

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

第二名

080510

探訪壽山鐘乳石洞的奧秘

學校名稱：高雄市鼓山區壽山國民小學

作者： 小五 鍾秉融 小五 謝孟容 小五 吳宜澄	指導老師： 謝君偉 歐俞秀
---	-----------------------------

關鍵詞：石灰岩洞、碳酸鈣結晶、鐘乳石

研究主題：探訪壽山鐘乳石洞的奧秘

摘要：

聽說壽山鐘乳石的形成需要上千年的時間，因為學校的壽山鐘乳石探洞活動讓我們想深入研究鐘乳石的形成過程。我們在水溶液課程中學到了鹽水結晶的過程，也實地探索測量猩猩洞與天雨天財洞，觀察紀錄地形地貌、鐘乳石形狀、洞內生物和溫濕度數據，提出鐘乳石形成過程的形狀差異進行實驗。我們從網路與課本上選出了多種粉末調配水溶液，有石灰水、小蘇打水、生石灰、醋酸鈉和鹽水做滴漏實驗，觀察表面結晶的過程。接著利用陶土做基底模擬鐘乳石形成樣貌，發現小蘇打水容易在表面上產生結晶。最後利用石膏滴漏在不同形狀的陶土表面上，發現流動速度快時會產生流紋、流動速度慢時會產生波紋，找出影響鐘乳石表面紋路的各種因素。

壹、研究動機

壽山有許多鐘乳石洞，我們學校就在壽山下，探訪洞穴也是我們的主題課程之一，我們在探洞的過程中，發現鐘乳石洞內有許多奇形怪狀的岩石，例如：石筍、石柱、還有像猩猩跟美人魚的各種岩石樣貌。洞內岩石上有著許多不同的紋路，我們想了解這些紋路是如何產生的，老師說：其實這跟水溶液的單元是有關係的，於是我們開始了以下的研究。

貳、研究目的

- 一、認識鐘乳石洞的地形、生物與進行洞穴測量。
- 二、了解鐘乳石洞有哪些紋路，以及探究形成的方式。

參、研究方法與材料

- 一、走訪鐘乳石洞進行洞穴深度與高度測量，以及紀錄洞穴中的地形與看見的生物數量。
- 二、拍攝洞穴內的各種地形與紋路，進行分類。
- 三、研究材料：皮尺、相機、釣竿、溫度計、測距儀、滴漏器、鹽、石膏、陶土、小蘇打、石灰水、生石灰、醋酸鈉、塑膠杯、棉線、尺、實驗架、純水。

肆、文獻探討

一、壽山國家自然公園探洞活動

- 1.裝備：頭盔、手套、頭燈、口罩，由合格巡守員帶領進行環境教育
- 2.風險管理：
 - (1)戴頭盔避免落石與碰撞到岩石受傷
 - (2)手套與長袖避免接觸鐘乳石與石灰岩，造成油脂附著石灰岩無法生長，還有保護自己避免接觸到有毒生物。
 - (3)戴口罩避免洞內空氣不流通，吸入有害黴菌孢子
 - (4)頭燈協助照明還有觀察鐘乳石結晶(方解石)反光。

二、壽山石灰岩洞環境概述

1. 猩猩洞：落差 2m 後平坦到底，洞長約 35m，洞高 2~4m，洞內成半圓形。

壽山國家自然公園洞穴量測資料：長約 33 公尺，寬約 4 公尺，洞口與洞底落差約 6 公尺，形貌上屬於單一出入口的狹長洞穴。洞穴中後段有一處長約 8 公尺、寬約 2~4 公尺、高約 1 公尺的內部洞穴，外形約呈水平狀，出口轉為垂直方向。洞穴內的洞穴岩主要有四類，分別是流石(flowstone)、緣石(rimstone)、鐘乳石(stalactite) 與石爆米花(popcorn)。

2. 天雨天財洞：洞口較小有天井，洞口有石扇進去到 30m 後開始斜向上有天井。30m 旁邊有側洞落差 2m，深度 8m。

壽山國家自然公園量測資料：長約 70 公尺，通道寬約 2~3 公尺，內部石室長 20 公尺、寬 15 公尺，洞口與洞底落差約 8 公尺，形貌上屬於狹長形的洞穴。洞內石室上方有一直徑約 10 公尺的天井，天井頂部邊緣與下方崩積層表面約有 10 公尺的落差，與洞穴最低處約有 20 公尺的落差。洞內的洞穴岩主要有四類，分別是緣石(rimstone)、流石(flowstone)、石筍(stalagmite)與石柱(column)。

三、洞穴環境與生態

1. 猩猩洞：灶馬、高腳蜘蛛，數量少。
2. 天雨天財洞：灶馬超過 50 隻、高腳蜘蛛、長尾蛛(巨型上戶)、狼蛛、鞭蠍。

四、潛在威脅與因應對策

1. 洞穴有落石的危險
2. 滑倒與碰撞的危險
3. 有毒生物的危險
4. 空氣不流通與缺氧危險，人數控制與停留時間不超過 2 小時。

五、活動容許量、限制事項、申請程序

1. 猩猩洞 15 人/時，天雨天財洞 20 人/時。
2. 禁止採集破壞，要走在既定的路線，禁止移動碰觸實驗測量器具。
3. 每年開放時間 11/1~4/30，由合格巡守員在五個工作天前申請。

伍、實驗過程

- 實驗一、鹽水滴漏實驗-觀察飽和食鹽水緩慢滴下時的結晶過程…… p.5
- 實驗二、測量猩猩洞與天雨天財洞，觀察地形變化與生物種類……p.6
- 實驗三、在圖畫紙上滴上不同種類的水溶液，形成的結晶形狀……p.12
- 實驗四、觀察各種飽和水溶液的毛細現象，在上方形成的結晶……p.14
- 實驗五、利用滴漏式澆水器觀察各種水溶液的滴漏後結晶……p.15
- 實驗六、在陶土基底進行小蘇打水滴漏實驗，觀察在陶土上的結晶…p.18
- 實驗七、利用碳酸鈣水進行滴漏實驗，觀察在珊瑚礁上的結晶……p.21
- 實驗八、利用石膏滴漏在陶土上模擬鐘乳石形成的紋路……p.22

有趣的各種洞穴鐘乳石樣貌



實驗一、鹽水滴漏實驗

實驗方法：利用飽和食鹽水裝到寶特瓶中，以每分鐘一滴的速度進行滴漏結晶，底下斜斜的放置塑膠盤接水。





發現：

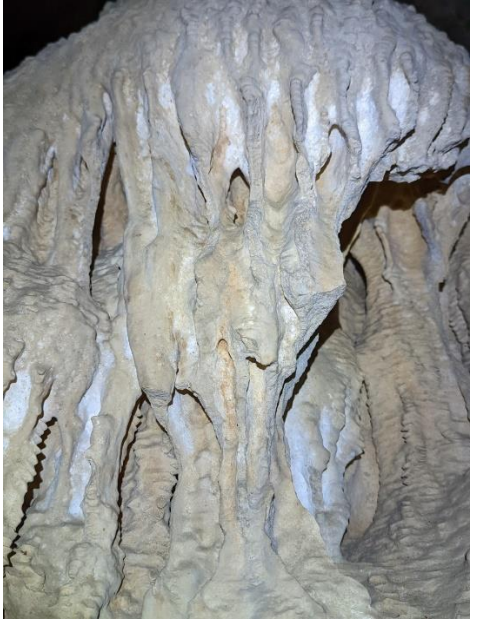
1. 滴漏快時無法結晶，鹽水會像一灘水噴開一樣，水蒸發速度沒有想像中的快。鹽水滴下的位置會產生弧形結晶，滴漏器的外側有一層薄薄的結晶。
2. 鹽水滴漏一個月後發現，鹽水結晶分成三層，滴下來的地方是第一層，斜坡的下方是第三層。
3. 第三層最厚，接著是第一層，中間的第二層反而比較薄。可能是鹽水流到最底下，第一層是鹽水滴下的地方，容易結晶。
4. 越往上的結晶看起來潮濕透明，實際沒有水，越往盤子下方與邊緣的結晶越白。

實驗二、測量猩猩洞與天雨天財洞

研究方法：利用皮尺與釣竿測量洞長與洞高，溫度計測量氣溫。

測量結果

<p>洞 穴 名 稱</p>	<p>猩猩洞 111/11/13、12/15、12/16</p> 	<p>天雨天財洞 112/1/14、2/11</p> 
<p>洞 穴 描 述</p>	<p>洞口窄、向下移動後平坦 有裂隙可以鑽，上面黑色尖狀岩 石，地面有幾個形狀像猩猩的形狀 的鐘乳石筍。</p>	<p>有兩個天井，有一個分叉小洞濕滑 有陽光、空氣流通、地面有土壤落 葉。天井下方有掉落的姑婆芋。 洞頂高、洞內大、入洞是垂直向下</p>
<p>洞 穴 地 形</p>	<p>洞口：上寬 37cm、下寬 167cm、 高 175cm 落差：2m 洞長：35m、洞高 2m~4m 其他：25m、30m 處有高起</p>	<p>洞口：50cm 寬，落差 1.5m，有榕 樹根向下生長。 洞長：40m、洞高 7m-9m、洞寬 2m-10m。 前天井 6m 高、後天井 8m、斜坡</p>

測量		4m 側方洞落差 2.5、洞長 12m、洞高 8m
洞穴生物	高腳蜘蛛 9 隻、竈馬 6 隻	灶馬>100 隻、狼蛛 1 隻、巨型長尾蛛 5 隻、高腳蜘蛛 20 隻、鞭蠍 1 隻、鳥巢 1 個
洞穴鐘乳石紋路觀察		
	鐘乳石(尖端切斷)	
		
	石柱	鐘乳石



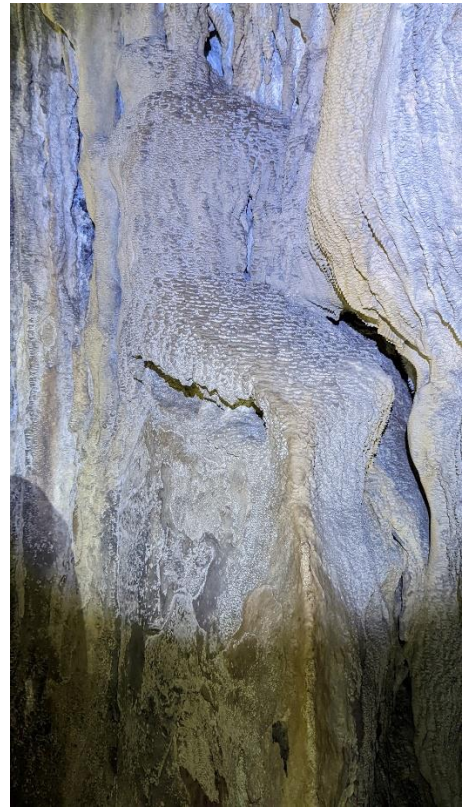
波紋



管狀鐘乳石



大猩猩狀石筍



鱗片狀堆積成美人魚樣貌



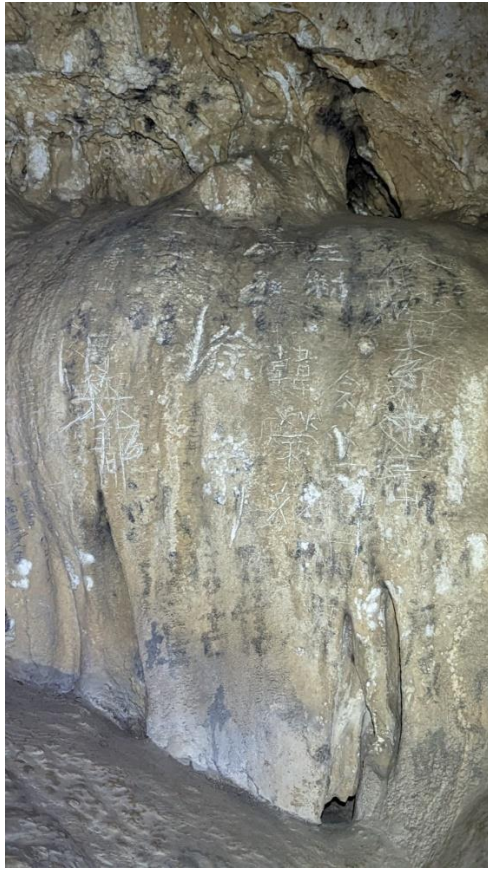
流紋壁面



瓜狀鐘乳石



流紋



人為刻字在大猩猩壁面上



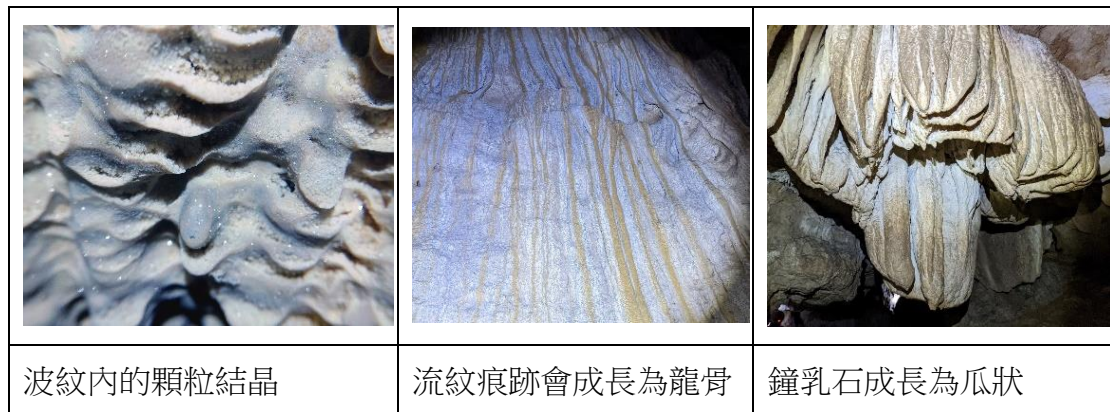
石扇



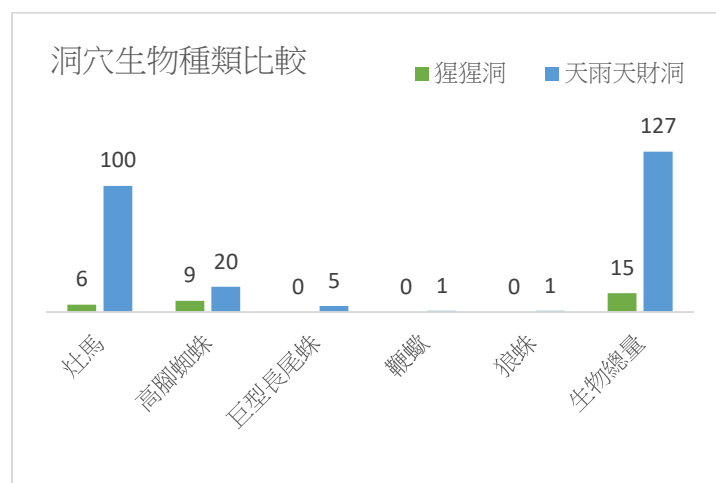
管狀鐘乳石

鐘乳石洞穴測量結果與觀察發現

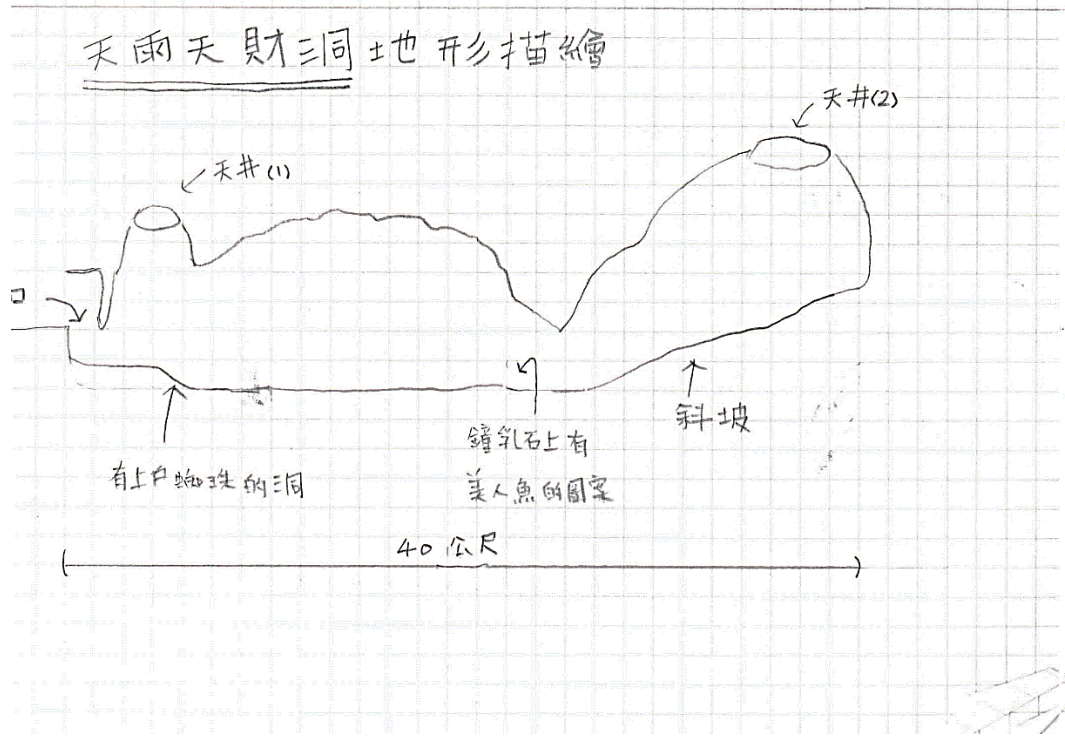
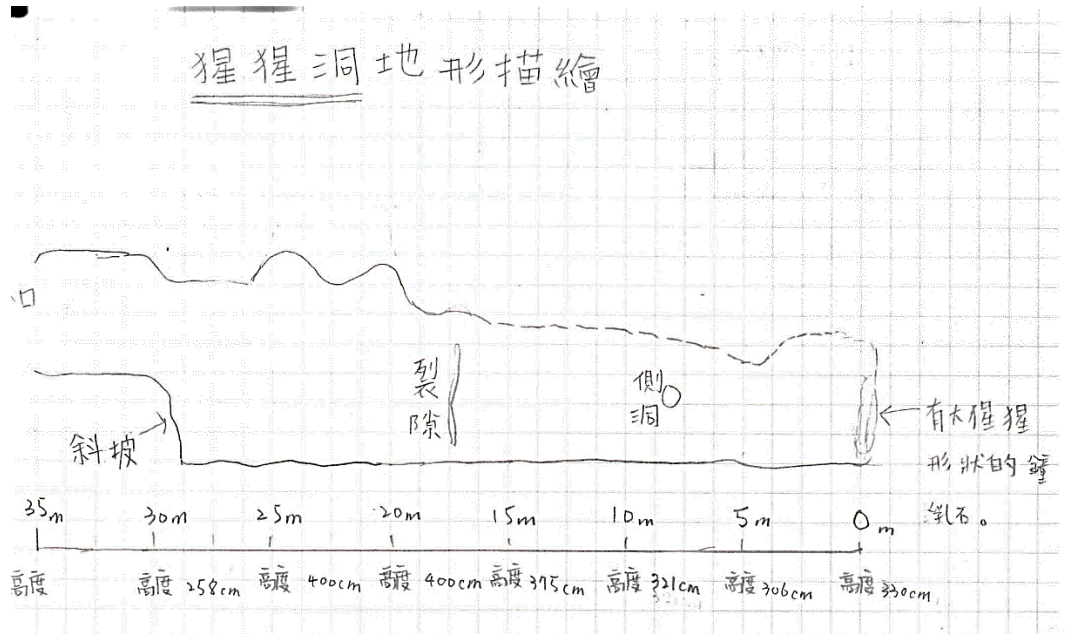
1. 魚鱗狀的痕跡常常出現在石筍上，龍骨的痕跡出現在石扇與石柱，管狀構造出現在鐘乳石上。
2. 猩猩洞的猩猩可能是上方鐘乳石水滴滴下形成的圓塊狀石筍。
3. 天雨天財洞的壁面可以看到整片的岩溶流紋，而且會長成上寬下窄的香菇狀，外側會形成龍骨狀橫線。
4. 每個洞穴形成的鐘乳石樣貌都不同，會產生特別的形狀，例如：猩猩與美人魚。大都是石筍或是石柱。
5. 鐘乳石的中央可以看到管狀的構造，可能是水滴從中間滴出，形成鐘乳石。
6. 在燈光照射下，會有閃閃發亮的結晶，這些鐘乳石可能是小顆粒的礦物形成。



7. 洞穴生物種類與總量的比較分析



我們發現生物數量灶馬最多，天雨天財洞生物種類跟數量都超過猩猩洞，種類多屬於會捕食的節肢動物。可能是天雨天財洞有天井，陽光、空氣跟水這些生命元素都比猩猩洞來的多，還有落下的泥土跟生物可以提供食物給洞穴內的生物。另外天雨天財洞也比猩猩洞來的大。



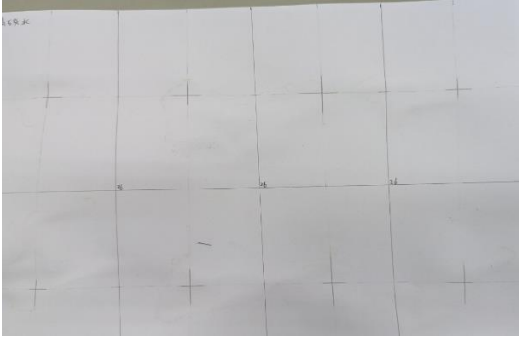
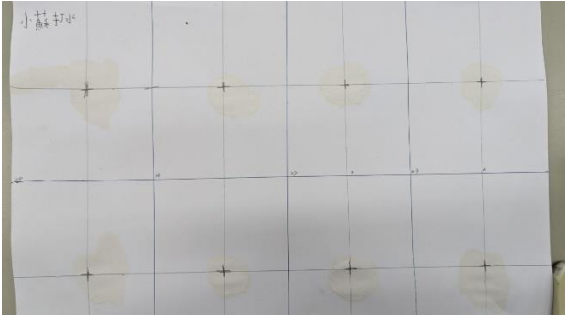
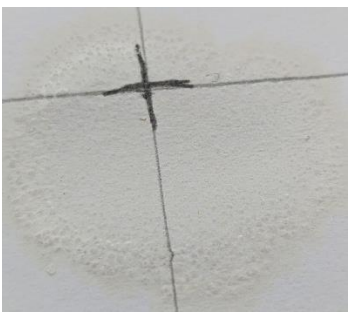
實驗三、在圖畫紙上滴上不同種類的水溶液，形成的結晶

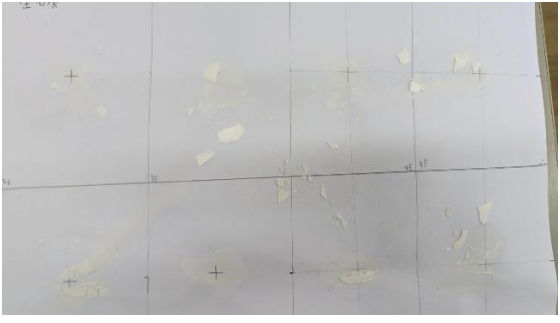



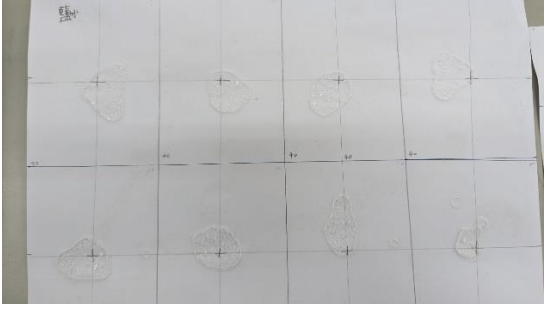

實驗方法：

1. 利用 15ml 純水，調配澄清石灰水、小蘇打粉 1g、生石灰水 1g、醋酸鈉 9g、鹽水 6.2g，飽和水溶液。
2. 圖畫紙分 8 格，使用滴管每次一滴在方格中央，分別滴 20、40、60、80、100、120、140、160 滴
3. 乾燥後觀察圖畫紙上的結晶(20 天)



實驗結果

1. 澄 清 石 灰 水		僅有一點水漬痕跡 照片看不出來。
2. 小 蘇 打 水		

3. 生 石 灰 水		
4. 醋 酸 鈉		
5. 鹽 水		

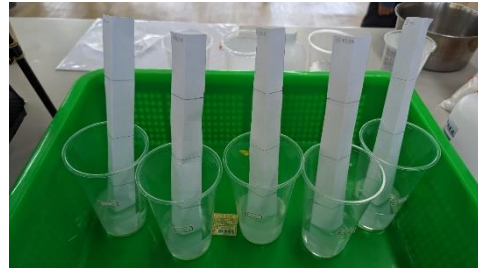
實驗發現：





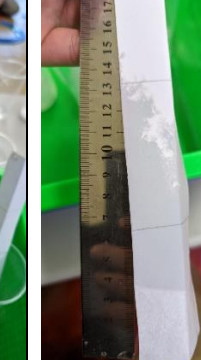
1. 小蘇打水呈現不透明白色痕跡，利用放大鏡觀察有粉狀的部分。
2. 生石灰水乾燥後呈現白色片狀，跟珊瑚洞穴的白色壁面很像。
3. 醋酸鈉外圈是不規則形狀，裡面會形成長針狀結晶。
4. 鹽水會形成一圈白色結晶，裡面散佈方形結晶，結晶的量跟滴數似乎無關。
5. 不同的水溶液會產生不同形狀的結晶，跟鐘乳石顏色比較像的是生石灰水，跟鐘乳石洞結晶顆粒比較像的是鹽水(方塊狀)。醋酸鈉的結晶速度快。



實驗四、觀察各種飽和水溶液的毛細現象結晶(1/20-2/10)

實驗方法：利用 100ml 飽和水溶液，放置長 26cm 寬 5cm 對折成 90 度下方斜放到杯中，測量毛細上升高度與結晶現象。



1.澄清石灰水 pH8.6	2.小蘇打水 pH10.7	3.生石灰水 pH8.7	4.醋酸鈉水 pH 8.4	5.鹽水 pH8.6
				
上升 12cm	上升 6.5cm	上升 4cm	上升 26cm	上升 13cm
沒結晶有發霉	有白色顆粒結晶	白色片狀黏在紙上，有發霉	沒有結晶	沒有結晶

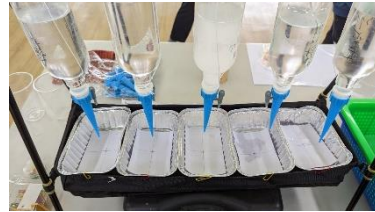
實驗發現：











- 小蘇打向上結晶的現象明顯，產生堆疊狀的顆粒結晶，類似鐘乳石。只是小蘇打的成分應該跟鐘乳石不一樣，為什麼會產生這樣的結晶，需要繼續研究。
- 從實驗四發現，飽和水溶液有可能會向上結晶，而且會沿著有空隙的物體產生毛細現象，最後結晶堆積在上升高度的極限。
- 澄清石灰水與生石灰水都會發霉，原因不明。生石灰水產生一層白色的片狀物，老師說可能是碳酸鈣，實驗調配剩下的液體乾掉後，也有這樣的現象。








實驗五、利用滴漏式澆水器進行各種水溶液的滴漏結晶(1/20-2/13、2/13-2/25)

實驗方法：利用 400ml 飽和水溶液，綁繩倒放到三角架上，下方放置鋁箔盒子與圖畫紙，調整 30 秒一滴的速度進行滴漏。



1.澄清石灰水 pH8.6	2.小蘇打水 pH10.7	3.生石灰水 pH8.7	4.醋酸鈉水 pH8.4	5.鹽水 pH8.6
				
2/13 透明液體 一點結晶	2/13 邊緣有大 量結晶	2/13 片狀有泡 沫狀的結晶	2/13 沒有結晶	2/13 邊緣有 結晶
				

<p>2/25</p> <p>底部有薄薄的結晶，呈現顆粒狀及一些片狀。結晶狀況不好。邊緣結晶少。</p>	<p>2/25</p> <p>整個盒子佈滿白色粉末結晶。順著盒子向上形成波紋、顆粒、菇狀、柱狀結晶。</p>	<p>2/25</p> <p>有大片的片狀與細小顆粒結晶。底部結晶比澄清石灰水厚。邊緣有粉狀結晶。</p>	<p>2/25</p> <p>片狀結晶懸空，可能是從水面結晶。形成結晶多邊形方塊結晶。</p>	<p>2/25</p> <p>有小顆粒方塊狀結晶。鋁箔盒子被腐蝕破了7個洞，結晶不多</p>
				
<p>2/25</p> <p>放大看到粉末狀的一層結晶</p>	<p>2/25</p> <p>有順著盒子的柱狀結晶、多孔洞，底部顆粒狀一層結晶。呈現不規則狀。</p>	<p>2/25</p> <p>粉末結晶多、片狀結晶多、有點像薄薄的石灰岩。有點半透明灰。</p>	<p>2/25</p> <p>多孔洞而且是硬的結晶，類似鐘乳石半透明狀不易掉落。呈現礦物狀結晶</p>	<p>2/25</p> <p>邊緣有整片的白色片狀顆粒結晶是方形。結晶中央有 X 狀</p>

實驗發現：





1. 2/13 小蘇打會沿著鋁箔盒縫隙，產生流紋狀的結晶，滴出液體的管口有開花狀的結晶體。產生類似石柱跟石筍的形狀出現。







2. 掉落的柱狀結晶會繼續被包圍長大，結晶容易附著在原有的形狀上生長。小蘇打結晶也會順著盒子的形狀生長，到上端形成菇狀的結晶。
3. 澄清石灰水結晶少，因為濃度較低，所以結晶出來的粉末量也少。
4. 2/13 生石灰水洞口堵住，只滴下大約一半的液體，紙張發霉嚴重，有黏黏的物體。2/25 整個滴漏後有產生半透明片狀結晶，類似鐘乳石。
5. 2/25 醋酸鈉半透明硬片狀與塊狀，有點類似石灰岩洞內會反射光的結晶。
6. 鹽水的滴漏器口有一點結晶，鹽水會跟鋁箔反應造成盒子破洞。
7. 滴下去的液體太多，可能結晶會再溶解掉。滴的速度太慢結晶又會堵住滴下的洞口。

實驗六、在陶土基底進行小蘇打水滴漏實驗(2/16-2/25)

實驗方法：利用 400ml 飽和小蘇打水溶液，綁繩倒放到三角架上，滴漏在不同形狀的陶土，調整 30 秒一滴的速度進行滴漏，觀察滴漏過程與紀錄最後乾燥結晶。陶土四面分別刻上不同紋路：橫紋、直紋、平面、戳洞。陶土乾燥三天。

	
<p>各種不同形狀的陶土滴小蘇打水</p>	<p>半圓、不規則</p>
	
<p>三角錐與四角錐</p>	<p>圓錐與四方形</p>

實驗結果

<p>1. 不規則與半圓(2/25)</p> 	<p>不規則與半圓(3/5)</p> 
	

2.四角錐與三角錐(2/25)



四角錐與三角錐(3/5)



3.圓柱與方塊狀(2/25)




圓柱與方塊狀(3/5)



結果與發現

1. 陶土出現吸水塌陷狀，表面出現花椰菜花狀結晶。周圍有乾燥羽毛狀有紋理的結晶。3/5 觀察時發現，半圓的凹陷處出現會反光的片狀結晶。乾燥後陶土裂開。

- 三角錐與四角錐表面的顆粒石花狀結晶最多，類似石筍的結晶方式，有大型的顆粒狀突起來。
- 圓錐與方塊上顆粒結晶類似粉狀，盤面結晶少，可能都是比較平面流動速度快，比較不容易結晶。
- 裂開的裂隙可以發現白色漸層狀或是流紋狀的痕跡，可能鐘乳石的形成過程也是慢慢從裂縫中長出來，層次是陶土、白色、陶土三層夾心。

	
半圓裂隙有流紋狀白色粉末	三角錐裂開的縫隙呈現夾層狀
	
圓柱裂隙呈現夾層	方塊狀裂隙一層白色痕跡

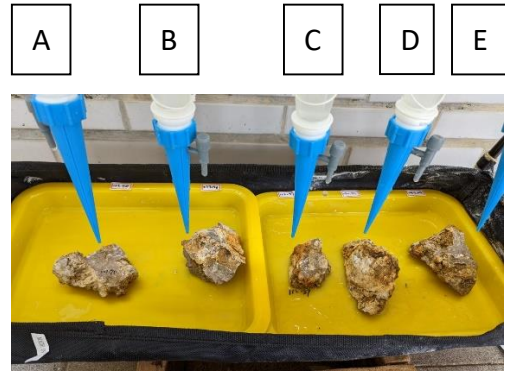
- 容易在陶土與平面的邊緣形成一圈白色結晶，如果根據前面毛細實驗的結果，外圍形成的結晶，可能會溶掉，利用毛細作用向上結晶。
- 利用陶土作為基底進行小蘇打水溶液滴漏實驗，會讓陶土產生吸水崩解的狀況，四角錐狀的表面結晶最多，圓柱與方柱的陶土表面結晶最少，很可能是滴落的水溶液會把結晶沖掉或是溶解，錐狀的流動速度快，比較能夠保留結晶。

實驗七、利用碳酸鈣水進行珊瑚礁滴漏實驗

實驗方法：利用澄清石灰水通二氧化碳產生乳白色碳酸鈣水溶液，進行滴漏實驗，下方放置敲成小塊進行秤重後的珊瑚礁石灰岩，模擬鐘乳石形成過程。



學校圍牆邊檢到的掉落珊瑚礁石灰岩



滴漏前後的重量變化 2/25-3/5-3/8

編號	原始重量	3/5 濕重	3/8 乾重	3/5 發現的表面結晶
A 塊	137.7gw	138.0gw ↑	135.9gw	表面有顆粒結晶、石花狀
B 塊	257.96gw	256.0gw ↓	253.4gw	旁邊有三粒結晶
C 塊	112.37gw	114.5gw ↑	114.2gw	有大顆粒點狀結晶
D 塊	190.72gw	193.3gw ↑	191.1gw	粉狀覆蓋結晶
E 塊	197.09gw	196.4gw ↓	193.8gw	有許多點狀結晶

1. 岩塊潮濕可能影響重量測量，但是表面都有看到顆粒結晶。滴漏也可能造成水的侵蝕，讓岩塊表面的土砂掉落造成重量減輕。
2. 珊瑚礁上產生白色顆粒狀結晶，可能是碳酸鈣的沉澱結晶，未來可能形成鐘乳石。
3. 利用碳酸鈣水溶液進行模擬，發現重量變化上下不一致，可能跟岩塊表面本來附著的東西有關係，不過都可以在旁邊發現白色粉狀顆粒或是花狀的結晶。



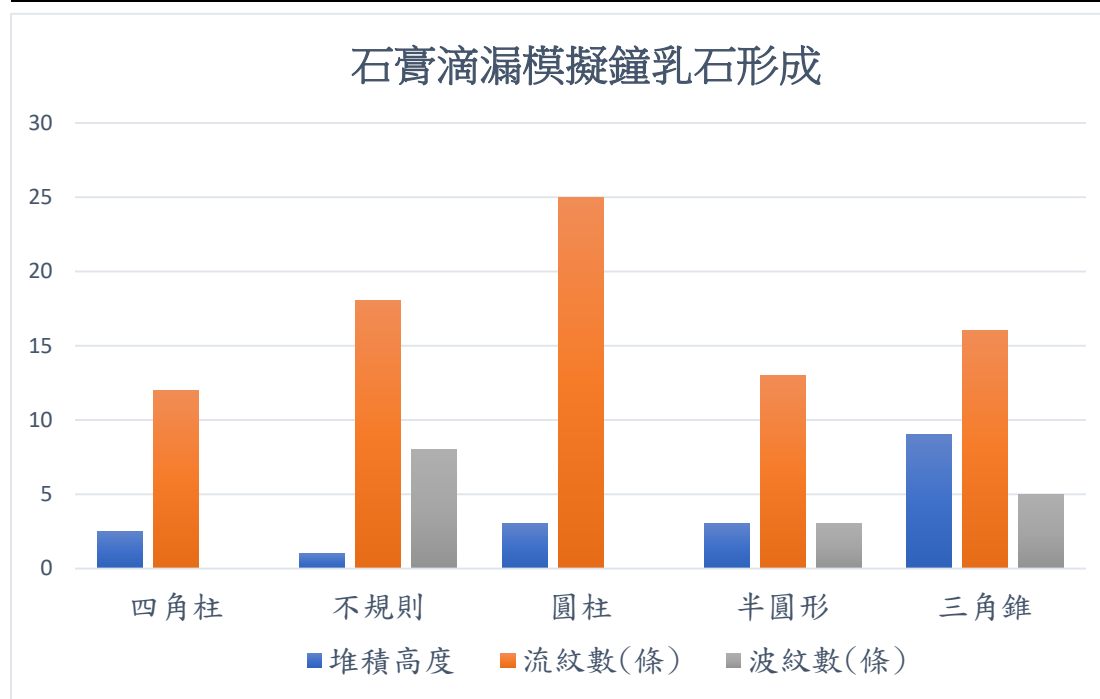
實驗八、利用石膏滴漏在陶土上模擬鐘乳石形成

實驗方法：利用石膏(硫酸鈣)50gw+150ml 的水，產生石膏水溶液，以每秒 1 滴的速度用滴管滴在陶土模型上，陶土模型有刻畫直紋、橫紋、凹洞。(陶土經過 10 天乾燥硬化，不規則以珊瑚礁貼印出痕跡。

實驗結果

1.計算各種形狀產生的石膏堆積現象(單位：cm)

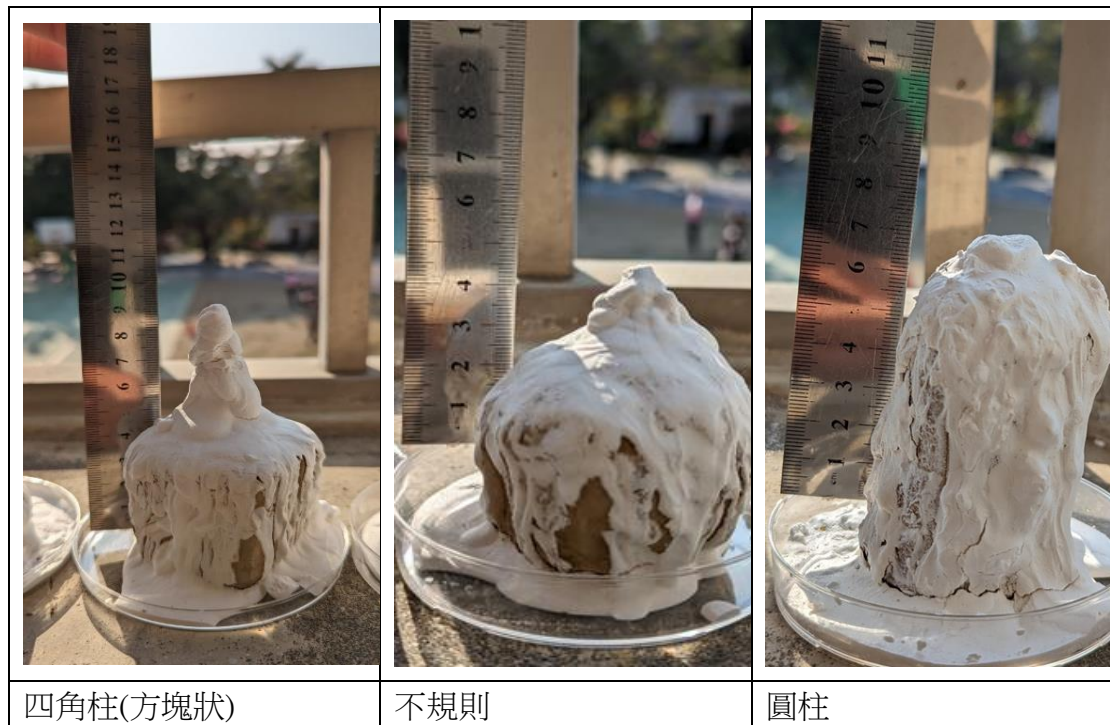
形狀	總高度	堆積高度	流紋數(條)	波紋數(條)
四角柱	7.5	2.5	12	0
不規則	6.0	1	18	8
圓柱	8.0	3	25	0
半圓形	8	3	13	3
三角錐	14	9	16	5



實驗發現：

1. 當石膏往下流動時，就會產生明顯的流紋，石膏濃稠時就會產生波紋或是堆疊上去，流動的速度會影響到堆積的紋路。

2. 圓柱形產生的流紋數量最多，可能是圓弧面的阻力比較小，流動快。堆疊高度跟四角柱接近，因為上方都是平面會有因為重量流動攤開的狀況不會堆得特別高。
3. 三角錐與半圓形波紋數明顯比柱形多，可能是斜面比較容易讓石膏停留，而且三角錐會特別在尖端產生堆疊現象，細細的向上生長，與鐘乳石石筍的生長方式有類似的現象。
4. 不規則紋路(類似珊瑚)的堆疊高度與流紋數介於圓柱型與三角錐形之間，在自然界是最常見的形狀。因為流過不同的表面而產生多變的鐘乳石形狀，流動的速度會影響到形成的紋路，流動快時會產生流紋，慢慢流動才會產生波紋，幾乎黏稠不會流動就會產生塊狀。



		
半圓形	三角錐	圓柱狀流紋
		
圓柱狀流紋	不規則波紋	半圓波紋

5. 利用石膏模擬時，完全沒有石花狀的紋路產生，只有產生流紋與波紋，但是做毛細實驗與陶土碳酸鈣滴漏就不少，可見石花狀的構造應該是由下往上產生的結晶。

陸、研究結論

1. 從實驗中我們發現水溶液雖然可以讓水蒸發再結晶，從一開始利用鹽水實驗模擬鐘乳石形成過程，發現鹽水時滴落時會依照斜度、落下的位置、水蒸發的位置，形成不同的結晶。但是要模擬鐘乳石形成過程產生的各種紋路並不容易，鹽水無法形成類似鐘乳石的樣子。
2. 利用各種水溶液模擬鐘乳石的形成，形成的結晶都不同，最類似的是小蘇打水溶液，會形成白色的顆粒。鐘乳石不只會向下生長，也會因為毛細作用向上結晶，最後連接起來形成石柱。所以在 5 月~10 月水分較多時，不開放洞穴讓鐘乳石有時間結晶與成長是正確的。
3. 洞穴環境會影響生物的種類跟數量，天雨天財洞因為有天井，有陽光、空氣、水，有植物跟泥土會掉落，生物的種類跟數量都比只有一個開口的猩猩洞來的多，而且洞穴內的生物也都是外面比較不常見的生物，有特殊的生態。
4. 在洞穴中發現很多不同的鐘乳石景觀，鐘乳石中央有管狀構造、地面的石筍形成不同的樣貌、還有沿著山壁流動的痕跡形成的石柱。表面可能因為流動的速度與表面的凹凸而產生不同的紋路，而且形成的時間要很長。
5. 利用澄清石灰水通入二氧化碳作用可以形成碳酸鈣水溶液，會在珊瑚礁表面形成粉狀結晶，數量不多。所以洞穴內人類呼吸產生的二氧化碳也可能會影響到鐘乳石的形成，但是人為的碰觸跟溫度也可能讓鐘乳石無法生長。
6. 錐狀的陶土比較容易留下結晶沉澱，方形或是半圓因為水滴流動較慢，反而陶土上結晶的物質可能再被水溶解掉帶走。圓柱跟方塊因為侵蝕產生裂縫，結晶會產生在隙縫中。
7. 石膏模擬鐘乳石形成過程發現流動速度會影響到流紋與波紋的形成，圓弧面流動快流紋特別多，類似石柱形成後的狀況，或是整面石壁上的流動痕跡錐狀波紋數明顯比柱形多，可能石膏硬化停留，尖端產生堆疊現象，細細的向上生長，與鐘乳石石筍的生長方式有類似的現象。

柒、參考資料與文獻

3. 壽山國家自然公園戶外活動管理系統 <https://snpact.cpami.gov.tw/landscaper/>
4. 台灣的石灰岩 2008 鍾廣吉 遠足文化
5. 探索壽山地景篇 2017 齊士埤、何立德 內政部營建署壽山國家自然公園
6. 傾聽壽山 2012 歐正興 內政部營建署壽山國家自然公園

【評語】 080510

研究動機明確。深入瞭解壽山鐘乳石不同型態的生長環境與相關的生態。另外，也利用室內實驗再現所推論之過程，適當地應用實驗實作證實結論。海報的報告清楚明瞭，思考縝密，是一個值得讚賞的作品。

作品海報

研究動機

壽山有許多鐘乳石洞，我們學校就在壽山下，探訪洞穴也是我們的主題課程之一，我們在探洞的過程中，發現鐘乳石洞內有許多奇形怪狀的岩石，例如：石筍、石柱、還有像猩猩跟美人魚的各種岩石樣貌。洞內岩石上有著許多不同的紋路，我們想了解這些紋路是如何產生的，老師說：其實這跟水溶液的單元是有關係的，於是我們開始了以下的研究。



研究目的

- 一 認識鐘乳石洞的地形、生物與進行洞穴測量。
- 二 了解鐘乳石洞有哪些紋路，以及探究形成的方式。

研究材料與方法

- 一 走訪鐘乳石洞進行洞穴深度與高度測量，以及紀錄洞穴中的地形與看見的生物數量。拍攝洞穴內的各種地形與紋路，進行分類。
- 二 研究材料：皮尺、相機、釣竿、溫度計、測距儀、滴漏器、鹽、石膏、陶土、小蘇打、石灰水、生石灰、醋酸钠、塑膠杯、棉線、尺、實驗架、純水。

文獻探討與環境描述

- 一 壽山國家自然公園探洞活動與風險管理：
 - ① 裝備：頭盔、手套、頭燈、口罩，由合格巡守員帶領進行環境教育。
- 二 壽山石灰岩洞環境概述：
 - ① 猩猩洞：落差2m後平坦到底，洞長約35m，洞高2~4m，洞內成半圓形。
 - ② 天雨天財洞：洞口較小有天井，洞口有石扇進去到30m後開始斜向上有天井。30m旁邊有側洞落差2m，深度8m。

探訪壽山鐘乳石洞, 發現洞穴內的結晶與紋路, 提出問題假設

發現鐘乳石上方滴水, 壁面由下方吸水

提出問題與實驗執行：

- ① 結晶是如何形成的？
- ② 觀察與測量洞穴。
- ③ 不同水溶液的結晶樣貌與鐘乳石的異同之處。
- ④ 水溶液是鐘乳石結晶的基礎。

提出問題與實驗執行：

- ① 從毛細實驗看吸水結晶，證明洞內積水有助結晶。
- ② 從滴漏實驗看上方滴水下水溶液的結晶。
- ③ 鐘乳石與石筍是上下同時進行結晶作用。

模擬鐘乳石的形成過程

提出問題與實驗執行：

- ① 運用小蘇打水滴在陶土上觀察自然界的結晶過程。
- ② 利用碳酸鈣水溶液滴在石灰岩上觀察結晶作用。
- ③ 利用石膏模擬波紋與流紋的形成。

實驗過程

實驗一、鹽水滴漏實驗

滴漏快時無法結晶，鹽水會像一灘水噴開一樣，水蒸發速度沒有想像中的快。鹽水滴下的位置是第一層會產生弧形結晶，滴漏器的外側有一層薄薄的結晶，斜坡的下方是第三層積水結晶最厚。

實驗二、測量猩猩洞與天雨天財洞

鐘乳石洞穴測量結果與觀察發現：

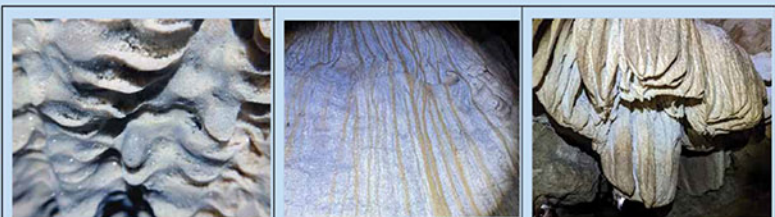
- ① 魚鱗狀的痕跡常常出現在石筍上，龍骨的痕跡出現在石扇與石柱，管狀構造出現在鐘乳石上。
- ② 猩猩洞的猩猩可能是上方鐘乳石水滴下形成的圓塊狀石筍
- ③ 天雨天財洞的壁面可以看到整片的岩溶流紋，而且會長成上寬下窄的香菇狀，外側會形成龍骨狀橫線，表面具有閃亮的結晶。



猩猩洞



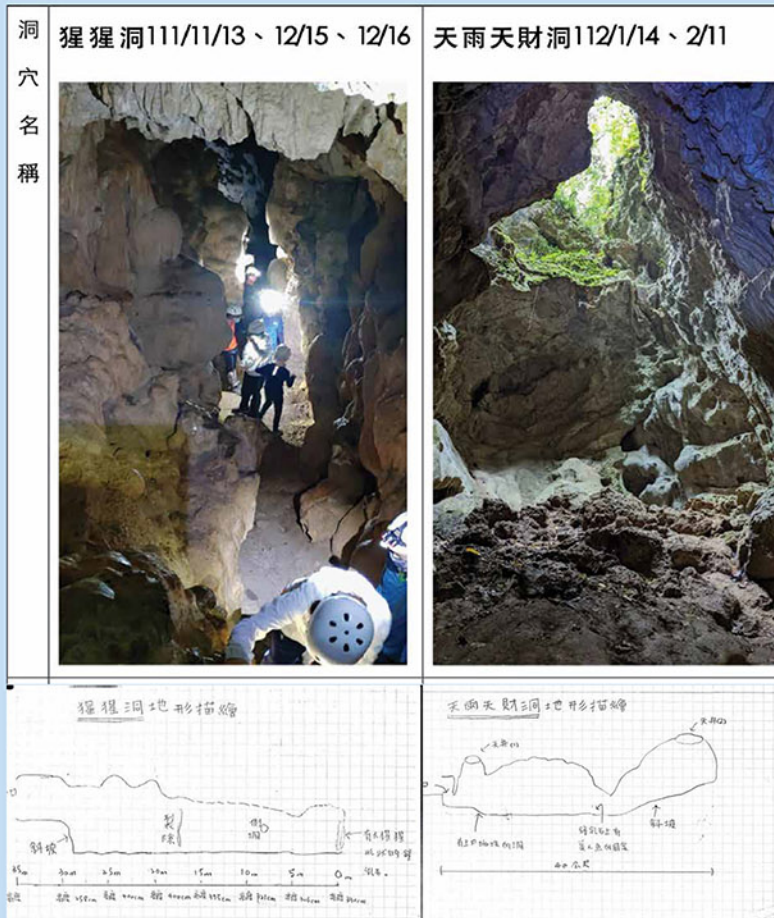
天雨天財洞



波紋內的顆粒結晶

流紋會成長為龍骨

鐘乳石成長為瓜狀



洞穴生物種類比較



生物數量以灶馬最多，天雨天財洞生物種類跟數量都超過猩猩洞，多屬於會捕食的節肢動物。可能是天雨天財洞有天井，陽光、空氣跟水這些生命元素都比猩猩洞來的多。

實驗三、在圖畫紙上滴上不同種類的水溶液形成的結晶

- ①小蘇打水（碳酸氫鈉）呈現不透明白色痕跡，利用放大鏡觀察有粉狀的部分
- ②生石灰水（氧化鈣）乾燥後呈現白色片狀，跟石灰岩(碳酸鈣)洞穴的白色壁面類似。
- ③醋酸鈉外圈是不規則形狀，裡面會形成長針狀結晶，與碳酸鈣差別較大。
- ④鹽水（氯化鈉）會形成一圈白色結晶，裡面散佈方形結晶，類似鐘乳石表面結晶。



1.澄清石灰水	2.小蘇打水	3.生石灰水	4.醋酸鈉	5.鹽水
有一點水漬痕跡				

實驗四、觀察各種飽和水溶液的毛細現象結晶(1/20-2/10)

- ①小蘇打水向上毛細作用結晶的現象明顯，產生堆疊狀的顆粒結晶，類似鐘乳石洞積水向上結晶，產生石爆米花狀的結晶。
- ②從洞穴觀察發現有積水痕跡，飽和水溶液有可能會向上結晶，而且會沿著洞穴石縫往上產生毛細現象，最後結晶堆積在上升高度的極限。
- ③生石灰水產生一層白色的片狀物，類似石灰岩的成分，可能是氧化鈣溶解後吸收二氧化碳產生碳酸鈣，成分與石灰岩洞類似，沉澱在洞穴的表面。



1.澄清石灰水 pH8.6	2.小蘇打水 pH10.7	3.生石灰水 pH8.7	4.醋酸鈉水 pH 8.4	5.鹽水 pH8.6
上升12cm	上升65cm	上升4cm	上升2cm	上升13cm
沒結晶有發霉	有白色顆粒結晶	白色片狀黏在紙上，有發霉	沒有結晶	沒有結晶

實驗五、利用滴漏式澆水器進行各種水溶液的滴漏結晶(1/20-2/13、2/13-2/25)

1.澄清石灰水 pH8.6	2.小蘇打水 pH10.7	3.生石灰水 pH8.7	4.醋酸鈉水 pH8.4	5.鹽水 pH8.6
2/13透明液體一點結晶	2/13邊緣有大量結晶	2/13片狀有泡沫狀的結晶	2/13沒有結晶	2/13邊緣有結晶
2/25底部有薄薄的結晶，呈現顆粒狀及一些片狀。結晶狀況不好。邊緣結晶少。	2/25整個盒子佈滿白色粉末結晶。順著盒子向上形成波紋、顆粒、菇狀、柱狀結晶。	2/25有大片的片狀與細小顆粒結晶。底部結晶比澄清石灰水厚。邊緣有粉狀結晶。	2/25片狀結晶懸空，可能是從水面結晶。形成結晶多邊形方塊結晶。	2/25有小顆粒方塊狀結晶。鋁箔盒子被腐蝕破了7個洞，結晶不多

- ①小蘇打水溶液會沿著鋁箔盒縫隙上升(毛細作用)，產生流紋狀的結晶，滴出液體的管口有開花狀的結晶體(鐘乳石)。產生類似石柱跟石筍的形狀出現。
- ②生石灰水洞口被沉澱物堵住，整個滴漏後有產生半透明片狀結晶，類似鐘乳石。
- ③結晶容易附著在原有的形狀上生長，掉落的柱狀結晶會繼續被包圍長大。小蘇打結晶也會順著盒子的形狀生長，到上端形成菇狀的結晶，類似天雨天財洞的樣貌。
- ④從滴漏實驗發現滴下去的液體太多，可能結晶會再溶解掉。滴的速度太慢結晶又會堵住滴下的洞口。可以解釋為什麼鐘乳石洞的地形會一直在變化，每年可能都會有新的結晶溶解或是形成。

澄清石灰水放大看到粉末狀的一層結晶	小蘇打水有順著盒子的柱狀結晶、多孔洞，底部顆粒狀一層結晶。呈現不規則狀。	生石灰水粉末結晶多、片狀結晶多、有點像薄片的石灰岩。有點半透明灰。	醋酸鈉多孔洞而且是硬的結晶，類似鐘乳石半透明狀不易掉落。呈現礦物狀結晶	鹽水邊緣有整片的白色片狀顆粒結晶是方形。結晶中央有X狀

實驗六、在陶土基底進行小蘇打水滴漏實驗(2/16-2/25)

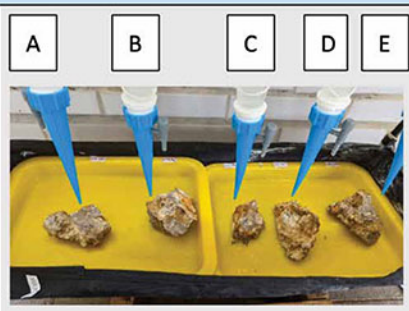
- ①陶土出現吸水塌陷狀，表面出現花椰菜花狀結晶。周圍有乾燥羽毛狀有紋理的結晶。觀察時發現，半圓的凹陷處出現會反光的片狀結晶。乾燥後陶土裂開。
- ②三角錐與四角錐表面的顆粒石花狀結晶最多，類似石筍的結晶方式，有大型的顆粒狀突起來。
- ③圓錐與方塊上顆粒結晶類似粉狀，盤面結晶少，可能都是比較平面流動速度快，比較不容易結晶。
- ④裂開的裂隙可以發現白色漸層狀或是流紋狀的痕跡，可能鐘乳石的形成過程也是慢慢從裂縫中長出來，層次是陶土、白色、陶土三層夾心。
- ⑤陶土與平面的邊緣形成一圈白色結晶，如果根據前面毛細實驗的結果，外圍形成的結晶，可能會溶掉，利用毛細作用向上結晶與實驗五的結果一致，證明石灰岩洞是一個變化的過程。



實驗七、利用碳酸鈣水進行珊瑚礁滴漏實驗



學校圍牆邊撿到的掉落珊瑚礁石灰岩

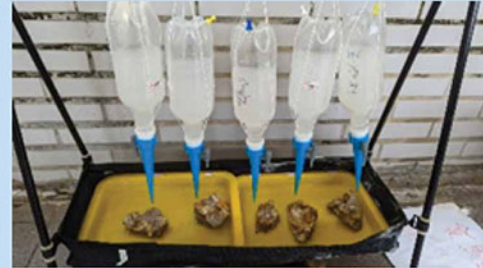


滴漏前後的重量變化2/25-3/5-3/8

編號	原始重量	3/5濕重	3/8乾重	3/5發現的表面結晶
A塊	137.7gw	138.0gw ↑	135.9gw	表面有顆粒結晶、石花狀
B塊	257.96gw	256.0gw ↓	253.4gw	旁邊有三粒結晶
C塊	112.37gw	114.5gw ↑	114.2gw	有大顆粒點狀結晶
D塊	190.72gw	193.3gw ↑	191.1gw	粉狀覆蓋結晶
E塊	197.09gw	196.4gw ↓	193.8gw	有許多點狀結晶

①用碳酸鈣水溶液模擬自然界鐘乳石的形成很不容易，從岩塊滴漏過程產生重量的變化不一致，但是表面都有看到顆粒結晶。滴漏過程可能造成水的侵蝕或溶解物質，讓岩塊表面的土砂掉落或溶解造成重量減輕，這樣的狀況與實驗五跟實驗六的結果一致。

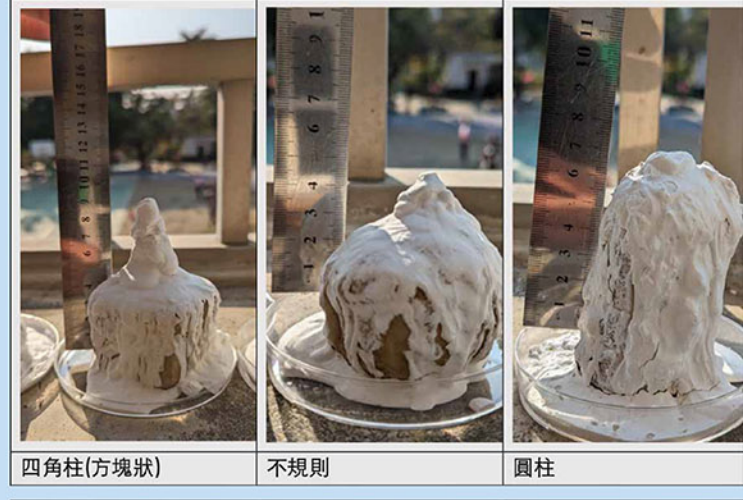
②珊瑚礁上產生白色顆粒狀結晶，可能是碳酸鈣的沉澱結晶，未來可能形成鐘乳石，可見鐘乳石結晶形成是一個長久的過程。



實驗八、利用石膏滴漏在陶土上模擬鐘乳石形成



半圓形 三角錐 圓柱狀流紋



四角柱(方塊狀) 不規則 圓柱



圓柱狀流紋 不規則波紋 半圓波紋

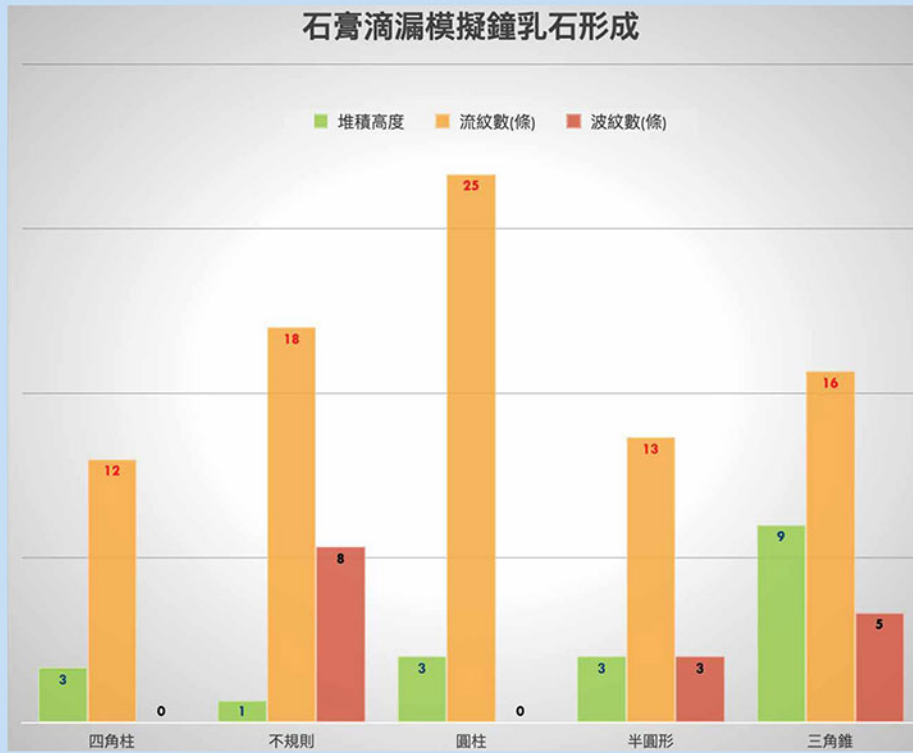
①當石膏往下流動時，就會產生明顯的流紋，石膏濃稠時就會產生波紋或是堆疊上去，所以流動的速度會影響到堆積的紋路。

②圓柱形產生的流紋數量最多，可能是圓弧面的阻力比較小，流動快。堆疊高度跟半圓形接近。

③不規則紋路(類似珊瑚)的堆疊高度與流紋數都大於角柱型與三角錐形跟半圓形，在自然界是最常見的形狀。因為流過不同的表面而產生多變的鐘乳石形狀，流動的速度會影響到形成的紋路，流動快時會產生流紋，慢慢流動才會產生波紋，幾乎黏稠不會流動就會產生塊狀。

④三角錐與半圓形波紋數明顯比柱形多，可能是斜面比較容易讓石膏停留，而且三角錐會特別在尖端產生堆疊現象，細細的向上生長，與鐘乳石石筍的生長方式有類似的現象。

⑤利用石膏模擬時，完全沒有石花狀的紋路產生，只有產生流紋與波紋，但是做毛細實驗與陶土碳酸鈣滴漏就不少，可見石花狀的構造應該是由下往上產生的結晶。



陸 實驗結論

- 從實驗一我們發現水溶液雖然可以讓水蒸發再結晶，從一開始利用鹽水實驗模擬鐘乳石形成過程，發現鹽水時滴落時會依照斜度、落下的位置、水蒸發的位置，形成不同的結晶。但是要模擬鐘乳石形成過程產生的各種紋路並不容易，鹽水無法形成類似鐘乳石堆疊的樣子。
- 利用各種水溶液模擬鐘乳石的形成，形成的結晶都不同，最類似的是小蘇打水溶液，會形成白色的顆粒。發現鐘乳石不只滴漏時向下生長在管邊形成結晶，也會因為洞內積水的毛細作用向上結晶，最後連接起來形成石柱。從毛細現象與陶土模擬都有發現相同的結果，所以在5月~10月水分較多時，不開放洞穴讓鐘乳石有時間結晶與成長是正確的。
- 進入洞穴觀察環境發現洞穴的特徵會影響生物的種類跟數量，天雨天財洞因為有天井，有陽光、空氣、水，有植物跟泥土會掉落，生物的種類跟數量都比只有一個開口的猩猩洞來的多，而且洞穴內的生物也都是外面比較不常見的生物，有特殊的生態。
- 從野外觀察壽山的洞穴中發現很多不同的鐘乳石景觀，鐘乳石中央有管狀構造、地面的石筍形成不同的樣貌、還有沿著山壁流動的痕跡形成的石柱。表面可能因為流動的速度與表面的凹凸而產生不同的紋路，而且形成的時間要很長。
- 實驗七運用與石灰岩同樣成分模擬鐘乳石形成，澄清石灰水與二氧化碳作用可以形成碳酸鈣水溶液，會在珊瑚礁表面形成粉狀結晶，數量不多。所以洞穴內人類呼吸產生的二氧化碳也可能會影響到鐘乳石的形成，但是人為的碰觸跟溫度也可能讓鐘乳石無法生長。
- 實驗八石膏模擬鐘乳石形成過程，發現流動速度會影響到流紋與波紋的形成，圓弧面流動快流紋特別多，類似石柱形成後的狀況，或是整面石壁上的流動痕跡。錐狀波紋數明顯比柱形多，可能石膏硬化停留，尖端產生堆疊現象，細細的向上生長，與鐘乳石石筍的生長方式有類似的現象。