

平成 22 年 5 月 24 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19740317
 研究課題名 (和文) 有孔虫の殻に残る古生態情報は「最後の深海生底生群集の絶滅事件」を解明するか？
 研究課題名 (英文) Causes of the last global deep-sea extinction from the analyses of foraminiferal tests
 研究代表者
 河潟 俊吾 (KAWAGATA SHUNGO)
 横浜国立大学・教育人間科学部・准教授
 研究者番号：90244219

研究成果の概要 (和文)：更新世中期に絶滅した深海底生有孔虫の古生態情報を解析して、絶滅に至る理由を解明することが目的である。殻内部の構造物 (歯板) の特徴と起源から、殻の内部構造を有する他の有孔虫とは異なる系統関係が示唆された。殻の光学的組織の類似性から、絶滅有孔虫は深内生種で低酸素環境に耐性を持つ過去の生態が示唆された。この絶滅イベントは第四紀の汎世界的な深海底の低水温化や酸化的環境への変化と関連していると考えられる。

研究成果の概要 (英文)：I analysed the causes of the last global deep-sea extinction of the particular benthic foraminifera during the mid-Pleistocene Transition. On the basis of their internal test morphology, they were found to have weak phylogenetic relationship among other benthic foraminifera that shows similar structure inside the test. Optically granular structure were found in the test of extinct foraminifera and suggested their deep infaunal microhabitat. The last global deep-sea extinction was implied that it might have occurred in associated with cooling deep-water and becoming more oxidised environments at deep-sea during the middle Pleistocene.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,800,000	0	1,800,000
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
2009 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	420,000	3,620,000

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：深海生有孔虫, 古生態, 絶滅, 古海洋, 環境変動

1. 研究開始当初の背景

新生代を通じて深海底生有孔虫群集には 3 度の大量絶滅または種入れ替わり (ターンオーバー) があつたことが知られている。これは一度の深海環境の高水温化・極貧酸素

化 (絶滅イベント時) と、2 度の全球的な気候の寒冷化による深海環境の低温化 (ターンオーバー時) によると考えられている。1970 年代後半に深海掘削試料の解析から新生代で第 4 番目となる “最後の深海底生有孔虫群

集の絶滅事件”が見つかり、その後の研究で約 60 万年前に起こったことが明らかになって来た。この絶滅で姿を消した深海底生有孔虫は、大陸氷床の発達による地球表層の寒冷化に関連して深海底が低水温化・酸化的環境に変化する過程で世界的に同時絶滅したことが研究代表者とニュージーランドの研究者が共同で行った古海洋学的研究によって明らかになりつつある。深海環境の高水温化・極貧酸素化によって約 50%もの種が一扫された 5500 万年前の暁新世/始新世最温暖期の新生代深海底生有孔虫の大量絶滅事象とは、推定される絶滅時の深海底環境が決定的に異なっているのが特徴である。しかしながら約 60 万年前の絶滅の真の理由を解明するには、絶滅有孔虫がどのような生活様式の生物だったのか？という生態に関する情報が絶対的に不足している。既に絶滅した深海底生有孔虫の生態情報は化石として残る殻の詳細な解析によってのみ直接的に得ることができるのである。それは、一般に有孔虫殻の概略的な形(棒状や球形など)から堆積物中での生息深度や餌となる有機物量の違いを、殻の光学的組織の性質からは底層水の温度や溶存酸素量の違いを、殻の安定同位体比からは水温や堆積物中での生息深度などの生態が推定されていることから支持される (Corliss & Chen, 1988; 野村, 1997; Schmieidl et al., 2004 など)。

絶滅有孔虫の科グループ (Pleurostomellidae 科) については、その殻の概略的な形から堆積物内部の貧酸素環境に生息していた可能性が示唆されているが (Kaiho, 1992)、生態については未だ十分に解明されてはいない。この絶滅有孔虫について、特徴的かつ具体的な殻の構造を他の有孔虫グループと直接比較して系統を探り、殻の光学的組織の性質や安定同位体比から底層水の温度・溶存酸素量・堆積物中での生息深度などの生態情報を探る必要性が高まっている。

2. 研究の目的

- (1) 約 60 万年前に世界的に同時絶滅した深海底生有孔虫 (Pleurostomellidae 科) の殻の内部構造を明らかにしてその系統を明らかにする。
- (2) 殻の光学的組織の性質・殻の安定同位体比を解析して堆積物中での生息深度や水温との関係を明らかにする。
- (3) 絶滅するに至った原因が深海底の低水温化や酸化的環境の変化と如何に関連しているのかを古海洋学的に解明するための古生態情報を直接的に提示する。

3. 研究の方法

- (1) 国際深海掘削計画 (ODP) で採取された世界中の深海底コア堆積物について、保存状態

のよい絶滅深海底生有孔虫 (Pleurostomellidae 科) の化石を多く産出するコア地点および層準 (暁新世-更新世の地質時代) を選定し、ODP のコア冷蔵保管所 (ドイツまたはアメリカ) から堆積物試料を入手する。酸素安定同位体比曲線によって年代値が決まっているコア堆積物を候補とした (図 1)。

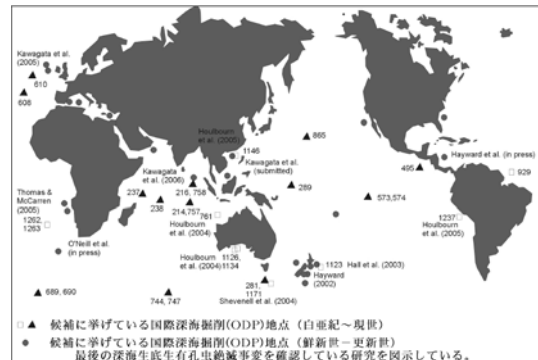


図1. 本研究で研究候補に挙げた深海掘削地点

広範な海域や暁新世-更新世の地質時代を対象とするのは、できるだけ多くの Pleurostomellidae 科の属と種を検討するためである。鮮新世-更新世の時代については、本研究に最適な海域および層準について検討済みであるが (Kawagata et al., 2005, 2006)、その他の時代については、先行的に本研究に適した試料であるか否かを確認する作業を行う。

(2) 堆積物試料は 63 μ m の篩 (ふるい) 上で水洗した後恒温乾燥機で乾燥するなどの通常の深海底堆積物の処理を行い、双眼実体顕微鏡下で有孔虫化石 (絶滅有孔虫とその他の有孔虫) を拾い出して同定する。多くの有孔虫標本は内部構造の観察や安定同位体比の測定に使用して原形を失うため、個々の有孔虫化石個体は実体顕微鏡に付属の画像撮影装置を用いて記録する。

(3) 有孔虫化石の薄片は、Nomura (1983) で示されたカナダバルサム-キシレン法に従い、光学顕微鏡下で片面を研磨して目的とする構造物の中心を出した後、反対面を慎重に研磨して作成した。また部分的に殻を取り除いた標本を個々に作成して、生物顕微鏡または電子顕微鏡を使用して殻の内部構造を詳細に観察した。特に層構造の観察には標本を弱い酸 (希釈した塩酸やリン酸など) でエッチング処理する作業を行う。

(4) 絶滅有孔虫の石灰質殻の破片をスライドガラスに封入した標本を個々の種ごとに作成して、偏光顕微鏡を使用して石灰質の殻の結晶組織の成長様式を詳細に観察する。

(5) 同じ層準に産出する絶滅有孔虫 (複数種)・表層生種・深内生種について、安定同位体比測定に適した殻 (変質や自生鉱物の付着

の有無を確認)かどうかの判定を行い、それぞれ種ごとにクリーニングなどの処理をした後に安定同位体比測定を行う。

4. 研究成果

国際深海掘削計画 (ODP) によってインド洋、南西太平洋、カリブ海で採取された深海底コア中の絶滅深海生底生有孔虫 (Pleurostomellidae 科) の化石について、炭酸塩の殻が続成作用で変質していない、比較的大型の種 (*Pleurostomella brevis*, *Pleurostomella* sp., *Pleurostomella alternans*) を試料より摘出して (図 2)、殻の薄片または部分的に殻を取り除いた内部構造観察用の標本を作成した。

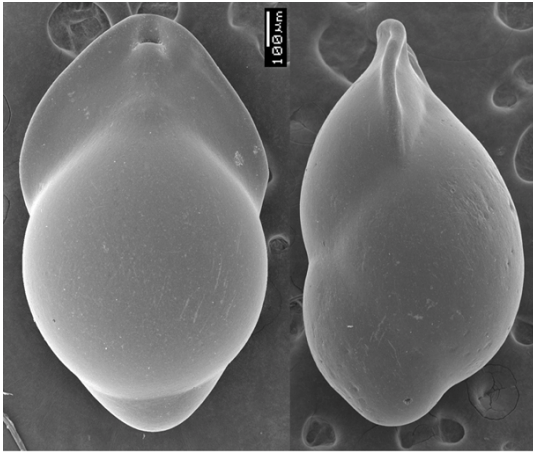


図2. *Pleurostomella* sp.の走査電子顕微鏡写真

これらの種は産出個体数が少ないことに加えて保存の良い個体数が少なかったため、標本の作製に多くの時間を要した。生物顕微鏡と走査電子顕微鏡を使用して、殻の内部構造 (特に歯板の起源や層構造) を観察したところ、他の有孔虫グループ (Buliminidae, Uvigeridae) に見られる内部構造物 (歯板) のつくりや起源との類似点、相違点が明らかになってきた。これまでの観察からは、uvigeriniid 有孔虫の *Rectobolivina* 属に見られるように歯板は内層を外層がサンドウィッチ状にはさむことによって断面が三層構造 (外層-内層-外層) になる事実 (Kawagata and Hatta, 2002) は観察されていない (図 3)。

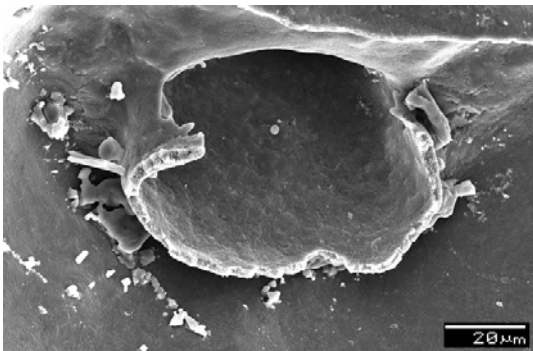


図3. 歯板の破断面の走査電子顕微鏡写真

また、その起源も殻壁の内層と外層の延長したものではなく、殻内部の空間に延伸して殻の内壁に接合して歯板を形成している明確な証拠は得られていない。おそらく単層構造をした殻壁が殻内部に延伸していると考えられる (図 4)。複層構造と単層構造の歯板構造の違いはあるが、絶滅した pleurostomelliid 有孔虫は上述の *Rectobolivina* 属とその他の歯板を有する有孔虫と同様に殻壁の内部への延伸が歯板を形成する点で共通点がある。

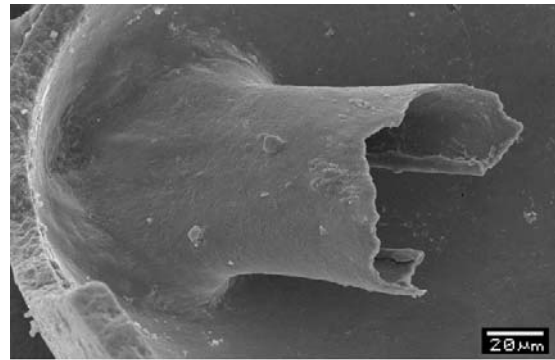


図4. 歯板と殻内部の接合部の走査電子顕微鏡写真

インド洋、カリブ海および南西太平洋で採取された深海底コア中の絶滅深海生底生有孔虫殻の酸素・炭素安定同位体比測定を行なうための標本を摘出した。測定は完了していないが、産出する群集構成の変化から、海洋循環および深海底環境の変化と密接な関係があることが示唆される。

Pleurostomella 属有孔虫の殻の光学的組織の性質を偏光顕微鏡で観察したところ、粒状 (granular) の結晶組織を示した。粒状組織を持つ底生有孔虫は堆積物の深部に生活する深内生種が多い。*Chilostomella* 属は粒状組織を持つ深内生種の代表であるが (野村, 1997)、現在の深海底環境の溶存酸素量が著しく少ない低酸素環境に耐性のあるとされている。このことは、絶滅有孔虫の *Pleurostomella* 属もまたかつては低酸素環境に耐性のある深内生としての生態を有していた可能性を示すものである。しかしながら、これまでに殻内部に歯板構造を有することが知られている *Rectobolivina* 属、uvigeriniid や buliminiid 有孔虫の多くは放射状 (radial) 組織の石灰質殻を示すことから歯板構造の有無と殻の結晶組織の種類には一定の関係は見られないようである。ただ、これらの放射状 (radial) 組織を有する有孔虫は堆積物内部の比較的浅い深度に生息する浅内生種が多いことから、粒状 (granular) の結晶組織を持つ深内生種との違いはその生息深度にある。絶滅有孔虫は深内生種で低酸素環境に耐性を持つ過去の生態が示唆される。この結果は、絶滅深海生底生有孔虫殻の酸素・炭素安定同位体比の分析が終了すればより明らかになるとと思われる。

第四紀には地球上の氷期-間氷期の気候変動のコントラストが大きくなる更新世中期気候変換期 (Mid-Pleistocene Transition: MPT, 120-60 万年前) が起きた。この気候変換期の終わりに現在の気候変動システムが完成し、それとともに第4の深海生有孔虫の絶滅事件が起きたが、絶滅有孔虫の古生態情報は、深海底環境がより海洋循環の活発化とともに酸化的环境に変化したことと関連していることを示唆している。

引用文献

- Kawagata, S., and Hatta, A., 2002: Internal test morphology of the genus *Rectobolivina* (Cushman, 1927) from the Late Cenozoic Miyazaki Group, southwestern Japan. *Paleontological Research*, 6 (2), 219-236.
- Kawagata, S., Hayward, B.W., Grenfell, H.R., and Sabaa, A., 2005: Mid-Pleistocene extinction of deep-sea foraminifera in the North Atlantic Gateway (ODP Sites 980 and 982). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 221, 267-291.
- Kawagata, S., Hayward, B.W., and Gupta, A.K., 2006: Benthic foraminiferal extinctions linked to late Pliocene-Pleistocene deep-sea circulation changes in the northern Indian Ocean (ODP Sites 722 and 758). *Marine Micropaleontology*, 58, 219-242
- Nomura, R., 1983: An embedding technique for observation of internal microfossil structure by scanning electron microscopy. *Micropaleontology*, 29(1), 1-5.
- 野津津夫 1997. 有孔虫殻壁の光学的組織の生態・古生態解析への応用 化石 62, 1-14.

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)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河潟 俊吾 (KAWAGATA SHUNGO)
横浜国立大学・教育人間科学部・准教授
研究者番号: 90244219

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: