

金門縣水產試驗所委託專案工作計畫 成果報告

金門縣裸體方格星蟲與文昌魚資源暨文昌魚繁養殖技術建立計畫

計畫期間：民國 101 年 12 月 24 日至 102 年 11 月 30 日

計畫主持人：游智凱

計畫執行人：董哲煌，李潔婷

執行單位：中央研究院 細胞與個體生物學研究所

協辦單位：金門縣水產試驗所

中華民國 102 年 11 月 14 日

壹、摘要

本研究之目的為調查裸體方格星蟲與文昌魚在不同季節的性腺肥滿度情況，以及棲地、密度、生殖腺肥滿度調查，以建立金門縣鄰近水域裸體方格星蟲與文昌魚資源的基礎資料，並作為未來繁養殖、復育等相關工作之應用。根據 2011 到 2013 的初步調查結果得知，金門地區沙蟲的分佈在西園與湖下密度較高。我們將採集星蟲標本並帶回實驗室進行組織切片研究，以從事生殖腺肥滿度與體長體重之測定。我們也已用底拖網的方式於金門料羅灣水域採集到白氏文昌魚 *Branchiostoma belcheri* (Gray, 1847) 174 尾，日本文昌魚 *Branchiostoma japonicum* (Wille, 1896) 254 尾，共採集到 428 尾。其中白氏文昌魚於四月完全沒在棲地中被採集到，而日本文昌魚的數目占本次樣區的大多數，約占總採樣數目的 59.35%。我們的初步結果顯示，白氏文昌魚在四到六月都還處於生殖腺發育的階段，有可能在七月或九月以後都有排卵的現象。而日本文昌魚本年度本樣區可能於四月到五月或九月以後都有排卵的可能。兩種文昌魚在八九月都無法發現小於 20mm 的個體。

在棲地偏好分析中發現，兩種文昌魚都偏好大顆粒底質，背離泥沙，而日本文昌魚對泥沙比白氏文昌魚敏感，而底質中大顆粒底沙也同樣會吸引體形較大的動物棲息，有機質與貝殼的多少不影響文昌魚的選擇。而我們今年度也首次針對星蟲的精卵發育狀況進行分期，並由採樣結果發現，在西園地區與湖下地區似乎存在生殖細胞發育不同步的現象，由西園的星蟲體腔切片在九月僅發現退化的生殖細胞可以推斷，在本計畫觀察時間段，西園地區的星蟲可能在八月到九月間排卵，而湖下的星蟲可能在九月以後。另外我們也嘗試將本計畫期間採集的金門地區文昌魚在金門水試所設立養殖系統，以培育適合文昌魚放流的人工繁殖族群。

計畫期間：民國 101 年 12 月 24 日至 102 年 11 月 30 日

目錄

| | | |
|----|--------------------|----|
| 壹、 | 摘要 | 2 |
| 貳、 | 緣由與目的..... | 8 |
| 參、 | 材料與方法：..... | 10 |
| 一、 | 文昌魚資源調查..... | 10 |
| 二、 | 文昌魚棲地的粒徑分析..... | 10 |
| 三、 | 文昌魚的排遺食性分析..... | 11 |
| 三、 | 文昌魚於金門水試所的存活率..... | 12 |
| 四、 | 裸體方格星蟲生殖線觀察..... | 12 |
| 五、 | 星蟲棲地的粒徑分析..... | 13 |
| 肆、 | 期末結果:..... | 14 |
| 一、 | 文昌魚的種類與數量..... | 14 |
| 二、 | 文昌魚的性腺發育..... | 14 |
| 三、 | 文昌魚底質粒徑分析..... | 15 |
| 四、 | 星蟲的數量與大小..... | 17 |
| 五、 | 星蟲的卵巢發育..... | 18 |
| | 卵母細胞的分期..... | 19 |
| | 精母細胞的分期..... | 20 |
| 六、 | 星蟲的棲地粒徑分析..... | 21 |
| 七、 | 文昌魚的食性分析..... | 22 |
| 八、 | 於金門水試所的試養殖結果..... | 23 |
| 伍、 | 討論 | 24 |
| 一、 | 文昌魚的種類與數量..... | 24 |
| 二、 | 文昌魚的性腺發育..... | 24 |
| 四、 | 星蟲的數量與大小..... | 25 |
| 五、 | 星蟲的卵巢發育..... | 25 |
| 六、 | 星蟲的棲地粒徑分析..... | 25 |
| 七、 | 文昌魚的食性分析..... | 26 |
| 八、 | 金門水試所的文昌魚試養殖..... | 26 |
| 陸、 | 參考文獻..... | 67 |
| 柒、 | 附錄一： | 69 |

| | | |
|----|------------|----|
| 捌、 | 附錄二: | 70 |
| 玖、 | 附錄三 | 79 |

圖片目錄

| | |
|--|----|
| 圖 1: 採樣地點及方法..... | 27 |
| 圖 2: 採集到的白氏文昌魚三月的生殖腺..... | 31 |
| 圖 3: 採集到的白氏文昌魚生殖腺..... | 32 |
| 圖 4: 採集到的日本文昌魚雌性生殖腺..... | 33 |
| 圖 5: 採集到的日本文昌魚雄性生殖腺..... | 34 |
| 圖 6: 不同採樣地點(site 1~4)平均底質組成百分比(左)以及底質組成的月變化(右)..... | 35 |
| 圖 7: 不同採樣地點(site 5~8)平均底質組成百分比(左)以及底質組成的月變化(右)..... | 35 |
| 圖 8: 不同採樣地點(site 9~10)平均底質組成百分比(左)以及底質組成的月變化(右)..... | 37 |
| 圖 9: 2013 年度採樣西園及湖下地區所採集到的星蟲樣本， | 52 |
| 圖 10: 金門星蟲體長體重的線性回歸結果(N=54)..... | 53 |
| 圖 11: 生殖器官..... | 54 |
| 圖 12: 星蟲的精巢發育過程..... | 55 |
| 圖 13: 星蟲的卵巢發育過程..... | 56 |
| 圖 14: 四個星蟲棲地的棲地底質組成..... | 57 |
| 圖 15: 排遺內含可鑑別藻類 SEM 附圖..... | 58 |
| 圖 16: 金門水試所的培養桶..... | 65 |
| 圖 17: 兩種星蟲的洞口型態..... | 66 |

表格目錄

| | |
|---|----|
| 表 1: 文昌魚的採樣地點資訊列表(a)經度(東經)(b)緯度(北緯)(c)深度(d)水溫..... | 28 |
| 表 2: 白氏文昌魚 <i>Branchiostoma belcheri</i> 在 4 月到 9 月採樣中的大小測量以及生殖腺的觀察..... | 29 |
| 表 3: 日本文昌魚 <i>Branchiostoma japonicum</i> 在 4 月到 9 月採樣中的大小測量以及生殖腺的觀察..... | 30 |
| 表 4: 以線性回歸分析比較 大顆粒底質(>0.5mm)百分比與(a)兩種文昌魚出現頻率(b)白氏文昌魚出現頻率(c)日本文昌魚出現頻率之間的關係, 有顯著線性關係為(*: P<0.05, Sig. <0.05)..... | 38 |
| 表 5: 以線性回歸分析比較 中顆粒底質(0.5mm~0.062mm)百分比與(a)兩種文昌魚出現頻率(b)白氏文昌魚出現頻率(c)日本文昌魚出現頻率之間的關係, 有顯著線性關係為(*:P<0.05, Sig. <0.05)..... | 39 |
| 表 6: 以線性回歸分析比較 細顆粒(泥)底質(<0.062mm)百分比與(a)兩種文昌魚出現頻率(b)白氏文昌魚出現頻率(c)日本文昌魚出現頻率之間的關係, 有顯著線性關係為(*:P<0.05, Sig. <0.05)..... | 40 |
| 表 7: 以線性回歸分析比較 大顆粒底質(>0.5mm)百分比與(a) 白氏文昌魚平均體長(b)日本文昌魚平均體長之間的關係, 有顯著線性關係為(*:P<0.05, Sig. <0.05)..... | 41 |
| 表 8: 以線性回歸分析比較, 中顆粒底質(0.5mm~0.062mm)百分比與(a) 白氏文昌魚平均體長(b)日本文昌魚平均體長之間的關係, 有顯著線性關係為(*:P<0.05, Sig. <0.05)..... | 42 |
| 表 9: 以線性回歸分析比較, 泥沙(<0.062mm)百分比與(a) 白氏文昌魚平均體長(b)日本文昌魚平均體長之間的關係, 有顯著線性關係為(*:P<0.05, Sig. <0.05)..... | 43 |
| 表 10: 以線性回歸分析比較, 底質有機質百分比與(a) 白氏文昌魚平均體長(b) 日本文昌魚平均體長之間的關係, 有顯著線性關係為(*:P<0.05, Sig. <0.05)..... | 44 |
| 表 11: 以線性回歸分析比較, 底質可酸分解(主要是碳酸鹽)百分比與(a) 白氏文昌魚平均體長(b)日本文昌魚平均體長之間的關係, 有顯著線性關係為(*:P<0.05, Sig. <0.05)..... | 45 |
| 表 12: 以線性回歸分析比較, 底質可酸分解(主要是碳酸鹽)百分比與(a)兩種文昌魚出現頻率(b)白氏文昌魚出現頻率(c)日本文昌魚出現頻率之間的關係, 有顯著線性關係為(*:P<0.05, Sig. <0.05)..... | 46 |
| 表 13: 以線性回歸分析比較, 底質有機質百分比與(a) 白氏文昌魚平均體長(b) 日本文昌魚平均體長之間的關係, 有顯著線性關係為(*:P<0.05, Sig. <0.05)..... | 47 |

| | |
|--|----|
| 表 14: 以皮爾森(pearson' s)兩因子相關分析比較 大顆粒底質(>0.5mm)百分比與(a)兩種文昌魚出現頻率(b)白氏文昌魚出現頻率(c)日本文昌魚出現頻率之間的關係，有顯著線性關係為(*: P<0.05, Sig.<0.05)..... | 48 |
| 表 15: 以皮爾森(pearson' s)兩因子相關分析比較 細顆粒(泥)底質(<0.062mm)百分比與(a)兩種文昌魚出現頻率(b)白氏文昌魚出現頻率(c)日本文昌魚出現頻率之間的關係，有顯著線性關係為(*:P<0.05, Sig.<0.05)..... | 49 |
| 表 16: 星蟲採集的預實驗(包含棲地的粒徑分析)..... | 50 |
| 表 17: 2013 年三月到九月星蟲採樣與測量的結果 | 50 |
| 表 18: 於金門水試所試培養白氏文昌魚的存活率(7~9 月) | 63 |

貳、緣由與目的

文昌魚是一種珍貴的海洋無脊椎動物，屬於脊索動物中的頭索動物亞門。在 1774 年首度被描述時，原被歸類為軟體動物(Pallas, 1774)；但到了十九世紀初，生物學者開始注意到牠們的身體結構與脊椎動物相似，因而將其歸入脊索動物門(Gray, 1847)。文昌魚(amphioxus 或 lancelets)屬於脊索動物門(Phylum Chordata)頭索動物亞門(Subphylum Cephalochordata)，與脊椎動物(vertebrates)親緣關係很近，它們終生具有脊索動物門的三大特徵：脊索(notochord)、咽鰓裂(pharyngeal gill slits)和背神經管(dorsal hollow nerve cord)，器官系統的結構簡單且軀體半透明，其基因組長度大約只有高等脊椎動物基因組的 17% (Holland, 2003)。在脊椎動物出現前不久，脊索動物中的一個分支曾出現過基因組加倍，後來這一分支進化發展成為現今的脊椎動物，而文昌魚是這種加倍發生之前分化出來的另一支(Pebusque et al., 1998, 2003)。因而，文昌魚不僅是研究脊椎動物起源與演化的關鍵類群，可以被稱為“活化石”，因其基因組反映了脊椎動物祖先基因組的結構特徵，而且在演化發育生物學、比較與功能基因學等方面的研究都具有重要意義。生物學家普遍認為文昌魚將是一個很有價值的實驗室模式動物。文昌魚主要分布在熱帶與亞熱帶的沙質底淺海域，成體多半潛藏於沙中，只露出前端口部來濾食海水中之單細胞藻類。文昌魚雖然廣泛分布於全球熱帶與亞熱帶水域，但一般來說數量並不豐富，只有在少數地區，例如在中國大陸東南沿海、美國佛羅里達洲的墨西哥灣沿岸、以及在歐洲地中海部分水域，擁有較大量的文昌魚族群。其中，又以中國廈門一帶水域數量最為豐富，廈門同安劉五店經營文昌魚漁業至少已有 300 年的歷史(何明海, 1991)，曾經成為當地特殊的一項重要漁業資源。學術界對中國文昌魚的認識開始於 1923 年廈門大學外籍教授 Light 發表在《The China Journal》和《Science》雜誌上的論文，他報導了當時廈門大學附近的同安劉五店有大量文昌魚資源，描述了當地漁民捕撈文昌魚使用的工具和生產活動情況，並對該地區文昌魚的年產量作了估計，這是全世界唯一的文昌魚漁場。Light 的報導使世人瞭解到廈門海域有全世界最為豐富的文昌魚資源。文昌魚在 1960 年代之前甚至年產量高達百噸，因此大陸學者對於廈門閩南地區的調查比較詳細，與廈門一水之隔的金門，以及台灣本島，對於文昌魚的研究相對不足。

以往研究顯示台灣與金門沿海能發現的文昌魚有四種：為鰓口文昌魚屬的白氏文昌魚(*Branchiostoma belcheri*)主要發現在金門，側殖文昌魚屬的短刀側殖文昌魚(*Epigonichthys cultellus*)、魯卡側殖文昌魚(*E.*

lucayanus)及馬爾地夫側殖文昌魚 (*E. maldivensis*)，於台灣東北角採獲之白氏鰓口文昌魚為台灣之新紀錄，魯卡及馬爾地夫側殖文昌魚則是發現於台灣北部海域採獲(林秀瑾 2001, 林秀瑾, 邵廣昭 2004)。其中，原本發現常見於金廈海域的白氏文昌魚 *Branchiostoma belcheri* 族群，最近被發現可能摻雜另一種日本文昌魚 *Branchiostoma japonicum* 族群於其中，日本文昌魚在部分廈門海域甚至佔了總族群的 95%數量(張秋金, 2009)。近年來由於大陸沿海地區的經濟開發與環境的變遷，導致文昌魚棲地的破壞，已使得當地文昌魚族群大量減少，因此中國大陸已將文昌魚列為國家二級保護動物。位於廈門對岸的金門地區，過去的戰地政務雖然限制了沿岸的開發，卻使當地的自然環境未受到太大的破壞，相對的保持了許多野生動物棲地的完整性。初步的採集調查已發現在金門與小金門附近海域確實也有文昌魚的族群存在，然而我們對於其族群的分佈與數量，以及其生殖週期，還未有詳細的瞭解。

裸體方格星蟲 (*Sipunculus nudus* Linnaeus, 1766) 俗稱沙蟲，屬於星蟲動物門 (Sipuncula) 之海洋無脊椎動物，一般常見於沿岸淺水域沙灘。在金門縣境內紅樹林底層與潮間帶之沙質或淺海沙泥底，可發現到這種動物的存在。裸體方格星蟲體態特徵為體長而圓，身體無分節，表面光滑，體色乳白略帶紅色，身體通常是十至二十公分，具有真體腔，體壁上縱肌束與橫肌束交叉排列成方格狀，因此被稱為裸體方格星蟲，棲息於潮間帶之沙質或淺海沙泥底以藻類及碎屑為食，漲潮時鑽出，退潮時潛沙。方格星蟲在中國東南沿海某些區域被視為珍貴的漁業資源，例如在福建廈門一帶，「土筍凍」即為由星蟲所作成的特殊料理；在金門，「炒沙蟲」也是金門當地特產海鮮之一，然而近年因捕捉嚴重，族群數量已急遽下降。

根據本計畫 2011 年的調查顯示，於金門料羅灣外海能成功採集到白氏文昌魚 *Branchiostoma belcheri* 及日本文昌魚 *Branchiostoma japonicum* 族群，並於實驗室中成功畜養，並建立了兩種文昌魚的外觀分類方法以及生殖腺成熟分期，而於 2011 年計畫期間以及 2012 年預調查中都曾於金門本地採集到星蟲個體，可惜兩種動物皆欠缺於金門地區的生殖生物學基本調查資料，因此本年度計畫將在金門附近海域進行裸體方格星蟲與文昌魚的資源調查，以期能建立此兩種生物數量變化與生殖腺發育的月份基礎資料，並進行初步的繁養殖測試，以提供金門縣政府擬定資源保育及永續利用計畫的參考資料。

參、 材料與方法：

一、文昌魚資源調查

本工作將在金門鄰近水域設立定期採樣區，以料羅灣外海(北緯 24°20' ~15' ；東經 118°25' ~22')區域，以了解文昌魚族群在本地區的空間與時間的分佈與變化。本調查將利用金門水產試驗所漁業試驗船每月以底拖網具(見圖 1b)，在金門縣沿近海域及實施乙航次調查作業，採集到的底泥標本將經過篩網將其中的文昌魚選取出來。採集到的文昌魚個體也將進行型態特徵的分析，以確定金門鄰近水域文昌魚的種別鑑定以及族群間的關連性，並對文昌魚體長體重與從事生殖腺肥滿度之測定進行資料分析，因此採取以下公式計算：

$$\begin{aligned} \text{生殖腺發育期數(GSI)} &= \text{每次採樣的分期總合} / \text{隻數} \\ &(\text{無發育}=0 \text{ stage } 0=1 \text{ stage } 1=2 \text{ stage } 2=3 \dots) \\ \text{發育個體百分比} &= \text{有生殖腺的個體數} / \text{總隻數} \end{aligned}$$

二、文昌魚棲地的粒徑分析

本工作將前項採集的採集點進行底質的粒徑分析，以獲得兩種文昌魚棲地的粒度資料，除了針對顆粒大小，並對其中含碳酸鈣部分顆粒進行酸溶解，已取得含碳酸鈣(貝殼或珊瑚)顆粒在底質中所佔的百分比，並與文昌魚的密度進行關聯性分析。

粒徑分析流程(Buchanan and Kain, 1971; Hsieh and Chang, 1991)

1. 準備孔徑為 2.00、1.00、0.50、0.25、0.125、0.062 mm 的篩網以及 9 個鋁箔盤備用，1L 方型塑膠盆 2 個孔徑為 0.0012mm 的濾紙，1 公升沉降管數個備用，抽氣過濾裝置以及計時器。
2. 秤量鋁箔盤 1-9 的重量，其中 7-9 加上濾紙一張 記錄其起始重量 $W_{p1}-W_{p9}$
3. 取出底泥樣本約 50g，依序以 2.00、1.00、0.50、0.25、0.125、0.062 mm 的篩網在方型塑膠盆中以水過篩，將篩出的砂礫分別置入編號 1-6 的鋁盤，於溫度 60°C 的烘箱內乾燥至重量不變後秤重為 W_{1-6}
4. 將通過 0.062 mm 的剩餘泥沙放入 1L 有塞沉降管內，將體積補足至 1L
5. 維持水溫 20°C 將管內泥沙搖晃均勻後立刻以電動吸量管吸取液面下 20CM 處液體 20ml，以盤 7 濾紙抽氣過濾後，置於盤 7 於溫度 60°C 的烘箱內乾燥至重量不變後秤重為 W_7 。
6. 再將管內泥沙搖晃均勻後等待 7 分 44 秒後，以電動吸量管(pipette)吸取

液面下 20CM 處液體 20ml 後，以盤 8 濾紙抽氣過濾後，置於盤 7 於溫度 60°C 的烘箱內乾燥至重量不變後秤重為 W8(<0.0156 mm)。

7. 再將管內泥沙搖晃均勻後等待 2 小時 03 分後，以電動吸量管(pipette)吸取液面下 20CM 處液體 20ml 後，以 9 濾紙抽氣過濾後，置於盤 7 於溫度 60°C 的烘箱內乾燥至重量不變後秤重為 W9(<0.0039 mm)。

8. 計算方式如下

顆粒介於(0.0012~0.0039 mm)重量 $M9=(W9-WP9)X50$

顆粒介於(0.0039~0.0156 mm)重量 $M8=(W8-WP8)X50-M9$

顆粒介於(0.0156~0.062 mm)重量 $M7=(W7-WP7)X50-M8-M9$

顆粒介於(0.062~0.125 mm)重量 $M6=W6-WP6$

顆粒介於(0.125~0.25 mm)重量 $M5=W5-WP5$

顆粒介於(0.25~0.5 mm)重量 $M4=W4-WP4$

顆粒介於(0.5~1.00 mm)重量 $M3=W3-WP3$

顆粒介於(1.00~2.00 mm)重量 $M2=W2-WP2$

顆粒大於(>2.00 mm)重量 $M1=W1-WP1$

泥沙% $=(M7+M8+M9)/(M1+\dots+M9) X100$

中顆粒% $=(M4+M5+M6)/(M1+\dots+M9) X100$

大顆粒% $=(M1+M2+M3)/(M1+\dots+M9) X100$

有機質含量為以濃 H2O2 氧化底泥直到不產氣泡為止，在 65°C 乾燥烘箱內乾燥至重量不變後秤重

有機質% $=(\text{氧化前乾重}-\text{氧化後乾重})/\text{氧化前乾重} X100$

碳酸鈣(貝殼或珊瑚)顆粒在底質中所佔的百分比 為將有機質氧化後乾燥底砂再經濃鹽酸處理直到無反應為止，以蒸餾水清洗離心兩次後，在 65°C 乾燥烘箱內乾燥至重量不變後秤重。

碳酸鈣(貝殼或珊瑚)顆粒在底質中% $=(\text{氧化後乾重}-\text{酸處理後乾重})/\text{氧化前乾重} X100$

三、文昌魚的排遺食性分析

將採集到的文昌魚至於乾淨的水盆中充氧，經 24 小時後收取底部排出的糞便，以 15 毫升離心管收取，並以 10% Filter seawater Formalin 固定保存後，一半用於濕重乾重及掃描式電子顯微鏡觀察，一半用於光顯確認(Olympus CKS41)及藻類計數。為了移除排遺中的有機質，才能保留藻類的石灰質骨骼成分以進行掃描式電子顯微鏡觀察，而選擇以高濃度雙氧水氧化處理後經蒸餾水清洗兩次後烘乾，秤重。

因此採取以下公式計算：

排遺有機物含量=(排遺乾重- 雙氧水氧化處理後乾重)/ 乾重 X100

排遺無機物含量=100-排遺有機物含量

三、文昌魚於金門水試所的存活率

將採集到的文昌魚以及已經成長的 F1 子代成魚，移到金門水產試驗所培養架上培養，培養架為有屋頂室內環境以模擬未來在有屋頂的水泥池中進行的人工養殖模式，以培養的藻種 *Isochrysis galbana* 與 *Tetrasalmonas* 餵食，混和比例為 2:1~1:1，以每隻文昌魚 8ml/day 的餵食量，自然的光周期常溫下進行蓄養，每隔一周進行清洗底沙，底沙選用主要是 0.25mm 以上的粗顆粒海沙，每天記錄溫度、鹽度、以及死亡率以觀察室外溫度對白氏文昌魚成長與存活率以及卵巢發育的影響。

四、裸體方格星蟲生殖線觀察：

本研究的調查區域將在西園及湖下的潮間帶進行。每月在野外採得的星蟲標本均先進行各種形質測量，之後星蟲標本將被帶回實驗室進行組織切片研究，以從事生殖腺發育程度之測定。採集到的星蟲經測量體長後，由於無法從外觀上得知公母性別，因此將所有採集到的動物以 10% Filter seawater Formalin 固定保存後，經不同濃度酒精進行脫水後以石蠟進行包埋，包埋後的組織塊以切片機切成 5-10 μ m，組織片脫蠟回水後，以 Gill's Hematoxylin(Sigma) 染色 10 分鐘與 aquatic Eosin 1~2 分鐘後脫水封片後，以 ZEISS AOXIO 正立顯微鏡拍照觀察，並嘗試為生殖腺訂出指數。

採樣點資訊

| 地點 | 經度(東經) | 緯度(北緯) | 採樣時間 (月份) |
|----|--------------------|-------------------|------------------|
| 西園 | 118°24' 9.10" | 24°30' 44.41 " | 2013/3-11 |
| 湖下 | 118°18' 10.34 " | 24°27' 15.85 " | 2013/3-11 |
| 青嶼 | 118°25' 37.84 " | 24°31' 13.40 " | 2013/3, 9-1 1 |
| 隴口 | 118°19' 37.75 " | 24°28' 44.19 " | 2013/3, 9-1 1 |

| | | | |
|------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 浯 江 溪 口 | 118°18'42.80 " | 24°25'41.24 " | 2013/3, 9-1 1 |
|------------------|-------------------|------------------|------------------|

五、星蟲棲地的粒徑分析

本工作將前項採集的採集點進行底質的粒徑分析，以獲得星蟲棲地的粒度資料，除了針對顆粒大小，並對其中有機質部分顆粒進行消解，已取得有機質在底質中所佔的百分比，並與星蟲的生殖腺進行關聯性分析。

肆、 期末結果：

一、文昌魚的種類與數量

本年度工作由 2013 年 4 月開始採樣，在 4~9 月的採樣中，經過顯微鏡下檢查分類特徵，共採得白氏文昌魚 *Branchiostoma belcheri* (Gray, 1847) 174 尾，日本文昌魚 *Branchiostoma japonicum* (Willey, 1896) 254 尾，共採集到 428 尾。其中白氏文昌魚於四月完全沒在棲地中被採集到，而日本文昌魚的數目占本次樣區的大多數，約占總採樣數目的 59.35%。日本文昌魚自四月的 26.96mm 成長至九月的 34.23mm，尤其是在 2013 年的四月，體長急遽上升，自四月的 26.96mm 到五月的 29.90mm 到六月的 32.85mm，平均體長幾乎每個月增加 3mm，七月跟八月體長微微下降而九月又再驟升 3.31mm，相對於白氏文昌魚，白氏文昌魚自五月起的 28.60mm，在七月達到最高的 31.72mm，之後就再 31mm 附近震盪，每月平均成長不到 1mm(0.63mm)，似乎白氏文昌魚的成長在樣區中有比較緩慢的趨勢。

在體長分佈狀況，白氏文昌魚最小體長在五月六月都在 15~17mm 左右而在七月到九月中緩步上升至九月的最高 21.39mm，而最大體長在九月有發現 44.18mm 的動物，觀察體長的分佈，大於 30mm 的動物在五到六月有一個爆發性的成長，由五月的 41.51% 增加到族群的 74.23%，而後降到八月的 35.71%，而後又回升到九月的 50%。相較於白氏文昌魚，日本文昌魚的最小體長在四月最小由 11.04mm 此後呈現緩步上升直到九月的 26.16mm，大於 30mm 的動物由四月的 42.85% 上升到七月的 72.72%，然後又七八月微降，而在九月達到最高的 77.78%。而在四月 小於 20mm 的動物占有採集樣本的 17.86% 在五到六月都降到 6% 以下，而在八月九月在採樣地區就已經看不到小型的動物了。相同的觀察也發生在白氏文昌魚，白氏文昌魚在五月到七月都僅有小於一成以下的小型個體，在八九月也都長大到 2 公分以上(見表 2，3)。

二、文昌魚的性腺發育

在兩種文昌魚的性腺發育狀況，白氏文昌魚五月時僅能發現 gonad stag 0~1 的個體(圖 2a, b)，在五月發現有性腺發育的最小個體為 27.49mm，而在六月可以發現 stage 3 左右的雌雄個體(圖 3a, b)，在六月發現有性腺發育的最小個體為 27.81mm，總體而言以目前觀察的結果，在前半年度本樣區所採到的白氏文昌魚，至少要有 28mm 以上的體長，才能發現有性腺發育，

大部分觀察到的有性腺發育的個體，體長都在 30mm 以上，而在族群中，有性腺發育的個體在五月的採樣中占 32.08%，而在六月的採樣中占 24.24%，但是七月時白氏文昌魚就僅能在族群中發現 stage 0~1 的動物，而 GSI 值也降到所有月分中最低值 0.43，而 GSI 在八月暴升為 1.28，而九月是最高的 1.75。在九月可以看到相當數目的 stage 3 的動物。綜合性腺發育的狀況(見表 1)，白氏文昌魚在四到六月都還處於生殖腺發育的階段，有可能在七月或九月以後都有排卵的現象。

日本文昌魚在四月到六月在族群中，有性腺發育的個體比例都在 60% 左右(見表 3)，而觀察性腺發育狀況，在四五月時，都可以觀察到 stage 3 以上的雌雄個體(圖 4a, b 5a, b)，而生殖腺發育狀態在六月時都降回 stage 0~1，而 GSI 值由四月的 1.66 降到六月的 1.24 然後到七月的最低 0.75，然後又回升，到九月又回到四月的水平 1.55。綜合以上觀察可知，日本文昌魚本年度本樣區可能於四月到五月或九月以後都有排卵的可能。這也與張(2007)於廈門觀察的時間相符合。在四月發現有性腺發育的最小個體為 21.76mm 其卵巢甚至已有 stage 2 以上的(圖 4a)，雖然我們在四月到六月的樣本觀察中都可以發現小於 30mm 的個體，能進行性腺發育，不過大部分性腺發育的個體還是體長在 30mm 以上。

關於雌雄性比，綜合四月到九月的結果，能分辨雌雄的個體，在白氏文昌魚僅 15 隻，總性比為雌/雄=8/7 幾近 1:1，而在日本文昌魚有總數 48 隻，總性比為雌/雄=32/16=2/1，卻是雄性較多的現象，而這是否能代表族群的真正性比，還有待日後採樣數目累積足夠以後才能進行探討。(見表 2，3)

三、文昌魚底質粒徑分析

本次計畫採樣地點除了四月的採樣地點有所偏差以外，自五月起每一次採樣點經緯度基本上都達到一致，這點可以從採樣水深得到佐證，我們所選定的樣區基本上應該是水深比較淺，約在水深二十公尺左右的隆起地形，在圖一 b 的左上聲納探測器上圖形可知是一塊斜橢圓形的沙島，而其周圍水深就在 28 米左右甚至超過 30 公尺，而越往沙島中心採樣水深越淺，最淺的地方在採樣點 4-6，約在 20 米上下。由表 1(a~d)的採樣紀錄可以得知，就算是經緯度一樣，底部海底的地形還是每個月隨機變化的，同一地點水深測量月份之間可能有 3-4 公尺的不同，而且底質分布也有些微變動，不過綜合表一採樣資料與圖的底質組成以及月變化資料研判：我們本年度採樣的地點是料羅灣南方一塊隆起的沙洲，沙洲底質組成多是大顆粒的火成岩，貝殼(居多)或珊瑚(很少)平均僅占 5.46%的比重，而平均可分解的有機質比重也不高約 4.56%，而在四周多是泥質較多的底質水深也比較深。這一點我們可以從

圖 6~8 得知，採樣點 1 是在沙洲以外的一般底質，含泥(顆粒小於 0.062mm)約 25~33%是所有採樣點含泥量最高的，然後隨著往沙洲中心前進，含泥量逐漸減低到 1%左右，大顆粒(Big 為顆粒>0.5mm)比例逐步變高，達到總底質的 70~80%，大約是採樣點 4~7，這些樣點也通常是發現文昌魚最多的地區，在不同月份的觀察都差不多。隨著採樣點往南移，由於靠近沙洲的南端，後面的採樣點 8~10 泥含量又開始增加，而很特別的粒徑 0.5mm~1mm 的顆粒大量增加到佔 50%以上的比重。

在此 10 點的採樣線中，我們很好的包含了各種底質條件：包涵含泥量多到少以及不同砂粒徑的環境，因此我們將粒徑大小分成大(Big 為顆粒>0.5mm)中(0.5~0.062mm)小(<0.062mm 泥)分別與兩種文昌魚出現頻率，文昌魚體長，進行線性迴歸分析(表 4~10)，以及皮爾森相關性分析(表 14~15)。

結果發現文昌魚的出現頻率與大(Big 為顆粒>0.5mm)顆粒底沙在底質中的比重呈現顯著的線性關係，兩種文昌魚的出線機率與大顆粒底質的線性迴歸 $F=7.231$ $P=0.01<0.05$ ，與白氏文昌魚之 $F=4.580$ $P=0.037<0.05$ ，與日本文昌魚之 $F=6.838$ $P=0.012<0.05$ ，因此可以證明底質中大顆粒的比重多少，與棲地中的文昌魚總數以及兩種文昌魚的出現都有線性關係，而此一關係根據皮爾森相關性分析之 P 值分別為 0.01、0.037 與 0.012，皆小於 0.05，呈現一個正相關，因此我們可以推論，在金門料羅灣南部的兩種文昌魚，在棲地的選擇上會偏好大顆粒(為顆粒>0.5mm)的底質，而且隨著大顆粒的底值比重增加，文昌魚出現的機會也增加。

而對於中等顆粒大小(0.5~0.062mm)文昌魚的出現頻率中顆粒底沙在底質中的比重未發現顯著的線性關係，兩種文昌魚的出線機率與大顆粒底質的線性迴歸 $F=2.380$ $P=0.129>0.05$ ，與白氏文昌魚之 $F=1.881$ $P=0.176>0.05$ ，與日本文昌魚之 $F=1.952$ $P=0.168>0.05$ 。

而對於泥沙(<0.062mm)，文昌魚的出現頻率與泥沙在底質中的比重呈現顯著的線性關係，兩種文昌魚的出線機率與泥沙(<0.062mm)的線性迴歸 $F=4.381$ $P=0.044<0.05$ ，與白氏文昌魚之 $F=2.450$ $P=0.124>0.05$ ，與日本文昌魚之 $F=4.435$ $P=0.04<0.05$ ，因此可以證明底質中泥沙的比重多少，與棲地中的日本文昌魚總數以及兩種文昌魚的出現都有線性關係，而此一關係根據皮爾森相關性分析之 P 值分別為 0.44、0.124 與 0.04，僅兩種文昌魚以及日本文昌魚小於 0.05，並呈現一個負相關，因此我們可以推論，在金門料羅灣南部的兩種文昌魚，在棲地的選擇上會背離泥沙(<0.062mm)的底質，而且隨著泥沙(<0.062mm)的底值比重增加，文昌魚出現的機會也減少，而日本文昌魚對泥沙的比例很敏感，而白氏文昌魚就不顯著。

除了文昌魚出現頻率，魚體的大小也跟棲地有關，就採樣觀察的結果，採樣點 4~6 一般都存在較大型的文昌魚，經過線性迴歸分析發現，樣區底質中大顆粒底質與白氏文昌魚之線性迴歸 $F=4.103$ $P=0.048 < 0.05$ ，與日本文昌魚之 $F=10.813$ $P=0.002 < 0.05$ ，中顆粒底質與白氏文昌魚之線性迴歸 $F=0.367$ $P=0.547 > 0.05$ ，與日本文昌魚之 $F=0.249$ $P=0.62 > 0.05$ ，而與泥沙，白氏文昌魚之線性迴歸 $F=10.781$ $P=0.002 < 0.05$ ，與日本文昌魚之 $F=15.840$ $P=0.001 < 0.05$ 。因此在平均體長上，也存在著與棲地粒徑大小有關的選擇，大顆粒底質比重越高，大型文昌魚棲息的可能性或族群平均體長越高，與之前的結果相同，中顆粒對此影響不大，而泥沙的出現會降低族群平均體長或是僅容許小型文昌魚棲息。

而底沙中的其他因子像可分解的有機質含量多寡，對於兩種文昌魚的出現頻率影響都不顯著，與白氏文昌魚之線性迴歸 $F=1.503$ $P=0.223 > 0.05$ ，與日本文昌魚之 $F=1.120$ $P=0.731 > 0.05$ ，而與其平均長度同樣不顯著，與白氏文昌魚之線性迴歸 $F=1.543$ $P=0.223 > 0.05$ ，與日本文昌魚之 $F=0.98$ $P=0.66 > 0.05$ 。這證明底沙中的有機物多少並不影響文昌魚對棲地的選擇。

底沙中的酸可分解物質比重，比方說貝殼或珊瑚(在此次採樣多是貝殼，珊瑚幾乎沒有發現)的比例似乎也不影響文昌魚對棲地的選擇，與白氏文昌魚之線性迴歸 $F=717$ $P=0.403 > 0.05$ ，與日本文昌魚之 $F=0.421$ $P=0.521 > 0.05$ ，而與其平均長度同樣不顯著，與白氏文昌魚之線性迴歸 $F=2.090$ $P=0.158 > 0.05$ ，與日本文昌魚之 $F=0.140$ $P=0.717 > 0.05$ 。

總體來說，文昌魚對棲地的選擇主要是在粒徑方面，兩種文昌魚都偏好大顆粒底質，背離泥沙，而日本文昌魚對泥沙比白氏文昌魚敏感，而底質中大顆粒底沙也同樣會吸引體形較大的動物棲息，有機質與貝殼的多少不影響文昌魚的選擇。

四、星蟲的數量與大小

在本年度星蟲在正式開始前，曾經針對五個金門地區的海灘進行預實驗，包含西園、浯江、青嶼、湖下、隴口，其中僅在西園跟湖下各收獲兩隻，因此本年度監測樣區選擇在這兩個點，西園的底質偏粗礫的沙質 ($>0.177 \mu m$) 大於 75% 而湖下的底質就相對多一點泥質。由於目前還沒有辦法從沙灘上辨識星蟲的巢穴，在不影響採樣點的族群量的狀況，選擇每點採 3-5 隻進行生殖腺切片(見表 16~17)。從 3 到 9 月 總共採集了 54 隻，平均體長是 80.94mm 體重為 6.06g，在本次採樣中，最大的個體出現在湖下的九月份，體長是 111.52mm 體重為 12.37g，而最小個體出現在西園的四月份，

體長是 3.62mm 體重為 0.88g。

以所有星蟲的體長體重進行線性迴歸分析(圖 10)，星蟲的體長與體重的關係方程式為

$$\text{體重(g)}=0.107X \text{ 體長(mm)}-2.5961$$

$$R^2=0.6608$$

為一線性關係 但因為樣本數少，所以 R^2 值還相當低，待未來增加採樣後相信能相對更精確。

在各月分中，三月所採集到的樣本由於並非完全跟四月以後所確定的樣區完全吻合，似乎有體型較大的感覺，這可能在未來還要再進一步探討。但是檢視各月份的平均體長可以發現(圖 9a, b)，西園地區以及湖下地區的體長變化有不同步的現象，西園地區體長體重由在四月的最低開始發育，在六月達到最高峰，平均體長是 108.32mm 體重為 10.21g 相較於四月，體長成長將近一倍，體重成長近三倍。而湖下地區體長體重緩步成長，體長在八月份達到最高平均體長是 111.12mm，而體重直到九月還在增加為最高值 9.85g。

這個結果似乎可以與卵巢發育有部分相關，西園地區的星蟲，在五月已經有看到發育至中後期的卵，但是湖下地區卻遲遲沒有發育，湖下地區要晚兩個月才有看到相同發育時期的動物，但是由於採樣數目太少，也存在著在生殖季中同時存在不同大小，不一致發育程度個體的可能性，而採樣的誤差導致有誤差的結果，因此未來還是要再增加採樣的技術與數目。

五、星蟲的卵巢發育

本年度因為觀察各月份的星蟲樣本，因而得到大致上對精卵發育不同時期的觀察，敘述如下：

星蟲的雌雄無法由外表鑑定，其生殖細胞系由表皮下的原始生殖細胞產生，經過一段時間的營養蓄積以及發育後，經由管狀的呼吸器官釋放到體腔內儲存，在成熟期的星蟲甚至體腔內充滿卵粒，雄性一般是淺黃色的精子，而雌性為淺棕色到深褐色的卵粒。在體腔中精卵還會繼續吸收體液中的養分繼續發育，待成熟後會由身體背側的兩條腎管所收集，不論雌雄配子皆會進行進一步的發育(很可能是最後成熟步驟)後，排放出體外成為可以受精的配子(圖 11)。

本年度計畫中星蟲的採集由三月開始，分別由西園地區與湖下地

區每月採集數隻，以建立精卵發育的初步觀察，由於對星蟲採集技術尚未成熟，因此對各地區採樣大小以及數量在不同月份都不穩定，當然生殖細胞(因為星蟲並無生殖腺的存在，因此以下皆以生殖細胞代表精卵的總稱，並代表生殖腺在其他動物的涵意)的發育也並未有穩定的結果，不過大致上來說，生殖細胞的發育程度，似乎跟體長體重的增長有相符合的關係。整體來說，似乎在體長六公分體重在三克以下的個體，完全沒有觀察到生殖細胞發育的現象，在此大小的星蟲個體，不論是體壁上的生殖細胞或是體腔中皆沒有辦法觀察到生殖細胞，也存在著無法判定性別的現象。

本年度所採集到的星蟲個體，共 56 隻 其中僅 15 隻能判斷出性別，占總採樣數目的 26.79%，而這些動物中有九隻為雌性，六隻為雄性，族群總性比為雌:雄=3:2，湖下的性比為雌:雄=3:3，西園地區為雌:雄=2:1。而西園地區自三月起便有觀察到有早期發育的卵，而在七月觀察到發育後期的卵，九月之後就只發現退化的生殖細胞。而在湖下地區，在五月以前皆未發現有生殖細胞的個體，在五月和六月有發現早期的精細胞，到七月與八月方發現發育早期的卵細胞，而此結果似乎與體長體重的觀察吻合。因此初步推論，在西園地區與湖下地區似乎存在生殖細胞發育不同步的現象，由西園的星蟲體腔切片在九月僅發現退化的生殖細胞可以推斷，在本計畫觀察時間段，西園地區的星蟲可能在八月到九月間排卵，而湖下的星蟲可能在九月以後。

對星蟲的生殖細胞發育分期，我們參考(蘭國寶，閻冰，2002)對於方格星蟲的分期進行比對，蘭與閻(2002)針對卵母細胞的分期為，細胞增殖期(1~2 μm)、細胞質生長期(3~30 μm)、濾泡膜形成期(30~70 μm)、膠質膜形成期(70~160 μm)和成熟期(70~160 μm)。我們維持他們的觀察，並增加加入我們的觀察結果。

卵母細胞的分期

(a)細胞增殖期(1~2 μm)

此時卵原細胞開始由原始生殖細胞形成，原始生殖細胞細胞質變多並開始分裂形成細胞團，此細胞團為空泡狀而有嗜伊紅性的細胞質。原始生殖細胞團細胞內開始蓄積養分，此時細胞質呈現嗜鹼性反應，而且整個細胞團體積變大，細胞核明顯但是細胞間隙非常不明顯，無法分辨出細胞與細胞的分界。此時卵母細胞開始在一側出現，待成長到約 30 μm 時，會脫離原始生殖細胞形成的滋養細胞團，而掉落到體腔中。(圖 20a-d)

(b)細胞質生長期(3~30 μm)

於體腔中的卵母細胞能在體液中繼續生長，而其外圍有一層明顯的濾泡細胞，此時細胞核呈現鹼性，染色質散漫，核膜不明顯，細胞核周圍有一圈嗜酸性的顆粒，細胞質呈現嗜鹼性，膠質膜不明顯，後期的細胞質生長期卵母細胞開始在細胞膜外圍有大型的液泡或油滴產生，最後會充滿細胞質的最外緣。

(c)濾泡膜形成期(30~70 μm)

在此時期卵母細胞體積急速增加，同時外圍濾泡細胞的數目增多，細胞核也開始變大變透明形成胚泡，核仁明顯並位於核的一側，細胞內的卵黃質變多，並開始吸收外圍的油滴，直到完全吸收為止。

(d)膠質膜形成期(70~160 μm)

當卵細胞生長到70 μm 以上時，膠質膜開始形成。膠質膜實際上為一層梳芽狀結構的膠質衣，即膠質膜突起形成一微纖毛層。膠質膜的形成與卵黃的積累和卵細胞的發育有關。膠質膜出現時，卵黃迅速增加，卵細胞生長加快，卵色變深暗。隨著卵細胞體積的增大，膠質膜逐漸加厚。正常發育的卵接近成熟時，膠質膜厚度為10~20 μm ，卵圓形或近圓形，卵黃豐富而呈暗黃或褐色。(圖17e-f)

(e)成熟期(70~160 μm)

據蘭與閻(2002)所述 此時期的卵母細胞卵徑160~180 μm ，卵色深暗，濾泡膜已破裂，胚泡已消失意即核膜消失，膠質膜很容易破裂。被腎管收集的成熟卵沒有膠質膜。不過在本次計畫中所採集的九隻雌性個體中，皆沒有發現此階段的動物，因此無法判定此階段。

對於精母細胞的分期，我們同樣參考(蘭國寶，閻冰，2002)對於方格星蟲的分期進行比對，蘭與閻(2002)針對精母細胞的分期為細胞增殖期、細胞生長期、細胞分化期和成熟期。

精母細胞的分期

(a)細胞增殖期

此時卵原細胞開始由原始生殖細胞形成，原始生殖細胞細胞質變多並開始分裂形成細胞團，此細胞團為空泡狀而有嗜伊紅性的細胞質。原始生殖細胞團細胞內開始蓄積養分，此時細胞質呈現嗜鹼性反應，而且整個細胞團體積變大，細胞核明顯但是細胞間隙非常不明顯，無法分辨出細胞與細胞的分界。此時精母細胞團(多團)開始在中間出現，待成長到約 30 μm 時，會脫離原始生殖細胞形成的滋養細胞團，而掉落到體腔中。(圖 20a-d)

(b)細胞生長期

此時主要是細胞質生長，精母系胞團體積會變大。

(c)細胞分化期

懸浮在體液中的精母細胞會繼續發育，由緊密的黏結進入鬆散，細胞核也逐漸致密，由組織切片染色可發現，早期的精母細胞團內的細胞並看不到顏色深紫色的核，細胞質也呈現淺紫色而且無法看到細胞核，但是後期的精母細胞核會逐漸變致密，染色也變深，細胞質變少，精母細胞團的結構開始鬆散，據蘭與閻(2002)描述此時細胞開始分化，由圓形逐漸變成橢圓形，並形成精子的尾巴，在高倍顯微鏡下可見到精子的尾巴相互交織。

(d)成熟期

當精子充分成熟時，精囊破裂，精子分散入體腔液中，最後被腎管收集。成熟的精子團會被腎管收集進行成熟化。

總結來說，星蟲的生殖細胞發育，似乎在西園以及湖下地區有不同步的現象。而當對星蟲的生殖細胞進行觀察後發現，星蟲的生殖腺並非傳統上的卵巢或精巢，因此無法取得像 GSI 等數據進行分析。本次採樣由於對環境的不了解，以及採樣方法上還存在有進步的空間，採到的成熟個體偏少，因此很難對月份的變化進行統計，未來應該增加每個月的採樣量至少二十隻，或是僅採取個體大的星蟲，方能對星蟲的真正繁殖期以及繁殖生物學有更清楚的認識

六、星蟲的棲地粒徑分析

一些不同的星蟲棲地所進行的粒度分析分別列於表 16 與圖 14，本年度月份採樣僅在西園與湖下進行，而青嶼與浯江溪口僅有九月的資料與今年三月前進行的預採樣資料，整體來說，相較於文昌魚的棲地，星蟲的棲地的大顆粒(>50mm)的比例較少，多數為中顆粒(0.5~0.062mm) 以及泥沙，其中泥沙比例多在 14~16% 惟有青嶼地區泥沙比例很少，而根據西園以及湖下地區底質的月變化可發現，底質在不同月份中，其組成也是相當穩定。星蟲棲地的平均有機質含量 2.10% 而可酸解的(大多是貝殼)比重約在 1.98%。

七、文昌魚的食性分析

我們於 2011 年在同一海域記錄了 117 隻文昌魚的排遺，其中有 3 目 5 科 10 屬的藻類，在糞便中有 77.5%的不可消化無機物(包含藻類的矽質骨骼)與 22.5%的有機成分。而本次計畫期間我們記錄了 428 隻文昌魚的排遺，共 571mg 換算乾重，其中平均有 72.53%的不可消化無機物(包含藻類的矽質骨骼)與 27.47%的有機成分，相較於上一次計畫稍有變化不過變化還算不大。

而相對於上次計畫中所發現的 10 個屬，其中有 8 個屬在本年度計畫中仍有出現，可見為常態性的存在。本次由於在處理移除有機物前先以光學顯微鏡鏡檢，因此對僅有柔軟組織的藻類也有檢出，目前檢出的種類有 3 目 7 科 15 屬的藻類，藻類圖片於圖 18a-h(粗體為本次新檢出)

| Order | Family | Genus |
|---------------|-------------------------|---|
| Dictyochales | Dictyochaese | dictyocha |
| Biddlphiales | Thalassiosiraceae | minidiscus cyclotella actinocyclus coscinodiscus |
| Bacillariales | Bacillariaceae | fragilariopsis maguinea thatassionema |
| | Cymatosiraceae | Cymatosira |
| | Melosiraceae | Paralia |
| | Naviculaceae | Haslea Navicula |
| | Rhizosoleniineae | Membraneis Rhizosolenia |

八、於金門水試所的試養殖結果

本年度自中研院宜蘭臨海工作站移送金門水試所 1827 尾白氏文昌魚成體，其中野外採集的老動物有 727 隻，而由此動物所產出的 2011F1 子代有 1100 隻，於七月至九月於金門水試所試培養，使用的藻類有 *Isochrysis galbana* 與 *Tetrasalmonas. sp.* 兩種為主要的飼料藻種(，每日餵食量為平均每尾文昌魚 8ml 混和藻種，其中 *Tetrasalmonas sp.* 的比例不超過一半，三個月的海水鹽度都在千分之 26，其中七月平均飼養水溫為 28.68°C 八月平均飼養水溫 29.52°C 九月平均飼養水溫 29.26°C，其中最高水溫出現在八月十四日為 33°C，期間並未出現動物體不適的現象，存活率結果如表 18 與圖 16 所示。存活率介於 70~90%，不管是野生品種或是 F1 子代都有 90% 以上的培養桶與低於 80% 的培養桶。目前是正常培養，但是由於欠缺光周期與溫度調控，目前是以自然光週期進行培養，溫度也是常溫無調控，生殖腺成熟度相當差，這也是來年必須進行進一步試驗的，不過本年度計畫期間，不論是野外族群或是 2011F1 子代都經歷了年度最高水溫的考驗，進一步驗證了文昌魚在金門戶外養殖的可能性。

伍、 討論

一、 文昌魚的種類與數量

本年度所採集的文昌魚還是與 2011 年前度計畫相同的兩種，白氏文昌魚 *Branchiostoma belcheri* 族群與日本文昌魚 *Branchiostoma japonicum*。得力於前年計畫中所建立的基礎資料像分類特徵、卵巢成熟分期，與採樣上累積的經驗，我們終於有辦法針對單一地區進行生態調查，並獲得足夠數量的動物。

今年在採樣上發現的問題非常有趣，我們發現在我們的調查之中，白氏文昌魚大概占總採樣數的 40.65%，這相對於(張, 2007)廈門一帶所調查的一些地區僅 5%有很大差別，而且我們發現在四月五月不管是白氏文昌魚或是日本文昌魚都有一些小型的個體(<20mm)，而在九月以後這些個體就都長大由族群中消失了，那就有一個很有趣的問題，四月五月的動物是哪裡來的？有兩種可能性，一、是九月以後生產的動物因為冬季食物缺乏所以成長速度慢，於隔年再成長，二、文昌魚的幼苗飄移的距離可能超過我們想像，生殖季節可能在各地也有地域性的區別，也就是說金門地區的小文昌魚，可能並非完全由本地魚隻產生，而有外地魚隻的補充。

二、 文昌魚的性腺發育

文昌魚的生殖季節在張(2007)認為在廈門地區是兩種有所區隔的，日本文昌魚是四月以及九月，而白氏文昌魚是六月到九月，而在我們的調查中，日本文昌魚應該是符合張(2007)的觀察是四月到五月以及九月以後產卵，而白氏文昌魚在七月我們觀察到卵巢又回歸 0-1stage，因此推斷有排卵情形發生，但是不太尋常的是，白氏文昌魚的大個體動物與卵巢成熟期動物，一直都沒有在棲地中抓到，這可以從表 1 中發現，白氏文昌魚的個體最大可到 44mm 以上，但是我們在棲地中一直採到的都是，卵巢發育初期，小個體的動物，造成不管月份，族群的平均體長一直很低，因此我們提出一個假設，白氏文昌魚可能存在著生殖回游，會移動到較淺的河口產卵，不過這必須要來年再進一步驗證。

在今年的採樣中，日本文昌魚的性比是雄的是雌的兩倍，Henmi & Yamaguchi (2003)的調查發現是 1.12 左右，張(2007)認為是 1，這是否是實驗誤差或是有一些不同的公母迴游現象值得再進一步探討。

三、 文昌魚底質粒徑分析

在文昌魚的研究中，定點定時採樣以及配合底質分析為本研究第一個嘗試，因此獲得了相當令人驚喜的結果，在本研究中首次證明文昌魚是有棲地偏好的，而且這種偏好在不同種的文昌魚還有所不同，這很好的印證了前人的觀察，Henmi& Yamaguchi (2003)在採集文昌魚時發現僅有少數地點才能採到，證明文昌魚的分佈在海底並非均勻的，本研究首次針對這個現象進行很好的闡釋。但是為何造成這個原因，是因為太細的泥沙會阻礙呼吸或進食嗎？必須再進一步研究。

四、 星蟲的數量與大小

今年所採集的動物數量不足，主要的還是對星蟲的生態不了解所致，我們今年知道了星蟲所製造的洞口形狀，不過是否能成功挖到動物，以便估算密度還需要未來做驗證。

五、 星蟲的卵巢發育

本年度所做的星蟲的生殖細胞發育，似乎在西園以及湖下地區有不同步的現象。而當對星蟲的生殖細胞進行觀察後發現，星蟲的生殖腺並非傳統上的卵巢或精巢，因此無法取得像GSI等數據進行分析。本次採樣由於對環境的不了解，以及採樣方法上還存在有進步的空間，採到的成熟個體偏少，因此很難對月份的變化進行統計，未來應該增加每個月的採樣量至少二十隻，或是僅採取個體大的星蟲，方能對星蟲的真正繁殖期以及繁殖生物學有更清楚的認識

六、 星蟲的棲地粒徑分析

因為沒法定義卵巢的發育程度，因此今年無法對星蟲的卵巢發育狀況與棲地的理化性質進行關聯性分析，加上密度的估算無法解決，因此對

棲地的了解僅存在於發現有相當多的泥沙存在，但是似乎也並非是必須的，比方說青嶼與嚨口沙灘，未來還必須開發出估算密度的方法。

七、文昌魚的食性分析

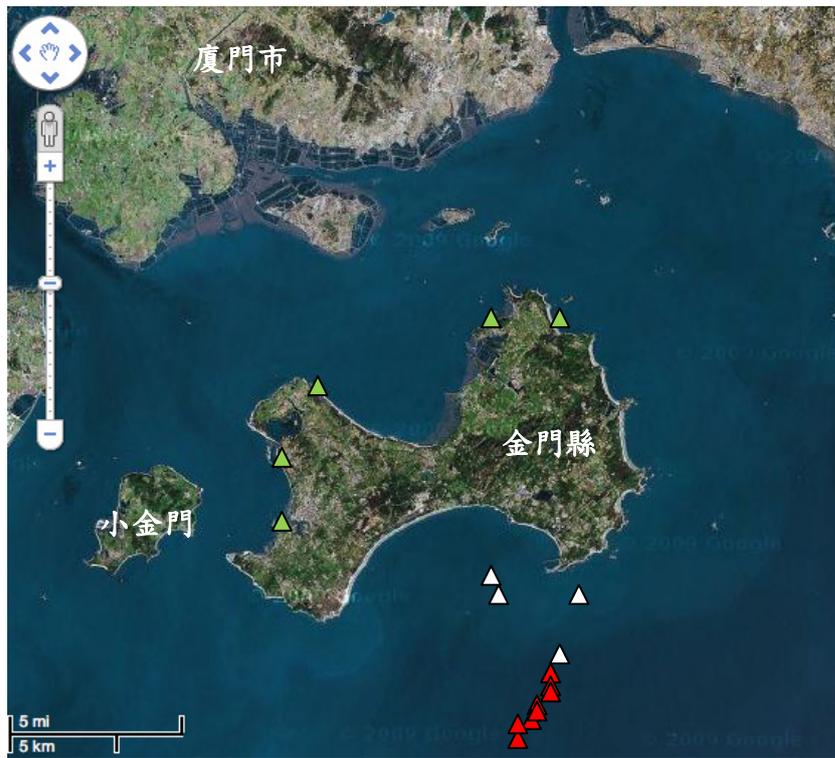
今年又增加了六個屬的藻類，如同去年一樣，糞便中還是帶了很多的無機物類似石粉的顆粒，未來應該進行其他海域的篩檢以確認文昌魚的食性。

八、金門水試所的文昌魚試養殖

今年開始的文昌魚試養殖，已經度過高溫 30°C 的考驗，目前正準備測試冬天寒流的狀態下，熱帶品種白氏文昌魚對冬天金門的低水溫下的耐受度如何，很值得好好觀察，不過結果就必須放到明年的報告中。

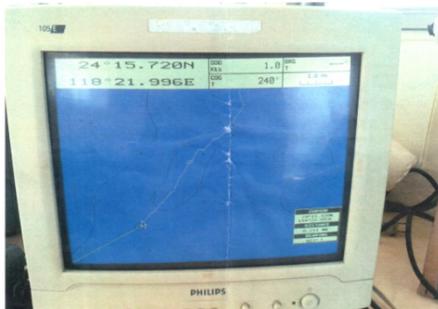
圖 1: 採樣地點及方法

(a)



- △ 僅收穫底質的採樣點
- ▲ 有採集到文昌魚的採樣點
- ▲ 星蟲採樣點

(b)



(a)本研究採樣點，白色:2012年試採樣區域，紅色:2013年樣區 綠色:星蟲採樣點
(b)左:上下，文昌魚採樣路線，右上:採樣拖網 右下:採集方法

表 1: 文昌魚的採樣地點資訊列表(a)經度(東經)(b)緯度(北緯)(c)深度(d)水溫

(a)

| site | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 日期 | | | | | | | | | | |
| 4月27日 | 24°19'61" | 24°18'55" | 24°17'74" | 24°16'65" | 24°15'96" | 24°15'56" | 24°16'46" | 天候不佳 | 天候不佳 | 天候不佳 |
| 5月7日 | 24°19'61" | 24°18'90" | 24°18'54" | 24°18'16" | 24°17'78" | 24°17'40" | 24°16'94" | 24°16'64" | 24°16'26" | 24°15'92" |
| 6月17日 | 24°19'61" | 24°18'90" | 24°18'54" | 24°18'16" | 24°17'78" | 24°17'40" | 24°16'94" | 24°16'64" | 24°16'26" | 24°15'92" |
| 7月16日 | 24°19'61" | 24°18'90" | 24°18'54" | 24°18'16" | 24°17'78" | 24°17'40" | 24°16'94" | 24°16'64" | 24°16'26" | 24°15'92" |
| 8月8日 | 24°19'55" | 24°18'91" | 24°18'52" | 24°18'14" | 24°17'77" | 24°17'39" | 24°16'91" | 24°16'62" | 24°16'25" | 24°15'92" |
| 9月12日 | 24°19'57" | 24°18'91" | 24°18'51" | 24°18'14" | 24°17'76" | 24°17'40" | 24°16'89" | 24°16'62" | 24°16'24" | 24°15'92" |

(b)

| site | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 日期 | | | | | | | | | | |
| 4月27日 | 118°25'44" | 118°24'77" | 118°23'86" | 118°22'93" | 118°21'97" | 118°26'69" | 118°27'05" | 天候不佳 | 天候不佳 | 天候不佳 |
| 5月7日 | 118°25'45" | 118°24'95" | 118°24'55" | 118°24'11" | 118°23'74" | 118°23'42" | 118°23'14" | 118°22'80" | 118°22'49" | 118°22'09" |
| 6月17日 | 118°25'45" | 118°24'95" | 118°24'55" | 118°24'11" | 118°23'74" | 118°23'42" | 118°23'14" | 118°22'80" | 118°22'49" | 118°22'09" |
| 7月16日 | 118°25'45" | 118°24'95" | 118°24'55" | 118°24'11" | 118°23'74" | 118°23'42" | 118°23'14" | 118°22'80" | 118°22'49" | 118°22'09" |
| 8月8日 | 118°25'55" | 118°24'91" | 118°24'53" | 118°24'12" | 118°23'75" | 118°23'42" | 118°23'14" | 118°22'80" | 118°22'49" | 118°22'10" |
| 9月12日 | 118°25'57" | 118°24'.91" | 118°24'55" | 118°24'09" | 118°23'73" | 118°23'44" | 118°23'13" | 118°22'80" | 118°22'49" | 118°22'10" |

(c)

| site | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 日期 | | | | | | | | | | |
| 4月27日 | 28.2m | 24.9m | 22.5m | 27.3m | 28.5m | 30.2m | 24m | 天候不佳 | 天候不佳 | 天候不佳 |
| 5月7日 | 28.2m | 26m | 23.6m | 22.2m | 22.3m | 23.8m | 25.8m | 26.5m | 27.8m | 27.8m |
| 6月17日 | 28m | 24.5m | 22.7m | 20.5m | 22.3m | 20.5m | 22m | 22.9m | 23.6m | 23.6m |
| 7月16日 | 27.5m | 24.7m | 22.2m | 20m | 19.5m | 21.3m | 22.8m | 23m | 24m | 23.7m |
| 8月8日 | 27.6m | 26m | 23.3m | 21.3m | 21.5m | 23.1m | 25.3m | 26.2m | 27.6m | 27.5m |
| 9月12日 | 24.8m | 22.4m | 20m | 18.4m | 18.4m | 19.5m | 21.8m | 22.5m | 23.8m | 24.3m |

(d)

| site | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 日期 | | | | | | | | | | |
| 4月27日 | 18.9°C | 18.9°C | 18.8°C | 18.9°C | 18.9°C | 18.9°C | 18.9°C | 天候不佳 | 天候不佳 | 天候不佳 |
| 5月7日 | 19.8°C | 20°C | 20°C | 20.1°C | 20°C | 20.2°C | 20.2°C | 20.4°C | 20.3°C | 20.4°C |
| 6月17日 | 26.5°C | 26.6°C | 26.6°C | 27.2°C | 20°C | 27.2°C | 27.2°C | 28.1°C | 28.3°C | 28.3°C |
| 7月16日 | 27.3°C | 27.3°C | 27.4°C | 27.4°C | 27.5°C | 27.5°C | 27.7°C | 27.7°C | 27.8°C | 27.6°C |
| 8月8日 | 27.5°C | 27.7°C | 27.8°C | 28.2°C | 28.3°C | 28°C | 28.2°C | 28.2°C | 28.4°C | 28.5°C |
| 9月12日 | 27.6°C | 27.7°C | 27.8°C | 28.8°C | 27.8°C | 27.8°C | 27.9°C | 27.8°C | 27.8°C | 27.8°C |

表 2: 白氏文昌魚 *Branchiostoma belcheri* 在 4 月到 9 月採樣中的大小測量以及生殖腺的觀察

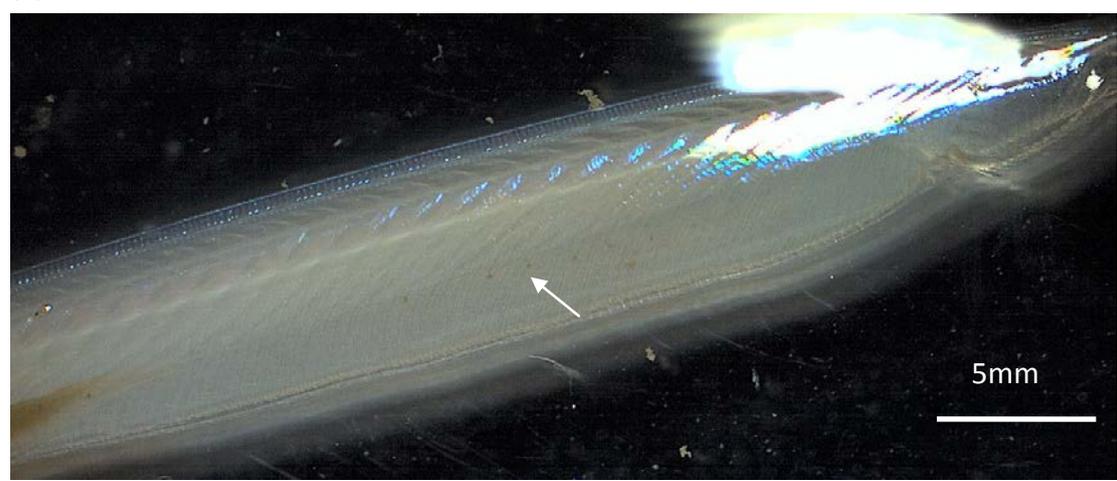
| 魚種 | 白氏文昌魚 <i>Branchiostoma belcheri</i> | | | | | |
|--------------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|
| 月份 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 |
| 總數 | 0 | 53 | 66 | 23 | 14 | 16 |
| 平均體長 | N/A | 28.60mm | 29.32mm | 31.72mm | 29.00mm | 31.20 |
| 體長分佈 | | | | | | |
| <20mm | N/A | 7.55% | 9.10% | 4.35% | 0% | 0% |
| 20~30mm | N/A | 50.94% | 16.67% | 34.78% | 64.29% | 50% |
| >30mm | N/A | 41.51% | 74.23% | 60.87% | 35.71% | 50% |
| 最小體長 | N/A | 16.48mm | 15.13mm | 19.17mm | 20.15mm | 21.39mm |
| 最大體長 | N/A | 40.17mm | 42.81mm | 41.16mm | 38.32mm | 44.18mm |
| 生殖腺發育 個體數百分比(%) | N/A | 32.08% | 24.24% | 21.74% | 50.00% | 56.25% |
| 性比(♂/ ♀) | N/A | N/A | 2/3 | 0/0 | 1/3 | 5/1 |
| GSI | N/A | 0.60 | 0.56 | 0.43 | 1.28 | 1.75 |

表 3: 日本文昌魚 *Branchiostoma japonicum* 在 4 月到 9 月採樣中的大小測量以及生殖腺的觀察

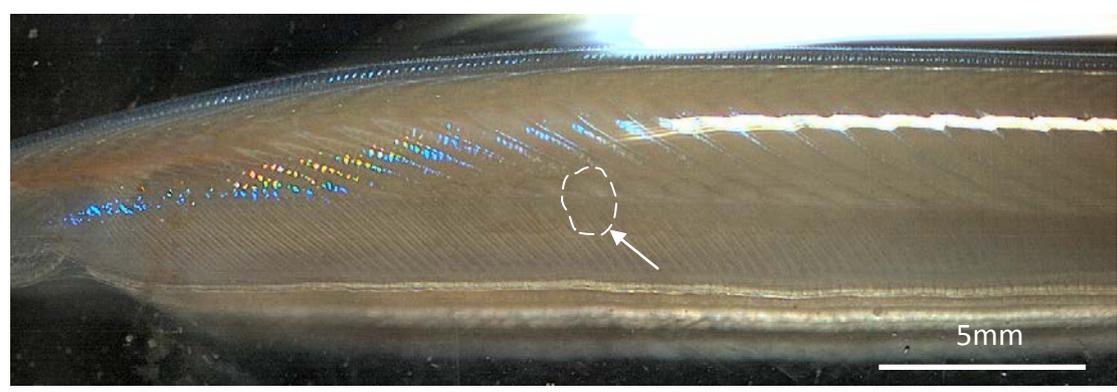
| 魚種 | 日本文昌魚 <i>Branchiostoma japonicum</i> | | | | | |
|-----------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| 月份 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 |
| 總數 | 28 | 97 | 77 | 36 | 20 | 18 |
| 平均體長 | 26.96mm | 29.90mm | 32.85mm | 29.16mm | 30.92mm | 34.23mm |
| 體長分佈 | | | | | | |
| <20mm | 17.86% | 4.12% | 3.90% | 11.11% | 0% | 0% |
| 20~30mm | 39.29% | 41.24% | 23.38% | 47.22% | 45.00% | 22.22% |
| >30mm | 42.85% | 54.64% | 72.72% | 41.67% | 55.00% | 77.78% |
| 最小體長 | 11.04mm | 14.17mm | 14.47mm | 16.81mm | 21mm | 26.16mm |
| 最大體長 | 38.34mm | 40.96mm | 43.23mm | 43.88mm | 42.90mm | 41.35mm |
| 生殖腺發育個體數百分比 (%) | 64.29% | 59.98% | 63.64% | 41.67% | 55.00% | 72.22% |
| 性比(♂/♀) | 6/3 | 18/5 | 2/2 | 0/0 | 2/2 | 4/4 |
| GSI | 1.66 | 1.47 | 1.24 | 0.75 | 1.1 | 1.55 |

圖 2: 採集到的白氏文昌魚三月的生殖腺

(a)



(b)



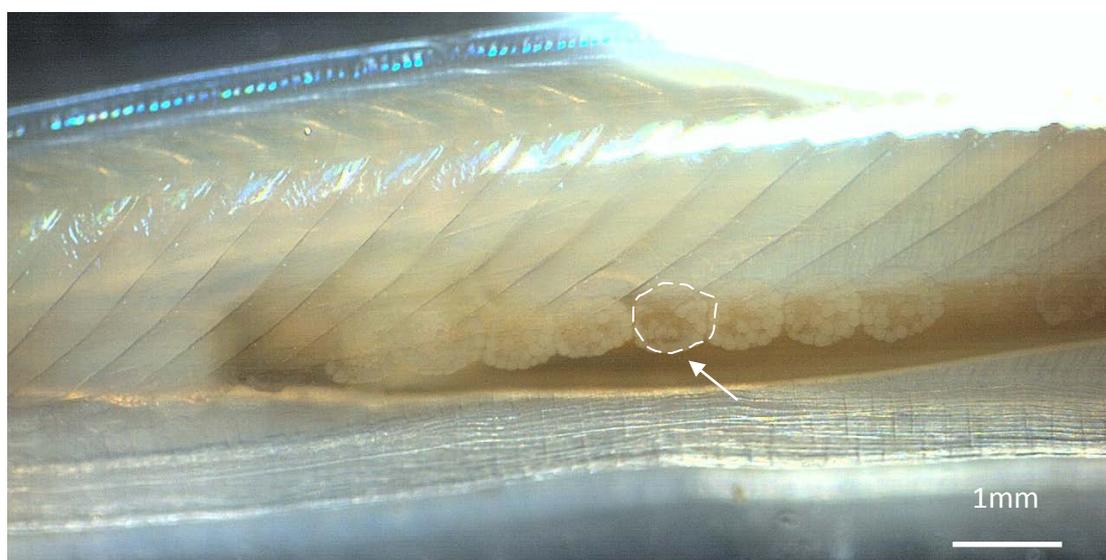
(a) 白氏文昌魚 *Branchiostoma belcheri* gonad stage 1, 僅呈現褐色的生殖上皮 arrow: 褐色的生殖上皮 (b) gonad stage 0, 僅有生殖腺的輪廓, 生殖上皮尚不明顯 arrow: 生殖腺, 虛線框起為 gonad 的範圍

圖 3: 採集到的白氏文昌魚生殖腺

(a)



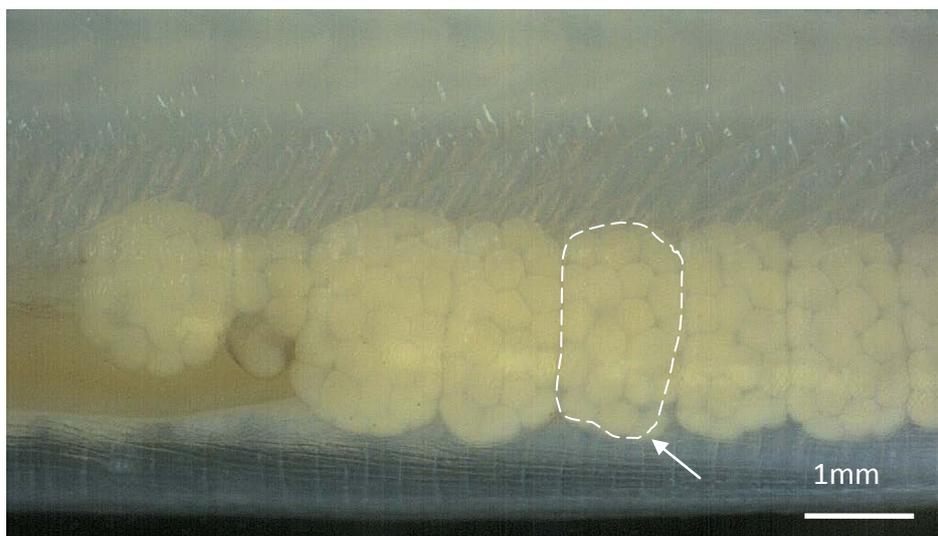
(b)



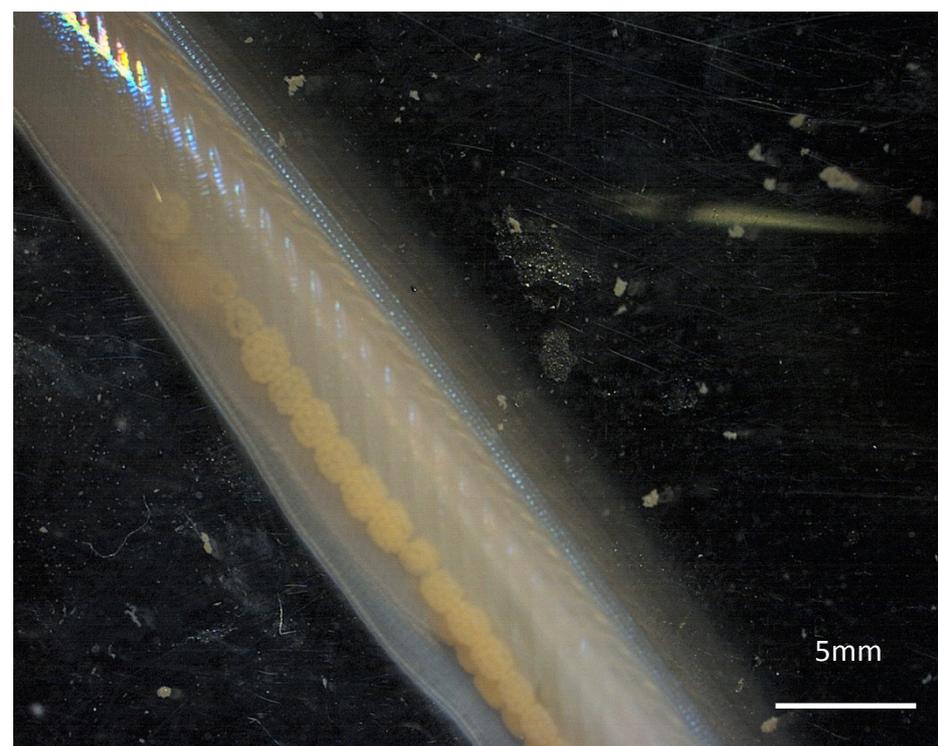
(a) 白氏文昌魚 *Branchiostoma belcheri* gonad stage 3 雄性精巢, (b) gonad stage 2 雌性卵巢, 卵粒還呈現透明 arrow: 卵巢

圖 4: 採集到的日本文昌魚雌性生殖腺

(a)



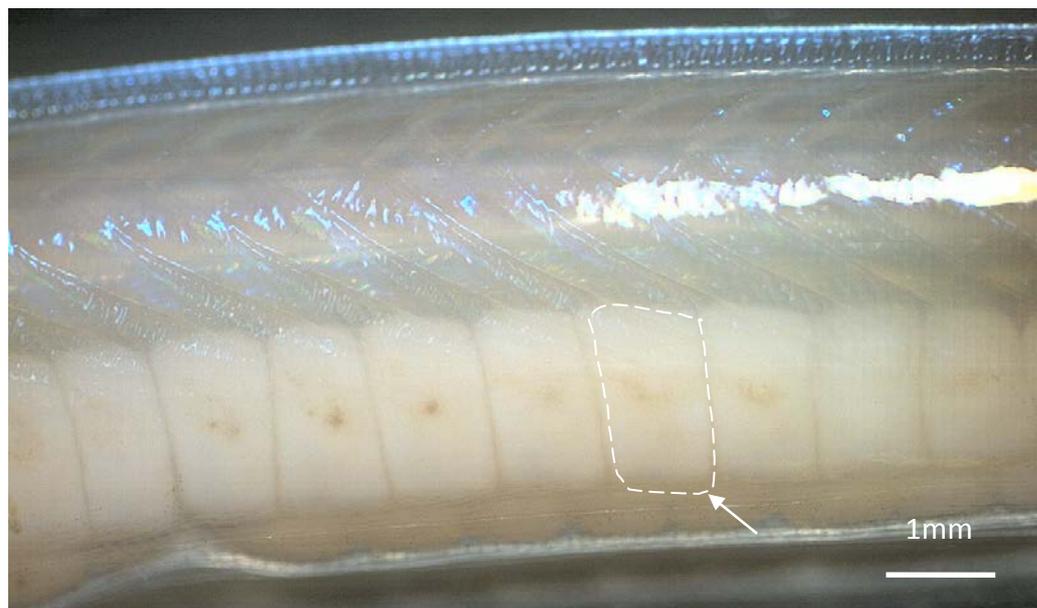
(b)



(a) 日本文昌魚 *Branchiostoma japonicum* gonad stage 2~3 雌性 四月採集, arrown 所指白色虛線為一個 gonad (b) gonad stage 2 雌性五月採集

圖 5: 採集到的日本文昌魚雄性生殖腺

(a)



(b)



(a) 日本文昌魚 *Branchiostoma japonicum* gonad stage 3 雄性 四月採集, (b) gonad stage 2 四月採集 arrow: 精巢, 白色虛線範圍為一個精巢

圖 6: 不同採樣地點(site 1~4)平均底質組成百分比(左)以及底質組成的月變化(右)

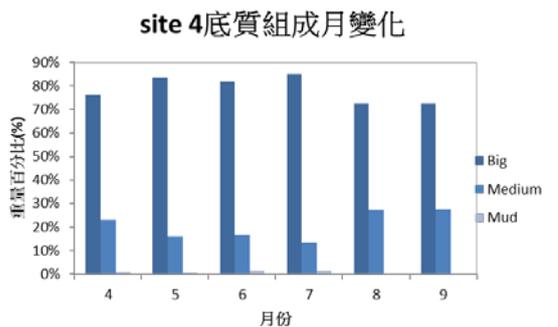
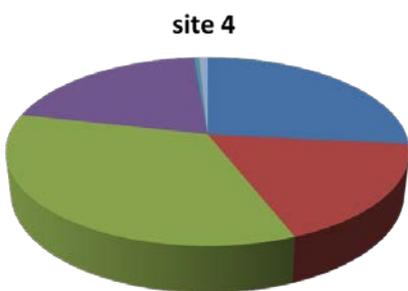
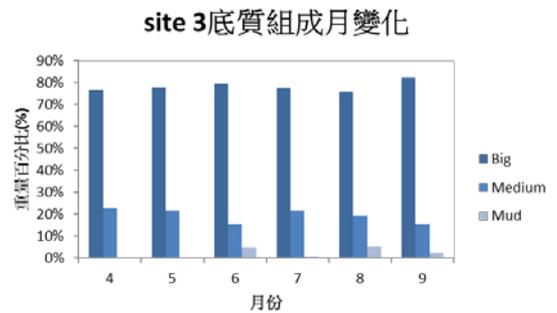
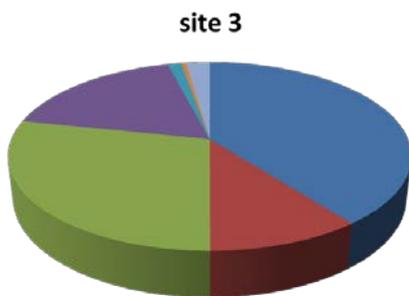
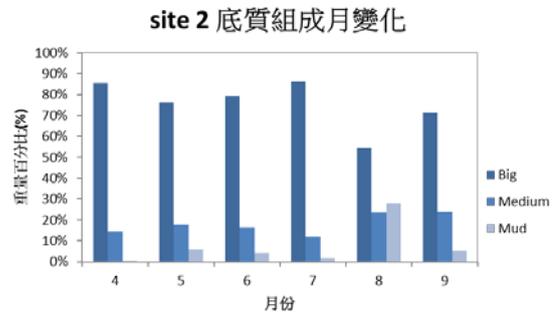
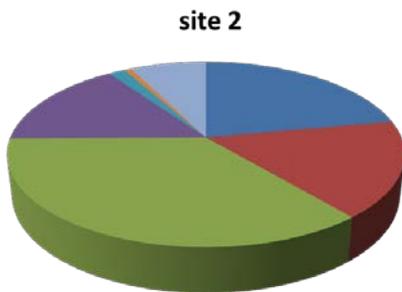
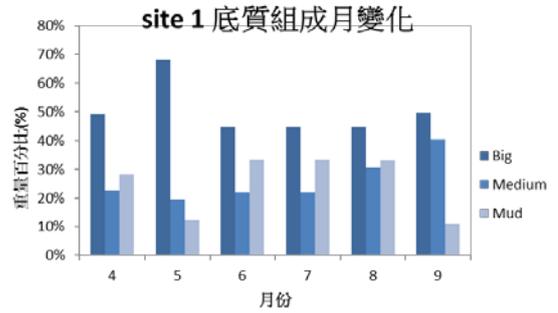
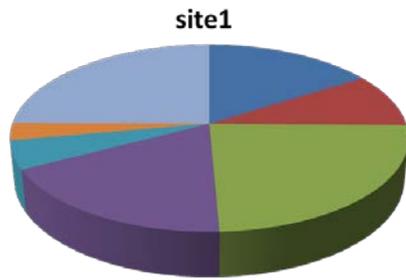


圖 7: 不同採樣地點(site 5~8)平均底質組成百分比(左)以及底質組成的月變化(右)

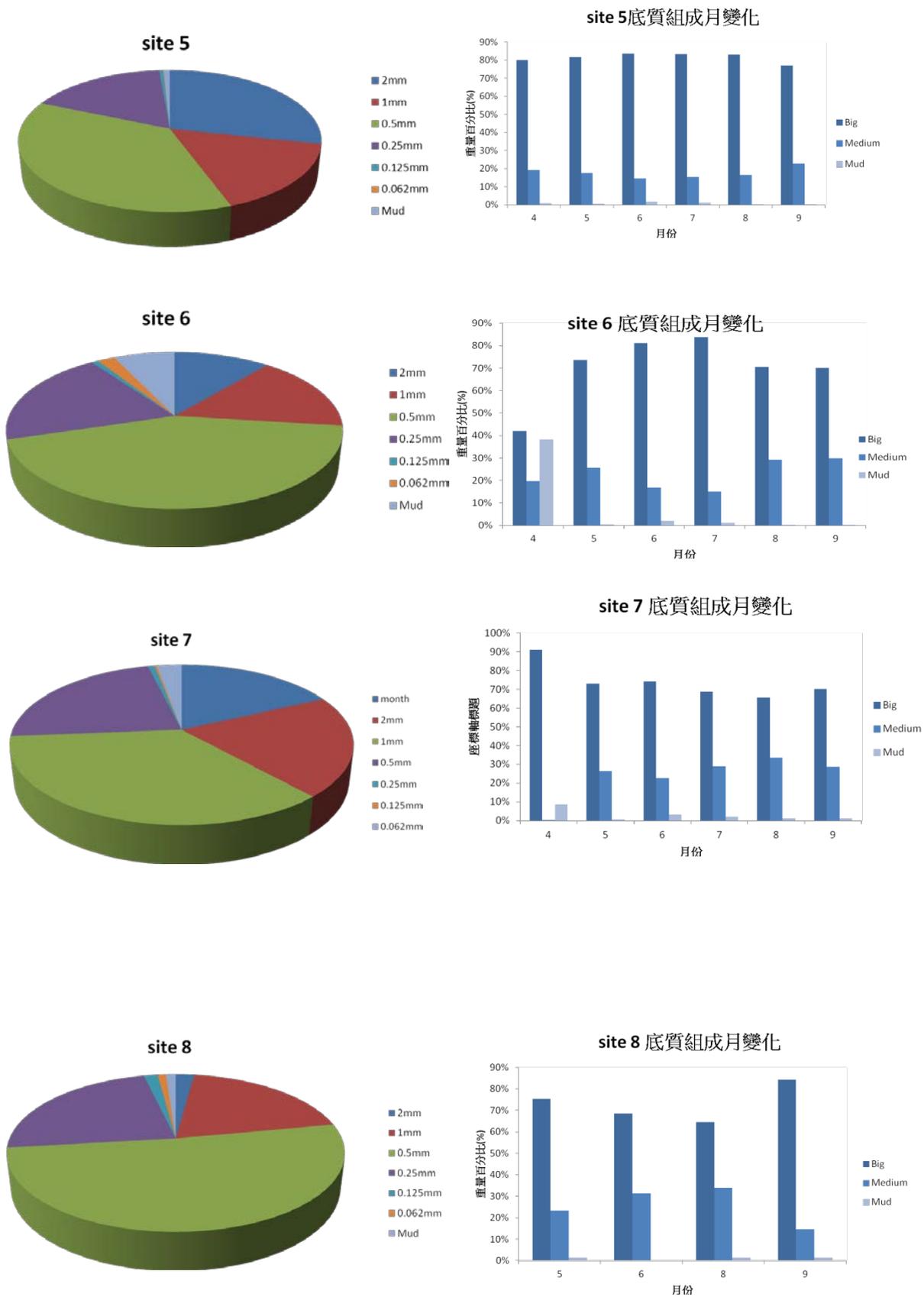


圖 8: 不同採樣地點(site 9~10)平均底質組成百分比(左)以及底質組成的月變化(右)

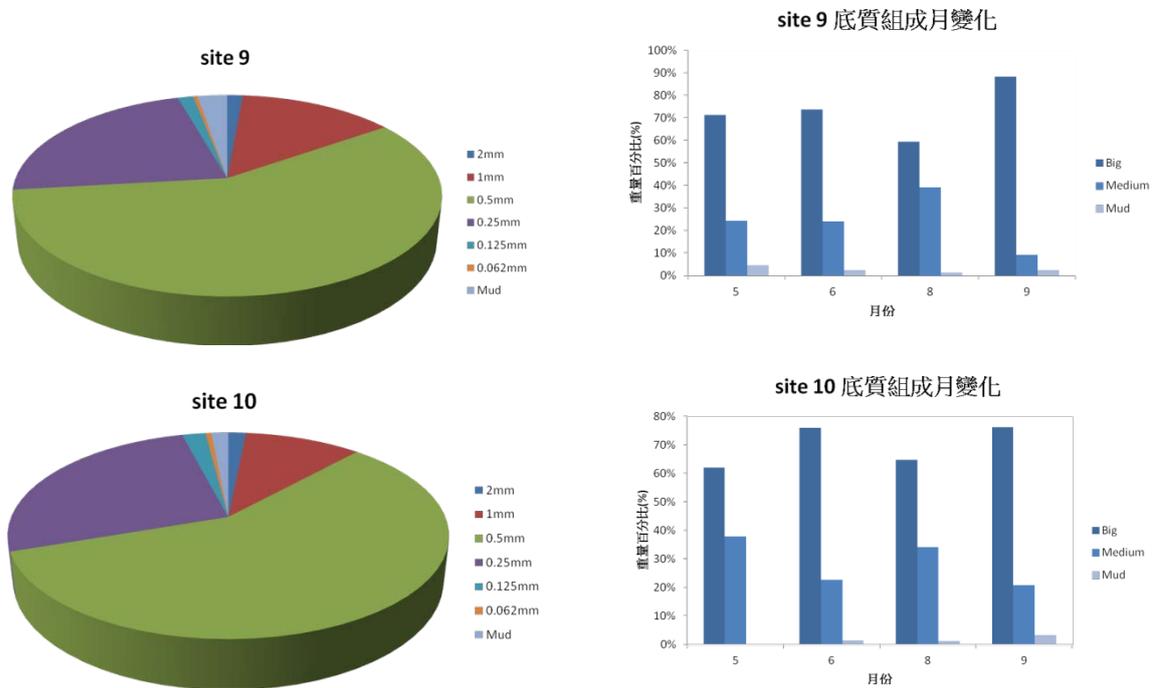


表 4: 以線性回歸分析比較 大顆粒底質(>0.5mm)百分比與(a)兩種文昌魚出現頻率(b)白氏文昌魚出現頻率(c)日本文昌魚出現頻率之間的關係,有顯著線性關係為(*: P<0.05, Sig.<0.05)

(a)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|-------|----------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .095 | 1 | .095 | 7.213 | .010*(a) |
| | Residual | .685 | 52 | .013 | | |
| | Total | .780 | 53 | | | |
| a Predictors: (Constant), TOTAL | | | | | | |
| b Dependent Variable: BIG | | | | | | |

(b)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|-------|----------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .063 | 1 | .063 | 4.580 | .037*(a) |
| | Residual | .717 | 52 | .014 | | |
| | Total | .780 | 53 | | | |
| a Predictors: (Constant), BBDEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: BIG | | | | | | |

(c)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|-------|----------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .091 | 1 | .091 | 6.838 | .012*(a) |
| | Residual | .690 | 52 | .013 | | |
| | Total | .780 | 53 | | | |
| a Predictors: (Constant), BJDEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: BIG | | | | | | |

表 5: 以線性回歸分析比較 中顆粒底質(0.5mm~0.062mm)百分比與(a)兩種文昌魚出現頻率(b)白氏文昌魚出現頻率(c)日本文昌魚出現頻率之間的關係,有顯著線性關係為(*:P<0.05, Sig.<0.05)

(a)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|-------|---------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .014 | 1 | .014 | 2.380 | .129(a) |
| | Residual | .302 | 52 | .006 | | |
| | Total | .315 | 53 | | | |
| a Predictors: (Constant), TOTAL | | | | | | |
| b Dependent Variable: MED | | | | | | |

(b)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|-------|---------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .011 | 1 | .011 | 1.881 | .176(a) |
| | Residual | .304 | 52 | .006 | | |
| | Total | .315 | 53 | | | |
| a Predictors: (Constant), BBDEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: MED | | | | | | |

(c)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|-------|---------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .011 | 1 | .011 | 1.952 | .168(a) |
| | Residual | .304 | 52 | .006 | | |
| | Total | .315 | 53 | | | |
| a Predictors: (Constant), BJDEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: MED | | | | | | |

表 6:以線性回歸分析比較 細顆粒(泥)底質(<0.062mm)百分比與(a)兩種文昌魚出現頻率(b)白氏文昌魚出現頻率(c)日本文昌魚出現頻率之間的關係,有顯著線性關係為(*:P<0.05, Sig.<0.05)

(a)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|-------|----------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .042 | 1 | .042 | 4.281 | .044*(a) |
| | Residual | .507 | 52 | .010 | | |
| | Total | .549 | 53 | | | |
| a Predictors: (Constant), TOTAL | | | | | | |
| b Dependent Variable: MUD | | | | | | |

(b)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|----------------------------------|------------|----------------|----|-------------|-------|---------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .025 | 1 | .025 | 2.450 | .124(a) |
| | Residual | .524 | 52 | .010 | | |
| | Total | .549 | 53 | | | |
| a Predictors: (Constant), BB DEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: MUD | | | | | | |

(c)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|----------------------------------|------------|----------------|----|-------------|-------|----------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .043 | 1 | .043 | 4.435 | .040*(a) |
| | Residual | .506 | 52 | .010 | | |
| | Total | .549 | 53 | | | |
| a Predictors: (Constant), BJ DEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: MUD | | | | | | |

表 7: 以線性回歸分析比較 大顆粒底質(>0.5mm)百分比與(a) 白氏文昌魚平均體長(b)日本文昌魚平均體長之間的關係，有顯著線性關係為(*:P<0.05，Sig.<0.05)

(a)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|--------------------------------|------------|----------------|----|-------------|-------|----------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .057 | 1 | .057 | 4.103 | .048*(a) |
| | Residual | .723 | 52 | .014 | | |
| | Total | .780 | 53 | | | |
| a Predictors: (Constant), BLEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: BIG | | | | | | |

(b)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|--------|----------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .136 | 1 | .136 | 10.813 | .002*(a) |
| | Residual | .644 | 51 | .013 | | |
| | Total | .780 | 52 | | | |
| a Predictors: (Constant), BJLEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: BIG | | | | | | |

表 8: 以線性回歸分析比較，中顆粒底質(0.5mm~0.062mm)百分比與(a) 白氏文昌魚平均體長(b)日本文昌魚平均體長之間的關係，有顯著線性關係為(*:P<0.05，Sig.<0.05)

(a)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|------|---------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .002 | 1 | .002 | .367 | .547(a) |
| | Residual | .313 | 52 | .006 | | |
| | Total | .315 | 53 | | | |
| a Predictors: (Constant), BBLEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: MED | | | | | | |

(b)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|------|---------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .002 | 1 | .002 | .249 | .620(a) |
| | Residual | .308 | 51 | .006 | | |
| | Total | .310 | 52 | | | |
| a Predictors: (Constant), BJLEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: MED | | | | | | |

表 9: 以線性回歸分析比較, 泥沙(<0.062mm)百分比與(a) 白氏文昌魚平均體長 (b)日本文昌魚平均體長之間的關係, 有顯著線性關係為(*:P<0.05, Sig. <0.05)

(a)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|--------|----------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .094 | 1 | .094 | 10.781 | .002*(a) |
| | Residual | .455 | 52 | .009 | | |
| | Total | .549 | 53 | | | |
| a Predictors: (Constant), BBLEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: MUD | | | | | | |

(b)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|--------|----------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .126 | 1 | .126 | 15.284 | .000*(a) |
| | Residual | .420 | 51 | .008 | | |
| | Total | .546 | 52 | | | |
| a Predictors: (Constant), BJLEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: MUD | | | | | | |

表 10: 以線性回歸分析比較，底質有機質百分比與(a) 白氏文昌魚平均體長(b) 日本文昌魚平均體長之間的關係，有顯著線性關係為(*:P<0.05，Sig.<0.05)

(a)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|-------|---------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .045 | 1 | .045 | 1.543 | .223(a) |
| | Residual | .929 | 32 | .029 | | |
| | Total | .974 | 33 | | | |
| a Predictors: (Constant), BBLEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: ORGANIC | | | | | | |

(b)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|------|---------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .006 | 1 | .006 | .198 | .660(a) |
| | Residual | .968 | 32 | .030 | | |
| | Total | .974 | 33 | | | |
| a Predictors: (Constant), BJLEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: ORGANIC | | | | | | |

表 11: 以線性回歸分析比較，底質可酸分解(主要是碳酸鹽)百分比與(a) 白氏文昌魚平均體長(b)日本文昌魚平均體長之間的關係，有顯著線性關係為 (*:P<0.05, Sig.<0.05)

(a)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|-------|---------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .025 | 1 | .025 | 2.090 | .158(a) |
| | Residual | .389 | 32 | .012 | | |
| | Total | .414 | 33 | | | |
| a Predictors: (Constant), BBLEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: SHELL | | | | | | |

(b)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|------|---------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .002 | 1 | .002 | .140 | .711(a) |
| | Residual | .413 | 32 | .013 | | |
| | Total | .414 | 33 | | | |
| a Predictors: (Constant), BJLEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: SHELL | | | | | | |

表 12: 以線性回歸分析比較, 底質可酸分解(主要是碳酸鹽)百分比與(a)兩種文昌魚出現頻率(b)白氏文昌魚出現頻率(c)日本文昌魚出現頻率之間的關係, 有顯著線性關係為(*:P<0.05, Sig.<0.05)

(a)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|------|---------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .009 | 1 | .009 | .717 | .403(a) |
| | Residual | .405 | 32 | .013 | | |
| | Total | .414 | 33 | | | |
| a Predictors: (Constant), TOTAL | | | | | | |
| b Dependent Variable: SHELL | | | | | | |

(b)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|------|---------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .010 | 1 | .010 | .761 | .390(a) |
| | Residual | .405 | 32 | .013 | | |
| | Total | .414 | 33 | | | |
| a Predictors: (Constant), BBDEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: SHELL | | | | | | |

(c)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|------|---------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .005 | 1 | .005 | .421 | .521(a) |
| | Residual | .409 | 32 | .013 | | |
| | Total | .414 | 33 | | | |
| a Predictors: (Constant), BJDEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: SHELL | | | | | | |

表 13: 以線性回歸分析比較，底質有機質百分比與(a) 白氏文昌魚平均體長(b) 日本文昌魚平均體長之間的關係，有顯著線性關係為(*:P<0.05，Sig.<0.05)

(a)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|-------|---------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .045 | 1 | .045 | 1.543 | .223(a) |
| | Residual | .929 | 32 | .029 | | |
| | Total | .974 | 33 | | | |
| a Predictors: (Constant), BBLEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: ORGANIC | | | | | | |

(b)

| ANOVA(b) | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|----|-------------|------|---------|
| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| 1 | Regression | .004 | 1 | .004 | .120 | .731(a) |
| | Residual | .970 | 32 | .030 | | |
| | Total | .974 | 33 | | | |
| a Predictors: (Constant), BJDEN | | | | | | |
| b Dependent Variable: ORGANIC | | | | | | |

表 14: 以皮爾森(pearson's)兩因子相關分析比較 大顆粒底質(>0.5mm)百分比與(a)兩種文昌魚出現頻率(b)白氏文昌魚出現頻率(c)日本文昌魚出現頻率之間的關係，有顯著線性關係為(*: P<0.05, Sig.<0.05)

(a)

| Correlations | | | |
|--------------|---------------------|----------|----------|
| | | BIG | TOTAL |
| BIG | Pearson Correlation | 1 | .349(**) |
| | Sig. (2-tailed) | . | .010 |
| | N | 54 | 54 |
| TOTAL | Pearson Correlation | .349(**) | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .010 | . |
| | N | 54 | 54 |

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

(b)

| | | BBDEN | BIG |
|-------|---------------------|---------|---------|
| BBDEN | Pearson Correlation | 1 | .285(*) |
| | Sig. (2-tailed) | . | .037 |
| | N | 54 | 54 |
| BIG | Pearson Correlation | .285(*) | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .037 | . |
| | N | 54 | 54 |

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

(c)

| Correlations | | | |
|--------------|---------------------|---------|---------|
| | | BIG | BJDEN |
| BIG | Pearson Correlation | 1 | .341(*) |
| | Sig. (2-tailed) | . | .012 |
| | N | 54 | 54 |
| BJDEN | Pearson Correlation | .341(*) | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .012 | . |
| | N | 54 | 54 |

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

表 15:以皮爾森(pearson' s)兩因子相關分析比較 細顆粒(泥)底質(<0.062mm)百分比與(a)兩種文昌魚出現頻率(b)白氏文昌魚出現頻率(c)日本文昌魚出現頻率之間的關係，有顯著線性關係為(*:P<0.05，Sig.<0.05)

(a)

| Correlations | | | |
|--------------|---------------------|----------|----------|
| | | TOTAL | MUD |
| TOTAL | Pearson Correlation | 1 | -.276(*) |
| | Sig. (2-tailed) | . | .044 |
| | N | 54 | 54 |
| MUD | Pearson Correlation | -.276(*) | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .044 | . |
| | N | 54 | 54 |

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

(b)

| Correlations | | | |
|--------------|---------------------|-------|-------|
| | | MUD | BBDEN |
| MUD | Pearson Correlation | 1 | -.212 |
| | Sig. (2-tailed) | . | .124 |
| | N | 54 | 54 |
| BBDEN | Pearson Correlation | -.212 | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .124 | . |
| | N | 54 | 54 |

(c)

| Correlations | | | |
|--------------|---------------------|----------|----------|
| | | MUD | BJDEN |
| MUD | Pearson Correlation | 1 | -.280(*) |
| | Sig. (2-tailed) | . | .040 |
| | N | 54 | 54 |
| BJDEN | Pearson Correlation | -.280(*) | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .040 | . |
| | N | 54 | 54 |

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

表 16: 星蟲採集的預實驗(包含棲地的粒徑分析)

| 地點 | 編號 | 篩選濾網徑 | | | | | | 備註 |
|----|----|---------|----------|----------|----------|----------|------|-----|
| | | 1.41m/m | 0.177m/m | 0.105m/m | 0.061m/m | 0.037m/m | 0m/m | |
| 西園 | 1 | 28.1g | 159g | 5.4g | 2.6g | 3.3g | 1.3g | 無 |
| | 2 | 11.4g | 172.9g | 6.1g | 1.8g | 2.7g | 1.5g | 2 隻 |
| | 3 | 12.8g | 162.2g | 10.1g | 5.6g | 5.3g | 0.6g | 無 |
| | 4 | 5.2g | 188.1g | 4.9g | 0.2g | 0.4g | 0g | 無 |
| | 5 | 6.6g | 185.1g | 6.6g | 0.9g | 0.4g | 0g | 無 |
| | 6 | 8.3g | 147.4g | 22.2g | 7.2g | 7.6g | 3.4g | 無 |
| | 7 | 10.9g | 160g | 17.2g | 4.8g | 5.6g | 0.7g | 無 |
| | 8 | 4g | 176.7g | 17g | 0.5g | 0.2g | 0.1g | 無 |
| | 9 | 6.1g | 176.9g | 14.3g | 0.4g | 0.3g | 0g | 無 |
| 浯江 | 1 | 9.9g | 145.6g | 22.5g | 13.9g | 5.9g | 2.2g | 無 |
| | 2 | 8.4g | 157.9g | 18g | 7.6g | 4.1g | 1.2g | 無 |
| | 3 | 9g | 176.4g | 6.8g | 4g | 2.5g | 0.3g | 無 |
| 青嶼 | 1 | 14.9g | 143.3g | 39.1g | 5g | 1.9g | 0.6g | 無 |
| | 2 | 23.8g | 78.1g | 88g | 5.8g | 2.1g | 1.2g | 無 |
| 湖下 | 1 | 26.2g | 150.6g | 10.3g | 5.1g | 4.3g | 1.3g | 2 隻 |
| | 2 | 3.6g | 164.2g | 29.3g | 2g | 1g | 0.4g | 無 |
| | 3 | 19.6g | 114.9g | 48.7g | 8.6g | 6.4g | 1g | 無 |
| 龍口 | 1 | 44.2g | 120.4g | 14g | 7.4g | 8.5g | 1.7g | 無 |

粒徑處理方式：

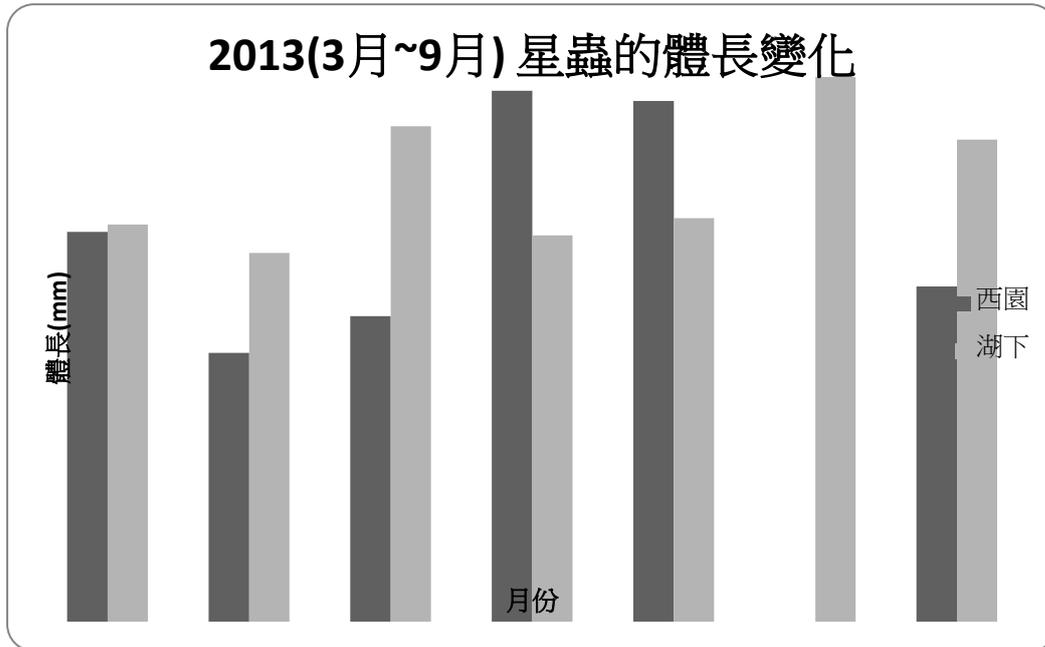
1. 採集回的砂質經晒乾、風乾處理。
2. 未經粒徑儀器前再行烤箱處理烘乾水分(過程 15 分鐘)。
3. 各測點取出 200g 放入篩選器中(震動 5 分鐘)。

表 17: 2013 年三月到九月星蟲採樣與測量的結果

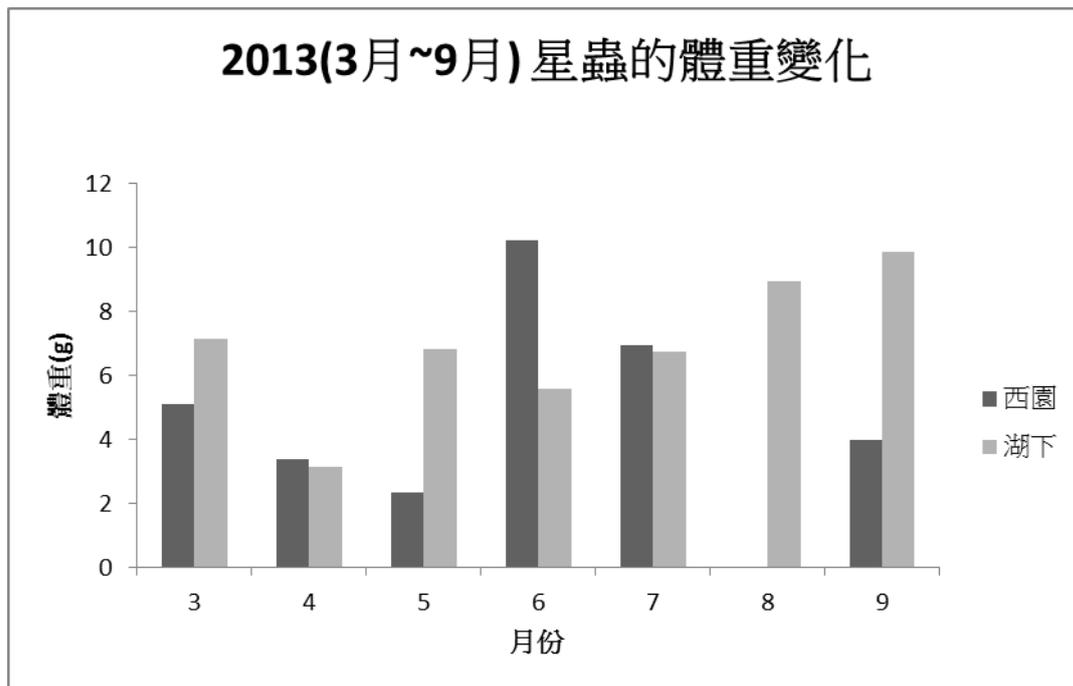
| 地點/月份 | 平均體長 (mm) | 平均體 重(g) | 體寬 (頭)(mm) | 體寬 (中)(mm) | 體寬 (後)(mm) | 隻數 |
|-------------|--------------|-------------|---------------|---------------|---------------|----|
| 3 月 | 73.15 | 5.75 | 8.55 | 9.68 | 9.0 | 16 |
| 4 月(西 園) | 54.87 | 3.39 | 6.10 | 7.58 | 6.60 | 3 |
| 4 月(湖 下) | 75.23 | 3.15 | 6.80 | 7.16 | 6.81 | 2 |
| 5 月(西 園) | 62.35 | 2.32 | 5.20 | 7.07 | 5.94 | 3 |
| 5 月(湖 下) | 101.07 | 6.81 | 8.47 | 10.01 | 7.84 | 4 |
| 6 月(西 園) | 108.32 | 10.31 | 9.18 | 9.79 | 8.31 | 1 |
| 6 月(湖 下) | 78.81 | 5.59 | 8.72 | 9.31 | 7.60 | 6 |
| 7 月(西 園) | 106.27 | 8.58 | 10.36 | 8.56 | 6.94 | 2 |
| 7 月(湖 下) | 82.34 | 8.40 | 9.95 | 8.89 | 6.74 | 7 |
| 8 月(西 園) | 運送中死 亡 | ND | ND | ND | ND | - |
| 8 月(湖 下) | 111.12 | 9.49 | 10.41 | 9.79 | 8.95 | 2 |
| 9 月(西 園) | 68.41 | 6.12 | 7.28 | 6.05 | 3.98 | 3 |
| 9 月(湖 下) | 98.36 | 10.38 | 10.77 | 10.03 | 9.85 | 5 |
| Total | | | | | | 54 |

圖 9: 2013 年度採樣西園及湖下地區所採集到的星蟲樣本，

(a)



(b)



(a)平均體長 (b) 平均體重在不同月份下的變化

圖 10: 金門星蟲體長體重的線性回歸結果(N=54)

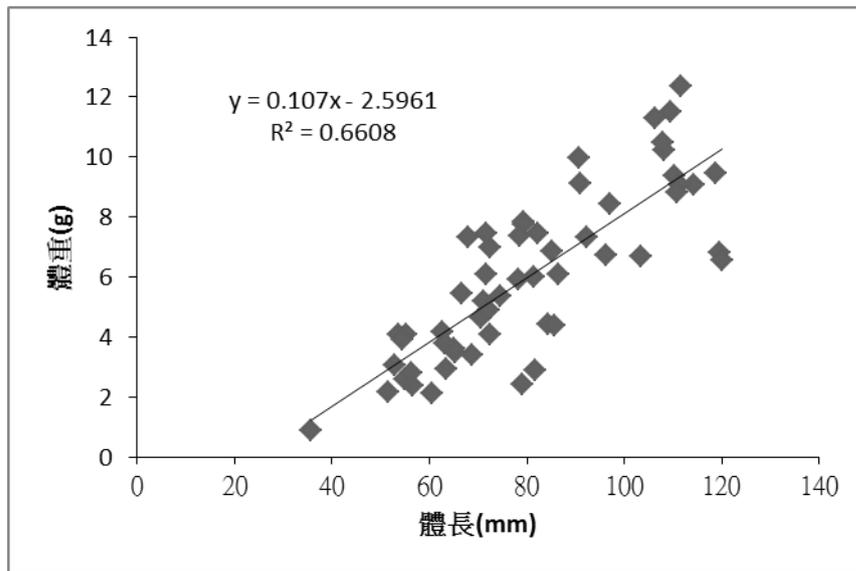
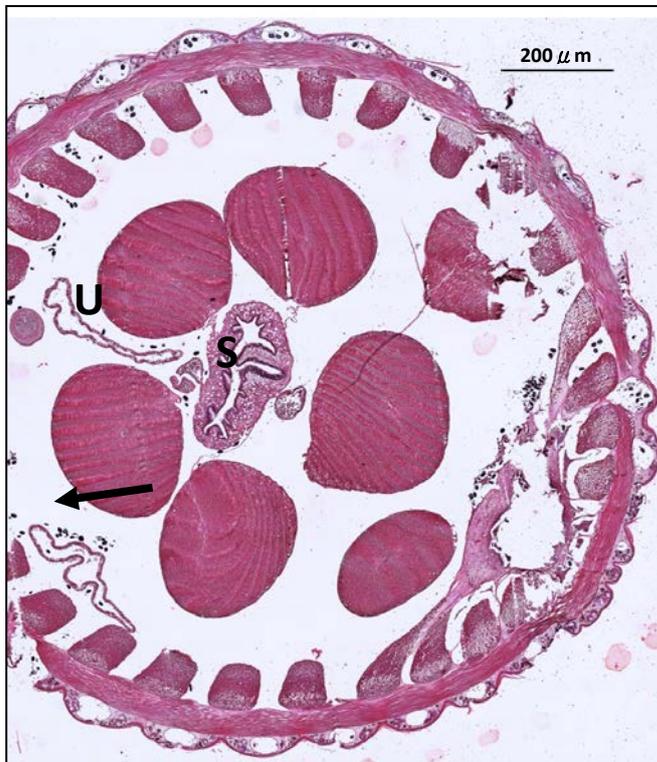


圖 11:生殖器官

(a)



(b)



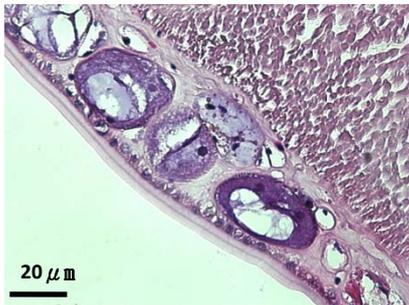
(a)內部器官(b)環肌縱肌交錯的體壁橫切面，一對腎管(U)，消化道(S)環繞著五條固腸肌，箭頭指示為被收集入腎管的精子

圖 12: 星蟲的精巢發育過程

(a) (b)



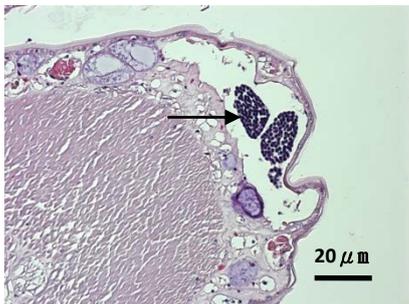
(c)



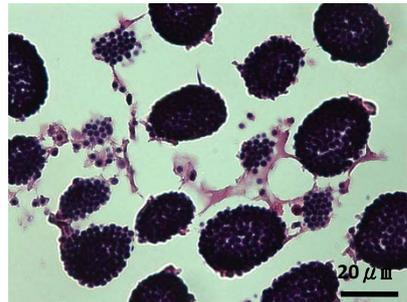
(d)



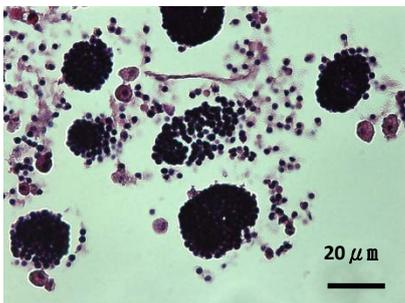
(e)



(f)



(g)



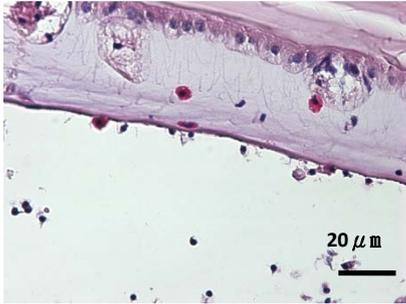
(h)



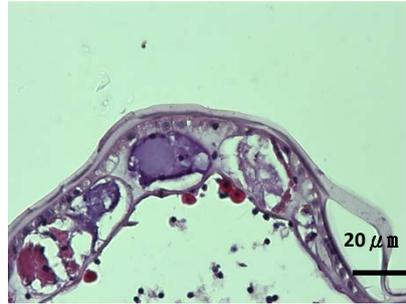
(a)表皮下方的原始生殖細胞(箭頭)開始分化，產生嗜伊紅性的早期生殖細胞團(箭頭)(b)及充滿嗜鹼性均質細胞質的生殖細胞團(箭頭)(c)細胞質內開始出現大型的液泡或油滴(d)並在濾泡細胞內發育出精母細胞團(e)精母細胞團(箭頭)隨著體壁的胞吐作用掉落到體腔中(f)懸浮在體液中的精母細胞會繼續發育(g)由緊密的黏結進入鬆散，細胞核也逐漸緻密(h)成熟的精子團會被腎管收集進行成熟化

圖 13: 星蟲的卵巢發育過程

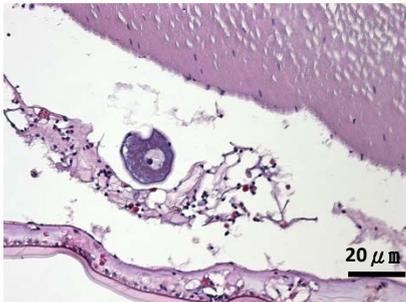
(a)



(b)



(c)



(d)



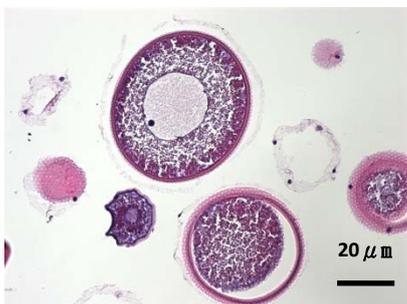
(e)



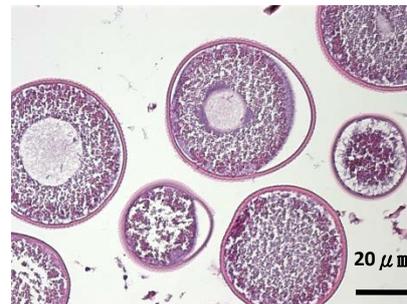
(f)



(g)



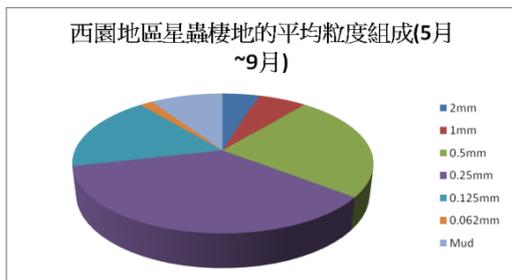
(h)



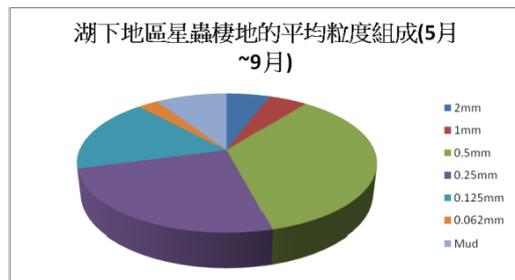
(a)表皮下方的原始生殖細胞(箭頭)開始分化，產生嗜伊紅性的早期生殖細胞團 (b) 及充滿嗜鹼性均質細胞質的生殖細胞團，其後細胞質內開始出現大型的液泡或油滴(c) 卵母細胞被釋放入體腔成長，並可以觀察到明顯的濾泡細胞(箭頭)(d)早期的卵母細胞細胞內可以見到嗜酸性的顆粒(e)在濾泡的周圍看到大型的液泡或油滴(f)懸浮在體液中的卵母細胞會繼續發育並加厚卵膜 增加細胞質與核的體積(g)核仁會相當明顯並未於細胞核的一側 (h)成熟卵核膜會消失並被腎管收集進行成熟化

圖 14: 四個星蟲棲地的棲地底質組成

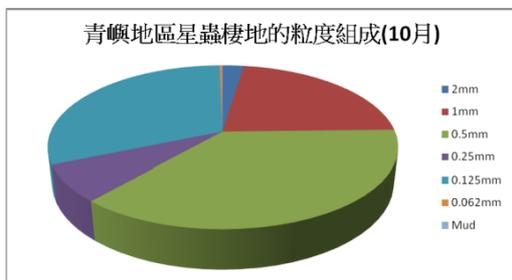
(a)



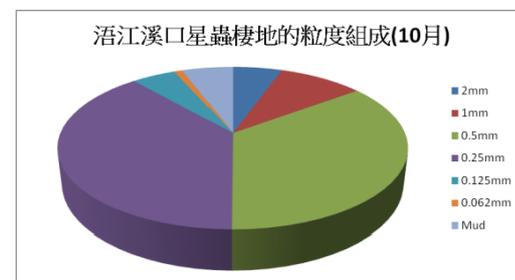
(b)



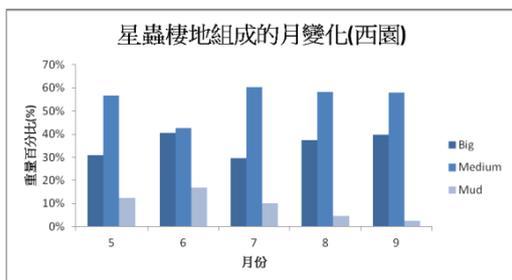
(b)



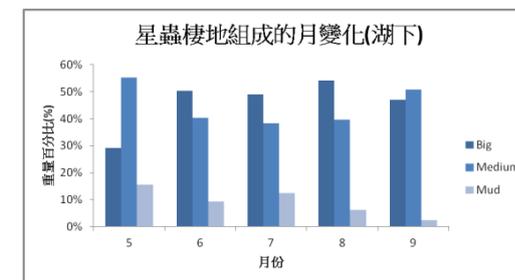
(d)



(e)



(f)

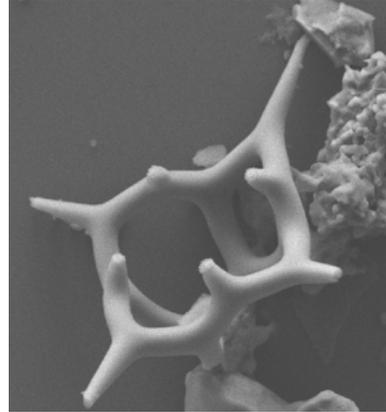
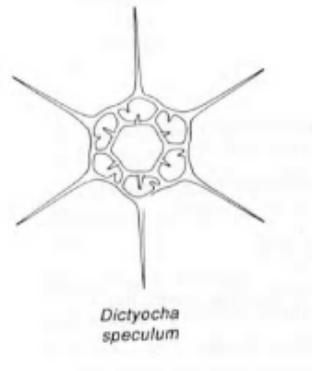


(a)西園地區的平均棲地底質組成(5~9月)(b)湖下地區的平均棲地底質組成(5~9月)(c)青嶼地區十月的棲地底質組成(d)涇江溪口地區十月的棲地底質組成(e)西園地區的棲地底質組成月變化(5~9月)(f)湖下地區的棲地底質組成月變化(5~9月)

圖 15: 排遺內含可鑑別藻類 SEM 附圖(右方手繪圖取材自: Carmelo R. Tomas, 1990
 “ Identifying Marine Phytoplankton”)

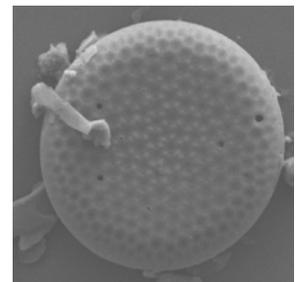
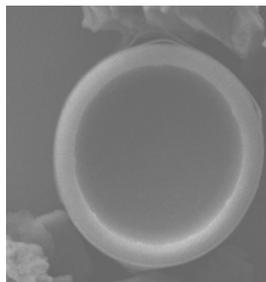
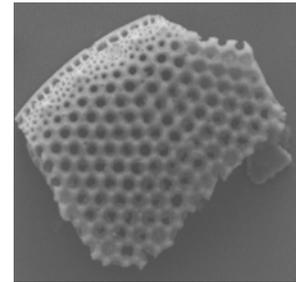
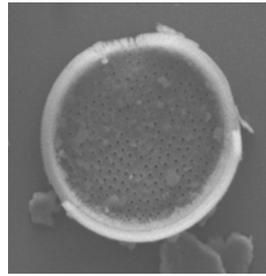
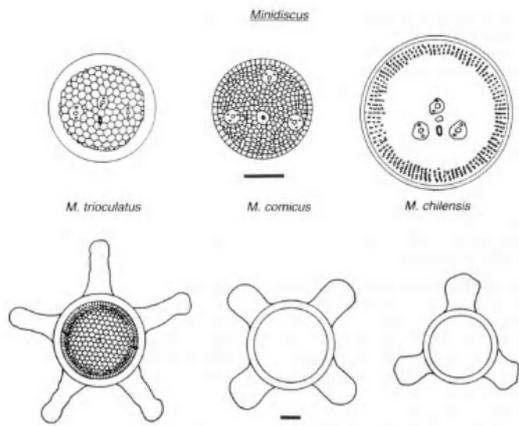
(a)

Order Dictyochaes (Hackel 1894) Family Dictyochaese Genus Dictyocha



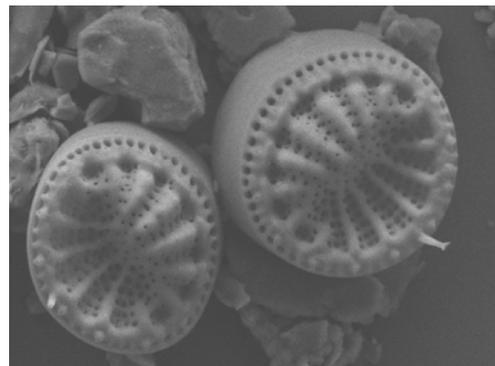
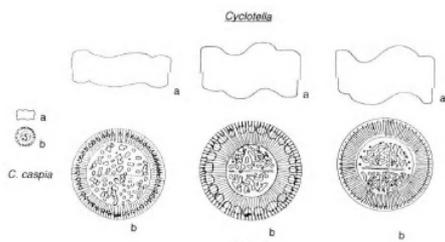
(b)

Order Biddiphiales Family Thalassiosiraceae Genus Minidiscus



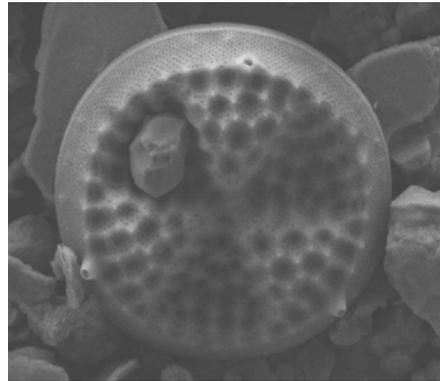
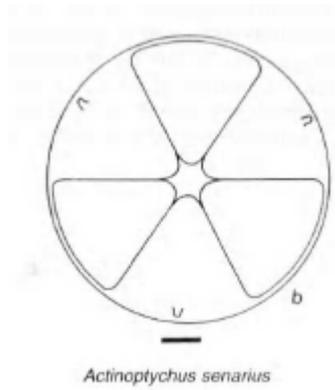
(c)

Genus cyclotella

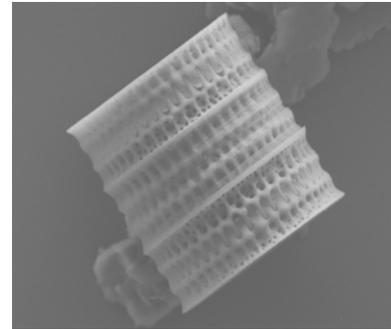
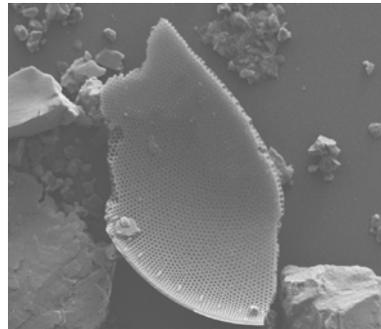
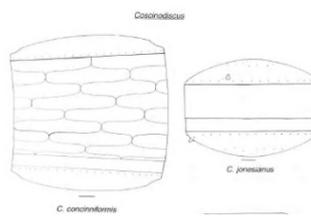


(d)

Genus Actinocyclus



Genus Coscinodiscus

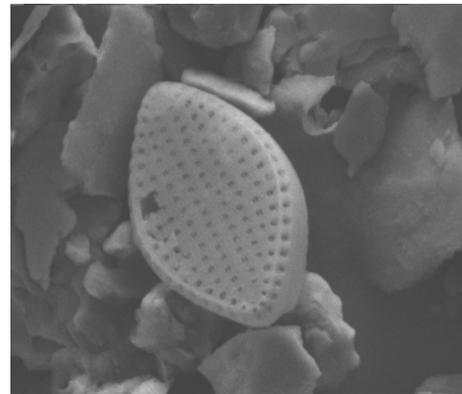
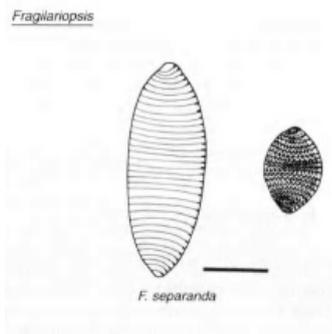


(e)

Order Bacillariales

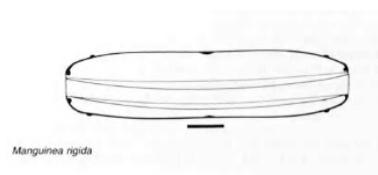
Family Bacillariaceae

Genus Fragilariopsis



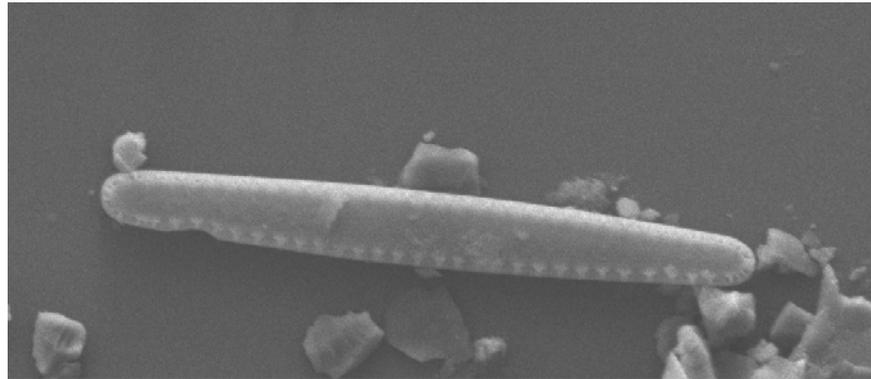
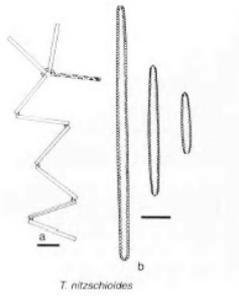
(f)

Genus Manguinea



(f)

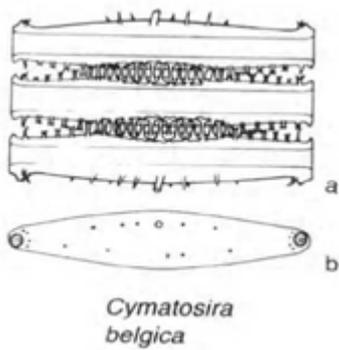
Genus *Thatassionema*



(g)

Family Cymatosiraceae

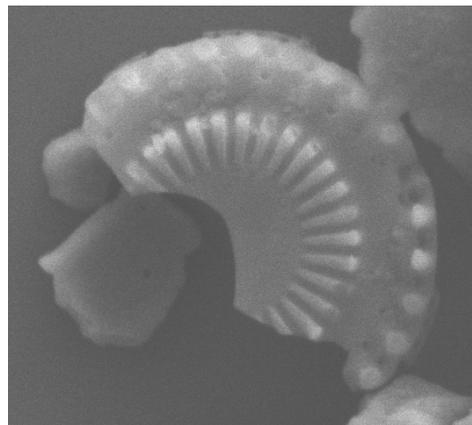
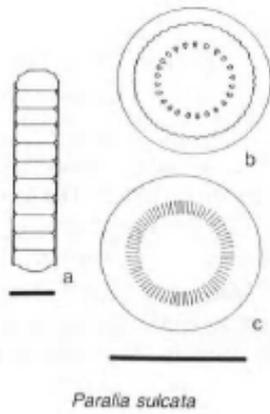
Genus *Cymatosira*



(h)

Family Melosiraceae

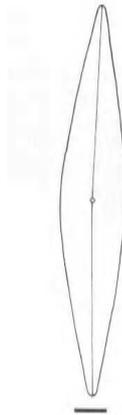
Genus *Paralia*



(i)

Family Naviculaceae

Genus Haslea



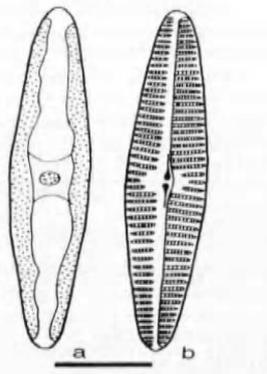
Pleurosigma directum



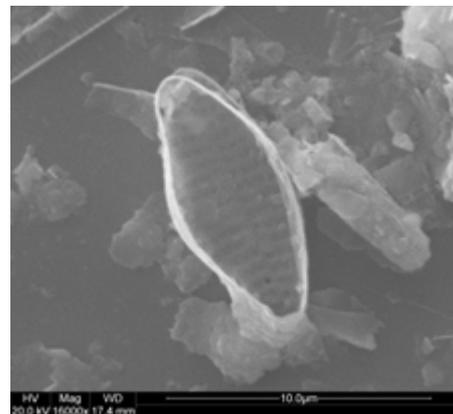
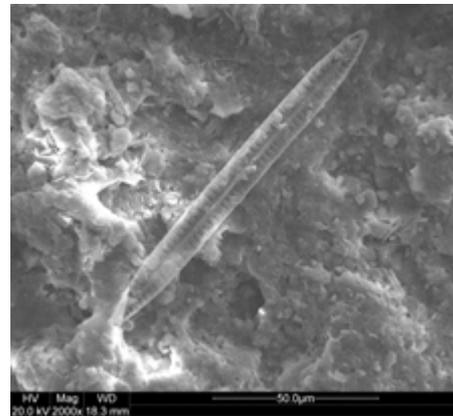
(j)

Family Naviculaceae

Genus Navicula



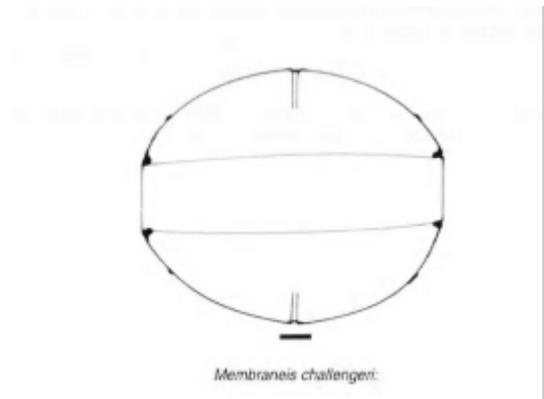
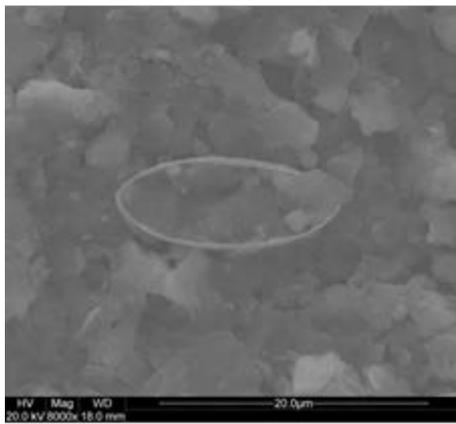
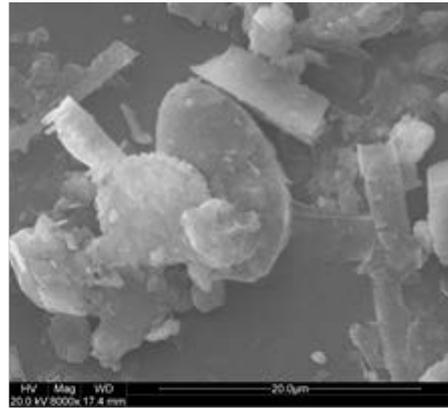
N. transitrans var. *derasa*



(k)

Family Naviculaceae

Genus Membraneis



(l)

Family Rhizosoleniineae

Genus rhizosolenia

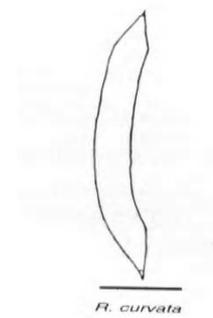


表 18: 於金門水試所試培養白氏文昌魚的存活率(7~9 月)

| 養殖槽 1-6-7 為野生 | | | | | |
|---------------|-----------|---------|--------|---------|--------|
| | 原放養數量(七月) | 8 月活存數量 | 8 月活存率 | 9 月活存數量 | 9 月活存率 |
| 養殖槽 1 | 122 | 118 | 96.72 | 111 | 90.98 |
| 養殖槽 6 | 255 | 200 | 78.43 | 190 | 74.51 |
| 養殖槽 7 | 350 | 306 | 87.43 | 289 | 82.57 |

| 養殖槽 2-3-4-5 為 F1 子代 | | | | | |
|---------------------|-----------|---------|--------|---------|--------|
| | 原放養數量(七月) | 8 月活存數量 | 8 月活存率 | 9 月活存數量 | 9 月活存率 |
| 養殖槽 2 | 200 | 169 | 84.50 | 168 | 84.00 |
| 養殖槽 3 | 200 | 190 | 95.00 | 188 | 94.00 |
| 養殖槽 4 | 350 | 304 | 86.86 | 300 | 85.71 |
| 養殖槽 5 | 350 | 286 | 81.71 | 274 | 78.29 |

圖 16: 金門水試所所設立的文昌魚培養系統
(a)



(b)



(a)日產20L藻類培養系統 (b)文昌魚培養架

圖 17: 金門水試所的培養桶



(上: 野生白氏文昌魚, 下 F1 白氏文昌魚)

圖 18: 兩種星蟲的洞口型態



陸、參考文獻

- 林秀瑾 (2001) 台灣及金門、馬祖沿海文昌魚之系統分類及生態研究。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。
- 林秀瑾, 邵廣昭 (2004) 海峽兩岸文昌魚之親緣關係及生態研究。金門歷史、文化與生態國際學術研討會論文集。
- 何明海 (1991) 廈門文昌魚及其保護。海洋與海岸帶開發, 8 (1): 53-54。
- 張秋金 (2009) 廈門海域文昌魚屬 *Branchiostoma* 的分類及2種文昌魚的實驗室連續繁育。廈門大學博士學位論文。
- 操向文 (2009) 裸體方格星蟲 (*Sipunculus nudus* L.) 胚胎發育及原始生殖細胞遷移之研究, 廣東海洋大學碩士學位論文。
- Buchanan, J. B., Kain, J. H., (1971) Measurement of the physical and chemical environment. In *Methods for the Study of Marine Benthos* (ed. N. A. Holme and A. D. Mc Intyre), Blackwell Scientific Publications. [IBP Handbook no. 16.], pp. 30-53.
- Guaya S.S. (1983) Cephalochordata . In: *Reproductive Biology of Invertebrates. Volume II: Spermatogenesis and sperm function.* Edited by Adiyodi KG and Adiyodi RG, John Wiley & Sons Ltd., pp. 633-648.
- Gray J.E. (1847). Description of a new species of *Amphioxus* from Borneo . *Proc Zool Soc Lond*, 15: 35-36.
- Henmi Y, Yamaguchi T. (2003) Biology of the amphioxus, *Branchiostoma belcheri* in the Ariake Sea, Japan I, Population structure and growth. *Zoological science*, 20:897-906.
- Holland P.W.H. (2003) More genes in vertebrates?. *J. Struct. Funct. Genomics*, 3: 75-84.

- Light S.F. (1923) Amphioxus fisheries near the University of Amoy, China. *Science*, 58: 57-60.
- Pallas P.S. (1774) *Limax lanceolatus*. Descriptio Limacis lanceolaris. In: *Spicilegia Zoologica, quibus novae imprimis et obscurae animalium species iconibus, descriptionibus*. Gottlieb Augustus Lange, Berlin. 10: pp.19.
- Pebusque M.J., Coulier F., Birnbaum D., (1998) Ancient large scale genome duplications: Phylogenetic and linkage analyses shed light on chordate genome evolution. *Mol. Biol. Evol.*, 15: 1145-1159.
- Panopoulou G., Hennig S., Groth D. (2003) New evidence for genome wide duplications at the origin of vertebrates using an amphioxus gene set and completed animal genomes. *Genome Res*, 13: 1056-1066.
- Stokes M.D. (1996) Larval settlement, post-settlement growth and secondary production of the Florida lancelets (=amphioxus) *Branchiostoma floridae*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 130: 71-84.
- Stokes M.D., Holland N.D. (1996) Reproduction of the Florida lancelet (*Branchiostoma floridae*): spawning patterns and fluctuations in gonad indexes and nutritional reserves. *Invertebr. Biol.* 115: 349-359.

柒、附錄一：

文昌魚的性腺發育分期

| Stage | Male | Female |
|---------|---|-----------------------------|
| Stage 0 | 無法從外觀上看出性腺發育 | |
| Stage 1 | 可以看出卵泡或精巢的外部輪廓，卵母細胞或精母細胞呈現淡黃到深褐色，卵母細胞多成點狀，而精母細胞多成環狀，此時在解剖顯微鏡下仍無法判定公母。 | |
| Stage 2 | 從初級生殖細胞外圍可以發現雲霧狀的精巢組織 | 從初級生殖細胞外圍可以發現透明或半透明的卵粒 |
| Stage 3 | 性腺外膜被充滿可以完全看出輪廓 | 性腺外膜被充滿可以完全看出輪廓 |
| Stage 4 | 第二腔室也充滿，性腺高度增加。 | 第二腔室也充滿，性腺高度增加。但是還是可以看出卵的輪廓 |
| Stage 5 | 每一精巢都飽滿到 Stage 3 的兩倍以上 | 卵的輪廓變模糊 |

捌、 附錄二：

「金門縣裸體方格星蟲與文昌魚資源暨文昌魚繁殖技術建立計畫」委託專業服務之期末審查會議記錄表與回覆

| 委員提問 | 回覆 |
|--|---|
| 一、 翁自保委員意見 | |
| 1. 計畫期程從去(101)年12月至今年(102)年11月，但數據僅今年4至9月。 | 本計畫與2011年計畫並不連續，因此前期溝通採樣路線以及預採樣花了一點時間決定樣區，加上1-3月海象惡劣無法出船，因此一直拖到四月才真正樣點落實，而十月的樣本因為一直到10/28才取得，離期末報告繳交僅剩三天，因此會在明年報告將資料附上 |
| 業務單2. 期中審查委員的意見應附於計畫報告中。 | 於附錄三 |
| 3. 星蟲採樣5個樣點，但數據只有2個點。數據是否不足?為何當初沒有請專家協助採樣? | 星蟲預採樣有五點，但三月採樣結果僅兩點有採到星蟲，因此決定對此兩點(湖下西園)進行不同月份的採樣，以免浪費人力搜索，今年採到的數量雖然不多，也有偏小的狀況，不過對於推斷生殖季節與獲得生殖腺分期的資訊已經很有幫助。因為為了訓練業務單位的人力在採樣上累積經驗，為未來全島普查做準備，因此訂下以業務單位的人力為骨幹，只請專家指導的策略，初步看來是有成效，至少在九月以後 早期無法取得動物的另外三個區域都能抓到了。 |
| 4. 星蟲在2個採樣點生殖狀態不同步，是否跟樣本數有關? | 有可能因為採樣個體太小而有偏差 不過因為後期都有較大的個體，而且觀察到大型個體但有退化的生殖腺，因此還是傾向兩點不同步，不過還是需要更多樣本作完全確認 |
| 5. 粒徑的表示請定義，例如中顆粒直徑為__mm至__mm | 已於方法中補上 |
| 6. 國家公園對文昌魚的研究計畫已有三年資料，是否其他地方沒有?請參考相關文獻討論。 | 國家公園的採樣與本計畫2012預採樣以及本年度採樣區大致重合，而另外一點有採到的點是我們明年的預計樣區， |

| | |
|--|--|
| | 根據文獻紀錄我們可以推論在小金門沿岸應該有，不過是否因為採砂船大量採砂破壞而消失，這是未來要確定的。 |
| 7. 有關養殖技術建立，應交代死亡原因、溫度等等。 | 已於結果中補足 |
| 8. 星蟲的採樣點沒有座標。 | 已於方法中補上 |
| 9. 圖表請排整齊，圖表應分開排列，且按報告書寫常規，例如表格 1 請修正為表 1，圖有標示處請加圖說等等。 | 已修正 |
| 10. 各採樣點的採集方式請補充。 | 已於方法中補上 |
| 11. 第 53 頁結果與數量是否有關?請補充說明。 | 有可能因為採樣個體太小而有偏差 不過因為後期都有較大的個體，而且觀察到大型個體但有退化的生殖腺，因此還是傾向兩點不同步，至於底質在月分中變化不大，採樣應該還屬可信。 |
| 12. 養殖方式，例如粒徑、溫度、鹽度是多少?請說明做為養殖試驗參考。 | 已於結果中補足 |
| 13. 第 58 頁藻類請說明，請加圖說及比例尺。 | 已於結果中補足 |
| 二、 巫文隆委員意見 | |
| 1. 做的結果愈題目不契合。 | 文昌魚實驗室養殖系統其實已經開發到初步可實用階段，計畫中於金門水試所的養殖方式即為技術轉移，不過因為我們的目標為大規模商業生產與復育，因此對資源量調查以及初步田間測試還是必須要做的。 至於星蟲 因為台灣全無資料，因此繁殖必須由生殖生物學做起，今年度對排卵的初步嘗試完全失敗，因此未在結果報告中呈現。 |
| 2. 第 2 頁，”大概”請請修正成明確用詞。 3. “白氏文昌魚”或是”白氏鰓口文昌魚”?請統一。 4. “表格”請修正成”表”。 5. 第 8 頁，”基因組學”是否為”基因學”?請修正。 6. 第 9 頁，有關珍貴漁業資源請補充 | 已修正 |

| | |
|---|--|
| 文獻。 | |
| 7. 第 10 頁的文昌魚的排遺食性分析是否有做?沒有請刪除。 | 含水率因為不太有意義已經移除其餘於結果中以文字敘述 |
| 8. 第 11 頁，生殖”腺”，請修正。 9. 文獻引用前後應一致。 10. 第 12 頁，性腺發育，不同時期才能表示，例如 stage N 才算成熟，應加註 stage 成熟程度及特徵。 11. 第 25 頁，採樣點與數量不合，應標示 10 個點。 12. 第 26 頁，經緯度標示不清楚，表的單位未註明。 13. 第 29 頁的照片箭頭標示未說明。 14. 第 32 頁，文昌魚的頭部可否加上電顯照片? 15. 第 55 頁，scale 未標示，”緻”密，請修正。 16. 第 56 頁，scale 未標示；” (c)”請修正；圖說有箭頭，但圖上沒有，請修正。 17. 第 57 頁，圖說的語意不清，請修正；粒徑應為 Range。 18. 第 58 頁，沒有圖說及藻類名稱，scale 未標示。 19. 第 59 頁，標示紅色部分未討論。 20. 第 61 頁，圖說的語意不清，請修正。 | 已修正 並於附錄一中放入性腺發育期特徵表 |
| 三、 柯逢樟代理所長意見 | |
| 1. 文昌魚是否有季節或是產卵的洄游現象? | 有可能有，我們希望未來累積更多生態資料後可以證明這點，並找出文昌魚在金門地區的族群變動以及族群成長模式，為未來進行保育復育累積資料。 |
| 2. 國家公園規劃棲地保育，是否可提供保護區選擇條件? | 這次計畫得到一個相當有用的資訊，粒徑大於 0.5mm 的砂礫是文昌魚棲地的必要條件，這可以提供包護區選擇，而我們今年的樣區就是一個很好的保護區候選。 |
| 四、 業務單位意見 | |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 有關報告格式，請加書背並標示年度，封面加註日期。 | 於印刷時會修正 |
| 2. 請撰寫一篇與本計畫相關新聞稿，另如本年度文昌魚復育情形等等 | 以附上 |
| 3. 星蟲的數量與寄送過去的樣品數不同，9月以後寄送的為5個樣點，可否加註以表格方式呈現。 | 在方法中加入表格 |
| 4. 性比的數量與報告不合 | 有性腺的個體僅佔少數，多數無法鑑別性別 |

金門縣水產試驗所辦理「金門縣裸體方格星蟲與文昌魚資源
暨文昌魚繁殖技術建立計畫」委託專業服務之期末審查會

議記錄表

壹、日期：102年11月14日

貳、時間：下午1時30分

參、地點：本所二樓會議室

肆、主持人：柯代理所長逢樟

紀錄：謝蕙卉

伍、列席廠商：

中央研究院

陸、審查委員：

翁自保委員

巫文隆委員

柒、業務單位：

張寶仁課長

捌、審查委員意見：

一、翁自保委員意見：

1. 計畫期程從去(101)年12月至今(102)年11月，
但數據僅今年4至9月。
2. 期中審查委員的意見應附於計畫報告中。

3. 星蟲採樣 5 個樣點，但數據只有 2 個點。數據是否不足?為何當初沒有請專家協助採樣?
4. 星蟲在 2 個採樣點生殖狀態不同步，是否跟樣本數有關?
5. 粒徑的表示請定義，例如中顆粒直徑為__mm 至__mm。
6. 國家公園對文昌魚的研究計畫已有三年資料，是否其他地方沒有?請參考相關文獻討論。
7. 有關養殖技術建立，應交代死亡原因、溫度等等。
8. 星蟲的採樣點沒有座標。
9. 圖表請排整齊，圖表應分開排列，且按報告書寫常規，例如表格 1 請修正為表 1，圖有標示處請加圖說等等。
10. 各採樣點的採集方式請補充。
11. 第 53 頁結果與數量是否有關?請補充說明。
12. 養殖方式，例如粒徑、溫度、鹽度是多少?請說明做為養殖試驗參考。
13. 第 58 頁藻類請說明，請加圖說及比例尺。

二、 巫文隆委員意見：

1. 做的結果愈題目不契合。
2. 第 2 頁，”大概”請請修正成明確用詞。
3. “白氏文昌魚”或是”白氏鰓口文昌魚”？請統一。
4. “表格”請修正成”表”。
5. 第 8 頁，”基因組學”是否為”基因學”？請修正。
6. 第 9 頁，有關珍貴漁業資源請補充文獻。
7. 第 10 頁的文昌魚的排遺食性分析是否有做？沒有請刪除。
8. 第 11 頁，生殖”腺”，請修正。
9. 文獻引用前後應一致。
10. 第 12 頁，性腺發育，不同時期才能表示，例如 stage N 才算成熟，應加註 stage 成熟程度及特徵。
11. 第 25 頁，採樣點與數量不合，應標示 10 個點。
12. 第 26 頁，經緯度標示不清楚，表的單位未註明。
13. 第 29 頁的照片箭頭標示未說明。
14. 第 32 頁，文昌魚的頭部可否加上電顯照片？
15. 第 55 頁，scale 未標示，”緻”密，請修正。

16. 第 56 頁，scale 未標示；” (c)” 請修正；圖說有箭頭，但圖上沒有，請修正。
17. 第 57 頁，圖說的語意不清，請修正；粒徑應為 Range。
18. 第 58 頁，沒有圖說及藻類名稱，scale 未標示。
19. 第 59 頁，標示紅色部分未討論。
20. 第 61 頁，圖說的語意不清，請修正。

三、 柯逢樟代理所長意見：

1. 文昌魚是否有季節或是產卵的洄游現象？
2. 國家公園規劃棲地保育，是否可提供保護區選擇條件？

四、 業務單位意見：

1. 有關報告格式，請加書背並標示年度，封面加註日期。
2. 請撰寫一篇與本計畫相關新聞稿，另如本年度文昌魚復育情形等等。
3. 星蟲的數量與寄送過去的樣品數不同，9 月以後寄送的為 5 個樣點，可否加註以表格方式呈現。
4. 性比的數量與報告不合。

五、 中央研究院回復：

1. 星蟲採樣，因當初要訓練採樣人員，故沒有請專業人員。
2. 錯誤部分會在完稿時修正。
3. 養殖部分排遺食性分析會加上。
4. 統計圖表會在濃縮。
5. 星蟲運送過程中死亡或受傷，故數量有減少。

玖、主席決議

本期末審查報告，請依審查委員意見修正，並以附於修正版本後，本案修正後通過。

玖、 附錄三

金門縣水產試驗所辦理「金門縣裸體方格星蟲與文昌魚資源 暨文昌魚繁殖技術建立計畫」案，期中審查會議紀錄

壹、日期：102 年 8 月 2 日

貳、時間：上午 9 時 00 分

參、地點：本所二樓會議室

肆、主持人：柯代理所長逢樟

紀錄：謝蕙卉

伍、列席廠商：中央研究院董哲煌

陸、評審委員：蔡萬生委員、許丕祥委員、邱天火委員

柒、業務單位：張寶仁課長

捌：評審委員意見

一、蔡萬生委員意見：

1. 文昌魚其棲地偏好的標準是甚麼？
2. 文昌魚其生活史是否已作完成？
3. 建議針對星蟲及文昌魚之體成分進行分析，尋覓其經濟面向所加成處。
4. 文昌魚以及星蟲之繁殖技術建立後，其未來產業模式

如何？應先做思考。

二、許丕祥委員意見：

1. 本計畫經費？調查範圍太小？針對全島潮間帶適合生長環境評估？
2. 計畫主題為繁殖養殖技術建立，報告書內容為魚體生長與底質環境調查，採樣分析，是否針對養殖技術補充資料。
3. 裸體方格星蟲（沙蟲）為地方奇特性水產食材，性別及生殖等生活史調查補充。
4. 文昌魚發現雄性比例高，文獻沒記載，分析溫度、生長環境等耐候性高低影響。

三、柯逢樟委員意見：

1. 將文昌魚的生活史拍成短片是否可行？
2. 之前國家公園委託邵廣昭老師的調查結果，與本次是
否有種類上的差異？
3. 星蟲如何從灘地上就看到是否有個體？

四、邱天火委員意見：

1. 文昌魚調查樣區係以料羅外海區域為主，可否增列小金門黃厝對面海域，此地區本處在 101 年委託中華民

國溪流環境協會調查時曾被發現族群較多的地方，可以以這兩個地方樣本來分析更為客觀。

2. 文昌魚調查結果，研究團隊可規劃文昌魚新的復育場所，這對未來保育復育工作是有所助益。
3. 建議在金門設立文昌魚種苗的人工培育場所，並請將此技術轉移給水試所人員。
4. 有關裸體方格星蟲僅在西園、湖下採集到，這與我所認知分布相差滿多，不知團隊是否有與金門當地資深漁民合作採集或採購，取得更多的基礎資料來做分析。

五、業務單位補充意見：

1. 有關本計畫的採樣地點，本所規劃四個樣區，逐年建立基本資料。
2. 本計畫樣品為本所採樣，委託執行單位分析並建立繁殖技術。

六、中央研究院董哲煌答覆：

1. 文昌魚的棲地偏好標準由粒徑大小、底質砂礫之成分分析、底質有機質分別與出現頻度做迴歸分析。
2. 文昌魚的生活史，本研究室已經完成，目前實驗室養

殖可達到 F2 的程度。

3. 中國有部分研究指出文昌魚是良好蛋白質提供來源，文昌魚的膠質含量高，此方面可再研究。
4. 養殖模式建立之建議：星蟲灘土養殖，每平方公尺放養 50 隻為佳；文昌魚目前規劃建立於蝦魚池附近或是與花蛤同時培養兩種方式。
5. 有關養殖技術的補充已完成，期末會放入報告中。
6. 沙蟲部分因時間不足沒有說明，期末會一併補齊。
7. 文昌魚雄性比例較高，參考文獻於水溫 23°C 時性比為 1：1，低溫時雌性會多於雄性，會再分析其原因。
8. 本年度只有一條測線，由研究方法有提及因用底質分析，另有關黃厝區域靠近廈門，且為水試所未來規畫之研究區域，本年度未列入調查範圍。

玖：主席結論

本案依委員意見修正後，書面資料確實修正後同意驗收。

對柯逢樟委員意見的回覆：

1. 將文昌魚的生活史拍成短片是否可行？

文昌於除了交配的動作以外，其他階段拍成短片的可行性都很高，目前我們手上也有一些已經拍攝好的低解析度片段，如果要拍攝可用於展示的短片，必須先進行拍攝計畫的製作，好在目前南港實驗室有不同階段的幼苗可供拍攝。

2. 之前國家公園委託邵廣昭老師的調查結果，與本次是否有種類上的差異？

目前依照本調查的結果，基本上比較符合張秋金等的結論，常見於金廈海域的白氏文昌魚 *Branchiostoma belcheri* 族群，被發現可能摻雜另一種日本文昌魚 *Branchiostoma japonicum* 族群於其中，日本文昌魚在部分廈門海域甚至佔了總族群的 95% 數量，而根據林秀瑾與邵廣昭老師的調查，僅在該地區鑑別出白氏文昌魚 *Branchiostoma belcheri* 族群(當時並未將此二種分類釐清)，根據卵巢發育時間的間接證據證實，在相同的料羅灣樣區範圍內，日本文昌魚 *Branchiostoma japonicum* 的比例還是較高，這也張秋金等於廈門進行的調查結果一致。

3. 星蟲如何從灘地上就看到是否有個體？

目前洞口已經有圖片，不過是否一定會有如此洞口就有星蟲還無法確定