

〈報 文〉

水生生物に対する界面活性剤および衣料洗剤の毒性評価*

吉岡敏行**・荻野泰夫**・森 忠繁**

〔和文要旨〕

界面活性剤と市販衣料用洗剤のミジンコと魚類に対する急性毒性試験を実施して以下の結果を得た。

界面活性剤の毒性の強さは、ミジンコに対して AE>脂肪酸ナトリウム> α -SF, LAS>AOS>AS>AES, 魚類に対して AOS>AE, α -SF>LAS>脂肪酸ナトリウム>AS>AES の順であった。

EC₅₀ と LC₅₀ との相関は、界面活性剤単独については有意の相関が認められたが、いろいろな助剤が入っている洗剤については有意の相関が認められなかった。

EC₅₀ と LC₅₀ が試験に使用する水の硬度に影響されない界面活性剤は非イオン系の AE で、水の硬度の影響を受ける界面活性剤は陰イオン系の LAS, AES, AOS, α -SF, 脂肪酸ナトリウムであった。

児島湖流入水域での界面活性剤の生態リスクを求めたところ、冬季に未処理の家庭排水が直接流入する中小河川で LAS と AE が要注意レベルに達していると考えられた。

Summary

Using in conformity to the OECD Guidelines, we carried out acute immobilization test to *Daphnia magna* and acute toxicity test to *Oryzias Latipes* for some surfactants and some commercial detergents for clothes. AE had the strongest toxicity of the surfactants to *Daphnia magna* and was followed by hard soap > α -SF, LAS>AOS>AS>AES. AOS had the strongest toxicity of the detergents for clothes to *Oryzias Latipes* and was followed by AE, α -SF>LAS>hard soap>AS>AES. The order regarding the strength of toxicity of AOS and hard soap was different in acute immobilization test *Daphnia magna* and acute toxicity test to *Oryzias Latipes*. As for commercial detergents for clothes, No. 12 (AE) showed the strongest toxicity to *Daphnia magna* and was followed by No. 10 (hard soap)>No. 15 (AS, LAS), No. 9 (AES, AE), No. 14 (α -SF, AE)>No. 13 (AOS, LAS), No. 8 (LAS), No. 11 (soft soap). As for toxicity to *Oryzias Latipes*, No. 12 (AE) was strongest and followed by No. 13 (AOS, LAS), No. 15 (AS, LAS), No. 14 (α -SF, AE)>No. 9 (AES, AE), No. 8 (LAS), No. 10 (hard soap)>No. 11 (soft soap).

Correlation of acute immobilization test to *Daphnia magna* such as 24h-EC₅₀ and acute toxicity test to *Oryzias Latipes* such as 96h-LC₅₀ on surfactants was statistically significant. However, correlation between 24h-EC₅₀ and 96h-LC₅₀ for commercial detergents in which various builders were included was not statistically significant.

Water hardness did not influence toxicity of nonionic surfactants such as AE, and did anionic surfactants such as LAS, AES, AOS, α -SF, AS and soaps. These findings of EC₅₀ and LC₅₀ showed the same trend.

Ecotoxicological risk quotients, which calculated from the concentration of some surfactants in the rivers that drained into Lake Kojima, were warning levels in LAS and AE in a winter season.

Key words : *Daphnia magna*, *Oryzias Latipes*, Surfactants, Toxicity assessment, Environmental assessment

* Toxicity and Environmental Assessment of Surfactants and Detergents to Aquatic Animals

** Toshiyuki YOSHIOKA, Yasuo OGINO, Tadashige MORI (岡山県環境保健センター) Okayama Prefectural Institute for Environmental Science and Public Health

1. はじめに

児島湖は岡山県南部に位置し、貯水容量に比較して流域面積が広く、流域人口も多い湖で、岡山市・倉敷市等の市街地から主に生活排水が流入し、水質汚濁が進行している。下水道整備も順次進められているが普及率は27%程度と低く、水質の改善がなかなか見られないのが現状である^{1,2)}。児島湖流域の汚濁物質の排出量のうち57%が生活排水で占められるが、このうち水生生物に対して最も影響の大きいものとして家庭で使用される洗剤が考えられる。洗剤成分のうち界面活性剤の水生生物に対する急性毒性について多くの報告がなされている³⁻⁵⁾。しかし、水生生物の急性毒性は試験に使用する水のpH、水温、硬度等の水質条件や生物の種類、成長段階により大きく異なることが知られている^{4,7)}。また、試験方法、試験期間、界面活性剤の構造の違い等により、同じ界面活性剤でもその毒性値に10~100倍以上の差が生じることもあり、データを直接比較することが困難な場合が多い^{5,6)}。

そこで、代表的な7種類の界面活性剤と8種類の市販衣料用洗剤について同時に急性毒性試験を行って比較した。急性毒性試験には水生生物のうち比較的感受性が高い取り扱いの簡単な甲殻類と魚類を用い、OECDガイドラインに準じてミジンコの50%遊泳障害濃度(EC₅₀)とヒメダカの半数致死濃度(LC₅₀)とし

て求めた。また、水質条件として石けんに最も影響の大きいと考えられる硬度の界面活性剤の急性毒性に与える影響について検討した。さらに、界面活性剤の急性毒性値と児島湖流入水域での検出濃度からそれぞれの生物に対する影響を検討した。

2. 試験方法

2.1 供試界面活性剤および市販衣料用洗剤

表1に試験に使用した市販衣料用洗剤の構成成分である界面活性剤(7種類)および市販衣料用洗剤(8種類)を示した。また、生物の感受性を検定するための基準物質としては、ペンタクロロフェノールナトリウム(東京化成工業㈱、純度83%)を用いた。


2.2 供試生物

水生動物のうち甲殻類としてオオミジンコ *Daphnia magna* を、魚類としてヒメダカ *Oryzias Latipes* を選定し、試験に使用した。

オオミジンコは水温20±1℃、照明周期(明期16時間、暗期8時間)の条件下で、餌としてクロレラ *Chlorella vulgaris* を与えて飼育した。試験前日に親ミジンコだけを分離し、翌日24時間以内に生まれた仔ミジンコを試験に使用した。

ヒメダカは市販の成魚を購入し、実験室内で22±1℃のガラス水槽中で14日間以上馴致し、その期間の

表1 Samples of surfactants and commercial detergents for clothes used acute toxicity test

Sample No.	Surfactant	content	Chemical structure of surfactant
Surfactant			
1	LAS	26.2%	R-  -SO ₃ Na R:C ₁₀ ~C ₁₄
2	AES	25.3%	RO(CH ₂ CH ₂ O) _n SO ₃ Na R:C ₈ ~C ₁₈ n=1~6
3	hard soap	89.5%	RCOONa R:C ₈ ~C ₁₈
4	AE	100%	RO(CH ₂ CH ₂ O) _n H R:C ₈ ~C ₁₈ n=3~15
5	AOS	95.0%	RCH=CH(CH ₂) _n SO ₃ Na C ₁₄ , C ₁₆ , C ₁₈
6	α-SF	91.0%	RCH(OH)(CH ₂) _m SO ₃ Na C ₁₄ , C ₁₆ T
7	AS	99.4%	ROSO ₃ Na R:C ₁₂
Sample No.	Surfactant	content	Other content
Commercial detergent For clothes			
8	LAS	28%	Aluminium silicate, Carbonate, Fluorescent agent, Enzyme Enzyme, Fluorescent agent Carbonate
9	AES, AE	43%	
10	hard soap	70%	
11	soft soap fatty acid alkanol amide	38%	
12	AE	20%	Aluminium silicate, Carbonate, Fluorescent agent, Enzyme Sulfate, Aluminium silicate, Carbonate, Fluorescent agent, Enzyme Carbonate, Aluminium silicate, Sulfate, Fluorescent agent, Enzyme Sulfate
13	AOS, LAS	23%	
14	α-SF, AE	22%	
15	AS, LAS	27%	

死亡率が5%以下の群れを試験に使用した。供試ヒメダカの平均体長は2.6cm, 平均体重は0.16gであった。

2・3 飼育水

水道水を2~3日間曝気して塩素を取り除いた水を、試験および飼育期間中の水として使用した。ミジンコ飼育用の水はさらにワットマン濾紙GF/Cで濾過して使用した。この水のpHは7.5~7.7, 硬度は26~30 $\text{mg} \cdot \ell^{-1}$, 水温 $22 \pm 1^\circ\text{C}$ であった。硬度の調製には飼育水に $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を添加して、ミジンコ急性遊泳障害試験では CaCO_3 として26, 97, 187, 367 $\text{mg} \cdot \ell^{-1}$, 魚類急性毒性試験では CaCO_3 として26, 70, 200 $\text{mg} \cdot \ell^{-1}$ の硬度段階を用いた。

2・4 急性毒性試験方法

急性毒性試験はOECDテストガイドライン202⁹⁾ および203⁹⁾ に準じて実施した。同一の界面活性剤および市販衣料用洗剤に対して急性毒性試験を2~3回繰り返した。

ミジンコ急性遊泳障害試験：濃度公比1.8で5段階の試験溶液を作製し、各試験溶液40ml中に仔ミジンコ5頭を入れ、水温 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ の暗所で24時間飼育した後の遊泳障害率を観察した。対照および各濃度区はすべて4連で行った。50%遊泳障害濃度 (EC_{50}) は、対数正規確率紙の横軸に界面活性剤濃度を、縦軸に遊泳障害率をとり、50%前後の点を直線で結び EC_{50} を求めた。また、硬度の影響を検討するため、試験溶液の硬度を変えて同様に試験した。試験溶液の調製の際、脂肪酸ナトリウムは金属石けんが形成されて均一に分散しにくいため、超音波で金属石けんをより小さくして試験溶液を調整した。

魚類急性毒性試験：濃度公比1.8以下で5段階の試験溶液を作製し、各試験溶液2l中にヒメダカ10尾を入れ、水温 $22 \pm 1^\circ\text{C}$, 照明周期(明期16時間, 暗期8時間), 無給餌, 無曝気で24時間ごとに試験溶液を交換し、96時間飼育した。死亡魚は発見しだい取り除き、24, 48, 72, 96時間後の半数致死濃度 (LC_{50}) を EC_{50} と同様にして求めた。また、硬度の影響を検討するため、試験溶液の硬度を変えて、同様に試験した。

3. 結 果

3・1 水生動物に対する急性毒性

ミジンコ急性遊泳障害試験では、対照区の遊泳障害率が5%以下の試験結果を採用した。魚類急性毒性試験では、対照区の死亡率はいずれも10%以下であった。表1はミジンコに対する EC_{50} とヒメダカに対する LC_{50} を示している。その再現性を急性毒性値の最

表2 Results of acute toxicity tests to *Daphnia magna* and *Oryzias latipes* (EC_{50} and LC_{50})

Surfactant	24h EC_{50} ($\text{mg} \cdot \ell^{-1}$)	LC_{50} ($\text{mg} \cdot \ell^{-1}$)			
		24h	48h	72h	96h
Surfactant					
1 LAS	13.3	8.0	7.1	7.1	7.1
2 AES	92.5	60.0	54.0	51.5	50.6
3 hard soap	8.1	47.0	36.5	32.5	27.0
4 AE	3.3	3.2	2.9	2.5	2.3
5 AOS	19.2	1.7	1.3	1.2	1.2
6 α -SF	10.6	3.2	3.2	3.2	3.2
7 AS	36.1	42.5	37.0	37.0	37.0
Detergent					
8 (LAS)	15.6	17.8	15.5	14.5	13.3
9 (AES,AE)	8.0	12.6	10.8	10.8	10.3
10 (hard soap)	4.1	28.0	24.5	18.5	16.0
11 (soft soap)	17.0	31.5	29.3	26.3	24.5
12 (AE)	2.7	4.6	4.0	2.6	2.4
13 (AOS,LAS)	13.3	5.0	4.5	3.8	3.5
14 (α -SF,AE)	8.4	5.7	4.9	4.7	4.6
15 (AS,LAS)	7.2	5.7	4.9	3.5	3.5

Note: Values show containing concentration of surfactant.

大値と最小値の比で見るとミジンコで1.0~1.3倍, ヒメダカで1.0~1.6倍であり, 生物試験としては再現性が良かった。また, 基準物質のペンタクロロフェノールナトリウムの試験結果は, ミジンコ24時間 EC_{50} は $0.32 \text{mg} \cdot \ell^{-1}$, ヒメダカ96時間 LC_{50} は $0.30 \text{mg} \cdot \ell^{-1}$ であり, 今まで報告されている値^{10,11)}と大差なかった。

界面活性剤の毒性の強さはミジンコに対して $\text{AE} > \text{脂肪酸ナトリウム} > \alpha\text{-SF}$, $\text{LAS} > \text{AOS} > \text{AS} > \text{AES}$, ヒメダカに対して $\text{AOS} > \text{AE}$, $\alpha\text{-SF} > \text{LAS} > \text{脂肪酸ナトリウム} > \text{AS} > \text{AES}$ の順であった。AOSと脂肪酸ナトリウムが, ミジンコとヒメダカに対する毒性の強さの順序が異なった。脂肪酸ナトリウムは, ミジンコに対してより強い毒性を示し, AOSはヒメダカに対してより強い毒性を示した。界面活性剤の種類による毒性値の違いは, ミジンコに対して28倍 (AES/AE), ヒメダカに対して42倍 (AES/AOS) であった。

衣料用洗剤(主成分界面活性剤)の毒性の強さを界面活性剤濃度で示したとき, ミジンコに対して $\text{No. 12 (AE)} > \text{No. 10 (脂肪酸ナトリウム)} > \text{No. 15 (AS, LAS)}$, No. 9 (AES, AE) , $\text{No. 14 (\alpha-SF, AE)} > \text{No. 13 (AOS, LAS)}$, No. 8 (LAS) , No. 11 (脂肪酸カリウム) の順であった。ヒメダカに対して No. 12 (AE) , No. 13 (AOS, LAS) , No. 15 (AS, LAS) , $\text{No. 14 (\alpha-SF, AE)} > \text{No. 9 (AES, AE)}$, No. 8 (LAS) , $\text{No. 10 (脂肪酸ナトリウム)} > \text{No. 11 (脂肪酸カリウム)}$ の順であった。界面活性剤単独の場合と同様に, AOSとLASを主成分とした洗剤の No. 13 (AOS, LAS) と脂肪酸ナトリウムを主成分とした洗剤の No. 10 (脂肪酸ナトリウム) がミジンコとヒメダカに対する毒性の強さの順序が異なった。ま

た、同じ石けんでも、金属石けんのできにくい No. 11 の液体石けん（脂肪酸カリウム）はミジンコとヒメダカに対して最も毒性が弱かった。

3・2 硬度の影響

表 3、表 4 は試験に使用する水の硬度を 3~4 段階に変化させて急性毒性試験を実施した時の界面活性剤のミジンコ 24 時間 EC_{50} とヒメダカ 96 時間 LC_{50} を示している。

同じ界面活性剤の急性毒性値が、試験に使用する水の硬度の違いにより大きく異なった。ミジンコに対して LAS の毒性値は硬度 $26\text{mg} \cdot \ell^{-1}$ の 3.1 倍となり、脂肪酸ナトリウムの毒性値は 0.14 倍になった。ヒメダカに対して α -SF の毒性は $26\text{mg} \cdot \ell^{-1}$ の 3.6 倍となり、脂肪酸ナトリウムの毒性は 0.11 倍になった。ミジンコの EC_{50} は 0.14~3.1 倍の変動、ヒメダカの LC_{50} は 0.11~3.6 倍の変動が生じた。硬度の設定は少し異なるが、ミジンコとヒメダカに同じ傾向がみられた。急性毒性が試験に使用する水の硬度にほとんど影響されないものは非イオン界面活性剤の AE で、硬度に影響されるものは陰イオン界面活性剤であった。硬度が高いほど毒性が強くなるものは LAS, AES, AOS, α -SF, AS で、硬度が高くなるほど毒性が弱くなるものは脂肪酸ナトリウムであった。

4. 考 察

4・1 水生動物に対する急性毒性

水生動物の急性毒性試験を同一の方法と条件で実施し、再現性の良い結果が得られた。ミジンコとヒメダカに対する影響に明瞭な差がみられたのは脂肪酸ナトリウムと AOS であった。脂肪酸ナトリウムはミジン

コに対して毒性が強く、AOS はヒメダカに対して毒性が強い結果となった。AE と AS の毒性はミジンコ、ヒメダカに対してほとんど同じ程度で、LAS, AES, α -SF は、ヒメダカに対して毒性が強かった。LAS, AE, AOS, AS は今まで報告されている界面活性剤の急性毒性値¹²⁾と同じ程度の毒性で、ミジンコに対する脂肪酸ナトリウムとミジンコとヒメダカに対する AES の毒性が異なる結果となった。脂肪酸ナトリウムのミジンコに対する急性毒性が 2 倍程度強く、AES のミジンコとヒメダカに対する急性毒性が若干弱かった。この原因は、特に脂肪酸ナトリウムについての報告が少ないことや、界面活性剤の構造の違い^{4~6)}と試験条件、特に水の硬度¹³⁾、生物の感受性の違い等のためと考えられる。

急性毒性試験結果から、ミジンコ 24 時間 EC_{50} とヒメダカ 96 時間 LC_{50} の関係について検討した。界面活性剤では、

$$LC_{50} = 0.522EC_{50} + 4.664 \quad (n=7, r=0.8182)$$

となり、危険率 5% で有意に正の相関関係が認められた。回帰式の傾きから界面活性剤に対する感受性、ヒメダカの方が高い傾向を示した。衣料用洗剤では、

$$LC_{50} = 0.749EC_{50} + 2.612 \quad (n=8, r=0.5020)$$

となり、有意な相関関係は認められなかった。化学物質に対するミジンコと魚類の試験間に高い相関関係が認められており¹⁴⁾、今回の試験でも界面活性剤単品では、相関関係が認められた。しかし、衣料用洗剤の場合は有意な相関関係が認められなかった。これは、衣料用洗剤には界面活性剤以外に多種類の成分が含まれており、製品によって組成も割合も異なって配合された複合品のためであると考えられる。実際に環境評価

表 3 Effects of water hardness on acute immobilization test to *Daphnia magna* (24h EC_{50} , $\text{mg} \cdot \ell^{-1}$)

Surfactant	1. LAS	2. AES	3. hard soap	4. AE	5. AOS	6. α -SF	7. AS
Water hardness ($\text{mg} \cdot \ell^{-1}$)							
26	13.3	92.5	8.1	3.3	19.2	10.6	36.1
97	8.4	85.0	29.3	2.9	12.2	4.3	27.5
187	5.5	65.0	27.3	3.2	10.6	3.4	27.2
367	4.3	64.0	56.1	2.3	7.1	4.0	22.0

表 4 Effects of water hardness on acute toxicity test to *Oryzias latipes* (96h LC_{50} , $\text{mg} \cdot \ell^{-1}$)

Surfactant	1. LAS	2. AES	3. hard soap	4. AE	5. AOS	6. α -SF	7. AS
Water hardness ($\text{mg} \cdot \ell^{-1}$)							
26	7.1	50.6	27.0	2.3	1.2	3.2	37.0
70	3.8	20.5	67.0	3.3	0.5	1.3	21.9
200	3.1	24.0	235.4	3.4	0.7	0.9	11.9

を試みる場合には、単一化学物質よりむしろ複合化学物質による毒性影響としてとらえなければならないことが多い¹⁵⁾。助剤等も含めた衣料用洗剤の複合化学物質としての毒性の強さは、ミジンコに対してNo. 10 (脂肪酸ナトリウム) > No. 12 (AE), No. 9 (AES, AE) > No. 15 (AS, LAS) > No. 14 (α -SF, AE) > No. 11 (脂肪酸カリウム) > No. 8 (LAS), No. 13 (AOS, LAS), ヒメダカに対してNo. 15 (AS, LAS), No. 13 (AOS, LAS), No. 12 (AE), > No. 14 (α -SF, AE), No. 10 (脂肪酸ナトリウム), No. 9 (AES, AE) > No. 8 (LAS), No. 11 (脂肪酸カリウム) の順になった。洗剤濃度で求めた24時間 EC_{50} と96時間 LC_{50} との相関係数 $r=0.4165$ は有意でなかった。複合物質はその組み合わせにより相加的、相乗的、拮抗的影響が生じ、ミジンコと魚類の試験間に相関関係が認められなかったものと考えられる。

4・2 硬度の影響

脂肪酸ナトリウムは、試験溶液を作成するときにCa, Mgと結合して不溶性の金属石けんが形成され、ミジンコ急性遊泳阻害試験では、濃度に依存した遊泳阻害が観察されなかった。金属石けんがミジンコの第2触角に付着しているのがみられ、ミジンコに対する石けんの毒性は、不溶性の金属石けんによる遊泳阻害も考えられる。したがって、石けんを自然に溶解しただけでは、金属石けんが試験溶液中で均一に分散していないため、ミジンコの第2触角に金属石けんが接触する割合が異なり、遊泳阻害試験の濃度依存性が認められなかったと考えられる。そのため、脂肪酸ナトリウムの試験溶液を作成するときに超音波で金属石けんをより小さく分散させて試験したところ、比較的濃度依存性の良い結果が得られた。魚類急性毒性試験では試験溶液の超音波処理の有無に関わらず、96時間 LC_{50} は $26.0\text{mg} \cdot \ell^{-1}$, $27.0\text{mg} \cdot \ell^{-1}$ とほとんど同じ値であった。

化学物質の水生生物に対する感受性はpHや硬度、塩分濃度等の水質条件により大きく異なることが報告されている¹³⁾。今回の試験でも、使用する水の硬度の違いにより同じ界面活性剤の毒性値が0.14~3.1および0.11~3.5倍の違いが生じた。脂肪酸ナトリウムは、硬度が高くなれば金属石けんの生成が増加し、 EC_{50} , LC_{50} 値が大きくなると考えられる。脂肪酸ナトリウム以外の陰イオン界面活性剤は、 $-\text{SO}_3^-$ (スルホン基) か $-\text{OSO}_3^-$ (硫酸エステル基) を有していて、これらの界面活性剤は魚の鰓の粘膜あるいは各種のタンパク質に吸着し、鰓の呼吸機能低下がおこり酸素欠乏状態となって死亡することが予想されており¹⁶⁾、水中の

Ca^{2+} 濃度の上昇にともない鰓等でのイオン調節に変化が生じ、水の取り込み量の増加等の生理的な変化により低濃度の界面活性剤で影響が生じ、毒性が強くなったものと考えられる。

4・3 界面活性剤の環境影響評価

生態影響評価試験に関する調査研究¹⁷⁾を参考に、児島湖流入水域で検出された各界面活性剤の最高濃度¹⁸⁾と今回の試験で得られた EC_{50} と LC_{50} からこの水域での水生動物に与えるリスクを以下の計算式から求め、表5に示した。

$$[\text{生態リスク比}] = -\log \left(\frac{\text{環境中での界面活性剤の最高検出濃度}}{EC_{50} \text{ or } LC_{50}} \right)$$

生態リスク比が2以下の値とき、つまり急性毒性値の百分の1を無影響濃度と仮定した場合、その物質の環境中濃度は、注意を要するレベルに達していることを意味する。ただし、笹が瀬川河口の水の硬度を測定したところ、 CaCO_3 として $70\sim 90\text{mg} \cdot \ell^{-1}$ であったので、 EC_{50} は表3の硬度 $97\text{mg} \cdot \ell^{-1}$ での値を、 LC_{50} は表4の硬度 $70\text{mg} \cdot \ell^{-1}$ での値を使用した。表5から水温の低い冬季に家庭排水が直接流入する妹尾川や相生川等の中小河川では、LASとAEがミジンコとヒメダカに対して注意を要するレベルに達しており、水生生物が非常に生息しにくい環境となっていると考えられる。環境水中から検出される脂肪酸ナトリウムは、生物由来のものか石けん由来のものか区別できないが、不溶性のSS由来のものが多く¹⁸⁾、水中の水生動物に影響は少ないと考えられる。しかし、金属石けんの分解性は悪く¹²⁾、底泥中に堆積していると考えられ、底生生物に対する影響が懸念される。ASは環境水中から検出されず¹⁸⁾、問題となるレベルには達していない

表5 Ecotoxicological risk quotient of surfactants in the rivers that drained into Lake Kojima

Surfactant	LAS	AES	soap	AE
Detected highest concentration ($\text{mg} \cdot \ell^{-1}$)	0.90* ¹	0.21* ²	0.25* ³	0.25* ²
ERQ (<i>Daphnia magna</i>)	0.97	2.61	2.07	1.06
ERQ (<i>Oryzias latipes</i>)	0.63	2.00	2.43	1.12

Note:

- 1) Sampled at Senoogawa Bridge of River Senoogawa (February)
- 2) Sampled at Shirasagi Bridge of River Aioigawa (March)
- 3) Sampled at shimonada Bridge of River Kurashikigawa (February)

と考えられる。AOSと α -SFは、全陰イオン界面活性剤の検出量の約3%程度であるが¹⁸⁾、その毒性はLASやAEよりも強い場合があり、注意を要するレベルに達している可能性が考えられる。

急性毒性試験の際、魚類の影響濃度は狭い濃度範囲で観察され、LC₅₀を求めるときの死亡率と界面活性剤濃度との関係の直線の傾きは急であるが、ミジンコの影響濃度は広い範囲で観察され、同様のミジンコの直線の傾きは、魚類に比較して緩やかなため、慢性毒性試験を実施した場合、影響濃度はさらに小さくなる可能性がある。そのため、要注意レベルに達していると考えられるLASとAEについては、水生動物の慢性毒性試験を実施して、より精密なデータから影響評価をする必要がある。また、界面活性剤は、環境中で1種類だけで検出されることはないため、複数の種類の界面活性剤による水生動物に対する複合影響に関する研究も必要であると考えられる。

5. ま と め

OECDテストガイドラインに準じ、界面活性剤と市販衣料用洗剤を用いてミジンコ遊泳阻害試験および魚類急性毒性試験を行って、次の結果を得た。

- 1) 界面活性剤の毒性の強さは、オオミジンコ *Daphnia magna* に対して AE > 脂肪酸ナトリウム > α -SF, LAS > AOS > AS > AES, ヒメダカ *Oryzias latipes* に対して AOS > AE, α -SF > LAS > 脂肪酸ナトリウム > AS > AES の順であった。脂肪酸ナトリウムとAOSは、ミジンコとヒメダカに対する毒性の強さの順序が異なっていた。
- 2) 市販衣料用洗剤の急性毒性の強さは、ミジンコに対して No. 12 (AE) > No. 10 (脂肪酸ナトリウム) > No. 15 (AS, LAS), No. 9 (AES, AE), No. 14 (α -SF, AE) > No. 13 (AOS, LAS), No. 8 (LAS), No. 11 (脂肪酸ナトリウム) の順であった。ヒメダカに対して No. 12 (AE), No. 13 (AOS, LAS), No. 15 (AS, LAS), No. 14 (α -SF, AE) > No. 9 (AES, AE), No. 8 (LAS), No. 10 (脂肪酸ナトリウム) > No. 11 (脂肪酸カリウム) の順であった。
- 3) ミジンコ遊泳阻害試験 (EC₅₀) と魚類急性毒性試験 (LC₅₀) との相関は、界面活性剤単独については有意の相関が認められた。しかし、種々の助剤が入っている市販衣料用洗剤については有意の相関が認められなかった。
- 4) 毒性が水の硬度に影響されない界面活性剤は、非イオン系のAEで、水の硬度の影響を受ける界面活

性剤は、陰イオン系のLAS, AES, AOS, α -SF, AS, 脂肪酸ナトリウムであった。これは、EC₅₀, LC₅₀ともに同じ傾向が認められた。

- 5) 児島湖流入域での界面活性剤濃度から求めた生態リスク比は、冬季においてLASとAEが要注意レベルであった。

— 参 考 文 献 —

- 1) 岡山県環境保健部水質保全課：児島湖環境白書，1993
- 2) 石川和秀：児島湖の水質保全対策，下水道協会誌，31 (366)，20-25，1994
- 3) 飯森正秀，滝田人広：直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩の魚への影響に関する研究，油化学，28，185-189，1979
- 4) Maki A. W. and Bishop W. E.：(1979) Acute toxicity studies of surfactants to *Daphnia magna* and *Daphnia pulex* Arch. Environ. Contam. Toxicol. 8，599-612，1979
- 5) Arthur D. Little, Inc.：界面活性剤の科学—人体および環境への作用と安全性—，フレグランスジャーナル社，東京，1981
- 6) Mikio Kikuchi and Meiko Wakabayashi：Lethal response of some surfactants to Medaka, *Oryzias Latipes* with relation to chemical structure, Bull. Japan. soci. scie. fish., 50 (7)，1235-1240，1984
- 7) 若林明子，菊池幹夫，永沼義春，川原 浩：洗剤に用いられる界面活性剤の魚毒性に関する研究，東京都公害研究所年報，114-118，1984
- 8) OECD：Guidelines for Testing of Chemicals 202，1984
- 9) OECD：Guidelines for Testing of Chemicals 203，1984
- 10) 茂岡忠義，佐藤保夫，山内文雄：ミジンコへのクロロフェノール類の毒性と構造活性相関，衛生化学，34 (2)，169-175，1988
- 11) 茂岡忠義，山懸民次，蓑田妙子，山内文雄：クロロフェノール類のヒメダカへの急性毒性と胚の孵化阻害性及び構造との相関，衛生化学，32 (4)，343-349，1988
- 12) 日本水質汚濁研究協会：界面活性剤の水環境に及ぼす影響等に関する調査報告書，1986
- 13) 若林明子，鬼塚 聡：魚類の急性毒性に影響を与えるいくつかの要因について，東京都環境科学研究所年報，102-104，1986
- 14) 吉岡義正，小瀬洋喜：化学物質の生態毒性，水処理技術，28 (3)，137-143，1987
- 15) Lynn S. Mccarty and Donald Mackay：Enhancing Ecotoxicological Modeling and Assessment, Environ. Sci. Technol., 27 (9)，1719-1728，1993
- 16) 富山新一：界面活性剤の魚に対する作用について，日本水産学会誌，40 (12)，1291-1296，1974
- 17) 財団法人環境協会：生態影響評価試験に関する調査研究，5-12，1992
- 18) 荻野泰夫，吉岡敏行，天野耕二：児島湖及び流入河川における界面活性剤の濃度分布と挙動，第28回日本水環境学会年会講演集，140-141，1994