



Title	残留塩素の作用について（第3報）：残留塩素の水中生物に及ぼす影響
Author(s)	島貫, 光治郎; Shimanuki, Kojiro
Citation	北海道大學工學部研究報告, 21, 1-32
Issue Date	1959-05-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40657
Type	departmental bulletin paper
File Information	21_1-32.pdf



残留塩素の作用について (第3報)

残留塩素の水中生物に及ぼす影響

島貫光治郎

(昭和33年11月10日受理)

Studies on the Residual chlorine in Chlorinated Water. Report No. 3
On the effects of the residual chlorine for aquatic animals and plants.

Kojiro SHIMANUKI

Abstract

This paper is the results of several investigations on the action of the added chlorine for aquatic animals and plants in water.

1) The tadpoles were not affected at all in the water containing 0.00 ~ 0.15 ppm residual chlorine at 60 minutes after injection, but none of them were allowed to live in 0.20 ~ 0.40 ppm.

2) In the case of goldfishes, 0.01 ~ 0.05 ppm after 180 minutes were not effective, but 0.10 ppm was quite effective. The carp were fairly stronger than the goldfishes for chlorine.

3) The aquatic plants—Spirogyra, Ceratophyllaceae and Vallisneria—were pretty strong for chlorine and were not affected in the following concentration of residual chlorine.

Spirogyra 0.7 ppm after 24 hours.

Ceratophyllaceae 30.0 ppm after 48 hours.

Vallisneria 0.8 ppm after 24 hours.

第1章 緒言並びに文献的考察

塩素ガスは極めて有毒なもので、その毒力は米國鉱山局 (U. S. of Mines)¹⁾によると、嗅覚を感じる最低量 3.5 ppm, 喉を刺戟する量 1.5 ppm, 咳をする量 30.2 ppm, 30分で危険を惹起する量 40~60 ppm, 瞬時に斃死させる量 1000 ppm と記してある。しかし、上水を殺菌するために用いられる程度の塩素、即ち、残留塩素量が 1.0 ppm 以下に留まる程度の塩素量が人体に有害であるとの説は未だ報告されていないようである。

1956年 Oswald, J. Muegge²⁾は飲料水中に塩素が多量含まれている場合の生理学的影響に関する文献は極めて少ないが、このことを論議している人々は、飲める程度の塩素量は生理的に悪影響を及ぼす濃度以下であるにちがいないとの前提に立つていることを強調している。

医薬品として、眼、鼻、喉、膀胱等の洗滌用に Chloramin T の 120, 240, 300 ppm が用いられ、また傷を洗うために 4300~4800 ppm の塩素水が用いられている。実際、好ましくない塩素量は人によつても、水質、水温によつても異なるようである。

また、Mugge²⁾ は高塩素飲料水の生理学的影響について多くの人々が報告した多数の文献を考察した結果、人間は高塩素水に可成り耐えられるようであるが、その程度にはなお検討を要すると述べている。

飲料水に多量の塩素を含んだものが、動物にどんな影響を及ぼすかについての文献はこれまた極めて少ないようである。

1956年 Blabaum 等³⁾ は短期間なら 50 ppm 程度のもは何等悪い影響を与えないとの文献を指摘し、実際に白ハッカ鼠を用い、塩素 100 ppm を含むものと、200 ppm を含むものを与えて実験をした結果、100 ppm で 50 日間続けたが体重に変化なく、また 200 ppm では 33 日間続けたが個々の体重の偏差は何れも少なかったと報告している。更にまた、毎日 1 匹当り 2.5 cc の水を飲んだ鼠について実験終了後クロロホルムで殺し、胃、腸、腎臓、肝臓、脾臓等を対照のそれと比較した結果、異状を認めなかつたし、また組織学的にも変化は認められなかつたと報告している。

かくの如く、高塩素飲料水を人または動物に与えた場合相当な高塩素水に耐えることが出来、また影響も極めて少ないように思われるが、その程度にはなお検討を要するものである。更に塩素は飲料水は勿論放流水の消毒にも広く用いられているが、その水中生物に及ぼす研究は意外なほど少ない。

ここに於て、著者は残留塩素の水中生物に及ぼす影響について実験を行つた。

実験に供した水中生物の選定に当つては、岡田等⁴⁾ の山口貯水池の貯水前に於ける生物調査の結果を参考として、両棲類としてはトノサマガエルのオタマジャクシ、魚類としては金魚及び小鯉。また水中植物としてはアオミドロ、金魚藻、イトモ (別名: セキショウモ) を選定した。

以上の如き水中生物に及ぼす塩素の影響に関する文献を調査してみると、相沢¹⁾ は残留塩素量が大体 1.0 ppm 位になると金魚等にも影響を来すものであると述べ、日暮等⁵⁾ は各種薬品の魚類に及ぼす影響について、クロール石灰の場合、鮭、鱒に対する 24 時間内の致死量は 0.2 ppm で、嫌忌量も 0.2 ppm であつたと報告している。また鯉沼⁶⁾ は塩素ガス消毒を経た水は塩素臭存し (0.2 ppm にて感ぜられる) 魚類及び魚卵に害を与えることがあると述べている。酒井等⁷⁾ は小鯉、和金、鰯等について昇汞、青酸カリ量の限界量を実験的に求めたが、サラシ粉溶液の限界量については求めなかつた。また衛生試験法註解⁸⁾ によると毒性物質はアルカリ度が中等度以上で、魚類が棲息しない場合は大体アンモニア 2.0 ppm, シアン 0.1 ppm, 第 1 鉄またはフェリシアン 0.4 ppm, 亜鉛 0.3 ppm, カドミウム 0.3 ppm の各濃度が安全値とみなされているが、塩素については記してなかつた。浜田⁹⁾ は生石灰が味覚を感ずる程度以上なければ淡

水魚は勿論人間にも中毒症状は呈しないと述べ、従つて、遊離塩素は上水道殺菌に使用する量では影響がないと報告している。鶴見¹⁰⁾はサラシ粉を含む水に淡水魚を飼育して検査した際、金魚は抵抗力最も弱く、鮎最も強く、鮒はその中間にあつたが、凡そ有効塩素量が 1.5 ppm 以下であれば障害なかつたと述べている。また同氏¹⁰⁾は有効塩素は汚水中に於て速かに硫化水素、亜硝酸、尿素、蛋白質等と反応し永く遊離して存在するものではないから、サラシ粉消毒は魚類の飼育上更に考慮する必要はないが、孵化には影響があると述べている。富山¹¹⁾は製紙工場廃水による魚類斃死の原因は主に遊離塩素の存在であつて、漂白液製造槽の掃除の際一時出される濃厚な残渣は多量の遊離塩素を含み魚類斃死の原因になり得ると報告している。岩沢¹²⁾はアオガエルのオタマジャクシに対する Para-hydroxypropiofenone の作用について報告しているが、オタマジャクシに対する塩素の作用に関する文献は未だ見当たらない。またアオミドロ、金魚藻、イトモ等に及ぼす塩素の作用に関する報告は殆んどないようであるが、著者の実験に供した以外の水中生物に及ぼす塩素の作用については次の報告がみられた。(深堀¹³⁾、村江等¹⁴⁾、時任¹⁵⁾、中田¹⁶⁾、酒井等¹⁷⁾、小机等¹⁸⁾、木村¹⁹⁾、近藤²⁰⁾、酒井²¹⁾、Matheson, D. H.²²⁾、Palmer, G. M. and Poston H. W.²³⁾)

第2章 実験材料並びに実験方法

第1節 水中動物

第1項 オタマジャクシ

I. 実験材料：トノサマガエル *Rana Nigromaculata* HALLOWELL のオタマジャクシ。

福島市瀬上町の苗代田に4月10日頃産卵されたもので、1卵塊に1000個内外数えられ、卵の直径は1.0 cm 前後で上極は暗黒褐色で下極に向い褪色して黄褐色になつていた。また市川²⁴⁾によると産みだす時は球形に近い拳形または饅頭形をしているとのことであるが、本実験に供したものは少しく日が経つたため崩れて不規則な形になつていた。この孵化したものを白地のバットに入れ実験室内にて飼育した。換水(水温16°C)は週2回行い、餌は鯉節の細粉末を適量づつ与えた。

孵化後10日を経て全長平均1.2 cm、重量平均0.02 gのものについては第1実験時に検体数各5匹宛、第2実験時には各8匹宛使用した。

孵化後20日を経て全長平均2.2 cm、重量平均0.1 gのものについては第1及び第2実験時共検体数各10匹宛使用した。

孵化後30日を経て全長平均3.0 cm、重量平均0.3 gのものについては第1実験時に検体数各6匹宛、第2実験時には各8匹宛使用した。

大きさの異なる各種検体を混合した場合の実験に於ては、同上苗代田に4月~5月に産卵したものを白地のバットに入れ実験室内にて孵化させて飼育(前記同様)した検体を使用した。この実験に供したものは全長1.0 cm、重量平均0.018 g…(a)及び全長2.0 cm、重量平均0.08 g

…(b)並びに全長3.0 cm, 重量平均0.3 g…(c)の3種で, a(2匹), b(4匹), c(4匹)を混合し計10匹をもつて各々一検体とした。

II. 実験方法: 容量100 ccのガラス水槽に実験室内の給水(井水)100 cc注入後, 一定量の塩素溶液を混入し, 残留塩素の実測値を測定した。次に一定量の残留塩素量を含む各水槽に同数の検体を入れ, 時間的に残留塩素量とオタマジャクシの生態の変化を調査した。

本実験に供した実験室内の給水(井水)の化学的性状は表1のとおりであつた。

残留塩素の測定は水道協会の飲料水の判定標準とその試験方法²⁵⁾に基づくオルトリジン法によつて比色定量した。呈色法は衛生試験法註解に示してある米国標準法²⁶⁾によつた。投入塩素は黒田製薬のクロール石灰を用いて0.5~1.0%の水溶液を調製し, 暗褐色細口瓶に密栓して暗所に一昼夜静置後, その上澄液を使用した。有効塩素量は使用時第六改正日本薬局方²⁷⁾のヨード澱粉法により検定した。

塩素投入後の塩素量は投入攪拌直後の実測値である。

オタマジャクシの生死判定法は次の基準によつた。1) 死: ガラス棒でつつくも泳動せず, 表皮面が白色に変化したもの。2) 仮死: 一時的に泳動を中止して仮死状態にあり, ガラス棒でつつくと寸時泳動するが直ぐに再び泳動を中止して静置しているもの。3) 生: 泳動を続けているもの。

第1表 実験室内の給水(井水)の化学的性状

気温 (°C)	水温 (°C)	残留塩素 (ppm)	PH	NH ₃ -N (ppm)	NO ₂ -N (ppm)	NO ₃ -N (ppm)	Cl' (ppm)	KMnO ₄ の消費量 (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
25.5	21.5	0	5.8	0	0	2.5	10.0	0.75	0.01	0

第2項 金 魚

I. 実験材料: 和金 *Carassius auratus* LINNE.

福島県水産課の孵化場にて同一卵から孵化した生後1カ年の和金を入手し, 同一環境に慣らすため10 lのガラス水槽に20匹宛入れて実験室内に7日間飼育した。週1回水槽内全水量の約1/2量づつ換水した。(水温21.5°C)餌は金魚藻の外に1日1回毎朝市販品の「金魚のえさ」を適量づつ与えた。

検体の重量平均3.1 gの金魚についての実験時には検体数各2匹宛使用し, 検体の重量平均3.2 gの金魚については検体数各1匹宛使用した。

II. 実験方法: 容量500 cc入のガラス水槽に実験室内の給水(井水—化学的性状は表1のとおり)500 cc注入後, 一定量の塩素溶液を混入し残留塩素の実測値を求めた。次に一定量の残留塩素を含む各水槽に同数の金魚を入れ, 時間的に残留塩素量と金魚の生態との変化を調査した。

残留塩素の測定及び呈色法並びにサラン粉溶液の調製及び検定法は第1項に準じて行つた。塩素実測値も第1項に準じて求めた。

和金の生死判定法は次の基準によつた。1) 死：ガラス棒でつつくも泳動せず，鰭呼吸中止金魚の表皮面が白色に変化したもの。2) 生：泳動を続け鰭呼吸しているもの。

第3項 小 鯉

I. 実験材料：鯉 *Cyprinus Carpio* LINNE.

福島県水産課の孵化場にて同一卵から孵化した生後1.5カ月の小鯉を入手し，同一環境に慣らすため10ℓ入水槽に50匹宛入れて実験室内に7日間飼育した。換水(水温21.5°C)は週1回行い，餌は1日1回毎朝市販品の「淡水魚のえさ」を適量ずつ与えた。

検体の重量平均0.5gの小鯉については実験時各4匹宛使用し，また重量平均0.3gの小鯉については第1及び第2実験時共検体数各3匹宛使用した。

II. 実験方法：第2項の金魚の場合に準じて行つた。

第2節 水 中 植 物

第1項 アオミドロ

I. 実験材料：ほしみどろ科 *Zyguemaceae* のアオミドロ *Spirogyra* sp.

福島市瀬上町の水田より5月8日に採取し実験室内の給水(井水)にてよく洗つた後濾紙上にて水分を除去し，少々自然乾燥した後第1及び第2実験共各0.1g宛秤量して実験に供した。

II. 実験方法：標線100ccのガラス共栓比色管に実験室内の給水(井水—化学的性状は表1のとおり)100cc注入し，各比色管の中に一定量の塩素溶液を入れて投入塩素の実測値を求めた。次の一定量の残留塩素を含有する各比色管にアオミドロ0.1g宛入れて時間的に残留塩素量の変化とアオミドロの脱色状態を調査した。その他の方法は第1節第1項に準じて行つた。

第2項 金 魚 藻

I. 実験材料：金魚藻科 *Ceratophyllaceae* の金魚藻 *Ceratophyllum demersum*, L.

金魚屋から購入したものを実験室内の水で洗滌し，濾紙で脱水した後秤量した。

第1実験時には全長10cm，重量2.5gのものを使用し，第2実験時には全長15cm，重量3.0gのものを使用した。

II. 実験方法：第2節第1項に準じて行い，検体の發育生長並びに脱色状態を調査した。

第3項 イ ト モ (別名：セキショウモ)

I. 実験材料：科名-*Vallisneria spiralis*, L. 学名-*Subulispatba* MAKINO.

福島市瀬上町の川底に繁殖しているものを採取し，実験室内の水で洗滌して濾紙で脱水した後秤量した。

検体は第1及び第2実験共各2.0g宛使用した。

II. 実験方法：第2節第2項に準じて行い，検体の脱色状態を調査した。

第3章 実験成績並びに考按

第1項 残留塩素のオタマジヤクシに及ぼす影響

I. 全長平均 1.2 cm, 重量平均 0.02 g の検体についての実験。

1) 第1実験 (検体数各5匹): 投入塩素量 0.01, 0.03, 0.05, 0.07, 0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7 ppm を含む各試料に上記の検体各5匹宛入れ, 30, 60, 120, 240分毎に残留塩素の変化と検体の生死状態とを調査した。その成績は表2のとおりであつた。

第2表 全長平均 1.2 cm, 重量平均 0.02 g のオタマジヤクシについての実験成績

第1実験 (検体数各5匹)

時間	判定	塩素実測値 (ppm)											
		0	0.01	0.03	0.05	0.07	0.1	0.15	0.2	0.3	0.5	0.7	
30分	R.C. (ppm)												
	生	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4 (80)	2 (40)	
	仮死										1 (20)	1 (20)	
	死	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (40)	
60分	R.C. (ppm)	0	0	0.01	0.02	0.05	0.07	0.1	0.1	0.15	0.2	0.2	
	生	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3 (60)	0	
	仮死										1 (20)	0 ()	
	死	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 (20)	5 (100)	
120分	R.C. (ppm)	0	0	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.07	0.08	0.08	
	生	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2 (40)	0	
	仮死										2 (40)	0	
	死	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 (20)	5 (100)	
240分	R.C. (ppm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	生	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3 (60)	0	
	仮死										0	0	
	死	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (40)	5 (100)	

註: R.C. 残留塩素量 ppm. ()内は %

即ち, 投入塩素量 (以下塩素実測値をいう) 0.3 ppm 以下の場合には残留塩素量は 60 分後で 0.15 ppm 以下, 120 分後で 0.07 ppm 以下ですべて検体の生態に異常の所見が認められなかつた。しかし, 投入塩素量 0.5 ppm の場合, 60 分後の残留塩素量 0.2 ppm で死亡率は 20%, 120 分後の残留塩素量 0.08 ppm で更に仮死率 40% を示し, 240 分後には残留塩素量は 0 となつたが死亡率は 40% に上昇していた。また投入塩素量 0.7 ppm の場合 30 分後既に 20% の仮死率, 40% の死亡率を示し 60 分後 (残留塩素量 0.2 ppm) には死亡率 100% であつた。

即ち, この実験では検体に異常のないのは投入塩素量 0.3 ppm 以下 60 分後の残留塩素量

0.15 ppm 以下の場合であり、早晚 100% 死亡するのは投入塩素量 0.7 ppm 以上 60 分後の残留塩素量 0.2 ppm 以上の場合であつた。

2) 第2実験(検体数各8匹): 投入塩素量 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, ……1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8 ppm を含む各試料に前項同様の大きさのオタマジャクシ8匹ずつ入れ、30, 60, 180, 300, 420, 1440 分毎に残留塩素の変化と検体の生死状態とを調査した。その成績は表3のとおりであつた。

即ち、投入塩素量 0.7 ppm 以下(60分後の残留塩素量 0.07 ppm 以下)の場合は検体の生態に異常の所見が認められなかつた。

しかし、投入塩素量 0.8 ppm 60分後(残留塩素量 0.1 ppm) 仮死率及び死亡率各 25%, 180分後(残留塩素量 0) 仮死率 12.5%, 死亡率 37.5% を示したが、300分後は死亡率 50% であつた。投入塩素量 0.9 ppm 60分後(残留塩素量 0.15 ppm) はやはり仮死率及び死亡率は各 25% であつたが、180分後は死亡率 50% となつた。投入塩素量 1.0 ppm 60分後(残留塩素量 0.5 ppm) 仮死率 25%, 死亡率 37.5%, 180分後には死亡率 62.5% を示した。投入塩素量 1.2 ppm 60分後(残留塩素量 0.2 ppm) 死亡率 62.5%, 180分後には仮死率 12.5%, 死亡率 62.5% であつたが、残留塩素量 0.01 ppm の 300分後には死亡率 75% になつた。投入塩素量 1.4 ppm 60分後(残留塩素量 0.2 ppm) は仮死率 62.5% であつたが、180分後には死亡率 100% になつた。300分後の残留塩素量は 0.015 ppm であつた。投入塩素量 1.6 ppm の場合 60分後(残留塩素量 0.3 ppm) 仮死率 25%, 死亡率 75% であつたが、180分後には死亡率 100% になつた。300分後の残留塩素量は 0.03 ppm であつた。投入塩素量 1.8 ppm の場合は 30分後仮死率 12.5% を示し、60分後(残留塩素量 0.3 ppm) 死亡率 87.5% を示したが、180分後には死亡率 100% になつた。300分後の残留塩素量は 0.05 ppm を示していた。

即ち、検体に何等の変化がないのは投入塩素量 0.7 ppm 以下で 60分後の残留塩素量 0.07 ppm 以下の場合であつた。この投入量は前実験の 100% 死亡の場合の投入量に等しいが残留塩素量に於いて隔段の差があつた。早晚 100% 死亡するのは投入量 1.4 ppm 以上 60分後の残留塩素量 0.2 ppm 以上の場合であつた。この投入量は前実験のその 2 倍であるが残留塩素量に於いては等しかつたことは興味のある所である。

以上2回の実験を通じて塩素投入により死亡する率は総じて投入塩素量に比例して高くなり、また投入塩素量が大きいほど早く死亡する傾向が認められた。当然のことながら投入塩素量の大きくなるほど残留塩素量は大きくなり、検体の生存に悪影響を与えたものと思われる。このことは以下の実験のすべてに於て認められた。2つの実験を比較して同量の塩素を投入しても検体数が変われば残留塩素量に差が出来ることは当然のことながら、この2つの実験では予想された如く検体数の多い方が残留塩素量が小となつた。そのために検体自体に大きく影響を与えることとなり、検体数8匹の方では投入塩素量 0.7 ppm まで何等の変化もなかつたのに対して検体数5匹の方では 0.5 ppm ですでに変化をあらわす結果となつたものと思惟される。

第3表 全長平均 1.2 cm, 重量平均 0.02 g のオタマシヤクシについての実験成績 第2実験 (検体数各 8 匹)

時間	判定	濃 度 (ppm)																
		0.05	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	
30分	R.C.																	
	生	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7 (97.5)
	仮死 死	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 (12.5) 0
60分	R.C.	0	0.01	0.01	0.01	0.05	0.05	0.05	0.07	0.07	0.1	0.15	0.15	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
	生	8	8	8	8	8	8	8	8	4 (50)	4 (50)	3 (37.5)	3 (37.5)	3 (37.5)	0	0	0	
	仮死 死	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (25) 2 (25)	2 (25) 2 (25)	2 (25) 3 (37.5)	2 (25) 3 (37.5)	5 (62.5)	5 (62.5)	6 (75)	7 (87.5) 7 (87.5)	
180分	R.C.																	
	生	8	8	8	8	8	8	8	8	4 (50)	4 (50)	3 (37.5)	3 (37.5)	2 (25)	0	0	0	
	仮死 死	0	0	0	0	0	0	0	0	1 (12.5) 3 (37.5)	1 (12.5) 3 (37.5)	5 (62.5)	5 (62.5)	5 (62.5)	8 (100)	8 (100)	8 (100)	
300分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.015	0.03	0.05	
	生	8	8	8	8	8	8	8	8	4 (50)	4 (50)	3 (37.5)	3 (37.5)	2 (25)	0	0	0	
	仮死 死	0	0	0	0	0	0	0	0	4 (50)	4 (50)	5 (62.5)	5 (62.5)	6 (75)	8 (100)	8 (100)	8 (100)	
420分	R.C.																	
	生	8	8	8	8	8	8	8	8	4 (50)	4 (50)	3 (37.5)	3 (37.5)	2 (25)	0	0	0	
	仮死 死	0	0	0	0	0	0	0	0	4 (50)	4 (50)	5 (62.5)	5 (62.5)	6 (75)	8 (100)	8 (100)	8 (100)	
1440分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	生	8	8	8	8	8	8	8	8	4 (50)	4 (50)	3 (37.5)	3 (37.5)	2 (25)	0	0	0	
	仮死 死	0	0	0	0	0	0	0	0	4 (50)	4 (50)	5 (62.5)	5 (62.5)	6 (75)	8 (100)	8 (100)	8 (100)	

註: R.C. 残留塩素量 ppm. ()内は%

II. 全長平均 22 cm, 重量平均 0.1 g の検体についての実験。

1) 第1実験 (検体数各 10 匹): 投入塩素量 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 ppm を含む各試料に各 10 匹ずつ投入し, 10 分後, 60 分後に残留塩素の変化と検体の生死状態とを調査した。その成績は表 4 のとおりであつた。

第4表 全長平均 2.2 cm, 重量平均 0.1 g のオタマジャクシについての実験成績

第1実験 (検体数各 10 匹)

時 間	判 定	塩 素 実 測 値 (ppm)								
		0	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
10 分	R.C.	0	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
	生	10	10	10	10	10	8	7	5	2
	仮死						2(20)	3(30)	5(50)	8(80)
	死	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60 分	R.C.	0	0	0	0.01	0.1	0.3	0.5	0.7	1.0
	生	10	10	10	10	10	0	0	0	0
	仮死						0	0	0	0
	死	0	0	0	0	0	10(100)	10(100)	10(100)	10(100)

註: R.C. 残留塩素量 ppm. ()内は %

即ち, 投入塩素量 0.5 ppm の場合は 60 分後の残留塩素量 0.1 ppm 以下で検体の生態にすべて異常の所見が認められなかつた。

しかし, 投入塩素量 1.0 ppm では 10 分後 (残留塩素量 1.0 ppm) 仮死率 20% を示し, 60 分後 (残留塩素量 0.3 ppm) はすでに死亡率 100% を示した。投入塩素量 1.5 ppm では 10 分後 (残留塩素量 1.5 ppm) 仮死率 30% を示し, 60 分後 (残留塩素量 0.5 ppm) 死亡率 100% を示した。投入塩素量 2.0 ppm では 10 分後 (残留塩素量 2.0 ppm) 仮死率 50%, 60 分後 (残留塩素量 0.7 ppm) 死亡率 100% を示し, 投入塩素量 3.0 ppm では 10 分後 (残留塩素量 3.0 ppm) 仮死率 80%, 60 分後 (残留塩素量 1.0 ppm) 死亡率 100% を示した。以上この実験では投入塩素量 0.5 ppm 以下 (60 分後の残留塩素量 0.1 ppm 以下) の場合検体に異常なく, 100% 致死は投入量 1.0 ppm 以上 (60 分後の残留塩素量 0.3 ppm 以上) であつた。

2) 第2実験 (検体数各 10 匹): 投入塩素量 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, 2.5, 3.5, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0 ppm を含む各試料に各 10 匹ずつ入れ, 60, 180, 300, 420, 1440 分毎に残留塩素量の変化と検体の生死状態とを調査した。その成績は表 5 のとおりであつた。

即ち, 投入塩素量 0.8 ppm 以下の場合, 60 分後の残留塩素量はすべて 0 で検体の生態に異常の所見が認められなかつた。

しかし, 投入塩素量 1.0 ppm の場合 60 分後 (残留塩素量 0.08 ppm) で仮死率 10%, 死亡率 30% を示し, 残留塩素量 0 となつた 180 分後は仮死率 10%, 死亡率 40% を示したが, 420 分後には死亡率 50% になつた。投入塩素量 1.4 ppm では 60 分後 (残留塩素量 0.15 ppm) で仮

第5表 全長平均2.2 cm, 重量平均0.1 gのオタマジャクシについての実験成績 第2実験 (検体数各10匹)

時間	判定	濃度 (ppm)															
		0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
60分	R.C.	0	0	0	0	0.08	0.15	0.1	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
	生	10	10	10	10	6 (60)	4 (40)	5 (50)	2 (20)	1 (10)	1 (10)	1 (10)	1 (10)	1 (10)	1 (10)	1 (10)	1 (10)
	仮死 死					1 (10) 3 (30)	2 (20) 4 (40)	1 (10) 4 (40)	1 (10) 7 (70)	2 (20) 7 (70)	2 (20) 7 (70)	2 (20) 7 (70)	1 (10) 9 (90)	1 (10) 9 (90)	1 (10) 9 (90)	1 (10) 9 (90)	1 (10) 9 (90)
180分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.15	0.05	0
	生	10	10	10	10	5 (50)	3 (30)	5 (50)	2 (20)	2 (20)	3 (30)	3 (30)	0	0	0	0	0
	仮死 死					1 (10) 4 (40)	1 (10) 6 (60)	1 (10) 4 (40)	8 (80)	8 (80)	7 (70)	7 (70)	1 (10) 9 (90)	1 (10) 9 (90)	1 (10) 9 (90)	1 (10) 10(100)	10(100)
300分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	生	10	10	10	10	5 (50)	3 (30)	5 (50)	1 (10)	2 (20)	3 (30)	3 (30)					
	仮死 死					1 (10) 4 (40)	1 (10) 7 (70)	1 (10) 5 (50)	8 (80)	8 (80)	7 (70)	7 (70)	10(100)	10(100)	10(100)	10(100)	10(100)
420分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	生	10	10	10	10	5 (50)	3 (30)	5 (50)	1 (10)	2 (20)	3 (30)	3 (30)					
	仮死 死					1 (10) 5 (50)	1 (10) 7 (70)	1 (10) 5 (50)	8 (80)	8 (80)	7 (70)	7 (70)	10(100)	10(100)	10(100)	10(100)	10(100)
1440分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	生	10	10	10	10	5 (50)	3 (30)	5 (50)	1 (10)	2 (20)	3 (30)	3 (30)					
	仮死 死					5 (50) 5 (50)	3 (30) 7 (70)	5 (50) 5 (50)	9 (90)	8 (80)	7 (70)	7 (70)	10(100)	10(100)	10(100)	10(100)	10(100)

註: R.C. 残留塩素量 ppm. ()内は%

死率 20%, 死亡率 40% を示し, 残留塩素量 0 となつた 180 分後には仮死率 10%, 死亡率 60% を示したが, 300 分後には死亡率 70% になつた。投入塩素量 1.6 ppm では 60 分後 (残留塩素量 0.1 ppm) で仮死率 10%, 死亡率 40% を示し, 残留塩素量 0 となつた 180 分後には前と変化なかつたが, 300 分後には死亡率 50% になつた。投入塩素量 1.8 ppm の場合には 60 分後 (残留塩素量 0.2 ppm) 仮死率 10%, 死亡率 70% を示し, 残留塩素量 0 となつた 180 分後には死亡率 80% になり, 300 分後には仮死率 10%, 死亡率 80% であつたが 420 分後には死亡率 90% になつた。投入塩素量 2.0 ppm では 60 分後 (残留塩素量 0.25 ppm) 仮死率 20%, 死亡率 70% を示し, 残留塩素量 0 となつた 180 分後には死亡率 80% になつた。投入塩素量 2.5 及び 3.5 ppm の場合は 60 分後 (残留塩素量 0.3 及び 0.35 ppm) すでに各々死亡率 70% を示し以後変化はなかつた。(180 分以後残留塩素は 0 を示した。) 投入塩素量 4.0, 5.0, 6.0 ppm の場合には 60 分後 (残留塩素量 0.4, 0.5, 0.6 ppm) の死亡率は各々 90%, 仮死率各々 10% を示し, 180 分後 (残留塩素量 0, 0.01, 0.15 ppm) では前と同一であつたが 300 分後には死亡率各々 100% になつた。投入塩素量 7.0 及び 8.0 ppm では 60 分後 (残留塩素量 0.7 及び 0.8 ppm) の死亡率は各 90% を示し, 180 分後には残留塩素は各々 0.05 ppm 及び 0 であつたが各 100% の死亡率を示した。1440 分後の測定は 420 分のそれと全く同じであつた。

以上この実験で検体に異常のなかつたのは投入塩素量 0.8 ppm 以下 (60 分後の残留塩素量 0) で, 100% 致死は投入塩素量 4.0 ppm 以上で, 60 分後の残留塩素量 0.4 ppm 以上の場合に見られた。

前実験と比較して検体の大きさも数も同一であるのに 100% 致死の投入塩素量は甚だ異なるが, これは環境の差と思われ, 主として残留塩素によるものと考えられる。そのことは, 100% 致死の残留塩素が略々等しいことでも窺われる。

III. 全長平均 3.0 cm, 重量平均 0.3 g の検体についての実験。

1) 第 1 実験 (検体数各 6 匹): 投入塩素量 0.2, 0.4, 0.8, 1.0, 1.5, 1.8, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 7.0, 8.0, 10.0, 12.0 ppm を含む各試料に検体各 6 匹ずつを入れ, 60, 180, 300, 420, 1440 分毎に残留塩素の変化と検体の生死状態とを調査した。その成績は表 6 のとおりであつた。

即ち, 投入塩素量 1.0 ppm 以下では 60 分後の残留塩素量は 0 で検体の生態に異常の所見が認められなかつた。

しかし, 投入塩素量 1.5 ppm では 60 分後 (残留塩素量 0) 仮死率 100% を示し, 300 分後には仮死から生に復するものがあつて仮死率 83.3%, 死亡率 16.7% を示したが, 1440 分後は死亡率 33.3% となつた。投入塩素量 1.8 ppm では 60 分後 (残留塩素量 0) 仮死率 83.3%, 死亡率 16.7% を示したが, 1440 分後には仮死したものはすべて生に復し, 死亡率は 16.7% であつた。投入塩素量 2.0 ppm, 60 分後 (残留塩素量 0) で仮死率 83.3%, 死亡率 16.7% を示し, 180 分後には仮死率 50%, 死亡率 50% を示したが 1440 分後には仮死したものすべてが生に復し, 死亡

第6表 全長平均3.0cm, 重量平均0.3gのオタマジャクシについての実験成績 第1実験(検体数各6匹)

時間	残 留 量 (ppm)																	
	判定	0.2	0.4	0.8	1.0	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	7.0	8.0	10.0	12.0
60分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.05	0.15	0.3	0.3	0.4	0.4	0.7	0.75
	生	6	6	6	6	6(100)	5(83.3)	5(83.3)	6(100)	3(50)	3(50)	3(50)	4(66.7)	4(66.7)	6(100)	3(50)		
	仮死						1(16.7)	1(16.7)	0	3(50)	3(50)	3(50)	2(33.3)	2(33.3)	0	3(50)	6(100)	6(100)
180分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.1	0.15
	生	6	6	6	6	6(100)	5(83.3)	3(50)	6(100)	1(16.7)	3(50)		2(33.3)	2(33.3)				
	仮死						1(16.7)	3(50)	0	5(83.3)	3(50)	6(100)	4(67.7)	4(67.7)	6(100)	6(100)	6(100)	6(100)
300分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	生	6	6	6	6	5(83.3)	5(83.3)	3(50)	5(83.3)	1(16.7)	3(50)		1(16.7)	2(33.3)				
	仮死					1(16.7)	1(16.7)	3(50)	1(16.7)	5(83.3)	3(50)	6(100)	5(83.3)	4(67.7)	6(100)	6(100)	6(100)	6(100)
420分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	生	6	6	6	6	5(83.3)	5(83.3)	3(50)	5(83.3)	1(16.7)	3(50)		1(16.7)	1(16.7)				
	仮死					1(16.7)	1(16.7)	3(50)	1(16.7)	5(83.3)	3(50)	6(100)	6(100)	5(83.3)	6(100)	6(100)	6(100)	6(100)
1440分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	生	6	6	6	6	4(67.7)	5(83.3)	3(50)	5(83.3)	1(16.7)	3(50)							
	仮死					2(33.3)	1(16.7)	3(50)	1(16.7)	5(83.3)	3(50)	6(100)	6(100)	5(83.3)	6(100)	6(100)	6(100)	6(100)

註: R.C. 残留塩素量 ppm. ()内は %

率は50%を示した。投入塩素量2.5 ppmの場合、60分後(残留塩素量0)には仮死率100%を示し、300分後には仮死率83.3%、死亡率16.7%を示したが1440分後には仮死率0%で死亡率は16.7%であつた。投入塩素量3.0 ppmでは60分後(残留塩素量0.01 ppm)仮死率50%、死亡率50%を示し、180分後(残留塩素量0)仮死率16.7%、死亡率83.3%を示したが1440分後には仮死はなく、死亡率は83.3%であつた。投入塩素量3.5 ppmでは60分後(残留塩素量0.05 ppm)で仮死率50%、死亡率50%を示したが1440分後には仮死したすべてが生きかえつて死亡率は50%であつた。投入塩素量4.0 ppmでは60分後残留塩素量0.15 ppmになり仮死率50%、死亡率50%を示したが、残留塩素量が0となつた180分後には死亡率100%を示した。投入塩素量4.5 ppmの場合、60分後の残留塩素量0.3 ppmで仮死率66.7%、死亡率33.3%を示し、残留塩素量が0となつた300分後には仮死率16.7%、死亡率83.3%を示したが420分後には死亡率100%になつた。投入塩素量5.0 ppmの場合60分後(残留塩素量0.3 ppm)仮死率66.7%、死亡率33.3%を示し、残留塩素量が0となつた180分後には仮死率33.3%、死亡率67.7%を示したが、420分後には仮死率16.7%、死亡率83.3%となり1440分後には死亡率100%になつた。投入塩素量7.0 ppmの場合は60分後(残留塩素量0.4 ppm)仮死率100%を示したが、残留塩素量が0となつた180分後には死亡率100%を示した。投入塩素量8.0 ppmでは60分後の残留塩素量は0.4 ppmで仮死率及び死亡率は各々50%を示したが、残留塩素量0.01 ppmになつた180分後には100%の死亡率を示した。投入塩素量10 ppm及び12 ppmでは60分後(残留塩素量0.7 ppm及び0.75 ppm)に100%の死亡率を示した。なお180分後の残留塩素量は0.1 ppm及び0.15 ppmを示していた。

以上の如く本実験では投入塩素量1.0 ppm以下(60分後の残留塩素量0)では検体に異常なく、100%致死は投入塩素量4.0 ppm、60分後の残留塩素量0.15 ppm以上の場合であつた。

本実験では投入塩素量1.5 ppm~3.5 ppmで60分後の残留塩素量が0.05 ppm以下の時は影響を与えるが、1440分後には仮死から生に復するものがあつたことが特記される。

2) 第2実験(検体数各8匹): 投入塩素量0.5, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 ppmを含む各試料に検体各8匹づつを投入し、30, 60, 90, 120, 180, 240, 1440分、2日目、3日目と残留塩素の変化及び検体の生死状態を調査した。その成績は表7のとおりであつた。

即ち、投入塩素量0.7 ppm以下では30分後(残留塩素量0.05 ppm以下)検体の生態に異状の所見が認められなかつた。

しかし、投入塩素量1.0 ppmの場合は残留塩素量30分後に0.07 ppm、60分後に0となつたが240分後で仮死率12.5%を示し、1440分後には死亡率12.5%を示した。投入塩素量1.5 ppmでは30分後(残留塩素量0.1 ppm)仮死率12.5%を示し、60分後(残留塩素量0.01 ppm)仮死率25%、残留塩素量が0となつた90分後には仮死率37.5%を示した。120分後は仮死から生に復したため仮死率は25%になり、180分後には仮死率12.5%になつたが、240分後には死亡率12.5%を示し1440分後には死亡率25%を示した。投入塩素量2.0 ppmの場合30分後

第7表 全長平均3.0cm, 重量平均0.3gのオタマジャクシについての実験成績 第2実験 (検体数各8匹)

時間	判定	塩素実測値 (ppm)						
		0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
30分	R.C.	0.01	0.05	0.07	0.1	0.2	0.7	1.0
	生	8	8	8	7	6	4	2
	仮死				1 (12.5)	2 (25)	4 (50)	6 (75)
死	0	0	0	0	0	0	0	
60分	R.C.	0	0	0	0.01	0.05	0.1	0.15
	生	8	8	8	6	5	2	1
	仮死				2 (25)	3 (37.5)	6 (75)	7 (87.5)
死	0	0	0	0	0	0	0	
90分	R.C.	0	0	0	0	0	0.01	0.05
	生	8	8	8	5	3	1	0
	仮死				3 (37.5)	5 (62.5)	7 (87.5)	8 (100)
死	0	0	0	0	0	0	0	
120分	R.C.	0	0	0	0	0	0	00.1
	生	8	8	8	6	4	5	3
	仮死				2 (25)	4 (50)	3 (37.5)	5 (62.5)
死	0	0	0	0	0	0	0	
180分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0
	生	8	8	8	7	4	5	3
	仮死				1 (12.5)	3 (37.5)	1 (12.5)	3 (37.5)
死	0	0	0	0	1 (12.5)	2 (25)	2 (25)	
240分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0
	生	8	8	7	7	5	5	4
	仮死			1 (12.5)	0	0	0	0
死	0	0	0	1 (12.5)	3 (37.5)	3 (37.5)	4 (50)	
1440分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0
	生	8	8	7	6	5	4	4
	仮死			0	0	0	0	0
死	0	0	1 (12.5)	2 (25)	3 (37.5)	4 (50)	4 (50)	
2日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0
	生	8	8	7	6	4	4	4
	仮死			0	0	0	0	0
死	0	0	1 (12.5)	2 (25)	4 (50)	4 (50)	4 (50)	
3日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0
	生	8	8	7	6	3	2	2
	仮死			0	0	1 (12.5)	0	0
死	0	0	1 (12.5)	2 (25)	4 (50)	6 (75)	6 (75)	

註：R.C. 残留塩素量 ppm. ()内は%

残留塩素量 0.2 ppm となり仮死率 25%, 60 分後残留塩素量 0.05 ppm で仮死率 37.5%, 90 分後の残留塩素量が 0 になった時は仮死率 62.5% を示したが, 120 分後には仮死から生に復したため仮死率は 50% になった。180 分後には仮死率 37.5%, 死亡率 12.5% になり 240 分後には死亡率 37.5% を示したが, 2 日目には死亡率 50%, 3 日目には仮死率 12.5%, 死亡率 50% になった。投入塩素量 2.5 ppm, 30 分後の残留塩素量 0.7 ppm の時は仮死率 50%, 60 分後の残留塩素量 0.1 ppm の時は仮死率 75%, 90 分後の残留塩素量 0.01 ppm の時は仮死率 87.5% を示したが, 残留塩素量が 0 となつた 120 分後には仮死から生に復するものがあつて仮死率が 37.5% になった。180 分後には仮死率 12.5%, 死亡率 25% を示し, 240 分後には死亡率 37.5%, 1440 分後には死亡率 50% になり 3 日目には死亡率 75% になった。投入塩素量 3.0 ppm, 30 分後の残留塩素量 1.0 ppm の時は仮死率 75%, 60 分後の残留塩素量 0.15 ppm の時は仮死率 87.5% を示し, 90 分後の残留塩素量 0.05 ppm の時は 100% の仮死率を示したが, 120 分後の残留塩素量 0.01 ppm の時は仮死から生に復するものがあつて仮死率は 62.5% になった。180 分後は残留塩素量が 0 となり仮死率 37.5%, 死亡率 25% を示したが, 240 分後には死亡率 50%, 3 日目には死亡率 75% になった。

以上本実験では検体に異常のなかつたのは投入塩素量 0.7 ppm 以下で前実験とは若干の差があつたが 60 分後の残留塩素量に於ては同じく 0 の点であつた。尚本実験では 100% 致死はなかつた。本実験で最も投入量大であつた 3.0 ppm の場合, 60 分後の残留塩素量 0.15 ppm で 3 日目に 75% 死亡しているが, 前実験の結果とよく一致する。

また一方, オタマジャクシの存在しない同一対照試料について残留塩素の消失状態を調査したが, その成績は表 8 のとおりであつた。この時の気温は 18.5°C, 水温は 15°C で, 水質の化学的性状は表 1 のとおりであつた。

第 8 表 残留塩素量の時間的経過 (オタマジャクシの存在しない場合)

時 間	塩 素 実 測 値 (ppm)						
	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
30 分	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
60 分	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
90 分	0.4	0.6	0.8	1.5	2.0	2.5	3.0
120 分	0.4	0.6	0.8	1.5	2.0	2.5	3.0
180 分	0.3	0.4	0.6	1.0	1.8	2.5	3.0
240 分	0.2	0.3	0.4	1.0	1.5	2.0	2.5

即ち, 投入塩素量 0.5, 0.7, 1.0 ppm の場合は塩素投入後 60 分以内では塩素は消失しないが, 90 分以後は漸次消失した。また塩素投入量 1.5 ppm 及び 2.0 ppm の場合は 180 分以後消失し, 投入塩素量 2.5 ppm 及び 3.0 ppm の時は各々 240 分後に消失した。

以上 I 項より III 項までの各検体の実験によつて, 検体の大きいほど抵抗力があり死亡に大量の塩素を必要とする傾向が見えるが, 実験環境も異なるためか或る場合には必ずしもこの

第9表 大きさの異なる各種検体を

時間	判定	濃 系 美																							
		0.1			0.2			0.4			0.6			0.8			1.0			1.2			1.4		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
120分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	生	2	4	4	2	4	4	2	4	4	2	4	2	2	4	2	2	4	0	2	2	0	2	2	0
	死	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (50)	0	0	2 (50)	0	0	4 (100)	0	2	4 (50)(100)	0	2	4 (50)(100)
240分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	生	2	4	4	2	4	4	2	4	4	2	4	2	2	4	1	2	4	0	2	2	0	2	2	0
	死	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (50)	0	0	3 (75)	0	0	4 (100)	0	2	4 (50)(100)	0	2	2 (50)(100)
1日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	生	2	4	2	2	4	4	2	4	4	2	4	2	2	3	1	2	2	0	2	2	0	2	2	0
	死	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2 (50)	0	1	3 (25)(75)	0	2	4 (50)(100)	0	2	4 (50)(100)	0	2	4 (50)(100)
2日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	生	2	4	2	2	4	4	2	4	4	2	4	2	2	3	1	2	2	0	2	2	0	2	2	0
	死	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2 (50)	0	1	3 (25)(75)	0	2	4 (50)(100)	0	2	4 (50)(100)	0	2	4 (50)(100)
3日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	生	2	4	4	2	4	4	2	4	4	2	4	2	2	3	1	2	2	0	2	2	0	2	2	0
	死	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (50)	0	1	3 (25)(75)	0	2	4 (50)(100)	0	2	4 (50)(100)	0	2	4 (50)(100)

註：R.C. 残留塩素量 ppm. ()内は%

傾向に一致するとは云えない。

IV 大きさの異なる各種検体を混合した場合についての実験。

投入塩素量 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, 3.0, 3.5, 4.0, 5.0, 6.0 ppm を含む各試料に全長 1.0 cm (重量平均 0.018 g) の検体 2 匹 (a), 全長 2.0 cm (重量平均 0.08 g) の検体 4 匹 (b), 全長 3.0 cm (重量平均 0.3 g) の検体 4 匹 (c) 計 10 匹を混合して一群とし各試料に入れた後 120, 240 分, 1, 2, 3 日目と残留塩素の変化及び検体 a, b, c の生死状態を調査した。その成績は表 9 のとおりであった。

即ち、投入塩素量 0.4 ppm 以下では a, b, c の生態に何の異常も認められなかった。

しかし、投入塩素量 0.6 ppm では 120 分後 (残留塩素量 0) で検体 c のみ 50% の死亡率を示し、a 及び b には異常の所見が認められなかった。投入塩素量 0.8 ppm の場合は 120 分後 (残

混合した場合についての実験成績

体長 1.0 cm 重量平均 0.018 g…… a (2匹)
 " 2.0 cm " 0.08 g …… b (4匹)
 " 3.0 cm " 0.3 g……… c (4匹)

測			値			(ppm)		
1.6	1.8	2.0	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	
a b c	a b c	a b c	a b c	a b c	a b c	a b c	a b c	
0.05	0.05	0.1	0.1	0.1	0.3	0.35	0.4	
1 2 0	1 2 0	1 1 0	1 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
1 2 4 (50) (50)(100)	1 2 4 (50) (50)(100)	1 3 4 (50) (75)(100)	1 4 4 (50)(100)(100)	2 4 4 (100)(100)(100)	2 4 4 (100)(100)(100)	2 4 4 (100)(100)(100)	2 4 4 (100)(100)(100)	
0	0	0	0	0	0.01	0.05	0.1	
1 2 0	1 2 0	1 1 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
1 2 4 (50) (50)(100)	1 2 4 (50) (50)(100)	1 3 4 (50) (75)(100)	2 4 4 (100)(100)(100)					
0	0	0	0	0	0	0	0	
1 2 0	1 2 0	1 1 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
1 2 4 (50) (50)(100)	1 2 4 (50) (50)(100)	1 3 4 (50) (75)(100)	2 4 4 (100)(100)(100)					
0	0	0	0	0	0	0	0	
1 2 0	1 2 0	1 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
1 2 4 (50) (50)(100)	1 2 4 (50) (50)(100)	1 4 4 (50)(100)(100)	2 4 4 (100)(100)(100)					
0	0	0	0	0	0	0	0	
1 2 0	1 2 0	1 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
1 2 4 (50) (50)(100)	1 2 4 (50) (50)(100)	1 4 4 (50)(100)(100)	2 4 4 (100)(100)(100)					

留塩素量 0) に c のみ 50% の死亡率を示し 240 分後 75% の死亡率を示したが、 a 及び b には異常の所見が認められなかつた。また、 1 日目には c 75%、 b 25% の死亡率を示したが a には異常の所見が認められなかつた。投入塩素量 1.0 ppm では 120 分後 (残留塩素量 0.01 ppm) に c のみ 100% の死亡率を示し、 a 及び b には異常の所見が認められず、 1 日目に b は 50% の死亡率を示したが a には異常の所見が認められなかつた。投入塩素量 1.2 ppm では 120 分後 (残留塩素量 0.01 ppm) の死亡率 c では 100%、 b では 50% を示したが a には異常の所見が認められなかつた。投入塩素量 1.4 ppm では 120 分後 (残留塩素量 0.05 ppm) にやはり死亡率 c では 100%、 b では 50% を示したが a には異常の所見が認められなかつた。投入塩素量 1.6 ppm 及び 1.8 ppm の場合には 120 分後 (残留塩素量各々 0.05 ppm) で各々の死亡率は c では 100%、 b では 50%、 a でも 50% を示した。投入塩素量 2.0 ppm では 120 分後 (残留塩素量 0.1

ppm) に死亡率は c では 100%, b では 75%, a では 50% であった。なお b は 2 日目に死亡率 100% になった。投入塩素量 3.0 ppm では 120 分後の残留塩素量 0.1 ppm でその時の死亡率は c 及び b では 100%, a では 50% を示したが、240 分後には 100% になった。投入塩素量 3.5 ppm 以上、120 分後 (残留塩素量 0.1 ppm 以上) には a, b, c 共に 100% の死亡率を示した。

以上の実験を小括すると、検体に何等の変化も見なかつたのは a に於ては投入塩素量 1.4 ppm 以下 (120 分後の残留塩素量 0.05 ppm 以下), b では投入塩素量 0.6 ppm 以下 (同残留塩素量 0.1 ppm), c では投入塩素量 0.4 ppm 以下 (同残留塩素量 0) であり、検体が小さいほど抵抗力が大であることが窺われた。

また 100% の死亡率を見たのは a では投入塩素量 3.0 ppm 以上 (120 分後の残留塩素量 0.1 ppm 以上, b では投入量 2.0 ppm 以上 (同残留塩素量 0.1 ppm 以上) で, c では投入量 1.0 ppm 以上 (同残留塩素量 0.01 ppm 以上) であり、検体の大きさに比例して死亡率も大なることを示した。

第 III 項に述べた如く検体を混合しない場合は全長及び重量の大なる検体ほど死亡率が小で耐塩素性の傾向が見られたのに、検体を混合した本実験の場合は全長及び重量の大なるほど死亡率が大となり即ち耐塩素性の小となつたのは興味あることである。この 2 つの一見矛盾した実験結果の理由は単に大小の検体を混合したかしないかの差だけではなく、実験環境も異なるのでにわかに断定はできない。

第 2 項 残留塩素の金魚に及ぼす影響

I. 重量平均 3.1 g の検体についての実験。

投入塩素量 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 4.0, 7.0, 10.0, 13.0 ppm の各試料に検体各 2 匹ずつ入れ、60, 180, 420, 1440 分、2, 3 日目と残留塩素の変化及び金魚の生死状態を調査した。その成績は表 10 のとおりであった。

即ち、投入塩素量 0.3 ppm 以下 (60 分後の残留塩素量 0.05 ppm 以下) の時は検体の生態に異常の所見が認められなかつた。

しかし、投入塩素量 0.5 ppm 及び 0.7 ppm の場合は 60 分後の残留塩素量は各々 0.1 ppm を示したが、残留塩素量が 0 になった 420 分後にはともに 50% の死亡率を示した。投入塩素量 1.0 ppm では 60 分後 (残留塩素量 0.2 ppm) に 50% の死亡率を示し、残留塩素量 0.1 ppm になった 180 分後には死亡率 100% を示した。投入塩素量 4.0 ppm 以上では 60 分後 (残留塩素量 1.0 ppm 以上) で死亡率 100% であった。

以上の実験で検体に異常を与えなかつたのは投入塩素量 0.3 ppm 以下 (180 分後の残留塩素量 0.01 ppm 以下) の場合で、2 匹とも死亡したのは投入塩素量 1.0 ppm 以上 (180 分後の残留塩素量 0.1 ppm 以上) であった。

II. 重量平均 3.2 g の検体についての実験。

投入塩素量 0.1, 0.2……1.0 ppm 10 種の各試料に検体各 1 匹ずつ入れ、180 分、1440 分、

第10表 重量平均3.1gの金魚についての実験成績 (検体数各2匹)

時間	判定	塩素実測値 (ppm)								
		0	0.3	0.5	0.7	1.0	4.0	7.0	10.0	13.0
60分	R.C.	0	0.05	0.1	0.1	0.2	1.0	2.0	2.5	3.0
	生	2	2	2	2	1	0	0	0	0
	死	0	0	0	0	1 (50)	2(100)	2(100)	2(100)	2(100)
180分	R.C.	0	0.01	0.05	0.05	0.1	0.7	1.0	1.0	2.5
	生	2	2	2	2	0	0	0	0	0
	死	0	0	0	0	2(100)	2(100)	2(100)	2(100)	2(100)
420分	R.C.	0	0	0	0	0.01	0.3	0.5	0.7	1.0
	生	2	2	1	1	0	0	0	0	0
	死	0	0	1 (50)	1 (50)	2(100)	2(100)	2(100)	2(100)	2(100)
1440分	R.C.	0	0	0	0	0	0.01	0.2	0.25	0.3
	生	2	2	1	1	0	0	0	0	0
	死	0	0	1	1	2	2	2	2	2
2日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	生	2	2	1	1	0	0	0	0	0
	死	0	0	1	1	2	2	2	2	2
3日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	生	2	2	1	1	0	0	0	0	0
	死	0	0	1	1	2	2	2	2	2

註：R.C. 残留塩素量 ppm. ()内は%

第11表 重量平均3.2gの金魚についての実験成績 (検体数各1匹)

時間	判定	塩素実測値 (ppm)									
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
180分	R.C.	0	0	0	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1	0.1
	状態	生	生	生	生	生	生	生	生	生	死
1440分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	状態	生	生	生	生	生	生	生	死	死	死
2日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	状態	生	生	生	生	生	生	生	死	死	死
3日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	状態	生	生	生	生	生	生	生	死	死	死

註：R.C. 残留塩素量 ppm.

2日目、3日目と残留塩素の変化及び金魚の生死状態を調査した。その成績は表11のとおりであつた。

即ち、投入塩素量 0.7 ppm 以下では検体の生態に何等の異常も認められなかつた。

しかし、投入塩素量 0.8 ppm 及び 0.9 ppm では 180 分後の残留塩素量各々 0.1 ppm を示し未だ異常を見ず、1440 分後の残留塩素量が 0 になつて死亡するに至つた。また投入塩素量 1.0 ppm では 180 分後 (残留塩素量 0.1 ppm) に死亡した。

検体が安全であつたのは投入塩素量 0.7 ppm 以下 (180 分後の残留塩素量 0.05 ppm 以下) で、早晚死亡したのは投入塩素量 0.8 ppm 以上 (180 分後の残留塩素量 0.1 ppm 以上) であり、前実験と投入塩素量に於てはやや異なつたが、残留塩素量では略同一であつた。

鶴見¹⁰⁾はサラシ粉を含む水中淡水魚について金魚は抵抗力最も弱く、鱒最も強く、鮒はその中間にあり、凡そ有効塩素量 1.5 ppm 以下で障害はなかつたと述べ、相沢¹⁾は残留塩素量が大体 1.0 ppm 位になると金魚等にも影響を来すものであると述べている。

著者の 2 回の実験から推察するに、投入後 180 分までになお 0.1 ppm の塩素が残存するような場合金魚はやがて死亡し、60 分後 0.1 ppm 残存するような時は少なくとも金魚の生存に影響するものと考えられる。

第3項 残留塩素の小鯉に及ぼす影響

I. 重量平均 0.5 g の検体についての実験。

投入塩素量 0.1, 0.2……1.0, 1.5, 2.0, 3.0 ppm の各試料に検体各々 4 匹づつ入れ、30, 60, 90, 120, 1440 分、更に 2 日目と残留塩素の変化及び小鯉の生死状態を調査した。その成績は表 12 のとおりであつた。

即ち、投入塩素量 0.1 ppm の場合は、小鯉の生態に何等の異常も認められなかつた。

しかし、投入塩素量 0.2 ppm~0.7 ppm の場合は残留塩素量が 0 となつた 1440 分後に 100% の死亡率を示した。また投入塩素量 0.8 ppm では 90 分後 (残留塩素量 0.3 ppm) に 50% の死亡率を示し、残留塩素量が 0 となつた 1440 分後には 100% の死亡率を示した。投入塩素量 0.9 ppm では 90 分後 (残留塩素量 0.3 ppm) 死亡率 50% を示し、残留塩素量 0.25 ppm になつた 120 分後には死亡率 100% を示した。投入塩素量 1.0 ppm 及び 1.5 ppm で 90 分後の残留塩素量 0.3 ppm 及び 0.7 ppm を示したが死亡率はともに 100% であつた。投入塩素量 2.0 ppm では 60 分後の残留塩素量 1.5 ppm で死亡率 100% を示し、投入塩素量 3.0 ppm では 30 分後の残留塩素量 2.5 ppm で 100% の死亡率を示した。

II. 重量平均 0.3 g の検体についての実験。

1) 第1実験：投入塩素量 0.05, 0.1, 0.2……1.0, 2.0, 3.0 ppm 12 種の各試料に検体数各 3 匹づつ入れ、30, 60, 180, 1440 分毎に残留塩素の変化及び小鯉の生死状態を調査した。その成績は表 13 のとおりであつた。

即ち、投入塩素量 0.1 ppm 以下では小鯉の生態に異常の所見が認められなかつた。

第13表 重量平均0.3gの小鯉についての実験成績 第1実験 (検体数各3匹)

時間	判定	塩 素 実 測 値 (ppm)												
		0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	2.0	3.0
30分	R.C.	0	0.01	0.05	0.18	0.28	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	1.8	2.5
	生 死	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	2 1 (33.3)	1 2 (66.7)	
60分	R.C.	0	0	0.01	0.15	0.25	0.35	0.4	0.45	0.6	0.7	1.5	2.0	
	生 死	3 0	3 0	3 0	3 0	2 1 (33.3)	1 2 (66.7)	3 3 (100)						
180分	R.C.	0	0	0	0.07	0.1	0.15	0.2	0.2	0.25	0.25	0.7	1.0	
	生 死	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	
1440分	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	生 死	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	

第14表 重量平均0.3gの小鯉についての実験成績 第2実験 (検体数各3匹)

時間	判定	塩 素 実 測 値 (ppm)														
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
60分	R.C.	0	0.05	0.1	0.15	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
	生 死	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0
120分	R.C.	0	0.01	0.05	0.1	0.15	0.15	0.15	0.15	0.2	0.2	0.2	0.7	1.5	2.0	3.0
	生 死	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0
240分	R.C.	0	0	0.01	0.01	0.01	0.1	0.1	0.1	0.15	0.15	0.5	0.7	1.5	2.0	3.0
	生 死	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0	3 0

註: R.C. 残留塩素量 ppm. () 内は %

しかし、投入塩素量 0.2 では 180 分後 (残留塩素量 0.07 ppm) に死亡率 100% を示した。また投入塩素量 0.3, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 ppm では 60 分後 (残留塩素量各々 0.25, 0.35, 0.4, 0.45, 0.6, 0.7, 0.8 ppm) 各死亡率 33.3% を示し、180 分後 (残留塩素量各々 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.25, 0.3 ppm) 各死亡率 100% を示した。投入塩素量 2.0 ppm では死亡率は 30 分後 (残留塩素量 1.8 ppm) 33.3%, 60 分後 (残留塩素量 1.5 ppm) 66.7% を示したが、180 分後 (残留塩素量 0.7 ppm) 100% になった。投入塩素量 3.0 ppm では 30 分後 (残留塩素量 2.5 ppm) 死亡率 66.7%, 60 分後 (残留塩素量 2.0 ppm) 100% になった。

2) 第 2 回実験: 投入塩素量 0.1, 0.2……1.0, 2.0……5.0 ppm 14 種の各試料に検体各々 3 匹づつ入れ、60, 120, 240 分毎に残留塩素の変化及び小鯉の生死状態を調査した。その成績は表 14 のとおりであった。

即ち、投入塩素量 0.4 ppm 以下では小鯉の生態に異常の所見が認められなかった。

しかし、投入塩素量 0.5, 0.6, 0.7 ppm では 240 分後 (残留塩素量各 0.1 ppm) に死亡率 100% を示し、投入塩素量 0.8 ppm 及び 0.9 ppm では 240 分後 (残留塩素量各 0.15 ppm) 同様に 100% の死亡率を示した。また投入塩素量 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 ppm の場合は 120 分後 (残留塩素量各 0.2, 0.7, 1.0, 2.0, 3.0 ppm) ですでに各々 100% の死亡率を示した。

富山¹¹⁾は製紙工場廃水による魚類斃死の原因は主に遊離塩素の存在にあつて、特に漂白液製造槽の掃除の際一時に出される濃厚な残渣は遊離塩素を急増させ魚類斃死の原因となり得ると述べているが、その塩素濃度の程度が不明である。また種類は異なるが、日暮等⁹⁾はクロール石灰の鮭、鱒に対する 24 時間内の致死量及び嫌忌量は各 0.2 ppm であつたと述べ、鯉沼⁶⁾は塩素ガス消毒を経た水は塩素臭存し (0.2 ppm にて感ぜられる) 魚類及び魚卵に害を与えることがあると述べている。浜田⁹⁾は生石灰が味覚を感ずる程度以上なければ淡水魚は勿論、人間にも中毒症状は呈しないと報告している。

著者の小鯉に対する 3 回の実験を小括するに、検体が安全であつたのは I の場合投入塩素量 0.1 ppm 以下、残留塩素量 60 分後 0.05 ppm 以下 120 分後 0.05 ppm 以下で、II の第 1 実験では投入塩素量 0.1 ppm 以下、残留塩素量 60 分後 0.01 ppm 以下 180 分後 0, II の第 2 実験では投入塩素量 0.4 ppm 以下、残留塩素量 60 分後 0.3 ppm 以下 120 分後 0.15 ppm 240 分後 0.01 ppm 以下で甚だ差があつたが、以上から推量して 240 分後 0.01 ppm の範囲では安全と思われる。同様に 100% 死亡した場合の残留塩素量もまちまちで夫々 60 分後 0.1 ppm, 0.15 ppm, 0.3 ppm 以上であつたが、2~3 時間後の残留塩素量が 0.07 ppm 以上の場合検体は早晚死亡するようである。

小鯉の塩素に対する抵抗力は少々金魚に勝るようにも考えられる。また魚の種類は異なるが、日暮⁹⁾、鯉沼⁶⁾等の指摘する 0.2 ppm の残留塩素量は小鯉にも有害な点となるように思われる。

第4項 残留塩素のアオミドロに及ぼす影響

1) 第1実験：投入塩素量 100, 200, ……1000 ppm 10種の各試料に検体 0.1g ずつ入れ、60, 180, 300, 1440分毎に検体の脱色状態を調査した。その成績は表15のとおりであった。

第15表 重量0.1gのアオミドロについての実験成績(第1実験)

時間	判定	塩素実測値 (ppm)									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
60分	脱色状態	緑	緑	黄緑	黄緑	黄緑	黄緑	黄褐	黄褐	黄褐	黄褐
180分	脱色状態	緑	黄緑	黄緑	黄褐	黄褐	黄褐	黄褐	白	白	白
300分	脱色状態	緑	薄黄緑	白黄褐	白黄褐	白黄	白黄	白黄	白	白	白
1440分	脱色状態	緑	薄黄緑	薄白黄褐	薄白黄褐	薄白黄	薄白黄	白	白	白	白
	R.C.	0.7	10.0	10以上							

註：R.C. 残留塩素量 ppm.

即ち、投入塩素量 100 ppm で 1440 分後の残留塩素量 0.7 ppm の時は検体の生態に異常の変化がなかった。

しかし、投入塩素量 200 ppm の場合は 180 分後黄緑色になり 300 分後には薄黄緑色となつて、1440 分後薄黄褐色に変化した。その時の残留塩素量は 10 ppm であつた。投入塩素量 300 ppm の場合は 60 分後黄緑色とな 300 分後には白黄褐色となつて、1440 分後に薄白黄褐色となつた。投入塩素量 400 ppm の場合は 60 分後黄緑色、180 分後黄褐色、300 分後白黄褐色となり、1440 分後には薄白黄褐色となつた。投入塩素量 500 ppm の場合は 60 分後黄緑色、180 分後黄褐色、300 分後白黄色となり、1440 分後には薄白黄色に変化した。投入塩素量 600 ppm の場合は 500 ppm の場合と同一な変化をした。投入塩素量 700 ppm の場合は 60 分及び 80 分後黄褐色、300 分後白黄色となり、1440 分後 100% 脱色(白)した。投入塩素量 800 ppm 以上の場合は 60 分後黄褐色となり、180 分後にはすべて 100% 脱色された。投入塩素量 300 ppm 以上ではすべて残留塩素量は 10 ppm を越えていた。

2) 第2実験：投入塩素量 10, 20, 30, ……100 ppm 10種の各試料に検体 0.1g ずつを入れ第1実験時と同様に時間的に検体の脱色状態を調査した。その成績は表16のとおりすべての検体に異常を認めなかった。

即ち、投入塩素量 100 ppm 以下(1440 分後の残留塩素量 0.7 ppm 以下)の時は検体の生態に変化を起さないとすることができる。

以上2回の実験を総合して考えると、投入塩素量 100 ppm 以下では(従つて第2実験ではすべて)検体に何等の変化も与えないことが判る。而してその残留塩素量は 24 時間後 0.7 ppm 以下である。動物に比して塩素抵抗力は非常に大きいと云わなければならない。200 ppm 以上では何等かの変化があり、完全に白色変化せしむるには 700 ppm 以上を必要とすることが判る。

第16表 重量0.1gのアオミドロについての実験成績 (第2実験)

時 間	判 定	塩 素 実 測 値 (ppm)									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
60分	脱色状態	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
180分	脱色状態	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同
300分	脱色状態	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同
1440分	脱色状態	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同
	R.C.	0	0	0	0.2	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7

註：R.C. 残留塩素量 ppm.

第5項 残留塩素の金魚藻に及ぼす影響

1) 第1実験 (検体の全長10cm, 重量2.5gの場合)。

投入塩素量100, 200, 300, 400, 500, 550, 600, 650, 700, 800 ppmの各試料に検体を入れ、1440分, 2日, 3日, 4日, 5日, 7日, 10日, 12日目と検体の脱色状態及び発育状態を調査した。その成績は表17のとおりであった。

即ち、塩素を投入しない同一対照試料中の検体は脱色状態に変化なく、3日目には全長12cm (2cm 伸び)、5日目には全長14cm (4cm 伸び)、10日目には全長19cm (9cm 伸び) に発育成長した。

しかるに一方、投入塩素量100 ppm以上の場合は発育成長が停止し脱色状態に異常の変化を来した。即ち、投入塩素量100 ppmの場合は1440分後黄緑褐色に変化した。その時の残留塩素量は2日目に30 ppm, 4日目に4.0 ppm, 7日目には0.2 ppmを示した。投入塩素量200 ppmの場合は1440分後黄褐色に変化し、残留塩素量40 ppmの2日目には約20%脱色(白)して7日目(残留塩素量0.3 ppm)には約25%脱色(白)した。投入塩素量300 ppmの場合は1440分後黄褐色に変じ、残留塩素量100 ppmの2日目に約25%脱色(白)し、残留塩素量0.4 ppmの7日目には約30%脱色(白)した。投入塩素量400 ppmの場合は1440分後黄褐色に変じ、残留塩素量150 ppmの2日目に約30%、残留塩素量0.7 ppmの7日目に約35%脱色(白)した。投入塩素量500 ppm及び550 ppmの場合は残留塩素量200 ppmを示した2日目にともに約40%、残留塩素量0.8 ppmを示した7日目にそれぞれ約70%及び75%脱色(白)したが、残留塩素量0.2 ppmを示した10日目にはともに100%脱色(白)した。投入塩素量600 ppm及び650 ppmの場合はやはり1440分後黄褐色に変じ、残留塩素量300 ppmを示した2日目に約50%、残留塩素量8.0 ppmを示した7日目には何れも約80%脱色(白)したが、残留塩素量0.3 ppmを示した10日目にはともに100%脱色(白)した。投入塩素量700 ppmの場合は1440分後やはり黄褐色に変じ、残留塩素量300 ppmを示した2日目に約60%、残留塩素量8.0 ppm

を示した7日目には約85%脱色(白)したが、残留塩素量0.7ppmを示した10日目には100%脱色(白)した。投入塩素量800ppmの場合は1440分後黄褐色に変化し、残留塩素量400ppmを示した2日目に約70%、残留塩素量10ppmを示した7日目に約90%脱色(白)したが、残留塩素量1.0ppmの10日目には100%脱色(白)した。

2) 第2実験(検体の全長15cm, 重量3.0gの場合)。

投入塩素量10, 30, 50, 70, 100, 300, 500, 700, 1000ppmの各試料に検体を入れ、1440分、2日……, 6日, 8日……, 14日目と検体の脱色状態及び発育状態とを調査した。その成績は表18のとおりであつた。

即ち、塩素を投入しない同一対照試料中の検体は脱色状態に変化なく、当初全長15cmのものが4日目に20cm(5cm伸び)、6日目に22cm(7cm伸び)、10日目に24cm(9cm伸び)、12日目に25cm(10cm伸び)、14日目に26cm(11cm伸び)に発育成長した。

しかるに一方、塩素投入量10ppmの場合は1440分後黄緑色に変化し、発育状態は4日目に16cm(1cm伸び)、10日目に20cm(5cm伸び)、12日目に21cm(6cm伸び)、14日目に22cm(7cm伸び)に発育成長したが、対照試料中の検体に比してみるとやや発育成長は抑制された。投入塩素量30ppmの場合は1440分後黄緑褐色に変化し、発育状態は6日目に16cm(1cm伸び)、10日目に18cm(3cm伸び)、12日目に19cm(4cm伸び)、14日目に20cm(5cm伸び)に成長したが、対照試料中の検体に比してみると発育成長は更に抑制された。投入塩素量50ppmの場合は1440分後やはり黄緑褐色に変化し、発育状態は10日目に16cm(1cm伸び)、12日目に17cm(2cm伸び)、14日目に18cm(3cm伸び)に成長したが、投入塩素量30ppmの時に比較してみると発育は更に抑制された。しかし投入塩素量70ppm以上の場合は発育成長が停止された。またその時の脱色状態をみると、投入塩素量70ppm及び100ppmの場合は1440分後黄緑褐色に変じ、10日目には黄褐色に変化した。投入塩素量300ppmの場合は6日目まで黄褐色を呈し、1440分後に約20%脱色(白)し残留塩素量1.0ppmの2日目に約25%、同0.3ppmの3日目に約30%、同4日目に約35%、同5日目に約40%脱色(白)した。また残留塩素量0となつた6日目に約45%脱色(白)し黄黒褐色を呈した8日目後には約50%脱色(白)した。投入塩素量500ppmの場合は5日目まで黄褐色を呈したが、6日目後は黄黒褐色に変じ、脱色状態は1440分後約25%、2日目に約30%、3日目に約35%、4日目に約40%、5日目に約45%、6日目に約50%、8日目に約60%、10日目後は約70%を示した。この時の残留塩素量は2日目に3.0ppm、3日目~5日目に1.5ppm、6日目に0.1ppm、8日目に0.05ppmを示したが10日目後は0となつた。投入塩素量700ppmの場合は1440分後黄褐色を呈し約30%脱色(白)したが、残留塩素量40ppmの2日目に黄黒褐色を呈し約50%脱色(白)した。また残留塩素量30ppmの3日目には100%脱色(白)した。なお残留塩素量は14日目3.0ppm残存していた。投入塩素量1000ppmの場合は1440分後黄黒褐色を呈して約50%脱色(白)したが、残留塩素量50ppmの2日目には100%脱色した。脱色100%を示した後の残留

第 18 表 全長 15 cm, 重量 3.0 g の金魚藻についての実験成績 (第 2 実験)

時 間	判 定	塩 素 実 値 (ppm)										
		0	10	30	50	70	100	300	500	700	1000	
初 日 (1440 分)	R.C.	緑 全長15cm	黄 緑 全長15cm	黄緑褐 全長15cm	黄緑褐 全長15cm	黄緑褐 全長15cm	黄緑褐 全長15cm	黄 褐 20%脱色(白) 全長15cm	黄 褐 25%脱色(白) 全長15cm	黄 褐 30%脱色(白) 全長15cm	黄 褐 30%脱色(白) 全長15cm	黄 褐 50%脱色(白) 全長15cm
	脱色状態	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上
2 日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	1.0	3.0	40.0	40.0	50.0
	脱色状態	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	黄 褐 25%脱色(白)	黄 褐 30%脱色(白)	黄 褐 30%脱色(白)	黄 褐 50%脱色(白)	100%脱色(白)
3 日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0.3	1.5	30.0	30.0	25.0
	脱色状態	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	黄 褐 30%脱色(白)	黄 褐 35%脱色(白)	黄 褐 100%脱色(白)	同 上	同 上
4 日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0.3	1.5	30.0	30.0	25.0
	脱色状態	緑 全長20cm	黄 緑 全長16cm	同 上	同 上	同 上	同 上	黄 褐 35%脱色(白) 生長停止	黄 褐 40%脱色(白) 生長停止	同 上	同 上	生長停止
5 日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0.3	1.5	30.0	30.0	25.0
	脱色状態	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	黄 褐 40%脱色(白)	黄 褐 45%脱色(白)	同 上	同 上	同 上
6 日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0.1	15.0	15.0	15.0
	脱色状態	緑 全長22cm	黄 緑 全長18cm	黄緑褐 全長16cm	同 上	同 上	同 上	黄 褐 45%脱色(白) 生長停止	黄 褐 50%脱色(白) 生長停止	同 上	同 上	同 上
8 日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0.05	4.0	4.0	5.0
	脱色状態	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	黄 褐 50%脱色(白)	黄 褐 60%脱色(白)	同 上	同 上	同 上
10 日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	3.0	3.0	4.0
	脱色状態	緑 全長24cm	黄 緑 全長20cm	黄緑褐 全長18cm	黄緑褐 全長16cm	黄 褐 生長停止	同 上	黄 褐 50%脱色(白) 生長停止	黄 褐 70%脱色(白) 生長停止	同 上	同 上	生長停止
12 日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	3.0	3.0	4.0
	脱色状態	緑 全長25cm	黄 緑 全長21cm	黄緑褐 全長19cm	黄緑褐 全長17cm	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上
14 日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	3.0	3.0	4.0
	脱色状態	緑 全長26cm	黄 緑 全長22cm	黄緑褐 全長20cm	黄緑褐 全長18cm	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上

註: R.C. 残留塩素 ppm.

塩素量は 14 日目になお 4.0 ppm 存在していた。

以上 2 回の実験は検体の大きさに差があるが、総合的に見ると、成長が抑制され始めるのは投入塩素量 10 ppm (2 日目の残留塩素量 0) 程度と思われる。なおこの時若干の変色が起る。検体の成長が全く停止するのは第 1 回実験では投入塩素量 100 ppm 以上 (2 日目の残留塩素量 30 ppm) 第 2 回実験では 70 ppm 以上 (2 日目の残留塩素量 30 ppm) であった。完全に白色化したのは、第 1 回実験では投入塩素量 500 ppm で残留塩素量 0.2 ppm となつた 10 日目に、第 2 回実験では投入塩素量 700 ppm で残留塩素量 30 ppm の 3 日目であった。

この成績はアオミドロの場合に相似する。

第 6 項 残留塩素のイトモに及ぼす影響

1) 第 1 実験 (検体の重量 2.0 g)。

投入塩素量 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 3.0, 5.0, 7.0, 10, 50, 100 ppm の各試料に検体を入れ, 3, 5, 7 日目に検体の脱色状態を調査した。その成績は表 19 のとおりであった。

第 19 表 重量 2.0 g のイトモについての実験成績 (第 1 実験)

日 数	判 定	塩 素 実 測 値 (ppm)										
		0	0.3	0.5	0.7	1.0	3.0	5.0	7.0	10	50	100
3 日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	脱色状態	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
4 日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	脱色状態	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
5 日目	R.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	脱色状態	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上

註: R.C. 残留塩素量 ppm.

即ち、投入塩素量 100 ppm 以下の場合にはすべて何等の変化も認めなかつた。

2) 第 2 実験 (検体の重量 2.0 g)。

投入塩素量 100, 200, 300……1000 ppm 10 種の各試料に検体を入れ, 1, 3, 5, 7 日目に検体の脱色状態を調査した。その成績は表 20 のとおりであった。

即ち、投入塩素量 500 ppm 以下 (1 日目の残留塩素量 1.8 ppm 以下) の場合は検体の脱色に異常の変化を来さなかつた。

しかるに、投入塩素量 600 ppm では 3 日目 (残留塩素量 0.4 ppm) に約 50% 脱色 (黄) し、投入塩素量 700 ppm の時は残留塩素量 2.0 ppm の 3 日目に約 50%、残留塩素量 0.2 ppm の 7 日目には 100% 脱色 (黄) した。また投入塩素量 800, 900, 1000 ppm の場合は 1 日目の残留塩素量各々 6.0, 30, 50 ppm で各 50% 脱色し、3 日目の残留塩素量各々 6.0, 10.0, 40.0 ppm の時

第20表 重量2.0gのイトモについての実験成績(第2実験)

日数	判定	塩素実測値 (ppm)									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1日目	R.C.	0.3	0.5	1.0	1.5	1.8	2.0	4.0	6.0	30	50
	脱色状態	緑	緑	緑	緑	緑	緑	緑	50% 脱色(黄)	50% 脱色(黄)	50% 脱色(黄)
3日目	R.C.	0	0	0.05	0.1	0.2	0.4	2.0	6.0	10	40
	脱色状態	同上	同上	同上	同上	同上	50% 脱色(黄)	50% 脱色(黄)	100% 脱色(黄)	100% 脱色(黄)	100% 脱色(黄)
5日目	R.C.	0	0	0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.7	6.0	40
	脱色状態	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
7日目	R.C.	0	0	0	0	0.05	0.1	0.2	0.5	0.8	35
	脱色状態	同上	同上	同上	同上	同上	同上	100% 脱色(黄)	同上	同上	同上

註：R.C. 残留塩素量 ppm.

はすべて100%の脱色(黄)を示した。

以上2回の実験を総括すると、第1回実験は投入塩素量100以下で全く変化なく、第2回実験で投入塩素量500 ppm以下(1日目の残留塩素量1.8 ppm以下)では検体に何の変化もないことが判つた。投入塩素量600 ppmで若干の変化があり、700 ppmで残留塩素量0.2 ppmの7日後に完全変色した。従つて投入塩素量700 ppm以上では完全変色させることになる。この結果はアオミドロ、金魚藻と相似している。

即ち、水中植物の葉緑素はこの程度で完全に破壊されるものと思惟される。

硫酸銅或は硫酸銅と塩素との混入の水中植物に対する効果を研究した業績^{21), 22), 28, 29), 30)}は可成りあるが、塩素と当該水中植物との関係を見たものは見当らなかつたので、著者の結果を既往文献と比較検討することは出来ない。

第4章 総括並びに結論

著者は水中動物としてオタマジャクシ、金魚及び小鯉の3種、また水中植物としてアオミドロ、金魚藻及びイトモの3種について残留塩素の及ぼす影響を研究した結果、次の結論を得た。

I. 残留塩素のオタマジャクシに及ぼす影響。

(1) 7回の実験を通じて検体に異常のないのは残留塩素量が60分後0~0.15 ppm程度の場合であつた。

(2) 投入塩素量が同一でも、検体数の多い方が同一時間の残留塩素量は小となり、検体の生存に好い影響を与えた。

(3) 塩素投入により死亡又は仮死から死亡へ移行する率は、総じて投入塩素量に比例して(当然残留塩素量にも比例して)高くなり、また投入塩素量の大きいほど早く死亡するのが認められた。

(4) 検体が100%死亡するのは投入塩素量によるよりはむしろ60分後の残留塩素量が0.2~0.4 ppm 以上の場合に見られた。

(5) 仮死状態のものはやがて死亡したが、例外的に唯1回の実験にのみ、仮死から生へ復するものを見た。

(6) 同じ水中に大小の検体を入れた場合には、検体の小なるほど塩素に抵抗性を示した。

II. 残留塩素量の金魚に及ぼす影響。

(1) 残留塩素が180分後0.01~0.05 ppm の場合はすべて検体に異常はなかつた。

(2) 60分後の残留塩素量が0.1 ppm の場合は少なくとも金魚の生存に影響を与えるように思われる。

(3) 180分後の残留塩素量0.1 ppm 程度の場合はやがてすべて死亡した。

(4) 全体として投入塩素の量に比例して死亡率は高くなり時間も短縮された。

III. 残留塩素の小鯉に及ぼす影響。

(1) 残留塩素が全く検体に影響を与えない量は、実験により非常な差があつたが、少なくとも240分後0.01 ppm の範囲では検体は安全と思われた。

(2) 残留塩素が2~3時間後0.07 ppm 以上の場合、検体は早晩死亡した。

IV. 残留塩素の水中植物に及ぼす影響。

(1) アオミドロに対しては、投入塩素量100 ppm 以下(24時間後の残留塩素量0.7 ppm 以下)では変化なく、投入塩素量200 ppm 以上(24時間後の残留塩素量 ppm 以上)の場合は何等かの脱色変化があり、塩素量に従つて脱色度を増加した。700 ppm 以上では完全に白く変色した。

(2) 金魚藻に対しては投入塩素量10 ppm 以上(2日目の残留塩素量0)で若干の変色が見られ成長は抑制された。

投入塩素量70~100 ppm (2日目の残留塩素量0~30 ppm)で成長が全く停止し、投入塩素量が増加するほど脱色の度も大となつた。完全に白色化するのは投入塩素量500~700 ppm で3日目の残留塩素量30 ppm, 4日目の残留塩素量15 ppm 程度以上の場合早晩起る。

(3) イトモに対しては投入塩素量500 ppm 以下(1日後の残留塩素量1.8 ppm 以下)では変化がなく、投入塩素量700 ppm で残留塩素量0.2 ppm の7日後に完全変色を示した。

本実験は著者が福島医科大学公衆衛生学教室に勤務中着手し、北海道大学工学部衛生工学教室に赴任後完成したものである。

本題の第1報(注入塩素量と残留塩素量との関係)及び第2報(残留塩素の水中細菌に及ぼ

す影響)は福島医学雑誌に投稿した。本論文要旨は第29回日本衛生学会総会(東京都)に於いて発表した。

稿を終るに臨み、著者が福島医科大学公衆衛生学教室在職中から引き続き現在に至るまで終始御懇篤なる御指導と御校閲とを賜わった恩師桑原麟児教授並びに御助言を頂いた本学理学部山田教授・秋山助教授に深甚なる謝意を表す。

参考文献並びに引用文献

- 1) 相沢金吾：上水試験法註解，4版，水道協会，東京，120頁，昭19(1945)より引用。
- 2) Muegge, O. J.: Physiological Effects of Heavily chlorinated Drinking Water. J. A. W. W. A., 48, 1507, 1956.
- 3) Blabaum, C. J., and Nichols, M. S.: Effect of Highly chlorinated Drinking Water on White Mice. J. A. W. W. A., 48, 1503, 1956.
- 4) 岡田弥一郎・酒井徹・洞沢勇：山口貯水池の貯水前に於ける生物調査，東京市衛生試験所報告10回，115，昭9(1934)。
- 5) 日暮忠・木村金太郎・川合角也：水産宝典，初版，養賢堂，東京，165頁，昭12(1937)。
- 6) 鯉沼萌吾：衛生学，2版，金原商店，東京，103頁，昭19(1945)。
- 7) 酒井徹・吉岡徹・川口太：薬品に対する魚類の致死限界，水道協会雑誌，104，48，昭17(1942)。
- 8) 日本薬学会：衛生試験法註解，初版，金原出版，東京，428頁，昭31(1956)。
- 9) 浜田吉三：水中毒物の応急試験，海軍軍医会雑誌，24，98，昭10(1935)。
- 10) 鶴見一之：下水道，改版，丸善，東京，全頁，昭10(1935)。
- 11) 富山哲夫：工場廃水の浄化方法に関する研究(4)，製紙工場の漂白廃液，日本水産学会誌，20，1086，昭30(1955)。
- 12) 岩沢久彰：アオガエルのオタマシヤクシに対する Para-hydroxypropiophenone の作用，医学と生物学，38，173~176，昭31(1956)。
- 13) 深堀景恵：河川浮遊生物の衛生学的研究，日本衛生学雑誌，10，66，昭33(1955)。
- 14) 村江道之・坂口平・谷口充・遠藤花子・河津博・佐野宏・村江潤夫・久保田洋二：米子市上水道水の夏期に於ける遊離塩素の消長，公衆衛生，11，37，昭27(1952)。
- 15) 時任直人：日本脳炎ウイルスに及ぼす塩素消毒の影響，公衆衛生，19，49~55，昭31(1956)。
- 16) 中田五一：水中の遊離塩素の幼虫及び卵に及ぼす影響，医学と生物，28，260，昭28(1953)。
- 17) 酒井徹・山地尙：東京市上水道村山貯水池に発生せるペリデニウムの漂白粉による影響，水産研，25，262，昭5(1930)。
- 18) 小机弘之・佐野基人：地下水甲殻類の生態に関する二三の知見，日本衛生学雑誌，10，67，昭30(1955)。
- 19) 木村慶喜：諸種薬物の河川浮遊生物に対する毒性について，日本衛生学雑誌，13，昭33(1958)。
- 20) 近藤正義：上水道に於ける原水より濾水に至る生物の消長，動物学雑誌，545，102，昭9(1934)。
- 21) 酒井徹： $CnSO_4$ 及び有効塩素の影響に依る生物の致死限界，東京市衛生試験所報告12回，189，昭11(1936)。
- 22) Matheson, D. H.: Control of Algae by chlorine and other methods in the Effects of Algae in Waters Supplies. 2nd Congress of International Water Supply Association. 27~31, 1952.
- 23) Palmer, C. M., and Poston: Algae and other Interference Organisms in Indiana Water Supplies, J. A. W. W. A., 48, 1335~1346, 1956.
- 24) 市川衛：蛙学，2版，養華房，東京，135頁，昭29(1954)。
- 25) 水道協会：飲料水の判定標準とその試験方法，両版，水道協会，東京，全頁，昭26(1951)。
- 26) 前掲(8)の388頁。
- 27) 第六改正日本薬局方注釈：3版，立川図書，東京，168頁，昭29(1954)。
- 28) 小島力：山口貯水池に於ける Tetraëdron minimum とその After-growth について，水道協会雑誌，246，33~37，昭30(1955)。
- 29) Whipple, G. C.: The Microscopy of Drinking Water, 4th, Ed. New York, 382~407, 1948.
- 30) Pearsall, W. H. & et al.: Fresh-Water Biology and Water Supply, 69~68, 1946.