

## 平成 28 年度 東北海洋生態系調査研究船（学術研究船）「新青丸」 共同利用研究申込書

平成 27 年 9 月 25 日

研究船共同利用運営委員会 委員長 殿

研究代表者（申込者）

所 属 機 関 東京大学大気海洋研究所  
 職 名 准教授  
 氏 名 小川浩史  
[Redacted]

東北海洋生態系調査研究船（学術研究船）を利用した研究を下記のとおり申し込みます。

研究課題	黒潮南方亜熱帯海域における生元素循環プロセスの実験的解析					
	氏 名	所 属 機 関 ・ 職 名	研究分担内容	旅費負担	乗船・非乗船	乗船期間及び海域
研究 担 者	小川浩史 大学院学生	東大・大気海洋研・准教授 東大・大気海洋研・大学院生	総括・溶存有機物 溶存有機物	無 無	乗船 乗船	1. 必要観測日数 10日間
	福田秀樹 齊藤宏明	東大・大気海洋研・助教 東大・大気海洋研・准教授	細菌群集活性 粒状元素	無 無	乗船 乗船	
	小畑 元 浜崎恒二	東大・大気海洋研・准教授 東大・大気海洋研・准教授	微量元素 細菌群集組成	無 無	乗船 乗船	2. 観測希望時期 6-8月
	大学院学生 塙崎拓平	東大・大気海洋研・大学院生 東大・大気海洋研・特任研究員	細菌群集組成 窒素固定	無 無	非乗船 乗船	
	津田 敦 高橋一生	東大・大気海洋研・教授 東大院・農学生命・准教授	浮遊生物組成 浮遊生物組成	無 無	非乗船 乗船	3. 観測海域 黒潮南方亜熱帯海域
	佐藤光秀 山下洋平	東大院・農学生命・助教 北大院・地球環境・准教授	浮遊生物代謝 浮遊生物代謝	無 無	乗船 乗船	
	鈴木光次 橘濱史典	北大院・地球環境・准教授 東京海洋大院・海洋科学・助教	有色溶存有機物 基礎生産	無 無	乗船 乗船	4. 震災関連研究航海 (該当する場合は○で囲む)
	武田重信	長崎大学院・水産環境研・教授	栄養塩類 大気降下物	無 無	乗船	

* 受付年月日		*採否		* 整理番号	031
---------	--	-----	--	--------	-----

\*印欄は記入しないでください。

研究目的 内 容	<p>西部北太平洋黒潮南方に広がる亜熱帯海域は、日本のEEZの主要な部分を占め水産資源にとっても重要な海域である。従来、亜熱帯海域は、“海の砂漠”と比喩されるように、表層内の栄養塩類が枯渇した生物生産の乏しい海域として、一様な理解がされてきたが、近年、栄養塩類の超高感度測定法の開発により、<u>超微量レベル（ナノモル）においては時空間的な濃度勾配が存在することが明らかになってきた</u>（文献1,2）。その中でも特に<u>西部北太平洋亜熱帯域は、他の亜熱帯海域と比較して、窒素・リンとともに究極に枯渇した海域であることが明らかにされており</u>、このような濃度分布が窒素固定作用と密接に関連している可能性が示唆されている（文献1）。本研究航海の申請グループの中核である、新学術領域研究「新海洋像：その機能と持続的利用」（領域代表：古谷 研）では、これまで、主として白鳳丸を利用した太平洋の広域観測を通じて（KH-11-10, KH-12-3, KH-13-7, KH-14-3等）、微量濃度レベルの栄養塩勾配に対する、生元素ストックとその組成、生物群集の活性と組成の対応を調べ、亜熱帯海域における生元素分布と生態系構造の特徴化を行ってきた（文献5,13等）。その一方で、そのような観測結果に基づき、亜熱帯海域における生元素循環プロセスに対する新たな未解明課題と、それらを解釈するためのいくつかの仮説が生まれている。しかし、分布解明を主目的に行われたこれまでの白鳳丸による広域観測では、プロセス検証のための十分な観測時間が得られていなかった。そこで、本申請航海では、<u>新青丸を利用し、日本近傍の黒潮南方の亜熱帯海域に定点を設け、同一測点に比較的長時間滞在し、生元素循環プロセスに対する実験的解析を中心とした仮説検証型の航海を提案する</u>。新学術領域研究はH28年度で最終年度を迎える、残された課題に対して本航海で仮説検証が実現できれば、理想的な取り纏めになることも期待される。検証するための具体的な課題として、下記の5点を挙げる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 海の砂漠と比喩される亜熱帯海域の基礎生産力や二酸化炭素分圧の変動量は、実際にはナノモルレベルの栄養塩類ストックでは説明がつかないほどの大きさを持ち、<u>基礎生産を支えている窒素とリンの供給プロセスが不明</u>。</li> <li>② 特にリン酸塩枯済域では、潜在的に存在量の大きな<u>溶存有機態リン（DOP）</u>が利用されている可能性が示唆されている一方で（文献6）、それらの生物利用性の実態に関しては証拠不足。</li> <li>③ 亜熱帯海域表層は、外洋域で最も溶存有機物の濃度が高い一方でその生分解性は高緯度海域に比べて低いが（文献11）、<u>低生分解性の溶存有機物が生物生産に乏しい亜熱帯表層に卓越して蓄積する生化学的メカニズムは不明</u>。</li> <li>④ 窒素固定が亜熱帯海域の基礎生産を支える重要なプロセスであることが明らかになりつつある一方で、それが高次の栄養段階へどの程度伝播しているかについては不明。</li> <li>⑤ 栄養塩枯済域では混合栄養性のプランクトンが卓越する（文献13）、またアンモニア酸化古細菌の系統群が水温によって分布組成が変化するなど（文献3）、<u>新たな生物群集構造が明らかになっているがその詳細については不明</u>。</li> </ul>
研究計画	<p>上記5つの課題に対して提案する仮説とそれを検証するための船上実験の内容について以下簡単に説明する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 従来、新生產と考えられてきた<u>窒素固定による生産物が、再生産によって繰り返し利用され、両者の連鎖過程を通じ、窒素・リンを迅速に回転させながら炭素を選択的に固定させる生物生産プロセスの存在</u>を仮説として提唱、これらに関わるプロセスとして、基礎生産（<sup>13</sup>C 添加培養法）、窒素固定（<sup>15</sup>N 添加培養法）、硝酸塩取込（<sup>15</sup>N 添加培養法）、従属栄養細菌群集生産（<sup>3</sup>H 添加培養法）の各生物プロセスの速度を定点において昼夜連続して測定する。これに加え、表層漂流ブイを用いたセディメントトラップ実験による沈降フラックス、天然放射性リン同位体測定によるリンプールの回転時間、大気降下物による窒素、リン、および微量元素の供給フラックスの測定を行い、得られる全てのフラックスを組み合わせ相互比較することにより、上記、仮説の検証を行う。</li> <li>② 細胞外加水分解酵素によるDOPの可給態化（文献6）、動物プランクトンによるDOPの排泄、植物プランクトン細胞内のポリリン酸プールによるリン需給の調節等のプロセスを、リン酸塩枯済域におけるリン供給メカニズムに対する仮説とし、主として船上培養実験と超高感度栄養塩類測定手法のコンビネーションを利用し検証する。</li> <li>③ 太陽光照射を長期間継続して受け易い亜熱帯表層海水中では、表層内で生物生産された有機物が光分解反応により低生分解性の物質に変化するプロセスを仮説とし、光分解の指標として有色溶存有機物を利用した解析（文献4）、具体的な低生分解性の光分解産物として天然塩素有機化合物を想定した分析、およびプランクトン由來有機物を用いた培養実験を行い、太陽光照射の有無による微生物分解性の影響について調べ、検証を行う。</li> <li>④ 窒素安定同位体比解析と並行し、動物プランクトンによる窒素固定生物の直接摂餌の有無を特定するため、胃内容物中のnifH（窒素固定発現遺伝子）を定量PCR法により解析し、窒素固定海域における食物網構造を明らかにする。</li> <li>⑤ 蛍光細菌添加法や同位体添加法を用いて混合栄養生物の現存量および摂餌速度を見積もり、独立栄養生物および従属栄養生物のそれらと比較する。また、アンモニア酸化古細菌の水温適応に関しては、脂質組成と関連しているとの仮説を立て、水温制御実験と遺伝子解析による検証を行う。</li> </ul> <p>上記の検証実験を行うため、<u>本州黒潮南方海域の亜熱帯海域に2つの定点、および比較対象として黒潮内側に1定点を設け観測を行う</u>。亜熱帯海域の2定点は、これまで検討されていない東西比較に着目し、伊豆小笠原海溝を挟み東側を東経144度北緯28度、西側を東経138度北緯28度、および黒潮内側は東経138度北緯33度付近に設定する（これまでの観測実績を考慮し選定）。上記①に対する観測において、可能な限り代表性のある昼夜変動の結果を得るために、セディメントトラップ実験においてで化学分析に十分対応できる量の沈降物を採取するため、1測点60時間（3昼+2夜、測点到着時間によっては2昼+3夜）の定点連続観測を要望する。これに3測定間の移動2.5日間を加え、計10日間の観測時間を希望する。各定点では、約8時間間隔でのCTD採水（1000m）（1.5h）とVMPS観測（1.5h）、ノルパック・飼育ネット（0.5h）、光観測（0.5h）を行い、これら以外の観測時間は、漂流ブイの投入揚収の他、天然放射性リン同位体測定のためのポンプ大量採水（5-10トン/層）を行う。</p>

## 震災との関連

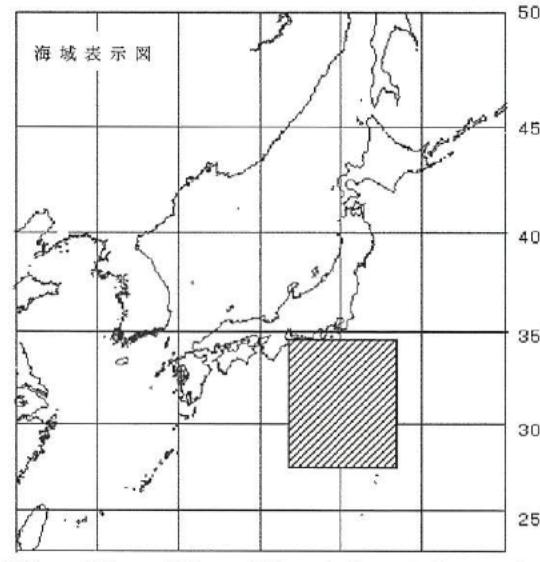
震災との直接の関連性はないが、本州南方海域の水産資源は東北三陸の水産業に対しても無関係ではなく、当該海域における生元素循環や生態系構造の解明は、水産資源の持続的利用に向けた基礎的情報の提供を通じ、間接的に貢献し得ると考えられる。

## 観測希望時期等

CTD採水中心の観測および漂流ブイによる観測を行うため、比較的海況の安定している6-8月を希望する。また、船上での光分解実験や生物培養実験に対しても、日射量、水温の点から夏季が適している。なお、本申請航海では、微量元素や生物活性の精密測定を行うため、クリーン採水を実施する。このためクリーン採水ウインチの搭載を要望する（クリーンコンテナラボは不要）。また、上記①の検証実験の中で計画している、<sup>3</sup>H標識化合物添加培養法による従属栄養細菌群集の生産速度の測定は、放射性同位元素（RI）を使用するため、RIコンテナラボの搭載を要望する。新青丸では、淡青丸では実施できなかったRI実験が可能となったことが一つの利点と言えるが、今のところRIラボの搭載経験がない。本申請航海が実現できれば初の利用実績となる。なお、RI主任者は研究代表者の小川が務める。また、大気降下物採取のため、アッパーデッキにエアサンプラーを設置する。

## 研究業績

1. Hashihama, F., K. Furuya, S. Kitajima, S. Takeda, T. Takemura, J. Kanda (2009): Macro-scale exhaustion of surface phosphorus by dinitrogen fixation in the western North Pacific. *Geophys. Res. Lett.*, 36, L03610. (H)
2. Kodama, T., K. Furuya, F. Hashihama, S. Takeda, J. Kanda (2011): Occurrence of rain-origin nitrate patches at the nutrient-depleted surface in the East China Sea and the Philippine Sea during summer. *J. Geophys. Res.*, 116, C08003. (T)
3. Idichi, M. and Hamasaki K. (2011): Community structure of ammonia-oxidizing marine archaea differs by depth of collection and temperature of cultivation. *Journal of Oceanography*, 67, 739–745 .(T)
4. Yamashita Y., Y. Nosaka, K. Suzuki, H. Ogawa, K. Takahashi, H. Saito (2013): Photobleaching as a factor controlling spectral characteristics of chromophoric dissolved organic matter in open ocean. *Biogeosciences*, 10, 7207-7217. (H, T)
5. Shiozaki T., T. Kodama, S. Kitajima, M. Sato, K. Furuya. (2013): Advectional transport of diazotrophs and importance of their nitrogen fixation on new and primary production in the western Pacific warm pool. *Limnology & Oceanography*, 58, 49-60. (H)
6. Hashihama F., S. Kinouchi, S. Suwa, M. Suzumura and J. Kanda (2013): Sensitive determination of enzymatically labile dissolved organic phosphorus and its vertical profile in the oligotrophic western North Pacific and East China Sea. *Journal of Oceanography*, 69, 357-367. (T)
7. Tanaka, K., K. Kuma, K. Hamasaki, and Y. Yamashita (2014): Accumulation of humic-like fluorescent dissolved organic matter in the Japan Sea. *Scientific Reports*, 4, 5292. (T)
8. Hashihama F., J. Kanda, Y. Maeda, H. Ogawa, K. Furuya (2014): Selective depressions of silicic acid within cyclonic mesoscale eddies in the oligotrophic western North Pacific. *Deep-Sea Research I*, 90, 115-124. (T)
9. Yoshimura T., J. Nishioka, H. Ogawa, K. Kuma, H. Saito, A. Tsuda (2014): Dissolved organic phosphorus production and decomposition during open ocean diatom blooms in the subarctic Pacific. *Marine Chemistry*, 165, 46-54. (H)
10. Shiozaki T., S. Ito, K. Takahashi, H. Saito, T. Nagata, K. Furuya (2014): Regional variability of factors controlling the onset timing and magnitude of spring algal blooms in the northwestern North Pacific. *J. Geophys. Res. Ocean*, 119, 253-265. (T)
11. Ogawa H., K. Kogure, J. Kanda, F. Hashihama, M. Suzumura (2014): Detailed variations in bioactive elements in the surface ocean and their interaction with microbiological processes, In: *Western Pacific Air-Sea Interaction Study*, eds. M. Uematsu, Y. Yokouchi, Y. W. Watanabe, S. Takeda, and Y. Yamanaka, pp.177-197, TERRAPUB, Tokyo (H)
12. Uchimiya, M., H. Ogawa, T. Nagata (2015): Effects of temperature-elevation and glucose-addition on prokaryotic production and respiration in the mesopelagic layer of the western North Pacific. *Journal of Oceanography*, DOI: 10.1007/s10872-015-0294-4
13. Sato M., T. Kodama, F. Hashihama, K. Furuya (2015): The effects of diel cycles and temperature on size distributions of pico-and nanophytoplankton in the subtropical and tropical Pacific Ocean. *Plankt. Benthos Res.*, 10(1), 26-33. (H)
14. Kim T., T. Obata, K. Yoshiko, H. Ogawa, T. Gamo (2015): Distribution and speciation of dissolved zinc in the western North Pacific and its adjacent seas. *Marine Chemistry*, 173, 330-341. (H)
15. Yamashita Y., C.-J. Lu, H. Ogawa, J. Nishioka, H. Obata, H. Saito (2015): Application of in situ fluorometer to determine the distribution of fluorescent dissolved organic matter in the open ocean. *Marine Chemistry*, in press. (H,S)

航海への応募・採択状況	<p>○研究代表者および複数の研究分担者は、次の3航海の計画に分担者として加わっている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・H28 年度新青丸航海（応募）「巨大津波による三陸沿岸生態系への擾乱とその回復過程に関する研究」（代表：木暮一啓）</li> <li>※ 本航海は東北マリンサイエンス拠点形成事業をベースとした震災対応航海であり、本申請との関連性は低い。</li> <li>・H28 年度白鳳丸航海（新規航海提案型）（応募）「黒潮源流域ケラマ列・沖縄トラフ及び北西太平洋での混合・湧昇と生物地球化学観測研究」（代表：安田一郎）</li> <li>※ 本航海は、物理グループと生物地球化学グループの共同観測による提案で、主として測線観測による生物地球化学パラメーターの分布調査であり、仮説検証実験を主目的とする本申請航海とは目的が異なる。</li> <li>・H29 年度白鳳丸航海（仮採択）「生態学・生物地球化学の太平洋3次元マッピング」（代表：古谷 研）</li> <li>※ 多くの分担者が重複しており関連性は高いが、本航海は、北緯22度測線に沿った北太平洋横断観測で基本的に生態学・生物地球化学パラメーターの分布調査であり、仮説検証実験を主目的とする本申請航海とは目的が異なる。</li> </ul>	
	申込者が持込む観測機器（名称・数量・重量）	観測海域（枠で囲んでハッチをつけてください。） (この地図からはみ出す場合は、適宜別の地図に入れ替えてもらいません。)
使用観測設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・甲板水槽・1台・50kg</li> <li>・CDOMセンサー（CTDに装着希望）・2台・1kg</li> <li>・表層ポンプ採水装置・1式・20kg</li> <li>・ナウア型セジメントトラップ・6式・80kg</li> <li>・水中分光放射輝度計・1式・5kg</li> <li>・プランクトンネット飼育用・2式・10kg</li> <li>・フラッシュ蛍光光度計（FRRF）・1式・20kg</li> <li>・エアロゾルサンプラー・2式・40kg</li> <li>・現場粒子計測計（LISST）・1式・20kg</li> </ul> <p>搭載を希望する可搬型機器（添付「要目表」参照） (大型の可搬型機器（「要目表」2(6), 3(2)）の搬入搬出には、多額の経費を必要とするため、採択後の航海計画作成にあたりご相談させていただきます。)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・クリーン採水用ワインチ</li> <li>・RI ラボコンテナ</li> <li>・ロープ巻き取りワインチ</li> </ul>	
備機器	搭載を希望する共同利用観測機器（添付「共同利用観測機器一覧」参照）	研究代表者の連絡先 氏名 小川浩史 