

水生植物の環境汚染物質除去における物質移動速度に関する研究

早稲田大学大学院 創造理工学研究科 学生会員 ○鈴木 詩麻  
学生会員 稲垣 嘉彦  
正会員 榊原 豊  
永橋 祥一

1. はじめに

植物の浄化能力を利用して環境汚染物質を除去するファイトレメディエーションやバイオフィenton法が研究されている<sup>1)</sup>。汚染物質の除去速度は、物質移動速度および生物反応速度に依存する。本研究では、水生植物表面の液境膜物質移動速度に焦点を当て、先に報告した実験結果<sup>1)</sup>のシミュレーションを行った。

2. 実験装置および条件

植物表面の液境膜厚さを先に報告した電気化学的方法<sup>2)</sup>に従って測定した。すなわち、硫酸銅溶液を用い異なる電流密度条件における ORP 変化を測定して限界電流密度を求め、境膜厚さ  $\delta$  を求めた。ここで、供試水生植物は浮遊植物のアマゾンフロッグピッド(*Limnobium laevigatum*)、ウキクサ(*Spirodela polyrhiza*)、沈水植物のマツモ(*Ceratophyllum demersum*)を用いた。これらの植物表面に導電性塗料を塗布し、図1に示すように植物を陰極、網目状の銅を陽極として電解試験を行った。実験条件を表1に示した。

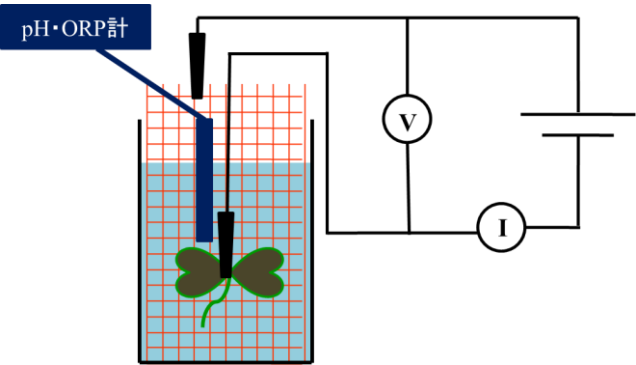


図1 実験装置図

表1 実験条件

|       |                                                                 |
|-------|-----------------------------------------------------------------|
| 電解質   | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> :50mM<br>CuSO <sub>4</sub> :10mM |
| 植物    | アマゾン(LL)<br>ウキクサ(SP)<br>マツモ(CD)                                 |
| 攪拌    | 攪拌無し                                                            |
| 電解質体積 | 500ml                                                           |
| 植物量   | 1.25g-F.W                                                       |

3. 実験結果および考察

電解試験では限界電流密度以上になると水電解反応が進行し、ORP が減少した。電流密度より、植物培養槽内の液境膜厚さを解析した結果、 $\delta=120\sim340\text{ }\mu\text{m}$  の値が得られた。

環境ホルモン類は水生植物により除去される。ここで、除去速度は植物表面の液境膜の物質移動速度に支配されていると仮定すると、その除去性能は次式で表わされる。

$$C_{out} = \frac{1}{1+a \cdot X \cdot HRT \cdot k_L} C_{in} + C_{in} e^{-\left(\frac{1}{HRT} + a \cdot X \cdot k_L\right)t}$$

(1)

ここで、 $a$  は植物比表面積、 $X$  は植物濃度、 $k_L$  は液境膜物質移動係数である。

図2は先に報告した水生植物(LL:アマゾンフロッグピッド、SP:ウキクサ、CD:マツモ)による bisphenol A (BPA) の連続処理結果<sup>1)</sup> である。また、図2中の実線は限界電流値より求めた液境膜厚さから  $k_L (=D_{BPA}/\delta)$  を求め、式(1)より計算した処理濃度である。実測値と計算値を比較すると、両者の傾向は良く一致した。BPA 以外の他の環境ホルモン(2,4-dichlorophenol、4-tert-octylphenol、nonylphenol) でも同様の結果が得られた。

水生植物を用いた環境ホルモン類の除去では、植物中の過酸化水素とペルオキシターゼが分解、除去に関係する。植物体内中のペルオキシターゼは植物全体に分布している一方、過酸化水素は場所により偏りがあるこ

キーワード 物質移動速度 液境膜厚さ 水生植物 除去速度

連絡先 東京都 新宿区 大久保 3-4-1 51-16-11 早稲田大学 榊原研究室

とが別の研究で明らかになっている。そこで、水生植物の表面において、除去している部分とそうでない部分があると仮定し、計算値と実測値が一致するように有効面積を変化させた。その結果、有効面積は実面積の20～40%であることがわかった。その結果を図3に示した。これらの比較から、水生植物による環境ホルモン除去速度は水生植物表面の物質移動に大きく影響されていると考えられる。

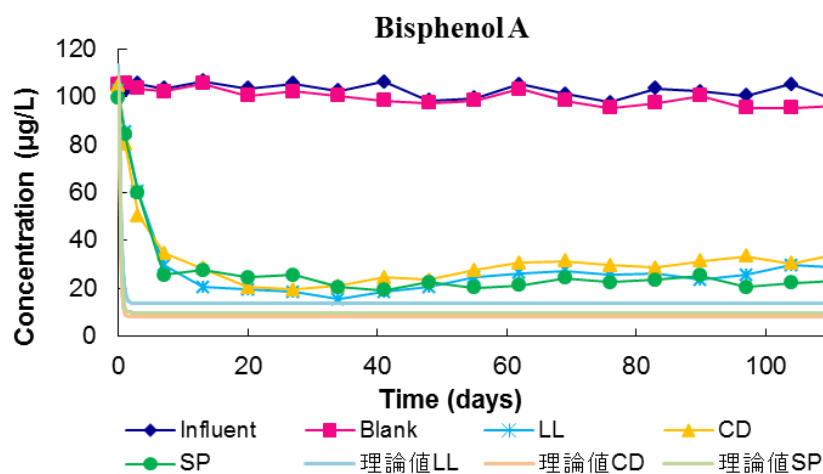


図2 BPA シミュレーション結果

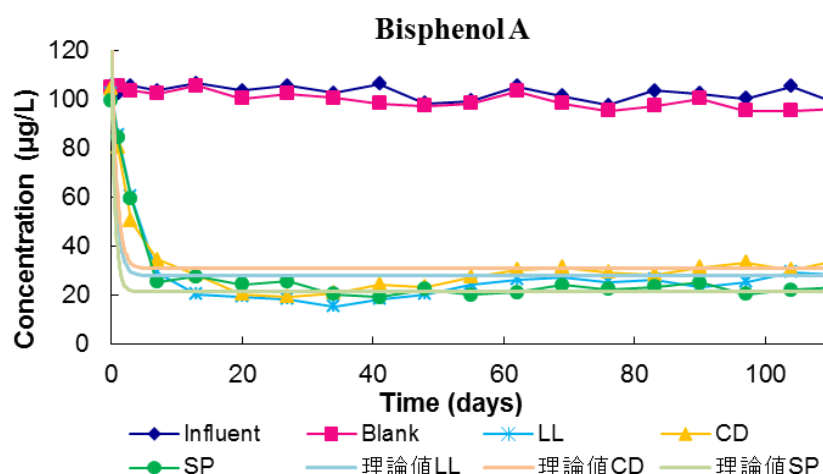


図3 有効面積変化後の BPA シミュレーション結果

#### 4. おわりに

水生植物の環境ホルモン類の除去速度は水生植物表面の物質移動速度に大きく影響されていることがわかった。より正確な除去速度を求めるために、植物表面の過酸化水素の割合を実験的に求め、本研究で得られた有効面積の結果との比較、検討を行う必要があると考えられる。また本研究では除去速度を物質移動速度のみで考えているが、実際は吸着、蓄積、分解、さらに植物体内での拡散などが関係してくる。より正確な除去速度を求めるには、これらについても検討する必要がある。

#### 参考文献

- 1) Reis, A. R. and Sakakibara, Y. (2012). Enzymatic degradation of endocrine-disrupting chemicals in aquatic plants and relations to biological Fenton reaction. *Water Science & technology*, **66**(4), 775-782
- 2) Sakakibara Y., Flora J. R. V., Suidan M. T., Biswas P. and Kuroda M. (1994). Measurement of mass transfer coefficients with an electrochemical method using dilute electrolyte solutions. *Water Research*, **28**(1), 9-16.