助成番号	助成事業名	所属・助成事業者名
19-1215-024	河口干潟生態系の評価・モニタリングに 有効な指標生物抽出技術及び群集比較 法等の開発	自然環境定量評価研究会 小野 勇一
(日 約)		

#### し日 じりし

現在、河川では生物指標を用いた水質判定法が確立され、全国統一的な調査が国土交通省等 のマニュアルに従って行われているものの、河口や干潟域においては指標生物等を用いた環境 評価やモニタリング手法が確立されていない。

そこで、1995 度に大規模調査が行われている曽根干潟において現況調査を行い、干潟環境 の変化とその要因を解析した。次に、変化した環境を簡便に定量的に評価できる指標生物の抽 出技術や群集比較法等の開発に向けての検討を行った。

#### [内容]

干潟上に設定した23地点および河口の澪筋沿いに設定した3側線で底生動物、底質調査、 土粒子の沈降量調査、干潟の硬度調査を実施し、1995年度の調査データ、その他既存の調査 データと併せて、干潟環境の現況と変化要因を解析した。また、群集比較法による解析、指標 生物の抽出を行い、その実用性等を検討した。

そのほか、カブトガニ幼生の生息状況と生息環境を干潟全域で調査し、指標性について検討 した。

## 〔結 果〕

本研究の結果、曽根干潟域では波浪の減少、海水交換率の低下などの物理的変化のほか、増 殖したアオノリ類の漂着・腐敗による底質環境の悪化、それに伴う二枚貝類を主体とする底生 動物の減少が起こっていることが推察された。

アオノリ類が夏枯れして腐敗した後、底質環境は一時的に悪化するものの、潮汐や波浪によ る攪乱で回復するため、底質の分析値そのものに大きな変化はみられなかったが、貧酸素や硫 化物に耐性の小さい二枚貝類の減少という形で環境変化を捉えることができた。

このような底生動物の環境指標性を検討した結果、抽出した指標生物によって地盤高や底質 の粒度、COD、硫化物など干潟の環境要素を概ね把握でき、底生動物による環境評価が可能 であることが分かった。しかし、本調査結果は北部九州の一つの干潟に限られていることや、 データ数も少ないことから、今後さらに調査を進めて指標性の精度を高めるほか、河川の底生 動物と同様に、全国的に広く、また環境学習に応用できる簡便な生物指標を開発する必要があ ると考えている。

また、群集比較法の一例として群集パターンの変化に着目する方法を示した。この方法は、 時系列、空間的に生物変化を捉えることができ、モニタリング手法として有効と考えられる。 さらに、環境変化に伴う群集変化をいくつかにパターン化できれば、群集の予測・評価モデル として有効と考えられる。したがって、同様の調査・解析を複数の干潟で行い、環境変化に伴 う群集変化をパターン化することが、今後必要と考えている。

助 成 事 業 **ത** 

要

旨

1.調査・試験・研究

「:自己評価シート1]

助成番号	助成事業名	所属・助成事業者名
19-1215-024	河口干潟生態系の評価・モニタリングに 有効な指標生物抽出技術及び群集比較 法等の開発	自然環境定量評価研究会 小野 勇一

#### [計画の妥当性]

干潟環境を評価する手法の一つとして、河川で行われている底生動物を用いた評価手法は一般の人に分かり易く、総合学習への応用も可能であることから、その手法の干潟域での確立は急務である。また、群集比較法は環境アセスメントや事業モニタリングの手法として有効と考えられる。対象とした曽根干潟は、多様な環境であり、そこから得られるデータは多くの情報を与えてくれたが、干潟面積が500ヘクタールと、全体を把握する上では規模が大き過ぎた。今後は、環境の異なる中・小規模に展開していきたい。

助成

事

業

実

施

成

果

ഗ

## [ 当初目標の達成度 ]

干潟環境の変化の要因、指標生物の抽出は予定どおり達成できたと考えている。しかし、指標生物の評価技術や群集比較法については、Twinspan 分析、CVA(Community viability analysis)を用いた解析までには至らなかった。CVA については、底生動物間やその上位・下位の生物との食物連鎖や相互関係等生態的特性を十分把握する必要があり、1 年間の研究では困難であったと考えている。

今後は、他の干潟の調査を加え、指標生物手法の一般化、精度の向上、全国展開できるように簡便な指標生物調査法の確立が必要である。

#### 〔事業の効果〕

指標生物手法の精度を向上させた上で、簡便な干潟環境評価方法として全国展開させる。また、河川河口域の河川整備の際、どのような底質・地盤高を保全すれば生態系が維持できるのかの判断資料として極めて有効に利用できるものと考えられる。

今回の研究成果にさらに解析・検討を加え、応用生態工学会などへ投稿する予定である。

## [河川管理者等との連携状況]

当該事業の実施にあたり、河川管理者などとの具体的な連携等は行わなかった。

自己評

価

# 河川整備基金助成事業

「河口干潟生態系の評価・モニタリングに有効な 指標生物抽出技術および群集比較法等の開発」

> 助成番号:19-1215-024 自然環境定量評価研究会 小野 勇一

平成19年度

## 目 次

1.	はじめに	1
2.	調査・研究対象地域の概要	2
2.1	位 置	2
	干潟および周辺環境の現況と変遷	
3.	干潟環境および生態系の現況および変化の実態	5
3.1	調査概要	5
3.2	地盤高・底質	7
3.3	干潟の硬度・堆積量	15
3.4	底生動物	17
3.5	まとめ	20
4.	干潟環境および生態系の変化要因の解析	21
4.1	波浪および潮流と底質変化	21
4.2	底質変化と底生生物	26
4.3	アオノリ類の増加と底質・底生動物の変化	32
4.4	まとめ	33
5.	干潟環境の評価に有効な指標生物抽出技術および群集比較法等の開発	34
5.1	底生動物における指標生物の抽出と指標性の検討	34
5.2	カブトガニの生息環境と指標性	39
5.3	群集比較法および指標生物法を用いた環境評価と課題	42
5.4	まとめ	43
6	おわりに	43

## 1. はじめに

河口および沿岸浅海域に形成されている干潟環境は、陸域と海域のエコトーンとして流域の開発や河川改修、下水道整備、沿岸の埋立事業等の影響を受け、物理・化学的に著しく変動する。これらの変動は、生物の種類や分布、生息量等の生態系の変化として現れてくる。

現在、河川では生物指標を用いた水質判定法が確立され、全国統一的な調査が国土交通 省等のマニュアルに従って行われているものの、河口や干潟域においては指標生物等を用 いた環境評価やモニタリング手法が確立されていない。

北九州市の曽根干潟は4河川が流入し、近年、流域開発や新北九州空港(昨年3月に開港)建設に伴う埋立等による周辺環境の変化が著しい。干潟部では、底質の硬化やカブトガニ産卵数やアオサのある時期からの急増など、生態系に変化がみられている。

そこで、平成7年度に大規模調査が行われ、面的、時系列的解析が可能な曽根干潟において現況調査を行い、平成7年度の大規模調査に対する干潟環境の変化と変化要因、そのメカニズムを解析する。また、変化した環境を簡便に定量的に評価できる指標生物の抽出技術や群集比較法等を開発する。

(1) 干潟環境および生態系の変化の実態について

干潟の物理・化学的環境および生物分布等の平成7年度時点からの変化を、航空写真、 既存資料、現地調査を通して明らかとする。

- (2) 干潟環境および生態系の変化要因の解析 前項の調査結果や既存資料等を用いて解析し、環境変化の要因を明らかにする。
- (3) 環境変化を簡便に定量的に把握するための指標生物の抽出技術と群集比較法等の開発

環境要因と生物との関係を解析して指標生物を抽出する技術を開発する。また、環境 変化を評価・モニタリングするために有効な群集比較法等を開発する。

## 2.調査・研究対象地域の概要

## 2.1 位 置

福岡県北九州市小倉南区にある曽根干潟(図2.1)は、幅(南北)約3km、干出距離(東西)が約1.7km、最大干出面積が約520haあり、北九州市内に存在する干潟の中で最大である。沖合約3kmには平成18年3月に開港した北九州空港の人工島が位置している。

干潟沖側の間島の南側で漁港が、干潟の南側では苅田港の整備に伴う新松山地区の埋立が施工中である。干潟の背後地には住宅地、水田、草地等が広がっており、北から順に竹馬川、大野川、貫川、朽網川が流入している。



図 2.1 曽根干潟位置図

## 2.2 干潟および周辺環境の現況と変遷

## 2.2.1 埋立の変遷

有史以前の曽根干潟は、海が西側に奥深く湾入していたものと考えられている。記録に残されている一番古い干拓は、寛永の時代(1642~1643)に、細川忠興が行ったものとされ、その後江戸、明治、昭和と合計約585haの干拓が進められて現在の地形となった(図2.2)。

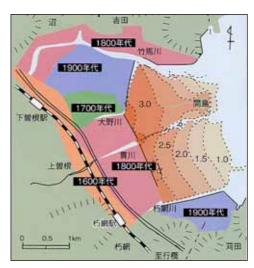


図 2.2 曽根干拓の変遷と干潟地形1

## 2.2.2 流入負荷(河川及び海域の水質)

曽根干潟に流入する河川の流量は、竹馬川が約5万m³/日、朽網川が約3.7万m³/日、 その他の河川は合計で1万m³/日を超える程度の小河川である。河川のCODは竹馬川が最も高く、次いで貫川となっている。

干潟域と海域の水質からは、有害物質は 検出されず、有機物含有量(COD)などにつ いても、環境基準を大幅に超えるものは検 出されなかった。

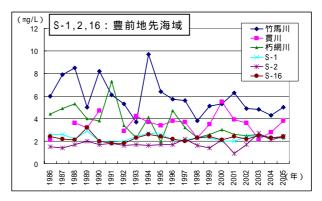


図 2.3 流入河川及び周辺海域の水質(COD)<sup>2)</sup>

	表 2.1 十潟 奥と 海 奥 の 水 質 ツ							
	項目		単位	江   干潟域		海域		環境基準
	水素イオン濃度	(pH)	-	8.2	(7.9~8.3)	8.2	(8.0~8.4)	7.8~8.3
生	浮遊物質量	(SS)	mg/L	7	(2~21)	5	(1~22)	-
活	溶存酸素量	(DO)	mg/L	7.8	$(3.7 \sim 10.8)$	8.6	(4.5~11.1)	7.5以上
環	<b>左继师</b> 皇	(COD)	mg/L	1.8	(1.0~3.1)	1.8	(1.0~5.2)	2.0以下
境	17日12世	(溶解性COD)	mg/L	1.3	$(0.7 \sim 2.3)$	1.3	(0.6~2.4)	-
項	全窒素	(T-N)	mg/L	0.35	$(0.18 \sim 0.58)$	0.28	$(0.12 \sim 0.55)$	0.3以下
目	全リン	(T-P)	mg/L	0.032	$(0.012 \sim 0.069)$	0.024	$(0.011 \sim 0.066)$	0.03以下
	クロロフィルa		μg/L	4.4	$(0.5 \sim 17.1)$	6.0	$(0.7 \sim 28.7)$	-
健康項目(有害物質23項目)				不検出		不検出		

表 2.1 干潟域と海域の水質1)

## 2.2.3 底質

曽根干潟は粒子の粗い砂や粒子の細かい泥などが交じり合った砂泥質であるが、場所によっては泥質や砂質のところもみられる。底質に含まれる有機物(COD)や硫化物濃度は低く、よごれやにごりの少ないきれいな干潟である。

項目	単位		干潟域		海域
COD	mg/g	2.3	(1.2~3.9)	15.3	(8.8~27.0)
強熱減量	%	2.6	$(1.9 \sim 4.2)$	9.0	(6.8~11.7)
T-N	mg/kg	198	(109 ~ 501)	1312	(827 ~ 1910)
T-P	mg/kg	259	(200 ~ 367)	454	(393 ~ 563)
酸化還元電位	mv	-100	(-202 ~ 36)	-367	(-412 ~ -311)
硫化物	mg/g	0.032	$(0.006 \sim 0.187)$	0.696	$(0.198 \sim 1.980)$
含水率	%	25.0	(17.2~34)	61.3	(52.9~74.9)

表 2.2 底質調査結果3)

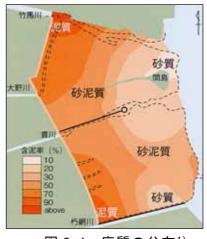


図 2.4 底質の分布1)

## 2.2.4 生物

### (1) 底生生物

曽根干潟では年間を通じて、326種の底生生物が確認されている。最も数が多いのがゴカイ類などの環形動物で、エビ類やカニ類などの甲殻類も多く見られる。

希少種としては、環境省のレッドデータブックに記載されているカブトガニやハクセンシオマネキのほか、WWFサイエンスレポート(世界自然保護基金日本委員会刊)で絶滅寸前とされたシマへナタリなどが発見されている<sup>1)</sup>。

## (2) 魚類

曽根干潟では年間を通じて、55種の魚類が確認されている。時期的には冬季に比べ夏季のほうが出現種類数、出現個体数ともに多くなっている。エリア別にみると干潟域では、 海域に比べて種類数は少ないものの個体数は多く、スズキ、ボラなどの幼魚が多く見られる1)。

また、水産庁の『日本の希少な野生水生生物に関するデータブック』で絶滅危惧種とされるアオギスが干潟や干潮線付近で採取されている。

## (3) 魚卵・稚仔魚

曽根干潟では年間を通じて6種の魚卵が確認されている。出現種類、出現個体数ともに 冬季よりも夏季に多く、干潟域よりも海域で多く見られる。

稚仔魚については、年間を通じて 47 種が確認されており、出現種類、出現個体数ともに冬季よりも夏季に多く見られる。また、干潟域では海域に比べて種類数は少ないものの個体数は多く見られる<sup>1)</sup>。

## (4) 野鳥

曽根干潟は朝鮮半島や中国に近く、九州と本州の接点にあたるため鳥の渡りの十字路となっている。曽根干潟に飛来する野鳥は、秋・冬を中心にカモ類、シギ類、カモメ類など、年間 109 種、13、000 を超える個体が確認されている。

また、曽根干潟は環境省のレッドデータブックで絶滅危惧Ⅱ類とされるズグロカモメの 国内有数の越冬地で、例年 10 月末ごろから 2 月末まで 200~300 羽が飛来する。

## (5) 漁業関係者および曽根干潟を訪れている市民からの意見

平成19年10月から平成20年1月にかけて漁業関係者および曽根干潟を訪れている市 民に曽根干潟の変化について聞き取りを実施した結果、次のような貴重な情報が得られた。

- カモが少なくなったように思う。
- ・2007年5月にアオノリが大量発生、その後8月にシオフキ、マテガイの大量死を見た。

## 参考文献

- 1) 曽根干潟の生き物 (パンフレット)、北九州市環境局
- 2) 国立環境研究所「環境数値データベース」公共用水域水質データファイル
- 3) 曽根干潟環境調査(平成7年度~12年度)結果(平成13年3月)、北九州市

## 3. 干潟環境および生態系の現況および変化の実態

曽根干潟で貫入調査、硬度調査、沈降量調査、底質調査、底生生物調査を実施して干潟環境の現況を把握するとともに、過去に調査実績がある項目については、その変化の実態について解析した。

### 3.1 調査概要

#### 3.1.1 硬度・堆積量調査

干潟の土の性状を表す指標として、土粒子の粒度調査が一般的であるが、表層土が対象となるため、短期的な潮流や波浪の影響を受けている場合がある。そこで、長期的変化の指標として長谷川式土壌貫入計を用いた貫入調査を実施し、干潟の層状構造を把握した。また、同一地点における土砂の攪拌状況(漂砂量)を把握するため、試料びんを 15 日間埋設し、その堆積量を調査した。



図 3.1 貫入調査状況



図 3.2 沈降量調査(埋設状況)

## 3.1.2 底質・底生動物調査

#### (1) 干潟全域調査(P1~23 地点)

底質および底生動物調査は、2007 年 10 月 27 日 $\sim$ 29 日に干潟上に約 500m間隔で設定した 23 地点で実施した(図 3.3)。各調査地点への誘導はGPSによった。

底質試料は、満潮時に船上から採泥器(スミス・マッキンタイア型:1/20 m)を用いて 1 地点あたり 1 回採泥し、分析に供した。底生動物は同採泥器を用いて 5 回採泥し、 $1 \times 1$  mm 目のフルイを用いて選別した残査を混合試料とした。また、船上から採取できない 岸際の地点については、干潮時にスコップにて採泥した。

底質の分析項目は、粒度試験、含水比、COD、硫化物、ORP(酸化還元電位)とした。そのほか解析には、北九州市が実施した 1995 年の地盤高・底質・底生動物調査結果 および 1998 年の底生動物調査結果1)、九州共立大学が実施した 2007 年の地盤高のデータ (九州共立大学小島研究室提供)を解析に使用した。

底生動物のうち潜孔性のカニ類や大型の貝類などは、泥中深く潜っているため採泥器での採集が困難なもの、生息密度が低いため目視観察の方がより精度よく個体数を把握できるものがある。そのため、大型底生動物調査として 2007 年 10 月 13、14、27 日の干潮時に P5、20、23 地点を除く 20 地点で目視観察とスコップを使用した採泥によるコドラート( $25 \times 25 \text{cm} \times 5 \sim 8$  回、4 mm 目のフルイ使用)調査を実施した。なお、澪筋や干潮線付

近の地盤高の低い P5、20、23 地点については干出せず、調査ができなかった。

## (2) 側線調査(L1~L3側線)

干潟環境は、澪筋からの距離や地盤高によって底質が大きく変化する場合がある。前述の干潟 P1~23 地点は、干潟全体を把握する上では有効であるが、これら微地形の変化に伴う底生動物の変化を十分把握できていない可能性がある。

そこで、泥質から砂質までの多様な底質環境をもつ貫川河口の澪筋沿いに L1 ~L3 の各側線上に 4~5 地点設定し、底生動物の底質の変化を把握することとした。

底生動物の分布は、スコップを用いた 採泥によるコドラート調査( $25 \times 25 \text{cm}$  $\times 5$  回、1 mm 目のフルイ使用)、大型底 生動物を対象とした目視観察とスコップ を用いた採泥によるコドラート調査(25 $\times 25 \text{cm} \times 5 \sim 8$  回、4 mm 目のフルイ使用) により把握した。

底質については、底生動物の採取地点 近傍で採泥し、粒度、含水比、COD、 硫化物、ORP粒度を分析した。

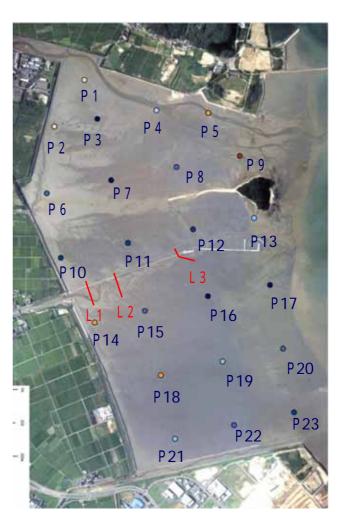


図 3.3 調査地点

## 3.2 地盤高・底質

## 3.2.1 地盤高・底質変化の実態

地盤高、中央粒径、COD、硫化物、ORPの1995年および2007年の分布と差分(2007年-1995年)をみると、干潟の全体的な変化としてORPの低下が、南部における硫化物の増加が目立っている。特に、間島の北側地点での変化が大きい(図3.4~図3.8)。

## (1) 地盤高

地盤高は、全体的にはやや低下傾向である。

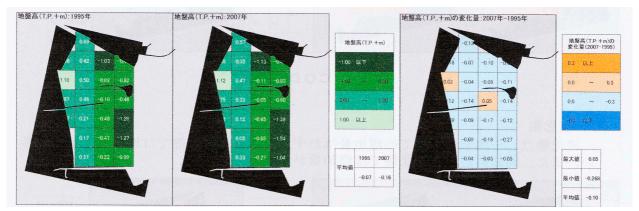


図 3.4 地盤高の変化

## (2) 中央粒径

中央粒径は、干潟全体としてみるとわずかではあるが細かくなっており、間島の北側では顕著である。

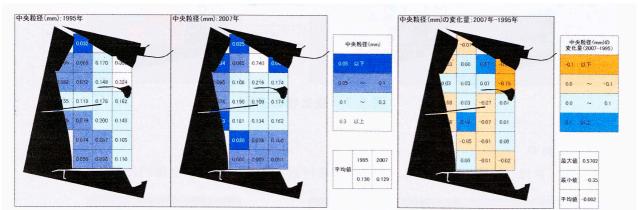


図 3.5 中央粒径の変化

## (3) C O D

CODは、干潟全体としては若干減少しているが、間島周辺では増加している。

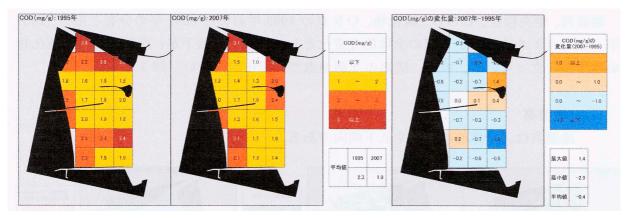


図 3.6 CODの変化

## (4) 硫化物

硫化物は、干潟全体としての増加量はわずかであるが、南部では増加した地点が多い。また、間島周辺、特に北側では増加量が大きい。

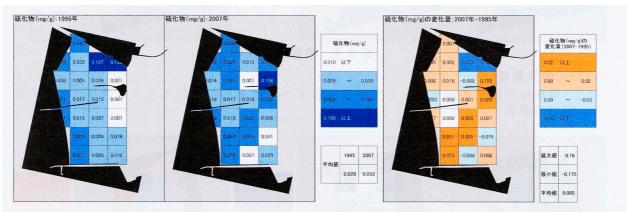


図 3.7 硫化物の変化

## (5) ORP

ORPは、竹馬川、大野川、貫川の澪筋付近の地点を除き、全体的に低下している。

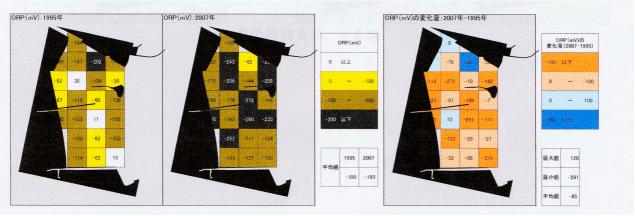


図 3.8 ORPの変化

### 3.2.2 底質の類似性による区分とその変化

1995年と2007年の2ヵ年分×23地点分のデータについて、5項目(地盤高、中央粒径、COD、硫化物、ORP)の類似度(データ正規化後のユークリッド平方距離)を求め、クラスター分析(ウォード法)による干潟区分を行った。

## (1) 底質区分と各区分の特徴

クラスター分析の結果、曽根干潟の底質は大まかに6つの区分に分類された(表3.1、図3.9)。

平均值 地点数 区分 特徴 CODORP 地盤高 中央粒径 硫化物 1995.秋 2007.10 T.P. +m mV mm mg/g mg/g 区分 6 7 0.44 0.025 -174 含泥率が多い岸寄りの代表区域 2.0 区分 -200 含泥率が多い岸寄りの底質がやや汚れた区域 1 5 0.31 0.03 0.055 区分 8 5 0.02 0.13 1.8 0.013 -99 砂泥質の中潮帯の代表区域 区分 4 -0.70 0.31 0.009 -28 含泥率が少な〈底質がきれいな区域 2 1 -0.79 0.25 3.3 0.155 -203 含泥率が少な〈底質が汚れた区域 0.12 -176 砂泥質の沖合いの代表区域 2 4 -1.19 1.9 0.013 区分

表 3.1 曽根干潟の底質区分と各区分の特徴



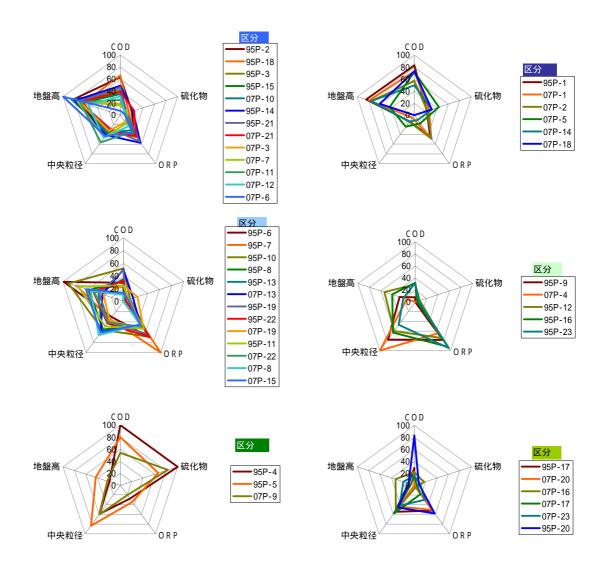


図 3.9 曽根干潟の底質区分ごとの特徴と各区分に該当する地点

## (2) 底質区分の変化

底質区分の変化(図 3.10)および変化パターン(図 3.11)をみると、北部の岸側では区分 I に替わって区分 I が増えており、硫化物の増加と ORP の低下傾向が読みとれる。

また、南部沖側では区分 $\mathbf{III}$ に替わって区分 $\mathbf{IV}$ が拡大しており、 $\mathbf{COD}$ の増加と $\mathbf{OR}$  Pの低下および泥化の傾向が読み取れる。

なお、23地点中8地点は、この12年間でこの底質区分には変化がない。

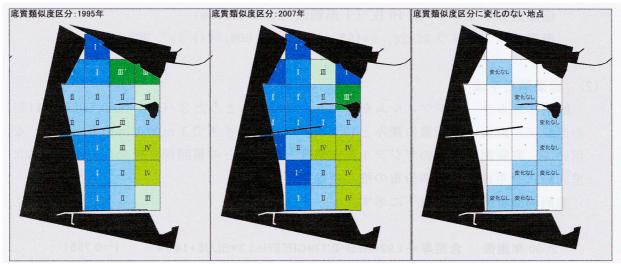


図 3.10 底質区分の変化

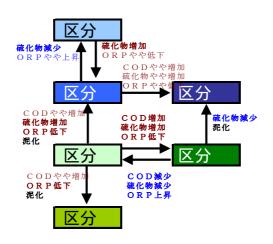


図 3.11 底質区分の変化パターン

## 3.2.3 航空写真の解析画像からみた含泥率の分布と変化

2000~2002 年度に行った「河口干潟生態系における環境評価手法の研究」において、航空写真に写る干潟表面の色から含泥率の分布を捉えることができたため、本研究においても同様に航空写真撮影を実施し、両年度の画像解析結果から、含泥率の分布と変化を把握した。

## (1) 航空写真の撮影諸元

撮影日 :【前回】2000年9月27日

【今回】2007年7月31日

写真種別:垂直・カラー写真, 縮尺 1/10,000

撮影数量: 2コース, 10枚 (干潟範囲約 3km×1.5km)

撮影条件:カメラ RC-20, F=153, オーハーラップ 60%, サイトーラップ 30%

## (2) 画像解析手法

航空写真カラーポジフィルムをスキャナーで読みとった 3 バンド (RED, GREEN, BLUE) のデジタル画像(1 画素の読みとりサイズは地上サイズで 1 m×1 m相当とした)を用いて、底質調査地点のデジタル画像濃度と含泥率との重回帰分析を行い、得られた重回帰式を用いて含泥率分布の推定画像を作成した。

重回帰分析の結果を以下に示す。

2000 年画像 含泥率=-1.92\*RED-0.77\*GREEN+3.2\*BLUE+14.74 「<sup>2</sup>=0.7561 2007 年画像 含泥率=0.74\*RED-1.44\*GREEN+3.46\*BLUE-261.34 「<sup>2</sup>=0.6103

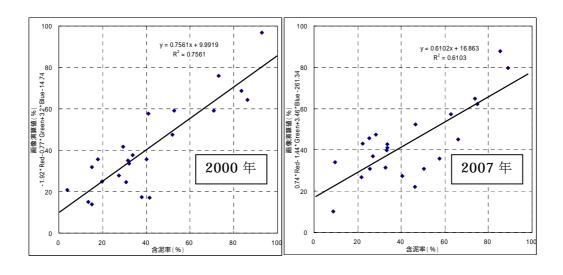


図 3.12 含泥率と重回帰式による画像演算値との相関関係

## (3) 解析画像からみた含泥率の分布と変化

作成した含泥率分布の推定画像を図 3.14、図 3.15 に示した。また、これらの画像から含泥率別の干潟面積を算出しその変化を図 3.13 に示した。

これらによると、北部では間島付近の沖側で含泥率が上昇していること、南部では全体的には低下していることが読みとれる。また、海床路の根元付近の北側に面した区域や、朽網川の河口から松山埋立地(図 2.1 参照)に沿った区域では、含泥率が上昇している。

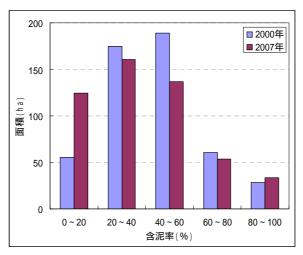


図 3.13 含泥率別の面積の変化 (面積合計 509ha)

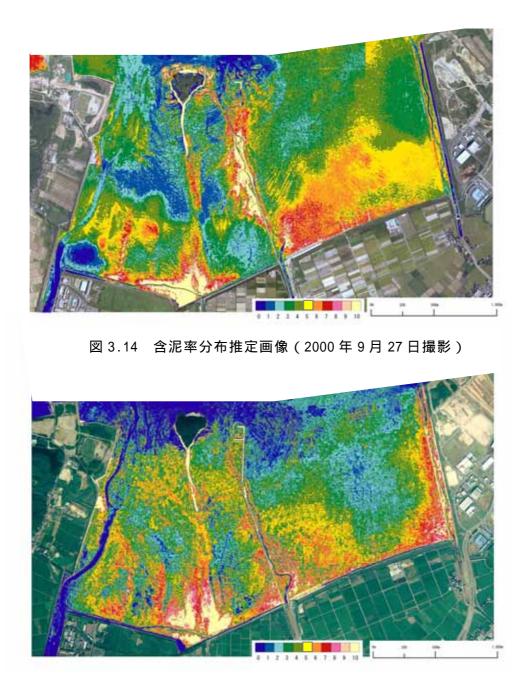


図 3.15 含泥率分布推定画像(2007年7月31日撮影)

## 3.3 干潟の硬度・堆積量

## 3.3.1 貫入調査結果(面的性状)

貫入量と打撃回数の関係を横軸が打撃回数、縦軸を貫入量として、図 3.16 に示す。沖側 (P4,P9,P13,P17,P19,P22) と比べ岸側 (P1,P6,P10,P14,P18,P21) は打撃回数が少なく、

岸から沖に向けて層構造で 硬くなる傾向が見られる。

干潟北側(P1~P13)と南側(P14~P23)とを比較すると、概ね南側が硬い傾向となっている。北側(P1~P4)は竹馬川河口であり、比較的柔らかい土砂の堆積が層状となっていることが推測される。P9地点が特異的に硬い傾向が見られるが特異で、貫入調査時に貝殻等が抵抗となったと考えられる。

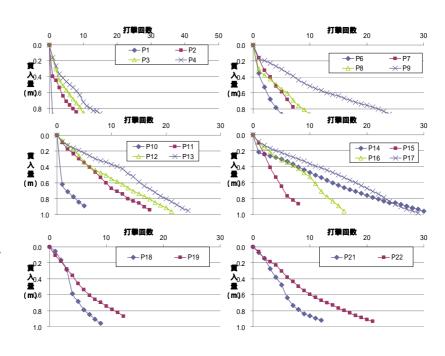


図 3.16 貫入試験結果

### 3.3.2 貫入調査結果(層状性状)

干潟に流入する竹馬川、大野川、貫川の河口での鉛直性状を図 3.17 に示す。竹馬川河口の P1 では、約 90cm の堆積層が見られ、貫川河口の P14 では約 20cm の堆積層が見られたが、大野川河口の P6 では顕著な堆積が見られず、一様な性状となっている。

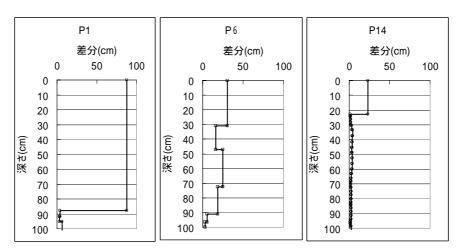


図 3.17 鉛直性状

## 3.3.3 沈降量調査結果

沈降量調査結果を図 3.18 に示す。干潟南側(P14~P23)の沈降量が北側(P1~P13)と比べ多くなる傾向が顕著に見られた。干潟北側の沈降状況に、着目すると、竹馬川河口のP1の沈降量が  $50 \text{m}^3$ と全地点の中で最も少なく、間島南側のP13 が  $570 \text{m}^3$ と北側では最も多い結果となっている。これは、先の貫入調査結果で推測された堆積厚とは逆な傾向となっている。

また、図 3.19 の中央粒経と沈降量との関係を見ると、干潟南側(P14~P23)では相関は見られいなが、干潟北側では粒経小さいほど沈降量が少なく、粒経が大きくなるにつれ、沈降量が多くなる傾向が伺える。

干潟上の漂砂の要因として波浪および潮流を考えた場合、波浪による漂砂が卓越する地点では、攪乱が大きく、細かい土砂は巻き上げられ、土砂の沈降が発生するのに対して、潮流による漂砂が顕著な地点では、巻き上げは発生せず、浮遊状態の土砂が沈降するのみであるため、土砂の沈降速度も遅く、沈降しにくいと推測される。



図 3.18 沈降量調査結果

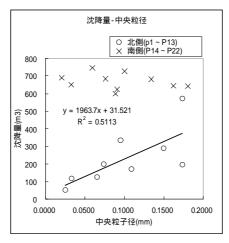


図 3.19 沈降量と中央粒経の関係

### 3.4 底生動物

## 3.4.1 底生動物の種数・個体数質重量の変化

2007年の底生動物の種数、個体数、湿重量の分布を既存資料の 1995年、1998年のデータと比較すると、間島北側での個体数および湿重量の減少、干潟南側の沖側での湿重量の減少が著しく、特に二枚貝類の減少が顕著であることが明らかとなった(図 3.20)。

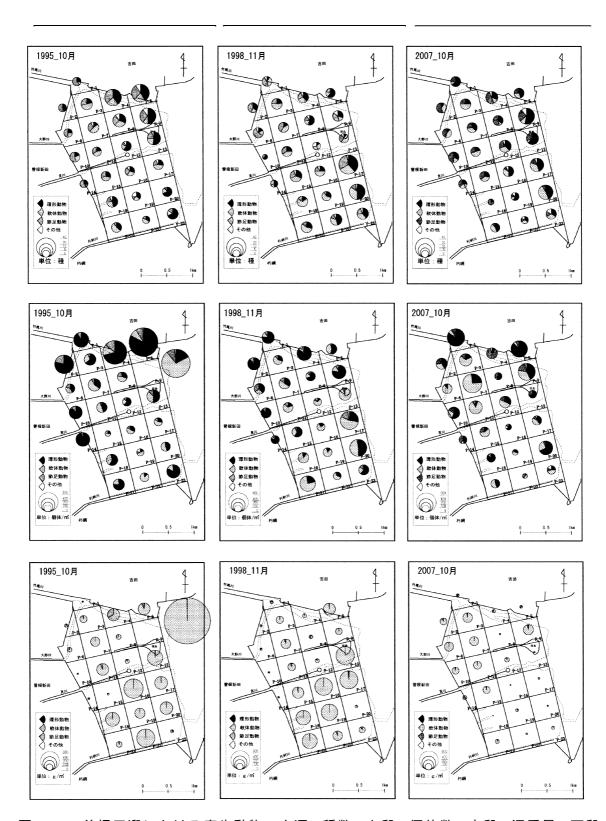


図 3.20 曽根干潟における底生動物の変遷(種数:上段、個体数:中段、湿重量:下段)

### 3.4.2 底生動物の群集比較とその変化

1995年と1998年および2007年(調査時期は各年とも秋季)の3ヵ年分×23地点分の種別個体数データを用いて、底生動物相の類似度(Hornの重複度指数)を求め、クラスター分析により底生動物相を区分し、群集比較を行った。

## (1) 底生動物相区分と各区分の特徴

クラスター分析の結果、曽根干潟の底生動物相は大まかに 9 つの区分に分類された (表 3.2)。これによると、1995 年にはホソイトゴカイのほかアラムシロガイ、シオフキガイ、アサリやオサガニ、ヤマトオサガニ等を共通種とする区分 I ~区分III )の 4 区分のみであったのが、1998 年にはホソイトゴカイが少なく多様度指数の高い区分V が加わり、さらに 2007 年には同じくホソイトゴカイが少ない区分IVや、それらとは種組成や優占種がやや異なる区分VI~区分VIII0 4 区分が加わっている。

表 3.2 曽根干潟の底生動物相区分と各区分の特徴

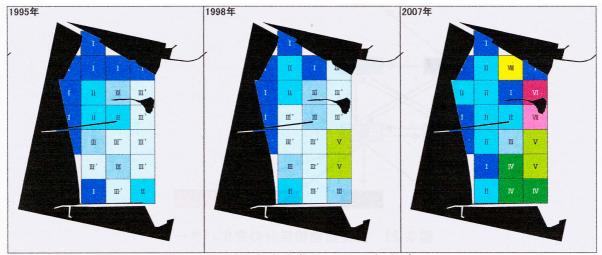
項目		区分								
		II	Ш	Ⅲ'	IV	V	VI	VII	VIII	
1995年	9	4	3	7	-	-	-			
1998年	6	3	4	8	-	2	•	-	-	
2007年	7	7	1	-	3	2	1	1	1	
紐形動物門		0%	1%		11%	0%	1%			
ヘナタリガイ	2%	39%		1%		1%				
アラムシロガイ	3%	6%	22%	19%	38%	1%	2%	3%	1%	
ホトトギスガイ				0%			32%			
シオフキガイ	0%	1%	8%	21%	1%	11%	1%			
アサリ	0%	4%	3%	16%		0%				
ナガホコムシ	0%		2%	0%	1%	14%				
ケンサキスピオ	1%	0%	1%	5%		1%	17%	9%		
ホソイトゴカイ	72%	19%	12%	11%	1%	0%	9%	12%	3%	
ミナミシロガネゴカイ	1%	2%	2%	1%	10%	4%	2%	21%		
サラサフジツボ	0%	3%		1%			10%	18%	28%	
ムロミスナウミナナフシ	1%			0%			2%	6%	27%	
ニホンドロソコエビ	0%	0%		2%		1%	4%		13%	
カンフーソコエビ属		0%	0%		17%	1%				
オサガニ	0%	0%	4%	1%						
ヤマトオサガニ	4%	2%	2%	0%			1%	3%		
average	2.4	4.2	6.9	4.8	4.5	11.1	6.6	9.6	5.7	
min	1.2	1.7	2.7	2.6	3.4	6.2	6.6	9.6	5.7	
max	6.1	6.8	9.3	7.3	6.2	14.9	6.6	9.6	5.7	
	1995年 1998年 2007年 組形動物門 ヘナタリガイ アラムシロガイ ホトトギスガイ シオフキガイ アサリ ナガホコムシ ケンサキスピオ ホソイトゴカイ ミナミシロガネゴカイ サラサフジッポ ムロミスナウミナナフシ ニホンドロソコエピ カンフーソコエピ属 オサガニ ヤマトオサガニ average min	1995年 9 1998年 6 2007年 7 細形動物門 ヘナタリガイ 2% アラムシロガイ 3% ホトトギスガイ シオフキガイ 0% アサリ 0% ナガホコムシ 0% ケンサキスピオ 1% ホソイトゴカイ 72% ミナミシロガネゴカイ 1% サラサフジッポ 0% ムロミスナウミナナフシ 1% ニホンドロソコエピ 0% カンフーソコエビ属 オサガニ 0%  average 2.4 min 1.2 max 6.1	1995年 9 4 1998年 6 3 2007年 7 7 細形動物門 0% ヘナタリガイ 2% 39% アラムシロガイ 3% 6% ホトドギスガイ シオフキガイ 0% 1% アサリ 0% 4% ナガホコムシ 0% ケンサキスピオ 1% 0% ホソイトゴカイ 72% 19% ミナミシロガネゴカイ 1% 2% サラサフジツボ 0% 3% ムロミスナウミナナフシ 1% ニホンドロソコエビ 0% 0% オサガニ 0% 0% ヤマトオサガニ 4% 2% average 2.4 4.2 min 1.2 1.7 max 6.1 6.8	1995年 9 4 3 1998年 6 3 4 2007年 7 7 1 細形動物門 0% 1% ヘナタリガイ 2% 39% アラムシロガイ 3% 6% 22% ホトトギスガイ シオフキガイ 0% 1% 8% アサリ 0% 4% 3% ナガホコムシ 0% 2% ケンサキスピオ 1% 0% 1% ホソイトゴカイ 72% 19% 12% ますショガネゴカイ 1% 2% 2% サラサフジツボ 0% 3% ムロミスナウミナナフシ 1% ニホンドロソコエビ 0% 0% オサガニ 0% 0% オサガニ 0% 0% オサガニ 4% 2% 2% average 2.4 4.2 6.9 min 1.2 1.7 2.7 max 6.1 6.8 9.3	1995年 9 4 3 7 1998年 6 3 4 8 2007年 7 7 1 - 組形動物門 0% 1% ハナタリガイ 2% 39% 1% アラムシロガイ 3% 6% 22% 19% ホトトギスガイ 0% 1% 8% 21% アサリ 0% 4% 3% 16% ナガホコムシ 0% 2% 0% ケンサキスピオ 1% 0% 1% 5% ホソイトゴカイ 72% 19% 12% 11% まナミシロガネゴカイ 1% 2% 2% 1% サラサフジツボ 0% 3% 1 1% ムロミスナウミナナフシ 1% ムロミスナウミナナフシ 1% ムロミスナウミナナフシ 1% ムロミスナウミナナフシ 1% ムアサリコエピ 0% 0% 2% カンフーソコエピ属 0% 0% オサガニ 0% 0% 4% 1% ヤマトオサガニ 4% 2% 2% 0% average 2.4 4.2 6.9 4.8 min 1.2 1.7 2.7 2.6 max 6.1 6.8 9.3 7.3	1995年 9 4 3 7 - 1998年 6 3 4 8 - 2007年 7 7 1 - 3 細形動物門 0% 1% 11%	1995年 9 4 3 7 1998年 6 3 4 8 - 2 2007年 7 7 1 - 3 2 2 細形動物門 0% 1% 11% 0%	1995年 9 4 3 7 1998年 6 3 4 8 - 2 - 2 - 2007年 7 7 1 - 3 2 1 細形動物門 0% 1% 11% 0% 1% 7ラムシロガイ 2% 39% 1% 1% 1% 7ラムシロガイ 3% 6% 22% 19% 38% 1% 2% 377キガイ 0% 1% 8% 21% 1% 11% 1% 7サリ 0% 4% 3% 16% 0% 7サリカイ 7と% 19% 38% 16% 0% 7サリカイ 7と% 19% 12% 11% 11% 1% 1% 7サリ 0% 4% 3% 16% 0% 7サリカイ 7と% 19% 12% 11% 11% 1% 1% 7サリ 0% 4% 3% 16% 0% 7とりサキスピオ 1% 0% 1% 5% 1% 14% 7とりサキスピオ 1% 0% 1% 5% 1% 10% 4% 2% 1分サラジッポ 0% 3% 11% 1% 1% 0% 9% 1% 15シロガネゴカイ 1% 2% 2% 1% 10% 4% 2% 1分サフジッポ 0% 3% 1% 1% 10% 4% 2% 1分サフジッポ 0% 3% 1% 1% 10% 4% 2% 1分サフジュエビ属 0% 0% 2% 1% 10% 4% 1% 1% 1% 1% 1% 0% 9% 1% 1% 1% 1% 1% 1% 1% 1% 1% 1% 1% 1% 1%	1995年 9 4 3 7 1998年 6 3 4 8 - 2 2007年 7 7 1 - 3 2 1 1 1	

備考) 各区分ごとに、個体数比率が10%以上となる種を優占種として示した。 **優占種** 優占種ではないが、オサガニとヤマトオサガニも示した。 ブランクは出現していないことを示す。

## (2) 底生動物相区分の変化

底生動物相区分の経年変化を図3.21、地点別の変化の程度を表3.3と図4.1、底生動 物相区分の変化パターンを図3.22に示す。

これらによると、区分の変化度合は北部よりも南部で大きく、また、岸側より沖側で 大きくなっている。



底生動物相区分の経年変化 図 3.21

## 表 3.3 地点別の底生動物相区分の変化の度合

地点	1995.秋	1998.11	2007.10	変化の度合
B-1				-
B-2				-
B-3				
B-4				?
B-5				
B-6				
B-7				-
B-8				
B-9				
B-10				-
B-11				
B-12				
B-13				
B-14				-
B-15				
B-16				
B-17				
B-18				
B-19				
B-20				
B-21				
B-22				
B-23				
変化度合:	やや変化を	い(類似度区分5リ(類似度区分	. , , ,	間での変化)

変化が大きい(類似度区分が , , に変化)

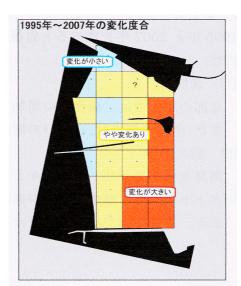


図 3.22 底生動物相区分 の変化度合の分布

また、区分の変化パターンをみると、区分 I ~区分Ⅲ'の4区分は可逆的に変化して いることから、共通する種組成のなかで優占種が環境の経年変化等に応じて変動してい るのではないかと考えられる。多様度指数 (β) は、区分 I、Ⅱ、Ⅲ'、Ⅲの順に高く なっている。

なお、ホトトギスガイが優占する区分VIは、底質が大きく変化していた間島の北側地 点に出現している。この地点はもともとシオフキガイやアサリなどの二枚貝類が多い区 分Ⅲ,であった地点であり、底質改善等の最優先候補地点として注目される。

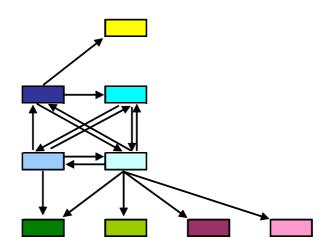


図 3.23 底生動物相区分の変化パターン

## 3.5 まとめ

1995年と2007年を比べると曽根干潟の底質と底生動物には、主に次のような変化がみられた。

## (1) 底質

北部の岸側では、硫化物の増加とORPの低下の傾向がみられた。

また、南部沖側では、CODの増加傾向とORPの低下および泥化の傾向がみられた。

## (2) 底生動物

間島北側でアサリ・シオフキガイを代表とする群集の減少、それに代わる有機汚濁種のホトトギスガイ群集の増加が確認された。

また、干潟南側ではシオフキガイを初めとする二枚貝の減少がみられた。

### 参考文献

1) 曽根干潟環境調査 (平成7年度~12年度) 結果 (平成13年3月)、北九州市

## 4. 干潟環境および生態系の変化要因の解析

### 4.1 波浪および潮流と底質変化

曽根干潟周辺海域は、近年、北九州空港、新松山埋立等の事業により、海岸物理環境が変化している。それら状況と曽根干潟の環境変化を検討するため、空港島完成以前(1992年)、空港島完成後(1998年)、新松山埋立完成後(現況)の3地形で(図4.1)、波浪および潮流の数値シミュレーションを実施した。

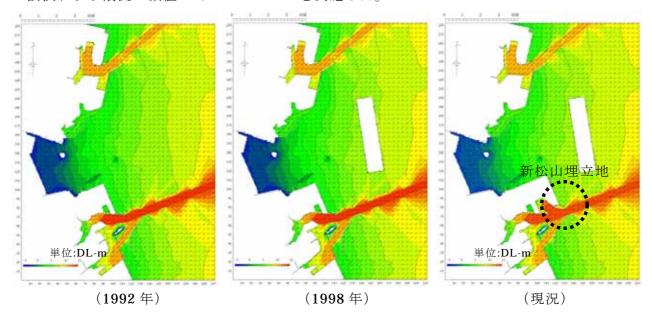


図 4.1 曽根干潟周辺における埋立の推移

## (1) 波浪変形計算

## ① 計算モデル

本計算では、規則波、多方向不規則波の屈折計算法として従来より多く用いられているエネルギー平衡方程式を用いて波浪の屈折計算を行なった。その基礎式は次式で示される。

$$\frac{\partial}{\partial x}(DV_x) + \frac{\partial}{\partial y}(DV_y) + \frac{\partial}{\partial \theta}(DV_\theta) = 0$$

$$V_x = C_g \cos\theta \quad V_y = C_g \sin\theta \qquad V_\theta = \frac{C_g}{C} \left(\frac{\partial C}{\partial x} \sin\theta - \frac{\partial C}{\partial y} \cos\theta\right)$$

ここに、Dは方向スペクトルの密度、Cg は群速度(m/s)、Cは波速(m/s)、 $\theta$  は波向と座標軸がなす角度、x、yは縦及び横方向座標である。

### ② 波浪条件

波浪条件は「全国港湾海洋波浪情報網(ナウファス): 国土交通省」より、苅田沖観測結果より、最新過去 4 年間(2001 年~2004 年)から、干潟への影響が最も大きいと考えられる、最大有義波の平均値を設定した(表 4.1)。波向は発生頻度の最も多いE方向とした。

表 4.1 最大有義波

年	波高(m)	周期(sec)
2001	1.87	5.6
2002	2.20	5.6
2003	2.04	5.8
2004	3.36	7.9
平均	2.34	6.3



図 4.2 波浪観測点

## ③ 計算結果

1992年と1998年を比較すると、北九州空港西側海域で極端な波高の低下が見られる。曽根干潟北側浅海部の竹馬川、大野川河口付近、及び間島西側での波浪の低下は見られない。これは、1992年時においても、この海域での波高は高くなかったためと考えられる。1992年と現況とを比較すると、朽網川河口から南側全域にかけて波浪の低下がみられる。

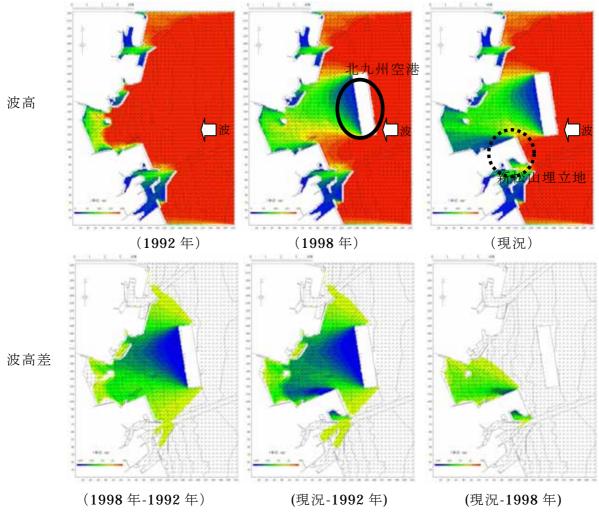


図 4.3 波高分布計算結果

## (2) 潮流計算

## ① 計算モデル

流れの計算の基本は、ナビエ・ストークスの運動方程式及び連続式であり、それらを 鉛直方向に積分して2次元化した以下の2次元非定常単層モデルを用いた。干潟部分に おいては、水深が0.1m以下となった場合、干出したものとし、その計算格子の水の流 出はないものとする移動境界条件とした。

$$\begin{split} &\frac{\partial M}{\partial t} = - g \left( h + \xi \right) \frac{\partial \xi}{\partial X} - \frac{g}{C^2} \frac{M \sqrt{M^2 + N}}{\left( H + \xi \right)^2} - \frac{1}{\left( H + \xi \right)} \left( \frac{\partial M^2}{\partial \chi} + \frac{\partial M N}{\partial \gamma} \right) \\ &+ A \chi \left( \frac{\partial^2 M}{\partial \chi^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial \gamma^2} \right) + f N \end{split}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -g(H + \xi)\frac{\partial \xi}{\partial \gamma} - \frac{g}{C^2}\frac{N\sqrt{M^2 + N}}{\left(H + \xi\right)^2} - \frac{1}{\left(H + \xi\right)}\left(\frac{\partial N^2}{\partial \gamma} + \frac{\partial MN}{\partial \chi}\right)$$

$$+A\gamma \left(\frac{\partial^2 N}{\partial \chi^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial \gamma^2}\right) + f M$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} = -\left(\frac{\partial M}{\partial \chi} + \frac{\partial N}{\partial \gamma}\right)$$

ただし、
$$M = \int_{-\xi}^{H} u dz$$
  $N = \int_{-\xi}^{H} v dz$ 

ここに、u, v:x、y方向の平行流速 (m/sec)

g: 重力加速度 (9.8 m/sec<sup>2</sup>)

H:水深(m)

ξ:潮位 (m)

Ax, Ay:x,y方向の水平渦動粘性係数

f: コリオリ係数

 $f = 2 \cdot \omega \cdot \sin \varphi$ 

φ:計算領域の北緯

C:シェジーの係数

$$C = 1/n \left( (H + \xi)^{\frac{1}{6}} \right)$$

n:マニングの粗度係数(=0.026)

t:時間 (sec)

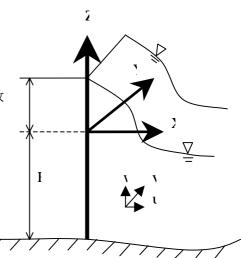


図 4.4 座標系

### ② 計算条件

計算潮汐は潮流速が速くなる平均大潮期とし、「潮汐調和定数表 海上保安庁」より苅田港調和定数より振幅 152.9cm (M<sub>2</sub>:106.6cm、S<sub>2</sub>:46.3cm Z0:210cm) を設定した。流入河川の流量に関しては、比流量より次表のとおり設定した。

境界条件および水平渦動粘性係数は潮流調査結果(2006年2月:北九州市)と再現を 検討の上、設定した。

## ③ 計算結果(流速分布)

空港島の存在による流れの影響は少なく、曽根干潟上での流速が極端に変化する状況とはなっていない。新松山埋立地北側では、流速の低下域が見られる。これは、曽根干潟沖の北九州空港付近の海域では、南北の流れが卓越するため(図 4.5)、空港島の存在が潮流を阻害していないことや、干潟上では潮の干満による東西の流れが卓越し、流速も沖と比べ緩やかであることが流速差が見られない原因と考えられる。

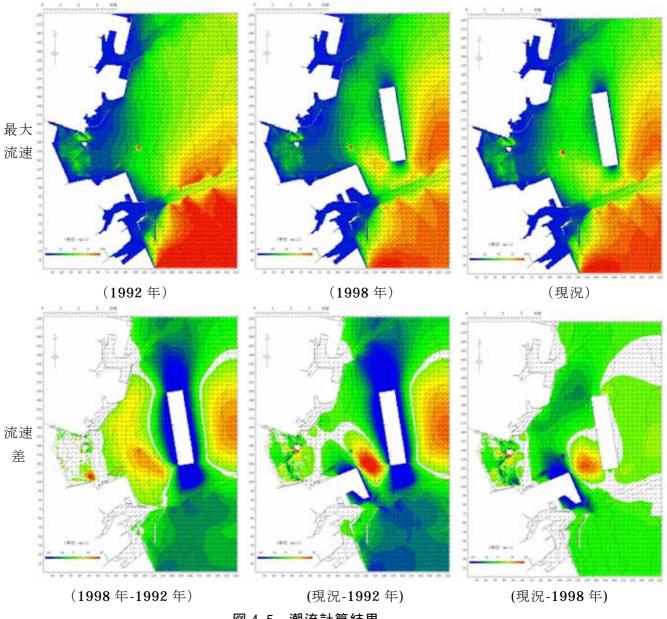
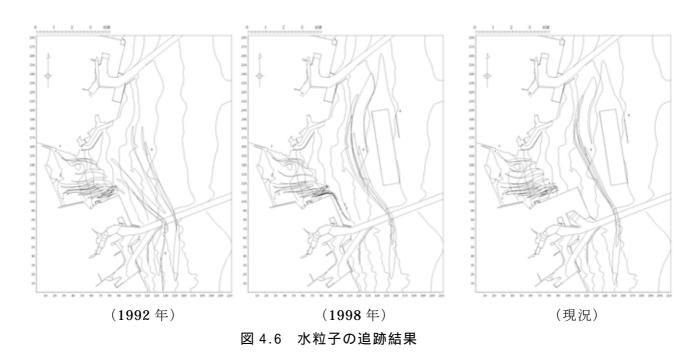


図 4.5 潮流計算結果

## ③ 計算結果(海水交換)

干潟上の海水交換を検討するため、潮流の水粒子追跡計算を行った。ただし、移流成分のみを考慮し、計算格子が干出した場合は移動しないものとした。計算時間は大潮期が続く3日間(72時間)とした(図 4.6)。

干潟上では干満による岸沖方向の往復流により移動しながら、南側に移動している。これは、干潟北側に比べ、南側の地盤は低いためと考えられる。1992年と1998年においては、干潟上の水粒子は3日後に干潟から外海へ流出しているものの、現況では新松山埋立地北側に留まる傾向が見られ、海水交換率が下っていることが推測される。先の沈降量調査で干潟南側の沈降量が多いことから考え、土砂の沈降が促進されていると考えられる。



## (3) 波浪および潮流と底質変化

過去(1992年)と比べ、波浪の変化は曽根干潟全域で見られ、特に新松山埋立地北側の変化は顕著である。しかし、干潟岸側の浅海部では、過去においても到達する波浪が小さく、極端な変化ではないものと考えられる。潮流の変化は波浪と同じく、新松山北側海域に見られ、この海域では沈降量の増加及び波浪による攪拌の減少で、底質の変化が今後も進むものと考えられる。

## 4.2 底質変化と底生生物

曽根干潟における底質の調査結果から、前述のとおり、北部の岸側では硫化物の増加と ORP の低下が、南部沖側では COD の増加と ORP の低下および泥化の傾向が明らかとなった。

底生動物では、間島北側でアサリ・シオフキガイの減少、それに代わる有機汚濁種のホトトギスガイの増加が確認された。また、干潟南側ではシオフキガイを初めとする二枚貝の減少が明らかとなった。

ここではまず、底質の粒度、COD、硫化物、ORP、T-N、T-P 相互間の関係を、既存資料で整理し、これら底生動物の変化要因との関わりについて解析した。

## 4.2.1 底質の項目相互間の関係

1995年に調査された底質の項目間の相関関係をみると、含泥率が90%以上となる海域では底質の有機物は高いが、干潟域では含泥率が低くても有機物量が高くなる場合がみられる(図4.7)。

干潟域と海域の両のデータでは COD と Ig-Loss、硫化物、T-N に高い相関がみられるが、 干潟域のみでは各底質の値の変動範囲が狭く、相関は低くなっている。

ORP は底質の酸化・還元状態を示す指標であり、干潮時に空気と接触する干潟域で高く、海域で低い傾向にある。干潟域でも有機物濃度が高く、微生物による分解が盛んな場所では還元状態となり、嫌気性イオウ細菌が増殖して硫化物の生成が多くなる。そのため、ORPは硫化物との相関が高くなっているものと考えられる。

2007年の干潟域の COD と硫化物の関係をみると、間島北側の P-9 地点は COD に対して硫化物が異常に高い (図 4.8)。この P-9 地点を除くと COD と硫化物の相関は高く、硫化物/COD 比が特異値検出に有効な指標であると考えられる。

そこで、貫川河口の海床路に垂直に設定した 3 測線 16 地点における COD と硫化物との関係をみると、干潟に広く設定した P 地点に比べると COD に対する硫化物濃度は高い(図 4.9)。これは、澪筋の特徴かもしれないが、今のところ原因は不明である。しかしながら、P 地点と L 測線の近似直線の傾きは概ね一致しており、この直線から離れる  $L3-2\sim L3-4$ 、L2-3 を特異点として検出できる。

COD/硫化物比が指標となる理由は、ある程度以上有機汚濁が進むと硫化物の分解速度が有機物の生成速度を上回るためと考えられる。

なお、COD、硫化物の濃度は海域に比べて干潟域は 10 分の 1 程度と低いことを認識しておく必要がある(図 4.7)。

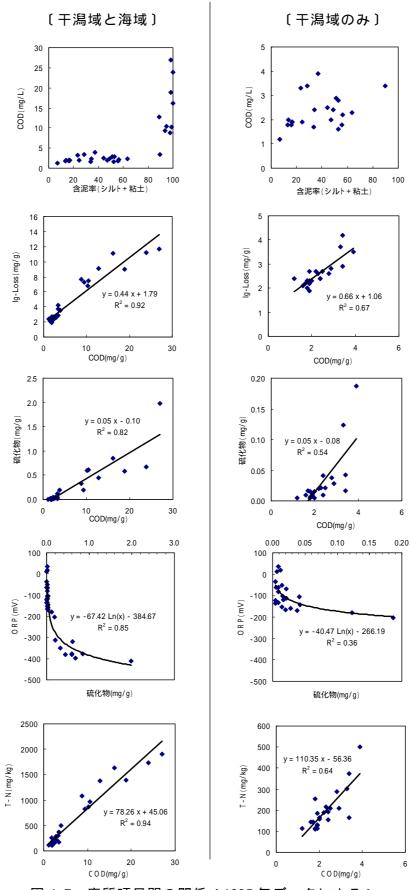


図 4.7 底質項目間の関係 (1995年データによる)

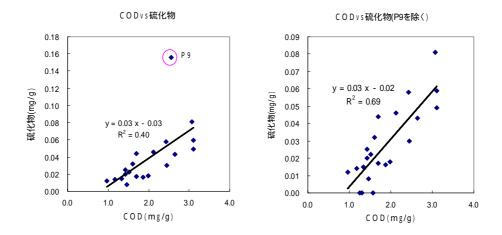


図 4.8 底質の COD と硫化物との関係 (2007年調査)

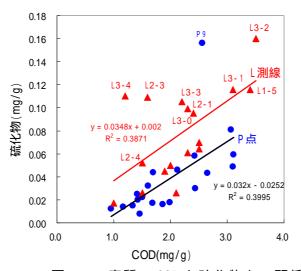


図 4.9 底質の COD と硫化物との関係

(澪筋のL測線を加えた場合、2007年調査)

## 4.2.2 底生生物と底質との関係

水塊の成層化などで底層への酸素の供給が少なくなり、底質中の有機物の分解で消費される酸素の量が上回るようになると、底層は還元状態となり、硫化物濃度が高くなる。底泥表面や泥中では酸素不足による底生動物の減少のほか、硫化物濃度の上昇による底生動物の減少が生じる。

そこで、硫化物濃度と底生動物の個体数、湿重量、1個体の大きさの指標となる湿重量/個体数比との関係をみると、海域までのデータを含めると、硫化物の増加に伴い、底生動物の個体数や湿重量が減少することが分かる(図 4.10)。一方、干潟域では干潮時に酸素が供給されるため硫化物濃度が 0.2mg/g 以下と低く、硫化物の増加にともない底生動物の個体数も増加する傾向にある。しかし、湿重量は硫化物が高いと小さくなる。これは硫化物と湿重量/個体数比との関係で明らかなように、硫化物が高くなると、底生動物が小型化するためと考えられる。

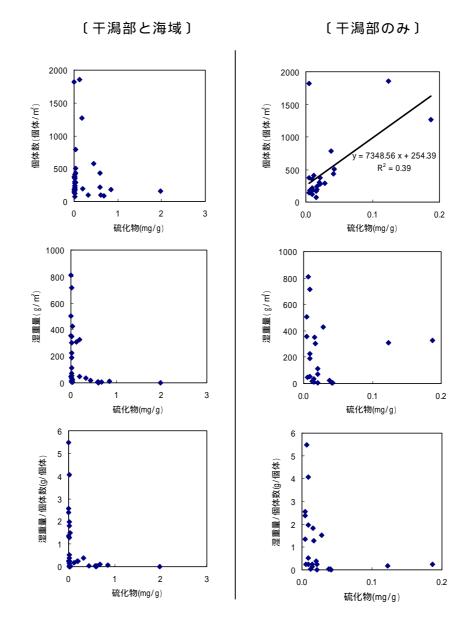


図 4.10 底質の硫化物と底生動物との関係 (1995 年データによる)

主な出現種と硫化物との関係をみると、間島北側の P-9 で 1995 年に多くみられたアサリ・シオフキガイは硫化物 0.03mg/g以下の低いところでしか出現していない種類であり、それに替わって出現したホトトギスガイは硫化物濃度の高いところで生息可能な種類であることが分かる(図 4.11)。そのほか、ホソイトゴカイやケンサキスピオは高い硫化物濃度でも生息可能である。また、ヘナタリガイは硫化物が 0.1mg/g 以上になる地点では出現しないのが特徴である。

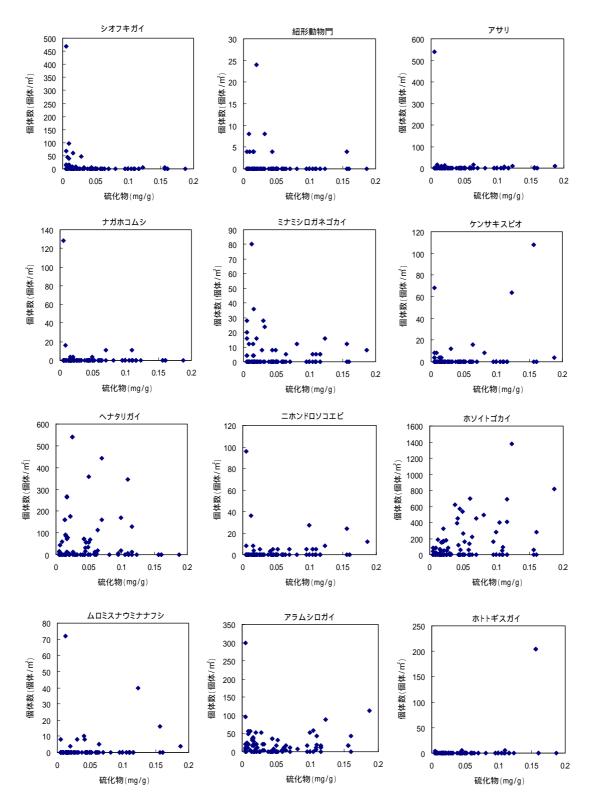


図 4.11 底質の硫化物と主な底生動物との関係 (2007 年データによる)

## 4.2.3 底生生物の変化要因

底生動物に大きな変化がみられた地点は、干潟北側 P9、南側の 13、17、19、20、22、23 で、そのうち硫化物濃度が大きく増加した地点は P9、19 の 2 地点のみで、この結果だけからは底生動物の変化に硫化物が大きく影響したとは言い難い (図 4.12)。

しかし、干潟南側全体で硫化物濃度が増加していること、底生動物の変化に比べて硫化物の濃度があまり増加しなかった南側の P17、20、22、23 地点は干潮線付近で波浪による攪乱が大きいことから、硫化物濃度が一端増加した後に元の状態に戻った可能性が高いと考えられる。

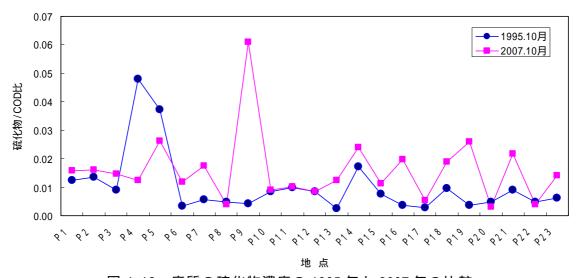


図 4.12 底質の硫化物濃度の 1995 年と 2007 年の比較

曽根干潟では近年アオノリ類が増加しており、2004年から 5月頃にカブトガニが産卵する護岸沿いの砂地に多量に漂着するようになってきている。2007年 6月 30 日にも海床路突端南側にアオノリ類が多量に堆積し、一部腐敗している状況が観察された。また、同年 10月 13日の事前踏査時には、海床路突端周辺で死んでまもないシオフキガイが多数確認されており、腐敗したアオノリの底質、底生生物の生息に及ぼす影響が大きいと考えられた(写真 4.1)。



写真 4.1 護岸沿いに漂着したアオノリ類 (2008 年 5 月 18 日撮影)



写真 4.2 死んでまもないシオフキガイ と貝殻 (2007 年 10 月 13 日撮影)

## 4.3 アオノリ類の増加と底質・底生動物の変化

曽根干潟におけるアオノリ類の分布の詳細は今のところ不明であるが、2008 年 5 月の 現地踏査では干潟北側に流入する竹馬川沿いの P9 地点周辺に多くみられた (写真 4.3)。 また、間島の南側や干潟南側にも冬季にはアオノリ類が分布していたと考えられるが、5 月時点では少なくなっていた。

アオノリ類は、一般に淡水の影響のある河口域に生息する。また、新崎ほか(1978)によると、ノリ養殖場では水質汚濁の進行とともにアオサやウスバアオノリ類が増えるとし、これらアオノリ類は水質汚濁・富栄養化に対して抵抗力が強く、汚濁域でよく繁茂するようになると欧米沿岸でいわれていることと一致するとしている。

曽根干潟周辺海域および流入河川の水質は、前述のように近年横這いで推移していることから、干潟域への陸域および海域からの流入負荷量に変化はないと考えられる。

一方、曽根干潟周辺における埋立ての進捗に伴う干潟南側での波浪の減少、干潟全域および前面海域における海水交換の減少が、前項で推察された。特に、竹馬川河口を流れでた水粒子は、北側の澪を流れ出て一端干潟沖に出た後、間島を下り地盤高の低い南側干潟に入り、岸際まで達する。その後、潮汐に伴い満潮線と干潮線の間を何回も往復することになる(図 4.6)。

したがって、間島北側の竹馬川沿いに繁茂しているアオノリ類が夏枯れして、葉体の一部が千切れ、または葉体そのものが流失し、潮流にのって南側の干潟に流れ込み、一部が 堆積し、そこで腐敗した可能性がある。

このアオノリ類の堆積により底生動物が生息する底泥中への酸素の供給が絶たれたこと、またはアオノリ類の分解によって多量の酸素が消費されたことによるシオフキガイ等 二枚貝類の窒息死、それに伴う底泥の還元化による硫化物の増加と、その毒性によるさらなる二枚貝類の斃死などが考えられる。しかし、この仮定の証明については、アオノリ類の分布・流失・干潟への漂着および分解過程など、今後明らかにすべき点がいくつかある。



写真 4.3 竹馬川沿いに繁茂するアオノリ類 (2008 年 5 月 17 日撮影)

# 4.4 まとめ

曽根干潟では、近年、間島北側で有機汚濁種のホトトギスガイが増加し、間島北側と干潟南側でシオフキガイ・アサリ等の二枚貝類が減少するなど底生動物の生息状況に大きな変化がみられている。その要因として、①埋立等の海岸地形の変化等による波浪の減少や潮流変化による干潟の海水交換率の低下、②アオノリ類の増殖と干潟への漂着・腐敗、③それに伴う溶存酸素の減少、硫化物の増加などが、本解析結果から推察された。しかし、これらの因果関係については、不明確な点が残っており、今後明らかにしていく必要がある。特に、底生動物に及ぼす影響が懸念される近年のアオノリ類の増加原因、漂流・堆積・腐敗に至る過程についての調査・解析は、干潟機能の保全の上で極めて重要な課題である。

曽根干潟を利用する漁業関係者や市民への聞き取りでは、近年カモ類が減少しているという。本研究では、鳥類の飛来状況や採餌場所の変化などの解析はおこなっていないが、 二枚貝の減少がこれらを餌とするカモ類の飛来数に影響している可能性もあり、今後の検 討課題と考えている。

# 5. 干潟環境の評価に有効な指標生物抽出技術および群集比較法等の開発

### 5.1 底生動物における指標生物の抽出と指標性の検討

# 5.1.1 底生動物の底質環境因子別分布範囲と主分布域

1995年10月および2007年の10,11月調査で出現した主な底生動物の分布と地盤高、含泥率、COD、硫化物との関係を図に整理した(図5.1~5.4)。図中の細い縦棒は生息範囲を、太い縦棒は主分布域(出現地点の平均個体数以上の範囲)を示す。これによると、底生動物には生息する環境範囲が狭く、環境変化に敏感なもの、また生息環境範囲が広く環境変化に鈍感な種がみられる。前者は環境指標生物として有効な種であり、後者は不適な種といえる。

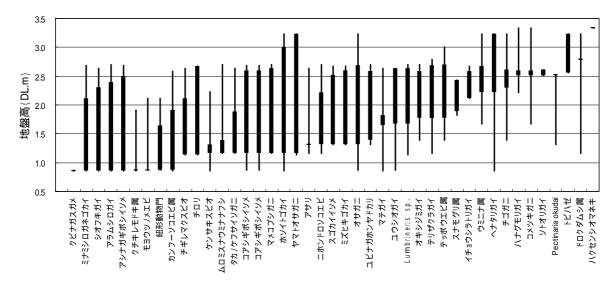


図 5.1 地盤高と底生動物の分布

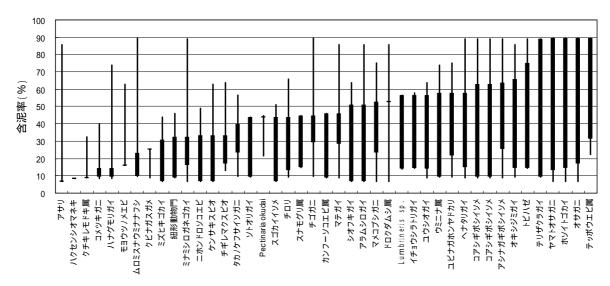


図 5.2 含泥率と底生動物の分布

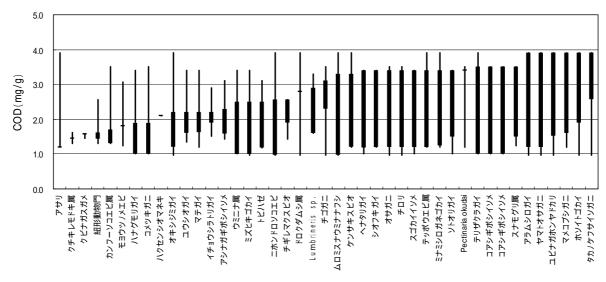


図 5.3 底質の COD と底生動物の分布

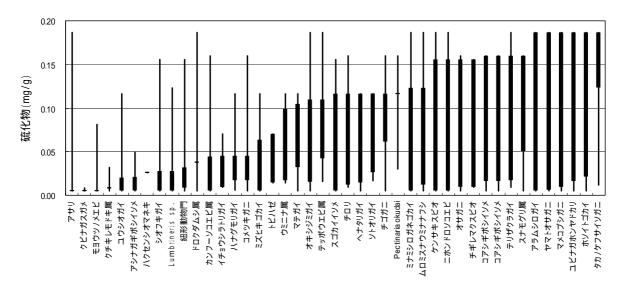


図 5.4 底質の硫化物と底生動物の分布

## 5.1.2 指標生物の抽出と環境指数の算定

底生動物の個体数密度を 2 を底とする対数変換し、これと地盤高、底質の粒度、COD、硫化物などの各環境因子との相関図を作成した。次に、対数変換した個体数密度の最大値を結ぶ包絡線が山形、または傾斜型のものを指標生物として選びだし、そのピークとなる環境因子の値を数段階に区分した階級指数に当てはめ(図 5.4)、1995 年と 2007 年の P1 ~23 地点の各環境指数を計算した。指数の計算方法は、Pantle u. Buck(1955)の汚濁指数(pollution index)に準じて行った。

各環境指数  $S = \Sigma$   $(s \cdot h) / \Sigma h$  ここで s は各環境因子の階級指数、h は個体数密度とした。

表 5.1 各環境因子の値と設定した階級指数 s

地盤高	階級指数	含 泥 率	階級指数	底質CODsed	階級指数	硫化物	階級指数
(DL . m)	S	(%)	S	(mg/g)	S	(mg/g)	S
0.0 ~ 0.5	1	0 ~ 20	1	0~1	1	0.00 ~ 0.05	1
0.5 ~ 1.0	2	20 ~ 40	2	1 ~ 2	2	0.05 ~ 0.10	2
1.0 ~ 1.5	3	40 ~ 60	3	2~3	3	0.10 ~ 0.15	3
1.5 ~ 2.0	4	60 ~ 80	4	3 ~ 4	4	0.15 ~ 0.20	4
2.0 ~ 2.5	5	80 ~ 100	5	-	-	-	-
2.5 ~ 3.0	6	-	-	-	-	-	-
3.0 ~ 3.5	7	-	-	-	-	-	-

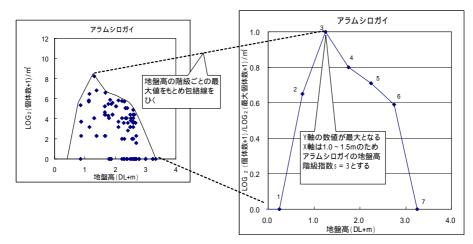


図 5.4 アラムシロガイの階級指数 s の設定例 (地盤高の場合)

表 5.2 各指標生物の環境因子別階級指数 s

現地同定 の可否*	種 名	階級指数					**
	性 右	地盤高	含泥率	COD	硫化物	多樣度	p.i.
×	ニホンドロソコエビ	3	1	1	2	2.40	
×	クチキレモドキ属	2	1	2	1	2.65	
×	モヨウツノメエビ	2	1	2	1	1.46	
	シオフキガイ	3	1	2	1	2.10	
	ハナグモリガイ	6	1	2	1	1.54	
	ユウシオガイ	6	3	2	1	2.02	
×	アシナガギボシイソメ		2	2	1	2.40	
×	クビナガスガメ	2	2	2	2	1.15	
×	カンフーソコエビ属	3	2	2	2	1.49	
	アサリ	4	1	2	2	2.10	3
	マテガイ	4	2	2	2	2.65	
×	Lumbrineris sp.	5	2	2	2	2.29	
	ミズヒキゴカイ	6	1	2	2	1.97	
	コメツキガニ	6	1	2	2	1.78	
	ウミニナ属	6	2	2	2	1.58	
	アラムシロガイ	3	1	2		2.10	2
×	紐形動物門	3	2	2		0.96	
×	チギレマクスピオ	4	1	2		2.57	
	オサガニ	5	3	2		2.26	
	オキシジミガイ	5		2		2.02	
	ヘナタリガイ	6		2		0.99	
	イチョウシラトリガイ	6	2	3	1	1.33	
×	ミナミシロガネゴカイ	3	2	3	2	2.69	
	スナモグリ属	4	2	3	2	1.71	
×	スゴカイイソメ	4	2	3	2	3.19	
	トビハゼ	6	2	3	2	0.85	
	ソトオリガイ	6	2	3	2	1.51	
×	ドロクダムシ属	6	3	3	2	0.41	3
	ユビナガホンヤドカリ	3	2	3	3	1.62	
×	コアシギボシイソメ	6	2	3	3	2.07	
×	コアシギボシイソメ	6	3	3	3	2.07	
	テッポウエビ属	6	3	3	3	0.57	
×	ケンサキスピオ	3	2	3		2.35	
	テリザクラガイ	3	3	3		1.96	
	ヤマトオサガニ	3		3		1.62	
	チロリ	6	2	3		2.40	3
	マメコブシガニ	3	2	4	3	1.33	
	チゴガニ	6	2	4	3	1.20	3
×	Pectinaria okudai	6	3	4	3	1.78	
	タカノケフサイソガニ	4	2	4	4	2.33	3
×	ホソイトゴカイ	5		4		0.44	
×	ムロミスナウミナナフシ	3	1			2.12	
				:、難困サヴ	(は困難を示		

<sup>\*:</sup> は現地向足が各場、 は同足技術の修存や顕微鏡が必要でやや困難、\*は困難を示す。

\*\*:汚濁指数 森下郁子(1985):指標生物学 生物モニタリングの考え方.山海堂、 東京、218pp.

# 5.1.3 指標生物による環境指数の実用性

1995 年と 2007 年の $P1\sim23$  地点の指標生物から計算した環境指数と各環境因子の実測値との相関をみると、地盤高、含泥率については決定係数 $R^2$ が約 0.5 以上と比較的高い相関が得られた (P値<0.01 以下、図 5.5)。また、底質のCOD、硫化物についてもある程度の相関は得られたものの、調査年や環境因子によっては相関が低くなった。

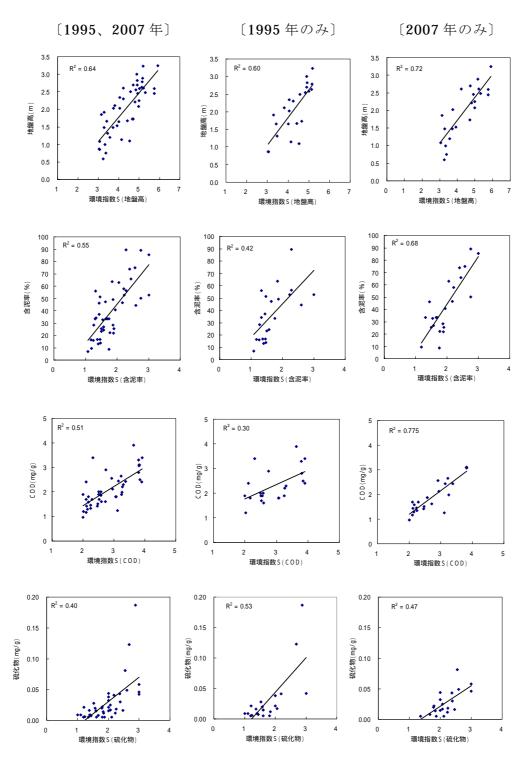


図 5.5 環境指数の計算結果と環境因子の実測値との関係

次に、一般市民向けに、分類が容易で現地でも同定可能な大型種のみを抽出し、環境指数と環境因子実測値との関係をみると、決定係数が約 0.4 以下で実用性に問題が残った。

また、各調査地点で Shannon-Wienwer の多様度指数 H'を計算し、各底生動物の個体数密度が最大となった地点の多様度指数 (図 5.6) を階級指数として (表 5.2)、環境指数を計算した。その結果、環境指数と多様度に相関がみられ (図 5.7)、各地点の優占種をみることによって、その地点の多様度を推測できることが分かった。

環境因子	相関	指標種全体	現地同定可能な種
地盤高	R <sup>2</sup>	0.64	0.34
	P値	p=.000	p=.000
含泥率	R <sup>2</sup>	0.55	0.42
	P値	p=.000	p=.000
COD	R <sup>2</sup>	0.51	0.28
	P値	p=.000	p=.000
————	R <sup>2</sup>	0.40	0.31
硫化物	P値	p=.000	p=.000

表 5.3 指標生物全体と現地同定可能種の環境因子実測値との相関

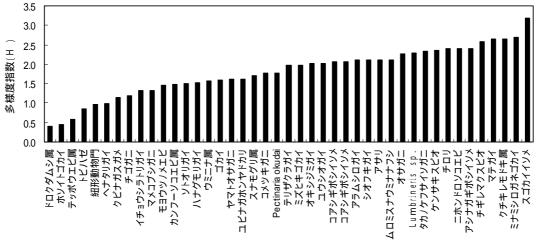


図 5.6 各底生動物の個体数密度が最大となったときのその地点の多様度指数

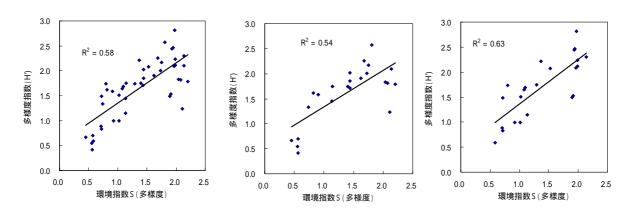


図 5.7 環境指数と実測データ値による多様度指数との相関

## 5.2 カブトガニの生息環境と指標性

## 5.2.1 曽根干潟におけるカブトガニの概要

曽根干潟は、カブトガニの繁殖地としても有名である。 カブトガニは、生きてる化石と呼ばれる生物で、幼生のと きは干潟で生息し、十数回の脱皮を経て成体になる。曽根 干潟のシンボル的な存在の一つである。写真 5.1 は、推定 6 齢のカブトガニ幼生の写真であり前体幅が 3.0cm程度で

ある。脱皮をするごとに 1 齢加算される。近年、沿岸域の開発により生息できる海岸が減少し、絶滅危惧種に該当している。曽根干潟においては、図 5.8 のように産卵に現れるつがい数が、2000 年の約 80 つがいに急増していたが、2006 年には約 500 つがいにまで激減した1)。日本カブトガニを守る会福岡支部によると 2007年は、さらに 265 つがいまで減少しているため、今後カブトガニ幼生の減少が懸念される。

### 5.2.2 カブトガニ幼生の調査方法

カブトガニ幼生の調査方法は、底質調査(〇)の23点で半径2.5m円内の底生動物の目視調査およびカブトガニ幼生の個体数と前体幅などの計測を2007年8月10日~12日に行った。また、各測点に行くルート(図5.9左図の黒線)を決め、そのルート間で発見したカブトガニ幼生も同様の計測を行い、簡易GPSでその位置を測定した。図5.9右図の干潟中央の黒線は、漁港に向かうコンクリート道路を示しており、その道路の北側を北干潟、南側を南干潟と呼ぶ。

#### 5.2.3 カブトガニ幼生の分布状況

図 5.10 左図は、幼生(●)の生息 分布を示したものである. 図中の円 は、測量測点を中心とした半径



写真5.1 カブトガニ幼生

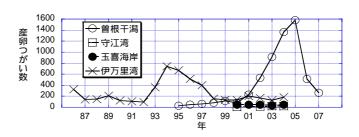


図 5.8 カブトガニの産卵つがい数の経年変化

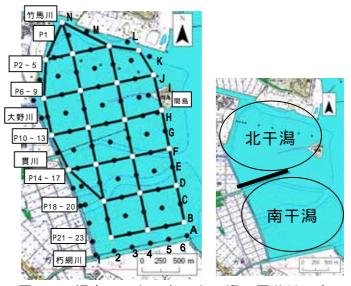


図 5.9 調査ルート(左)と干潟の区分け(右)

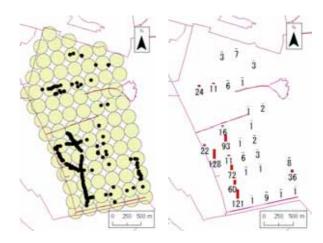


図 5.10 幼生分布(左)と集計結果(右)

125m の円であり、その円内の幼生の個体数を集計し、その個体数を棒グラフで右図に表している。なお、A測点の円上にいた幼生はB測点の円上で集計した。結果をみると北干潟はカブトガニ幼生(以降、幼生)が少ないが、南干潟には多数の幼生が確認できた。

図 5.11 は、幼生の齢を推定する際に用いた前体幅の範囲を示した表と 2006 年 8 月  $^2$  と 2007 年 8 月の推定齢ごとの個体数を示したものである。幼生の齢は、前体幅から推定でき、4 と川原 $^5$  を参考にした。2007 年の幼生個体数の合計は 652 個体で、6 齢が約 300 個体と最も多く、7 齢の約 230 個体、8 齢の約 70 個体となっている。  $1 \sim 3$  齢は全く発見することが出来ず、4、5 齢もほとんど発見することが出来なかった。また、総個体数で昨年の結果 (605 個体)と比較するとあまり違いはみられない。2007 年は5 齢以

下がほとんどみられないが、7~8齢は2007年の方が多い結果となった。1~2齢の前体幅は数mmと非常に小さいため干潟で発見出来なかった可能性がある。また、調査時に風速9m/s前後の風が吹いており、タイドプールなどの水が波打ち、5齢以下の小さな幼生を発見しにくかったことも考えられる。



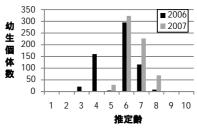


図 5.11 推定齢ごとの幼生個体数

## 5.2.4 南・北干潟における産卵つがい数とカブトガニ幼生の変化

2007年の調査では、北干潟で幼生が激減していたため、干潟を南北に分けて解析を行った。南・北干潟における産卵つがい数と幼生個体数を図 5.12 に示す。図の左軸がつがい数 (折線グラフ)、右軸が幼生個体数 (棒グラフ)となっている (産卵つがい数のデータ提供:日本カブトガニを守る会 福岡支部)。まず、産卵つがい数を南北で比較すると南干潟の産卵つがい数が最大で 3 倍程度多いことがわかる。幼生個体数では、北干潟で幼生個体数が激減している。その理由1つとして、図 5.11 に示すように 4 齢以下の激減が考えられる。カブトガニの幼生は年 2 回前後の脱皮をすると言われており、2006 年に孵化した幼生は、

1~2 齢で年を越したと思われ、2007年の夏には2~3 齢に成長していると推測される。2006年の産卵つがい数は前年に比べて1/3以下となり、この急激な減少が4齢以下の幼生個体数の減少に表れた可能性があると考えられる。

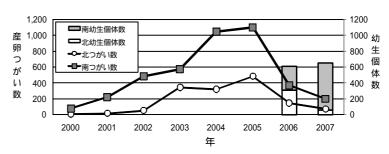


図 5.12 南・北干潟における産卵つがい数と幼生個体数

## 5.2.5 カブトガニ幼生の生息環境

幼生個体数の集計結果を地形や底質の平面図と重ね合わせて、幼生が多く生息している環境を調べた。図 5.13 は、幼生個体数と等高線図を重ね合わせたもの(左図)と縦軸が幼生個体数、横軸が地盤高のヒストグラムであり、6 齢以下と 7 齢以上で表示してある(右図)。両図をみると幼生が多く生息していた範囲は、地盤高  $0.0\sim0.5$ m であった。また、

地盤高 1.0m 以上の地盤高のところでは 幼生は皆無であり、沖合の地盤高 -1.0m 以下では 7 齢以上のみ 50 個体程度確認 できた。

図 5.14 は、幼生個体数と底質硬度との関係を表したものである。図から底質硬度(貫入抵抗値)が 0~25mm までの範囲に幼生が生息していた。5~20mm に多く生息している。また、10mm以下は6齢以下が大半であった。

図 5.15 は、幼生個体数と含泥率との関係を表したものである。図から含泥率が20~85%の広い範囲に幼生が生息していた。特に、60~80%の範囲には約半数の幼生の生息が確認された。2006 年は、70%以上のところでは発見されなかった。また、6 齢以下は含泥率が60%以上に約200 個体いるが、50%以下になると半分の100 個体程度である。幼生は、泥の中に身を隠す性質があるため、含泥率がある程度高いところ、すなわち底質硬度の低いところに多く生息していると考えられる。

原らの 2006 年2) と今回の結果をまとめたものを表 5.4 に示す。これらの結果を比較するとある程度類似している結果が得られた。しかし、2006 年と 2007 年では、含泥率に大きな違いがみられた。また、今回初めて底生動物との関係を調べたが、底生生物が豊かなところに幼生が多く生息しているというわけではなかった。これに関しては、食物連鎖などの調査研究が必要であろう。

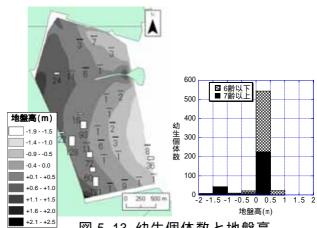


図 5.13 幼生個体数と地盤高

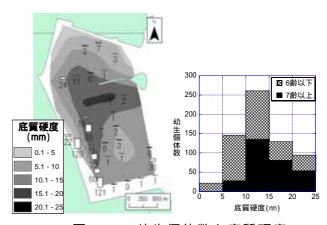
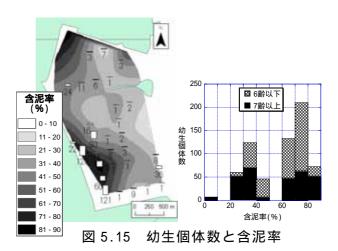


図 5.14 幼生個体数と底質硬度



## 5.2.6 カブトガニの環境指標性

曽根干潟のカブトガニ幼生が好む環境は、表 5.4 の通りであり、程良く有機物があり、 硫化物もあまり多くない底質と考えられる。その底質を触った感じでは、異臭はなく泥と

表 5.4 カブトガニ幼生の生息環境

	地盤高 (T.P: m)	含泥率 (%)	底質の水の状態 または含水比(%)	底質硬度 (mm)	表層の 貫入量(m)	強熱減量 (%)	COD (mg/g)	硫化物 (mg/g)	底生動物 種類数	底生動物 個体数
2006年 <sup>2)</sup>	-0.5~1.0	20~40	30~40			2~3				
2007年	0.0~0.5	20~80	30~40	5~20	0.0~0.2		1~3	0.02~0.08	5~15	100~300

水分の影響でヒタヒタしていた。カブトガニ幼生の生息環境は、底質汚濁が進んでいない 目安になる可能性があると考える。

曽根干潟における産卵つがい数の減少が確認されているが、2年間のカブトガニ幼生の結果から総個体数にあまり変化がない。幼生の成長速度を考慮すると 2008年以降に変化があらわれる可能性も十分にある。今後とも幼生の生息調査を行い、注意深く観察する必要がある。

# 5.3 群集比較法および指標生物法を用いた環境評価と課題

底生動物の群集比較法を用いた干潟評価の一例は、3章で示したとおりである。この方法を用いることによって、干潟環境の変化を時系列、空間的変化として捉えることが可能であり(図 3.23)、環境モニタリングの評価手法として有効と考えられる。

最近、環境アセスメントや応用生態工学の分野でよく使用されるようになった生息場適正指数(HIS: Habitat Suitability Index)モデルは、単一種を対象とする場合が多いが、群集を評価する場合は、複数種の HIS モデルを統合して評価する必要がある。場から群集を予測・評価する HIS モデルはボトムアップ型で、今回用いた群集比較法は、群集から場を評価するトップダウン型といえる。したがって、群集比較法は、現段階では予測・評価というよりは、モニタリング手法として有効である。しかし、前述のように環境変化と群集変化の関係を示す事例を複数の干潟で収集・解析し、環境変化に伴う群集変化をパターン化(図 3.23)することができれば、群集の予測・評価モデルとして有効と考えられる。指標生物法ついても、生物から「その場の環境」を評価するものであるが、環境因子と生物との関係を明らかにする作業は HIS モデルにおける SI 曲線の構築と同じである。

前述の解析結果から、干潟域に生息する一般的な底生動物を指標とすることによって、 地盤高・粒度などの物理的環境、有機汚濁の指標となる底質の COD・硫化物の変化を概ね 把握できることが明らかとなった。

特に、干潟域では貧酸素の発生または硫化物等の一時的な上昇による貝類等の斃死が発生しても、その後の波浪・潮汐によって底質は回復することがあるため、底質の化学分析のみでは干潟環境の変化を十分把握できないものと考えられ、生物指標による評価が効果を発揮する。また、生物多様性の評価としても指標生物法は有効である。

本研究で使用した底生動物による指標生物法の一部は、河川環境の評価手法として従来広く使用されていたものの干潟への応用である。河口域に生息するゴカイ・カニ・シジミ等いくつかの干潟動物については、森下(1982)のにより既に水質階級が示されている。しかし、干潟生物は水質のみではなく、それに伴う底質変化ほか、粒度、地盤高などの変化によっても生息場所が異なるため、より多くの事例を収集して評価精度を高める必要がある。その点では、本調査で多くの種について環境因子別の指標性を明らかとすることができた。また、指標生物の存在を確認することで干潟の基礎的環境を概ね把握でき、モニタリングに有効であることも明らかとなった。しかし、本調査結果は北部九州の一つの干潟に限られていることや、データ数も少ないことから、今後さらに調査を進めて指標性の精度を高めるほか、河川の底生動物と同様に、全国的に広く、また環境学習に使用できる簡便な生物指標を開発する必要があると考えられる。

#### 5.4 まとめ

カブトガニ幼生の分布と生息環境から、カブトガニ幼生が良好な底質環境の指標として 有効であることが推察される。

群集比較法の一例として本研究で示した群集パターンの変化に着目する方法は、時系列、空間的な生物変化を捉える手法として有効であると考えられる。したがって、同様の調査・解析を複数の干潟で実施し、環境変化に伴う群集変化をパターン化することが必要と考えられる。

指標生物の抽出技術については、干潟底生動物の代表的な種について、地盤高、底質粒度 (含泥率)、COD、硫化物等環境因子別の指標性や種多様度指数の指標性を明らかにすることができた。また、これら指標種を用いて、河川で従来使用されてきた Pantle u. Buck の汚濁指数の計算方法により、地盤高、底質粒度、COD・硫化物の濃度をある程度推定できることが明らかとなった。しかし、本調査結果は北部九州に限られていることや、データ数も少ないことから、今後さらに調査を進めて指標性の精度を高める必要があると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 林修,清水敬司(2007): 曽根干潟でのカブトガニ保全活動,かぶとがに, No.27, pp.55-57
- 2) 原喜則,小島治幸,鄢曙光,田中邦博,奥村博樹,西岡晃(2007):曽根干潟におけるカブトガニ幼生生息環境の物理特性に関する基礎的研究,海洋開発論文集,第23巻,pp.447-452.
- 3) 林修 (1997~2003): 曽根干潟のカブトガニの生息状況, かぶとがに, No.17~23
- 4) 林修 (1995): 曽根干潟のカブトガニの生息状況, わたしたちの自然史, 第 52 号, pp.350-354.
- 5) 川原大 (1989): 杵築湾におけるカブトガニ幼生の生息状況, 関口晃一(編)日本カブトガニの現状, pp.87-104.
- 6) 森下郁子 (1982): 河口の生態学 生物学的水質階級地図 1981. 山海堂、東京、135pp.

### 6 . おわりに

本研究の結果、曽根干潟域では波浪の減少、海水交換率の低下などの物理的変化のほか、 増殖したアオノリ類の漂着・腐敗による底質環境の悪化、それに伴う二枚貝類を主体とす る底生動物の減少がおこっていることが推察された。

アオノリ類が夏枯れして腐敗した後、底質環境は一時的に悪化するものの、潮汐や波浪による攪乱で回復するため、底質の分析値そのものに大きな変化はみられなかったが、貧酸素や硫化物に耐性の小さい二枚貝類の減少という形で捉えることができた。

この底生動物の環境指標性を検討した結果、抽出した指標生物によって地盤高や底質の 粒度、COD、硫化物など干潟の環境要素を概ね把握できることが分かった。しかし、本調 査結果は北部九州の一つの干潟に限られていることや、データ数も少ないことから、今後 さらに調査を進めて指標性の精度を高めるほか、河川の底生動物と同様に、全国的に広く、 また環境学習に使用できる簡便な生物指標を開発する必要があると考えている。

また、群集比較法の一例として本研究で示した群集パターンの変化に着目する方法は、

時系列、空間的変化を捉える手法や生物多様性を評価する手法として有効であると考えられる。したがって、同様の調査・解析を複数の干潟でおこない、環境変化に伴う群集変化をパターン化することが必要と考えられる。

最後に、本研究を進めるにあたり、広大な干潟の調査に協力していただいた自然環境定 量評価研究会の諸氏、九州共立大学工学部小島研究室のエン助手、学生諸氏、に感謝の意 を表す。

• 助成事業者紹介

自然環境定量評価研究会

会長 小野 勇一

現職:北九州市立いのちのたび博物館館長(九州大学名誉教授)

主な著書:干潟のカニの自然史(平凡社)、

生態学講座 18 動物の生産過程(共立出版) ニホンカモシカのたどった道(中公新書)

• 共同研究者

小島 治幸

現職:九州共立大学工学部教授

主な著書:博多湾における自然環境特性について(共著).

海洋開発論文集, Vol. 20, 65-68 頁

沿岸域環境辞典(共著),日本沿岸域学会編,共立出版

曽根干潟の自然環境特性に関する研究(共著).

海洋開発論文集, Vol. 22, 27 頁-32 頁

岡本 久人

現職:次世代システム研究所所長

主な著書:西表島/カンムリワシの生息数調査とその保護対策.環境庁.

釣人の島嶼性鳥類に及ぼす影響. strix2 号.

野鳥定量調査マニュアル/定量調査の考え方と進め方. 東洋館.

馬場崎 正博

現職:日本赤十字社 福岡市地区本部事務局長

主な著書:環境技術研究会編:環境アセスメントハンドブック (下巻). pp. 249-253

歴史的視点から見た干潟環境の変化と人との係わりに関する研究. 環境シ

ステム研究論文集 Vol. 34 pp. 97-103

岩本 浩

現職:環境テクノス株式会社

主な著書:研究・技術計画学会 第17回年次学術大会(講演集p638-641)

環境技術研究会編:環境アセスメントハンドブック (下巻).pp. 249-253

山内 鋭司

現職:国際航業株式会社

主な著書:河口干潟生態系における環境評価手法-ラジコンヘリによる干潟底生動物分

布は把握手法. OGI Technical Reports vol.14

奥田 哲也

現職:有限会社 オクト環境

主な著書:シルテーション予測モデルの検討. OGI Technical Reports vol.7

消波導水管による海水交換に関する現地調査.

OGI Technical Reports vol.9

高比良光治

現職:財団法人 九州環境管理協会

主な著書:信濃川下流域における魚類を中心としたエコロジカルネットワークの再生

について(共著). リバーフロント整備センター研究所報告書第16号

北川河川改修におけるモニタリングについて(共著). リバーフロント整備

センター研究所報告書第 16 号

町田 実

現職:日本環境安全事業株式会社 北九州事業所

伊藤 陽

現職:株式会社三洋コンサルタント

原 喜則

現職:九州共立大学工学部技師

主な著書: 曽根干潟におけるカブトガニ幼生生息環境の物理特性に関する基礎的研究

(共著). 海洋開発論文集, 第 23 巻, pp. 447-452.

中野 敦

現職:株式会社九州テクノリサーチ

宇 野 潔

現職:財団法人 九州環境管理協会

酒井 奈美

現職:西日本技術開発株式会社

主な著書:北川河口域におけるハマガニ Chasmagnathus convexus の生息環境と保全.

応用生態工学会第9回大会