

N-1 パーライトを浮上ろ材に用いた経済的で 簡素な上向流高速濁度除去装置

○高橋 大介^{1*}・青井 透¹

¹群馬工業高等専門学校・専攻科環境工学専攻（〒371-0845群馬県前橋市鳥羽町580）

*E-mail: aoi@cvt.gunma-ct.ac.jp

1. はじめに

群馬県内A緩速ろ過浄水場では、定期的にろ過池の表層砂を掻きとり、水洗浄後再生利用しているが、砂の洗浄に写真1に示すような自動洗浄機を使用している。この砂洗浄排水には、流入水に由来する濁度成分とろ過池で発生する藻類が含まれるが、有機物含有量は概ね15%であり、シルト・粘土などの微細な無機粒子が主成分である。

この洗浄排水を対象として、極めて短時間で固液分離できる上向流高速濁度除去装置を開発した。このシステムは、浮上ろ材として天然素材であるパーライト（土壌改良材）を使用する、簡素で経済的な資源循環型システムであり、適用可能性が高いと思われたので、実スケールに近いカラム長での実験を行い、その結果を報告する。

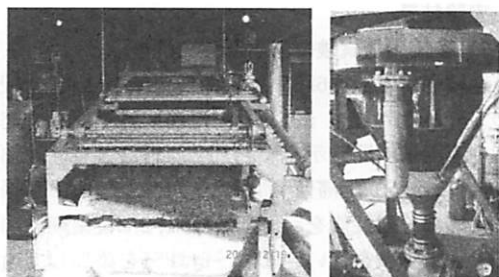


写真1 A浄水場のろ過砂洗浄装置（右は洗い砂排出部）

のである。パーライトは、比重が0.1～0.2と非常に小さいため水に浮き、独立気泡を持つため粒芯に浸水せず、半永久的に軽量性を維持することができる。このろ材は洗浄を行うことにより、繰り返し使用でき、また天然素材である黒曜石でできているため、ろ過により回収したSSにろ材破片が混ざってしまった場合でも、プラスチックの浮上ろ材とは異なり、回収SSが天日乾燥や脱水後そのまま農地へ資源利用できるという利点がある。

さらにこのろ材は、1リットルあたり22円程度（小口購入の場合）ととても安価であり、摩耗してろ過性能が低下した場合追加補充も容易である。

パーライトは土壌改良材として広く利用されている天然素材であるため、ろ材として使用し終えたものは分離泥と共に土壌還元され、循環利用できる。

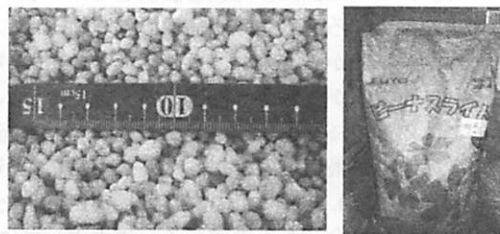


写真2 上向流ろ過に使用したパーライト（平均粒径5mm）/右は製品袋外観

2. 浮上ろ材として用いたパーライトの特性

この装置に用いた浮上ろ材は、パーライト（写真2）であるが、パーライトとは、黒曜石や真珠岩を高温で熱処理してできる発泡体である。黒曜石や真珠岩は高温で熱せられると、その内部に結合水として含まれている水分が水蒸気となって膨張し、多孔質の軽量素材となる。この素材は多孔質という特性から、排水材、土壌改良材、園芸培養土、保温材などとして広く用いられている。

本装置で使用したパーライトは、芙蓉パーライト株式会社製¹⁾であり、長野県和田峠黒曜石（旧石器の主要材料でもある）を加工した、平均粒径5mmのもの

3. 実験方法

(1) 実験に用いた原水

緩速ろ過の砂洗浄排水は、浄水場へ流入する河川水の濁りや、ろ過池で発生する藻類種などにより、日によってSS濃度と組成が変化することがわかっている。浄水場でポリタンクにつめた洗浄排水を実験室に持ち帰り、カラム通水試験を実施した。特に粒径について注目し、顕微鏡写真によりSSの平均粒径・最大粒径を測定した。洗浄排水の採水は、2008年3月5日、19日、25日、6月10日、12日に実施した。SSブロックの顕微鏡写真を写真3に示す。

(2) 使用した凝集剤

SSの粒径は日によって変化することが分かった。粒径が大きい場合には直接ろ過が可能であったが、粒径の小さい(<100 μm)場合には、良好な除去性能を得るために凝集が必要であった。回収泥の農地利用を想定し、凝集剤としてアルミ系ではなく土壤還元可能とされる浄水用無機高分子凝集剤、ポリシリカ鉄(PSI)を用いた。予備試験としてPAC、塩化第二鉄、PSIを用いて比較ジャーテストを行ったが、PSIが最も良好であった。鉄とリンの結合は、アルミとリンの結合ほど強固でないため、PSIを凝集に用いた回収泥は、農地利用時にリン飢餓を発生させないといわれている²⁾。

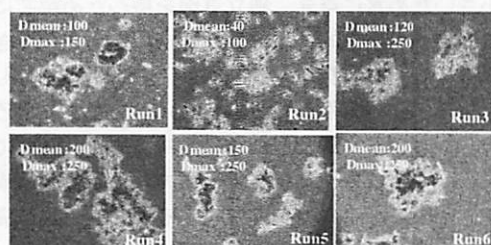


写真3 4.4mカラム連続通水試験時のSS粒子顕微鏡写真(RUN1, 2は無薬注、RUN3, 4, 5, 6は凝集) 図中の数字はフロック径(μm)

(3) 実験装置と試験方法

浮上ろ過実験装置(図1)として、内径65mm、高さ4.4m(容積18.5リットル)の透明塩ビカラムを使用した。浮上ろ材として用いたパーライトは浮力が大きいので、カラム上部に多孔板を設置してパーライトの浮上を抑え、ろ過水のみが通過できるようにした。原水は下部から流入し、カラム通過中にSSが捕集され、ろ過水が上部から流出する。透明カラムのために、内部のSS抑留状況が観察できるが、壁面とろ材との空隙が最も空隙率が高く一部短絡現象が観察された。また4.4mのカラム高さは、実用化したときのスケールに合せたものである。送水ポンプには、三連式のベローズポンプを用い、凝集が必要な場合には、原水を入れた容器に直接PSIを添加し、回分的に凝集させた後、ミキサーで緩やかな攪拌を行いながらポンプで送水した。ベローズポンプは渦巻ポンプに比べて、フロックを破壊しにくい特徴がある。ろ過終了時には、パーライトが浮上すること

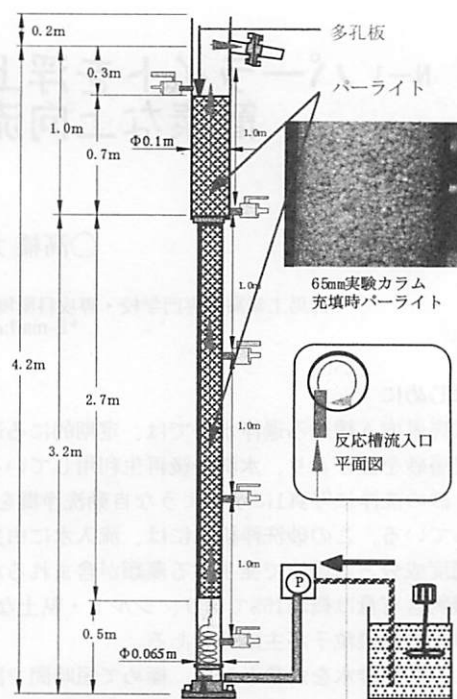


図1 4.4m上向流($V=18.5\text{リットル}$)ろ過装置外形寸法

により生じた空間に、分離された泥が堆積するが、流入口を開放することにより、自然流下により容易に堆積泥を排除することができた。

4. 実験結果

(1) 連続通水試験によるSS除去性能

連続通水試験を6回実施したが、その結果をまとめて表1に示した。表1に示した滞留時間はろ材充填時の実滞留時間を示しており、空塔滞留時間は約1.8倍となるが、実滞留時間が8~12分と短いにも係らず良好な分離性能を示した。RUN1, 2は凝集剤添加無しで通水試験を行い、RUN3~6はPSIを添加して通水試験を行った。また、RUN3は流量負荷を上げて滞留時間をさらに短縮した試験であり、RUN4は通水時間を3.5時間まで延長した試験である。RUN5は1回目の連続洗浄試験で摩耗し装置下部に溜まったパーライト片を取り除かない状態、RUN6は取り除いた状態で試験を行った。

表1 4.4mカラム連続通水試験のSS除去性能一覧(砂洗浄水使用)

RUN	凝集条件		流入量 ml/min	LV m/H	SV 1/H	実滞留 時間 min	通水 時間 min	平均SS濃度		SS 除去率 %	平均 粒径 μ m	最大 粒径 μ m	使用原水
	凝集剤 種類	添加率 mg/l						原水 mg/l	ろ過水 mg/l				
1	なし		1010	18	4.2	11.5	45	451	37	91.8	100	150	3月5日
2	なし		965	17	4.0	12.6	80	612	83	86.4	40	100	3月19日
3	PSI	5	1487	26	6.2	7.9	85	547	150	72.6	120	250	3月19日
4	PSI	5	1013	18	4.2	11.8	225	353	43	87.9	200	250	3月25日
5	PSI	5	1010	18	4.2	16.4	201	314	0	100.0	150	250	6月10日
6	PSI	5	973	17	4.0	19.3	141	653	5	99.2	200	250	6月12日

各RUNの原水及び処理水濃度の経時変化を、図2に示した。RUN1, 2では原水SS濃度が400～700mg/lであったが、無薬注にも係わらずRUN1の場合は処理水SS濃度は<50mg/l(平均粒径100 μ m)であり、RUN2の場合は50～100mg/l(平均粒径40 μ m)と極めて良好な除去性能を示した。このときのLV(linear velocity)は17m/H(400m/D), SV(space velocity)は4/Hであった。

RUN3では原水にPSIを5mg/l(Fe換算)添加して凝集し(平均粒径120 μ m)、原水流入量を増加させて(LV=26m/h, SV=6.2)運転したが、壁面効果でバイパスする率が高く、処理水濃度が上昇したため、70分以降は流量をRUN1の条件に減少させたところ、処理水の濃度も改善した。RUN4では同様に凝集後(平均粒径200 μ m)、長時間継続運転を実施したところ、処理水SS濃度は1時間以降<20mg/lで推移したが210分後に急上昇したのは、ろ材中のSS飽和によるものと思われる。RUN5, 6でも同様に凝集後、LVを17m/Hで運転したところ、RUN5(平均粒径150 μ m)では終始SS濃度がほぼ0mg/lであった。これは使用した原水の性状が良好であったためと思われる。またRUN6(平均粒径200 μ m)では原水SS濃度が徐々に高くなるにも関わらず、120分過ぎまでSS濃度<50mg/lを保つことが出来た。

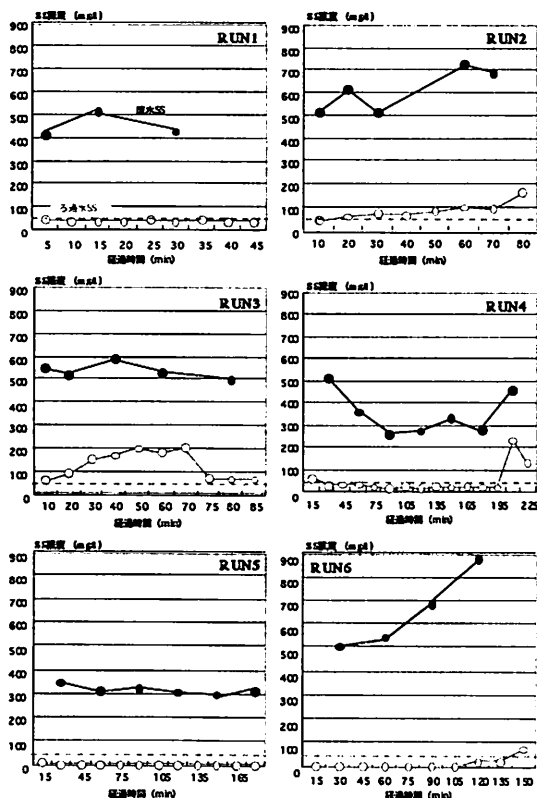


図2 4. 4m浮上ろ材上向流ろ過装置各RUNの流入SS、ろ過SS濃度の経時変化

(2) SS除去性能とSSフロック径の関係

SS除去性能とフロック径の関係は明確であった。写真3と表1からわかるように、フロック径が<100 μ mの場合には除去性能が低下し、凝集の有無に係わらずフロック径が>100 μ mの場合には処理水濃度は50mg/l程度で安定した性能を示した。

(3) 浮上ろ材の洗浄試験

通水終了時には、ろ材のないカラム下部に分離した泥が集積するが、下部から排水することにより、堆積泥は速やかに排除され、水面の低下に伴い浮上ろ材も降下するために、ろ材中に抑留されたSSが、ろ材から剥離して降下する。排水後カラム内容積に相当する水を上部から2回降りかけ洗浄することにより、抑留したSSは殆ど排出され、ろ材に堆積する傾向は観察されなかった。パーライトは強い強度を持たないため、空気洗浄は困難であるが、自然流下による逆流洗浄(ろ材の上下移動)により十分な洗浄が可能であることがわかった。

(4) 浮上ろ材の摩耗試験

パーライトはあまり強い強度を持たないため、装置稼働中に摩耗することが予想される。そこで摩耗の程度を連続洗浄試験により求めた。運転方法はレベルスイッチと遅延タイマーの組合せで行い、洗浄回数をカウンターで記録した。その結果、1日あたり2回の洗浄を行うと仮定し換算すると、1年でろ材の体積は試験前の体積に対し27%摩耗することがわかった。また、RUN5, 6はこの試験の後に行った連続通水試験であるため、パーライトが摩耗した後でも、安定したろ過性能が得られると考えられる。

5. まとめ

今回開発したパーライトをろ材に用いた上向流高速濁度除去装置は、シンプルでコンパクトながら、高い濁度除去性能が発揮できることがわかった。

また本装置の分離性能は粒子径に依存するので、必要に応じてPSIで凝集することにより、安定した性能が発揮することができた。そして除去された固形分は農地への資源循環利用が可能である。

謝辞

本実験で用いたパーライトは芙蓉パーライト(株)殿、またPSIは(株)ヤマト殿より供給頂いた。お礼申しあげる。

参考文献

- 1) <http://www.fuyo-p.co.jp/paraito/index.html>
- 2) 有村源介、増田 裕(2007) 注目集める新しい水道用凝集剤「PSI」の動向、用水と廃水、Vol.49, No.11, pp3-8

問い合わせ先: 群馬高専環境都市工学科 青井透、
〒371-0845 前橋市島羽町580
Tel: 027-254-9271, aoi@cvt.gunma-ct.ac.jp