

農薬のコイ血液性状および呼吸量に およぼす影響

石原 忠・保田 正人・田村 修

Effect of Pesticides on Blood Characters and Oxygen Consumption of Carp

Tadashi ISHIHARA, Masato YASUDA and Osamu TAMURA

Abstract

Through use of four kinds of pesticides, namely, PCP (effective ingredient: Penta chlorophenol 86%), MEP (e. i.: Dimethyl thiophosphate 50%), Endrin (e. i.: Endrin 19.5%) and Meran (e. i.: Phenylmercuric acetate and other organic mercury 5.2%), a study was made on the effect of these pesticides on blood characters and oxygen consumption of carp which were kept for three days in the water containing each of these pesticides.

The effect on blood characters was studied by means of observation of change in specific gravity, hematocrit value, serum protein and serum lipoprotein. Feeding was sustained during the three-day period of experiments. Blood sampling was made from each individual carp prior to and on the third day after the application of pesticides in the water.

The results of experiments were as follows.

1. Each pesticide caused change in component ratio of serum protein and serum lipoprotein and the change was more remarkable in the former. (Figs. 4-6, Table 1).
2. Both specific gravity and hematocrit value decreased in comparison with the values at the first sampling. However, in consideration of the remarkable effect of sampling, these showed a trend of increase in proportion to the density of pesticide. (Figs. 8, 9)
3. In connection with oxygen consumption, PCP caused an increase in proportion to its density. However, MEP caused a decrease and the extent of decrease was proportional to the density. Endrin and Meran also caused a decrease but the extent of decrease was inversely proportional to the density. (Figs. 10-13)

近年農薬は農業生産にとって不可欠のものであるが、他面その使用頻度の増加にともなって河川や沿岸水域の汚染による水棲動物への影響は著しくなり、損害補償など諸種の問題を引き

起こしている、しかしこの影響についての研究は致死濃度の決定や生態的な実験が多く、生理化学面での業績としては、わずかに早山¹⁾等の有機リン系薬剤のコリンエステラーゼ活性に関する報告を認める程度である。本研究は致死濃度以下の農薬が混入した場合にコイに与える生理化学的な影響をみる目的で、血液の性状および呼吸量の変化を追究したものである。一般に血液性状は生活環境と密接な関係を有し、栄養、生理、性殖、疾病等によって変動するといわれる、また呼吸量も外的刺激、環境水に鋭敏に反応するものと考えられる。しかし魚類に限らず各種動物では個体差による血液の偏異が大きいため、群を単位とする平均変動の比較では群間の差を認め得ない場合が多く、したがって各個体別の変異の程度の集積より条件を異にする群間の変動を追求する必要があるが、魚類については実験操作の困難性もあって、そのような試みは行なわれていなかった。本実験では同一魚体から附加条件前後の2度にわたる採血により、個体別の血液性状の変化を追究し、あわせて、環境水中での呼吸量の変動を調べ、群別比較では判然とし得ない若干の新知見を得たので報告する。

実 験 の 部

1. 実験材料

市内養魚場より、体重 100g前後のコイをいけすに移し、4,5日間投餌飼育後、実験室内の大型水槽中に1日間無投餌放養し、これを正常飼育魚とみなし実験材料とした。

実験期間中の飼育方法

飼育水の汚染を防止するために炉過装置を内設した。丸型水槽に水 8 L を入れ、上記のコイを各水槽に 5, 6 尾放養し、水温を季節および呼吸量測定の都合上 $17 \pm 1^\circ\text{C}$ に保ち、酸素測定時以外はエアレーションを行なった。水槽は呼吸量測定時に外部刺激による運動量の一時的増加に起因する呼吸量の変動をさけるため黒い紙でおおった。第 1 回目の呼吸量の測定は水槽にコイを入れてから 4 5 時間後に行ない、次いで第 1 採血を行ない、農薬を投入して、3 日後に第 2 採血を行なった、その間 2 時間々隔で 3 回呼吸量を測定した。なお投餌対照魚を除いて他はすべて無投餌で行なったが、これは摂餌による特異動的作用の呼吸量に与える変化をさける目的である。

2. 農薬の種類と使用濃度

供試農薬は前報²⁾で使用した、有機塩素系の除草剤の PCP、有機リン酸系殺虫剤でパラチオン近縁体のスミチオン乳剤 (MEP と略す) の他に、有機塩素系殺虫剤エンドリン乳剤 (三共製薬、有効成分：ヘキサクロル・エポキシ・オクタヒドロ・エンドエンドジメタノナフタレン 19.5%, Endrin と略す) および有機水銀系殺虫剤のメラン乳剤 (三共製薬、有効成分：酢酸フェニル水銀、トリル水銀、パラトルエンスルホン酸アニリド 5.2%, Meran と略す) を加えて 4 種を用いた。濃度は PCP, MEP では前報²⁾に準じ、エンドリン、メラン乳剤はマウス等に対する毒性から推察して決定し、各々有効成分濃度で表わした。

3. 呼吸量の測定方法

WINKLER の溶存酸素測定法を用い、開放容器で魚類の呼吸による酸素消費量を測定する諸岡の方法³⁾によって求めた。単位は 1 時間当たり体重 1 Kg における酸素消費量 (ml/Kg. h) で示した。

4. 血液比重，ヘマトクリフト値の測定および血清分離法

0.5%ヘパリンで湿した0.5~1.0ml容注射器を用い、著者等の考案した方法⁴⁾によって、1回に0.2~0.3ml採血した。これを用い血液比重(Sp.G)ヘマトクリット値(Ht)の測定は前実験²⁾と同じ方法で行なった。Ht測定で得た上澄の血清は電気泳動用試料とし、血清蛋白質、血清リポ蛋白質の測定に供した。

5. 血清の電気泳動法

血清の泳動には常光産業の泳動装置を用いセルロースアセテート膜を固定相として微量分析法で行なった。5.0×1.2cmの大きさに裁断したセルロースアセテート膜をシャーレに取ったペロナール緩衝液(5,5ジエチルバルビツール酸1.66g, 5,5ジエチルバルビツール酸ソーダ12.76gを水で1Lとし、pH8.6に0.1NHClで調製する)に浮かせ、膜全体が湿った後に液中に沈める。この際一気に液中に沈めると膜中に白斑を生ずる欠点がある。平均に充分湿りを与えた膜を緩衝液から取り上げて、炉紙で軽く押え、膜表面の余分の液を除き、装置に固定する。泳動時の緩衝液は上記緩衝液100mlに水20mlを加えたものを用いた。試料の塗付には0.002mlのマイクロピペットを用いその塗付量は0.002ml弱にとどめた。泳動は冷蔵庫内で約5~7°Cに保ちながら180V, 0.4mA/cmの通電で60分間行なった。血清蛋白質の染色はボンソー3Rを3%三塩化酢酸溶液に0.4%に溶解した液を用い、泳動終了後、直ちに膜を染色液に浮かせ緩衝液に浸す場合と同様の注意をもって液中に沈め約30秒後、5, 6個の5%酢酸溶液槽中を順次膜を揺り動かさせながら移すことによって余分のボンソー3Rを除く。血清リポ蛋白質の場合は若干異なり、血清とスタンブラックB100mgを酢酸エチル1mlに溶解し、9mlのプロピルアルコールを加え調製した染色液とを5:1程度にあらかじめ混合し、15分間放置後遠心分離し、上澄を上記の条件で泳動した。得られた泳動膜は炉紙にはさみ、重しをかけて自然乾燥させた。泳動膜は流動パラフィンに浸して透明化後、日立分光光度計EPU-2型を改良したデンシトメーター(膜送り、受光巾0.5mm)を用い、血清蛋白質は500m μ 、血清リポ蛋白質は650m μ で測定した。

結果および考察

1. 血清蛋白質および血清リポ蛋白質におよぼす影響

泳動分画の決定にあたっては、人血血清の泳動と対比させてみたが、相対易動度に若干のずれがあるため、本実験では血清蛋白質については齊藤⁵⁾の分画方法に準じて易動度の近似的な成分を一群として、f, I, II, III, IV, IV')の6分画に別けたが集計にあたっては微少分画のf, およびIV'はそれぞれIおよびIVに加えて4つの分画比として算出した。リポ蛋白質では血清蛋白質の各分画と対比させてその置位よりI~IVの4分画に分けた。その模式泳動回をFig.1に示す。実験は農薬の各濃度毎に4尾のコイを用い、各個体について上記飼育方法で述べた如く第1, 第2採血を行なった。対照試験魚群を除くと他群は無投餌で飼育したため、これらの第2採血試料には共通的に第1採血による貧血等の影響の他に無投餌による影響も現われて来る可能性がある。この点を考慮して正常飼育(投餌)の対照として第1採血後清水で無投餌状態で飼育し比較を行なった。Fig.2.3に正常飼育、無投餌飼育およびPCP, MEP含有水飼育魚の泳動図を示した、またTable1にはこれら各魚群の第1採血、第2採血血清の分画比をあげた。正常魚とみなしうる第1採血試料の分画比にもすでにTable1に示す如く、各魚群間かなりの差がある。このように正常魚の分画比の広がりよりめて、第1採血で得られた平均分

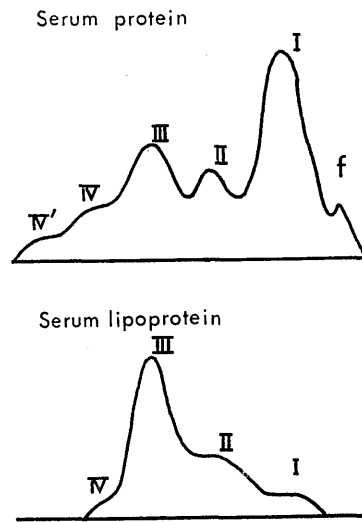


Fig. 1 Cellulose acetate electrophoretic model curve of serum protein and serum lipoprotein of carp
 Conditions : Veronal buffer solution pH 8. 6, intensity of current 0.4 mA/cm. at 180 V, duration of electrophoresis 60 min.

画比 (Table 1 の Normality) を基礎として、農業で現われる変動を推察すると大きな誤りを生ずると考え本実験では、各魚体ごとに両採血試料間の変動を求めた後、その平均的変動によって考察を行なう。Fig. 4～7は各魚群ごとに第1採血試料の分画比より見た第2採血試料の分画比の変動を示したものである。

a. 採血による影響

採血による影響は3日間の正常飼育後では、ほとんどなく、わずかに血清蛋白質ではII分画の増加とIII分画の減少、リポ蛋白質ではII分画の増加がわずかに見られる程度であった。

b. 無投餌飼育による影響

Fig. 4～7の濃度0の点に示した血清蛋白質ではII分画の増加、III分画の減少となり採血による影響と同様と考えられる。リポ蛋白質ではほとんど変動はなくわずかにI分画が減少するII分画は変わらないが、これは前述の如く採血によって増加するものが、無投餌による減少の傾向によって打消されたと思われる、III、IV分画はこの逆の傾向を示した。

c. PCPによる影響

血清蛋白質では0.01ppmには影響は全く見られないが、0.05ppmになるとII分画の増加、III分画の減少傾向が生じ、0.1ppmではIV分画の減少も現われ0.3ppmでは更にI分画の増加も明らかに現れた。すなわち濃度の上昇にともなってI、II分画の増加、III、IV分画の減少を認め、II、III分画の影響は比較的低濃度から現われる傾向がある。リポ蛋白質でも0.05ppm程度から影響が見られ、0.3ppmではI、II分画の増加、III分画の減少が明らかとなった。

d. MEPによる影響

血清蛋白質では6ppmで著しく変動し、I分画の減少、II分画の増加となる、8ppmでこの傾向はさらに大きく現われたが、III、IV分画にはなおほとんど変動はみられなかった。リポ蛋

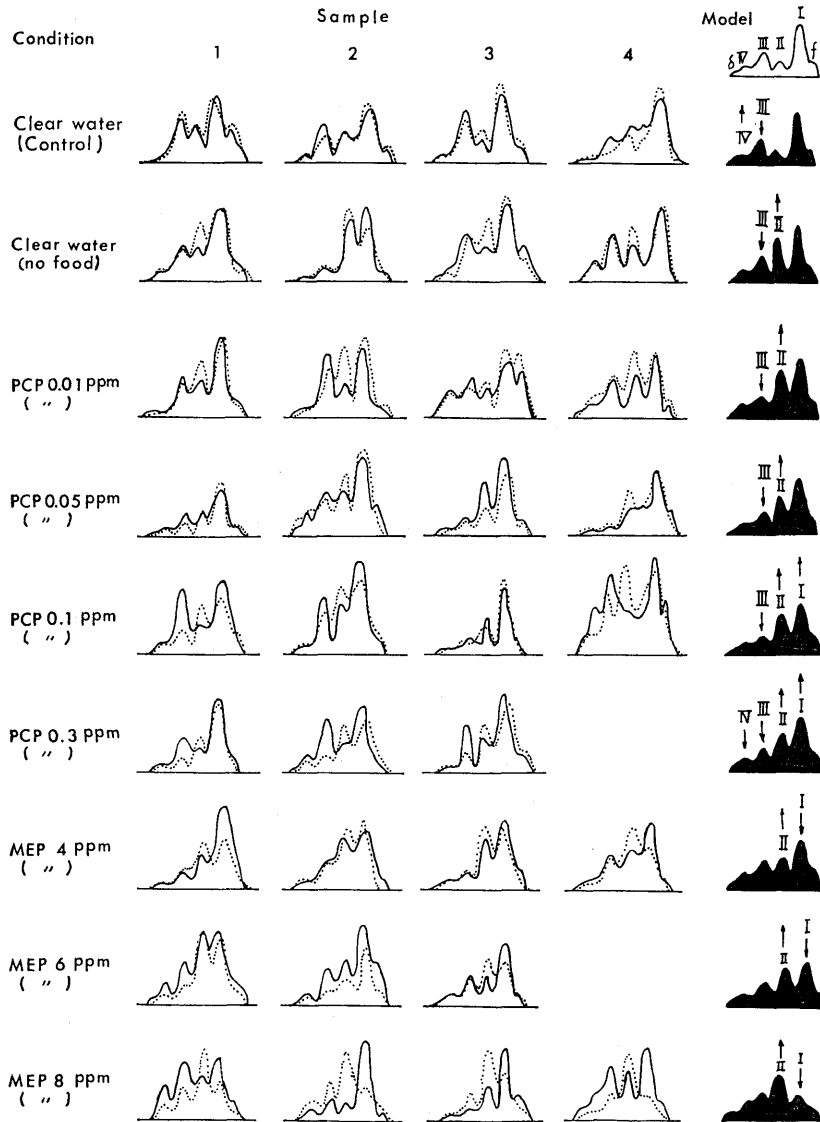


Fig. 2 Cellulose acetate electrophoretic curve of serum protein of the carp cultured in various conditions

—— : Blood of first sampling before in various conditions
 : Blood of second sampling the same carp, 3 days after the first blood sampling

白質は 4 ppm で影響が現われるが、8 ppm でもその傾向は変わらず、I、II 分面の増加、III 分面の減少と PCP の影響と同じ傾向のものであった。

e. エンドリン乳剤による影響

血清蛋白質では、極低濃度の 0.004 ppm ですでに影響が現われ、I、II 分面の減少、II 分面

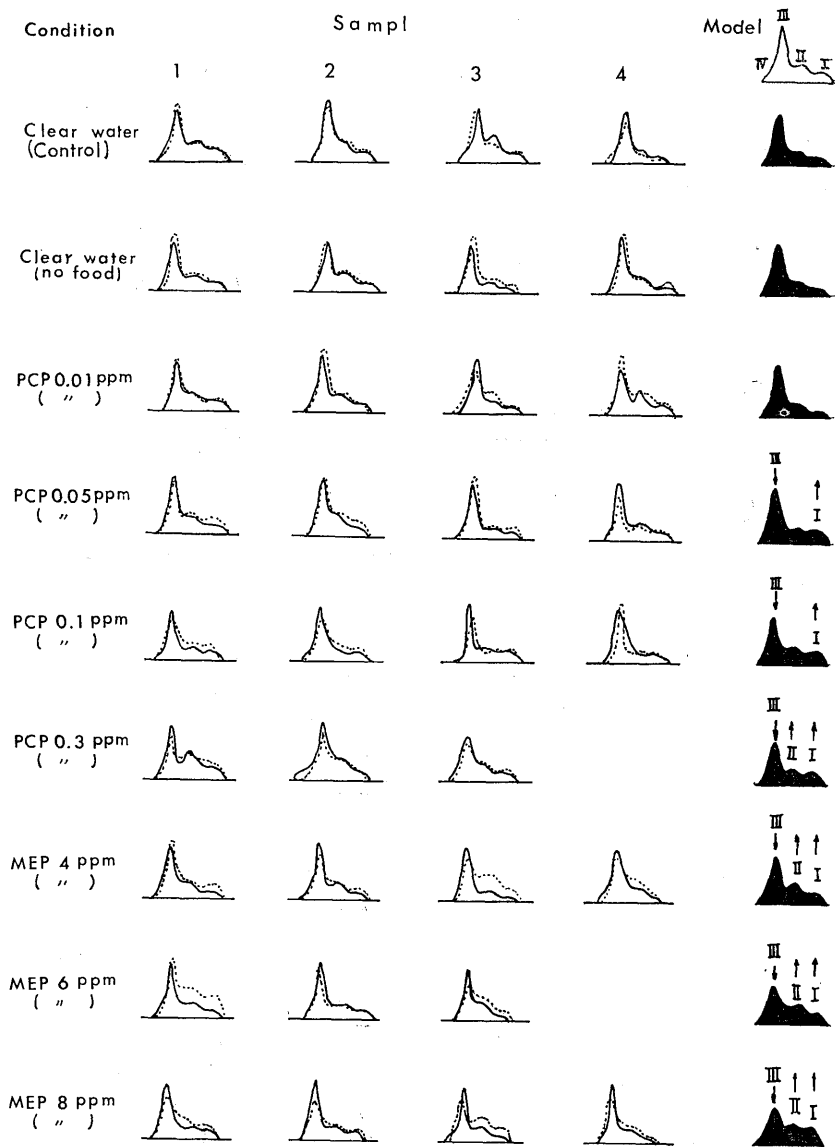


Fig. 3 Cellulose acetate electrophoretic curve of serum lipoprotein of the carp cultured in various conditions
 ————, ······· : Shown in Fig. 2

の増加が大きく 0.01ppm以上ではさらにⅢ分画の減少, Ⅳ分画の増加が見られた。リポ蛋白質では PCP, MEP の傾向とは全く逆に, Ⅰ, Ⅱ分画が減少, Ⅲ分画が増加の傾向を示した。

Table 1. Electrophoretic analyses of serum protein and serum lipoprotein of carp

Condition	No. of fish examined	Component								
		Serum protein				Serum lipoprotein				
		I (+f)	II	III	IV (+IV')	I	II	III	IV	
Normality (first blood)	61	48	20	24	8	11	28	57	4	
Control	4	56 (56)	16 (18)	22 (20)	6 (6)	14 (14)	24 (27)	57 (56)	5 (3)	
No food for 3 days	Clear water	4	52 (51)	25 (30)	18 (14)	5 (5)	11 (9)	34 (34)	53 (55)	2 (2)
	PCP 0.01 ppm	4	48 (49)	19 (22)	26 (22)	7 (7)	12 (14)	37 (37)	47 (46)	4 (3)
	0.05	4	55 (55)	17 (25)	19 (12)	9 (8)	10 (15)	27 (28)	59 (54)	4 (3)
	0.1	4	49 (50)	15 (28)	26 (16)	10 (6)	9 (14)	22 (24)	67 (60)	2 (2)
	0.3	3	54 (61)	12 (28)	26 (10)	8 (1)	9 (18)	22 (30)	64 (49)	5 (3)
	MEP 4	4	51 (44)	25 (32)	15 (13)	9 (11)	7 (16)	30 (37)	61 (47)	2 (0)
	6	3	49 (28)	28 (49)	16 (17)	7 (6)	12 (20)	33 (40)	52 (39)	3 (1)
	8	4	49 (22)	23 (51)	19 (19)	9 (8)	13 (22)	27 (34)	60 (44)	0 (0)
	Endrin 0.001ppm	4	44 (43)	17 (21)	25 (22)	14 (14)	21 (16)	18 (20)	61 (64)	0 (0)
	0.004	4	48 (36)	18 (31)	26 (22)	8 (11)	27 (21)	22 (18)	51 (59)	0 (2)
	0.007	4	44 (32)	24 (37)	22 (19)	10 (12)	26 (21)	20 (14)	54 (65)	0 (0)
	0.01	3	41 (26)	22 (40)	31 (23)	6 (11)	24 (16)	19 (11)	57 (71)	0 (2)
	0.013	4	48 (32)	16 (36)	28 (20)	8 (12)	18 (10)	19 (12)	61 (76)	2 (2)
	Meran 0.05ppm	4	57 (50)	12 (17)	23 (21)	8 (12)	18 (20)	29 (29)	35 (51)	0 (0)
	0.1	4	42 (37)	18 (29)	33 (19)	7 (15)	19 (23)	29 (34)	52 (43)	0 (0)
0.5	4	37 (33)	27 (37)	32 (16)	4 (14)	18 (24)	27 (32)	55 (44)	0 (0)	

Ratio of each component to total protein in the blood sampled before application of pesticide, figures in parentheses indicate of blood sampled after the application.

f. メラン乳剤による影響

血清蛋白質では0.05ppmよりI分画の減少, IV分画の増画が見られ, 0.1ppm以上ではIII分画にも減少が大きく現われて来た. リポ蛋白質では0.1ppmよりわずかながらI, II分画の増加, III分画の減少がみられた, 0.5ppmに上昇してもその程度には変りなかった.

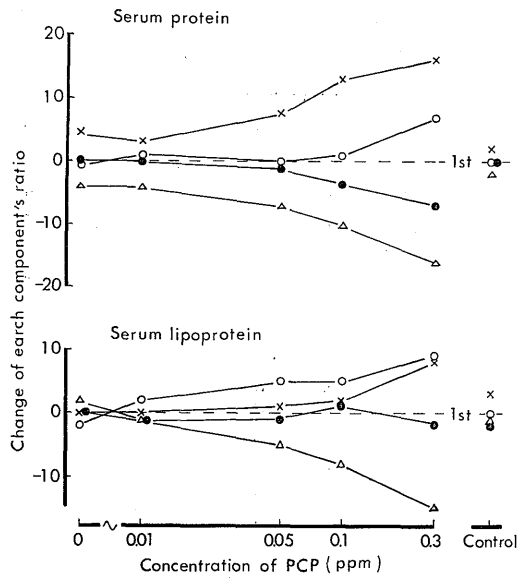


Fig. 4 Effect of PCP, 3 days after the first blood sampling, on each component of serum protein and serum lipoprotein
○ : component I, × : II, △ : III, ● : IV,

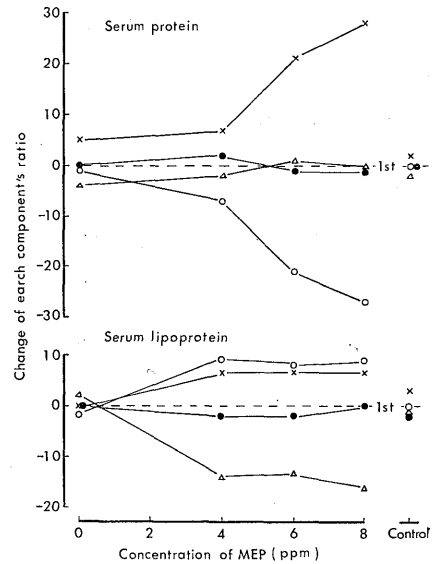


Fig. 5 Effect of MEP, 3 days after the first blood sampling, on each component of serum protein and serum lipoprotein
○ : component I, × : II, △ : III, ● : IV,

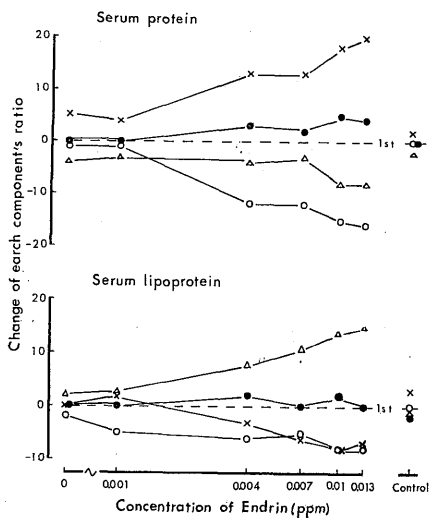


Fig. 6 Effect of Endrin, 3 days after the first blood sampling, on each component of serum protein and serum lipoprotein
○ : component I, × : II, △ : III, ● : IV,

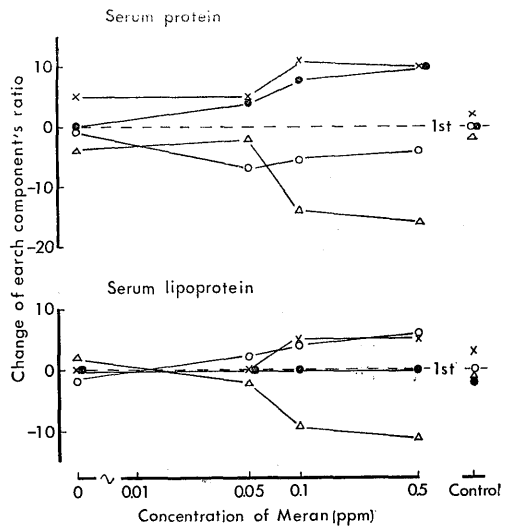


Fig. 7 Effect of Meran, 3 days after the first blood sampling, on each component of serum protein and serum lipoprotein
○ : component I, × : II, △ : III, ● : IV,

2. 血液比重およびヘマトクリット値におよぼす影響

著者等²⁾の一人はすでにPCP, MEPが魚類のSp.GおよびHtにおよぼす影響を各処理群間の比較によってみているが、各個体別変動については行っていない。前述の如く血液性状は個体差が大きいため、本実験では各魚体についての第1, 第2採血試料間の変動を調べ、各第1採血時の値を0とした場合の変動で表した。その結果をFig.8,9に示す。

a. 採血による影響

第1採血後3日間投餌飼育して再び採血した試料では図中Controlとして示す如くSp.G, Ht共に減少するがSp.Gで7%以内, Htでは5%以内の減少にとどまった。

b. 無投餌による影響

第1採血後3日間無投餌飼育した場合には図中0濃度として示す如くSp.Gで5~12%, Htで5~13%と著しい減少を見た。この減少は採血と無投餌の2つの要因によるもので、このうち無投餌による影響は前記採血による減少率より見て6%前後と考えられる。

c. 農薬による影響

4種の農薬共ほぼ同様の傾向を示し第1採血よりはいずれも減少するが減少の率は農薬濃度の増加と共に小さくなり投餌飼育魚すなわち正常飼育魚に近づくような結果を得た。この結果には採血および無投餌の影響が加味されている故その影響を考慮するとこれら4種の濃薬では影響の現われる濃度に差はあるが何れもSp.G, Htを増加させる傾向にある。影響が現われる濃度はMEP, PCP, メランは共に0.1ppm, エンドリンで0.007ppmであった。なお著者等の一人²⁾はすでに採血間隔を1日とした場合MEPの影響でSp.G, Htが無投餌対照魚群よりもさらに減少すると報告し、本実験の結果と異なるかのようにみえるが、これはMEPの影響が採血直後には特に著しい減少として現れ、採血間隔が長くなるに従って増加の傾向を示すものと推察される。

3. 呼吸量におよぼす影響

農薬投入前の呼吸量を基準として、農薬を含む水中に3日間飼育した場合の呼吸量の変動率をFig. 10~13に示した。PCPの添加で呼吸量は増加するがその傾向は日数の経過、高濃度の場合程著しく増大し、0.3ppmでは1日後で100%, 3日後には150%の増となり、0.05ppmでも3日後には40~70%の増加をみた。

MEPでは添加初期には減少し、高濃度程その率が大きく、8ppm 2日後には55%の減少を示した。しかし日数が経過すると減少は止まり、3日後には逆に増加傾向が現われ、4ppmではほぼ農薬投入前の水準にまでもどり、6, 8ppmでも3日後にわずかに増加傾向に転じた。このよきな傾向が低濃度の場合程顕著に現われることより、この水準回復現象は魚の飼育水に対する慣れによるためではないかと推察している。

エンドリンについては一般に呼吸量は減少するが0.01ppm以上の高濃度では添加初期の1日目のみはわずかに増加し、その後減少の傾向に移った。低濃度ではこのような初期増加は認められず、直ちに減少の傾向を示した。3日後では0.001ppmで70%の減に達したが、(高濃度0.013ppmでは初期増加の影響もあって35%の減に止まった。このことは高濃度の場合魚体に対する生理的影響以上に添加による興奮等で引起される直接的な呼吸量の増大ではないかとも思われるが、MEPの場合と異なり実験の濃度範囲では呼吸量の減少が低濃度程著しく現われることは興味深い。

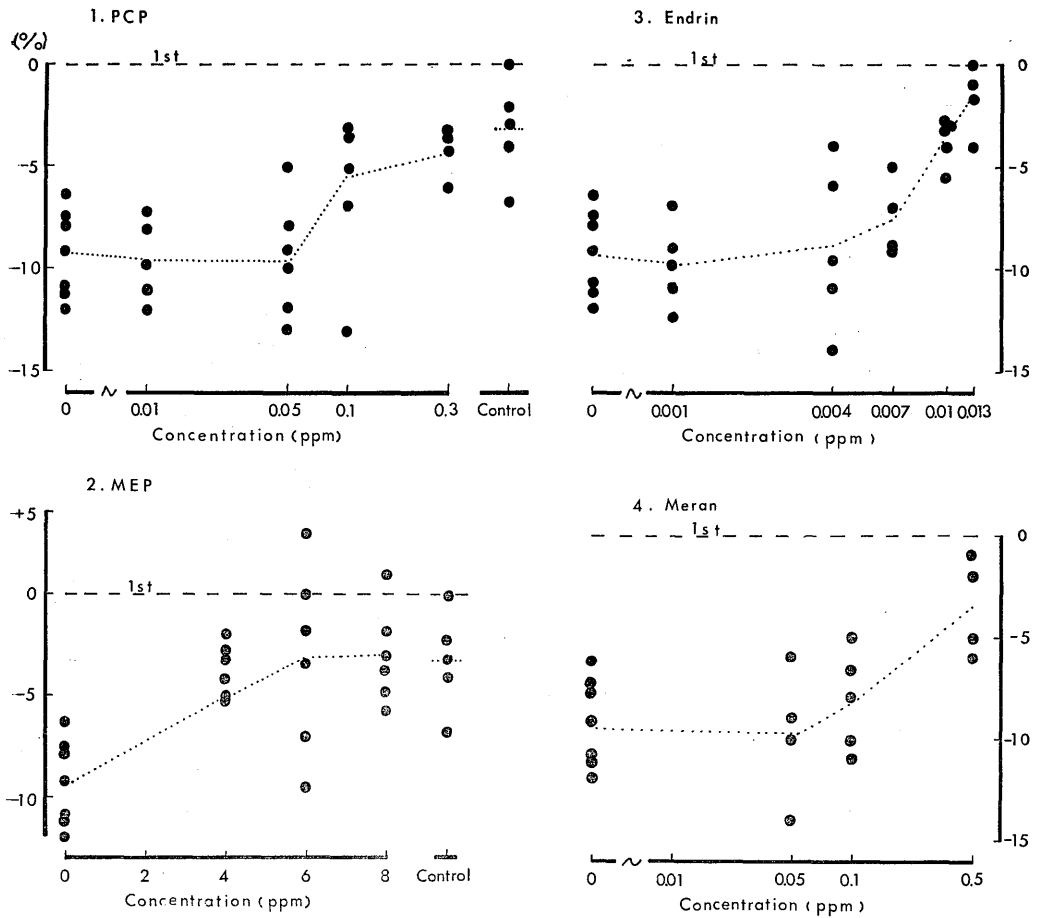


Fig. 8 Change in specific gravity of blood in each individual

メランの場合も一般に減少傾向を示した。0.5ppm では1,2日共に変化は少ないが3日目には減少の傾向を示したのに対し、低濃度の 0.1~0.05ppm では初めから減少し、その傾向が低濃度程大きく現われる点ではエンドリンの場合と非常に類似している。

以上の実験は3日間で打切っているが、さらに長期間飼育した場合の変動、すなわち水準回復の可能性の存否等については検討を要するが一応各農薬とも3日間の飼育中に呼吸量に対しかなりの影響を与えることは明らかである。

結 論

血液は絶えず全身を循環し、諸臓器、諸組織間の物質の動きに基本的に関与し、体内の種々の生理現象についての内部環境を形成しているため全身のないしは局所的な異常、疾病に際してもその影響を敏感に反映してその性状を変動させることが多い。この意味において農薬による血液性状の変動を研究することは、体内における異常生理の発現を予測する手掛りとして意味

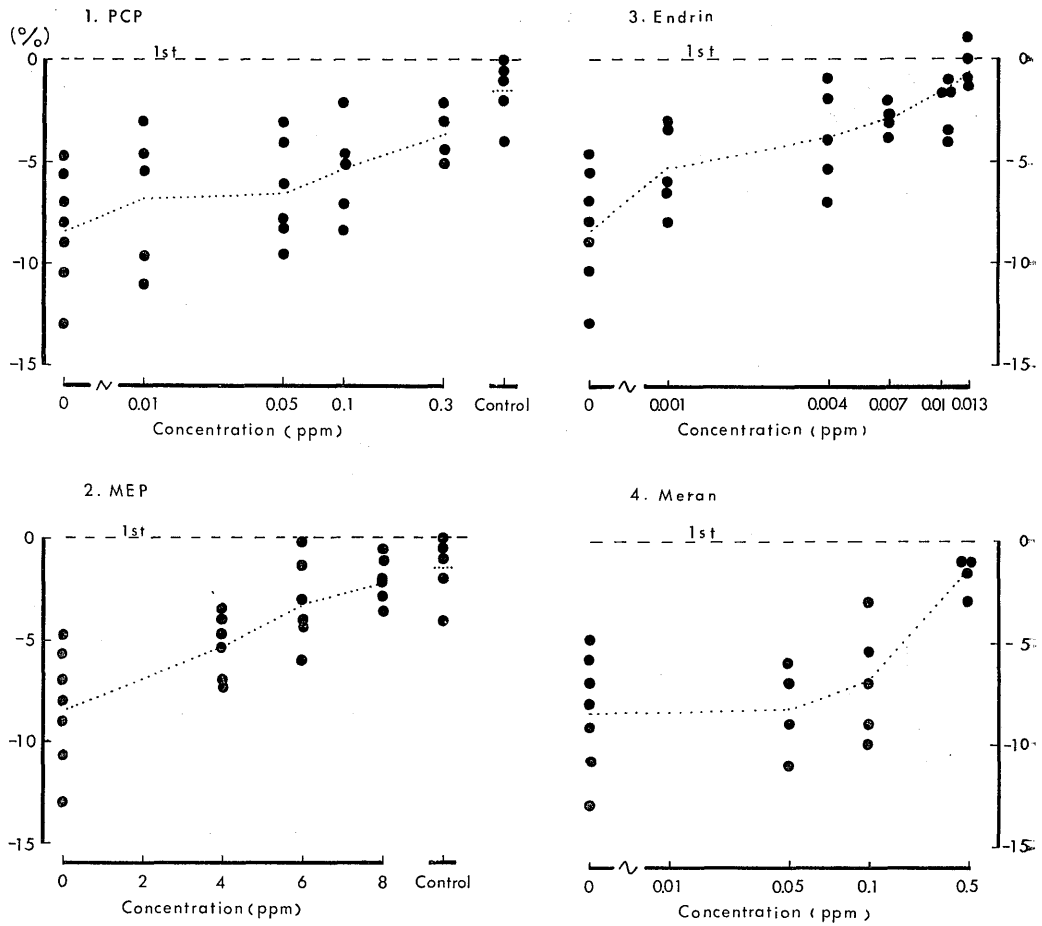


Fig. 9 Change in hematocrite value of blood in each individual

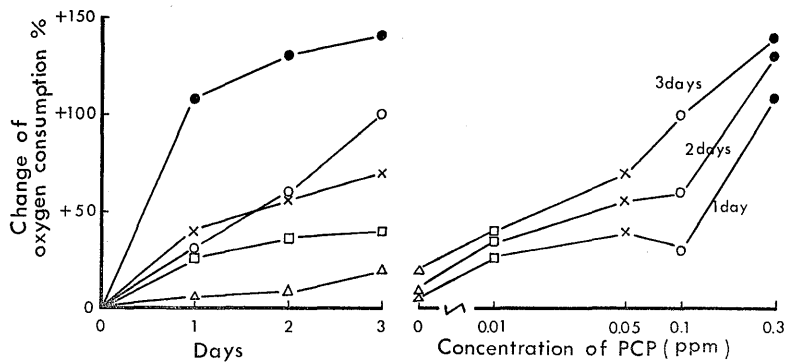


Fig. 10 Effect of PCP on oxygen consumption of carp

● : 0.3 ppm, ○ : 0.1 ppm, × : 0.05 ppm, □ : 0.01 ppm
 △ : no addition

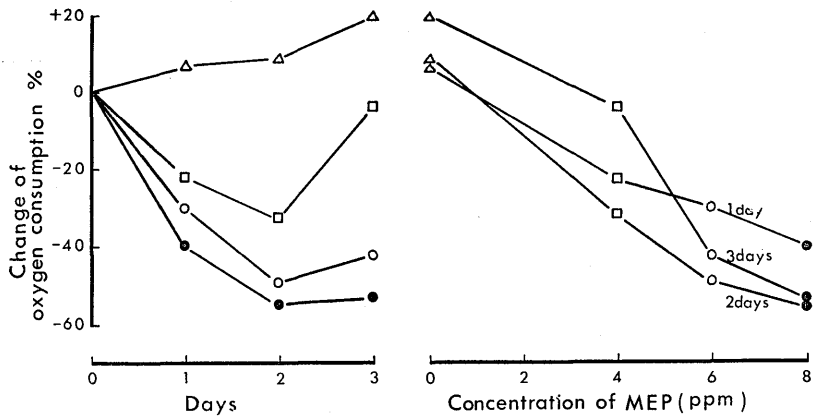


Fig. 11 Effect of MEP on oxygen consumption of carp
 ● : 8 ppm, ○ : 6 ppm, □ : 4ppm, △ : no addition

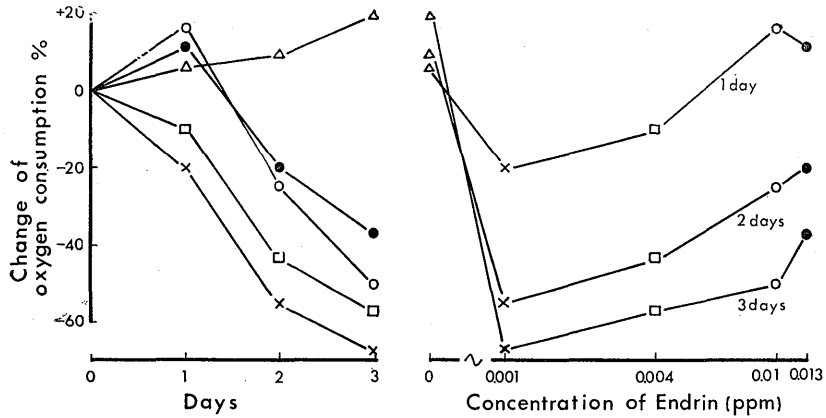


Fig. 12 Effect of Endrin on oxygen consumption of carp
 ● : 0.013 ppm, ○ : 0.01 ppm, □ : 0.004 ppm, × : 0.001 ppm, △ : no addition

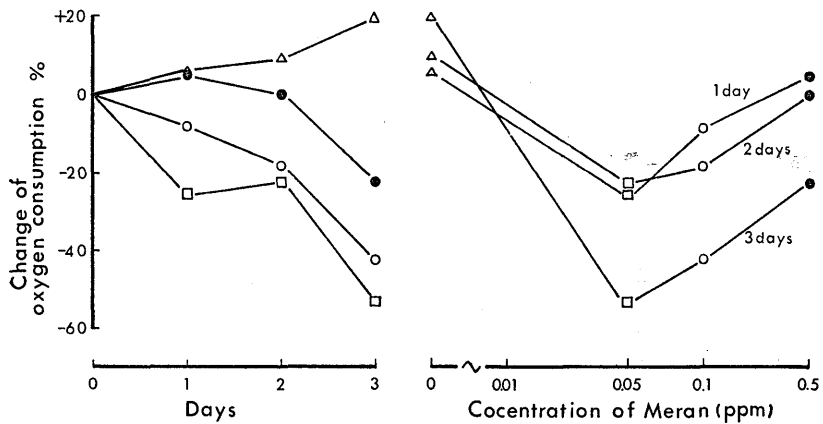


Fig. 13 Effect of Meran on oxygen consumption of carp
 ● : 0.5 ppm, ○ : 0.1 ppm, □ : 0.05 ppm, △ : no addition

かあると考える。しかしこの種の研究は非常に少なく、特に血清蛋白質等に与える影響については皆無である。農薬を水産業より見た場合、全く生産性をもたない受身の物質であり、その被害か水産物におよんでから対策を考えるとといった状態で、自然その種の研究もおくれかちである。それ故農薬の魚類生体内での作用機構の解明が必要とされながらほとんど研究が行なわれていない。魚類は陸上動物とは非常に異なった環境にあって同種の魚でも個体差が大きい。しかし従来の研究^{2, 6, 7)}を見ると *in vivo* 的なものでは魚群間の比較で行こなっているものも多く、各個体別に追究している研究例は少ないため個体に現れる微細な性状の変動が見逃かされているとも考えられる。また農薬といわれる物質自体、実に多種多様の化合物で、比較的類似した生理作用による分類を行なってもそれらはかならずしも共通的な作用機構を示しているとは限らない。このような観点にたつて本研究においては性状の異なる4種の農薬を用い、個体別について血液性状4項目とあわせて呼吸量の変動を調べたが、Sp G, Htには各農薬間の差は見られなかった。しかし呼吸量と電気泳動法による血清蛋白質とリポ蛋白質の各分画比については各々独特の型をもった変異の生ずることをみとめた。この変異の中には、魚群間の比較でも明かに認められる程著しいものもあり、このようなものは単に生理作用の機構を解明する足かかりとなる外に応用面として農薬の被害を推定する手段としても利用出来る可能性が見られた。農薬の魚に与える殺害等、直接的な生理作用機構の解明には生化学的な *in vitro* の手段も必要であるか、一方軽度の害作用が累積して生ずる長期的な潜在性異常の有無や、生活環境と農薬作用の相乗性などについてもあわせて考える必要があるため、さらに種々の要因についての研究も必要と思われる。

要 約

FCP, MEP 乳剤, エントリン乳剤, およびメラノ乳剤の4種の農薬によるコイの呼吸量, 血液性状 (Sp G, Ht, 血清蛋白質分画, 血清リポ蛋白質分画) に与える影響について3日間の飼育により検討したところ次のような結果を得た

1 血清蛋白質の各組成の変動は、PCP では0.3ppmでI, II分画の増加, III, IV分画の減少を見、MEP では6ppm以上I分画が減少, II分画は著しい増加となった。エントリンでは0.004ppmでI分画の減少, II分画の増加が比較的大きく現れた、メラノでは0.1ppm以上でII分画の減少, III, IV分画の増加を見た

2 血清リポ蛋白質では分画の変動は血清蛋白質程、著しくないが、FCP は0.3ppm, MEPは4ppm, メラノは0.1ppm以上でI, II分画の増加, III分画の減少が見られたのに対しエントリンのみは0.004ppm以上でIII分画の増加, I, II分画のわずかな減少となった。

3 ヘマトクリット値および血液比重は各農薬共にその投入により増加した。血液比重に影響を与える濃度はPCP 0.1ppm, MEP 4ppm, エントリン 0.007ppm, メラノでは0.1ppm以上であった。ヘマトクリット値の場合はPCP 0.01ppm, MEP 4ppm, エントリン 0.001ppm, メラノでは0.1ppm以上で影響をあたえた

4 呼吸量の変動はPCP では濃度が高い程増加し0.3ppmでは3日後に150%増となった。MEPでは添加初期にはPCPと逆に高濃度程減少したが2日目を限度として3日後には再び水準回復的な傾向を示した。エントリン, メラノでも減少するかMEPとは逆に高濃度の方

か減少率は低かった

なお本研究の要旨は昭和39年12月農芸化学会98回西日本支部例会農薬シンポジウム, および昭和40年4月日本農学会水産部会シンポジウム「農薬と水産業」で発表した

文 献

- 1) 早山萬彦 桑原誠之 日水誌, **28**, 179(1962)
- 2) 田村修 他 本誌, **17**, 87(1964)
- 3) 岡諸等 長崎水試, 活魚輸送技術研究報告書I, 5(1964)
- 4) 田村修 保田正人 本誌, **14**, 43(1963)
- 5) 齊藤要 日水誌, **22**, 752(1957)
- 6) 尾崎久雄 三重県大, 水産紀要, **6**, (1), 1 (1963)
- 7) 藤谷超 内海水研報, **17**, 15(1962)