

ダム堆砂の干潟生物に対する 基盤材料としての評価 -アサリ、チゴガニ、コアマモを対象として- APPLICATION OF SEDIMENTARY SOIL AT RESERVOIRS AS LIVING SUBSTRATUM MATERIAL FOR ORGANISMS OF TIDAL FLAT

林 文慶¹・喜多村 雄一²・仲田 貞夫²
・新保 裕美¹・田中 昌宏¹
Lim Boon Keng, Kitamura Yuichi, Nakada Sadao,
Shinbo Yumi and Tanaka Masahiro

¹正会員 鹿島建設株式会社 技術研究所 (〒182-0036 東京都調布市飛田給2丁目19-1)

²正会員 電源開発株式会社 茅ヶ崎研究所 (〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎1丁目9-88)

To elucidate possibility of using sedimentary soil at reservoirs as a tidal flat substratum material of a river mouth or coastal region, habitat assessment was conducted on short necked clam (*Ruditapes philippinarum*), fiddler crab (*Ilyoplax pusillus*) and slender eelgrass (*Zostera japonica*) which are the representative organisms in tidal flats. Experiments of the habitat assessment were performed indoor using 30-100L tanks in which water temperature, tide level and cycle, light intensity as well as wave were controlled. Burrow ability, survival rate and condition factor of the short necked clams which were reared at the sedimentary soil substratum for 90 days showed no distinct difference from these parameters of those at natural tidal flat substratum. With respect to the fiddler crab, its activity patterns such as sand dumpling and burrow hole creating were no different between the sedimentary soil substratum and the natural tidal flat substratum. Moreover, the survival rate and fresh weight increase rate for 90 days rearing were almost similar between both substrata. Survival rate and growth conditions of the slender eelgrass which was transplanted to the sedimentary soil substratum showed better result compared with the natural tidal flat substratum. By these experiment results, we suggested that the sedimentary soil at reservoirs could be an adequate substratum material for habitat of the organisms.

Key Words : sedimentary soil, reservoirs, tidal flat, substratum, clam, crab, eelgrass

1. 目的

ダムに堆積した土砂は、ダムの貯水機能を低下させるので除去する必要がある。しかし、堆積土砂には多量の細粒分が含まれるために、下流へ排砂する場合には、ウォッシュロードの濁りなどによる河川環境への影響が懸念される。一方、堆砂を除去して直接利用する場合には、粗粒分は骨材や盛土材など利用範囲が広いが、細粒分は農耕地での客土利用¹⁾以外依然として有効利用の検討事例が少ない。

そこで、本研究では細粒分を含むダム堆砂を、河口域および沿岸の干潟に生息する生物の基盤材料として利用することを想定し、干潟の代表生物であるアサリ(二枚貝類)、チゴガニ(スナガニ類)、コアマモ(海草類)

に対してその生息環境評価を行い、利用の可能性について検討した。

2. 干潟生物の生息環境評価

(1) 供試験生物および試験基盤材料

本試験に供試するアサリ(写真-1)は、神奈川県横浜市金沢区野島海岸にて採集した殻長約19mmの成体個体で、チゴガニ(写真-2)とコアマモ(写真-3)は、同県の三浦半島先端にある江奈湾干潟にて採集した成体個体と栄養株である。試験に用いた基盤材料は、ダム堆砂のトップセットの個所で水深約20mの泥分が多いところ(泥質ダム堆砂)と砂分が比較的多いところ(砂泥質および砂質のダム堆砂)でポンプによって採取された。採取直後直

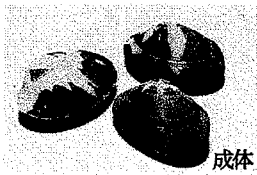


写真-1 アサリ



写真-2 チゴガニ



写真-3 コアマモ

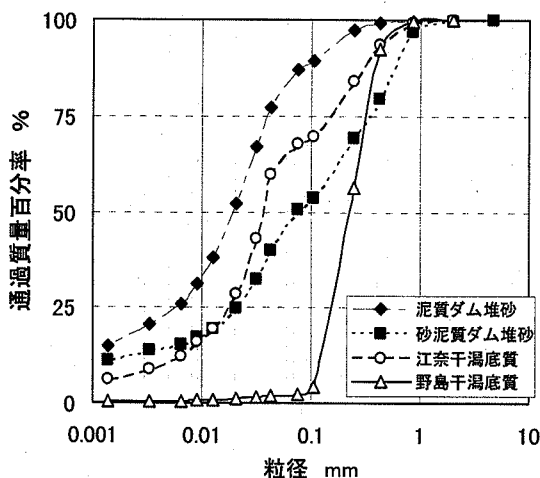


図-1 アサリ及びチゴガニの生息評価試験に用いる基盤材料の粒度分布

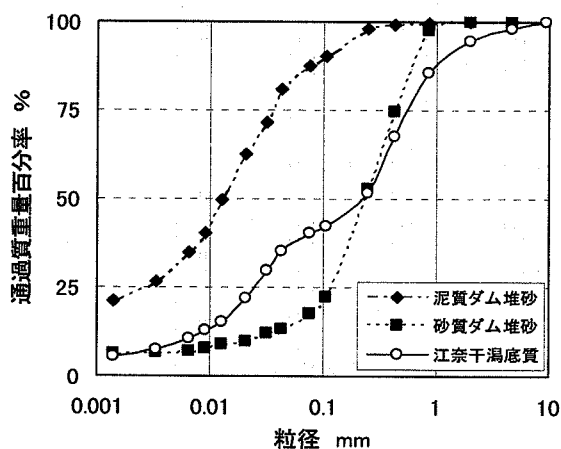


図-2 コアマモの植生評価試験に用いる基盤材料の粒度分布

ちに、空気に触れないように容器に移して、試験開始まで密閉して実験室で保管した。これらの堆砂の粒度分布を図-1と図-2に、土質試験結果を表-1に示した。アサリは泥分（50%以上）を多く含む底質にも生息可能とされているので²⁾、泥質ダム堆砂と砂泥質ダム堆砂をそのまま試験の基盤材料として用いた。チゴガニは砂泥～泥

表-1 底質の土質試験結果

アサリとチゴガニの生息基盤評価試験			
底質	中央粒径 (D ₅₀ mm)	泥分%*	含水比 (W _n %)
泥質ダム堆砂	0.0196	87	28.1
砂泥質ダム堆砂	0.0724	51	21.8
江奈干潟底質**	0.0410	68	12.1
野島干潟底質	0.2300	2	1.2
コアマモの植生基盤評価試験			
泥質ダム堆砂	0.0129	87	62.1
砂質ダム堆砂	0.2340	19	34.3
江奈干潟底質***	0.2330	29	82.7

*: シルト分 (0.005～0.075mm) と粘土分 (0.005mm未満) を含む

** : チゴガニが生息している底質

*** : コアマモが分布している底質

(泥分含有率10%以上、中央粒径0.02～0.3mm)の底質を好んで群れを作り活動すると報告されているので³⁾、アサリと同様、泥質ダム堆砂と砂泥質ダム堆砂をそのまま試験に用いた。一方、コアマモについては、実際に群生している江奈干潟底質の粒度分布と含水比に近づけるために、泥質ダム堆砂と砂質ダム堆砂を重量比で1:3に混合したものを試験基盤材料として用いた。

ダム堆砂の含有成分を把握するために、堆砂の溶出水を環境庁告示溶出処理方法⁴⁾に準じて作成し(堆砂10W/V%の溶出)、溶出水のpH、溶存態リン、全無機態窒素(TIN-N)およびシリカの分析を行った(表-2)。強熱減量(有機物指標)は泥質堆砂のほうが砂質堆砂より大きい値となったが、いずれも著者らが調査した一般砂泥質干潟底質(2～7%)の範囲内にあった。溶出水のpH

表-2 試験基盤材料溶出水の化学物質

アサリとチゴガニの試験基盤材料		
分析項目	泥質ダム堆砂	砂泥質ダム堆砂
強熱減量 (%)	3.3	2.3
材料溶出水pH	7.28	7.43
材料溶出水溶存態リン (P ₀₄ -P ppm)	0.012	0.031
材料溶出水全無機態窒素 (TIN-N ppm)	1.9	1.6
材料溶出水溶存態シリカ (SiO ₂ ppm)	1.9	0.9
コアマモの試験基盤材料		
分析項目	泥質ダム堆砂	砂質ダム堆砂
強熱減量 (%)	4.1	3.0
材料溶出水pH	7.58	7.96
材料溶出水溶存態リン (P ₀₄ -P ppm)	0.009	0.033
材料溶出水全無機態窒素 (TIN-N ppm)	1.3	0.59
材料溶出水溶存態シリカ (SiO ₂ ppm)	2.8	2.8

は中性 (7.3~8.0) で、生物に安全とされる範囲内にあった⁵⁾。また、溶出水には植物プランクトン等の増殖に寄与する栄養塩となる溶存態の磷、窒素とシリカが検出された。なお、泥質堆砂及び砂泥質堆砂の溶出水における無機態窒素の6割以上はアンモニア態窒素 (NH₄-N) であった。

(2) アサリの生息評価試験

アサリの生息環境を評価する試験として、潜砂試験と成長・生残試験を行った。

a) 潜砂試験

この試験はアサリにとって潜りやすい底質を評価するために実施した。試験ケースおよび規模等の条件を表-3に示す。

表-3 アサリ潜砂試験の条件

項目	内容
水槽	61cm (L) × 35cm (W) × 23cm (D)
ケース	泥質ダム堆砂、砂泥質ダム堆砂と野島干潟底質 (対照) , 計3ケース
収容	殻長約19mmの個体50/ケース
水温	18~20℃
評価	収容後30分おきに底質に潜った個体を目視で数えて下記の式で潜砂率を求め、その差で評価 潜砂率 = (潜砂個体数/収容個体数) × 100

各ケースの潜砂結果を図-3に示す。試験初期段階では、泥質ダム堆砂に収容したアサリの潜砂個体が比較的小なかったが、試験終了時 (240分経過) には全ケースとも同様の結果 (96%) が得られた。

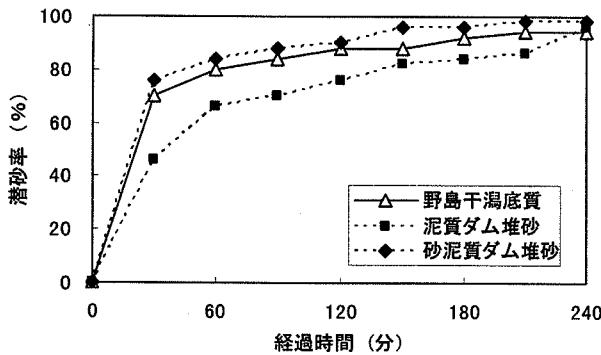


図-3 各ケースのアサリ潜砂率

b) 成長・生残の影響評価飼育試験

本試験は、表-4に示すような条件と写真-4に示す飼育水槽で90日間実施した。試験期間中、アサリ飼育の水質及び底質の測定を行い、試験開始及び終了時にアサリの生残と成長を調べて生息影響を評価した。

90日間の試験中、飼育水の水温は21~23℃、塩分は3.2~3.7‰、pHは7.7~8.5、アンモニア態窒素は0~1.2ppm、底質酸化還元は35~260mVの範囲で変動したが、ケース間には顕著な差はなかった。90日間飼育における

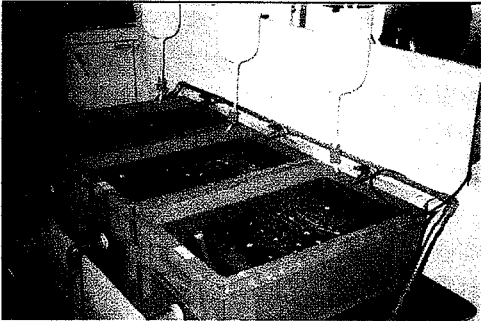


写真-4 アサリ飼育試験の状況

表-4 アサリ飼育試験の条件

項目	内容
水槽	61cm (L) × 35cm (W) × 23cm (D)
ケース	泥質ダム堆砂、砂泥質ダム堆砂と野島干潟底質 (対照) , 計3ケース
アサリ	殻長約19mmの個体50/ケース
水温	18~20℃
注水	0.3L/minの砂ろ過沿岸海水を注入
給餌	1日当たり2L (50万細胞/mL) の微細藻類 (<i>Tetraselmis tetra</i>) を各飼育水槽に添加
水質測定	試験期間中、飼育水の水温、塩分、pHとアンモニア態窒素と底質の酸化還元電位を測定
飼育評価	試験開始時及び終了時に、各ケースに収容したアサリの生存個体数、殻長、殻高、殻幅、湿重量、肥満度を測定

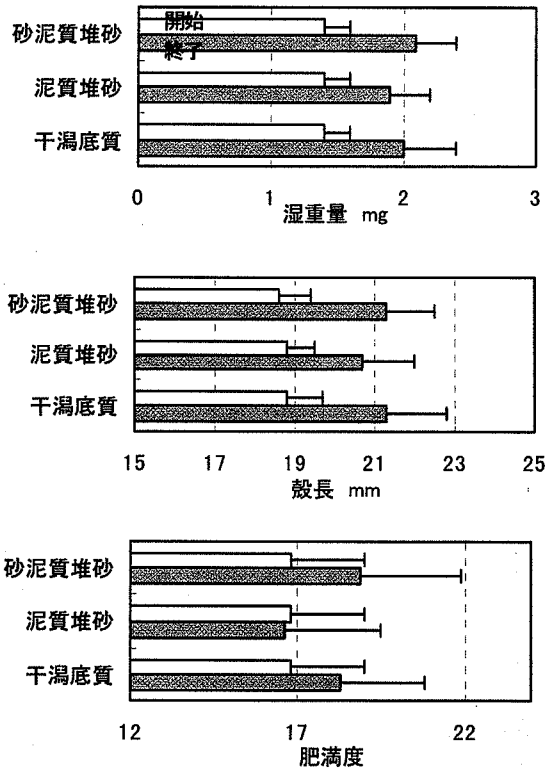


図-4 試験開始及び終了時のアサリ湿重量、殻長と肥満度 (平均値±標準偏差、各項目開始・終了値のKruskal-Wallis 検定 (P>0.01) でケース間には有意な差が認められなかった)

アサリの生残率は約97%で、全ケースにおいてほぼ同様な結果であった。急激な大量斃死はなかったため、これらの水質及び底質の変動は、いずれもアサリの生存に悪影響を及ぼさない範囲内にあったと考えられる。全ケースにおいてアサリの重量、殻長及び肥満度の増加が見られた(図-4)。野島干潟底質に収容したアサリの成長(平均値)と比較すると、砂泥質ダム堆砂では同等またはそれ以上の結果となったが、泥質ダム堆砂では多少劣っていた。泥分が主成分となっている底質はアサリの生息に好ましいものではないと報告されており⁶⁾、泥質ダム堆砂に多く含まれる泥分(87%)がアサリの成長に阻害的な影響を与えた可能性があると考えられる。

3) チゴガニの生息評価試験

チゴガニの生息環境を評価するため、底質の嗜好性試験と成長・生残試験を行った。

a) 底質の嗜好性試験

本試験は写真-5に示す潮汐水槽を用いて表-5の試験条件で実施した。両底質における10日間の観察結果を表-6にまとめた。カニが干出時に掘った巣穴の数は両底質において顕著な差はなく、また、干出時に底質で活動したカニの個体数も一つの底質に偏ることはなく、両底質を渡って利用するカニが観察された。巣穴造り及び出現個体数の観察結果より両底質に対するカニの嗜好性には差はないことが明らかになった。

表-5 チゴガニ底質嗜好性評価試験の条件

項目	内容
水槽	62cm (L) × 41cm (W) × 16cm (D)
ケース	水槽内にダム堆砂(砂泥と泥の1:1の重量比混合)と江奈干潟底質(対照)2等分に分け
収容	雄カニ(平均甲幅8.4mm)と雌カニ(平均甲幅7.7mm)20個体ずつ
期間	10日間
気温	28℃
潮汐	干満2回/日(干出と浸水6時間サイクル)、浸水は海水を貯水槽と底質水槽に循環
評価	試験期間中、監視カメラで各底質に掘った巣穴数、2日間干出2時間分それぞれの底質で活動したカニの個体数を把握

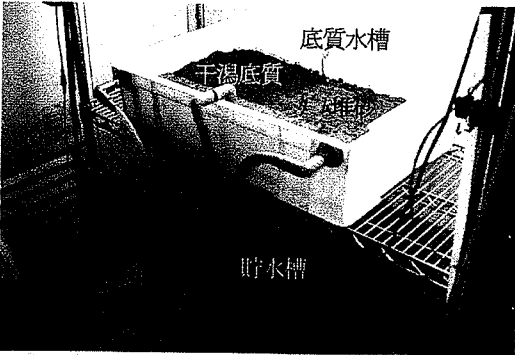


写真-5 チゴガニ底質嗜好性評価試験の潮汐水槽

表-6 底質嗜好性評価試験の結果(平均値±標準偏差)

観察項目	江奈干潟底質	ダム堆砂
カニ巣穴の日間数*	7.3±1.8 [○]	9.9±2.0 [○]
干出底質活動数の割合(%)**	48±6 [●]	52±6 [●]

*:10日間干出時作成巣穴の合計数/10日間

**:(各底質出現個体数/全収容個体数)×100

○, ●:U-検定(P>0.01)で有意な差が認められなかった

b) 成長・生残の影響評価飼育試験

チゴガニの飼育試験は、表-7に示す条件と写真-6に示す潮汐水槽で実施した。

飼育期間中、水質変動はケース間に顕著な差はなく、水温は15~24℃、塩分は1.8~2.4‰、pHは8.1~8.5、アンモニア態窒素は0~1ppmの変動範囲であった。90日間飼育したカニの生存率は、両ダム堆砂ケースでは80%で、干潟底質ケース(対照)では70%となった。カニの大量斃死が観察されなかったことから、これらの水質変動はカニが生息できる範囲内にあったと考えられる。カニの湿重量および甲長の測定では、全ケースにおいて試験始

表-7 チゴガニ飼育試験の条件

項目	内容
水槽	46cm (L) × 31cm (W) × 12cm (D)
ケース	泥質ダム堆砂、砂泥質ダム堆砂と江奈干潟底質(対照)2ケース、計4ケース
収容	各ケースに雄カニと雌カニ(平均甲幅7.7mm)10個体ずつ
期間	90日間
水温	室温、照度確保のため窓際に設置
塩分	2.0~2.5‰に管理
注水	0.3L/minの砂ろ過沿岸海水を注入
給餌	給餌を行わず、干満によって流された水槽の表面底質を補給
水質測定	試験期間中、飼育水の水温、塩分、pHとアンモニア態窒素と底質の酸化還元電位を測定
飼育評価	試験開始時及び終了時に、各ケースに収容した個体数(生残率)、甲長と湿重量を測定

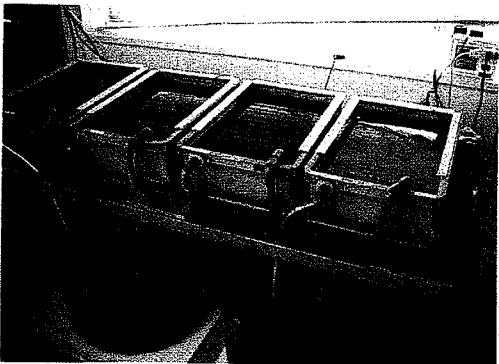


写真-6 カニ飼育試験の潮汐水槽

時に比べて増加があり、カニの湿重量の平均増加率は7.7%で、ケース間には有意な差はなかった（図-5）。カニの餌料供給環境を把握するために、底質表面のクロロフィルaとフェオ色素の測定を試験終了後に実施した。干潟底質に検出した濃度と同等の値がダム堆砂からも得られ、それぞれ、約4 $\mu\text{g/g}$ と7 $\mu\text{g/g}$ であった。従って、カニの餌料がダム堆砂の底質においても生産されており、これらの濃度は生息可能推定下限値⁷⁾より高いことが示された。

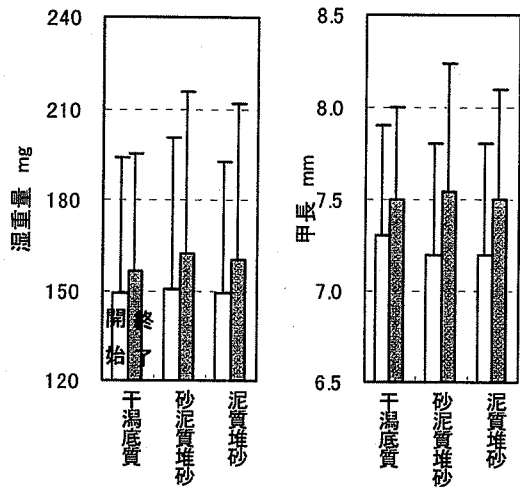


図-5 試験開始及び終了時のチゴカニ湿重量と甲長（平均値±標準偏差，両項目開始・終了値のKruskal-Wallis 検定（ $P>0.01$ ）でケース間には有意な差が認められなかった）

(4) コアマモの植生評価試験

コアマモの植生評価試験は、表-8に示す条件で造波潮

表-8 コアマモ植生評価試験の条件

項目	内容
水槽	79cm (L) × 44cm (W) × 45cm (D)
ケース	泥砂質ダム堆砂と江奈干潟底質（対照），計2ケース
基盤	36 (L) × 29 (W) × 5cm (D) 基盤
収容	10株/ケース
空調温度	25℃
照度	3800lx；12時間明暗サイクル
潮汐	干満2回/日，干出2時間，浸水10時間，浸水は海水を貯水槽と底質水槽に循環
波浪	周期1.5秒，稼動3時間/浸水10時間
波浪による粒子速度	沖向き8cm/s (7cm)，岸向き6cm/s(5cm)，試験水槽中央と底より+18cmの測定値，() 内は底面での換算値
試験期間	120日間
測定	試験期間中，飼育水の水温，塩分，pHとアンモニア態窒素を測定，また，造波時の水中濁度，並びに試験終了時に底質の土壌強度，強熱減量，酸化還元電位，泥砂のSphericity ⁸⁾ とRoundness ⁹⁾ を測定
植生評価	試験開始及び終了時に植生コアマモ株の地上部の草丈，葉幅，葉数，地下部の地下茎節数，草体の湿重量と株数を測定

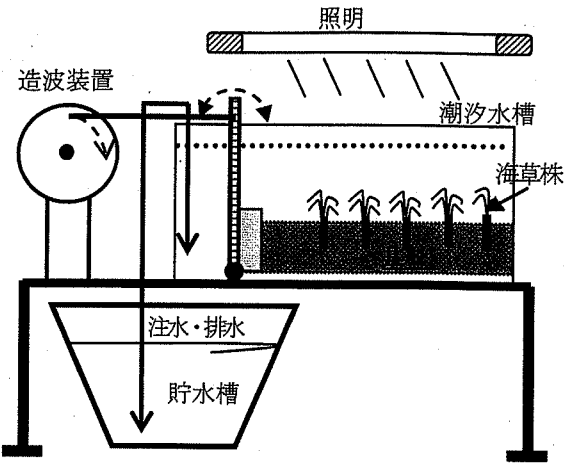


図-6 コアマモ植生評価試験装置のイメージ

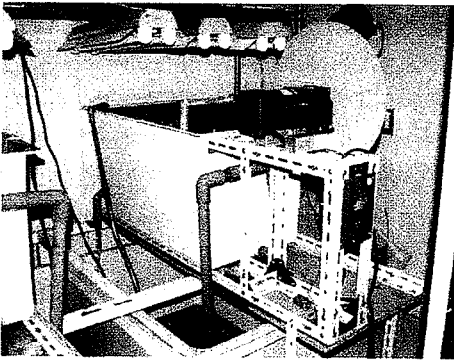


写真-7 コアマモ植生評価試験の装置

表-9 コアマモ植生評価試験の水質と底質の測定結果

項目 \ ケース	砂泥質ダム堆砂	干潟底質
水温 ℃	20.0～26.8 (22.5)	
空調気温 ℃	22.3～28.7 (25.0)	
植栽水のpH	8.26～8.72 (8.37)	8.26～8.54 (8.34)
植栽水の塩分 %	26～38 (30)	27～39 (32)
植栽水のアンモニア態窒素 $\text{NH}_4\text{-N}$ ppm	0.02～2.39 (0.21)	0.00～0.23 (0.09)
波浪発生時植生水の濁度 ppm	3.4	7.5
底質のDegree of true sphericity*	0.79	0.87
底質のDegree of true roundness**	0.30	0.60
底質土壌硬度 kPa	981.7	255.0
底質強熱減量 %	2.6	11.1
底質酸化還元電位mV	+30	-109

*: 粒子の大きな形状を球との比較で表す指標（球で最大値1をとり，球からの逸脱の割合が増すに従い0に近づく）

**：河川の運搬作用による岩石の磨耗度を表す指標（円で最大値1をとり，丸みの度合いが減少するに従い0に近づく）

() : 平均値

汐水槽（図-6と写真-7）を用いて実施した。試験期間中の水質測定結果及び試験終了時の底質測定結果を表-9に示す。温度、pHと塩分の測定では、両ケースにおいて顕著な差はなかったが、砂泥質ダム堆砂にはアンモニア態窒素の濃度が比較的高く検出された。試験終了時に測定した各ケースの土壌硬度では、砂泥質ダム堆砂に比べて干潟底質は1/4程度小さい値を示し、粒子のSphericityおよびRoundnessの値は1に近く球や円に近い形状であった。また、干潟底質の強熱減量と酸化還元電位も比較的高い値が検出された。これは、現地観察より降雨時に干潟背後の耕地から有機肥料を多く含んだ畑土の流入があったことが窺われ、その影響を受けたものと思われる。一方、砂泥質ダム堆砂の粒子形状は、球形性や円形性が比較的低く、土砂粒子間の隙間が小さくて土壌硬度が高かったため、波浪発生時の植生水中の濁度値が比較的小さくなったと考えられる（表-9）。120日間植生試験におけるコアマモの生存株数は、干潟底質ケースでは3株、ダム堆砂ケースでは7株となった。また、試験終了時の草丈平均値は、両ケースとも開始時より伸びたが、地下茎節数及び草体湿重量の平均値はダム堆砂ケースしか増加が見られなかった（図-7）。さらに、ダム堆砂ケースに植栽したコアマモの地下茎には、試験前のものと比べて根束が多く出現し、試験基盤の底まで伸びた様子が観察された。ダム堆砂に植栽したコアマモが比較的良好な植生を示したのは、底質が好気状態（酸化還元電位値がプラス）にあったこと、溶存態の栄養塩（アンモニア態窒素等）を多く含んでいたこと、底質の土壌硬度が高くて波浪による底質の巻上げが少なかったため、濁りによる植物光合成の阻害が避けられたことがあったからと考えられる。

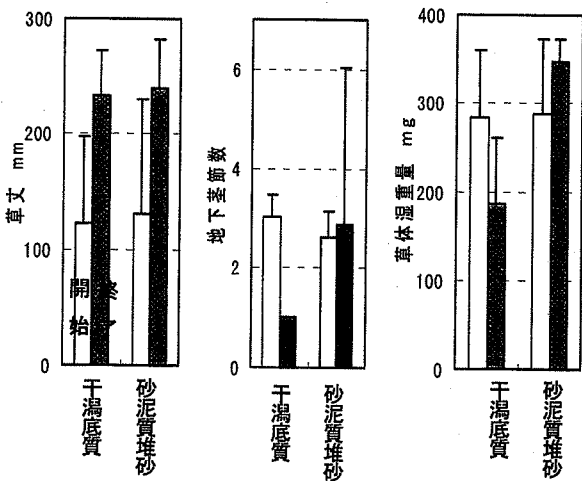


図-7 試験開始時及び終了時に測定したコアマモの草丈、地下茎節数と草体湿重量（平均値±標準偏差、各項目終了測定値のn数が少ないため統計処理できなかった）

3. おわりに

以上の評価試験結果より、ダム堆砂の物性および成分が上述した測定結果の範囲内であれば、干潟生物の基盤材料として自然干潟のそれと同等かそれ以上の生息環境特性を有することがわかった。特に、底質の粒度分布は、干潟生物にとって重要な生息環境因子であることが認識された。また、ダム堆砂の溶出水から多くのアンモニア態窒素が検出されたので（表-2）、採取したダム堆砂は元々嫌気状態にあった可能性があると考えられる。従って、干潟生物の基盤材料として大量に用いる場合、重要な評価項目としてダム堆砂の酸化還元電位を細かく測定する必要がある。

本試験では、干潟生物の成体時期の営みに必要とする底質基盤での生息環境条件を中心にダム堆砂の適用評価を実施した。今後、干潟生物のライフサイクルに適用できる基盤材料として評価するために、幼生期の干潟生物が底質への加入または着底の環境条件を着目してダム堆砂への効果、影響等について検討を進めていく計画である。

参考文献

- 1) 中川靖起，横濱充宏，小野寺康浩：農業用ダムの貯水敷内堆積土の客土材としての評価，第40回地盤工学研究発表会講演集，D-02，pp. 693-694，2005。
- 2) 相良順一郎：アサリ，浅海養殖60種（監修大島泰雄，花岡資，須藤俊造），大成出版社，pp. 219-227，1965。
- 3) 和田恵次：和歌山河口におけるスナガニ科3種の分布（底質の粒度との関係を中心にして），生理生態17巻，pp. 321-326，1976。
- 4) 環境庁告示46号：土壌の汚染に係わる環境基準について，付表-検液作成，平成18年3月8日，<http://www.env.go.jp/kijun/dojou.html>。
- 5) 日本水産資源保護協会：水産用水基準（1995年版），p. 18，1995。
- 6) 全国沿岸漁業振興開発協会：沿岸漁場整備開発事業，増殖造成計画指針（ヒラメ，アサリ編），平成8年度出版，pp. 123-294，1997。
- 7) 林文慶，田中昌宏，高山百合子，上野成三：ウェットランドの再生技術-HSIを用いたチゴガニの生息環境評価-，環境アセスメント学会誌1（2），25-30，2003。
- 8) Rittenhouse G.: "A visual method of estimating two-dimensional sphericity", J. Sed. Petrol., Vol.13, No.2, pp.79-81, 1943.
- 9) Krumbein W.C.: "Measurement and geologic significance of shape and roundness of sedimentary particles", J. Sed. Petrol., No.11, pp.64-72, 1941.

（2006.4.6受付）