

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—

渡辺 亮一¹・浜田 晃規²・伊豫岡 宏樹²・山崎 惟義³・古賀 雅之⁴
・古賀 義明⁴・坂田 早⁵

¹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

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)

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)

⁵非会員 福岡市役所 (〒810-8620 福岡市中央区天神1丁目8番1号)

本実験を実施した伊万里湾は玄界灘の南西部、長崎県と佐賀県の県境に位置しており、湾内には大小多数の島が存在する複雑な地形をしている。このため伊万里湾は閉鎖性の強い湾であり、湾外との海水交換が悪く、陸地からの汚濁負荷量の増加や養殖による餌散布等により富栄養化が進行している。この富栄養化の影響により、伊万里湾に生息している天然記念物カブトガニの産卵場が浮泥（ヘドロ）によって覆われ、生息数が激減してきている。本研究では、伊万里湾内のカブトガニ産卵干潟においてフルボ酸鉄資材を用いたヘドロの浄化実験を行い、最終的にはカブトガニが生息しやすい環境を創造していくことを目的としている。

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

1. はじめに

港湾や湖沼などの閉鎖性水域では水質が悪化しやすく、リン・窒素等の栄養塩類の流入に加え、底泥からの溶出により富栄養化が促進され水域の貧酸素化やそれに伴う悪臭などが発生により、生態系にも多大な影響を及ぼしており、多くの水域で問題視されている。¹⁾ この対策として、窒素やリンの排水規制や下水道の整備等の流入負荷対策に加えて水域内の浄化対策が重要視されている。これらの対策の一つとして底泥を除去する浚渫が挙げられるが、底泥の浚渫は作業に伴う底泥の巻き上げから副次的に水質汚濁を促進する可能性があるほか、含水比が高い浚渫された底泥は、特別な運搬設備や大規模な処分場を必要とするため取り扱いが困難である。また、浚渫された底泥の一部はリサイクル材として有効利用されるが、底泥の減容化や機械脱水等の作業を行う必要があり、処理が高コスト化する傾向にある。²⁾

フルボ酸鉄（写真-1参照）は可溶化した形で鉄イオンを水中に存在させることができるため、植物プランクトンが増殖時には赤潮が発生し、水中のフルボ酸鉄は消費

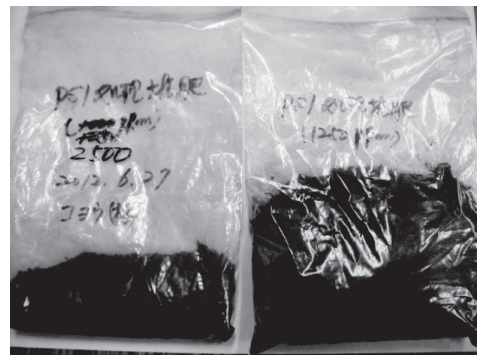


写真-1 本研究に用いたフルボ酸鉄資材

されつくしてしまう³⁾。このような状態になると閉鎖性水域における物質循環は極めて不健全な状態となり、底泥はヘドロ化し嫌気的な環境になるため、酸素が不足する状態になり、海産資源のアサリなどを死滅させる原因にもなっている⁴⁾。今回の研究で用いているフルボ酸鉄資材をヘドロ化した底泥の堆積した閉鎖性海域に散布することによって、底泥表面での微生物の分解反応が活性化し、底面環境を適切な状況へと改善させることを目標

として研究を進めている。

2. 研究に用いた資材および現地の状況

(1) フルボ酸鉄資材

植物の葉や茎の部分が腐食すると、腐植物質中にフルボ酸が形成される。このフルボ酸は土の中に浸透し、水中の鉄とキレート反応してフルボ酸鉄が生成される。フルボ酸鉄に包括される鉄はイオン化した鉄である必要があるが、すぐに酸素と反応し不可溶化するためイオンとして存在する鉄は大変少ない。可溶性フルボ酸鉄は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³⁾。現在、山地の開発は進み、地面はコンクリートやアスファルトで覆われている。このような人為的影響による影響で海域は鉄不足になっている。代表的な現象としては日本海沿岸で近年発生している磯焼けで、海岸が石灰藻で覆われる炭酸カルシウムを主成分とする白い藻類で覆われ、コンブやワカメなどの有用な海草の群落消失するため漁業に深刻な影響を与えている。フルボ酸鉄を含んだ水の流入は、植物プランクトン海藻の増殖に必要な微量元素の供給源となり、海の磯焼けの防止となる。

本研究で用いた「フルボ酸鉄含有資材」は、この環境に不可欠なフルボ酸鉄を多く含んだ製品である。フルボ酸鉄含有資材の特徴は、主に木くず、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、可用性シリカ、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。「フルボ酸鉄含有資材」は、我が国をはじめ様々な地域での環境改善の可能性を期待されている。

(2) 現地の状況

伊万里湾（図-1参照）は長崎県と佐賀県の県境に位置している湾水表面積120km²、湾口部が3箇所（それぞれ幅約1km, 1.5km, 4km）のみの閉鎖性の強い内湾であり、外海との海水交換があまり良くない。環境基準類型指定水域として環境庁に定められた閉鎖性海域81海域の一つである。湾内には福島をはじめとする大小多数の島が存在し、非常に複雑な地形をしている。平均水深は約23mと浅く、湾内はほぼ50m以浅であり、福島より湾奥部では水深20m以浅となる。最も西に位置する津崎鼻と青島間の湾口部では、急激に水深が深くなり水深50mを超える。湾内には大小約20の河川が流入している。とくに、伊万里湾西部に位置する志佐川は、伊万里湾に流入する河川の中で最も流域面積が大きく、48.1km²（長崎県32.1km²、佐賀県16.0km²）である。しかし、陸域か



図-1 伊万里湾の概略

らの汚濁物質の増加や養殖による餌散布等により湾内の富栄養化が進行してきており、湾沿岸部を中心に大小様々な赤潮の発生が問題になっている。⁵⁾2012年7月には大規模な赤潮が発生し、稚魚を中心に12万5000匹以上の被害がでている。降雨により大量河川水が流れ込んだことにより赤潮が発生し、被害は潮流で広がった。1999年にも赤潮が発生しており、成魚を中心に15万匹の被害が出ており、1億8000万円の損害が出ている。⁶⁾このように、伊万里湾では様々な問題が発生しており、早急な水域環境改善が求められている。伊万里湾では、ブリ、鯛やクルマエビ等の海面養殖が盛んであり、この海域の大きな特徴の一つである。また、伊万里川河口では干潟域が形成されており、多種多様な生物が生息する。とくに、天然記念物であるカブトガニ（写真-2参照）が生息していることで知られている。伊万里湾には天然記念物であるカブトガニも古くから生息している。しかし近年、その生息数が減少してきていることもあり、様々な団体が



写真-2 伊万里湾牧島公民館で保護されているカブトガニ（著者撮影）



写真-3 伊万里湾内調査地点概略



写真-4 設置用フルボ酸鉄資材（生分解性袋入り）

カブトガニの保護活動を行っている。さらに、カブトガニが産卵しやすい環境にするために、海岸のヘドロを砂地に戻す必要があると考えられている。⁷⁾

3. 現地実験と調査手法

伊万里湾の海岸に写真-3のように10m四方の枠を設け、フルボ酸鉄資材（写真-4参照）を5箇所（地点1～5）に設置し、設置場所を含めて計11箇所を調査地点（図-2参照）としサンプリングを行った。設置したフルボ酸鉄資材は、1袋あたり15kgで、1250ppmのフルボ酸鉄を7.5kg、海砂を7.5kgをでんぶんを主成分とする生分解性袋に封入している。調査日は大潮時を選択し、2012年10月17日、11月15日、12月13日の干潮時に行った。調査時にRTK測量（TrimbleR8 GNSS/R6/5800）を行い、調査地点周辺の標高をGPSを用いて観測した（観測誤差は最大でも±2cm程度）。底質のサンプリングは、アクリル製のコアサンプリングを用いて行った。採取した底質は研究室に持ち

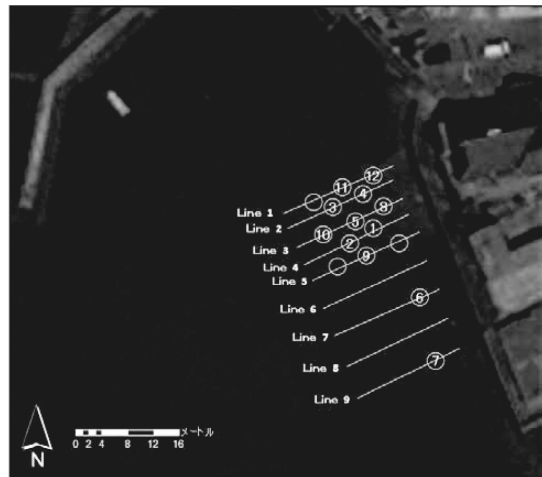


図-2 調査地詳細（地点1～5にフルボ酸鉄資材を投入、Line1～9はGPS測量を行った測線を示す）

帰った後、AVS（酸揮発性硫化物）の測定、含水比試験（JIS A1203）、強熱減量試験（IL）（JIS A1226）、有機炭素・有機窒素の測定、粒度試験（JIS A1204）及び密度試験（JIS A1202）を行った。また、AVS、含水比試験は調査日に行い、その他の試験については、すぐに作業できない場合は、試料を冷凍保存した。また、密度試験・粒度試験に用いる試料は前処理として半透膜に封入し水道水を用いて十分に塩分を取り除いた。AVSの測定はヘドロテック-Sと検知管（GASTEC社製）を用いた。有機炭素・有機窒素の測定は試料を105°Cで約24時間炉乾させた後、乳棒で均一にすり潰した試料CNコーダー（ヤナコ社製MT700）を用いて測定した。

4. 現地実験結果および考察

図-3は、干潟地盤高のフルボ酸鉄設置後の経時変化を示している。この図から、Line1～5において観測された干潟地盤高は10月17日にフルボ酸鉄資材を投入して以降、低下傾向にあることがわかる。フルボ酸鉄資材は、岸から千鳥状に配置されているため、Line2とLine4上には岸から2.5mと7.5mの位置に設置されており、Line3上には岸から5mの位置に設置している。このため、今回の測定結果からは周辺への影響が5m程度はあることが確認された。図-4は、観測期間中のフルボ酸鉄を設置した地点（Line3上地点5）における底質含水比の鉛直分布を示している。この図から、深い部分（表層から5cmより深い部分）の含水比はほとんど変化していないが、表層（表面から5cmまでの部分）の含水比は10月17日以降、減少傾向にあることがわかる。図-5は、干潟表層の強熱減量経時変化を、図-6は有機炭素量の経時変化をそれぞれフルボ酸鉄資材設置後から示している。これらの図から、

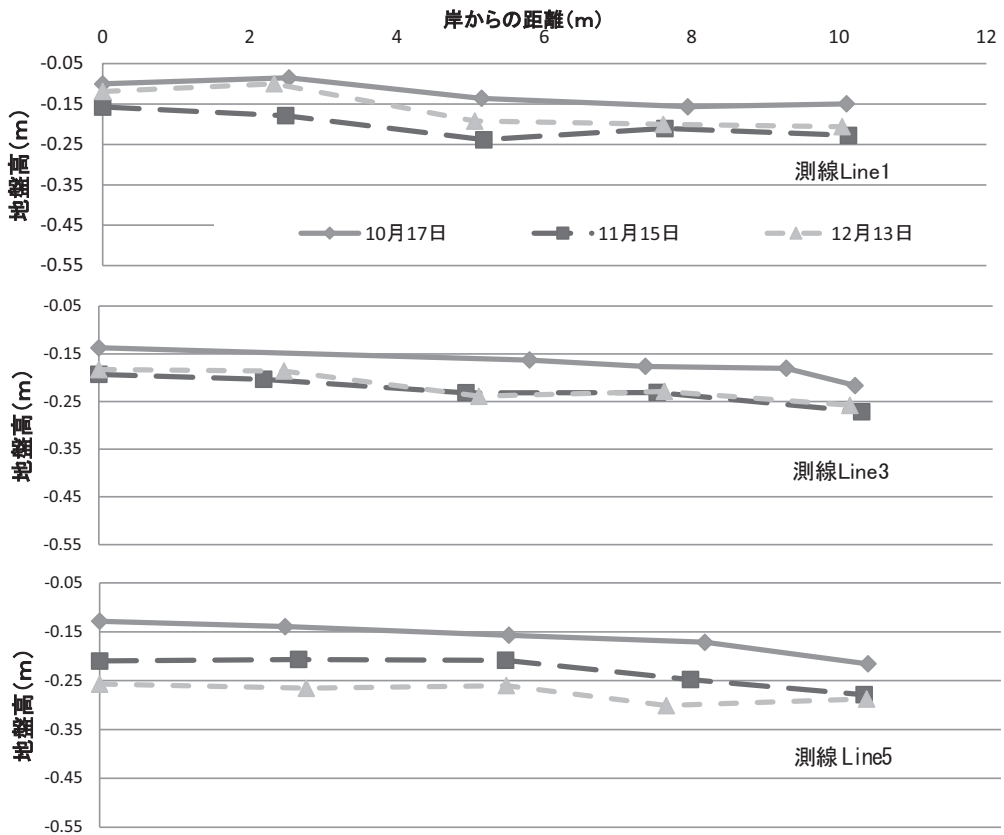


図-3 フルボ酸鉄資材投入区間Line1~5における干潟地盤高の経時変化

フルボ酸鉄設置後、表層の強熱減量および有機炭素量はともに減少傾向にあることが確認された（写真-5は観測時の干潟表層の様子）。

この期間内の調査結果より、フルボ酸鉄資材を設置した地点から離れたところでは地盤高はあまり変化してお

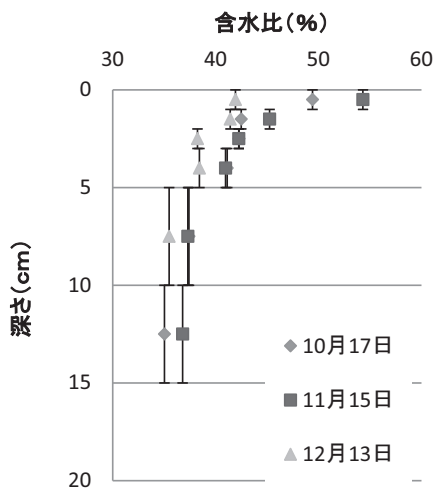


図-4 地点3 (Line3上) での深さ方向含水比分布

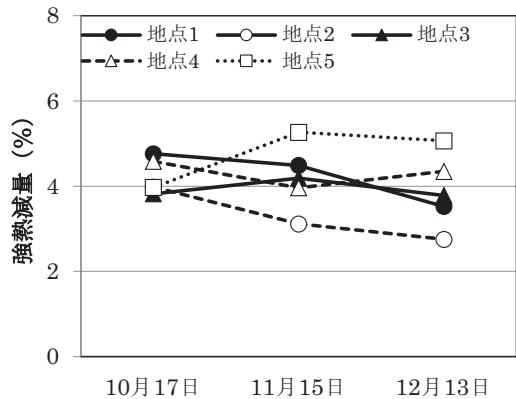


図-5 干潟表層の強熱減量の経時変化

らず、現状においてはフルボ酸鉄を設置した周辺において、ヘドロの浄化効果が大いことが明らかとなった。このことは、写真-5の現場写真からも、徐々に底質が変化していることがわかる。現地では、一カ月後には、ゴカイが少しずつ現れ、二か月後にはゴカイの他にカニ等何種かの生物が棲息するようになった。一番海岸寄りの地点12は三か月後に約1.82cmしか低下していないのは、



写真-5 観測期間内フルボ酸鉄資材設置地点周辺干潟表層の状態変化

調査地点に設置したフルボ酸鉄資材の成分が潮の流れにより沖方向に流出する傾向が強いためであると考えられる。

考えられたため、今後も継続して観測を行うとともに、室内実験によってその効果を実証していく。

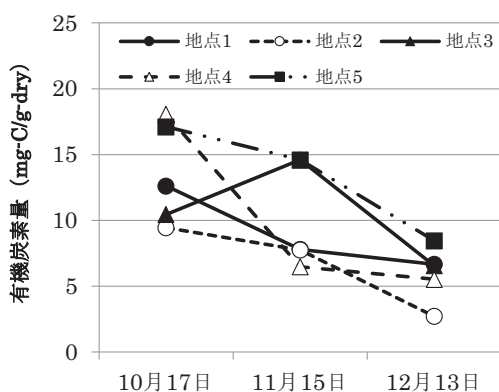


図-6 干潟表層の有機炭素量の経時変化

5. 結論と今後の課題

伊万里湾内の調査地点にフルボ酸鉄資材を設置することによって、調査箇所付近の地盤高が低下したことをGPS測量によって確認し、同時に測量時に採取したサンプルを分析した結果、干潟表層の強熱減量および有機炭素量がフルボ酸鉄設置地点を中心に減少していることが確認された。このことから、フルボ酸鉄資材がヘドロを分解し、その浄化効果が表れていることが実験期間内に確認されたものと今回は判断した。しかしながら、波浪などによる外的要因が何らかの影響を与えていることは十分に考えられるため、今後は、一旦、フルボ酸鉄資材を撤去して、設置時との比較検討を行い、かつ室内実験によって有機物の分解効果などを確認する必要があると

謝辞：株式会社コヨウの古賀氏にはフルボ酸鉄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。

参考文献

- 1) 梅崎健夫, 河村隆, 河野剛志他：ジオテキストスタイルと天然ゼオライトを用いた人工なぎさの水質浄化実験, ジオシンセティックス論文集 Vol. 23, 119-126, 2008.
- 2) 梅崎健夫, 河村隆, 河野剛志他：マルチドレーン真空脱水法による閉鎖性水域底泥の脱水・浄化システムの開発, ジオシンセティックス論文集 Vol. 22, 177-184, 2007.
- 3) 松永勝彦：森が消えれば海も死ぬ, 講談社ブルーバックス B-977, 53-60, 1993.
- 4) 藤井暁彦他：アサリ資源の保全のための効率的なアオサ回収方法の検証, 水環境学会誌, Vol.32 No.5, 273-280, 2009.
- 5) 鈴木誠二, 西田渉：赤潮発生要因の一つである伊万里湾の流動構造に及ぼす風の影響に関する研究, 長崎大学工学部研究報告第38巻, 第71巻, 2008.9.
- 6) 2012年7月28日付読売新聞朝刊30面
- 7) 清野聡子：カプトガニは何故その岸边に産卵するのか?産卵地の地形 堆積物 波 流れの特性, 海岸工学論文集 45, 1091-1095, 1998.

(2013. 7. 19 受付)

Field observation of Fe-Fulvic acid effect for bed mud purification in IMARI Bay

Ryoichi WATANABE, Teruki HAMADA, Hiroki IYOOKA, Koreyoshi YAMASAKI,
Masahiro KOGA, Yoshiaki KOGA and Saki SAKATA

The Imari Bay that carried out this field experiment is located at the prefectural border of southwestern part of Nagasaki and Saga and faced the Genkai sea, and a lot of large and small island exist complicated topographic features in inside of the bay. The Imari Bay 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, the oviposition place of the horseshoe crab *Tachypleus tridentatus* inhabiting the Imari Bay is covered by fluid mud (organic soft soil), and an inhabiting number decreases sharply. In this research, we observed the effect of Fe-Fulvic acid for bed mud purification in Imari Bay.