

## 重金屬鉛在鯉魚、日本沼蝦、蜆體內之蓄積、釋放試驗

林天生 · 劉富光

### Accumulation and Elimination of Lead in Common Carp (*Cyprinus carpio*), Freshwater Shrimp (*Macrobrachium nipponense*) and Freshwater Clam (*Corbicula fluminea*)

Tain-Sheng Lin and Fu-Guang Liu

The accumulation and elimination of lead in common carp (*Cyprinus carpio*), freshwater shrimp (*Macrobrachium nipponense*), and freshwater clam (*Corbicula fluminea*) was studied. The results are summarized as follows.

1. The amount of lead accumulation in carp was greatest in the liver, and then in the intestine, gill and muscle, whether the duration of exposure was short or long. The amount of accumulation in the liver in the 10, 5 and 2.5 ppm groups of lead concentration were 520, 504 and 395  $\mu\text{g/g}$ , respectively. When the carp was moved to lead-free water, elimination in the gill was the highest, with elimination rates of 28.1%, 31.6%, and 45.2%, respectively.
2. The amount of lead accumulation in freshwater shrimp was greatest in the shell-cephalothorax, followed by shell and abdominal muscle, whether the duration of exposure was short or long. The amount of accumulation in the shell-cephalothorax in the 10, 5 and 2.5 ppm group were 811, 721 and 692  $\mu\text{g/g}$ , respectively. When the shrimp was moved to lead-free water, elimination was similar in each experimental body parts under the same lead concentrations.
3. In the short or long stocking period of freshwater clam, the amount of lead accumulation was lower in the green water group than in the ground water group. Consequently, the survival rate of the clam in green water was higher than in the ground water.
4. The elimination of accumulated lead from the bodies of common carp, freshwater shrimp, and freshwater clam was found to be difficult to deal with.

關鍵字：重金屬、鉛、蓄積、釋放。

Key words: Heavy metal, Lead, Accumulation, Elimination.

## 前 言

重金屬在生物體內的新陳代謝扮演極為重要的角色，但當其含量超過時，反而會造成毒害(Bryan, 1971)。含重金屬的廢水對生物有很大的殺傷力，水中若含過量時，會引起魚蝦貝類的急速死亡，這方面在國外已有很多研究報告(Portman et al., 1971; Rayment et al., 1964; Young et al., 1944)，但是在國內則少有報導。近年來，臺灣工業發展迅速，工廠到處林立，含重金屬的廢水也因此而急遽增加。這些含有毒性的廢水，直接或間接造成河川或地下水的污染，有些重金屬可藉由食物鏈進入人體而威脅到人體健康。例如1960年日本水俣市居民就由於食用含汞的魚貝類引起所謂的水俣病(鄭、許, 1977)，造成嚴重的社會問題。

鉛在臺灣的工業上，用途極為廣泛，如鉛蓄電池、鋼纜熱處理、塑膠加工安定劑製造、電視機映像管玻璃製造等，根據省水污染防治所六十九年的統計(李等, 1980)，本省全年鉛的使用量高達一萬二千八百餘噸，製造過程及其廢棄物的污染相當嚴重。重金屬在生物體內蓄積、殘留是經過長期累積所形成的。本試驗乃針對鉛在鯉魚、日本沼蝦、蜆等淡水魚蝦貝體內之蓄積、釋放情形加以探討以期建立水產養殖用水基準，並進一步作為改善養殖魚類產品品質及衛生的參考資料。

## 材料與方法

一、試驗用溶液是以氯化鉛( $PbCl_2$ , MERCK)配成1,000 ppm之水溶液作為母溶液(Stock solution)。

二、試驗用魚蝦貝類係選自本分所自行繁殖的鯉魚，體長為8.4~10.5 cm，平均體長9.4 cm，平均體重22.05 g。日本沼蝦是以蝦籠自魚池捕捉，體長為5.2~8.5 cm，平均體長6.5 cm，平均體重3.36 g。蜆採集自本所魚池之入水道，寬幅為2.3~2.5 cm，平均寬幅2.4 cm，平均體重3.54 g。各以水泥試驗池(1.8 × 1.2 × 1 m)蓄養，充分投餌飼育，於試驗前一天停止給餌，選取活力正常的當作試驗材料。

三、半致死濃度(TLm)之測試，首先求得其大約的全部死亡及全部存活之上下限濃度，再依一定比率配成五種濃度，以20公升圓形玻璃槽進行急性毒試驗，試驗期間充分打氣，隨時觀察魚蝦貝之死亡情形，判定死亡時立即撈取分別記錄24、48、96小時死亡尾數，依據TLm直線圖解法求出其24、48、96小時之TLm值。同時將撈取的死魚解剖，並分析其各部位之鉛蓄積量。

四、參照鉛對鯉魚、日本沼蝦、蜆之TLm 96值及臺灣省工廠、礦場放流水標準(陳, 1983)，設計各種低濃度溶液，分別以(30 × 60 × 36 cm)玻璃水槽進行蓄積及釋放試驗，蓄積試驗期間每三天充分換水一次，換水後再加入預設濃度之鉛，保持原先的設定濃度。釋放試驗期間則每三天充分換水一次，換水後不再加入鉛溶液。

1.短期蓄積、釋放試驗：蓄積試驗期間，鯉魚每隔一星期採樣一次，合計六次。日本沼蝦、蜆每隔三天採樣一次，合計各六次後，全部換成清水蓄養不再加鉛溶液。釋放試驗期間，鯉魚亦每隔一星期採樣一次，日本沼蝦、蜆則每隔三天採樣一次，合計各六次。

2.長期蓄積、釋放試驗：試驗濃度較短期者為低，蓄積試驗期間鯉魚每隔二星期採樣一次，合計六次。日本沼蝦、蜆則每隔一星期採樣一次，合計各六次後，全部換成清水蓄養不再加鉛溶液，釋放試驗期間則鯉魚、日本沼蝦、蜆各每隔一星期採樣一次，合計各六次。

五、鉛在體內蓄積量測定：在急性毒試驗，鯉魚分別取背部肌肉、鰓、肝、腸、鱗。而在短、長期試驗，則鯉魚分別取背部肌肉、鰓、肝、腸。日本沼蝦則分成頭胸部、腹部肌肉、及外殼。蜆則不

細分部位，僅去殼採肉。試料以 80 °C，24 小時烘乾後秤重，分別以鋁箔紙包覆，達一定數量再進行消化分解，將秤重後的試料裝入消化試管並添加 4 cc 硝酸 (MERCK)，以高溫加熱消化分解至液體轉為清徹透明為止，經冷卻後以蒸餾水定溶至 50 cc，再上機 ( PERKIN-ELMER 2380 型原子吸收光譜儀 ) 進行測試。

## 結果與討論

本次選用氯化鉛 (  $PbCl_2$  ) 分別進行鯉魚、日本沼蝦、蜆之急性毒試驗，試驗期間水溫 25.5 ~ 27.6 °C，硬度 210 ppm (  $CaCO_3$  )，pH 值 7.4 ~ 7.8。試驗結果，鯉魚、日本沼蝦、蜆之死亡情形如表一，鯉魚在鉛離子濃度 295 ppm 溶液中，經 96 小時後魚仍全部活存，而日本沼蝦在 190 ppm，蜆在 225 ppm 溶液中，亦全部活存。經 TLm 直線圖解法算出鯉魚、日本沼蝦、蜆之 TLm 96 分別為 343.1 ppm、271.7 ppm 及 295 ppm。魏等 ( 1984 ) 報告草魚對鉛之 TLm 48 為 221 ppm ( 體長 3.5 ~ 4.0 ppm )，余、張 ( 1988 ) 研究吳郭魚對鉛之 LC 50 為 180 ppm (  $Pb(NO_3)_2$ ，平均體長 2.72 cm )，黃 ( 1988 ) 認為七星鱸對鉛之 TLm 48 為 746.4 ppm (  $PbCl_2$ ，體長 4.5 ~ 6.2 cm )；美洲鱸對鉛之 TLm 48 為 371.5 ppm ( 體長 2.5 ~ 2.8 cm )，林、湯 ( 1989 ) 測出泥鰱對鉛之 TLm 48 為 338.4 ppm (  $PbCl_2$ ，體長 4.0 ~ 5.5 cm )，香魚對鉛之 TLm 48 為 251.7 ppm (  $PbCl_2$ ，體長 3.9 ~ 7.4 cm )。由上述這些研究報導，可發現鉛對魚蝦貝類之毒性並不很強。

表 1 鉛對鯉魚、日本沼蝦、蜆之毒性

Table 1 The toxicity of lead to common carp ( *Cyprinus carpio* ), freshwater shrimp ( *Macrobrachium nipponense* ) and freshwater clam ( *Corbicula fluminea* ).

Animals	Concentration ( ppm )	No. of survival		
		24 h	48 h	96 h
Common carp ( <i>C. carpio</i> )	260	10	10	10
	295	10	10	10
	330	10	9	8
	365	3	0	0
	390	1	0	0
Freshwater shrimp ( <i>M. nipponense</i> )	190	10	10	10
	225	9	9	9
	260	9	6	6
	295	4	3	3
	330	0	0	0
Freshwater clam ( <i>C. fluminea</i> )	155	10	10	10
	190	10	10	10
	225	10	10	10
	260	10	8	7
	295	9	7	5

在急性毒試驗期間，隨時觀察鯉魚、日本沼蝦、蜆之死亡情形，當發現中毒死亡時（以玻璃棒測試）立即撈取，分別測定其體內各組織之鉛蓄積量，由於鯉魚死亡前有徵兆（身體呈不平衡游泳），而日本沼蝦與蜆則無，所以大部分的日本沼蝦、蜆死亡時未能即時發現不予計測。因此只選取鯉魚在 365 及 390 ppm 濃度中於 12、24 小時死亡及在 260、295、330 ppm 濃度中於 96 小時仍活存者，分別測定其肌肉、鰓、肝、腸、鱗之鉛蓄積量，其結果如表二。鯉魚在鉛離子濃度為 365、390 ppm 濃度中於 12 小時死亡之個體，其各組織之蓄積量以鰓部最大分別是 3200 及 4052  $\mu\text{g/g}$ ，其次為鱗、肝、腸、肌肉。24 小時死亡之個體，蓄積量仍以鰓部為最大，其次為肝、鱗、腸、肌肉，各部位之蓄積量除鱗片有稍降外，其餘皆明顯增加。390 ppm 組鰓的蓄積量高達 10169  $\mu\text{g/g}$ ，為短期蓄積試驗對照組鰓之含鉛量 11.95  $\mu\text{g/g}$ （圖 1）的 850.9 倍。在 260、295 ppm 等較低濃度中，於 96 小時仍活存的鯉魚，其鰓部蓄積量分別為 265、277 及 296  $\mu\text{g/g}$ ，比 365、390 ppm 組 24 小時死亡之個體顯著減少，其原因可能係試驗初期，鰓及體表受鉛離子刺激而分泌大量粘液，使得大量鉛黏附於鰓及體表，而隨著時間的延長，可發現附著的含鉛粘液脫落沉澱於槽底，鰓及體表逐漸顯得乾淨亮麗，其中鱗片上附著物之脫落比鰓部早，鱗片 24 小時之蓄積量反而比 12 小時低。但由鉛去除速度而言，鰓部比鱗片快。

蜆置於 155、190、225、260 及 295 ppm 濃度中經 96 小時、9 天仍活存者，其蓄積量如表三，隨著水中鉛離子濃度愈高，蜆體內之蓄積量也愈高，但是各組第 9 天之蓄積量比 96 小時者反而有減少的趨勢。

表 2 鉛對鯉魚急性毒試驗時死亡、活存魚體內鉛之蓄積量

Table 2 Lead accumulation in the tissues of the common carp in the test for acute toxin.

Duration (h)	Concentration (ppm)	Accumulation amount ( $\mu\text{g/g}$ )				
		Muscle	Gill	Liver	Intestine	Scale
12	365	23.6	3200	483	129	905
(died)	390	40.4	4052	523	259	1998
24	365	75.4	8107	543	242	443
(died)	390	84.9	10169	743	325	510
96	260	17.8	265	303	60.6	351
(survival)	295	21.6	277	370	82.0	348
	330	23.0	296	512	95.7	371

表 3 鉛對蜆急性毒試驗時活存個體內鉛之蓄積量

Table 3 Lead accumulation of freshwater clam (*Corbicula fluminea*) in the test of acute toxin.

Duration	Concentration (ppm)				
	155	190	225	260	295
96 hrs	293	362	400	611	673
9 days	258	297	340	431	481

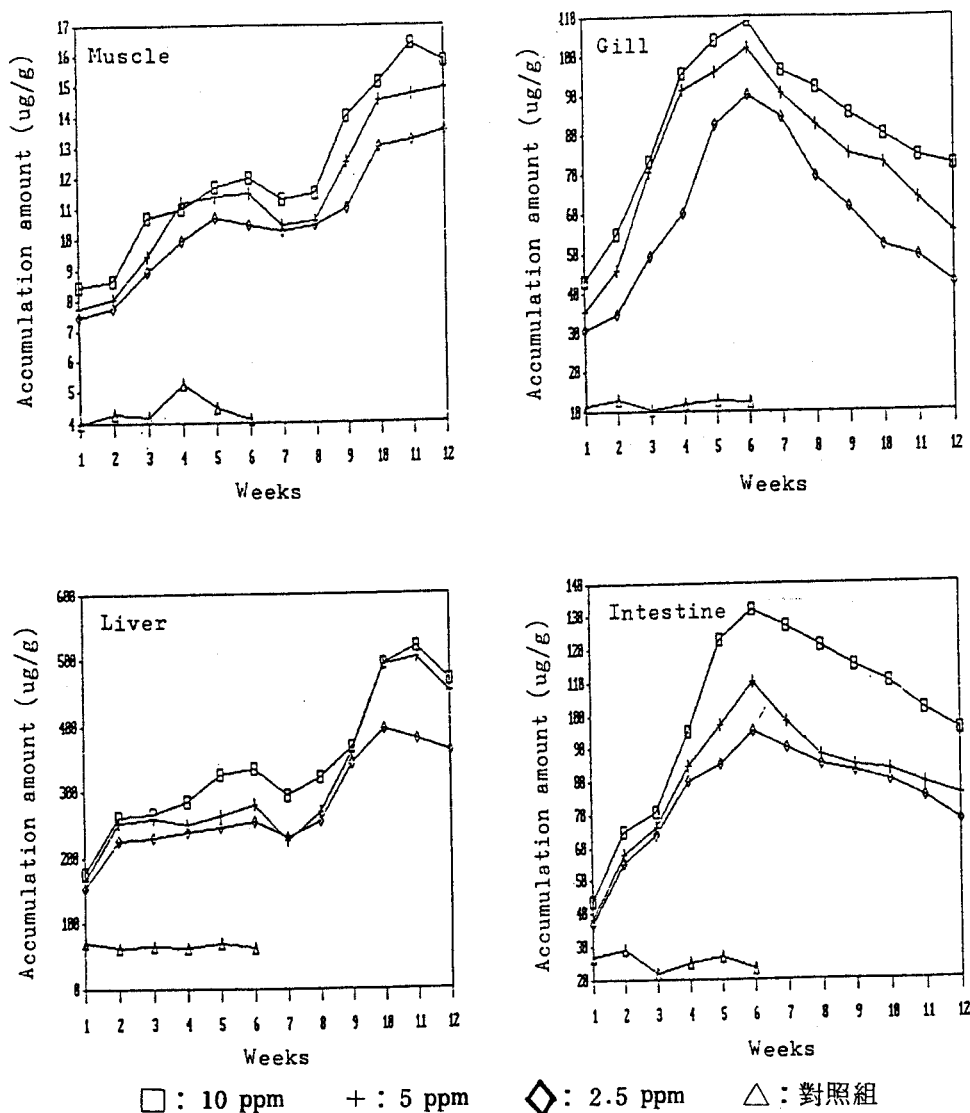


圖 1 鯉魚在不同的鉛離子濃度中飼育 6 星期及改換清水蓄養 6 星期之鉛蓄積、殘留量

Fig.1 Lead accumulation and retention in common carp exposed to water containing different concentrations of lead for 6 weeks then moved to lead-free water for another 6-week culture period.

鯉魚短期蓄積、釋放試驗：鯉魚在 10、5、2.5 ppm 三種鉛離子濃度中經 6 星期飼育後，改換成清水再蓄養 6 星期，其各組織之鉛蓄積量變化情形如圖 1。蓄積試驗期間各組織之蓄積量隨著時間的延續而增加，其中以鰓和腸的蓄積情形較急速，肌肉和肝之蓄積情形於初期較急速，之後增加速度較緩和。各組試驗之蓄積量皆以肝臟最大，其蓄積量於 11 星期時，10、5、2.5 ppm 及對照組分別是 520、504、395 及 70.4  $\mu\text{g/g}$ ，其次為腸、鰓、肌肉。試驗初期顯示鰓比腸較易蓄積鉛，但後期則相反，而在三種濃度中，腸、鰓之蓄積量無顯著差別，兩者皆於 6 星期最高，10、5、2.5 ppm 及對照組腸之蓄積量分別是 132、110、95.2、及 23.0  $\mu\text{g/g}$ ；鰓分別是 109、102、90.2 及 12.3  $\mu\text{g/g}$ 。而肌肉的蓄積量最低，於 6 星期時各組分別是 12.0、11.5、10.5 及 4.1  $\mu\text{g/g}$ 。經換成清水蓄養後，鉛的排放速度以鰓部最快，排放率於 10、5、2.5 ppm 三種濃度中分別是 33.8%、45.2

%及 52.7 %，顯示水中鉛濃度愈低，排放率愈高。其次為腸，三種濃度中分別是 28.1 %、31.6 %、29.8 %，顯然蓄積於腸內之鉛含量，在各種濃度中排放情形並無顯著差異。而肝、肌肉經清水蓄養初期，蓄積量有稍降的趨勢，但隨之又持續緩和增加，這表示蓄積於體內的鉛有逐漸向肝、肌肉移動的可能性。

鯉魚長期蓄積、釋放試驗：鯉魚在 1、0.5、0.25 ppm 三種較低鉛離子濃度中，經 12 星期飼育後，改換成清水蓄養 6 星期，其各組織之鉛蓄積量變化情形如圖 2。蓄積試驗期間，各組亦以肝臟之蓄積量最高，1.0、0.5、0.25 ppm 組於 12 星期蓄積量分別是 293、263、202  $\mu\text{g/g}$ ，其次為腸、鰓、肌肉，由蓄積量可發現鯉魚在較低濃度鉛離子溶液中，經較長時間的蓄養，體內各組織亦會大量蓄積。在 1 ppm 溶液中，經 12 星期的飼育，其腸、鰓之蓄積量分別高達 131 及 120  $\mu\text{g/g}$ ，與在 10 ppm 溶液中飼育 6 星期之蓄積量 132 及 109  $\mu\text{g/g}$ （如圖 1）並無顯著差別。經換成清水蓄養後，各

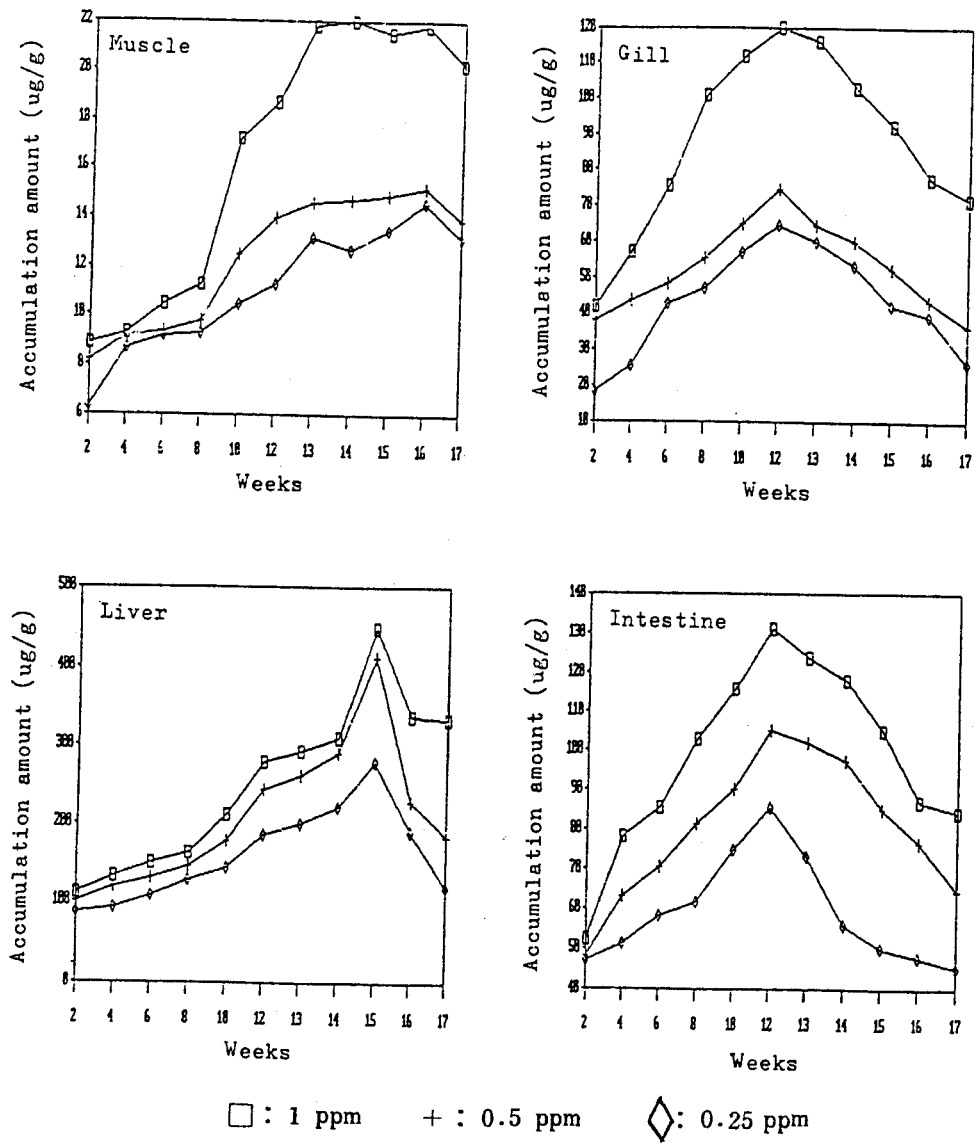


圖2 鯉魚在不同的鉛離子濃度中飼育 12 星期及改換清水蓄養 5 星期之鉛蓄積、殘留量  
 Fig.2 Lead accumulation and retention in common carp exposed to water containing different concentrations of lead for 12 weeks then moved to lead-free water for another 5-week culture period.

組織排放速度亦以鰓部最快，排放率於 1.0、0.5、0.25 ppm 三種濃度中分別是 40.1%、51.3%、及 59.2%。其次為腸，各組分別是 34.9%、36.7% 及 54.1%，顯示水中濃度愈低，其排放率愈高。肝、肌肉於清水蓄養初期仍有增加的趨勢，而後才逐漸釋出。

當水中鉛離子濃度愈高時，鯉魚各組織的蓄積量也愈高，但就濃縮因素 (Concentration factor) 而言，水中濃度愈小，濃縮因素愈大。蓄積試驗期間，各組之體內各組織的鉛蓄積量都持續增加，和池等 (1986) 指出鯉魚暴露在鎘溶液中，體內之鎘蓄積量持續增加的情形類似。從釋放試驗中鉛的排放速度及移轉情形來看，蓄積於鯉魚體內的鉛不容易完全排出。在蓄積試驗結果，各組織就試驗組與對照組相比較時，以鰓部鉛之蓄積量增加倍數最大，10 ppm 組鰓之蓄積量  $109 \mu\text{g/g}$  約是對照組  $12.3 \mu\text{g/g}$  的 8.86 倍，其次是腸、肝、肌肉，顯示水中鉛離子容易從直接與水接觸的部位進入組織內。

日本沼蝦短期蓄積、釋放試驗：在 10、5、2.5 ppm 三種鉛離子濃度中，經 18 天飼育後，改換成清水繼續蓄養 18 天，其各組織的蓄積量變化情形如圖 3。蓄積試驗期間各組織之蓄積以頭胸部最大

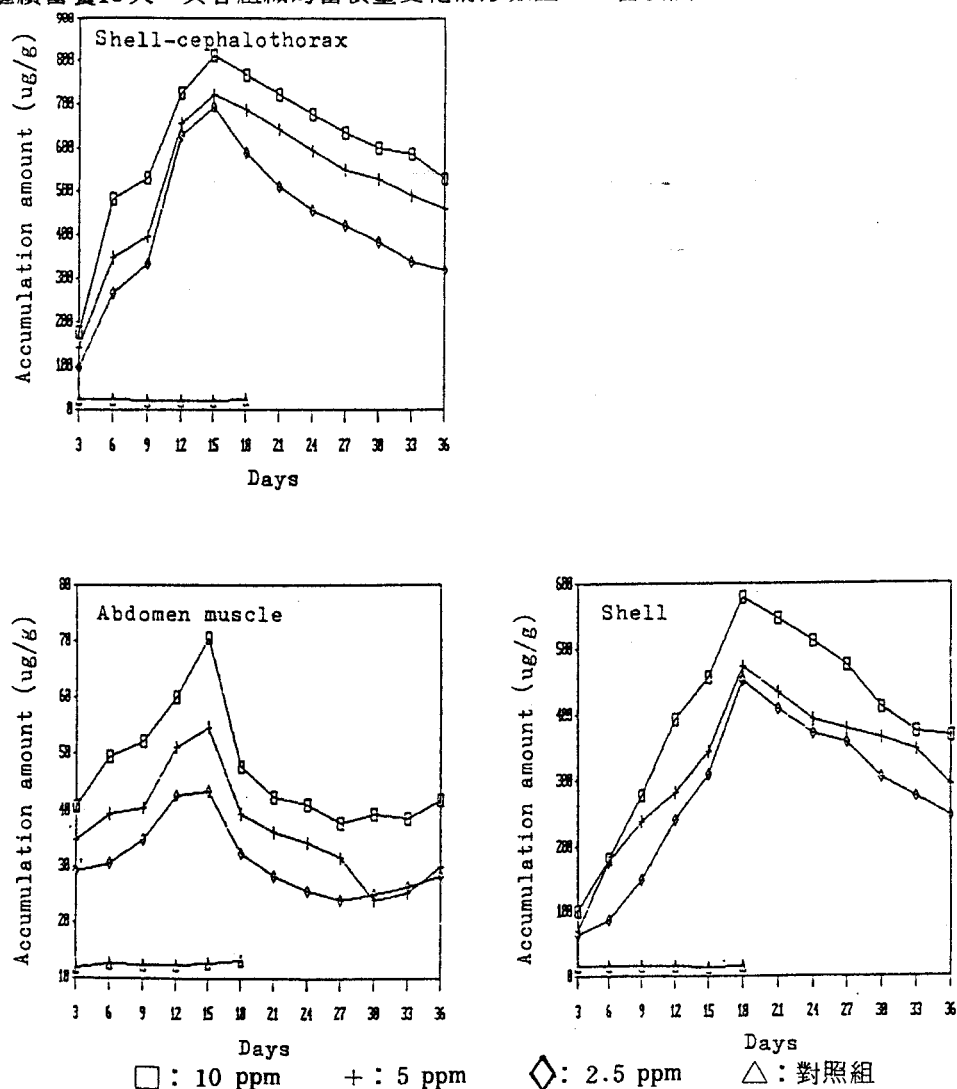


圖 3 日本沼蝦在不同的鉛離子濃度中飼育 18 天及改換清水蓄養 18 天之鉛蓄積、殘留量

Fig.3 Lead accumulation and retention in freshwater shrimp exposed to water containing different concentrations of lead for 18 days then moved to lead-free water for another 18-day culture period.

其蓄積量於 15 天時，10、5、2.5 ppm 及對照組分別是 811、721、692 及 19.3  $\mu\text{g/g}$ ，其次為殼、腹部肌肉。殼的蓄積量於 18 天達最高，各組分別是 580、474、454 及 17.0  $\mu\text{g/g}$ 。腹部肌肉的蓄積量於 15 天達最高，各組分別是 70.5、54.8、43.5 及 12.6  $\mu\text{g/g}$ 。頭胸部、腹部肌肉皆於 15 天達最高蓄積量，此後則開始呈下降的趨勢，而殼在試驗期間各試驗組皆呈持續增加的趨勢。經換成清水蓄養後，頭胸部、腹部肌肉、殼之排放率在 10 ppm 組分別是 34.9%、40.6% 及 36.7%；在 5 ppm 組分別是 36.7%、44.8% 及 38.0%；在 2.5 ppm 組分別是 54.2%、34.4%、45.8%，顯然在同一濃度下，各組織之排放速度並無顯著差異。如以水中鉛離子濃度作比較時，我們發現濃度愈低組其排放率有愈高的傾向。

日本沼蝦長期蓄積、釋放試驗：在 1.0、0.5、0.25 ppm 三種鉛離子濃度中，經 6 星期飼育後，改換成清水再蓄養 3 星期，其各組織的蓄積量變化情形如圖 4。試驗期間各組織之蓄積量乃以頭胸部最大，其蓄積量的增加幅度較短期試驗（圖 3）緩和，不過經長期飼育於含較低量鉛離子溶液中其總

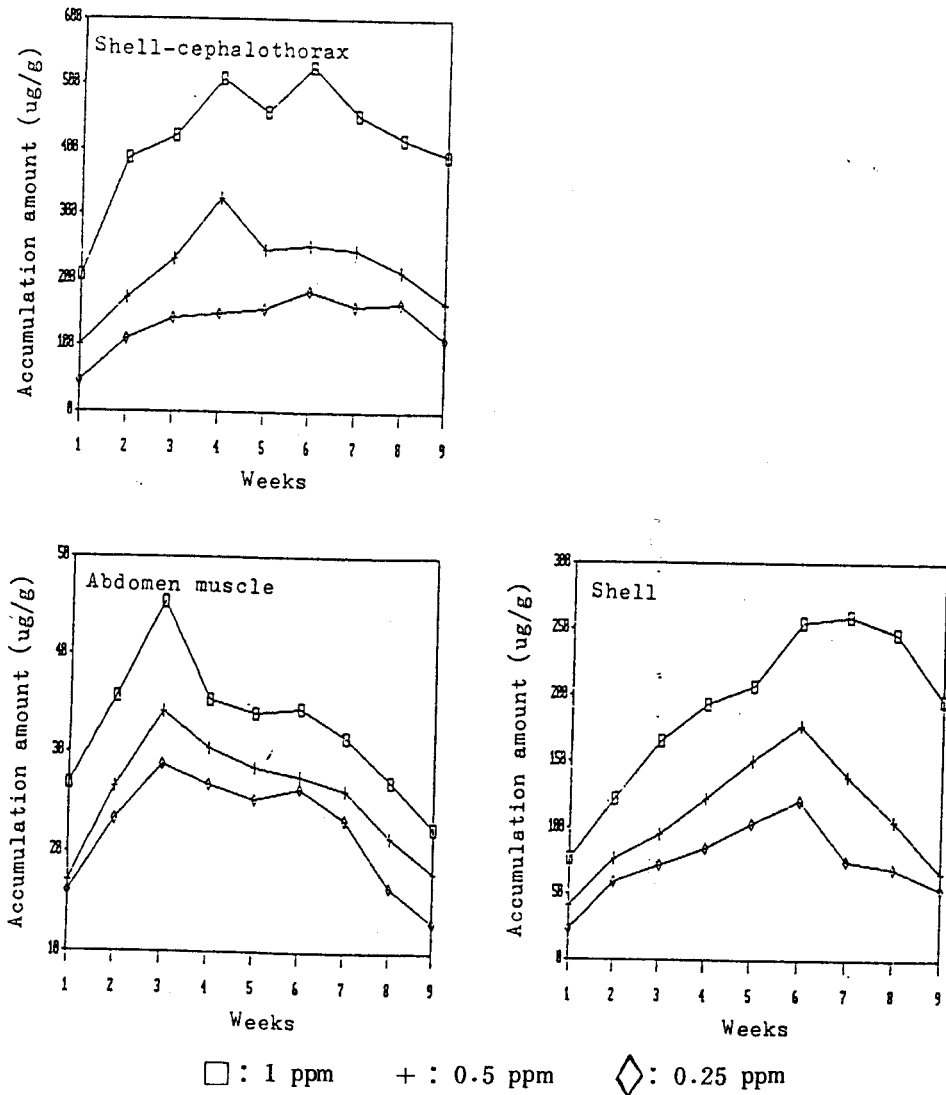


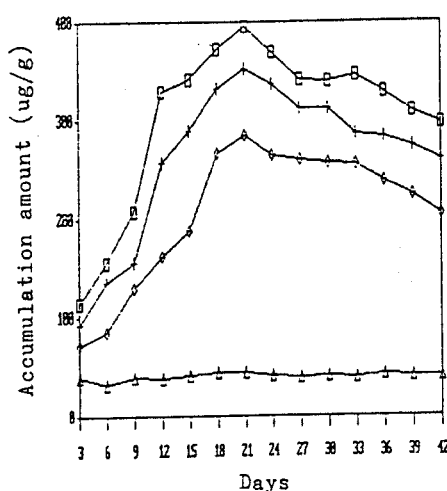
圖 4 日本沼蝦在不同的鉛離子濃度中飼育 6 星期及改換清水蓄養 3 星期之鉛蓄積、殘留量  
 Fig.4 Lead accumulation and retention in freshwater shrimp exposed to water containing different concentrations of lead for 6 weeks then moved to lead-free water for another 3-week culture period.



蓄積量也較高。1.0及0.5 ppm二組之頭胸部4星期之蓄積量高達509及324  $\mu\text{g/g}$ 。腹部肌肉之蓄積量3星期達最高後即緩和下降。外殼在蓄積試驗期間各組都持續增加，與短期試驗組(圖3)類似。經換成清水蓄養，3星期後1 ppm組頭胸部、腹部肌肉、殼之鉛排放率分別是26.0%、50.5%及24.7%；0.5 ppm組分別是49.1%、47.1%及62.5%；0.25 ppm組分別是40.3%、55.1%及55.2%。各組織之鉛排放率除1 ppm組之頭胸部、殼較低外，其餘並無顯著差異。

蜆短期蓄積、釋放試驗：試驗採用地下水及池中的綠水。地下水組經21天飼育後，換成清水蓄養21天，蜆在10、5、2.5 ppm三種鉛離子濃度中，體內蓄積量之變化情形如圖5。蜆在三種試驗濃度下，蓄積量隨著時間的延長急速持續上昇，21天後10、5、2.5 ppm及對照組體內之蓄積量分別是396、352、285及40.5  $\mu\text{g/g}$ 。10 ppm組蓄積量為對照組的9.03倍，水中鉛離子濃度愈高，其體內蓄積量也愈高。改換成清水蓄養21天後，10、5、2.5 ppm各組排放率分別是24.8%、25.9%及27.7%。顯示其排放率很低，水中鉛離子濃度愈低其排放愈高，但各組並無顯著差異。試驗結束後計算其死亡率，10、5、2.5 ppm各組分別是25%、22.5%及12.5%，顯見在較高濃度中其死亡率較高。在綠水配成10、5、2.5 ppm鉛離子濃度中，經21天飼育後，改換成清水蓄養21天，蜆體內鉛蓄積量之變化情形如圖6。蓄積量亦以10 ppm組最高344  $\mu\text{g/g}$ ，其次為5、2.5 ppm組分別是287、241  $\mu\text{g/g}$ ，顯然水中鉛離子濃度相同時，在綠水中飼育的蜆，其體內的蓄積量比地下水低，綠水中的藻類似乎具有吸附鉛離子的能力，同時，在10、5、2.5 ppm各組蜆的死亡率分別是10%、7.5%、5%。比地下水組有較高的活存率。綠水經分析後，發現以綠藻所佔比率最高達74.3%，而其中又以*Coenocystis asymmetrica*藻種類最多，其次為矽藻類、裸藻類、藍綠藻類、隱藻類，其詳細藻種如表4。經換成清水及綠水蓄養後，地下水之10、5、2.5 ppm各組之排放率分別是24.8%、25.8%、27.7%。綠水組分別是27.0%、29.3%、33.6%。

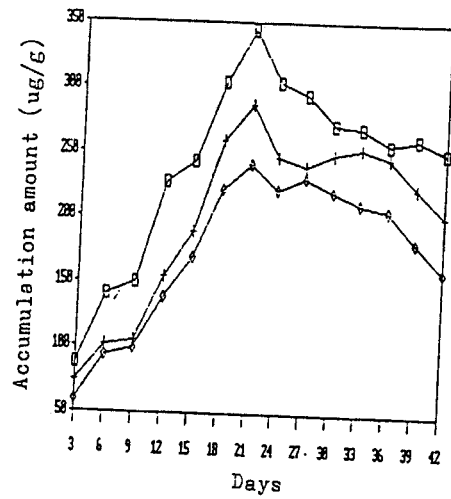
蜆長期蓄積、釋放試驗：蜆在1.0、0.5、0.25 ppm三種鉛離子濃度中，經6星期飼育後，換成清水蓄養5星期，其各組的蓄積量變化情形如圖7。蜆在較低鉛離子濃度中，經6星期飼育後，其蓄



□ : 10 ppm    + : 5 ppm    ◇ : 2.5 ppm    △ : 對照組

圖5 蜆在不同的鉛離子濃度中飼育21天及改換清水蓄養21天之鉛蓄積、殘留量(地下水)

Fig.5 Lead accumulation and retention in freshwater clam exposed to water containing different concentrations of lead for 21 days then moved to lead-free water for another 21-day culture period. (ground water)



□ : 10 ppm    + : 5 ppm    ◇ : 2.5 ppm

圖 6 蜆在不同的鉛離子濃度中飼育 21 天及改換清水蓄養 21 天之鉛蓄積、殘留量 (綠水)

Fig.6 Lead accumulation and retention in freshwater clam exposed to water containing different concentration of lead for 21 days then moved to lead-free water for another 21-day culture period. (green water)

表 4 蜆短期蓄積、釋放試驗綠水之主要藻種

Table 4 Dominant algae of the green water in the test of accumulation and elimination of lead in freshwater clam (*Corbicula fluminea*).

Species		%
綠	藻: <i>Coenocystic asymmetrica</i>	53.7
	<i>Actinastrum hantzschii</i>	4.1
	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	1.2
	<i>Chlamydomonas</i> sp.	10.9
	<i>Micractinium quadrisetum</i>	3.5
	<i>Coelastrum microporum</i>	0.9
裸	藻: <i>Euglena geniculata</i>	1.4
	<i>E. caudata</i>	2.0
隱	藻: <i>Cryptomonas ovata</i>	0.7
	<i>C. erosa</i>	0.9
矽	藻: <i>Cyclotella meneghiniana</i>	0.3
	<i>Melosira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	17.2
	<i>Nitzschia palea</i>	0.2
	<i>Navicula</i> sp.	0.2
	<i>Synedra acus</i>	0.1
藍綠	藻: <i>Aphanocapsa</i> sp.	1.9
	<i>Anabaena spiroides</i>	0.5
	<i>Oscillatoria</i> sp.	0.1
	<i>Phormidium</i> sp.	0.2
Species diversity		2.3

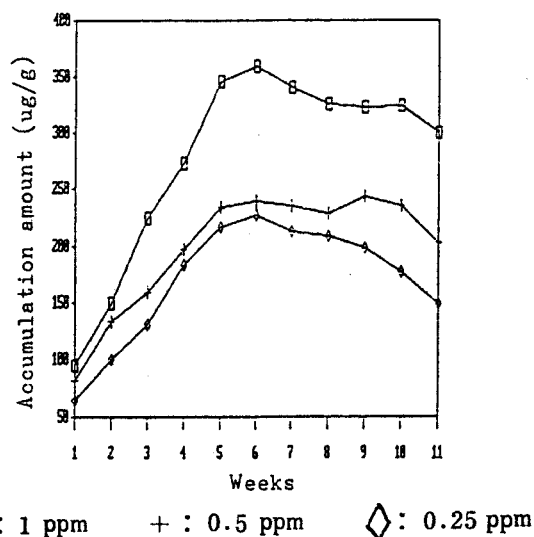


圖7 蜆在不同的鉛離子濃度中飼育六星期及改換清水蓄養五星期之鉛蓄積、殘留量(地下水)  
**Fig.7 Lead accumulation and retention in freshwater clam exposed to water containing different concentrations of lead for 6 weeks then moved to lead-free water for another 5-week culture period. (ground water)**

積量亦很高，在三種濃度中，分別是 360、240 及 229  $\mu\text{g/g}$  與短期試驗組並無顯著差異，顯示蜆在低濃度環境中經長期飼育亦可蓄積大量的鉛。改換成清水蓄養後其排放率分別是 16.4%、15.5%、34.9%。由排放率來看，蓄積於蜆體內之鉛，皆不易排出體外。短、長期試驗相比較時，其排放率大小分別為綠水組 > 短期地下水組 > 長期地下水組。

## 摘要

本試驗乃針對鉛在鯉魚、日本沼蝦、蜆等淡水魚蝦貝類體內的蓄積、釋放情形加以探討，結果摘述如下：

1. 鯉魚經短、長期飼育於含鉛溶液的水中，其體內蓄積量以肝臟最大，其次為腸、鰓、肌肉。在 10、5、2.5 ppm 組，肝臟之蓄積量最高分別達 520、504 及 395  $\mu\text{g/g}$ 。經清水蓄養後，鉛排放率以鰓部最大，分別是 28.1%、31.6%、45.2%。
2. 日本沼蝦經短、長期飼育於含鉛溶液的水中，其體內蓄積量以頭胸部最大，其次為殼、腹部肌肉。在 10、5、2.5 ppm 組，頭胸部之蓄積量最高分別達 811、721 及 692  $\mu\text{g/g}$ 。而在同一濃度下蓄積後之各組織排放率並無顯著差異。
3. 蜆經短、長期飼育於含鉛溶液的水中，綠水組蓄積量分別較地下水組低，同時其活存率也較高。
4. 蓄積於鯉魚、日本沼蝦、蜆體內的鉛，發現經清水蓄養後並不易排出體外。

## 參考文獻

1. Bryan G.W. (1971). The effects of heavy metals (other than mercury) on marine and estuarine animals. Proc. R. Soc. (Ser. B), 177, 389-410.
2. Portmann, J. E. and K. W. Wilson (1971). The toxicity of 140 substances to the brown

- shrimp and other marine animals. M.A.F.F. Shellfish Information Leaflet, No. 22.
3. Raymont, J. E. G. and J. Shields ( 1964 ). Toxicity of copper and chromium in the marine environment, International Conference on Water Pollution Research, Lond on. p.275-290. Oxford : Pergamon Press.
  4. Young, L.G. and L. Nelson ( 1974 ). The effects of heavy metals ions on the motility of sea urchin spermatozoa. Biol. Bull. Mar. Biol., Woods Hole 147, 234-246.
  5. 鄭森雄、許鐘榮 ( 1977 ). 水俣病，科學月刊，8(3)，37-42.
  6. 李錦池、張嵩林、郭錦洛、王松賓、洪正中、易國楨 ( 1980 ). 毒性污染物在臺灣的工業用途及使用量，臺灣省水污染防治所毒性污染物使用量及殘餘量調查報告，7-21.
  7. 陳建初 ( 1983 ). 水質管理，P 201，九大圖書公司出版.
  8. 魏章郁、林晏熙、劉嘉剛 ( 1984 ). 重金屬毒性對草魚及塘虱魚的半致死影響，臺灣省水產試驗研究報告，37，169-171.
  9. 余廷基、張湧泉 ( 1988 ). 重金屬及農藥對吳郭魚、鰻魚及牡蠣之半致死濃度，臺灣省水產試驗所試驗研究報告，44，187-193.
  10. 黃連泰 ( 1988 ). 一些重金屬對七星鱸及美洲鱸之急性毒試驗，臺灣省水產試驗所試驗研究報告，44，115-118.
  11. 林天生、湯弘吉 ( 1989 ). 重金屬、氰化物及氟化物對泥鰍、香魚之急性毒試驗，臺灣省水產試驗所試驗研究報告，46，127-138.
  12. 池田 生、小山次朗、尾崎久雄 ( 1986 ). カドミウム曝露コイの重金屬體內分布，日本水產學會誌，52(12)，2055-2059.