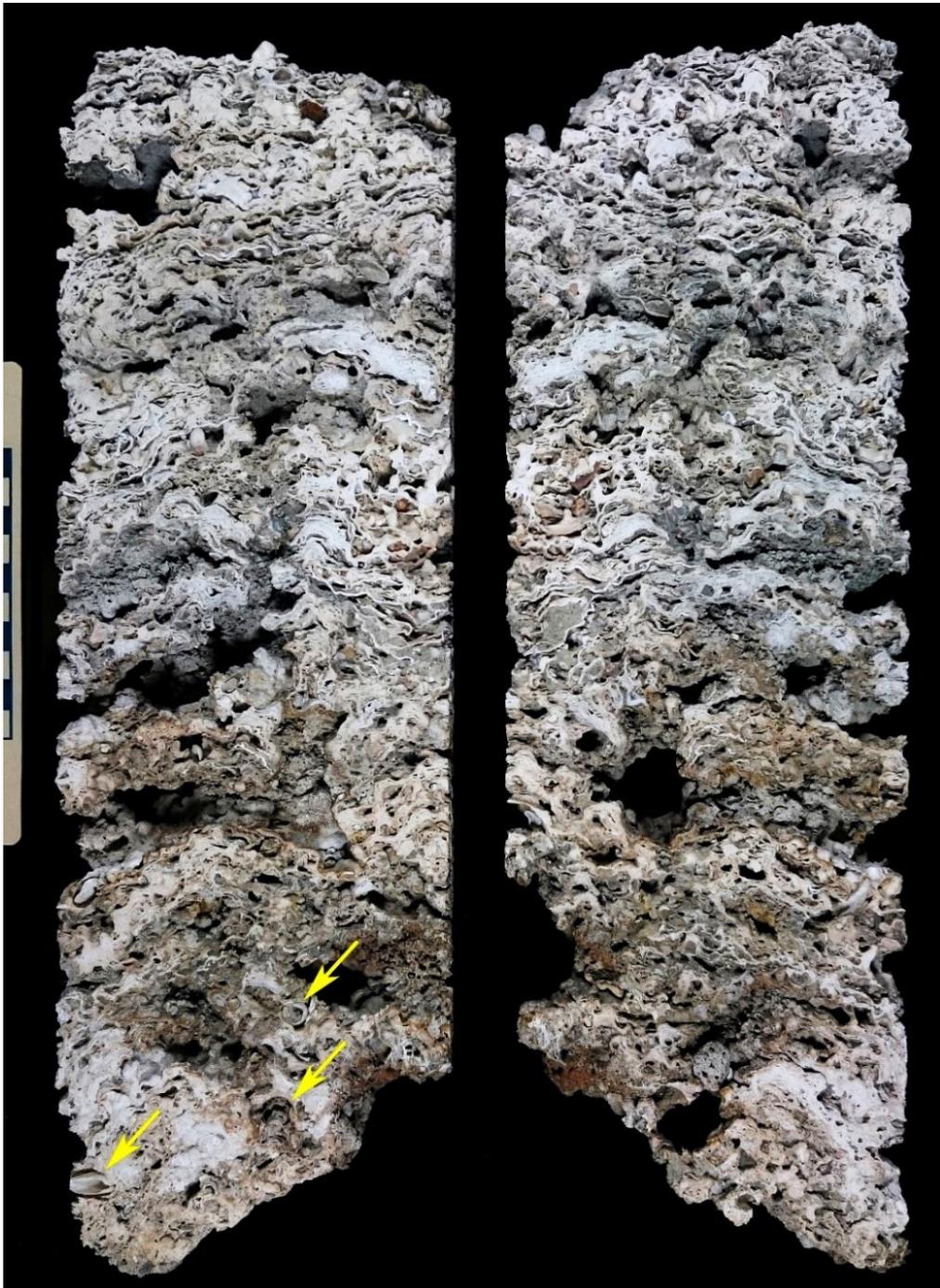


中華民國地球物理學會與中華民國地質學會112年年會暨學術研討會

野外地質考察手冊



～～ 藻礁是以殼狀珊瑚藻為主要架構黏結生長而成的生物礁 ～～

主辦單位：



中華民國 112 年 05 月 19 日

中華民國 112 年 05 月 19 日

野外行程規劃

時間	地點	內容
08:30~08:50	中央大學地球科學學院	集合報到、領取資料
08:50~10:30	桃園藻礁生態環境教室 保生社區濱海生態教育園區	桃園藻礁海岸地形與地質
10:30~11:50	草漯沙丘地景展示館	了解草漯沙丘地質公園
11:50~12:50	白沙岬燈塔	午餐（戶外／餐盒）
12:50~15:00	草漯沙丘地質公園	藻礁發育與海岸變遷
15:00~15:40	桃園觀音7-11觀湘門市	中場休息
15:40~17:00	桃園大園內海村海岸	藻礁觀察
17:00~	高鐵桃園站 中央大學地球科學學院	返程

注意事項：

1. 海邊觀察或遇底質濕滑，請小心行走，並請適時補充水分與注意個人防曬。
2. 本日野外行程規劃，係依中央氣象局之桃園地區海岸潮汐預報排定，實際每日海岸可觀察時間、時段與礁體出露狀況都不相同，且或須配合當日天氣與潮汐狀況做臨時調整。
3. 本手冊有關公共設施介紹，係節錄或綜合官方網頁資訊，詳細資料請掃描各站位 [資訊 QR code](#)。
4. 本次野外規劃點，係主要考量到大巴士可安全停放地點，到達各停車點可掃描各站位 [導航 QR code](#)。

一、前言

海邊活動要清楚當天潮汐與日出日落時間，並且要留意不同季節變換海象差異(例如適逢鋒面則潮水退得慢，卻是漲得很快；颱風來時會有長浪等)來做行程安排，並且要隨時留意潮水狀況，千萬不能勉強；此外，海邊野外活動，要穿球鞋或雨鞋，不要穿著露腳趾涼鞋，會有鞋子進沙磨腳與海漂異物傷腳顧慮，同時也要注意防曬與補充水分。

本次桃園藻礁野外考察係選擇潮差較大的日期(表 1)，除了可看到退潮後出露較大範圍藻礁外，在野外可觀察的時間也較為充裕；至於當天在潮位較高時段的野外安排，則著重於海岸變遷、人為影響，以及與桃園海岸地質討論。

日期	潮汐	時間	相對臺灣高程基準 (cm) (以基隆港平均海水面為 0)
05/19 (五) 農曆 04/01 潮差：大	乾潮	04:44	-126
	滿潮	10:19	172
	乾潮	16:53	-180
	滿潮	23:04	190

表 1 桃園市觀音 2023-05-19 日潮汐資料 (節錄自中央氣象局潮汐預報網頁)

二、礁與桃園藻礁地質簡介

「礁」(reef)，在地質學領域中，一般是指「生物礁」(biotic reefs)，就是由生物原地生長作用所建造的地形構造。在新生代地層記錄裡的藻礁，則是指以殼狀珊瑚藻為主體所建造而成的礁體。在熱帶海域的生物礁中，殼狀珊瑚藻提供大量的生物碎屑(Adey & Macintyre, 1973)，同時因為鈣化藻體表覆生長粘結的特性，所以在新生代生物礁的發育歷程中，殼狀珊瑚藻也是穩定底質與形成強固礁體架構極為重要的生物類別(Scoffin, 1992)。

根據對造礁生物的研究，在造礁石珊瑚類生長較差的潮間帶和較深水域(約 50 m 以下)，殼狀珊瑚藻經常成為主要的造礁生物(Minnery, *et al.*, 1985)；此外，

由於無節珊瑚藻較可耐受持續高能量水流或波浪的衝擊(Bosence, 1983)，因此在生態條件嚴苛的環境中，往往只有殼狀珊瑚藻能夠生長而形成藻礁。然而，就加勒比海美屬維京群島殼狀珊瑚藻的研究結果(Adey & Vassar, 1975)，顯示即使在去除生物啃食作用的情況下，藻體的生長速率其實很慢，厚度增長速率僅有 1~5.2 mm/年，側向表覆生長率則為 0.9~2.3 mm/月。如果，再加上礁體發育期間的生物侵蝕作用、暴風與海浪的物理破壞作用、海水對碳酸鈣的溶蝕作用、陸源沉積物覆蓋，以及各種成岩作用等等因素，藻礁的生長或積累速率應該更小於這個觀測結果。與其他造礁生物相比較，殼狀珊瑚藻的生長與鈣質藻體的累積速率都很低。

目前所知現生的藻礁，主要位於太平洋中部海域各個小島的環礁(Emery *et al.*, 1954)，與加勒比海各小島的向風面海岸(Adey, 1975; Glynn, 1973)；在這些地方，藻礁大多形成可抗浪的藻脊 (algal ridges)地形。但在挪威靠近極區的淺海中(Freiwald & Henrich, 1994)，以及在地中海突尼西亞(Tunisia)高鹽度的潟湖中(夏季：45~51‰；冬季：41~45‰)(Thornton *et al.*, 1978)，也都有由殼狀珊瑚藻所形成的大規模現生藻礁；甚至，在中南美洲東西兩岸(Schlanger & Johnson, 1969)、加勒比海各小島及澳洲等地海域的外大陸棚與大陸斜坡上部的深海底，也有厚達 1~5 m 的藻礁發育(Adey & Burke, 1976; Milliman, 1974)。

但值得注意的是，曾經有學者透過地質鑽探採樣研究，發現有些早先被認定是典型加勒比海藻礁的礁體，其實只是殼狀珊瑚藻表覆生長在早先形成的暴風堆積物上，例如，在巴拿馬 San Blas 群島中 Holandés Cays 島海岸的藻礁(Macintyre, *et al.*, 2001)，現今在外表上雖然看來是主要由殼狀珊瑚藻所形成的礁，其實「礁的本體」只是距今 2000~2800 年前由暴風浪所造成的珊瑚碎塊堆積，這個「礁體」還是被海洋成岩作用產生的鎂方解石泥晶(micritic submarine Mg-calcite cement)所膠結(並非珊瑚藻)，後來才有現今所見殼狀珊瑚藻的表覆生長。並且也由於廣泛生物侵蝕作用的影響，在暴風堆積後的「礁體」其實並沒什麼增長。

桃園海岸有礁的地質紀錄，最早見於對臺灣西部重砂礦床的調查報告中，陳培源（1953）根據在海岸鑽探取樣結果，在相當於現今觀音海水浴場與永安漁港位置，所繪製垂直海岸的剖面圖中，清楚地標示了潮間帶的珊瑚礁，其後林朝榮（1963）將其稱為『坎頭厝珊瑚礁』（坎頭厝＝永安）；其後，就僅有 Reineck 與鄭穎敏（1986）對桃園大園內海岸潮間帶藻礁的觀察報告。

累積過去野外長期調查的結果，發現在臺灣各地區的藻礁地理分布，除了桃園海岸外，另有新北市石門、三芝區與淡水區海岸，以及恆春半島東岸風吹砂局部海岸等；其中，尤以桃園市海岸藻礁的分布範圍最為廣泛。2007-2008 年，重啟桃園海岸藻礁調查研究結果（戴昌鳳等，2009），確認「藻礁」主要分布於桃園大園至新屋區間的潮間帶；在地理分布位置上，相當於所謂「古石門沖積扇」的向海側邊緣，並且在幾條主要河川出海河道、海岸沙丘下方，以及近海岸漁塭開挖面，也都可見到較早時期藻礁的發育。本區礁體沿海岸線南北綿延分布近 27 公里，垂直海岸最寬處可達 450 公尺以上，藻礁的發育顯得相當廣泛而連續。不過，由於這個地區每月的最大潮差超過 4 公尺，加上有些地方的礁體出露平臺地勢較低，並且局部礁體表面為礫石或砂所掩埋，如果不是在冬季最低潮期間的實際調查（圖 1），實難窺其全貌，這也難怪過去桃園海岸會被認為是砂岸與礫灘了。



圖 1. 桃園觀音保障村海岸，潮間帶中部藻礁在冬季的出露情況 (拍攝日期 2008-01-24)。

在 2008 年，經由 26 處藻礁地質鑽探 (圖 2~4；附錄圖 1~2) 結果，顯示桃園海岸的礁體確實是由珊瑚藻與石珊瑚類，以「古石門沖積扇」的礫岩 (圖 5) 為最初發育基底，所形成的多孔隙生物礁，礁體最大厚度超過 6 公尺。從岩心標本的觀察結果 (圖 6)，顯示大部分礁體的初期發育，是以對陸源沉積物耐受性較高的石珊瑚為主要造礁生物，後期則以珊瑚藻為主。由於各地礁體最初發育基底均為礫岩，礁體中目前未見礫石沉積，亦無灘岩、牡蠣、藤壺、泥炭等可表示古海水面的現象與沉積物，顯示礁體的發育過程，可能都是處於地體構造較為穩定的狀態，並且在礁體發育期間海水面的相對變化幅度不大。



圖 2. 桃園大園內海村海岸，潮間帶藻礁較深鑽孔搭架工作情況，內嵌左上小圖拍攝於開始漲潮期間。



圖 3. 圖 2 地點鑽探完成後，於退潮期間之孔位（位於紅色標桿左側）拍照。



圖 4. 桃園觀音觀音溪出海口南側潮間帶，夜間藻礁鑽探作業。



圖 5. 桃園市觀音區大堀溪出海口南側潮間帶較深鑽孔作業，剛從岩心管取出的古石門沖積扇礫岩。

珊瑚 - 珊瑚藻粘結灰岩 / 珊瑚藻 - 珊瑚粘結灰岩



圖 6. 桃園觀音潮音海岸潮間帶鑽探岩心(鑽孔編號 TY-07)，礁體厚度 6.2 公尺。岩心箱左側為地層上方，每格放置岩心長度 1 公尺，右側數字標示為向下鑽探深度；黃箭頭 1 以上為有珊瑚生長的藻礁石灰岩；黃箭頭 1-2 區間為有珊瑚藻生長的珊瑚礁石灰岩；箭頭 2 以下為礫岩，是礁體的發育基底。

從岩心中挑選珊瑚骨骼樣本，進行碳十四放射性定年分析的結果，顯示桃園海岸生物礁最早的發育時間大約是在 7500 BP，另在大約 4400 BP 以後殼狀珊瑚藻逐漸成為礁體的主要建造者（戴昌鳳等，2009）。再根據鑽探結果，生物礁的開始發育，是在古石門沖積扇最後一期沉積的礫岩之後，礫岩層中並沒有任何礁體或造礁生物，顯示礁體的發育很可能與古海水面相對快速上升(Cronin, *et al.*, 2007)有關。

【參考文獻】

- 林朝榮 (1963) 台灣之第四紀 (上)。台灣文獻, 14 (1): 1-53。
- 陳培源 (1953) 臺灣西部之重砂礦床。台灣省地質調查所彙刊, 4: 21-50。
- 戴昌鳳、王士偉、張睿昇, 2009。桃園觀音藻礁生態解說手冊。臺中: 臺灣中油股份有限公司液化天然氣工程處。
- Adey, W. H., 1975. The algal ridges and coral reefs of ST. Croix. Atoll research Bulletin, No. 187.
- Adey, W. H. and Burke, R., 1976. Holocene bioherms (algal ridges and bank-barrier reefs) of the eastern Caribbean. Geological Society of America Bulletin, 87: 95-109.
- Adey, W. H. and Macintyre, I. G., 1973. Crustose coralline algae: a re-evaluation in the geological sciences. Geological Society of America Bulletin, 84: 883-904.
- Adey, W. H. and Vassar, J. M., 1975. Colonization, succession and growth rates of tropical crustose coralline algae (Rhodophyta, Cryptonemiale). Phycologia, 14: 55-69.
- Bosence, D. W. J., 1983. Coralline algal reef frameworks. Journal of the Geological Society (London), 140: 365-376.
- Cronin, T. M., Vogt, P. R., Willard, D. A., Thunell, R., Halka, J., Berke, M. and Pohlman, J., 2007. Rapid sea level rise and ice sheet response to 8,200-year climate event. Geophysical Research Letter, Vol. 34, L20603, doi:10.1029/2007GL031318, 2007.
- Emery, K., Tracey, J. and Ladd, H., 1954. Geology of Bikini and nearby atolls. I. Geology. United States Geological Survey Professional Paper, 260-A.
- Freiwald, A. & Henrich, R., 1994. Reefal coralline algae build-ups within the Arctic Circle: morphology and sedimentary dynamics under extreme environmental seasonality. Sedimentology, 41: 963-984.
- Glynn, P., 1973. Aspects of the ecology of coral reefs in the western Atlantic region. In: Jones, O. & Endean, R. (eds.), Biology and geology of coral reefs, pp. 271-324. New York: Academic Press.
- Macintyre, I. G., Glynn, P. W. and Steneck, R. S., 2001. A classic Caribbean algal ridge, Holandés Cays, Panamá: an algal coated storm deposit. Coral Reefs, 20: 95-105.
- Milliman, J. D., 1974. Marine carbonates. Springer-Verlag.
- Minnery, G. A., Rezak, R. and Bright, T. J., 1985. Depth zonation and growth form of crustose coralline algae: Flower Garden Banks, northwestern Gulf of Mexico. In: Toomey, D. F. & Nitecki, M. (eds.), Paleoalgology: Contemporary research and applications. Springer-Verlag, p.237-246.

- Reineck HE, Chang YM. 1986. Geologie und Biologie von Kalkalgen- und Geröllwatten auf Taiwan. I. Die Watten bei Neihai und Pali, Nordwest-Küste von Taiwan. *Senckenbergiana maritima*, 17(4/6): 187-199.
- Schlanger, S. O. & Johnson, C. J., 1969. Algal bank near La Paz, Baja California-modern analogues of source areas of transported shallow-water fossils in Pre-Alpine Flysch deposits. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 6: 141-157.
- Scoffin, T. D., 1992. Taphonomy of coral reefs: a review. *Coral Reefs*, 11: 57-77.
- Thornton, S. E., Pilkey, O. H. and Lynts, G. W., 1978. A lagoonal crustose coralline algal micro-ridge: Bahiret El Bibane, Tunisia. *Journal of Sedimentary Petrology*, 48(3): 743-750.

三、野外站位說明

依照潮汐預報資料，規劃本日野外實察地點，由南向北依序為：

Stop-1「桃園藻礁生態環境教室」—「保生社區濱海生態教育園區」；於漲潮期間野外參訪，**第一站依序有上述 2 個地點與路線**：(請參見附錄圖 3，觀新藻礁生態系野生動物保護區範圍圖；附錄圖 4，顯示近 20 餘年來海岸地形景觀與海岸變遷)(本站停留約 60 分鐘)



Stop-1 第 1 個地點，為位於桃園市新屋區東興路二段 1800 巷 160 號的「**桃園藻礁生態環境教室**」，平日開館時間為每週四至隔週一上午 9 時至下午 5 時，公休時間為每週二及週三；自行駕車之小型車可直接開車到點，遊覽車則可停保生橋的新屋溪北岸路旁下車，再向南步行過保生橋後約 100 公尺左側即可到達。

「桃園藻礁生態環境教室」前身為封閉 10 餘年的永興垃圾掩埋場，為推廣藻礁保育，桃園市政府於 107 年將其活化轉型為全國第一座關於藻礁的生態教室，於 2019 年 7 月 4 日正式啟用，並於 2021 年 11 月 3 日取得行政院環境保護署「環境教育設施場所」認證；內部以實體觀察、感官體驗、多媒體互動等方式進行藻礁生態教育，提供民眾免費參觀，並可透過網路預約導覽解說服務，是初訪桃園藻礁了解藻礁生態必訪景點；如需戶外導覽可事先洽永興社區發展協會（03-4863911）。(節錄資料，詳細說明可掃描 QR code 連接相關網頁)



Stop-1 「桃園藻礁生態環境教室」



Stop-1 「桃園藻礁生態環境教室」入口

Stop-1 第 2 地點，為「保生社區濱海生態教育園區」；從藻礁生態環境教室出發右轉約 100 公尺，過保生橋後左轉即「保生社區濱海生態教育園區」入口處「看藻礁的故鄉」立碑，由此沿道路直行接河堤木棧道，約 500 公尺即可到海岸防波堤，退潮即可見寬廣出露藻礁；若為漲潮時段，可見沒於水下隨海水面起

伏而時隱時現的水泥碉堡頂。此處附近海岸為「桃園觀新藻礁生態系野生動物保護區」，欲到潮間帶觀察藻礁必須事先向桃園市政府海岸工程處網站提出申請；因桃園市已於 103 年 7 月 7 日以府農植字第 1030161744 號公告，為「桃園觀新藻礁生態系野生動物保護區」在案；正式成為台灣第 20 個野生動物保護區，並自公告日起生效。觀新藻礁區分為核心區、緩衝區及永續利用區。其中核心區原則禁止任何改變或破壞其原有自然狀態，禁止任何人任意進入；至於緩衝區，則訂定開放時間、人數及範圍，究竟人潮踩踏會對藻礁產生一定影響，劃為保護區後將限制人數及時間，以保護礁體。市府並重申保護區內未來如有偷排廢水等破壞藻礁行為，導致保護區內生物無法棲息者，恐處六月以上五年以下有期徒刑，得併科新臺幣三十萬元以上一百五十萬元以下罰金。（節錄資料，詳細說明可掃描 QR code 連接相關網頁）



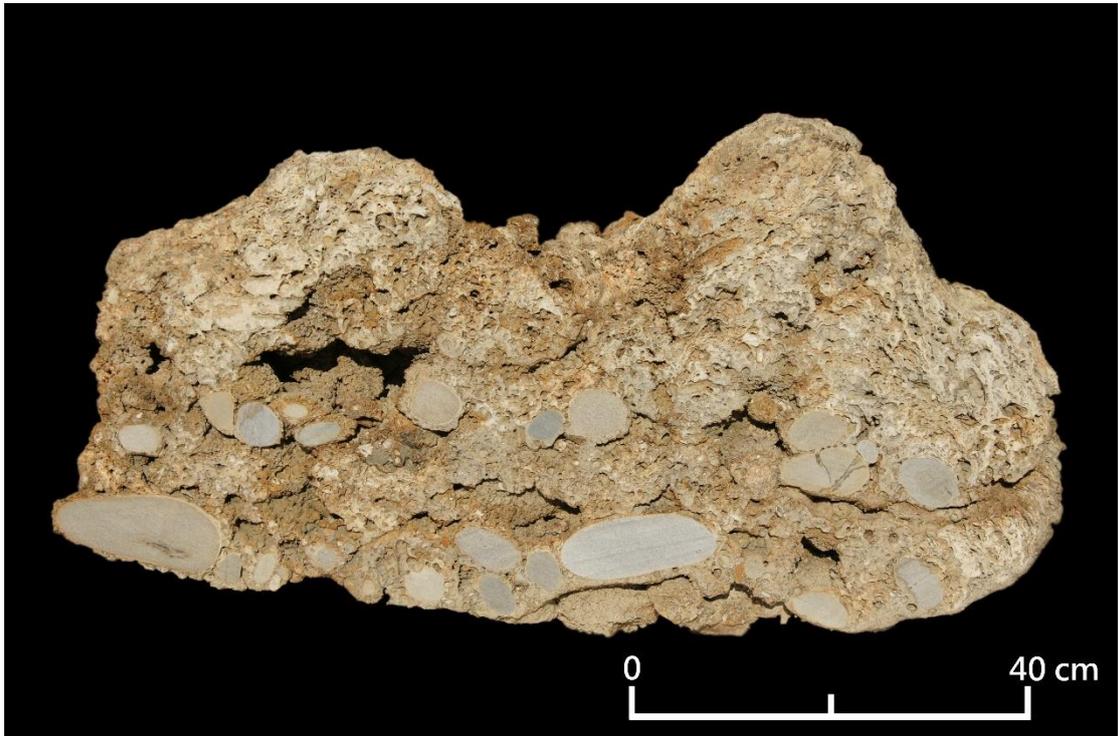
Stop-1 「保生社區濱海生態教育園區」入口處「看藻礁的故鄉」立碑



Stop-1 「保生社區濱海生態教育園區」木棧道終點的海岸護堤與退潮中開始出露的藻礁



Stop-1 「保生社區濱海生態教育園區」退潮出露的藻礁（由海向陸側拍照）



Stop-1 「保生社區濱海生態教育園區」藻礁與基底礫石

Stop-2 桃園觀音 「草漯沙丘地景展示館」及海岸地形實查：(本站停留約 60 分鐘)

資訊： ; 導航：

「草漯沙丘地景展示館」，係於 109 年 3 月整修自關閉已久觀音海水浴場遊客中心，加以活化轉型而成，係以草漯沙丘地質景觀為主題、海洋生態保育為特色，並以環境教育為核心規劃的展示區（節錄資料，詳細說明可掃描 QR code 連接相關網頁）。退潮時，此地海岸可見沙丘、沙灘與寬廣藻礁；也是桃園海岸最初被記錄有生物礁的地點（陳培源，1953），在潮間帶經常可見被風浪打碎搬運的盤星珊瑚 *Dipsastraea*、細星珊瑚 *Cyphastrea*，以及微孔珊瑚 *Porites* 等，都是較能耐受混濁水域類型的造礁珊瑚。



Stop-2 觀音海水浴場退潮出露的藻礁（由海向陸側拍照）



Stop-2 南側桃園觀音大潭電廠排水口南側潮間帶藻礁，紅色為現生殼狀珊瑚藻。

Stop-3 桃園觀音 「白沙岬燈塔」：(本站停留約 50 分鐘)



巴士可停車在台 61 線西濱快速道路高架下方停車場（房車可直接導航至白沙岬燈塔前停車場），沿中興路南行至白沙岬燈塔觀光公車站牌，右轉拱橋即進入園區；本站來回路程約 500 公尺。

在臺南國聖燈塔未興建前，白沙岬燈塔曾是台灣本島最西邊的燈塔，週邊設有環形步道。於西元 1901 年點燈啟用後，在日治時期就已是台灣著名勝景，歷經百年以上的歲月洗禮，在 2001 年獲選入列文建會「台灣歷史建築百景」，燈塔建築本體、圍牆與日治時期的日晷儀隔年公告成為桃園第一座縣定古蹟，2021 年 5 月公告為桃園第二座國定古蹟，是目前保存最完整的日治初期燈塔(節錄資料，詳細說明可掃描 QR code 連接相關網頁)。

本站，為下午野外觀察前休憩，與戶外中午餐盒用餐最佳地點。

Stop-4 桃園觀音 「草漯沙丘地質公園」：(本站停留 1 小時 50 分鐘)



草漯沙丘是桃園大規模的濱海沙丘地形，因景色優美，具環境教育及學術研究價值，市府於 109 年公告指定為地質公園，是我國第一個以海岸沙丘為保護標的的地質公園；北起大園區老街溪出海口，南至觀音區大堀溪出海口間之沿海地帶，全長綿延長達 8.1 公里(節錄資料，詳細說明可掃描 QR code 連接相關網頁)；至於沙丘的高度與寬度，則會隨季節而有明顯改變。

本站來回行程約 3 公里，需攜飲水與防曬。可觀察沙丘沉積構造、海岸地形、以及藻礁；與沙丘相同，不同季節與潮汐時間所見藻礁出露範圍也會有很大變化，曾經測量在垂直海岸方向藻礁最大出露可達 500 公尺；另外，此處沙丘南側富林溪中，在夏季可見藻礁出露，其向陸延伸位置距高潮線最大直線距離可達 100 公尺；由此可想見過去藻礁發育之廣泛。

根據全區觀察，桃園海岸潮間帶藻礁出露地形平坦，並且礁體頂部殼狀珊瑚藻大多顯示被頂部截切現象，因此桃園藻礁很可能是臺灣西部唯一發育的海蝕平台。此外，在潮間帶沙灘可見重砂局部富集的現象。



Stop-4 風機檢修道路被沙丘所掩埋 (2023-04-27)



Stop-4 退潮時由南向北拍攝草漯沙丘 (2023-04-27)



Stop-4 草漯沙丘向海側逐漸傾倒的瞭望塔，是海岸後退的明證。(2023-04-27)



Stop-4 退潮時開始出露的藻礁 (2023-04-27)

Stop-5 中繼站 桃園觀音 7-11 觀湘門市；(本站停留 30 分鐘)



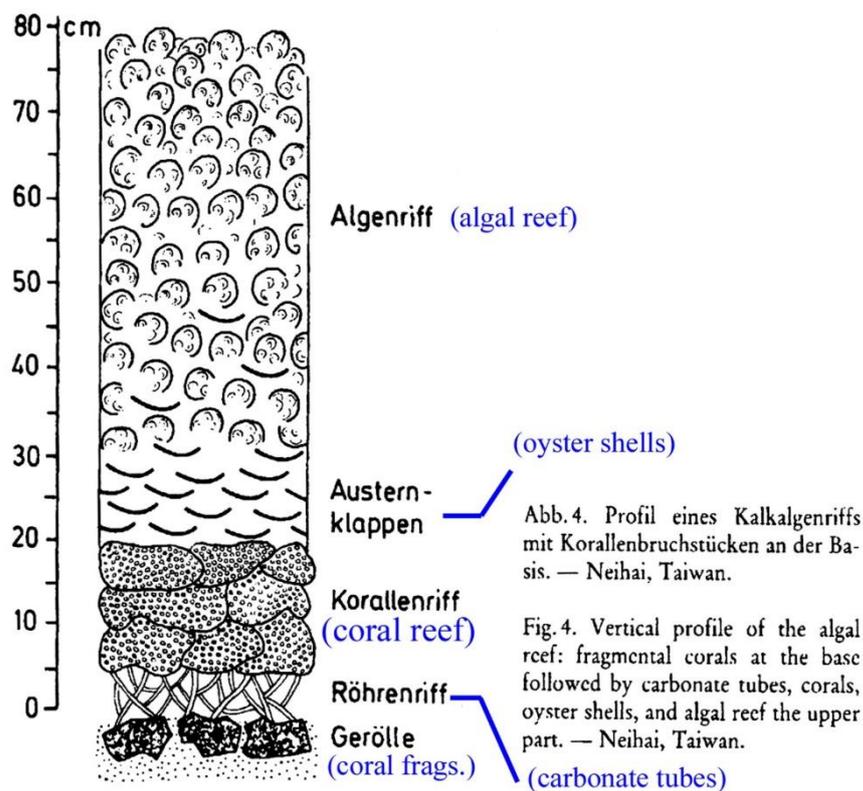
導航：

Stop-6 桃園大園內海村海岸；(本站停留 1 小時)



導航：

內海藻礁，最早地質紀錄見於 Reineck 與鄭穎敏（1986）的觀察報告，但根據沉積學觀點所建立本地藻礁的發育模式（如下圖），與從生物礁發育觀點及鑽探岩心結果大異其趣。本站位海岸觀察來回行程，總計約 1.5 公里。



(Reineck, H.-E. and Cheng, Y. M.,1986)

桃園內海 TY-04 地質鑽探結果

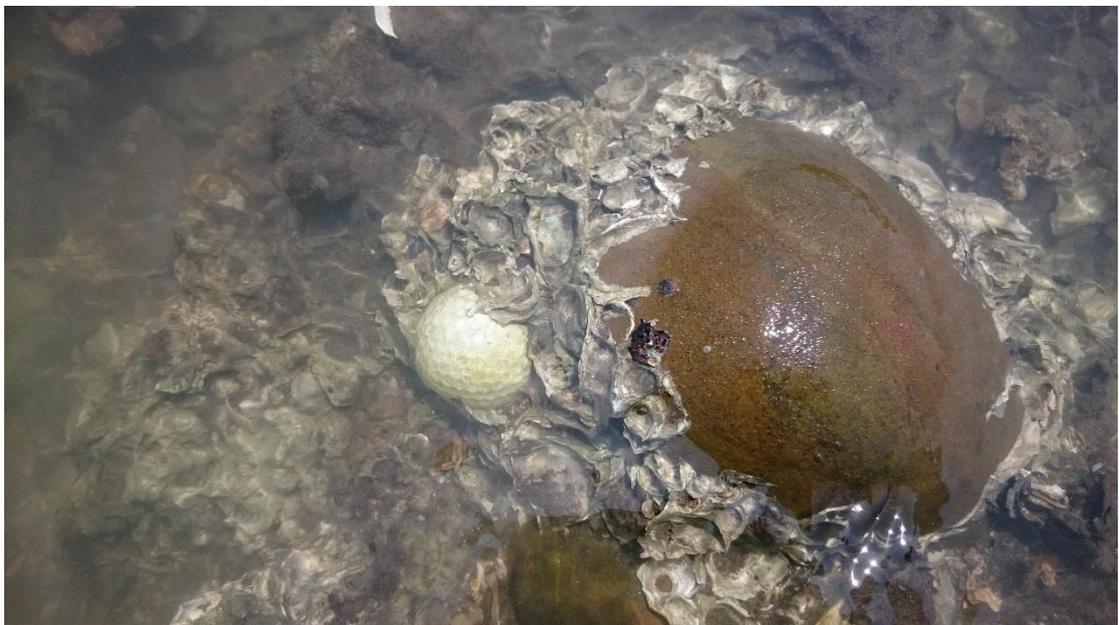
生物礁石灰岩/ 礫岩/ 砂岩



Stop-6 桃園大園內海村退潮時開始出露藻礁



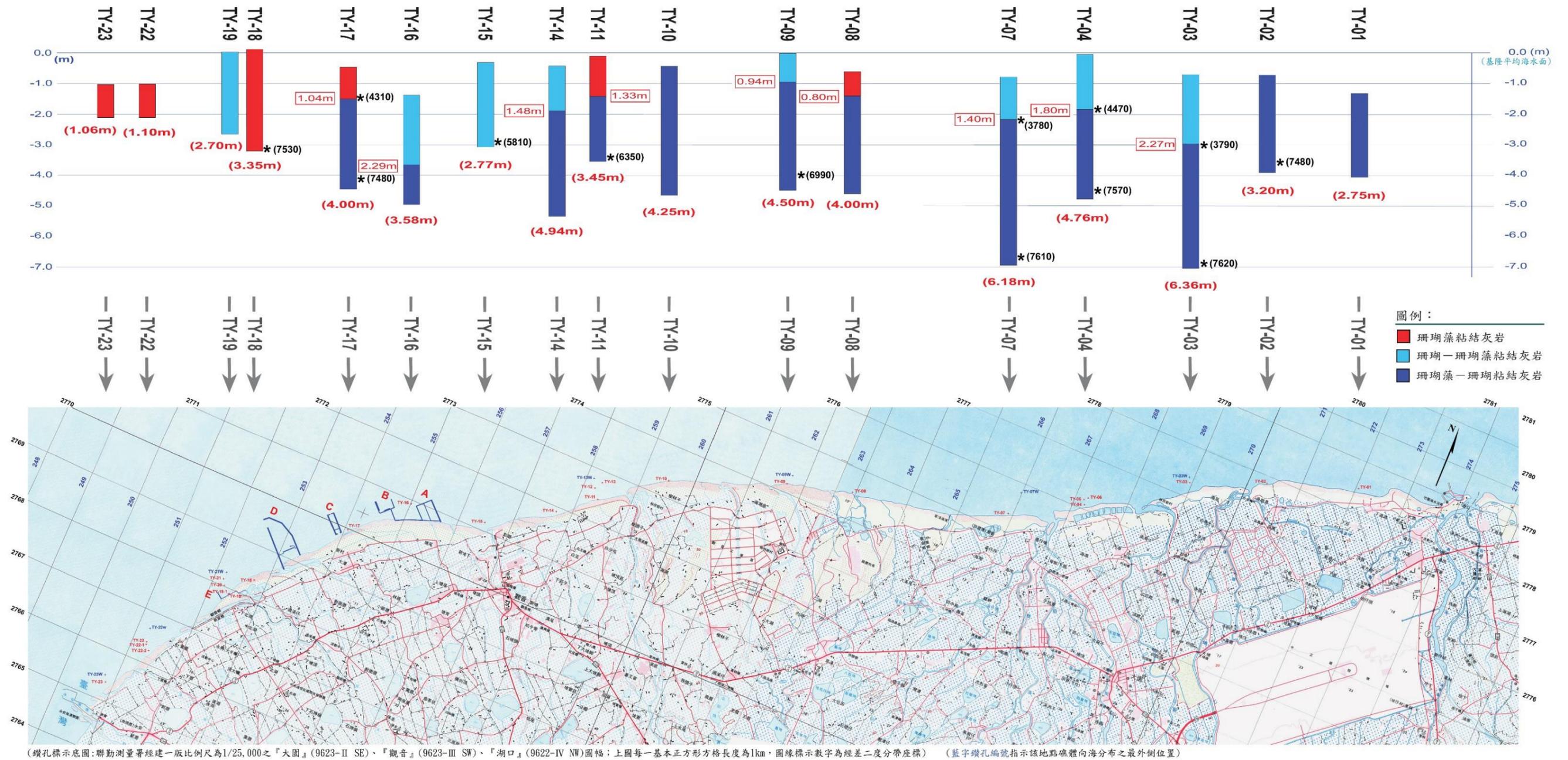
Stop-6 桃園大園內海村退潮出露藻礁，在不同季節會因不同類別生物表覆生長，而有不同樣貌。



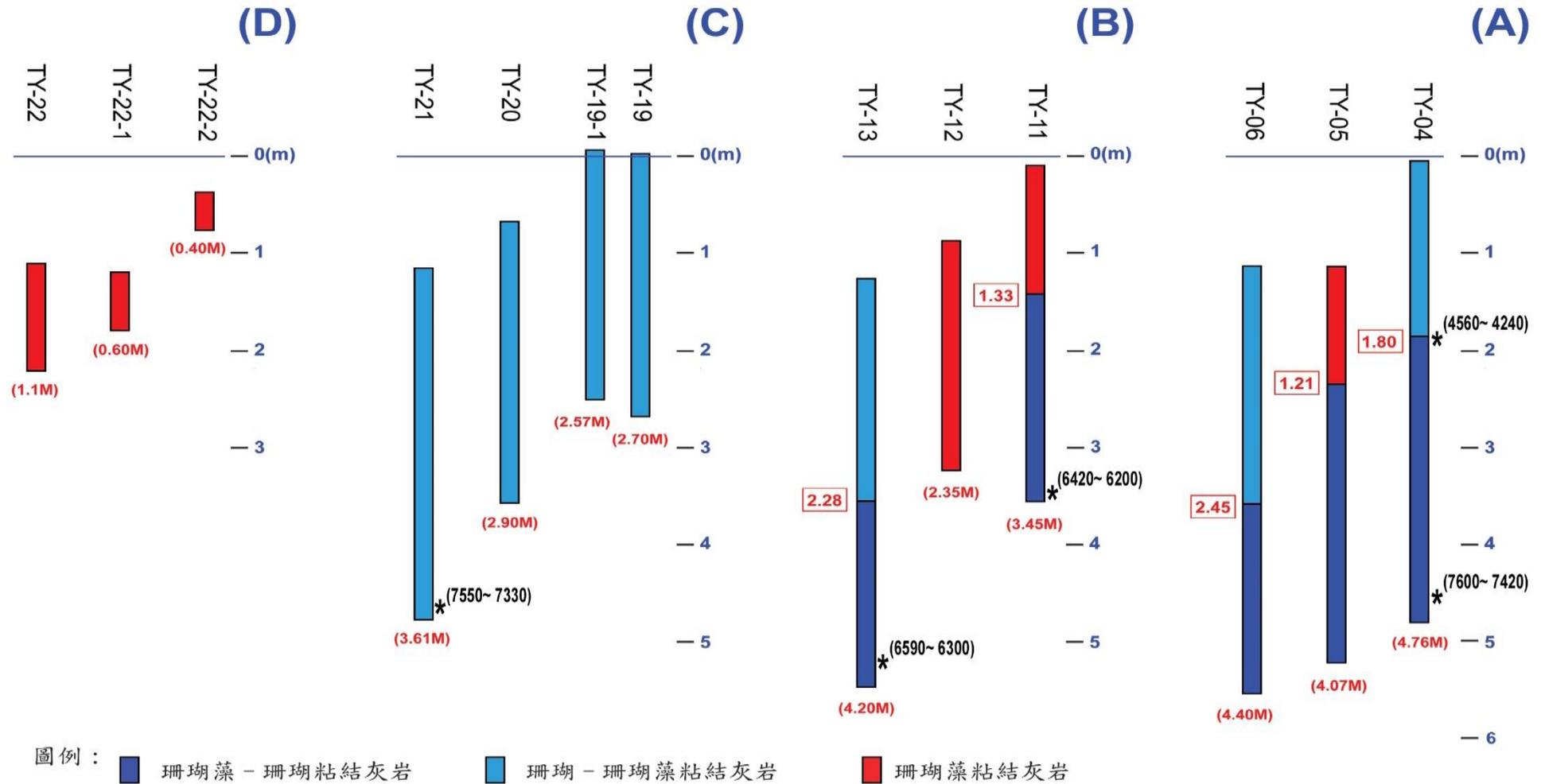
Stop-6 桃園大園內海村潮間帶，在較高潮位處，大量生長的牡蠣與鈣質環蟲棲管，會將散布在礁體表面的礫石、珊瑚碎塊，以及各種人工製品一併粘結（2017-06-23）。

17:00 野外觀察結束，返程。

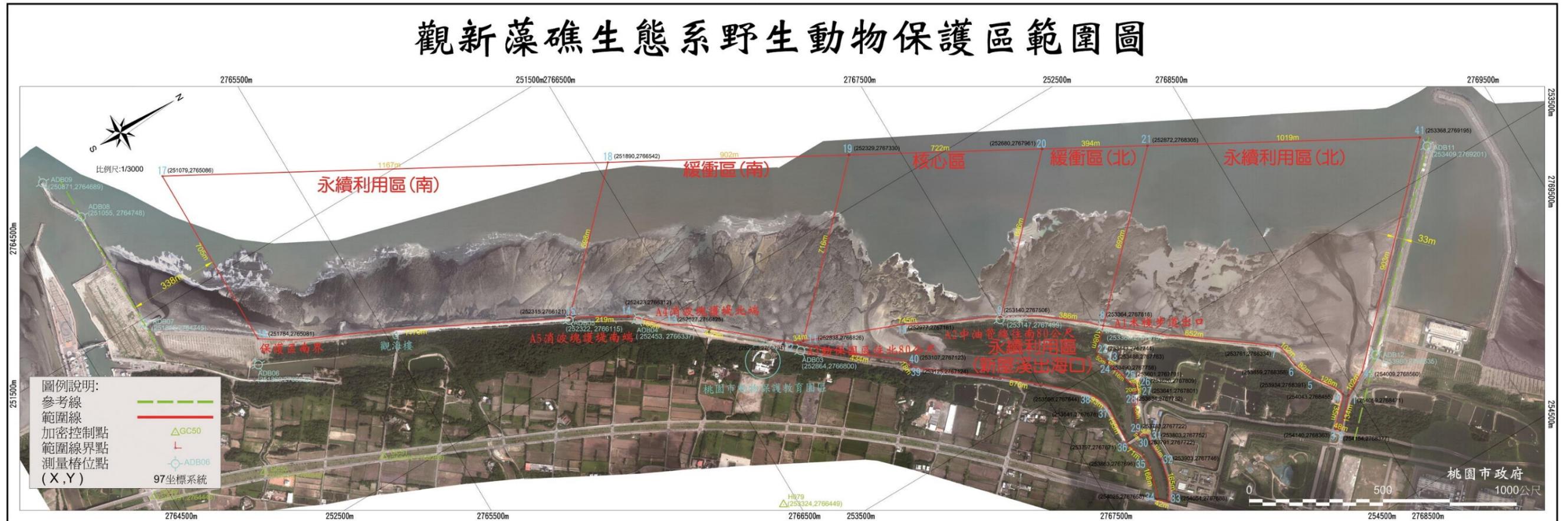
附錄圖 1 海岸鑽探岩心顯示岩相組成與礁體厚度之側向變化



附錄圖 2 四個地點海岸鑽探岩心，由陸向海側排列，顯示岩相組成與礁體厚度之側向變化

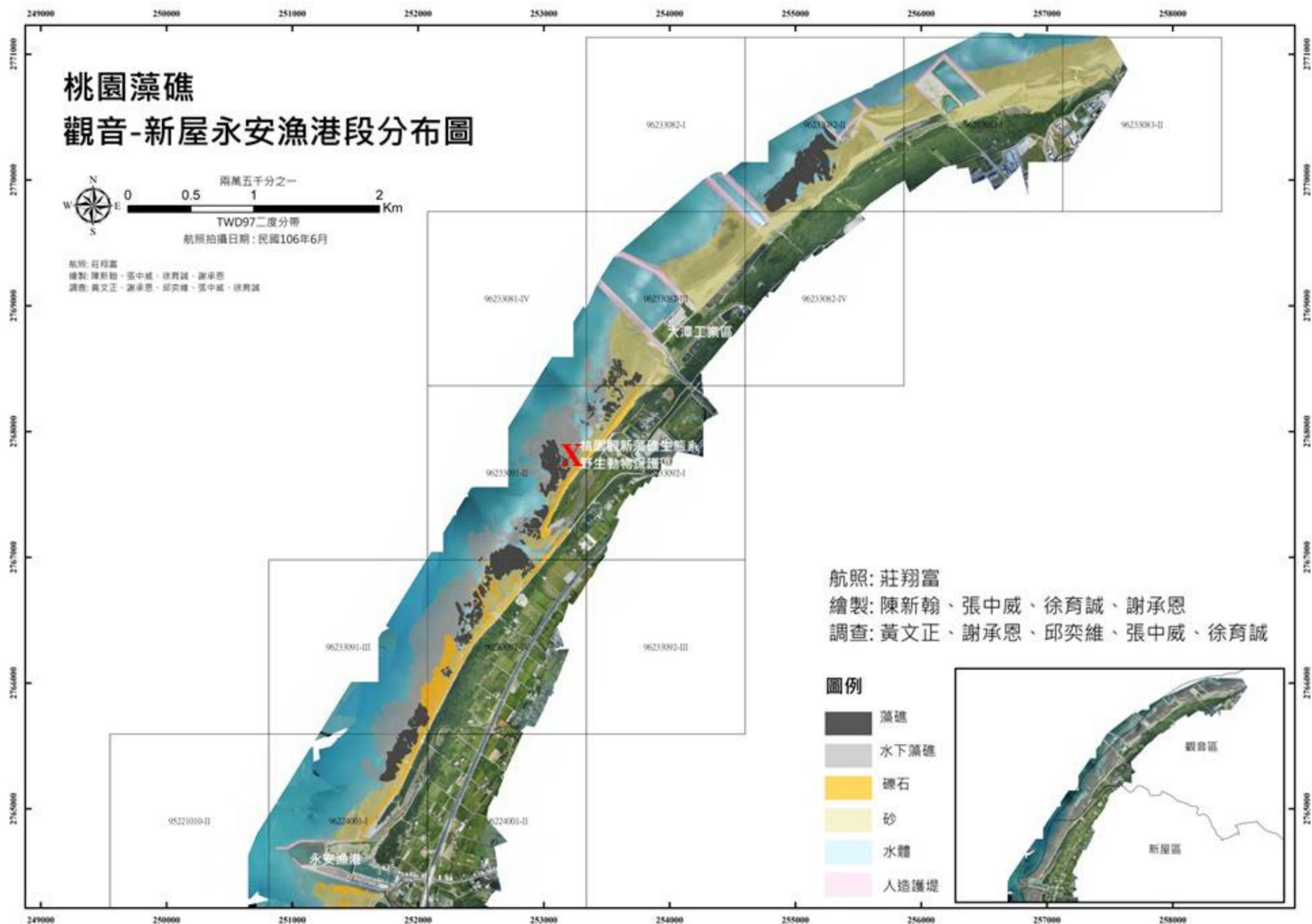


附錄圖 3 觀新藻礁生態系野生動物保護區範圍圖



出處：桃園市政府海岸管理工程處，2021 桃園觀新藻礁生態系野生動物保護區保育計畫書（公告版），第 16 頁圖。

附錄圖 4 顯示近 20 餘年來海岸地形景觀與海岸變遷



國立中央大學 地球科學系 黃文正教授團隊 2019提供

