

環境整備船「海輝」で取得された有明・八代海の海域環境の特徴

Environmental Characteristics in Ariake Sea and Yatsushiro Sea by the Investigation Using the Ship "KAIKI"

中村義文¹・吉田秀樹²・滝川 清³・瀬口昌洋⁴・大島 巖⁵・堀川鎮史⁶

Yoshifumi NAKAMURA, Hideki YOSHIDA, Kiyoshi TAKIKAWA, Masahiro SEGUCHI
Iwao OSHIMA and Yasushi HORIKAWA

Ministry of Land, Infrastructure and Transport devised periodical environmental investigation plans in Ariake Sea and Yatsushiro Sea for the purpose of environmental monitoring using a ship "KAIKI". Taking into consideration other agencies' investigations to avoid overlapping, four plans were designed in this project; 1) the vertical structure of water temperature and salinity along the longitudinal centerline of the bay, 2) current velocity at the major cross section in the bay, 3) sediments and benthos, 4) fixed-point observation of water quality at the innermost area of the bay.

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年)。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)」を就航させ、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っている。

本研究では、主に2004年度と2005年度に取得された定期環境調査で得られた結果を取りまとめて解析することで、有明海・八代海の海域環境の特徴について明らかにした。

2. 調査方法

(1) 「海輝」の特徴

本船の全長は約27m、型幅は9mである。また、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。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(国土交通省, 2005, 2006)。

(2) 定期環境調査計画の策定

定期環境調査計画の策定に際しては、①他の機関で実施する調査を十分に把握し、その調査と重複しないように配慮しつつ、他の機関が一斉に実施する重要な調査でそれを俯瞰的に捉えると考えられる調査、また②他の機関で実施できていない重要な調査といった2つの観点から調査計画の策定を行った(中村ら, 2006)。

①では、一斉に実施されている浅海定線水質調査で不足している表層の詳細な成層構造と湾全体(湾軸)の成層状況の把握を行うために湾軸ラインでの「水塊構造調査」を、また、湾の主要な断面での流動の鉛直構造を把握するための「断面流況調査」を策定した。「水塊構造調査」は、図-1と図-2に示す湾軸ラインの各10地点で、多項目水質計を用いて水質の鉛直分布を計測するものであり、できるだけ浅海定線水質調査と同時期に実施することとした。また、「断面流況調査」は、日中に限定されるものの、超音波式多層流速計を用いて3ラインで調査時間帯にできるだけ数多くの曳航観測を行うこととした。

②では、水質は経年変化を評価できるデータが取得されているが、底質・底生生物に関してはその評価を行えるデータがほとんど取得されていないことから、特に底生生物に焦点を当てて、経年変化を評価できるデータの取得をめざす「底質・底生生物調査」を策定し、両海域16地点で実施することとした。また、両海域は最大6mもの干満差があり、潮位変動に伴う水質変動も大きいといわれているものの、そのような基本的なデータの報告が少ないことから、本船を湾奥部定点に係留して1潮汐間の水質・流動の鉛直分布の変化を把握する「定点連続水質調査」を策定した。「底質・底生生物調査」は、スミスマッキンタイヤ型採泥器を用いて、従来の3回採泥から10回採泥とすることでできるだけデータのばらつきを

1 国土交通省熊本港湾・空港整備事務所 所長
2 正会員 国土交通省下関港湾空港技術調査事務所 所長
3 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
4 正会員 農博 佐賀大学教授、農学部生物環境科学科
5 水修 (財)港湾空間高度化環境研究センター
6 いで(株)九州支店環境技術グループ

抑えることとし、この内の代表4地点では10試料として分析することで、従来の3回採泥と10回採泥の違いを比較した。また、「定点連続水質調査」は、超音波式多層流速計で各層の流速を連続観測するとともに、1時間毎に多項目水質計で水質の鉛直分布を計測した。

(3) 定期環境調査結果のとりまとめ

定期環境調査で得られた、水質、底質、生物などのデ

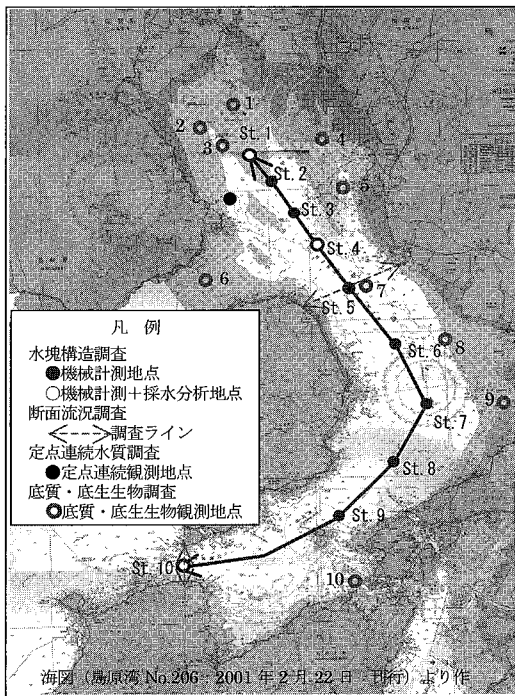


図-1 水塊構造調査などの調査地点図(有明海)

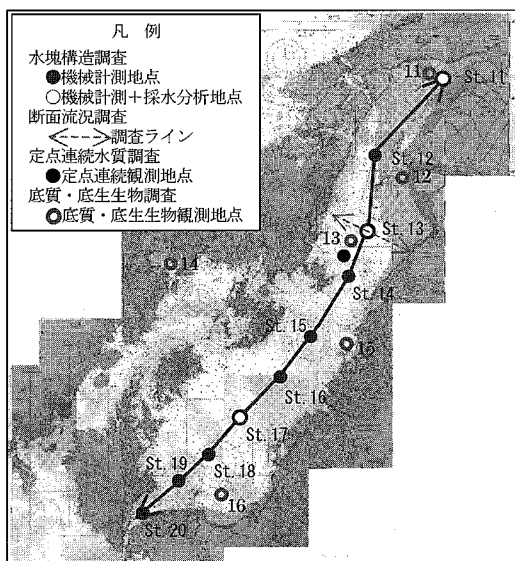


図-2 水塊構造調査などの調査地点図(八代海)

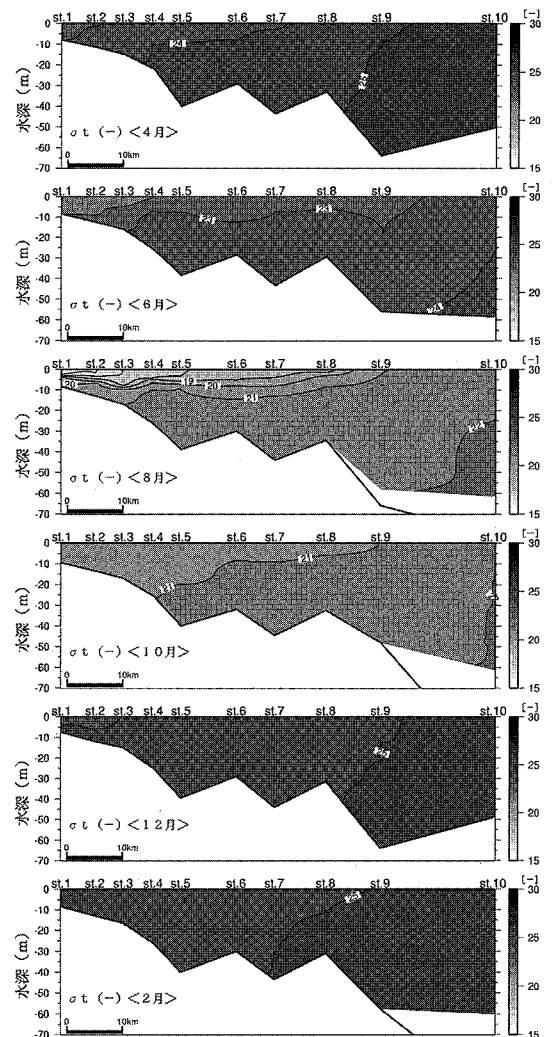


図-3 水質項目の湾軸方向の断面分布(有明海, σ_t (密度))

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。また、年度毎には、データの補正を行って十分吟味した上で、年度毎の速報的な位置づけとして年次報告書を取りまとめ(国土交通省, 2005, 2006), 関係機関へ送付するとともに、同報告書をインターネットでも公表している(国土交通省ホームページ)。

3. 有明海・八代海の海域環境の特徴

調査結果は、2005年をベースとして取りまとめることとし、2004年と大きく異なる点についてはそれを示すこととする。

(1) 水塊構造特性

a) 有明海(図-3～図-5)

水温は、4月～9月が上昇期間で8月～9月が最も高く、10月～2月が低下期間であった。塩分は、7月と8

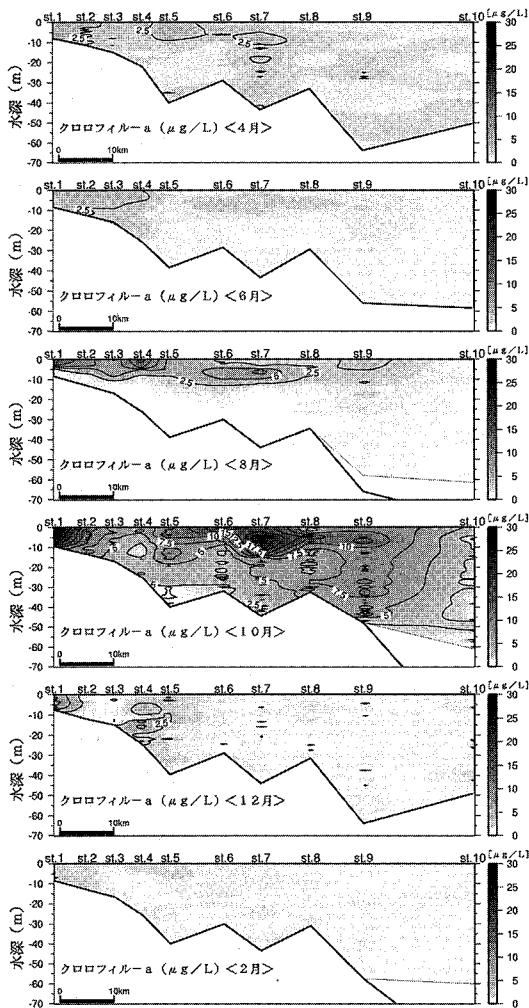


図-4 水質項目の湾軸方向の断面分布
(有明海, クロロフィル-*a*)

月には筑後川の河川流量が多く、湾奥部から湾中央部の上層では低塩分域が大きく張り出している。 σ_t も塩分と同じ傾向がみられ、密度躍層は5～10 m位にみられた。クロロフィル-*a*は、低塩分の分布がみられた調査時に湾奥部から湾中央部の上層で、比較的高い濃度がみられた。これについては、堤ら(2004)も同様な結果を報告している。10月には低塩分域ではないが、ほぼ湾全域にかけて高い濃度域がみられた。これは、密度躍層が崩壊した循環期に下層からの栄養塩が上層に供給されたことに起因すると考えられる。濁度は、年間を通じて湾奥部のSt.1～St.2の下層で底泥からの巻き上げによると考えられる高い濁度域がみられることが多かった。さらにDOは、クロロフィル-*a*の濃度の高い海域で高い傾向であった。底層のDOは、8月大潮期のSt.1, St.2及び8月小潮期のSt.2～St.5で5 mg/Lを下回る程度であっ

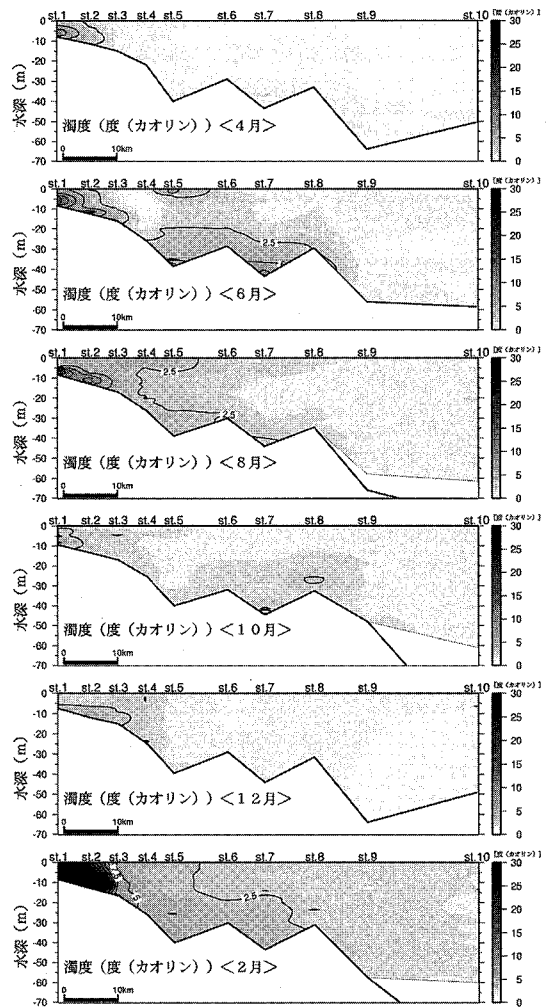


図-5 水質項目の湾軸方向の断面分布 (有明海, 濁度)

たが、2004年度にはSt.1で2.3 mg/L(採水分析値)という貧酸素水塊がみられた。

水塊構造調査時に、別途得られた表層水質連続測定結果から、熊本沖での明瞭な潮汐フロントを確認することができた。

b) 八代海

水温は、有明海での季節変化と類似した傾向にあるが、成層期のコンターが湾南部まで伸びており、これは有明海のように湾南部に広い湾口があるという地形条件ではないことによる。塩分も、有明海での季節変化と類似した傾向にあるが、水温と同様に出水時の上層の低塩分水は有明海よりも薄く湾南部まで広がる傾向にあった。これは、 σ_t も同様な傾向にあった。クロロフィル-*a*は、低塩分水の流出と符合した高い濃度分布域が湾奥部から湾中央部にみられた。12月には低塩分域ではないが、湾

奥部から全域にかけてやや高い濃度域がみられ、また、濁度は、有明海と同様に、年間を通じて St.11 ~ St.12 の下層で高い濃度域がみられることが多かった。さらに、DO は、有明海と同様にクロロフィル-a の高い海域で高い傾向にあった。下層では 2004 年度も貧酸素水塊はみられなかった。

(2) 底質と底生生物および採泥回数の影響

16 地点で得られた底質項目間の相関マトリクスでは(表-1)、強熱減量、クロロフィル-a、ORP を除くと、中央粒径 $Md\phi$ と泥分(シルト粘土含有率)は他の項目との間に高い相関(0.65 以上)がみられ、底質はこの 2 項目のいずれかで代表できると考えられる。

底質の中央粒径 ($Md\phi$) と底生生物(マクロベントス)の関係を見ると、種類数と個体数では、中央粒径が細かいほど両者ともに少なくなる明瞭な傾向が見られる。しかし、湿重量では明瞭な相関関係はみられなかった(図-6)。

4 地点では、10 回採泥を 10 試料として分析したことから、この結果を用いて採泥回数の違いによる底生生物の結果の違いについて検討した。解析方法は、10 個のサンプルについて 1 回から 10 回までの採泥回数について、 r 回抽出する際のそれぞれの全ての組み合わせの数は、 rC_{10} で計算される。この組み合わせによる各採泥回数毎の種類数の平均値、最大値、最小値を算出した(図-7)。その結果、採泥回数の増加に伴って種類数の平均値は増加しており、従来の 3 回採泥を 10 回採泥の結果と比較すると、3 回採泥 (0.15 m^2) では 10 回採泥 (0.5 m^2) の 50 % 強の種類数となり、かなり低い結果であった。また、7 回採泥では 10 回採泥の 80 % 以上の種類数であった。

個体数・湿重量では、従来の 3 回採泥時の値に対する 10 回採泥時の値を比較すると、個体数では 3 回採泥は 40 ~ 200 % まで大きな幅があり、湿重量では 3 回採泥は 8 ~ 110 % の範囲にあった。

したがって、従来の 3 回採泥の結果をもとに底生生物の評価を行うには、かなりの変動が含まれていることに留意する必要があると言える。

表-1 底質項目間の相関マトリクス

	$Md\phi$	泥分	含水率	強熱減量	COD	全炭化物	T-N	T-P	クロロフィル-a	ORP
$Md\phi$	1									
泥分	0.97	1								
含水率	0.92	0.94	1							
強熱減量	0.50	0.52	0.62	1						
COD	0.90	0.94	0.96	0.53	1					
全炭化物	0.90	0.93	0.95	0.52	0.93	1				
T-N	0.89	0.91	0.95	0.59	0.93	0.90	1			
T-P	0.68	0.69	0.69	0.57	0.68	0.73	0.76	1		
クロロフィル-a	0.60	0.53	0.65	0.48	0.46	0.60	0.61	0.40	1	
ORP	0.27	0.27	0.32	0.46	0.26	0.14	0.37	0.21	0.54	1

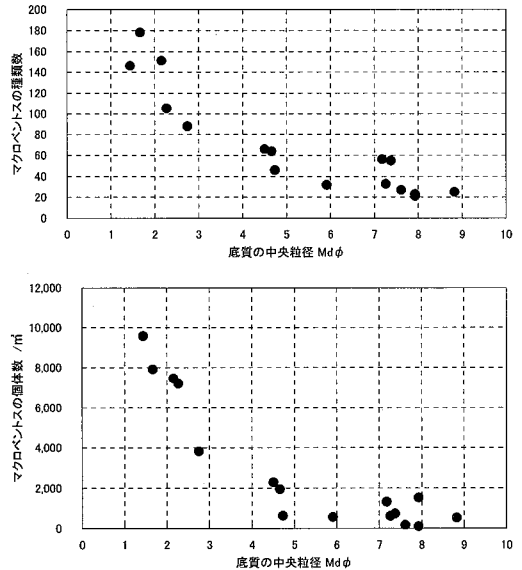


図-6 底質の中央粒径とマクロベントスの関係

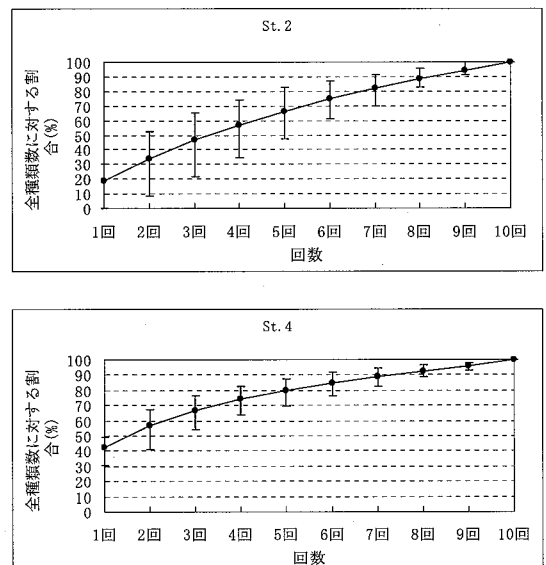


図-7 底生生物の採泥回数の違いの検討

(3) 定点での水質変動特性

湾奥部での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。調査時間帯は、上げ潮時から干潮時までである。水温・塩分には大きな変動はみられなかったが、下層の濁度は上げ潮時と下げ潮時に 30 度カオリンを超える高い濃度がみられ、強い潮流による底泥の巻き上げによるものと思われる(図-8)。また、下げ潮時から干潮時にかけて、上層から中層に $20\text{ }\mu\text{g/L}$ 以上の高いクロロフィル-a 濃度がみられ、これは渦鞭毛藻綱

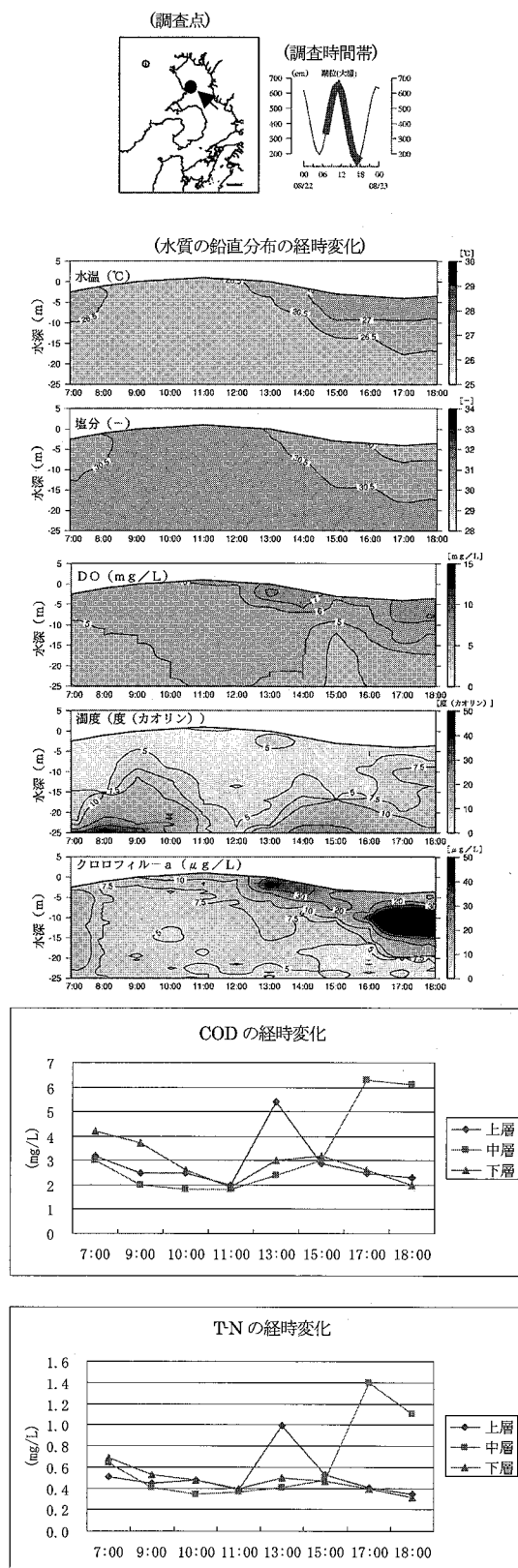


図-8 定点連続水質調査結果

のアカシオ・サングイネアが優占していた。これは、湾奥側で発生していた赤潮が南下してきたものと思われる。また、採水分析で得られた上層・中層のCODとT-N濃度をみると、半日間で2倍以上の開きがみられた。2004年度のCODでは5倍程度の開きがみられた。これによって、従来実施されてきた公共用水域水質測定結果など、時間をかけて採水をして取得された水質の採取の仕方には大きな課題があることが明らかになった。

4. おわりに

本船の特徴を生かした定期環境調査計画を策定し、2004年度と2005年度の2カ年の調査を実施することで、有明海・八代海の世界環境の多くの特徴を明らかにするとともに、これまで報告されてこなかった新しい知見も報告することができた。水塊構造特性では、水温、塩分、クロロフィル-a、濁度、DOなどの周年にわたる変動特性を明らかにするとともに、底生生物は、底質に大きく左右されること、また従来の採泥回数(3回)では種類数・個体数・湿重量に大きな変動が含まれること、さらに定点での水質変動特性では、干満に伴ってCODなどが大きく変動することを定量的に評価することができた。

謝辞：本研究は、有明・八代海世界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。ここに謝意を表する次第です。

参考文献

- 国土交通省九州地方整備局熊本港湾・空港整備事務所(2005)：平成16年度環境整備船「海輝」年次報告書、有明海・八代海の世界環境調査結果、110p。
- 国土交通省九州地方整備局熊本港湾・空港整備事務所(2006)：平成17年度環境整備船「海輝」年次報告書、有明海・八代海の世界環境調査結果、151p。
- 中村義文・福田治美・滝川 清・瀬口昌洋・大島 巖・堀川 鎮史(2006)：環境整備船「海輝」による有明海・八代海の世界環境調査計画の策定と調査結果、海洋開発論文集、Vol. 23 (投稿中)
- 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 海洋環境センターホームページ、http://www.ariake-yatsushiro-system.jp/ay_kankyo/index.html
- 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(2004)：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。