

# 重金屬影響水產生物之品質研究

\* 陳弘成、黃建發、高事宜

## 摘 要

水污染可由水質與土質之調查，配合生物體重金屬之監測而獲得更為明確的結果，尤其是生物體內各累積能力甚強之組織或器官，更為重要的生物指標之一。本研究發現文蛤的斧足、淡菜的內臟、魚體的肝及鰓、牡蠣的內臟、鰓、外套膜及空心菜之根部有極佳累積重金屬的能力，為監測必須檢驗部份。

銅及鋅在生物體內累積較多之地區，與水質中銅鋅之含量有關；而這些地區大都在已受污染之河川之出海口附近，或當地為本省有名的地下電鍍廠所在地，如安平或茄萣的二仁溪，其他如北港溪、虎尾溪及頭前溪都屬之。至於淡水河系，則應注意銅、鋅、鉛及汞之污染。

牡蠣體內含有多量的鋅及銅，也因此於1991年底及1992年初王功、台西及安平港外又有少部份輕微之綠牡蠣出現，值得有關單位重視。幸好，安平與台西之牡蠣在3月份以後即少綠變，倒是彰化的王功、新寶，雲林之口湖、馬排溝，嘉義的東石與布袋在7月時仍有部份的輕微綠牡蠣出現，而這些都與農地污染之情形似有關連，更宜注意。另外，雲林之新虎尾溪，從水質及底質之偵測中，有疑似輕微鎘污染之可能，此將再研究。

由於重金屬污染與事業或工廠廢水之排放有關，將來似應從工廠之排放水加以監測並管制，以確保沿岸水域水質之清淨。

\* 臺灣大學動物所與漁業生物試驗所

另外若養豬事業發達時，則排放的河川底泥含銅及鋅量亦顯著的增加，幸好臺灣之雨季水量極大，河川之沖失率相對提高，故底泥的金屬含量變化較大。這也是其他各養殖生物在夏季時金屬的含量較少之故。

## 一、前言

由於臺灣沿岸河口與養殖區之水域遭受工業污染已非常明顯。故近年來發生的汞魚、鎘米與綠牡蠣的事件，即可見重金屬污染之嚴重性。由於生活在污水中的魚介類能累積並調節多量的重金屬，一般言之，環境中污染物質的濃度愈高者，其體內累積的污染物質含量也愈高。亦即魚介類體內的重金屬能反映出外在環境的濃度，故多少可看出環境中重金屬的污染程度，而其累積金屬在無法立即排除時，除了產品價值不良外，一旦人長期吃入受污染之魚介類，經生物蓄積與放大效應(Biomagnificant effect)對人體健康可能造成危害。因此爲了防止重金屬污染，除了積極斷絕污染源之外，利用魚介類作爲重金屬污染之監測與預警系統，也有其必要。(陳等，1991；白與龔，1991)陳(1991)提及每種生物累積重金屬之速度不同，且各器官或組織在累積重金屬時，亦有不同的能力，因此若要由生物體內來偵知並反映環境污染的情形，應以定棲或移動性較少的生物，或具有累積能力的器官尤佳。故本研究除了土質及生物體的金屬含量調查外，爲了瞭解水質與生物體內重金屬的相關性，亦參照部份的水質資料，俾更能瞭解污染的影響與程度，以供有關單位的參考。

## 二、材料與方法

1. 生物材料之取得，係分赴各地魚塢或水域採捕或購買各種水產生物，然後放入冰筒中帶回試驗室，置入 $-20^{\circ}\text{C}$ 冰箱儲存備用，所採之生物體以牡蠣、文蛤、豆仔魚及蝦類爲主。
2. 水樣、土壤之取得，與上述者相同，但水樣採取後，將其加酸防止沉澱或附著，攜回實驗室後置入 $4^{\circ}\text{C}$ 恆溫室冷藏備用。(環保局，1985)
3. 分析方法

(1) 水樣加入APDC及MIBK濃縮分離後，再以Pye unican 900之原子吸收光譜

儀測定之，並扣除鹽度所引起的干擾而得。

(2)土樣加入1N鹽酸後，震盪分離萃取液，再以上述之光譜儀測定之。

(3)生物體即將各組織解剖或割取評量後，於常溫以 $H_2O_2$ 及 $HN0_3$ 進行硝化，並配成稀硝酸溶液，再照前法分析之。

#### 4. 殼之分析部位

取殼之前中及後端之部份，分別以A、B及C註識之。另在前中端之間分取三處以1、2及3識別之，以比較其金屬含量。

### 三、結果與討論：

吳郭魚在臺灣為淡水魚種，其養殖數量也不少，而此種魚耐力極強，且屬雜食性魚種，可做為淡水水域累積污染之監測生物。各地區吳郭魚體內重金屬之含量示於(表一)。其體內重金屬累積情形一般都是內臟與鰓部都比肌肉之含量為高。在各地中以北門之含量為最低，可當做參考值。汞本身之生物半衰期(biological half-life)極長，吸附能力也極強，毒性也極強；而鹿耳門之廢棄鹼池係有名的汞污泥儲存所致，鹿耳門的肝內含汞量仍為最多，但比起以前之0.82~2.35ppm(chen, 1991)已減低很多，是可喜的現象。倒是淡水河系的銅、鋅、汞及鉛的含量已不少；尤其是銅在肝的含量已明顯污染，另外，其之含汞量亦已明顯比其他地方略高，值得注意。

文蛤在臺灣各地，特別是北中部，都有養殖，因此，重金屬對文蛤影響及在體內累積之情形，有其研究之必要。各地文蛤中，以五條港及王功二地者有明顯的銅含量(表二)，而且其斧足與閉殼肌之含量濃度最高，雖然文蛤不是一個良好的污染指標生物，但若以斧足做為監視之用，仍極恰當。二地之含銅量較高應與虎尾污染及彰化縣之電鍍業有關。大陸產之文蛤其體內金屬含量極低，可做為參考。

在臺灣河口常有豆仔魚之蹤跡，即使在污染水域中仍能生存，此種魚不僅

取得容易，並且對污染物有極強的耐力(羅，1990)，又由於其食性屬底部有機碎屑之雜食性，因此豆仔魚為非常良好的污染指標的種類之一，尤其肝的金屬含量更能反映出外在環境的情況。在北門、麥寮等地較少污染的豆仔魚其含量極低，可見一斑(表三)。而鹿港的肝濃度在46.9ppm，應與當地排出電鍍廢水，致水質較差有關。另外，此魚在二仁溪，曾在肝中累積425ppm的銅(chen, 1992)，可供參考。

淡菜為定著性生物，國際間亦都認為其為良好的污染監視生物。由研究得知，淡菜體內之金屬含量在安平港及興達港附近魚池者，確比淡水海者為多，然而其雖有差異，但並不十分明顯(表四)，含汞量較多者在安平及淡水，其量雖低且無消費者的健康問題，但仍宜及早注意。淡水外海的淡菜在將來八里放流管排放後，應可做為監視的生物。另外，淡水、沙崙的毛蟹其體內的金屬，除了鋅外，一般都以體形小者比體形大者為高(表五)，此與其單位表面積之大小及調節有關。從此表中，亦知沙崙地區之銅、鋅及汞有很輕微的污染。此現象在淡水河口的底泥亦曾被觀測過(洪等, 1989)，此兩台北縣之電鍍廠應有某種程度之關連。

鹿耳門的台鹼蓄水池內之生物含汞量(表六)，雖比一般稍高，但比起往昔達ppm之程度(楊, 1980；陳, 1988)，已經低下很多，其最高者亦不過為409ppb而已，因此此含汞底泥最好暫時不去翻動，否則極有可能造成二度污染。

環境污染之偵測可從水質或底質加以調查，亦可由生物體內之累積量反映出，這是大家已公認之事實。表七為汞、銅及鋅較為污染之地區，至於興達魚的鋅及鉛則可做為對照參考，這些地區應與河川有污水排入或有事業廢棄物掩埋場或有含有污染者有關。其實以目前在各出海口或河口水質調查即多少可看出污染之真正情形。從省環保處(1991)之研究得知頭前溪、淡水河、北港溪及二仁溪其銅、鋅含量都較高，再加上台南、彰化及北縣為全省有名之電鍍場，因此導致新竹、鹿港、王功、口湖、台南、安平及茄萣之生物體特別是牡蠣體

內重金屬含量偏高，非常吻合。

貝類中牡蠣累積金屬之能力極強，它普遍在臺灣之沿岸或河口大量養殖，為主要魚產品之一。再加上牡蠣為定棲於固定水域，常可累積水體污染物之數千倍(陳與林,1988)，可容易反映環境污染情形，是本省極佳之污染指標生物。表八為牡蠣體內含鋅量較多的地區，陳東石可當為對照區以外，其他各地均與河口、港口之污水有關，因此要維護臺灣地區水質的清淨，河川整治及工廠之污水處理與排放管理辦法必須落實。1991年底到1992年1月綠牡蠣又在王功、台西及安平港外發生(表九)，由於產色輕微，部位不大，且金屬含量不是太高，再加上有些仍然正常，故較不受注意，然而這仍是一個警示作用，值得有關單位重視。

茲以台西為例，其綠變牡蠣主要出現在10月~2月，到3月時，其體內的含銅量已減少很多，但仍有少部份為綠色者(表十)。至於在今年5月到7月，則體內各組織之含量已減至40ppm以下，雖有很淺的綠色斑粒在外套膜，但已不明顯。至於體內之含鋅量亦有相似之情形發生。

以往綠牡蠣皆發生於冬季，到達夏季時，其含銅量減少，綠變牡蠣亦無發生，如台西地區。但今年即使在7月份，仍在彰化及雲林少數地區很明顯的發現到極為淡色的綠牡蠣(表十一)，此與目前之農地污染情形非常相似。至於嘉義縣的東石與布袋亦偶有發生，只是較上述二地不明顯且時間較短而已。今年之綠變牡蠣發生之時期較長，且地區較大，值得注意。

另外，到七月底已無綠變牡蠣之地區，除台西外，尚包括安平、芳苑及新虎尾溪等地，如表十一。但值得注意的是新虎尾溪之牡蠣雖無銅與鋅之嚴重污染，但含銅量卻較其他地區為高，如口湖、馬排溝或安平、芳苑等地(表十二)，而其底泥亦多達0.15ppm(表十三)，此與省環保處調查河川出海口監視站各種重金屬之濃度以新虎尾溪之含銅量高，似有關連。

綠變牡蠣何以在冬季較易發生，應與下列數種理由有關。**1.**冬季時乾旱無

雨，故河川之重金屬無尤稀釋，導致濃度增加，這也是每年夏季時，綠變牡蠣又沒發現的主要原因。2.冬季時，東北季風強烈，故將沿岸或河口之沈積底泥又再次攪起懸浮，致被牡蠣吸收。3.冬季水溫較低，，牡蠣之代謝與血液循環作用減低，故累積在鰓與外套膜之金屬較難被移送到其他組織，因此，鰓與外套膜即為最明顯之綠變部位(陳與林,1988)。

同一地區牡蠣體內重金屬之含量似應相同，然而實際上卻有相當大的差異(表十四)。亦即同一地區有些地區已有綠變之現象，有些尚屬正常。此種差異經推測應與個體大小、棚架位置、懸掛深度、水中金屬濃度、懸浮顆粒；藻體多寡及牡蠣累積與排出之能力有關。銅與鋅在體內累積之含量約略有成正相關之關係存在，至於其他金屬間的關係則不明顯。而鎘與汞在體內累積之含量仍以鰓為最高，鉛則較不易累積，且部位之差異亦不明顯。為了瞭解殼中金屬含量是否能反映出牡蠣體內之含量，且探討金屬在殼的不同部位之分佈，故分析不同部位殼的金屬含量，其結果如表十五所示。得知各部位之差異，除了汞外都極大，且最前端的殼之金屬含量與體內之含量並不一致，亦無任何相關。故知水中的金屬濃度變化並不規則，且可推測出牡蠣的累積與排除都極快速，才有如此不規則之現象。以前曾報導銅與鋅在體內之半衰期約在2星期以內之結論相符合(陳與林,1988；韓,1991)。也因此以牡蠣來推測是否有金屬之污染，尚需進一步的改進與研究。

到目前為止，臺灣中部地區經由水質、底質及牡蠣體內累積重金屬之含量觀之，一些遭受輕微重金屬污染河口與沿岸地區，已大略瞭解。其原因與工廠廢水、地下電鍍廠廢水、養豬廢水、廢五金處理場之廢水與垃圾掩埋場滲漏水之排放有關。為了瞭解其真正排放廢水的場所，並加以管理監控，將來似應對這些事業單位之排放廢水加以定時分析其重金屬之含量，以保護沿岸或河口之水質。

表一 各地吳郭魚體內重金屬含量

Concentration(ppm)		Cu	Zn	Cd	Pb	Hg
布袋	Muscle	0.67	20.7	n.d.	n.d.	n.d.
	Gill	1.33	33.2	n.d.	n.d.	n.d.
	Viscera	2.17	22.6	n.d.	4.15	n.d.
台南市	Muscle	n.d.	22.1	n.d.	n.d.	n.d.
	Gill	3.30	30.1	n.d.	n.d.	n.d.
	Viscera	10.70	29.4	n.d.	n.d.	0.020
北門	Muscle	n.d.	9.9	n.d.	n.d.	n.d.
	Gill	1.30	22.6	n.d.	2.60	n.d.
	Viscera	4.90	17.6	n.d.	n.d.	0.020
永安	Muscle	0.40	9.3	n.d.	n.d.	n.d.
	Gill	0.80	18.8	n.d.	n.d.	n.d.
	Viscera	5.20	20.6	n.d.	n.d.	0.040
鹿耳門	Muscle	0.84	15.15	n.d.	2.67	0.035
	Gill	1.02	24.05	0.03	3.60	0.016
	Liver	18.41	25.75	n.d.	13.51	0.388
	Scale	2.37	76.13	0.74	10.06	0.016
福和橋	Muscle	4.10	29.31	n.d.	8.82	0.026
	Gill	4.79	30.72	n.d.	14.95	0.015
	Liver	182.39	66.72	n.d.	27.59	0.037
	Scale	3.90	128.88	n.d.	12.17	0.006
沙崙	Muscle	1.31	31.29	n.d.	2.33	0.100
	Gill	4.94	75.87	n.d.	16.64	0.124
	Liver	148.98	36.64	n.d.	5.94	0.143
	Scale	1.62	62.22	0.04	12.75	0.015



表二 各地文蛤之重金屬含量

			Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
麥寮	鰓		2.86	30.81	4.76	12.56	10.14
	外套膜		1.63	31.78	1.24	3.94	4.54
	內臟		1.78	14.39	0.77	1.72	4.32
	閉殼肌		2.66	13.27	4.88	8.53	11.90
	斧足		2.19	n.d.	3.82	12.15	9.80
北門	鰓		12.20	115.06	n.d.	45.86	54.94
	外套膜		2.50	26.18	n.d.	7.69	6.91
	內臟		1.47	14.64	n.d.	3.39	8.13
	閉殼肌		4.44	15.48	n.d.	16.69	40.00
	斧足		3.47	32.72	n.d.	13.04	15.63
五條港	外套膜		8.70	15.72	n.d.	—	80.19
	內臟		5.19	12.76	n.d.	—	33.88
	閉殼肌		26.78	n.d.	n.d.	—	n.d.
	斧足		20.62	n.d.	n.d.	—	n.d.
王功	外套膜		7.04	1.36	n.d.	—	70.26
	內臟		4.20	9.98	n.d.	—	141.30
	閉殼肌		19.33	n.d.	n.d.	—	80.31
	斧足		21.59	n.d.	n.d.	—	n.d.
台西	外套膜		1.29	21.50	n.d.	2.26	5.11
	內臟		0.19	20.77	n.d.	1.69	3.72
	閉殼肌		0.19	14.22	n.d.	6.71	7.33
	斧足		0.22	22.01	n.d.	4.19	3.15
大陸	鰓		1.32	25.92	0.73	3.00	6.02
	外套膜		1.31	11.29	0.65	1.53	6.69
	內臟		2.29	11.75	0.42	0.87	3.81
	閉殼肌		0.57	9.34	0.58	1.62	7.08
	斧足		0.46	13.70	0.60	2.02	4.43

表三 各地重豆仔魚之重金屬含量

		Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
鹿 港 鯧	鯧	5.23	19.58	n.d.	—	24.32
	肌肉	5.68	1.62	n.d.	—	16.24
	肝	46.91	55.43	n.d.	3.25	85.28
	鱗片	7.87	40.99	n.d.	—	20.19
台 西 鯧	鯧	1.14	33.74	n.d.	17.61	4.66
	肌肉	0.90	12.39	n.d.	1.09	2.48
	肝	1.38	84.04	n.d.	17.15	25.82
	鱗片	6.66	66.26	n.d.	11.83	4.67
麥 寮 鯧	鯧	0.32	35.14	n.d.	5.16	2.97
	肌肉	0.29	10.60	n.d.	1.18	2.68
	肝	1.59	68.91	n.d.	23.67	14.94
	鱗片	0.83	60.68	n.d.	12.84	1.70
北 門 鯧	鯧	2.34	27.86	0.05	6.38	5.73
	肌肉	1.13	10.35	n.d.	1.87	8.98
	肝	6.33	23.26	n.d.	14.06	25.25
	鱗片	2.05	57.51	0.68	9.41	4.50
西 港 橋 鯧	鯧	1.79	26.47	1.74	9.79	3.49
	肌肉	1.13	21.89	0.88	2.71	10.95
	肝	2.46	30.43	1.52	2.18	12.17
	鱗片	2.47	45.52	2.63	18.35	3.75

表四 各地淡水體內之重金屬含量

		Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
安平港	鰓	2.35	37.39	4.09	18.47	52.45
	外套膜	2.24	20.67	1.09	3.45	78.06
	內臟	7.98	32.68	1.32	6.43	22.51
	閉殼肌	1.74	47.32	1.85	8.33	23.66
	斧足	3.39	22.19	6.21	18.77	18.94
布袋港	鰓	1.17	8.86	0.50	1.32	5.34
	外套膜	1.28	8.49	0.24	0.56	4.52
	內臟	2.25	13.76	0.28	1.03	13.53
	閉殼肌	2.26	25.17	0.36	0.82	13.23
	斧足	3.37	9.60	2.55	8.12	16.38
興達港	(1)	2.42	16.79	n.d.	1.74	n.d.
	(2)	1.95	14.38	n.d.	0.51	n.d.
	(3)	4.29	15.09	n.d.	0.40	n.d.
淡水	鰓	0.98	9.20	0.58	1.00	28.69
	外套膜	2.63	6.80	1.11	0.31	44.94
	內臟	2.57	12.74	0.45	0.97	26.23
	閉殼肌	0.52	9.44	0.44	0.57	44.46
	斧足	1.44	4.62	2.44	2.02	77.32

表五 淡水沙崙的毛蟹重金屬含量

Carapace length	Tissue	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
大 5.0cm	鰓	41.17	7.71	n.d.	7.69	16.83
	肝	26.01	63.57	n.d.	8.95	13.04
	殼	6.43	7.02	1.32	25.29	2.87
中 3.5-4.0cm	鰓	60.53	3.63	n.d.	18.62	34.38
	肝	24.32	51.64	n.d.	1.53	17.59
	殼	15.95	7.31	n.d.	36.27	7.14
小 2.0cm	鰓	132.43	n.d.	n.d.	41.76	58.20
	肝	26.59	19.94	n.d.	12.35	16.36
	殼	10.64	5.17	n.d.	34.77	23.53

表六 鹿耳門各生物之重金屬含量

		Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
滕 壺	(大)殼	1.33	7.05	0.20	0.91	5.14
	肌肉	7.33	56.37	1.21	6.16	188.83
	(小)殼	2.31	3.48	0.21	0.64	5.18
	肌肉	14.52	87.34	1.44	5.65	206.72
絲 藻		1.41	39.85	n.d.	3.98	100.14
		0.58	4.87	0.39	1.65	30.43
		0.44	5.53	0.29	0.97	22.11
石 蓴		0.56	5.39	0.42	1.91	48.87
		1.13	8.93	0.55	1.74	84.19
		1.54	15.47	0.42	2.62	409.02
毛 蟹	鰓	65.22	35.75	n.d.	25.92	124.22
	肌肉	20.68	86.48	n.d.	20.76	199.00
	殼	12.50	54.83	4.52	79.66	95.24
吳 郭 魚	鰓	1.02	24.05	0.03	3.65	16.32
	肌肉	0.84	15.15	n.d.	2.67	35.21
	肝	18.41	25.75	n.d.	13.51	388.35
	磷片	2.37	76.13	0.74	10.06	16.04

表七 各地底泥之重金屬含量

	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
鹿耳門	8.91	55.77	3.09	13.96	144.00
高雄港內	111.90	181.20	2.83	58.83	169.83
高雄港外	12.14	102.14	2.83	45.17	26.98
鳳鼻頭附近	10.64	90.00	2.83	40.61	43.64
將軍溪(1990)	132.00	267.00	0.87	4.95	340.00
(1991)	35.00	36.70	0.68	65.00	82.00
興達魚池	28.90	31.10	n.d.	9.40	—

表八 牡蠣體內銻量已受污染之地區

	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
三條崙 鰓	95.42	268.52	n. d.	18.40	44.05
外套膜	103.26	231.14	0.97	14.23	16.35
內臟	80.64	145.40	0.26	1.64	12.61
閉殼肌	9.75	59.55	n. d.	8.91	63.96
安 平 鰓	70.05	177.92	n. d.	8.68	13.29
外套膜	96.64	174.76	0.05	8.40	9.65
內臟	35.72	66.07	0.13	2.83	7.57
閉殼肌	2.75	61.17	0.04	6.44	13.70
將 軍 鰓	22.87	211.27	n. d.	26.13	10.00
外套膜	27.32	254.64	n. d.	18.16	17.40
內臟	20.14	101.12	0.03	6.19	9.88
閉殼肌	0.82	1.29	n. d.	11.35	10.87
五條港 鰓	196.52	359.22	0.13	19.18	24.49
外套膜	222.00	333.66	0.11	14.40	20.69
內臟	104.05	159.74	0.05	7.82	14.97
閉殼肌	5.14	3.89	0.15	13.90	35.56
東 石 鰓	12.84	66.16	n. d.	14.67	16.85
外套膜	20.96	89.75	n. d.	11.14	9.48
內臟	13.31	46.76	0.17	7.25	17.65
閉殼肌	1.17	34.08	0.05	8.41	19.32

表九 牡蠣體內已有輕微綠色之金屬含量

			Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
王 功	1 鰓		388.70	360.42	0.46	5.81	15.77
		外套膜	281.70	264.90	0.32	17.70	10.94
		內臟	257.70	133.17	0.14	1.79	8.13
		閉殼肌	18.70	68.54	n.d.	1.31	66.87
	2 鰓		249.90	419.69	n.d.	7.36	10.00
		外套膜	287.50	257.96	0.15	4.15	11.28
		內臟	195.60	180.25	n.d.	4.12	14.26
		閉殼肌	22.60	93.58	1.11	0.34	5.21
	3 鰓		31.94	154.84	0.34	4.32	n.d.
		外套膜	33.30	151.73	n.d.	1.85	5.82
		內臟	37.33	131.08	0.20	1.10	13.88
		閉殼肌	2.35	28.89	0.09	3.91	6.76
台 西	1 鰓		102.19	291.62	n.d.	5.66	19.84
		外套膜	60.34	117.23	0.19	2.47	8.94
		內臟	69.54	88.42	0.27	3.96	15.87
		閉殼肌	4.21	39.03	n.d.	3.88	11.19
	2 鰓		92.65	213.37	0.53	2.88	12.21
		外套膜	158.29	264.17	n.d.	6.78	12.28
		內臟	86.76	146.48	0.25	4.95	12.85
		閉殼肌	8.69	31.45	0.91	3.06	8.31
	3 鰓		60.06	158.05	0.39	5.03	4.55
		外套膜	198.59	220.17	0.30	6.11	7.05
		內臟	90.16	92.08	0.11	1.50	10.18
		閉殼肌	9.51	38.28	0.17	3.42	7.89



續表九 牡蠣體內已有輕微綠色之金屬含量

		Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
安 平	1 鰓	160.99	272.89	2.27	8.49	9.65
	外套膜	142.77	248.90	2.19	5.77	9.32
	內臟	4.83	32.99	0.40	1.10	4.83
	閉殼肌	31.71	31.71	1.71	3.93	6.34
2 鰓	2 鰓	170.84	259.87	1.92	5.05	8.15
	外套膜	118.48	227.44	1.89	4.99	16.13
	內臟	48.78	62.01	0.51	1.66	4.71
	閉殼肌	24.44	50.27	2.61	5.99	6.91
3 鰓	3 鰓	223.06	558.59	5.22	16.59	26.79
	外套膜	215.99	777.92	8.01	14.73	34.25
	內臟	111.84	267.88	2.71	7.15	23.08
	閉殼肌	65.89	73.88	5.09	9.35	39.13
鹿 耳 門	鰓	33.58	80.52	8.18	18.77	151.52
	外套膜	20.91	72.40	2.65	4.04	157.89
	內臟	5.36	4.37	0.33	4.32	74.24
	閉殼肌	16.43	132.85	5.00	13.18	106.38

表十 台西牡蠣體內重金屬之季節變化

日期	生物組	組織	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
1991.10	牡蠣	外套膜	60.34	117.23	0.19	2.47	8.94
		內臟	69.54	88.42	0.27	3.96	15.87
		閉殼肌	9.21	39.03	n.d.	3.88	11.19
		鰓	102.91	291.62	n.d.	5.66	19.84
	牡蠣	外套膜	158.29	264.17	n.d.	6.78	12.28
		內臟	86.76	146.48	0.25	4.95	12.85
		閉殼肌	8.69	31.45	0.11	3.06	8.31
		鰓	92.65	213.37	0.53	2.88	12.21
	牡蠣	外套膜	198.59	220.17	0.30	6.11	7.05
		內臟	90.16	92.08	0.11	1.50	10.18
		閉殼肌	9.51	38.28	0.17	3.42	7.89
		鰓	60.06	158.05	0.39	5.03	4.55
1992.01	牡蠣	外套膜	65.96	76.05	0.84	2.43	6.91
		內臟	17.55	18.47	0.35	1.04	6.28
		閉殼肌	6.13	41.82	1.30	3.43	27.68
		鰓	46.81	82.72	1.29	2.36	19.04
	牡蠣	外套膜	110.49	229.52	3.02	6.93	22.39
		內臟	28.03	29.76	0.41	1.11	4.88
		閉殼肌	10.36	55.90	2.19	5.79	23.36
		鰓	109.03	184.28	2.00	4.59	259.26
	牡蠣	外套膜	126.33	203.67	3.48	15.72	35.71
		內臟	36.50	58.42	0.79	2.57	14.62
		閉殼肌	25.94	38.20	8.29	21.86	17.65
		鰓	123.79	188.39	22.66	21.72	37.04

續表十 台西牡蠣體內重金屬之季節變化

日期	生物組	織	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
1991.03	牡蠣	外套膜	36.79	40.67	0.31	0.51	3.43
		內臟	18.98	13.45	0.41	0.26	2.51
		閉殼肌	3.94	26.52	0.21	0.53	7.10
		鰓	19.00	45.31	0.46	0.81	3.86
	牡蠣	外套膜	103.52	52.57	0.44	1.76	4.89
		內臟	31.23	11.41	0.19	0.23	3.26
		閉殼肌	15.33	43.22	0.25	1.26	16.75
		鰓	75.30	90.56	0.48	1.21	8.07
	牡蠣	外套膜	61.87	75.33	0.37	0.93	4.67
		內臟	21.58	8.15	0.19	0.24	2.71
		閉殼肌	7.60	35.09	0.29	1.17	7.31
		鰓	50.00	41.70	0.32	0.32	4.31
1992.05	牡蠣	外套膜	30.13	53.93	0.12	0.35	5.86
		內臟	19.32	28.61	0.12	0.31	3.09
		閉殼肌	2.74	24.64	n.d.	0.18	12.16
		鰓	28.57	61.79	0.28	0.28	9.25
	牡蠣	外套膜	39.19	69.22	n.d.	0.45	3.75
		內臟	18.35	33.60	0.07	0.43	2.41
		閉殼肌	3.27	28.97	n.d.	0.23	5.84
		鰓	30.70	90.23	n.d.	1.16	7.75
	牡蠣	外套膜	28.90	64.91	n.d.	0.46	7.64
		內臟	14.77	46.07	0.14	0.41	4.52
		閉殼肌	4.92	21.31	n.d.	1.09	10.93
		鰓	22.01	69.78	n.d.	0.75	7.46

續表十 台西牡蠣體內重金屬之季節變化

日期	生物組	織	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
1991.06	牡蠣	外套膜	36.71	45.77	0.09	0.29	4.92
		內臟	26.76	21.61	0.09	0.24	6.24
		閉殼肌	3.61	27.86	n.d.	0.15	7.53
		鰓	43.17	93.50	0.21	0.87	5.42
	牡蠣	外套膜	38.73	56.64	0.12	0.24	3.05
		內臟	11.11	24.96	0.11	0.27	4.11
		閉殼肌	2.58	30.05	n.d.	0.70	9.39
		鰓	17.32	54.13	0.16	0.47	3.12
	牡蠣	外套膜	38.15	82.79	n.d.	0.99	4.99
		內臟	34.55	69.45	0.18	0.17	7.27
		閉殼肌	3.85	24.62	n.d.	1.03	10.26
		鰓	34.50	81.01	n.d.	1.16	7.75

表十一 1992年7月初仍有綠牡蠣之地區

地 點	生物 組	織	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)	
彰化縣 王 功	牡蠣	外套膜	69.21	54.79	0.14	0.14	6.93	
		內臟	58.93	13.32	0.22	0.31	4.44	
		閉殼肌	11.99	34.22	n.d.	0.35	8.82	
		鰓	65.28	56.53	0.14	0.43	7.17	
	牡蠣	外套膜	161.01	56.23	0.14	0.43	7.25	
		內臟	94.53	24.60	0.21	0.55	6.93	
		閉殼肌	11.16	29.60	n.d.	0.49	8.09	
		鰓	233.43	110.75	n.d.	1.50	14.93	
	牡蠣	外套膜	65.82	72.52	n.d.	1.15	7.70	
		內臟	31.06	29.51	0.46	0.13	4.06	
		閉殼肌	9.82	28.83	n.d.	0.92	10.22	
		鰓	55.11	83.91	n.d.	1.86	7.74	
	新 寶	牡蠣	外套膜	129.21	217.50	n.d.	0.32	8.03
			內臟	28.51	67.06	0.16	0.25	2.48
			閉殼肌	8.51	32.78	n.d.	0.41	10.37
			鰓	102.46	260.00	n.d.	0.31	7.69
雲林縣 口 湖	牡蠣	外套膜	199.75	48.28	0.12	1.23	12.32	
		內臟	94.23	18.28	n.d.	0.19	4.85	
		閉殼肌	19.47	30.35	n.d.	0.72	5.97	
		鰓	155.29	29.83	0.24	0.16	3.98	
馬排溝	牡蠣	外套膜	109.97	229.90	n.d.	0.64	16.08	
		內臟	42.07	79.83	0.17	0.33	5.54	
		閉殼肌	9.59	26.42	n.d.	0.16	4.86	
		鰓	143.88	306.12	n.d.	2.04	25.51	
臺 義 縣 東 石	牡蠣	外套膜	118.43	149.34	0.30	0.20	10.09	
		內臟	114.19	189.56	0.34	0.45	11.35	
		閉殼肌	9.34	29.24	n.d.	0.49	24.57	
		鰓	93.35	166.30	0.22	0.22	11.09	
布 袋	牡蠣	外套膜	76.92	112.28	0.11	0.46	11.48	
		內臟	23.33	39.85	0.13	0.09	4.48	
		閉殼肌	7.12	26.74	n.d.	n.d.	17.36	
		鰓	56.23	122.86	0.24	0.24	8.68	

表十二 1992年7月初已無綠牡蠣存在之地區

地 點	組 織	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
安 平	外套膜	6.93	28.90	n.d.	0.12	5.88
	內臟	4.91	15.69	0.12	0.12	3.99
	閉殼肌	3.65	21.53	n.d.	0.36	9.12
	鰓	8.31	46.91	n.d.	0.33	8.14
芳 苑	外套膜	12.78	38.35	0.16	0.75	7.52
	內臟	9.39	22.14	0.31	0.45	3.82
	閉殼肌	4.22	22.15	n.d.	0.42	10.55
	鰓	19.47	144.74	n.d.	1.05	26.32
新虎尾溪	外套膜	8.78	22.80	1.05	0.66	3.28
	內臟	10.52	23.52	1.33	0.27	4.42
	閉殼肌	3.67	16.53	0.20	1.22	15.31
	鰓	14.03	35.06	1.82	1.56	6.49

\* 其他地區，如三條崙、金湖、五條港、北門介於兩者之間，雖有綠色牡蠣，但只在外套膜而已，並不明顯。

表十三 雲林縣各溪流底泥與生物體內重金屬之含量

地 點	樣 品	組 織	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
新虎尾溪	牡 蠣	外套膜	8.78	22.80	1.05	0.66	6.28
		內臟	10.52	23.52	1.33	0.27	4.42
		閉殼肌	3.67	16.53	0.20	1.22	15.31
		鰓	14.03	35.06	1.82	1.56	6.49
口 湖	牡 蠣	外套膜	199.75	48.28	0.12	1.23	12.32
		內臟	94.23	18.23	n.d.	0.19	4.85
		閉殼肌	19.47	30.35	n.d.	0.72	5.97
		鰓	155.29	29.83	0.24	0.16	3.98
馬排溝	牡 蠣	外套膜	109.97	229.90	n.d.	0.64	16.08
		內臟	42.07	79.83	0.17	0.33	5.54
		閉殼肌	9.59	26.42	n.d.	0.16	7.86
		鰓	143.88	306.12	n.d.	2.04	25.51
新虎尾溪	紅尾蝦	鰓	66.22	33.78	n.d.	5.41	22.52
		肌肉	2.90	1.22	0.04	0.19	1.91
		內臟	335.35	364.64	n.d.	8.93	178.57
		殼	20.35	38.09	n.d.	1.73	7.22
新虎尾溪	鯔	鰓	3.30	14.32	n.d.	1.32	5.51
		肌肉	0.93	1.49	n.d.	0.28	1.73
		肝	23.74	212.95	n.d.	3.60	251.80
		鱗片	3.65	40.60	n.d.	2.03	6.76
馬公溪	底 泥	15.90	41.10	n.d.	8.25	22.50	
新虎尾溪	底 泥	34.80	56.70	0.15	6.30	15.00	
施厝寮溪	底 泥	43.20	57.30	0.15	7.20	15.00	

表十四 王功牡蠣體內各重金屬之含量

牡 蠣 組 織	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)	
甲	Mantle	281.70	264.90	0.32	7.78	10.94
	Viscera	257.70	133.17	0.14	1.79	8.13
	Adductor	18.70	68.54	n.d.	1.31	15.77
	Gill	388.70	360.42	0.46	5.81	66.87
乙	Mantle	287.50	257.76	0.15	4.15	11.28
	Viscera	195.60	180.25	n.d.	4.12	14.26
	Adductor	22.60	93.58	1.11	0.34	5.21
	Gill	249.90	419.69	n.d.	7.36	10.00
丙	Mantle	33.30	151.73	n.d.	1.85	5.82
	Viscera	37.33	131.08	0.20	1.10	13.88
	Adductor	2.35	28.89	0.09	3.91	n.d.
	Gill	31.94	154.84	0.34	4.32	6.76
丁	Mantle	61.18	188.01	0.64	4.79	n.d.
	Viscera	34.53	101.22	0.09	2.36	6.42
	Adductor	4.24	50.34	n.d.	1.94	n.d.
	Gill	83.68	211.88	n.d.	12.68	26.66
戊	Mantle	39.03	148.09	0.56	7.10	12.85
	Viscera	28.74	98.56	0.25	3.22	8.76
	Adductor	3.74	30.19	n.d.	3.95	7.16
	Gill	41.80	181.38	n.d.	38.53	58.82
己	Mantle	214.75	323.59	0.44	5.63	10.20
	Viscera	129.99	124.86	0.14	2.85	9.07
	Adductor	20.17	81.37	n.d.	3.94	10.71
	Gill	281.84	632.97	n.d.	13.64	24.67



表十五 王功牡蠣殼在不同位置之重金屬含量

牡 蠣 殼之部位	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)	
甲	A	7.15	8.62	5.25	0.71	1.67
	B	3.19	n.d.	1.58	n.d.	2.00
	C	3.19	4.39	9.97	0.68	1.50
乙	A	2.11	n.d.	3.68	n.d.	1.50
	B	3.19	0.90	12.07	0.29	1.50
	C	3.19	n.d.	3.68	n.d.	1.00
丙	A	5.35	n.d.	3.68	0.29	1.00
	B	3.19	12.16	16.26	1.85	1.50
	C	2.27	10.17	10.84	2.53	2.00
丁	A	3.73	n.d.	7.87	0.91	1.50
戊	A	3.99	13.86	12.93	1.14	1.60
己	A	2.11	n.d.	5.78	0.68	1.50
甲	1	2.03	n.d.	4.74	n.d.	1.93
	2	2.64	n.d.	9.84	0.85	1.88
	3	2.11	9.05	12.07	1.46	1.50
乙	1	4.32	n.d.	6.82	0.54	2.77
	2	2.65	n.d.	3.68	0.29	1.50
	3	2.11	2.06	9.97	0.68	1.50
丙	1	3.32	n.d.	4.60	n.d.	1.88
	2	2.54	n.d.	9.45	0.35	2.40
	3	4.60	8.29	9.72	1.32	2.47

\* A、B、C分別為殼之前、中、後端，而1、2及3則代表殼前端的左、中、右部位。

## 謝 辭

本研究由農委會補助計畫「重金屬影響水產生物之品質調查」81農建—12.1—漁—06 (3—1)所支助。研究期間得漁業處周加再先生及省環保處之張嵩林先生之支持，本研究室各位同仁之協助採樣而得完成，特此謝謝。

## 參 考 文 獻

- Chen, H. C. 1975. Some effects of heavy metals on the prawn *Palaemon elegans*. PH. D. Rthesis, University of Liverpool. 163 pp.
- 白書禎、龔國慶1991。水污染影響漁產品品質調查。農委會漁業特刊第三十號—漁業環境保護專集(五)。186頁。
- 洪楚璋、韓柏樑1991。海水中生物利用性銅與銅同化能力之研究。農委會漁業特刊第二十三號—沿岸海洋生態環境保護。
- 張嵩林等1991。臺灣沿海養殖區水質監視調查及研究。臺灣省環保處。46頁。
- 陳弘成1990。牡蠣體內銅鋅自淨消除之研究。漁產品品質研討會。33頁。
- 陳弘成1992。二仁溪污染之調查(發表中)。
- 陳弘成、林明南1988。污染地區水生生物體內重金屬含量之研究。環境保護與生態保育研討會論文專集。中國文化大學理學院，台北。198頁。
- 陳弘成、談貴堅、許桂榮1991。將軍溪水質與魚介類體內重金屬含量之研究。農委會漁業特刊第三十號—漁業環境保護專集(五)。186頁。
- 陳弘成、黃建發、黃玉霜 1992。水產物體內重金屬含量之研究。農委會漁業特刊第三十四號—漁業環境保護專集(六)。78頁。
- 衛生署環保局1985。水質檢驗法。第一冊。
- 羅錦華1991。銅對豆仔魚急性毒性及慢性影響之研究。國立臺灣大學漁業科學研究所碩士論文。95頁。