

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の関係について

上野 成 三* ・ 高橋 正 昭** ・ 高山 百合子***
国 分 秀 樹**** ・ 原 条 誠 也*****

三重県英虞湾における浚渫土を用いた干潟再生実験の追跡調査データから浚渫土の混合割合と底質、底生生物の関係を整理した。浚渫土の混合割合が多い実験区では、夏季に底泥の酸化還元電位が低下し底生生物種類数が減少したものの、冬季では酸化還元電位が上昇し底生生物種類数は増加した。これは、有機物含有量が多い底泥環境下で夏季に一次的に生物数が減少しても冬季に復活することを示唆している。また、底泥中の有機物含有量と底生生物種類数の関係として、ある程度の有機物を含有している底泥で底生生物種類数が増加した。以上より、干潟再生に最適な底泥の有機物含有量が指標化され、浚渫土の混合割合の設定が可能となった。

1. はじめに

沿岸環境の自然再生にとって、干潟の再生は最も重要な要素技術といえる。通常、干潟造成では清純な山砂や海砂を用いているが、砂採取先の環境破壊に関連して近年砂の確保が困難になっている。一方、浚渫土を干潟造成に用いる例も見受けられるものの(今村, 1997), その内容は浚渫土を干潟内部に敷き、その上から清純な山砂あるいは海砂を覆砂するものであり、浚渫土は干潟の「あんこ」として地下に封印した形で用いている。

著者らは、浚渫土に含まれる有機物は干潟生物の栄養源として利用可能であるという観点から、浚渫土を用いた干潟再生実験を平成 12 年度より開始した(上野ら, 2001)。具体的には、従来、地下に封印されてきた浚渫土を現地盤土と混合して干潟を造成し、浚渫土に含まれる栄養分を底生生物へ供給しながら、干潟生態系を早期に再生するとともに、浚渫土自体の浄化を進めることを狙っている。

本論文では、平成 12 年 10 月から平成 14 年 4 月までの 18ヶ月間の追跡調査データを解析し、浚渫土の混合割合による底質・底生生物の変化を調べ、干潟生態系にとって最適な浚渫土の混合割合を評価した。

2. 干潟再生実験および追跡調査の方法

実験干潟の平面図を図-1 に示す。実験区は 6 区画設け、各実験区に英虞湾の浚渫処理土(脱水ケーキを粉碎したもの)を現地盤土(砂質土)と所定の割合で混合した土砂を投入した。各実験区の浚渫土の混合割合は、実験区①で浚渫土 0%(現地盤の砂質土のみ)、実験区②で浚渫土 20%、実験区③で浚渫土 50%、実験区⑥で浚渫土 100%である。また、実験区④で真珠養殖からの排出物を 50%混合し、実験区⑤は浚渫土 50%の干潟材に多孔質コ

ンクリート製の透水杭を打ち込んだ。なお、本論文では、浚渫土の混合割合に着目し、実験区①～③、および、⑥の調査結果をとりまとめた。実験区④と⑤では、有機物含有量が多いにも関わらず生物数が増加する興味深い結果が得られているが、詳細は別の機会で報告する。実験区①～⑤の干潟実験区は平成 12 年 9 月に造成し、実験区⑥は平成 13 年 10 月に増設した。各実験区の寸法は実験区①～⑤を 5 m×5 m、実験区⑥を 2 m×2 m とした。浚渫処理土は COD が約 37 mg/gDW と高く有機汚濁が進行了底泥である。

実験干潟造成直後(平成 12 年 10 月)から 2、3 カ月毎に、水質・底質・底生生物の追跡調査を実施した。追跡調査項目を表-1 に示す。水質調査点は、干潟内 1 点と干潟沖側 200 m の 1 点の計 2 点とした。底質調査点は、実験区①～⑤は沖側、中央、岸側の 3 点、実験区⑥は中央 1 点とし、表層～2 cm、2～6 cm、6～12 cm の 3 層について計測・分析を行った。底生生物調査として、実験区毎の各 2 点で、1 mm のフルイ目に残るマクロベントス

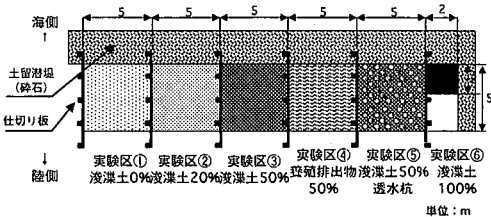


図-1 干潟実験区の平面図

表-1 追跡調査の項目

項目	調査点	計測・調査項目
水質	実験区内 1 点 実験区外 1 点	S, T, DO, 濁度, pH, SS, COD, TN, PS
底質	6 実験区	pH, ORP, 含水比, 粒度分布 IL, TOC, TN, H ₂ S, AVS
アサリ	6 実験区	密度, 湿潤重量, 殻長
底生生物	6 実験区	マクロベントスの種, 数, 湿潤重量

* 正会員 工修 大成建設(株)技術センター土木技術研究所
** 三重県科学技術振興センター保健環境研究部
*** 正会員 工修 大成建設(株)技術センター土木技術研究所
**** 理修 三重県科学技術振興センター保健環境研究部
***** 英虞湾再生コンソーシアム幹事長

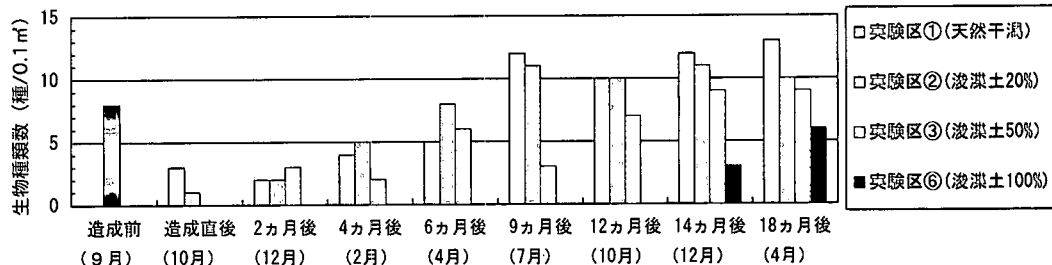


図-2 底生生物の種類数の経時変化

を採取した。また、本論文では述べないが、放流したアサリの成長量調査も別途実施している。なお、本干潟再生実験の詳細は前報（上野ら，2001）を参照されたい。上記の追跡調査は現在も継続中である。

3. 追跡調査結果および考察

3.1 底生生物の経時変化

浚渫土の混合割合を変化させた実験区①②③⑥における底生生物の種類数の経時変化を図-2に示す。

実験区①②③の各実験区とも、造成直後はほとんど生物が存在しなかったのに対して、時間が経過するにたがって生物種類数が増大した。約9ヶ月後の種類数は、実験区③を除けば、干潟造成前の8種類以上に増加した。その後12ヵ月以降では、実験区①②③とも種類数に大幅な増減はなく、生物種類数が安定する傾向が見られた。この内、浚渫土の混合割合が50%と大きい実験区③では、夏季に当たる9ヵ月後に生物種類数が大幅に低下した。その後、秋季の12ヵ月後、冬季の14ヶ月後と経過するにつれて生物種類数は増加に転じた。なお、本実験の途中の12ヵ月後に増設した実験区⑥（浚渫土100%）でも、他の実験区と同様に、増設後2ヵ月目から底生生物の出現が始まり6ヵ月後には種類数が増加した。

以上より、通常汚濁物質とされる浚渫土を用いた干潟においても、実験区③の夏季を除けば、生物種類数が順調に増加し造成後約1年で安定傾向になることが確認できた。

実験区①②③における底生生物の種類別個体数と湿潤重量の経時変化を図-3に示す。底生生物は硬骨魚類、甲殻類、二枚貝類、腹足類、多毛類他の5つに分類した。多毛類他には花虫類、渦虫類も含めた。

まず、底生生物の種類別個体数について述べる。実験区①②③とも、造成直後から6ヵ月後までは個体数が少なく、9～12ヵ月以降に増加する傾向となった。個体数から見た生物相の変化は、造成直後から6ヵ月後までは硬骨魚、甲殻類、二枚貝が卓越し、9ヵ月以降から多毛類と二枚貝類、腹足類が増大した。生物種類数が安定する12ヵ月後から18ヶ月後では、浚渫土混合割合の少

ない実験区①②で全生物数に占める多毛類他の割合が少なく、浚渫土混合割合の多い実験区③で多い傾向となった。また、実験区③の9ヵ月後（夏季）では他の実験区と異なり個体数の増加が見られない。これは図-2で示した実験区③の9ヵ月後（夏季）における種類数の減少に対応する。なお、造成前の生物相は二枚貝（シオヤガイ）が優占していた。

次に、底生生物の種類別湿潤重量について述べる。湿潤重量の特性として、多毛類に比べて貝殻を持つ腹足類や二枚貝類、および、殻を持つ甲殻類により生物重量は増加することに注意する必要がある。実験区①②③とも、造成直後から9ヵ月後までは甲殻類の重量が多く、12ヵ月以降では二枚貝と腹足類の重量が多くなる傾向となった。また、実験区③の9ヵ月後（夏季）では、前述の生物種類数、個体数と同様に、生物重量の増加が見られなかった。なお、造成前の湿潤重量は二枚貝（シオヤガイ）が優占し81g/0.1m²と極端に大きかった。

以上より、干潟造成後から18ヶ月後までの底生生物の経時変化をまとめる。造成直後から6ヵ月後までは生物種類数、個体数、湿潤重量とも少なく、その構成種も硬骨魚や甲殻類などの移動性生物が主体であり、干潟の生物相が安定していない状態であると言える。その後の12ヶ月以降では、生物種類数、個体数、湿潤重量とも増大し、その生物相は二枚貝類、腹足類、多毛類などの定住性生物が主体となり生物相の安定度が高まったと言える。造成後約1年で生物相が安定する結果は桑江ら（2000）の干潟メソコスム実験でも得られており、干潟生物相はかなり早く安定化に向かうと考えられる。生物相が安定した12ヶ月後から18ヶ月後では、浚渫土の混合割合が高くなるにつれて、生物相が二枚貝・腹足類主体から多毛類主体に変化する傾向となり、通常の干潟と同様な生物相変化が確認された。また、浚渫土混合割合が50%と高い実験区③では夏季に一時的に生物種類数、個体数、生物重量ともに減少するものの、冬季に向かうにつれて生物種類数、個体数、生物重量が増大に転じた。これは、有機物含有量が多い底泥環境下において夏季に一時的に生物数が減少しても冬季に復活することを示唆

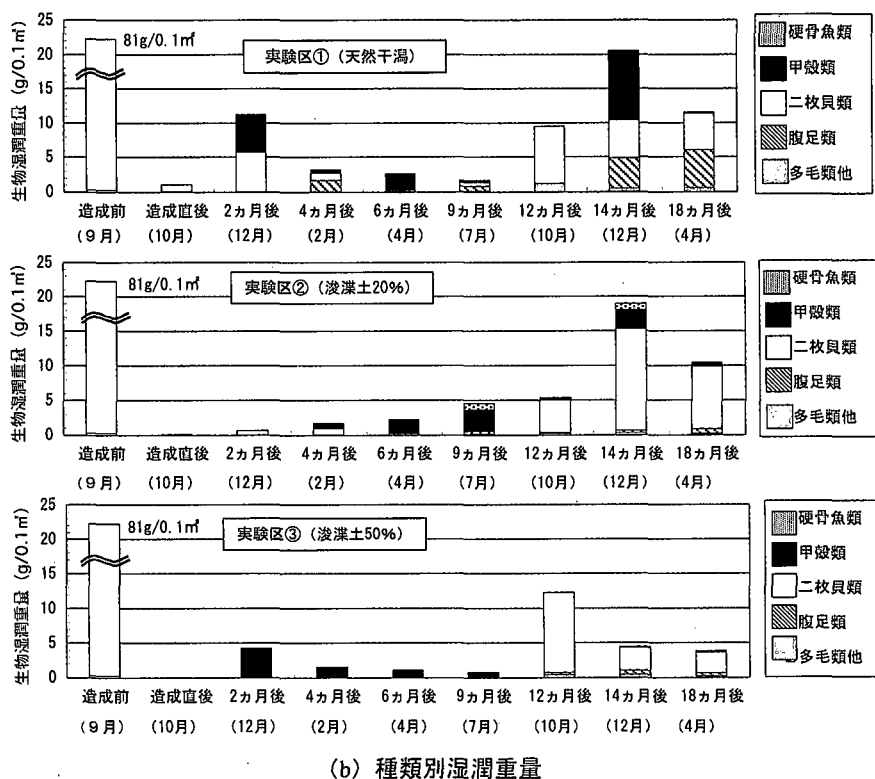
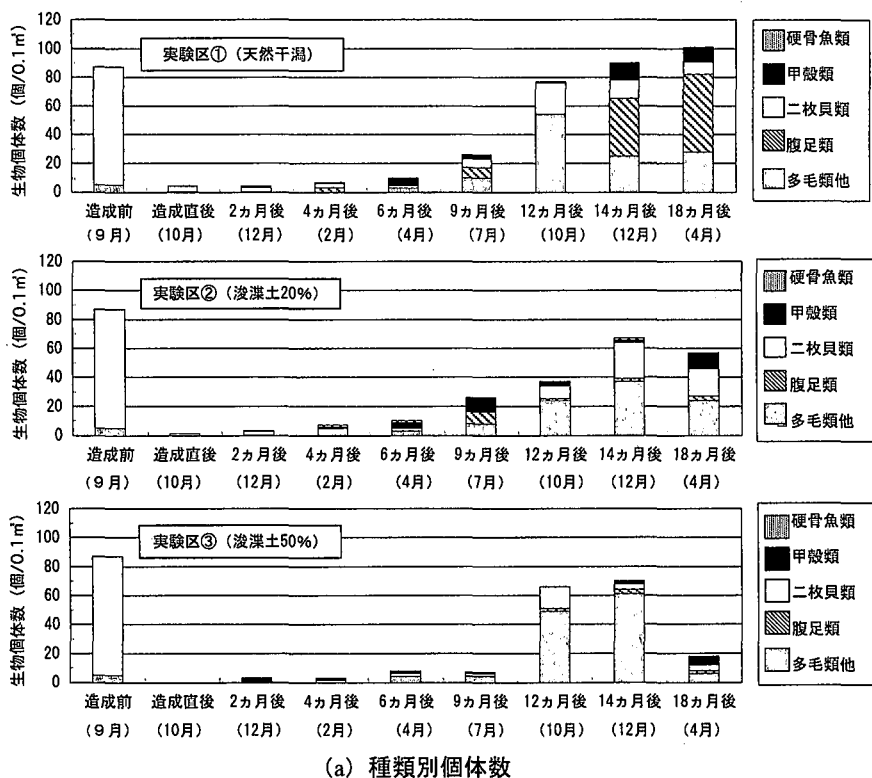


図-3 底生生物の個体数、および、湿潤重量の経時変化

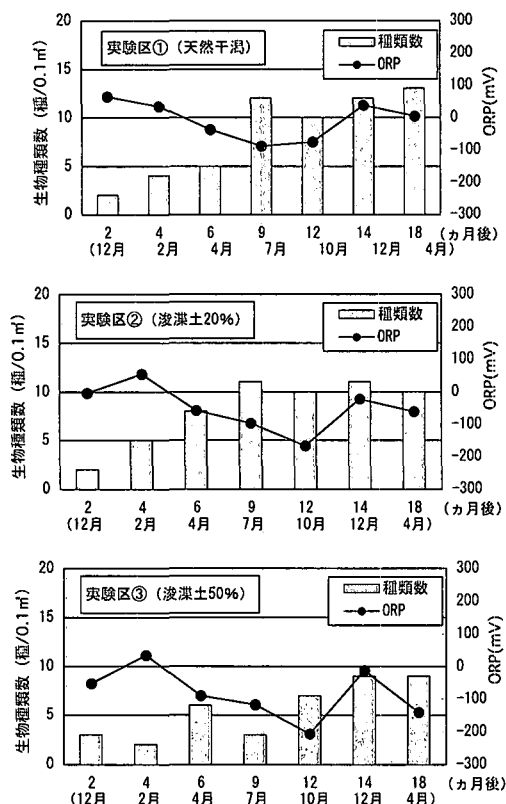


図-4 底泥 ORP と底生生物の種類数

している。

3.2 底泥の酸化還元状態と底生生物の関係

実験区③(浚渫土 50%)の夏季において生物種類数が減少する要因を調べるために、実験区①②③における底泥の酸化還元電位 (ORP) と底生生物種類数の経時変化を図-4 に示す。ORP は各実験区の 3 地点 (岸・中・沖部)・各 3 層 (表層から 12 cm まで) の平均値とした。まず、実験区①②③ともに、ORP は夏季に低下し、冬季に増加する傾向にある。夏季の低下幅は浚渫土の混合割合が多いほど大きい。これは、夏季の泥温上昇にともない微生物の有機物分解活性が高まった結果、底泥中の酸化物質が消費され嫌気化が進行することを示している。そのため、有機物含有量が高い実験区③で強い嫌気状態になる。これに対応して、夏季における各実験区の生物種類数は、嫌気状態の弱い実験区①②では増加したのに対して、嫌気状態の強い実験区③では減少した。しかし、その後の嫌気状態が弱まるにつれて秋・冬季に生物種類数が急激に増加した。

以上より、有機物含有量の多い底泥環境では夏季に嫌気状態がある程度進行すると生物相がダメージを受けることが明らかになった。よって、通年にわたり干潟の生物相を維持するためには、干潟底泥の有機物含有量を夏

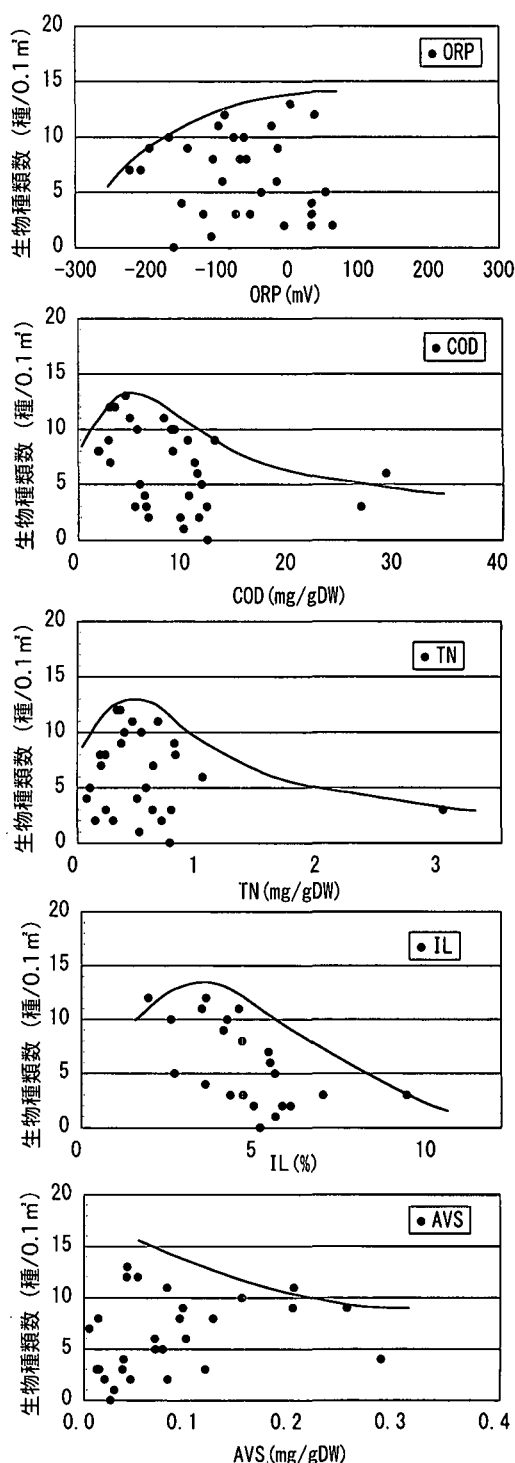


図-5 底生生物種類数と各底質項目の関係

季に極端な嫌気化が進行しないレベルに設定することが望ましい。しかし、干潟の好気化機能により、夏季の生物相のダメージは冬季に嫌気状態が解消され急速に回復

することから、夏季の一時的な生物相のダメージをある程度許容するならば、干潟底泥の有機物含有量をかなり大きく設定すること（本実験の場合浚渫土混合割合50%）が可能と考えられる。

3.3 底質と底生生物種類数の定量的関係

浚渫土を用いた干潟の設計条件の基礎データとして、底生生物の生息環境に適した干潟底泥の底質の定量的条件を求める。実験区①②③⑥の全データによる各底質項目（酸化還元電位 ORP, COD, 全窒素 TN, 強熱減量 IL, 硫黄揮発性硫黄 AVS）と底生生物種類数の関係を図-5 に示す。各底質は底泥3層（表層から12 cm）の平均値とした。

ORP と生物種類数の関係として、ORP が -100 mV 以上では種類数は多くほぼ一定であるものの、 -100 mV 以下で種類数は大幅に低下する。底泥中の有機物含有量の指標である COD, TN, IL と生物種類数の関係として、全ての項目で種類数が極大値をとるパターンとなった。これは、底泥が極端に清純であるより、有機物がある程度含有している方が生物種類数が増大することを示しており、岡田（2000）の知見と一致する。各底質項目の最適値としては、COD が $3\sim 8$ mg/gDW, TN が約 $0.3\sim 0.8$ mg/gDW, IL が $3\sim 5$ mg/gDW となる。AVS については、AVS が増大するほど種類数が減少する一般的傾向は認められるが、定量的条件を明確に設定できる結果は得られていない。

以上より、図-5 の各底質と底生生物種類数の関係により生物種類数の観点から干潟再生に適する底質条件を設定することが可能となった。特に、浚渫土を用いて干潟を造成する際、対象とする浚渫土の特性が異なる場合でも、上記の条件を満たすように浚渫土と砂質土との混合割合を設定すれば良い。さらに、清純な砂に比べてある程度汚れた底泥の方が生物相は豊かになることが明らかになり、浚渫土を積極的に干潟造成に用いる根拠が明確になった。

ただし、上記の定量的条件は、図-5 が造成から1年以内の生物相が安定していない状態のデータも含有していることから、今後の追加調査により変更が生じる可能性

がある。

4. 結 論

本研究の主要な結論を以下に示す。

- ①浚渫土を用いた干潟の造成後、生物種類数、個体数、湿潤重量は順調に増大し約1年で生物相が安定した。
- ②浚渫土の混合割合が50%と多い実験区では、夏季に底泥の嫌気化により生物相がダメージを受けるものの、その影響は一時的で、干潟の強い好酸化機能により秋・冬季に生物相が急速に回復した。
- ③干潟の生物種類数は清純な砂よりある程度汚れた底泥の方が増大することが明らかになった。
- ④生物種類数と干潟底泥の各底質との定量的関係から干潟生物相に最適な底質条件が求まり、干潟設計条件として浚渫土の混合割合の設定が可能となった。

謝辞：本干潟再生実験は三重県環境創造活動助成金の補助により立神真珠研究会が実施し、実験の計画・調査は三重県科学技術振興センターと大成建設技術センターの共同研究で実施した。造成工事や追跡調査では、地域ボランティア、立神漁協、立神真珠組合、阿児町、出馬重機、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

- 今村 均（1997）：浚渫土の生物生息環境創造への有効利用，用水と廃水，Vol. 39, No. 7, pp. 603-610.
- 上野成三・高橋正昭・原条誠也・高山百合子・国分秀樹（2001）：浚渫土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，第48巻，pp. 1306-1310.
- 岡田光正（2000）：干潟・潟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，pp. 9-11.
- 桑江朝比呂・細川恭史・小笹博昭（2000）：メソコスム実験による人工干潟の生物生息機能の評価，海岸工学論文集，第47巻，pp. 1101-1105.
- 林 文慶・高山百合子・田中昌宏・上野成三・新保裕美・織田幸伸・池谷 毅・勝井秀博（2002）：沿岸域における複数生物の生息地環境評価—生態系連続性の配慮にむけて—，水工学論文集，第46巻，pp. 1193-1198.