

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：13301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24654169

研究課題名(和文) 浮遊性有孔虫1個体の個体発生を通じた安定同位体変動から光共生進化史を読み解く

研究課題名(英文) Exploring photosymbiotic ecology in planktic foraminifers with chamber-by-chamber isotope analyses

研究代表者

守屋 和佳 (Moriya, Kazuyoshi)

金沢大学・自然システム学系・研究員

研究者番号：60447662

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、浮遊性有孔虫殻体の殻室1つずつの安定炭素・酸素同位体比を測定することで、その光共生生態の判別法を確立することを目的とした。藻類を共生させることが既知の種の解析では、成長に伴って炭素同位体比が最大で2.4パーミル増加し、かつ、酸素同位体比は一生を通じて低い値を維持することが示された。一方、藻類を共生させないことが既知の種では、炭素同位体比と酸素同位体比との間に明瞭な正相関が確認された。従って、殻室1つずつの炭素・酸素同位体比記録は、共生あるいは非共生という生態的に異なるグループ間で明瞭に異なることが示され、化石浮遊性有孔虫に生態を議論する上で、極めて有用な手法であることが立証された。

研究成果の概要(英文)：This study examined chamber-by-chamber stable isotopes (carbon and oxygen) of foraminiferal individuals to identify photosymbiotic signals. We observed an ontogenetic increase in carbon isotopes of up to 2.4 permil, accompanied by relatively stable, negative oxygen isotopes, in the symbiotic species. In contrast, carbon and oxygen isotopes showed significant positive correlation during ontogeny in the asymbiotic species. These two ecological groups produce contrasting isotopic profiles, thereby our ontogenetic isotopic analyses of individual specimens can be used to identify algal photosymbiosis in fossil foraminifers. The chamber-by-chamber isotope analyses with individual ontogeny have great advantages in analyzing rare occurring species because of only one individual is required to describe ontogenetic isotopic history.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・層位・古生物学

キーワード：炭素同位体比 酸素同位体比 浮遊性有孔虫 光共生 統合国際深海掘削計画 進化

1. 研究開始当初の背景

ジュラ紀に浮遊性有孔虫が最初に誕生して以降 (Simmons et al. 1997; Hart et al. 2003), 過去 1 億 7 千万年間の地球生命史において, 浮遊性有孔虫は世界中の海洋で繁栄を続けてきた (Norris 1991 など). さらに, 浮遊性有孔虫は, 海洋の遠洋域において炭酸カルシウムを生成し, その遺骸が遠洋堆積物に降り積り, 海洋地殻の大陸地殻への沈み込みに伴ってリサイクルされるなど, 全球の長時間スケールでの炭素循環にも大きく貢献してきた (Ridgwell and Zeebe 2005 など).

一方で, 浮遊性有孔虫の多様性や繁栄は, 地球表層システムの大規模転換 (例えば, 白亜紀 / 古第三紀境界絶滅イベントや始新世 / 漸新世境界の南極氷床拡大イベントなど) によって大きく左右されてきた (Leckie 1989; Pearson et al. 2008 など). それにも関わらず, 浮遊性有孔虫はこれらのイベント後に再び多様性を増し, 全球の炭素循環において重要な役割を維持し続けた. この多様性回復期においては, それ以前には未開拓であった, あるいは, 多様性減少イベントによって失われた生態が, 新たに, あるいは再び進化することで多様性回復が加速されたと考えられている (Norris 1996; Coxall et al. 2006; Aze et al. 2011; Ezard et al. 2011). この多様性変動動態に貢献した重要な生態の一つに, 光共生生態の進化があり, これにより浮遊性有孔虫は, 貧栄養の海域にまで分布を広げることが可能になったと考えられる. 従って, 浮遊性有孔虫の多様性変動史を理解するためには, 光共生生態の進化のタイミングと速度を明らかにすることが極めて重要である (Ezard et al. 2011).

2. 研究の目的

浮遊性有孔虫における光共生生態は, 殻体の形態的特徴とは明瞭な関連がないことから, 化石種における光共生生態の進化を議論するためには, 殻体に記録される光共生生態の地球化学的代理指標を活用することが必須である (D'Hondt and Zachos 1993; D'Hondt et al. 1994; Norris 1996; Houston and Huber 1998; Bornemann and Norris 2007; Wade et al. 2008; Birch et al. 2012 など). このような, 光共生に関する地球化学的代理指標は, 現生浮遊性有孔虫の飼育実験や, モデルシミュレーションによって議論されてきた (Spero and DeNiro 1987; Spero and Lea 1993; Wolf-Gladrow et al. 1999 など). それらの結果によると, 浮遊性有孔虫の殻室の炭素同位体比は, 成長に伴って大きくなるのが強く示唆されている. ところが, これまでの炭酸塩炭素・酸素同位体比測定においては, 分析に必要な炭酸塩量が最低でも 30 マイクログラム, 通常は 60~80 マイクログラム程度必要であったことから, この殻室ごとの炭素同位体比の測定と, その炭素同位

体比の成長に伴った変化傾向は, ほとんど議論できない状態が続いていた. 唯一の研究例は, Spero and Lea (1993) による, 現生の光共生種 *Globigerinoides sacculifer* を用いたものであったが, それらは実験室内の飼育環境下で形成された殻室を用いており, かつ独立な殻室は 3 つまでしか分析が行われなかった. そのため, この「殻室 1 つずつの炭素同位体比が成長を通じて大きくなるのが光共生の代理指標となる」という仮説は, 未だに検証すべき仮説として残されたままだった.

そこで, 本研究では, Ishimura et al. (2004, 2008) で新たに開発された超微量炭酸塩安定同位体分析システムを用いることで, 有孔虫の殻室 1 つずつの炭酸塩炭素・酸素同位体比を 1 個体の個体発生を通じて分析することで, 上記の仮説の検証をこない, 浮遊性有孔虫の光共生進化史を読み解くための代理指標の確立を試みた.

3. 研究の方法

(1) 分析に用いた浮遊性有孔虫試料

分析に用いた試料は, 統合国際深海掘削計画第 330 次航海によって, ニューゼaland沖のルイビル海山列から採取され, 海山上に堆積した表層堆積物から抽出された. この海域は, 南太平洋の亜熱帯循環の中に位置しており, 貧栄養の海域である (図 1).

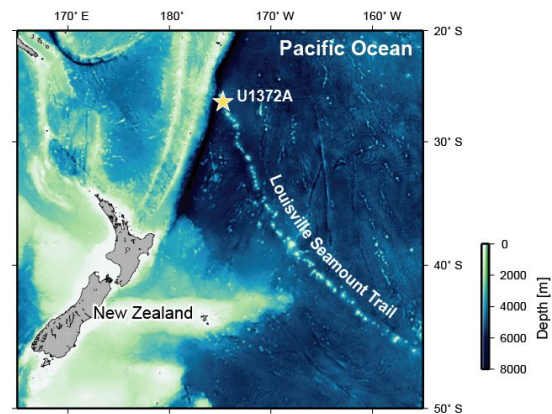


図 1. 試料採取地点. 試料は統合国際深海掘削計画第 330 次航海によって掘削された, Site U1372A の表層堆積物から得られた. 水深データは, Becker et al. (2009) から引用した.

分析に使用した有孔虫化石を含む堆積物は完新世の堆積物である (Koppers et al. 2012). 分析には, *Globigerinoides conglobatus* (共生種), *Gs. sacculifer* (共生種), *Globorotalia truncatulinoides* (非共生種) の 3 種の浮遊性有孔虫化石を用いた.

(2) 殻室の切除

本研究では, 殻室 1 つずつの炭酸塩炭素・酸素同位体組成を分析することから, 分析前に殻室を 1 つずつメスと針を用いて切除した. 切除された殻室は, 純水中で超音波洗浄の後,

走査型電子顕微鏡で観察し、不純物の混入がないこと、有孔虫殻体の保存が良好であることを確認した。

(3) 同位体分析

有孔虫殻体の炭酸塩炭素・酸素同位体比分析は、Ishimura et al. (2004, 2008) に基づき行った。切除された殻室は1つずつ枝付き反応管に封入し、無水リン酸と25 で反応させ、CO₂を得た。得られたCO₂は冷却トラップを用いて精製し、超微量炭酸塩質量分析システムにて安定炭素・酸素同位体比の分析を行った。分析システムの外部精度は、炭素同位体比、酸素同位体比ともに、±0.15パーミル以下である。得られた未知試料の同位体比は、NBS-19を介してVPDBスケールに補正した。

4. 研究成果

(1) 分析結果

共生藻類をもつ2種の有孔虫殻体の1殻室ごとの炭素同位体比は、個体発生を通じて徐々に増加し、*Gs. conglobatus*では最大1.2パーミル、*Gs. sacculifer*では最大2.4パーミル増加した。一方、非共生種の *Gr. truncatulinoides*でも炭素同位体比は、最大1.2パーミル増加するものの、この増加は個体発生を通じて見られるのではなく、成長初期に急速に増加した後、成長中～後期では一定の値で推移する。共生種である2種の炭素同位体比は、総じて非共生種の *Gr. truncatulinoides*と比べて、高い値を示す(図2)。

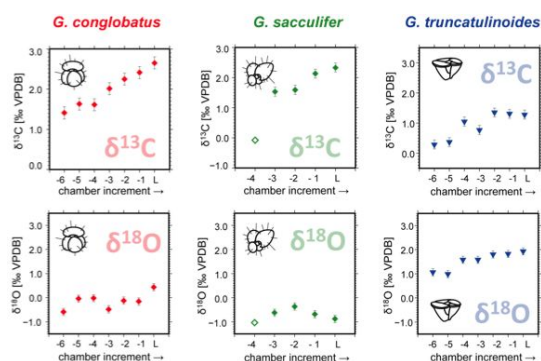


図2. 殻室1つずつの炭酸塩炭素・酸素同位体比分析結果の一例。左から、*Gs. conglobatus*, *Gs. sacculifer*, および *Gr. truncatulinoides*。上段が炭素同位体比で、下段が酸素同位体比を示す。

共生種である2種の酸素同位体比は一貫して低い値を示し、個体発生を通じた変化傾向は見られない。一方、非共生種である *Gr. truncatulinoides*では、炭素同位体比と同様に、成長の初期において酸素同位体比が最大で1.5パーミル増加する。また、非共生種である *Gr. truncatulinoides*の酸素同位体比は、他の共生種2種と比べて著しく高い値を示す(図2)。

(2) *Gs. conglobatus*および *Gs. sacculifer*の炭素・酸素同位体比に認められる光共生のシグナル

共生種である2種については、炭素同位体比が個体発生を通じて、統計的に有意に増加する。この統計結果は、本研究で分析を行った全ての個体に一貫して認められた。また、炭素同位体比と酸素同位体比との間の有意な相関は、共生種では一切認められなかった。このことから、これまでの飼育実験やモデルシミュレーションなどから予想されていた、共生種においては、殻室ごとの炭素同位体比が成長を通じて増大するという仮説(Spero and Lea 1993)を追認することができた。

この個体発生に伴う殻室の炭素同位体比の増加は、石灰化に寄与した炭素源の炭素同位体比が徐々に増加し、その増加が有孔虫の殻体に記録されたものと考えられる。共生藻をもつ浮遊性有孔虫周囲の微空間に存在する溶存無機炭素の炭素同位体比は、共生する藻類の光合成により大きく変化することが知られている(Wolf-Gladrow et al. 1999)。栄養塩類および光量が十分にある環境では、この有孔虫周囲の微空間の炭素同位体比の変化率は、共生する藻類の総光合成量に依存する。また、共生する藻類の細胞数は、有孔虫の個体サイズの増大に伴って増加することから(Spero and Parker 1985; Faber et al. 1988)、結果として有孔虫1個体あたりの共生藻の総光合成量は、有孔虫個体の成長とともに増大し、有孔虫殻体の炭素同位体比も増大することとなる(Spero and DeNiro 1987; Spero and Williams 1988など)。共生種である2種は、個体発生を通じて酸素同位体比が低い値、すなわち高水温を維持している点も、この解釈と調和的である。非共生種に比べて、共生種がより高水温の水塊、すなわち浅い水深に生息していたのは、共生藻の光合成のために光が必要であったためと考えられる。

(3) *Gr. truncatulinoides*の同位体比記録

*Gr. truncatulinoides*では、炭素同位体比、酸素同位体比ともに成長の初期に増加し、成長中～後期ではほぼ一定した値を示す(図2)。共生種の同位体比記録と *Gr. truncatulinoides*の記録で大きく異なる点は、*Gr. truncatulinoides*では炭素同位体比と酸素同位体比が有意な正相関を持つ点である(図3)。

様々な生物において、その生物源炭酸塩の炭素同位体比と酸素同位体比の間には、正相関が確認されることがある。これは、しばしば炭酸塩の成長速度の変化による動的同位体効果と考えられている(McConnaughey, 1989a, bなど)。すなわち、より成長速度が速いと考えられる成長初期においては、動的同位体効果が顕著に現れ、成長速度がより遅くなる成長の中～後期には、より同位体平衡に近づいていくことで、炭素同位体比と酸素同位体比との間に正相関が見られることに

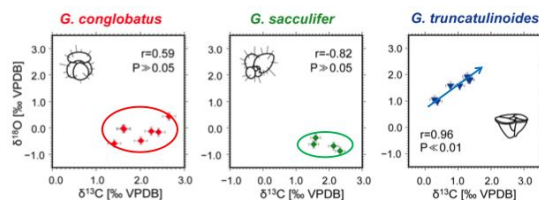


図3. 共生種 (*Gs. conglobatus*, *Gs. sacculifer*) と非共生種 (*Gr. truncatulinoides*) の炭素・酸素同位体比分布。

なる(図3)。このような、非平衡での炭酸カルシウム沈殿は他の非共生浮遊性有孔虫種でも報告されている(Spero and Lea 1996; Ortiz et al. 1996 など)。

(4) 研究結果のまとめ

本研究による、浮遊性有孔虫の殻室1つずつの安定炭素・酸素同位体比測定により、分析に用いた浮遊性有孔虫3種を、異なる2つのグループに識別することができた。1つ目のグループは、藻類を共生させる種である *Gs. conglobatus* と *Gs. sacculifer* から構成され、個体発生とともに殻室の炭素同位体比が増加するのに対し、酸素同位体比は個体発生を通じてほぼ一定で低い値を維持する。2つ目のグループは、藻類を共生させない *Gr. truncatulinoides* からなり、1つ目のグループより低い炭素同位体比と高い酸素同位体比を持ち、両者の間に正相関があることが特徴である(図3)。このパターンはNorris(1996)などにより提案された、浮遊性有孔虫における藻類との共生、あるいは非共生を識別するための簡易指標とよく一致する。

本研究では、浮遊性有孔虫の光共生生態の解析のために超微量炭酸塩同位体分析システムを用いることで、これまでは不可能であった、有孔虫1個体の個体発生を通じた同位体比記録の解析が行えるようになった。これにより、産出が稀である、あるいは個体のサイズが小さいなどの理由により、従来のデュアルインレット法では分析が不可能であった種についても分析が行えることを具体的に示すことができた。さらに、従来の手法では、豊富に産出する種についても、1回の分析に必要な炭酸塩量を確保するために、複数の個体をまとめて分析せざるを得ず、分析対象となる有孔虫の成長した季節や、個体ごとの成長速度の違い等のいわばノイズがすべて混合されてしまい、純粋な個体発生に伴う同位体比記録の変化を解析することはできていなかった。その点、本研究で新たに確立した手法では、1個体の個体発生に伴う同位体比記録を、上記のようなノイズなしに得ることを実現し、浮遊性有孔虫の光共生生態の実態をより鮮明に描き出すことに成功した。

(5) 引用文献

Aze, T., T. H. G. Ezard, A. Purvis, H. K. Coxall, D. R. M. Stewart, B. S. Wade, and P. N. Pearson. 2011. A phylogeny of Cenozoic

- macroperforate planktic foraminifera from fossil data. *Biological Reviews* 86:900–927.
- Bé, A. W. H. 1980. Gametogenic calcification in a spinose planktonic foraminifer, *Globigerinoides sacculifer* (Brady). *Marine Micropaleontology* 5:283–310.
- Becker, J. J., D. T. Sandwell, W. H. F. Smith, J. Braud, B. Binder, J. Depner, D. Fabre, J. Factor, S. Ingalls, S-H. Kim, R. Ladner, K. Marks, S. Nelson, A. Pharaoh, R. Trimmer, J. Von Rosenberg, G. Wallace, P. Weatherall., *Global Bathymetry and Elevation Data at 30 Arc Seconds Resolution: SRTM30_PLUS*, *Marine Geodesy*, 32:4, 355-371, 2009.
- Birch, H. S., H. K. Coxall, and P. N. Pearson. 2012. Evolutionary ecology of Early Paleocene planktonic foraminifera: size, depth habitat and symbiosis. *Paleobiology* 38:374–390.
- Bornemann, A., and R. D. Norris. 2007. Size-related stable isotope changes in Late Cretaceous planktic foraminifera: Implications for paleoecology and photosymbiosis. *Marine Micropaleontology* 65:32–42.
- Coxall, H. K., S. D'Hondt, and J. C. Zachos. 2006. Pelagic evolution and environmental recovery after the Cretaceous-Paleogene mass extinction. *Geology* 34:297–300.
- D'Hondt, S., and J. C. Zachos. 1993. On stable isotopic variation and earliest Paleocene planktic foraminifera, *Paleoceanography* 8:527–547.
- D'Hondt, S., J. C. Zachos, and G. Schultz. 1994. Stable isotopic signals and photosymbiosis in Late Paleocene planktic foraminifera. *Paleobiology* 20:391-406.
- Ezard, T. H. G., T. Aze, P. N. Pearson, and A. Purvis. 2011. Interplay between changing climate and species' ecology drives macroevolutionary dynamics. *Science* 332:349–351.
- Faber, W. W. Jr., O. R. Anderson, J. L. Lindsey, and D. A. Caron. 1988. Algal-foraminiferal symbiosis in the planktonic foraminifer *Globigerinella aequilateralis*: I. Occurrence and stability of two mutually exclusive chrysophyte endosymbionts and their ultrastructure. *Journal of Foraminiferal Research* 18:334–343.
- Hart, M. B., M. D. Hylton, M. J. Oxford, G. D. Price, W. Hudson, and C. W. Swart. 2003. The search for the origin of the planktic foraminifera. *Journal of Geological Society* 160:341–343.
- Houston, R. M., and B. T. Huber. 1998. Evidence of photosymbiosis in fossil taxa? Ontogenetic stable isotope trends in some Late Cretaceous planktic foraminifera. *Marine Micropaleontology* 34:29–46.

- Ishimura, T., U. Tsunogai, and T. Gamo. 2004. Stable carbon and oxygen isotopic determination of sub-microgram quantities of CaCO₃ to analyze individual foraminiferal shells. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 18:2883–2888.
- Ishimura, T., U. Tsunogai, and F. Nakagawa. 2008. Grain-scale heterogeneities in the stable carbon and oxygen isotopic compositions of the international standard calcite materials (NBS 19, NBS 18, IAEA-CO-1, and IAEA-CO-8). *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 22:1925–1932.
- Koppers, A. A. P., T. Yamazaki, J. Geldmacher, and the Expedition 330 Scientists. 2012. Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program 330. Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc., Tokyo.
- McConnaughey, T. 1989a. ¹³C and ¹⁸O isotopic disequilibrium in biological carbonates: I. Patterns. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 53:151–162.
- McConnaughey, T. 1989b. ¹³C and ¹⁸O isotopic disequilibrium in biological carbonates: II, In vitro simulation of kinetic isotope effects. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 53:163–171.
- Norris, R. D. 1991. Biased extinction and evolutionary trends. *Paleobiology* 17:388–399.
- Norris, R. D. 1996. Symbiosis as an evolutionary innovation in the radiation of Paleocene planktic foraminifera. *Paleobiology* 22:461–480.
- Ortiz, J. D., A. C. Mix, W. Rugh, J. M. Watkins, and R.W. Collier. 1996. Deep-dwelling planktic foraminifera of the northeastern Pacific Ocean reveal environmental control of oxygen and carbon isotopic disequilibria. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60:4509–4523.
- Pearson, P. N., I. K. McMillan, B. S. Wade, T. D. Jones, H. K. Coxall, P. R. Bown, and C. H. Lear. 2008. Extinction and environmental change across the Eocene-Oligocene boundary in Tanzania. *Geology* 36:179–182.
- Ridgwell, A., and R. E. Zeebe. 2005. The role of the global carbonate cycle in the regulation and evolution of the Earth system. *Earth and Planetary Science Letters* 234:299–315.
- Simmons, M. D., M. K. BouDagher-Fadel, F. T. Banner, and J. E. Whittaker. 1997. The Jurassic Favosellacea, the earliest Globigerinina. Pp. 17–52 in M. K. BouDagher-Fadel, F. T. Banner, and J. E. Whittaker, eds. *The Early Evolutionary History of Planktonic Foraminifera*. Chapman & Hall, London.
- Spero, H. J., and M. J. DeNiro. 1987. The influence of symbiont photosynthesis on the ^{δ18}O and ^{δ13}C values of planktic foraminiferal shell calcite. *Symbiosis* 4:213–228.
- Spero, H. J., and D. W. Lea. 1993. Intraspecific stable isotope variability in the planktic foraminifera *Globigerinoides sacculifer*: Results from laboratory experiments. *Marine Micropaleontology* 22:221–234.
- Spero, H. J., and D. W. Lea. 1996. Experimental determination of stable isotope variability in *Globigerina bulloides*: implications for paleoceanographic reconstructions. *Marine Micropaleontology* 28:231–246.
- Spero, H. J., and S. L. Parker. 1985. Photosynthesis in the symbiotic planktonic foraminifera *Orbulina universa*, and its potential contribution to oceanic primary productivity. *Journal of Foraminiferal Research* 15:273–281.
- Spero, H. J., and D. F. Williams. 1988. Extracting environmental information from planktic foraminiferal ^{δ13}C data. *Nature* 335:717–719.
- Wade, B. S., N. Al-Sabouni, C. Hemleben, and D. Kroon. 2008. Symbiont bleaching in fossil planktic foraminifera. *Evolutionary Ecology* 22:253–265.
- Wolf-Gladrow, D. A., J. Bijima, and R. E. Zeebe. 1999. Model simulation of the carbonate chemistry in the microenvironment of symbiont bearing foraminifera. *Marine Chemistry* 64:181–198.

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)

高木悠花, 守屋和佳, 平野弘道, 2013, 浮遊性有孔虫のバイオミネラルに記録される光共生生態: 月刊地球, v. 35, p. 697–704. (査読なし)

Moiroud, M., Pucéat, E., Donnadieu, Y., Bayon, G., Moriya, K., Deconinck, J.-F., and Boyet, M., 2013, Evolution of the neodymium isotopic signature of neritic seawater on a northwestern Pacific margin: new constraints on possible end-members for the composition of deep-water masses in the Late Cretaceous ocean: *Chemical Geology*, v. 356, no. 0, p. 160–170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemgeo.2013.08.008>. (査読あり)

Moriya, K., Goto, A. S., and Hasegawa, T., 2013, Stable carbon and oxygen isotope analyses of carbonate using a continuous flow isotope ratio mass

spectrometry: The science reports of the Kanazawa University, v. 56, p. 45-58.

<http://hdl.handle.net/2297/35196>. (学内査読あり)

Koppers, A. A. P., Yamazaki, T., Geldmacher, J., Gee, J. S., Pressling, N., Hoshi, H., Anderson, L., Beier, C., Buchs, D. M., Chen, L. H., Cohen, B. E., Deschamps, F., Dorais, M. J., Ebuna, D., Ehmann, S., Fitton, J. G., Fulton, P. M., Ganbat, E., Hamelin, C., Hanyu, T., Kalnins, L., Kell, J., Machida, S., Mahoney, J. J., Moriya, K., Nichols, A. R. L., Rausch, S., Sano, S. I., Sylvan, J. B., and Williams, R., 2012, Limited latitudinal mantle plume motion for the Louisville hotspot: Nature Geoscience, v. 5, no. 12, p. 911-917. DOI: 10.1038/NNGEO1638. (査読あり)

〔学会発表〕(計 9 件)

Takagi, H., Moriya, K., Ishimura, T., Suzuki, A., Kawahata, H. and Hirano, H. Chamber-by-chamber isotopic history of individual planktic foraminifers: Detection of photosymbiotic ecology from fossils. 11th International Conference on Paleoceanography. Sitges, 2013 年 9 月. (ポスター発表)

Takagi, H., Moriya, K., Ishimura, T., Suzuki, A., Kawahata, H. and Hirano, H. Ontogenetic Stable Isotope Records of Modern Planktic Foraminifers from Sagami Bay, Japan. Goldschmidt 2013. Florence, 2013 年 8 月. (ポスター発表)

高木悠花, 守屋和佳, 石村豊穂, 鈴木 淳, 川幡穂高, 平野弘道. 2013. 相模湾より得られた現世浮遊性有孔虫の成長段階別安定同位体比記録と水柱構造. 日本古生物学会 2013 年年会. 熊本. 2013 年 6 月.

守屋和佳, Wilson, P.A., Norris, R.D., Blum, P., 池原 実, 長谷川 卓, IODP Exp. 342 Scientists. 2013. IODP Exp. 342 で得られた始新世/漸新世境界の炭酸塩含有量と同位体層序. 2012 年度古海洋シンポジウム. 柏. 2013 年 1 月.

高木悠花, 守屋和佳, 石村豊穂, 鈴木 淳, 川幡穂高, 平野弘道. 2013. 現世浮遊性有孔虫の光共生シグナルの検証 殻体安定同位体比の成長プロファイルから. 2012 年度古海洋シンポジウム. 柏. 2013 年 1 月.

高木悠花, 守屋和佳, 石村豊穂, 鈴木 淳, 川幡穂高, 平野弘道. 2012. 殻体同位体比変動に基づく浮遊性有孔虫の光共生生態識別 - フィールドサンプルの成長

段階別分析から. 共同利用研究集会バ
イオミネラリゼーションと石灰化. 柏.
2012 年 11 月.

Takagi, H., Moriya, K., Ishimura, T., Suzuki, A., Kawahata, H., and Hirano, H. 2012. Detecting algal photosymbiosis from ontogenetic isotope analyses of living planktonic foraminiferal test from Sagami Bay. Japan Geosciences Union Meeting 2012 joint Session with European Geosciences Union. Makuhari. 2012 年 5 月.

高木悠花, 守屋和佳, 石村豊穂, 鈴木 淳, 川幡穂高, 平野弘道. 2012. 浮遊性有孔虫の光共生進化史解明に向けた個体発生に伴う殻体安定同位体比記録. 日本地球惑星連合 2012 年大会. 幕張. 2012 年 5 月.

Takagi, H., Moriya, K., Ishimura, T., Suzuki, A., Kawahata, H., Hirano, H., and IODP Exp. 330 Scientists. 2012. Individual ontogenetic stable isotope records of Recent planktonic foraminifers: Testing for algal photosymbiosis. European Geoscience Union General Assembly 2012. Vienna, 2012 年 4 月.

〔図書〕(計 1 件)

Koppers, A. A. P., Yamazaki, T., Geldmacher, J., and Expedition_330_Scientists, 2012, Proc. IODP, 330, Tokyo, Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc., doi:10.2204/iodp.proc.2330.2012

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

日本古生物学会 2013 年年会優秀ポスター賞受賞

6. 研究組織

(1) 研究代表者

守屋 和佳 (Moriya, Kazuyoshi)
金沢大学・理工研究域・自然システム学
類・博士研究員
研究者番号: 60447662

(2) 研究分担者

石村 豊穂 (Ishimura, Toyoho)
茨城工業高等専門学校・物質工学科・准教
授
研究者番号: 80422012