

博多湾の浅海域・干潟域における水質浄化能の評価

Evaluation of ability for water quality purification at the shoal and tidal flat zone in Hakata Bay.

藤田健一*, 田中憲一*, 李 寅鐵**, 星加 章**, 楠田哲也***

Kenichi Fujita, Ken-ichi Tanaka, In-Cheol Lee, Akira Hoshika, Tetsuya Kusuda

Water and sediment qualities were surveyed from April, 1996 through March, 1997 in Hakata Bay for the water-quality modeling. Using the results, the seasonal variations of water qualities were discussed and the ability for water-quality purification at the tidal flat zone was estimated. The amount of organic matter removed by benthos at Wajiro tidal flat was about 2 times larger than that at the reference area. The amount of COD removed by benthos at Wajiro was the same order of magnitude as Banzu tidal flat.

keywords : tidal flat, water and sediment quality, water quality purification, Hakata Bay

1. はじめに

内湾に面した浅海域及び干潟域は、生物の生息場として重要な位置を占めるとともに、陸域から流入する汚濁負荷の緩衝域でもあり、自然の浄化機能をささえる場として大きな役割を果たしている。最近はこの水域において、生態環境に配慮した沿岸域の有効利用、あるいは自然と人間との調和を図る水質保全対策が求められているが、このような保全対策を検討するに際しては、水域内の物質循環や生物の生息環境への関わり等の、物理・化学・生物的環境特性を定量的に把握する必要がある。博多湾における生物生息環境管理モデルの開発にあたり、博多湾の水質に關与する物質の空間的・時間的挙動を把握する目的で、1996年4月から1997年3月にかけて、海域及び干潟域の水底質に関する総合海域調査（パラメータ調査）を行った。この結果、生物生息環境管理モデルでは、異なった特性を持つ2種類の植物プランクトン（渦鞭毛藻類及び珪藻類）を考慮することの必要性や、DOが、生物への直接的な影響だけでなく、底質や水質を多様に変化させるという意味においても、重要な要素であることが明らかになった^{1,2)}。

本研究は、環境変動の予測モデルを開発するための基礎的知見を得ることを目的として、博多湾の最奥部に位置する和白干潟及びその前面の浅海域を対象として水底質の現地調査を行い、水質を含む生物生息環境を把握するとともに、対象海域において干潟や浅海域が果たす水質浄化能力を試算したものである。

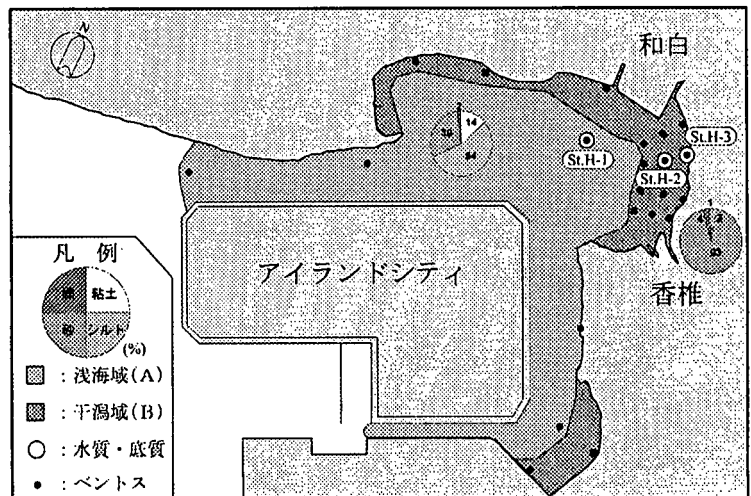


図1 調査地点

2. 調査の概要及び方法

2. 1 水底質調査

水質予測モデルの予測対象領域には、面積約80haの和白干潟が含まれている。干潟域は、潮汐にともなって干出・冠水を繰り返し、そこに生息する生物相も海域とは異なるため、植物プランクトンの一次生産や呼吸、バクテリアや底生生物による有機物分解など、溶存酸素の挙動に大きく影響する生物反応の状況もまた、海域とは異

* 正会員 (財)九州環境管理協会 環境部システム開発課
 ** 正会員 通商産業省工業技術院 中国工業技術研究所
 *** 正会員 九州大学工学部 建設都市工学科

表1 水底質、生物現存量調査項目

地点	調査種別	試料採取層	調査対象	
			現地観測	屋内分析
St. H-1 St. H-2 St. H-3	水質	0.5 m	pH, 塩分, DO, 光量子量	NH ₄ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, PO ₄ -P, DOC POC, PON, POP, SS, SiO ₂ , クロロフィル a, フェオフィチン 植物プランクトン, 動物プランクトン
	底質	Fluff 層 酸化層 還元層	(底質コアの採取)	ORP, T-S, T-Fe, Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , O-N, O-P, 泥温, クロロフィル a, フェオフィチン, 酸化層厚, 還元層厚, 酸素消費速度, I-N 溶出速度, PO ₄ -P 溶出速度, 脱窒速度
			(間隙水の採取)	NH ₄ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, PO ₄ -P, SiO ₂ , SO ₄ ²⁻ , S ²⁻ , DOC, DON, DOP, DO, 水 温, pH
	生物現存量	—	—	付着生物, メイオバントス

なった特異的なものであることが予想される。このような生物反応に係る物質の現存量と変化速度を調べるために、博多湾奥部の浅海域(A)、干潟域(B)において、水質、底質フラックス、及び生物現存量の調査を行った。調査期間は1996年4月から1997年3月の1年間であり、各季節1回、年間4回の調査を行った。調査地点は図1に示した浅海域の地点H-1（水深3m）、干潟域の地点H-2（同1m）、及びH-3（同1m）であり、各地点での採水試料、採泥試料により、水質、底質フラックス、及び生物現存量を測定した。各調査地点における調査項目とその内容は、表1に示すとおりである。なお、溶出速度は、好気・嫌気条件下で0日、1日、3日、5日目の直上水のN、P濃度を形態別に分析した結果から算出し、脱窒速度は、コア試料から溶出するN₂ガスをTCDガスクロマトグラフへ導入し、0日、1日、3日目に分析した結果から求めた。

2. 2 底生生物調査

底生生物による水質の浄化力を把握するために、和白干潟と浅海域を対象として、底生生物の現存量調査を行った。調査地点は図1に示す浅海域4地点、干潟域18地点の合計22地点であり、各季節1回、年間4回、底生生物の種類及び個体数を調査した³⁾。この現存量調査結果は、種類別の個体数であるため、文献⁴⁾から求めた底生生物の種類別湿重量原単位により、個体数を湿重量に換算した。

2. 3 水質浄化能の推算

水質浄化能は、木村ら⁵⁾の報告に基づき、年間有機物除去量及び年間COD除去量を試算し、他の海域での試算結果と比較した。その算出方法は表2に示すとおりであり、有機物、COD除去量は、有機体生産量とエネルギー消費量の含量とした。

表2 水質浄化量の算出方法

項 目	算 出 方 法
摂餌有機物量 底生動物の現存量 (g/m ²) 年間生産量 (％) 軟体類の生産量 (％) 多毛類の生産量 (％) 有機体生産量 (％) エネルギー消費量 (％) 排泄費量 (％) 摂餌有機物量 (％)	湿重量とした。湿重量÷0.12m ² から算定 年間生産量÷現存量 (B/P) は概ね2～3だが低めに見て1.5とし、現存量×1.5で算定 年間生産量×軟体類組成比×1/4 (アサリの可食部割合) 年間生産量×多毛類組成比 軟体類生産量+多毛類生産量 摂餌有機物量×0.30 摂餌有機物量×0.55 有機物生産量÷0.15
摂餌COD量 1個体 (1g) 当りのゴカイ摂餌 COD量 (mg/day) 可食部 1g 当りのアサリ摂餌 COD量 (g/year) 多毛類 (g/m ² ・year) 軟体類 (％) 有機体生産量 (％) エネルギー消費量 (％)	ゴカイ (1個体1g) 1日当りの有機物摂取量を30mgとした。砂泥中の有機物量は、砂泥の強熱減量 (％) とし底質のCOD値との関係から求めた。ただし、湿重量 (乾重量×5) に転換した。 (30×底質COD)/(強熱減量×50) 成貝1個体 (4g) 当りのろ過水量18L (1L/1時間とし6時間の干出)、ろ過効率60%、懸濁CODの比率30%。(水質COD×0.3×18L×0.6×365)/(4g×1,000) (底生動物現存量×多毛類組成比率×1個体当りの摂餌COD量×365)÷1,000 底生動物現存量×軟体類組成比率×1個体アサリ摂餌COD量 (多毛類摂餌COD量+軟体類摂餌COD量)×0.15 (多毛類摂餌COD量+軟体類摂餌COD量)×0.30

3. 結果及び考察

3.1 水底質調査

(1) 水質

図2に、海水中のDO濃度とクロロフィルa濃度の季節変動を、浅海域 (H-1) と干潟域 (H-2及びH-3) とで比較した結果を示す。1996年9月におけるDO濃度は、浅海域では3mg/L程度まで減少しているのに対し、干潟域では12mg/L程度であり、好気性状態が保たれている。クロロフィルa濃度は、全地点で同様の傾向を示しており、6月と2月にその濃度は高く、9月及び11月には低くなっている。

図3に、海水中の総溶存性無機態窒素 (TIN= $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$) 濃度と $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度の季節変動を比較した結果を示す。TIN濃度と $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度の季節変動の傾向は、ともに地点間で大きな差は見られない。クロロフィルa濃度が高くなる6月と2月に、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が0.01mg/L以下となっていること、及びTIN濃度は6月には $\text{PO}_4\text{-P}$ と同様に低い、2月には約0.6mg/Lが存在していることから、植物プランクトンの増殖過程は概ねリン制限となっているものと考えられる。

図4に、海水中の懸濁性有機物 (POM= $\text{POC} + \text{PON}$) 及び溶解性有機物 (DOM= $\text{DOC} + \text{DON} + \text{DOP}$) 濃度の季節変化を示す。懸濁性有機物濃度の季節変動は、いずれの地点においてもクロロフィルa濃度の季節変動とはほぼ同様の傾向が現れている。また6月にH-2の濃度が高くなっていることを除くと、地点間で大きな差はみられない。溶解性有機物濃度は、年間を通じて2mg/L程度と大きな季節変動はなく、また地点間でも大きな差は見られない。

図5に、植物プランクトンの光合成色素中のクロロフィルa濃度とその分解物であるフェオフィチン濃度の合計量に占めるフェオフィチンの割合 (δp) の季節変化を示す。 δp の値は全般的に浅海域よりも干潟域の方が大きく、干潟域では有機物分解活動が盛んに行われていることが予想される。

(2) 底質

図6に、底泥におけるfluff層厚と酸化層厚、ならびに底泥中の総硫化物 (T-S) 濃度と酸化還元電位 (ORP) の鉛直分布を、地点別季節別に示す。ここで、fluff層は、底泥表面の新鮮な有機物の浮泥層とし、また、酸化層と還元相は、色や臭気などの外観で区分した。浅海域における硫化物濃度は、いずれの時期においても約0.2mg/g-dryであり、干潟域と比較して高い。一方、干潟域においては、酸化還元電位が比較的高く、硫化物濃度もfluff層を除くと低いことから、好気的雰囲気と保たれているものと考えられる。この傾向は、浅海域における酸化層厚が8月と11月に約1cmと小さくなっているのに対して、干潟域では年間を通して約2cm

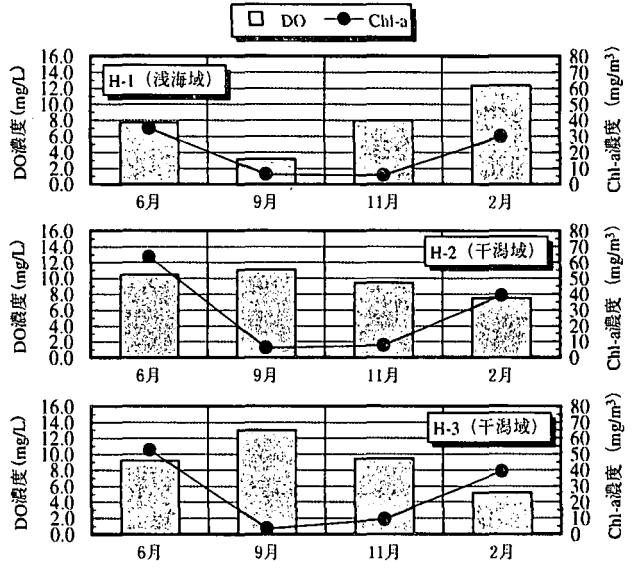


図2 DO濃度とクロロフィルa濃度の季節変化

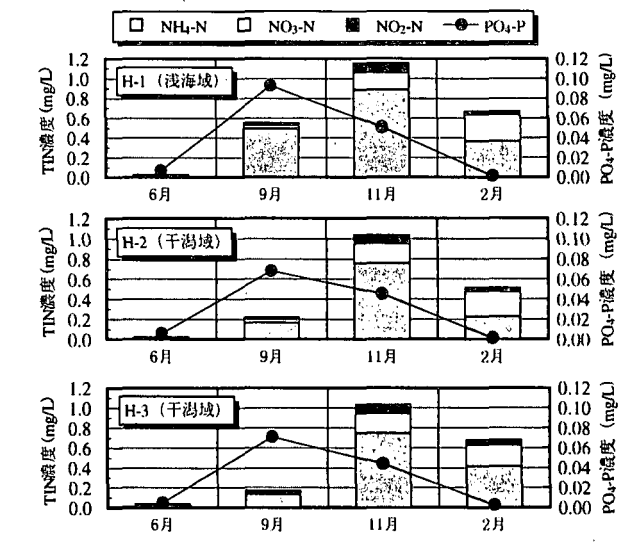


図3 無機態栄養塩濃度の季節変化

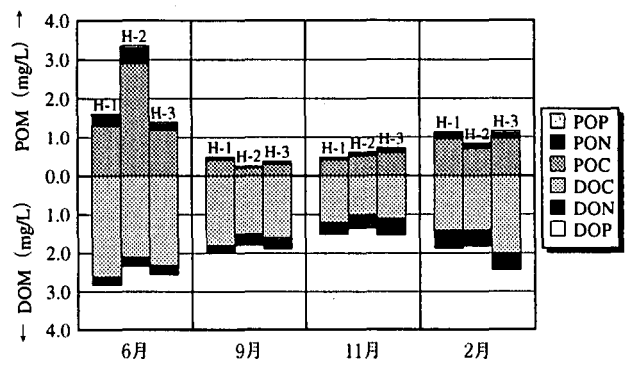


図4 有機物濃度の季節変化

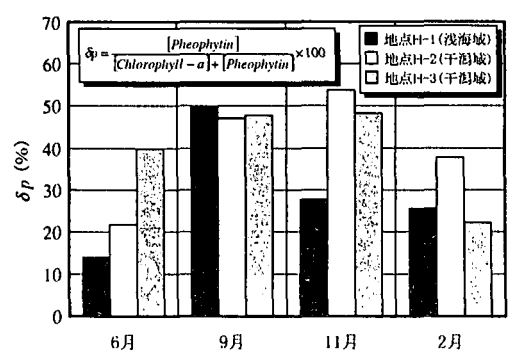


図5 δp の季節変化

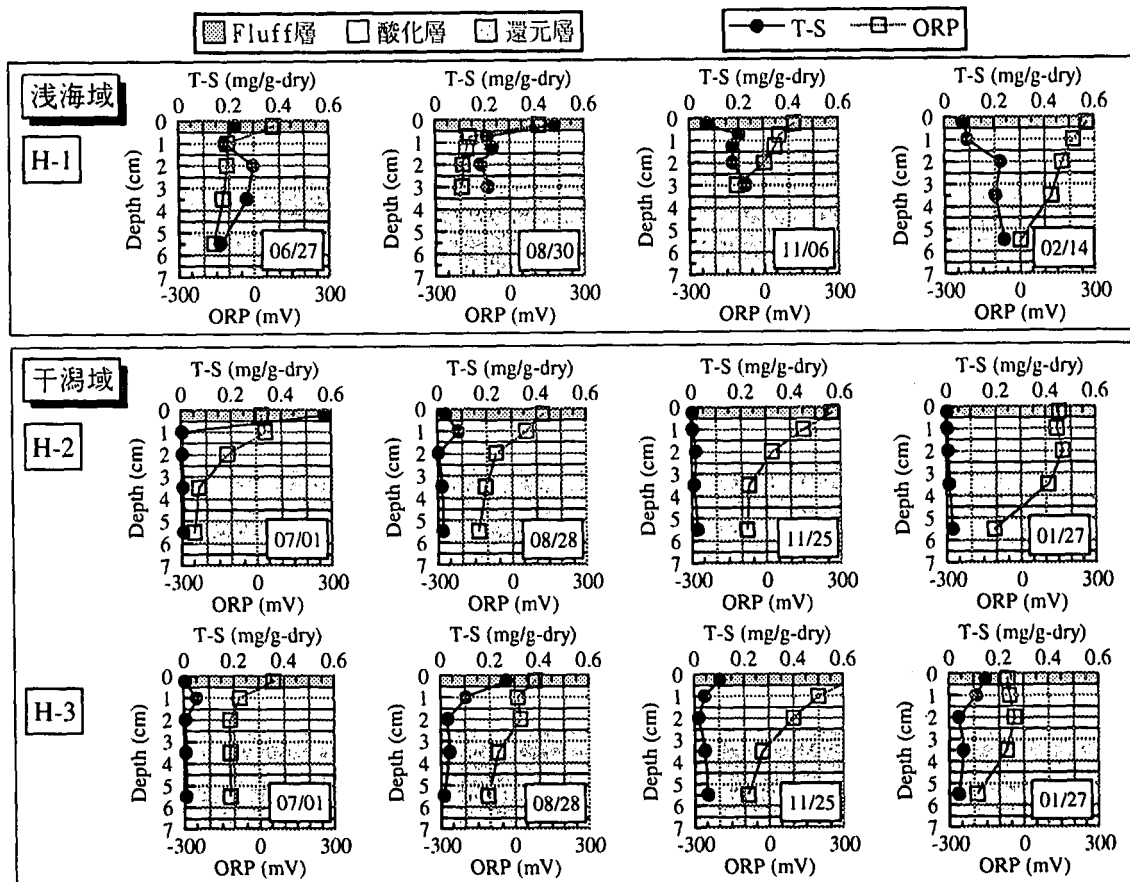


図6 底質のT-S濃度とORPの地点別季節変化

となっていることから類推される。

図7に、底泥からの無機態栄養塩溶出速度の季節変動を示す。無機態窒素については、嫌氣的雰囲気下と好氣的雰囲気下とは溶出速度に顕著な差はなく、その内訳は $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出が支配的となっている。一方、 $\text{PO}_4\text{-P}$ については、好氣的雰囲気下と嫌氣的雰囲気下で溶出速度に大きな差が現れている。溶出速度の季節的推移には、海水中のクロロフィルa濃度や懸濁性有機物濃度とほぼ同様の傾向が現れており、水温よりもむしろ底泥に堆積する有機物量と対応した変化を示している。また、クロロフィルa濃度が高い6月と2月と比較すると、懸濁性有機物濃度は同程度であるのに対して、溶出速度は水温の高い6月の方が大きくなっている。これらのことから、底泥中における有機物の分解速度には温度依存性が存在するものの、栄養塩溶出速度は、この分解速度と新生堆積物の供給速度の両者に依存しているものと考えられる。

図8に、底泥の酸素消費速度、ならびに脱窒速度の地点別季節変動を示す。酸素消費速度と脱窒速度は、ともに地点間で大きな差は見られず、明確な温度依存性も現れていない。また、それらの値は、酸素消費速度が最大 $1.2\text{g/m}^2\cdot\text{day}$ 程度、脱窒速度が最大 $0.8\text{g/m}^2\cdot\text{day}$ 程度となっている。

3. 2 底生生物の現存量

図9に、浅海域(A)及び干潟域(B)における底生生物相の概況を示す。底生生物の構成比を個体数で見ると、浅海域では多毛類が約半分を占めているのに対し、和自干潟では貝類の比率が42%で最も高かった。これらの個体数を年

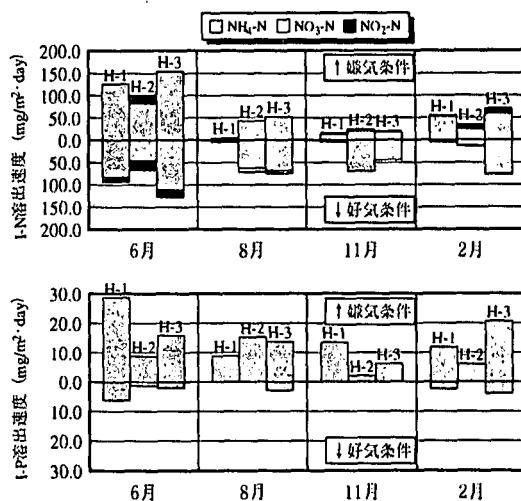


図7 底泥からの無機態栄養塩溶出速度

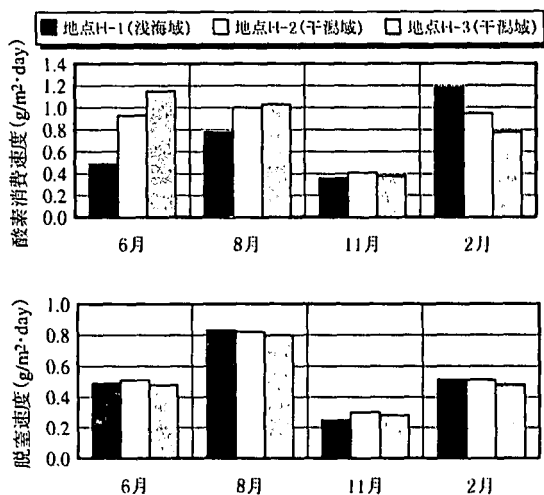


図8 底泥の酸素消費速度と脱窒速度

平均値でみると、浅海域が 15,000 個体/m²、干潟域が 81,500 個体/m² で、和白干潟の底生生物の現存量が浅海域に比べてはるかに多かった。また、湿重量で比較すると、浅海域に比べて干潟域の方が高く、干潟域を類別にみると、貝類、甲殻類、多毛類の順で高かった。

3. 3 水質浄化能の評価

図 10 に、博多湾の浅海域及び和白干潟における底生生物による水質浄化能力を試算した結果を、他の干潟と比較して示す。年間の有機物除去量でみると、和白干潟(B)での除去量が約 940g/m²・年で最も高く、博多湾の浅海域(A)や他海域でのそれは、和白干潟のおよそ半分ぐらいであった。一方、これらを底生生物による年間の COD 除去量としてみると、盤州干潟では 150g/m²・年、和白干潟では 130g/m²・年程度で比較的多かったが、浅海域は約 40g/m²・年で和白干潟の 1/3 程度であった。これは、盤州干潟や和白干潟が浄化能の優れているアサリ、シオフキガイ等の二枚貝が多い反面、博多湾の浅海域はゴカイや *Capitella capitata* などの多毛類の占める割合が多いためである。

以上の結果より、底生生物の組成比が異なることによって、浅海域と干潟域の水質浄化能が異なることが分かった。

3. 4 結果の考察

生物生息環境を評価できる水質予測モデルを開発することを目的として、浅海域や干潟域を対象に様々な調査を行った。この結果得られた最も重要な知見は、モデルにおける栄養塩の溶出速度の設定方法に関することである。これまでの水質予測モデルでは、溶出速度は基本的に水温の関数であり、これに嫌気状態か好気状態かを考慮する方法が一般的に採られてきた。しかし、この方法を当該海域に適用した場合、溶出速度の季節変動は、図7に示した今回の調査結果と大きく異なることは明白である。したがって、生物生息環境管理モデルでは、①まず水質の計算を行い、底泥への新生堆積物の供給量を求め、②底泥中での有機物の分解を温度の関数として算出し、③間隙水中のN、P濃度から溶出量を求める方法を探ることの必要性が明らかになった。さらに、底泥中における有機物の分解速度に及ぼすDO濃度の変化や、それへの鉄の介在、Pの特異的な吸着特性⁶⁾を表現することにより、初めて当該海域における溶出特性を表現できるものと考えられる。

また、底生生物の種類相異により有機物浄化能も異なることから、底生生物の現存量を面的に把握することが、水質の計算精度向上につながるものと考えられる。

4. まとめ

博多湾の最奥部に位置する和白干潟及びその前面の浅海域を対象として水底質の現地調査を行い、水質を含む生物生息環境を把握するとともに、対象海域における水質浄化能を試算した。その結果の要約を以下に示す。

- (1)水底質調査結果：海水中の有機物濃度の季節変動をみると、懸濁性有機物濃度(POM)はクロロフィル a 濃度と同様の変動を示すが、溶解性有機物濃度(DOM)は、年間を通じて概ね一定である。年平均値でみると、懸濁性有機物濃度は約 1mg/L、溶解性有機物濃度は約 2mg/L であり、活発な分解活動を示唆する傾向が現れた。
- (2)底生生物調査結果：底生生物の個体数を年平均値でみると、干潟域では約 81,500 個体/m² と、浅海域の約 5 倍の値であった。個体数を類別にみると、浅海域では多毛類の占める割合が高く、干潟域では貝類の占める割合が高かったが、類別の湿重量は、両海域ともに貝類の占める割合が高かった。
- (3)水質浄化能の評価：底生生物による有機物除去量は、和白干潟では約 940g/m²・年と、博多湾浅海域や比較干

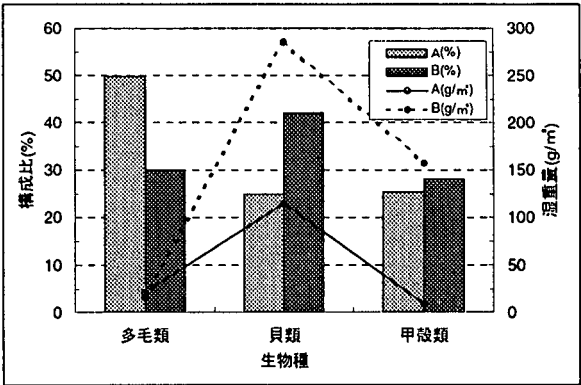


図 9 博多湾の浅海域 (A) と干潟域 (B) での底生生物構成比及び湿重量

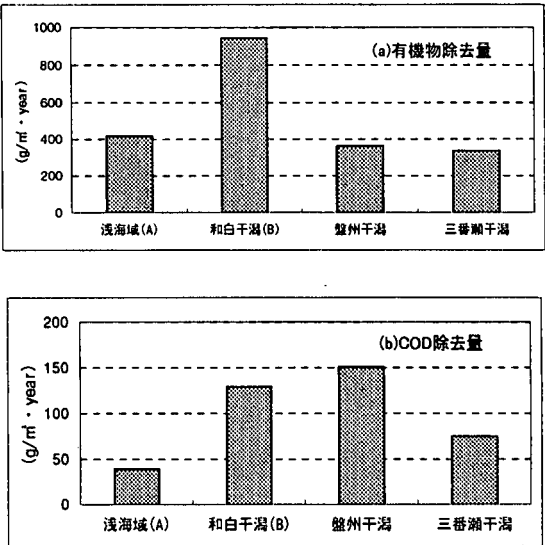


図 10 底生生物による水質浄化能の海域別試算結果比較

潟域での除去量の約 2 倍であった。また、底生生物による COD 除去量は、盤州干潟では約 $150\text{g/m}^2\cdot\text{年}$ 、和白干潟では約 $130\text{g/m}^2\cdot\text{年}$ と多かったが、浅海域は約 $40\text{g/m}^2\cdot\text{年}$ と、和白干潟の 1/3 程度であった。

謝辞

本調査研究を遂行するにあたり、様々なご協力ならびに御高配を賜りました福岡市港湾局の各位に深甚の謝意を表します。

参考文献)

- 1) 藤田健一他、「博多湾における富栄養化に関する研究（その I）—水質・底質の季節変動特性について—」、環境工学研究論文集、第 34 巻、pp. 231～238（1997）
- 2) 藤田健一他、「博多湾における富栄養化に関する研究（その II）—干潟及び底泥直上における水質挙動について—」、第 34 回環境工学研究フォーラム講演集、pp. 165～167（1997）
- 3) 福岡市港湾局(1997)：アイランドシティ整備事業環境監視結果(平成 8 年度)、pp.37～79.
- 4) 博多港開発株式会社(1993)：博多湾底質調査委託報告書、pp.138～139.
- 5) 木村賢史他(1991)：人工海浜の浄化能力について(2)、東京都環境科学研究所年報、pp.141～150.
- 6) 浮田正夫他(1985)：富栄養化海域における底質評価に関する研究、土木学会論文集、第 357 号、pp.235～242.