

緩速ろ過池における光条件と生物ろ過膜の関係

福島工業高等専門学校 学生会員 ○緑川愛里 非会員 鶴沼大翔 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

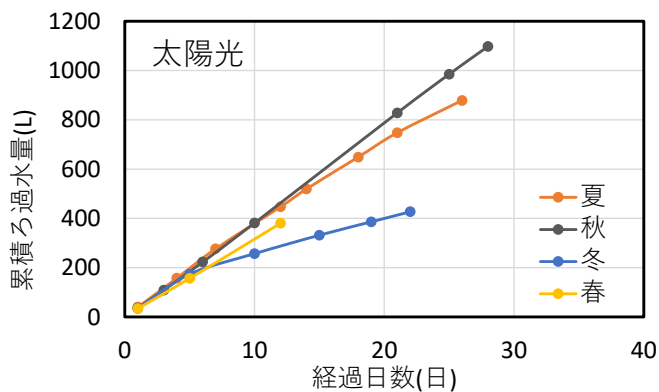
緩速ろ過は、藻類のような光合成生物を含む微生物を活用した浄化方法であるため、ろ過池の上部は解放されている場合が多い。ろ過池の光のコントロールは、処理性能を左右する生物ろ過膜の管理のために重要であるが、緩速ろ過池における光の影響には不明な点が多い。

本研究では、緩速ろ過池における光条件がろ過水量と生物ろ過膜へ与える影響を把握するため、ベンチスケールのろ過装置を用いた実験を行った。季節毎に太陽光の影響を考察するとともに、人工光を用いたろ過池管理の可能性を把握するため、青色 LED の光の効果も調べた。

2 実験方法

実際の浄水場（福島県いわき市）に、ろ過装置を設置して四季を通じろ過実験を実施した。季節毎に太陽光の影響を調べる実験は2021年8月27日から2022年6月24日に、青色 LED を用いた実験は2022年9月26日から10月9日の期間に実施した。ろ層は、直径10 cm、高さ100 cmの亚克力製カラムに砂利（厚さ15cm）、砂（厚さ50cm）の順に充填することで作成した。流入水には浄水場の沈砂池出口の水を使用し、この水をろ過装置上部から流入させ、常に越流口から原水が流出する状態を維持した。また、ろ過速度は、ろ過池下部に設けた採水口に小型の流量調節バルブを用いて、初期値4.8 m/dayに調整した。二つの実験における光条件および管理方法は次のとおりである。

①季節毎の太陽光の影響を調べる実験



光条件は遮光・太陽光の2条件とした。遮光条件では、ろ過池全面を完全に覆蓋し、太陽光の条件では、ろ過池の上部のみに自然光が照射される状態とした。ろ過の性能は、処理水の濁度およびろ過水量で評価した。季節毎のろ過実験では、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場合に、砂層表面を厚さ2cmで削り取り、ろ過速度の調節を行った。回収したろ過砂は十分に混合した後、藻類解析と細菌叢解析に用いた。藻類解析は、ホルムアルデヒドを用いた細胞固定の後、株式会社プラントバイオに委託した。細菌叢解析は、DNeasy PowerSoilPro Kit (QIAGEN)を用いたDNAの抽出の後、株式会社生物技研に委託した。

②人工光を用いた実験

人工光の条件は、青色 LED ライト（オーム電機、LDR13B-W/D11）を用いて24時間の常時照射するものと12時間ずつ明期と暗期を繰り返す条件とし、遮光条件も加えて3条件とした。ろ過期間は、ろ層の閉塞がおおむね判断可能となる14日間とした。このときの積算光量は遮光が0 kWh/m²、12時間明暗が1.2 kWh/m²、常時照射が2.5 kWh/m²であった。ろ過実験の後には、砂層表面を2cmで削り取り、回収したろ過砂をホルムアルデヒドによる細胞固定の後、藻類解析を行った。

3 実験結果

3.1 季節毎の太陽光の影響

図1に太陽光および遮光での累積ろ過量を示す。光の有無にかかわらず、春季には早い段階でろ過水量の減少がみられた。遮光では秋季、太陽光では冬季にも

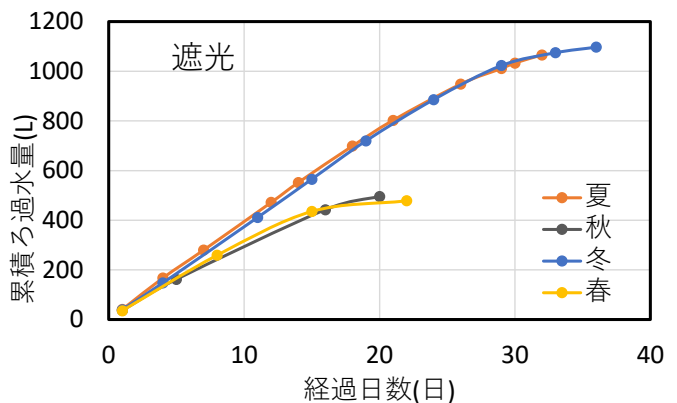


図1：太陽光および遮光条件における季節毎の累積ろ過水量

キーワード：緩速ろ過、遮光、生物ろ過膜、ろ過速度、LED

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

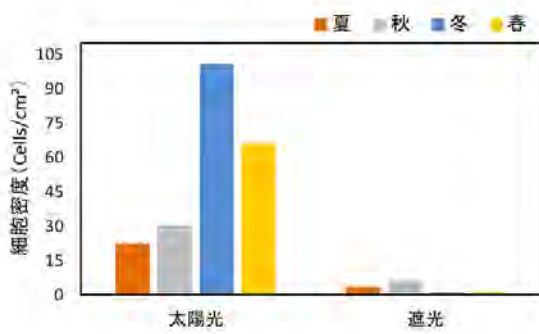


図2：各季節の生物ろ過膜中の藻類数

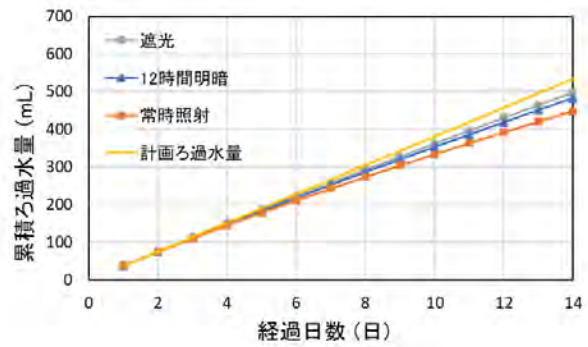


図3：人工光照射条件における累積ろ過水量

表1：生物ろ過膜中の藻類および細菌類の多様度指数

	太陽光		遮光	
	藻類	細菌類	藻類	細菌類
夏	0.79	0.96	0.90	0.98
秋	0.66	0.95	0.91	0.98
冬	0.87	0.98	0.83	0.99
春	0.77	0.98	0.84	0.99

表3：人工光照射条件における生物ろ過膜中の藻類の多様度指数

遮光	12時間明暗	常時照射
0.94	0.65	0.74

表2：生物ろ過膜を構成する藻類種とその存在割合（上位5種）

順位	遮光		12時間明暗		常時照射	
	藻類種	存在割合(%)	藻類種	存在割合(%)	藻類種	存在割合(%)
1	<i>Cocconeis placentula</i>	1.5	<i>Melosira varians</i>	33.8	<i>Melosira varians</i>	15.4
2	<i>Achnanthydium japonicum</i>	0.9	<i>Gomphonema lagenula</i>	0.2	<i>Nitzschia acicularis</i>	6.6
3	<i>Navicula gregaria</i>	0.5	<i>Cocconeis placentula</i>	0.2	<i>Fragilaria rumpens</i>	3.3
4	<i>Amphora pediculus</i>	0.3	<i>Navicula yuraensis</i>	0.2	<i>Nitzschia palea</i>	0.5
5	<i>Encyonema minutum</i>	0.3	<i>Navicula cryptotenella</i>	0.2	<i>Ulothrix sp.</i>	0.1

ろ過水量が同様に減少し、ろ過閉塞が起こった。各季節の生物ろ過膜中の藻類数（図2）を見ると、春季および冬季の太陽光条件で藻類数が明らかに多いことから、藻類繁茂とろ過閉塞の関連がうかがわれる。この二つの季節では、検出された全藻類種に対する *Melosira* 存在割合が小さかった。細胞サイズの比較的大きい *Melosira* のほかに、細胞サイズの小さい藻類が雑多に存在したことで、細胞密度が増加したと考えられた。表1には、藻類および細菌類に関するシンプソンの多様度指数を示す。藻類の多様度指数は、冬季を除いて太陽光よりも遮光の条件で高かった。一方、細菌類の多様度指数には光や季節の条件で差がなかった。藻類については、光がある環境では種の選別が行われていたと考えられる。

3.2 人工光の効果

図3に人工光照射条件での累積ろ過量を示す。常時照射の条件でろ過量が若干減少したものの、著しい変化は観察されなかった。また、人工光を照射した条件では、いずれも生物ろ過膜の成長が目視でも確認された。生物ろ過膜中で確認された藻類のうち、存在割合が大きい上位5種を表2に示す。光を照射した2つの条件での優占種は *Melosira* で共通していたが、常時照射の場合においては *Nitzschia* や *Fragilaria* といった

ろ過閉塞の原因となる藻類¹⁾ が出現した。この条件では、累積ろ過量がやや減少傾向にあり（図3）、さらにろ過を継続することで、ろ過閉塞が確認できたかもしれない。一方、12時間明暗の条件は人工光の照射によるろ過閉塞のリスクを低下できる可能性がある。

表3に生物ろ過膜中の藻類の多様度指数を示す。前述の実験と同様に、青色LEDを照射することによって多様度指数が低下し、その値は太陽光と同程度であった。常時照射に比べて12時間明暗条件の多様度指数がやや低いのは、優占種 *Melosira* の割合が33%と高かったためである。この *Melosira* は濁質除去に寄与することが知られており¹⁾、ろ過管理の上で望ましい藻類である。

4 参考文献

- 1) 生物障害を起こさないための浄水処理の手引き，日本水道協会，平成18年
- 2) 中本信忠，坂井 正：緩速ろ過池における糸状珪藻とその連続培養の重要性，日本水処理生物学会誌，27(1)，pp.33-38，1991