

屏東縣第 64 屆國中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：地球科學科

組 別：國中組

作品名稱：

—天作之“核”—

—探討凝結核對雲的形成的影響—

關 鍵 字：氣膠、凝結核、暖雲

編 號：B5004

製作說明：

1. 說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
2. 編號：由承辦學校統一編列。
3. 封面編排由參展作者自行設計。

摘要

水滴生成的狀況，隨時間增加而變大增加，但是數量會減少。一開始許多小水滴大量密集，隨時間的流逝，小水滴除了自己逐漸壯大之外，也會和其周圍靠近的小水滴互相融合變成大水滴。所以水滴數量減少了，但是面積增加了。塗有高濃度的氯化鈉和氯化鈣造成的凝結核的確有讓水滴面積變大，塗布 0.2M 的氯化鈉的水滴面積最大，其次是 0.2M 的氯化鈣。塗布鹽類水溶液在壓克力板上的濃度越高，乾燥後形成細微鹽粒密度也會高，鹽粒接觸水蒸氣後形成小水滴，水滴成長的過程中因距離太近而發生互相融合形成大水滴。所以我們發現高濃度的鹽類結晶所形成水滴面積比較大。10 分鐘內最大水滴面積：0.2M 氯化鈉 > 0.2M 氯化鈣 > 0.02M 氯化鈉 > 對照組 > 0.02M 氯化鈣 > 0.002M 氯化鈉 > 0.002M 氯化鈣

壹、研究動機

國小的自然課有學過一些關於雲的形成以及要下雨前雲的樣子，下雨時，雨滴有些大有些小，這讓我們思考雲是怎麼形成的？形成雲需要的條件是甚麼？國小的課本只有寫「水蒸氣在大氣中遇冷凝結成小水珠」。到了國中，問了老師後才知道，空氣中有一些懸浮微粒。而這些懸浮微粒可能會變成水氣凝結成雲的凝結核，所以我們想探討水滴凝結的條件是否和凝結核有關。

貳、文獻回顧

根據中央大學大氣科學團隊的研究顯示，氣膠對臺灣北部秋季暖雲及降雨的影響，提出氣膠間接效應（aerosol indirect effect）的觀察證據。氣膠間接效應是指在定量的水氣條件下，氣膠可做為雲的凝結核，增加凝結核的數目，則雲滴數量與濃度增加、雲滴體積變小、抑制雲底部的降水，使雲的生命週期變長，進一步改變降水型態。

氣膠（即懸浮微粒，粒徑很小約直徑在 $0.001 \sim 10 \mu\text{m}$ 之間）是影響氣候的重要因素，透過輻射和微物理效應改變雲的生命週期和降水分布，因其可作為雲滴的凝結核，會間接改變雲層分布、雲光學特性以及降水。因此以「暖雲」為例，它是比較單純的環境的條件下形成，也就是雲內溫度不夠低或缺乏冰核，所以沒有冰晶存在。在此情況下，氣膠的角色就是凝結核，主要成分為吸濕性強的硫酸鹽、銨離子、硝酸鹽、海鹽等，凝結核愈多，雲滴數量愈多。若空氣中水分含量不變，雲滴將會變小，使得碰撞合併不易發生，就不容易降雨。

（參考資料：台灣科技媒體中心 <https://smctw.tw/9628/>）

參、研究目的

根據以上的文獻回顧，我們思考的方向著重在氣膠的有無與氣膠的種類對於雲朵的成因、雲朵成長的大小和速率。氣膠的種類很多，其中有一項是海鹽，氯化鈉和氯化鈣等鹽類在實驗室裡能取得的，所以我們針對海鹽中的 NaCl 和 CaCl₂ 來設計。另外我們參考過去文獻知道水溫越高凝結的速率越快，所以我們參考《類暖雲雲滴成長之探討》的說明書，溫度用 70° C 的水溫來進行以下實驗探討。



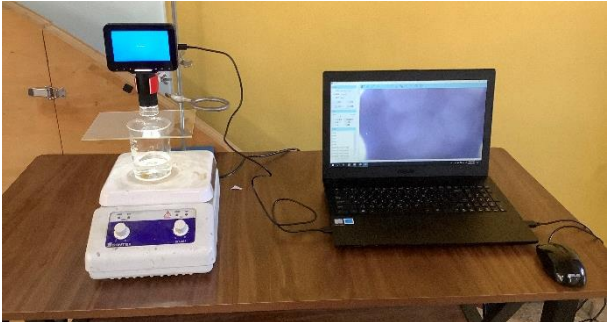
- 一、 模擬不同凝結核對雲滴生成的狀況(每隔 2 分鐘記錄一次成長情形，共紀錄 10 分鐘)
- 二、 找出每隔 2 分鐘單位面積水滴數量
- 三、 找出每隔 2 分鐘最大的水滴面積與單位面積數量
- 四、 不同濃度的 NaCl 和 CaCl₂ 對水滴生成的影響

肆、研究設備與方法

一、研究器材

筆電、分析軟體:小畫家 Hiview Files、小畫家、PowerPoint、250ml 燒杯、壓克力板、鐵尺、顯微照相機、NaCl、CaCl₂、加熱攪拌器、溫度計、廣用夾、吹風機、乾淨的軟毛刷筆

表 4-1 實驗裝置

		
加熱攪拌器	顯微攝影機	實驗裝置

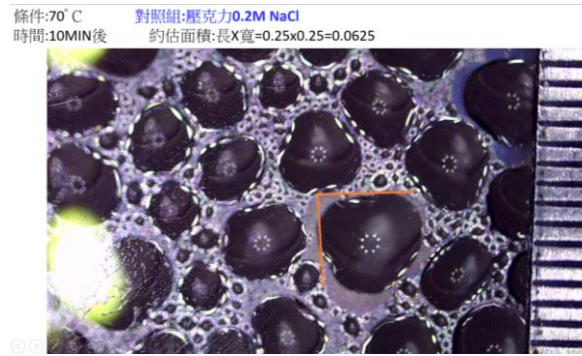
我們將加熱攪拌器置於燒杯底下，用夾子夾住顯照相機，調整夾子的高低，使顯微照相機達到適合的高度，並調整顯微照相機至適當的焦距，配合電腦對應之顯微照相機軟體 Hiview Files，就能拍出一張張的水滴凝結圖。

二、實驗步驟

過去的文獻指出，水溫越高，形成水滴的速率越快。所以我們參考過去文獻的作法選用，使用 70° C 的水溫，一方面好控制，另一方面形成水滴的速率較快，可節省實驗等待的時間。加上我們先前所作的預實驗，我們就訂出以下實驗步驟：

1. 取 250mL 的燒杯裝熱水 100mL，置於加熱器中控溫約在 70° C 左右
2. 取清洗乾淨的壓克力板蓋在裝有熱水的燒杯上，放上尺規並用顯微攝影機每兩分鐘記錄雲滴成長情形，共紀錄 10 分鐘，本步驟作為實驗對照組。
3. 分析滴凝結圖之方法與流程
4. 先用小畫家江水滴的大約長寬畫出來，然後將其複製到 Power Point 上，利用鐵尺的刻度

量出其約估長寬，並算出其約估面積，再將計算結果做成表格。



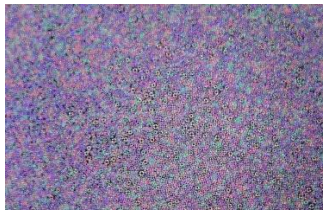
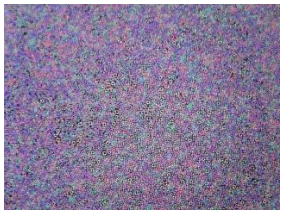
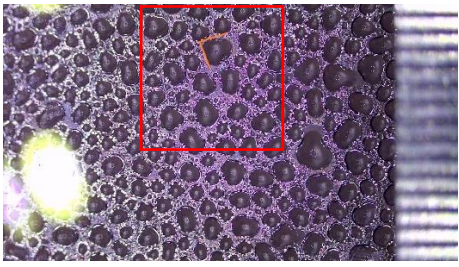
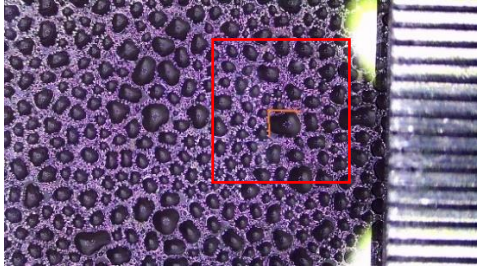
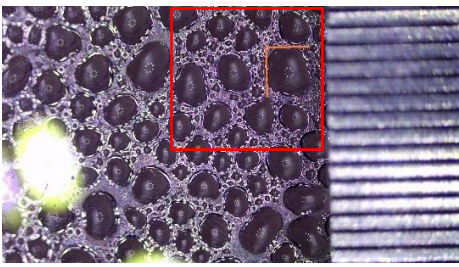
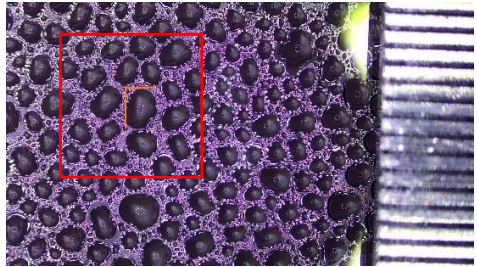
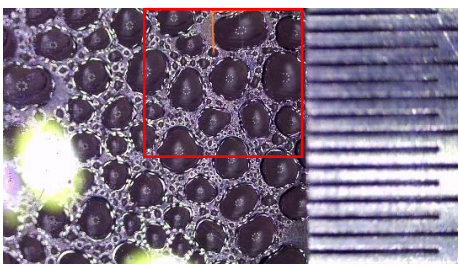
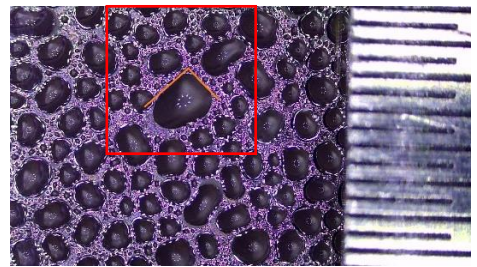
5. 接下來分別配置 0.2M、0.02M、0.002M 的氯化鈉和氯化鈣水溶液。將以上水溶液分別刷至壓克力板上，並用吹風機吹乾備用，重複上步驟。

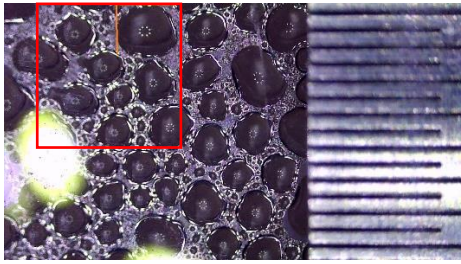
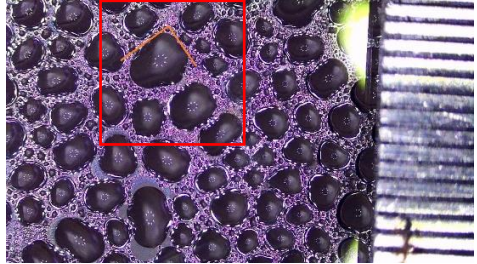
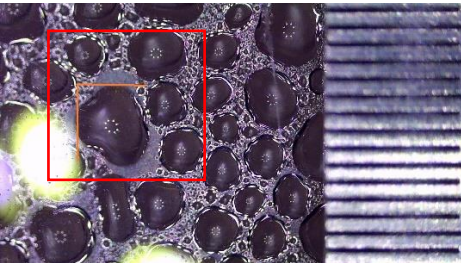
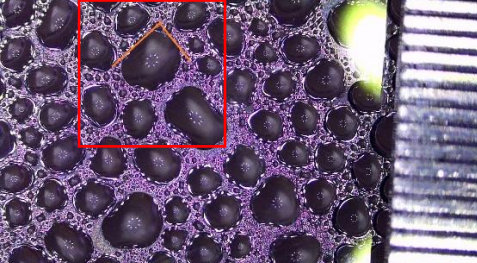
伍、研究結果

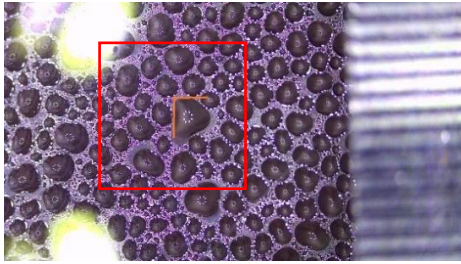
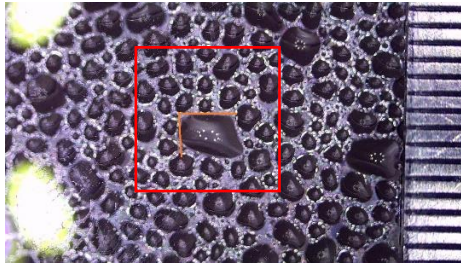
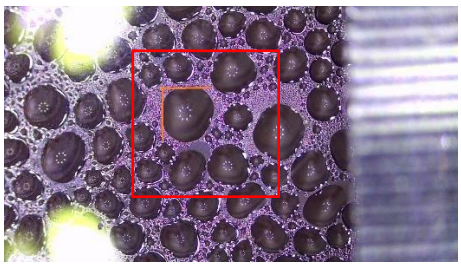
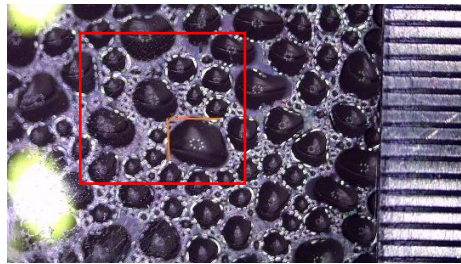
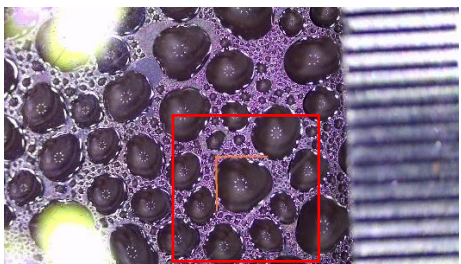
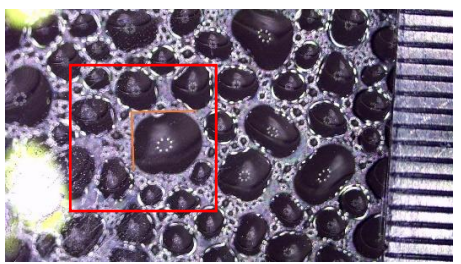
一、相同時間內的水滴數量變化


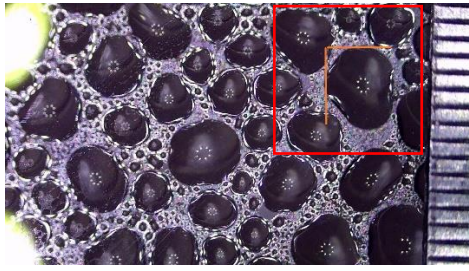

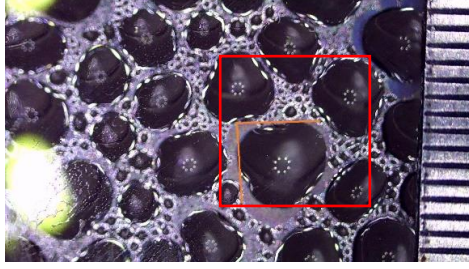
由顯微攝影中我們發現在 10 分鐘內觀察到的水滴變化，不管是壓克力板表面有無鹽類，起初水滴數量密布，但是隨著時間拉長，附近的水滴會彼此融合。我們取挑出最大水滴周圍的 0.16cm^2 ($0.4\text{cm} \times 0.4\text{cm}$) 的面積來觀察。

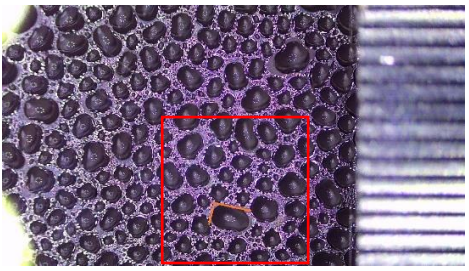
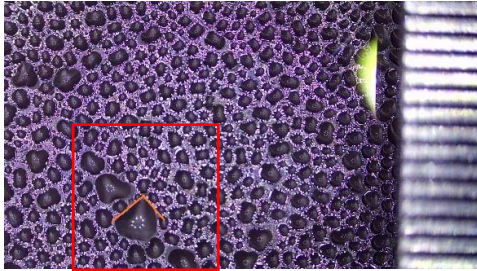
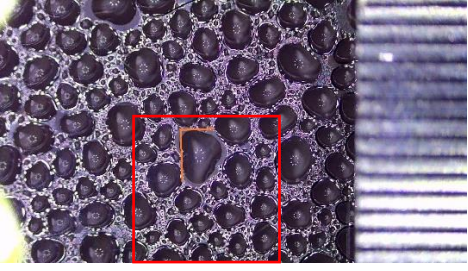
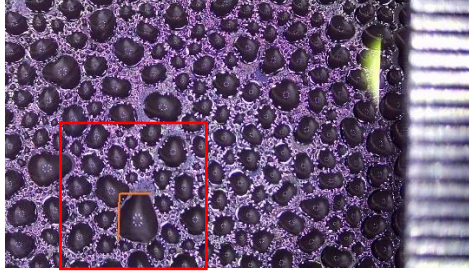
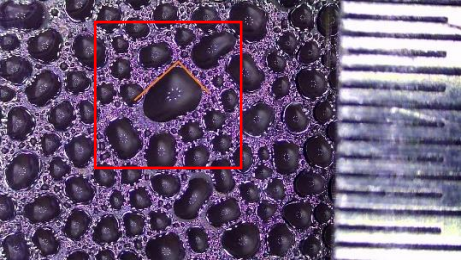

表 5-1 10 分鐘內水滴形成的狀況(選取 0.16cm^2 ，紅色框線內 $0.4\text{cm} \times 0.4\text{cm}$)

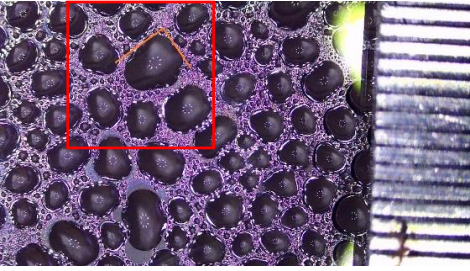
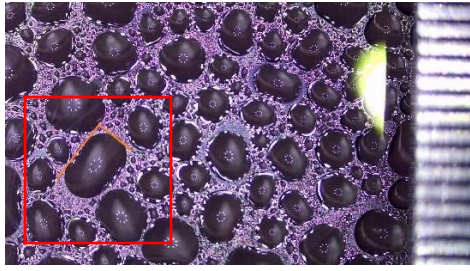
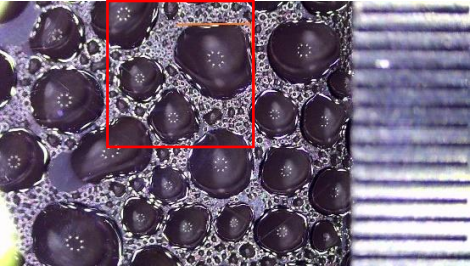
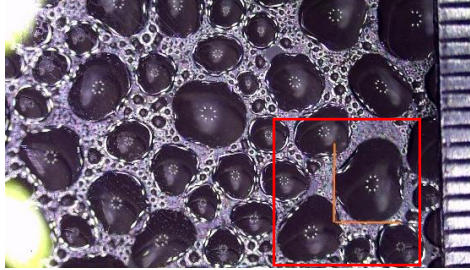
	無塗布海鹽	塗布 0.002M 氯化鈉
起初		
水滴數	極為密集	極為密集
2 分鐘		
水滴數	43	47
4 分鐘		
水滴數	21	20
6 分鐘		
水滴數	15	16

8 分鐘		
水滴數	10	11
10 分鐘		
水滴數	7	9

	0.02M 氯化鈉	0.2M 氯化鈉
起初水滴數	極為密集	極為密集
2 分鐘		
水滴數	29	32
4 分鐘		
水滴數	11	14
6 分鐘		
水滴數	10	10

8 分鐘		
水滴數	5	5
10 分鐘		
水滴數	5	4

	0.002M 氯化鈣	0.02M 氯化鈣
起初水滴數	極為密集	極為密集
2 分鐘		
水滴數	40	55
4 分鐘		
水滴數	21	25
6 分鐘		
水滴數	16	13

8 分鐘		
水滴數	7	8
10 分鐘		
水滴數	4	6

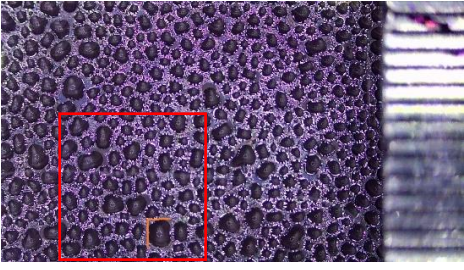
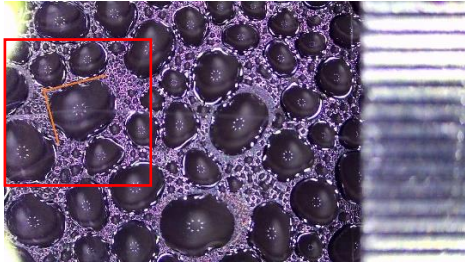
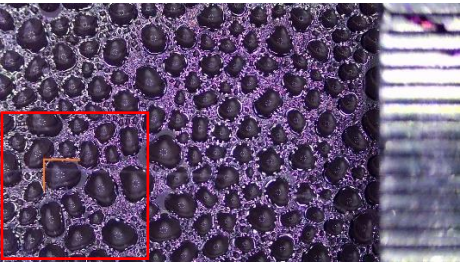
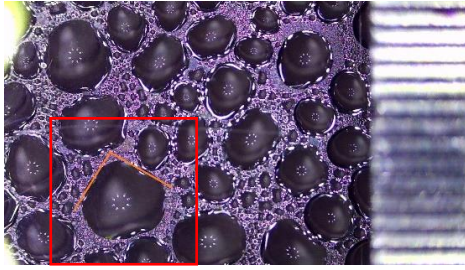
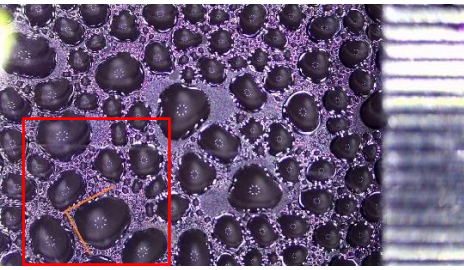
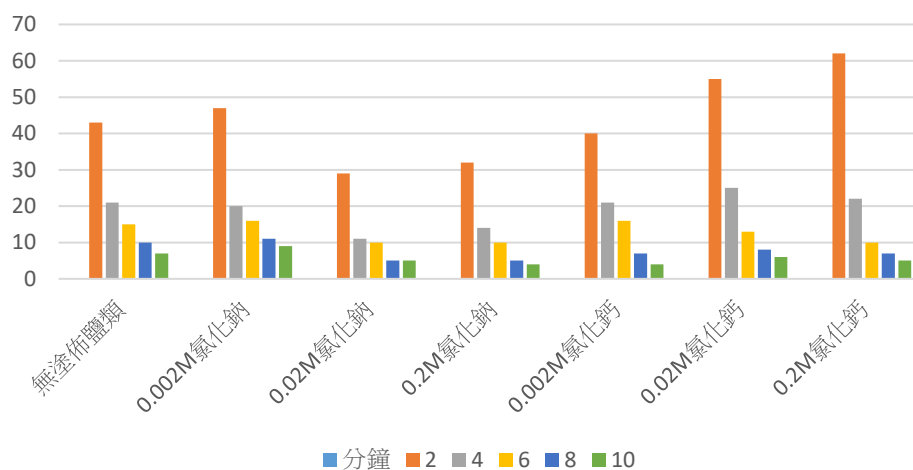
		0.2M 氯化鈣	
起初水 滴數	極為密集		
2 分鐘		8 分鐘	
水滴數	82	水滴數	7
4 分鐘		10 分鐘	
水滴數	22	水滴數	5
6 分鐘			
水滴數	10		

表 5-2 10 分鐘內每隔 2 分鐘的的水滴形成數量(選取 0.16cm²，紅色框線內 0.4cm*0.4cm)

紀錄時間(min)	無塗佈鹽類	氯化鈉			氯化鈣		
	水滴數	0.002M 水滴數	0.02M 水滴數	0.2M 水滴數	0.002M 水滴數	0.02M 水滴數	0.2M 水滴數
起初	極多	極多	極多	極多	極多	極多	極多
2	43	47	29	32	40	62	55
4	21	20	11	14	21	22	25
6	15	16	10	10	16	10	13
8	10	11	5	5	7	7	8
10	7	9	5	4	4	5	6

每0.16cm²的水滴數目



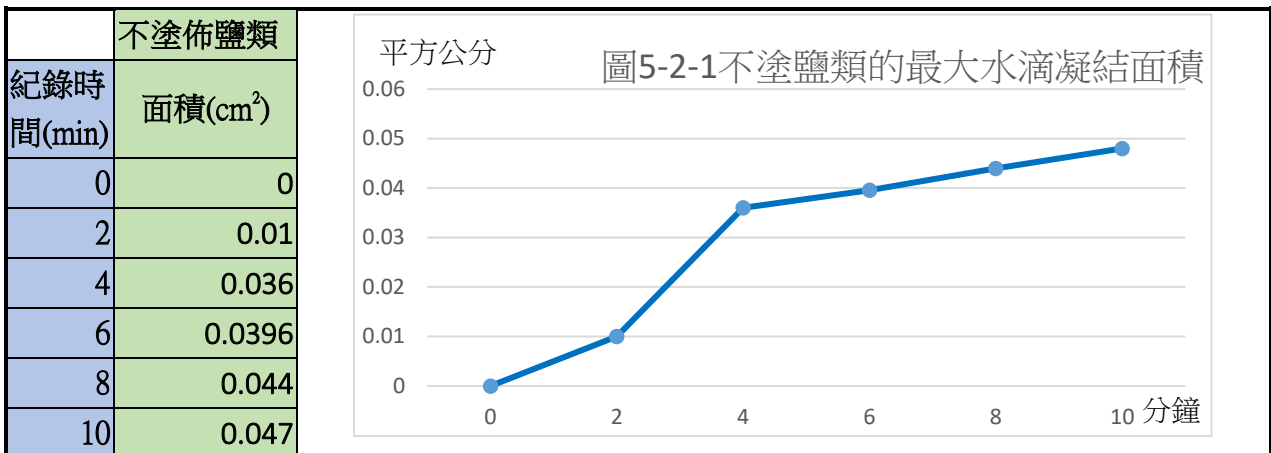
我們由以上資料可知，時間越久水滴變大也變少，水滴之間間隔也增加，水滴間融合以及自行成長也都有發現，但是每個時間點的相同面積的水滴數量看起來並不會因為鹽類濃度高就比較多，我們推測是因為鹽分濃度高，凝結核較密集，形成的水滴太接近而更容易互相融合。所以會不會減少的水滴的數量轉變成水滴面積增加。接下來我們在每個時間點找出發展的最大的水滴面積，請看我們以下的分析。

二、以每 2 分鐘紀錄之最大水滴的面積

表 5-2 每 2 分鐘紀錄之最大水滴之面積

紀錄時間(min)	無塗佈鹽類	氯化鈉			氯化鈣		
	面積(cm ²)	0.002M 面積(cm ²)	0.02M 面積(cm ²)	0.2M 面積(cm ²)	0.002M 面積(cm ²)	0.02M 面積(cm ²)	0.2M 面積(cm ²)
0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.01	0.0099	0.012	0.0285	0.012	0.007	0.006
4	0.036	0.015	0.0225	0.0288	0.015	0.012	0.015
6	0.0396	0.027	0.024	0.042	0.0204	0.0225	0.0196
8	0.044	0.03	0.03	0.048	0.026	0.038	0.0304
10	0.047	0.043	0.0478	0.0625	0.05	0.0462	0.042

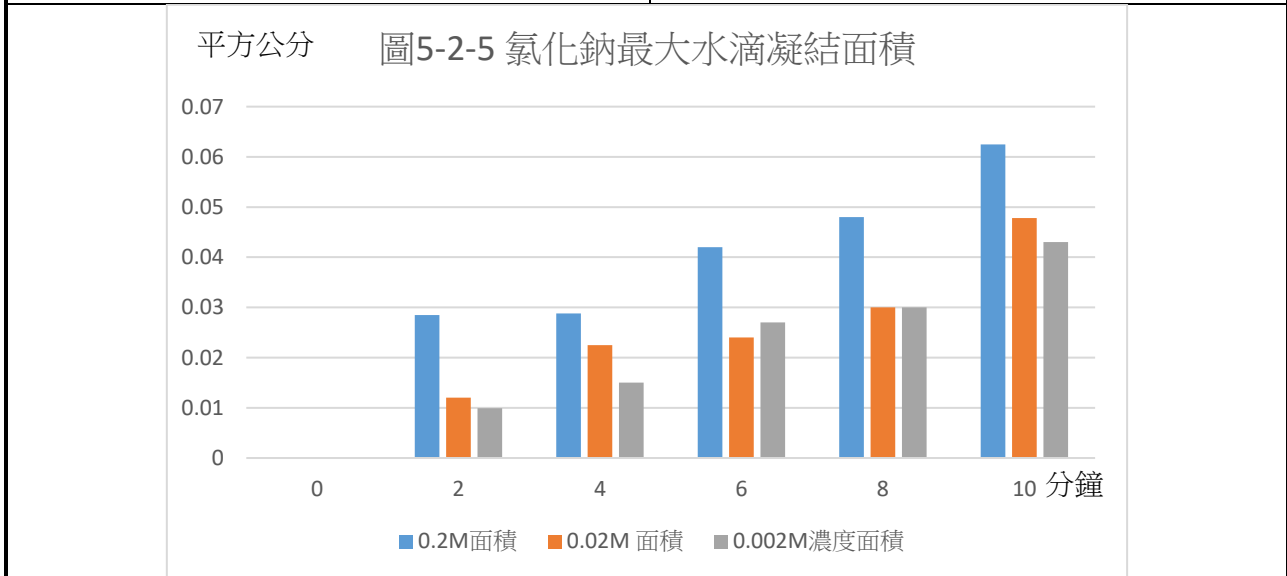
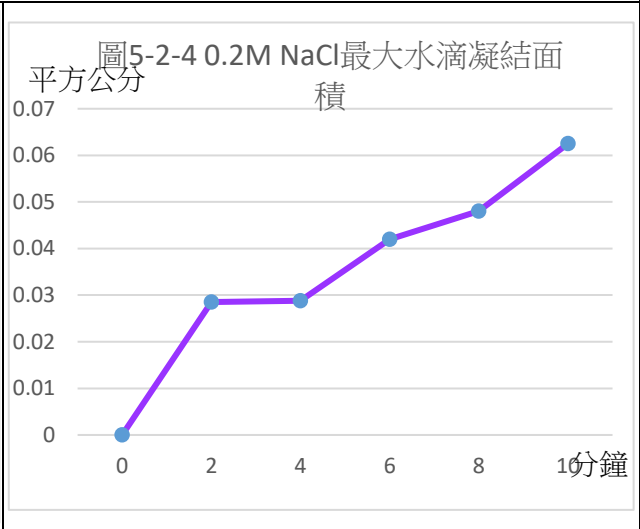
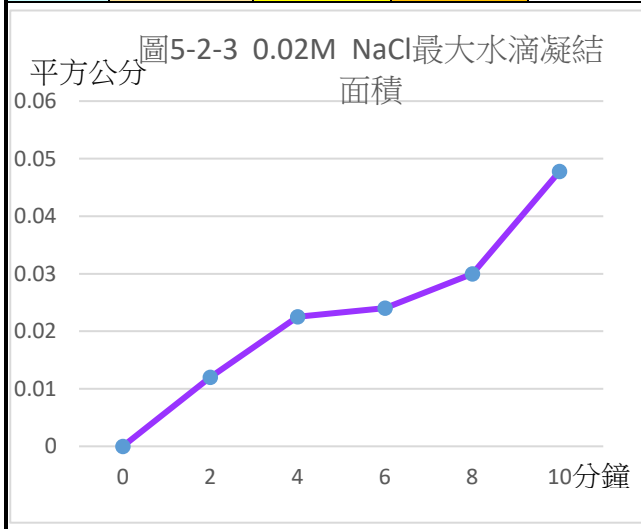
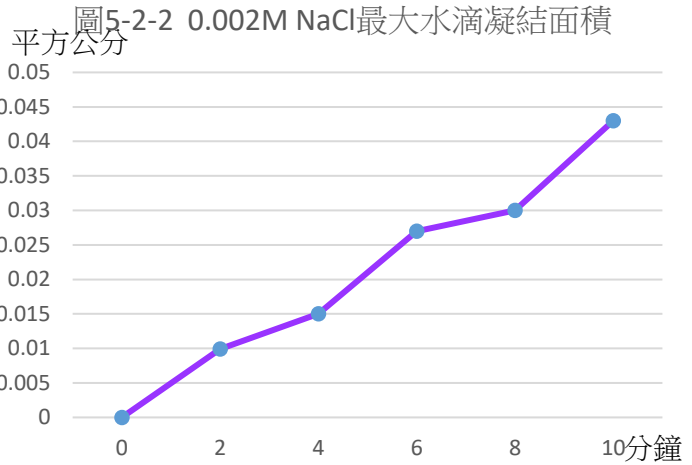
表 5-2-1 不塗鹽的每 2 分鐘紀錄之最大水滴之面積



起初佈滿小水滴，過一分鐘後，就有大大小小的水滴結合在一起，兩顆較大的水滴靠得越近，那麼就更容易生成特別大的水滴。經歷時間越久，水滴的面積越大。

表 5-2-2 氯化鈉的每 2 分鐘紀錄之最大水滴之面積

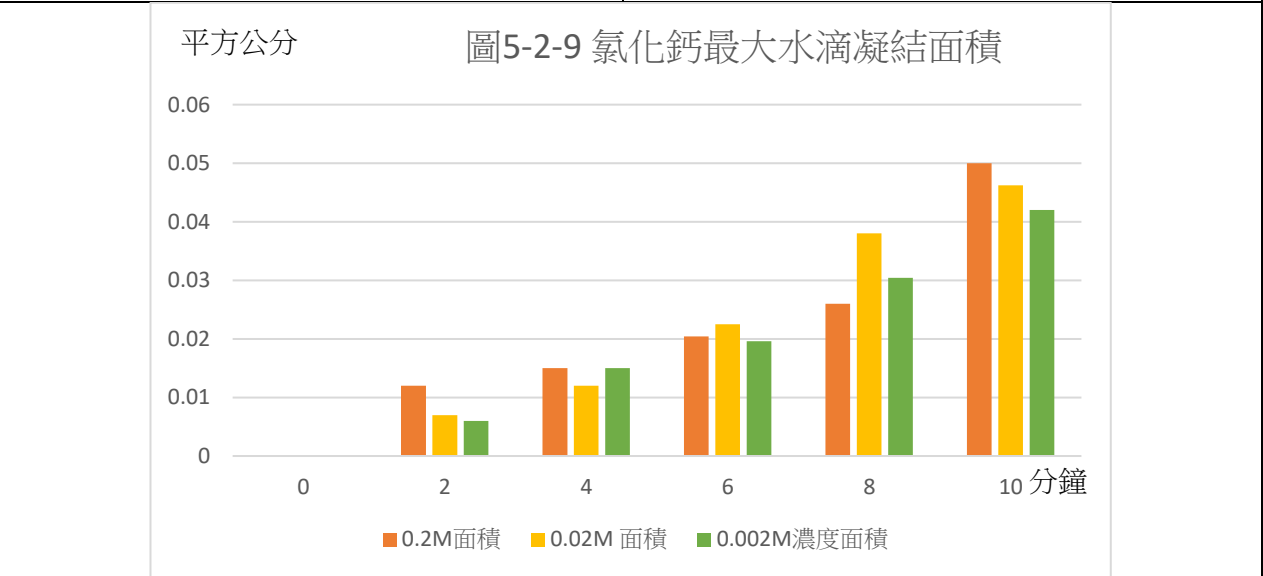
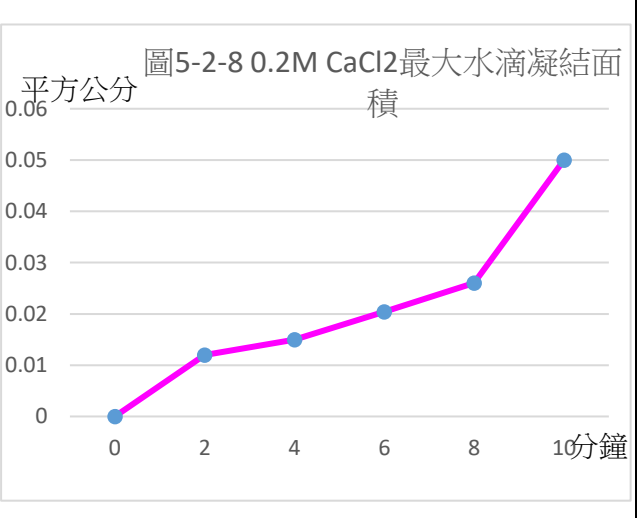
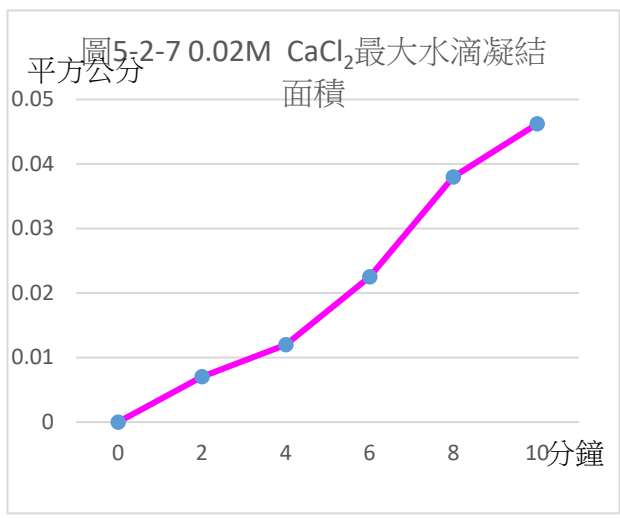
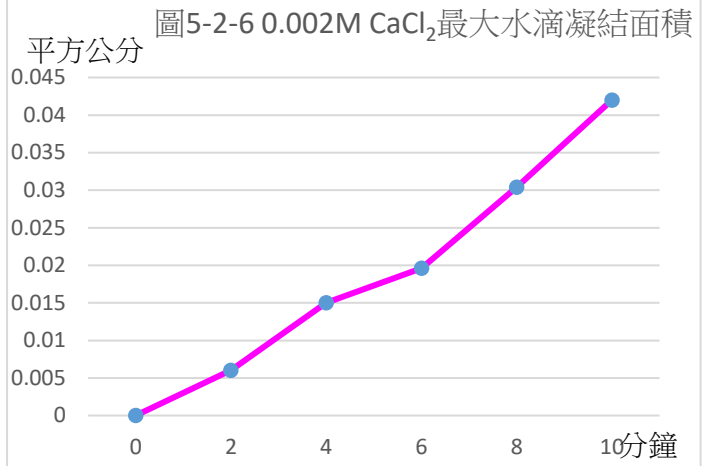
紀錄時間 (min)	氯化鈉		
	0.002M 面積(cm ²)	0.02M 面積(cm ²)	0.2M 面積(cm ²)
0	0	0	0
2	0.0099	0.012	0.0285
4	0.015	0.0225	0.0288
6	0.027	0.024	0.042
8	0.03	0.03	0.048
10	0.043	0.0478	0.0625



我們發現每一種濃度的氯化鈉的水滴起初面積很小，而且也和靠得近的水滴互相融合。隨著時間的增加，其面積也逐漸增加，相同時間下濃度越高，凝結水滴越大。其中又以高濃度 0.2M 的氯化鈉凝結核面積最大。

表 5-2-3 氯化鈣的每 2 分鐘紀錄之最大水滴之面積

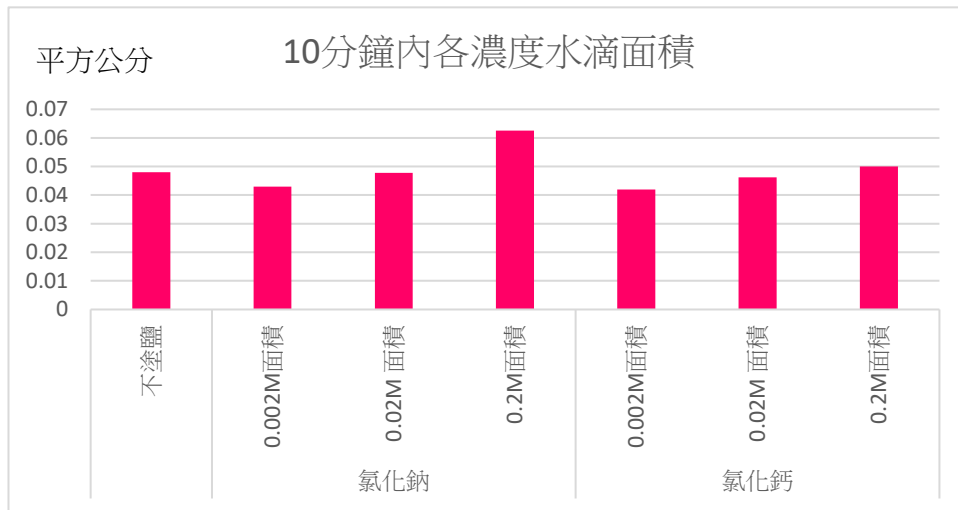
紀錄時間 (min)	氯化鈣		
	0.002M 面積 (cm ²)	0.02M 面積 (cm ²)	0.2M 面積 (cm ²)
0	0	0	0
2	0.012	0.007	0.006
4	0.015	0.012	0.015
6	0.0204	0.0225	0.0196
8	0.026	0.038	0.0304
10	0.05	0.0462	0.042



我們發現每一種濃度的氯化鈣的水滴起初面積很小，而且也和靠得近的水滴互相融合。隨著時間的增加，其面積也逐漸增加，相同時間下濃度越高，凝結水滴越大。其中又以高濃度 0.2M 的氯化鈣凝結核面積最大。

表 5-2-4 不塗鹽、氯化鈉和氯化鈣的 10 分鐘之內紀錄之最大水滴之面積

不塗鹽	氯化鈉			氯化鈣		
	0.002M 面積 cm ²	0.02M 面積 cm ²	0.2M 面積 cm ²	0.002M 面積 cm ²	0.02M 面積 cm ²	0.2M 面積 cm ²
0.047	0.043	0.0478	0.0625	0.042	0.0462	0.05






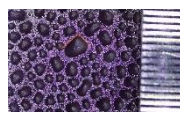


我們將不同鹽類各濃度的最大水滴面積做比較發現，其實鹽分濃度增加水滴面積也微幅增加，增加最多的是 0.2M 的氯化鈉，其次是 0.2M 的氯化鈣。但是我們也發現不塗任何鹽類的對照組的水滴面積也不小，我們合理懷疑壓克力板上仍有顯微攝影機看不見的灰塵或顆粒，導致水滴面積增加。由以上數據得知面積大小為：0.2M 氯化鈉 > 0.2M 氯化鈣 > 0.02M 氯化鈉 > 對照組 > 0.02M 氯化鈣 > 0.002M 氯化鈉 > 0.002M 氯化鈣

陸、問題與討論

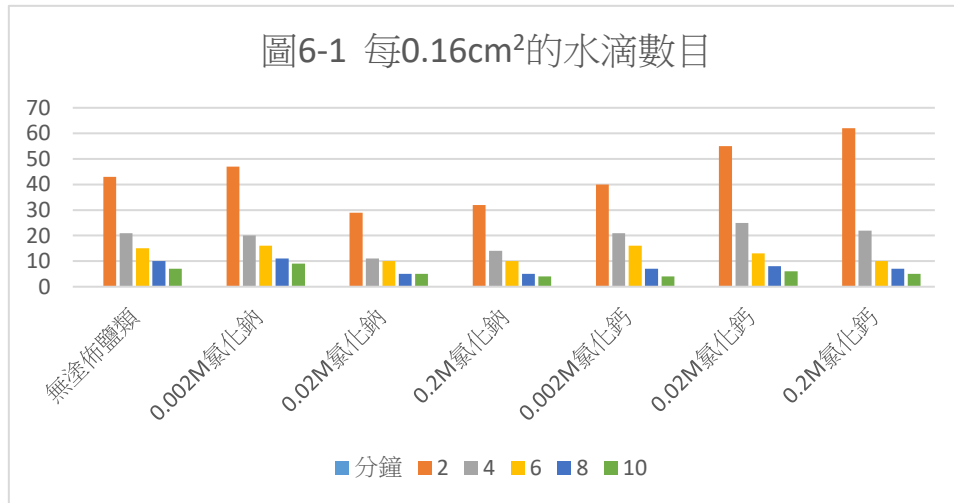
一、雲滴生成的狀況，隨時間增加而變大增加。當然起初是許多小水滴大量密集，但是隨時間的流逝，小水滴除了自己逐漸壯大之外，也會和其周圍靠近的小水滴互相融合變成大水滴。

以 0.002M 的氯化鈉為例，其成長過程如下。

表 6-1 0.002M 的氯化鈉的凝結核的水滴生長過程

起初	2 分鐘	4 分鐘	6 分鐘	8 分鐘	10 分鐘
					

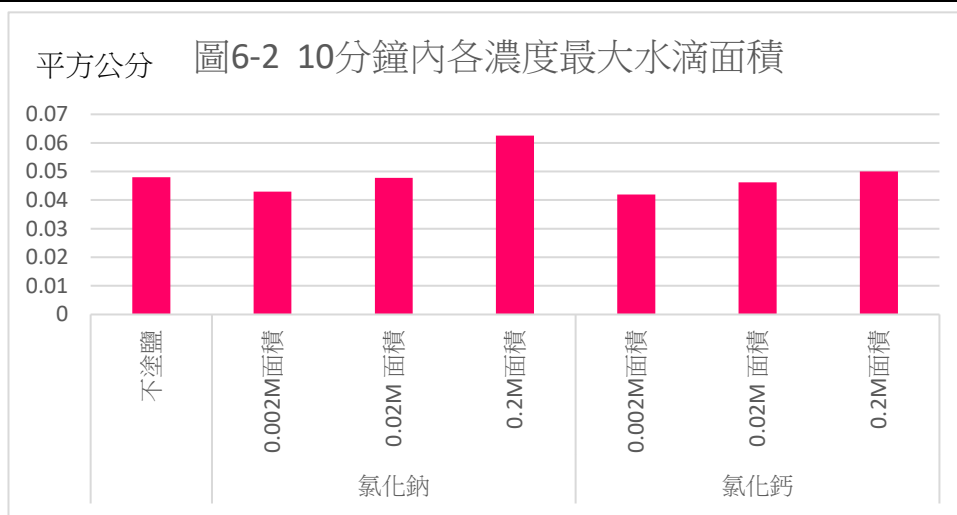
起初即為小水滴密集，10 分鐘後水滴顆粒大且粒粒皆清楚，變成大水滴，水滴的密集程度下降，且水滴間の間隔距離似乎有增加。但是每個時間點的相同面積的水滴數量看起來並不會因為鹽類濃度高就比較多。我們猜想，可能是水滴互相吸引發生融合。



二、所以承第一點，我們發現高濃度的海鹽造成的凝結核的確有讓水滴面積變大，我們合理推論是因為塗佈在壓克力板上的細微鹽粒密度高，接觸水蒸氣後形成小水滴，水滴成長過程中因距離太近而發生互相融合形成大水滴。所以我們發現高濃度的鹽類形成水滴面積比較大，的確是接近我們的推論。

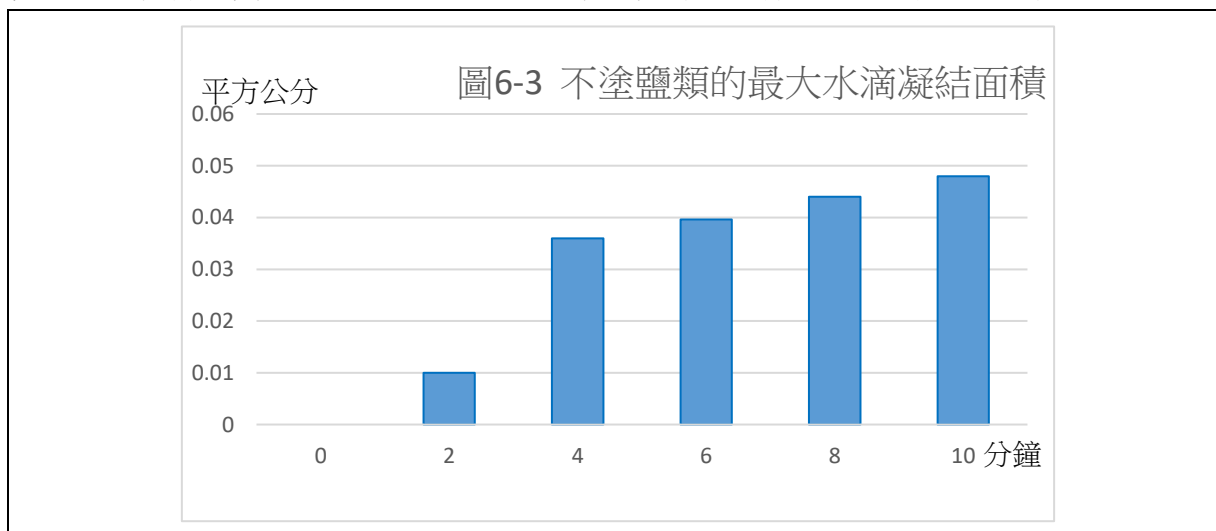
表 6-2 10 分鐘內的最大水滴面積(選取 0.16cm²，紅色框線內 0.4cm*0.4cm)

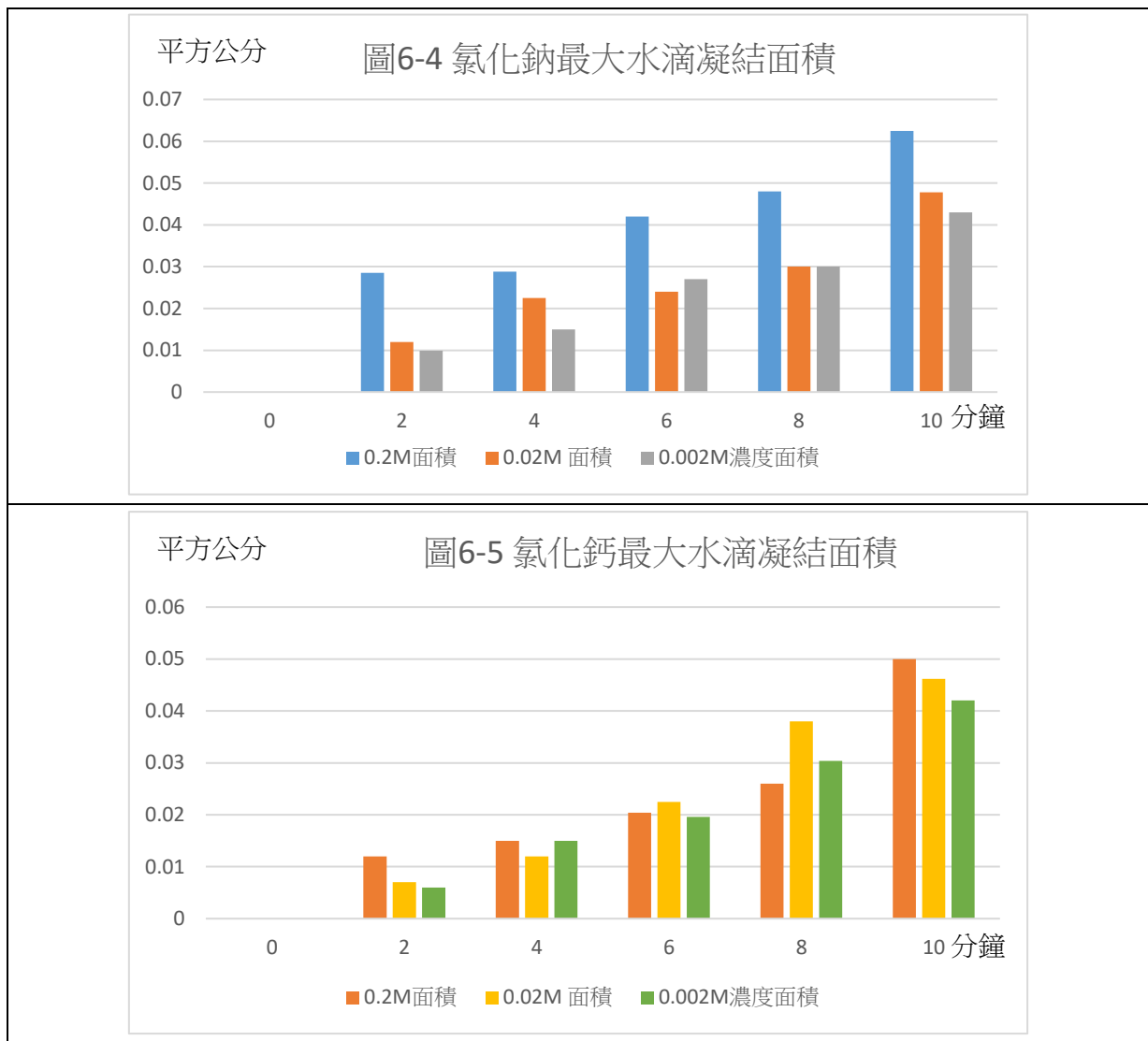
不塗鹽	氯化鈉			氯化鈣		
	0.002M 面積 cm ²	0.02M 面積 cm ²	0.2M 面積 cm ²	0.002M 面積 cm ²	0.02M 面積 cm ²	0.2M 面積 cm ²
0.047	0.043	0.0478	0.0625	0.042	0.0462	0.05



10 分鐘內我們發現產生水滴面積最大的是 0.2M 的氯化鈉，其次是 0.2M 的氯化鈣，其它的面積相差無幾。面積大小為：0.2M 氯化鈉 > 0.2M 氯化鈣 > 0.02M 氯化鈉 > 對照組 > 0.02M 氯化鈣 > 0.002M 氯化鈉 > 0.002M 氯化鈣

三、不同濃度的 NaCl 和 CaCl₂ 對水滴生成的是有影響的，鹽粒多，凝結核也多，形成水滴也多，形成大水滴的機率就更高。只是我們的對照組雖然有清洗過，但是肉眼看不到的微粒可能也影響了實驗的數據。而且，不論是哪一種，時間越長，水滴的面積越大。





所以在 10 分鐘內最大的水滴面積大小為：0.2M 氯化鈉 > 0.2M 氯化鈣 > 0.02M 氯化鈉 > 對照組 > 0.02M 氯化鈣 > 0.002M 氯化鈉 > 0.002M 氯化鈣

四、我們起初在預實驗中也發現，若是鹽水塗的不均勻，也會造成鹽粒分布不均勻的現象，也會影響實驗結果。

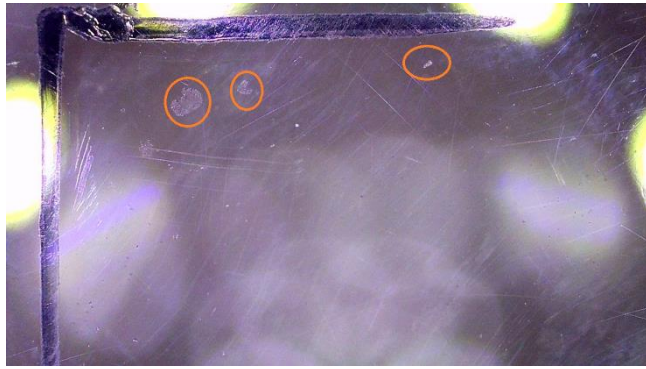


圖 6-6 鹽類分布不均勻

柒、結論

- 一、雲滴生成的狀況，隨時間增加而變大增加，但是數量會減少。
- 二、一開始許多小水滴大量密集，隨時間的流逝，小水滴除了自己逐漸壯大之外，也會和其周圍靠近的小水滴互相融合變成大水滴。所以水滴數量減少了，但是面積增加了。
- 三、塗有高濃度的氯化鈉和氯化鈣造成的凝結核的確有讓水滴面積變大。0.2M 的氯化鈉的確面積是最大的，其次是 0.2M 的氯化鈣的那組。10 分鐘內最大水滴面積大小為：**0.2M 氯化鈉 > 0.2M 氯化鈣 > 0.02M 氯化鈉 > 對照組 > 0.02M 氯化鈣 > 0.002M 氯化鈉 > 0.002M 氯化鈣**
- 四、塗布鹽類水溶液在壓克力板上的濃度越高，乾燥後形成細微鹽粒密度也會高，接觸水蒸氣後形成小水滴，水滴距離太近而發生互相融合形成大水滴。所以我們發現高濃度的鹽類形成水滴面積比較大。
- 五、鹽分的濃度增加的確能成為凝結核增加水滴的凝結。

捌、參考資料

1. 鄭丞佑、謝函叡 類暖雲雲滴成長之探討 高級中等學校組 地球與行星科學科 57 屆全國科展 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/051903.pdf>
2. 宋曜勳、邱柏鈞探究雲滴成長過程是否具潛在的規律 高級中等學校組 地球與行星科學科 63 屆全國科展 <https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=19539&sid=19715>
3. <https://smctw.tw/9628/>
4. 台灣科技媒體中心 <https://smctw.tw/9628/>
5. <http://gis.geo.ncu.edu.tw/gis/globalc/chap0306.htm>