



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Subsurface warming process associated with Pacific Summer Water transport north of the Chukchi shelf in the Arctic Ocean [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	村松, 美幌
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	甲第15249号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89832
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Miaki_Muramatsu_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）

氏名：村 松 美 幌

学 位 論 文 題 目

**Subsurface warming process associated with Pacific Summer Water transport
north of the Chukchi shelf in the Arctic Ocean**

（チュクチ海北方域における太平洋夏季水の輸送に伴う
亜表層貯熱量の増加過程）

北極海では、特に太平洋側の海氷減少が著しく、太平洋夏季水（Pacific Summer Water：以下 PSW）による熱輸送量の増加が、この海氷減少を促進していることが先行研究から示唆されている（Shimada et al., 2006）。Timmermans et al. (2018) では、太平洋側北極海のカナダ海盆において 1987–2017 年の 30 年間で亜表層貯熱量が約 2 倍に増加したことが示唆された。しかし PSW による熱輸送量の変化が、どの程度太平洋側北極海の家氷減少に寄与しているかについては、はっきりとわかっていない。

本論文で対象としているチュクチ海には、ベーリング海峡を通じて北向きに太平洋起源水が流入しており、近年では、この流量増加に伴って熱輸送量も増加している（Woodgate et al., 2012; 2018）。ベーリング海峡から流入した太平洋起源水の多くはチュクチ海を北上した後、チュクチ海北東部の Barrow Canyon に到達する（Itoh et al., 2013）。しかし、太平洋起源水が Barrow Canyon を通過後、どのように北極海の家盆域に輸送されるのかは未だ詳しく明らかになっておらず、重要な研究テーマの 1 つである。例えば Corlett and Pickart (2017) では、船舶観測データを用いて、チュクチ海北東部の陸棚外縁に沿って西向きに流れる Chukchi Slope Current の存在と、この流れによる太平洋起源水の輸送が提唱された。また Lin et al. (2021) では、その下流域に位置する Chukchi Borderland の南側で 3 方向に流路が分かれ、その一部が Chukchi Borderland を北上することが示された。

本論文の第 2 章では、チュクチ海北東部の陸棚外縁上（73°N/160–161°W）の HSN（期間 1：2003–2005）・NHC（期間 2：2015–2019）にそれぞれ海洋研究開発機構（JAMSTEC）が設置した係留系で観測されたデータを解析し、2000 年代と 2010 年代の異なる 2 期間における PSW の変質と Chukchi Slope Current の流速変化を調べた。また、同時期に Barrow Canyon に設置された係留系の水温・塩分と比較することで、Barrow Canyon からの輸送過程における PSW の変質を定量化し、この 2 期間における移流時間の変化と PSW の変質との関係を明らかにすることを目的として研究を行った。

解析の結果から、期間 1・期間 2 とともに、PSW が存在していた期間（PSW-term）は北西向きの流れが卓越することを示した。平均流の向きを流軸とした PSW-term における流速は期間 1 より期間 2 の方が大きかった。また HSN・NHC と Barrow Canyon の水温時系列に対してラグ相関を計算したところ、深度 30–60 m において、ラグが 7–61 日の時に相関係数が極大を示した。このことから Barrow Canyon を通過した PSW が HSN・NHC 地点に到達するまでの移流時間は 7–61 日程度であることを明らかにした。

さらに Barrow Canyon を通過した PSW のチュクチ海北東部陸棚外縁に沿った輸送過程での変質を調べるため、HSN・NHC と Barrow Canyon 係留地点 BC-C の PSW-term で平均した水温・塩分を比較した。その結果に基づいて、期間 1・期間 2 とともに PSW が陸棚外縁に沿って輸送される間に、低温化・低塩分化していることを明らかにした。また、その低温化・低塩分化は期間 2 の方が顕著であった。その要因を調べるために、PSW-term における密度成層の強度と Chukchi Slope Current の鉛直シアを両期間で比較したところ、期間 2 の方が成層が弱く、かつ鉛直シアが大きいことで、鉛直混合が起りやすい状況にあった。鉛直シアについては Chukchi Slope Current が強まったことを反映していると考えられる。以上の結果と、この海域では表層に低温・低塩分水が存在することを考え合わせると、期間 2 では Chukchi Slope Current が強化されたことで鉛直混合が強くなり、表層の低温・低塩分水と PSW がよく混合したために、より大きな低温化・低塩分化が生じたと示唆される。

第 3 章では、チュクチ海北方域の Chukchi Borderland において、亜表層貯熱量の長期変動とその要因に焦点を当てた。Chukchi Borderland は、第 2 章の HSN・NHC に到達した Chukchi Slope Current の下流域と推定されている海域である。1999–2020 年の 20 年間に渡って実施された JAMSTEC 海洋地球研究船「みらい」北極航海による水温・塩分のデータを解析し、当該海域の亜表層貯熱量の経年変動を調べた。PSW が存在する亜表層に着目した解析を行った結果、Chukchi Borderland では 1999–2020 年に約 1.8 倍まで亜表層貯熱量が増加しており、1 年あたり 16.62 MJ m^{-2} の上昇トレンドが示唆された。

Chukchi Borderland における亜表層貯熱量の増加要因を明らかにするため、その上流域に位置する Barrow Canyon における夏季の熱輸送量や亜表層貯熱量の経年変動と比較した。その結果、Barrow Canyon を通過する熱輸送量の経年変動は Chukchi Borderland の亜表層貯熱量と相関はあるが、有意な増加トレンドがないことが示された。一方で Barrow Canyon における亜表層貯熱量の経年変動は有意な上昇トレンドが見られ(1 年あたり 12.09 MJ m^{-2})、Chukchi Borderland の亜表層貯熱量との相関も高かった。但し、Chukchi Borderland よりは上昇トレンドが小さいことから、熱輸送を促進する他のメカニズムも存在することが示唆された。そこで、2011–2020 年に取得された衛星力学的海面高度データを用いて、Chukchi Borderland および隣接するカナダ海盆周辺海域における地衡流速の経年変動を調べた。その結果、カナダ海盆を流れる高気圧性循環 Beaufort Gyre の重心が 2010 年代後半に南東方向に移動していたことがわかった。また、この移動に伴って、Chukchi Slope Current が強化されていた。これらのことから、Barrow Canyon での貯熱量増加に加えて、Beaufort Gyre の変動に伴って Chukchi Slope Current が強化されることで、PSW による Chukchi Borderland への熱輸送が増加したことが示唆された。

このように、本論文では太平洋側北極海の海氷減少の一因と考えられる PSW の移流に伴う熱輸送に関して、Barrow Canyon からチュクチ海陸棚外縁の係留系観測地点 HSN・NHC までの移流時間と、その過程における表層水との鉛直混合による低温化について定量的に明らかにした。さらにその下流域に位置する Chukchi Borderland において、1999–2020 年の 20 年間で亜表層貯熱量が増加トレンドを示すことを定量化し、Barrow Canyon 通過流や Chukchi Slope Current の経年変動との関係性を Beaufort Gyre の分布にも着目しながら明らかにした。