

# 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

黒瀬 達也<sup>1</sup>・渡辺 亮一<sup>2</sup>・浜田 晃規<sup>3</sup>・伊豫岡 宏樹<sup>4</sup>・山崎 惟義<sup>5</sup>  
・古賀 雅之<sup>6</sup>・古賀 義明<sup>6</sup>

<sup>1</sup>学生会員 福岡大学工学研究科 建設工学専攻（〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈8-19-1）

<sup>2</sup>正会員 福岡大学准教授 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

<sup>3</sup>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）

<sup>4</sup>正会員 福岡大学助教 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）

<sup>5</sup>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）

<sup>6</sup>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）

有明海に注ぐ河川では高度経済成長期以降、治水事業として砂利採取やダムの建設が相次ぎ、アサリが育つのに必要な砂の流入が減少し、ヘドロ化した泥混じりの干潟が増えた。アサリの漁獲量は1977年には65000t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。対策として別の所の海砂を探って海底にまく覆砂事業が行われているが莫大なコストがかかる上、砂の量にも限りがあるため永続することは難しい。また、覆砂する際に巻き上がった砂や泥による濁水の環境への影響も懸念される。よって本研究では、難分解性有機物を酸化分解し、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、干潟に堆積した底泥を浄化することを目的として研究を行っている。

**Key Words :** Fe-Fulvic acid, Field observation; bed mud purification; Ariake bay

## 1. はじめに

日本沿岸域では、高度経済成長期以降、治水事業としてダム建設が相次ぎ、アサリが育つのに必要な砂の流入が減り、泥混じりの干潟が増えた<sup>1)</sup>。加えて2012年7月の九州北部豪雨では、大量の淡水と泥が河川から有明海へ流れ込み、矢部川河口の沖合2~3kmに10cmを超える粘土質の泥が堆積したと言われている<sup>2)</sup>。二枚貝であるタイラギの漁は、福岡県と佐賀県で2012年から休業状態となっており<sup>3)</sup>、有明海でのアサリの漁獲量は2006年度の約5,800tから近年は1,000t未満に減っている<sup>3)</sup>。また、アサリの減少により有明海の初夏の風物詩とされる潮干狩り船の運航中止が相次いでいる<sup>2)</sup>。対策として、別のある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、砂の量も限られているので永続的に続けるのは難しいと言われている<sup>1)</sup>。また、底泥を除去する浚渫もあるが、これも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



写真-1 福岡県柳川市沖干潟実証試験地

濁水を生じさせる可能性がある。よって、本研究では、難分解性有機物を酸化分解し、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柳川市沖有明海に位置する干潟（写真-1参照）に導入することで、干潟に堆積した底泥を浄化することを目的として研究を行っている。

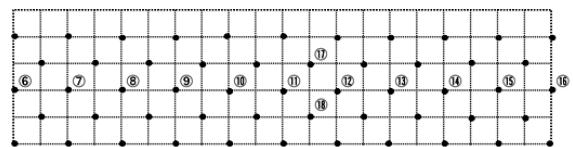
## 2. フルボ酸鉄シリカ資材およびその効果概略

フルボ酸鉄は、可溶化した鉄と森林や湿地帯で生産された天然有機物のフルボ酸と錯形成したものである。鉄はpHなどの変化により不溶化する。しかし、森林や湿地帯で生産されたpHに関わらず溶解するフルボ酸などの天然有機物は、その鉄と錯形成することにより、安定な水溶性を示すと言われている<sup>4)</sup>。陸域由来の微量金属の中でも溶存鉄は、食物連鎖の根底を担う一次生産者が光合成を行う際に不可欠な必須金属であり、多くの海洋や河口・沿岸域において水生生物の成長制限要素となっている<sup>5)</sup>。しかしながら、海水中における溶存鉄濃度は極めて低いことが分かっており、沿岸域では漁民による植林活動が行われ、その林床で生産されたフルボ酸による海域水産資源の向上が期待されている<sup>6)</sup>。また、北海道日本海側沿岸の磯焼けについては、鉄不足がその原因であることが示唆され、フルボ酸鉄を用いた磯焼け回復技術確立の可能性が示された<sup>7)</sup>。今回、使用したフルボ酸鉄シリカ資材はリサイクル原料(腐植物質である木屑や下水汚泥または食品廃棄物)の発酵処理品とシリカ・鉄から成る製品を混合し、人工的に容易かつ安価に製造されたものである<sup>7)</sup>。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<sup>8)</sup>。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。

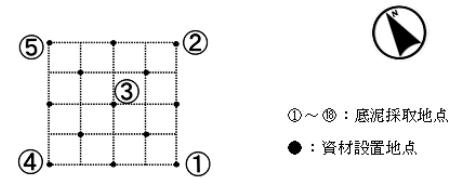
## 3. 現地実験と調査手法

### (1) 調査地点および調査日

実証実験対象地は福岡県柳川市橋本町沿岸干潟であり、有明海に面している。この干潟の2箇所に区画を設け、第1工区(25m×100m区画5m格子)に53袋の資材を千鳥状に設置し、覆砂事業内の第2工区(20m×20m区画5m格子



第1工区



①～⑩：底泥採取地点  
●：資材設置地点

第2工区

図-2 第1および第2工区の資材設置状況



写真-1 フルボ酸鉄シリカ資材の敷設状況

子)に13袋の資材、第3工区(直線状に5m間隔)に30袋の資材を同様に設置した(図-1および図-2参照)。フルボ酸鉄資材は、干潟に立てた海苔の養殖に使用するグラスファイバー製の支柱に括り付け、干潟の上に置いた(写真-1および写真-2参照)。調査は第1工区と第2工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。第3工区に関しては、柔らかい底泥が数メートルに渡って堆積しているため採泥および測量が困難なため今回の浄化効果観測の対象外とした。また、第2工

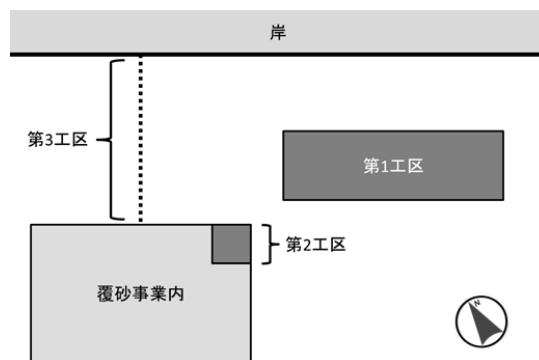
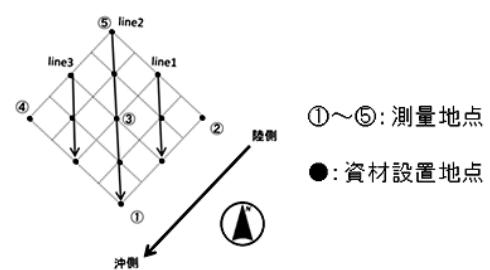


図-1 フルボ酸鉄シリカ資材の設置状況概略



①～⑤：測量地点  
●：資材設置地点

図-2 干潟標高 RTK 測量ライン概略



写真-2 干潟上へのフルボ酸鉄シリカ資材の設置状況

区に関しては地盤高のRTK測量を実施し、底泥の移動状況をモニタリングした（図-2に測量ラインの詳細を示している）。フルボ酸鉄シリカ資材は大潮の満潮時に2013年7月9日（火）に敷設（写真-1参照）し、調査日は資材設置後の2013年7月9日（火）、8月21日（水）、9月17日（火）、12月3日（火）の干潮時に行った。

## （2）実験および分析方法

フルボ酸鉄シリカ資材による底泥の分解過程を明らかにするために実証実験を現地で実施している。使用した資材（1袋15kg）はフルボ酸鉄シリカ浄化資材7.5kg、海砂7.5kgを生分解性袋（写真-2参照）に入れたものである。観測および分析項目は、①干潟の地盤高の測量、②底泥

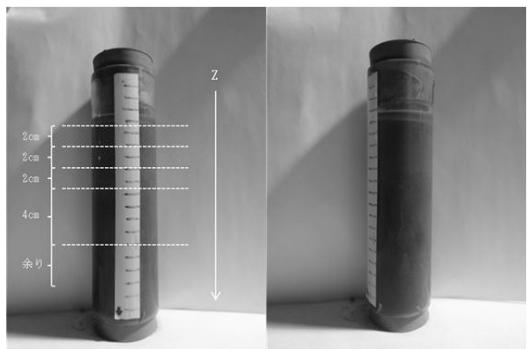


写真-4 コアサンプラーにて採取した底泥

の分析、③ORP（酸化還元電位）の測定である。①に関しては、RTK測量機器（TrimbleR8 GNSS\R6\5800：写真-3参照）を用いて、フルボ酸鉄シリカ資材を設置した第2工区内の5地点とその周辺の地盤高を測量した。②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（φ50mm、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（写真-4参照）。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75μm未満の粒子の質量構成率）を求めた。③に関しては、ORP（酸化還元電位）はORP計（東亜ディーケー社製 PST-2739C）を用いて測定を行った。

## 4. 現地実験結果および考察

### （1）地盤高の経時変化

第2工区の調査地点を北から南に向かって通る線をline1～3（図-2）とし、観測日毎の断面図を図-3に示す。図-3より、フルボ酸鉄シリカ資材を設置した7月以降、地盤高は低下傾向にあることがわかる。特に、2013年7月から8月にかけて地盤高は最大で20cm以上低下していた。また、図-4は平面的に干潟地盤高の標高変化を表している。図-4から、第2工区内的フルボ酸鉄シリカ資材を投入した地点周辺で顕著に地盤高が低くなっていることから、フルボ酸鉄シリカ資材による底泥分解効果は夏季に大きくなると考えられるが、フルボ酸鉄シリカ資材を干潟上に設置して半年程度が経過すると底泥の分解効果が夏季に比べて小さくなっていることが分かった。これは、フルボ酸鉄シリカ資材による底泥表層の酸化効果が冬季には小さくなる可能性およびこの資材の効果持続期間が半年程度である可能性を示していると考えられる。



写真-3 RTK測量機器を用いた干潟標高の測量

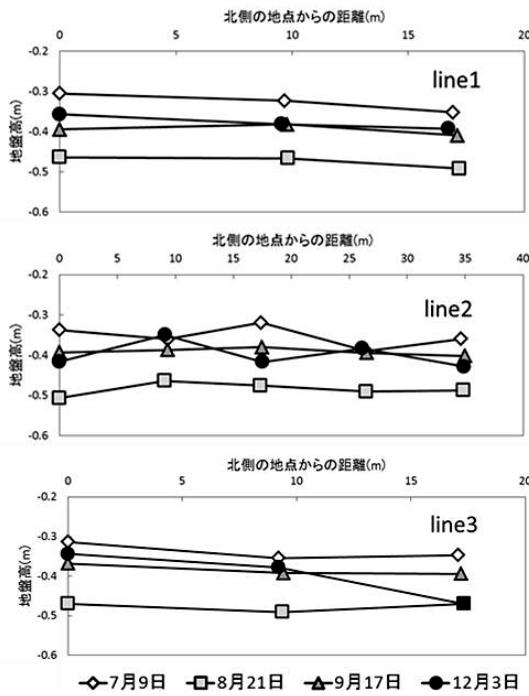


図3 line1, line2, line3 の干渉地盤高の経時変化

## (2) 底泥成分の経時変化

図5は第2工区の5地点における表層土(表面から深さ方向に2cmまで)の含水比・強熱減量・泥分率・有機炭素量を示している。図5より、含水比・強熱減量・泥分率・有機炭素量はいずれの値も2013年9月までは減少傾向にあることが分かる。強熱減量(I.L.)に関しては2013年7月から8月にかけて若干増加し、その後、減少傾向にあった。また、含水比に関しては、2013年12月の値が9月に比べ増加しているが、これについては今後も調査を続けて検証していく予定である。2013年12月の泥分率・有機炭素量は、7月、8月、9月に比べ増加している。これらの値は、底泥表層の浄化傾向を示す指標であることから、この資材の継続期間が概ね6ヶ月程度であることから、この資材の継続期間が概ね6ヶ月程度であるこ

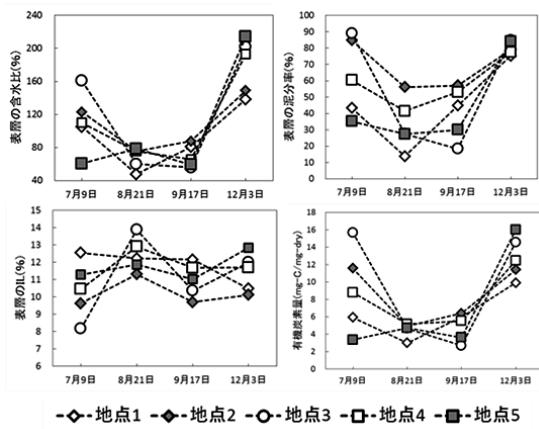


図5 表層の含水比・泥分率・強熱減量・有機炭素量の経時変化

とが示唆されている。しかしながら、今回の実証試験対象地は、施工区以外は広く底泥に覆われている状況であるため、浄化した施工区に周辺の底泥が輸送されて再び堆積したことも十分に考えられるため、今後も継続してモニタリングしていく予定である。

## 5. 結論と今後の課題

フルボ酸鉄シリカ資材をヘドロ成分が多く含まれる底泥干渉に設置したことにより、2013年7月から8月にかけて底泥の泥分率や有機物量の減少傾向が顕著に見られ、この観測期間の干渉地盤高は最大で約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。これは、夏季にフルボ酸鉄シリカによる底泥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

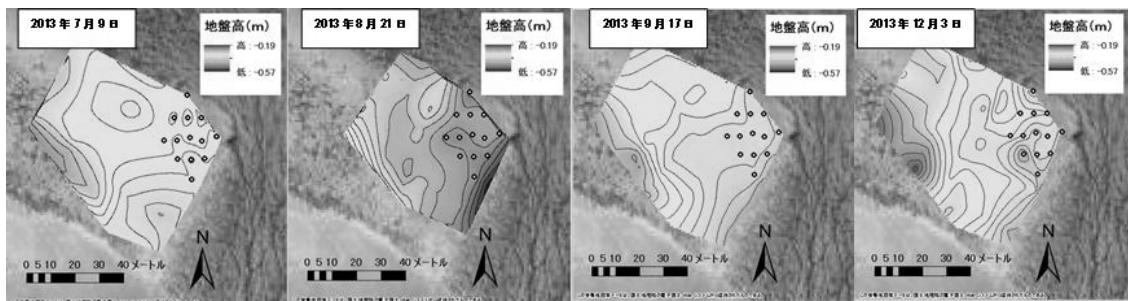


図4 第2工区内における干渉地盤高の2次元経時変化（図中の○の位置にフルボ酸鉄シリカ資材を設置している）

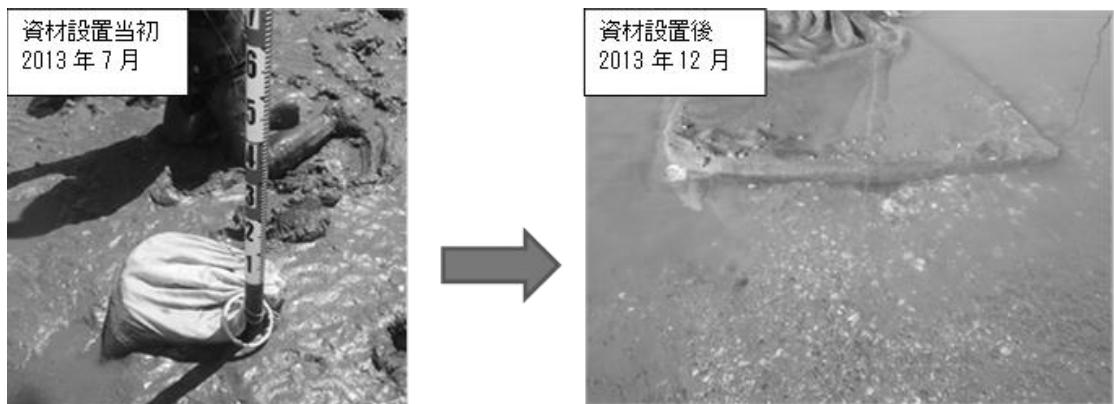


写真-5 第2工区内におけるフルボ酸鉄シリカ資材投入地点の底泥表層経時変化

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。よって、今後は、室内に設置されたマイクロコズム内での底泥分解効果を実測していく必要性があると考えられる。ただし、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と測定値との間に乖離（写真-5参照）が見られ、現在、実施している観測および測定方法だけでは十分にその効果を実測できていない可能性があると考えられる。このため、今後も引き続き同じ地点における干潟の地盤高の測量・底泥の分析を行い、長期的なフルボ酸鉄シリカ資材による底泥分解効果を実測を行うとともに、他の実証試験地における効果の実測も同時に検証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、水圏・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、ガタ土の中での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、この研究の一部は、科学研究費補助金（基盤研究C:研究番号25420561、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

## 参考文献

- 1) 一般財団法人東京水産振興会編集：日本沿岸域における漁業資源の動向と漁業管理体制の実態調査－平成23年度事業報告－, pp5-6, 2012.
- 2) 2013年5月5日、朝日新聞、31面
- 3) 2013年12月6日、日本経済新聞、39面。
- 4) 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.
- 5) 藤井学、佐々木陽、渡部徹、大村達夫：河口・沿岸域における不眠鉄の錯平衡と凝集特性、環境工学研究論文集、第41巻、pp389-400、2004.
- 6) 矢沢勇樹、濱田綾子、吉田達也、佐々木恒治、藤山里香、武田弘：房総里山から供給されるフルボ酸の鉄の物質輸送と生態系との関連－小櫃川流域の土地利用と栄養塩との関係－、特集「森－川－海の共存・共生」、日本海水学会誌 第65巻 第4号, pp223-238, 2011.
- 7) 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.
- 8) 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.

(2015.8.28受付)

Study on the observation of organic matter-rich bed mud purification for the effect of fulvic-iron silica complex aiming at Ariake sea restoration

Tatuya KUROSE, Ryoichi WATANABE, Teruki HAMADA, Hiroki IYOOKA,  
Koreyoshi YAMASAKI, Masahiro KOGA and Yoshiaki KOGA

The Ariake Sea 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. Under the influence of strong eutrophication, anoxic water mass frequently occurs, the bivalve such as the *Ruditapes philippinarum* suddenly decreases.

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 Ariake Sea tideland that located at Fukuoka prefecture. As a result of having installed Fe-Fulvic acid silica complex material on that tideland, the resolution of the sludge was confirmed.