

「浚渫ヘドロを用いた干潟再生工法について」

大成建設株式会社 技術センター
土木技術研究所 水域・生物環境研究室
片倉 徳男

1. 研究開発の背景

水域環境の改善と生物生息環境の創出を目的として人工干潟の造成が行われている。従来の人工干潟造成は、生物生息環境に適した水深まで浅場を造成し、その表面を山砂・海砂等の砂質土で覆っている。この場合、表面に用いる砂質土を外部から搬入することが必要であるとともに、栄養分の少ない砂質土上の干潟は生物量が少ないという問題がある。一方、水域環境の改善法として、海底に堆積している有機物を多く含む底泥(ヘドロ)を除去する浚渫工法も行われている。しかし、浚渫したヘドロの処分地が必要であり、大規模な浚渫事業は進んでいない。このような観点から、干潟生物への有機物供給を促すとともに、生物の生息環境をより早期に整備することができ、同時にヘドロに含有される有機物が干潟における干出作用により、早期に無機化されることを期待し、浚渫したヘドロと干潟予定地の砂質土を混合した人工干潟の造成工法を開発した。この工法は干潟材料にヘドロを用いることで、従来問題であった浚渫ヘドロの処分地の解決により浚渫事業を促進することも可能な、資源循環型の干潟再生技術である。

このコンセプトのもと、2000年9月から大規模な真珠貝(アコヤガイ)の養殖が行われている三重県英虞湾(三重県志摩郡阿児町立神)において本工法の実証実験が進められ、小規模干潟実験区における実験を踏まえ2004年度までに計7200㎡の浚渫ヘドロを利用した干潟の造成が完了した。造成が完了した干潟では経時的に生物・土壌などのモニタリング計測が行われ、2003年度に造成した干潟には、すでに底生生物の生息が確認されている。これらの実験を含む「閉鎖性海域における環境創生プロジェクト」は、2002年度に独立行政法人科学技術振興機構の行う地域結集型共同研究事業として採択され、現在は三重県、三重大学のほか当社を含む民間各社が参画して研究が進められている。

2. 技術の特徴

主な特徴を以下に、概念を図1、図2に示す。

- 1) 浚渫ヘドロを干潟土の材料として再利用することで、浚渫ヘドロの処分場問題を解決する。
- 2) 水質浄化機能が高い干潟を大規模に再生するし、自然浄化能力を高める。
- 3) 海のゆりかごと呼ばれる干潟は稚魚・貝類の産卵・育成場であることから、水産資源の増大や海域生態系の修復に役立つ。
- 4) 浚渫ヘドロを干潟の再生に利用する、資源循環型の新しい環境事業が実現する。

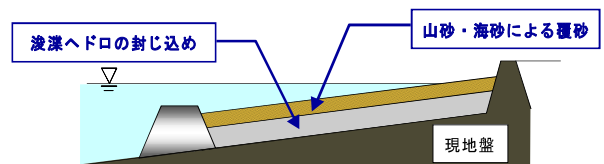


図1 従来の人工干潟

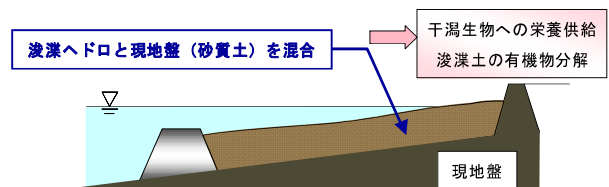


図2 資源循環型の干潟再生

このように、浚渫ヘドロを利用した干潟再生技術は従来の工法とは異なり、浚渫事業と干潟事業を一体化した環境創造事業が可能な工法である。

3. 干潟に適した土壤環境（小規模干潟実験による成果）

2000年9月から、現地盤に浚渫ヘドロを20, 50, 100%混合した実験区や透水性を高める多孔質の杭を入れた実験区、真珠養殖排出物（貝掃除）を50%混合した実験区（5m×5m）など、様々な材料を使用して、地域ボランティアの協力のもとで資源循環型の干潟を造成した。そして、経時的に干潟の生物量や干潟土壤に含まれる有機物量の調査を行った結果、浚渫ヘドロを混合した干潟でも、従来の人工干潟のように清浄な砂で造成した干潟と同様の生物種・量の復活を確認した。

(1) 干潟土壤に必要な有機物量とシルト・粘土含有量

三重県英虞湾において実施した干潟再生実験で明らかとなった、干潟土壤中の有機物含有量(COD：化学的酸素要求量)と生息する干潟生物量の関係を図3に、干潟土壤中のシルト・粘土含有率と干潟生物量の関係を図4に示す。浚渫ヘドロを用いた人工干潟に生息する生物種類数は、有機物がほとんど含まれない場合や過剰に含まれる場合は減少し、生物の生息に適した範囲として「CODが3~10mg/gDW」「シルト・粘土含有率が15~35%」であることが明らかになった。

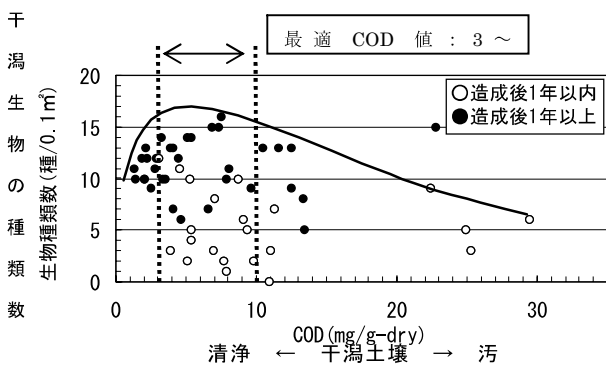


図3 干潟土壤のCODの最適範囲

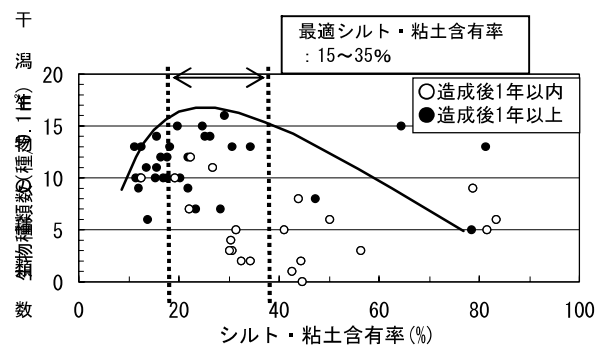


図4 干潟土壤のシルト・粘土含有率の最適範囲

(2) 生物の出現状況

図5に小規模干潟実験における生物出現種類数の変化を、図6に干潟土壤の浚渫混合率別の生物出現個体数の変化を示す。浚渫ヘドロを混合した実験区においても、天然干潟と同等以上の干潟生物が確認できた。また、造成後1年という比較的短期間で、干潟生物は復活した。

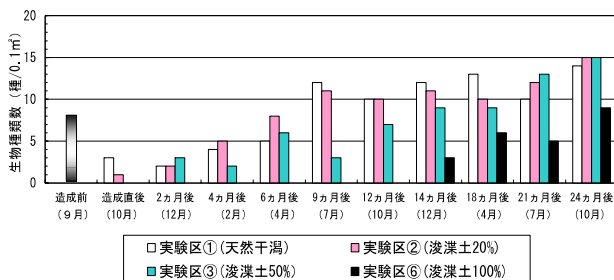


図5 干潟生物出現種類数の経時変化

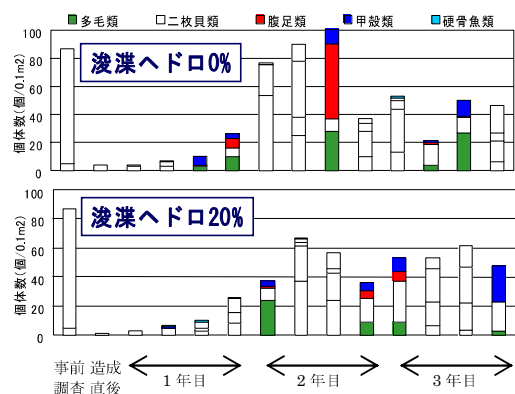


図6 干潟生物出現個体数の経時変化

4. 大規模干潟の造成事例

小規模干潟実験の結果をふまえ、実規模スケールの干潟造成を行った。2004年3月に三重県の「漁場環境保全創造事業工事」において現地盤の砂質土に浚渫ヘドロを水中で30, 50%混合した人工干潟（総面積3000㎡）を造成した。また、2005年3月には、この干潟に隣接して三重県地域結集型共同

研究事業において、陸上に仮置きした砂質土に浚渫ヘドロの脱水ケーキを陸上で30%混合し、海上から撒き出した人工干潟（総面積4200㎡）を造成した。これらの事例について、特に浚渫ヘドロを利用した干潟において最も重要である、「適切な量のヘドロを混合した干潟土壌の造成」に着目し、施工事例を紹介する。

4.1 施工内容

(1) 施工場所

人工干潟の施工は、三重県英虞湾内の静穏な湾奥部（立神地区）で行った。2003年度は図7に示す干潟実験区①、②で、2004年度は干潟実験区③で行った。実験区外周部にはアコヤ貝の貝殻を充填した土嚢による堰堤を設けて、干潟土壌の流出を防止した。

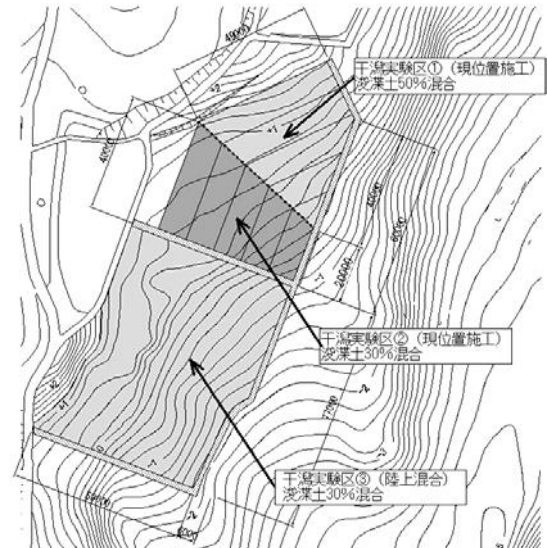


図7 施工場所

(2) 施工条件

潮干帯に施工する人工干潟は、施工時の潮位により気中・水中と施工環境が大きく変化する。そのため、浚渫ヘドロと用いた人工干潟の施工には、気中・水中の全く異なる環境に対応した施工方法の確立が必要となる。そこで、設計にもとづいた最適な混合率を確保した均質な干潟を造成するために、潮汐の影響、人工干潟の施工場所を考慮して、①陸域施工：浚渫ヘドロと現地海底の砂質土を現位置で混合する方法、②海域施工：浚渫ヘドロと砂質土を陸上混合ヤードで混合して造成する方法、の2種類の工法で施工した。

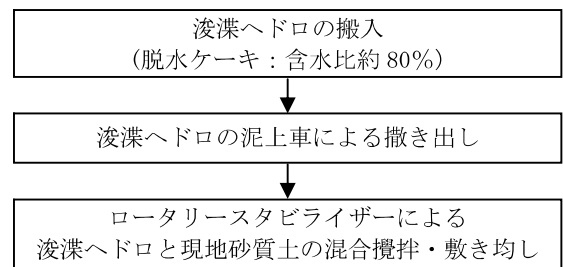


図8 施工手順

4.2 ケース1：陸域施工

(1) 施工手順

他海域の浚渫工事で発生した浚渫ヘドロ（脱水ケーキ）を、干潟造成範囲の砂質土地盤上に実験区①（混合率50%）では50cm、実験区②（混合率30%）では30cmの層厚で撒出し、ロータリースタビライザーを装着した泥上仕様車で、掘削深度100cmの深さまで混合攪拌し、さらに敷き均した。図8に施工手順を、図9に施工方法を示す。

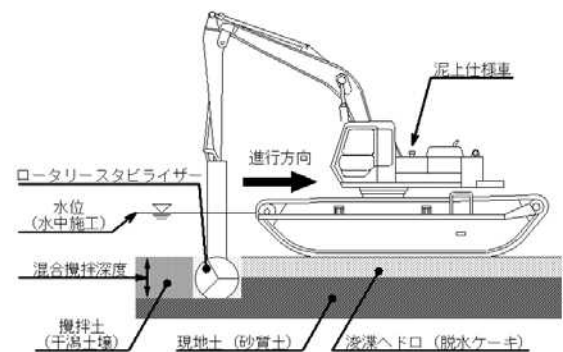


図9 ロータリースタビライザー付き泥上車による浚渫ヘドロと砂質土の混合攪拌

(2) 混合率及び目標値の設定

表1に示すように、干潟土壌の原料となる浚渫ヘドロと砂質土のシルト・粘土含有率およびCODを分析し、最適混合率を算定して混合率を設計した。本ケースは、実規模スケールでの初の試みであるため、浚渫ヘドロの混合率30%、50%の2種類を設定した。

表1 目標値の算定(ケース1：陸域施工)

目標値	浚渫ヘドロ混合率(%)	シルト・粘土含有率(%)		COD(mg/gDW)	
		目標値	許容値	目標値	許容値
	実験区①50%	54.2	45-65	6.2	4.8-7.8
	実験区②30%	39.2	30-50	3.9	2.5-5.5

(3) 結果

実験区①, ②のそれぞれ3点で1mの深さでボーリングによる試料採取を行った。ボーリング試料は25cmずつ4層に分割し、シルト・粘土含有率とCODの分析を行った。写真1に浚渫処理土と柱状サンプルを示す。攪拌後の干潟土壌は、当初の予定通り、攪拌深度1mまで混合攪拌された。

図10にシルト・粘土含有率を示す。シルト・粘土含有率の平均値は気中施工, 水中施工ともに許容値を満足した。層別に比較すると, 気中施工では表層(0-250mm)が下層(250-1000mm)に比べ低く, 水中施工では, 表層が下層に比べ高くなる傾向であった。これは, 水中施工時にロータリースタビライザーの攪拌による分離が生じ, 砂分(粒径0.075mm以上)が下層に沈降して, 表層部分のシルト・粘土含有率が高い状態となったことが予測される。

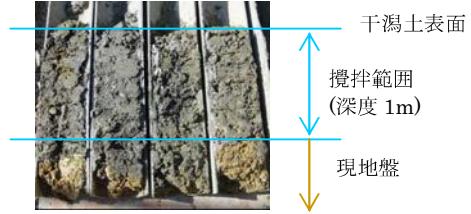


写真1 浚渫ヘドロと砂質土の混合状況

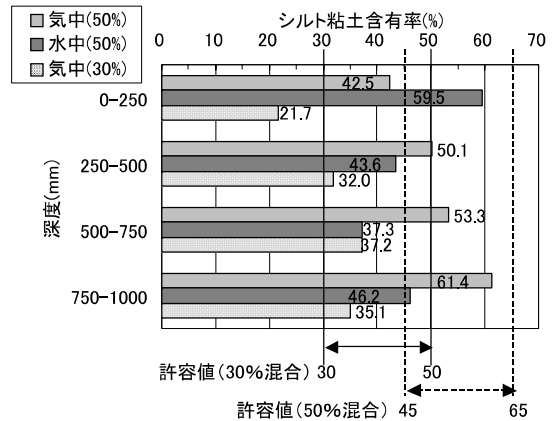


図10 シルト・粘土含有率の深度分布

4.3 ケース2: 海域施工

(1) 施工手順

約1年間仮置きした浚渫ヘドロ(脱水ケーキ)と、あらかじめ採取した現地海域の砂質土を、陸上混合ヤードで、攪拌バケット(ドライブミキシング)を装着したバックホウにより混合攪拌した。混合攪拌後の混合土は干潟土壌として、DL±0m以深はクレーン付き台船で、DL±0m以浅は、干潮時に重機により陸上から50cmの層厚で50cmの層厚で撤出した。施工手順を図11に、陸上ヤードにおける混合攪拌の状況を写真2に示す。

(2) 混合率及び目標値の設定

混合する浚渫ヘドロと砂質土の含有成分量から混合率30%を設定した。この時のシルト・粘土含有率とCODを表2に示す。

表2 目標値の算定(ケース2: 海域施工)

目標値	浚渫ヘドロ混合率(%)	シルト・粘土含有率(%)		COD(mg/gDW)	
	実験区種別	目標値	許容値	目標値	許容値
実験区30%		42.3	30-40	5.3	3.1-7.5

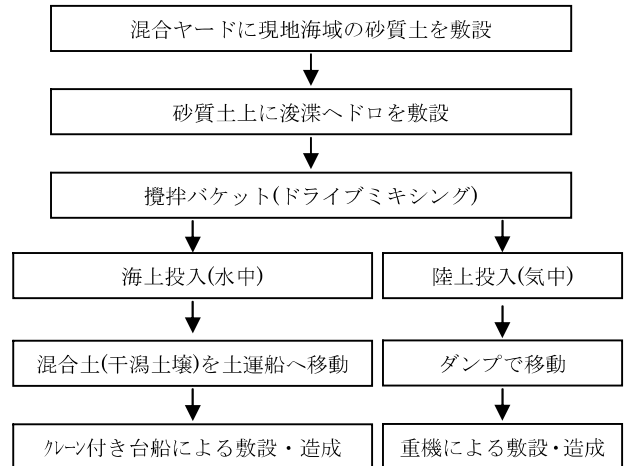


図11 施工手順



写真2 ドライブミキシングによる混合

(3) 結果

干潟の造成完了後、気中・水中の施工パターン毎に 50cm の深さでボーリングによる試料採取を行った。ボーリング試料は 10cm ずつ 5 層に分割し、シルト・粘土含有率と COD の分析を行った。測点のうち、測点 1 は気中での造成、測点 2, 3 は水中で造成を行った場所である。写真 3 に柱状サンプルを示す。造成後の干潟土壌の層厚は、当初予定の 50cm を満たした。

図 12 にボーリング試料のシルト・粘土含有率を示す。測点毎の平均値は気中、水中の造成に関わらず許容値を満たした。この結果は COD も同様であった。また、陸域施工でみられた表層部と下層部のシルト・粘土含有量の差と減少は生じにくい状態で造成が完了した。

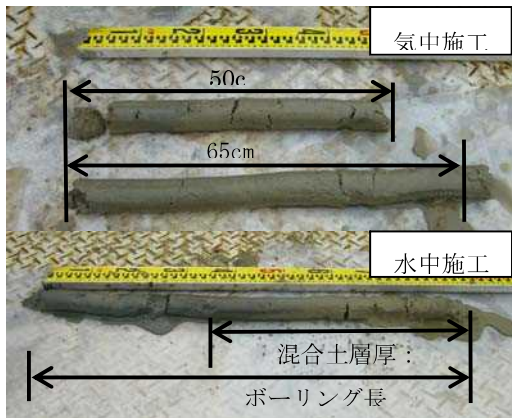


写真 3 浚渫ヘドロと砂質土の混合状況

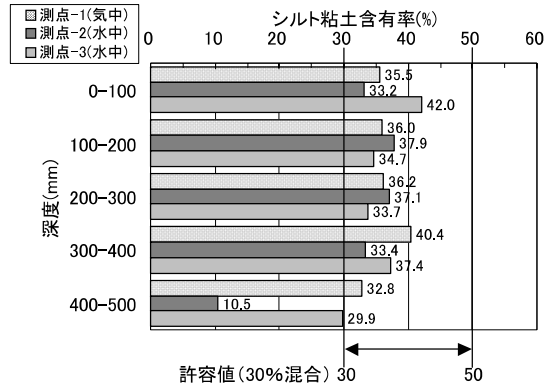


図 12 シルト・粘土含有率の深度分布

4.4 モニタリング結果

2003 年度に施工したケース 1 の干潟では、モニタリングが継続され、干潟の整備完了後 10 ヶ月目には事前調査に比べ大幅な生物個体数の増加がみられている。特に、定着性の二枚貝類等も多数確認されていることから、浚渫ヘドロを利用した干潟への生物の定着が順調に行われていると考えられる。

5. まとめ

浚渫ヘドロを用いた干潟再生工法は、資源循環型の人工干潟造成工法である。三重県英虞湾における実規模スケールでの干潟造成工事を通して、様々な施工環境での浚渫ヘドロを用いた干潟造成に関する施工法を実証した。今後は、人工干潟の生物生産機能、水質浄化機能等について三重県地域結集型共同研究事業において追跡モニタリングを継続し、長期的な干潟の安定性、本工法の有効性を評価する予定である。



写真 4 浚渫ヘドロを用いて造成された干潟

参考文献 1：国分秀樹・奥村宏征・上野成三・高山百合子・湯浅城之：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，海岸工学論文集，第 51 巻，pp. 1191-1195, 2004.

参考文献 2：片倉徳男・高山百合子・上野成三・小林峯男・国分秀樹・奥田圭一：浚渫ヘドロを用いた干潟再生工法におけるヘドロ混合の設計・施工計画，海洋開発論文集，第 21 巻，pp. 885-890, 2005.

参考文献 3：上野成三：沿岸環境の修復・再生技術の同行，水工学シリーズ，05-B-8，pp. B-8-1-B-8-23, 2005.