

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高職組 農業及生物科技科

## 最佳(鄉土)教材獎

091407

牡蠣在環境中對重金屬之吸附及減碳效應探討

學校名稱：國立金門高級農業工業職業學校

作者：  職三 蔡蜜蕙  職三 許丕煌  職三 李祖豪	指導老師：  洪鵬飛  鍾緩蓉
---	-----------------------------

關鍵詞：牡蠣、重金屬、減碳效應

## 摘要

本研究利用建功嶼水域與中蘭海域牡蠣養殖區大潮退潮時取地面潮溝水，檢測水中的鋅、銅、六價鉻、鐵之金屬含量，結果發現建功嶼及中蘭海域水中平均鋅的含量為 0.11 mg/l，比海洋放流水標準的 4 mg/l 低。銅的含量為 3.42 mg/l，比海洋放流水標準的 2 mg/l 高 1.7 倍。六價鉻為 0.02 比海洋放流水標準的總鉻 5mg/l 低。鐵的含量則為 0.29 mg/l。另由生物學測量發現上述海域每個牡蠣殼平均的日增重為 0.045g，590 公克的殼，可封存 35.2 公克二氧化碳。

## 壹、 研究動機

我們念養殖科接觸養殖事務三年了，讓我對金門許多海洋生物越來越熟悉，但是對於幾乎每天都出現在餐桌上的石蚶一直有很大的疑問，加上老師在養殖學說過牡蠣會吸收重金屬。而自己也在電視上聽到台灣牡蠣有重金屬污染之綠牡蠣事件，而牡蠣在金門是相當特別的名產，卻始終未了解其是否受到大陸廈門之工業用水影響。因此希望藉此實驗了解我們食用牡蠣的安全性，甚至檢測牡蠣殼形成的機制。找出生物固碳的方法，設法減緩在正負 2°C 所看到的恐怖景象，為地球溫室效應問題找出一個解套的方法。

## 貳、 研究目的

- 一、瞭解金門縣牡蠣養殖區水質中的重金屬含量，探討是否受到重金屬鋅、銅、六價鉻的污染。
- 二、分析牡蠣殼的碳酸鈣含量，探討牡蠣固碳情況。
- 三、分析牡蠣的生長情況，瞭解牡蠣減碳效果。
- 四、藉由研究報告探討牡蠣肉的重金屬情況，瞭解重金屬之蓄積能力。
- 五、探討牡蠣除了食用、固碳、吸附重金屬外的其它功能。

## 參、 研究設備及器材

一、牡蠣採集器	六、直讀式分光光度計(Model DR/800 系列)	十一、蒸餾水
二、蚶刀	七、燒杯	十二、玻璃滴管
三、電子天平	八、紅桶	十三、樣品瓶
四、冷凍櫃	九、直尺	十四、塑膠盤
五、烘烤箱	十、寶特瓶	

## 肆、 研究過程或方法

### 一、調查測站及日期：

採樣站設立於金城地區建功嶼及金沙地區中蘭海域，利用大退潮時於潮間帶採樣站進行牡蠣及水質的採樣，每個區域皆進行 3 個樣區的調查。本研究共進行 3 次的採樣，第 1 次採樣日期為 100 年 3 月 19 日，第 2 次採樣日期為 100 年 4 月 2 日，第 3 次採樣日

期為 100 年 4 月 17 日。

## 二、水質、牡蠣之採樣及分析

- (一)、水質方面以裝礦泉水之寶特瓶，用海水沖洗 2~3 次後，採取表面海水，攜回實驗室，利用直讀式分光光度計(Model DR/800 系列)分析。分析項目為鋅、銅、六價鉻、鐵等之重金屬元素之含量。
- (二)、利用大潮退潮時於潮間帶之岩石採集大小不同之牡蠣，先以海水沖洗，攜回實驗室測量。每次測量用 30 顆牡蠣為樣本，以計算牡蠣成長速率。冷凍處理後，用蚵刀剝殼，分離蚵肉與蚵殼，再冷凍乾燥 48 小時並秤重。
- (三)、樣品之前處理:牡蠣先經蒸餾水清洗後，自然陰乾其體表水分後，再進一步分析牡蠣肉中鋁、鋅、銅、六價鉻、鐵等之重金屬元素之含量。
- (四)、牡蠣重金屬的消化與分析: 採用 2002 年金門水產試驗所的分析報告數據來探討。其實驗分析的方法事先秤取 0.5g 的樣品於 125ml 的三角錐形瓶中，再加入 15mlHNO<sub>3</sub> 進行濕式消化，經加熱至 120°C 使樣品完全消化後，再趕酸定容至 25ml 成為待測樣品。消化後的樣品，再以火焰式原子吸收光譜儀，進行重金屬分析。
- (五)、將不同樣品中的牡蠣，稱取乾燥後的牡蠣殼 40g，置於 300°C 的烤箱烘乾 24 小時。盡量將水分去除，求 CaCO<sub>3</sub> 的重量。

## 伍、研究結果與討論

一、金城地區建功嶼海域與金沙中蘭海域海水水質分析結果。如表 1。

建功嶼海域鋅含量第一次採水平均為 0.027 mg/l，第二次採水平均為 0.05 mg/l，第三次採水平均為 0.427 mg/l。每次都有增加，三次總平均為 0.168 mg/l。銅的含量第一次採水平均為 4.117 mg/l，第二次採水平均為 3.303 mg/l，第三次採水平均為 2.74 mg/l。三次總平均為 3.387 mg/l。六價鉻的含量為第一次採水平均為 0.01 mg/l，第二次採水平均為 0.01 mg/l，第三次採水平均為 0.083 mg/l。第三次有增加，三次總平均為 0.034 mg/l。鐵的三次總平均為 0.509 mg/l。

中蘭海域鋅含量第一次採水平均為 0.01 mg/l，第二次採水平均為 0.063 mg/l，第三次採水平均為 0.067 mg/l。每次都有增加，三次總平均為 0.047 mg/l。銅的含量第一次採水平均為 3.497 mg/l，第二次採水平均為 3.29 mg/l，第三次採水平均為 3.6 mg/l。三次總平均為 3.462 mg/l。六價鉻的含量為第一次採水平均為 0.007 mg/l，第二次採水平均為 0.003 mg/l，第三次採水平均為 0.007 mg/l。六價鉻含量漸增三次總平均為 0.006 mg/l。鐵的三次總平均為 0.069 mg/l。

二測站的平均值鋅含量為 0.108 mg/l，銅的含量為 3.425 mg/l，六價鉻的含量為 0.02 mg/l，鐵的含量為 0.289 mg/l。(表 1)

由水質檢測中發現，重金屬鋅的含量在建功嶼為 0.168 mg/l，中蘭為 0.047 mg/l，建功嶼為中蘭的 3.6 倍。如果以水試所各測點牡蠣肉測出的重金屬作比較，發現牡蠣肉體的鋅為介於 66~250  $\mu$  g/g 濕重之間(附表 6)，其牡蠣肉體的蓄積量為本次採樣水中的 395~1497 倍。鋅過量對人體的健康影響有消化系統失調，神經學上的影響。銅的含量在建功嶼為 3.386 mg/l，中蘭為 3.462 mg/l，建功嶼為中蘭的含量相差不大。以水試所各測點牡蠣肉測出銅為 10.8~53.9  $\mu$  g/g 濕重之間(附表 6)，其牡蠣肉體的蓄積量為本次採樣水中的 3~15 倍。相較於綠牡蠣汙染的二仁溪，其中牡蠣肉體中銅濃度可達二仁溪水體中銅濃度之 34,082 倍(張等，2010)。可見汙

染並不嚴重。銅的海水域排放水標準為 2 mg/l，現有水域同的含量以超過排放水標準值的 1.7 倍，是值得注意的警訊。銅是一種較豐富的金屬，河川中的銅 50%~80% 都被吸附固定在水中懸浮固體物上，形成不溶解狀態。銅為人體必需元素，其毒性對人體不具累積性危害，但吸收過量亦會造成肝腎和中樞神經傷害。鉻對人體的健康影響有皮膚潰瘍，鼻腔隔膜穿孔，肺癌。本次實驗檢測值為六價鉻 0.02 mg/l，鐵 0.288 mg/l。

表 1:牡蠣生長區中海水重金屬含量

		單位:mg/l			
採水日期	建功嶼測站編號	鋅	銅	六價鉻	鐵
3 月 19 日	1	0.03	4.12	0.01	0.14
	2	0.03	4.11	0	0.07
	3	0.02	4.12	0.02	0.1
	平均	0.027	4.117	0.01	0.103
4 月 2 日	4	0.06	3.28	0	0
	5	0.05	3.31	0.02	0.07
	6	0.04	3.32	0.01	0.1
	平均	0.05	3.303	0.01	0.057
4 月 17 日	7	1.13	1.81	0.23	3.3
	8	0.12	3.09	0.01	0.1
	9	0.03	3.32	0.01	0.7
	平均	0.427	2.74	0.083	1.367
總平均		0.168	3.387	0.034	0.509

採水日期	中蘭測站編號	鋅	銅	六價鉻	鐵
3 月 19 日	1	0.01	3.09	0.01	0.1
	2	0.01	3.95	0	0
	3	0.01	3.45	0.01	0.1
	平均	0.01	3.497	0.007	0.067
4 月 2 日	4	0.08	3.49	0	0.09
	5	0.1	3.14	0	0
	6	0.01	3.24	0.01	0.12
	平均	0.063	3.29	0.003	0.07
4 月 17 日	7	0.09	3.82	0	0
	8	0.02	3.36	0.02	0.11
	9	0.09	3.62	0	0.1
	平均	0.067	3.6	0.007	0.07
總平均		0.047	3.462	0.006	0.069
二測站之總平均值		0.108	3.425	0.02	0.289

## 二、金城地區建功嶼海域與金沙中蘭海域牡蠣成長及二氧化碳封存效果分析

建功嶼海域牡蠣成長平均每個牡蠣從 3 月 19 日的長 3.14 公分、寬 2.18 公分、肉重 0.58 g、殼重 3.26 g 增加到 4 月 2 日的長 3.91 公分、寬 2.74 公分、肉重 0.73 g、殼重 5.71 g，4 月 17 日為長 4.03 公分、寬 2.81 公分、肉重 1.06 g、殼重 6.15 g。(表 2)。

中蘭海域牡蠣成長平均每個牡蠣從 3 月 19 日的長 3.14 公分、寬 2.23 公分、肉重 0.44g、殼重 2.56 g 增加到 4 月 2 日的長 3.64 公分、寬 2.81 公分、肉重 0.65 g、殼重 4.38 g，4 月 17 日為長 3.91 公分、寬 2.56 公分、肉重 0.97 g、殼重 4.34 g。(表 2)。

二測站之總牡蠣平均個體長 3.63 公分、寬 2.56 公分、肉重 0.74 g、殼重 4.4 g(表 2)。

表 2:建功嶼海域與中蘭海域牡蠣之成長調查表

建功嶼海域牡蠣之成長狀況						
採樣日期	30 樣品平均值編號	長(cm)	寬(cm)	肉重(g)	殼重(g)	總重(g)
3 月 19 日	1	3.14	2.18	0.58	3.26	4.12
4 月 2 日	2	3.91	2.74	0.73	5.71	6.92
4 月 17 日	3	4.03	2.81	1.06	6.15	8.31
平均		3.69	2.58	0.79	5.04	6.45

中蘭海域牡蠣之成長狀況						
採樣日期	30 樣品平均值編號	長(cm)	寬(cm)	肉重(g)	殼重(g)	總重(g)
3 月 19 日	1	3.14	2.23	0.44	2.56	4.08
4 月 2 日	2	3.64	2.81	0.65	4.38	5.91
4 月 17 日	3	3.91	2.56	0.97	4.34	6.15
平均		3.56	2.53	0.69	3.76	5.38
二測站總平均		3.63	2.56	0.74	4.4	5.92

建功嶼海域牡蠣成長平均每個牡蠣從 3 月 19 日的長 3.14 公分、寬 2.18 公分、肉重 0.58 g、殼重 3.26 g 為基點增加到 4 月 17 日的長 4.03 公分、寬 2.81 公分、肉重 1.06 g、殼重 6.15 g。日增肉重為 0.12 g，日增殼重為 0.1 g。中蘭海域牡蠣成長平均每個牡蠣從 3 月 19 日的長 3.14 公分、寬 2.23 公分、肉重 0.44 g、殼重 2.56 g 增加到 4 月 17 日為長 3.91 公分、寬 2.56 公分、肉重 0.97 g、殼重 4.34 g。日增肉重為 0.02 g，日增殼重為 0.06 g。(如表 2) 日增肉重=[(第二次肉重-第一次肉重)+(第三次肉重-第二次肉重)]÷29 日(採集間隔日)，日增殼重=[(第二次殼重-第一次殼重)+(第三次殼重-第二次殼重)]÷29 日(採集間隔日)。

建功嶼海域平均每個牡蠣成長均優於中蘭海域的牡蠣。牡蠣個體的成長速率並非相同，會受到生長環境之餌料、溫度、乾潮時間及個體之大小而不同。本次研究以同一採集地，不

同時間每次採集 30 個以上樣本數，隨機取 30 個單一樣本來測量成長速率。牡蠣碳酸鈣的外殼成長需要吸收環境中之二氧化碳，對於溫室氣體減量具有貢獻。牡蠣殼之主要成份為碳酸鈣(CaCO<sub>3</sub>)，碳酸鈣形成之過程首先為二氧化碳溶於水而產生碳酸氫根(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)，其反映如化學式 4-1 所示，然後碳酸氫根與鈣離子在生物體內結合，最後形成碳酸鈣，其淨反應如化學式 4-3 所示。若計算化學式 4-3 中各項化合物之原子量，可約略估計出每形成 100 公克之碳酸鈣可封存 44 公克之二氧化碳。



若以本實驗平均每顆牡蠣每日增重 0.08g 計算，則 1000 顆牡蠣可封存(固)二氧化碳  $1000 \times 0.08 \times 0.44 = 35.2\text{g}$ 。換算每顆  $5.9\text{g} \times 1000 \text{顆} = 590\text{g}$ ，則 590g 牡蠣(約一台斤)每天可封存 35.2 公克二氧化碳。40 公克的牡蠣殼乾燥後約有 30 公克的碳酸鈣，水分約 10 公克。(如表 3)

表 3: 烘乾後牡蠣殼的重量

樣品 40g 烘乾後牡蠣殼的重量							
樣品編號	1	2	3	4	5	6	平均
殼重	30.84	31.24	30.66	30.76	30.62	30.92	30.84

### 三、牡蠣對環境中重金屬吸附效果分析

陳振東(1994)的文獻中指出一般海洋中的元素含量鉻:0.08 ppb、銅:0.25 ppb、鐵:0.056 ppb。與本實驗建功嶼鉻、銅、鐵、鋅含量分別為 34 ppb、3387 ppb、509 ppb、427 ppb；中蘭 5 ppb、3462 ppb、69 ppb、47 ppb(表 1)。實驗兩監測站數據皆高出自然海水許多，可了解其中可能有來自廈門海域之重金屬物質流出。而在陳等(1992)所研究之金門牡蠣肉的鉻、銅、鋅含量分別為 390~840 ppb、10800~53900 ppb、66000~254000ppb(附表 6)，在數據中可發現建功嶼牡蠣肉重金屬鉻、銅、鋅含量分別為海水中含量的 11.47~24.71 倍、3.19~15.9 倍、154.57~594.85 倍；中蘭牡蠣肉重金屬鉻、銅、鋅含量分別為海水中含量的 78~168 倍、3.12~15.57 倍、1404.26~5404.26 倍。雖其牡蠣肉重金屬含量與水中重金屬含量其倍數不如二仁溪銅 34,082 倍與鋅 83,500 倍高(張等，2010)。

但是因為水體採樣深度不一樣本實驗所採水體樣本接近底泥，所以其重金屬含量亦高出陳等(1992)所做之水體重金屬含量數倍之多，但比陳等(1992)所做之沉積物重金屬值低(表 5)，因此本實驗數據介於底泥與水體含量之間。若將陳等(1992)水體中金屬數據與牡蠣肉做比較(表 4、表 6)可發現六月鉻、銅、鋅含量分別為 13000~28000 倍、22978.72~114680.9 倍、65346.53~251485.1 倍。可見牡蠣其吸附重金屬的能力相當不錯，韓與洪(1988)文獻中指出牡蠣對水中重金屬具有相當強的濃縮能力，其體內濃度甚至可以高於水體中的五十萬倍之多。即使拿本實驗較易累積重金屬的接近底泥之水體比較仍可看出牡蠣吸附重金屬的能力。

表 4:金門附近海域水樣之重金屬平均值

金屬元素	鋅 Zn	銅 Cu	鎘 Cd	鐵 Fe
	ppb	ppb	ppb	ppb
6 月平均值	1.01	0.47	0.03	2.56
10 月平均值	1.46	0.71	0.03	8.06

陳等，1995

表 5:金門附近海域沉積物之重金屬平均值

金屬元素	鋅 Zn	銅 Cu	鎘 Cd	鐵 Fe
	ppm	ppm	ppm	%
6 月平均值	104	38.5	2.45	2.8
10 月平均值	147	40.9	2.30	3.3

陳等，1995

表 6:金門採集牡蠣樣品之重金屬含量測值( $\mu$  g/g wet weight)

地點	牡蠣(ww, g)	乾濕比	鎘 Cd	銅 Cu	鋅 Zn
埔頭	1.61±0.63	5.17	0.72±0.01	45.0±5.7	250±17
上林	1.26±0.63	4.68	0.67±0.04	52.0±5.3	243±23
古寧頭	1.61±1.19	5.36	0.79±0.17	53.9±11.2	254±62
瓊林	1.62±0.66	5.44	0.39±0.06	10.8±0.7	66±3
洋山	1.95±1.33	4.94	0.52±0.06	27.9±4.7	146±13
金城市場	1.01±0.37	5.63	0.46±0.01	42.5±2.6	182±12
大陸查緝	4.21±1.97	4.81	0.84±0.11	16.2±2.4	85±9

#### 四、牡蠣食用、固碳、吸附重金屬外的其它功能

牡蠣外殼形狀不規則，具有良好的消波能力，有潛力成為優良的海岸防護工法材料。美國實際現地應用於海岸保護之類型依牡蠣殼之組成方式有 1.堆積型牡蠣礁。2.活體型牡蠣礁。3.網袋型牡蠣礁。依成大水工研究結果認為牡蠣礁工法之優點有：1.牡蠣本身可適度的吸收海水中之污染物質；2.牡蠣殼為天然的材料，可用於海岸保護；3.成本少，施工易。牡蠣礁工法之缺點有：1.牡蠣殼本身材質比重較輕，易受水動力作用而傾覆；2.僅適合於波、流能量較低的海域區位。牡蠣殼的主要組成成分與珍珠十分相近，主要是由碳酸鈣、水分及有機質所構成，唯一的差別在於珍珠的有機質含量較高，約占有 10%，而牡蠣殼的有機質則占 1~6%不等。農委會水產試驗所為有效開發資源再利用及提高附加價值，成功研發自牡蠣殼中萃取「珍珠層胜肽」，並將萃取完剩餘的殼粉開發為「鈣質補充劑」與「天然抑菌劑」，在生物技術上有很高的應用價值。

## 陸、結論

牡蠣在金門水域環境中尚無污染的情形，由實驗結果可知金門水域銅的含量有偏高的趨勢。綠牡蠣事件以後會不會發生在金門，值得注意追蹤。牡蠣殼的碳酸鈣含量高，固存二氧化碳的效果和成長率成正比。本次實驗成長 590 公克的殼，可封存 35.2 公克二氧化碳。牡蠣肉體對水中重金屬有很強的吸附能力，若環境中重金屬含量很高，可用牡蠣當作濾膜使用，濾去水中過多的重金屬。牡蠣外殼形狀不規則，具有良好的消波能力，牡蠣礁應用於保護海岸侵蝕。已被應用。

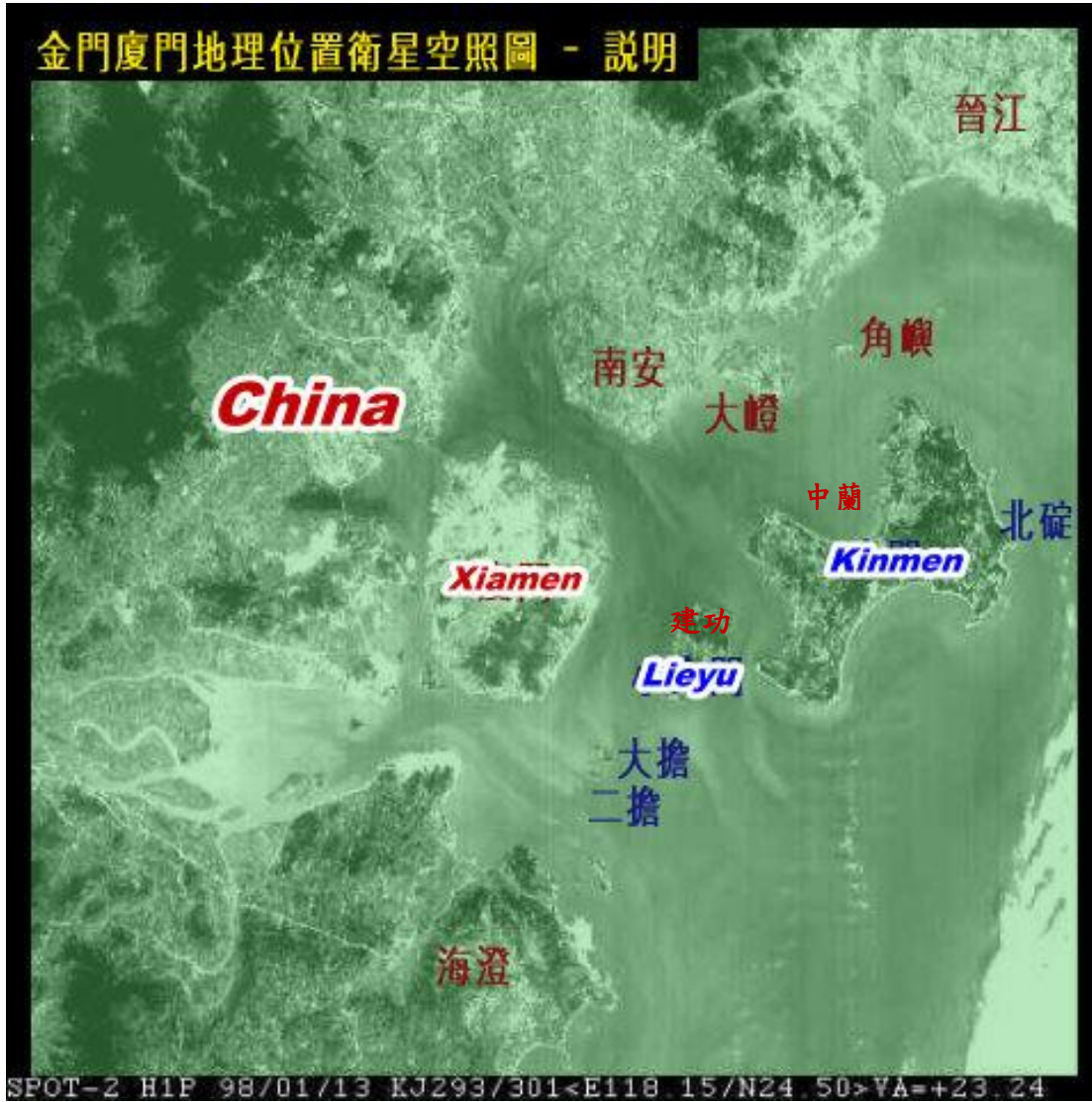
牡蠣殼的開發為「珍珠層胜肽」，「鈣質補充劑」與「天然抑菌劑」。在生物技術上有很高的應用價值。

## 柒、參考資料及其他

- 1、陳鎮東與陳孟仙（1992），福建九龍江對金門海域水質、底泥及牡蠣之影響。
- 2、陳鎮東、陳朝金、王冰潔、林志明(1995). 金門週邊海域水質、水文與沉積物調查 (I)。
- 3、韓柏樑與洪楚璋(成大 1988)，台灣茄苳海域養殖牡蠣累積重金屬之動力學 12(2):92-117。
- 4、國立成功大學，水利產業研討會(2010)。
- 5、中華民國92年12月17日行政院環境保護署環署水字第0920089957號。
- 6、重金屬對人體健康的影響，<http://www.ilepb.gov.tw/>。
- 7、<http://www.jhes.km.edu.tw/902005/english/sitemap.htm>地圖空拍
- 8、維基百科<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/>。



圖一



附表1:建功嶼海域牡蠣之成長狀況(1/3)

調查日期：3/19

樣品編號	長(cm)	寬(cm)	肉重(g)	殼重(g)	總重(g)
1	2.4	1.8	0.32	2.12	2.68
2	3.6	1.3	0.38	2.28	2.68
3	3.8	2.2	0.64	5.76	7.42
4	3.5	2.7	0.78	11.2	6.36
5	3	2.2	0.49	2.01	2.8
6	2.4	2	0.42	4.72	5.96
7	2.4	2.3	0.58	5.84	6.8
8	2.5	1.7	0.48	3.46	4.04
9	2.9	2.5	0.44	1.58	2.64
10	3.7	2	1.52	9.52	6.16
11	3	1.8	1.3	2.62	4.26
12	2.5	1.8	0.34	1.56	2.78
13	3.2	1.8	0.64	2.01	3.52
14	3	2	0.72	1.32	2.62
15	3.2	2.5	0.64	1.8	2.74
16	4	2.5	0.52	2.86	4.46
17	3	2.9	0.62	1.36	2.41
18	2.2	2	0.18	1.06	2.12
19	3.6	2	0.54	2.95	4.72
20	3.1	2	0.52	1.78	3.6
21	3	2	0.52	1.68	3.46
22	5	3.2	1.34	5.68	7.9
23	2.6	2.4	0.34	2.84	3.88
24	4	2	0.6	2.86	4.24
25	4.6	3.6	0.54	2.12	3.21
26	1.9	1	0.18	1.66	2.01
27	3	2.5	0.48	3.52	4.98
28	3.8	2.3	0.58	3.1	3.84
29	2.9	2.5	0.48	2.56	3.46
30	2.4	2	0.34	4.04	5.98
平均	3.14	2.18	0.582	3.262	4.124

附表 1:建功嶼海域牡蠣之成長狀況(2/3)

調查日期：4/2

樣品編號	長(cm)	寬(cm)	肉重(g)	殼重(g)	總重(g)
1	5	2.1	0.32	9.8	10.28
2	3.5	2.53	1.08	2.98	4.26
3	4.2	3	0.64	5.76	7.4
4	4.8	3.1	0.78	11.2	12.58
5	2.9	1.5	0.96	6.5	8.54
6	4.5	4.2	1.52	9.52	11.34
7	4.6	3.6	0.88	10.48	12.6
8	5.2	3.4	2.52	8.16	10.52
9	3.9	3.1	0.72	9.6	10.26
10	4.9	3.5	1.52	9.52	14.3
11	3.7	2.5	0.7	4.32	5.62
12	4	3	0.98	5.52	6.54
13	4	3.1	0.64	5.7	7.4
14	3.9	2.8	0.54	5.42	6.54
15	3.9	2.7	0.46	5.2	6.64
16	3.9	2.6	0.22	5.2	6.04
17	3.8	2.6	0.36	4.84	5.64
18	4.1	3	0.62	7.76	8.48
19	4.1	3.5	1.68	5.12	7.28
20	4.5	3.2	0.82	7.72	9.3
21	3	2.7	0.32	3.1	3.7
22	3.6	2.5	0.72	1.84	2.74
23	3.1	2.9	0.14	2.32	2.5
24	3.3	1.8	0.24	2.86	3.1
25	3.3	2.2	0.44	4.24	4.72
26	3.8	2.3	0.18	2.42	4.4
27	3.5	2.1	0.28	4.52	2.64
28	3.1	1.7	0.58	1.86	2.6
29	3.3	2.5	0.66	3.76	4.7
30	3.8	2.5	0.34	4.04	4.96
平均	3.907	2.741	0.729	5.709	6.921

附表 1:建功嶼海域牡蠣之成長狀況(3/3)

調查日期：4/17

樣品編號	長(cm)	寬(cm)	肉重(g)	殼重(g)	總重(g)	乾肉重(g)	乾殼重(g)
1	4.4	2.6	2.18	6.12	9.16	1.56	4.85
2	3.6	2.3	0.58	2.38	3.28	0.56	2.14
3	3.3	2	0.88	1.52	2.62	0.86	1.28
4	3.3	2.5	0.76	2.18	3.14	0.74	1.66
5	3.2	3	1.08	2.21	3.52	1.02	1.96
6	3.1	2.3	0.42	1.62	2.52	0.4	1.2
7	6.5	3.5	1.78	7.78	12.04	1.62	6.72
8	7	4.2	2.36	10.87	15.6	2.08	9.46
9	5.3	2.9	2.34	5.88	8.85	2.12	5.18
10	3.3	2.8	1.6	2.12	4.18	0.54	1.86
11	3.3	2.1	0.81	2.16	3.66	0.61	1.98
12	4.8	2.6	2.2	4.92	7.26	1.3	4.36
13	3	2.7	1.32	2.72	4	1.24	2.46
14	7	2.5	3.66	10.06	16.72	2.18	8.66
15	3.4	4.48	1.08	3.86	5.21	0.72	2.86
16	2.8	2.5	0.38	8.62	10.4	0.02	7.86
17	2.8	2.6	0.44	9.58	12.14	0.26	8.32
18	4	3.4	0.62	12.96	14.52	0.4	10.42
19	4	2.8	0.42	9.12	13.14	0.26	7.58
20	4.4	3	0.6	9.04	10.78	0.4	7.46
21	4.3	3	0.58	2.18	4.82	0.38	1.86
22	3.8	2.5	0.7	3.12	3.92	0.58	2.62
23	3.7	2.3	0.4	5.16	6.28	0.24	4.12
24	2.8	1.7	0.26	3.12	4.08	0.14	2.18
25	4.4	3.1	0.9	11.24	13.86	0.64	8.56
26	3.4	3.3	0.74	8.21	9.33	0.52	7.18
27	4.1	3.1	0.78	10.32	12.85	0.56	8.52
28	3.6	3.2	0.64	5.34	6.42	0.42	4.26
29	4.3	2.6	0.5	9.6	11.4	0.3	7.36
30	4	2.7	0.68	10.56	13.6	0.42	9.28
平均	4.03	2.809	1.056	6.152	8.31	0.77	5.140

附表 2、中蘭海域牡蠣之成長狀況(1/3)

調查日期：3/19

樣品編號	長(cm)	寬(cm)	乾肉重(g)	乾殼重(g)	總重(g)
1	3.1	1.8	0.38	1.4	3.8
2	2.6	1.9	0.38	2.08	2.96
3	2.8	2	0.24	2.18	3.8
4	3.7	2.4	0.42	2.92	4.88
5	4	2.2	0.16	1.64	5.16
6	3.4	2.3	0.38	5.18	4.44
7	3.2	1.9	0.5	2.14	5.56
8	3.2	2.5	0.4	1.58	7.9
9	3	2.4	0.5	2.02	4.62
10	3.6	2.5	0.14	2.28	4.22
11	3.2	2.6	0.26	3.08	5.71
12	3	3.3	0.48	2.04	3.4
13	3.4	1.9	0.46	1.62	4.34
14	2.8	1.7	0.16	1.76	3.38
15	3.1	2.2	0.4	2.44	3.18
16	2.5	1.2	0.14	2.14	4
17	2.7	2.4	0.14	2.38	2.94
18	3.3	2.1	0.4	2.06	2.88
19	2.9	2.7	0.46	1.9	3.64
20	3.1	3.2	0.48	3.46	5.9
21	3.4	1.9	0.46	2.48	3.16
22	3.2	2.5	0.5	2.6	3.16
23	3.5	1.4	0.68	5.3	3.62
24	2.7	2.1	0.52	3.64	3.68
25	4.3	3	0.14	2.98	4.82
26	3.1	2.7	0.62	2.68	2.68
27	3.1	1.5	0.54	3.34	4.84
28	2.7	2	1.14	2.96	3.62
29	2.5	2	1.32	1.58	2.54
30	3.2	2.5	0.54	2.82	3.54
平均	3.143	2.227	0.445	<b>2.556</b>	4.079

附表 2、中蘭海域牡蠣之成長狀況(2/3)

調查日期：4/2

樣品編號	長(cm)	寬(cm)	肉重(g)	殼重(g)	總重(g)
1	4.5	2.3	0.76	1.68	2.84
2	3.4	2.4	0.42	2.06	2.64
3	3.3	2.2	0.48	2.02	2.76
4	3.3	2.7	0.72	3.04	3.98
5	3.7	1.7	0.56	1.8	2.48
6	3.8	2.2	0.36	2.1	2.86
7	3.6	2.1	0.34	1.54	2.66
8	3.3	2.5	0.52	2.04	3.36
9	3.3	2.5	0.42	2.96	3.68
10	3.9	2.2	1.02	3.06	4.58
11	4.5	3.8	0.74	6.26	7.7
12	4.6	3	1.08	7.62	9.78
13	4.7	3.5	1.06	7.52	9.7
14	4	3.6	1.46	8.46	12.3
15	5	3	0.58	5.32	6.1
16	4	3.5	0.54	5.02	5.78
17	5	3.4	1.18	7.66	10.56
18	4.4	3.5	0.64	4.84	6.66
19	5	3.1	0.69	7.26	8.48
20	4.8	3	1.48	7.62	13.92
21	1.8	1.6	0.28	2.45	3.86
22	3	2	0.32	3.5	5.34
23	2.4	3.01	0.35	4.16	5.12
24	2	2.4	0.32	3.76	4.64
25	2	4.01	0.36	4.38	5.04
26	3.2	4.4	0.62	6.06	7.38
27	3.1	3.3	0.28	3.42	4.26
28	3.1	2.4	0.66	4.26	6.58
29	3	2.7	0.62	4.82	6.32
30	3.4	2.2	0.6	4.76	6.02
平均	3.637	2.807	0.649	4.382	5.913

附表 2、中蘭海域牡蠣之成長狀況(3/3)

調查日期：4/17

樣品 編號	長(cm)	寬(cm)	肉重(g)	殼重(g)	總重(g)	乾肉重 (g)	乾殼重 (g)
1	5.2	2.5	1.8	5.88	7.16	0.94	3.76
2	5	3.5	2.34	9.04	12.24	1.88	8.16
3	3.2	2.5	1.24	2.6	3.9	1.06	2.28
4	3.7	2.8	1.04	2.9	5.16	0.98	2.43
5	3.8	2.9	1.48	2.56	6.8	0.96	2.44
6	3.2	2	0.94	1.9	3.12	0.64	1.6
7	4.3	2	1.18	3.7	5.08	1.28	3.5
8	4.3	2.8	0.98	5.48	7.28	0.68	5.28
9	3.3	2.4	0.42	2.82	5.14	0.34	2.54
10	3.6	2.5	0.4	3.32	5.52	0.34	3.22
11	3.5	2.4	2.94	11.56	14.66	2.74	9.56
12	4.2	2	0.5	2.78	3.02	0.46	2.38
13	3.9	2.1	0.12	2.84	5.52	0.1	2.48
14	3.9	2.4	0.54	3.32	5.9	0.38	3
15	3.5	2.8	0.82	6.42	7.4	0.6	5.62
16	4.8	2.5	1.4	5.3	5.66	1.06	3.08
17	4.1	3	0.5	3.4	6.22	0.42	2.38
18	3.9	2.7	0.98	4.1	5.66	0.86	3.26
19	3.2	2.3	1.5	3.46	5.26	1.04	2.7
20	2.9	2.9	0.86	4.62	5.86	0.52	3.7
21	4	3	0.56	3.64	5.36	0.5	2.8
22	4.5	2.3	1.02	5.44	7.92	0.98	4.82
23	4.1	2.4	0.7	3.74	5.96	0.48	3.54
24	4.9	2	0.92	3.84	5.56	0.78	2.86
25	3.4	2.7	0.64	3.36	5.12	0.46	3.16
26	3.5	2.8	0.58	4.74	5.22	0.46	3.72
27	4.3	3.5	0.72	4.98	6.16	0.63	4.26
28	3.9	2.1	0.52	3.32	4.86	0.47	2.74
29	3.1	2.5	0.72	4.46	5.46	0.64	3.58
30	4.1	2.5	0.86	4.84	6.38	0.68	3.85
平均	3.91	2.56	0.974	4.345	6.152	0.779	3.623

附表 3:海洋放流水標準






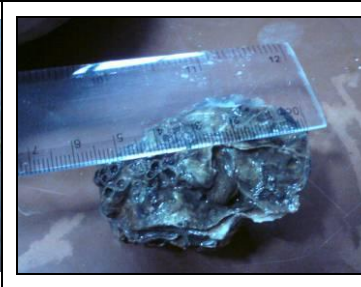






中華民國 92 年 12 月 17 日行政院環境保護署環署水字第 0920089957 號

適用區域	施行日期	項目	限值
甲類海域	第一類、第二類污染源：自八十三年七月十三日施行	氫離子濃度指數	五・〇 - 九・〇
		生化需氧量	四〇〇
		化學需氧量	六〇〇
		懸浮固體	四〇〇
		大腸桿菌群	二〇、〇〇〇、〇〇〇
		總油脂	一〇〇
		酚類	五
		砷	五
		鎘	一
		總鉻	二
		銅	二
		鉛	五
		總汞	〇・一
		鋅	四
		鎳	一
		放流口水溫	四二
甲類海域	第一類污染源：自八十四年一月十四日施行	氫離子濃度指數	五・〇 - 九・〇
		生化需氧量	一〇〇
	第二類污染源：自八十六年七月十四日施行	化學需氧量	二〇〇
		懸浮固體	一〇〇
		大腸桿菌群	五、〇〇〇、〇〇〇
		總油脂	二〇
		酚類	一
		氰化物	一
		砷	三
		鎘	〇・五
		總鉻	二
		銅	二
		鉛	五
		總汞	〇・一
		鋅	四
		鎳	一
殘餘氯量	一		
放流口水溫	四二		



適用區域	施行日期	項目	限值
乙類 海域	第一類、第二類污染源：自 八十三年七月十三日施行	氫離子濃度指數	五・〇 - 九・〇
		生化需氧量	六〇〇
		化學需氧量	九〇〇
		懸浮固體	六〇〇
		大腸桿菌群	三〇、〇〇〇、〇〇〇
		總油脂	一〇〇
		酚類	五
		氰化物	一〇
		砷	五
		鎘	一
		總鉻	五
		銅	二
		鉛	一〇
		總汞	〇・二
		鋅	四
		鎳	三
放流口水溫	四二		
乙類 海域	第一類污染源：自八十四年 一月十四日施行  第二類污染源：自八十六年 七月十四日施行	氫離子濃度指數	六・〇 - 九・〇
		生化需氧量	一五〇
		化學需氧量	三〇〇
		懸浮固體	一五〇
		大腸桿菌群	一〇、〇〇〇、〇〇〇
		總油脂	二〇
		酚類	一
		氰化物	一
		砷	三
		鎘	〇・五
		總鉻	二
		銅	二
		鉛	五
		總汞	〇・一
		鋅	四
		鎳	一
殘餘氯量	二		
放流口水溫	四二		

附圖二採集及實驗照片

			
<p>1.岩壁牡蠣</p>	<p>2.魚礁牡蠣</p>	<p>3.插莖式牡蠣</p>	<p>4.野生牡蠣</p>
			
<p>5.單體牡蠣</p>	<p>6.測長</p>	<p>7.測寬</p>	<p>8.水質檢測</p>
			
<p>9.稱重</p>	<p>10.烘乾</p>	<p>11.樣品一</p>	<p>12.樣品二</p>

## 【評語】 091407

1. 研究主題及實驗材料具有鄉土性。
2. 團隊成果之呈獻表達生動。
3. 實驗所需分析之樣品數有待加強，並宜進行更深入之探討。