

# 生物着生基盤として見た石材の特徴について

## The Characteristics of Stones as a Base of Sessile Organisms

後藤克史\*・井上純一\*\*・小沢大造\*\*\*

GOTO Katsushi, INOUE Junichi and KOZAWA Daizo

\* (財) 沿岸開発技術研究センター 調査部 主任研究員

\*\* 近畿地区石材協同組合 専務理事

\*\*\* (財) 沿岸開発技術研究センター 理事

Microscopic surface structures and chemical components of some kinds of stones that are used for rubble mound, and liquated elements from them were investigated in a laboratory to know their characteristics as a base of marine sessile organisms. It was revealed that microscopic structures, with the size of several-tens or -hundreds  $\mu\text{m}$ , accelerated rapid attachment of periphytic algae onto the stone surface. The chemical composition of each stone did not coincide with the release rate of elements from the stones. The effectiveness of the rubble mound using natural stones in terms of the habitat formation was suggested by the fact that the elements necessary for algae to grow actually liquated out from stone materials. Relationships between elements and attachment of algae should be studied further.

Key Words : rubble mound stone, surface structure, chemical component, base of sessile organisms

### 1. はじめに

近年、自然との共生や生態系の保全に対する国民の関心は益々高まっている。このような中、港湾整備においても、本来の機能を満足しつつ自然環境や生態系との調和を図るべく、様々な取り組みが各地で展開されている<sup>1)</sup>。

本調査は、港湾施設整備において利用される天然石材の微視的 surface 形状ならびに含有成分（含有元素，溶出成分）を分析し、海中生物の付着基盤として見た特性の把握を試みたものである。



写真-1 石材サンプルの例（I産の花崗岩）



写真-2 石材サンプルの例（I産の安山岩）

### 2. 分析試料と分析方法

#### 2.1 分析試料

本調査では、産地、岩種の異なる4種類の石材サンプル（20cm 径程度）について各種分析を行った。なお、表面形状の分析については比較対象としてコンクリート片を加えた。表-1 に分析試料の一覧を、写真-1, 2 に石材サンプルの例を示す。

表-1 分析試料

	種類	産地	分析項目	
			表面形状	含有成分 <sup>※)</sup>
①	花崗岩	I	○	○
②	〃	S	○	○
③	〃	H	○	○
④	安山岩	I	○	○
⑤	コンクリート片	—	○	—

※) 含有元素分析，溶出成分分析をいう。

#### 2.2 分析方法

##### (1) 表面形状の分析

微小生物の着生基盤としての形状を評価するため、電子顕微鏡により石材の表面形状を観察した。また、実際に微小生物が着生した状況を観察するため、各試料を水槽中で1週間海水に浸漬したものについても同様の観察を行った。写真-3, 4に海水浸漬状況を示す。

なお、石材については、入手したサンプル（20cm 径程度）をハンマーで破碎して観察に供する小片を作成し、

その小片の露出した面を観察面とした。一方、コンクリート片については、実際に海中で用いられる状態を想定し、脱型面を観察面とした。

況の数例を写真-6(1), (2)~8(1), (2)に示す。

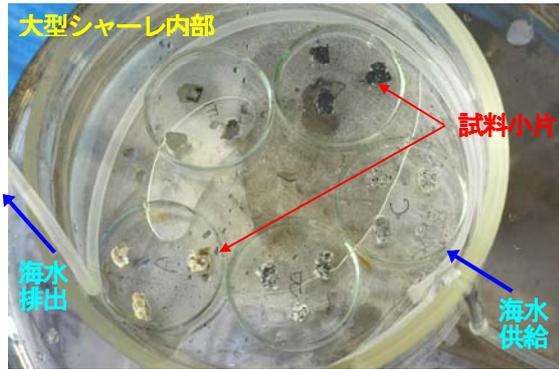


写真-3 海水浸漬状況

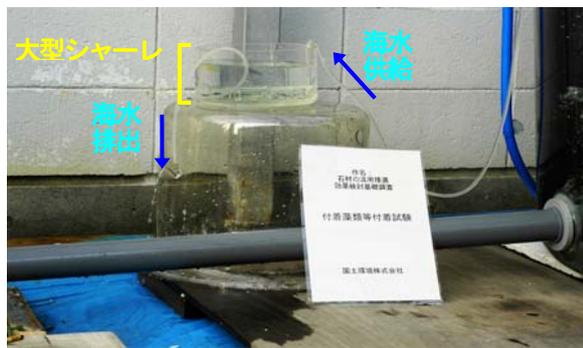


写真-4 海水浸漬状況 (全景)

## (2) 含有元素の分析

物質にX線を照射すると元素の原子番号に依存した蛍光X線が発生する。この原理を応用した蛍光X線分析法により、石材試料に含まれる主要元素の含有量を測定した。

## (3) 溶出成分の分析

径2cm程度に粉碎した石材試料を2週間水中に浸漬し、溶出した成分をICP-質量分析計により測定した。浸漬水には、微量の溶解成分が検出しやすい蒸留水を使用した。



写真-5 海水浸漬状況

## 3. 分析結果

### 3.1 表面形状の分析結果

電子顕微鏡による観察結果を表-2に示し、その表面状

表-2 試料表面の観察結果

試料名	表面形状の特徴	微小生物付着状況
I産 (花崗岩)	<ul style="list-style-type: none"> <li>凹凸が激しい断口面と、滑らかなへき開面が混在。</li> <li>結晶の方向は比較的揃っており、断口面とへき開面の見分けが明確。</li> </ul>	多数付着
S産 (花崗岩)	<ul style="list-style-type: none"> <li>断口面の凹凸はI産花崗岩よりも起伏が大きい。</li> <li>へき開面はI産花崗岩より少ない。</li> <li>家島産花崗岩より結晶はやや乱雑に配置。</li> </ul>	多数付着
H産 (花崗岩)	<ul style="list-style-type: none"> <li>結晶の方向はまちまちであり、結晶部分と非結晶部分が混在し、表面構造は非連続的。</li> <li>非結晶部分には、洞窟状の穴がみられた。</li> </ul>	多数付着
I産 (安山岩)	<ul style="list-style-type: none"> <li>薄膜が積層した構造を持ち、破断面は滑らか。</li> </ul>	比較的少ない部分あり。
コンクリート	<ul style="list-style-type: none"> <li>表面は多孔質であり、凹凸は少ない。</li> </ul>	上記石材より少ない。

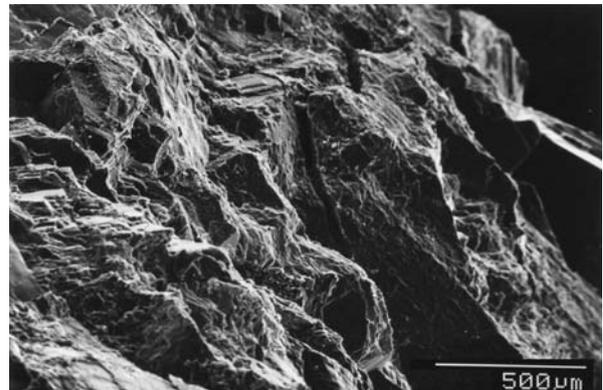


写真-6(1) I産花崗岩 (海水浸漬前) /60倍

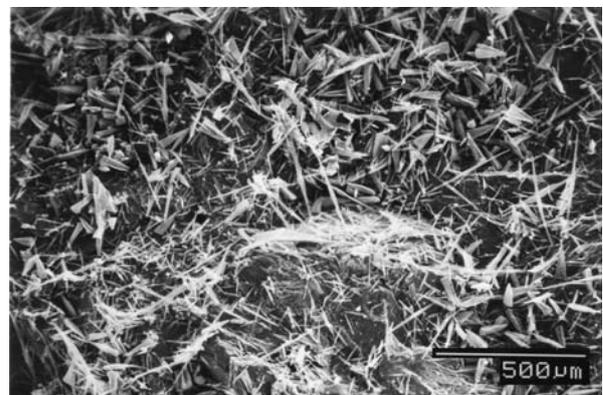


写真-6(2) I産花崗岩 (海水浸漬後) /60倍

※写真-6(2)で一面に広がっている針状のものが珪藻と呼ばれる付着藻類である。

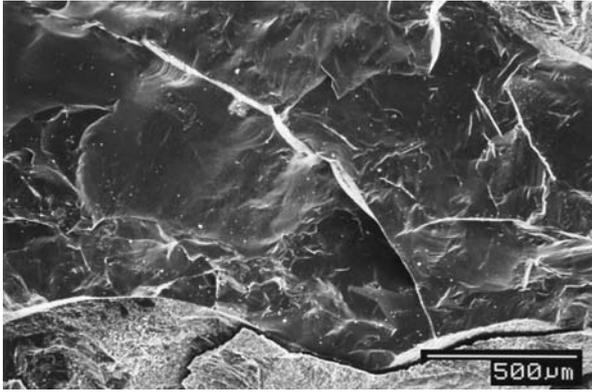


写真-7(1) I産安山岩 (海水浸漬前) /60倍

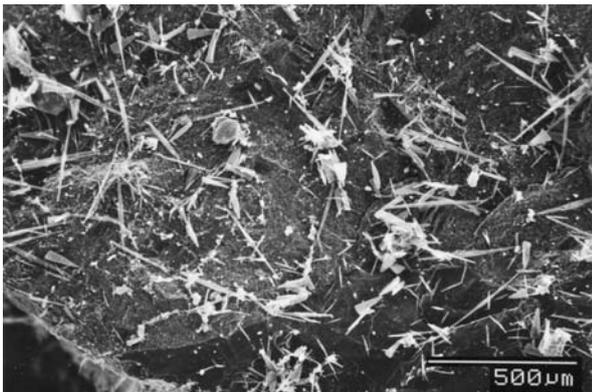


写真-7(2) I産安山岩 (海水浸漬後) /60倍

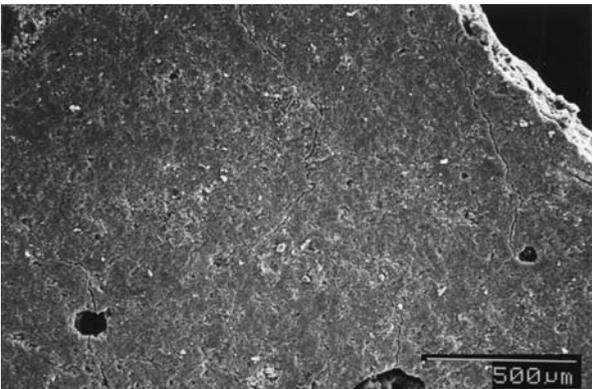


写真-8(1) コンクリート (海水浸漬前) /60倍

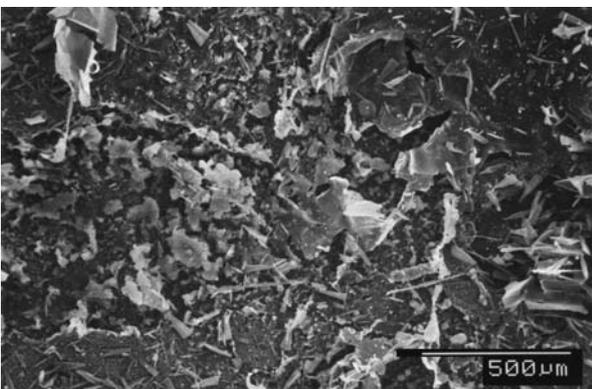


写真-8(2) コンクリート (海水浸漬後) /60倍

I産, S産, H産の花崗岩には, 表面形状に若干の違

いが認められたものの, いずれも海水浸漬後の表面には多量の付着藻類が着生していた. また, I産安山岩は写真-7(1)に見られるように, 極めて滑らかな面が広がっており, このような面への付着藻類の着生量は少ない傾向にあった.

一方, コンクリートは, 多孔質で多くの空洞を有しているが, 石材に見られたような数百μm規模の凹凸はなく, 付着藻類の着生量は安山岩よりも更に少ない傾向にあった.

### 3.2 含有元素の分析結果

蛍光X線分析装置を用いて岩石に含まれる主要元素の存在割合を測定した. 測定結果を表-3に示す.

表-3 蛍光X線測定結果

単位: %

化合物名	I産		S産 花崗岩	H産 花崗岩	参考*	
	花崗岩	安山岩			花崗岩	安山岩
SiO <sub>2</sub>	80.5	63.6	70.4	59.8	70.2	59.6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.8	8.9	11.8	14.2	14.5	17.3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.1	3.4	3.9	10.7	1.6	3.3
FeO					1.8	3.1
CaO	0.9	18.1	3.5	6.2	2.0	5.8
K <sub>2</sub> O	6.1	3.8	6.3	3.6	4.1	2.0
Na <sub>2</sub> O	2.7	1.9	3.3	2.2	3.5	3.6
MgO	—	—	—	1.4	0.9	2.8
TiO <sub>2</sub>	—	0.2	0.7	1.2	0.4	0.8
MnO	—	0.1	—	0.6	0.1	0.2

※ 多賀光彦, 那須淑子 「地球の化学と環境」 三共出版より

I産花崗岩は, 他の花崗岩に比べて珪素の含有量が多く, アルミニウム, カルシウム, 鉄等の含有量が少ない.

I産安山岩の場合, 安山岩としてはアルミニウムの含有量が少なく, カルシウムの含有量が多い. S産花崗岩は代表的な花崗岩の組成をもち, H産花崗岩は安山岩に近い組成を示している.

### 3.3 溶出成分の分析結果

蒸留水に溶け出した成分について定性分析を行った結果, 測定した68元素中, I産花崗岩から55元素, S産花崗岩から53元素, H産花崗岩から49元素, I産安山岩から46元素が検出された. これらのうち, 海藻など植物の生育に必要な主要元素を表-4にまとめた. なお, 表中, \*印を付けた元素については定量測定を行った. (定量測定した以外の元素については, 測定値に幅があるものと考えられる.)

表-4 溶出試験結果

単位:  $\mu\text{g}/\text{l}$ 

元素名	I産 花崗岩	S産 花崗岩	H産 花崗岩	I産 安山岩
硼素(B)	58	14	13	170
ナトリウム(Na)*	200,000	33,000	8,700	220,000
マグネシウム(Mg)*	11,000	1,100	15,000	1,300
アルミニウム(Al)*	14	120	28	240
カリウム(K)*	5,000	3,500	4,200	10,000
カルシウム(Ca)*	21,000	20,000	5,600	900
クロム(Cr)*	<1	1	<1	4
マンガン(Mn)*	1,000	1	55	4
鉄(Fe)*	160	160	59	22
コバルト(Co)	0	0	1	0
ニッケル(Ni)*	<1	2	6	<1
銅(Cu)*	35	23	1	19
亜鉛(Zn)*	7	18	10	7
モリブデン(Mo)*	1	7	69	26

ナトリウムはI産の花崗岩および安山岩で高い値を示し、H産の花崗岩では低かった。マグネシウムはI産花崗岩とH産花崗岩で高い。カリウムはI産安山岩が高い値を示した。カルシウムは、I産花崗岩とS産花崗岩が高く、蛍光X線分析で含有量が多いとされたI産安山岩は低い値となっている。

上記4元素は海水中に豊富に存在するため、その他の元素に着目すると、I産花崗岩ではマンガンの溶出が多く、鉄についてもS産花崗岩とともに他の2試料よりやや多かった。

## 4. 考察

### 4.1 表面形状について

生物の着生に関する既往の研究等<sup>1), 2)</sup>においては、概ね数mm以上の凹凸が対象となっており、数mmから数cm規模の凹凸やブロック縁辺などの稜角によって基質表面に渦が発生し、藻類の孢子や動物の幼生が定着しやすくなると考えられている。また、突起物周辺では流速が増大し、砂泥が堆積しにくくなることも、着生した生物の埋没を防ぎ、生残率が高くなる要因と考えられている。

山本ら<sup>3)</sup>は、相模湾西部海域に設置した異形ブロックで、稜角部に付着したカジメが流出しにくいことを報告している。

本調査では数十から数百 $\mu\text{m}$ 規模の微少な凹凸を対象としたが、海藻の孢子の多くが数 $\mu\text{m}$ から数十 $\mu\text{m}$ であることを考慮すると、今回観察した微少な凹凸が生物着生に寄与している可能性は十分考えられ、本調査の結果もその可能性を示唆している。特に、花崗岩表面はコンクリート脱型面に比べて微少な凹凸が多く、短期間に珪藻類の付着を確認した。

## 4.2 含有元素、溶出成分について

海藻など植物の光合成においては、その触媒として微量な元素が重要な働きをされるとされており、特に、鉄、マンガン、マグネシウムが欠乏すると光合成は大きく阻害され、生育に影響が表れる<sup>4)</sup>。さらに、鉄については、既に製品化されている鉄鋼礁や藻類増殖材にみられるように、海藻の生育促進を目的として基質に添加する取り組みが行われている。

今回の調査結果において、蛍光X線分析による含有元素の多寡と溶出成分の多寡が必ずしも一致していなかった(例えば、マグネシウム、マンガン、鉄)。これは、各元素が岩石中にどのような形態で存在するかが関与しており、安定した形態で存在する元素は溶出しにくく、逆に、遊離しやすい状態の元素は多く溶出するためと考えられる。このことから、生物着生基盤としての評価においては含有成分のみならず溶出成分の確認が重要であることが分かった。

また、いずれの石材からも植物の生育に必要とされる元素の溶出が認められており、あらためて天然石材に対する生物着生基盤としての有用性が確認できた。

今後は、海水中における天然石材の溶出成分が、生物の生育に対してどのような効果をもたらすのか研究を進めたいと考える。

## 5. おわりに

今回の調査結果により、分析対象とした石材は、微視的な表面形状や含有成分から見て、生物着生基盤としての機能を十分有していると考えられる。ただし、限られた条件での結果であり、更なるデータの蓄積が求められる。

今後、このような天然石材の特性を把握し、その特性を活かした新たな石材の活用方法等が研究・開発され、より効果的・経済的な海域環境の保全・創出に寄与できることを期待する。

最後に、本調査の実施にあたりご尽力いただいた関係各位に未筆ながら謝意を表します。

## 参考文献

- 1) (財) 港湾空間高度化センター・港湾・海域環境研究所: 自然と生物にやさしい海域環境創造事例集, 247p., 1999.
- 2) 浅井正・小笹博昭・村上和男: ブロック式構造物への海洋生物の着生実験とその着生条件について, 港湾技術研究所資料, No. 881, 23p., 1997.
- 3) 山本秀一・児玉理彦・野口雄二・綿貫啓: 相模湾西部海域におけるカジメ場造成試験, 水産土木, 23(1), pp. 13~18, 1986.
- 4) G. A. Strafford: 植物生理要論, 共立出版, 249p., 1965.