

農薬の毒性がボラの生残率に及ぼす塩分の影響について

高橋哲夫・大矢雅道・上村信明

農薬の登録審査は、農薬取締法の一部改正により、「コイを供試した生物試験方法における半数致死濃度」によって行なわれる。しかし、使用面で農薬の空中散布の影響は、内水面域とは限らず、時には汽水域から海面に流入し、しばしばこれら水域の魚類へ死に関与したのではないかという疑いもたれている。

海産魚に対する農薬毒性については、河口域におけるボラの死因究明の立場から2、3の研究^{1, 2)}があるが、塩分濃度が毒性発現にどのような影響を現すかについての研究はほとんどみられない。

著者らは、海産魚の浸透圧調節機能が淡水魚と違うという観点から農薬が塩分濃度によって毒性強弱にどのような差があるかを究明する実験を行ない、多少の知見を得たので報告する。

報告に先立ち、本試験実施の機会を与えられた当場蔭山賢前場長、供試薬剤の提供など種々ご配慮をいただいた千葉県南部病害虫防除所佐久間博信所長、ならびに千葉県農林部北川智也副主査らに厚く感謝します。

材料と方法

1) 供試生物

當場付近の磯で採集したボラ (*Mugil cephalus*) をスルファモノメトキシソルホン・ソーダで薬浴消毒したのち飼育槽に移し、サバ肉を給餌しながら流水飼育した。試験に先立ち2日間餌止めし供試した。供試したボラの大きさは、体長3.78~6.00cm (平均体長4.70cm)、体重1.00~4.379 (平均体重1.919) で、各試験ごとの供試魚は表1のとおりである。

2) 供試薬剤

千葉県南部病害虫防除所より入手した市販製剤のBPMC (O-Sec-butylptylphenyl methylcarbamate)、DEP (dimethyl 222-trichloro-1-hydroxyethylphosphonate) の2種で、その名称、製剤形態および急毒性などは表2に示したとおりである。

3) 供試薬剤の調整

BPMCは原液、BPMCとDEPの混合薬剤は、実際に散布する組み合わせ法にしたがい1:1に混合し、有

表1 供試魚の大きさ

試験内容	大きさ		平均値	
	体長	体重	体長	体重
TLm 試験 (BPMC)	3.84~5.78 cm	1.15~3.20 g	4.91 cm	2.26 g
〃 (BPMC+DEP)	3.78~5.30	1.05~3.05	4.48	1.69
塩分濃度による影響試験 (BPMC)	3.84~5.62	1.06~3.81	4.86	1.86
〃 (BPMC+DEP)	3.88~6.00	1.00~4.37	4.55	1.86

表2 供試農薬

農薬名	商品名	種類	製薬会社	成分含量及び製剤形態	コイの48時間 TLm ppm	魚毒性階級
BPMC	バッサ	カーバメート系殺虫剤	八洲化学	50% 乳剤	17 ~ 20	B類S
DEP	ディプテレックス	有機りん殺虫剤	日本特殊農薬製造(株)	50% 乳剤	> 6.2	B類

(資料：南部病害虫防除所)

効成分に換算してそれぞれの濃度区になるように調整した。

4) 飼育水槽

ガラス製角バット (21.5^{cm}×27.0^{cm}×28.5^{cm}) を用いて飼育水槽とし、試験区は5区を設け、木製水槽 (180^{cm}×45^{cm}×34^{cm}) に飼育水槽を取め間接加熱方式で保温されるようにした。

5) 飼育水

TLm 測定用の飼育水は、当场で揚水している海水 (S=33.87~33.98%) を濾過し、塩分濃度による影響試験用の飼育水は、TLm 測定用と同じ海水を原海水、脱塩素 (曝気法) した水道水を稀釈水として表3のような割合に混合して調整した。使用した飼育水量は各区とも10ℓである。

表3 供試飼育水の調整方法

試験区	1	2	3	4	5
海水*	10	8	6	4	2
淡水*	0	2	4	6	8
塩分(S)%	33.77	27.38	20.86	14.31	7.61**

*海水と淡水の使用した水量(ℓ)である。**計算値

6) 実験方法

塩分濃度による影響試験を実施する際の農薬濃度を決定するため、TLm 測定試験を行ない TLm 値から適当な濃度を選んだ。供試魚数は、TLm 測定には各5尾、塩分濃度による影響試験には各区7尾を用い、それぞれ供試薬剤を注入したのち供試魚を飼育水槽に收容して試験を開始した。試験開始時および終了時に飼育条件として、PH、溶存酸素量および塩分を測定した。測定方法は、PHについてはデジタルPHメーターHM-20B(TOA)、溶存酸素量はYSI Model 57 DOメーターおよび塩分についてはTS-サリノメーターである。

飼育中、表4のように酸素欠乏を防ぐため通気し、供試魚の呼吸停止をもって死亡と判定してただちに取り上げた。飼育時間は48時間である。

表4 飼育中の通気量

試験内容	通気量 ℓ/min
TLm 試験 (BPMC)	80~88
〃 (BPMC+DEP)	140~190
塩分濃度による影響試験 (BPMC)	84~100
〃 (BPMC+DEP)	90~104

7) 試験実施期間

TLm 測定試験は、昭和51年10月19日~10月22日、塩分濃度による影響試験は、昭和51年10月27日~10月29日のそれぞれの期間に実施した。

結果

1) BPMC および BPMC と DEP の混合農薬 に対する 48時間 TLm 値

BPMC の濃度を 2.1~4.9 ppm、BPMC と DEP の混合農薬の濃度を 1.0~5.6 ppm のそれぞれの範囲で、48時間飼育した生残率は表5、6のとおりである。

この結果から Doudoroff の方式⁴⁾により48時間の TLm 値を求めると BPMC に対しては 3.4 ppm、BPMC と DEP の混合農薬に対しては 3.7 ppm となる。

供試魚は、試験開始からほぼ24時間以内に死亡するものが多く、24時間以降の死亡がみられなかった。また、供試魚の大部分は運動失調を起こし、平衡を失っていた。さらに、BPMC の 3.7 ppm および 2.8 ppm 区にそれぞれ2尾ずつ椎骨の異常湾曲症状が観察された。

表5 ボラに対するBPMCのTLm測定結果

BPMC濃度	供試尾数	生残尾数		生残率	
		24時間	48時間	24時間	48時間
ppm 4.9	5	2	2	% 40	% 40
3.7	5	2	2	40	40
2.8	5	4	4	80	80
2.1	5	5	5	100	100
0	5	5	5	100	100

飼育水温21.0~22.7℃, 塩分33.98%

表6 ボラに対するBPMC+DEPのTLm測定結果

BPMC+DEP濃度	供試尾数	生残尾数		生残率	
		24時間	48時間	24時間	48時間
ppm 5.6	5	1	1	% 20	% 20
3.2	5	3	3	60	60
1.8	5	5	5	100	100
1.0	5	5	5	100	100
0	5	5	5	100	100

飼育水温22.5~23.0℃, 塩分33.87%

2) 塩分濃度による影響試験

BPMC および BPMC と DEP の混合濃薬の48時間 TLm 値からそれよりも少し高い濃度、すなわち、BPMC は4.0ppm、BPMC と DEP の混合濃薬は4.5ppm を選び、塩分濃度を7.61~33.77%の5段階に調整した供試水中に注入し、ボラ(稚魚)を収容して48時間後の生残率を求めた。その結果 BPMC については表7、BPMC と DEP の混合濃薬については表8に示したとおりで、塩分濃度が高くなるにしたがって生残率が低くなり、ボラ(稚魚)の濃薬に対する感受性は大きくなっている。

TLm 値と本試験の生残率を比較すると BPMC と DEP の混合濃薬ではほぼ同じ傾向を示したが、BPMC の単独では TLm 値より少し高い濃度であるが生残率が零となった。

3) 飼育水の性状

各試験開始時と終了時の飼育水の性状を一括して表9に示した。PHについては開始時と終了時では大きな差はみられなかった。DOは開始時にくらべ終了時には1~2 ppm の減少がみられたが、いずれも5.0 ppm 以上であった。

表7 ボラに対するBPMCの毒性強弱に及ぼす塩分の影響

BPMC 濃度	塩分(S)	供試尾数	生残尾数		生残率	
			24時間	48時間	24時間	48時間
ppm	%				%	%
4.0	33.77*	7	3	0	43	0
4.0	27.38	7	6	5	86	71
4.0	20.86	7	4	4	57	57
4.0	14.31	7	5	5	71	71
4.0	7.61	7	6	6	86	86

飼育水温19.3~21.0℃, *原海水

表8 ボラに対するBPMC+DEPの毒性強弱に及ぼす塩分の影響

BPMC+ DEP濃度	塩分(S)	供試尾数	生残尾数		生残率	
			24時間	48時間	24時間	48時間
ppm	%				%	%
4.5	33.77*	7	3	2	42	28
4.5	27.38	7	4	4	57	57
4.5	20.86	7	6	6	86	86
4.5	14.31	7	5	5	71	71
4.5	7.61	7	5	5	71	71

飼育水温19.3~21.0℃, *原海水

表9 試験開始時と終了時の飼育水の性状

試験内容	PH		DO ppm	
	開始時	終了時	開始時	終了時
TLm 試験 (BPMC)	7.9~8.1	7.5~8.0	6.4~6.6	5.0~6.0
TLm 試験 (BPMC+DEP)	7.7~8.0	7.7~7.8	6.7~6.8	6.8~6.3
塩分濃度による影響試験 (BPMC)	7.9~8.1	—	7.2~8.8	5.2~6.5
〃 (BPMC+DEP)	7.9~8.1	—	7.3~8.8	5.6~6.5

考 察

BPMC のコイに対する48時間 TLm 値は、10~20 ppm³⁾であるが、ボラ（稚魚）に対する48時間 TLm 値の測定結果では3.4ppmで、コイにくらべて海産魚であるボラ（稚魚）の方が感受性が強いことが明らかであり、有機りん殺虫剤である PAP のコイとボラとの感受性の差は、海産魚に対して非常に強く現れる²⁾ことと一致する。

BPMC および BPMC と DEP の混合農薬のボラ（稚魚）に対する毒性強弱におよぼす塩分の影響について生残率の変化を図1に示したが、両農薬とも塩分が濃くなるにしたがって生残率が低くなり、BPMC 単独と BPMC と DEP の混合農薬との比較では感受性の傾向は似ている。しかし、生残率をみると BPMC 単独の方がより影響力が強いようであると思われるが、TLm 値（3.4ppm）からみて実験濃度は4.0ppm であることから少なくとも20%よりも高い生残率を示さなければならないと思われるので、この生残率の差は、供試魚の個体差、試験中に通気していることなどに基づくものと考えられ追試の必要があると考える。

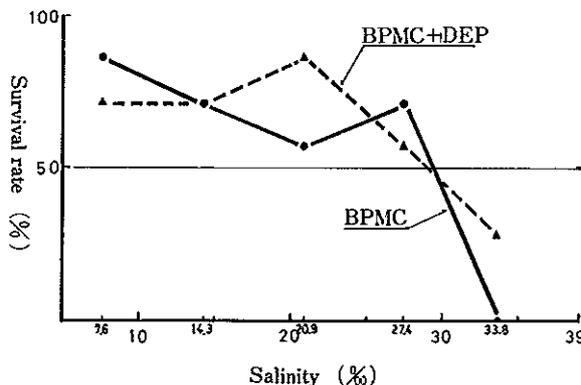


図1 農薬の毒性がボラの生残率に及ぼす塩分の影響

淡水産ヒメダカを人工海水に順致して各種農薬に対する感受性を調べた結果ではヒメダカの淡水中での薬剤感受性と海水中でのそれでは差異の小さいことが判明⁵⁾している。また、農薬が海水に入った場合にその作用性がとくに強くなることはないようである。⁵⁾ということから、ブリ稚魚およびボラ稚魚を用いたPAPの毒性試験によると、コイ、ヒメダカなどの淡水魚に比較して、薬剤感受性が非常に高い²⁾のは淡水魚と海産魚とでは本質的に薬剤感受性に差異があるものと思われる。すなわち、淡水産硬骨魚類は、内部浸透圧が外部浸透圧より大きいので、水は鰓の半透膜や口内の粘膜を通して体内に浸入し、海産硬骨魚類は内部

浸透圧が外部浸透圧より小であるので水は体外へと逸出する⁶⁾ことから、海産魚は、常に、海水の飲み込みが行なわれているので、水中に溶存している農薬は、海水といっしょに飲み込まれることになり、消化管内で塩分とともに吸収され毒性が発現されるものと推定される。逆に、淡水魚は水の飲み込みがないので農薬は消化器には入らないだろう。しかし、鰓は、海産魚と淡水魚を問わずいつも接触しているために、鰓機能の阻害はどうせん受けるものと考えられる。

本試験では塩分の濃度にかかわらず、同一農薬の濃度にさらされているので鰓機能の阻害は同程度であるが、ボラ（稚魚）では塩分濃度の低い側で生残率が高く、原海水側で低くなっているのは、浸透圧調節機能と農薬感受性に大きな関係があるのではないかとと思われる。

本試験は、ボラ（稚魚）を原海水（S=33.89 ~ 33.98‰）で順致飼育してから供試したが、逆に塩分の低い側（S=7.6‰）で順致飼育した試験を行なう必要があり、海産魚に対する農薬の作用機序が不明である現在からすれば、この点の解明が急がれる。

以上のことから、散布された農薬が、海域に流入しないという保証がない限り、淡水魚で農薬の安全性を決めることはもちろんであるが、海産魚での安全性の確認を併用する必要性を痛感する。

要 約

カーバメイト系殺虫剤（BPMC）と有機りん殺虫剤（DEP）の2種の農薬をBPMC単独、BPMCとDEPの混合により、海産魚のボラ（稚魚）に対する毒性を塩分濃度との関係で検討し、次の結果を得た。

- 1) ボラ（稚魚）に対するTLm値は、BPMC単独で3.4ppm、BPMCとDEPの混合農薬で3.7ppmであり、淡水魚のコイに比し、海産魚のボラ（稚魚）の方が感受性が強かった。
- 2) 農薬のボラ（稚魚）に対する毒性強弱と塩分濃度との関係ではBPMCおよびBPMCとDEPの混合農薬とも塩分が低くなるにしたがって生残率が高くなった。
- 3) 塩分濃度と農薬感受性との関係では農薬の作用性よりも海産魚の浸透圧調節機の方に大きな関係をもっているものと考えられる。
- 4) したがって、海産魚の方が淡水魚よりも農薬の影響を強く受けやすいのではなかろうか。
- 5) 農薬の海産魚に対する作用機序の解明を急がなければならない。

文 献

- 1) 戸倉正人 ほか : 有機燐剤の空中散布とボラの死亡.
水産増殖, 17(5/6)、237~240 (1970)
- 2) 奈良正人 ほか : 農薬の海水魚に対する毒性-I.
静岡水試研報 (6)、45~52(1973)
- 3) 千葉県南部病虫害防除所資料.
- 4) Doudoroff, et al (町田喜弘訳): 魚類に対する
産業廃水の急性毒を評価するための生物学的定量法.
水産増殖, 3(2)、1~23(1955)
- 5) 西内康浩: 農薬製剤の数種淡水動物に対する毒性
-XX. 水産増殖, 21(4)、127~130(1974)
- 6) Baldwin, E.: "An Introduction to Compa-
rative Biochemistry," 3rd ed., Chapter II.
Cambridge Univ. Press. (1949)