

青森海岸の海岸保全施設における付着生物の分布特性

井 上 公 人*・田 中 仁**

近年, 沿岸域は沿岸生態系の保全などの要望が増大しており, 青森海岸を対象に海岸保全施設と付着生物相との関係について検討を行った。その結果, 対象にした 4 構造物で H.W.L. と M.W.L. の間の T.P.+0.3 m 付近を境に付着生物相が変化する傾向がみられた。また, 各海岸保全施設で付着する生物種に違いがみられ, 各海岸保全施設の構造が生息できる付着生物の種に影響している可能性が考えられた。さらに, 当該水域に来襲する波浪と付着生物の分布範囲との関係を検討した結果, 高波浪が来襲する区域で付着生物の分布範囲が高くなる傾向にあり, 波浪が付着生物の分布範囲に影響を及ぼしていることが考えられた。

1. はじめに

これまで我が国における海岸保全施設の建設にあたっては, 防災を主な目的として事業等が進められてきた。しかし, 近年の内湾や沿岸域は, 良好な海岸環境および生態系の保全に対する要望が増大しており, これまでの防災機能や親水機能に加え, 自然生態系と共生できる自然共生型の施設整備が望まれている。よって, 今後海岸等に設置する施設については, 施設の設置が生物環境にどの程度影響するか, 正確な予測が望まれている。

そこで, 本研究では青森海岸に設置されている海岸保全施設のうち, 緩傾斜護岸, 人工リーフ, 離岸堤, 直立堤の 4 構造物に着目し, 各構造物に生息する付着生物の特性, 構造物周辺の物理環境と付着生物の関係等について検討を行った。

2. 現地調査方法

(1) 調査場所及び調査時期

調査を実施した場所は図-1 に示すとおり, 陸奥湾西岸に位置する青森海岸を対象に実施し, 図-2 に示す緩傾斜護岸 (平館工区), 人工リーフ (今津工区), 離岸堤 (磯山工区), 直立堤 (後潟工区) の 4 箇所で行った。

また, 調査場所の選定には, 調査する各構造物の施工時期の関係から放置期間が異なり, 付着植物の遷移など付着生物相が安定していない可能性があることから, 施工後 5 年以上経過している構造物を抽出して調査を実施した。

調査は 1997 年 7 月及び 1998 年 2 月の 2 回実施した。

(2) 調査内容および方法

構造物に生息する付着生物相を把握するため, 図-2 に示す各構造物に設置した測点で目視観察を実施した。目視観察は海岸域生物環境調査マニュアル (1995) にならない, 塩化ビニールパイプで作成した正方形 1 m×1 m 及び 0.25 m×0.25 m のコドラートを用いて行い, 付着

植物および固着性動物については, 1 m²あたりに出現する各生物の種類, 被度 (%) を観察した。一方, 移動性動物については 0.25 m×0.25 m のコドラートを用いて, コドラート内に出現した生物の種類と個体数 (個/0.0625 m²) の計数を行った。

なお, 被度の観察の際, 付着植物, 固着性動物が重なって分布している場合は, それぞれの生物の重複部分も被度として考慮に入れ, 全生物の被度が 100% を越える場

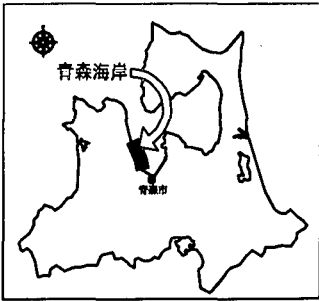
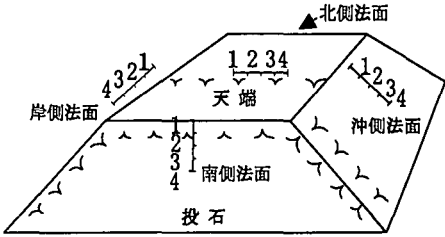
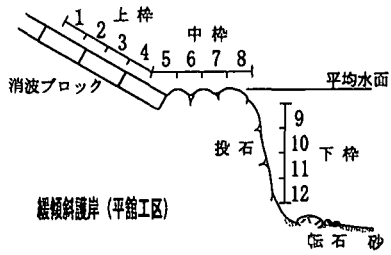


図-1 調査位置図



人工リーフ (今津工区)

図-2(a) 各海岸保全施設の調査箇所

* 正会員 工博 国際航業(株) 水域環境部
** 正会員 工博 東北大学教授 大学院工学研究科土木工学専攻

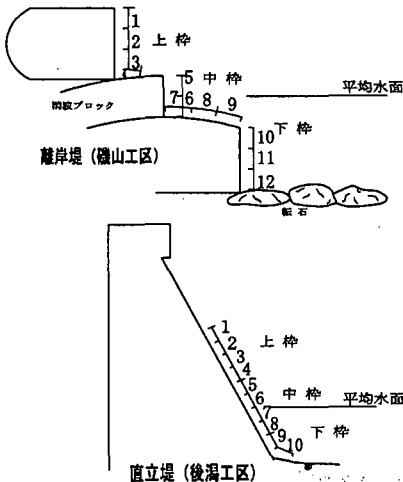


図-2(b) 各海岸保全施設の調査箇所

施設の夏季調査結果を比較し図-3～5に示した。なお、種多様度指数の計算には Shannon-Weaver の多様性指数を用いた。算定式を式（1）に示す。

$$H = -\sum (n_i/N) \log(n_i/N) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 H ：種多様度、 n_i ： i 番目の種の平均被度（%）、 N は総被度を示す。

この結果、青森海岸の傾向として種類数、被度、個体数ともに陸奥湾の湾口から湾奥に向かうに従って減少する傾向がみられ、陸奥湾湾口側で出現する生物が多い傾向にあった。また、冬季調査結果においてもほぼ同様の結果となっていた。これは、陸奥湾湾口側が津軽暖流の影響が大きく、外海からの付着植物の胞子などの供給が多いことによるものではないかと推察された。

次に、各海岸保全施設を比較すると、特に離岸堤で種

合もあった。

3. 解析および考察

(1) 青森海岸の付着生物相の特性

a) 付着植物の特性

目視観察結果の概要について表-1に示した。ここで、優占種については被度の上位3種までを抽出した。今回出現した付着植物は夏季で26種（緑藻4種、褐藻6種、紅藻15種、藍藻1種）、冬季で30種（緑藻2種、褐藻4種、紅藻23種、藍藻1種）となっており、冬季で出現する種類数が多い傾向にあった。また、日本沿岸での海域の寒暖性を推測する手法として元田（1976）の中で瀬川が示した緑藻種総数（ C ）と褐藻種総数（ P ）との比率 C/P を計算すると、夏季で0.67、冬季で0.5となっており、瀬川が示した三陸0.4、茨城0.5、伊豆半島0.6、紀伊0.6等の値と比較すると、茨城や伊豆半島などの暖海に近い出現種組成を示していた。これは、徳田ら（1997）が示す日本の海域区分より、本調査海域が黒潮の分枝である対馬暖流の影響を受けて、暖海産の付着植物が高緯度まで分布する海域であることが関係しているものと考えられた。

b) 付着動物の特性

目視観察結果の概要について表-2に示した。ここで、優占種については被度、個体数の出現状況から上位3種までを抽出した。付着動物は夏季で22種（固着性動物8種、移動性動物14種）、冬季で23種（固着性動物10種、移動性動物13種）となっており、付着植物と同様に冬季で種類数が増加する傾向にあった。

(2) 青森海岸の付着生物相の変化特性

a) 付着植物の変化特性

今回調査を実施した各海岸保全施設に生息する付着植物の種類数、被度、種多様度指数について、各海岸保全

表-1 付着植物の特性

構造物		緩傾斜護岸	人工リーフ	離岸堤	直立堤	全 体	
設置工区		平館工区	今津工区	磯山工区	後潟工区		
夏季調査	出現種類数	3～7	0～4	0～7	0～3	全 26 種	
	被度	16～76	10～29	0～122	0～50	緑藻	4 種
	優占種	アオノリ属	サビ亜科	ビリヒバ	アナアオサ	褐藻	6 種
		ペニスナゴ	シオグサ属	サビ亜科		紅藻	15 種
		ツノマタ		イソガワラ属		藍藻	1 種
冬季調査	出現種類数	1～11	1～2	0～8	0～5	全 30 種	
	被度	3～99	80～90	0～133	0～89	緑藻	2 種
	優占種	ビリヒバ	サビ亜科	サビ亜科	イソダンツウ	褐藻	4 種
		ツノマタ属		ビリヒバ	ツノマタ	紅藻	23 種
		サビ亜科				藍藻	1 種

表-2 付着動物の特性

構造物		緩傾斜護岸	人工リーフ	離岸堤	直立堤	全 体
設置工区		平館工区	今津工区	磯山工区	後潟工区	
夏季 調査	出現 種類数	0～3	0～3	0～7	0～3	全 22 種
	被度	0～6	—	0～90	0～10	固着性 8 種
	個体数	0～4	0～8	0～516	0～80	移動性 14 種
	優占種	管棲 ゴカイ類	エゾバフン ウニ	イワ フジツボ	タマキビ ガイ	
				コガモ ガイ		
冬季 調査	出現 種類数	0～5	0～4	0～7	0～3	全 23 種
	被度	0～50	—	0～90	0～30	固着性 10 種
	個体数	0～28	0～7	0～360	0～44	移動性 13 種
	優占種	イワ フジツボ	ヨメガ カサガイ	コガモ ガイ	タマキビ ガイ	
				タマキビ ガイ	イワ フジツボ	

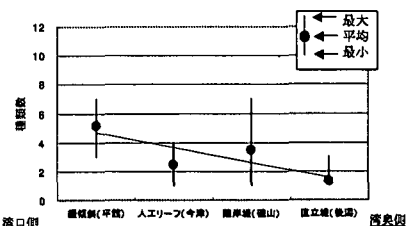
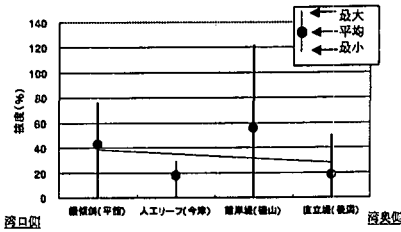
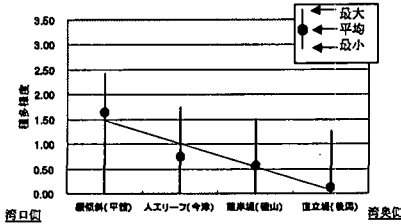


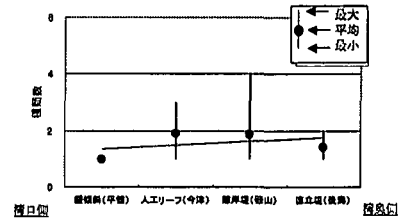
図-3 付着植物の種類数変化（夏季）



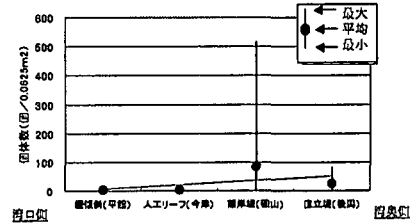
図一4 付着植物の被度変化 (夏季)



図一5 付着植物の種多様度指数変化 (夏季)



図一8 移動性動物の種類数変化 (夏季)



図一9 移動性動物の個体数変化 (夏季)

類数, 被度の変化が大きく, 離岸堤は他の海岸保全施設に比べ, 付着植物が生息しやすい箇所と生息しにくい箇所の差 (環境変化) が大きいのではないかと推察された。

b) 付着動物の変化特性

次に, 付着動物の変化特性を把握するため, 固着性動物の種類数, 被度, 移動性動物の種類数, 個体数の夏季調査結果を比較し図一6~9に示した。

この結果, 付着動物は付着植物と異なり, 若干, 湾奥側で高くなる傾向にあったが, 全体として湾内で大きな変化はみられなかった。しかし, 各海岸保全施設を比較すると, 付着植物と同様に離岸堤で付着動物の種類数, 被度, 個体数の変化が大きく, 付着植物と同様に離岸堤は他の海岸保全施設に比べ, 付着動物が生息しやすい箇所と生息しにくい箇所の差 (環境変化) が大きいのでは

ないかと考えられた。

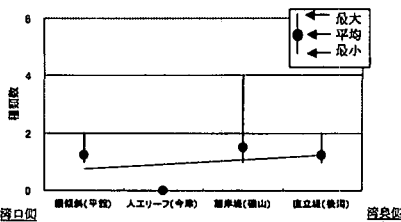
(3) 各海岸保全施設の付着生物相の変化特性

a) 水深変化に対する種類数, 被度等変化

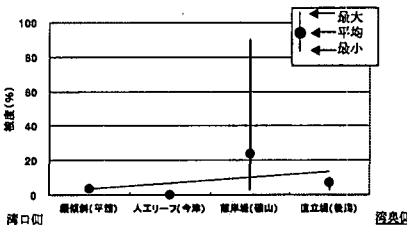
付着生物の種類数, 被度について, 各構造物の生物の付着特性について検討を行った。各海岸保全施設の水深変化に対する付着生物の変化を図一10~13に示した。

この結果, 離岸堤 (磯山工区) と直立堤 (後潟工区) では水深 T.P.+0.3 m 付近を境に, 上部では固着性動物などの動物が多く, 下部では付着植物が多く出現する傾向がみられ, T.P.+0.3 m 付近を境に出現する生物が変化していた。一方, 緩傾斜護岸 (平館工区) では全域で付着植物が多く出現し, 付着動物の出現が少ない結果となっていた。

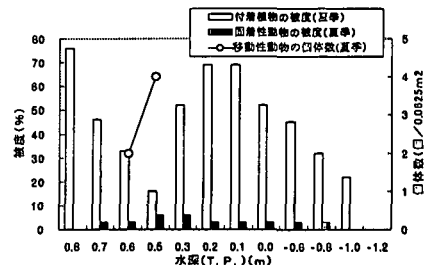
この理由として平館工区では陸奥湾の湾口側に近く, 他の工区と比較して高波浪の波が来襲しているものと考えられ, 波の打上げ等により上部まで海水が供給され, 付着植物が多く出現し, 逆に, 固着性動物の出現が少なくなってしまったのではないかと考えられた。また, 緩傾斜護岸の法勾配が他の構造物に比べ緩く, 各構造物での打上げ特性の違いも関係しているのではないかと推察された。一方, 人工リーフ (今津工区) については, 水



図一6 固着性動物の種類数変化 (夏季)



図一7 固着性動物の被度変化 (夏季)



図一10 付着生物相の変化 (夏季: 緩傾斜護岸)

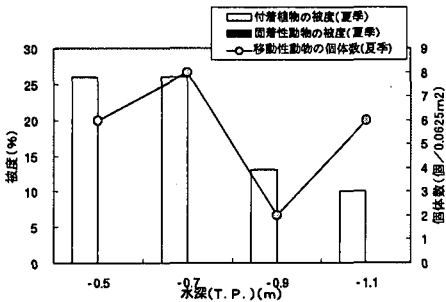


図-11 付着生物相の変化 (夏季：人工リーフ)

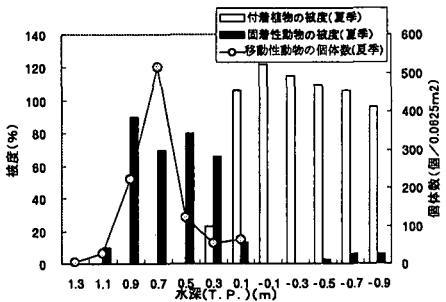


図-12 付着生物相の変化 (夏季：離岸堤堤外側)

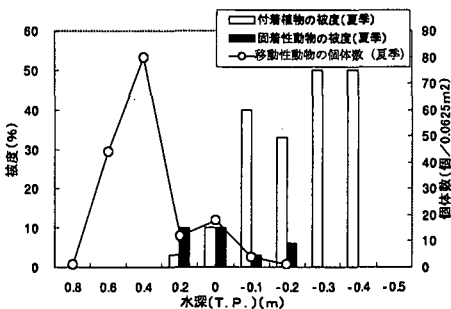


図-13 付着生物相の変化 (夏季：直立堤)

深の変化に対する変化が小さく、特徴的な変化はみられなかった。

b) 水深変化に対する固着性生物の変化特性

一般にブロックなどの安定した付着基質を設置するような生態系内におけるギャップが生じた場合、付着植物の遷移過程は小型1年生海藻と殻状海藻(無節サンゴモ)の優占する始相から始まり、小型多年生海藻、大型多年生海藻と続き、最終的に極相に達することが明らかになっている。つまり、各海岸保全施設の生息環境が安定したものであれば多年生海藻が多く出現し、環境が厳しいものであれば1年生海藻が多くなるものと考えられる。そこで、各海岸保全施設の付着植物の水深変化に対する出現状況を把握するため、付着植物を1年生海藻、多年生海藻、殻状海藻に分類して検討を行った。また、付着植物と固着性動物は付着する基質を奪い合うことが考えられることから、固着性動物も含めて水深変化に対

する固着性生物相の変化について検討した。検討結果を図-14~16に示した。

なお、検討には緩傾斜護岸(平館工区)と離岸堤(磯山工区)、直立堤(後潟工区)について行い、人工リーフについては常時、構造物が水中に没しており、水深変化が小さいことから、ここでは検討を行わなかった。

この結果、緩傾斜護岸ではH.W.L.とM.W.L.の間のT.P.+0.3m以浅で1年生海藻が多く、T.P.+0.3m以深で1年生海藻、多年生海藻、殻状海藻、固着性動物が同程度出現していた。また、付着植物の種多様度はT.P.+0.3m以深から増加し、M.W.L.以深で安定する傾向にあった。しかし、固着性動物では全水深で同程度出現していたが、大きな出現はみられなかった。この結果、緩傾斜護岸ではT.P.+0.3m以浅の区域では付着生物の生息環境が厳しく、出現する付着生物も多年生海藻のような長期間生存する生物が生息できる環境とはなっていないかった。

一方、離岸堤、直立堤では緩傾斜護岸とは異なり、T.P.+0.3m以浅で固着性動物が多く出現し、T.P.+0.3m以深で付着植物が多くみられた。

以上より、緩傾斜護岸ではH.W.L.以上の広い範囲まで付着植物が生息できる結果となっていたが、離岸堤、

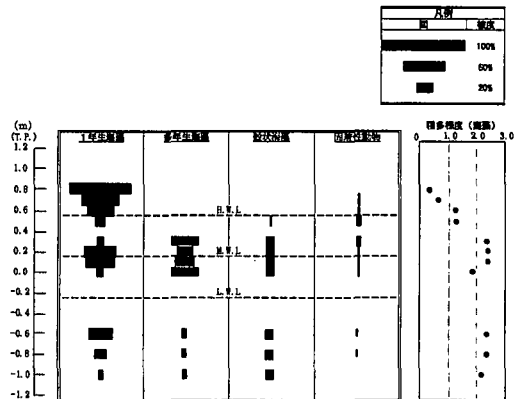


図-14 付着生物組成の変化 (夏季：緩傾斜護岸)

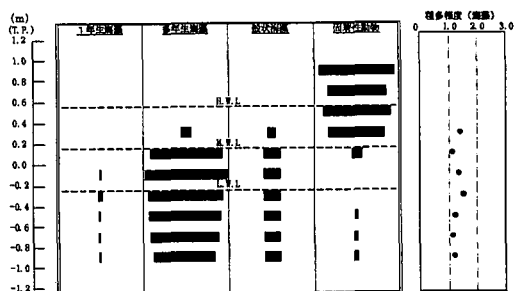


図-15 付着生物組成の変化 (夏季：離岸堤)

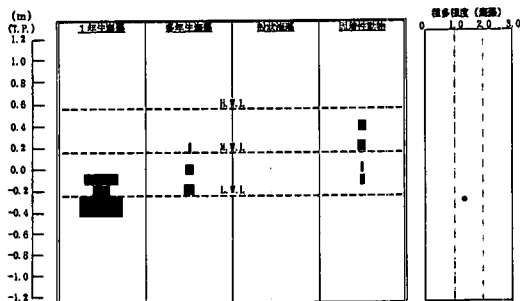


図-16 付着生物組成の変化 (夏季:直立堤)

直立堤では T.P.+0.3 m 以深で多く出現しており、構造の違いが出現できる生物種を変化させている可能性が考えられた。

(4) 来襲波浪と付着生物相の関係

a) 各海岸保全施設に襲撃する波浪の算出

各海岸保全施設に襲撃している波浪の状況を把握するため、数値モデルを用いて各海岸保全施設及びその周辺海域における波浪場の再現計算を実施した。まず、当該地区の物理環境を検討するため、下式に示すエネルギー平衡方程式を基礎式とした波浪場の計算を実施した。

$$\frac{\partial}{\partial x}(SV_x) + \frac{\partial}{\partial y}(SV_y) + \frac{\partial}{\partial \theta}(SV_\theta) = 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\left. \begin{aligned} V_x &= C_g \cos \theta \\ V_y &= C_g \sin \theta \\ V_\theta &= \frac{C_g}{C} \left(\frac{\partial C}{\partial x} \sin \theta - \frac{\partial C}{\partial y} \cos \theta \right) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、S: 方向スペクトル, C: 波速, C_g : 波の群速度, x: 岸沖方向の座標, y: 沿岸方向の座標, θ : x 軸となす波向角を示す。

また、上式で計算される波高には碎波の影響を考慮していないため、合田(1997)の碎波指標を用いて水深に対応した碎波限界波高を求め、その位置での波高が碎波限界波高より大きくならないようにして碎波を考慮した。

計算に用いた波浪は青森海岸に設置されている平館波浪観測所と西田沢波浪観測所のデータから算出し、当該水域に襲撃した有義波浪の1年間平均値を使用した。

なお、調査時である平成9年の波浪観測結果では、欠測がみられたことから平成10年のデータを用いて行った。

b) 来襲波浪と付着生物相の関係

各海岸保全施設前面に襲撃した調査前1年間の平均有義波高と付着生物の分布高の関係を図-17 に示した。

この結果、来襲波高が小さい箇所では波高と分布高が同程度であったが、来襲する波高の増加に伴って分布範囲が高くなる傾向がみられ、分布域が来襲する波浪に影響されている可能性が示された。

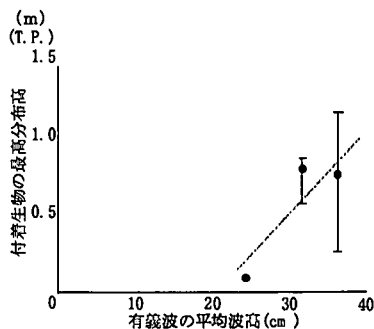


図-17 年平均有義波高と付着生物の分布高の関係

4. ま と め

本研究より以下に示す知見が得られた。

①各海岸保全施設に生息する付着生物を観察した結果、付着植物では陸奥湾湾口から湾奥に向かうに従って、種類数、被度、種多様度が減少する傾向がみられたが、付着動物では湾内で大きな変化はみられなかった。

②水深と付着生物の関係について検討した結果、緩傾斜設岸では T.P.+0.3 m 以浅で1年生海藻が多く、T.P.+0.3 m 以深では1年生海藻、多年生海藻、殻状海藻、固着性動物が同程度出現した。一方、離岸堤では T.P.+0.3 m 以浅で固着性動物が多く、T.P.+0.3 m 以深では多年生海藻、殻状海藻が多く出現した。さらに、直立堤では T.P.+0.3 m 以浅で固着性動物が多く、T.P.+0.3 m 以深で1年生、多年生海藻が多くみられ、各海岸保全施設で付着生物相の特徴が異なる結果が得られた。しかし、人工リーフでは殻状海藻に広く覆われ、他構造物に比べ変化は小さかった。

③有義波高と付着生物の最高分布高の関係について検討した結果、来襲波高の増加に伴って分布範囲が高くなる傾向がみられ、分布域が来襲する波浪に影響されている可能性が示された。

謝辞: 本研究を進めるに当たり、国土交通省東北地方整備局青森工事事務所より青森海岸の生物調査データ及び波浪観測データを提供して頂いた。また、青木克己氏(臨海科学)より貴重なご意見を頂いた。ここに記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 井上公人・田中 仁・西村 修・馬場 聡 (2002): 人工リーフ周辺の流れと海藻群集の関係, 水工学論文集, 第46巻, pp. 977-982.
- 建設省河川局防災・海岸課海岸室 (1995): 海岸域生物環境調査マニュアル (試行案), 161 p.
- 合田良実 (1997): 港湾構造物の耐波設計, 鹿島出版会, pp. 57.
- 徳田 廣・川嶋昭二・大野正夫・小河久朗 (1995): 図鑑海藻の生態と藻礁, 緑書房, 198 p.
- 元田 茂 (1976): 海藻・ベントス, 東海大学出版, pp. 137.