

## 放射光軟 X 線マイクロビームを用いた宝石サンゴ骨軸の構造解析 Structural analysis of precious corals using SR soft X-ray microbeam

岩崎 望<sup>a</sup>, 長谷川 浩<sup>b</sup>, 為則 雄祐<sup>c</sup>, 鈴木 淳<sup>d</sup>, 村岡 英一<sup>e</sup>  
Nozomu Iwasaki<sup>a</sup>, Hiroshi Hasegawa<sup>b</sup>, Yusuke Tamemori<sup>c</sup>, Atsushi Suzuki<sup>d</sup>, Hidekazu Muraoka<sup>e</sup>

<sup>a</sup>立正大学, <sup>b</sup>金沢大学大学院, <sup>c</sup>高輝度光科学研究センター, <sup>d</sup>産業技術総合研究所,  
<sup>e</sup>新日本海事株式会社

<sup>a</sup>Rissho University, <sup>b</sup>Kanazawa University, <sup>c</sup>JASRI,  
<sup>d</sup>Advanced Industrial Science and Technology, <sup>e</sup>SNK Ocean Co., Ltd

宝石サンゴの持続的利用を図るために、軟 X 線マイクロビームを用いた微量元素のマッピング分析により炭酸塩構造の空間的な変化と成長に伴う変化について解析した。日本近海産のシロサンゴとモモイロサンゴ骨軸に含まれる Mg, Sr, S を分析した結果、成長方向に伴い周期的な濃度の変動がみられ、その周期は 0.11-0.14mm 間隔であった。これは成長に伴う年変動であると考えられる。

キーワード： 宝石サンゴ、微量成分、マッピング

### 背景と研究目的：

宝石サンゴ（刺胞動物八放サンゴ亜綱）は、日本が世界有数の資源国である数少ない天然資源の一つである。宝石サンゴは長年の漁獲により資源枯渇が懸念されるため、2010年3月に開催された第15回ワシントン条約締約国会議において、国際通商の規制を定めた附属書Ⅱへの掲載が提案された。その提案は否決され、論議は2013年3月に開催される第16回締約国会議に持ち越された。しかし、既に中国産宝石サンゴ4種が附属書Ⅲへ掲載されているため、輸入時における産地と種の確認など国際的に緊急の対応が求められている。我が国宝石サンゴ業界において、国産宝石サンゴの資源を管理し、持続的に利用することは、サンゴ業界の産業活動上極めて大切であり、同時にその生態について学術的に詳しく解明することが重要である。

これまで申請者らは宝石サンゴの成長速度の評価と生息環境の推定を主目的として、走査型電子顕微鏡観察、放射性炭素年代測定、放射性鉛年代測定、成長線計測、酸素炭素同位体比分析、ICP-MS 元素分析などの予備的な検討を行ってきた[1,2,3]。本課題では、成分組成による炭酸塩構造の空間的な変化と成長に伴う変化を明らかにするために、軟 X 線マイクロビームを用い、骨軸の成長方向に沿って Mg, Sr, S を 10 $\mu$ m の空間分解能でマッピング測定を行うことを目的とした。

### 実験：

分析には沖縄近海（水深 200–300m）で採集されたモモイロサンゴ（*Corallium elatius*）（試料番号 DPC-15b）と高知県室戸岬近海（水深 100m）で採集されたシロサンゴ（*Corallium konojoi*）（試料番号 DPC-01）の骨軸を用いた。前者は骨軸直径 60mm（短径）の中心部からスラブを切り出し、縦 6mm、横 9mm、厚さ 5mm の薄片を作成した。分析は、骨軸伸長方向の縦断面で行った（図 1）。後者は直径 9mm（短径）の骨軸を切断し、横断面を分析した。

ビームライン BL27SU のビーム径 10 $\mu$ m の軟 X 線マイクロビームを用いて、骨軸の成長方向に沿って Mg, Sr, S の各微量元素を分析した。測定範囲は最大縦 0.1mm、横 10mm であり、縦 10 $\mu$ m、横 12 $\mu$ m の間隔で各種元素の二次元空間分布像を求めた。

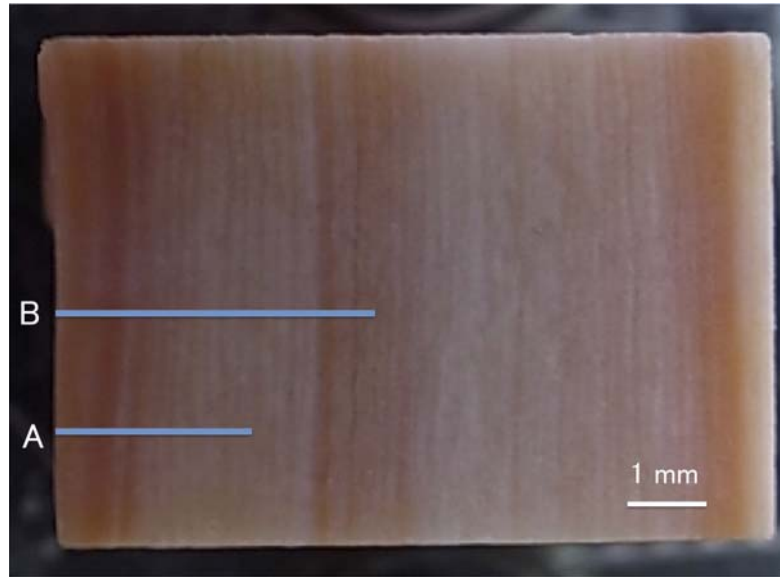


図 1. 日本産モモイロサンゴ骨軸縦断面. A, Mg と S を分析 ; B, Mg と Sr を分析.

**結果および考察 :**

モモイロサンゴ骨軸縦断面の分析では、中心部から外縁にかけて 2 カ所を分析した。図 1 の A において Mg と S の分析を行った結果、それらの濃度の分布は中心部から外縁に向けて周期的な変化が見られ、かつそれらの変化は同調していた(図 2、3)。また、図 1 の B において Mg と Sr を分析した結果、同様な濃度の変化が得られた。縦断面の分析は今回が初めてであり、骨軸の伸長に伴い骨軸成長面に各種微量元素の濃度変化が一様に起こっていることが確認された。

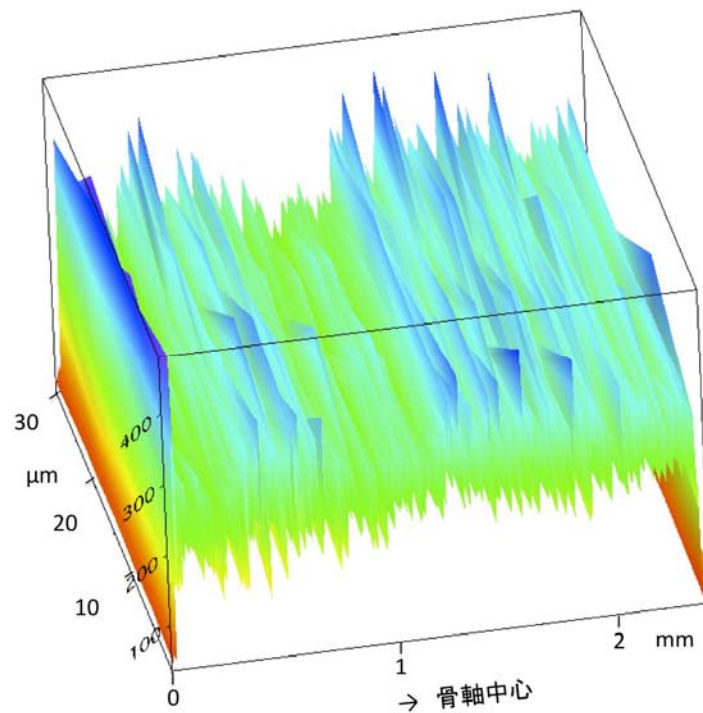


図 2. 日本産モモイロサンゴ骨軸縦断面(図 1 の A)における Mg の分布 (強度) .  
二次元空間分布を三次元で表現.

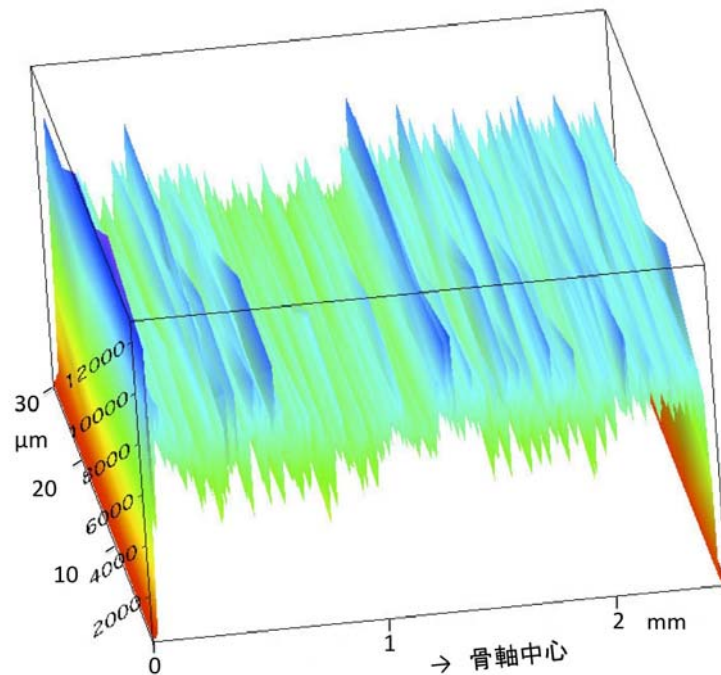


図 3. 日本産モモイロサンゴ骨軸縦断面 (図 1 の A) における S の分布 (強度) .

二次元空間分布を三次元で表現.

シロサンゴ骨軸横断面の分析では、中心部から外縁にかけて 2 カ所を分析した。Mg の分布は中心部では一様であったが、外側に向けて周期的な濃度変化が見られた。また、S では中心部も外側に向け周期的な変化が見られた。さらに、測定した 2 カ所とも同様な変化が見られたため、骨軸横断面では同様な変化が見られると考えられる。宝石サンゴ類は中心部から外側に向け成長するため、これらの変化は成長に伴う変化であると考えられる。

モモイロサンゴ、シロサンゴとも各微量元素濃度の周期的な変動は、測定範囲 1mm あたりに 7-9 本見られた。これは、1 つの変動が 0.11-0.14mm に相当し、放射性鉛を用いた宝石サンゴ類の成長速度 0.15mm に近い値である[4]。従って、濃度の周期的な変化は成長に伴うものと考えることができる。

今回初めて S の分析を行うことができ、かつ二次元分布像を求めることができた。熱帯、亜熱帯海域の浅海でサンゴ礁を形成する造礁サンゴ類では、S が骨格形成に重要な役割を果たすことが最近指摘されている。今回の分析で、シロサンゴとモモイロサンゴから S が検出され、かつ成長に伴う濃度の変化が見られたことから、宝石サンゴ類においても骨格形成に関与していることが推定される。

#### 今後の課題：

Grillo らは、地中海産ベニサンゴの組織学的観察により、共肉に多数含まれる骨片は造骨細胞により分泌形成され、骨軸は骨軸上皮により形成されること、そして骨軸先端部と骨軸中心部は骨片の集合により形成されることを報告した [5]。今回得られた Mg のマッピング分析の結果は、骨軸中心部の構造が周辺部とは異なることを示唆し、炭酸塩の形成過程が異なることを示唆している。今後、骨軸形成の初期である中心部と骨軸先端における構造と形成過程を明らかにするために、それらの骨軸構造を顕微鏡画像解析により明らかにすると共に、顕微鏡画像解析にあわせて各種微量元素の二次元分布像を得る。また、顕微鏡により観察される成長線と各種微量元素の二次元分布像とを照合することで、微量元素の濃度分布が成長に伴うものかどうかを判断する。

さらに、自然状態で成長した後、2年間水槽で人工養殖した宝石サンゴの骨軸を分析し、天然海水と人工養殖海水による元素の取り込みの相違を解析することで、海洋環境からの元素の取り込み過程を明らかにする。また、天然海水と人工養殖における元素の取り込みの相違から成長速度を推定する。

**参考文献：**

- [1] 岩崎望, 月刊地球, 号外 **59**, 40-44, (2008).
- [2] 長谷川浩, 岩崎望, 海洋と生物, **32** (1), 50-55, (2010).
- [3] 長谷川浩, 岩崎望, 鈴木淳, 牧輝弥, 早川慎二郎, 分析化学, **59**, 521-530, (2010).
- [4] 長谷川浩, 山田正敏, 岩崎望編, 東海大学出版会, 秦野, 46-68, (2008).
- [5] Grillo, M.-C., Goldberg, W. M., and Allemand, D., *Mar. Biol.*, 117, 119-128 (2003).