

南大洋インド洋区コンラッドライズの深海サンゴの産状について
— 白鳳丸KH-20-1次航海速報 —

**Occurrence of deep-sea coral at Conrad Rise, Indian Sector of the Southern Ocean
— Preliminary report on KH-20-1 cruise —**

小坂由紀子^{1*}・徳田悠希²・池原 実³・佐藤 暢⁴
Yukiko Kozaka^{1*}, Yuki Tokuda², Minoru Ikehara³, Hiroshi Sato⁴

¹名古屋大学宇宙地球環境研究所・²公立鳥取環境大学環境学部・
³高知大学海洋コア総合研究センター・⁴専修大学経営学部

¹ ISEE, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-8601, Japan.

² Faculty of Environmental Studies, Tottori University of Environmental Studies, 1-1 Wakabadai-kita, Tottori, Tottori 689-1111, Japan.

³ Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, B200 Monobe, Nankoku Kochi 783-8502, Japan.

⁴ School of Business Administration, Senshu University 2-1-1 Higashimita, Tama, Kawasaki Kanagawa 214-8580, Japan.

*Corresponding author. E-mail: kozaka@nendai.nagoya-u.ac.jp

Abstract

Deep-sea corals have characteristics different from zooxanthellate corals, which possess zooxanthellae in their tissue and occur mainly in warm tropical shallow marine environment. Deep-sea corals grow without zooxanthellae and light and feed on zooplankton and/or sinking particulate matter. They also make carbonate skeleton like zooxanthellate corals. The fossil deep-sea corals attract attention as the archives for past deep-sea environment from the paleoceanographers. The deep-sea corals require high biological activity at the sea surface, strong current and exposed rock for the growth environment. However, the distribution of deep-sea coral is difficult to figure out. Recently R/V Hakuho-Maru cruise reveal that they grow around the Conrad Rise, Indian Sector of the Southern Ocean. In this article, we report that occurrence and distribution of the deep-sea corals around the Conrad Rise and the future outlook for the research of deep-sea coral.

Keywords: deep-sea coral; Hakuho-Maru cruise; Southern Ocean; Conrad Rise

1. KH-20-1航海概要

2020年1月21日から2月16日の期間に行われた白鳳丸KH-20-1次航海は、南大洋インド洋区を対象として実施された。この航海は、2019年度から3年間の長期航海計画の1つとして採択された航海であり、以下の7項目の目的があった：1. ケープダンレー底層水を起点とした熱塩循環と物質循環の解明、2. ケープダンレー底層水の変動の復元、3. 第四紀の南極周極流と南大洋での海洋フロントの移動史の復元、4. コンラッドライズの形成過程の解明、5. ディープ・トゥ磁力計を用いた気候と中央海嶺での火成活動の相互作用の解明、6. アルゴフロートを用いた南大洋のモニタリング調査、7. サーミスタ温度センサーを用いた底層水の混合の解明。航海中には、3つの係留系の回収、5地点での堆積物コ

アの採取、2回のドレッジ、19キャストのCTD、19回のネットサンプリング、1回のディープ・トゥを用いた調査、航走中の地球物理調査(マルチビーム)、プロトン磁力計による磁力の計測、船上での3成分磁力計、重力計、サブボトムプロファイラを用いた計測が実施された(Ohshima, 2020)。

悪天候に数回見舞われ、ケープタウンからの出航の遅れや、当初観測を予定していたコンラッドライズに接近できないなどの問題があり、いわゆる暴風圏を避けて予定より早めに南下することとなった。採取地点の変更があったが、コンラッドライズ西部の小海山でドレッジを行い、南極大陸沖で東経36度から70度まで幅広く海水試料を採取することができた。

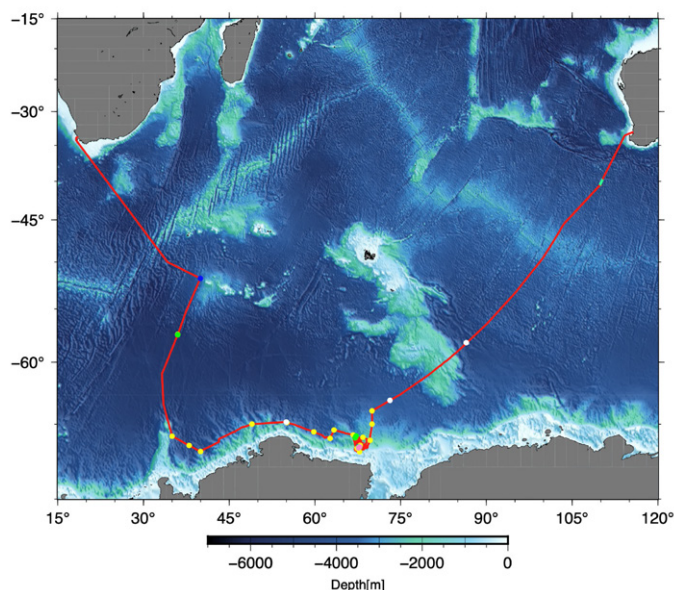


図1 KH-20-1の航跡と観測地点(Ohshima, 2020)

黄色：CTD/RMS, 緑：堆積物コア, 青：ドレッジ, ピンク：係留系, 白：アルゴフロート, 薄緑：ディープ・トゥ

2. KH-20-1で採取された深海サンゴ試料

本航海では、長方形の口枠に鎖を袋状に繋げた構造のAORI-typeのドレッジに、内部に更に目の細かい漁網をつけて使用した。コンラッドライズを構成するオビ海山西方の小海山で実施されたKH-20-1 D1では、漁網をつけたことで、より小さい岩石片や深海サンゴ試料を大量に獲得することができた(Ohshima, 2020)。採取された深海サンゴは、これまでコンラッドライズを構成する海山・小海山から採取された深海サンゴ試料と同じ八放サンゴ類であるトクササンゴの仲間が最も多かった。これらの試料には、骨軸の表面が軟体部に覆われた生体や(写真1)、骨軸が溶解し表面に鉄-マンガン酸化物が付着したものなどがあった(写真2)。このほか、直径1 cm程度の単体性イシサンゴ *Deltocyathus* sp.などが数個体採取された。古海洋研究でよく用いられている単体性イシサンゴの *Desmophyllum dianthus*などは、今回の採取試料には確認されなかった。

3. 深海サンゴ試料を用いた既存研究と今後の戦略

深海サンゴを用いた古海洋研究は、汎世界的に分布するアラゴナイト骨格を形成するイシサンゴ類(e.g. *Desmophyllum dianthus*, *Caryophyllia* spp.)を中心に研究が行われている。これらの中でも単体サンゴは、成長速度が比較的速く、生育期間が短い(数百年程度)という特徴がある(Cheng et al., 2000)。このため、サブサンプリングの際に部位による年代差を考慮しなくて良いという利点がある。一方で、本研究で対象としているトクササンゴの仲間は成長速度が遅く、生育期間が長い(数百~1000年)という特徴がある(Farmer et al., 2015)。年輪状に肥大成長するため、1個体でカバーできる年代幅が大き

いという利点がある。

深海サンゴは、暖かい海に生息する有藻性サンゴとは異なり、酸素同位体比は成長速度などのvital effectsを受けて変化してしまうことが知られている (Robinson et al., 2014)。そのため、vital effectsの影響を受けない元素としてネオジウム (Nd) や鉛 (Pb) が古海洋プロキシとして活用されている。海水中の溶存Ndは滞留時間が1000年程度と見積もられており、熱塩循環の中で均質にならないため、Nd同位体比は水塊トレーサーとして用いられている。海水中の溶存Pbは、人為起源のPbの影響を受けており、そのPb同位体比は水塊トレーサーとして用いられていないが、人間活動が始まる以前については自然由来鉛をトレーサーとして利用することができる。海水中のPbは滞留時間が100年程度とNdと比べて更に短いため、より地域的な風化の影響を復元できるトレーサーとして利用されている (Wilson et al., 2017)。深海サンゴは成長過程で周囲の海水からNdやPbを骨格に不純物として取り込むため、骨格のNd、Pbの同位体比分析から過去の底層水塊の起源や、大陸の風化量の変遷を復元することができる (van de Flierdt et al., 2010; Wilson et al., 2017)。また、深海サンゴの放射性炭素年代も周囲の海水の年齢を示すプロキシとして活用されており、Nd同位体比と組み合わせることで高時間解像度の底層水の変遷を復元した研究例もある (Montero-Serrano et al., 2013)。このような実績があることから、深海サンゴは複数の古海洋プロキシを利用できる試料として非常に有望である。

これまでにコンラッドライズを対象とした研究航海KH-10-7、KH-19-1、KH-20-1で採取された深海サンゴ試料についてデータと分布を表1、図2にまとめた (Nogi, 2010; Ikehara, 2019; Ohshima, 2020)。KH-20-1以前に採取された深海サンゴは全てトクササンゴであり、これまでNd、Pbの同位体比アーカイブとして利用された実績はないが、1 kg以上の大きい個体も採取されている。これらの試料を活用し複数の古海洋プロキシを適用することによって、これまで明らかになっていなかった南大洋インド洋区での上部周極深層水 (UCDW) や下部周極深層水 (LCDW) などの水塊の起源の変遷、水塊年齢の変遷の復元に取り組む予定である。



写真1 KH-20-1D1-C005
トクササンゴ類の生体

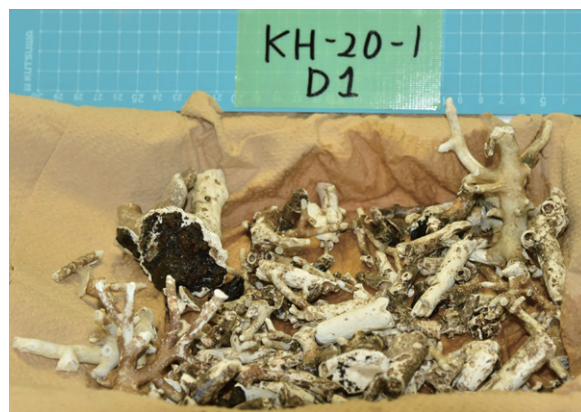
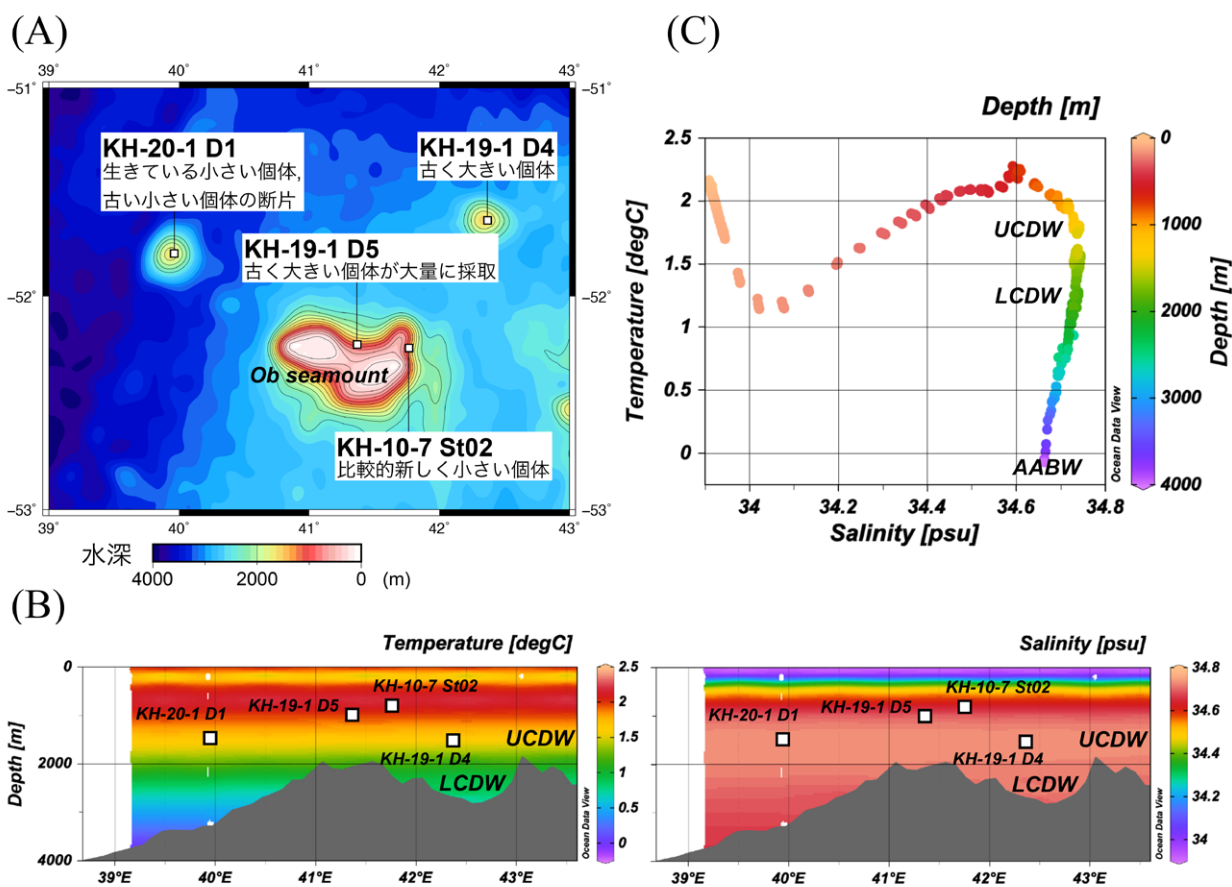


写真2 KH-20-1D1-C011a
トクササンゴ類の骨軸

表1 深海サンゴサンプルリスト
各航海のクルーズレポートを参考に作成 (Nogi, 2010; Ikehara, 2019; Ohshima, 2020)

Cruise	Station	Water depth (m)	Latitude	Longitude	Sample No.	Weight (g)	Fe-Mn coating	dissolution surface	Lithology	Species
KH-10-7	St02	878-800	52:14.67 S	41:46.08 E	107	50	none		coral fragment	Isidid octocorals
KH-19-1	D4	1517-1466	51:38.275 S	42:22.280 E	C201	1220	film	✓	deep-sea coral	Isidid octocorals
					C202	210	film	✓	deep-sea coral	Isidid octocorals
					C203	175	patch	✓	deep-sea coral	Isidid octocorals
					C204	-	-	-	small fragments of deep-sea coral	-
	D5	1141-891	52:13.651 S	41:22.136 E	C201	275	none	✓	deep-sea coral	Isidid octocorals
					C202	470	none	✓	deep-sea coral	Isidid octocorals
					C203	155	film	✓	deep-sea coral	Isidid octocorals
					C204	215	film	✓	deep-sea coral	Isidid octocorals
					C205	130	none	✓	deep-sea coral	Isidid octocorals
					C206	170	none	✓	deep-sea coral	Isidid octocorals
					C207	140	patch	✓	deep-sea coral	Isidid octocorals
					C208	100	patch	✓	deep-sea coral	Isidid octocorals
					C209	70	none	✓	deep-sea coral	Isidid octocorals
					C210	70	none	✓	deep-sea coral	Isidid octocorals
					C211	420	none/film	✓	branch coral (9 branched)	Isidid octocorals
C212	1070	film	✓	fragments of coral root	Isidid octocorals					
C215A	1330	-	-	others (coral and shell)	-					
C215B	1290	-	-	others (coral and shell)	-					
KH-20-1	D1	1524-1367	51:47.774 S	39:57.779 E	C001	-	none		soft coral	-
					C002	4	none		living deep-sea coral	Isidid octocorals
					C003	10	none		living deep-sea coral	Primnoidae octocorals
					C004	7	none		living deep-sea coral	Isidid octocorals
					C005	8	none		living deep-sea coral	Isidid octocorals
					C006	-	none		Fossil deep-sea coral	<i>Deltocyathus</i> sp.
					C007	-	none		Fossil deep-sea coral	<i>Deltocyathus</i> sp.
					C008	-	none		living deep-sea coral	Isidid octocorals
					C009	-	none		Fossil deep-sea coral	<i>Deltocyathus</i> sp.
					C010	-	none		Fossil deep-sea coral	<i>Deltocyathus</i> sp.
					C011	614	patch	✓	small fragments of fossil deep-sea coral	Isidid octocorals



謝辞

本研究はJSPS科研費 17H06318 (研究代表者：池原 実) の助成を受けたものです。白鳳丸の乗船研究者・乗組員の皆さまには、観測に際し大変お世話になりました。ここに感謝申し上げます。

引用文献

- Boyer, T.P., Antonov, J.I., Baranova, O.K., Coleman, C., Garcia, H.E., Grodsky, A., Johnson, D.R., Locarnini, R.A., Mishonov, A.V., O'Brien, T.D., Paver, C.R., Reagan, J.R., Seidov, D., Smolyar, I.V., Zweng, M.M. (2013) World Ocean Database 2013, NOAA Atlas NESDIS 72, S. Levitus, Ed., A. Mishonov, Technical Ed.; Silver Spring, MD, 209 pp.,
- Cheng, H., Adkins, J.F., Edwards, R.L., Boyle, E.A. (2000) U-Th dating of deep-sea corals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 64(14), 2401–2416.
- Farmer, J.R., Robinson, L.F., Hönisch, B. (2015) Growth rate determinations from radiocarbon in bamboo corals (genus *Keratoisis*). *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 105, 26–40.
- Ikehara, M. (2019) KH-19-1 Preliminary Report. R/V Hakuho-Maru.
- Montero-Serrano, J.C., Frank, N., Tisnérat-Laborde, N., Colin, C., Wu, C.C., Lin, K., … Douville, E. (2013) Decadal changes in the mid-depth water mass dynamic of the Northeastern Atlantic margin (Bay of Biscay). *Earth and Planetary Science Letters*, 364, 134–144.
- Nogi, Y. (2010) KH-10-7 Cruise Report. R/V Hakuho-Maru.
- Ohshima, K.I. (2020) KH-20-1 Cruise Report. R/V Hakuho-Maru.
- Robinson, L.F., Adkins, J.F., Frank, N., Gagnon, A.C., Prouty, N.G., Brendan Roark, E., van de Flierdt, T. (2014) The geochemistry of deep-sea coral skeletons: A review of vital effects and applications for palaeoceanography. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 99, 184–198.
- Schlitzer, R., (2020) Ocean data view. <http://odv.awi.de>.
- van de Flierdt, T., Robinson, L.F., Adkins, J.F. (2010) Deep-sea coral aragonite as a recorder for the neodymium isotopic composition of seawater. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 74(21), 6014–6032.
- Wilson, D.J., van de Flierdt, T., Adkins, J.F. (2017) Lead isotopes in deep-sea coral skeletons: Ground-truthing and a first deglacial Southern Ocean record. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 204, 350–374.

日本語要旨

深海サンゴは、温暖な浅海で褐虫藻と共生している有藻性サンゴとは異なり、褐虫藻を持たず、光の届かない深海で動物プランクトンなどを栄養源として生きているサンゴである。深海サンゴも有藻性サンゴと同様に炭酸塩骨格を形成するため、その化石は生育環境を記録したアーカイブ試料として、古海洋学分野で注目されている。深海サンゴが生育する環境は、海洋表層での生物生産が活発で、海流が速く、固着できる岩場がある場所であると考えられているが、その分布域は把握されていない。しかし、近年の南大洋を対象とした白鳳丸の研究航海により、深海サンゴが南大洋インド洋区コンラッドライズ周辺で生育していることが明らかになった。本論では、2020年1月に実施されたKH-20-1で採取された深海サンゴと、これまでに採取された深海サンゴの産状と分布、今後の研究の展望について報告する。