

## 5. 底質

## (1) 有明海の底質

底質の分布状況は、複雑な様相を呈しているため一概には言えないが、湾奥西部及び中央東部の底質は主に泥あるいは砂まじり泥で含泥率が高く、湾口部では砂若しくは泥まじり砂が広がっている<sup>1)</sup> (図 3.5.1)。また、大浦沖及び諫早湾口部では1～4mにわたって泥が堆積している<sup>2)</sup>。

有明海の水深については、海底堆積物の移動・再分配が繰り返して生じており、水深0～5mと40m以深の面積が減る一方、10～30mの海域が増え、水深が平均化されている<sup>2)</sup>。

クラスター分析結果 (各区分の平均値 : H26まで)

| 区分 | 底質名   | 中央粒径 | 含泥率  | 含水率  | 硫化物  | 強熱減量 | COD  | 全窒素  | 全リン  |
|----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|    |       | φ    | %    | %    | mg/g | %    | mg/g | mg/g | mg/g |
| A  | 砂     | 1.30 | 10.4 | 28.0 | 0.04 | 5.6  | 4.1  | 0.48 | 0.48 |
| B  | 泥混じり砂 | 2.55 | 38.9 | 37.0 | 0.17 | 8.0  | 7.5  | 0.79 | 0.48 |
| C  | 砂混じり泥 | 4.86 | 64.1 | 50.0 | 0.20 | 9.5  | 9.3  | 1.08 | 0.53 |
| D  | 泥     | 6.56 | 89.2 | 67.0 | 0.68 | 10.7 | 12.9 | 1.75 | 0.66 |

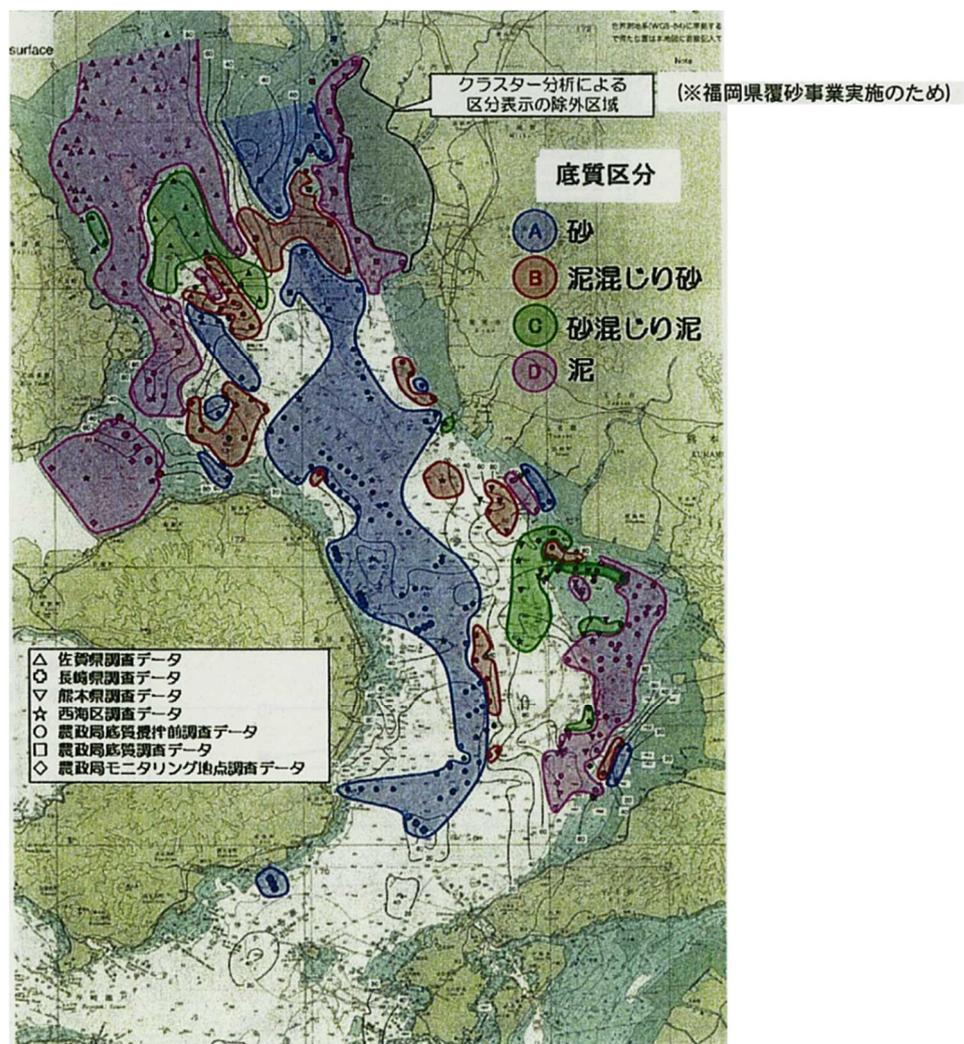


図 3.5.1 有明海の底質特性格海域区分図 (2014年)

出典：農林水産省九州農政局 (2016年)「有明海漁場環境改善連絡協議会 (第22回) 資料5 国営干拓環境対策調査について」

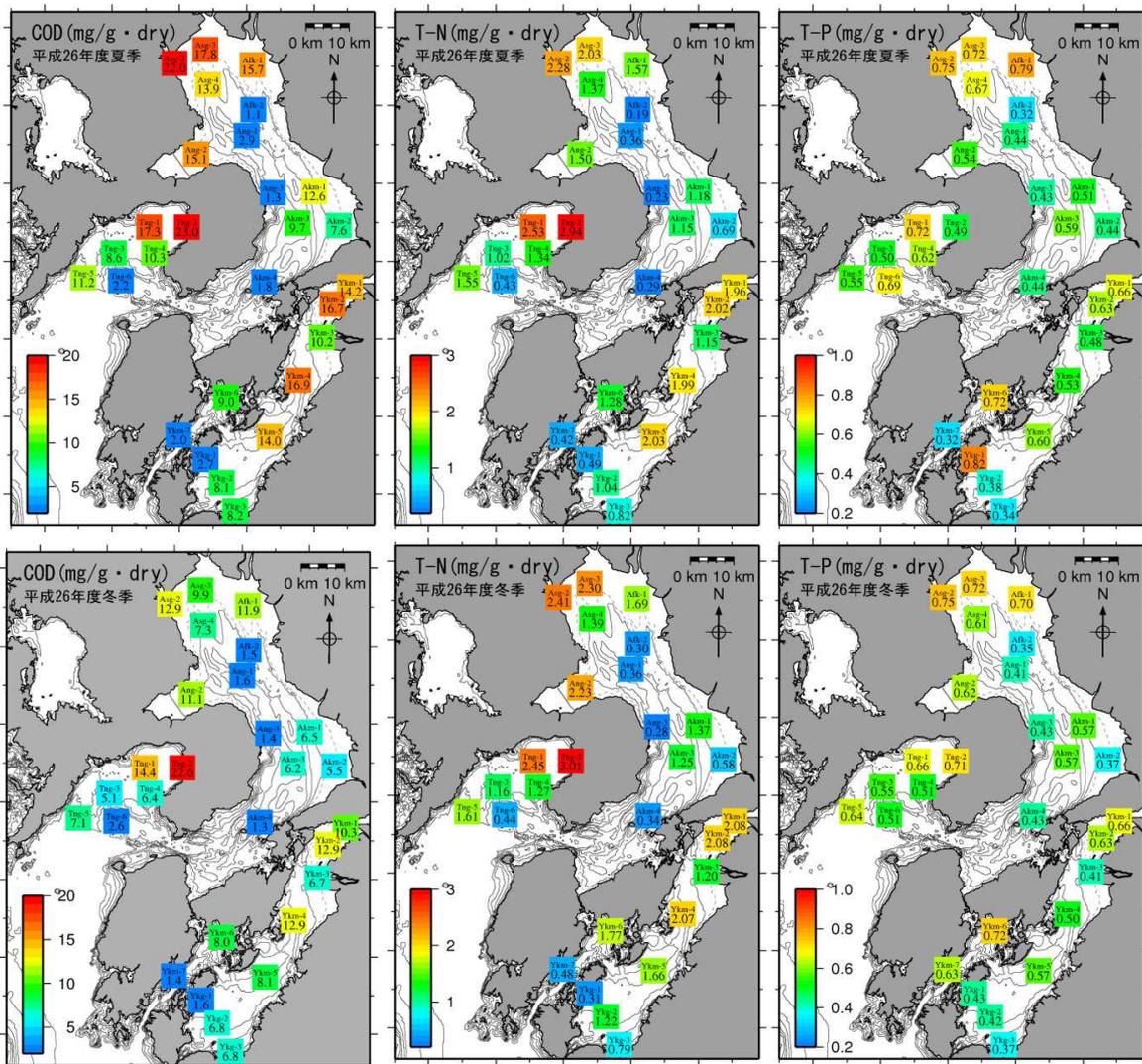


図 3.5.2 2014 (平成26) 年度の底質分析結果の水平分布 (上段：夏期 下段：冬期)

出典：環境省 (2016年) 「平成26年度有明海・八代海環境特性解明等調査」

2014 (平成26) 年度に実施した底質の COD、T-N、T-P の観測の結果を図 3.5.2 に示す<sup>3)</sup>。いずれの項目も濃度の空間分布は同じ傾向であり、有明海では湾奥部で最も高く、湾中央北部と湾口部で低い。

海底堆積物中の珪藻の休眠期細胞の変化等 (図 3.5.3) から環境変化の開始時期が推定されており、有明海の富栄養化は1950～1960年頃から顕著に進行していると報告されている<sup>2)</sup>。底質の COD、T-N、T-P 濃度が比較的高い海域である熊本沖では、図 3.5.4 に示す潮目のところで硫化水素臭を伴う泥が20～30mm 堆積している。堆積速度は年間約 1mm と推定されており<sup>4)</sup>、それに基づく、底質の変化は1970～1980年頃から始まったと推察される。

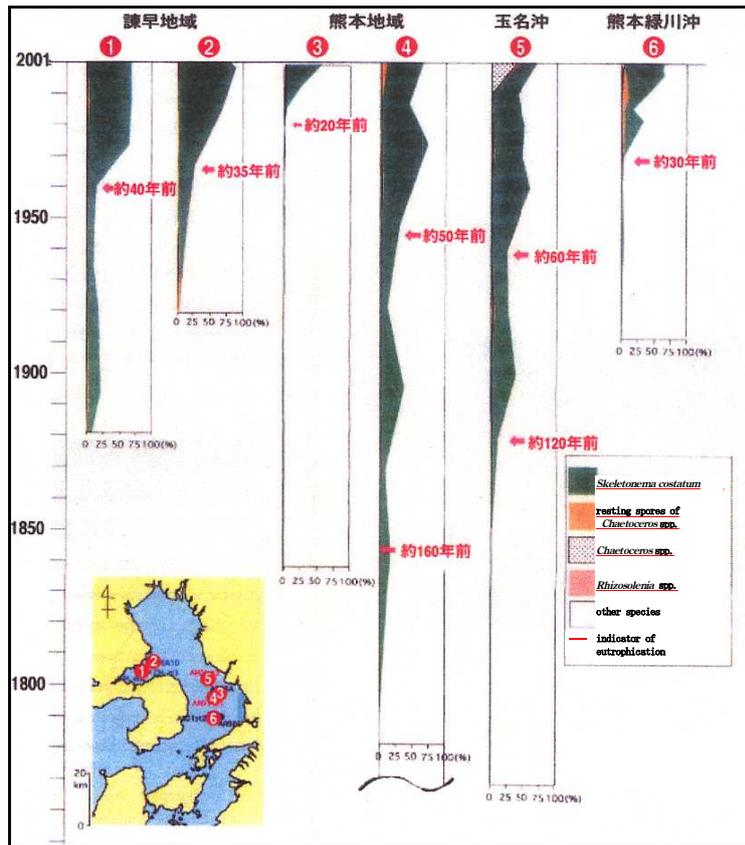


図 3.5.3 海底堆積物に含まれる富栄養化を示唆する珪藻属・種の出現頻度の変遷

出典：滝川清 (2005)「第 14 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料 -3 有明海・八代海の底質環境について」

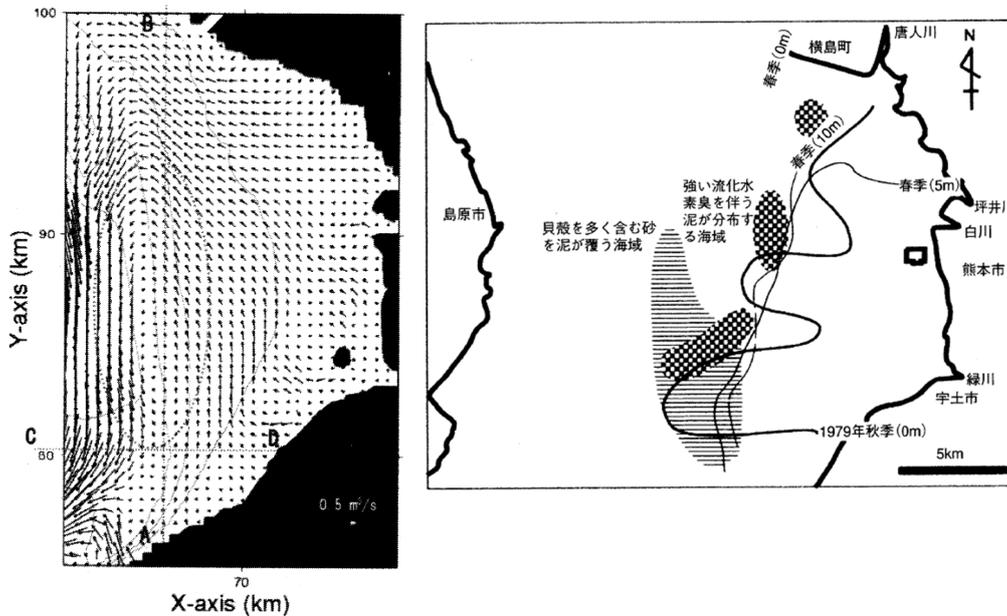
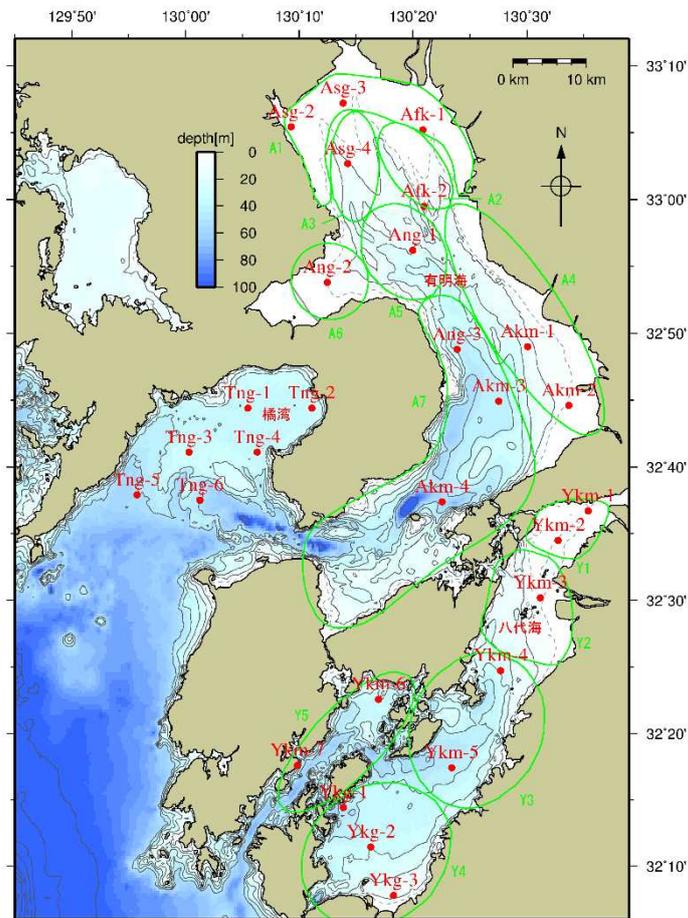


図 3.5.4 熊本港沖の残差流（線流量）と熊本沖の水塊境界と硫化水素臭泥の分布

出典：滝川清, 秋元和實, 平城兼寿, 田中正和, 西村啓介, 島崎英行, 渡辺枢 (2005) : 有明海熊本沖の水塊構造と表層堆積物分布特性, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp. 956-960

図 3.5.5 の有明海の 11 地点における底質の変動傾向を表 3.5.1 に示す。なお、ここではデータの存在している 2001 年頃以降の調査結果を整理した。T-N は 2 地点（有明海中央東部及び有明海湾口部の一部）で増加傾向、1 地点（有明海湾中部）で減少傾向、COD は 4 地点（有明海湾奥奥部の一部、有明海湾奥西部、有明海中央東部及び有明海湾口部の一部）で増加傾向、1 地点（有明海湾中部）で減少傾向、強熱減量は 1 地点（有明海湾中部）で減少傾向、T-S は 3 地点（有明海中央東部及び有明海湾口部の一部）で増加傾向、粘土・シルト含有率は 1 地点（有明海中央東部）で増加傾向、1 地点（有明海湾中部）で減少傾向を示し、T-P では増減傾向はみられない。海域毎にみると、A 4、A 7 海域の地点で増加傾向を示す項目が多く、A 5 海域では 4 項目で減少傾向にあった<sup>5)、6)</sup>。詳細は 4 章において個別海域毎に記す。



注) 図中の有明海、八代海の緑色の範囲は海域区分を示す。なお、海域区分の考え方等は「4章2. 海域区分」に示す。

- |                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|
| A 1 海域…有明海湾奥奥部 | A 2 海域…有明海湾奥東部 | A 3 海域…有明海湾奥西部 |
| A 4 海域…有明海中央東部 | A 5 海域…有明海湾中部  | A 6 海域…有明海諫早湾  |
| A 7 海域…有明海湾口部  | Y 1 海域…八代海湾奥部  | Y 2 海域…球磨川河口部  |
| Y 3 海域…八代海湾中部  | Y 4 海域…八代海湾口東部 | Y 5 海域…八代海湾口西部 |

図 3.5.5 有明海・八代海・橘湾における底質の調査地点

表 3.5.1 有明海における底質の変動傾向

|                   |       | T-N | T-P | COD | 強熱減量 | T-S | 粘土・シルト含有率 |
|-------------------|-------|-----|-----|-----|------|-----|-----------|
| A1海域<br>(有明海湾奥奥部) | Afk-1 | …   | …   | …   | …    | …   | …         |
|                   | Asg-2 | …   | …   | ++  | …    | …   | …         |
|                   | Asg-3 | …   | …   | …   | …    | …   | …         |
| A2海域<br>(有明海湾奥東部) | Afk-2 | …   | …   | …   | …    | …   | …         |
| A3海域<br>(有明海湾奥西部) | Asg-4 | …   | …   | ++  | …    | …   | …         |
| A4海域<br>(有明海中央東部) | Akm-2 | ++  | …   | ++  | …    | ++  | ++        |
| A5海域<br>(有明海湾央部)  | Ang-1 | --  | …   | --  | --   | …   | --        |
| A6海域<br>(有明海諫早湾)  | Ang-2 | …   | …   | …   | …    | …   | …         |
| A7海域<br>(有明海湾口部)  | Ang-3 | …   | …   | …   | …    | ++  | …         |
|                   | Akm-3 | ++  | …   | ++  | …    | ++  | …         |
|                   | Akm-4 | …   | …   | …   | …    | …   | …         |

注) ++、--は、近似一次回帰式の決定係数が0.2以上であり、かつ、回帰直線による10年間の変化予測量が全データの算術平均の10%以上となる項目を示しており、++はその傾きが正、--はその傾きが負であることを示した。…は決定係数が0.2未満、又は回帰直線による10年間の変化予測量が全データの算術平均の10%未満であることを示す。

出典：環境省「有明海・八代海再生フォローアップ調査」  
環境省「有明海・八代海再生重点課題対策調査」等

底泥中に含まれる有機物や硫化物の増減には、流動や水質及び生物が複雑に関与しているが、一般的には植物プランクトン由来の有機物の沈降・堆積が最たる支配要因と考えられている。有明海では、ノリ養殖が盛んであることから、陸域からの負荷のみならず、ノリ養殖で行われている酸処理や施肥による水質・底質への影響も懸念されている。

本章の「1.汚濁負荷」で述べられているように、有明海における直接負荷を含めた汚濁負荷量に占める酸処理及び施肥の割合は、T-Nで1.2%以下、T-Pで5.9%以下である。また、酸処理及び施肥による負荷量とノリ養殖による取り上げ量とを比較すると、窒素については、ノリ養殖による取り上げ量が酸処理及び施肥による負荷量を上回っており、リンについては、両者がほぼ同じ水準にある。海水中に含まれる有機酸のモニタリング調査の結果、海水中から有機酸が検出された事例はない。底泥間隙水中に含まれる有機酸のモニタリング調査も実施されているが、ノリ漁場内の底泥中から、酸処理剤の主成分であるクエン酸、リンゴ酸、乳酸等の有機酸はほとんど検出されていない。

以上のことから、酸処理剤や施肥剤の使用が適正に行われれば、底泥中の有機物や硫化物の増加の主たる要因となる可能性は少ないと思われる。ただし、酸処理や施肥により負荷された有機酸や栄養塩の挙動については知見に乏しいことから、今後の調査・研究が必要である。また、環境中への負荷が増加すると有機物や硫化物の増加につながる可能性があることから、海域で使用される酸処理剤等に由来する有機酸量や栄養塩量等の継続的なチェックを適切に実施することも重要である。

### ＜資料＞ノリ酸処理剤に関する調査結果

- ①ノリ酸処理剤の希釈は、通常（2～5m水深の漁場）では20万～90万倍である。底質への移行については、5万倍希釈（20ppm）で6時間接触させた場合は検出不可、2万倍希釈（50ppm）より高い濃度の場合は微量のクエン酸が検出された<sup>7)</sup>。
- ②有機酸のモニタリング調査としてはクエン酸、リンゴ酸及びグルコン酸濃度を測定した事例がある。総数256検体の測定結果はすべて検出限界値（0.01ppm＞又は0.1ppm）を下回った<sup>8)</sup>。
- ③海域に負荷される酸処理剤の成分としては、水素イオン及び有機酸、さらに栄養効果とpHを下げるための補助剤として添加されているリン酸等が挙げられる。海域のpHをモニタリングしているが、pH7.4以下は酸処理剤使用前も使用後も検出されていない。クエン酸、リンゴ酸等の有機酸のモニタリング例をみても測定結果はすべて測定限界値以下であった。このように、酸処理剤の影響は海域のモニタリングでは検出されていないが、酸処理剤が海水で希釈された場合にはその有機成分は2～10日で分解されるという結果からも頷ける<sup>8)</sup>。
- ④佐賀県海域のノリ漁場内の地点を中心に、3ヶ年（2011～2013年度）にわたり、ノリ養殖期間中（12～3月）の海底泥間隙水中に含まれる有機酸（リンゴ酸、乳酸、クエン酸）濃度を測定。いずれの試料からも有機酸は検出されなかった<sup>9)</sup>。
- ⑤複数県のノリ漁場内に設けた地点において、ノリ養殖期間中に底泥間隙水中に含まれる有機酸（リンゴ酸、乳酸、クエン酸）濃度を測定。その結果、1地点の底泥間隙水から、微生物代謝により生じた可能性がある極めて微量の乳酸が確認されたが、酸処理実施中には全地点で有機酸は定量下限未満であった<sup>10)</sup>。

## （2）八代海の底質

八代海の底質は主に泥が北部、中部東側の日奈久から津奈木にかけての沿岸域、中部西側の天草上島・御所浦島沿岸域、及び水俣湾周辺に分布している。中部海域の北側では球磨川河口からの極細粒砂（粒径0.063～0.125mm）が広がっているのに対し、南部では細粒砂（粒径0.125～0.25mm）より粗い砂が分布する<sup>11)</sup>（図3.5.6）。

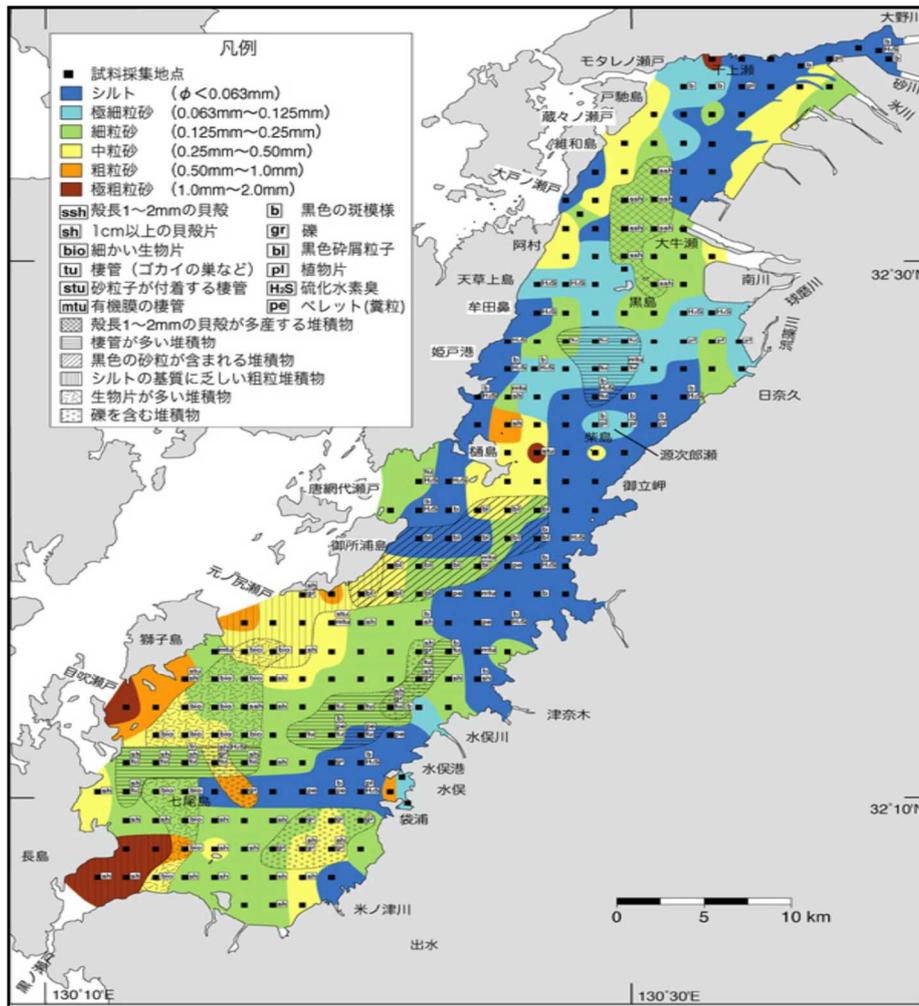


図 3.5.6 八代海の表層堆積物の分布 (2004~2005年)

出典: NPO 法人みらい有明・不知火 (2005) 「くちぞこが観た八代海の風景」

図 3.5.5 の八代海の 10 地点における底質の変動傾向を表 3.5.2 に示す。なお、1970 年頃からの底質のモニタリング結果がないため、ここでは 2001 年頃以降の調査結果を整理した。T-N は 1 地点 (八代海湾奥部) で増加傾向、T-P は 2 地点 (八代海湾中央部) で減少傾向、COD は 7 地点 (八代海湾奥部、球磨川河口部、八代海湾奥部の一部、八代海湾口東部の一部及び八代海湾口西部の一部) で増加傾向、強熱減量は 1 地点 (八代海湾奥部の一部) で増加傾向、粘土・シルト含有率は 1 地点 (八代海湾奥部の一部) で増加傾向、1 地点 (八代海湾口東部) で減少傾向を示し、他の地点及び T-S では増減傾向はみられない。Y 1 海域の Ykm-1 では多くの項目で増加傾向を示し、また、COD は多くの地点で増加傾向にあった。詳細は 4 章において個別海域毎に記す。

表 3.5.2 八代海における底質の変動傾向

|                   |       | T-N | T-P | COD | 強熱減量 | T-S | 粘土・シルト含有率 |
|-------------------|-------|-----|-----|-----|------|-----|-----------|
| Y1海域<br>(八代海湾奥部)  | Ykm-1 | ++  | …   | ++  | ++   | …   | ++        |
|                   | Ykm-2 | …   | …   | ++  | …    | …   | …         |
| Y2海域<br>(球磨川河口部)  | Ykm-3 | …   | …   | ++  | …    | …   | …         |
| Y3海域<br>(八代海湾中部)  | Ykm-4 | …   | --  | ++  | …    | …   | …         |
|                   | Ykm-5 | …   | --  | …   | …    | …   | …         |
| Y4海域<br>(八代海湾口東部) | Ykg-1 | …   | …   | …   | …    | …   | --        |
|                   | Ykg-2 | …   | …   | ++  | …    | …   | …         |
|                   | Ykg-3 | …   | …   | ++  | …    | …   | …         |
| Y5海域<br>(八代海湾口西部) | Ykm-6 | …   | …   | ++  | …    | …   | …         |
|                   | Ykm-7 | …   | …   | …   | …    | …   | …         |

注) ++, --は、近似一次回帰式の決定係数が0.2以上であり、かつ、回帰直線による10年間の変化予測量が全データの算術平均の10%以上となる項目を示しており、++はその傾きが正、--はその傾きが負であることを示した。…は決定係数が0.2未満、又は回帰直線による10年間の変化予測量が全データの算術平均の10%未満であることを示す。

出典：環境省「有明海・八代海再生フォローアップ調査」  
環境省「有明海・八代海再生重点課題対策調査」等

### (3) その他の海域の底質

橘湾では、湾奥部から湾西部にかけて泥分が分布しており、早崎瀬戸から湾東部にかけては砂分が分布している<sup>12)</sup> (図 3.5.7)。変動傾向を分析する期間における底質測定に係る一般項目のデータがなかった。

なお、牛深町周辺の海面については、底質のデータがなかった。

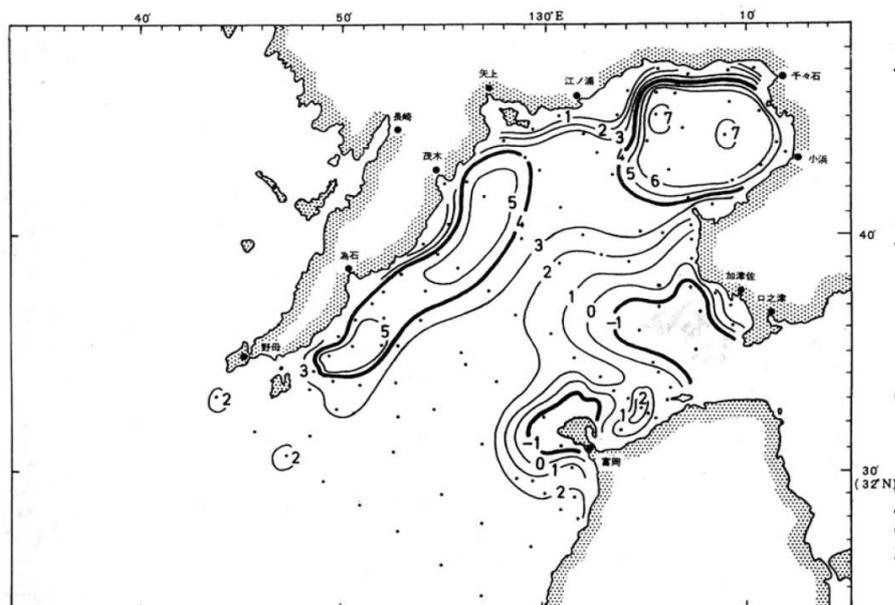


図 3.5.7 橘湾の中央粒径 (Mdφ) の分布

出典：中田英昭(2012)「第30回有明海・八代海等総合調査評価委員会 資料-3 橘湾の海域特性について」

#### (4) 有明海及び八代海における底質中の重金属・有害化学物質

有明海及び八代海の底質中の重金属（総水銀、カドミウム、鉛、亜鉛、砒素）の測定値は、東京湾、大阪湾、三河湾及び伊勢湾の既往値と同等以下であった<sup>13)</sup>、<sup>14)</sup>。また、有明海の底質中に含まれるトリブチルスズ化合物、トリフェニルスズ化合物、ノニルフェノール、4-*t*-オクチルフェノール、フタル酸ジ(2-エチルヘキシル)、PCB、17β-エストラジオール、農薬（ピリダフェンチオン、ブタクロール、1,2-ジクロロベンゼン）についても東京湾、大阪湾、三河湾及び伊勢湾の既往値と同等以下若しくは不検出であった<sup>13)</sup>。

#### (5) まとめ

有明海の底質は、湾奥西部及び中央東部の底質は主に泥あるいは砂まじり泥で含泥率が高く、湾口部では砂若しくは泥まじり砂が広がっている。また、大浦沖・諫早湾口部では泥が、熊本沖の潮目では、硫化水素臭を伴う泥が堆積している。

有明海について、経年データのある2001年頃以降の調査結果から底質の変動傾向（10年間で10%以上の変化）を整理したところ、11地点のうち、T-Nは2地点（有明海中央東部及び有明海湾口部の一部）で増加傾向、1地点（有明海湾央部）で減少傾向、CODは4地点（有明海湾奥奥部の一部、有明海湾奥西部、有明海中央東部及び有明海湾口部の一部）で増加傾向、1地点（有明海湾央部）で減少傾向、強熱減量は1地点（有明海湾央部）で減少傾向、T-Sは3地点（有明海中央東部及び有明海湾口部の一部）で増加傾向、粘土・シルト含有率は1地点（有明海中央東部）で増加傾向、1地点（有明海湾央部）で減少傾向を示し、T-Pでは増減傾向はみられなかった。

ノリ酸処理及び施肥の影響については、酸処理剤の底質中のモニタリング調査結果によれば、ノリ漁場の底質から有機酸はほとんど検出されなかった。酸処理剤や施肥剤の使用が適正に行われれば、底泥中の有機物や硫化物の増加の主たる要因となる可能性は少ないと思われる。ただし、酸処理や施肥により負荷された有機酸や栄養塩の挙動については知見に乏しいことから、今後の調査・研究が必要である。また、環境中への負荷が増加すると有機物や硫化物の増加につながる可能性があることから、海域で使用される酸処理剤等に由来する有機酸量や栄養塩量等の継続的なチェックを適切に実施することも重要である。

八代海の底質は、主に泥が湾奥部、日奈久以南の湾東部及び天草上島東部に分布し、南部では細粒砂、南端の瀬戸付近では中粒砂より粗い砂が分布する。

八代海について、経年データのある2001年頃以降の調査結果から底質の変動傾向を整理したところ、10地点のうち、T-Nは1地点（八代海湾奥部の一部）で増加傾向、T-Pは2地点（八代海湾央部）で減少傾向、CODは7地点（八代海湾奥部、球磨川河口部、八代海湾奥部の一部、八代海湾口東部の一部及び八代海湾口西部の一部）で増加傾向、強熱減量は1地点（八代海湾奥部の一部）で増加傾向、粘土・シルト含有率は1地点（八代海湾奥部の一部）で増加傾向、1地点（八代海湾口東部）で減少傾向を示し、T-Sでは増減傾向はみられなかった。

## 参考文献

- 1) 農林水産省九州農政局 (2016年)「有明海漁場環境改善連絡協議会 (第22回) 資料5 国営干拓環境対策調査について」
- 2) 滝川清 (2005)「第14回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 有明海・八代海の底質環境について」
- 3) 環境省 (2016)「平成26年度有明海・八代海環境特性解明等調査」
- 4) 滝川清, 秋元和實, 平城兼寿, 田中正和, 西村啓介, 島崎英行, 渡辺枢 (2005): 有明海熊本沖の水塊構造と表層堆積物分布特性, 海岸工学論文集, 第52巻, pp. 956-960
- 5) 環境省「有明海・八代海再生フォローアップ調査」
- 6) 環境省「有明海・八代海再生重点課題対策調査」
- 7) 鬼頭釣 (2003)「第6回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-2 有明海におけるノリ養殖について」
- 8) 農林水産省水産庁 (1995)「のり酸処理試験研究成果の概要」
- 9) 佐賀県有明水産振興センター (2015) 平成26年度水産研究成果情報, 有明海佐賀県海域における環境中の有機酸モニタリング
- 10) 長崎慶三, 虫明敬一, 生田和正 (2015): 有明海の海水・海底泥間隙水中の有機酸測定, 水産技術, 8 (1), pp. 37-41
- 11) NPO 法人みらい有明・不知火 (2005)「くちどころが観た八代海の風景」
- 12) 中田英昭 (2012)「第30回有明海・八代海等総合調査評価委員会 資料-3 橘湾の海域特性について」
- 13) 環境省 (2002)「平成13年度 有明海水質等状況補足調査 報告書」
- 14) 中田晴彦, 島田英昭, 安武章, 秋元和實, 滝川清 (2006): 八代海における化学汚染の現状分析, 月刊海洋, Vol. 38, No. 2, pp. 131-136