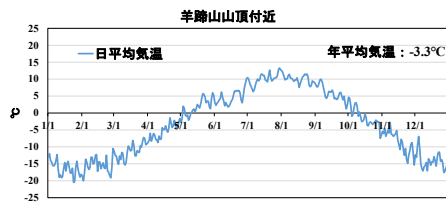
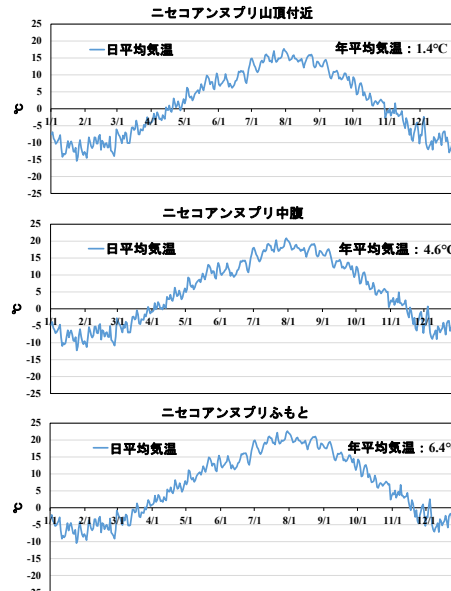
表-6 道内一級河川との流況の比較

水系名	観測所名	流域面積(km ²)	豊水(mm/d)	平水(mm/d)	低水(mm/d)	渇水(mm/d)	最小(mm/d)	平均(mm/d)
尻別川	喜茂別下流	231	4.6	2.9	2.4	1.9	1.6	4.4
後志利別川	今金	361	5.5	3.6	2.0	1.1	0.9	5.0
石狩川	納内	3,558	3.6	2.4	1.8	1.5	1.2	3.0
留萌川	大和田	253	2.8	1.4	1.0	0.7	0.2	2.9
天塩川	美深橋	2,889	4.6	2.8	2.0	1.2	0.9	4.0
鶴川	鶴川	1,228	3.2	1.5	0.9	0.5	0.4	2.4
沙流川	平取	1,253	4.5	2.1	1.3	0.8	0.8	3.0

入する地下水の寄与が考えられる。

3. 3 主要観光地域の降雪量について

まず、豊富な水資源の供給源である羊蹄山を対象に、降雪量を把握するために降水量に占める雪の割合を推定する。図-10に羊蹄山山頂付近の年平均気温、図-11に降水量と降雪量の累積図を示す。羊蹄山山頂付近では5月中旬頃から雪が雨へと変わり、10月中旬頃には雨が雪へと変わる。また、降雪量は降水量の5割程の980

図-10 羊蹄山山頂付近の年平均気温
(2016年～2018年平均)図-12 ニセコアンヌプリ付近の年平均気温の比較
(2016年～2018年平均)

mmと推定された。

次に、スキーシーズンに多くの観光客でにぎわうニセコアンヌプリ付近の降雪量も推定した。図-12に年平均気温、図-13に降水量と降雪量の累積図を示す。標高が上がるにつれ日平均気温も下がり、降雪量がふもと（標高302m）では389mm、頂上付近（標高1,084m）では619mmと推算され、ニセコアンヌプリのふもとと頂上付近では降雪の割合が2割程度異なることが定量的に示された。

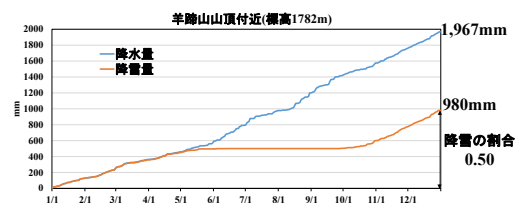
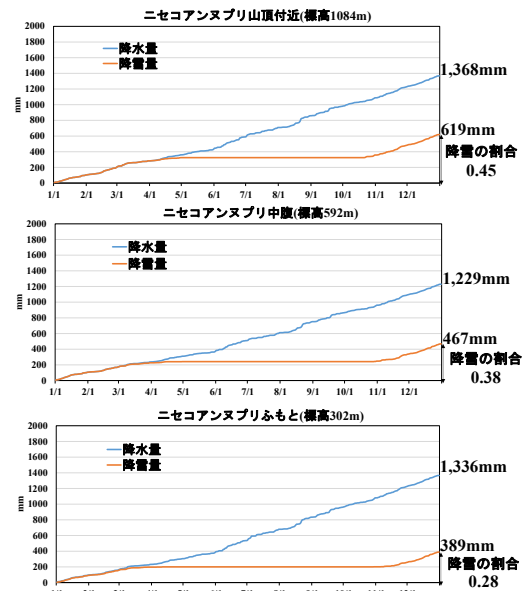
4. まとめ

本研究より得られた結果を以下に示す。

- 1) 尻別川流域の5つの流量観測所の流域の水収支について取水を考慮した上で整理し、降水量に対する流出量の割合が多いことを確認した。
- 2) 1kmSDSデータを用いて、尻別川流域の気象情報の空間分布を明らかにし、ウインタースポーツに関係するニセコ周辺地域の降雪量の空間分布を推定することができた。

今後は気候変動による観光や水利用への影響評価を念頭に、当該地域の積雪環境を分析し、地域課題解決のための基礎情報としていきたい。

謝辞： 研究を進めるにあたり、北海道開発局小樽開発建設部からは資料を提供頂いた。ここに記して謝意を表する。

図-11 羊蹄山山頂付近の降水量と降雪量の累積図
(2016年～2018年平均)図-13 ニセコアンヌプリ付近の降水量と降雪量の累積図
(2016年～2018年平均)

参考文献

- 1) 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）別途資料，env.go.jp/press/files/jp/24661.pdf, 2014. (2020.12.02 閲覧)
- 2) 谷口陽子ら：将来の気候変動が積雪の量的・質的に及ぼす影響に関する研究，土木学会 G（環境），72, No.5, pp.I_205-I_211, 2015.
- 3) 上田聖也ら：北海道を対象とした流域水収支の検討に基づく高解像度ダウンスケーリング気候情報の推定，土木学会論文集 B1（水工学），75, No.2, I_25-I_30, 2020.
- 4) 国立環境研究所：IPCC 第5次評価報告書のポイントを読む，http://www.cger.nies.go.jp/publications/pamphlet/ar5_201501.pdf, 2015. (2020.12.03 閲覧)
- 5) データ統合・解析システム(DIAS), <https://diasjp.net/>. (2020.12.03 閲覧)
- 6) 国土交通省：水文水質データベース，<http://www.lriver.go.jp/> (2020.10.09 閲覧)
- 7) Google Earth, <https://www.google.co.jp/intl/ja/earth/> (2020.12.05 閲覧)
- 8) 国土交通省：尻別川河川整備計画，<http://www.hkd.mlit.go.jp/ot/koumu/vu2tjq0000000qm1.html> (2020.10.20 閲覧)
- 9) 口澤寿ら：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第 No.588, pp.19-38, 2002.