

石炭灰造粒物のフィルター材としての物理化学特性

広島大学 正会員 ○中下 慎也
 エネルギー総合研究所 正会員 井上 智子
 広島大学 学生会員 高田 大貴

1. 目的

石炭灰造粒物は火力発電所から排出される石炭灰をセメントと混合して粒径 0~40mm 程度に造粒・固化したものである。石炭灰造粒物はこれまでヘドロ化した海底や河岸の覆砂材や透水性の低下した干潟への透水材料としての利用，アサリやアマモの育成基盤としての利用など多くの実績がある¹⁾。本研究では，更なる石炭灰造粒物の用途拡大を図るため，石炭灰造粒物を河川や海底，または下水処理施設などに層状に設置し，通過する水塊をろ過するフィルター材として用いた場合の濁質捕捉能力や栄養塩除去能力について検討した。

2. 石炭灰造粒物層による濁質捕捉効果の解明

図 1 に示す回流水槽を用いて石炭灰造粒物層による濁質捕捉実験を行った。回流水槽はタンク容量が 571L で 0.1 cm/s ~ 50 cm/s の範囲で流速を変化させることが可能である。回流水槽の中央部に目合いが 2mm 程度の土のうに石炭灰造粒物を入れ，土のうを複数個重ねることで石炭灰造粒物層を設置した。回流水槽には水道水を満たし，海底泥を濁度が 250~300 になるまで混合して濁水を作成した。図 1 に示すように石炭灰造粒物層の下流側で濁度計 (TD-M500) を用いて経時的な濁度の変化を測定するとともに，濁水を採水し，粒度分布を測定した。実験条件はで実施し，石炭灰造粒物層の設置で捕捉可能な有機泥量の把握，洪水時における石炭灰造粒物層に堆積した有機泥の流出量の把握を目的として表-1 に示す 5 通りの実験を実施した。

Case1 と Case2 を比較すると，濁度の変化は初期に大きな違いがあるものの，その後は同程度である。また，Case2 と Case3 を比較すると石炭灰造粒物の土のうが多い（造粒物層が厚い）と濁質捕捉量が向上することがわかる。Case2，Case3 の濁度の減少は初期に大きいため，石炭灰造粒物層の濁質捕捉能力は初期に高いことがわかる。Case3 と Case4 を比較する

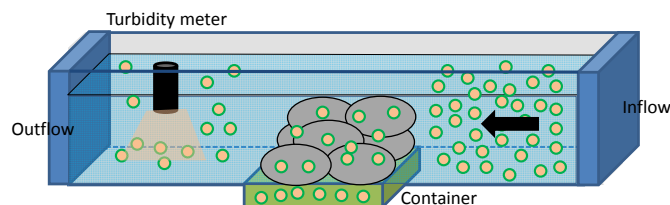


図 1 回流水槽を用いた実験の模式図

表 1 実験条件

Case	Bag	Period1		Period2		Period3		Period4	
		Vel. [m/s]	Time [h]	Vel. [m/s]	Time [h]	Vel. [m/s]	Time [h]	Vel. [m/s]	Time [h]
1	0	0.1	2.5	-	-	-	-	-	-
2	5	0.1	2.5	-	-	-	-	-	-
3	10	0.1	2.5	-	-	-	-	-	-
4	10	0.1	2.5	0.5	0.5	-	-	-	-
5	10	0.1	1	0.5	0.5	0.8	0.5	0.1	0.5

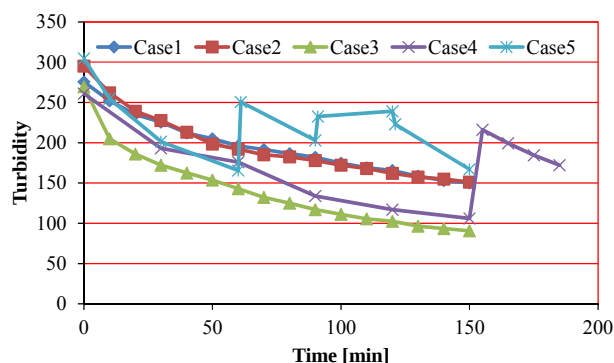


図 2 各実験 Case における濁度の経時変化

と，流速が上昇すると，堆積していた濁質が流出することがわかる。また，断続的に流速を増加させた Case5 では流出直後に濁度が増加するものの，その後低下し，初期の濁度まで増加していないことから，継続的な捕捉効果は維持されていることがわかった。

3. 石炭灰造粒物層による化学的な環境改善効果の解明

石炭灰造粒物層による物理的な濁質捕捉効果だけでなく，石炭灰造粒物からのイオンの溶出による化学的な環境改善効果を明らかにするため，図 3 に示す低流速での実験を実施した。実験では①連続通水による吸着・固定効果の持続性の検討，②連続通水

キーワード 石炭灰造粒物，濁質捕捉，物理特性，化学特性

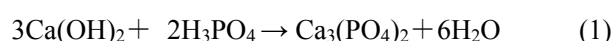
連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻 TEL : 082-424-7818

後、半日程度浄化槽内に汚水を静置させることで吸着・固定効果の持続性の検討、③浄化槽内の汚水を排水し、1日気中にさらして酸素を供給することによる浄化効果の回復の3つの点に注目して実施した。

Case1は通水開始直後、Case2は通水5時間後、Case3は通水7.5時間後、Case4は通水10時間後、Case5は半日後汚水を再通水したもの、Case6は一日気中酸化後再通水したものである。実験は、φ100mmの高さ400mmの塩ビパイプ内に石炭灰造粒物を詰め（間隙率=40%程度）、ポンプを用いて垂直方向上向きに濁水を0.31cm³/s（0.004 cm/s）の流量で連続通水した。それぞれのCaseにおいてInflow, OutflowのpH, EC, Caイオン、濁度、PO₄³⁻, NH₄⁺, COD等を測定した。

図4に各Caseにおける濁水の通過前後の濁度の変化を示す。すべてのケースにおいてOutflowの濁度はInflowよりも低い値となっており、石炭灰造粒物層によって濁質が捕捉されていることがわかる。

図5にInflowとOutflowのPO₄³⁻, NH₄⁺の変化を示す。石炭灰造粒物によるPO₄³⁻の固定効果は、透水開始からCase1で最も高い効果を発揮しており、除去率は82.3%となった。Case1以降の除去率はCase4にかけて低下傾向にあるものの、今回の連続通水においては除去効果の継続が確認された。さらに、半日静置、24h酸化させることでリンの固定効果は上昇した。PO₄³⁻は石炭灰造粒物から溶出されるCa²⁺によって以下の式にて固定されると考えられる。



NH₄⁺についてもPO₄³⁻と同様に除去率は透水開始からCase1で最も高い値を示しており76.5%となった。Case1以降、除去率は確認できるもののCase4にかけて低下傾向にあった。Case5による吸着効果の低減はみられなかったが、Case6の除去率は低下していた。アンモニウムイオン(NH₄⁺)とアンモニア(NH₃)はpHによってその存在率が変化するため、NH₄の低下は石炭灰造粒物層を通過することによるpHの上昇に伴い、NH₄⁺からNH₃へ形態が変化することが考えられる。また、石炭灰造粒物には硫化物イオンやPO₄イオンを吸着する効果があることが知られており、同様の効果でアンモニウムイオンが吸着された可能性も考えられる。

4. まとめ

石炭灰造粒物をフィルター材として用いた室内実

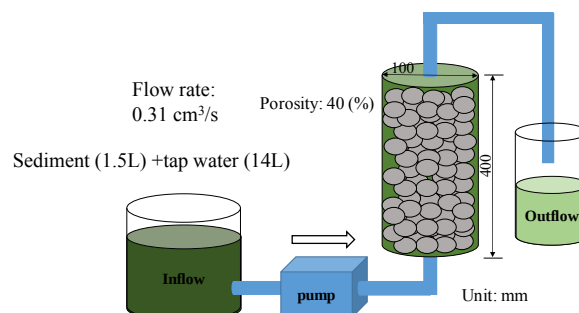


図3 室内実験の模式図

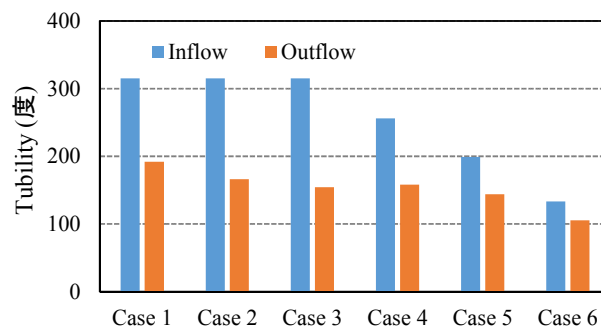


図4 各Caseにおける通過前後の濁度の変化

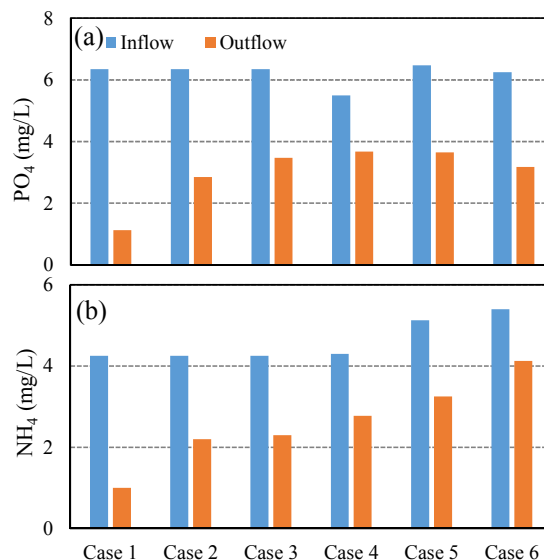


図5 各Caseにおける通過前後の(a)リン酸、(b)アンモニウムイオンの変化

験より、以下の点を明らかにした。

- 1) 石炭灰造粒物層の設置により未設置の場合と比較して2倍程度濁質を捕捉することができ、石炭灰造粒物層の厚さを増やすことで捕捉量を増やすことができる。
- 2) 0.004 cm/s程度の流速場においても石炭灰造粒物層の物理的な濁質の捕捉効果があり、石炭灰造粒物から溶出するカルシウムイオンにより、リン酸を固定することができる。

参考文献

- 1) 中本健二：石炭灰造粒物による沿岸域の底質環境改善技術に関する研究，広島大学博士論文，2017。