様式Ｃ－１９

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２４日現在

機関番号：17701
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2009　～　2011
課題番号：21710012

研究課題名（和文）：鉛直フラックスに与える動物プランクトンの影響

研究課題名（英文）：Impacts of zooplankton community to vertical flux

研究代表者：小針　統（KOBARI　TORU）鹿児島大学・水産学部・准教授
研究者番号：60336328

研究成果の概要（和文）：
本研究の目的は、これまで見過ごされてきた海洋中深層への炭素輸送に与える動物プランクトン群集の影響を評価することである。糞粒は表層で量的に卓越する動物プランクトン分類群から排出されているが、同時に沈降中にこれら分類群によって消費・断片化されていた。沈降中におおきく変容あるいは減耗する糞粒よりも、動物プランクトン量が少ない海域や時期には、動物プランクトン鉛直移動者によって輸送された呼吸量が動物プランクトン群集を介した炭素輸送において相対的に重要になった。

研究成果の概要（英文）：
The aim of the present study is to evaluate the impacts of zooplankton community to downward carbon flux, which have been ignored. Fecal pellets were egested by the predominant taxonomic groups in zooplankton biomass at the surface, and were also consumed and fragmented by these groups during sink. Compared with the zooplankton fecal pellets which was largely changed or declined during sink, respiratory flux transported by diurnally vertical migrants at depth was relatively important for downward flux via zooplankton community in the areas and seasons with low zooplankton biomass.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合　計
2009 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総　計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：海洋学・プランクトン学
科研費の分科・細目：環境動態・生物海洋
キーワード：海洋科学・海洋生態・環境変動・物質循環・沈降粒子・動物プランクトン・鉛直輸送

１．研究開始当初の背景

海洋中深層は大気との接触から隔離されているため、地球上最大の炭素貯蔵庫となっており、この領域への物質輸送は地球温暖化抑制に極めて大きな役割を果たしている。沈降粒子は海洋中深層に物質を供給する主な経路であり、地球規模の物質循環に貢献するほど莫大な輸送を生じている。このため、世界中の海洋でセジメントトラップを使って物質輸送を測定することによって研究成果が蓄積されてきた。それによると、沈降粒子は珪酸や炭酸カルシウムの殻を持つ植物プランクトンの凝集塊、大型動物プランクトンの糞粒、脱皮殻、死骸などによって形成されるが、沈降中に物理的に断片化あるいはバクテリアなどによる分解を受けながら指数関数的に減少するため、沈降粒子の減耗パターンは深度の関数としてモデル化できるとされてきた。このような経験則に基づいて、沈降粒子の減耗モデルを組み込んだ地球規模の物質循環モデルや地球温暖化予測モデルが構築されつつある。

このような背景のもと、沈降粒子の形成・変容過程における動物プランクトンの影響や鉛直フラックスに対する貢献度については、国際組織の主要課題として重視されつつある。これら最新の研究成果によれば、沈降粒子の形成・変容・減耗過程あるいは別の輸送経路に動物プランクトンが大きく関与しているらしいことが指摘され、中深層への物質輸送システムについて再評価すべきであることが示唆されている。

２．研究の目的

本研究の目的は、

(1) 沈降粒子の形成・変容過程に与える動物プランクトンの影響を評価すること
(2) 動物プランクトンによる輸送効率の高い経路を定量的に評価すること

にある。これまで、鉛直フラックスでは沈降粒子を形成する植物プランクトンや沈降粒子の物理的・化学的分解過程が重視されてきたが、動物プランクトンによる沈降粒子の形成・変容過程や輸送効率についてはあまり議論されてこなかった。そこで本研究では、これらの点を生物学的に解析・比較し、

(1) 動物プランクトン糞粒の形成・変容・減耗と沈降粒子に対する貢献度
(2) 動物プランクトンによる能動的鉛直輸送

を明らかにした。

３．研究の方法

西部北太平洋亜寒帯域・亜熱帯域および沿岸域をモデル海域とし、船舶による時系列観測、動物プランクトン標本採取、セジメントトラップ実験、船上飼育実験を行い、様々な海洋環境下での動物プランクトン群集や動物プランクトン糞粒の変化を解析しようとした。主な解析手法は以下の通り。

(1) 漂流セジメントトラップ実験を行って深度別に沈降粒子を採取し、動物プランクトン糞粒（図１参照）の形状、数、サイズを測定することで、沈降粒子に対する動物プランクトン糞粒の貢献度、沈降に伴う糞粒の変化を調べた。これと同時に、動物プランクトンの糞粒に様々な動物プランクトン群集を加えて飼育し、糞粒の消費や断片化の効果を評価する糞粒分解実験を行った。

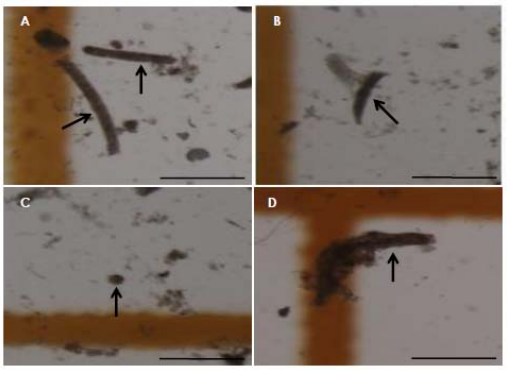


図１．セジメントトラップで捕捉された沈降粒子中に出現した動物プランクトン糞粒の形態．A：円柱状糞粒．B：楕円体糞粒．C：球状糞粒．D：不定形糞粒．

(2) 多段開閉式ネットで動物プランクトンを深度別に採取し、季節変化を検証する標本を採取した。分類群別に識別計数することで、バイオマス、個体数、群集組成を明らかにした。これらの動物プランクトンデータ、海洋環境データ、経験的モデルに基づき、動物プラ

ンクトンの日周鉛直移動に伴う能動的な鉛直物質輸送量（呼吸フラックス）を推定した。

４．研究成果

(1) 西部北太平洋亜寒帯域・亜熱帯域の微小プランクトン群集では、ピコ植物プランクトンよりもバクテリアのバイオマスが高かった。また、微小動物プランクトン餌要求量は、バクテリアを餌とすればこれらのバイオマスで十分賄える量だった。これらのことから、微小動物プランクトンの捕食が植物プランクトン群集組成に及ぼす影響は小さいことが示唆された。

(2) 沈降粒子に占めるメソ動物プランクトン糞粒の割合は、西部北太平洋亜寒帯・亜熱帯域共に数パーセント以下であったが、メソ動物プランクトンバイオマスが高い海域・時期ほど沈降粒子に対する糞粒の貢献度は高くなった。沈降中に生物によって急速に消費・分解されるか、もしくは極めて小さい粒子状に断片化されていた。

(3) 海洋中深層へ沈降していくメソ動物プランクトンの糞粒は、表層の動物プランクトンバイオマスで優占するカラヌス目カイアシ類から排泄された糞粒（図１A）がいずれの時期・海域でも多くを占め、沈降に伴って形状は変化しないものの、より小型の粒子に断片化

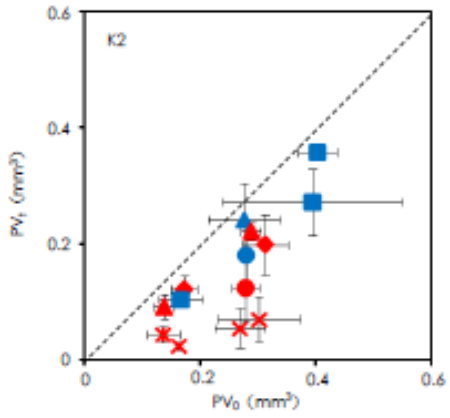


図２．糞粒分解実験の結果．横軸は実験開始時（PVo）、縦軸は実験終了時の糞粒体積（PVt）で、点線より下にある場合には実験中に糞粒が消費されたことを示す。□:微小動物プランクトンの効果．△・○・×：メソ動物プランクトンの効果．赤は統計学的に有意差があったことを示す。

されていた。

(4) 糞粒分解実験によると（図２）、動物プランクトンの糞粒はメソ動物プランクトンバイオマスで優占するカイアシ類によって断片化・消費されていた。これまで微小動物プランクトンによって糞粒が消費されるという説は、外洋域では再考する必要がある。

(5) 海洋中深層に輸送される炭素量のうち、メソ動物プランクトンによって排泄される糞粒量（受動的炭素輸送）と、これらの昼夜鉛直移動に伴う呼吸量（能動的炭素輸送）を定量的に比較した。メソ動物プランクトンが少ない海域・時期では、沈降中に糞粒が減少するため中深層に到達する量が少なくなる。しかし、オキアミ類やカイアシ類など昼夜鉛直移動する動物プランクトンが海洋中深層へ直接輸送する炭素量（呼吸量）は沈降粒子のように減少しない。従って、動物プランクトン群集を介した炭素輸送において、能動的炭素輸送が相対的に重要になることが分かった。

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１２件）

(1) M. Minowa, T. Kobari, H. Akamatsu, T. Ichikawa, R. Fukuda & M. Higashi (2011). Seasonal changes in abundance, biomass and depth distribution of mesozooplankton community in Kagoshima Bay. Bulletin of Japanese Society of Fisheries Oceanography（査読有）, 75, 71-81.

(2) T. Kobari, K. Hijiya, M. Minowa & M. Kitamura (2011). Depth distribution, biomass and taxonomic composition of subtropical microbial community in southwestern Japan. South Pacific Study（査読無）, 32, 31-43.

(3) Y. Nishibe, T. Kobari & T. Ota (2010). Feeding by the cyclopoid copepod *Oithona similis* on the microplankton assemblage in the Oyashio region during spring. Plankton and Benthos Research（査読有）, 5, 74-78.

(4) M. Ichinomiya, Y. Gomi, M. Nakamachi, T. Ota & T. Kobari (2010). Temporal patterns in silica deposition among siliceous

plankton during the spring bloom in the Oyashio region. Deep-Sea Research II (査読有), 57, 1665-1671

(5) T. Kobari, K. Mitsui, T. Ota, M. Ichinomiya & Y. Gomi (2010).
Response of heterotrophic bacteria to the spring phytoplankton bloom in the Oyashio region. Deep-Sea Research II. (査読有), 57, 1671-1678.

(6) T. Kobari, Y. Inoue, Y. Nakamura, H. Okamura, T. Ota, Y. Nishibe & M. Ichinomiya (2010).
Feeding impacts of ontogenetically migrating copepods on the spring phytoplankton bloom in the Oyashio region. Deep-Sea Research II. (査読有), 57, 1703-1714

(7) T. Kobari, A. Ueda & Y. Nishibe (2010).
Development and growth of ontogenetically migrating copepods during the spring phytoplankton bloom in the Oyashio region. Deep-Sea Research II. (査読有), 57, 1715-1726

(8) H. Doi, T. Kobari, K. Fukumori, Y. Nishibe & S. Nakano (2010).
Trophic niche breadth variability differs among three Neocalanus species in the subarctic Pacific Ocean. Journal of Plankton Research (査読有), 32, 1733-1737

(9) T. Kobari (2010).
Measurements of growth rate for natural population of planktonic copepods: a review. Oceanography in Japan (査読有), 19, 213-232

(10) T. Kobari, H. Akamatsu, M. Minowa, T. Ichikawa, K. Iseki, R. Fukuda & M. Higashi (2010).
Effects of the copepod community structure to fecal pellet flux in Kagoshima Bay, a deep, semi-enclosed embayment. Journal of Oceanography (査読有), 66, 673-684

(11) T. Kobari, T. Fujii, Y. Kobari & A. Habano (2010).
Seasonal variations in abundance, growth and mortality of heterotrophic bacteria in Kagoshima Bay. Journal of Oceanography (査読有), 66, 845-853

(12) 小針統・小針有里恵・市川敏弘・釘田禎之・吉田拓己・藤井友生・古橋智志・山本孝・幅野明正・福田隆二 (2009).
鹿児島湾における微小プランクトン群集の季節動態. 海洋と生物(査読無), 31, 37-44

〔学会発表〕(計１０件)

(1) 海野圭祐・小針統・喜多村稔・川上創・本多牧生 (2011.9.28).
西部北太平洋における微小プランクトン群集および沈降粒子の季節変化. 日本海洋学会, 福岡.

(2) 小針統・伊佐見啓・蓑輪政人・赤松弘康・喜多村稔・川上創・本多牧生 (2011.9.28).
西部北太平洋亜寒帯域および亜熱帯域における鉛直移動性動物プランクトンの炭素輸送に与える影響：冬期. 日本海洋学会, 福岡.

(3) H. Isami, M. Kitamura, M. Minowa, T. Kobari, H. Akamatsu, H. Kawakami, K. Matsumoto & M. C. Honda (2011.3.18).
Relative importance of respiratory carbon flux by Pleuromamma copepods in the subarctic andsubtropical Pacific Oceans. 5th International Zooplankton Production Symposium, Pucon (Chili).

(4) T. Kobari, K. Tadokoro, H. Sugisaki & H. Ito (2010.4.29).
Response of large grazing copepods to climate-oceanographic changes in the western subarctic Pacific Ocean. Climate Change Effects on Fish and Fisheries, Sendai (Japan)

(5) T. Kobari, H. Mori & H. Tokushige (2009.10.30).
Nucleic acids and protein contents in ontogenetically migrating copepods in the subarctic Pacific Ocean as influenced by development stage and depth distribution. PICES 18th Annual Meeting, North Pacific Marine Science Organization, Jeju (Koria).

(6) M. Minowa, T. Kobari, H. Akamatsu & T. Ichikawa (2009.10.29).
Impacts of small copepods on sinking particles in semi-enclosed and deep embaymentPICES 18th Annual Meeting, North Pacific Marine Science Organization, Jeju (Koria).

(7) T. Kobari (2009.9.30).
Ontogenetically migrating copepods are as an integral component for the subarctic marine ecosystems. Workshop on Continuous Plankton

Recorder survey and long-term observation of the plankton ecosystems in the North Pacific, North Pacific Marine Science Organization, Fisheries Research Agency, Yokohama (Japan).

(8) 森晴子・小針統・徳重ひとみ (2009.9.26).
核酸・タンパク質を使った動物プランクトンの成長過程の解析. 日本海洋学会, 京都大学.

(9) 蓑輪政人・小針統・赤松弘康・市川敏弘 (2009.9.26).
鹿児島湾におけるメソ動物プランクトンの沈降粒子に与える影響. 日本海洋学会, 京都大学.

(10) 赤松弘康・小針統・蓑輪政人・市川敏弘 (2009.9.26).
鹿児島湾における沈降粒子のフラックスおよび形状. 日本海洋学会, 京都大学.

〔その他〕
ホームページ等
http://www.fish.kagoshima-u.ac.jp/fish/field/plankton/home.htm

６．研究組織

小針　統　(KOBARI TORU)

鹿児島大学・水産学部・准教授

研究者番号：60336328