

都市下水の電気化学的高度処理に関する研究

早稲田大学理工学研究科 学生会員 ○中田 絢子
早稲田大学理工学研究科 学生会員 柏村 斉
早稲田大学理工学研究科 正会員 榊原 豊

1. はじめに

現在、内分泌攪乱物質による水環境や野生生物への影響が懸念されている。また、都市下水中や河川水中からビスフェノール A(BPA)やノニルフェノール(NP)などの環境ホルモン類が数十～数百 ng/l、17β エストラジオール等の天然女性ホルモンが数 ng/l レベルで検出されている¹⁾²⁾。これらの内分泌攪乱物質は微量でも影響を及ぼすことがわかっており、既存の下水処理システムにおいて、より高効率の内分泌攪乱物質除去が必要であることを示唆している。本研究では、微量な内分泌攪乱物質の除去を目的として、都市下水二次処理水に対する電気化学的処理法の適用可能性及び除去性能について実験的検討を行った。

2. 実験方法

2.1 連続処理実験

A 浄化センターに実験装置を設置し、最初沈殿池越流水を原水として、まず硝化・脱窒槽よりなる生物処理を行った。生物処理槽の後段に三次元多重電解槽(図1)を設置し、生物処理水を供給して、微量な環境ホルモン類及び天然女性ホルモンの除去を試みた。

三次元多重電解槽の概略を図1に示す。装置は2槽の多重電解槽にPt/Ti粒状電極を充填したものを作用電極(陽極)とし、Pt/Tiメッシュ電極をカウンター電極(陰極)とした。実験条件及び粒状電極条件は、表1、表2に示した。実験は同一の電解槽を2槽用意し、一方を処理実験用、他方をブランク用とした。

2.2 分析

初沈越流水、生物処理水、電解処理水、ブランク、及び既設処理水の5検体について分析を行った。ここで、既設処理水とはA浄化センターの最終沈殿池越流水(2段ステップ嫌気無酸素好気処理法)を示す。

天然女性ホルモンはELISA法を用いて、試料中のエストロン、17β エストラジオール、エストリオールの総量(エストロゲン)を測定した。環境ホルモン類はビスフェノール A(BPA)等のフェノール類5種をGC/MS

により分析した。また、COD、TOC等の一般水質項目についても分析を行い、電気化学的処理法による水質への影響についても検討を加えた。

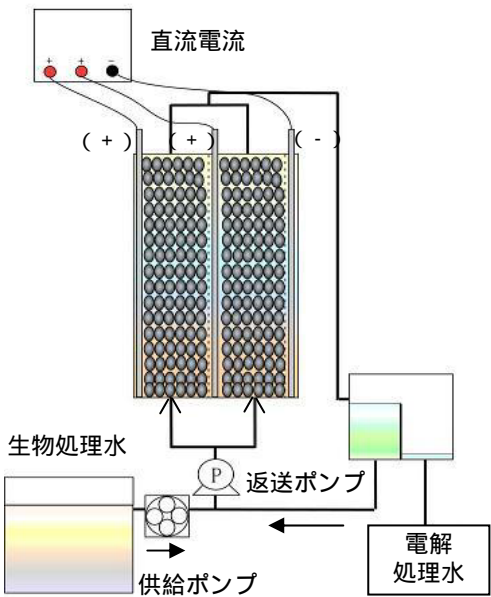


図1 三次元多重電解槽

表1 実験条件

	電解処理	ブランク
装置有効容積	700ml	700ml
HRT	60min	60min
電極総表面積	9220cm ²	9233cm ²
循環流量	3.0L/min	3.0L/min
電流	1mA	0mA

表2 電極条件

	陽極	陰極
種類	Pt/Ti	Pt/Ti
形状	円柱状 φ 3mm H 5mm	メッシュ電極

キーワード 都市下水、電気化学的処理法、内分泌攪乱物質、三次元多重電解槽

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51-16-11 早稲田大学理工学研究科榊原研究室 TEL03-5286-3902

3. 実験結果

3.1 内分泌攪乱物質

図 2 に総エストロゲン量の分析結果を示す。都市下水中の天然女性ホルモンは本研究の三次元多重電解槽を用いた処理プロセスにより安定して 17~22ng/l まで除去することができ、初沈越流水からの除去率は 94~96%であった。この値は既設処理による除去率 15~50%と比較してかなり高い値であった。

電気化学的処理について、生物処理水に対する除去率は約 70%であった。生物処理水のエストロゲン濃度は数十 ng/l から数百 ng/l であり、微量なエストロゲン除去に関して電気化学的処理が有効に機能したことがわかる。しかし実験開始約 40 日目を過ぎた頃から徐々に除去性能は低下する傾向がみられた。

また、ブランクに関して、実験開始から 30 日目あたりから除去機能が現れた。電気化学的処理よりは低い除去率であったが、約 50%除去された。

環境ホルモン類に関しては生物処理の段階で定量下限値以下(8~84ng/l)となってしまうため、今回評価を行えなかった。

3.2 一般水質項目

一般水質項目の分析結果の中央値を表 3 に示す。電気化学的処理により COD 値は増加しているが、その他の項目について影響はみられなかった。

3.3 電解槽の経日変化

電解槽の経日変化を観察したところ、電気を流した槽内には茶色の物質(SS 分)の電極への付着が見られた。一方ブランク槽では青藻の付着がみられた。(図 3)このことから電気化学的処理の除去性能の低下の原因として、SS 成分の粒状電極への付着が考えられる。SS 分の付着により粒状電極の有効表面積が減少し、それが除去性能低下を引き起こす一因となった可能性が高い。また、ブランクで除去性能が現れた原因としては、この観察結果から藻類等による付着及び分解が考えられる。

4. おわりに

本研究の三次元多重電解槽を用いた処理プロセスにより、都市下水中の天然女性ホルモン量を安定して除去できることがわかった。

しかしながら、本装置を長期間運転する場合は除去性能が低下するため、電極の洗浄方法や及び洗浄頻度等について今後更に検討をおこなう必要がある。

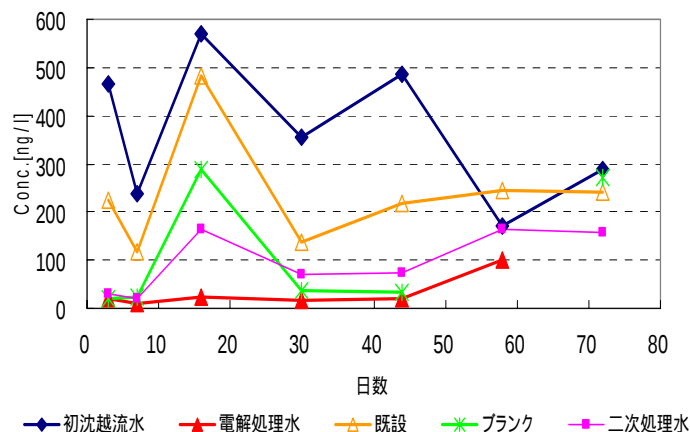


図 2 総エストロゲン量の経日変化

表 3 一般水質項目

分析項目	濃度[mg/l](中央値)				
	初沈越流水	既設処理水	生物処理水	電解処理水	ブランク
SS	39.0	1.6	1.8	-	-
VSS	39.0	1.8	1.8	-	-
COD	61.6	11.8	11.4	17.1	11.6
TOC	42.2	7.7	7.7	8.2	9.1
T-N	25.9	14.8	14.7	15.0	11.5
NH ₄ -N	23.0	11.5	6.3	5.0	4.7
pH	7.14	7.08	6.67	7.12	7.07
温度	15.7	18.0	11.3	9.0	9.5



写真 A
電解処理槽(63 日目)



写真 B
ブランク槽(63 日目)

図 3 実験装置写真

参考文献

- 1) 国土交通省：平成 16 年度全国一級河川における微量物質に関する実態調査の結果について(2006)
- 2) 和波一夫、島津暉之、宮下雄博：都市下水の環境ホルモンに関する研究（その 3）(2004)、東京都環境科学研究所年報