

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 14 日現在

機関番号：10101
 研究種目：挑戦的萌芽研究
 研究期間：2011～2012
 課題番号：23651003
 研究課題名（和文） 蛍光性海洋溶存有機物の連続鉛直分布の評価：新海洋学パラメーターとしての確立の試み
 研究課題名（英文） Evaluation of distributional patterns of marine humic-like fluorescence with high spatial resolution
 研究代表者
 山下 洋平（Yamashita Youhei）
 北海道大学・大学院地球環境科学研究院・准教授
 研究者番号：50432224

研究成果の概要（和文）：

海水中の蛍光性溶存有機物（海洋性腐植様蛍光物質）に由来する蛍光強度は見かけの酸素消費量と同様な海洋学パラメーターと成りうる事が示唆されている。そこで、本研究では外洋域において、in situ 蛍光光度計を用いた海洋性腐植様蛍光物質の高解像度分析の可能性を評価した。その結果、in situ 蛍光光度計を用いて外洋域の海洋性腐植様蛍光物質の分布を評価する事は可能であり、それから得られる蛍光強度は新海洋学パラメーターとして有用である事を示唆した。

研究成果の概要（英文）：

Marine humic-like fluorescence has been suggested to be useful for biogeochemical parameter such as apparent oxygen utilization and can be determined using in situ fluorometer. However, application of in situ fluorometer to monitoring the marine humic-like fluorescence in open ocean has not been conducted. In the present study, we firstly applied an in situ fluorometer for open ocean and found that the in situ fluorometer is enough for sensitive to monitoring the distribution of marine humic-like fluorescence with high resolution. Even though further examinations are necessary, marine humic-like fluorescence determined by in situ fluorometer is able to be new biogeochemical parameter.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：海洋科学、地球化学

1. 研究開始当初の背景

海水中には非生物体である溶存有機物が普遍的に存在する。溶存有機物中の分解され

易い成分（易分解性成分、準易分解性成分）は微生物に利用され、微生物ループを介し生態系と密接に関わっている。一方、溶存有機

物の90%以上は生物学的に難分解であり、難分解性成分が地球表層における最大級の還元型炭素プールを構成する (Ogawa and Tanoue, 2003, *J. Oceanogr.*, 59, 129-147)。しかし、難分解性成分の化学的実体は不明であり、どの程度の時間スケール安定に存在するかは明らかでない。

研究代表者は、海洋溶存有機物中に土壌有機物中の難分解性成分である腐植物質と同様な光学的性質を示す有機物 (海洋性腐植様蛍光物質, 蛍光性溶存有機物) が存在する事に着目し、その動態に関して研究を行ってきた。南大洋から北部北太平洋までの海洋性腐植様蛍光物質の分布を明らかにした結果、海洋性腐植様蛍光物質は見かけの酸素消費量 (Apparent Oxygen Utilization; AOU) と同様な分布パターンを示し、両者の間に強い直線関係がある事を見出した。また、その直線関係から、海洋性腐植様蛍光物質は、微生物による有機物分解過程で生成し、生成後は少なくとも900年程度は生物学的に難分解であるとの結論を導きだした (Yamashita and Tanoue, 2008, *Nature Geosci.*, 1, 579-592)。同様な分布パターンおよび結論は溶存有機物の紫外域吸光度 (有色溶存有機物) を用いた研究により太平洋、大西洋、インド洋から得られている (Yamashita and Tanoue, 2009, *Limnol. Oceanogr.*, 54, 598-609; Swan et al., 2009, *Deep-Sea Res. I*, 37, 2175-2192; Nelson et al., 2010, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L03610)。このように海洋性腐植様蛍光物質 (有色溶存有機物) は難分解性成分である事が明らかになったが、これらの研究から得られたもう一つの重要な結論は、「海洋性腐植様蛍光物質 (有色溶存有機物) は、AOUや栄養塩濃度と同様な海洋学パラメーターとして使用可能である」という事であった。

海洋学パラメーターとして使用するには

時・空間的に高解像度なデータを容易に得られる事が望ましい。蛍光性溶存有機物に関しては、その蛍光強度を連続的にモニタリングできる *in situ* 蛍光光度計が市販されており、陸域や沿岸域で使用されている (Chen and Gardner, 2004, *Mar. Chem.*, 89, 103-125; Spencer et al., 2007, *Hydrol. Process.*, 21, 3181-3189)。しかし、*in situ* 蛍光光度計を外洋域の観測へ適用した研究例は無い。*in situ* 蛍光光度計を外洋域表層から深層にまで適用するためには、(1) 海洋性腐植様蛍光物質の蛍光スペクトル (蛍光成分組成) が *in situ* 蛍光光度計で対象とする波長域で大きく変化しない事、(2) 海洋性腐植様蛍光物質の蛍光強度の水温や溶存酸素濃度に対する依存性を評価する事、が必須であった。

2. 研究の目的

本課題研究では、市販されている *in situ* 蛍光光度計を用いて、外洋域における海洋性腐植様蛍光物質の高解像度分布の評価を試みた。更に、*in situ* 蛍光光度計から得られる蛍光強度を新海洋学パラメーターとして確立する事を試みた。

3. 研究の方法

(1) 海洋性腐植様蛍光物質の蛍光スペクトルの評価：水産総合研究センター東北区水産研究所所属若鷹丸、北海道大学水産学部所属おしよ丸、海洋研究開発機構所属淡青丸および白鳳丸航海において、西部北太平洋および日本海の亜熱帯-亜寒帯域における表層から深層までの海水試料を採取した。採取した海水試料は孔径0.2もしくは0.7 μm の濾紙を用いて濾過し、冷凍保存した。冷凍された海水試料は陸上研究室で解凍し室温に戻した後、蛍光光度計 (Fluoromax-4, Horiba) により、溶存有機物の3次元励起蛍光スペク

トルを取得した (図 1)。また、取得した 3 次元励起蛍光スペクトルは Parallel Factor Analysis を用いて解析を行った。

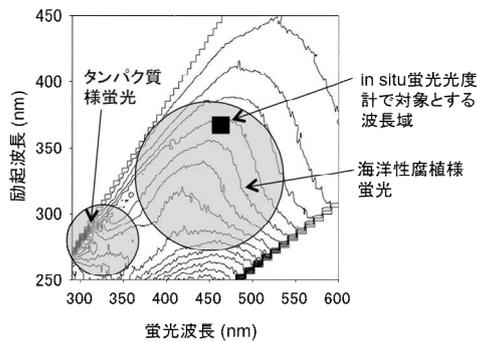


図1. メキシコ湾表層における溶存有機物の蛍光特性と in situ 蛍光光度計で対象とする励起波長と蛍光波長。

(2) in situ 蛍光光度計による海洋性腐植様蛍光物質の連続モニタリング：白鳳丸航海において、西部北太平洋の 18 観測点 (図 2) で in situ 蛍光光度計 (ECO-FLCDRTD, Wetlabs) を用いて海洋性腐植様蛍光物質の高解像度鉛直分布を評価した (図 1)。同時に、表層から深層までの海水試料を採取し、船上にて室温に戻した後、ベンチトップ型蛍光光度 (RF-1500, Shimadzu) を用い、in situ 蛍光光度計と同じ波長域における蛍光強度を測定した。

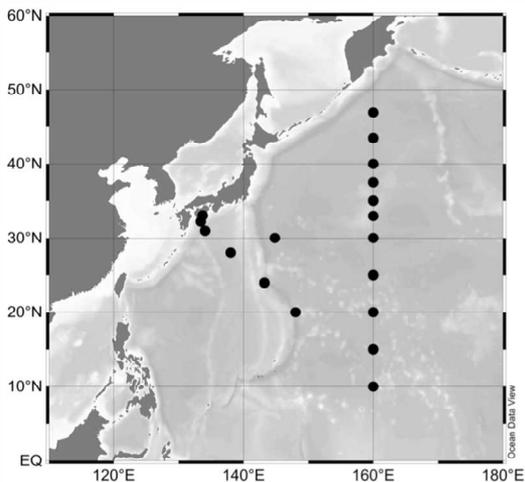


図2. 白鳳丸航海において in situ 蛍光光度計を用いた観測を行った点。

4. 研究成果

(1) 海洋性腐植様蛍光物質の蛍光スペクトルの評価：3 次元励起蛍光光度法-Parallel Factor Analysis の結果、海洋性腐植様蛍光物質は、励起波長 350 nm および蛍光波長 470 nm にピークを有する蛍光グループ、励起波長 325 nm および蛍光波長 395 nm にピークを有する蛍光グループの 2 つのグループに区別された。海洋性腐植様蛍光グループ 1 および 2 とも、海域を問わず同様な鉛直分布パターンを示し、表層混合層内で低く、深度に伴い増加し、深層では大きく変化しなかった。一方、海洋性腐植様蛍光グループ 1 と 2 の蛍光強度の比は、表層混合層内ではばらついたものの、混合層直下で低く、深度に伴い増加し、深層では大きく変化しなかった。これらの事より、深層にける海洋性腐植様蛍光物質の蛍光スペクトルには大きな変化はないものの、表層から中層にかけては、その起源や光分解の程度により、蛍光スペクトルは変化する事が明らかとなった。

一方、蛍光グループ 1 は in situ 蛍光光度計が対象とする波長域 (励起波長 370 nm、蛍光波長 450 nm) 付近にピークを有し、蛍光グループ 2 は in situ 蛍光光度計が対象とする波長域に蛍光特性をほとんど示さなかった。これらの事より、in situ 蛍光光度計を用いて得られる蛍光強度には蛍光グループ 1 に相当し、蛍光グループ 2 が相当する他波長域における蛍光スペクトルの変化は影響しない事が明らかとなった。

(2) in situ 蛍光光度計による海洋性腐植様蛍光物質の連続モニタリング：外洋域において、in situ 蛍光光度計を用いて世界で初めて得られた、海洋性腐植様蛍光の連続鉛直分布の一例を図 3 に示す。海洋性腐植様蛍光に関して、in situ 蛍光光度計から得られた高解像度鉛直分布とベンチトップ型蛍光光度

計から得られた鉛直分布はほぼ一致しており、in situ 蛍光光度計により、外洋域の海洋性腐植様蛍光物質の分布を高解像度で評価できる事が明らかとなった。一方、in situ 蛍光光度計から得られるデータのシグナル／ノイズ比は大きく、スムージング処理が必要である事、深層においては in situ 蛍光光度計から得られる蛍光強度がベンチトップ型蛍光光度計から得られる蛍光強度より若干高く、補正項の作成が必要である事が示唆された。

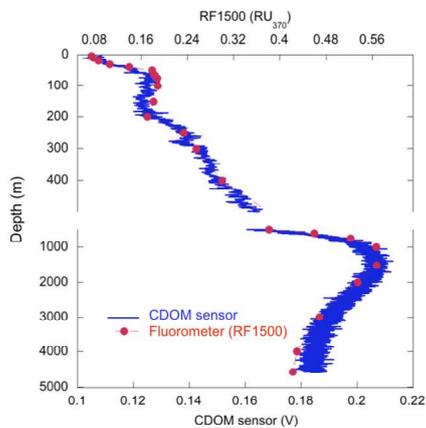


図3. 白鳳丸航海において得られた海洋性腐植様蛍光強度の鉛直分布. 青線はin situ 蛍光光度計 (ECO-FLCDRTD) の結果を示し、赤丸は採水後ベンチトップ型蛍光光度計 (RF-1500) を用いて得られた結果を示す。

今後、これら高解像度分布の解析を進め、in situ 蛍光光度計から得られるデータのスムージング法の確立および必要な補正項の検討を行う事により、in situ 蛍光光度計から得られる海洋性腐植様蛍光物質に由来する蛍光強度（蛍光性溶存有機物）を新海洋学パラメータとして提案・確立できる事が期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 1 件)

(1) 山下洋平、太平洋における溶存腐植様蛍光物質の分布 -北太平洋中層水による陸起源腐植物質輸送の可能性-、月刊海洋、査読無し、44、2012、486-491。

〔その他〕

アウトリーチ活動

(1) 山下洋平、海の研究最前線、札幌市立中央中学校において講演、2012

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山下 洋平 (Yamashita Youhei)

北海道大学・大学院地球環境科学研究院・准教授

研究者番号：50432224