

屏東縣第64屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：地球科學科

組 別：國中組

作品名稱：我的石頭會長大

~探討影響鐘乳石生長的因子~



關鍵詞：鐘乳石、氯化鈣、碳酸鈉

編 號：B5001

目錄

摘要	.....	第1頁
壹、前言	.....	第2頁
貳、研究設備及藥品	.....	第4頁
參、研究過程及方法	.....	第5頁
肆、研究結果與討論	.....	第8頁
伍、結論	.....	第20頁
陸、參考資料	.....	第21頁

摘要

本實驗由調查世界各地的鐘乳石成長環境，了解鐘乳石的成長需要較低溫與潮溼的環境，鐘乳石形成的化學方程式 $\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2(\text{aq})$ 及 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$ ，第一步驟碳酸鈣溶於碳酸水為最困難的步驟，所以我們將氯化鈣跟碳酸鈉溶液透過餐巾紙的毛細現象導入珊瑚礁等材質的孔隙，使各材質的碳酸鈣與外加的鈣離子與碳酸根離子達成溶解與沉澱平衡，

$\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ ，以方便我們進行各種材料生成鐘乳石的觀察。

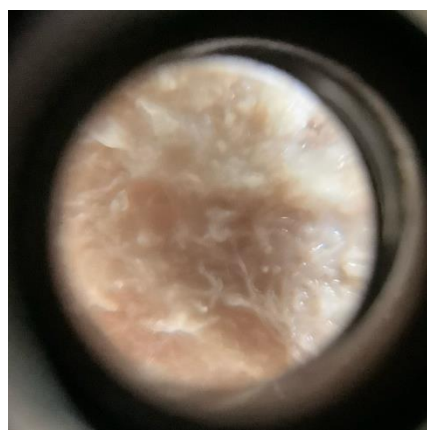
在各種材料生成鐘乳石的研究，孔隙值最高的是珊瑚礁、牡蠣殼以及粉筆，生長的長度也是前3名，這可能是孔隙值越高，鈣離子與碳酸根離子越容易進入材料的孔洞與的碳酸鈣接觸，達成化學平衡。

在不同材料、不同顆粒大小對生成鐘乳石的研究，在相同的77小時內，欲生成最長而且最重的鐘乳石，要選小顆粒的珊瑚礁(長度8.5cm、重量4.24g)。

在溫度與濕度方面，可知珊瑚礁在不加熱且潮溼的情況下(17°C，濕度72.4%)，其鐘乳石長度最長且重量最重，我們也發現在額外加溼的環境會長出石筍。



三天就可製造這麼長的鐘乳石了



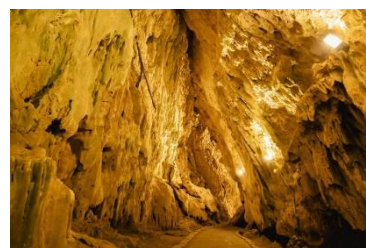
牡蠣殼鐘乳石的結晶

壹、研究動機

一、前言

有一次去墾丁國家公園玩時，發現那有許多奇妙的石頭(參考 1)，直到上國中後，才從老師的口中得知那原來是鐘乳石，在石灰岩洞中，經過特定的環境及長時間的洗禮(可能長達數千甚至數萬年)才會長出這些美麗造型及花紋的石頭，我們覺得鐘乳石的形成很奧妙，因為鐘乳石通常長在洞穴中，我們很好奇，到底是在甚麼特別的環境中，才會產生鐘乳石，於是我上網查相關資料，發現網路上說溫度低、濕度高、風大的環境適合鐘乳石生長(參考 2)。

新聞報導最近連日大雨，許多房屋漏水，長年的漏水，讓它的天花板，罕見的長出了25公分長的鐘乳石，原來家中漏水也可能會產生鍾乳石(右圖)，這樣我們是不是也可以在短時間內模擬鐘乳石的形成條件，來研究影響鐘乳石形成速度的因素呢?因此在老師的帶領下我們設計了一些實驗，探討到底是甚麼樣的溫度、濕度、生長環境中的石頭，才能製作出又大又長的鐘乳石。



石灰岩洞



漏水的牆壁

二、文獻探討與鐘乳石形成的原理

(一)墾丁國家公園(參考 1)

墾丁國家森林原本是許多石珊瑚蟲、石灰藻類、有孔蟲及貝殼聚生的海洋花園，因為 50 萬年前地球的板塊運動，成為了一種特殊的森林生態系—高位珊瑚礁林，造就特殊的石灰岩地形，在鐘乳石洞裡，可以看見鐘乳石、石筍等地質寶藏。這個奇幻森林，絕對能讓喜愛探險的你大飽眼福！



石筍寶穴

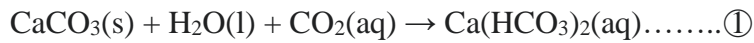


銀龍洞

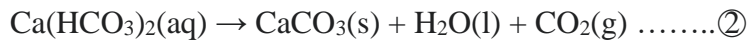
(二)鐘乳石形成原因 (參考 2)

鐘乳石 (英語: Stalactite) 為岩溶生成物，是指碳酸鹽岩地區洞穴內，在漫長地質歷史中和特定地質條件下形成的**鐘乳石**、**石筍**、**石柱**等不同形態碳酸鈣沉澱物。鐘乳石是滴水石的一種。由於形成時間漫長，鐘乳石對遠古地質考察有著重要的研究價值。由鐘乳石形成的洞穴可稱之為鐘乳洞。

鐘乳石由碳酸鈣和其他礦物質的沉積形成。石灰石是一種碳酸鈣岩石，被含有二氧化碳的水分解後，生成碳酸氫鈣溶液。這個反應的化學方程式為：

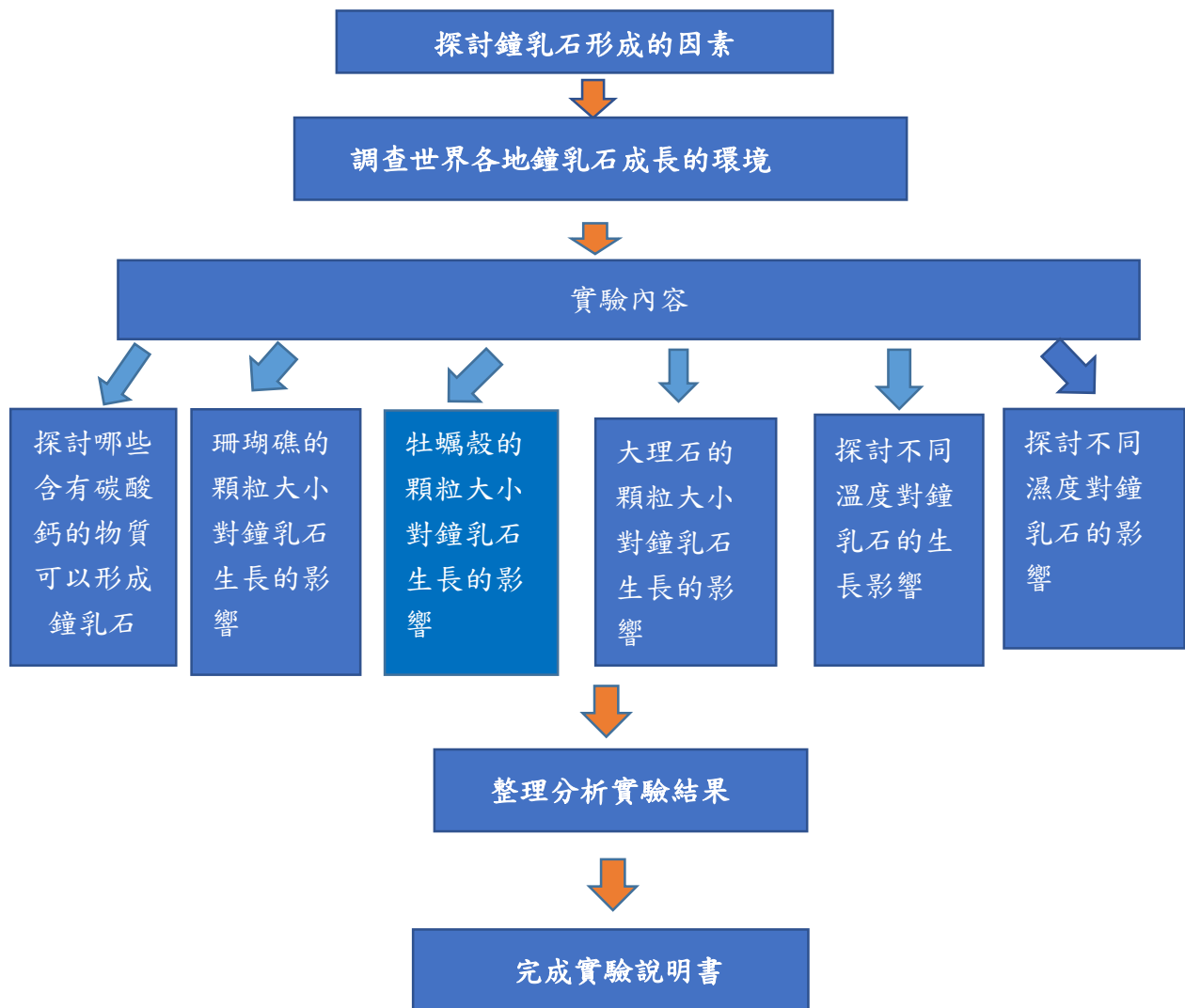


水溶液順岩石而下，直到抵達邊緣。如果岩石在洞穴頂部，水將滴下。當溶液和空氣接觸，產生逆向的化學反應，碳酸鈣沉澱析出。逆向的化學方程式為：



所有的鐘乳石都是由開始於一滴載有礦物的水滴。當水滴落下，留下了很薄的一點方解石圈。接下來的水滴繼續留下新的方解石圈。最終，這些方解石圈形成非常細（0.5 毫米）的中空的管子，俗稱「蘇打管」。蘇打管可以長得很長，但是非常脆弱。如果它們因為碎片被堵住，水將從外面流過，沉澱出更多的方解石，形成錐形的鐘乳石。同樣，落下的水滴在到達地面後沉澱出更多的方解石，最終形成圓形或圓錐形石筍。與鐘乳石不同的是，石筍形成的過程中沒有中空的「蘇打管」這一步驟。如果時間足夠長，鐘乳石和石筍將融合在一起，成為石柱。

三、研究架構圖



貳、研究目的

- (一) 調查世界各地鐘乳石成長的環境
- (二) 探討那些含有碳酸鈣的物質可以形成鐘乳石
- (三) 探討珊瑚礁顆粒大小對鐘乳石生長的影響
- (四) 探討牡蠣殼顆粒大小對鐘乳石生長的影響
- (五) 探討大理石顆粒大小對鐘乳石生長的影響
- (六) 探討不同顆粒大小的珊瑚礁在不同溫度下，鐘乳石的生長情形
- (七) 探討不同顆粒大小珊瑚礁在不同濕度下，鐘乳石的生長情形

參、研究設備及藥品

燒杯 	溫濕度計 	烏龜燈 	小塑膠盆 	氯化鈣 CaCl₂ 	乾燥劑 
鋁箔紙 	紙巾 	保鮮膜 	膠帶 	碳酸鈉 Na₂CO₃ 	加濕器 
玻璃棒 	電子秤 	紗布 	蛋殼 	尺 	手機顯微鏡 
小石頭 	寶特瓶頭 	橡皮筋 	粉筆 	鐵架 	紙板 
珊瑚礁 	牡蠣殼 	大理石 	水泥塊 	紙箱 	延長線 

肆、研究過程與方法

一、調查世界各地鐘乳石成長的環境

上網查詢花蓮月洞、墾丁社頂公園、高雄壽山、斯洛維尼亞、貴州、芙蓉洞及廣西等地的鐘乳石洞的溼度、溫度以及生長狀況。(參考1、3-8)

<https://udn.com/news/story/12395/6206721>(高雄壽山鐘乳石洞 聯合新聞網)

<https://duck303088.pixnet.net/blog/post/469432310>(花蓮月洞 痞客邦)

https://www.lillianblog.com/postojske_jame/(斯洛維尼亞 莉莉安旅行札記)

<https://npgis.cpami.gov.tw/public/Eco-Trip/index.aspx?p=KT005> (墾丁社頂公園)

<https://kenji.life/2015-07-17-126/>(貴州鐘乳石洞 帶著心去旅行)

<https://www.bigfang.tw/blog/post/27925240>(廣西鐘乳石洞)

<https://travelm.tw/furong-cave/>(芙蓉洞 翹鬍子旅行團)

二、探討那些含有碳酸鈣的物質可以形成鐘乳石?

(一)切割9個寶特瓶製作成漏斗型的容器，底下包紗布。

(二)準備100g、直徑約3公分(本研究報告稱此為中顆粒)的鐘乳石材料(珊瑚礁、牡蠣殼、大理石、蛋殼、石膏粉筆、水泥、一般石頭、對照組)，分別放在寶特瓶內

(三)配置1M的氯化鈣及1M碳酸鈉溶液250cc分別放在6個燒杯中

(四)製作廚房餐巾紙的吸水管子，包保鮮膜減少水分蒸發(圖一)

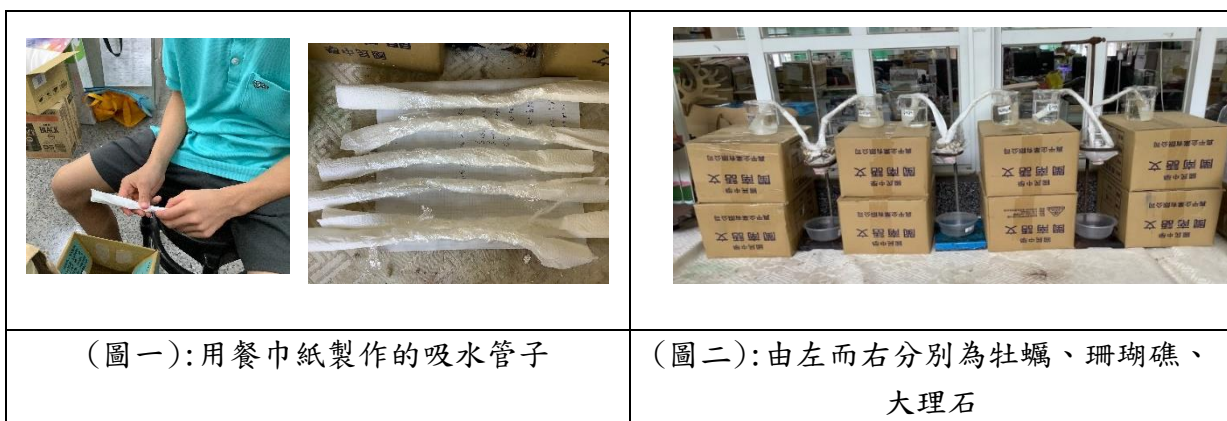
(五)裝置如(圖二)，每6小時記錄鐘乳石的生長情形，紀錄至77hr

(六)比較形成鐘乳石的重量、長度、形狀、結晶情形

切成漏斗形寶特瓶



包紗布



(圖一):用餐巾紙製作的吸水管子

(圖二):由左而右分別為牡蠣、珊瑚礁、大理石

(註)氯化鈣的配法:22.2克氯化鈣與200mL水；碳酸鈉:21.2克碳酸鈉與200mL水

三、探討珊瑚礁顆粒大小對鐘乳石生長的影響

- 1.把珊瑚礁敲成大、中、小三種大小不同的顆粒各 100g(圖三)，分別裝入三個寶特瓶內
- 2.配置氯化鈣及碳酸鈉溶液 200cc 放在各燒杯中
- 3.製作衛生紙捲之後將珊瑚礁與兩種溶液連結在一起
- 4.每 6 小時記錄鐘乳石的生長情形，紀錄至 77hr
- 5.比較形成鐘乳石的重量、長度、形狀、結晶情形



圖三:不同顆粒大小的珊瑚礁

四、探討探討牡蠣顆粒大小對鐘乳石生長的影響

- 1.把牡蠣敲成大、中、小三種大小各 100g(圖四)，分別裝入三個寶特瓶內
- 2.配置氯化鈣及碳酸鈉溶液 200cc 放在燒杯中
- 3.製作衛生紙捲之後將牡蠣與兩種溶液連結在一起
- 4.每 6 小時記錄鐘乳石的生長情形，紀錄至 77hr
- 5.比較形成鐘乳石的重量、長度、形狀、結晶情形



圖四:不同顆粒大小的牡蠣殼

五、探討大理石顆粒大小對鐘乳石生長的影響

- 1.三種大理石大小各 100g(圖五)，分別裝入三個寶特瓶內
- 2.配置氯化鈣及碳酸鈉溶液 200cc 放在燒杯中
- 3.製作衛生紙捲之後將牡蠣與兩種溶液連結在一起
- 4.每 6 小時記錄鐘乳石的生長情形，紀錄至 77hr
- 5.比較形成鐘乳石的重量、長度、形狀、結晶情形



圖五:不同顆粒大小的大理石

六、探討相同顆粒大小的珊瑚礁在**不同溫度**下，鐘乳石的生長情形

- 1.把珊瑚礁敲成相同大小個 100g，分別裝入三個寶特瓶內
- 2.配置氯化鈣及碳酸鈉溶液 200cc 放在燒杯中
- 3.放入兩個升溫裝置在左邊兩個裝置內並在最左邊的裝置鋪上鋁箔紙
- 4.製作衛生紙捲之後將珊瑚礁與兩種溶液連結在一起
- 5.每 6 小時記錄鐘乳石的生長情形，紀錄至 77hr
- 6.比較形成鐘乳石的重量、長度、形狀、結晶情形



圖六:不同溫度下鐘乳石的生長情形

七、探討相同顆粒大小珊瑚礁在**不同濕度**下，鐘乳石的生長情形

- 1.把珊瑚礁敲成相同大小個 100g 後分別裝入三個寶特瓶內
- 2.配置氯化鈣及碳酸鈉溶液 200cc 放在燒杯中
- 3.左邊用噴霧器噴入水霧(濕度最大)，中間放置兩包強力乾燥劑(濕度最小)，右邊正常濕度
- 4.製作衛生紙捲之後將珊瑚礁與兩種溶液連結在一起
- 5.每 6 小時記錄鐘乳石的生長情形，紀錄至 77hr
- 6.比較形成鐘乳石的重量、長度、形狀、結晶情形



圖七:不同濕度下鐘乳石的生長情形

伍、研究結果與討論

一、調查世界各地鐘乳石成長的環境

我們上網收集世界各地的鐘乳石環境，整理結果下表：

(表一)：世界各地鐘乳石成長的環境

	花蓮月洞	墾丁社頂公園	高雄壽山	斯洛維尼亞	貴州	芙蓉洞	廣西
平均溫度°C	20	23	19.1	10.5	13	16	15
平均濕度%	78%	80%	75%	95%	85%	95%	95%
生長狀況	十年0.1毫米	十年0.3毫米	十年1毫米	十年1.5毫米	十年1.1毫米	十年1.2毫米	十年長1毫米
地理位置	花蓮縣豐濱鄉	屏東縣恆春鎮社興路	高雄市鼓山區萬壽路	Jamska cesta 30, 6230 Postojna, 斯洛維尼亞	中國貴州省畢節織金縣	中國重慶市武隆區	廣西河池市巴馬縣甲篆鄉坡月村西側

【問題與討論】：

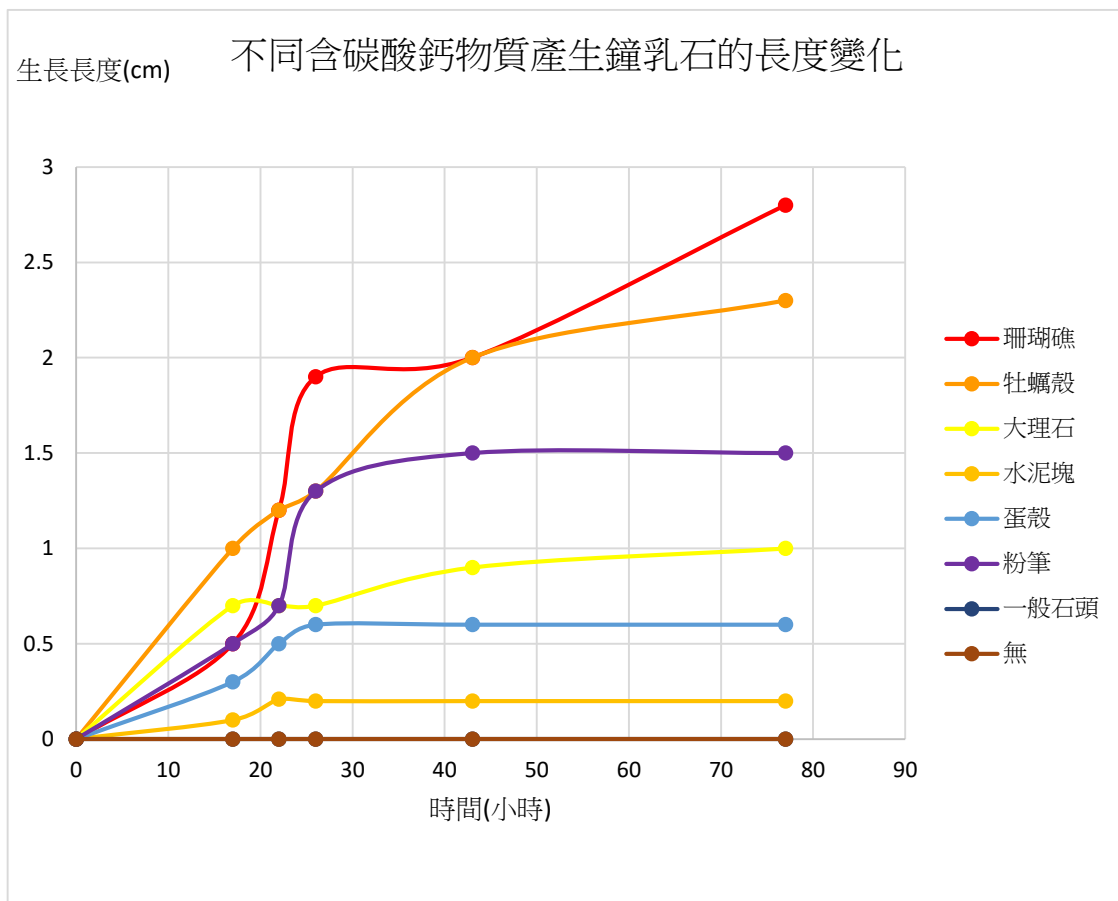
- (一) 通常鐘乳石生長速度是極慢的，可能是鐘乳石洞裡碳酸水溶液的pH值不夠低，導致碳酸鈣溶於水的速率慢(參考化學反應的第一步驟 $\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2(\text{aq})$)，造成鐘乳石生長速度慢。
- (二) 鐘乳石洞裡溼度高的環境，鐘乳石生長狀態多數是比濕度低的長的還要好(濕度 $\geq 85\%$ ，10年生長 ≥ 1 毫米，如斯洛維尼亞、貴州、芙蓉洞、廣西)，這可能是濕度高的環境，水氣容易達露點而凝結，提供化學反應第一步驟所需要的液態水。
- (三) 鐘乳石洞的溫度是比當地地面溫度低很多的(如我們較熟悉的社頂公園與高雄壽山，洞內的年均溫較地表低)，自然形成的鐘乳石的溫度 $10\sim 23^\circ\text{C}$ (平均溫度)，主要在溫帶到熱帶地區，溫度太高或太低的地區，少有鐘乳石洞穴的分布，這可能也跟第一步驟有關，溫度太低水會結冰，而溫度太高水容易揮發跑走。

二、探討那些含有碳酸鈣的物質可以形成鐘乳石

鐘乳石的主要成分是碳酸鈣，是不是含有碳酸鈣的物質在適當的環境下都有機會形成鐘乳石呢?以下便是我們蒐集生活上常見含有碳酸鈣的物質，在特定情況下形成鐘乳石的狀況，結果如下表二:

(表二):不同含碳酸鈣物質(中顆粒)產生鐘乳石的長度(cm)隨時間的變化

時間(小時)	17	22	26	43	77
珊瑚礁	0.5	1.2	1.9	2.0	2.8
牡蠣殼	1.0	1.2	1.3	2.0	2.3
大理石	0.7	0.7	0.7	0.9	1.0
水泥塊	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
蛋殼	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6
粉筆	0.5	0.7	1.3	1.5	1.5
一般石頭	0	0	0	0	0
無(對照組)	0	0	0	0	0

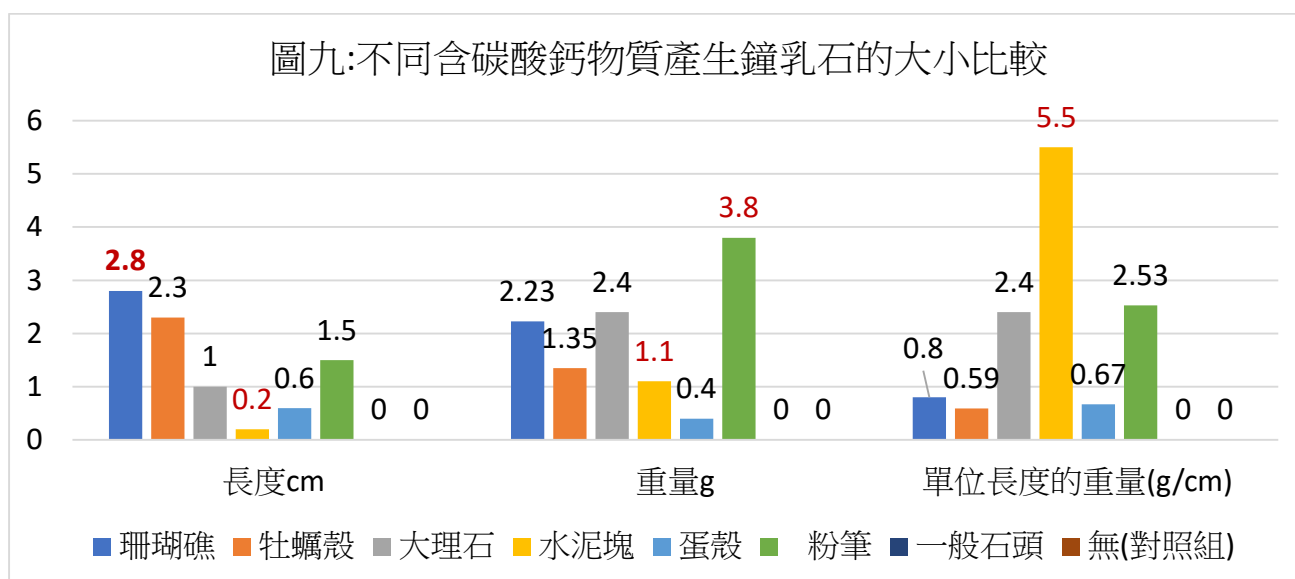


(圖八) 不同含碳酸鈣物質產生鐘乳石的長度(cm)隨時間的變化

表三:77 小時後，不同含碳酸鈣物質(中顆粒)產生鐘乳石的型態
(平均溫度:22.8°C，平均濕度:60%)

種類	長度cm	重量g	單位長度的重量 (g/cm)	孔隙%
珊瑚礁	2.8	2.23	0.80	70%
牡蠣殼	2.3	1.35	0.59	85%
大理石	1.0	2.4	2.40	40%
水泥塊	0.2	1.1	5.50	60%
蛋殼	0.6	0.4	0.67	35%
粉筆	1.5	3.8	2.53	63%
一般石頭	0	0	0	42%
無(對照組)	0	0	0	0

圖九:不同含碳酸鈣物質產生鐘乳石的大小比較



【問題與討論】：

(一)除了珊瑚礁與牡蠣殼，其他物質在43小時後，長度幾乎不再增加，這可能是各物質內的碳酸鈣與我們所加入的藥品(氯化鈣與碳酸鈉)達到平衡。



(二)本實驗鐘乳石生長速度較自然界生長速度快上非常多，這可能是在自然界碳酸鈣岩石被含有二氧化碳的水分解的速度相當慢(可能是碳酸水的pH不夠低)，而我們透過毛細現象將氯化鈣和碳酸鈉導入材質孔洞，製造碳酸鈣固體與鈣離子和碳酸根離子的溶解與沉澱平衡(式③)，所以速度就變快了。

- (三) 在顆粒大小控制為中顆粒的情況下，生長長度最長的前三名分別為珊瑚礁、牡蠣殼以及粉筆，然而重量最重的前三名，是粉筆、大理石、珊瑚礁。孔隙值最高的(除了對照組)是珊瑚礁、牡蠣殼以及粉筆，由此可見，**孔隙值最高的前3名，生長的長度也是前3名**，推測這可能是孔隙值越高，水溶液中產生的鈣離子和碳酸根離子進入孔洞與 $\text{CaCO}_3(\text{s})$ 接觸的效果越好，使鐘乳石的成長較佳。
- (四) 孔隙值的部分，孔隙的意思就是不同大小的顆粒，中間也一定會有不同大小的孔隙，孔隙值就是孔隙的大小占全部體積的百分比。孔隙值越大，表示顆粒之間的孔隙也就越大，反之，孔隙值越小，表示顆粒之間的孔隙也就越小。
- (五) 水泥塊、大理石形成的鐘乳石雖不長，但其沉積慢而扎實，重量較重，珊瑚礁沉積快，長的長，但重量卻較輕，所以從鐘乳石的質地，或許也可以推測當時的氣候。

三、探討**珊瑚礁顆粒大小**對鐘乳石生長的影響

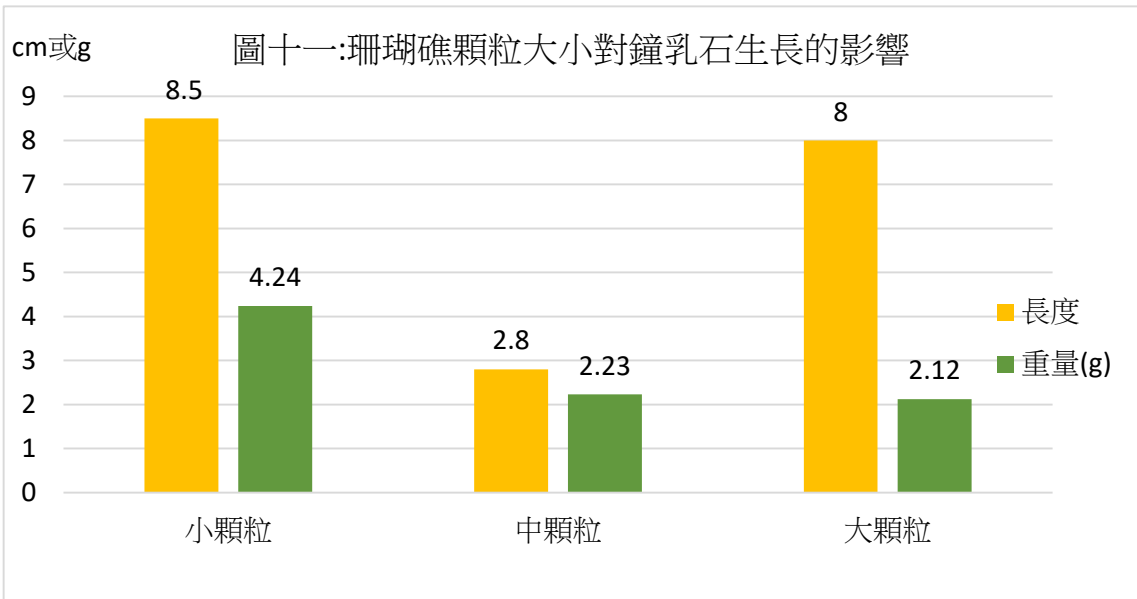
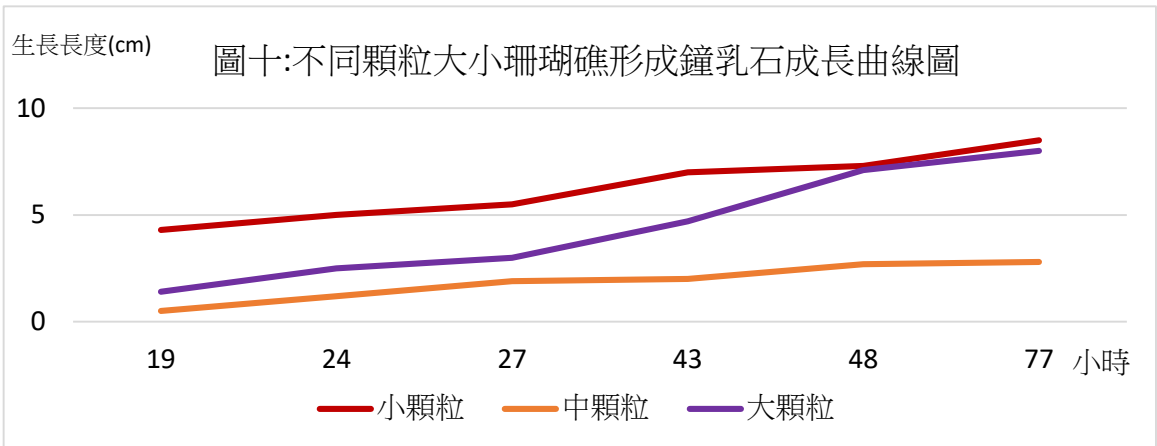
由實驗二發現孔隙率與鐘乳石生長速度有關，所以顆粒大小也應該會影響鐘乳石生長速度，我們以珊瑚礁、大理石、牡蠣殼來研究其關係，結果如下：

表四: 珊瑚礁顆粒大小對鐘乳石生長速度的影響

時間(小時)	19	24	27	43	48	77
小顆粒	4.3	5.0	5.5	7.0	7.3	8.5
中顆粒	0.5	1.2	1.9	2.0	2.7	2.8
大顆粒	1.4	2.5	3.0	4.7	7.1	8.0

表五: 珊瑚礁顆粒大小對鐘乳石生長長度與重量的影響
(平均溫度:20.4°C，平均濕度:64.5%)

顆粒大小	長度cm	重量g	單位長度的重量	孔隙%
小顆粒	8.5	4.24	0.50	48%
中顆粒	2.8	2.23	0.80	85%
大顆粒	8.0	2.12	0.27	83%



【結果與討論】：

- (一) 由結果可發現，由珊瑚礁生長的鐘乳石裡，鐘乳石長度越長，重量不一定越重，可知用大中小顆粒的珊瑚礁所形成的鐘乳石結晶密度相差較大(單位長度的重量分別為0.27、0.80、0.50 g/cm)，珊瑚礁的顆粒大小對鐘乳石單位長度的重量似乎關係不大。
- (二) 但由表五及圖十一可見，大顆粒和小顆粒的珊瑚礁比起來，大顆粒的珊瑚礁孔隙值多了35%，表示大顆粒鐘乳石顆粒和顆粒之間的孔隙明顯比小顆粒鐘乳石大，或許就因為孔隙較大，碳酸鈉和氯化鈣流比較快，結構比較不結實，所以重量和長度都比小顆粒差。
- (三) 由這個實驗我們也注意到，自然界不同材質，如珊瑚礁、牡蠣等，孔隙值越大，鐘乳石的生長效果越好(實驗二)，但是當我們以人為方式，將珊瑚礁碾碎成更小的顆粒，小顆粒珊瑚礁其孔隙值明顯比中、大顆粒要小很多(48%比85%、83%)，原本預期小顆粒的珊瑚礁生長鐘乳石效果應是最差的，但小顆粒卻是長度最長，重量也最重。這可能是小顆粒，雖然孔隙值最低，但是多了碾碎部分的新切面，而這切新切面可能含有可以反應的碳酸鈣，所以除了流比較慢，和珊瑚礁接觸效果也比較好，所以長出來的鐘乳石比較重也比較長。

四、探討牡蠣殼顆粒大小對鐘乳石生長的影響

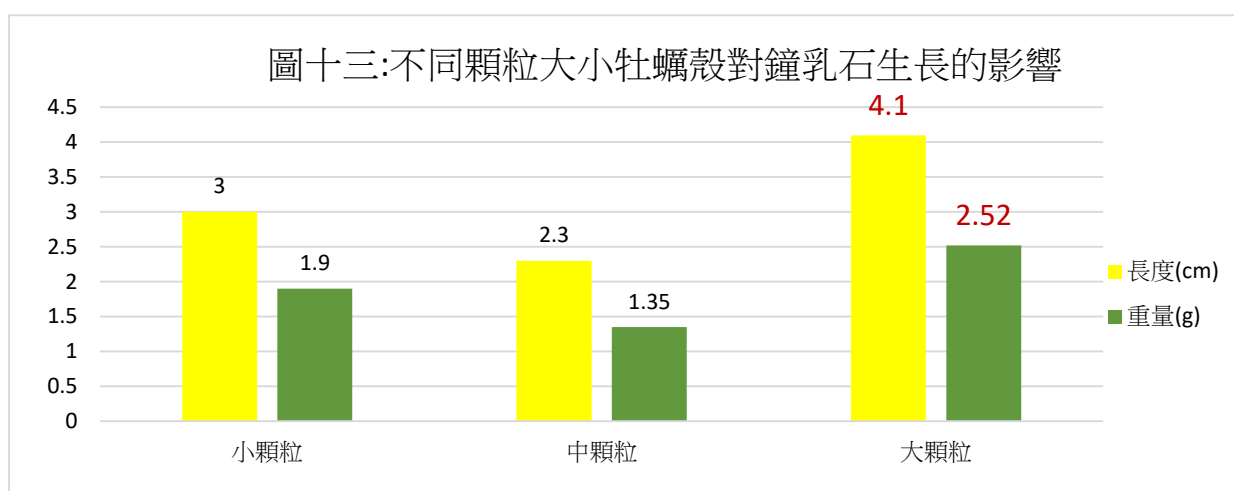
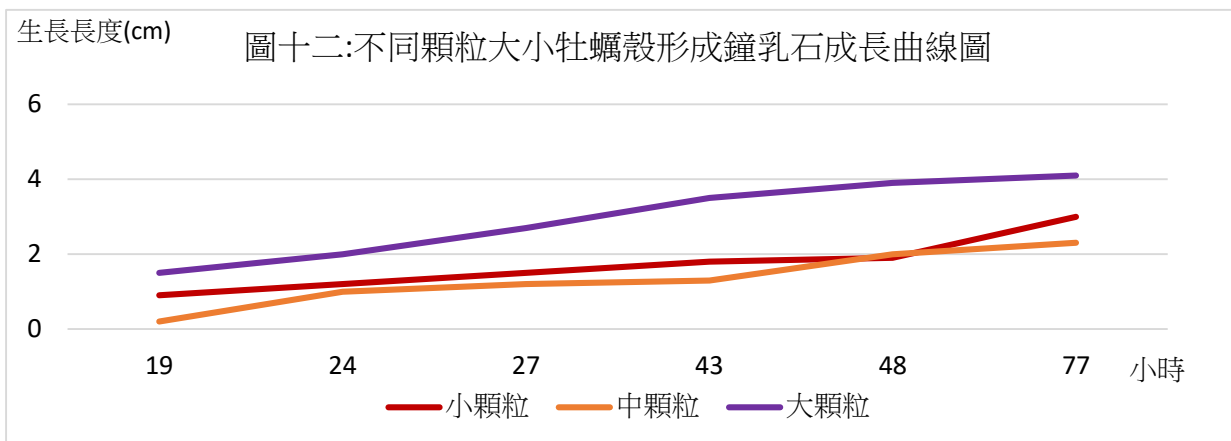
實驗三的結果是珊瑚礁顆粒小的鐘乳石生長速度快，牡蠣殼是不是也一樣呢？
結果如下：

表六:不同牡蠣殼顆粒大小產生鐘乳石的長度(cm)隨時間的變化

時間(小時)	19	24	27	43	48	77
小顆粒	0.9	1.2	1.5	1.8	1.9	3.0
中顆粒	0.2	1.0	1.2	1.3	2.0	2.3
大顆粒	1.5	2.0	2.7	3.5	3.9	4.1

表七:不同牡蠣殼顆粒大小對鐘乳石生長長度與重量的影響
(平均溫度:20°C，平均濕度:64.5%)

顆粒大小	長度(cm)	重量(g)	單位長度的重量(g/cm)	孔隙%
小顆粒	3.0	1.90	0.63	50%
中顆粒	2.3	1.35	0.59	85%
大顆粒	4.1	2.52	0.61	53%



【結果與討論】：

(一) 由結果可發現，由牡蠣殼生長的鐘乳石裡，鐘乳石長度越長，重量也就越重，可知用牡蠣所形成的鐘乳石結晶密度較接近(大中小顆粒單位長度的重量分別為0.61、0.59、0.63g/cm)，所以越長越重；反之如果密度較不均勻，長度雖然會比較長但重量不一定會比較重也較容易斷裂。

(二) 大顆粒牡蠣殼生長的鐘乳石在相同時間內(77小時)，長度最長，重量也最重。

小顆粒



中顆粒



大顆粒



形成鐘乳石最長

五、探討大理石顆粒大小對鐘乳石生長的影響

從實驗二我們發現大理石也可以長出些許鐘乳石，雖然比其他兩個短，不過我們決定再深入研究大理石的大、中、小顆粒對鐘乳石生長的影響。結果如下：

表八:不同大理石顆粒大小產生鐘乳石的長度(cm)隨時間的變化
(平均溫度: 20.6°C，平均濕度56.5%)

時間(小時)	19	24	27	43	48	77
小顆粒	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	1.1
中顆粒	0.1	0.7	0.7	0.7	0.9	1.0
大顆粒	2.0	2.8	2.9	3.2	3.5	3.5

表九:不同大理石顆粒大小對鐘乳石生長長度與重量的影響

顆粒大小	長度(cm)	重量(g)	單位長度的重量 (g/cm)	孔隙%
小顆粒	1.1	2.9	2.64	25%
中顆粒	1.0	2.4	2.40	40%
大顆粒	3.5	1.81	0.52	55%



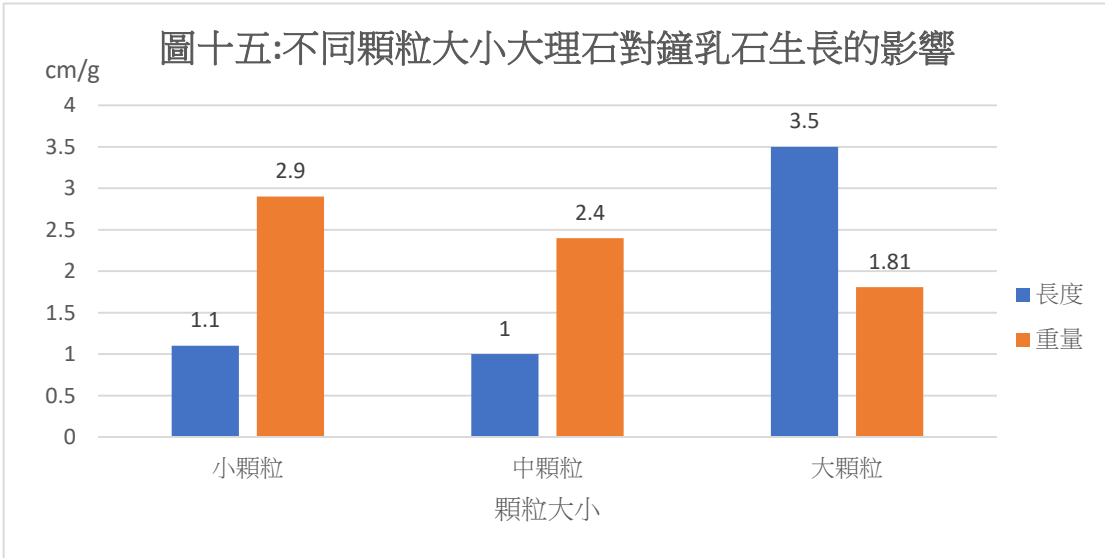
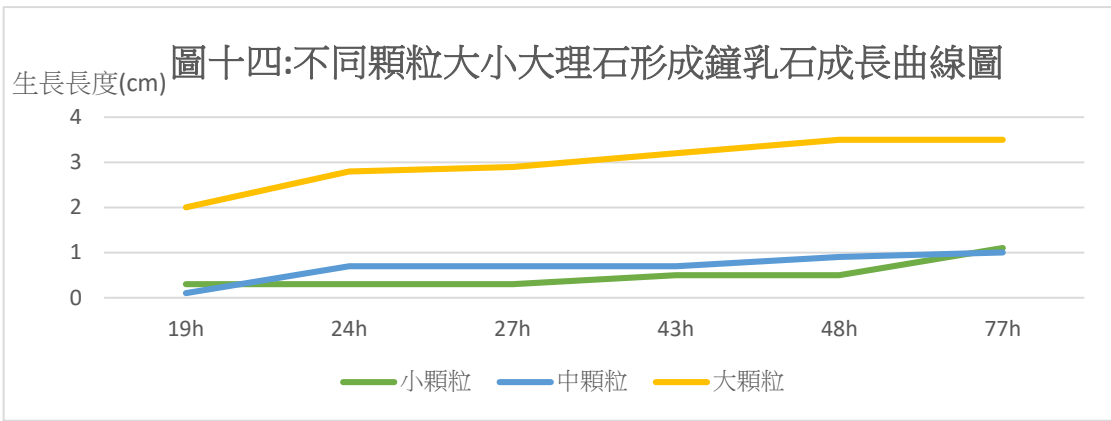
小顆粒



中顆粒



大顆粒



【結果與討論】

- (一)由圖表可以發現大顆粒的大理石是長得最長的，但重量卻不是最重的，或許是因為大顆粒鐘乳石之間的空隙較大，水滴比較快，所以長比較長，但結構比較不緊密，(大中小顆粒單位長度的重量分別為0.52、2.40、2.64g/cm)，所以不是最重的。
- (二)小顆粒和中顆粒差不多長，但小顆粒卻比中顆粒重，或許是因為小顆粒大理石之間的空隙較小，水滴流速慢，結構比較緊密，重量較重。

六、探討珊瑚礁在不同溫度下，鐘乳石的生長情形

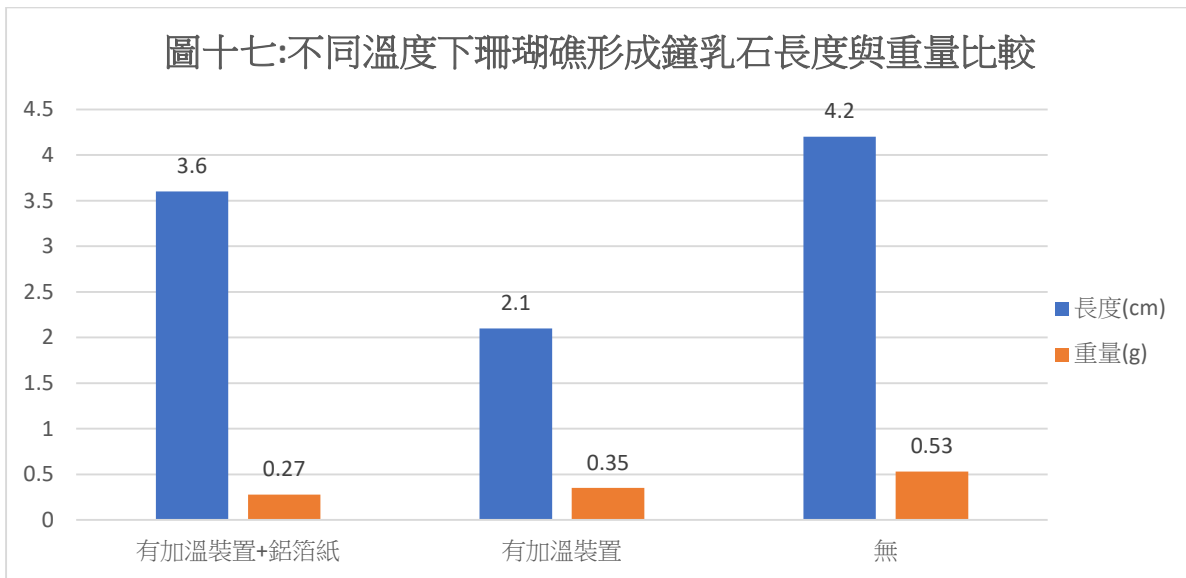
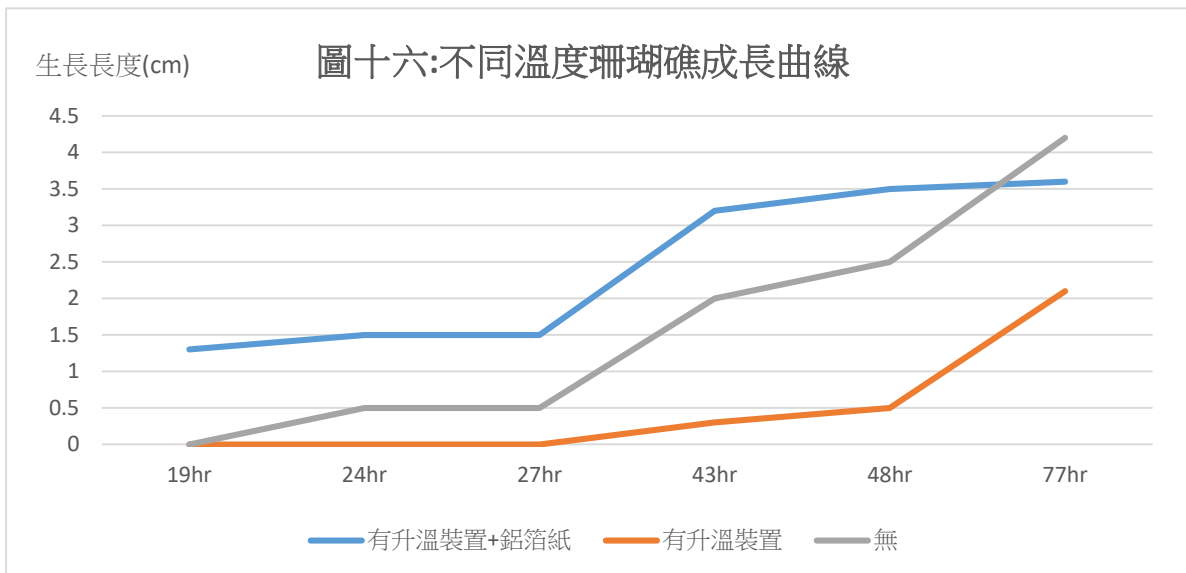
除了上述的實驗我們覺得溫度應該對鐘乳石的成長有影響，可能在某一個特定的溫度範圍鐘乳石會長的特別長，所以我們決定進行溫度的實驗。結果如下：

表十: 探討珊瑚礁在不同溫度下，產生鐘乳石的長度(cm)隨時間的變化(平均濕度:57.5%)

時間(小時) 溫度°C	19	24	27	43	48	77	備註
44.4	1.3	1.5	1.5	3.2	3.5	3.6	有加溫裝置+鋁箔紙
24.0	0	0	0	0.3	0.5	2.1	有加溫裝置
17.0	0	0.5	0.5	2	2.5	4.2	正常

表十一:探討珊瑚礁在不同溫度下，鐘乳石的長度與重量 (平均濕度:57.5%)

裝置(平均溫度°C)	長度 (cm)	重量(g)	單位長度的重量(g/cm)	備註
44.4	3.6	0.28	0.08	有加溫裝置+鋁箔紙
24.0	2.1	0.35	0.17	有加溫裝置
17.0	4.2	0.53	0.13	正常



【結果與討論】

(一)由此可見，沒升溫裝置的長度最長且最重，或許是因為鐘乳石本來就生長在濕冷的洞穴裡，所以鐘乳石不適合生長在高溫的環境下，鐘乳石適合生長在10-20℃的環境下，所以沒升溫裝置的鐘乳石較符合鐘乳石的生長情況。

(二)本實驗方程式 $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ 為吸熱反應，低溫利於向左進行，所以沒有加熱的裝置(17℃)，雖然生長速度不是最快，最後卻是最長也最重，符合理論預測。

七、探討不同顆粒大小珊瑚礁在不同濕度下，鐘乳石的生長情形

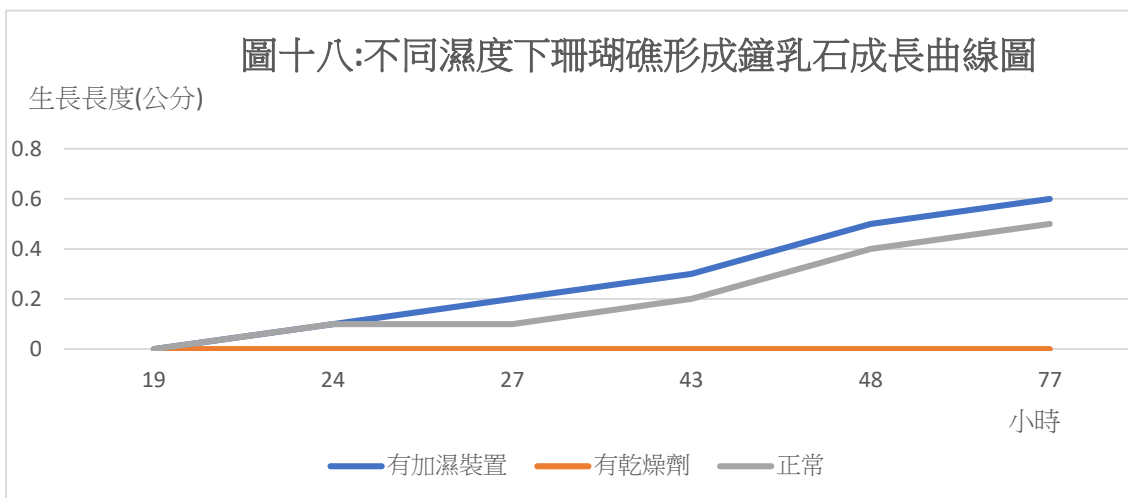
根據前面的文獻探討我們發現，濕度似乎對於鐘乳石的成長有很大的影響，所以我們決定進行濕度的影響，結果如下：

表十二:探討珊瑚礁在不同濕度下，產生鐘乳石的長度(cm)隨時間的變化:

時間(小時) 濕度	19	24	27	43	48	77	備註
72.6%	0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	有加濕裝置
30.2%	0	0	0	0	0	0	有乾燥劑
60.4%	0	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	正常

表十三: 探討珊瑚礁在不同濕度下，對鐘乳石生長長度與重量的影響

平均濕度	長度(cm)	重量(g)	單位長度的重量(g/cm)	備註
72.6%	鐘乳石:0.6 石筍:2.5	鐘乳石:0.8 石筍:14.5	鐘乳石:1.3 石筍:5.6	有加濕器
30.2%	0	0	0	有乾燥劑
60.4%	0.5	0.58	1.16	正常



【結果與討論】

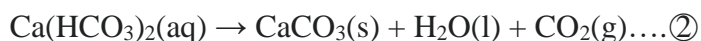
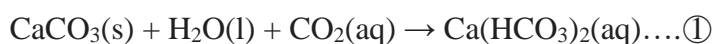
- (一) 由結果可發現，濕度對於鐘乳石的成長有一定程度的影響，比溫度的影響還要大，證實了我們猜測濕度對鐘乳石的影響較溫度大。
- (二) 實驗結果印證了第一個實驗(濕度越高，鐘乳石長度越長)。濕度最高的比最低的多了 0.6cm，結果顯著，而且放乾燥劑的完全沒長。
- (三) 濕度的實驗很意外的在最高濕度長出了石筍，沒想到濕度對鐘乳石的影響真的不小，而且石筍的重量和長度都比其他鐘乳石長，是一個令人意想不到的結果。這可能是溼度高時，水氣容易凝結在鐘乳石上，含有 $\text{CaCO}_3(\text{s})$ 、 $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ 、 $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ 的水滴因為重力而掉下來，形成石筍。



長出可愛的石筍

陸、結論

- 一、調查世界各地鐘乳石成長的環境知道鐘乳石生長的环境需要溫度低(均溫 10~20°C 左右，濕度高(平均濕度 75-95%)，生長速度極其緩慢，推論其化學反應的兩個步驟：



最困難的應該是第 1 步驟，因為碳酸鈣要溶於碳酸水溶液並不容易，而低溫及濕度高的環境利於第 1 步驟向右進行，(高溫及乾燥會使二氧化碳與水分蒸發，不利於向右進行)。

- 二、本實驗直接將氯化鈣與碳酸鈉混合，可加速鐘乳石在約二至三天的時間(43-77 小時)就幾乎達生長平衡的狀態；由表 3 可以知道中顆粒的材料，孔隙值最高的(除了對照組)是珊瑚礁、牡蠣殼以及粉筆，生長的長度也是前 3 名，推測這可能是孔隙值越高，水溶液中產生的鈣離子和碳酸根離子進入孔洞與 $\text{CaCO}_3(\text{s})$ 接觸的效果越好，使鐘乳石的成長較佳。

- 三、在實驗三～實驗五，顆粒大小對生長長度的影響，牡蠣跟大理石以大顆粒生長長度最長，但珊瑚礁卻沒有這種趨勢，珊瑚礁的小顆粒較大顆粒長一點。我們如果把重量除以長度，發現牡蠣的大中小顆粒，其單位長度的重量很接近(0.59～0.63g/cm)。
- 四、在實驗三～實驗五，在相同的 77 小時內，欲生成最長的鐘乳石，要選小顆粒的珊瑚礁(長度 8.5cm)；欲生成最重的鐘乳石，也是要選小顆粒的珊瑚礁(重量 4.24g)。
- 五、在實驗六～實驗七，可知珊瑚礁在不加熱的情況下(17°C)，其鐘乳石長度最長且重量最重；濕度方面，在潮濕的環境(濕度 72.6%)，其鐘乳石長度最長且重量最重。
- 六、根據我們所做的實驗，發現基本上在溫度 10-20°C，濕度 72.6%，小顆粒的珊瑚礁，鐘乳石生長的情形最長也最重。
- 七、如果要生成石筍，必須讓環境處於 70%以上(高濕度的情況下)，就有機會製造出又大又長的石筍。

柒、參考資料

- 一、 <https://npgis.cpami.gov.tw/public/Eco-rip/index.aspx?p=KT005>(社頂自然公園)
- 二、 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%92%9F%E4%B9%B3%E7%9F%B3>(維基百科)
- 三、 <https://udn.com/news/story/12395/6206721>(高雄壽山鐘乳石洞 聯合新聞網)
- 四、 <https://duck303088.pixnet.net/blog/post/469432310>(花蓮月洞 痞客邦)
- 五、 https://www.lillianblog.com/postojske_jame/(斯洛維尼亞 莉莉安旅行札記)
- 六、 <https://kenji.life/2015-07-17-126/>(貴州鐘乳石洞 帶著心去旅行)
- 七、 <https://www.bigfang.tw/blog/post/27925240>(廣西鐘乳石洞)
- 八、 <https://travelm.tw/furong-cave/>(芙蓉洞 翹鬚子旅行團)
- 九、 <https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=12032&sid=12119>(科展群傑廳 鐘年發福—探討模擬洞穴對鐘乳石生長之影響)