

(第6号様式)

学位論文審査の結果の要旨

氏名	Gao Jie
審査委員	主査 郭 新宇 副査 日向 博文 副査 森本 昭彦 副査 加 三千宜

論文名 Influences of the Kuroshio-topography interactions around the Tokara Strait on the nutrient supply and plankton growth

審査結果の要旨

地球で最強の海流の一つである黒潮は低緯度海域から中緯度海域まで流れるが、熱以外に、植物プランクトンの成長に必要な栄養塩も日本周辺海域に運んでくる。しかしながら、その栄養塩の大部分は光の届く表層（有光層）ではなくて、光の届かない中層と深層にある。一方、黒潮流域は魚類の良い産卵場と生育場として知られている。そこで、栄養塩濃度と植物プランクトン濃度の低い黒潮流域でなぜ高い魚類生産が存在するのかという黒潮パラドックスが提出され、その解釈を求める研究が様々の角度で展開されている。

解釈の一つとして黒潮と地形の相互作用で生じる栄養塩の鉛直輸送が挙げられる。なぜなら、黒潮が島と海山を通過する際に、その下流側に渦が形成され、その渦が剥離する現象が衛星データからすでに報告されているからである。そこで、近年、現場観測、衛星データ解析、数値モデルなどの手段を駆使して、この現象が海洋生態系に与える影響が調べてられている。

Gao Jie氏は、本学位論文において、数値モデルを用い黒潮が島を通過する際に有光層に供給される栄養塩の量とそれに対する植物プランクトンの応答を調べた。続いて、島ではなく海山を黒潮が通過する際に有光層へ供給される栄養塩の量を調べた。最後に、島と海山が多数存在するトカラ海峡を対象として、島と海山を無くした仮想地形を用いた計算と実地形を用いた計算を行い、黒潮流域における島と海山の効果を評価した。それぞれの部分について、詳細は以下の通りである。

(1) 島の効果

島の効果について、水深方向に流速が変化しない順圧流を用いた先行研究があるが、Gao Jie氏は黒潮の流動構造により近い傾圧流（表層で1m/s、水深の増加に伴い徐々に弱くなる）を用いて数値モデル実験を行った。標準ケースでは島を半径10kmの円柱で代表し、黒潮の中心が島を通過するように設定した。使用した生態系モデルでは、栄養塩以外に、4種類の植物プランクトンと4種類の動物プランクトンを計算対象とした。

計算結果では、島の下流側の表層に栄養塩と植物プランクトンの濃度増加が見られた。

また、4種類の植物プランクトンの中でピコプランクトンの増殖が一番多かった。さらに、生物過程を無くしたトレーサー計算の結果と比較すると、黒潮流域の表層で増加した植物プランクトンの5割は、湧昇と鉛直混合によって亜表層から表層へ輸送されたもので説明できることが分かった。逆に言えば、亜表層から供給された栄養塩を利用して光合成により増加した植物プランクトンは残りの5割であることが分かる。そして、モデル結果から動物プランクトンの増殖は島の下流側では顕著ではなく、さらに遠い(>300 km) 場所で徐々に顕著になることも分かった。

(2) 海山の効果

順圧流が海山を通過する際に二つの流動形態を生じることが先行研究で報告されている。1つは等深線に沿って海山の両側から回る(flow-around)形態である。もう一つは等深線を横切って海山の頂上まで登ってから下る(flow-over)形態である。海面流速を1m/sとし、水深の増加に伴い流速が徐々に弱くなる現実的な黒潮を、高さの異なる海山付近を通過する計算では黒潮がほとんどflow-around形態を示すことが分かった。そして、有光層(<110m)への栄養塩供給は、海山の水深に強く依存することが分かった。400mより深い海山による栄養塩供給は有光層へ届かないが、400mより浅い海山では有光層への栄養塩供給量は海山の水深に反比例して変化する。つまり、海山が浅ければ浅いほど、栄養塩の供給量が大きくなる。しかしながら、同じサイズの島と海山を比較すると、海山による栄養塩供給量は島によるものより小さいことも分かった。島を水深ゼロの海山として例えれば、島と海山による栄養塩の供給量の違いは容易に理解できる。

(3) トカラ海峡の島と海山の効果

上記の単独な島と海山に関する計算結果を現実海洋に適用させるため、トカラ海峡周辺海域を対象とする黒潮の数値シミュレーションを行った。この計算では、島と海山を有する現実的な地形を使用したケースと、島と海山を人為的に無くしたケースの実験を実施し、両ケースの比較からトカラ海峡における島と海山がその下流域(例えば四国沖黒潮)の栄養塩濃度を高める効果を有することを確認した。また、この結果は上記の単独な島と海山に関する計算結果および人工衛星データに見られているトカラ周辺海域の植物プランクトン濃度のパターンに整合的であった。

提出された学位論文の研究成果の一部は、国際学術雑誌に1編の論文が公表されている。海山とトカラ海峡における研究成果は投稿準備中である。

本学位論文の公聴会は令和5年2月10日にオンライン形式で開催し、約45分の英語による論文発表と25分の質疑応答が行われた。引き続き、学位論文審査委員会を開き、本論文の内容を厳正に審議した結果、審査委員が全員一致で、博士(理学)の学位を授与するのに値するものと判定した。