

## 石炭灰造粒物の環境改善効果に係る基礎的性状

(株)エネルギー・エコ・マテリア 正会員 ○樋野 和俊 柳楽 俊之 福間 晴美 斉藤 直

### 1. はじめに

(株)エネルギー・エコ・マテリアでは、石炭火力発電所から発生する石炭灰を土工材料へ有効利用するため、研究・技術開発を推進し、中国地方において有効利用技術を幅広く実用化してきた。

近年、この有効利用技術の一つである石炭灰造粒物を覆砂材料として、閉鎖性海域での富栄養化に伴う水質環境改善に使用されてきている。本稿では、石炭灰造粒物の基礎的性状を分析した。この分析結果により、覆砂等による環境改善効果の要因について報告する。

表-1 石炭灰造粒物の物理特性

品質項目	単位	試験方法	規格値	摘要
土粒子密度	t/m <sup>3</sup>	JIS A 1202	2.1~2.4	
乾燥密度	t/m <sup>3</sup>	JIS A 1225	0.8~1.1	
湿潤密度	t/m <sup>3</sup>	JIS A 1225	1.0~1.4	
含水比	%	JIS A 1203	15~35	
粒度	-	JIS A 1204	図-1参照	
最適含水比	%	JIS A 1210	20~30	
吸水率	%	JIS A 1110	15~25	

### 2. 石炭灰造粒物

石炭灰造粒物は、微粉炭燃焼方式の石炭火力発電所から産出するフライアッシュに高炉セメントを10~15%添加し、転動造粒方式により平均粒径10mmに造粒したものである。表-1に主な物理特性を示す。

### 3. 石炭灰造粒物の覆砂効果

石炭灰造粒物の覆砂効果としては、主に底泥からの窒素・リンの溶出抑制や、巻き上がりによる濁り抑制などがあげられ、島根県・鳥取県の県境に位置する中海での実施フィールドにおいて、ベントス・魚類・貝類の生育が改善され、また珪藻類の着生も確認されてきている。水質についても、浅岡・山本(2009)；浅岡ら(2009)の研究によりリン等の吸着効果がこれまで報告されている他、中海の現地試験においても間隙水のORPの改善やDO濃度の上昇が確認されている。<sup>1)</sup>

上記の効果は、これまで覆砂材として使用されてきた海砂とは異なる様相を呈していることから、石炭灰造粒物は単なるカバーリング材の効果以上の特性を持ち合わせていることが想定される。

本稿では、環境改善に係わるメカニズムを解明するために、石炭灰造粒物の基礎的性質の分析を行い、その一考察を行った。

### 4. 石炭灰造粒物の基礎的性状

フライアッシュの化学組成は、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が全体の70~80%を占めている。フライアッシュに高炉セメントを混合後、転動造粒した石炭灰造粒物の化学組成も同様に主たる成分はケイ素、アルミニウムと無機酸化物にセメント成分が加わったものとなっている。測定結果の一例を表-2に示す。分析はJISA6201、JISM8815に準じて試験を行った。なお、石炭灰造粒物のpH値は11とアルカリ性を呈していた。

また、水銀圧入法により細孔径測定を行った。測定に際し、前処理として石炭灰造粒物を粗割りした後、120℃で4時間乾燥させた。測定装置はオートポアIII9420(MICROMERITICS社製)を用い、細孔半径範囲が0.0018~100μmの

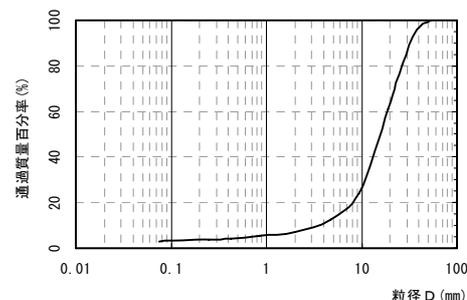


図-1 粒度分布



写真-1 石炭灰造粒物覆砂状況(3年経過)

キーワード : 石炭灰有効利用, 水質改善, 覆砂, 細孔径分布

連絡先 : (株)エネルギー・エコ・マテリア (〒730-0042 広島市中区国泰寺町1丁目3番32号 TEL: 082-523-3510)

細孔径分布を測定した。測定結果を表-3 に示す。

平均細孔径は 220 Å (細孔半径 110 Å) と活性炭の細孔径 (10~200 Å) に近い。また、図-2 の細孔径分布より、石炭灰造粒物の細孔径は 20~1000 Å の範囲に分布しており、メソポア・マクロポアに分類される。石炭灰造粒物の気孔率は 40% あることから、無数の微細孔を保有していることがわかり、この微細孔の壁が大きな表面積となることから、物質の吸着については優位に働くものと考えられる。

石炭灰造粒物の SEM 写真を写真-2 に示す。フライアッシュの球状粒子および反応物である針状結晶が観察された。XRD において結晶構造を同定した結果では、SiO<sub>2</sub> (クォーツ)、Al<sub>6</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>13</sub> (ムライト) にピークが認められている。

5. 環境改善に係る一考察

浅岡ら (2008) の研究<sup>2)</sup>によれば、硫化物イオン吸着試験における石炭灰造粒物の飽和吸着量は 108mg-S/g と高く活性炭に匹敵するものであった。また硫化物イオン低減機構は吸着だけではなく、パイライト (FeS<sub>2</sub>) の形成や Sulfur (S<sup>0</sup>) の生成によるものもあるとされている。石炭灰造粒物の細孔容積は 0.29mg/L と多く、ポア Size もメソポアが大半を占めていることから優位な吸着効果が働いたものと考えられる。さらに、石炭灰造粒物からの珪藻類着生に寄与する Si イオンや Ca イオン等の溶出についても、細孔を含めた比表面積が高いことから、溶出量も多いと推定され、水質環境改善に有効であると考えられる。

6. まとめ

本稿では石炭灰造粒物の基礎的性状として、化学組成・細孔容積を測定し、覆砂材等の環境改善材として優位に働いているメカニズムについて、既往の研究も含め考察を行った。石炭灰造粒物には微細な無数の孔が存在し、物質の吸着や溶出などが、この界面での物質のやりとりにより有利に働き、富栄養物や生物生息に悪影響を及ぼす硫化物イオンの吸着に寄与したものと考えられる。また、石炭灰造粒物はアルカリ性を呈していることから、硝化等によって酸性化した底泥の pH を中和するのに有効である。現在、実海域で活用した場所においても継続的な改善効果が認められており、今後も改善メカニズムに関して研究を進めていく計画である。

7. 参考文献

- 1) 福間晴美・日比野忠史・山本民治・斉藤直 (2009) : 石炭灰造粒物覆砂による環境修復効果—汽水域をフィールドとして—, 海岸工学論文集, Vol. 56
- 2) 浅野聡・山本民治・早川慎二郎・吉岡一郎・田中等 (2008) : 石炭灰造粒物による沿岸海域有機質泥からの硫化物イオンの吸着, 水環境学会誌, Vol. 31 (No. 8)

表-2 化学成分含有量 (測定例)

化学成分	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
造粒物	50.7	23.4	6.1	9.6	1.2	0.48	0.47	2.15
フライアッシュ	56.5	22.1	5.9	4.6	1.0	0.3	0.4	1.2

表-3 水銀圧入法による細孔径測定

累積細孔容積 (mL/g)	平均細孔半径 (μm)	気孔率 (%)	かさ密度 (g/mL)	真密度 (g/mL)
0.29	0.011 (110 Å)	40	1.4	2.34

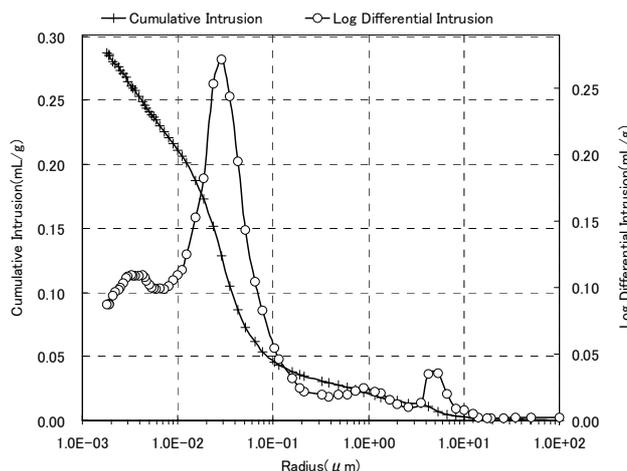


図-2 石炭灰造粒物の細孔径分布

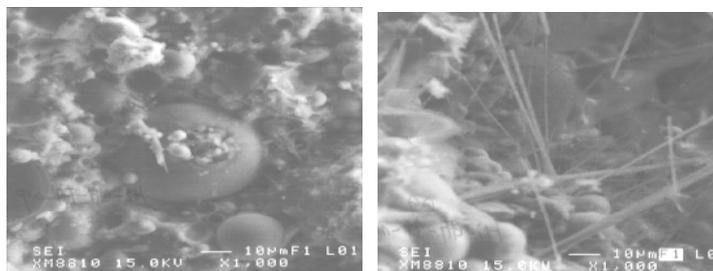


写真-2 石炭灰造粒物 SEM