

## 浮遊植物を用いた栄養塩類及び重金属除去に関する基礎的研究

早稲田大学 学生会員 ○稲垣 嘉彦

早稲田大学 松本 頼彦

早稲田大学 学生会員 Andre Rodrigues dos Reis

早稲田大学 正会員 榊原 豊

## 1. はじめに

発展途上諸国では、急速に進む都市化・工業化によって、河川の水質汚濁、重金属汚染、富栄養化問題等が顕在化している。本研究は浮遊植物を用いた環境浄化技術に着目し、回分及び連続条件下における栄養塩類（N・P）及び重金属（Cu）除去能力について実験的検討を行った。栄養塩類除去については、回分及び連続実験から浮遊植物の栄養塩類除去能力および増殖速度について検討した。一方、重金属除去については、Cu、Ni、Zn の除去能力について検討した。

## 2. 実験方法

アマゾンフロッグビッド (*Limnobium laevigatum*) とウキクサ (*Spirodela polyrrhiza*) を用い、以下の栄養塩類除去及び重金属除去実験を行った。実験は、27℃程度の温室で、蛍光灯（約 3000 lux）を明（16h）暗（8h）条件下で照射することにより行った。

1) **栄養塩類除去** ガラス瓶にウキクサを敷き詰め、19 日間の栄養塩類濃度変化および湿潤重量変化を測定した。 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ の初期濃度はそれぞれ 44.1mg/L、2.50mg/Lとした。また、スチロール製水槽にウキクサを敷き詰め、人工排水を直接供給（HRT5 日）し、処理水の栄養塩類濃度変化および浮遊植物の湿潤重量変化を測定した。流入  $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 濃度はそれぞれ 45.7mg/l、1.97mg/l とした。

2) **重金属除去** 供試植物を用いて、重金属混合溶液（Cu、Ni、Zn）の回分除去実験を行った。また流入 Cu 濃度を 2mg/L、HRT を 4.2 日に設定した連続実験を行い、処理水中の重金属濃度を測定した。回分実験、連続実験ともに実験期間終了時に植物内に蓄積した重金属濃度を測定した。

## 3. 実験結果及び考察

1) **回分及び連続実験における栄養塩類除去** Figs.1 (A) ～ (C) は、回分実験における N・P 除去、及び増殖速度の測定結果を示した図である。N は実験開始 8 日後に、P は実験開始 2 日後にほぼ全量が除去された。ここで Fig.1 (C) に示すように、溶液内の N・P がゼロになった 8 日以降も植物は増殖することが確認された。すなわち、ウキクサの増殖は微生物の増殖と異なり、溶液内の N・P 濃度に直接影響されない<sup>1)</sup> ことが分かる。Figs.2(A)～(C)は、連続実験における N・P 除去、及び増殖速度の測定結果を示した図である。Fig.2 (A)、Fig.2 (B) より実験開始 30 日付近までは N・P 除去が確認できたが、その後は除去効率が低下した。また、Fig.2(C)より 30 日付近から増殖速度が低下した。この時期には槽内に過剰なウキクサが集積して、幾層も重なりあっており、これにより液体と直接接触しているウキクサの増殖ならびに栄養塩類除去が阻害されたと考えられる。

2) **連続実験における重金属除去** Fig.3 は溶液内の Cu 濃度の経日変化を示した図である。両植物とも 5、6 日目までは安定的な除去を確認することができた。しかし、それ以降については Fig.4 からわかるように植物が枯れ始め、溶液内の Cu 濃度が増加する傾向がみられた。実験で用いた流入濃度（2mg/L）では長期の除去安定性があるとは言えない。今後は低濃度溶液に対して連続処理可能な操作条件等について検討することが重要である。また、Table 1 に実験終了時の Cu 蓄積量及び吸着量を示した。表より、ウキクサの吸収量はアマゾンフロッグビッドより若干大きい値であった。

キーワード ファイトレメディエーション、栄養塩類、重金属、浮遊植物

連絡先 早稲田大学大学院創造理工学研究科建設工学専攻榊原研究室 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1、sakaki@waseda.jp

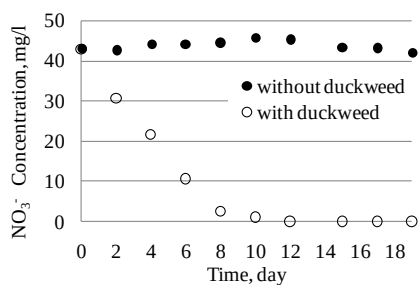


Fig.1 (A) Variation of nitrate in batch experiment

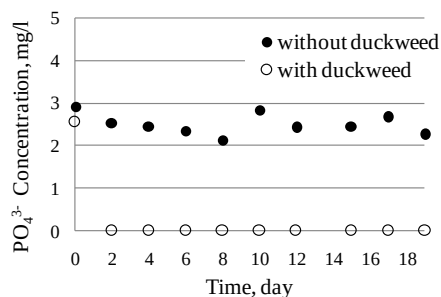


Fig.1 (B) Variation of phosphate in batch experiment

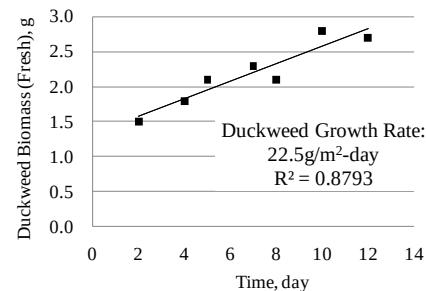


Fig.1 (C) Variation of duckweed biomass (Fresh) in batch experiment

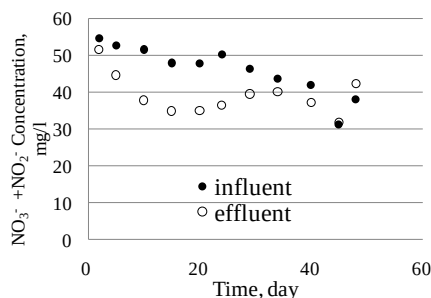


Fig.2 (A) Variation of nitrate in continuous experiment

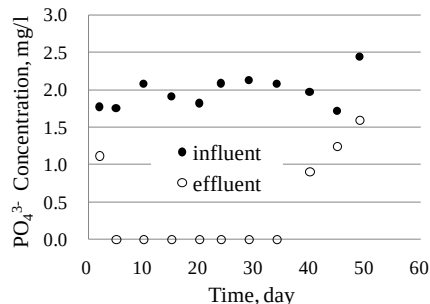


Fig.2 (B) Variation of phosphate in continuous experiment

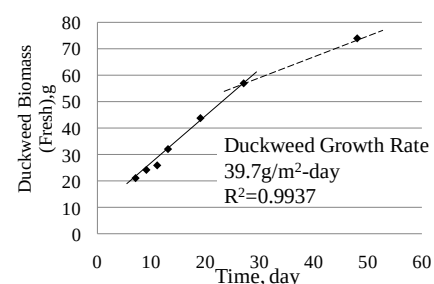


Fig.2 (C) Variation of duckweed biomass (Fresh) in continuous experiment

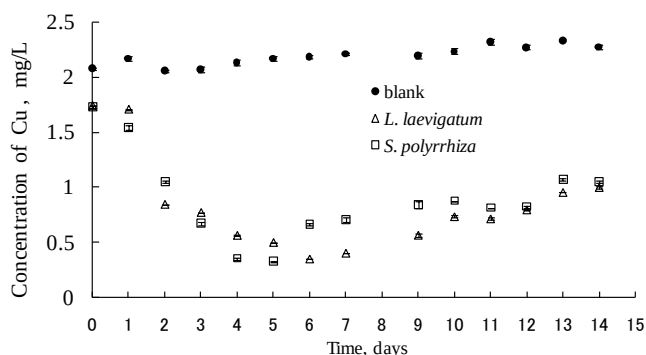


Fig.3 Variation of Cu in continuous experiment

Fig.4. Pictures of *L.lavigatum*(upper side) and *S. polyrrhiza*(lower side) in continuous experiment

#### 4. まとめ

浮遊植物の栄養塩類及び重金属除去について検討した結果、以下の知見を得た。

1) 浮遊植物（ウキクサ）は溶液内の N・P 濃度がゼロになっても増殖が確認された。また N・P 除去及び植物の増殖速度は槽内バイオマス量に大きく影響されることが分かった。

2) 供試植物は、本実験条件下で Cu を選択的に蓄積・吸着した。今後は、異なる負荷条件で同様な検討を行う予定である。

#### 謝辞

本研究の一部は JST 地球規模課題対応国際科学技術協力事業「熱帯域に適した水再利用技術の研究開発」助成を受けて実施した。

#### 参考文献

1) Cheng,J.,B.A.Bergmann,J.J.Classen,A.M.Stomp,and J.W.Howard, Nutrient recovery form swine lagoon water by *Spirodela punctata*, *Bioresource Tech.*, **81**(1), 81-85(2002).

Table 1. Concentration and adsorption of Cu in continuous experiment

|                      |         | Concentration of | Adsorption of |
|----------------------|---------|------------------|---------------|
|                      |         | Cu (g/Kg)        | Cu (g/Kg)     |
| <i>L. laevigatum</i> | control | 0.07             | -----         |
|                      | 2mg/L   | 27.38            | 10.30         |
| <i>S. polyrrhiza</i> | control | 0.06             | -----         |
|                      | 2mg/L   | 33.14            | 7.38          |