

# 有明海における生物生息環境の歴史的変動特性 について

## HISTORICAL TRANSITION CHARACTERISTICS OF HABITAT ENVIRONMENT OF LIVING CREATURES OF ARIAKE SEA

園田吉弘<sup>1</sup>・滝川清<sup>2</sup>・齋藤孝<sup>3</sup>

Yoshihiro SONODA, Kiyoshi TAKIKAWA and Takashi SAITO

<sup>1</sup>熊本大学沿岸域環境科学教育センター特定事業研究員 (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)

<sup>2</sup>フェロー 工博 熊本大学沿岸域環境科学教育センター教授 (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)

<sup>3</sup>熊本大学自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)

Circumstance of the former times when environment is satisfactory in order to grasp the circumstance of the Ariake Sea of time before 1970 where the scientific data becomes insufficient, I did hearing investigation the fishermen of the Ariake Sea in the object and took and investigated, obtained the importance and the significant data. These valuable data are used as the fundamental data of master plan of Ariake Sea playback.

**Key Words :** *Present condition grasp of sea area environment, Playback master plan of Ariake Sea*

### 1. はじめに

有明海の環境変遷に関して、筆者<sup>1)</sup>らは、有明海熊本県白川沖において海底堆積物の柱状採泥を実施し、堆積物試料の放射年代測定、粒度・重鉱物・微化石・重金属・炭素窒素分析などを行い、これらと陸域からの負荷変動特性とを比較検討して、過去60年間に於ける環境変遷の特性を調査した。この結果、白川沖においては、1960年頃に海底の泥の有機物が増加し、1975年頃に白川・緑川の生活系窒素に伴い海水中の窒素が増加し、1980年頃に赤潮珪藻種が急増し、1978-1988年に海底が嫌気的狀況になったなど、環境悪化の変遷史が明らかになった。特に、熊本沖における珪藻赤潮の初出現(1988年)や熊本県緑川河口におけるアサリ漁獲量の急激な減少(1978~1983年頃)に示されるように、有明海熊本沖では、1970年代後半~1980年代から、漁獲量の減少、赤潮の発生、水質の悪化など環境悪化が顕著になってきたが、白川沖では、すでに環境悪化が顕著になる20年前の1960年頃に、底質中の有機物の増加が始まっていたことなどが判明した。

有明海の生物生息環境の歴史的変動特性を明らかにする上では、上述の研究成果からも海域環境の悪化が、陸域における負荷の変遷と密接に関係していること、および1960年代頃から始まっていることを念頭において、研究を進める必要がある。このような観点から、本研究は、海域における水質・底質環境の変遷や陸域の負荷の変遷に伴う海域での水質環境の変動特性を把握するとともに、環境悪化が始まる前の1960年代頃から現在までの有明海の環境

変遷の地域性を把握することを目的として研究を行っている。環境変遷を検討するに当たり、水質、底質、底生生物などの科学的データがない1960年代以前の有明海の環境は、聞き取り調査によって模索、補完し、環境悪化の表れ方の地域特性は、文献調査、資料調査、聞き取り調査により考察した。

### 2. 自然・社会環境データの収集

有明海沿岸の海域および陸域の多様な自然・社会環境について、データを収集・整理した。

表-1 収集・整理したデータの内容

| 収集方法                 | 収集内容(現状と変遷)                                                         |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 公開データ<br>ベース<br>資料調査 | 自然環境情報(水質、底質、底生生物、地形、地質、河川流量、流入負荷量と排出負荷量、潮位、潮流、干潟の分布・面積、赤潮、貧酸素水塊など) |
|                      | 社会環境情報(人口動態、商工業、漁業、農業、土地利用、干拓・埋め立ての位置・面積など)                         |
| 文献調査                 | 研究文献及び調査報告 各種委員会の資料及び報告、新聞記事など                                      |
| 聞き取り調査               | 干潟の変遷、水産資源の変遷、水質、底質の変遷など                                            |

熊本県、福岡県、佐賀県および長崎県の有明海沿岸域の人口動態、商工業統計、土地利用、漁業統計、農業統計などの社会環境データについては、海域環

境の悪化と陸域における負荷の変遷との関係を検討するために、流域別に整理した。

表-2 流域圏別市町村

| 流域コード | 流域名   | 県名  | 市町村名       |
|-------|-------|-----|------------|
| 101   | 筑後川流域 | 福岡県 | 久留米市等5市14町 |
|       |       | 佐賀県 | 鳥栖市等1市11町  |
|       |       | 熊本県 | 南小国町、小国町   |
| 102   | 矢部川流域 | 福岡県 | 柳川市等3市11町  |
| 121   | 大牟田流域 | 福岡県 | 大牟田市       |
| 201   | 嘉瀬川流域 | 佐賀県 | 佐賀市等1市4町1村 |
| 202   | 六角川流域 | 佐賀県 | 多久市等2市10町  |
| 221   | 鹿島流域  | 佐賀県 | 鹿島市等1市4町   |
| 321   | 諫早流域  | 長崎県 | 諫早市等1市6町   |
| 322   | 東島原流域 | 長崎県 | 島原市等1市9町   |
| 401   | 菊池川流域 | 熊本県 | 玉名市等4市15町  |
| 402   | 白川流域  | 熊本県 | 熊本市等1市4町3村 |
| 403   | 緑川流域  | 熊本県 | 宇土市等1市12町  |
| 421   | 荒尾流域  | 熊本県 | 荒尾市等1市2町   |
| 422   | 本渡流域  | 熊本県 | 本渡市等1市2町   |

(注1：有明海に流入する河川は、図-1 参照)

### 3. 有明海における環境悪化の状況および、考えられる要因の整理

表-3 は、文献調査<sup>7,8)</sup>により整理した有明海の環境悪化の状況および、考えられる要因である。

表-3 有明海の環境悪化の要因

| 悪化の状況                 | 考えられる悪化の要因 |                                                                                                      |
|-----------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 底質の泥化                 | 潮流の減少      | ・潮流減少に伴って浮泥の移動限界に対応した流速値を下回る海域が拡大し、底泥の移動量の減少と堆積量の増加が生じ、泥化が進行                                         |
|                       | 土砂供給の減少    | ・河川による陸域からの供給土砂量の減少により、泥化が進行                                                                         |
| 底質の有機物と硫化物の増加、底層の貧酸素化 |            | ・赤潮増加による底質の有機物増加（植物プランクトン由来）<br>・流速低下による有機物を含む微細粒子の沈降と堆積<br>・沈降有機物の増加、有機物分解に伴う底層の貧酸素化、嫌気的環境下での硫化物の増加 |
| 赤潮の増加                 | 透明度の上昇     | ・光制限を緩和し、植物プランクトンの増殖に有利                                                                              |
|                       | 水温の上昇      | ・植物プランクトンの増殖速度は水温上昇により増加                                                                             |
|                       | 富栄養化、貧酸素化  | ・貧酸素水塊により底泥から鉄、栄養塩類が溶出し、Chattonella赤潮が増加                                                             |

### 4. 聞き取り調査

自然環境データについて、有明海全域を対象とした水質は、1970年代以降、浅海定線データや公共用水域水質測定データなどが蓄積されている。底質は、有明海全域を対象とした調査として、鎌田泰彦<sup>2)</sup>、木下泰正ほか<sup>3)</sup>、近藤寛ほか<sup>4)</sup>、秋元和實ほか<sup>5)</sup>などがある。有明海全域を対象とした底生生物調査としては、菊池泰二ほか<sup>6)</sup>があるが、その後、全域を対象とした調査が行われたのは、2000年以降である。海域別に見ると、有明海湾奥部、諫早湾および熊本沖では、1980年代以降、他の有明海域に比べ、科学的データが比較的蓄積されている。

以上のとおり、1960年代以前は、水質、底質、底生生物などの科学的データがほとんどない状態であり、また、1970年代以降であっても、データの測定場所や測定年月の間隔などの問題のため、生物生息環境や生物生息状況の歴史的変動特性を把握する上で、データが不足している。

このため、漁業者を対象に、戦後から最近までの水質、底質、水産生物の変遷および潮流速の減少や流向の変化、干潟の泥化など、環境が変化した場合について聞き取りを行う必要があった。

聞き取りは、60歳以上の複数の漁業者を対象とし、聞き取り内容の偏りを防ぐために、ノリ養殖や魚類漁業など、漁業種類別に聞き取り対象者を選んだ。調査は、福岡県、佐賀県、長崎県は、2005年9月～2006年3月に行った。熊本県<sup>7)</sup>は、漁業者および沿岸住民への聞き取りが2005年に行われており、今回それを使用している。

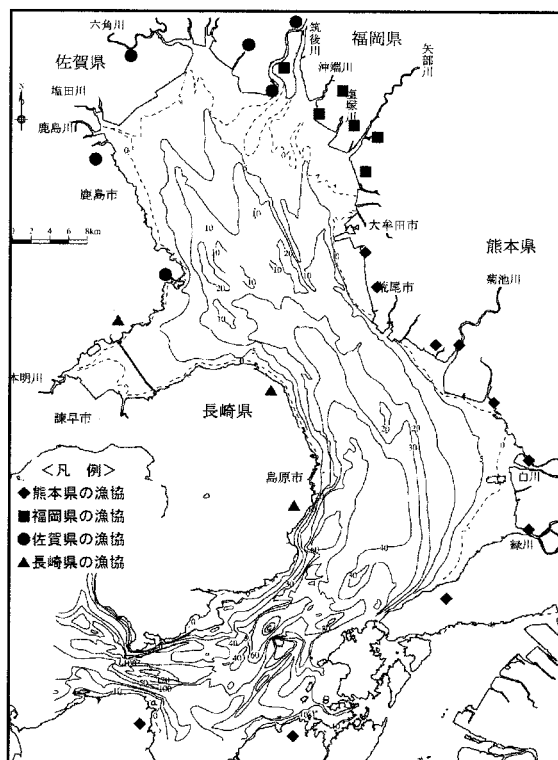


図-1 聞き取りを行った漁業者（漁協）の位置

## 5. 聞き取り調査結果

聞き取り調査結果を、表-4～表-7 に示す。表中の括弧内は、聞き取りを行った漁協名である。

### (1) 水質環境の変遷

表-4 および表-6 に示すように、有明海の湾奥西部の佐賀県海域と有明海東部の熊本県海域では、1989 年頃から、赤潮の大規模化、長期化と冬場での発生が顕著になっており、また、1980 年代後半あたりから海水が濁らなくなったとの聞き取りが得られた。

第 23 回有明海・八代海総合調査評価委員会資料<sup>9)</sup>によれば、1984 年以降、有明海では 1 件あたりの赤潮継続日数および冬季における赤潮発生件数がともに増加しており、聞き取りの結果と矛盾しない。また、第 22 回有明海・八代海総合調査評価委員会資料<sup>9)</sup>によれば、過去 30 年間の 10 月～3 月平均透明度の上昇率は、湾奥西部と熊本沖で特に高くなっており、聞き取りの結果と矛盾しない。

### (2) 底質環境の変遷

表-4.5 に示すように底質の泥化は、湾奥部の佐賀県および福岡県海域では、1960 年代から始まっている。福岡県海域では、海底炭田の坑道上部の海底が陥没して、海底に凹部が形成され、そこに泥が堆積してきたが、最近埋め戻しが行われ、底質環境が改善されてきているとの聞き取りが得られた。

福岡県海域では、海底陥没が、底質の泥化の一因になった可能性がある。一方、表-6.7 に示すように、熊本県海域と島原湾口部では、1970 年代までは泥化は見られないが、1980 年代から泥化が進行している。1985 年頃から底質の浮泥化が顕著になり、最近では、漁港の港内に多量の浮泥が溜まるようになっている。また、湾奥西部では、表-4 に示すように、1960 年代頃、潟土の色調は黄色であったが、1990 年頃には真っ黒い色調の強い還元環境となり、アサリの死滅を招いたと考えられる。

### (3) 水産生物（貝類）の変遷

底生生物である貝類は、生育・生息する底質環境の変化を反映する。表-4 に示すように、湾奥西部ではサルボウが、1967 年頃から減少しており、底質の泥化の影響が考えられる。湾奥東部の筑後川河口は、1970 年代、ヤマトシジミの漁場であったが、底質の泥化のため 1990 年頃には激減している。

### (4) 海草藻類の変遷（養殖ノリを除く）

表-7 に示すように諫早湾口では、1950 年代頃まではアマモ場が見られた。また、表-6 に示すように、熊本県北部の荒尾沖の岩盤や固い砂地には、1960 年代、アマモ、ヒジキ、モクモなどの海草が多く見られたとの聞き取りが得られた。

表-4 有明海の湾奥西部（佐賀県海域）の変遷

|                       | 水質環境                                                                                                 | 底質環境                                                                | 底生生物（貝類）                                                                     | 海草藻類                |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 戦後<br>～<br>S40<br>年代  | ・赤潮の冬場の発生はあまりなかった（白石町北明）                                                                             | ・砂地が減り泥地が増えた、潟土の表面は柔らかかった（東予賀町）、<br>・潟土の色は黄色だった（鹿島市）                | ・サルボウはS42年頃から減少（白石町北明）                                                       |                     |
| S50<br>～<br>S60<br>年代 | ・赤潮の冬場の発生はあまりなかった（白石町北明）<br>・海水が濁らなくなった（南川副）                                                         | ・諫早湾口部に、神白、神白出と呼ばれる砂地があった（諸富町）<br>・砂地がなくなった（南川副）、六角川に砂がなくなった（白石町北明） | ・タイサキが斃死（東予賀町）<br>・サルボウがいなくなった、アサリはS57年頃急激に減少（鹿島市）<br>・ハナガイはS50年代多かった（白石町北明） | ・アカメが見られなくなった（東予賀町） |
| H1<br>～<br>H15<br>年代  | ・海水が濁らなくなった（東予賀、白石町北明）<br>・秋口にかけての赤潮が多くなった（白石町北明）<br>・赤潮が長期化するようになった（白石町北明）<br>・ノリ養殖時期の赤潮発生が増えた（鹿島市） | ・潟土の表面が硬くなった（東予賀町）<br>・六角川に砂がなくなってきた（白石町北明）<br>・潟土が真っ黒になった（鹿島市、大浦）  | ・タイサキとアサリが減少（南川副）<br>・アサリは10年位前からいない（白石町北明）<br>・アサリが減少（鹿島市）                  | ・テナガサが見られなくなった（大浦）  |
| 最近                    | ・諸富漁港まで海水が上がってくるようになった（諸富町）<br>・雨の後に赤潮が出やすくなった（白石町北明）                                                | ・早津江川に浮泥が溜まるようになった、塩田川河口の悪化が特にひどい（鹿島市）                              | ・早津江川河口にシジミがいなくなった（南川副）<br>・ワサビ 激減（白石町北明）<br>・タイサキ、アカイ減少（大浦）                 | ・アサリが減少（大浦）         |

表-5 有明海の湾奥東部(福岡県海域)の変遷

|                       | 水質環境                                          | 底質環境                                                              | 底生生物(貝類)                                                      |
|-----------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 戦後<br>～<br>S40<br>年代  |                                               | ・砂地が減り泥地が増えた(大和)<br>・海底坑道により海底陥没が進んだ(大和)                          | ・筑後川河口はヤマトジミの好漁場(大野島)                                         |
| S50<br>～<br>S60<br>年代 | ・塩分濃度が高くなった(大和, 中島, 大野島)<br>・水質が良くなった(中島, 唐岬) | ・砂が減り泥が増えた(大和, 中島)<br>・海底坑道により海底陥没が進んだ(大和, 唐岬, 沖端)                | ・アサリ, ハマガリ, タイギ 減少(大和)<br>・アサリ減少(中島)<br>・筑後川河口はヤマトジミの好漁場(大野島) |
| H1<br>～<br>H15<br>年代  | ・塩分濃度が高くなった(大和, 中島, 大野島)<br>・水質が良くなった(中島, 唐岬) | ・海底坑道により海底陥没が進んだ(大和, 唐岬, 沖端)<br>・干潟に浮泥が溜まるようになった(中島, 大野島, 両開, 沖端) | ・ヤマトジミの激減(大野島)<br>・アサリ, ハマガリの減少(唐岬)                           |
| 最近                    |                                               | ・浮泥化が更に進んでいる(中島, 大野島)<br>・海底陥没の埋め戻しが行われた(唐岬, 沖端)                  | ・覆砂した場所でアサリが増加(両開, 沖端)                                        |

表-6 有明海東部～湾口部(熊本県海域)の変遷

|                       | 水質環境                                                             | 底質環境                                                                                                   | 底生生物(貝類)                                                                                      | 海草藻類                                                                |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 戦後<br>～<br>S40<br>年代  | ・緑川の水を飲料水として利用していた(海路口)                                          | ・S50年頃までは浜辺に砂鉄が見られた(岱明)<br>・S30～S40年頃は1～2kmほど干潟を歩くことができた(海路口)                                          | ・S20～30年頃ハマグリがよく採れていた(海路口)                                                                    | ・荒尾～大浜沖にアマモ, ヒジキ, モクモなどの海草が見られた(岱明)<br>・赤崎周辺にアマモとホンダワラが分布(赤崎)       |
| S50<br>～<br>S60<br>年代 | ・緑川の水は昭和60年頃濁っていた(海路口)                                           | ・S60年頃には浜辺に砂鉄がなくなった(岱明)<br>・干潟は砂地が多かった(岱明)<br>・長洲～荒尾の海は白砂青松で海水浴ができた(牛水)<br>・S60年頃から浮泥化しアサリが採れなくなった(河内) | ・1960年代はアサリ, タイギ がいた(荒尾)<br>・S60～H2まで干潟には何もいない状態であった(海路口, 河内)<br>・S50年代初期にハクセンオマセがいなくなった(伊佐津) | ・S50年代初期にアマモが激減, S50年代後半からガラモ減少(伊佐津)<br>・赤崎周辺のアマモとホンダワラは20年前に消滅(赤崎) |
| H1<br>～<br>H15<br>年代  | ・大規模な赤潮が発生するようになった(滑石)<br>・赤潮が冬場に発生するようになった(河内)                  | ・浮泥化し, アサリが死ぬようになった(荒尾)<br>・大量の浮泥が溜まるようになった(海路口)<br>・10年前から浮泥が増えてきた(天草)                                | ・ハード化し, アサリが死ぬようになった(荒尾)<br>・S60～H2まで干潟には何もいない状態であった(海路口, 河内)                                 | ・長崎県と熊本県の県境の海底付近にワカメ, コンブが夏場少し見られる(岱明)<br>・ホンダワラが少し見られる(海路口)        |
| 最近                    | ・透明度が良くなった(滑石)<br>・青潮が発生するようになった(岱明)<br>・雨が降ると河川のゴミが増えた(海路口, 河内) | ・大量の浮泥が溜まるようになった(小島, 海路口)<br>・浮泥の増え方がここ数年ひどい(赤崎)                                                       | ・タイギ が少しとれるようになった(海路口)<br>・アサリは覆砂の後少し採れる(河内)<br>・アサリが少し採れるようになった(岱明, 牛水, 滑石)                  | ・アマモ, ヒジキ, モクモなどの海草は全く見られない(岱明)                                     |

表-7 諫早湾～島原半島西部～湾口部(長崎県海域)の変遷

|                       | 水質環境                 | 底質環境                                                    | 底生生物(貝類)                             | 海草藻類                                   |
|-----------------------|----------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| 戦後<br>～<br>S40<br>年代  |                      | ・灰色で有機物の多い潟だった(小長井)<br>・海底に起伏があり砂質だった(有明町)              | ・S44～S52にかけて貝類減少(小長井)                | ・S30年代はアマモ場があった(小長井)                   |
| S50<br>～<br>S60<br>年代 |                      | ・灰色で有機物の多い潟だった(小長井)<br>・海底に起伏があり砂質だった(有明町)              | ・S44～S52にかけて貝類減少(小長井)<br>・タイギ減少(有明町) |                                        |
| H1<br>～<br>H15<br>年代  | ・赤潮が長期化している(小長井, 島原) | ・黒色の浮泥が溜まるようになった(小長井)<br>・起伏がなくなり, 泥が溜まるようになった(有明町, 島原) | ・H3以降タイギが斃死, 夏季の赤潮でアサリが死滅(小長井)       | ・アマモ場は10年位前まで見られた(小長井)<br>・アマモ場減少(有明町) |
| 最近                    | ・透明度が良くなった(島原)       | ・海底の底質が以前と異なる, 固くなった(島原)                                | ・タイギ斃死, 夏季の赤潮でアサリが死滅(小長井)            | ・S30年代はアマモ場があった(小長井)                   |

### (5) 海域環境の変化の聞き取り図

潮流の流速や流向の変化, 干潟の泥化, 水産生物の種類や量の変化など, 環境や生態系が変化した場所について, 地図上にその位置を記入する方法で, 聞き取りを行った。図-2 と図-3 に, 熊本県北部と福岡県における, 海域環境の変化の聞き取り図を示す。

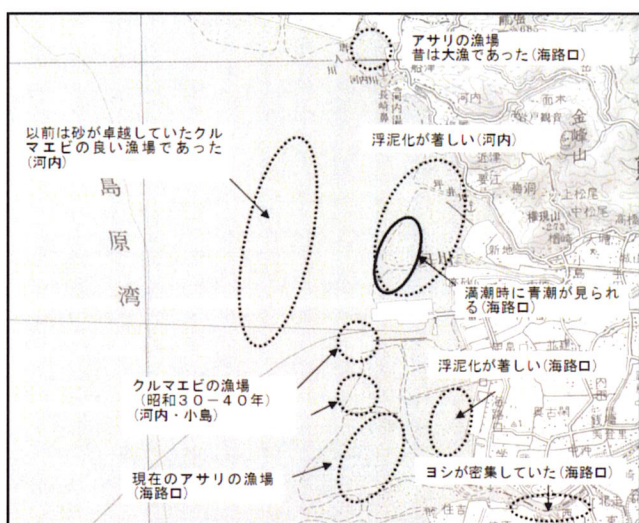
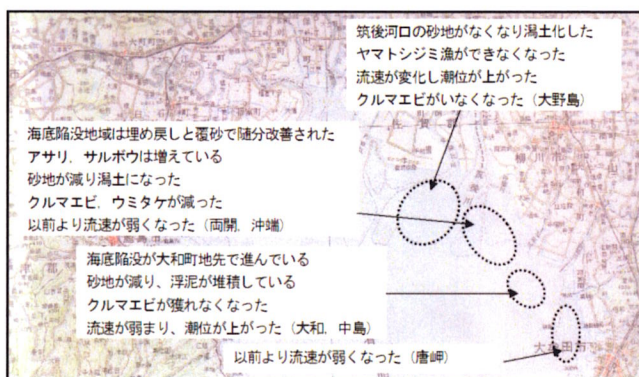
図-2 海域環境の変化の聞き取り図 (熊本県北部海域) <sup>7)</sup>

図-3 海域環境の変化の聞き取り図 (福岡県海域)

### 6. 考察

前述のように, 熊本県白川沖では, 底質中の有機物の増加が 1960 年頃に始まっている。また, 湾奥西部では 1960 年代に底質の泥化が始まり, その影響を受けてサルボウが 1967 年頃から減少している。熊本県北部の長洲～荒尾周辺では, 1985 年頃までは白砂青松の砂浜であったが, 1990 年頃以降, 泥化が進行したとの聞き取りが得られた。

有明海的环境は, 1980 年代より, 赤潮の発生, 漁獲量の減少, 水質の悪化など環境悪化が顕著になってきているが, 底質の泥化とそれに伴う底生生物の減少は, それより 20 年前の 1960 年代に, すでに始まっていることおよび, 泥化の進行年代やその原因が海域ごとに異なっていることがわかった。

図-4 は, 近藤正人ほか <sup>10)</sup> が, 水塊, 生物の分布, 海底地形などによって区分した有明海の海域区分であり, 既往知見 <sup>7), 8)</sup> に基づき環境悪化の状況を海域区分ごとに整理したものが, 表-8 である。この表に, 聞き取り調査結果による, 環境悪化の要因とその該当海域を括弧書きで示した。環境悪化の表れ方が, 海域ごとに異なっていることがわかる。

表-8 環境悪化の要因と該当海域

| 環境悪化の状況                 | 悪化の要因      | 該当する海域(図-4参照)    |
|-------------------------|------------|------------------|
| 底質の泥化                   | 潮流の減少      | A', A<br>Cの西部, D |
|                         | 土砂供給の減少    | (A), (D)         |
|                         | (海底の陥没)    | (A)              |
| 底質中の有機物・硫化物の増加, 底層の貧酸素化 |            | A', Cの西部         |
| 赤潮の増加                   | 顕著な透明度の上昇  | A', D            |
|                         | 水温の上昇      | 全域               |
|                         | 富栄養化, 貧酸素化 | A', Cの西部         |

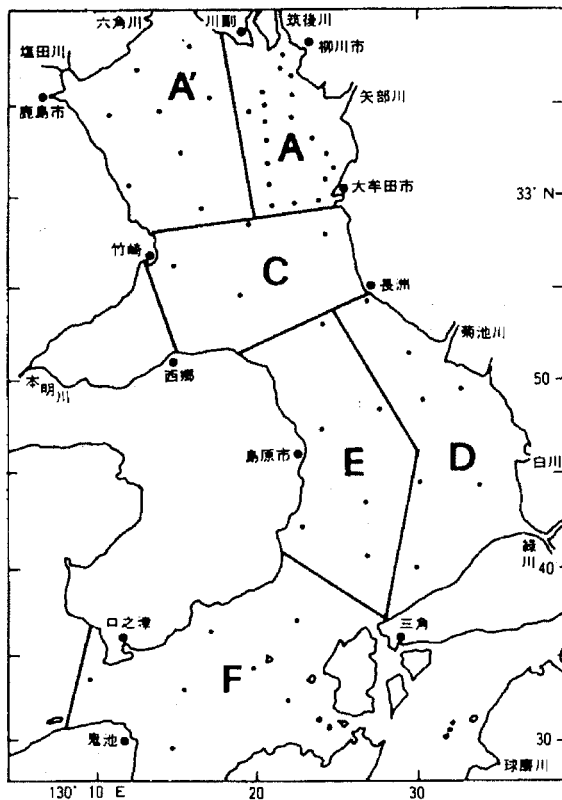


図-4 有明海の海域区分<sup>10)</sup>  
(図中の点は、浅海定線の調査地点)

## 7. 有明海の健康診断に向けた取り組み

有明海は古くから生物資源の宝庫であった。日本最大と言われる大きな潮汐は、湾内に流入する筑後川、白川、緑川、嘉瀬川などの河川から供給される栄養物質によって涵養された高い生物生産力や干潟の生物保育と浄化の働きを支える重要な要素となってきた。

また、河川から運び込まれる粘土鉱物を核として形成される懸濁粒子は強い凝集・吸着力を持つため、栄養物質の除去に大きく寄与し、過度の富栄養化が進行するのを抑制する働きをしてきたと考えられる。最近のアサリやタイラギをはじめとする魚介類の減少は、これまで、水生生物の多様性を支えてきた物質循環システムに何らかの変化が生じていることを示唆している。有明海の回復を図る上で、まず、環境悪化の現状を的確に診断し、診断結果に基づいた処方箋を提言することが必要である。

この観点から、今回の聞き取り調査は、科学的データがない時代の有明海の状態を把握するだけでなく、かつて健康であった頃の有明海の状態を把握する上で極めて意義深いものがあつた。

健康な海域環境は、良好な物質循環と安定した生態系が存在する状態と言われている。

公開データベースおよび資料調査で収集・整理した物質循環と生態系に関するデータにより、物質循環と生態系の状態を表現することが可能な海域カルテを作成することで、有明海の海域ごとの健康状態を点検・評価することが可能になると考えられる。

**謝辞：**本研究を行うに際して、聞き取り調査にご協力いただいた福岡県、佐賀県および長崎県の漁業協同組合ならびに漁業者の方々に厚く御礼申し上げます。また、本研究は平成 17 年度文部科学省科学技術振興調整費重要課題解決型研究「有明海生物生息環境の俯瞰型再生と実証試験（代表：楠田哲也）」による研究の一部であることを記し、謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 秋元和實・滝川 清・西村啓介・平城兼寿・鳥井真之・園田吉弘：有明海白川沖における過去 60 年間の環境変遷の特性，海岸工学論文集，第 53 巻，土木学会，pp941-945，2006。
- 2) 鎌田泰彦：有明海の海底堆積物，長崎大学教育学部自然科学研究報告，第 18 巻，pp71-82，1967。
- 3) 木下泰正ほか：有明海および周辺海域の堆積物，通商産業省工業技術院地質調査所海洋地質部，pp29-67，1979。
- 4) 近藤 寛・東 幹夫・西ノ首英之：有明海における海底堆積物の粒度分布と CN 組成，長崎大学教育学部紀要-自然科学-No. 88，pp1-14，2003。
- 5) 秋元和實・滝川 清ほか：「がらかぶ」が見た有明海の風景～環境変化をとらえるための表層堆積物（底質）データベース～，pp1-24，熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター，2004。
- 6) 菊池泰二・田中雅生：汚染海域ベントスに関する研究 1-有明海，八代海のベントス群集-，「内湾海域における汚染物質の循環と生物相の返還に関する基礎的研究（昭和 50-52 年度）」研究成果報告（文部省科研特定研究 海洋環境保全の基礎的研究）有明海・八代海のベントス群集，pp69-80，1978。
- 7) 有明海・八代海干潟等沿岸海域再生検討委員会：委員会報告書～有明海・八代海干潟等沿岸海域の再生に向けて～，熊本県，2006。
- 8) 有明海・八代海総合調査評価委員会：委員会報告，環境省，2006。
- 9) 有明海・八代海総合調査評価委員会資料（第 22 回，第 23 回），環境省，2006。
- 10) 近藤正人・代田昭彦：有明海の化学的特性，沿岸海洋研究ノート，第 18 巻，第 1 号，pp53-64，1980。