

有明海湾奥部における底質の堆積環境特性と底生生物の分布特性

Sedimentation Environment Characteristics of Bottom Material and Distribution Characteristics of Benthos in the Inner Area of the Ariake Sea

園田吉弘¹・滝川 清²・床次武富³・今村義郎⁴・齋藤 孝⁵

Yoshihiro SONODA, Kiyoshi TAKIKAWA, Taketomi TOKONAMI
Yoshiro IMAMURA and Takashi SAITO

The sedimentation environment characteristics and distribution characteristics of benthos were studied based on the past investigation data of bottom material, water quality, benthos, tidal current and investigation data of fluid mud layer in the inner area of the Ariake Sea. It is suggested that the change of kind number of benthos was corresponds to the degree of bottom environment deterioration shown in mud content, ignition loss and AVS (acid volatile sulfides). By the geographic distribution of layer thickness, it is suggested that fluid mud layer was precipitated the west slopes of submarine channels and the east slopes of submarine sandbars where there were located at the outside of tidal current.

1. はじめに

有明海は、近年、生物相の変化と種の激減、赤潮の多発、水質・底質の悪化など環境悪化が著しい。海域環境は物理・化学的要因や、これに生物系の要素が加わる複雑系であり総合的な視点からの調査・分析が重要であるが、有明海においてはこのような視点からの研究成果、知見が少なく、研究の必要性が指摘されている。園田ら(2008a, 2008b, 2009)は、有明海における底質環境特性、水質環境特性と底生生物の分布特性について研究を行った。その中で、底質データのクラスター分析から、海域グループは含泥率によって明瞭に区分されるが、同じ海域グループの底質中の硫化物や強熱減量等は海域によって大きく変動すること、底生生物の種数や個体数の変動が、含泥率の変動だけではなく、強熱減量、硫化物等によってあらわされる全体的な底質環境特性の変動に密接に関連していることを明らかにした。底質環境特性と底生生物の分布特性に関して、古賀(1991)は、有明海湾奥部を対象として含泥率、強熱減量、硫化物等によりクラスター分析を行って海域を区分し、底生生物の個体数等を海域区分別に比較し、底生生物の分布傾向と底質環境特性との関係を定性的に検討した。また、安藤ら(2007)は、東京湾を対象として底生生物種の出現率によりクラスター分析を行って海域を区分し、各区分に出現する環境指標種から海域の汚染度を検討している。

本研究では、これまでの研究成果を踏まえ、底質環境特性と底生生物分布特性を同時に用いてクラスター分析等を行い、これらの関連をより総合的、定量的に評価するとともに、水質、海底地形、潮流および浮泥の堆積の経時変化との関連性を解析して有明海湾奥部における底泥の堆積環境を明らかにしようとするものである。

2. 底質環境特性

有明海湾奥部海域における、底質環境特性の地域的な分布を調べるために、大隈ら(2001)による54地点の底質・底生生物調査データにより、クラスター分析を行った。底質・底生調査地点を図-1に示す。

クラスター分析のデータセットは、含泥率、AVS(酸揮発性硫化物)、強熱減量の3項目である。クラスター分析の手法は、データは全て独立した初期状態から始めて、クラスタ間を平方ユークリッド距離により計算し、最もこの距離に近いものから逐次クラスタを併合し、全てのデータが一つのクラスタに併合されるまで繰り返すWard法による凝集型階層的な手法である(棟近ら, 2007)。

クラスター分析の結果、図-2に示すような5つの海域

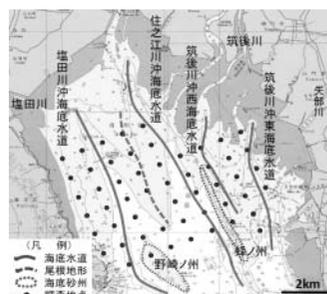


図-1 底質・底生生物調査地点 (2000年9月)

1 正会員	熊本大学大学院自然科学研究科
2 フェロー 工博	熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター教授
3	九州農政局整備部農地整備課課長補佐
4	九州農政局整備部農地整備課係長
5 学生会員	熊本大学大学院自然科学研究科

に分類された。また、海域別の底質環境特性を図-3 (a) ~ (c) に示す。これらの図から、A海域は中央値で含泥率が97%、強熱減量が15mg/g、AVSが0.5mg/gを示し、最も泥化、嫌気化、過栄養化が進んでいる。B海域は、中央値で含泥率が88%、強熱減量が14mg/g、AVSが0.4mg/gを示し、A海域の次に泥化、嫌気化、過栄養化が進んでいる。C海域は、中央値で含泥率が60%、強熱減量が9mg/g、AVSが0.2mg/gを示し、A、B海域ほどは底質の悪化が進んでいない。D海域は、中央値で含泥率が40%を示し、砂分が泥分より多い。強熱減量は7mg/g、AVSは0.1mg/gを示し、底質の悪化が進んでいない。E海域は、中央値で含泥率が30%の砂質で、強熱減量は5mg/g、AVSは0.04mg/gを示し、最も嫌気化、富栄養化が進んでいない底質環境である。なお、図-2に示した覆砂施工区域周辺は、底質が局部的に変化し自然の海底環境と著しく異なるため、海域区分の表示をしていない。

3. 水質環境特性

佐賀県と福岡県による浅海定線調査データの中から、底質・底生生物の調査が行われた時期のデータを選び、Ward法による凝集型階層的クラスター分析を行った。

使用した水質データは、2000年の7~9月の毎月の底層データ（海底上1m層）であり、水温、塩分、溶存酸素、透明度、COD、DIN、PO₄-Pの7項目である。クラスター分析の結果、図-4に示すような6つの海域に分類された。

海域区分別にみると、図-5 (a) のDOは、V海域が最も低く、中央値で5 μmol/l、最小値で2.8 μmol/lを示す。次いでIV、VI海域が低く中央値で5.3 μmol/l、最小値で4.2 μmol/l程度を示す。図-5 (b) のCODは、IV海域が最も高く中央値で2.3 μmol/lを示し、次いでV海域が高い。図-5 (c) のDINは、筑後川河口沖のI海域が最も高い。以上の水質環境特性から、2000年の夏季には、湾奥西部のV、IV、VI海域で低酸素化し、貧酸素のレベルに低下した時期があった。また、高い濃度のDINが筑後川から流入し、湾奥北部沿岸のIV海域は富栄養化が進行していた。

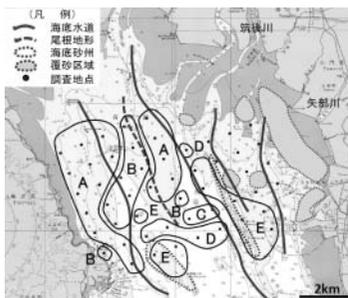


図-2 海域区分 (底質データ, 2000/9)

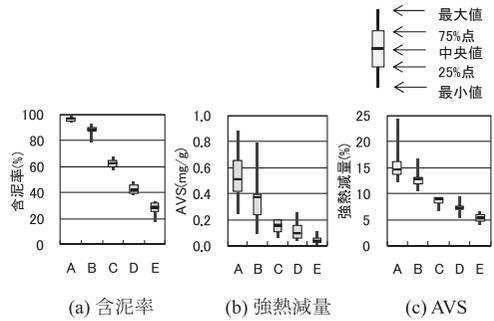


図-3 海域区分別の底質環境特性 (2000/9)

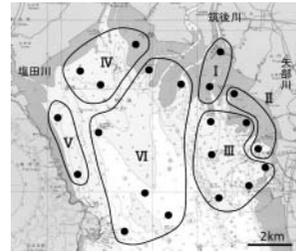


図-4 海域区分 (底層水質データ, 2000/7~9)

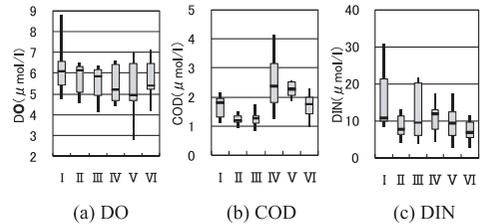


図-5 海域区分別の水質環境特性 (底層水質データ, 2000/7~9)

4. 底生生物の分布特性

図-1に示した地点の軟体、環形、節足、棘皮動物の各種数およびShannon-Wienerの多様度指数のそれぞれと底質の含泥率、強熱減量、AVSにより、Ward法による凝集型階層的クラスター分析を行い、図-6 (a) ~ (e) に示すような海域に分類した。また、海域区分別の含泥率、強熱減量、AVSの頻度分布、各種数と多様度指数の頻度分布を図-7に示した。

底質データ・底生生物の種数、多様度指数による海域区分と底質データ単独の海域区分を比較すると、図-6 (a) ~ (e) の海域区分は、図-6 左上の底質データ単独による海域区分 (図-2再掲) に極めて類似し、図-7の含泥率、強熱減量、AVSの頻度分布は、図-3 (a) ~ (c) のそれに極めて類似することから、底生生物の生息環境が、高次分類群のレベルで底質の含泥率、強熱減量、AVSであらわされる底質環境特性に強く影響を受けていることが伺える。

環境指標種について、二枚貝類種数における貧酸素耐性種 (シズクガイ, チヨノハナガイ, ヒメカノコアサリ)

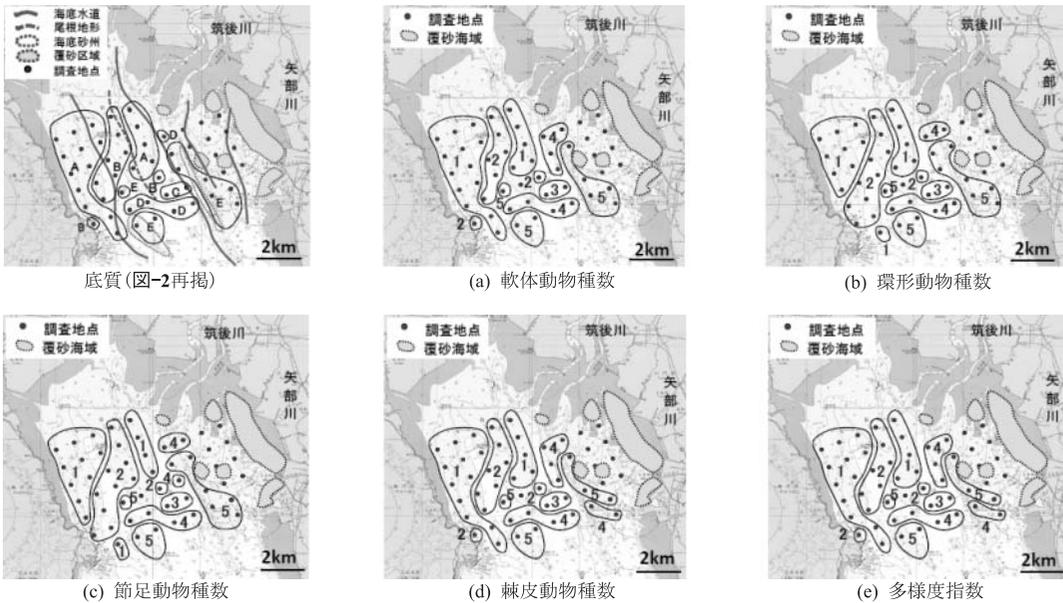
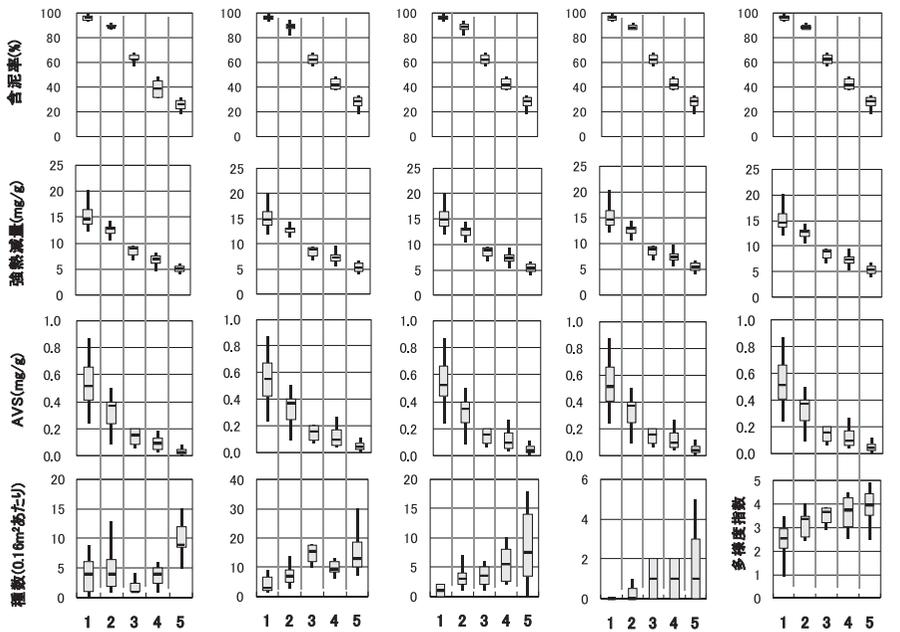


図-6 底質による海域区分および底質・高次分類群別種数, 底質・多様度指数による海域区分 (2000年9月)



(a) 軟体動物種数 (b) 環形動物種数 (c) 節足動物種数 (d) 棘皮動物種数 (e) 多様度指数

図-7 海域区分別の含泥率, 強熱減量, AVSと高次分類群別種数, 多様度指数 (2000年9月)

の割合 (%) と底質の含泥率, AVS, 強熱減量によりクラスター分析を行った結果, 図-8に示すような4つの海域に分類された. 海域区分のうち, a, dの海域区分で二枚貝類種数における貧酸素耐性種の割合が中央値で30%以上になる.

貧酸素耐性種と底質環境特性との関連についてみると, 図-9 (a) ~ (d) から, 二枚貝類種数における貧酸素耐性

種の割合と含泥率, 強熱減量, AVSの間には, 明瞭な相関はみられない. 一方, 貧酸素耐性種と水質環境特性との関連についてみると, 図-8から, この割合が中央値で30%以上の海域は, 底層水質による海域区分のⅢ, V, VI海域内に分布する. これらの海域は, 底層生物調査が行われた2000年の夏季に低酸化～貧酸化していることから, 低酸化～貧酸化した底層の水質環境が貧酸素



図-8 二枚貝類種数における貧酸素海域区分 (2000年9月)

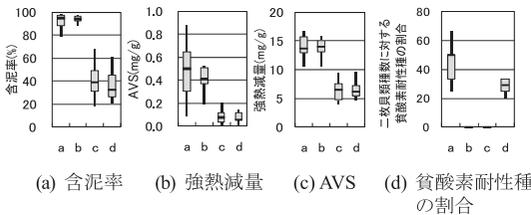


図-9 海域区分別の底質環境特性および貧酸素耐性種の分布特性 (2000年9月)

耐性二枚貝類の分布に影響を及ぼしていることが伺える。

5. 浮泥の堆積特性

図-10に示す地点で、2008年8月～11月に浮泥分布調査が行われた(九州農政局, 2008)。浮泥の明確な定義はないが、通常、有機物を多く含み、保水能力が非常に高く、比重が小さく、海底に沈降するが圧密しがたい状態のものをいう(日比野ら, 2006)。本調査では、潜水士によりアクリルパイプ(長さ60cm, 内径100mm)を底泥に挿入し、立てたままの状態でも回収後2時間以上静置し、懸濁物が沈降した状態で、最も表層部分にある極めて粒度が細かく流動性が高い層の厚さを浮泥厚として測定している。図-11に、2008年8月1日の浮泥厚の分布を示した。有明海湾奥部の海底地形の特徴は、筑後川、六角川、塩田川等の流入河川に連続する海底水道と、これに並列する尾根の高まりや野崎ノ州、蜂ノ州等の海底砂州が北北西～南南東に数列分布する。浮泥と海底地形との関連についてみると、図-11から、浮泥は海底水道の西側斜面、海底砂州の東側斜面で厚くなる傾向がみられる。また、浮泥の堆積と流れとの関連についてみると、有明海の湾奥部では、図-12に示すように、反時計回りに卓越する恒流が、海底水道や海底砂州等の海底起伏の影響を受けながら湾奥から湾口に向かって流下する。浮泥は、このような流れの影響を受けて、流れの外側に当たる海底水道の西側斜面、海底砂州の東側斜面に堆積する状況が考えられる。

6. まとめ

本研究では、底質、水質、底生生物、海底地形、潮流等の既往データと浮泥分布の現地調査結果から、有明海湾奥部の底質の堆積環境特性と底生生物の分布特性を調べた。

(1) 底質環境特性

表-1から、クラスター分析でA海域に分類された塩田川沖海底水道と住之江川沖海底水道の両西側斜面一帯で最も悪化し、次いで、クラスター分析でB海域に分類された塩田川沖海底水道の東側斜面から谷底一帯にかけて

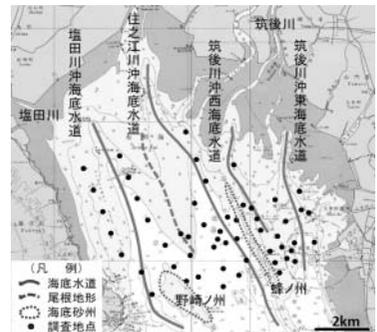


図-10 浮泥分布調査地点 (2000年8月～11月)

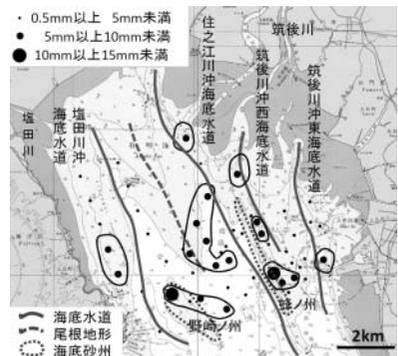


図-11 浮泥層厚の分布 (2008年8月1日大潮満潮時前後)

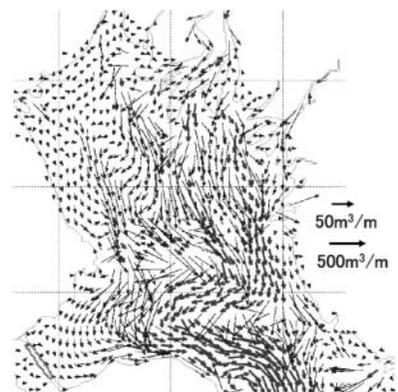


図-12 有明海湾奥部の恒流 (滝川ら, 2002)

悪化が進んでいる。また、クラスター分析でE海域に分類された野崎ノ州や蜂ノ州等の砂州とその周辺では、強熱減量とAVSの値からみれば、底質の悪化は進んでいない。

(2) 底生生物の分布特性

前述のように、クラスター分析による底質単独の海域区分と底質・底生生物種数の海域区分は極めて類似しているため、底生生物種数を底質単独のクラスター分析による海域区分にあてはめ、表-2に示した。表-1および表-2から、底質環境の泥化、富栄養化、貧酸素化の悪化の程度に対応して高次分類群別の出現種数が変動することが明らかになった。底質環境の悪化がみられるB海域で、軟体動物の種数が増加しているのは、シズクガイ、チヨノハナガイ、ヒメカノコアサリの小型短命の貧酸素耐性種を含む二枚貝類種数の変動が影響している。また、C海域で環形動物の種数が増加しているのは、*Sigambra tentaculata*, *Mediomastus sp.*, ウミイサゴムシ等の富栄養化指標種を含むゴカイ類の種数の変動が影響している。水質環境特性との関連では、底生生物調査が行われた夏季に、二枚貝類種数における貧酸素耐性種の割合が増加する海域が、底層水質のDOが低下する海域内に分布することから、底層の水質環境が貧酸素耐性二枚貝類の生息に影響を及ぼしていることが伺える。

(3) 浮泥の堆積特性

浮泥は、住之江川沖海底水道や筑後川沖西海底水道の西側斜面、蜂ノ州や野崎ノ州の海底砂州の東側斜面等に堆積する傾向がみられた。有明海の湾奥部では、反時計回りに卓越する恒流が、海底水道や海底砂州等の海底起伏の影響を受けながら湾奥から湾口に向かって流下する。浮泥は、このような流れの影響を受けて、流れの外側にあたる海底水道の西側斜面、海底砂州の東側斜面に

表-1 海域区分別の底質環境特性 (25%値～75%値)

海域	含泥率(%)	強熱減量(mg/g)	AVS(mg/g)
A	95～97	14～16	0.4～0.66
B	87～90	12～13	0.24～0.4
C	59～66	8～9	0.1～0.2
D	39～47	7～8	0.06～0.17
E	25～32	5～6	0.03～0.07

表-2 底生生物の0.16m²あたりの種数 (25%値～75%値)

海域	全底生生物	軟体動物	環形動物	節足動物	棘皮動物
A	4～6	1～6	2～7	0～1	0
B	11～15	2～7	5～9	2～4	0～1
C	18～28	1～3	12～18	2～5	0～2
D	15～26	3～5	9～12	3～8	0～2
E	40～49	9～12	10～19	4～14	1～3

堆積する状況が考えられる。今後、湾奥部における底層流の状況を把握し、浮泥の運搬・堆積と底層流の関係をより定量的に明らかにする必要がある。なお、有明海の湾奥部では、筑後川等からの懸濁物質が有機物質等を吸着して浮泥が形成されるとともに、底泥や底層付近での植物プランクトン等の分解や腐敗に由来する浮泥の形成も考えられるので、今後、浮泥の起源について明らかにする必要がある。

参考文献

- 安藤晴夫・川井利夫 (2007) : 東京都内湾における底生生物生息状況の解析結果について, 東京都環境科学研究所年報, pp.78-84.
- 大隈 齊・江口泰蔵・川原逸郎・伊藤史郎 (2001) : 有明海湾奥部の底質およびマクロベントス, 佐賀県有明水産振興センター研究報告, 第20巻, pp.55-62.
- 九州農政局 (2008) : 平成20年度有明海底質環境調査報告書.
- 古賀秀昭 (1991) : 有明海北西海域の底質及び底生生物, 佐賀県有明水産振興センター研究報告, 第13巻, pp.57-80.
- 佐賀県有明水産振興センター (2000) : マクロベントス調査結果.
- 園田吉弘・滝川 清・齋藤 孝 (2008a) : 有明海における赤潮発生と海域環境の変動特性, 第33回海洋開発論文集, pp.615-620.
- 園田吉弘・滝川 清・床次武富・早田 功・齋藤 孝 (2008b) : 有明海における水質・底質の実測データに基づく海域環境の変動特性, 第55回海岸工学論文集, pp.1021-1025.
- 園田吉弘・滝川 清・床次武富・今村義郎・田渕幹修・齋藤 孝 (2009) : 有明海における底質環境特性と底生生物の分布特性, 第34回海洋開発論文集.
- 滝川 清・田渕幹修 (2002) : 有明海の潮汐変動特性と沿岸構造物の影響, 第49回海岸工学論文集, pp.1061-1065.
- 日比野忠史・松本英雄 (2006) : 広島湾に分布する浮泥の特性と季節的な性状変化, 土木学会論文集B, Vol.62, No.4, pp.348-359.
- 棟近雅彦・野澤昌弘 (2007) : JUSE-Statworksによる多変量解析入門, 日科技連, pp.207.