

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 アニル クマル ビジャン

植物プランクトンの光学的特性は、おもに光防御色素（非光合成色素）と光合成色素に起因する諸要素に分けられるが、実際の海域で植物プランクトンの光学的特性を二つのグループの色素による吸収に分離した知見は乏しい。本研究は、色素により異なる吸光特性を持つことに着目して、植物プランクトンの光学的特性を明らかにすることを目的とした。海域として植物プランクトン現存量が低い外洋域と、濃密な赤潮状態の海域を選びその対比から解析を進めた。外洋域として太平洋赤道域と北太平洋亜寒帯域、および沿岸から沖合への移行域として東シナ海において観測を行った。太平洋外洋域では光合成の量子収率に及ぼす光吸収に重点を置いた。これまで、光合成の最大量子収率が著しく小さい海域が存在することが報告されている。その主な原因として、(1)光化学反応系の電子伝達効率が低栄養塩条件下で低下すること、(2)強光、低栄養塩環境下では、過剰な光エネルギーによる光合成器官の損傷をさけるために、光防御色素 (pp) が蓄積されることが挙げられる。本研究では、まず、上記の2つの変動要因を分けて評価した解析により、光防御色素が光合成の量子収率に及ぼしている影響を解析した。

太平洋赤道域は、西部暖水プールとフロント域に分けられ、クロロフィル a で規格化した植物プランクトン吸光係数 a_{*ph} は、西部暖水プールでは鉛直方向にほぼ一様となる傾向にあったのに対して、フロント域では深度に伴い減少すること、pp が吸光係数に占める割合 ($a_{*pp} : a_{*ph}$) が、西部暖水プールの表層がフロント域に比べ大きいこと、 $a_{*pp} : a_{*ph}$ は、両海域とも表層で大きく深度にともない減少するが、西部暖水プールで鉛直変化が大きいことを認め、この違いを水柱の成層から説明した。表層における光防御色素の海域間の違いは光合成量子収率 ($\Phi_m ph$) にも影響し、光防御色素の影響のため、 $\Phi_m ph$ は西部暖水プールでは平均 26%、フロント域でも平均 18%の過小評価となることを明らかにした。また、東シナ海では、西部断水プールと類似した光学特性であることを認めた。

北太平洋亜寒帯域では、 a_{*ph} は、西部循環域では鉛直方向にほぼ一様であったのに対してアラスカ循環域では、表層で高く深度にともない減少すること、 $a_{*pp} : a_{*ph}$ が西部循環域の表層

(20-30%) で大きいものに対してアラスカ循環域では全水深で 5-10%と低いことから、海域間に違いがあることを認め、これを群集組成の違いから説明した。 $\Phi_{\text{m ph}}$ への光防御色素への影響は海域により異なり、西部循環域では 24-33%、アラスカ還流域では 3-5%の過小評価であることを示し、両海域の混合層深度の違いから説明した。

通年にわたり濃密な赤潮が発生しているマニラ湾ではモンスーンに応じて海面クロロフィルの季節変動が顕著であり、6月から9月の南西モンスーン期に湾内の表層クロロフィル a 濃度が高いことを海色衛星 SeaWiFS および MODIS/aqua 画像の 10 年間のデータから明らかにし、河川流入による栄養塩供給の変動から説明した。浅海域における 555 nm 上向き輝度 (nLw) は高く、極めて高い濁度であることを指摘した。これは、MODIS/aqua の 748 nm および 869 nm において過剰な輝度が得られた一方で近赤外域では吸光が高く、nLw はほぼ 0 であったことと整合した。しかし 443 nm での nLw は湾央にかけて低くなり、細胞内共生藻 *Pedinomonas noctilucae* をもつヤコウチュウ *Noctiluca scintillans* の卓越および、高濃度の有色溶存有機物の影響であること、現場観測の結果から衛星観測によるクロロフィル a の推定値は実測に対して著しく過小評価であることを示した。赤潮域では、青色域の nLw が顕著に低いスペクトルが常態的に観察され、スペクトルの形状が赤潮原因種の光学的特性を強く反映することから、nLw の解析から共生藻をもつヤコウチュウの識別アルゴリズムの可能性、および、より高精度のクロロフィルアルゴリズムが開発できる可能性があることを指摘した。

以上から、これまで知見の乏しかった植物プランクトンの光吸収を、光防御と光合成に分けて解析することにより、より精度の高い光合成量子収率が得られること、吸光係数の変動は主に植物プランクトン組成と海域間の水理条件の違いを反映することが明らかになった。特に、全色素に占める光防御色素の割合の鉛直分布が赤道太平洋域と北太平洋亜寒帯域で異なることを初めて明らかにし、日射の強度と成層の発達度の違いに起因することが示された。このように本研究は海洋の一次生産機構を解明する上で新たな展開を与え、学術上も応用上も極めて貢献するところが大きい。よって審査委員一同は、本論文が博士 (農学) の学位論文として価値あるものと認めた。