

重金屬的毒性對鯉魚及吳郭魚的半致死濃度

魏彰郁·劉嘉剛

Toxicity of Heavy Metals and Its Sublethal

Effect on Common Carp and Tilapia

Chang-Yuh Wai and Chia-Kan Liu

The toxicity of mercury is the strongest one among several heavy metals which were used in this experiment. The common carp (1.5–2.0 cm in total length) and tilapia (1.0–1.5 cm in total length) would die in 275 minutes and 570 minutes respectively after they were moved into mercury solution at 1 ppm. But they would not die in Al or Fe solution at 700 ppm, when the pH value was adjusted to 6.0 with 0.1N NaOH.

Much mucus was secreted from the surface of fish body was snowed up in water after fish was put into the water which the pH value was adjusted to 11.

前 言

台灣的工業發展迅速，工廠遍地，工業廢水大量的排到河川、湖泊、大海等水域裡，造成極嚴重的污染問題，甚而為害到河川流域及沿岸地區的養殖區，使他們所蓄養的魚貝類，發生大量死亡的現象，損失極大。

重金屬常可累積於生物體內，並經由食物鏈的關係而累積在人體內，當人體內重金屬累積至某種程度之後，就會引起中毒現象，如汞中毒所引起的水俣病，鎘中毒所引起的痛痛病。因此，為了維護人體健康，保護水產生物不被毒害，建立水產用水水質基準，已成為目前最重要的課題。

鯉魚、吳郭魚對環境適應力較其他淡水魚類強，容易飼養，為一般養殖業者所樂於飼養，尤其以吳郭魚成長迅速，肉質甜美，飼養者更多，所以本試驗特別選用此兩種魚類為實驗對象，以建立水產用水水質基準。

材料與方法

一、材料準備：

取自本分所自行繁殖的魚苗，擇取身體健康，無受傷的鯉魚苗（ 1.5 公分至 2.0 公分）及吳郭魚苗（ 1.0 公分至 1.5 公分）。蓄養於水族箱內（ 90 cm × 36 cm × 45 cm ），至少一星期。每天投以人工飼料並換水，且於試驗前停止投餌。

二、試驗用藥：

選用汞鹽、銅鹽、鎘鹽、鉛鹽、鋁鹽、鎳鹽、錫鹽、錳鹽、鐵鹽、酸和鹼等物質以進行試驗，並事先配製成 1000 ppm 的原液。

三、1000 ppm 各種重金屬原液配製法：

(一)汞：取 HgCl_2 ，2.7070 g 放入燒杯內，加蒸餾水共50ml，使 HgCl_2 粉末完全溶解，再倒入2ℓ 定量瓶中，加蒸餾水至標綫，上下搖動至合均勻，再倒入2ℓ 玻璃瓶內，以便貯藏。

(二)仿(一)步驟汞的配法，按照下列各重金屬所需適當量配製1000 ppm 原液。

1 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (7.8552 g)	2 $\text{CdCl}_2 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ (4.0629 g)
3 PbCl_2 (2.6846 g)	4 AlCl_3 (9.8770 g)
5 $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (8.0988 g)	6 $\text{SnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (3.8023 g)
7 FeCl_3 (5.8143 g)	8 K_2CrO_4 (7.47 g)
9 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (66.3 g)	10 ZnSO_4 (4.9385 g)

(三)錳：由於它的半致死濃度相當低，可直接稱取試劑加水稀釋即可。

四酸、鹼的配製方法：以1N HCl 及1N NaOH 爲 H^+ 及 OH^- 之來源，並使用Broadyly-James-Corporation pH meter，測定pH 值。

五試驗方法：

(一)預備試驗：

1 取定量原液，放入1 ℓ 的定量瓶中，加水至標綫，上下搖動均勻，倒入2ℓ 的燒杯內，測 pH 值、溫度、並打氣。

2 放入5 隻經蕃養過的魚苗，紀錄24 小時、48 小時的死亡數，求得上下限。

(二)半致死試驗：

1 由預備試驗結果，可推知重金屬毒性的上下限之後，可仿預備試驗方法，取定量原液，放入1 ℓ 的定量瓶中，加水至標綫，使此溶液的濃度在上下限的濃度範圍內，上下搖動均勻，倒入2ℓ 的燒杯內並打氣。

2 放入10 隻經蕃養過的魚苗，紀錄24 小時、48 小時的死亡數。

3 每次試驗前，測定溶液之pH 值，如果pH 值低於6 或高於8 時，可用1N HCl 及0.1N NaOH 調整。

4 觀查魚中毒情形時，可用玻璃棒觸擊魚體，若確定沒有任何反應，即證明該魚已死亡，並應立即換撈取，以免污染水質。

結 果

鯉魚、吳郭魚對各種不同重金屬的24 小時、48 小時的 TLm ，如Tabel 1 及Fig.1 到Fig. 15 所示。

鯉魚、吳郭魚在pH 值3.5 的溶液裡，10 分鐘後，開始急驟游泳。45 分鐘後、吳郭魚平躺於杯底，呼吸數減少，5 小時後，鯉魚死亡。6 小時後，吳郭魚相繼死亡。

當pH 高達11 時，5 分鐘後，鯉魚鰓部略有血絲流出，並浮在水面。10 分鐘後，吳郭魚的胸鰭根部略有充血的現象。25 分鐘後，大量分泌黏液。45 分鐘後鯉魚死亡，但四小時後吳郭魚死亡。

鯉魚在 Hg 1ppm 的水溶液中，經過3 小時25 分鐘之後，懸浮於水面，偶而也做急驟的游泳，呼吸數減少，一分鐘約呼吸10 次，四小時35 分後死亡。吳郭魚則於9 小時20 分鐘後死亡。

在0.5 ppm 的 Cu 水溶液中，鯉魚在12 小時後死亡，在20 ppm 的 Cu 水溶液中，1 小時15 分鐘後，吳郭魚開始急驟游泳。3 小時13 分鐘後吳郭魚死亡，死亡後杯底有藍色的沈澱物。

鯉魚在5000 ppm 的 Mn 溶液中，3 小時30 分鐘後死亡，5 小時後，吳郭魚也死亡。

鋁、錫、鐵與 OH^- 離子易產生沈澱，在700 ppm 下對魚仍無影響，因此，不調整pH，而直接將魚放入測試（pH 值在4.5 - 5.5）。

表 1 鯉魚、吳郭魚的重金屬半致死濃度
Table 1 Median tolerance limit of common carp and tilapia on heavy metals

魚別 Kind of Fish	濃度 PPM Ion	酸鹼 pH	汞 Hg	鎘 Cd	銅 Cu	錳 Mn	鐵 Fe	鎳 Ni	鋁 Al	錫 Sn	鉛 Pb	鉻 Cr	硫酸根 SO ⁻⁴	鋅 Zn
鯉魚	24	4.03	0.24	3.30	0.31	3290	85	78.4	40	184	1.8	106	86	2.3
Common carp	48	4.20	0.21	3.04	0.29	3284	84.3	77	38.7	182	1.6	101	83	2.1
吳郭魚	24	4.09	0.31	2.40	0.34	3440	140	80	68.4	383	2.3			
Tilapia	48	4.30	0.27	2.15	0.27	3438	135	78	66.7	376	2.13			

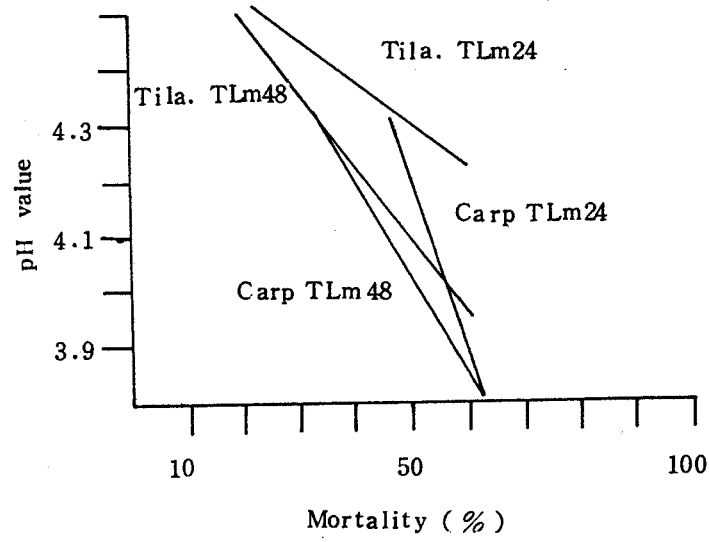


圖1 H⁺ 對鯉魚及吳郭魚的半致死濃度
Fig.1 TLm of H⁺ to common carp and tilapia.

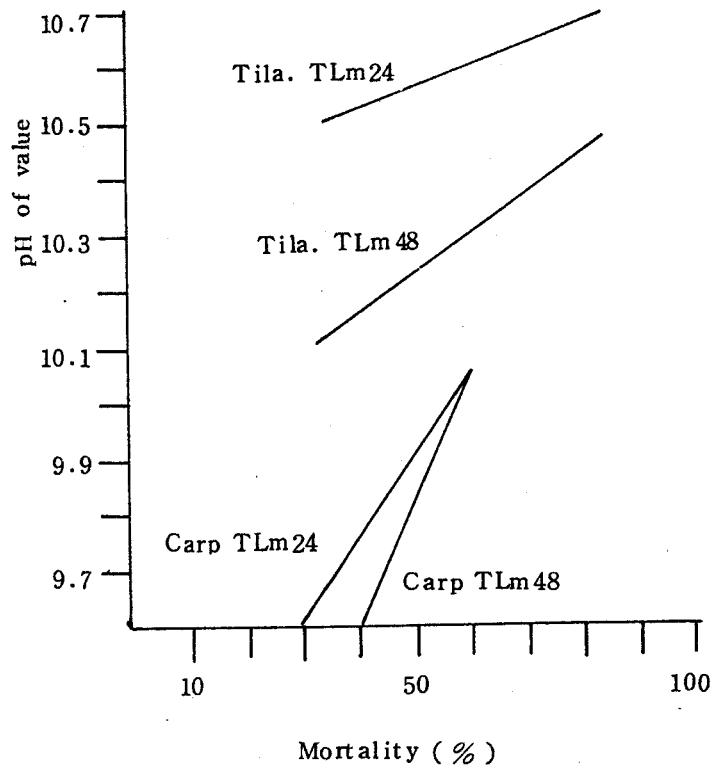


圖2 OH⁻ 對鯉魚及吳郭魚的半致死濃度
Fig.2 TLm of OH⁻ to common carp and tilapia.

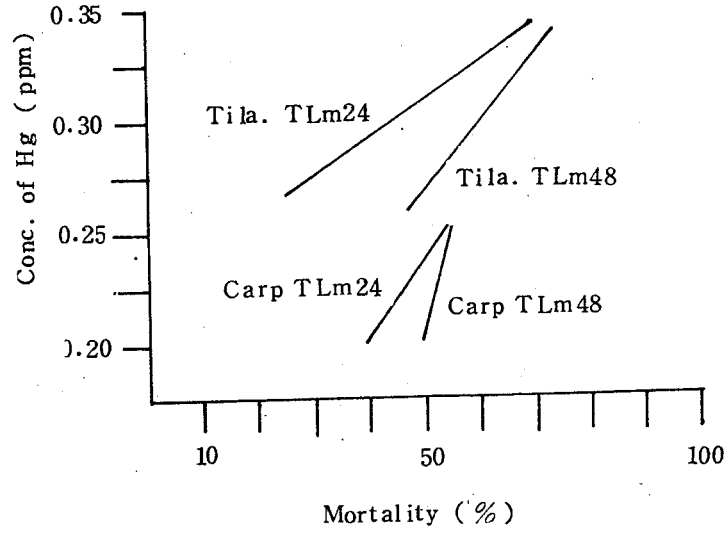


圖 3 Hg 對鯉魚及吳郭魚的半致死濃度
Fig.3 TLm of Hg to common carp and tilapia.

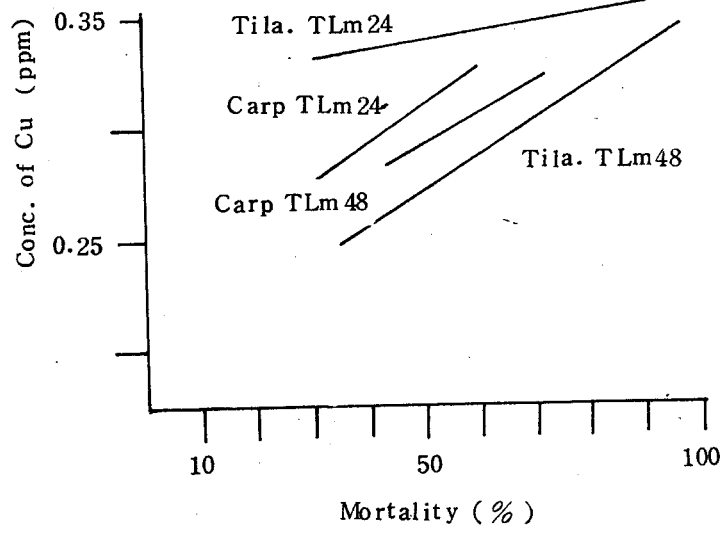


圖 4 Cu 對鯉魚及吳郭魚的半致死濃度
Fig.4 TLm of Cu to common carp and tilapia.

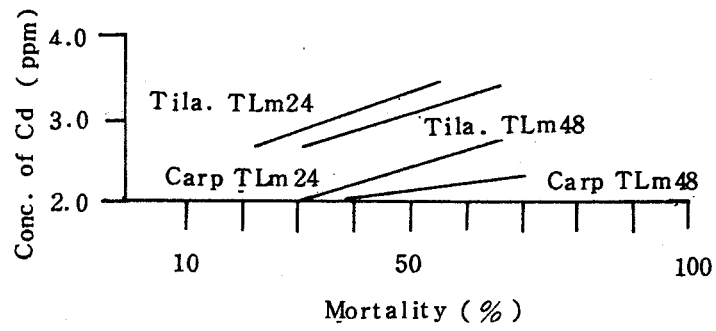


圖5 Cd 對鯉魚及吳郭魚的半致死濃度
 Fig.5 TLm of Cd to common carp and tilapia.

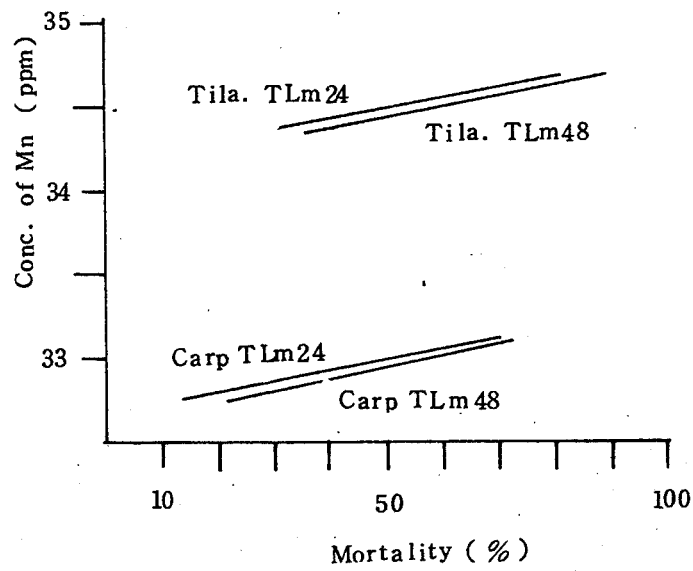


圖6 Mn 對鯉魚及吳郭魚的半致死濃度
 Fig.6 TLm of Mn to common carp and tilapia.

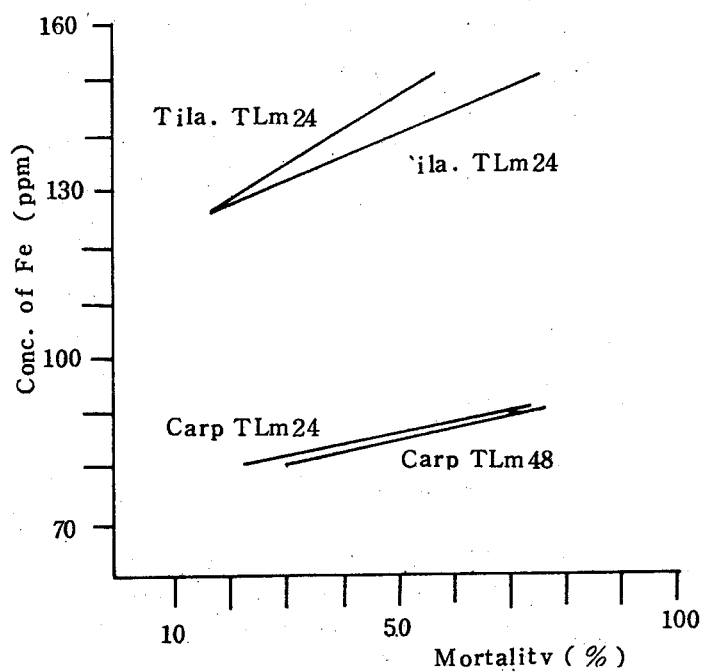


圖7 Fe 對鯉魚及吳郭魚的半致死濃度
Fig.7 TLM of Fe to common carp and tilapia.

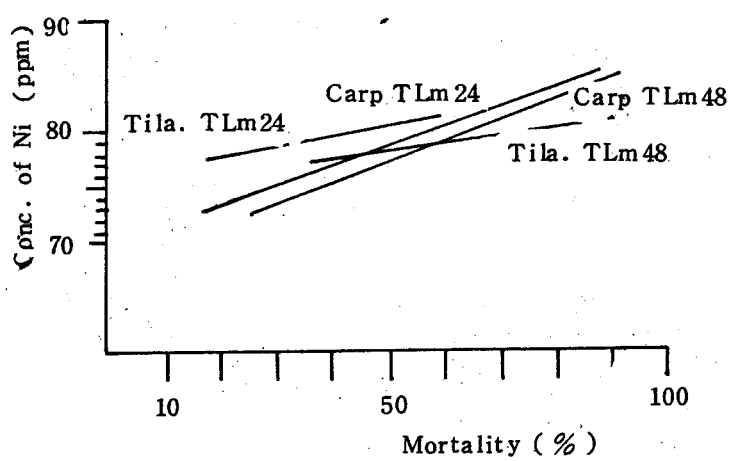


圖8 Ni 對鯉魚及吳郭魚的半致死濃度
Fig.8 TLM of Ni to common carp and tilapia.

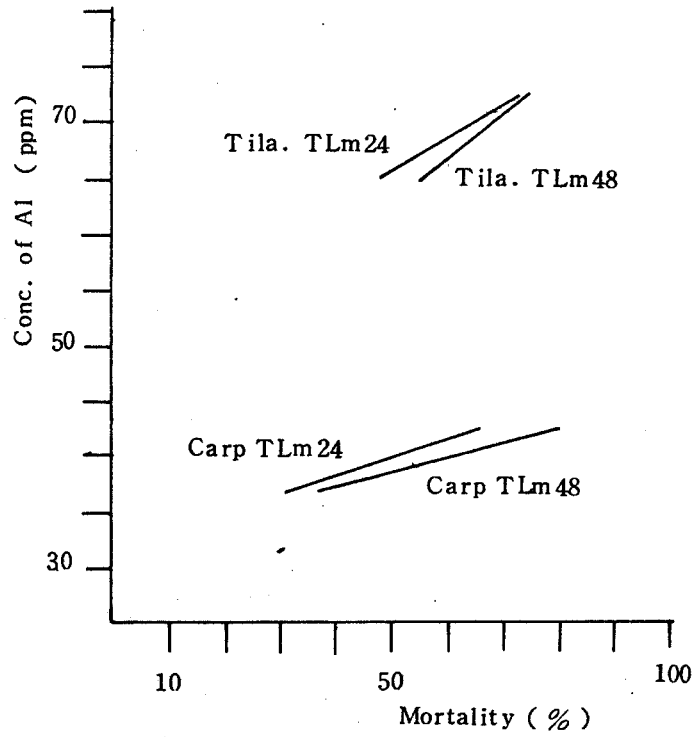


圖9 Al 對鯉魚及吳郭魚的半致死濃度
Fig.9 TLm of Al to common carp and tilapia.

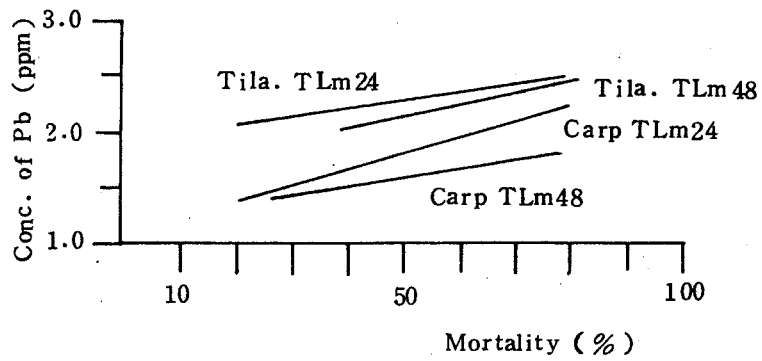


圖10 Pb 對鯉魚及吳郭魚的半致死濃度
Fig.10 TLm of Pb to common carp and tilapia.

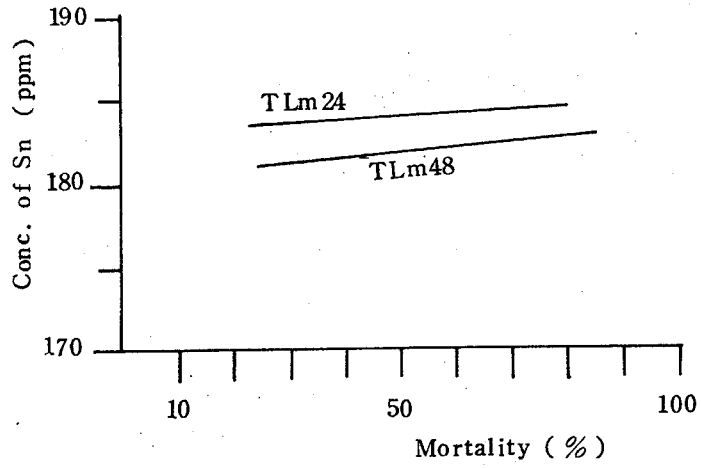


圖 11 Sn 對鯉魚的半致死濃度
Fig.11 TLm of to common carp.

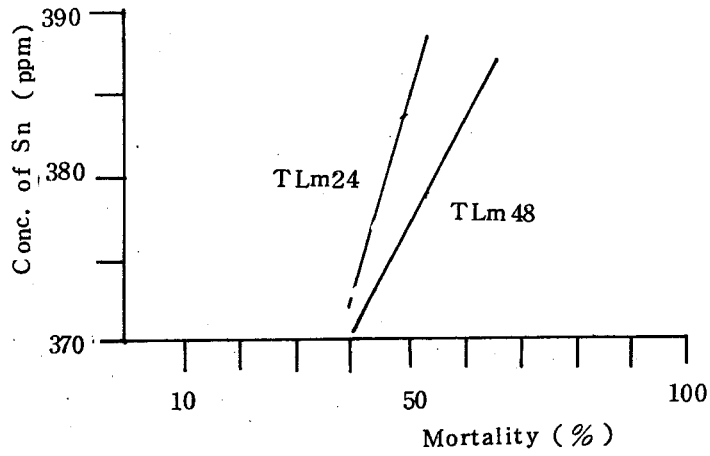


圖 12 Sn 對吳郭魚的半致死濃度
Fig.12 TLm of Sn to tilapia.

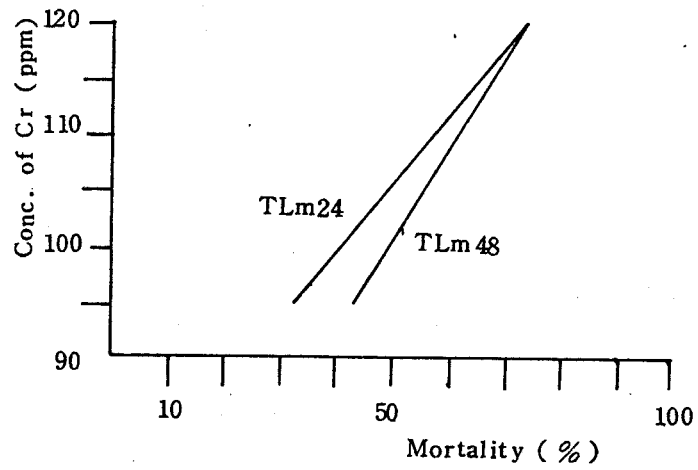


圖 13 Cr 對鯉魚的半致死濃度
Fig.13 TLm of Cr to common carp.

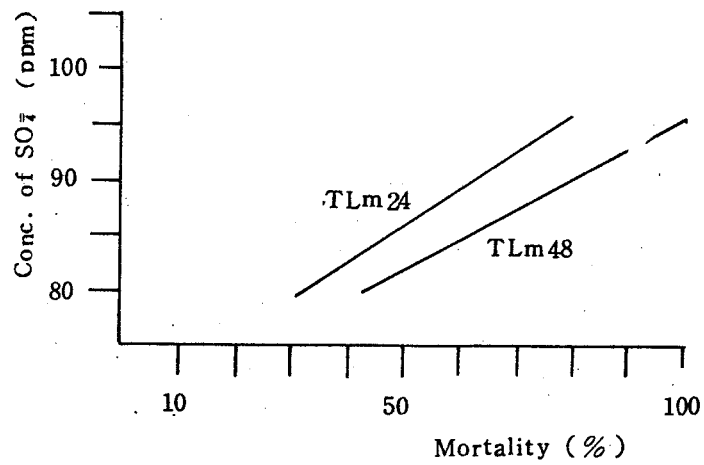


圖 14 SO₄ 對鯉魚的半致死濃度
Fig.14 TLm of SO₄ to common carp.

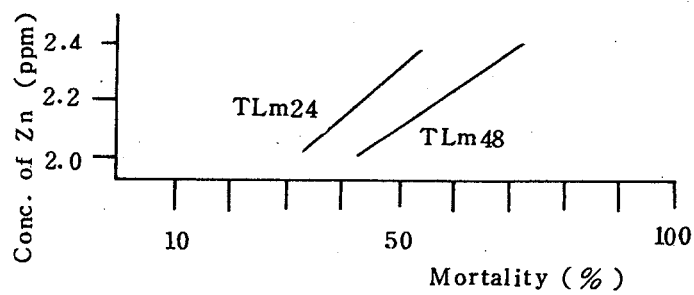


圖 15 Zn 對鯉魚的半致死濃度
Fig.15 TLm of Zn to common carp.

討 論

吳郭魚、鯉魚在強鹼下，體表大量分泌黏液，鯉魚鰓部流血，吳郭魚胸鰭充血，可顯示出強鹼對魚的分泌腺、皮膚、鰓部刺激很大，值得我們進一步深入研究。

在汞試驗中，中毒已深的魚苗，平躺於杯底身體偶有抽動、或沿蓄容器迴轉並急驟游泳，可能因體內神經系統遭受破壞所致。

鋁、鐵、錫的水溶液，pH值相當低，在4.5到5.5之間，若用OH⁻離子調整，由於他們的KSP相當低（ $Al(OH)_3 = 4.6 \times 10^{-33}$ ， $Fe(OH)_3 = 2.5 \times 10^{-39}$ ），易產生 $Al(OH)_3$ 及 $Fe(OH)_3$ 沈澱，影響水中金屬離子真正濃度，降低毒性。因此，當金屬離子達到700 ppm之後，用NaOH調整到6.0時，將魚放入，經96小時後，魚沒有死，運動力仍很強。

在此次試驗，鋁、鐵、錫的水溶液，在沒有調整pH值之下，直接測試吳郭魚，鯉魚對此類金屬離子的容忍試驗，所以在此試驗結果，無法排除pH值的影響。

但由此我們可以推測知道，Al，Sn，Fe易與水中的OH⁻結合成不易溶解且毒性低的氫氧化物。因此，它們對魚類生存的影響較小。尤其在偏鹼性的水溶液中，氫氧化物的結合更甚，更不易造成對魚的毒性。

硬度愈大，TLm則愈大，表示魚對毒性的容忍力較大⁽¹⁾，本次試驗使用水的硬度高達220 ppmCaCO₃，較一般河川、池塘均高，故吳郭魚、鯉魚對毒性的容忍力較強，TLm也較大。

由此次實驗可知，吳郭魚對毒性的忍耐力較鯉魚強，尤其以鐵為鯉魚的1.6倍，鋁為1.7倍，錫為2.1倍，Hg為1.3倍，鎳為1.4倍，銅為1.3倍。而且，在這些重金金屬中，以汞毒性最強，其次為銅，最弱為錳。

摘 要

1. 汞、銅、鋅、鎳、鉛，乃為本次試驗中，具有很強的毒性，其TLm均未達5 ppm。
2. 強鹼下，對吳郭魚及鯉魚的皮膚、鰓、分泌腺均有影響，可刺激皮膚大量分泌黏液。
3. 鯉魚24小時的半致死濃度，毒性強度順序 $Hg > Cu > Pb > Zn > Cd > Al > Ni > Fe > SO_4 > Cr > Sn > Mn$ 。
4. 吳郭魚24小時的半致死濃度，毒性強度順序 $Hg > Cu > Pb > Cd > Al > Ni > Sn > Mn$ 。
5. Al、Fe、Sn在pH調整到6.0時，700 ppm下96小時後，魚仍活著。

謝 辭

本實驗之完成，承蒙李所長之鼓勵、陳啓民先生的提供資料，以及本分所全體同仁的協助，謹致十二萬分的謝忱。

參考文獻

1. 陳建初、莊世彪、洪文慶，中國水產。325，5—18。
2. 葉樹藩，試驗統計學。7，150—162。
3. American Public Health Association (1976). *Standard Method For the Examination of Water and Wastewater*, Washington, . 14, 200—206, 886—1003。
4. 台灣省環境衛生所，(1975)。水、污水、與廢水之標準水質檢驗法。611—628。