

ゼオライト質凝灰岩・廃セメントスラリー複合濾材の浄化性能に関する実験的検討

Purifying Performance Evaluation of Composite Material Using Zeolitic Tuff and Waste Cement Slurry

内田一徳 , 川本陽介 , 藤原雅洋 , 西田一浩

Kazunori Uchida, Yosuke Kawamoto, Masahiro Fujiwara, Kazuhiro Nishita

1. はじめに 現在, 全国各地の湖沼・河川・水路では富栄養化による水質汚染が問題となっている。特に窒素やリンは富栄養化の原因となるため, これらの効果的な除去が重要な課題である。

水中の窒素除去法の一つとして, ゼオライト質凝灰岩を用いたアンモニア除去がある¹⁾。しかし構造が脆く, 単体で水質浄化濾材として用いるには適していない。本研究では, 凝灰岩に廃セメントスラリーをコーティングして強度を高めた複合濾材を作製し, アンモニアとリン酸の除去能力について回分試験によって検討した。

2. 濾材の作製 試験に使用した濾材を Table 2 に示す。凝灰岩, セメントスラリー粒状体および活性炭は, セメントスラリーコーティング凝灰岩の比較として用いた。これらは 40 で 4 時間蒸気圧養生した後, オートクレーブ処理 (180 , 8 気圧, 4 時間) を施し, セメントを多孔質化させた。活性炭は何も処理を施していない。各濾材の粒径は 7~10mm である。廃セメントスラリーとはコンクリート杭の遠心成型時に排出される廃棄物で, オートクレーブ処理を施すと, 多孔質化および珪酸カルシウム水和物が生成され, リン酸の吸着力が高まること確認されている²⁾。本研究では成分の似た人工セメントスラリーを使用した (成分は Table 1 参照)。

3. 試験の概要 試験装置の概略図を Figure 1 に示す。濾材は濾過槽に 1.57l 投入し, 濾過槽にはポンプを用いて 1.0cm/s の流速で人工汚水を循環させた。水槽内の人工汚水の容量は 35l である。人工汚水は Table 3 で示した各成分を水道水に適量混合して作製した。試験中, 水温は 20 に保ち, DO 濃度は各試験開始時に 8.0mg/l 以上となるように曝気を行った。

Table 1. Components of cement slurry

Analysis by XRF spectrometer (Rigaku Co., Ltd. RIX 3511)

Component	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
%	37.4	7.8	3.2	50.0	1.5

Table 2. Materials examined in this study

Material	Abbreviation	CEC (meq/100g)
Zeolitic tuff By autoclave curing	ZT	82.7
Particles of cement slurry By autoclave curing	CS	16.5
Zeolitic tuff coated with cement slurry of 13%	TC13	-
Zeolitic tuff coated with cement slurry of 26%	TC26	-
Activated charcoal	AC	-

It is the ratio of theoretical thickness of cement slurry to particle size of zeolitic tuff.

Table 3. Composition of waste water

Element	Concentration	Compound used
NH ₄ ⁺ -N	1.0mg/l	NH ₄ Cl
NO ₃ ⁻ -N	2.0mg/l	KNO ₃
PO ₄ ³⁻ -P	0.12mg/l	KH ₂ PO ₄
CH ₃ COONa	40mg/l	CH ₃ COONa
(COD _{Mn})	7.0mg/l	-
pH	7.7	-

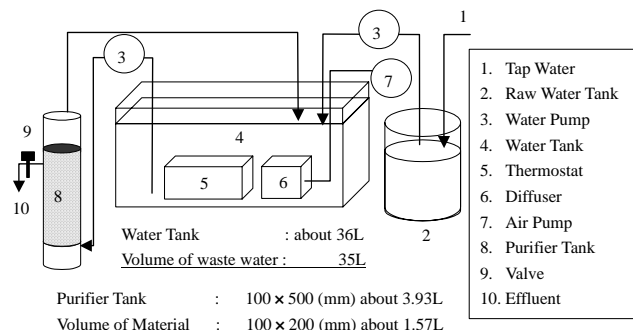


Figure 1. Schematic view of equipment

水処理試験は回分試験を用いた。濾材は取替えず、人工汚水を3日間隔で入れ替え、繰り返し試験を行った。試験開始1時間後と2時間後のサンプルを取水して溶液の分析を行った。分析方法は JIS K 0102 に準じた。

4. 試験結果と考察 Figure 2はpHの変化を示している。1~3期(1期は汚水を入れ替えるまでの期間のこと)では、セメントスラリー含有濾材 CS, TC13, TC26(略称は Table 1 参照)のアルカリ溶出により pH が上昇した。4期以降は pH の上昇はみられなかった。Figure 3は DO 濃度の変化を示している。凝灰岩(ZT)は2期から、CS, TC13, TC26は4期から、DO 濃度が急激に低下しており、微生物による DO 消費が確認できる。CS, TC13, TC26はアルカリ溶出により微生物の増殖が抑制され、凝灰岩 ZT に比べて増殖開始が遅れたと解釈できる。

Figure 4は各試験開始2時間後のリン酸態リン(以下、 $PO_4^{3-}\text{-P}$ と表す)濃度の変化を示している。CSは1期において約55%のリン酸の除去効果が認められる。除去はセメントに含まれるカルシウムとの結合によるものと考えられ、初期のみ結合による除去効果がみられた。CS, TC13, TC26では1~3期でリン酸の除去量が減少する傾向が確認できる。これは pH 上昇により微生物の増殖が抑制され、リン酸の吸収量が少なかったためと考えられる。凝灰岩 ZT では2期から微生物のリン酸吸収により約95%のリン酸の除去が確認できる。試験を継続するに従い、活性炭 AC を除いた濾材はリン酸の除去率が低下した。これは微生物の増殖がピークに達し、リン酸の吸収量が減少したためと考えられる。

Figure 5は各試験開始2時間後のアンモニア態窒素(以下、 $NH_4^+\text{-N}$ と表す)濃度の変化を示している。最も $NH_4^+\text{-N}$ の除去率が高かったのは凝灰岩である。2時間後の濃度は平均 0.25mg/l であり、除去率は約75%であった。凝灰岩表面にコーティングしたセメントスラリー層が厚くなるほど、 $NH_4^+\text{-N}$ の除去率は低下する傾向がみられた。またセメントスラリーによる $NH_4^+\text{-N}$ 除去機能はないといえる。

5. まとめ 凝灰岩にセメントスラリーをコーティングするとアンモニアの除去率は低下したが、コーティング厚さを薄くすることで除去率を高く保つことが可能である。リン酸の除去は主に微生物が栄養分として吸収するのみで、長期にわたる除去効果はいずれの濾材も期待できないと考えられる。

参考文献：1) J.R. Klieve and M.J. Semmens. *Water Research*, 14, pp.161-168, 1979.

2) 羽田野一幸：多孔質ケイ酸カルシウム水和物の新利用, *Gypsum & Lime*, 243, pp.26-32, 1993.

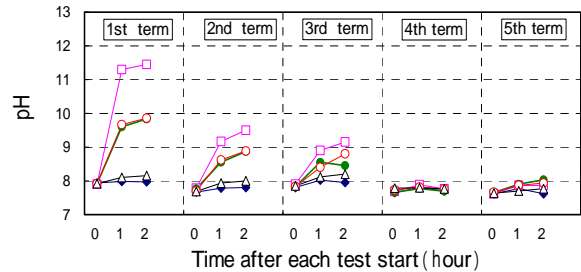
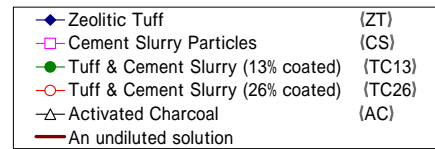


Figure 2. pH of the waste water

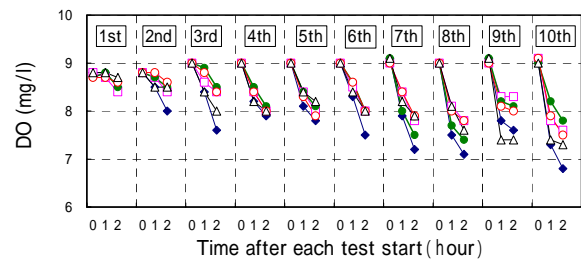


Figure 3. Concentration of DO in the waste water

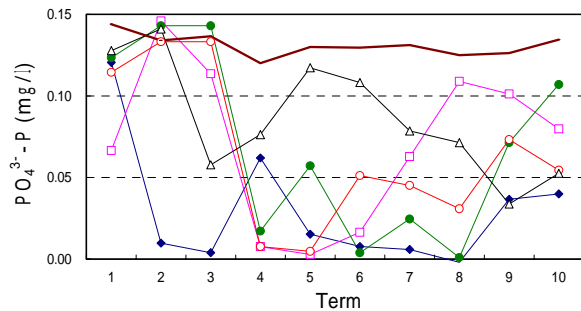


Figure 4. Concentration of ammonium in the waste water for 2.0 hours after each test start

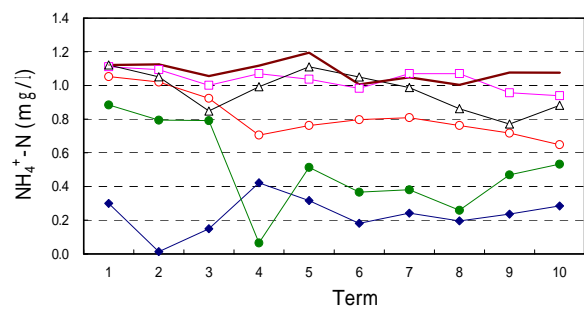


Figure 5. Concentration of phosphate in the waste water for 2.0 hours after each test start