

フルボ酸鉄シリカ資材投入密度の違いがアサリ 生息量に及ぼす影響把握

渡辺 亮一¹・浜田 晃規²・古賀 義明³・古賀 雅之⁴

¹正会員 福岡大学教授 工学部社会デザイン工学科 (〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈8-19-1)
E-mail:wata@fukuoka-u.ac.jp

²正会員 福岡大学助手 工学部社会デザイン工学科 (〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈8-19-1)

³非会員 福岡大学水循環・生態系再生研究所客員教授 (〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈8-19-1)

⁴非会員 コヨウ株式会社 (〒835-0006 福岡県みやま市瀬高町坂田169)

近年、日本各地の干潟においてアサリの漁獲量が著しく減少している。その減少要因を解明するために多くの研究者が、様々な視点から環境修復を目的とした改善工法などを実施し現況回復に着手しているが、現在のところ有効な対策方法は明らかになっておらず、アサリの資源量回復についての取り組みも決め手がないのが現状である。そこで、本研究では、底質浄化効果が期待されているフルボ酸鉄シリカ資材に注目し実証研究を繰り返している。2012年7月より、実証規模での検証を熊本県玉名郡長洲町沿岸干潟において実施しており、その結果、フルボ酸鉄シリカ資材をヘドロが堆積した干潟に投入することによってアサリの生息量が増加することを確認した。

Key Words : Fe-Fulvic acid, Field observation, bed mud purification, short-necked clam

1. はじめに

1980年代後半から、日本全国各地の干潟においてアサリが減少しているという報告は非常に多くなったと言われている。その減少原因を解明するために多くの研究者が、様々な視点から観測などを実施し現象解明に着手しているが、現在のところその原因と対策は明らかになっておらず、アサリの資源量回復についての取り組みも決め手がないのが現状である¹⁾。対策として、別の場所の海砂を採取し、アサリなどの生育域の海底にまく覆砂事業が実施されているが、コストがかかり、砂の量に限られているので継続的に続けるのは難しいと言われている²⁾。また、底泥を除去する浚渫もあるが、これは特別な運搬設備や大規模な処理場を必要とし、浚渫された底泥の減容化や機械脱水等の処理にコストがかかるうえ、浚渫による底泥の巻き上げによって濁水を生じさせる可能性がある。このような状況下で有明海においては、アサリ等の二枚貝類をはじめ多くの水生生物が激減していることが明らかとなっている^{3) 4)}。図-1は、昭和47年から平成24年の40年間の有明海に面する福岡県、佐賀県、長崎県、および熊本県のアサリ漁獲量の推移を示している。この図から、有明海のアサリの漁獲量は昭和58年に約9万5千トンの漁獲を記録した後、翌年には5万トンを

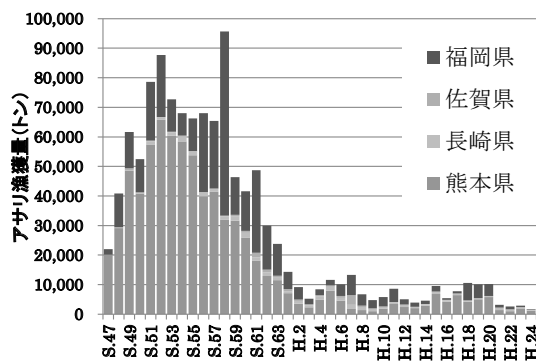


図-1 アサリ漁獲量の推移
(福岡県、佐賀県、長崎県および熊本県抜粋⁵⁾)

下回るまでに減少し、それ以降減少し続けこの20年間は1万トンにも満たない年が多く、近年のアサリの漁獲量減少は顕著な状態となっているのは明らかである。現在、諫早湾干拓の開門調査に関して裁判が行われているが、有明海での二枚貝の減少は、諫早湾を締め切る以前から進行していると考えるのが妥当であると思われる。

これまでの研究により、有明海での二枚貝減少の要因として、底質の泥化、貧酸素化、赤潮の発生などの現象が、アサリの生息環境の悪化に影響を与えていると考えられている。特に、我々の研究グループでは、干潟のへ



写真-1 フルボ酸鉄シリカ資材（外側の袋の素材は生分解性：おおよそ2年程度で分解される）

ドロ化に着目し、実証研究に着手した。これは、元々砂干潟であった場所にヘドロが堆積している場合には、アサリなどの二枚貝が生息できない状態になっている場所が多く存在し、漁業者から早急な底質改善が望まれているからである。そこで、本研究室では6年前から底質浄化効果が期待されているフルボ酸鉄シリカ資材に注目し実証研究を繰り返している。本研究では、熊本県玉名郡長洲町沿岸干潟での底質浄化に伴う環境修復によって、アサリ等の二枚貝類への影響を把握するために、現地に資材を施工した箇所でのコドラート調査を行い、フルボ酸鉄シリカ資材を投入することによってどの程度のアサリが回復するかを把握することを目的としている。

2. 実証実験方法について

(1) 実証実験に用いた資材と期待される効果

今回の実証研究に用いたフルボ酸鉄シリカ資材を写真-1に示す。使用したフルボ酸鉄シリカ資材(1袋15kg)は、フルボ酸鉄浄化資材7.5kg、海砂7.5kgを生分解性の袋に入れたもので、一袋15kgである。フルボ酸鉄シリカ資材は、環境改善に不可欠なフルボ酸鉄を多く含んだ製品であり、フルボ酸鉄シリカ資材の特徴は、主に下水汚泥（現地周辺の下水処理場で発生した物）・木クズ・食品腐敗物等のリサイクル原料の発酵処理品とシリカ・鉄からなる添加物を混合し、人工的に容易に、安価に製造できるところにある。また、この資材中にはフルボ酸鉄・可溶性シリカ・リンが含まれており、環境改善に必要な成分が含まれている。これまでに現地での実証実験として、佐賀県伊万里市瀬戸町沿岸干潟では、今回使用するフルボ酸鉄資材と同じ資材による底泥環境改善の実証実験が、2012年10月17日(水)～12月13日(木)にかけて行われた。その結果、フルボ酸鉄資材による干潟の調査地点における地盤高の低下、底泥の強熱減量・有機炭素量の減

少が確認された⁶⁾。また、2013年～2014年にかけて有明海に面する福岡県柳川市橋本町沿岸干潟において、同じ資材を用いたヘドロの浄化実証実験を行い、底泥の泥分率や有機物量の減少傾向が顕著に見られ、この観測期間の干潟地盤高は最大で約20cm程度低下することが確認された。また、持ち帰った底泥のコアサンプル分析結果より、特に底泥表層での含水比・泥分率・強熱減量・有機炭素量の減少より、底泥の浄化が進んでいることが確認された⁷⁾。

このフルボ酸鉄による底泥の浄化効果は、光フェントン反応⁸⁾による効果が表れていると考えている。フルボ酸はもともと植物の葉や茎の部分が腐食することで、腐食物質中に形成される。このフルボ酸は土中や水中の鉄とキレート反応を起こし、フルボ酸鉄が生成される。イオン化された二価鉄でないと生物は吸収できないが、鉄は一般的にすぐに酸化し、不可溶性となってしまう。可溶性であるフルボ酸鉄はイオン化された二価鉄の状態で河川水とともに海に運ばれ、海域への鉄供給源として近年その重要性が指摘されている⁹⁾。干潟に資材から溶出したフルボ酸鉄により光フェントン反応が促進し、底泥の浄化作用が促進すると考えられている。現在、干潟がヘドロ化している原因として、流域の都市化に伴う水処理施設の普及やダム湖内での腐食物質の堆積により、人為的影響が大きい河川や干潟ではフルボ酸鉄の存在量そのものが少なく植物プランクトンが利用可能な鉄不足に陥っていると考えられているため、フルボ酸鉄シリカ資材から溶出するフルボ酸鉄によってこの状況を改善することを試みている。

(2) 長洲町干潟での実証方法

実証実験地は熊本県玉名郡長洲町沿岸干潟（図-2）である。2015年7月14日に53袋のフルボ酸鉄シリカ資材を海岸から約240mの地点に設置した第1施工区(2000㎡：5m千鳥格子状設置：以下図-3参照)と2017年12月23日に第1施工区の東側に50袋のフルボ酸鉄シリカ資

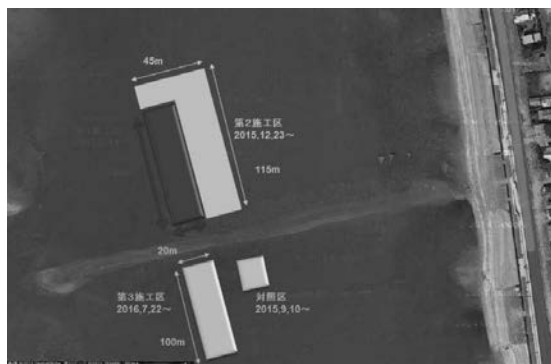


図-3 長洲町干潟における実証試験施工区概略

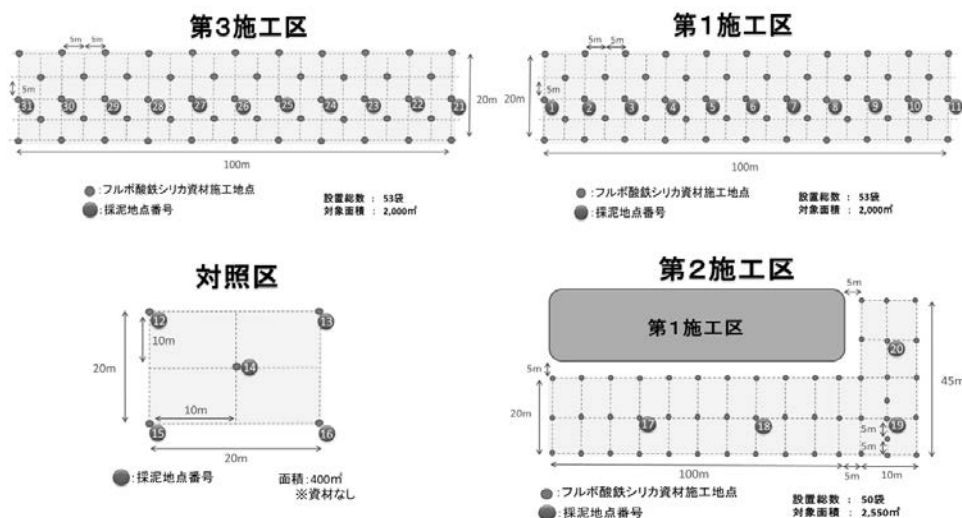


図-4 実証干潟（長洲町干潟）における各施工区の資材設置条件



写真-2 50 cm×50 cmコドラート内の調査方法

材を投入した第2施工区（2100 m²：縦10m×横10m間隔で設置）、施工区の南側にフルボ酸鉄シリカ資材を設置していない対照区の3箇所区画を設けた（2018年5月時点で、もう二か所新たに資材の投入区を設定し、2018年7月以降に新たにもう一か所で実証を行う予定である）。干潟における環境改善効果を確認するために行った観測および分析項目は、①単位面積当たりのアサリ生息量観測、②干潟の地盤高の測量、③底泥の分析、④ORP（酸化還元電位）の測定である。①に関しては50 cm×50 cm（深さ20 cm程度）のコドラート内（写真-2参照）底泥を4.75 mm篩で篩った後、研究室に持ち帰り二枚貝の同定を行った。②に関しては、RTK測量機器（TrimbleR8 GNSs\R6\5800）を用いて、フルボ酸鉄シリカ資材を設置した施工区内の地点とその周辺の地盤高を測量した。③に関しては、現地干潟に堆積した底泥をアクリル製のコアサンプラー（φ50 mm、深さ200 mm）を用いて採取・保存した。コアサンプラーに採取した底泥は、



写真-3 資材施工直後（上）と施工後1か月（下）での実証干潟の表層比較

表面から2 cmまでを表層土とし、2～4 cm、4～6 cm、6 cm～余りに切り分けて実験に使用した。採取した底泥を用いて、含水比試験（JIS A1203）、強熱減量試験（IL）（JIS A1226）を行い、CNコーダー（ヤナコ社製 MT-700）による有機炭素量の測定、泥分率（粒径75 μm未満の粒子の質量構成率）を求めた。④に関しては、ORP（酸化還元電位）はORP計（東亜ディーケーケー社製：PST-2739C）を用



写真-3 資材施工後2か月経過後の第一施工区 (左) と対照区 (右) の表層比較 (2015年9月撮影)

いて測定を行った。

3. 実験および観測結果

(1) 実証干潟における定性的変化

ヘドロ化した状態の長洲町干潟に2015年7月資材を設置した。設置した施工区内の状況を写真-3に示している。この写真より、施工区内はわずか1か月程度で、観測時に長靴で移動可能となる程度にまで改善していることが分かる。また、写真-4は、フルボ酸鉄シリカ施工後2か月が経過した段階での施工区内 (右) と対照区内 (左) での干潟表面の状態変化を表している。この写真から、施工区内の表層に堆積していたヘドロ化した底泥が確認出来なくなっている様子が確認され、フルボ酸鉄シリカ資材を投入した施工区の方は全体的にヘドロが浄化され、ヘドロの下に堆積していた貝殻が表層に表れていることが確認された。また、袋の中に砂のみを入れている対照区の方は、袋の周辺のみ変化が表れていることが確認できる。

(2) 実証干潟でのアサリ生息量の変化

図-5は第1施工区と第2施工区および対照区における0.25㎡当たりのアサリの総個数変動を示している。第1施工区では、施工区内に5地点のコードラートを設置し、1か月に一度アサリの及び他の二枚貝の生息量を観測している。この図から、フルボ酸鉄シリカ資材設置当初の2015年7月時点では施工区内にアサリはほとんど生息していなかったが、2015年9月頃からアサリの稚貝が確認され始め、2015年12月にピークを示した後8か月程度はほぼ同程度のアサリ個体数が維持されていたことが分かる。2016年7月に当初の半分ほど資材を投入した後、徐々に総個体数が減少し始め、施工後2年経過した2017年8月以降は総個体数が減少し始めたことが確認された。しかしながら、第1施工区内では資材投入後2年以上が経

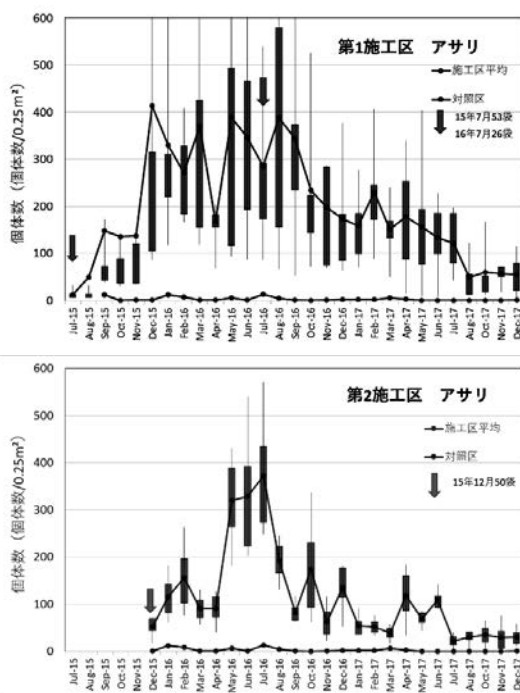


図-5 第1・2施工区と対照区でのアサリの個体数比較

過しても1平方メートル当たり300~400個程度のアサリが確認され、その一方で対照区内では1平方メートル当たり10個前後で推移していることから、その効果は持続していると考えられる。また、第2施工区では、資材を10m×10m間隔で設置した2015年12月以降約7か月間は第1施工区とほぼ同じ傾向で総個体数が推移し、その後、個体数が減少し始め、施工後1年が経過した2016年12月以降は第1施工区同時期の半分以下の生息量で推移していることが分かる。第2施工区内では、資材投入後2年以上が経過した段階で1平方メートル当たり120~150個程度のアサリの生息が確認されていることから、対照区と比較した場合、第1施工区と同様にその効果が持続してい

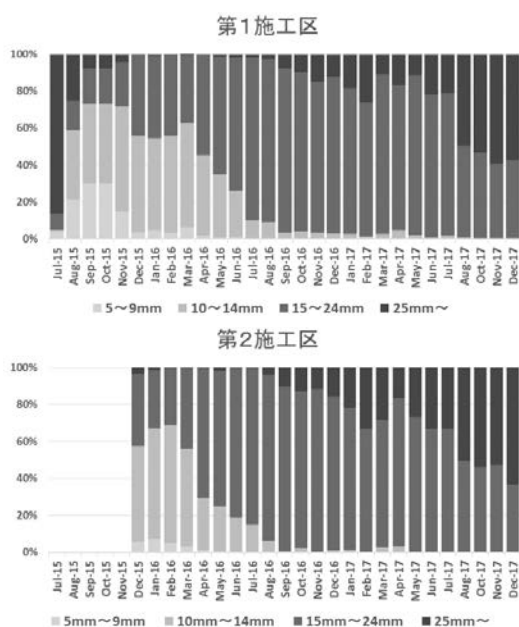


図-6 施工区内のアサリの殻長別割合

ると考えられる。図-6は、第1および第2施工区内のアサリ殻長別割合を示している。この図から、施工当初、第1施工区内において個体数は10個前後であるが25mm以上の成貝サイズのアサリが8割以上占めていたが、その後2015年8月以降5～9mmの稚貝が着床し育ち始めたことが分かる。これに対して、2015年12月に施工した第2施工区では、当初から施工区内にアサリが生息しており、その殻長別割合から、第2施工区のアサリは第1施工区と同時期に着床し成長していたと考えられる。しかし、その総個体数を比較すると第1施工区の8分の1程度の生息量であり、フルボ酸鉄シリカ資材を投入するかしないかによって、アサリの生育量に大きな差が生じていることが分かった。その後、第2施工区では2016年7月に第1施工区とほぼ同数のアサリが生息していたが、殻長別割合から、第1施工区から移動してきた個体が成長していると判断される。また、2017年3月～6月にかけて再度アサリ稚貝の着床が認められるが、2015年秋口ほどは加入していないことがわかる。

図-7は、第1施工区内の1㎡当たりのアサリのコホート分布を示している。この図から、2015年7月に最初の資材を設置して以降、アサリが第1施工区内に着床し成長している様子が確認できる。ただし、施工後2年が経過（施工後1年に資材を半分追加）したあたりから、生息量が極端に減少していることが確認された。このことから、5m間隔で投入した場合、その効果は2年程度持続することが確認された。また、10mの間隔で投入した第2施工区では、個体数のピークは同程度であったが、施工後7か月を経過すると極端に生息数が減少していくことが

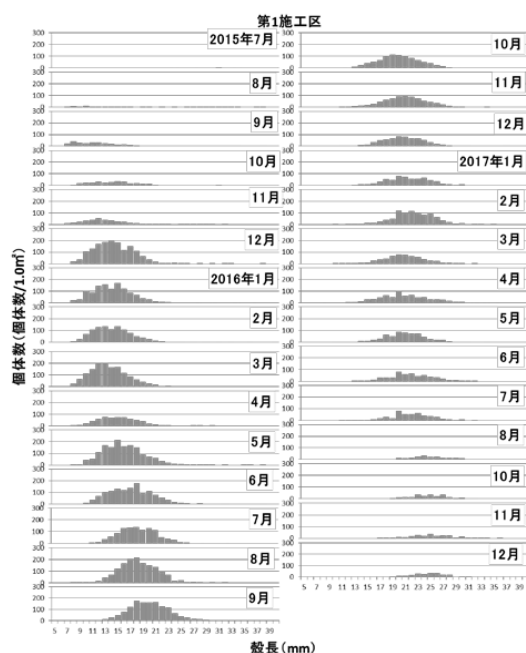


図-7 第1施工区内のアサリのコホート分布

分かった。

これらのことから、干潟の状況がほぼ同じであれば、フルボ酸鉄シリカ資材の投入間隔を密に設置する方が、大きな底質浄化が期待できることが明らかとなった。

4. 結論および今後の課題

これまでに得られている実証実験結果より、フルボ酸鉄シリカ資材をヘドロが堆積した干潟に投入することによって、アサリが生息可能な環境が修復される可能性が示されていると考えられる。現在のところ、フルボ酸鉄シリカ資材を5m千鳥格子状間隔で投入した場合、効果は2年程度持続することが確認され、10m×10m間隔で投入した場合、アサリ個体数のピークは同程度であったが、7か月後からアサリの生息数が減少していくことが確認された。このことより、長洲町干潟のようなヘドロ堆積状況下においては、密に資材を投入したケースの方がアサリの生息密度が高くなることが確認された。

アサリの減少は有明海のみの問題ではなく、全国各地の干潟で報告されている。我々が提示している干潟浄化手法の有効性が十分に確認されれば、有明海および全国各地の干潟で問題とされているヘドロの浄化を現地で発生する下水汚泥を用いて行うことが可能となり、物質循環の観点から考えてもとても魅力的な環境修復手法となる可能性が高いと考えられる。また、今後は干潟表層土の物性的な変化を現在得られているデータから解析し、アサリが着床し成長していくために必要な条件をより明

確に示していく予定である。

謝辞：この研究は、科学研究費補助金（基盤研究C：研究番号16K06557，研究代表者：渡辺亮一）の助成を受けて行われたものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 鳥羽光晴：アサリ資源の減少に関する議論への再訪，日本水産学会誌，Vol. 83 No.6，pp914-941，2017.
- 2) 加藤治，瀬口昌洋，原口智和，郡山益実：有明海湾奥部で施工された覆砂の効果の持続性について，佐賀大学農学部集報，Vol. 92，pp 25-32，2007.
- 3) 堤裕昭：有明海に面する熊本県の干潟で起きたアサリ漁業の著しい衰退とその原因となる環境変化，応用生態工学，Vol.8，No.1，pp83-102,2005.
- 4) 高橋徹：熊本のアサリ資源回復をめざして，日本比較内分泌学会ニュース，pp121_13-121_16,2006.
- 5) 農林水産省 統計情報 年次別 漁業・養殖業生産統計年報，2015.
- 6) 渡辺亮一，浜田晃規，伊豫岡宏樹，山崎惟義，古賀雅之，古賀義明，坂田早：フルボ酸鉄資材を用いた底泥浄化に関する現地実験—伊万里湾における浄化の試み—，環境システム研究論文発表会講演集，第41巻，pp183-188，2013.
- 7) 黒瀬達也，渡辺亮一，浜田晃規，伊豫岡宏樹，山崎惟義，古賀雅之，古賀義明：有明海再生に向けたフルボ酸鉄シリカ資材を用いた底泥浄化に関する実証実験，環境システム研究論文発表会講演集，第43巻，pp241-246，2015.
- 8) 福嶋正巳，岩井久典：Characterization and binding of Fe (II) in organic matter in a fertilizer including steel slag and compost to supply soluble Fe (II) to barren ground in coastal areas(海洋理工学会平成22年度秋季大会シンポジウム特集 鉄を利用した沿岸海域環境修復の現状と展望)，Journal of Advanced Marine Science and Technology Society，17.1，pp1-8，2011.
- 9) 松永勝彦：森林起源物質が海の光合成物質に果たす役割，日本海水学会誌，Vol.54，No.1,2000.

(2018.8.24 受付)

The effect of bed mud purification for the short-necked clam by Fe-Fulvic acid silica complex material according to insertion interval difference

Ryoichi WATANABE, Teruki HAMADA, Yoshiaki KOGA, and Masahiro KOGA

For these past several years, fish catches of the short-necked clam decrease sharply in various places throughout the all over Japan. The reasons for the decrease of fish catches of the short-necked clam has not yet become clear.

Observation Results from the monitoring survey showed improvement in habitation of the short-necked clam and sediment quality, the restoration of the tidal flat was confirmed. For example, the short-necked clam have sharply increased in the NAGASU tidal flat experimental area. Also diversity of bivalves and other benthic organisms have increased in the tidal flat area, suggesting an improvement of the habitat environment.