

重金屬影響水產生物之品質研究

* 陳弘成

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都有極佳累積重金屬的能力，為監測必須檢驗之部份。

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年初在王功、台西及安平港外又有輕微之綠牡蠣出現，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，倒是彰化之王功、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。在台南之安南區與雲林之新虎尾溪，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。

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。

* 臺灣大學漁業生物試驗所

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。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，係分赴各地魚塭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儲存備用。
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。
3. 分析方法：
 - (1) 水樣加入APDC及MIBK濃縮分離後，再以Pye Unicam 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) 生物體即將各組織秤量後，於常溫在 H_2O_2 及 $HN O_3$ 下分解，並配成稀硝酸溶液，再照前法分析之。

三、結果與討論

不同大小的吳郭魚，在同水域中，累積的重金屬濃度示於表1。其累積的情形，一般（除鋅外）都是以肝臟為最高，鱗片次之，鰓更低些，而以肌肉為最少。以銅言之，最高與最低之組織約可相差達200倍之多。至於鋅的累積，則以鱗片為最高，肝臟次之，肌肉為最少。其原因可能與鱗片中需要鋅的金屬有關，它也顯示肝及鱗片為相當好的檢測有否金屬污染之重要指標組織。然而值得一提的，則是不同大小體形的魚類，其累積之差異亦相當明顯。一般言之，體形愈小、愈小隻或愈年幼者其累積之濃度遠高於體形大或愈年老者。從表1不論在七股魚池或鼻頭溪的吳郭魚，都有相同的累積差異現象，此與年幼或小形魚代謝旺盛、個體單位重量之接觸面積有關。因此在監測魚體內污染物（特別是重金屬）以反映水域之是否遭受污染時，在比較上應以相同的體形大小為準，如此才能排除因個體大小所引起的差異。

同一河川中，不同河段由於廢水之流入及河口漲退潮之交替，致使各河段的金屬含量亦頗不相同，此種不同濃度的重金屬，應能在各河段的底棲生物體內的組織中，由其累積之含量而反映出，這也是本調查研究的最基本理論之依據。表2為台南七股附近之河川，由於重金屬流入之關係，致使水質之金屬含量各不相同，此時將在各河段捕獲之草蝦加以分析，得知其水中與體內之金屬含量極具密切之關係。而水質中金屬濃度之差異尚不及蝦體中組織濃度之差異，以鋅而言，其差異在鰓部可達9倍之多。故知由生物體的金屬含量應可推知其棲息環境的污染程度，同時在偵測時應以最具累積能力之組織為主要的對象，才能突顯污染之現象。

由生物體之含量檢測來推斷其所棲息的环境是否遭受污染應為正確且重要的工作。大致說來，若欲求準確，則最好以固著、定棲或移動能力有限之生物

做為檢測之材料，多年前引進之福壽螺由於其移動範圍不大，故為極恰當之生物。表3為福壽螺在不同金屬污染下的體內累積含量。在新化溪中，由於鋅量較高，故其累積量比潮州溪者為高，但潮州溪者則因養豬廢水含有較高的銅，因此體內銅之累積量較新化溪者高出5~6倍之多。由此亦知，地下電鍍廠及養豬廢水，實宜多加管理，以減少廢水之排放。

鹿耳門的台鹼蓄水池之滕壺，其體內重金屬之含量，特別是汞、銅與鋅，亦隨著生物體形的大小而變化(表4)，體小者其累積之重金屬亦愈多，與草蝦、吳郭魚之情形相似，此現象正表示重金屬在體內有累積與排除之作用，亦表示蓄水池的含汞量比多年前已然低下很多。然而，若將各月份加以比較，則發現汞含量並沒有減少很快，亦即蓄水池之含汞底泥仍在緩慢的溶出，幸好未達非常嚴重的地步，因此蓄水池的含汞底泥只好任其暫存而不必刻意加以清理。

台南為有名的地下電鍍業集中地，也因此其排水溝渠甚或鹽水溪之溪水曾被測出含有較高之金屬濃度。再加上安南溪之排水溝上游有多家養豬場，致溝水黑濁，繁生空心菜等，其水質經測定後知銅與鋅之含量仍高了一些。此溝渠之兩旁有大片之農業地，故其農產品亦有偵測重金屬之必要。空心菜能在污水中生存，也能累積較高之濃度在根部，表5為雨季來臨前的空心菜在污染區根部之含量，能明顯的反映出水中重金屬的含量，應為相當有用的指標生物，尤其在淡水污染之偵測上。至於其莖與葉在此方面之應用則不合適。若是在夏季時(8月)，則因雨水之稀釋，其銅與鋅含量已比4月時減少很多，但仍可偵知。今年3月在上述二個地點的鋅含量已減少了一些，但仍比對照組予了一些，顯示其養豬污泥的金屬殘留至少要經過一段時日才能減至最低。

文蛤為二枚貝，亦為沿岸養殖的主要種類，雖然文蛤累積重金屬的能力遠差於牡蠣，但從表6得知其亦多少能反映出環境中金屬的含量，其中以大陸及北門者最低，故亦表示沿岸水域銅與鋅的污染已然開始。

嘉義縣的東石與布袋所生之牡蠣，在1992年9月曾發現少數有非常輕微的淺綠色出現在外套膜及鰓部，然到9月時其金屬濃度即減少5-6倍，其含量非常少，屬於極為乾淨的牡蠣(表7)。11月時又與以往增加之趨勢相似，其金屬濃度又再度增加，1月時幸好增加不多，雖無明顯綠色的牡蠣發現，但其含量也不少，在鰓部已分別達67及87ppm，但到今年3月時，其含銅量又增加1倍，含鋅量則增加2倍，使得綠牡蠣又再發生，幸好5月時，其含量又下降。至於東石在3月時亦達發綠的邊緣。

台南縣市的牡蠣比嘉義縣者似含有較高的重金屬，表8為1月時南縣市內各地之牡蠣體內金屬含量。從此表可知北門地區的牡蠣最為乾淨，鹿耳門次之，將軍溪又比北門地區高出甚多。至於安平者則其濃度，特別是含銅量較高，已快達輕微淺綠的顏色。將軍溪為有名的養豬廢水流入之河川，故含銅量較之北門地區者為高，應屬正確。而安平海域則因南有二仁溪之廢五金業，北有鹽水溪為地下電鍍廢水流入的河川，故在冬季時，較有可能累積更多的重金屬。

同一地區的牡蠣體內重金屬含量似應在一定的範圍內，然而實際上因種的關係，其個體的差異即非常顯著。王功地區的牡蠣體內重金屬之濃度一向都比其他地區為高，表9為不同大小對金屬累積之影響，得知體形愈小者，其對銅鋅的累積情形就愈大。當小形牡蠣體已有綠變的情形發生，大型牡蠣似仍在正常的顏色範圍。因此此種累積之差異除了個體大小外，應還受棚存位置、懸掛深度、水中金屬濃度、懸浮物與藻類等之影響(Chen, 1993)。

由這幾年來的研究，牡蠣體內重金屬較高的區域，如新竹、鹿港、王功、口湖、安平及茄萣等地，這些地區都與附近河川遭受金屬污染，養豬廢水排入，或廢五金廠及電鍍廠的集中有關。彰化縣以王功與芳苑二地出產牡蠣，含有極高的重金屬，至於雲林縣縣以口湖與三條崙者的牡蠣，其重金屬最高。表10為每二月一次在王功與口湖採取牡蠣並加以分析金屬含量的變化。得知二地之

牡蠣確有些已有綠變之現象發生，幸好其濃度不太高，尚不致於引起消費者之恐懼，但卻值得注意。另外鋅的含量，在二地的牡蠣體內有高達600ppm及420ppm的濃度，而在外套膜則為445ppm及520ppm的鋅，顯示電鍍廠廢水的危害性確實不小。

在各地的淡菜體內的重金屬含量仍以北門為最低(表11)。近年來在淡水八里的外海，此種淡菜正快速繁殖，也因此漁民常加以撈取而販賣之，幸好，它是在八里外海，而非在淡水河河口。因此重金屬之含量都相當低，故對食用者之健康應無問題，倒是其之含汞量稍微高些值得繼續監測。

一般言之，河川的污染比其河口者較為嚴重，這是因為在河口時有大量的海水加以稀釋之故，此種現象以銅、鋅及鉛者較為明顯(表12)，在雲林的新虎尾溪、牛桃灣及馬排溝即是如此。然而由於海水亦因各地污染的關係，致使在河口處的減少量較少。也因此在三地河口的牡蠣亦能反映出其底質中銅與鋅含量的高低。在馬排溝底泥的銅含量最多，因此牡蠣體內之銅含量亦最多。而在牛桃灣由於底泥含鋅量最多，故體內含鋅量亦最多(表13)，此現象正表示底泥的銅、鋅含量與牡蠣體內的含量有某種程度的關係存在，由此關係式並非直線，故表示尚有其他因素左右其關係。

鹿港地區的土猴(蝦姑的一種)因鑽入泥中棲息，因此其肌肉的含銅、鋅量，近年來因電鍍廢水之關係，似有增加的趨勢(表14)。且其內臟之含量正表示其與泥土中之重金屬有極大的關連，應可反映出近年來重金屬污染之情況，值得近一步觀測。

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	31.79	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 各地豆仔魚之重金屬含量

		Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
鹿 港	鰓	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	鰓	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	鰓	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	鰓	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	鰓	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 鹿耳門蓄水池豚壺體內之重金屬含量

日期	生物組織	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
1月	大 殼	1.14	5.44	0.21	0.69	3.60
	肌肉	13.96	103.77	2.05	11.40	310.12
	中 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
4月	大 殼	0.24	1.69	0.02	0.82	33.93
	肌肉	3.22	33.79	0.28	1.40	211.78
	中 殼	0.26	1.84	0.03	0.98	33.94
	肌肉	4.43	37.25	0.21	1.24	196.08
	小 殼	0.31	2.43	0.03	2.33	33.66
	肌肉	4.83	63.87	0.31	1.45	258.06
8月	大 殼	1.42	73.12	0.20	0.51	60.93
	肌肉	0.04	0.48	n.d.	0.07	16.07
	中 殼	2.33	100.43	0.15	0.58	189.23
	肌肉	0.21	0.75	n.d.	0.07	24.98
	小 殼	0.36	121.27	0.19	0.56	261.19
	肌肉	0.21	0.88	0.03	0.03	27.34

表五 台南安南區(養豬廢水)與對照組之空心菜其體內各金屬之含量

地 點 組 織	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
安 中 路 葉	0.65	5.91	n.d.	0.40	2.84
(4月) 莖	0.38	2.46	n.d.	0.16	1.58
根	171.00	27.23	0.25	5.15	25.16
安 南 溝 葉	1.21	5.88	0.29	1.28	1.45
(4月) 莖	0.39	7.27	0.47	1.34	1.80
根	17.84	110.04	6.36	28.72	32.61
安 南 溝 葉	0.89	4.62	n.d.	0.49	1.16
(8月) 莖	0.84	3.57	n.d.	0.22	0.83
根	5.74	51.39	0.10	6.35	6.04
安 南 溝 葉	0.82	5.63	n.d.	0.28	0.61
1993 莖	0.50	4.42	0.17	0.08	n.d.
(3月) 根	2.41	26.56	n.d.	1.34	2.44
安 中 路 葉	2.52	24.53	n.d.	0.68	4.13
1993 莖	0.76	8.31	n.d.	0.88	1.94
(3月) 根	6.85	48.63	n.d.	3.77	9.13
對 照 組 葉	1.41	8.28	0.27	1.22	5.07
莖	0.92	3.02	0.26	0.69	1.34
根	3.51	15.53	0.76	2.39	4.64

表六 各地文蛤體內重金屬之含量

地	區	組	織	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
北	門	鰓		0.54	20.75	n.d.	0.27	n.d.
		外套膜		0.67	8.77	n.d.	4.38	n.d.
		內臟		2.08	9.74	0.11	0.07	n.d.
		閉殼肌		1.45	12.32	n.d.	0.72	n.d.
		斧足		0.31	9.74	n.d.	0.31	4.49
口	湖	鰓		7.38	54.10	n.d.	1.23	10.25
		外套膜		6.32	25.29	n.d.	2.77	9.88
		內臟		5.99	19.63	0.09	0.39	2.45
		閉殼肌		7.69	15.77	n.d.	5.38	9.62
		斧足		5.65	18.08	n.d.	1.98	14.12
五	條	鰓	港	2.03	15.71	0.37	2.40	n.d.
		外套膜		1.83	8.11	0.10	0.10	1.45
		內臟		5.49	23.44	0.29	0.74	2.12
		閉殼肌		2.17	6.90	0.36	0.36	10.31
		斧足		1.83	9.37	0.20	0.20	n.d.
布	袋	鰓		5.09	34.86	0.25	0.76	6.36
		外套膜		3.99	20.19	n.d.	0.70	5.87
		內臟		3.03	13.60	0.15	0.21	5.13
		閉殼肌		6.28	18.41	n.d.	2.93	10.46
		斧足		4.10	23.11	n.d.	1.73	10.80
布	袋	鰓		4.46	27.72	0.25	1.24	4.13
		外套膜		1.82	11.69	0.11	0.11	n.d.
		內臟		4.24	11.02	0.07	0.14	n.d.
		閉殼肌		22.45	38.78	n.d.	10.20	n.d.
		斧足		2.69	14.26	n.d.	0.62	3.18
大	陸	鰓		1.32	25.92	0.73	3.06	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

表七 嘉義縣布袋牡蠣體內重金屬之含量

地區	日期	組 織	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
布袋	7月	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
	9月	外套膜	15.92	38.93	0.19	0.59	2.46
		內臟	6.24	18.73	0.28	0.23	1.89
		閉殼肌	0.87	13.28	0.11	0.43	8.71
		鰓	26.58	69.34	0.46	0.69	2.31
	11月	外套膜	59.19	130.74	0.24	0.71	2.26
		內臟	32.49	76.04	0.46	0.46	6.78
		閉殼肌	7.29	37.50	n.d.	n.d.	77.52
		鰓	36.96	115.38	0.39	0.22	3.70
	1月	外套膜	67.48	75.57	0.40	0.13	4.76
		內臟	31.34	37.96	0.54	0.22	12.65
		閉殼肌	4.83	20.50	0.34	0.50	11.90
		鰓	53.02	39.66	0.57	0.29	4.79
	3月	外套膜	154.12	227.33	0.18	0.36	7.46
		內臟	73.30	122.17	0.38	0.76	11.99
		閉殼肌	4.96	28.46	0.26	2.61	8.03
		鰓	82.35	155.27	0.28	1.11	5.28
	5月	外套膜	61.05	164.24	0.15	0.44	1.21
		內臟	47.05	131.03	0.21	0.21	2.62
		閉殼肌	4.16	27.46	n.d.	0.78	3.25
		鰓	46.85	156.84	0.2	0.20	1.68

表八 牡蠣體內鋅量已受污染之地區

		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	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	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 王功與口湖的牡蠣其體內重金屬之含量

地區	日期	組 織	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
王 功	7月	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
	9月	外套膜	32.61	195.65	n.d.	13.04	n.d.
		內臟	11.93	39.71	0.61	1.23	n.d.
		閉殼肌	1.22	26.91	n.d.	0.92	n.d.
		鰓	35.11	207.45	n.d.	15.96	n.d.
	11月	外套膜	140.00	366.27	n.d.	0.48	4.33
		內臟	50.70	112.99	0.23	0.35	2.31
		閉殼肌	1.79	28.06	n.d.	0.36	n.d.
		鰓	105.40	280.58	0.36	0.36	3.60
	1月	外套膜	72.94	174.36	0.51	2.56	7.33
		內臟	44.82	93.04	0.11	0.57	0.04
		閉殼肌	18.07	55.42	n.d.	3.61	200.80
		鰓	105.38	118.28	n.d.	3.23	15.36
	3月	外套膜	192.24	445.66	n.d.	1.18	9.87
		內臟	88.22	242.79	0.24	0.96	10.02
		閉殼肌	19.23	83.34	n.d.	2.56	36.63
		鰓	112.06	311.77	n.d.	0.88	7.84
	5月	外套膜	141.14	411.39	n.d.	0.63	n.d.
		內臟	118.14	339.47	0.39	0.39	3.29
		閉殼肌	15.52	75.86	n.d.	1.72	n.d.
		鰓	214.09	600.00	1.36	1.36	n.d.

表十 王功與口湖的牡蠣其體內重金屬之含量（續）

地區	日期	組 織	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
口湖	7月	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
	9月	外套膜	142.46	278.89	0.75	6.03	7.54
		內臟	41.94	99.09	0.27	0.27	2.47
		閉殼肌	3.58	23.16	n.d.	0.38	3.77
		鰓	84.04	169.15	1.06	1.06	n.d.
	11月	外套膜	128.09	413.72	0.22	0.22	8.43
		內臟	71.61	249.71	0.47	0.94	9.12
		閉殼肌	8.36	52.09	n.d.	0.32	12.86
		鰓	124.42	420.56	0.35	1.05	3.34
	1月	外套膜	73.30	87.04	0.27	0.27	2.27
		內臟	29.04	34.32	0.25	0.17	3.49
		閉殼肌	8.06	22.23	0.22	0.44	11.62
		鰓	32.03	30.64	0.51	0.28	1.16
	3月	外套膜	300.00	520.23	0.43	1.30	4.13
		內臟	85.66	188.78	0.36	0.36	7.42
		閉殼肌	10.93	44.53	0.40	1.62	26.99
		鰓	105.31	189.79	1.22	0.92	5.57
	5月	外套膜	83.99	179.79	0.13	0.39	2.14
		內臟	80.13	140.18	0.24	0.40	2.57
		閉殼肌	6.13	23.68	0.14	0.84	2.53
		鰓	68.41	154.81	0.21	0.63	1.31

表十一 各地淡水體內重金屬之含量

地 區 組 織	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
(1992) 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
布 袋 港 鰓	2.01	11.41	n.d.	0.17	2.40
(1993) 外套膜	1.38	10.02	0.04	0.04	0.44
內臟	2.11	14.87	0.04	0.19	1.54
閉殼肌	1.35	18.87	0.05	0.43	3.84
斧足	1.67	7.17	n.d.	0.08	0.88
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
北 門 鰓	2.18	16.41	0.13	0.64	4.27
外套膜	3.04	4.7	0.05	0.50	1.44
內臟	2.50	7.20	0.04	0.40	3.74
閉殼肌	0.69	5.72	n.d.	0.50	3.57
斧足	1.42	7.25	0.14	0.28	4.74

表十二 各地文蛤體內重金屬之含量

Heavy metal, ppm	新虎尾溪	新虎尾溪 河 口	牛 桃 灣	牛 桃 灣 河 口	馬 排 溝	馬 排 溝 河 口
Cu	6.30	6.00	19.20	9.70	14.25	12.30
Zn	31.50	20.30	37.50	31.50	34.50	27.50
Cd	n.d.	n.d.	0.15	n.d.	n.d.	n.d.
Pb	6.75	6.20	10.20	8.40	9.90	8.20
Hg	6.00	6.00	9.00	12.00	6.00	7.00

表十三 雲林三條河川之河口牡蠣之重金屬之含量比較

地 區 組 織	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)	
新虎尾溪	外套膜	60.58	268.41	n.d.	2.30	n.d.
	內臟	19.81	82.19	0.15	3.08	n.d.
	閉殼肌	4.82	31.73	n.d.	2.41	n.d.
	鰓	20.89	107.59	0.32	n.d.	n.d.
牛桃灣河	外套膜	300.00	520.23	0.43	1.30	4.13
	內臟	85.66	188.73	0.36	0.36	7.42
	閉殼肌	10.93	44.53	0.40	1.62	26.99
	鰓	105.31	189.79	1.22	0.92	5.57
馬 排 溝	外套膜	396.86	453.93	0.45	2.25	5.62
	內臟	75.82	95.31	0.14	1.13	2.51
	閉殼肌	16.61	41.53	0.32	0.96	5.32
	鰓	212.99	293.14	0.31	1.87	5.20

表十四 鹿港地區土猴（蝦姑）體內的金屬含量

月 份	組 織	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
1992.1	肌肉	20.3	31.0	2.1	6.8	10.9
	殼	36.1	26.2	6.6	22.2	9.7
1992.5	肌肉	23.2	6.7	n.d.	0.3	6.6
	殼	37.7	24.1	0.1	1.8	5.2
1992.9	肌肉	20.1	13.3	0.4	0.4	2.4
	殼	22.6	15.6	n.d.	1.4	2.8
1993.3	肌肉	38.2	20.2	n.d.	0.5	3.3
	殼	22.1	14.8	n.d.	0.3	2.2
	內臟	280.4	39.3	0.7	5.3	9.4
1993.5	肌肉	32.9	29.6	n.d.	6.7	5.6
	殼	46.6	38.9	0.3	0.7	18.4
	內臟	275.0	53.1	1.9	3.8	101.2