

新潟西海岸における面的な防護による環境変化 と付着生物および底生動物の関係について

THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL CHANGES BY INTEGRATED SHORE
PROTECTION SYSTEM ON ATTACHED ORGANISMS AND BENTHIC
ANIMALS IN NIIGATA WEST COAST

池上正春¹・渡邊正一²・先岡良宏³・岩村俊平⁴

Masaharu IKEGAMI, Shoichi WATANABE, Yoshihiro SAKIOKA and Shunpei IWAMURA

¹正会員 国土交通省北陸地方整備局新潟港湾・空港整備事務所
(〒951-8011 新潟県新潟市入船町4-3778)

²国土交通省北陸地方整備局新潟港湾・空港整備事務所
(〒951-8011 新潟県新潟市入船町4-3778)

³株式会社エコー (〒110-0014 東京都台東区北上野2-6-4)

⁴正会員 工修 株式会社エコー (〒110-0014 東京都台東区北上野2-6-4)

Integrated shore protection systems have been installed to prevent severe beach erosion in Niigata west coast since 1980's. Monitoring works focused on maritime fauna and flora condition related to environmental changes due to installation of shore protection facilities have been carried out for 15 years to evaluate the project performance. Biomass of attached organisms was more abundant on the submerged breakwater of the integrated shore protection system than on the offshore break water, which have been constructed with usual methods. Biomass of benthic animals was more abundant inside of the submerged breakwater than outside of it. Biomass of benthic animals also tended to increase during the course of extension of submerged breakwater and stabilization of sea bottom topography due to beach nourishment.

We assessed the qualitative effect of environmental changes by integrated shore protection system on habitat and distribution of organisms.

Key Words : *integrated shore protection system, habitat, bottom topography, succession, biota, monitoring*

1. はじめに

新潟西海岸は信濃川の河口南西部1~3kmに位置し、かつては豊富な流入土砂に支えられていたが、土砂供給の減少および地盤沈下などの影響で、明治後期から昭和中期にかけて侵食性の高い海岸として知られるようになった。侵食対策としては1960年代に離岸堤の設置による線の防護を図ってきた。しかし、安定的な土砂の供給が減少したため侵食が進行し、波浪による前面の洗掘などの影響で離岸堤の沈下に伴う安定性の問題等が生じるようになった。

このような状況に対して、1980年代には先進的な試みとして、大規模な潜堤・突堤・養浜を組み合わせた面的防護整備事業に着工し、現在に至っている。

本事業は、海岸の防護をおもな目的としているが、生物環境に対しても配慮が必要との考えから、事前

調査を含め事業過程においても継続的な水質・底質、生態系（付着生物および底生動物）のモニタリングを実施してきた。その結果、特に潜堤については砂質域に新たな基盤を設置するものであるため、生物生産性が非常に高く、構造物設置当初から現存量の大きい付着植物や魚類の蟄集が確認され始めた。また、経年的に付着動植物ともに多くの種が出現するようになっているが¹⁾、面的防護整備による波浪条件や地形変化と、水質・底質、生態系との関わりについての検討が課題として挙げられる。

傾斜護岸や潜堤等における生物の生物生産性や遷移過程の評価については、矢持ら²⁾、吉村ら³⁾、他多くの報告がある。波浪条件や構造物の形状と付着動植物の生息状況については、小笹ら⁴⁾、浅井ら⁵⁾、村上ら⁶⁾によって検討されている。また、砂浜域での構造物設置に伴う物理環境と底生動物の生息状況と

の関係については、上月ら⁷⁾、山下ら⁸⁾、他多くの報告がある。以上のことを鑑みると、面的防護事業の進捗に伴う物理環境等の変化は、周辺の生態系に何らかの影響を与えていると考えられる。

本研究では、15年間にわたって行ってきたモニタリング調査結果を基に、潜堤内外における水質・底質と底生動物相を経年的に比較し、潜堤、突堤および養浜を組み合わせた面的防護整備に伴う環境変化に対する底生動物への影響について検討した。また、線的防護整備の離岸堤と面的防護整備である沖合の潜堤について、基盤の設置場所における波浪状況の違いに着目しながら、生物相と遷移状況について比較することを目的とした。

2. 面的防護整備の概要

本海岸では、潜堤と突堤を図-1のように配置し、さらに突堤の間には養浜を整備している。

潜堤は天端幅が40mであり、1989年から毎年100m前後を延長し、2003年末現在で約1,400mまで整備が進んでいる。突堤については、1988年から整備が始まり、第一、第二突堤がそれぞれ1998年、1999年に概成した。さらに、1996年からは第三突堤の整備が始まり2004年に完成する予定である。養浜は1994年から開始している。

全体計画としては、潜堤の1,580mまでの延長、第四突堤の整備、さらに養浜の面的な整備を予定しており、現在整備を進めている。

3. 調査方法

モニタリング調査は、潜堤の整備が始まった1989年から、1999年～2001年の3ヶ年を除く2003年現在までの春季に行った。

(1) 水質・底質、底生動物調査

図-1に示す潜堤内側と外側の2地点において調査を行った。

a) 水質調査

各調査地点の海面下0.5mにおいて海水を採取し、水温、塩分、COD等を測定した。

b) 底質調査

各調査地点において港研式採泥器（採泥面積； 0.033m^2 ）を用いて底泥を採取し、強熱減量および粒度組成を測定した。

c) 底生動物調査

各調査地点において港研式採泥器（採泥面積； $0.033\text{m}^2 \times 3\text{回} = \text{約}0.1\text{m}^2$ ）を用いて底泥を採取した。さらに、1mmのふるい分けにより、マクロベントスを対象として、それらの種別個体数、湿重量を計測した。

(2) 付着生物調査

図-1に示す潜堤沖側・岸側（法肩部；D.L. -3.0m）、離岸堤沖側・岸側（D.L. -0.5m）の4地点で50cm×50cmのコドラート内における付着生物を採取した。付着動物については、種別個体数および種別湿重量、付着植物については、種別湿重量をそれぞれ計測した。

4. 調査結果および考察

(1) 水質

水温については、潜堤外側で13.0～21.0℃（平均16.7℃）、内側で12.9～21.5℃（平均16.7℃）であった。塩分については、潜堤外側で25.1～33.3（平均31.1）、内側で25.2～33.4（平均31.3）であった。CODについては、潜堤外側で0.5～3.0mg/l（平均1.4mg/l）、内側で0.4～3.6mg/l（平均1.6mg/l）とやや内側で高い傾向であるが、両地点とも低い値であった。面的防護整備の拡充に伴って潜堤内側の静穏性は高まっていると考えられるが、海水交換は滞りなく起こっていると推察される。

(2) 底質

強熱減量と粒度組成の経年変化を図-2、図-3にそれぞれ示す。なお、粒度組成は、礫分、砂分、シルト・粘土分の区分で示している。

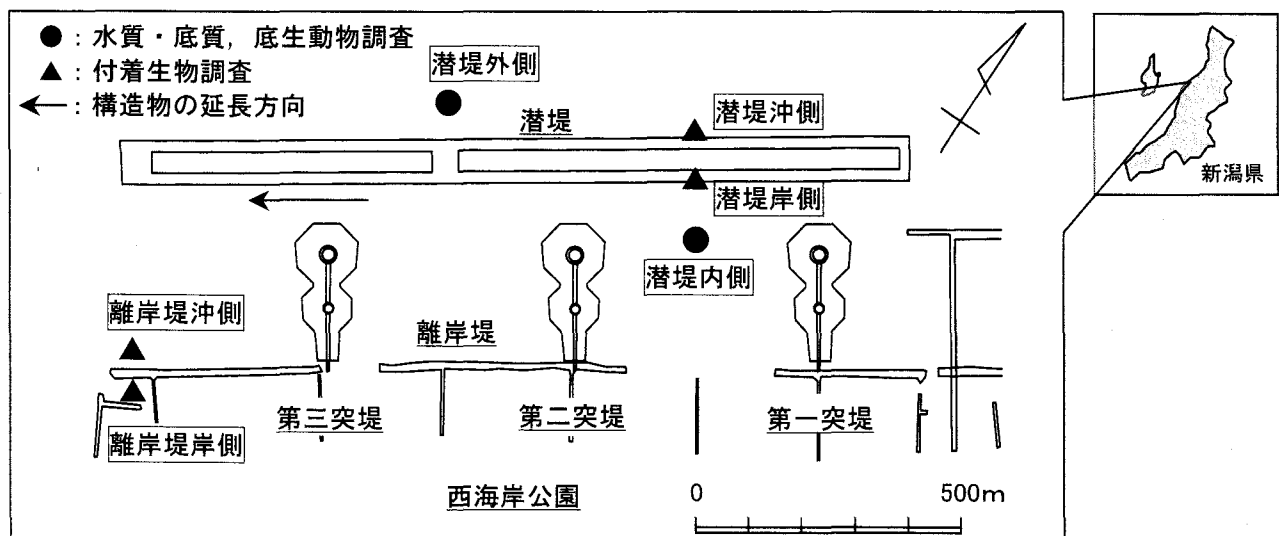


図-1 調査位置図

強熱減量については、潜堤外側で1.0~5.1%，内側で0.7~17.5%であった。1992年に内側で17.5%と高い値となっているが、これは信濃川から供給される土粒子の影響によるものと考えられる。この値を除くと外側で平均1.9%，内側で平均1.7%と同程度の値であり、内側の底質の有機物による悪化は起こっていないと考えられる。粒度組成については、潜堤内側で1992年にシルト・粘土分が66%を示したことを除くと、内側、外側ともに90%程度が砂分で占められている。ただし、1994年以降の潜堤内側での結果は、養浜による砂の効果も含んだものである。シルト・粘土分をみると、潜堤外側でやや高い値となっているが、全体的には概ね同様の傾向を示している。

なお、別途継続的に実施している深淺測量の結果、潜堤外側では概ね海底地形が安定しており、内側では、砂の侵食、堆積の影響による地形の変化が著しかった。潜堤が延長されるとともに養浜が開始された1994年以降は、地形が安定してきており、面的防護整備の効果が現れている。

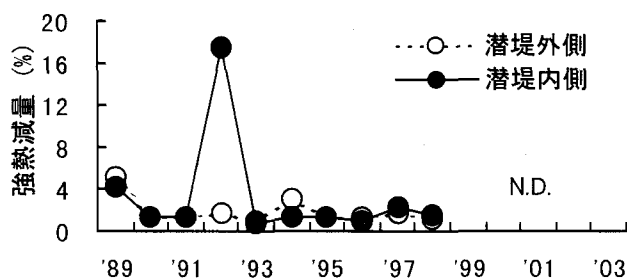
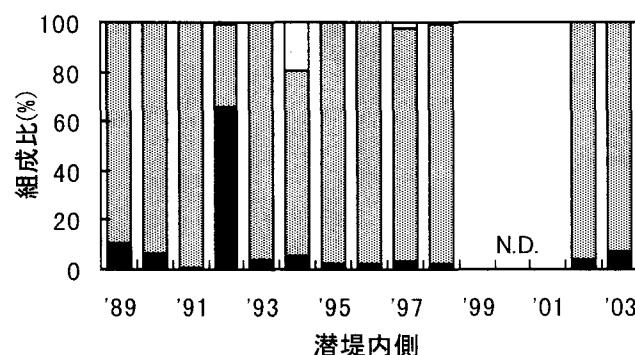
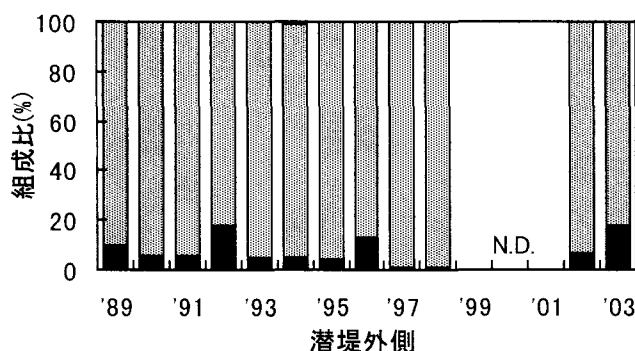


図-2 強熱減量の経年変化



□ 礫分 ▨ 砂分 ■ シルト・粘土分

図-3 粒度組成の経年変化

(3) 底生動物

種類数、個体数、湿重量の経年変化をそれぞれ図-4、図-5、図-6に示す。

種類数については、潜堤外側で3~21種類、内側で5~18種類と両地点に明確な差はみられなかった。個体数をみると、1993年以前では、1992~1993年に、内側で環形動物の多毛類が多かった他は、外側でやや多い傾向を示した。一方、1994年以降では内側で外側よりも多い傾向となっている。特に、節足動物のヨコエビ類、軟体動物の二枚貝が多かったことから、上月ら⁷⁾、古川ら⁹⁾が示しているように、潜堤内側では面的防護整備による地形の安定に伴って、生物生産性の高い環境が創出されつつあると考えられる。湿重量については、1993年以前では、潜堤内側で外側よりも少ない傾向にあり、環形動物が卓越する場合もあった。1994年~1998年においては両地点に明確な差はみられなかったが、2002年以降では内側で軟体動物の二枚貝、棘皮動物のウニ類やナマコ類が増加し、外側を上回っている。

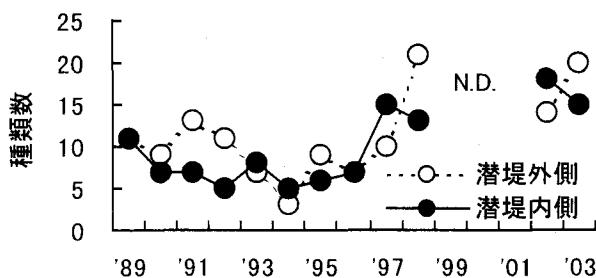
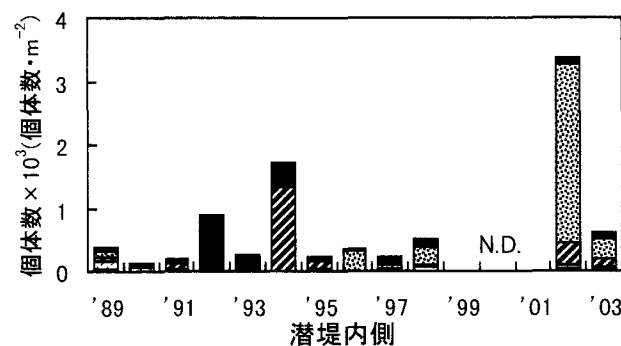
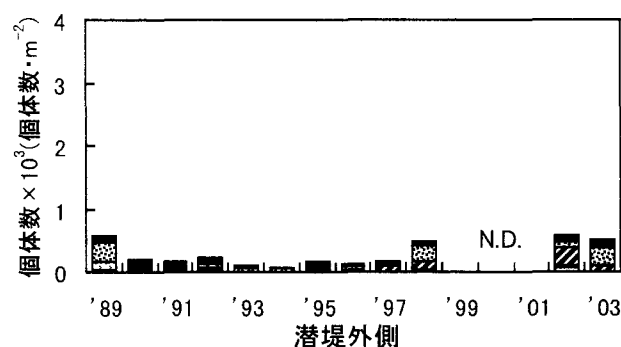


図-4 種類数の経年変化



■ 環形動物 ▨ 軟体動物 ▩ 節足動物
▤ 棘皮動物 □ その他

図-5 個体数の経年変化

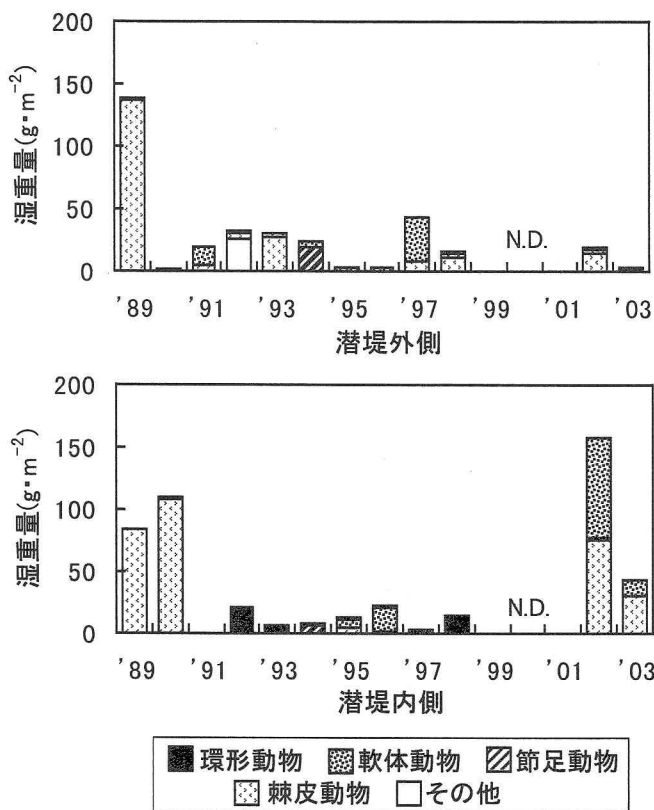


図-6 湿重量の経年変化

ここで、潜堤内が静穏化することで、底生動物の餌となる有機物の沈降、堆積が促されていると推測されるが、水質や底質に明確な差はみられなかった。このことから、水質、底質の変化よりも、流速など物理的環境条件の変化が、より底生動物の現存量の増加に寄与していると考えられた。

一方、潜堤周辺の底生動物の状況を写真-1に示す。定量的なデータではないが、目視観察の結果から、潜堤周辺では魚類、法先部分ではマナモコなどの大型生物が多く確認されている。マナモコは適当な空隙を好むことから¹⁰⁾、潜堤がそれらの生息場としても有効に機能していると考えられる。



写真-1 潜堤周辺の状況

(4) 付着生物

付着動物の種類数の経年変化を図-7に示す。離岸

堤では岸側の方が沖側よりも多い傾向を示し、潜堤では岸側と沖側に明確な差はみられなかった。離岸堤と潜堤を比較すると、離岸堤では岸側19～57種類（平均37種類）、沖側13～34種類（平均23種類）であったのに対し、潜堤では岸側23～68種類（平均47種類）、沖側23～87種類（平均51種類）と潜堤の方が多かった。

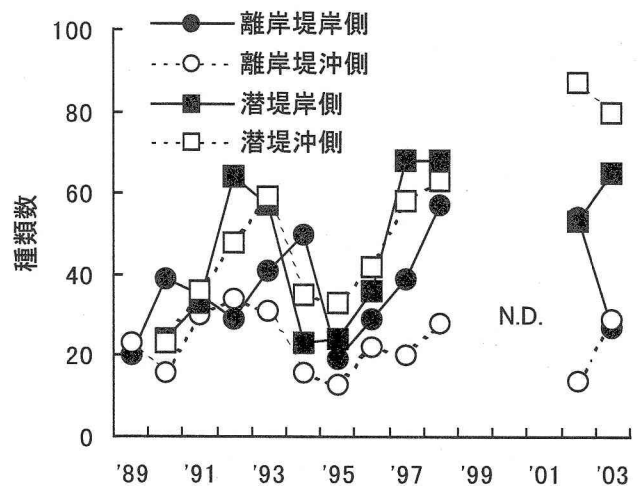


図-7 付着動物の種類数の経年変化

付着動物の湿重量の経年変化を図-8に示す。離岸堤では岸側と沖側に明確な差はみられなかった。潜堤では、岸側で1997年以降から増加傾向となった。沖側では変動が大きかったものの、増加傾向がみられた。なお、2002～2003年に湿重量が特に多くなっているが、これは大型の二枚貝であるイワガキが大幅に増加したためである。2003年現在の離岸堤と潜堤における湿重量の平均を比較すると、潜堤で220倍程度多い。

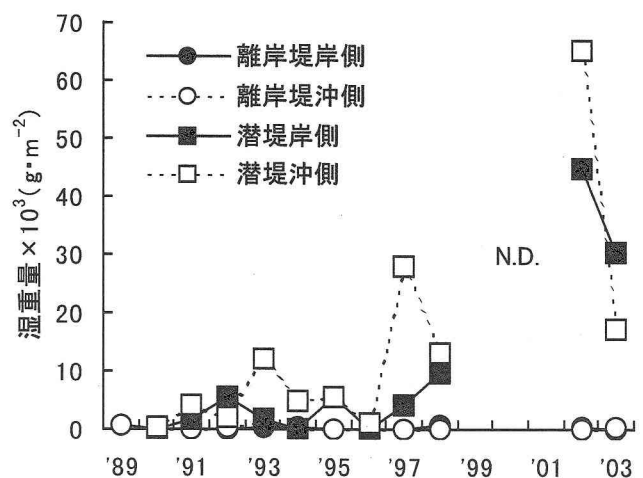


図-8 付着動物の湿重量の経年変化

付着動物の多様度指数⁴⁾の経年変化を図-9に示す。離岸堤岸側は0.8～0.9であったが、離岸堤沖側は0.4～0.8と、年ごとに大きく変化している。2002年～2003年には0.4未満であり、他の地点とは明らかに異なる傾向がみられたが、これはムラサキイガイが占有率80%で優占したためである。一方、潜堤で

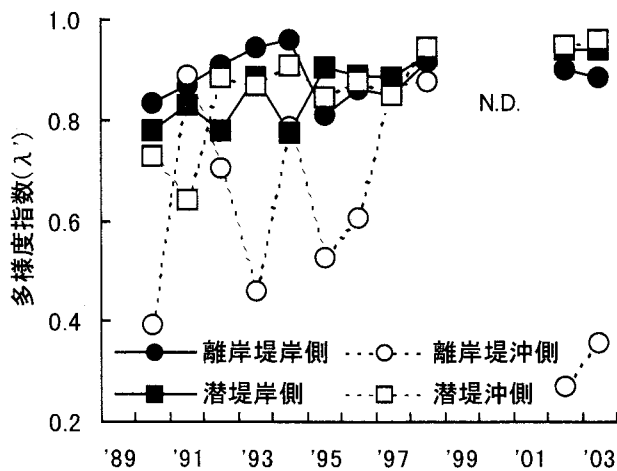


図-9 付着動物の多様度指数の経年変化

は、1993年までは沖側でやや低い傾向であったが、1995年以降には同様の傾向を示した。

付着植物の湿重量の経年変化を図-10に示す。離岸堤では沖側で変化が著しいが、沖側、岸側ともにやや増加傾向にあり、地点間に明確な差はみられなかった。潜堤においても、沖側、岸側で明確な差はみられなかった。離岸堤と潜堤を比較すると、概ね潜堤で多い傾向にあった。

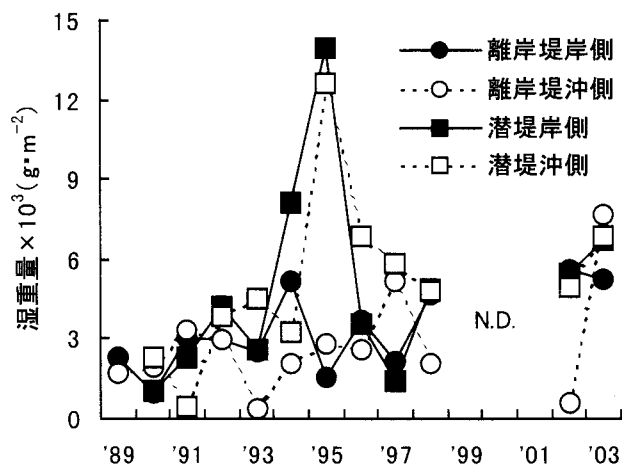


図-10 付着植物の湿重量の経年変化

付着動物の個体数および湿重量と付着植物の湿重量について、第一優占種の一覧をそれぞれ表-1、表-2、表-3に示す。これより、線の防護整備である

離岸堤と面的防護整備である潜堤について、生物生息場としての特徴を概略的に考察する。

離岸堤沖側ではムラサキイガイが個体数で優占する傾向にあり、占有率も70%と高い。湿重量では、ムラサキイガイ、イワガキなどが優占する傾向にあったが、量は少ない。この理由としては、波浪の影響を受けやすいことが要因で、生物が安定して生息しにくいことが考えられる。離岸堤岸側では1989年にムラサキイガイが優占していることを除くと、カマキリヨコエビ、マルエラワレカラなど比較的静穏な場所で卓越すると考えられる種類が、占有率20%程度で優占する傾向にある。付着植物の湿重量の優占種をみると、離岸堤沖側ではワカメが優占している。一方、離岸堤岸側では外洋と内湾の間から内湾にみられるアカモク¹⁾が優占することがあり、静穏な場の特性を表している。これらのことから、離岸堤では、波浪の影響を受けやすい沖側で多様性が低く、比較的静穏な岸側で多様な生物相が形成されるといった二面性を持ち合わせる場であると考えられる。

潜堤では、湿重量をみると整備開始直後より固着性の生物が優占しており、遷移が進むにしたがって比較的大型の二枚貝であるイワガキが90%程度の占有率で優占するようになっている。このことは、潜堤周辺の波浪や流れが比較的強く、物理環境に適応した生物が卓越したことを示唆している。一方、個体数については、カマキリヨコエビが20~40%程度で優占しており、これらはイワガキの殻の間などを安定的な生息場として利用しているものと考えられる。このように、イワガキなどの二枚貝の殻はいわゆる二次的な生物生息場としての機能があり、離岸堤に比べて種類数が多い理由の一つと考えられる。具体的には離岸堤に比べて、多毛類や二枚貝の種類数が多い傾向となっており、多様度指数の値にも反映されている。付着植物については、初期にアオサ属が優占していたことを除くと、沖側、岸側ともにワカメが70~90%程度で第一優占種となっており、湿重量も増加傾向にある。これらのことから、潜堤では、沖側、岸側ともに類似した生物相であり、生物多様性が高く、現存量からみると離岸堤よりも生物生産性の高い場として機能しているといえる。なお、潜堤が設置される以前は砂浜域であったことを考えると、生物生産性の向上は著しいものである。

(単位:個体数・m⁻²)

表-1 付着動物の優占種 (個体数)

括弧内は占有率(%)を示す

地点名	'89		'90		'94		'98		'03	
	種名	個体数	種名	個体数	種名	個体数	種名	個体数	種名	個体数
離岸堤岸側	ムラサキイガイ	3,584 (67)	フサコイガイ科	456 (37)	マダラウロムシ	312 (10)	カマキリヨコエビ	1,356 (19)	マルエラワレカラ	496 (23)
離岸堤沖側	ムラサキイガイ	3,472 (63)	ムラサキイガイ	1,600 (77)	トノカタムシ科	488 (34)	ムラサキイガイ	360 (23)	ムラサキイガイ	9,856 (80)
潜堤岸側	-	-	マルエラワレカラ	1,452 (35)	カマキリヨコエビ	1,712 (40)	カマキリヨコエビ	828 (16)	サンカクフジツボ	1,536 (19)
潜堤沖側	-	-	カマキリヨコエビ	3,192 (42)	テンゲヨコエビ科	464 (15)	ウミズムシ	560 (11)	ヒバリガイ	672 (9)

表-2 付着動物の優占種（湿重量）

（単位：g・m⁻²）

括弧内は占有率(%)を示す

地点名	'89		'90		'94		'98		'03	
	種名	湿重量	種名	湿重量	種名	湿重量	種名	湿重量	種名	湿重量
離岸堤岸側	ムラサキガイ	493(68)	フサコガイ科	25(65)	オオヘビガイ	130(42)	オオヘビガイ	287(52)	ケハダヒザラガイ属	10(44)
離岸堤沖側	ムラサキガイ	618(92)	ムラサキガイ	57(82)	コガモガイ	5(33)	ヤスリコガイ	3(29)	イワガキ	139(67)
潜堤岸側	-		イワガキ	27(23)	サンカクジツホ	73(74)	イワガキ	9,217(96)	イワガキ	28,319(94)
潜堤沖側	-		アカフジツホ	92(43)	イワガキ	3,377(70)	イワガキ	12,766(97)	イワガキ	14,560(84)

表-3 付着植物の優占種（湿重量）

（単位：g・m⁻²）

括弧内は占有率(%)を示す

地点名	'89		'90		'94		'98		'03	
	種名	湿重量	種名	湿重量	種名	湿重量	種名	湿重量	種名	湿重量
離岸堤岸側	ヒラムカデ	722(32)	ヒリヒバ	440(47)	ワカメ	1,442(28)	フクリンアミジ	1,717(37)	アカモク	2,784(53)
離岸堤沖側	カタリ	820(48)	ワカメ	1,482(78)	ワカメ	1,282(63)	ワカメ	987(47)	ワカメ	7,105(93)
潜堤岸側	-		アサ属	4,97(49)	アナアサ	6,560(81)	ワカメ	3,280(68)	ワカメ	5,794(86)
潜堤沖側	-		アサ属	2,195(96)	ワカメ	1,970(61)	ワカメ	4,128(86)	ワカメ	6,513(95)

5. おわりに

15年間のモニタリング調査結果より、面的防護整備は内側に静穏域を形成するとともに地形を安定させ、底生動物の生息を促す機能があることが示唆された。また、多様性指数および現存量については、離岸堤（線的防護整備）に比べて潜堤（面的防護整備）で高く、生物生産性も高いと考えられた。なお、新潟西海岸では、潜堤の内側に突堤の整備も行われているが、そこでは潜堤では優占しない内湾性の付着植物等が優占することが確認されている。つまり、面的防護整備は、平面的に多様性を持った生物環境としての機能を有するものと期待され、そのような観点も考慮してモニタリングを継続していく必要があると考えている。

参考文献

- 1) 荘司喜博・田村政太郎・高橋豊喜・山本秀一・高橋由浩：新潟西海岸における潜堤設置に伴う周辺生物相の変遷，海岸工学論文集，第39巻，pp. 996-1000，1992.
- 2) 矢持進・米田佳弘・古澤昭人・大塚正純・二宮早由子：関西国際空港地先海域の生物生産構造，海岸工学論文集，第47巻，pp. 1191-1195，2000.
- 3) 吉村直孝・中西敬・中泉昌光・長野章・安田淳・渡部弘之：大規模潜堤における海藻群落の遷移過程と評価，海洋開発論文集，第19巻，pp. 7-12，2003.
- 4) 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.

- 5) 浅井正・村上和男・中瀬浩太・綿貫啓・山本秀一：クラスター分析を用いた港湾構造物の付着する生物群集の地理的・物理的環境条件による分類，海岸工学論文集，第44巻，pp. 1146-1150，1997.
- 6) 村上和男・浅井正・中瀬浩太・綿貫啓・山本秀一：波高および水質条件よりみた港湾構造物の付着生物群集の評価，海岸工学論文集，第44巻，pp. 1126-1130，1997.
- 7) 上月康則・村上仁士・伊藤禎彦・米田耕造・花房秀明：離岸堤背部に生じる海浜変化に伴うベントス群集の変化特性，海岸工学論文集，第43巻，pp. 1256-1260，1996.
- 8) 山下俊彦・久野能孝・森信幸：開放性砂浜域での港湾構造物建設に伴う物理環境と底生生物群集の変遷，海岸工学論文集，第50巻，pp. 1126-1130，2003.
- 9) 古川恵太・柴田輝和・中瀬浩太・熊谷隆宏・山本秀一・先岡良宏：波・流れを考慮したアサリ稚貝の減耗評価の試み，日本水産工学会 学術講演会資料，pp. 7-10，2001.
- 10) 倉田健悟・上月康則・村上仁士・芳田英朗：マナモコ (*Stichopus japonicus*) の生息場所選択に関する実験的検討，土木学会四国支部第7回技術研究発表会 講演概要集，pp. 528-529，2001.
- 11) 海の自然再生ワーキンググループ：海の自然再生ハンドブック 第3巻 藻場編，p. 6，2003.