

英虞湾における浚渫ヘドロを用いた干潟造成実験から得られた 干潟底質の最適条件

国分秀樹*・奥村宏征**・上野成三***
高山百合子****・湯浅城之*****

三重県, 英虞湾において浚渫ヘドロを用いた 6 種類の実験干潟を造成し, 造成干潟周辺の定期的な環境調査をおこなった。造成後, 定着したマクロベントスは造成前と比較すると約半年で種類数が, 約 1 年で個体数が回復することが確認できた。本論文では, 造成後約 3 年間にわたる干潟周辺の底質, 定着したマクロベントスの変化について整理した。さらに, 浚渫ヘドロの混合割合とマクロベントスの定着状態との関係を整理し, 干潟造成材に浚渫ヘドロを利用する際の最適な浚渫ヘドロ混合率の設定方法を取りまとめた。各実験区の有機物, 泥分が減少傾向にあることから, 干潟の泥分を維持する対策が新たな課題として残された。

1. はじめに

干潟は, その水質浄化機能や生態系の場として極めて重要な意義があるとして注目されている。近年, 諫早湾の堤防締め切り工事が全国的に伝えられ, 名古屋市の藤前干潟や千葉県の上総干潟埋立て計画が白紙に戻されるといったように, 干潟に対する社会的関心はますます高まっており, 干潟の保全や人工干潟を造成する試みが全国的に展開されている(木村ら, 2000)。

一方, 内湾の環境回復の一施策として浚渫が行われているが, その結果発生する浚渫ヘドロは利用用途が少なく, 処理場などの確保が問題となっている。しかし浚渫ヘドロは有機物や窒素・リン等の栄養分が豊富に含まれていることから, 重金属やダイオキシンなどの問題がなければ, 干潟生態系への栄養供給材料として利用できる(池田ら 1999)。さらに好気的環境にある干潟生態系では浚渫ヘドロ中の有機物の酸化分解が促進され, 自然浄化が進行すると考えられる。この手法を用いて浚渫ヘドロを干潟材料として利用することにより, 不要物として処理されてきた浚渫ヘドロの再利用が期待できる。

そこで著者らのグループは有機物や窒素, リン等の栄養分の豊富な浚渫ヘドロを干潟材料として利用することにより, 2000 年 9 月に三重県英虞湾立神浦において実験的に 6 種類の人工干潟を造成し, 追跡調査を継続してきた。2002 年度までの研究成果として, 干潟生態系に対して最適な浚渫ヘドロの混合率を明らかにし, 砂質土のみで造成した干潟よりある程度浚渫ヘドロを混合した干潟の方が生物種が増大することを示した(上野ら, 2001, 2002)。本論文では, 造成から 3 年間にわたる追跡調査結果を取りまとめ, 干潟造成後のマクロベントスの定着状況を解析し, 既報に示した干潟底泥の有機物の最適条件を一部修正するとともに, 底質粒度の最適条件を新たに

追加して, 干潟造成材に浚渫ヘドロを利用する際の混合率の設定方法を検討した。

2. 現地実験の方法

(1) 浚渫ヘドロを用いた実験干潟の造成方法

阿児町立神浦に現地盤土(砂礫質)と浚渫ヘドロを混合した 25 m²×5 区画(6 種類)の人工干潟を造成した。造成場所の地形と調査点を図-1 に, 人工干潟の平面図を図-2 に示した。実験区 1 は天然の現地盤土壌を 100% 用いたもの, 実験区 2 は浚渫ヘドロを 20%, 実験区 3 は浚渫ヘドロを 50%, 実験区 4 は真珠養殖排出物を 50% 現地盤土壌と混合したもの, そして実験区 5 は浚渫ヘドロ 50% を混合したものに, 多孔質コンクリートの透水杭を約 100 本打ち込んだもので造成した。この透水杭の設置は, 地盤の透水性を高め, 干潟を好气的にし, 有機物の酸化分解を促進させることを目的としたものである。人工干潟は 2000 年 9 月 29 日に完成した。さらに 1 年後, 2001 年 9 月 30 日に浚渫ヘドロのみで造成した, 実験区 6 を増設した。

(2) 調査方法

干潟造成地周辺の事前調査を 2000 年 9 月に行った。調査地点は図-1 に示すように, 底質およびマクロベントスは L1 から L5 までの計 5 地点で, 水質については干潟

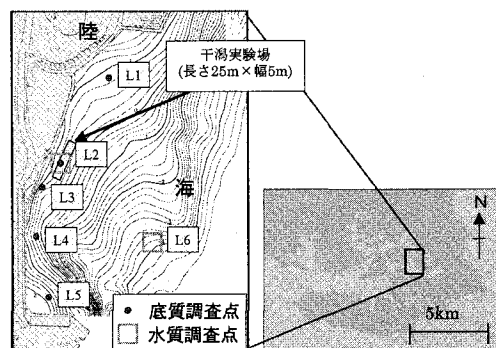


図-1 人工干潟造成場所と調査地点

* 理修 三重県科学技術振興センター水産研究部
** 生修 三重県科学技術振興センター水産研究部
*** 正会員 工修 大成建設(株) 技術センター土木技術研究所
**** 正会員 大成建設(株) 技術センター土木技術研究所
***** 財団法人三重県産業支援センター

内のL2と沖合200mのL6で行った。調査項目は表-1に示した。また底質については、表層から2cm, 2~6cm, 6cm~12cmの3層で採泥と分析を行った。なお、L2の調査地点は人工干潟の造成場所にあたる。

さらに人工干潟造成後、2000年10月から水質、底質、マクロベントスについて定期的に調査を行った。調査項目は表-1に示したとおりで、水質については事前調査と同様に干潟内と干潟から沖合200mで行った。底質については各実験区表層から3層で採泥と分析を行った。マクロベントスの調査は、各実験区のマクロベントスの種類数、個体数、湿潤重量を調べた。本論文では、浚渫ヘドロ最適混合割合の考察のため、実験区1(現地盤土)、2(浚渫ヘドロ20%)、3(浚渫ヘドロ50%)、6(浚渫ヘドロ100%)についての造成後3年間の観測結果をとりまとめた。

3. 現地実験の結果・考察

(1) 干潟底質の変化

実験区1, 2, 3, 6における表層より0~12cmの土壌中の粘土・シルト(粒径が $74\mu\text{m}$ 以下のもの)の含有量を図-3に示した。造成前の現地盤土の粘土・シルト含有率は10%と少なく、砂礫質が主体の土質であったが、造成直後浚渫ヘドロを混合した実験区は粒子の細かい粘土・シルト成分を多く含む土質に変化した。しかし造成後より1年で各実験区ともに干潟底質中の粘土・シルト

成分は徐々に減少する傾向にあった。そして、造成後より1年以降で粘土・シルト含有量の減少はおきまり、以後安定した。これは、干潟造成直後から1年間は、波浪や潮流の作用により、細粒分が流出するものと考えられる。また、干潟の傾斜が、1%以上あると、潮流等により、干潟中のシルト成分が徐々に流出するという報告がある(岡田, 2000)。英虞湾はリアス式海岸特有の沈降海岸であり、その性質上、遠浅の干潟はなく、干潟の傾斜は、1%以上のものがほとんどである。本実験干潟も約5%で造成していることから干潟の中の細かい粒子が、徐々に流出していることが考えられる。

実験区1, 2, 3, 6における表層より0~12cmのCODの変化について図-4に示した。浚渫ヘドロを用いた実験区2, 3, 6はその混合率に比例して、造成直後CODは高い値を示したが、時間とともに減少した。一方、現地盤土を用いた実験区1については、造成直後CODは低い値を示したが、以後造成後半年まで時間とともに増加した。これは造成工事や潮の干満により各実験区の表面が攪拌されて、他の実験区の有機物を多く含む土壌と混合したためであると考えられる。各実験区でCODが減少した理由として、前述したように、波浪や潮流による粘土・シルト成分の流出が考えられ、その他の要因として、マ

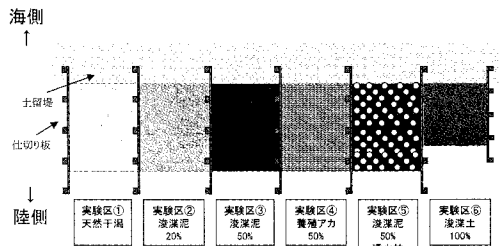


図-2 造成干潟実験区画面図

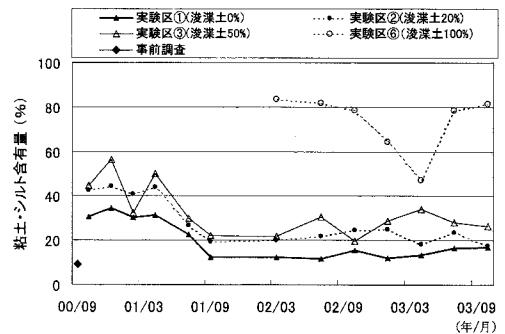


図-3 粘土・シルト含有量の造成後の経時変化

表-1 調査地点及び調査項目

水質	観測地点	造成干潟の直上水と干潟の沖合200m地点 (図-1中の:L2, L6)
	観測項目	水温、塩分、pH、SS、COD、TOC、T-N、T-P
底質	観測地点	各実験区画内1カ所 3層(上0-2cm, 中2-6cm, 下6-12cm)
	観測項目	粒度分布、含水率、灼熱減量、酸化還元電位、pH、COD、AVS、T-N、T-P
底生生物	観測地点	各実験区画内1カ所
	観測項目	マクロベントスの種類、数、湿潤重量

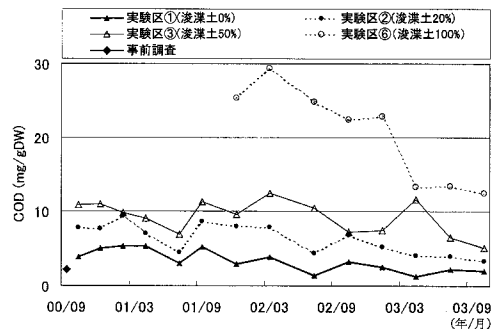


図-4 CODの造成後の経時変化

クロベントスの定着や微生物の活動などにより干潟の中の有機物が使用され、酸化分解が進行していることがあげられる。

(2) 干潟生態系の変化

a) 造成干潟へのマクロベントスの定着状況

干潟で見つかったマクロベントスの種類数及び個体数の推移を図-5に示した。各実験区ともに造成直後ではほとんどマクロベントスが見られなかったのに対し、2ヶ月後よりマクロベントスは増加し、種類数では造成後約半年で、個体数では、造成後約1年で事前調査とほぼ同じ数まで回復し、以後安定傾向にあった。また各実験区の生物相は、多毛類の優占した単純な生物相ではなく、種類数は最大16種であり、二枚貝類・腹足類・甲殻類といった多様なマクロベントスが生息していた。以上より、浚渫ヘドロを材料に用いた干潟においても、マクロベントスの種類数は順調に回復し、約1年で安定傾向になることが確認できた。浚渫ヘドロ100%の実験区6では、同様に種類数は、約半年で回復してきたが、個体数の回復は、他の実験区と比較して、やや遅れている。これは、CODも25 mg/g以上と高く、底質も粘土状で、生物の定着に適していないことが考えられる。さらに、各実験区とも個体数の変化を見ると1年後以降は、夏期に減少し、秋期にかけて回復していく周年的な変化はあるものの、年間を通してみると安定的に推移している。

次に、実験区1、2、3、6におけるマクロベントスの種類別個体数の経時変化を図-6に示した。マクロベントスは硬骨魚類・甲殻類・二枚貝類・腹足類・多毛類の5種類に分類した。造成前の事前調査では、シオヤガイのみが優占する単調な生物相であった。実験区1、2、3、6ともに干潟造成後6ヶ月後までは、個体数が少なく、硬骨魚類・甲殻類・二枚貝が主体であった。しかし9ヶ月後(2001年3月)以降になると、各実験区ともに、

多毛類・腹足類・二枚貝類等のマクロベントスが急激に増加し、以後造成から1年半以降、各実験区に定着するマクロベントスの個体数も種類別の定着割合も安定傾向にあった。実験区6については、造成後1年後でも、甲殻類といった移動性のマクロベントスが主体であった。

以上より、造成干潟に定着するベントスは、干潟造成後6ヶ月までは移動性の生物が主体であり、生物相が安定していない状態であると考えられる。そして、徐々に干潟定着性の二枚貝類・腹足類・多毛類といった生物が増加し、個体数では造成後1年で、回復することがわかった。しかし、種類別ベントスの組成の変化から、約1年半ほど経過しないと、定着する干潟の生物相が安定しないことが分かった。浚渫ヘドロ100%の実験区6については、1年経過しても移動性生物が主体であり、二枚貝類・腹足類・多毛類の定着に適さないといえる。また実験区3における多毛類の割合の増加と夏期の種類数の減少については、浚渫ヘドロの混合割合が高いための影響であると考えられるが、冬期において回復することから、この混合割合(浚渫ヘドロ50%)でも、夏期に一時的に生物相は減少するが、冬期には復活することが示唆された。

b) マクロベントスの食性別定着状況

人工干潟に定着したマクロベントスを、二枚貝類などの濾過性生物、甲殻類や腹足類などの表層の付着藻類等

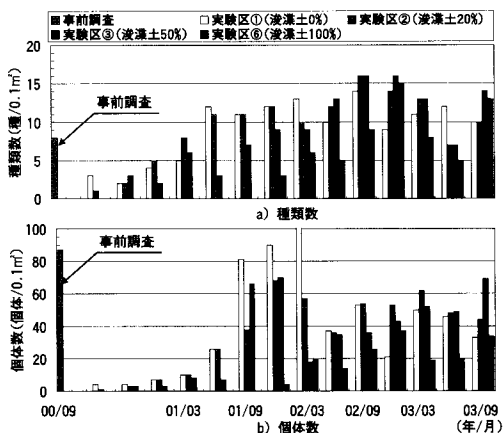


図-5 マクロベントスの種類数・個体数の経時変化

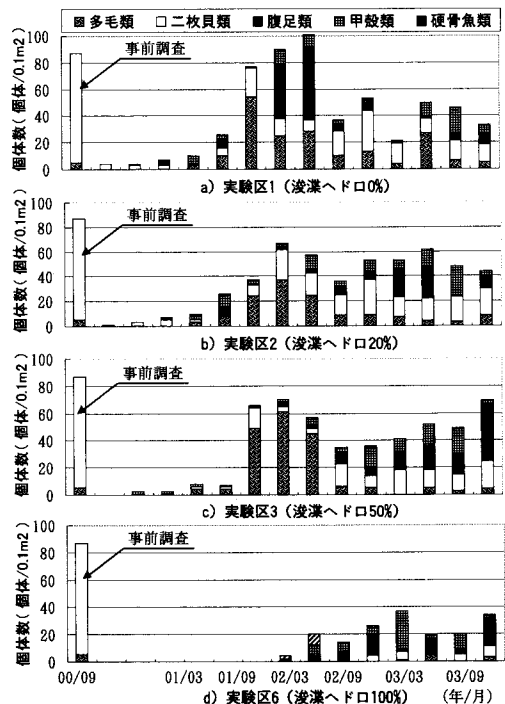


図-6 マクロベントスの種類別経時変化

を食する表層生物、多毛類などの干潟底質中に生息する土中生物のように食性により分類し、各実験区および事前調査と周辺の天然の干潟について比較したものを図-7に示した(2003年9月調査分)。事前調査および、英虞湾内の天然干潟のマクロベントスは、シオヤガイやシズクガイといった二枚貝類が優占しており、濾過食性生物が主体の生物相であった。対して、浚渫ヘドロを混合した人工干潟では、カニやヤドカリのような甲殻類やウミニナのような腹足類等の表層の有機物や付着した珪藻を摂食する表層生物の割合が多くなることが分かった。こ

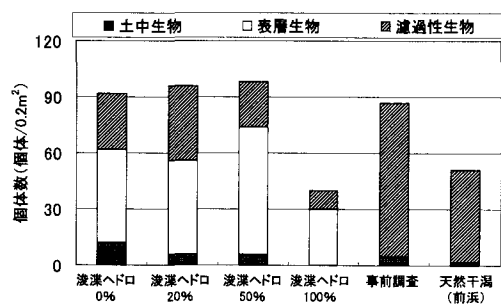


図-7 人工干潟および英虞湾内天然干潟における食性別マクロベントスの定着状況

れは、周辺の天然干潟底質のCODは低く、干潟底質の有機物が少ないために、そこに定着するマクロベントスは、餌を水中から摂取するしか方法がなく、結果として濾過食性の生物の割合が高くなると考えられる。一方、浚渫ヘドロを混合した干潟については、有機物(栄養分)を多く含むことから、直接有機物やその栄養により繁殖した珪藻等の微細藻類を摂取する表層や土中の生物の割合が高くなると考えられる。さらに、種類数を比較しても、事前調査および周辺の天然干潟では7種であるのに対し、浚渫ヘドロを混合した実験区では、最高16種と定着する生物も増加した。以上のことから、浚渫ヘドロを干潟材料として混合することにより、マクロベントスの生物相が濾過食性主体から堆積物食性の表層生物の割合が多くなり、多様性の高い生物相へと変化することが分かった。

(3) 浚渫ヘドロの最適混合割合の検討

図-8, 9に実験区1, 2, 3, 6における干潟造成後3年間のCODと粘土・シルト含有量と、そこに定着するマクロベントスの種類数および個体数との関係を示した。前述したように、マクロベントスが回復するまで約1年必要であることから、1年以前と1年以降で分けて示した。各項目ともに、生物の種類数・個体数が極大値

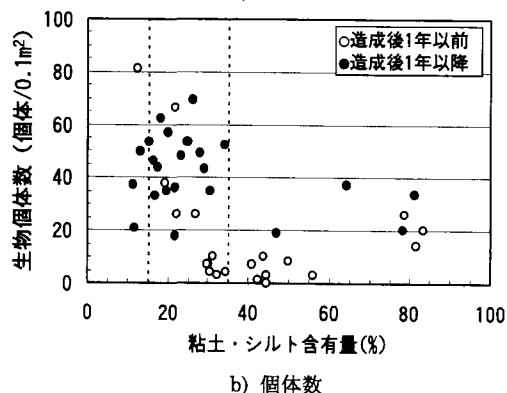
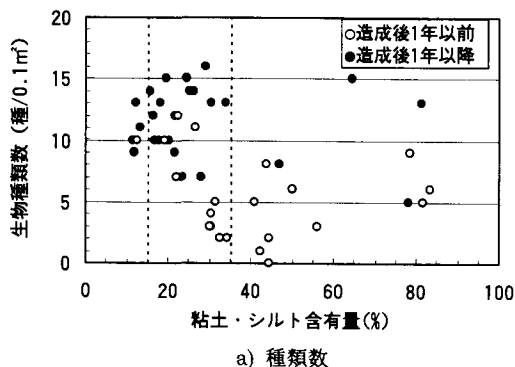


図-8 人工干潟における粘土・シルト含有量と定着したマクロベントスとの関係

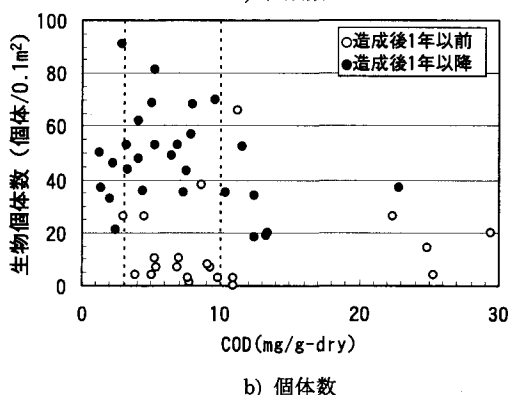
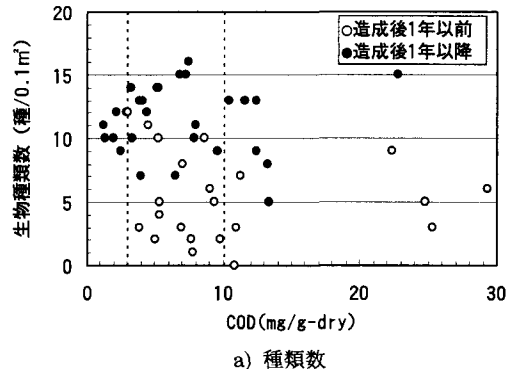


図-9 人工干潟におけるCOD値と定着したマクロベントスとの関係

を示した。これは、干潟底質が多量の有機物を含むほど、定着するマクロベントスは減少するが、有機物含有量が少なすぎることもマクロベントスの減少につながることを示す。すなわち清純な底質より、適度に有機物を含む底質のほうがマクロベントスの定着に適していることを示す。マクロベントスの定着に適した底質の条件は、CODは3~10 mg/g-dry、粘土・シルト含有量は15%~35%であることが分かった。図-10に示したCODと粘土・シルト含有量との関係は非常に相関が高いことから、干潟造成の際にはどちらか一方を設定することにより、適正な干潟を造成可能であるといえる。今後、本研究とは性状が異なる浚渫ヘドロの混合率設定に際しては、浚渫ヘドロを混合した出来上りの干潟土壌の有機物量、粘土・シルト含有量が本研究で示した最適条件になるように混合率を設定すると、マクロベントスの定着に適したものになると考えられる。上記の適正值より、本研究において英虞湾の浚渫ヘドロを用いて造成した人工干潟の浚渫ヘドロ最適混合割合は約20%~30%が適当であると考えられる。

以上のように、マクロベントスに適した、浚渫ヘドロ混合割合を提示したが、図-3、4に示した底質（粘土・シルト含有量、COD）の変化を考慮すると、各実験区の有機物含有量が減少していることから、今後3年目以降、現在良好な実験区2の生物数が、有機物の低下とともに減少し、一方、有機物を多く含む実験区3が経年とともに有機物含有量が低下し、上記の適正範囲に入ることにより、今後最もマクロベントスの定着状態が良くなることも予想される。このCODの減少は、粘土・シルト成分の減少に関係していると考えられることから、今後粘土シルトの流出を防止し、干潟の耐久年数を保持するための技術が必要になるといえる。以上より、人工干潟の長期的管理の議論が今後必要になってくると考えられる。

4. 結 論

本研究の主要な結論を以下に示す。

- ①人工干潟に定着したマクロベントスの種類数・個体数は、造成前と比較すると約半年で種類数、約1年で個体数が回復することが確認できた。また、種類別のマクロベントス組成の変化から、約1年半ほど経過すると、定着する干潟の生物相が安定することが分かった。
- ②干潟底質の粘土・シルト含有量、CODとマクロベントスの関係から、英虞湾の浚渫ヘドロを混合した場合、浚渫ヘドロ混合割合を20%~30%で設定すれば、干潟の生物相が維持できることが示された。その際のマクロベントスの定着に最適な底質の化学的性質は、

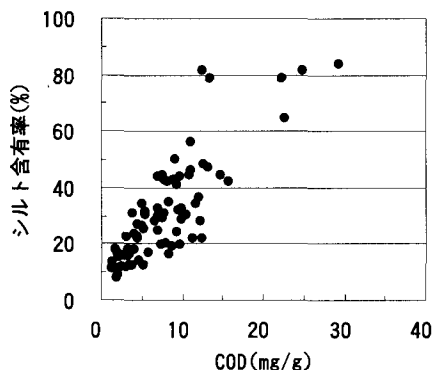


図-10 粘土・シルト含有率とCODとの相関関係

COD: 3~10 mg/g-dry、粘土シルト含有率: 15~35%が最も適した値であると分かった。

- ③造成後3年間の調査を継続した。底質中の粘土・シルト含有量およびCOD値は各実験区とも減少しており、その原因の一つとして、干潟材料として用いた浚渫ヘドロ中のシルト成分の流出が確認できた。

以上より、干潟造成材に浚渫ヘドロを利用する際の最適な浚渫ヘドロ混合率の設定方法を取りまとめた。しかし、各実験区の有機物、泥分が減少傾向にあることから、今後粘土・シルトの流出を防止し、泥分を維持する、干潟の耐久性についての対策が新たな課題として残された。

謝辞: 本研究は三重県・大成建設の共同研究、および、三重県地域結集型共同研究事業の一部で実施された。また、現地実験にあたり、英虞湾再生コンソーシアム、立神真珠研究会、立神漁業協同組合、阿児町役場、芙蓉海洋開発㈱から多大な協力を得た。ここに謝意を表す。

参 考 文 献

- 木村賢史・鈴木伸治・西村 修 (2000): 葛西人工海浜における生物生息環境の不安定化に係わる環境因子の検討, 土木学会論文集, 664, VII-17, pp. 55-63.
- 池田佳子・荒木佐知子・鷲谷いづみ (1999): 浚渫ヘドロを利用した水辺の植生復元の可能性の検討, 保全生態学研究, Vol. 4, pp. 21-31.
- 上野成三・高橋正昭・原条誠也・高山百合子・国分秀樹 (2001): 浚渫ヘドロを利用した資源循環型人工干潟の造成実験, 海岸工学論文集, Vol. 48, pp. 1306-1310.
- 上野成三・高橋正昭・高山百合子・国分秀樹 (2002): 浚渫土を用いた干潟再生実験における浚渫土混合率と底生生物との関係について, 海岸工学論文集, Vol. 49, pp. 1301-1305.
- 岡田光正 (2000): 干潟・藻場の創出ならびに保全に関するバイオレメディエーション技術, 第27回環境保全・公害防止研究発表会講演要旨集, p. 1-9.