

# 製鋼スラグによる岩礁性藻場造成とその効果

## Effects of Seaweed Epiphytic and Fish-gathering due to the Construction by Steel-making Slag

藪田 和哉 YABUTA Kazuya JFE スチール 西日本製鉄所 倉敷地区スラグ部長 (兼) 福山地区スラグ部長・工学博士  
杉本 憲司 SUGIMOTO Kenji 宇部工業高等専門学校 物質工学科 准教授・博士 (工学)  
林 悦雄 HAYASHI Etsuo 神代漁業協同組合 代表理事組合長  
高濱 繁盛 TAKAHAMA Shigemori 復建調査設計株式会社 環境部長  
玄番 克弘 GENBA Katsuhiko JFE ミネラル 製鉄関連事業部 西日本営業部長

### 要旨

山口県岩国市由宇町神東地先において、製鋼スラグへの海藻着生による藻場形成と、生態系形成に伴う藻場機能の創出を目的として、マリンスター<sup>®</sup> (粒度調整製鋼スラグ) による岩礁性藻場生育基盤の造成を行った。施工は2013年2月 (第1期)、2014年7月 (第2期) および2016年11月 (第3期) の3回行い、約55,000 m<sup>3</sup> のマリンスターを約24,000 m<sup>2</sup> の範囲に敷設した。マリンスターに着生した海藻の種類数および海藻湿重量は徐々に増加し、天然石、鉄鋼スラグ水和固化体よりも多かった。岩礁性藻場造成区域内において刺網で採取できた魚類等は、造成前と比べて種類数は同程度かやや多く、個体数は増加した。また、採取されたオニオコゼおよびタイ類の個体数については、周辺天然藻場よりもおおむね多かった。

### Abstract:

Rock reef base of seaweed epiphytic was constructed by steelmaking slag at Yuu-cho Shinto, Iwakuni City, Yamaguchi Pref. to form seaweed epiphytic by seaweed-growing over the steelmaking slag and create fish-gathering function with ecosystem formation by seaweed epiphytic. Constructions were divided into 3 periods, Feb. 2013 (phase 1), Jul. 2014 (phase 2) and Nov. 2016 (phase 3), and approx. 55,000 m<sup>3</sup> steelmaking slag was thrown onto about 24,000 m<sup>2</sup> area. Number of species and wet weight grown over steelmaking slag has gradually increased and it was larger than that over natural rock or steelmaking slag hydrated matrix. Number of species of fishes caught by gill net in the constructed area was equal or greater than before the construction and population of fishes were increased. Additionally, catch amount of devil stinger and sea breams were mostly greater than that of neighbor natural fish-gatherings.

## 1. はじめに

瀬戸内海における漁獲量については、1980年前半をピークに減少し、2000年以降はピーク時の半分程度となっている。漁獲量減少の原因の一つとして、藻場などの漁場が減少していることがある。そのため、漁港漁場整備長期計画<sup>1)</sup>において、「わが国における水産資源の回復や生産力の向上を図るため、生産の場としての漁場の保全・創造のみならず、生態系全体の生産力の底上げを目指し、水産生物の生育の場等としての機能の強化・充実と水域環境の改善を図ることが喫緊の課題となっている。」とあり、豊かな生態系を目指した水産環境整備の推進が急務となっている。また、生物多様性基本法に基づいた「生物多様性国家戦略2012-2020」<sup>2)</sup>において、「生物多様性の保全及び持続可能な利用に関する行動計画」として藻場・干潟の保全・造成および

魚礁や増養殖場の整備をあげている。

一方、21世紀環境立国戦略<sup>3)</sup>では、循環型社会への転換のためにリサイクル促進が求められている。特に鉄鋼スラグは大量に発生する上、製鉄所が臨海部に存在するため、海域工事に低コストで運搬可能である。そこで、製鋼スラグへの海藻着生による藻場形成とそれによる生態系形成に伴う藻場機能の創出を実海域で実証することを目的とした。

## 2. 製鋼スラグによる岩礁性藻場造成

### 2.1 実証場所

実証場所は、瀬戸内海の広島湾南西の山口県岩国市由宇町神東地先であり、ここに岩礁性藻場生育基盤を造成した。造成場所は広島湾の湾口に位置し、透明度は10 m程度と、広島湾の中では比較的高い。平均流速は10 cm・s<sup>-1</sup>程度であるが、南西5 km離れた周防灘では流速が250 cm・s<sup>-1</sup>にもなる。岩礁性藻場造成場所は岸側にわずかに天然アマモ

場が存在し、沖側に既存の漁礁が存在する。より一層の藻場による有用魚類等の増集効果を高めるために、それらと一体化する場所を造成場所として選定した。図1に藻場造成のイメージ図を示す。

## 2.2 造成材料

本実証の岩礫性藻場生育基盤材料はマリンスターン<sup>®</sup>（写真1）であり、酸化カルシウムの含有比率が天然石よりも高いため、水域に投入すると、水和反応によってpHが上がる可能性がある。そのため、30～85 mmの粒径サイズの材料を使用することで、材料表面積を小さくし、pHの上昇を抑制した。また、対照材料として、岩礫性藻場生育基盤材料として利用されている天然石および鉄鋼スラグ水和固化体（人工石<sup>4)</sup>を用いた。

## 2.3 施工方法

2013年2月（第1期）、2014年7月（第2期）および2016年11月（第3期）に岩礫性藻場生育基盤造成の施工を行った。施工は運搬船によりマリンスターン<sup>®</sup>を海上より搬入し、汚濁防止枠を装備したガットバージ船に積み替えた後、備え付けのバケットにて3m<sup>3</sup>程度ずつ海中に敷設した（写真2）。

施工を行った平面図および断面図を図2に示す。また、施工の内容については表1のとおりである。

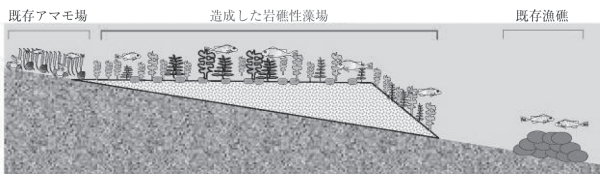


図1 藻場造成のイメージ図

Fig. 1 Image of seaweed bed construction



写真1 マリンスターン<sup>®</sup>

Photo 1 Marine Stones<sup>TM</sup> as a construction material

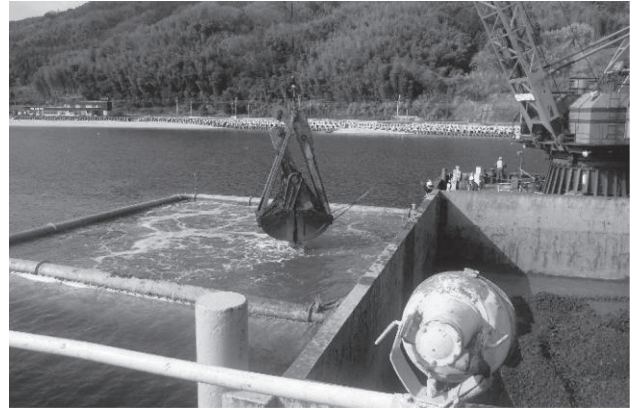


写真2 施工風景（第1期）

Photo 2 Seaweed bed construction in the first phase

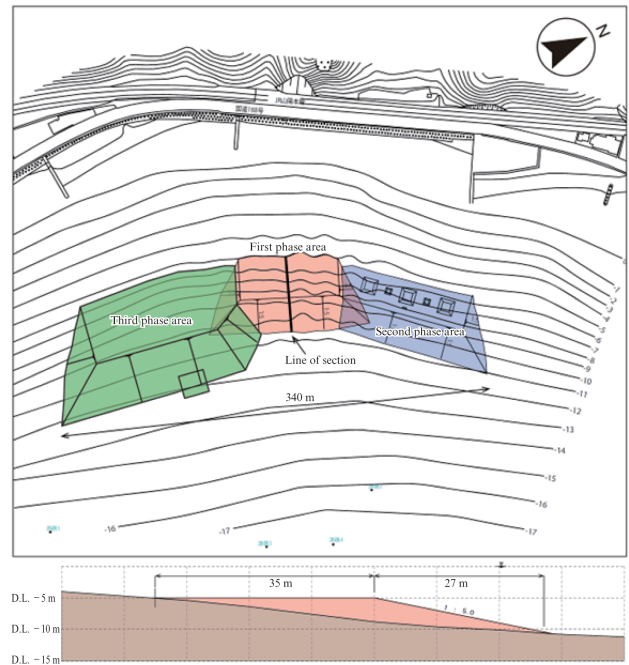


図2 藻場造成の平面図と断面図

Fig. 2 Plain and sectional view of the constructed seaweed bed

表1 施工内容

Table 1 Construction data of seaweed bed

	First phase	Second phase	Third phase
Time of construction	Feb. 2013	Jul. 2014	Nov. 2016
Construction method	Improvement of light intensity by raising the ground and installation of a rocky foundation		
Construction material	Steel-making slag (30-85 mm)		
Input amount	About 13 000 m <sup>3</sup>	About 10 000 m <sup>3</sup>	About 32 000 m <sup>3</sup>
Construction area	24 200 m <sup>2</sup>		
Height of seabed	D.L. - 5 m ~ - 10 m		D.L. - 5 m ~ - 12 m

### 3. モニタリング調査

#### 3.1 施工時の水質調査

図3に岩礫性藻場生育基盤施工時における水質調査地点図を示す。第1期施工時、第2期施工時および第3期施工時にそれぞれ4地点において、船上から多項目水質計によって水深1mごとにpHおよび濁度を計測した。

#### 3.2 施工後の測量調査

設置した藻場生育基盤形状の変化の有無を確認するために、2015年11月にサイドスキャンソナーによって調査を行った。また、2013年3月、2014年2月、2015年12月および2016年12月に第1期造成区域内で水深計によって5mごとに測深し、測定時刻の潮位から地盤高を算出した。

#### 3.3 藻場調査

調査地点図を図4に示す。第1期藻場生育基盤の施工後に藻場調査として、マリンストーン<sup>®</sup>、天然石および鉄鋼スラグ水和固化体のモニタリングポイントおよび同様な地盤高である周辺天然藻場で測線を設置し、海藻の種類、被度について3~6ヶ月ごと（2013年3月~2016年5月）に潜水観察を行った。

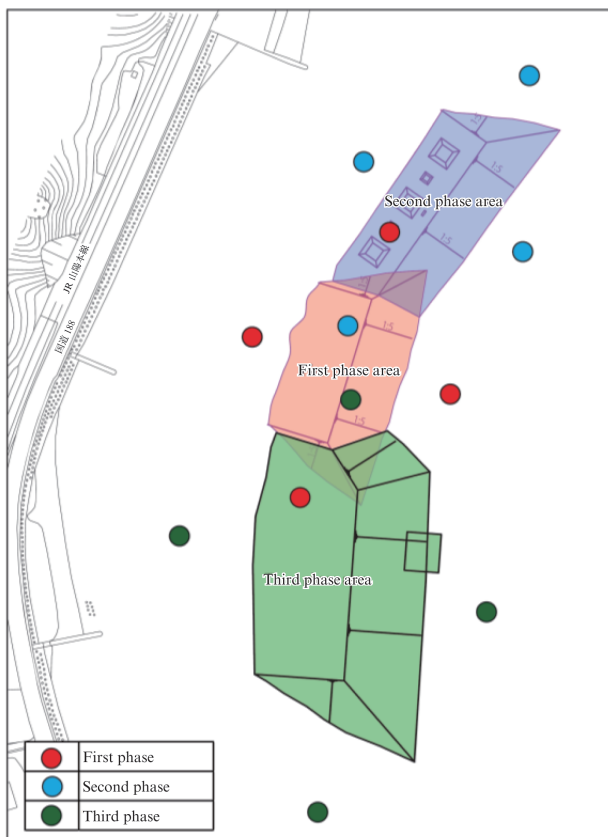


図3 施工時における水質調査地点図

Fig. 3 Location of the water sampling point during construction

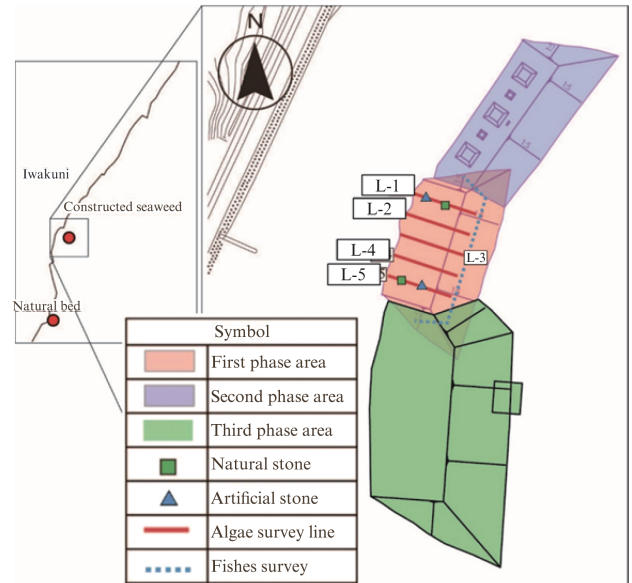


図4 施工後の調査地点図

Fig. 4 Location of the study point

また、造成後から6ヶ月ごと（2013年3月~2016年5月）に各材料および周辺天然藻場において海藻の坪刈りを行い、海藻の同定を行った。

#### 3.4 魚類調査

岩礫性藻場生育基盤の有用魚類等の増集または生産効果を調べるために、岩礫性藻場生育基盤および同様な地盤高である周辺天然藻場で測線を設置し、魚類等について3~6ヶ月ごと（2013年3月~2016年5月）に潜水観察を行った。また、第1期藻場生育基盤施工前の2012年9月および第1期藻場生育基盤施工後の2013年8月~2015年10月に刺網調査を行った。刺網は横幅約180mで網目3cmのものを1昼夜設置した後、採取した魚類等の同定を行った。

#### 3.5 施工後の水質調査

マリンストーン<sup>®</sup>を用いた藻場生育基盤による周辺海域への影響を調べるために、2~6ヶ月ごと（2013年3月~2016年12月）に藻場生育基盤造成場所および周辺天然藻場において船上から多項目水質計によって水深1mごとにpHおよび濁度を調べた。

### 4. 調査結果

#### 4.1 施工時の水質調査

図5に岩礫性藻場施工中における海水中の水質結果を示す。施工時期にかかわらず、造成中にpHおよび濁度について大きな上昇は確認されなかった。



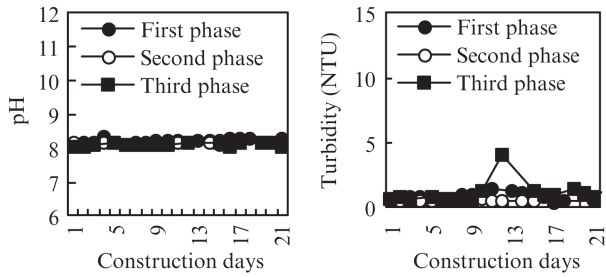


図5 岩礁性藻場施工中における海水中の水質  
Fig. 5 Water quality during construction

### 4.2 施工後の測量調査

図6に2015年11月におけるサイドスキャンソナー調査結果を示す。第1期および第2期にマリンスターン®で施工された岩礁性藻場基盤の形状が維持されていた。

図7に第1期造成区域内における地盤高調査結果を示す。全ての測線で2013年3月～2016年12月において、地盤高に大きな変化はなく、施工時の形状が維持されていることが確認できた。

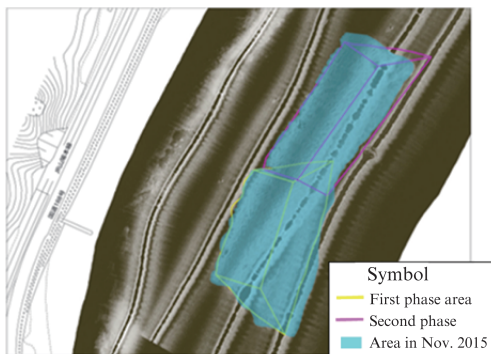


図6 サイドスキャンソナー調査  
Fig. 6 Result of the side scan sonar measurement

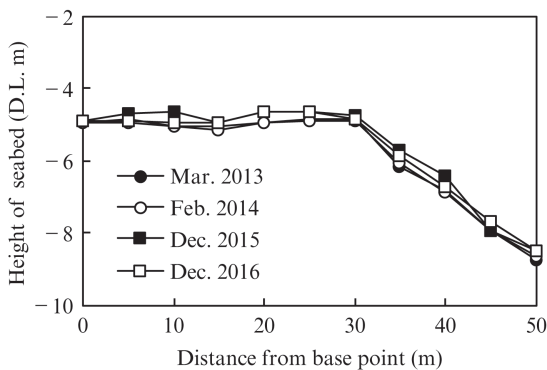


図7 第1期造成区域内における地盤高調査  
Fig. 7 Result of the height of seabed measurement

### 4.3 藻場調査

図8, 図9, 図10および写真3に第1期岩礁性藻場生育基盤における着生した海藻の種類数, 被度, 湿重量および着生状況を示す。マリンスターン®に着生した海藻の種類数は徐々に増加し, 造成して22ヵ月後の2014年12月には天然石, 鉄鋼スラグ水和固化体および周辺天然藻場よりも多く30種類前後で推移した。マリンスターン®に着生した海藻の着生被度は, 造成直後から天然石および鉄鋼スラグ水和固化体とほとんど差はなかった。また, 季節変動をしながら徐々に増加し, 2014年11月には周辺天然藻場よりも着生被度は高くなった。マリンスターン®に着生した海藻の湿重量は, 2014年2月以降, 天然石および鉄鋼スラグ水和固化体よりも大きくなっていった。

### 4.4 魚類調査

写真4に第1期藻場造成区域内での観察状況を示す。造成区域内において, マダコが掘ったと推察される穴が多くあり, 住処としている状況が確認できた。また, オニオコゼは

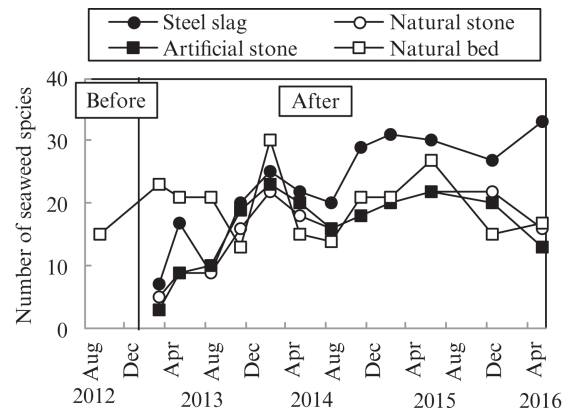


図8 着生海藻の種類数  
Fig. 8 Temporal changes of number of seaweed species

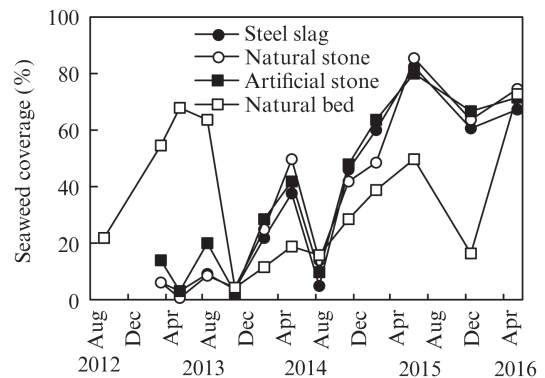


図9 着生海藻の被度  
Fig. 9 Temporal changes of seaweed coverage



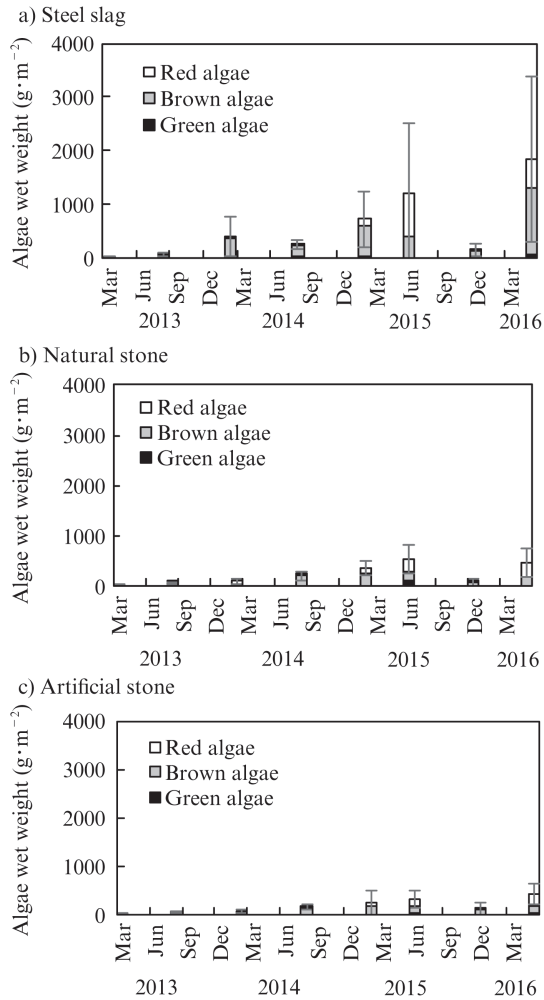


図 10 着生海藻の湿重量

Fig. 10 Temporal changes of algae wet weight

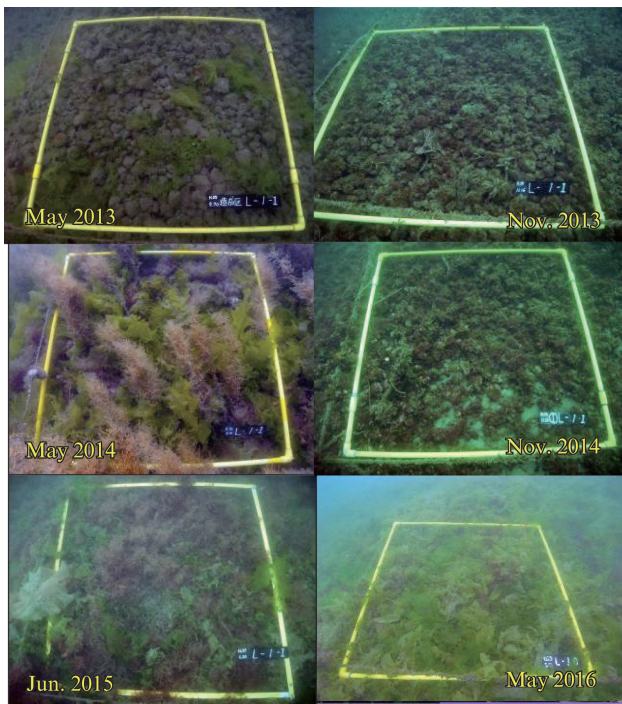


写真 3 海藻着生状況

Photo 3 Seabed conditions

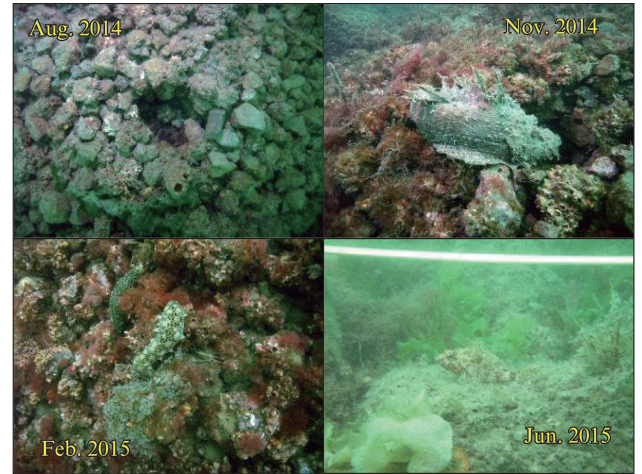


写真 4 水生生物の観察状況

Photo 4 Aquatic animals gathering on Marine Stones™

多く観察されるとともに、2015年2月にはマナマコが  $0.38$  個体 $\cdot\text{m}^{-2}$  と高密度で観察された。

図 11 に造成前、第 1 期および周辺天然藻場における刺網調査結果を示す。また、写真 5 は第 1 期における刺網で採取された魚類等を示す。岩礫性藻場造成区域内において刺網で採取できた魚類等は、造成前と比べて種類数は同程度かやや多く、個体数は増加したが、周辺天然藻場よりはおおむね少なかった。

図 12 は特定魚種における刺網調査結果を示す。造成岩礫性藻場において採取されたオニオコゼおよびタイ類の個体数については、造成前よりも多く、周辺天然藻場よりもおおむね多かった。

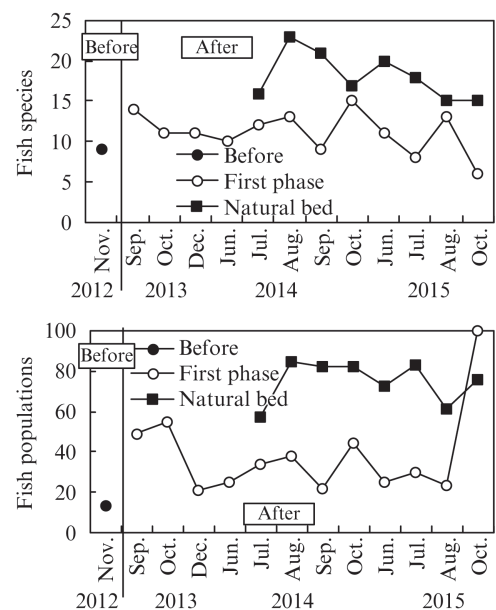


図 11 第 1 期および周辺天然藻場における刺網調査

Fig. 11 Temporal changes of fish species and populations

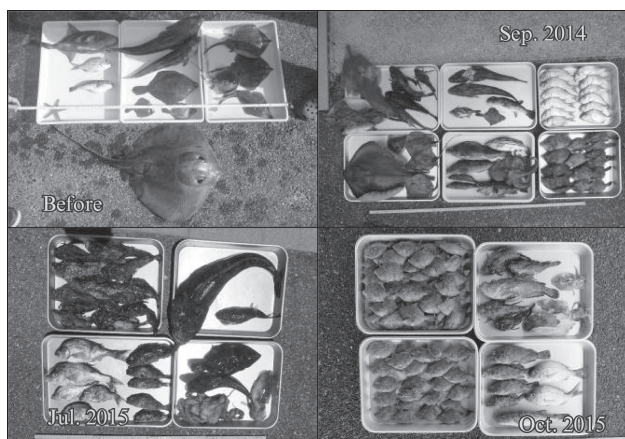


写真5 第1期における刺網で採取された魚類等  
Photo 5 Fish collected by bottom trawl net

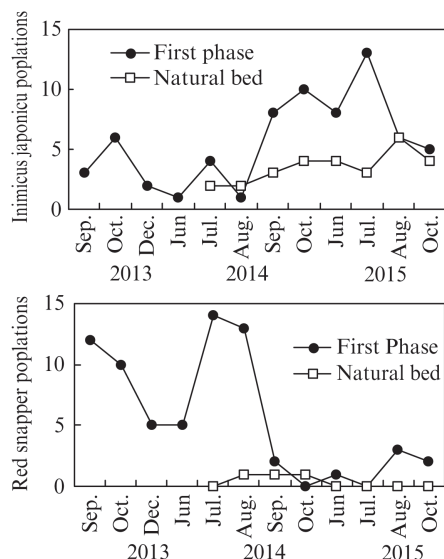


図12 オニオコゼとタイ類の刺し網調査

Fig. 12 Temporal changes of inimicus japonicas and red snapper populations

#### 4.5 水質調査

図13に岩礮性藻場造成施工後における海水中的の水質結果を示す。第1期造成を行った2013年2月から2016年12月までの46ヶ月間、pHおよび濁度について大きな上昇は確認されず、周辺天然藻場と差はなかった。

#### 5. おわりに

山口県岩国市由宇町神東の地先において、岩礮性藻場成育基盤材料として、マリンストーン®を海域に投入し、藻場形成および藻場機能について検証を行った。得られた結論は以下のとおりである。

- 1) 30-85 mmのマリンストーンによって造成された岩礮性藻場生育基盤は、施工時の形状が維持されていること

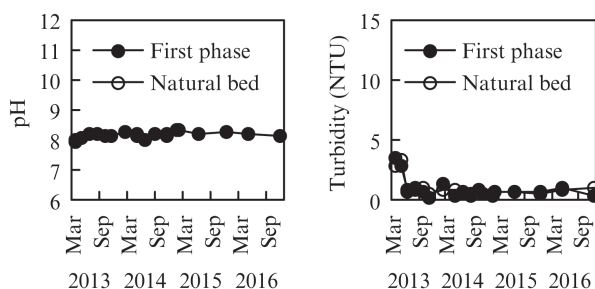


図13 施工後の海水中的の水質

Fig. 13 Temporal changes of water quality after construction

が確認できた。

- 2) マリンストーンに着生した海藻の種類数は徐々に増加し、造成して22ヵ月後の2014年12月には天然石、鉄鋼スラグ水和固化体および周辺天然藻場よりも多く30種類前後で推移した。マリンストーンに着生した海藻湿重量は、2014年2月以降、天然石および鉄鋼スラグ水和固化体よりも大きくなっていった。
- 3) 造成区域内において、マダコが掘ったと推察される穴が多くあり、住処としている状況が確認できた。また、オニオコゼは多く観察されるとともに、マナマコが高密度で観察された。
- 4) 岩礮性藻場造成区域内において刺網で採取できた魚類等は、造成前と比べて種類数は同程度かやや多く、個体数は増加した。また、採取されたオニオコゼおよびタイ類の個体数については、造成前よりも多く、周辺天然藻場よりもおおむね多かった。

#### 参考文献

- 1) 水産庁. 漁港漁場整備長期計画. 2012年3月.
- 2) 環境省. 生物多様性国家戦略2012-2020. 2012年9月.
- 3) 環境省. 21世紀環境立国戦略. 2007年6月.
- 4) (一財)沿岸技術研究センター. 港湾関連民間技術の確認審査・評価依頼者提出資料. 第07001号. 「鉄鋼スラグ水和固化体製人工石材」.



藪田 和哉



杉本 憲司



林 悦雄



高濱 繁盛



玄番 克弘