

## バイオフィenton法によるPCPの連続除去・無害化に関する研究

早稲田大学 学生会員 ○栗原 孝明  
 早稲田大学 正会員 稲垣 嘉彦  
 早稲田大学 正会員 榊原 豊

### 1. はじめに

現在、アジアの発展途上諸国では、急速な経済発展に起因した水環境問題が顕在化している。急速に進む都市化・工業化によって、有機性化学物質を含んだ産業排水などによる水質汚染が進行し、それに対する対策が必要とされている。本研究では、植物を利用した環境浄化技術「ファイトレメディエーション」の観点で水質浄化を実現しようと試みた。ファイトレメディエーション法は汚染箇所に対してオンサイト処理であるため汚染物質の外部拡散が無く、浄化コストの低廉さ、資源・エネルギー消費量が少ない等の特徴を有している。その中で、水環境中に放出された微量有害物質であるペンタクロロフェノール(PCP)の、バイオフィenton反応(植生を用いたFenton反応)による除去の有効性に着目して研究を行った。なお、既往研究によると、Fenton反応によるPCPの分解が確認されている<sup>1)</sup>ものの、植生を用いたFenton反応によるPCPの分解を確認した研究は数少ない。本研究では、先ず、連続実験を行い、pHの高低による植物のPCP吸着作用の違いについて検討した。次に、鉄を加えた回分実験により、Fenton反応を確認し、3種の水生植物によるPCP除去性能について比較し、評価した。

### 2. 実験方法および分析方法

本研究で用いた供試植物は、アマゾンフロッグビット(*Limnobium laevigatum*)、ダックウィード(*Spirodela polyrrhiza*)、フィランサス(*Phyllanthus fluitans*)、カボンバ(*Cabomba*)である。これらの植物は世界中の広範囲に分布しており、入手が容易であることから選択した。実験は、27℃程度に保たれた温室で、ホーランド培養液および試料水を入れた容器(連続実験では4L、回分実験では500mL)に植物を浸して蛍光灯を照射することにより行った。いずれの実験も実験期間中におけるPCP濃度変化を確認した。連続実験では、PCP流入濃度100μg/Lの下、アマゾンフロッグビットを用いて、酸性条件下(pH=4.5~5.0)とpH調整なし(pHは6前後)におけるPCP除去量の違いについて検討した。次に、回分実験では、PCP初期濃度10μg/Lの下、コロイド鉄と鉄担持ゼオライトについて、異なる鉄濃度条件(1,5,25mg/L)および異なる植物種類(アマゾンフロッグビット、ダックウィード、フィランサス)におけるPCP除去量の違いについて検討した。

溶液内のPCP濃度については、試料水を採取し、液液抽出を経て、GC-ECD(6890, Agilent)により分析した。また、鉄濃度については、原子吸光光度計(A2000, HITACHI)を用いた。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 実験1

図1は溶液内のPCP濃度の経日変化を示したグラフである。全体を通して、pH調整をしない場合に比して、酸性条件下でのPCP除去量が大きいという結果になった。これは、植物の浄化作用(吸着、吸収、分解等)があることに加えて、酸性条件下ではこの作用が促進されたということを示している。

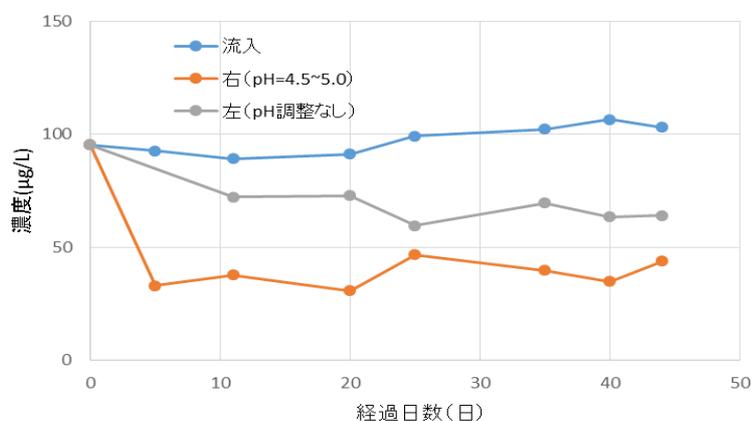


図1 PCP濃度変化(連続実験)

キーワード：バイオフィenton法、PCP 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

### 3.2 実験2

図2は回分実験Ⅰとして、植物としてカボチャを用い、コロイド鉄を加えた際の溶液内のPCP濃度の時間変化を示したものである。図3は回分実験Ⅱとして、コロイド鉄 5mg/Lを加え、それぞれ3種の植物についてPCP濃度の時間変化を示したものである。図2から、コロイド鉄1 (1mg/L)、コロイド鉄2 (5mg/L)は概ね同様の傾向を示したが、全体を通して、コロイド鉄3 (25mg/L)はPCP濃度の減少量が大きく、48時間後からはPCPは検出されなかった。また、ゼオライトを加えた場合も同様の傾向を示し、鉄の濃度が高いほど、PCPの除去量が大きいことがわかった。このことから、フェントン反応が生じたと言える。また、同時に、植物自体の浄化反応も生じていると考えられる。図3から、アマゾンフロッグビット、フィランサスと比較してダックウィードの除去量が大きかった。ダックウィードが他の二種と比較して、植物自体の浄化作用が活発である、フェントン反応を起こしやすい、あるいはその両方が原因であると考えられる。

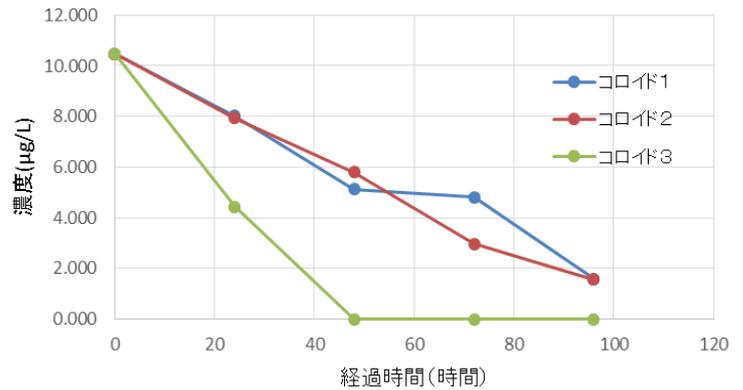


図2 PCP濃度変化(回分実験Ⅰ)

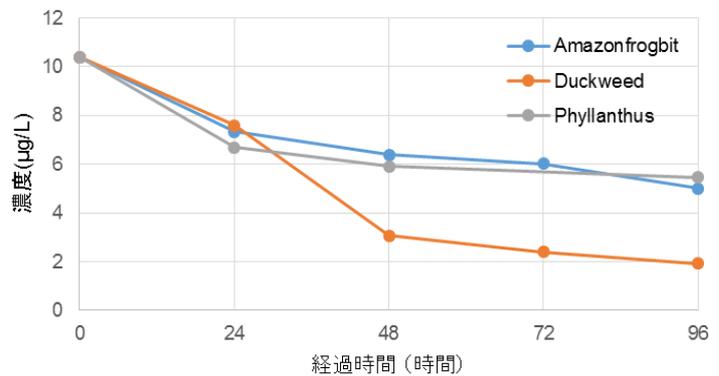


図3 PCP濃度変化(回分実験Ⅱ)

### 4. まとめ

本研究から以下の知見が得られた。

- ・植物自体の浄化作用のみでのPCP除去が可能であり、またそれらの性能は植物によって異なった。
- ・植物自体の浄化作用は酸性条件下でより促進された。
- ・植物、鉄を用いた回分実験では、植物自体の浄化作用、フェントン反応の双方によるPCP除去がみられた。
- ・フェントン反応の起きやすさは植物によって異なる。

本研究から、回分実験下ではフェントン反応を確認することが出来た。今後は、連続実験下ないし半連続実験下でフェントン反応を引き起こす適切な植物および鉄供給法について更に検討する予定である。

### 参考文献

- 1) Julio A.Zimbron, Kenneth F.Rearden. (2009):Continuous combined fenton's oxidation and biodegradation for the treatment of PCP-contaminated water, NCBI Water Res. 2011 Nov 1; 45(17): 5705–5714