

粉末活性炭注入・凝集沈殿法によるエストロゲン除去の検討

宮崎大学大学院工学研究科 学生員 ○古川隼士

宮崎大学工学部 正会員 鈴木祥広

宮崎大学工学部 非会員 菅本和寛

1. はじめに

今日の水環境において、外因性内分泌攪乱物質（環境ホルモン）と称される化学物質による生態系さらには人体への影響が危惧されている。これらの化学物質の中でも人畜由来である 17 β -エストラジオール (E2, エストロゲンの一つ) が、研究対象として重要とされている。一方、下水処理場の主要な目的の一つは、人間の排泄するし尿の処理であるから、生理的作用によって排泄されるエストロゲンは、人間が生活している限り、流入下水中に存在している。しかしながら、現行の下水処理場において、エストロゲンはある程度分解されるものの、完全には分解・除去されず、その一部が処理水中に残留して流出する場合がある¹⁾。これからの下水道は、健全な水循環の回復と良好な水環境の創造に向けて、積極的な取組みが不可欠であり、なかでも下水処理水の再利用は最重要な課題である。したがって、窒素・リンに加えてエストロゲンをはじめとする微量汚染物質も含めた下水処理の高度化技術が必要になると考えられる。

すでに、下水からの E2 の除去方法として、活性炭による吸着除去が効果的であることが報告されている²⁾。そこで本研究では、E2 の削減技術として、粉末活性炭注入・凝集沈殿法による下水二次処理水からの E2 の除去の有効性について検討した。

2. 実験材料および方法

2. 1 実験材料

A 下水処理場（分流式）において、最終沈殿池の越流水（二次処理水）を採取し、以降の実験に供した。粉末活性炭原液の作成方法は、はじめに粉末活性炭（和光純薬製）を 75 μ m のふるいにかけ、ふるいを通した粉末活性炭を 110℃で 2 時間乾燥させた。乾燥後、蒸留水に懸濁させてスラリー状の粉末活性炭原液を作成した。凝集剤は、ポリ塩化アルミニウム（PAC, サントレーディング製）を使用した。

2. 2 粉末活性炭注入・凝集沈殿法（ジャーテスト法）

試料 500mL に粉末活性炭原液を 0, 10, 50mg/L となるように注入し、110rpm (40cm/s) で所定の時間攪拌した。次いで、PAC を 5mg-Al/L となるように添加し、急速攪拌 (110rpm) を 1 分間、緩速攪拌 (40rpm, 15cm/s) を 10 分間行った。攪拌後、10 分間静置させ上澄みを採取し、濁度、pH、および E2 濃度を測定した。なお、予備実験として二次処理水に粉末活性炭が 10mg/L となるように添加した溶液に、pH 調整剤 (0.1N, 1.0N NaOH または HCl 水溶液) を試料に所定量添加し、pH とその時の濁度を測定して、濁度除去率から凝集の最適条件を検討した。

2. 3 E2 の分析法

E2 濃度の測定には、酵素免疫定量法 (ELISA キット, 常盤化学工業製) を用いた。試料の前処理法は、試料 500mL を濾過 (GF/F, Whatman 製) し、濾紙上の懸濁物質はメタノール 4mL で超音波抽出し、再度濾過して濾液に加えた。その後、濾液と抽出液の混合液をメタノールと蒸留水でコンディショニング済みの C18 固相カートリッジ (J. T. Baker 製) に通水し、蒸留水とヘキサンで洗浄後、ジクロロメタン 5mL で溶出した。溶出液は窒素ガス気流で濃縮乾固させた。残留物はジメチルスルホキシド (DMSO) とメタノール (1/10)

キーワード: 17 β -エストラジオール (E2), 粉末活性炭, 凝集沈殿法, 二次処理水

連絡先: 〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1-1, TEL.0985-58-7339, FAX.0985-58-7344

で溶解し、1%DMSO、10%メタノールとなるように蒸留水で調整し、この溶解液中の E2 濃度を測定した。

3. 結果と考察

3. 1 凝集最適条件

二次処理水 (pH 7.6~7.9, 濁度 2.9~4.5) に PAC 添加量 5mg-Al/L とした場合の凝集沈殿によって、pH 6.9~8.1 の範囲で、処理水濁度は 1.5 度以下となり、濁度除去率は平均 $66.4 \pm 3.86\%$ ($n=6$) であった (図 1)。濁度除去率の最大値は、pH 調整剤非添加、すなわち二次処理水原水 (pH 7.6) において 72.8%を示した。したがって、凝集の最適条件は pH 7.6 付近で十分な懸濁物質の除去が可能であると判断した。また、粉末活性炭注入率を変化させたときの濁度除去率は、いずれの注入率においても 75%以上であった (図 2)。このことから、濁度除去率は粉末活性炭注入率に影響されないことがわかった。

3. 2 E2 の粉末活性炭への吸着

図 3 に粉末活性炭注入率の異なる条件における攪拌時間と濾液中の E2 の濃度変化を示した。E2 は注入率 0mg/L を除いて、攪拌時間の経過とともに液相から除去された。注入率 10mg/L における攪拌時間 10, 30, および 60 分の除去率は、それぞれ 8.0%, 37.2%, および 46.9%であった。また、注入率 50mg/L では、攪拌時間 10, 30, および 60 分で、除去率がそれぞれ 59.0%, 78.9%, および 81.1%であった。注入率 50mg/L, 攪拌時間 60 分において、E2 濃度は 0.13ng/L まで減少した。

4. まとめ

- (1) 二次処理水の凝集最適条件は PAC 注入率 5mg-Al/L, pH 7.6 付近である。
- (2) 粉末活性炭注入率が少なくとも 100mg/L までは、濁度除去に影響を及ぼさない。
- (3) 二次処理水中の E2 (0.71ng/L) は、粉末活性炭注入率 50mg/L, 攪拌時間 60 分で 80%以上除去できる。

参考文献

- 1) Baronti, C., Curini, R., D'Ascenzo, G., Corcia, A. D., Gentili, A. and Samperi, R. (2000) Monitoring natural and synthetic estrogens at activated sludge sewage treatment plants and in a receiving river water, Environ. Sci. Technol., 34, 5059-5066.
- 2) Fukuhara, T., Iwasaki, S., Kawashima, M. and Shinohara, O. (2006) Adsorbability of estrone and 17 β -estradiol in water onto activated carbon, Wat. Res., 40, 241-248.

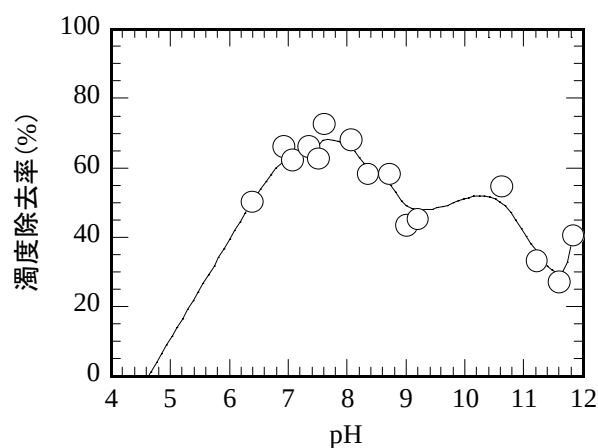


図 1 pH と濁度除去率との関係

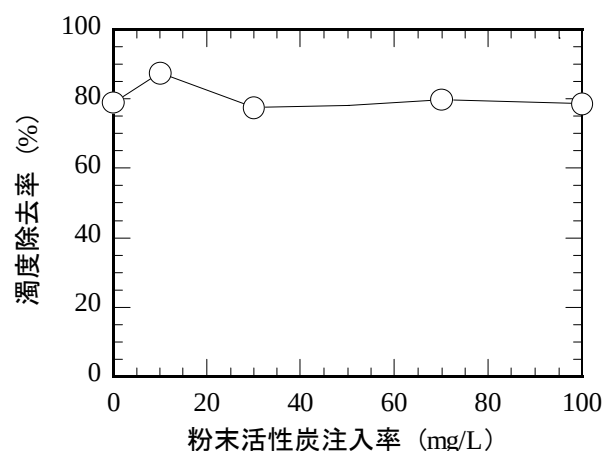


図 2 粉末活性炭注入率と濁度除去率との関係

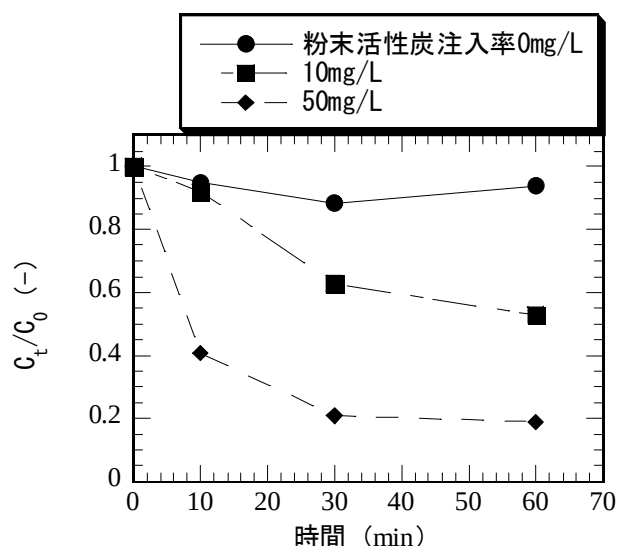


図 3 粉末活性炭注入・凝集沈殿法における E2 濃度変化