

気候変動モデルデータの  
汎用的ダウンスケーリング技術の開発

共同研究報告書

令和 3 年 3 月

国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所  
国立大学法人北海道大学  
国立大学法人室蘭工業大学

Copyright © (2021) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、国立研究開発法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、国立研究開発法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

# 気候変動モデルデータの 汎用的ダウンスケーリング技術の開発 共同研究報告書

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所  
寒地水圏研究グループ 水環境保全チーム

元上席研究員 新目 竜一※<sup>1</sup>  
元上席研究員 村山 雅昭※<sup>2</sup>  
元総括主任研究員 谷瀬 敦※<sup>3</sup>  
元主任研究員 西原 照雅※<sup>4</sup>

国立大学法人北海道大学 工学研究院 環境フィールド工学部門  
水圏環境工学分野

准教授 山田 朋人

国立大学法人室蘭工業大学 もの創造系領域  
社会基盤ユニット

教授 中津川 誠

※1：現 国土交通省北海道局 参事官付開発政策分析官

※2：現 北海道開発局留萌開発建設部 部長

※3：現 北海道開発局札幌開発建設部 技術検査官

※4：現 国土交通省水政課 開発専門官

## 要旨

地方自治体が、気候変動適応策の検討を行う際に必要な科学的基礎情報を作成するため、気候変動モデルデータの汎用的ダウンスケーリング技術を開発することを目的に研究を実施した。本研究では、気候変動モデルデータのダウンスケーリングの際に必要な、基準となる観測データを取得するため、気象・水文観測を実施し、観測したデータ及び気候変動モデルデータを用いて、汎用的ダウンスケーリング技術を検討し、気候変動モデルの 1km メッシュデータを作成した。作成したデータは DIAS にて公開されており、一般にダウンロード可能である。

キーワード：気候変動，力学的ダウンスケーリング，統計的ダウンスケーリング，水文・気象観測，北海道

# 目次

1.はじめに.....	1
(1)研究項目並びに研究細目及び研究の分担 .....	1
(2) 研究背景・目的 .....	1
2.研究内容 .....	3
(1)気象・水文観測 .....	3
(2)汎用的ダウンスケーリング技術の検討 .....	4
1)積雪の鉛直構造の解明 .....	4
2)力学的ダウンスケーリング .....	4
3)統計的ダウンスケーリング .....	4
(3) 1km メッシュデータの作成 .....	11
3.まとめ .....	11
4.参考文献 .....	12

## 1. はじめに

### (1) 研究項目並びに研究細目及び研究の分担

研究項目	研究細目	研究分担			備考
		寒地土木 研究所	北海道 大学	室蘭 工業大学	
気候変動モデル データの汎用的 ダウンスケーリ ング技術開発	研究計画の立案	◎	◎	◎	
	気象・水文観測 ・汎用的ダウンスケーリング技術 の検討及び検証に必要なデータ の取得	◎	◎	○	
	積雪寒冷地を対象とした汎用的 ダウンスケーリング技術の検討 ・積雪の鉛直構造の解明 ・空間補完する手法の検討	○ ○	◎ ○	○ ◎	
	1km メッシュデータの作成	○	○	◎	

### (2) 研究背景・目的

気候変動による影響は、台風や集中豪雨をはじめとした自然災害リスクの増大等があり、今後多様化・深刻化する可能性が予測されているため、これらの問題に対応することが喫緊の課題となっている。現在の気候変動モデルデータは解像度が大きく、都道府県、市町村、河川流域、ダム流域レベルの気候変動適応策の検討に適した情報となっていない。

地方公共団体等が気候変動適応策の検討を行う上で必要な 1km (3 次メッシュ (基準地域メッシュ) に相当) 解像度の気候変動モデルデータを作成するためのダウンスケーリング技術を開発し、実際に作成したデータセットを公開することを本研究の目的とする。

年度別計画表

研究課題名 : 気候変動モデルデータの汎用的ダウンスケーリング技術開発

研究項目	研究細目	平成 28 年度				平成 29 年度				平成 30 年度				令和元年度				備考
		4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	
気候変動モデルデータの汎用的ダウンスケーリング技術開発	研究計画の立案		↔															
	気象・水文観測			↔			↔				↔							
	汎用的ダウンスケーリング技術の検討					←												→
	1kmメッシュデータの作成					←												→

実施期間 平成 28 年 10 月 1 日～令和 2 年 3 月 31 日

## 2. 研究内容

### (1) 気象・水文観測

平成 28 年～平成 29 年，平成 29 年～平成 30 年，平成 30 年～令和元年に北海道札幌市に存在する定山溪ダムの流木処理場にて気象・水文観測を実施した。観測種目は下記に示す表-1 の通りである。ただし，定山溪のみしか観測していない種目がある。図-1 から図-4 には平成 29 年～平成 30 年の定山溪における観測結果を示す。尚，表-1 の積雪重量が 1 及び 2 となっているは 2 箇所計測しているためである

また，これらの観測結果を用いて AI による融雪期のダム流入量予測に用いる入力データの重要度計算を行い，物理現象や流域特性から概ね想定できる妥当な結果を得た。入力データの重要度は表-2 に示す。ただし，降水量は解析雨量を用いたため除外している。

表-1 気象・水文観測種目

項目	単位	定山溪のみ
全天日射量	W/m <sup>2</sup>	
大気放射量	W/m <sup>2</sup>	
地球放射量	W/m <sup>2</sup>	
反射日射量	W/m <sup>2</sup>	
表面温度	°C	
気温	°C	○
風速	m/s	○
湿度	%	○
積雪重量 1	kg/m <sup>2</sup>	
積雪重量 2	kg/m <sup>2</sup>	
積雪深	cm	○
積雪底面流出量	mm/h	○
降水量	mm/h	○

表-2 重要度の計算結果

項目	単位	重要度
全天日射量	W/m <sup>2</sup>	0.0163
大気放射量	W/m <sup>2</sup>	0.0094
反射日射量	W/m <sup>2</sup>	0.0097
地球放射量	W/m <sup>2</sup>	0.0283
表面温度	°C	0.0358
風速	m/s	0.0082
気温	°C	0.0537
湿度	%	0.0067
積雪重量(1,2平均)	kg/m <sup>2</sup>	0.0120
積雪深	cm	0.0123
融雪量	mm	0.0232

## (2) 汎用的ダウンスケーリング技術の検討

ダウンスケーリング手法には「力学的ダウンスケーリング」及び「統計的ダウンスケーリング」を用いた。ダウンスケーリングの対象領域はどちらも北海道周辺である。ただし、対象領域は完全には一致していない。

### 1)積雪の鉛直構造の解明

定山溪における観測結果及び積雪断面観測により融雪期における表面融雪量と底面流出量の関係性が氷板の影響を受けることが分かった。この結果は既往研究でも指摘しているが、積雪層内の時系列を詳細に追うことは困難であり、現時点では直接どのような要因で影響を与えているかを指摘することは困難である。

本研究では、観測機器の破損により十分な観測データを得ることができていない。今後、より多くの観測データを習得することで積雪の鉛直構造の詳細な解明が期待される。

### 2)力学的ダウンスケーリング

力学的ダウンスケーリング (DS) とは、気候モデルにより得られる粗い解像度の出力結果を、解像度の高い領域モデルにより高解像度化する手法である。物理方程式に基づいており、地形表現の精細化が可能となる。ただし、計算負荷が大きく、領域モデルの不確実性も加わることになる。図-5 に解像度による標高表現の違いを示す。

DS の対象領域は図-5(a)の着色範囲である北海道周辺の 800 km×800 km とした。DS の元データには「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース, database for Policy Decision making for Future climate change (d4PDF)」<sup>2)</sup> の領域実験を用いている。d4PDF 領域実験は領域気候モデルにより作成された水平解像度 20 km の気候予測データであり、長期観測データが得られる 1951 年から 2010 年の 60 年間を対象に初期擾乱を発生させた 50 メンバの数値計算を実施した過去実験 (60 年×50 メンバ=3000 年)、産業革命前から全球平均温度が 4℃上昇した世界を想定し、6 種類の海面水温パターンと初期擾乱を与えた 15 メンバの数値計算を実施した 4℃上昇実験 (60 年×6 海面水温パターン×15 メンバ=5400 年) で構成される。

DS により d4PDF の 20 km 解像度から 5 km への高解像度化を行った。DS には d4PDF 領域実験の作成に使用されたモデルである気象研究所非静力学地域気候モデル (NHRCM) を用いた。

DS により得られた過去実験の降雨量と実績の降雨量とを比較し、バイアス補正を実施する。DS 実施後の降雨量は実績値と概ね良好な対応関係にあり、バイアス補正係数は十勝川流域で 0.99, 常呂川流域で 1.10 であった。図-6,7 にそれぞれ十勝川流域での年最大流域平均 3 日降雨量, 常呂川流域での年最大流域平均 1 日降雨量の頻度分布を示す。

### 3)統計的ダウンスケーリング

統計的ダウンスケーリング (SDS) は広域の気象場とローカルな気象要素と間に統計的関係を仮定し、補正を行うものである。本研究では、千田ら<sup>3)</sup>の手法を基礎に、気候変動予測データを用いた北海道全域の解像度 1km の SDS 情報を作成した。

SDS の対象領域は北海道とその周辺海域であり (図-8), 表-3 には使用モデルおよびデータの概要を示す。図-9 には SDS 手法の概要を示す。今回は、IPCC AR5 の RCP シナリオを適用した気象庁の MRI-NHRCM20 (気候変動予測モデル, 以下, NHRCM20) の予測結果について、解像度 1km への SDS を行う。予測シナリオは RCP8.5, 海面水温は SST1~SST3 の 3 パターンとした NHRCM20 は解像度が 20km であり、現在気候



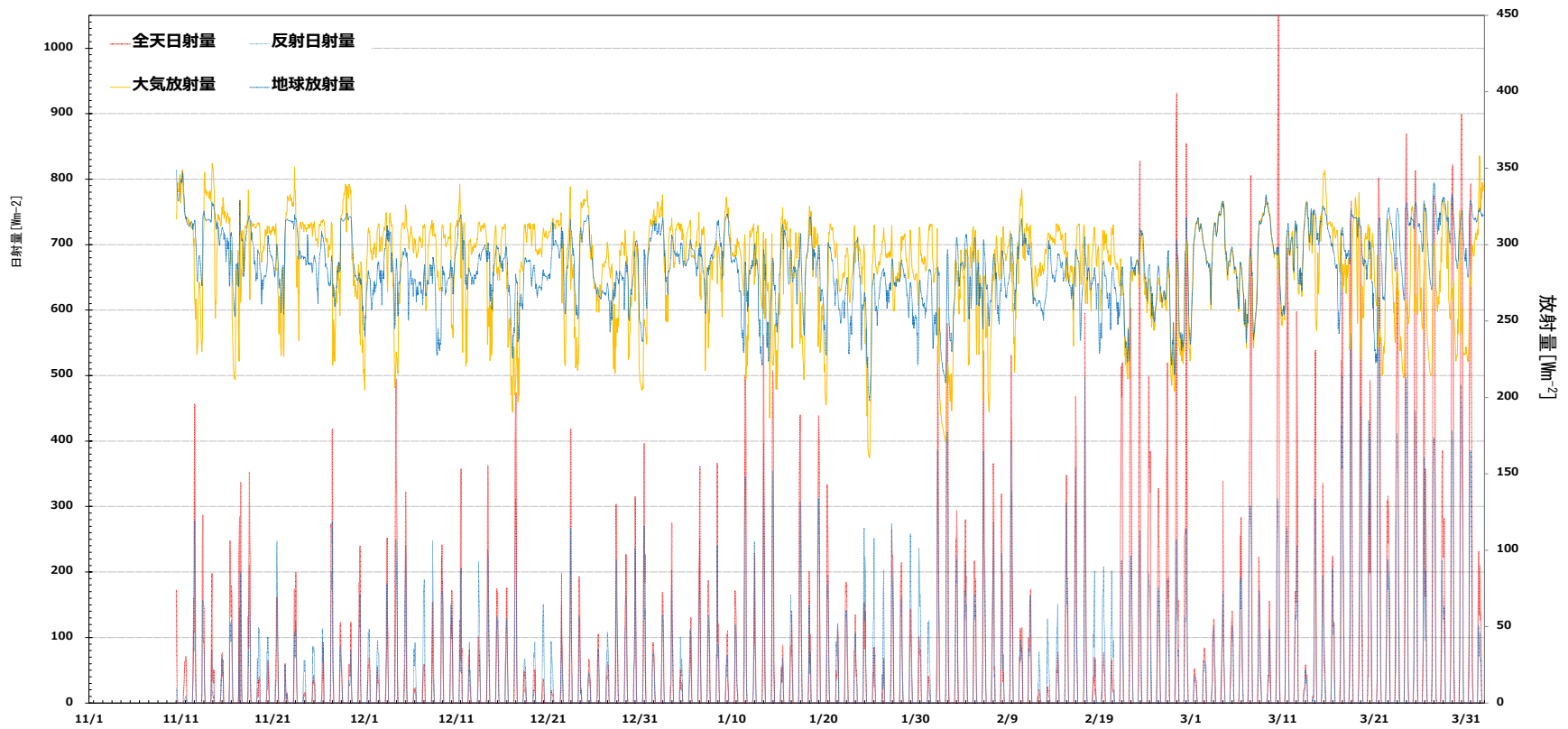


図-1 気象・水文観測（全天日射量，反射日射量，大气放射量，地球放射量）

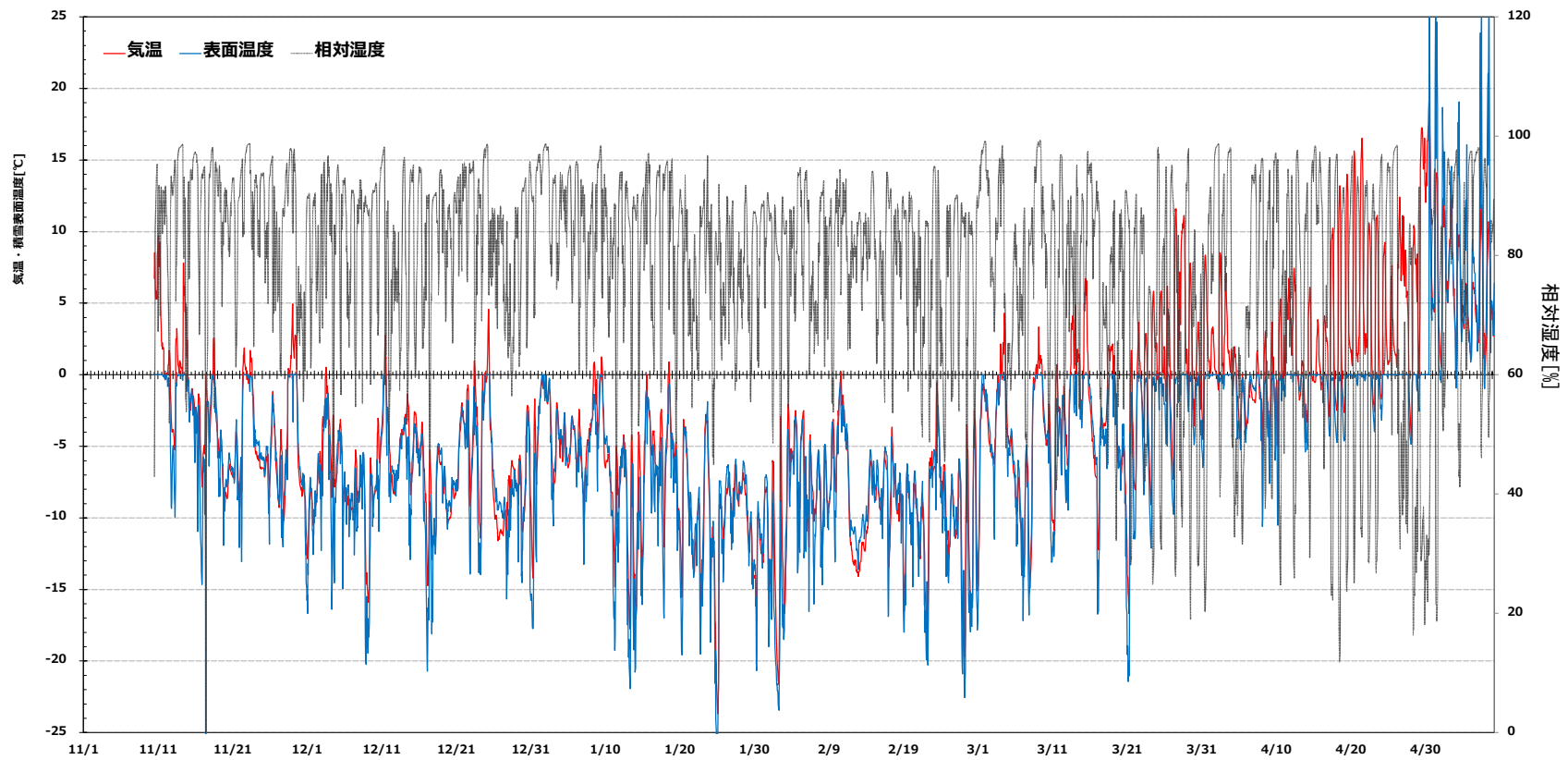


图-2 气象·水文观测 (气温, 表面温度, 相对湿度)

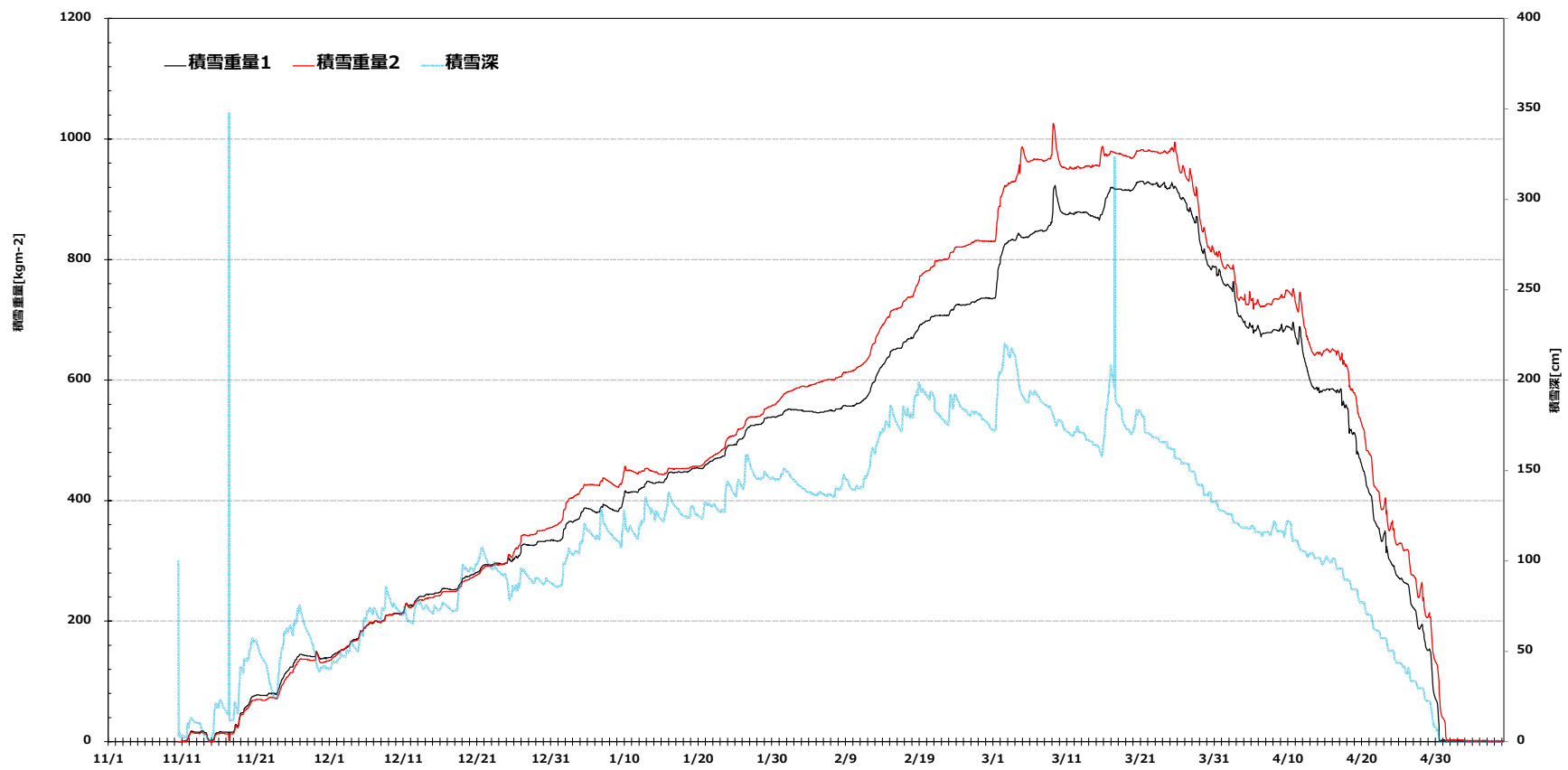


図-3 気象・水文観測（積雪重量1, 積雪重量2, 積雪深）

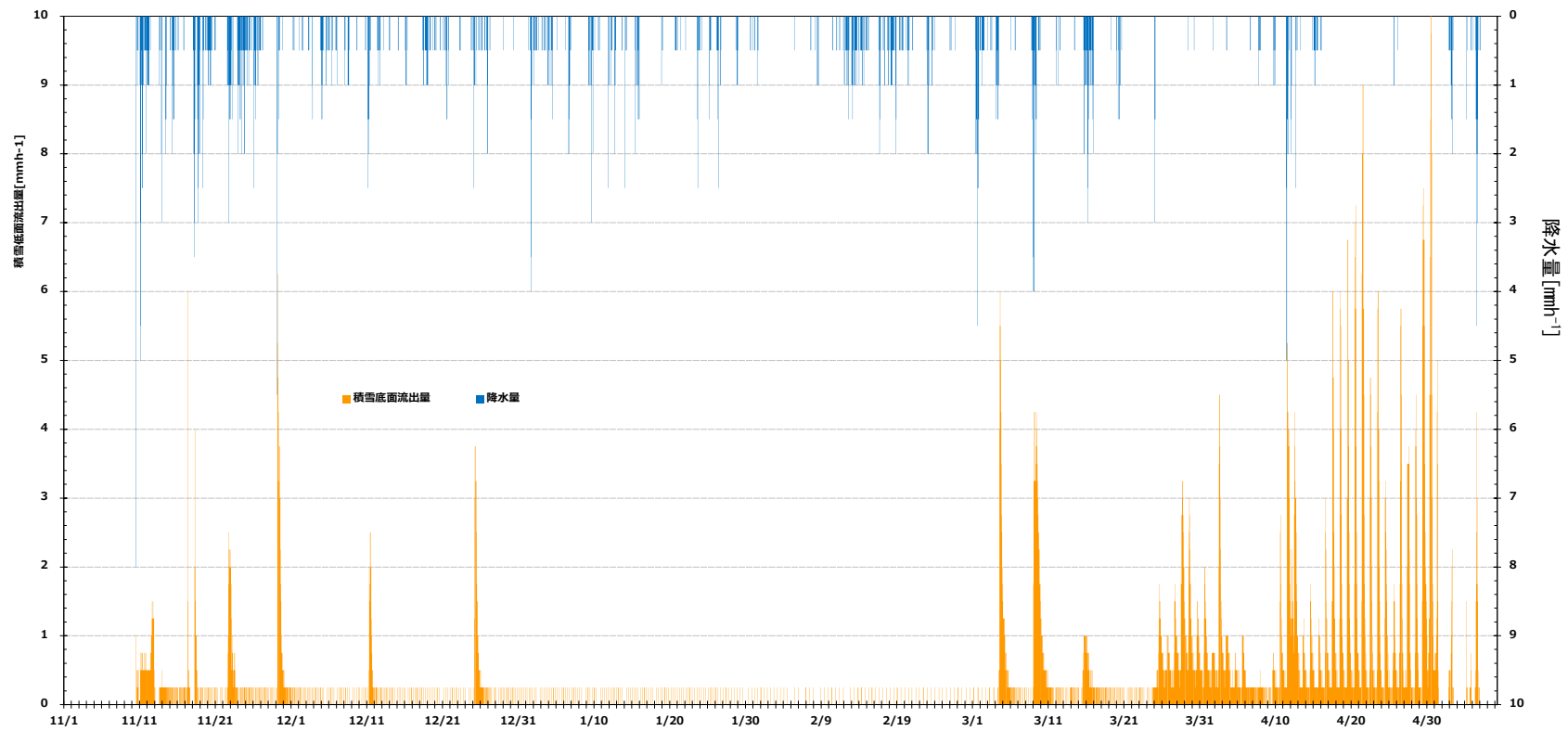
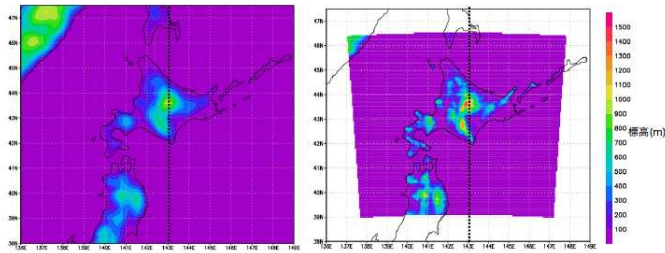
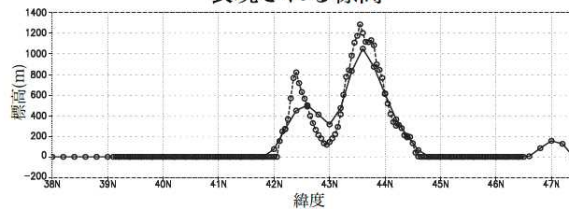


図-4 気象・水文観測（積雪底面流出量，降水量）



(a) 左：20 km 解像度で表現される標高，右：5 km 解像度で表現される標高



(b) 経度 143 度での縦断標高図 (実線が 20km 解像度，破線が 5km 解像度を表す)

図-5 解像度による標高の表現の違い

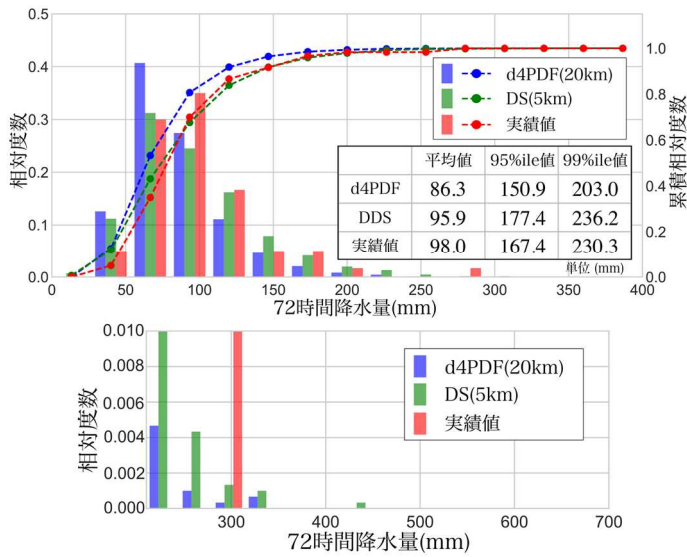


図-6 DS 前後と実績の十勝川流域での最大流域平均 3 日降雨量の頻度  
図下は 99%ile 値以上の降雨量に着目したもの

20 年，将来気候 20 年×SST3 パターン，それぞれの日データとなっている．対象とする気象要素は，大気陸面の熱・水収支の評価に利用できる 8 種（気温，降水量，降雪水量，風速，相対湿度，全層雲量，下層雲量，気圧）とした．なお，NHRCM20 の現在気候はバイアスを含み，必ずしも現況の気象値とは一致しないため，DSJRA-55 を現況の観測値としたバイアス補正を行った．図-10 に気象項目毎のフロー図を示す．NHRCM20，DSJRA-55，メッシュ平年値の各気象要素の単位は，全て図-10 に示す単位に統一したうえで SDS を行った．

バイアス補正を行うため，NHRCM20（解像度 20 km）を補正に用いるデータと同じ解像度（気温は解像度 1km，その他の要素は解像度 5km）および座標に変換する．各メッシュ値は，周囲の 20km メッシュ値に距離の逆数で重みをつけることで空間補間した（逆距離加重法）．

バイアス補正後の NHRCM20 の現在気候と将来気候（解像度 5km）に逆距離加重法を適用

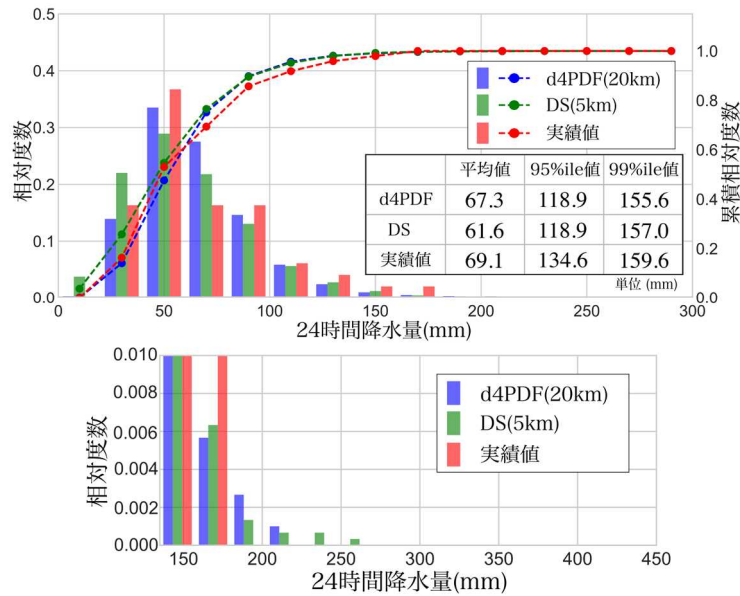


図-7 DS 前後と実績の常呂川流域での年最大流域平均 1 日降雨量の頻度、  
図下は 99%ile 値以上の降雨量に着目したもの

し、解像度 1 km のデータを作成する。なお、気温については既に解像度 1 km としているため、対象としない。1 km 格子の座標には国土数値情報 3 次メッシュの中心座標を使用する。

気温・降水量について、SDS 過程での空間分布図の経過の一例を図- 11 に示す。図中の矢印 (b~d) は、図-10 の手順に対応する。降水量の SDS 過程に着目すると、b)の空間補間により、隣接メッシュとの差が大きい高標高の地域などで顕著にメッシュ値が平滑化されているが、c)のバイアス補正により、日高山脈や道南の降水量分布のめりはりを再び表現できている。d)を経た SDS 結果の分布図では、SDS 前の解像度 20 km のデータの特徴を残しつつ、解像度を高めている。気温については、d)の手順による補正の影響が降水量に比べ顕著である。なお、気温は図示にあたり地上+1.5 m の値に変換している。

また、図-12 に、SDS によって作成した解像度 1km SDS 情報のうち、気温・降水量の現在気候の年平均値を示す。将来気候については、同じく年平均値を算出し、その差分（将来気候－現在気候）を示す。

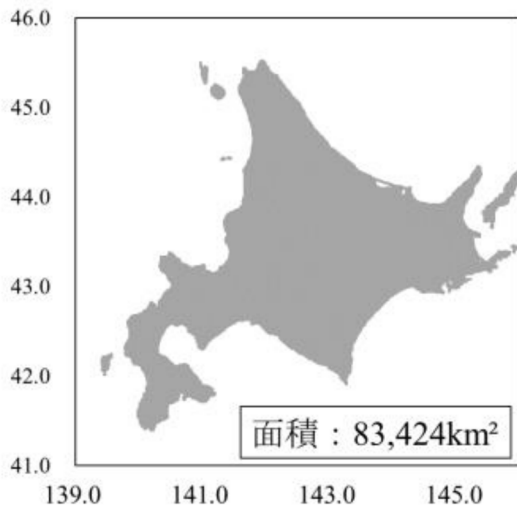


図-8 対象地域（北海道）

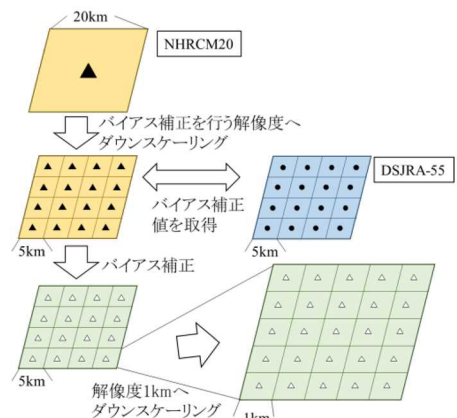


図-9 SDS 手法の概要



表-3 使用モデルおよびデータの概要

MRI-NHRCM20 (気候変動予測モデル)		
	現況気候	将来気候
空間解像度	20km	20km
対象期間	1984.9~2004.8	2080.9~2100.8
将来予測シナリオ	-	RCP8.5
海面水温パターン	HadISST	SST1/SST2/SST3
積雲対流スキーム	Yoshimura Scheme (YS)	
気象要素	気温, 降水量, 降雪水量, 風速, 相対湿度, 全層雲量, 下層雲量, 気圧	
DSJRA-55 (領域ダウンスケーリングモデル)		
	現況気候	
空間解像度	5km	
対象期間	1984.9~2004.8	
	気象庁	メッシュ年平均値
	現況気候	
空間解像度	1km	
対象期間	1981.1~2010.12	

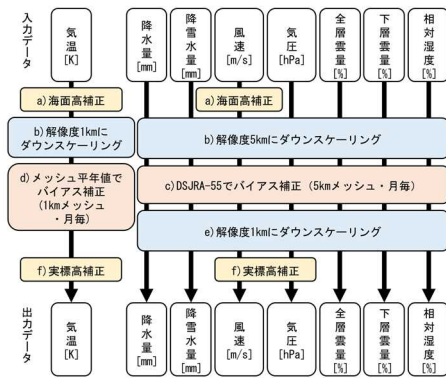


図-10 気象項目毎のフロー図

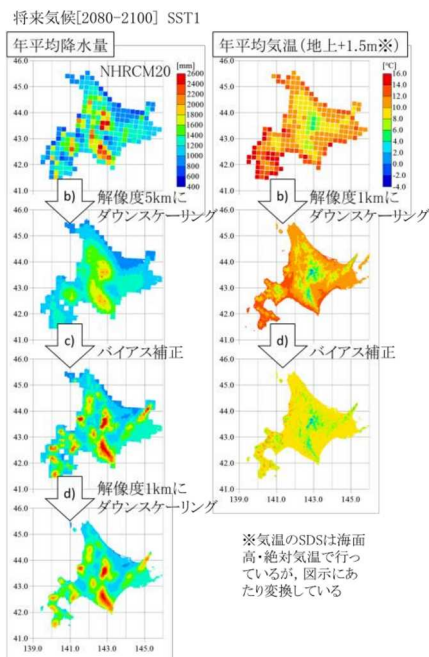


図-11 SDS 過程における分布図の経過 (降水量および気温, 将来気候, SS1)

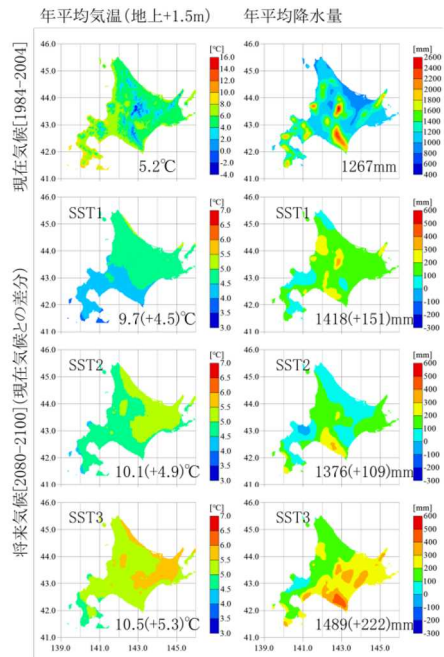


図-12 現在気候と将来気候の SDS 結果 (図中の数値は全メッシュの平均値, カッコ内は現在気候との差分を示す)

(3) 1km メッシュデータの作成

北海道を対象に 1 km メッシュの将来気候のダウンスケーリングデータを構築した。このデータはデータ統合・解析システム(DIAS)に公開されており、一般利用が可能となっている。

3. まとめ

本研究では、気候変動モデルデータのダウンスケーリングに向け、水文・気象観測を実施し、力学的ダウンスケーリング及び統計的ダウンスケーリングを実施した。このダウンスケーリングデータを活用することで、地方自治体が、気候変動適応策の検討を行う際に必要な科学的基礎情報の作成に役立てることが可能となる。また、1 km メッシュのダウンスケーリングデータは DIAS に公開されており、一般利用が可能となっている。

#### 4. 参考文献

- 1) 山下彰司, 新目竜一, 谷瀬敦, 鳥谷部寿人: 積雪重量計による積雪融雪特性の研究, 寒地土木研究所月報, No.665, pp.18-29, 2008.
- 2) Mizuta, R., and Coauthors: Over 5000 years of ensemble future climate simulations by 60 km global and 20 km regional atmospheric models, Bull. Am. Meteorol. Soc., Vol.98(7),pp.1383-1398,2017.
- 3) 千田侑磨, 谷口陽子, 中津川誠, 工藤啓介: 統計的ダウンスケーリングに基づく空知川流域の水文量の気候変動に伴う影響の推定, 平成 29 年度土木学会北海道支部論文報告集, 第 74 号, B-02, 2018.
- 4) 細井遵敬, 布川敦士, 山田朋人, 西原照雅: 札幌定山溪における融雪過程の年々特性, 平成 30 年度土木学会北海道支部論文報告集, 第 75 号, B-31, 2019.
- 5) 山田嵩, 阿部真己, 滝口大樹, 谷瀬敦, 矢部浩規: ランダム・フォレストを用いた融雪期のダム流入量予測における入力データの検討, 河川技術論文集, 第 26 巻, pp.89-94, 2020.
- 6) 山田朋人, 星野剛, 舛屋繁和, 植村郁彦, 吉田隆年, 大村宣明, 山本太郎, 千葉学, 戸村翔, 時岡真治, 佐々木博文, 濱田悠貴, 中津川誠: 北海道における気候変動に伴う洪水外力の変化, 河川技術論文集, 第 24 巻, pp.391-396, 2018.
- 7) 上田聖也, 中津川誠, 千田侑磨, 小松 麻美: 流域水収支が検証された北海道全域の高解像度 Downscaling 情報の作成, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.75, No.2, I\_1051-I\_1056, 2019.





---

共同研究報告書  
COOPERATIVE RESEARCH REPORT of P.W.R.I.  
No.532 January 2021

編集・発行 ©国立研究開発法人土木研究所

---

本資料の転載・複写の問い合わせは

国立研究開発法人土木研究所  
寒地土木研究所 寒地技術推進室

〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 電話 011-590-4046