地工技術，第118期（2008年12月）第97-104頁
Sino-Geotechnics ,No. 118 (Dec. ,2008) pp.97-104

工程地質研討會專欄

工程地質研討會(十七)～龜山島及東北角 與會報導

王景平* 陳俊定* 林銘郎**

一、活動行程與內容

地工技術研究發展基金會於民國 97 年 9 月 4、5 兩日，舉辦第十七次戶外工程地質研討會，本次活動的勘查重點為宜蘭縣的精神指標－龜山島，及擁有特殊地質景觀及豐富人文歷史的東北角海岸。本次活動由台灣科技大學營建系林宏達教授擔任領隊，共計 36 位學員參加，在台灣大學地質系宋聖榮教授及海洋大學應用地球科學研究所洪奕星教授的精心引導與帶領下，讓與會的地工界同好們再次領略地質的豐富內涵。

此次工程地質探訪行程，於烏石港登船航向龜山島揭開序幕，登上龜山島後探訪地質探查監測站、勇登 401 高地、信步龜尾湖，觀察特有的火山熔岩地形及地層露頭，於後前往福隆貝悅酒店進行研討會，瞭解福隆雙溪口黃金海岸地形變遷的始末，次日踏勘福隆雙溪口海岸地形營力後，來到龍洞及鼻頭角海濱步道，探訪漸新世及中新世地層的風貌。下午還參訪了海洋大學的水產生物研究中心，對於四面環海以海洋立國的台灣的水產生物養殖科技有了更深的認識，本次研討會詳細行程請參考表一所示。

二、龜山島

『孤峰獨聳接雲間，砥柱中流豈等閒，

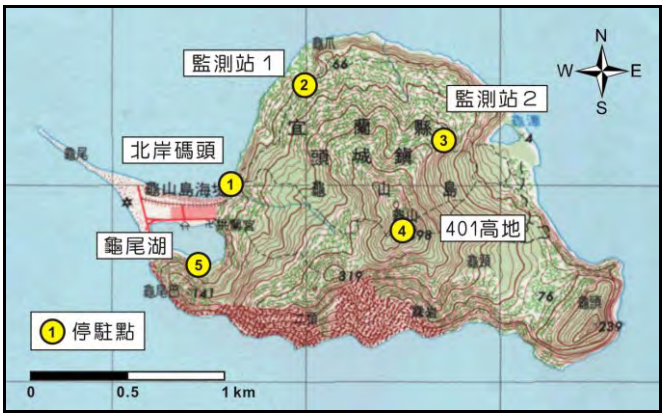
日月每從眉上過，乾坤祇在海中山。』

龜山島一直是宜蘭人心靈的歸宿和精神指標，位於宜蘭東方約 12 公里的海面上，東西長約 3 公里，南北寬約 2 公里，全島面積約 2.7 平方公里，分屬宜蘭縣政府管轄，如圖一所示。

在地體構造環境上，龜山島位於沖繩海槽和琉球火山島弧的交會點上，沖繩海槽是西太平洋地區唯一在大陸邊緣上正開始初期張裂之弧後盆地，其張裂活動同時也引發了旺盛的海底火山。龜山島東方約五十到一百公里的海域內，最少分布有六、七十座的海底火山，坐落於一千三百公尺至二千公尺的深海海床上，而龜山島是唯一出露在海平面以上的一座火山。這些海底火山頂上普遍都蘊藏著豐富的熱泉和噴氣，顯示在此地區的地殼底下還有活躍的岩漿活動。

表一 龜山島及東北角地質探勘與研討活動行程表

日期	時間	地點	內容
九月四日	6:30	地工技術基金會	搭車前往烏石港，欣賞龜山島介紹影片
	8:00	宜蘭烏石港	搭船前往龜山島，海山繞島，層狀火山、噴氣孔、海蝕洞、岩礁、礫灘、海底湧泉
	8:40	龜山島	地質探查監測站、火山熔岩流、火山碎屑岩、捕獲岩、礫灘
	12:30	401 高地	龜首火山碎屑岩、龜首潭、龜尾礫灘
	13:30	龜尾環湖步道	火山穹窿、柱狀節理、火山碎屑岩、軍事坑道
	14:30	龜山島碼頭	火山碎屑岩，搭船返回烏石港
	16:00	福隆貝悅酒店	研討會（雙溪口海岸變遷、龍洞、鼻頭角）
九月五日	7:00	福隆貝悅酒店	自由探訪，黃金海岸、雙溪口沙嘴
	9:30	龍洞岬	乾溝層、四稜砂岩、正斷層陷落、生痕化石、洋蔥狀風化、波痕、交錯層、遠望鼻頭角
	11:00	鼻頭角	桂竹林層（關刀山砂岩）、差異侵蝕、魚骨狀交錯層
	14:30	海洋大學	水產生物研究中心參訪



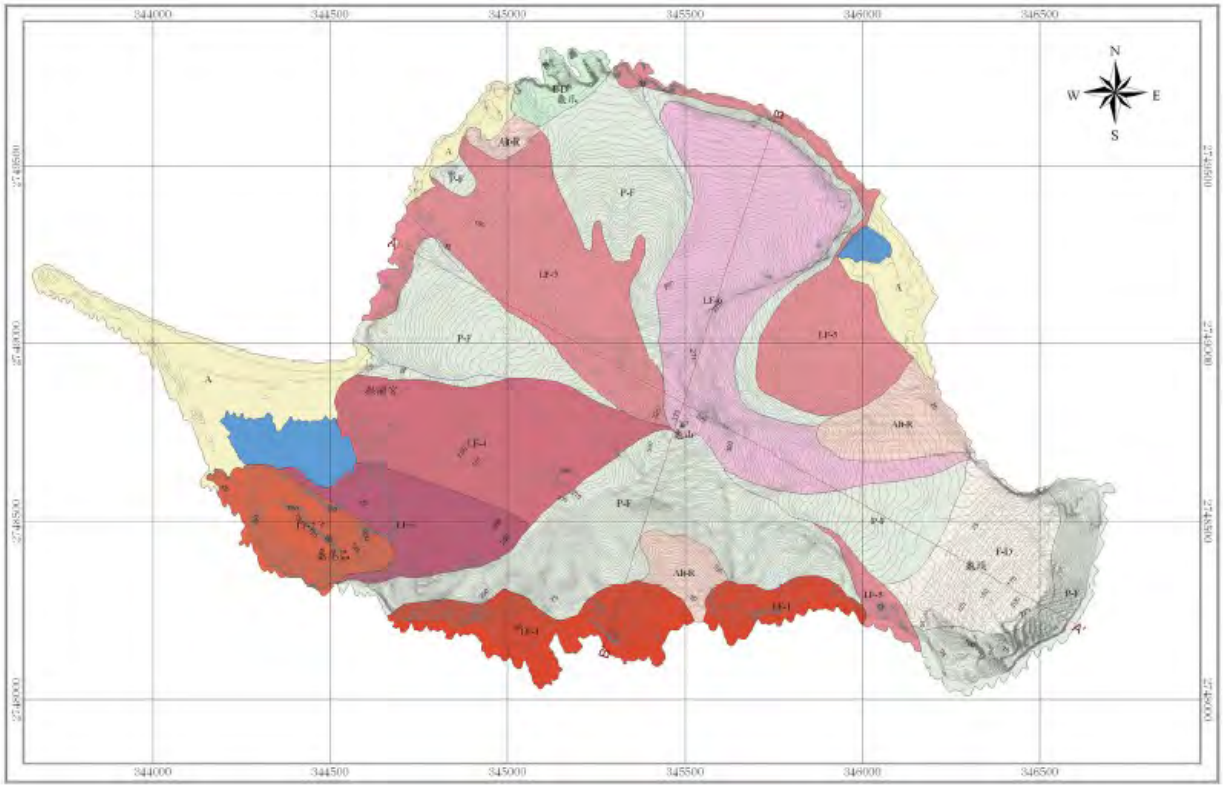
圖一 龜山島地形及停駐點分佈圖(1/25000 地形圖)

*台灣世曦工程顧問股份有限公司 **台灣大學土木系

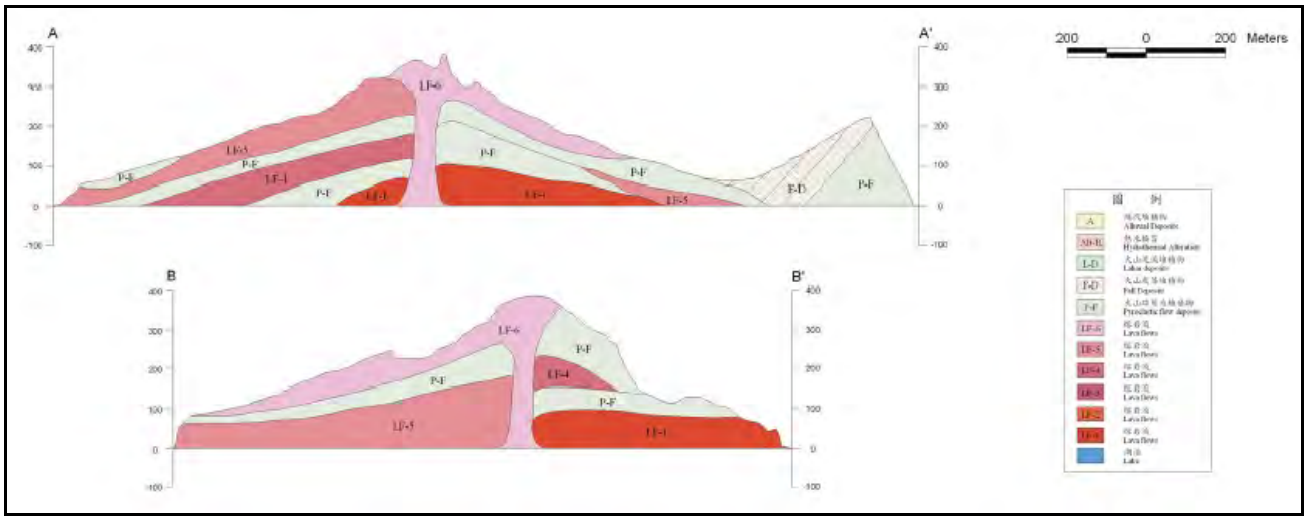
地工技術

龜山島火山的產物，主要是火山碎屑物和熔岩流的互層，顯示龜山島火山為一典型的複式火山。在龜首地區，主要是由火山碎屑物所堆積而成的，層理發達且岩層向西傾斜(照片一)，和龜甲地區的火山碎屑岩層的傾斜方向不同(照片二)，顯示龜首與龜甲分屬兩個不同之火山噴發所形成，龜山島之地質平面及剖面圖如圖二、圖三所示。

龜山島是一個海島，一般會理所當然地認為岩漿是在海底噴發，然後再慢慢地堆積形成的。其實不然，海底火山噴發產物最大的特徵，是當岩漿噴發時碰到厚層的海水，快速冷卻形成玻璃質的岩石，及塊狀熔岩流或枕狀熔岩。在淺海的環境中噴發，岩漿將會與海水作用，發生水成火山噴發，產生較劇烈的噴發作用，形成枕狀角礫岩和玻璃凝灰岩。在陸上噴發的中性安山岩岩漿，若岩漿中含有較多的氣體，將發生劇烈的噴發，產生大量的火山灰和火山碎屑流的堆積，若岩漿中所含的氣體時，將以較溫和的形式噴發，因中性岩漿的黏滯性較少



圖二　龜山島地質圖 (宋聖榮教授提供)



圖三　龜山島地質剖面圖 (宋聖榮教授提供)

地工技術

較大，除了產生熔岩流外，大部分會以熔岩丘的方式噴發出來。陸上噴發的岩漿在地表上流動時，容易與空氣中的氧氣發生熱氧化作用，在岩石表面形成紅棕色的特徵。

龜山島火山岩的產狀，主要是熔岩流與火山碎屑岩的互層為主，含有熔岩丘。熔岩流並無枕狀熔岩的出露，且表面為紅棕色，這些證據顯示龜山島的熔岩流可能是陸上噴發的產物。火山碎屑岩的特徵雖無直接證據指示其是在何種環境下噴發的，但碎屑岩塊並非以玻璃質岩性為主，而且也沒有玻璃凝灰岩的出露，所以龜山島的火山作用可能主要是在陸上噴發的。

龜山島的火山是否為一座活火山？回答此一問題，可由兩方面著手。其一，龜山島之火山碎屑岩塊中，含有從地殼淺處所捕獲的石英砂岩等，可提供材料作為熱螢光定年的樣本，捕獲之石英砂岩中石英的熱螢光年代約為 7,000 年，即含有石英砂岩捕獲岩的火山碎屑岩的噴發年代為 7,000 年，其上還覆蓋有兩層熔岩流和兩層火山碎屑岩，表示 7,000 年以來，龜山島火山最少還發生過四次的火山活動。依照國際火山學會對活火山的時間經驗定義，龜山島在一萬年以來還有火山活動，應屬於活火山。

其二，龜山島上和海底周圍，有相當多的硫氣口、噴氣口和海底湧泉，不斷地冒出硫氣和氣泡，顯現當地有相當豐富的火山氣體和很高的熱流。另外，火山氣體中的氦同位素研究，海底溫泉氣泡樣品的分析結果為 7.3~8.2 倍的空氣比值，此比值與全球平均中洋脊玄武岩的比值相當。海底溫泉氣泡具有如此高的氦同位素比值必需要有來自地函的物質，而岩漿活動是將地函物質成分帶至地表的最佳方法。本地區的海底溫泉活動正顯示本地區岩漿活動方興未艾，龜山島地底下有一活躍的岩漿庫存在著。依照國際火山學會的現象定義，地底下有岩漿庫存在的話，則必須將此座火山界定為活火山。綜合依照時間經驗定義和地底下岩漿庫存在的現況，都顯示龜山島確確實實是一座活火山，未來有再噴發的可能。

此次龜山島地質勘查行程，在宋聖榮教授的精闢解說中，瞭解有關龜山島的豐富研究成果(地質探查，及地殼變形、地熱、地震、火山氣體等監測工作)，讓與會學員對特殊的火山地質有了更深一層的認識。

三、東北角

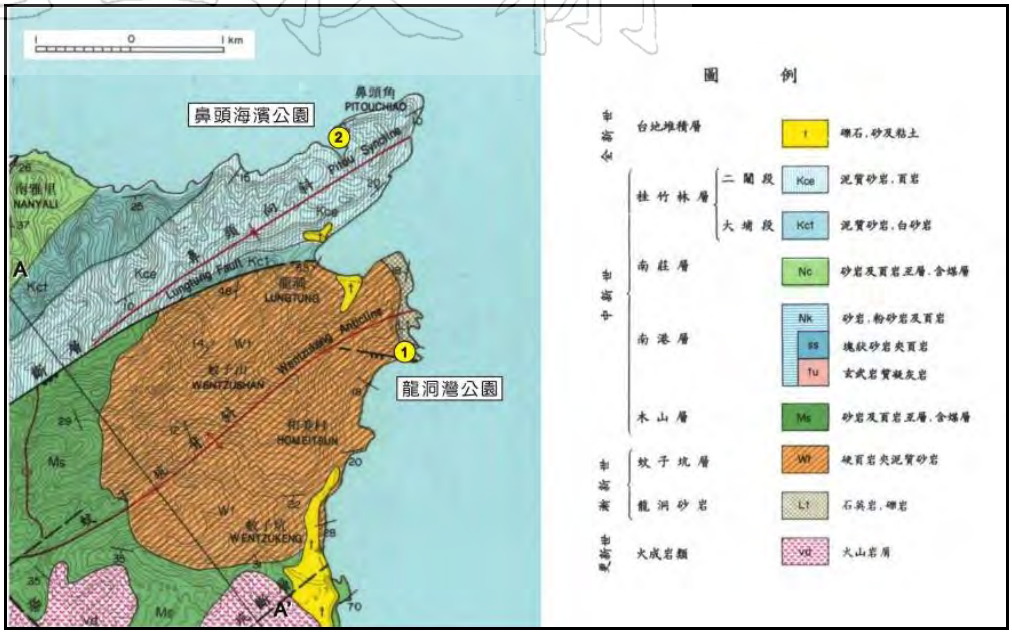
『青山綠水、碧海金沙、灣岬奇巖、百年古道。』

東北角地區依山傍水，陸地屬丘陵地形，山嶺及河流之發育主要受地質構造控制，一般作東北－西南方向延展，其中基隆地區火山群則多呈圓丘狀，並以火山發展成幅射狀水系。海岸大體上屬沉降海岸，發育有海蝕平臺及海蝕崖，多奇岩怪石，如蕈狀石、豆腐岩、蜂窩岩…等，無一不是欣賞地質之美的最佳去處。此次地質勘查地點包括龍洞灣公園及鼻頭海濱公園，位置如圖四所示。

圖四　東北角地形及停駐點分佈圖(1/25000 地形圖)

本地區以屈尺斷層為界分為兩大地質區，以北屬麓山帶地質區，以南為雪山山脈地質區。雪山山脈地質區在澳底層沉積後以屈尺斷層為前驅隆升，至上新－更新世時，菲律賓海板塊開始向歐亞大陸板塊碰撞並向下隱沒，使本地區巨厚的沉積岩層發生褶曲及斷層作用，隱沒板塊後之島弧岩漿作用形成基隆火山群，並在金瓜石地區造成了臺灣重要的金、銅礦床。龍洞及鼻頭地區之地質平面及剖面圖如圖五、圖六所示，相關地層比對如表二所示。

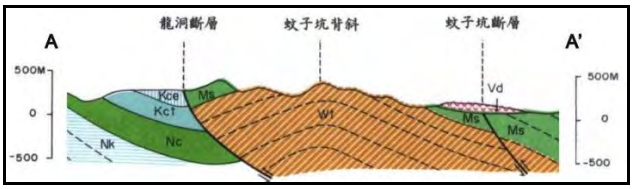
地工技術



圖五　東北角地質圖(修改自中央地質調查所，雙溪圖幅)

表二 地層對比表 (洪奕星教授提供)

區域 / 時代		台灣北部			台灣中北部	
		基隆、臺北、桃園			新竹、苗栗	
更新世		頭嵙山層(觀音山層)			通霄(楊梅)層	
		卓蘭層			卓蘭層	
上新世		錦水頁岩			錦水頁岩	
		三峽群	鼻頭層	二闌層	桂竹林層	魚藤坪砂岩
				大埔層		十六份頁岩
						關刀山砂岩
中新世	晚期		五堵層		南莊層	上福基砂岩
						東坑層
	中期	瑞芳群	南港層	南港砂岩	觀音山砂岩	
					打鹿頁岩	
	早期			湊合層	北寮砂岩	
			石底層		出磺坑層	
		野柳群	大寮層		碧靈頁岩	
			木山層		汶水層	
漸新世		五指山層	大桶山層			
			粗窟層			
			乾溝層			
			四稜砂岩(龍洞砂岩)			



圖六　東北角地質剖面圖 (修改自中央地質調查所，雙溪圖幅)

龍洞灣公園屬雪山山脈地質區，出露之地層為四稜砂岩(龍洞砂岩)及乾溝層(蚊仔坑層)。四稜砂岩之沉積環境為河道、潮汐水道等濱海相之堆積，為厚層之白色粗粒至極粗粒之石英砂岩，並含有大小不一之石英質礫石(照片十二)，砂岩受到變質作用呈再結晶現象，岩層具發育良好之橫向節理，形成塊狀之破裂(照片十三)，由於四稜砂岩較堅硬不易被侵蝕後退，故形成了一突出海中的岬角。漸新世中晚期為海進期，乾溝層之沉積環境推測為較開闊之大陸棚或大陸斜坡，以厚層硬頁岩夾少數薄層泥質砂岩為主(照片十五)，受輕微的變質作用，具明顯生痕擾動現象，其中泥質砂岩之抗蝕力較強，於海濱之海蝕平台可見明顯之差異侵蝕現象(照片十六)。於龍洞灣公園觀察可見海岬與海蝕平台間呈現垂直落差，兩側岩層不連續且具有明顯之線形，推測為地層受正斷層陷落錯移之現象(照片十七)。

鼻頭角為一突出海中之岬角，出露地層為桂竹林層，由老至新分為關刀山砂岩、十六份頁岩及魚

藤坪砂岩段(照片二十)。踏勘之鼻頭海濱公園位處海岬之北側，出露地層為桂竹林層之關刀山砂岩段(大埔砂岩段)，屬濱海或內淺海的沉積環境，具頁岩及厚層或塊狀砂岩循環沉積現象(照片二十一)，可觀察魚骨狀交錯層等沉積構造(照片二十二)。

於東北角地質勘查行程中，在洪奕星教授的指導下(照片二十三)，學員透過對地層露頭產狀之觀察，學習地層及其沉積環境的辨識能力，增進良多，莫不收獲豐碩。

四、結語

本次地工技術基金會細心籌畫之工程地質研討會探勘活動，於兩天充實的行程中，讓與會成員滿載而歸，飽覽龜山島及東北角海天一色的明媚風光，其中勇登 401 高地更堪稱有史以來最具挑戰性的一役，讓眾人畢生難忘。

致謝

本文承蒙洪奕星教授提供活動相關照片，並由台灣世曦工程顧問有限公司大地工程部吳文隆副理大力協助，使得本文得以順利完成，僅在此表達對他們的謝意。

參考文獻

交通部觀光局東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處網站，http://www.necoast-nsa.gov.tw/index.php。

宋聖榮(2005)，龜山島的火山故事網站，http://www.ccsh.tp.edu.tw/taipei-earth/study/turtle.htm#top。

李昭興、徐春田、王天楷、黃怡陵、梁進維、邱協棟、張宏毅、江協堂、黃雯苓(2007)，地熱流與海域火山活動調查與監測，經濟部中央地質調查所，研究報告。

財團法人地工技術研究發展基金會(2008)，工程地質研討會(十七)-龜山島及東北角活動手冊。

黃鑑水、劉桓吉(1988)，雙溪五萬分之一臺灣地質圖說明書，經濟部中央地質調查所。

照片一　龜山島地形，龜首部位之火山碎屑岩層次

照片二　龜山島地形，龜甲部位(401 高地)及火山熔岩平台

照片三　龜山島地形，龜尾部位之礫石灘

照片四　火山碎屑岩露頭 (停駐點 1)

照片五　宋聖榮教授解說火山地質 (停駐點 2)

地工技術

照片六　地熱監測站 (停駐點 3)

照片七　401 高地合影，背景為龜首潭 (停駐點 4)

照片八　401 高地共有 1706 階，登頂紀念

照片九　火山熔岩形成之火山穹窿及柱狀節理露頭 (停駐點 5)

照片十　火山碎屑岩露頭 (停駐點 5)

照片十一　福隆雙溪口海岸地形，破浪帶、碎浪帶與掃浪帶 (洪奕星教授提供)

照片十二 四稜砂岩，由下而上可見交錯層及礫岩層(龍洞)

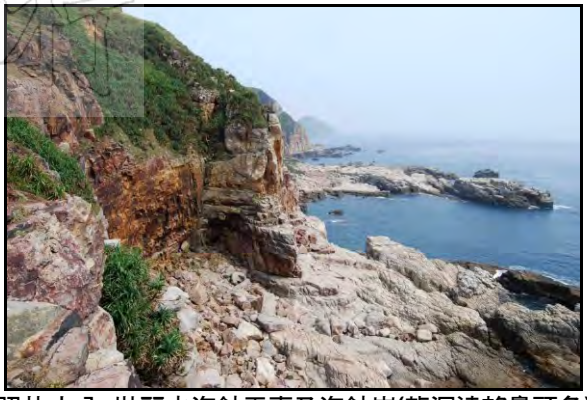
照片十三　四稜砂岩，受節理組切割之岩層 (龍洞)

照片十四 洪奕星教授解說，四稜砂岩及波痕（龍洞）

照片十五 洪奕星教授解說，乾溝層、生痕擾動及正斷層陷落（龍洞）

照片十六 龍洞南口海洋公園，乾溝層、海蝕平台及差異侵蝕

照片十七 海蝕平台受正斷層切割呈明顯線型(龍洞)



照片十八 壯麗之海蝕平臺及海蝕崖(龍洞遠望鼻頭角)

照片十九 岩層中之交錯層（龍洞）

照片二十 鼻頭角海岬，桂竹林層 地層由下而上為關刀山砂岩、十六分頁岩(燈塔處)及魚藤坪砂岩段（轉載自東北角暨宜蘭海岸國家風景區網站)

照片二十一 桂竹林層，頁岩及砂岩循環沉積露頭(鼻頭角)

照片二十二　桂竹林層，魚骨狀交錯層 (鼻頭角)

照片二十三　洪奕星教授解說，桂竹林層之沉積循環 (鼻頭角)

照片二十四　海洋大學水產生物研究中心參訪 1-簡報與致謝

照片二十五　海洋大學水產生物研究中心參訪 2-海洋生物水族展覽池

照片二十六　海洋大學水產生物研究中心參訪 3-室內魚苗養殖池

照片二十七　海洋大學水產生物研究中心參訪 4-九孔的構造

照片二十八　活動與會人員合照 (龜尾環湖步道軍事坑道內)