

水產物體肉重金屬含量之研究

陳弘成、黃建發、黃玉霜

摘 要

因水產生物累積重金屬之能力及各組織所能累積之重金屬含量不盡相同，故本研究即據為探討何種生物及組織最具污染偵知能力，以做污染之監測及預警系統，其調查之結果對於水產品食用後之安全問題，應有所有助益與釐清。本研究所得之結果如下：

一、豆仔魚、吳郭魚、牡蠣及龍鬚菜因能累積且反映水體重金屬含量，故為相當良好之指標生物，能反映水域污染之狀況。

二、蝦類雖可做為重金屬污染之指標，但因其常脫殼，又可從飼料中得到某種含量，因此並非十分理想之指標生物。

三文蛤可累積重金屬，但其累積能力比牡蠣差很多，因此非為良好的監測生物。

故在污染嚴重者，只能以鰓及斧足做能監測之材料。

四、一般而言，肝臟(內臟)易於累積重金屬，鰓次之，而肌肉最差，故勿以肌肉做為監測之組織。

五、季節變化特別是在冬天乾季且北風大時，重金屬累積會也夏天時為高，這也是綠牡蠣在冬天發生之原因。

六、綠牡蠣為累積較多之銅鋅含量。其除了二仁溪外，可在鹽水溪、鹿港、天功、三條崙、安平等地發現。

七、台灣西部淺海地區，汞、鎘及鉛及污染並不明顯。

* 台灣大學動物所與漁業生物試驗所

八、水生植物如龍鬚菜能有效地累積重金屬，可以反映環境污染之程度。

九、體內汞含量較高之水生生物除安順地區外，另外淡水河、北門亦可測出輕微污染。

十、沿岸重金屬污之情形有日趨嚴重之趨勢，值得有關單位重視。

一、前 言

在台灣由於工廠常排出大量工業廢水，而廢水中有些則含有多量之重金屬，使得沿岸河口與養殖區的水域遭受污染(陳與林，1988 張等1991)。近來汞魚、綠牡蠣事件、即是很明顯例子，因此研究重金屬污染對水產品、品質與累積之影響是當務之急。許多報告曾指出魚介類體內累積重金屬含量常能反映水中重金屬濃度，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)。

由於魚介類之各組織器官對重金屬之累積程度不同、而不同魚介類對於重金屬之敏感度也有所不同，因此若要由生物體內來偵測反映水中污染情形，應以定棲或移動性較少且敏感度較高之水生生物爲指標較佳，並且探討各組織累積之情形，以便瞭解污染之時空影響與程度，以供有關單位做爲整治污染之參考。

本研究即針對上述各種理由以水產的重要生物。貝類如牡蠣、文蛤與淡菜，魚類如吳郭魚、豆仔魚及其它如蝦類與龍鬚菜等爲監測之對象生物，希望更能反映出金屬污染及對食用魚種之累積影響。

二、材料與方法

本研究的生物材料之取得、係赴各地魚池或水域直接採捕與收集之各種水產生物、然後放入冰桶中帶回試驗室，置入-20°C冰箱內儲存備用，所採捕之生物體以牡蠣、文蛤、豆仔魚、蝦類為主。

水樣之取得與上述相同，但水樣採取後，將其加酸防止沈澱或附著，攜回試驗室後置入4°C恆溫室冷藏備用。(環保局1985)

至於重金屬之分析方法，在生物體係將各組織解剖或割取秤量後，於常溫下以H₂O₂及HN₃進行消化，並配成稀硝酸溶液，以Model Pye Unicam900原子吸收光譜儀(atomic absorption spectrophotometer)測定之。而水樣則加入A.D.P.C (ammonium pyrrolidine dithiocarbamate) 及M .I.B.K (methylisobutyl ketone)濃縮分離後，以上述原子吸收光譜儀測定之，並扣除鹽度所造成之干擾而得。由於重金屬中，以銅鋅鎘汞及鉛對水產生物較具毒性(陳，1975陳與林，1988)因此這些金屬為主要的分析項目。

三、結果與討論

在台灣河口常有豆仔魚之踪跡，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耐的耐力(羅1990)，又由於其食性屬底部有機屑碎之雜食性，因此最能反映河口水域污染之生物。其體內累積金屬以肝臟最多，鰓次之，在二仁溪者其肝的含銅量高達425ppm為其它地區的70倍以上。(如表一)，除已知二仁溪銅及鋅污染以外，鹿港附近水域也有輕微銅及鋅污染，這可能與彰化縣地下電鍍廠林立，並大量排出電鍍廢水致水質較差，水中含重金屬稍高有關(張等1991)。另者，鎘及鉛污染程度較不嚴重。但是，安順淡水河及北地區豆仔魚體內汞累積含量偏高，目前除了安順因碱廠廢土造成外，其它地區含量較高的主因仍未知值得注意。

表二為台南市、布袋、北門之地區取得吳郭魚魚體體內重金屬含量。吳郭魚在台灣為淡水魚種，其養殖數量也不少，而此種魚為耐力極強並且屬雜食性魚種，可做為淡水水域污染之監測生物。其體內重金屬累積，在污染之內臟及鰓較為明顯，可反映外在金屬之濃度，至於肌肉含量變化不大，故肌肉不能作為判定污染之基準。由表二得知、銅累積含量一般都較低，且鎘及鉛污染也不明顯，但鋅累積含量則偏高。鋅在魚體是必須之基本元素之一，其功能可做為輔酵素(coenzyme)等，在體內含量就應較高，但如濃度過高時仍會對鰓造成病變(chen, 1975)再者，魚體中內臟的含銅量較高者，其含鋅量並不較高，因此，以目前之資料是否有鋅污染或累積則需進一步探討。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、布袋地區吳郭魚之鰓部，含汞量較高，應可反映出當地局部之水質濃度。至於食用之魚肉部分則偵測不出，故知監測魚肉之含汞量並不能明確得知，但汞污染在魚體之累積情形，已然出現，值得注意。

貝類中牡蠣累積金屬之能力極強，它普遍在台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，表三中為中南部各地牡蠣體內重金屬含量。三月時累積銅鋅量明顯比八月高出甚多，充分顯示出季節所造成之變異甚大，其原因應為三月在台灣屬乾旱期，雨量少致稀釋污染物之能力減低，金屬濃度較高且東北季風尚強盛，常使海岸或淺海中吸附於底泥之重金屬重新翻出，造成重金屬含量上升。至於八月時因值夏季，雨量充沛，加上台灣河川通常短且急湍，流至河口時，水流強且大，有使重金屬稀釋之作用，這可從冬季時一般污染河川之重金屬濃度普通較夏季者為高而得知(陳1992)，並且牡蠣放在清水中，其排除速率也極快(陳1990，洪與韓，1990)因此，八月之含量就偏低。另者，表中可看出外套膜、鰓及內臟累積銅鋅比肌肉高出甚多，因此，取組織作分析材料時，不宜取肌肉作為判定基準。表四為牡蠣呈現不同綠色時，其體內重金屬之含量，其中外套膜，鰓及

內臟可累積極高的銅及鋅，並且，顏色愈深累積之量也愈高；至於以整個生物體去分析，也有同樣的趨勢，亦即當牡蠣體內之含量超過100ppm銅時，則可看出在外套膜及鰓已有微綠的點區，濃度愈高時，綠區擴大且顏色愈濃，曾在內臟測得高達1079ppm者，因此，藉由本表可以以牡蠣顏色之深淺來作為銅污染之參考。

表六為去年到今年(1991~1992)在台灣中南部牡蠣體已有發綠的地區，其體內各組織所含量金屬的濃度，並以鹿耳門地區的牡蠣做為對照區。非常清楚的，王功地區的牡蠣已達明顯的綠色，至體內含銅量在外套膜，鰓及內臟有達195 - 388ppm，安平地區發綠的情形比王功者較不嚴重，但鰓及外套膜的含銅量仍在118~223ppm，台西與三條崙或口湖一帶亦已發綠，但程度最為輕微，鰓及外套膜的含銅量在60 - 198ppm，至於污染較少的對照者如鹿耳門區其鰓及外套膜分別為33及20.9ppm，如此可見上述之區污染的情況頗為嚴重，其體內銅的累積量可高達10倍以上。另外雲林縣以往綠牡蠣較少發現，這幾年似有開始增加的情形，值得注意與重視另從本表及表五亦可看出上述之地區及三條崙、五條港與將軍所檢測之牡蠣亦有鋅的污染，此現象與銅污染較為相似而安平地區的鋅污染更為嚴重，將來似應特別為這些地區全面清查做一徹底的瞭解。再者台灣地區汞的污染輕微決不嚴重，從表六亦可知，除了安順的含汞量在0.1ppm以上外，其它地區都在0.066ppm以下，與衛生署的含汞量標準0.5ppm仍有一大段距離，也就是說養殖貝類甚或魚類，一般言之，在食用上並無汞就危害影響、但局部地區的稍高含汞量，仍有繼續監視的必要。

雙枚貝其遇外來的緊迫力(stres)特別是有毒物質時，常以緊閉雙殼以抵抗毒抗之進入，因此似較能抗重金屬污染。另外，文蛤在台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，表七中所示各地文蛤之重金屬含量，其中以五條港，王功地區的銅含量較高，並以閉殼肌及斧足的含量濃度也在各組織中為最高，然而當銅的含量濃度減少時，則以鰓的累積為最多，目前仍未知這現象是否與含銅量的濃度有關，但其

無牡蠣或其它魚類的一致性，且累積的含量亦比牡蠣相差十倍以上，所以文蛤雖不是靈敏度較高之水產監視生物，但若以鰓或斧足做為水質監視之用，應仍有其價值。至於五條港含銅量過高，這可能是虎尾溪污染所造成，而王功地區，可能與彰化縣地下電鍍廠排出電鍍廢水有關。大陸文蛤體內重金屬含量低，可以做為對照組更可證明台灣沿岸水域污染之情形。表八為1988-1991年由各地取回文蛤樣本體內重金屬含量，其中汞的累積較高，這是牡蠣所沒有的現象，因此，文蛤雖對銅累積較差，似可研究作為汞污染的指標生物之可能。另者1988 - 1990年台西及布袋地區之銅、鋅及汞含量比1990 - 1891年者還低，可見西部沿岸重金屬污染之情形已日趨嚴重，這也是近來導至牡蠣發綠的地區增加，發綠時間延長之主因。

草蝦是台灣蝦類養殖主要蝦種之一，其對水質污染也相對敏感，而又是本省海鮮佳餚，其體內是否會累積重金屬也是大家所關注，表九為在各地採集蝦體時，同時將池水做重金屬濃度之分析，一般言之，池水的銅鋅與汞都不受污染，鋅的污染情形亦不多見。倒是銅的含量就較高些。池水中銅的污染除了如茄定，灣裡的廢五金酸洗廢水為主外，尚包括飼料中的含銅量及殺藻殺蟲用的硫酸銅之施用。因此，其濃度複雜且變化亦多。表十為各地草蝦體內重金屬含量之比較。其中茄定與灣裡地區蝦體積銅含量較其它地區高，這與廢五金污染有極其明顯之關係，而鰓部累積也比肌肉高出甚多，這與蝦呼吸由鰓進行時，因鰓為第一道關卡，水中重金屬常首先進入鰓部而造成累積。若將水質與蝦體的鰓含量加以比較，則在水中銅濃度稍高者，其鰓的含量亦可高達100ppm以上，一般地區，非長久性銅污染地區如青鯤鯓及土城4者其鰓的含銅量即低於100 PPM 以下。故知一地方有無污染，若能對適當的生物及組織加以監視的話，反而會比一時的水質檢驗還來得正確。

另一種台灣養殖蝦種 - 紅尾蝦，也是台灣常食用蝦類之一，在表十一中，可見紅尾蝦體內累積重金屬並不高，比草蝦低很低，其中興達電廠之沈灰池，以鰓部與內臟累積情況較明顯，而殼次之、肌肉較差。蝦類因會脫殼，故其累

積情況並不能完全顯示水域重金屬污染，而蝦體肌肉如同魚體肌肉一般，雖會累積，但不十分顯，興達電廠沈灰池之蝦體銅含量仍比二仁溪旁之草蝦者含量低，且其面積並不大，造成影響不大，而安平外海之種蝦，至於鋅的污染一般都不大。

植物體構造較動物簡單，累積重金屬之情形可能比動物較為單純，且植物常定著在某一固定地區，樣本取得比動物容易，應可以反映當地水域之情形，表十二中茄定鹽水溪旁之重金屬包括銅、鋅、鎳及鉛都最高，茄定位於二仁溪流域，而二仁溪重金屬污染為眾所皆知，而鹽水溪則因南市一些地下電鍍廠集中於此、排出大量電鍍廢水所造成之污染，另者安順地區廢棄汞土仍存於池底，故含汞量仍是最高達0.2ppm，這裡又再次印証生物體監測的可靠性與重要性，故值得長期監測。

四、謝 辭

本研究由農委會補助計劃「水污染影響海產品品質調查」80農建-7.1-漁-23(3)所支助。研究期間得漁業處周加再先生及省環保處張嵩林先生之支持，本研究室各位同仁之協助採樣而得完成，特此謝謝。

五、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，臺北。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。
- 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。國立台灣大學漁業科學研究所碩士論文。95頁。

表一、各地區豆仔魚(*Liza carinata*)體內重金屬之含量(ug/g. wet wt.)

Area An-shin	Tissue & organ	Cu	Zn	Cd	Pb	Hg
An-shin						
安 順	egg	0.97	35.48	n.d.	n.d.	n.d.
	muscle	1.25	4.81	n.d.	n.d.	0.147
	gill	1.48	24.67	n.d.	n.d.	0.206
	liver	6.21	29.26	n.d.	n.d.	0.434
Aa-jin River						
二仁溪	muscle	12.44	13.69	n.d.	n.d.	0.078
	gill	27.09	36.77	n.d.	n.d.	0.100
	liver	425.65	89.67	3.40	20.4	0.102
Sin-da Harbor						
興 達 港	muscle	0.31	5.04	0.19	n.d.	n.d.
	gill	5.32	37.32	0.35	n.d.	0.032
	liver	10.01	34.31	n.d.	n.d.	0.042
Tan Sevi River						
淡 水 河	muscle	0.08	23.17	n.d.	33.76	0.290
	gill	0.30	36.93	n.d.	n.d.	0.657
	liver	7.64	33.15	n.d.	n.d.	0.333
Kah Li						
佳 里	muscle	0.40	8.65	n.d.	n.d.	0.001
	gill	3.59	22.77	n.d.	6.92	0.049
	liver	6.50	19.82	n.d.	n.d.	0.017
	intestine	1.14	42.16	n.d.	n.d.	0.162
	scale	1.18	57.09	n.d.	32.23	0.128
Lu Kang						
鹿 港	muscle	5.23	6.62	n.d.	n.d.	0.016
	gill	5.68	19.58	n.d.	n.d.	0.024
	liver	46.91	55.43	n.d.	3.25	0.085
	scale	7.83	40.99	n.d.	n.d.	0.020
Pei Man						
北 門	muscle	0.11	8.72	n.d.	n.d.	0.090
	gill	0.68	24.86	n.d.	n.d.	0.160
	liver	6.88	36.70	n.d.	n.d.	0.530

表二、各地吳郭魚體內重金屬含量

Concentration(ppm)		Cu	Zn	Cd	Pb	Hg
布 袋	Muscle	0.37	16.5	n.d.	n.d.	n.d.
	Gill	1.30	22.4	0.43	0.27	1.060
	Viscera	7.88	30.3	0.41	3.42	n.d.
	Muscle	0.71	13.2	n.d.	n.d.	n.d.
	Gill	1.13	23.6	0.70	0.39	n.d.
	Viscera	9.11	38.6	0.41	5.32	n.d.
	Muscle	0.74	18.7	n.d.	n.d.	n.d.
	Gill	1.82	30.0	0.83	n.d.	0.510
	Viscera	7.19	43.6	0.39	0.60	0.120
	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.
	Muscle	0.83	19.0	n.d.	n.d.	n.d.
	Gill	2.17	42.8	n.d.	n.d.	n.d.
	Viscera	1.04	19.1	0.24	n.d.	0.030
台 南 市	Muscle	1.50	15.5	n.d.	n.d.	n.d.
	Gill	1.57	34.2	n.d.	5.91	n.d.
	Viscera	4.09	23.5	n.d.	n.d.	n.d.
	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.	16.6	n.d.	n.d.	n.d.
	Gill	2.17	31.8	n.d.	n.d.	n.d.
	Viscera	8.60	48.0	n.d.	6.32	0.040
	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
	Muscle	n.d.	8.3	n.d.	n.d.	n.d.
	Gill	3.10	39.0	n.d.	4.90	0.020
	Viscera	7.40	33.9	n.d.	3.60	0.050

表三、各地區牡蠣體內銅與鋅之含量(ppm)

地 名	Tissue & organ	Cu		Zn	
		3 月	8 月	3 月	8 月
鹿 港	Gill	111.0	-	300.4	-
	Viscera	110.1	18.84	239.5	38.89
	Muscle	26.2	9.83	127.8	49.51
	Mantle	152.5	15.76	417.6	40.53
王 功	Gill	138.2	-	303.6	-
	Viscera	96.6	24.01	123.2	40.60
	Muscle	53.5	16.96	112.5	27.89
	Mantle	174.7	17.23	325.9	87.08
五條崙	Gill	53.6	-	206.8	-
	Viscera	26.4	7.84	71.2	25.07
	Muscle	6.1	12.42	27.1	28.58
	Mantle	80.6	14.68	250.4	49.18
三條崙	Gill	105.3	-	227.6	-
	Viscera	76.8	13.84	100.4	78.51
	Muscle	18.1	9.65	42.7	75.70
	Mantle	180.5	40.13	313.2	137.28
口 湖	Gill	106.9		210.2	
	Viscera	101.2		123.1	
	Muscle	54.1		112.0	
	Mantle	254.1		259.6	
東 石	Gill	71.2	-	116.2	-
	Viscera	51.9	8.21	86.5	25.12
	Muscle	17.3	10.32	33.6	19.21
	Mantle	138.3	11.38	264.2	33.88
布 袋	Gill		-		-
	Viscera		8.23		29.42
	Muscle		17.19		9.03
	Mantle		16.63		29.44
北 門	Gill		-		-
	Viscera		6.30		24.49
	Muscle		10.82		14.86
	Mantle		6.21		16.94
安 平	Gill	97.8	-	293.3	-
	Viscera	34.9	8.77	74.8	26.04
	Muscle	13.3	4.27	58.6	49.81
	Mantle	148.7	7.94	299.8	14.70

表四、不同綠色的牡蠣其體內重金屬之含量(ug/g Wt.)

color of Tissue & oyster organ		Cu	Zn	Cd	Pb	Hg
Light	whole body	101.67-166.46	64.81-84.55	0.15-0.61	n.d.	0.043-0.072
Green	viscera	144.76	147.84	0.31	n.d.	0.095
	muscle	23.91	59.78	0.12	n.d.	0.150
	gill	149.06	165.62	0.55	n.d.	0.100
	mantle	212.04	172.28	0.38	n.d.	n.d.
Green	whole body	229.15-396.46	88.23-205.15	0.26-0.98	n.d.	0.032-0.098
	viscera	703.57	205.15	1.13	n.d.	0.076
	muscle	28.49	59.82	0.26	n.d.	0.096
	gill	602.79	258.23	1.26	n.d.	0.084
	mantle	382.98	176.31	0.42	n.d.	0.054
Dark	whole body	504.71-1017.14	93.06-229.15	0.30-1.28	1.56-3.99	0.035-0.135
Green	viscera	1079.64	398.99	1.63	-	0.140
	muscle	83.73	78.68	0.81	-	0.120
	gill	914.84	296.92	1.52	-	0.240
	mantle	964.79	440.08	1.25	-	0.091

表五、牡蠣體內鎘量已受污染之地區

		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
五條崙	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

表六、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)	
王功崙	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	8.64
	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
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	48.30	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	233.06	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

表七：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

表八、各地文蛤體內重金屬之含量

Concentration		Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)	
1990	台西	Mantle	3.24	31.50	n.d.	n.d.	401.7
		Vliscera	2.90	32.70	n.d.	n.d.	33.9
		Muscle	4.36	10.30	n.d.	n.d.	n.d.
		Foot	9.61	26.40	n.d.	n.d.	n.d.
	王功	Mantle	2.64	28.70	n.d.	n.d.	140.0
		Vliscera	2.04	30.90	n.d.	n.d.	241.5
		Muscle	3.02	8.40	n.d.	n.d.	120.8
		Foot	7.22	20.30	n.d.	n.d.	n.d.
	布袋	Mantle	3.00	34.10	n.d.	n.d.	55.3
		Vliscera	4.21	38.30	n.d.	n.d.	104.9
	1991	Muscle	6.05	8.20	n.d.	n.d.	n.d.
		Foot	10.70	24.00	n.d.	n.d.	n.d.
1988	台西	Mantle	0.86	20.50	n.d.	n.d.	74.3
		Vliscera	4.55	24.30	n.d.	n.d.	31.3
		Muscle	0.61	6.20	n.d.	n.d.	31.1
		Foot	0.76	18.90	n.d.	n.d.	64.5
	布袋	Mantle	2.56	25.20	n.d.	n.d.	1.2
		Vliscera	2.45	30.30	n.d.	n.d.	72.8
	1990	Muscle	n.d.	6.40	n.d.	n.d.	20.4
		Foot	4.51	21.30	n.d.	n.d.	156.2

表九、各地草蝦池池水重金屬含量之比較

		Cu(ppb)	Zn(ppb)	Cd(ppb)	Pb(ppb)	Hg(ppb)
王 功		20	13	n.d.	n.d.	n.d.
布 袋		13	8	n.d.	n.d.	n.d.
七 股	1	40	37	n.d.	n.d.	n.d.
	2	20	120	n.d.	n.d.	n.d.
茄 定	1	19	4	n.d.	n.d.	n.d.
	2	10	8	2	n.d.	n.d.
灣 裡	1	18	5	3	2	n.d.
	2	20	2	3	3	n.d.
	3	18	6	n.d.	n.d.	n.d.
	4	40	3	n.d.	n.d.	n.d.
	5	35	23	2	n.d.	n.d.
青鯤鯨		5	3	n.d.	n.d.	n.d.
土 城	1	15	5	3	2	n.d.
	2	19	10	3	4	n.d.
	3	18	5	n.d.	6	n.d.
	4	5	12	n.d.	6	n.d.
北 門	1	18	10	n.d.	5	n.d.
	2	15	5	n.d.	2	n.d.

表十、各體草蝦體內重金屬含量之比較

			Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Hg(ppb)
王 功 1	鰓		72.17	58.65	n.d.	n.d.	n.d.
	肌 肉		8.64	13.27	n.d.	1.05	n.d.
王 功 2	鰓		43.13	48.70	n.d.	n.d.	n.d.
	肌 肉		6.52	10.18	0.02	0.48	n.d.
布 袋 1	鰓		51.58	31.02	0.58	2.99	n.d.
	肌 肉		12.47	12.18	n.d.	0.71	n.d.
七 股 1	鰓		88.93	19.64	1.37	n.d.	n.d.
	肌 肉		12.44	14.37	0.09	n.d.	n.d.
七 股 2	鰓		10.41	56.25	n.d.	n.d.	n.d.
	肌 肉		7.39	14.99	n.d.	0.86	n.d.
茄 定 1	鰓		145.03	47.70	0.57	9.54	n.d.
	肌 肉		13.27	13.82	n.d.	1.20	n.d.
茄 定 2	鰓		93.18	52.27	n.d.	n.d.	n.d.
	肌 肉		7.12	14.75	n.d.	0.31	n.d.
灣 裡 1	鰓		119.61	47.84	0.71	4.78	n.d.
	肌 肉		13.11	12.57	1.08	1.13	n.d.
灣 裡 2	鰓		127.26	47.51	n.d.	n.d.	n.d.
	肌 肉		9.48	10.86	0.03	0.55	n.d.
灣 裡 3	鰓		105.85	51.63	1.29	n.d.	n.d.
	肌 肉		15.97	14.07	0.09	1.27	n.d.
北 門 1	鰓		156.20	35.62	n.d.	n.d.	n.d.
	肌 肉		9.22	17.85	n.d.	1.05	n.d.
2	鰓		67.72	27.59	n.d.	n.d.	n.d.
	肌 肉		6.51	9.54	0.51	n.d.	n.d.
3	鰓		86.23	32.23	n.d.	n.d.	n.d.
	肌 肉		8.59	16.37	0.80	n.d.	n.d.
土城子 1	鰓		162.79	46.51	n.d.	4.30	n.d.
	肌 肉		8.24	12.61	n.d.	0.85	n.d.
2	鰓		138.00	108.00	n.d.	5.62	n.d.
	肌 肉		11.54	17.71	n.d.	1.39	n.d.
3	鰓		157.89	90.84	n.d.	2.25	n.d.
	肌 肉		13.21	14.71	0.19	1.67	n.d.
4	鰓		56.96	47.46	n.d.	n.d.	n.d.
	肌 肉		5.98	15.68	n.d.	1.89	n.d.
青鯤鯨 1	鰓		60.97	47.48	0.32	n.d.	53.60
	肌 肉		5.49	9.65	0.05	3.66	4.91
2	鰓		78.14	66.05	n.d.	n.d.	n.d.
	肌 肉		8.92	11.05	0.07	0.36	n.d.
3	鰓		85.21	90.90	n.d.	n.d.	n.d.
	肌 肉		6.67	12.17	n.d.	n.d.	n.d.

表十一 南部各地紅尾蝦之體內重金屬含量

Concentration(ppm)	Cu	Zn	Cd	Pb	Hg
台南四草 Whole	4.28	22.1	n.d.	n.d.	n.d.
animal	3.27	19.4	n.d.	n.d.	n.d.
興達三號 Whole	9.59	16.0	n.d.	n.d.	0.039
animal	4.78	16.1	n.d.	n.d.	0.035
東石 Gill	16.80	22.7	n.d.	0.67	n.d.
Viscera	17.30	24.1	n.d.	0.59	n.d.
Muscle	3.00	10.0	n.d.	0.22	n.d.
Shell	11.40	16.2	n.d.	1.00	n.d.
鹿耳海 Gill	2.17	28.1	n.d.	1.00	n.d.
Viscera	1.66	33.3	n.d.	0.98	n.d.
Muscle	1.13	10.2	n.d.	n.d.	n.d.
Shell	1.01	15.4	n.d.	n.d.	n.d.
安平外海 Gill	24.30	54.7	n.d.	n.d.	0.010
(種蝦) Viscera	73.30	24.6	n.d.	n.d.	0.090
Muscle	4.80	19.1	n.d.	n.d.	n.d.
Shell	15.00	77.0	n.d.	n.d.	n.d.
台電灰池 Gill	70.10	20.3	n.d.	n.d.	0.070
Viscera	76.00	18.2	n.d.	n.d.	0.100
Muscle	8.90	9.5	n.d.	n.d.	n.d.
Shell	29.40	4.7	n.d.	n.d.	n.d.

表十二、南部魚池之龍鬚菜體內重金屬含量(ppm)

Concentration	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb
將軍溪	1.95	0.32	n.d.	n.d.	n.d.
將軍溪	2.09	5.58	n.d.	n.d.	n.d.
安順	0.51	3.32	0.04	0.20	n.d.
興達	1.89	12.50	n.d.	n.d.	n.d.
北門	1.17	4.07	n.d.	0.04	7.81
茄萇	3.02	11.56	0.99	0.07	12.16
茄萇	3.20	15.38	1.42	0.11	14.06
鹽水溪	2.18	11.68	1.29	0.12	15.71
鹽水溪	3.11	12.94	1.32	0.13	12.53
顯宮	1.13	8.10	n.d.	n.d.	1.26
顯宮	0.42	9.50	n.d.	n.d.	0.80