トリクロルホンによるチョウモドキの駆除*

井上 潔**・志村 茂***・斉藤 実**・西村和久**

(昭和 55 年 5 月 30 日受理)

The Use of Trichlorfon in the Control of *Argulus coregoni*

Kiyoshi INOUE**, Shigeru SHIMURA***, Minoru SAITO**
and Kazuhisa NISHIMURA**

**Okutama Branch, Tokyo Metropolitan Fish. Exp. Stn.,
Kotaba, Okutama-cho, Tokyo 198-01, Japan

***Dept. of Fish., Fac. of Agr., Univ. of Tokyo,
Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

(Received May 30, 1980)

Examinations were made on the pesticidal effects of trichlorfon against *Argulus coregoni* parasitic on yearling yamame (*Oncorhynchus masou*) and on the lethal effects of trichlorfon on four species of juvenile salmonids such as yamame, brook trout (*Salvelinus fontinalis*), rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and brown trout (*Salmo trutta*).

The pesticidal effects of trichlorfon causing 100% mortality of *A. coregoni* at 20°C and pH 7.0 were obtained by the immersions in 6.25 ppm for 1 hr, 12.5-50 ppm for 30 min, 100 ppm for 10 min. The higher temperature and the higher pH value were found to increase the effects.

The immersion of the following concentrations and durations removed more than 90% of the parasite from the host: 12.5 ppm for 60 min, 40 ppm for 30 min, 100 ppm for 20 min, 200 ppm for 10 min and 400 ppm for 30 min at 17-18°C, although the immersion in 3.13 ppm for 60 min, 10 ppm for 30 min and 80 ppm for 5 min showed poor effects of less than 10% removal.

As to the lethal effects on salmonids, the immersion in the solution up to 800 ppm for 1 hr at 16-17°C caused neither death nor abnormal behavior of each 10 test fish. However, the high mortality occurred in the immersion for longer period up to 18 hrs in the solutions ranging 6.25 to 400 ppm at 16-18°C. Although there were slight differences in the susceptibility among the four species, *S. salvelinus* was relatively susceptible while *S. gairdneri* being resistant to trichlorfon.

緒 言

チョウモドキ (*Argulus coregoni* THORELL) (以下、「本種」と略記する) は、主に淡水性サケ科魚類の外部寄生虫として、ヨーロッパで古くから知られていた。わが国では TOKIOKA (1936) が本種と同定しうる 1 個体を大津産のタナゴより採集したのが最初の記録である。その後、HOSHINA (1950) は東京都下において、養殖場のニジマス、カワマス、アユより採集し、その形態について報告している。そして近年、わが国のマス類の養殖場において、在来マスやニジマスなどに本種が大量に寄生し

て問題となり、その駆虫対策を講ずる必要性が生じてきた。

温水性淡水魚に寄生するチョウ (*A. japonicus* THIELE) やヨーロッパに広く分布する *A. foliaceus* LINNÉ では古くから被害例が知られ、生態的知見や駆虫例についての報告も多い (CHEN, 1933; 木村, 1960; KABATA, 1970; PLATE, 1970; VAN DUIN, 1973; HOFFMAN and MEYER, 1974)。しかし、従来の知見が止水養殖される魚種を対象としたものであるために、これらの結果を流水飼育という養殖形態における本種の駆虫に応用することは難しい。

そこで著者らは、養殖場で発生する本種の駆虫を目的として、従来より寄生性甲殻類の駆虫に広く用いられているトリクロルホン (商品名: マゾテン) を使用して本種に対する殺虫効果を検討し、さらに本種の寄生したヤ

* 大研究の要は昭和 54 年度日本水産学会春季大会 (東京) において講演発表した。

** 東京都水産試験場奥多摩分場

*** 東京大学農学部水産学科

マメについて駆虫実験を行なった。また、本種の駆虫に伴う薬剤の影響を、毒性実験を行なって明らかにしたので、ここに報告する。

実験材料と方法

I. 殺虫実験

1978年7月30日より8月10日にかけて、東京都水産試験場奥多摩分場に飼育されているヤマメ *Oncorhynchus masou* (BREVOORT) とカワマス *Salvelinus fontinalis* (MITCHILL) から本種を採集し、この虫体20個体をトリクロルホン溶液（以下「薬液」）40 ml に浸漬して致死状況を調べた。薬液の濃度は6.25~400 ppmの範囲で、2倍希釈により、7段階の濃度を設定した。また、殺虫効果が水温とpHによって変化することが予想されたので、20°C-pH 7.0, 20°C-pH 5.6, 20°C-pH 8.1, 15°C-pH 7.0, 26°C-pH 7.0の5区を設けた。pHの調整はSØRENSENのリン酸緩衝液で行なった。実験時間の設定は、実際に本種の駆虫を実施する際の薬浴可能時間を考慮して、180分とし、実験開始後5・10・15・20・30・60・120・180分後に観察を行ない、生存個体数を計数した。生死の判定にあたっては、遊泳脚（胸脚）の運動が完全に停止したものを致死個体とした。実験はそれぞれ2回行ない、その平均値を結果に示した。なお、虫体の大きさによる抵抗力の差異を調べるために、大形個体（平均体長約8 mm）と小形個体（同約2 mm）に分けて、15°C-pH 7.0で予備実験を行なってみたが、両者で明確な差異は認められなかった。以下の実験には主に中形の個体を用いるようにした。

II. 駆虫実験

本種の寄生したヤマメ1年魚（平均体重、173 g）を使用し、所定濃度の薬液30 lに供試魚10尾を浸漬して実験を行なった。薬浴時間と薬液の濃度は、殺虫実験の結果を参考にして、5分・80・160・320・400 ppm, 10分・100・200・400 ppm, 20分・50・100・200 ppm, 30分・10・20・40・50・100 ppm, 60分・3.13・6.25・12.5・25・50 ppmに設定した。なお、60分浸漬区のみ通気を行なった。実験中の水温は19.8~23.2°C, pH 7.2~7.5であった。

薬浴終了後にも魚体から虫体が離れ落ちる傾向が認められたため、薬浴後に供試魚を流水槽に移してから24時間後に薬浴の効果を次のような方法で判定した。まず、薬浴槽中の致死個体と、流水槽の排水口に設置した捕虫網に捕集された致死個体とをあわせて総致死個体数とした。一方、24時間経過後に供試魚の体表に吸着し、活発に遊泳脚を動かす虫体を生存個体として記録し、総致死

個体数と生存個体数から致死率を算出した。

III. 毒性実験

ヤマメ（平均体重、20.8 g）、カワマス（同、18.4 g）、ニジマス *Salmo gairdneri* RICHARDSON（同、19.4 g）、ブラウンマス *Salmo trutta* LINNÉ（同、42.7 g）の0年魚を使用した。供試魚および実験設備の都合上、所定濃度の薬液25 lに対し供試魚10尾を浸漬し、通気を行なった。浸漬中に平衡を失い、鰓蓋の運動を停止した魚を斃死個体として記録した。なお、実験中の水温は16.5~17.4°Cであった。

1. 長時間継続浸漬による毒性実験

薬剤濃度を12.5・25・50・100・200・400 ppmに設定し、実験開始後8時間は1時間ごとに供試魚を観察し、さらに18時間後に1度観察して実験を打ち切った。

2. 1時間浸漬による毒性実験

薬剤濃度を50・100・200・400 ppmに設定し、供試魚を薬液に1時間浸漬した後、流水中（200 l/min）に移し、3日間斃死魚の有無を観察した。

結 果

I. 殺虫実験

一定時間経過後の生残率は、一般に高濃度になるに従

図 1. チョウモドキに対するトリクロルホンの100%殺虫効果に及ぼす水温の影響 (pH 7.0).

Fig. 1. Influence of temperatures on the pesticidal effects of trichlorfon against *A. coregoni* at the level of 100% mortality at pH 7.0.

図 2. チョウモドキに対するトリクロロホンの 100% 殺虫効果に及ぼす pH の影響 (水温 20°C).

Fig. 2. Influence of pH values on the pesticidal effects of trichlorfon against *A. coregoni* at the level of 100% mortality at 20°C.

って低くなり、また、高濃度ほど致死開始から全数致死までの時間が短かった。20°C-pH 7.0 の場合、全数致死までの時間は 100 ppm 以上で 10 分、25~50 ppm で 20 分、12.5 ppm で 30 分、最低濃度の 6.25 ppm で 60 分であった (図 2)。

水温の影響に関して、本種の全数致死濃度と時間との関係で表わし、最小二乗法により回帰直線を求めた (図 1)。各直線の回帰式は、 $Y = -1.46253X + 4.01322$ (15°C)、ならびに $Y = -1.49731X + 3.44080$ (26°C) (X: 時間 (分), Y: 濃度 (ppm) の対数) となった。さらに、共分散分析法により回帰直線の比較を行なった結果、回帰からの分散および傾斜間には有意差はみられず、修正平均値間に有意差がみられた。この検定結果から、薬剤の殺虫効果は 15°C より 26°C の方が高いといえる。

薬剤の殺虫効果に及ぼす pH の影響に関して、全数致死濃度と時間との関係で表わし、その回帰式 $Y = -2.39205X + 6.82478$ (pH 5.6), $Y = -2.07274X + 4.32169$ (pH 7.0), $Y = -1.73468X + 3.33697$ (pH 8.1) を得た (図 2)。共分散分析法で回帰直線の比較を行なった結果、回帰からの分散、傾斜間にはすべての組み合わせにおいて有意差はみられないが、修正平均値間には有意差が認められた。このことは殺虫効果がアルカリ性側

表 1. ヤマメに寄生したチョウモドキに対するトリクロロホンの薬浴駆虫効果

Table 1. Pesticidal effects of trichlorfon against *A. coregoni* by the immersion of parasitized *O. masou*

Time (min)	Concentration (ppm)	<i>A. coregoni</i>	
		Mortality (%)	n
5	80	2.4	370
	160	20.0	240
	320	85.6	125
	400	90.8	130
10	100	62.5	368
	200	93.8	291
	400	99.1	220
20	50	51.4	138
	100	97.4	232
	200	100	290
30	10	3.6	366
	20	23.4	261
	40	90.4	291
	50	100	384
	100	100	351
60	3.13	7.0	532
	6.25	15.2	394
	12.5	90.2	653
	25	99.2	527
	50	100	719
60	0	4.6	406

で高く、酸性側で低いことを示している。

II. 駆虫実験

駆虫実験の結果を表 1 に示した。50 ppm-30 分・60 分、100 ppm-30 分、200 ppm-20 分の 4 組の薬浴条件下でヤマメに寄生している虫体はすべて致死し、12.5・25 ppm-60 分、400 ppm-5 分で 90% 以上の致死率を示した。一方、3.13 ppm-60 分、10 ppm-30 分、80 ppm-5 分では致死率が 10% 以下であり、薬効が認められなかった。致死率が 90% 以上を示した実験区では、浸漬時間が 30 分以上になると 50% 以上の虫体が薬液中に離落して致死するのに対し、20 分以下の浸漬では薬液中の離落虫体は少なく、流水へ移した後に経時的に離落する傾向を示した。

III. 毒性実験

1. 長時間継続浸漬による毒性実験

ヤマメでは、25 ppm で8時間、400 ppm では2時間で全供試魚が斃死し、18時間後には 6.25, 12.5 ppm でも同様の結果となった。カワマスでは、50 ppm で8時

図 3. サケ科魚類に対するトリクロロホンの薬浴毒性。各濃度におけるヤマメ (●), カワマス (▲), ニジマス (○), ブラウンマス (■) の斃死開始時間を表わす。

Fig. 3. Toxicity of trichlorfon to salmonids, showing relationship between the concentration and the period taken to the initial death of *O. masou* (●), *S. fontinalis* (▲), *S. gairdneri* (○) and *S. trutta* (■).

間、400 ppm で2時間で、また18時間後には 25 ppm でも全供試魚が斃死した。さらに、18時間後に 6.25 ppm で10尾中3尾、12.5 ppm で10尾中7尾が斃死した。ニジマスでは、12 ppm で8時間、400 ppm で2時間で、6.25 ppm では18時間後に全供試魚が斃死した。ブラウンマスでは、25 ppm で8時間、400 ppm で3時間で全供試魚が斃死した。さらに18時間後には 6.25 ppm で10尾中9尾、12.5 ppm で全供試魚が斃死した。

各魚種について最初に斃死魚が観察された時間と濃度との関係を図3に示した。斃死開始時間と薬剤の濃度については、魚種間の差はほとんど認められず、200~400 ppm では2~3時間後に、25 ppm では6~7時間後に斃死が始まった。さらに、この毒性実験の結果を2~8時間後における TLm として算出した (表2)。この結果から、薬剤に対する TLm はカワマスが高く、ニジマスが低い傾向が認められる。

2. 1時間浸漬による毒性実験

比較的高濃度の薬液へ供試魚を1時間浸漬し、その後流水中で3日間観察した結果では、各魚種とも浸漬中およびその後の流水飼育期間中に斃死魚あるいは異常魚は観察されなかった。

考 察

従来のトリクロロホンを用いた *Argulus* 属の駆虫例では、止水養殖を対象としているので、1 ppm 以下の低濃度で数時間以上の薬浴例が多い (PLATE, 1970; HOFMAN and MEYER, 1974)。この他に、高濃度短時間浴として、マゾテン 2.5% 5~10分 (PLATE, 1970)、ディプテレックス 100 ppm 1時間 (SUKHENKO, 1963)、ネグボン 2~3.5% 2~3分 (BAILÖSOFF, 1963; VAN DUIJN, 1973) が有効とされている。本実験においては、従来ほとんど検討されていなかった中間域の濃度における殺虫効果を明らかにできた。なお、この濃度範囲および時間は、流

表 2. ヤマメ、カワマス、ニジマス、ブラウンマスに対するトリクロロホンの TLm。浸漬後 2, 4, 6, 8 時間の値を示す

Table 2. Median tolerance limits (TLm) of *O. masou*, *S. fontinalis*, *S. gairdneri* and *S. trutta* in 2, 4, 6 and 8 hours immersion in the trichlorfon solution

Fish	Median tolerance limit (ppm)				Body weight (mean) (g)	Water temperature (°C)
	2	4	6	8 (hr)		
<i>Oncorhynchus masou</i>	320	80	25	18.8	20.8	16.6±0.1
<i>Salvelinus fontinalis</i>	320	140	50	19.1	18.4	17.2±0.2
<i>Salmo gairdneri</i>	280	75	18.8	8.8	19.4	17.4±0.1
<i>Salmo trutta</i>	400	70	37	18.8	42.7	16.6±0.1

水養殖を行なう魚類を対象として駆虫対策を実施するうえでも、十分適用しうるものと考えられる。

薬剤の殺虫効果は水温の影響を受け、15°C よりも26°C で効果がやや高かった。しかし、15°C と20°C では効果に顕著な差が認められなかった。pH の低下に伴い殺虫効果が低下した原因として、寄生虫のコリネステラーゼ活性を阻害する作用を有しているジクロルボスへのトリクロルホンからの脱塩素反応による転化が、弱アルカリの条件下で急速に進行するが、酸性溶液中ではジクロルボスの生成速度が遅くなることによると考えられる*。実際の駆除に関しては、飼育水の pH を考慮する必要がある。

駆虫実験の結果、本種の駆除に、50~200 ppm、10~30 分の薬浴が効果的であると考えられる。殺虫実験の結果と比較すると、400 ppm では、虫体への殺虫効果にほとんど差異がみられなかったが、濃度が低く浸漬時間が長くなるに従って、致死率の差が大きくなり、駆虫実験における致死率が低くなった。たとえば、6.25 ppm 60 分の浸漬における致死率が、殺虫実験での 100% に対して駆虫実験では 15.2% であり、100 ppm 10 分の浸漬ではそれぞれ 100%、62.5% であった。この差異について、駆虫実験では浸漬した魚体に薬剤が吸収されたことが考えられ、時間が経過するに従って、薬剤濃度が低下したことも一因と推測される。

薬剤の魚への影響については、800 ppm 60 分の浸漬において供試したサケ科魚類の斃死あるいは行動の異常が認められなかったことから、50 ppm 30 分、100 ppm 20 分、200 ppm 10 分などの浸漬はほぼ安全と考えられる。

わが国では本種の駆虫に、一定時間止水にして、池全面にわたって薬剤を散布する方法や、流水池に高濃度の薬液を流下させて、池水が一定時間所定濃度になるようにする方法が実施されている。前者の例として、東京水試奥多摩分場で 1976 年 6 月に、ヤマメ 1 年魚の飼育池を止水にし、通気を行ないながら、薬剤濃度 24 ppm で 1 時間 30 分の薬浴を行なって好結果を得ている（未発表）。後者の例としては、岐阜水試で 1976 年 8 月に、池水の薬剤濃度が 10 ppm になるように調製した薬液を 3 時間流下させて、同様に好結果を得ている（私信）。しかしながら、これらの方法は薬剤を大量に使用し、さらに排水とともに天然河川への薬剤の流入が避けられない。トリクロルホンは劇薬であり、温血動物はもちろ

ん、水生生物に対しても毒性が高く、薬剤の流入による水界の生態系への影響が懸念され、環境保全の立場からも問題が多い。一方、薬液に短時間浸漬する方法は、取り揚げや浸漬の際に魚体へストレスや物理的損傷を与えることが考えられる。しかし、薬剤の使用量が少ないことや環境に及ぼす影響がほとんどないことなどの利点がある。廃液の処理に関する検討は行なっていないが、薬剤が分解されて毒性の低い加水分解物へ変化する速度は、pH が高くなるほど速くなることが知られている*。したがって、薬浴後の廃液のアルカリ処理などにより毒性を低減させるための検討が必要であろう。

浸漬法による薬浴では、大量に魚を処理することが困難である。しかし稚魚や出荷サイズの魚では本種の寄生が少なく、飼育尾数の比較的少ない採卵用親魚（ニジマス 2 年魚以上、ヤマメ・アマゴ 1 年魚など）に大量に寄生するので、大量処理の必要性も低いと考えられる。

要 約

1. チョウモドキに対するトリクロルホンの殺虫効果を調べ、高水温・高 pH によってその効果が高まることを示した。
2. ヤマメ 1 年魚に寄生するチョウモドキに対して駆虫実験を行ない、50~100 ppm 30 分、200 ppm 20 分の薬浴において、高い駆虫効果が認められた。
3. 薬浴に伴う魚体への薬剤の影響を、ヤマメ・カワマス・ニジマス・ブラウンマスの 4 種のサケ科魚類について調べた結果、チョウモドキの駆除を行なう薬剤濃度および時間の範囲では、トリクロルホンの魚体への影響を無視できると考えられる。

謝 辞

本論文の御校閲、御批判を賜った東京大学農学部江草周三教授に深く感謝の意を表します。また、本研究に協力された工藤真弘、山川正己の各氏に厚くお礼申し上げます。

文 献

- **BAILÖSOFF, D. (1963): Neguvon- ein wirksames Mittel zur Bekämpfung der Karpfenlaus und sonstiger parasitärer Fischkrankheiten. *Deut. Fisch. Zeit.*, 10, 181.
- CHEN, TUNG-PAI (1933): A study on the methods of prevention and treatment of fish lice in pond

* 日本特殊農薬株式会社資料, 1972

** 間接引用

- culture. *Lingnan Sci. J.*, **12**, 241-244.
- HOFFMAN, G. L. and F. F. MEYER (1974): Parasites of freshwater fishes. *T. F. H. Publications, New Jersey*, 224 pp.
- HOSHINA, T. (1950): Über eine *Argulus*-Art im Salmonidenteiche. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **16**, 239-243.
- KABATA, Z. (1970): Diseases of fishes. Book 1. Crustacea as enemies of fishes. *T. F. H. Publications, New Jersey*, 171 pp.
- 木村関男 (1960): ディプテレックスによるチョウ (*Argulus japonicus* THIELE) の駆除. 水産増殖, **8**, 141-150.
- PLATE, G. (1970): Masoten für die Bekämpfung von Ektoparasiten bei Fischen. *Arch. Fischereiwiss.*, **21**, 258-267.
- **Sukhenko, G. E. (1966): Some specific distribution patterns of parasitic crustaceans in the ponds of the Ukraine. *Parazity, Promezhutochnye khozyaeva i perenoschiki (Parasites, intermediate hosts and vectors)*. *Nauk. dumka, Kiev.*, 69-74.
- TOKIOKA, T. (1936): Preliminary report on Argulidae found in Japan. *Annot. Zool. Jap.*, **15**, 334-343.
- VAN DUIJN, JNR., C. (1973): Diseases of fishes. 3rd ed. *Iliffe Books, London*, 372 pp.

** 間接引用