

別紙 4

報告番 -	※ -	第
----------	--------	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 **Marine Environmental Responses to Typhoon and Kuroshio Current in the Northwest Pacific Ocean**
(北西太平洋における台風と黒潮に対する海洋環境応答)
氏 名 **JEON Jonghyeok**

論 文 内 容 の 要 旨

北西太平洋、特に日本列島の南の海洋には暖流の黒潮が流れており、その黒潮は大蛇行を長期間にわたって継続する特性がある。黒潮流路の変化は、海面水位や流速場などの海洋物理面だけでなく海洋生態系や気候にも変化を及ぼし、水産業、海上交通、沿岸災害など社会的にも影響を与える。さらに、北西太平洋の南部は、世界有数の熱帯低気圧（台風）の発生海域であり、発生した台風のいくつかは日本列島に向けて進行し、その中のいくつかは黒潮の大蛇行域を通過する。台風単独であってもその強風が引き起こす海水の擾乱や循環により海洋環境は変化するが、そこに黒潮の大蛇行とその周辺の低気圧性渦や高気圧性渦による影響が加わって複雑な海洋環境になることが推測される。特に、強大な台風の影響域は数百 km に及びかつその位置は時々刻々変化するため、その実態の把握に課題が残されていた。本研究は、最近利用可能になっているコペルニクス地球観測プログラムの成果等に基づいて、多種類の日々データを包括的に分析することにより、黒潮の大蛇行と強大な台風との影響下にある海洋環境の変化特性を明らかにすることを目的とした。

第 1 章では、北西太平洋における台風によって励起される海洋環境の変化、及び海洋における物理や生物環境に関わる最近の衛星や現場観測による結果を利用した研究のレビューを行い、これらを背景として本研究の目的を設定した。

第 2 章では、まず、黒潮の大蛇行が漁業など経済、沿岸生態系、高潮・高波による沿岸災害、及び日本の気候に及ぼした影響事例を説明し、ついで大蛇行が始まる前の 2016 年と 2017 年からの大蛇行が継続している 2021 年における海面水位、海水面流速、海水面温度、及び植物プランクトンブルーム (Chl-a を指標として) についてデータ分析・比較を行い、本研究における背景状態として大蛇行の影響を定量的に評価した。

第3章では、黒潮の大蛇行域を通過した強大な台風ハギビス(2019年台風19号)に着目し、海水面温度(SST)や塩分(SSS)、及び混合層深度(MLD)に及ぼす台風、黒潮大蛇行、及び低気圧性渦・高気圧性渦の影響を、主にコペルニクス地球観測プログラムデータに基づいて分析した。まず、気象庁により推定された強風域、海上保安庁により推定された黒潮流路、及びアルゴフロートにより現場観測された SST や SSS との比較により、コペルニクスデータの検証を行なった。次いで、コペルニクスが提供する6時間毎の風応力パワー等により、これまでの3日間平均データ等では表現できなかった時空間的に変化する台風の影響を定量的に把握できることを明らかにした。特に、黒潮の大蛇行域の北側にある強い低気圧性渦域では、エクマンポンピング(EP)による湧昇が加わって SST は台風襲来前よりも $0.5\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 減少することを示した。SSS については、Chen ら(2019)及び Sun ら(2021)が台風経路の左側で SSS は減少し、右側で増加することを示したが、本研究で対象にしたハギビスでは台風経路の左側では SSS は減少する一方、台風経路の中心及び右側ではほとんど変化が見られないという、SSS に特徴的な空間分布があったことを定量的に示し、それには速い台風速度が影響することを示唆した。MLD に関しては、低気圧性渦域を縦断した台風中心部の経路上では低気圧性渦による湧昇と台風に伴った EP とが合わさって MLD を $5\sim 10\text{m}$ 浅くし、MLD は低気圧性渦の湧昇や EP の強さと線形関係にあることを示した。一方、台風の左右域の強風による擾乱が高気圧性渦による下降流に加わる領域及び黒潮流路域では MLD はそれぞれ 15m 及び 5m 深くなることを示した。

第4章では、植物性プランクトンブルームに影響を及ぼす海表面下の特に Chl-a に着目して分析を行った。まず、台風ハギビスの風の影響により水面下 60m でも部分的に黒潮の流速が強められる一方、 100m ではその影響はほとんどないことを明らかにした。このような黒潮の流速に及ぼす台風の影響はこれまでも衛星データの解析から海表面に生じることは判明していたが、海表面下でも生じていることを本研究では3次元空間において新たに示した。台風襲来前の特に速い流速の黒潮流路域で水深 $100\sim 80\text{m}$ の所にあった高 Chl-a 層($0.5\text{mg}/\text{m}^3$)が台風襲来時には EP や風による擾乱の効果が加わって、高いところでは 45m にまで上昇し、高 Chl-a 層の上昇は黒潮流路域だけでなく低気圧性渦域にも発生した。台風通過後1日では、台風通過時に上昇した高 Chl-a 層に同じく台風の影響で上昇した低水温、低塩分、高溶存酸素及び高硝酸塩の水が影響して好環境域 ($\text{Chl-a} \geq 0.7\text{mg}/\text{m}^3$) が形成され、それが低気圧性渦の湧昇の影響を受けることで高 Chl-a 層が水面に達したことを明らかにした。海表面下における高 Chl-a 層については、台風によって生じるその日々の変化 (Wang ら(2022)) 及び週平均データを使った台風と黒潮大蛇行による影響 (Liu ら(2020)) はこれまでも概念的に示されていたが、本研究により黒潮大蛇行と強大台風との影響による時空間的な変化をそのメカニズムを含めて定量的に明らかにした。

第5章は、本研究で新たに明らかになったこと、及び残された課題をとりまとめた。

本研究は、台風により影響される黒潮大蛇行域における物理学的かつ生物学的海洋環境の時空間の動的過程に関わる知見を深めるためのデータ分析とそれに伴うメカニズム推定を行った先導的な研究と考えられる。