

鉄鋼スラグの藻場造成基質としての機能評価

亀井良則・杉野博之*・佐藤二郎*

Evaluation of Steel-making Slag as Algal Bed Substratum

Yoshinori KAMEI, Hiroyuki SUGINO and Jirou SATOU

キーワード：スラグ，人工魚礁，ガラモ場

近年，瀬戸内海では海砂の採取が禁止され，従来種々の建設骨材として使用されていた海砂が入手困難になりつつあるため，海砂を用いない建設骨材の開発が行われている。水産資源の増殖に有効な人工魚礁においても，原材料に砂の混合が必要なコンクリートが使われており，コンクリートに代わる素材が開発されてきた。中には，環境改善に有効な素材の開発も行われており，水産分野では，廃材を用いた藻場造成基質が開発され，その効果の実証が行われている。

瀬戸内海沿岸部の岩礁帯において，藻場造成の対象となるのは，褐藻類ヒバマタ目ホンダワラ科の藻類が形成するガラモ場である。その役割は多様な生物の保育場，産卵場，餌場であり，沿岸魚介類の維持，培養に重要であると考えられている¹⁾。また，ホンダワラ類の群落は沿岸域の主要な一次生産者として高い基礎生産力を有し，高密度で成育するため，栄養塩及び二酸化炭素の吸収能力が高く，沿岸域の水質・底質浄化に重要な役割を持つ²⁾。

元来，ガラモ場は，瀬戸内海沿岸にも多く分布し³⁾，海域環境の浄化に重要な役割を果たしてきたと考えられている。しかし，高度経済成長期以降，埋立等による岩礁域の消滅に伴う付着面の減少や富栄養化の進行等によって藻場は減少してきており，瀬戸内海でも漁業に対する影響が懸念されてきた⁴⁾。このため，ガラモ場の回復と拡大によって漁業生産を向上させることを目的として，ガラモ場の造成が各海域で試みられている。

そこで本研究は，人工魚礁の新しい素材として，鉄鋼製造過程の副産物として県内で生成される製鋼スラグを用いて製造された藻場造成礁の有効性を検証した。

材料と方法

人工魚礁の沈設 実験に用いた人工魚礁は，鉄鋼スラグを原料として株式会社 JFE スチールによって製造された炭酸固化体（以下，スラグ礁）とコンクリート製の人工魚礁（以下，コンクリート礁）を用いた。両礁ともに上面が一辺1.0mの正方形で，高さ0.5mとほぼ同形状であった。

スラグ礁及びコンクリート礁のそれぞれ5基ずつを2005年9月20日に，瀬戸内市牛窓町沿岸（北緯34°36'5.1"，東経134°08'19.4"）の水深約2.5mの海底に沈設した。人工魚礁を設置した定点を図1，各礁の位置関係を図2に模式的に示した。

海藻類の観察 海藻類の着生状況の観察は，潜水目視によって行い，沈設した人工魚礁に着生した海藻類の被

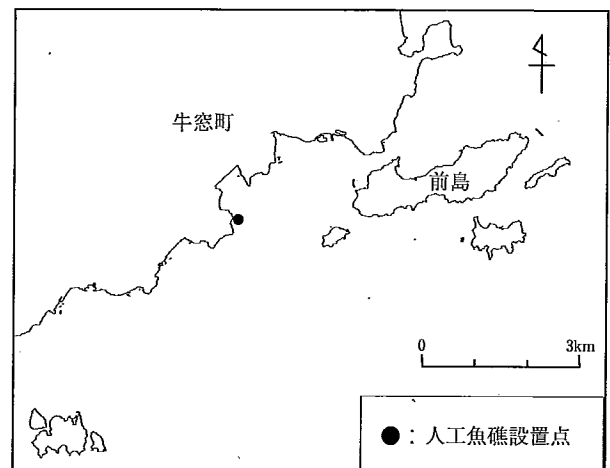


図1 調査定点

*現所属：岡山県農林水産部水産課

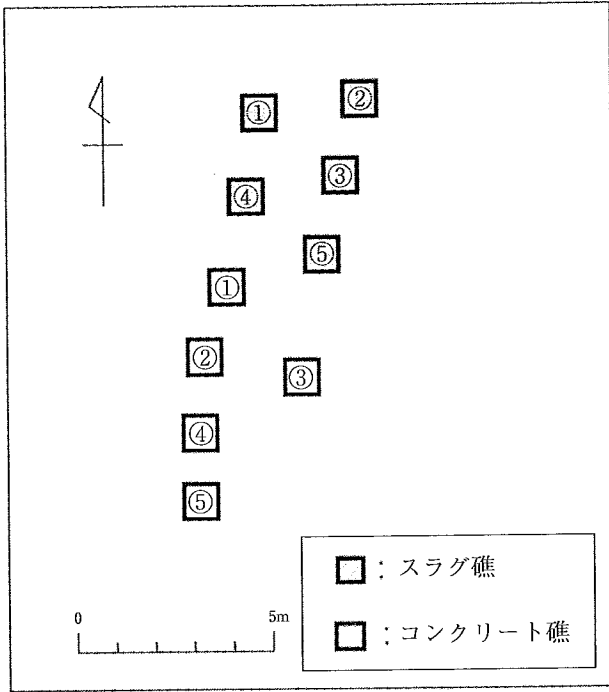


図2 人工魚礁の配置

度 (%) を各分類群毎に記録した。また、ガラモ場の構成種であるホンダワラ類については、着生個体数を種毎に計数し、最大30個体まで藻長を測定した。なお、調査は、人工魚礁を沈設した'05年9月20日、11月29日、'06年3月7日、6月6日、9月11日、11月28日、'07年3月9日、6月11日、8月20日、11月27日、'08年2月12日の延べ11回、四季を通じて行った。

結 果

海藻類の着生状況 着生した海藻の種類数の変化を図3に示した。'05年9月20日及び11月29日の調査では海藻類の着生は確認されなかったが、'06年3月7日に海藻類の着生を確認した。

着生した海藻の種類数は冬から初夏にかけて増加し、夏から初冬にかけて減少する傾向が見られた。海藻の種類数は、'06年3月7日に両礁ともに2種類確認され、6月6日に5種類に増加したが、9月11日と11月28日には3種類に減少した。'07年3月9日に再び増加したが、8月20日と11月27日には減少し、'08年2月12日に再び増加した。各年の冬から初春の種類数('06年3月7日、'07年3月9日及び'08年2月12日)を比較すると、調査期間における種類数は年々増加傾向にあった。

両礁の種類数を比較すると、'07年3月9日、'07年11月27日及び'08年2月12日に差が見られたが、その差は僅か1種類で、両礁に着生する海藻の種類数に大きな差は見

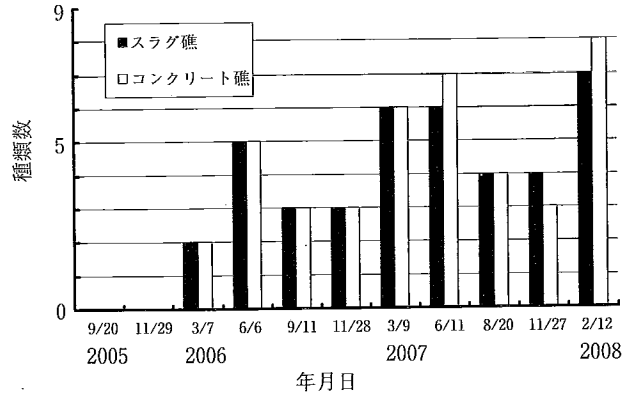


図3 海藻類の種類数

られなかった。

両礁に着生した海藻類の着生被度の変化を表1及び2に示した。全海藻類の着生被度は冬から初春にかけて増加した。両礁とも'07年3月9日には40%以上に、'08年2月12日には50%以上に達する礁が見られた。しかし、それ以外の時期は、着生被度は両礁ともに5%以下と僅かであった。また、調査期間中、両礁の着生被度には明瞭な差は見られなかった。

調査期間中に確認された海藻類の中で、ガラモ場を構成するホンダワラ類のアカモク *Sargassum horneri* 及びホンダワラ *Sargassum fulvellum* の定着が確認された。アカモク及びホンダワラは、両礁ともに'06年9月11日以降継続して出現し、海藻類の着生被度が増加した'07年3月9日にアカモクが30%、'08年2月12日にアカモクが10%、ホンダワラが15%に達する礁も見られた。'08年2月12日に紅藻綱ダジア科の着生被度が60%に達したのを除くと、その他の海藻類の着生被度は5%未満と低水準であるか、継続した着生は確認されなかった。

ホンダワラ類の着生数 ホンダワラ類のアカモク及びホンダワラの着生数の変化をそれぞれ図4及び5に示した。アカモクの着生数は、秋に増加し、翌年の夏まで減少する傾向を示した。両礁とも、'06年9月11日に急激に増加し、'07年6月11日まで減少した。その翌年の'08年8月20日に再び増加し、'07年2月12日まで減少した。

アカモクの着生数を両礁間で比較するため、それぞれの礁の各5基について平均値の差の検定を行った (t-検定: 有意水準5%)。有意差が検出されたのは、アカモクの着生を確認した'06年9月11日のみで、その他の調査期間には検出されなかった。

ホンダワラの着生数は、夏から秋にかけて増加し、翌年の春まで減少する傾向を示した。しかし、その着生数はアカモクに比べると少なかった。両礁とも、'06年9月

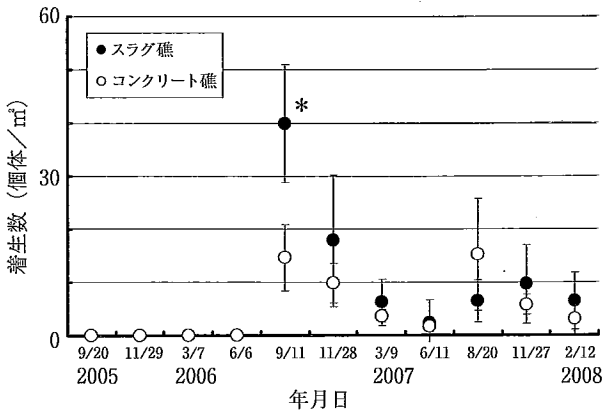


図4 アカモクの着生数

(バーは標準偏差を, *はスラグ礁とコンクリートの着生数に有意水準5%で差が検出されたことを示す。)

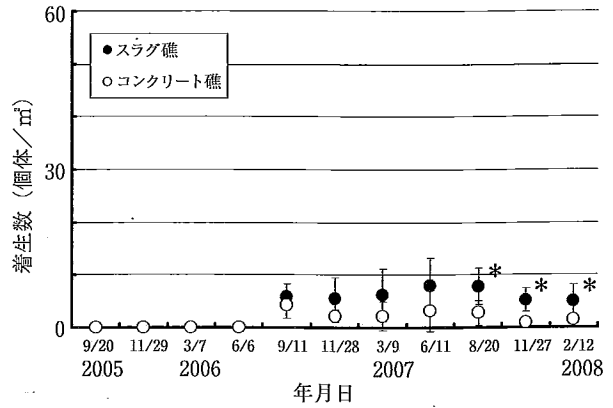


図5 ホンダワラの着生数

(バーは標準偏差を, *はスラグ礁とコンクリートの着生数に有意水準5%で差が検出されたことを示す。)

11日に着生を確認し、低位で推移した後、'07年6月11日に若干の増加が見られ、'08年2月12日まで減少した。

ホンダワラでも同様にt検定を行い、着生数に両礁間で有意差が検出されたのは、'07年8月20日から'08年2月12日の期間であったが、その差は、3.7~5.0個体/m²と僅かであった。

ホンダワラ類の藻長 アカモク及びホンダワラの藻長の変化をそれぞれ図6及び7に示した。アカモクの藻長は秋から翌年の夏まで増加する傾向を示した。両礁とも、着生数が増加した'06年9月11日に藻長も増加し始め、'07年3月9日には急激に増加した。スラグ礁では'07年6月11日、コンクリート礁は'07年3月9日まで増加し続けたが、'07年8月20日には両礁とも急激に減少した。以後、'08年2月12日まで再び増加した。

アカモクの藻長を両礁間で比較するため、着生数と同様、t検定を行った。'06年9月11日、'06年11月28日、'07年6月11日及び'07年8月20日には有意差が検出された

が、その差は、'07年6月11日に27.3cmであったのを除くと、0.8~2.5cmと僅かであった。

ホンダワラの藻長は、着生が確認されてから半年後の秋から増加した。両礁とも、着生数が増加した'06年9月11日に藻長も増加し始めたが、'07年6月11日までは3cm程度で推移した。その後、'07年8月20日から増加に転じ、'08年2月12日まで増加した。

ホンダワラの藻長でも同様にt検定を行った結果、両礁間で有意差が検出されたのは、'07年6月11日のみで、その差は2.4cmと僅かであった。

考 察

安定した海況下では、新たな着生面が与えられた場合、海藻群落の遷移は、まず短命な多季節海藻或いは一季節海藻がまず着生し、次に生長期の長い一季節海藻或いは一年生海藻を経て、繁殖力及び生長速度の低い多年生海藻へと移り変わるという法則性がある⁵⁾。本研究におい

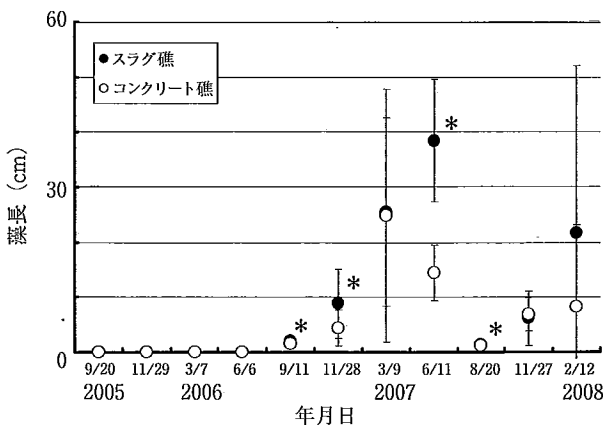


図6 アカモクの藻長

(バーは標準偏差を, *はスラグ礁とコンクリートの藻長に有意水準5%で差が検出されたことを示す。)

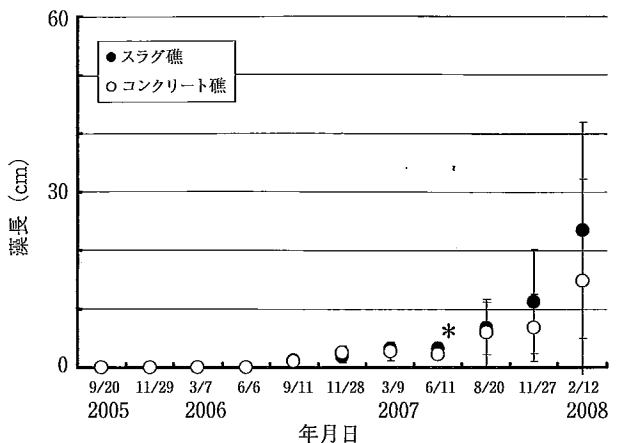


図7 ホンダワラの藻長

(バーは標準偏差を, *はスラグ礁とコンクリートの藻長に有意水準5%で差が検出されたことを示す。)

ても、短期的に出現した海藻類が姿を消した後に、一年生のアカモクと二年生のホンダワラが継続して出現した。

アカモクは一年生の海藻で、春に受精卵が着底するが生長は遅く、初冬に水温が低下し始めると伸長する。そして、冬から春に成熟して卵と精子が形成されて受精すると、流れ藻となるか、立ち枯れて消失する⁶⁾ことが報告されている。本研究で見られたアカモクの着生数と藻長の増減パターンは、本種の生活史と良く一致し、人工魚礁の沈設後、春から夏の間受精卵が着底して、秋頃に藻体が生長し始め、翌年の春から夏まで生長して消失したと考えられる。その翌年も着生数と藻長が増減しているため、次の世代の着生と生長があったと考えられる。

ホンダワラは二年生の海藻で、春に受精卵が発芽してから1年目は生長が遅く、2年目の秋以降急速に伸長する。そして、3年目の春に成熟して上部が枯れ、付着器と茎部だけが残し、一部の個体は伸長し、翌年に成熟する⁷⁾ことが報告されている。本研究におけるホンダワラの着生数と藻長の増減パターンから、人工魚礁の沈設後、春から夏の間受精卵が着底して、秋に藻体が生長し始め、翌年の秋から冬に急速に生長したと考えられる。

このようにホンダワラ類が着生してから、食害や流出、礁の損壊等により全て失われることなく、世代交代を行うことが確認されたことから、本調査海域の環境下で両礁とも、ガラモ場の造成礁として活用できる可能性がある判断できた。

磯尾ら⁸⁾は広島県沿岸で、製鋼スラグを用いた人工魚礁、花崗岩及びコンクリート製の人工魚礁を用いて海藻の着生数及び藻長の比較試験を行ったところ、何れも海藻の着生状況は同等であったと報告している。本調査結果も同様に、ホンダワラ類の着生数及び藻長に両礁の間で明瞭な差は無かったため、海藻の着生能及び生長は同等であると考えられる。

しかし、アカモクが最初に着生した'06年9月11日のみ、スラグ礁の方が25.2個体/m²多かった(図6)。磯尾ら⁸⁾は製鋼スラグを用いた人工魚礁の表面粗度は大きく、海藻の幼胚より大きな凹凸が着生面に多く存在するために、海藻が着生しやすいと推測したが、本試験でもその作用が生じたのかもしれない。しかしながら、'06年9月11日から11月28日の間に、着生数は減少し、両礁間で有意差はなくなった。この減耗の要因は、藻体の流出や食害の可能性が考えられる。

アカモクの藻長は、調査期間中で最も伸長した'07年6月11日のみ、スラグ礁が27.3cm大きかった(図6)。製鋼スラグを用いた人工魚礁は表面粗度が大きいため、海

藻の付着力が強く、強固に固着する⁹⁾と言われているが、今回の結果も、そのために基質から根離れしにくかったからかもしれない。しかし、その他の時期は両礁に着生したアカモクの藻長に大差は見られなかった。

以上のように、製鋼スラグを用いて製造された人工魚礁にホンダワラ類の着生が確認され、ガラモ場の造成に利用できる可能性が示されたことから、コンクリートとほぼ同様の海藻着生能が期待できることがわかった。

文 献

- 1) 村瀬 昇, 2003: ホンダワラ属藻場の機能と生物生産力, 海洋と生物, 145, 92-99.
- 2) 難波信由, 2005: 藻場生態系の特徴と機能, 劣化の諸相, 月刊海洋, 37 (2), 133-138.
- 3) 寺脇利信, 1997: 藻場とは? 藻場と沿岸域管理-2, 養殖, 34, 110-113.
- 4) 岡市友利・小森星児・中西 弘, 1996: 瀬戸内海の生物資源と環境, 恒星社厚生閣, 272pp.
- 5) 片田 実, 1963: 海藻の生活形と遷移, 日水誌, 28 (8), 798-808.
- 6) 寺脇利信, 1986: 三浦半島小田和湾におけるアカモクの生長と成熟, 水産増殖, 33 (4), 177-181.
- 7) 道家章生, 2003: ホンダワラの養殖技術開発について, 日水研連絡ニュース, 402, 7-9.
- 8) 磯尾典雄・高橋達人・岡田光正, 2000: 藻場造成用基質としての炭酸固化体の評価, 日水誌, 66 (4), 647-650.
- 9) 岡本峰雄・石本大樹・岩田 至・二平 章・鴨下真吾・小山田久美: 鉄鋼スラグ製新素材による藻類増殖具の開発, 2008: 海環境と生物及び沿岸環境修復技術の関するシンポジウム発表論文集(海環境シンポジウム実行委員会編集), 海底環境研究会, 147-162.