

出國報告（出國類別：研究）

中國大陸南方沿海無脊椎動物標本  
研究考察(含標本採集、製作、攝影)

服務機關：國立自然科學博物館

姓名職稱：李坤瑄 助理研究員

派赴國家：中國大陸

出國期間：2014/07/10～2014/07/24

報告日期：2014/08/18

# 摘 要

7月10日至24日，在國立自然科學博物館生物學組業務費資助下，前往福建省廈門市的中國國家海洋局第三海洋研究所，及廈門大學海洋與環境學院標本館檢視海膽標本，並在廈門市與東山島的潮間帶進行採集。海膽檢視的成果上，原先鎖定的908專項海洋生物採集的海膽標本不多，但意外協助第三海洋研究所測量、鑑定了10種50多件採自南北極的海膽標本，並拍攝了第一手的標本照，其中包括南極特有的孵育型裂星海膽的雌性與幼體。廈門與東山島的採集則帶回50多件潮間帶無脊椎動物標本，並攝得600多張生態照片。此次的訪問，也建構了本館與海洋局第三海洋研究所的合作管道，廈門的緯度與台中市相當，希望海峽兩岸能互相截長補短，共同對臺灣海峽的海洋生物進行更深入的研究。

# 目 次

封面.....	01
摘要.....	02
目次.....	03
本文.....	04
目的.....	04
過程.....	04
標本採集活動.....	04
表 1. 兩次潮間帶採集帶回本館登錄入庫之標本清單.....	06
標本檢視行程.....	07
此次檢視拍攝的南、北極海膽標本名錄.....	09
此次訪問研究相關活動與標本照片.....	10
心得與建議.....	17

# 本 文

## 目的：

今年 7 月 10 日至 24 日，在國立自然科學博物館生物學組業務費資助下，前往位於福建省廈門市的廈門大學與中國國家海洋局第三海洋研究所進行研究訪問，檢視、測量其館藏的海膽標本，並在廈門大學海洋與環境學院董雲偉教授協助下，就近採集福建廈門與東山島潮間帶的海洋無脊椎動物標本。

## 過程：

### 2014/07/10 台中經桃園機場至廈門機場，投宿廈門市牡丹萬鵬賓館

7 月 10 日上午 7:00 自台中搭乘統聯客運至桃園機場，趕搭 11:25 廈門航空 MF-888 航班，於下午 13:00 左右抵達廈門機場，由廈門大學海洋與環境學院王青林博士協助接機，前往位於廈門市萬石山植物園旁的牡丹萬鵬賓館投宿。

安頓行李與工具後，與王青林博士討論後續行程，因為 7 月 11 日為廈門本年度最低潮水的大潮日，因此決定 7 月 11 日先行前往廈門市亞洲海灣大酒店旁潮間帶進行採集，7 月 12 日前往廈門大學及週邊海灘探路，7 月 13 日及 7 月 19 日則就近到賓館旁的萬石山植物園採集。7 月 14 日至 7 月 18 日則到中國國家海洋局第三海洋研究所進行研究訪問，檢視、測量其館藏的海膽標本，7 月 21 日則到廈門大學海洋與環境學院「近海海洋環境科學國家重點實驗室」之標本室參訪、測量標本，7 月 22 日則專程前東山島潮間帶進行採集。

## 標本採集活動

### 2014/07/11 中國福建省廈門市思明區亞洲海灣大酒店旁潮間帶採集

24°25'56.70"北 118° 8'32.67"東 天氣：晴 27°C ~ 34°C

亞洲海灣大酒店旁潮間帶是董雲偉教授他們研究室在廈門主要的採集地點之一，較為遠離一般遊客的活動區域，保有較完整的潮間帶生物相。原本依據潮水高度推算，預計下午 4:00 左右抵達位於廈門市思明區的亞洲海灣大酒店旁潮間帶進行採集，但因廈門市下午 3:00 以後海邊附近的交通相當壅塞，連計程車都難以搭到，因此遲至 5:00 左右才抵達潮間帶。此處的地型為大型的砂岩礁石散布在沙地上，今日的潮差高達 5 公尺左右，因此，潮間帶的大型礁石幾乎完全露出水面外。潮間帶的礁石上，生物相相當豐富，呈現明顯的帶狀分布，礁石上緣附生密度極高的各種藤壺，包括直背小藤壺、尾肢地藤壺、紋藤壺等，中間夾雜分布著許多黑色的小型殼菜蛤~黑蕎麥蛤，以及花帽青螺與數種玉黍螺。礁石較下緣則牡蠣附生呈帶狀，包括棘牡蠣與大牡蠣兩種夾雜附生，另有體型較大的鱗笠藤壺，也夾雜出現。靠近水邊的礁石旁，附生許多海葵、偏頂蛤，以及可食用的綠蛤菜蛤，其中，綠殼菜蛤表面常見附生網紋藤壺。藤壺與牡蠣表面有成群

的海蟑螂爬行，但體殼薄不易完整捕捉。水邊的牡蠣上另有數量不少的小相手蟹在表面爬行，成蟹的背甲寬度僅有 0.5 公分左右，另有甲寬約 1~2 公分左右的光輝圓扇蟹與馬氏毛粒蟹零星出現。低潮線的岩石表面有焦黃峨螺、花笠螺、美珠翼法螺、蚵岩螺等螺類棲息，小礁石側面常見海葵附生。廈門大學的董雲偉教授，指派王青林博士協助此次採集，並巧遇同實驗室的三位碩士班研究生在附近採集笠螺類活體，他們協助採獲了較靠近低潮線附近分布的梯斑海毛蟲、*Oenone* sp. 未知種磯沙蠶類、細雕刻肋海膽，以及粉紅色的瓜參等標本，今日共計採獲 26 件標本，並拍得約 300 張生態照片，可謂收穫豐碩。

### 2014/07/13 及 2014/07/19 廈門萬石山植物園採集

2014/07/13 及 2014/07/19 兩度利用假日時間前往賓館旁的廈門萬石山植物園探勘、採集。園區的範圍極大，有極具特色的沙漠植物區、熱帶雨林植物區、藥草園、蔓藤植物區等。原本預期熱帶植物區的落葉堆下，應該可以採到一些在土壤表層棲息的無脊椎動物如蚯蚓、蝸牛、蜈蚣、馬陸或鼠婦等，但不知是否高溫加上連日晴天不雨，太過乾燥，兩次採集竟然只有看到一些昆蟲棲息在落葉堆間，以及樹梢上張網的大型人面蜘蛛，最奇怪的是竟然沒找到任何一顆蝸牛空殼或活體，以致此次沒帶回任何陸棲無脊椎動物。

### 2014/07/22 中国福建省漳州市東山島風動石潮間帶

23°44'22.21"北 117°31'54.25"東 天氣：晴 27°C ~ 35°C

東山島位於福建省的東南部外海，隸屬於漳州市，但遠在廈門市的西南邊約需 3 個多小時的車程，今天的最低潮約在下午 2:00 左右，因此，上午 9:30 左右即從廈門出發前往東山島採集。此行依然由廈門大學董雲偉教授指派王青林博士協助租車前往，原本預計前往廈門大學在東山島新建的臨海工作站旁邊的礁石區潮間帶採集。但當車子接近臨海工作站附近時，發現道路坳方正在搶修，完全無法通過，因此，只好臨時轉往附近也有礁石潮間帶地形的風動石風景區採集。風動石潮間帶位於售票的風景區內，票價每人高達人民幣 60 元，經協商後售票人員同意讓我們以研究採集名義購買半票入內。此處雖為風景區，但因園方構築了完善的木棧道在礁石上，因此極少人走到潮間帶，故礁石上的生物相相當豐富。與廈門的採樣點相比，此處的礁石較多裂縫，因此，提供了較多生物躲藏棲息的空間，在廈門完全沒有看到的大駝石蟹與龜爪茗荷，成群棲息於礁石裂縫的陰影處，另外還有縱條磯海葵、大牡蠣、紫孔雀殼菜蛤、海蟑螂等也都成群棲息在岩縫中。此處的海蟑螂在族群的數量與體型上，遠大於廈門的潮間帶。在廈門礁石高潮線數量龐大的黑蕎麥蛤，在此處卻不見蹤跡，此處出現的是體型較大的紫孔雀殼菜蛤。此地低潮線附近的水中，有許多被淤泥覆蓋的菊珊瑚群體棲息，群體的體型不大，但零星分布下也有不少數量。低潮線水中的礁石邊有 2 種不同鰓冠顏色的纓鰓蟲棲息，泥地上還可發現伸出許多粉紅色的細長觸手，推測是螯龍介科的多毛類棲息在此。低潮線的石塊表面有許多蛛螺棲息，另外花笠螺與鵝足青

螺也在此出現，礁石陰暗處可發現數種海綿附生。較高潮位處的礁石上，有明顯較廈門多的鱗笠藤壺附生，並有肺呼吸的石礮在此棲息。此地的蟹類不多，僅有零星的小相手蟹與細巧皺蟹在岩石表面爬行。今日共計採回約 20 件標本，其中紫孔雀殼菜蛤、石礮、鵝足青螺、大駝石鱉與龜爪茗荷等多種標本並未在廈門採獲，另外，並拍得約 320 張生態照片，總算不枉耗費來回 6 個小時的車程到此採集。

表 1. 兩次潮間帶採集帶回本館登錄入庫之標本清單

標本名稱	採集地點與標本登目號	
	廈門潮間帶	東山島潮間帶
<b>環節動物門—多毛綱 Polychaeta</b>		
<i>Chloeia parva</i> 梯斑海毛蟲	7360-001	
<i>Oenone</i> sp. 未知種磯沙蠶類(Oeonidae)	7360-002	
<b>軟體動物門—雙殼綱 Bivalvia</b>		
<i>Anomia</i> cf. <i>chinensis</i> 銀蛤	7360-003	
<i>Barbatia virescens</i> 青鬚魁蛤		7360-029
<i>Crassostrea gigas</i> 大牡蠣	7360-004	
<i>Gafrarium divaricatum</i> 歧紋簾蛤		7360-030
<i>Perna viridis</i> 綠殼菜蛤	7360-005	
<i>Septifer virgatus</i> 紫孔雀殼菜蛤		7360-031
<i>Vignadula atrata</i> 黑蕎麥蛤	7360-006	
<b>軟體動物門—腹足綱 Gastropoda</b>		
<i>Cantharus fumosus</i> 焦黃峨螺	7360-007	
<i>Cellana toreuma</i> 花笠螺	7360-008	7360-032
<i>Gyrineum natator</i> 美珠翼法螺	7360-009	
<i>Japeuthria cingulata</i> 褐線峨螺		7360-034
<i>Lunella coronata</i> 珠螺		7360-035
<i>Nodilittorina pyramidalis</i> 顆粒玉黍螺		7360-036
<i>Nodilittorina</i> sp. 未知種玉黍螺	7360-027	
<i>Onchidium verruculatum</i> 石礮		7360-037
<i>Patelloida pygmaea</i> 花帽青螺	7360-010	
<i>Patelloida saccharina</i> 鵝足青螺		7360-038
<i>Purpuradusta gracilis</i> 小眼寶螺		7360-033
<i>Thais clavigera</i> 蚵岩螺	7360-011	7360-039
<b>軟體動物門—多板綱 Polyplacophora</b>		
<i>Liolophura japonica</i> 大駝石鱉		7360-040

<b>節肢動物門—顎足綱 Maxillopoda</b>		
<i>Chthamalus moro</i> 直背小藤壺	7360-012	
<i>Amphibalanus amphitrite</i> 紋藤壺	7360-013	
<i>Amphibalanus reticulatus</i> 網紋藤壺	7360-014	
<i>Capitulum mitella</i> 龜爪茗荷		7360-041
<i>Euraphia caudata</i> 尾肢地藤壺	7360-016	
<i>Tetraclita squamosa</i> 鱗笠藤壺	7360-015	7360-042
<b>節肢動物門—軟甲綱 Malacostraca</b>		
<i>Ligia exotica</i> 海蟑螂	7360-017	7360-043
<i>Charybdis acuta</i> 銳齒螳	7360-018	
<i>Leptodius gracilis</i> 細巧皺蟹		7360-044
<i>Nanosesarma minutum</i> 小相手蟹	7360-019	7360-045
<i>Parasesarma pictum</i> 斑點擬相手蟹		7360-046
<i>Pilumnopus makiana</i> 馬氏毛粒蟹	7360-020	
<i>Sphaerozium nitidus</i> 光輝圓扇蟹	7360-021	
<b>棘皮動物門—海膽綱 Echinoidea</b>		
<i>Temnopleurus toreumaticus</i> 細雕刻肋海膽	7360-022	
<b>棘皮動物門—海參綱 Holothuroidea</b>		
<i>Colochirus anceps</i> 可疑翼手參	7360-047	
<i>Actinocucumis</i> sp. 輻瓜參	7360-048	

## 標本檢視行程

### 2014/07/14~2014/07/18 中國國家海洋局第三海洋研究所檢視、測量海膽標本

中國國家海洋局第三海洋研究所位於廈門大學旁，在 7 月 14 日首次抵達第三海洋研究所時，首先參觀了他們的「鯨豚展館」，替同事姚秋如博士拍攝了該所在展館中展示的灰鯨骨骼與獸皮剝製標本，此灰鯨是 2011 年 11 月 5 日擱淺於福建省平潭縣白青鄉的青峰村沿海。

該所蒐藏有 2004 年~2007 年「908 專項近海海洋綜合調查」工作所採獲的所有海洋生物標本，但以往僅到過位於青島的中國科學院海洋研究所海洋生物標本館，對於大陸南方研究單位的標本蒐藏現況完全陌生，因此今年特地拜訪海洋局第三海洋研究所，以了解其標本蒐藏概況。908 專項的標本蒐藏於獨棟的專用標本蒐藏庫中，但標本仍以原來各單位繳交的狀態保存為主，因此容器的規格與材質並不統一，且各種不同生物仍依採集站別混和存放於同一容器中，分類學者要檢視相當困難。容器是一個亟待解決的大問題，大多數容器的密閉性不佳，保管單位因此被迫以揮發性較低的福馬林作為主要保存液，但這使得該批標本目前

難以進行分子生物方面的研究使用，且福馬林 PH 值僅有 3~4 左右，嚴重腐蝕保存標本的碳酸鈣質構造，如軟體動物的體殼，以及棘皮動物的骨板、骨針、體殼與叉棘等分類特徵。

幸好第三海洋研究所還保有為數不少的南、北極的各類海洋生物標本，因此，此行能夠檢視、測量、拍攝到多種採自南、北極海域的海膽標本，並協助該所的研究生進行初步的鑑定、分類工作。2008 至 2011 年間，筆者曾三度前往位於青島的中國科學院海洋研究所海洋生物標本館，檢視測量其館藏的海膽標本，也協助他們鑑定採自南、北極的海膽標本。但因該所前往的研究人員，僅攜帶大型採泥器登船，因此來自南極的海膽標本，僅限於南極淺海及潮間帶最為普遍的 *Sterechinus neumayeri* (Meissner, 1900) 魯氏硬海膽 1 種。

而第三海洋研究所研究人員攜帶上雪龍號研究船的採集工具，則包括了底拖的三角網及較長的纜繩，因此採回了較多種類的南極海膽，除了與魯氏硬海膽同屬的 *Sterechinus antarcticus* Koehler, 1901 南極硬海膽之外，還包括了數種以孵幼作為生殖方式的 Ctenocidaridae 櫛頭帕科海膽，以及 Schizasteridae 裂星海膽科的海膽。經過 5 天的比對、測量與拍照、鑑定後，初步可看出該所大概採回了 4 到 5 種頭帕科的正型海膽，以及 2 屬 3 種以上的裂星海膽科的歪型海膽，幾乎都是會進行孵幼的海膽種類。其中櫛頭帕科的海膽，具有許多特化的大型棘刺，尤其以 *Notocidaris platyacantha* 扁刺櫛頭帕海膽最為特別，反口面具有寬扁如船槳的大棘。由於孵幼型的頭帕海膽，都是以棘刺將胚胎及幼體帶在口部四周的圍口膜附近的體表孵育，因此若採集上船時沒有當場處理好，很難將海膽幼體保存回來，果然在檢視的南極頭帕海膽標本上，完全無法找到小海膽的蹤跡，相當令人扼腕。

另外檢視的南極裂星海膽科標本，則終於實現了我檢視孵育型海膽的期望。在一個體型較大的 *Amphipneustes* 海膽反口面，特化深凹陷的步帶溝孵育腔中，找到 2 枚海膽的幼體，終於親眼看到了會孵育小孩的海膽！裂星海膽的反口面，有五道由管足孔排列形成的花瓣狀步帶溝的構造，在 *Abatus* 緩步海膽屬及 *Amphipneustes* 屬這兩屬中，正前方的步帶溝幾乎消失不見，*Abatus* 緩步海膽屬前方還保留稍為凹陷，而 *Amphipneustes* 屬則完全消失不見。這兩屬兩側與後方的兩對步帶溝，在雄海膽的身上僅微微凹入，但在雌海膽身上則深深地向內凹入，形成四個明顯的育兒腔，產卵時即直接將卵由生殖孔中排出，利用棘刺與叉棘將卵傳送到育兒腔內受精及發育。

該所典藏的北極海膽標本，則只有正型的 *Strongylocentrotus droebachiensis* 綠球海膽，以及歪型的 *Echinarachnius parma* 盾形網溝海膽各一種。

在第三海洋研究所 5 天的檢視測量中，檢視、拍攝的成果如下：908 專項共計測量、拍攝約 10 種 12 件標本，160 張標本照；南極海膽標本共計測量、拍攝約 8 種 40 件標本，1,340 張標本照；北極海膽標本共計測量、拍攝約 2 種 12 件標本，310 張標本照，故此次在第三海洋研究所共計測量、拍攝約 20 種 64 件標本，1,810 張標本照。



此次檢視拍攝的南、北極海膽標本名錄：

## 南極海膽

### **Ctenocidaridae** 櫛頭帕科

*Homalocidaris gigantea* (H.L. Clark, 1925) 巨型諧頭帕

*Notocidaris mortenseni* (Koehler, 1900) 摩氏背頭帕

*Notocidaris platyacantha* (H.L. Clark, 1925) 扁刺背頭帕

### **Echinidae** 正海膽科

*Sterechinus antarcticus* Koehler, 1901 南極硬海膽

### **Schizasteridae** 裂星海膽科

*Abatus* sp.1 未知種緩步海膽 1

*Abatus* sp.2 未知種緩步海膽 2

*Amphipneustes* sp. 1 未知種端心海膽 1

*Amphipneustes* sp. 2 未知種端心海膽 2

## 北極海膽

### **Strongylocentrotidae** 球海膽科

*Strongylocentrotus droebachiensis* (O.F. Müller, 1776) 綠球海膽

### **Echinarachniidae** 網溝海膽科

*Echinarachnius parma* (Lamarck, 1816) 盾形網溝海膽

## 2014/07/21 廈門大學海洋與環境學院「近海海洋環境科學國家重點實驗室」之標本室參訪

7月21日上午由廈門大學董雲偉教授親自接待，前往位於海洋局第三海洋研究所隔壁的「廈門大學海洋與環境學院--近海海洋環境科學國家重點實驗室」的標本室參訪。由於該校的海洋與環境學院已於一年多前遷往翔安新校區，目前已在規劃新的標本庫，因此原先的標本庫雖仍在校本部原址，但已多時無人進入使用。標本庫內標本依物種整理、排列，相當整齊，各個類群的標本都相當齊全，尤其軟體動物的標本數量相當多，但因為是提供教學使用的標本，所以有些標本的採集地點標籤不全，且有些是來自大陸沿海各地的標本，並不僅限於廈門或福建的標本。棘皮動物的標本相對而言較少，尤其海膽的標本不多，有些標本來自大連、煙台等地，有些則無採集地標籤。在此標本館共計拍攝了12種182張的海膽標本照。

此次訪問研究相關活動與標本照片



Fig.01 廈門亞洲海灣大酒店旁潮間帶，礁石上生物帶狀分布明顯。

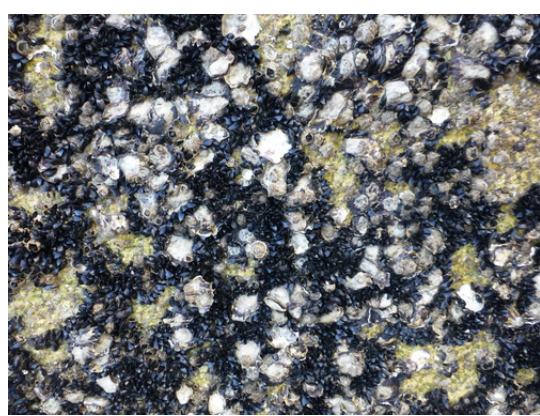


Fig.02 廈門礁石上混生的牡蠣與黑蕎麥蛤



Fig.03 廈門礁石上的海蟑螂、黑蕎麥蛤與小藤壺。



Fig.04 廈門礁石縫中的綠殼菜蛤與網紋藤壺



Fig.05 廈門礁石上密生的各種藤壺與玉黍螺及花帽青螺

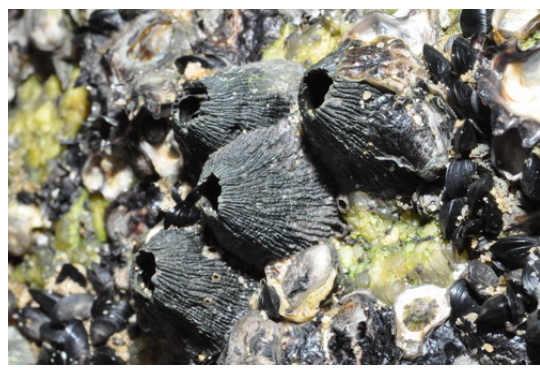


Fig.06 廈門礁石上較大型的鱗笠藤壺，在此處較為稀少。





Fig.07 廈門礁石上的花笠螺與直背小藤壺



Fig.08 廈門海邊人造柱體上群生的紋藤壺



Fig.09 廈門海邊低潮線常見之焦黃峨螺



Fig.10 廈門海邊低潮線常見之美珠翼法螺



Fig.11 廈門海邊低潮線常見之海葵



Fig.12 廈門海邊低潮線零星之單體珊瑚





Fig.13 廈門海邊低潮線偶見之梯斑海毛蟲



Fig.14 廈門海邊低潮線偶見之 *Oenone* sp. 未知種磯沙蠶類



Fig.15 廈門海邊低潮線偶見之細雕刻肋海膽



Fig.16 廈門海邊低潮線偶見之可疑翼手參

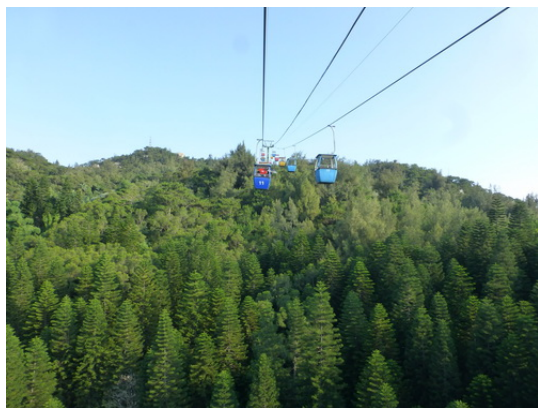


Fig.17 廈門萬石山植物園佔地遼闊



Fig.18 廈門萬石山植物園熱帶植物林落葉堆





Fig.19 在萬石山植物園熱帶植物林落葉堆尋找標本



Fig.20 植物園唯一找到的大型無脊椎動物～人面蜘蛛



Fig.21 東山島風動石潮間帶建有完善的木棧道步道



Fig.22 東山島風動石潮間帶的礁石有許多裂縫可供生物躲藏



Fig.23 在東山島風動石潮間帶採集標本



Fig.24 在東山島風動石潮間帶拍攝標本之生態照





Fig.25 東山島成群棲息在石縫中的龜爪茗荷



Fig.26 東山島成群棲息在石縫中的海蟑螂



Fig.27 東山島的鱗笠藤壺數量眾多



Fig.28 東山島的大駝石蟹相當常見



Fig.29 東山島潮間帶的鸕足青螺



Fig.30 東山島潮間帶的石磯



Fig.31 東山島低潮線附近珠螺極多



Fig.32 東山島低潮線附近的花笠螺





Fig.33 東山島低潮線水中的白色纓鰓蟲



Fig.34 東山島低潮線水中的紫紅色纓鰓蟲



Fig.35 東山島低潮線水中的鰓龍介蟲觸手



Fig.36 東山島低潮線水中的菊珊瑚群體



Fig.37 海洋局第三海洋研究所大門



Fig.38 海洋局第三海洋研究所研究大樓



Fig.39 海洋局第三海洋研究所灰鯨標本



Fig.40 海洋局第三海洋研究所南北極無脊椎動物標本



Fig.41 908 專項海洋生物樣品庫



Fig.42 908 專項海洋生物樣品庫內部



Fig.43 北極產綠球海膽



Fig.44 北極產盾形網溝海膽





Fig.45 南極產扁棘榔頭帕



Fig.46 南極產緩步海膽



Fig.47 南極產端心海膽雌性與幼體



Fig.48 南極產端心海膽幼體



Fig.49 廈門大學與董雲偉教授合影



Fig.50 廈門大學標本館內部

### 心得及建議：

此次的研究交流，一方面了解到大陸南方的研究單位標本蒐藏的現況，一方面也採回了福建南方沿海潮間帶的一些無脊椎動物標本。目前大陸無論南、北的標本典藏單位，在浸液標本的保存上，都深深為磨砂玻璃容器的密閉性所苦惱，常常發生浸液標本意外乾掉、變形的問題，甚至因此得被迫得使用較不易揮發，但嚴重損害標本及人體的福馬林作為保存液。長遠來看，他們如此大量的標本典藏，因該可以整合請廠商開發合用的塑膠蓋廣口標本容器，才能解決浸液標本保

存容器的嚴重問題。

這次雖然侷限在福建南方的廈門及東山島兩地採集，且都是礁石區的潮間帶，但由綜合整理的採集成果表格中可看出，採到的物種重複性並不高，以大陸如此綿長的海岸線來看，其中潛藏的未知無脊椎動物種類，一定相當可觀，可供我們長期與對岸合作進行研究、探勘。

在海膽標本檢視上，雖然 908 專項採得的海膽標本不多，但意外協助第三海洋研究所測量、鑑定採自南、北極的多種海膽標本，獲得第一手的研究資訊，實在是相當難得的重大收獲。此次的訪問，也建構了本館與中國國家海洋局第三海洋研究所的合作管道，這次與第三海洋研究所海洋生物與生態實驗室的王建軍研究員、林茂研究員，以及廈門大學海洋與環境學院的董雲偉教授合作愉快，廈門的緯度與台中市相當，希望海峽兩岸能互相截長補短，建立長久的合作關係，共同對臺灣海峽的海洋生物進行更深入的研究。