

海生生物と物理環境との関連性を捉えた 海岸保全施設整備事業の環境影響予測

Prediction of Environmental Influence induced by the Construction of Seacoast Protection Facilities based on the Association between Marine Organisms and Habitats

土井 康義*・澤樹 征司*・鈴木 忠彦**・本間 義治***
Yasuyoshi DOI, Seiji SAWAKI, Tadahiko SUZUKI and Yoshiharu HONMA

要旨: 近年, 建設事業を行う際は環境アセスメントが行われているが, 海岸保全施設整備事業においては先行事例が少なく予測手法も確立されているとは言い難い状況にある. そこで本研究では, 海生生物の生息・生育状況と物理環境との関連性を, 現地調査で得たデータを用いて統計解析により明らかにし, これらの関連性を踏まえて影響予測を行うとともに, 今後のモニタリング調査時に着目すべき生物項目の抽出を試みた.

その結果, 海岸保全施設整備事業における環境への影響予測手法を具体的なデータを用いて示すことができた. 今後, 同様の事業を実施する際には, 本研究のプロセスを参考とすることで, 事業と関係する生物項目を過不足なく抽出することができ, 効率的な検討が可能になると考えられる.

キーワード: 海岸保全施設整備事業, 海生生物, 環境影響予測, 環境保全対策

1. はじめに

我が国では, 波浪等による砂浜侵食への対策としてヘッドランドや人工リーフ整備などの海岸保全施設整備事業(以下「海岸保全事業」という.)が行われている. 一般に, 事業が環境影響評価法等の対象事業に該当する場合には, 同法の考え方に基づいて環境への影響を予測し, その結果に基づいて事業の改善やモニタリング調査計画, 環境保全対策の検討を行う. また最近では社会情勢の変化の中で財源不足が逼迫した課題となり, 事業の各段階, とりわけ影響予測やモニタリング調査計画, 環境保全対策の検討において, 重点化・簡略化を踏まえた効率化が強く求められている.

効率的な影響評価やモニタリング調査を実現す

るためには, 適切なインパクトレスポンスの検討が必須であるが, これらの検討事例は少なく, 平成11年の海岸法の一部改正で「環境」が目的に追加されて以降, 「自然共生型海岸づくりの進め方¹⁾」の刊行とともに, 徐々に研究が進められている状況にある.

海岸保全施設整備に伴う生態系への影響に関する研究では, 田中²⁾や檜山ら³⁾, 蔣ら⁴⁾が影響・予測評価モデルの構築を行っているが, インパクトレスポンスの整理については定性的観点から整理されている. また, 目黒ら⁵⁾は海浜生態系におけるインパクトレスポンスを, 柳ら⁶⁾は沿岸海域生態系保全のためのモニタリング指標を提案しているが, いずれも定性的な抽出となっている.

* 正会員 株式会社 建設技術研究所 東京本社環境部, ** 国土交通省 信濃川下流河川事務所 海岸課,
*** 新潟大学名誉教授

このように、既往研究では海岸保全事業に関わるインパクトレスポンスはいまだ定性的観点からのものが多い段階にある。従って、事業に伴う物理環境（以下、「物理環境項目」という。）の変化に対応する魚類や底生動物、動植物プランクトンなどの生物分類群（以下、「生物項目」という。）を過不足なく抽出することが難しく、重点化・簡略化の取組みは今後の課題となっている。

そこで本研究では、まず海生生物の生息・生育状況と物理環境との関連性を統計解析により明らかにした。そして、新潟海岸の海岸保全事業を取り、上記の関連性を踏まえた的確な環境影響予測を行うとともに、モニタリング調査で着目すべき生物項目の抽出を試みた。

2. 生物と物理環境の関連性把握の方法と仮説の設定

海生生物と物理環境との関連性を定量的に把握するための方法として、本稿では以下の仮説を設定したうえで現地調査データを用いた統計解析により仮説を検証していく方法を採用した。

仮説：表1に示す生物項目の生息・生育状況と物理環境項目との間に関連性がある。

3. 仮説検証用データの諸元

仮説検証用のデータには、海岸保全事業（国土交通省信濃川下流河川事務所による）が実施されている金衛町海岸、新潟県新潟市中央区汐見台地先で実施した現地調査結果を用いた。

3.1 現地調査の概要

3.1.1 調査地点

金衛町海岸では、ヘッドランド4基、人工リーフ3基の整備により、3つの静穏域を創出する計画となっている。なお、既に一部の構造物が竣工していることから、各工区で物理環境の違いが

表1 関連性を有する生物項目と物理環境の仮説

生物項目	物理環境項目
魚類	底質
底生動物	水質
動物プランクトン	水深
植物プランクトン	距岸（岸からの距離） 河川からの距離

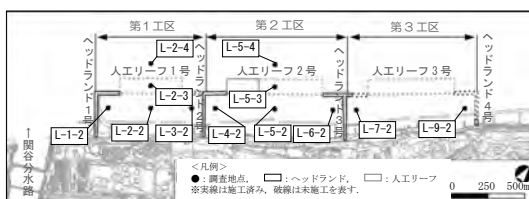


図1 現地調査地点

生じているものと推察された。このような条件を踏まえ、調査地点は各工区の構造物の内側に3地点、人工リーフ設置予定箇所に1地点、構造物の外海側に1地点配置することで、金衛町海岸に広がる環境を網羅的に捉えられるものと考えた。なお未施工の区間は開放的で物理環境に明確な違いは生じていないと考えられたことから構造物内側の2地点に代表させ、合計12地点を配置した。

3.1.2 調査時期

海域には水温躍層の形成や生物の季節的消長などの季節変動があるため、四季データの取得が望まれる。ただし、冬季の日本海は海象条件が厳しく安全確保の観点から環境調査の実施が困難である。したがって、調査時期は初夏、夏季、秋季の3季に設定した。

3.2 生物項目の指標

生物項目の指標は、種数、個体数が基本となるが、これらに着目するだけでは生息種の偏り具合などの多様性に関する言及が難しい。そこで本稿では Shannon-Weaver (1949)¹⁰⁾ の多様度指数も指標として検討を行った。

表 2 生物項目の指標

生物項目	指標	指標の解説	入手方法
魚類	種数	物理環境の変化による魚類の種数、個体数、種の多様性の変化を把握するために	各調査地点で刺網を1晩設置して捕獲した魚類の種数、個体数を集計
	個体数		
	多様性指数		各測点において、Shannon-Wienerの多様性指数 (H') を算出
底生動物	種数	物理環境の変化による底生動物の種数、個体数、種の多様性の変化を把握するために設定	各調査地点でスミス・マッキンタイヤ型採泥器で定量採取した底生動物の種数、個体数を集計
	個体数		各測点において、Shannon-Wienerの多様性指数 (H') を算出
	多様性指数		
動植物プランクトン	種数	物理環境の変化に対応する動植物プランクトンの種数、個体数、植物プランクトンの種数、細胞数の変化を把握するために設定	各調査地点で北原式ネット鉛直曳き(5m)により採集した動物プランクトン、バンドーン採水器で表層(海面下0.5m程度)で採集した植物プランクトンの種数、個体数(細胞数)を集計
	個体数(細胞数)		

3.3 物理環境項目の指標

物理環境項目の指標は表3のとおりとした。海域では波浪や流況も物理環境要素の1つであるが、これらの変化は水質、底質、水深に表れると考えられるため調査は行わなかった。そのほか、距岸(岸からの距離)、河川からの距離を指標とした。

距岸については、調査地点間の差異を表現するものであり、岸から近い順に間隔尺度でデータを与えた。同様に河川からの距離は、河川から近い順に間隔尺度で与えた。

4. 統計解析(相関分析)による仮説検証

前章の指標を用いて、生物と物理環境との関連性を統計解析し、仮説の検証を行った。2変数の関連性を示す統計解析手法には様々なものが存在するが、ここでは物理環境の変化が生物の増減に寄与するかを把握することが目的であるため、本稿では最も基本的な手法で線形関係の強さを表すPearsonの積率相関分析を採用した。

分析の結果、相関係数は表4のとおりであった。従ってこの結果から、各生物項目と物理環境との関連性は以下のように示された。

●魚類は、底質(泥温、粒度組成)、水質(水色、水温、COD、SS、DO、大腸菌群数、T-N、T-P)、水深、距岸との間に相関があり、上記の物理環境指標と関連性がある。

●底生動物は、底質(粒度組成)、水質(透明度、水色、塩分、pH、大腸菌群数)、水深、距岸との間に相関があり、上記の物理環境指標と関

表 3 物理環境項目の指標

物理環境項目	指標	指標の解説	入手方法
水質	透明度	物理環境のうち水質を示す指標として設定	各調査地点でセックシー瓶にて測得
	水色		各調査地点で目視にて測得
	水温	水色以外の指標は表層と底層の値を設定	各調査地点でSTDを用いて表層、底層の値を測得
	pH		
	COD		
	SS		
	DO		
底質	大腸菌群数	物理環境のうち底質を示す指標として設定	各調査地点でスミス・マッキンタイヤ型採泥器で採取した底質より測得
	粗粒	19~75mmの十粒子径	各調査地点でスミス・マッキンタイヤ型採泥器で採取した底質をふるいわけ試験にかけて測得
	中粒	4.75~19mmの十粒子径	
	細粒	2~4.75mmの十粒子径	
	粗砂	0.850~2mmの十粒子径	
	中砂	0.250~0.850mmの十粒子径	
	細砂	0.075~0.250mmの十粒子径	
水深	泥温	物理環境のうち水深を示す指標として設定	各調査地点でスミス・マッキンタイヤ型採泥器で採取した底質より測得
	シルト・粘土	0.005~0.075mm、及び0.005mm以下の十粒子径	
その他	距岸	岸からの距離を間隔尺度で示した値	構造物内側の測点:1 人工リーフトの測点:2 構造物外側の測点:3
	河川からの距離	河川(間量水路)からの距離を間隔尺度で示した値	調査地点-1上の測点:1 調査地点-2上の測点:2 調査地点-3上の測点:3 調査地点-4上の測点:4 調査地点-5上の測点:5 調査地点-6上の測点:6 調査地点-7上の測点:7 調査地点-8上の測点:8 調査地点-9上の測点:9

表 4 生物項目と物理環境との相関係数

		底質							シルト 粘土
		泥温	粗粒	中粒	細粒	粗砂	中砂	細砂	
魚類	個体数	-0.19			-0.15	-0.43	-0.52	0.46	0.34
	種数	-0.49			-0.11	-0.18	0.16	-0.13	-0.10
	多様性	-0.57			-0.05	-0.01	0.21	-0.18	-0.12
底生動物	個体数	-0.02		0.04	0.01	-0.33	-0.54	0.50	0.41
	種数	-0.13		0.21	0.16	-0.33	-0.67	0.54	0.65
	多様性	-0.14		0.20	0.25	-0.10	-0.16	0.35	0.50
プランクトン(植物)	個体数	-0.22			0.01	-0.11	0.07	0.21	-0.42
	種数	-0.47			0.09	0.22	0.40	-0.29	-0.34
プランクトン(動物)	個体数	-0.64			-0.15	-0.13	-0.18	0.08	0.23
	種数	-0.58			0.03	0.14	0.06	-0.10	0.01
水質									
表層									
魚類	個体数	0.11	-0.07	-0.11	-0.27	-0.31	-0.10	0.54	0.37
	種数	-0.12	0.31	-0.56	0.02	0.18	-0.14	0.23	0.51
	多様性	-0.34	0.42	-0.51	-0.20	-0.01	-0.10	0.40	0.61
底生動物	個体数	0.42	-0.40	0.02	-0.30	0.12	-0.08	0.10	0.08
	種数	0.51	-0.34	-0.07	-0.09	0.40	0.06	0.06	0.11
	多様性	0.46	-0.19	-0.09	-0.44	0.41	-0.11	-0.10	0.07
プランクトン(植物)	個体数	-0.50	0.58	-0.09	-0.75	-0.37	0.28	0.76	0.48
	種数	-0.79	0.30	-0.48	0.02	0.14	0.38	0.13	0.36
プランクトン(動物)	個体数	-0.57	0.33	-0.51	-0.40	0.07	0.23	0.35	0.34
	種数	0.28	-0.43	0.52	0.55	0.07	-0.01	-0.67	-0.74
水質									
底層									
魚類	個体数	-0.31	0.04	-0.05	-0.28	-0.28	-0.18	0.74	0.56
	種数	0.44	-0.72	-0.55	-0.62	-0.18	0.15	0.38	0.51
	多様性	-0.14	0.63	0.83	-0.68	-0.15	0.09	0.39	0.62
底生動物	個体数	0.57	-0.07	-0.28	-0.01	-0.12	0.03	0.01	0.04
	種数	0.00	-0.09	-0.12	-0.15	0.06	0.09	0.24	0.10
	多様性	0.25			-0.10	0.26	0.14	0.28	0.14
プランクトン(植物)	細胞数	-0.16	-0.09	0.24	-0.27	-0.82	-0.05	0.26	0.83
	種数	-0.54	0.68	0.59	-0.46	0.11	0.61	0.09	0.22
プランクトン(動物)	個体数	0.63	0.06	0.04	-0.46	0.11	0.20	0.37	0.32
	種数	-0.30	-0.13	-0.43	0.69	0.38	-0.25	-0.33	-0.73
水質									
その他									
魚類	個体数	0.31	0.12	0.16	0.07	0.67	0.58	-0.69	
	種数	0.61	0.31	-0.26	0.15	-0.16	-0.22	0.26	
	多様性	0.61	0.48	-0.13	-0.11	-0.04	0.14	-0.13	
底生動物	個体数	0.14	-0.04	-0.06	0.23	0.57	0.53	0.12	
	種数	0.17	0.18	0.09	0.12	0.81	0.74	0.05	
	多様性	0.22	0.24	0.20	0.10	0.68	0.56	0.05	
プランクトン(植物)	細胞数	0.69	0.37	-0.96	-0.83	-0.07	-0.05	-0.04	
	種数	0.30	0.02	0.36	-0.11	-0.43	-0.46	0.30	
プランクトン(動物)	個体数	0.51	0.45	0.00	-0.03	0.16	0.25	-0.53	
	種数	-0.85	-0.45	0.77	0.84	-0.16	-0.16	0.02	

※表中の網掛けは、サンプル数36、有意水準0.05とした場合に有意な相関関係のある0.329以上のものを示す。

連性がある。

- 動物プランクトンは、底質（泥温）、水質（pHを除く）、河川からの距離との間に相関があり、上記の物理環境指標と関連性がある。
- 植物プランクトンは、底質（泥温、粒度組成）、水質、水深、距岸との間に相関があり、上記の物理環境指標と関連性がある。

5. 仮説検証結果の妥当性検討

以上のように、相関分析によって生物と物理環境との関連性が定量的に明らかになったが、ここでは数値の議論に留めずに、仮説検証結果が実状を反映しているかを検討した。

具体的には12箇所の調査地点について、物理環境指標データを用いて類型区分し、区分別の種数、個体数、多様度指数、及び種組成を比較することで検討した。

5.1 物理環境指標による類型区分

類型区分は、表3に示す物理環境指標を説明変数とした階層型クラスター分析により行った。分析の結果、図2に示すように4つのグループに類型化された。これらのグループは、海岸保全施設の整備状況との関係から、次のように説明し得ると考えられる。

- ・海域A：構造物内側の開口部
- ・海域B：構造物未整備部
- ・海域C：人工リーフ設置予定箇所、構造物外側
- ・海域D：構造物内側の傘部

なお、類型別の物理環境データを参考に示すと表5のようになる。例えば、底質と水深を見ると、海域Cは水深が深く細砂、シルト・粘土分が多いのに対し、海域Dは水深が浅く中砂分が多いなど、類型ごとに物理環境の違いが見られた。

表5 類型区分別の物理環境項目

項目	底質						
	泥温	粗礫	中礫	細礫	粗砂	中砂	細砂
箱ひげ図							
中央値	海域A: 21.55, 海域B: 22.35, 海域C: 21.35, 海域D: 21.50	0.00	0.00	0.05	0.55	34.65	62.80
中央値		0.00	0.00	0.10	0.20	5.05	43.05
中央値		0.00	0.00	0.10	0.20	5.05	67.30
中央値		0.00	0.00	0.00	0.15	73.50	24.45
項目	底質		水質(表層)				
	シルト・粘土	透明度	水色	水温	塩分	pH	COD
箱ひげ図							
中央値	海域A: 1.95, 海域B: 3.20, 海域C: 24.05, 海域D: 1.80	3.60	3.85	6.50	21.79	32.68	8.10
中央値		3.20	3.85	6.50	22.30	32.24	8.15
中央値		24.05	5.15	7.00	22.05	32.33	8.15
中央値		2.65	8.00	21.81	32.33	8.10	2.10
項目	水質(表層)				その他		
	SS	DO	T-N	T-P	水深	岸沖方向	河川距離
箱ひげ図							
中央値	2.50	7.50	0.34	0.019	3.60	1.00	4.50
中央値	1.60	7.30	0.20	0.011	4.50	1.00	9.00
中央値	1.60	7.30	0.27	0.016	7.50	2.50	3.50
中央値	2.20	7.15	0.23	0.015	2.80	1.00	4.00

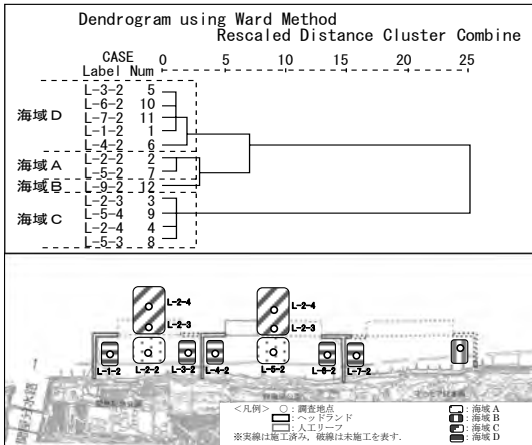


図2 物理環境指標による類型区分

5.2 魚類の妥当性検討

魚類については、現地調査地点を配置した海域A~Cの環境を対象として妥当性の検討を行った。

検討の結果、表6、表7及び図3に示すように、構造物内側の開口部では種数、個体数ともにバランスが取れた状況、構造物未整備部では種数が多く個体数が少ない状況、人工リーフ上部、及び構造物外側では種数が少なく個体数が多い状況となっており、類型区分ごとに魚類の出現状況に違いが見られた。

以上のことから魚類の生息状況と物理環境との間に関連性があるという仮説の採択は妥当であると考えられる。

表6 類型区分別の魚類の出現状況

類型区分	名称	写真	出現状況
海域A	構造物内側の開口部		海域Aは種数、個体数ともにバランスの取れた傾向が見られる。また多様性指数についても中央値が1.99であり、魚類相は比較的豊かな環境である。 種組成については、底生魚であるクロウシノシタ、アカシタビラメの他、マダイ等の遊泳種も確認されており、底生魚と遊泳魚が共存する環境となっている。
海域B	構造物未整備部		海域Bは種数が多く個体数が少ない傾向が見られる。また多様性も2.61と高く、魚類相は豊かな環境である。 種組成については、底生魚であるクロウシノシタ、ヒラメ、シマウシノシタ等のほか、マアジ、サケ、マサバ等の遊泳種も確認されており、底生魚と遊泳魚が共存する環境となっている。
海域C	人工リーフ上部構造物外側		海域Cは種数がやや少ないが、個体数は多い傾向が見られる。また多様性は1.62と低く、魚類相はやや偏りがある環境である。 種組成については、底生魚のクロウシノシタが多数確認されているほか、遊泳魚のマアジが多数確認されており、底生魚と遊泳魚が共存する環境となっている。

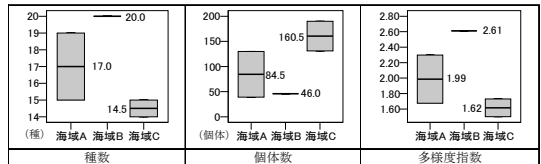
表7 類型区分別の魚類の種組成

種名	学名	海域A	海域B
マダイ	<i>Pagrus major</i>	1.5	0.0
アカシタビラメ	<i>Cynoglossus ioyneri</i>	1.5	0.0
(フグ科)	<i>Tetraodontidae</i> sp.	1.0	0.0
クロウシノシタ	<i>Paraplagusia japonica</i>	10.5	10.0
マアジ	<i>Trachurus japonicus</i>	5.5	4.0
コノシロ	<i>Konosirus punctatus</i>	5.0	1.0
ヒラメ	<i>Paralichthys olivaceus</i>	3.0	3.0
アカエイ	<i>Dasvatis akajei</i>	3.0	1.0
スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>	1.0	2.0
(ウシノシタ科)	<i>Cynglossidae</i> sp.	1.0	1.0
シマウシノシタ	<i>Zebrias zebra</i>	1.0	3.0
マゴチ	<i>Platycephalus</i> sp.	1.0	2.0
イシガレイ	<i>Kareijus bicoloratus</i>	0.0	2.0
サケ	<i>Oncorhynchus keta</i>	0.0	1.0
マサバ	<i>Scomber japonicus</i>	0.0	1.0
アミメハギ	<i>Rudarius erodes</i>	0.0	1.0
ウマズラハギ	<i>Thamnaconus modestus</i>	0.0	1.0
シマフグ	<i>Takifugu xanthopterus</i>	0.0	1.0
ホウボウ	<i>Chelidonichthys spinosus</i>	0.0	1.0
サワラ	<i>Scomberomorus niphonius</i>	0.0	1.0
ヒガンフグ	<i>Takifugu pardalis</i>	0.0	1.0
アカカマス	<i>Sphyræna pinguis</i>	0.0	1.0

種名	学名	海域A	海域C
マダイ	<i>Pagrus major</i>	1.5	0.0
アカシタビラメ	<i>Cynoglossus ioyneri</i>	1.5	0.0
(フグ科)	<i>Tetraodontidae</i> sp.	1.0	0.0
シマウシノシタ	<i>Zebrias zebra</i>	1.0	0.0
マゴチ	<i>Platycephalus</i> sp.	1.0	0.0
コノシロ	<i>Konosirus punctatus</i>	5.0	2.5
ヒラメ	<i>Paralichthys olivaceus</i>	3.0	1.0
アカエイ	<i>Dasvatis akajei</i>	3.0	2.5
スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>	1.0	1.0
カタクチイワシ	<i>Engraulis japonicus</i>	42.5	88.5
クロウシノシタ	<i>Paraplagusia japonica</i>	10.5	26.5
マアジ	<i>Trachurus japonicus</i>	5.5	11.0
(ウシノシタ科)	<i>Cynglossidae</i> sp.	1.0	6.5
シロギス	<i>Sillago japonica</i>	0.0	6.0
イシガレイ	<i>Kareijus bicoloratus</i>	0.0	5.5
ホウボウ	<i>Chelidonichthys spinosus</i>	0.0	2.5
サワラ	<i>Scomberomorus niphonius</i>	0.0	2.0
ヒガンフグ	<i>Takifugu pardalis</i>	0.0	2.0
アカカマス	<i>Sphyræna pinguis</i>	0.0	1.5

※各測点の夏季、秋季、初夏の合計確認個体数を類型ごとに平均し、さらに確認の偶然性を排除するため、1個体以上確認されたものを採用した。

※図中の網掛けは、1個体以上確認のあった種を示す。
※単位 (個体)。



※各測点の夏季、秋季、初夏の結果を合わせた値を採用した。
※図中の数値は中央値を表す。

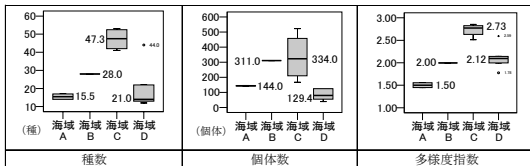
図3 類型区分別の魚類種数、個体数、多様性指数

5.3 底生動物の妥当性検討

底生動物について妥当性の検討を行った結果、表8、表9及び図4に示すように構造物内側の開口部では種数、個体数ともに少なく開放海岸の砂

表 8 類型区分別の底生動物の出現状況

類型区分	名称	写真	出現状況
海域A	構造物内側の開口部		海域Aは種数、個体数ともに少なく、また多様性指数も低く、貧弱な底生動物相の環境である。 種組成については、開放海岸の砂浜を偏好するウスハスノハカシパンや砂泥底を偏好するコグチャビクチケレガイが多く出現しており開放海岸の環境となっている。
海域B	構造物未整備部		海域Bは種数、個体数ともに多く、多様性はやや低い環境となっている。 種組成については、砂浜海岸のいそ波帯を代表するホトケイサイビが多く、そのほかウスハスノハカシパンやコグチャビクチケレガイが見られ、開放海岸の環境となっている。
海域C	人工リーフ上構造物外側		海域Cは種数、個体数ともに多く、また多様性も高く、豊かな底生動物相の環境である。 種組成については、内湾（耐性を有する）種のヒメカノアザリや外洋の砂浜を偏好するモモノハナガイが多く出現しており、内湾と外洋の両面を有した環境となっている。
海域D	構造物内側の奥部		海域Dは、種数、個体数ともに少なく、また多様性も比較的低く、貧弱な底生動物相の環境である。 種組成については、砂浜海岸のいそ波帯を代表するホトケイサイビや、半閉鎖性内湾を偏好するフダゴカイ科が多く出現する半閉鎖性の砂浜海岸の環境となっている。



※各測点の夏季、秋季、初夏季の結果を合わせた値を採用した。
※図中の数値は中央値を表す。

図 4 類型区分別の底生動物の種数、個体数、多様性指数

浜を偏好するウスハスノハカシパンが多く見られたのに対し、人工リーフ上部、及び構造物外側では、種数、個体数ともに多く、外洋の砂底を偏好するモモノハナガイが多く見られるなど類型区分ごとに底生動物の出現状況に違いが見られた。

以上のことから底生動物の生息状況と物理環境との間に関連性があるという仮説の採択は妥当であると考えられる。

5.4 動物プランクトンの妥当性検討

動物プランクトンについては、現地調査地点を配置した海域 A~C の環境を対象として妥当性の検討を行った。検討の結果、表 10、表 11 及び図 5 に示すように構造物内側では個体数が多いのに対し、構造物未整備部では個体数が少ないなど、類型区分ご

表 9 類型区分別の底生動物の種組成

種名	学名	海域A	海域B	海域C	海域D
オシロイソウ	<i>Olivella filicirrata</i>	3.0	11.0	3.3	0.0
ヒメカノアザリ科	<i>Littorina</i> sp.	3.0	4.0	2.5	4.6
ウスハスノハカシパン	<i>Scaphochinus tenuis</i>	78.0	16.0	41.5	15.2
コグチャビクチケレガイ	<i>Tibersarionia cinnamomea</i>	17.0	16.0	0.0	2.6
ホトケイサイ	<i>Dispio oculata</i>	28.5	168.0	0.0	28.4
(ハカガイ科)	<i>Maetra</i> sp.	3.5	11.0	0.0	0.0
(ニッコウガイ科)	<i>Nitiditellina</i> sp.	0.0	24.0	8.3	0.0
(フナ科)	<i>Glyceria</i> sp.	0.0	3.0	2.8	0.0
ヒメカノアザリ	<i>Varencolina micra</i>	0.0	2.0	70.0	0.0
シロカ	<i>Silicula tulchella</i>	0.0	6.0	8.5	0.0
コグチャビクチケレガイ	<i>Ampelisca californiensis</i>	0.0	7.0	2.5	3.0
キヤコ	<i>Limbonium costatum</i>	0.0	3.0	0.0	2.4
フトケソコビ科	<i>Lysianassidae</i>	0.0	9.0	0.0	2.2
紐形動物門	NEMERTINEA	0.0	5.0	0.0	0.0
(ホサキコガイ科)	<i>Scoloplos</i> sp.	0.0	4.0	0.0	0.0
(カレガニ科)	<i>Penixia</i> sp.	0.0	4.0	0.0	0.0
(ヒメカノアザリ科)	<i>Harminopsis</i> sp.	0.0	3.0	0.0	0.0
フダゴカイ科	<i>Lamoronidae</i>	0.0	2.0	0.0	0.0
ハカガイ	<i>Maetra chinensis</i>	0.0	2.0	0.0	0.0
(オシロイソウ科)	<i>Synchlidium</i> sp.	0.0	2.0	0.0	0.0
キモノハナガイ	<i>Moerella jedoensis</i>	0.0	0.0	69.3	0.0
カマノコ	<i>Chiridotidae</i>	0.0	0.0	10.0	0.0
カナガオアシソコビ	<i>Paraeurystheus amakusensis</i>	0.0	0.0	8.5	0.0
ヒメカノアザリ	<i>Philtra syndactyla</i>	0.0	0.0	6.8	0.0
フダゴカイ	<i>Raetelops pulchellus</i>	0.0	0.0	6.3	0.0
フダゴカイ科	<i>Ampelisca</i>	0.0	0.0	0.0	0.0
モモノハナガイ	<i>Moerella nishimurai</i>	0.0	0.0	4.5	0.0
ガジリ	<i>Gadilidae</i>	0.0	0.0	2.8	0.0
シロハネオシロイソウ	<i>Parapronosio natiens</i>	0.0	0.0	2.0	0.0
アザリハナ	<i>Pillicina (Syllitoria) yamakawai</i>	0.0	0.0	2.0	0.0
シロカ	<i>Theora fragilis</i>	0.0	0.0	18.5	2.1
(ヒメカノアザリ科)	<i>Mediomastus</i> sp.	0.0	0.0	14.3	2.0
(フダゴカイ科)	<i>Lysilla</i> sp.	0.0	0.0	0.0	22.6
ヒメカノアザリ	<i>Fusinus exoensis</i>	0.0	2.0	0.0	5.6
ヒメカノアザリ科	<i>Phoxocephalidae</i>	0.0	0.0	0.0	5.6
コケムシ	<i>Leionucula tenuis</i>	0.0	0.0	0.0	4.0
アザリ	<i>Vargula hilgendorfi</i>	0.0	0.0	0.0	2.4

※各測点の夏季、秋季、初夏季の合計確認個体数を類型ごとに平均し、さらに確認の偶然性を排除するため、2 個体以上確認されたものを採用した。

※図中の網掛けは、1 個体以上確認のあった種を示す。

※単位 (個体)。

表 10 類型区分別の動物プランクトンの出現状況

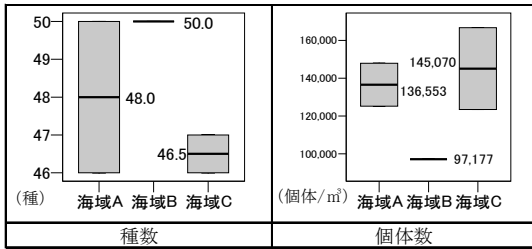
類型区分	名称	写真	出現状況
海域A	構造物内側の開口部		海域Aは個体数も多く動物プランクトンが増殖しやすい環境である。 種組成は、アゴアシ綱 (nauplius of Copepoda) やゴカイ綱 (Polychaeta larva)、バラカラス科 (copepodid of Paracalanidae) が多い傾向が見られる。個体数が比較的多いことから、異常繁殖に注意する必要がある環境である。
海域B	構造物未整備部		海域Bは種数が多いが、個体数は少ない状況であり、動物プランクトンは増殖しにくい環境である。 種組成は、アゴアシ綱 (nauplius of Copepoda) やバラカラス科 (copepodid of Paracalanidae)、ゴカイ綱 (Polychaeta larva) が多い傾向が見られる。
海域C	人工リーフ上構造物外側		海域Cは個体数も多く動物プランクトンが増殖しやすい環境である。 種組成は、アゴアシ綱 (nauplius of Copepoda) やバラカラス科 (Copepodid of Paracalanidae)、ユリケウス科 (copepodid of Corceyidae)、カワラソコムシコ (Copepodid of Euterpina) が多い傾向が見られる。

表 11 類型区分別の動物プランクトンの種組成

科名	種名	海域A	海域B	海域C
(アゴアシ綱)	nauplius of Copepoda	30.115	21.419	34.518
バラカラス	copepodid of Paracalanidae	16.407	15.610	21.161
ユリケウス	copepodid of Parcaeidae	7.700	2.800	12.909
(軟体動物門)	umbo larva of Bivalvia	4.802	3.904	5.202
(棘足綱)	Acant harea	3.303	2.804	5.454
(ゴカイ綱)	Polychaeta larva	21.212	14.217	11.704
オイトナ	copepodid of Oithonidae	9.202	5.401	8.706
カプリノミジンコ	copepodid of Euterpina	7.606	0	12.604
アカルチア	copepodid of Acartia	4.704	0	0
(フジボ目)	nauplius of Cirripedia	8.501	6.605	0
グロビゲリナ	Globigerinidae	0	2.803	0
オンケア	copepodid of Oncaea	0	2.703	0
(マキガイ綱)	Gastropoda larva	0	0	3.403
オタマボヤ	<i>Oikopleura dioica</i>	0	0	2.901

※各測点の夏季、秋季、初夏季の合計確認個体数を類型ごとに平均し、上位 10 種を採用した。単位 (個体/m³)。

※図中の網掛けは、類型ごとの特徴的な種を示す。



※各測点の夏季, 秋季, 初夏季の結果を合わせた値を採用した。
※図中の数値は中央値を表す。

図5 類型区分別の動物プランクトンの種数, 個体数

とに動物プランクトンの出現状況に違いが見られた。

以上のことから動物プランクトンの生息状況と物理環境との間に関連性があるという仮説の採択は妥当であると考えられる。

5.5 植物プランクトンの妥当性検討

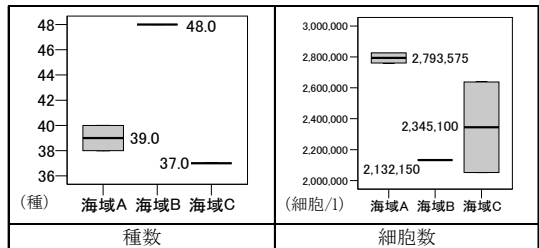
植物プランクトンについては, 現地調査地点を配置した海域 A~C の環境を対象として妥当性の検討を行った。検討の結果, 表 12, 表 13 及び図 6 に示すように構造物内側では細胞数が多く植物プランクトンが増殖しやすい環境であるのに対し, 構造物の外側では細胞数が少ないなど, 類型区分ごとに植物プランクトンの出現状況に違いが見られた。

なお出現種について見ると, 海域 A では, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros sociale* などの閉鎖的な沿岸域でよく見られる種が他の海域よりも多く出現している。同海域は構造物背後の半閉鎖性水域であるが, 本傾向は海域の状況をよく現しているものと考えられる。

以上のことから植物プランクトンの生育状況と物理環境との間に関連性があるという仮説の採択は妥当であると考えられる。

表 12 類型区分別の植物プランクトンの出現状況

類型区分	名称	写真	出現状況
海域A	構造物内側の開口部		海域Aは細胞数が多く, 植物プランクトンが増殖しやすい環境である。 種組成は, タラシオシーラ科 (<i>Skeletonema costatum</i>) やニッチア科 (<i>Nitzschia</i> spp.), キートケロス科 (<i>Chaetoceros</i> spp.) が多い傾向が見られる。
海域B	構造物未整備部		海域Bは, 種数が多いが, 細胞数は少ない状況にあり, 植物プランクトンは増殖しにくい環境である。 種組成については, ニッチア科 (<i>Nitzschia</i> spp.), タラシオシーラ科 (<i>Skeletonema costatum</i>) やキートケロス科 (<i>Chaetoceros</i> spp.) が多い傾向が見られる。
海域C	人工リーフ上構造物外側		海域Cは種数, 細胞数ともに少なく植物プランクトンは増殖しにくい環境である。 種組成については, キートケロス科 (<i>Chaetoceros</i> spp.) やセパルフィア科 (<i>Coratulina pelagica</i>)、ニッチア科 (<i>Nitzschia</i> spp.) 等が多く確認されている。



※各測点の夏季, 秋季, 初夏季の結果を合わせた値を採用した。
※図中の数値は中央値を表す。

図6 類型区分別の植物プランクトン種数, 細胞数

表 13 類型区分別の植物プランクトンの種組成

科名	種名	海域A	海域B	海域C
タラシオシーラ	<i>Skeletonema costatum</i>	676,800	364,800	294,600
(羽状目)	<i>Nitzschia</i> spp.	505,800	675,600	328,200
キートケロス	<i>Chaetoceros</i> spp.	423,000	284,400	577,200
キートケロス	<i>Chaetoceros sociale</i>	313,800	201,600	120,000
セパルフィア	<i>Coratulina pelagica</i>	284,700	273,600	499,200
キートケロス	<i>Chaetoceros curvisetum</i>	72,600	31,200	61,200
クリプトモナス	Cryptomonadaceae	79,800	0	37,500
アスターオニマ	<i>Asterionella glacialis</i>	90,000	0	0
リソソレニア	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	24,600	0	0
(微小鞭毛藻門)	Microgastellata	68,700	26,400	0
(羽状目)	<i>Thalassionema nitzschoides</i>	0	24,300	0
キートケロス	<i>Chaetoceros debile</i>	0	25,200	0
(ペリディニウム目)	Peridinales	0	30,000	0
スロシーラ	<i>Aulacoseira ambigua</i>	0	0	86,400
スロシーラ	<i>Leptocylindrus minimus</i>	0	0	43,200
キートケロス	<i>Chaetoceros lorenzianum</i>	0	0	36,900

※各測点の夏季, 秋季, 初夏季の合計確認個体数を類型ごとに平均し, 上位 10 種を採用した。
※図中の網掛けは, 類型ごとの特徴的な種を示す。
※単位 (細胞/1)。

6. 影響予測事例と着目すべき生物項目

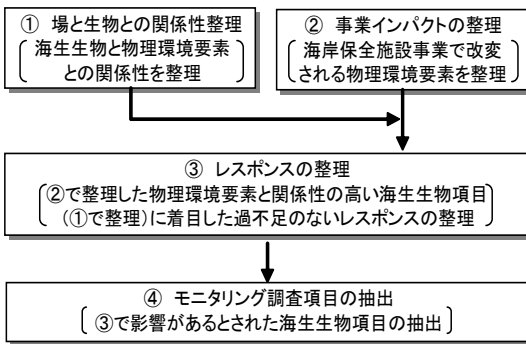
前章までの検討により, 魚類, 底生動物, 動物プランクトンの生息状況と水質, 底質等の物理環境要素との間に関連性があることが示された。

ここでは, 金衛町海岸の海岸保全事業を事例として, 海域部のインパクトマトリックスの検討,

及び影響予測を行うとともに、工事中、工事後のモニタリング調査で着目すべき生物項目の抽出を試みた。(別途汀線部及び陸域についても検討を行ったが、陸域に関する研究事例は豊富であることから本稿では扱わない。)検討フローは図7のとおりである。

6.1 金衛町海岸事業による環境影響予測

金衛町海岸では、ヘッドランド4基、人工リーフ3基の設置、及び養浜の実施が予定されている。これらの事業によるインパクトとして、工事中には静穏化による水質の変化、底質の変化、養浜による



よる底質の変化が、また供用後は静穏化による水質の変化、底質の変化が想定される。

これらのインパクト、及び本稿で整理した物理環境と海生生物との関連性を踏まえると、海生生物への影響は、表14のように予測される。なお、このような事業の場合、ヘッドランド等の魚礁効果も重要な観点である。本調査では潜水観察により当該効果を併せて把握したが、当該結果については別途報告の機会に譲りたい。

6.2 モニタリング調査で着目すべき項目の抽出

以上の手順を踏むことで、事業のインパクトに対する環境影響の効率的な予測が可能になると考えた。ここで影響が及ぶと予測された生物項目は、事業により変化が生じる可能性がある項目であることから、実際の変化を把握するためにモニタリング調査を実施していくことが望まれる。

すなわち、事業による影響を過不足なく把握するためのモニタリング調査項目は表14で着色した項目と捉えることができる。

表14 金衛町海岸事業における環境影響予測結果

影響要因		影響予測			
工種	インパクト	魚類	底生動物	植物プランクトン	動物プランクトン
工事の実施	ヘッドランド工事 人工リーフ工事 直接 改変 以外	静穏化による水質の変化	静穏域の創出に伴う渦流の発生、滞留により、魚類の生息状況が変化すると予測される。	静穏域の創出により水質が変化し、植物プランクトンが増殖しやすい環境になると考えられ、動物プランクトンの生育状況が変化すると予測される。	静穏域の創出により水質が変化し、動物プランクトンが増殖しやすい環境になると考えられ、動物プランクトンの生息状況が変化すると予測される。
		静穏化による底質の変化	静穏域の創出に伴う粒径の変化により、底生性魚類の生息状況が変化すると予測される。	静穏域の創出に伴う粒径の細粒化により、底生動物の生息状況が変化すると予測される。	
養浜の実施	直接 改変 以外	養浜による底質の変化	土砂投入に伴う底質の変化により、底生性魚類の生息状況が変化すると予測される。	土砂投入に伴う粒径の細粒化により、底生動物の生息状況が変化すると予測される。	
存在及び供用	ヘッドランド工事 人工リーフ工事	静穏化による水質の変化	静穏域の創出に伴う渦流の発生、滞留により、魚類の生息状況が変化すると予測される。	静穏域の創出により植物プランクトンが増殖しやすい環境になると考えられ、植物プランクトンの生育状況が変化すると予測される。	静穏域の創出により水質が変化し、動物プランクトンが増殖しやすい環境になると考えられ、動物プランクトンの生息状況が変化すると予測される。
		静穏化による底質の変化	静穏域の創出に伴う粒径の変化により、底生性魚類の生息状況が変化すると予測される。	静穏域の創出に伴う粒径の細粒化により底生動物の生息状況が変化すると予測される。	

7. おわりに

本研究では、海生生物の生息・生育状況と物理環境との関連性について、現地調査で測得したデータを用いた単相関分析により明らかにし、その関連性を踏まえつつ、金衛町海岸の事業を事例としての確な環境影響予測、及びモニタリング調査項目の抽出を行った。

本研究のプロセスを参考とすることで、事業に関係する生物項目を過不足なく抽出することができ、重点化・簡略化の観点を踏まえた効率的な環境影響検討が可能になると考えられる。

なお、生物と物理環境との関連性については、本稿では単相関分析を用いて把握を試みたが、そのほかにも偏相関分析等の他の方法も考えられる。それらの検討については今後の課題としたい。

引用・参考文献

- 1) (社) 全国海岸協会：自然共生型海岸づくりの進め方，2003
- 2) 田中茂信：海岸保全施設が生態系に及ぼす影響に関する調査・研究，海洋開発論文集，1994
- 3) 檜山博昭ほか：海岸保全施設設置に伴う生態系変化予測手法，海岸工学論文集，1995
- 4) 蔣勤ほか：海岸保全施設による環境影響の予測・評価について，海洋開発論文集，2007
- 5) 目黒嗣樹ほか：生態系の概念にもとづくインパクト・レスポンスフローを活用した海岸環境調査の提案，海洋開発論文集，2005
- 6) 柳哲雄ほか：沿岸海域生態系保全のための環境モニタリング総合指標の提案，海の研究，2002
- 7) Claude Shannon and Warren Weaver, The Mathematical Theory of Communication, The University of Illinois Press, 1949

著者紹介



土井 康義（正会員）

株式会社 建設技術研究所 東京本社 環境部（埼玉県さいたま市浦和区上木崎 1-14-6CTI さいたまビル），昭和 54 年生まれ，平成 15 年 3 月東北大学大学院卒，同年 4 月株式会社建設技術研究所に入社，現在に至る。

E-mail:y-doi@ctie.co.jp

Prediction of Environmental Influence induced by the Construction of Seacoast Protection Facilities based on the Association between Marine Organisms and Habitats

Yasuyoshi DOI, Seiji SAWAKI, Tadahiko SUZUKI and Yoshiharu HONMA

ABSTRACT : Environmental impact assessment (EIS) has become the common requirement for construction projects in recent years. However, the implementation of EIS for the construction project of seacoast protection facilities is limited. In addition, the prediction method of environmental impact for such project is still a subject of investigation. For these reasons, the purposes of this study are set to clarify the association between marine organisms and their habitats through statistical analysis based on field observation data and to predict environmental influence based on the identified association through the analysis. In addition, the result of the statistical analysis was used to evaluate important environmental indicators of physical components of the habitats for the environmental monitoring. This study provides the example of predicting environmental impact by seacoast protection facilities with the actual field data. Also, the result implied the effectiveness of the investigative process established in this study for predicting environmental effect in the similar projects.

KEYWORDS : construction of seacoast protection facilities , marine organisms, environmental impact prediction, environmental conservation measures