

## ELISA 法による下水処理水中の女性ホルモンの測定

東洋大学大学院工学研究科	学生会員	○田巻由剛
茨城県警		関井林子
(株)エム・テック		岡田絵美
(株)進日本工業		臼倉大介
東洋大学大学院工学研究科	学生会員	北川朋行
東洋大学工学部	正会員	吉本國春

### 1. はじめに

化学物質による河川や湖沼などの環境水を經由した水棲生物への影響、いわゆる「内分泌攪乱作用」が近年問題となりつつあり、人体に対しての影響も懸念され始めている。こうした物質の中で唯一の人間由来の物質である女性ホルモン、 $17\beta$ -エストラジオール(以下「E2」)は、エストロン(E1)、エストリオール(E3)とともにエストロゲン的一种である。とくに E2 は内分泌攪乱作用が示唆されている代表的な化学物質と比べて 1,000 倍から 10,000 倍のエストロゲン活性を有しており、しかも人間由来の物質であるために排出規制による削減は不可能であることから、下水処理場での対応が一般的であり、下水処理場の放流水中の E2 などが測定され始めている。

本研究は、比較的容易な分析が出来る ELISA 法を採用して、下水処理場の処理水の E2 と E1 の測定と、処理水の滅菌過程(多くは次亜塩素酸ナトリウムなどの塩素系薬剤の採用)に着目して滅菌剤による E2 などの削減状況の把握を目的として行なった。

### 2. 実験法と水質分析法

#### 2-1 実験法

本研究では、次の 2 種の実験を行なった。

<実験-1(基礎実験)>基礎実験として、E2 と E1 の標準試薬によって蒸留水中の E2 や E1 をそれぞれ所定の濃度(1 $\mu$ g/L)に設定して、多くの下水処理場で使用されている滅菌剤の次亜塩素酸ナトリウムと参考のために酸化剤である過酸化水素を用いて、それぞれの薬品の添加濃度を変えて E2 の削減状況の調査を行なった。

なお、添加した次亜塩素酸ナトリウムや過酸化水素による E2 や E1 の削減は、反応時間が長いほど削減効果は向上すると考えられるが、本実験では2時間に設定し、その間、静かに試料水の攪拌を行なった。

<実験-2(下水処理水を対象とした実験)>下水処理場において、滅菌剤を注入する前の最終沈殿池の流出水を採水して試料水(以下「下水処理水」とした。次亜塩素酸ナトリウムの添加濃度を変えて、下水処理水中の E2 と E1 が削減される状況を把握する調査を行なった。なお、添加した次亜塩素酸ナトリウムと E2、E1 との反応時間や攪拌条件などは、基礎実験と同一に取り扱った。

(注)本下水処理場の流入下水は家庭排水の割合が高く、処理水の BOD や SS は 1 桁、滅菌剤として注入した次亜塩素酸ナトリウムを消費するようなアンモニア性窒素や亜硝酸性窒素はほとんどゼロであった。

#### 2-2 水質分析法

E2 の測定は、酵素免疫定量法である  $17\beta$ -エストラジオール ELISA キット(以下「E2 測定キット」:武田製薬社製)を用いた。また、E1 の測定は、E1 のみを測定するのではなく、E1、E2、E3 を合計した ES を測定する同社製のエストロジェン ELISA キット(以下「ES 測定キット」)を用いた。

キーワード:女性ホルモン、下水処理水、 $17\beta$ -エストラジオール、内分泌攪乱作用、滅菌

連絡先:〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学大学院工学研究科土木工学専攻

なお、試料水中の次亜塩素酸ナトリウムなどによる水質分析への影響が懸念された。そのために試料水の簡易固層抽出を行ない、次亜塩素酸ナトリウムなどを除去し、その後にE2やE1の水質分析を行なった。（簡易固層抽出：環境庁作成の暫定マニュアル(1998)に準拠して、ポンドエルトC18 オクタデシル使用）。

**3. 実験結果と考察**

**3-1 基礎実験**

標準物質によってE2とE1の濃度をそれぞれ1μg/Lに設定した実験を行った。E2はE2測定キット、E1はES測定キットを用い、次亜塩素酸ナトリウムを使用した場合の各々の測定結果を図-1に示す。次亜塩素酸ナトリウムの800倍添加によって、E2はほぼ100%削減され、E1は1000倍添加によって約73%削減された。

つぎに標準物質によってE2の濃度を1μg/Lに設定して実験を行った。次亜塩素酸ナトリウムを使用した場合のESとE2の測定キットでのE2の測定結果を図-2に示す。次亜塩素酸ナトリウムを100倍添加してもほとんど削減されなかったが、1000倍添加すると、E2はほぼ100%削減、ESは約73%削減されていた。同じく10,000倍添加すると、E2、ESは共にほぼ100%削減されていた。ES測定キットでのE2の削減率が低いことは、ESがE1とE2を加えた値であることを考えると、E2がE1に酸化されたことが原因と考えられる。

同様に過酸化水素をE2の10倍から10,000倍の範囲で添加した実験を行なったが、E2はほとんど削減されなかった。

**3-2 下水処理水を対象**

基礎実験結果を踏まえて、次亜塩素酸ナトリウムを使用した実験を行った。実験結果を図-3に示す。処理水中にはE3がほとんど含まれていないといわれているので、ESはE1とE2を加えた値である。図-3によると、下水処理水にはE1、E2とも20ng/L程度含まれていることが分かる。次亜塩素酸ナトリウムを6.2mg/L添加するとE2は約86%、ESは約71%削減されていた。

**4. まとめと今後の課題**

下水処理水の滅菌剤として使用されている次亜塩素酸ナトリウムによってE2とE1が削減できていることが明らかとなった。E2とE1を100%削減するのに必要な次亜塩素酸ナトリウムの注入濃度の把握もおおむねできたが、高濃度の次亜塩素酸ナトリウムの処理水への注入は、放流先の水棲生物へ与える影響が大いに懸念される。また、E2やE1が削減された後の物質の性状、また安全性などについては現段階では不明であり、こうした観点からの研究を今後は推進していく必要がある。

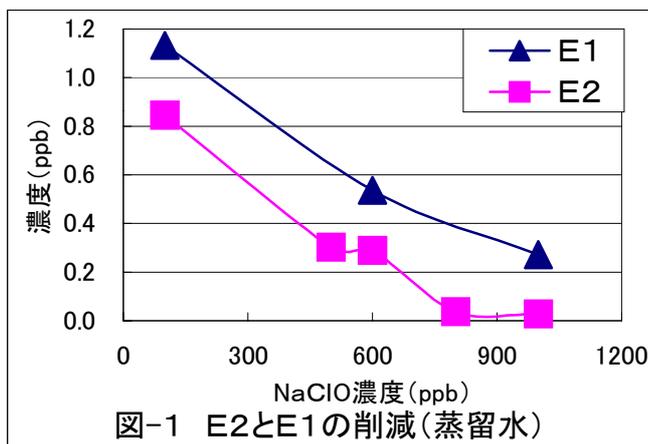


図-1 E2とE1の削減(蒸留水)

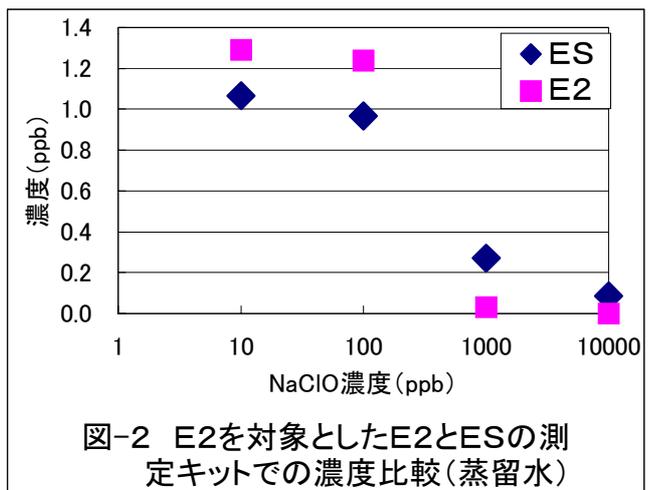


図-2 E2を対象としたE2とESの測定キットでの濃度比較(蒸留水)

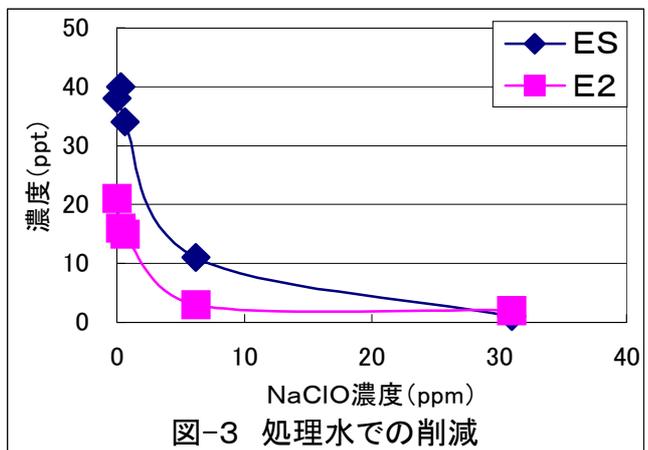


図-3 処理水での削減