

原単位把握のための調査

(財) 漁港漁場漁村技術研究所 伊藤 靖
調青森県水産総合研究センター内水面研究所 白取 尚実

調査実施期間：平成 13～15 年度

1. 緒言（まえがき）

魚礁の蛸集効果向上や水産資源増殖が期待される、貝殻等の増殖基質の定量的効果を把握するための基礎資料収集を目的とする。

2. 調査方法

浅海域（潮間帯～水深 20m）増殖効果調査

(1) 調査施設及び調査場所

調査施設は、40 mmの網籠に石材及びホタテガイ貝殻を各々約 50%の体積で中詰めしたもの（以下籠式礁：付図 1）で、平成 12 年 9 月に青森県東津軽郡今別町地先（付図 1）の水深約 5mに設置した 7 基について調査を実施した。礁体の概要及び配置は付図 2 に示すとおりである。また、岸側へ約 70mの地点へ設置されている水深 3mの離岸堤（付図 3）及び籠式礁の東側 10m地点の平坦な砂層海底を対象区とした。

(2) 調査年月日

平成 13 年度調査 平成 13 年 11 月 25 日、平成 14 年 2 月 16 日

平成 14 年度調査 平成 14 年 4 月 13 日、8 月 24 日、11 月 30 日

(3) 調査方法

各調査時に、籠式礁及び離岸堤に付着する動物及び植物を各々その被度が多い箇所、平均的と思われる箇所、少ない箇所の 3 箇所計 6 箇所の枠取り採集を行った（籠式礁では枠内の網目及び表面貝殻からの採取のみで礁体内部貝殻内は対象外）。

また、蛸集する魚類等の大きさ、尾数、蛸集箇所等について目視観察し、その一部を採集した。更に付図 2 に示す礁体周辺の 5 ライン（曳網距離 5m）、礁体から約 10m 東側の平坦な砂浜域対象区の 5 ライン（曳網距離 10m）及び付図 3 に示す離岸堤付近の 3 ライン（曳網距離 10m）において、異体類採集器（付図 2）を用いて潜砂性動物を採集した。

採集した付着生物については、種類別個体数（計数可能なものに限る）及び湿重量、魚類については全長、体長、重量、胃内容重量を測定するとともに、胃内容物の目視観察を行なった。

中間水深域（水深 40m 以深）増殖機能効果調査

(1) 調査施設及び調査場所

・ A 型（ホタテ貝殻モルタル吹き付け固定）供試体

ホタテ貝殻にモルタルを吹き付け固定した供試体と、コンクリートのみの供試体各々8個を、青森県西津軽郡鰺ヶ沢町地先（付図1）に設置されているピラミッド型魚礁上部より2段目の水深約40mの箇所、上向きに及び下向きに各々4個を平成14年12月2日に固定したものである。

・ B型（ホタテ貝殻手差し型）供試体

ホタテ貝殻をコンクリートに差し込んだ供試体（以下貝殻手差し型供試体）と、コンクリートのみの供試体各々6個をTR-3型（乱積み用）の上部に上向きに取り付け、平成15年3月6日に青森県北津軽郡小泊村下前地先（付図1）に沈設したものである。

(2)調査年月日

1) A型供試体

1回目：平成15年6月30日、2回目：平成15年11月29日

2) B型供試体

1回目：平成15年9月5日、2回目：平成16年3月4日

(3)調査方法

各調査時に、礁体に蝸集する魚類について目視観察を行なうとともに、供試体を1mmメッシュのネットロケットに収容し各々2個引き上げ、供試体に生息する生物の種類別個体数及び湿重量を測定した。

3. 調査結果

3-1. 浅海増殖効果調査

付着生物砕取調査結果

(1)動物調査結果（図1,2：付表1,2）

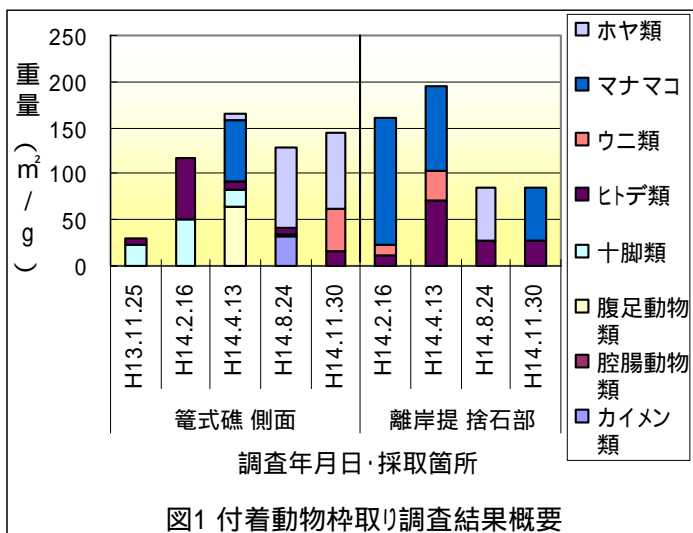


図1 付着動物砕取り調査結果概要

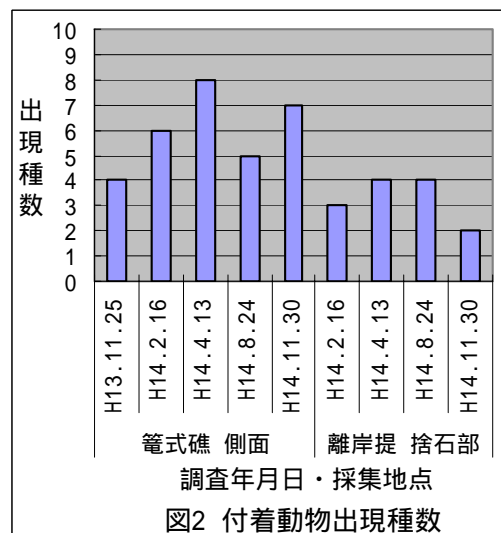
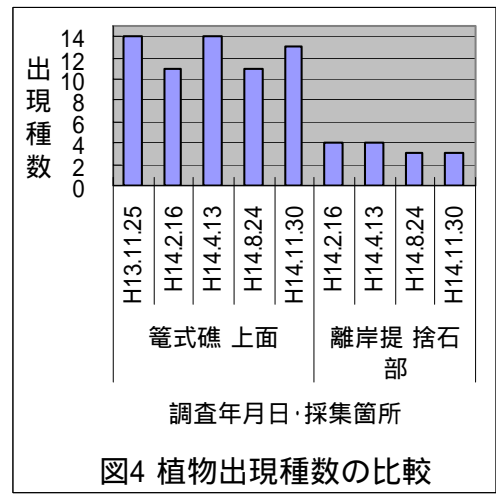
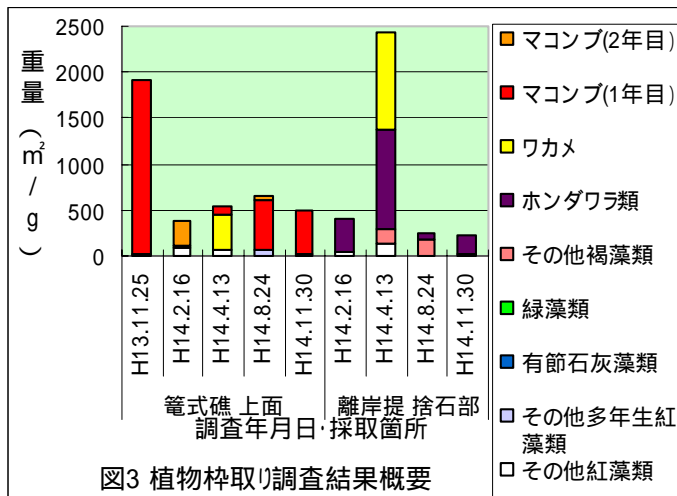


図2 付着動物出現種数

付着動物の砕取調査結果を図1, 2に示した。籠式礁では平成14年の四季別4回調査平均値で134g/m²、対象区の離岸堤では132g/m²であった。なお、それぞれで観察された種類数は籠式礁で16種、離岸堤で7種と籠式礁が多かった。

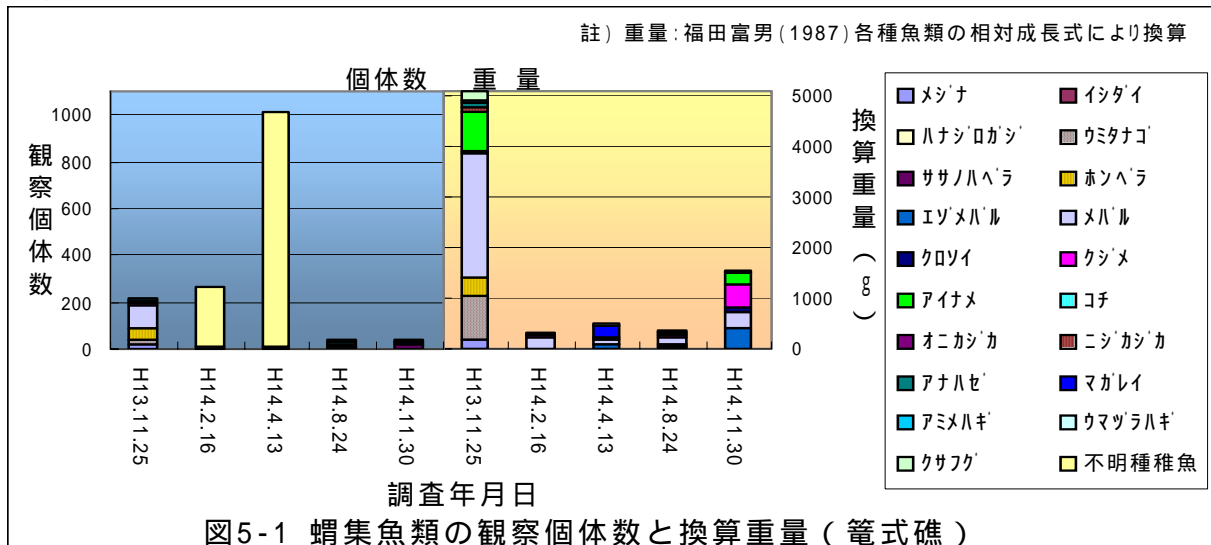
(2)植物調査結果 (図3,4 : 付表3,4)



付着植物の枠取調査結果を図3、4に示した。平成14年の四季別4回調査平均値では籠式礁が520g/m²、離岸堤が832g/m²である。また、それぞれで観察された種類数は籠式礁で16種、離岸堤で8種と付着動物と同様の結果が出ていた。

蛸集動物目視観察調査

(1)蛸集魚類 (図5-1, 5-2, 表1 : 付表5,6)



魚類の観察結果を図5-1、5-2に、採取した魚類の測定結果等を表1に示した。籠式礁で観察された魚類は、平成14年の四季別4回調査平均値では690g/7基、338尾/7基であったが、離岸堤では368g/30m、6尾/30mと籠式礁がいずれも上回った。また通年での出現種類数も籠式礁が19種(不明除く)に対して離岸堤が3種と付着生物同様圧倒的に籠式礁が多かった。

採集した魚類の胃内容物を観察した結果、アイナメからは礁体へ付着・蛸集していたアミ類、エビ類、カニ類が確認された。

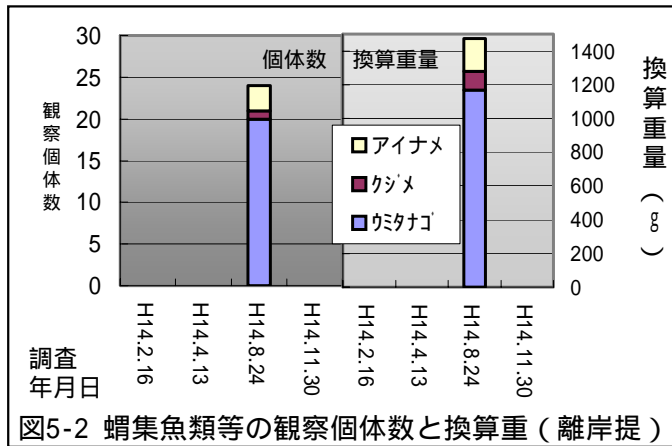


表1 採取魚類測定結果

採取箇所	採取年月日	種	全長(cm)	体長(cm)	体重(g)	胃内容重量(g)	雌雄	生殖腺重量(g)	胃内容物
籠式礁	H13.11.25	ア付メ	28.0	24.0	332.0	2.1		30.8	ア類/+、魚類/2、加類/1、ヒ類/3
		ア付メ	14.5	12.5	36.4	0.3		0.8	ヒ類/5
		クジメ	12.8	11.0	30.6	0.1			不明/+
		カハル	10.5	8.5	16.7	0.1			ヒ類/+
		クジメ	11.5	9.5	24.5	0.1			ア物類/+、ヒト虫類/+
		カガ	13.0	10.5	39.8	0.5			二枚貝貝殻片/+、不明/+
		カガ	12.5	10.5	29.4	0.8			二枚貝貝殻片/+、不明/+
	H14.2.16	ア付メ	14.5	13.0	36.9	0.2			不明
	H14.4.13	カレイ	22.0	18.0	142.2	3.2			カゴ /1、多毛類/2
	H14.8.24	カハル	16.0	13.5	77.3	0.1			不明
		カハル	15.5	13.0	70.1	0.2			不明
		ア付メ	18.0	15.0	81.6	0.2			不明
		ア付メ	11.0	9.5	7.1	+			ヒ類/+、不明
	H14.11.30	ア付メ	26.8	22.5	253.8	10.8			魚卵/+、加類/+、不明
		クジメ	16.8	14.5	54.8	0.7		3.0	加類/1
		カレイ	22.3	19.0	150.3	1.6			ヒ類/1、小石/1
		カハル	15.5	12.8	47.3				なし
		カガカ	21.0	16.5	129.0				なし
離岸堤	H14.8.24	ア付メ	18.5	16.0	100.2				なし
		ア付メ	15.0	13.5	51.1				なし
		ア付メ	14.0	12.5	32.9				なし
		クジメ	13.0	11.5	30.7	0.2			不明
		ウミナゴ	19.0	15.5	109.9				なし
		ウミナゴ	19.0	8.5	7.0	7.9			なし

註) /数字: 個体数、+: 個体数計数不可

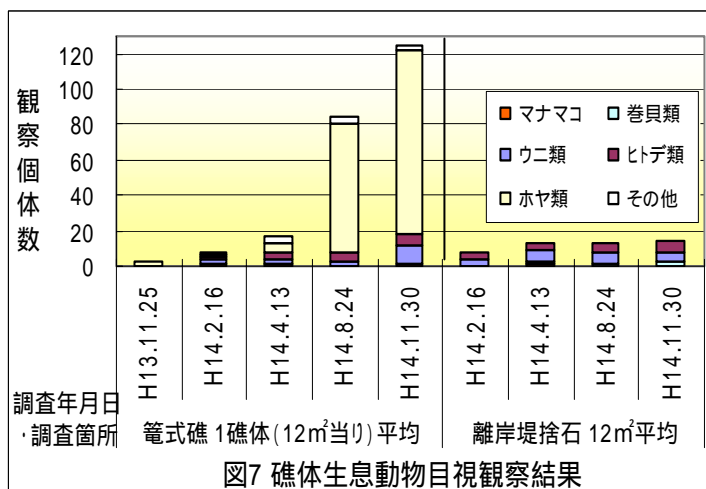
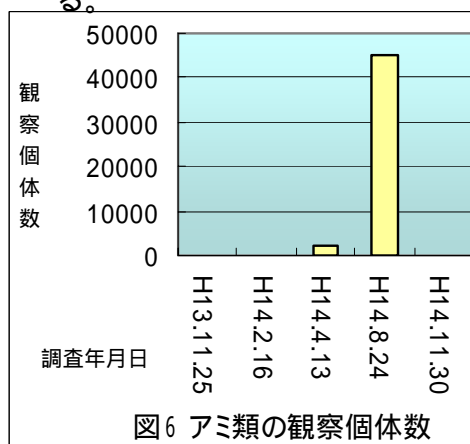
(2) 蛸集・付着動物 (図6,7: 付表6、7)

籠式礁に蛸集するアミ類の観察結果を図6に、その他の蛸集・付着動物の目視観察結果を図7に各々示した。なお、籠式礁は平均約40cm沈下しており表面積は1礁体当たり約12m²である。

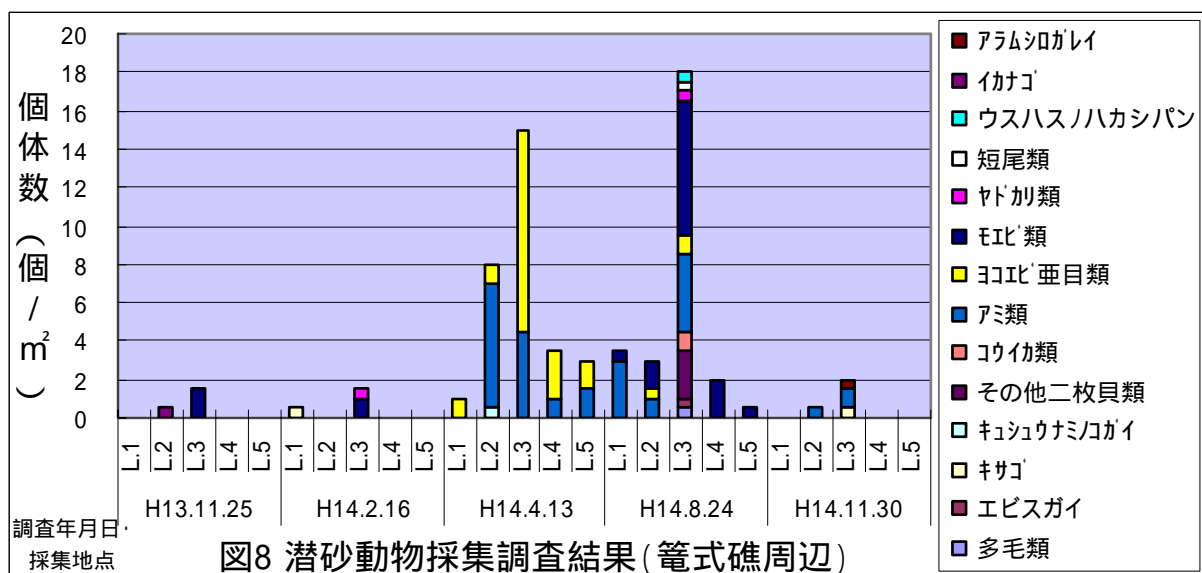
アミ類は平成13年11月、平成14年4月及び平成14年8月調査時に出現し、1礁体当たりの平均観察個体数は各々35個体、290個体及び6,400個体であった。なお、離岸堤ではアミ類は観察されなかった。

付着生物採取調査も含めて、籠式礁における調査を通じて観察された動物はエゾアワビやミズダコを含む12種で、平成14年の四季別4回調査結果での1基当たりの平均観察個体数は59個で、増加傾向にあった。一方、離岸堤捨石部ではコシダカガンガラを含む計5種が観察され、平成14年の四季4回調査結果での12m²当り(籠式礁と同じ表

面積)の平均観察個体数は12.1個であり、種数や個体数いずれも籠式礁が上回っている。



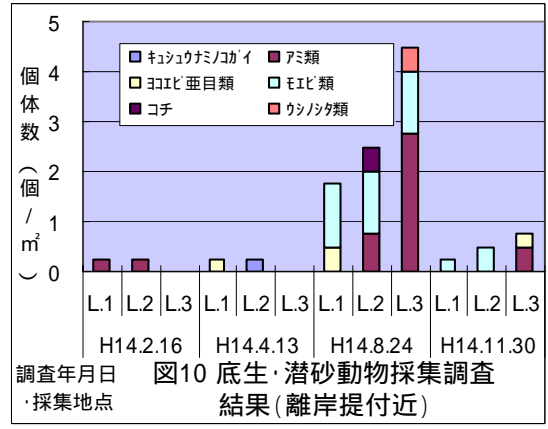
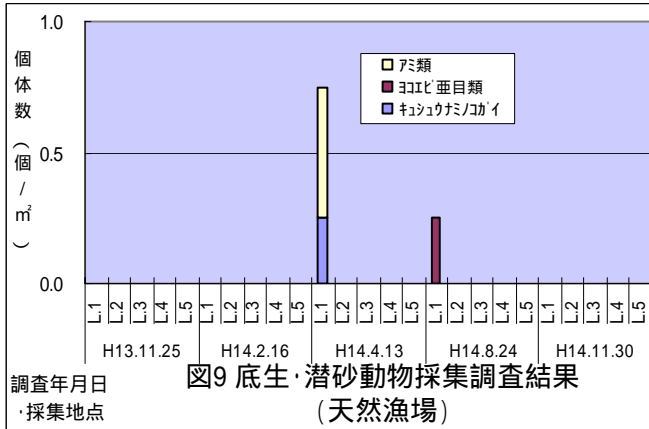
潜砂性動物調査 (図8,9,10:付表7,8,9)



付図2に示す東端の13礁体の周辺と、礁体から10m東側の平坦な地点(天然漁場)及び離岸堤付近に潜砂性動物調査区を3箇所設定し、礁体周辺では5m×5ライン、天然漁場では10m×5ライン、離岸堤付近では10m×3ラインにおいて異体類採集器を用いて潜砂性動物を採集したが、その結果を図8、図9、図10に示した。

調査を通じて採集された潜砂性動物は、籠式礁周辺では15種、天然漁場3種、離岸堤7種であった。

平成14年の四季別4回調査結果での平均採集個体数は籠式礁3.1個/m²、離岸堤0.56個/m²、天然漁場0.05個/m²であった。また、籠式礁は礁体直近の調査ライン(L2,L3)で多く採取されたが、離岸堤では採取動物が少ない時期は離岸堤付近が、多いときは離岸堤から離れた場所での採取が多く、潜砂性動物の分布状況が異なっていた。

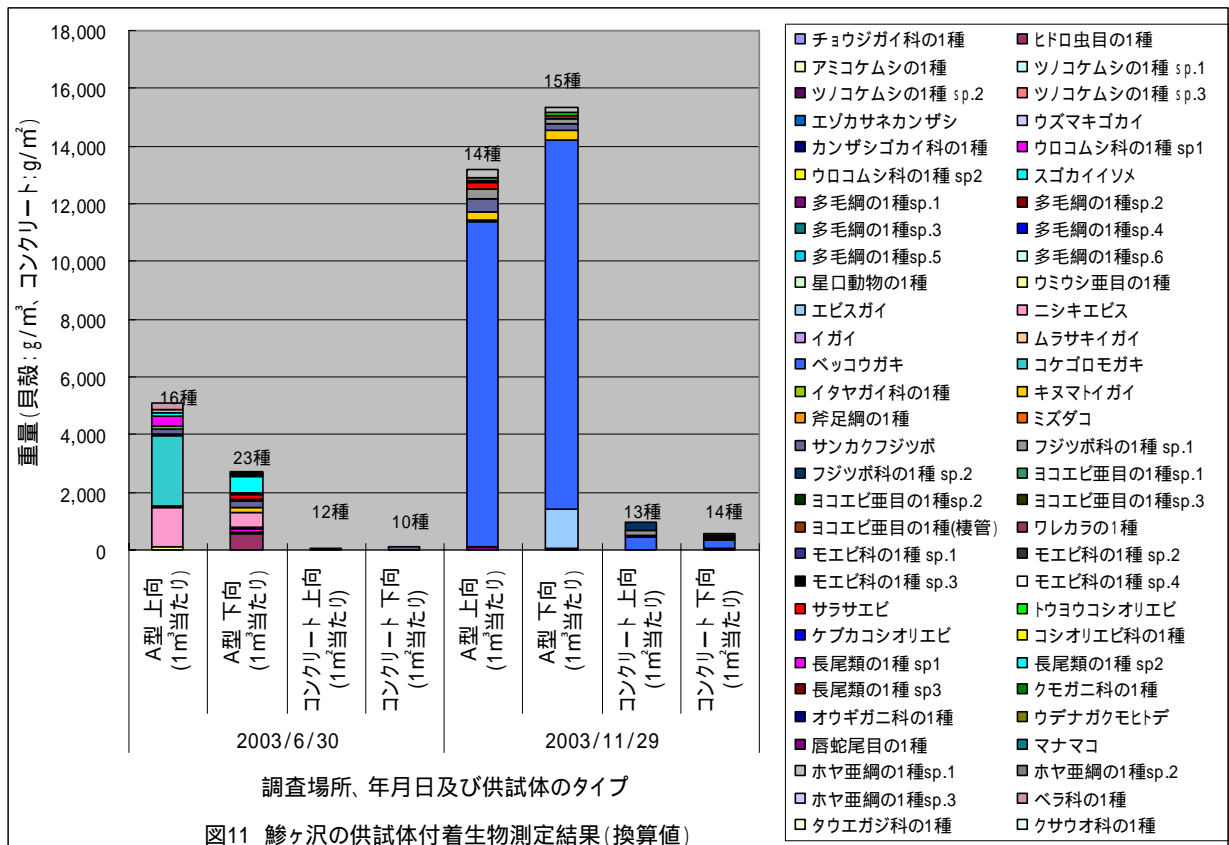


3-2. 中間水深域増殖効果調査

供試体付着生物 (図 11, 12, 13, 14 : 付表 10, 11)

各調査時に引き上げた夫々の供試体に生息していた動物の測定結果を、その重量を貝殻供試体については 1m³当り、コンクリート供試体については 1 m²当りに換算した結果を図 11、12 に、また測定した生物のうち餌料動物の換算重量を図 13, 14 に各々示した。

なお、A・B型両供試体を 1m³当りに換算する場合の構造物は、単なる立方体ではなく、A型が写真 1、B型が写真 2 に示すような構造物に拡大した場合を想定したものである。



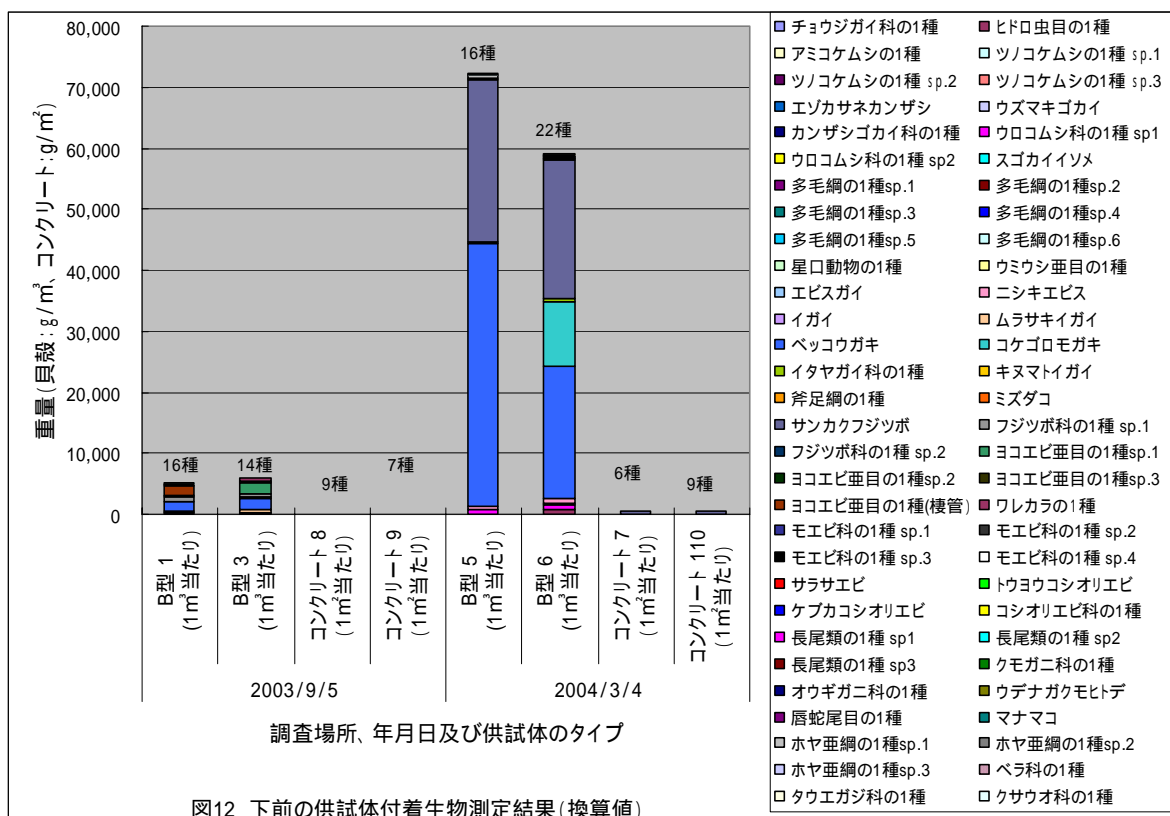
鱈ヶ沢地先で平成 15 年 6 月調査時(設置後約 7 ヶ月)に出現した動物は A 型上面取り付けタイプでは環形動物門 2 種、軟体動物門 5 種、節足動物門 6 種、棘皮動物門 1

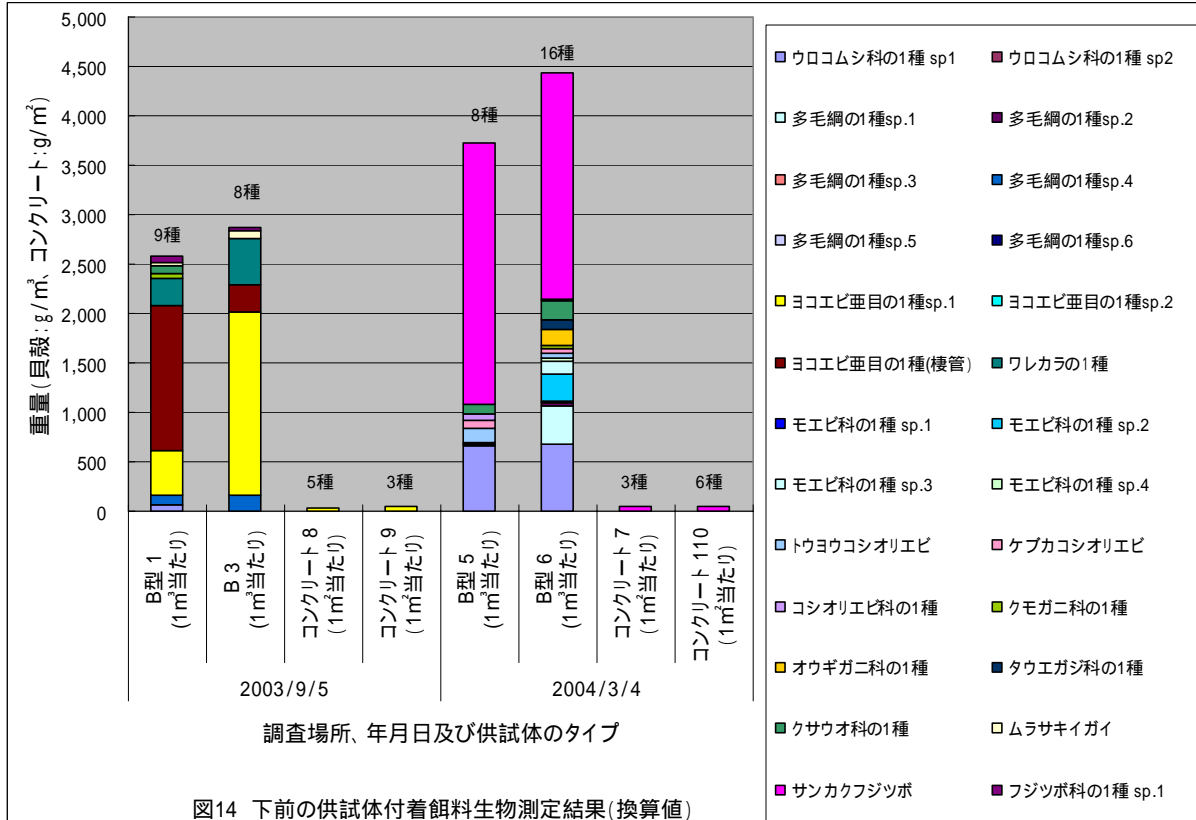
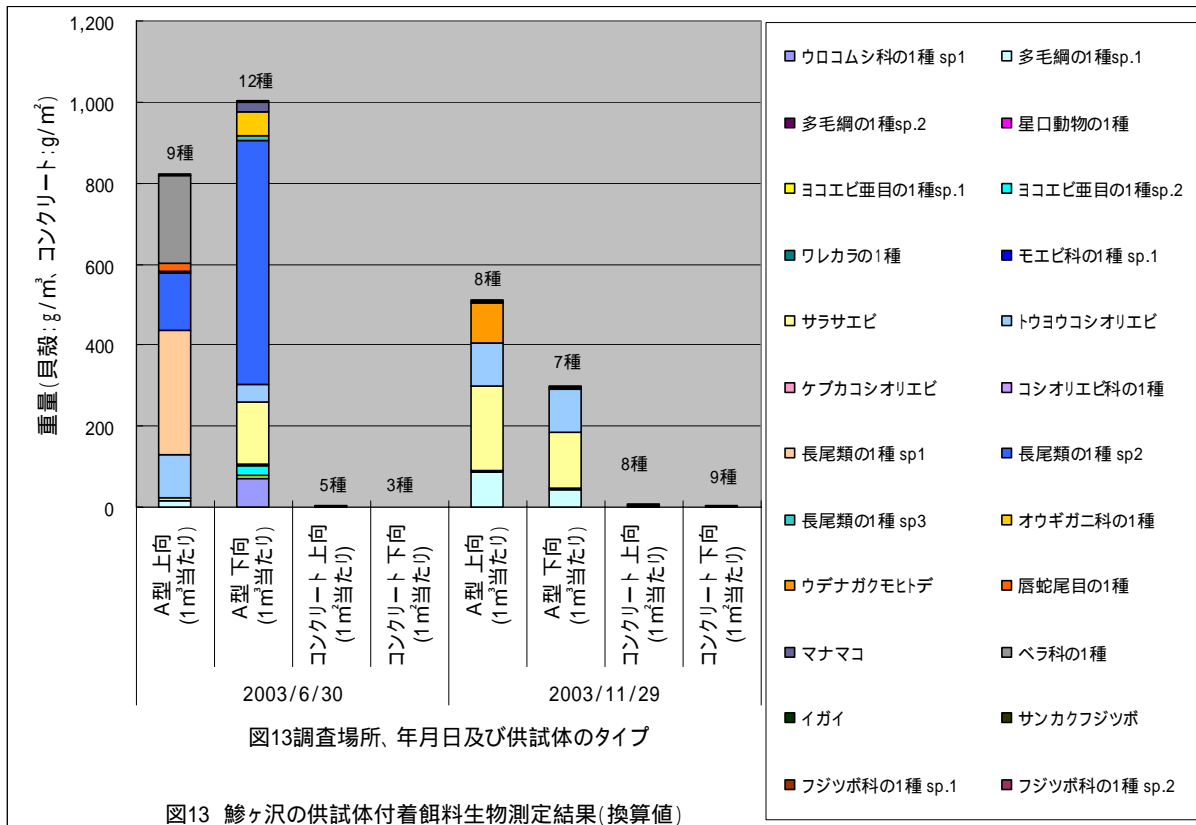


写真1 A型供試体事業タイプ

写真2 B型供試体事業タイプ

種、原索動物門 1 種、脊椎動物門 1 種、計 16 種、換算重量は約 5092 g/m³で、A型下面取り付けタイプでは腔腸動物門 2 種、触手動物門 3 種、環形動物門 2 種、軟体動物門 4 種、節足動物門 10 種、棘皮動物門 1 種、原索動物門 1 種、計 23 種、換算重量は約 2695 g/m³であるが、このうち餌料動物はA型上面タイプでは 9 種、約 821 g/m³、下面タイプでは 12 種、約 1,002 g/m³であった。また、コンクリート供試体上面取り付けタイプでは、腔腸動物門 1 種、触手動物門 1 種、環形動物門 2 種、星口動物門 1 種、軟体動物門 2 種、節足動物門 3 種、原索動物門 2 種、計 12 種、約 55 g/m²で、コンクリート下面取り付けタイプでは腔腸動物門 2 種、環形動物門 2 種、軟体動物門 3 種、節足動物門 2 種、棘皮動物門 1 種、計 10 種、約 105 g/m²であるが、このうち餌料動物はコンクリート上面タイプでは 5 種、約 2 g/m²、コンクリート下面タイプでは 3 種、約 2 g/m²であった。





平成 15 年 11 月調査時 (設置後約 12 ヶ月) では、A型上面取り付けタイプでは触手

動物門 1 種、環形動物門 2 種、軟体動物門 4 種、節足動物門 5 種、棘皮動物門 1 種、原索動物門 1 種、計 14 種、換算重量は約 13,179 g/m³で、A型下面取り付けタイプでは触手動物門 2 種、環形動物門 3 種、軟体動物門 4 種、節足動物門 4 種、原索動物門 2 種、計 15 種、換算重量は約 15,332 g/m³であるが、このうち餌料動物はA型上面タイプでは 8 種、約 512 g/m³、下面タイプでは 7 種、約 300 g/m³であった。また、コンクリート供試体上面取り付けタイプでは、腔腸動物門 1 種、環形動物門 3 種、軟体動物門 3 種、節足動物門 5 種、原索動物門 1 種、計 13 種、約 951 g/m²で、コンクリート下面取り付けタイプでは腔腸動物門 1 種、環形動物門 2 種、軟体動物門 3 種、節足動物門 6 種、原索動物門 2 種、計 14 種、約 550 g/m²であるが、このうち餌料動物はコンクリート上面タイプでは 8 種、約 7 g/m²、コンクリート下面タイプでは 9 種、約 2 g/m²であった。

下前地先で平成 15 年 9 月調査時（設置後約 6 ヶ月）に出現した動物は、B型供試体 2 個合計では腔腸動物門 2 種、環形動物門 3 種、軟体動物門 5 種、節足動物門 6 種、脊椎動物門 1 種、計 17 種、換算重量は 2 供試体の平均値で約 5,470 g/m³であるが、このうち餌料動物は 9 種、約 2,730 g/m³であった。また、コンクリート供試体では、腔腸動物門 1 種、環形動物門 3 種、軟体動物門 3 種、節足動物門 4 種、計 11 種、換算重量は 2 供試体の平均値で約 54 g/m²であるが、このうち餌料動物は 6 種、約 36 g/m²であった。

平成 16 年 3 月調査時（設置後約 12 ヶ月）に出現した動物は、B型供試体 2 個合計では腔腸動物門 1 種、環形動物門 7 種、軟体動物門 6 種、節足動物門 11 種、原索動物門 2 種、脊椎動物門 2 種、計 29 種、換算重量は 2 供試体の平均値で約 65,696 g/m³であるが、このうち餌料動物は 18 種、約 4,081 g/m³であった。また、コンクリート供試体では、腔腸動物門 1 種、触手動物門 1 種、環形動物門 4 種、軟体動物門 3 種、節足動物門 2 種、計 11 種、換算重量は 2 供試体の平均値で約 548 g/m²であるが、このうち餌料動物は 6 種、約 53 g/m²であった。

なお、餌料動物量は、イガイ類とフジツボ類については、餌料として期待できる軟体部位重量を全重量の 1 割として、餌料動物量を集計した。

魚類蝟集状況

表2 蝟集魚類目視観察結果

門	綱	目	科	種	観察項目	調査年月日		調査場所		観察礁体/礁体数		2003/6/30		2003/11/29		2003/9/5		2004/3/4			
						尾数		全長(cm)		尾数		全長(cm)		尾数		全長(cm)		尾数		全長(cm)	
						尾数	全長(cm)	尾数	全長(cm)	尾数	全長(cm)	尾数	全長(cm)	尾数	全長(cm)	尾数	全長(cm)				
脊椎動物	硬骨魚	スズキ	ウミタナゴ	ウミタナゴ <i>Ditrema temmincki</i>	2	10															
				ヘラ	ササノハベラ <i>Pseudolabrus japonicus</i>	1	10														
		カサゴ	フサカサゴ	ウスメバル <i>Sebastes thompsoni</i>			40	10													
				クロソイ <i>Sebastes schlegeli</i>						1	25										
				キツネメバル <i>Sebastes unipes</i>	3	15															
		アイナメ	アイナメ <i>Hexagrammos otakii</i>	1	25					1	20										
フグ	カハハギ	ウマツラハギ <i>Thamnaconus modestus</i>			50	20															
各調査時の蝟集魚類の個体数及び全長の目視観察結果を表2に示した。																					

鱒ヶ沢地先のピラミッド魚礁で観察された魚類は6月調査時では、ウミタナゴ2尾(全長約10cm)、ササノハベラ1尾(全長約10cm)、キツネメバル3尾(全長約15cm)、アイナメ1尾(全長約25cm)計7尾、11月調査時ではウスメバル約40尾(全長約10cm)、ウマズラハギ約50尾(全長約20cm)、約90尾であった。



写真3 野牛沖B型事業礁増殖基質部分卵塊



写真4 同左

下前地先のテトラリーフで9月調査地に観察された魚類は、クロソイ1尾(全長約25cm)、アイナメ1尾(全長約20cm)、計2尾であったが、16年3月調査で魚類は確認されなかった。

ウミタナゴ、ウスメバル以外は付着動物を捕食する魚類と考えられた。

今回の調査外ではあるが、本県津軽海峡東部下北半島にある野牛地先(水深25~35m)で、B型の事業礁の追跡調査を青森県が実施した所、写真3,4のとおり増殖基質部分2箇所にアイナメの卵塊と親魚が確認され、水深等の条件が整えばアイナメの産卵場としての増殖機能がある可能性が示唆された。

3-3. まとめ

貝殻等を利用した、複雑な空間を海底又は海中に設置した場合、以下の効果が期待出来ることが判明した。

浅海増殖効果調査

(砂層海底域において、構造が単純なコンクリート塊と比較した場合)

- ・付着動植物、蛸集動物の種類数が多く、種の多様性を向上させている
- ・生物的な効果範囲が広い
- ・蛸集又は付着した動物が、蛸集魚類の餌料となり、食物連鎖が出来ている

中間水深域増殖効果調査(構造が単純なコンクリート塊と比較した場合)

- ・付着動物量、餌料動物量いずれも多い(m^3 当り重量を $2/3$ 乗して m^2 当りに換算して比較しても)
- ・設置後早い時期から出現種類数が多く、生物多様性が早期に発現される
- ・設置水深等の条件が整えば魚類の産卵場としての機能を有する可能性がある

3-4. 費用対効果分析の試算

付着動物や蛸集動物が、単純な空間よりも多種生存できることが確認されたが、それ

ら生物そのものに関する生態的知見が殆どないため、それらより上位の捕食動物にとって餌料としての利用価値や、季節変動も含めた毎年の増殖量(生産量)が未解明である。

これまで沈設された魚礁漁場と同水深、同規模の天然漁場を比較した場合、潜水観察又は漁獲される魚種数は、天然魚場が多い事が経験的に知られており、こうした増殖基質を設置することでより天然に近い漁場造成が促進されるものと思われるが、種の多様性の確保も含めて、前述した餌料動物に関する課題等によりその効果を貨幣化する事が非常に困難となっている。

魚礁の効果として、そこに蛸集する魚類の保護・再生産との場としての利用、構造物への付着動物の餌料効果等の増殖効果がある事が知られていることから、さらにこうした増殖効果を上乘せさせるための増殖基質そのものの効果を分離する事は非常に難しいものと考えられる。

しかしながら、公共事業として実施する以上は分離できる効果を何らかの手法でその価値を試算し、費用に対しての効果を示す必要がある。そこで、次の二つの方法で費用対効果を試算してみた。

一つは、蛸集魚類の増加魚体重による貨幣化で、平成 15 年度水産基盤整備生物環境調査「原単位把握のための調査」(魚礁事業における増殖効果指標検討調査)報告書(平成 16 年 4 月 20 現在校正中)に従い、餌料の利用率 = 1、年間生産量/年平均現存量比 = 3、餌料添加効率 = 0.13 を使用して試算した。なお、この際の餌料動物は前述の調査結果に従い海面・触手・原索動物を除く全動物とし、フジツボ類や二枚貝類については重量に殻重量も含めて餌料動物量を集計した(表 3)。

表3 費用対効果試算結果(魚礁事業における増殖効果指標検討調査参考)

増殖基質種類	平均魚種別増殖量(g/m ³)							事業基 基当り 増殖基 質体積 (m ³)	利 用 率	年 間 生 産 量/現 存 比	餌 料 転 換 効 率	年 間 増 加 魚 体 重 (g/ 基)	平 均 単 価 (円 /kg)	単 年 度 当 効 果 額 (円/ 基)	累 積 効 果 額 千 円 /m ³ :30年間	事 業 基 1 基 当 り 費 用 (千 円)	費 用 対 効 果 (単 年 度 設 置)	備 考
	節 足 動 物 (エ ビ・カ 除) 類	軟 体 動 物 (二 枚 貝 類 含)	多 毛 類	エ ビ・カ 二 類	魚 類	そ 他	合 計											
籠式礁	715.9	112	1,936.5		16.5	3058.7	5,839.6	3,000	1.0	3.0	0.13	6,832.3	1,738	11,875	241	300.0	0.8	沈設費含む
A型	423.2	7,703.0	54.4	497.2	54.3	341.0	9,073.1	32,802	1.0	3.0	0.13	116,070	1,738	201,730	3,627	1,586.0	2.28	製作費のみ
B型	1,477.5	20,456.0	547.8	272.6	120.1	348.4	23,222.4	0,0728	1.0	3.0	0.13	659.3	1,738	1,146	20	3.9	5.12	製作費のみ

籠式礁のみ費用対効果が1を下回ったが、これは沈設費を含むためであり他と同じ製作費のみであれば2/3の20万円程度で出来る事を考慮すると、いずれも高い効果がある結果となった。

もう一案は、餌料動物を市販されている釣餌の価格で貨幣化する方法である。なお、本来であれば釣餌価格に流通面での価格を入れて評価するのは、餌料効果を過大に評価することになり問題ではあるが、釣餌市販価格における流通付加の割合を示す資料が無いこと、価格は平成 16 年 1 月現在の青森市内の釣具店及びペットショップでの店頭価格(表 4)で定価よりも値引きされた後の価格であること、釣餌に置き換える際にはエビ・カ二類や魚類等価格の高い活餌ではなく価格の安い冷凍加工品に置き換えていること、餌料動物は餌料動物図 13, 14 に示した中の選好性餌料動物にほぼ限定し、置き換えられない餌料動物は効果として計算に加えていない事等によりなるべく過少になるよう考慮し、そのままの小売価格で貨幣化した。

表4 青森市内での釣餌等市販価格

餌名等	市販単価(円/kg)	対象餌料動物	備考
冷凍ツノナシオキアミ	200	節足動物類	釣具店
ドブガイ	1,500	二枚貝類	ペットショップ
アオイソメ	2,700	多毛類	釣具店
冷凍喰わせエビ	2,000	エビ、カニ類	釣具店
冷凍イカナゴ	2,500	魚類	釣具店

また、前述したとおり餌料動物の毎年の増産量が不明のため、 m^3 当りの餌料動物量は、A・B型両供試体共に、各餌料動物の調査結果中の最大値（確認最大現存量）を（餌料動物量）生産量として試算し（年間生産量/現存量 = 1 と前述の魚礁事業における増殖効果指標検討調査の値3よりも過少に試算）、籠式礁のデータは、沈設後1年目（平成13年9月）に製作メーカーが礁体2基を引き上げた際の回収ネット内及び増殖基質部分の付着餌料動物調査結果（付表12：貝殻部分については籠式礁の5箇所から10cm立方の貝殻を採取し調査）中の最大値を餌料動物量として試算した（表5）。

表5 費用対効果試算結果

増殖基質種類	餌料動物量(g/m^3)						単年度当効果額(円/ m^3)	累積効果額(円/ m^3);30年間	事業礁1基当り増殖基質体積(m^3)	事業礁1基当り費用(千円)	費用対効果(単年度設置)	備考
	節足動物(エビ・カニ除)類	二枚貝類	多毛類	エビ・カニ類	魚類	合計						
籠式礁	2,866.7	65.9	3614.5		93.3	6,640.4	10,664	191,771	3,000	300.0	1.91	沈設費含む
A型	44.1	3.9	160.1	1302	217.3	1,726.9	3,593	64,615	32,802	1,586.0	1.33	製作費のみ
B型	6,509.2	66.6	1269.2	954.4	296.4	9,095.8	7,478	134,482	0.0728	3.9	2.51	製作費のみ

単位当りの餌料動物量は、魚礁事業における増殖効果指標検討調査方法よりもかなり下回っているが、これは前述のとおり餌料動物を限定したこと並びに二枚貝類やフジツボ類の殻部分の重量を除いたためである。また、費用対効果はB型がもっとも高く魚礁事業における増殖効果指標検討調査で試算した結果と同様の結果となっている。

籠式礁は、既にマナマコの増殖礁として事業化されており、本試算結果はあくまでも付随効果として検討されるべきものであるが、海岸整備や漁港整備の際にこのような効果を考慮する際の参考となるものと考えられる。

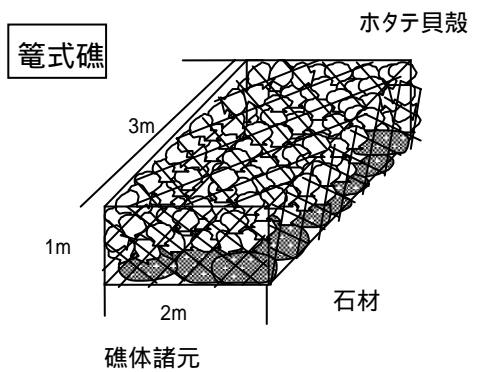
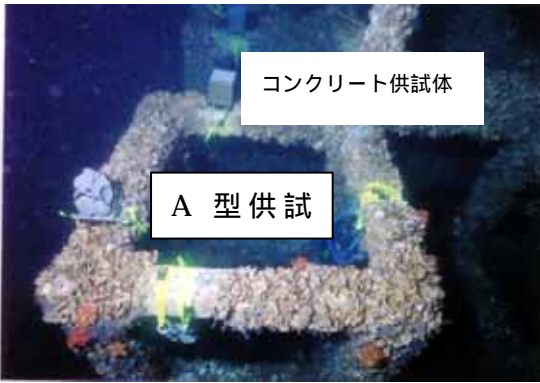
また、A・B型の増殖基質を取り付けた魚礁も、魚礁製作費の1割まで増殖基質の付加を認めるという指針に従い事業化されているが、両試算によればA型が2.28と1.33、B型が5.12と2.51との結果であり、B型は1基当りの増殖基質製作費用がA型よりも割高になっているものの、空隙がA型よりも多いという特性等により単位体積当りの餌料動物量が多く、その結果費用以上の効果が出たものと考えられた。

以上の試算結果から、増殖基質そのものについては、漁業系廃棄物を有効利用し、その処理費用という社会的負担を軽減している事も併せて考えれば、魚礁に設置する増殖基質に関する水産庁の現指針は妥当であると判断される。

4. 今後の課題

費用対効果分析の試算方法においては、根拠となる使用データの蓄積が少ないため、納税者の理解を得られるためにも、今後調査の機会があればこれらの再検討を行い、試算方法の精度を高めるべきと考える。

付図1 調査場所及び調査対象施設



籠網材質	ニューカルスワイヤー*
網目(mm)	4×40
重量	4.5t～5t
中詰材	石材・ホタテガイ貝殻
寸法(m)	2×3×1

*: 超厚溶融アルミニウムめっき(興国鋼線索社製)

付表1 付着動物採取調査結果

種類	籠式礁 側面 (m ² /g)					離岸提 捨石部 (m ² /g)			
	H13.11.25	H14.2.16	H14.4.13	H14.8.24	H14.11.30	H14.2.16	H14.4.13	H14.8.24	H14.11.30
カイメン類	0.0	0.0	0.0	31.1	0.0	0	0	0	0
腔腸動物類	0.3	0.0	0.0	0.0	0.8	0	0	0	0
腹足動物類	0.0	0.0	65.1	0.0	0.0	0	0.6	0	0
十脚類	23.7	51.2	18.5	2.7	0.0	0	0	0	0
ヒトデ類	4.8	66.4	9.2	6.8	15.9	10.7	71.2	28.3	27.1
ウニ類	0.0	0.0	0.0	0.0	46.3	13	31.1	0	0
マナマコ	0.0	0.0	66.0	0.0	0.0	136.6	93.2	0	58.7
ホヤ類	0.0	0.0	5.3	87.9	82.3	0	0	56.2	0
合計	28.8	117.6	164.1	128.4	123.8	160.3	196.1	84.5	85.8

付表2 付着動物出現種数

籠式礁 側面					離岸提 捨石部			
H13.11.25	H14.2.16	H14.4.13	H14.8.24	H14.11.30	H14.2.16	H14.4.13	H14.8.24	H14.11.30
4	6	8	5	7	3	4	4	2

付表3 植物採取調査結果概要

種類	籠式礁 上面 (m ² /g)					離岸提 捨石部 (m ² /g)			
	H13.11.25	H14.2.16	H14.4.13	H14.8.24	H14.11.30	H14.2.16	H14.4.13	H14.8.24	H14.11.30
緑藻類	8.4	0.9	0.4	2.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
ワカメ	0.0	1.5	373.6	0.0	0.0	0.0	1061.2	0.0	0.0
マコンブ(1年目)	1883.5	0.0	84.1	545.6	461.2	0.0	0.0	0.0	0.0
マコンブ(2年目)	0.0	290.7	7.7	40.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ホンダワラ類	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	347.6	1077.6	84.4	217.2
その他褐藻類	0.0	0.0	8.7	0.0	0.0	2.4	156.0	172.8	0.0
有節石灰藻類	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	0.0	0.0	0.0	6.8
その他多年生紅藻類	0.1	0.0	0.0	60.5	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0
その他紅藻類	17.7	100.8	68.7	0.1	0.0	53.6	137.2	0.0	12.4
合計	1909.7	393.9	543.2	649.2	492.5	403.6	2432.0	257.2	236.4

付表4 植物出現種数

籠式礁 上面					離岸提 捨石部			
H13.11.25	H14.2.16	H14.4.13	H14.8.24	H14.11.30	H14.2.16	H14.4.13	H14.8.24	H14.11.30
14	11	14	11	13	4.0	4.0	3.0	3.0

付表5 蛸集魚類等の観察個体数と換算重量(籠式礁)

重量	2001/11/25	2002/2/16	2002/4/13	2002/8/24	2002/11/30	個体数	2001/11/25	2002/2/16	2002/4/13	2002/8/24	2002/11/30
メジナ	180					メジナ	15	-	-		
イタダイ				35		イタダイ				2	
ハナジロガジ			16			ハナジロガジ	-	-	2		
ウミタナゴ	852			35		ウミタナゴ	25	-	-	5	
ササノハハラ				1	18	ササノハハラ				1	15
ホンペラ	375					ホンペラ	50	-	-		
エゾマル			94		398	エゾマル	-		3		3
メバル	2447	218	94	156	294	メバル	100	5	5	5	5
クロソイ					117	クロソイ					2
クジメ	75	61	37	50	443	クジメ	3	5	2	2	10
アイナメ	782	44		12	217	アイナメ	5	1	-	1	2
コチ				4		コチ				10	
オニカシカ					56	オニカシカ					1
ニジカシカ	75				1	ニジカシカ	3	-	-		1
アナハセ	75			24	8	アナハセ	3	-	-	3	1
マガレイ			212			マガレイ	-	-	2		
アミハギ	70			30		アミハギ	10	-	-	6	
ウマツラハギ				17		ウマツラハギ				1	
クサフグ	159					クサフグ	5	-	-		
不明種稚魚		10	39			不明種稚魚	-	250	1000		
アミ類の1種	1	-	6	14		アミ類の1種	250	-	2000	4500	
合計	5090	333	498	378	1552	合計	219	261	1014	36	40

付表6 蛸集魚類等の観察個体数(左)と換算重量(右):離岸堤

	2002/2/16	2002/4/13	2002/8/24	2002/11/30		2002/2/16	2002/4/13	2002/8/24	2002/11/30
ウミタナゴ			20		ウミタナゴ			1168	
カジメ			1		カジメ			109	
アイナメ			3		アイナメ			197	

註) *:福田富男(1987)各種魚類の相対成長式により換算

付表7 籠式礁付近潜砂動物採取調査結果(曳網面積:2m²)

		H13.11.25					H14.2.16					H14.4.13					H14.8.24					H14.11.30									
		L.1	L.2	L.3	L.4	L.5	L.1	L.2	L.3	L.4	L.5	L.1	L.2	L.3	L.4	L.5	L.1	L.2	L.3	L.4	L.5	L.1	L.2	L.3	L.4	L.5					
環形動物	多毛類	多毛類																													
軟体動物	腹足	エビスガイ																													
		キサゴ																													
	斧足	キョシュウナミノガイ																													
		その他二枚貝類																													
節足動物	十腕目	コウイカ類																													
	アミ	アミ類																													
	端脚	ヨコエビ 亜目類																													
	十脚	モエビ類																													
		ヤドカリ類																													
棘皮動物	楕円形	ウスハスノハカシパン																													
脊椎動物	スズキ	イカナゴ																													
	カレイ	アラムシロカレイ																													
合計		0.5	1.5				0.5	1.5				1.0	8.0	15.0	3.5	3.0	3.5	3.0	18.0	2.0	0.5						0.5	2.0			

付表8 天然漁場潜砂動物採取調査結果(曳網面積:2m²)

		H13.11.25					H14.2.16					H14.4.13					H14.8.24					H14.11.30									
		L.1	L.2	L.3	L.4	L.5	L.1	L.2	L.3	L.4	L.5	L.1	L.2	L.3	L.4	L.5	L.1	L.2	L.3	L.4	L.5	L.1	L.2	L.3	L.4	L.5					
節足動物	斧足	キョシュウナミノガイ																													
		ヨコエビ 亜目類																													
節足動物	アミ	アミ類																													
合計												0.3										0.3									

付表9 離岸堤付近潜砂動物採取調査結果(曳網面積:2m²)

		H14.2.16			H14.4.13			H14.8.24			H14.11.30		
		L.1	L.2	L.3	L.1	L.2	L.3	L.1	L.2	L.3	L.1	L.2	L.3
節足動物	斧足	キョシュウナミノガイ											
	アミ	アミ類											
	端脚	ヨコエビ 亜目類											
	十脚	モエビ類											
	カサゴ	コチ											
	ウシノシタ類												
合計		0.3	0.3		0.3	0.3		1.8	2.5	4.5	0.3	0.5	0.8

付表10 供試体付着生物単位当たり換算値(鯨ヶ沢)

				鯨ヶ沢								
				2003/6/30				2003/11/29				
				A型 上向 (1? 当たり)	A型 下向 (1? 当たり)	コンクリート 上向 (1㎡当たり)	コンクリート 下向 (1㎡当たり)	A型 上向 (1? 当たり)	A型 下向 (1? 当たり)	コンクリート 上向 (1㎡当たり)	コンクリート 下向 (1㎡当たり)	
腔腸動物	花虫	石珊瑚	チヨウジガイ	チヨウジガイ科の1種								
	ヒトロ虫	ヒトロ虫	不明	ヒドロ虫目の1種								
環形動物	多毛	定在	カサツコガイ	エゾカサネカンザシ								
			ウズマキゴカイ	カンザシゴカイ科の1種								
		遊在	ウロコムシ	ウロコムシ科の1種 sp1								
			不明	ウロコムシ科の1種 sp2								
			不明	スゴカイイソメ								
		不明	不明	多毛綱の1種 sp.1								
		不明	不明	多毛綱の1種 sp.2								
		不明	不明	多毛綱の1種 sp.3								
		不明	不明	多毛綱の1種 sp.4								
		不明	不明	多毛綱の1種 sp.5								
		不明	不明	多毛綱の1種 sp.6								
星口動物	不明	不明	星口動物の1種									
軟体動物	多板	不明	ウミウシ垂目の1種									
		不明	エビスガイ									
		不明	ニシキエビス									
	斧足	イガイ	イガイ	イガイ								
			不明	ムラサキイガイ								
		翼形	イタキカキ	ベッコウガキ								
			不明	コケゴロモガキ								
		オノノガイ	キヌマトイガイ	イタヤガイ科の1種								
		不明	不明	キヌマトイガイ								
	不明	不明	斧足綱の1種									
	節足動物	頭足	八腕	ミスダコ								
			甲殻	完胸	サンカクフジツボ							
				不明	フジツボ科の1種 sp.1							
		不明		フジツボ科の1種 sp.2								
		端脚	ヨコエビ	不明	ヨコエビ垂目の1種 sp.1							
不明				ヨコエビ垂目の1種 sp.2								
不明				ヨコエビ垂目の1種 sp.3								
不明				ヨコエビ垂目の1種(横管)								
不明				ワレカラの1種								
不明				モエビ科の1種 sp.1								
十脚		モエビ	不明	モエビ科の1種 sp.2								
			不明	モエビ科の1種 sp.3								
			不明	モエビ科の1種 sp.4								
			不明	サラサエビ								
		不明	コシオリエビ	トウヨウコシオリエビ								
	不明	不明	ケバコシオリエビ									
	不明	不明	コシオリエビ科の1種									
	不明	不明	長尾類の1種 sp1									
	不明	不明	長尾類の1種 sp2									
不明	不明	長尾類の1種 sp3										
クモガニ	オウギガニ	不明	クモガニ科の1種									
		不明	オウギガニ科の1種									
		不明	不明									
棘皮動物	蛇尾	唇蛇尾	ウデナガクモヒトデ									
		不明	唇蛇尾目の1種									
脊椎動物	裸骨魚類	海鼠	マナマコ									
		不入	ペラ科の1種									
		カサゴ	タウエガジ科の1種									
カサゴ				クサウオ科の1種								
計				5091.792	2695.376	54.540	104.778	13179.104	15332.208	951.231	550.442	
餌料動物合計				581.936	975.32	1.911	0.907	403.448	292.152	2.249	0.729	
固着性動物合計				2815.552	1083.064	52.629	103.364	12676.496	13712.2	948.982	549.713	
匍匐性動物合計				1477.04	636.992	0.507	0.507	99.16	1327.856			
魚類合計				217.264								

註) KK21型供試体体積: 0.15×0.15×0.15=0.003375?、鯨ヶ沢コンクリート供試体面積: 0.15×0.15×5=0.1125㎡

付表 11 供試体付着生物単位当たり換算値(下前)

			下前				2004/3/4			
			2003/9/5							
			B型 1 (1? 当たり)	B型 3 (1? 当たり)	コンクリート 8 (1㎡当たり)	コンクリート 9 (1㎡当たり)	B型 5 (1? 当たり)	B型 6 (1? 当たり)	コンクリート 7 (1㎡当たり)	コンクリート 110 (1㎡当たり)
腔腸動物	花虫	珊瑚	チョウジガイ	チョウジガイ科の1種	47.2	7.6				
	ヒドロ虫	不明	ヒドロ虫目の1種		6		0.125		803.6	0.027
環形動物	多毛	定在	カサシゴカイ	エゾカサネカンザシ	-	-	-	-	-	-
				ウスマキゴカイ				45.2		
				カンザシゴカイ科の1種				38.4		
		遊在	ウロコムシ	ウロコムシ科の1種 sp1	70.8	6.4		663.2	685.2	
				ウロコムシ科の1種 sp2						1.027
			ナナテイツメ	スゴカイイソム						
		不明	不明	多毛綱の1種 sp.1		0.393			380.4	
		不明	不明	多毛綱の1種 sp.2					28.8	
		不明	不明	多毛綱の1種 sp.3					14	
		不明	不明	多毛綱の1種 sp.4	98	160.8	0.205			0.027
		不明	不明	多毛綱の1種 sp.5						0.929
		不明	不明	多毛綱の1種 sp.6						0.080
環口動物	不明	不明	不明	星口動物の1種						
軟体動物	多板	不明	不明	ウミウシ並目の1種						
			ニシキウスガイ	エビスガイ						
				ニシキエビス	48.4			578	719.2	
	斧足	イガイ	イガイ	イガイ						
				ムラサキイガイ	274.4	666	5.179	1.000	51.2	
		翼形	イタカカキ	ベッコウガキ	1435.2	1776.8	13.359	16.020	43142.4	21488.4
				コケゴロモガキ					10698.4	
			イタヤカイ	イタヤガイ科の1種					369.2	
		オノガイ	キヌマトイガイ	キヌマトイガイ	70.4	190	0.563			0.643
		不明	不明	斧足綱の1種	42					0.375
節足動物	頭足	八腕	マダコ	ミスダコ				274		
	甲殻	完胸	フジツボ	サンカクフジツボ	-	-	-	26536.8	22904.8	527.284
				フジツボ科の1種 sp.1	695.2	427.2				
				フジツボ科の1種 sp.2						
		端脚	ヨコヒ	ヨコエビ並目の1種 sp.1	441.6	1852.4	28.388	41.748	9.2	2.8
				ヨコエビ並目の1種 sp.2						0.116
				ヨコエビ並目の1種 sp.3						
				ヨコエビ並目の1種(棲管)	1469.6	276				
			ワレカラ	ワレカラの1種	272	464		0.018		
		十脚	モエビ	モエビ科の1種 sp.1					26	
				モエビ科の1種 sp.2					270	
				モエビ科の1種 sp.3					136.8	
				モエビ科の1種 sp.4					25.6	
			サラサエビ	サラサエビ						
			コソオリエビ	トウヨウコソリエビ			0.071	136.8	50	
				ケブカコソリエビ				88	58	
				コソリエビ科の1種				58		
			不明	長尾類の1種 sp1						
				長尾類の1種 sp2						
				長尾類の1種 sp3						
			クモガニ	クモガニ科の1種	48.4	4.8			23.2	
			オウギガニ	オウギガニ科の1種					164.8	
棘皮動物	蛇尾	唇蛇尾	クモヒトデ	ウデナガクモヒトデ						
			アサヒクモヒトデ	唇蛇尾目の1種						
	海鼠	樞手	マナマコ	マナマコ						
脊樞動物	硬骨魚類	スズキ	ハナ	ペラ科の1種						94
			クサウオ	クサウオ科の1種	88.4			95.6	202.4	
		カサゴ	カサゴ	カサゴ科の1種						
		合	計		5101.6	5838	48.159	58.911	72220.8	59170.8
			餌料動物合計		2400.4	2764.4	29.058	41.766	981.2	1839.6
			固着性動物合計		2564.4	3073.6	19.101	17.146	7029.2	56315.6
			匍匐性動物合計		48.4			852	719.2	
			魚類合計		88.4			95.6	296.4	

註) ホタテ手差し供試体体積: 0.0625 × 0.2 × 0.2 = 0.0025?、下前コンクリート供試体面積: 0.2 × 0.2 + 0.2 × 0.09 × 4 = 0.112㎡

付表12 籠式礁附着動物量データ(1年後引上時)

試験礁生物量(貝殻1m³換算湿重量)山崎

単位:g

	腔腸動物	環形動物	軟体動物	節足動物	棘皮動物	原索動物
ポイント1	0	755.5	0	62.2	1573	362.2
ポイント2	103.5	2690.7	0	227.7	9717.8	507.1
ポイント3	0	1397.1	0	31.1	331.2	144.9
ポイント4	0	3611.8	341.5	332.2	2080.1	662.3
ポイント5	248.4	1862.8	641.6	1014.1	4232.8	3239.1

試験礁生物量(貝殻1m³換算湿重量)村元

単位:g

	腔腸動物	触手動物	環形動物	軟体動物	節足動物	棘皮動物	原索動物
ポイント1	0	0	610.6	0	2866.7	4832.9	1179.7
ポイント2	351.9	0	2990.9	0	579.6	8124	0
ポイント3	0	0	2349.2	0	2069.8	2193.9	217.3
ポイント4	0	0	2639	0	1221.2	2607.9	2276.8
ポイント5	0	51.7	2390.6	248.4	103.5	238	714.1

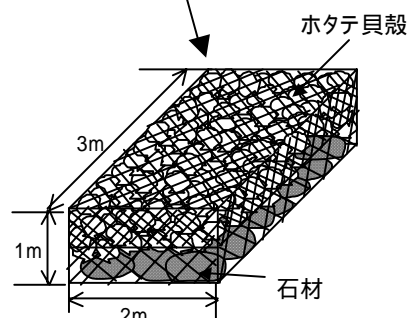
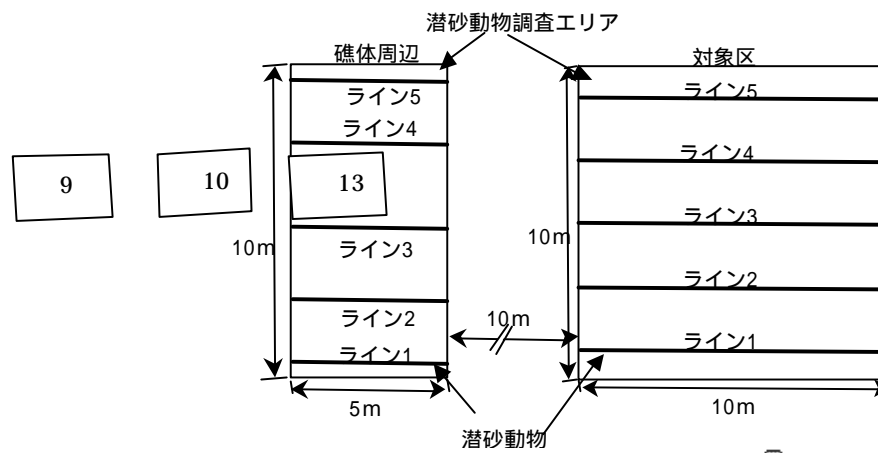
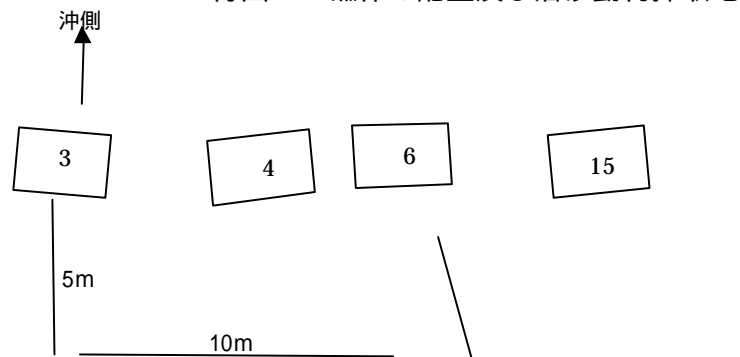
山崎地区回収ネット内生物量

	個体数	湿重量(g)
腔腸動物	5	0.9
軟体動物	1	52.3
節足動物	203	85.5
棘皮動物	5	19.1
魚類	79	280

村元地区回収ネット内生物量

	個体数	湿重量(g)
環形動物	11	8.2
節足動物	45	11
棘皮動物	4	17.6
原索動物	3	6.7
魚類	20	150

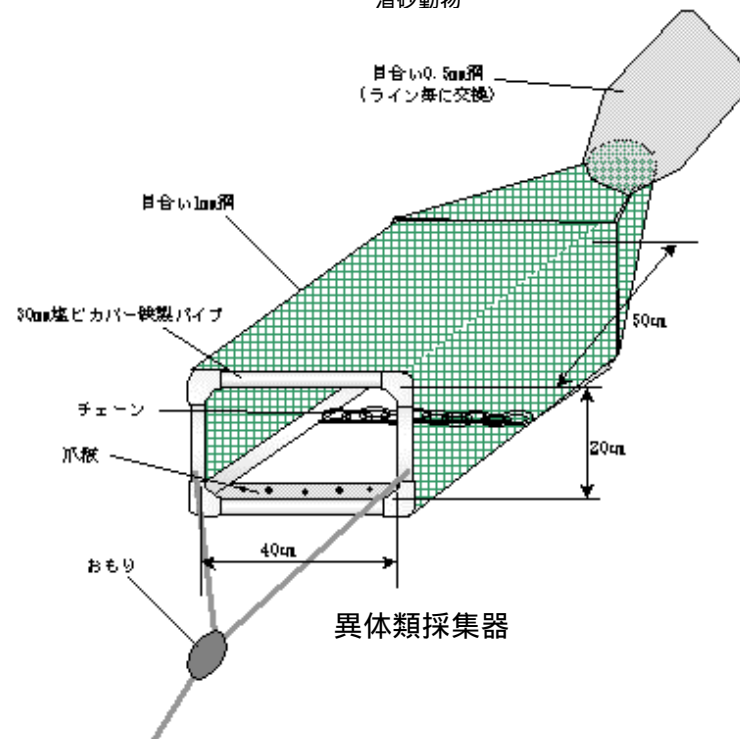
付図2 礁体の配置及び潜砂動物採取地点



礁体諸元

籠網材質	網目(mm)	重量	中詰め材	寸法(m)
ニューカールスワイヤー*	4×40	4.5t~5t	石材・ホタテ貝殻	2×3×1

*: 超厚溶融アルミニウムめっき(興国鋼線索社製)



付図3 離岸堤調査地点

