

異なる光条件で緩速ろ過した際のろ過膜と処理水への影響

福島工業高等専門学校 学生会員 ○鶴沼 大翔, 非会員 渡邊 夏実
正会員 高荒 智子
山形大学農学部 正会員 西山 正晃, 正会員 渡部 徹

1. はじめに

我が国において、緩速ろ過方式を採用する小規模浄水場は、全国に 544 施設ありといわれている。緩速ろ過方式を採用している小規模浄水場は、集中監視のもとで無人運転を行っているケースもあり、このような場合、緊急時の迅速な対応をとることが難しい。

緩速ろ過は、砂層表面や砂層に増殖した微生物や藻類で形成される生物ろ過膜によって水中の浮遊物質を捕捉し、酸化分解する作用に依存した浄水方法であり、藻類が光合成を行うことで生物ろ過膜の成長が促進され、ろ過機能が発現される。そのため、太陽光の入射を阻害しないために、ろ過池は上部が開放された状態になっているのが一般的である。

一方で、管理者が不在の状態稼働する浄水場は、建屋の建設や覆蓋の設置など、外界から分離する措置を行うことで、一定の安全性が確保できる。しかし、自然条件の影響を受けやすい緩速ろ過池においては、ろ過池に差し込む光条件が、生物ろ過膜の状態に大きく影響する。ろ過池の覆蓋は、施設の安全性は確保されるものの、遮光状態である分、ろ過膜の状態や処理性能に影響を与える可能性がある。

そこで本研究では、実際の浄水場にベンチスケールのろ過実験装置を設置し、緩速ろ過池の光を遮断した場合の処理水およびろ過膜への影響について、長期のモニタリングを通して考察した。

2. 実験方法

実験は、いわき市の簡易浄水場で 2021 年 8 月 27 日から 10 月 31 日までの期間で行った。図 1 に実験に用いたろ過実験装置を示す。直径 10 cm、高さ 1 m のアクリル製の円柱カラムに、水道施設設計指針に基づき砂利層厚さ 15 cm、砂層厚さ 50 cm を詰めた。使用する砂利および砂は、緩速ろ過の規格に適合したものを使用した。この実験装置を、通常の緩速ろ過池を再現した太陽光の条件と、覆蓋されろ過池を再現した遮光条件で、それぞれ 1 台ずつ準備した。浄水場の沈砂池出口の水をろ過装置上部から流入させ、

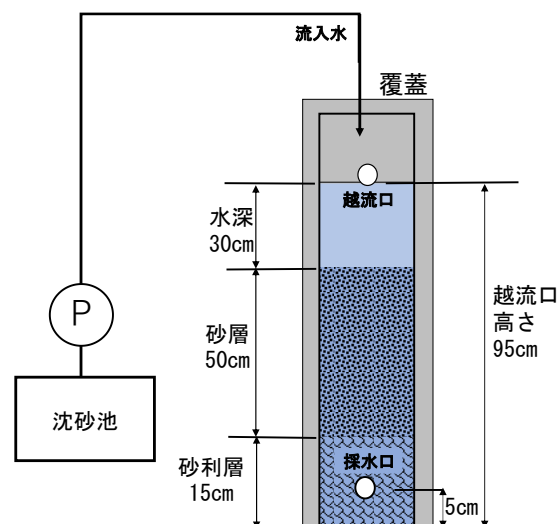


図 1 緩速ろ過装置概略図

常に越流口から原水が流出する状態を維持した。ろ過速度は約 4.8m/d とし、採水口に取り付けたバルブで調整した。

処理水の濁度および水温は、現場で毎日同じ時間に測定した。また、週 1 回の頻度で処理水の pH（東亜 DKK, HM-25R）、電気伝導度（東亜エレクトロニクス, Curcu-40S）、TOC（SHIMAZU, TOC-L）、E260（Milton Roy, Spectron-ic1001PLUS）、溶存酸素（飯島電子工業, B-100TA）、一般細菌（SHIBATA, 一般細菌試験紙）を測定した。採水口の流量が減少し、ろ過速度が著しく低下しているのが確認されたときには、砂層表面を 2 cm の厚さで掻き取り、ろ過速度の確認と調整を行った。掻き取った砂は十分に混合した後、DNeasy Power Soil Pro Kit (QIAGEN) を用い付属のマニュアルに準じた手順で DNA の抽出を行った。抽出した DNA を用いて、株式会社生物技研への委託によって細菌叢解析を行った。また、各条件における細菌数は 16S rRNA を対象とした Taq-Man probe 法によって測定した。

3. 結果と考察

3.1. 処理水濁度の変化

実験を行った浄水場では、原水濁度が 11 度を超え

キーワード：緩速ろ過、遮光、生物ろ過膜、ろ過速度、濁度

連絡先：〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30 福島工業高等専門学校 TEL.0246-46-0826

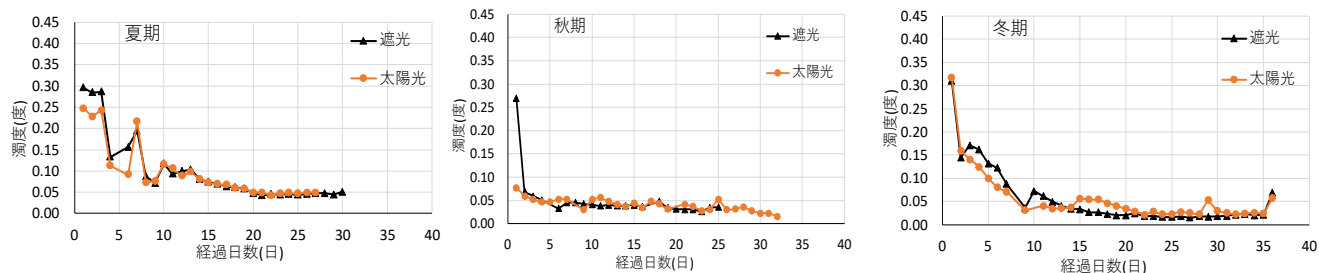


図 2 各季節における処理水濁度の変化

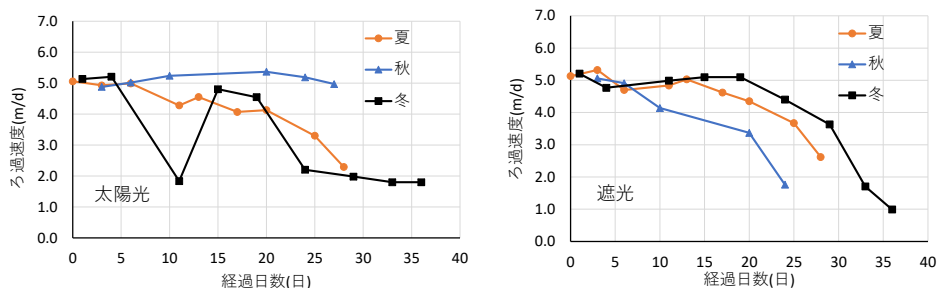


図 3 各光条件におけるろ過速度の変化

ると沈砂池前で凝集剤を添加する処理を行っている。実験期間中においても、降雨による濁度上昇時に凝集剤が添加されている。そのため、今回流入水として使用した水は、沈砂池出口の時点で、緩速ろ過池の流入水として使用できる濁度限界の 10 度を常に下回っていた。

図 2 は、夏期（8 月 28 日～9 月 24 日）、秋期（9 月 25 日～10 月 26 日）、冬期（11 月 2 日～12 月 7 日）の処理水濁度の変化を示す。本実験において、ろ過開始後に生物ろ過膜が安定したとする判断は、水道施設設計指針にもとづき、処理水濁度 0.1 度とした。各季節の実験の結果、いずれの条件もろ過開始直後から処理水濁度が低下したが、光条件および季節によってろ過池が安定化するまでに差が生じた。いずれの季節も、遮光した条件では太陽光の条件よりも 1 日～2 日程度遅れて 0.1 度に達した。ただし、秋期の太陽光条件では、砂層の削り直後から処理水濁度が 0.1 度を下回った。

目視による観察では、特に夏期と秋期の太陽光条件で糸状藻類の繁茂が確認された。太陽光が注ぐ状況では、砂層表面で光合成生物の活性が高く、ろ過機能の発現および再生を数日程度、早めることができたのかもしれない。

3.2. ろ過速度の変化

図 3 にろ過の継続に伴うろ過速度の変化を表す。太陽光条件では、糸状藻類の繁茂が観察された夏期において、ろ過速度が遮光条件より速やかに減少した。これは、光の照射にともなうろ過膜の成長によるものであろう。夏期の太陽光条件では、処理水濁度が 0.1 度に達した 11 日目以降、処理水濁度は安定して

維持したが（図 2）、その一方でろ過閉塞が進み、処理水は遮光条件よりも得にくいことが示された。冬期の太陽光条件においては、ろ過開始 10 日足らずでろ過速度が 2 m/d まで低下した。経過日数 15 日目にろ過速度の再調整（約 4.8 m/d）を行ったが、再びろ過速度が低下を示した。一方、秋期の太陽光条件では、ろ過速度の低下は発生しなかった。

夏期のろ過実験後に掻き取った砂に対して細菌叢解析を行ったところ、どちらの条件でも門レベルで *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Cyanobacteria* の存在割合が高く、検出された細菌のうち約 60%を占めていた。このうち光合成を行う *Cyanobacteria* の存在割合は、遮光条件での 10%に対して、太陽光条件では 19%と増加していた。このときの細菌数は、太陽光 (1.1×10^9 copy/g) および遮光 (1.2×10^9 copy/g) でほぼ変わらなかった。以上より、少なくとも夏期においては、光条件が異なっても（覆蓋しても）生物ろ過膜中の細菌数は大きく変わらないが、その細菌群集構造は変化することが示された。先行研究²⁾で、糸状珪藻がろ過閉塞の防止に寄与することが報告されていることを参考に、今後は、藻類の量や種構成に特に注目しながら、覆蓋がろ過処理に与える影響について、さらに検討を重ねたい。

謝辞：本研究は JSPS 科研費（21K04326）の助成を受けた。

参考文献

- 1) 公益社団法人日本水道協会，平成 27 年度水道統計 施設・業務編，平成 29 年 3 月 31 日。
- 2) 中本信忠・坂井正，日本水処理生物学会誌，pp.33-38，27 巻 1 号，1999。