

戦略的創造研究推進事業 CREST  
研究領域「海洋生物多様性および生態系の保全・  
再生に資する基盤技術の創出」  
研究課題「植物プランクトン群集の多様性に  
注目したナウキャスト技術開発」

## 研究終了報告書

研究期間 平成23年12月～平成29年3月

研究代表者：山中 康裕  
(北海道大学大学院地球環境科学研究院、  
教授)

## § 1 研究実施の概要

### (1) 実施概要

本研究は、現場データ収集を行ない(鈴木グループ、現場観測班)、衛星観測技術の確立に  
応用させ(山中グループ、衛星班)、“植物プランクトン多様性モデル”を新たに開発し、衛星観測  
結果を植物プランクトンの群集構造を明示的に表現するモデルに同化することで(以上、山中グル  
ープ、モデル班)、生態系プロセスを表現したオペレーショナルモデルの基盤形成を行うことを目  
的としている。

- ▶ 現場班は、世界初の連続自動海水濾過装置を民間企業と共同で開発し、国内特許を出願し  
た。また、海洋学分野で世界初の超高速液体クロマトグラフィー(UHPLC)による超高速色素分  
析法を開発し、世界最短の7分に短縮させることで、飛躍的な現場サンプルの処理能力向上  
に成功した。その結果、国際誌 Marine Chemistry ダウンロード数第2位(2015年7-9月集  
計)、第4位(同年9-12月集計)を獲得し、Elsevier ScienceDirect から表彰された。これらの手  
法を組み合わせることで、7航海148測点で植物プランクトンの色素データなどを採取するこ  
とに成功した。このデータを衛星班・モデル班へ提供した。
- ▶ 衛星班は、現場班の現場データ、および国際プロジェクトの立ち上げを通じて、国際連携によ  
り得た世界海洋の1万点以上の観測点で測定されたHPLC/UHPLC色素データを用いて、  
全球規模の現場データセットを作成した。この全球データセットを使い、植物プランクトンの群  
集構造を推定する衛星観測アルゴリズムのキャリブレーションおよび検証を行い、8グル  
ープの植物プランクトン群集の色素現存量データをウェブにて公開した。また、これら8グル  
ープの植物プランクトン群集の細胞サイズを推定する衛星アルゴリズムに発展させ、全球の衛星観  
測から細胞サイズの多様性を評価できる可能性を世界で初めて見出した。
- ▶ モデル班は、3-D物理モデルと結合した光・温度・栄養塩特性の異なる240種以上の植物プ  
ランクトンが競争する“植物プランクトン多様性モデル”を開発した。成長率(光合成速度-呼  
吸速度)において最優位となる海洋の体積が大きくなるほど生き残る確率が高いという仕組み  
が、多様性の形成・維持・消滅過程に深く寄与していることなど、海洋の植物プランクトンの形  
成・維持・消滅機構において、新たな知見を得た。また、ハッチンソンパラドックスの解明に挑  
み、3-D環境ではニッチの殆ど重なった類似種で必ずしも競争排除が起こらず、多数の類似  
種が共存出来るケースが存在することを明らかにした。

3つの班を統合したものとして、現場観測されたHPLC/UHPLCデータを遺伝アルゴリズムにより  
同化することで客観的に形質パラメータを決定し、衛星観測される植物プランクトン群集を既存の  
生態系モデルに同化するナウキャストの基盤技術を開発した。さらに、上記の“植物プランクトン多  
様性モデル”で表現される植物プランクトン群集はそれぞれ植物プランクトンの形質の一部と見な  
し、衛星観測される群集と関連付けた。そのことにより、衛星データで得られた植物プランクトン群  
集を形質空間上の分布として表現し、形質パラメータにおける多様性を世界で初めて示した。また、  
衛星データで得られた植物プランクトン群集の将来予測などができるモデルを開発した。これらは、  
想定を上回る成果である。

### (2) 顕著な成果

<優れた基礎研究としての成果>

#### 1. 海洋植物プランクトンの多様性のメカニズム

開発した“植物プランクトン多様性モデル”を用いて、植物プランクトンの競争・共存メカニズム  
を明らかにした。ある種が生き残るには、全種中で最大の成長速度を持つ海域が必要であり、そ  
の海域が広いほど、滞在時間が長いほど、生き残りやすいことを見出した。生存か絶滅するかは、  
ほぼ決定論的過程で説明が可能である。また、ハッチンソンパラドックスの解明に挑み、海洋環  
境ではニッチの殆ど重なった類似種で必ずしも競争排除が起こらず、多数の類似種が共存出来  
るケースが存在することを明らかにした。

#### 2. 連続自動採水および高速分析に関する技術開発

世界初となる連続自動表層海水精密ろ過システム装置を開発した結果、後述のUHPLCと組

合せて利用することにより、大量の植物プランクトン色素データを極めて迅速に分析できるようになった。これまでルーチン項目のクロロフィルに加え、植物プランクトンの群集構造に関する情報を有する各カロテノイド色素もルーチン観測項目とするための基盤を開発した。

### 3. 数値モデリングによる植物プランクトン群集の形質分布

衛星観測された植物プランクトン群集と“植物プランクトン多様性モデル”を組み合わせることにより、衛星データで得られた植物プランクトン群集を形質空間上の分布として表現し、形質空間上における多様性を世界で初めて示した。形質空間上で表現することで、環境に対する形質の適応を、表現する数値モデリングを可能とした。これは想定を上回る成果である。

## < 科学技術イノベーションに大きく寄与する成果 >

### 1. “植物プランクトン多様性モデル”の構築

観測された種数を上回る植物プランクトンを明示的に表現する、“植物プランクトン多様性モデル”を開発した。この分野における先駆的研究では高々数 10 種を表現している一方、このモデルは、衛星観測された植物プランクトン群集を明示して数 100 種の計算を行うことが出来る。また、このモデルを用いることにより、衛星観測では出来なかった、植物プランクトン群集の将来予測が世界で初めて可能となった。

### 2. 連続自動採水・大量高速分析の実装

超高速液体クロマトグラフ(UHPLC)を用いた植物プランクトン色素分析法の開発を行ったことで国立環境研究所の野尻幸宏博士が行っている日本-米国間の商用貨物船(New Century 2)を利用して、海洋表層の植物プランクトンの色素(航路上で採取される大量のサンプル)を迅速に処理できるようになった。今後、さらに、日本-オセアニア間の定期貨物船(Trans Future 5)においても同様に試料を採取し、植物プランクトン群集データが定期的に、かつ、大量に取得できる見込みがある。

### 3. 群集別現存量推定アルゴリズムの実装

植物プランクトン群集構造推定を推定する衛星アルゴリズムは、JAXA が 2017 年に打ち上げ予定の人工衛星「GCOM-C1」による観測に利用される予定である。同アルゴリズムを基にCREST でさらに新規開発した群集別細胞サイズ推定アルゴリズムは、地球観測衛星による海洋生物圏の新しい観測項目の開発、および、これまで全く不可能であった衛星観測による植物プランクトン群集の多様性評価といった新しい可能性を展開した。

## § 2 研究実施体制

### (1) 研究チームの体制について

#### ①「北海道大学山中」グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
山中 康裕	北海道大学大学院地球環境科学研究院	教授	H23.12～
甲山 隆司	同上	教授	H23.12～
藤井 賢彦	同上	准教授	H23.12～
岡田 直資	同上	准教授	H24.4～H24.9
平田 貴文	同上	特任准教授	H23.12～
増田 良帆	同上	特任助教	H24.4～
佐藤 祐介	同上	博士研究員	H24.4～H28.3
重光 雅仁	同上	博士研究員	H24.4～H28.3
柴野 良太	同上	博士研究員	H24.4～H28.3
山本 彬友	同上	博士研究員	H24.4～H24.6
島村 道代	同上	特任助教	H25.6～H25.7
吉村 暢彦	同上	特定専門職員	H28.4～
中村 一樹	同上	特定専門職員	H25.4～H25.10
熊 炫睿	同上	博士研究員	H25.4～H26.3
Pankaj Kumar Sinha	同上	博士研究員	H25.5～H26.3
干場 康博	同上	博士研究員	H27.4～H27.3
荒 美紀子	同上	技術補助員	H25.6～H27.10
今西 和佳子	同上	技術補助員	H25.4～
樋口 ゆかり	同上	博士研究員	H25.6～
佐藤 志穂	同上	D4	H25.6～
大原 尚之	同上	D2	H26.10～
S. Lan Smith	海洋研究開発機構	研究員	H24.4～
中野 英之	気象研究所	主任研究官	H24.4～
村上 浩	宇宙航空研究開発機構	アソシエート・フェロー	H24.4～

研究項目

- ・植物プランクトン群集の多様性を表現する次世代モデルの開発
- ・ナウキャスト用オペレーショナルモデルの開発
- ・衛星観測アルゴリズムの改良と検証
- ・オペレーショナルモデルへのデータ同化を通じたナウキャストの基盤形成

#### ②「北海道大学鈴木」グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
鈴木光次	大学院地球環境科学研究院	准教授	H23.12～
杉江恒二	同上	博士研究員	H24.4～H26.3
遠藤寿	同上	博士研究員	H25.4～

神村 章子	同上	研究補助員	H25.4～
荒木 奈津子	同上	技術員	H26.4～
LIU, Hongbin	香港科学技術大学	准教授	H25.4～H26.3
CHEUNG, Shun Yan	同上	博士課程学生	H25.4～H26.3
XIA, Xiaomin	同上	博士課程学生	H25.4～H26.3

#### 研究項目

- ・連続自動海水ろ過システムの開発
  - ・超高速液体クロマトグラフィーによる植物プランクトン色素分析法の開発と応用
  - ・色素データに基づいた植物プランクトン群集組成の推定とその検証
- (2) 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について
- ・気象研究所と北海道大学大学院地球環境科学研究院は、共同研究の協定を結び、共用モデル MRI.COM を元にして、“植物プランクトン多様性モデル”の開発を行った。そのため、本研究成果であるナウキャストの基盤技術は、気象研究所で行っている同化システムに容易に移転可能である。
  - ・植物プランクトン群集構造推定を推定する衛星アルゴリズムは、JAXA が 2017 年に打ち上げ予定の人工衛星「GCOM-C1」による観測で利用される予定である
  - ・連続自動海水ろ過システムを東洋濾紙株式会社と開発し、共同で国内特許出願を行った。

### § 3 研究実施内容及び成果

#### 3.1 植物プランクトン群集の多様性を表現する次世代モデルの開発(北海道大学 山中グループ)

##### (1)研究実施内容及び成果

海洋低次生態系モデル NEMURO を参考にして、240 種を計算できる、“植物プランクトン多様性モデル”を開発し、気象研究所の共用海洋モデル(MRI.COM)に組み込んだ。物理場は理想化した亜熱帯循環と亜寒帯循環を再現しており、計算領域は東西 30 度×南北 30 度の矩形領域である。生態系モデルは数百種の植物プランクトンの競争を表現出来る。栄養塩についてはアンモニアを含む窒素循環のみを再現しており、異なる栄養塩の利用による共生は考えない。動物プランクトン 1 グループによる捕食は植物プランクトン全体に比例し、数が少ないグループを有利にしないようにした。

開発されたモデルを用いて、植物プランクトンの生き残り・絶滅を決める要因を特定した。この成果は Masuda et al. (2016)にまとめられている。この論文で行った実験は以下の通りである。

標準実験:温度( $T$ )・栄養塩( $[NO_3]$ ,  $[NH_4]$ )・光強度( $I$ )特性の異なる 240 の植物プランクトン仮想種を設けた。植物プランクトンタイプ  $i$  の光合成速度は温度依存性  $F(T)$ 、光強度依存性  $G(I)$ 、栄養塩濃度依存性  $H_i([NO_3]$ ,  $[NH_4])$ の積である(図 1-1)。温度依存性について 12 本、光依存性については 5 本、栄養塩依存性について 4 本の特性曲線を与えた。これらの曲線は観測で得られた trade-off の関係を理想的に表現している。12×5×4 本の特性曲線の組合せで 240 種の植物プランクトンの光合成特性が与えられる。植物プランクトンの名前はこれらの特性曲線の組合せで与えられる。例えば、phy.26Aa は最適温度が 26°C で(図 1-1a)、光に対する特性曲線は”A”(図 1-1b)、栄養塩に対する特性曲線は”a”(図 1-1c)である事を意味する。

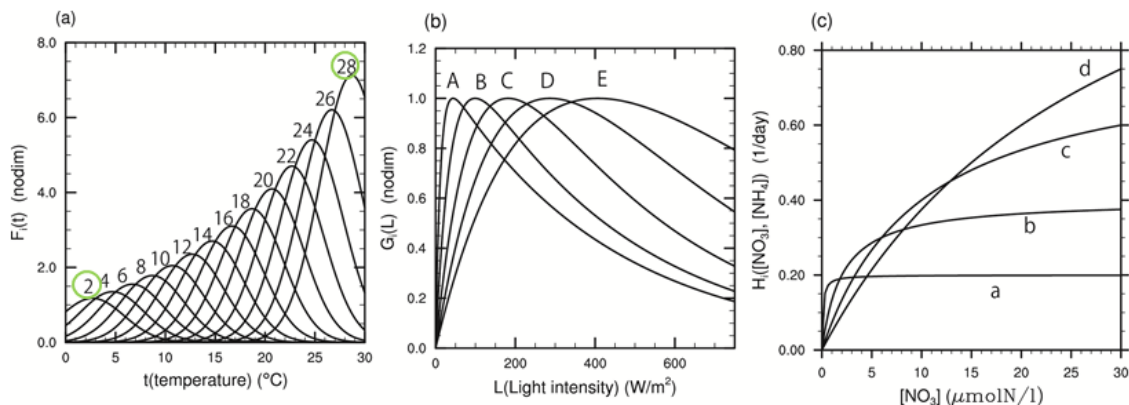


図 1-1 植物プランクトン光合成の (a) 温度、(b) 光強度、(c) 栄養塩濃度依存性。モデルの植物プランクトン仮想種の温度特性は 12 本の中から 1 本が選択される。理想化矩形モデルのケースでは最適温度 2°C と 28°C の特性曲線は除外。

実験 I: 標準実験での植物プランクトン濃度は全 grid point で同じ微小値からスタートする。実験Iではあらかじめ 0-D モデル実験をおこなって、この最終結果で得られた植物プランクトン濃度からスタートする。

実験 II: 実験Iとほぼ同じである。ただし植物プランクトン濃度は passive tracer として扱われる。

22 年間の計算後、240 種中、29 種が生き残った。卓越する 12 種の水平分布を図 1-2 に示す。これらの種は固有の生息海域をもっており、生息海域は例外的なケース(phy.16Ad と phy.16Ac: 図 1-2g と 1-2k)を除くと重複していない。生き残った 29 種と絶滅した種との違いを調べる為、又生き残った種の生物量がどのように決まるか調べる為、以下の指標を導入した。この指標は、他の 239

種より成長速度が大きくなる海域の体積であり、240 種各々について決まる量である。最大成長速度を持つ海域の体積を計算し、相対種占有率(ある種的全領域積分生物量/全種的全領域積分生物量)との関係を調べた(図 1-3)。生き残った 29 種(青点で示される)では、相対種占有率は最大成長速度を持つ海域の体積にほぼ比例している。絶滅種の最大成長速度を持つ海域の体積は、生き残る種に比べて小さい傾向がある。ただし、絶滅種の中でも絶滅までに時間を要する種(黄点)は、生き残る種に近い最大成長速度を持つ海域の体積を持つ。この図で注意する必要があるのは、最大成長速度を持つ海域の体積が  $10^{10} \text{ m}^3$  以下の絶滅種は図中に描かれていないという点である。この体積が  $0 \text{ m}^3$  である 118 種が存在するが、それらは例外なく絶滅した。ある種の生存と絶滅、あるいは占有率は最大成長速度を持つ海域の体積に強く依存している事が判明したが、この体積だけで全てが説明できる訳では無い。図の region3 に生存種、region1 には絶滅種のみが存在する一方、領域 2 では最大成長速度を持つ海域の体積に差が無いにも関わらず、一方が生き残り、他方が絶滅するケースが存在する。これに関して、体積だけでは無く、生存海域の流速が影響を及ぼしているのではないかと考え、実験Iを行った。

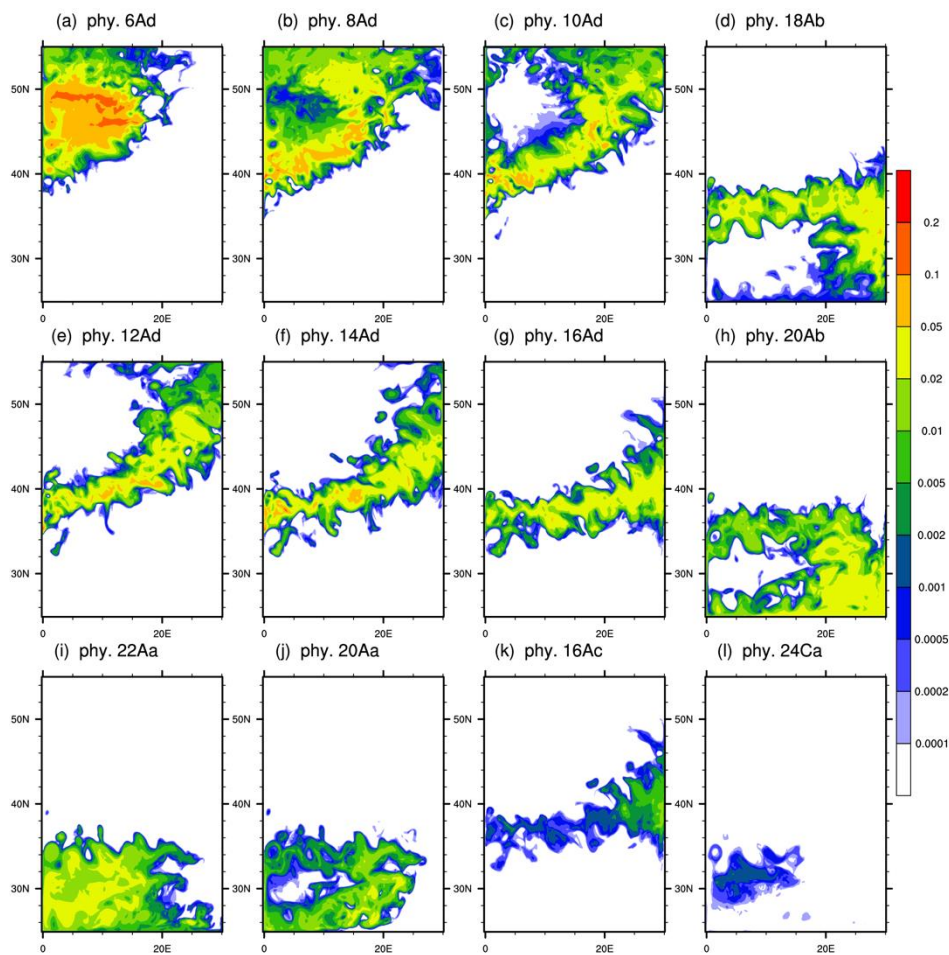


図 1-2 標準実験での、卓越種 12 種の計算開始後から 10 年目、12 月の深度 55m における濃度分布 ( $\mu \text{ mol/l}$ )。(a)-(i)は全領域積分した生物量の順に並べてある。

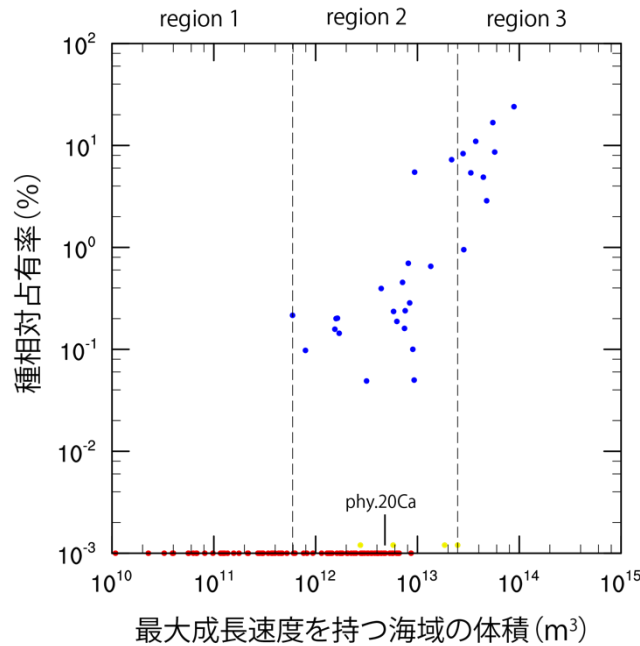


図1-3 相対種占有率の最大成長速度を持つ海域体積への依存性。1つの点が1つの種に対応する。青点は生き残った29種を示す。絶滅種は赤点と黄点で示されているが、計算開始から5年後の相対占有率が $10^{-4}\%$ 以上の種を黄点、 $10^{-4}\%$ 以下の種を赤点で示している。相対種占有率が $1.0 \times 10^{-3}\%$ 以下の場合について、赤点については $1.0 \times 10^{-3}\%$ 、黄点については $1.2 \times 10^{-3}\%$ の値に表示している。240種の内、最大成長速度が $1.0 \times 10^{10}$ 以下の種はこの図に記載されていない。region 1とregion 2間の線は生き残る種の最少体積を示し、region 2とregion 3間の線は絶滅種の最大体積を示す。

実験Iでは、0-Dモデルで得られた濃度分布を3-Dモデルの初期値として計算を行う。0-Dモデルで得られた分布は、移流・拡散が無かった場合の生息海域を示す。ある種について、0-Dモデルで占有率が0.1%以上になるgrid pointの集合を、移流・拡散が無かった場合の潜在的な生息海域と定義する。phy.20Caについて、実験Iの計算結果を図1-4に示す。この種の潜在的な生息海域は、西岸境界流が非常に強い海域である。西岸境界流と亜熱帯循環流によって、phy.20Caは亜熱帯の南方へと輸送される。流された先の海域では他の種に比べて競争力で劣る為、生物量を徐々に減らしてゆく。一方、潜在的な生息海域内での栄養塩獲得は、この海域からの移流による生物量減少を補えるほど大きくない。他種に比べて成長率で勝る潜在的な生息海域があっても、強い移流の影響で十分な栄養塩の獲得が出来なければ、種の存続には寄与しない事をこの例は示している。

生息地の流速の影響を定量的に示すために、潜在的な生息海域への残留時間という概念を導入した。実験IIでは植物プランクトン濃度がpassive tracerとして扱われ、成長はしない。よって潜在的な生息海域内で積分した生物量は、移流による海域からの流出によって単調に減少する。潜在的な生息海域内で積分した生物量が実験開始時の1/10になった時刻を、潜在的な生息海域への残留時間と定義した。ある種の生存が最大成長速度を持つ海域の体積と残留時間の両方に依存している事を図1-5に示す。最大成長速度を持つ海域の体積が殆ど同じでも滞在時間には大きな差が出る。例えばこの海域体積が $0.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ から $1.0 \times 10^{12} \text{ m}^3$ の範囲で、残留時間は数日から数百日の間で大きなばらつきがある。Region2では生存する種の残留時間は長く、絶滅する種の残留時間は短いという明確な傾向がある。ただし、絶滅に時間がかかる種(黄点)に関しては、生存種との大きな差はみられない例外である。



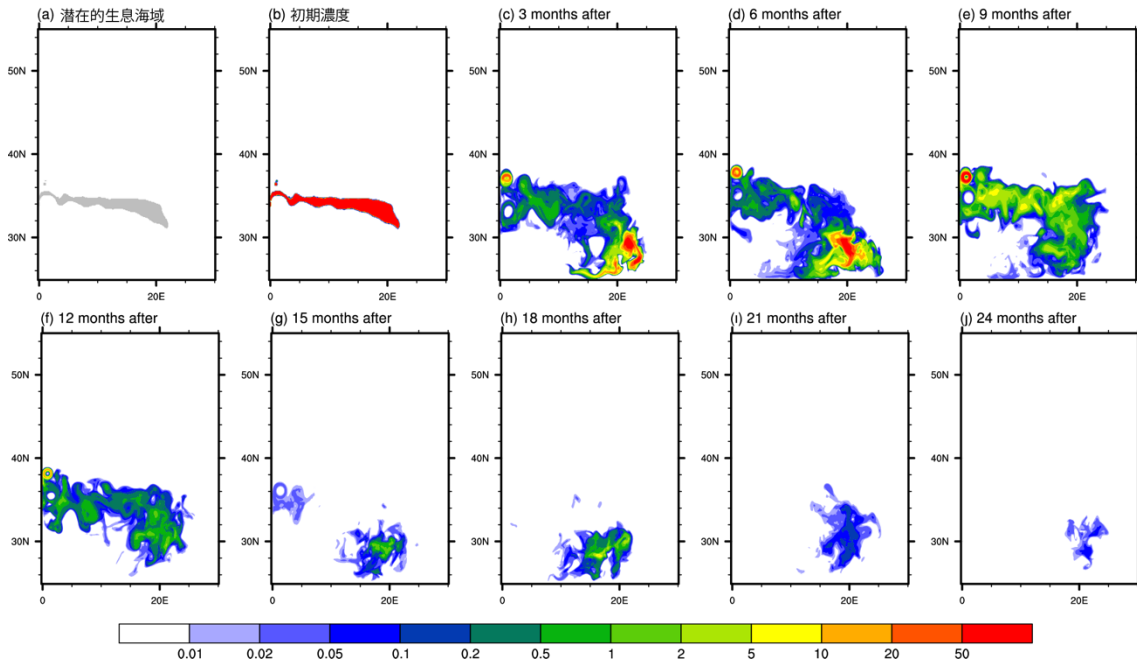


図 1-4 (a) 0-D モデル実験から算出された潜在的生息海域。(b)-(j) phy.20Ca の実験Iにおける深度 15m での相対占有率。濃度でこの図を描くと季節変動の影響が大きくなる為、相対占有率を用いた。

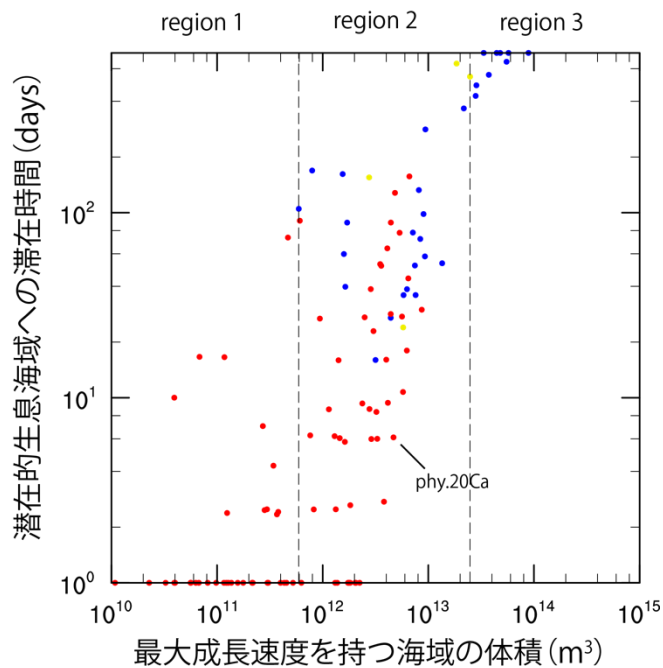


図 1-5 植物プランクトン種の生存・絶滅の潜在的生息海域への滞在時間、及び最大成長速度を持つ海域の体積への依存性。水平方向の軸は図 1-3 と同じである。図 1-3 同様、青点が生存種、赤点・黄点は絶滅種を表す。滞在時間が 730 日 (2 年) より長い種は 730 日の値に表示している。潜在的生息海域の体積が 0 である種については滞在時間を  $10^0$  日としている。Region 1、2、3 の定義は図 1-3 と同じである。

結論として、ある種の生存と絶滅、あるいは占有率は最大成長速度を持つ海域の体積と潜在的生息海域への残留時間に依存していることが判った。このような解析が可能となったのは、全ての植物プランクトンが同じ条件の下で競争する多様性モデルを構築したからである。従来型の植物プランクトンファンクショナルタイプ(PFT)モデルをベースとして多様性モデルを構築した場合、例えば珪藻と他の種では競争条件が違う為に、このような解析を行うのは難しい。また、この研究は海洋の植物プランクトン種組成が決定論的に決まるという事を示唆している。陸上の植物系では中立説(Hubbell, 2001)に代表されるように、ランダムな生態的浮動が群集組成に影響を及ぼすという考え方があがるが、海洋の植物プランクトンの場合、ランダム過程の影響は比較的少ない様である。

### 3.2 衛星観測アルゴリズムの開発と検証(北海道大学 山中グループ)

#### (1)研究実施内容及び成果

海洋植物プランクトンの群集構造を人工衛星より観測する手法の多くは、マイクロ、ナノ、ピコプランクトンといった大雑把なサイズによる分類が多く、明示的に珪藻類やハプト藻類といった分類群を定量的に推定するアルゴリズムは限られている。本研究では、データ同化といった実用研究に利用できる衛星データを提供するため、本チームが開発する多分類群(珪藻、Peridinin 色素含有渦鞭毛藻類、ハプト藻、緑藻、クリプト藻、シネココッカス、プロクロロコッカス、その他ピコ真核藻類)の色素現存量(当該グループのクロロフィル量)を推定する衛星アルゴリズムを検証・改良した。

本研究チーム鈴木グループから提供を受ける現場海水サンプルより得られた HPLC (高速液体クロマトグラフィー) 色素データ、および、国際プロジェクト「Satellite Phytoplankton Functional Type Algorithm Intercomparison Project」の主導を通じて国際協力に寄り得られた全球規模での HPLC データを集積させることで、約 1 万 3 千点に及ぶ全球データセットを編纂した(図 2-1)(Soppa et al., 2014)。また、欧州宇宙機関プロジェクト「Ocean Colour Climate Change Initiative(OC-CCI)」への参加を通じて、米国宇宙機関や欧州宇宙機関が過去に打ち上げてきた衛星によって得られたデータを統合したデータセットを得た。これら大規模な現場・衛星の両データセットを用いて両データセット間で時空間的に一致するデータを拾い出す”マッチアップ”を行った。1 万点以上の現場データにもかかわらず、現場・衛星データとのマッチアップ数は 1000 点以下となり、衛星アルゴリズムの検証には、大規模なデータセットが必要であることがわかる。マッチアップしたデータのうち、70%をアルゴリズムの最適化に使い、30%を検証に用いた (Hirata et al., 2014)。HPLC 色素データは Diagnostic Pigment Analysis (DPA) (Uitz et al., 2006)の方法を用いて、植物プランクトン分類群別のクロロフィル色素現存量に換算した。

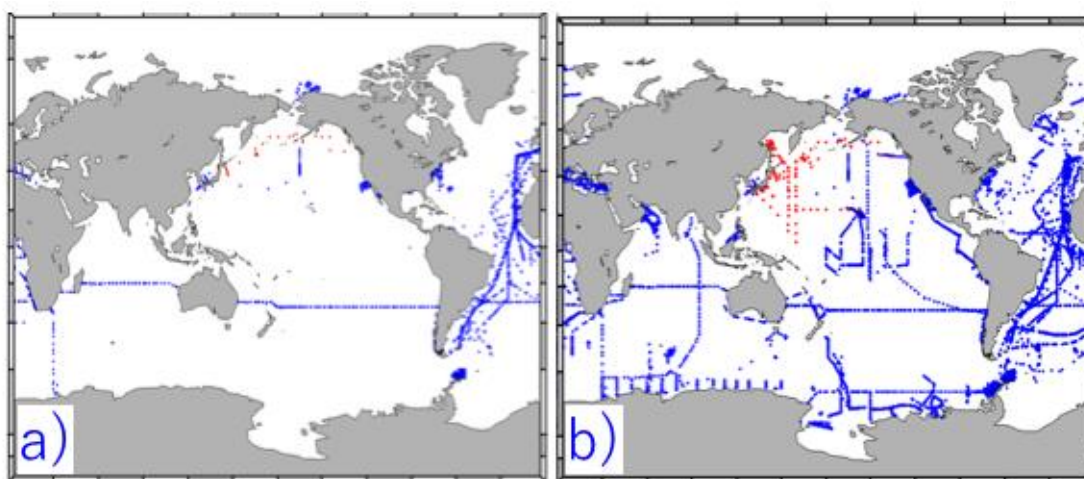


図 2-1 衛星アルゴリズム検証・改良のために国際協力を経て編纂したデータセット:  
a) CREST 開始時(5870 点), b) CREST 活動後(13503 点)。赤点は現場班(鈴木グループ)によって得られたもの。

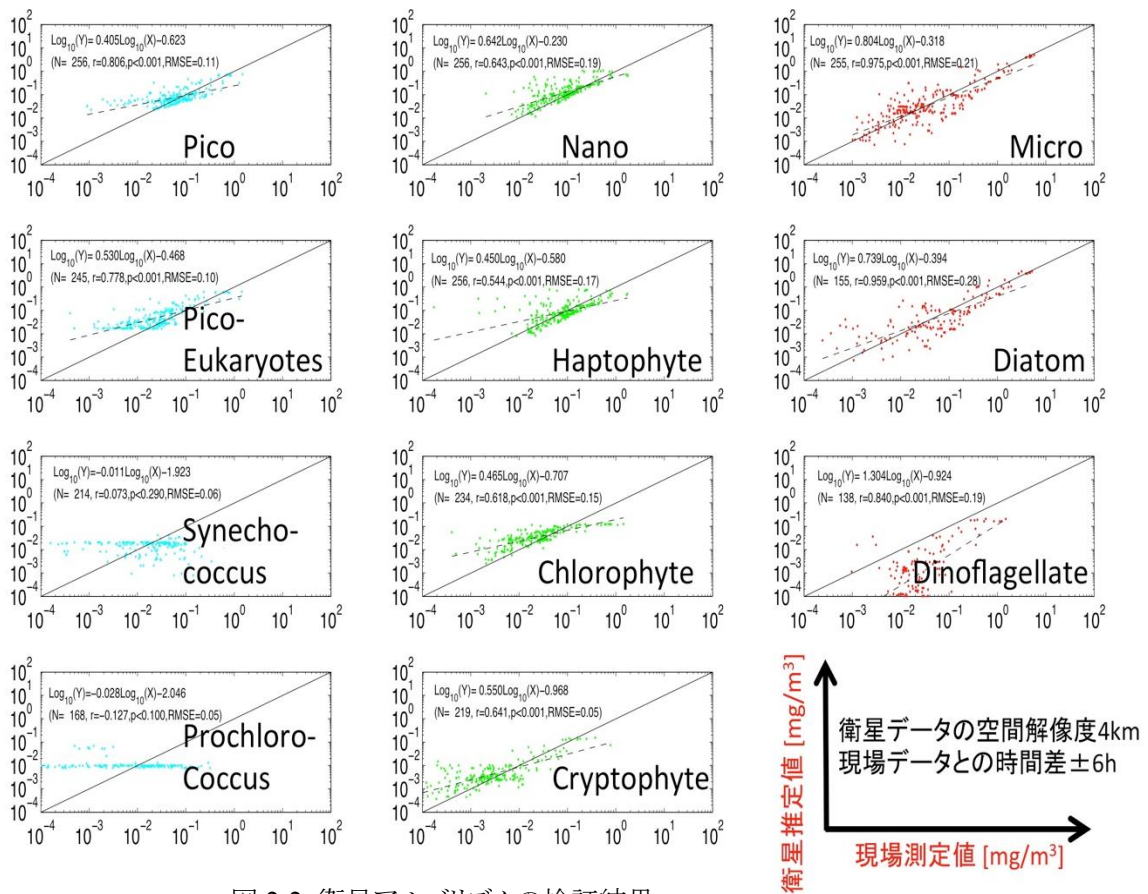


図 2-2 衛星アルゴリズムの検証結果

編纂した現場データを用いて衛星アルゴリズムを検証した結果、*Synechococcus* および *Prochlorococcus* を除いて、衛星アルゴリズム推定値と現場観測値との間に良い相関が得られた(図 2-2:ここで回帰直線は対数スケールで示してあるが、RMSE は線形スケールで算出してある)。*Synechococcus* や *Prochlorococcus* においても、衛星アルゴリズムの感度が小さいことは明らかであるが、散布図上でデータの散乱が見られるものではなかった。結果として、*Synechococcus* や *Prochlorococcus* を含むどの群集に対しても、検証で得られた各々の群集に対する回帰直線をその群集の推定におけるキャリブレーション直線と定義し、元々のアルゴリズムにより得られた群集別色素現存量をこの直線を用いて修正できる。このようにして得られた改良したアルゴリズムを、2017年に打ち上げ予定である GCOM-C1 衛星に搭載される Second-generation Global Imager (SGLI) で利用するため、JAXA の衛星観測データ処理システムに実装し、出力テストを行った(図 2-3)。改良アルゴリズムを用い、約 4km の空間解像度で 1998 年から 2012 年分の時系列データを既存の衛星データを用いて作成し、ホームページで公開した(<https://pft.ees.hokudai.ac.jp/hirata/data.shtml>)。

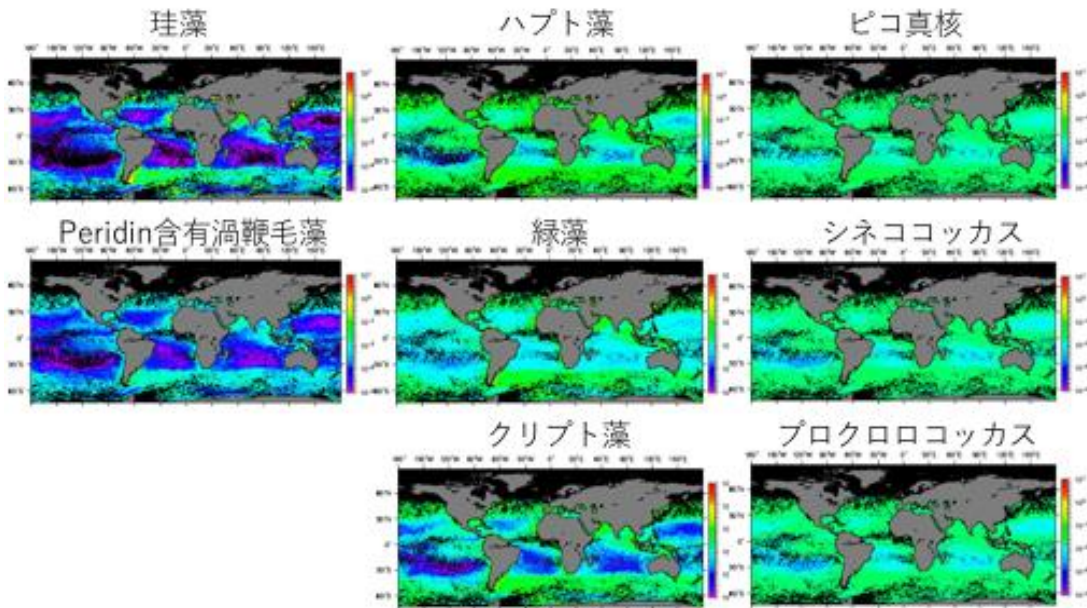


図 2-3 NASA データ(1998 年)を JAXA システムで利用した際のアウトプットの例 (図: JAXA EORC 山口氏提供)

### 3.3 連続自動海水ろ過システムの開発(北海道大学 鈴木グループ)

#### (1)研究実施内容及び成果

現場植物プランクトン群集の多様性を大きな時空間スケールで評価するためには、数多くの試料を採取する必要がある。このため、研究船船底からポンプで汲み上げられた表層海水を、直径 25 mm もしくは 47mm のガラス繊維フィルターもしくはメンブレンフィルターを用いて、自動で連続的に精密ろ過し、得られたフィルター試料を自動で液体窒素試料容器に保存する世界初の装置を東洋濾紙株式会社と開発した(図 3-1)。同装置は海水ろ過量およびろ過時の圧力データを保存する他、GPS 受信データを利用して、海水試料を採取した場所、時間を記録する機能を備えている。本装置に関して、2016 年 2 月に国内特許出願(特願 2016-02768)を行った。また、2015 年 3 月および 2015 年 11 月の学術研究船白鳳丸で同装置を使用し、多量のフィルター試料の採取に成功した(図 3-2)。過去にこのような機能を持つ海水ろ過システムは存在しないことから、その独創性は極めて高く、今後の海洋学研究の発展に大きく貢献できると考えている。



図 3-1 連続自動ろ過システム。

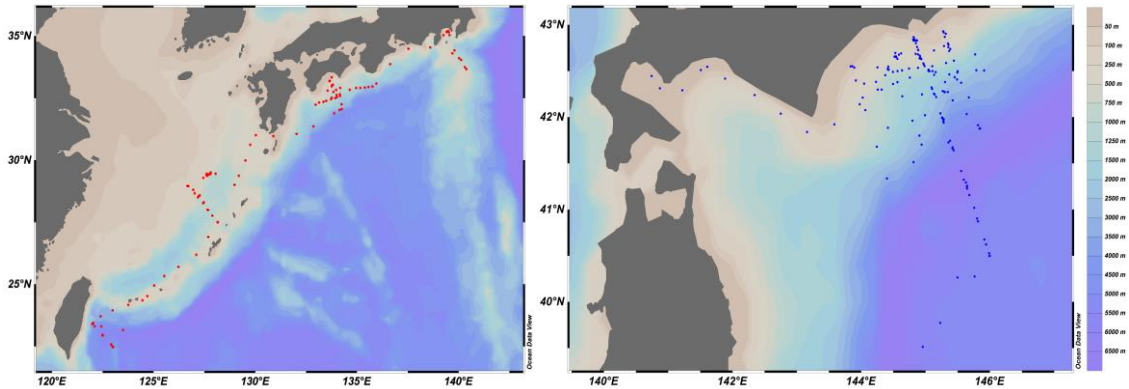


図 3-2 連続自動ろ過システムによるフィルター試料採取点。左図は白鳳丸 KH-15-4 次研究航海(2015年11月6-26日)、右図は白鳳丸 KH-15-1 次研究航海(2015年3月6-26日)。

### 3. 4 超高速液体クロマトグラフィーによる植物プランクトン色素分析法の開発と応用(北海道大学鈴木グループ)

#### (1)研究実施内容及び成果

本プロジェクトで開発した超高速液体クロマトグラフィー(UHPLC)による植物プランクトン色素分析法に関する論文を、国際誌 Marine Chemistry に発表した(Suzuki et al., 2015)。同論文は、海洋学分野における世界初の UHPLC による植物プランクトン色素分析法論文であり、現時点で世界最短(7分)のランタイムでクロロフィル・カロテノイドの分離定量が可能である(図 4-1)。また、色素間の光吸収スペクトルの違いを利用した一次微分クロマトグラム法を用いて、クロマトグラフィーで共溶離する植物色素ピークを分離、定量することにも世界で初めて成功した。同論文は、2015年7-9月の集計で同雑誌ダウンロード数第2位、同年9-12月の集計で同雑誌ダウンロード数第4位を獲得し、Elsevier ScienceDirect から表彰された。

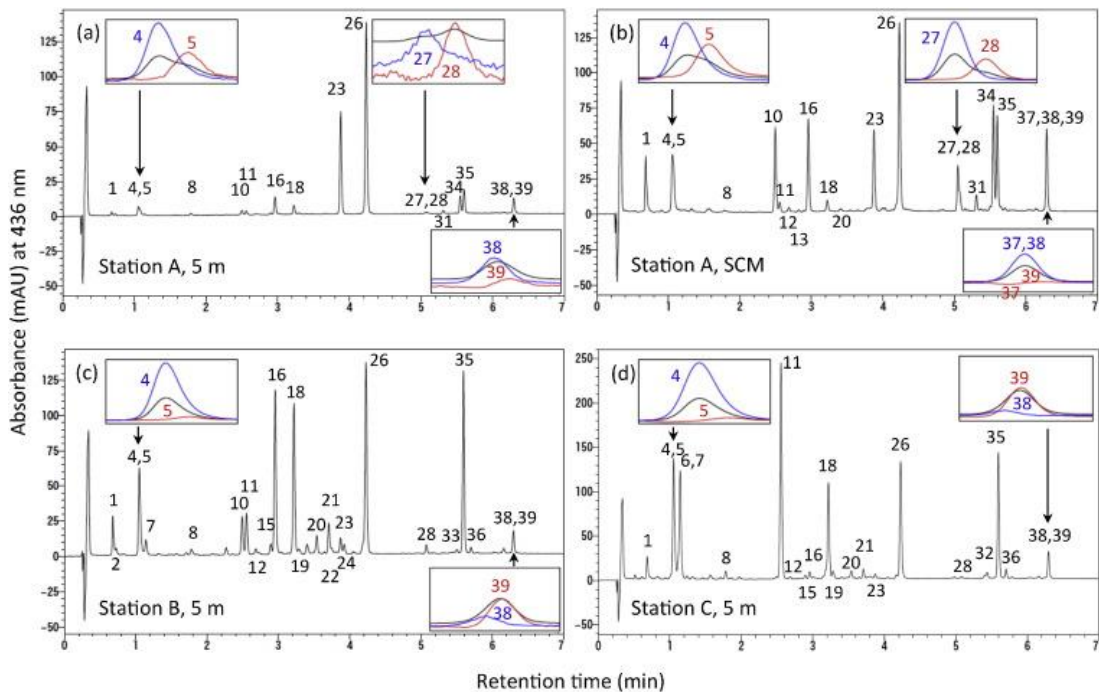


図 4-1 2014 年 7 月の白鳳丸 KH14-3 次研究航海時、中部北太平洋熱帯域の観測点 A (15° 01'N, 170°02'W)、亜寒帯観測点 B (45°03'N, 173°04'W)、ベーリング海観測点 C (64°15'N, 168°00'W) の 5 m および亜表層黒フィル極大 (SCM) 層の植物色素クロマトグラム。各色素ピークの番号は、Suzuki et al. (2015) 参照<sup>4)</sup>。赤字と青字のピークは一次微分クロマトグラムを示す。

### 3.5 色素データに基づいた植物プランクトン群集組成の推定とその検証 (北海道大学 鈴木グループ)

#### (1) 研究実施内容及び成果

研究船(白鳳丸、淡青丸、海鷹丸、Prof. Multanovskiy 等)および定期貨物船(New Century2)を用いて、太平洋とその縁辺海(オホーツク海、ベーリング海、チュクチ海)および南大洋から試料を採取し、上記の UHPLC もしくは高速液体クロマトグラフィー (HPLC) で色素試料の分析を行った。得られた結果を、逐次、原著論文としてまとめ、国際誌を通して、数多く発表した(研究業績参照)。

さらに、北太平洋域で優占する珪藻種の多様性の特性については、光学および走査型電子顕微鏡を用いて評価し、原著論文としてまとめ、最近、国際誌 *Limnology and Oceanography* に受理された(Sugie and Suzuki, 2016)。同様に、北太平洋表層に数多く生息するラン藻 *Synechococcus* の分子系統および色素多様性について、JST 国際強化支援の下で共同研究を実施した香港科技大学の Hongbin Liu 教授のグループが原著論文を作成し、国際誌 *Environmental Microbiology* に発表した(Xia et al., 2016)。

## § 4 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 1件、国際(欧文)誌 45件)

1. Takao, S., Hirawake, T., Wright, S. W. and Suzuki, K. "Variations of net primary productivity and phytoplankton community composition in the Southern Ocean as estimated from ocean-color remote sensing data", *Biogeosciences*, 9, 3875-3890, 2012, doi:10.5194/bg-9-3875-2012
2. Sato-Takabe, Y., Hamasaki, K. and Suzuki, K. "Photosynthetic characteristics of aerobic anoxygenic phototrophic bacteria *Roseobacter* and *Erythrobacter* strains", *Archiv. Microbiol.* 194, 331-341., 2012, doi: 10.1007/s00203-011-0761-2
3. Endo, H., Yoshimura, T., Kataoka, T. and K. Suzuki. "Effects of CO<sub>2</sub> and iron availability on phytoplankton and eubacterial community compositions in the northwest subarctic Pacific", *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 439, 160-175, 2013, doi: 10.1016/j.jembe.2012.11.003
4. Kondo, Y., Takeda, S., Nishioka, J., Sato, M., Saito, H., Suzuki, K. and Furuya, K. "Growth simulation and inhibition of natural phytoplankton community by organic ligands in the western subarctic Pacific.", *J. Oceanogr.*, 69, 97-115, 2013, doi: 10.1007/s10872-012-0160-6
5. Peloquin, J., Swan, C., Gruber, N., Vogt, M., Claustre, H., Ras, J., Uitz, J., Barlow, R., Behrenfeld, M., Bidigare, R., Dierssen, H., Ditullio, G., Fernandez, E., Gallienne, C., Gibb, S., Goericke, R., Harding, L., Head, E., Holligan, P., Hooker, S., Karl, D., Landry, M., Letelier, R., Llewellyn, C. A., Lomas, M., Lucas, M., Mannino, A., Marty, J.-C., Mitchell, B. G., Muller-Karger, F., Nelson, N., O'Brien, C., Prezelin, B., Repeta, D., Smith Jr., W. O., Smythe-Wright, D., Stumpf, R., Subramaniam, A., Suzuki, K., Trees, C., Vernet, M., Wasmund, N. and Wright, S. "The MAREDAT global database of high performance liquid chromatography marine pigment measurements.", *Earth Syst. Sci. Data*, 5, 109-123, 2013, doi:10.5194/essd-5-109-2013
6. Isada, T., Iida, T., Liu, H., Saitoh, S.-I., Nishioka, J., Nakatsuka, T. and Suzuki, K. "Influence of Amur River discharge on phytoplankton photophysiology in the Sea of Okhotsk during late summer." *J. Geophys. Res.: Oceans*, 118, 1995-2013, doi:10.1002/jgrc.20159, 2013
7. Kameyama, S., Tanimoto, H., Inomata, S., Yoshikawa-Inoue, H., Tsunogai, U., Tsuda, A., Uematsu, M., Ishii, M., Sasano, D., Suzuki, K. and Nosaka, Y. "Strong relationship between dimethyl sulfide and net community production in the western subarctic Pacific", *Geophys. Res. Lett.*, 40, 3986-3990, 2013, doi:10.1002/grl.50654
8. Yoshimura, T., Suzuki, K., Kiyosawa, H., Ono, T., Kuma, K. and Nishioka, J. "Impacts of elevated CO<sub>2</sub> on particulate and dissolved organic matter production: Microcosm experiments using iron deficient plankton communities in open subarctic waters" *J. Oceanogr.*, 69, 601-618, 2013, doi:10.1007/s10872-013-0196-2
9. Sugie, K., Endo, H., Suzuki, K., Nishioka, J., Kiyosawa, H. and Yoshimura, T. "Synergistic effects of pCO<sub>2</sub> and iron availability on nutrient consumption ratio of the Bering Sea phytoplankton community", *Biogeosciences*, 10, 6309-6321, 2013, doi:10.5194/bg-10-6309-2013
10. Jing H., Kong, L., Suzuki, K. and Liu, H., "Vertical profiles of Bacteria in the subarctic and subtropical oceanic waters revealed by pyrosequencing", *PLoS ONE*, 8, e79423, 2013, doi:10.1371/journal.pone.0079423
11. Yamashita, Y., Nosaka, Y., Suzuki, K., Ogawa, H., Takahashi, K. and Saito, H. "Photobleaching as a factor controlling spectral characteristics of chromophoric dissolved organic matter in open ocean.", *Biogeosciences*, 10, 7207-7217, 2013, doi:10.5194/bg-10-7207-2013
12. Suzuki, K., Hattori-Saito, A., Sekiguchi, Y., Nishioka, J., Shigemitsu, M., Isada, T., Liu, H. and McKay, R.M.L. "Spatial variability in iron nutritional status of large diatoms in the Sea of Okhotsk with special reference to the Amur River discharge.", *Biogeosciences*, 11, 2503-2514, 2014, doi:10.5194/bg-11-2503-2014
13. Hardman-Mountford, N.J., Polimene, L., Hirata, T., Brewin, R.J.W., Aiken, J. "Impacts of light shading and nutrient enrichment geo-engineering approaches on the productivity of a stratified, oligotrophic ocean ecosystem", *J. Royal Soc. Interface* 6, 10(89), 2013, doi:10.98/rsif.2013.0701

14. Werdell, P.I., Franz, B.A., Bailey, S.W., Feldman, G.C., Boss, E., Brando, V.E., Dowell, M., Hirata, T., Lavender, S.J., Lee, Z.P., Loisel, H., Smyth, T., Antoine, D., Devred, E., Hembise Fanton d'Andon, O. and Mangin, A. "Generalized ocean colour inversion model for retrieving marine inherent optical properties", *Applied Optics* 52, 2019-2037, 2013, doi:10.1364/AO.52.002019
15. Saille, S.F., Vogt, M., Doney, S.C., Aita, M.N., Bopp, L., Buitenhuis, E.T., Hashioka, T., Lima, I., LeQuéré, C. and Yamanaka, Y. "Comparing food web structure and dynamics across a suite of global marine ecosystem models", *Ecological Modelling*, 261-262, 43-57, 2013, doi:10.1016/j.ecolmodel.2013.04.006
16. Hashioka, T., Vogt, M., Yamanaka, Y., Le Quéré, C., Buitenhuis, E.T., Aita, M. N., Alvain, S., Bopp, L., Hirata, T., Lima, I., Saille, S. and Doney, S.C. "Phytoplankton competition during the spring bloom in four plankton functional type models", *Biogeosciences*, 10, 6833-6860, 2013, doi:10.5194/bg-10-6833-2013
17. Takao, S., Iida, T., Isada, T., Saitoh, S., Hirata, T. and Suzuki, K. "Bio-optical properties during the summer season in the Sea of Okhotsk", *Progress in Oceanography*, 126, 233-241, 2014 doi:10.1016/j.pocean.2014.04.010
18. Hirata, T., Hirawake, T., Sakaida, F., Yamaguchi, H., Suzuki, K., Murakami, H., Ishizaka, J., Kobayashi, H., Fujiwara, F., Toratani, N. and Saitoh, S-I. "Development and verification of GOCM-C1/SGLI Ocean Algorithms", *J. Remote Sens. Soc. Jpn.*, 34, 278-285, 2014.
19. Yoshimura, T., Sugie, K., Endo, H., Suzuki, K., Nishioka, J. and Ono, T. "CO<sub>2</sub>-related changes in organic matter production in open subarctic plankton communities under iron limited and enriched bloom conditions.", *Deep-Sea Res. I.*, 94, 1-14, 2014, doi: 10.1016/j.dsr.2014.08.004
20. Soppa, M.A., Hirata, T., Silva, B., Dinter, T., Peeken, I., Wiegmann, S., Bracher, A. "Global retrieval of diatoms abundance based on phytoplankton pigments and satellite data", *Rem. Sens.* 6, 10089-10106, 2014, doi:10.3390/rs61010089
21. Takao, S., Hirawake, T., Hashida, G., Sasaki, H., Hattori, H. and Suzuki, K. "Phytoplankton community composition and photosynthetic physiology in the Australian Sector of the Southern Ocean during austral summer 2010/2011.", *Polar Biol.*, 37, 1563-1578, 2014 doi:10.1007/s00300-014-1542-6
22. Fujiwara, A., Hirawake, T., Suzuki, K., Imai, I. and Saitoh, S-I., "Timing of sea ice retreat can alter phytoplankton community structure in the western Arctic Ocean", *Biogeosciences*, 11, 1705-1716, 2014, doi:10.5194/bg-11-1705-2014.
23. Kameyama, S., Yoshida, S., Tanimoto, H., Inomata, S., Suzuki, K. and Yoshikawa-Inoue, H. "High-resolution observation of dissolved isoprene in surface seawater in the Southern Ocean during austral summer 2010-2011", *J. Oceanogr.*, 70, 225-239, 2014, doi:10.1007/s10872-014-0.
24. Isada, T., Hirawake T., Kobayashi, T., Nosaka, Y., Natsuike, M., Imai, I., Suzuki, K. and Saitoh, S-I. "Hyperspectral optical discrimination of phytoplankton community structure in Funka Bay and implications for ocean color remote sensing of diatoms", *Remote Sens. Environ.*, 159, 134-151, 2015, doi: 10.1016/j.rse.2014.12.006
25. Endo, H., Sugie, K., Yoshimura, T. and Suzuki, K., "Effects of CO<sub>2</sub> and iron availability on rbcL gene expression in Bering Sea diatoms", *Biogeosciences*, 12, 2247-2259, 2015, doi:10.5194/bg-12-2247-2015
26. Sugie, K. and Suzuki, K., "Size of dominant diatom species can alter their evenness", *PLOS ONE*, 10(6), e0131454, 2015, doi: 10.1371/journal.pone.0131454
27. Sugie, K. and Suzuki, K., "A new marine araphid diatom, *Thalassionema kuroshioensis* sp. nov., from temperate Japanese coastal waters", *Diatom Research*, 30, 237-245, 2015, doi:10.1080/0269249X.2015.1055339
28. Fujiwara, A., Hirawake, T., Suzuki, K., Eisner, L., Imai, I., Nishino, S., Kikuchi, T. and Saitoh, S-I. "Influence of timing of sea ice retreat on phytoplankton size during marginal ice zone bloom period on the Chukchi and Bering shelves", *Biogeosciences*, 13, 115-131, 2016, doi: 10.5194/bg-13-115-2016
29. Suzuki, K., Kamimura, A., and Hooker, S.B. "Rapid and highly sensitive analysis of chlorophylls and carotenoids from marine phytoplankton using ultra-high performance liquid chromatography (UHPLC) with the first derivative spectrum chromatogram (FDSC) technique", *Marine Chemistry*,



- 176, 96–109, 2015, doi:10.1016/j.marchem.2015.07.010
30. 高橋潔, 三枝信子, 及川武久, 河宮未知生, 羽島知洋, 山中康裕, 平田貴文, 阿部彩子, “物理・生態さらには人間システムをつながりモデルで描く”, *地球環境*, 20, 135-142, 2015
  31. Xiong, X., Masuda, Y., Hashioka, T., Ono, T. and Yamanaka, Y., “Effect of seasonal change in gas transfer coefficient on air-sea CO<sub>2</sub> flux in the western North Pacific”, *Journal of Oceanography*, 71(6), 685-701, 2015, doi:10.1007/s10872-015-0313-5
  32. Hoshiya, Y. and Yamanaka, Y., “Simulation of the effects of bottom topography on net primary production induced by riverine input”, *Continental Shelf Research*, 117, 20-29, 2016, doi:10.1016/j.csr.2016.01.020
  33. Masuda, Y., Yamanaka, Y., Hirata, T., and Nakano, H., “Competition and community assemblage dynamics within a phytoplankton functional group: Simulation using an eddy-resolving model to disentangle deterministic and random effects”, *Ecological Modelling*, 343, 1-14, 2017, doi:10.1016/j.ecolmodel.2016.10.015
  34. Aiken, J., Brewin, R.J.W., Dufois, F., Polimene, L., Hardman-Mountford, N. J., Jackson, T., Loveday, B., Mallor Hoya, S., Dall’Olmo, G., Stephens, J., Hirata, T., “A synthesis of the environmental response of the North and South subtropical gyres during two decades of AMT, *Progress in Oceanography*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2016.08.004> (in press)
  35. Endo, H., Sugie, K., Yoshimura, T. and Suzuki, K., “Response of spring diatoms to CO<sub>2</sub> availability in the western North Pacific as determined by next-generation sequencing”, *PLOS ONE*, 11, e0154291, 2016, doi:10.1371/journal.pone.0154291.
  36. Tada, Y. and Suzuki, K., “Changes in the community structure of free-living heterotrophic bacteria in the open tropical Pacific in response to microalgal lysate-derived dissolved organic matter”, *FEMS Microbiology Ecology*, 92, fiw099, 2016, doi: 10.1093/femsec/fiw099.
  37. Tada, Y., Shiozaki, T., Ogawa, H., and Suzuki, K. “Basin-scale distribution of prokaryotic phylotypes in the epipelagic layer of the Central South Pacific Ocean during austral summer”, *Journal of Oceanography*, 2016, doi: 10.1007/s10872-016-0391-z.
  38. Xia, X., Partensky, F., Garczarek, L., Suzuki, K., Guo, C., Cheung, S. Y., and Liu, H., “Phylogeography and pigment type diversity of *Synechococcus* cyanobacteria in surface waters of the northwestern Pacific Ocean” *Environmental Microbiology*, 2016, doi: 10.1111/1462-2920.13541.
  39. Sugie, K., and Suzuki, K.,” Characterization of the synoptic-scale diversity, biogeography and size distribution of diatoms in the North Pacific. *Limnology and Oceanography*, in press.
  40. Bracher, A., Bouman, H., Brewin, R. J. W. , Bricaud, A., Brotas, V., Ciotti, A. M., Clementson, L. , Devred, E., Di Cicco, A., Dutkiewicz, S., Hardman-Mountford, N., Hickman, A.E., Hieronymi, M., Hirata, T., Losa, S.N., Mouw, C. B., Organelli, E., Raitsos, D. E., Uitz, J., Vogt, M., Wolanin, A., Obtaining Phytoplankton Diversity from Ocean Color: A scientific roadmap for future development, *Frontiers in Marine Science*, 4, 55, doi:10.3389/fmars.2017.00055.
  41. Kostadinov, T. S., Cabré, A., Vedantham, H., Marinov, I., Bracher, A., Brewin, R.J.W., Bricaud, A., Hirata, T., Hirawake, T., Hardman-Mountford, N. J., Mouw, C.B., Roy, S., Uitz, J., Intercomparison of phytoplankton functional type phenology metrics derived from ocean color algorithms and Earth System Models, *Remote Sensing of Environment*, 190, 162-177, 2017, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2016.11.014>
  42. Mouw, C.B., Hardman-Mountford, N. J., Alvain, S., Bracher, A., Brewin, R.J.W., Bricaud, A., Ciotti, A.M., Devred, E., Fujiwara, A., Hirata, T., Hirawake, T., Kostadinov, T.S., Roy, S., Uitz, J., A Consumer’s guide to satellite remote sensing of multiple phytoplankton groups in the global ocean, *Frontiers in Marine Science*, 4, 41, 10.3389/fmars.2017.00041.
  43. Waga, H., Hirawake, T., Fujiwara, A., Kikuchi, T., Nishino, S., Suzuki, K., Takao, S., and Saitoh, S.-I. (2017) Differences in rate and direction of shifts between phytoplankton size structure and sea surface temperature. *Remote Sensing*, 9, 222, doi:10.3390/rs9030222.
  44. Isada, T., Hirawake, T., Nakada, S., Kobayashi, T., Sasaki, K., Tanaka, Y., Watanabe, S., Suzuki, K. and Saitoh, S.-I. (2017) Influence of hydrography on the spatiotemporal variability of phytoplankton assemblages and primary productivity in Funaka Bay and the Tsugaru Strait. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 188, 199-217. doi: 10.1016/j.ecss.2017.02.019.
  45. Nosaka, Y., Yamashita, Y., and Suzuki, K. (2017) Dynamics and origin of transparent exopolymer

particles in the Oyashio region of the western subarctic Pacific during the spring diatom bloom. *Frontiers in Marine Science*, 4, 79, 10.3389/fmars.2017.00079.

46. Endo, H., Hattori, H., Mishima, T., Hashida, G., Sasaki, H., Nishioka, J., and Suzuki, K., "Phytoplankton community responses to iron and CO<sub>2</sub> enrichment in different biogeochemical regions of the Southern Ocean". *Polar Biol.*, doi:10.1007/s00300-017-2130-3.

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

1. 野坂裕一, 鈴木光次, 伊佐田智規, 齊藤宏明, 津田敦, 服部寛, “夏季の西部北太平洋亜寒帯循環域における植物プランクトンの光合成による水柱の光利用効率”, 月刊海洋, 44, 473-477, 2012
2. 鈴木光次, “夏季のオホーツク海および千島列島海域における植物プランクトンの基礎生産特性”, 海洋と生物, 34, 18-24, 2012
3. Brwin, R.J.W., Sathyendranath, S., Bricaud, A., Ciotti, A., Devred, D., Hirata, T., Kostadinov, T. S., Loisel, H., Mouw, C. and Uitz, J. “Chapter 4. Detection of phytoplankton size structure by remote sensing”, *Interioral Ocean Colour Coordinating Group Report*, 15, 71-101, 2014
4. Endo, H., Sugie, K., Yoshimura, T. and Suzuki, K. “Effects of CO<sub>2</sub> and iron availability on *rbcL* gene expression in Bering Sea diatoms.” *Biogeosciences Discussion*, 11, 18105-18143, 2014, doi: 10.5194/bgd-11-18105-2014
5. Sathyendranath, S., Alvain, S., Hirata, T. and Sosik, H. “Chapter 5. Remote sensing algorithm for multiple phytoplankton types”, *Interioral Ocean Colour Coordinating Group Report* 15, 101-124, 2014
6. Bracher, A., Hardman-Mountford, N., Hirata, T., Bernard, S., Boss, E., Brewin, R., Bricaud, A., Brotas, V., Chase, A., Ciotti, A., Choi, J-K, Clementson, L., Devred, E., DiGiacomo, P., Dupouy, C., Hirawake, T., Kim, W., Kostadinov, T., Kwiatkowska, E., Lavender, S., Moisan, T., Mouw, C., Son, S., Sosik, H., Uitz, J., Werdell, J. and Zheng, G., *NASA Technical Memorandum*, 217528, 2015
7. Laufkötter, C., Vogt, M., Gruber, N., Aita-Noguchi, M., Aumont, O., Bopp, L., Buitenhuis, E., Doney, S.C., Dunne, J., Hashioka, T., Hauck, J., Hirata, T., John, J., Le Quééré, C., Lima, I.D., Nakano, H., Seferian, R., Totterdell, I., Vichi, M. and Völker, C., “Drivers and uncertainties of future global marine primary production in marine ecosystem models”, *Biogeosciences Discuss.*, 12, 3731-3824, 2015
8. 平譚享, 鈴木光次, “海洋中の光” 海洋観測ガイドライン, G808JP:001-008, 日本海洋学会, 2015
9. 鈴木光次, “植物色素”, 海洋観測ガイドライン, G404JP:001-005, 日本海洋学会, 2015
10. 鈴木光次, “基礎生産”, 海洋観測ガイドライン, G407JP:001-003, 日本海洋学会, 2015
11. 平田貴文, 鈴木光次, “衛星からみる黒潮域の植物プランクトン群集別一次生産速度”, 海洋と生物, 37(5), 478-485, 2015
12. 鈴木光次, “基礎生産過程”, 現代生態学講座「海洋生態学」(日本生態学会編), 122-139, 共立出版株式会社, 2016
13. 山村織生, 津田敦, 鈴木光次, 高橋一生, “海洋生態系の食物関係”. 現代生態学講座「海洋生態学」(日本生態学会編), 140-170, 共立出版株式会社, 2016
14. 山中康裕, “海洋物質循環・生態系の数値モデリングに対するアドバイス”, 月刊海洋, 48, 274-280, 2016.
15. 重光雅仁, 山中康裕, “海洋生態系モデル(Marine Ecosystem Model: MEM)の概略”, 月刊海洋, 48, 281-290, 2016.
16. 平譚享, 高尾信太郎, 鈴木光次, 西岡純, 渡邊豊, 伊佐田智規, “衛星による海洋基礎生産力の推定”. 海の研究, 26, 65-77

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 2 件、国際会議 6 件)

1. Suzuki, K. and Y. Sato-Takabe, Y., “Photosynthetic properties of marine aerobic an oxygenic

- phototrophic bacteria as estimated from variable bacteriochlorophyll fluorescence”, 2012 ASLO Aquatic Sciences Meeting, Biwako Hall, Otsu, 2012.7.8-13
2. 山中康裕. “日本における海洋物質循環・海洋生態系モデリング:最近20年間レビューおよび今後の発展性”, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, パシフィコ横浜, 2014.4.30
  3. Suzuki, K., H. Endo, K. Sugie, Yoshimura, T., “Responses of spring diatom assemblages in Oyashio waters of the western subarctic Pacific to CO<sub>2</sub> availability as estimated from molecular markers”, The 6th China-Japan-Korea IMBER Symposium, The University of Tokyo, 2013.10.4
  4. Hirata, T., “Satellite Remote Sensing of Ocean Biology and Biogeochemistry”, Asia-Oceania Geosciences Society, Royton-Sapporo, Sapporo, 2014.7.29
  5. Hirata, T., “Towards development of new satellite ocean colour products: phytoplankton community structure and its related properties”, Ocean Optics XXII, Holiday Inn By-the-Bay, Maine, USA, 2014.10.29
  6. 鈴木光次, “西部北太平洋域における植物プランクトン群集の多様性解析に向けて”, 自然科学研究機構・基礎生物学研究所・微細藻類研究会, 2014.12.22
  7. Suzuki K., “Toward the establishment of biogeography of phytoplankton groups in the Pacific Ocean using high-throughput UHPLC pigment analysis and NGS technology”, Gordon Research Conferences 2015 – Marine Molecular Ecology, Hong Kong University of Science and Technology, 2015.8.15
  8. Doney, S. and Hirata, T., Marine Ecosystem Model Intercomparison Project, Japan Geoscience Union 2016 Meeting, Makuhari-Messe, 23 May, 2016.
- ② 口頭発表 (国内会議 39 件、国際会議 16 件)
1. Fujiwara, A., Hirawake, T., Suzuki, K. and Saitoh, S., “Horizontal distribution of phytoplankton communities during late summer in the western Arctic.”, 2012 Ocean Sciences Meeting, Salt Lake City, USA, 2012.2.23
  2. 藤原周・平譯享・鈴木光次・今井一郎・新明克仁・齊藤誠一, “西部北極圏陸棚域における海水分布変動に対する植物プランクトンサイズ組成の応答”, 2012 年度日本海洋学会春季大会, つくば市, 2012.3.27
  3. 漢那直也・西岡純・村山愛子・鈴木光次, “オホーツク海氷に含まれる粒子態鉄の生物利用能”, 2012 年度日本海洋学会春季大会, つくば市, 2012.3.28
  4. Hirata, T., Saux-Picart, S., Hashioka, T., Aita-Noguchi, M., Sumata, H., Shigemitsu, M., Icarus, A. and Yamanaka, Y., “Comparison between phytoplankton community structures derived from a global 3D ecosystem model and satellite observation”, 2012 ASLO Aquatic Sciences Meeting, Piazza Omi, Otsu, 2012.7.9
  5. Isada, T., Hirawake, T., Suzuki, K. and Saitoh, S. “Optical discrimination of diatoms in coastal waters and implications for ocean color remote sensing.”, 2012 ASLO Aquatic Sciences Meeting, Piazza Omi, Otsu, 2012.7.11
  6. Endo, H., Yoshimura, T., Sugie, K. and Suzuki, K., “Responses of phytoplankton assemblages in pCO<sub>2</sub> level during the spring bloom in the Oyashio region. 2012 ASLO Aquatic Sciences Meeting, Piazza Omi, Otsu, 2012.7.11
  7. Takao, S., Hirawake, T. and Suzuki, K., “Photosynthetic physiology and primary productivity of phytoplankton in the Australian sector of the Southern Ocean.” 2012 ASLO Aquatic Sciences Meeting, Piazza Omi, Otsu, 2012.7.11
  8. Sato-Takabe, Y., Hamasaki, K. and Suzuki, K., “Enhanced photosynthetic activity of marine aerobic an oxygenic phototrophic bacteria under organic substrate limitation.”, 2012 ASLO Aquatic Sciences Meeting, Piazza Omi, Otsu, 2012.7.11
  9. 小松幸生, 藤木徹一, 鈴木光次, 齊藤宏明, 廣江豊, 福田秀樹, 安田一郎, 伊藤幸彦, 高橋一生. “春季黒潮域における光合成活性の鉛直断面構造”, 2013 年度日本海洋学会春季大会, 東京海洋大学品川キャンパス, 2013.3.22
  10. 服部寛, 三島翼, 遠藤寿, 本川正三, 飯田高大, 栗原春子, 橋田元, 鈴木光次, 田口哲, 佐々木洋. “南極海の酸性化がハプト藻類に及ぼす影響予測”, 2013 年度日本海洋学会春季大会, 東京海洋大学品川キャンパス, 2013.3.22
  11. 伊佐田智規, 平譯享, 小林創, 西岡純, 鈴木光次, 齊藤誠一. “噴火湾における植物プランク

- トン群集組成と基礎生産力の季節変化”, 2013 年度日本海洋学会春季大会, 東京海洋大学品川キャンパス, 2013.3.22
12. 遠藤寿, 鈴木光次, 杉江恒二, 芳村毅. “*rbcL* 遺伝子からみた春季親潮域の珪藻類に対する CO<sub>2</sub> の効果”, 2013 年度日本海洋学会春季大会, 東京海洋大学, 2013.3.22
  13. 野坂裕一, 鈴木光次, 山下洋平, 齊藤宏明, 高橋一生. “春季親潮珪藻ブルーム期における透明細胞外重合体粒子 (TEP) 分布の特徴”, 2013 年度日本海洋学会春季大会, 東京海洋大学品川キャンパス, 2013.3.22
  14. 平田貴文, 相田真希, 増田良帆, 橋岡豪人, 鈴木光次, 山中康裕, 村上浩. “海洋生態系や生物地球化学物質循環解析のための衛星リモートセンシングによる海洋植物プランクトン群集構造のデータセット”, 2013 年度日本海洋学会春季大会, 東京海洋大学品川キャンパス, 2013.3.23
  15. 鈴木光次, 神村章子. “超高速液体クロマトグラフ (UHPLC) を用いた海洋植物プランクトン色素の分析法の開発”, 2013 年度日本海洋学会春季大会, 東京海洋大学品川キャンパス, 2013.3.21~25
  16. Hirata, T. “Validation/Intercomparison of PFT satellite products”, International Ocean Colour Science Meeting 2013, Darmstadt, 2013.5.8
  17. 鈴木光次, 杉江恒二, 平田貴文, 神村章子, 中村翠珠, 遠藤寿, 齊藤宏明. “秋季九州南部黒潮域における植物プランクトン群集構造の特徴”, 2013 年度日本海洋学会秋季大会, 北海道大学札幌キャンパス, 2013.9.17~21
  18. 杉江恒二, 鈴木光次. “北太平洋外洋域における珪藻群集の細胞サイズと多様性”, 2013 年度日本海洋学会秋季大会, 北海道大学札幌キャンパス, 2013.9.17~21.
  19. 平田貴文, 杉江恒二, 鈴木光次, 齊藤宏明, 日高清隆, 廣江豊, 小松幸生, 長井健容, 岡崎雄二, 宮本洋臣. “水色衛星リモートセンシングによる黒潮域の植物プランクトングループ別一次生産速度の推定”, 2014 年度日本海洋学会春季大会, 東京海洋大学品川キャンパス, 2014.3.27
  20. 鈴木光次, 神村章子, 杉江恒二, 遠藤寿, 平田貴文, 齊藤宏明. “秋季九州南部黒潮域におけるハプト藻類の組成の特徴”, 2014 年度日本海洋学会春季大会, 東京海洋大学品川キャンパス, 2014.3.27
  21. 増田良帆, 山中康裕, 中野英之. “渦解像生態系モデルを用いた植物プランクトン多様性の形成メカニズム、種数の検討”, 2014 年度日本海洋学会春季大会, 東京海洋大学品川キャンパス, 2014.3.29
  22. Kostadinov, T., Milutinovic, S., Hirata, T., Marinov, I. and Maritorea, S., “Multi-sensor phytoplankton functional types from space: towards a global climate data record, Ocean Science Meeting, Hawaii Convention Center, 2014.2.24
  23. Hirata, T., Kostadinov, T., Hardman-Mountford, N. and Brewin, R.J.W., “Satellite Views of Phytoplankton Functional Types: Satellite PFT Algorithm Intercomparison”, Ocean Science Meeting, Hawaii Convention Center, 2014.2.24
  24. 干場康博, 山中康裕. “河川水流出による沿岸基礎生産の考察”, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, パシフィコ横浜, 2014.4.30
  25. 増田良帆, 山中康裕, 中野英之. “渦解像生態系モデルを用いた植物プランクトン多様性形成メカニズム、種数の検討”, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, パシフィコ横浜, 2014.4.30
  26. Hirawake, T., Futsuki, R., Shimnyo, K., Takao, S., Fujiwara, A., Suzuki, K., Isada, T., Nosaka, Y., Watanabe, Y. W. and Saitoh, S.-I., “Ocean primary production algorithm for the GCOM-C1/SGLF”, Asia Oceania Geosciences Society 2014, Sapporo, Japan, 2014.7.29.
  27. Takao, S., Iida, T., Isada, T., Saitoh, S.-I., Hirata, T. and Suzuki, K., “Bio-optical properties during the summer season in the Sea of Okhotsk”, Asia Oceania Geosciences Society 2014, Sapporo, Japan, 2014.8.1
  28. 津田敦, 鈴木光次, 浜崎恒二. “分子生物地理からの海洋区系”, 2014 年度日本海洋学会秋季大会, 長崎大学文教キャンパス, 2014.9.13
  29. 多田雄哉, 鈴木光次. “微細藻類由来の溶存態有機物に対する海洋細菌群集の動態解析”, 2014 年度日本海洋学会秋季大会, 長崎大学文教キャンパス, 2014.9.14

30. 平田貴文, 宮本洋臣, 鈴木光次, 齊藤宏明, 田所和明, 中神正康. “黒潮続流および西部北太平洋域におけるカイアシ類群集構造と植物プランクトン群集構造との比較”, 2014 年度日本海洋学会秋季大会, 長崎大学, 2014.9.16
31. Masuda, Y. and Yamanaka, Y. “Our trial for modeling representing hundreds of phytoplankton groups.”, CREST workshop. Tokyo. 2014.10.22
32. 平田貴文. “衛星から見る黒潮域の植物プランクトン群集別一次生産速度, 水産海洋学会水産海洋シンポジウム”, 東京海洋大学, 2015.3.21
33. 吉野勇太, 鈴木光次, 野坂裕一, 平譚享. “夏季のベーリング海およびチャクチ海表層における新生産とそれに寄与する植物プランクトングループの同定”, 2015 年度日本海洋学会春季大会, 2015.3.22
34. 遠藤寿, 鈴木光次, 杉江恒二, 芳村毅. “二酸化炭素分圧の変化が春季親潮域における珪藻 *rbcL* 遺伝子の発現と系統組成に与える影響”, 2015 年度日本海洋学会春季大会, 2015.3.22
35. 多田雄哉, 鈴木光次. “微細藻類由来の溶存態有機物に対する海洋細菌群集の動態解析-2”, 2015 年度日本海洋学会春季大会, 2015.3.23
36. 後藤周史, 多田雄哉, 鈴木光次, 山下洋平. “海洋細菌単離株による溶存有機物の生成に関する研究”, 2015 年度日本海洋学会春季大会, 2015.3.23
37. Hirata T., “Ocean colour remote sensing of marine euphotic depth”, Japan Geoscience Union · Japan Geoscience Union Meeting 2015, Makuhari Messe, 2015.5.28
38. 西岡純, 黒田寛, 葛西広海, 村山愛子, 鈴木光次. “オホーツク融氷水が親潮域の栄養環境に与える影響”, 日本海洋学会・2015 年度日本海洋学会秋季大会, 愛媛大学, 2015.9.27
39. 和賀久朋, 平譚享, 藤原周, 西野茂人, 菊池隆, 鈴木光次, 高尾信太郎, 齊藤誠一. “植物プランクトン群集におけるサイズ組成分布のシフト”, 日本海洋学会・2015 年度日本海洋学会秋季大会, 愛媛大学, 2015.9.27
40. 平田貴文, “海色衛星データを用いた黒潮域植物プランクトン群集別 Chla/C 比の推定”, 日本海洋学会・2015 年度日本海洋学会秋季大会, 愛媛大学, 2015.9.27
41. 田中雄大, 安田一郎, 西岡純, 鈴木光次, 小川浩史. “外洋域での乱流鉛直混合に伴う物質輸送に関する観測的研究”, 日本海洋学会・2015 年度日本海洋学会秋季大会, 愛媛大学, 2015.9.28
42. 多田雄哉, 鈴木光次. “南太平洋における海洋細菌主要系統群の空間的変動”, 日本海洋学会・2015 年度日本海洋学会秋季大会, 愛媛大学, 2015.9.29
43. Hirata T. and Suzuki K., “Remote sensing of taxon-specific primary productivity and quantum yield of photosynthesis”, The 3rd Asian Workshop on Ocean Color, JAMSTEC, 2015.12.9
44. 平譚享, 夫津木亮介, 新明克人, 藤原周, 伊佐田智規, 高尾信太郎, 鈴木光次, 渡邊豊, 野坂裕一. “SGLI/GCOM-C のための純基礎生産推定アルゴリズム”, 2016 年度日本海洋学会春季大会, 日本海洋学会・2016 年度日本海洋学会春季大会, 東京大学, 2016.3.15
45. 村上浩, 虎谷充浩, 平譚享, 鈴木光次, 平田貴文, 小林拓, 作野裕司, 藤原周, 齊藤誠一, 石坂丞二. “衛星海色観測による海洋生物研究:GCOM-C の利用に向けて”, 日本海洋学会・2016 年度日本海洋学会春季大会, 東京大学, 2016.3.15
46. 中村翠珠, 鈴木光次, 遠藤寿. “ラン藻 *Synechococcus* の系統型による北太平洋とその縁辺海域における海洋区系”, 日本海洋学会・2016 年度日本海洋学会春季大会, 東京大学, 2016.3.15
47. 平田貴文. “気候変動観測ミッション多波長光学放射計のための海洋生物・生物地球化学変数の衛星観測技術開発”, 日本海洋学会・2016 年度日本海洋学会春季大会, 東京大学, 2016.3.15
48. 多田雄哉, 中谷理愛, 後藤周二, 山下洋平, 鈴木光次. “珪藻および渦鞭毛藻類由来の溶存態有機物が沿岸性海洋細菌群集組成に及ぼす影響”, 日本海洋学会・2016 年度日本海洋学会春季大会, 東京大学, 2016.3.17
49. 伊佐田智規, 平譚享, 鈴木光次, 西岡純, 葛西広海, 阿部博哉. “北海道東部沿岸域の厚岸沖における植物プランクトン群集組成と光合成特性の季節変化”, 日本海洋学会・2016 年度日本海洋学会春季大会, 東京大学, 2016.3.17

50. 吉田和広, 遠藤寿, 鈴木光次. “沿岸親潮・親潮域に生息する植物プランクトンの光合成生理の温度応答”, 日本海洋学会・2016 年度日本海洋学会春季大会, 東京大学, 2016.3.17
51. 遠藤寿, 鈴木光次. “西部北太平洋における珪藻類とハプト藻類の群集構造、多様性、およびその制御要因に関する研究”, 日本海洋学会・2016 年度日本海洋学会春季大会, 東京大学, 2016.3.17
52. 干場康博, 平田貴文, 中野英之, 重光雅仁, 橋岡豪人, 増田良帆, 山中康裕. “海洋生態系生物変数のデータ同化に向けて”, 日本海洋学会・2016 年度日本海洋学会春季大会シンポジウム, 東京大学, 2016.3.18
53. 増田良帆, 山中康裕. “ニッチ分割に基づく植物プラクトン多様性の考察”, 日本地球惑星科学連合・日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 幕張メッセ, 2016.5.24
54. Hirata, T., Hardman-Mountford, N., Aiken, J., Barlow, R. Bernard, S., Masuda, Y., Fishwick, J., Martinez-Vicente, V., Brewin, R.J.W., Yamanaka, Y., “Relationships and consistencies among particle size distribution, phytoplankton community structure, chlorophyll-a and the ocean color, Ocean Optics XXIII, Victoria Conference Centre, Victoria, Canada, 2016.10.24.
55. Hirata, T., and Suzuki, K., “Development of new satellite ocean colour products: moving forward to an estimation of phytoplankton photo-physiology”, Japan Geoscience Union Meeting 2016, Makuhari-Messe, 2016.5.23.

③ ポスター発表 (国内会議 7 件、国際会議 22 件)

1. Yasuki, N., Suzuki, K. and Tsuda, A., “Responses of lower trophic organisms to typhoon passage in the East China Sea.” 2012 Ocean Sciences Meeting, Salt Lake City, USA, 2012.2.21
2. Yoshimura, T., Sugie, K., Endo, H. and Suzuki, K., “Impacts of ocean acidification on iron-deficient phytoplankton assemblages and organic production in open subarctic waters.” 2012 Ocean Sciences Meeting, Salt Lake City, USA, 2012.2.23
3. Isada, T., Hirawake, T., Suzuki, K. and Saitoh, S., “Identification of the diatoms bloom in the coastal waters by using hyperspectral approach.” 2012 Ocean Sciences Meeting, Salt Lake City, USA, 2012.2.23
4. Arakawa, Y., Hirawake, T., Suzuki, K., Fujiwara, A. and Saitoh, S., “Discrimination of phytoplankton size classes in the North Pacific.”, Piazza Omi, Otsu, 2012.7.11
5. Nosaka, Y., Suzuki, K., Yamashita, Y. “Characteristics of transparent exopolymer particle (TEP) distributions in the Oyashio region of the Northwest Pacific during the spring diatom bloom 2011.” 2012 ASLO Aquatic Sciences Meeting, Piazza Omi, Otsu, 2012.7.11
6. Hirata, T., Hardman-Mountford, N., Brewin, R.J.W., Bracher, A., Mouw, C., Kostadinov, T., Clementson, L., Barlow, R., Hirawake, T., Uitz, J., Fujiwara, A., Ciotti, A., Shang, S., Lavender, S., Suzuki, K., McMinn, A., Devred, E., Murakami, H., Takao, S., Arakawa, Y., Kobayashi, T. and Wang, S. “Satellite PFT Algorithm Intercomparison”, Ocean Optics XXI, Glasgow, UK, 2012.10.8
7. 福田秀樹, 小松幸生, 伊藤幸彦, 齊藤宏明, 鈴木光次, 高橋一生, 日高清隆, 廣江豊, 安田一郎., “春季黒潮周辺海域における懸濁粒子のサイズ分布およびその凝集・沈降特性”, 2013 年度日本海洋学会春季大会, 東京海洋大学品川キャンパス, 2013.3.22
8. 平田貴文, 鈴木光次, 山中康裕. “海洋生態系および生物地球化学変数の衛星観測”, 日本地球惑星科学連合会 2013 年大会, 幕張メッセ, 2013.5.19
9. 平田貴文, Hardman-Mountford, N., Barlow, R., Aiken, J., Fishwick, J., Brewin, R., 鈴木光次, “海色観測による植物プランクトン群集別モード粒径の推定”, 2013 年度日本海洋学会秋季大会, 北海道大学札幌キャンパス, 2013.9.19
10. 遠藤寿, 杉江恒二, 神村章子, 鈴木光次, “Ion PGM アンプリコンシーケンシングを用いた海洋植物プランクトン群集の多様性解析”, NGS 現場の会 第三回研究会 神戸国際会議場 2013.9.4~5
11. Hoshiba, Y. and Yamanaka, Y., “Along-coast shifts of phytoplankton blooms driven by riverine inputs of nutrients and fresh water”, Ocean Science Meeting, Hawaii Convention Center, 2014.2.27
12. Hirata, T., Sugie, K., Suzuki, K. and Saitoh, H., “Estimation of phytoplankton group-specific

- primary production in Kuroshio waters using ocean colour remote sensing”, Japan Geoscience Union 2014, Yokohama, Japan, 2014.4.29
13. Hoshiba, Y. and Yamanaka, Y., “Effects of bottom slope angle on phytoplankton blooms driven by riverine inputs of nutrients and fresh water”, Asia-Oceania Geoscience Society, 2014.7.30
  14. Hirata, T. and Saitoh, S. “A potential of micro-satellite constellation on observation of marine biogeochemical/biological environment”, Asia-Oceania Geoscience Society, 2014.7.31
  15. Hirata, T., Sugie, K., Saito, H. and Suzuki, K., “Primitive results on remote sensing of group-specific primary productivity in Kuroshio waters.” Asia Oceania Geosciences Society 2014, Sapporo, Japan, 2014.8.1
  16. Suzuki, K., Hattori-Saito, A., Sekiguchi, Y., Nishioka, J., Shigemitsu, M., Isada, T., Liu, H. and McKay, R.M.L., “Spatial variability in iron nutritional status of large diatoms in the Sea of Okhotsk with special reference to the Amur River discharge”, Asia Oceania Geosciences Society 2014, Sapporo, Japan, 2014.8.1
  17. Nakamura, S., Endo, H., Sugie, K., Saito, H. and Suzuki, K. “Characteristics of picocyanobacteria *Synechococcus* phylotypes in the North Pacific and its adjacent waters”, Asia Oceania Geosciences Society 2014, Sapporo, Japan, 2014.8.1
  18. Waga, H., Hirawake, T., Suzuki, K. and Fujiwara, A., “Deriving of phytoplankton size spectrum using absorption property”, Ocean Optics XXII, Maine, USA, 2014.10.28
  19. Fujiwara, A., Hirawake, T., Suzuki, K., Imai, I., Saitoh, S.-I. and Kikuchi, T. “Deriving of major algal pigment concentrations using spectral absorption coefficient in the western Arctic Ocean”, Ocean Optics XXII, Maine, USA, 2014.10.28
  20. Hirawake, T., Futsuki, R., Shinmyo, K., Takao, S., Fujiwara, A., Suzuki, K., Isada, T., Nosaka, Y., Watanabe, Y. and Saitoh, S.-I. “Absorption-based primary production algorithm for the GCOM-C1/SGLI”, Ocean Optics XXII, Maine, USA, 2014.10.29
  21. 増田良帆, 山中康裕, 平田貴史, 中野英之. “ニッチ分割に基づく植物プランクトン多様性の研究.”, 東大大海研共同利用研究集会「海洋生態系モデリングの最前線: 成果、連携、次世代への展開」, 東京大学大気海洋研究所, 2015.3.5
  22. 高尾信太郎, 藤井賢彦, 勝山吉徳, 鈴木光次, 四ツ倉典滋, “北海道・忍路湾における pH の日周変動—海洋酸性化が沿岸生態系に及ぼす影響評価・予測に必要なデータ取得”, 2015 年度日本海洋学会春季大会, 東京海洋大学品川キャンパス, 2015.3.23
  23. 平田貴文, “海洋低次生態系モデル開発に資する植物プランクトン群集別光合成量子収率の衛星データ解析”, 日本地球惑星連合会・2015 年連合大会, 幕張メッセ, 2015.5.24
  24. Endo, H., Sugie, K., Yoshimura, T. and Suzuki, K. “Taxon-specific responses of diatom assemblages to changing CO<sub>2</sub> availability in Oyashio waters of the western North Pacific during spring”, Molecular Life of Diatoms 2015, University of Washington, WA, USA, 2015.7.8
  25. Yoshida, K., Endo, H. and Suzuki, K. “Different photosynthetic responses between phytoplankton assemblages in coastal Oyashio and Oyashio waters of the western subarctic Pacific in early spring”, Croucher Summer Course “Climate Change and Marine Ecosystems”, Hong Kong University of Science and Technology, 2015.7.30
  26. Hooker, S.B., Olivier, A., Suzuki, K. and Morrow, J. “State-of-the-art optical data collection using the compact-propulsion option for profiling systems (C-PrOPS)”, AGU·ASLO·The Oceanographic Society · 2016 Ocean Sciences Meeting, Ernest N. Morial Convention Center, LA, USA, 2016.2.24
  27. Hirata, T., Suzuki, K., Ocean color remote sensing of photophysiology and primary productivity of various phytoplankton groups, Colour and Light in the Ocean from Earth Observation, Frascati, European Space Agency Head Quater, 2016.9.6-8.
  28. Hoshiba, Y., Hirata, T., Shigemitsu, M., Nakano, H., Hashioka, T., Masuda, Y., Yamanaka, Y., “Data assimilated state variables of a lower trophic level marine ecosystem model (3-D NSI-MEM) by a micro-genetic algorithm in North Pacific”, Japan Geoscience Union Meeting 2016, Makuhari-Messe, 2016.5.23.
  29. Suzuki, K., and Endo, H. “ontrasting biogeography and diversity patterns between diatoms and haptophytes in the central Pacific Ocean”, Gordon Research Cnferences 2016 – Ocean Biogeochemistry, Chinese University of Hong Kong, 2016.6.15.

#### (4)知財出願

##### ①国内出願 (1 件)

1. 発明の名称:濾過採取装置  
発明者:大江亮一, 大廣洋, 鈴木光次  
出願人:東洋濾紙株式会社, 国立大学法人北海道大学  
出願日:2016.2.16  
出願番号:特願 2016-027268

#### (5)受賞等

##### ①受賞

1. 山中康裕, 北海道大学研究総長賞, 北海道大学, 2013.3 (北大約 2000 名の研究者から第 2 回として 8 名選ばれたもの)
2. 鈴木光次, 平成 27 年度北海道大学研究総長賞(奨励賞), 北海道大学, 札幌, 2016.2.3
3. 吉田和広, 遠藤寿, 鈴木光次. Best Poster Presentation Award in the 2015 Croucher Summer Course “Climate Change and Marine Ecosystems”, Hong Kong University of Science and Technology, 香港, 2015.7.31
4. Elsevier ScienceDirect Top 25 Hottest Articles: Suzuki et al. (2015) ranked 2<sup>nd</sup> on the top 25 in Marine Chemistry during July–September 2015, and ranked 4<sup>th</sup> on the top 25 in Marine Chemistry during October–December 2015
5. 鈴木光次, 平成 28 年度北海道大学教育総長賞(奨励賞), 北海道大学, 札幌, 2017.1.31

#### (6)成果展開事例

##### ①実用化に向けての展開

- 開発した衛星アルゴリズムを用いて得られた衛星データについて、HP (URL: <https://pft.ees.hokudai.ac.jp/hirata/data.shtml>)にて公開中。
- 編纂した全球現場 HPLC データセットの一部は、国際プロジェクト「Satellite PFT Algorithm Intercomparison Project」下でオーストラリア Commonwealth Scientific and Industrial Research (CSIRO)を通じて(<http://pft.ees.hokudai.ac.jp/satellite/index.shtml>), 世界のプロジェクトメンバー(英国企業・Pixalitics Ltd、米国企業・Northrop Grumman Aerospace Systems Corp.を含む)へ公開中(要パスワード)。

##### ② 社会還元的な展開活動

- IPCC 第5次報告書に山中が共著となっている論文は 10 編引用され、そのうち、3編は前 CREST の成果である。
  - (i) Hashioka, T., T. T. Sakamoto, and Y. Yamanaka, 2009: Potential impact of global warming on North Pacific spring blooms projected by an eddy-permitting 3-D ocean ecosystem model, *Geophysical Research Letters*, **36**, L20604.
  - (ii) Okunishi, T., S.-I. Ito, T. Hashioka, T.T. Sakamoto, N. Yoshie, H. Sumata, Y. Yara, N. Okada, and Y. Yamanaka, 2012: Impacts of climate change on growth, migration and recruitment success of Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) in the western North Pacific. *Climatic Change*, **115 (3-4)**, 485-503.
  - (iii) Yamamoto, A., M. Kawamiya, A. Ishida, Y. Yamanaka, and S. Watanabe, 2012: Impact of rapid sea-ice reduction in the Arctic Ocean on the rate of ocean acidification. *Biogeosciences*, **9**, 2365-2375.

その観点から見ると、“植物プランクトン多様性モデル”を温暖化に適用すれば、明らかに次の IPCC 第6次報告書に貢献する見込みがある。

- 開発している同化システムを、将来、気象庁気象研究所に移転できる見込みがある
- 国立環境研究所の野尻幸宏博士が行っている日本-米国間の商用貨物船(New Century 2)



を利用することで、植物プランクトン群集データを定期的に、かつ、大量に取得できる観測線を展開している。

- 検証した衛星観測アルゴリズムは、JAXA が 2017 年前半に打ち上げ予定の人工衛星「GCOM-C1」による観測に利用される予定である。
- 改良された衛星アルゴリズムは、世界の宇宙機関等(例: NASA)で構成される IOCCG の国際報告書 No.15 (2014)で用いられている。
- 衛星アルゴリズムは、一般向け科学書籍の中で、国際プロジェクトである「SOLAS」を纏める書籍で引用されている(Ocean-Atmosphere Interactions of Gases and Particles, Springer Earth System Sciences 2014)。
- 編纂した現場データは”Satellite Phytoplankton Functional Type Algorithm Intercomparison”で用いられている
- 本研究で得られた衛星データセットは、URL <https://pft.ees.hokudai.ac.jp/hirata/data.shtml> で公開し、一般に情報を提供している。
- 現場データは、Joint ICES / PICES (The International Council for the Exploration of the Sea / The North Pacific Marine Organization) ワーキンググループ”Climate Change and Biologically-driven Ocean Carbon Sequestration”において活用されている。
- 現場データは、国際プロジェクト BioGEOTRACES (Biological parameters in an international study of the marine biogeochemical cycles of trace elements and their isotopes)において活用されている。

## §5 研究期間中の活動

### 5.1 主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2012年3月1-2日	海洋生態系モデリング勉強会	北海道大学	23人	海洋生態系モデリング・コミュニティ内でのCREST研究の報告、H23年度の海洋生態系モデリング研究の成果発表および勉強会
2012年7月9日	2012 ASLO Aquatic Sciences Meeting Special Session	琵琶湖ホール	50人	水圏での生物地球化学と生態系機能のモデリングに関するセッションの開催
2012年7月12日	2012 ASLO Aquatic Sciences Meeting Special Session	琵琶湖ホール	50人	植物色素を用いた最新海洋学に関するセッション
2012年7月6日	科学技術振興シンポジウム	北海道大学	20人	Simon W. Wright 博士(豪・CSIRO)を招聘した招待講演
2013年4月30日	海洋生態系モデリングの最前線	幕張メッセ	30人	日本地球惑星科学連合会2013年大会でのセッション
2013年5月7日	Phytoplankton Community Structure from Ocean Colour: Method, Validation, Intercomparison and Applications	Darmstadtium	40名	国際会議での研究セッションおよび実務ワークショップの開催
2013年12月10日	気候変動に関する政府間パネル(IPCC)公開シンポジウム「地球温暖化問題について考えよう!」	京王プラザ 札幌	100人	アウトリーチ活動 (IPCC 主催)
2014年4月30日	日本地球惑星連合会海洋生態モデリングセッション	パシフィコ 横浜	30人	学術交流
2014年5月19日	海洋生態系モデリング	パシフィコ 横浜	25人	日本地球惑星科学連合会2014年大会でのセッション
2014年6月14日	教えて山中先生!地球温暖化はどうなっているの?~IPCC第5次評価報告書からわかること~	江別市野幌 公民館	80人	アウトリーチ活動 (江別市主催)
2014年6月25日	時計台サロン「地球温暖化と海 引き金は引かれた?」	札幌市時計台ホール	120人	アウトリーチ活動(北海道大学主催)
2014年8月1日	Asia-Oceania Geoscience Society Meeting 2014	Royton 札幌	60人	西部北太平洋域縁辺海の生態系・物質循環セッション
2014年9月12日	環境教育講座	北海道大学	15人	高校生(藻岩高校)への特別授業

2015年3月4-5日	海洋生態系モデリングの最前線:成果、連携、次世代への展開	東京大学	27人	研究発表ならびに連携協議
2016年3月15日	2016年度日本海洋学会春季大会セッション「亜寒帯循環境界の物理・生物地球化学過程」	東京大学	約50人	成果発表
2016年3月15日	2016年度日本海洋学会春季大会セッション「衛星海色観測による海洋生物圏研究:気候変動ミッション GCOMCの利用に向けて」	東京大学	約50人	成果発表
2016年3月15-17日	2016年度日本海洋学会春季大会セッション「プランクトンの分布と多様性」	東京大学	約50人	成果発表
2016年9月8日	Phytoplankton Diversity	European Space Agency, Italy	40人	国際会議での議論セッション:国際コミュニティとしての研究ロードマップ議論
2016年10月25日	Satellite Phytoplankton Functional Type Algorithm Intercomparison	Victoria Conference Centre, Canada	25人	国際ワークショップ:国際連携および国際コミュニティとしての研究ロードマップ議論
2016年11月28-30日	ワークショップ:海洋物質循環・生態系モデリングの発展性の探索	北海道大学	20人	連携協議および研究発表