

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 地球科學科

第一名

080511

挖出學校遺構區底下的秘密

學校名稱：臺南市東區東光國民小學

| | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| 作者： 小六 陳品澂 小五 吳秉祐 小五 蘇辰瀚 | 指導老師： 王雅麗 謝溫仁 |
|---------------------------------------|-------------------------|

關鍵詞：泥砂、生物遺骸、沖積層

得獎感言

驚喜又感恩的旅程

這次全國科展的參賽經驗真的令人難忘，對我們來講真是驚喜又感恩之旅！

我秉著好奇心，假日一如往常地到學校科學中心，看到老師和同學帶了一些泥沙回來，原來他們的學校因為興建校舍，挖到清代遺構，給了我們靈感，因此大家決定好題目後，進一步擬定研究方向，接著就如火如荼的展開實驗研究，整整花了快一年的時間，終於做出研究成果，參加了市賽，更一路闖進全國賽。

這中間老師帶著我們隊員，進行多次的戶外觀察與採集，在實驗室觀察實驗，並且和附近學校、附近河流出海口比較，了解遺構的地質環境，同時見證了台南四百多年來的演變。

印象最深刻的一件事，研究中需測量路面的高低差，因為我們經過討論、設計、製作、修正，自行做出簡易版測量儀，測量的數值也十分準確，非常的開心。

比賽前，我們不斷的討論、問問題、精進自己的能力，讓自己的思緒和口語表達更清晰。老師們也不耐其煩的陪伴著我們，是另外的收穫。

在市賽時，我們意外的拿到台南市第一名，本來想說可以休息慶祝一下，沒想到老師只讓我們休息一天隔天又馬上緊鑼密鼓繃緊神經的準備全國賽。

七月終於要比賽了，這個比賽總共為期五天，每天都非常充實。比賽前夕，竟然颱風入侵台灣，但很幸運颱風只經過南台灣，所以全國科展如期舉行。比賽時大家表現自己練習的成果，回答問題，盡所能地回答自己會的問題。

接著就是等待令人緊張的頒獎典禮，在等待成績出來的時候，大家擔心得像熱鍋上的螞蟻，時間在我們忐忑不安的心情中慢慢前進，終於宣佈到地球科學科時，我們屏氣凝神的聆聽主持人宣布比賽結果，聽到司儀宣佈第三名，第二名組別，都不是我們時，我心想完蛋了，沒得名，「地球科學國小組第一名：080511」接著聽到隔壁同學的歡呼以及我內心的尖叫。第一名竟然是我們！，我們得獎了，而且還是第一名，天啊！我們成功了！

從台上看向台下的大家，場面有多麼盛大，大家都在為我歡呼，這一年的努力終於值回票價了。

謝謝老師及教授們辛勤的指導、家長的支持、評審教授的認可以及同組同學和我一起努力、一起成長。期望未來還有機會在科展的舞台上繼續發光發熱，繼續和同學互助合作。

除了最後的成績之外，其實在準備科展的過程中，我也學到了很多。我學到了永不放棄的精神，發現問題就立刻解決問題，雖然很累我們還是不斷練習，我也學會整理自己的邏輯思考，並且學習講出來並且說服別人。我也學習到了團隊合作的精神，與朋友們分工合作、互相打氣、一起進步，並且在這準備的過程中交到了很多好朋友。



學校遺構區的觀察



到學校附近道路實際測量高低差



到海岸邊觀察與測量

摘要

學校興建校舍，挖出兵道署的遺構，我們從挖出來的泥砂中看見許多貝類的遺骸。我們很好奇，到底這些洞穴裡除了遺構外，還藏著什麼秘密？所以在老師的指導下，採集坑洞裡的泥砂，觀察、實驗並認識泥砂的性質；再與附近學校地區的泥砂進行比較，發現可能屬於同一個時期的海相堆積。從遺構區發現的生物遺骸多屬於雙殼綱和現在河流出海口的生物遺骸很相似，因此推測學校以前和海岸邊的環境相似，屬於砂質基底的淺海環境。

最後透過測量學校附近道路的高低差，發現學校屬於東高西低的地形，從這些種種的證據中，我們想學校不只有深埋在地底下豐富的古蹟文化歷史，其實從探索泥砂、生物遺骸等海相沉積，更見證了台南四百多年來海岸線的演變。

壹. 研究動機

有一天爸爸同事的小孩告訴我，他們學校興建校舍時，發現古蹟。我一聽學校蓋房子時挖到寶，心裡很興奮。於是利用暑假期間，和爸爸的同事、老師到他們的學校一探究竟。

很幸運的剛好看見校舍中，挖出清代道署遺構中，保留的四個坑洞，坑洞外也有挖出的泥砂，泥砂上還有許多貝類的遺骸。我們很好奇，到底這些洞穴裡除了遺構外，還藏著什麼秘密？所以在老師的指導下，採集坑洞裡的泥砂標本，和坑洞外挖出的泥砂，準備帶回學校一起找尋洞穴裡的秘密。（教材相關性：自然與生活科技南一六上-大地的變動）

貳. 研究目的

- 一. 解析遺構區的泥砂性質—透過實際採集、觀察、實驗與調查地質鑽探資料比對，瞭解學校遺構區底下的泥砂性質。
- 二. 探討遺構區的生物遺骸—觀察分類找到的生物遺骸，並與相關資料比對，知道這些生物的身世與生活環境。
- 三. 探索遺構區的地質環境—將遺構區與附近學校、台南河流出海口的泥砂、生物遺骸相比較；再和文獻資料中台南地質環境比對。
- 四. 瞭解遺構區早期的地形—透過走訪與測量學校附近道路的高低差；與現在台南河流出口比較。

參. 研究器材

- 一. 採集、處理泥砂：泥砂、鏟子、塑膠袋、水桶、分析篩、推車、標籤、夾鏈袋、捲尺、竹竿、塑膠盤
- 二. 泥砂性質實驗：硝酸銀、稀鹽酸、澄清石灰水、蒸餾水、清醋、海水、小蘇打水、黏土、燒杯、實體顯微鏡、筆記型電腦、數位相機、線香、試管、試管架、漏斗、漏斗架、水晶杯、塑膠管、滴管、衛生紙、培養皿
- 三. 測量工具：自製高度尺、自製觀測器、指北針、電子秤、上皿天平、量筒
- 四. 其他：黑色卡紙、雙面膠、白膠

肆. 研究過程與結果：

一. 研究流程

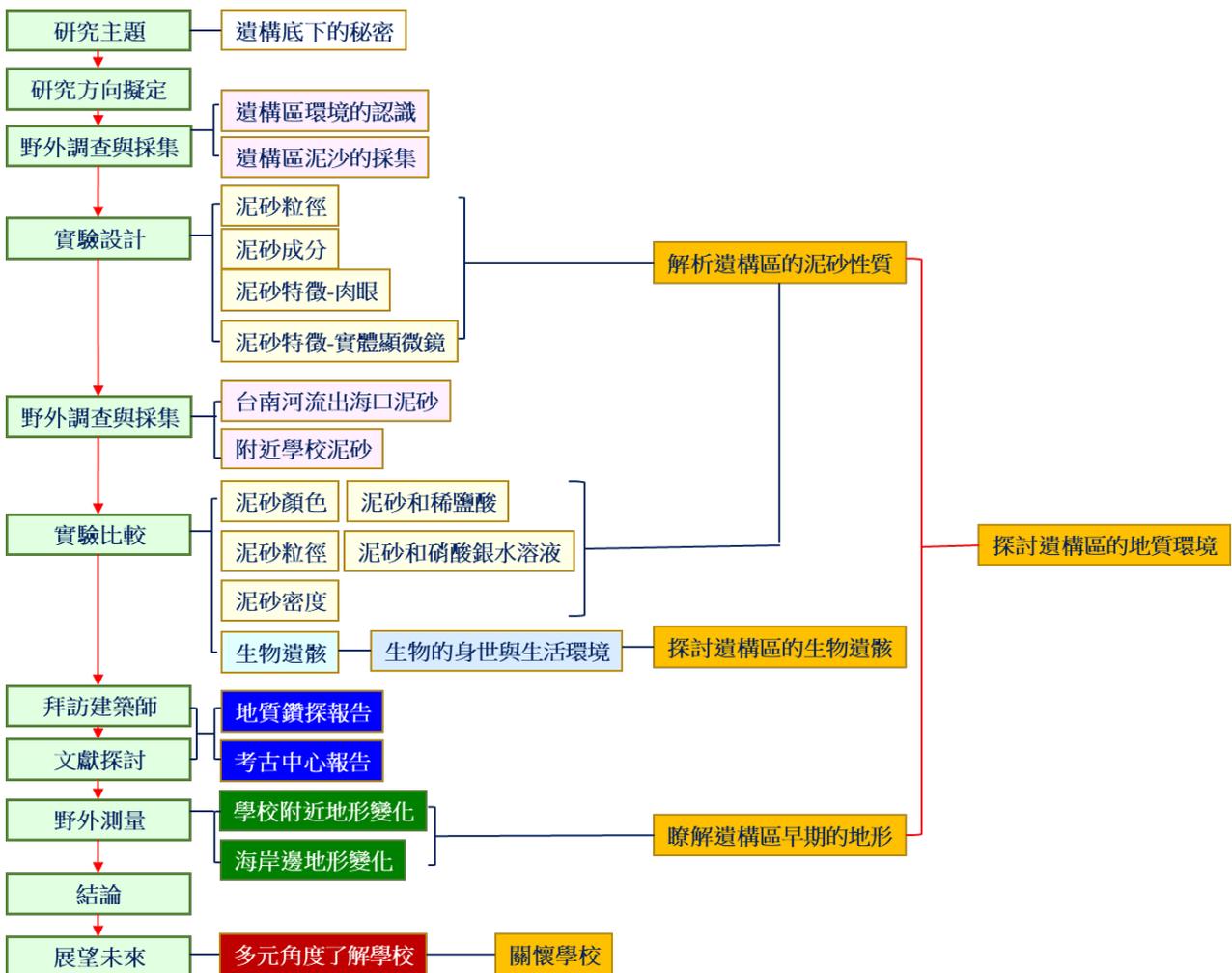


圖 1-1 研究流程圖

二. 文獻資料

- (一) 范勝雄在台南市的都市成長與變遷以及民俗活動的消長一文中，提及台南海岸地形的變遷，在古代海岸初期（荷據時期），台南海岸線在普羅民遮城（赤嵌樓）前，登岸的地方在大井頭；近代海岸期（清代道咸同光時期），台南海岸地形變化最為劇烈。道光年間二次大風雨導致臺江內海幾乎淤積。
- (二) 張瑞津、石在添、陳翰霖（民 85），台南海岸線變化劇烈，近三百多年來整體向西推移約 13 公里。根據林朝榮（1961）、孫習之（1964）的推論，全新世以來有兩次明顯的海水進退，也就是海岸向陸地侵入，抵達到現在等高線約 35m 及 7-10m 附近。而在明末清初，台南陸地與濱外砂洲圍成臺江內海，內海海濱最深的地方達到新市。十九世紀出現強烈的暴風雨，曾文溪挾帶大量泥砂，流入臺江內海造成淤積，海岸線也跟著向西推移；二十世紀，海岸繼續淤積。
- (三) 根據中央地質調查所的地質圖，標示台南都會區為現代沖積層，在地質上屬於全新世台南層，屬於海進沉積物，主要是由粉砂、黏土、砂和壤土組成，部分砂層具有交錯層，含有孔蟲及軟體動物化石，顯示由潟湖、三角洲、河口、海灘、淺海以及風成的混合沉積環境。
- (四) 學校地基調查報告書（民 105）：
1. 遺構區在未開發前是平坦的地勢，高低起伏不大，地表露出的地層為嘉南平原全新世沖積層和台南層，地表沖積層為最近數百年河道及海進所形成的臺地，主要是砂、粉砂及黏土組成。
 2. 施工處鑽孔探測位置共五處，結果發現：0.4~0.5m 為回填土，其餘皆為一般土層。
 - (1) 第一層：地下 0~2.7m，是灰棕色粉土質黏土夾細砂層及磚層。
 - (2) 第二層：地下 2.7~7.5m，為灰棕色夾棕色粉土質細砂，偶夾砂質粉土。
 - (3) 第三層：地下 7.5m~13.6m，為灰色粉土質黏土夾砂質粉土及細砂，偶夾貝屑。
 - (4) 第四層：地下 13.6m~20.0m，為棕灰色夾灰色粉土質細砂夾黏土層，偶夾貝屑。
 - (5) 第五層：地下 20.0m~30.0m，為灰色粉土質細砂，偶夾黏土薄層。
- (五) 遺構清理監看工程報告書（民 107）：
1. 在遺構區清理出大量的貝類遺留，其中以血蚶為最主要的貝類，約佔出土貝類遺留 50%以上，其次為文蛤，還有一些零星的香螺、錐螺、鳳螺等。從出土脈絡判斷是沒有刻意集中的現象，應該非屬於「灰坑（垃圾坑）」，而是自然環境的生態遺留。

三. 研究項目

【研究一】：遺構區的泥砂性質

(一) 學校的地理位置及遺構區(圖 3-1-1,圖 3-1-2)

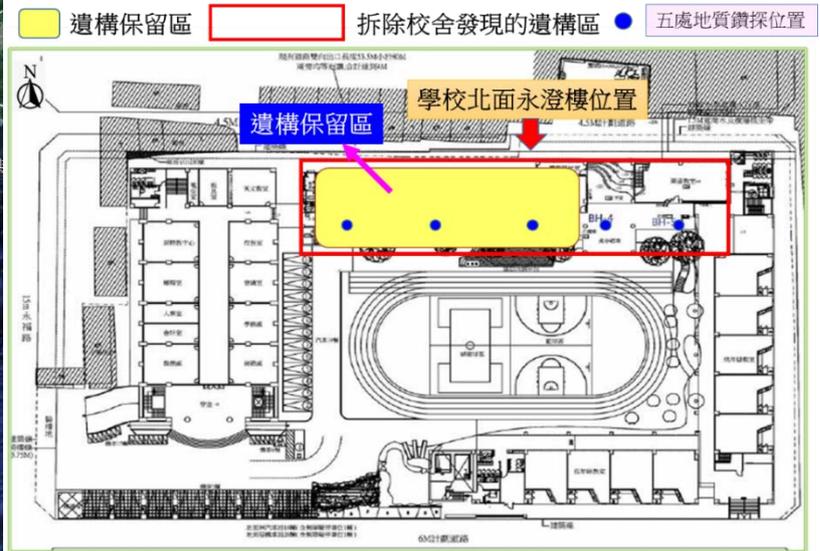


圖 3-1-1 取自 google Earth

圖 3-1-2 底圖取自政合大地工程有限公司地基調查報告書

(二) 遺構區環境介紹：

1. 學校北面舊校舍進行拆除開挖地基時，發現疑似清代道署遺構，東西長約 80 公尺，南北長約 18 公尺，經過考古中心整理遺構上的土石後，並重新設計；目前設開放式遺構古蹟展示館保留四個半開放遺構區，分別為北面 A 一個長方形（長 26m 寬 3.6m），東面 B（長 3.6m 寬 4.8m），西面 C 長方形（長 7.2m 寬 5.6m），南面 D 長方形（長 11.6m 寬 2.7m）。

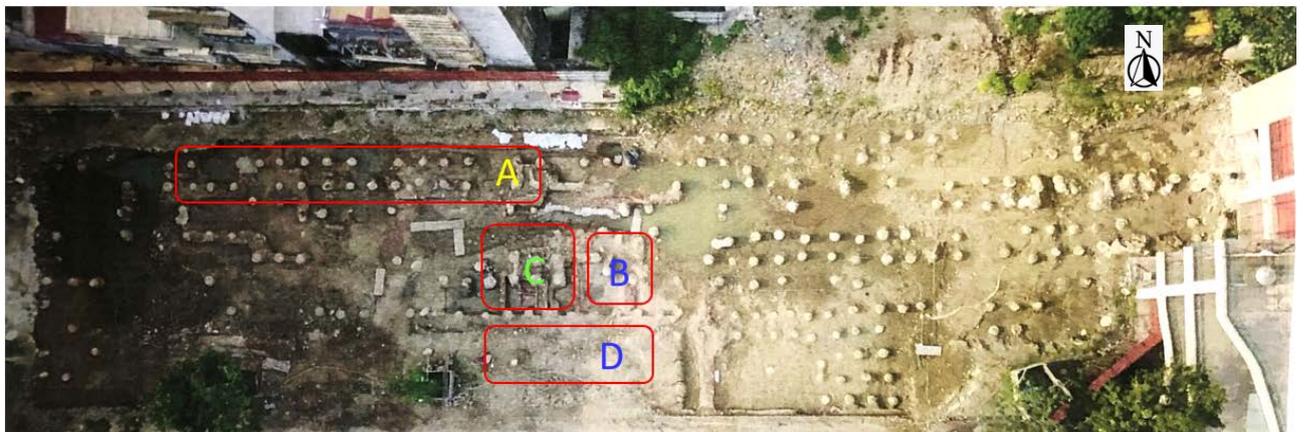


圖 3-1-3 遺構區鳥瞰圖及保留區域（ABCD）(底圖取自監看報告書)

2. 遺構區的整理是以 20cm 為一層慢慢向下挖，以小機具和人工方式清理。
3. 在遺構半開放展示區我們可以看見以前遺留下的牆基、紅磚地面、排水溝、破碎的瓷碗、硬陶以及一些貝類遺骸。
4. 遺構區裡有每間隔一公尺一根的「地質改良樁」(這是工程開工前，為了穩固基地地層施做的工程)。



圖 3-1-4 遺構保留區

(三) 採集學校興建校舍，遺構底下的泥砂。

1. 採集泥砂的地點：學校遺構坑洞內壁泥土層和坑洞旁挖掘出來的泥土。
2. 材料與工具：鏟子、標籤、夾鏈袋、奇異筆、相機、塑膠盤、指北針。
3. 採集的方法：

【遺構坑洞內壁泥土層】

- (1) 利用指北針確認遺構區的方位。
- (2) 測量採集區的長、寬、高。
- (3) 將遺構坑洞區分成東、西、南、北。
- (4) 每個方位再分為四個區塊(甲、乙、丙、丁)
- (5) 請老師進入遺構坑洞內(安全問題)，先拍照，再利用鏟子分別在不同區塊採集泥土放入夾鏈袋中，共 16 袋。



圖 3-1-5 遺構坑洞內壁泥土層採集

【坑洞挖出的泥土層】：直接利用鏟子挖到塑膠袋內。



利用鏟子將遺構坑洞裡的泥土層裝袋，帶回實驗室研究。



泥土層裡可以看見不同種類和大小的生物遺骸

圖 3-1-6 遺構坑洞挖出的泥土採集與觀察

4. 泥砂處理

(1) 帶回實驗室後，先將大顆的石塊、磚頭、生物遺骸挑出來。



圖 3-1-7 實驗室裡挑出大顆的石塊、磚頭、生物遺骸

(2) 先分別倒入塑膠盤內，放在陽光下每一小時翻土一次，直到曬乾。

(3) 不同方位的泥土層裝入塑膠瓶內，按照方位放置在實驗桌上，準備進行研究。



圖 3-1-8 採集回來泥土，每一個小時翻土一次，直到曬乾為止。(大約曬一星期)

5. 發現：

(1) 遺構區的泥砂是黃棕色夾雜灰色，並且有礫石、紅磚、小石子。

(2) 坑洞挖掘出來的泥砂感覺表面有些膠結，用鏟子一挖，裡面是鬆軟的；從外表觀察會看見許多小石子、碎磚、貝類生物遺骸露出地表。

(3) 遺構區坑洞內壁泥土層：深度大約 110cm，泥土層中含有磚塊、礫石、貝類生物遺骸和破碎瓷器，顏色黃棕色帶有灰色

(四) 認識學校遺構區坑洞內壁泥土層泥砂的性質

1. (實驗 1)：泥砂粒徑大小所佔的百分比。

- (1) 先將過大的顆粒（粒徑大於 8mm-小卵石）的泥砂挑出。
- (2) 將曬乾的泥砂，放入不同孔目的篩網（依大小排列）過篩。孔目依序 10 目、18 目、30 目、60 目、100 目。（10 目：粒徑 2.000mm、18 目：粒徑 1.000mm、30 目：粒徑 0.590mm、60 目：粒徑 0.250mm、100 目：粒徑 0.149mm）
- (3) 過篩後，將不同顆粒大小的泥砂分別倒入水晶杯中。
- (4) 利用天平測量不同孔目裡的泥砂重量。
- (5) (不同孔目篩網內泥砂重量) ÷ (全部泥砂重量) × 100% = 所佔的百分率。



圖 3-1-9 以篩網過篩泥砂

(結果 1)：泥砂粒徑大小所佔的百分率。

單位：%

| 孔目 | | >10 目 | 10 目 ~18 目 | 18 目 ~30 目 | 30 目 ~60 目 | 60 目 ~100 目 | <100 目 | 合計 |
|-----------|---|-------|---------------|---------------|---------------|----------------|--------|-----|
| 東邊 (E) | 甲 | 9 | 16 | 10 | 22 | 25 | 18 | 100 |
| | 乙 | 10 | 15 | 8 | 19 | 31 | 18 | 100 |
| | 丙 | 9 | 14 | 11 | 18 | 32 | 16 | 100 |
| | 丁 | 14 | 19 | 10 | 24 | 19 | 16 | 100 |
| 南邊 (S) | 甲 | 9 | 12 | 10 | 21 | 30 | 19 | 100 |
| | 乙 | 11 | 18 | 14 | 17 | 21 | 19 | 100 |
| | 丙 | 10 | 17 | 9 | 23 | 23 | 18 | 100 |
| | 丁 | 13 | 21 | 12 | 21 | 22 | 12 | 100 |
| 北邊 (n) | 甲 | 10 | 15 | 12 | 23 | 26 | 14 | 100 |
| | 乙 | 9 | 17 | 11 | 3 | 40 | 20 | 100 |
| | 丙 | 7 | 13 | 11 | 23 | 26 | 20 | 100 |
| | 丁 | 9 | 12 | 1 | 15 | 27 | 36 | 100 |
| 西邊 (w) | 甲 | 13 | 19 | 16 | 27 | 14 | 10 | 100 |
| | 乙 | 4 | 21 | 12 | 23 | 26 | 16 | 100 |
| | 丙 | 9 | 16 | 9 | 20 | 28 | 18 | 100 |
| | 丁 | 9 | 23 | 11 | 23 | 23 | 10 | 100 |

(比較 1)

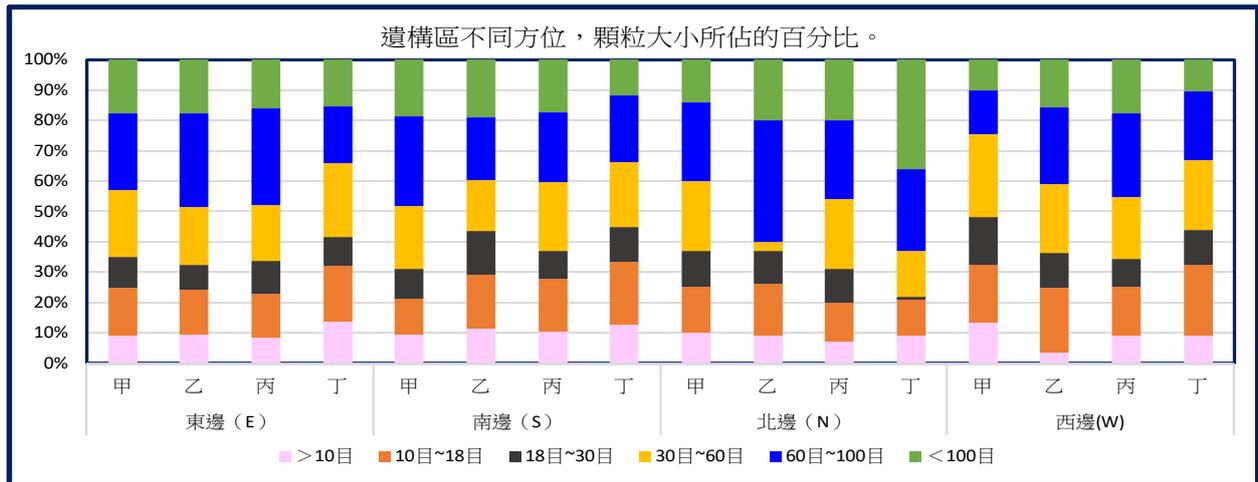


圖 3-1-10 遺構區不同方位，泥砂粒徑大小百分比

(發現 1)

- 從遺構區坑洞內壁採集回來的泥沙，我們利用粒徑大小不同的篩網過篩後，測量篩網內泥砂的重量並計算占全部泥砂百分比，結果發現：**遺構區內壁泥砂粒徑分佈很相似**，粒徑大小所佔的百分比很接近；代表這些地方的泥沙在粗細結構方面是相似的。
- 內壁泥土層有大大小小的岩石碎屑，從分析篩過篩後，每一區泥砂粒徑大於 2.000mm 礫石大概佔全部 10%；剩下 **90%幾乎都是砂土**（粒徑在 2.000~0.06mm）。
- 粒徑 2.000~1.000mm 是極粗砂和粒徑 1.000~0.590mm 是粗砂，佔全部泥砂的比例大約在 20~30%，粒徑 0.590-0.250mm 是中砂大約佔全部泥砂的 20%，粒徑 0.250-0.149mm 屬於細砂大概佔 20~30%。整體而言遺構坑洞泥土層中，細砂比例最多，也就是這裡的**泥土層中多屬細砂土**。
- 除了粒徑小於 0.149mm 的極細砂外，其它粒徑的泥砂用肉眼觀察會發現是**一顆顆的泥團**，十分特別。

2. (實驗 2)：遺構區坑洞裡的泥砂，不同成份所佔的百分率。

- 取遺構區東、西、南、北方位中，粒徑大於 1.000mm 的泥砂。
- 分別倒在白紙上，利用鑷子將不同種類的顆粒分開。
- 利用電子秤分別秤重。計算不同成分泥砂所佔的重量百分率。

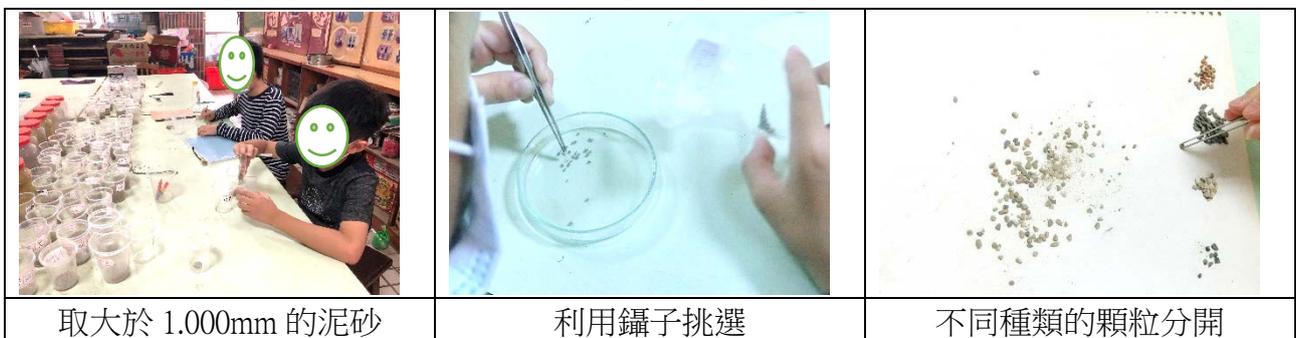
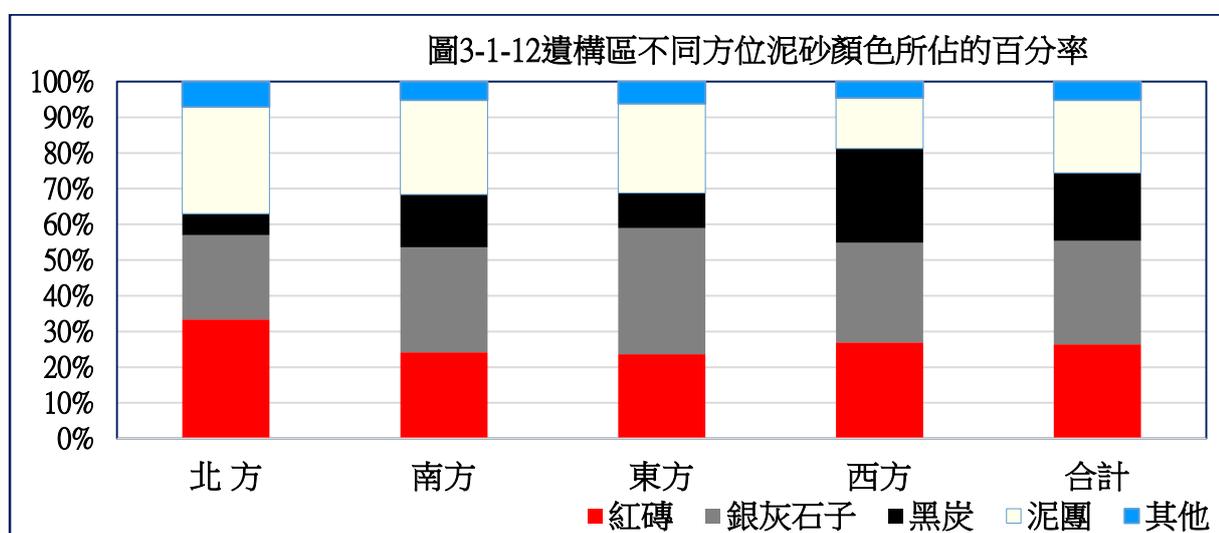


圖 3-1-11 不同成分泥砂顆粒分類

(4) 結果: 不同成份顆粒的重量及所佔的百分率 單位: g, %

| 位置 項目 顆粒 | 北方 | | 南方 | | 東方 | | 西方 | | 合計 | |
|----------------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|-------|------|
| | 重量 | 百分率% | 重量 | 百分率% | 重量 | 百分率% | 重量 | 百分率% | 重量 | 百分率% |
| 紅磚 | 1.57 | 33 | 2.69 | 24 | 1.81 | 24 | 6.58 | 27 | 12.65 | 26 |
| 銀灰色石子 | 1.11 | 24 | 3.28 | 30 | 2.7 | 35 | 6.79 | 28 | 13.88 | 30 |
| 黑炭 | 0.28 | 6 | 1.64 | 15 | 0.75 | 10 | 6.43 | 26 | 9.1 | 19 |
| 泥團 | 1.41 | 30 | 2.95 | 26 | 1.92 | 25 | 3.47 | 14 | 9.75 | 20 |
| 其他 | 0.33 | 7 | 0.58 | 5 | 0.47 | 6 | 1.12 | 5 | 2.5 | 5 |
| 合計 | 4.7 | 100 | 11.14 | 100 | 7.65 | 100 | 24.39 | 100 | 47.88 | 100 |

(5) 比較:



(6) 發現:

A. 從採集的泥砂中，發現每個地方都含有紅磚、銀灰色顆粒、生物遺骸以及泥團，還有一些像木炭深黑色的顆粒，很特別；其中在西邊的泥砂中特別多。



圖 3-1-13 用火燃燒測試

B. 我們嘗試把黑色像木炭的顆粒拿來畫畫看，會出現黑色的線條，用火柴燃燒，出現紅紅的；燒了一陣子後，還會出現白白的灰燼，確定是黑炭。

因此我們推測這個地方之前應該有使用木炭，尤其在西邊這個位置，因此才會殘留這些黑色的顆粒。從考古中心的考證中知道這裡曾經是灶台的位置。

C. 紅磚的碎屑也是這裡的泥土層中比較特殊的物質，這和遺構區的建築材料有關係，因此才会有這些大大小小的紅磚碎屑物。

3. (實驗 3)：肉眼和實體顯微鏡下的泥砂特徵。

- (1) 取過篩後粒徑不同的泥砂，倒入白色濾紙上。
- (2) 先用肉眼觀察後，再取一些均勻灑在培養皿內。
- (3) 放在實體顯微鏡下觀察並拍照（放大 20 倍）。
- (4) 記錄不同粒徑下的泥砂顆粒特徵。
- (5) 結果：

A.結果 1：肉眼觀察

| | | | | | |
|---|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |  |
| 泥團狀，顏色黃褐帶點灰，有一些白色碎屑。粗粗的，泥團受到輕微外力就會碎掉成細砂。 | | | 小泥團，顏色黃褐帶點灰黑色，用手摸摸看粗粗的。 | | 細砂狀，顏色黃褐帶點灰。 |

圖 3-1-14 泥砂特徵

B.結果 2：實體顯微鏡下觀察

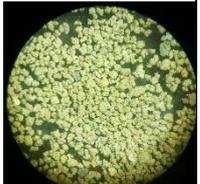
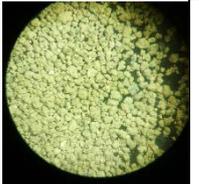
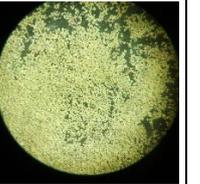
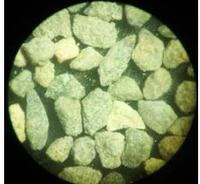
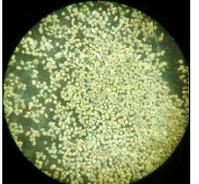
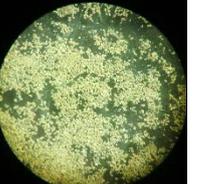
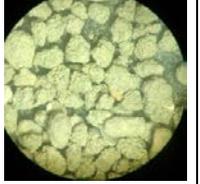
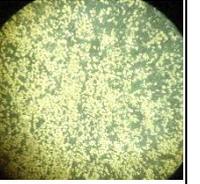
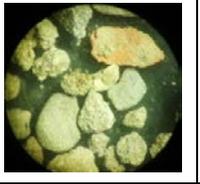
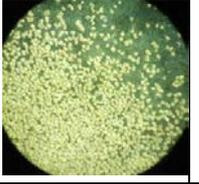
| | >2.000mm | 2.0-1.0mm | 1.0-0.59mm | 0.59-0.25mm | 0.25-0.149mm | <0.149mm |
|-------|--|---|---|--|---|---|
| 東 |  |  |  |  |  |  |
| 西 |  |  |  |  |  |  |
| 南 |  |  |  |  |  |  |
| 北 |  |  |  |  |  |  |
| 實體顯微鏡 | 粒徑大於 0.149mm 泥砂，在實體顯微鏡下看見的幾乎是泥團狀，只是顆粒大小不同。泥團多為半透明、白、紅、黑、灰的顆粒、白色貝殼碎屑和泥砂膠結而成；除此之外還有少許銀灰色、紅色的顆粒；小於 0.149mm 幾乎沒有泥團狀，可以看見許多不規則黑色、半透明、白色、紅色、灰色小顆粒。 | | | | | |

圖 3-1-15 實體顯微鏡下泥砂特徵

4. (實驗 4)：滴入稀鹽酸到不同顏色的顆粒，觀察哪些顆粒會冒泡泡。

從實體顯微鏡中發現到遺構區坑洞裡的泥砂有好多種不同成分的顆粒，我們想利用稀鹽酸確認這些泥砂顆粒中，是否含有碳酸鈣的成分。

- (1) 將不同顏色種類的泥砂顆粒，分別放在培養皿中。
- (2) 請老師用滴管將稀鹽酸慢慢的滴在不同顏色種類的顆粒中。
- (3) 觀察、記錄哪一種泥砂會和稀鹽酸起交互作用。
- (4) 結果與發現：



| | |
|---|---|
|  <p style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;">滴稀鹽酸不會起泡泡</p> | <p style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;">滴稀鹽酸會起泡泡</p>  |
| <p>泥砂顆粒中含有白色生物遺骸碎屑的，滴上稀鹽酸才會冒泡泡，其它的泥砂不會。清水沖洗乾淨，滴稀鹽酸確認，只有白色的顆粒會冒泡泡；紅、灰、黑都不會。</p> | |

圖 3-1-16 泥砂顆粒和稀鹽酸的交互作用

A. 這些泥砂直接用稀鹽酸滴都會起泡泡，但是當我們將這些泥砂顆粒分類，並用水將顆粒外圍的泥粉洗乾淨，滴稀鹽酸後只有白色生物遺骸碎屑的會冒泡泡，其他紅磚、銀灰色、半透明顆粒滴稀鹽酸都不會冒泡泡。

5. (實驗 5)：遺構區坑洞裡泥團狀顆粒

- (1) 從實體顯微鏡觀察遺構區坑洞裡的泥砂，發現幾乎都是泥團狀的泥砂，這些泥團是怎麼形成的。
- (2) 挑選幾顆遺構區的粗顆粒泥砂團在培養皿內。
- (3) 放在實體顯微鏡下。
- (4) 將稀鹽酸滴到粗顆粒，觀察變化。
- (5) 同樣的方法，利用蒸餾水滴到粗顆粒泥團上。
- (6) 從實體顯微鏡下觀察泥團的變化。
- (7) 結果：

| | 實驗前的泥團 | 剛滴入水溶液 | 結果 |
|------|---|--|---|
| 滴稀鹽酸 |  |  |  |
| 說明 | <p>實驗前在實體顯微鏡下可以清楚看見泥團，泥團上有許多的細顆粒膠結在一起。</p> <p>當滴入稀鹽酸後，泥團立刻冒出很多泡泡，原來膠結的泥團也散了。</p> <p>最後發現有好多透明的細小顆粒、一些黑色顆粒散佈在培養皿內，水溶液變黃褐色。</p> | | |

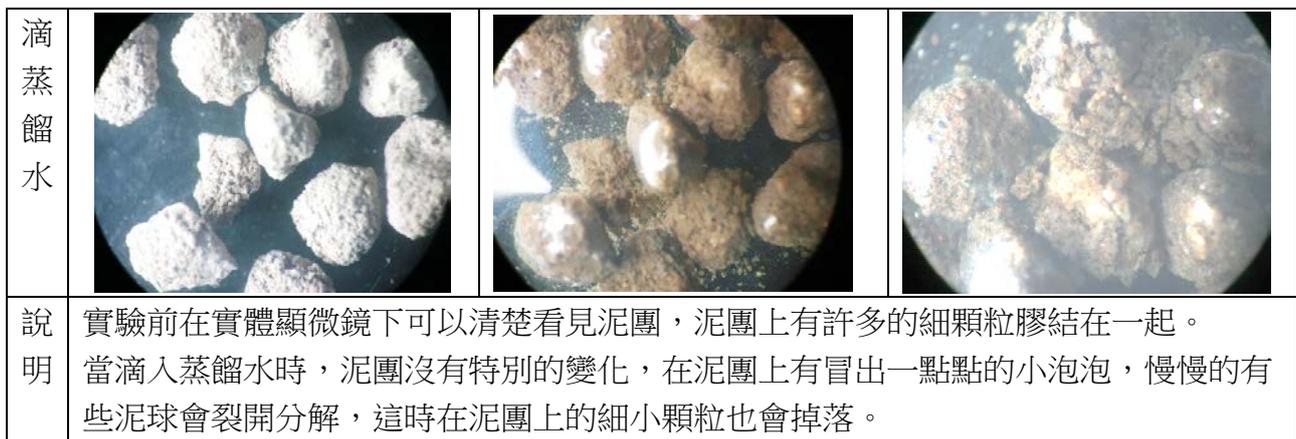


圖 3-1-17 泥團實驗

(8) 發現：從這個實驗我們發現遺構區的泥砂會膠結在一起的原因，可能是泥砂中含有碳酸鈣的成分，因此當利用滴入稀鹽酸時，泥砂中的碳酸鈣產生劇烈反應，泥團瞬間散開，只留下許多半透明的石英顆粒；除此之外，泥團上可能含有一些黏土，所以當蒸餾水滴入時，泥團會慢慢散開。

【研究二】：探討遺構區的地質環境～比較台南海邊、附近學校地區和學校遺構的泥砂性質

(一) 採集的地點：

1. 附近的學校： A 學校、B 學校、C 學校、D 學校
2. 台南海岸：學校附近河流出海口：由北到南為曾文溪、鹿耳門溪、鹽水溪、二仁溪
3. 學校與採集地點間的距離（利用 Google Earth 測量）

| 附近學校 | A 學校 | B 學校 | C 學校 | D 學校 |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 距離（大約） | 0.64Km | 0.35Km | 0.51Km | 1.17Km |
| 附近出海口 | 曾文溪 | 鹿耳門溪 | 鹽水溪 | 二仁溪 |
| 距離（大約） | 14.6Km | 9.7Km | 6.1Km | 8.4Km |

4. 採集的方式

- (1) 出海口：在距離海浪約 10m 處採集泥砂。
- (2) 附近學校：在校園裡找到施工處，取施工處挖出來的泥砂。

● 採集台南海邊的泥砂

採集附近學校的泥砂



圖 3-2-1 採集的地點（取自 Google Earth）



圖 3-2-2 採集泥砂

(二) 研究實驗項目

1. (研究實驗 1): 泥砂顆粒顏色的比較

(1) 肉眼觀察

| 遺構區 | 曾文溪 | 鹿耳門溪 | 鹽水溪 | 二仁溪 |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| 黃褐帶點灰 | 灰帶一點黃褐 | 灰帶一點點黃 | 灰帶一點點黃 | 灰帶黑 |
| A 學校 | B 學校 | C 學校 | D 學校 | |
|  |  |  |  | |
| 黃帶灰 | 黃褐色帶點灰 | 黃褐帶點灰 | 黃褐帶點灰 | |

圖 3-2-3 不同地區的泥砂顏色

(2) 實體顯微鏡下觀察

- 取一些砂 (小於 0.149mm) 均勻灑在培養皿上。
- 放在實體顯微鏡下, 以 20 倍觀察。
- 利用數位相機拍照。
- 放在電腦簡報軟體放大數一數不同顏色的數量。
- 最後再計算各顏色所佔的百分比。



圖 3-2-4 電腦計數泥砂顏色顆粒

(3) 結果與比較

單位：%

| 項目 | 半透明 | 白色 | 黑色 | 土黃色 | 咖啡色 | 灰色 | 合計 |
|------|-----|----|----|-----|-----|----|-----|
| 遺構區 | 61 | 5 | 1 | 9 | 0 | 23 | 100 |
| 曾文溪 | 68 | 0 | 9 | 7 | 3 | 13 | 100 |
| 鹿耳門溪 | 38 | 1 | 11 | 13 | 6 | 31 | 100 |
| 鹽水溪 | 49 | 0 | 7 | 7 | 0 | 37 | 100 |
| 二仁溪 | 21 | 5 | 10 | 14 | 8 | 42 | 100 |
| A 學校 | 56 | 7 | 1 | 14 | 0 | 22 | 100 |
| B 學校 | 57 | 6 | 3 | 8 | 3 | 23 | 100 |
| C 學校 | 61 | 1 | 3 | 8 | 3 | 24 | 100 |
| D 學校 | 60 | 0 | 3 | 12 | 2 | 23 | 100 |

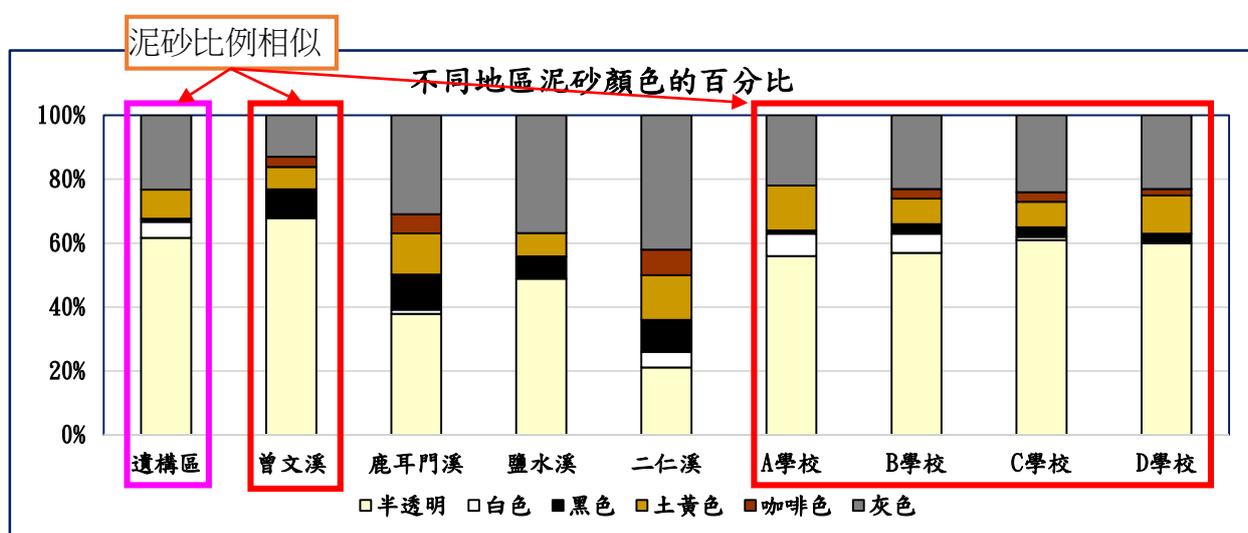


圖 3-2-5 不同地區泥砂顏色的百分比

(4) 發現：

- 從肉眼觀察發現附近學校的泥砂顏色都偏黃褐色，帶一點點的灰，和遺構區的泥砂看起來有一點相似；除了二仁溪的泥砂偏黑色外，其他出海口泥砂的顏色是灰色中帶點黃。遺構區泥砂和曾文溪、附近學校泥砂比例相似。
- 將泥砂灑一些在培養皿上，利用實體顯微鏡拍照，在電腦軟體計數不同顏色的泥砂，結果發現學校遺構區坑洞裡的泥砂顏色分佈比例和曾文溪、附近學校的泥砂都很接近。
- 遺構區和 AB 學校有白色顆粒泥砂，看起來像是生物的遺骸。

2. (研究實驗 2)：實體顯微鏡下的泥砂顆粒

- 取過篩後粒徑 0.250-0.149mm 的泥砂，輕輕灑下一些到培養皿上。
- 放在實體顯微鏡下觀察、記錄並拍照。



圖 3-2-6 實際操作

(3) 結果：放大 40 倍

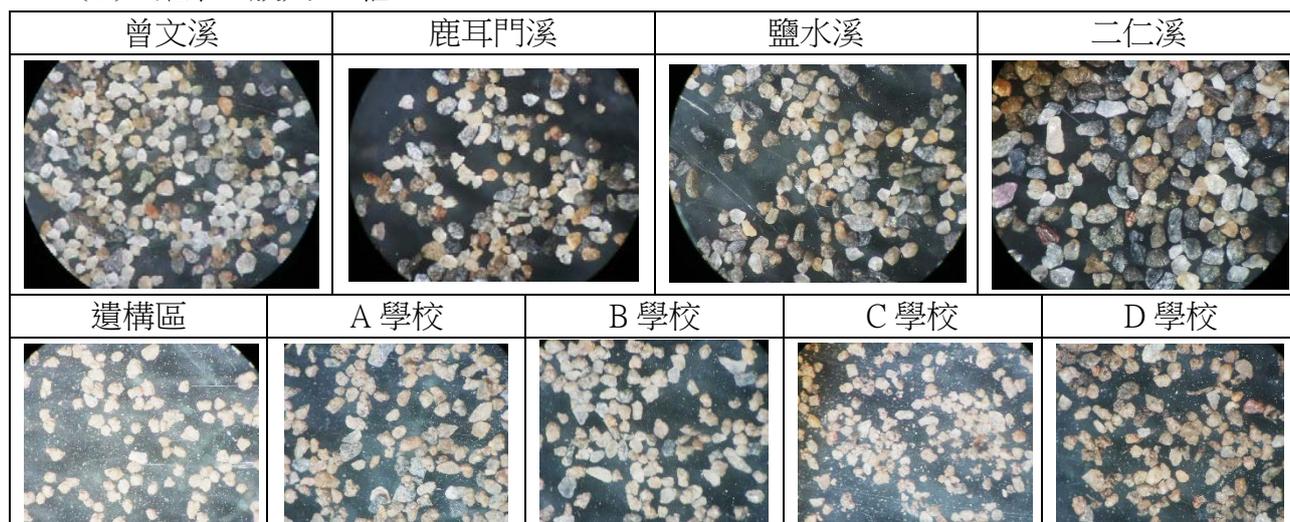


圖 3-2-6 實體顯微鏡下放大 40 倍泥砂顆粒

(4) 發現：

- A. 附近學校採集的泥砂，在顯微鏡下觀察和遺構區泥砂相似，粗顆粒大部分是橢圓形具有膠結狀泥團，泥團內膠結好多細小的半透明顆粒和一些黑色、橘色的顆粒；另外也會有顆粒狀銀灰色的岩石，形狀不規則；細顆粒的泥砂大多是半透明的顆粒，顆粒上會有一些黃黃的粉末。
- B. 從實體顯微鏡下觀察曾文溪、鹽水溪和鹿耳門溪出海口泥砂的顆粒顏色多為半透明白色或帶點黃褐色的小顆粒狀；二仁溪的泥砂銀灰色顆粒比較多些。
- C. 遺構區、附近學校和其他三條河流出海口的泥砂顏色和形狀看起來十分相似；細顆粒形狀（粒徑 0.250-0.149mm）都很接近，都是不規則圓弧顆粒。
- D. 我們將遺構區和附近學校的泥砂，用清水沖洗後在實體顯微鏡下觀察，發現幾乎是半透明或帶點黃褐的砂粒，滴稀鹽酸只有少許顆粒會冒泡泡。

3. (研究實驗 3)：泥砂粒徑分布

(1) 取不同地方的泥砂 100g，利用不同的篩網由小到大排列。

(2) 將過篩後留篩的砂粒秤重，並計算留篩重量百分比。

(3) 另外並累積留篩重量，計算重量百分比，繪製折線圖。

(4) 結果與比較

單位：重量百分比%

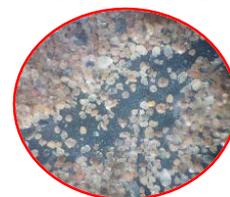


圖 3-2-7 清水沖洗後泥砂

| 孔目大小 位置 | >2mm | 2~1mm | 1~0.59mm | 0.59~0.250mm | 0.250~0.149mm | < 0.149mm | 合計 |
|------------|------|-------|----------|--------------|---------------|--------------|-----|
| 遺構區 | 6 | 7.5 | 12 | 13 | 31 | 30.5 | 100 |
| 曾文溪 | 0.3 | 0 | 0 | 4.7 | 86 | 9 | 100 |
| 鹿耳門溪 | 1.3 | 0.5 | 0.6 | 20.8 | 63.6 | 13.2 | 100 |
| 鹽水溪 | 0 | 0.5 | 0.2 | 36.7 | 57.3 | 5.3 | 100 |
| 二仁溪 | 0 | 0.1 | 0.4 | 45.3 | 50.9 | 3.3 | 100 |
| A 學校 | 0.1 | 8.9 | 15.4 | 19.9 | 21.5 | 34.2 | 100 |
| B 學校 | 0.4 | 1.7 | 2.1 | 6.1 | 76.5 | 13.1 | 100 |
| C 學校 | 12.2 | 4.5 | 4.1 | 18 | 29.2 | 32 | 100 |
| D 學校 | 3.6 | 5.9 | 9.5 | 23.1 | 30.3 | 27.6 | 100 |

粒徑小於 0.250mm 的部份

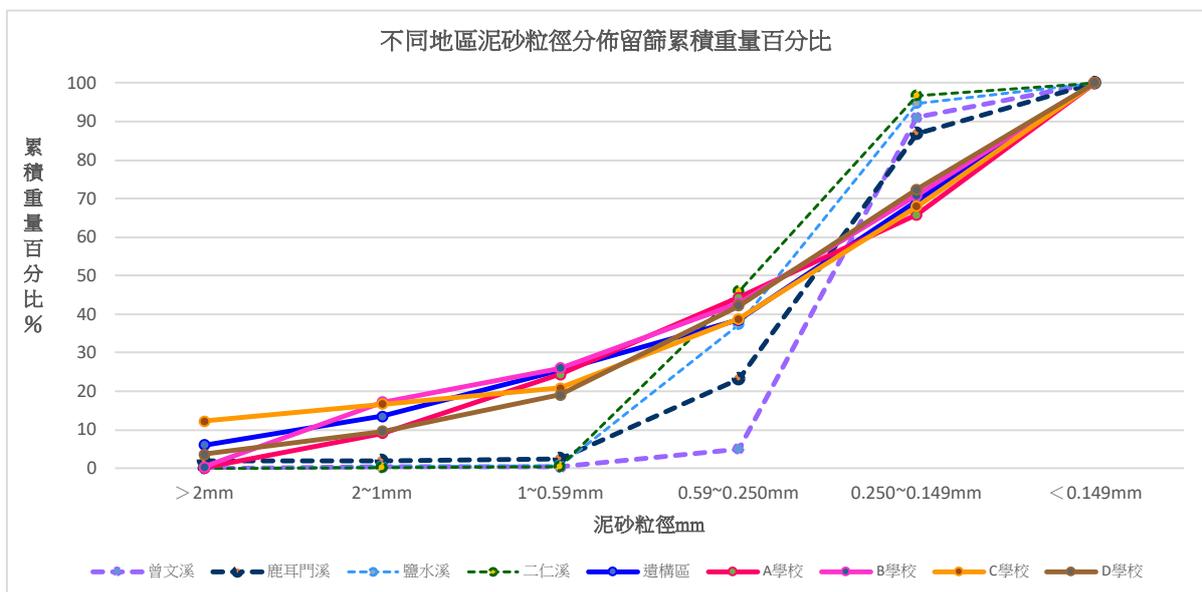
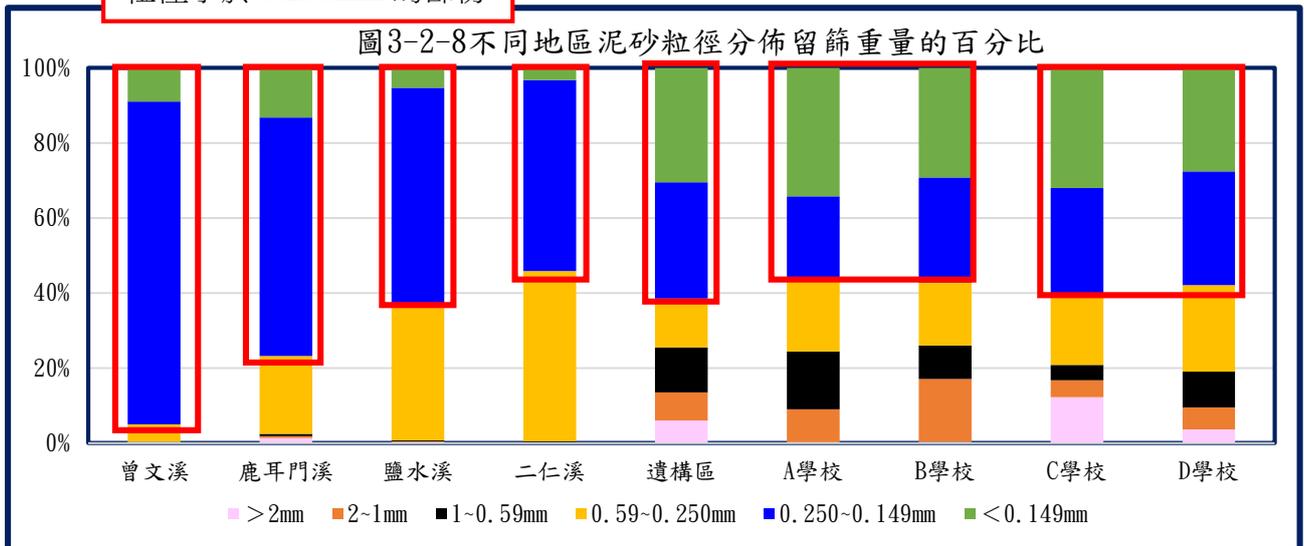


圖 3-2-9 不同地區泥砂粒徑分佈留篩累積重量的折線圖

(5) 發現：

- A. 從泥砂的粒徑分佈留篩重量圖中觀察比較，我們發現遺構區、台南河流出海口和附近學校的泥砂都是屬於粒徑較細小，粒徑小於 0.250mm 約佔 60%，曾文溪出海口和鹿耳門溪出海口泥砂粒徑小於 0.250mm 甚至超過全部的 60%。
- B. 遺構區和附近學校的泥砂粒徑分佈有少許粗顆粒（大於 0.59mm），河流出海口的泥砂幾乎都是小於 0.59mm
- C. 從粒徑分析留篩累積重量百分比圖中發現，遺構區和附近學校泥砂的分佈曲線十分接近；河流出海口泥砂的分佈曲線中也十分接近，除了在大於 0.250mm 粒徑泥砂量有些不同外（二仁溪最多，其次是鹽水溪，最少的是曾文溪）。

4. (研究實驗 4): 泥砂的密度比較

- (1) 分別秤各地方的泥砂秤 30g，再利用量筒分別測量 50ml 的蒸餾水。
- (2) 將 30g 的泥砂倒入量筒內，再將 50ml 的蒸餾水加入。
- (3) 充分攪拌均勻，靜置一段時間後，觀察水位上升的高度。
- (4) 質量÷體積=密度
- (5) 結果與比較

| 位置 實驗項目 | 曾文溪 | 鹿耳門溪 | 鹽水溪 | 二仁溪 | 遺構區 | A 學校 | B 學校 | C 學校 | D 學校 |
|----------------------|-----|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 質量 g | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 體積 cm ³ | 12 | 12 | 12 | 12 | 13 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 密度 g/cm ³ | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.3 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |



- (6) 發現：這些地方的泥砂密度都很接近約在 2.3~2.5 g/cm³。遺構區密度小些，我們推測可能泥砂中含有黑炭，導致密度比較小。

5. (研究實驗 5): 泥砂和稀鹽酸交互作用

- (1) 把採集的泥砂分別放入培養皿中。
- (2) 分別滴入稀鹽酸。
- (3) 觀察泥砂滴入稀鹽酸後的反應。
- (4) 滴入稀鹽酸，觀察會不會冒泡泡。遺構區
- (5) 結果：

遺構區



| 曾文溪 | 鹿耳門溪 | 鹽水溪 | 二仁溪 |
|------|------|------|------|
| | | | |
| A 學校 | B 學校 | C 學校 | D 學校 |
| | | | |

圖 3-2-11 泥砂和稀鹽酸交互作用

(6) 發現：

- A. 台南地區出海口泥砂和附近的學校泥砂滴稀鹽酸後，都會冒泡泡，大部分反應劇烈，表示這些地方的泥砂都含有碳酸鈣成分，如果滴在膠結泥砂反應更劇烈。
- B. 我們在實體顯微鏡下觀察，發現滴入稀鹽酸會泡泡的泥砂多為白色或半透明的顆粒。

6. (研究實驗 6)：泥砂和硝酸銀水溶液的變化。

- (1) 目的：透過滴硝酸銀水溶液的方法，瞭解泥砂中是否含有鹽分。
- (2) 分別秤取 30g 的泥砂，加入 80ml 的蒸餾水。
- (3) 利用玻棒充分攪拌（每一杯都攪拌 100 下）
- (4) 將濾紙放入漏斗內，再將攪拌的泥砂水倒入漏斗內過濾。
- (5) 同樣過濾的動作最少做三次，直倒水溶液變清澈。
- (6) 過濾清澈的水溶液倒入試管中，再滴入硝酸銀水溶液。
- (7) 觀察水溶液變色的情形（與硝酸銀水溶液滴入蒸餾水做比較）。

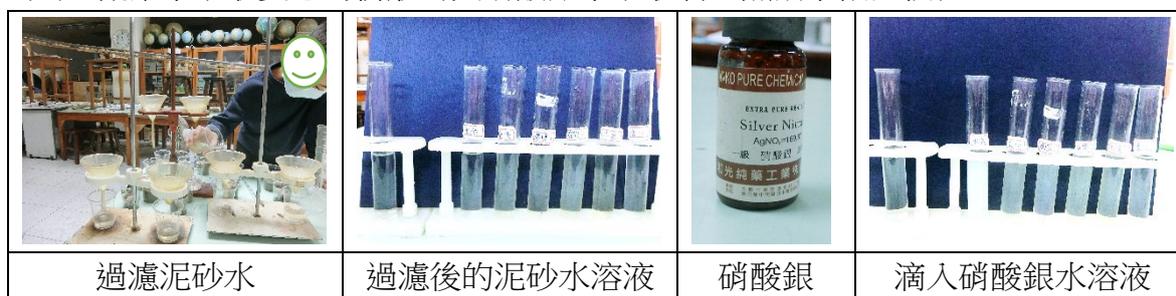


圖 3-2-12 泥砂和硝酸銀水溶液交互作用

(8) 結果：

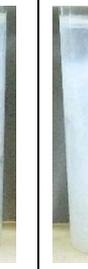
| 蒸餾水 | 遺構區 | A 校 | B 校 | C 校 | D 校 | 曾文溪 | 鹿耳門溪 | 鹽水溪 | 二仁溪 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 透明 | 濃乳白 | 乳白色 | 乳白色 | 乳白色 | 淡乳白 | 乳白色 | 乳白色 | 淡乳白 | 濃乳白 |

圖 3-2-13 過濾水與硝酸銀水溶液的反應結果

(9) 發現：

- A. 從過濾附近學校和出海口泥砂，滴入硝酸銀水溶液後，發現過濾水都會呈現乳白色，尤其是學校遺構區、二仁溪、鹿耳門溪泥砂的過濾水，滴入硝酸銀水溶液後，立刻呈現濃濃的乳白色；其他地區泥砂的過濾水，也呈現出淡淡的乳白色；這表示這些地方的泥砂中是含有鹽分。
- B. 遺構區和附近學校雖然現在不是在海邊，過濾水也呈現乳白色，表示這裡的土壤曾受到海相沉積的影響；而遺構區的泥砂反應明顯，表示泥砂含鹽量多，推測遺構區上有建築物，阻擋雨水下滲，土壤鹽分不易淡化。
- C. 不同的河流出海口泥砂的過濾水，呈現乳白色的狀況也不同，可能與採泥地點離河流出海口遠近有關。

【研究三】：遺構區的生物遺骸～辨認學校遺構區挖掘出來的生物遺骸特徵。

1. 將採集的遺構區挖出放置在旁邊的泥砂曬乾。
2. 將土放到大的箱子內。
3. 利用小鏟子和粗篩網逐次檢查是否有小岩塊或生物遺骸。
4. 將篩檢下來的小岩塊和生物遺骸清洗並分類。
5. 將可辨認的生物遺骸相同類型黏貼在黑色紙板上。
6. 利用肉眼辨別不同種類的岩石、磚塊等並記錄特徵並拍照。
7. 太小的顆粒，再用實體顯微鏡觀察並描繪、照相、記錄它的特徵。



圖 3-3-1 整理遺構區的生物遺骸和泥砂

8. 結果

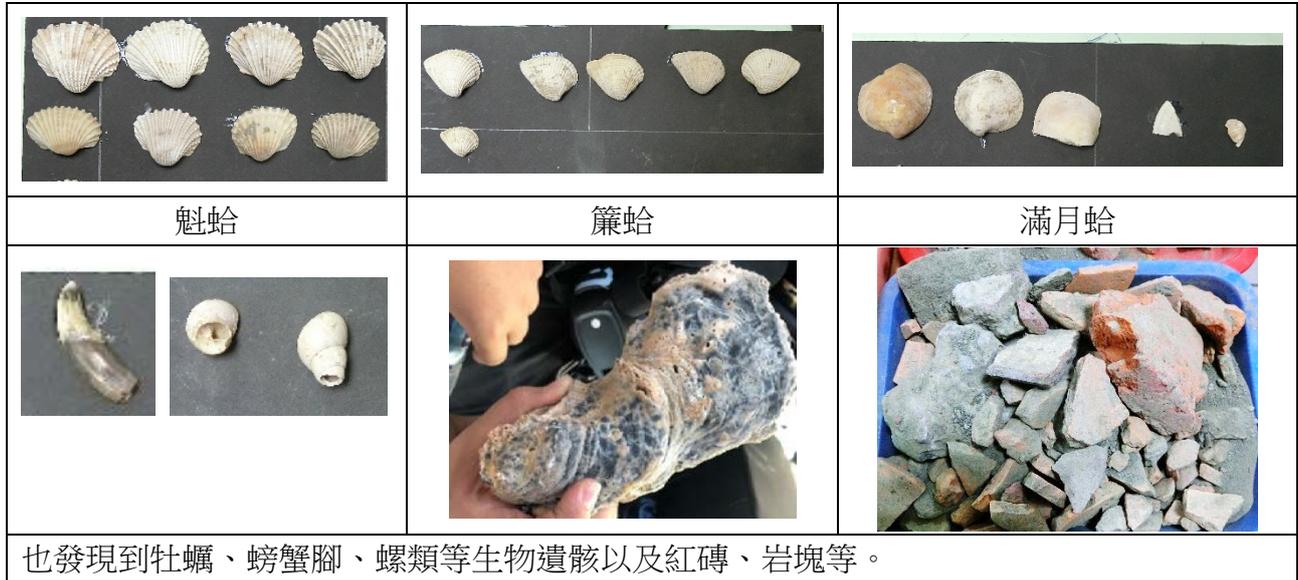


圖 3-3-2 遺構區挖掘出來的生物遺骸和其他

9. 發現：

從採集遺構區挖出來的泥砂中，我們發現裡面有許多的岩塊，紅磚碎塊、生物遺骸等，清洗後我們將生物遺骸進行分類，並且貼在黑色卡紙上，透過查閱相關資料與標本發現，知道生物遺骸中有魁蛤、簾蛤、滿月蛤、牡蠣等不同的雙殼綱生物；以及少許的螺類等生物遺骸，種類十分豐富，個體大小不一。

(二) 比較台南海邊、附近學校地區和學校遺構下挖掘出來的生物遺骸

1. 目的：

- (1) 透過學校遺構下挖出來的生物遺骸，和附近學校發現的岩塊與生物遺骸對照，瞭解這些地區在以前是否也是相似的環境。
- (2) 將現在台南海邊的生物或生物遺骸中，和學校遺構區泥砂中找到的生物遺骸進行比對，瞭解以前學校的環境。

2. 方法：

- (1) 分別到海邊和附近學校採集泥砂。
- (2) 觀察拍照海邊的生物或生物遺骸。
- (3) 從採集回來的泥砂中，尋找生物遺骸，並清洗乾淨。
- (4) 將相似的生物遺骸貼在相同的黑色卡紙上。
- (5) 將海邊、學校泥砂中撿到的生物遺骸或岩塊等，進行比較。

3. 結果

- (1) 觀察河流出海口的環境

| | | |
|---|---|---|
|  |  | 曾文溪出海口，蓋了防波堤也放置一些消波塊。海邊有許多牡蠣殼散落在沙灘上，海浪衝帶零星的生物遺骸，大部分是雙殼綱貝殼；海岸邊的沙丘變化多。 |
|  |  | 鹿耳門溪的出海口蓋了防波堤，放置消波塊，溪口放置了許多的蚵架，沙灘上有一些牡蠣殼和雙殼綱的遺骸，還有一些招潮蟹的鑽穴痕跡和遺留。 |
|  |  | 鹽水溪出海口沙灘上有一些雙殼綱的生物遺骸，零零星星，還有很多人工飼養丟棄的牡蠣殼；很多是海浪衝帶上來。 |
|  |  | 二仁溪出海口的沙灘上有好多貝類遺骸，有大有小，碎片也不少，大部分是雙殼綱，只有少部分是螺類。可以看見貝殼碎屑密集堆積在一起，可能海浪衝帶到這裡後能量變小。 |

圖 3-3-3 臺南附近出海口環境

- (2) 撿拾的海岸邊生物遺骸：我們在採集的泥砂中看見的一些生物遺骸，為了研究的便利與確實性，因此暫時撿回到學校進行研究，等研究完後，再將這些貝殼遺骸送回海邊的家。

| 台南海邊現生的生物遺骸 | | | |
|---|---|--|---|
| 曾文溪 | 鹿耳門溪 | 鹽水溪 | 二仁溪 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

這些河流出海口沙灘上的生物遺骸種類很多，有完整也有碎片幾乎是雙殼綱，種類有文蛤、鮫蛤、簾蛤、牡蠣、滿月蛤還有鑽孔貝。腹足類少，有發現到蟹守螺。

圖 3-3-4 臺南海邊採集的現生生物遺骸

A 學校、B 學校、C 學校、D 學校的泥砂中也看見雙殼綱的生物遺骸。

| | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
|  |  |  |

我們在附近學校的泥砂中，也找到一些生物遺骸，大部分是雙殼綱，幾個螺類，有完整的也有碎屑；在 A 國小的泥砂中也找到以前的碗的碎片。從相關報導中，知道他們也正在蓋校舍，同時也挖到遺構。

圖 3-3-5 附近學校採集的生物遺骸

4. 學校挖出來遺構泥砂上的生物遺骸



圖 3-3-6 學校遺構區採集的生物遺骸

5. 發現

- (1) 比較台南海邊沙灘、附近學校泥砂與學校遺構區泥砂中的生物遺骸，種類十分相似，有文蛤、簾蛤、滿月蛤、**大部分都是雙殼綱的貝類**，腹足類很少。這些種類的生物遺骸，我們查閱資料後，是屬於**潮間帶或淺海底棲性的生物**。
- (2) 雙殼綱多棲息在海洋及淡水地區，體型大小差異很多，常會潛入泥砂中，屬於底棲或固著生活，**活動比較緩慢，捕食方式較被動，以海藻或浮游生物為食物**。
- (3) 蟹守螺的棲息環境在岩礁或砂質海岸的潮間帶到淺海底，以海藻或浮游生物為食物；當海水退潮後會將口蓋封住殼口，防止水分的散失，因此可以忍受長時間的乾旱和烈日曝曬。
- (4) 台南附近河流出海口的沙灘上有許多牡蠣的遺骸，頂端有一個小圓洞，附近地區有養殖的蚵架，因此推測屬於人工養殖。遺構區挖掘出來的泥沙中，也發現牡蠣遺骸，上面沒有小圓洞，應該是自然的生長。推想遺構區以前也適合牡蠣生長。
- (5) 遺構區發現有一些珊瑚遺骸碎屑，而在台南海邊是屬於砂質的海灘，似乎不太適合珊瑚生長，因此這些珊瑚碎屑可能是從其他地方飄來或帶來的。

【研究四】：瞭解遺構區早期的地形—走訪與測量學校附近道路的高低差。

緣由：

1. 從研究一～研究三中，我們發現學校遺構區在以前應該是在海岸邊附近。
2. 在相關文獻資料中提到，四百年以前臺江內海的東側海岸線大約就在學校西邊不遠的地方，也就是現在西門路以西可能就是汪洋大海。如圖 3-4-1
3. 學校前的永福路上有荷據時期興建的赤崁樓，和讓船隻停靠時取水的大井頭，表示這些地方鄰近海岸邊。
4. 走在學校後面的巷子，可以看見明清時期台灣八景「澄臺觀海」「斐亭聽濤」的遺址石碑，站在那裡想像四百年前的景觀，令我們十分疑惑。



圖 3-4-1 西元 1715 年學校附近古地圖

- (一) 目的：設計簡易測量器，從測量路面高低差中，推想學校遺構區附近以前的地形。
- (二) 器材：三腳架、自製高度尺、捲尺、自製簡易觀測器、伸縮桿、指北針、水平儀。

(三) 設計製作測量器：

1. 簡易觀測器：利用管子、西卡紙、透明片、軟墊自製簡易觀測器，並黏貼在小木板上，固定在三腳架的平台上。
2. 目標高度尺：利用伸縮連桿貼上捲尺作為調整高度的工具。

(四) 測量方法：

1. 在室內利用水平儀找到等高的地面。
2. 調整觀測器的觀測點和目標高度尺的「標線-黃黑交界處」等高。
3. 在校園練習，確認使用方法與準確度。
4. 正式到學校附近道路測量。
5. 測量道路高低差：如圖 3-4-2,3-4-3
 - (1) 南北向（學校到大井頭，再到赤崁樓）
 - (2) 東西向（大井頭到西門路）
 - (3) 學校旁東西向巷子（前門到後門）



圖 3-4-2 學校與附近道路、地點空照圖

6. 測量方法：

- (1) 目標高度尺放在離觀測器大約 6 公尺位置。
- (2) 觀測器用水平儀調整水平。
- (3) 從觀測器視窗觀看高度尺，以手勢告知調整高度。
- (4) 直到視窗內「紅色+」看到高度尺黃黑分界線。
7. 利用測距輪測量道路的距離。
8. 繪製道路高低差

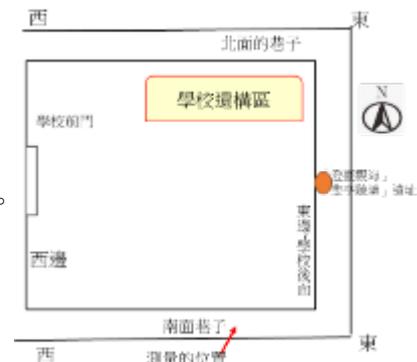


圖 3-4-3 學校平面圖

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 校園練習測量 | 利用水平儀調整水平 | 觀測器視窗觀看高度尺 |
|  |  |  |
| 調整高度尺 | 以手勢告知 | 測距輪測量距離 |

圖 3-4-4 實際測量路面高低差與距離

(五) 結果：

1. 測量高低差

| 方向 | 位置 | | 距離 | 高低差 |
|-------|------|------|------|--------|
| 南 → 北 | 學校 | 大井頭 | 232m | -9.3cm |
| | 大井頭 | 赤崁樓 | 212m | 8.4cm |
| | 學校 | 赤崁樓 | 444m | -0.9cm |
| 東 → 西 | 大井頭 | 西門路 | 210m | 3.20m |
| | 學校後面 | 學校前面 | 143m | 3.47m |

2. 斜度圖大致如下：

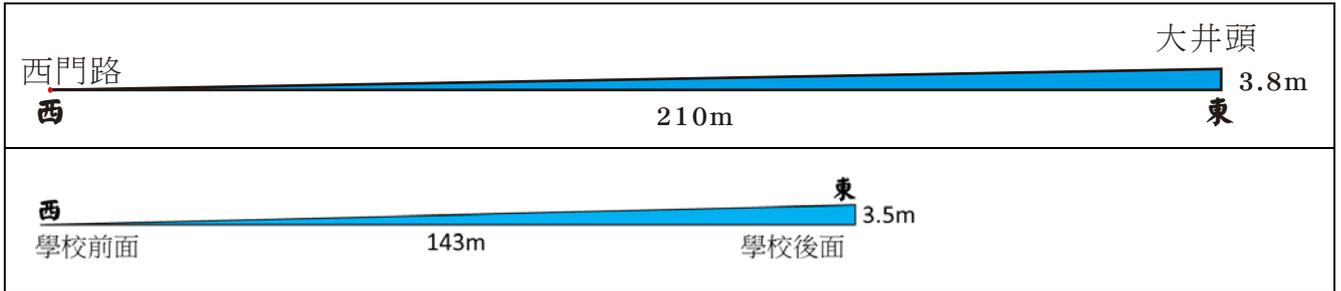


圖 3-4-5 東西向道路斜坡示意圖（等比例縮小）

(六) 發現：

1. 走在學校兩旁的巷子測量時，平時沒有特別注意，這次慢慢走在上面，細心測量。突然發現越往東邊（後門）走去，地面越高。
2. 學校附近南北向的道路高低差比較平緩，幾乎在同一水平面上，而東西向的道路高低差就有明顯的變化，是東高西低的地形，從繪製的地形看起來是和緩的坡度。
3. 學校、大井頭、赤崁樓從地形變化，感覺應該是在同一海岸線上。

【研究五】：現在台南的海岸地形一走訪與測量黃金海岸、曾文溪出海口海岸。

緣由：「現在是過去的鑰匙」：從觀察探訪現在海岸環境，推測學校在四百年以前的景象。

(一) 地理位置：



圖 3-5-1 臺南海岸位置圖



圖 3-5-2 曾文溪出海口北側



圖 3-5-3 黃金海岸

(二) 觀察與說明

1. 曾文溪出海口北側海岸：

- (1) 位於台南七股區，設有一個極西燈塔—國聖燈塔，距離學校遺構區大約 21 公里。我們利用簡易測量儀器測量海堤到海的距離：40m，海邊往岸邊 29m 的地方幾乎是水平的沙灘，靠近海堤前 11m，聚集好多的泥砂，坡度高低差：3.5m，海堤外還遍佈許多的泥砂。從這些結果我們發現，曾文溪出海口北側海岸海砂量十分豐富，靠近海邊平坦，遠處卻有高高低低的沙丘，推想這裡的季風應該十分強勁。

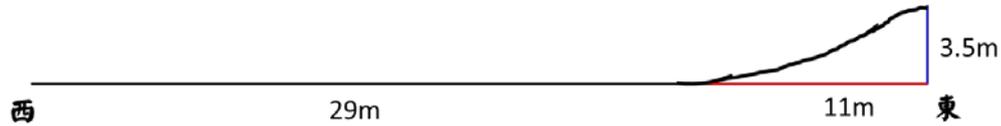


圖 3-5-4 曾文溪出海口北側海岸坡度圖

- (2) 燈塔受到海岸地形的快速變遷，導致短短 60 年已遷移重建三次。
- (3) 海岸設有消波塊、堤防，附近海岸沙丘遍佈，範圍十分遼闊。
- (4) 海岸線呈現弧形，海浪有大有小，夾雜許多的生物遺骸停留在岸邊。
- (5) 生物遺骸，有完整也有不完整。
- (6) 這裡的生物遺骸多為雙殼綱的貝類，文蛤、牡蠣、滿月蛤、簾蛤等，大小不一。



圖 3-5-5 曾文溪出海口北側海岸實景圖

2. 黃金海岸

- (1) 位在台南南區灣裡，是一個廣闊的沙灘，設有遊客中心，距離學校遺構區大約 7.3 公里。我們利用簡易測量儀器測量海堤到海的距離約 50m，海邊的高低差約 95cm，可以發現這裡的海岸沙灘平緩高低落差不大。

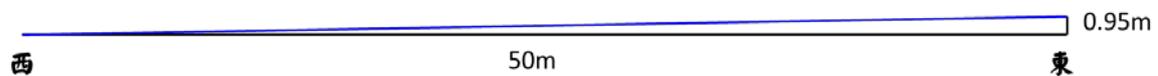


圖 3-5-6 黃金海岸坡度圖

- (2) 海岸設有防波堤、消波塊、防風林，海砂堆積變化和緩。海岸線是圓弧形，當海浪大到岸邊時，同時也會帶起生物遺骸，遺骸在岸邊會形成一條條的弧線，這也讓我們知道海水沖刷的位置以及海浪的能量大小。
- (3) 離海岸邊比較近的生物遺骸比較不完整，比較遠的比較完整。



圖 3-5-7 黃金海岸實景圖

伍. 討論

一. 學校遺構區的泥砂性質：

- (一) 學校遺構區挖掘出來的泥砂十分特別，除了粒徑小於 0.149mm 是細砂外，其他在實體顯微鏡看到的幾乎都是泥團，泥團上有各種不同的小顆粒膠結在一起。在粒徑分佈上屬於細砂、黏土；遺構區不同位置的泥砂成分和粒徑都很相似，是屬於相同地質；這些泥團用水清洗後，粒徑幾乎是小於 0.149mm 半透明的細砂和帶點黃褐色的白色顆粒，偶爾有一些紅色的碎磚、銀灰色的長條狀顆粒。在實體顯微鏡下滴稀鹽酸，這些半透明或白色顆粒，只有少部分會冒泡泡，因此我們推測這些不會冒泡泡半透明或白色的細砂，應該是石英。
- (二) 遺構區裡的泥砂中有許多泥團，我們利用稀鹽酸測試，發現泥團冒出大量的泡泡並且立刻分解，變成一堆細顆粒的半透明石英、少許的銀灰色板岩和紅磚屑，以及一些黃黃的泥砂；利用蒸餾水滴在泥團上，泥團會一點點的裂開。因此我們推測這地方的泥砂可能受到黏土和碳酸鈣膠結作用，而形成一顆顆的泥團。
- (三) 遺構區泥砂在實體顯微鏡下，可以看見許多白色的貝殼碎屑膠結在泥團上，這可能是泥砂膠結在一起的可能原因。

二. 探討遺構區的生物遺骸—生物的身世與生活環境

- (一) 我們在遺構區泥土層中偶爾會看見散佈的雙殼綱生物遺骸，採集的泥土層中也發現不少雙殼綱貝類和少許的腹足綱螺類，例如：魁蛤、簾蛤、文蛤、牡蠣等。這些生物遺骸種類多，大小不同，而且是分散在不同的地方。
- (二) 魁蛤、文蛤、簾蛤等生物是棲息在有淡水流入的平坦沙地與潮間帶地區，行動緩慢具有潛沙的特性，濾食水中的藻類和浮游生物；牡蠣是屬於海洋底棲固著性動物，喜歡生長在海水和淡水交界地區。
- (三) 這些出土的生物都是屬於以沙質為主的底棲性生物，活動慢、多會潛入砂中或以殼蓋保護，棲息多在有淡水流入的潮間帶環境。
- (四) 考古中心監工報告中提到，在清理這些遺構泥土層時，同時發現大量的貝類遺骸，總量有：464 件，其中血蚶（魁蛤）數量最多，其次為文蛤，還有一些零星的螺類（鳳螺、錐螺等）。專業人士從出土脈絡判斷認為不是刻意集中的現象，是屬於自然環境的生態遺留，且說明遺構區在當年應該從潮間帶轉為陸地時間不是很久，才會有這麼豐富的貝類遺骸。

三. 探索遺構區的地質環境—

(一) 附近學校泥砂、河流出海口泥砂和遺構區泥砂比較：

1. 附近學校和遺構區泥砂的顏色在肉眼觀察下都偏黃褐色，帶一點點的灰；在實體顯微鏡下觀察粗顆粒大部分是橢圓形具有膠結狀泥團，泥團內膠結好多細小的顆粒，有黃褐、半透明、銀灰、紅及白色等。
2. 利用清水沖洗後，發現幾乎是半透明或帶點黃褐的砂粒；半透明的顆粒是石英，有些白色顆粒是貝殼碎屑，而銀灰色的顆粒是板岩的碎屑，有亮亮的光澤。
3. 不僅泥砂顆粒成分相似，在泥砂粒徑留篩累積分佈中，遺構區和附近學校泥砂的粒徑分佈曲線十分接近；在泥砂的相關實驗中（密度、含鹽份、含碳酸鈣成分、生物遺骸等）性質也很相似，再加上從地圖位置和相關資料中，我們推測是這些學校可能屬於

同一個時期的泥砂堆積。

4. 我們採集附近曾文溪、鹿耳門溪、鹽水溪、二仁溪出海口的泥砂與這些學校的泥砂進行觀察、實驗與比較，除了細砂比例更高外；曾文溪、鹿耳門溪、鹽水溪在泥砂的性質上和學校區泥砂也很相像，尤其曾文溪在泥砂顏色的百分比和成分更為相似。
5. 曾文溪是臺南沖積平原很重要的河道，早年一旦暴雨來襲，曾文溪河流挾帶泥砂暴漲，嚴重時甚至造成溪流改道，鹿耳門溪、鹽水溪便是受到它的影響；不僅如此曾文溪從上游挾帶大量的泥砂長期流向下游、出海口，造成平原氾濫，河流下游地區沖積平原擴張，甚至讓早期的內海臺江淤積為陸地。
6. 另外，從我們採集的遺構區和附近學校泥砂的觀察結果，發現多屬於很細的淤泥、黏土及細砂質壤土，再對照學校遺構區地質鑽探資料提到：地下 0~2.7m，是灰棕色粉土質黏土夾細砂層及磚層，我們合理推測這些地區的泥砂堆積應該是受到淺海沉積環境和曾文溪挾帶的泥砂影響，屬於沖積層。
7. 這與文獻資料提到：台南地區地層多為淺海相到濱海相的沉積環境，在地質上屬於全新世沖積層與台南層，主要是由粉砂、黏土、砂和壤土組成是一致的，如圖 5-1。



圖 5-1 學校的地質

(二) 附近學校、河流出口和遺構區泥砂中的生物遺骸比較：

1. 在遺構區的泥砂中怎麼有這麼多種不同的生物遺骸，這到底蘊藏什麼秘密？而且和附近學校泥砂中找到的生物遺骸相似，這有特別的故事嗎？再與現在台南海邊的生物遺骸相比較，也有相似的地方，這又代表什麼意義呢？
2. 我們從學校和附近地區學校採集回來的泥沙中，都發現到生物遺骸，多屬於相同科別的雙殼綱貝類，有完整也有碎屑的，兩瓣不相連；發現時是零散在泥土層中，顯然不是人為因素造成，可能是在自然情境下環境的變動，導致生物死亡，因此我們推測這些地方以前應該有相似的環境。
3. 附近學校與我們學校的距離不遠，從地圖上連接起來，感覺在同一個弧線上，四百年前這些地方距離當時的海岸線（約在現在西門路）大約都在 200~300 公尺。
4. 我們到臺南附近幾條河流出口觀察，發現沙灘上有許多生物遺骸，有完整也有破碎，有零散在沙灘上，也有隨著海浪衝帶堆積在海紋上，數量有多有少；這些地方的生物遺骸；和遺構區、附近學校找到的生物遺骸相似。從現在推演過去，我們合理推測學校附近的環境與現在台南海邊有著類似適合這些生物生存的條件。

四. 學校遺構區早期的地形

- (一) 我們在學校後面巷子裡看見明清時期台灣八景「澄臺觀海」「斐亭聽濤」的遺址石碑，也在校門口旁不遠的地方看見 400 年前，曾是船隻停靠取水的地方「大井頭」；從這些證據可以想像當年學校與海岸線的位置應該相距不遠。
- (二) 我家住在學校西邊，站在大井頭往我家的方向（西邊）看過去，路面有點像溜滑梯一樣，可以明顯看到學校附近地形是東高西低，騎腳踏車時不必費太大的力氣；於是我們透過自製的觀測器和高度器測量學校附近的地形變化，再與曾文溪海岸和黃金海岸岸邊地形變化比較，結果發現：

1. 學校門前的道路是南北向，以前船隻取水的大井頭和臨海的赤崁樓都在這條路上。在測量路面的高低差後，發現永福路上的學校、大井頭和赤崁樓（南北方向）幾乎在同一水平面上；而民權路大井頭到西門路（四百年前海岸線位置）是東西向道路，相距約 200 公尺的距離，路面高低差就有 4 公尺，顯示當年海岸地形不是很平坦。
 2. 學校後門的巷子（東）與前門（西）相距約 150m，高低差約 3 公尺，也是東高西低的地形。
 3. 從走訪附近的兩個海岸（曾文溪出海口和黃金海岸），發現臺南地區海岸邊是屬於砂質的沙灘地，大部分沒有被植物覆蓋，地形高低起伏不大，潮間帶的區域廣闊；曾文溪海岸高低差大，儘管海岸邊為了防止海浪、風沙侵襲，在岸邊設置堤防、防風林、消波塊，堤防邊還是有一大片沙丘。海岸邊的國聖燈塔（臺灣極西點），還因為受到海岸地形的變遷及颱風吹襲，沙岸盡失整座燈塔陷入海中，重建遷移三次，看來曾文溪出海口的能量依然變幻莫測。黃金海岸岸邊高低差比較小些，沙灘地形和緩，不過岸邊為了避免海浪的沖擊，也設置消波塊。
 4. 站在海岸邊向大海望去，海浪時而風平浪靜、時而波濤洶湧，我們似乎可以感受到以前的人，坐在學校後門的兩個亭子「觀海」「聽濤」的雅興！
- （三）現在漫步學校外圍巷道，來到明清時期「觀海」「聽濤」的遺址，向西看去，沒有看見汪洋大海也沒有聽見浪濤聲；倒是看見高樓林立，耳邊傳來許多汽機車聲。

陸. 結論

- 一. 學校因為要興建校舍，當挖掘地基時看見以前遺構，讓我們有機會認識學校的過去。不是從歷史文化的觀點上，而是從挖掘的泥砂中，認識泥砂的特性；並且與附近學校、臺南河流出海口泥砂比較，探索學校泥砂堆積的痕跡與過去。
- 二. 經過一系列的實驗探究，我們瞭解到學校遺構區的泥砂具有以下性質：
 - （一）泥砂的顏色為黃棕色夾雜灰色，裡面還有礫石、紅磚、小石子；顆粒多屬於細砂、粉砂和黏土。
 - （二）滴稀鹽酸會冒出大量的 CO_2 ，瞭解到泥砂中含碳酸鈣成分高，是受到泥砂中含有許多生物遺骸碎屑影響，長久以來甚至讓泥砂中的顆粒膠結成泥團。
 - （三）泥砂過濾水滴入硝酸銀水溶液呈現濃濃的乳白色，知道泥砂中含鹽量應該不少。
- 三. 在遺構區與附近學校、台南河流出海口的泥砂中找到的生物遺骸：
 - （一）這些地方的生物遺骸種類相似多屬於雙殼綱貝類，只有少數的螺類；牠們多棲息在有淡水流入的潮間帶或淺海的環境，常會潛入泥砂中，屬於底棲固著生活，活動能力比較緩慢。
 - （二）實地探訪臺南河流出海口，是屬於砂質基底的淺海環境；從現在推演過去，我們合理推測學校附近以前的環境與現在台南海邊有著類似適合這些生物生存的條件。
- 四. 探索遺構區的地質環境：
 - （一）遺構區和附近學校泥砂在粒徑分佈、成分、顏色、含鹽狀況等性質都很接近，再與早期海岸線變遷對照，應該是屬於同一時期的海岸線；除此之外，這些地區的泥砂和曾文溪河流出海口泥砂相似，應該是受到早期曾文溪氾濫的影響。
 - （二）從學校遺構區發現的生物遺骸對照今日臺南海邊的生物，可以知道學校泥砂中也是屬於淺海相堆積。

(三) 臺南地區的地質上是屬於現代沖積層由礫石、細砂、粉砂和黏土所組成，從解析學校遺構區泥砂是符合此一說法。

五. 學校遺構區早期的地形

(一) 走在學校附近道路時，南北方向的路面地勢平坦，而東西方面道路則是呈現東高西低；實際測量後學校往大井頭、赤崁樓的方向（南北向），路面坡度是平坦；而從學校後門到前門路面高低差是 3 公尺，大井頭往西門路（由東到西）的路面將近 4 公尺；**學校附近地形確實是東高西低**。

(二) 從走訪曾文溪出海口海岸線地形，想像四百年前海岸線在西門路上，海岸邊可能也有著廣闊綿延的沙丘，學校遺構區附近可能都是濱海沙灘地。

六. 從這些種種的證據中，我們發現學校底下不只有深埋著豐富的古蹟文化歷史，其實從探索泥砂、生物遺骸等淺海相沉積，更見證了台南四百多年來海岸線的演變。

七. 我們從挖掘遺構區的泥砂中，真的看到學校這塊土地的地層演變—海岸變遷，海岸線在短短四百年已經向西移動十多公里；站在校園向西望去，原來是蒼茫的大海與來往的船隻；而現在是密密麻麻房屋街道與來來往往的車輛，倘若沒有看到泥砂中的這些證據，真的很難令人想像當年的景象。

柒. 未來展望

從觀察採集學校遺構區的泥砂，接著到附近學校採集泥砂，再到臺南出海口觀測地形，我們一步步地認識學校遺構區泥砂的秘密。另外感謝奶奶的協助下，有機會拜訪設計校舍的建築師，明白遺構區以半開放的設計，原來是希望我們在學校活動時，以自然的方式親近並認識學校的過去。

這次我們從不同的方法認識遺構區底下的秘密，希望也能讓更多人瞭解學校的過去，更珍惜自己的家園。

捌. 參考文獻資料

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會：挖！挖！挖！挖出「夢的時代」

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會：從夢時代挖出的寶藏

張瑞津、石在添、陳翰霖（1996）·臺灣西南部台南海岸平原地形變遷之研究·國立台灣師大地理系地理研究報告，第 26 期，20-56 頁。

臺南考古中心（2018）·105 年度臺南市 oo 國小老舊校舍拆除重建工程—清代遺構清理工程計畫案—遺構清理監看工程 監看報告書

政合大地工程有限公司（2016）·105 年度臺南市 oo 國小老舊校舍拆除重建工程—地質鑽探工程—地基調查報告書

土粒膠結作用：中文百科·取自

<https://www.newton.com.tw/wiki/%E5%9C%9F%E7%B2%92%E8%86%A0%E7%B5%90%E4%BD%9C%E7%94%A8>

維基百科：雙殼綱·取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%8C%E5%A3%B3%E7%BA%B2>

范勝雄：台南市的都市成長與變遷以及民俗活動的消長·取自

<http://teacherweb.tnnua.edu.tw/cnsmpp/www/divers/nature/%E5%8F%B0%E5%8D%97.htm>

臺灣西南部海岸變遷·取自 <http://thcts.sinica.edu.tw/themes/rt04.php>

【評語】 080511

本研究具區域鄉土性，此研究系統地收集相關資料與分析，包含海岸，地質，化學，歷史考古等證據。另外，此團隊有邏輯地呈現海報資料，口頭報告清楚，切中綱要。尤其，以詳細的地質特性，加上實際野外觀察，說明台南(區域)海岸百年變遷，實屬難得。

作品海報

壹 研究動機

學校在興建校舍時，挖出清代道署遺構，我一聽到蓋房子挖到寶，心裡很興奮，所以在老師的指導下尋找遺構區底下的秘密。在工地遺構外看見挖出的泥砂上，有許多貝類的遺骸。我們很好奇，到底這些洞穴裡除了遺構外，還藏著什麼秘密？

貳 研究目的

- 一、探討遺構區的泥砂性質
- 二、探討遺構區的生物遺骸
- 三、探索遺構區的地質環境
- 四、瞭解學校遺構區早期的地形

肆 研究過程

【研究一】：遺構區的泥砂性質

(一) 學校的地理位置及遺構區



(二) 遺構區環境介紹：

遺構區在學校的北邊，長約80公尺寬約18公尺，有四個半開放的展示區，坑洞內壁可以看見牆基、紅磚地面、破碎的瓷碗以及一些貝類遺骸。



(三) 採集遺構區的泥砂

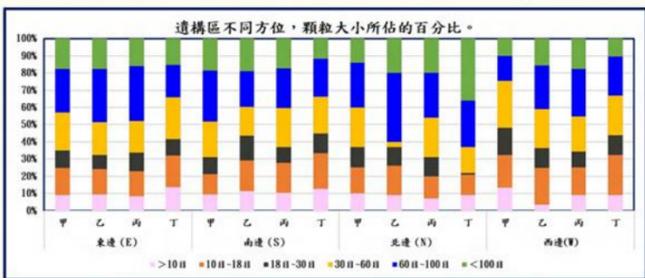
【遺構坑洞內壁泥土層】



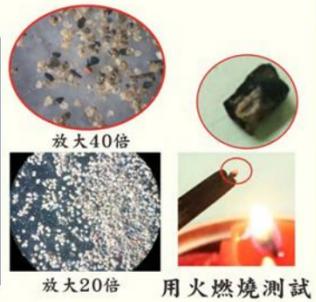
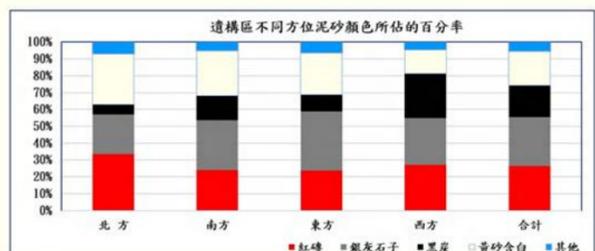
(四) 研究遺構區坑洞內壁泥土層泥砂的性質

(實驗1)：泥砂粒徑大小所佔的百分比。

遺構區採集的泥砂主要為岩石碎屑，碎屑顆粒我們利用分析篩進行過篩。

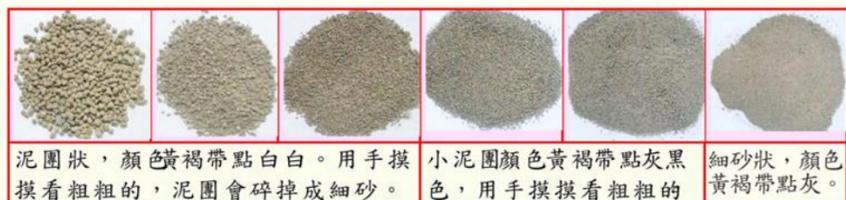


(實驗2)：遺構區坑洞裡的泥砂，不同成分所佔的百分率。



(實驗3)：肉眼和實體顯微鏡下的泥砂特徵。

結果1：肉眼觀察

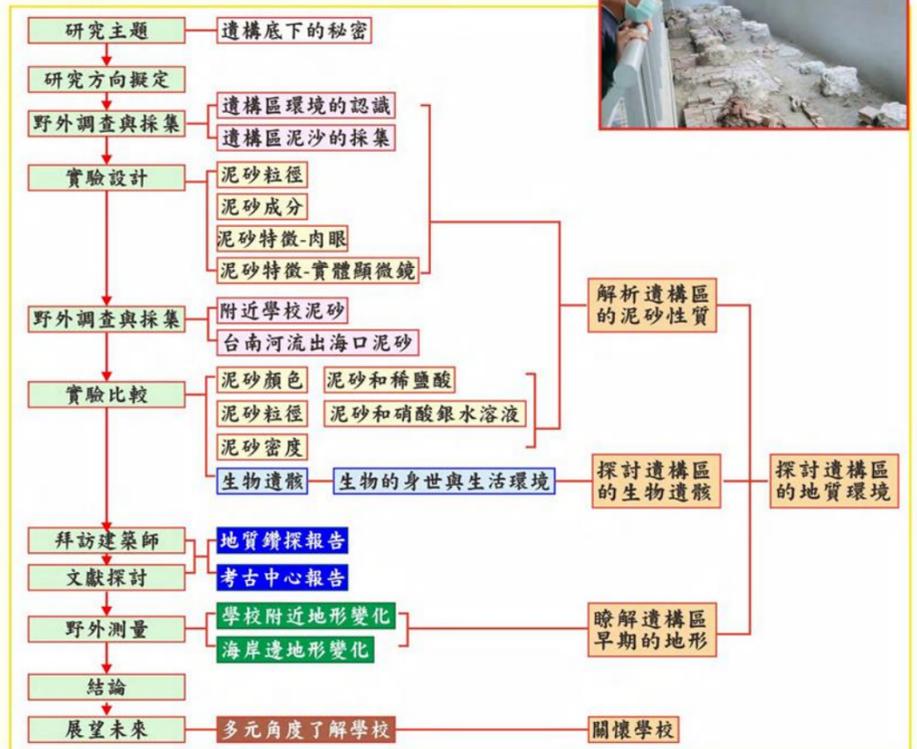


(實驗4) 滴入稀鹽酸觀察哪些顆粒會冒泡泡。



清水沖洗乾淨，滴稀鹽酸確認，只有白色的顆粒會冒泡泡；紅、灰、黑都不會。

參 研究流程



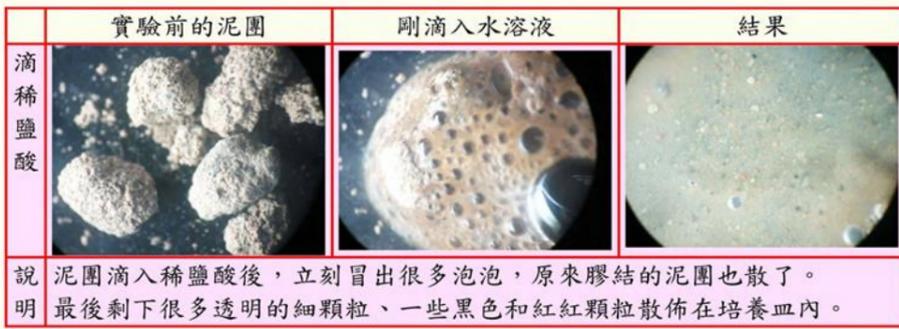
實體顯微鏡下放大20倍泥砂特徵

結果發現：

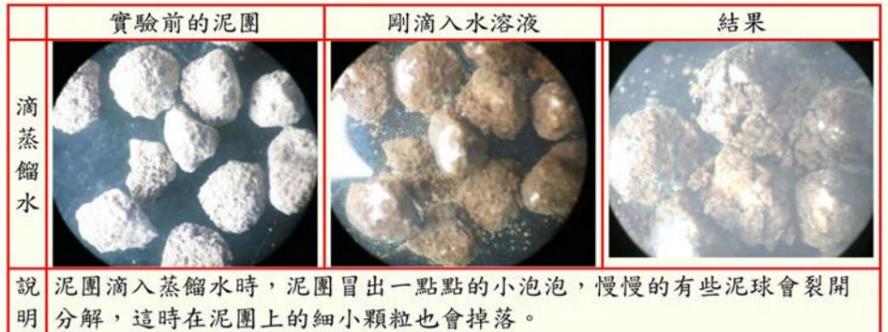
1. 遺構區的泥砂肉眼觀察是黃棕色，帶有灰色，在實體顯微鏡下可以看到半透明的細砂以及帶點黃褐色的白色顆粒，偶爾有一些紅色的碎磚、銀灰色的長條狀顆粒、生物遺骸以及和很特別的黑炭。
2. 遺構區不同位置的泥砂成分和粒徑分佈都很相似，泥土大部分屬於細砂、黏土。
3. 遺構區挖掘出來的泥砂十分特別，除了粒徑小於0.149mm是細砂外，其他在實體顯微鏡看到的幾乎都是泥團。

(實驗5) 遺構區坑洞裡泥團狀顆粒

我們很好奇泥團是如何形成的？於是將泥團滴入稀鹽酸，結果：



滴入稀鹽酸的泥團會冒泡泡，一下子就散開，代表泥團是由碳酸鈣膠結而成；滴入蒸餾水後泥團有一些分裂，可能是有一點黏土成分讓它們膠結。



【研究二】：探討遺構區的生物遺骸

方法



結果



遺構區挖出來的泥砂中有魁蛤、牡蠣、滿月蛤等不同的雙殼綱的生物遺骸

結果發現：

- (一) 我們在遺構區泥土層中偶爾會看見散佈的雙殼綱生物遺骸。這些生物遺骸種類多，大小不同，分散在不同的地方。牠們多棲息在有淡水流入的平坦沙地與潮間帶地區。
- (二) 考古中心監看報告中提到，在清理這些遺構泥土層時，發現大量的貝類遺骸，且不是刻意集中的現象，是屬於自然環境的生態遺留，說明遺構區在當年應該從潮間帶轉為陸地時間不是很久，才會有這麼豐富的貝類遺骸

【研究三】：探討遺構區的地質環境～泥砂性質方面

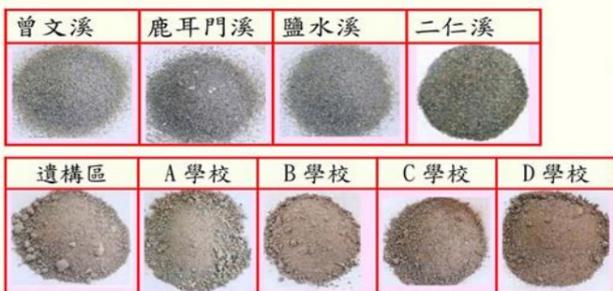
(一) 採集的地點：

附近學校：A學校、B學校、C學校、D學校

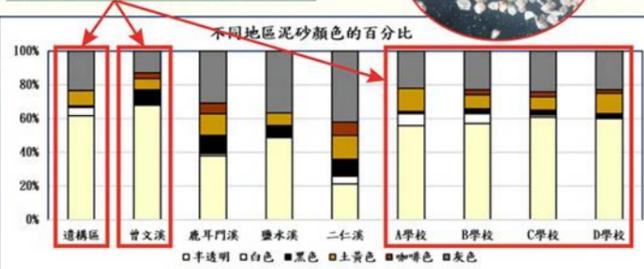
附近河流：由北到南為曾文溪、鹿耳門溪、鹽水溪、二仁溪

(二) 泥砂性質方面

1. 肉眼和實體顯微鏡下的觀察比較



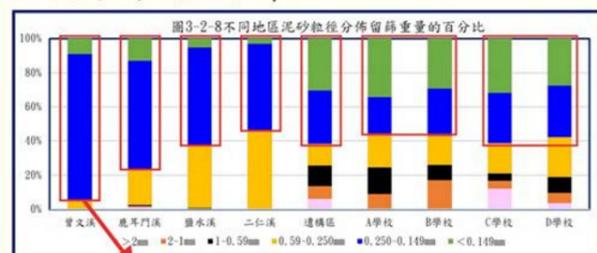
泥砂顏色比例相似



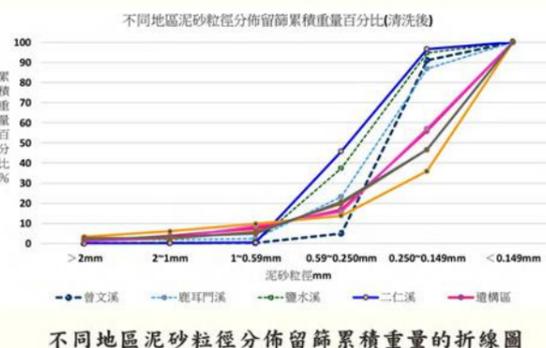
結果發現：

遺構區與附近學校泥砂的顏色十分相似，在肉眼觀察下都偏黃褐色，帶一點點的灰；清洗後在實體顯微鏡下觀察，發現幾乎是半透明或帶點黃褐色的砂粒；還有白色的貝殼碎屑，和金屬光澤的板岩碎屑。

2. 泥砂粒徑分布



粒徑小於0.250mm的部份



不同地區泥砂粒徑分佈留篩累積重量的折線圖

結果發現：

遺構區和附近學校泥砂在粒徑分佈、粒徑留篩累積分佈圖也十分接近；其他泥砂的相關實驗中性質也很相似，再加上附近學校與我們學校的距離不遠，從地圖上連接起來，感覺在一個弧線上，因此我們推測這些學校可能屬於同一個時期的泥砂堆積。

除此之外，附近河流出海口泥砂的顏色從肉眼觀察，除了二仁溪顏色偏黑色外，其他三條河流的都是灰色帶一點點黃；在實體顯微鏡下觀察下曾文溪、鹿耳門溪、鹽水溪泥砂顏色分佈和遺構區、附近學校也很相似，其中曾文溪出海口最為接近。

3. 泥砂和稀鹽酸交互作用



結果發現

- A. 這些地區泥砂滴稀鹽酸後，都會冒泡泡，反應劇烈，表示這些地方的泥砂都含有碳酸鈣的成分。
- B. 從過濾這些泥砂的水，滴入硝酸銀水溶液後，發現過濾水都會呈現乳白色；表示這些地方的泥砂中含有鹽分。

4. 泥砂和硝酸銀水溶液的變化。



【研究三】：探討遺構區的地質環境～生物遺骸方面



結果發現：

1. 遺構區和附近學校採集回來的泥沙中，都發現到生物遺骸，多屬於雙殼綱貝類，因此我們推測這些地方以前應該有相似的環境。
2. 我們到臺南附近幾條河流出海口觀察，發現沙灘上有許多零散的生物遺骸；這些地方的生物遺骸和遺構區、附近學校找到的生物遺骸相似。從現在推演過去，我們合理推測學校附近的環境與現在台南海邊有著類似適合這些生物生存的條件。

從這些發現再與資料對照後，我們認為：

從上面遺構區泥砂與生物遺骸的種種證據，我們推想這裏的環境應該是受到濱海沉積環境和曾文溪暴漲挾帶泥砂氾濫的影響。

【研究四】：瞭解遺構區早期的地形—走訪與測量學校附近道路的高低差。

緣由：從研究一～研究三中，我們發現學校遺構區在以前應該是在海岸邊附近。

- (一) 從學校向西邊看過去，路面有點像溜滑梯一樣，可以明顯看到學校附近地形是東高西低，於是我們透過自製的觀測器和高度器測量學校附近路面的高低差，推想學校遺構區附近以前的地形。

(二) 操作方法



西元1715年學校附近古地圖

學校與附近道路、地點空照圖

(三) 結果發現：

- (1) 學校門前的道路是南北向，大井頭、赤炭樓都在這條路上路面平坦。
- (2) 大井頭到西門路是東西向道路，相距約200公尺，路面高低差有4公尺，是屬於東高西低的地形。
- (3) 學校後門到前門相距約150m，高低差約3公尺，也是東高西低的地形。

【研究五】：現在台南的海岸地形—走訪與測量黃金海岸、曾文溪出海口海岸

(一) 地理位置：



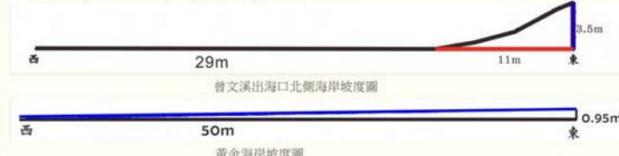
臺南海岸位置圖



曾文溪出海口北側

黃金海岸

除此之外，我們也想從走訪與測量現在黃金海岸、曾文溪出海口海岸，推測早期遺構區附近的地形與景象。



1. 這兩個海岸邊是屬於砂質的沙灘地，大部分沒有被植物覆蓋，地形高低起伏不大，潮間帶的區域廣闊，砂灘上散佈著雙殼綱生物遺骸以及少部分的螺類，還會看見一些生物爬行遺留的痕跡。
2. 曾文溪海岸邊為了防止海浪、風沙侵襲，在岸邊設置堤防、防風林、消波塊，堤防邊還是有一大片沙丘，看起來曾文溪出海口的能量依然變幻莫測。黃金海岸岸邊沙灘地形和緩、沙灘廣闊。
3. 從走訪曾文溪出海口海岸線地形，想像四百年前海岸線在西門路上，海岸邊可能也有著廣闊綿延的沙丘，學校遺構區附近可能都是濱海沙灘地。

臺南海岸變遷圖



伍 結論

- 一. 學校因為要興建校舍，當挖掘地基時看見以前的遺構，讓我們有機會認識學校的過去。
- 二. 從解析遺構區的泥砂和生物遺骸、比較附近學校和臺南河流出海口泥砂和生物遺骸，進而探索遺構區地質環境，最後推想早期的地形。知道遺構區是屬於濱海相沉積，全新世沖積層，更見證了台南四百多年來海岸線的演變。
- 三. 現在漫步學校外圍巷道，來到明清時期「澄臺觀海」「斐亭聽濤」的遺址，向西望去，原來是蒼茫的大海與來往的船隻；而現在是密密麻麻的房屋街道與來來往往的車輛，倘若沒有看到泥砂中的這些證據，真的很難令人想像當年的景象。

