

戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)

日本ーロシア共同研究

終了報告書 概要

1. 研究課題名：「北極水循環変化：環境の持続可能性と自然資源へのインパクト」
2. 研究期間：2019年8月～2022年3月
3. 主な参加研究者名：
日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	飯島慈裕	教授	三重大学大学院生物資源学研究科	日本側PI、WP3 主担当
主たる共同研究者	檜山哲哉	教授	名古屋大学宇宙地球環境研究所	WP1主担当
主たる共同研究者	佐藤友徳	准教授	北海道大学地球環境科学院	WP2主担当
研究参加者	高倉浩樹	教授	東北大学東北アジア研究センター	WP4主担当
研究参加者	朴晁澤	グループ リーダー代理	海洋研究開発機構北極環境変動総合研究センター	WP5主担当
研究参加者	小谷亜由美	助教	名古屋大学大学院生命農学研究科	WP2担当
研究参加者	岩花 剛	外来研究員	北海道大学北極域研究センター	WP3担当
研究参加者	小松謙介	特定事業研究員	三重大学大学院生物資源学研究科	WP1担当
研究参加者	大石侑香	講師	神戸大学大学院国際文化学研究科	WP4担当
研究参加者	矢吹裕伯	特任准教授	国立極地研究所国際北極環境研究センター	データマネージメント
研究期間中の全参加研究者数			10名	

相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Sergey Gulev	Professor	P.P. Shirshov Institute of Oceanology, RAS	ロシア側PI WP1, 5主担当
主たる共同研究者	Pavel Groisman	Researcher	P.P. Shirshov Institute of Oceanology, RAS	WP3, 4主担当
主たる共同研究者	Alexander Shiklomanov	Research Assistant Professor	University of New Hampshire, Arctic and Antarctic Research Institute	WP2, 5担当
主たる共同研究者	Nadezhda N. Tchebakova	Professor	V.N.Sukachev Institute of Forest, SibRAS	WP2主担当
研究参加者	Ambroise Dufour	Researcher	P.P. Shirshov Institute of Oceanology, RAS	WP1担当
研究参加者	Dmitry A Streletskiy	Associate Professor	George Washington University	WP3担当
研究期間中の全参加研究者数			6名	

4. 国際共同研究の概要

本国際共同研究（ARCTIC-CHI）は、北極の温暖化増幅にともなう水循環（降水・蒸発散・陸域貯留、河川流出）の変化に着目し、過去と温暖化時との違いを示しつつ、今後 10 年規模での水循環の将来予測と、極端現象が社会に与える影響の可能性の提示を目的として、5 つのワーキングパッケージ（WP：大気水循環、陸面過程、永久凍土、社会影響、将来予測）を設定して実施された。日本側チームは、ロシアで構築してきた陸域観測網と衛星観測・気象データによる水循環に着目した環境変化の解析とともに、異なる空間スケール（全球気候＞領域気候＞陸面過程）での変動現象を構造化して、北極水循環変化がもたらす広範な影響とその将来予測を試みた。ロシア側チームは、ロシア全域の気象・水文・凍土・植生の観測データに基づき、水循環変動や凍土環境変化の解析とモデルによる将来予測研究を実施した。これまで連携が少なかったロシア北極域での気候・水循環変化の実態と将来像の共有が図られ、様々な社会影響評価への活用・展開へと繋がるものとなった。

5. 国際共同研究の成果

5-1 国際共同研究の学術成果および実施内容

大気水循環、陸面過程、永久凍土、社会影響、将来予測の WP の設定に基づく国際共同研究の実施の結果、ロシア北極域の温暖化増幅にともなう水循環（降水・蒸発散・陸域貯留、河川流出）と関連する凍土環境の変化や社会影響、将来予測に着目した研究成果を多数公表することができた。特に日本側からは、東シベリアを解析の主対象地として、北極域まで拡張した解析結果が得られ、ロシア側と日本側の交流と成果の共有を経て、過去と現在（温暖化時）との違いを示しつつ、極端現象が社会に与える影響の可能性を提示できた。

5-2 国際共同研究による相乗効果

研究実施体制に沿って、学会・シンポジウムの開催による二国間の研究者の交流が図られた。日本側は、ロシア北極域の環境変動研究について広範な学際連携による水循環・気候変動影響に関する知見が共有されたほか、ロシア側から提供された研究成果をもとに、現地で進行する環境変動の多様な事象を認識し、今後の研究発展の指針について相互理解が深まった。ロシア側は、ロシア全域の環境変動研究を発展させ、気候・水文・雪氷・海洋変動に関する広範な観測・解析結果を示した。日本側との連携によって、流域単位、地域単位でのきめ細かい空間・モデル解析の共同研究の可能性が示された。相乗効果として、水循環の変化がもたらす様々な相互作用系（大気－陸面（生態系・凍土）、河川－海洋、海洋－大気）の観測データに基づく実態がロシア北極域でより精緻化され、それらを対象とした各空間スケールでの共同研究に発展する素地を醸成することができた。

5-3 国際共同研究成果の波及効果と今後の展望

波及効果として、国際学術誌の特集号の連携、一般向けの研究成果の普及等が進められた。論文特集号は、**Environmental Research Letters** 誌（2019 年度）での企画実施に加え、2022 年 3 月の国際シンポジウムを受けて特集号の企画を計画している。研究成果普及では、永久凍土変動を軸にした、全 WP をまたぐ内容の環境教育教材「Permafrost and Culture」のロシア語版、英語版（Kindle 版）の作成と普及に加え、日経ビジネス電子版の連載（冊子体も作成）では、のべ 10 万回以上の閲覧数を記録し、ロシア北極域の環境変動に関する科学的知見を広く提供できた。また、ロシアから提供の GIS データを用いた社会影響の可視化への応用を展開している。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)
Japan – Russia Joint Research Program
Executive Summary of Final Report

1. Project title : 「 Arctic Hydrological Cycle Changes: Impacts on environment sustainability and natural resources (ARCTIC-CHI)」
2. Research period : 08/2019 ~ 03/2022
3. Main participants :
Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Yoshihiro Iijima	Professor	Mie University	PI Japan WP3 PIC (Person in Charge)
Co-PI	Tetsuya Hiyama	Professor	Nagoya University	WP1 PIC
Co-PI	Tomonori Sato	Associate Professor	Hokkaido University	WP2 PIC
Collaborator	Hiroki Takakura	Professor	Tohoku University	WP4 PIC
Collaborator	Hotaek Park	Deputy Group Leader	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology	WP5 PIC
Collaborator	Ayumi Kotani	Assistant Professor	Nagoya University	WP2
Collaborator	Go Iwahana	International Researcher	Hokkaido University	WP3
Collaborator	Kensuke K. Komatsu	Project Researcher	Mie University.	WP1
Collaborator	Yuka Oishi	associate professor / lecturer	Kobe University	WP4
Collaborator	Hironori Yabuki	Project Associate Professor.	National Institute for Polar Research	Data management
Total number of participants throughout the research period:				10

Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Sergey Gulev	Professor	P.P. Shirshov Institute of Oceanology, RAS	PI Russia WP1, 5 PIC
Co-PI	Pavel Groisman	Researcher	P.P. Shirshov Institute of Oceanology, RAS	WP3, 4 PIC
Co-PI	Alexander Shiklomanov	Research Assistant Professor	University of New Hampshire	WP2, 5 PIC
Co-PI	Nadezhda N. Tchebakova	Professor	V.N.Sukachev Institute of Forest, SibRAS	WP2 PIC
Collaborator	Ambroise Dufour	Researcher	P.P. Shirshov Institute of Oceanology, RAS	WP1
Collaborator	Dmitry A Streletskiy	Associate Professor	George Washington University	WP3

Total number of participants throughout the research period: 6
--

4. Summary of the international joint research

This international joint research (ARCTIC-CHI) focused on changes in the hydrological cycle (precipitation, evapotranspiration, terrestrial storage, and river runoff) associated with amplified warming in the Arctic, and aimed to present future projections of the hydrological cycle on a 10-year scale and possible impacts of extreme events on society while showing differences between the past and during warming. Five working packages (WP: atmospheric water cycle, land surface processes, permafrost, social impacts, and future projections) were established and implemented. The Japanese team analyzed environmental changes focusing on the water cycle using the land observation network and satellite observation/meteorological data that have been established in Russia, as well as structured variable phenomena at different spatial scales (global climate > regional climate > land surface processes), and attempted to predict the wide-ranging impacts of Arctic water cycle changes and their future projections. The Russian team conducted analysis and model-based future projection research on changes in the water cycle and permafrost environment based on observation data on meteorology, hydrology, permafrost, and vegetation across Russia. The Russian team shared the actual situation and future image of climate and hydrological cycle changes in the Russian Arctic region, where there has been little cooperation up to now, and this led to the utilization and development of the results for various social impact assessments.

5. Outcomes of the international joint research

5-1 Scientific outputs and implemented activities of the joint research

As a result of conducting international joint research based on the establishment of WPs on atmospheric water cycle, land surface processes, permafrost, social impacts, and future projections, we were able to publish a number of research papers focusing on the water cycle (precipitation, evapotranspiration, land storage, river runoff) associated with amplified warming in the Russian Arctic region, and changes in permafrost environment and related social impacts and future projections. In particular, the Japanese side was able to obtain the results of analyses that extended to the Arctic region, with Eastern Siberia as the main target area of the analysis. Through exchanges and sharing of research results between the Russian and Japanese sides, we were able to present the potential impact of extreme events on society, showing the differences between the past and the present during global warming.

5-2 Synergistic effects of the joint research

In accordance with the research implementation framework, bilateral communication between researchers from the two countries was promoted through the holding of conferences and symposia. On the Japanese side, knowledge on water cycle and climate change impacts was shared through extensive interdisciplinary collaboration on environmental change research in the Russian Arctic. In addition, based on the research results provided by the Russian side, the participants recognized the various events of environmental change taking place in the region and deepened their mutual understanding of the guidelines for future research development. The Russian side developed research on environmental changes in the whole of Russia, and presented the results of extensive observations and analyses of climate, hydrology, snow and ice, and oceanographic changes. In collaboration with the Japanese side, the possibility of joint research on detailed spatial and model analysis at the basin and regional scales was demonstrated. As a synergistic effect, the actual conditions based on observation data of various interaction systems (atmosphere-land surface (ecosystem and permafrost), river-ocean, and ocean-atmosphere) caused by changes in the water cycle were refined in the Russian Arctic region. The project has fostered the basis for joint research on these systems at various spatial scales.

5-3 Scientific, industrial or societal impacts/effects of the outputs

Multiplied effects included collaboration on special issues of international journals and spreading the research achievements to the general public. For the special issue of papers, in addition to the implementation in *Environmental Research Letters* (FY 2019), a special issue will be planned following the international symposium in March 2022. In the area of spreading research results, we have edited and distributed the Russian and English (Kindle) versions of "Permafrost and Culture," an environmental education material with permafrost change as its core content that covers the WPs, as well as a series of articles in the *Nikkei Business* online (also in printed version), which has been viewed more than 100,000 times and provided scientific knowledge on environmental changes in the Russian Arctic region. In addition, we are developing applications for visualization of social impacts using GIS data provided by Russian side.

国際共同研究における主要な研究成果リスト

1. 論文発表等

*原著論文 (相手側研究チームとの共著論文) 発表件数 : 計 0 件

・査読有り : 発表件数 : 計 0 件

・査読無し : 発表件数 : 計 0 件

*原著論文 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの論文) : 発表件数 : 計 18 件

・査読有り : 発表件数 : 計 15 件

1. Kotani, A., A. V. Kononov, R. E. Petrov, T. C. Maximov, Y. Iijima, T. Ohta, "Impact of unusually wet permafrost soil on understory vegetation and CO₂ exchange in a larch forest in eastern Siberia". *Agricultural and Forest Meteorology*, **2019**, 265, 295–309 DOI: 10.1016/j.agrformet.2018.11.025
2. Sato, T. and T. Nakamura, "Intensification of hot Eurasian summers by climate change and land-atmosphere interactions", *Scientific Reports*, **2019**, 9, 10866(2019) DOI: 10.1038/s41598-019-47291-5
3. Nakamura, T., K. Yamazaki, T. Sato, and J. Ukita, "Memory effects of Eurasian land processes cause enhanced cooling in response to sea ice loss", *Nature communications*, 2019, 10, 5111 DOI: 10.1038/s41467-019-13124-2
4. Tamura, K., and T. Sato, 2020: Responses of polar mesocyclone genesis to topographic forcing along the eastern coast of Eurasian continent, *J. Meteor. Soc. Japan*, **2020**, 98, 1261-1277 DOI: 10.2151/jmsj.2020-065.
5. Suzuki, K., T. Hiyama, K. Matsuo, K. Ichii, Y. Iijima, D. Yamazaki, "Accelerated continental-scale snowmelt and ecohydrological impacts in the four largest Siberian river basins in response to spring warming", *Hydrological Processes*, **2020**, 34, 3867–3881 DOI: 10.1002/hyp.13844
6. Tamura, K., and T. Sato, "Responses of polar mesocyclone genesis to topographic forcing along the eastern coast of Eurasian continent", *J. Meteor. Soc. Japan*, **2020**, 98, 1261-1277 DOI: 10.2151/jmsj.2020-065
7. Iijima, Y., T. Abe, H. Saito, M. Ulrich, A.N. Fedorov, N.I. Basharin, A.N. Gorokhov, V.S. Makarov, "Thermokarst landscape development detected by multiple geospatial data in Churapcha, Eastern Siberia", *Frontier in Earth Science*, **2021**, online DOI: 10.3389/feart.2021.750298
8. Komatsu, K.K., Y. Iijima, Y. Kaneko, D. Oyunbaatar, "Validation of GSMaP products for a heavy rainfall event over complex terrain in Mongolia captured by the GPM core observatory", *Journal of Meteorological Society of Japan*, **2021**, 99, 1003–1022 DOI: 10.2151/jmsj.2021-048
9. Li, S., T. Sato, T. Nakamura, X. Liu, W. Guo, "Controlling factors of historical variation of winter Tibetan Plateau snow cover revealed by large-ensemble experiments", *J. Geophys. Res. -Atmos.*, **2021**, 127, e2021JD035127 DOI: 10.1029/2021JD035127
10. Park, H., A. Fedorov, P. Konstantinov, T. Hiyama, "Numerical assessments of excess ice impacts on permafrost and greenhouse gases in a Siberian tundra site under a warming climate", *Frontiers in Earth Science*, online DOI: 10.3389/feart.2021.704447
11. Park, H., M. Tanoue, A. Sugimoto, K. Ichiyonagi, G. Iwahana, T. Hiyama, "Quantitative separation of precipitation and permafrost waters used for evapotranspiration in a boreal forest: a numerical study using tracer mode", *JGR-Biogeosciences*, **2021**, online DOI: 10.1029/2021JG006645
12. Shestakova, A. A., A.N. Fedorov, Y.I. Torgovkin, I. Yaroslav, P.Y. Konstantinov, N.F. Vasylyev, S.V. Kalinicheva, V. Svetlana, V.V. Samsonova, T. Hiyama, Y. Iijima, H. Park, G. Iwahana, A.N. Gorokhov, "Mapping the main characteristics of permafrost on the basis of a permafrost-landscape map of Yakutia using GIS", *Land*, **2021**, 10, 462 DOI: 10.3390/land10050462
13. Takakura, H., Y. Fujioka, V. Ignatyeva, T. Tanaka, N. Vinokurova, S. Grigorev, S.

Boyakova, “Differences in local perceptions about climate and environmental changes among residents in a small community in Eastern Siberia”, *Polar Science*, **2021**, 27, online DOI: 10.1016/j.polar.2020.100556

14. Nagano, H., A. Kotani, H. Mizuochi, K. Ichii, H. Kanamori, T. Hiyama “Contrasting 20-year trends in NDVI at two Siberian larch forests with and without multiyear waterlogging-induced disturbances”, *Environmental Research Letters*, **2022**, 17, 025003 DOI: 10.1088/1748-9326/ac4884
15. Nakamura, T., and T. Sato, “A Possible Linkage of Eurasian Heat Wave and East Asian Heavy Rainfall in Relation to the Rapid Arctic Warming”, *Env. Res.*, **2022**, online DOI: 10.1016/j.envres.2022.1

・査読無し：発表件数：計 3 件

16. Takakura, H. Why some peoples avoid the term ‘indigenous people’ as a self-designator and others do not: A Russian case-study. *Northeast Asian Studies* 25: 1-14
17. Боякова С.И, Григорьев С, Такакура Х, Фуджиока Ю, 2021, “Сельские поселения якутии в условиях изменения климата: Стратегии адаптации к деградации к вечной мерзлоты,” ПРАВО В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АРКТИКИ: ВЫЗОВЫ ВРЕМЕНИ И НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ, Новосибирск, с, 216-220.
18. Такакура, Х. 2022, “Являются ли наводнения из-за ледяных заторов катастрофой? Традиционные знания и приспособленность к речному льду коренных жителей Якутии в центральном бассейне реки Лена,” Человек и природа в Сибири (Эрих Кастен ред. Verlag der Kulturstiftung Sibirien), с. 93-120.

*その他の著作物 (相手側研究チームとの共著総説、書籍など)：発表件数：計 0 件

*その他の著作物 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの総説、書籍など)：発表件数：計 10 件

1. 飯島慈裕. 北極域の永久凍土研究の現在:陸域環境変化の視点から. 土壌の物理性, **143**, 5-16. **2019**
2. 飯島慈裕. 北極周辺陸域の環境変化:凍土の融ける大地で起きていること 【特集】 変わりゆく北極 ー環境・経済・社会 7. *Arctic Circle*, **113**, 4–9. **2019**
3. Iijima, Y., and A.N. Fedorov (分担執筆) 2019. Permafrost-forest dynamics. In *Water-Carbon Dynamics in Eastern Siberia*, Ohta, T., T. Hiyama, Y. Iijima, A. Kotani, T.C. Maximov eds. Springer Japan, 175–205. **2019**
4. 後藤正憲・飯島慈裕・中田篤(分担執筆)、第2部 環境と人間の相互作用 第4章 凍土と文化. 田畑伸一郎・後藤正憲編『北極の人間と社会 ー持続的発展の可能性』. 北海道大学出版会, **95–121**, **2020**
5. 佐藤友徳, 中村 哲, エルデンバト エンプバト, 寺村 大輝, 総観気象と大気-陸面相互作用, *低温科学*, **77**, 61-70, **2019** DOI: 10.14943/lowtemsci.77.61
6. Iijima, Y., 2020. Co-production of permafrost degradation impact assessment for permafrost environmental utilization and conservation. *Impact*, **6**, 29–31, **2020** DOI:10.21820/23987073.2020.6.29
7. 大石侑香「白銀の大地に映える:西シベリア・ハンティの装い」公益財団法人千里文化財団『季刊 民族学』**45(3):96-103**, **2021**
8. 飯島慈裕 (分担執筆)「53 シベリアにおける永久凍土の環境変化」. 『図説 世界の地域問題 100』, ナカニシヤ出版, 224pp. ISBN: 978-4-7795-1613-9, **2022**
9. 飯島慈裕編, 「永久凍土の変化から地球のこれまでとこれからを知る」冊子版 (日経ビジネス電子版連載) , **2022**
10. Takakura, H., “Nature on the Move: Boreal Forest, Permafrost and Pastoral Strategies of Sakha People,” *The Siberian World* edited by John Ziker, Vladimir Davydov and Jenanne Ferguson, Routledge. Takakura, H. Iijima, Y., Ignatyeva, V., Fedorov, A., Goto, M., Tanaka, T. 2021, *Permafrost and Culture: Global Warming and Sakha Republic (Yakutia), Russian Federation*. Tohoku University Center for Northeast Asian Studies

2. 学会発表

*口頭発表（相手側研究チームとの連名発表）

発表件数：計 1 件（うち招待講演：0 件）

*口頭発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）

発表件数：計 22 件（うち招待講演：0 件）

*ポスター発表（相手側研究チームとの連名発表）

発表件数：計 0 件

*ポスター発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）

発表件数：計 4 件

3. 主催したワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催

1. The 1st International Joint Workshop on “Pan-Arctic Water-Carbon Cycles and Arctic Hydrological Cycle Changes”、主催者：檜山哲哉（名古屋大・教授）・飯島慈裕（三重大・准教授）、名古屋大学、名古屋、日本、2020年3月9日～10日、参加予定者約50名で開催予定であったが、COVID-19の影響により、開催直前に中止となった。

2. International Symposium on “Pan-Arctic Water-Carbon Cycles and Terrestrial Changes in the Arctic: For resilient Arctic Communities”、主催者：檜山哲哉（名古屋大・教授）・飯島慈裕（三重大・教授）・佐藤友徳（北海道大学・准教授）・朴昊澤（海洋研究開発機構・グループリーダー代理）・小谷亜由美（名古屋大・助教）・高倉浩樹（東北大・教授）、名古屋大学、名古屋、日本、2022年3月8日～11日、参加者約50名でオンライン開催。

3. 2022年日本地理学会春季学術大会（公開）シンポジウム4：日露協働によるシベリアの環境変化研究、主催者：飯島慈裕（三重大・教授）・松山洋（東京都立大・教授）、東京大学、東京、日本、2022年3月20日、参加者約70名でオンライン開催。

4. 研究交流の実績（主要な実績）

【合同ミーティング】

- ・2015年5月14日：キックオフミーティング、三重大大学大学院生物資源学研究所、津、日本
- ・2019年12月：AGU Fall Meeting 参加、ロシア側研究メンバーとの研究打合せを実施した。
- ・両国のチームメンバー間では、電子メールでのミーティングを随時開催した。

【学生・研究者の派遣、受入】

- ・2019年12月：AGU Fall Meeting 参加、ロシア側研究メンバーとの研究打合せを実施した。
- ・2020年2月：ロシア側共同PIのPavel Groismanと会合予定であったが、COVID-19の

5. 特許出願

研究期間累積出願件数：0 件

6. 受賞・新聞報道等

- ・日経ビジネス電子版「永久凍土の変化から地球のこれまでとこれからを知る 第1回：地

球温暖化で融けている？ 「永久凍土」に関する誤解を解く」飯島慈裕 2021年10月8日
・日経ビジネス電子版「永久凍土の変化から地球のこれまでとこれからを知る 第5回：永久凍土地帯に突如現れた巨大クレーター 気になる温暖化との関係」岩花 剛 2022年12月8日

・日経ビジネス電子版連載「永久凍土の変化から地球のこれまでとこれからを知る 第8回：永久凍土とともにある人々の暮らしと地球温暖化の影響」高倉浩樹 2022年2月1日

7. その他

【市民向けアウトリーチ活動】

2021年10月～2022年3月：日経ビジネスオンラインでの北極の永久凍土環境変化に関する連載「永久凍土の変化から地球のこれまでとこれからを知る」（計10回）を主催