

凝集・泡沫分離法による都市下水からのエストロゲンの除去：粉末活性炭注入の効果

宮崎大学工学部（正会員）鈴木祥広

宮崎大学工学部（正会員）丸山俊朗

1. 目的

流入下水中には人間由来のエストロゲンが存在しており、その濃度は環境ホルモンの活性度から評価すると最も高い。下水処理の主たる目的は人間の排泄するし尿の処理であるから、人間が生活している限り、生理的作用により排泄されるエストロゲンが下水に存在するのは当然である。しかし、現行の下水処理場においては、有機物除去および消毒に主眼がおかれているため、エストロゲン様物質の公共用水域への流出が危惧される。ところで、視点を変えてみると、下水道は都市から効率的に対象物質のエストロゲンを集約してくれるシステムと捉えることができる。したがって、下水からエストロゲンを効率的に除去できるプロセスを導入することができれば、環境ホルモンの環境への負荷削減に大きく寄与できる。

著者らは、タンパク質として“乳製カゼイン（以降、カゼインとする）を利用した泡沫分離法”を開発し、既存の固液分離法と比較して極めて短時間に、都市下水から懸濁物を除去できることを報告した^{1), 2)}。しかしながら、これまでの予備実験で、エストロゲンは溶解性で存在し、単なる固液分離プロセスのみではエストロゲンの除去は困難であることが示唆された。そこで本研究では、泡沫分離処理の前段に粉末活性炭を注入し、エストロゲンの除去効果について検討した。

2. 実験方法

(1) 原水：A 下水処理場において流入下水を採水し、目合い 150 μ m のメッシュで濾過して夾雑物等を取り除き、実験用原水とした。

(2) 粉末活性炭の注入法：原水にスラリー状粉末活性炭原液を所定量注入し、ジャーテスターを用いて所定時間急速攪拌した後、吸着実験ではガラス繊維濾紙で濾過して濾液を分析し、凝集・泡沫分離処理を行う場合には、粉末活性炭を注入・攪拌したものをそのまま原水とした。

(3) 凝集・泡沫分離処理：原水に pH 調整剤 (pH5.5) と塩化第二鉄 (10? 30mg-Fe/L) を加えてジャーテスターで 3 分間急速攪拌した後、カゼインを所定濃度 (10? 50mg/L) となるように加え、さらに 1 分間急速攪拌した。この懸濁液 200mL を分取し、泡沫分離処理を行った。送気量は 0.3L-空気/分、送気時間は 3 分間とした。

(4) エストロゲン測定：エストロゲンの測定には、抗原抗体反応を利用した酵素免疫定量法の分析キット (ELISA キット、武田薬品工業製) を用いた。本実験では、総エストロゲン (ES) と 17 エストラジオールのみ (E2) を測定した。試料はガラス繊維濾紙で濾過し、濾液と濾紙上に残った懸濁物質について、それぞれ分別して測定した。また、その他の一般水質項目も測定した。

3. 結果と考察

(1) 活性炭無添加の凝集・泡沫分離処理

活性炭無添加の場合には、凝集・泡沫分離処理によって下水から濁質が効果的に除去されたにもかかわらず、下水中の ES の大部分が濁質の除去された処理水中に残留した (図 1)。流入下水の懸濁成分と溶解成分について ES を分析した結果、全 ES 濃度の 95% 前後は溶解成分として存在し、凝集・泡沫分離処理後もほとんど除去されなかった。

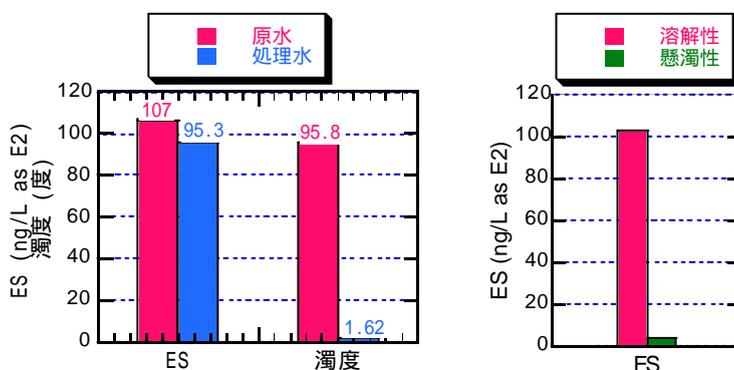


図 1 活性炭無添加の凝集・泡沫分離処理における原水、処理水の ES と濁度、ならびに ES の存在形態。

キーワード エストロゲン，下水，活性炭，泡沫分離，吸着除去

連絡先 〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1 1 宮崎大学工学部土木環境工学科 TEL 0985-58-7339

（2）エストロゲンの活性炭への吸着

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エストロゲンとエストラジオールの濃度変化を図2に示した。活性炭の注入率を10, 30, 50mg/Lと増加させることによって残留エストロゲンが減少し、液相から吸着除去された。E2も同様の变化を示した。このことから、下水中のESは活性炭への吸着性が高く、粉末活性炭注入率50mg/L、攪拌時間30分で吸着ほぼ完了することがわかった。つぎに、活性炭注入による下水中の各溶解成分の変化について調べた(図3)。ES、E2と陰イオン界面活性剤(LAS)は活性炭を注入してすぐに、吸着されはじめ、30分以降、ほぼ平衡に達した。一方、色度成分、DOCは80%程度が120時間も吸着されなかった。ESとE2の活性炭への吸着性は、吸着が速く、吸着平衡濃度が低いことから、吸着性が非常に高いことがわかった。活性炭注入はエストロゲン除去に有効なプロセスであるといえる。粉末活性炭注入と固液分離の両プロセスを組み合わせることによってESの効果的な除去が期待できる。

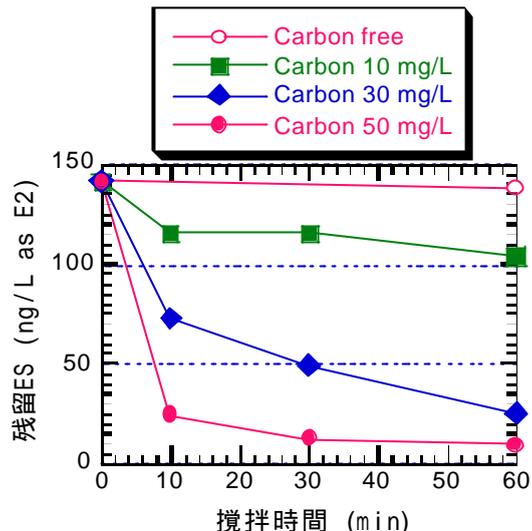


図2 下水中のESの粉末活性炭への吸着。

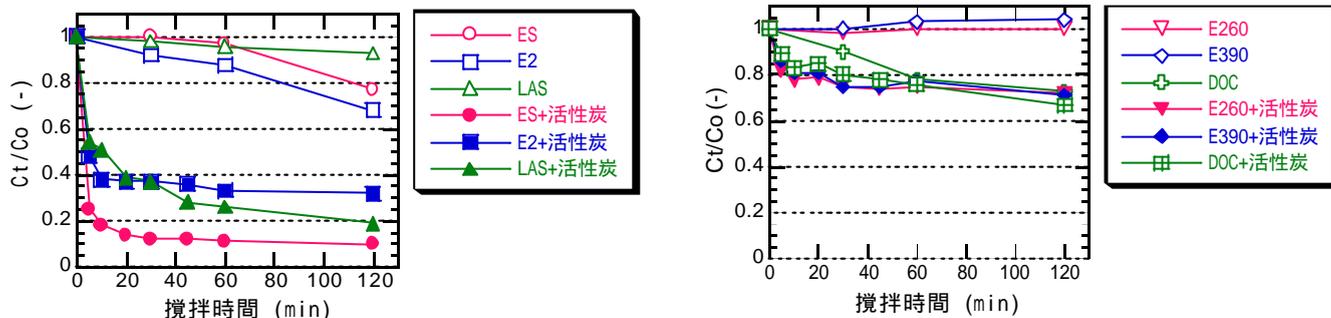


図3 下水中の各種溶解成分の粉末活性炭への吸着。

（2）粉末活性炭注入・凝集・泡沫分離処理

粉末活性炭注入を前段に導入した凝集・泡沫分離処理の処理水濁度と残留ES濃度を図4に示した。活性炭無添加の場合には、濁質が除去されてもESは処理水に高濃度で検出されたが、活性炭注入率の増加とともに濁質とESは効果的に除去され、活性炭50mg/Lでは、それぞれ98%と94%となった。粉末活性炭を注入することにより、凝集・泡沫分離処理によって、下水の濁質とESを同時に除去できることが明らかとなった。

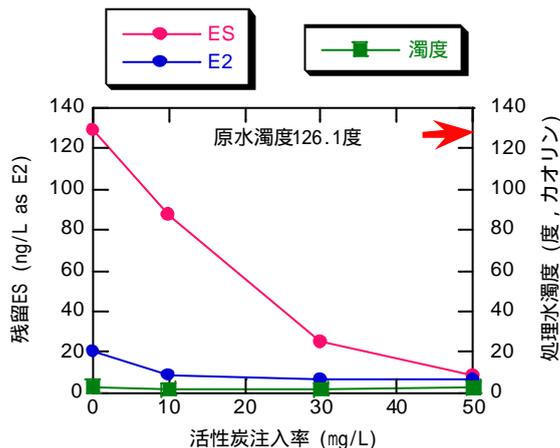


図4 粉末活性炭注入・凝集・泡沫分離処理による濁度とESの除去。

4. まとめ

- (1) 下水のESは溶解性として存在するため、単なる固液分離プロセスでは除去困難である。
- (2) ESは活性炭への吸着が速く、かつ吸着平衡濃度が低く、吸着性が非常に高い。
- (3) 粉末活性炭注入と固液分離の両プロセスを組み合わせることによってESの効果的な除去が期待できる。
- (4) 粉末活性炭注入を前段に導入した凝集・泡沫分離処理によって、下水の濁質とESを同時に除去できる。

参考文献

1) Suzuki, Y. and T. Maruyama: Water Research, Vol. 36, pp. 2195-2204, 2002
 2) Suzuki, Y., T. Maruyama, H. Tegane and T. Goto: Water Science and Technology, Vol.46, 2002.