

新竹市濱海野生動物保護區
重金屬污染調查研究成果報告



楊樹森

委託單位：新竹市政府

執行單位：國立新竹教育大學應用科學系

中華民國 96 年 7 月

目錄

表目錄.....	2
圖目錄.....	4
摘要.....	6
壹、前言.....	7
貳、研究方法.....	14
參、結果與討論.....	23
肆、結論.....	70
伍、參考文獻.....	72
附錄一、委辦計畫說明.....	74
附錄二、審查意見答覆表.....	75
附表.....	82

表目錄

表 1、2003 年至 2004 年新竹市主要河川及河口生物體內重金屬含量..9	
表 2、2001 年香山溼地及其注入河川表層底泥重金屬含量.....10	
表 3、2003 年至 2004 年新竹市主要河川及河口底泥重金屬含量.....11	
表 4、底泥採樣全球定位(GPS)記錄.....15	
表 5、河川水域，水體中重金屬含量.....26	
表 6、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內鎘的蓄積量.....33	
表 7、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內鈹的蓄積量.....37	
表 8、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內鎳的蓄積量.....41	
表 9、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內鉻的蓄積量.....45	
表 10、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內銅的蓄積量.....49	
表 11、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內鎳的蓄積量.....53	
表 12、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內鉛的蓄積量.....57	
表 13、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內鋅的蓄積量.....61	
表 14、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內鐵的蓄積量.....65	
表 15、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內鋁的蓄積量.....69	
附表 1、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心鎘含量.....82	
附表 2、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心鈹含量.....83	
附表 3、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心鎳含量.....84	
附表 4、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心鉻含量.....85	
附表 5、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心銅含量.....86	
附表 6、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心鎳含量.....87	
附表 7、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心鉛含量.....88	
附表 8、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心鋅含量.....89	
附表 9、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心鐵含量.....90	

附表 10、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心鋁含量.....	91
附表 11、海域樣點各分層之重金屬含量平均值及其變異程度.....	92
附表 12、香山溼地 0-5 公分表層底泥重金屬含量檢測列表.....	93
附表 13、生物體重金屬蓄積量乾基與鮮重含量對照.....	95
附表 14、國內土壤及放流水重金屬管制標準.....	97
附表 15、各國生鮮食品重金屬管制現況.....	98
附表 16、海域 40 公分底泥樣各類重金屬含量.....	99
附表 17、海域 0-5 公分底泥樣各類重金屬含量.....	106
附表 18、河川底泥樣各類重金屬含量.....	108

圖目錄

圖 1-1、海域底泥樣、客雅溪及三姓溪水樣及底泥樣之樣點分布圖.....	14
圖 1-2、鹽水港河流域水樣及底泥樣之樣點分布圖.....	14
圖 1-3、南港區底泥樣之樣點分布圖.....	15
圖 2、底泥各分層鎘的平均含量.....	30
圖 3、各測點底泥各分層鎘的含量.....	31
圖 4、表面 5 公分底泥鎘的含量的三維分布.....	31
圖 5、底泥各分層鎘的含量二維等量分布圖.....	32
圖 6、底泥各分層鈾的平均含量.....	35
圖 7、各測點底泥各分層鈾的含量.....	35
圖 8、表面 5 公分底泥鈾的含量的三維分布.....	35
圖 9、底泥各分層鈾的含量二維等量分布圖.....	36
圖 10、底泥各分層鎘的平均含量.....	39
圖 11、各測點底泥各分層鎘的含量.....	39
圖 12、表面 5 公分底泥鎘的含量的三維分布.....	39
圖 13、底泥各分層鎘的含量二維等量分布圖.....	40
圖 14、底泥各分層鉻的平均含量.....	43
圖 15、各測點底泥各分層鉻的含量.....	43
圖 16、表面 5 公分底泥鉻的含量的三維分布.....	43
圖 17、底泥各分層鉻的含量二維等量分布圖.....	44
圖 18、底泥各分層銅的平均含量.....	47
圖 19、各測點底泥各分層銅的含量.....	47
圖 20、表面 5 公分底泥銅的含量的三維分布.....	47
圖 21、底泥各分層銅的含量二維等量分布圖.....	48

圖 22、底泥各分層鎳的平均含量.....	51
圖 23、各測點底泥各分層鎳的含量.....	51
圖 24、表面 5 公分底泥鎳的含量的三維分布.....	51
圖 25、底泥各分層鎳的含量二維等量分布圖.....	52
圖 26、底泥各分層鉛的平均含量.....	55
圖 27、各測點底泥各分層鉛的含量.....	55
圖 28、表面 5 公分底泥鉛的含量的三維分布.....	55
圖 29、底泥各分層鉛的含量二維等量分布圖.....	56
圖 30、底泥各分層鋅的平均含量.....	59
圖 31、各測點底泥各分層鋅的含量.....	59
圖 32、表面 5 公分底泥鋅的含量的三維分布.....	59
圖 33、底泥各分層鋅的含量二維等量分布圖.....	60
圖 34、底泥各分層鐵的平均含量.....	63
圖 35、各測點底泥各分層鐵的含量.....	63
圖 36、表面 5 公分底泥鐵的含量的三維分布.....	63
圖 37、底泥各分層鐵的含量二維等量分布圖.....	64
圖 38、底泥各分層鋁的平均含量.....	67
圖 39、各測點底泥各分層鋁的含量.....	67
圖 40、表面 5 公分底泥鋁的含量的三維分布.....	67
圖 41、底泥各分層鋁的含量二維等量分布圖.....	68

摘要

河川水域採樣 4 季共有 52 個水樣可供分析。底泥樣本因為三姓溪及大庄溪部分河域底泥已經被水泥固化，無法取得樣本，河川底泥共有 10 個樣本。海域底泥採樣完成 23 個樣點，共採得 69 個 40 公分底泥蕊心、20 個表面 5 公分的表層樣本。伴隨 40 公分的蕊心採樣採集底棲生物，共有 23 個底棲生物樣本，經分類之後分析 63 個不同站次的生物種類。主要物種為雙殼貝及蟹類，沙蠶及方格星蟲只在特定測站採獲。

香山溼地主要陸源河川水體，重金屬含量分析顯示目前的重金屬濃度均相當低，四季採樣的水體中，鎘、鋅、鉛、銅的含量均低於環保署規定之放流水標準。客雅溪、三姓溪及鹽港河流域底泥重金屬的蓄積量以下游濃度較高。客雅溪無名橋是上下游之間的分界點，此橋以下至出海口底泥內重金屬蓄積濃度漸增。除了未規範的金屬元素鎘、銻、鐵、鋁之外，各測點之重金屬鎘、鉻、鉛、鋅、鎳及銅含量均低於環保署規範之土壤重金屬管制標準(國內並未對底泥訂定管制標準，後文均引述陸地土壤管制標準)。溼地內所有測點底泥重金屬含量，除了未規範的元素鎘、銻、鐵、鋁之外，鎘、鉻、鉛、鋅、鎳及銅的含量均低於環保署規範之土壤重金屬管制標準。底泥重金屬蓄積量較高的測點集中在客雅溪口、三姓溪口、大庄溪口、鹽港溪口及蚵棚區，這些測點的底泥均以黏土含量高的淤泥為主。溼地整體重金屬蓄積量，表層與底層之間差異甚小，顯示生物干擾造成的上下層混合相當劇烈。然而由於生物濃縮作用，各類生物體內重金屬含量均相當高，經濟性物種如牡蠣、公代體內累積的銅及鎘濃度已經過高，雖然衛生署對國內對水產品中重金屬含量未訂定管制標準，但是仍然不建議食用這類水產品。腸浒苔及甘藻等植物也有極高的重金屬蓄積情形，水筆仔、海茄苳及莞草等溼地植物值得進一步分析其蓄積及耐受程度，未來可以應用於污染物的清除。

壹、前言

香山溼地自劃定為保護區之後，核心區及緩衝區雖然已經限制了大部分民眾的經濟性養殖、捕撈水產生物的活動，也排除了一般遊憩利用，雖有少數民眾踰越此一規定採集環文蛤等貝類，整體而言，人為活動的影響已經較先前大幅降低，但是區內生物多樣性卻仍逐年降低，顯示區內情況並未好轉，最近的一次底棲動物調查與 15 年前的結果比較，更顯示這段時間內生物多樣大幅降低(龐，1981；楊等，2005)。

究其原因，除了人為影響導致地形及地物的改變，例如北方新竹漁港的築堤；浸水垃圾掩埋場於1990年緊鄰客雅溪及海岸線的興建；朝山-美山-海山海岸堤防的興建及水泥化之外，注入本溼地的各河川普遍受到污染，可能也是重要的原因。依據以往的調查結果顯示，客雅溪下游、三姓溪下游區域，及鹽港溪中游區域，底泥均出現異常偏高的重金屬含量(王，2001；黃，2001；張，2003；郭等，2005)，此種污染將直接或間接影響潮間帶生物的生存。另外漁業署委託高雄海洋技術學院針對香山海岸的生物體與水質以及底泥做檢驗，發現在客雅溪出海口與附近海域生物體內重金屬含量偏高，不論魚類、貝類或螃蟹之銅含量均超過30mg/kg的建議標準，其中以牡蠣最為嚴重。(黃等2001)的報告亦在結論中強調，客雅溪水質污染嚴重，有機污染物和無機污染物含量較高，其中家庭生活污水和工業廢水為重要污染源。

根據文獻紀錄從1987年起香山地區牡蠣體內重金屬的含量逐年攀升，重金屬蓄積量在冬季成為世界級的紀錄，1998年最高紀錄為含銅量4750 mg/kg(乾重)，含鋅量5830 mg/kg(乾重)(陳，2001)。整體而言，1987年香山的牡蠣驗出含銅量平均為 501 ± 190 mg/kg(溼重)，含鋅量 1116 ± 396 mg/kg(溼重)；1993年香山的牡蠣驗出含鎘量0.06-0.42mg/kg(乾重)，

含銅量40-200mg/kg(乾重)，含鋅量110-470mg/kg(乾重)；1998年香山的牡蠣驗出含銅量平均為 2070 ± 742 mg/kg(溼重)，含鋅量 2620 ± 926 mg/kg (Lin and Hsien, 1999)。黃(2001)研究香山地區牡蠣群體、沈積物及懸浮顆粒重金屬含量之季節與區域性變化，探討新竹香山沿海養殖牡蠣高重金屬 (Cu、Zn、Pb、Cd) 蓄積現象之變化。根據黃(2001)之研究顯示牡蠣重金屬含量呈現區域性之週期性變化：重金屬含量冬高、夏低，而冬季多為北高、南低，夏季則為全區皆低；第二年同季測值較第一年高出甚多，但分布、變化趨勢與第一年相同。其也發現沈積物中，顆粒大小 (泥質含量) 與鋁含量呈現正相關，且鋁含量與各重金屬 (Cu、Zn、Pb、Cd) 含量皆明顯呈正相關性。黃(2001)也同時比較懸浮顆粒、牡蠣群體及表層沈積物中重金屬含量，以上三者以相同的趨勢隨季節變化，呈現冬高夏低。

2002年康健雜誌的一篇通俗科學文章中引用台大海洋研究所林曉武教授及中山大學陳孟仙教授的談話，認為香山地區牡蠣的綠化已經是普遍現象，牡蠣銅鋅的含量可能已經是世界第一(黃，2002)。該文中也引用林曉武教授實驗室的研究數據：2000年香山地區牡蠣銅的最高含量為936mg/kg，冬季平均458mg/kg；鋅最高含量為1025mg/kg，冬季平均455mg/kg(以上均為溼重)。若以加拿大水產品銅含量的限值100mg/kg及澳洲的限值30mg/kg 作為比較，香山地區牡蠣的銅含量確實太高。

環保署環境檢驗2005年12號報告，呈現全國各主要河域重金屬生物體含量調查結果，新竹市的採樣點為三姓溪、鹽港溪及海山漁港，沒有客雅溪的資料。分別依枯水期及豐水期進行採樣，2003至2004年共4次檢驗魚類、蟹類及牡蠣體內重金屬含量，其結果如表1。鎘顯著蓄積情形只發生白鯔魚的檢體，其餘均不超過2mg/kg。鉻、銅、鎳、鉛、鋅

的含量相對比較高，鉻最高測值為2003年蚵岩螺的內臟囊(72.3mg/kg)，銅最高測值為2003年牡蠣的內臟囊(2476mg/kg)，鎳最高測值為2003年和尚蟹的內臟囊(78.5mg/kg)，鉛最高測值為2003年大鱗鰻(76.4mg/kg)，鋅最高測值為2003年牡蠣的內臟囊(1980mg/kg)。牡蠣體內的銅、鋅含量不論是野生或是飼養的個體均仍有明顯的蓄積，其中又以枯水期最為明顯(郭等，2005)。

表1、2003年至2004年新竹市主要河川及河口生物體內重金屬含量(郭等，2005)，資料整理自環境檢驗所環境調查研究年報12號，2005年出版，單位 mg/kg。

年度	測點		鎘	鉻	銅	鎳	鉛	鋅
2003年 枯水期	三姓溪	和尚蟹(全蟹)	ND	24.1	134	22.2	18.5	140
		白鰻(全魚)	17.4	34.9	82.4	29.5	7.96	197
	鹽港溪	大鱗鰻(肌肉)	ND	ND	ND	ND	ND	33.5
		大鱗鰻(全魚)	ND	42.9	26.7	27.3	76.4	100
		前鱗鰻(肌肉)	ND	ND	ND	ND	ND	25.3
	海山漁港	和尚蟹(全蟹)	ND	ND	15.2	78.5	9.55	9.36
		大鱗鰻(肌肉)	ND	ND	6.66	ND	ND	39.8
		大鱗鰻(全魚)	ND	51.6	32.6	29.8	6.83	98.7
		蚵岩螺(內臟囊)	ND	72.3	558	29.2	ND	435
		野生牡蠣(內臟囊)	1.05	5.45	1318	6.56	ND	1067
	養殖牡蠣(內臟囊)	1.19	7.1	2476	5.73	ND	1980	
2003年 豐水期	三姓溪	吳郭魚(肌肉)	ND	1.2	7.15	2.86	0.38	43.0
		螃蟹(全蟹)	0.506	9.95	168	11.5	2.94	96.2
		吳郭魚(肝臟)	0.093	4.22	1125	47.1	4.89	163
		虱目魚(肌肉)	0.028	1.91	15.9	4.44	1.04	125
		豆仔魚(全魚)	0.03	17.7	63.5	17.0	3.70	121
	鹽港溪	豆仔魚(肌肉)	ND	1.27	7.71	ND	0.396	32.4
		蚵岩螺(內臟囊)	0.356	18.0	184	8.42	0.897	223
		野生牡蠣(內臟囊)	0.408	3.72	340	4.49	1.88	503
		養殖牡蠣(內臟囊)	0.294	1.65	438	3.50	1.12	684
	海山漁港	豆仔魚(全魚)	ND	124	12.3	72.2	1.72	78.0
2004年 枯水期	鹽港溪	吳郭魚(肌肉)	ND	0.14	0.67	ND	0.043	5.7
	海山漁港	牡蠣(全部)	0.122	0.97	670	8.5	0.330	309
2004年 豐水期	鹽港溪	豆仔魚(全魚)	0.008	4.2	3.50	ND	0.950	15.2
	海山漁港	牡蠣(全部)	0.22	0.480	280	ND	0.420	279

王(2001)取樣表面沉積(3cm)的底泥樣蕊心，研究新竹香山地區客雅溪流域、三姓溪流域、鹽港溪流域、沿岸及海域牡蠣養殖區內沈積物之金屬(Al、Fe、Mn、Zn、Cu、Pb、Cd)含量與顆粒大小組成，並計算金屬富

集係數來瞭解研究區域金屬富集情形。研究結果顯示，新竹地區河川與鄰近海域沈積物重金屬含量，在空間分布上與垂直分布上均呈現大幅度的變化，研究區內的重金屬濃度比常態底質高出許多(表2)。沈積物之區域性變化主要是受到自然環境因素與人為污染因素所控制，但人為因素是高度異常值出現之主要原因。自然環境因素主要是以鋁矽酸岩黏土礦物含量多寡及顆粒大小之影響，表層沈積物之重金屬鐵、錳含量均與重金屬鋁含量成正向線性關係。人為污染因素是控制沈積物內重金屬含量之重要因素，在客雅溪下游地區、三姓溪下游地區及鹽港溪中游地區，均出現異常偏高之重金屬含量，此區域金屬富集係數亦異常偏高。海域地區重金屬含量雖然隨著鋁含量增加而增加，但是由香山海堤向西至牡蠣養殖區，沈積物重金屬含量呈現逐漸增加之現象(王，2001)。

表 2、香山溼地及其注入河川表層底泥重金屬含量，內容整理自王(2001)，其所研究的區域以河川底泥為主，溼地僅採樣牡蠣養殖區的底泥。含量單位(mg/kg)。

金屬元素	客雅溪及支流	三姓溪及支流	鹽港溪流域	牡蠣養殖區
鋁	10000-90000	10000-90000	10000-70000	20000-60000
鐵	5000-50000	9000-40000	5000-40000	10000-30000
錳	90-700	70-810	150-500	140-405
鋅	25-950	25-2700	30-320	60-120
銅	5-1200	5-960	3-2900	20-70
鉛	7-160	6-970	5-110	17-30
鎘	0.03-2.0	0-0.6	0-0.8	0-0.11

自從綠牡蠣事件之後，香山溼地底泥中重金屬的含量持續受到關注，2005年環境檢驗所的研究報告中亦呈現三姓溪口、鹽港溪口及海山

漁港調查結果，報告中並未呈現客雅溪的數據(表3)。各測點的測值有相當明顯的季節變異，鉻、銅、鎳、鋅四種金屬含量均有發生超過參考值的現象，其中又以鎳金屬超過參考值的次數最多(郭等 2005)。

表3、 2003年至2004年新竹市主要河川及河口底泥重金屬含量(郭等，2005)，資料整理自環境檢驗所環境調查研究年報12號(郭等2005)，單位 mg/kg。

年度	測點	鎘	鉻	銅	鐵	錳	鎳	鉛	鋅
2003年枯水期	三姓溪	N.D.	58.5	115*	41439	284	50.5*	26.0	179
	鹽港溪	N.D.	23.8	39.0	21882	192	19.2	16.9	73.0
	海山漁港	N.D.	44.0	101	39226	535	34.9	30.5	133
2003年豐水期	三姓溪	N.D.	58.8	62.5	41100	476	54.9*	35.4	146
	鹽港溪	0.438	226*	24.3	30300	372	167*	17.0	81.3
	海山漁港	N.D.	28.6	21.2	28000	313	25.4	13.3	74.7
2004年枯水期	三姓溪	0.581	47.5	235	25900	222	60.0*	25.5	227
	鹽港溪	0.657	36.5	80.9	27400	380	29.5	22.9	107
	海山漁港	0.662	41.8	132*	31500	489	32.6	27.3	105
2004年豐水期	三姓溪	N.D.	202	250	27400	454	140*	45.7	447*
	鹽港溪	0.304	25.5	22.8	26500	264	22.1	15.1	75.3
	海山漁港	N.D.	38.9	82.7	30300	598	44.3*	38.7	150
參考值(probable effect level)		4.21	160	108	-	-	42.8	112	271

*超過參考值

新竹科學園區至今已開發21年，為我國第一個高科技產業群落，現在已經發展成重要的科技基地。700公頃的園區範圍中聚集近400家加工科技工廠，於2001年創造出近700億的年營業額。由於大量的竹科事業廢水經污水廠處理後，排放至單一承受水體—客雅溪，再加上市區的民生污水，對客雅溪及香山溼地而言，無疑的是相當沈重的負荷。新竹地區使用大量重金屬原料之工廠佔所有工廠之53.8%，其中又電子及電力機械器材製造修配業最為重要，而新竹地區登記管制水污染的此類型工廠只佔3%，可能是造成區域內重金屬污染之原因。新竹科學工業園區雖有廢污水處理設備，但高濃度沈積物重金屬之出現顯示仍有大量之重金屬排放進入河川中，所以確實監督及管制水中之重金屬排放量，才能

改善新竹地區河川遭受重金屬污染(陳，2003)。

水質或底泥中污染物含量過高，將會使以底泥為棲地的無脊椎動物死亡(Kuivila and Foe, 1995)，而污染物或重金屬元素在生物體內的蓄積亦會使得生物體的繁殖能力降低(Beltran *et al.* , 1997)，或是造成個體性比失當，無法有效生殖延續族群(洪及黃，1999;洪，2000;鄭及洪，2000)。簡單而言，河海環境的嚴重破壞及污染，已使香山溼地整體生物群聚的密度及種類數均嚴重的減少。

臺灣西岸由於東岸板塊擠壓使得地殼不斷的向上隆起，因此西部海岸地形每百年升高18公分，屬於隆起海岸地形。同時由於西部各河流顯著的堆積作用，每年自上游攜帶大量泥沙而下，除了淤積下游河床以外，並搬運至河口地區往外注入臺灣海峽形成漂沙，隨著潮流與風浪到處沈積，使得西部的海岸線不斷往西推進。因此，在西部地區形成廣大的隆起海岸平原和沖積平原，同時於沿海形成寬廣的潮汐灘地(海埔地)，且沙洲、沙丘與潟湖羅列(韓，1978)。新竹縣市海岸北起於新豐鄉羊寮溪口南至鹽水港間的30公里海岸，平均潮差有3.25公尺。由於鳳山溪及頭前溪年約260萬立方公尺之豐富沙源及大潮差，乃形成極為平緩之海灘，漲退潮露出水面之海埔地(潮間帶)有1.5公里遠，往南海埔地寬度漸減。於1904至1957年間此一帶海灘約生長0.7公里。1959年行政院退輔會於客雅溪北側至新竹市北側6公里間開發海埔新生地314公頃，此後海岸尚稱穩定，但於1970年頭前溪口南岸經興建新竹漁港後，由於防波堤伸長達1.6公里(含港區)阻擋沿岸漂沙，以致新竹垃圾掩埋場附近之海堤日漸侵蝕。其南濱海水浴場前方之沙灘亦逐漸後退，惟香山一帶海岸尚稱穩定(監察院，2001)。研究者個人在新豐紅樹林區的觀測紀錄顯示，紅樹林內部的沉積變動在3年內不超過2公分，因此推估香山海濱溼地除了行水區之外，30年內底泥變動不超過10公分，研究近20年的變動以40公分的蕊心取樣應可代表。

新竹市濱海野生動物保護區未來經營管理必須先充分了解整個污染系統的起源及流佈特性，充分掌握污染源、環境蓄積含量及生物累積傳遞之現況。有此資訊之後，首先強制控制污染物之排放，逐漸減低系統負擔，已蓄積者則掌握其所在位置及含量；然後進一步設法逐漸清除降低其濃度，對於嚴重污染地區之控管可以防止污染區的擴散。污染物進入環境之後隨著食物鏈的傳遞為生態系之必然，一般無法短時間內去除其影響，然而進入食物鏈最頂端之後通常會直接或間接影響利用溼地生產之人類；充分的告知及教育，有助於附近居民之健康。本計劃預計針對以上三個經營管理之需求，系統性的調查陸源的溪流及其形成之河口灘地所受之污染狀態。

貳、研究方法

一、河川水源及河口沿岸水中重金屬含量測試

分四季進行，河川水源之取樣預定日期若恰於豪大雨過後一週內，則待水流量穩定之後進行採集。客雅溪流域及河口共取6個採樣點，鹽港溪流域及河口共取3個採樣點，大庄溪及三姓溪流域及河口各取2個採樣點。合計每季共13個取樣，取樣位置如圖1，詳細經緯度定位如表4。



圖 1-1、海域底泥樣、客雅溪及三姓溪水樣及底泥樣之樣點分布圖



圖 1-2、鹽港溪流域水樣及底泥樣之樣點分布圖



圖 1-3、南港區底泥樣之樣點分布圖

表 4、底泥採樣全球定位(GPS)記錄。

香山區：方格寬 500M 每小格長 899.2M 總長 4496M
總長 1360M

南港區：方格寬 500M

■a 海域蕊心 40cm

■b 海域蕊心 5cm

■c 河川水樣點

測點	經緯度	測點	經緯度
a1	經度：120.90521	b1	經度：120.90687
	緯度：24.812520		緯度：24.808607
a2	經度：120.90189	b2	經度：120.91334
	緯度：24.808607		緯度：24.809491
a3	經度：120.90521	b3	經度：120.90521
	緯度：24.807934		緯度：24.804426
a4	經度：120.90853	b4	經度：120.90853
	緯度：24.808607		緯度：24.804426
a5	經度：120.91401	b5	經度：120.90189
	緯度：24.808607		緯度：24.796128
a6	經度：120.90189	b6	經度：120.90853
	緯度：24.800307		緯度：24.796128
a7	經度：120.90853	b7	經度：120.91457

測點	經緯度	測點	經緯度
	緯度：24.800307		緯度：24.796128
a8	經度：120.91473	b8	經度：120.90189
	緯度：24.800307		緯度：24.787857
a9	經度：120.90189	b9	經度：120.90853
	緯度：24.792001		緯度：24.787857
a10	經度：120.90853	b10	經度：120.91211
	緯度：24.792001		緯度：24.787857
a11	經度：120.91398	b11	經度：120.90189
	緯度：24.792001		緯度：24.779901
a12	經度：120.90189	b12	經度：120.90853
	緯度：24.783950		緯度：24.779901
a13	經度：120.90853	b13	經度：120.91332
	緯度：24.783950		緯度：24.779901
a14	經度：120.91332	b14	經度：120.90189
	緯度：24.783950		緯度：24.771843
a15	經度：120.90189	b15	經度：120.90853
	緯度：24.775872		緯度：24.771843
a16	經度：120.90853	b16	經度：120.91264
	緯度：24.775872		緯度：24.771843
a17	經度：120.91264	b17	經度：120.89944
	緯度：24.775872		緯度：24.756132
a18	經度：120.90189	b18	經度：120.90433
	緯度：24.767120		緯度：24.756132
a19	經度：120.90853	b19	經度：120.89724
	緯度：24.767120		緯度：24.750238
a20	經度：120.90053	b20	經度：120.90216
	緯度：24.758944		緯度：24.750238
a21	經度：120.90316		
	緯度：24.753112		
a22	經度：120.89614		
	緯度：24.747366		
a23	經度：120.90116		
	緯度：24.747366		

表 4 續、水樣採樣全球定位(GPS)記錄。

GRS67；TWD67，其採用之橢圓體為 Australian National

測點名稱	經度 X	緯度 Y
c1 客雅溪出海口	120.914493	24.807776
c2 牛埔橋	120.940887	24.800782
c3 竹教大外無名橋	120.963975	24.790732
c4 鳳凰橋(青草湖出口)	120.970308	24.777660
c5 雙峰橋	120.980713	24.767549
c6 寶興橋(客雅溪上游)	121.000609	24.763470
c7 三姓溪出海口	120.916001	24.801637
c8 三姓溪橋	120.929540	24.786729
c9 大庄溪出海口	120.916183	24.795083
c10 福慈宮(大庄溪游)	120.921589	24.785894
c11 誠仁橋(鹽港溪出海口)	120.900754	24.745271
c12 南益大橋(鹽港溪中游)	120.916899	24.730040
c13 下庄橋(鹽港溪上游)	120.944182	24.730486

二、底泥及生物蓄積分析

採取空間分布模式進行研究，底泥樣之蕊心採取長40公分，底泥樣分層參考王(2001)之研究結果，5cm深度為濃度變化最明顯之區分，5cm以上的濃度為5cm以下數倍至數十倍。故分析時以0-5cm、5-10cm、10-15cm、15-25cm、25-40cm之分段共5層進行重金屬含量分析，採樣點分布如下所述：客雅溪上、中、下游及河口共取6個採樣點，鹽港溪上中下游及河口共取3個採樣點，大庄溪及三姓溪在河口及上游各取1個採樣點。香山溼地自客雅溪口至鹽港溪口以離岸500m、1000m為基準

線分成網格取12-15個樣點，在以上40公分蕊心樣點之間再均勻分布20個表層5公分的取樣，以便有效得知污染的平面分布，取樣位置如圖一，詳細經緯度定位如表一。每一底泥採樣以3支蕊心代表。伴隨底泥蕊心之採集，同時挖掘採集該點表面30公分棲居之無脊椎動物。以軟體動物、甲殼動物及環節動物為主要分析對象。

三、重金屬污染分析方法

有關底泥中金屬之檢測，分析方法及步驟係參考環檢所土壤中重金屬檢測方法—王水消化法（中華民國 92 年 7 月 1 日環署檢字第 0920047102 號公告，自中華民國 92 年 10 月 1 日起實施，NIEA S321.63B）；至於水中金屬的分析，則參考環檢所水中金屬及微量元素檢測方法—感應耦合電漿原子發射光譜法（中華民國 93 年 4 月 29 日環署檢字第 0930030309 號公告，自中華民國 93 年 8 月 15 日起實施，NIEA W311.51B）。

(一)、水樣

1、採樣及保存

(1)採樣容器使用聚丙烯具有聚乙烯蓋之容器。

(2)水樣於採集後立即添加 Merck 分析級試藥 65%之濃硝酸，使水樣之 pH 值小於 2。加酸後之水樣貯藏於 4 冰箱中，避免水分蒸發。

2、操作方法

(1)水樣前處理

A、將水樣充分混合均勻後，量取 100ml 水樣於燒杯中，加入 5ml 濃硝酸，置於加熱板上加熱至近沸騰，使蒸發至體積為 10-20ml。

B、將燒杯移出，使冷卻後加入 5 ml 濃硝酸，以錶玻璃覆蓋加熱迴流至近乾，並重複此步驟至溶液呈無色、淡黃色或澄清且顏色不再變化為止。

C、以少量試劑水淋洗表玻璃及燒杯內壁，再加入 1-2 ml 濃硝酸，加熱使殘渣全部溶解。冷卻後過濾，並將濾液移入 100 ml 量瓶，再以試劑水稀釋至刻度。

D、依上述 A 至 C 之步驟，同時以試劑水進行空白分析。

(2)儀器調校

A、每次開機後，熱機 30 分鐘，使電漿之溫度達到穩定。

B、設定所欲測定元素之分析波長及背景校正位置。

(3)檢量線之建立

儀器:Perkin Elmer Optical 2100

標準液:Accu Trace Reference Standard, ICP Multi Element Std Solution IV。

首先分析檢量線空白溶液，續依濃度由低至高之順序，分析至少 5 個不同濃度的標準溶液。所建立之檢量線，使其線性相關係數 0.995。

(4)水樣重金屬成分濃度分析

A、樣品分析時，每一批次樣品均進行重覆樣品分析、樣品空白分析。

B、當所分析樣品的濃度超出所建立檢量線的線性範圍時，則將此樣品稀釋，並重新分析樣品。

C、樣品分析時，發現基質干擾，導致樣品添加分析或稀釋分析之回收率不佳，進一步實施標準添加法來進行樣品之分析。

(二)、底泥

1、消化處理

- (1). 秤取適量前處理過之底泥樣品約 3g (精秤至 1mg) ，置於 250 ml 反應瓶中；
- (2) 以 0.5 至 1 ml 水潤溼樣品；
- (3) 緩慢加入 21 ml 濃鹽酸，再慢慢加入 7 ml 濃硝酸，搖盪充分混合均勻；
- (4) 將迴流冷凝管置於反應瓶上，在室溫下靜置此裝置 16 小時，適時搖晃；
- (5) 緩慢加熱溶液至迴流溫度，使溶液在沸騰狀態下維持約 2 小時。加熱程度保持迴流區域在冷凝管高度三分之一以下；
- (6) 冷卻樣品至室溫後，以約 10 ml 0.5 M 稀硝酸沖洗冷凝管，並收集於反應瓶中；
- (7) 將反應瓶中溶液倒入 100 ml 量瓶中，以 0.5 M 稀硝酸沖洗反應瓶，並收集於此量瓶中，再加水至標線，加蓋並搖勻；
- (8) 將溶液於 2,000 至 3,000rpm 轉速下離心 10 分鐘，取上澄液分析。

2、金屬成分及濃度測定

依上述水樣操作方法(2)至(4)(儀器調校→檢量線之建立→水樣重金屬成分濃度分析)，以感應耦合電漿原子發射光譜儀測定其光度，並由相對度對應檢量線求得內含金屬成分及濃度。

3、底泥中金屬元素含量計算

$$\text{土壤中各金屬元素 (mg/kg)} = \frac{A \times V \times f \times 1000}{W \times 100 / (100 + W_{H_2O})}$$

A：檢量線求得之濃度 (mg/L)

V：樣品經過濾或離心後定量之最終體積 (L)，即 0.1 L

f：上機測試時之稀釋倍數

W：風乾底泥取樣量 (g)

W_{H₂O}：底泥之水分含量

(三)、生物體

1、樣品之前處理

不同種類生物樣品依測站分離之後，分別秤其溼重，隨後進行烘乾(70 烘乾 24 小時)，烘乾之生物樣品以瑪瑙研磨器將樣品研磨成粉狀。若生物樣品有明顯外殼如貝類等，則分別將活組織及死組織分開處理。

2、微波消化程序(參考環境檢驗所公布的「魚介類酸性消化總則—微波消化／元素分析」):

- (1) 將乾燥後的樣本磨碎、均勻後，以可精秤至 0.1mg 之電子天平秤取 0.5g。
- (2) 加入 5ml 的濃硝酸(分析試藥級，65%)，以 CEM 的 Mars5 進行 4 個階段微波消化，各階段所設定的條件如下：第一階段輸出功率 315W，壓力為 20psi，加熱時間為 10 分鐘，風扇速率 100%；第二階段輸出功率 378W，壓力為 40psi，加熱時間為 10 分鐘，風扇速率 100%；第三階段輸出功率 70W，壓力為 80psi，加熱時間為 10 分鐘，風扇速率 100%；第四階段輸出功率 70W，壓力為 135psi，加熱時間為 10 分鐘，風扇速率 100%。
- (3) 加入 1ml 的過氧化氫(30%)再進行一階段的微波消化，輸出功率 315W，壓力為 135psi，加熱時間為 5 分鐘，風扇速率 100%。
- (4) 將消化後樣本，以 0.5M 的硝酸稀釋成 50ml，再離心 2700rpm、20 分鐘以去除沉澱物，避免堵塞 ICP 管線。

3、金屬成分及濃度測定

依上述水樣操作方法(2)至(4)(儀器調校→檢量線之建立→水樣重金屬成分濃度分析)，以感應耦合電漿原子發射光譜儀測定其光度，並由相對度對應檢量線求得內含金屬成分及濃度。

4、生物體中重金屬元素含量計算

$$\text{生物體中各金屬元素 (mg/kg)} = \frac{A \times V \times f \times 1000}{W \times 100 / (100 + W_{H_2O})}$$

A：檢量線求得之濃度 (mg/L)

V：樣品經過濾或離心後定量之最終體積 (L)，即 0.05 L

f：上機測試時之稀釋倍數

W：風乾生物體取樣量 (g)

W_{H₂O}：生物體之水分含量

(四)、Perkin Elmer Optical 2100 ICP-OES 操作條件

1、ICP-OES 各元素使用波長及儀器偵測極限

分析元素	選擇波長	儀器偵測極限(mg/L)
In	303.936	0.1500
Cd	228.802	0.0027
Cr	205.560	0.0061
Cu	213.597	0.0120
Ni	341.476	0.0480
Pb	220.353	0.0420
Zn	213.857	0.0018
Ga	294.364	0.0460
Fe	238.204	0.0046
Al	394.401	0.0470

2、儀器參數

儀器參數	參數數值
入射操作能量	1300 W
電漿觀測模式	Axial
使用液體	氫氣
霧化氣體流速	0.8L/min
冷卻控制溫度	20°C
輔助氣體流速	0.2 L/min
樣品導入速度	14 L/min

參、結果與討論

河川水域採樣 4 季共有 52 個水樣可供分析。底泥樣本因為三姓溪及大庄溪部分河域底泥已經被水泥固化，無法取得樣本，河川底泥共有 10 個樣本(樣點的詳細衛星定位結果如表 4，樣點分布位置如圖 1)。海域底泥採樣完成 23 個樣點，共採得 69 個 40 公分底泥蕊心、20 個表面 5 公分的表層樣本。表層 0-5 公分有 43 個樣點，5-40 公分底泥樣有 23 個樣點。樣點的詳細衛星定位結果如表 4，樣點分布位置如圖 1。伴隨 40 公分的蕊心採樣採集底棲生物，共有 23 個底棲生物樣本，經分類之後分析 63 個不同站次的生物種類。因為各類棲地的性質不同，採獲的底棲生物體樣本內容差異甚大，主要有屬於軟體動物的雙殼貝及屬於甲殼動物的蟹類，屬於環節動物沙蠶及方格星蟲只在特定測站採獲。所有底泥樣本及生物樣本均進行標準前處理程序之後，以 ICP 進行元素分析，分析 10 種元素如下；鎩(Ga)、銦(In)、鎘(Cd)、鉻(Cr)、銅(Cu)、鎳(Ni)、鉛(Pb)、鋅(Zn)、鐵(Fe)、鋁(Al)。

一、河川水體重金屬含量分析

香山溼地主要陸源河川水體，重金屬含量分析顯示目前的重金屬濃度均相當低，四季採樣的水體中，鎘、鋅、鉛、銅的含量均低於環保署規定之放流水標準。客雅溪以無名橋為分界，青草湖以上河段重金屬含量明顯低於下游河段。無名橋以下測點可以檢出微量的鎩、銦及鎘，青草湖以上的河段鎩、銦及鎘的含量大部分低於儀器偵測極限。

鎩(Ga)的水樣均低於偵測極限(表 5)。國內目前對鎩在水體中的排放未定標準。

銦(In)的水樣含量均低於偵測極限(表 5)。國內目前對銦水體排放標準尚未規定。

鎘(Cd)的分布集中在客雅溪無名橋以下河域，濃度均小於 0.003mg/L。

三姓溪、大庄溪及鹽港溪的測點，四季中只有大庄溪上游的一個樣本含有 0.001mg/L(表 5)，其餘樣品的鎘含量均低於儀器偵測極限。所有測值均低於放流水排放標準 0.03mg/L。

鉻(Cr)的分布以三姓溪、大庄溪及鹽港溪的含量較高，客雅溪無名橋以下所採集的樣本河段檢出次數較多，但其含量多在 0.002mg/L 以下，青草湖以上均樣品鉻含量均低於偵測極限。三姓溪、大庄溪及鹽港溪下游在秋、冬季枯水期含量較高，最高 0.013mg/L(表 5)。所有測值均低於放流水排放標準 2.0mg/L。

銅(Cu)的含量只有客雅溪無名橋以下有 5 個樣本低於偵測極限，其餘均可檢出其含量。客雅溪測值介於 0.1-0.001mg/L 之間。三姓溪測值介於 0.01-0.004mg/L 之間，大庄溪測值介於 0.024-0.004mg/L 之間。鹽港溪測值介於 0.008-0.003 之間(表 5)。所有測值均低於放流水排放標準 3.0mg/L。

鎳(Ni)的分布以客雅溪無名橋以下含量較高，介於 0.058-0.128mg/L。青草湖以上河段含量小於偵測極限。三姓溪、大庄溪及鹽港溪樣本均未檢出(表 5)。所有測值均低於放流水標準 1.0mg/L。

鉛(Pb)的濃度分布，各水系相差不大，含量均甚低或小於偵測極限(表 5)。所有樣本含量均低於放流水標準 1.0mg/L。

鋅(Zn)的濃度分布以客雅溪無名橋以下較高，除了一個樣本未檢出外，其餘測值介於 0.179-0.003mg/L 之間，青草湖以上測站有 3 個樣本未檢出，其餘測值介於 0.254-0.002mg/L 之間。三姓溪測值介於 0.1-0.01mg/L 之間，其中有一個樣本未檢出。大庄溪測值介於 0.243-0.003mg/L 之間。鹽港溪有 2 個樣本未檢出，其餘測值介於 0.141-0.009mg/L(表 5)。所有測值均低於放流水排放標準 5.0mg/L。

鐵(Fe)所有樣本均可檢出。客雅溪無名橋以下含量介於 0.732-0.148mg/L，青草湖以上之含量介於 1.8-0.21mg/L。三姓溪測值介於 1.514-0.558mg/L。大庄溪測值介於 1.017-0.242mg/L(表 5)。鹽港溪測值介

於 2.346-0.172mg/L 之間。

鋁 (Al) 的含量相對高於其他金屬元素，無名橋以下測值介於 5.21-0.285mg/L 之間。青草湖以上的測值介於 0.653-0.021mg/L 之間。客雅溪下游冬季水體含量升高，值得注意。三姓溪測值介於 0.653-0.021mg/L 之間。大庄溪測值介於 9.08-0.402mg/L 之間，冬季含量升高與客雅溪近似。鹽港溪鋁含量介於 1.444-0.105mg/L 之間，其中一樣本未檢出，冬季枯水期也有濃度升高的現象(表 5)。

表 5、河川水域，水體中重金屬含量，單位：mg/L。採樣日期：第 I 季 2006/9/29，第 II 季 2006/12/30，第 III 季 2007/3/30，第 IV 季 2007/6/23。

金屬	季別	KY c1*	KY c2	KY c3	KY c4	KY c5	KY c6	SS c7*	SS c8	DG c9*	DG c10	YK c11*	YK c12	YKc13
Ga	I	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	II	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	III	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	IV	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
In	I	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	II	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	III	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	IV	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cd	I	ND	0.002	0.003	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.001	ND	ND	ND
	II	0.001	0.001	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	III	0.001	0.001	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	IV	0.002	0.001	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cr	I	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	II	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	0.007	0.005	0.008	0.011	0.013	0.002	ND
	III	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.004	ND	0.002	ND	ND	ND	ND
	IV	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cu	I	ND	0.001	ND	0.004	0.004	0.004	0.01	0.004	0.007	0.009	0.01	0.003	0.003
	II	ND	0.001	ND	0.005	0.006	0.005	0.011	0.011	0.004	0.024	0.007	0.004	0.003
	III	0.002	0.001	ND	0.006	0.006	0.005	0.011	0.006	0.006	0.008	0.013	0.008	0.005
	IV	0.003	0.005	0.006	0.01	0.009	0.005	0.007	0.007	0.006	0.01	0.007	0.008	0.008

金屬	季別	KY c1*	KY c2	KY c3	KY c4	KY c5	KY c6	SS c7*	SS c8	DG c9*	DG c10	YK c11*	YK c12	YKc13
Ni	I	ND	0.044	0.128	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	II	0.039	0.041	0.041	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	III	ND	0.033	0.058	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	IV	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb	I	ND	ND	0.013	ND	ND	0.051	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	II	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.025	0.017	ND	0.035	ND	ND	ND
	III	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	IV	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zn	I	0.023	0.176	0.072	0.051	0.03	0.254	0.1	0.059	0.026	0.095	0.141	0.024	0.021
	II	0.038	0.032	0.035	0.079	0.02	0.031	0.04	0.09	0.037	0.243	0.027	0.014	0.082
	III	0.019	0.013	0.009	0.016	ND	ND	0.036	0.016	0.003	0.01	0.009	ND	ND
	IV	ND	0.003	0.014	0.002	0.015	ND	0.01	ND	0.008	0.024	0.013	0.042	0.029
Fe	I	0.37	0.279	0.148	0.702	0.383	0.294	0.567	0.63	0.514	0.58	0.666	0.275	0.172
	II	0.509	0.395	0.434	1.8	0.699	0.543	1.143	1.005	0.242	1.571	1.304	2.346	0.363
	III	0.732	0.925	0.154	1.685	0.685	0.696	1.514	1.02	0.67	1.017	1.208	0.887	0.701
	IV	0.336	0.443	0.165	0.982	0.529	0.21	0.558	0.71	0.403	1.004	0.633	1.108	0.443
Al	I	1.171	0.295	0.378	0.061	0.021	0.207	0.188	ND	0.49	0.449	ND	0.105	0.017
	II	1.97	5.21	2.545	0.583	0.204	0.218	1.456	2.259	9.08	1.326	1.123	1.444	0.419
	III	0.704	0.827	0.305	0.653	0.325	0.36	0.994	0.566	0.753	0.69	0.85	0.349	0.294
	IV	0.308	0.4	0.285	0.24	0.283	0.157	0.22	0.153	0.402	0.721	0.419	0.255	0.162

KY 為客雅溪；SS 為三姓溪；DG 為大庄溪；YK 為鹽港溪。*代表最下游感潮測點。ND 代表樣本濃度低於儀器偵測極限。

二、河川底泥、溼地底泥重金屬含量及生物體內之蓄積量

研究期間河川底泥採樣在客雅溪出海口測站挖得底泥樣僅 10 公分，牛埔橋下無底泥樣，無名橋以上有 3 個測站僅有表層底泥樣，最上游測點可分成 4 層分析。三姓溪下游有一個完整的樣本，上游只有表層底泥可供分析。大庄溪已經完全被水泥固化，無底泥可採。鹽港溪底泥樣則相當完整，只有最上游測點無法取得 25 公分以下底泥樣。

研究期間在溼地內共採樣 23 個 40 公分之柱形底泥樣及 20 個 0-5cm 之表層底泥樣。合計表層 0-5 公分底泥樣共有 43 個，5-40 公分之底泥樣共有 23 個可供分析。底泥內棲息之生物樣本種類變化甚大，依照不同棲息地型態而有所差別，可供分析的種類有 27 種，主要分成 5 大類，分別是植物組織、軟體動物、環節動物、星蟲動物及甲殼動物，其中又以軟體動物及甲殼動物的種類最多。

客雅溪、三姓溪及鹽港河流域底泥重金屬的蓄積量以下游濃度較高。客雅溪無名橋是上下游之間的分界點，此橋以下至出海口底泥內重金屬蓄積濃度漸增。除了未規範的金屬元素鎘、銻、鐵、鋁之外，各測點之重金屬鎘、鉻、鉛、鋅、鎳及銅含量均低於環保署規範之土壤重金屬管制標準(國內並未對底泥訂定管制標準，後文均引述陸地土壤管制標準)。溼地內所有測點底泥重金屬含量，除了未規範的元素鎘、銻、鐵、鋁之外，鎘、鉻、鉛、鋅、鎳及銅的含量均低於環保署規範之土壤重金屬管制標準。底泥重金屬蓄積量較高的測點集中在客雅溪口、三姓溪口、大庄溪口、鹽港溪口及蚵棚區。這些測點的底泥均以黏土含量高的淤泥為主，其有機質含量也相對較高。溼地整體重金屬蓄積量，表層與底層之間差異甚小，顯示生物干擾造成的上下層混合相當劇烈。主要的干擾類型為螃蟹的掘洞或是沉積取食者如星蟲及多毛類等排出的糞泥，將底層土帶至表層，表層底泥再隨洞穴沉入底層。若污染源總量逐漸減少，溼地長期自行混合及海洋的

作用，其蓄積濃度可能逐年降低。溼地生物重金屬蓄積的情形相當明顯，雖然大部分環境背景值不超過土壤重金屬管制標準。然而由於生物濃縮作用，各類生物體內重金屬含量均相當高，透過食物鏈的放大作用，溼地鳥類及魚類體內的重金屬蓄積量將更為可觀。未來，有必要進一步了解重金屬對溼地生物生存之影響。經濟性物種如牡蠣、公代體內累積的銅及鎘濃度已經過高，雖然衛生署對國內對水產品中重金屬含量未訂定管制標準，但是仍然不建議食用這類水產品。腸澱苔及甘藻等植物也有極高的重金屬蓄積情形，水筆仔、海茄苳及莞草等溼地植物值得進一步分析其蓄積及耐受程度，未來可以應用於污染物的清除。鎘、銻兩類元素在溼地中驗出相當的含量，顯示其存在的事實。這些非生物生存必須的稀有元素，自然界中存量甚少，卻是科學園區電子工業最主要生產原料。目前世界各國及國內均未對這些稀有的貴重金屬進行污染生物學研究，其對生物之影響無法得知，有待進一步的研究分析。

各種金屬的分析各論如下：

鎘(Ga)：

鎘(Ga)在客雅溪底泥中的含量是以無名橋為分界(表層 6.07mg/kg)，越下游含量越高，出海口附近測點為 11.27-11.40mg/kg(0-10cm 底泥層)。青草湖以上的測點含量相對較低許多。三姓溪底泥鎘含量介於 5.53-2.47mg/kg，下游出海口附近含量相對較高。鹽港溪除了出海口附近能感潮的測站表層含量較高(9.70mg/kg)外，其他樣本相對含量較少。鹽港溪最上游測點底泥中鎘的含量有輕微蓄積的現象(3.63-5.47mg/kg)，值得進一步探討(附表 1)。本種重金屬在底泥中的含量以往均未曾被研究探討，香山溼地內的鎘含量無相關文獻可供比較。

各層底泥含量的平均值相當接近，介於 5.91-5.45mg/kg 之間(圖 2)。0-5 公分測值範圍 2.9-9.27mg/kg，5-10 公分測值範圍 2.67-11.6mg/kg，10-15 公分底泥層測值範圍 2.3-10.43mg/kg，15-25 公分底泥層測值範圍

2.5-12.83mg/kg。表層含量較高的測站，底下各層相對含量較高(圖 3)。0-5 公分底泥各測點含量以三姓溪出海口含量最高，其餘底泥含有較多黏土的測站亦有較高的含量(圖 4)。5-10 公分底泥的含量以客雅溪口及鹽港溪口附近測站較高。10 公分以下的 3 層底泥鎘含量分布型態與 5-10 公分這一層極為相似，黏土含量較高的測點，相對有較多的蓄積量。各分層鎘含量之等量線分布如圖 5，擴散之趨勢相同，底泥粒徑愈小的區域含量愈高，此一趨勢又與牡蠣養殖區的分布有關。牡蠣排出膠黏的糞泥不易分散，沉降在棚架底部形深厚的淤泥，這些淤泥實際上富含各類重金屬，牡蠣顯然扮演部分富集的角色，將水中懸浮的顆粒捕捉使其沉積，附著在顆粒上的重金屬一部分進入牡蠣體內，一部分則累積在棚架下方的淤泥中。

各種生物體內鎘金屬蓄積量與棲息底泥中鎘的含量沒有明顯的相對關係，不同物種之間的差別相當明顯。香山溼地的生物中鎘蓄積量較高的生物為腸澱苔(6.604mg/kg)、毛枝藻(12.55mg/kg)、西施舌(2.798mg/kg)、馬珂蛤(3.198mg/kg)、公代(4.495mg/kg)、多毛類(2.714mg/kg)、星蟲類(2.827-3.297mg/kg)，以上的數值均為平均值，各測點之各類生物蓄積量詳如(表 6)。目前環保署未對鎘金屬在土壤中的含量有任何管制標準，衛生署對水產品中的鎘含量亦未有任何管制標準。

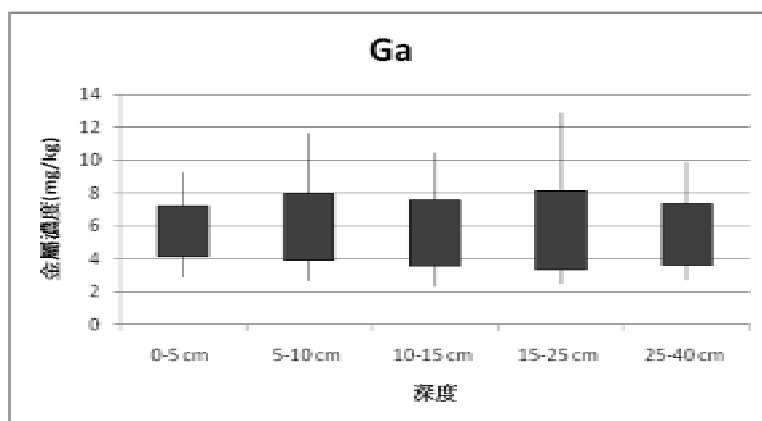


圖 2、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鎘的平均含量及測值範圍，黑色方塊代表平均值上下一個標準偏差。

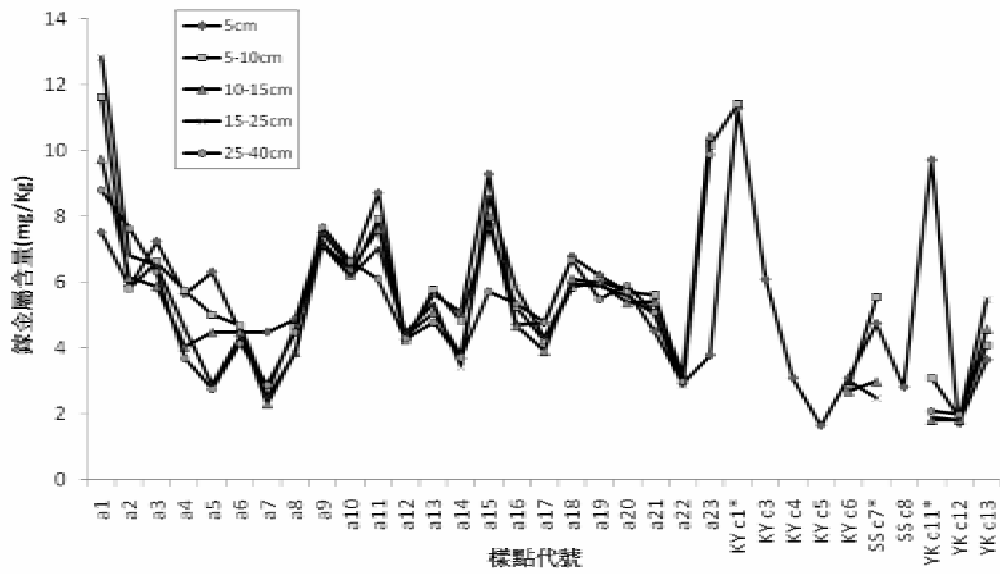


圖 3、新竹市濱海野生動物保護區各測點底泥各分層鎘的含量。

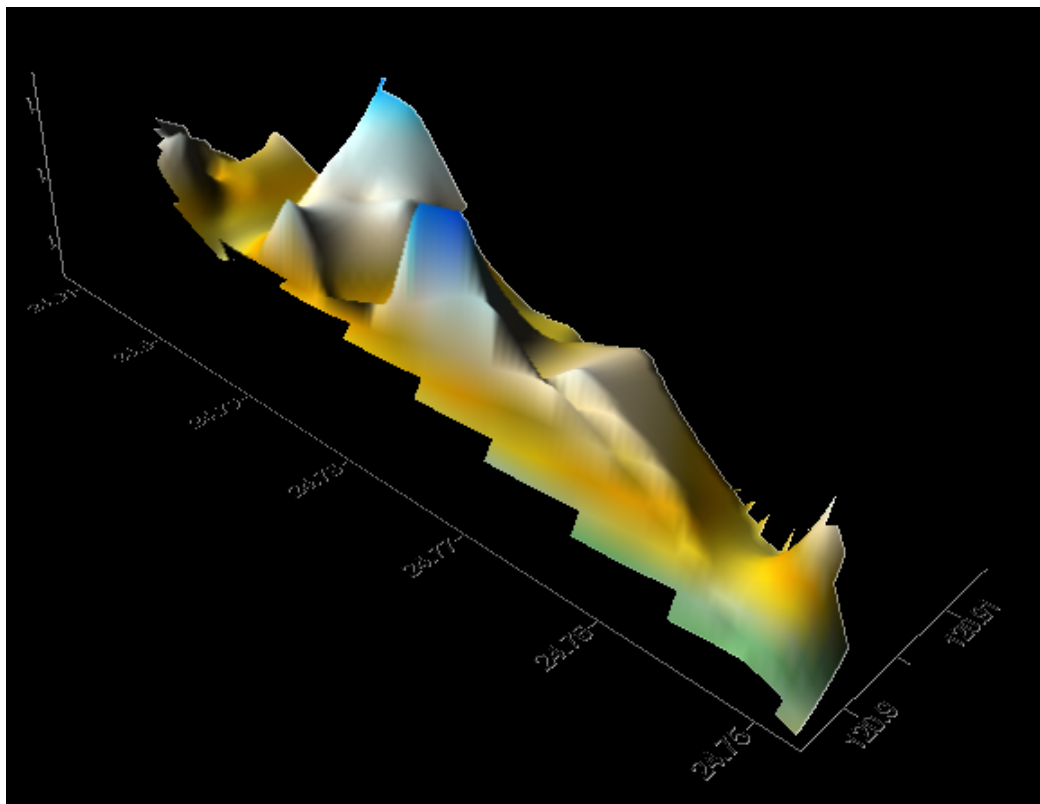


圖 4、新竹市濱海野生動物保護區表面 5 公分底泥鎘的含量的三度空間圖示。

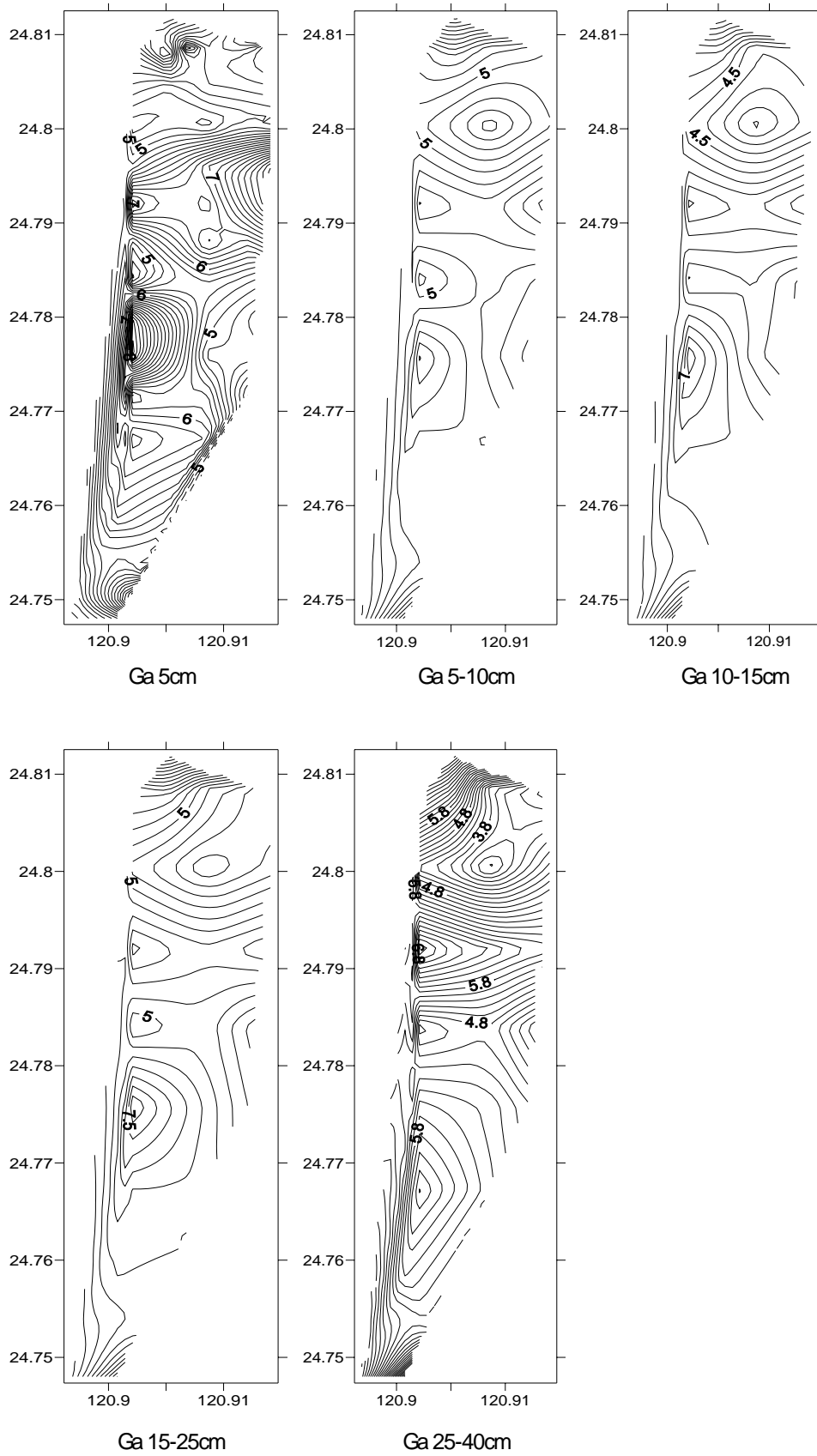


圖 5、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鎘的含量二維等量分布圖。

表 6、新竹市濱海野生動物保護區各採樣點採獲之生物，其體內鎘的蓄積量，單位 mg/kg。

鎘	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	c3	c7	c8	c9	c11	c13	平均	
腸汁苔														6604										6604	
甘藻													1.394											1.394	
毛枝藻																		17.20		7.903				12.55	
牡蠣													0.600											0.600	
西施舌													2.798											2.798	
馬珂蛤												1.901	2.197			5.303	3.392							3.198	
環文蛤			1.697						1.101	0.998				2.797			1.599							1.638	
公代				4.990			4.598							3.897										4.495	
台灣蚶																							0.870	0.870	
腹足類																									
多毛類			4.484					2.128					1.531												2.714
方格星蟲													3.696			2.897									3.297
星蟲(?)											2.827														2.827
斯氏沙蟹	0.200																								0.200
萬歲大眼蟹				1.199					2.198	1.803				2.397									1.722		1.864
短身大眼蟹													1.499				1.697								1.598
清白招潮蟹				1.039	1.101			0.501							0.801				0.700						0.828
弧邊招潮蟹				1.001	1.098						0.300				2.000				1.200		0.200	0.401			0.886
北方四指招潮蟹															0.599										0.599
雙齒近相手蟹					0.401																				0.401
台灣厚蟹					0.801			0.702															0.702		0.735
伍氏厚蟹											1.400														1.400
雙扇股窗蟹						0.301																			0.301
長指股窗蟹																							0.700		0.700
和尚蟹												1.401	0.900			1.901									1.401
勝利黎明蟹													0.200												0.200
奧氏蟳																		1.030							1.030

銻(In)：

銻(In)的分布情形與鎘極為近似，仍然以無名橋為界(表層10.30mg/kg)，客雅溪下游的蓄積量明顯增加，含量達18.23-19.03mg/kg，上游樣點的測值均不超過7mg/kg。三姓溪下游測點的0-10cm表層底泥，銻的含量為10mg/kg左右。鹽港溪下游測站表層底泥的蓄積量與客雅溪出海口測站相近(19.47mg/kg)。最上游測站的銻含量也有輕微蓄積的現象(3.37-4.13mg/kg)(附表2)。本種重金屬在底泥中的含量以往均未曾被研究探討，香山溼地內的銻含量無相關文獻可供比較。

各層底泥含量平均值相近，介於9.586-10.804mg/kg之間(圖6)。0-5公分底泥測值範圍2.2-19.7mg/kg，5-10公分底泥測量值2-17.4mg/kg，10-15公分底泥測量值1.67-19.1mg/kg，15-25公分底泥測值1.3-20.1mg/kg，25-40公分底泥測量值1.17-17.7mg/kg。表層含量較高的測站，底下各層的含量也相對較高(圖7及附表2)。0-5公分表層底泥內銻的含量以大庄溪出海口附近含量最高，其他在蚵棚區及鹽港溪口附近含量也相對較高，含量較高的測點底泥均以細顆粒的黏土為主要組成(圖8)。客雅溪口含沙量較高的測站相對比其他測點低。5公分以下的4個底泥分層，銻含量分布形態近似於表層底泥，大庄溪口、鹽港溪口及蚵棚下方的淤泥顯然比沙地中有較多的銻蓄積。各分層銻含量之等量線分布如圖9，擴散之趨勢相同。

各種生物體內銻蓄積量與其棲息的底泥中銻的關係亦不明顯，例如a3點底泥表層銻的含量為2.87mg/kg，此處環文蛤卻有4.592mg/kg的蓄積量。不同生物間的蓄積特性差別甚大。香山溼地上的腸澣苔(3.702mg/kg)、甘藻(4.778mg/kg)、馬珂蛤(3.258mg/kg)、方格星蟲(4.096mg/kg)、短身大眼蟹(6.497mg/kg)及勝利黎明蟹(9.102mg/kg)等生物，其體內蓄積銻的量是相對較高的物種(表7)。各物種的蓄積量詳如表7。目前環保署未對銻金屬在土壤中的含量有任何管制標準，衛生署對水產品中的銻含量亦未有任何管制標準。

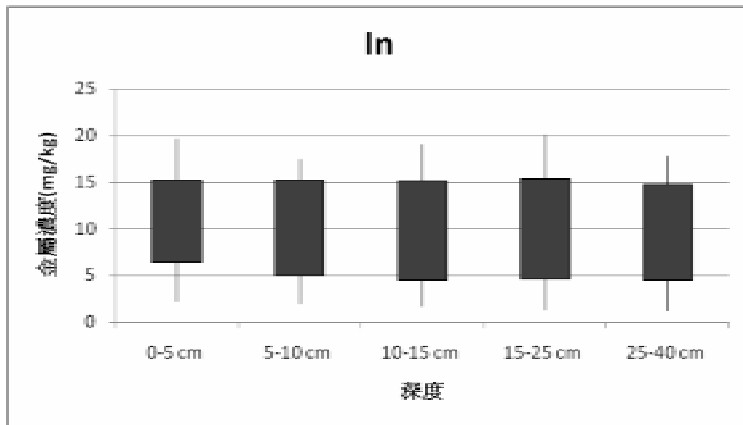


圖 6、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鈹的平均含量及測值範圍，黑色方塊代表平均值上下一個標準偏差。

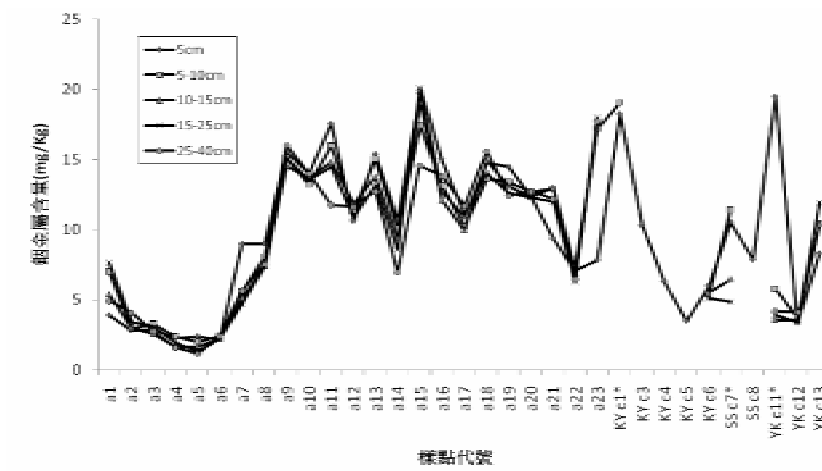


圖 7、新竹市濱海野生動物保護區各測點底泥各分層鈹的含量。

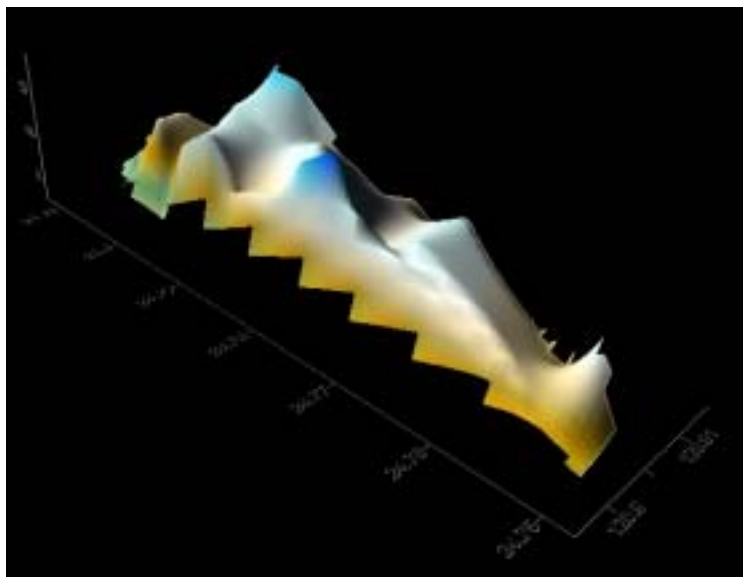


圖 8、新竹市濱海野生動物保護區表面 5 公分底泥鈹含量的三度空間圖示。

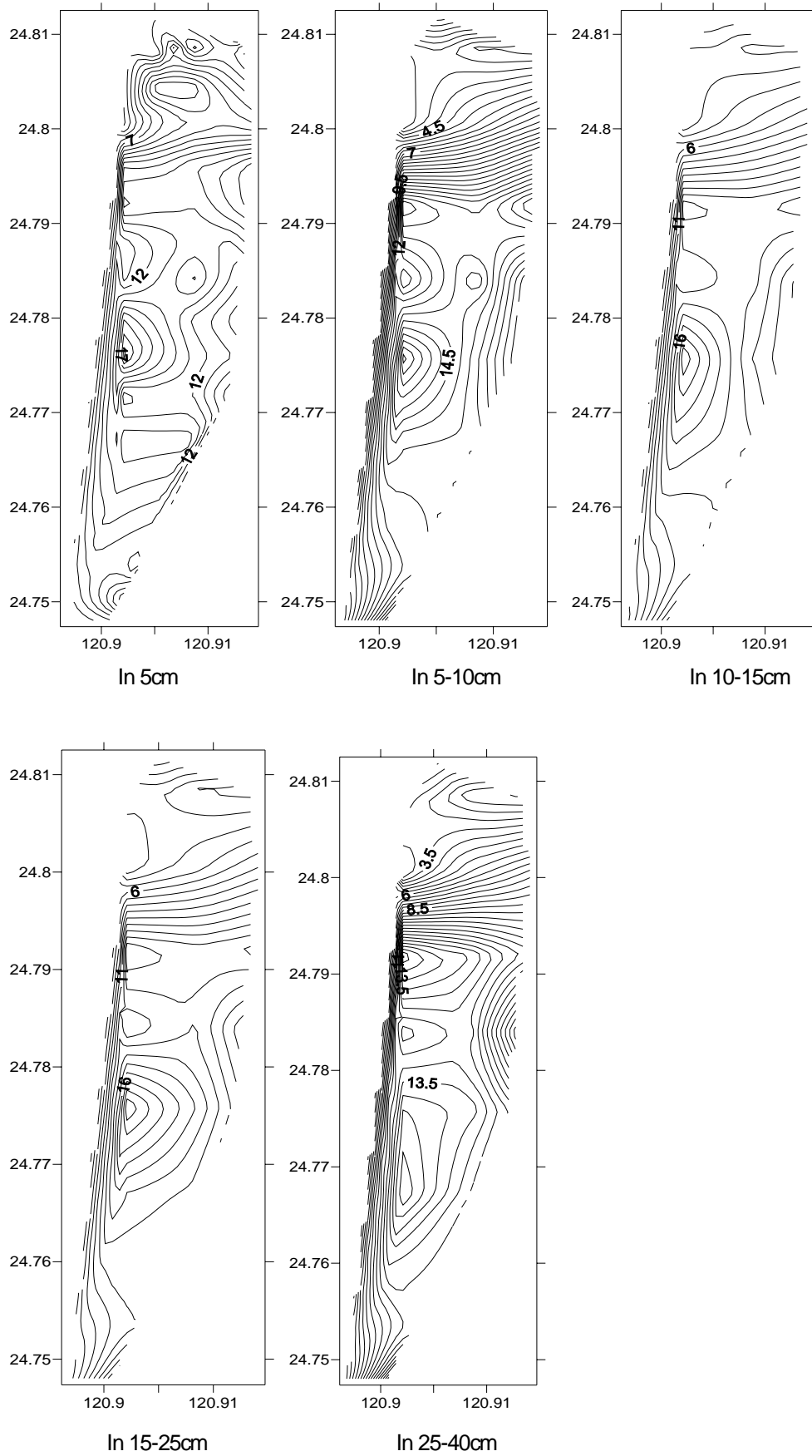


圖 9、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鈹的含量二維等量分布圖。

表 7、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內鎳的蓄積量，單位 mg/kg。

鎳	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	c3	c7	c8	c9	c11	c13	平均
腸肝苔														3.702										3.702
甘藻													4.778											4.778
毛枝藻																		1.100		2.901				2.001
牡蠣																								
西施舌																								
馬珂蛤												3.301	0.300			8.005	1.428							3.258
環文蛤			4.592						2.202	0.299				0.499			0.200							1.558
公代				1.896			1.599							1.799										1.765
台灣蚶																							0.522	0.522
腹足類																								
多毛類					2.436			1.064																1.750
方格星蟲																4.096								4.096
星蟲(?)											1.616													1.616
斯氏沙蟹																								
萬歲大眼蟹			2.696						0.699	0.200												6.890		2.621
短身大眼蟹													6.497											6.497
清白招潮蟹					6.205			6.308							9.115									7.209
弧邊招潮蟹																								
北方四指招潮蟹																								
雙齒近相手蟹																								
台灣厚蟹					2.805																			2.805
伍氏厚蟹											0.200													0.200
雙扇股窗蟹						4.212																		4.212
長指股窗蟹																								
和尚蟹																								
勝利黎明蟹													9.102											9.102
奧氏蟳																								

鎘(Cd)：

鎘(Cd)金屬在客雅溪下游、三姓溪下游及鹽港溪下游表層底泥有輕微蓄積現象，各測點表層底泥的鎘含量明顯高於底層底泥及上游的底泥。客雅溪下游底泥的鎘含量介於 0.37-0.43mg/kg(0-10cm 底泥層)，三姓溪下游底泥的鎘含量 0.57mg/kg(0-5cm 底泥層)，鹽港溪下游底泥的鎘含量 0.43mg/kg(0-5cm 底泥層)，以上這幾個測值明顯較高。例外的測點為鹽港溪上游，鎘的含量與下游相近(附表 3)。所有採樣點底泥的鎘含量均低於食用作物農地管制標準(5mg/kg)。王(2001)的研究在河川及河口水域最高含量可達 2mg/kg(表 2)。郭等(2005)的測值則與本研究相近(表 3)。

各層底泥含量的平均值介於 0.327-0.379mg/kg 之間，測值相差甚小(圖 10)。0-5 公分底泥層測值範圍 0.07-0.7mg/kg，5-10 公分底泥層測值範圍 0.07-0.8mg/kg，10-15 公分底泥層測值範圍 0.1-0.63mg/kg，15-25 公分底泥層測值範圍 0.1-0.73mg/kg，25-40 公分底泥層測值範圍 0.07-0.67mg/kg(附表 3)。表層底泥含量較高的測站，底下各層相對也有較高的含量(圖 11)。0-5 公分表層各測點含量分布如圖 12。客雅溪口的 a1 點、風情海岸南段近岸區、蚵棚下及海山畧的紅樹林區有比較高的含量。5 公分以下各層的分布趨勢與表面的這一層相同(圖 13)。

各種生物體內鎘的蓄積量也與底泥內重金屬含量關係不明顯。物種之間存著明顯的差異。體內的鎘的蓄積量比較大的種類計有公代(4.461mg/kg)，多毛類(7.998mg/kg)及奧氏螻蛄蝦(4.943mg/kg)(表 8)。換算成溼重含量，多毛類、公代及西施舌含量超過 0.5mg/kg(附表 13)，參考各國之限量標準(附表 15)，以上三者已經不符部分國家水產品之管制標準，因此不建議食用香山地區的公代及西施舌。郭等(2005)檢出香山溼地採獲的牡蠣及部分魚類體內鎘的含量大於 1mg/kg(表 1)，92 年枯水期的白鯔魚(全魚)含量達 17.4mg/kg。目前國內未對水產品中任何重金屬規範容許量。各底泥樣品內鎘的測值均低於食用作物農地之管制標準(5mg/kg)。

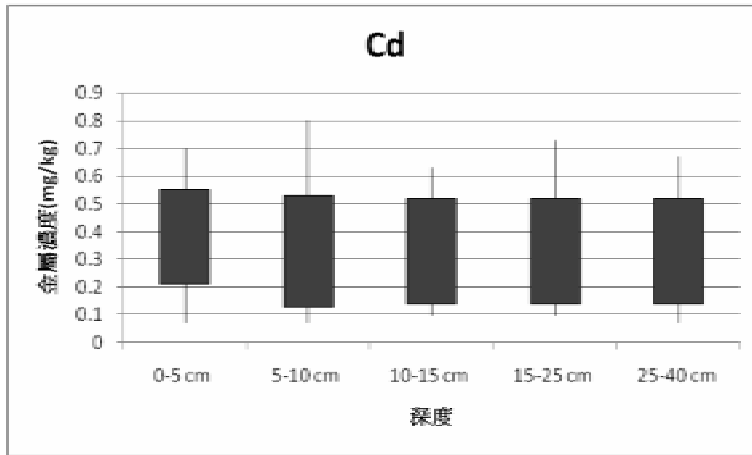


圖 10、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鎘的平均含量及測值範圍，黑色方塊代表平均值上下一個標準偏差。

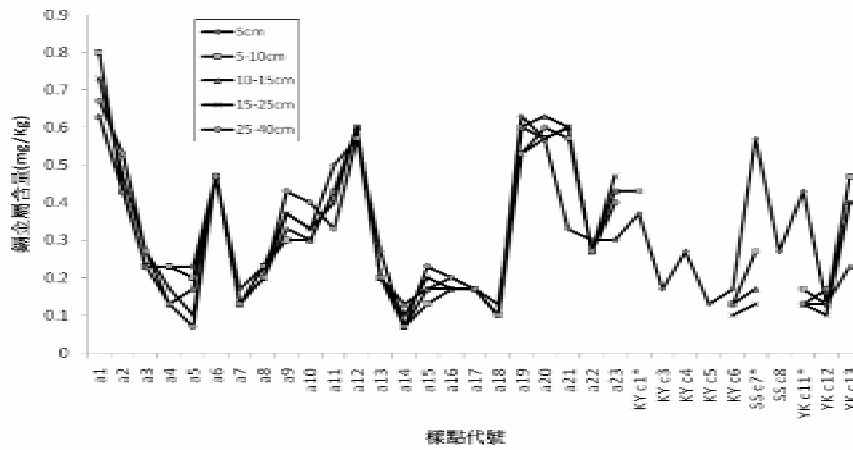


圖 11、新竹市濱海野生動物保護區各測點底泥各分層鎘的含量。

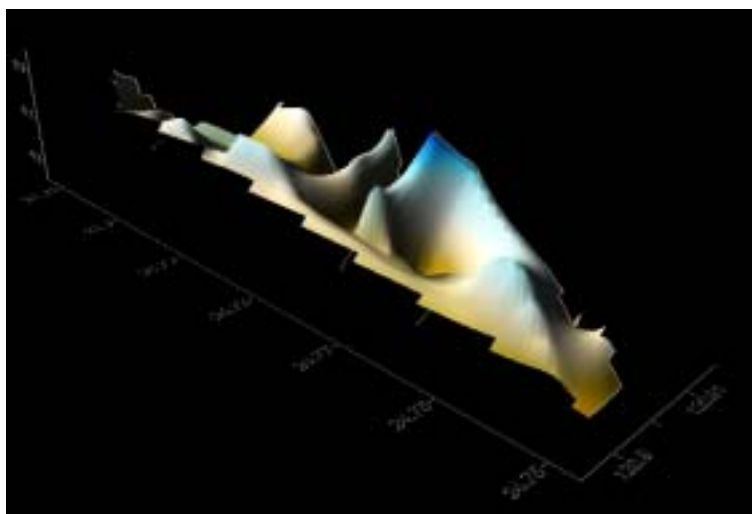


圖 12、新竹市濱海野生動物保護區表面 5 公分底泥鎘含量的三度空間圖示。

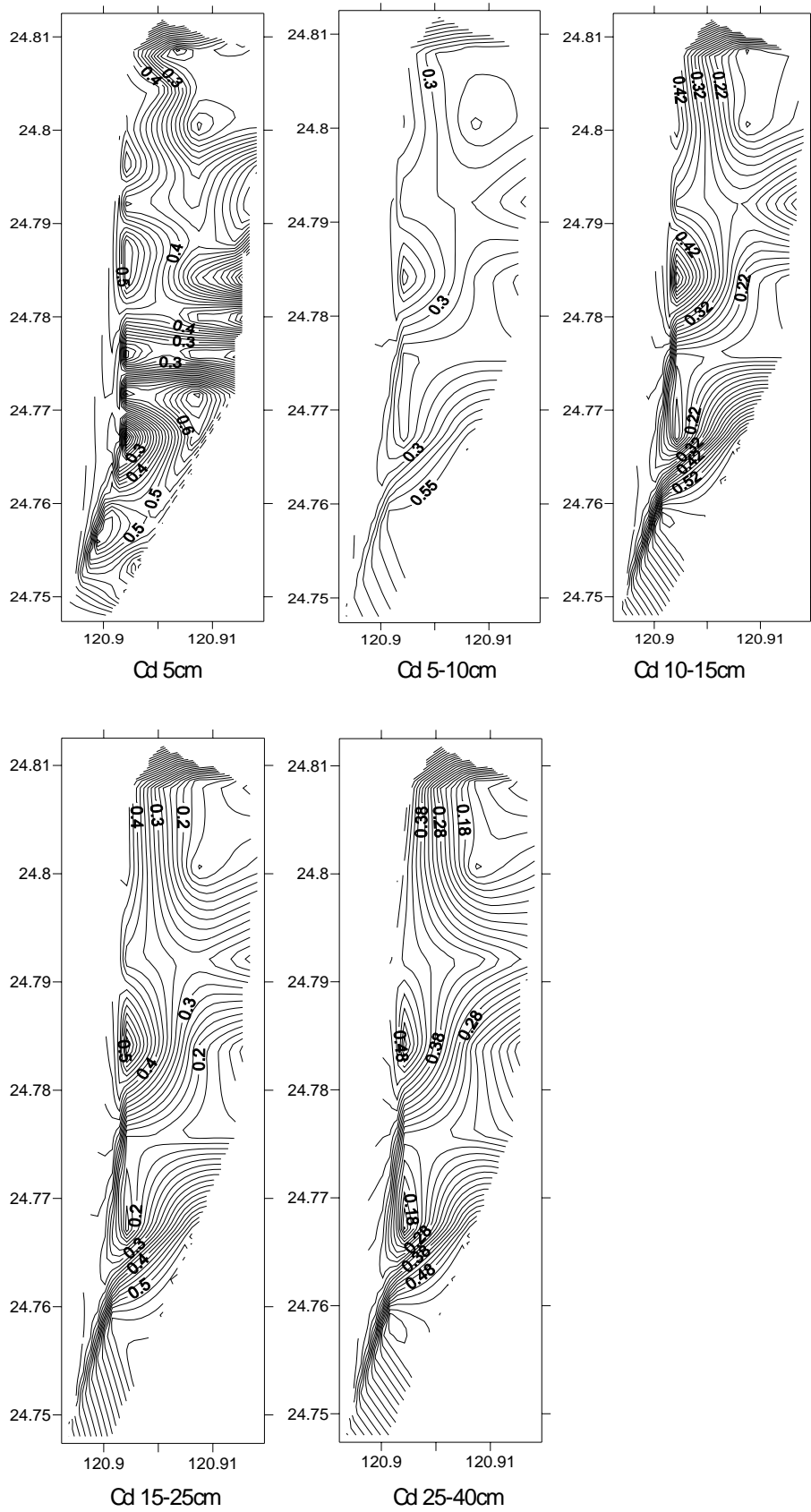


圖 13、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鎘的含量二維等量分布圖。

表 8、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內鎘的蓄積量，單位 mg/kg。

鎘	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	c3	c7	c8	c9	c11	c13	平均
腸肝苔														1.001										1.001
甘藻													2.787											2.787
毛枝藻																		0.400		1.100				0.750
牡蠣													3.201											3.201
西施舌													3.197											3.197
馬珂蛤												1.200	1.997			1.301	1.428							1.482
環文蛤			0.799						0.801	1.297				1.398		1.100								1.079
公代				4.790			2.299							6.295										4.461
台灣蚬																							0.522	0.522
腹足類			1.037																					1.037
多毛類			4.484					17.02					2.489											7.998
方格星蟲													0.999			0.699								0.849
星蟲(?)											3.231													3.231
斯氏沙蟹	2.297																							2.297
萬歲大眼蟹									0.699	0.401				0.000								1.013		
短身大眼蟹													0.800				0.399							0.599
清白招潮蟹				1.143	3.403		1.201								0.100				1.100					1.389
弧邊招潮蟹				0.401	1.098						0.799				0.000				1.000		0.800	0.401		0.642
北方四指招潮蟹															0.699									0.699
雙齒近相手蟹					0.201																			0.201
台灣厚蟹					0.601			0.501														0.301		0.468
伍氏厚蟹											1.000													1.000
雙扇股窗蟹						0.501																		0.501
長指股窗蟹																						0.400		0.400
和尚蟹												0.500	1.300			0.500								0.767
勝利黎明蟹													0.600											0.600
奧氏蟬蟻																	4.943							4.943

鉻(Cr)：

河川中鉻(Cr)金屬的分布情形與鎘相近，各溪流出海口附近能感潮的測點表層含量最高，客雅溪下游底泥鉻含量 41.60-44.67mg/kg(0-10cm 底泥層)，三姓溪下游底泥鉻含量 35.13mg/kg，鹽港溪下游底泥鉻含量 41.17mg/kg。以上的測值均明顯高於底層底泥及上游的測點(附表 4)。所有採樣點底泥的鉻含量均低於底泥重金屬管制標準(250mg/kg)。

各底泥層含量平均值介於 21.211-23.677mg/kg 之間(圖 14)。0-5 公分之測值範圍 11.07-57.67mg/kg，5-10 公分底泥層測值範圍 11.03-44.03mg/kg，10-15 公分底泥層測值範圍 10.23-39.2mg/kg，15-25 公分底泥層測值介於 9.97-49.03mg/kg 之間，25-40 公分底泥層測值範圍 10.77-45.13mg/kg(圖 15)，各測點之鉻金屬含量詳如附表 4。0-5 公分表層底泥中以大庄溪出海口及風情海岸近岸測點含量最高，海山罟一帶的測點相對較低(圖 16)。5-10 公分底泥層以客雅溪出海口、大庄溪出海口及海山罟的測站含量較高(圖 17)。10-15 公分底泥層以客雅溪口、大庄溪口及附近區域含量較高(圖 17)。15-25 公分底泥層的分布與 10-15 公分底泥層相似(圖 17)。25-40 公分底泥的鉻含量稍微低一些，以大庄溪口附近之測站含量較高(圖 17)。

各種生物體內鉻含量因物種不同而有明顯差異，腸澱苔(17.71mg/kg)，毛枝藻位於河川上游區，蓄積量平均達 25.15mg/kg(N=2)，公代(平均 13.91mg/kg; N=3)、方格星蟲(22.47mg/kg)、未知種星蟲(14.54mg/kg)、多毛類(平均 9.639mg/kg; N=3)這些是蓄積量相對較高的物種。各物種的蓄積量測值詳如表 9。對照環檢所 92 年至 93 年的研究調查，大鱗鰻及野生牡蠣等部分樣品均甚高(表 1)(郭等，2005)。

溼地各採樣點底泥中的鉻含量均低於底泥重金屬污染管制標準 (250mg/kg)。許多種類生物體內蓄積的鉻超過香港及中國的管制標準 1mg/kg，其中被食用的水產品包括腸澱苔、公代、馬珂蛤、西施舌等，體內鉻蓄積量大於 1mg/kg，世界其他國家及我國並未對鉻含量訂定水產品管

制標準。

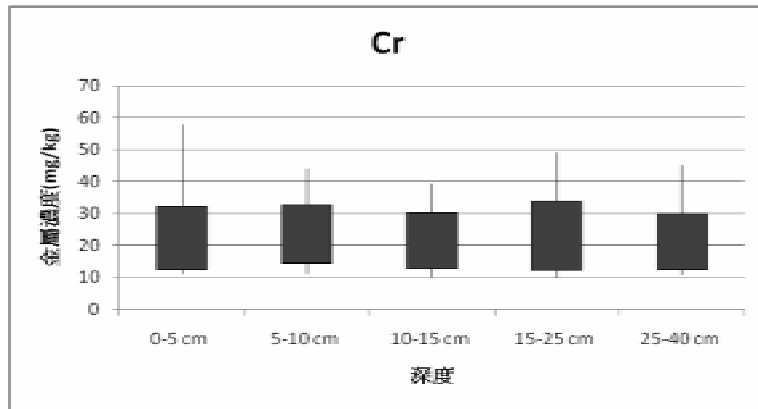


圖 14、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鉻的平均含量及測值範圍，黑色方塊代表平均值上下一個標準偏差。

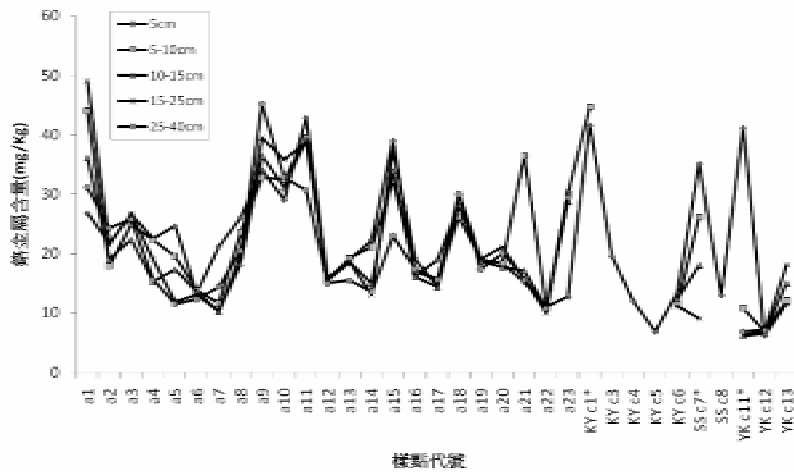


圖 15、新竹市濱海野生動物保護區各測點底泥各分層鉻的含量。

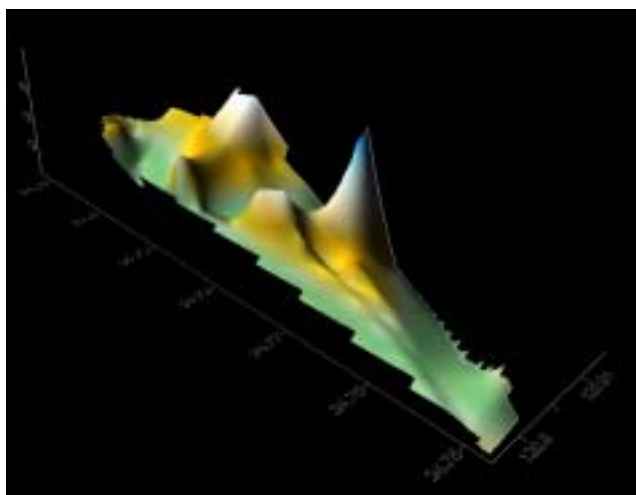


圖 16、新竹市濱海野生動物保護區表面 5 公分底泥鉻含量的三度空間圖示。

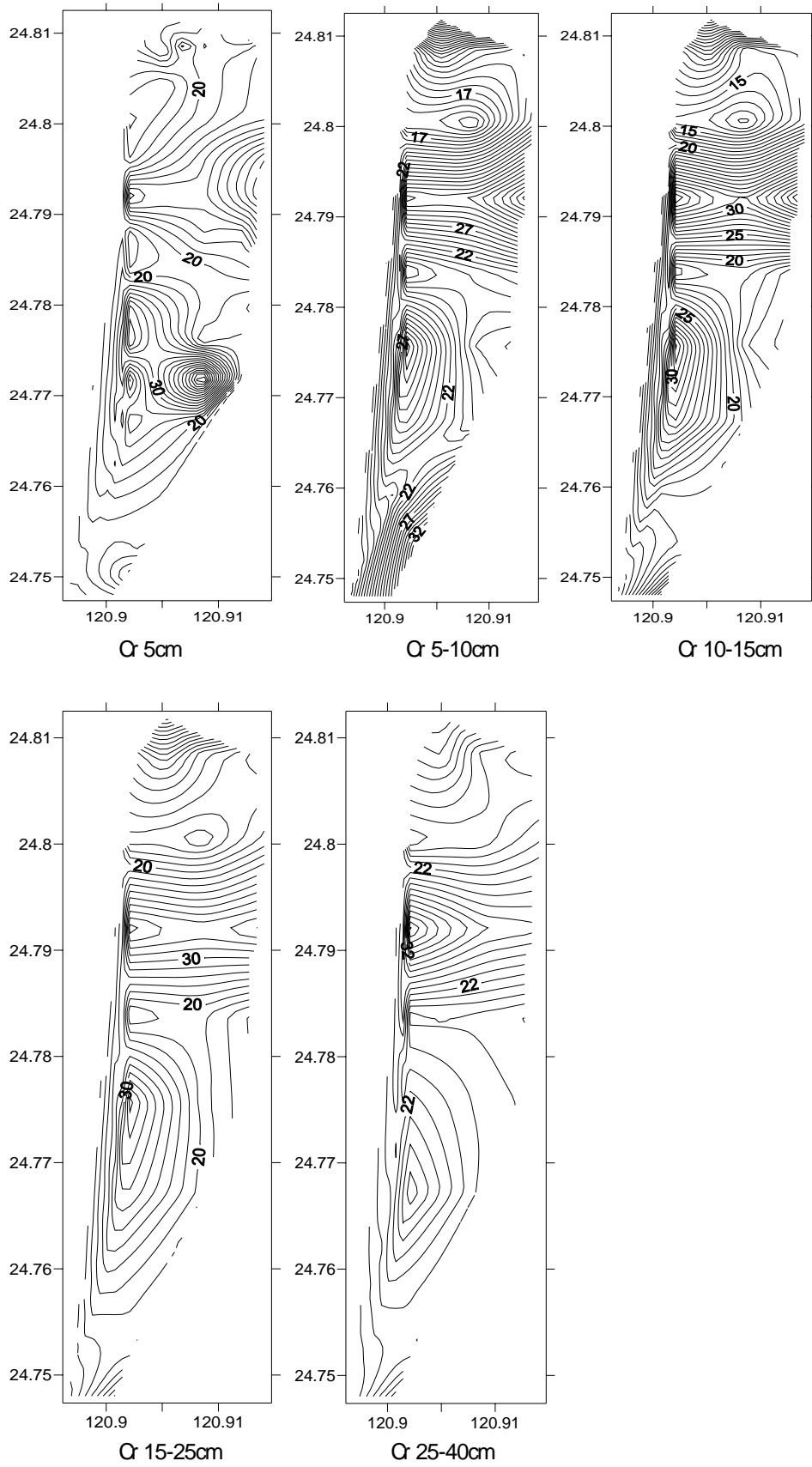


圖 17、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鎘的含量二維等量分布圖。

表 9、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內鎳的蓄積量，單位 mg/kg。

銜	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	c3	c7	c8	c9	c11	c13	平均	
勝洋苔														17.71										17.71	
甘藻													4.380											4.380	
毛枝藻																		22.50		27.81				25.15	
牡蠣													2.701											2.701	
西施舌													6.595											6.595	
馬珂蛤												4.402	7.290			7.404	12.31							7.853	
環文蛤			3.394						5.004	3.593				9.089			7.497							5.715	
公代				14.97			15.99							10.79										13.91	
台灣蚶																							3.826	3.826	
腹足類			1.383																					1.383	
多毛類			13.45		10.16			9.574					5.360												9.639
方格星蟲																22.47								22.47	
星蟲(?)											14.54													14.54	
斯氏沙蟹	0.699																							0.699	
萬歲大眼蟹			0.699	3.896					7.894	5.307				4.394									5.978	4.695	
短身大眼蟹													4.998				5.389							5.194	
清白招潮蟹				3.844	3.803		3.504								3.606				2.600					3.471	
弧邊招潮蟹				3.305	4.390						1.398				2.800				4.298		2.000	1.603		2.828	
北方四指招潮蟹															1.798									1.798	
雙齒近相手蟹					1.606																			1.606	
台灣厚蟹					1.403			2.807														2.706		2.305	
伍氏厚蟹											4.701													4.701	
雙扇股窗蟹						1.203																		1.203	
長指股窗蟹																						2.500		2.500	
和尚蟹												6.202	3.201			5.904									5.102
勝利黎明蟹													0.700												0.700
奧氏地盤蟹																	3.502							3.502	

銅(Cu)：

河川銅(Cu)的蓄積量分布與鎘及鉻的趨勢相同，溪流出海口附近能感潮測點表層底泥銅含量最高，客雅溪下游底泥銅含量 80.67-93.30mg/kg (0-10cm 底泥層)，三姓溪下游底泥銅含量 47.43-32.70mg/kg(0-10cm 底泥層)，鹽港溪下游底泥銅含量 63.87mg/kg。以上測值均顯著高於底層底泥及上游的底泥(附表 5)。所有採樣點底泥的銅含量均低於食用作物農地之管制標準(200mg/kg)。

溼地底泥各層含量的平均值介於 39.233-33.130mg/kg 之間(圖 18)。0-5 公分底泥層測值範圍為 6.23-109.6mg/kg，5-10 公分底泥測值介於 6.73-103.0mg/kg 之間，15-25 公分底泥層測值介於 6.03-96.00mg/kg 之間，25-40 公分底泥層銅含量稍低於上面各層之底泥，測值介於 5.80-88.87mg/kg 之間(附表 5)。某些測點銅的含量明顯較高，上、下底泥層之間亦呈現相當一致的含量(圖 19)。0-5 公分底泥層銅的分布以大庄溪口南方測點 a9-a11 含量最高(圖 20)。5 公分以下各層底泥內銅含量的分布趨勢與表層近似(圖 21)，均以大庄溪出海口一帶含量最高。測值與環檢所 92 年至 93 年研究相較差異不大(郭等，2005)，所有測值均低於參考值(表 3)，

生物體內銅的蓄積量均相當高，其中以牡蠣最高(1499.3mg/kg；溼重含量 159mg/kg)，公代平均 182.40mg/kg(N=3)，斯氏沙蟹 222.28mg/kg，奧氏螻蛄蝦 209.06mg/kg。其他的數種蟹類體內蓄積量也超過 100mg/kg。各類生物體內銅的蓄積量詳如表 10。根據郭等(2005)的調查結果顯示，香山溼地的牡蠣含銅量仍然相當高，92 年的測值仍高達 2476 mg/kg。

香山溼地各測點採集的底泥內銅含量均低於土壤重金屬食用作物農地之管制標準(200mg/kg)。生物體內的銅含量均相當高，換算成鮮重之後，牡蠣、公代、方格星蟲及大部分蟹類銅含量均超過 20mg/kg，各國水產品含銅量管制標準如附錄 16。

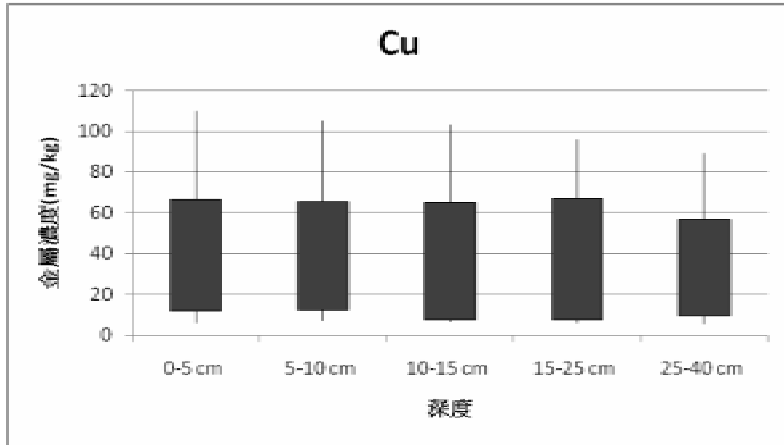


圖 18、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層銅的平均含量及測值範圍，黑色方塊代表平均值上下一個標準偏差。

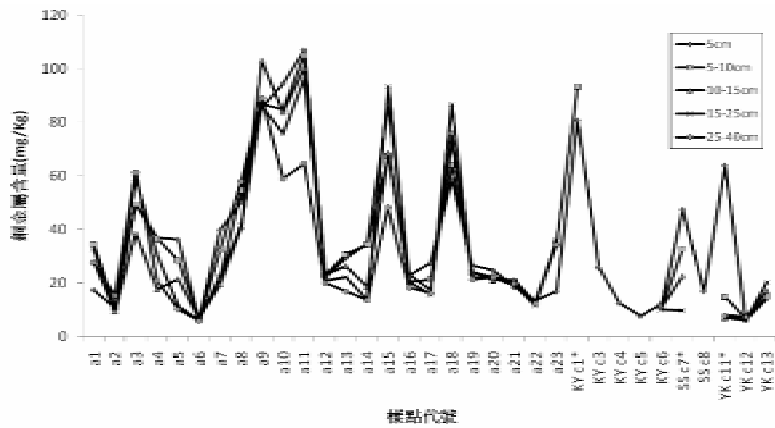


圖 19、新竹市濱海野生動物保護區各測點底泥各分層銅的含量。

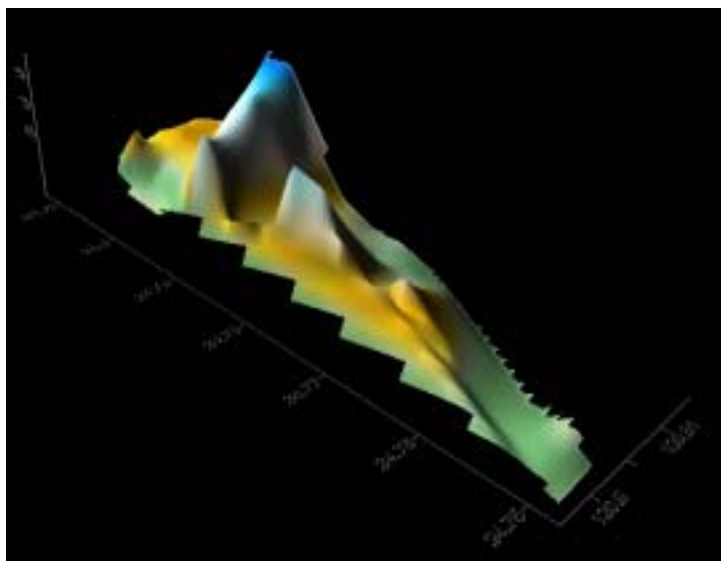


圖 20、新竹市濱海野生動物保護區表面 5 公分底泥銅含量的三度空間圖示。

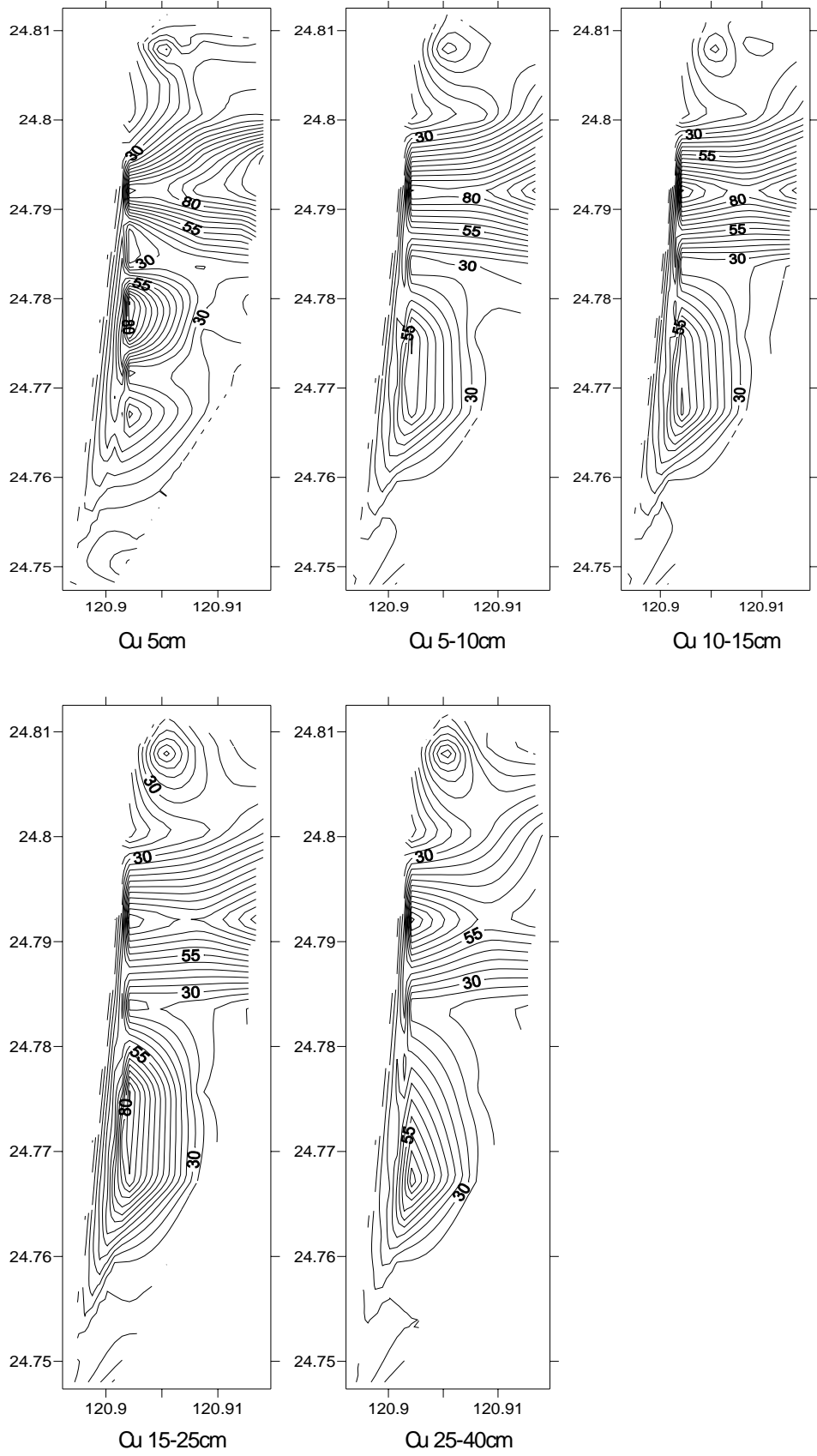


圖 21、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層銅的含量二維等量分布圖。

表 10、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內銅的蓄積量，單位 mg/kg。

銅	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	c3	c7	c8	c9	c11	c13	平均	
腸胃苔														43.226											43.226
甘藻													64.802												64.802
毛枝藻																		237.74		50.520					144.13
牡蠣													1499.3												1499.3
西施舌													32.174												32.174
馬珂蛤												21.809	45.636			21.713	29.811								29.742
環文蛤			18.966						20.316	34.132				42.349			60.276								35.208
公代				183.03			165.53							198.64											182.40
台灣蚶																							19.130	19.130	
腹足類			65.330																						65.330
多毛類			35.874		60.805			190.42					62.404												87.377
方格星蟲																138.26									138.26
星蟲(?)											116.72														116.72
斯氏沙蟹	222.28																								222.28
萬歲大眼蟹			26.163	117.38					106.41	145.60				108.24									88.855		98.778
短身大眼蟹													103.25				148.00								125.63
清白招潮蟹				113.33	145.81			156.48							71.915				127.00						122.91
弧邊招潮蟹				83.517	175.01							170.72			129.20				112.85		157.43	53.486			126.03
北方四指招潮蟹															143.85										143.85
雙齒近相手蟹					132.87																				132.87
台灣厚蟹					57.604			135.15														100.64			97.799
伍氏厚蟹											136.32														136.32
雙扇股窗蟹						125.25																			125.25
長指股窗蟹																						146.70			146.70
和尚蟹												90.636	136.22			111.66									112.84
勝利黎明蟹													38.508												38.508
奧氏蟳																		209.06							209.06

鎳(Ni)：

鎳(Ni)金屬蓄積量大致仍然是河川下游高於河川上游的分布型態。客雅溪的鎳金屬蓄積以無名橋為界，青草湖以上採樣點底泥鎳含量介於 8.37-15.17mg/kg 之間。無名橋以下明顯增加，底泥鎳含量介於 51.63-45.77mg/kg 之間。三姓溪表底泥鎳含量介於 38.80-31.23mg/kg 之間(0-10cm 底泥層)。鹽港溪下游底泥鎳含量 49.00mg/kg (附表 6)，上游採樣點均顯著較低。所有採樣點底泥的鎳含量均低於土壤重金屬管制標準(200mg/kg)。

各底泥層含量平均值介於 23.584-27.352mg/kg 之間(圖 22)。0-5 公分底泥層測值範圍介於 12.8-94.07mg/kg 之間，5-10 公分底泥層測值範圍介於 12.83-66.73mg/kg，10-15 公分底泥層測值範圍介於 13.03-39.97mg/kg，15-25 公分底泥層測值範圍介於 10.5-38.9mg/kg，25-40 公分底泥層測值範圍介於 10.37-37.5mg/kg(附表 6)，10 公分底泥層鎳含量因底泥層改變而有較大變動。15 公分以下至 40 公分底泥層的鎳含量則相對穩定一些(圖 23)。表層 0-5 公分底泥內鎳的含量以 b15 測點含量最高。若扣除此測點，鎳的測值以大庄溪口及蚵棚架區的淤泥內含量較高(圖 24)。5-10 公分底泥層鎳含量以鹽港溪口較高，大庄溪口次之(圖 25)。10 公分以下至 40 公分之間底泥層分布型態近似，鹽港溪口及大庄溪口向外至蚵棚架一帶含量較高(圖 25)，這些樣點的含量接近或超過參考值與郭等(2005)的研究相近(表 3)。

各類生物體內鎳的蓄積量如表 11。腸澹苔(16.510mg/kg)、甘藻(10.054mg/kg)、河川上游的毛枝藻(平均 35.859mg/kg; N=2)、環文蛤(平均 10.409mg/kg; N=5)、公代(平均 16.349mg/kg; N=3)、多毛類(平均 14.894mg/kg; N=3)、方格星蟲(平均 14.136mg/kg; N=2)及未知種星蟲 23.425mg/kg，以上這些種類鎳的蓄積量相對較高。

香山溼地採集之底泥，各測站鎳含量均低於重金屬土壤管制標準(200mg/kg)。世界各國並未對海產品中鎳含量訂定管制標準。

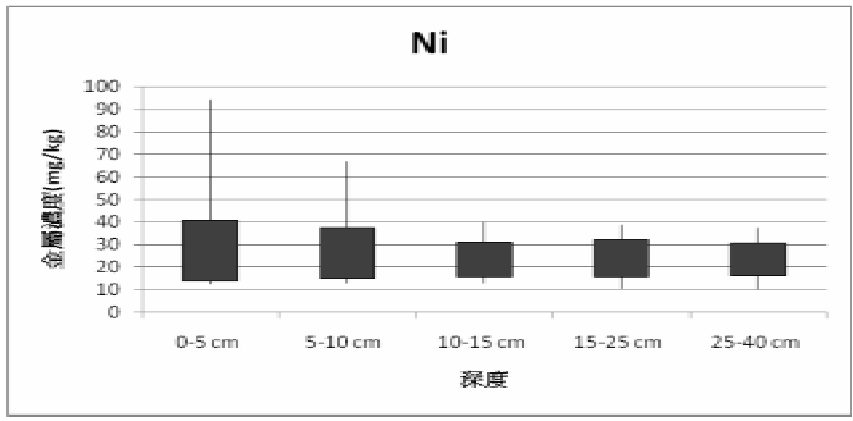


圖 22、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鎳的平均含量及測值範圍，黑色方塊代表平均值上下一個標準偏差。

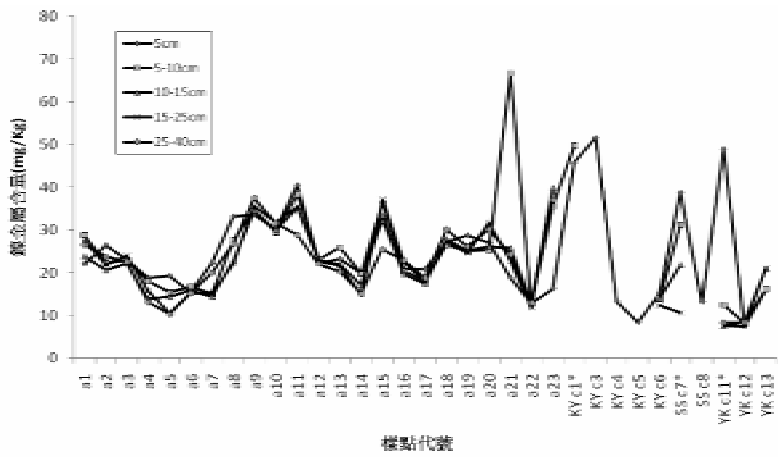


圖 23、新竹市濱海野生動物保護區各測點底泥各分層鎳的含量。

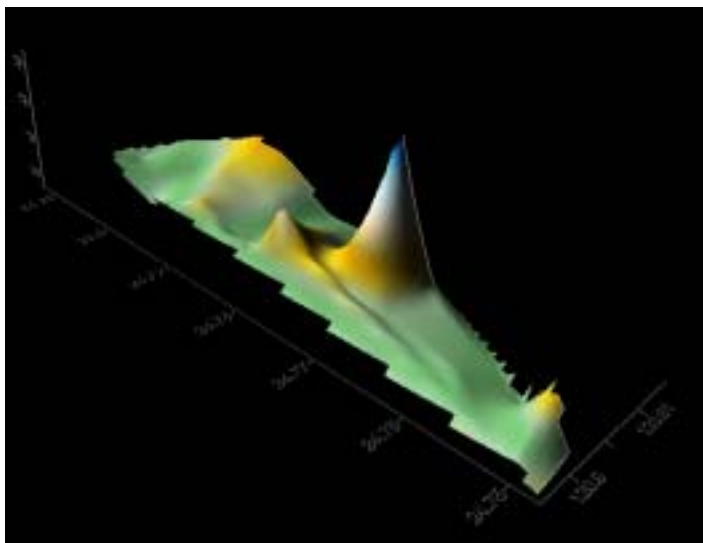


圖 24、新竹市濱海野生動物保護區表面 5 公分底泥鎳含量的三度空間圖示。

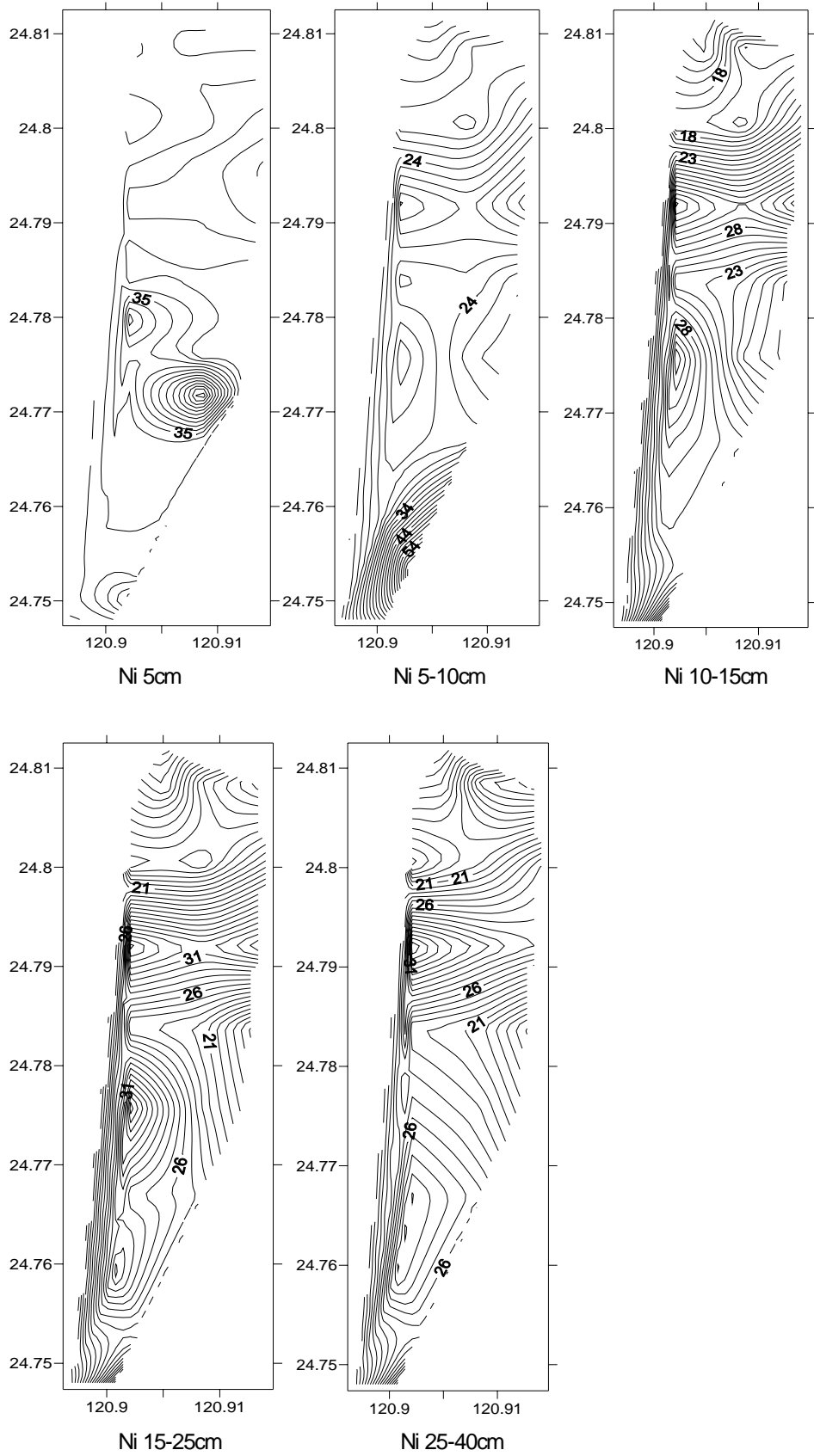


圖 25、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鎳的含量二維等量分布圖。

表 11、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內鎳的蓄積量，單位 mg/kg。

鎳	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	c3	c7	c8	c9	c11	c13	平均
腸汁苔														16.510										16.510
甘藻													10.054											10.054
毛枝藻																		51.610		20.108				35.859
牡蠣													4.001											4.001
西施舌													9.992											9.992
馬珂蛤												5.802	7.989			14.008	9.818							9.404
環文蛤			9.583						8.207	11.876				12.085			10.296							10.409
公代				17.066			17.593							14.388										16.349
台灣蚶																							5.043	5.043
腹足類			1.037																					1.037
多毛類			18.834					19.149					6.700											14.894
方格星蟲													11.888			16.384								14.136
星蟲(?)											23.425													23.425
斯氏沙蟹	0.599																							0.599
萬歲大眼蟹				3.497					6.595	4.406				6.391								4.559		5.090
短身大眼蟹													3.798				4.291							4.045
清白招潮蟹				3.636	4.904			2.703							2.404				2.700					3.269
弧邊招潮蟹				2.604	4.490						1.597				6.600				4.498		1.400	1.803		3.285
北方凹指招潮蟹															1.598									1.598
雙齒近相手蟹					7.126																			7.126
台灣厚蟹					3.005			4.913														2.306		3.408
伍氏厚蟹											3.501													3.501
雙扇股窗蟹						1.504																		1.504
長指股窗蟹																						2.300		2.300
和尚蟹												3.802	3.001			5.904								4.235
勝利黎明蟹													0.900											0.900
奧氏蟬蟻																								3.090

鉛(Pb)：

河川底泥中鉛(Pb)的蓄積分布與鎳相似，河川下游比河川上游高出許多。客雅溪以無名橋為界，青草湖以上採樣點底泥鉛含量明顯較少，介於 8.27-5.27mg/kg 之間(0-40cm 底泥層)，無名橋以下底泥鉛含量介於 30.63-36.93mg/kg 之間(0-10cm 底泥層)。三姓溪下游 0-10cm 表層底泥鉛含量為 31.03-24.23mg/kg，上游表層底泥鉛含量為 8.57mg/kg。鹽港溪下游表底泥鉛含量 39.03mg/kg，其餘的測值均相對較低(附表 7)。所有採樣點底泥的鉛含量均低於食用作物農地管制標準(500mg/kg)。

各底泥層含量的平均值相當一致，介於 16.478-17.543mg/kg 之間(圖 26)。0-5 公分底泥層測值範圍是 8.23-40.53mg/kg，5-10 公分底泥層測值介於 7.87-36.17mg/kg 之間，10-15 公分底泥層鉛含量介於 6.5-35.87mg/kg 之間，15-25 公分底泥層測值介於 6.5-36.3mg/kg 之間，25-40 公分底泥層的含量與上層仍然接近，測值介於 7.63-33.73mg/kg 之間(附表 7)。底泥層之間的含量變化較小(圖 27)，顯示鉛在香山溼地的分布平面的變化較大，分層現象不明顯。0-5 公分底泥層鉛的含量以大庄溪口一帶最高(圖 28)，5 公分以下底泥層的分布形態與表層相近，大庄溪口附近的測點含量均比較高(圖 29)。本次調查所得的結果與郭等(2005)年的調查差異不大，其最大值 45.7mg/kg 大於本研究的最大值(表 3)。

各類生物體內鉛的蓄積量詳如表 12。含量較高的物種如腸澱苔(14.108mg/kg)、甘藻(15.429mg/kg)、河川上游的毛枝藻(16.356mg/kg)、公代(平均 25.805mg/kg；N=3)、多毛類(平均 21.983；N=4)、未知種星蟲(29.483mg/kg)，其餘種類蓄積量相對較少。本研究結果與郭等(2005)年的研究相近(表 1)，其最大值出現在 92 年的豆仔魚(72.2K)。

香山溼地各測點底泥內各底泥層的鉛含量均低於重金屬土壤管制標準(2000mg/kg)。公代、馬珂蛤、多毛類及方格星蟲等鮮重的鉛含量則超過 1mg/kg。各國管制標準請參考附表 15。

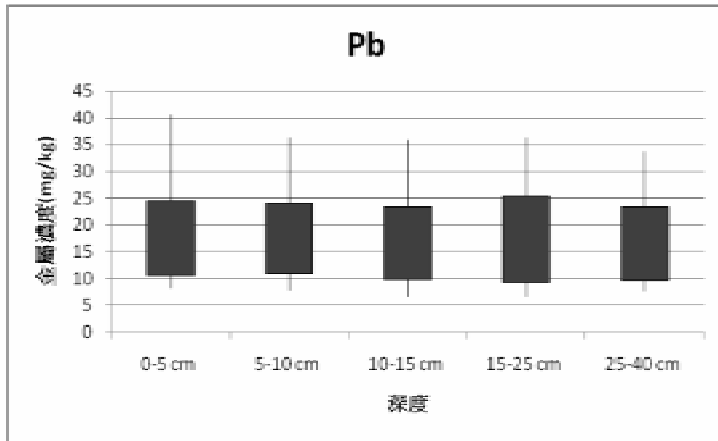


圖 26、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鉛的平均含量及測值範圍，黑色方塊代表平均值上下一個標準偏差。

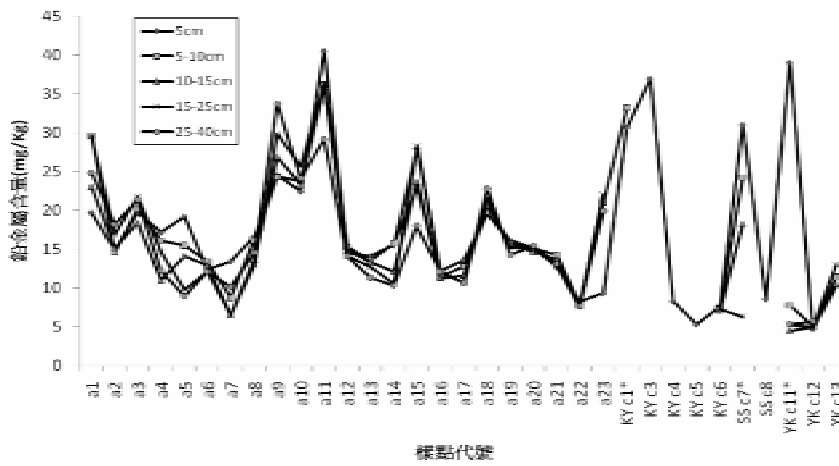


圖 27、新竹市濱海野生動物保護區各測點底泥各分層鉛的含量。

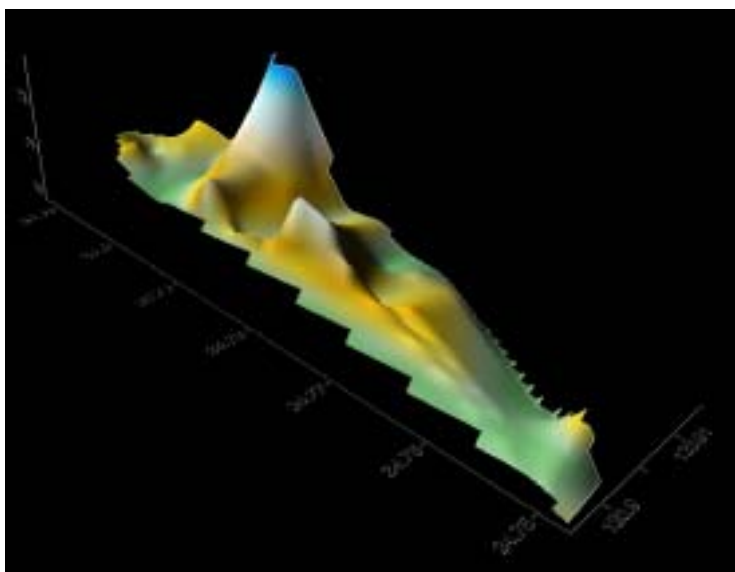


圖 28、新竹市濱海野生動物保護區表面 5 公分底泥鉛含量的三維圖示。

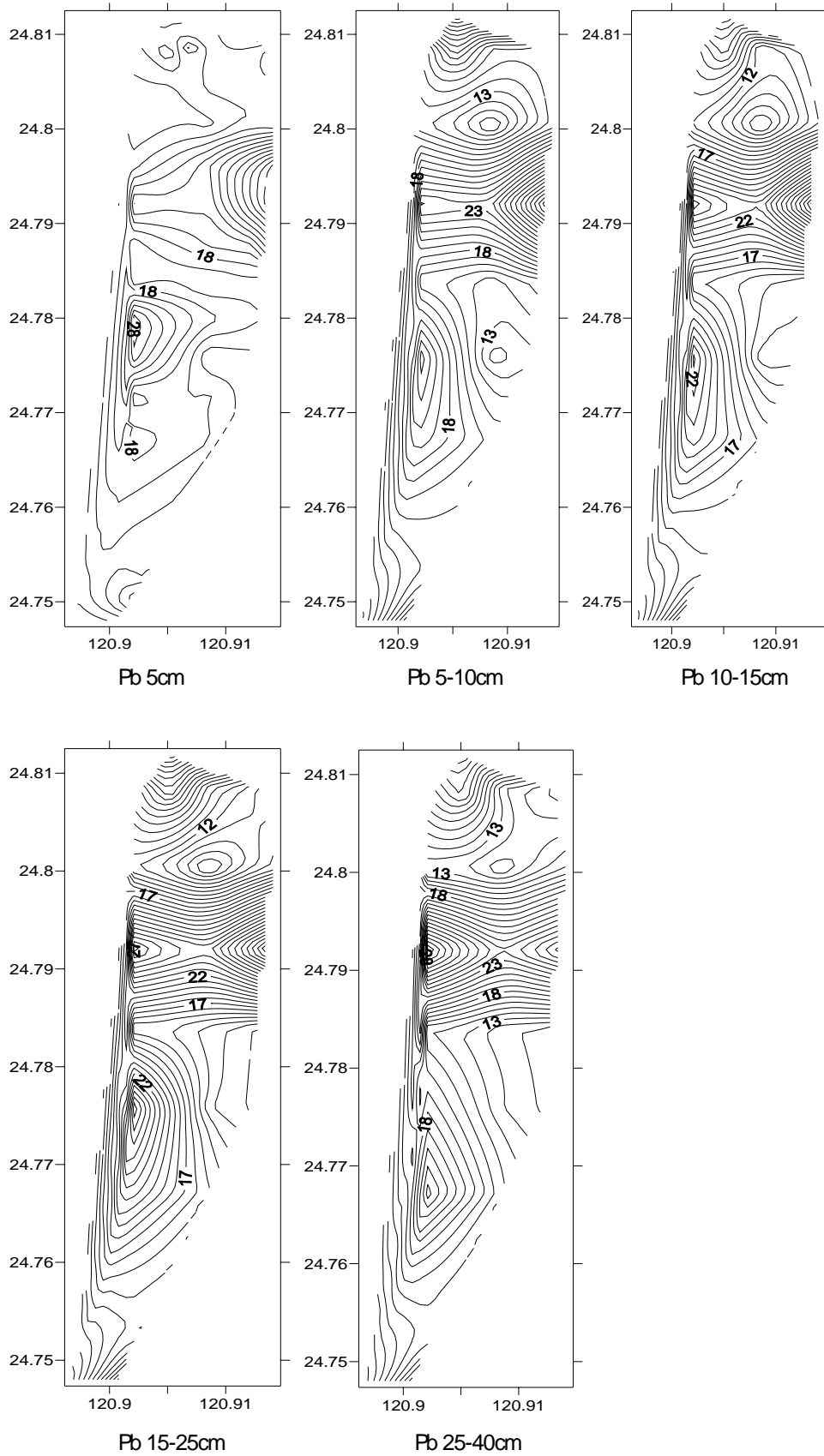


圖 29、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鉛的含量二維等量分布圖。

表 12、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內鉛的蓄積量，單位 mg/kg。

鉛	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	c3	c7	c8	c9	c11	c13	平均
腸蕪苔														14.108										14.108
甘藻													15.429											15.429
毛枝藻																		10.402		22.309				16.356
牡蠣													3.701											3.701
西施舌													4.596											4.596
馬珂蛤													11.284			9.005	7.140							9.143
環文蛤			4.292						3.803	3.493				6.492			3.798							4.376
公代				27.246			23.990							26.179										25.805
台灣現																							2.783	2.783
腹足類			1.728																					1.728
多毛類			17.937		2.436			6.2766					4.594											21.933
方格星蟲																5.495								5.495
星蟲(?)											29.483													29.483
斯氏沙蟹	0.200																							0.200
萬歲大眼蟹			2.097	2.697					6.994	5.408				5.792								4.458		4.574
短身大眼蟹													2.599				3.892							3.246
清白招潮蟹				2.078	1.902			4.005							2.804				4.100					2.978
弧邊招潮蟹				2.604	2.694						2.097				3.600				3.699		3.001	2.804		2.928
北方凹指招潮蟹															2.498									2.498
雙齒近相手蟹					1.305																			1.305
台灣厚蟹					2.204			1.805														3.107		2.372
伍氏厚蟹											3.101													3.101
雙扇股窗蟹						1.003																		1.003
長指股窗蟹																						2.200		2.200
和尚蟹												2.601	3.501			4.703								3.602
勝利黎明蟹													1.900											1.900
奧氏蟬蟳																		4.119						4.119

鋅(Zn)：

河川底泥中鋅(Zn)的蓄積分布與鉛及鎳相似，河川下游比河川上游含量為高。客雅溪以無名橋為界，青草湖以上採樣點底泥內鋅含量明顯較低，測值介於 24.67-35.93mg/kg 之間，無名橋以下測點 0-10cm 表層底泥，鋅的含量介於 144.37-363.66mg/kg 之間。三姓溪下游 0-10cm 表層底泥鋅的含量介於 181.10-106.43mg/kg 之間，其餘樣本均未超過 50mg/kg。鹽港溪下游 0-10cm 表底泥鋅的含量介於 75.33-170.43mg/kg 之間，其他樣本測值均不超過 50mg/kg(附表 8)。所有採樣點底泥鋅的含量均低於食用作物農地之管制標準(600mg/kg)。

各底泥層鋅含量的平均值介於 207.622-71.686mg/kg 之間(圖 30)，部分測點呈現明顯的分層現象。0-10 公分底泥層的含量明顯比底層底泥高。0-5 公分底泥層測值範圍介於 36.03-1883.65mg/kg 之間，5-10 公分底泥層測值範圍介於 34.93-1416.65mg/kg 之間，5-15 公分底泥測值範圍介於 35.33-130.8mg/kg 之間，15-25 公分底泥層測值範圍 32.13-146.17mg/kg，25-40 公分底泥層測值介於 37.5-140.130mg/kg 之間(圖 31 及附表 8)。0-5 公分底泥層測值明顯偏高，含量較高的測點為三姓溪口的 a8(1883.65mg/kg) 及美山海岸的 b15(1766.98mg/kg)。5-10 公分底泥層偏高測值則出現在 a21(1416.65mg/kg)(附表 8)。0-5 公分底泥層分布以客雅溪口的出海潮溝、三姓溪、美山海岸及海山罟附近的幾個測點含量較高(圖 32)。5-10 公分底泥層以海山罟的 a21 含量最高(圖 33)。10 公分以下至 40 公分底泥層，三層的鋅含量分布趨勢大致相近，以大庄溪口及其附近的測點含量較高(圖 33)。

生物體內的鋅含量以牡蠣(1315.2mg/kg)及公代(396.25mg/kg)相對較高，其他生物種類的含量也接近 100mg/kg 前後(表 13)。香山溼地所有採樣點底泥中鋅的含量均低於重金屬土壤管制標準(2000mg/kg)，只有少數幾個樣本的測值接近此一管制標準。公代及牡蠣體內鋅含量較高，這可能是

自然生長貝類正常的狀態，一般鋅的水產品管制標準允許自然生長貝類成為例外。

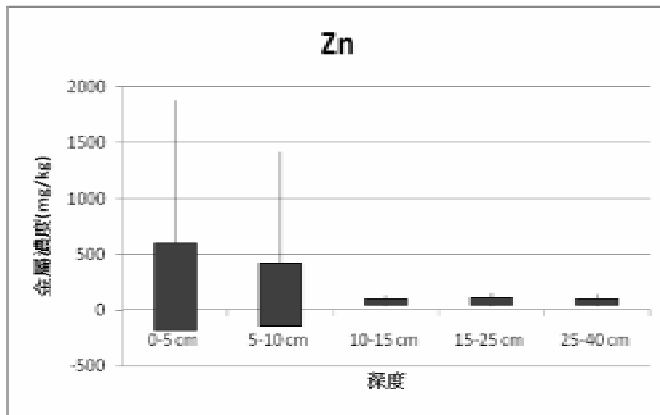


圖 30、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鋅的平均含量及測值範圍，黑色方塊代表平均值上下一個標準偏差。

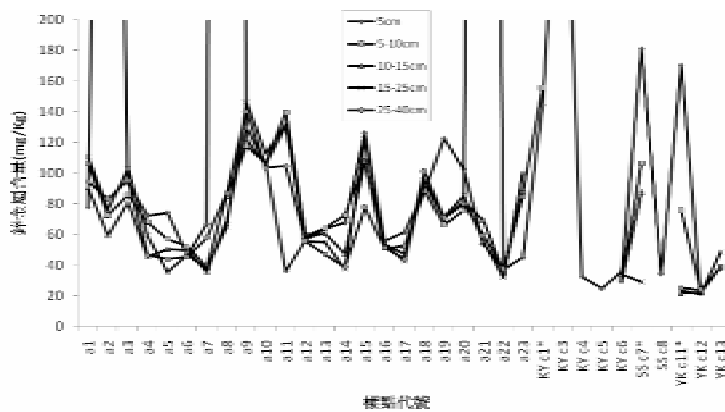


圖 31、新竹市濱海野生動物保護區各測點底泥各分層鋅的含量。

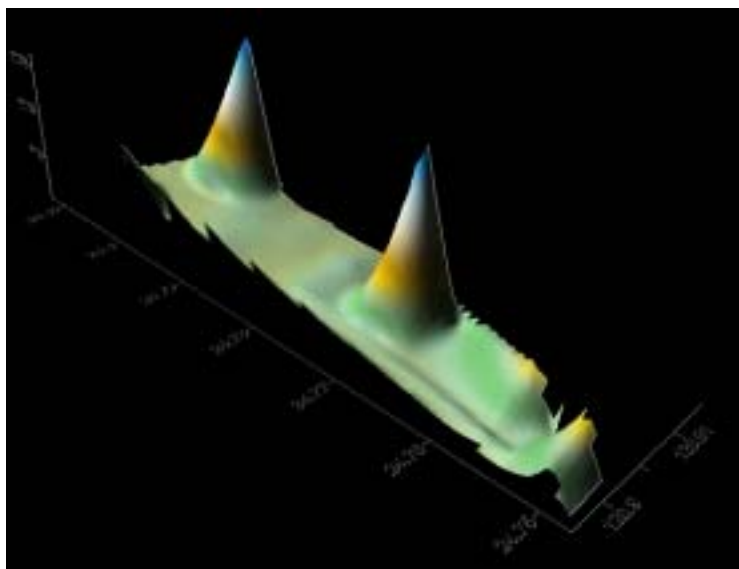


圖 32、新竹市濱海野生動物保護區表面 5 公分底泥鋅含量的三維圖示。

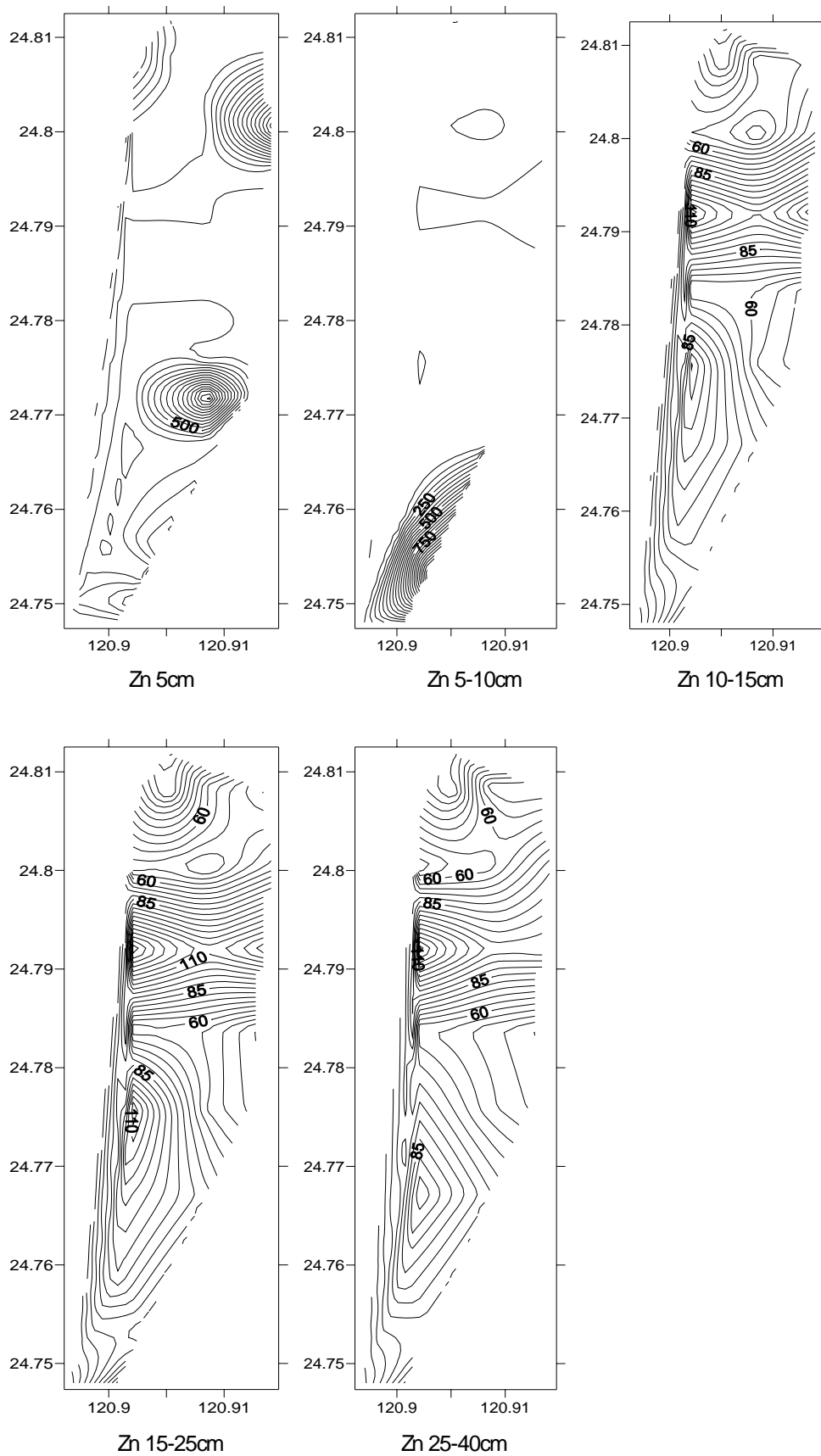


圖 33、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鋅的含量二維等量分布圖。

表 13、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內鋅的蓄積量，單位 mg/kg。

鉍	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	c3	c7	c8	c9	c11	c13	平均
腸胃苔														100.56										100.56
甘藻													94.465											94.465
毛枝藻																		79.816		189.77				134.79
牡蠣													1315.2											1315.2
西施舌													89.728											89.728
馬珂蛤												43.517	107.25			62.237	71.582							71.147
環文蛤			98.223						269.01	68.363				159.70			226.70							164.40
公代				418.76			309.77							460.23										396.25
台灣蚶																							189.04	189.04
腹足類			90.909																					90.909
多毛類			157.84		83.686			198.93					140.31											145.19
方格星蟲																40.859								40.859
星蟲(?)											141.35													141.35
斯氏沙蟹	192.33																							192.33
萬歲大眼蟹			11.784	84.515					72.542	76.808				90.473									74.873	68.499
短身大眼蟹													66.573				72.156							69.365
清白招潮蟹				81.550	77.762			74.690							71.014				88.200					78.643
弧邊招潮蟹				107.55	91.499						82.967				96.600				121.45		96.019	94.050		98.591
北方凹指招潮蟹															101.99									101.99
雙齒近相手蟹					104.07																			104.07
台灣厚蟹					39.972			96.250														87.610		74.611
伍氏厚蟹											72.214													72.214
雙扇股窗蟹						62.876																		62.876
長指股窗蟹																						96.100		96.100
和尚蟹												68.527	111.72			90.754								90.335
勝利黎明蟹													62.513											62.513
奧氏蟳																		92.688						92.688

鐵(Fe)：

河川底泥中鐵、鋁兩種金屬含量均極高，也大致呈現下游蓄積量大於上游的趨勢。鐵在客雅溪下游 0-10cm 表層底泥中含量介於 35199-37099mg/kg 之間。大庄溪下游表 0-10cm 層底泥鐵含量介於 19603-23446mg/kg 之間。鹽港溪下游 0-5cm 表層底泥鐵含量 35999mg/kg(附表 9)。

各層底泥鐵含量的平均值相當高，平均值介於 27667.83-30170.713mg/kg 之間，各層之間含量相當接近(圖 34)。0-5 公分測值範圍介於 15113.18-48166.19mg/kg。5-10 公分底泥層測值範圍介於 11219.89-76532.57mg/kg，10-15 公分底泥層測值範圍 14173.19-65632.68mg/kg，15-25 公分底泥層測值範圍 12639.87-48199.52mg/kg(圖 35 及附表 9)。

鐵為一般土壤富含的金屬元素，也是許多生物生存所必須的元素之一。以香山溼地底泥而言，各分層均不缺乏，但是因為長期蓄積及有機物的交互作用，香山溼地底泥中累積的鐵是河川上游底泥的一倍左右(附表 9)。

0-5 公分底泥鐵的蓄積分布以黏土含量較高的測點最多，如客雅溪口潮溝、大庄溪口、蚵棚及鹽港溪口等測點(圖 36)。5 公分以下至 15 公分底泥層的鐵含量趨勢相近(圖 37)。15 公分至 40 公分底泥層的鐵含量又成另一個分布趨勢(圖 37)。生物體內鐵的含量均極高(表 14)，反應不同物種的營養需求。

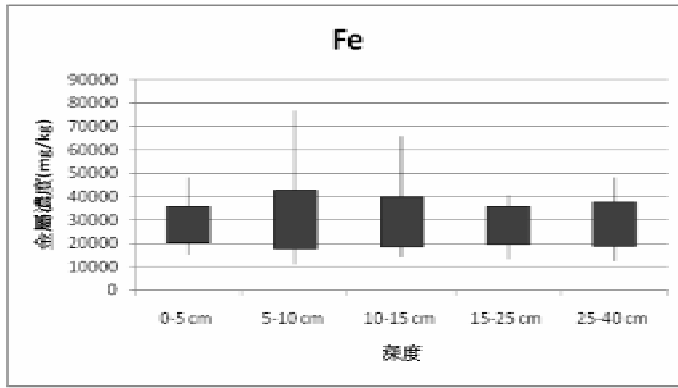


圖 34、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鐵的平均含量及測值範圍，黑色方塊代表平均值上下一個標準偏差。

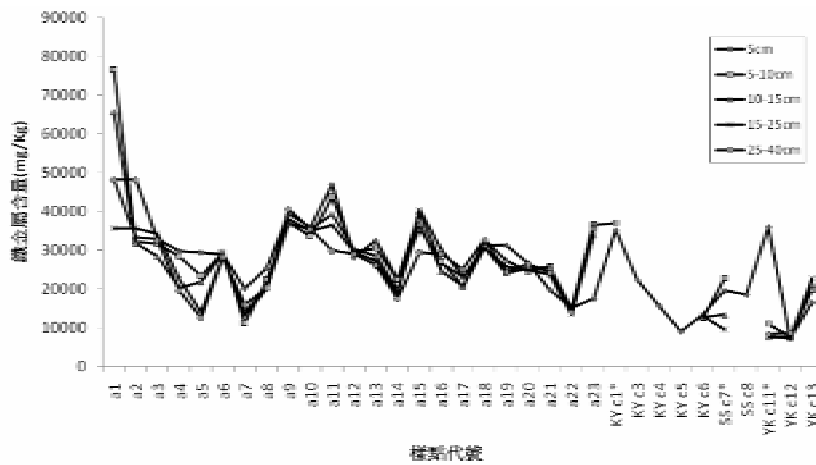


圖 35、新竹市濱海野生動物保護區各測點底泥各分層鐵的含量。

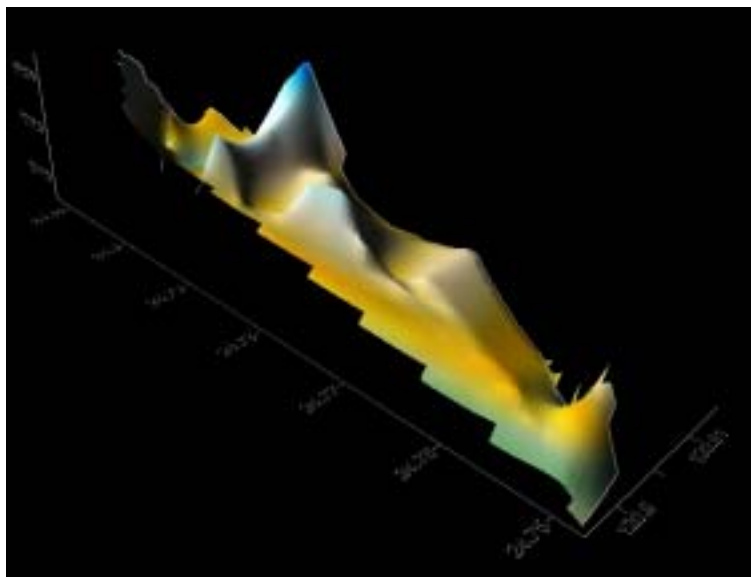


圖 36、新竹市濱海野生動物保護區表面 5 公分底泥鐵含量的三維圖示。

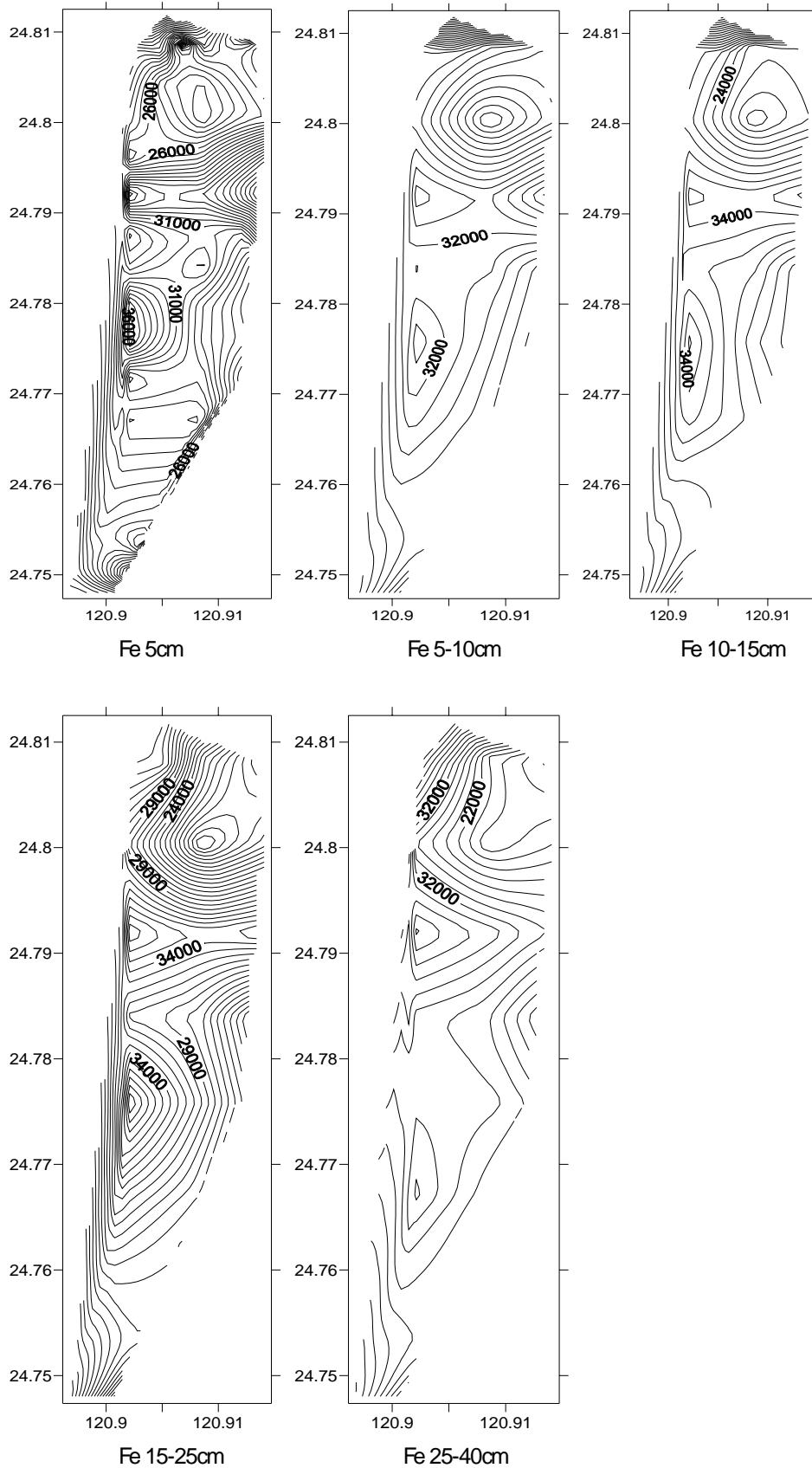


圖 37、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鐵的含量二維等量分布圖。

表 14、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內鐵的蓄積量，單位 mg/kg。

鐵	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	c3	c7	c8	c9	c11	c13	平均
腳神苔														140334										140334
甘藻													703265											703265
毛枝藻																		107896		217512				162704
牡蠣													1247.75											1247.75
西施舌													4516.38											4516.38
馬河蛤												2553.52	4398.84			13217.9	9304.71							7368.75
環文蛤			3700.83						2629.60	2143.21				6647.02			3568.57							3737.85
公代				15471.5			127598							139988										14076.7
台灣蚶																							4069.56	4069.56
腹足類			855.513																					855.513
多毛類			6121.07		16387.7			5212.76					4129.97											7962.88
方格星蟲																15731.7								15731.7
星蟲(?)											7158.72													7158.72
斯氏沙蟹	431.895																							431.895
萬歲大眼蟹			6605.75	2512.48					5902.77	4611.45													2839.41	4226.30
短身大眼蟹													3261.19							3515.46				3388.33
清白招潮蟹				2490.65	2224.			2120.04							2243.59					1422.50				2100.21
弧邊招潮蟹				2488.48	2679.10						743.810				3027.50					2446.52		772.655	1249.49	1915.36
北方凹指招潮蟹															1765.73									1765.73
雙齒近相手蟹					1048.77																			1048.77
台灣厚蟹					1760.66			1629.23															1598.83	1662.91
伍氏厚蟹											2905.58													2905.58
雙扇收窗蟹						767.148																		767.148
長指收窗蟹																						1497.50		1497.50
和尚蟹												3086.23	2087.91			3834.80								3002.98
勝利招潮蟹													400.080											400.080
奧氏蟳																								1542.22

鋁(Al)：

鋁在客雅溪下游 0-10cm 表層底泥中含量為 23396-23446mg/kg。大庄溪下游 0-10cm 表層底泥鋁含量 9709-11113mg/kg。鹽港溪下游 0-5cm 表層底泥中鋁含量為 18516mg/kg，其餘樣本測值均小於 10000mg/kg(附表 10)。

各底泥層含量的平均值介於 11682.347-12981.753mg/kg 之間(圖 38)。0-5 公分底泥層測值範圍介於 4636.26-27783.06mg/kg 之間，5-10 公分底泥內含量介於 4696.62-25996.41mg/kg 之間，10-15 公分底泥測值範圍介於 5199.950-23473.1mg/kg 之間，15-25 公分底泥測值介於 4706.62-21089.79 mg/kg 之間，25-40 公分底泥測值介於 5113.28-21089.79mg/kg 之間(圖 39 及附表 10)。

鋁及鐵均為土壤中富含的金屬元素，也是生物生存的必須物質之一，香山溼地底泥內的鋁含量大部分測點均高於河川上游的測點一倍以上(附表 10)，顯示陸源的輸出仍會在此累積。

各底泥層鋁的分布與土質的構造有相當明顯的關係，大庄溪口、鹽港溪口及蚵棚區地質以黏土為主的區域，鋁的含量相對較高(圖 40-41)。生物體內鋁的含量均相當高，狀況與鐵相近，這個現象反應生物體代謝的需求。

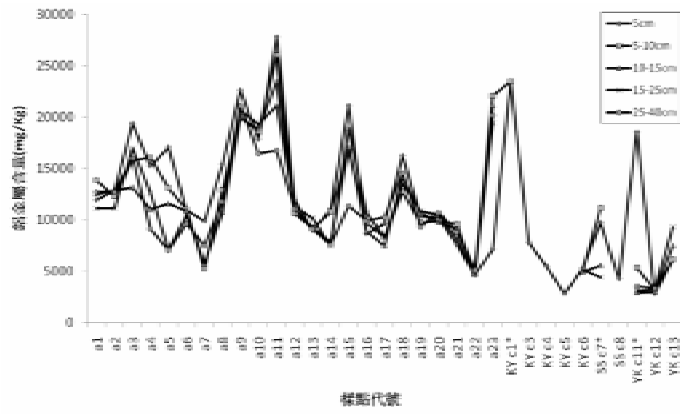


圖 38、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鋁的平均含量及測值範圍，黑色方塊代表平均值上下一個標準偏差。

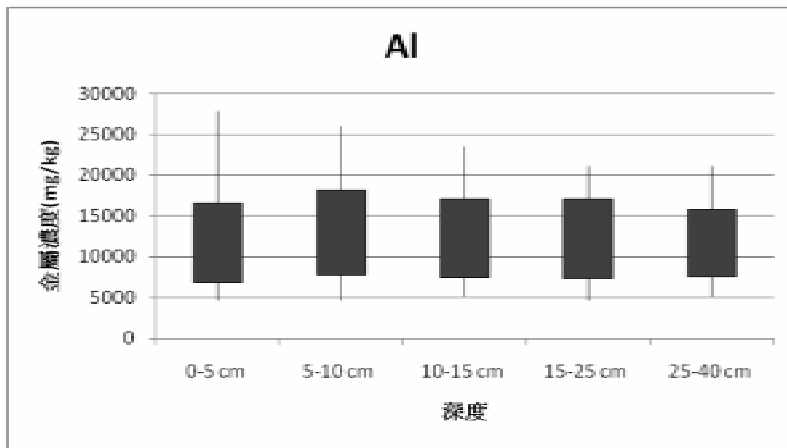


圖 39、新竹市濱海野生動物保護區各測點底泥各分層鋁的含量。

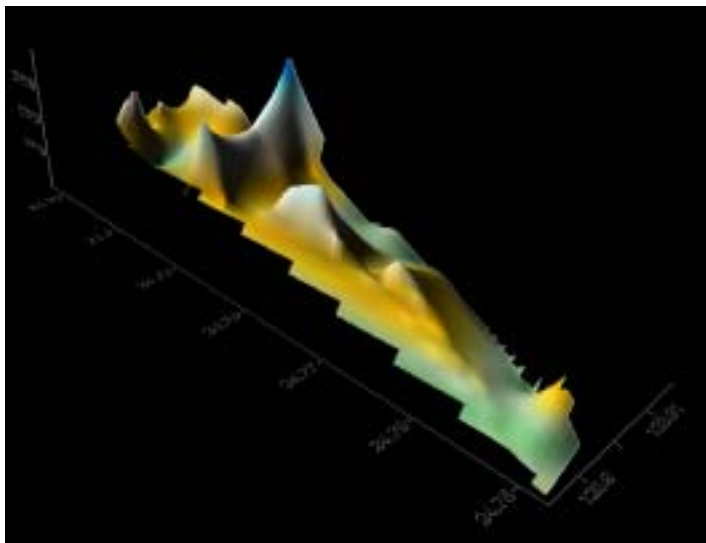


圖 40、新竹市濱海野生動物保護區表面 5 公分底泥鋁含量的三維圖示。

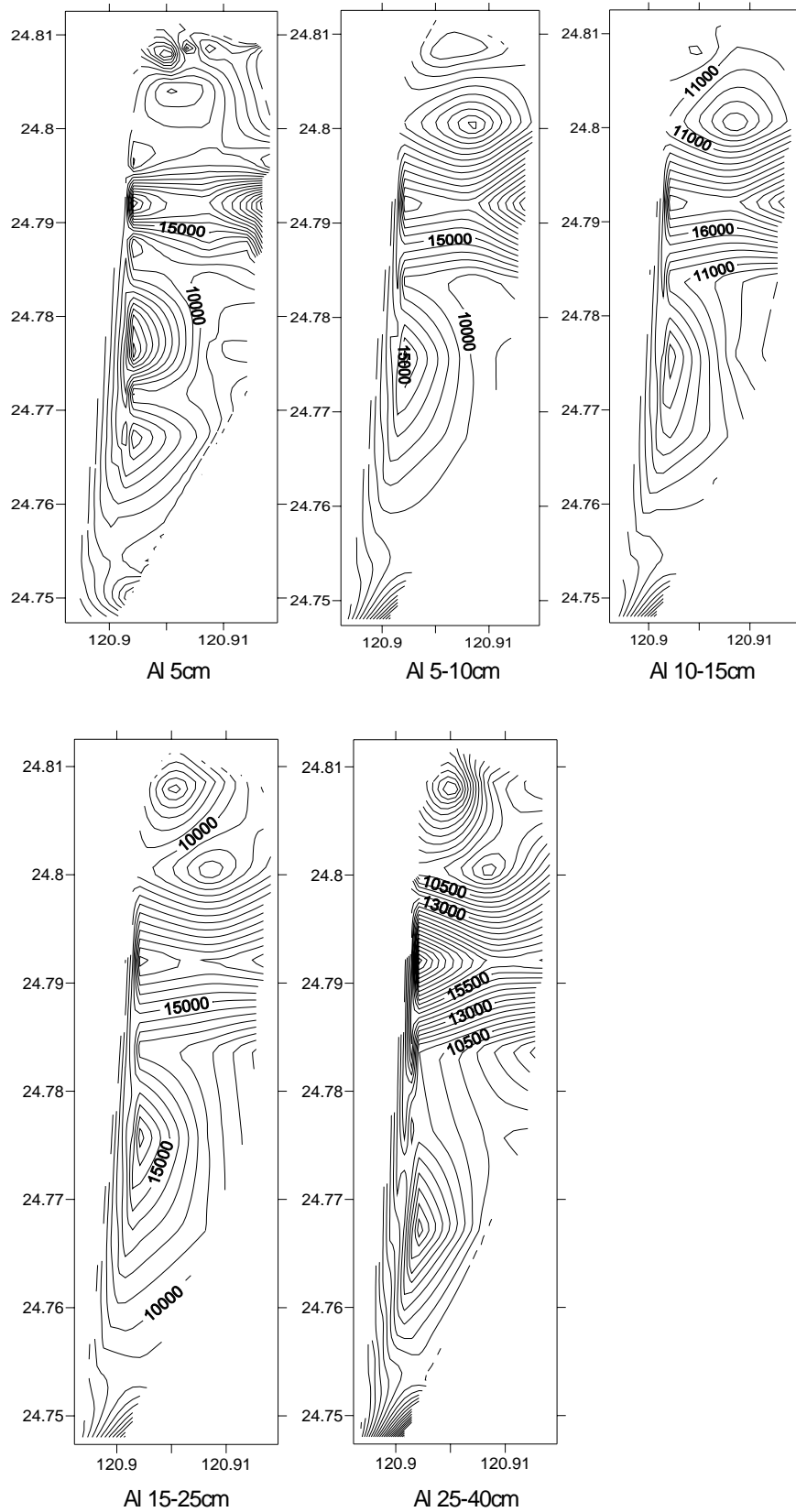


圖 41、新竹市濱海野生動物保護區底泥各分層鋁的含量二維等量分布圖。

表 15、香山溼地各採樣點採獲之生物，其體內鋁的蓄積量，單位 mg/kg。

鋁	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	c3	c7	c8	c9	c11	c13	平均
腸蚶苔														17367.9										17367.9
甘藻													1801.71											1801.71
毛枝藻																		11494.7		16396.5				13945.6
牡蠣													1475.29											1475.29
西施舌													4071.74											4071.74
馬珂蛤												2846.13	4496.20			12737.6	8697.78							7194.44
環文蛤			4354.66						3332.66	2482.53				7211.34			3331.16							4142.47
公代				11379.7			11597.8							8665.56										10547.7
台灣蚶																							2239.13	2239.13
腹足類			470964																					470964
多毛類			6827.35		20863.3			5106.38					3809.34											9151.60
方格星蟲																11033.9								11033.9
星蟲(?)											6401.45													6401.45
斯氏沙蟹	768.924																							768.924
萬歲大眼蟹			1862.39	3329.17					5545.56	4633.98				3175.55									3710.74	3709.56
短身大眼蟹													4303.27				4685.62							4494.45
清白招潮蟹				3168.50	3147.51			2462.95							2912.15				2000.00					2738.22
弧邊招潮蟹				3076.80	3317.70						1270.46				3315.00				3408.63		970.194	1317.10		2382.27
北方四指招潮蟹															1528.47									1528.47
雙齒近相手蟹					1525.49																			1525.49
台灣厚蟹					2537.06			2120.51																2270.91
伍氏厚蟹											4063.31													4063.31
雙扇股窗蟹						1108.10																		1108.10
長指股窗蟹																						1750.00		1750.00
和尚蟹												3951.58	2865.57			4995.49								3937.55
勝利黎明蟹													615.123											615.123
奧氏蟳																								1786.81

肆、結論：

1. 香山溼地主要陸源河川水體，重金屬含量分析顯示目前的重金屬濃度均相當低，四季採樣的水體中，鎘、鋅、鉛、銅的含量均低於環保署規定之放流水標準。客雅溪以無名橋為分界，青草湖以上河段重金屬含量明顯低於下游河段。無名橋以下測點可以檢出微量的鎘，青草湖以上的河段鎘的含量大部分低於儀器偵測極限。
2. 客雅溪、三姓溪及鹽港河流域底泥重金屬的蓄積量以下游濃度較高。客雅溪無名橋是上下游之間的分界點，此橋以下至出海口底泥內重金屬蓄積濃度漸增。除了未規範的金屬元素鎘、銻、鐵、鋁之外，各測點之重金屬鎘、鉻、鉛、鋅、鎳及銅含量均低於環保署規範之土壤重金屬管制標準。
3. 溼地內所有測點底泥重金屬含量，除了未規範的元素鎘、銻、鐵、鋁之外，鎘、鉻、鉛、鋅、鎳及銅的含量均低於環保署規範之土壤重金屬管制標準。底泥重金屬蓄積量較高的測點集中在客雅溪口、三姓溪口、大庄溪口、鹽港溪口及蚵棚區。這些測點的底泥均以黏土含量高的淤泥為主，其有機質含量也相對較高。溼地整體重金屬蓄積量，表層與底層之間差異甚小，顯示生物干擾造成的上下層混合相當劇烈。主要的干擾類型為螃蟹的掘洞或是沉積取食排出的糞泥，將底層土帶至表層，表層底泥再隨洞穴沉入底層。若污染源總量逐漸減少，溼地長期自行混合及海洋的作用，其蓄積濃度可能逐年降低。
4. 溼地生物重金屬蓄積的情形相當明顯，雖然環境背景值不超過土壤重金屬管制標準。然而由於生物濃縮作用，各類生物體內重金屬含量均相當高，透過食物鏈的放大作用，溼地鳥類及魚類體內的重金屬蓄積量將更為可觀。未來，有必要進一步了解重金屬對溼地生物生存之影響。

5. 經濟性物種如牡蠣、公代體內累積的銅及鎘濃度已經過高，雖然衛生署對國內對水產品中重金屬含量未訂定管制標準，但是仍然不建議食用這類水產品。腸澱苔及甘藻等植物也有極高的重金屬蓄積情形，水筆仔、海茄苳及莞草等溼地植物值得進一步分析其蓄積及耐受程度，未來可以應用於污染物的清除。
6. 鎘、銻兩類元素在溼地中驗出相當的含量，顯示其存在的事實。這些非生物生存必須的稀有元素，自然界中存量甚少，卻是科學園區電子工業最主要生產原料。目前世界各國及國內均未對這些稀有的貴重金屬進行污染生物學研究，其對生物之影響無法得知，有待進一步的研究分析。

伍、參考文獻

- 王金聲，2001。新竹地區河川與鄰近海域沈積物重金屬之空間分布與垂直分布，國立臺灣大學海洋研究所碩士論文，78pp.
- 林浩潭、翁愷慎、李國欽，2002。食品中重金屬含量及管制標準。行政院農委會農業藥物毒物試驗所，116 頁。
- 吳春吉 2005 竹科放流水中銅及砷來源追蹤分析及其對香山海域養殖區牡蠣影響之探討。國立中央大學環境工程研究所碩士論文，123pp.。
- 洪楚璋，2000。台灣養殖地區有機錫/重金屬與蚵岩螺性變異)/牡蠣(雌雄同體)之關係研究，行政院國家科學委員會：NSC89-2621-B002-036。
- 洪楚璋；黃哲崇，1999。貝類偵測---台灣地區重金屬及有機錫與貝類性錯亂之關係研究，行政院國家科學委員會：NSC88-2311-B002-045。
- 張欣華，2003。新竹香山地區沉積物與牡蠣汞之時序與空間變化，臺灣大學海洋研究所碩士論文，55pp.
- 陳思偉，2003。新竹科學工業園區高科技產業廢水分析與對承受水體之影響研究，國立清華大學博士論文，146pp.
- 陳孟仙，2001 牡蠣重金屬蓄積與食用安全性。漁業推廣工作專刊(19)：7-16。
- 郭季華；劉鎮山；黃克莉；翁英明，2005 九十二及九三年河川水體環境無機污染調查分析，環境檢驗所年報 12 號：76-135。
- 黃惠如，2002 台灣水產品重金屬世界第一? 康健雜誌(39):154-163。
- 黃品薰，2001。香山地區牡蠣群體、沈積物及懸浮顆粒重金屬含量之季節與區域性變化。國立臺灣大學海洋研究所碩士論文。
- 黃春蘭；林雪幸；歐慶賢；鄭火元，2001。新竹淺海養殖輔導工作計劃期末報告，新竹市：新竹區漁會。
- 楊樹森；江慧真；許仁利；黃淑珍，2005。新竹市香山溼地生物多樣性調

- 查期末報告。新竹市政府。
- 監察院，2001。土保全總體檢報告 監察院。
- 鄭金華；洪楚璋，2000。台灣養殖地區有機錫/重金屬與蚵岩螺性變異/牡蠣雌雄同體之關係研究，行政院國家科學委員會：NSC89-2621-B002-036。
- 韓乾，1978。灣沿海土地利用與管制之調查研究-彰化、雲林，南投縣。臺灣省政府研究發展考核委員會，頁 30。
- 龐元勳，1981。香山潮間帶底棲生物與環境之關係。國立台灣大學海洋研究所碩士論文，61 頁。
- 行政院環境保護署（2001 年）。土壤法規。2007 年 7 月 28 日，取自「環境資料庫」：http://edb.epa.gov.tw/Index_soil.htm
- 行政院環境保護署（2003 年）。水質保護法規。2007 年 7 月 28 日，取自「環境資料庫」：http://edb.epa.gov.tw/Index_water.htm
- Beltran, E.D., D.M. Malvitz, and S.A. Eklund. 1997. Validity of two methods for assessing oral health status of populations. *J. Pub. Heal. Dent.* 57:206-14.
- Lin, S. and I.-J. Hsien. 1999 Occurrence of green oyster and heavy metals contaminant levels in the Sien-san area, Taiwan. *Mar. Pollut. Bull.* 38:960-965.
- Kuivila, K.M. and F.G. Foe. 1995. Concentrations, transport and biological effects of dormant spray pesticides in San Francisco estuary, California. *Environ. Toxicol. Chem.* 14:1141-1150.

附錄一、委辦計畫說明

一、計畫名稱：

新竹市濱海野生動物保護區重金屬污染調查研究及環境教育教材開發製作

二、計畫時程

2006年7月14日至2007年7月13日。

三、計畫目標

- (一)、系統性調查香山溼地重金屬污染的程度及分布現況，藉此以得知香山溼地污染比較嚴重地區，並且檢測非牡蠣等生物體內重金屬含量。未來可以根據此一研究結果，研議溼地管理策略及除去重金屬污染物的方法。
- (二)、蒐集、分析各種調查資料，編撰有關新竹市濱海野生動物保護區之教師手冊，並根據手冊內容撰寫學生學習手冊，以協助教師利用本區進行鄉土教學。

四、成果

- (一)、新竹市濱海野生動物保護區重金屬污染調查研究成果報告書（即本報告書）
- (二)、新竹市濱海野生動物保護區環境教育教材（已另案繳交完成）
 - 1. 認識香山溼地教師活動手冊，共 110 頁，ISBN 978-986-01-0467-7。
 - 2. 認識香山溼地學生活動手冊，共 60 頁，ISBN 978-986-01-0466-0。
 - 3. 完成「我們只有一個地球」香山溼地教學錄影帶共 3 段，香山溼地海岸地形 7.5 分鐘，香山溼地的螃蟹 15 分鐘，香山溼地常見鳥類 24 分鐘。

附錄二、審查意見答覆表

期初工作計畫審查會議(95.8.16.)

編號	意見及修改內容	意見回覆
張委員見聰	<ol style="list-style-type: none"> 1. 環保局一直在做本市有關重金屬污染的管制調查，而工作計畫書所列參考文獻最新僅至 2003 年，建議更新參考資料至最近期，若為環保局持續監測處之資料或可逕行採用，不足處再做。環保局的資料中，關於生物體的部分是較為欠缺的。 2. 依據 2002 年台大海洋所林曉武教授的研究，牡蠣的重金屬含量在冬天特別高，請列入參考。 3. 環境教育教材部分，建議其內容能生動活潑，方便學生閱讀後進行簡易的觀察，研判環境的屬性。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照辦理，減少河川水樣數，增加生物體及溼地底泥的檢測樣數。 2. 計畫經費有限，本計畫未分季採樣。 3. 遵照辦理
林委員志高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 依據本案名稱應思考如何將重金屬污染調查結果融入環境教材中。 2. 重金屬污染研究請先將環保署等主管機關所定關於水、土壤等之標準值先列出，並彙整過去的調查資料，日後與本案之調查結果才能進行比較與討論。 3. 檢測生物體部分，是否有指標可以說明其濃縮污染的程度？ 4. 河川底泥採取之位置，建議儘量符合過去文獻的位置，以利比較。另外，枯水期可能採不到水，或是河床底是石頭採不到 40 公分之底泥，如何應變？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照辦理 2. 遵照辦理 3. 必須進行生物試驗方可取得相關數據。本計畫未執行此一部分。 4. 調整位置或前後挪動時間。
吳委員宗祺	<ol style="list-style-type: none"> 1. 請業務單位做窗口，儘量協助蒐集漁業署、環保署、本市環保局等已有的資料，供新竹教育大學參考。 2. 本計畫建議考量於養殖區增加樣點，以與生物體的情況比對。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝指教 2. 網格狀分布的樣點已經有數個樣點在養殖區內。
本府教育局	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本市在地的環境教育教材是教育局及學校老師們迫切需要的，建請於教材完成後增加研習訓練，協助本市教師利用本教材。 2. 自然環境教育在國小的階段是以親近戶外大自然、培養學生對土地的情意為主，國 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照辦理 2. 感謝指教

	中階段則增強其思辨觀察之能力。老師們知道的愈多愈完整，對環境教育愈有使命感。	
本府建設局	<ol style="list-style-type: none"> 1. 依本案契約，環境教育教材在期中報告時需提出初稿，期末報告前已定稿印製完成。故無法將本案之重金屬污染調查結果融入本次教材中。兩案合為一案，方便業務單位簡化行政程序。 2. 請注意本案於合約中對相關工作均有數量下限之要求，若需變更或延長履約期限請依照合約相關規定提前辦理。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照辦理 2. 遵照辦理，但是生物樣的取得有不可預期性，在人力許可下以最大努力量進行採樣。
許委員慶文 (書面意見)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 報告內有許多標點符號或文字描述較不妥當處(參考手冊內修改處)請改正。 2. 文中說明三姓溪為嚴重污染河川，能否增加此河川的檢測點，並配合環保局設法去除相關的污染源。 3. 建議加入全區平面圖，並標註所取樣點的位置，最好能加上衛星定位的資料。 4. 環境教材開發部分建議先確定學生的活動內容，再依活動內容需求設計教學指引與生態影片的相關內容(詳細說明請參看手冊內註明意見 P15)。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照辦理 2. 本計畫再次確認之後進行探討。 3. 遵照辦理 4. 遵照辦理
行政院農業 委員會林務 局王佳琪 (書面意見)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本計畫之重金屬污染調查樣點，儘可能涵蓋部分已知生物資源的地點，或與其他環境生物監測計畫互相配合。 2. P7.(一)、溼地環境教育教材開發……標號錯誤。應更正為(二)。 3. P15. 有關溼地環境教育教師指引部分，儘可能介紹國內外相關法規，如溼地公約(Ramsar Convention)，野生動物保育法等，納入教師手冊中。 4. 環境教育教材初稿完成，應商請部分學校教師使用本教材進行試教，以了解實際操作之可行性，並進行修正。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照辦理 2. 遵照辦理 3. 遵照辦理 4. 由參與撰寫教師自行試驗。

期中報告審查會議(95.12.29.)

編號	意見及修改內容	意見回覆
許委員慶文	<ol style="list-style-type: none"> 1. 重金屬部分建議區分水、土壤，以圖形顯示河川上下游間或不同溪口間的數據方便理解。 2. 牡蠣排除於本案生物部分之考慮因素請於報告內加強說明。生物部分是否已鎖定代表性物種？ 3. 環境教材部分建議依使用者角度調整架構，方便小學老師使用。 4. 影片建議鎖定常見種類及教學手冊提及之物種來介紹。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照辦理 2. 牡蠣已經有許多研究，本計畫針對其他底棲生物進行普遍性調查。 3. 遵照辦理 4. 遵照辦理
林委員志高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 數據要有標準才有意義，且一次的調查數據不易解釋，建議在文獻回顧時將環保署等主管機關所定關於水、土壤等之標準值先列出，並彙整過去的調查數據等資料於本報告中，後續本案之調查結果方能進一步比較與討論。 2. 生物體含量是否國際間有相關研究數據可以比較討論？ 3. 溫度部分請註明水溫或氣溫。 4. 建議土壤部分以 mg/kg、水質部分以 mg/L 為單位較為嚴謹。 5. 本調查呈現鎘、鉍等環保署未定標準之特殊重金屬的數據，極具意義。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 期末加強蒐集相關報告。 2. 生物體有區域性分布問題，許多物種並非世界廣布，生存環境的物理條件相差很大，比較上有困難且意義不大。 3. 水溫 4. 遵照辦理 5. 感謝指教
本府教育局	<p>環境教育教材部分，建請於 96 年由本局召開工作坊，由新竹教育大學楊樹森教授及其團隊擔任講師，引導環教小組等學員認識使用，由學員回饋教材架構內容實用性建議，協助本案修正定稿。</p>	遵照辦理
本府建設局	<p>建議依本府教育局意見，於寒假期間利用工作坊由教師們提出修正意見後，於 96 年 3、4 月時由本府再針對教材修正稿召開會議審查，以期能順利依約於 96 年 7 月 10 日前定稿且於 7 月 31 日前印製完成。</p>	遵照辦理
張委員見聰 (書面意見)	<p>1. 依據契約書(三)應開發製作的教材有教師用手冊與學生用手冊，但期中報告書中僅看到教師指引的部份。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 已在編製中 2. 遵照辦理 3. 遵照辦理

	<p>2. 教師用手冊是否可以多增加圖片、照片，並且於手冊附圖片與照片的電子光碟片，協助老師在課堂上可以用看圖說故事的方式生動地描述相關的環境特性，譬如溼地各地形的照片（P21-29）、海浪產生的物理特性說明圖（P34-35）、新竹溪流的环境照片（P38-41）；或者是關鍵字若是可以有圖片說明會協助老師教學說明更清楚。</p> <p>3. 建議可設計一些活動，是在學生完成環境觀察、引導學生發現環境問題之後，可以讓學生主動去解決環境問題的小小活動，例如淨灘活動，讓學生了解個人的行動是可以協助解決環境問題。</p> <p>4. 因為環境教育課程未規定依定特定時段實施，主要是教師自行利用綜合活動或融入日常教學，因此教師用手冊與學生用手冊，文字盡淺顯，排版亦盡量簡潔，提供讀者在有限的教學瀏覽過程能很快抓住重點。</p>	<p>4. 遵照辦理</p>
--	--	----------------

期末報告審查會議(96.8.17.)

編號	意見及修改內容	意見回覆
許委員慶文	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成果報告請依合約要求項目書寫。圖表目錄請詳列。 2. 前言部份，哪些屬於引用文獻之內容，哪些屬於自行推論，請明確區分或分段書寫。推論部份內容宜舉出具體內容或數據以示客觀。 3. P.2 目標部份宜明確而無須述明動機。 4. 研究方法部份，應以本案實際作法而非建議作法書寫。制式操作內容是否移至附錄以精簡主文。上中下游未分設樣點者請以流域代之。 5. 結果部份，請先寫重金屬部份，後寫教材。合約訂定採樣下限部份，請明列本案樣量以顯示是否達成。重金屬個論完成後請作小結論告知哪些合理哪些不該出現。建議統整性的文字圖表放入主文，個別的部分改列附錄。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.遵照辦理 2.遵照辦理 3.遵照辦理 4.遵照辦理 5.遵照辦理
林委員志高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案請補前期審查意見辦理情形表。 2. 土壤之定義明確，而水體部份分為水質及底質(或底泥)。本案相關內容請統一用語。 3. 重金屬調查之實驗方法需詳實，QA、QC雖提及但未交代清楚。建議將各元素的MDL值列出。文中以ppm為單位，一般僅用於空氣，水質請用mg/L，底質及生物體部份請用mg/kg。 4. 調查數據是絕對值，必須與過去資料比較成為相對值，方能解釋及進一步討論。前言探討文獻多為質性上的描述，建議將文獻的值列出，再與本案之結果比較與討論。 5. 圖 2 等處理資訊後以圖展示的方式很好，若能畫等高線圖更佳。 6. 整理後的資訊請圖文並列以利閱讀，原始數據則放到附錄。 7. 請說明將各測點數值平均的意義，是否要算全區總量?否則同點不同季節數值平均的意義較大。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.遵照辦理 2.遵照辦理 3.遵照辦理 4. 遵照辦理 5.遵照辦理 6.遵照辦理 7.了解數值的變異程度。

吳委員宗祺	引用部份與評論性文字內容請再確認。	遵照辦理
林務局新竹林區管理處	請依委員意見修正。	遵照辦理
本府建設局	<p>1. P.50~59 表 15~24 小數點已與數字相連，建議選擇合適字型或適度放大字體。最後一欄是否為平均？請註明。</p> <p>2. P127~136 附錄三 c 請如 ab 註明單位，建議如 ab 每頁 3 表以縮減篇幅。P125 b 之單位是否為 mg/kg 之誤？</p> <p>3. P24 銅的部份，公代加註樣本數而其餘物種無，請統一寫法。各國水產品含銅量管制標準如「附表」，請標明正確表號。</p> <p>4. 原以為 40 公分的蕊心取樣可供研究近 20 年的變動，結果因螃蟹干擾致無甚差別，請於結論中提出並給予適當建議。</p>	<p>1.遵照辦理</p> <p>2.遵照辦理。已修正</p> <p>3. 公代分析數據為單獨研究結果，其他生物的採樣數依種類差別甚大，因為軟體動物具有殼，內臟囊比例較小，取樣數至少大於 5 隻個體才進行分析。</p> <p>4.遵照辦理</p>
張委員見聰 (書面意見)	<p>1. 依「土壤及地下水污染整治法」第 2 條第 1 款所定義之土壤為「指陸上生物生長或生活之地殼岩石表面之疏鬆天然介質」，報告內用語請勿混淆。</p> <p>2. 目前國內尚未訂定底泥標準，土壤污染管制標準僅能做為比對參考之用，請於報告中加以說明，以免誤導。</p> <p>3. 三姓公溪名稱應更正為三姓溪。</p> <p>4. 期末報告內文用語應避免「應、需、必須、若」等假設性用語，如 p.9~12。</p> <p>5. P.10 水樣前處理 1 (1) 相關檢測方法請確定。</p> <p>6. P.16 期末成果內文同時出現底質、底土與沈積物等，建請檢討用語，且河川、溼地、海域之底泥以土壤稱之亦有欠妥適。</p> <p>7. 生物體內銅離子部分，牡蠣樣品僅採樣檢測乙次即下定論，似乎過於主觀，且樣品代表數亦顯不足。</p> <p>8. P.37~p.46 海域及河川柱型土壤各採樣點不同深度之重金屬濃度，建議以曲線或其他合適圖示表示，並整合各採樣點以便看出不同深度之重金屬濃度變化趨勢。</p> <p>9. 本期末報告之圖表呈現方式有加強之必要，以便閱讀。</p>	<p>1.遵照辦理</p> <p>2. 遵照辦理</p> <p>3.遵照辦理</p> <p>4.遵照辦理</p> <p>5.遵照辦理</p> <p>6.遵照辦理</p> <p>7.牡蠣為掉落地面之個體，個體數量無法大量取得，本實驗分析的樣本為 5 隻以上個體的綜合。</p> <p>8.遵照辦理</p> <p>9.遵照辦理</p>

期末報告修正版審查意見(96.9.17.)

意見及修改內容	意見回覆
<ol style="list-style-type: none"> 1. 報告名稱請依約修正「<u>新竹市濱海野生動物保護區重金屬污染調查研究</u> 成果報告」，內容有關教材開發製作部份請於報告中摘除，改於附錄中作計畫說明，需在審查意見答覆之前。 2. P8、P9、P11 的 92、93 年，請一律改為 2003 年、2004 年，以便全書統一，且文和表的說法才會一致。 3. 「陸、意見 審查答覆表」請修正為「陸、審查意見答覆表」。 4. 圖目錄之圖 38-41 頁號未印出，請補正。 5. 電子檔 2 份請交 doc 而非 docx。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.遵照辦理 2.遵照辦理 3.遵照辦理 4.遵照辦理 5.遵照辦理

附表 1、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心鎘(Ga)含量，單位(mg/kg)。

Ga	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
a1	7.50	11.60	9.73	12.83	8.80
a2	5.87	5.80	6.13	6.80	7.63
a3	7.23	6.60	5.87	6.50	6.30
a4	5.63	5.73	4.03	4.57	3.67
a5	6.30	5.00	4.47	2.87	2.73
a6	4.47	4.67	4.47	4.33	4.13
a7	4.47	2.67	2.30	2.50	2.87
a8	4.87	4.63	3.87	3.83	4.47
a9	7.50	7.10	7.17	7.23	7.67
a10	6.47	6.17	6.40	6.17	6.63
a11	8.70	7.90	7.60	7.03	6.10
a12	4.27	4.20	4.37	4.47	4.27
a13	5.63	5.77	5.07	5.33	4.77
a14	5.10	4.83	3.80	3.43	3.70
a15	9.27	7.67	8.00	8.60	5.70
a16	4.70	5.23	4.67	5.83	5.33
a17	4.77	4.20	3.90	4.30	4.77
a18	6.77	5.83	6.10	5.93	6.67
a19	6.20	6.03	5.97	5.87	5.47
a20	5.70	5.70	5.37	5.57	5.90
a21	4.50	5.60	5.40	5.00	5.07
a22	2.90	3.00	3.20	2.87	2.97
a23	3.77	10.13	10.43	9.97	9.87
a 樣點平均	5.76	5.92	5.58	5.73	5.46
KY c1*	11.27	11.40			
KY c3	6.07				
KY c4	3.07				
KY c5	1.63				
KY c6	3.07	2.77	2.67	3.00	
SS c7*	4.73	5.53	2.97	2.47	
SS c8	2.80				
YK c11*	9.70	3.07	1.80	1.87	2.07
YK c12	1.70	1.90	1.80	1.80	1.97
YK c13	3.63	4.07	4.57	5.47	

KY 為客雅溪；SS 為三姓溪；DG 為大庄溪；YK 為鹽港溪。*代表最下游感潮測點。

附表 2、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心銻(In)含量，單位(mg/kg)。

In	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
a1	3.90	7.00	5.40	7.63	4.93
a2	2.83	2.97	3.03	3.40	4.10
a3	2.87	3.27	2.60	3.07	2.77
a4	2.30	2.37	1.67	1.93	1.60
a5	2.40	2.00	1.67	1.30	1.17
a6	2.20	2.43	2.23	2.20	2.40
a7	8.97	5.57	5.13	4.70	5.67
a8	9.00	8.07	7.43	7.37	7.53
a9	15.53	15.10	14.57	15.10	16.00
a10	14.00	13.20	13.70	13.53	14.00
a11	17.53	15.97	14.83	14.47	11.77
a12	10.60	11.33	11.87	10.90	11.63
a13	15.37	15.03	13.77	13.13	12.73
a14	10.73	10.07	9.40	8.57	6.97
a15	19.70	17.40	19.10	20.10	14.57
a16	12.73	13.13	12.10	14.90	13.80
a17	10.90	10.23	9.97	11.07	11.70
a18	14.77	13.63	14.93	14.03	15.57
a19	14.47	13.37	13.13	12.63	12.43
a20	12.37	12.70	12.33	12.30	12.73
a21	9.37	12.90	13.00	12.00	12.20
a22	7.07	7.30	6.90	6.27	6.47
a23	7.83	17.23	17.23	18.00	17.73
a 樣點平均	9.89	10.10	9.83	9.94	9.59
KY c1*	18.23	19.03			
KY c3	10.30				
KY c4	6.33				
KY c5	3.50				
KY c6	6.00	5.40	5.53	5.07	
SS c7*	10.53	11.40	6.47	4.83	
SS c8	7.87				
YK c11*	19.47	5.77	3.60	3.90	4.20
YK c12	3.37	3.73	3.60	3.43	4.13

KY 為客雅溪；SS 為三姓溪；DG 為大庄溪；YK 為鹽港溪。*代表最下游感潮測點。

附表 3、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心鎘 (Cd)含量，單位(mg/kg)。

Cd	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
a1	0.63	0.80	0.63	0.73	0.67
a2	0.43	0.43	0.43	0.47	0.53
a3	0.23	0.23	0.23	0.27	0.27
a4	0.23	0.23	0.13	0.17	0.13
a5	0.23	0.20	0.17	0.10	0.07
a6	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
a7	0.17	0.13	0.13	0.13	0.13
a8	0.23	0.23	0.20	0.20	0.20
a9	0.37	0.30	0.33	0.37	0.43
a10	0.33	0.30	0.30	0.33	0.40
a11	0.50	0.43	0.43	0.40	0.33
a12	0.57	0.60	0.60	0.60	0.57
a13	0.27	0.20	0.20	0.20	0.20
a14	0.07	0.07	0.13	0.10	0.07
a15	0.17	0.13	0.17	0.20	0.23
a16	0.20	0.17	0.17	0.17	0.20
a17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
a18	0.10	0.10	0.10	0.13	0.10
a19	0.63	0.60	0.60	0.53	0.53
a20	0.57	0.57	0.63	0.57	0.60
a21	0.33	0.60	0.60	0.60	0.57
a22	0.30	0.27	0.27	0.27	0.27
a23	0.30	0.43	0.43	0.47	0.40
a 樣點平均	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
KY c1*	0.37	0.43			
KY c3	0.17				
KY c4	0.27				
KY c5	0.13				
KY c6	0.17	0.13	0.13	0.10	
SS c7*	0.57	0.27	0.17	0.13	
SS c8	0.27				
DG c9*					
DG c10					
YK c11*	0.43	0.17	0.13	0.13	0.13
YK c12	0.13	0.13	0.13	0.10	0.17
YK c13	0.40	0.47	0.23	0.40	

KY 為客雅溪；SS 為三姓溪；DG 為大庄溪；YK 為鹽港溪。*代表最下游感潮測點。

附表 4、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心鉻(Cr)含量，單位(mg/kg)。

Cr	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
a1	26.80	44.03	36.17	49.03	31.17
a2	21.73	17.93	18.97	21.53	24.33
a3	26.67	24.97	22.37	26.63	25.80
a4	22.47	22.27	15.20	18.97	15.63
a5	24.63	19.57	17.27	11.83	11.53
a6	13.30	13.93	13.47	13.03	12.33
a7	21.17	11.67	10.23	10.23	14.43
a8	26.07	23.57	18.33	19.70	20.50
a9	34.07	32.83	36.50	39.47	45.13
a10	29.07	32.47	31.07	35.83	32.83
a11	42.90	39.47	39.20	38.83	30.70
a12	15.80	15.37	15.87	15.53	15.03
a13	19.00	19.30	18.53	18.53	15.53
a14	22.30	21.13	14.93	13.10	13.60
a15	39.03	32.37	33.93	37.53	23.03
a16	16.20	17.00	16.10	18.93	17.37
a17	18.93	15.57	14.37	14.43	15.67
a18	28.10	26.20	28.17	30.07	29.97
a19	19.00	18.93	18.67	19.07	17.40
a20	18.37	18.37	17.63	21.10	20.07
a21	15.13	36.47	17.13	15.57	15.60
a22	11.07	11.03	10.77	9.97	10.77
a23	12.73	30.13	28.80	30.47	29.43
a 樣點平均	22.81	23.68	21.46	23.02	21.21
KY c1*	41.60	44.67			
KY c3	19.60				
KY c4	11.93				
KY c5	6.87				
KY c6	13.40	11.57	12.37	11.10	
SS c7*	35.13	26.17	18.03	9.07	
SS c8	13.00				
YK c11*	41.17	10.87	6.07	6.30	6.93
YK c12	6.23	6.93	6.57	6.83	7.17
YK c13	11.57	12.13	15.00	18.07	

KY 為客雅溪；SS 為三姓溪；DG 為大庄溪；YK 為鹽港溪。*代表最下游感潮測點。

附表 5、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心銅 (Cu)含量，單位(mg/kg)。

Cu	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
a1	17.40	34.50	27.93	32.53	27.57
a2	10.77	10.70	9.43	10.70	15.33
a3	49.20	49.47	38.43	59.00	61.23
a4	36.80	36.50	17.60	30.53	20.80
a5	36.17	28.40	21.43	11.27	10.10
a6	6.23	6.97	6.73	6.03	5.83
a7	39.73	21.77	19.50	22.57	32.20
a8	50.20	54.63	40.90	41.50	57.97
a9	85.50	86.70	103.00	86.20	88.87
a10	94.40	84.67	83.87	75.73	58.90
a11	106.87	104.87	100.20	96.00	64.50
a12	22.07	23.03	23.03	20.77	20.10
a13	29.33	30.60	26.33	22.07	16.77
a14	34.60	34.40	18.57	13.60	13.67
a15	86.73	67.30	68.63	93.33	48.13
a16	22.90	20.33	23.07	20.20	18.30
a17	27.40	21.27	17.37	15.60	16.07
a18	58.47	64.07	73.10	86.67	75.87
a19	26.53	24.03	23.93	21.93	21.30
a20	24.60	22.23	21.00	21.80	22.10
a21	18.43	20.57	21.00	18.87	19.77
a22	13.33	12.83	12.60	11.53	12.30
a23	16.80	35.07	34.60	36.00	34.30
a 樣點平均	39.76	38.91	36.18	37.15	33.13
KY c1*	80.67	93.30			
KY c3	25.83				
KY c4	12.47				
KY c5	7.57				
KY c6	12.37	11.20	11.20	10.00	
SS c7*	47.43	32.70	22.63	9.60	
SS c8	16.97				
YK c11*	63.87	14.80	6.80	6.97	7.80
YK c12	6.07	6.73	7.13	6.03	7.40
YK c13	14.07	15.10	17.07	20.30	

KY 為客雅溪；SS 為三姓溪；DG 為大庄溪；YK 為鹽港溪。*代表最下游感潮測點。

附表 6、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心鎳(Ni)含量，單位(mg/kg)。

Ni	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
a1	22.10	28.80	23.93	27.53	26.57
a2	26.50	22.27	20.67	21.87	23.83
a3	23.10	22.90	22.23	24.00	22.57
a4	18.83	17.93	13.87	15.77	13.17
a5	19.30	15.40	14.43	10.50	10.37
a6	15.47	16.67	15.87	15.23	15.23
a7	22.27	15.03	14.43	15.17	20.00
a8	33.23	27.57	22.77	22.20	26.80
a9	33.70	34.67	34.67	35.73	37.50
a10	30.10	29.50	30.07	31.80	31.63
a11	40.53	38.37	35.27	35.53	28.87
a12	22.17	23.07	22.97	22.60	22.10
a13	23.23	25.90	22.00	21.67	20.33
a14	19.90	19.80	17.13	14.90	15.10
a15	36.30	32.27	33.53	37.23	25.53
a16	20.90	20.43	19.73	22.67	22.97
a17	20.87	18.07	17.53	17.93	18.83
a18	27.23	26.53	27.93	27.40	30.23
a19	28.80	25.10	25.20	24.67	26.20
a20	27.07	25.30	26.13	31.70	30.17
a21	18.80	66.73	25.90	22.80	24.33
a22	12.80	12.83	13.03	11.83	13.07
a23	16.30	35.57	39.97	38.90	37.03
a 樣點平均	24.33	26.12	23.45	23.90	23.58
KY c1*	45.77	49.77			
KY c3	51.63				
KY c4	13.33				
KY c5	8.37				
KY c6	15.17	13.93	13.93	12.37	
SS c7*	38.80	31.23	21.93	10.67	
SS c8	13.27				
YK c11*	49.00	12.47	7.50	7.63	8.43
YK c12	7.53	8.20	8.60	7.47	8.50
YK c13	15.87	16.20	21.00	21.07	

KY 為客雅溪；SS 為三姓溪；DG 為大庄溪；YK 為鹽港溪。*代表最下游感潮測點。

附表 7、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心鉛(Pb)含量，單位(mg/kg)。

Pb	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
a1	19.70	29.60	23.07	29.47	24.83
a2	14.80	14.53	15.17	16.90	18.20
a3	19.67	20.20	18.37	21.73	21.37
a4	17.13	16.07	10.97	14.57	12.20
a5	19.17	15.47	14.13	9.77	8.93
a6	12.37	13.37	12.93	12.10	12.10
a7	13.40	8.70	6.50	6.50	10.17
a8	16.57	16.13	13.63	13.00	14.57
a9	24.50	24.30	26.87	29.83	33.73
a10	22.43	23.77	23.27	25.67	24.13
a11	40.53	36.17	35.87	36.30	29.17
a12	14.43	15.27	14.87	14.07	14.10
a13	14.03	13.50	13.33	12.70	11.33
a14	15.50	15.73	12.10	10.53	10.30
a15	27.93	22.97	23.73	28.30	18.00
a16	12.13	11.43	11.30	12.13	12.10
a17	13.57	12.77	11.63	10.67	10.63
a18	19.47	19.70	20.67	21.60	22.80
a19	16.13	15.67	15.83	15.13	14.27
a20	15.13	15.00	14.60	15.13	15.43
a21	12.70	14.20	13.70	12.83	13.10
a22	8.23	7.87	7.87	7.53	7.63
a23	9.30	21.07	21.37	22.03	19.90
a 樣點平均	17.34	17.54	16.60	17.33	16.48
KY c1*	30.63	33.17			
KY c3	36.93				
KY c4	8.27				
KY c5	5.27				
KY c6	7.63	7.33	7.10	7.30	
SS c7*	31.03	24.23	18.27	6.30	
SS c8	8.57				
YK c11*	39.03	7.73	4.47	5.27	5.33
YK c12	4.67	5.00	5.00	4.97	5.67
YK c13	10.23	11.40	10.53	12.97	

KY 為客雅溪；SS 為三姓溪；DG 為大庄溪；YK 為鹽港溪。*代表最下游感潮測點。

附表 8、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心鋅(Zn)含量，單位(mg/kg)。

Zn	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
a1	77.70	106.53	90.73	110.80	94.63
a2	783.33	72.43	59.37	76.50	82.97
a3	93.23	85.73	80.50	102.53	95.47
a4	72.27	68.17	45.40	59.37	46.53
a5	74.30	57.07	50.60	35.33	43.83
a6	46.73	52.27	49.50	46.50	45.33
a7	66.67	38.70	35.33	37.90	57.80
a8	1883.65	85.07	69.17	64.90	86.40
a9	121.93	117.63	129.90	146.17	140.13
a10	105.47	106.07	105.77	112.63	103.53
a11	36.03	139.83	130.80	131.97	104.67
a12	56.37	58.90	57.87	55.33	55.50
a13	63.77	64.27	60.60	54.83	47.13
a14	67.70	72.47	47.30	37.53	38.63
a15	126.40	107.07	107.83	121.97	77.57
a16	55.87	51.27	53.60	53.83	51.47
a17	61.40	52.20	47.20	42.57	43.73
a18	88.07	88.30	93.20	95.37	100.90
a19	122.53	66.20	70.20	71.43	70.73
a20	102.47	75.53	81.37	85.30	80.03
a21	53.87	1416.65	69.20	54.93	59.57
a22	37.10	34.93	35.40	32.13	37.50
a23	45.03	86.93	88.03	100.00	84.73
a 樣點平均	184.43	134.97	72.12	75.21	71.69
KY c1*	144.37	155.23			
KY c3	363.66				
KY c4	32.50				
KY c5	24.67				
KY c6	35.93	30.73	30.20	33.87	
SS c7*	181.10	106.43	87.53	29.10	
SS c8	34.37				
YK c11*	170.43	75.33	21.73	23.23	25.00
YK c12	21.67	24.20	22.30	21.07	23.77
YK c13	38.77	38.20	38.77	48.47	

KY 為客雅溪；SS 為三姓溪；DG 為大庄溪；YK 為鹽港溪。*代表最下游感潮測點。

附表 9、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心鐵(Fe)含量，單位(mg/kg)。

Fe	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
a1	48166.19	76532.57	65632.68	35699.64	48199.52
a2	33323.00	32266.34	31843.01	35699.64	48199.52
a3	32873.00	31809.68	28419.72	34299.66	32633.01
a4	29769.70	28456.38	20379.80	22576.44	19579.80
a5	29439.71	23453.10	21853.11	14183.19	12639.87
a6	28856.38	29516.37	29166.38	28443.05	28289.72
a7	20089.80	11219.89	14173.19	13386.53	16093.17
a8	25379.75	22439.78	20453.13	20239.80	20383.13
a9	39299.61	37232.96	36899.63	37999.62	40666.26
a10	35999.64	33633.00	35466.31	34999.65	35432.98
a11	46932.86	43699.56	39332.94	36466.30	29886.37
a12	28133.05	29693.04	30249.70	29699.70	29123.04
a13	32543.01	30583.03	28579.71	27209.73	26179.74
a14	22566.44	22439.78	19896.47	18849.81	17493.16
a15	39466.27	35599.64	36866.30	40432.93	29503.04
a16	26703.07	27126.40	24599.75	30099.70	29036.38
a17	23079.77	20773.13	20689.79	23179.77	25126.42
a18	31169.69	30719.69	32763.01	30646.36	32769.67
a19	31266.35	24229.76	27383.06	25833.08	24406.42
a20	26719.73	25366.41	24619.75	25053.08	26436.40
a21	19809.80	25676.41	25646.41	23859.76	24256.42
a22	15113.18	14959.85	14703.19	13536.53	14139.86
a23	17456.49	36499.64	36432.97	33966.33	35666.31
a 樣點平均	29745.93	30170.71	28958.70	27667.84	28093.05
KY c1*	35199.65	37099.63			
KY c3	22346.44				
KY c4	15666.51				
KY c5	9079.91				
KY c6	13306.53	12426.54	12759.87	13059.87	
SS c7*	19603.14	22769.77	13386.53	9626.57	
SS c8	18563.15				
YK c11*	35999.64	11013.22	7596.59	7963.25	8433.25
YK c12	7353.26	7809.92	7693.26	7299.93	8746.58
YK c13	16526.50	19889.80	21333.12	22733.11	

KY 為客雅溪；SS 為三姓溪；DG 為大庄溪；YK 為鹽港溪。*代表最下游感潮測點。

附表 10、海域及河川 40 公分柱型底泥蕊心鋁(Al)含量，單位(mg/kg)。

Al	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
a1	11919.88	13843.19	12523.21	11103.22	12729.87
a2	12849.87	12273.21	12869.87	11103.22	12729.87
a3	19356.47	15759.84	13163.20	16919.83	15983.17
a4	15233.18	16039.84	11003.22	12609.87	9119.91
a5	17069.83	13086.54	11579.88	7089.93	7049.93
a6	10973.22	10993.22	10866.56	10433.23	9636.57
a7	9873.23	5196.61	5713.28	5793.28	7506.59
a8	15396.51	12853.20	10729.89	11026.56	11769.88
a9	22603.11	19993.13	19929.80	20603.13	21093.12
a10	17839.82	18579.81	18849.81	19243.14	16459.84
a11	27783.06	25996.41	23473.10	21089.79	16739.83
a12	11919.88	10619.89	11116.56	11306.55	11063.22
a13	8966.58	9206.57	9253.24	10133.23	9103.24
a14	11043.22	10749.89	7843.25	7449.93	7553.26
a15	21096.46	16659.83	17046.50	18879.81	11339.89
a16	8639.91	9713.24	8903.24	10683.23	9909.90
a17	9663.24	8336.58	7486.59	8296.58	10236.56
a18	16239.84	12729.87	14183.19	13543.20	14536.52
a19	10379.90	9726.57	10689.89	10859.89	9343.24
a20	10139.90	9919.90	9783.24	10466.56	10703.23
a21	7626.59	9563.24	9103.24	8169.92	8793.25
a22	4636.62	4696.62	5199.95	4706.62	5113.28
a23	7133.26	22043.11	21146.46	19448.81	20179.80
a 樣點平均	13407.98	12981.75	12280.75	12215.63	11682.35
KY c1*	23396.43	23446.43			
KY c3	7786.59				
KY c4	5466.61				
KY c5	2819.97				
KY c6	5286.61	5066.62	4946.62	5179.95	
SS c7*	9709.90	11113.22	5559.94	4399.96	
SS c8	4269.96				
YK c11*	18516.48	5339.95	2929.97	3103.30	3513.30
YK c12	2816.64	3213.30	3003.30	3279.97	3363.30
YK c13	6126.61	6146.61	7493.26	9293.24	

KY 為客雅溪；SS 為三姓溪；DG 為大庄溪；YK 為鹽港溪。*代表最下游感潮測點。

附表 11、海域樣點各分層之重金屬含量平均值及其變異程度，單位(mg/kg)。

		Cd	In	Ga	Pb	Cu	Cr	Ni	Zn	Al	Fe
0-5 cm (N=43)	Mean±	0.38±0.17	10.80±4.42	5.68±1.56	17.51±6.94	39.23±27.37	22.31±9.76	27.35±13.38	207.62±393.58	11709.26±4925.47	27921.12±7876.37
	SD										
	Range	0.07~0.7	2.2~19.7	2.9~9.27	8.23~40.53	6.23~109.6	11.07~57.67	12.8~94.07	36.03~1883.65	4636.62~27783.06	15113.18~48166.19
5-10 cm (N=23)	Mean±	0.33±0.20	10.10±5.09	5.92±2.02	17.54±6.55	38.91±26.37	23.68±9.10	26.12±11.21	134.97±280.60	12981.75±5160.41	30170.71±12443.16
	SD										
	Range	0.07~0.8	2~17.4	2.67~11.6	7.87~36.17	6.97~104.87	11.03~44.03	12.83~66.73	34.93~1416.65	4696.62~25996.41	11219.89~76532.57
10-15cm (N=23)	Mean±	0.33±0.19	9.83±5.34	5.58±2.00	16.60±6.73	36.19±28.64	21.46±8.75	23.45±7.51	72.13±27.70	12280.75±4844.46	28958.70±10705.53
	SD										
	Range	0.10~0.63	1.67~19.10	2.30~10.43	6.50~35.87	6.73~103.00	10.23~39.20	13.03~39.97	35.33~130.80	5199.95~23473.10	14173.19~65632.68
15-25cm (N=23)	Mean±	0.33±0.19	9.94±5.40	5.73±2.39	17.33±8.03	37.15±29.65	23.02±10.91	23.90±8.27	75.21±33.83	12215.63±4848.06	27667.84±8040.94
	SD										
	Range	0.10~0.73	1.30~20.10	2.50~12.83	6.50~36.30	6.03~96.00	9.97~49.03	10.50~38.90	32.13~146.17	4706.62~21089.79	13386.53~40432.93
25-40cm (N=23)	Mean±	0.33±0.19	9.59±5.11	5.46±1.86	16.48±6.83	33.13±23.54	21.21±8.67	23.58±7.29	71.69±27.06	11682.35±4128.77	28093.05±9517.48
	SD										
	Range	0.07~0.67	1.17~17.73	2.73~9.87	7.63~33.73	5.83~88.87	10.77~45.13	10.37~37.50	37.50~140.13	5113.28~21093.12	12639.87~48199.52

※N 為取樣數

附表 12、香山溼地 0-5 公分表層底泥重金屬含量檢測列表，單位(mg/kg)。

	Cd	In	Ga	Pb	Cu	Cr	Ni	Zn	Al	Fe
a1	0.63	3.9	7.5	19.7	17.4	26.8	22.1	77.7	11919.88	48166.19
a2	0.43	2.83	5.87	14.8	10.77	21.73	26.5	783.33	12849.87	33323
a3	0.23	2.87	7.23	19.67	49.2	26.67	23.1	93.23	19356.47	32873
a4	0.23	2.3	5.63	17.13	36.8	22.47	18.83	72.27	15233.18	29769.7
a5	0.23	2.4	6.3	19.17	36.17	24.63	19.3	74.3	17069.83	29439.71
a6	0.47	2.2	4.47	12.37	6.23	13.3	15.47	46.73	10973.22	28856.38
a7	0.17	8.97	4.47	13.4	39.73	21.17	22.27	66.67	9873.23	20089.8
a8	0.23	9	4.87	16.57	50.2	26.07	33.23	1883.6	15396.51	25379.75
a9	0.37	15.53	7.5	24.5	85.5	34.07	33.7	121.93	22603.11	39299.61
a10	0.33	14	6.47	22.43	94.4	29.07	30.1	105.47	17839.82	35999.64
a11	0.5	17.53	8.7	40.53	106.87	42.9	40.53	36.03	27783.06	46932.86
a12	0.57	10.6	4.27	14.43	22.07	15.8	22.17	56.37	11919.88	28133.05
a13	0.27	15.37	5.63	14.03	29.33	19	23.23	63.77	8966.58	32543.01
a14	0.07	10.73	5.1	15.5	34.6	22.3	19.9	67.7	11043.22	22566.44
a15	0.17	19.7	9.27	27.93	86.73	39.03	36.3	126.4	21096.46	39466.27
a16	0.2	12.73	4.7	12.13	22.9	16.2	20.9	55.87	8639.91	26703.07
a17	0.17	10.9	4.77	13.57	27.4	18.93	20.87	61.4	9663.24	23079.77
a18	0.1	14.77	6.77	19.47	58.47	28.1	27.23	88.07	16239.84	31169.69
a19	0.63	14.47	6.2	16.13	26.53	19	28.8	122.53	10379.9	31266.35
a20	0.57	12.37	5.7	15.13	24.6	18.37	27.07	102.47	10139.9	26719.73
a21	0.33	9.37	4.5	12.7	18.43	15.13	18.8	53.87	7626.59	19809.8
a22	0.3	7.07	2.9	8.23	13.33	11.07	12.8	37.1	4636.62	15113.18
a23	0.3	7.83	3.77	9.3	16.8	12.73	16.3	45.03	7133.26	17456.49
b1	0.17	8.43	4.23	11.23	24.7	14.73	17.47	49.3	7726.59	15989.84
b2	0.17	9.1	4.38	12.3	27.1	15.67	18.77	52.93	7663.26	16139.84
b3	0.43	12.13	4.83	13.7	21.63	14.1	22.6	56.67	7466.59	22616.44
b4	0.23	11.77	5.37	16.4	45.33	20.3	25.37	78.17	9029.91	20816.46
b5	0.53	12.87	5.13	14.77	24.37	15.4	24.43	66.9	8469.92	23829.76
b6	0.3	14.87	6.97	23.67	74.47	27.33	32.63	120.97	11966.55	27853.05
b7	0.47	17.93	9.07	40.53	109.6	41.27	41.67	172.03	7766.59	40166.27
b8	0.57	10.17	4.8	14.53	21.7	14.13	24.1	57.3	8579.91	25363.08
b9	0.37	13.4	7.1	20.5	58.63	26.03	29.97	93.83	14209.86	30253.03
b10	0.4	12.73	6.47	21.73	59.97	24.67	29.07	91.57	12286.54	28779.71
b11	0.4	17.2	8.97	29.9	93	35.17	54.2	135.87	18789.81	38099.62
b12	0.5	11.8	5.17	18.8	32.57	19.6	28.03	147.33	9316.57	27116.4
b13	0.6	8.97	4.37	15.87	22.17	14.83	19.9	60.37	7699.92	21183.12

	Cd	In	Ga	Pb	Cu	Cr	Ni	Zn	Al	Fe
b14	0.6	11.23	5.3	14.9	26.13	15.87	27.33	76.67	9636.57	26266.4
b15	0.7	12.1	5.67	16.23	26.67	57.67	94.07	1766.9	9533.24	28909.71
b16	0.5	7.47	3.47	12.27	17	11.63	17.07	108.1	6343.27	18479.82
b17	0.6	11.37	4.87	14.37	19.27	15.9	22.57	61.97	9873.23	26063.07
b18	0.47	10.03	4.7	12.07	17.3	14.33	23.73	512.33	8636.58	24129.76
b19	0.33	7.87	3.5	10.1	17.67	12.1	18.27	324.23	5829.94	18829.81
b20	0.47	15.7	7.4	20.13	33.3	23.87	45.37	652.33	14289.86	35566.31
mean	0.379	10.804	5.682	17.507	39.23	22.305	27.35	207.62	11709.26	27921.12
SD	0.1664	4.421	1.563	6.938	27.36	9.757	13.37	393.58	4925.466	7876.368
MIN	0.07	2.2	2.9	8.23	6.23	11.07	12.8	36.03	4636.62	15113.18
MAX	0.7	19.7	9.27	40.53	109.6	57.67	94.07	1883.6	27783.06	48166.19

附表 13、生物體重金屬蓄積量乾基與鮮重含量對照。

	銅		鎳		錳		鉻		鎘		鉛		鋅		錒		鉍		鐵			
	乾重	溼重	乾重	溼重	乾重	溼重	乾重	溼重	乾重	溼重	乾重	溼重	乾重	溼重	乾重	溼重	乾重	溼重	乾重	溼重		
勝游苔	1.001	0.206	17.710	3.652	43.226	8.914	6.604	1.362	3.702	0.763	16.510	3.405	14.108	2.909	100.560	20.737	1673.000	345.001	17367.900	3581.554	14033.400	2893.924
甘藻	2.787	0.411	4.380	0.646	64.802	9.565	1.394	0.206	4.778	0.705	10.054	1.484	15.429	2.277	94.465	13.943	2690.100	397.067	1801.710	265.936	7032.650	1038.031
毛枝藻	0.750	0.201	25.150	6.939	144.130	42.081	12.550	3.590	2.001	0.537	35.859	10.308	16.356	4.421	134.790	36.307	3566.300	917.545	13945.600	3825.444	16270.400	4407.085
牡蠣	3.201	0.341	2.701	0.288	1499.300	159.726	0.600	0.064			4.001	0.426	3.701	0.394	1315.200	140.120	45.109	4.806	1475.290	157.169	1247.750	132.928
西施舌	3.197	0.602	6.595	1.242	32.174	6.057	2.798	0.527			9.992	1.881	4.596	0.865	89.728	16.893	96.523	18.172	4071.740	766.583	4516.380	850.295
馬珂蛤	1.482	0.219	7.853	1.188	29.742	4.244	3.198	0.562	3.258	0.663	9.404	1.595	9.143	1.110	71.147	10.501	308.340	45.292	7194.440	1291.209	7368.750	1328.721
環文蛤	1.079	0.111	5.715	0.593	35.208	3.629	1.638	0.172	1.558	0.169	10.409	1.076	4.376	0.456	164.400	16.897	86.519	9.026	4142.470	435.422	3737.850	393.062
公代	4.461	0.582	13.910	1.804	182.400	23.604	4.495	0.584	1.765	0.229	16.349	2.117	25.805	3.348	396.250	51.486	4627.500	610.253	10547.700	1367.749	14076.700	1830.808
台灣蜆	0.522	0.054	3.826	0.398	19.130	1.988	0.870	0.090	0.522	0.054	5.043	0.524	2.783	0.289	189.040	19.640	211.130	21.935	2239.130	232.629	4069.560	422.797
腹足類	1.037	0.206	1.383	0.274	65.330	12.949					1.037	0.206	1.728	0.343	90.909	18.019	43.899	8.701	470.964	93.350	855.513	169.571
多毛類	7.998	0.877	9.639	1.422	87.377	10.670	2.714	0.405	1.750	0.120	14.894	2.004	21.933	2.387	145.190	20.381		18.987	9151.600	1405.669	7962.880	1210.896
方格星蟲	0.849	0.276	22.470	6.609	138.260	40.652	3.297	1.067	4.096	1.204	14.136	4.470	5.495	1.616	40.859	12.013	171.870	52.463	11033.900	3244.231	15731.700	4625.489
星蟲(?)	3.231	0.254	14.540	1.141	116.720	9.161	2.827	0.222	1.616	0.127	23.425	1.839	29.483	2.314	141.350	11.095	1047.600	82.229	6401.450	502.440	7158.720	561.877
斯氏沙蟹	2.297	0.673	0.699	0.205	222.280	65.159	0.200	0.059			0.599	0.176	0.200	0.059	192.330	56.377	19.473	5.708	768.924	225.392	431.895	126.600
萬歲大眼蟹		0.125	4.695	1.336	98.778	27.491	1.864	0.512	2.621	0.516	5.090	1.407	4.574	1.292	68.499	18.853		234.786	3709.560	1063.272	4226.300	1252.873
短身大眼蟹	0.599	0.054	5.194	0.727	125.630	19.954	1.598	0.229	6.497		4.045	0.579	3.246	0.525	69.365	9.728	240.710	32.642	4494.450	631.709	3388.330	473.950
清白招潮蟹	1.389	0.373	3.471	0.943	122.910	32.983	0.828	0.227	7.209	1.166	3.269	0.888	2.978	0.796	78.643	21.290	305.840	85.116	2738.220	746.007	2100.210	571.688
弧邊招潮蟹	0.642	0.171	2.828	0.781	126.030	34.581	0.886	0.252			3.285	0.927	2.928	0.825	98.591	27.651	182.590	52.238	2382.270	665.996	1915.360	542.241
北方凹指招潮蟹	0.699	0.214	1.798	0.550	143.850	43.983	0.599	0.183			1.598	0.489	2.498	0.764	101.990	31.185	729.070	222.907	1528.470	467.318	1765.730	539.859

雙齒近相手蟹	0.201	0.058	1.606	0.462	132.870	38.212	0.401	0.115			7.126	2.049	1.305	0.375	104.070	29.929	40.245	11.573	1525.490	438.692	1048.770	301.601
台灣厚蟹	0.468	0.145	2.305	0.711	97.799	30.359	0.735	0.226	2.805	0.287	3.408	1.067	2.372	0.721	74.611	23.036	202.270	59.748	2270.910	698.271	1662.910	511.775
伍氏厚蟹	1.000	0.273	4.701	1.284	136.320	37.239	1.400	0.382	0.200	0.055	3.501	0.956	3.101	0.847	72.214	19.726	170.230	46.500	4063.310	1109.917	2905.580	793.676
雙扇股盲蟹	0.501	0.110	1.203	0.263	125.250	27.408	0.301	0.066	4.212	0.922	1.504	0.329	1.003	0.219	62.876	13.759	45.327	9.919	1108.100	242.481	767.148	167.872
長指股盲蟹	0.400	0.094	2.500	0.587	146.700	34.469	0.700	0.164			2.300	0.540	2.200	0.517	96.100	22.580	165.800	38.956	1750.000	411.178	1497.500	351.851
和尚蟹	0.767	0.188	5.102	1.233	112.840	27.288	1.401	0.334			4.235	1.005	3.602	0.855	90.335	21.809	176.830	42.551	3937.550	942.055	3002.980	718.483
勝利黎明蟹	0.600	0.209	0.700	0.244	38.508	13.430	0.200	0.070	9.102	3.174	0.900	0.314	1.900	0.663	62.513	21.802	942.080	328.566	615.123	214.532	400.080	139.533
奧氏墟站蝦	4.943	1.048	3.502	0.742	209.060	44.306	1.030	0.218			3.090	0.655	4.119	0.873	92.688	19.643	53.553	11.349	1786.810	378.671	1542.220	326.835

附表 14、國內土壤及放流水重金屬管制標準

國內土壤重金屬管制標準	
管制項目	管制標準值
鎘 (Cd)	20 毫克／公斤 (食用作物農地之管制標準值為 5)
鉻 (Cr)	250 毫克／公斤
銅 (Cu)	400 毫克／公斤 (食用作物農地之管制標準值為 200)
鎳 (Ni)	200 毫克／公斤
鉛 (Pb)	2000 毫克／公斤 (食用作物農地之管制標準值為 500)
鋅 (Zn)	2000 毫克／公斤 (食用作物農地之管制標準值為 600)
公布及實施：90.11.21 http://edb.epa.gov.tw/Index_soil.htm	
事業、污水下水道系統及建築物污水處理設施之放流水標準	
項 目	最大限值 (m g / L)
鎘	0.03
鉛	1.0
總鉻	2.0
銅	3.0
鋅	5.0
鎳	1.0
公布及實施：92.11.26 http://edb.epa.gov.tw/Index_water.htm	

附表 15、各國生鮮食品重金屬管制現況

各國水產品鎘限量 (鮮重)		
國別	食品類別	容許量或限量 (mg/kg)
香港	魚、蟹肉、牡蠣及蝦類	2, 最大容許量
澳洲	軟體類水產	2.0, 最大容許量
西班牙	食物	1, 最大容許量
德國	牡蠣	1.0, 容許限量
法國	食用魚類	0.5, 以乾重為基準, 推薦限量
丹麥	貝介類	0.5, 管制標準
加拿大	食品	0.5, 管制標準
FAO/WHO	貝介類	0.5, 最大容許量
英國	魚肉	<0.2, 限值
各國水產品銅限量 (鮮重)		
	食品類別	容許量或限量 (mg/kg)
英國	魚貝類	100
澳洲	魚貝類	30
西班牙	食物	20, 含量標準
南非共和國	其他食品	20, 容許限量
各國水產品鉻限量 (鮮重)		
國別	食品類別	容許量或限量 (mg/kg)
香港	魚、蟹肉、牡蠣及蝦類	1, 最大容許量
中國大陸	糧食	0.55, 衛生標準
各國水產品鉛限量 (鮮重)		
國別	食品類別	容許量或限量 (mg/kg)
英國	貝類	10.0, 衛生標準或法規
瑞士	乾燥食品	10, 最大容許量
西班牙	食物	5, 重金屬含量標準
南非共和國	其他食品	5, 容許限量
瑞典	任何食品	3, 容許限量
丹麥	貝介類	1.0, 管制標準
加拿大	食品	1, 管制標準
瑞士	新鮮食品	1, 最大容許量
FAO/WHO	雙殼貝類	1.0, 最大容許量
德國	牡蠣	0.5, 容許限量
各國水產品鋅限量 (鮮重)		
國別	食品類別	容許量或限量 (mg/kg)
加拿大	食物	100, 限量標準
英國	食品	50, 標準或法規 (但允許於自然產生之貝類中含較高量之鋅)
南非共和國	其他食品	50, 容許限量

*修改自林等 (2002) 之食品中重金屬含量及管制標準。

附表 16、海域 40 公分底泥樣各類重金屬含量，單位：mg/kg

a1	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	3.90	7.00	5.40	7.63	4.93
Cd	0.63	0.80	0.63	0.73	0.67
Cr	26.80	44.03	36.17	49.03	31.17
Cu	17.40	34.50	27.93	32.53	27.57
Ni	22.10	28.80	23.93	27.53	26.57
Pb	19.70	29.60	23.07	29.47	24.83
Zn	77.70	106.53	90.73	110.80	94.63
Ga	7.50	11.60	9.73	12.83	8.80
Fe	48166.19	76532.57	65632.68	35699.64	48199.52
Al	11919.88	13843.19	12523.21	11103.22	12729.87
a2	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	2.83	2.97	3.03	3.40	4.10
Cd	0.43	0.43	0.43	0.47	0.53
Cr	21.73	17.93	18.97	21.53	24.33
Cu	10.77	10.70	9.43	10.70	15.33
Ni	26.50	22.27	20.67	21.87	23.83
Pb	14.80	14.53	15.17	16.90	18.20
Zn	783.33	72.43	59.37	76.50	82.97
Ga	5.87	5.80	6.13	6.80	7.63
Fe	33323.00	32266.34	31843.01	35699.64	48199.52
Al	12849.87	12273.21	12869.87	11103.22	12729.87
a3	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	2.87	3.27	2.60	3.07	2.77
Cd	0.23	0.23	0.23	0.27	0.27
Cr	26.67	24.97	22.37	26.63	25.80
Cu	49.20	49.47	38.43	59.00	61.23
Ni	23.10	22.90	22.23	24.00	22.57
Pb	19.67	20.20	18.37	21.73	21.37
Zn	93.23	85.73	80.50	102.53	95.47
Ga	7.23	6.60	5.87	6.50	6.30
Fe	32873.00	31809.68	28419.72	34299.66	32633.01
Al	19356.47	15759.84	13163.20	16919.83	15983.17
a4	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	2.30	2.37	1.67	1.93	1.60
Cd	0.23	0.23	0.13	0.17	0.13
Cr	22.47	22.27	15.20	18.97	15.63

Cu	36.80	36.50	17.60	30.53	20.80
Ni	18.83	17.93	13.87	15.77	13.17
Pb	17.13	16.07	10.97	14.57	12.20
Zn	72.27	68.17	45.40	59.37	46.53
Ga	5.63	5.73	4.03	4.57	3.67
Fe	29769.70	28456.38	20379.80	22576.44	19579.80
Al	15233.18	16039.84	11003.22	12609.87	9119.91
a5	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	2.40	2.00	1.67	1.30	1.17
Cd	0.23	0.20	0.17	0.10	0.07
Cr	24.63	19.57	17.27	11.83	11.53
Cu	36.17	28.40	21.43	11.27	10.10
Ni	19.30	15.40	14.43	10.50	10.37
Pb	19.17	15.47	14.13	9.77	8.93
Zn	74.30	57.07	50.60	35.33	43.83
Ga	6.30	5.00	4.47	2.87	2.73
Fe	29439.71	23453.10	21853.11	14183.19	12639.87
Al	17069.83	13086.54	11579.88	7089.93	7049.93
a6	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	2.20	2.43	2.23	2.20	2.40
Cd	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
Cr	13.30	13.93	13.47	13.03	12.33
Cu	6.23	6.97	6.73	6.03	5.83
Ni	15.47	16.67	15.87	15.23	15.23
Pb	12.37	13.37	12.93	12.10	12.10
Zn	46.73	52.27	49.50	46.50	45.33
Ga	4.47	4.67	4.47	4.33	4.13
Fe	28856.38	29516.37	29166.38	28443.05	28289.72
Al	10973.22	10993.22	10866.56	10433.23	9636.57
a7	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	8.97	5.57	5.13	4.70	5.67
Cd	0.17	0.13	0.13	0.13	0.13
Cr	21.17	11.67	10.23	10.23	14.43
Cu	39.73	21.77	19.50	22.57	32.20
Ni	22.27	15.03	14.43	15.17	20.00
Pb	13.40	8.70	6.50	6.50	10.17
Zn	66.67	38.70	35.33	37.90	57.80
Ga	4.47	2.67	2.30	2.50	2.87

Fe	20089.80	11219.89	14173.19	13386.53	16093.17
Al	9873.23	5196.61	5713.28	5793.28	7506.59
a8	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	9.00	8.07	7.43	7.37	7.53
Cd	0.23	0.23	0.20	0.20	0.20
Cr	26.07	23.57	18.33	19.70	20.50
Cu	50.20	54.63	40.90	41.50	57.97
Ni	33.23	27.57	22.77	22.20	26.80
Pb	16.57	16.13	13.63	13.00	14.57
Zn	1883.65	85.07	69.17	64.90	86.40
Ga	4.87	4.63	3.87	3.83	4.47
Fe	25379.75	22439.78	20453.13	20239.80	20383.13
Al	15396.51	12853.20	10729.89	11026.56	11769.88
a9	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	15.53	15.10	14.57	15.10	16.00
Cd	0.37	0.30	0.33	0.37	0.43
Cr	34.07	32.83	36.50	39.47	45.13
Cu	85.50	86.70	103.00	86.20	88.87
Ni	33.70	34.67	34.67	35.73	37.50
Pb	24.50	24.30	26.87	29.83	33.73
Zn	121.93	117.63	129.90	146.17	140.13
Ga	7.50	7.10	7.17	7.23	7.67
Fe	39299.61	37232.96	36899.63	37999.62	40666.26
Al	22603.11	19993.13	19929.80	20603.13	21093.12
a10	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	14.00	13.20	13.70	13.53	14.00
Cd	0.33	0.30	0.30	0.33	0.40
Cr	29.07	32.47	31.07	35.83	32.83
Cu	94.40	84.67	83.87	75.73	58.90
Ni	30.10	29.50	30.07	31.80	31.63
Pb	22.43	23.77	23.27	25.67	24.13
Zn	105.47	106.07	105.77	112.63	103.53
Ga	6.47	6.17	6.40	6.17	6.63
Fe	35999.64	33633.00	35466.31	34999.65	35432.98
Al	17839.82	18579.81	18849.81	19243.14	16459.84
a11	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	17.53	15.97	14.83	14.47	11.77
Cd	0.50	0.43	0.43	0.40	0.33

Cr	42.90	39.47	39.20	38.83	30.70
Cu	106.87	104.87	100.20	96.00	64.50
Ni	40.53	38.37	35.27	35.53	28.87
Pb	40.53	36.17	35.87	36.30	29.17
Zn	36.03	139.83	130.80	131.97	104.67
Ga	8.70	7.90	7.60	7.03	6.10
Fe	46932.86	43699.56	39332.94	36466.30	29886.37
Al	27783.06	25996.41	23473.10	21089.79	16739.83
a12	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	10.60	11.33	11.87	10.90	11.63
Cd	0.57	0.60	0.60	0.60	0.57
Cr	15.80	15.37	15.87	15.53	15.03
Cu	22.07	23.03	23.03	20.77	20.10
Ni	22.17	23.07	22.97	22.60	22.10
Pb	14.43	15.27	14.87	14.07	14.10
Zn	56.37	58.90	57.87	55.33	55.50
Ga	4.27	4.20	4.37	4.47	4.27
Fe	28133.05	29693.04	30249.70	29699.70	29123.04
Al	11919.88	10619.89	11116.56	11306.55	11063.22
a13	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	15.37	15.03	13.77	13.13	12.73
Cd	0.27	0.20	0.20	0.20	0.20
Cr	19.00	19.30	18.53	18.53	15.53
Cu	29.33	30.60	26.33	22.07	16.77
Ni	23.23	25.90	22.00	21.67	20.33
Pb	14.03	13.50	13.33	12.70	11.33
Zn	63.77	64.27	60.60	54.83	47.13
Ga	5.63	5.77	5.07	5.33	4.77
Fe	32543.01	30583.03	28579.71	27209.73	26179.74
Al	8966.58	9206.57	9253.24	10133.23	9103.24
a14	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	10.73	10.07	9.40	8.57	6.97
Cd	0.07	0.07	0.13	0.10	0.07
Cr	22.30	21.13	14.93	13.10	13.60
Cu	34.60	34.40	18.57	13.60	13.67
Ni	19.90	19.80	17.13	14.90	15.10
Pb	15.50	15.73	12.10	10.53	10.30
Zn	67.70	72.47	47.30	37.53	38.63

Ga	5.10	4.83	3.80	3.43	3.70
Fe	22566.44	22439.78	19896.47	18849.81	17493.16
Al	11043.22	10749.89	7843.25	7449.93	7553.26
a15	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	19.70	17.40	19.10	20.10	14.57
Cd	0.17	0.13	0.17	0.20	0.23
Cr	39.03	32.37	33.93	37.53	23.03
Cu	86.73	67.30	68.63	93.33	48.13
Ni	36.30	32.27	33.53	37.23	25.53
Pb	27.93	22.97	23.73	28.30	18.00
Zn	126.40	107.07	107.83	121.97	77.57
Ga	9.27	7.67	8.00	8.60	5.70
Fe	39466.27	35599.64	36866.30	40432.93	29503.04
Al	21096.46	16659.83	17046.50	18879.81	11339.89
a16	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	12.73	13.13	12.10	14.90	13.80
Cd	0.20	0.17	0.17	0.17	0.20
Cr	16.20	17.00	16.10	18.93	17.37
Cu	22.90	20.33	23.07	20.20	18.30
Ni	20.90	20.43	19.73	22.67	22.97
Pb	12.13	11.43	11.30	12.13	12.10
Zn	55.87	51.27	53.60	53.83	51.47
Ga	4.70	5.23	4.67	5.83	5.33
Fe	26703.07	27126.40	24599.75	30099.70	29036.38
Al	8639.91	9713.24	8903.24	10683.23	9909.90
a17	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	10.90	10.23	9.97	11.07	11.70
Cd	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Cr	18.93	15.57	14.37	14.43	15.67
Cu	27.40	21.27	17.37	15.60	16.07
Ni	20.87	18.07	17.53	17.93	18.83
Pb	13.57	12.77	11.63	10.67	10.63
Zn	61.40	52.20	47.20	42.57	43.73
Ga	4.77	4.20	3.90	4.30	4.77
Fe	23079.77	20773.13	20689.79	23179.77	25126.42
Al	9663.24	8336.58	7486.59	8296.58	10236.56
a18	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	14.77	13.63	14.93	14.03	15.57

Cd	0.10	0.10	0.10	0.13	0.10
Cr	28.10	26.20	28.17	30.07	29.97
Cu	58.47	64.07	73.10	86.67	75.87
Ni	27.23	26.53	27.93	27.40	30.23
Pb	19.47	19.70	20.67	21.60	22.80
Zn	88.07	88.30	93.20	95.37	100.90
Ga	6.77	5.83	6.10	5.93	6.67
Fe	31169.69	30719.69	32763.01	30646.36	32769.67
Al	16239.84	12729.87	14183.19	13543.20	14536.52
a19	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	14.47	13.37	13.13	12.63	12.43
Cd	0.63	0.60	0.60	0.53	0.53
Cr	19.00	18.93	18.67	19.07	17.40
Cu	26.53	24.03	23.93	21.93	21.30
Ni	28.80	25.10	25.20	24.67	26.20
Pb	16.13	15.67	15.83	15.13	14.27
Zn	122.53	66.20	70.20	71.43	70.73
Ga	6.20	6.03	5.97	5.87	5.47
Fe	31266.35	24229.76	27383.06	25833.08	24406.42
Al	10379.90	9726.57	10689.89	10859.89	9343.24
a20	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	12.37	12.70	12.33	12.30	12.73
Cd	0.57	0.57	0.63	0.57	0.60
Cr	18.37	18.37	17.63	21.10	20.07
Cu	24.60	22.23	21.00	21.80	22.10
Ni	27.07	25.30	26.13	31.70	30.17
Pb	15.13	15.00	14.60	15.13	15.43
Zn	102.47	75.53	81.37	85.30	80.03
Ga	5.70	5.70	5.37	5.57	5.90
Fe	26719.73	25366.41	24619.75	25053.08	26436.40
Al	10139.90	9919.90	9783.24	10466.56	10703.23
a21	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	9.37	12.90	13.00	12.00	12.20
Cd	0.33	0.60	0.60	0.60	0.57
Cr	15.13	36.47	17.13	15.57	15.60
Cu	18.43	20.57	21.00	18.87	19.77
Ni	18.80	66.73	25.90	22.80	24.33
Pb	12.70	14.20	13.70	12.83	13.10

Zn	53.87	1416.65	69.20	54.93	59.57
Ga	4.50	5.60	5.40	5.00	5.07
Fe	19809.80	25676.41	25646.41	23859.76	24256.42
Al	7626.59	9563.24	9103.24	8169.92	8793.25
a22	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	7.07	7.30	6.90	6.27	6.47
Cd	0.30	0.27	0.27	0.27	0.27
Cr	11.07	11.03	10.77	9.97	10.77
Cu	13.33	12.83	12.60	11.53	12.30
Ni	12.80	12.83	13.03	11.83	13.07
Pb	8.23	7.87	7.87	7.53	7.63
Zn	37.10	34.93	35.40	32.13	37.50
Ga	2.90	3.00	3.20	2.87	2.97
Fe	15113.18	14959.85	14703.19	13536.53	14139.86
Al	4636.62	4696.62	5199.95	4706.62	5113.28
a23	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	7.83	17.23	17.23	18.00	17.73
Cd	0.30	0.43	0.43	0.47	0.40
Cr	12.73	30.13	28.80	30.47	29.43
Cu	16.80	35.07	34.60	36.00	34.30
Ni	16.30	35.57	39.97	38.90	37.03
Pb	9.30	21.07	21.37	22.03	19.90
Zn	45.03	86.93	88.03	100.00	84.73
Ga	3.77	10.13	10.43	9.97	9.87
Fe	17456.49	36499.64	36432.97	33966.33	35666.31
Al	7133.26	22043.11	21146.46	19448.81	20179.80

附表 17、海域 0-5 公分底泥樣各類重金屬含量，單位：mg/kg

金屬	b1	b2	b3	b4	b5
In	8.43	9.10	12.13	11.77	12.87
Cd	0.17	0.17	0.43	0.23	0.53
Cr	14.73	15.67	14.10	20.30	15.40
Cu	24.70	27.10	21.63	45.33	24.37
Ni	17.47	18.77	22.60	25.37	24.43
Pb	11.23	12.30	13.70	16.40	14.77
Zn	49.30	52.93	56.67	78.17	66.90
Ga	4.23	4.38	4.83	5.37	5.13
Fe	15989.84	16139.84	22616.44	20816.46	23829.76
Al	7726.59	7663.26	7466.59	9029.91	8469.92
金屬	b6	b7	b8	b9	b10
In	14.87	17.93	10.17	13.40	12.73
Cd	0.30	0.47	0.57	0.37	0.40
Cr	27.33	41.27	14.13	26.03	24.67
Cu	74.47	109.60	21.70	58.63	59.97
Ni	32.63	41.67	24.10	29.97	29.07
Pb	23.67	40.53	14.53	20.50	21.73
Zn	120.97	172.03	57.30	93.83	91.57
Ga	6.97	9.07	4.80	7.10	6.47
Fe	27853.05	40166.27	25363.08	30253.03	28779.71
Al	11966.55	7766.59	8579.91	14209.86	12286.54
金屬	b11	b12	b13	b14	b15
In	17.20	11.80	8.97	11.23	12.10
Cd	0.40	0.50	0.60	0.60	0.70
Cr	35.17	19.60	14.83	15.87	57.67
Cu	93.00	32.57	22.17	26.13	26.67
Ni	54.20	28.03	19.90	27.33	94.07
Pb	29.90	18.80	15.87	14.90	16.23
Zn	135.87	147.33	60.37	76.67	1766.98
Ga	8.97	5.17	4.37	5.30	5.67
Fe	38099.62	27116.40	21183.12	26266.40	28909.71
Al	18789.81	9316.57	7699.92	9636.57	9533.24
金屬	b16	b17	b18	b19	b20
In	7.47	11.37	10.03	7.87	15.70
Cd	0.50	0.60	0.47	0.33	0.47
Cr	11.63	15.90	14.33	12.10	23.87

Cu	17.00	19.27	17.30	17.67	33.30
Ni	17.07	22.57	23.73	18.27	45.37
Pb	12.27	14.37	12.07	10.10	20.13
Zn	108.10	61.97	512.33	324.23	652.33
Ga	3.47	4.87	4.70	3.50	7.40
Fe	18479.82	26063.07	24129.76	18829.81	35566.31
Al	6343.27	9873.23	8636.58	5829.94	14289.86

附表 18、河川底泥樣各類重金屬含量，單位：mg/kg

客雅溪

KYC1	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	18.23	19.03			
Cd	0.37	0.43			
Cr	41.60	44.67			
Cu	80.67	93.30			
Ni	45.77	49.77			
Pb	30.63	33.17			
Zn	144.37	155.23			
Ga	11.27	11.40			
Fe	35199.65	37099.63			
Al	23396.43	23446.43			

客雅溪

KYC3	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	10.30				
Cd	0.17				
Cr	19.60				
Cu	25.83				
Ni	51.63				
Pb	36.93				
Zn	363.66				
Ga	6.07				
Fe	22346.44				
Al	7786.59				

客雅溪

KYC4	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	6.33				
Cd	0.27				
Cr	11.93				
Cu	12.47				
Ni	13.33				
Pb	8.27				
Zn	32.50				
Ga	3.07				
Fe	15666.51				
Al	5466.61				

客雅溪

KYC5	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	3.50				
Cd	0.13				
Cr	6.87				
Cu	7.57				
Ni	8.37				
Pb	5.27				
Zn	24.67				
Ga	1.63				
Fe	9079.91				
Al	2819.97				

客雅溪

KYC6	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	6.00	5.40	5.53	5.07	
Cd	0.17	0.13	0.13	0.10	
Cr	13.40	11.57	12.37	11.10	
Cu	12.37	11.20	11.20	10.00	
Ni	15.17	13.93	13.93	12.37	
Pb	7.63	7.33	7.10	7.30	
Zn	35.93	30.73	30.20	33.87	
Ga	3.07	2.77	2.67	3.00	
Fe	13306.53	12426.54	12759.87	13059.87	
Al	5286.61	5066.62	4946.62	5179.95	

三姓溪

SSC7	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	10.53	11.40	6.47	4.83	
Cd	0.57	0.27	0.17	0.13	
Cr	35.13	26.17	18.03	9.07	
Cu	47.43	32.70	22.63	9.60	
Ni	38.80	31.23	21.93	10.67	
Pb	31.03	24.23	18.27	6.30	
Zn	181.10	106.43	87.53	29.10	
Ga	4.73	5.53	2.97	2.47	
Fe	19603.14	22769.77	13386.53	9626.57	
Al	9709.90	11113.22	5559.94	4399.96	

三姓溪

SSC8	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	7.87				
Cd	0.27				
Cr	13.00				
Cu	16.97				
Ni	13.27				
Pb	8.57				
Zn	34.37				
Ga	2.80				
Fe	18563.15				
Al	4269.96				

鹽港溪

YKC11	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	19.47	5.77	3.60	3.90	4.20
Cd	0.43	0.17	0.13	0.13	0.13
Cr	41.17	10.87	6.07	6.30	6.93
Cu	63.87	14.80	6.80	6.97	7.80
Ni	49.00	12.47	7.50	7.63	8.43
Pb	39.03	7.73	4.47	5.27	5.33
Zn	170.43	75.33	21.73	23.23	25.00
Ga	9.70	3.07	1.80	1.87	2.07
Fe	35999.64	11013.22	7596.59	7963.25	8433.25
Al	18516.48	5339.95	2929.97	3103.30	3513.30

鹽港溪

YKC12	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	3.37	3.73	3.60	3.43	4.13
Cd	0.13	0.13	0.13	0.10	0.17
Cr	6.23	6.93	6.57	6.83	7.17
Cu	6.07	6.73	7.13	6.03	7.40
Ni	7.53	8.20	8.60	7.47	8.50
Pb	4.67	5.00	5.00	4.97	5.67
Zn	21.67	24.20	22.30	21.07	23.77
Ga	1.70	1.90	1.80	1.80	1.97
Fe	7353.26	7809.92	7693.26	7299.93	8746.58
Al	2816.64	3213.30	3003.30	3279.97	3363.30

鹽港溪

YKC13	5cm	5-10cm	10-15cm	15-25cm	25-40cm
In	8.30	10.40	10.40	11.93	
Cd	0.40	0.47	0.23	0.40	
Cr	11.57	12.13	15.00	18.07	
Cu	14.07	15.10	17.07	20.30	
Ni	15.87	16.20	21.00	21.07	
Pb	10.23	11.40	10.53	12.97	
Zn	38.77	38.20	38.77	48.47	
Ga	3.63	4.07	4.57	5.47	
Fe	16526.50	19889.80	21333.12	22733.11	
Al	6126.61	6146.61	7493.26	9293.24	