

論文名: **Primary Production in the Eastern East China Sea:
Modeling and Estimation of its Enhancement by Tropical Cyclone**
(東シナ海東部の基礎生産:モデリングと台風による増加量の推定)

生産科学研究科 システム科学専攻 エコ・シスワント

東シナ海は世界でも生産性の高い海域と言われている。本研究では、東シナ海東域における基礎生産を衛星によって推定する最適なモデルを開発し、このモデルで台風による基礎生産の増加を評価することを目的とした。最初に、深度分解モデル (TIM) を用いて、黒潮フロント域の亜表層クロロフィル a (Chl- a) 極大 (DCM) の積算基礎生産量 (IPP) への寄与を評価した。次に、TIM を西部東シナ海で開発された単純なモデル (EM) と深度積分モデル (VGPM) と比較し、東シナ海東部で観測された基礎生産データセットにより検証し、パラメータを調整した VGPM が最も良いことを見出した。最後に、VGPM と衛星データを利用し、台風による基礎生産の増加を評価した。

まず、東シナ海の黒潮域での DCM の IPP への寄与を評価するために、TIM を開発した。黒潮フロント域での Chl- a 鉛直分布と水塊構造には強い相関関係がみられた。黒潮域では DCM が存在した。フロント域でも DCM が観測され、その水深は黒潮域と比較するとそれほど深くはなかった。フロント域の DCM における炭素固定速度は黒潮域より大きく、フロント域と黒潮域の DCM の IPP への寄与は、それぞれ $30.9 \pm 9.1\%$ 、 $20.9 \pm 5.4\%$ と評価された。また DCM の高い基礎生産は、フロント域での IPP が黒潮域より高いことにも関連していた。これらの結果から、黒潮フロント域における基礎生産量の推定には Chl- a の鉛直分布を考慮する必要があると考えられた。

次に、より広い空間スケール、特に台風の影響による基礎生産変動を解析する海域に適用することのできるモデルを開発するため、東シナ海東部で観測された基礎生産データセットによって、TIM を EM と VGPM とともに検証した。これらの三つのモデルは、いずれも鉛直的に最大の光合成速度 (P^B_{opt}) をパラメータとして利用するが、その複雑さが異なる。TIM と VGPM は、既存の計算式で求めた P^B_{opt} を利用すると、IPP 現場値を説明することが出来なかった。EM では、既存の計算式で求めた P^B_{opt} を利用すると、IPP の現場値に対して過小評価となった。これらは既存の計算式によって求められた P^B_{opt} と、東シナ海東部の観測データから求められた P^B_{opt} の値が異なることに起因すると考えられた。TIM と VGPM では

観測データから求められた $P_{\text{opt}}^{\text{B}}$ を用いると、IPP 現場値を説明できた。しかし EM では過小評価となった。この過小評価は EM が開発された西部海域と観測データが取得された東部海域の鉛直構造や光学的特性などが異なることに起因すると考えられた。TIM はこの海域、VGPM はこの海域と類似した鉛直構造や光学特性を持つ外洋域のデータに基づいて開発されたため、IPP の現場値を説明できたと考えられた。観測データから求めた $P_{\text{opt}}^{\text{B}}$ を使用すると、TIM の精度は VGPM より顕著に減少した。その原因は、TIM では Chl-*a* プロファイルを別途推定する必要があるからと考えられた。したがって、東シナ海東部海域の IPP を推定する場合、この海域に適した $P_{\text{opt}}^{\text{B}}$ の計算式を利用した VGPM が最適と考えられた。

最後に VGPM と衛星データを利用し、台風による基礎生産の増加量の日変動と経年変動を評価した。日変動の解析は、2004 年 9 月 25 日から 28 日にかけて、東シナ海を通過した台風（メアリ）について行った。また、経年変動の解析は、1998 年から 2004 年までの 7 年間の観測をもとに行った。メアリによる基礎生産量の短期変動では、Chl-*a* と IPP はそれぞれ約 15 倍 と 3 倍に増加した。この時、SST は約 7°C 下がっていた。メアリによる IPP と新生産（INP）増加量は、それぞれ約 10 GgC d⁻¹ と 4 GgC d⁻¹ に達した。11 個の台風による Chl-*a* と IPP の増加量には、台風の風速との間に明らかな正の相関がみられた。また、台風の速度と台風の気圧との間には負の相関がみられた。さらに、硝酸塩躍層との間にも負の相関がみられた。台風による Chl-*a* と IPP の増加量の多い（少ない）年は、暖かい（寒い）、あるいはエルニーニョ（ラニーニャ）の年だったことがわかった。このことは、暖かい（寒い）年には強い（弱い）台風が発生することに関連していると考えられた。上記の基礎生産増加量と台風のパラメータ、硝酸塩躍層との関係をもとに対象海域の夏の IPP と夏の INP への台風の寄与は、それぞれ約 1.0 - 8.6% と 4.0 - 35% に値する。またその内、台風の寄与が最も大きかったのは 2004 年（エルニーニョ）、最も小さかったのは、1998 年（ラニーニャ）だった。

本研究における結論は以下の通りである。 1) 東シナ海における基礎生産モデリングには DCM が IPP にとって重要であるため、Chl-*a* の鉛直的变化を考慮すべきである。 2) 地域的に調整した $P_{\text{opt}}^{\text{B}}$ を利用した VGPM が、東シナ海東部では最適なモデルである。 3) 台風による基礎生産の増加には台風の強さと速度が関連するため、エルニーニョ/ラニーニャの発生と関連している