

北部九州沿岸における自然環境指標の特性に関する研究

小島 治幸* ・上殿 高広** ・岡野 太樹***
原 喜則****・入江 功*****・山城 賢*****

既存のデータおよび新たな現地調査のデータを用いて北部九州の主要な海域における自然環境に関する特性を明らかにするとともに新たな環境の評価手法を提案する。博多湾と曾根干潟、長井海岸の沖合部において泥の含有率と COD、強熱減量の値が他と比べ著しく高く、曾根と長井では底生生物が皆無であった。しかし、底質が同じような状態でも博多湾の底生生物の種類数は豊富である。干潟域では、環境浄化機能が衰えており、底生生物も豊富である。ここで提案した手法は相対的な評価であり単純な方法であるが、各海域の環境度を明らかにできる。

1. はじめに

近年、沿岸域の自然環境に関して様々な問題が起こっている。それにともない自然環境の保護・保全を求める声も高まっている。しかし、海上空港や海上都市など陸域に確保できない空間を海上に求めたり、港湾施設などを拡張したりするニーズは今後とも続くものと思われる。その場合、開発行為による影響に環境が敏感に反応し、急激に劣化が始まる海域やそれほど左右されない海域が存在するであろう。それが如何なる要素に支配されるかを明らかにすることが重要である。沿岸の環境は、一般に波・流れの大きさや湾の閉塞度などの物理的条件と、水質や底質、生物生息などの生物・化学的条件に大きく支配される。これらの環境条件を考慮に入れた評価手法の開発が必要である。沿岸域の環境評価に関する研究は近年数多く見られ、中村ら (1995) や和野ら (1997)、岡部・藤井 (1998) などの研究があるが、環境を形成する多くの要素を考慮した評価手法に関する研究はあまりない。また、砂浜海岸や干潟海岸における底生生物とその生息環境に着目した研究としては小島ら (1997) や加藤ら (1999)、北園ら (2001) の研究がある。

本研究は、人為的に引き起こされる物理的環境要素と生物・化学的環境要素の相互関係について理解を深めるために、既存のデータおよび新たな現地調査のデータを用いて北部九州の主要な海域における自然環境に関する特性を明らかにするとともに新たな環境の評価手法を提案することを目的とする。具体的には、自然環境に関わる資料収集と現地調査を行い、物理的および生物・化学的環境要素に関するデータを比較検討し、調査海域の環境特性を明らかにする。

2. 調査対象地域と研究方法

2.1 調査対象地域

対象海域は、図-1 に示す内湾性の博多湾と曾根干潟および外洋性干潟海岸の長井海岸と砂浜海岸の津屋崎・古賀海岸である。曾根干潟と長井海岸は周防灘に、博多湾と津屋崎・古賀海岸は玄界灘に面している。曾根干潟 (図-2) は、北九州市の南端に位置し、面積が約 5.17 km²、海浜勾配が約 1/625 と非常に緩やかである。陸側は 3 方をコンクリートの堤防や護岸で囲まれ、前面には、新北九州空港となる延長 4.1 km の人工島が現在建設中である。その南側約 14 km に位置する長井海岸は、祓川から稲童浜までの延長約 3.8 km を対象とした。海浜勾配は約 1/85 と曾根干潟に比べると急な勾配であるが、最大で約 200 m の前浜幅を有している。これらの海域の潮位差は約 3.8 m である。東西に約 20 km、南北に約 10 km で面積が約 133 km² の博多湾においては、湾口から東側の東部海域を対象とし (図-3, 4)、その面積は約 70 km² となり、湾奥が和白干潟である。海の中道側は自然の砂浜海岸が続き、和白干潟では護岸と所々に自然海岸が存在し、南側は博多港の岸壁で覆われている。現在、和白干潟前面に面積約 4 km² の人工島が建設されている。玄界灘の外海に面する津屋崎・古賀海岸は、弓状の延長 10.8 km の砂浜海岸で、この間に約 2 km の護岸が設置されている。沖合いの海域は、新福岡空港の建設候補地となっている。これら海域の潮位差は約 2 m である。

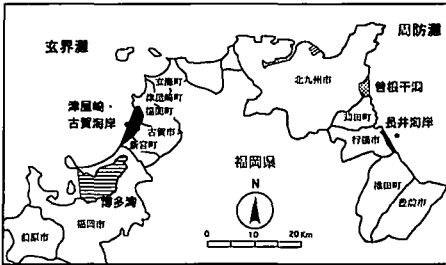


図-1 調査対象地域

* 正 会 員 工 博 九州共立大学教授 工学部土木工学科
.. (株)サンヨー (前九州共立大学学生)
... (株)サンヨー設計 (前九州共立大学学生)
**** 学生会員 九州共立大学大学院
***** 正 会 員 工 博 九州大学教授 工学研究科海洋システム工学
研究科
***** 正 会 員 博 (工) 九州大学助手 工学研究科海洋システム工学
研究科

2.2 研究方法

自然環境指標の項目は、物理的指標として地形・底質と外力、化学的指標として水質と底質、生物的指標として動植物プランクトンと底生生物とし、それぞれの要素は表-1に示すものとした。曽根干潟においては、北九州市が調査を行っており、調査地点を図-2に示す。水質はS-16の1点のみ、底質は32測点すべての点、底生生物はB-1からB-23で測定されている。底質と底生生物については沿岸方向と岸沖方向に測線を設け、測線ごとに変化の様子を調べた。収集したデータは水質とプランクトン

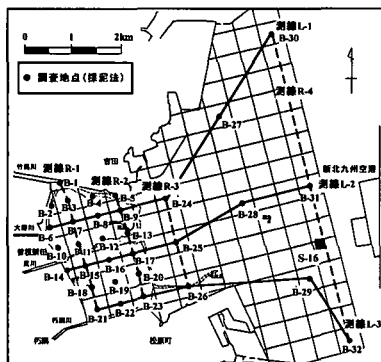


図-2 水質と底質、底生生物の調査地点（曽根干潟）

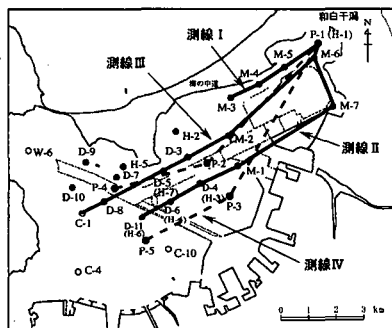


図-3 水質とプランクトンの調査地点（博多湾）

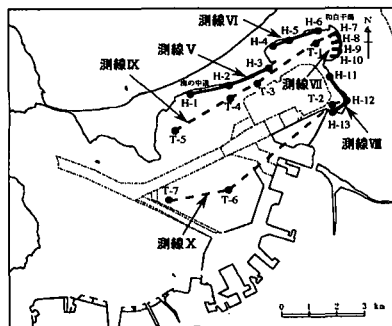


図-4 底質と底生生物の調査地点（博多湾）

が1995～1999年、底質と底生生物が1998年にそれぞれ調査したものである。博多湾においては、福岡市が55測点において調査を行っており、収集したデータは、1999年度のものである。図-3, 4に示す各測点を沿岸方向と岸沖方向に線で結んで測線を作り、測線別でどのような違いがでるかを比較検討した。

長井海岸と津屋崎・古賀海岸においては、既存データが全くないので2001年11月1, 2日に図-1に示す汀線部1点、沖合部1点で調査を行った。水質は、汀線部ではバケツ、沖合部ではバンドーン採水器を用いて採水した。底質と底生生物は、汀線部ではコドラート、沖合部ではスミス・マッキンタイヤ型採泥器を用いて採取した。プランクトンは、動物プランクトンが北原式定量ネット、植物プランクトンがバンドーン採水器を用いた。

3. 結果と考察

3.1 曽根干潟における環境特性

図-5は、海域にあるS-16地点（図-2）で測られた表層水と底層水における1999年の月毎の溶存酸素量（DO）を表したものである。なお、平均は、後ほど海域ごとの比較を行うために10月と11月の平均値を表している。

1月から6月までは上下の変動が見られ、一番高い値は底層で6月の9.3 mg/l、表層で8月の9.5 mg/lであった。7月から12月にかけて、DOの値は減少傾向が見られ、一番低い値は12月の6.2 mg/lであった。年平均値（7.45 mg/l）よりも高かった月は、1月、3月、4月、6月、7月で、前半の月から夏にかけて比較的高い値がでていると言える。溶液中の酸素濃度は温度に逆比例するので、通常、水温が高くなる夏場はDOが低くなるが、今回のデータでは夏場で水温に対する不飽和溶存酸素量よりも高い値になっている。これは、クロロフィルを測定していないので確かなことは言えないが、植物プランクトンの非常発生があったためと思われる。

底質については、岸沖および沿岸方向に測線を設け、測線毎の変化を調べた。図-6は岸沖方向の測線L-2における底質の化学的酸素要求量（COD）と強熱減量、硫化物の変化を表したもので、図-7は底質の粒度組成の

表-1 自然環境指標の項目

指標		環境要素
物理	地形、底質	(1)海域の開口径度 (2)海底勾配 (3)前浜の面積 (4)底質粒径 (5)自然海岸比率
	外力	(6)潮位差 (7)波浪
化学	水質	(1)水温 (2)pH (3)透明度 (4)濁度 (5)SS (6)COD (7)DO (8)T-N (9)T-P (10)Cl- (11)クロロフィルa
	底質	(1)COD (2)T-N (3)T-P (4)硫化物 (5)強熱減量 (6)粒度組成
生物	プランクトン	(1)種類と細胞数と沈殿量（植物） (2)種類と細胞数と沈殿量（動物）
	底生生物	(1)各種の種類と個体数と湿重量

変化を表したものである。沖合に行く程、COD、強熱減量、硫化物とも値が高くなっている。粒度組成と比較すると細砂の含有率が増加するとそれらの値が減少し、シルトと粘土の含有率が增大する測点 B-25 から急激に増えていることが分かる。測点 B-17 付近が低潮線になっていることから干潟と海域ではその値に大きな違いが見られる。紙面の関係で図は示せないが、他の岸沖方向の測線でも同様な結果が得られており、また全窒素(T-N)と全リン(T-P)についても岸沖方向の分布は同じ傾向であった。これらの結果は、干潟域で COD や硫化物の除去および脱窒素が生じており、干潟に環境浄化能力があることを表していると考えられる。

図-8 は、底質の強熱減量と COD, 硫化物の相関を示したものである。強熱減量の値が大きくなると両者の値とも大きくなる傾向が見られ、強熱減量が1%増加すると COD が約 2.1 mg/g 増加し、硫化物が 0.11 mg/g 増加する。また、強熱減量との相関は COD の方がよい。

図-9 は、干潟域における底生生物の出現種類数と底

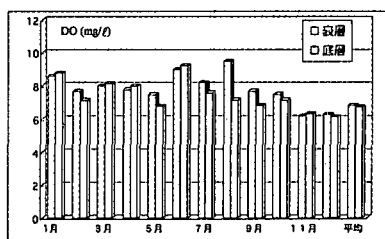


図-5 曽根干潟の測点 S-16 における表層と底層の DO

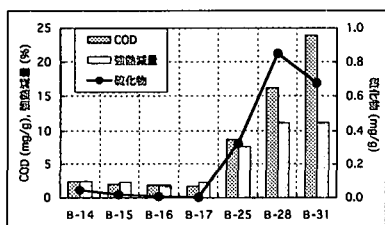


図-6 曽根干潟の測線 L-2 における底質の COD, 強熱減量, 硫化物の岸沖分布

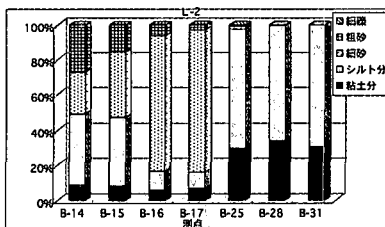


図-7 曽根干潟の測線 L-2 における粒度組成

質の粒度組成における含有泥分(粘土とシルトの含有率)の相関について示したもので、泥分が60%より低いところで種類数が比較的多く見られた。主要出現種としては環形動物のイトゴカイ科とギボシソメ科、軟体動物のアサリとシオフキ、節足動物のヤマトオサガニなどである。ゴカイ等の環形動物の占める割合が高い調査地点が多く見られ、最も種類数が多く出現した測点は細砂の含有率が大きい測点 B-17 で、環形動物が 16 種、軟体動物が 12 種、節足動物が 13 種であった。

3.2 博多湾における環境特性

水質は、表層(海面下 0.5 m)と中層(海面下 2.5 m)、底層(海底上 0.5 m)における測定値の平均を各測点の値とした。図-10 は測線 I 上における DO の月ごとの変化を表しており、図-11 は測線 III における 10 月と 11 月を平均した DO と COD, T-N の場所的变化を表している。DO の月別変化をみると、水温の高くなる夏から秋にかけて値が小さくなり、湾奥の測点 M-7 で約 4 mg/l まで低下する。また、水温が 20°C 以上である 6 月の DO は飽和濃度以上の 10 mg/l となっている。湾口近くの測点 D-8 から湾奥にかけての DO, COD, T-N の変化(図-11)は、湾奥の干潟に近いほど DO は減少し、逆に T-N は上昇する傾向が見られた。

図-12 は、測線 IX における底質の COD と強熱減量, 硫化物の岸沖分布を示している。測点 H-7 の低潮帯から高潮帯の干潟域でこれらの値が低く、それよりも沖側の海域で高い値となった。COD と硫化物は、測点 T-3 で最大となり、それよりも沖側でも減少する傾向がある。COD が大きいことは被酸化性物質が多いことを意味するので、

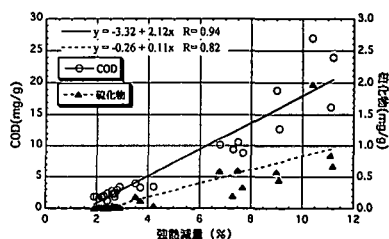


図-8 曽根干潟における強熱減量と COD, 硫化物の相関

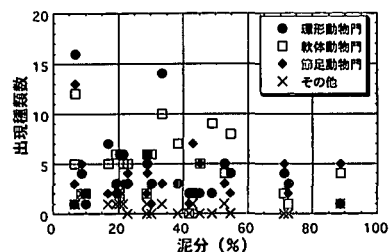


図-9 底生生物の出現種類数と泥分の関係(曽根干潟)

硫化物（有機物）などの被酸化性物質が海域に比べて干潟の方が少ないことを意味し、曽根干潟同様、干潟による環境浄化機能が表れている。図-13は、博多湾における底質の強熱減量とCOD、硫化物との関係を示す。強熱減量が1%増大すると、CODは曽根干潟と同様に2.1 mg/g増え、硫化物は0.05 mg/g増える。

図-14は、博多湾における底生生物と底質の粘土含有率の関係を示す。ゴカイ等の環形動物の種数が一番多く、粘土分が増えてほぼ一様に分布している。次に多いのは二枚貝類の軟体動物で、粘土分が多いほど種類数が低下する傾向が見られる。主要な出現種は、環形動物ではアシナゴカイやアシナガギボシイソメ、軟体動物ではホトトギスガイやシズクガイ、節足動物ではニホンドロソコエビなどである。

3.3 調査海域の比較と環境度

調査海域の環境指標を比較するために、曽根干潟と博多湾において秋期に測定された低潮帯（汀線部）と沖合（沖合部）に位置する測点のデータをそれぞれ平均し

て、底質の粒度組成と化学的環境要素および底生生物の出現種類数を汀線部と沖合部ごとに比較したものが図-15である。博多湾と曽根干潟、長井海岸の沖合部において泥の含有率とCOD、強熱減量の値が他と比べ著しく高く、曽根と長井では底生生物が皆無であった。しかし、底質が同じような状態でも博多湾の底生生物の種類数は豊富である。

沿岸の環境を評価するとき、湾の閉塞度や潮位差などの物理的条件と水質や底質、生物生息などの生物・化学的条件を考慮し、環境学的に「良好」・「劣悪」を表す尺度（環境度）を次のように定義した。すなわち、全調査地域の物理的要素（表-2）と生物・化学的要素を各要素について平均した値を基準値〔0〕として、この基準値と各要素との差（分散値）をとり、+を環境に良好な方向、-を劣悪な方向とし、その度合いを環境度とした。各地点の環境度は、各要素の分散値を基準値で除して基準化し、その合計を要素数で除して求めた。図-16は、この様にして得られた4海域の汀線部と沖合部における環境状態を、横軸に物理的環境度、縦軸に生物・化学的環境度とする環境度座標系で表したものである。また図-17は、各海域の汀線部と沖合部における6つの指標の環境度をレーダーチャートで示したものである。曽根干潟や長井海岸は、前浜面積や開口度、潮位差などの物理的環境度が良好であるが、沖合部で生物・化学的環境度が最も劣悪である。逆に、博多湾と津屋崎・古賀海岸は、物理的環境度が良くないが、生物・化学的環境度は良好で、特に博多湾の汀線部では4海域中で最も良好である。これには、底生生物や動物プランクトン、底質が寄与し

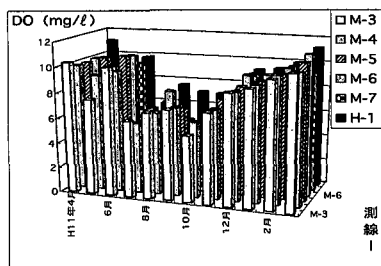


図-10 博多湾の測線Iにおける水質DOの月別変化

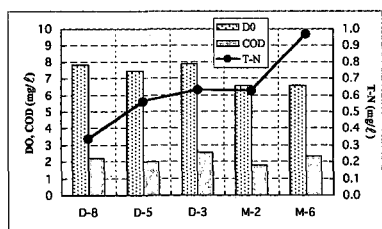


図-11 博多湾の測線IIIにおける水質のDO, COD, T-Nの変化

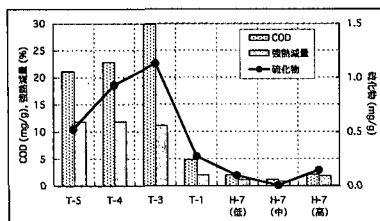


図-12 博多湾の測線IXにおける底質のCOD, 強熱減量, 硫化物の岸沖分布

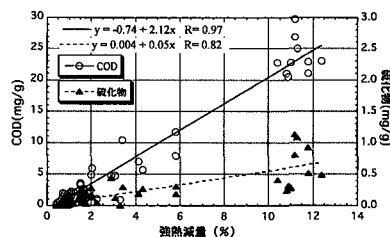


図-13 博多湾における強熱減量とCOD, 硫化物の関係

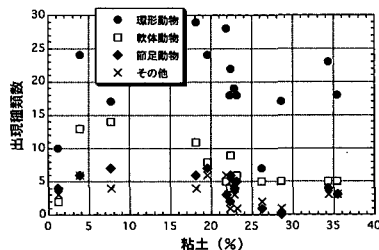
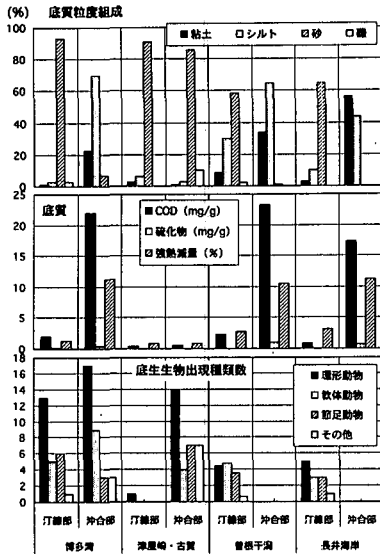


図-14 博多湾における底生生物と粘土含有率の関係



図一五 4地域における底質特性と底生生物の比較

ている。以上のように、この手法は相対評価であるが、それぞれの海域の環境度を知ることができる。

4. あとがき

本研究により次のことを明らかにした。

(1) 曾根干潟と長井海岸において、沖合部で底質の泥が多く、CODや硫化物も高い値となり、底生生物は皆無であった。汀線部では、逆に底質のCODや硫化物が低く環境浄化機能が表れており、底生生物も泥含有率が60%以下で出現種類数が多い傾向が見られた。

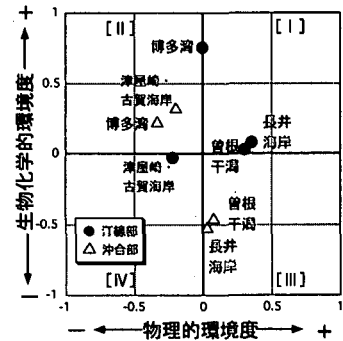
(2) 博多湾においては、水質のDOが、夏から秋にかけて顕著に低下し、湾奥の干潟に近いほど低い値になっている。底質のCODや強熱減量、硫化物は、海域で値が高くなり、干潟で値が低くなる。底生生物は、環形動物の出現種類数が最も多く、底質の粒度組成にあまり関係なく干潟から沖合部まで広く分布している。

(3) ここで提案した手法により調査海岸における物理的環境度と生物・化学的環境度の相対的な大きさを求めた。この手法は、相対的な評価であり単純な方法ではあるが、海域の環境度を明らかにすることができる。また、年ごとのデータがあれば経年的な環境度の変化を評価することも可能である。今後は、各環境要素間の重要度を明らかにし、それを取り入れた評価が必要である。

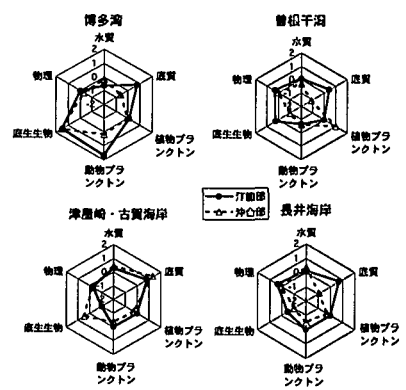
福岡市港湾局環境対策部と北九州市企画・学術振興局、環境局から博多湾と曾根干潟に関するデータを提供いただき、ここに感謝の意を表します。なお、本研究は、文部省科学研究費補助金基盤研究B (No. 13450204 代表者入江功) による研究であることを付記する。

表一2 調査海域における物理的環境要素

物理的環境要素	博多湾		津屋崎・古賀海岸		曾根干潟		長井海岸	
	汀線部	沖合部	汀線部	沖合部	汀線部	沖合部	汀線部	沖合部
海域の開口径	0.62	0.62	1.44	1.44	1.14	1.14	1.92	1.92
前浜勾配	1/250	1/250	1/8	1/8	1/625	1/625	1/85	1/85
前浜の面積(km ²)	1.24	1.24	0.42	0.42	5.17	5.17	1.43	1.43
自然海岸率(%)	14	14	84	84	0	0	44	44
泥含有率(%)	4.0	93.0	9.0	4.0	39	98.7	13	100
潮位差(m)	2.0	2.0	2.0	2.0	3.8	3.8	3.8	3.8



図一六 4海域における環境座標



図一七 調査海域における環境指標項目による環境度

参考文献

- 岡部 順・藤井敬宏 (1998): 沿岸域における環境価値の評価に関する研究—東京湾の底生生物環境を例として—, 日本沿岸域会議論文集, 第10巻, pp. 15-25.
- 加藤史訓・佐藤順司・三輪竜一 (1999): 海岸域の底生生物とその生息環境に関する全国的調査, 海岸工学論文集, 第46巻, pp. 1136-1140.
- 北園声人・鈴木敦己・林 泰弘・喜津木郁人・滝川 清 (2001): 有明海と八代海の干潟における底質特性と底生動物の豊かさに関する研究, 海岸工学論文集, 第48巻, pp. 1131-1135.
- 小島治幸・武若 聡・入江 功・片岡 治・島田 浩・筒井久喜 (1997): 砂浜海岸における自然環境の保護・保全に関する基礎的研究, 海岸工学論文集, 第44巻, pp. 1186-1190.
- 中村俊昭・和野信市・稲田 勉・伊藤哲文・寺中啓一郎 (1995): 環境修復プロセスの評価手法の研究, 日本沿岸域会議論文集, 第7巻, pp. 37-50.
- 和野信市・榛澤芳雄・長尾義三・近藤健雄・寺中啓一郎・古谷純一 (1997): 生物多様性を考慮した海底環境評価手法, 日本沿岸域会議論文集, 第9巻, pp. 17-29.