

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：13103

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26400500

研究課題名(和文)PETMが化学合成群集に与えた影響-古生態学的視点から-

研究課題名(英文)Influence of PETM to the chemosynthetic communities, from the view point of paleoecology

研究代表者

天野 和孝 (Amano, Kazutaka)

上越教育大学・その他部局等・副学長

研究者番号：50159456

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：北海道浦幌町の暁新統活平層の化石を検討したところ、古水深200から500mに生息した沈木群集であることが明らかとなった。この沈木群集中には白亜紀末の絶滅を生きのびた分類群が見られ、種多様性は始新世以降の冷湧水群集に類似するものの一部高い群集が見られた。また、始新世以降の沈木群集に比べて、産地ごとの種数は多い。さらに、白亜紀末の絶滅を生きのびた分類群は北太平洋地域では始新世以降認められていない。これらから、PETM(暁新世-始新世温暖化極大事件)は、深海の沈木群集中のモミジソデボラ科の絶滅など大きな組成の変化を生じさせ、また種多様性を減少させるなど群集構造にも大きな影響を与えたといえる。

研究成果の概要(英文)：As a result of examination on fossils from the Paleocene Katsuhira Formation in Urahoro Town, Hokkaido, it has been elucidated that the fossils are corresponded to wood-fall communities which might live in 200 to 500 m of depth. In these communities, several end-Cretaceous survival taxa have been found. Although their species diversity is similar to those of the post-Eocene seep communities, some of them show higher than the latter. Comparing with the post-Eocene wood-fall communities, they has much more species for each localities than the post-Eocene ones. Moreover, the above end-Cretaceous survivors have not been recorded from the post-Eocene deposits in northern Pacific. From these, it can be stated that PETM caused big change of deep-sea wood-fall communities by the extinction of some dominant taxa such as aporrhaid gastropod and decreased their species diversity for each localities.

研究分野：古生物学

キーワード：沈木群集 暁新世 PETM 深海 白亜紀末 大量絶滅 群集構造

1. 研究開始当初の背景

化学合成群集は熱水噴出孔、メタン湧水域、鯨骨、沈木周辺に生息している。日本では、白亜紀以降、暁新世を除き、ほぼ全ての時代に化学合成群集の化石が見られる世界で唯一の場所である(Campbell, 2006; Kiel and Little, 2006)。我が国ではメタン湧水群集や鯨骨群集が知られ、白亜紀からは竜骨群集や沈木群集も知られている(Majima et al., 2005; Amano and Little, 2005; Amano et al., 2007; Kaim et al., 2008; Kiel et al., 2009)。

化学合成群集を含めた深海生物はPETM(暁新世-始新世温暖化極大事件)における高温化、無酸素化、CCDの浅海化等により大きな影響を受け、PETM後に現在見られる深海の生物相が形成されたとされており、分子生物学的にも支持されている(Kaiho et al., 1994; Jacobs and Lindberg, 1998; Thomas, 2007; Vrijenhoek, 2013)。PETM後の中期始新世以降のメタン湧水群集、鯨骨群集中に卓越している化学合成群集の分類群としてシロウリガイ類やシンカイヒバリガイ類が知られている(Kiel, 2006; Amano and Kiel, 2007; ジェンキンス, 2010; 天野, 2010; Kiel and Amano, 2013)。こうした分類群はいわば新生代型化学合成群集の特徴種とも言える。また、平成20年度、平成23年度に採択された科学研究費補助金の研究により、これらの分類群は白亜紀のオウナガイ類を含む群集に加わったこと、後期始新世から前期漸新世のシロウリガイ類が卓越した化学合成群集の種多様度は中新世の群集に比べて高く、均等度は低いことなどが明らかとなった。その原因として、古第三紀の化学合成群集は新生代型の分類群の深海への適応進化の経過過程として比較的浅海域に生息していたため、捕食者や堆積物食者も共存し、種多様性が高かったためと考えられる(Amano, 2010; Amano et al., 2010)。

一方、PETM以前の白亜紀から暁新世にかけての化学合成群集の群集構造については検討されておらず、暁新世の群集についてはほとんど化石記録がなかった。平成23年度に採択された科学研究費補助金による調査で、代表者により暁新世のハナシガイ類を含む沈木群集が発見された。このため、代表者が進めている暁新世の群集と分担者であるロバート・ジェンキンスが検討してきた白亜紀の化学合成群集を群集構造の観点から再検討し、始新世以降の群集と比較することにより、PETMの前後で化学合成群集の構造の変化について検討できると考えられ、化学合成群集の進化を考える上で重要である。

2. 研究の目的

PETM(暁新世-始新世温暖化極大事件)が深海の化学合成群集に与えた影響について明らかにすることを目的とする。具体的には北海道浦幌町周辺の暁新世の化学合成群集を検討し、北海道の道央、道北、道東および

和歌山から発見されている始新世の化学合成群集と比較することにより、始新世の群集には見られ、暁新世の群集には見られない種や属を明らかにする。また、それらの古生態学的共通性を明らかにし、PETMが深海の化学合成群集にどのような影響を与えたのかを検討するものである。

3. 研究の方法

(1) 北海道浦幌町の暁新統活平層から化石を採集し、詳細な分類学的な検討を行い、種を同定する。また、原鰓類の生息深度に基づいて、古水深を推定する。

(2) 炭酸塩岩について木片周辺と泥質な箇所とを区別し、炭素・酸素同位対比を測定する。

(3) 活平層の群集の種構成、群集構造について詳細に検討し、白亜紀と始新世以降の化石化学合成群集に関するデータと比較する。群集構造については種多様性、総個体数に対する化学合成種、モミジソデボラ科、原鰓類の個体数比を検討する。

4. 研究成果

(1) 化石の産状と同位体比

北海道浦幌町の暁新統活平層の泥岩に含まれる石灰質団塊を42産地から採集した。この団塊中には穿孔痕のある木片が多く含まれ、その周囲から貝化石を中心とする化石が採集された。北海道浦幌町活平付近に分布する暁新統活平層の1産地から産出した木片を含む石灰質団塊の炭素同位体比を測定したところ、泥質部が $-2.8 \sim -11.5\text{‰}$ と高い値を示したのに対し、木片や貝殻周辺では、 $-14.7 \sim -19.5\text{‰}$ と低い値を示した(図1)。木片の穿孔痕外壁には黄鉄鉱も見られ、硫化水素が発生していたと考えられる。

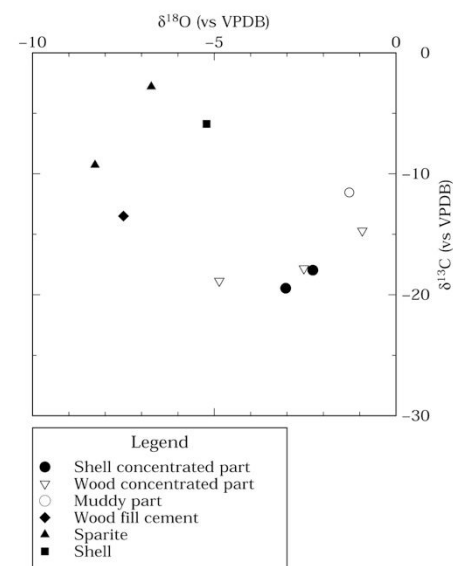


図1 石灰質団塊の炭素・酸素同位体比(‰)

(2) 分類群組成と古水深

化石を同定した結果、貝化石71種、腕足類、単体サンゴ、フジツボ、ウミユリの化

石が識別された。貝化石のうち、2 新属と 7 新種が記載され、白亜紀末の絶滅を生きのびたモミジソデガイ科、エゾロウバイガイ属、ムカシミゾメソデガイ属、ホッカイドウキラガイ、サハリントメソデガイなどが認められた。さらに、ウラホロミジンソデガイ、ウラホロワダツミフネガイ、カツヒラコロモガイはそれぞれの属の世界最古の化石記録であることも判明した。また、ツキガイ科、ハナシガイ属、ワタゾコシロアミガサ科など化学合成細菌に依存する貝類、植物起源のデトリタスに依存するモミジソデボラ科を含むことから、活平層の群集は沈木群集と考えられる。

同定された原鰓類と同属の現生貝類の共通生息深度は 200~500m となり、上部漸深海に生息していたと推定される。

(3) 群集構造

化石リストに基づき、30 個体以上採集した 13 産地の種多様性、均等度を産出した。その結果、種多様度や均等度は始新世以降の冷湧水群集と重複するものの、種多様度 (H') は最大 3.45 と始新世以降の冷湧水群集に比べて多様性が高く、均等度 (J') も 1.00 に近い群集が認められた (図 2)。また、北米西岸の始新世以降の沈木群集 (Kiel, 2008) に比べて、産地ごとの種数は平均 8.9 種、最大で 22 種と多い。

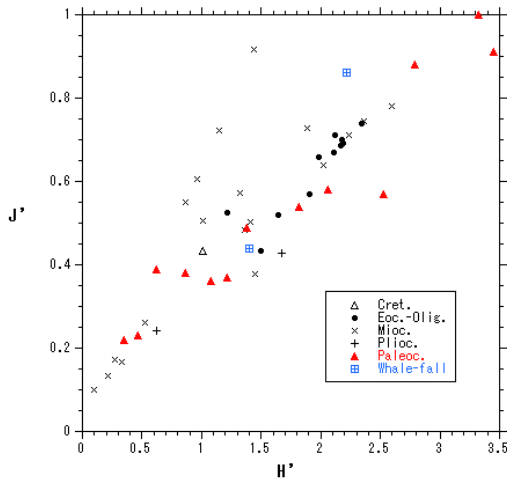


図 2 時代別冷湧水群集と暁新統活平層産貝化石群の種多様度と均等度

化学合成細菌に依存する種の個体数比は平均 0.02 と低く、泥食者である原鰓類の個体数比は平均 0.13、植物起源のデトリタスに依存するモミジソデボラ科の個体数比は平均 0.60 と高いことが判明した。また、種多様度は原鰓類の個体数比と正の相関、モミジソデボラ科の個体数比と負の相関を示すことも判明した (図 3)。これらから、木片周辺から硫化水素は発生したものの濃度は低く、植物起源のデトリタス食のモミジソデボラ科が優占しない、堆積物食者である原鰓

類の多い群集では種多様度が高かったといえる。

(4) 他の化学合成群集との比較

これまで報告されている白亜紀から漸新世の沈木群集と比較したところ、高次分類群の構成では Spitsbergen 島の暁新統 Basiliika 層から Hryniewicz et al. (2016) により報告されている沈木群集にモミジソデボラ科、ロウバイガイ科、フネガイ科、ツキガイ科、ハナシガイ科など含む点で類似していることが明らかとなった。また、この群集を含む暁新世の沈木群集中の化学合成細菌に依存する種についてみると、白亜紀と後期始新世以降に知られるハイカブリナ属が見られず、沈木群集では後期始新世以降に知られるシンカイヒバリガイ属も見られないことが明らかとなった。ハイカブリナ属が見られない理由としては、硫化水素濃度が低く、餌となるバクテリアが少なかったことが要因として考えられる。シンカイヒバリガイ類はこれまで中期始新世に出現したとされ (Kiel and Amano, 2013) 本研究でもそれを追認する結果となった。

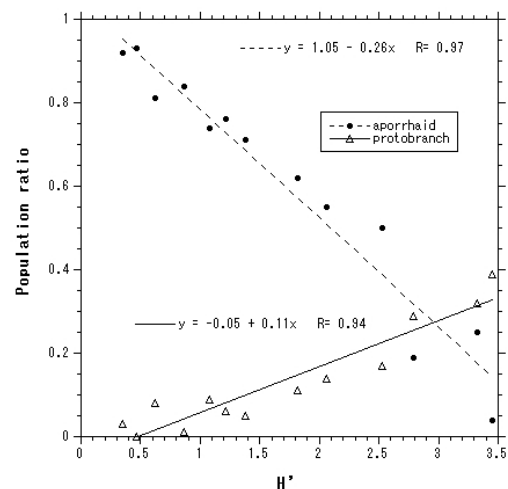


図 3 暁新世の群集の種多様度と原鰓類、モミジソデボラ科の個体数比

(5) PETM の影響

暁新統活平層の沈木群集中には白亜紀末の絶滅を生きのびた分類群が見られ、種多様性は始新世以降の冷湧水群集に類似するものの一部高い群集が見られた。また、始新世以降の沈木群集に比べて、産地ごとの種数は多い。さらに、前述した絶滅を生きのびた分類群は北太平洋では始新世以降認められていない。これらから、PETM (暁新世-始新世温暖化極大事件) は、深海の沈木群集中のモミジソデボラ科の絶滅など大きな組成の変化を生じさせ、また種多様性を減少させるなど群集構造的な観点からも大きな影響を与えたといえる。

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 13 件)

Amano, K. and Jenkins, R.G., Paleocene protobranch bivalves from Urahoro Town in eastern Hokkaido, northern Japan. *Journal of Conchology*, 査読有, vol.42, 2017, 283-297.

Hryniewicz, K., Bitner, M.A., Durska, E., Haggstrom, Hjalmsdottir, H. R., Jenkins, R. G., Little, C.T.S., Miyajima, Y., Nakrem, H.A. and Kaim, A., Paleocene methane seep and wood-fall marine environments from Spitsbergen, Svalbard.

Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 査読有, vol. 462, 2016, 41-56.

DOI: 10.1016/j.palaeo.2016.08.037

Amano, K. and Oleinik, A., *Ancistrolepidine gastropods (Buccinidae) from the upper Eocene hydrocarbon seep deposits in Hokkaido, northern Japan.* *The Nautilus*, 査読有, vol.130, 2016, 158-163.

Amano, K., Oleinik, A. and Jenkins, R. G., A new species of *Admete* (Gastropoda: Cancellariidae: Admetinae) from the Paleocene of eastern Hokkaido. *The Nautilus*, 査読有, vol.130, 2016, 116-121.

Miyajima, Y., Watanabe, Y., Yanagisawa, Y., Amano, K., Hasegawa, T. and Shimobayashi, N., A late Miocene methane-seep deposit bearing methane-trapping silica minerals at Joetsu, central Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 査読有, vol. 455, 2016, 1-15.

DOI: 10.1016/j.palaeo.2016.05.002

Kiel, S., Amano, K. and Jenkins, R.G., Predation scar frequencies in chemosynthetic bivalves at an Oligocene deposit and their potential relation to inferred sulfide tolerances. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 査読有, vol. 453, 2016, 139-145.

DOI: 10.1016/j.palaeo.2016.04.026

Kitahashi, T., Watanabe, H., Ikehara, K., Jenkins, R.G., Kojima, S. and Shimanaga, M., Deep-sea meiofauna off the Pacific coast of Tohoku vs other trench slopes around Japan: a comparative study before and after the 2011 off the Pacific Coast Earthquake. *Journal of Oceanography*, 査読有, vol. 72, 2016, 132-139.

DOI: 10.1007/s.10872-015-0323-3

Amano, K., Little, C.T.S., Campbell, K.A., Jenkins, R.G. and Saether K.P. Paleocene and Miocene *Thyasira sensu stricto* (Bivalvia: Thyasiridae) from chemosynthetic communities from Japan and New Zealand. *The Nautilus*, 査読有, vol.129, 2015, 43-53.

Amano, K., Jenkins, R.G. and Nishida, K. A new Paleocene species of *Bentharca* (Bivalvia; Arcidae) from eastern Hokkaido, with remarks on evolutionary adaptation of suspension feeders to the deep sea.

Paleontological Research, 査読有, vol. 19, 2015, 128-138.

DOI: 10.2517/2015PR001

Amano, K. and Oleinik, A., A new genus of Buccinoidea (Gastropoda) from Paleocene deposits in eastern Hokkaido, Japan. *The Nautilus*, 査読有, vol. 128, 2014, 122-128.

天野和孝, 化学合成二枚貝の化石記録と進化. *化石 (日本古生物学会)*, 査読有, no. 96, 2014, 5-14.

Amano, K., Saether, K. P., Little, C.T.S. and Campbell, K.A., Fossil vesicomyid bivalves from Miocene hydrocarbon seep sites, North Island, New Zealand. *Acta Palaeontologica Polonica*, 査読有, vol. 59, 2014, 421-428.

Amano, K., Jenkins, R.G., Ohara, M. and Kiel, S., Miocene vesicomyid species (Bivalvia) from Wakayama in southern Honshu Japan. *The Nautilus*, 査読有, vol.128, 2014, 9-17.

[学会発表](計 23 件)

Amano, K., Jenkins, R.G. and Kiel, S., Paleocene wood-fall communities from Hokkaido, Japan. *日本古生物学会第 166 回例会* 2017.1.28, 早稲田大学

Kiel, S., Amano, K. and Jenkins, R.G., Predation scars on chemosymbiotic bivalves: A new tool to infer sulfide tolerances of seep habitats in the geological record. 1st International Workshop on Ancient Hydrocarbon Seep and Cognate Communities. 2016.6.16, Institute of Paleobiology, Polish Academy of Sciences

Amano, K., Jenkins, R.G. and Kiel, S., Paleocene wood-fall communities from Hokkaido, Japan. 1st International Workshop on Ancient Hydrocarbon Seep and Cognate Communities. 2016.6.14, Institute of Paleobiology, Polish Academy of Sciences

山本悠真・ジェンキンス ロバート, 後期白亜紀の海洋における植物の分解 -北海

道中川町に分布する上部白亜系蝦夷層群を対象に。日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016.5.26, 幕張メッセ
森谷和浩・ジェンキンス ロバート・関口俊男・鈴木信雄, 浅海鯨骨生態系の変遷: 九十九湾における水槽及び天然環境における鯨骨群集形成実験。日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016.5.26, 幕張メッセ
天野和孝・Anton Oleinik・ジェンキンス ロバート, 北海道東部の暁新統活平層産腹足類と古生物地理学的意義。日本貝類学会平成 28 年度大会, 2016.4.17, 東邦大学
宮嶋祐典・延原尊美・天野和孝, 日本海側新生界の化石メタン湧水とそれらに伴う化石群集の時代的変遷。日本古生物学会第 165 回例会, 2016.1.30, 京都大学
ジェンキンス ロバート, 地圏と生命圏のはざまに生きる最強の貝-キヌタレガイ, 2015.10.30, 石川県加賀市(招待講演)
Miyajima, Y., Watanabe, Y., Jenkins, R.G., Hasegawa, T., and Amano, K., Difference of Macrofaunal Compositions among Physically and Geochemically Different Cold Seeps in the Neogene Japan Sea Region. 14th Deep-sea Biology Symposium, 2015.9.3, Aveilo, Portugal
Little, C.T.S., Amano, K., Campbell, K.A., Beauchamp, B., Grasby, S.E. and Kiel, S. One-hundred and ten million year record of catshark egg capsules from methane seeps. 14th Deep-sea Biology Symposium, 2015.9.3, Aveilo, Portugal
北橋倫・渡邊妃美子・ジェンキンス ロバート・野牧秀隆・嶋永元裕・藤倉克則・小島茂明, 東北地方太平洋沖地震が三陸沖日本海溝斜面のメイオファウナ群集に与えた影響。日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015.5.26, 幕張メッセ
田村麻衣・ジェンキンス ロバート・北橋倫・野牧秀隆, 東北地方太平洋沖地震による三陸沖のマクロベントスへの影響評価。日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015.5.26, 幕張メッセ
宮嶋祐典・渡邊裕美子・ジェンキンス ロバート・長谷川卓, 日本海側信越地域の中新統に見られる 3 タイプの冷湧水炭酸塩。日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015.5.24, 幕張メッセ
木村健太・ジェンキンス ロバート・長谷川卓・白井孝明, 四万十帯漸新統中新統のメタン湧水: 深海泥底環境におけるメタン湧水の形成過程。日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015.5.24, 幕張メッセ
嶋田智恵子・山崎誠・天野和孝・Robert

G. Jenkins・疋田吉識・田中裕一郎・秋葉文雄, 北海道東部浦幌町の古第三系縫別層から産出する珪藻化石群集。日本古生物学会 2015 年年会, 2015.6.28, 産業技術総合研究所

Jenkins, R.G., 100 million years history of chemosynthesis-based ecosystem. 2014.10.31, Bremen, Germany (招待講演)

Jenkins, R. G., Kaim, A., Moriya, K., Hirayama, R. and Hikida, Y., A Cretaceous sea turtle dead fall supported chemosynthesis-based ecosystem. 4th International Paleontological Congress, 2014.9.29, Mendoza, Argentina.

Kaim, A. and Jenkins, R. G., Fossil record of the chemosynthesis-based communities -what we know about 30 years of research. 4th International Paleontological Congress, 2014.9.29, Mendoza, Argentina.

宮嶋祐典・渡邊裕美子・柳沢幸夫・小池伯一・松岡廣繁・天野和孝, 新潟県上越市の上部中新統能生谷層よりメタン湧水起源アラゴナイトコンクリションの発見とその意義。日本地質学会第 121 年学術大会, 2014.9.15, 鹿児島大学

Jenkins, R. G., Evolution of photosynthetic ecosystem effects on chemosynthetic ecosystem in late Mesozoic. Second International Meeting of IGCP608, 2014.9.5, 早稲田大学

21 天野和孝・ロバート・ジェンキンス・西田梢, 北海道浦幌町の暁新統活平層から産出した *Bentharca* 属の新種とその意義。日本古生物学会 2014 年年会, 2014.6.28, 九州大学

22 ロバート・ジェンキンス, Kaim, Andrzej, 森谷和浩・平山廉・疋田吉識, 日本の白亜紀化学合成群集。日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 2014.4.29, パシフィコ横浜

23 ロバート・ジェンキンス, Kaim, Andrzej, 森谷和浩・平山廉・疋田吉識, 白亜紀のウミガメ化石から発見した化学合成群集: 竜骨群集と鯨骨群集をつなぐもの。日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 2014.4.29, パシフィコ横浜

[図書](計 1 件)

Fukushi, K., Katsuta, N., Jenkins, R. G., Matsubara, K., Takayama, B., Tanaka, Y., Davaasuren, D., Batikhshig, O., Hasebe, N. and Kashiwaya, K., Earth Surface Processes and Environmental Changes in East Asia. 2015, Springer, Japan.

[その他]

ホームページ等

http://www.juen.ac.jp/010pickup/2016/170224_1.html

6．研究組織

(1)研究代表者

天野和孝 (AMANO, Kazutaka)

上越教育大学・その他部局等・副学長

研究者番号：50159456

(2)研究分担者

ジェンキンス ロバート (JENKINS, Robert)

金沢大学・自然システム学系・助教

研究者番号：10451824