

沿岸域の自然環境評価手法に関する研究

A study on an environmental evaluation method for the coastal environment

原 喜則¹, 小島 治幸², 入江 功³, 山城 賢⁴

Yosinori HARA, Haruyuki KOJIMA, Isao IRIE and Masaru YAMASIRO

¹学生会員 工修 九州共立大学大学院 環境・都市システム工学専攻 (北九州市八幡西区自由ヶ丘 1-8)

²正会員 工博 九州共立大学 教授 工学部 土木工学科 (北九州市八幡西区自由ヶ丘 1-8)

³正会員 工博 九州大学大学院 名誉教授

⁴正会員 博士(工学) 九州大学大学院 助手 工学研究院 環境都市部門 (福岡市東区箱崎 6-10-1)

This study presents a new methodology to evaluate the degree of physical environment and bio-chemical environment at the specific coastal sites. We carried questionnaire surveys to determine weighting factors of coastal environmental elements, which constitute natural environment of the coastal zone, and field studies to measure values of these elements at 12 major coastal sites along the Kyushu. By using the acquired weighting factors and values of the coastal environmental elements, two evaluation techniques are proposed: a relative evaluation technique with average values of all the sites as base values and a point-wise evaluation technique with certain criterion for each elements. The proposed methodology provide a useful tool to evaluate natural environmental characteristics of the coast zone.

Key Words: Environmental evaluation method, questionnaire survey, field study, physical environment, bio-chemical environment

1. はじめに

沿岸域において、陸域に確保できない空間を海域に求める要求は今後も続くものと思われる。このとき、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。沿岸の自然環境は、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¹⁾や和野ら²⁾、岡部・藤井³⁾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⁴⁾はあまりない。

本研究は、九州の主要な沿岸域の自然環境に関する特性を明らかにするとともに、沿岸域の新たな環境評価手法を開発することを目的とする。沿岸域の環境を評価するとき、環境学的に「良好」、「劣悪」を表す尺度を環境度と定義し、横軸に物理的環境度と縦軸に生物・化学的環境度を座標系とする評価法を提案する。

この評価法により、ある海域Pの環境度が図-1のようにプロットされる。この海域に対して導水等により環境改善事業を施せば物理的環境度がPAの

ように改善され、それに伴い生物・化学的環境度がABのように改善され则认为られる。また、埋立等の事業を行えば物理的環境度がPCのように変化し、それに伴い生物・化学的環境度がCDのように悪化すると认为られる。この評価法の特徴は、PBやPDの勾配がわかることである。この勾配が緩やかな場合は、物理的な環境の変化に生物・化学的環境があまり敏感に反応しない海域で、勾配がきつい海域は、物理的な環境の変化に生物・化学的環境が敏感に反応するということが考えられる。評価法を開発する上で、自然環境を構成する環境要素の現地

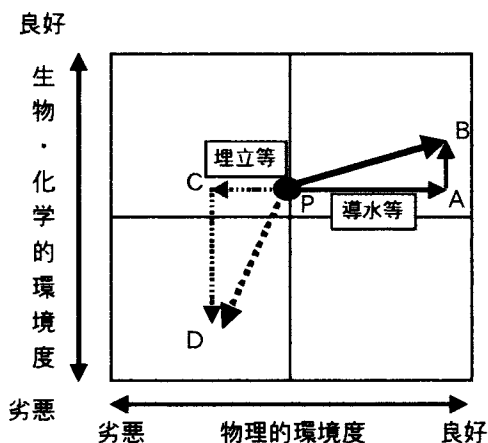


図-1 環境座標系の概念図

調査と各環境要素の重み（重要度）を決定するための階層分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP）⁵⁾を用いたアンケートによる意識調査を行った。アンケート調査結果における重要度と現地調査結果を用いて、本研究の沿岸環境評価手法（環境度を求め、環境度を環境座標系にプロットする手法）で九州の主要な沿岸域の自然環境を評価した。

2. 研究方法

(1) アンケート調査の概要と方法⁷⁾

アンケート調査は、干潟海岸の代表として有明海、閉鎖性海域の代表として博多湾の2海域を対象とし、自然環境を物理的環境、化学的環境および生物学的環境に分け、それぞれの環境を構成する環境要素の重要度を、一対比較のAHPアンケートにより決定するものである。環境要素は、表-1に示すように、海域の自然環境を把握するために一般的に観測される項目とし、地形や海象、水質などの環境指標の構成要素となっている。アンケート調査は、表-1に示す評価基準（3項目）、副評価基準（6項目）および環境要素（各2〜3項目）の3階層とした。環境要素に関しては、すべての要素を取り扱うと一対比較の数が極めて多くなり回答者による処理が困難となることから、独立性を保つように類似した要素を同じくくりにして、各環境指標に対して2から3の要素を設定した。それぞれの階層において一対（2つ）のものをどちらがどれだけ重要かを比較検討した。なお、副評価基準はそれが含まれる評価基準内での一対比較とし、同じように環境要素は、それが含まれる副評価基準内での一対比較とした。アンケート2種類（2海域）を、九州一円の大学および研究所における海岸工学や海洋生物学などの専門家（研究者）と学生に1種類につき131部配付した。回答より各環境要素の重要度を算定し、対象海域ごとに比較した。詳細については、原ら⁷⁾の参考文献を参照して頂きたい。

(2) 沿岸環境要素に関する現地調査の概要

現地調査は、図-2に示す12海域で行った。調査日程は、赤潮が発生しにくい秋季とし、平成13年11/1〜12/21および博多湾については平成14年11/5〜11/7日の期間である。現地調査の方法は、各海域で3測線を設け、干潮線近傍（汀線部）と沖合の水深10m前後（沖合部）の2地点で計測を行った。3測線の内、真中の測線で、表-1に示す生物・化学的環境のうちChl-aを除くすべての環境要素を測定した。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。動物プランクトンは北原式定量ネット、植物プランクトンはバンドーン採水器を用いて採集した。また、既存のデータも収集した。

3. 結果と考察

(1) AHPアンケートによる環境要素の重要度

属性別の重要度を表-2に示す。物理的環境の地形、底質では、『底質粒径』の重要度を両海域で比較すると有明海の方が0.03〜0.12高くなっている。化学的環境の水質・底質とともに、栄養塩関係の『富栄養化度』が両海域のほとんどの属性で最も高くなった。生物的環境のプランクトンでは、両海域の全ての属性で『植物プランクトン』が約0.2高くなっている。底生生物も両海域の全てで『種類数』が最も高かった。生物・化学的環境の各要素では、海域による大きな違いはみられなかった。

(2) 九州沿岸域の環境特性と環境評価法

a) 九州主要海域における環境要素の比較

九州の主要な海域における物理的環境要素を海図などの既存資料から算定し、表-3に示す。前浜の面積は、算定が困難なため浅海面積とした。苅田と中津、始良と指宿の前浜の面積および開口度はそれぞれ同じものを用いた。開口度は、「湾口幅」と「海域面積の平方根」の比とした。物理的環境の前浜の面積が最も狭いのは佐世保5.49km²で、最も広いのが苅田、中津の688km²である。開口度では、大村湾の0.018が最も低く閉鎖性が強い。潮位差が最も大きいのは中津の3.56mで、逆に最も小さいのが大村湾の0.53mである。海底勾配は、苅田の1/735が最も緩やかで、佐世保の1/25が最も勾配がきつく

表-1 AHPアンケートの環境要素

海域の環境度	評価基準	副評価基準 (環境指標)	環境要素
	物理的環境	海象（外力）	(1) 潮位差 (2) 波浪
		地形、底質	(1) 沖合形態（海域の開口度・海底勾配） (2) 汀線形態（前浜の面積・自然海岸率） (3) 底質粒径
	化学的環境	水質	(1) 富栄養化度（T-N・T-P・Cl-・Chl-a） (2) 汚濁度（COD、DO）
		底質	(3) 感濁度（pH・水温、SS・透明度・濁度） (1) 富栄養化度（T-N・T-P） (2) 汚濁度（COD・強熱減量・硫化物） (3) 粒度組成
	生物的環境	プランクトン	(1) 植物プラ（種類数・沈着量・細胞数） (2) 動物プラ（種類数・沈着量・個体数）
		底生生物	(1) 種類数 (2) 各種の個体数 (3) 湿重量



図-2 調査海域

なった。12 海域を比較すると、佐世保と大村湾は物理的環境が劣悪と思われる。良好と思われる苅田と中津は干潟海岸である。

九州の主要な海域における生物・化学的環境要素に関する実測値のいくつかを図-3~6 に示す。図-3 の水質における SS をみると、全体的に沖合部より汀線部の値が高くなる傾向がみられる。特に唐津湾、佐世保、大村湾の汀線部で 8, 12, 15mg/ℓ と他の海域と比較すると高い値になっている。COD についてみると沖合、汀線部ともに、ほとんどが 2mg/ℓ 以下（環境基準 A 類）、あるいはその前後となっている。博多湾汀線部の COD が約 3.5mg/ℓ と最も高くなっている。全窒素（T-N）、全リン（T-P）では、ほとんどが 0.2mg/ℓ と 0.02mg/ℓ 以下（環境基準 I 型）、あるいはその前後となっている。

しかし、博多湾と佐世保の汀線部における T-N では約 1.0mg/ℓ と非常に高い値となった。1 回の観測結果なので、はっきりとは言えないが環境基準と比較すると水質の環境は、おおむね良好と思われる。

図-4 は、海域別における底質の現地調査結果を示したものである。図に示すように沖合部での苅田、大村湾、別府湾、中津では他の海域に比べ底質の COD や全硫化物、T-N が高い傾向にある。また、底質の粒度組成（図-5）においては、沖合で COD の高い苅田、大村湾、別府湾、中津湾ではシルト分が約 45%、粘土分が残りの大部分を占めている。

また、これらの 4 海域の沖合部では、底生生物の種類数（図-6）は非常に少ないことがわかる。全体的に COD や全硫化物が高いと底生生物の種類数や個体数が少なくなる傾向がある。沖合部における底生生物の種類数は佐世保の約 40 種が最も多く、他の海域に比べ粒度組成にかたよりが見られなかった。底生生物の個体数が多いのは佐世保、細島であった。汀線部で種類数が多いのは別府湾の約 30 種が最も多く、個体数が多いのは博多湾と別府湾であ

った。紙面の関係で図は掲載していないが植物プランクトンの細胞数では、始良が最も多く 40 万を超えており、他の海域と比べ非常に多い。種類数は約 30 種類を平均として最大が中津の 46 種類、最小が唐津湾の 21 種類である。

底生生物と動物・植物プランクトンのデータを用いて、調査海域における生物の豊かさを定量的に調べるために、2 つの多様度指数を求めた。1 つは木元⁸⁾の H' を式 (1) で、もう 1 つは Simpson⁹⁾ の λ' を式 (2) で求めた。

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \quad (1)$$

$$\lambda' = 1 - \frac{\sum_{i=1}^s n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad (2)$$

ここで、 n_i は i 番目の出現種の個体数、 N は総個体数、 s は総種類数である。 H' の沖合部では津屋崎、佐世保、汀線部では別府湾が高くなった。 λ' の沖合部の場合には津屋崎、博多湾、唐津湾、佐世保、指宿で高くなった。汀線部では、苅田、大村湾、別府湾、中津、始良が高くなった。種類数、個体数と両多様度指数を考慮し、各海域を比較すると佐世保沖合部、別府湾汀線部における底生生物の種類数と個体数が多く、種組成が均等であることから、底生生物が豊かであると考えられる。

b) 環境評価法による調査海域の環境度

環境評価法として 2 つの手法を提案する。一つは、全調査地域の物理的要素と生物・化学的要素の各値 (X_{ij} ; i は各調査海域、 j は各環境要素) における平均値 ($\bar{Y}_j$) を基準値とし、基準値と各要素の実測値との差 (分散値) を求め、海象や水質、底質などの各環境指標における環境度を式 (3) で評価する方法 (相対評価法) である。すなわち、この分散値に各要素の重要度の重み (W_j) を掛け合わせ、さら

表-2 AHP アンケートにおける属性別の重要度 (上: 博多湾, 下: 有明海)

博多湾	物理的環境						化学的環境						生物的環境					
	海象 (外力)		地形・底質				水質		底質		底質		プランクトン		底生生物			
	潮位差	波浪	沖合形態	汀線形態	底質粒径	富栄養化度	汚濁度	感光度	富栄養化度	汚濁度	粒度組成	植物プラ	動物プラ	種類数	各種個体数	湿重量		
全体	0.52	0.48	0.39	0.37	0.24	0.46	0.32	0.22	0.44	0.37	0.19	0.61	0.39	0.43	0.35	0.22		
専門	環境	0.51	0.49	0.33	0.40	0.27	0.44	0.30	0.27	0.41	0.38	0.20	0.59	0.41	0.43	0.34	0.23	
	土木	0.51	0.49	0.40	0.36	0.24	0.46	0.33	0.21	0.45	0.37	0.19	0.62	0.38	0.44	0.35	0.21	
職業	研究者	0.65	0.35	0.36	0.30	0.34	0.39	0.39	0.22	0.33	0.47	0.20	0.60	0.40	0.46	0.36	0.18	
	院生	0.57	0.43	0.38	0.39	0.22	0.48	0.31	0.21	0.46	0.35	0.19	0.63	0.37	0.44	0.35	0.21	
	学部生	0.43	0.57	0.40	0.36	0.24	0.44	0.33	0.23	0.45	0.35	0.20	0.58	0.42	0.40	0.34	0.26	

有明海	物理的環境						化学的環境						生物的環境					
	海象 (外力)		地形・底質				水質		底質		底質		プランクトン		底生生物			
	潮位差	波浪	沖合形態	汀線形態	底質粒径	富栄養化度	汚濁度	感光度	富栄養化度	汚濁度	粒度組成	植物プラ	動物プラ	種類数	各種個体数	湿重量		
全体	0.71	0.29	0.36	0.32	0.32	0.44	0.35	0.21	0.46	0.34	0.20	0.59	0.41	0.43	0.36	0.20		
専門	環境	0.72	0.28	0.30	0.31	0.39	0.40	0.33	0.27	0.47	0.30	0.23	0.58	0.42	0.41	0.40	0.19	
	土木	0.70	0.30	0.38	0.32	0.30	0.46	0.35	0.19	0.46	0.35	0.18	0.60	0.40	0.44	0.35	0.21	
職業	研究者	0.81	0.19	0.28	0.31	0.41	0.40	0.38	0.22	0.43	0.30	0.27	0.59	0.41	0.51	0.32	0.18	
	院生	0.73	0.27	0.35	0.31	0.34	0.50	0.28	0.22	0.48	0.34	0.18	0.61	0.39	0.43	0.39	0.19	
	学部生	0.63	0.37	0.43	0.31	0.27	0.38	0.43	0.19	0.44	0.37	0.19	0.55	0.45	0.38	0.37	0.24	

表-3 九州の主要な海域における物理的環境

物理的環境	福岡			佐賀	長崎		大分		宮崎		鹿児島	
	津屋崎	苅田	博多湾	唐津湾	佐世保	大村湾	別府湾	中津	宮崎港	細島	指宿	始良
前浜面積 (km ²)	7.12	688.00	24.49	32.42	5.49	34.45	26.14	688.00	96.23	6.54	87.12	87.12
開口度	1.801	0.803	0.631	0.874	0.365	0.018	1.401	0.803	4.361	1.175	0.341	0.341
潮位差 (m)	1.52	3.48	1.08	1.27	2.22	0.53	2.25	3.56	1.24	1.44	2.56	2.40
海底勾配	1/131	1/735	汀線部 1/368 沖合 1/117	1/195	1/25	1/71	1/158	1/493	1/234	1/676	1/230	1/529
底質 50% 粒径 (mm) 汀線部	0.160	0.171	0.359	0.229	1.310	3.520	2.350	0.096	0.478	2.770	1.510	0.780
底質 50% 粒径 (mm) 沖合部	1.070	0.004	0.110	0.075	0.565	0.004	0.006	0.005	0.165	0.082	0.507	0.190

に基準値で除して基準化する。それらを各指標内で合計し指標内の要素数 (n_k ; k は各環境指標) で除したものを各環境指標の環境度とした。

$$E_{ik} = \begin{cases} \frac{1}{n_k} \sum_{j=1}^{n_k} \frac{X_{ij} - Y_j}{Y_j} \cdot W_j \\ \frac{1}{n_k} \sum_{j=1}^{n_k} \frac{Y_j - X_{ij}}{Y_j} \cdot W_j \end{cases} \quad (3)$$

分散値を求める場合、各要素の値が大きいほど環境が良好と考えられるときは式 (3) 中の上式を、逆に各要素の値が小さいほど環境が良好と考えられるときは下式を用い、+側を環境に良好、-側を劣悪となるように定義した。物理的環境度と生物・化学的環境度は、各々の環境指標における環境度 (E_{ik}) をそれぞれ合計して求めた。相対評価法は平均値が基準となるので、各環境要素を過大評価および過小評価する場合があると予測される。

いま一つの手法は、各環境要素には、良好な環境および劣悪な環境とされる範囲があると考えられる。環境が良好および劣悪と思われる範囲の上限値と下限値 (仕切値) を設定し、実測値を仕切値で点数化し評価する方法 (絶対評価法) である。仕切値の設定については、表-4 に示す資料をもとに決定した。評価値 (実測値を点数化した値) は、表-5 に示すように、『-2』～『2』までの 1 刻みの 5 段階に点数化した。物理的環境は、仕切値を設定するのが困難なため相対評価法のように平均値付近を基準 (0) とした。環境度 (E_{ik}) は式 (4) で求めた。

$$E_{ik} = \frac{1}{n_k} \sum_{j=1}^{n_k} W_j \cdot P_j \quad (4)$$

ここで、 P_j は評価値である。また、汀線部と沖合部でデータがそろっている環境要素のみを用いた。なお、生物の要素には多様性指数 (H') を用いた。

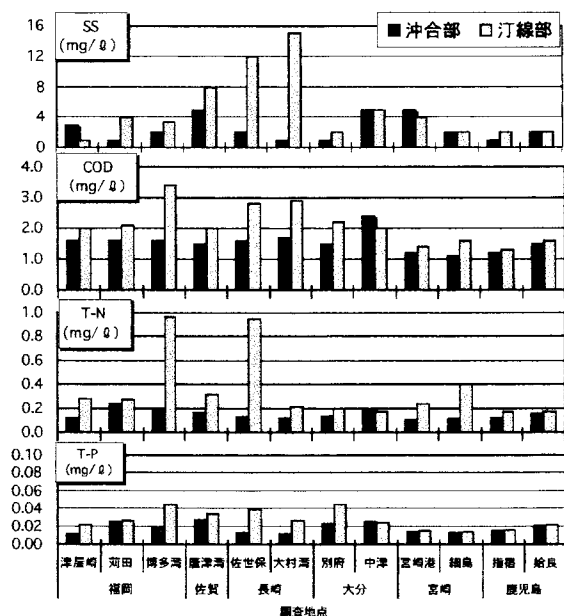


図-3 海域別における水質の比較

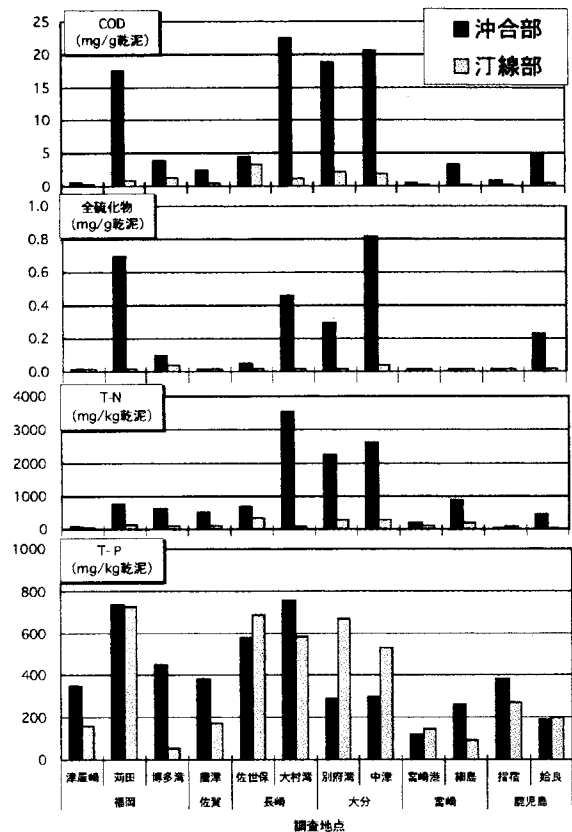


図-4 海域別における底質の比較

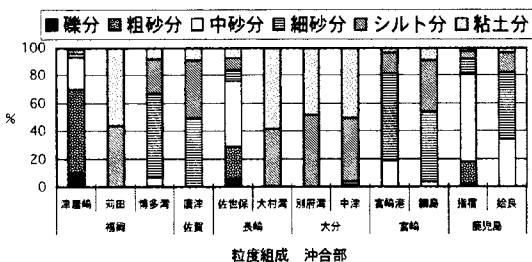


図-5 沖合部の海域別における粒度組成の比較

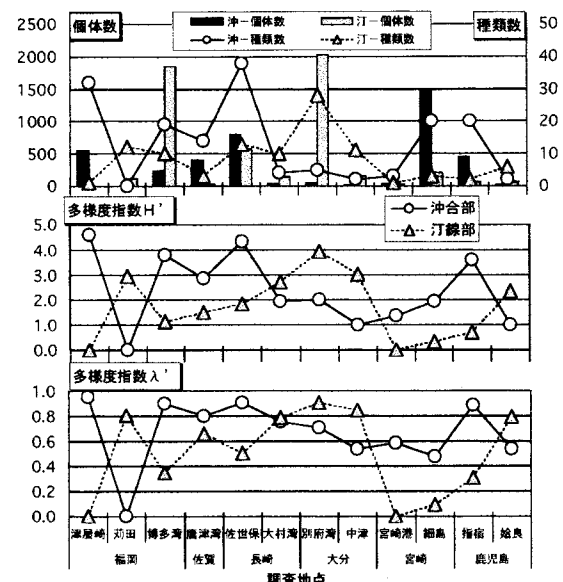


図-6 海域別における底生生物 (種類数と個体数, 多様性指数) の比較

図-7a, b, c は、調査海域の汀線部と沖合部における各種評価法によって得られた環境度を環境座標系上にプロットしたものである。相対評価法における重要度を考慮しない場合とした場合の結果を示す図-7a と図-7b を比較すると、前者では、海域ごとの違いがはっきり表れており、海域の物理的環境度および生物・化学的環境度の特徴が把握できる結果となった。後者の場合は、基準の『0』付近に集中する傾向が見られるが、物理的環境度および生物・化学的環境度に大きな特徴のある海域が把握できる。図-7a, b ともに物理的環境度が高い海域は、干潟海岸の苅田、中津で、前浜の面積や潮位差などの高い値が寄与している。一方、物理的環境度が低かった大村湾、佐世保においては、海域の開口度や前浜の面積が小さいためである。生物・化学的環境度が高い海域は、博多湾汀線部、別府湾汀線部、始良沖合部となり、生物・化学的環境度が低い海域は、苅田沖合部、大村湾沖合部、別府湾沖合部となった。また、重要度を考慮した相対評価法の各海域における環境指標ごとの環境度を示した図-8 を見ると、底生生物またはプランクトンの指標の環境度が高い海域が高く評価される傾向がある。逆に、生物・化学的環境度が低い海域では、底質および底生生物の環境度が低い傾向がある。

図-7c の絶対評価法では、生物・化学的環境度に関しては、ほとんどの海域がプラスになっている。これは、各海域における環境指標ごとの環境度を示した図-9 から分かるように、水質および底質の環境度がほとんどの海域でプラスになったためである。水質に関しては、対象とした九州の海域が一般的に用いられる環境基準に対して良好な自然環境を保つ

ていることを示している。紙面の関係で図は掲載していないが多様度指数に λ' を用いると、 H' に比べ生物・化学的環境度が高くなる傾向が見られた。また、汀線部に比べ沖合部の方が、生物・化学的環境度の高い海域が多い結果となった。この様に絶対評価法は、水質基準などの環境基準をもとに環境度を求めているため、多くの環境要素を考慮した総合的な環境の良し悪しを評価することが可能である。

4. あとがき

現地調査結果より、底質の COD、全硫化物が高い海域は、粒度組成が粘土とシルトからなり、底生生物がほとんど存在しない傾向がみられ、底質の物理的組成と化学的特性、底生生物の有無の間に強い相関が見られた。沖合部での底生生物の種類数が多い佐世保では、他の海域に比べ粒度組成にかたよりが見られなかった。種類数と個体数および多様度指数により、佐世保沖合部と別府湾汀線部は、他の海域と比較すると底生生物が豊富であることが分かった。今回、仕切値に用いた値（環境基準など）と比較すると水質は、ほとんどの海域で良好であった。

ここで提案した相対評価法および絶対評価法の環境座標系で、沿岸域における自然環境をある程度妥当に評価できたと考える。相対評価法は、他の海域と比較し特徴を把握する場合、特に有効と考えられる。しかし、平均値との比較なので、環境の良し悪しを評価する場合は実測値に十分な注意が必要である。絶対評価法の場合は、環境の良し悪しを評価する場合に有効だと考えられる。しかし、仕切値の設定などさらなる検討が必要である。今後は、経年的なデータのある海域の環境度を評価するとともに、ある程度評価の定まった海域にこの評価法を適用し、その妥当性などを検討したい。

謝辞：本研究のアンケート調査と現地調査を実施するにあたり、九州一円の大学と研究所における海岸や環境、生物関係の研究室の教職員と学生に多大な

表-4 仕切値の設定をするための資料

水質	生活環境保全に関する環境基準（海域） ¹⁰⁾
	水産用水基準 ¹⁰⁾
底質	海域の栄養階級区分とその特徴（吉田陽一） ¹⁰⁾
	汚泥除去基準の6点評価法・8点評価法（東京都港湾局） ²⁾
生物	海域の栄養階級区分とその特徴（吉田陽一） ¹⁰⁾
	多様度指数 木元 ⁸⁾ の H' とSimpson ⁹⁾ の λ'

表-5 仕切値の設定

評価値 (P_j)		劣悪	やや劣悪	基準	やや良好	良好
		-2	-1	0	1	2
地形	海域の開口度	0.018~0.441	0.441~0.865	0.865~1.733	1.733~3.047	3.047~4.361
	海底勾配	1/25~1/139	1/139~1/253	1/253~1/395	1/395~1/565	1/565~1/735
	前浜の面積 (km ²)	5.5~62.9	62.9~120.3	120.3~256.8	256.8~472.4	472.4~688
海象	潮位差 (m)	0.53~1.10	1.10~1.68	1.68~2.28	2.28~2.92	2.92~3.56
水質	透明度 (m)	~3	3~5	5~8	8~10	10~
	DO (mg/ℓ)	~130, 0~29	130~120, 30~49	120~110, 50~69	110~100, 70~80	100~80
		~2	2~3	3~5	5~7.5	7.5~
	SS (mg/ℓ)	~10	10~7	7~6	6~3	3~
	COD (mg/ℓ)	~8	8~6	6~4	4~2	2~
	T-N (mg/ℓ)	~1.0	1.0~0.6	0.6~0.4	0.4~0.2	0.2~
	T-P (mg/ℓ)	~0.09	0.09~0.05	0.05~0.04	0.04~0.02	0.02~
底質	COD (mg/g)	~40	40~30	30~20	20~10	10~
	強熱減量 (%)	~15	15~12	12~8.5	8.5~5	5~
	T-N (mg/g)	~1.8	1.8~1.3	1.3~0.8	0.8~0.3	0.3~
	T-P (mg/g)	~1.0	1.0~0.6	0.6~0.4	0.4~0.2	0.2~
	硫化物 (mg/g)	~1.0	1.0~0.7	0.7~0.4	0.4~0.1	0.1~
	粒度組成 (%) 粘土・シルト	3~100	8.2~85.8	14~72	18.79~57.5	23.9~43.3
	底生生物	λ'	~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8
	H'	~1	1~2	2~3	3~4	4~
植物プランクトン	λ'	~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~
	H'	~1	1~2	2~3	3~4	4~
動物プランクトン	λ'	~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~
	H'	~1	1~2	2~3	3~4	4~

協力を頂いた。ここに感謝の意を表す。なお、本研究は、科学研究費基盤研究B（No.13450204 代表者入江功）の助成を受けたことを付記する。

参考文献

- 1) 中村俊昭, 和野信一, 稲田勉, 伊藤鉄文, 寺中啓一郎: 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, 1995
- 2) 和野信市, 榛澤芳雄, 長尾義三, 近藤健男, 寺

- 中啓一郎, 古谷純一: 生物多様性を考慮した海底環境評価手法, 日本沿岸域学会論文集, 第9巻, pp.27-39, 1997
- 3) 岡部順, 藤井敬宏: 沿岸域における環境価値の評価に関する研究, 日本沿岸域学会論文集, 第10巻, pp.15-25, 1998
- 4) 小島治幸, 上殿高広, 岡野太樹, 原喜則, 入江功, 山城賢: 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, 海岸工学論文集, 第49巻, pp.1146-1150, 2002
- 5) 刀根薫: ゲーム感覚意志決定法 AHP 入門, 日科技連, pp.1~216, 1986
- 6) 木下栄蔵 編著: AHP の理論と実際, 日科技連, pp.1~304, 2000
- 7) 原喜則, 小島治幸, 入江功, 山城賢: 意識調査による沿岸環境要素の重要度と環境評価法の開発に関する研究, 日本沿岸域会議論文集, 第16巻, pp.1-13, 2004
- 8) 木元新作: 生態学研究法講座 14, 動物群集研究法 I, 共立出版, p192, 1976
- 9) 小笹博昭, 村上和男, 浅井正, 中瀬浩太, 綿貫啓, 山本秀一: 多様性指数を用いた波高・港湾構造形式別の付着生物群集の評価, 海岸工学論文集, 第42巻, pp.1216-1220, 1995
- 10) 九州環境管理協会ホームページ: 環境に関する情報集, <http://www.keea.or.jp/qkan/index.htm>

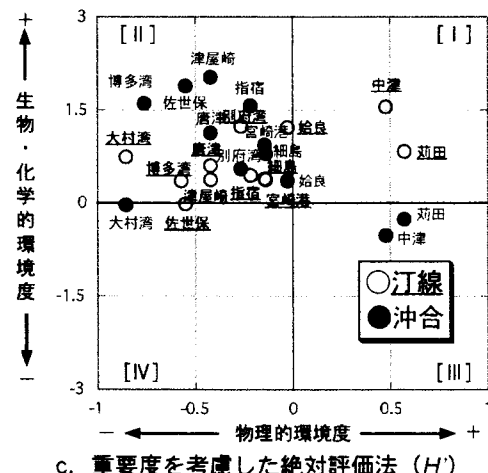
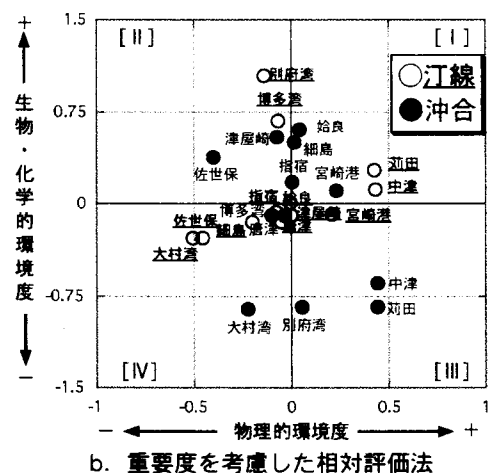
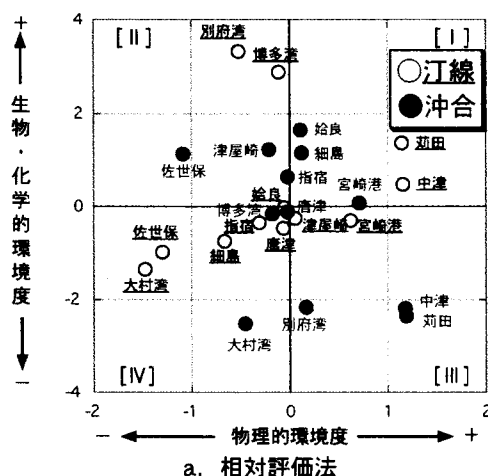


図-7 各種評価法による九州の主要な海域における環境度

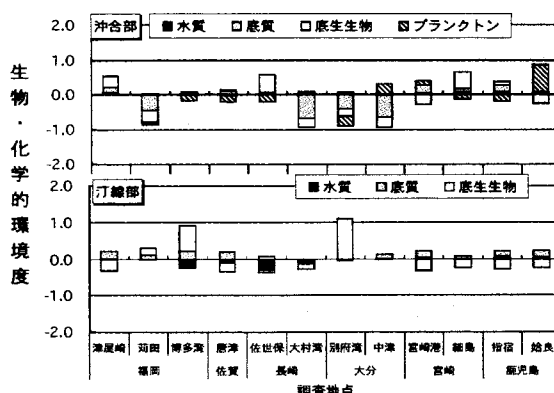


図-8 重要度を考慮した相対評価法における生物・化学的環境度

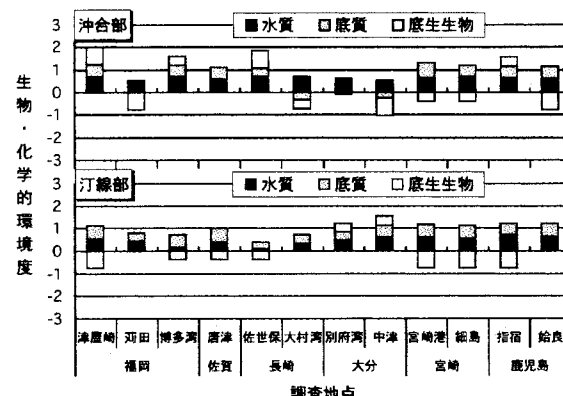


図-9 重要度を考慮した絶対評価法における生物・化学的環境度 (H')