

沈水植物による内分泌攪乱化学物質の吸収・分解機構

東京工業大学大学院理工学研究科 正会員 ○大澤 和敏
 東京工業大学大学院理工学研究科 学生会員 金井 康一
 東京工業大学大学院理工学研究科 フェロー会員 池田 駿介

1. はじめに

生活排水に含まれる内分泌攪乱化学物質(以下 EDCs)は、下水処理場において大部分が除去されながらも、ごく微量であるが河川に排出されていることが、近年明らかにされてきた。EDCs はごく微量で生体内のホルモンの分泌を攪乱する物質であり、ヒトの健康に対する悪影響も懸念されている。そのような河川に排出された微量の EDCs を除去する方法として、植物が有する吸収・蓄積・分解等の多様な機能を利用する浄化法(通称、ファイトレメディエーション)が注目されている。

そこで本研究では、沈水植物の EDCs の吸収・分解機構に関する室内実験を行い、水温との関係について検討することを目的とした。なお、本研究で対象とする EDCs としては、エストロゲン作用が大きいと報告されている 17 β -エストラジオール(以下 E2)及びポリカーボネート樹脂やエポキシ樹脂に使われ、我々の生活環境の中に広く存在しているビスフェノール A(以下 BPA)を使用した。

2. 実験方法

濃度を調整した BPA 及び E2 溶液に沈水植物を投入した実験サンプルを用いて、水温、照度一定の条件で EDCs の吸収実験を行った。沈水植物としてアナカリス(学名: *Egeria Densa*)を使用した。光の照射には自然光に近い光を再現するために、セラミックメタルハライドランプを用いた。実験条件を表-1 に示す。各実験において一定時間 EDCs 溶液に浸した後、水試料、植物試料に分けて BPA, E2 濃度を測定した。本実験では、実験開始 12, 24, 72 時間経過後に EDCs 濃度の測定を行った。

分析方法はメチル誘導体化・GC/MS-SIM 法を用い、環境庁水質保全局水質管理課の要調査項目等調査マニュアル¹⁾及び、菊田ら²⁾により検討された BPA, E2 の同時分析法をもとに分析を行った。分析における抽出および誘導体化のフローを図-1 に示す。

3. EDCs 吸収・分解モデル

本研究では、Li ら³⁾によるライグラスの農薬の吸収、

表-1 実験条件

水溶液量	1L
EDCs 初期濃度	100 μ g/L
投入植物量(湿潤重量)	約 5g
水温	10°C, 17°C, 25°C
照度	約 10klux

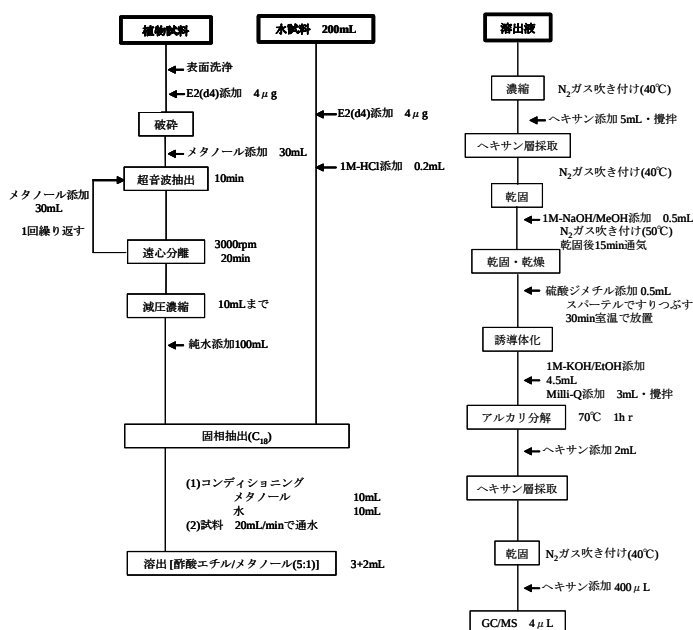


図-1 EDCs 分析のための抽出および誘導体化のフロー

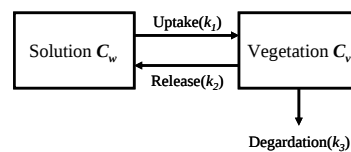


図-2 二相間モデルの概要

分解モデルをもとにし、水相と植物相の二相間での BPA, E2 の吸収、放出、分解を考慮した二相挙動モデルを提案する。二相間モデルの概要を図-2 に示す。C_w は水相中での EDCs 濃度、C_v を植物相中での EDCs 含量とする。水-植物相中の EDCs の移動と植物相での分解は 1 次反応によるものを考えた。また、水相での分解は室内実験において小さいことが確認されたため、本モデルには加えないこととした。

キーワード 内分泌攪乱化学物質, ファイトレメディエーション, 沈水植物, BPA, E2

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1-M1-1 東京工業大学 大学院理工学研究科 土木工学専攻 TEL: 03-5734-2597

上記の吸収・放出過程，分解過程を考慮し，水相，植物相について以下の式を定式化した。

$$\text{水相: } V \frac{dC_w}{dt} = -k_1 V C_w + k_2 M_v C_v \quad (1)$$

$$\text{植物相: } M_v \frac{dC_v}{dt} = k_1 V C_w - k_2 M_v C_v - k_3 M_v C_v \quad (2)$$

ここで C_w : 水相中での EDCs 濃度($\mu\text{g/L}$)， C_v : 植物相中での EDCs 含量($\mu\text{g/kg}$)， V : 水溶液量(L)， M_v : 植物重量(kg)， k_1 : 吸収速度定数(hr^{-1})， k_2 : 放出速度定数(hr^{-1})， k_3 : 分解速度定数(hr^{-1})とする。なお，式における $k_1 V C_w$ は水相から植物相への吸収， $k_2 M_v C_v$ は植物相から水相への放出， $k_3 M_v C_v$ は植物相での分解を表す項である。各定数の算定には SCE-UA 法を用いて，実験値と計算値の誤差が最小となるように決定した。

4. 結果および考察

それぞれの水温条件による BPA 及び E2 の水溶液内の濃度の経時変化を図-3 に示す。10°C と 17°C での水溶液中の BPA 濃度はほぼ同じ挙動を示し，温度による吸収量の差異はみられなかったが，25°C では BPA の吸収量が大幅に増加した。E2 に関しては BPA よりも大きく温度依存性が見られ，10，17，25°C と水温が高くなるにつれて水溶液中の E2 濃度が減少した。これらの結果より，アナカリスは水温の上昇に伴い，BPA，E2 の吸収能力が増加すると考えられる。

それぞれの水温の条件による BPA 及び E2 の植物体内の含量の経時変化を図-4 に示す。BPA についてはどの温度についても12時間後に最も高い含量を示し，その後は BPA 含量が減少していく傾向を示した。E2 も 17°C のケースを除いて同様の傾向であった。また含量の温度ごとの差異は 25°C で，BPA，E2 共に全体的に低い含量を示した。これは，25°C の水温では吸収能力が大きいためだけでなく，分解能力についても大きくなり，植物体内の BPA，E2 含量が小さかったと考えられる。

提案したモデルによる計算結果を図-5 に示す。ここでは，計算結果の一例として，BPA の 25°C における結果のみを示した。結果を見ると，全体的な傾向は概ね一致していることが分かる。特に，植物試料中の濃度が増大し，その後，減少する傾向が明確に表現できている。

同定された各定数を表-2 に示す。分解速度定数 k_3 は BPA，E2 共に 25°C で最大値を示した。これは，実験で得られたように，温度依存性が反映された結果として捉えることができる。

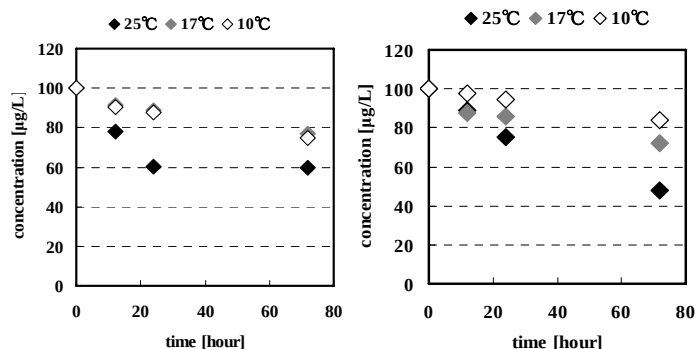


図-3 水溶液中の EDCs 濃度(左 : BPA，右 : E2)

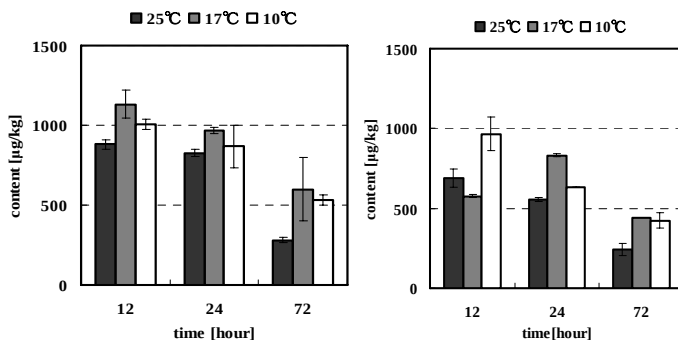


図-4 植物試料中の EDCs 含量(左 : BPA，右 : E2)

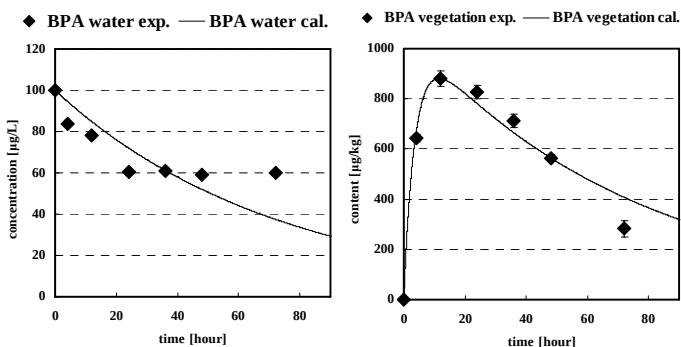


図-5 モデルによる計算結果(物質 : BPA，温度 : 25°C，左 : 水溶液濃度，右 : 植物試料中濃度)

表-2 同定された各定数

		k_1	k_2	k_3
BPA	25°C	0.014	0.010	0.264
	17°C	0.014	0.201	0.062
	10°C	0.014	0.207	0.083
E2	25°C	0.012	0.010	0.418
	17°C	0.012	0.234	0.153
	10°C	0.012	0.289	0.062

参考文献

- 1) 環境庁水質保全局水質管理課：外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル，1998。
- 2) 菊田友哉：固液間の化学物質の分配に着目した微量有害物質の活性汚泥法での分解モデルの構築，東京工業大学大学院理工学研究科 土木工学専攻 修士論文，2003。
- 3) Hui Li, Guangyao Sheng, Wentao Sheng, Ouyong Xu : Uptake of trifluralin and lindane from water by ryegrass, Chemosphere, Vol.48, pp.335-341, 2002。