

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：「シベリアの極地および山岳地域において増加する水文，気象の極端現象が炭素および水循環に及ぼす影響に関する比較研究」
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	松山 洋	教授	東京都立大学 都市環境科学研究科	大気現象および水文現象に関する解析
主たる共同研究者	川東正幸	教授	東京都立大学 都市環境科学研究科	炭素循環に関する解析
主たる共同研究者	中山大地	助教	東京都立大学 都市環境科学研究科	地形形成に関する解析
研究参加者	渡邊貴典	特任 研究員	東京都立大学 都市環境科学研究科	大気現象に関する解析
研究期間中の全参加研究者数			4名	

相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	ZEMTSOV Valerii	Professor	National Research Tomsk State University	水文現象に関する解析
主たる共同研究者	KIRPOTIN Sergey	Professor	National Research Tomsk State University	景観変化に関する解析
主たる共同研究者	VOROBYEV Sergey	Senior Researcher	National Research Tomsk State University	炭素循環に関する解析
研究参加者	PROKUSHKIN Anatoly	Leading Researcher	Sukachev Institute of Forest	炭素循環に関する解析
研究参加者	KOPYSOV Sergey	Senior Researcher	Institute of Monitoring of Climate and Ecological Systems	大気現象に関する解析
研究参加者	KHROMYKH Vadim	Associate Professor	National Research Tomsk State University	地形形成に関する解析
研究期間中の全参加研究者数			15名	

4. 国際共同研究の概要

本研究では、シベリアの極地および山岳地域において増加している水文・気象の極端現象が水循環および炭素循環に及ぼす影響に関して、地域間の比較研究を通じて明らかにすることを目的とした。具体的には、日本側チームとロシア側チームが協力して、現地観測、データ解析、モデリングを行なった。研究テーマは (1) 極端な大気現象の把握、(2) 極端な大気現象が水循環に及ぼす影響、および、水文・気象の極端現象が (3) 地形形成に及ぼ

す影響、(4) 炭素循環に及ぼす影響、である。両国チームによる共同研究を通して、(a) これまでに発生した水文・気象の極端現象の発生機構の理解が進み予測可能性が高まること、(b) 地域間の比較研究を通じて人々の生活や生態系保全に役立つこと、が示された。

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

(1) 極端な大気現象の把握

ロシアの解析に JRA-55 (日本の気象庁と電力中央研究所が作成した大気の再解析データ) を適用することを想定して、JRA-55 中の水蒸気量の特徴について調べたところ、系統的な乾燥バイアスがあることが分かった (研究成果リスト 6、24)。さらに、ロシアにおける大気の極端現象について調べたところ、シベリアでは春季の昇温が顕著であり、かつ 4 月の降水量の変動が大きいと、将来的に融雪洪水が頻発する可能性を指摘した (1、11、20)。

(2) 極端な大気現象が水循環に及ぼす影響

日本で開発された土壌雨量指数 (Soil Water Index, SWI) を用いて、トムスク市 (ロシア) における 2010 年の融雪洪水を再現し、予測可能性についても言及した (3、10、21)。また、ロシア側で開発された水循環モデルを用いて、複数の流域の河川流量 (洪水時の流量を含む) を再現した。すなわち、開発された水循環モデルの可搬性が示された (2、5)。

(3) 水文・気象の極端現象が地形形成に及ぼす影響

水文・気象の極端現象が地形形成に及ぼす影響の一環として、GIS を用いてトムスク市における洪水避難シミュレーションを行なった (4、14、16)。これに関連して、洪水モニタリングシステムの構築 (23)、融雪期のアイスジャムの再現 (19)、2000~2020 年にかけての土地被覆変化 (18) の解析を行なった。市街地の広がりや河川の流下方向の関係で洪水時に人や交通の流れが遮断されること、2000~2020 年の土地被覆変化では、前半の 10 年間の変化で人為的な影響が大きいこと等が明らかになった。

(4) 水文・気象の極端現象が炭素循環に及ぼす影響

エニセイ川西岸の ZOTTO 観測地を含む流域において、河川水の水質の季節変化を調べた。河川流量には年 3~4 回の増大期がみられ、これに、溶存有機態炭素濃度や多くの生元素濃度の増大が対応していた。ただし、生元素濃度にみられる一部の極端に高い値は、流域での土地利用の広がりに伴う森林伐採との関係が推察された (15、17)。

5-2 国際共同研究による相乗効果

日本側は、SWI や決定木といった、ロシア側が用いたことのない解析手法を用いてこれまで研究を進めてきており、その有効性を示してきた。そして、ロシア側はこれらの解析手法を必要としていた。一方、ロシア側は現地の事情 (現地調査を含む) や、研究の学術的背景 (既存研究や研究の経緯等を含む) について詳しかった。そのため、両国が協力し、お互いの強みを提供し合って研究を進めることで、研究目的を達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

融雪洪水時の避難行動について、マルチエージェントシミュレーションを用いた解析を行なう予定である。この基礎的研究は (25) で行なっており、トムスク地域に適用すべく準備中である。将来的には、早期警戒システムとしてトムスク国立大学のシステムに搭載して公開する予定である。

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

1. Project title : 「Comparative analysis of the impact of increasing extreme hydrometeorological events on the carbon and water cycles of the arctic and alpine landscapes in the context of sustainable development of the northern and mountainous regions」
2. Research period : 08/2019 ~ 03/2022
3. Main participants :

Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	MATSUYAMA Hiroshi	Professor	Tokyo Metropolitan University	Atmospheric cycle and hydrological cycle
Co-PI	KAWAHIGASHI Masayuki	Professor	Tokyo Metropolitan University	Carbon cycle
Co-PI	NAKAYAMA Daichi	Assistant Professor	Tokyo Metropolitan University	Geomorphological process
Collaborator	WATANABE Takanori	Researcher	Tokyo Metropolitan University	Atmospheric cycle
Total number of participants throughout the research period: 4				

Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	ZEMTSOV Valerii	Professor	National Research Tomsk State University	Hydrological cycle
Co-PI	KIRPOTIN Sergey	Professor	National Research Tomsk State University	Landscape change
Co-PI	VOROBYEV Sergey	Senior Researcher	National Research Tomsk State University	Carbon cycle
Collaborator	PROKUSHKIN Anatoly	Leading Researcher	Sukachev Institute of Forest	Carbon cycle
Collaborator	KOPYSOV Sergey	Senior Researcher	Institute of Monitoring of Climate and Ecological Systems	Atmospheric cycle
Collaborator	KHROMYKH Vadim	Associate Professor	National Research Tomsk State University	Geomorphological process
Total number of participants throughout the research period: 15				

4. Summary of the international joint research

This study aimed at clarifying the effect of extreme hydrometeorological events on hydrological cycle and carbon cycle through the comparative study among regions. These extreme events have been increasing in the arctic and mountainous regions in Siberia. Through cooperation between Japanese team and Russian team, we carried out *in situ* observation, data analysis and modelling. The study themes are (1) identifying extreme atmospheric events, (2) the effect of extreme atmospheric events on the hydrological cycle, the effect of extreme hydrometeorological events on (3) geomorphological process and, (4) carbon cycle. Through cooperative research, it is possible to understand the mechanism on the occurrence of extreme hydrometeorological events to improve its predictability. Also, the comparative study among regions can improve people's lives and ecological conservations.

5. Outcomes of the international joint research

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

(1) Capturing extreme meteorological events

For considering the usage of JRA-55 reanalysis data in the study of Russia, we investigated the characteristics of water vapor in JRA-55. We found systematic dry bias in JRA-55 (Ref. 6, 24). We also investigated the extreme meteorological events in Russia, and found that in Siberia, spring temperature rises drastically along with the large year-to-year variation in precipitation in April. This will increase the snowmelt floods in the future (1, 11, 20).

(2) The effect of extreme meteorological events on the hydrological cycle

We applied Soil Water Index (SWI), developed in Japan, to reproduce the snowmelt flood in 2010 at Tomsk, Russia. We also mentioned its predictability (3, 10, 21). By using the hydrological model developed in Russia, we also reproduced hydrographs at several basins including those during snowmelt. We showed the transferability of hydrological model (2, 5).

(3) The effect of extreme meteorological events on geomorphological process

As a part of the study of geomorphological process, we conducted evacuation simulation during the flood using GIS (4, 14, 16). In relation to this study, we constructed the flood monitoring system (23), reproduced the ice jam in the snowmelt season (19), and analyzed the land cover change during 2000-2020 (18). These studies have revealed that floods interrupted the flow of people and traffic due to the expansion of the urban area and the direction of the river flow. As for the land cover change from 2000-2020, the artificial effect is apparent in the former decade (2000-2010).

(4) The effect of extreme hydrometeorological events on the carbon cycle

In the ZOTTO experimental basin at the western part of Yenisey River, we analyzed seasonal change of water quality. River flow shows seasonal peak several times per year, which is followed by the concentration of dissolved organic carbon and many bioelements. However, it is speculated that some extreme values that appeared in the concentration of some bioelements will be related to the deforestation in the basin (15, 17).

5-2 Synergistic effects of the joint research

Japanese researchers have studied with the use of SWI and decision tree, and have shown their validity. On the other hand, Russian researchers have not used these methods, and required them. Russian researchers are familiar with the situation of Siberia including field survey, and the background of the studies. We were able to achieve our research objectives by the cooperation, and providing strengths of themselves each other.

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

Concerning evacuation behavior, we are going to carry out multi-agent simulation. We have carried out the basic study of multi-agent simulation (25), and now preparing to apply it to Tomsk city. In the future, we will install it to the computer system of National Research Tomsk State University, and will open it to the public as the early warning system.

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 5 件

・査読有り : 発表件数 : 計 5 件

1. Kuzhevskaja, I.V., Nechepurenko, O.E., Chursin, V.V. and Matsuyama, H., Analysis of climatic extremity since the 1950s in the mountain Altai territory. *Geosphere Research*, 2020, 2020(3), 97-108, DOI: 10.17223/25421379/16/8 (in Russian with English abstract)
2. Kopysov, S. G., Zemtsov, V. A., Matsuyama, H. and Eliseev, A. O., River flow hydrograph simulation in the western Siberia lowland north for the extreme flood flow prediction based on the HBV-light model. *Geosphere Research*, 2020, 2020(4) 108-120, DOI: 10.17223/25421379/17/9 (in Russian with English abstract)
3. Matsuyama, H., Saito, H. and Zemtsov, V., Application of Soil Water Index to landslide prediction in snowy regions: sensitivity analysis in Japan and preliminary results from Tomsk, Russia. *Progress in Earth and Planetary Science*, 2021, 8(17), DOI: 10.1186/s40645-021-00408-9
4. Khromykh, V., Khromykh, O. and Nakayama, D., Experience of GIS modeling of extreme floods on Siberian rivers. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2021, 11, 368-372, DOI: 10.15421/2021_54
5. Zemtsov, V. A., Kopysov, S. G., Matsuyama, H. and Negrul, S. V., River flow hydrograph simulation using HBV-light model (an example of small rivers at Tomsk city, Western Siberia, Russia). *Ukrainian Journal of Ecology*, 2021, 11, 406-409, DOI: 10.15421/2021_190

・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 1 件

・査読有り : 発表件数 : 計 1 件

6. Matsuyama, H., Flores, J., Oikawa, K. and Miyaoka, K., Comparison of precipitable water via JRA-55 and GPS in Japan considering different elevations. *Hydrological Research Letters*, 2020, 14, 9-16, DOI: 10.3178/hrl.14_9

・査読無し : 発表件数 : 計 0 件

*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 6 件

7. 松山 洋, 五十の手習い:「まいにちロシア語」. 山路 (TWV OB 会通信・巻機山荘), 2019, No.11, 73, DOI: なし
8. 松山 洋, 書評 (永山ゆかり・吉田 睦編: アジアとしてのシベリア ロシアの中のシベリア先住民世界). *地理学評論*, 2019, 92, 194-195, DOI: なし
9. 松山 洋, 書架 (Pyak, A. I. et al. Endemic plants of the Altai mountain country). *地理*, 2019, 64(8), 120, DOI: なし
10. 松山 洋, 2019 年 ゴルノ=アルタイスク (ロシア) 出張報告. *水文・水資源学会誌*, 2020, 33, 11-16, DOI: 10.3178/jjshwr.33.11
11. 渡邊貴典・松山 洋, 西シベリアで増加する極端気象ー地球温暖化に関連してー. 漆原

和子・藤塚吉浩・松山 洋・大西宏治編『図説 世界の地域問題 100』, 2021, 104-105, ナカニシヤ出版, DOI: なし

12. 松山 洋, 書架 (Takakura et al. : Permafrost and culture: Global warming and Shkha Republic (Yakutia), Russian Federation), 地理, 2022, 67(2), 104, DOI: なし
13. 川東正幸, 永久凍土分布域の土壌にみる環境変化. 学術の動向, 2022, 27, 44-48, DOI: なし

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 6 件（うち招待講演：0 件）

14. 中山大地・Khromykh, V.・Khromykh, O.・松山 洋, ロシア・トムスク市における洪水避難シミュレーション. 日本地理学会発表要旨集, 2019, 96, 47, DOI: 10.14866/ajg.2019a.0_114.
15. 川東正幸・プロクシュキン・アナトリ, 河川中溶存有機物の動態からみた環境変動. 日本腐植物質学会要旨集, 2021, 37, 12, DOI: なし
16. 稲垣京佑・中山大地・松山 洋・Khromykh, V.・Khromykh, O., 河川氾濫時の避難行動シミュレーション～ロシア・トムスク市を事例に～. 日本地理学会発表要旨集, 2022, 101, 25, DOI: 10.14866/ajg.2022s.0_78.
17. 川東正幸・アナトリー プロクシュキン, シベリアのタイガ林を流れる河川中溶存成分の動態から見た環境変動. 日本地理学会発表要旨集, 2022, 101, 26, DOI: 10.14866/ajg.2022s.0_94..
18. 中山大地・館野水希・Khromykh, V.・Khromykh, O., ロシア・トムスク地域における 2000 年以降の土地被覆変化. 日本地理学会発表要旨集, 2022, 101, 24, DOI: 10.14866/ajg.2022s.0_52.
19. 根元裕樹・松山 洋・Zemtsov, V.・Vershimin, D.・Tarasov, A., 洪水氾濫シミュレーションを用いたトムスク市街地におけるアイスジャム洪水の推定. 日本地理学会発表要旨集, 2022, 101, 23, DOI: 10.14866/ajg.2022s.0_123.
20. 渡邊貴典・松山 洋・Kuzhevskaja, I.・Nechepurenko, O.・Chursin, V.・Zemtsov, V., 西シベリアにおける極端現象指標の長期トレンド. 日本地理学会発表要旨集, 2022, 101, 22, DOI: 10.14866/ajg.2022s.0_181.

*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 2 件（うち招待講演：1 件）

21. Matsuyama, H., The application of Soil Water Index to landslide prediction in snowy regions—Sensitivity analysis in Japan and preliminary results at Tomsk, Russia—. Life and Earth Sciences and Sustainable Global and Regional Development (AKTRU2019) International Symposium, 2019. (invited)
22. 松山 洋, 趣旨説明. 日本地理学会 2022 年春季学術大会シンポジウム「日露協働によるシベリアの環境変化研究」, 2022.

*口頭発表（日本側研究チームを含まない相手側研究チームの発表）

発表件数：計 1 件（うち招待講演：0 件）

23. Khromykh, V. and Khromykh, O., The system for flood monitoring on the Ob River (within the Tomsk Region). Proceedings of the General Meeting of the Association of Japanese Geographers, 2019, 96, 48, DOI: 10.14866/ajg.2019a.0_103

*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 2 件

24. フローレス慈英・松山 洋・宮岡健吾, JRA-55 と GPS による可降水量の比較—両者の地形の差異を考慮して—. 日本気象学会春季大会講演予稿集, 2019, 115, 262, DOI: なし.
25. 安元愛里菜・堀井洋輔・石川和樹・中山大地, エージェントベースモデルを用いた避難行動シミュレーション—阿蘇市内牧地域を対象に—. 第 22 回年次シンポジウム (CSIS DAYS 2019) 「全国共同利用研究発表大会」研究アブストラクト集, 2019, 49, DOI: なし.

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

日露協働によるシベリアの環境変化研究 日本地理学会 2022 年春季学術大会, 主催者: 飯島慈裕 (三重大学・教授)・松山 洋 (東京都立大学・教授), オンライン, 日本, 2022 年 3 月 20 日, 参加者: 73 名 (研究業績 14-18, 20 の発表).

4. 研究交流の実績 (主要な実績)

- ・2019 年 11 月 3 日: キックオフミーティング, トムスク国立大学、トムスク、ロシア (日本からは、松山と中山が参加した。参加人数 15 名)
- ・両国のチームメンバーの打ち合わせは、電子メールで随時行なった。
- ・学生・研究者の派遣, 受入は、新型コロナウイルス感染症の影響で、2020 年以降行なうことができなかった。

5. 特許出願

研究期間累積出願件数: なし

6. 受賞・新聞報道等

2022/04/17 の読売新聞朝刊の記事 (ウクライナ危機 ロシアと学術交流中断相次ぐ) に、松山のコメントが掲載された。当該段落の記載を以下に示す。

シベリアの異常気象などでロシアの大学と共同研究する松山洋・東京都立大教授は「国土の広いロシアは、研究の現場として重要だ。学生が海外の研究者たちと直接話す機会にもなり、国を越えた活動はできる限り続けるべきだ」と話す。

7. その他

特になし