

DDT, BHCおよびPCBが魚の成長に及ぼす影響

竹田, 達右
九州大学農学部水産学第一教室

<https://doi.org/10.15017/23256>

出版情報 : 九州大学農学部学藝雑誌. 32 (4), pp.141-145, 1978-03-30. 九州大学農学部
バージョン :
権利関係 :

DDT, BHC および PCB が魚の成長に及ぼす影響

竹 田 達 右

九州大学農学部水産学第一教室

(1977年10月17日受理)

Effects of DDT, BHC and PCB on the Growth of Fish

TATSUSUKE TAKEDA

Department of Fisheries, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 46-04, Fukuoka 812

DDT, BHC および PCB 等は, その高い安定性と脂溶性のために残留性が強く, 魚体内に致死濃度以下の低レベルで長期間存在して慢性的に害を与える危険性が考えられる. そのような慢性的毒作用は成長阻害をもたらす事が考えられるので, 本研究では摂餌量や餌料効率等を指標として有機塩素化合物の成長阻害作用を検討した. また, 水中の物質が魚に摂り込まれる経路としては一般に, 鰓を主とする体表面からの吸収と餌料生物を介しての経口摂取が考えられるので, 本研究では供試薬物を飼育水に分散させた薬浴試験と, 餌料に混合して投与する経口投与試験の両者を行った.

本研究を行うにあたり, 懇切な御指導を頂いた九州大学農学部の板沢靖男教授に対して深く感謝の意を表する.

材料および方法

福岡県下の養鯉場あるいは福岡市内の金魚商で購入したコイおよびキンギョを2週間以上実験温度で予備飼育した後, 実験に供した.

DDT および BHC については, これらの薬物が摂餌量に及ぼす影響を検討するために薬浴下で自由食試験を行い, 餌料効率に及ぼす影響を検討するために薬浴下で制限食試験を行った. また, 経口投与試験を行い, これらの影響が薬物の魚体に入る経路により差があるかどうかを比較した. なお, PCB については経口投与試験のみを行った.

実験に用いた DDT および BHC の薬浴濃度は, 板沢・田村 (1963) がまとめた 25°C でのコイの 48 時間 TLm (DDT では 0.056~0.10 ppm, Lindane

では 0.32~0.56 ppm) をもとにして, 試験区の最高濃度を致死濃度近くに設定し, 対数目盛ではほぼ等間隔になるように低濃度区を設けた. DDT および BHC の経口投与量は予備実験で得た致死量近くを最高投与量とし, それ以下の区はその 1/2 あるいは 1/10 になるようにした. また, PCB の場合は, 予備実験で 5% の餌を食べないことがわかつたので, 最高濃度区を 0.5% (5000 ppm) とし, それ以下の区はその 1/10 および 1/1000 となるようにした.

自由食試験の場合は, 1 試験区を 10 尾とし, 20×35×28 cm (水量 18 l) のプラスチック水槽中で通気しながら飼育し, 毎日午前中に市販のコイ用ペレットの碎粉を食べるだけ与え, 毎夕換水した. 実験期間中の水温は, 23~25°C であつた. 飼育水中の供試薬物の濃度は, DDT では 0, 0.003, 0.01 および 0.03 ppm の 4 段階, BHC では 0, 0.013, 0.04 および 0.12 ppm の 4 段階とした.

制限食試験の場合は, 1 試験区を DDT では 10 尾, BHC では 9 尾とし, 45×75×45 cm (水量 120 l) のステンレス枠ガラス水槽中で通気しながら飼育し, 毎日午前中に魚体重の 6% のイトミミズを与え, 毎夕換水した. 実験期間中の水温は, 23~24°C であつた. 飼育水中の供試薬物の濃度は, DDT では 0, 0.0056, 0.010, 0.018 および 0.032 ppm の 5 段階, BHC では 0, 0.032, 0.056, 0.10 および 0.18 ppm の 5 段階とした.

経口投与試験の場合は, 1 試験区を DDT ではコイ 5 尾, BHC ではコイ 10 尾, PCB ではキンギョ 10 尾とし, 濾過装置を付けた水槽 (DDT および BHC では 35×60×30 cm 水量約 50 l のステンレス枠ガラ

ス水槽, PCB では $20 \times 35 \times 28$ cm 水量約 18 l のプラスチック水槽) 中で通気しながら飼育し, 毎日乾重量で魚体重の 2% に当る餌料を与え, 3 日に 1 度換水した。実験期間中の水温は $23 \sim 25^\circ\text{C}$ であった。

薬物の餌料中への混入は以下のようにして行つた。DDT では乳剤を水中に分散させて適当な希釈液をつくり, コイ用の粉末餌料と混合してねり餌をつくつた。BHC では DDT と同様にしてつくつたねり餌を注射筒に入れガラス板上に押し出し約 50°C で乾燥してペレットを作成した。PCB では適当な濃度のエタノール溶液をつくり粉末餌料と混合し, 約 50°C で乾燥してエタノールを除去し適当な濃度の PCB を含む粉末餌料をつくり, これを水でねり, BHC と同様にしてペレットを作成した。

餌料中の薬物の含量は, DDT では乾物当り 0, 62.5, 125, 250 および 500 ppm の 5 段階, BHC では 0, 1.0, 10 および 100 ppm の 4 段階, PCB では 0, 5, 500 および 5000 ppm の 4 段階とした。毎日体重の 2% の餌料を与えたので, これらの値は, DDT では 0, 1.25, 2.5, 5.0 および 10 mg/kg.day, BHC では 0, 0.02, 0.2 および 2.0 mg/kg.day, PCB では 0, 0.1, 10 および 100 mg/kg.day となる。

以上の試験に用いた薬物の原液は, 日本農薬株式会社製の DDT 乳剤 20, 九州三共株式会社製の Lindane 乳剤 10 および鐘淵化学工業株式会社製のカネクロール 300 であった。

試験期間中, 毎日, 摂餌量, 中毒症状の発現および斃死魚数を記録し, 1 週間あるいは 10 日ごとに約 10

ppm の quinaldine で麻酔して体重を測定した。

なお本実験は昭和 46 年 7 月から昭和 47 年 2 月にかけて行つたものである。

結 果

DDT あるいは BHC が摂餌量に及ぼす影響

DDT 薬浴下で自由食試験を行つた結果, Table 1 に示すように 0.01 および 0.03 ppm のコイが中毒症状を示し斃死した。生残区については摂餌量を比較すると, 薬浴区の摂餌量は対照区とほとんど差がなかつた。また餌料効率にも差がなく, この濃度では DDT の成長阻害は認められなかつた。

BHC 薬浴の場合, Table 2 に示すように 0.12 ppm で全個体に中毒症状が発現したが斃死魚は出なかつた。摂餌量は, 中毒症状の現れた 0.12 ppm 区で対照区より少なかつたが, 0.013 および 0.04 ppm 区では対照区と大差がなかつた。したがって成長にもほぼ同様な傾向がみられた。

DDT あるいは BHC が餌料効率に及ぼす影響

自由食試験での餌料効率は, 摂餌量が異なるので厳密には比較できない。したがって薬浴下で投餌量を一定にして, これらの薬物が餌料効率に及ぼす影響を検討した。

DDT 薬浴の場合, Table 3 に示すように 0.010, 0.018 および 0.032 ppm 区のコイが中毒症状を示し斃死した。生残区の餌料効率は対照区とほとんど変わらず, 成長にも差は認められなかつた。

BHC の場合は, Table 4 に示すように 0.056, 0.10

Table 1. Effect of DDT bathing on food consumption and growth of the carp.

DDT (ppm)	Fish poisoned (%)	Mortality (%)	Food consumption (g)	Conversion efficiency of food (%)	Average weight (g)		Weight increase (%)
					at start	after a month	
0.000	0	0	21	50.2	0.74 ± 0.16*	1.80 ± 0.37	142
0.003	0	0	21	49.3	0.69 ± 0.13	1.73 ± 0.40	149
0.01	10	10	22	49.7	0.74 ± 0.14	1.85 ± 0.47	150
0.03	100	100	—	—	0.69 ± 0.13	—	—

* The mean value ± standard deviation, the same rule applies to the following tables.

Table 2. Effect of BHC bathing on food consumption and growth of the carp.

BHC (ppm)	Fish poisoned (%)	Mortality (%)	Food consumption (g)	Conversion efficiency of food (%)	Average weight (g)		Weight increase (%)
					at start	after a month	
0.000	0	0	21	50.2	0.74 ± 0.16	1.80 ± 0.37	142
0.013	0	0	19	45.9	0.71 ± 0.13	1.57 ± 0.25	121
0.04	0	0	19	50.0	0.75 ± 0.15	1.69 ± 0.44	125
0.12	100	0	13	33.5	0.75 ± 0.13	1.20 ± 0.20	60

および 0.18 ppm 区のコイが中毒症状を示し斃死した。0.056 ppm 区で 44% の斃死が起こったので、それより一段階低い濃度の 0.032 ppm 区について餌料効率を対照区と比較すると、最初の 2 週間はやや低かったが、その後は対照区より劣るという傾向は見られなかった。成長も同様であった。

DDT 経口投与が餌料効率に及ぼす影響

DDT をねり餌にまぜ投餌量を一定にして与えた結果、Table 5 に示すように 5.0 および 10 mg/kg. day 区のコイが中毒し斃死した。しかし生残区について

は、DDT 投与区の餌料効率は薬浴と同様に対照区とほとんど差がなく成長阻害は認められなかった。

BHC 経口投与が餌料効率に及ぼす影響

BHC をペレットに混入し投餌量を一定にして与えた結果、Table 6 に示すように 2.0 mg/kg. day 区のコイが 1 尾中毒症状を示し斃死した。餌料効率は 2.0 mg/kg. day 区で 0~2 週間に低い値を示し、その後回復して対照区との差がなくなった。BHC 投与量の少ない他の区は最初から対照区と大差のない値を示し、成長にも差が認められなかった。

Table 3. Effect of DDT bathing on conversion efficiency of food and growth of the carp.

DDT (ppm)	Fish poisoned (%)	Mortality (%)	Conversion efficiency of food (%)						Average weight (g)		Weight increase (%)
			0-10 days	10-20	20-30	30-40	40-50	average	at start	after 50 days	
0.0000	0	0	16.1	15.9	16.6	18.1	18.2	17.1	36.3±3.0	56.2±10.9	55
0.0056	0	0	15.1	16.9	16.3	18.0	19.0	17.2	35.8±2.9	55.6±12.9	55
0.010	10	10	13.1	17.1	17.1	20.1	21.2	18.2	35.5±3.1	56.6±11.8	57
0.018	100	100	—	—	—	—	—	—	36.3±4.0	—	—
0.032	100	100	—	—	—	—	—	—	35.0±3.6	—	—

Table 4. Effect of BHC bathing on conversion efficiency of food and growth of the carp.

BHC (ppm)	Fish poisoned (%)	Mortality (%)	Conversion efficiency of food (%)				Average weight (g)		Weight increase (%)
			0-2 weeks	2-4	4-6	average	at start	after 6 weeks	
0.000	0	0	12.3	16.8	17.5	15.7	33.1±2.6	44.3±3.4	34
0.032	0	0	9.2	19.5	21.2	17.1	33.9±2.9	46.1±6.7	36
0.056	44	44	—	15.3	19.1	17.2	33.8±3.1	42.8±14.3	27
0.10	100	100	—	—	—	—	34.6±3.0	—	—
0.18	100	100	—	—	—	—	37.5±2.4	—	—

Table 5. Effect of oral administration of DDT on conversion efficiency of food and growth of the carp.

DDT (mg/kg. day)	Fish poisoned (%)	Mortality (%)	Conversion efficiency of food (%)				Average weight (g)		Weight increase (%)
			0-10 days	10-20	20-30	average	at start	after 30 days	
0.00	0	0	80.6	75.1	74.6	76.5	46.6±4.8	68.7±14.1	48
1.25	0	0	82.4	73.8	63.1	72.3	46.4±4.4	67.2±7.0	45
2.5	0	0	76.4	85.5	82.4	81.6	48.0±4.6	72.4±6.8	51
5.0	20	20	62.7	67.8	72.8	67.9	48.1±5.2	69.3±15.9	42
10	100	100	—	—	—	—	46.4±5.7	—	—

Table 6. Effect of oral administration of BHC on conversion efficiency of food and growth of the carp.

BHC (mg/kg. day)	Fish poisoned (%)	Mortality (%)	Conversion efficiency of food (%)				Average weight (g)		Weight increase (%)
			0-2 weeks	2-4	4-6	average	at start	after 6 weeks	
0.00	0	0	60.7	53.7	61.4	58.6	7.32±0.74	10.52±1.27	44
0.02	0	0	58.2	52.0	55.9	55.3	7.50±0.71	10.59±1.45	41
0.2	0	0	55.1	49.1	54.1	52.8	7.57±0.83	10.52±1.23	39
2.0	10	10	28.4	58.3	65.1	51.6	7.48±0.70	10.25±0.96	37

Table 7. Effect of oral administration of PCB on conversion efficiency of food and growth of the goldfish.

PCB (mg/kg. day)	Fish poisoned (%)	Mortality (%)	Conversion efficiency of food (%)					Average weight (g)		Weight increase (%)
			0-2 weeks	2-4	4-6	6-8	average	at start	after 8 weeks	
0.0	0	0	38.4	44.6	39.8	41.5	41.1	2.09±0.31	3.02±0.49	45
0.1	0	0	33.2	46.9	31.0	45.3	39.1	2.31±0.38	3.29±0.62	42
10	0	0	15.9	35.4	34.6	37.0	30.7	2.29±0.37	3.03±0.39	32
100	0	0	19.3	32.2	30.7	32.9	28.8	2.17±0.31	2.83±0.37	30

PCB 経口投与が餌料効率に及ぼす影響

PCB をペレットに混入し投餌量を一定にしてキンギョに与えた結果を Table 7 に示した。PCB の場合は 100 mg/kg. day 投与した区でさえも中毒症状および斃死は見られなかった。しかし餌料効率は 10 および 100 mg/kg. day 区で対照区より著しく低く、成長阻害が明らかに認められた。

考 察

DDT は昆虫の場合感覚神経の機能を最も阻害し、同時に中枢神経と運動神経も冒し、二次的に体内毒薬が生産されて麻痺や死を招き、BHC は特に中枢神経に対する毒作用が強いと言われている (楢橋, 1965)。本実験では、DDT で中毒したコイは発作的に暴れやがて平衡を失って横転し斃死した。BHC の場合は多少異なり、コイは水面に向って鼻上げによく似た発作的行動をとり平衡を失い横転し死亡した。これらの結果から DDT および BHC は、昆虫に対すると同様に魚に対しても神経毒作用が著しく強いと考えられる。PCB はその不燃性と安定性のため絶縁油や熱媒体等工業用に使われたもので、魚に対する毒性の研究例はあまり多くない。本実験ではキンギョにカネクロール 300 を 100 mg/kg. day の割合で 8 週間与えても、中毒症状および斃死は認められなかったが、10 mg/kg. day の投与でも成長阻害が顕著に認められた。また Halter and Johnson (1974) も 0.032 ppm の PCB で薬浴したギンザケの稚魚では外観的な障害は顕著でないが不活発となり、摂餌せず徐々に衰弱し斃死したと報告している。これらの事実から PCB の毒作用は神経に対するものではなく、むしろ魚全体の代謝を阻害するものではないかと思われる。

DDT の魚の成長に及ぼす影響に関する報告は少ないが、DDT は魚の成長にほとんど影響しない (Macek et al., 1970; Halter and Johnson, 1974) か、あるいは多少成長を促進する (Macek, 1968 a, b) と言われている。また致死濃度以下の DDT は、カワマ

スの側線感覚を過敏化したり (Anderson, 1968) 大西洋サケの温度選択を変化させたり (Ogilvie and Anderson, 1965; Peterson, 1973)、温度順化機構に影響を与えたり視覚による逃避反応の形成を妨げたりする (Anderson and Peterson, 1969) と報告されているが、これらは DDT が神経に作用した結果で、直接成長阻害には結びつかないと思われる。さらにラットでみられている glucose-6-P dehydrogenase に対する影響 (Tinsley, 1964, 1965) もマス類では認められていない (Buhler and Benville, 1969)。これらの報告と本実験の結果から考えて、致死濃度以下の DDT は魚の成長を阻害することはないと思われる。

BHC の魚の成長に及ぼす影響に関する報告はほとんどない。本実験では、実験初期に BHC により餌料効率が低下し成長が阻害されたが、その後この阻害作用は認められなくなった。したがってコイは何らかの形で BHC に対して抵抗し得るようになったものと考えられる。

Halter and Johnson (1974) は 0.032 ppm の PCB で 2 週間ギンザケを薬浴したが、成長阻害は見られなかったと報告している。しかし本実験では、キンギョの餌料効率が致死濃度以下の PCB によつて明らかに低下し、成長阻害が見られた。

DDT と BHC については薬浴と経口投与の 2 種類の投与方法で実験したが、薬物の影響は魚体への侵入経路によつて左右されなかった。二つの投与方法を中毒症状の出現や斃死の状態から対比してみると、影響の程度において DDT では 0.01 ~ 0.18 ppm の薬浴は 5~10 mg/kg. day の経口投与に相当し、BHC では 0.056~0.12 ppm の薬浴は約 2 mg/kg. day の経口投与に相当すると考えられる。

要 約

1. DDT の薬浴あるいは経口投与は、致死濃度以下では、コイの摂餌量および餌料効率に影響せず、成長阻害は見られなかった。

2. BHC の薬浴あるいは経口投与は、致死濃度以下では、コイの摂餌量にほとんど影響しなかつたが、実験初期の 2 週間餌料効率を低下させ成長を阻害した。しかし被験魚はその後回復し、対照魚と同様な成長を示した。

3. PCB の経口投与は、致死濃度以下でもキンギョの餌料効率を明らかに低下させ、成長を阻害した。

文 献

- Anderson, J. M. 1968 Effect of sublethal DDT on the lateral line of brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 25: 2677-2682
- Anderson, J. M. and M. R. Peterson 1969 DDT: Sublethal effects on brook trout nervous system. *Science*, 164: 440-441
- Buhler, D. R. and P. Benville 1969 Effect of feeding and of DDT on the activity of hepatic glucose 6-phosphate dehydrogenase in two salmoids. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 26: 3209-3216
- Halter, M. T. and H. E. Johnson 1974 Acute toxicities of polychlorinated biphenyl (PCB) and DDT alone and in combination to early life stages of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 31: 1543-1547
- 板沢靖男・田村 保 1963 各種農薬の水産動物に対する半数致死濃度一覧表. 水産増殖, 11: 113-126
- Macek, K. J. 1968 a Reproduction in brook trout (*Salvelinus fontinalis*) fed sublethal concentrations of DDT. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 25: 1787-1796
- Macek, K. J. 1968 b Growth and resistance to stress in brook trout fed sublethal levels of DDT. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 25: 2443-2451
- Macek, K. J., C. R. Rodgers, D. L. Stalling and S. Korn 1970 The uptake, distribution and elimination of dietary ¹⁴C-DDT and ¹⁴C-dieldrin in rainbow trout. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 99: 689-695
- 檜橋敏夫 1965 殺虫剤の作用機構. 山本ら編: 新農薬創製法. 南江堂, 東京, 169-209 頁
- Ogilvie, D. M. and J. M. Anderson 1965 Effect of DDT on temperature selection by young Atlantic salmon, *Salmo salar*. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 22: 503-512
- Peterson, R. H. 1973 Temperature selection of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) as influenced by various chlorinated hydrocarbons. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 30: 1091-1097
- Tinsley, I. J. 1964 Ingestion of DDT and liver glucose-6-phosphate dehydrogenase activity. *Nature*, 202: 1113-1114
- Tinsley, I. J. 1965 DDT ingestion and liver glucose-6-phosphate dehydrogenase activity II. *Biochem. Pharm.*, 14: 847-851

Summary

1. Neither exposure to sublethal level of DDT nor oral administration of sublethal level of DDT inhibited growth of the carp, *Cyprinus carpio*.

2. Exposure to sublethal level of BHC and oral administration of sublethal level of BHC decreased the conversion efficiency of food in the carp and inhibited the growth in the first two weeks of the experiment. But the conversion efficiency of food was recovered after the first two weeks and the fish grew as control ones.

3. Oral administration of sublethal level of PCB remarkably decreased the conversion efficiency of food and inhibited growth of the goldfish, *Carassius auratus*.