

花蓮縣第 63 屆國民中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小 A 組

作品名稱：食鹽美麗大變身～食鹽「X」結晶的秘密



關鍵詞：飽和食鹽水溶液、結晶、養晶

編號：

目錄

摘要.....	01
壹、研究動機.....	02
貳、研究目的.....	03
參、研究設備及器材.....	04
肆、研究過程與結果.....	05
伍、討論.....	26
陸、結論.....	28
柒、參考文獻.....	29

摘要

我們為了研究美麗「X」圖型的食鹽結晶，展開一系列食鹽結晶的探究與實驗，解開食鹽「X」結晶的秘密，結果如下：

1. 製作「晶種」：利用 RO 水調配成飽和食鹽水溶液，過濾後倒入培養皿中，使液面高度約 5mm~7mm，存放於防潮箱內，如此能較快製作出美麗的 X 食鹽晶種。
2. 「養晶」：將選好的晶種置於面霜盒來養晶，放在「防潮箱」內可以讓晶種等比例長大。
3. 食鹽「X」結晶的秘密：觀察鹽結晶過程，先長出正方形的薄片當基底，隨著水份蒸發，濃度越來越濃，基底鹽晶體下四周的食鹽結晶會一層一層愈來愈低（越外層越低），導致晶體底部出現內凹（中間的基底正方形逐漸被堆高），晶體也逐漸從四邊等比例擴大，最後在四個角堆疊的交界上產生「X」圖型。

壹、研究動機

食鹽是日常生活中常見而且幾乎每天都會接觸到的調味料，家家戶戶少不了她的存在，沒有了她，食之無味；有了她，善用她，食物變美味。我們在五上自然課程水溶液單元裡，進行實驗觀察溶解於水中的食鹽，是否還能變回食鹽顆粒？在實驗進行到第三天，發現了很令我們驚訝的事～我們的食鹽結晶和別班的做出來的食鹽結晶截然不同，外型有著正方形白色邊框，中間竟然有著美麗透明的 X 圖形，X 周圍呈現白霧狀，而某些部分卻是晶瑩剔透的狀態（如圖一），令我們產生了很大的好奇心，心想這真的是食鹽的結晶嗎？和我們平常食用的鹽，怎麼會有這麼大的差異？

我們很想知道為什麼得到的食鹽結晶如此美麗？如何可以再製作出有著漂亮 X 圖型的食鹽結晶？究竟有那些因素會影響結晶的產生？可以把他養大，變成美麗的飾品-食鹽晶鑽嗎？到底食鹽結晶中 X 圖型是如何形成的？我們心中有著很多的疑問，於是請教老師指導我們研究這個主題，著手開始蒐集資料，並進行了許多關於鹽結晶的實驗。



圖一：我們班級於自然課所做的食鹽結晶

貳、研究目的

因為我們不同班級做出來的實驗結果差異很大，大多班級是細小的鹽顆粒，只有我們班級做出漂亮 X 圖型的食鹽結晶。因此，我們想了解有哪些因素影響著實驗的結果，著手研究食鹽結晶的變因，藉此了解要在何種情況下才可生成美麗的食鹽結晶？我們還想把這美麗的結晶養大，變成美麗的食鹽「X」晶鑽。除此之外，也想了解食鹽結晶為何會有「X」圖型？我們的研究目的如下：

一、如何製成美麗「X」圖型的食鹽結晶？探討影響食鹽結晶的各種因素：

- (一) 食鹽水濃度
- (二) 環境濕度
- (三) 不同水質
- (四) 食鹽水深度
- (五) 食鹽種類

二、探討如何將有「X」圖型的食鹽結晶養大？

- (一) 緩慢蒸發法
- (二) 降溫法
- (三) 擴散養晶法

三、探討食鹽結晶為何會有「X」圖型？

參、研究設備及器材

			
電子式溫濕度計	燒杯	攪拌棒	滴管
			
濾杯	濾紙	電子秤	小湯匙
			
培養皿	透明面霜盒	隱形眼鏡雙色夾	布丁盒
			
放大鏡	手機顯微鏡	生物顯微鏡	乙醇
			
酒精燈	三腳架	石綿網	甲醇
			
台鹽高級精鹽	天然日曬海鹽	喜馬拉雅玫瑰鹽	防潮箱

肆、研究過程與結果



一、探討影響食鹽結晶的各種因素：

(一) 食鹽水濃度：製作不同濃度的食鹽水，尋找最適合的食鹽水濃度。

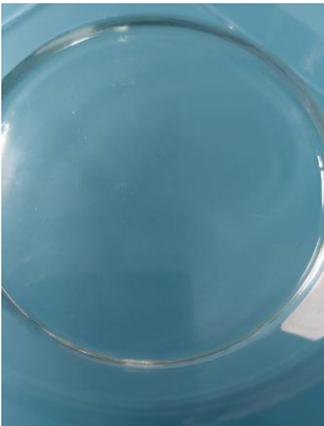
1. 實驗方法：

- (1) 將食鹽 20 克、35 克、40 克分別置於 RO 水 100 克中充分攪拌至食鹽溶解，分別製作成未飽和食鹽水溶液、飽和食鹽水溶液、過飽和食鹽水溶液。
- (2) 分別將三杯食鹽水溶液過濾，倒入三個培養皿中觀察。

	
調製不同濃度食鹽水溶液	
	
過濾食鹽水溶液	利用酒精燈加熱 調製過飽和食鹽水溶液

2. 實驗結果：

- (1) 其中 40 克食鹽因無法完全溶解，採用酒精燈加熱使其溶解更多食鹽，但還是無法完全溶解，而且在過程中水溶液上面已經有鹽花結晶析出。
- (2) 第一、二天皆沒甚麼變化，到了第五天，未飽和食鹽水溶液還是沒有結晶出現，飽和食鹽水溶液已經出現有「X」圖型的食鹽結晶，過飽和食鹽水溶液底部和水面上均出現結晶，但沒有「X」圖型。
- (3) 經由此次實驗發現，要製作出有「X」圖型的食鹽結晶，必須調配成飽和食鹽水溶液才容易成功。

		
未飽和食鹽水溶液	飽和食鹽水溶液	過飽和食鹽水溶液

➤ 推論：

這個實驗我們做了兩次，第一次花了一個星期，三種水溶液皆沒有成功製作出「X」圖型的食鹽結晶，只有細小的食鹽結晶。我們猜想有可能是天氣不穩定而且太潮濕，以至於難以形成完美結晶。還好第二次我們移至室內桌上，天氣也比較穩定，濕度平均在 65%，花了五天時間終於有成功地結晶。

於是，我們想要找個濕度相對較低的地方，而且較不受天氣影響的地方做實驗，後來決定要利用「防潮箱」來進行實驗比較。

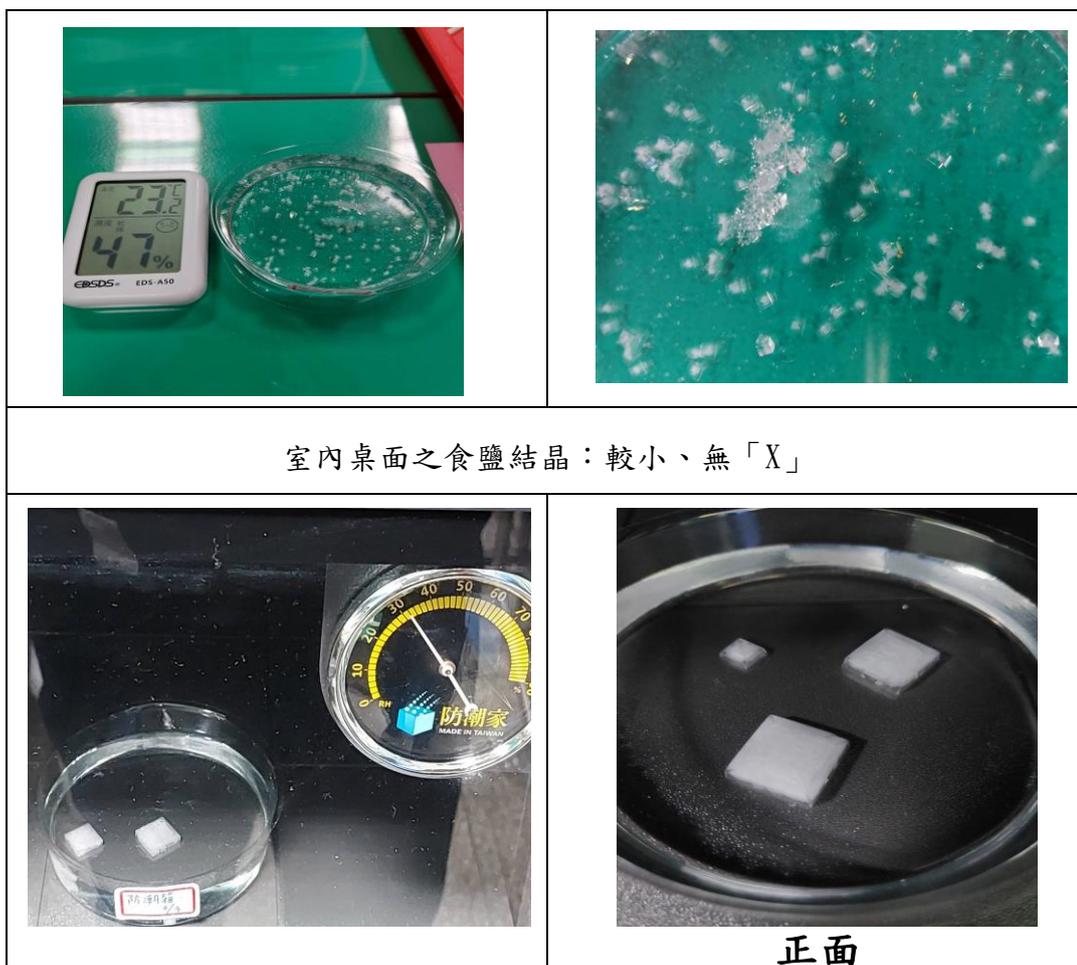
(二) 環境濕度：比較放置環境濕度不同情況下，對於食鹽結晶的影響。

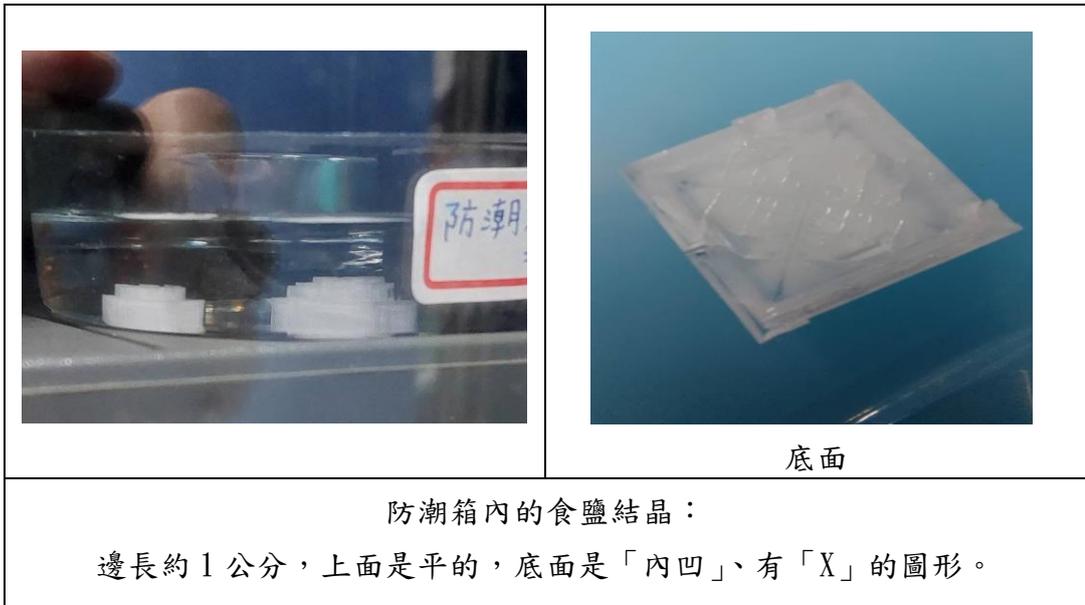
1. 實驗方法：

- (1) 用水和食鹽以 100：35 製成飽和食鹽水溶液
- (2) 將食鹽水溶液過濾後，倒入 2 個培養皿中。
- (3) 分別放置於室內桌上、防潮箱內觀察，比較結晶情形。

2. 實驗結果：

- (1) 放置於室內桌上飽和食鹽水到了第 3 天已經有許多細小顆粒的結晶，但還沒有出現「X」圖型。
- (2) 放置於防潮箱內的飽和食鹽水長出 2 個超大白色正方形結晶(沒看見「X」圖型)，從側面看竟堆疊 2、3 層的結晶。另一個小結晶是白色的卻有出現「X」圖型。
- (3) 從這個實驗推論環境濕度的確會影響結晶的速度及大小。而本次實驗防潮箱的濕度約 32%，室內桌面當時是 47%，沒想到結晶差異這麼大。
- (4) 2 個超大白色食鹽結晶，從上面沒看見「X」圖型，推論可能是因為長太快，而且產生堆疊，導致看不見。其實取出來觀察，從背面看還是有看見「X」圖型，而且背面竟然是「內凹」的，不像正面是平的。





➤ 推論：

從這個實驗，我們發現要能快速成功製作出「X」圖型的食鹽結晶，環境的潮濕度是影響很大的因素，但我們無法控制天氣，所以放在防潮箱是一個控制潮濕很棒的選擇，因此接下來的實驗，將會利用防潮箱來製作食鹽結晶。

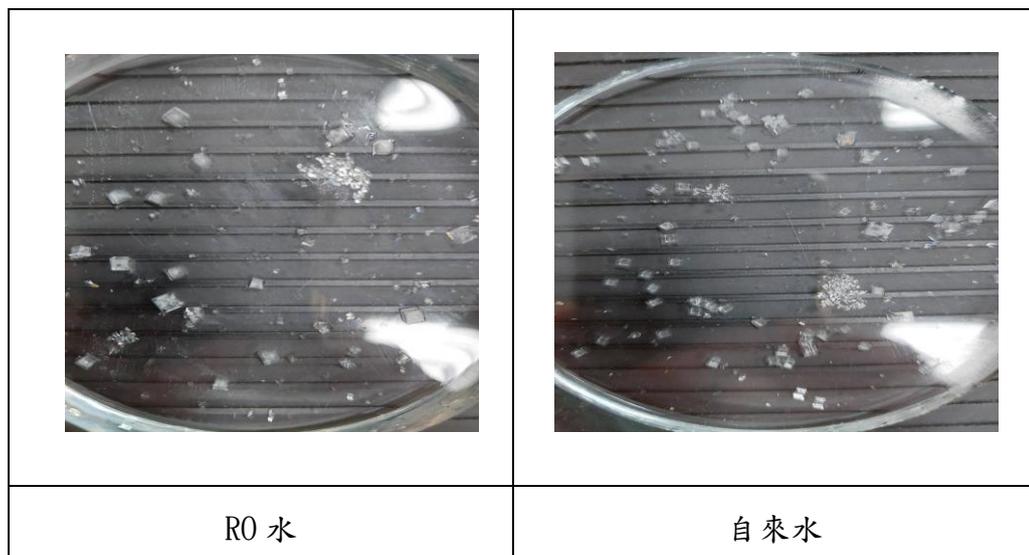
(三) 不同水質：探討不同水質製作飽和食鹽水溶液，對食鹽結晶的影響？

1. 實驗方法：

- (1) 分別用自來水和 RO 水製成飽和食鹽水溶液。
- (2) 分別將食鹽水溶液過濾後，倒入 2 個培養皿中。
- (3) 共同放置於防潮箱內，觀察比較結晶情形。

2. 實驗結果：

- (1) 兩種水製作出來的結果有些差異，RO 水製作出來的食鹽結晶「X」較明顯清楚，自來水製作出來的則較小顆，沒有「X」出現。



➤ 推論：

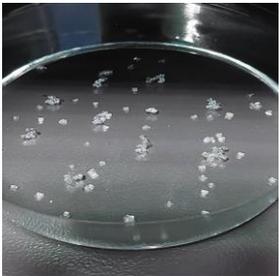
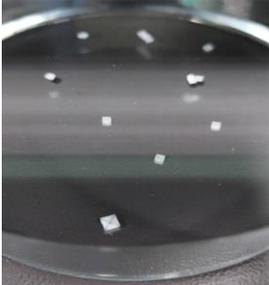
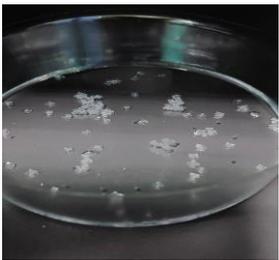
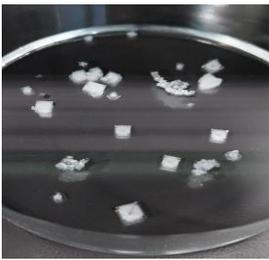
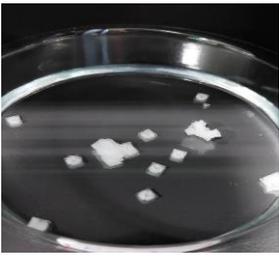
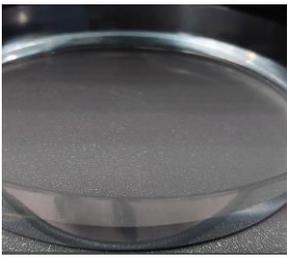
從這個實驗，我們發現要能快速成功製作出「X」圖型的食鹽結晶，水質也是要考慮的因素，較沒雜質的 RO 水，比較穩定。

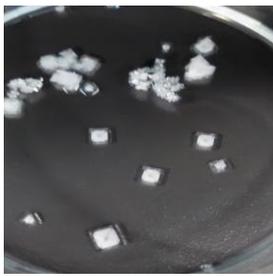
(四) 食鹽水深度：相同培養皿內放入不同量的水，深度會不同，比較不同水深對於食鹽結晶的影響。

1. 實驗方法：

- (1) 用 R0 水製成飽和食鹽水溶液。
- (2) 分別將 25 克、35 克、50 克、100 克過濾後的食鹽水溶液，倒入 4 個培養皿中，製造不同水深。
- (3) 放置於防潮箱內觀察，比較結晶情形。

2. 實驗結果：

	25 克 (水深 3mm)	35 克 (水深 5mm)	50 克 (水深 7mm)	100 克 (水深 14mm)
第二天				
	<p>(水深 3mm) 的培養皿已生成許多小結晶；(水深 5mm) 的也有許多小結晶，不同的是結晶比較大而且已經有「X」出現；(水深 7mm) 的有漂浮在液面上的結晶；(水深 14mm) 的培養皿無任何結晶。</p>			
第三天				
	<p>(水深 3mm) 的培養皿仍然是許多小結晶；(水深 5mm) 的結晶明顯變大，(水深 7mm) 的多了好幾個有 X 的結晶；(水深 14mm) 的培養皿仍無任何結晶。</p>			

第 四 天				
	25 克 (水深 3mm)	35 克 (水深 5mm)	50 克 (水深 7mm)	100 克 (水深 14mm)
(水深 3mm) 的培養皿許多小結晶變大且透明但沒有 X 圖形；(水深 5mm、7mm) 的結晶也明顯變更大，並且有清楚的 X 圖形；(水深 14mm) 的培養皿仍無任何結晶。				

➤ 推論：

我們原本預測水愈淺應該愈容易快速生成有 X 圖形的食鹽結晶，但沒想到水太淺（水深 3mm）雖然可以快速有結晶，但卻無法形成有 X 的結晶。而水太深（水深 14mm）的結果跟我們預測的一樣，4 天內沒有結晶生成。我們推論可能因為水壓較大，水分蒸發也較慢，因此較不易形成結晶。從這個實驗，我們發現要能快速成功製作出「X」圖型的食鹽結晶，培養皿中飽和食鹽水的深度也會影響結晶的形狀及速度。因此我們認為在培養皿中放入食鹽水的深度約 5mm~7mm（35 克~50 克）範圍來製作食鹽結晶，可以較快速成功製作出有「X」圖型的食鹽結晶。

(五) 食鹽種類：比較市面上不同食鹽溶於水後，製作出的食鹽結晶有何不同。

1. 實驗方法：

- (1) 分別用台鹽精鹽、玫瑰鹽、海鹽製成飽和食鹽水溶液。
- (2) 分別將過濾後的食鹽水溶液 50 克，倒入 3 個培養皿中。
- (3) 共同放置於防潮箱內觀察，比較結晶情形。



調製玫瑰鹽飽和水溶液



放置於防潮箱內觀察

2. 實驗結果：

- (1) 海鹽製作出來的結晶較透明美麗，但形狀較不規則，推論可能跟保留海水中的微量礦物質（鉀、鈣、鎂）有關。
- (2) 玫瑰鹽製作出來的結晶竟然是白色有「X」圖型的結晶，較不透明，只有兩顆結晶，其餘都是細小的橘色顆粒。
- (3) 台鹽精鹽製作出來的結晶「X」圖型較明顯，中間白色，四周圍較透明。

		
➤ 推 論 海鹽 ：	玫瑰鹽	台鹽精鹽

經由這個實驗的結果，和我們預測的很不同，原本以為玫瑰鹽可以製作出美麗的粉紅色的 X 食鹽結晶，我們發現玫瑰鹽雜質很多，無法完全溶解，所以不易觀察；海鹽結晶較透明，但形狀較不規則。因此決定往後的實驗主要還是用台鹽精鹽製作食鹽結晶的實驗，但海鹽結晶很透明，我們也會試試看是否可以養出形狀美麗又晶瑩剔透的海鹽 X 晶鑽。

二、探討如何將有「X」圖型的食鹽結晶養大？

我們在搜蒐尋資料時，有發現多種不同的養晶法，養晶的原理基本上就是調整溶解度讓目標產物在適當的速度下析出，所以基本上所有可以達成此目標的方法都可以用來養晶。比較常見的大概就是以下幾種：

(一) 讓溶劑緩慢揮發

(二) 降溫法：

定溫、定壓時，一定量溶劑所能溶解的溶質達最大量，會形成「飽和溶液」。而此溶解的量則稱為該溶質在該溫、壓下的「溶解度」。於是利用物質之溶解度對溫度變化的差異，先在較高溫度下配製成飽和溶液，待溫度降低，溶解度也隨之降低，多出的溶質便會慢慢析出長成晶體。

(三) 擴散養晶法

原理：水是極性很大的溶劑，許多離子化合物在水中的溶解度很大，因此食鹽易溶於水。而甲醇、乙醇等極性比水小很多，因此食鹽較不溶於甲醇、乙醇。

利用蒸氣擴散的方式，使一些極性較小的溶劑分子（如：甲醇、乙醇），慢慢進入到飽和食鹽水溶液中，降低整體溶劑的極性，則食鹽的溶解度也漸漸減少，於是晶體就漸漸析出。因此可利用此種方法來養晶。

根據我們蒐尋的資料分析討論，因為溫度對於食鹽的溶解度影響不大，而且我們之前用高溫調配飽和食鹽水所做出來的結晶雖然快，但都比較小顆，所以我們不採用降溫法來養晶。最後我們決定採用的養晶方法分別是：1. 讓溶劑緩慢揮發（置於防潮箱）2. 利用「擴散養晶法」來養晶，比較看看哪個方法容易養出大而美的食鹽結晶。

1. 實驗方法

【實驗一】：置於「防潮箱」讓溶劑緩慢揮發以養大晶體

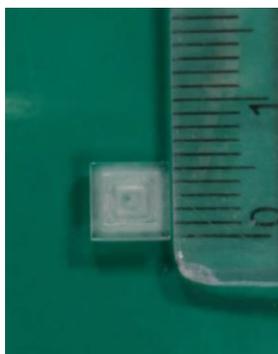
(1) 小瓶子內裝約半滿食鹽飽和水溶液，放入約 0.5cm 的晶種。

(2) 不加蓋，置入防潮箱讓溶劑緩慢揮發。

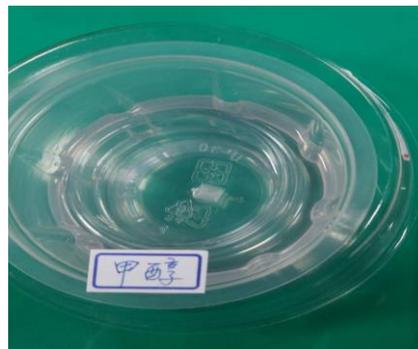


【實驗二】：利用「擴散養晶法」養大晶體～分別用甲醇、乙醇來實驗

- (1) 面霜盒內裝入半滿食鹽飽和水溶液，並放入約 5mm 的晶種。
- (2) 另取 2 個布丁盒，分別裝入 20 克甲醇、乙醇，將面霜盒小心放入布丁盒內，用培養皿當蓋子，蓋好布丁盒，使之密閉。
- (3) 將此裝置靜置至少 5 天，觀察比較並等待晶體養大。



約 5mm 正方形晶種



布丁盒內裝入 20 克甲醇

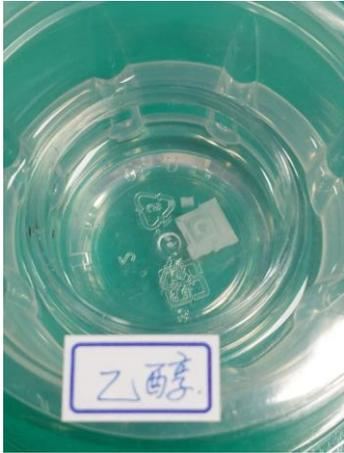
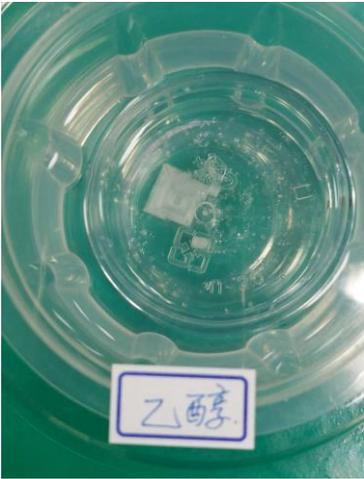


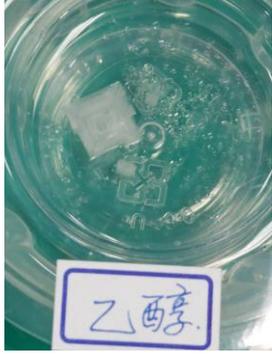
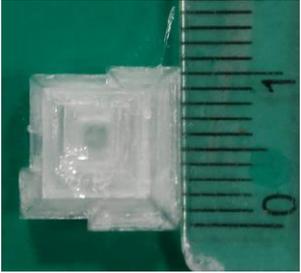
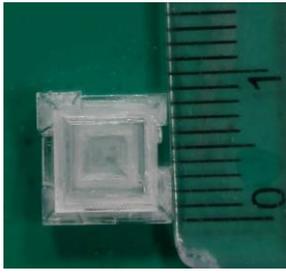
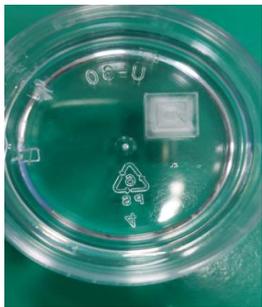
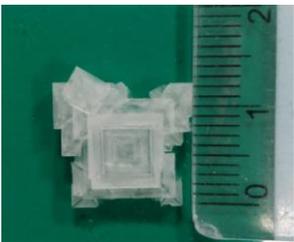
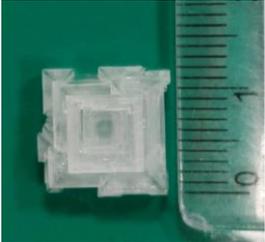
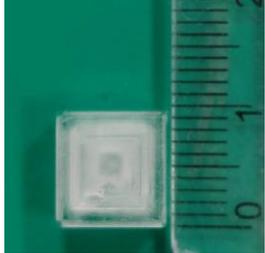
擴散養晶法裝置圖



布丁盒內裝入 20 克乙醇

2. 實驗結果：

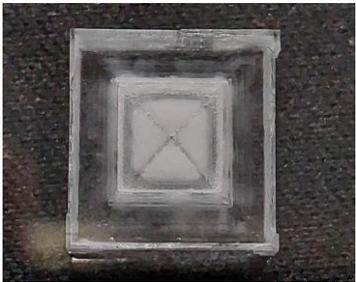
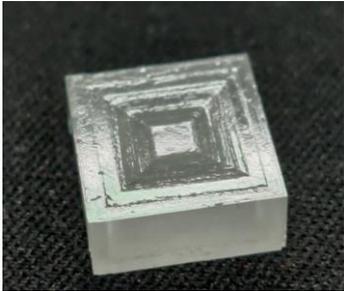
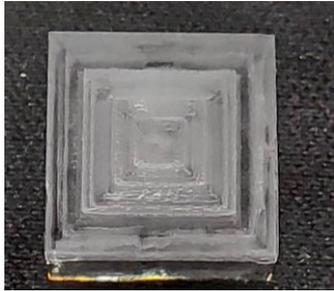
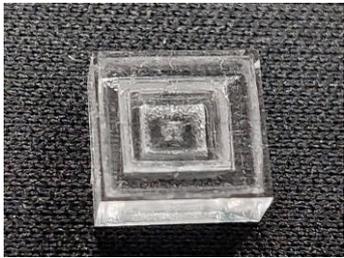
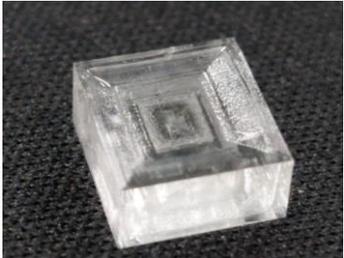
養晶法實驗結果比較			
	甲醇	乙醇	防潮箱
第二天			
	<p>甲醇這組多了很多有X的結晶，晶種周圍只有部分變大，從上面看起來，已經不是正方形了。乙醇這組也只有部分周圍變大，從上面看起來，也已經不是正方形了。防潮箱這組沒甚麼變化，看起來仍然是正方形。</p>		
第三天			
	<p>甲醇和乙醇這兩組，晶體有稍微變大，但已經不是完美的正方了，並且多了一些細小的結晶，而防潮箱這組似乎沒甚麼變化，仍然是正方形，要取出來量才知道是否有變大。</p>		

	 <p>甲醇</p>	 <p>乙醇</p>	
第四天	 <p>1 公分</p>	 <p>0.9 公分</p>	 <p>0.8 公分</p>
	<p>為了觀察並比較結晶大小，我們將晶體取出來量，其中以甲醇的這組晶體長大最快，邊長已經 1 公分了。防潮箱這組長最慢，但晶體卻是最美麗的。但因甲醇、乙醇這兩組長太多結晶，為了怕主要觀察的晶體吸附許多小結晶，所以決定將其他小結晶清除並更換飽和食鹽水。</p>		
	 <p>甲醇</p>	 <p>乙醇</p>	
第五天	 <p>1.2~1.3 公分</p>	 <p>1.2 公分</p>	 <p>0.95 公分</p>
	<p>甲醇和乙醇這兩組，邊長一天長了 0.3 公分左右，可惜形狀變不規則了；而防潮箱這組邊長一天長了約 0.15 公分左右，形狀還是正方形，並且周圍較透明。</p>		

➤ 推論：

在我們進行將有「X」圖型的食鹽結晶養大的實驗，我們很期待利用擴散養晶法能快速養出又大又美的食鹽結晶，但沒想到事與願違。推論可能的原因是盒外甲醇、乙醇的量太多滲入到飽和食鹽水溶液後，讓食鹽溶解度降低太快，以至於析出許多結晶，因此無法得到我們想要的樣子。

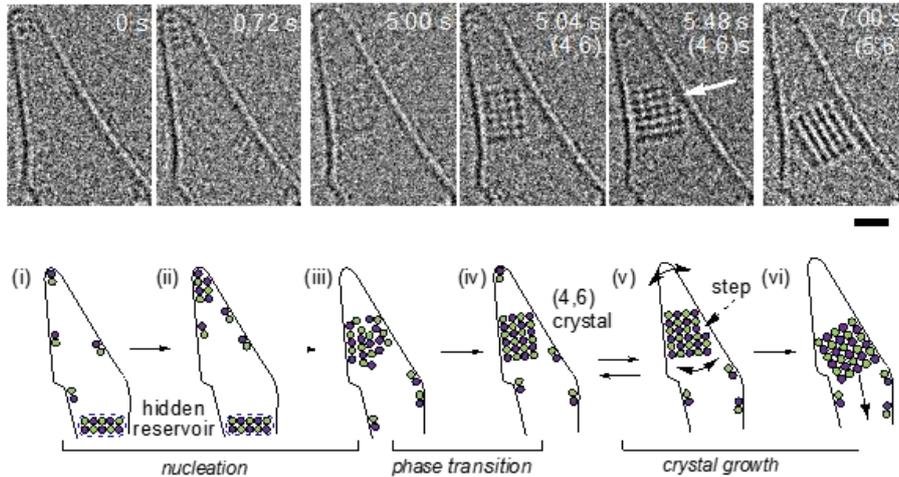
1. 利用「甲醇」做擴散養晶實驗時，發現能夠快速生成許多美麗且有 X 圖形的食鹽結晶，但目標物-晶種卻無法如預期可以沿著晶種四周等比例長大，反而是堆疊了許多小結晶。所以如果要快速得到有 X 圖形的晶種，或許可以利用甲醇擴散養晶法來製作品種。
2. 利用「乙醇」做擴散養晶實驗時，晶種長大速度比甲醇慢一些，但仍然無法如預期可以沿著晶種四周等比例長大。
3. 利用「防潮箱」讓溶劑緩慢揮發做養晶實驗，晶種長大速度不如擴散養晶法來得快，但卻是可以讓晶種等比例長大的好方法，也比在室內桌上長得快得多。

其他養晶成果照片		
		
台鹽精鹽結晶 (正面)	台鹽精鹽結晶 (底面側拍)	台鹽精鹽結晶 (底面正拍)
		
日曬海鹽 (正面)	日曬海鹽 (底面側拍)	日曬海鹽 (底面正拍)

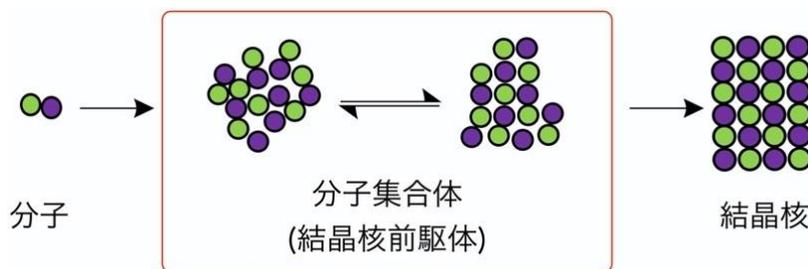
三、探討食鹽結晶為何會有「X」圖型？

我們蒐尋資料時，找到了以下研究內容：

日本東京大學中村榮一教授團隊，使用最新的電子顯微鏡，首度拍攝到奈米等級鹽晶體生成的即時影像。從影像中很清楚可看到氯化鈉分子排列成整齊的方形固體。



圖說：氯化鈉在震動奈米碳角中的結晶過程。



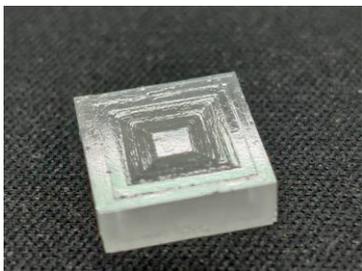
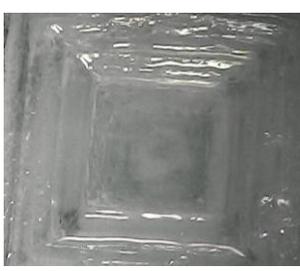
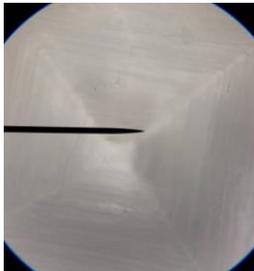
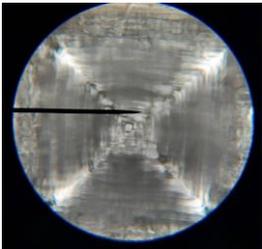
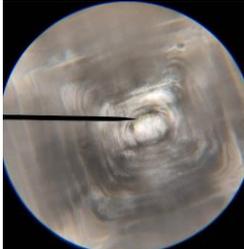
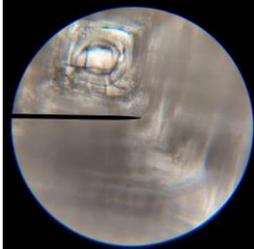
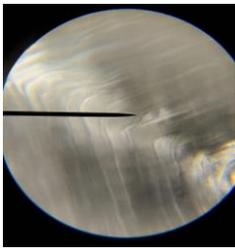
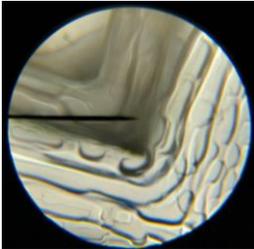
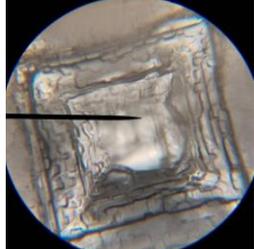
圖說：氯化鈉分子從無秩序的分散態，先聚集成晶核前驅體（分子集合體），再排列整齊變成晶核。

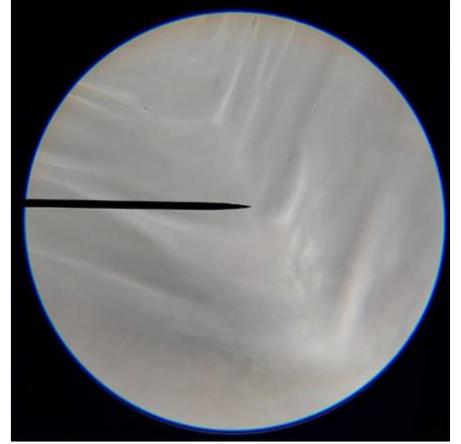
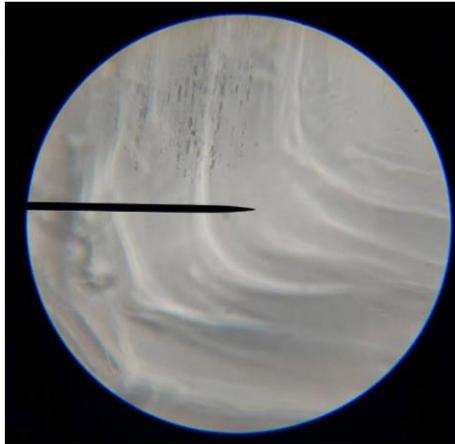
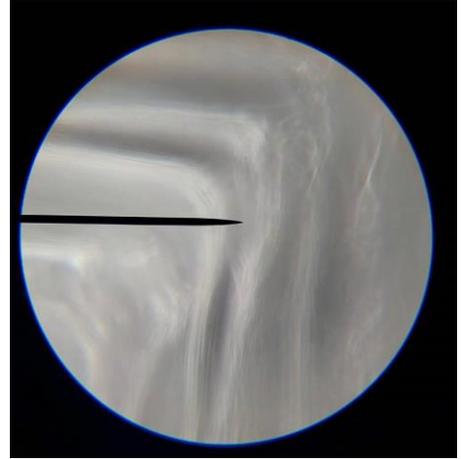
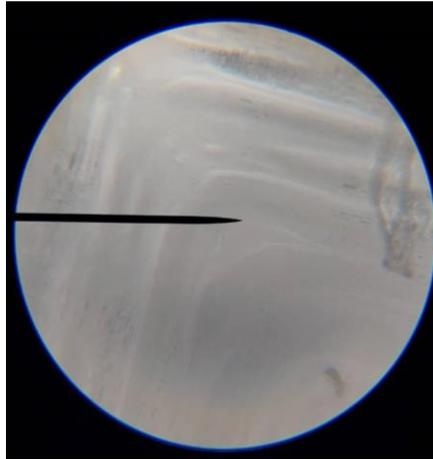
結晶過程包含「晶核生成」與「晶體成長」兩步驟。反覆數次的實驗，都能觀察到相同氯化鈉晶體的成長過程與形狀。中村教授說，這是很有趣的現象，**氯化鈉晶體最開始形成就是正方形**，即使晶體變大形狀也不會改變。團隊認為，結晶過程在醫學到工業製造等方面應用廣泛，了解晶體成核細節將有助未來精確控制晶體大小形狀。晶體的成長與控制，對製藥和材料研究發展上有極大意義。

（以上內容引用自：從出生就決定形狀的氯化鈉晶體 case 報科學
電子顯微鏡捕獲鹽結晶過程- 東方日報）

我們利用顯微鏡實際觀察食鹽結晶的結果，跟日本東京大學中村榮一教授團隊所得到的結果可以互相印證，**氯化鈉晶體最開始形成就是正方形**，即使晶體變大形狀也不會改變。我們觀察的結果如下：

- (一) 我們觀察做出來的食鹽結晶上表面是平的，底面是中央凹陷的 X 形狀，而且 X 隨著結晶而持續成長。
- (二) 我們利用生物顯微鏡放大倍數來觀察食鹽結晶的正面、底面，有了重大的發現：鹽結晶過程，先長出正方形的薄片當基底，隨著水份蒸發，濃度越來越濃，基底鹽晶體四周的食鹽結晶會一層一層愈來愈低（越外層越低），導致晶體底部出現內凹（中間的基底正方形位置最高），推論應該是濃度越濃，食鹽水內聚力越大，使得原本的正方形基底越來越高，晶體逐漸從四邊等比例擴大，最後在四個角堆疊的交界上產生「X」圖型。

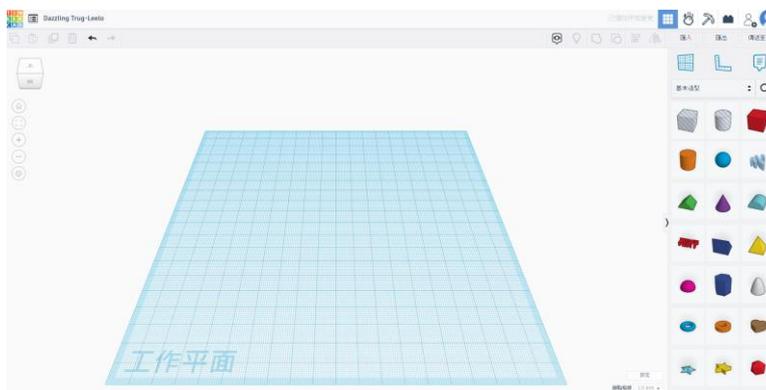
利用手機、手機顯微鏡、生物顯微鏡拍攝食鹽結晶之相片進行觀察		
		
利用手機 拍攝食鹽結晶的底面	利用手機顯微鏡 拍攝食鹽結晶的底面	利用生物顯微鏡 拍攝食鹽結晶的底面
		
		
利用生物顯微鏡拍攝食鹽結晶底面，觀察到鹽晶體底下四周的食鹽結晶會一層一層逐漸從四邊等比例往外擴大，高度會一層一層愈來愈低（越外層越低），導致晶體底部出現內凹，中間基底正方形因厚度最薄而較亮，另外四個角堆疊處也較亮，因而形成「X」光圖形。		



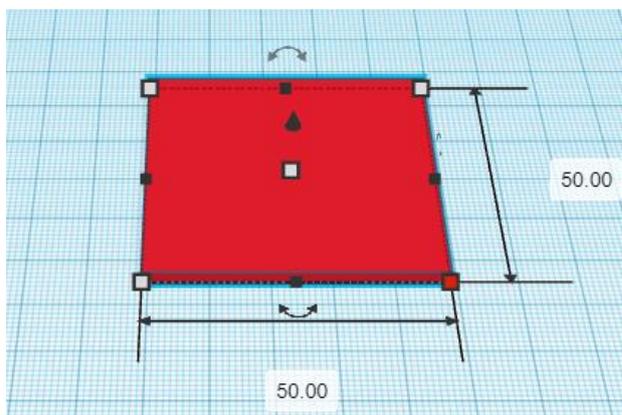
利用生物顯微鏡拍攝食鹽結晶底面的四個角，鹽晶體底下四周的食鹽結晶高度會一層一層愈來愈低（越外層越低）晶體逐漸從四邊等比例擴大，最後在四個角交界上產生「X」圖型。

(三) 因真正的食鹽結晶太小，肉眼不容易觀察。為了解釋為何食鹽結晶會產生「X」圖型，我們決定利用資訊課所學的 3D 列印，製作放大版的食鹽結晶模型來進行說明。首先我們使用 Tinkercad 來繪製食鹽結晶的 3D 模型，然後利用 3D 列印機器列印出來。步驟如下：

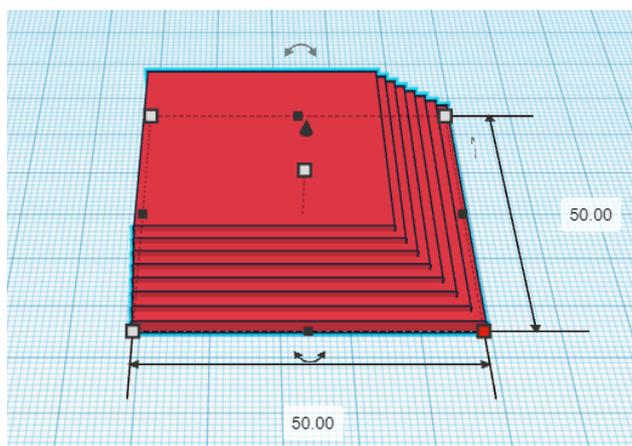
1. 進入 Tinkercad 創建一個新項目，我們將在藍色格子的工作平面上，進行設計。



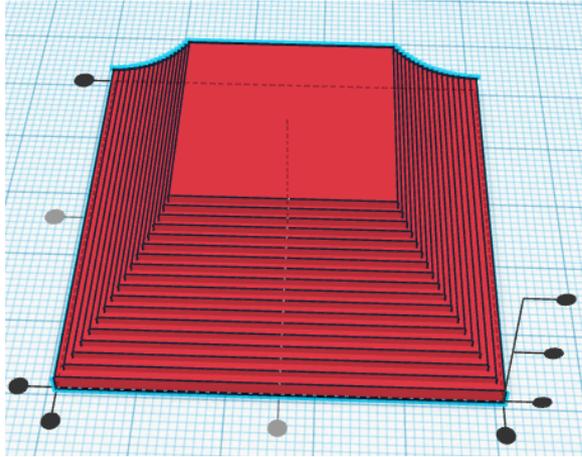
2. 在右側基本造型選單中，點選正方體拉到工作平面上，調整高度 2mm 及邊長 50mm。



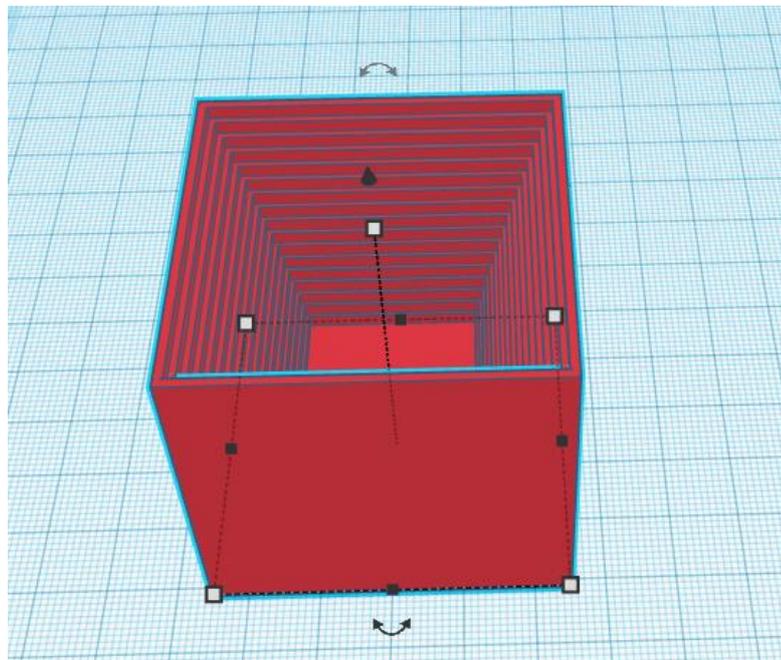
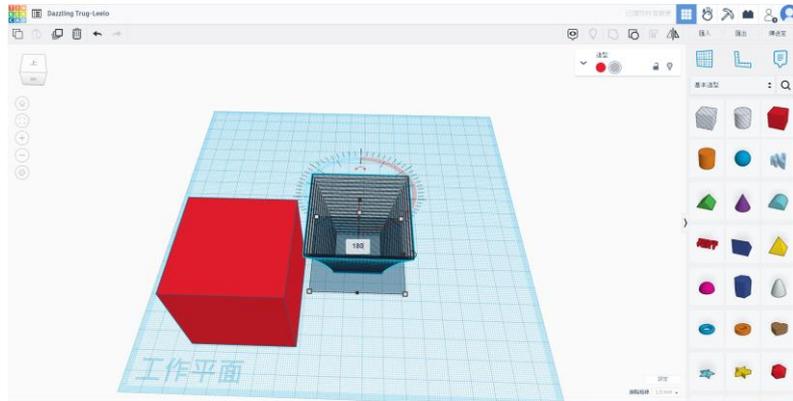
3. ctrl+D 原地再製一個正方體且高度增加 2mm，邊長減少 2mm。
4. 重複 ctrl+D 的動作，就會出現數個需要的圖形(我們稱層層堆疊的食鹽結晶)。



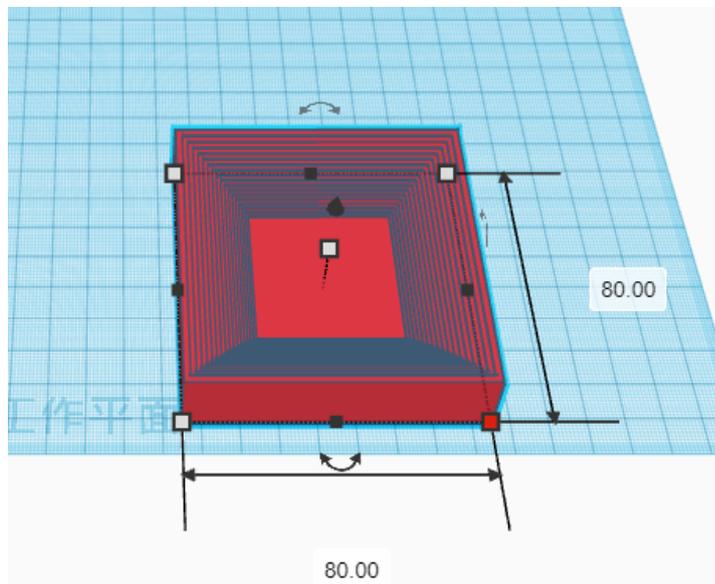
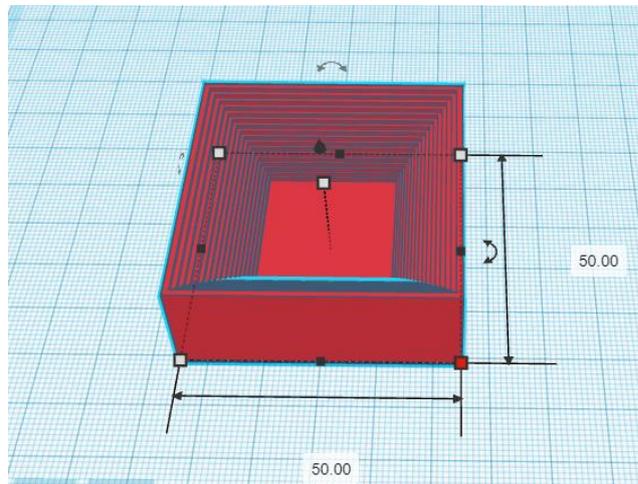
5. 將調整好的正方體，使用右上的對齊工具，調整合併操作。



6. 製成凹洞：將製好的模型翻轉 180 度，並使用對齊工具跟 50*50*50 的正方體對齊並群組。



7. 利用滑鼠向上和向下滾動，放大、縮小調製食鹽結晶模型的尺寸以符合我們需要的尺寸。

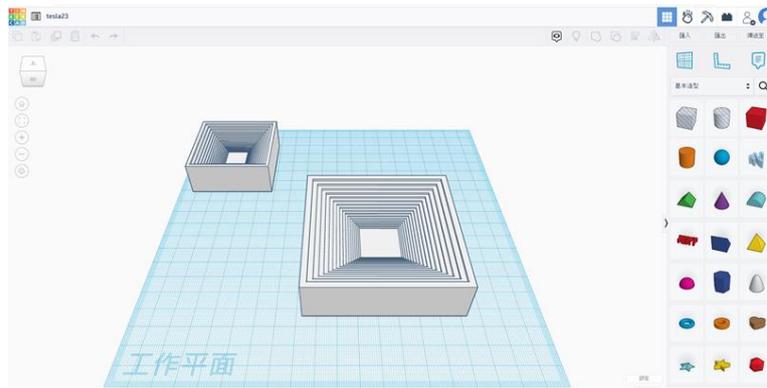


FDM 印表機的限制：

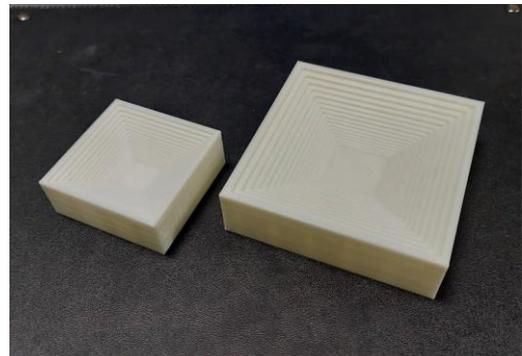
線條小於 1mm 就會列印失敗，所以製作時線條必須大於 1mm。



第一次因線條小於 1mm 而列印失敗

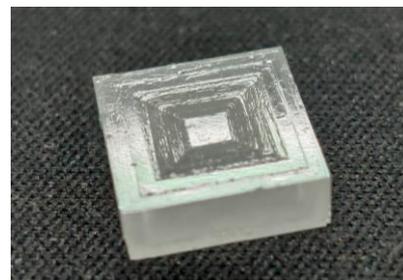
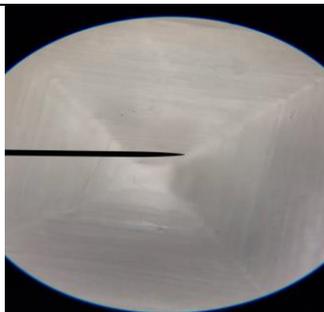


在資訊教室使用 Tinkercad 來繪製食鹽結晶的 3D 模型，然後利用 3D 列印機器列印出來。



利用 3D 列印機器列印出來
50*50*20 食鹽結晶模型（底面拍攝情形）

50*50*20 與 80*80*23
食鹽結晶模型之比較

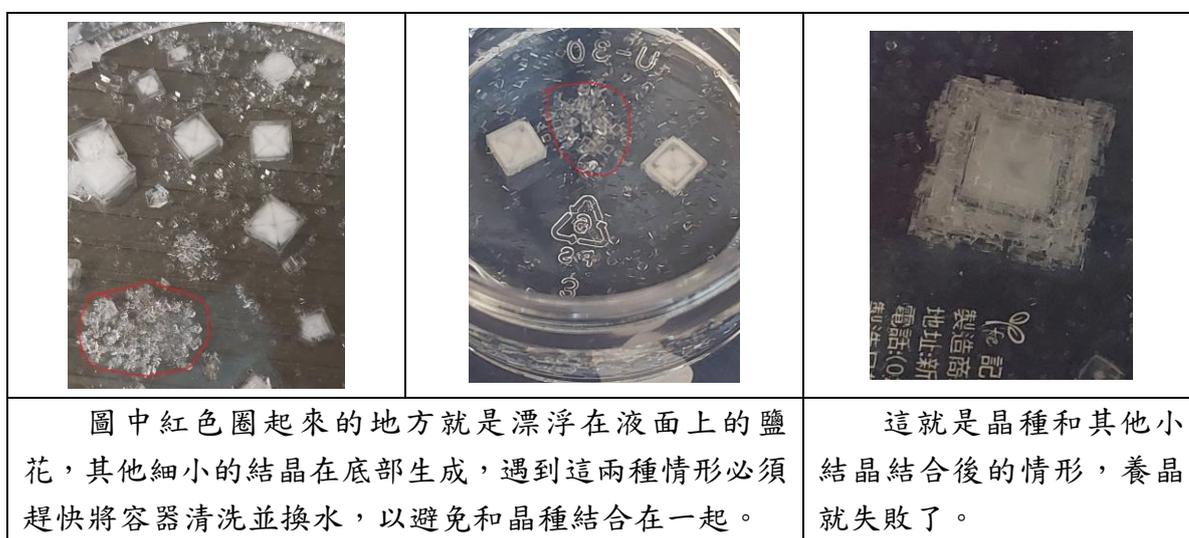


利用生物顯微鏡拍攝食鹽結晶的底面

利用手機拍攝食鹽結晶的底面

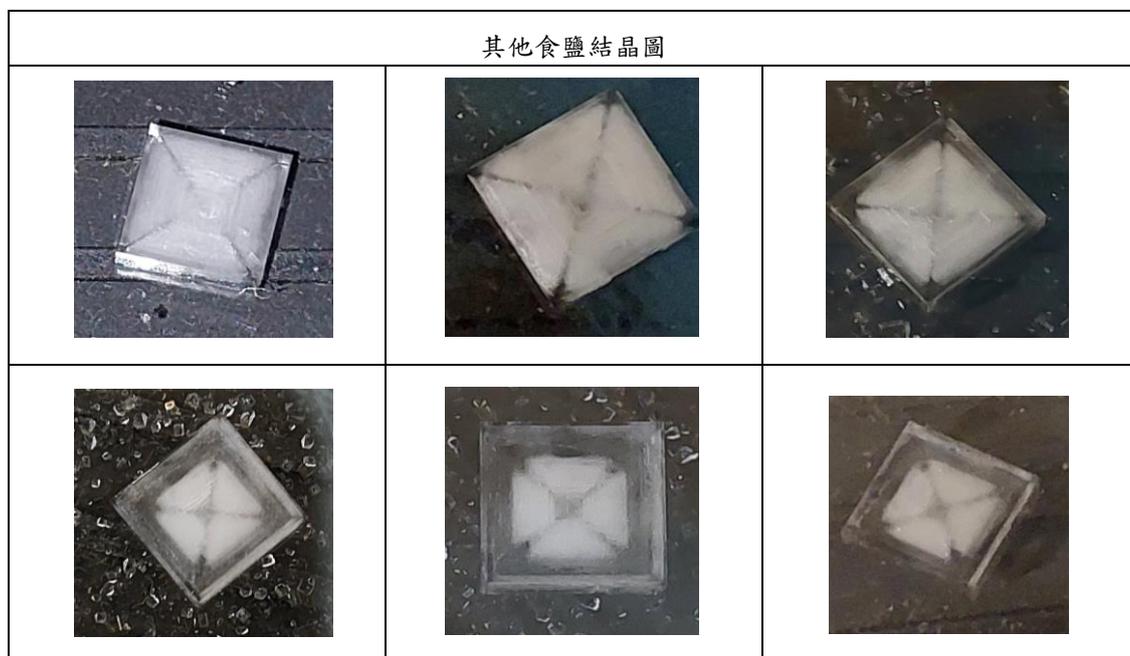
伍、討論

- 一、我們一開始要研究這個主題時，以為很簡單，沒想到第一個月就遇到了重大困難，因為一直做不出有 X 圖形的食鹽結晶。一開始將實驗品放在實驗室內的櫃子裡，結果一直沒有結晶，一週後好不容易有了結晶，隔天天氣冷又下雨濕度 90%，結晶竟然不見了！看了好想哭啊～後來改放室內桌上、走廊的桌上，結果跟其他班級一樣，都是細小的結晶。後來，我們討論實驗不成功的原因可能是：
1. 當時天氣很不穩定、濕度太高。2. 有太多班級來上實驗課，可能會被同學動到而影響實驗結果。因此，我們改到辦公室後面的研究室，一來因為有防潮箱可以排除天氣及濕度的不穩定狀況，第二是比較不會有人為的干擾，能讓結晶不被干擾。
- 二、為了避免天氣濕度的影響，造成結晶的條件難以控制，所以後來將同類型的實驗，都擺在防潮箱內進行實驗，在相同的時間內完成，以便將濕度的產生的誤差降到最低。
- 三、在養晶過程中，要非常勤勞換水，否則容易失敗。因為有些在容器底部會形成細小的結晶，有些會形成鹽花漂浮在水面上，當達到一定重量時，就會落下。如果有這兩種其中之一情形發生，較小塊的結晶靠過來時，就有可能會和晶種結合為一體，讓結晶變得不規則，養晶就會失敗，如圖所示。所以養晶過程必須常常把不需要觀察的結晶分開，將容器清洗並換水。因此，在養晶過程中必須先調製好許多飽和食鹽水溶液，將其過濾後保存在乾淨加蓋的容器裡。



- 四、在養晶過程中，使用夾子要很小心，因為晶種非常脆弱，容易因為太用力而夾破一角，或不小心掉落而破碎，這樣會很心痛。而且晶種只要週邊有刮傷掉落水溶液中，就可能成為小晶種，容器內就容易長出許多細小結晶，和晶種結合後，就容易變成不規則結晶。因此，我們的夾子一開始是用鑷子，後來改為隱形眼鏡夾，就是為了避免刮傷晶種。

- 五、 在養晶過程中，換水時必須將晶種夾出來放在面紙上，吸除多餘水分，但不可放太久，以免黏住，不然換水後有雜質，也會造成養晶失敗。
- 六、 市面上所賣的精鹽，並非全部都是氯化鈉，台鹽精鹽裡面含有添加物碘，所以不知道是否因為如此，不能得到很透明的結晶。或許必須買純氯化鈉來做實驗才知道。
- 七、 實驗中我們使用的「日曬海鹽」，是自然風力日曬，保留海水中微量礦物質（鉀、鈣、鎂），利用日曬海鹽製成的食鹽結晶竟然比台鹽精鹽的結晶更晶瑩剔透。
- 八、 實驗中我們使用的「玫瑰鹽」，產品說明因產品富含鐵質，呈現粉紅色的外觀，具有多種礦物質及微量元素（鉀、鈣、鎂）。因此我們很想做出粉紅色的食鹽結晶，但做出來的晶種卻是白色霧狀最多的，也沒有呈現粉紅色，所以我們很失望，而且懷疑玫瑰鹽是否真的含有鐵質，說不定是色素染色的呢。
- 九、 在擴散養晶法實驗中，飽和食鹽水滲入甲醇或乙醇之後，食鹽溶解度馬上下降，析出很多食鹽結晶，有些沉澱在底部，有些在容器周圍，會妨礙正常結晶的觀察，因此必須先清除多餘的鹽結晶再觀察。另外，或許因為滲入太多導致結晶太快太多，而無法形成美麗的結晶，這或許可以控制外部的甲醇、乙醇的量，來進行觀察，說不定可以養到美麗的結晶，但因時間不夠，所以沒有做這個部分的實驗。
- 十、 影響結晶的因素有很多，如大氣壓力、空氣濕度、溫度…等等，礙於時間及設備因素，無法一一實驗，只能進行部分變因的探討。



陸、結論

- 一、 探討影響食鹽結晶的各種因素中，發現要製作出有「X」圖型的食鹽結晶，必須調配成飽和食鹽水溶液才容易成功。重量比為水：食鹽=100克:35克，攪拌完後必須用濾紙過濾才不會有雜質或未溶解的鹽顆粒影響實驗。
- 二、 探討影響食鹽結晶的各種因素中，我們發現要能快速成功製作出「X」圖型的食鹽結晶，環境的潮濕度是影響很大的因素，因此放在防潮箱內以穩定濕度是很重要的。根據實驗結果，潮濕度30%~40%之間，因過於乾燥，水分蒸散快速，得到的結晶很大，但會形成堆疊，且白色霧狀較多，較不美麗。
- 三、 探討影響食鹽結晶的各種因素中，我們發現要能快速成功製作出「X」圖型的食鹽結晶，水質也是要考慮的因素，較沒雜質的RO水，比較穩定。
- 四、 探討影響食鹽結晶的各種因素中，我們發現要能快速成功製作出「X」圖型的食鹽結晶，培養皿中飽和食鹽水的深度也會影響結晶的形狀及速度。水深不能太淺或太深。太淺蒸發太快，結晶小而雜亂；水太深，蒸發慢，水壓大，較不易形成晶種，要花更多的時間才行。因此實驗結果是食鹽水深度約5mm~7mm來製作食鹽結晶，可以較快速成功製作出有「X」圖型的食鹽結晶。
- 五、 利用不同食鹽製作結晶實驗中發現，三種鹽都可以製作出X圖形的鹽，但玫瑰鹽白色霧狀偏多，日曬海鹽比較透明但形狀不規則的較多，決定主要還是用台鹽精鹽製作較佳且較省成本。但海鹽結晶很透明，我們有養出形狀美麗又晶瑩剔透的海鹽晶鑽。
- 六、 在我們進行將有「X」圖型的食鹽結晶養大的實驗中，得到的結論是利用「防潮箱」讓溶劑緩慢揮發做養晶實驗，晶種長大速度雖不如擴散養晶法來得快，但卻是可以讓晶種等比例長大並養得最美最好方法。
- 七、 我們利用生物顯微鏡來觀察食鹽結晶的重大發現：鹽結晶過程，先長出正方形的薄片當基底，隨著水份蒸發，濃度越來越濃，基底鹽晶體底下四周的食鹽結晶會一層一層愈來愈低（越外層越低），導致晶體底部出現內凹（中間的基底正方形被逐層堆高，因而位置最高），晶體逐漸從四邊等比例擴大（仍然是正方形），最後在四個角堆疊的交界上產生「X」圖型。

柒、參考資料及其他

1. 食鹽結晶的X檔案。台中市立大雅國中。第四十五屆中小學科學展覽會，取自台灣網路科教館
<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=442&sid=1542>
2. 食鹽未知數。新北市立中和高級中學。第五十四屆中小學科學展覽會，取自台灣網路科教館
<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=50&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=18&sid=12161>
3. 食鹽結晶。YouTube. 寰宇廣播事業股份有限公司
<https://www.google.com/search?q=%E9%A3%9F%E9%B9%BD%E7%B5%90%E6%99%B6%E5%8E%9F%E7%90%86&oq=&aqs=chrome..69i59i45018.1432094627j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8#fpstate=ive&vld=cid:55ea05ef,vid:bQH0JqAEfZ0>
4. 電子顯微鏡捕獲鹽結晶過程- 東方日報
https://orientaldaily.on.cc/cnt/china_world/20210202/mobile/odn-20210202-0202_00180_035.html
5. 從出生就決定形狀的氯化鈉晶體 case報科學
<https://case.ntu.edu.tw/blog/?p=36186>