

自立型トイレの固液分離ユニットに適した軽量ろ材のスクリーニング

日本大学 学生会員 ○柿本 和希
日本大学 非会員 谷口 崇至
日本大学 正会員 中野 和典

1. 研究背景と目的

災害が発生しライフラインが寸断されると仮設トイレに人が集中する。しかし、一般的に仮設されるトイレの多くは汲み取り式であるため、使用者が集中すると汚水タンクが早期に満水になり、トイレの使用ができなくなる。汲み取り式ではなく、汚水をその場で浄化処理して洗浄水として再利用できる自立型トイレがあれば、そのようなトイレ問題を解決することが期待できる。

自立型トイレに関するこれまでの研究により、不定期かつ低負荷条件および通常負荷条件では、洗浄水を再生して自給自足が可能であることが確認できている。しかし、災害時など 1 日に 100 人が利用するような超高負荷条件では、ろ材の透水速度がボトルネックとなり、洗浄水の再生が間に合わなくなることが懸念される。

その対策として自立型トイレの洗浄水を再生処理する固液分離ユニットの交換が考えられるが、従来のリサイクルガラスろ材を用いた固液分離ユニットの重量は 200kg と重く、交換は困難であり、人力で交換出来る固液分離ユニットの開発が必要である。そこで本研究では、重量が軽く可燃物としても処理可能な不織布、玉ねぎネット、垢すりネットを固液分離ユニットのろ材候補とし、ろ過実験によるスクリーニングを行った。

2. 実験方法

2.1 スクリーニングに使用した軽量ろ材

本研究では、まずネット状ろ材（玉ねぎネット、垢すりネット）と不織布ろ材（ポリプロピレン 100 g/m²）を用いて、透水性能及び固液分離性能を比較するろ過実験を行った。次に、異なる原材料の不織布として、ポリプロピレン製不織布 3 種（PP100、70、30g/m²）、ポリエチレンテレフタレート製不織布 3 種（PET100、60、40g/m²）、ポリプロピレンとポリエチレンの混合不織布 1 種（PP/PE40g/m²）を用いて、透水性能を比較するろ過実験を行った。

2.2 モデル排水の作製

コロナウイルス感染症のリスクを考慮し、大便を含む実トイレ排水の使用を中止し、生イーストで大便を代替したモデル排水を作製してろ過実験に使用した。モデル排水は、水道水 5L に対し、トイレトーパー4m(7.7g)と水分率を大便と同等の 80%に調整した生イースト（生イースト 152g、水道水 98mL）を混合して調整した。

2.3 軽量ろ材を用いたろ過実験

本実験に用いたろ過装置の外観を図-1 に示す。ろ材を固定したキュービーテナーまたは網籠にイースト菌で大便を代替したモデル排水 5L を供給タンクから流入させ、負荷回数 1 回とした。ろ過された処理水をメスシリンダーで回収し、ろ過水量が 1、2、3L となる時間を測定し透水性能を評価した。ろ過実験は、ろ過水量 3L を得るのに要した時間が 900 秒を超えるまで繰り返し行い、超えない場合は 51 回の負荷回数で終了した。回収した処理水とろ過前のモデル排水のイースト濃度より阻止率を求め、固液分離性能を評価した。

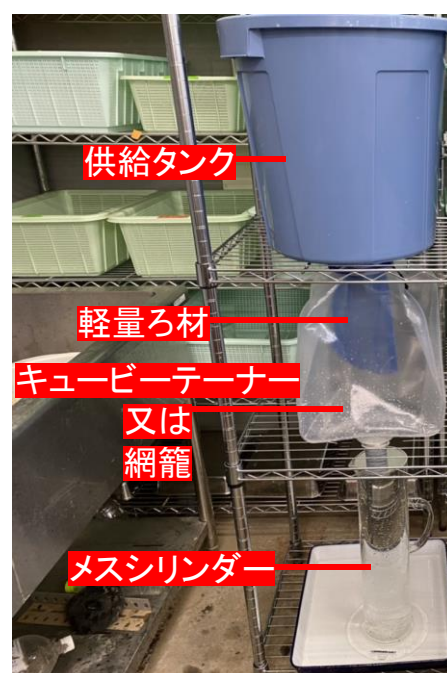


図-1 ろ過実験装置の外観

キーワード： 自立型トイレ、固液分離ユニット、ろ材、スクリーニング

〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 日本大学工学部 土木工学科 環境生態工学研究室

3.実験結果

3.1 ネット状ろ材と不織布ろ材の透水性能及び固液分離性能の比較

モデル排水のろ過実験で得られた不織布、玉ねぎネット、垢すりネットの3種のろ材の透水性能の比較を図-2に示す。モデル排水負荷回数11回におけるろ過水量3Lを得るのに要した時間($T_{3L-11回}$)を比較すると、透水性能は玉ねぎネット>垢すりネット>不織布の順に高かった。ろ過実験における不織布、玉ねぎネット、垢すりネットの生イーストの阻止率の比較を図-3に示す。モデル排水負荷回数11回目における阻止率を比較すると、固液分離性能は透水性能と逆の不織布>垢すりネット>玉ねぎネットの順に高く、透水性能と固液分離性能はトレードオフの関係にあることが示された。本スクリーニングの目的は自立型トイレの固液分離ユニットに適した軽量ろ材の選定であることから、固液分離性能を優先し、以降のスクリーニングに用いるろ材は不織布とした。

3.2 原材料が異なる不織布での透水性能の比較

異なる原材料や厚さの不織布7種のモデル排水の透水性能の比較を図-4に示す。 $T_{3L-6回}$ を厚さの異なるPP製不織布で比較すると、PP含量が低く最も薄いPP30g/m²の透水性能が高かった。ろ過水量3Lを得るのに要する時間が900秒を超える負荷回数を処理限界回数とすると、PP30g/m²の処理限界回数は27回であった。 $T_{3L-41回}$ をPET製不織布で比較すると、PET含量が低く最も薄いPET40g/m²の透水性能が高かった。PET40g/m²はモデル排水負荷回数51回でも処理限界回数とならず、PPの処理限界回数を大きく上回った。厚さが同程度に薄く原材料の異なる3種の不織布で $T_{3L-21回}$ を比較すると、PET40g/m²の透水性能が圧倒的に優れていることが示された。

4.考察

本研究で比較に用いた3種の不織布の原料であるPPとPEの公定水分率が0%であるのに対し、PETの公定水分率は0.4%であり、PETはPPやPEに比べて疎水性が低いことになる。本実験ではモデル排水にイースト菌を用いており、モデル排水にはタンパク質が存在している。膜の目詰まりの原因のひとつとして、膜細孔表面にタンパク質が吸着することが報告されており¹⁾、本研究のろ過実験においてもイースト菌由来のタンパク質が不織布の目詰まりを引き起こし、透水性能を低下させたことが推察される。PETより疎水性が高いPPとPEは、よりタンパク質が吸着し易いと考えられ、PETとの透水性能の差が生じた事が推察された。

5.まとめ

不織布、玉ねぎネット及び垢すりネットの3種の資材と異なる原材料や厚さの異なる7種の不織布を用いて透水性能と固液分離性能を比較した結果、PET40g/m²の不織布が自立型トイレの固液分離ユニットに用いる軽量ろ材として最も適していることが明らかとなった。

6.参考文献

- 1)中村一穂(2014):膜ファウリングと膜面における現象、膜(MEMBRANE)、39(1)、pp28-34

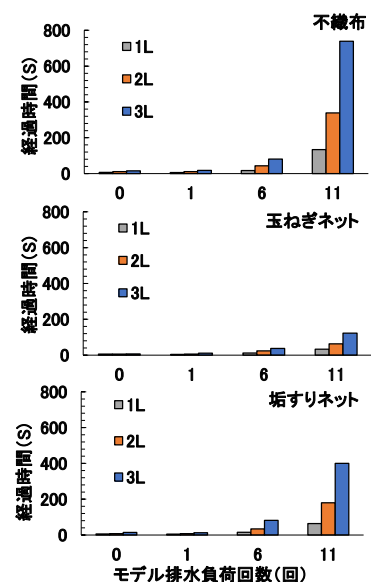


図-2 3種のろ材の透水性能の比較

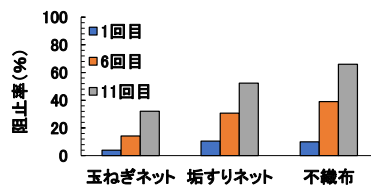


図-3 3種のろ材の固液分離性能の比較

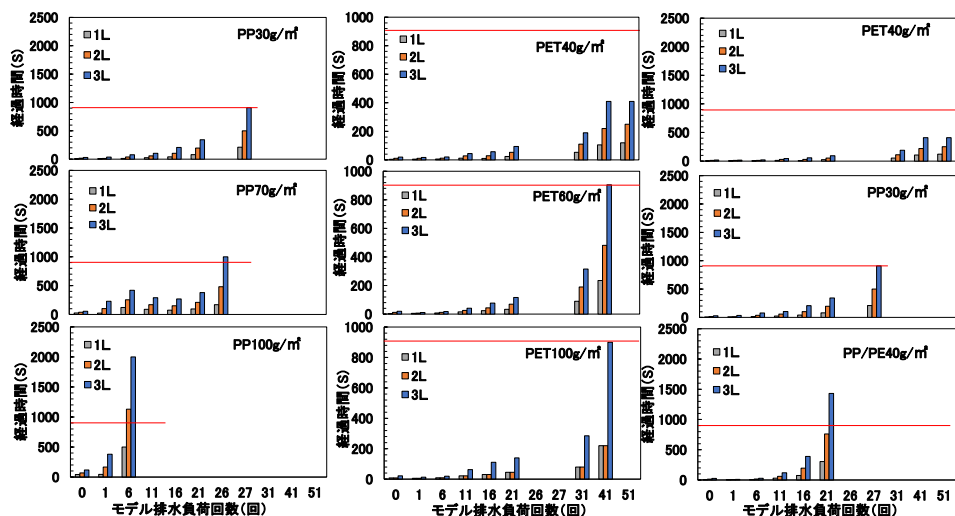


図-4 7種の不織布の透水性能の比較