HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	The mechanism of summer heatwaves over eastern Siberia and its linkage to atmospheric and oceanic variability in the western North Pacific [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	周, 習霊
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第16208号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95219
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	ZHOU_Xiling_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士（環境科学）　　氏 名 周 習霊

審査委員　主査　准教授　佐藤　友徳
副査　教授　山中　康裕
副査　教授　谷本　陽一
副査　准教授　今田　由紀子（東京大学大気海洋研究所）

学 位 論 文 題 名

The mechanism of summer heatwaves over eastern Siberia and its linkage to atmospheric and oceanic variability in the western North Pacific
（東シベリアにおける熱波のメカニズムおよび北西太平洋の大気海洋変動との関係）

極端な高温は水循環や生態系の変化等を介して自然環境へ深刻な影響を及ぼす。平年値を大きく上回る高温が数日間に渡って持続する現象は熱波と呼ばれ、熱中症をはじめとする人体の健康、農業生産の低下、空調のエネルギー需要の増加など、人間社会にも多岐にわたる影響を誘発する。近年、熱波の発生頻度は世界各地で増加しており、将来もこの傾向が続くことが予測されている。このような背景から、欧州や北米などの人口密集地域とその周辺地域では熱波の変動と発生メカニズムについて活発な研究が進められてきたが、ユーラシア大陸北東部の東シベリアにおける熱波に対する研究は未だ限定的である。本研究は、東シベリアにおける熱波の経年変化と発生メカニズムの理解、さらに周辺地域への影響を明らかにすることを目的とした。

日別の気候値に対する気温偏差を用いて、熱波の強度と頻度を定義し、再解析データを用いて解析したところ、1979年から2023年の期間について、7月と8月の東シベリアの熱波は両指標で有意な増加傾向を示した。7月と8月の熱波頻度の年々変動は無相関であったことをふまえて、それぞれの月について熱波をもたらす要因を解析した。頻度の時系列を用いた回帰分析の結果、7月の熱波はユーラシア大陸北部を東西に縦断する寒帯前線ジェット上の波列構造に起因することが分かった。さらに、この波列構造は250hPa面の南北風のEOF第１モードであるBritish-Okhotsk corridorパターンの年々変動と同期していることが確認された。一方、定常ロスビー導波管の構造が不明瞭となる8月にはこのテレコネクションパターンは検出されなかったが、8月の熱波は北極海周辺の対流圏中層にみられる負の高度偏差と関係していることを示唆していた。これを検証するために、北極海に与えた渦度強制に対する応答を線型傾圧モデル実験によって調べたところ、東シベリアに正の高度偏差が形成されることを確認した。以上のように、7月と8月を個別に解析することにより、熱波の発生メカニズムが月によって異なることや、北極周辺の大気場と関係していることが明らかになった。

本研究はさらに東シベリアの熱波と海面水温の関係を調査した。東シベリアの陸上で発生する熱波は、隣接するベーリング海やチュクチ海の海面水温上昇に寄与し、その影響は秋まで持続しうることが分かった。加えて、東シベリアに熱波をもたらす上空の正の高度偏差は8月

～9月の北日本周辺の北西太平洋の水温の変動と関係することが指摘された。具体的には8月の熱波と同期して同海域の水温は低下傾向となり、9月にピークを持つ有意な低温偏差が形成される。この要因として、北日本上空の負の高度偏差に対応した曇天による日射量の低下と、海面からの潜熱フラックスの放出が寄与していることが熱収支解析から明らかとなった。暖候期に海洋混合層が浅いことも海洋表層からの熱損失の効果を強めることに貢献していたと考えられる。

最後に東シベリアの近年の熱波に対する地球温暖化の寄与について調査した。大規模アンサンブル実験データの過去再現実験と非温暖化実験を比較したところ、近年観測された熱波の増加に対して地球温暖化の寄与が確認された一方で、内部変動も依然として重要な因子であることが示唆された。

以上の一連の結果は、研究の空白域であった東シベリアの夏の熱波の特徴とメカニズム、さらにはその海洋への影響を明らかにするものであり、熱波の理解深化と予測に貢献するものである。高緯度の寒冷圏に位置するこの地域の夏季の熱波は、炭素を豊富に含む永久凍土の後退や北方林の森林火災とも関係することから、今後の気候変動に伴って複合的で大規模な環境影響へと波及する可能性があり、気候予測の不確実性とも密接に関係する重要な現象である。また、本研究が示す海面水温への影響は、海洋熱波をはじめとする水温変動を通じて海洋生態系の挙動へも連鎖しうることから、自然環境を分野横断的に理解することの重要性を指摘している成果であると言える。

審査委員一同は，これらの成果を高く評価し，また研究者として誠実かつ熱心であり，大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ，申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに充分な資格を有するものと判定した。