

ダム砂及び浚渫土を用いた漁場整備の技術の開発（覆砂材としてのダム砂効果調査）

本田是人・向井良吉・和久光靖（愛知県水産試験場）・竹内喜夫（愛知県農林水産部水産課）
調査実施年度：平成 19 年度～21 年度

緒言

三河湾では赤潮，貧酸素水塊の発生が日常化し，漁場環境の悪化が顕著となっている。漁場環境を改善するためには高い水質浄化機能を有する干潟・浅場の再生が有効であるが，現在，造成用海砂の入手は全国的な海砂採取の規制もあり困難になっている。一方，矢作ダムでは平成 12 年の東海（恵南）豪雨時の大量流入を含め，増加する堆積土砂の取りあげ再利用が課題となっている。そこで，海砂に替わる新たな干潟・浅場造成用砂としての矢作ダム堆積砂利用の有効性を探るため，干潟実験水槽を用いて底生生物の応答を調べた。また，実海域における試験造成区の底生生物の推移等についても調査した。

方法

1. 干潟実験水槽を用いたダム堆積砂の機能評価

(1) アサリ稚貝着底試験

干潟実験水槽を図 1 に示した。No.1 水槽（図 2）は 2 分割し，ダム堆積砂と長崎県壱岐産の天然海砂を敷節した。No.2 水槽（図 3）は 1 m×1 m の格子状に仕切り，それぞれの区画にダム堆積砂と愛媛県今治産の天然海砂を敷設した。No.2 水槽の造成区はダム砂が 2 区，天然砂は 3 区である。着底間近まで育成したアサリ浮遊幼生を平成 19 年春期（5 月 21 日）は No.2 水槽に 941 万個体，平成 19 年秋期（11 月 12 日）には No.1 水槽と No.2 水槽にそれぞれ 495 万個体投入した。平成 20 年春期（5 月 31 日）は No.1 水槽に 103 万個体，平成 20 年秋期（10 月 20 日）には No.1 水槽に 1,355 万個体投入した。その後コアサンプラー（直径 27.3mm）を用いて堆積物を 1 区につき 5 回採取した。

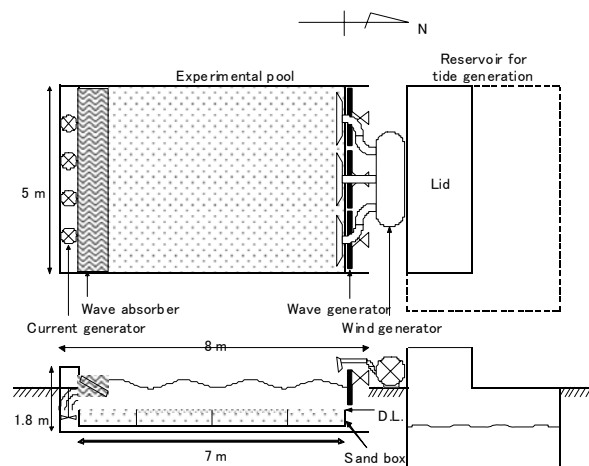


図 1 干潟実験水槽



図 2 干潟実験水槽 No.1



図 3 干潟実験水槽 No.2

(2) 生物生息試験

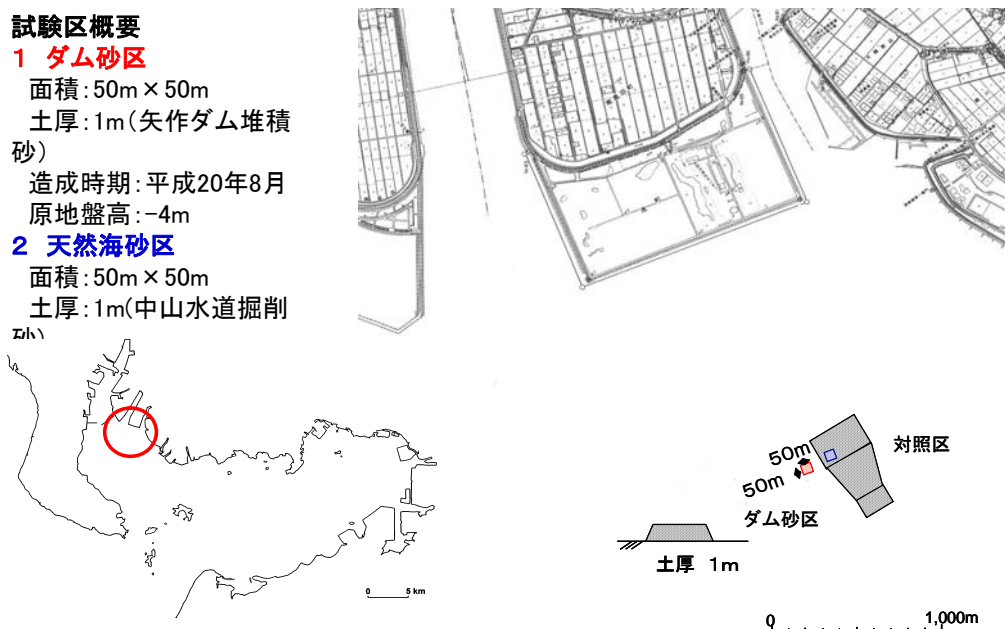
アサリ稚貝着底試験と平行して干潟実験水槽における底生生物の加入、生息状況を追跡調査した。使用する海水は、水産試験場地先から導入する海水をそのまま利用した。平成19年9月12日に No.2 干潟水槽から、平成20年2月7日、9月25日、平成21年2月10日に No.1 干潟水槽からマクロベントスとメイオベントスを採取した。マクロベントスは10cm×10cm の方形枠を用いて3回堆積物を採取し、種別の個体数、湿重量を求めた。メイオベントスは、コアサンプラー（直径27.3mm）を用いて採取した。

(3) 底質調査

平成19年9月12日に No.1 水槽と No.2 水槽において、各試験区の底質サンプルを採取しCOD、強熱減量、粒度組成を分析した。

2. 小規模海域試験によるダム砂の機能評価

西尾市地先の浅海域において平成20年8月に試験造成されたダム堆積砂区(50m×50m)と、対照区として平成14年9月に三河湾の中山水道掘削砂で造成された造成箇所の中で天然砂区(50m×50m)を設定し(図.4)、粒度組成、強熱減量、硫化物(AVS)、底生生物量(マクロベントス)と1mm以下のアサリ稚貝を平成20年10月から22年1月まで計7回調査した。マクロベントスは10cm×10cmの方形枠を用いて1回、アサリ稚貝はコアサンプラー(直径44mm)により2回、それぞれ堆積物を採取した。初回調査の2週間前に、漁業者の協力を得て矢作川河口周辺で採取されたアサリ種苗約2トンずつを各試験区に放流し、その後のアサリ現存量の推移を調査した。



3. ダム砂活用による経済効果の試算

水産基盤整備費用対効果分析のガイドラインにより、0.25 ha の浅場を造成した場合の費用対効果を試算した。

結果

1. 干潟実験水槽によるダム砂の機能評価

(1) アサリ稚貝着底試験

平成 19 年春期試験 (No.2 水槽) (図 5 ; 試験 1) では、調査期間を通じダム砂区と天然海砂区の生息数は同程度であった。平成 19 年秋期試験の No.1 水槽 (図 6 ; 試験 2) では、着底初期はダム砂区が天然海砂区と比べやや少ないものの統計的に有意な差ではなかった ($P > 0.05$, U 検定)。No.2 水槽 (図 7 ; 試験 3) では投入直後及び 2 月にダム砂区で少ない傾向にあった。平成 20 年春期試験 (No.1 水槽) (図 8 ; 試験 4) では、6 月はダム砂区でやや少なかったが有意な差はなく ($P > 0.05$, U 検定), 7 月にはほぼ同じ値となった。なお、この試験では 9 月には高水温や餌不足の影響で大きく減少した。20 年秋期試験 (No.1 水槽) (図 9 ; 試験 5) では、ダム砂区が天然海砂区に比べアサリ稚貝が多い傾向がみられ、特に、11 月はダム砂が有意に多かった ($P < 0.05$, U 検定)。

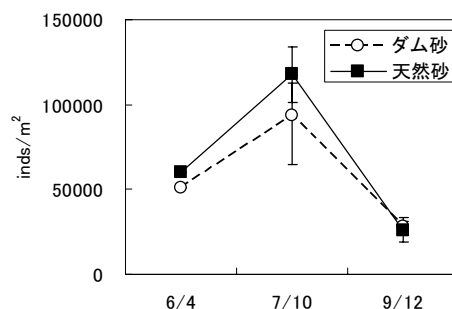


図.5 アサリ着底数(No.2 水槽)
(H19.5.21 幼生投入 ; 試験 1)

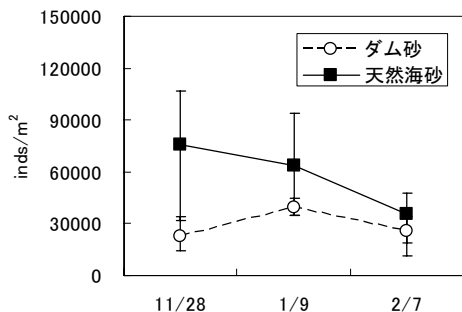


図.6 アサリ着底数(No.1 水槽)
(H19.11.12 幼生投入 ; 試験 2)

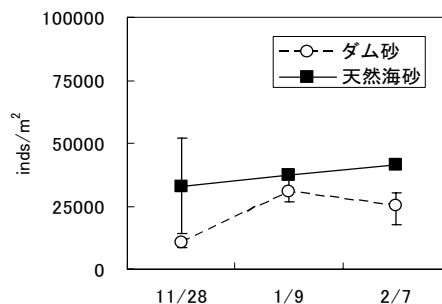


図.7 アサリ着底数(No.2 水槽)
(H19.11.12 幼生投入 ; 試験 3)

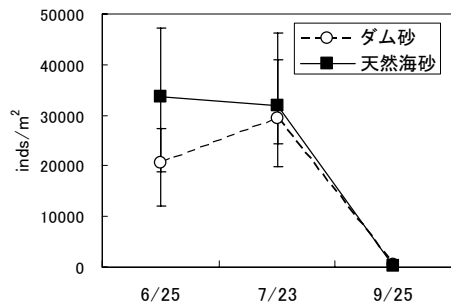


図.8 アサリ着底数(No.1 水槽)
(H20.5.31 日 幼生投入 ; 試験 4)

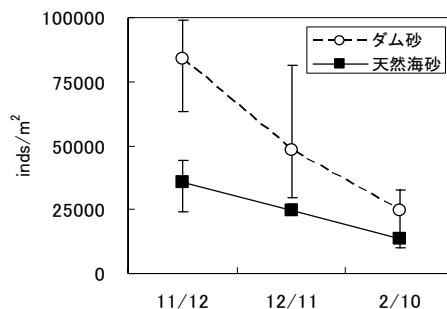


図.9 アサリ着底数(No.1 水槽)
(H20.10.20 幼生投入 ; 試験 5)

(2) 底生生物（マクロベントス，メイオベントス）生息調査

平成 19 年 9 月 12 日（No.2 水槽）の採取結果を図 10, 11 に，平成 20 年 2 月 7 日から 21 年 2 月 10 日（No.1 水槽）の採取結果を図 12, 13 に示した。ダム砂区と天然海砂区で比べると，平成 19 年 9 月 12 日（No.2 水槽）及び 20 年 2 月 7 日（No.1 水槽）では両区とも同程度であり，平成 20 年 9 月 25 日（No.1 水槽）と 21 年 2 月 10 日（No.1 水槽）では，ダム砂で多い傾向にあったが統計的に有意な差はなかった（ $P > 0.05$ ， U 検定）。

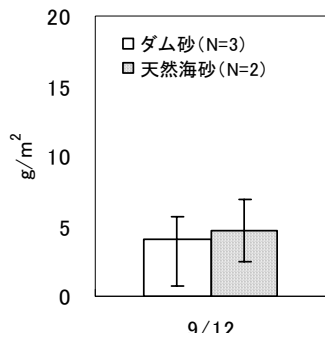


図 10 マクロベントス湿重量（No.2 水槽）
（H19.9.12 採取）

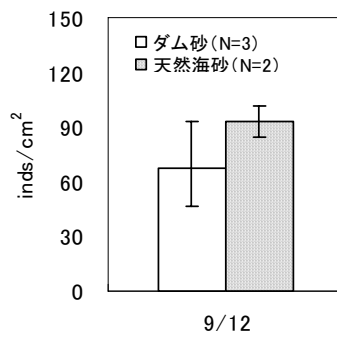


図 11 メイオベントス個体数（No.2 水槽）
（H19.9.12 採取）

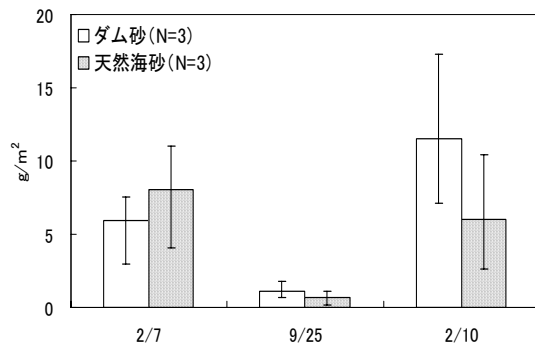


図 12 マクロベントス湿重量（No.1 水槽）
（H20.2.7, H20.9.25, H21.2.10 採取）

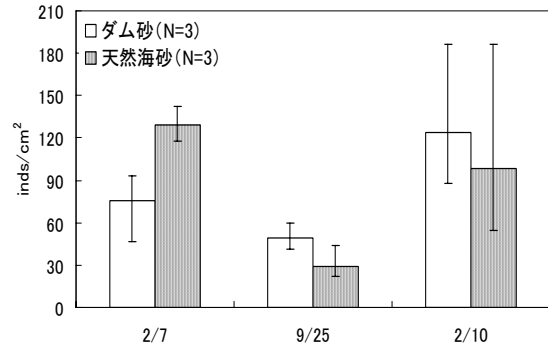


図 13 メイオベントス個体数（No.1 水槽）
（H20.2.7, H20.9.25, H21.2.10 採取）

(3) 底質調査

COD, 強熱減量を表 1 に，粒度組成を表 2 に示した。強熱減量，COD は No.1 水槽ではダム砂区が天然海砂区に比べ高い傾向にあったが，No.2 水槽

では両区の差はほとんどなかった。粒度組成は平成 19 年度入手したダム砂（中央粒径値 1.5mm）は，平成 16 年度入手のダム砂（中央粒径値 0.5mm）に比べ礫分が多かった。

表 1 強熱減量および COD

試験区分	No.1 水槽		No.2 水槽	
	ダム砂	天然海砂	ダム砂	天然海砂
強熱減量(%)	0.8	1.2	1.4	1.3
COD(mg/g-dry)	0.5	1.1	2.1	2.1

表 2 粒度組成

粒径区分	単位	NO.1干潟水槽						NO.2干潟水槽					
		ダム砂1	ダム砂2	ダム砂3	天然砂1	天然砂2	天然砂3	ダム砂1	ダム砂2	ダム砂3	天然砂1	天然砂2	
粗礫分 (75~19mm)	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
中礫分 (19~4.75mm)	%	16.8	16.7	17.0	0.0	0.0	0.0	7.5	6.4	6.2	0.0	0.0	
細礫分 (4.75~2mm)	%	25.2	24.0	24.6	5.6	5.9	6.3	8.1	10.1	11.6	13.1	7.2	
粗砂 (2~0.85mm)	%	25.4	25.2	23.9	26.8	18.8	19.1	12.6	15.5	16.5	34.0	29.1	
中砂 (0.85~0.25mm)	%	26.5	26.9	27.5	48.6	51.1	49.3	49.4	51.6	49.2	42.1	45.3	
細砂 (0.25~0.075mm)	%	4.1	4.0	4.4	17.1	20.0	20.8	16.5	12.9	12.8	6.2	14.5	
シルト分 (0.075~0.005mm)	%	2.0		3.2	2.6	1.9	4.2	4.5	4.2	3.5	3.7	4.6	3.9
粘土分 (0.005mm以下)	%	2.0		3.2	2.6	1.9	4.2	4.5	1.7	3.5	3.7	4.6	3.9
50%粒径	mm	1.53	1.46	1.48	0.56	0.46	0.45	0.43	0.49	0.53	0.80	0.63	

No.1干潟水槽ダム砂は平成19年度、No.2干潟水槽ダム砂は平成16年度入手した

2. 小規模海域試験によるダム砂の機能評価

造成されたダム砂区の粒度組成は、中央粒径値が 2.7mm で粗礫分～シルト分まで幅広く分布し、細礫分が 3~4 割を占めていた。一方の天然海砂区は中山水道掘削砂を利用しており、細砂分が 8~9 割の均一な分布で中央粒径値 0.18mm であった。強熱減量 (図 14)、硫化物量 (図 15) はいずれも対照区がダム砂区に比べ高かった。アサリ個体数、湿重量 (図 16, 17) は放流 2 週間後の平成 20 年 10 月には対照区が多かったが、平成 21 年 6 月以降対照区で全く確認できなかったのに対し、ダム砂区では平成 21 年 10 月まで確認された。ただし、ダム砂区で平成 20 年 12 月、21 年 2 月に放流時より増加した原因は不明である。マクロベントス湿重量 (図 18) については、平成 20 年 10 月と 21 年 6 月には対照区が多く、その他調査時にはダム砂区が多かった。いずれの試験区も優占種はアサリとホトトギスガイであった。対照区で平成 20 年 10 月、21 年 6 月、22 年 1 月に多かった原因は、ホトドキスガイが卓越していたためである。殻長 1mm 以下のアサリ着底稚貝数 (図 19) は平成 20 年 10 月、21 年 2 月の調査ではいずれの調査点にも出現しなかったが、それ以外は 8 月を除きダム砂区で多く出現した。全期間を平均 (±S.E) すると、アサリ個体数はダム砂区 299 ± 98 個体/m², 対照区 36 ± 19 /個体 m² で、ダム砂区が統計的に有意に多かった ($P < 0.05$, U 検定)。アサリ着底稚貝数はダム砂区 642 ± 404 個体/m², 143 ± 1232 体/m² で統計的に有意でないものの ($P > 0.05$, U 検定) ダム砂区で多い傾向にあった。

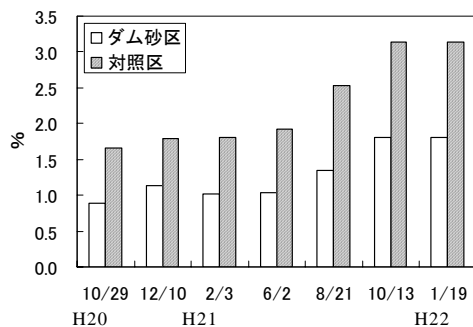


図 14 強熱減量

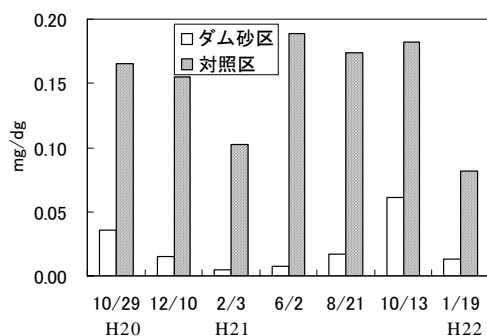


図 15 硫化物量

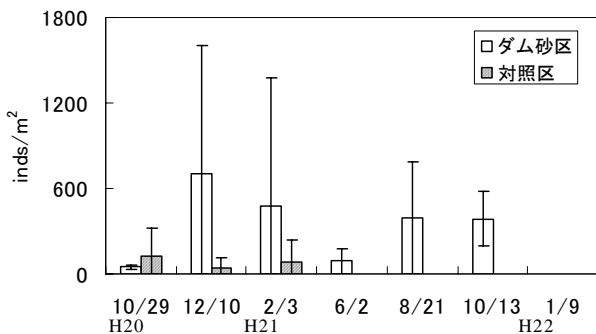


図.16 アサリ個体数

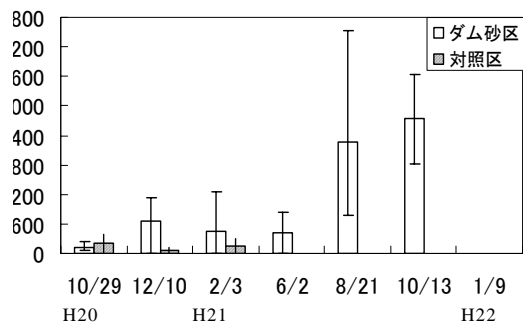


図 17 アサリ湿重量

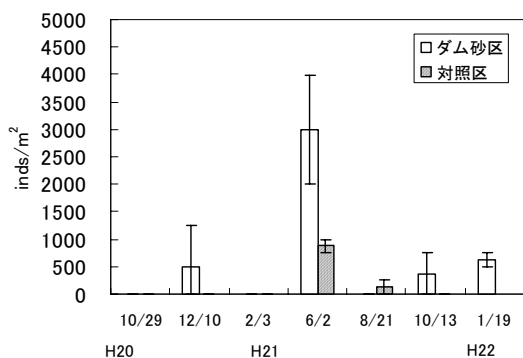


図 18 マクロベントス湿重量

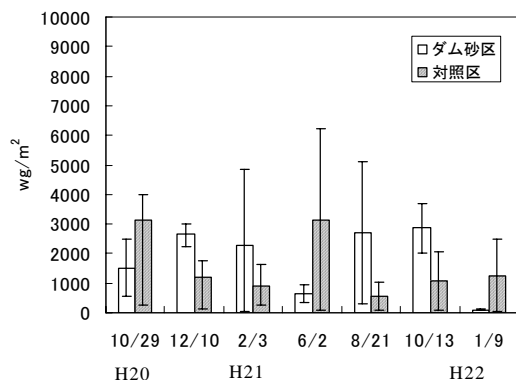


図 19 アサリ着底稚貝数

3. ダム砂活用による経済効果の試算

経済効果の試算を表 3 に示した。総便益額 (B) は 11,756 千円と試算された。その内訳は、アサリ増産量による便益額が 5,785 千円、流通過程による便益額が 2,418 千円、水質浄化による便益額が 3,553 千円であった。一方、総費用額 (C) は 6,563 千円 (運搬費用は国が負担し、費用額に含まない) であり、国、県による連携での費用便益比率 (B/C) では 1.79 と推定された。

表 3 ダム砂利用による造成効果

アサリの増産効果 (アサリ増産量)	5,785 (千円) (37 t)
流通関連業への効果	2,418 (千円)
水質浄化効果	3,553 (千円)
総便益額(B)	11,756 (千円)
総費用額(C)	6,563 (千円)
費用便益比 (B/C)	1.79

考 察

海域に投入される土砂については、近年リサイクル材に関して様々な不正が報道されたこともあり、厳しい監視の眼が向けられるようになってきている。また、新たな素材に対する生物の適応性は、他の物理的な条件との相乗的な効果の現れである場合が多く、短期間、小規模な実験から直ちに結論づけるのは危険である。まずは室内試験で生物的な応答を見極め、さらに海域においても小規模な実証試験から始め、試験的な取り組みを重ねるべきと考えられる。

人工干潟が漁場や水質浄化の場として機能するためには、天然干潟と同様な底生生態系が構築され、特にアサリ等有用二枚貝類の浮遊幼生が加入・着底し成長する好適な底質材料の存在が不可欠である。メソコスム（実験生態系）を利用する最大の長所は自然に近い生態系の構築が可能で、かつ物理的環境を目的に応じて制御しつつ比較実験を行える点にあり¹⁾、干潟メソコスムを用いて干潟造成材の適性試験が実施されている²⁾³⁾。アサリ着底試験の試験 1, 試験 2, 試験 4 では着底直後の生息密度がダム砂区でやや少ない傾向もみられるものの、時間が経過するとともに生息数が天然海砂区と近づくこと、試験 5 のダム砂区では着底直後の生息密度が天然海砂と比べ有意に高いことから、アサリの生息に問題はないと考えられる。また、マクロベントス、メイオベントスも同様な傾向にあり、これらの結果を合わせて考慮すれば、ダム砂は新たな造成材として特に問題ないと評価される。表 1 に示したダム砂区の COD、強熱減量は No.1 水槽が NO.2 より高い傾向にあった。No.1 水槽のダム砂は平成 16 年度に入手し継続的に使用してきたため、平成 20 年度に入手した No.2 のダム砂よりも有機分が高かったと考えられる。表 2 の粒度組成は、平成 20 年度入手したダム砂（中央粒径値 1.5mm）が平成 16 年度入手のダム砂（中央粒径値 0.5mm）よりも礫分が多く、採取箇所によって性状が異なることが考えられる。

海域における実証試験においても、アサリ稚貝の着底、生残を指標とすることは妥当である。ただし、一度の実証試験においてすべてが評価できたことにはならない。事業化に至っても、試験的な取り組みを繰り返して調査結果を積み重ね、持続的に改良を図るべきである。図 16, 19 に示したように、調査期間を通じアサリ個体数、アサリ着底稚貝数ともにダム砂区が対照区に比べ多い傾向にあり、アサリの生息、加入に関してもダム砂が造成材として有望な素材と考えられる。実証試験では生物生息機能、底質とも対照区がダム砂区に比べ劣る結果となった。しかし、三河湾では対照区で用いた同様の砂（中山水道浚渫砂）で干潟・浅場が造成されており、例えば西浦地区の人工干潟域では自然干潟域に準じたベントスの生物生息機能および水質浄化機能を有することが報告されている⁴⁾。従って、ダム砂区と対照区との比較は、造成後の経過年数や造成場所の違い等も考慮すべきと思われる。また、ダム内では場所によって土砂の分級、有機物の混合等が起こり、採取地点によっては質的に異なることも予想される。これらの点は、今後さらに検討を進めていくべきであろう。

本調査では、室内試験と海域試験の対照区である天然海砂の由来は異なっている。これまでの室内での飼育実験によれば、多くの浮遊幼生において選択的な観察がみられ、天然砂を用いた室内実験ではアサリ浮遊幼生が着底生活に移行する際、底質の粒径を選択し好適な基質に着底することが報告されている⁵⁾。従って、本調査で得られたアサリの加入や底生生物の生息状況に関する知見は、実験規模や粒度組成など物理的な性状の違いを考慮する必要がある。しかし、いずれの試験においてもダム堆積砂が天然砂と遜色のない結果が得られたことから、干潟・浅場造成材として有望と考えられる。

摘 要

- (1) 干潟実験水槽を用いた室内試験では調査時期でアサリ生息数の推移が異なるものの、ダム砂区と天然海砂区との生息数の差は全体的に小さかった。マクロベントス、メイオベントスも同様な傾向にあった。

- (2) 海域試験では、強熱減量、硫化物量ともダム砂区が対照区と比べ低い値で推移した。
アサリ個体数、アサリ着底稚貝数は、いずれもダム砂区が対照区より多い傾向にあった。マクロベントス湿重量は、対照区でホトトギスガイの優占割合が高かった。
- (3) 国、県の連携による費用便益費は 1.79 と試算された。
- (4) 室内試験、海域試験の結果、ダム砂は天然海砂と同程度の機能を有しており、干潟・浅場造成材としての有効性が示された。しかし、実用化に向けて運搬費用やヤードの確保の課題が残された。

引用文献

- 1) 西條八東・坂元 充 (1993)「メソコスム湖沼生態系の解析」. 名古屋大学出版会, 346pp.
- 2) 本田是人・石田基雄・家田喜一・武田和也・山口安幸・鈴木輝明 (2004) 底生生物群集の構造およびアサリ (*Ruditapes philippinarum*) 浮遊幼生の着底状況を指標とした高炉水砕スラグの機能評価. 海洋理工学会誌, 10(2), 19-33.
- 3) 石田基雄 (2008) 干潟・浅場造成材としてのダム堆積砂の有効性の検討. 平成 20 年度日本水産工学会秋季シンポジウム講演要旨集, 13-16.
- 4) 武田和也・石田基雄・家田喜一・石田俊朗・桑江朝比呂・鈴木輝明 (2007) 人工干潟域における埋在性メガベントス群集の生物生息機能および水質浄化機能. 水産工学, 44(1).
- 5) 柳橋茂昭 (1992) アサリ幼生の着底場選択性と三河湾における分布量. 水産工学, 29(1), 55-59.