

硫化鉄のうごきを持つ巻貝の生態解明に手がかり

海洋研究開発機構（理事長 加藤康宏）極限環境生物圏研究センター地殻内微生物研究プログラム、産業技術総合研究所（理事長 吉川弘之）深部地質環境研究センター、新江ノ島水族館（館長 堀由紀子）及び東京大学海洋研究所（所長 寺崎誠）による共同研究グループは、2006年2月に海洋研究開発機構の有人潜水調査船「しんかい6500」及び支援母船「よこすか」を用いて、「インド洋中央海嶺における熱水活動域※1の地球生物学的調査（首席研究員：海洋研究開発機構極限環境生物圏研究センター地殻内微生物研究プログラム 高井研プログラムディレクター）」【調査海域は別紙1】を行いました。本調査において、硫化鉄の鱗を持った巻貝*Crysmallon*（俗名：スケーリーフット（「鱗をまとった足」の意））【写真1、写真2】を深海底の熱水活動環境において観察し、さらに初めて船上に持ち帰っての水槽飼育による観察を行うことに成功しました。スケーリーフットは、2001年に米国研究チームによりインド洋で発見された世界でたった1例しか知られていない体の一部が硫化鉄でできている生物です。【これまでの「発見」から「研究」までの経緯は別紙2】

本調査における現場と船上での観察により、スケーリーフットが鱗を広げて海底のチムニー※2等に強く付着【写真3】し、共存する捕食性のカニやエビなどから身を守っている事が証明されました。同時に生息場を共にするアルビン貝との棲み分けの観察や生息環境の測定等も行われました。また、採取されたスケーリーフットの飼育については、船上で1週間程度、90%以上の個体を生存させることに成功し、さらに飼育条件下で、スケーリーフット及びその共生細菌からなる共生システムのエネルギー源、栄養メカニズムなどを明らかにするための様々な実験を行うことができました。

今回の研究調査航海によって採取されたサンプルを用い、未だ謎に包まれたスケーリーフットの硫化鉄の鱗の獲得過程や硫化鉄鉱物形成制御の機構、共生細菌との共生システムの形成機構等の解明に向けた研究をさらに進めていく予定です。

なお、このスケーリーフットの標本は、近日中に新江ノ島水族館において、公開される予定となっております。

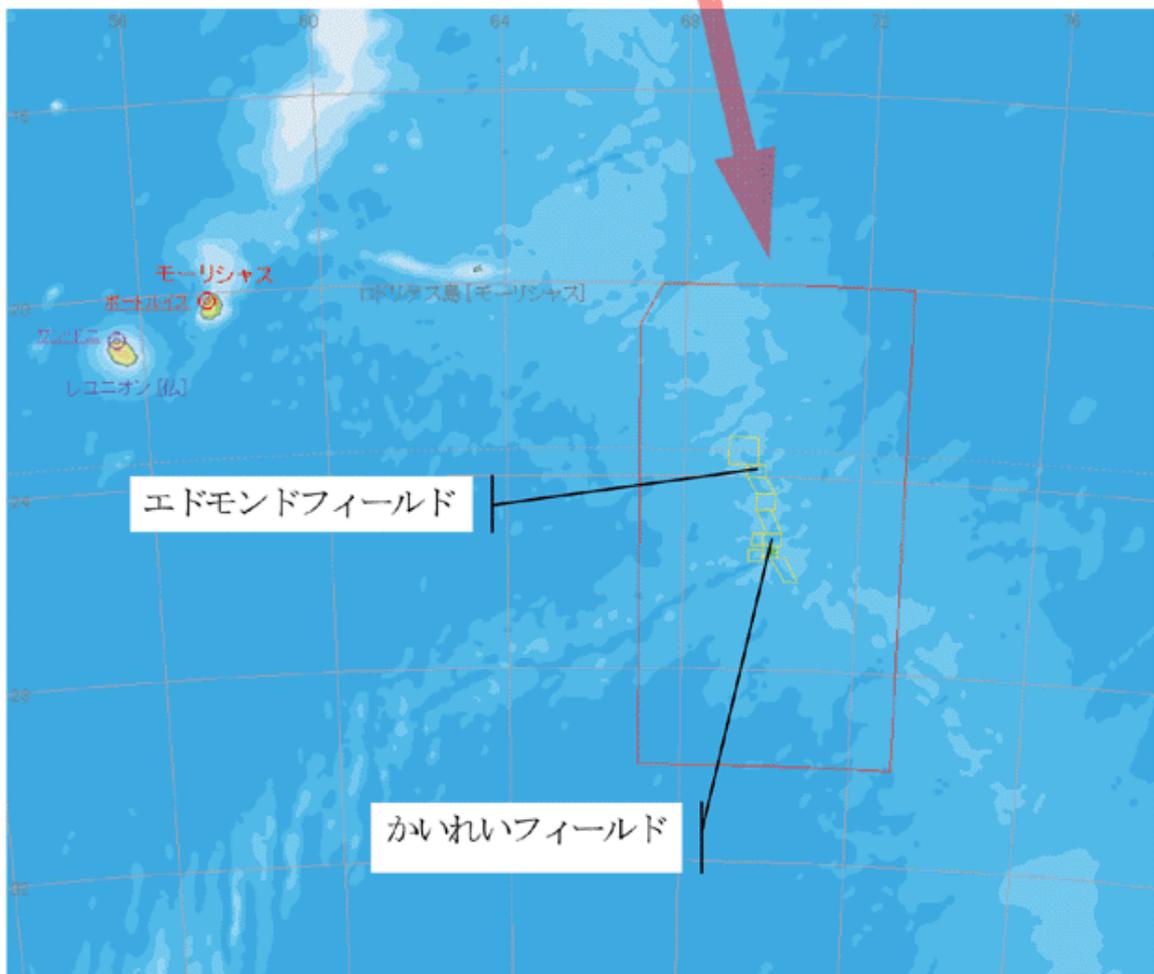
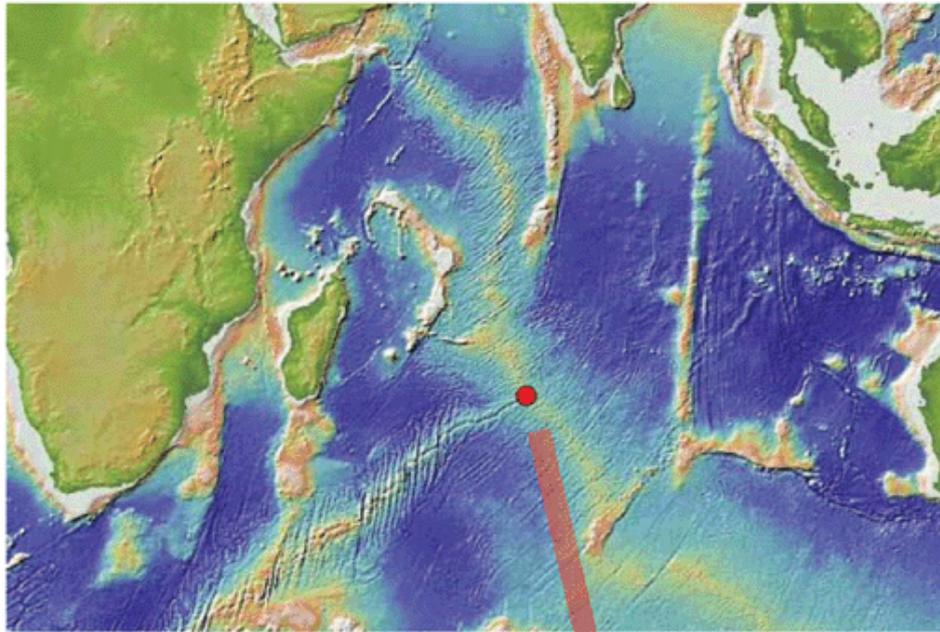
- ※1 熱水活動域・・・地球内部で温められた高温の海水（熱水）が硫化水素やメタンなどを溶かしながら上昇し、海底から噴出する地域。
- ※2 チムニー・・・海底熱水鉱床。金属元素を含む熱水が海底から噴出する際に海水により冷却されて金属元素が析出・沈殿し煙突型になる。

問い合わせ先：

極限環境生物圏研究センター 研究推進室長 榎木 暢雄
電話：(046)867-9600

経営企画室 報道室長 大嶋 真司
電話：(046)867-9193

今回の研究調査海域



「発見」～「今回の研究」 これまでの経緯

- (1) 「かきれいフィールド」の発見：

世界の三大洋のなかで、最も調査が遅れていたインド洋の海嶺系深海底熱水活動域の調査は、激しい国際的な先陣争いが行われていた。そのような中、2000年9月、海洋研究開発機構の無人探査機「かいこう」及び深海調査研究船「かきれい」を用いた研究調査によって、日本の研究チームによって世界で初めてインド洋における深海底熱水活動域「かきれいフィールド」が発見され、特に西太平洋と大西洋の熱水生物相が混在した特異な生物群集構造が注目された(Hashimoto et al., 2001)。
- (2) スケーリーフットの発見：

2001年4月に、アメリカの研究チームにより「かきれいフィールド」の調査が行われ、鱗を持った巻貝 *Crysmallon* (俗名：スケーリーフット) が発見、採取され、世界初の鉄のうろこを持つ生物の発見として報告された(Van Dover et al., 2001; Waren et al., 2003)。
- (3) スケーリーフットの生息の確認と採取：

2002年1月に、日本の研究チームによる海洋研究開発機構の有人潜水調査船「しんかい6500」及び支援母船「よこすか」を用いた再調査が行われ、アメリカの研究チームに一定遅れてスケーリーフットの生息を確認し、採取に成功した。両研究調査によって採取された保存個体を用いた研究の結果、鱗を持つ巻貝という極めて変わった形態を有する系統的に全く新しい種であるという点(Waren et al., 2003)、その鱗が硫化鉄でできているという点(Waren et al., 2003; Goffredi et al., 2004)、従来知られていた熱水域の巻貝と違いエラではなく消化管組織中に共生細菌を有する共生システムを有している点(Goffredi et al., 2004)などスケーリーフットが従来の常識を大きく覆す新しい生物であることが明らかになった。
- (4) 硫化鉄でできた鱗の特殊性：

極限環境生物圏研究センター地殻内微生物研究プログラム 鈴木庸平研究員(当時)(現、産業技術総合研究所 深部地質環境研究センター)を中心とする研究チームは、鱗状外部骨格の研究を行い、鱗を形成する硫化鉄がナノ結晶を基本としていること、鱗を形成する硫化鉄が単磁区結晶と呼ばれる磁性を持った鉱物であること、鱗そのものが優れた強度を有した骨格材料であることなどを明らかにした(Suzuki et al., 2006)。
- (5) 一箇所にしか棲息しない特殊性と鱗の防御“鎧”説：

このように、発見からわずかな期間のうちに、スケーリーフットの有する特異な性質が次々と明らかにされ、大きな注目を集めてきた。また、スケーリーフットはインド洋中央海嶺上に存在する「かきれいフィールド」にのみ見出され、160km離れた「エドモンドフィールド」には生息しないと報告されてきた(Van Dover et al., 2001)。しかしながら、アメリカ研究チームの「エドモンドフィールド」(2001年にインド洋における2番目の熱水活動域として米国研究チームにより発見された)の調査は数日間のみであり、本当にスケーリーフットが「かきれいフィールド」にしか生息していないのかは結論が出ていなかった。さらに、日本の研究チームの実験に基づく成果から、優れた材料強度を誇る鱗が鎧としての防御機構として働いている可能性が示唆されていたが(Suzuki et al., 2006)、深海底熱水噴出環境でのスケーリーフットの分布様式や行動様式などの生態は、個体採集が優先されてきた研究調査において、詳細な観察や飼育実験は行われてきておらず、一切謎のままであった。
- (6) 今回の研究成果：

2006年2月に、4年ぶりに有人潜水調査船「しんかい6500」及び支援母船「よこすか」を用いた「インド洋中央海嶺における熱水活動域の地球生物学的調査」が行われた。本研究調査では、「かきれいフィールド」及び「エドモンドフィールド」の微生物などの集中的な潜航調査を行い、特にスケーリーフット及びアルビン貝の分布様式及び行動様式の生態観察、生息場の物理化学環境の測定並びに船上での水槽飼育実験を行った。その結果、スケーリーフットは「エドモンドフィールド」には全く見いだされなかった。さらに「かきれいフィールド」においても「文殊チムニー」という熱水噴出サイトにのみコロニーが形成されていた。一方アルビン貝は、エラにイプシロンプロテオバクテリアを共生させる変わった共生システムを有し、スケーリーフットと同様に熱水活動域に生息する巻貝であるが、「エドモンドフィールド」にも伝播しており、さらに「かきれいフィールド」においても「文殊チムニー」以外の熱水噴出サイトにもコロニーが形成されていた。また、「文殊チムニー」では、スケーリーフットがチムニーの外壁に付着しながらコロニーの最も内部に多く生息しているのに対し、アルビン貝はスケーリーフットやチムニー外壁に積み重なるように生息しているのが明らかになった。

このような現場及び船上での飼育中の生態観察の結果、スケーリーフットが鱗を広げてチムニー等に強く付着し、共存する捕食性のカニやエビなどから身を守って

いる事が証明された。同時に、生息場を共にするアルビン貝との棲み分けや異なる行動様式も観察された。

参考文献：

1. J. Hashimoto *et al.*, *Zoological Sci.* 18, 717 (2001).
2. C. L. Van Dover *et al.*, *Science* 294, 818 (2001).
3. A. Waren *et al.*, *Science* 302, 1007 (2003).
4. S. K. Goffredi *et al.*, *Appl. Environ. Microbiol.* 70, 3082 (2004).
5. Y. Suzuki *et al.*, *Earth Planet. Sci. Lett.* 242, 39 (2006).

(写真1) 鎧のような硫化鉄の鱗を持った巻貝 *Crysomallon* (俗名:スケーリーフット)



(海洋研究開発機構)

(写真2) 鎧のようなスケーリーフットの鱗部分 (写真1 四角枠内の拡大写真)



(海洋研究開発機構)

(写真3) 鱗を広げてチムニーに強く付着しているスケーリーフット(写真中央、円内の光沢のある殻の貝)、カニやエビなどの捕食者と共存している。



(海洋研究開発機構)