

平成 23 年 3 月 31 日現在

機関番号：13103

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20540456

研究課題名（和文） 化学合成群集の進化－古生態学的観点から

研究課題名（英文） Evolution of chemosynthetic community -From the view point of paleoecology-

研究代表者

天野 和孝 (AMANO KAZUTAKA)

上越教育大学・大学院学校教育研究科・教授

研究者番号：50159456

研究成果の概要（和文）：白亜紀から鮮新世にかけて、主にシロウリガイ類を含む化学合成群集を検討した。その結果、シロウリガイ類は白亜紀には出現しておらず、その属構成が漸新世末、前期中新世末に変化した事を明らかにした。また、ハナシガイ類と随伴する事、ハナシガイ類は白亜紀から出現している事から、新生代にシロウリガイ類はハナシガイ類を中心とする群集に加わったと考えられる。さらに、日本最古のシンカイヒバリガイ類化石を発見し、この仲間がシロウリガイ類と同様に後期中新世に世界中に分布を広げた事を明らかにした。一方群集構造については、時代的な変化傾向は認められなかった。しかし、種多様度と古生態的な構造について、古水深による違いが明らかとなった。すなわち、より浅海域の群集は比較的多様度が高く、相対的に均等度は低い。一方、より深海域の群集の多様度はより浅海域の群集ほど高くなく、均等度は高い。また、多様度と化学合成菌共生種の個体数比の関係について、多様度の高い群集の個体数比は低い傾向にある。こうした傾向は深度が増すにつれ、群集を支配している捕食者の影響が減少したために生じたと考えられる。

研究成果の概要（英文）： Chemosynthetic communities of Cretaceous to Pliocene age were analyzed, mainly including vesicomysids. As a result of examination, the large vesicomysids did not appear in the Cretaceous and changed its generic composition in the end of Oligocene and early Miocene. As the Cenozoic vesicomysids were frequently associated with the thyasirids, it invaded into the thyasirid-dominated communities after the Cretaceous. I could collect the oldest species of *Bathymodiolus* in Japan and discussed these mussels spread world wide in the late Miocene like as the large vesicomysids. On the other hand, temporal trends in community structure were not observed throughout the investigate time interval. However, diversity and ecologic structure showed a bathymetric trend: the shallow-water communities show a lower evenness as well as higher diversity than the deep-water communities. Moreover, the communities with higher diversity showed a lower proportion of chemosymbiotic taxa than those communities with lower diversity. It is suggested that this depth-related structure develops because increasing depth might decrease the efficiency of predators in mediating the communities.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

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：化学合成群集・進化・古生態・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、冷湧水域、鯨骨、沈木周辺に生息することが知られている（例えばVan Dover, 2000）。こうした化学合成群集の検討は、生活のためのエネルギー獲得を光合成に頼らないという意味から生命誕生初期の進化や地質時代に生じた大量絶滅や無酸素事件との関係を考察する上でも重要である。

日本では、白亜紀以降、多くの冷湧水域群集や鯨骨群集が知られ（Amano and Little, 2005; Majima et al., 2005; Amano et al., 2007）、白亜紀から現在までほぼすべての時代に群集が知られている世界的にも唯一の場所である（Campbell, 2006）。一方、Little and Vrijenhoek (2003)によれば、貝類を主体とする現在型の化学合成群集の主要な分類群が白亜紀から出現するとされている。こうした意味からも、日本の白亜紀以降の化学合成群集の進化を検討することは、世界的な化学合成群集進化を明らかにすることにつながる。

従来、白亜紀に出現したとされてきた現在型の化学合成群集を代表する二枚貝シロウリガイ類は最近申請者らにより研究され、白亜紀ではなく中期始新世に出現したことが明らかとなっている（Amano and Kiel, 2007b）。一方、現生の化学合成群集を代表する二枚貝の一つであるシンカイヒバリガイ類も後期始新世に出現したことが知られている（Kiel, 2006）。これらのことから、現在型の化学合成群集にも、白亜紀から始新世にかけて群集組成の変化があったことが考えられる。しかし、白亜紀の化学合成群集の主要な分類群の分類には疑問点も多く、不確定な部分が多い（Amano and Kiel, 2007b）。このため、詳細な分類学的な研究に基づく群集組成の時代的な変化過程を検討した研究はない。また、群集の構造（食性構造や種多様性）が群集組成の変化に伴い、白亜紀から始新世にかけて変化したのかどうか検討されていない。

一般に群集の変化の要因として考えられるのは気候変動やそれにともなう古海洋変動であろう。しかし、深海域に生息する化学合成群集という特殊な群集が変化する要因として、そうした要因は考えにくい。一方、中生代の海洋変革を提唱したVermeij (1977, 1987)によれば、捕食圧の増加が被食者の進化、すなわちエスカレーションを促したとされている。捕食者の増加した時期は白亜紀以降とされている（Harper, 2003）が、殻を破壊して捕食する捕食者は新生代前期に急増したとする見解もある（Oji et al., 2001）。しかしながら、化学合成群集への捕食圧の研究については申請者により検討されているのみで、わずかなデータしかない（Amano, 2003; Amano and Jenkins, 2007; Amano and Kiel, 2007a）。

これまでのデータに基づけば、捕食痕が見られるのは後期始新世以降の冷湧水域群集と鯨骨群集であり、白亜紀には見られない。

2. 研究の目的

学術的背景をふまえ、特にエスカレーションが急速に進行したと推定される白亜紀から始新世の群集を検討し、現在までにいたる化学合成群集の進化を明らかにすることを目的とする。具体的には（１）北海道の白亜紀から始新世にかけての冷湧水域群集、本州日本海側の中新世～鮮新世の冷湧水域群集を検討し、分類学的な再検討を行って、種構成の時代的な変遷を明らかにする。また、これまで詳細な資料のない北海道東部を中心に冷湧水域、沈木群集の発見に努める。（２）本研究及び既存のリストに基づき、白亜紀から中新世の化学合成群集の構造（食性構造や種多様性）を検討し、時代的な変遷を明らかにする。（３）北海道西部や中部も含め、白亜紀の群集中に捕食痕が見られるのかどうか詳細に検討する。これらを総合して、化学合成群集が捕食圧との関係でどのように進化してきたのか明らかにしたい。

3. 研究の方法

（１）貝化石の採集：北海道東部、北西部と日本海沿岸域を対象とした貝化石の採集を行う。同時に石灰質堆積物の放射性安定同位体の計測を行う。

（２）試料の整理・同定：一般に化学合成群集を含む岩石は硬質なため本学所蔵の機器を用いて貝化石のクリーニングを行う。また、二枚貝の分類形質についてはシリコンラバー等を用いて明らかにする。同定は模式標本との比較による。また、捕食痕の有無についても検討する。

（３）群集組成の検討：リストから卓越種を検討し、時間空間的な変化を検討する。

（４）群集構造の検討：30個体以上採集した産地について、種多様度指数 (H')、均等度指数 (J') 指数を算出し、種多様性を検討する。また、化学合成菌共生種の総個体数に対する個体数比を産出する。

4. 研究成果

（１）群集組成について

化学合成群集の特徴的な二枚貝であるシロウリガイ類 (*Vesicomysidae*) は白亜紀には出現しておらず、始新世～前期漸新世には *Hubertschenckia* が栄えた。前期中新世には *Adulomya* が、後期中新世以降 *Calypptogena* や *Archivesica* が繁栄していることを明らかにした。ハナシガイ類 (*Thyasiridae*) のうち最古の *Thyasira* を北海道の白亜系から発見し、報告した。また、シロウリガイ類がハナ

シガイ類と随伴する事から、新生代にハナシガイ類を中心とする群集に加わったと考えられる。さらに、ハナシガイ類を含む世界最古の現在型沈木群集を発見し、記載した。シンカイヒバリガイ類(*Bathymodiolus*)については日本最古のシンカイヒバリガイ類化石を北海道の漸新統より発見し、この中間がシロウリガイ類と同様に後期中新世に世界中に分布を広げた事を明らかにした。

(2) 群集構造について

群集構造については、当初、予想された時代的な変化傾向は認められなかった。中新世の群集の多様性の分布領域は図1のように古第三紀の群集と重なり、特に増加している傾向は見られない。

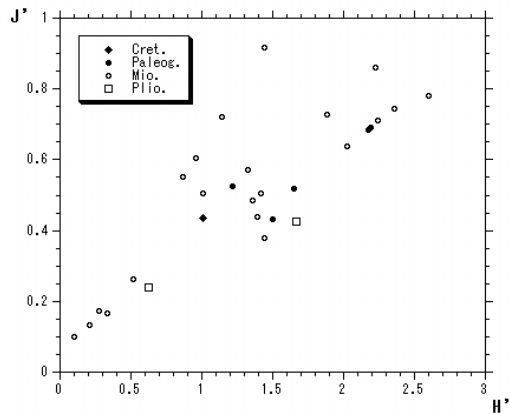


図1 時代別にみた群集の種多様性

一方、時代と無関係に水深による違いが明らかとなった。すなわち、下部浅海域の群集は比較的多様度が高く ($H' > 1.446$)、相対的に均等度は低い (図2)。一方、中部漸深海域の群集の多様度は下部浅海域の群集ほど高くなく ($H' < 1.439$)、均等度は高い。上部漸深海域の群集は多様度の範囲は広く、均等度については下部浅海域と中部漸深海域の中間的な値をとる。

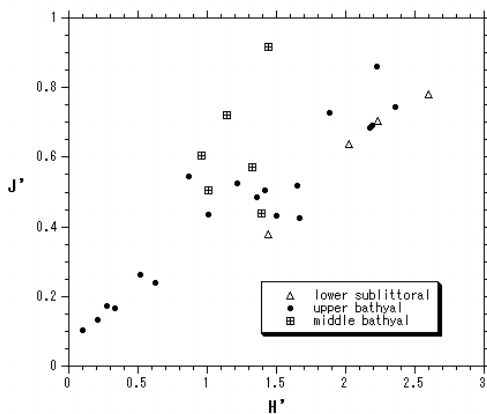


図2 深度別に見た群集の種多様性

多様度と化学合成細菌共生種の個体数比の関係について、多様度の高い群集は化学合成細菌共生種の個体数比は低い傾向にある。こうした群集では肉食/腐肉食性の巻貝が認められるケースが多い (図3)。

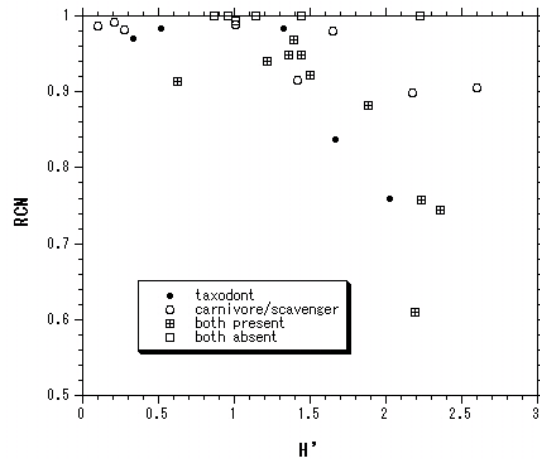


図3 種多様度と化学合成細菌共生種の個体数比(RCN)

化学合成群集の生息範囲は一定の面積に限定されている。捕食者が生息しなかった中部漸深海域では、化学合成細菌共生種が密集し、競争状態にあるため、周囲からの種の侵入を妨げた。その結果、化学合成細菌共生種の個体数比は高く、種の多様度は下部浅海域に比べ高くなく、均等度は高くなったと思われる。一方、下部浅海域では、Naticidaeのような肉食性巻貝が生息し、化学合成依存種を捕食していた (Amano, 2003) ことから、周囲からの堆積物食者などが侵入しやすかったと思われる。このため、化学合成依存種の個体数比は低く、多様度は高く、均等度は相対的に低くなったと考えられる。

(3) 捕食痕について

北海道北西部の白亜紀の化学合成群集中に最古の捕食痕を発見した。すなわち、*Nucinella gigantea* に穿孔捕食痕をもつ標本が発見された。この事から、すでに白亜紀より化学合成群集への捕食活動が存在した事になる。このことは、群集構造が時代的な変化が見られない事と関係している可能性がある。

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 14 件)

- ① 天野和孝, 化石からみた鯨骨群集の進化. 月刊海洋, 査読無, vol. 40, no. 4, 2008, pp. 262-269.
- ② Amano, K., Jenkins, R.G., Kurihara, Y.

- and Kiel, S., A new genus for *Vesicomya inflata* Kanie & Nishida, a lucinid shell convergent with that of vesicomys, from Cretaceous strata of Hokkaido, Japan. The Veliger (California Malacozoological Society), 査読有, vol. 50, no. 4, 2008, pp.255-262.
- ③ 延原尊美・恩田大学・菊池直樹・近藤康生・松原啓・天野和孝・ジェンキンズ ロバート・疋田吉識・間嶋隆一, 高知県四万十市の上部白亜系佐田石灰岩の岩相と化石群集. 化石 (日本古生物学会), 査読有, no. 84, 2008, pp.47-60.
- ④ 天野和孝・葉室麻吹・佐藤時幸, 鮮新世における日本海への暖流の流入-富山市八尾町の三田層産軟体動物群. 地質学雑誌, 査読有, vol. 114, no. 10, 2008, pp.516-531.
- ⑤ Kiel, S., Amano, K. and Jenkins, R.G., Bivalves from Cretaceous cold-seep deposits on Hokkaido, Japan. Acta Paleontologica Polonica, 査読有, vol. 53, no. 3, 2008, pp.525-537.
- ⑥ 天野和孝・永田覚・佐藤時幸・柳沢幸夫・栗田義隆, 鮮新世における北部フォッサマグナ地域への暖流の影響-新潟県南魚沼市鎌倉沢川の四十日層および魚沼層群最下部産軟体動物群の検討を通じて-. 地質学雑誌, 査読有, vol. 115, no. 11, 2009, pp.597-609, .
- ⑦ Kiel, S., Amano, K., Hikida, Y. and Jenkins, R.G., Wood-fall associations from Late Cretaceous deep-water sediments of Hokkaido, Japan. Lethaia, 査読有, vol. 42, no. 1, 2009, pp.74-82.
- ⑧ 天野和孝, 日本産シロウリガイ類化石の分類と分布. 遺伝, 査読無, vol. 64, no. 1, 2010, pp.33-38.
- ⑨ Kiel, S. and Amano, K., Oligocene and Miocene vesicomysid bivalves from the Katalla District, southern Alaska. The Veliger (California Malacozoological Society), 査読有, vol. 51, no. 1, 2010, pp.76-84
- ⑩ Amano, K. and Suzuki, A., Redescription of "*Calypptogena*" *shiretokensis* Uozumi (Bivalvia: Vesicomysidae) from the Miocene Rurua Formation on the Shiretoko Peninsula, eastern Hokkaido, Japan. Venus (Japanese Journal of Malacology), 査読有, vol. 68, nos. 3/4, 2010, pp.165-171.
- ⑪ Amano, K., Jenkins, R.G., Aikawa, M. and Nobuhara, T., Miocene chemosynthetic community from the Ogaya Formation in Joetsu: Evidence for depth-related ecologic control among fossil seep communities in the Japan Sea back-arc basin. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 査読有, vol.286, nos.3/4, 2010, pp.164-170.
- ⑫ Amano, K. and Kiel, S., Taxonomy and distribution of fossil *Archivesica* (Bivalvia: Vesicomysidae) in Japan. The Nautilus, 査読有, vol. 124, no. 4, 2010, pp.155-165
- ⑬ Amano, K. and Jenkins, R. G., New fossil *Bathymodiolus* (sensu lato) (Bivalvia: Mytilidae) from Oligocene seep-carbonates in eastern Hokkaido, Japan with remarks on the evolution of the genus. The Nautilus, 査読有, vol. 125, no. 1, 2011, pp. 29-35
- ⑭ Amano, K. and Kiel, S. Fossil *Adulomya* (Vesicomysidae, Bivalvia) from Japan. The Veliger (California Malacozoological Society), 査読有, vol. 51, no. 2. (in press) .
- [学会発表] (計8件)
- ① 天野和孝, 日本産シロウリガイ類の時代的変遷. 日本貝類学会 (東京家政大学), 2008年4月12日
- ② 天野和孝, 日本産シロウリガイ類の分類と時代的変遷. 日本古生物学会 (東北大学), 2008年7月6日
- ③ 天野和孝・ロバート ジェンキンズ・相河美咲・延原尊美, 新潟県上越市柿崎区黒岩の中新統小萱層より産出した化学合成群集. 日本古生物学会 (琉球大学), 2009年1月31日
- ④ Amano, K. and Kiel, S., Taxonomy and distribution of fossil Vesicomysidae (Bivalvia) in Japan 4th International Symposium on Chemosynthesis-based Ecosystems 万国津梁館 (沖縄県), 2009年6月30日
- ⑤ 天野和孝・鈴木明彦, 北海道知床半島より産出したシロウリガイ類化石, 日本古生物学会第159回例会 (滋賀県立琵琶湖博物館), 2010年1月31日
- ⑥ 天野和孝・ロバート・ジェンキンズ 北海道浦幌町より産出した日本最古のシロウリガイ化石. 日本古生物学会年会 (筑波大学), 2010年6月13日
- ⑦ Amano, K., Depth-related ecologic structure in fossil cold-seep and whale-fall communities in Japan. 3rd International Paleontological Congress, Imperial College (London) 2010年6月29日

- ⑧ 天野和孝, 化学合成群集の構造と古水深
日本古生物学会(高知大学), 2011年1月
29日

[その他]

ホームページ等

- ① 平成 22 年 5 月 12 日 日本最古のシンカイヒバリガイの発見で朝日, 毎日, 読売, 産経, 新潟日報など新聞各社で報道

6. 研究組織

(1) 研究代表者

天野 和孝 (AMANO KAZUTAKA)
上越教育大学・大学院学校教育研究科・
教授

研究者番号 : 50159456

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者