

港湾内に設置した生物生息基質の 水質浄化機能の定量化

QUANTITATIVE ANALYSIS OF CLEAN-UP-ABILITY
WITH BIO-PRODUCT SUBSTRATA INSTALLED IN HARVOR

加村聡¹・藤澤真也²・片山貴之³・齋藤達昭⁴・田原実⁵・岸本英昭⁶
Satoru KAMURA, Shinya FUJISAWA, Takayuki KATAYAMA,
Tatsuaki SAITO, Minoru TAHARA and Hideaki KISHIMOTO

¹博（農） 海洋建設株式会社（〒711-0921 岡山県倉敷市 児島駅前1丁目75番地）

²正会員 海洋建設株式会社（同上）

³理修 非会員 海洋建設株式会社（同上）

⁴学博 准教授 岡山理科大学（〒700-0005 岡山県岡山市北区 理大町1-1）

⁵全国漁業協同組合連合会（〒101-8503 東京都千代田区 内神田1-1-12）

⁶福井県漁業協同組合連合会（〒910-0005 福井県福井市 大手2丁目8-10 福井県水産会館）

For quantitative assessment of water purifying ability in culture substrata that made use of waste shells to promote habitat of various small animals, we observed biochemical changes in tank water with the substrata placed within Tsuruga Port for 9 months. Sticking animals that prey on phytoplankton such as bivalves, polychaetes and sea squirts had majority in total 88 species on/in complex cubic body. After adding some diatoms to the tank, the amount of chlorophyll a and SS was rapidly reduced. Their decrease process was almost completed for 12 hours, and then water became transparent visually. Organic carbon and nitrogen was also rapidly decreased, while nitrate nitrogen continued to increase gradually. We estimated that those animals decrease 1.25mg hr^{-1} in chlorophyll a, 264.8mg hr^{-1} in SS and 2.9mg hr^{-1} in organic nitrogen. Its purifying velocity was as 1.7-17.2 times as that of tidelands with corbiculae or clams. Therefore, it is concluded to work more sufficiently as purifying facilities if to put cubic body up.

Key Words: *Environmental improvement, Harbor facilities, Culture substrate, Waste shell, Small animals, Biodeposition, Purifying velocity, Chlorophyll, SS, Organic carbon, Organic nitrogen, Nitrate nitrogen*

1. はじめに

閉鎖的な環境下にある港湾区域内部では、工業廃水の流入や海流の停滞などにより著しく水質・底質が悪化して生態系に多大な影響を与えていることが多く、その改善及び修復が緊急の課題となっている。

本試験海域となる福井県敦賀市敦賀港は特定重要港湾に指定されている三方を山に囲まれた天然の良港で、京阪神や中京を背後に、古代より日本海側の玄関口ののひとつとして栄えてきた背景を持つ。敦賀湾の約半分を占めながらも水質は比較的良好さを保ち、また国定公園の一部である西部を中心に「自然的環境を保全する区域」を多く設定するなど、港内環境の保全・維持には積極的な姿勢を見せている。一方、国土交通省北陸地方整備局は将来ビジョンとして「閉鎖性海域における水質・底質改善対策」を各地で展開することを標榜しており、「日本の閉鎖性海域（平成5年8月27日付環境庁告示第67号に基づく）」のひとつである敦賀湾においても、将来にわ

たる港内環境の維持・管理が必要となることは間違いない。

加村らは昨年度本シンポジウムにて、貝殻を透水性ケースに詰めた生物培養基質を用いて増殖した小型動物の水質浄化能力について定量化を試み、平滑なコンクリート基質に比べ約16～25倍、周囲泥底と比較すると約30,000倍～46,800倍の有機物分解能力が発揮されていたことを報告した¹⁾。ただし、この値はあくまで既往の知見を基に呼吸量を試算した理論値であり、現場などで具体的な環境改善効果が示されたわけではない。

そこで本試験では、港湾内に設置した後、回収した生物培養基質を閉鎖系水槽内に静置し、水中懸濁物の主要因のひとつである珪藻を添加してその減少を視覚的に示すと共に、有機炭素、有機態窒素などの経時的变化を押さえてその浄化機能を明らかにすることで、港湾内の長期的な環境維持・管理手法を確立することを目的とした。

2. 研究の内容及び方法

(1) 試験対象

本試験に用いる供試体は直径 15 cm×長さ 30 cm のメッシュパイプ内にマガキの貝殻を充填した試験片である（以下「貝殻テストピース」：写真-1）。



写真-1 使用した貝殻テストピース

貝殻を透水性のケースに詰めた生物培養基質は、その複雑でランダムな空隙により小型動物が非常に多く着生・繁殖することが田中²⁾や野田ら³⁾により解明されており、吉田ら⁴⁾はマガキの貝殻をランダムに充填した直径 15 cm、長さ 30 cm の基質が空隙率 82%、表面積約 1 m²を有することを報告し、140 g/個程度の碎石を詰めた場合（同 48%、約 0.7 m²）と小型動物の増加量を比較することで、その有効性を指摘している。また、川口ら⁵⁾はこれらが有機物負荷を軽減するのに大きく寄与することを明らかにしており、同様に、加村らは港湾施設内に設置することでもその有効性を示した¹⁾。一方、貝殻自身もチョーク構造と呼ばれる 2~5 μm 程度の微細な空隙を内部に有し、濾過材として水質浄化や底質改善に用いられることも多い。また、貝殻は水産系副産物として安価で入手可能な上に、有害物質が溶出することのない安全な素材である⁶⁾。

(2) 試験海域

2010 年 2 月、福井県敦賀市敦賀港内（図-1）に沈設された水質改善礁上部に貝殻テストピースを計 10 個取り付けられた（図-2、写真-2）。尚、マウンド部の水深は約 12 m で、水質改善礁の礁高が 9 m であったことから、貝殻テストピースの設置水深は約 3 m である。

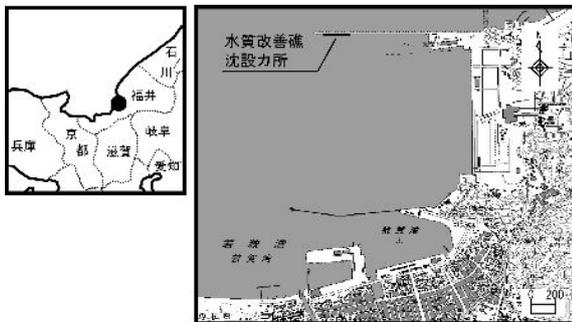


図-1 試験海域（福井県敦賀市敦賀港内）

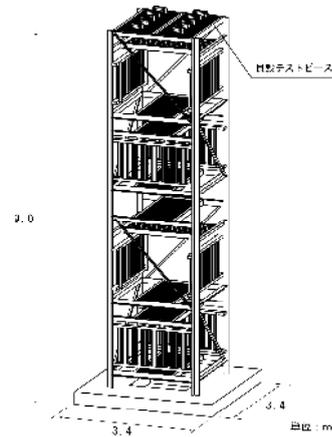


図-2 水質改善礁



写真-2 水質改善礁上に取り付けられた貝殻テストピース（右、2010年9月撮影）

(3) 試験内容及び方法

設置 9 カ月後となる 2010 年 11 月、ダイバーにより貝殻テストピース 2 個を無作為に選出し、内部の生物が逸散しないように木綿袋に入れて密閉して船上に引き揚げ、それぞれ 1 個ずつを以下の試験に用いた。

a) 付着動物調査

貝殻テストピースのうち 1 個について、その表面や内部、間隙部に潜入していた小型動物を、スクレーパーを用いて全て剥がして 10%ホルマリン溶液で固定して試料とし、後日、出来る限り詳細なレベルで同定を行い、それぞれの個体数、湿重量を測定・記録した。

b) 水槽内における水質浄化試験

生物分析に用いなかった 1 個については、対照として準備した新規の小型動物の着生していない貝殻テストピースとともに、それぞれ室内にて、試験海域より採取した環境水を満たした 35 L 水槽内に浮泥などが十分に落ち着くまで静置した（以下、それぞれ試験基質、対照基質）。これまでの貝殻テストピースにおける小型動物の傾向^{2), 3)}などより、餌料動物として期待でき、また比較的入手しやすい細胞サイズ 5.5~7.5 μm 程度の珪藻（*Chaetoceros gracilis* 写真-3）を両基質に 7.5×10^5 cell/ml 添加し、その直後、0.5 時間後、1 時間後、2 時間後、3 時間後、4 時間後、6 時間後、9 時間後、12 時間後、24 時間後、48 時間後、72 時間後にそれぞれ採水を行って試料とし、それらに含まれるクロロ

フィル a 量をユネスコ法、SS をガラス繊維濾紙法により測定した。また、TOC については TOC 計（株）島津製作所製）を使用し、燃焼触媒酸化方式で行い、全炭素から無機態炭素を引き算して求めた。有機窒素量については全窒素量を微量全窒素分析装置 TN-100（三菱化学(株)製）により求めた後、アンモニア態窒素量（Ammonia Test Lab（Red Sea Fish Pharm 社）により測定）、亜硝酸態窒素量と硝酸態窒素量（硝酸態窒素については亜鉛粉末により亜硝酸態窒素に還元した上で、それぞれナフチルエチレンジアミン法により測定）の総和を差し引いて算出した。

尚、水温は両基質共に現場観測地に近い17.0～17.5℃に保ち、照度は750Luxで一定を維持、DOも小型動物が呼吸、摂餌などを行える様に十分量（9.5 mg/l以上）を曝気した状態で試験を行った。また、貝殻テストピースについては、回収、移動、準備などで、理論上、24時間程度の絶食が行われた状態で本試験を開始していることを付記する。

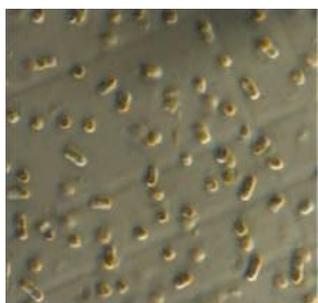


写真-3 *Chaetoceros gracilis*

3. 結果及び考察

a) 付着動物調査

設置 9 カ月後の貝殻テストピースに固着・潜入していた小型動物は計 88 種、1,349 個体、603.6 g で、投影面積（以下、設置面積）当たりには換算すると 29,978 個体/m²、約 13.4kg/m² となり、特に二枚貝綱、多毛綱定在目、ホヤ綱などが優占した（表-1）。これらは植物プランクトンを捕捉する固着型の濾過食者であり、個体数では全体の 40%程度（計 542 個体；個体が確認できない海綿動物門、苔虫動物綱、群生ホヤ類を除く）であったが、湿重量においては全体の約 74%（約 449.2 g）を占めた。

b) 水槽内における水質浄化試験

試験基質、対照基質それぞれに珪藻を添加したところ、試験基質では試験開始直後から徐々に水槽内の懸濁物が減少し、約 12 時間後にはほぼ添加前に近い状態に戻る様子が目視で確認された（写真-4）。また、EC は試験期間を通じて両基質共に概ね 3.4～4.0S/m で推移した一方、pH は試験開始直後から約 12 時間後にかけて、試験基質では 8.1 から 7.7 へ、対照基質で 8.3 から 8.0 へとそれぞれ低下した。

表-1 貝殻テストピースに固着・潜入していた小型動物

調査年月：平成22年11月（設置9カ月後）				
門	綱	個体数	湿重量	食性
海綿動物	尋常海綿	-	195.46	++
扁形動物	渦虫	1	0.15	
紐形動物	有針	1	+	
触手動物	腕足	4	+	++
	苔虫	-	25.33	++
軟体動物	多板	4	0.06	
	腹足	43	26.22	+
	二枚貝	199	37.87	++
星口動物	サハダホシムシ	39	0.57	
環形動物	多毛（遊泳目）	76	0.39	
	多毛（定在目）	225	6.71	++
節足動物	顎脚	399	132.75	
	軟甲	243	15.35	+
棘皮動物	ケモヒトデ	30	0.34	+
	ウニ	1	0.05	
	ナマコ	1	0.19	
脊索動物	ホヤ	82	160.59	++
脊椎動物	硬骨魚	1	1.58	
合計個体数/合計湿重量(g)		1,349	603.61	
出現種数				88

注1) 個体数の - は計数不能を、湿重量の + は0.01g未満を示す。

注2) 食性欄の“++”は所属する全ての種が植物プランクトン食性、“+”は一部の種が植物プランクトン食性であることを示す。



写真-4 *C. gracilis* 添加直後（上）と 12 時間後（下）の試験基質（右）、対照基質（左）の状況

この様子はクロロフィル a 量の経時変化にも明確に表れており、試験基質については 12 時間以降ほぼ 0 mg/L を示す様になった一方、対照基質では緩やかな減少が見られたものの、72 時間後でも 0.23 mg/L が記録され、これは試験開始直後の 50% であった（図-3）。同様に、SS についても試験基質では 12 時間後に試験開始直後の 3%にまで減少したが、一方の対照基質では 87%が残っていた（図-4）。これらのことより、本試験における懸濁物質の主要因である植物プランクトンが、試験基質

内において急激に減少していることが数値的にも実証された。

有機炭素量でも同様に試験基質においては試験開始2時間後よりその量が0 mg/Lとなったが(図-5), この様に小型動物群が水中懸濁物由来の有機炭素を取り込む様子は, 原口らが英虞湾で追った炭素フロー⁷⁾と同様の傾向を示していた。

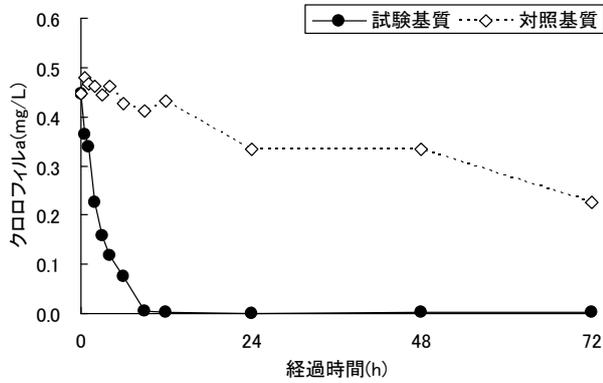


図-3 水槽内におけるクロロフィル a 量の経時変化

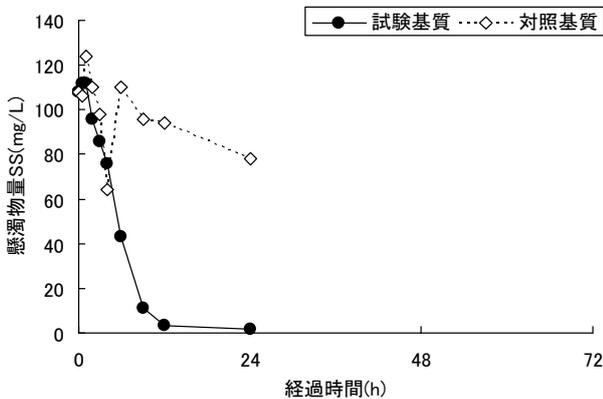


図-4 水槽内における SS の経時変化

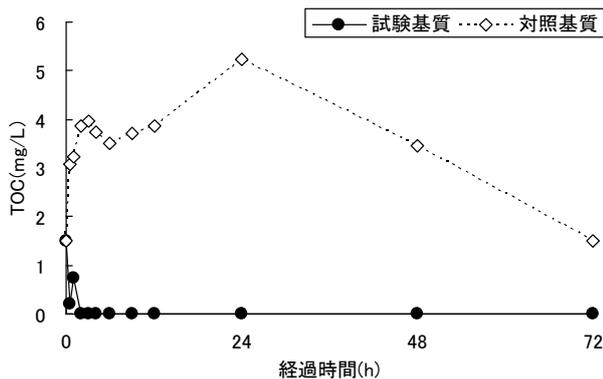


図-5 水槽内における TOC の経時変化

懸濁物質がほぼ見られなくなった 12 時間を分母とし, 試験基質・対照基質それぞれの除去量の差を真の除去量として有機炭素の浄化速度を求めたところ, $241.11 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ となった. この値は, 原口らの手法⁷⁾を基に生物培養基質に増殖した小型動物の有機炭素浄化速度を試算した結果 ($242.63 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) とほぼ同様の結果が得られた(表-2)。

表-2 貝殻テストピースに固着・潜入していた小型動物の有機物分解量の試算

項目		試験基質 (A)	対照基質 (B)
TOC (mg/L)	0h	1.49	1.49
	12h	0	3.72
12時間の除去量 (mg) = $\{ (B_{12h} - B_{0h}) - (A_{12h} - A_{0h}) \} \times 35L$		130.20	
除去速度 (mg h^{-1})		10.85	
設置面積当たりの除去速度 ($\text{mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)		241.11	
原口らの手法による呼吸速度 (=有機物分解量の試算 ⁷⁾) ($\text{mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)		242.63	

窒素量に関しても, 試験基質で有機態窒素量が急激に減少した一方, 硝酸態窒素量の増加が認められた(図-6). これらのことは, 濾過食者である小型動物が植物プランクトンを捕捉して無機態窒素(アンモニア)を排出し, これが水槽内の豊富な酸素と結合して硝酸態窒素に変化したことを示すと考えられ, すなわち貝殻テストピース(空容積: 約 0.0053 m^3) 表面及び内部に生息する小型動物が 12 時間程度で海水約 35 L を浄化することが出来ることが実証された。

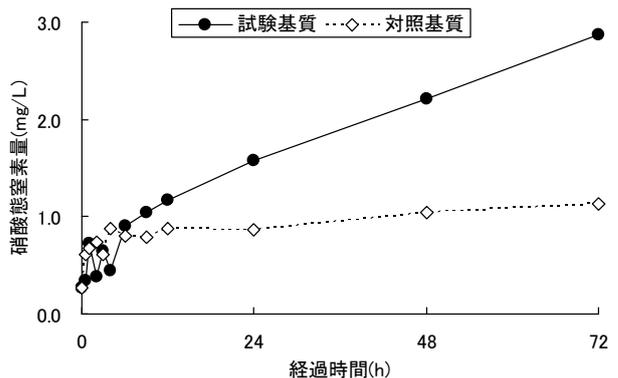
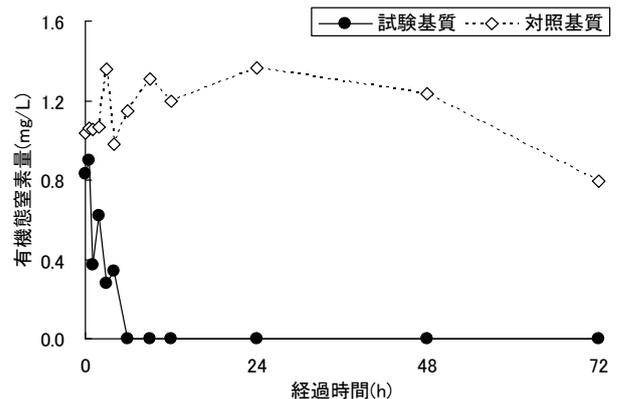


図-6 水槽内における窒素量の経時変化 (上: 有機態窒素量, 下: 硝酸態窒素量)

クロロフィル a 量及び SS の除去速度を試験開始直後と 12 時間後との差によって設置面積当たりで算出したところそれぞれ $27.81 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, $5,885.19 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ となり, この値をヤマトシジミの生息する干潟のものとは比べると^{8), 9)}, クロロフィル a 除去速度で約 10.1 倍, SS 除去速度で約 1.7 倍の効

果に相当した(表-3)。また、有機態窒素の除去速度を同様の方法で求めたところ $64.45 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ となり、これはアサリ稚貝を 0.2 kg/m^2 放流した増殖場造成地と比較して¹⁰⁾、約 17.2 倍となった。

表-3 貝殻テストピースと二枚貝生息地の除去速度

項目	Chl.a(mg)		SS(mg)		有機態窒素	
	試験基質 (A)	対照基質 (B)	試験基質 (A)	対照基質 (B)	試験基質 (A)	対照基質 (B)
0h	0.45	0.45	108	108	0.83	1.04
12h	0.00	0.43	3	94	0	1.20
テストピース1個当たりの除去速度(mg h^{-1}) ^{※1}	1.25		264.83		2.90	
設置面積当たりの除去速度($\text{mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)	27.81		5,885.19		64.45	
二枚貝生息地の除去速度($\text{mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)	2.76		3,372.60		3.75	
比較に用いた二枚貝	ヤマトシジミ ^{※2}				アサリ ^{※3}	

※1 それぞれの除去速度については、 $[(B_{12h}-B_{0h})-(A_{12h}-A_{0h})] / 12(\text{h})$ にて算出

※2 ヤマトシジミ1個体分の除去速度⁸⁾ × 宍道湖の7月の平均生息密度($1,533 \text{ 個体/m}^2$)⁹⁾にて算出

※3 アサリ稚貝 0.2 kg/m^2 を放流した増殖場造成地の年平均の試算を引用¹⁰⁾

当海域に沈設された礁高 9 m の水質改善礁は貝殻テストピースと同型の直径 15 cm の生物培養基質(長さ 1m)を計 166 本配置しており、工法上、その 1 本当たりの有効体積は 87%であるので、単純計算で貝殻テストピースの約 481 倍の効果があると考えられる。すなわち実際の設置海域においては、水温、DO などの外的要因の年変化を無視すれば年間約 $12.3 \times 10^6 \text{ L}$ の海水を浄化することが可能であると試算され(表-4)、また、本試験で用いた小型動物量が沈設 9 カ月後と日が浅いことを考慮すれば、今後さらに増加することが期待出来る。

表-4 水質浄化礁全体で期待できる浄化量

項目		浄化量 (L yr^{-1})
テストピース1本	a	$35 / 12 \text{ h} \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ day} = 25,550$
基質1本	$b : 87\% = a : 30$	$25,550 \times (87/30) = 74,095$
水質浄化礁1基	$c = b \times 166$	$74,095 \times 166 = 12,299,770$

※ 生物培養基質1本は1mだが、工法上有効体積は87%である。

このような貝殻を使用した基質は、これまで 10 年以上にわたり魚礁事業の部材として採用されてきた実績を持ち、基質に付着する小型動物の量については少なくとも 5 年以上は持続することが過去の調査により実証されている(海洋建設(株):未発表)。それ以降については、具体的な数値は示せないが、潜水目視観察において引き続き多様な小型動物の固着・潜入が複数の海域で確認されており、今後もデータ収集を継続することで、環境共生型港湾の形成により適したシステムを提案することが出来ると考える。

また、本試験で使用した貝殻テストピース内部にはマナマコの幼体が潜入していたが(写真-5)、これらは底泥を直接摂食することで中に含まれる有

機物を分解することが知られており¹¹⁾など、貝殻基質がマナマコ増殖施設として適した構造物であることが平成 21 年度本シンポジウムにおいて報告されていることから^{12),13)}、これらの有効性を利用することで有機物除去への寄与が期待出来る。



写真-5 貝殻テストピース内部に生息していたマナマコ

さらに片山ら¹⁴⁾は、これらを摂餌する魚介類が移動することで、有機物の系外移送が促進、補完されることを示唆している。本試験でも現地の潜水観察時には、実際に水質改善礁上の基質表面をついばむカワハギが観察されており(写真-6)、その他にもメバル、ウミタナゴなど、軟体動物や環形動物といった試験基質で増殖していた小型動物を主に摂餌する魚種¹⁵⁾などが多く見られた。



写真-6 水質改善礁に配置されている生物増殖基質表面をついばむカワハギ

これらの具体的な蛸集量及び摂餌量については本論では扱わないが、その蛸集及び成長も物質循環を健全化し水質・底質環境の浄化促進には欠かせない要素となることは間違いない。

ただし、本試験結果は閉鎖系内において一定の環境下で短時間に実施されたものに留まっており、実海域での運用には、先に述べたように水温、DO などの物理的環境に対してどの様に摂餌率が変化するかを長期的に押さえる必要がある。また、アサリでは無機懸濁物の粒径や濃度により粒子捕捉率が低下することが指摘されており¹⁶⁾、同様に、渦鞭毛藻などの発生がこれら濾過食者の摂餌を阻害¹⁷⁾することからも、生物培養基質でもこれらの影響を考慮した上で、実海域における水質浄化の効果をより詳細に示すことが今後の課題となる。

4. まとめ

① 貝殻を使用した供試体を福井県敦賀港内に設置

したところ、9 カ月後に表面及び内部に発生・増加した小型動物は計88 種、1,349 個体、603.6 gで、特に植物プランクトンを捕捉する濾過食者が湿重量において全体の約74%を占めた。

- ② 供試体を静置した水槽内に珪藻を添加したところ、試験基質ではクロロフィルa量、SSともに約12時間後にはほぼ計測限界以下となり、同様にTOCも試験開始2 時間後にはほぼ0となった。窒素量に関しては、有機態窒素が減少傾向を見せた一方で、硝酸態窒素が増加していた。これらのことより、供試体表面及び内部に生息する小型動物が珪藻を捕捉、消化していることが明らかとなった。
- ③ その減少速度を試算したところ、二枚貝類の生息する干潟と比較して、クロロフィルa量で10.1 倍、SSで1.7 倍、有機態窒素量で17.2 倍となった。
- ④ また、敦賀港内に設置されている水質改善礁としては、年間約 12.3×10^6 Lの海水を浄化することが可能であると試算された。

以上の結果より、港湾施設に貝殻を使用した構造物を付加、若しくは併設することで、新たな生物相を生み出すと共にその総量を増加させ、バイオディポジション及びバイオターベーションの機能を高めることで周囲の水質環境の改善が期待出来ることが数値的に実証された。

謝辞：本試験実施に当たり、試験カ所の提供及び潜水調査遂行に尽力いただいた国土交通省北陸地方整備局敦賀港湾事務所及び敦賀市漁業協同組合の諸氏に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 加村聡, 藤澤真也, 原茂恭, 鳥井正也：港湾施設への生物生息付加試験. 海洋開発論文集 **26**, 741-746, 2010.
- 2) 田中丈裕：カキ殻による漁場環境の改善【1】カキ殻による餌料培養. 沿岸の環境圏 (平野敏行監修), フジテクノシステムズ, 東京, 1226-1243, 1998.
- 3) 野田幹雄, 田原実, 片山貴之, 片山敬一, 柿元皓：内部空間を持つ管状基質が無脊椎動物, 特に魚類餌料動物の加入に与える効果. 水産増殖 **50(1)**, 37-46, 2002.
- 4) 吉田創, 田原実, 片山貴之, 片山敬一, 柿元皓：貝

殻を利用した餌料培養基質の特性 —基質の表面積、空隙率と着生量との関係—. 平成 13 年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, 19-22, 2001.

- 5) 川口修, 山本民次, 松田治, 橋本俊也, 高山晴義：人工中層海底を用いたカキ養殖場底質への有機物負荷軽減策の検討. 日水誌 **70(5)**, 722-727, 2004.
- 6) 漁場造成における水産系副産物 (貝殻) リサイクルガイドライン. 水産庁漁港漁場整備部, 東京. 2007
- 7) 原口浩一, 山本民次, 片山貴之, 松田治：人工魚礁に形成される食物連鎖を通じた炭素フロー. 日水誌, **75(5)**, 810-818 : 2009.
- 8) 前田伊佐武, 相崎守弘, 山口啓子, 藤田直樹：汽水湖水を連続供給した屋外水槽でのヤマトシジミの水質浄化能に関する研究. 水環境学会誌, **23(11)**, 716-720, 2000.
- 9) 中村幹雄, 山根恭道, 坂本巖：中海・宍道湖水域特産資源管理対策事業 宍道湖におけるヤマトシジミ漁場と生息密度および現存量 (中間報告). 島根県水産試験場 平成 2 年度 (1990) 事業報告, 175-177, 1990.
- 10) 水産総合研究センター養殖研究所飼育環境技術部：アサリによる水質浄化-その実用化に向けて-. 養殖, **38(11)**, 120-123, 2001.
- 11) 倉田健悟, 上月康則, 村上仁士, 仁木秀典, 豊田裕作, 北野倫生：内湾性水域におけるマナマコを利用した底質改善手法. 海岸工学論文集, **47**, 1086-1090, 2000.
- 12) 藤澤真也, 片山真基, 村上由香里, 山舘忠則, 伊藤靖：水産系副産物 (貝殻) を利用したマナマコの増殖施設の開発. 海洋開発論文集, **25**, 455-460, 2009.
- 13) 片山貴之, 藤澤真也, 廣田敏人, 前田智彦, 柿元皓. 港湾施設に設置した貝殻を利用した生物生息施設の効果. 海洋開発論文集, **25**, 473-478, 2009.
- 14) 片山貴之, 加村聡, 原口浩一, 伊藤靖：貝殻魚礁における魚類の摂餌状況. 平成 20 年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, 83-86, 2008.
- 15) 伊藤靖, 中野喜央, 藤澤真也：人工魚礁の蛸集魚類と摂餌生態—漁場施設の魚類増殖効果に関する研究—III-. 水産工学 **45(3)**, 195-206, 2009.
- 16) 増殖場造成計画指針-ヒラメ・アサリ編- (平成 8 年度版) (増殖場造成計画指針編集委員会編). (社) 全国沿岸漁業振興開発協会, 東京. 1997 ; 122-304.
- 17) Matsuyama Y., T. Uchida, T. Honjo. Toxic effects of the dinoflagellate *Heterocapsa circularisquama* on clearance rate of the blue mussel *Mytilus galloprovincialis*. Mar. Ecol. Prog. Ser., **146**, 1997 ; 73-80.