

PS 灰造粒物を用いた干潟底質環境改善技術に関する基礎的研究

熊本大学工学部社会環境工学科 学生会員 ○久保田健, 熊本大学大学院先端機構 正会員 増田龍哉
 熊本大学沿岸域環境科学教育センター フェロー 滝川 清, 正会員 五十嵐学
 日本製紙 (株) 寺澤一雄, 小野寺勇雄, (有)福岡建設合材 福岡大造

1. はじめに

近年有明海では、赤潮の頻発化、貧酸素水塊の発生、生物相の変化とその種数・個体数の減少等の環境悪化が慢性化し、環境悪化の悪循環に陥っているものと考えられる。これらは、海岸線の人工化や干潟の埋め立て等による自浄作用の衰退や泥化・嫌気化等の底質環境の悪化が原因とされている。これらの問題を解決するために、人工干潟の造成等の自然再生事業が全国的に実施されている。しかし、それらに用いられる清純な山砂や海砂は、環境保護等の観点から、自治体の条例によって採取が禁止されつつあり、その確保が課題となっている。

以上の背景から、筆者らはリサイクル資源を有効活用した干潟造成材料に着目し、干潟底質環境改善を目的に、PS(Paper Sludge)灰造粒物の干潟造成材料としての適用可能性を検討した。本研究では、室内実験・現地実証試験により得られた基礎的な知見を報告する。

2. PS 灰造粒物

2.1 概要

PS 灰造粒物は、PS 灰と熊本港の航路維持浚渫土に固化助剤として生石灰を用い造粒した。PS 灰と浚渫土の物性をそれぞれ表-1、図-1 に示す。PS 灰は採取日によって化学組成が異なる(表-2)。PS 灰は紙の製造工程で発生する産業廃棄物であり、土木材料等への再利用が進められている¹⁾。しかし、埋め立て処分される量も依然として多く、新たな処分場確保も難しいことから、有効な再利用法の検討が急がれている。浚渫土についても、利用用途が少なく、処分場確保の問題が顕在化している。表-3、写真-1 に PS 灰造粒物の物性と外観を示す。粒径 2mm 以上のものが主体であり、暴露試験・振とう試験では粒状を維持することが確認された。海洋汚濁防止法に則った各有害物質の溶出試験では、いずれも基準値を下回り、安全性が確認された。

2.2 固化メカニズム

PS 灰造粒物の固化は、主として石灰(PS 灰等)による水和反応やポズラン反応により進行する。特徴的な反応

表-1 浚渫土の物性

含水比(%)	礫分(%)	砂分(%)	シルト分(%)	粘土分(%)
127.3	0	1.1	76.5	22.4

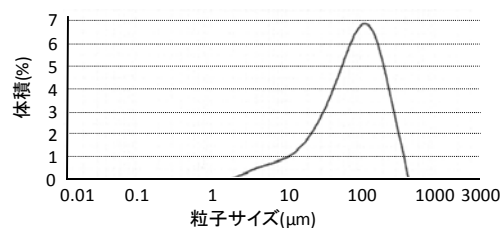


図-1 PS 灰の粒子サイズ分布

表-2 PS 灰の化学組成

組成(%)	9月入手	1月入手
CaO	35.3	32.4
SiO ₂	35.0	35.8
Al ₂ O ₃	21.1	23.5
MgO	3.7	3.3
SO ₃	1.7	1.6
Fe ₂ O ₃	0.9	1.0
TiO ₂	0.9	0.9
P ₂ O ₅	0.6	0.8
K ₂ O	0.3	0.2
Na ₂ O	0.2	0.1
その他	0.4	0.4

表-3 PS 灰造粒物の物性

物性項目	物性単位	物性値
造粒時の水分	%	38-39
粒径2mm以上	%	87.9
粒度分布(詳細)	9mm以上	17.3
(%)	5-9mm	37.5
	2-5mm	33.1
	2mm以下	12.1



写真-1 PS 灰造粒物の外観

としてエトリンガイドの形成が挙げられ、その針状結晶により、粒子間を更に強固に団結させる。

3. 室内実験

3.1 実験方法

PS 灰造粒物の生物に対する安全性を確認するため、OECD ガイドラインに則ったバイオアッセイ試験を実施した。試験に際しては、生物にとって(i)最適条件(生物生息干潟の底泥)、(ii)PS 灰造粒物を投入した条件、(iii)浚渫土を投入した条件を設定した。試験では、各材料と

試験液を 1:1 の割合で投入した水槽に試験対象生物を入れ、試験液の交換を行わずに、生物の状態を試験開始 3, 24, 48, 72 及び 96 時間後に観察し、同時に試験液の水質(pH, 溶存酸素濃度, 水温)を測定した。なお、試験対象生物はアサリ、ヤマトオサガニ、ボラの稚魚、ヒメダカの 4 種で、ヒメダカの試験液は水道水を用い、それ以外の試験液は生物を採取した際に採水した海水を用いた。

3.2 実験結果及び考察

PS 灰造粒物を投入した水槽では、PS 灰造粒物からのアルカリ分の溶出が原因と考えられる高 pH(10~11)による生存個体数の減少が他水槽に比べて顕著に見られた。この結果を受け、流水で 24 時間洗浄したものを空気中で 24 時間養生させ、浸漬試験を行った。その結果、pH は 8.5 前後を示した。その理由として、空気中の二酸化炭素によりアルカリ分が中和された可能性が考えられる。

pH 上昇対策を施した PS 灰造粒物を用い、再度生物試験を実施した。図-2 に試験で高 pH による生存個体数の減少が特徴的であったヤマトオサガニの試験結果を示す。PS 灰造粒物を投入した試験区では、試験開始初期の pH 上昇は抑制されたものの、時間の経過とともに徐々に増加し、24 時間後に pH は 11 程度になって安定した。生存個体数についても他試験区(9~10 個体)と比較して徐々に減少し、最終的には 3 個体となった。そのため、試験時間を 72 時間で終了した。そこで、pH 緩衝性の把握のため、PS 灰造粒物のアルカリ度を測定した。その結果、アルカリ度は高くないものの、時間の経過とともにアルカリ分の溶出が継続する様子が見られた。しかし、今回の生物試験は、生物にとっては過酷な条件の中行われたため、海水交換が常時行われる実際の海域では、アルカリ分の溶出が生物に与える影響は小さいと考えられる。

4. 現地実証試験

PS 灰造粒物の干潟造成材料としての特性を把握するため、PS 灰造粒物を熊本港近傍のエコテラス護岸に投入し、2009 年 8 月より現地実証試験を実施した。試験区の位置図とエコテラス護岸概要平面図を図-3 に、調査項目を表-4 に示す。試験では、室内試験と同様の前処理を行った PS 灰造粒物を用い、浚渫土との混合率を 0%, 40%, 70%, 100%に変化させた 4 つの区画と、対

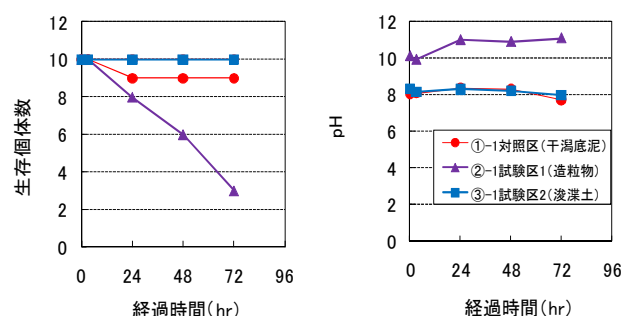


図-2 ヤマトオサガニの生存個体数と pH の経時変化

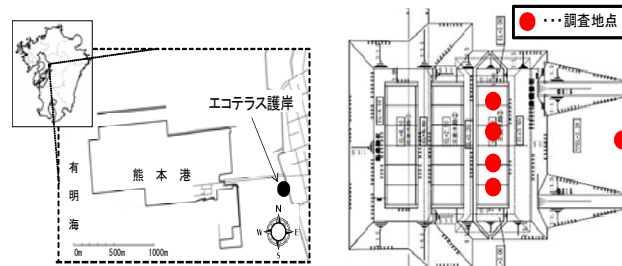


図-3 試験区の位置図とエコテラス護岸概要平面図

表-4 調査項目とサンプル採取方法

項目	底質	pH, ORP, 含水率, TN, TC, 粒度組成	
	水質	pH	
	生物	種類, 個体数, 巣穴数	
サンプル採取方法	底質	直接採泥(表層)	採泥器(上層, 中層)
	水質	現地で測定	
	生物	方形枠(25×25×10cm/地点/回)	

照区として護岸前面干潟の区画の計 5 区画を設定した。

材料投入後約 4 カ月の調査では、表層(0~1cm)付近ではいずれの試験区も pH に差はないものの、PS 灰造粒物と浚渫土の混合区では、底泥の上層(7~13cm)及び中層(17~23cm)で、pH が高い値(9~11)を示す傾向が見られた。その理由として、浚渫土を混合したことにより透水係数が小さくなり、泥深方向に海水が浸透しにくい状況が生じていたためと考えられる。生物に関しては、材料投入から 4 カ月程度しか経過しておらず、いずれの試験区も加入量が少なかった。しかしながら、今後春先にかけて生物の活性が高まるにつれて、生物の加入量が増加することが期待される。

5. まとめ

浚渫土砂を主材料とした PS 灰造粒物は安全な材料であり、海水への暴露及び浸漬に対しても粒状を維持することが分かった。一方、生物試験の結果、PS 灰造粒物からのアルカリ分の溶出による生物への影響が問題となり、pH 上昇対策が今後の課題として挙げられる。今後は現地実証試験を継続して行い、PS 灰造粒物の干潟造成材料としての特性を明らかにする予定である。

参考文献

- 1) 城戸優一郎, 西本聡, 佐藤厚子, 別紙正信(2005): 石炭灰、PS 灰の土木材料としての検討, 地盤工学会