

4. 考察

昨年度構築したモデルを、今年度の実地調査結果を用いて計算し検証を行った。この計算結果と実測値を比較した(表 18)。

実地調査結果から、底質において前駆物質である OP1EO からオクチルフェノールが生成していると仮定してモデルを構築した結果、計算結果はわずかに改善されただけであった。オクチルフェノールの生成速度 (OP1EO の分解半減期) は文献値から 13.8 日と設定したが、仮に 1 日と設定しても計算結果は変わらなかった。これは、底質において生成したオクチルフェノールはそのまま底質に吸着していると考えられるためである。

水中にも OP1EO が存在することから、底質中に加えて水中でもオクチルフェノールが生成するモデルを構築した。水中におけるオクチルフェノールの生成速度 (OP1EO の分解半減期) を 13.8 日とすると計算結果はほとんど変わらなかったが、生成速度を仮に 1 日と設定すると計算結果は 0.86 倍と改善された。

しかし、OPnEO からオクチルフェノールへの分解経路や生成速度については仮定が多いため、OPnEO からオクチルフェノールへの分解生成の詳細について検討が必要であると考えられた。特に水中でのオクチルフェノールの生成速度が計算結果へ与える影響は大きかったことから、生成速度に関する検討を行う必要があると考えられた。

なお、懸濁物質沈降量及び漁獲量のパラメータについても検討したが、いずれも計算結果に大きな影響を与えなかった。

表 18 前駆物質からの生成を考慮した場合モデルの計算結果

	底質での前駆物質からの生成を		水質での生成も 考慮した場合
	考慮しない場合	考慮した場合	
A 区間	0.78 倍	0.79 倍	0.96*
B 区間	0.61 倍	0.62 倍	0.83*
C 区間	0.43 倍	0.44 倍	0.86*

注：表中の値は、(検証区間出口の計算結果)/(検証区間出口の実測値)である。
検証には H13 年度実地調査結果を用いた。

*：生成速度 (OP1EO の分解半減期) を仮に 1 日と設定した。

5. 参考文献

- 1) Ahel, M. : Biogeochemical Behaviour of Alkylphenol Polyethoxylates in the Aquatic Environment. A dissertation submitted to the University of Zagreb. pp.200 (1987)
- 2) Staples, C.A., C.G.Naylor, J.B.Williams and W.E.Gledhill : Ultimate Biodegradation of Alkylphenol Ethoxylate Surfactants and Their Biodegradation Intermediates, Environ. Toxy.ico. Chem., 20, 2450-2455 (2001)
- 3) 関東農政局千葉統計情報事務所 (1998) 千葉農林水産統計年報
- 4) 井内美郎 (1991) 58 湖沼汚染底質の浄化手法に関する研究、海洋・湖沼の汚染防止に関する総合研究 平成 2 年度、58-1-58-19
- 5) 小林節子、楠田隆 (1985) 手賀沼における汚染泥の堆積と性状、千葉県水保研年報 (昭和 58 年度)、153-162

IV 水生生物への濃縮性と移行経路

平成 12 年度に優先的にリスク評価に取り組むとした 8 物質のうちフタル酸ジシクロヘキシルは、魚類への濃縮性に関する実測値の報告がなく、log K_{ow} 値 (6.2、計算値¹⁾) から生物濃縮係数 16900 が得られたが、他のフタル酸エステル類 (フタル酸ジ-2-エチルヘキシル: 1~29.7²⁾、フタル酸ジ-n-ブチル: 12³⁾) と比較して高い値であったため、魚類への濃縮計数の実測値を得るために試験を実施した。

1. 試験方法

OECD の「305 生物濃縮：魚による流水式試験」を参考に、実環境に近い曝露濃度条件を設定して試験を行った。

ア 試験物質

フタル酸ジシクロヘキシル

イ 試験区分 (濃度設定)

試験区分は 4 区分とした (表 20)。

表 20 生物濃縮試験 試験区分

区分	飼育水条件	餌料条件
1 区	添加なし	添加なし
2 区	5µg/L フタル酸ジシクロヘキシル	添加なし
3 区	5µg/L フタル酸ジシクロヘキシル	100µg/kg フタル酸ジシクロヘキシル
4 区	50µg/L フタル酸ジシクロヘキシル	添加なし

フタル酸ジシクロヘキシルは、環境水中ではほとんど検出されないため、環境中濃度を参考にした濃度設定は出来なかった。そのため、濃縮性が非常に低いといえる 10 以下の生物濃縮計数でも十分に検出できるように、魚体内濃度検出限界値 (10µg/kg) から最低濃度区分を設定し、その 10 倍濃度区をあわせて設定した。

また、環境水中からの濃縮と共に餌からの濃縮を検討するために、フタル酸ジシクロヘキシル含量を調整（約 100 μ g/kg）した餌を与える試験区（3区）を設定した。飼料濃度は約 100 μ g/kg、水質の試験濃度は低濃度区と同じとした。

なお、フタル酸ジシクロヘキシルは DMSO（ジメチルスルホキシド）に溶解して添加した。DMSO の飼育水中での最終濃度は 0.01%であった。

ウ 試験装置

試験にはステンレス水槽（350×600×650mm、内側ガラス張り）を用い、100L の飼育水を満たして使用した。

飼育水槽へ供給するフタル酸ジシクロヘキシル（対象区は DMSO のみ）は、それぞれ飼育水条件の 10 倍濃度の原液を作成して各区に用意した 15L の薬液槽から毎分 80mL で 1L の混合槽に供給し、毎分 800mL で供給される希釈水と混合した後、飼育水槽に供給した。

全ての配管、水槽類、ポンプの材質にはステンレススチール、ガラス、テフロン（一部の配管ジョイント部分はシリコン）を用いた。

エ 試験水・餌

飼育水（希釈水）は、上水を 0.2 μ m のフィルターでろ過した後、活性炭カートリッジにより脱塩素したものをを用いた。

餌はこい稚魚用配合飼料（こい 4 号：日本農産工業）を用いた。

なお、試験に用いた飼育水（検出限界値：0.1 μ g/L）及び餌（検出限界値：10 μ g/kg）のフタル酸ジシクロヘキシル濃度が検出限界値未満であることは、事前に確認し、農薬等の有害物質についても存在しないことを確認した。

オ その他の飼育条件

その他の飼育条件は表 21に示した。

表 21 飼育条件

項目	設定値	実測値
飼育水槽水温	22℃	19.1 ~ 20.7 ℃
pH	—	6.6 ~ 7.2
溶存酸素量	—	64 ~ 100 %
給餌量	体重の1%×2回/日	—

カ 魚類

試験には養魚場から入手したコイ（平均体重 22g、平均体長 8.7cm）を用いた。試験に先立って魚体内のフタル酸ジシクロヘキシル濃度が検出限界値未満であることを確認し、28 日間の馴致飼育を行った。各試験区に 70 匹前後のコイを用いた。

キ 試験の実施

(ア) 取込試験

各試験区で試験開始後の、1、2、4、8、14 及び 28 日目に各試験区 5 匹ずつのコイを取り上げ、速やかに冷凍保存して、分析に供した。

(イ) 排出試験

取込試験開始後 28 日目に全ての飼育水及び餌をフタル酸ジシクロヘキシル無添加のものに切り替え、0.5（12 時間目）、1、2 及び 4 日目に、各試験区 5 匹ずつのコイを取り上げ、速やかに冷凍保存して、分析に供した。

2. 試験結果

各試験区を取込試験における飼育水のフタル酸ジシクロヘキシル濃度の実測値は表 23 に、取込試験及び排出試験の魚体内濃度はそれぞれ表 24 及び表 25 に、フタル酸ジシクロヘキシルを添加した餌の実測濃度は表 26 に、

試験開始時と終了時における魚体中の粗脂肪率は表 27に、取り込み曲線及び排出曲線は図 12及び図 13に示した。

対照区（1 区）の結果から、使用した飼育水及び餌に含まれる可能性のある検出限界値未満のフタル酸ジシクロヘキシルの影響は認められなかった。

フタル酸ジシクロヘキシルに曝露した試験区（2～4 区）では速やかにフタル酸ジシクロヘキシルが取り込まれ、1 日目までには定常状態に達した（図 12）。定常状態における飼育水及び魚体内のフタル酸ジシクロヘキシル濃度から生物濃縮係数（BCF_{ss}=定常状態に達した後の平均魚体内濃度/定常状態に達した後の平均水中濃度）を求めた（表 22）。

4 区（高濃度区）の BCF_{ss} は 50 と、2 区（低濃度区）の 85 と比べて有意（ $p<0.05$ ）に低い値が得られた。

餌からの取り込みを検討するために低濃度の曝露に加えて餌にもフタル酸ジシクロヘキシルを混入した 3 区の BCF_{ss} は 96 となり、2 区の 85 と比べて高い値となったが有意差（ $p<0.05$ ）は認められなかった。

表 22 生物濃縮係数と取込・排出速度定数

試験区	定常状態			排泄速度定数 k_2 day ⁻¹	取込速度定数 k_1 day ⁻¹
	飼育水濃度	魚体内濃度	生物濃縮 係数		
	μg/L	μg/kg			
2 区（低濃度）	2.6	220	85	2.23	127
3 区（低濃度+餌）	2.3	220	96	1.87	125
4 区（高濃度）	30	1500	50	1.78	100

※ 定常状態の濃度平均は、1～28 日のデータを用いた。

※ $k_1=(Cf \times k_2)/(Cw \times (1-e^{-k_2 t}))$ （Cf：取り込み曲線から読む時間 t における魚体内濃度、Cw 水中濃度）