

環境整備船「海輝」による有明海・八代海の 環境調査計画の策定と調査結果

PLANNING AND RESULTS OF ENVIRONMENTAL INVESTIGATION USING
THE SHIP "KAIKI" IN ARIAKE SEA AND YATSUSHIRO SEA

中村義文¹・福田治美¹・滝川 清²・瀬口昌洋³・大島 巖⁴・堀川鎮史⁵
Yoshifumi NAKAMURA, Osami FUKUDA, Kiyoshi TAKIKAWA, Masahiro SEGUCHI, Iwao
OSHIMA and Yasushi HORIKAWA

¹非会員 国土交通省 九州地方整備局 熊本港湾・空港整備事務所 (〒861-4115 熊本市川尻2-8-61)

²フェロー 工博 熊本大学教授 沿岸域環境科学教育研究センター (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)

³正会員 農博 佐賀大学教授 農学部生物環境科学科 (〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町1)

⁴非会員 (財) 港湾空間高度化環境研究センター (〒108-0022 東京都港区海岸3-26-1 パーク芝浦)

⁵非会員 いであ(株) 九州支店環境技術グループ (〒812-0055 福岡市東区東浜1-5-12)

In Ariake Sea and Yatsushiro Sea, a severe damage at harvest of cultured laver occurred in 2000. Therefore, Ministry of Land, Infrastructure and Transport placed a ship "KAIKI" in service for environmental investigations and recovering of the sea surface waste. In this study, we devised periodical environmental investigation plans to carry out environmental monitoring in both seas. In order to gain effective results, we tried to avoid overlap with the existing environmental investigations. In addition, advantages and disadvantages of KAIKI were fully considered.

Key Words : Ariake Sea, Yatsushiro Sea, Environmental investigation, Planning, a ship "KAIKI"

1. はじめに

有明海では、2000年のノリ大不作を受けて「有明海及び八代海を再生するための特別措置に関する法律」が制定された(2002)。これにもとづき、国による基本方針が策定され、この中で海域の直接浄化対策並びに水質などの環境監視として、環境調査兼清掃船による浮遊ゴミの回収、水質等の定期的な監視測定が位置づけられた。このような背景のもと、国土交通省九州地方整備局では、有明海・八代海の豊かな海域環境を保全・再生するため、2003年に環境整備船「海輝(かいき)」(図-1)を就航させた。

本研究では、調査計画を定期環境調査と特別環境調査の2つに区分することとした。有明海・八代海海域環境の主要な問題・課題である、有明海湾奥部での貧酸素水塊の発生、底質の泥化などについては、主に後者の特別環境調査で検討することとし、まずは、前者の2004年度から実施する定期的な環境監視である定期環境調査計画を策定することとした。その際には、本船の長所・短所を十分に踏まえた上で行うこととし、また、得られた環境調査結果については、できるだけ、広く公表できるような手法に

についても検討した。

2. 海輝の特徴

本船の総トン数は99G/T、全長は約27m、型幅は9mである。満載吃水は1.2mと浅く、航海速力も27.6ノットと速いのが特徴である(表-1)。搭載する環境調査機器などは、遠隔自動採水器、多項目水質計、大型柱状採泥器、スミスマッキンタイヤー型採泥器、超音波式多層流速計、高性能音響測深器、水中カメラ、エアレーション装置など多岐にわたる。船の

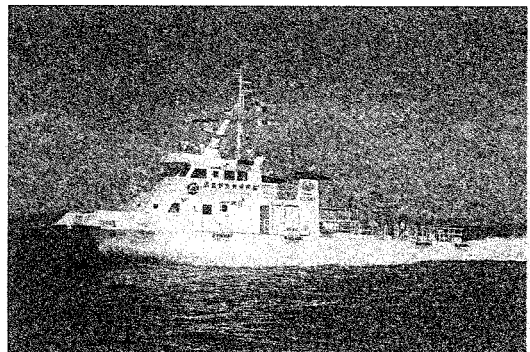


図-1 環境整備船『海輝』

機装、重量の重い機器はクレーンにて設置・昇降を行う¹⁾ (表-2)。

表-1 海輝の基本諸元

項 目	諸 元
全 長 (防舷材を除く)	27.0m
型 幅	9.0m
満載吃水	1.2m
総トン数	99G/T
推進形式	ウォータージェット方式
航海速力 (満載出航状態, 海上静穏)	最高27.6ノット
作業速力	調査観測時: 0~15ノット 塵芥回収作業時: 3ノット
航海距離 (航海速力にて)	250海里以上

表-2 海輝に搭載した環境計測機器

装置名	機器の型式
遠隔自動採水器	ケー・エンジニアリング LW10141.7型
バンドン採水器	
北原式採水器	
多項目水質計 (遠隔自動採水器に装着)	ワイエスアイ・ナノテック YSI-6600
多項目水質計 (表層水質モニタリング用)*	ワイエスアイ・ナノテック YSI-6600
超音波式多層流速計	RDI社 WorkHorse Sentinel 600kHz
グラブ型表層採泥器 (スミス・マッキンタイヤー採泥器)	離合社 小型標準型 5144-A
高性能音響測深器	古野電気株式会社 HS-600F
小型表層採泥器	離合社 G.S. 型表層採泥器
大型柱状採泥器	離合社 大口径コアラー (最大3m)

注)*印は、海面下1.0mの海水を揚水して連続計測する。

3. 調査方法

(1) 定期環境調査計画の策定について

定期環境調査計画を策定するため、現在、各機関で実施されている調査を把握し、その調査で何が欠けているか、どのようなデータを補完すれば相互に有用なデータとなるのか、また、今後計画されている調査ともできるだけ重複がないように配慮するとともに、本船の特徴である「航海速度が速い、喫水が浅い、多種の環境計測機器を搭載など」の長所、「一隻での対応」という短所を踏まえて、定期環境調査の策定の観点を以下のように整理した。

①他の機関 (沿岸5県) が一斉に実施する重要な

調査でそれを俯瞰的に捉えられとされる調査

②他の機関で実施できていない重要な調査

(2) 「海輝」による定期環境調査結果の公表について

「海輝」で取得された環境調査結果については、本来の趣旨からすると、できるだけ多くの機関・主体と情報共有できることが望ましい。そこで、調査結果の公表手法についても検討した。

4. 調査概要と結果

(1) 定期環境調査計画の目的

定期環境調査は、①他の機関が一斉に実施する重要な浅海定線水質調査で、それを俯瞰的に捉えられとされる調査として水塊構造調査を、②他の機関で実施できていない重要な調査として、断面流況調査、底質・底生生物調査、定点連続水質調査の計4つとし、それぞれ以下のような観点で計画を策定した。

a) 水塊構造調査

多項目水質計で得られる水温・塩分等の水質の詳細な鉛直断面特性から、湾全体での水塊構造の季節変化の特徴を把握するものであるが、沿岸域の各県が一斉に実施する浅海定線水質調査の日時とあわせて実施することで、この調査で不足する詳細な水質の鉛直分布データを取得することをめざす。なお、断片的な類似した調査事例は幾つか見られる²⁾³⁾。

b) 断面流況調査

超音波式多層流速計を用いて潮流の曳航観測をすることで、各海域の主要ゾーンの境界での、流況の潮汐の変化に伴う時間変化を把握するとともに、その季節変化を把握する。なお、ある1時期の有明海での調査例は見られる⁴⁾。

c) 底質・底生生物調査

2000年の有明海・八代海でのノリの大不作をうけて、その原因究明を図る多くの委員会が立ち上げられたが、特に、重要な指標となる底生生物の分布および経年変化を評価できる十分なデータがなかった⁵⁾。そこで、そのようなデータの取得をめざすこととする。

d) 定点連続水質調査

国内で最大の干満差を有する両海域での、潮位の変動に伴う水質の変動実態が十分に把握されていないことから、本船を湾奥部の定点に係留して、潮位の変動に伴う水質の変動を把握する。

(2) 定期環境調査計画の内容

a) 水塊構造調査

調査の時期は、関係県が一斉に実施する浅海定線水質調査の毎月の新月 (朔) 日の前後と可能な限り同じ日に調査を実施する。また、調査時間帯は、潮差による水質の変化を極力少なくするために、満潮

時刻を挟んで4～5時間程度の間に実施する。

調査ラインと調査地点を図-2と図-3に示す。両ラインとも、湾奥から湾口部へ向けて調査地点を各10点ずつ設置し、全地点で多項目水質計によって、水温、塩分、DO、pH、濁度、クロロフィル-aを0.5m深毎に計測する。また、代表3地点では遠隔自動採水器、バンドン採水器、北原式採水器を用いて、表層（海面下0.5m深）、中層（海面下5m深）、下層（海底上1.0m）の3層で採水し、塩分、DO、pH、SS、濁度、クロロフィル-aの分析を行う。この結果をもとに、機器計測値と採水分析値の回帰式を作成し、多項目水質計で得られた機器計測値を補正する。採水で得られた試料については、植物プランクトンの同定・計数も実施する。

同時に船底に取り付けた採水口から海面下1.0mの海水をポンプで連続採水し、この水質を設置型の多項目水質計で連続計測する。計測は調査開始時から終了時までであり、時間間隔は0.5分毎である。この結果は、採水による水質分析結果を用いた補正は実施せず、参考データとして扱う。

b) 断面流況調査

調査時期は、各季節1回の年4回とする。調査ラインを図-2と図-3に示す。有明海では、湾口部と湾奥部の2ラインとし、湾奥部は諫早湾を含む範囲とする。また、八代海は湾奥部の1ラインとし、湾奥部の浅海域を含む範囲とする。

計測方法は、超音波式多層流速計を用いて、日の出から日の入りまでの間でできる可能な範囲で何回も曳航調査を行う（往路・復路ともに計測）。鉛直方向の計測は、海面下4mから有明海一湾奥、八代海では1m間隔、有明海一湾口では2m間隔で実施する。

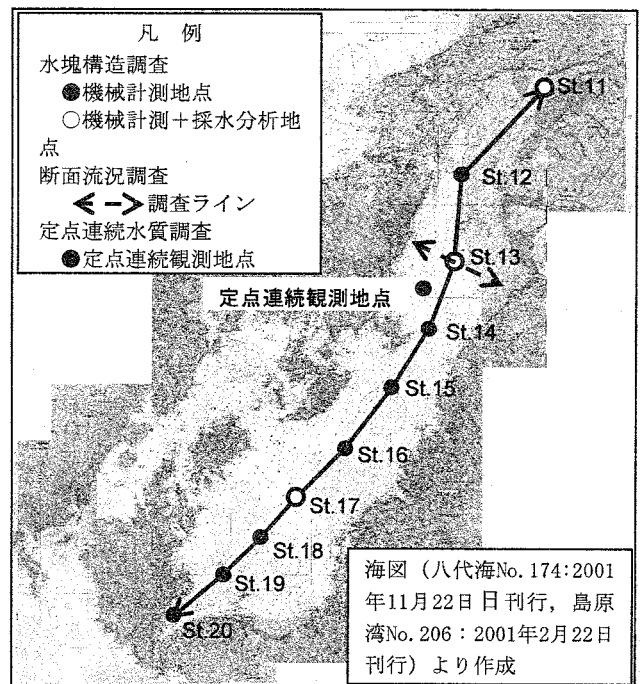


図-3 水塊構造調査などの調査地点図（八代海）

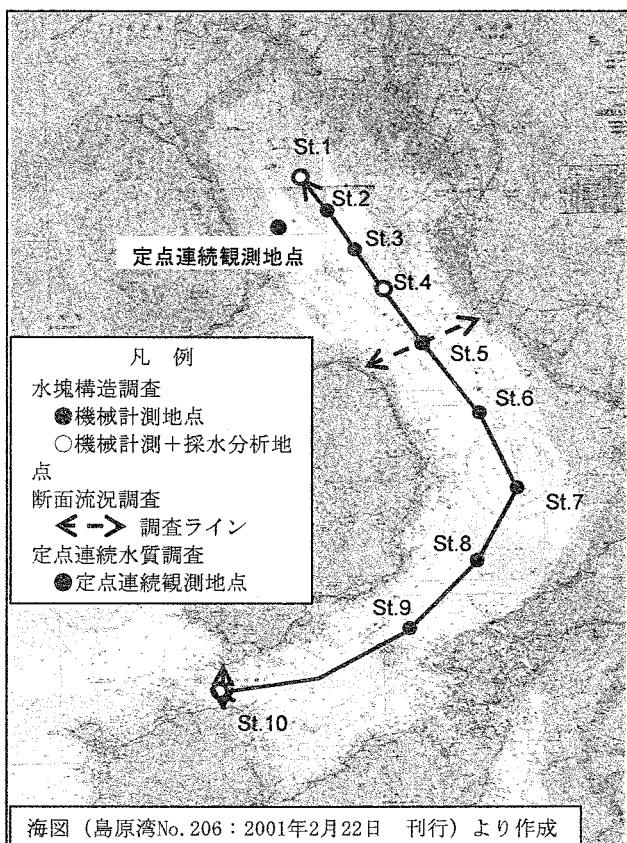


図-2 水塊構造調査などの調査地点図（有明海）

c) 底質・底生生物調査

調査回数は年1回とし、調査時期は底生生物量が多いと言われる春季（5月）とする。調査地点は、図-4と図-5に示す16地点（有明海10調査地点、八代海6調査地点）とする。調査地点の設定については、既存の水質・底質調査データを活用できるように、公共用水域水質調査地点や浅海定線水質調査地点と同じ地点か、もしくは近傍の地点とした。

底生生物の採集には、スミスマッキンタイヤー型採泥器を用いる。従来は3回採泥が主であったが、これでは採泥面積が少ないことからデータがかなり変動するので、1調査点あたり10回の採泥を行うこととする。試料は、目合い0.5mmの篩を用いて篩がけし、篩上に残ったものを10%中性ホルマリン液で固定し、それを分析試料とする。なお、採泥回数の違いによる結果を比較するために、St. 2, St. 4, St. 11, St. 12の4地点では10回の採泥試料をそれぞれ別々の試料として分析する。底生生物の分析は、種の同定、種別個体数、種別湿重量の計測を行う。

また、底生生物の生息環境を把握するために、同時に、スミスマッキンタイヤー採泥器で底質試料を採取し、粒度組成、含水率、単位体積重量、強熱減量、化学的酸素要求量（COD）、全硫化物、全窒素（T-N）、全りん（T-P）、クロロフィル-a、酸化還元電位（ORP）を分析する。

d) 定点連続水質調査

湾奥部の定点において、夏季と冬季の2回、昼間で計測可能な9～11時間程度、水質等の連続観測を行う。時間間隔は、潮流が15秒毎、水質は1時間毎に行う。水質分析のための採水については、2時間毎に行う。

調査地点を図-2と図-3に示す。潮流については、超音波式多層流速計によって水深方向に1m間隔で測定を行い、水質は1時間毎に多項目水質計によって、水温、塩分、DO、pH、濁度、クロロフィル-aを0.5m深毎に計測した。また、遠隔自動採水器、バンドン採水器、北原式採水器を用いた採水では、表層（海面下0.5m）、中層（海面下5m）、下層（海底上1.0m）の3層で採水し、塩分、DO、pH、SS、濁度、クロロフィル-a、無機三態窒素(DIN)、 PO_4-P 、T-N、T-P、CODの分析を行う。この結果をもとに、機器計測値と採水分析値の回帰式を作成し、多項目水質計の機器計測値を補正する。採水で得られた試料については、植物プランクトンの同定・計数も実施する。

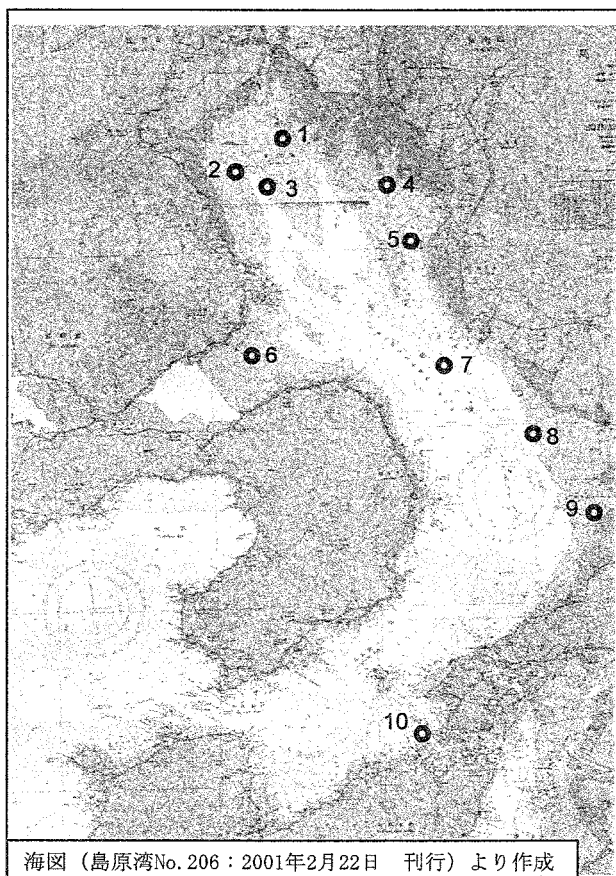


図-4 底質・底生生物調査の調査地点図（有明海）

(2) 定期環境調査結果の概要

a) 水塊構造調査結果

水塊構造調査では、湾軸ラインにおいて、気温の季節変動・降雨に伴う水温・塩分・密度の変動や、降雨に伴う出水によるクロロフィル-aの増大などの季節変化を明瞭に捉えることができた（図-6、図-

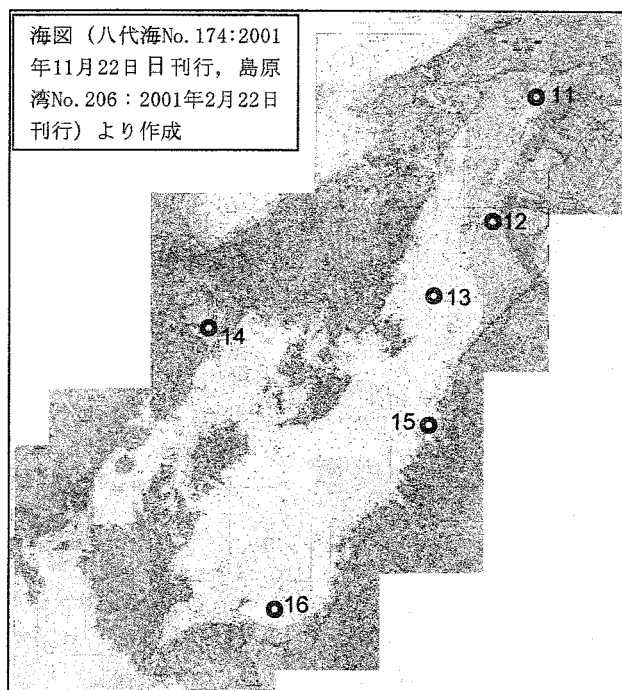


図-5 底質・底生生物調査の調査地点図（八代海）

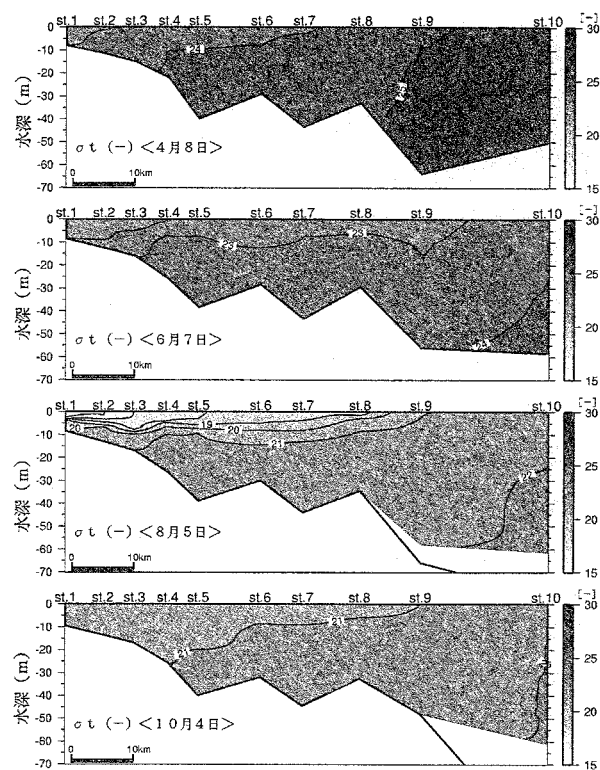


図-6 水塊構造調査結果（有明海、 σ_t (密度)）2005年

7) . ここでの調査結果は、全て2005年の結果を示した。この水塊構造調査時には、海面下1.0mの海水を連続計測した表層水質連続計測結果が得られているが、特に有明海では熊本沖のSt. 8近傍で水温・塩分が大きく変化する潮汐フロントと考えられる現象を捉えることができた（図-8）。この現象は毎月この様に明瞭に捉えられているわけではないが、傾向としては十分に認められる。

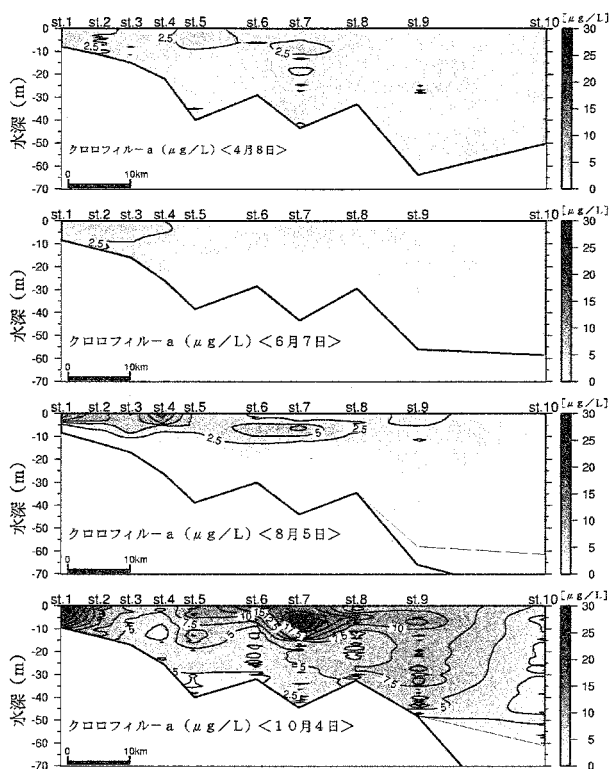


図-7 水塊構造調査結果（有明海，クロロフィル-a）2005年

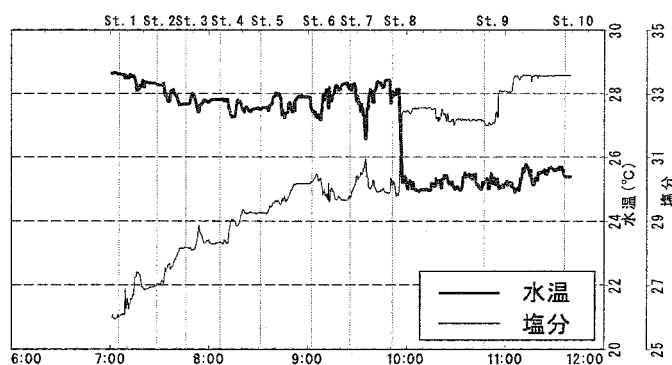


図-8 表層水質連続計測結果（有明海）2005年8月5日

b) 底質・底生生物調査結果

底質・底生生物調査では、有明海の湾奥西部と八代海で泥分率の高いエリアがみられ⁵⁾、底生生物の種類数と個体数は、底質の粒度が細かいほど少ないという明瞭な傾向が見られた（図-9）。また、代表点では10回採泥してこれを10試料として分析することで、従来の3回採泥との違いを比較した。これによると、従来の3回採泥では10回採泥に比べて種類数は5割程度に過小評価していることが明らかになった（図-10）。

c) 定点連続水質調査結果

定点連続水質調査では、潮汐の干満に伴って、水質・植物プランクトンが大きく変動することを捉えることができた（図-11）。特にクロロフィル-a濃度では5倍以上の開きがみられ、これは従来実施されてきたCODの値にも大きな差をもたらすものと

懸念される。

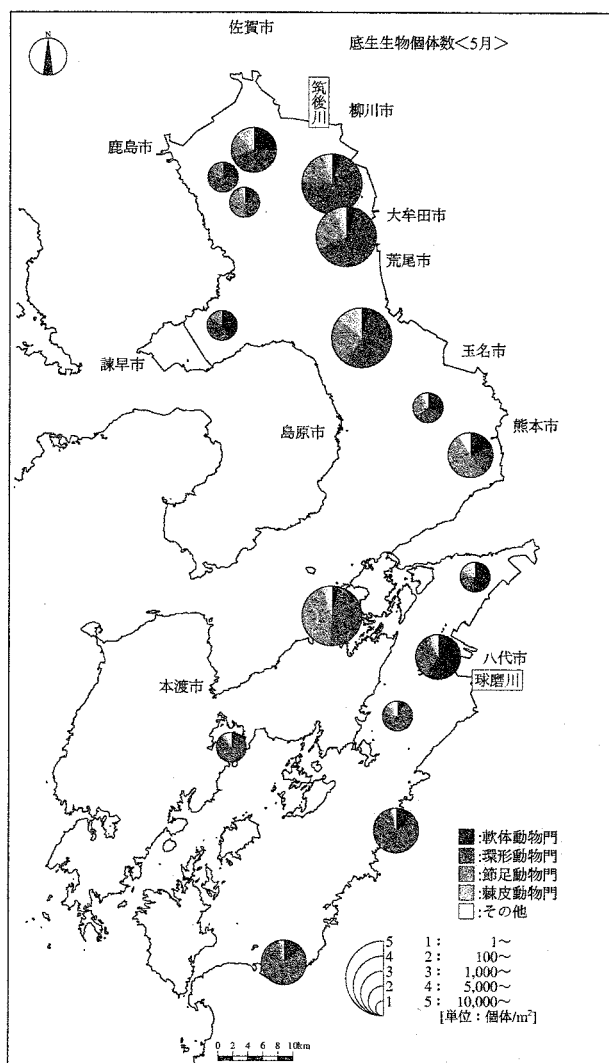


図-9 底生生物の分布（2005年）

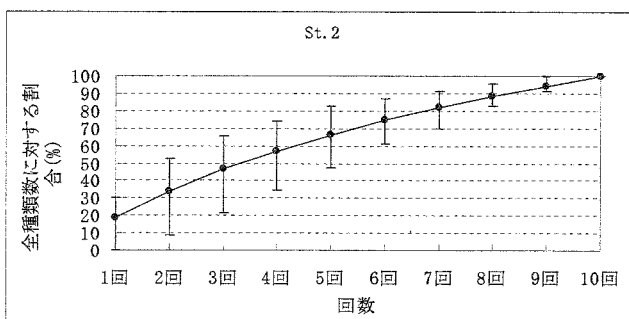


図-10 底生生物の採泥回数の違いの検討

(3) 定期環境調査結果の公表について

定期環境調査で得られた、水質、底質、生物などのデータについては、速報値としてその都度インターネット上で公表するようにした⁶⁾。また、年度毎には、できるだけ速やかに年次報告書としてとりまとめ¹⁾⁷⁾、関係機関へ送付するとともに、報告書をインターネットでも公表することとした⁶⁾。

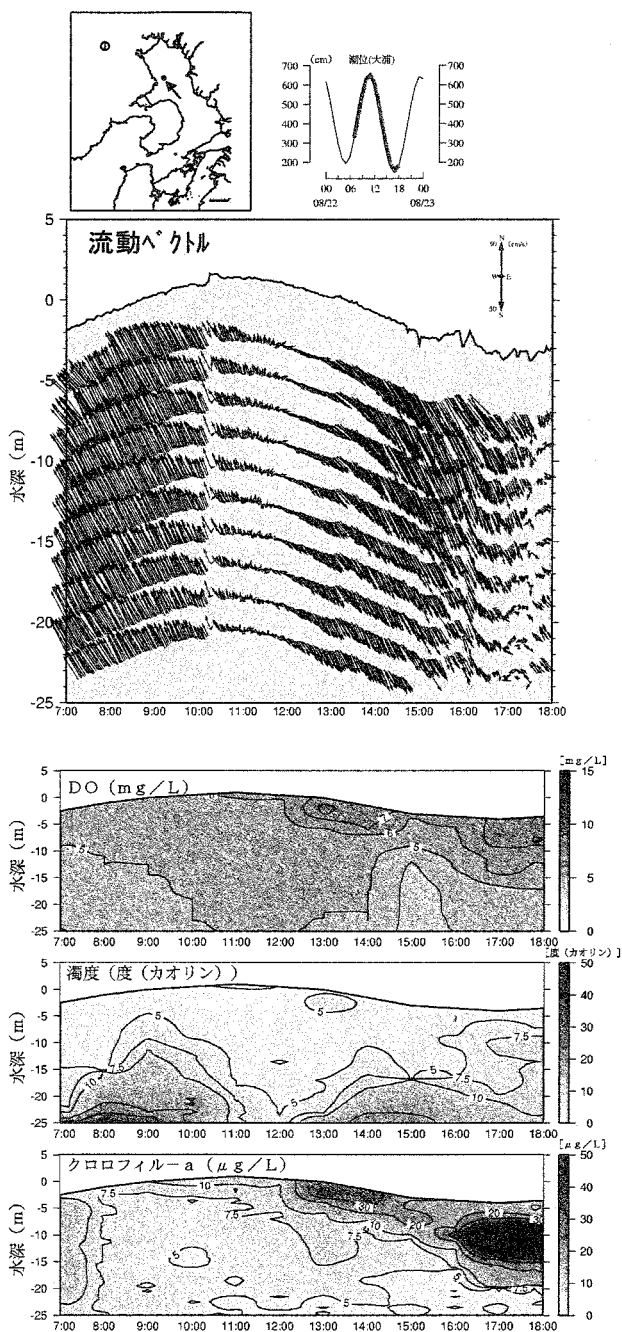


図-10 定点連続水質調査結果(有明海奥部)2005年8月22日

4. おわりに

本船は海面の浮遊ゴミの回収が重要な役割である
とは言え、多くの最新鋭の環境計測機器を搭載する

ことで、有明・八代海の再生をめざして、有益で効
率的な定期環境調査計画を策定することができた。
水塊構造調査では、周年にわたる水塊構造特性を把
握することができ、底質・底生生物調査では、泥分
が高いほど底生生物の種類数と個体数が少ないとい
う明瞭な結果が得られた。また、定点連続水質調査
では、潮位変動に伴う大きな水質の変動を捉えるこ
うことができた。さらに、これらの結果を公表すると
ともに、年次報告書としてとりまとめ、その冊子を配
布するとともに、インターネット上でも公表するとい
うこれまでにない取り組みを行うことができた。

謝辞：本研究は、有明・八代海海域環境検討委員会
を設置して、多くの学識経験者の方々、有明・八代
海の関係5県および国土交通省九州地方整備局の
様々な関係機関の方々に多くの貴重なご意見を頂き
ました。また、計画策定当初には、熊本港湾・空港
整備事務所の岡本広夫(前)海洋環境管理官と酒井
勝(前)建設管理官には、多大なるご尽力をいただき
ました。ここに合わせて謝意を表する次第です。

参考文献

- 1) 国土交通省九州地方整備局熊本港湾・空港整備事務
所：平成16年度環境整備船「海輝」年次報告書、有明
海・八代海の海域環境調査結果，110p，2005。
- 2) 堤裕明・木村千寿子・永田紗矢香・佃政則・山口一
岩・高橋徹・門谷茂：広域的観測による有明海水環境
の現状，沿岸海洋研究，第42巻，第1号，pp. 35-42，
2004。
- 3) 環境省水環境部：平成13年度有明海水質等状況 補足
調査報告書，292p，2002。
- 4) 有明海プロジェクト研究チーム：有明プロジェクト中
間報告書(その1)，pp. 73-129，2002。
- 5) 農林水産省・有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員
会：有明海のノリ不作の対策等に関する中間取りまと
め，114p，2001。
- 6) 国土交通省九州地方整備局熊本港湾・空港整備事務所
有明・八代海 海洋環境センター，
http://www.ariake-yatsushiro-system.jp/ay_kankyo/index.html
- 7) 国土交通省九州地方整備局熊本港湾・空港整備事務
所：平成17年度環境整備船「海輝」年次報告書，有明
海・八代海の海域環境調査結果，151p，2006。