

病院排水におけるエストロゲンの排出実態に関する研究

山口大学工学部 正会員 ○樋口隆哉

京都大学大学院工学研究科 草野 吏

山口大学工学部 正会員 浮田正夫、関根雅彦、今井 剛

1. 背景および目的

内分泌攪乱物質は主として女性ホルモンの作用を模倣して働くことから、動物の生殖系、発生系、神経系、免疫系などに悪影響を及ぼす事が懸念されている。また、高度医療に伴って多くの医薬品が使われ、その大半は患者の尿を通して排出されている。そこで本研究では、患者の尿中に排出される Estrogen (E1, E2, E3 の総称。以下 ES) と E2 (17β-Estradiol) に焦点を当て、病院排水における濃度を定量するとともに、ヒメダカ仔魚を用いた毒性試験を行い、下水道、廃水処理施設、環境水などと比較することによって、病院排水の危険性について検討した。

2. 分析方法および毒性試験方法

2-1 試料 分析用試料の採取場所および内容を表1に、毒性試験用試料の採取場所および内容を表2に示す。

2-2 分析方法 ES および E2 の分析は、ELISA 法により行った。採取した試料水を濃縮倍率に応じて濾過し、濾紙上の SS 分はアセトンで10分間の超音波洗浄を2回行い、濾液と合わせた。それを Sep-Pak C18 カートリッジに 20mL/min で通水させて濃縮し、固相抽出後、測定フローチャート(図1)に従って操作を行った。分光光度計を用いて求めた波長 450nm の吸光度から検量線を作成し、ES および E2 の濃度を定量した。

2-3 毒性試験方法 孵化後 48~72 時間経過したヒメダカ仔魚を使用した。試験水は 25mL、暴露時間は 48 時間とし、その間は餌を与えなかった。試験条件は水温 25±1℃、試験個体数は1系列 10 尾×2 連とし、対照区には活性炭処理水を用いた。試験水の濃度は濃縮無しと 10 倍濃縮とし、濃縮は凍結濃縮法によって行った。また、試験は止水式で行った。観察は試験開始後 0 (供試魚投入直後)、1, 2, 3, 6, 12, 24, 36, 48 時間後に行い、暴露試験終了後の最終死亡率と最終遊泳障害率を以下の式を用いて算出した。

$$\text{最終死亡率 (\%)} = \frac{(\text{試験区 1 および試験区 2 における累積死亡数の和})}{\text{総仔魚数 (20尾)}} \times 100$$

$$\text{最終遊泳障害率 (\%)} = \frac{(\text{試験区 1 および試験区 2 における累積遊泳障害数と累積死亡数の和})}{\text{総仔魚数 (20尾)}} \times 100$$

表1 分析用試料の採取場所と内容(参考資料も含む)

試料名	採取場所および内容
丸山ダム湖水	老人ホームのすぐ下 環境水
中川	国道190号と中川の交差から上流30m環境水
山崎川	宇部鴻城高校の近く 環境水
沢渡川	温泉病院の下流 スーパー丸喜の近く 環境水
A病院流入水	山口市内A病院合併処理浄化槽の処理前(調整槽)
A病院処理水	" 処理後 塩素処理前
B病院流入水	山口市内B病院合併処理浄化槽の処理前(調整槽)
B病院処理水	" 処理後 塩素処理前
①個人宅処理水	①個人宅合併処理浄化槽処理後 塩素処理後
②個人宅処理水	② " "
③個人宅処理水	③ " "
④個人宅処理水	④ " "
⑤個人宅処理水	⑤ " "
中部し原流入水	山口県中部環境センターし原処理場 処理前
中部し原再曝気後	" 再曝気後
中部し原濃沈後	" 濃沈沈殿後
中部し原処理水	" 砂濾過後 塩素処理無し
富原流入水	養豚場 畜尿処理 処理前
富原曝気後	" 曝気処理後
富原処理水	" 好気処理後
以下は参考資料	
a病院流入水(1回目)	宇部市内a病院合併処理浄化槽の処理前(調整槽)
a病院流入水(2回目)	" "
a病院処理水(1回目)	" 処理後 塩素処理前
a病院処理水(2回目)	" 処理後 塩素処理後
b病院流入水(1回目)	宇部市内b病院合併処理浄化槽の処理前(調整槽)
b病院流入水(2回目)	" "
b病院処理水(1回目)	" 処理後 塩素処理前
b病院処理水(2回目)	" "
c病院流入水	宇部市内c病院合併処理浄化槽の処理前(調整槽)
c病院処理水	" 処理後 塩素処理後
し原処理水(1回目)	宇部市東部浄化センターし原処理場からの処理水
し原処理水(2回目)	" "
東分流流入水(1回目)	宇部市東部浄化センター 分流式下水処理前
東分流流入水(2回目)	" "
東分流流入水(3回目)	" "
東分流処理水(2回目)	宇部市東部浄化センター 分流式下水処理後 塩素処理前(最終沈殿槽)
東分流処理水(3回目)	" "
西分流流入水	宇部市西部浄化センター 分流式下水処理前
西分流処理水	宇部市西部浄化センター 分流式下水処理後 塩素処理前(最終沈殿槽)
医学部下水(1回目)	山口大学医学部キャンパス 総合排水
医学部下水(2回目)	" "

図1 測定フローチャート



表2 毒性試験用試料の採取場所と内容

試料名	採取場所および内容
A病院消毒後	山口市内A病院合併処理浄化槽の処理後 塩素処理後
B病院消毒後	山口市内B病院合併処理浄化槽の処理後 塩素処理後
①個人宅処理水	①個人宅合併処理浄化槽処理後 塩素処理後
②個人宅処理水	② " "
③個人宅処理水	③ " "
④個人宅処理水	④ " "
⑤個人宅処理水	⑤ " "
中部し原処理水	山口県中部環境センターし原処理場砂濾過後 塩素処理無し
a病院消毒前(1回目)	宇部市内a病院合併処理浄化槽の処理後 塩素処理前
a病院消毒前(2回目)	" "
a病院消毒後(1回目)	" 塩素処理後
a病院消毒後(2回目)	" "
b病院消毒前(1回目)	宇部市内b病院合併処理浄化槽の処理後 塩素処理前
b病院消毒前(2回目)	" "
b病院消毒前(3回目)	" "
b病院消毒後(1回目)	" 塩素処理後
b病院消毒後(2回目)	" "
b病院消毒後(3回目)	" "
東分流消毒前	宇部市東部浄化センター 分流式下水処理後 塩素処理前(最終沈殿槽)
東分流消毒後	宇部市東部浄化センター 分流式下水処理後 塩素処理後

3. 結果および考察

3-1 分析結果および考察 本研究で得られた分析結果を図2に示す。全病院での平均除去率は、ESで65%、E2で66%となった。また分流式下水での除去率は、ESで82%、E2で63%であった。次に、病院と各種廃水処理施設における処理水のES、E2濃度を比較すると、中部し尿<個人宅<病院<分流式下水(東、西)<養豚場の順であった。また、環境水においてもES、E2が検出された。次に、得られた分析結果と従来の知見から下式を用いて、山口大学医学部附属病院における病院排水中の医薬品由来E2濃度を推算した。

$$\text{医薬品由来E2濃度 (ng/L)} = \frac{1 \text{ 日当たりの医薬品使用量 (mg/日)} \times 1000000 \times \text{E2排出率 (\%)}}{1 \text{ 日当たりの下水排出量 (L/日)}}$$

対象とした医薬品はエストラダーム TTS 2mg、フェミエスト 4.33mg とし、E2 排出率は 90% と仮定した。また、全 E2 濃度はデンマークの E2 排出原単位である 7.23μg/人/日に 2400 人を乗じ、医学部下水排出量 (L/日) で除した値と医薬品由来 E2 濃度の和で計算を行った。推算の結果、入院患者からの医薬品由来 E2 濃度は全 E2 濃度の約 13% であった。また、下水試料の分析結果から計算したところ、宇部市民の ES 排出量は 95 (μg/人/日)、E2 排出量は 12 (μg/人/日) となり、デンマークと同程度の結果であった。

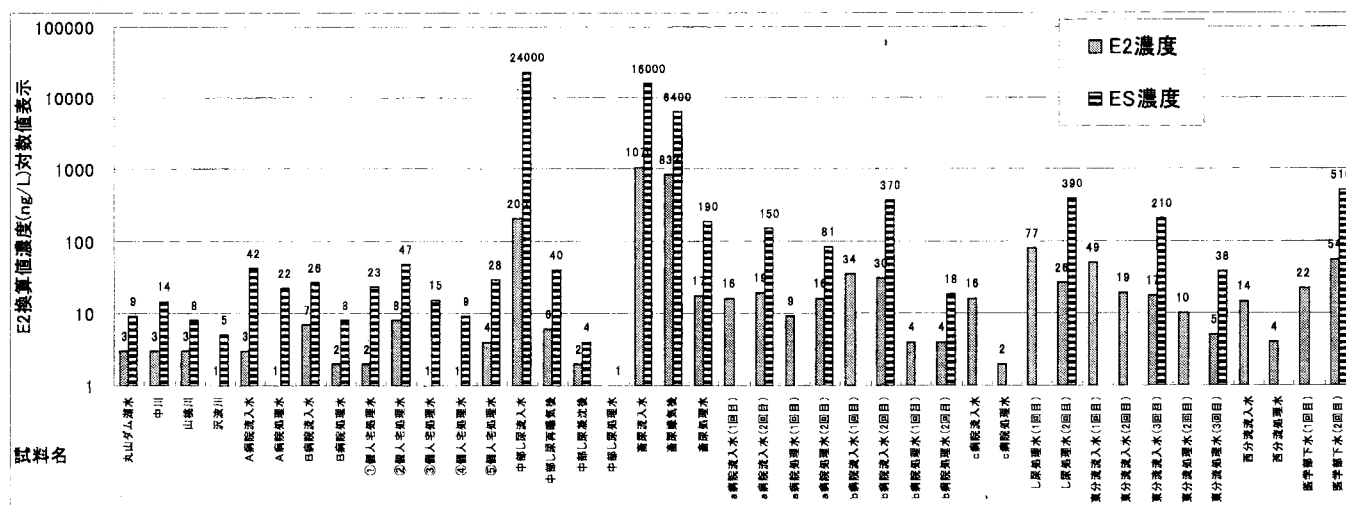


図2 ELISA法によるES、E2濃度の分析結果(参考資料も含む)

3-2 毒性試験結果および考察 本研究で得られた毒性試験結果を図3、図4に示す。試験結果から、病院試料では塩素消毒前に比べて消毒後において強い毒性が現れたものもあった。個人宅の処理水からは、病院での消毒後と比較して高い毒性が現れた。また、同じ試料であっても採取日が異なると最終死亡率および最終遊泳障害率も変動していた。本研究で分析した試料では、高度処理を行っている中部し尿処理場でのES、E2の除去率が100%に近く、また毒性試験結果からも、比較的毒性は低かった。したがって、内分泌攪乱物質は生物処理によってもある程度の除去は可能であるが、物理化学的な処理過程を付加することでより効果的に除去できると考えられた。

4. まとめ

病院排水中のESおよびE2濃度が特に高いということとはなかった。しかし、塩素消毒による毒性が指摘されたことから、病院排水におけるES、E2の排出実態についての調査が今後必要であることがわかった。

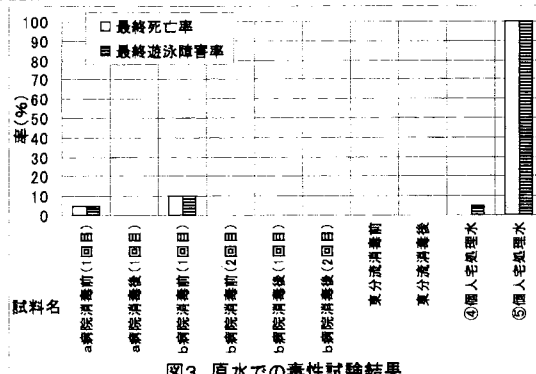


図3 原水での毒性試験結果

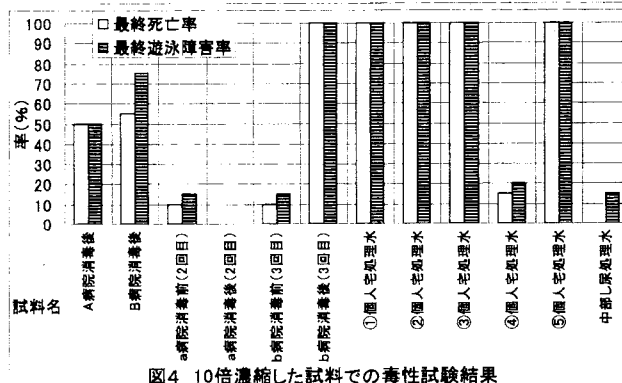


図4 10倍濃縮した試料での毒性試験結果