

pH 及び農薬のドジョウに 及ぼす影響に就いて*

久保田善二郎・早山万彦・栗山蒸治

Influence of pH and Agricultural Chemicals on the
Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (CANTOR)

By

Zenziro KUBOTA, Kazuhiko HAYAMA and Zyōzi KURIYAMA

The loach is one of the most important fish in fresh-water fish of Japan, but recently it is thought that multiplication of the loach will suffer an evil influence by using agricultural chemicals (D. D. T., Folidol, B. H. C. etc.).

In this report, having studied the lethal concentration of loach for agricultural chemicals (D. D. T., Folidol, B. H. C., etc.), authors came to conclusions as follows.

1) The lethal concentration of the loach shows 3.7~3.8 value of pH in acid-side, 10.7~10.8 in alkali-side, $\frac{1}{3000} \sim \frac{1}{3500}$ (13~15 ppm) in Folidol, $\frac{1}{2000} \sim \frac{1}{3000}$ (10~15 ppm) in B. H. C. (powder), $\frac{1}{7000} \sim \frac{1}{8000}$ (25~29 ppm) in D. D. T. (emulsion), $\frac{1}{100} \sim \frac{1}{200}$ (250~500ppm) in D. D. T. (powder), $\frac{1}{8000} \sim \frac{1}{9000}$ (0.4~0.5 ppm) in SERESAN-SEKKAI, $\frac{1}{4000} \sim \frac{1}{5000}$ (39~49 ppm) in Endorin (emulsion), $\frac{1}{8000} \sim \frac{1}{9000}$ (56~63 ppm) in MARASON, and $\frac{1}{30000} \sim \frac{1}{40000}$ (5~7 ppm) in RINO.

2) Generally, the lethal concentrations of large sized fish for agricultural chemicals are larger than those of small sized fish.

3) Comparing with various fresh-water fish (carp, smelt fish, rainbow-trout etc.), the lethal concentrations of loach for agricultural chemicals are larger than those of these fish.

4) It is thought that the loach will not suffer an evil influence within the scope of concentrations of agricultural chemicals, being used in a paddy field generally.

* 水産講習所研究業績 第215号

緒 言

ドジョウは食用、釣餌料、育雛餌料として利用され、淡水魚中の重要魚種の一つで、農山村の副業として相当の収益をあげている。然るに近年、水田に化学肥料及び農薬を使用するに及んで、他の淡水魚種と同様に被害を受けている事が想像される。筆者等は、かかる見地から一般に普及されている農薬を選んで、本魚に対する影響、特に致死限界濃度について究明した。稿を草するに当たり、御指導を賜った松井博士に深謝の意を表する。

材料及び方法

供試魚は山口県下関市吉見町の永田川及びそれに附帯する溝並びに池沼で採捕し、その後少くとも7日以上、50ℓ入りの壺の中に蓄養したものを使用した。

実験方法は先づ供試魚を魚体の大きさにより大型、中型、小型又は大型、小型の魚群に選別し、それ等を各濃度の供試液に混養して実験を行つた（第1—9表）。

Table 1. Body length (cm) of experimental fish for pH.

pH	2.0	2.6	3.1	3.3	3.4	3.6	3.7	4.0	4.2	10.2	10.4	10.5	10.7	10.8	11.2	11.5	12.0	12.5	
Length of fish																			
Large-sized fish	14.5	14.1	14.4	12.1	14.9	13.9	14.1	13.2	13.5	10.8	11.5	12.2	11.5	11.0	12.3	12.0	13.1	13.8	
Middle-sized fish	11.8	9.5	10.4	7.8	9.5	8.8	9.1	8.9	10.0	8.3	7.8	8.8	7.8	9.1	8.1	8.5	9.1	11.1	
Small-sized fish	7.6	6.6	6.1	7.6	8.0	6.8	7.1	7.3	8.2	5.6	6.6	7.0	7.5	6.8	7.3	6.2	6.1	9.9	

Table 2. Body length (cm) of experimental fish for folidol.

Concentration	1/5000	1/10000	1/15000	1/20000	1/25000	1/30000	1/35000	1/40000
Length of fish								
Large-sized fish	11.2	11.9	10.5	11.3	11.0	10.5	13.2	11.9
Middle-sized fish	8.3	9.8	8.2	8.1	8.4	8.7	10.5	8.1
Small-sized fish	6.2	5.8	5.3	6.2	6.5	6.5	5.4	6.7
		1/60000	1/80000	1/100000	1/300000	1/500000	1/1000000	
		10.6	10.4	10.2	10.5	10.8	10.5	
		—	—	—	—	—	—	
		7.4	8.6	6.8	6.5	7.2	6.9	

Table 3. Body length (cm) of experimental fish for B. H. C. (powder).

Concentration	1/100	1/300	1/1000	1/1000	1/2000	1/3000	1/4000	1/5000	1/6000	1/7500	1/10000
Length of fish											
Large-sized fish	13.9	12.9	11.0	10.8	10.6	10.5	11.4	11.2	10.4	11.2	11.5
Small-sized fish	6.8	5.4	8.2	8.6	7.4	8.7	8.2	7.5	7.3	8.3	7.9

Table 4. Body length (cm) of experimental fish for D. D. T. (emulsion).

Concentration Length of fish	Concentration												
	1/100	1/500	1/1000	1/3000	1/4000	1/4000	1/5000	1/6000	1/7000	1/8000	1/9000	1/10000	1/15000
Large-sized fish	11.5	11.7	10.8	13.1	12.1	12.5	11.2	11.8	12.2	11.3	12.4	11.7	12.7
Small-sized fish	9.2	7.3	7.1	7.5	7.8	7.6	8.2	6.8	6.8	7.2	7.5	7.4	6.9

Table 5. Body length (cm) of experimental fish for D. D. T. (powder).

Concentration Length of fish	Concentration									
	1/80	1/100	1/200	1/250	1/300	1/500	1/500	1/750	1/1000	
Large-sized fish	12.3	10.7	10.5	10.8	10.4	10.5	10.9	11.1	10.6	
Small-sized fish	7.3	6.9	6.7	7.2	7.2	6.9	7.9	7.1	7.2	

Table 6. Body length (cm) of experimental fish for SERESANSEKAI.

Concentration Length of fish	Concentration								
	1/50	1/100	1/250	1/500	1/750	1/1000	1/2000	1/4000	
Large-sized fish	11.9	10.8	10.6	10.4	10.2	10.5	13.2	11.5	
Small-sized fish	8.7	8.4	7.4	8.6	6.8	6.5	8.2	6.8	

Concentration	Concentration					
	1/6000	1/7000	1/8000	1/9000	1/10000	1/20000
Large-sized fish	11.1	10.8	9.1	10.3	10.2	10.9
Small-sized fish	7.7	6.9	6.4	7.4	6.8	7.2

Table 7. Body length (cm) of experimental fish for endorin (emulsion).

Concentration Length of fish	Concentration											
	1/100	1/500	1/800	1/1000	1/2000	1/3000	1/4000	1/5000	1/6000	1/10000	1/50000	1/100000
Large-sized fish	13.7	12.3	11.1	12.2	13.9	12.5	10.8	11.5	12.3	12.3	11.9	12.0
Small-sized fish	8.2	7.8	9.9	7.9	8.9	8.4	8.8	7.4	7.8	8.6	7.5	9.2

Table 8. Body length (cm) of experimental fish for MARASON.

Concentration Length of fish	Concentration									
	1/100	1/500	1/1000	1/2000	1/4000	1/6000	1/8000	1/10000	1/15000	1/20000
Large-sized fish	10.5	10.4	9.5	9.8	9.2	10.1	8.9	9.2	9.8	10.2
Small-sized fish	6.7	7.2	7.8	7.1	6.8	6.9	7.6	7.6	6.9	7.1

Table 9. Body length (cm) of experimental fish for RINO.

Concentration Length of fish	Concentration										
	1/100	1/500	1/1000	1/2000	1/3000	1/4000	1/5000	1/8000	1/9000	1/10000	1/10000
Large-sized fish	12.6	11.9	10.4	12.3	10.5	10.0	9.6	9.8	8.8	10.8	11.6
Small-sized fish	9.3	8.0	7.6	9.1	8.6	6.8	6.8	8.6	7.1	7.2	7.9

1/15000	1/17000	1/20000	1/25000	1/30000	1/35000	1/40000
8.9	11.4	10.9	8.5	9.9	9.3	9.1
7.5	7.4	6.9	7.1	7.0	7.1	6.8

pHに関する実験方法は富山・井上両氏の考案した流水式装置⁸⁾を使用し、致死時間は、供試魚が水底に横臥、又は仰臥して鰓蓋の開閉運動を停止し、先端の尖ったガラス棒で刺戟を与えても、反射作用を示さなくなつた時迄とし、致死限界濃度は24時間以上生存した場合の濃度でもつて示した。

農薬に対する抵抗実験は止水式で行つた。即ち供試薬品を池水で種々の濃度に稀釈し、それを内径29cm、高さ18cmのガラス水槽に4ℓ宛入れ、供試魚を放養後、pHの場合と同様な方法で致死時間を求めた。致死限界濃度はB. H. C., セレサン石灰, リノー, D. D. T. 乳剤, 同粉剤, マラソンでは48時間, ホリドール, エンドリンでは72時間以上魚が生存した場合の濃度でもつて示した。

供試農薬の詳細については下表の通りである。

種 類	農 林 省 登 録 番 号	製 造 工 場	成 分
セレサン石灰(粉剤)	2178	三 笠 産 業 株 式 会 社	酢酸フェニル水銀 (0.4%) 水酸化カルシウム等 (99.6%)
エンドリン乳剤	2200	日 本 農 業 株 式 会 社	エンドリン (19.5%) 有機溶剤, 乳化剤等 (80.5%)
D. D. T. 乳 剤	3	日 本 農 業 株 式 会 社	工業用D. D. T. (20%) 有機溶剤 (50%) 硫酸化油 (30%)
D. D. T. 粉 剤	649	日産化学工業 株 式 会 社	D. D. T. (5%) タルク・クレー・珪藻土等 (95%) 粉末度 (300メツシユ以上)
リ ノ ー 乳 剤	1515	日 本 農 業 株 式 会 社	アジキルフェノールポリエチレン グリコールエーテル (20%) リゲニンスルホン酸塩 (12%) アルコール (68%)
マ ラ ソ ン 乳 剤	2308	日本化学工業 株 式 会 社	ジメチル ジチオホスフェイト } (50%) ジエチル メルカプトサクシネート } 溶剤・乳化剤 (50%)
ホリドール乳剤	1357	三笠化学工業 株 式 会 社	ジメチル・パラエトロフエニール } (46.6%) チオホスフェイト } 特殊乳化剤 (53.4%)
B. H. C. 剤	808	三共株式会社	γ体B. H. C. (1%以上) γ体以外のB. H. C. } (99%以下) 珪 藻 土 タ ル ク

実 験 結 果

1 pHに対する実験 (実験期間, '55年10月5日~12月7日, 測定水温, 12°~17°C)
pHと致死時間との関係は曲線で示され、魚体の大きさにより相当の差異が認められる。同一

濃度に於いては、大型魚の方が小型魚よりも致死時間が長い（第1図）。

致死限界濃度は酸性域では、pH3.7—3.8で、pH4.0では実験終了時の姿勢は正常であつた。又、アルカリ性域では、pH 10.7で大型魚は23時間30分、小型魚はその約1/2の12時間30分にして斃死したが、pH 10.5の各魚群は何れも正常であつた。

放養後の魚の状態は、酸性域とアルカリ性域とでは非常に差異があり、前者では放養後、頭部を水面上に出して激しく狂奔、或いは跳躍し、酸性が強い程、粘膜は短期間に剝離する。これに反して後者では、放養後、活潑な動作は見られず、容器の底部に静止し、先づ吻端に続いて各鰭の基部、最後に鰓が充血し、死に至る。そしてこの現象はアルカリ度が強い程顕著である。

2 ホリドールに対する実験（実験期間、'55年12月14日～12月18日、'56年2月9日～2月13日、測定水温、4°～8°C）

濃度と致死時間との関係は曲線で示され、そして魚体の大きい個体程抵抗力が強い。

W. Ostwald³⁾は、濃度 (M) と致死時間 (T) との関係は、吸着毒作用式 $\frac{1}{T} = KM^P$ で示されるとした。本実験結果から $\frac{1}{T}$ と M との対数を求め、図示すれば直線となり、さきの式は適用され、大型魚群では $K = 1658.5$, $P = 1.136$, 又、小型魚群では $K = 1665.8$, $P = 1.096$ を得た（第2図）。

致死限界濃度は1/30000～1/35000（13～16ppm）である。

魚の状態は、放養と同時に活潑に動作し、強濃度群程空気呼吸の回数が多い。その後漸次活動は弱まり、横臥或いは仰臥し、体を“く”の字型に曲折し、この動作が弱まるにつれて死に至る。実験終了時に於ける生存魚の状態は、1/100000（5ppm）以上の濃度では全魚群に影響が見られ、横臥又は仰臥する魚も見られるが、この魚を正常水に放養すると、大部分の魚は生存を続けた。一方、それ以下の濃度では、全魚群共に正常で、影響はほとんど認められない。

3 B. H. C. 粉剤に対する実験（実験期間、'55年12月16日～12月20日、測

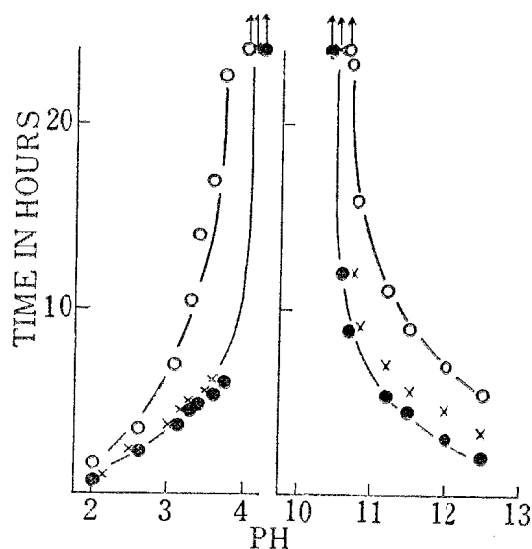


Fig. 1. Relation between value of pH and time required to death of fish, where hollows being large-sized fish; crosses; middle-sized fish; blacks; small-sized fish; arrows; survivals.

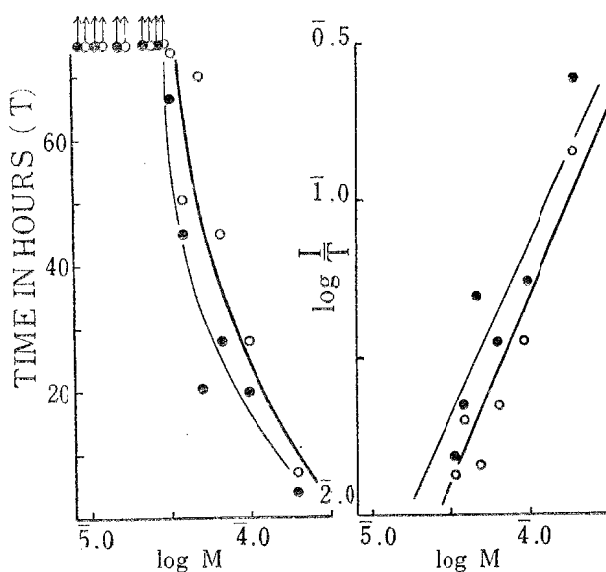


Fig. 2. Relation between concentration of folidol and time required to death of fish.

定水温, 10°~13°C)

濃度と致死時間との関係は曲線で示され, 全般的に魚体が大きい程, 抵抗力が強いが, 強濃度では, 大きさによる差異は極く小さい(第3図)。

致死限界濃度は 1/2000~1/3000 (10-15 ppm) である。魚の状態は, 放養と同時に強濃

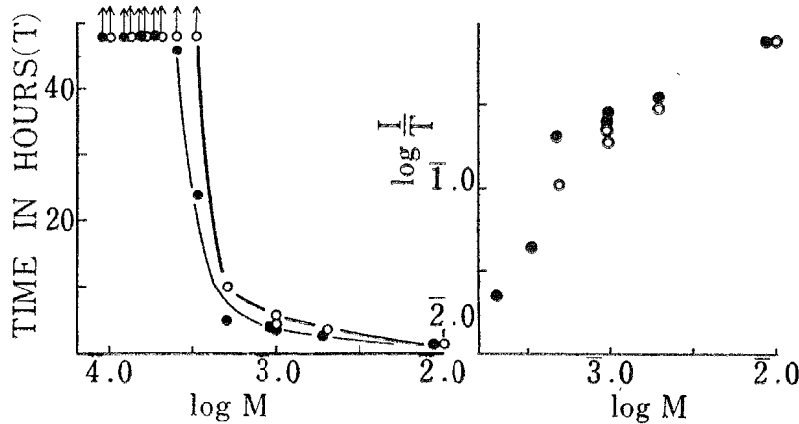


Fig. 3. Relation between concentration of B.H.C. (powder) and time required to death of fish.

度域では活潑な動作を行い, 時々水面上に跳躍するが, 間もなく“く”の字, 又は“S”字状に体を屈曲させて横転するか或いは腹部を上にして容器の底部に沈み, 鰓が充血する。実験終了時の生存魚の状態は1/5000 (6 ppm) では小型魚は一時横転したが, 漸時恢復し, 又, その大型魚及び1/5000以下の濃度の各魚

群は何れも正常であつた。

4 D. D. T. 乳剤に対する実験 (実験期間, '56年1月24日-1月27日, 測定水温, 10°-13°C)

濃度 (M) と致死時間 (T) との関係は曲線となり, 又, Mと $\frac{1}{T}$ との各対数をとれば, 直線で示され, 両者間の関係は次式で現わされる(第4図)。

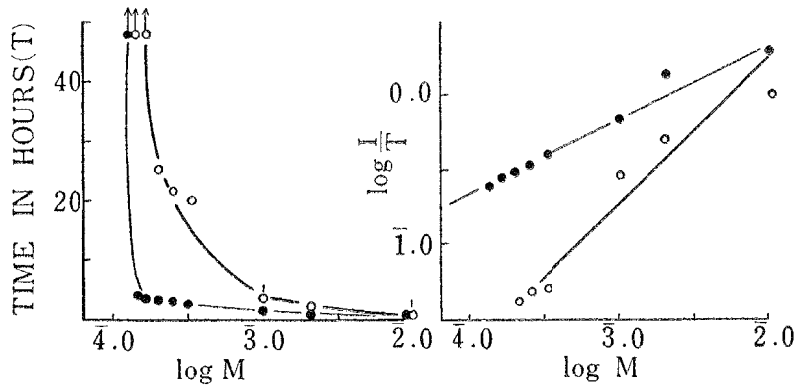


Fig. 4. Relation between concentration of D. D. T. (emulsion) and time required to death of fish.

即ち大型魚では $\frac{1}{T} = 239.6M^{1.037}$

小型魚では $\frac{1}{T} = 27.8M^{0.530}$

致死限界濃度は1/7000~1/8000 (25~29ppm) である。

本実験では, 魚体の大きさにより, その抵抗力に顕著な差異が認められ, 大型魚の方が小型魚よりも抵抗性が強い。

魚の状態は, 強濃度で

は, 放養と同時に活潑な動作を行い, 激しく跳躍するが, 時間の経過と共に衰弱して, 横臥, 又は仰臥して死に到る。この際粘膜炎が剥離するが, その状態は酸性域及びエンドリン乳剤の場合と異り, 非常に薄く, 且, 膜状に剥離する。体は膠着状態を呈し, 腹部を内側に屈曲する。致死限界附近の低濃度では, 底部に横転するが, 時々頭部をもたげ, 刺戟に対して非常に敏感で, ガラス棒の刺戟により激しく跳躍する。実験終了時に於ける生存魚の状態は, 大体正常に近いが, 時々痙攣的に体を動かすのが認められた。

5 D. D. T. 粉剤に対する実験 (実験期間, '56年1月24日—1月28日, 測定水温, 10°~14°C)

致死限界濃度は1/100~1/200である (第5図)

魚の状態は, 強濃度では, 放養後激しく狂奔し, 時には跳躍を行う。その後時間の経過と共に腹部を上にして, 体を“S”字状に曲げて, 表層に浮び, 時々緩やかな游泳を行うが, 最後には容器の底部に沈み死に至る。実験終了時に於ける生存魚の状態は, 1/200 (250 ppm) 以下の濃度では顕著な変化は認められなかった。

6 セレサン石灰に対する実験 (実験期間, '56年2月1日—2月4日, 測定水温, 9°—14°C)

濃度と致死時間との関係は, 曲線で示され, 大型魚の方が小型魚よりも若干抵抗力が強い (第6図)。

致死限界濃度は1/8000—1/9000 (0.4~0.5 ppm) である。

魚の状態は, 1/1000 (4 ppm) 以上の強濃度では, 放養と同時に激しく狂奔するが, それ以下の濃度ではこの現象が顕著でない。強濃度域では, 横転している魚に刺戟を与えると敏感に反応し, 跳躍する。実験終了時に於ける生存魚の状態は, 1/9000 (0.4 ppm) では横転するが, 時々正常な姿勢ともなり, 又, 1/20000 (0.2 ppm) 以下では, 異常が認められなかった。

7 エンドリン乳剤に対する実験 (実験期間, '55年12月21日~'56年1月26日, 測定水温, 9°~13°C)

濃度 (M) と致死時間 (T) との関係は, 第7図に示す通りで, これからして両者間の関係は次式で現わされる。

$$\text{即ち大型魚では } \frac{1}{T} = 27.2M^{0.675}$$

$$\text{小型魚では } \frac{1}{T} = 9.6M^{0.403}$$

死致限界濃度は1/4000—1/5000 (39—49 ppm) である。

魚の状態は, 強濃度域では, 放養と同時に激しく狂奔し, 遂には横転するが, その際, 底部に沈んでいても発作的に狂奔, 又は跳躍を行う。体の粘膜は糊状に剝離し, 体型は, 大部分の個体が“く”の字状を呈する。実験終了時の生存魚の状態は, 1/6000 (32 ppm) では体を横

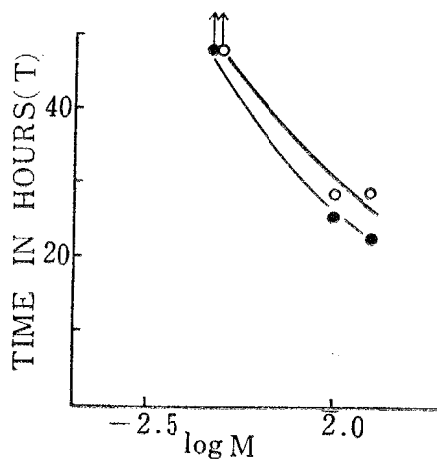


Fig. 5. Relation between concentration of D. D. T. (powder) and time required to death of fish.

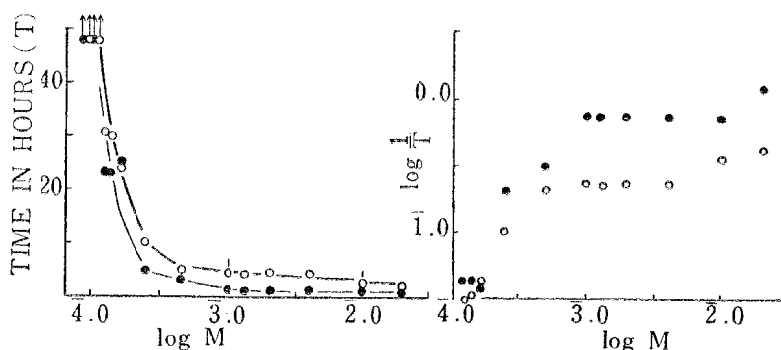


Fig. 6. Relation between concentration of SERESAN-SEKKAI and time required to death of fish.

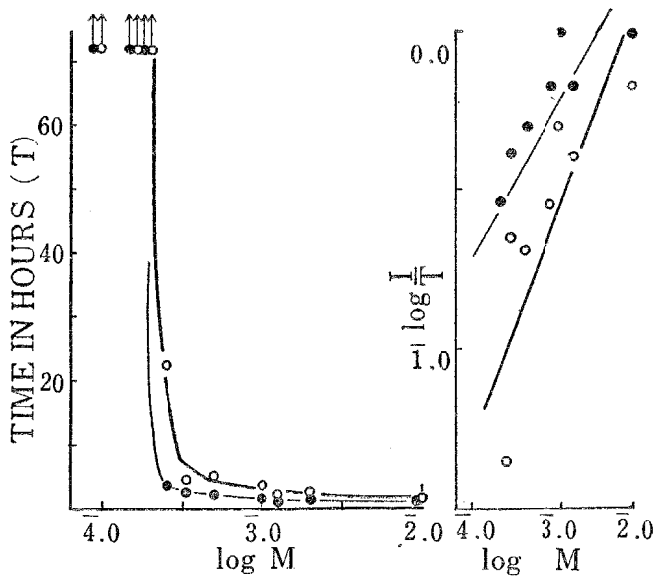


Fig. 7. Relation between concentration of erdoin (emulsion) and time required to death of fish.

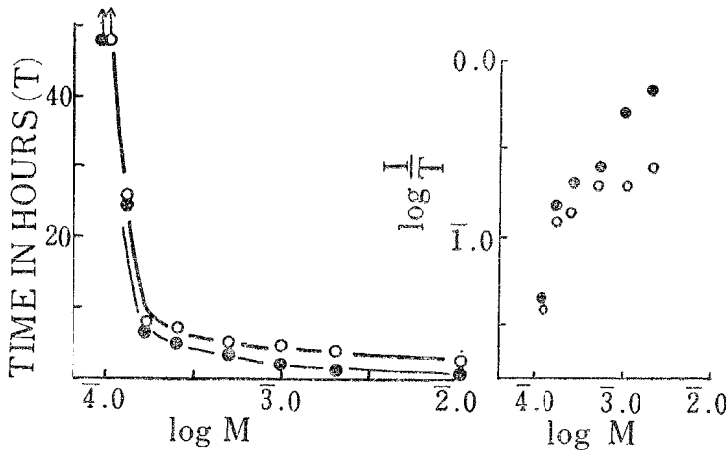


Fig. 8. Relation between concentration of MARASON and time required to death of fish.

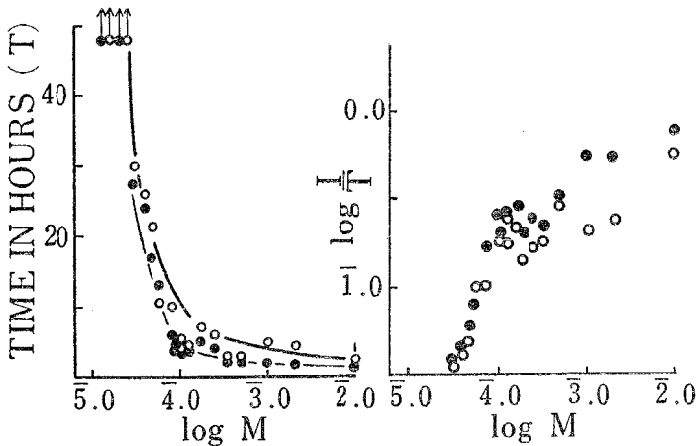


Fig. 9. Relation between concentration of RINO and time required to death of fish.

臥させ、頭部を痙攣的に動かし、又、 $1/10000$ (20 ppm) では僅かに体を屈曲させて横臥し、体の一部を終始動かし、時々游泳を行う、そしてこの状態は72時間を経過しても変化しない。

8 マラソンに対する実験 (実験期間、'56年2月6日—2月8日、測定水温、 9° — 11° C)

濃度と致死時間との関係は、曲線で示され、魚体の大きさによるその差異は、ほとんど認められない。致死限界濃度は、 $1/8000$ — $1/9000$ (56—63ppm) である (第8図)。

魚の状態は、強濃度域では放養と同時に活潑に底部を泳ぎ、突発的に狂奔、

又は跳躍を行い、体を痙攣的に動かしたり、又は屈曲させたりするが、体には特別な異常は認められない。実験終了時の生存魚の状態は、 $1/10000$ (50ppm) では大、小魚共に静かに底部に横臥し、 $1/20000$ (25 ppm) 以下の濃度では正常である。これ等の生存魚を正常水に放養すると、かなり長期間、生存する。

9 リノーに対する実験 (実験期間、'56年2月1日—2月7日、測定水温、 8° — 13° C)

濃度と致死時間との関係は、曲線で示され、魚体の大きさによる差異は顕著でない (第9図)。

致死限界濃度は $1/30000$ — $1/40000$ (5—7 ppm) である。

魚の状態は、 $1/5000$ (40ppm) 以上の強濃度では、放養と同時に激しく狂奔するが、それ以下の濃度では底部に静止する。強濃度域では、体の粘膜が薄く、且、僅かに剝離するが、この症

状は、ホリドールの場合と非常によく類似している。横臥している魚に刺戟を与えると、若干頭部をもちあげる程度で、反射作用は弱い。実験終了時に於ける生存魚の状態は、1/50000—1/100000 (5—10 ppm) では横臥するが、それ以下の濃度では異常を認められなかつた。これ等の魚を正常水に放養すると、そのままの状態を保ち、漸時恢復の兆候が認められた。

考 察

以上の諸実験結果から、各薬品のドジョウに及ぼす致死濃度を比較すれば、ホリドール乳剤及びリノー乳剤>セレスン石灰及びマラソン乳剤>D.D.T.乳剤>エンドリン乳剤>B.H.C.粉剤>D.D.T.粉剤の順序で、強力に被害を与えるようである。

又、本実験結果と他魚種で行われて来た諸実験結果^{1), 2), 4), 5), 6), 7)}とを比較すれば、ホリドール乳剤では、ドジョウが1/30000~1/35000 (13.3~15.5 ppm) に対して、コイ, 1~25 ppm, 小アユ, 1.86 ppm, 小ニジマス, 1/100000, エンドリン乳剤では、ドジョウが1/4000~1/5000 (39~49 ppm) に対して、コイ, 0.005~0.05 ppm, 小アユ, 0.002 ppm, D.D.T.乳剤では、ドジョウが1/7000~1/8000 (25~29 ppm) に対してコイ, 0.5~25 ppm, ニジマス, 1/500000, B.H.C.では、ドジョウが1/2000~1/3000 (10~15 ppm) に対して、コイ, 1/4000, 小アユ, 1/30000, 小ニジマス, 1/40000, マラソン乳剤では、ドジョウが1/8000~1/9000 (56~63 ppm) に対してコイ, 1~25 ppmで、ドジョウはこれ等の薬品に対する抵抗性に於いて、コイ, アユ, ニジマスよりも強いことが考えられ、板沢, 羽生両氏¹⁾が monofluoroacetamide 及び DDVP 並びに Chlorthion に対する抵抗性に於いて、ドジョウ, コイ, タマシジンの順位に抵抗力が強いとした結果と一致する。

農薬の水田水中に於ける濃度は、黒田他2名²⁾によれば、ホリドール乳剤, 0.7 ppm, B.H.C.粉剤, 1.4 ppm, D.D.T.乳剤, 2.3~0.4 ppm, 同粉剤, 2.4 ppm, エンドリン乳剤, 2~0.6 ppm, マラソン, 1.4~0.7 ppmで、これ等の濃度とドジョウの致死濃度とを比較すれば、何れも後者の方が大きく、随つて、一般に水田に使用される農薬濃度では、本魚に害を与えないことが思考される。

摘 要

1) 致死限界濃度は、pHでは酸性域, 3.7—3.8, アルカリ性域, 10.7—10.8, ホリドールでは1/30000~1/35000 (13.3~15.5 ppm) B.H.C.粉剤では1/2000~1/3000 (10~15 ppm) D.D.T.乳剤では1/7000~1/8000 (25~29 ppm), 同粉剤では1/100~1/200 (250~500 ppm), セレスン石灰では1/8000~1/9000 (0.4~0.5 ppm), エンドリン乳剤では1/4000~1/5000 (39~49 ppm), マラソンでは1/8000~1/9000 (56~63 ppm), リノーでは1/30000~1/40000 (5~7 ppm) である。

2) 大型魚は小型魚よりも抵抗力が強い。

3) ドジョウは、他の淡水魚種 (コイ, アユ, ニジマス) と比較して、農薬に対する抵抗力が強い。

4) ドジョウは、水田に使用される一般の農薬濃度では、被害を受けないと考えられる。

文 献

- 1) 板沢 靖男・羽生 功：1956. 新しい農用殺虫剤の魚に及ぼす影響. 水産増殖, 4 (1), 11—18.
- 2) 黒田 竹弥・山田 正・舛田 卓男：1956. 農薬の魚族に対する毒性について. 水産資源, 2 (10), 8—13.
- 3) OSTWALD, W. : 1905. Studies on the Toxicity of the Sea-Water for Fresh Water Animals (*Gammarus pulex* DE GEER). Univ. Cal. Publ. Physiol., (2) 163—191.
- 4) 佐野 徳夫：1956. エンドリン乳剤の魚類に及ぼす影響. 水産増殖, 4 (3), 50—55.
- 5) 水産庁漁業調整第2課：1956. 農薬使用の水産生物に及ぼす被害について. 水産増殖要報, 1 (2), 1—7.
- 6) —————：1956. 農薬使用の水産生物に及ぼす被害について (その二). 水産増殖要報, 2 (5), 1—9.
- 7) —————：1956. 農薬使用の水産生物に及ぼす被害について (その三). 水産資源, 2 (11), 8—13.
- 8) 富山 哲夫・井上 明：1949. 水族に対する汚濁物質の影響をみる試験装置について. 日水誌, 15 (9), 487—490.