HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Seasonal and interannual variabilities in temperature, salinity, sea ice-melt amount, and primary production in the southern Sea of Okhotsk
Author(s)	本田, 茉莉子
Description	この博士論文の全文は利用可能日以降に公開されます。
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第16724号
Issue Date	2026-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16724
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/99569
Type	doctoral thesis
File Information	HONDA_Mariko_review.pdf, 審査の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

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　本田　茉莉子

審査委員　主査　特任教授　大島　慶一郎
副査　特任教授　江淵　直人
副査　准教授　黒田　寛
副査　グループ長　中野渡　拓也
（国立研究開発法人水産研究・教育機構　水産資源研究所）

学 位 論 文 題 名

Seasonal and interannual variabilities in temperature, salinity, sea ice-melt amount, and primary production in the southern Sea of Okhotsk
（オホーツク海南部における水温・塩分・海氷融解量・生物基礎生産の季節・経年変動）

オホーツク海は北太平洋の縁辺海であり、北半球で最も低緯度における季節海氷域である。北西部では、冬季に卓越する北西風によって多量の熱が大気に奪われ、沿岸ポリニヤが形成される。生成された海氷は、冬季に強化される東樺太海流と風によって南部へ輸送され、融解に伴って淡水を供給する。オホーツク海では、海氷融解直後に植物プランクトンの大増殖（春季ブルーム）が生ずる。温暖化の影響で、オホーツク海の風上における冬季の気温は全球平均の３倍で上昇しており、海氷面積も顕著に減少している。一方、夏季に流量が最大となる宗谷暖流は日本海を起源とし、南部北海道沿岸へ熱と塩を供給する。従って、オホーツク海南部の海洋場と生物生産は、北部起源の海氷・東樺太海流と南方起源の宗谷暖流の双方の影響を受け、経年的に変動していると考えられる。本研究では、オホーツク海南部において、海氷融解量の推定と長期変動、宗谷暖流フロントを解像したうえでの水温・塩分の経年変動、ならびに生物基礎生産の季節変動を、海洋観測データやプロファイリングフロートデータを用いて明らかにすることを目的とした。

海氷融解直後には、結氷点に近い低温一様の冬季水層の上に低塩分層が形成される。本研究では、この塩分欠損量が海氷融解量に相当することを利用し、約100年にわたって蓄積された春季の水温・塩分データから海氷融解量を推定した。本研究により、オホーツク海では初めて海氷融解量のマッピングを示すことができた。海氷が移流し融解が卓越する南部（北緯48度以南）では、平均的な融解量は海氷厚にして約71 cmと推定された。南部における長期変動を推定した結果、融解量は1990年代からの約30年間でおよそ30%減少し、淡水供給の減少に伴う成層弱化が示された。さらに、1930–1970年の期間には有意な長期トレンドは検出されず、本手法が衛星観測以前の時代においても海氷情報を抽出できることが示された。

次に、宗谷暖流が流れている北海道沖陸棚域において、過去40年間における水温・塩分の季節・経年変動を解析した。本研究では、ポテンシャル渦度保存に基づいて海底地形を考慮したマッピング手法を用いることで、フロントを高分解能で解像する月別の気候値作成に成功し

た。この気候値からの偏差を用いて経年変動を解析した結果、宗谷暖流域に限られた有意な長期昇温トレンドが検出され、特に水深30 mでは40年間に1.35 ℃という顕著な昇温が示された。この昇温は表層よりも海洋内部で大きく、日本海から流入する水塊によるものであり、ローカルな大気強制では説明できないと考えられる。一方、宗谷暖流沖合では有意な昇温は認められず、これは冬季に海水は結氷点までしか下がることができず、熱偏差が必ずリセットされ偏差が蓄積しないためと考えられる。塩分に関しては、沖合で秋季の有意な低塩化が検出され、2010年以降に増加したアムール川流量との関連が示唆された。宗谷暖流域では、水温・塩分・流量の年々変動が相関係数約0.6で互いに関連しており、大きな年々変動を伴いながらも同調して変動していた。

オホーツク海南部の生物基礎生産に関しては、海氷融解と春季ブルームの関連が議論されてきたが、夏季及びそれ以降の基礎生産に関しては十分わかっていなかった。本研究では、溶存酸素センサー搭載フロートデータを用い、春から夏にかけての酸素過飽和および夏(7-8月)の溶存酸素増加に着目して解析を行った。ほとんどのケースで、酸素過飽和は春季の表層から夏季の亜表層（表層混合層直下）へ移行し、秋季に消失していた。生物生産を定量化するため、7〜8月における溶存酸素増加量からレッドフィールド比を用いて純群集生産(NCP)に換算した。その結果、夏季の亜表層のNCPは、春季の海氷融解後のNCPの約3分の1から2分の1にも相当することが示唆された。さらに、９月の船舶観測では、亜表層酸素過飽和に加え、フロートでは捉えられなかった表層栄養塩の枯渇、亜表層におけるクロロフィル*a*・濁度の極大と主要栄養塩の存在が確認され、フロートの解析結果を整合する結果が得られた。

申請者の研究は、生物生産が高い一方で温暖化の影響も強く受けているオホーツク海南部において、海洋場・海氷・生物基礎生産の季節・経年変動を詳細に定量化したものである。特に、水温・塩分・海氷融解量に関しては経年変動を初めて示した研究であり、研究の進んでいなかったオホーツク海の海洋・海氷変動の理解を格段に深めたものである。審査委員一同は、その重要度や先進性を高く評価し、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。