

水污染影響漁產品品質調查

*白書禎 **龔國慶

一、前 言

台灣沿海之養殖漁產品，除了供應本省民生必需外，亦是出口之大宗，因此漁產品的品質的好壞均與大眾健康及外銷信譽有直接關係。然而由於過去業者對於環保的認知不夠，以及環保法規不健全，是以工業廢水及養殖廢水的排放，已造成部份沿海地區之養殖水產品遭受重金屬污染之事件發生。為有效地防止水產品品質之惡化，並保障大眾健康，除徹底管制各類廢水之排放外，對於水產品體內重金屬含量則必須長期的監視，以做為日後漁業單位及環保單位之參考。根據七十八年度貴會補助之計劃（水污染影響漁產品品質調查）研究成果顯示，台灣西部沿海主要以養殖牡蠣及文蛤，而以分析牡蠣體內之重金屬含量，可兼俱瞭解沿海水質及其體內重金屬含量變化情形，不過資料顯示，除非海域水質已明顯導致某種重金屬污染，否則吾人無法像檢測水質標準一樣給予一特定重金屬含量值作為生物體是否遭受污染判定準則。

而由去年度之初步分析資料顯示，臺灣沿海養殖之牡蠣體內重金屬銅、鎘與鋅之含量彼此間有一良好的線性關係存在，而該線性關係應有可能做為背景及污染指標之用。因此在今年度計劃中對於臺灣西部沿海之養殖牡蠣個體做定期定點且大量的採樣分析，用以深入研究牡蠣體內重金屬彼此關係之變化。另外在北部

* 國立台灣大學海洋研究所副教授

* * 國立台灣海洋大學海洋學系講師

宜蘭、頭城沿海養殖區，則以養殖斑節蝦為主，過去發現斑節蝦體內之重金屬累積與其餵食之飼料有關，並發現某些飼料添加有高量之重金屬，因此飼料中之重金屬除了對生物體體內之重金屬造成累積情形外，生物體之排泄物伴隨著養殖廢水排放，將可能導致二度污染水域，而使沿海養殖用水品質惡化。總而言之為改善台灣之養殖環境，我們必須利用多種指標，同時研判，例如：監視水產品之重金屬含量，以及可能造成魚產品品質惡化之污染源（如沿海河川重金屬之排放情形、飼料中之重金屬含量）等，才可循出改善之方針。

二、調查對象及研究區域

本計劃之主要研究區域為雲林以北至宜蘭之沿海河口主要養殖區，區設八個主要採樣點；西部沿海由北至南分設新竹香山，彰化地區之鹿港、王功、芳苑；雲林地區之三條崙等地，並以牡蠣為特定研究調查對象，北部宜蘭地區仍設頭城、壯圍與五結三處為斑節蝦之採樣調查地點；另外對於可能與斑節蝦體內重金屬含量有關之斑節蝦飼料，亦做抽樣性的調查分析，詳細之調查研究區域如圖一所示。

三、採樣方式及頻率

(一)生物體部份：每一至三月分赴預定採樣站採取生物樣本，牡蠣每次每一採樣點，分析至少二十個以求取各重金屬含量彼此間之線性關係斜率，蝦體則每一採樣點每次以分析六個樣本，並視狀況需要增加樣本之分析個數。

(二)飼料部份：以養殖戶之飼養餌料為抽樣調查對象。

四、分析項目、方法及使用儀器

(一)分析項目及方法

生物體及飼料之重金屬分析元素爲鎘銅鋅汞四種前三種元素之消化方法乃將取得之魚貝類樣品先以蒸餾水洗淨，並經切割處理稱重後，放入 20 mL 之消化瓶並加入少許之濃硝酸，置於熱水浴中進行傳統式之濕灰化法。消化後之消化液以蒸餾水定量至 10 mL，以 Whatman GF / C 濾紙濾去消化未完的脂類，再依各測定元素之範圍給予適當量之稀釋後，再進行測定；但由於每個生物體樣本所含之基質 (Matrix) 均有所差異，因此最後定量需以單點添加法分別對每一消化液作適當量之重金屬添加，以期獲知期接近之真實濃度。而汞之分析則以求得總汞含量爲主，消化的方式則根據我國環保署指定的步驟進行。

(二) 分析儀器

鎘 (Cd)、銅 (Cu)、鋅 (Zn) 重金屬以火燄式之偏極化苜蓿原子吸收光儀 (Hitachi Z-8100 Polarized Zeeman Effect Flame AAS) 測定，汞 (Hg) 則以金膜水銀分析儀 (Gold Film Mercury Analyzer, Jerome 511) 檢測之。各儀器的偵測極限，準確度，以及消化方法的添加回收率測試均在其它報告中詳述。

五、結果與討論

今年度計劃之執行共分析牡蠣檢體 4 3 3 件，文蛤檢體 9 6 個，斑節蝦樣本 7 2 隻，斑節蝦飼料十二種廠牌。在牡蠣體內重金屬方面，新竹香山地區之鎘、銅與鋅之平均濃度分別爲 0.15 ppm、29.36 ppm、66.96 ppm，彰化和雲林地區之採樣地點鹿港、王功、芳苑、三條崙等四處全年平均之鎘濃度分別爲 0.15 ppm、0.18 ppm、0.27 ppm、0.21 ppm；銅濃度分別爲 8.45 ppm、39.46 ppm、29.32 ppm、26.27 ppm；鋅含量分別爲 103.15 ppm、146.14 ppm、88.34 ppm、91.18 ppm (表一)，各採樣點之牡蠣個體重

金屬含量資料詳見表二至表六；重金屬濃度之計算均以濕重表示，牡蠣之乾濕比經實驗證實約 1 : 5（如圖二所示）；總汞含量則均未能檢測出（小於偵測極限，故不另列表說明）。而在文蛤檢體方面，由選擇之彰化海豐文蛤養殖區，採樣分析結果顯示其體內重金屬含量可得一可靠之平均濃度，濃度分別為鎘 0.19 ppm，銅 2.69 ppm，鋅 24.28 ppm，故該資料應可做為本採樣調查區域之文蛤重金屬背景值（詳見表七）。宜蘭地區分析所得斑節蝦重金屬含量鎘小於 0.01 ppm，銅平均濃度 5.81 ppm，鋅為 14.82 ppm（詳見表八），不同採樣點之重金屬含量亦有發現差異，推斷可能與養殖戶使用之飼料有關，雖無直接證據；但在抽樣分析之十二家廠牌斑節蝦飼料的檢驗結果中，許多品牌的飼料的確含有相當高量之鎘、銅、鋅等重金屬（見表九，圖三一 1.2.3.）。

從上述之分析結果吾人不難發現牡蠣體內之各重金屬含量差異性太大，似乎除了鎘可看出一可定義之平均濃度外（約 0.19 ppm），其餘兩種重金屬很難定義出一可靠之背景值來做為污染之判定標準；但若將各地區之牡蠣體內鎘與銅之資料分別對鋅作統計迴歸，卻可以發現各元素彼此之間確實有一良好之線性關係存在，尤其是銅與鋅之比例（如圖四至圖八所示），但是該斜率卻會隨著地區之不同而有所變化，例如圖九即顯示不同地區的牡蠣體內之銅鋅比有明顯之差異存在，而其中以新竹香山之斜率最高，至於原因是否與過去曾經發生之香山綠牡蠣事件有所關連，抑或與各地區之牡蠣生存環境、海域之水質及懸浮顆粒（包含浮游生物）和沉積物有關，由於限於人力物力因素今年並未對於這些可能因素一併研究，是以目前尚無法做成進一步之結論。另外在同一地區牡蠣體內之銅鋅比亦有所差異，如圖四、圖六、圖七即顯示香山、王功及芳苑地區之銅鋅比隨時間而有所變化，該情形可能與當地之水質變化有密切相關；而圖八則顯示雲林採樣點之牡蠣銅鋅比不隨時間改變，但卻有一偏高量，此乃因該批樣本係有約兩年以上之飼養期，是已可發現有重金屬累積情況。最後在飼料方面若重金屬含量過高，

則可能經由生物體攝食後會有殘存於體內或排泄物中，因此將可能造成水質的二度污染，直接或間接都將影響到本省魚產品的品質，值得有關單位密切地加以管制及監視。

六、結 論

- (一)本年度分析台灣沿岸八個地點的牡蠣、文蛤及斑節蝦共七百餘件，並統計各生物的鎳銅及鋅含量，以期尋找重金屬累積的趨勢。
- (二)在將近五百件的牡蠣檢體中，發現每一批樣本各個檢體間的差異性極大，若取平均值，不易判別是否有污染（因標準偏差很大），但若把同地點同一批樣本鎳、銅含量對鋅含量作圖，則可得到一相當好的線性關係，此線性關係之斜率，是一個反應牡蠣生長環境中重金屬背景的指標，比平均值更能表示污染及累積現象。
- (三)上述Cd:Zn及Cu:Zn之良好線性關係僅對牡蠣而言，對文蛤及斑節蝦則較不明顯。
- (四)同地點所採牡蠣之Cd:Zn及Cu:Zn比值變化，隨不同採樣時間有明顯的差異，可能有季節變化，此種有趣現象過去未曾有類似報導，值得下年度繼續深入研究。
- (五)分析十二家品牌的飼料，發現部份品牌含高量的鎳銅鋅，可能是廠商針對水產飼料所添加的抗病劑，是否會對水產品品質有影響？目前僅由抽檢分析無法肯定，應列入未來的工作項目中。

Table 1: Yearly averaged heavy metal concentration in Oyster
at different sampling location

Location: Shiang-Sun

	Cd (ug/g)	Cu (ug/g)	Zn (ug/g)
Mean	0.15	29.36	66.96
Std.	0.05	25.11	59.42
R.S.D(%)	31.64	85.53	88.74
Min.	0.04	1.45	5.02
Max.	0.32	187.73	271.43

Location: Wang-Gong

	Cd (ug/g)	Cu (ug/g)	Zn (ug/g)
Mean	0.18	39.46	146.14
Std.	0.03	18.06	48.87
R.S.D(%)	17.04	45.77	33.44
Min.	0.10	10.13	74.97
Max.	0.25	76.60	335.13

Location: Lu-Guang

	Cd (ug/g)	Cu (ug/g)	Zn (ug/g)
Mean	0.15	8.45	103.15
Std.	0.02	5.38	35.38
R.S.D(%)	16.60	63.71	34.29
Min.	0.06	2.58	38.62
Max.	0.22	32.87	213.63

Location: Fan-Yuan

	Cd (ug/g)	Cu (ug/g)	Zn (ug/g)
Mean	0.27	29.32	88.34
Std.	0.04	25.77	28.46
R.S.D(%)	16.18	87.89	32.21
Min.	0.17	2.50	44.60
Max.	0.35	101.80	156.48

Location: Yin-Lin

	Cd (ug/g)	Cu (ug/g)	Zn (ug/g)
Mean	0.21	26.27	91.18
Std.	0.05	18.12	94.38
R.S.D(%)	24.49	68.98	103.50
Min.	0.08	4.86	20.84
Max.	0.36	111.09	459.50

Table 2: Heavy metal concentration in Oyster
at Shiang-Sun, Shing-Tsu area

Sampling Date	W. (g)	[Cd] (ug/g)	[Cu] (ug/g)	[Zn] (ug/g)	Sampling Date	W. (g)	[Cd] (ug/g)	[Cu] (ug/g)	[Zn] (ug/g)
09/11/89	3.28	0.140	21.27	29.65	02/19/90	2.56	0.130	25.68	39.14
	3.84	0.146	20.38	40.10		2.84	0.166	39.70	52.19
	2.02	0.165	66.09	133.30		2.47	0.115	8.91	18.67
	1.78	0.144	9.55	17.86		2.05	0.125	12.20	29.99
	3.58	0.105	16.27	28.49		2.01	0.207	36.07	50.17
	1.98	0.291	25.13	41.15		1.94	0.226	69.59	88.77
	2.81	0.215	12.28	19.89		2.67	0.094	37.92	54.45
	3.73	0.140	14.88	34.63		3.26	0.040	15.95	33.71
	4.05	0.165	36.60	61.65		1.82	0.130	187.77	271.43
	2.05	0.152	24.15	39.74		2.67	0.101	16.57	32.68
	3.26	0.138	24.92	57.38		2.81	0.079	101.69	124.71
	2.97	0.119	12.96	18.68		1.83	0.095	19.95	57.98
	3.23	0.166	15.79	35.10		2.41	0.153	9.65	23.24
	4.98	0.107	12.30	16.55		2.09	0.223	64.95	77.51
	2.16	0.138	35.19	39.57		1.93	0.198	67.88	93.21
	1.85	0.188	4.86	11.95		3.49	0.117	2.72	7.45
	3.69	0.119	20.66	36.91		3.33	0.156	30.41	49.88
	3.17	0.092	42.35	65.02		2.33	0.167	21.89	36.46
	2.01	0.235	97.14	156.69		3.36	0.165	19.27	30.11
	2.14	0.240	15.65	37.38		4.04	0.084	32.43	36.24
	2.39	0.163	8.89	25.90		2.24	0.146	51.45	72.65
	1.53	0.172	5.56	12.45		2.27	0.193	30.95	45.63
	2.17	0.147	17.40	34.15		2.67	0.198	54.68	76.72
	3.39	0.125	19.91	40.09		3.47	0.154	30.12	42.56
	1.85	0.120	17.70	31.07		3.51	0.138	18.52	32.36
	1.77	0.275	5.23	19.33		3.01	0.168	37.71	52.81
	2.30	0.190	3.15	13.64		2.77	0.108	14.26	38.00
	2.16	0.186	26.85	50.68		2.66	0.159	39.94	46.42
	2.06	0.263	28.76	64.38		2.20	0.189	51.82	86.84
	2.11	0.171	7.23	30.93		2.27	0.162	11.12	28.66
	3.48	0.094	3.66	8.95		2.16	0.283	56.13	96.83
12/08/89	2.74	0.122	11.95	18.90		1.94	0.218	15.85	37.98
	3.86	0.149	21.76	48.81		3.38	0.148	40.75	49.05
	4.47	0.092	1.45	5.02	05/09/90	4.14	0.151	56.23	253.38
	3.19	0.157	7.76	17.88		3.44	0.119	30.12	132.51
	3.60	0.087	5.83	12.57		2.22	0.175	57.68	208.93
	3.21	0.169	15.42	33.05		3.75	0.147	30.74	151.95
	2.46	0.138	1.83	16.39		3.23	0.161	40.16	173.23
	2.28	0.168	50.44	106.69		2.96	0.124	27.21	129.36
	2.52	0.231	27.28	51.25		4.35	0.112	40.80	166.75
	3.13	0.155	27.56	47.72		4.28	0.174	53.48	252.28
	2.61	0.239	8.81	18.15		2.92	0.170	36.05	165.67
	3.06	0.120	11.27	19.68		3.96	0.161	31.14	157.99
	3.05	0.316	6.56	37.96		3.77	0.123	37.95	168.98
	2.69	0.134	26.67	51.11		1.98	0.164	48.54	214.97
	2.89	0.101	8.65	16.79		2.85	0.140	17.64	91.97
	2.97	0.194	6.99	16.73		3.48	0.121	33.21	122.15
	2.65	0.118	7.45	17.40		3.46	0.134	15.25	76.08

3.29	0.139	10.18	28.03	2.67	0.142	33.71	142.77
2.03	0.130	8.50	27.28	2.99	0.116	39.86	173.61
2.45	0.111	62.04	123.31	1.77	0.116	52.26	172.87
2.83	0.135	14.31	29.76	1.47	0.110	51.21	220.17
2.77	0.080	27.17	37.93				
2.54	0.071	93.60	116.00				
1.87	0.108	25.40	50.83				
2.65	0.121	7.45	17.95				
1.95	0.217	19.36	45.51				
1.68	0.174	43.15	77.88				
1.71	0.236	16.81	37.30				
2.61	0.192	13.89	29.72				
2.38	0.123	37.50	55.59				
2.60	0.144	39.62	77.25				

Table 3: Heavy metal concentration in Oyster
at Lu-Guang, Chung-Hwa area

Sampling Date	W. (g)	[Cd] (ug/g)	[Cu] (ug/g)	[Zn] (ug/g)	Sampling Date	W. (g)	[Cd] (ug/g)	[Cu] (ug/g)	[Zn] (ug/g)
09/11/89	2.05	0.15	2.80	38.62	02/19/90	1.25	0.17	12.80	104.00
	2.44	0.10	3.18	61.48		1.21	0.17	7.02	107.44
	2.04	0.12	3.68	62.09		1.36	0.16	7.54	111.52
	1.57	0.15	3.50	63.69		2.51	0.13	14.94	129.48
	3.13	0.13	4.39	65.76		1.07	0.11	6.07	140.19
	1.22	0.16	3.28	69.67		1.62	0.21	13.58	144.55
	1.39	0.15	3.06	71.94		3.97	0.13	13.66	144.84
	4.24	0.15	6.43	72.33		2.34	0.13	18.38	153.85
	1.00	0.19	5.50	72.50		1.97	0.13	9.52	154.40
	1.26	0.14	2.58	72.75		1.63	0.16	11.20	162.07
	1.49	0.22	7.55	76.06		1.06	0.17	26.42	193.40
	1.20	0.13	4.17	76.39		3.62	0.17	32.87	213.63
	1.32	0.15	5.11	77.65		6.63	0.16	6.10	89.48
	1.34	0.14	4.10	77.74		4.78	0.15	13.76	106.18
	1.01	0.06	4.70	79.21		4.55	0.13	7.62	83.63
	2.50	0.14	5.40	79.33	05/09/90	3.93	0.13	10.97	112.90
	1.56	0.14	3.04	82.26		4.39	0.14	10.07	107.12
12/08/89	1.74	0.12	3.30	82.38		5.82	0.16	4.77	70.87
	1.74	0.16	5.46	85.73		3.72	0.17	12.10	126.32
	1.22	0.17	6.15	86.75		2.85	0.15	15.64	174.20
	1.51	0.17	9.44	87.20		3.94	0.15	11.02	95.47
	2.95	0.16	8.47	87.29		5.10	0.15	12.44	109.67
	1.17	0.17	5.13	87.61		3.92	0.14	10.71	126.99
	1.67	0.12	3.29	88.32		4.02	0.16	11.66	179.19
	1.76	0.13	4.55	88.54		3.60	0.15	13.65	167.69
	4.08	0.11	5.45	88.85		3.75	0.17	12.73	177.93
	1.56	0.17	5.45	89.21		3.30	0.16	9.41	126.41
	1.54	0.16	8.12	89.29		4.94	0.15	16.16	137.65
	1.75	0.18	7.29	90.00		4.32	0.17	11.81	91.43
	1.25	0.15	4.20	93.33		3.52	0.15	11.33	87.18
	2.46	0.12	5.49	94.51		2.38	0.15	9.53	68.78
	1.71	0.18	9.65	96.98		3.80	0.12	5.10	77.22
	2.32	0.13	4.20	98.06					
	1.21	0.18	6.20	99.86					
	1.05	0.16	4.29	102.38					
	1.31	0.18	5.15	103.05					

Table 4: Heavy metal concentration in Oyster
at Wang-Gong, Chung-Hwa area

Sampling Date	W. (g)	[Cd] (ug/g)	[Cu] (ug/g)	[Zn] (ug/g)	Sampling Date	W. (g)	[Cd] (ug/g)	[Cu] (ug/g)	[Zn] (ug/g)
09/11/89	2.16	0.18	18.15	116.62	05/09/90	3.70	0.18	21.71	80.09
	1.50	0.23	54.40	241.27		2.79	0.18	49.10	92.11
	1.45	0.14	71.72	296.22		4.28	0.19	56.93	93.93
	1.68	0.20	15.48	104.88		4.02	0.16	63.18	140.55
	1.51	0.21	28.34	143.80		4.02	0.17	60.95	121.48
	2.18	0.21	20.00	124.95		3.85	0.18	44.33	109.61
	1.51	0.19	29.67	135.29		3.66	0.19	38.98	106.01
	1.63	0.18	33.87	164.48		2.97	0.20	75.65	144.11
	1.78	0.20	19.55	113.96		3.94	0.18	72.34	173.10
	1.56	0.16	29.49	140.72		2.46	0.16	47.29	115.99
	1.67	0.20	40.96	172.80		3.63	0.18	61.52	131.68
	1.75	0.18	26.74	131.97		3.17	0.15	22.92	74.97
	2.02	0.15	30.50	137.67		2.73	0.16	67.40	151.65
	2.52	0.14	29.68	122.26		3.94	0.19	57.11	141.54
	2.12	0.21	76.60	335.13		2.73	0.17	57.02	159.71
	1.90	0.22	66.95	223.31		3.74	0.19	67.74	134.67
	2.62	0.16	33.59	162.12		5.31	0.20	42.37	103.77
	1.45	0.10	22.62	138.26		4.02	0.17	57.38	149.25
	3.01	0.11	27.64	132.42		3.72	0.19	49.19	129.66
	1.92	0.24	25.42	125.50		3.17	0.18	27.13	96.74
02/19/90	1.98	0.20	65.05	259.02					
	1.87	0.17	23.96	116.12					
	1.68	0.16	52.14	183.39					
	1.97	0.22	30.46	141.65					
	1.91	0.18	28.27	132.88					
	1.84	0.19	36.52	158.39					
	2.12	0.18	58.87	237.65					
	2.08	0.19	17.50	111.26					
	1.72	0.23	40.70	173.03					
	1.70	0.12	14.59	102.80					
	2.22	0.18	14.95	106.61					
	1.67	0.24	43.35	202.45					
	1.20	0.20	57.67	211.11					
	1.71	0.18	38.36	161.51					
	1.59	0.18	52.83	185.68					
	1.58	0.15	10.13	84.09					
	1.86	0.19	23.01	120.84					
	1.58	0.20	25.57	120.55					
	1.40	0.16	42.29	189.46					
	1.41	0.23	51.35	179.33					
	1.16	0.12	18.28	120.28					
	1.46	0.14	18.36	124.59					
	2.05	0.21	21.85	113.36					
	1.56	0.14	25.38	149.27					
	1.46	0.25	18.63	89.37					
	1.91	0.20	32.88	156.07					

Table 5: Heavy metal concentration in Oyster
at Fan-Yuan, Chung-Hwa area

Sampling Date	W. (g)	[Cd] (ug/g)	[Cu] (ug/g)	[Zn] (ug/g)	Sampling Date	W. (g)	[Cd] (ug/g)	[Cu] (ug/g)	[Zn] (ug/g)
12/08/89	1.58	0.25	5.70	60.99	05/09/90	5.90	0.27	66.05	94.92
	2.10	0.30	13.17	74.46		4.55	0.28	37.29	79.71
	2.15	0.25	17.52	92.60		2.50	0.31	70.13	124.93
	2.50	0.20	8.00	67.27		4.45	0.30	101.80	150.71
	2.96	0.34	22.75	108.11		2.90	0.19	57.01	104.71
	3.05	0.29	71.15	156.48		3.56	0.25	50.37	117.88
	1.72	0.24	3.49	65.54		2.43	0.26	57.06	121.12
	3.30	0.27	10.00	61.71		2.22	0.29	61.11	120.57
	2.63	0.31	15.59	91.95		3.18	0.29	55.35	98.95
	1.77	0.26	11.68	69.34		3.46	0.21	81.41	139.79
	2.27	0.26	27.61	96.12		3.19	0.31	55.49	93.42
	2.42	0.26	14.33	71.37		3.38	0.26	76.53	102.96
	3.06	0.32	14.38	87.34		3.87	0.24	68.22	112.23
	2.24	0.31	16.82	79.14		2.93	0.22	57.11	83.73
	1.93	0.32	10.19	73.95		2.56	0.26	72.01	110.03
	1.61	0.31	20.70	129.31		3.04	0.23	80.37	121.60
	1.75	0.24	8.00	63.90		3.12	0.28	59.40	130.24
	1.49	0.30	22.37	104.94		3.26	0.20	68.00	108.90
	1.82	0.32	8.61	63.94					
	2.05	0.23	11.22	63.41					
02/19/90	1.93	0.31	39.03	141.31					
	1.86	0.24	5.91	63.05					
	3.43	0.25	22.84	82.96					
	1.60	0.25	2.50	54.55					
	1.85	0.27	3.24	50.12					
	2.21	0.34	33.03	136.98					
	2.30	0.34	16.81	91.70					
	2.56	0.31	28.91	109.38					
	2.70	0.30	16.79	82.49					
	2.35	0.32	7.23	64.22					
	1.91	0.22	14.49	57.12					
	3.20	0.17	4.27	44.60					
	2.19	0.21	4.11	45.25					
	2.09	0.24	4.31	46.98					
	3.02	0.22	11.15	75.56					
	1.82	0.35	19.60	78.42					
	1.88	0.23	7.62	57.54					
	1.65	0.23	30.10	120.11					
	1.87	0.20	3.21	51.53					
	1.82	0.23	8.42	47.95					
	2.17	0.27	13.52	80.44					
	2.27	0.31	8.08	67.28					
	2.45	0.34	24.49	99.44					
	2.22	0.33	23.72	87.22					
	2.34	0.26	9.26	60.99					
	2.00	0.32	6.17	58.64					

Table 6: Heavy metal concentration in Oyster
at Sun-Dulung, Yin-Lin area

Sampling Date	W. (g)	[Cd] (ug/g)	[Cu] (ug/g)	[Zn] (ug/g)	Sampling Date	W. (g)	[Cd] (ug/g)	[Cu] (ug/g)	[Zn] (ug/g)
09/11/89	5.60	0.19	14.20	43.21	02/19/90	4.91	0.12	24.83	43.04
	4.42	0.23	15.73	45.57		4.53	0.15	15.56	31.55
	5.03	0.24	14.96	43.42		5.42	0.18	16.78	45.08
	4.75	0.27	16.84	54.02		6.07	0.15	17.10	40.41
	5.09	0.24	23.29	60.61		3.91	0.15	9.38	27.51
	4.17	0.24	29.69	63.01		2.98	0.13	11.03	34.82
	4.22	0.27	13.88	46.50		2.97	0.16	23.41	54.48
	3.22	0.24	16.42	48.20		4.61	0.19	31.20	65.89
	2.94	0.19	22.68	57.92		6.06	0.18	16.27	41.64
	3.54	0.26	14.66	44.24		5.72	0.20	13.07	37.77
	4.06	0.29	15.48	53.79		3.70	0.22	20.21	46.66
	4.41	0.28	24.08	75.62		4.07	0.19	22.23	51.69
	4.05	0.17	16.34	49.03		5.05	0.15	10.47	29.61
	2.70	0.19	18.52	57.13		4.43	0.14	22.90	53.24
	5.25	0.17	21.13	42.05		3.72	0.18	19.84	53.00
	2.09	0.27	27.80	61.61		5.52	0.15	22.95	46.74
	2.95	0.27	27.60	76.75		3.16	0.18	31.49	62.99
	3.60	0.29	16.14	65.91		5.61	0.20	16.47	46.08
	3.95	0.26	28.45	62.34		2.72	0.17	18.21	53.07
	4.89	0.20	19.28	53.73		3.43	0.21	4.86	21.45
12/08/89	3.38	0.23	26.77	59.17		5.49	0.20	19.08	42.96
	4.12	0.26	28.66	76.14		3.11	0.24	22.05	54.15
	2.08	0.22	12.36	50.57		2.28	0.19	7.94	30.83
	4.10	0.21	14.17	48.09		3.55	0.16	13.68	38.53
	2.52	0.23	23.24	51.29		4.89	0.18	17.43	49.29
	2.29	0.27	30.15	55.62		3.28	0.20	10.89	32.36
	3.30	0.28	40.26	73.04		4.60	0.16	16.77	42.35
	2.40	0.31	24.80	68.99		3.27	0.14	14.71	40.82
	2.59	0.21	18.57	60.10		2.82	0.19	14.35	42.15
	4.97	0.23	13.13	37.68		1.98	0.10	15.87	28.83
	5.39	0.23	23.06	59.16		2.58	0.13	10.71	20.84
	2.07	0.36	7.13	51.27		3.86	0.15	16.28	43.38
	3.33	0.23	23.31	59.92		3.29	0.11	19.25	48.75
	2.30	0.27	24.43	66.86		4.00	0.17	10.00	38.80
	3.74	0.35	19.74	61.80		3.71	0.13	13.35	36.74
	3.84	0.21	29.39	64.00		3.24	0.29	26.01	70.46
	3.92	0.26	29.28	66.18		4.33	0.16	15.18	43.47
	2.41	0.28	20.55	62.83		4.43	0.18	12.04	34.61
	4.84	0.18	20.46	45.12		5.67	0.21	9.83	41.43
	2.85	0.24	21.89	70.67		3.28	0.20	8.57	29.91
	2.75	0.29	24.24	64.67		4.60	0.20	16.67	43.48
	3.34	0.30	28.23	71.18		3.43	0.24	18.05	43.59
	5.07	0.20	27.80	60.57		2.65	0.22	7.19	38.45
	2.99	0.21	30.26	64.05		5.82	0.16	22.75	47.33
	3.10	0.21	29.49	68.17		3.63	0.19	25.32	48.08
	3.58	0.20	16.76	54.81		3.27	0.19	9.32	30.44
	2.86	0.26	22.14	47.83		4.53	0.08	9.99	28.32
	2.55	0.20	19.05	41.99		4.17	0.25	18.73	42.65

...Continued

2.66	0.27	38.67	87.07	05/09/90	7.42	0.23	59.88	311.19	
-----					6.76	0.21	53.21	265.42	
					5.06	0.15	53.25	275.06	
					Two-year	4.42	0.21	67.20	300.05
					Oyster	5.30	0.18	79.55	381.84
					5.61	0.24	42.25	194.18	
					5.45	0.29	62.24	288.61	
					7.71	0.22	47.57	262.06	
					3.35	0.21	47.20	222.41	
					4.19	0.26	67.66	292.26	
					3.03	0.25	72.52	347.08	
					3.68	0.19	43.99	241.00	
					3.37	0.23	78.27	323.49	
					2.67	0.22	76.22	318.35	
					6.16	0.13	68.31	321.08	
					5.18	0.18	45.45	287.04	
					8.45	0.26	49.61	253.08	
					4.98	0.25	40.54	191.59	
					5.11	0.16	32.32	260.02	
					4.44	0.21	111.09	459.50	

Table 7: Heavy metal concentration in Hard Clam
at Mi-Fong, Chung-Hwa area

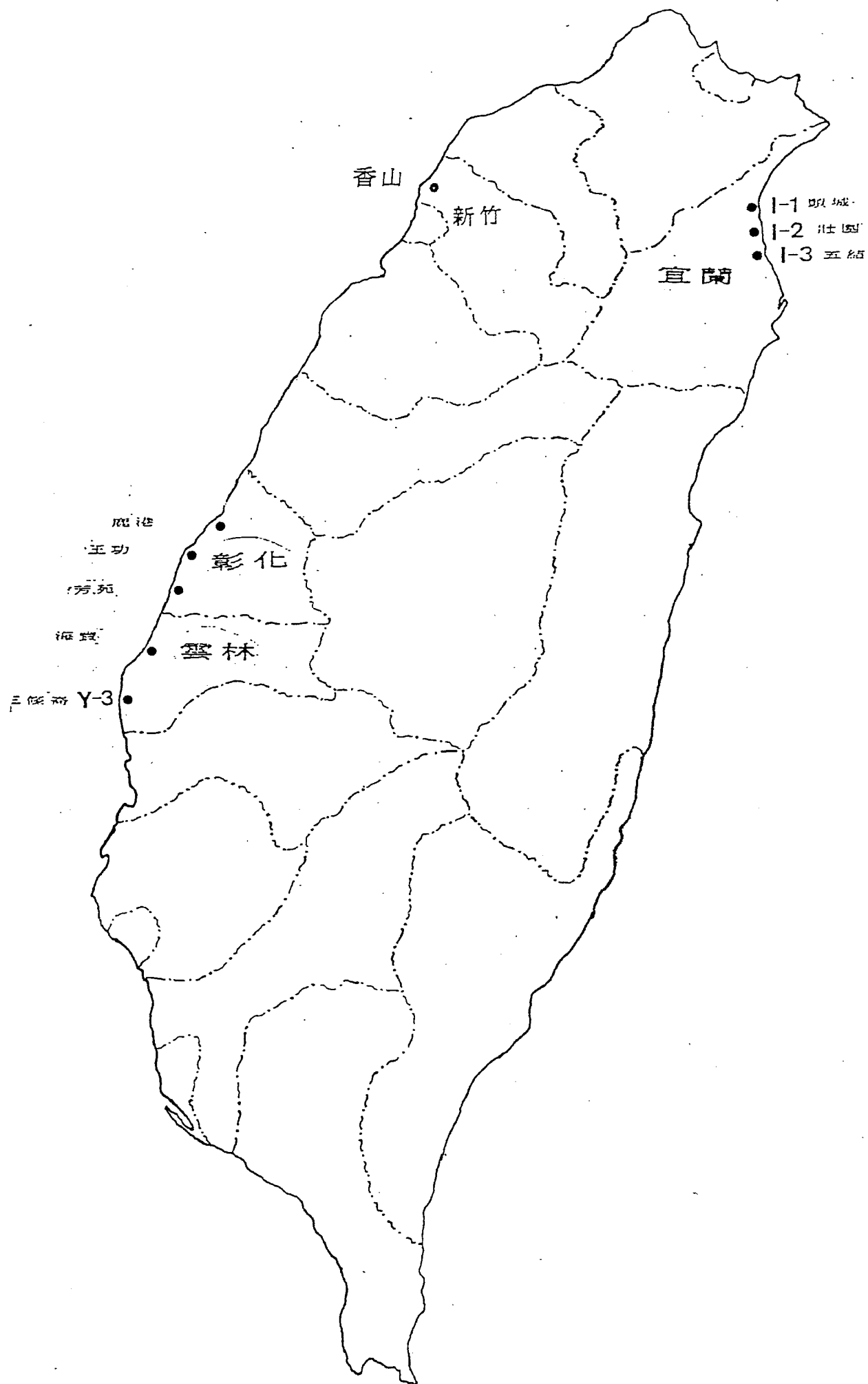
Sampling Date	Wt. (g)	Cd (ug/g)	Cu (ug/g)	Zn (ug/g)	Sampling Date	Wt. (g)	Cd (ug/g)	Cu (ug/g)	Zn (ug/g)
09/11/89	2.00	0.09	3.23	21.89	02/19/90	0.99	0.27	2.86	34.22
	2.00	0.14	3.03	24.78		1.43	0.10	2.53	21.95
	2.22	0.28	3.07	26.64		1.56	0.24	1.95	30.76
	1.51	0.22	1.40	18.26		1.63	0.14	3.76	23.34
	2.09	0.13	1.39	16.51		1.27	0.10	3.50	20.84
	2.09	0.27	1.98	24.06		1.36	0.09	2.15	21.71
	1.60	0.04	2.82	25.89		1.05	0.05	2.95	22.37
	1.35	0.26	3.48	27.76		1.27	<	1.51	23.08
	1.56	0.14	2.05	24.59		1.30	0.17	3.67	30.07
	1.64	0.32	2.78	24.52		0.99	0.19	3.59	17.74
	2.20	0.15	3.72	24.00		0.82	0.06	2.76	29.51
	1.56	0.09	2.26	28.96		0.97	0.39	3.34	30.47
	1.63	0.17	2.98	23.66		1.19	0.16	3.00	26.46
	2.09	0.33	2.11	20.17		1.44	0.15	2.47	20.85
	1.76	0.27	1.89	25.18		0.91	0.13	1.92	18.61
	1.47	<	3.23	23.73		1.67	0.16	4.00	25.59
	1.57	0.25	1.74	20.31		2.00	0.45	3.24	26.46
	1.92	0.01	2.64	22.53		0.85	0.30	1.68	24.68
	1.97	0.29	2.99	20.05		1.94	0.25	3.24	20.28
	1.62	<	3.49	18.43		0.82	0.12	3.45	23.34
	2.16	0.35	3.44	21.72		1.32	0.16	2.80	19.93
	1.61	0.14	3.13	26.46		1.12	0.15	2.22	31.53
	1.57	0.43	1.76	20.84		1.45	0.34	2.09	24.59
12/08/89	2.07	0.35	2.83	23.54	05/09/90	1.98	0.35	2.78	23.03
	2.13	0.32	3.57	24.64		1.22	<	3.30	29.08
	1.47	0.14	2.07	33.58		1.41	0.36	2.59	25.76
	2.11	0.16	2.63	24.16		1.24	0.12	2.73	23.78
	2.02	0.17	2.47	20.76		1.44	0.26	3.65	25.50
	1.64	<	2.90	21.83		1.37	0.18	3.22	24.98
	2.29	0.30	2.92	23.06		1.46	0.24	2.81	24.61
	1.98	0.07	2.43	21.22		0.93	0.31	2.76	32.49
	1.41	0.10	2.29	27.62		1.79	0.27	2.25	27.75
	2.01	0.28	3.45	26.10		1.75	0.19	2.63	21.53
	2.26	0.15	1.89	20.06		1.24	0.21	1.88	26.57
	1.80	<	2.08	25.53		1.76	0.19	3.60	25.52
	0.99	0.34	1.63	29.56		2.09	0.09	2.91	25.00
	1.65	<	3.47	21.78		1.52	0.34	2.91	26.96
	1.62	0.12	3.30	21.49		1.42	0.04	2.95	27.28
	1.55	0.32	2.41	18.20		0.95	0.17	3.04	23.03
	1.58	0.26	2.70	19.59		1.18	0.02	3.22	20.36
	1.98	0.17	1.56	23.67		1.87	0.18	3.62	22.83
	1.79	0.20	2.44	19.47		1.16	<	2.93	22.82
	1.94	0.17	2.02	30.63		1.27	0.13	1.85	23.31
	0.74	0.31	2.50	25.39		1.24	0.32	3.70	21.88
	1.70	0.27	3.77	33.56		1.85	0.33	2.38	30.46
	1.92	0.14	2.09	22.13		1.72	0.29	1.72	20.63
	1.89	0.25	1.21	24.75		1.48	<	1.46	32.98
	1.51	0.28	2.30	23.87		2.11	<	3.05	17.20

Table 8: Heavy metal concentration in Kuruma Prawn
at I-Lang area

Sampling Sta. Date	Sta. No.	Wt. (g)	L (cm)	Cd (ug/g)	Cu (ug/g)	Zn (ug/g)	Sampling Sta. Date	Sta. No.	Wt. (g)	L (cm)	Cd (ug/g)	Cu (ug/g)	Zn (ug/g)
10/03/89	I-1	3.1	9.3	0.021	2.45	10.50	02/14/90	I-1	12.2	10.1	0.009	10.78	20.82
		2.6	10.7	<	4.38	7.70			11.3	8.9	0.010	9.29	19.41
		2.5	7.6	<	2.55	11.47			13.7	10.1	<	3.72	19.78
		2.7	7.0	<	3.98	9.67			16.9	11.6	0.011	3.81	11.59
		2.1	7.4	<	5.32	8.43			12.0	12.7	<	8.67	24.24
		3.1	11.0	0.015	2.86	12.05			14.1	9.3	0.035	8.73	7.69
	I-2	4.4	10.4	0.006	2.67	9.94		I-2	16.1	10.4	<	7.53	7.12
		4.5	12.5	0.004	4.20	11.14			14.1	9.4	<	2.17	16.77
		3.7	5.2	0.034	0.08	11.34			9.9	10.8	<	2.15	9.49
		3.0	11.4	0.029	1.93	9.55			10.6	13.5	0.033	5.32	13.56
		1.8	12.1	0.014	0.44	9.80			13.9	11.8	<	13.76	10.77
		2.1	7.9	<	2.53	12.33			13.0	11.9	<	9.49	18.39
	I-3	4.1	8.1	<	3.21	10.70		I-3	12.6	13.4	0.004	7.14	14.68
		4.5	12.5	<	1.24	12.14			10.8	11.8	0.008	15.77	23.55
		5.3	9.7	<	4.10	9.41			11.6	13.7	<	12.75	19.67
		2.5	9.4	<	1.69	9.86			13.7	10.0	0.020	15.38	6.90
		3.6	11.2	<	2.11	14.34			13.3	9.4	<	9.93	16.50
		3.4	8.7	<	1.98	15.33			12.8	11.7	<	8.93	17.16
12/03/89	I-1	9.0	10.5	0.045	3.82	18.75	05/12/90	I-1	4.4	4.7	<	1.53	19.20
		8.7	15.1	0.005	1.32	13.64			1.4	4.9	<	8.95	12.91
		8.6	14.5	<	4.66	18.74			5.0	4.7	<	6.46	17.50
		5.9	12.3	0.025	3.27	15.99			1.8	4.3	<	3.90	13.47
		8.9	13.3	<	4.67	21.23			2.3	5.0	<	8.70	18.85
		8.5	10.8	0.023	1.68	14.59			1.7	5.4	0.015	8.50	15.33
	I-2	9.2	8.9	0.022	3.85	15.55		I-2	1.7	4.2	0.006	4.62	19.03
		8.2	12.8	0.004	8.43	16.88			7.0	5.3	<	5.95	12.31
		4.9	12.2	0.011	7.59	11.76			1.4	5.8	0.017	1.41	17.74
		8.0	16.8	<	4.47	15.57			5.1	5.9	<	9.53	19.29
		9.3	13.3	<	2.29	15.20			2.1	5.4	0.023	10.31	17.29
		7.1	9.3	<	10.51	11.93			4.6	5.4	<	8.63	19.41
	I-3	7.4	10.8	<	3.20	20.05		I-3	6.6	5.6	<	5.10	17.56
		8.3	8.3	<	3.55	19.44			1.5	5.2	0.004	11.05	13.40
		5.9	12.3	<	4.36	17.83			2.9	5.2	0.011	7.82	19.56
		9.6	12.6	<	1.68	22.48			5.9	5.0	0.020	12.15	16.75
		6.4	13.9	<	7.41	15.98			3.4	4.6	<	4.28	10.92
		10.0	13.6		7.67	14.62			1.3	5.8	<	12.04	12.41

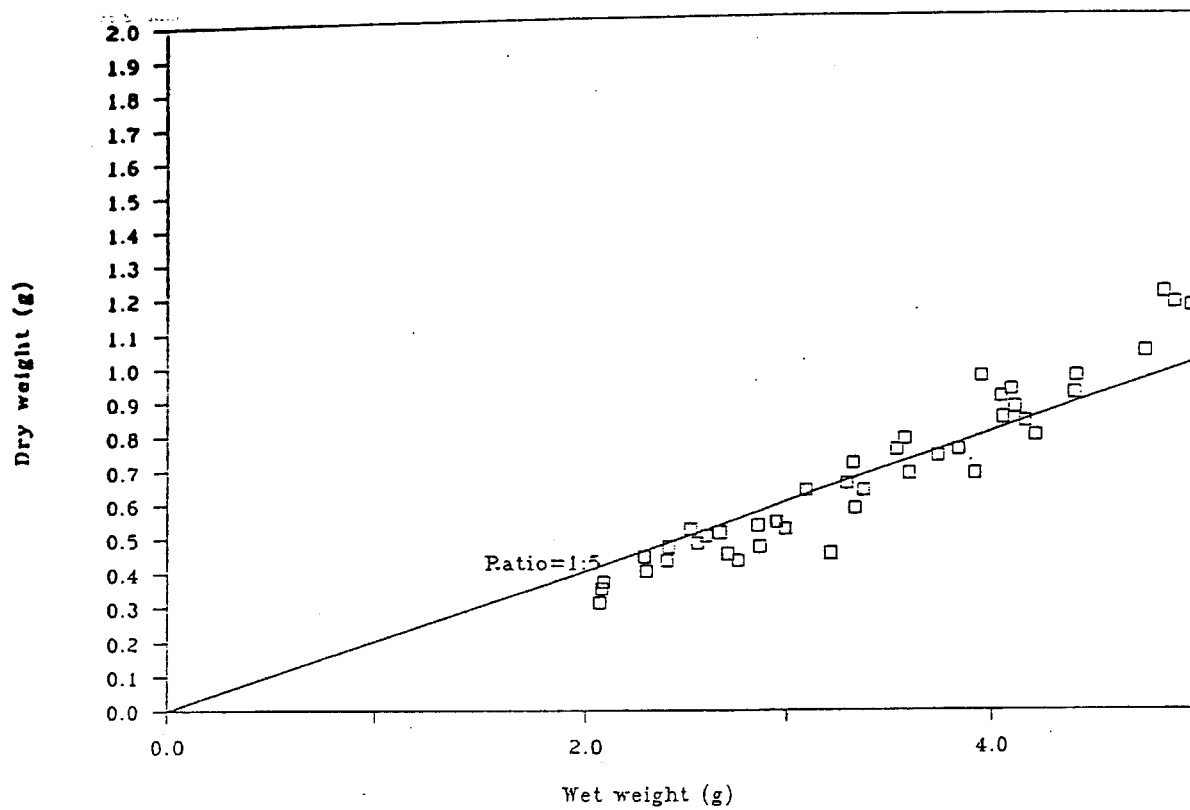
Table 9: Heavy metal concentration in Kuruma Prawn feed within 12 different brands

Trade lable	Cd (ug/g)	Cu (ug/g)	Zn (ug/g)
A	0.14	4.22	70.74
B	12.29	95.24	212.68
C	0.4	6.22	111.63
D	1.17	19.87	91.95
E	8.88	40.85	80.14
F	1.44	48.73	102.7
G	3.22	29.97	115.15
H	0.49	6.11	98.47
I	8.48	25.31	101.17
J	8.69	27.97	54.05
K	4.13	96.35	107.87
L	7.87	26.75	136.07



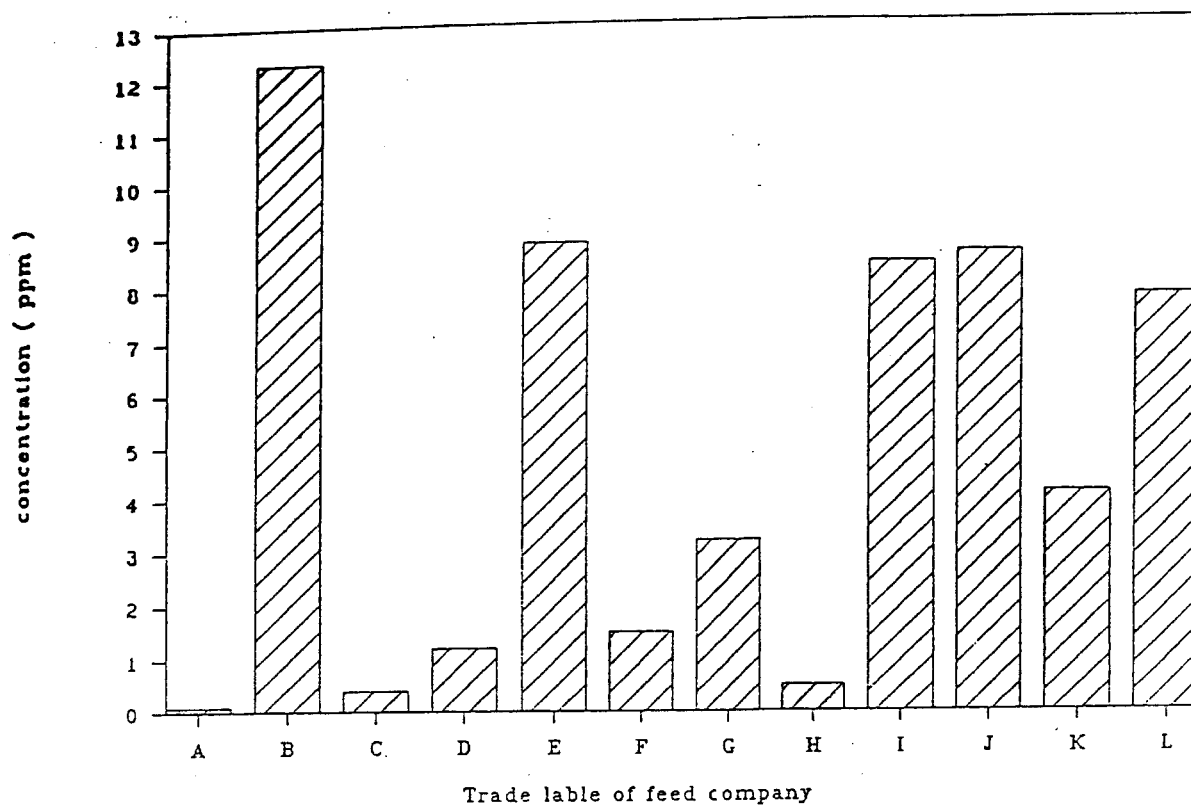
圖一 採樣測站分佈圖

Dry weight/wet weight ratio of oyster

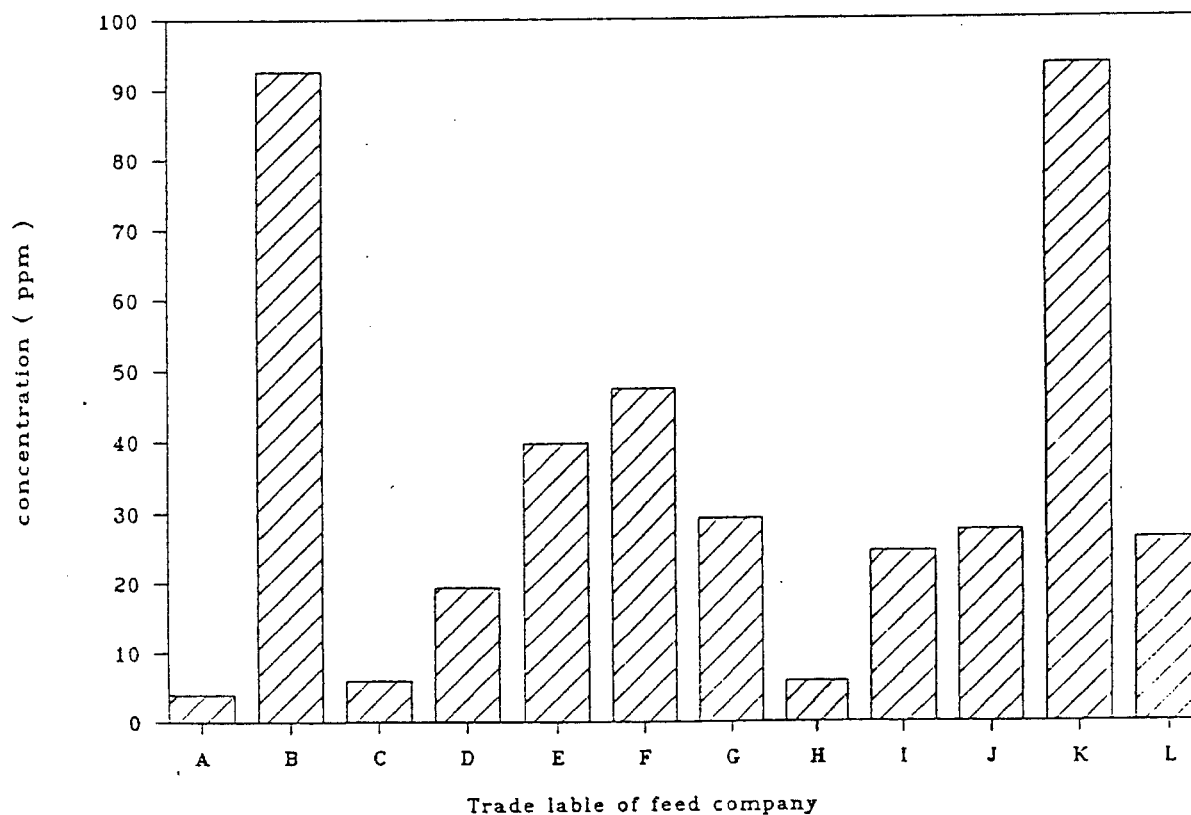


圖二 牡蠣之乾重溼重比

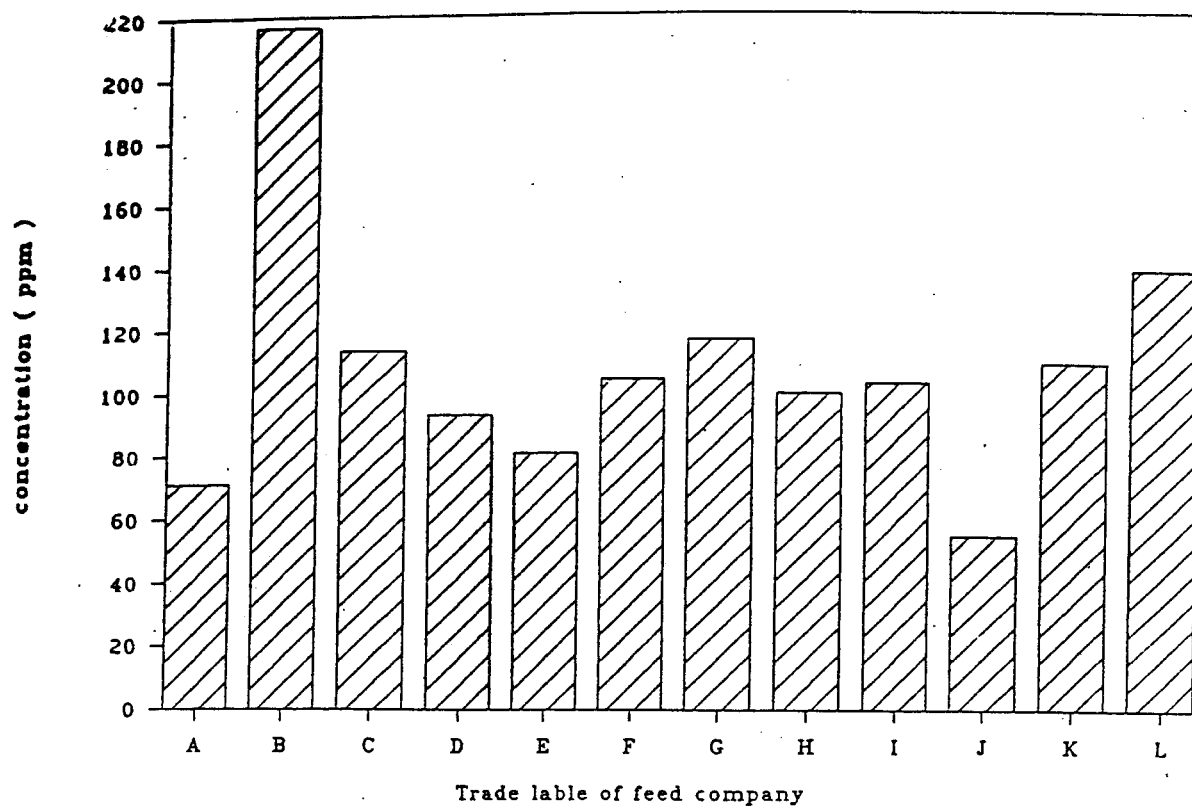
圖三-1 十二家廠牌斑節蝦飼料之鎘 (Cd) 含量



圖三-2 十二家廠牌斑節蝦飼料之銅 (Cu) 含量

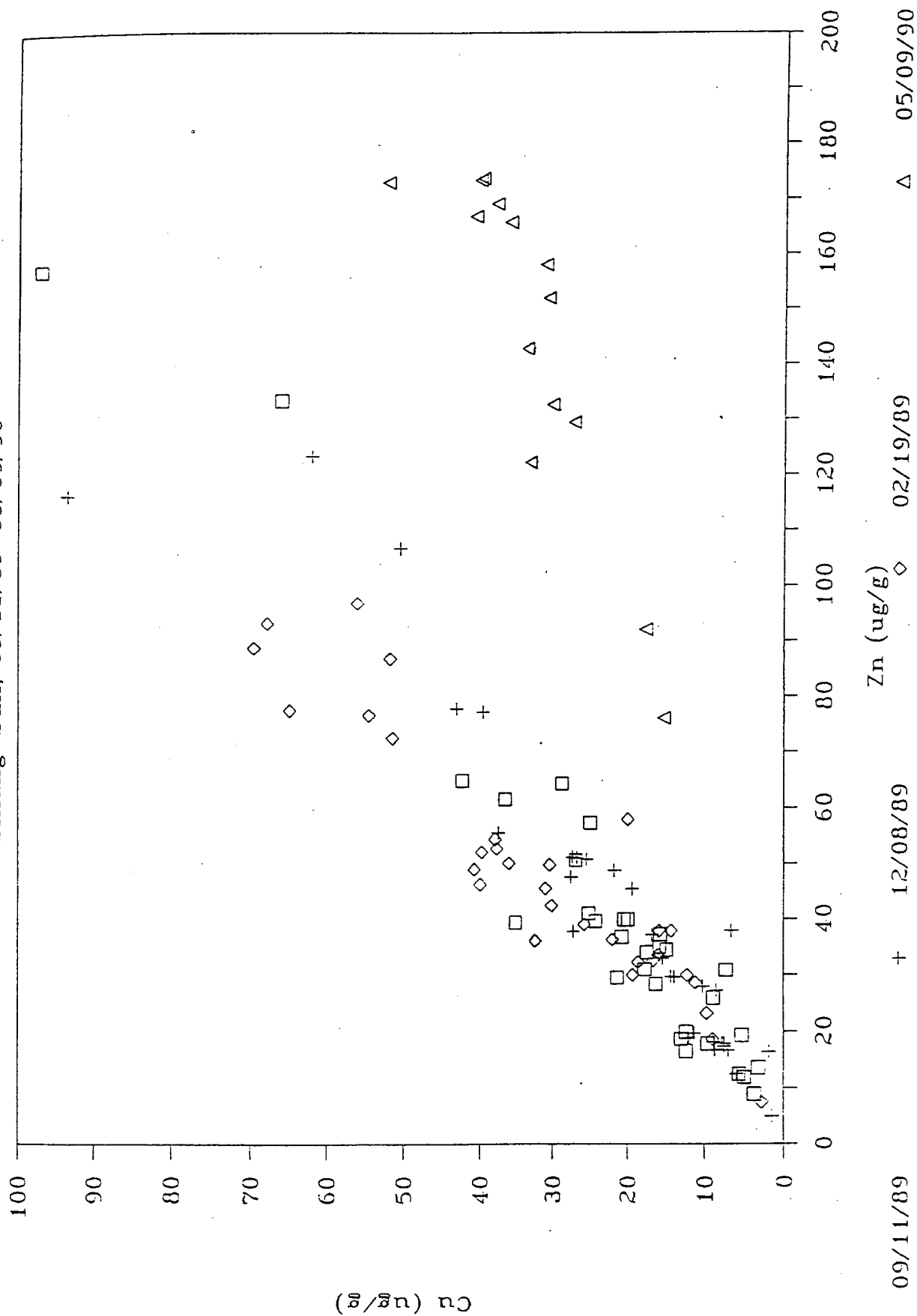


圖三-3 十二家廠牌斑節蝦飼料之鋅 (Zn) 含量



Cu to Zn ratio in Oyster

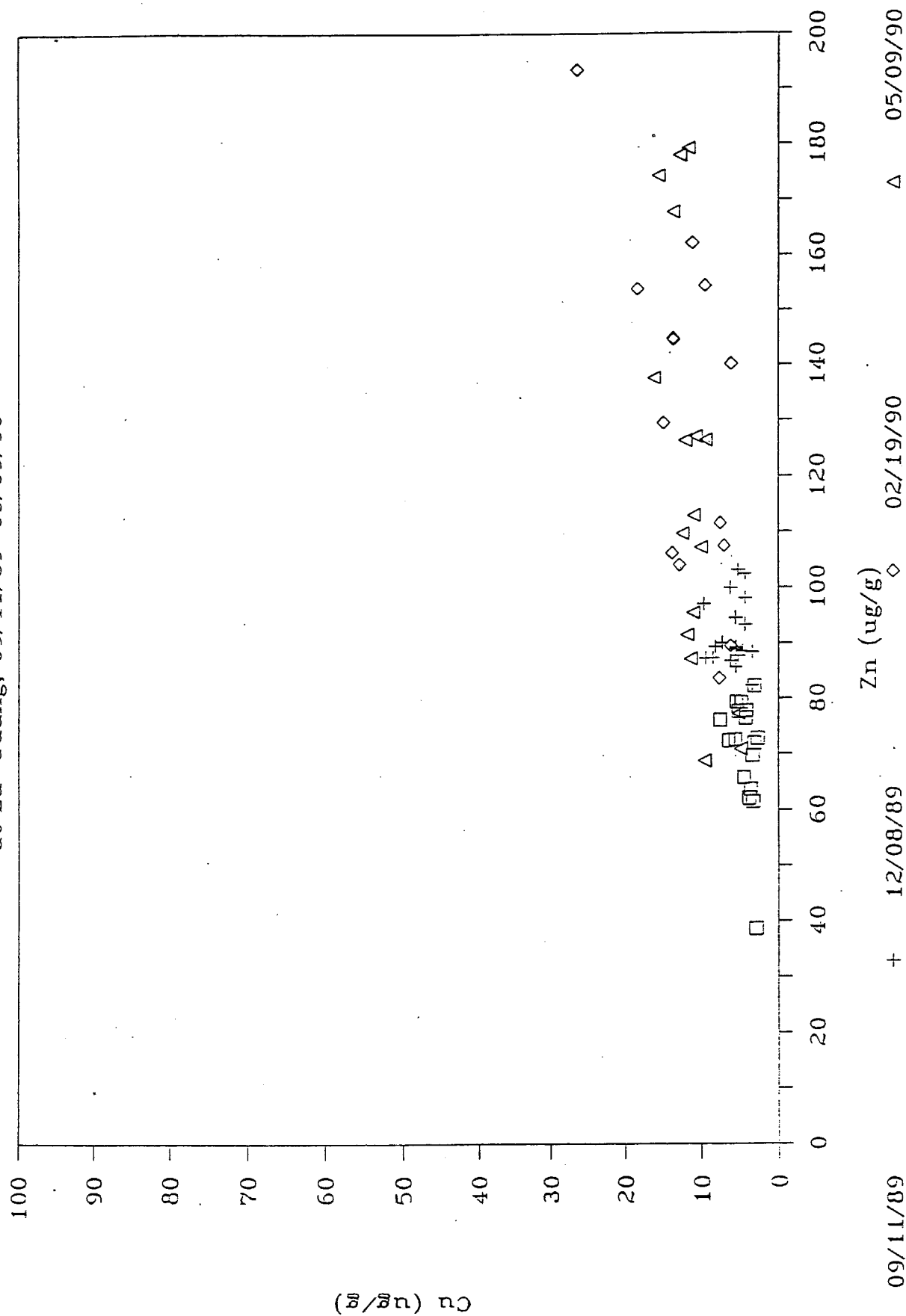
Shiang-Sun, 09/11/89-05/09/90



圖四 新竹香山地區不同月份之牡蠣銅鋅比

Cu to Zn ratio in Oyster

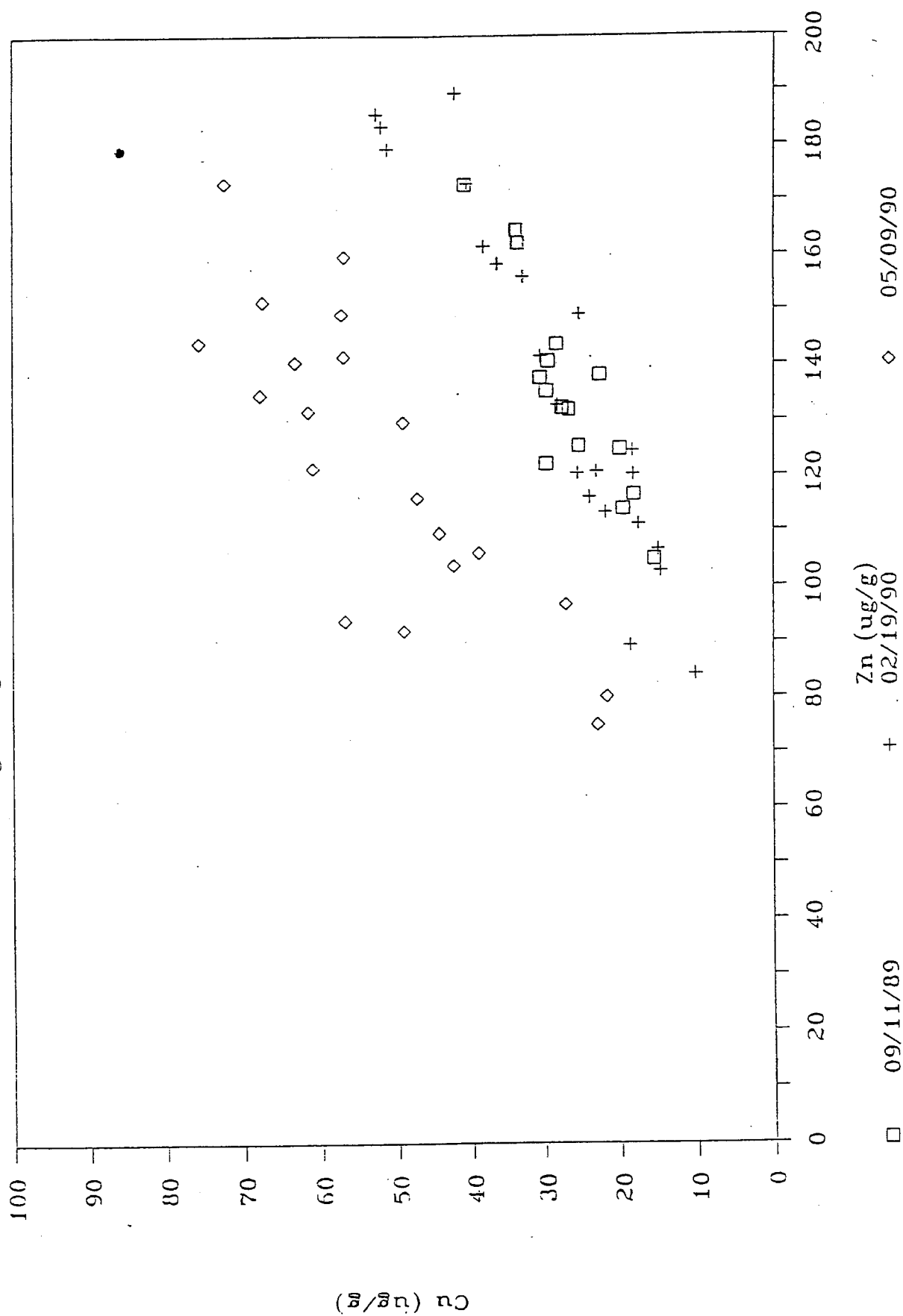
at Lu-Guang, 09/11/89-05/09/90



圖五 彰化鹿港地區不同月份之牡蠣銅鋅比

Cu to Zn ratio in Oyster

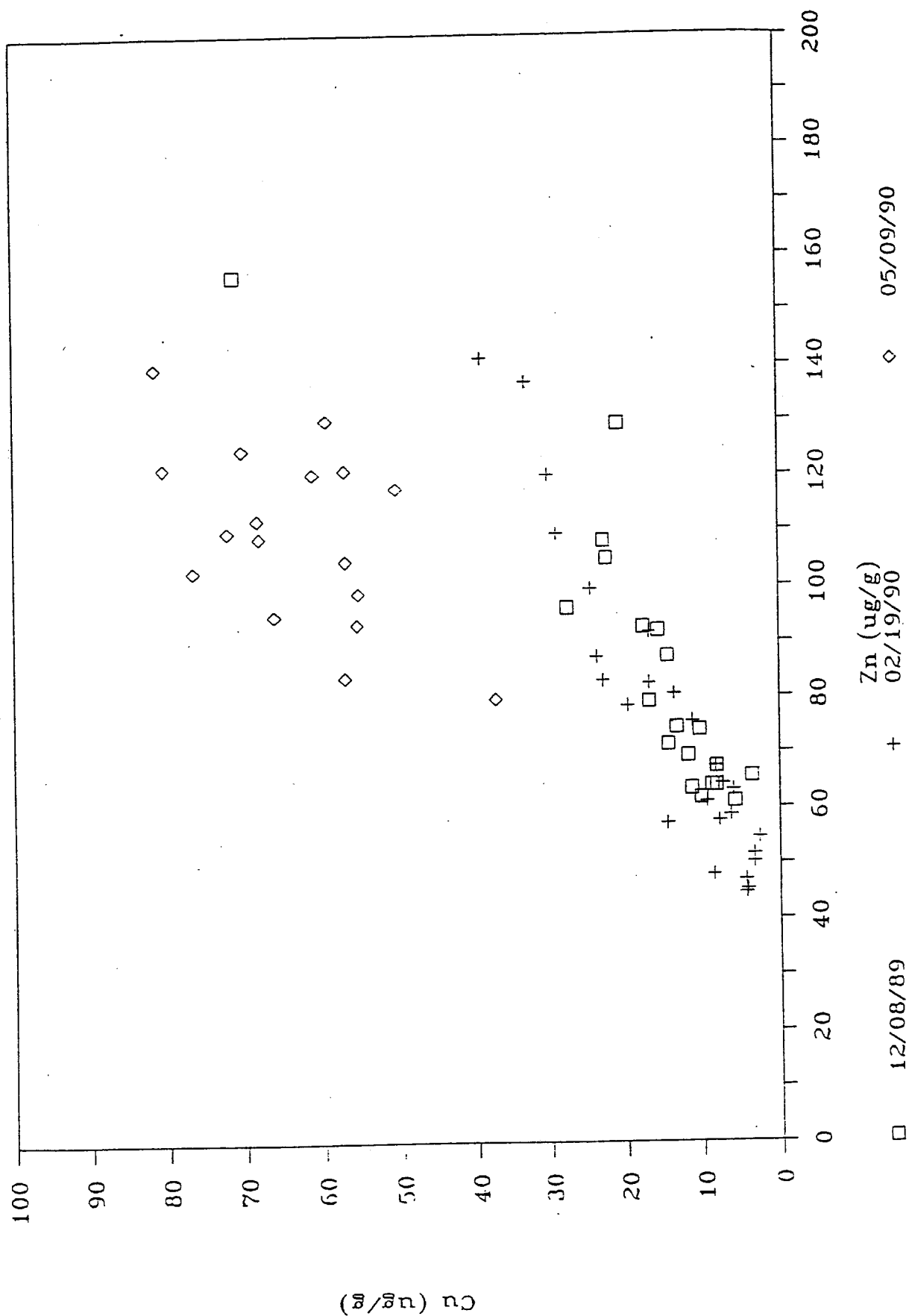
at Wang-Gong, 09/11/89-05/09/90



圖六 彰化王功地區不同月份之牡蠣銅鋅比

Cu to Zn ratio in Oyster

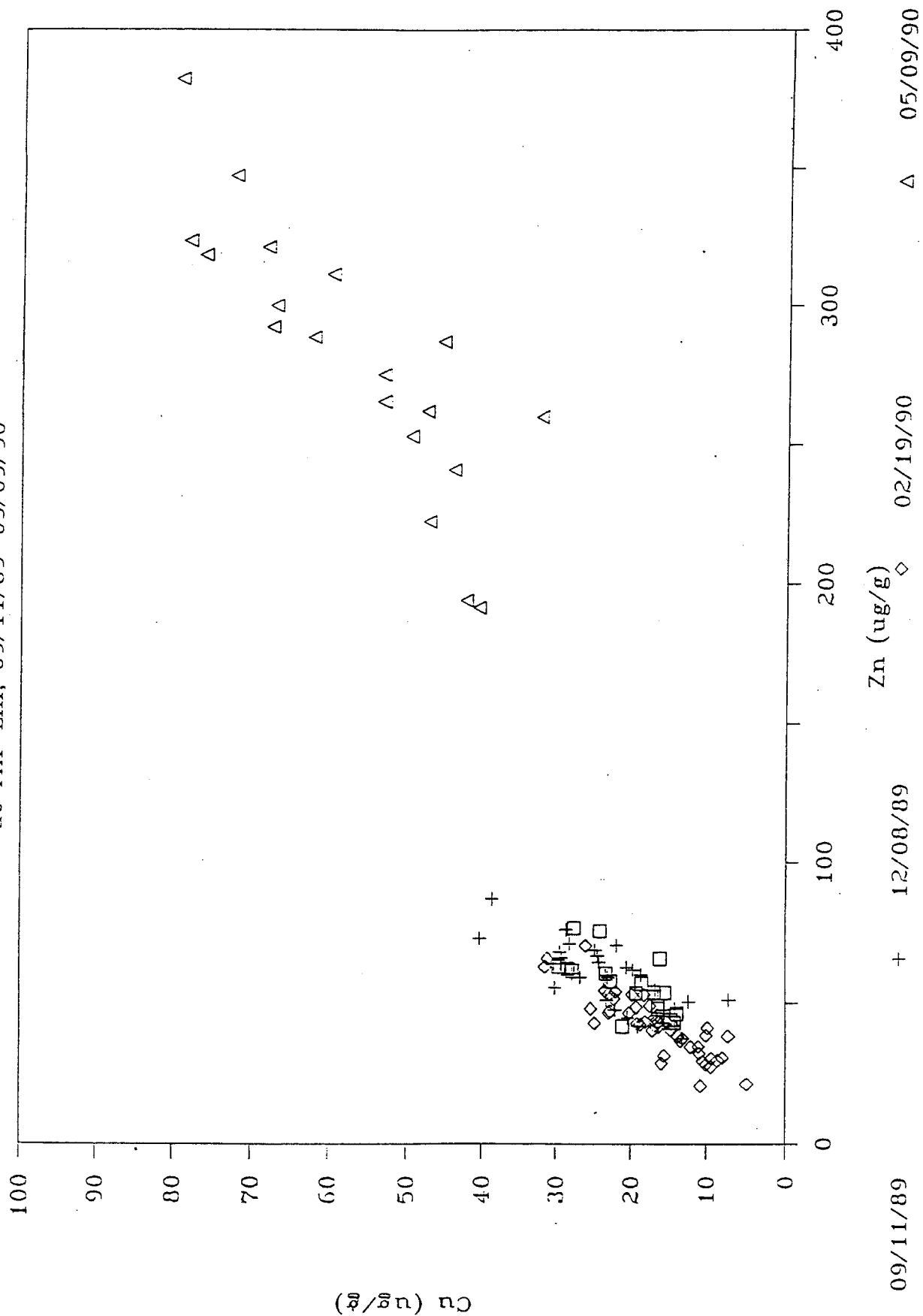
at Fan-Yuan, 12/08/89-05/09/90



圖七 彰化芳苑地區不同月份之牡蠣銅鋅比

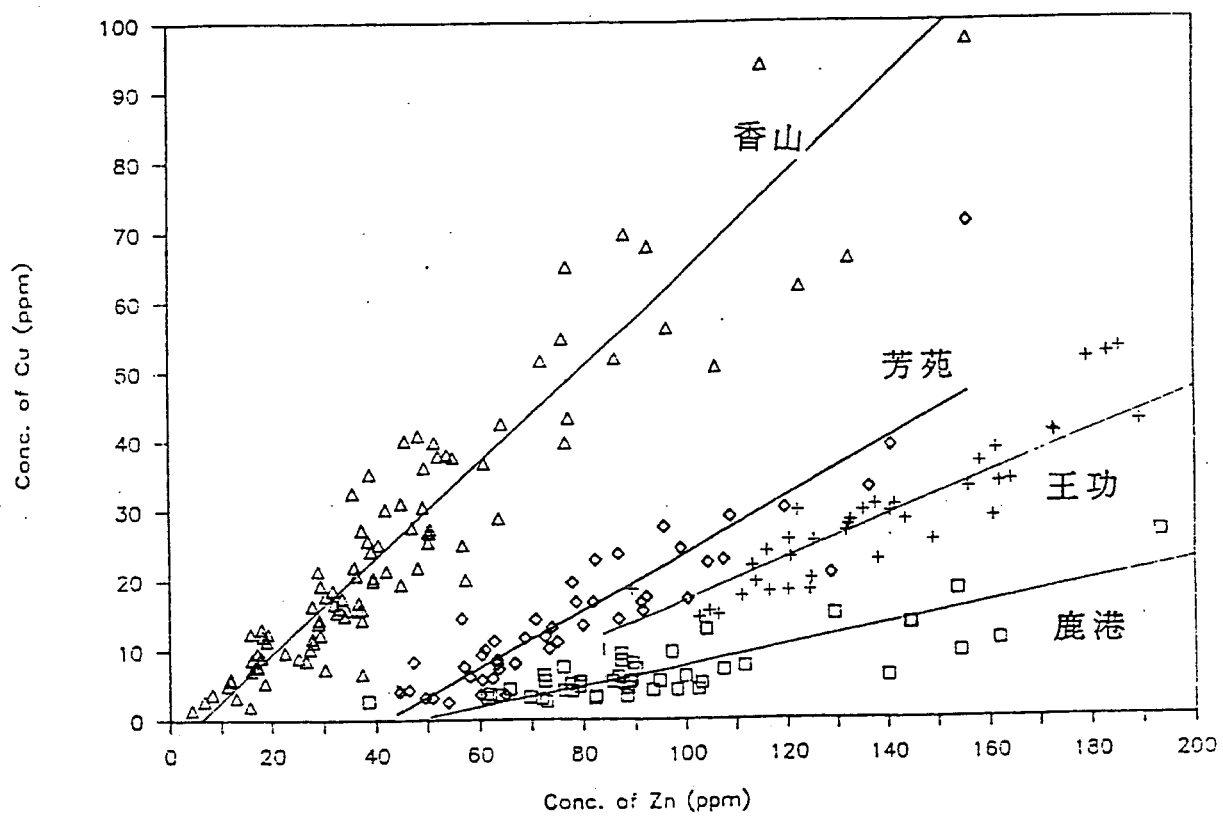
Cu to Zn ratio in Oyster

at Yin-Lin, 09/11/89-05/09/90



圖八 雲林三條崙地區不同月份之牡蠣銅鋅比

Cu-Zn Relation in Oyster



圖九 香山、鹿港、王功、芳苑地區之牡蠣銅鋅比