

長洲町干潟におけるフルボ酸鉄シリカ資材投入による環境修復効果の実証研究

渡辺 亮一¹・浜田 晃規²・山崎 惟義³・古賀 雅之⁴・古賀 義明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正会員 福岡大学客員教授 水循環・生態系再生研究所 (〒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)

有明海でのアサリの漁獲量は1977年には65000 t 程度あったが減少し、2006年で約5800t、近年は1000t未満に減少している。アサリが激減した一つの要因として干潟がヘドロ化したことが考えられる。元来、砂泥質であった干潟がヘドロ化することにより、アサリなどの二枚貝に大きな影響を与えていると推察される。そこで本研究では、干潟に堆積したヘドロを酸化分解し、微生物の分解反応を促進する効果が期待されているフルボ酸鉄シリカ資材を干潟に導入することで、ヘドロを浄化し、干潟の底面環境を修復することを目的として実証実験を行い、施工後半年程度でアサリの生息状況が回復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

有明海は九州の西岸に南から入り込んだ九州最大の内湾で、福岡県・佐賀県・長崎県・熊本県の4県によって囲まれている。最も深い地点でも深さ50mほどと遠浅で、潮の干満の差が大きく、大潮のときには潮差4mを超える。干潮時には干潟が広がり、ムツゴロウ・タイラギ・ワラスボ・シオマネキの生息地となる¹⁾。かつては豊饒な海として有明海は有名であったが、近年では、アサリ等の二枚貝類をはじめ多くの生物が激減しているのが現状である。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図-1に示す。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5万トンを下回るまでに減少し、それ以降減少し続けこの20年間は漁獲量が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傾向となっていることがわかる。このアサリ漁獲量減少の要因としては、底質のヘドロ化、周辺海域の貧酸素化、赤潮の発生など、アサリの生息環境の悪化があげられる²⁾。特に、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、アサリなどの幼生が着床したとしても生育できない環境となっているため、二枚貝類が生息できない状態になっており、早急な干潟の底

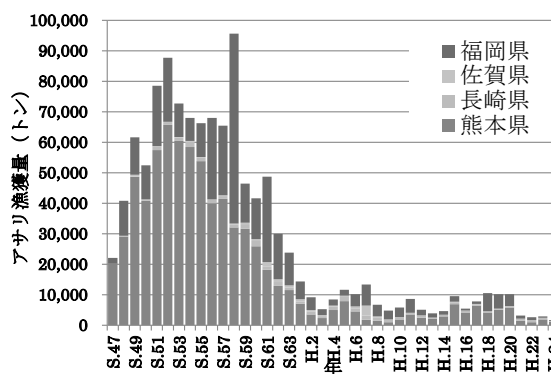


図-1 福岡県、佐賀県、長崎県および熊本県のアサリ漁獲量の推移

(出典：農林水産省 統計情報 年次別 漁業・養殖業生産統計年報)
質改善が望まれている。

そこで、本研究室では4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きている。本研究では、熊本県玉名郡長洲町沿岸干潟でのヘドロ浄化に伴う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(実証区2000㎡)でコドラート調査を行い、二枚貝の生息に与えるフルボ酸鉄シリカの影響を把握し、投入に伴う環境修復効果を実証することを目的としている。

2. フルボ酸鉄シリカ資材について

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³⁾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、主に木クズ・下水汚泥・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⁴⁾。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⁵⁾。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。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⁶⁾。

3. 長洲町干潟での現地実証実験について

(1) 調査地点および調査間隔

実証実験対象地は熊本県玉名郡長洲町地先に位置するヘドロが一面に堆積していた干潟(写真-2参照)である、この干潟は有明海に面しており、干潮時には底面が常に空气中に干出(1回あたり3時間程度干出)する場所となっている。この干潟の搬出路を挟んだ2箇所に区画を設け、施工区(20m×100m区画5m格子)に53袋の資材を千鳥状に設置し、対照区(20m×20m区画5m格子)には資材を投入せずに杭のみを打ち込んだ(図-1および図-2参照)。フルボ酸鉄資材は、干潟に打ち込んだ杭に括り付け、干潟の上に置いた(写真-1参照)。調査は施工区と対照区にて底泥サンプルを採取し、分析することで底泥の浄化過程を実測した。また、両工区とも地盤高のRTK測量を実施し、底泥の移動状況をモニタリングした。フルボ酸鉄シリカ資材は、大潮の満潮時に2015年7月14日に敷設(写真-1参照)し、調査間隔は資材設置後1か月間隔で実施している。



写真-1 干潟に設置したフルボ酸鉄シリカ資材

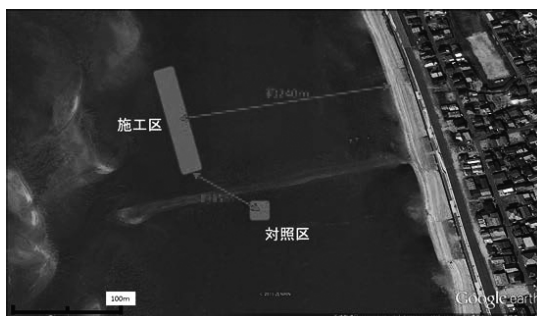


写真-2 熊本県玉名郡長洲町干潟実証試験地

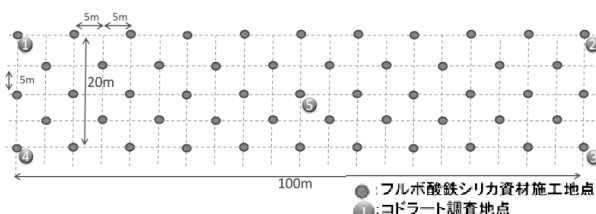


図-2 施工区の資材施工地点及びコドラート調査地点



写真-3 50 cm x 50 cm コドラート内の調査方法

(2) 観測および分析手法

ヘドロの分解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、②干潟の地盤高の測量、③底泥の分析、④ORP(酸化還元電位)

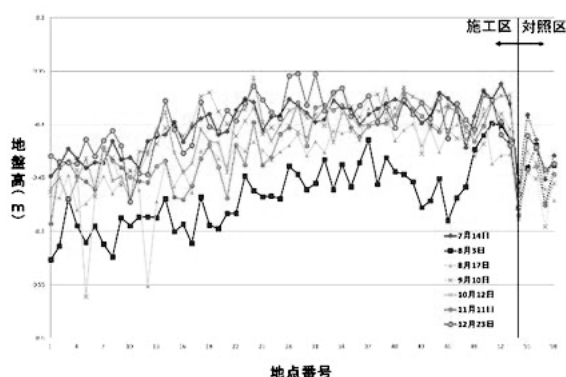


図-3 施工区内と対照区内の干潟地盤高の変化

の測定である。①に関しては50cm×50cm (深さ20cm程度) のコドラート内 (写真-3参照) 底泥を4.75mm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 (φ 50 mm, 深さ200mm) 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、表面から2cmまでを表層土とし、2~4cm, 4~6cm, 6cm~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) を用いて測定を行った。

4. 現地実証実験結果および考察

(1) 地盤高の経時変化

図-3は、RTK測量による干潟の地盤高の経時変化を表している。この図から、施工区内にフルボ酸鉄シリカ資材を施工した2015年7月14日から2015年8月3日までの20日間で、施工区内において最大約11cm地盤高の減少が見られた。これに対して、対照区内の同期間においては最大でも5cm程度の低下しか観測されず、フルボ酸鉄シリカ資材を投入した施工区との間に大きな差異が確認された。これは、フルボ酸鉄シリカ資材の効果でヘドロが分解され、干潟表層の微生物などによって分解された有機物が利用された結果として、干潟の地盤高が低下したものと考えている。また、この図から、観測開始から2015年12月までの間では、施工区内ではどの地点においても地盤高の変動が大きいものに対して、対照区内ではほとんど変化していないことが分かる。

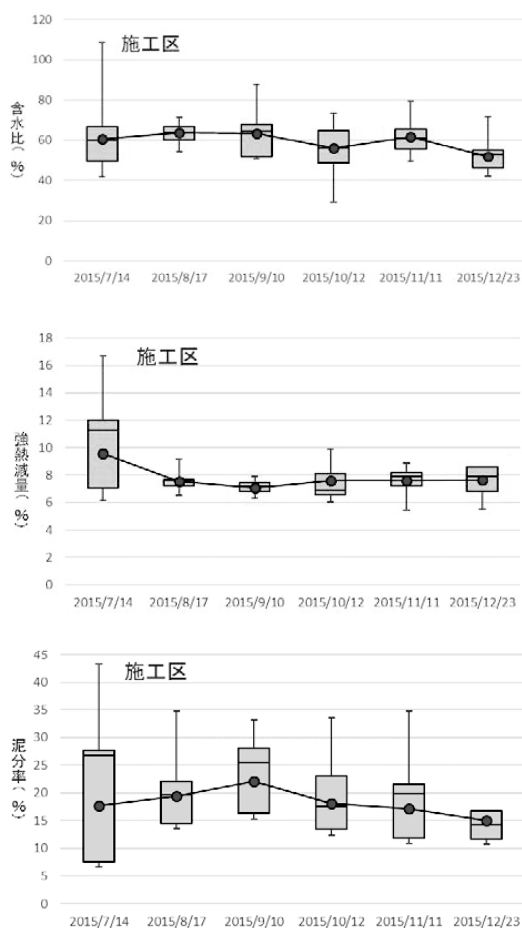


図-4 施工区内表層土の含水比・強熱減量・泥分率



写真-4 施工直後と施工3か月後の干潟の変化

(2) 含水比・強熱減量・泥分率の経時変化

図-4は施工区内の表層土 (表面から深さ方向2cmまでの) の含水比・強熱減量・泥分率の変化を示している。この図から、フルボ酸鉄シリカ資材を設置した施工区内表層の含水比・強熱減量・泥分率の値は、徐々に低下していく傾向にあることがわかる。ただし、含水比に関しては明確な傾向は見られていないが、2015年7月に資材を設置した施工区内は、写真-4に示すように観測時に歩きやすくなっており、底泥の物理的性状の変化だけでは表されない効果が表れていると考えられる。また、写真-5は、



写真-5 2015年7月14日（フルボ酸鉄シリカ資材設置）以降の施工区内と対照区内の干潟表面の比較

施工区内と対照区内での干潟表面の状態変化を表している。この比較から、フルボ酸鉄シリカ資材を設置した施工区内は、表層に堆積したヘドロが資材の袋周辺部から徐々に分解されていき効果が拡大していく様子が確認された一方で、対照区内の干潟表面ではヘドロの堆積状態の変化がほとんど確認できなかった。

(3) コドラート内で採取された二枚貝

図-5は、施工区と対照区内の0.25㎡当たりにおけるアサリ個体数の変動を示している。この図から、施工区（1～5地点）ではフルボ酸鉄シリカ資材を設置した7月にはアサリはほとんど見られなかったものの、9月から徐々に増加していき、12月に急激に個体数が増加している。これは、コドラート調査では4.75mm篩で篩った後の試料を仕分けしているため、それ以下のサイズの稚貝がカウントされるようになったためであると考えられる。2015年12月を境に急激に確認され始めたアサリの個体群は、フルボ酸鉄シリカ資材投入後に施工区内に着床した稚貝が成長したものであると考えられる。

施工区内では、全ての観測地点でアサリが大幅に増え、地点2では1233個/0.25㎡と増加が著しい地点もあった。この一方、対照区内ではアサリは全く増加していないことが確認された。

図-6は、施工区内（全5地点分）でのコドラート調査によって計測されたアサリのコホート変化を示している。

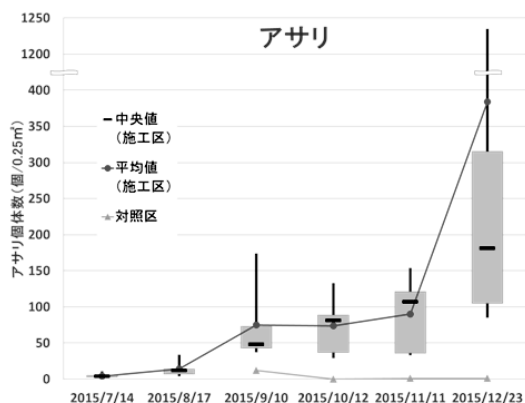


図-5 資材投入後の施工区と対照区のアサリ生息数

この図から、2015年7月14日にフルボ酸鉄シリカ資材を施工した当初は、施工区内にもアサリのコホートはほとんど存在していなかったことがわかる。また、稚貝の着床は施工以前からあったと考えられるが、施工区と約85mしか離れていない対照区ではアサリの稚貝コホートが全く確認できていないことから、資材を投入した後、施工区内でのヘドロ浄化が進んだために、着床したアサリの稚貝コホートが生残し、4.75mm篩で篩い分けられる大きさにまで成長していると考えられる。また、この図から施工区内に着床した稚貝コホートは施工区内で順調に成長していることが確認された。

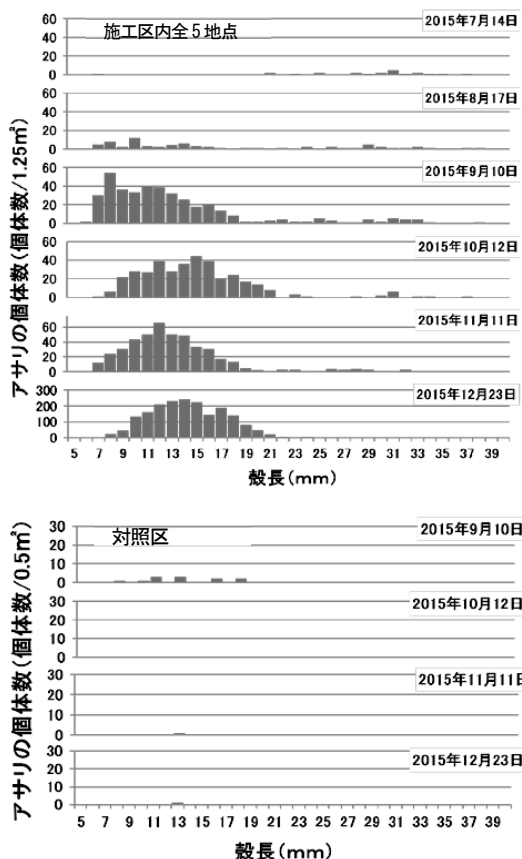


図-6 施工区内（上）と対照区内（下）の
アサリ稚貝コホート分布の変化

5. 結論と今後の課題

フルボ酸鉄シリカ資材をヘドロが多く堆積した長洲町干潟に設置したことにより、2015年7月から12月にかけて底泥の泥分率や有機物量の減少傾向が確認され、この観測期間の干潟地盤高は最大で約10cm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・強熱減量の減少より、堆積したヘドロの浄化が進んでいることが確認された。これは、夏季にフルボ酸鉄シリカによるヘドロの分解反応が活発化したことにより、ヘドロ状の物質が除去されたためである可能性が示された。これは、フルボ酸鉄シリカ資材による浄化効果を示す実証結果であるが、今回の実証試験地の特性上、周辺からの底泥の堆積も十分に考えられるため、季節風などによる影響も十分に考えられる。しかしながら、著者らが現地での観測時に干潟の変化を写真などによって確認した結果（写真-5参照）は、大幅な改善傾向を示しており、今後、干潟に堆積したヘドロの分解効果を確認するためのパラメ

ーターを新たに設定しなおす必要があるものと考えられる。

次に、フルボ酸鉄シリカ資材を設置することによる二枚貝類の生息状況は非常に良好であり、それまでアサリがほとんどいなかった干潟にアサリを定着させることが出来る効果を現地観測より確認した。また、対照区との比較からフルボ酸鉄シリカ資材を投入するかしないかに応じてアサリの定着状況が大きく異なることも確認された。今後は、モニタリングを継続していき、その効果の定量化を目指していく予定である。

謝辞：株式会社コヨウの古賀氏にはフルボ酸鉄シリカ資材の提供および現地実験での手配をしていただき、誠にありがとうございました。また、観測当時、流域システム研究室に在籍していた学生諸氏には干潟での観測に際して、非常に寒い中、測量およびサンプル採取作業などに協力していただいたことをここに記して感謝いたします。

また、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) 末永一格：底泥の巻き上げに及ぼす生物膜の影響に関する研究, 福岡大学工学部卒業論文, pp5-7, 2005. 2.
- 2) アサリ資源全国協議会企画会議, 水産庁増殖推進部, 独立行政法人水産総合研究センター. 提言 国産アサリの復活に向けて（平成 21 年 3 月改訂）, 2009.
- 3) 瀬戸雅文, 竹内登世子：アマモ種子の鉄コーティングによる着底・生長促進技術の開発, 海洋開発論文集, 第 24 巻, pp807-812, 2008.
- 4) コヨウ株式会社：海底ヘドロの環境改善と植物の成長にも効果有り～フルボ酸鉄・シリカ含有資材の紹介～第 64 回エコ塾説明資料, pp1-11, 2012.
- 5) 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.
- 6) 黒瀬達也, 渡辺亮一, 浜田晃規, 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 号, pp241-246, 2015.

(2016. 8. 26 受付)

Empirical study of the environmental remediation effect by the fulvic acid iron silica material in Nagasu tidal flat

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

The Nagasu Tidal Flat that carried out this field experiment is located at the middle site of Kyushu Island. The Ariake Sea is a heavily closed sea water area, therefore tidal exchange with the outside of the bay is not effective, and eutrophication progresses by pollution load from land. The catches of the short-necked clam in the Ariake Sea were around 65,000ton in 1970-80s, but it has decreased since 1990s, it reaches almost less than 1000ton these dozens of years.

In this research, we observed the effect of Fe-Fulvic acid silica complex material for mud from decayed organic matter that forms on the sea bed in the Nagasu tidal flat that located at Kumamoto prefecture. As a result of having installed Fe-Fulvic acid silica complex material on that tidal flat, the resolution of the sludge was confirmed, and the habitation of the short-necked clam was restored in only a half year.