

下水処理水を用いた微細藻類培養における栄養塩濃度変化が脂質蓄積に及ぼす影響

鳥取大学 学生会員 ○岡崎広典
鳥取大学 正会員 高部祐剛
鳥取大学 正会員 増田貴則
鳥取大学 正会員 星川淑子

1. 背景

現在、日本の下水処理施設では水処理に大量のエネルギーを消費している。その理由として、下水を微生物や原生動物を用いて処理する過程で、微生物に必要な酸素を供給する曝気処理が必要であるためである。また、平成 23 年度の下水事業には、年間約 400 億円という膨大な電気費がかかっている¹⁾。このことから、下水処理施設で消費するエネルギーを下水処理場内で生産するシステムが必要であると考えられる。

こうした中で近年、エネルギー生産を目的とした微細藻類の培養に、下水処理水を利用する研究が数多く行われている。微細藻類中の脂質は、微細藻類中の他の成分に比べ燃焼エネルギーが大きいので、エネルギー生産を目的とした微細藻類の培養において、微細藻類中の脂質含有率を把握することは重要である。既存研究において、培地中栄養塩濃度と微細藻類中脂質含有率の間に負の相関があることが報告されている²⁾。一方で、培地中栄養塩濃度がある状態から変化した場合の脂質含有率の時間的変化に関する知見は少ない。本研究では、実下水処理水を用いて、土着藻類(与えられた環境で自然に増殖する微細藻類)を回分培養し、栄養塩濃度変化に対する土着藻類の脂質含有率の時間的変化の把握と、光照射の有無(日中と夜間)に着目した、土着藻類中脂質蓄積メカニズムの解明を目的に実験を行った。

2. 実験方法

土着藻類の培養には、塩素消毒処理前の実下水処理水を用い、12日間培養を行った。培養は室温 30°C の部屋で、高さ 35 cm、直径 35 cm の円柱型の容器に 30 L の処理水を入れて行った。容器の周囲に光量子束密度 160 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ の蛍光灯を 12 本設置し、明暗周期を 12 時間に設定した。また、pH 8 を指標として、処理水に CO_2 ガスを注入した。毎日 11 時に採水を行い、懸濁物質(SS)、無機態窒素(IN)、 PO_4^{3-} 、無機炭素(IC)および土着藻類中脂質含有率を測定した(実験 I)。次に、実験 I で用いた処理水と同じものに試薬を用いて IN を 130 mg-N 加え、実験 I と同様の操作を行った(実験 II)。実験 II では、光照射有および無の条件での脂質含有率の推移を把握するため、培養 5 日目から 6 日目、11 日目から 12 日目に 4 時間ごとの採水を行った。微細藻類の同定は、光学顕微鏡(BH-2、オリンパス)を用いて行った。

3. 実験結果と考察

実験 I における SS, IN, PO_4^{3-} , IC, 単位 SS あたりのクロロフィル a 量の結果を図 1 に表す。SS は 0.014 g/L から上昇をはじめ、0.46 g/L まで上昇した。これより、培養期間での土着藻類の増殖が確認できた。特に、3 日目から 8 日目にかけて急激に増殖した。一方で、9 日目以降は増殖が停滞した。土着藻類を同定した結果、緑藻であるミクラクティニウム科とセネデスムス科、そして珪藻であるニッチア科の増殖が確認された。単位 SS あたりのクロロフィル a 量は 3 日目から上昇し始め、5 日目に 4.19 mg-Chl.a/g まで増加したが、それ以降は 12 日目まで減少し続けた。単位 SS あたりのクロロフィル a 量は土着藻類の増殖活性の指標であり、土着藻類の増殖活性が

キーワード 微細藻類, 脂質含有率, 栄養塩濃度

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南 4 丁目 101

鳥取大学 大学院持続性社会創生科学研究科 環境計画研究室

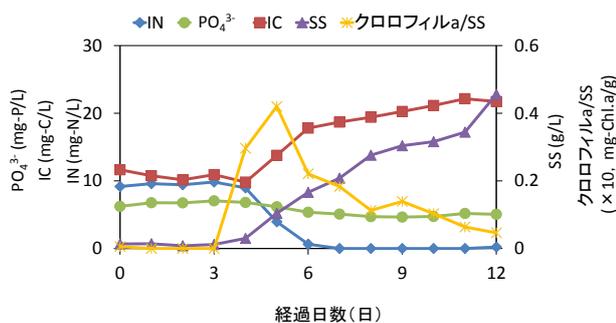


図1 実験 I での IN, PO₄³⁻, IC, SS, 単位 SS あたりのクロロフィル a 量

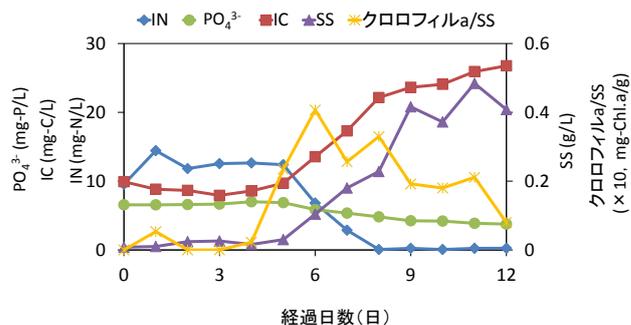


図2 実験 II での IN, PO₄³⁻, IC, SS, 単位 SS あたりのクロロフィル a 量

3日目から上昇し、5日目以降減少していることが分かった。9日目以降の土着藻類増殖の停滞と、5日目以降で増殖活性が低下した原因として、INの枯渇が考えられる。INは3日目の9.83 mg-N/Lから急激に減少し、7日目には検出下限値(NO₂⁻:0.03 mg-N/L, NO₃⁻:0.02 mg-N/L, NH₄⁺:0.1 mg-N/L)以下になり、その後、検出下限値以下を推移した。PO₄³⁻は7.05 mg-P/Lから4.65 mg-P/Lを推移し、ICは9.81mg-C/Lから22.1 mg-C/Lを推移した。これらの結果より、PO₄³⁻、ICは培養水中に十分存在している一方で、INは枯渇しており、土着藻類の増殖の停滞と増殖活性の低下はINが原因であると考えられる。

次に、実験 II における SS, IN, 単位 SS あたりのクロロフィル a 量の結果を図 2 に表す。SSは0.008 g/Lから上昇をはじめ、0.48 g/Lまで上昇した。単位 SS あたりのクロロフィル a 量は3日目から上昇し始め、6日目に4.07 mg-Chl.a/gまで増加したが、それ以降は12日目まで減少した。実験 II においても実験 I 同様、培養の後半で、土着藻類の増殖が停滞し、増殖活性は低下した。INは4日目の12.6 mg-N/Lから急激に減少し、8日目には検出下限値以下になった。その後、検出下限値以下を推移したことから、土着藻類の増殖の停滞と増殖活性の低下はINが原因であると言える。

実験 I および II での 1 日ごとの IN, 脂質含有率を図 3 に示す。実験 I より、4 日目以降 IN は 9.83 mg-N/L から減少、5 日目以降脂質含有率は 9.3%から増加しはじめ、7 日目に IN は検出下限以下に、脂質含有率は 12.7%となった。その後、両者はほとんど変化することなく推移した。実験 II より、5 日目以降 IN は 12.4 mg-N/L から減少、脂質含有率は 5.1%から増加しはじめ、8 日目に IN は検出下限以下に、脂質含有率は 11.6%となった。その後、両者はほとんど変化することなく推移した。また、IN を添加した実験 II では、実験 I に比べ IN が高い培養 5 日目から 7 日目の脂質含有率が低い傾向になった。これより、IN は土着藻類中脂質含有率に影響を与えることが確認され、脂質含有率は、IN の変化に即座に反応することが明らかになった。

窒素などの栄養塩濃度が減少すると、微細藻類の増殖に必要なタンパク質の生成が制限される。一方で、タンパク質等を生成するためのエネルギーは、光が照射されることで、微細藻類中クロロフィルで生産されており、窒素が減少し、タンパク質を構成する窒素が周辺環境にほとんど存在しない状況下では、光合成により生成されたエネルギーが主として脂質生成に利用されていると考えられることが報告されており³⁾、これが IN 減少によって土着藻類中脂質含有率が上昇する要因であると考えられる。

実験 II における、5, 6 日目(変動期)の 4 時間ごとの SS, IN および脂質含有率を図 4 に表す。脂質含有率は 5 日目の 11 時での 5.1%から上昇をはじめ、19 時に 8.0%になった。その後、若干減少しながら 6 日目の 7 時に 6.6%になった。そこから 19 時まで上昇し、9.8%になった。その後は変化が見られなかった。これより、脂質含有率は光照射有の条件下で変化し、光照射無の条件下ではあまり変化しないと考えられる。その理由として、土着藻類が増殖し、土着藻類に IN が取り込まれ、処理水中の IN が減少することで、土着藻類中の脂質が蓄積されると考えられる。

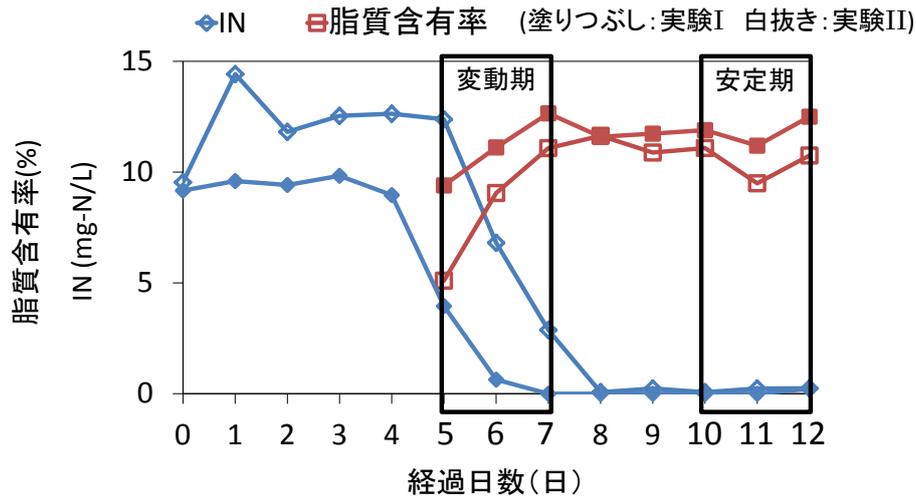


図3 実験 I および実験 II の IN, 脂質含有率

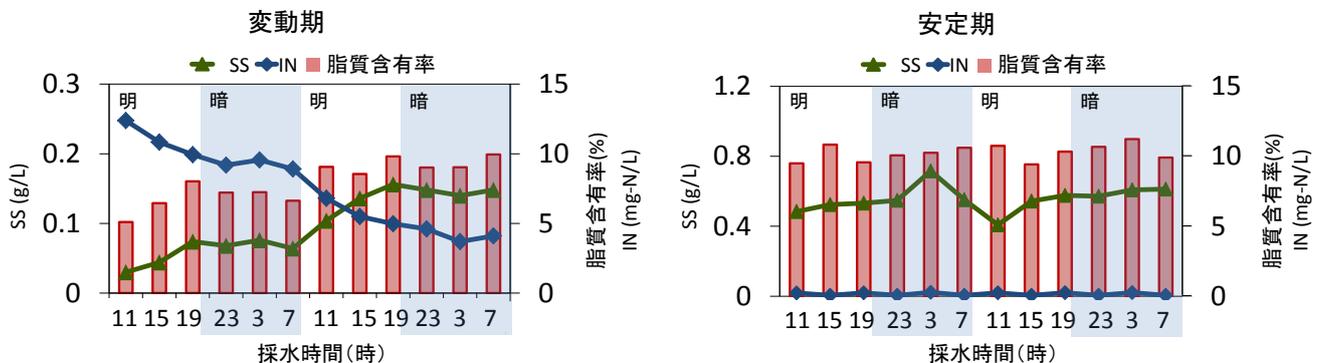


図4 実験 II の IN 変動期および安定期における SS, IN, 脂質含有率

実験 II における 11, 12 日目(安定期)の 4 時間ごとの SS, IN および脂質含有率を図 4 に表す. 脂質含有率は 9.4% から 11.2% を推移したがほぼ変化しなかった. 以上の結果より, 光照射有, 無どちらの条件下でも, IN が枯渇している際は, 脂質含有率は変化しないことが明らかとなった.

4. 結論

土着藻類中脂質含有率は IN が十分に存在し, かつ光照射を有する条件で IN の変化に即座に反応し, 脂質が蓄積されることが明らかとなった(例:4 時間で IN が 8.90 から 6.80 mg-N/L へ減少, 脂質含有率は 6.63 から 9.06 % へ増加). 栄養塩濃度が時々刻々と変化する下水処理水を土着藻類培養に利用する際, 脂質含有率の高い土着藻類を安定して培養するためには, 栄養塩濃度の動向を把握することが重要であることが示された.

5. 謝辞

本研究は JSPS 科研費(16K18178)の助成を受けて実施しました.

6. 参考資料

- 1)国土交通省 (2003) 下水処理場の消費電力
- 2) Park and Craggs (2011) Water Science & Technology, Vol. 63, pp. 2403-2409
- 3) Matthew et al. (2014) Applied Microbiology Biotechnology, Vol. 98, pp. 4805-4816