

PS 灰造粒物の生物に対する影響に関する研究

熊本大学大学院自然科学研究科社会環境工学専攻 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 森本剣太郎

日本製紙 (株) 寺澤一雄, 小野寺勇雄, (株)福岡建設合材 福岡大造

1. はじめに

近年全国の閉鎖性海域では、赤潮の頻発化、生物相の変化とその種類・個体数の減少、底質環境の悪化等の環境悪化に伴う諸現象が顕在化してきており、大きな問題となっている。特に底質環境の悪化は、直接的にも間接的にも生物生息環境の悪化につながると考えられている。そこで現在、様々な底質改善策が実施されているが、既存の底質改善策には問題点があるものも多いのが現状である。悪化した底泥を直接除去する浚渫では、浚渫産地の出現や、大量に発生する浚渫土の処理が問題となっている。浚渫土は年間約 2000 万 m³ 発生しており、新たな処分場の確保が困難なことから、有効な再利用法の検討が急がれている。

一方、産業界では様々な産業廃棄物が排出され、リサイクルの機運が高まっている。製鉄過程の副産物である製鋼スラグや火力発電所等から排出される石炭灰は、排出量が多く、リサイクルのニーズも高いため、研究が進み既に製品化されているものもあり、一部は海域で底質改善材としての使用事例も見られる¹⁾。以上のように近年、一部の産業系廃棄物が海域の環境修復に使える可能性が示唆され、学術的成果が挙っている。これは 2000 年に発効された「循環型社会形成推進基本法」に代表されるように、「大量生産・大量消費・大量廃棄」の時代から、「循環、持続可能な発展」がキーワードとなる時代へと変遷したことが背景にある。

以上のことから、著者らは閉鎖性海域における底質及び生物生息環境改善の促進を目的に、PS (Paper Sludge) 灰造粒物を開発した²⁾。PS 灰造粒物は、産業廃棄物である PS 灰と浚渫土を混合し、造粒化したものである。本研究では、PS 灰造粒物の生物に対する影響及び、有用性等の検討を目的とした室内実験により得られた知見を報告する。

2. PS 灰造粒物

PS 灰造粒物は、PS 灰と熊本港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。浚渫土と PS 灰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。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困難なため、有効な再利用法の検討が急がれている。表-3 に PS 灰造粒物の物性を示す。粒径 2mm 以上のものが主体であり、暴露試験・振とう試験において粒状維持を確認した。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、安全性を確認した。今回使用した PS 灰造粒物は、PS 灰 100% 混合の①PS サンドと、コスト面等を考慮し、石炭灰を混合した②浚渫土の 2 種類である。

表-1 熊本港航路維持浚渫土の物性

粒度分布(%)	礫分	0
	砂分	1.1
	シルト分	76.5
	粘土分	22.4
含水比(%)		127.3
コーン指数		13
土粒子密度(g/cm ³)		2.638

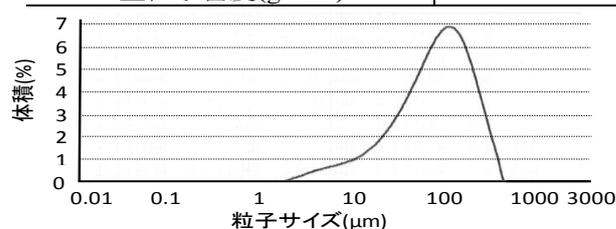


図-1 PS 灰の粒子サイズ分布

表-2 PS 灰の化学組成

組成(%)	排出時期	
	2007 年 9 月	2008 年 1 月
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	物性値	
造粒物の水分(%)	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
圧縮強度(N)	30.6	

3. 室内実験

3.1 実験方法

PS 灰造粒物 2 種「①PS サンド、②浚渫土」の生物に対する影響の把握及び、有用性等の検討を目的とし、2011 年 11 月に簡易的な生物毒性試験を熊本県天草市の臨海試験所「熊本大学沿岸域環境科学教育センター合津マリンステーション」の飼育棟で実施した。試験に際しては、PS 灰造粒物 2 種に加え、対照区として試験所前面海岸から採取した海砂及び、氷川ダムから採取したダム堆砂の計 4 種を準備した。試験では、水槽に海水と材料を重量比で 1 : 2 の割合で投入後、濾過海水をかけ流し (580ml/min) サイフ

オンによって排水を行うことで流水式とし、各水槽の pH が安定したのを確認後（24 時間後）、生物を投入した。試験開始後は、生物の状態を 1, 3, 6, 12, 24, 48, 72 及び 96 時間後に観察し、同時に試験液の水質（pH, DO, 水温）を測定した。なお、試験対象生物はアサリ、エビ 2 種（スジエビ, シラタエビ）、キチヌ（稚魚）、ウミニナ、アマガイの計 6 種で、キチヌ（稚魚）は試験所前面海岸にて採取したものを、その他の生物は熊本港周辺干潟で採取したものを、用いた。

3.2 実験結果及び考察

図-2 に各水槽の pH 測定結果を示す。いずれの水槽においても多少の pH の増減はあるものの、7~8 の範囲に収まっており、材料の違いによる有意な差は見られなかった。

アサリを投入した試験区では、各水槽とも試験開始 12 時間後までは死亡する個体は確認されなかったが、24 時間後に PS サンドを投入した試験区にて 1 個体の死亡が確認された。その後、各水槽で徐々に死亡する個体が確認され、最終的な生存個体数は、対照区である海砂の試験区で 8 個体、PS サンド及びダム堆砂の試験区で 9 個体となり、浚灰サンドの試験区では 10 個体と死亡した個体は確認されず、有意な差はなかった（図-3）。

キチヌ（稚魚）を投入した試験区では、試験開始 24 時間後までは死亡する個体は確認されず、48 時間後に PS サンドを投入した試験区にて 1 個体の死亡が確認されたが、他の水槽では実験終了時まで死亡する個体は確認されず、有意な差は見られなかった（図-4）。

エビ 2 種を投入した試験区では、試験開始 24 時間後から各水槽で死亡する個体が確認され、試験終了時の生存個体数は 4~7 個体となった。しかし、水槽内の様子を観察したところ、エビ同士が共食いをしている様子が確認された。何らかの原因によって死亡した個体が食べられているのか、共食いによって死亡したのかは確認できなかった（図-5）。

ウミニナ、アマガイの腹足類 2 種は、水槽外に出てしまう個体が多く、砂に潜った個体の生存確認が困難であったため、試験終了時に生存確認を行ったところ、全個体の生存が確認された。

すべての生物の試験結果から、材料の差による生物の生存個体数は有意な差は見られず、PS 灰造粒物 2 種は対照区である海砂と同等の生物生息環境であることが示唆され、生物に悪影響を与えないことが確認された。生物の生存個体数の減少は、濾過海水を使用したことによって、栄養分の供給が無かったためと考えられる。

エビについては共食いによる生存個体数の減少の可能性があるので、生物毒性試験には不向きであることが分かった。ウミニナ、アマガイ等の腹足類は水槽外への脱出及び、生存確認が困難であることから生物毒性試験には不向きであることが分かった。

4. まとめ

実験結果から PS 灰造粒物 2 種は、対照区である海砂と比較して pH, 生物の生存個体数共に有意な差は見られず、生物の生息基盤としての使用に関して安全な材料であることが明らかとなり、実海域における使用に関して問題は無いと考えられる。

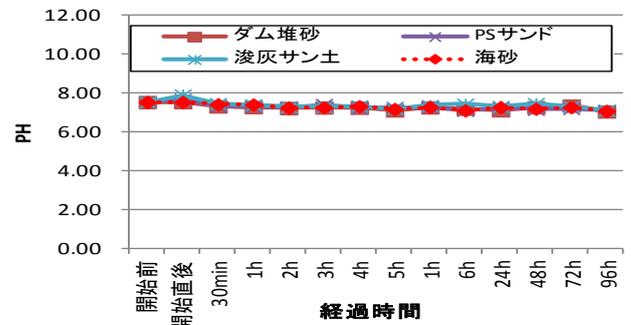


図-2 pH 測定結果

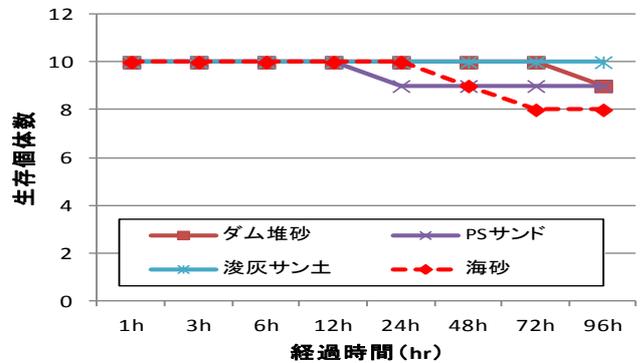


図-3 生物観察結果（アサリ）

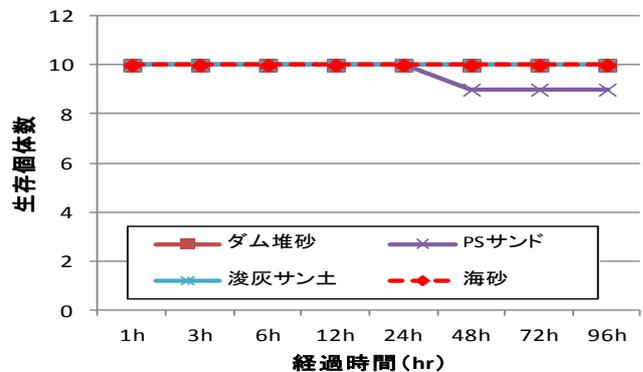


図-4 生物観察結果（キチヌ）

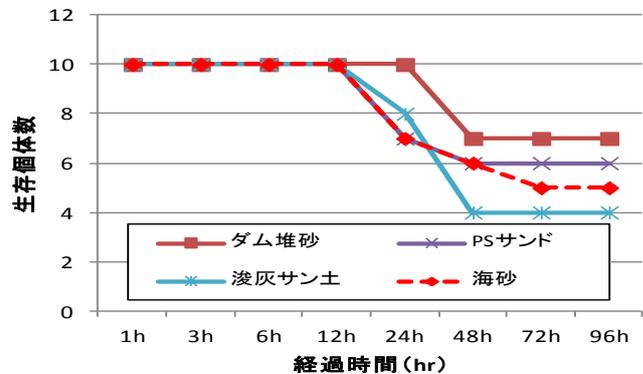


図-5 生物観察結果（エビ 2 種）

参考文献

- 1) 池田陵志 他: Hi ビーズによる環境改善効果について, 土木学会第 58 回年次学術講演会, pp. 623-624, H15.
- 2) 久保田健 他: PS 灰造粒物による閉鎖性海域における底質環境改善技術の開発, 海洋開発論文集, Vol.26, pp. 675-680, 2010.