

④農薬・肥料

⑤消毒副生成物

⑥ガソリン

このうち消毒副生成物については、EPAでは試験の優先順位付けの作業を行っているほか、NIEHS(The National Institute for Environmental Health Sciences)/NTP(The National Toxicology Program)では、約10種類の化合物について発がん性、免疫毒性、生殖毒性に関する試験を開始しているという。

消毒副生成物は当然、混合物であるが、トリハロメタン類やハロ酢酸類といった典型的な化合物についての試験がまず実施されることになる。しかし、こうした容易に測定、定量できる個別の副生成物に加えて、「塩素処理水」や「オゾン処理水」といった、副生成物全体の作用を検出、評価するといった態度も要求される。本調査研究では、後者の立場に立ち、個別の副生成物に関する作用試験には重点をおかず、処理水全体の作用を検出し、評価を行うこととした。

2) 塩素処理副生成物の生殖毒性に関する疫学調査例

Wallerら²⁾は、米カリフォルニア州において水道水中に含まれるトリハロメタンの量と水の摂取量、および流産との関係について調査を行った。5,144人の妊婦(妊娠3ヶ月余まで)を対象とした調査の結果、水道水中総トリハロメタン濃度が0.075mg/L以下の場合、もしくは1日に飲む水の量がコップ5杯以下の場合には、流産率が9.5%であったのに対し、総トリハロメタン濃度0.075mg/L以上の水を1日5杯以上飲んでいただいたグループの場合には、流産率は15.7%であることがわかった。

クロロホルムまたはトリハロメタン量と生殖・発生毒性との関係は、ほかにもアイオアやニュージャージーでも報告されているものの、流産のリスクを含めて関係が認められなかったという報告も多くみられる。これらの結果から「国際化学物質安全性計画」(International Programme on Chemical Safety, IPCS)では、クロロホルムまたはトリハロメタン量と生殖・発生毒性との関係はあるかもしれないが、さらに調査研究が必要であるとしている³⁾。

EDSTACは、各種の混合物の中から試験を勧告する対象混合物を選定するにあたって、いくつかの判断基準を設けている。このうち消毒副生成物については、上記のような調査例などをもとにして、勧告された6種の中に含まれたものと考えられる。

3) フミン質の化学構造に関する考察

現在、内分泌攪乱作用が疑われリストアップされている化学物質の中には、フェノール類が多くみられるが、フミン質もフェノール類、またはポリフェノールということができる^{4, 5)}。

このことから、エストロゲン様の作用などを調べるin vitro試験においては、試験細胞内に水中フミン質の一部が侵入でき、レセプターと接触機会があれば、フミン質とレセプターとが結合することは十分予想できるといえそうである。また、そのような作用があるとすれば、フミン質が塩素やオゾンと反応した後、作用強度がいかに

変化するかについても検討を行う必要がある。

さらに、フミン質そのものにエストロゲン様の作用がみられた場合、その濃度に関する考察が必要になる。すなわち、内分泌攪乱作用が疑われる化学物質は自然水中に存在するとしても、一般に $\text{ng/L} \sim \mu\text{g/L}$ のオーダーである。これに対してフミン質を含む水中有機物は mg/L のオーダーで存在する。したがって、水道水の主たるエストロゲン様作用は、*in vitro* 試験における見かけ上、フミン質とその消毒副生成物に由来する可能性もあるということになる。

もちろんフミン質とレセプターとが結合し、試験結果が陽性であるからといって、フミン質などが生体内において内分泌攪乱作用を有する有害物質であると結論づけられるわけではないことには注意を要する。

以上を総合すると、消毒副生成物に関する試験の必要性について以下のようにまとめることができる。

- (1) EDSTAC が消毒副生成物に関する試験を行うことを勧告していること。
- (2) 塩素処理副生成物が生殖に関連した毒性を有するとの疫学調査例が存在すること。
- (3) 水中有機物の主体をなすフミン質そのものがエストロゲン様作用を有する可能性があること。

環境水中には種々の人工化学物質が含まれるが、水中有機物として主体を成すのはフミン物質（フミン酸、フルボ酸）である。上記のような背景のもと、本調査研究では各化学物質とともに、水中フミン物質も試験対象とする。また、そのエストロゲン様作用に対する塩素処理の影響について検討する。

5. 2. 3 調査研究の方法

(1) バイオアッセイの方法（MVLN アッセイ）

EDSTAC の提案した試験プログラムは段階的アプローチをとっており、高効率予備素クリーニング法（High Throughput Pre-screening, HTPS）、Tier 1 Screening (T1S)、Tier 2 Testing (T2T) から構成される。

ホルモンシステムに直接影響を及ぼすものとしては、エストロゲン、アンドロゲン、甲状腺ホルモンの3種があり、T1Sでは、化学物質がこのうちのどの作用を有するかを推定・検証することが求められている。しかし、現在、内分泌攪乱性が疑われている化学物質の多くは、エストロゲン様の作用を有するとされ、研究の多くもまずエストロゲン様作用の有無について調べられている。さらに工学・水道分野の実験室が比較的容易に導入できるのは*in vitro* のアッセイであろう。

以上のことから、アッセイ法としては、エストロゲン様の作用を検出するための*in vitro* アッセイをまず導入することとした。T1Sではこれはエストロゲン転写活性試験に属する。エストロゲン転写活性を検出するための細胞は種々つくられてきたが、EDSTAC 報告書ではこのうち、MVLN 細胞を用いる方法を最も推奨してい

る。これはヒト乳がん細胞である MCF-7 細胞に、ヴィテロジェニンの制御領域エストロジェンレセプター α を含む遺伝子、およびレポーター遺伝子としてホタルの発光反応を触媒するルシフェラーゼの遺伝子とを導入し、安定形質発現を実現したものである。この細胞を用いたアッセイは、化学物質がレセプターと結合した後の転写の活性化の程度を調べるもので、実際には転写活性化の結果産生されるルシフェラーゼの酵素活性を測定する。

MVLN 細胞は、1990 年フランス国立衛生医学研究所の Pons 博士らによって作製されたものである⁶⁾。本研究では、本研究所から直接分与された MVLN 細胞を用い、実験を行った。

(2) 濃縮の方法について

水道水や塩素処理水をそのまま試験に供しても一般にエストロジェン様作用を認めることは困難であるため、濃縮が必要となる。この場合、濃縮対象物質としていかなる成分を想定するかが重要である。自然水中に含まれうるエストロジェン様作用を有する (in vitro アッセイにおいて) 物質群には以下のようなものが挙げられよう。

- ・ 現在、内分泌攪乱性が疑われるとしてリストアップされている物質
- ・ 女性ホルモンであるエストラジオールそのもの
- ・ 植物性エストロジェン
- ・ 水中フミン物質
- ・ その他、農薬などの微量汚染物質

本調査研究では、水中フミン物質とその消毒副生成物のエストロジェン様作用を測定し、その強さを他の化学物質やエストラジオールなどと比較検討することを目的としている。そこで、

① 水中フミン物質

② 塩素処理による副生成物

の濃縮を目的とした方法をまず採用する。

水中フミン物質の濃縮のためには、非イオン性多孔質の XAD 樹脂が広く用いられている⁷⁾。文献的には XAD8 が用いられているが、製造中止となっており、代替品として販売されている XAD7HP を用いた。なお、本研究では濃縮する対象が水中の有機物であるという点から、フミン酸とフルボ酸の分画は行わずフミン物質として一括濃縮を行うこととした。

塩素処理副生成物の濃縮法は、変異原性試験のための試料調製に関連して種々の検討が行われてきた。この中で浦野⁸⁾らは、塩素処理水の変異原性検出を目的として詳細に検討した結果、非イオン系多孔質ポリスチレン樹脂の CSP800 樹脂を用いた方法を提示している。

これら二つの濃縮法を比較すると、まず XAD7HP 樹脂は非イオン系ポリアクリル酸エステル弱極性樹脂で TOC 吸着性が良く、中性付近で解離している弱酸性基のカルボキシル基やフェノール基等を分子構造に多く有するフミン物質を濃縮するのに特に

優れると考えられる⁹⁾。一方、CSP800樹脂は樹脂粒径の細かい疎水性樹脂であり、特に変異原物質や塩素処理副生成物の濃縮には効果を発揮する。また、エストロジェン様作用を示す化学物質は、疎水性の有機化合物が多いことから、このCSP800樹脂を用いる方法はエストロジェン様物質の濃縮に有効であるとも考えられる。

(3) 実験手順の概略

1) MVLNアッセイの方法

通常の細胞培養にはガラス製培養フラスコ (VIDREX、底面積40cm²) を使い、培養液としてDMEM (Dulbecco's Modified Eagle Medium、Gibco) に10%のウシ胎児血清 (FBS : Fetal Bovine Serum、Hyclone) を加え使用する (以後FBS培養液と呼ぶ)。

これとは別にFBSからホルモン等の物質をCharcoal-Dextran処理により除去したDCC-FBS (Hyclone) を5%濃度でDMEMに加えた培養液も使用する (DCC培養液と呼ぶ)。なお両培養液ともpHインジケータのフェノールレッドはエストロジェン様作用を示すので加えていない。細胞培養環境は開放系培養で5%炭酸ガス・37℃・100% humidityである。

12マルチウェルプレート播種用の細胞の準備から、試験物質を細胞に添加しデータを得るまでの一連の操作とタイムスケジュールを図-5.1に示す。実験手順の詳細はEDSTAC報告書に記載されている。

2) ルシフェラーゼアッセイ¹⁰⁾

エストロジェン様作用の結果、細胞内に産生したルシフェラーゼの酵素活性を定量する。ルシフェラーゼとは分子量62,000の単一ポリペプチドで、ホタルの尾尻に観察される発光反応を触媒する酵素であり、ルシフェリンを基質とする。反応は温度依存性で最適温度範囲は20~25℃なので、測定に用いる試薬はウォーターバスで適温に保温してから使用する。

試験手順は一般に行われているルシフェラーゼアッセイ法⁷⁾でよい。ルミノメーターはベルトールドジャパンLumat LB9507を用い、酵素反応および発光量測定時間は20秒間とした。発光量は相対的な発光量RLU (Relative Light Unit) で表示される。

3) タンパク質定量法^{11,12)}

同一プレートにおけるウェル間の細胞数の差による発光量の差を補正し単位タンバ

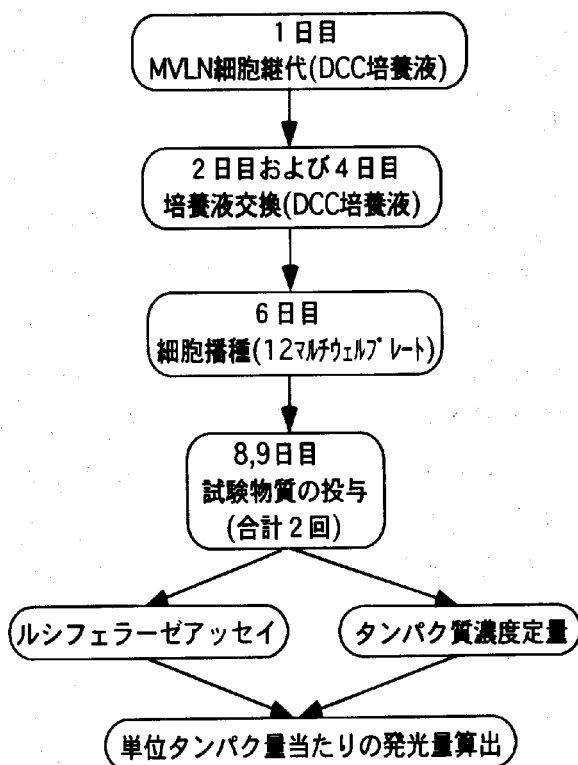


図-5.1 MVLNアッセイの手順

ク質あたりの発光量を求めるために、BCA法により細胞溶解液中のタンパク質量を求めた。試薬と反応させた後、562nmの吸光度を吸光度計により測定するものである。Lowry法は細胞溶解液中に界面活性剤が含まれているので用いられない。

標準タンパク質としてウシ血清アルブミン (BSA, Bovine Serum Albumin、和光純薬) を用いて検量線を作成し、濃度を定量した。

4) エストロジェン様作用の強度の表示法

上の測定までで、単位タンパク質あたりの発光量が求められるが、播種細胞数、細胞の状態等、様々な要因により変動があるのが実際である。試験間の誤差要因を除くため、Sotoらの方法を参考に¹³⁾同一プレートに添加した17βエストラジオールを標準物質として、以下の式より酵素活性相対値 (%) を求めた。

$$\text{酵素活性相対値(\%)} = \frac{L_t - L_c}{L_E - L_c} \times 100$$

L_E : $1.0 \times 10^{-9} \text{M}$ における17βエストラジオールの単位タンパク質あたりの発光量

L_c : DCC培養液のみのときの単位タンパク質あたりの発光量

L_t : 試験物質の単位タンパク質あたりの発光量

なおここで相対値の算出に L_t として $1.0 \times 10^{-9} \text{M}$ における17βエストラジオールの単位タンパク質あたりの値を用いているのは、この濃度で反応が最大に達するためである (図-5.23参照)。

5) 最大活性濃度に対する17βエストラジオール (E_2) 濃度値

ある試験物質

の酵素活性相対値がほぼ最大値に達するときの投与濃度をCとして、以下の式により最大活性濃度に対する17βエストラジオール (E_2) 濃度値を求めると、この式においてCは酵素活性が最大となる E_2 の最少濃度 (すなわち $1.0 \times 10^{-9} \text{M}$) である。

$$\text{最大活性濃度に対する } E_2 \text{ 濃度値} = C / C$$

酵素活性相対値と最大活性濃度に対する E_2 濃度値を掛け合わせることで17βエストラジオールに対する作用強度 (17βエストラジオールを1としたときの試験物質のエストロジェン様作用の強度) を求めることができ、これを用いて試験物質間の強弱比較を行う。

6) 試薬フミン酸に関する実験

第一段階として試薬フミン酸 (和光純薬) を用いてMVLNアッセイを行った。この試薬フミン酸は、石灰化度の低い泥炭、亜炭などの若年炭類に含まれているアルカリ可溶の不定形高分子有機酸であり、硝酸処理は行われていない。

試薬フミン酸3.0gを20mMの水酸化ナトリウム溶液1Lに一晩攪拌して溶解し、1Nの塩酸でpH7.3に調整後、不溶成分をグラスファイバーフィルター (ADVANTEC、GS25) で濾別して、試薬フミン酸溶液とした。この溶液のTOCは1200mg/Lであった。

塩素処理を行う場合には、次亜塩素酸ナトリウム溶液（和光純薬）を蒸留水で希釈して添加した。密栓後20℃の暗所で72時間反応させた。pHコントロールの目的から塩素処理実験に通常加えられるリン酸緩衝液はMVLN細胞に対して毒性を示すので、本実験では添加しなかった。残留塩素は除去せず、そのままMVLN細胞の投与試料とした。培養液中の残留塩素が30mg-Cl/LまではMVLN細胞に影響が無いことを確認している。

7) 琵琶湖水に関する実験

自然水として琵琶湖水を用いた。琵琶湖南湖大津市渚公園付近の表流水をポリエチレン製バケツで採水し、ポリエチレン製タンクに入れた。直ちにメンブランフィルター（0.45 μ m、Millipore）にて吸引濾過を行った。これを以下の2通り方法（概略のみ示す）で濃縮した¹⁴⁾。

CSP800 樹脂を用いる方法

- ①樹脂のコンディショニング……吸着剤は、三菱化成製のMCIゲルCSP800を日本ウォーターズリミテッドがカートリッジに充填してSep-Pak-Plus(Long)CSP800として販売しているもの（8mm径、20mm長、容積2.0ml）を5個直列に接続して用いた。酢酸エチル、エタノール、蒸留水を用いてコンディショニングを行った。
- ②吸着……濾過水2.0LをCSP800樹脂カートリッジに通液し、吸着させた。
- ③脱離……エタノールを通液し、溶出液1.0mlを採取した。

以上の方法で琵琶湖水2.0Lを1.0mlに濃縮した（濃縮倍率2000倍）。

XAD7HP 樹脂を用いる方法

- ①XAD7HP樹脂のコンディショニング……オルガノ製のXAD7HP樹脂をカラム（30mm径、95mm長、容積70ml）に充填した。エタノール、蒸留水を用いてコンディショニングを行った。
- ②イオン交換樹脂のコンディショニング……オルガノ製のIR-120B樹脂をカラム（10mm径、80mm長、容積8.0ml）に充填し、3N塩酸→蒸留水→2N水酸化ナトリウム溶液の順に通液した。使用直前に3N塩酸を通液してH⁺型とした。
- ③吸着……濾過水6LをpH2に調整し、XAD7HP樹脂カラム（容量70ml）に17.5ml/minで通液した。
- ④溶出……吸着の終了したカラムに0.1N水酸化ナトリウム溶液約120mlを通液し、吸着成分を脱離させた。
- ⑤再濃縮、脱塩……溶出液をpH2に調整し、XAD7HP樹脂をカラム（10mm径、80mm長、容積8.0ml）に通水し、その後蒸留水で脱塩した。ここに0.1N水酸化ナトリウム溶液10mlを通液し、吸着成分を脱離させた。
- ⑥イオン交換……溶出液10mlを陽イオン交換樹脂に通液してフルボ酸塩、フミン酸塩のH⁺を飽和化し、その後、蒸留水2.0mlを通液して残留物質を回収した。

以上の結果、琵琶湖水6.0Lを12mlに濃縮した（濃縮倍率500倍）。

琵琶湖水を塩素処理する場合には、濾過水に次亜塩素酸ナトリウム溶液（和光純薬）

を蒸留水で希釈して添加した。ここでは初期残留塩素濃度が1.0mg-Cl/Lとなるように次亜塩素酸ナトリウム溶液を添加(注入塩素濃度は1.3mg-Cl/L)し、pHの変化が無いことを確認後、密栓して室温で24時間静置した。24時間後の残留塩素濃度は約0.1mg-Cl/Lであった。

8) 試料水の添加

試料水は0.22 μmメンブランフィルターで除菌ろ過しつつMVLN細胞に添加した。pH調整が必要な場合には7.2-7.4程度に調整してから添加した。高濃度で試験をする際は、あらかじめ2倍の濃度で作製した培養液と蒸留水および試料水を適当な濃度で無菌的に混合し、培養液成分の希薄化を防いだ。

5. 2. 4 結果と考察

(1) 試薬フミン酸に関する結果

1) 試薬フミン酸の結果

試薬フミン酸に関する実験結果を図-5.2に示す。培養液中の試薬フミン酸のTOC濃度が5.0mg-TOC/L付近で、ある程度(12%)の作用がみられはじめ、30mg-TOC/L前後で酵素活性相対値はピークを示し、その後は数%に減少している。その強さは最大で17βエストラジオールの26%であった。

いずれの添加濃度においても、細胞溶解液中のタンパク質濃度は200mg/L前後であり、細胞に対する顕著な毒性がみられなかった。すなわち、本実験条件では細胞がダメージを受けることによる発光プロセスへの影響はないものと考えられた。

またレセプターとの反応を阻害するICI182,780¹⁵⁾を共存させた結果を表-5.1に示す。試薬フミン酸のエストロゲン様作用(転写活性化効果)の大部分は、レセプターを介したものと

いえる。

2) 試薬フミン塩素処理水の結果

塩素処理した試薬フミン酸溶液のMVLNアッセイを行った結果を図-5.3に示す。残留塩素は2500mg-Cl/L以下ではすべて消費されたが、

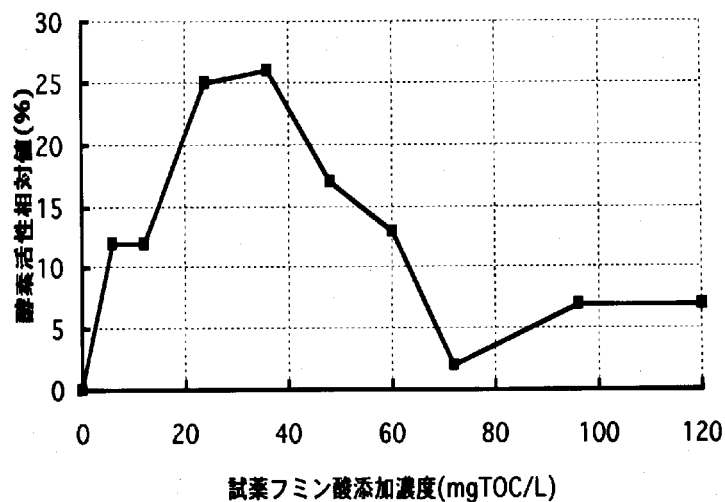


図-5.2 試薬フミン酸のエストロゲン様作用試験

表-5.1 作用メカニズムに関する試験

添加試料	単位タンパクあたり増加発光量
試薬フミン酸(10mg/L)	100%
試薬フミン酸(10mg/L)+ICI182,780	28.9%
ICI182,780	21.1%

3000 および 5000mg-Cl/L の場合はそれぞれ 130 および 510mg-Cl/L であった。培養液中での塩素濃度を、添加 TOC が 60, 120mgTOC/L の場合について下表に示す。残留塩素は 30mg-Cl/L 以上で MVLN 細胞に対して毒性を示し試験結果に影響を与える。この表より試験溶液濃度が 60mg-TOC/L まで

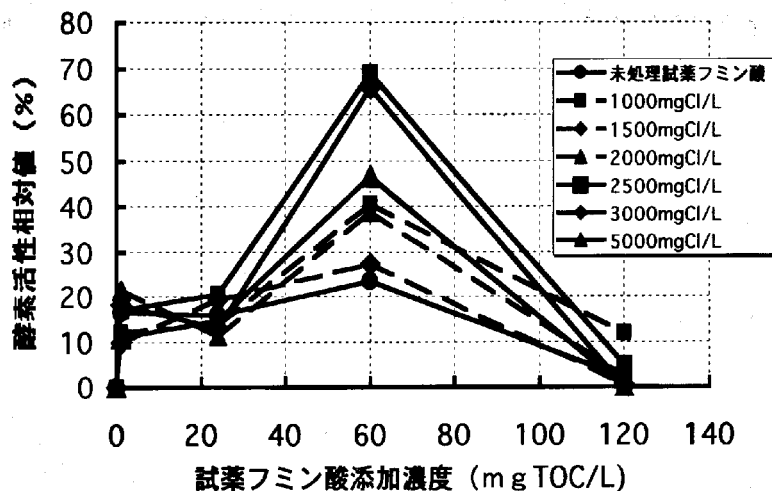


図-5.3 試験フミン酸の塩素処理によるエストロゲン様作用の変化

は残留塩素の影響はなく、試験が行えているものと判断できる。

塩素濃度 (mgCl/L)	3000	5000
添加濃度 60mgTOC/L での 培養液中塩素濃度	6.5	25.5
添加濃度 120mgTOC/L での 培養液中塩素濃度	13	51

図より、試験溶液の濃度が 60mg-TOC/L のときに各試験溶液とも酵素活性相対値のピークを示し、その後は減少した。

ピーク時の濃度 (60mg-TOC/L)、および 24 mg-TOC/L の場合の塩素濃度と酵素活性相対値の関係を図-5.4 に示す。この図より、塩素濃度 2500mg-Cl/L のときに酵素活性相対値は最も大きくなり、このときの酵素活性相対値は 69% であった。塩素を加えていない試験フミン酸溶液と比べると、約 2.9 倍酵素活性相対値が大きくなっていることがわかる。TOC と有効塩素濃度で比較すると (塩素濃度):(TOC 濃度) = 2:1 でエストロゲン様作用が最も強められていることになる。

3) 結果の考察

試験フミン酸には分子量が数百～数万までの分子が含まれている。一般に細胞膜を通過できる分子の大きさは通常 1000 くらいまでであり、実際にどれほどの TOC 量が細胞内に取り込まれているのかは不明である。しかし ICI182,780 を共存させた結果からも、何らかの成分がレセプターと結合しているのは明らかである。エストロゲン様作用を示した理由として以下

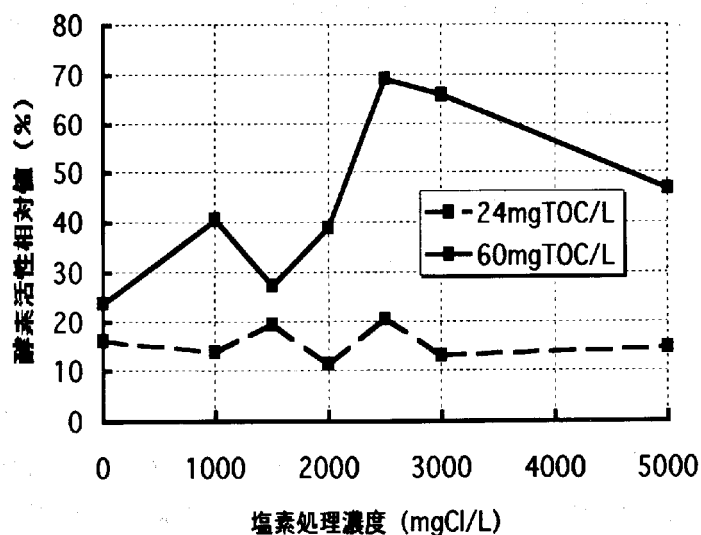


図-5.4 各塩素処理濃度における酵素活性相対値

のことが考えられる。

- ① TOC としてはわずかな量であるが、試薬フミン酸中の比較的分子量 1000 程度以下の成分がエストロゲン様作用を示した。
- ② 試薬フミン酸中の不純物、例えばエストロゲン様作用を示す植物由来のホルモン様物質などが作用を示している。

一方、酵素活性相対値がピークとなる濃度が出現した。一般にホルモン反応は用量-効果関係を示さないことが多いとされるが、今回の試薬フミン酸の試験においても細胞毒性の影響のない 50mg-TOC/L 以上の濃度において酵素活性相対値が減少する現象がみられた。酵素活性に対する阻害効果などが考えられるが、理由については不明点が多い。

また、塩素処理によりエストロゲン様作用が最大で約 3 倍に増加したが、その理由として以下のことが考えられる。

- ① 塩素化により新たに生成し構造が変化した化合物がエストロゲン様作用を示した。
- ② 酸化分解により構成分子が低分子化され、細胞膜を通過できる物質が増えた。
- ③ 構成分子が分解されてフミン酸のキャリアーとしての作用が失われ¹⁶⁾、保持されていた微量農薬や金属種等のエストロゲン様作用をもつ化学物質が放出された。

なお主要な塩素処理副生成物であるクロロホルムについて MVLN アッセイを行った。結果を図-5.5 に示すが、エストロゲン様作用はみられなかった。今後このような個別の塩素処理副生成物についての試験を行う必要がある。

4) 試薬フミン酸に関する結果のまとめ

① MVLN アッセイにより、試薬フミン酸にエストロゲン様作用があることを見いだした。

② その作用は、塩素処理により最大で約 2.9 倍に強められた。添加塩素濃度では、(塩素濃度):(TOC 濃度) = 2:1 でエストロゲン様作用が最も強められた。

(2) 琵琶湖水に関する結果

1) XAD7HP 樹脂による濃縮琵琶湖水の試験結果

濃縮前後の琵琶湖水の水質データを表-5.2 に示す。容量的には 500 倍に濃縮する操作を行ったが、TOC でみた場合の回収率は約 12% であった。

MVLN アッセイの結果を図-5.6 に示す。横軸は、培養液 1 ml 中に添加した琵琶湖水量を表している。0 ~ 250ml/ml は、TOC では 0 ~ 50mg-TOC/L に

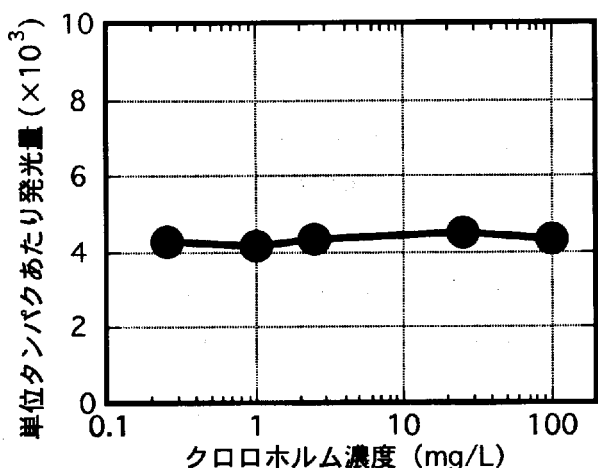


図-5.5 クロロホルムの試験結果

相当する。図より、添加湖水量 50ml/ml- 培養液付近からエストロジェン様作用が検出されていることがわかる。このときの TOC は 10mg-TOC/L であり、これは図-5.2 に示した試葉フミン酸においてエストロジェン様作用が確認される濃度と大差はない。添加湖水量が 150 ml/ml- 培養液で酵素活性相対値は最大の 32% を示し、それ以降は横這いとなった。

塩素処理によってエストロジェン様作用は強められ、最大で添加湖水量が 250 ml/ml- 培養液のときに酵素活性相対値は 81% であった。塩素処理により最大 3.1 倍、平均 2.3 倍にエストロジェン様作用が強められた。

一方、蒸留水を同様の方法で濃縮し試験したところ、蒸留水添加量 200ml/ml- 培養液まで特にエストロジェン様作用は認められず、容器や樹脂自体の影響はないことを確認した。

2) CSP800 樹脂による濃縮琵琶湖水の試験結果

MVLN アッセイの結果を図-5.7 に示す。樹脂からの溶出液はエタノールを溶媒としており、培養液中のエタノール濃度は 0.05% ~ 2.5% である。別に行った実験から、ここで使用した濃度範囲のエタノールによるアッセイへの影響はなかったと考えられた。

図より、エストロジェン様作用は検出されておらず、塩素処理を行ってもエストロジェン様作用は変化しなかった。図-5.6 と比較すると添加水量が少ない範囲でなので、さらに試験を行う必要はある。しかし、図-5.6 では塩素処理水の場合、エストロジェン様作用は十分に検出されているため、CSP800 樹脂で濃縮される成分にはエストロジェン様作用はないか極めて弱いものと考えてよ

表-5.2 XAD7HP樹脂による濃縮前後の水質

	試料水	pH	TOC (mg/L)	E260 (10mm ⁻¹)	TOX (μgCl/L)
濃縮前	琵琶湖水	7.6	2.7	0.0398	14.5
	濾過水	7.4	1.8	0.0191	13.0
	塩素処理水	7.4	2.5	0.0159	111
濃縮後	原水	5.0	107 (11.7)	2.0 (21)	517 (7.1)
	塩素処理水	3.4	165 (18.2)	2.0 (21)	4980 (9.0)

※括弧の中は回収率を濃縮倍率 (×500) に対する割合 (%) で表示した値

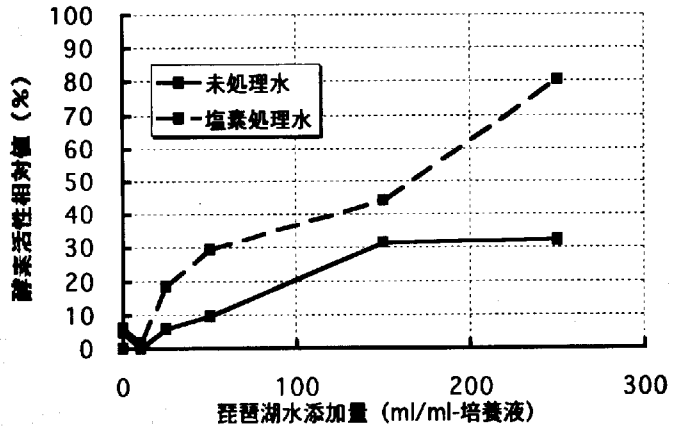


図-5.6 濃縮琵琶湖水の試験結果 (XAD7HP樹脂濃縮法)

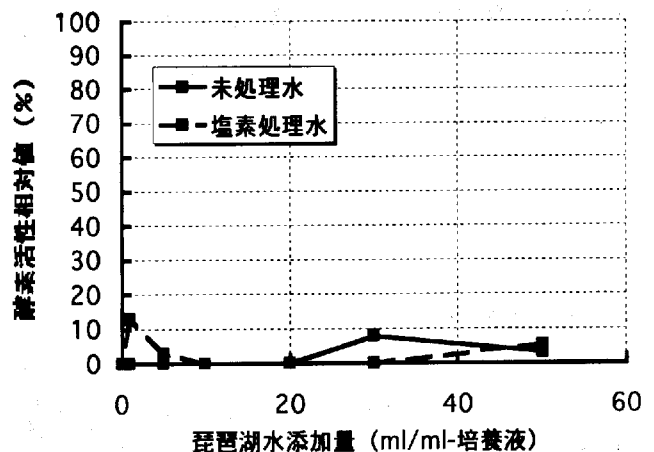


図-5.7 濃縮した琵琶湖水の試験結果 (CSP800樹脂濃縮法)