

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 30 日現在

機関番号：10101

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010 ～ 2011

課題番号：22810001

研究課題名（和文） 海色衛星観測と生態系モデルによる一次生産者群集構造と海洋二酸化炭素分圧との関係

研究課題名（英文） Correlation analysis between phytoplankton functional types and the ocean partial pressure of carbon dioxide using the satellite ocean colour observation and marine ecosystem modelling.

研究代表者

平田 貴文 (HIRATA TAKAFUMI)

北海道大学・大学院地球環境科学研究院・博士研究員

研究者番号：80576231

研究成果の概要（和文）：

人工衛星から観測される情報を利用して、1998年から2009年までの全球規模における海洋二酸化炭素分圧（ $p\text{CO}_2$ ）および植物プランクトンの群集構造間の関係を調べた。各植物プランクトングループに対するChlorophyll-a量（Chla）と $p\text{CO}_2$ の各時間偏差の間には、亜寒帯と亜熱帯を分ける前線域で負の相関が全グループにおいて見られた。一方、 $p\text{CO}_2$ と、各グループが全Chlaへ占める割合の間での相関は、上記と同様に前線域で強いものの、グループによって相関の仕方が異なった。

研究成果の概要（英文）：

Time series of partial pressure of carbon dioxide and phytoplankton functional types (PFTs) were reconstructed from the existing ocean colour data. Temporal anomaly of $p\text{CO}_2$ and fractional Chlorophyll-a (Chla) of each PFT showed a significant negative correlation around the sub-arctic or sub-tropical frontal zones, which was also found from the hindcast simulations of a marine ecosystem model. On the other hand, correlation between $p\text{CO}_2$ and a relative contribution of each PFT to the total Chla showed a taxonomic dependence in the frontal zones: the large- and middle-sized algae such as diatoms and haptophytes showed a negative correlation with $p\text{CO}_2$ whereas the small-sized algae a positive correlation. These results imply that phytoplankton community structure, as well as their biomass, may play an important role on variation in $p\text{CO}_2$ for some oceanic regions.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,260,000	378,000	1,638,000
2011年度	1,160,000	348,000	1,508,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,420,000	726,000	3,146,000

研究分野： 海洋科学、リモートセンシング

科研費の分科・細目： 環境動態解析

キーワード： 二酸化炭素分圧、植物プランクトン、リモートセンシング、モデル

1. 研究開始当初の背景

海洋の二酸化炭素は大気二酸化炭素の吸収・放出源であるため、その変動を調べることは重要である。一方、それに関連した海洋酸性化問題が浮上する中、海洋二酸化炭素と海洋の生物活動との関係は、科学的重要性に加えて水産面等の社会・経済的重要性も高い。これまで海洋における二酸化炭素と生物間の議論は、光合成を通じて二酸化炭素を固定する一次生産者全体の生物量で議論されることが多かった。しかし、植物プランクトンの生理による知見から、海洋二酸化炭素の変動は植物プランクトンの分類グループによって異なる影響を持つと考えられるが、全球規模による知見は乏しかった。

2. 研究の目的

気候変動に伴う海洋表層の二酸化炭素分圧 ($p\text{CO}_2$) の変化が、海洋一次生産者の群集構造とどのような関係があるかという問いに、応えるために、衛星観測とモデリングの手法を利用して応えることを目的とする。

3. 研究の方法

衛星海色データと、それより植物プランクトンの機能別分類 (PFTs) を見積もるアルゴリズムを利用することにより、1998-2007 年における全球規模の PFTs の時系列衛星データを作成する。また、既存の $p\text{CO}_2$ 気候値 (Takahashi et al., 2009) と、他の衛星データ (海面水温等) を利用して、上記期間における全球規模の海洋 $p\text{CO}_2$ 場を再現する。得られた PFTs と $p\text{CO}_2$ の時系列データを統計的に解析し、それらの相互関係を考察する。

4. 研究成果

(1) 全球 PFTs の時系列

図 1 に、NASA SeaWiFS によって衛星観測された、各 PFTs の全植物プランクトン Ch1a 量に対する割合の全球分布を示す。大型藻類 (Micro, Diatoms) は高緯度又は沿岸域で、小型藻類 (Pico, Prokaryotes, Prochlorococcus sp.) は亜熱帯で、全群集に対して大きな割合で存在していることが分かる。中型藻類 (Nano) は、亜熱帯循環域を除く全球に見られる。図 2 にこれらの海域ごとの時系列を示す (a: 北極海、b: 南極海、c: 北大西洋、d: 南大西洋、e: 北太平洋、f: 南

太平洋、g: インド洋、h: 全球)。北半球と南半球で位相が異なる他、同海域内で、群集間で位相が異なり、現実的な時間変動を表現している様子がわかる。

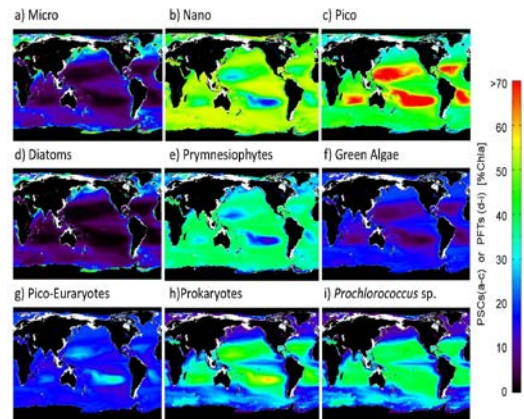


図 1 PFTs の全球分布 (Hirata et al., 2011 より抜粋)

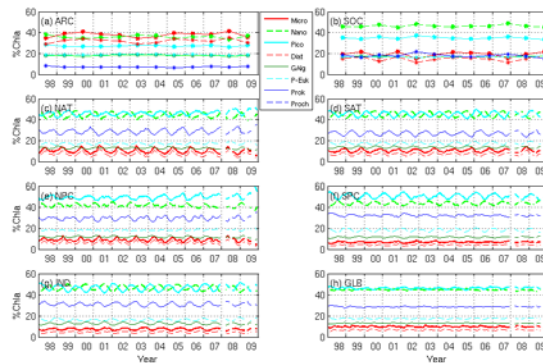


図 2 各 PFT の時系列

(2) $p\text{CO}_2$ の全球時系列データ

主成分分析を利用して、Takahashi et al. (2009) による $p\text{CO}_2$ の気候値から、時系列を再現することを試みた。この手法によると、重回帰分析と比べて、格段により精度で気候値を再現できた (図 3)。このようにして見積もられた $p\text{CO}_2$ の時系列を図 4 に示す。季節変動の他、経年変動も表現できていることが分かる。モデルによる $p\text{CO}_2$ 分布も、北太平洋中央部および北大西洋中央部をのぞき、全球的に良く再現されている (図 5)。

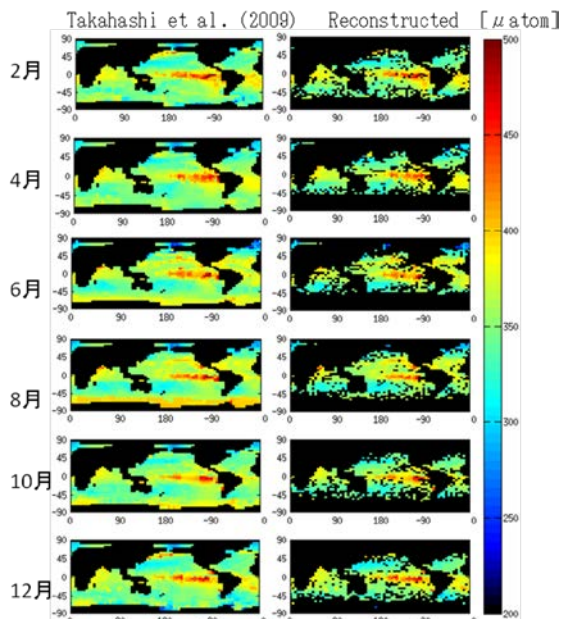


図3 Takahashi et al (2009)による pCO₂ と衛星データを用いて再現された pCO₂ (右)

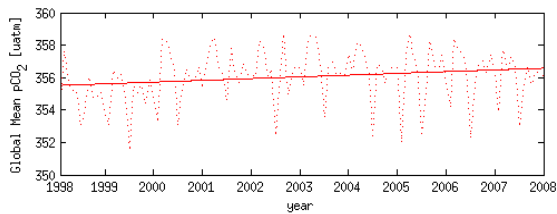


図4 衛星データを用いて再現された pCO₂ の時系列 (全球平均値)

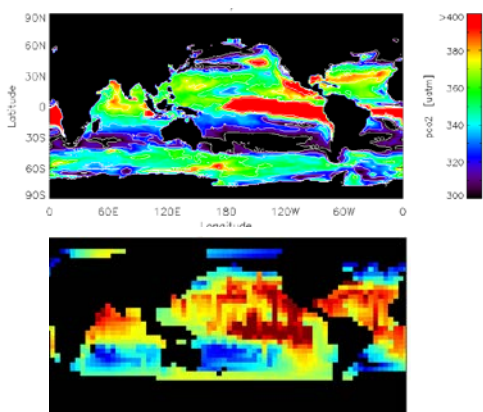


図5 モデル (上) および衛星 (下) より計算された pCO₂ [μatm] (1998年8月)

(3) PFTs と pCO₂ 間での相関
pCO₂ [μatm] と各 PFT の色素生物量 [mgChla/m³] の時系列データに対して計算された、それぞれの時間偏差 (時系列 - 時間

平均値) 間での同時相関を図6に示す。亜寒帯と亜熱帯を分ける前線海域で、際立つ負の相関がみられる ($r < -0.7$)。この負の相関はモデルでも顕著に見られる (図7)。

一方、熱帯域においては、マイクロプランクトン (Micro)、ナノプランクトン (Nano)、珪藻 (Diatom)、緑藻 (Green) やハプト藻 (Hapto) といった大・中型のプランクトンで、太平洋中央部や南米ベネズエラ北部に正の相関がみられる他は、顕著な相関はほぼ見られなかった。

これに対し、植物プランクトン全群集に対する各 PFT の存在率をみると (図8)、ピコプランクトン (Pico)、ピコ真核 (PicoEuk)、原核藻類 (Prokaryote)、Prochlorococcus sp. (Prochl) やハプト藻といった小・中型の植物プランクトンで、顕著な正の相関 ($r > 0.7$) を示す海域が多くみられた。

2か月毎に計6か月間のlag相関を計算した結果、同時相関が最もよい相関を示したことから、生物と pCO₂ 間での関係は短い時間スケールですでに成り立っていることが示唆された。

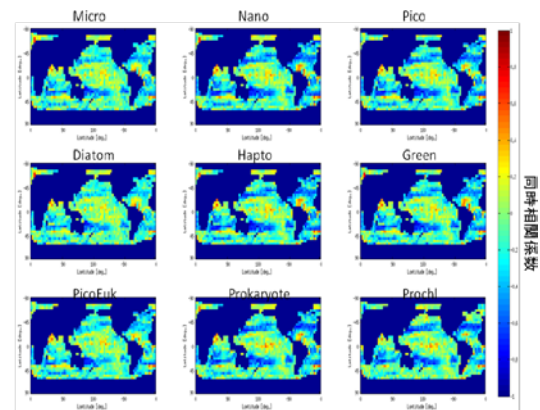


図6 pCO₂ (μatm) と各 PFTs の色素生物量 (mgChla/m³) それぞれの時間偏差との間での同時相関係数

これらの結果の生物学的解釈として、生物量が大きい大型植物プランクトンが繁殖する際は、光合成によって pCO₂ を下げる効果が顕著であるが、小型の植物プランクトン (生物量小) が相対的に多い際は、(例えば群集呼吸など) 光合成以外の要素による効果が相対的に大きいことが考えられる。一方、一般的に北太平洋や南大洋では栄養塩が高い濃度を示すことから、(前線域と比較して) 生物量が相対的に大きいこれらの海域で PFTs (mgChla/m³ や %Chla) と pCO₂ 間の相関が弱いのは、海洋下層からの冷水の供給による pCO₂ への物理的影響 (例: 水温、CO₂ 化学種の上層への流入) が、上記の光合成といった生物的影響を上回っているためと考えられる。

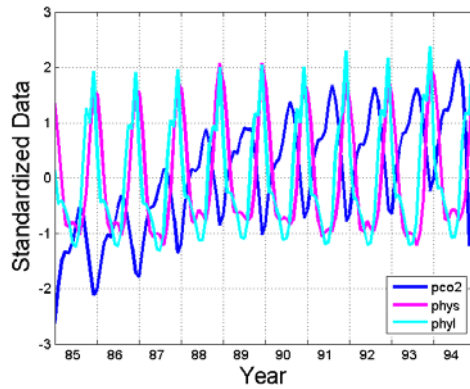


図7 モデルによるpCO₂-PFTs間の時間相関。比較しやすくするために、データは標準化した。

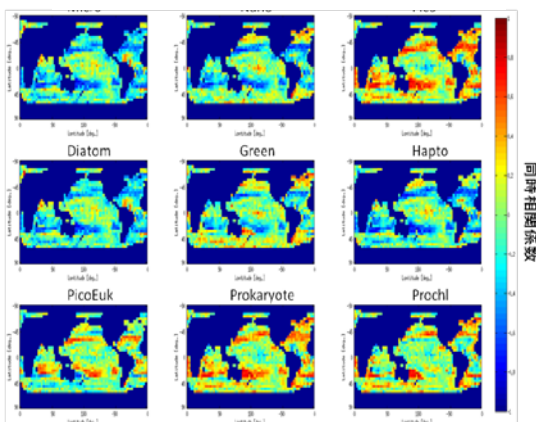


図7 pCO₂(μ atom)と各PFTの全生物色素量への割合 (mgChla/m³) それぞれの時間偏差との間での同時相関係数

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

Takafumi Hirata, Stephane Saux-Picart, Taketo Hashioka, Maki Aita-Noguchi, Hiroshi Sumata, Masahito Shigemitsu, J. Icarus Allen, Yasuhiro Yamanaka, A comparison between phytoplankton community structure derived from a global 3D ecosystem model and satellite observation, *Journal of Marine Systems*, 2012, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2012.01.009>

Takafumi Hirata, Nickolas, J.

Hardman-Mountford, Robert, J. W. Brewin, Koji Suzuki, Tomonori Isada, Evan Howell, Taketo Hashioka, Maki Noguchi-Aita, Yasuhiro Yamanaka, Synoptic relationships between surface Chlorophyll-a and diagnostic pigments specific to phytoplankton functional types, *Biogeosciences*, 8, 2011, pp.311-327

Robert R. J. W. Brewin, Nicholas J.

Hardman-Mountford, Samantha Lavender, Dionysios, E. Raitzos, Takafumi Hirata, Julia Uitz, Emmanuel Devred, Annick Bricaud, Aurea Ciotti, Bernard Gentili, An intercomparison of bio-optical techniques for detecting dominant phytoplankton size class from satellite remote sensing, *Remote Sensing of Environment*, 115, 2011, pp. 325-339.

Robert J. W. Brewin, Shubha Sathyendranath,

Takafumi Hirata, Samantha Lavender, Rosa M. Marciela, Nicholas Hardman-Mountford, A three-component phytoplankton size class model for the Atlantic ocean, *Ecological Modelling*, 221, 2010, pp.1472-1483.

[学会発表] (計4件)

Takafumi Hirata(代表), A comparison between global phytoplankton types estimated by model and satellite, *Advances in Marine Ecosystem Model Researches*, 27-30 June 2011, University of Plymouth, Plymouth, UK.

Takafumi Hirata(代表), A comparison between the biomass distribution of zooplankton estimated from satellite and marine ecosystem models; assessment of spatial applicability of the models, Advances in Marine Ecosystem Model Researches, 30 June 2011, University of Plymouth, Plymouth, UK.

Takafumi Hirata (代表), Dynamics of phytoplankton community structure derived from a 3D ecosystem model and satellite ocean colour algorithm, International workshop of climate change and ocean carbon, International workshop of climate change and ocean carbon, 4 April 2011, Xiamen University, Xiamen, China.

Takafumi Hirata (代表), A comparison between a 3D ecosystem model and satellite observations of phytoplankton community structure in the global oceans, IMBER IMBIZ02, 12 October 2010, The Hellenic Center for Marine Research, Crete, Greece.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平田 貴文 (HIRATA TAKAFUMI)
北海道大学・大学院地球環境科学研究所・
博士研究員
研究者番号：80576231

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

山中 康裕 (YAMANAKA YASUHIRO)
北海道大学・大学院地球環境科学研究所・
教授
研究者番号：40242177

藤井 賢彦 (FUJII MASAHIKO)
北海道大学・大学院地球環境科学研究所・
准教授