

## 下水処理における流入水と脱水濾液での微細藻類による窒素とリンの除去について

猪瀬 百合子 (筑波大学 生物学類)

指導教員：石田 健一郎 (筑波大学 生命環境系)

## 1. 背景

微細藻類を利用した下水処理は、従来の薬品などによる処理と比較して低コストで、副産物であるバイオマスが肥料や燃料に利用することができるという利点があり注目されている。

現在、微細藻類を利用した下水処理の研究では主に嫌気処理後の脱水濾液が使用されている。脱水濾液は嫌気処理の過程で病原菌が効果的に不活化されており、窒素やリンなどの栄養素の濃度が高く藻類の増殖率が高くなるといった特徴があるが、下水中の高濃度のアンモニアによる藻類の増殖阻害が起こる場合がある[1]。一方で、流入水のようにアンモニアの濃度が比較的低い下水であれば、増殖阻害を受けず一定程度の藻類バイオマスの成長と栄養素の除去効果が得られると考えられる。

そのため本研究では、流入水と脱水濾液を使用し、各下水中での藻類の増殖と栄養素の除去効果を評価することを目的とした。野外から下水で良好に増殖する新規培養株を探索するとともに、下水を用いた培養実験を行い、培養液中の溶存窒素・リン濃度とバイオマス量の変化を測定した。

## 2. 方法

## 【使用した藻類と下水】

霞ヶ浦で採集した藻類のうち、流入水と脱水濾液の両方で生育できかつ増殖率の高かった単離株2つ (*Chlorella* sp.: INS201、*Scenedesmus* sp.: INS202) と、野外サンプルをそのまま培養した粗培養株1つ (INS-MC201) を用いた。培地には鈴木石根研究室から譲り受けた潮来浄化センターの流入水といわき北部浄化センターの脱水濾液を使用した。淡水微細藻の培養に汎用される AF-6 培地を用いて各下水少量を培養することにより、下水中に藻類が存在していないことを予め確認した。

## 【培養実験】

培地には孔径  $0.42 \mu\text{m}$  のガラス繊維濾紙による濾過により不純物を取り除いた下水 300 ml を使用し、濃度を統一した培養株を添加して 18 日間培養を行った。単離株2つ (INS201 と INS202) は流入水と脱水濾液それぞれで、粗培養株 (INS-MC201) は脱水濾液でのみ培養を行った。コントロールとして、各下水を藻類の添加をせずに培養した。培養温度は  $25^\circ\text{C}$ 、光条件は連続明期とした。培養中 2 日おきに測定用のサンプルを 2.5 ml 採取し、 $-73^\circ\text{C}$  で冷凍保存した。場所による微妙な光強度の差の影響を軽減するため、測定用サンプル採取と同時に各培養の位置の入れ替えを行った。

## 【測定】

測定用サンプルの炭素濃度と窒素濃度を TOC-L 全有機炭素計 (島津製作所) を用いて測定した。測定サンプルは遠心した上清と遠心していないサンプルをそれぞれ測定し、各炭素濃度の値の差分をバイオマス量と見なした。また上清の窒素濃度の値を溶存窒素量とした。

培養液中の溶存リン濃度の測定は測定サンプルを遠心した上清を使用し、モリブデンブルー法を用いて行った。

## 3. 結果

流入水では INS201 株と INS202 株のいずれでも安定した増殖が見られ、バイオマス量が初期値と比較して増加した。コントロールではバイオマス量の増加は見られなかった。INS202 株 (*Scenedesmus*) を添加した培地では窒素とリンの溶存濃度が大きく減少したが、INS201 株 (*Chlorella*) を添加した培地では減少はしたもののコントロールと大きな差はなかった。脱水濾液では流入水と比較してバイオマス量の増加が大きかった。しかしコントロールでも同様にバイオマス量の増加が見られ、かつ藻類の増殖が観察できなかったことから、藻類の増殖が阻害され下水中の細菌が増殖したものと考えられる。溶存窒素濃度は大きく減少したもののコントロールとの差はなく、溶存リン濃度の変化もほとんど見られなかった。粗培養株を添加した培地のみ、減少した藻類が培養後期に増殖し始めた様子が確認された。

## 4. 考察

流入水では添加した藻類が良好に増殖し、培養株間で差があったものの藻類による栄養素の除去効果も見られた。培養実験前に行った培養株の選別の時点でも、流入水で生育可能な種には脱水濾液よりも非常に大きな多様性が見られたため、さらに増殖速度が大きく栄養素除去能力の高い種を探索することも可能である。今回は流入水を用いた粗培養株での実験は行わなかったが、粗培養株を用いることによってより安定した増殖・栄養素除去効果が得られる可能性も期待できる。

脱水濾液においては、培養初期の高い溶存窒素濃度が藻類の増殖阻害の主な原因であると考えられる。ただし培養実験前の選別の時点では脱水濾液中での増殖が見られていたことから、藻類の初期濃度や培養の規模が影響した可能性もある。添加した藻類が培養初期にほとんど死滅したため、溶存窒素・リン濃度はコントロールと同様の値を示した。脱水濾液における溶存窒素濃度の減少は、下水中に存在する細菌による影響だと考えられる。粗培養株は培養後期に藻類の増殖が見られたが、これは粗培養株の藻類がいくつか凝集し塊を形成したために、これら凝集塊の内部が高濃度の窒素から保護された可能性がある。また粗培養株の中に高濃度の窒素に耐性を持つ種が含まれていた可能性も考えられるので、今後の研究で明らかにする必要がある。

結果として、流入水では今回実験に用いた藻類を添加することによりある程度の藻類の増殖と栄養素除去効果を得ることが可能であるが、脱水濾液においては今回の藻類は増殖できず、藻類による栄養素の除去もほとんど行われなかったということが分かった。脱水濾液を希釈することで藻類の増殖阻害を避けることは可能であると考えられるが、コストの観点から適しているとは言えない。対して流入水は原液のまま使用でき、増殖できる藻類種も多いことから、コストや適応性といった点で実効性が高い可能性がある。

## 5. 参考文献

1. Xian-Chao Zhao et al. *Bioresource Technology* 284 (2019) 90-97.