

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 地球科學科

團隊合作獎

030513

是晴天霹靂還是雷雨交加？

學校名稱：高雄市立陽明國民中學

作者： 國二 李尹瑄 國二 游禹樂 國二 黃庭筠	指導老師： 侯依伶 陳佳蒂
---	-----------------------------

關鍵詞：天氣、閃電、相對溼度

摘要

本研究探討閃電的發生與環境變因的關係，主要可以分成兩個部分：第一部份我們先分析各地的落雷閃電發生次數，比較不同季節、地形、地理位置及不同天氣狀況，例如冬季冷鋒過境時的鋒面雨、春末夏初 5 月到 6 月的梅雨季、夏季 8 月西南氣流強降雨事件中的閃電次數，並依當時環境因素進行推測。第二部分，我們進行有關閃電的模擬實驗，在封閉的保溫玻璃箱中試著改變不同的溫度和濕度，對實驗的結果進行討論、分析，找出影響閃電發生的環境因素。

壹、研究動機

天空中的世界離我們十分遙遠，與我們的關係卻十分緊密，而台灣常常有很多閃電發生，雨季時更是常常被突然的閃電嚇到，或是頻頻看到有人被閃電劈中的悲傷新聞，雷擊也可能造成電器用品的損壞，如果我們能掌握雷擊發生時的情況，了解雷擊容易發生的時間、地點及環境，那麼我們就能避免發生雷擊後的悲慘後果了。因此我們以探討閃電為此科展主題，希望藉由分析與實驗後，獲得與閃電相關的知識。

貳、研究目的

本研究擬透過分析台灣地區閃電發生的情形來了解閃電發生的環境因素，並以模擬實驗的方式探討溫度、濕度、上升氣流對閃電發生的影響。

參、研究問題

根據研究目的，我們擬定了以下 7 個研究問題：

- 一、不同年度發生閃電的次數有何異同？
- 二、閃電發生與地形的關係為何？
- 三、閃電發生與降雨量的關係為何？
- 四、不同天氣系統的降雨型態與閃電發生的關係為何？
- 五、如何製作閃電發生器？
- 六、閃電發生與環境溫度、濕度的關係為何？
- 七、閃電發生與上升氣流的關係為何？

肆、文獻探討

一、閃電形成

閃電，在大氣科學中指大氣中的強放電現象。在夏季的雷雨天氣，雷電現象較為常見。它的發生與雲層中氣流的運動強度有關。冬季下雪時也可能發生雷電現象，但是發生機會相當微小。

根據靜電感應假說，在上升氣流旺盛之處所形成的積雨雲中，冰晶的形成以及冰晶之間的相互碰撞，使得冰晶的電子逐漸流失，而漸帶正電；得到電子的冰珠，則因此帶負電。又因兩者在溫度、質量上的不同，使得積雨雲的雲頂逐漸累積正電、雲底則蓄積負電。當兩處的電量均蓄積到一定程度，電流(電子流)便會強行穿過空氣，於 1/100~1/1000 秒的極短時間內，產生最大可達十億伏特的巨大閃電。因放電位置不同，閃電大致可以分為一雲對空、雲中與雲對地等三種。(文獻 1)。

二、環境對閃電發生的影響

(一) 季節的影響

1. 7 月及 8 月進入盛夏，為颱風發生頻率最高的季節，受西南季風和局部環流的影響，午後對流和落雷發生的頻率也達到最大，兩個月所累計的次數共佔全部落雷比重的 46.4 % (文獻 2)。
2. 以 7、8、9 三月(夏季)出現雷擊次數較多，而 10 月到隔年 5 月幾乎沒有觀測到(文獻 3)。

(二) 時間的影響

1. 最多閃電發生最頻繁的時間皆落在午後時段，4 月至 10 月的 12 時至 18 時，但是北部閃電發生最頻繁的時間多在下午 3 時至 4 時，中部及南部閃電發生最頻繁的時間則在下午 4 時至 5 時之間，較北部發生時間晚 (文獻 2)。
2. 雷擊發生的機會，下午比早上容易出現，以 16~18 時出現雷擊次數較多 (文獻 3)。

(三) 地點的影響

1. 陸地上閃電發生的次數較海上為多，且臺灣西半部比東半部地區多(文獻 2)。
2. 雷擊發生時，地面的氣溫多介於 25°C 到 33°C 之間，而相對濕度則多是在 60%以上，雷擊發生時的氣溫越高，相對濕度則較低。反之，當氣溫較低時，就需要有較高的相對濕度，才比較有可能發生雷擊的機會 (文獻 3)。

三、歷屆科展分析

(一) 電光石火-閃電之色彩研究

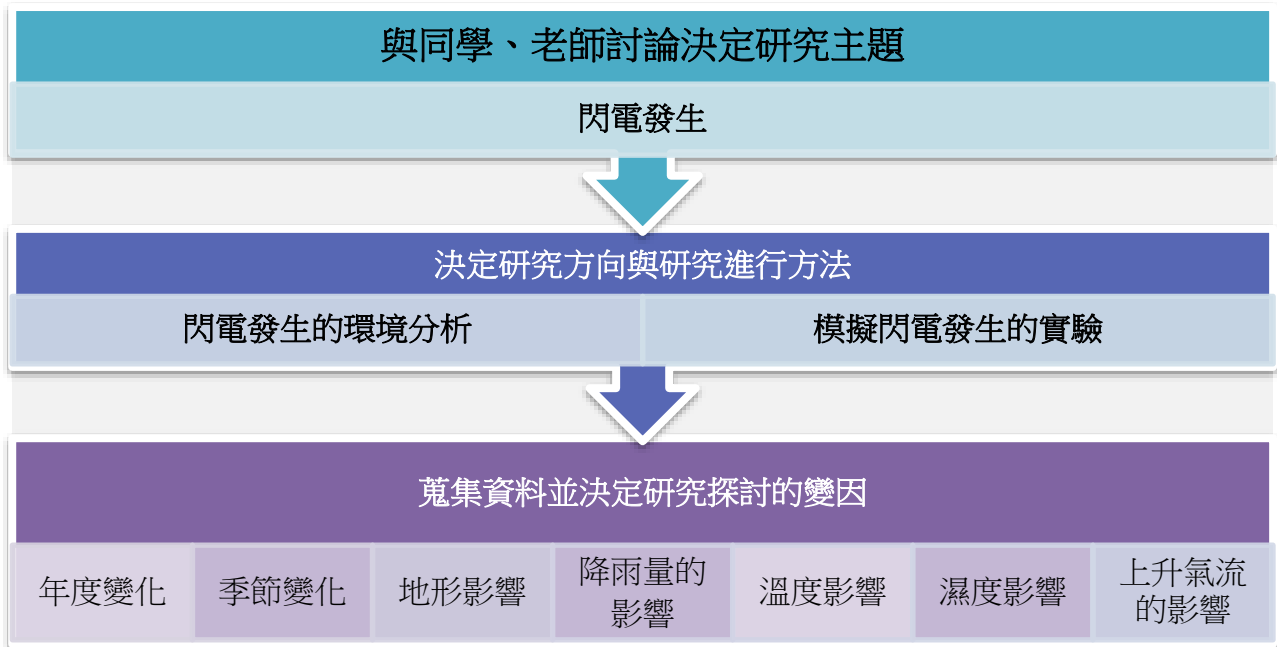
主要研究閃電的顏色，並利用萊頓瓶儲存電量，自製起電機製造閃電。

(二) 好閃，別對我放電

嘗試多種方法製造閃電，電蚊拍、電子點火槍，或將放電處放置到顯微鏡和針筒中，最終使用電容和起電器發電。

伍、研究方法

一、 研究流程



二、 研究工具

本研究使用的研究工具包括了：

(一) 閃電發生的環境分析：

台電民國 102 年度～107 年落雷資料、中央氣象局 107 年氣象資料、電腦、台灣地圖。

(二) 模擬閃電發生的實驗部分：

1. 高壓放電裝置部分：電源供應器、電線、鱷魚夾、電蚊拍內部電路、電容、電路板
2. 放電環境設置部分：自製保溫箱、溫濕度計、冰塊、乾冰、食鹽、吹風機、噴霧器、水霧器、電源供應器、電線、鱷魚夾。

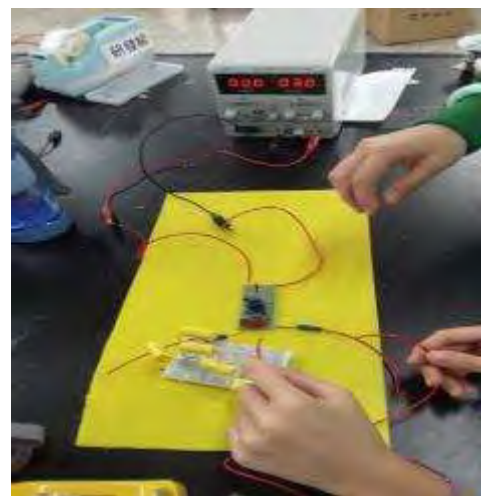


圖 1：模擬閃電發生正式實驗的裝置

陸、研究結果

一、閃電發生位置與環境分析

為了進一步了解閃電發生與環境的關係，我們利用台灣電力公司公布的閃電發生資料和中央氣象局的天氣紀錄進行分析。

(一) 不同年度的閃電發生次數比較

我們使用台電網站的數據做了分析，從 102 年度到 107 年度，分各季各地，比較閃電的多寡，嘗試找出影響閃電多寡的原因。

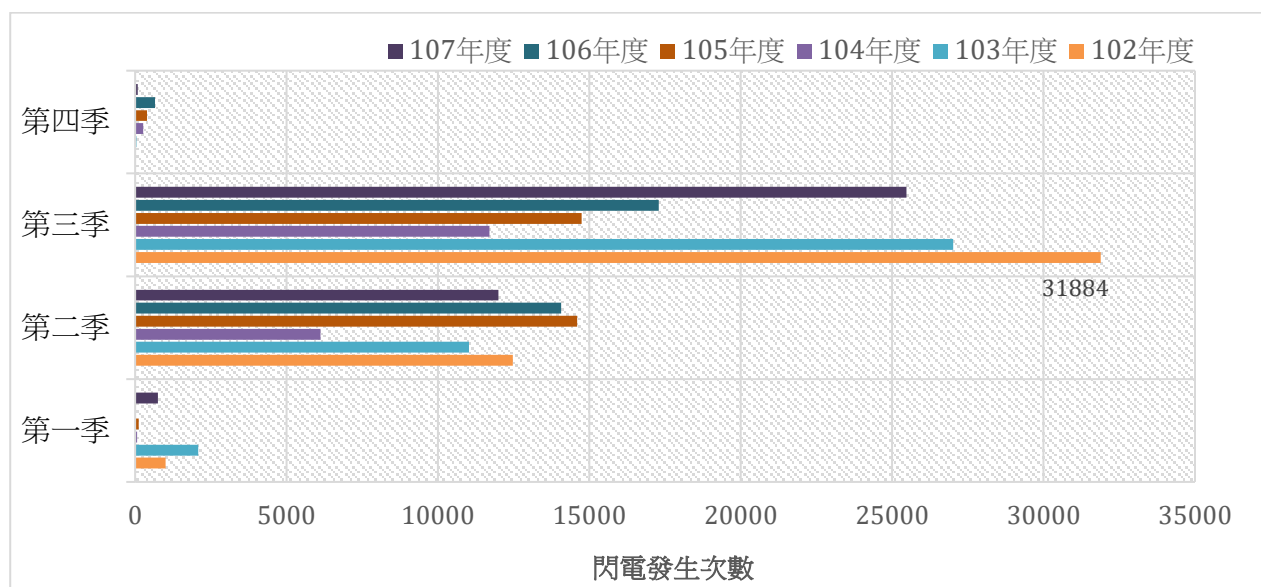


圖 2：102 年～107 年各季閃電發生次數長條圖

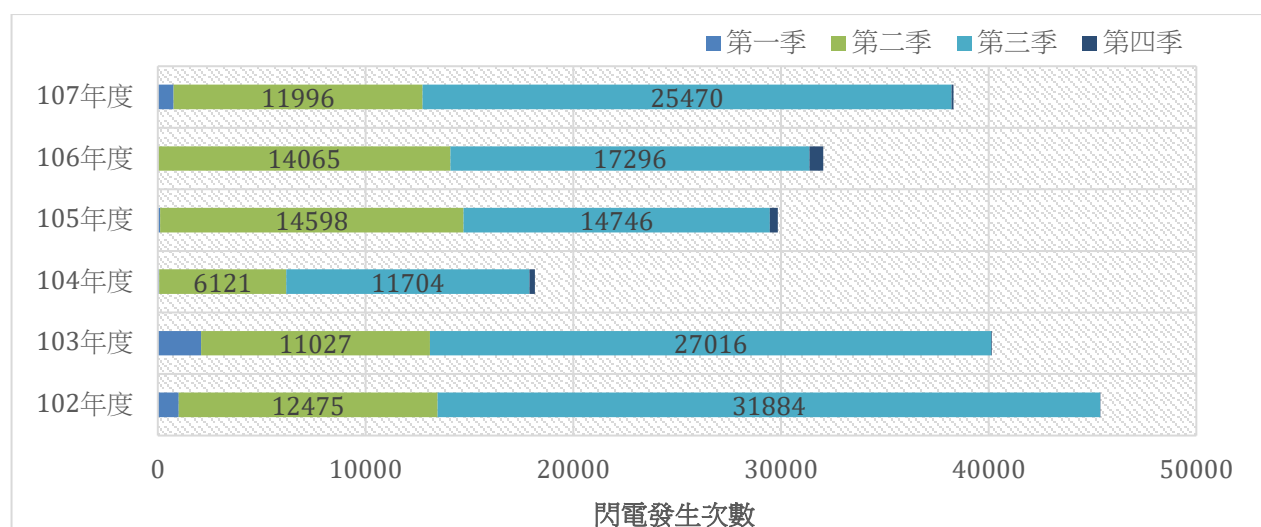


圖 3：102 年～107 年各季閃電發生次數堆疊圖

註：第一季：1-3 月 第二季：4-6 月 第三季：7-9 月 第四季：10-12 月

分析結果發現：

1. 第三季(7 月、8 月、9 月)是閃電發生次數最多的，其次為第二季(4 月、5 月、6 月)。
2. 第一季(1 月、2 月、3 月)和第四季(10 月、11 月、12 月)是閃電發生次數大幅減少。
3. 第一季的閃電次數偏少，其中 103 年度的較其他年度多。
4. 102 年、103 年、107 年度第三季的閃電次數較其他年度多出很多，其中 102 年度第三季的閃電次數高達 31884 次。
5. 104 年度第二季和第三季的閃電次數明顯都較其他年度少，整年的閃電發生次數明顯少於其他年度。
6. 105 年度第二季在五年度中是最多的。

對照中央氣象局歷年各月的氣候監測報告資料可以發現：

1. 102 年、103 年的梅雨鋒面雖多，但降雨都不強，反而是在第三季分別有天兔颱風與鳳凰颱風、麥德姆颱風影響台灣
2. 104 年第二季只有在 5 月中有一波明顯的梅雨鋒面與西南氣流的降雨，其他日子天氣晴朗居多，降雨不明顯。8 月初蘇迪勒颱風造成全台明顯的降雨。
3. 105 年 4 月受鋒面影響時間較長，且全臺有雨，其中 22 日新北市山區熱對流發展旺盛，局部地區有豪雨。5、6 月受到多波鋒面、對流雲系、西南氣流的影響，降雨狀況相當明顯。
4. 106 年只有在 6 月有 2 波梅雨鋒面及西南氣流降雨事件

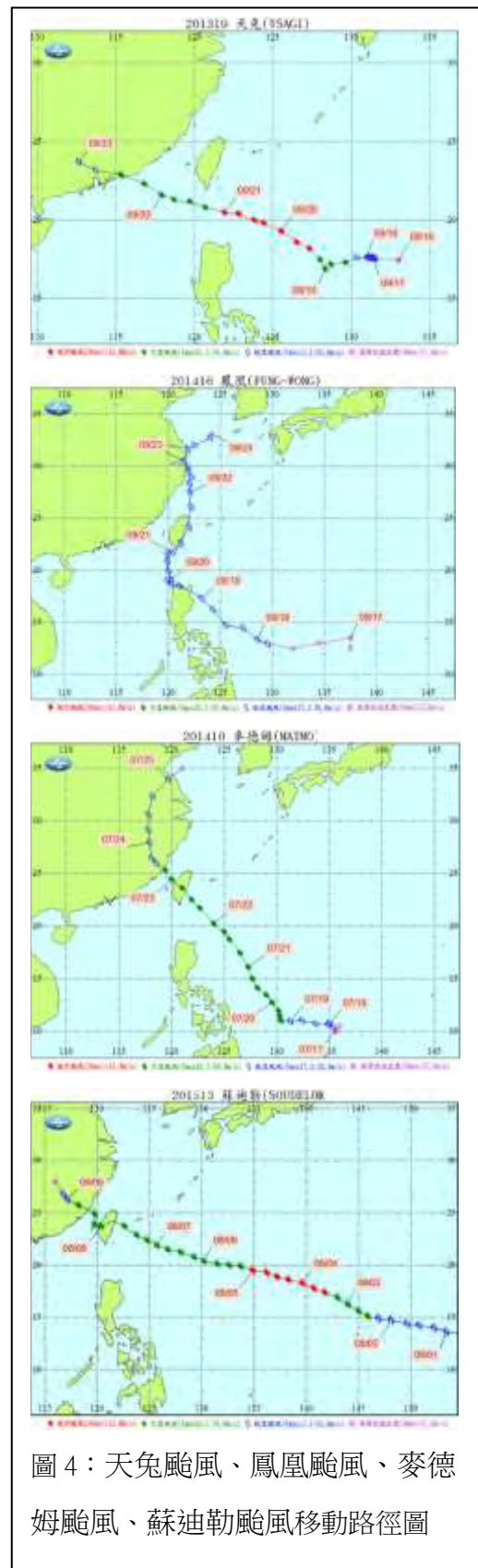
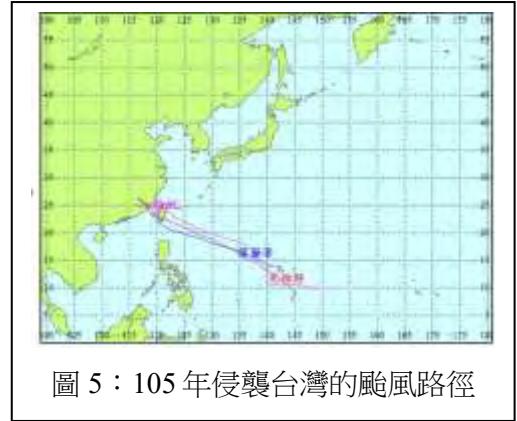


圖 4：天兔颱風、鳳凰颱風、麥德姆颱風、蘇迪勒颱風移動路徑圖

5. 107 年最明顯的降雨事件是 8 月中下旬受大規模西南氣流影響，下雨範圍較廣且量多。

綜合上述分析結果：

1. 我們發現閃電次數較多的時間與台灣容易降雨的月份重疊，且鋒面、颱風、西南氣流的發生都有可能是導致閃電次數大爆發的原因。
2. 氣象分析的資料也發現 105 年第三季分別有尼伯特、莫蘭蒂、梅姬等 3 個颱風侵台，卻也沒有產生巨量的閃電。



3. 從閃電發生的機制研判，地區性因為熱對流而發生的午後雷陣雨應該也與閃電發生密切相關，但因為我們無法取得這部分的資料，故無法討論其關聯性。

(二) 閃電發生次數與地理位置的關係比較

分析 102 年度~107 年度不同區域的資料(圖 6、圖 7)，結果發現：

1. 整體而言，從 102 年至 107 年間，台灣各區域發生閃電次數的分配比例相當固定。
2. 南部區域和中部區域發生閃電的次數大約相當，各約佔每年總發生次數的 40%，北部和東部發生閃電的次數都相當少，各約佔每年總發生次數的 10%。
3. 102 年~105 年在南部發生的閃電次數略大於中部，而 106 年和 107 年度則是中部略大於南部。
4. 105 年和 107 年北部區域發生閃電的次數較多，佔整年發生閃電次數的比例提高至約 20%。
5. 104 年度閃電總發生次數雖然較少，但區域分配比例與其他年度相似。

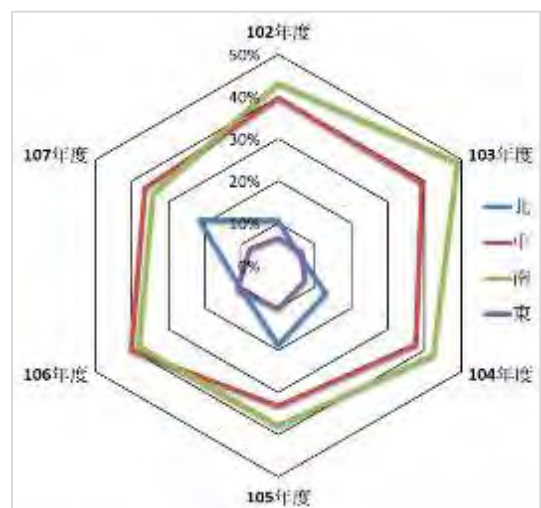
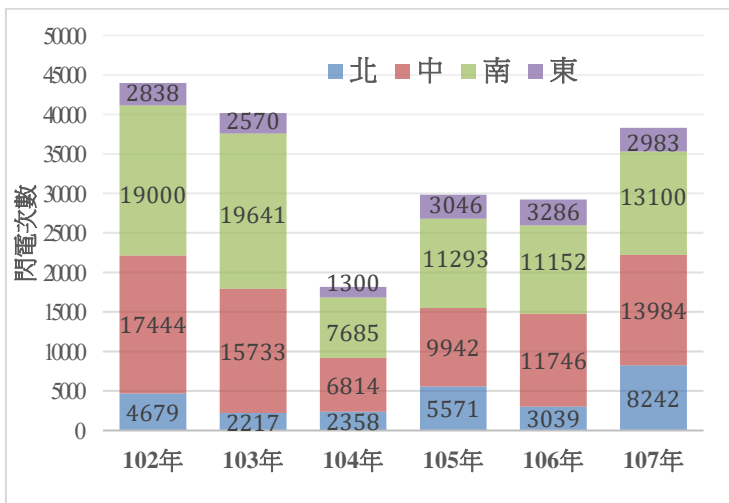
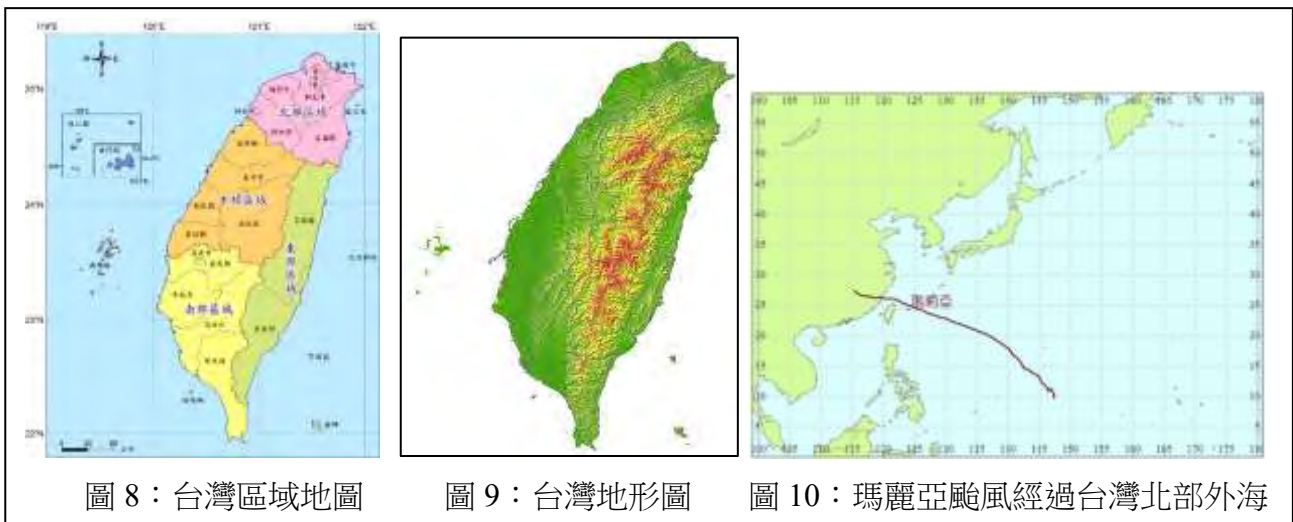


圖 6：102 年～107 年各區域閃電發生次數堆疊圖 圖 7：102 年～107 年各區域閃電發生
次數比例

註：北部區域包括：基隆市、台北市、新北市、桃園市、新竹市、新竹縣、宜蘭縣；中部區域包括：苗栗縣、台中市、彰化縣、南投縣、雲林縣；南部區域包括：嘉義市、嘉義縣、台南市、高雄市、屏東縣；東部區域包括：花蓮縣 台東縣。

對照台灣區域圖(圖 8)、地形圖(圖 9)與中央氣象局資料，我們推測：

1. 因為中部區域和南部區域的山地地形較多，可能是閃電次數較多的原因。
2. 雖然 107 年沒有任何一個颱風登陸台灣，但 瑪莉亞颱風在 7 月初影響台灣北部天氣，這可能是北部區域閃電發生次數增加的原因。



(三) 107 年度閃電發生次數與地形的關係比較

為了驗證閃電的發生與地形有關的假設，我們使用台電網站提供的 107 年度各鄉鎮地區分季落雷次數統計以及各鄉鎮位置的地圖，將閃電次數以分層設色法塗上不同的顏色。

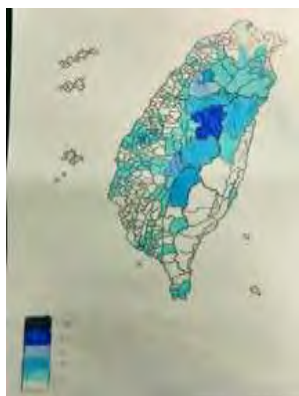


圖 11：107 年度第 1 季閃電分布圖(1~3 月)



圖 12：107 年度第 2 季閃電分布圖(4~6 月)



圖 13：107 年度第 3 季閃電分布圖(7~9 月)



圖 14：107 年度第 4 季閃電分布圖(10~12 月)

結果發現：

1. 整體而言，位在山地地形的鄉鎮落雷次數較多。
2. 由圖 11 可以看出，第一季閃電分布最多的地區是南投仁愛鄉，其次為苗栗泰安鄉、南庄鄉，這些鄉鎮以及其他閃電次數比較多的地區皆位於中央山脈以及雪山山脈地區。
3. 由圖 12 可以看出，第二季閃電發生次數最多的地方是宜蘭南澳鄉、大同鄉和花蓮秀林鄉，對照圖 9 的地形圖可以得知，此處位於中央山脈北端。另外新北的烏來區和坪林區發生的閃電次數也相當多，這裡屬於雪山山脈的北段。
4. 由圖 13 可以看出，第三季閃電發生次數最多的地方是嘉義阿里山鄉以及雲林古坑鄉。和第二季相比，第三季閃電發生次數較多的鄉鎮有向西、向南移動的趨勢，在西南部的一些平原鄉鎮也出現了超過 100 次以上的閃電紀錄。
5. 由圖 14 可以看出，第四季閃電發生次數相當少，除了屬於中央山脈山地區的花蓮萬榮鄉、南投信義鄉外，主要集中在西南部的丘陵地區。
6. 根據上述的分析我們發現，107 年度發生閃電的次數以山地最多、丘陵次之、平原最少。可以驗證閃電的發生會受到地形的影響。

(四) 107 年度冷鋒過境時的閃電分析

為了探討閃電發生與降雨量、降雨系統的關係，我們挑選了冷鋒過境、梅雨、西南氣流爆發等三個明顯的降雨系統進行分析。

我們從中央氣象局提供的氣候資料得知，107 年 1 月 9 日~13 日之間台灣發生寒流。在冷氣團南下之前，受到華南雲雨帶影響，使得冷鋒過境台灣時(1 月 6 日~9 日)造成全台明顯降雨(圖 15、圖 16)。我們決定以這次的降雨事件進行分析。

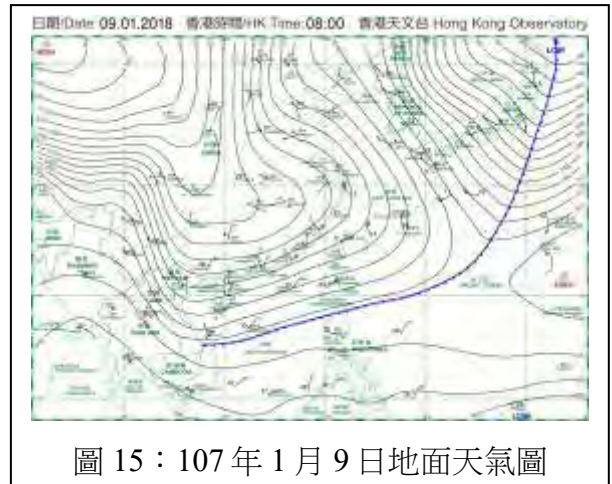


圖 15：107 年 1 月 9 日地面天氣圖

我們先從「政府資料開放平台」查詢到 107 年的所有落雷監測資料。挑選出 1 月 6 日~9 日、範圍在 120 °E~122 °E 以及 21.8 °N~25.4°N 之間的閃電紀錄，分別統計每 0.2 經度和 0.2 緯度的範圍內雲對雲閃電(IC)以及雲對地閃電(CG)的發生次數，記錄成圖 17，並以分層設色法分別將 IC 和 CG 的發生次數繪製成圖 18、圖 19。

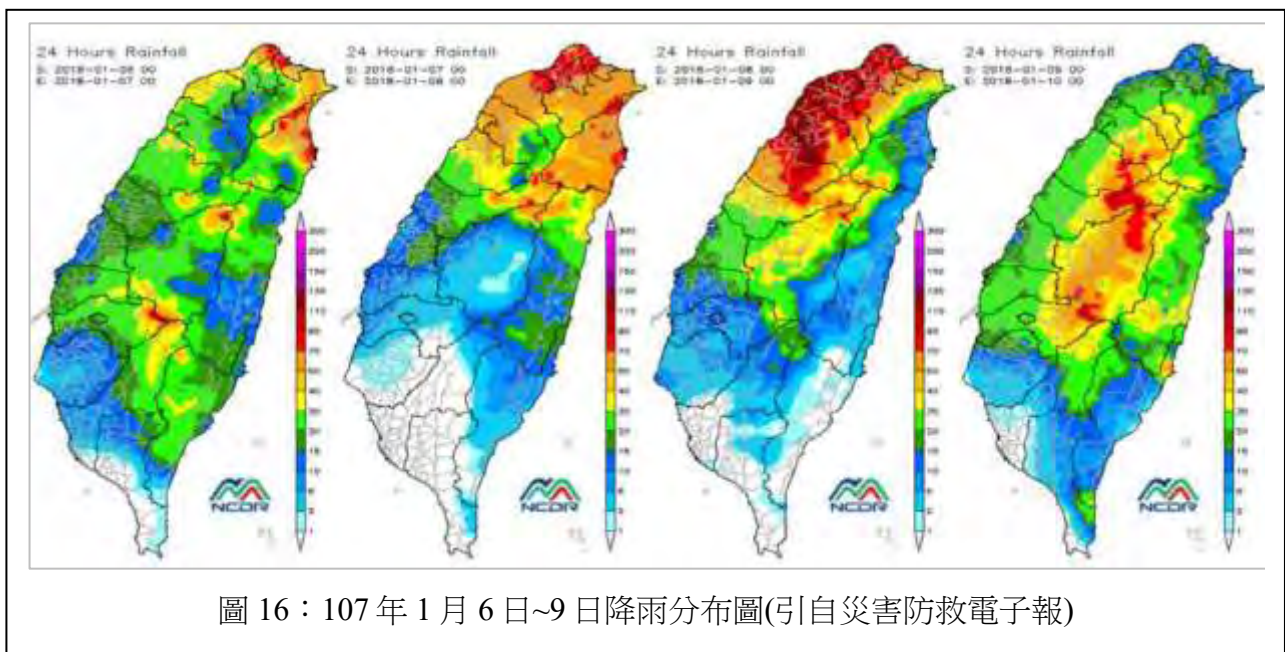


圖 16：107 年 1 月 6 日~9 日降雨分布圖(引自災害防救電子報)

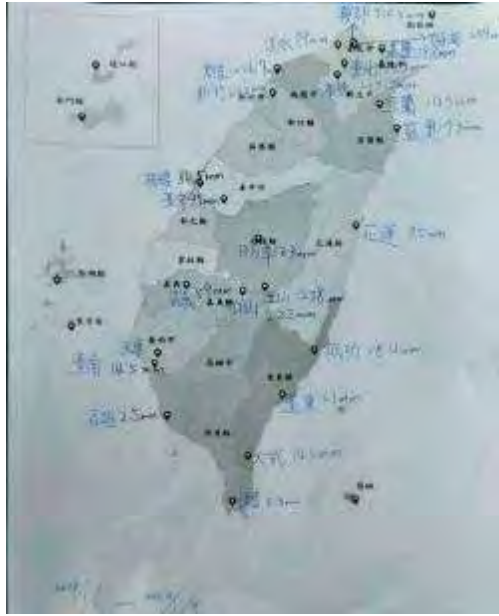


圖 17：107年1月6日到1月9日各地雨量分布圖

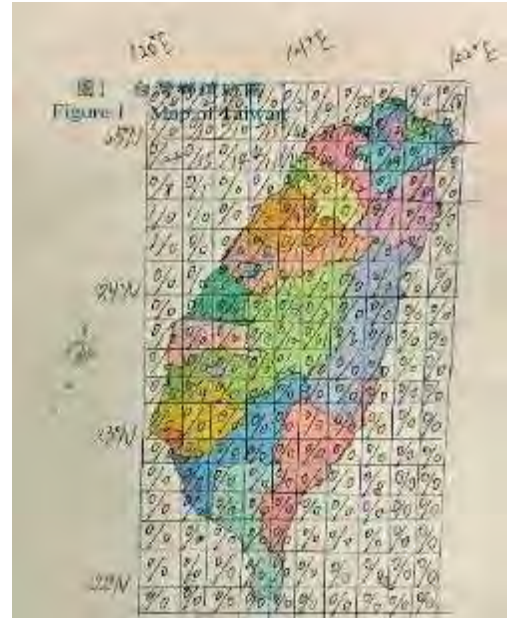


圖 18：107年1月6日到1月9日閃電分布情形

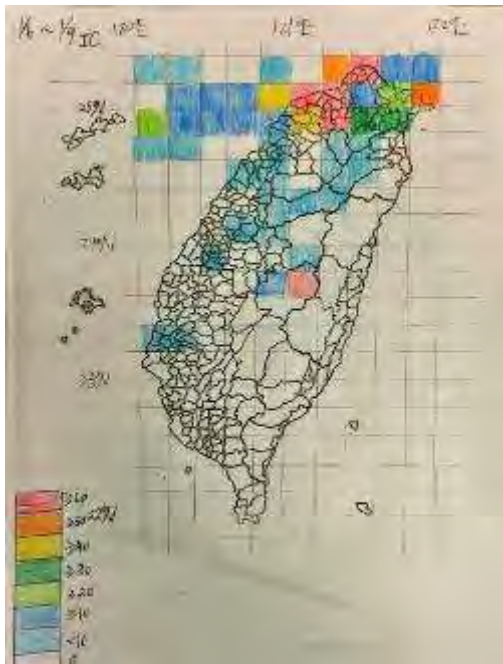


圖 19：107年1月6日到1月9日IC分布圖

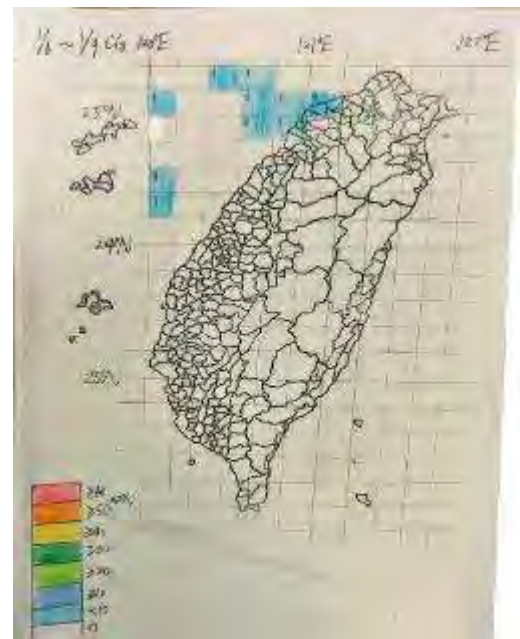


圖 20：107年1月6日到1月9日CG分布圖

對照降雨量與閃電的分布，可以得知：

1. 北部雨量較多，閃電也較多。南部地區雨量極少，也幾乎沒有閃電記錄。
2. 雪山山脈西側，降雨明顯量較南部多，IC 也較多。
3. 降雨量最多的測站位置和發生閃電次數最多的區域並沒有重疊，而是在外圍地區。
4. CG 只有在西北部的海上較多，但數量很少。
5. 東半部沿海的蘇澳、花蓮、成功、台東測站雖然都有降雨記錄，但卻沒有閃電記錄。

(五) 107 年度梅雨季時的閃電分析

107 年的梅雨季節相當的不明顯，根據氣象紀錄，我們選取發生在 5 月 7 日到 9 日(圖 21) 的降雨事件作為分析依據。因此我們依據前述的方法分別將降雨量以及閃電分布，整理成表 1、圖 22~圖 25，並進行相關分析。

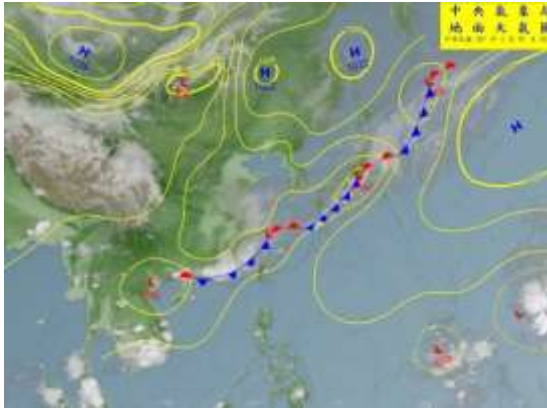


圖 21：107 年 5 月 7 日地面天氣圖

地點	基隆	淡水	台北	鞍部	竹子湖
雨量	22.5	59.5	32.1	29.5	22.9
地點	板橋	新屋	新竹	宜蘭	蘇澳
雨量	30.0	24.2	57.5	16.3	16.0
地點	台中	梧棲	日月潭	玉山	阿里山
雨量	72.0	67.0	71.0	135.0	79.5
地點	嘉義	台南	高雄	恆春	花蓮
雨量	44.0	83.4	58.0	3.5	11.5
地點	成功	台東	大武		
雨量	16.2	20.3	34.5		

對照降雨量與閃電的分布，可以得知：

1. 此波梅雨的降雨量不多，但閃電發生次數相當龐大
2. 平地測站中，位於西部的台中、梧棲、台南雨量較多，恆春及東部的雨量不明顯。
3. 中部山區的雨量也較多。
4. 幾乎全台都有記錄到 IC，以西北部和東南部最多。
5. CG 分布主要在新竹、苗栗外海以及台南、高雄外海，
6. 陸地的 CG 則主要在西部平原和東北角，台中、南投的山區有有較多的紀錄。
7. 東部降水少，閃電發生也不明顯。
8. 北部沿海降雨不多，CG 不明顯，但 IC 數量龐大。
9. 中部降雨明顯，但閃電發生次數不多。
10. 西北及東南部 IC 最多，但雨量少
11. 東南部及東北部雖然 IC 多，但 CG 少

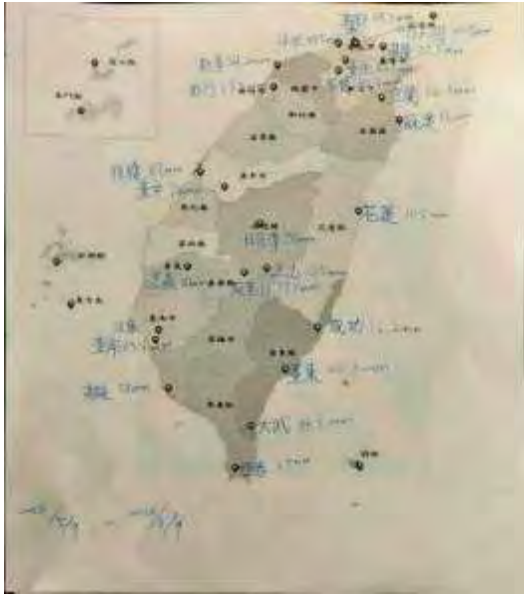


圖 22：107年 5 月 7 日到 5 月 9 日各地雨量分布圖



圖 23：107年 5 月 7 日到 5 月 9 日閃電分布情形

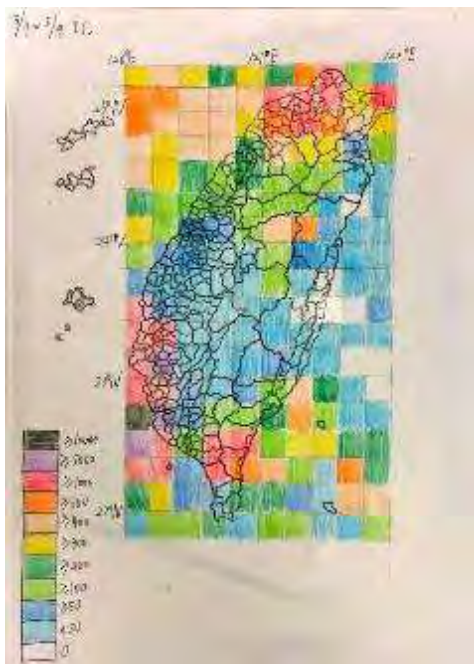


圖 24：107年 5 月 7 日到 5 月 9 日雲對雲閃電分布圖

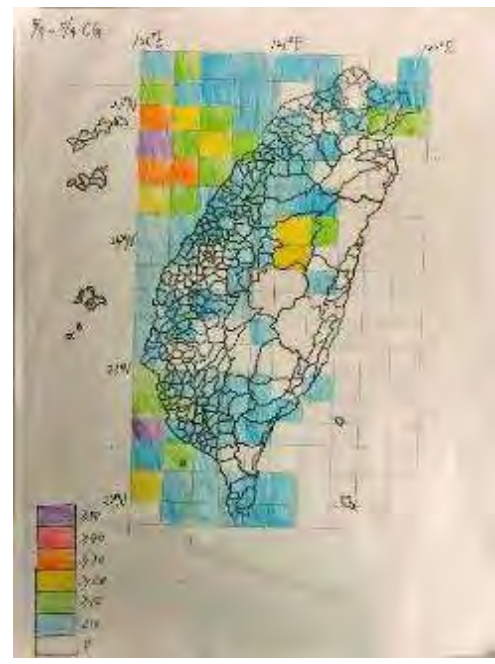


圖 25：107年 5 月 7 日到 5 月 9 日雲對地閃電分布圖

(六) 107 年度西南氣流爆發時的閃電分析

我們也選擇了 107 年 8 月 23 日到 29 日台灣地區因受到熱帶性低氣壓和西南氣流影響(圖 26)，發生強降雨事件(圖 27)來分析降雨和閃電發生的關係。

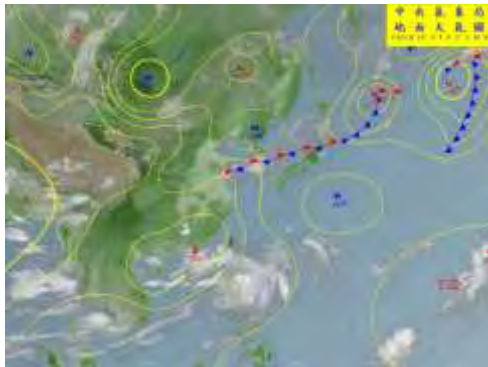


圖 26：107 年 8 月 27 日地面天氣圖

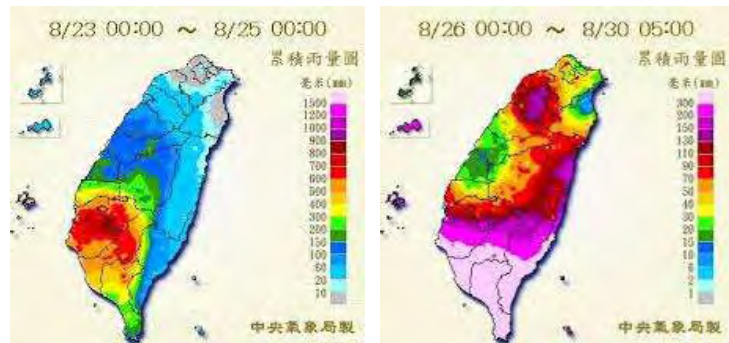


圖 27：8/23~8/25、8/26~8/30 累積雨量分布圖

比較降雨量與閃電的分布，可以得知：

1. 雨量以南部最多，東北部最少，
2. IC 及 CG 以東北部沿海最多。
3. IC 多的地方，CG 也比較多。
4. 雨量非常多的南部(包括東南與西南)，閃電次數跟東部地區差不多。
5. 北部雨量特別突出的新竹，閃電次數沒有特別突出。

表 2：107 年 8 月 23 日到 29 日各地降雨量(mm)

地點	基隆	淡水	台北	鞍部	竹子湖
雨量	11.9	43.5	59.5	122.0	62.7
地點	板橋	新屋	新竹	宜蘭	蘇澳
雨量	85.2	122.9	196.5	2.8	27
地點	台中	梧棲	日月潭	玉山	阿里山
雨量	197.5	325.0	233.0	344.5	516.0
地點	嘉義	台南	高雄	恆春	花蓮
雨量	695.5	993.0	1208.5	780.5	148.5
地點	成功	台東	大武		
雨量	453.4	458.4	552.5		



圖 28：107 年 8 月 23 日到 8 月 29 日閃電分布情形

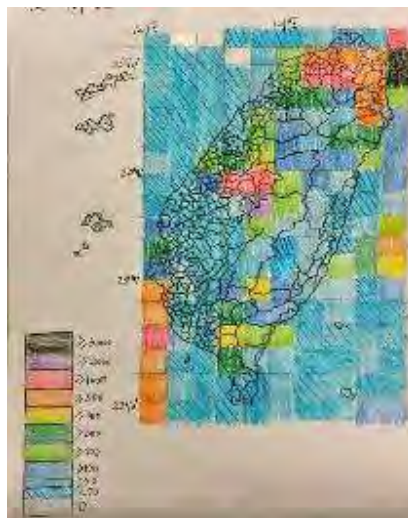


圖 29：107 年 8 月 23 日到 8 月 29 日雲對雲閃電分布圖

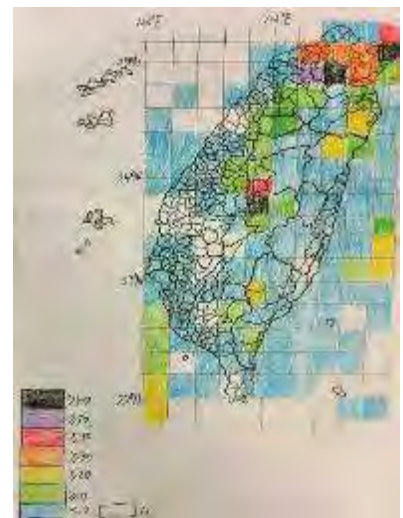


圖 30：107 年 8 月 23 日到 8 月 29 日雲對地閃電分布圖

二、模擬閃電發生的實驗設計及修正過程

為了製造出可以進行模擬環境溫度和濕度改變的閃電發生裝置，我們進行了許多不同的嘗試和修正：

(一)萊頓瓶的製作

剛開始我們想用萊頓瓶的尖端放電來做閃電。

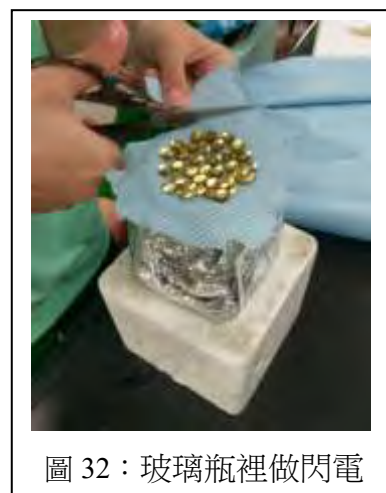
1. 設計方法：首先將兩個杯子的外圍包上鋁箔，剪一條長方形鋁箔，尾端剪成鋸齒狀，將長方形鋁箔一端夾在兩杯子之間，一端露出在杯外。拿 PVC 管摩擦靜電布接觸尖端。
2. 實驗器材：鋁箔紙、靜電布、塑膠水管、塑膠杯、驗電器
3. 測試結果：用手接觸----感覺不到電流，且靜電易散，儲存不易。



(二)玻璃瓶裡做閃電

我們在蒐集資料時發現 Youtube 網站中有一個在玻璃瓶中製作閃電的方法。我們認為假使可以在玻璃瓶中製作出閃電，那就可以改善儲存不易以及環境溫度。

1. 設計方法：在玻璃瓶中放鋁箔，接近瓶蓋。置一防靜電布於瓶口，在其上面插密集的大頭針，用摩擦後的氣球接觸瓶蓋。
2. 實驗器材：有鐵蓋的玻璃瓶、防靜電布、大頭針、鋁箔紙、靜電棒。
3. 測試結果：靜電太小，且不穩定，無法在瓶內看到閃電。我們推測應該是氣球電量太少，不足以產生閃電，所以改用靜電棒代替氣球。
4. 修正結果：只有靜電「啪啪」聲，而在電擊一段時間後，有時會看到白色微小電流，但無法在瓶內看到閃電。



(三)以特斯拉線圈進行的尖端放電實驗

因為我們需要能產生更大電量的裝置，才能進行操作變因的改變，在老師的建議下，我們改用較穩定的特斯拉線圈進行實驗。特斯拉線圈是一種使用共振原理運作的變壓器，能用來生產超高電壓但低電流、高頻率的電力，能產生尖端放電，形成如同閃電般的藍光。



圖 34：特斯拉線圈

1. 設計方法：

(1)由於用日光燈管靠近特斯拉線圈時，會發生電磁感應，使燈管發亮，可以使用照度計測量燈管的亮度，用來代表尖端放電的電量大小。

(2)將特斯拉線圈置於玻璃箱內，並改變內部環境溫度與濕度，紀錄在不同環境中，燈管亮度的變化。

(3)本實驗需使用亮度計，需在陰暗處操作。

2. 實驗器材：特斯拉線圈、冰塊、熱水、鋁箔紙、玻璃盒、酒精溫度計、燈管、流明計。

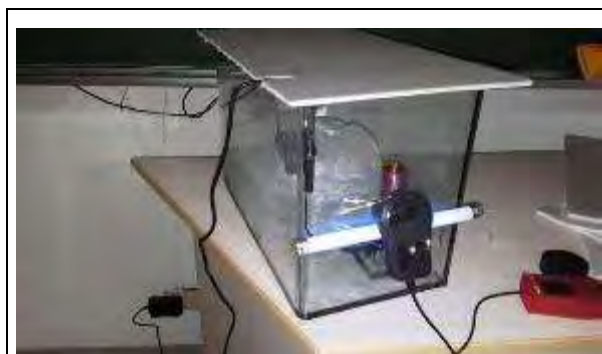


圖 35：尖端放電實驗裝置

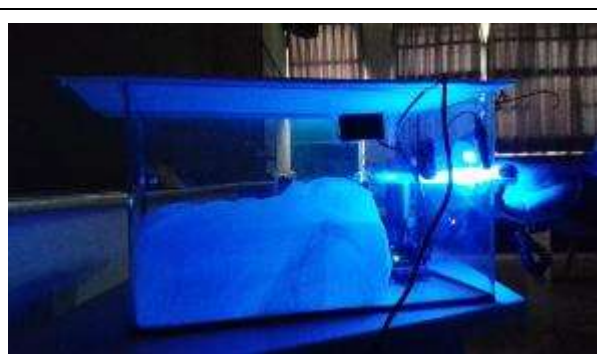


圖 36：尖端放電實驗進行狀態

3. 測試結果：使用冰塊降溫效果不明顯，玻璃盒內溫度變化不大，且亮度計上數據大致相同。推測可能因為玻璃保溫效果不佳，所以我們嘗試改使用保冰袋做實驗。

4. 第一次修正與結果：因為改用不透明的保冰袋做實驗，所以將日光燈管、照度計和特斯拉線圈都一起放進保冰袋內部。結果發現將線圈放入袋，尖端放電處沒有閃電產生，燈管也就不會發光了。詢問老師之後，才知道保冰袋的塑膠和泡棉



圖 37：以保冰袋進行實驗

材質容易把電帶走，導致特斯拉線圈無法放電。而玻璃則較沒有此問題，因此我們決定幫玻璃箱做一些保溫措施，再次進行實驗。

5. 第二次修正與結果：為了解決保溫問題，我們在玻璃盒外黏貼了一層泡泡紙和保麗龍；另外也放棄了使用流明計測量燈管亮度的方法，決定使用更直觀的方式-----觀察電弧。用鋁箔包起保麗龍，放在線圈尖端放電處旁，使其產生電弧，觀察其長短，便可測得閃電之大小。結果發現這樣的實驗裝置產生的電弧太小，不容易用尺測量。

6. 第三次修正與結果：因為產生的電弧太短，很難測量，我們就嘗試拿紙、紙板、木頭等易燃物質靠近電弧，試看看能不能用易燃物質的燃燒情形推論放電量的多寡。但是紙跟紙板太容易起火，容易發生危險，而木頭則是燃燒的時間不好控制。因此都不是理想的測量方法。



圖 38：玻璃盒的保溫裝置

(四)以電蚊拍的內部電路進行實驗

1. 設計方法：將電蚊拍的內部電路拆下來進行放電，並改變電線間的距離，紀錄是否有放電現象發生。

2. 實驗器材：電蚊拍內部電路、乾電池

3. 測試結果：發現一個電蚊拍電路板電壓不夠，兩端電線幾乎要接觸才能放電。

4. 第一次修正與結果：改用三個電蚊拍串聯，增加電壓。結果發現使用電池供電會有電池電壓持續下降的問題，造成供電不穩定。而且使用三個電蚊拍電路串聯放電，常會電壓太大回灌，導致內部零件毀損。因此我們改使用電源

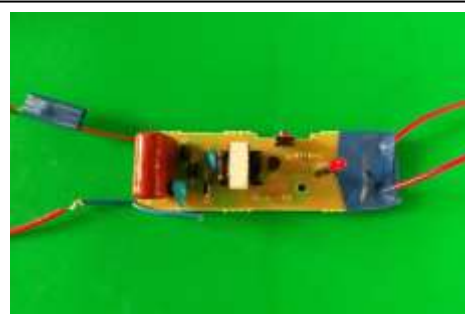


圖 39：電蚊拍的內部電路



圖 40：串聯三個電蚊拍的裝置

供應器供電，並連接額外連接電容裡，將電儲存再電
容中，再由電容提供電能，進行實驗，希望能提高實
驗的穩定性。

- 第二次修正與結果：使用電蚊拍內部電路將串連的電
容充電，再取兩條電線接觸電容進行放電，當放電情
形穩定後，將裝置放入密閉盒子中，以冰塊、乾冰、
噴霧器、吹風機等物品改變玻璃盒子中的溫度與濕
度，測量不同溫度、濕度對放電產生的影響。

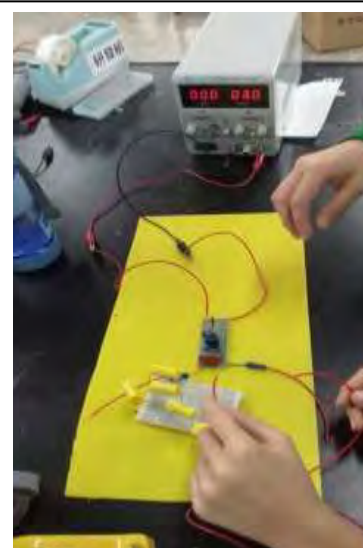


圖 41：正式實驗裝置

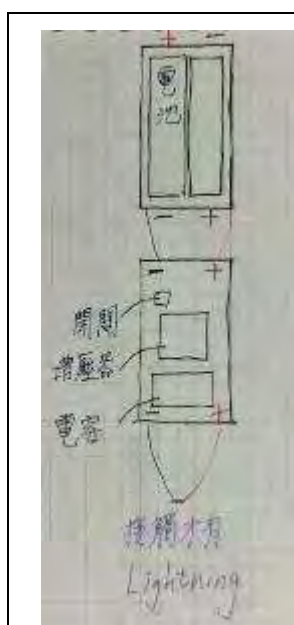


圖 42：第一代電路圖

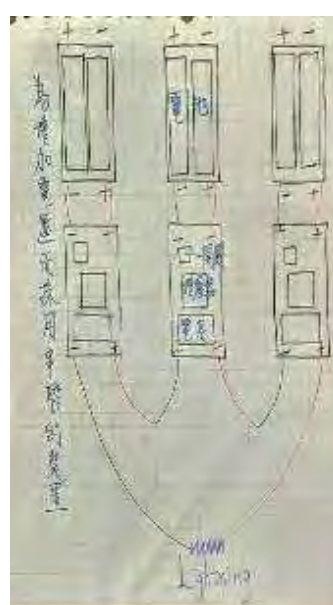


圖 43：第二代電路圖

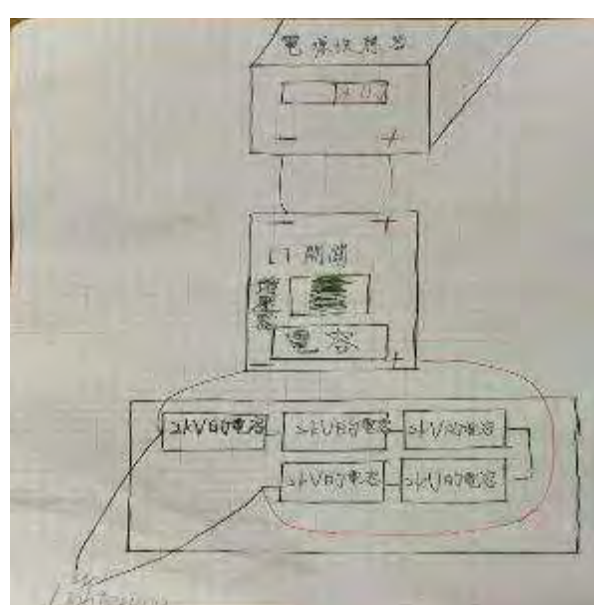


圖 44：第三代電路圖

(五)利用水霧製造器增加玻璃盒子內的相對濕度

我們使用噴霧器、乾冰、冰塊改變玻璃盒子內的濕度和溫度，進行實驗的過程中，經常遇到在低溫情況下，濕度無法順利上升的狀況，所以我們使用了水霧製造器來增加空氣中的濕度，並重新進行實驗，比較有使用水霧器的實驗和原先的實驗結果有何差異？

(六)利用風扇製造上升氣流的實驗

我們由文獻資料得知，在上升氣流旺盛的積雨雲中，較容易發生閃電，所以我們想進一步探討增加空氣的上升運動會不會影響閃電發生的頻率？。

1. 實驗器材：電蚊拍內部電路、電容、電源供應器、水霧器、電腦用的散熱風扇。
2. 設計方法：使用風扇將水霧抽起，以模擬積雨雲內部的上升氣流，並將用來放電的電線放在水霧器與風扇之間，改變溫度和濕度，反覆進行實驗。



圖 45：第三代電路圖

三、閃電發生與溫度、濕度的關係

(一)實驗方法：

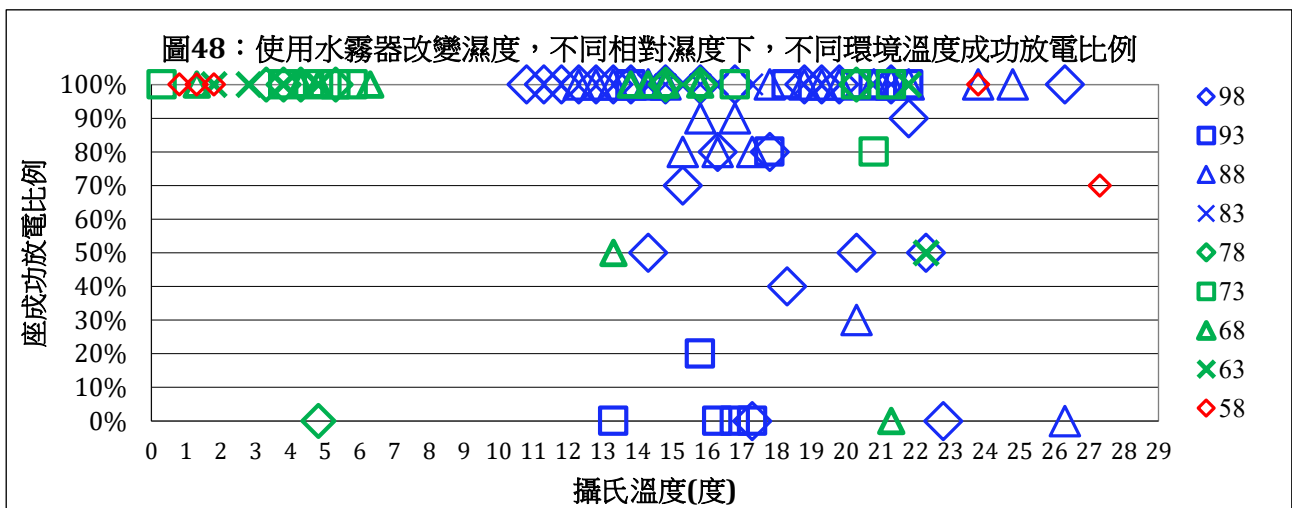
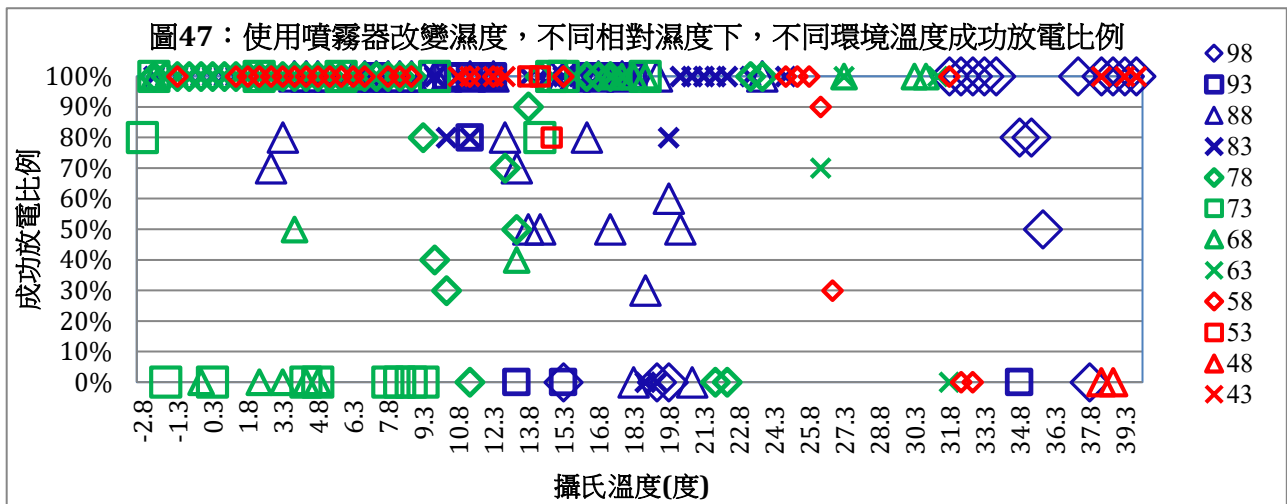
1. 經由反覆的測試後，我們發現當兩端電線間隔 5mm，產生的放電效果最合適，因此我們都將電極的距離固定在 5mm 進行後續的實驗。
2. 我們使用乾冰、冰塊、食鹽、吹風機和噴霧器(水霧器)調整玻璃箱內的溫度和濕度。
3. 連通電蚊拍電路使電容蓄電，記錄不同溫度、濕度狀態下，放電現象是否發生。
4. 共進行 1001 次實驗，其中包括使用噴霧器改變濕度的實驗 688 次，使用水霧器改變濕度的實驗 313 次。



圖 46：固定電極距離

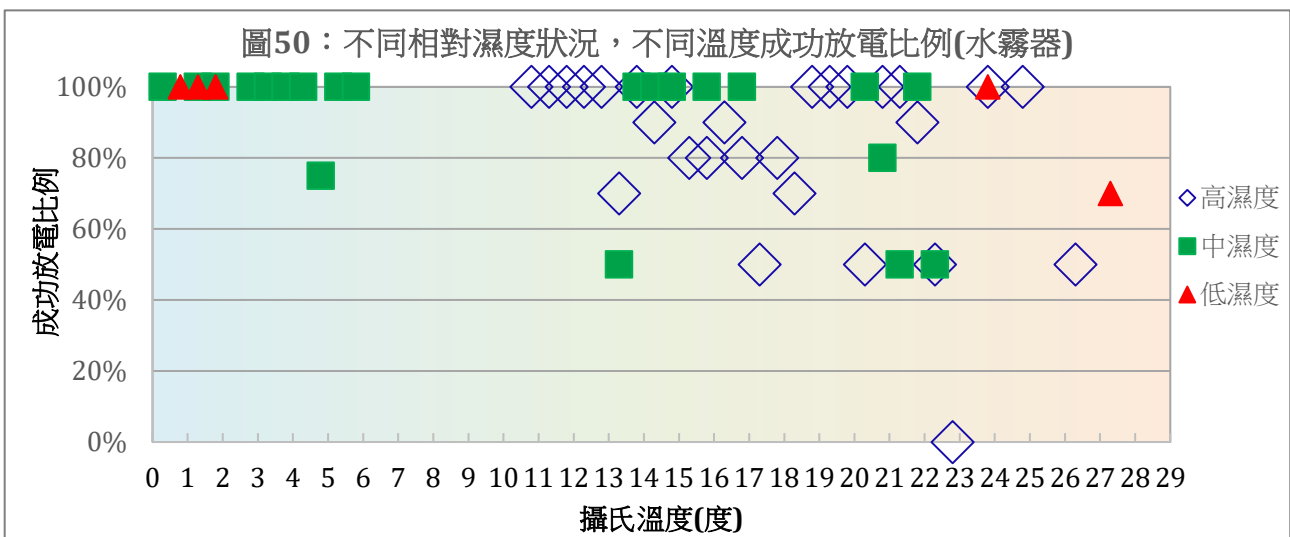
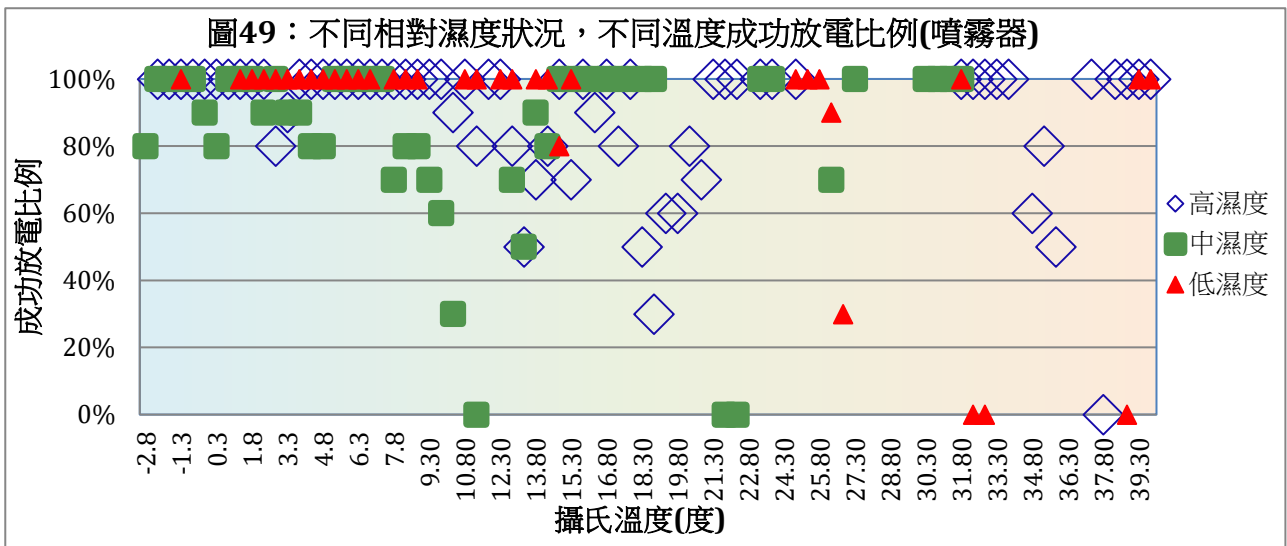
(二)分析方法：

1. 在數據處理的階段，將溫度每 0.5°C、相對濕度每 5%合併成一個資料，整理後並繪製成下圖 47(噴霧器改變濕度)、圖 48(水霧器改變濕度)的散佈圖。
2. 將濕度 99%~80%的數據合併成「高濕度」組；濕度 79%~60%的數據合併成「中濕度」組；濕度 59%~40%的數據合併成「低濕度」組，在繪製成如圖 49(噴霧器改變濕度)、圖 50(水霧器改變濕度)的散佈圖進行比較。



(三)實驗結果分析：

1. 在使用噴霧器的狀況下，由圖 47 可以發現(1)相對濕度 61-79%在低溫不易成功，且(2)相對濕度 81-99%在攝氏 12.3-21.3 度成功率普遍較低。(3)相對濕度 41-60%成功率較其他濕度高。而(4)相對濕度 43%成功率是全部濕度中最高的，(5)相對濕度 58%在 10 度以下的環境成功率高，(6)相對濕度 66-80%在低溫中失敗率普遍較高，(7)相對濕度 78%在攝氏 9 度以下成功次數較高溫環境多，(8)相對濕度 88%成功率普遍低。
2. 在使用水霧器的狀況下，整體實驗的相對濕度值能控制在較高的狀況，與實際發生閃電的狀況較為接近。與圖 47 相同溫度的情況下作對比，一樣可以發現中濕度的環境放電成功的機率比高濕度的環境來的高。換言之，使用噴霧器或水霧器所做出的實驗結果並無太大差異，只是水霧器能提供較穩定的高濕度環境，更接近積狀雲中的真實環境。

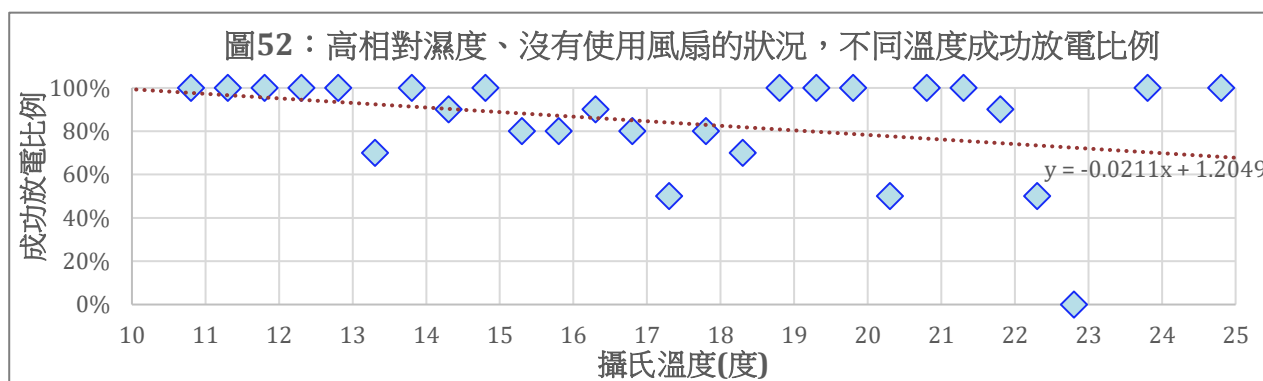
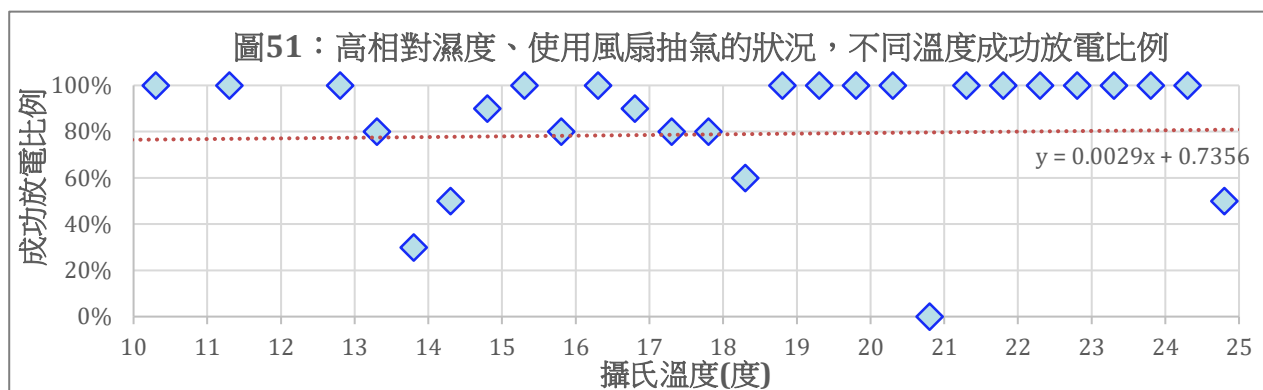


- 將濕度依照高、中、低區分為三組後，從圖 49 可以看出，在使用噴霧器的狀況，(1) 高濕度組在 10 度~20 度左右的中間溫度成功率較低，(2)低濕度成功率較高，特別是在攝氏 20 度以下的偏低溫環境，幾乎每一次都會成功放電。(3)濕度在 79%~60%的中濕度組在攝氏 10 度以下和攝氏 30 度以上有較高的成功率。
- 由圖 50 可以發現，高濕度環境的成功放電機率小於中、低濕度的環境。
- 整體而言，以溫度的角度來看：低溫環境下，成功放電的機率較高；若以相對濕度的角度而言，相對濕度在 59%~40%的環境成功放電的機率較高，偏高的濕度在攝氏 10 度~25 度之間成功放電的機率較低。

四、閃電發生與上升氣流的關係

為了模擬積雨雲中上升氣流旺盛的狀況，我們使用電腦散熱用的風扇將水霧抽起，並將用來放電的電線放在水霧器與風扇之間，改變溫度和濕度，反覆進行了 329 次實驗，並將所得的數據用來與沒有使用風扇抽氣的數據做比較。

下圖 51、圖 52 分別表示使用風扇抽氣以及沒有使用風扇抽氣時，不同溫度在高濕度(相對濕度介於 80%~99%之間)環境下成功放電的比例，圖中虛線為成功放電比例隨溫度的線性變化趨勢線。



由圖 51 和圖 52 的分析結果：

- (一) 使用風扇抽氣時，在高濕度且溫度較高的情況下，幾乎每一次都放電成功。但在溫度介於攝氏 13 度~19 度之間，放電成功的機率有很大的變動起伏。
- (二) 在沒有使用使用風扇抽氣的情況下，溫度較低的高濕度環境會有較高的成功放電比例。隨著溫度增加，成功放電的比例又較大的起伏變化。
- (三) 由隨溫度變化的趨勢圖也可以發現，在使用風扇抽氣的情況下，成功放電的比例大約維持在 90%，但在沒有使用風扇抽氣的狀況下，成功放電的比例會隨著溫度的增加而逐漸下降。

柒、討論

一、閃電發生情況分析：

- (一) 102~107 年度的閃電發生的總次數變化很大，但主要發生在中、南部區域，山地地形比平原地形更容易發生閃電。
- (二) 直接使用台電提供的區域、鄉鎮資料進行統計推論時，要注意每個區域、鄉鎮的範圍差異很大，會使得面積大的區域，落雷數目較其他面積小的區域多。因此進行推論時必須小心謹慎。
- (三) 分析 107 年度的落雷次數後，發現第 1 和第 4 季明顯較第 2 和第 3 季少。
 - 這是因為冬季大氣溫度低，相對處於穩定狀態，不容易快速上升形成體積龐大的積雨雲，也因此減少了雲層電荷分離的機會，進而減少電荷中和的放電作用發生。第二、三季屬於氣溫較高的用份，大氣處於條件性不穩定狀態，易形成積雨雲，進而發生閃電。
- (四) 107 年 1 月 6 日至 9 日冷鋒過境期間：
 1. 雨量集中在北部，閃電的發生也集中在北部。東部地區雖然也有降雨，但閃電紀錄偏少。
 - 推測冷鋒過境時，鋒面前緣推擠抬升暖空氣，會形成雲帶寬度較狹窄的積狀雲區，故此處應較容易產生閃電。
 2. 雨量紀錄最高的測站並不是閃電次數發生最多的區域。
 - 推測一：我們認為因為雲層會移動，可能在積狀雲的形成發展的過程產生閃電，但降雨的位置偏離了原本的區域。
 - 推測二：因為雖然劇烈的上升氣流造成巨大的積雨雲，並導致電荷分離，但太高的濕度不利於靜電的累積，因此較不易產生明顯的放電作用。
 - 改善方法：因為我們只能查詢到單日的發生閃電的總數，無法做更細部的資料比對，因此無法完全確定。如果能取得各小時的資料，就能與降雨量較大的時段進行相關比較。
- (五) 107 年 5 月 6 日至 9 日鋒面降雨期間：
 1. 雨量少，但雲對雲(IC)閃電非常多，分布以東北及西南最多，與雨量最多的區域沒有明顯重疊。

- 此時環境溫度高、上升氣流明顯，有利於大型對流雲發展，產生電荷分離的機會高。
 - 雨量最多和閃電最多的區域沒有重疊的狀況和之前冷鋒過境的分析結果相似，我們推論原因也應該是雲層移動或強降雨區的雲層濕度太大不利於靜電的累積造成。
2. 雲對地類型的閃電多發生在海上，陸地上並不多，只有南投山區略多。
- 經過分析我們認為：海面提供較多水氣，故發生凝結所需高度較陸地低，因此雲底較低，容易對地放電。山區容易有 CG 應該也是因為雲底較接近地面。
- (六) 107 年 8 月 23 日至 8 月 29 日強降雨事件：
1. IC 多的地區，CG 也多。
- 這是因為此時環境溫度更高，西南氣流也帶來豐沛的水氣，有利於積雨雲發展，且雲底高度都不高，有利於雲對地的放電發生。故容易產生 IC 的地區，也容易產生 CG。
2. 北部閃電次數較多，雨量較少，而雨量較多的西南部，閃電次數卻偏少。
- 上述雨量最多和閃電最多的區域沒有重疊的狀況和之前冷鋒、梅雨鋒面過境的分析結果相似，我們推論原因也應該是雲層移動或強降雨區的雲層濕度太大不利於靜電的累積造成。

二、 模擬實驗結果分析：

- (一) 控制環境的溫度和濕度相當困難：原本我們的實驗設計要先要控制溫度，探討改變濕度對放電的影響。但發現當濕度改變時，溫度就改變了。我們嘗試了很多方法，最後才決定在每一次放電實驗進行時，同時記錄環境溫度和相對濕度，計算不同環境狀況時成功放電的機率。
- (二) 溫度在我們實驗的溫度變化範圍內，環境溫度對放電成功與否並不明顯。
1. 我們並不是很確定原因是來自於實驗操作的溫度變化範圍太小？還是閃電的發生真的與環境溫度無關。
 2. 在大自然中，氣溫和濕度會影響空氣的對流，進而影響產生積狀雲的機會，因此大氣溫度會與閃電發生相關。
 3. 但是在我們的實驗中，僅純粹進行溫度和濕度的改變，所以無法進行類比。

(三) 根據模擬實驗的結果發現，不太高的濕度環境，放電成功的機率較高。對照放電發生的原理和對 107 年閃電發生的分析，我們認為這樣的模擬實驗結果是可以接受的。

(四) 以風扇抽氣模擬上升氣流時，發現上升氣流的存在能讓不同溫度下的成功放電比例一致。

1. 我們推測空氣的快速流動會造成電極兩端的電荷更容易跳躍移動，因此更容易產生放電現象。
2. 積狀雲中容易形成閃電的主要原因是因為上升氣流的存在容易造成正負電荷分離，而使得雲頂累積正電、雲底累積負電。等到電壓積聚夠大時，產生正負電中和的現象，此點與我們實驗的設計並不相同，換言之，我們的實驗並無法證明真實環境中上升氣流對閃電發生的影響。
3. 但是，我們的實驗或許能說明上升氣流除了造成電荷分離外，也可以使得空氣中電荷的跳躍移動更為容易。

捌、結論

根據我們分析資料與模擬實驗的結果，可以將研究問題回答如下：

一、不同年度發生閃電的次數有何異同？

102~107 年度的閃電發生的總次數變化很大，與當年度是否有明顯的梅雨鋒面、西南氣流等強降雨事件相關。但相同的是，80%的閃電都發生在溫度較高、雨量較多的 4~9 月。

二、閃電發生與地形的關係為何？

閃電發在山地地形的機率比平原高，其中雲對地類型的閃電較容易發生在海面上。

三、閃電發生與降雨量的關係為何？

我們的研究結果發現，閃電較容易發生在有強降雨事件發生的時間，但並不是降雨量愈高的地區閃電就會愈多，往往閃電的發生位置是在強降雨區的周圍。例如 107 年 8 月的強降雨事件中，台南、高雄降雨量最多，但閃電發生次數最多的地區卻是在台灣北部和東南部地區。

四、不同天氣系統的降雨型態與閃電發生的關係為何？

我們這一次的研究範圍涵蓋了 107 年度發生的冷鋒、梅雨以及西南氣流造成的降雨型態。我們發現冷鋒造成的閃電次數遠低於梅雨以及西南氣流造成的閃

電。推測原因可能是冷鋒造成的積狀雲不足其他兩者活躍發達。

可惜的是 107 年並沒有颱風登陸台灣，因此我們的研究為對此天氣系統造成的閃電進行分析。

五、如何製作閃電發生器？

在探討閃電發生的過程中，我們嘗試了許多種方法，因為要成功放電且容易觀察，實驗器材必須能產生非常大的電壓。我們後來決定拆解捕蚊拍電路搭配電容來做為閃電發生器。但在實驗的過程中也經常遇到因反覆放電，電容蓄電能力下降、電路壞掉等問題，造成實驗進行速度相當緩慢。

六、閃電發生與環境溫度、濕度的關係為何？

統整數據分析以及模擬實驗的結果，閃電發生的環境不宜濕度過高。夏季時，氣溫較高，空氣不穩定容易上升凝結成雲，形成閃電容易發生的環境，但溫度對閃電發生的趨勢在我們這次的研究中並不明顯。

七、閃電發生與上升氣流的關係為何？

在自然環境中，上升氣流是閃電發生的重要條件之一，上升氣流會讓積狀雲中的正負電分離，使得雲頂和雲底分別攜帶不同的電荷，進而在電壓增大時發生放電現象。在我們的模擬實驗中使用風扇抽氣模擬上升氣流，的確會讓成功放電的比例維持在 90%，可以推論空氣的流動會影響電極間放電的難易程度。

玖、研究省思

這次的科展，我們透過實驗及數據的分析，讓我們對閃電有更進一步的了解。在尋找實驗方法的過程中，我們一直遭遇失敗，也一直重新鼓起勇氣、繼續嘗試。這樣的過程讓我們學會坦然的接受挫折，快速地調整心情前進。在進行實驗時，我們也一直犯各種錯誤，例如在往玻璃箱噴水時，讓電極泡在水裡，結果整個下午的實驗資料都無效。這些經驗讓我們知道要確實做好實驗是相當需要細心和用心的。我們對目前使用的實驗方法並不滿意，希望未來在學習到更多的電路知識後，可以改良這個方法，能獲得更精確數據。

在這次科展中，我們犧牲享受，享受犧牲，研究過程固然辛苦，但在老師的指導下，我們對閃電的發生有了更多的瞭解。

壹拾、 參考文獻

- 一、中央氣象局(2017)。你抓得住我嗎？淺談閃電之種種。取自中央氣象局數位科普網：
<https://pweb.cwb.gov.tw/PopularScience/index.php/weather/211-%E4%BD%A0%E6%8A%93%E5%BE%97%E4%BD%8F%E6%88%91%E5%97%8E%EF%BC%9F%E6%B7%BA%E8%AB%87%E9%96%83%E9%9B%BB%E4%B9%8B%E7%A8%AE%E7%A8%AE?fbclid=IwAR0QB5LTbamR5M9RErZTnPqzRlGJD8kL0MyVugNyAsozq-8uvvu60QH67GE>
- 二、陳柏榮、洪景山(2015)。臺灣電力公司閃電資料特徵分析。大氣科學，第 43 期，第 4 號，285-299。
- 三、黃冠霖、吳岱容、陳佳筠、劉柏辰、康硯茹、陳又晞(2017)。好閃，別對我放電。全國中小學科展作品國小組地球科學科。
- 四、賴彥霖、楊金恒、王子豪(2014)。電光石火-閃電之色彩研究。全國中小學科展作品國中組物理科。
- 五、陳淡容、于宜強、朱容練、吳宜昭(2018)。2018 年 1 月 9-13 日寒流事件分析。引自災害防治電子報。<https://www.ncdr.nat.gov.tw/Files/NewsLetter/New/20180411100215.pdf>

【評語】 030513

影響落雷次數的因素有不錯的統計分析，設計放電實驗探討溫度、濕度的影響，資料收集整理很用心，相關放電實驗的設備資源不易取得，經歷不斷改良，試圖做到控制放電實驗，雖然仍有不少不足之處，但也學習到很好的經驗。建議失敗的實驗也多些著墨，仔細分析原因，翔實紀錄，也是很有價值之參考資料。實驗之環境條件與實際大氣閃電發條件之差異，建議也應做一些探討。

摘要

本研究探討閃電的發生與環境變因的關係，主要可以分成兩個部分：第一部份我們先分析各地的落雷閃電發生次數，比較不同季節、地形、地理位置及不同天氣狀況，例如冬季冷鋒過境時的鋒面雨、春末夏初5月到6月的梅雨季、夏季8月西南氣流強降雨事件中的閃電次數，並依當時環境因素進行推測。第二部分，我們進行有關閃電的模擬實驗，在封閉的保溫玻璃箱中試著改變不同的溫度、濕度和氣流，對實驗的結果進行討論、分析，找出影響閃電發生的環境因素。

壹、研究動機

天空中的世界離我們十分遙遠，與我們的關係卻十分緊密，而台灣常常有很多閃電發生，雨季時更是常常被突然的閃電嚇到，或是頻頻看到有人被閃電劈中的悲傷新聞，雷擊也可能造成電器用品的損壞，如果我們能掌握雷擊發生時的情況，了解雷擊容易發生的時間、地點及環境，那麼我們就能避免發生雷擊後的悲慘後果了。因此我們以探討閃電為此科展主題，希望藉由分析與實驗後，獲得與閃電相關的知識。

貳、研究目的

透過分析台灣地區閃電發生的情形來了解閃電發生的環境因素，並以模擬實驗探討溫度、濕度、上升氣流對閃電發生的影響。

參、研究問題

- 一、不同年度發生閃電的次數有何異同？
- 二、閃電發生與地形的關係為何？
- 三、閃電發生與降雨量的關係為何？
- 四、不同天氣降雨型態與閃電發生關係為何？
- 五、如何製作閃電發生器？
- 六、閃電發生與環境溫度、濕度的關係為何？
- 七、閃電發生與上升氣流的關係為何？

伍、研究結果

一、閃電發生位置與環境分析

(一)不同年度的閃電發生次數比較

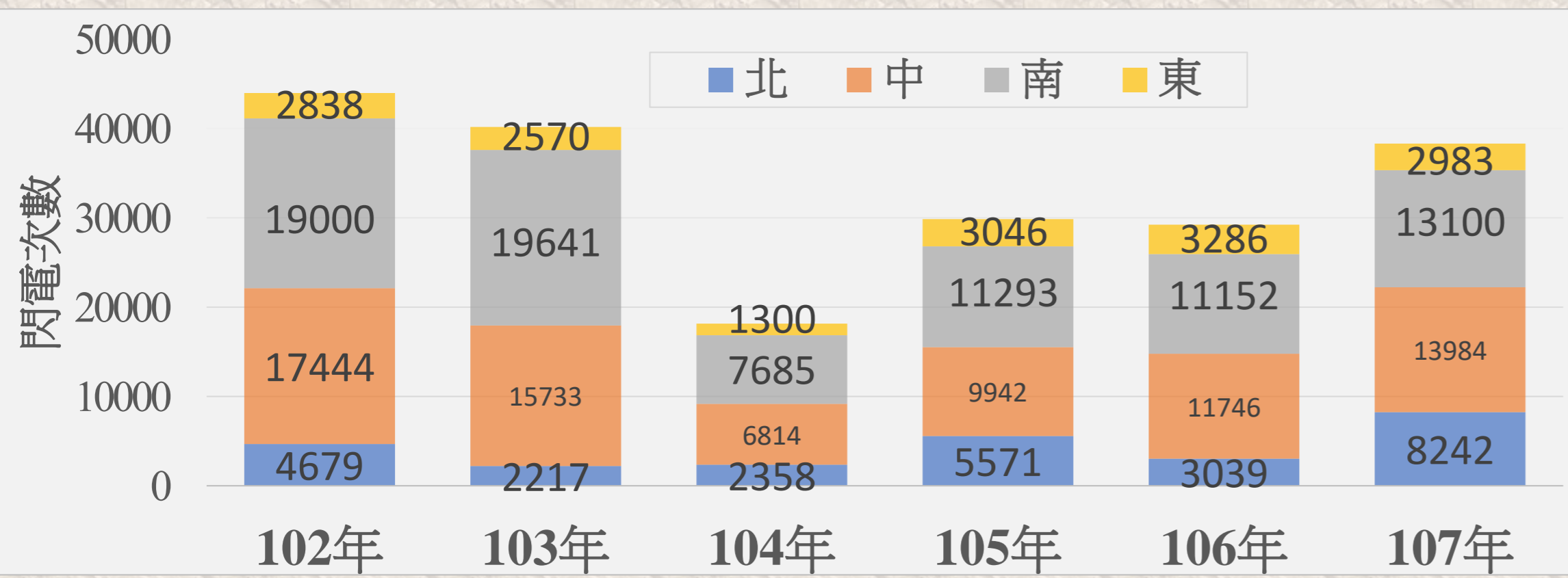
1. 第三季(7~9月)閃電次數最多，其次為第二季(4~6月)。
2. 第一季(1~3月)和第四季(10~12月)閃電次數大幅減少。
3. 102年、103年的梅雨鋒面多。
4. 104年第二季只有在5月中有一波明顯梅雨鋒面的降雨。
5. 105年5、6月受到多波鋒面、對流雲系、西南氣流影響，降雨狀況相當明顯。
6. 106年只有在6月有2波梅雨鋒面及西南氣流降雨事件。
7. 107年最明顯的降雨事件是8月中下旬受大規模西南氣流影響，下雨範圍較廣且量多。

綜合上述結果，我們發現閃電較多的時間與台灣易降雨的月份重疊，且鋒面、颱風、西南氣流都可能是導致閃電次數多的原因。

(二)閃電發生次數與地理位置的關係比較

1. 從102年至107年間，台灣各區域發生閃電次數的分配比例相當固定。
2. 南部和中部區域發生閃電的次數大約相當，北部和東部發生閃電次數相當少。

中部區域和南部區域的山地地形較多，可能是閃電次數較多的原因。



(三)107年度閃電發生次數與地形的關係比較

為了驗證閃電發生與地形有關的假設，將107年度各鄉鎮地區分季落雷次數統計以分層設色法塗上不同的顏色。結果發現：

1. 位在山地地形的鄉鎮落雷次數較多。
 2. 由圖1可看出，第一季閃電次數較多的地區皆位於中央山脈及雪山山脈地區。
 3. 由圖2可看出，第二季閃電發生次數最多的地方是位於中央山脈北端以及雪山山脈的北段。
 4. 由圖3看出，第三季閃電發生次數較多的鄉鎮有向西、南移動的趨勢，而在西南部的一些平原也出現超過100次以上的閃電。
 5. 由圖4看出，第四季閃電發生次數很少，除中央山脈山地區的花蓮萬榮鄉、南投信義鄉外，主要集中在西南部丘陵地區。
- 107年發生閃電的次數以山地最多、丘陵次之、平原最少。可驗證閃電的發生會受到地形影響。

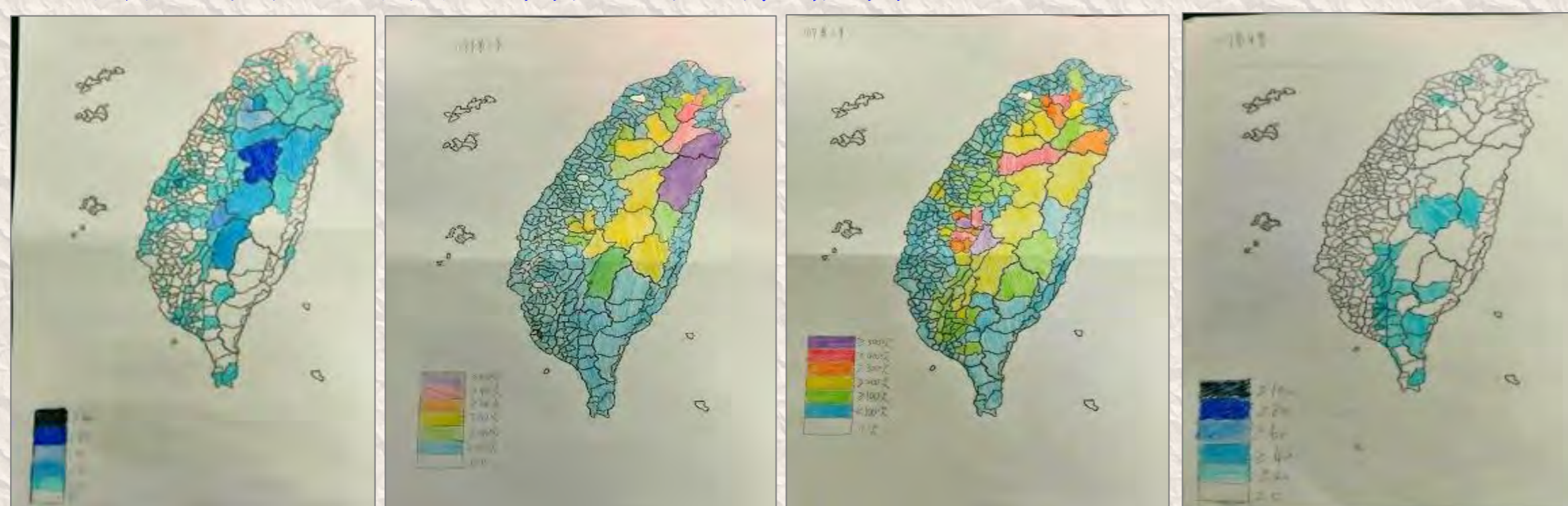


圖1：107年度第1季閃電分布 (1~3月) 圖2：107年度第2季閃電分布 (4~6月) 圖3：107年度第3季閃電分布 (7~9月) 圖4：107年度第4季閃電分布 (10~12月)

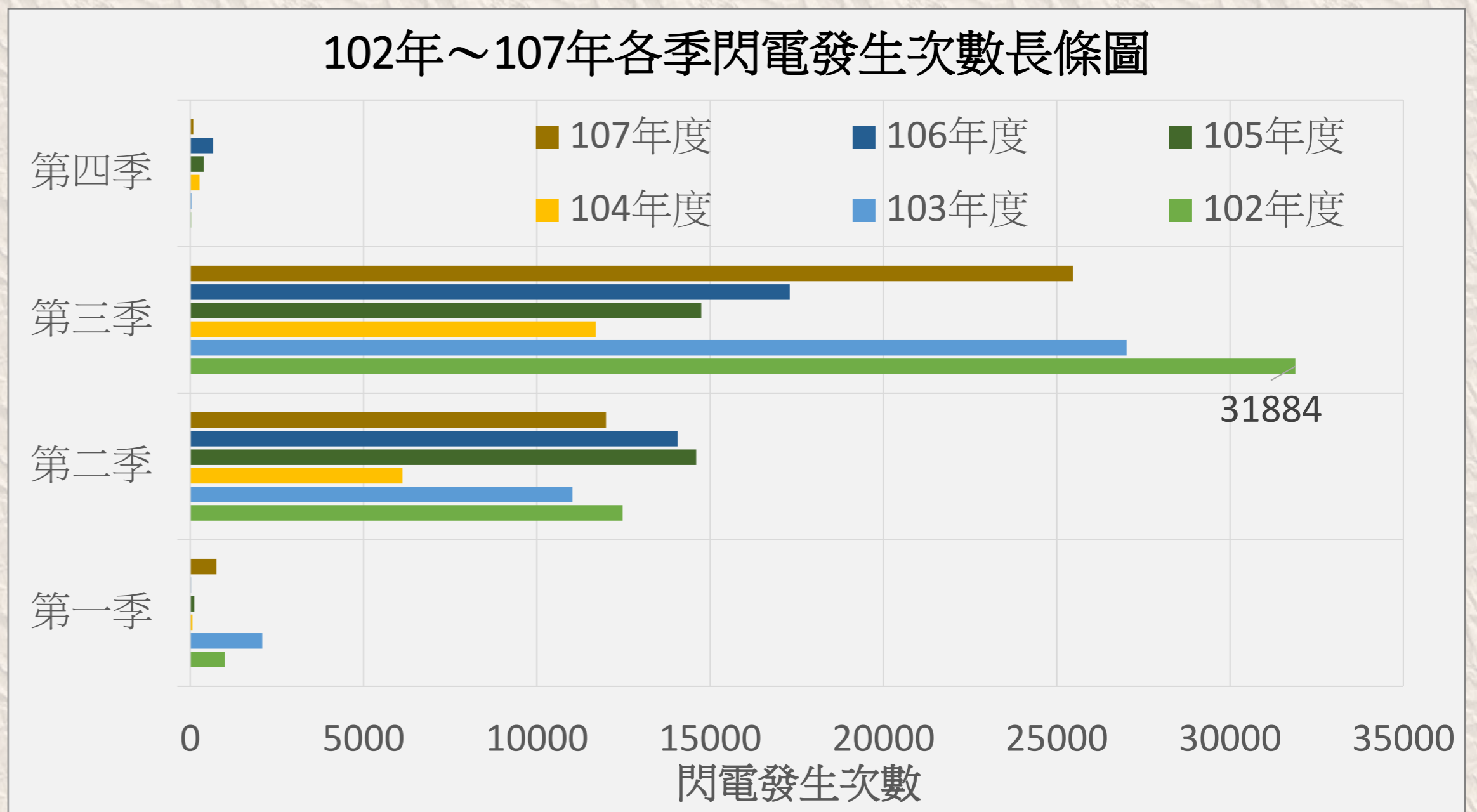
肆、研究工具

(一)閃電發生的環境分析：

台電民國102年度~107年落雷資料、中央氣象局107年氣象資料、電腦、台灣地圖。

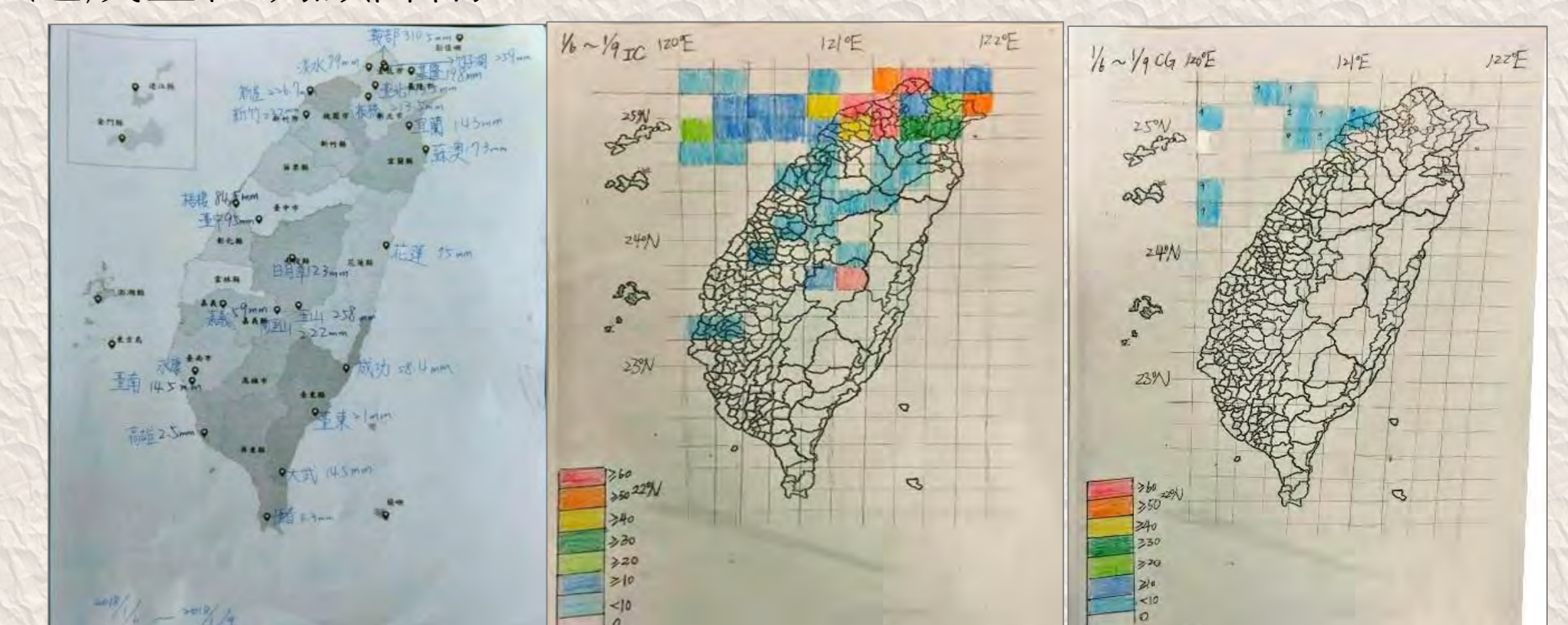
(二)模擬閃電發生的實驗部分：

1. 高壓放電裝置部分：電源供應器、電線、鱷魚夾、電蚊拍內部電路、電容、電路板
2. 放電環境設置部分：自製保溫箱、溫濕度計、冰塊、乾冰、食鹽、吹風機、噴霧器、水霧器、電源供應器、電線、鱷魚夾。



(四)107年度冷鋒過境時的閃電分析

107年1月9日~13日之間台灣發生寒流。在冷氣團南下之前，受到華南雲雨帶影響，使得冷鋒過境台灣時(1月6日~9日)造成全台明顯降雨。



107年1月6日到9日各地雨量分布圖 107年1月6日到9日閃電分布情形 107年1月6日到1月9日IC分布圖

對照降雨量與閃電的分布，可以得知：

1. 北部雨量較多，閃電也較多。南部地區雨量極少，也幾乎沒有閃電記錄。
2. 雪山山脈西側，降雨明顯量較南部多，IC也較多。
3. 降雨量最多的測站位置和發生閃電次數最多的區域並沒有重疊，而是在外圍地區。
4. CG只有在西北部的海上較多，但數量很少。
5. 東半部沿海的蘇澳、花蓮、成功、台東測站有降雨記錄，但卻沒有閃電記錄。

(五)107年度梅雨季時的閃電分析

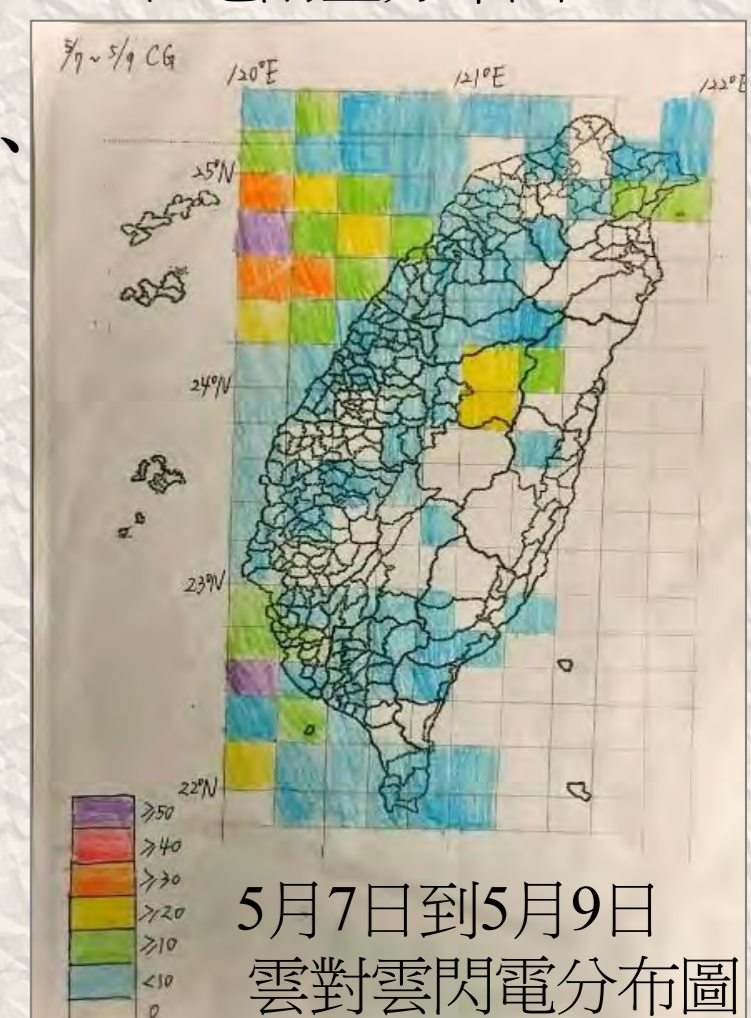
選取發生在5月7日到9日的降雨事件：

作為分析依據，對照降雨量與閃電的分布，可以得知：

1. 此波梅雨的降雨量不多，但閃電發生次數相當龐大
2. 平地測站中，位於西部的台中、梧棲、台南雨量較多，恆春及東部的雨量不明顯。
3. 中部山區的雨量也較多。
4. 幾乎全台都有記錄到IC，以西北部和東南部最多。
5. CG分布主要在新竹、苗栗外海以及台南、高雄外海，
6. 陸地的CG則主要在西部平原和東北角，台中、南投的山區有較多的紀錄。
7. 東部降水少，閃電發生也不明顯。
8. 北部沿海降雨不多，CG不明顯，但IC數量龐大。
9. 中部降雨明顯，但閃電發生次數不多。
10. 西北及東南部IC最多，但雨量少
11. 東南部及東北部雖然IC多，但CG少



107年5月7日到5月9日各地雨量分布圖



5月7日到5月9日雲對雲閃電分布圖



5月7日到5月9日雲對地閃電分布圖

(六) 107年度西南氣流爆發時的閃電分析

107年8月23日到29日台灣地區因受到熱帶性低氣壓和西南氣流影響，發生強降雨事件。

比較降雨量與閃電的分布，可以得知：

1. 雨量以南部最多，東北部最少，
2. IC及CG以東北部沿海最多。
3. IC多的地方，CG也比較多。
4. 雨量非常多的東南與西南部，閃電次數跟東部地區差不多。
5. 北部雨量特別突出的新竹，閃電次數沒有特別突出。

二、模擬閃電發生的實驗設計及修正過程

為了製造出可以進行模擬環境溫度和濕度改變的閃電發生裝置，我們進行了許多不同的嘗試和修正：

(一) 萊頓瓶的製作

設計方法

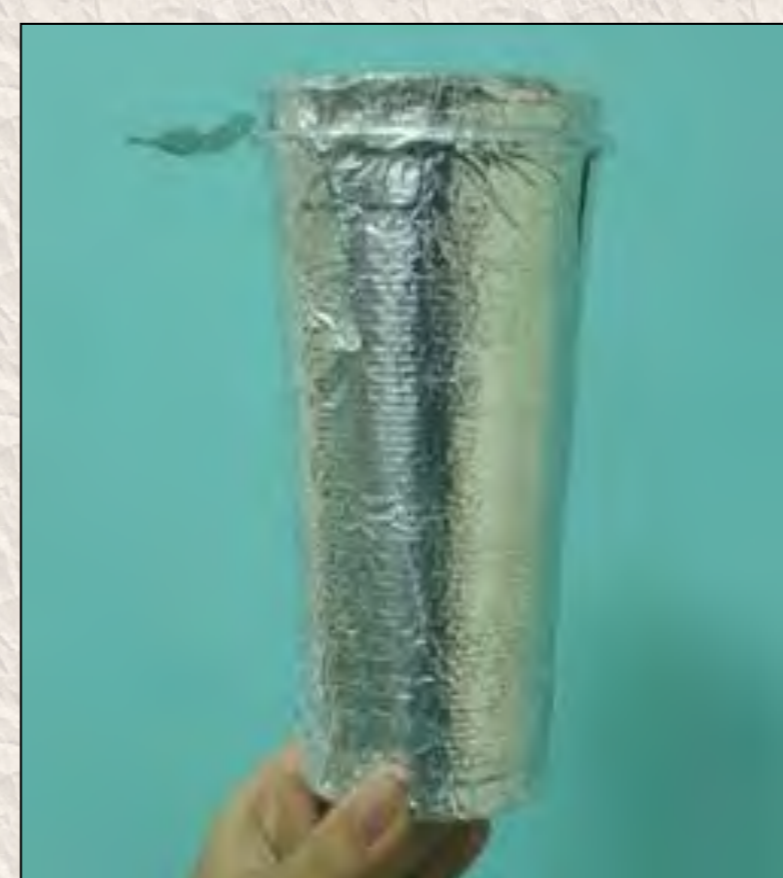
將兩個杯子的外圍包上鋁箔，剪一條長方形鋁箔，尾端剪成鋸齒狀，將長方形鋁箔一端夾在兩杯子之間，一端露出在杯外。拿PVC管摩靜電布接觸尖端。

實驗器材

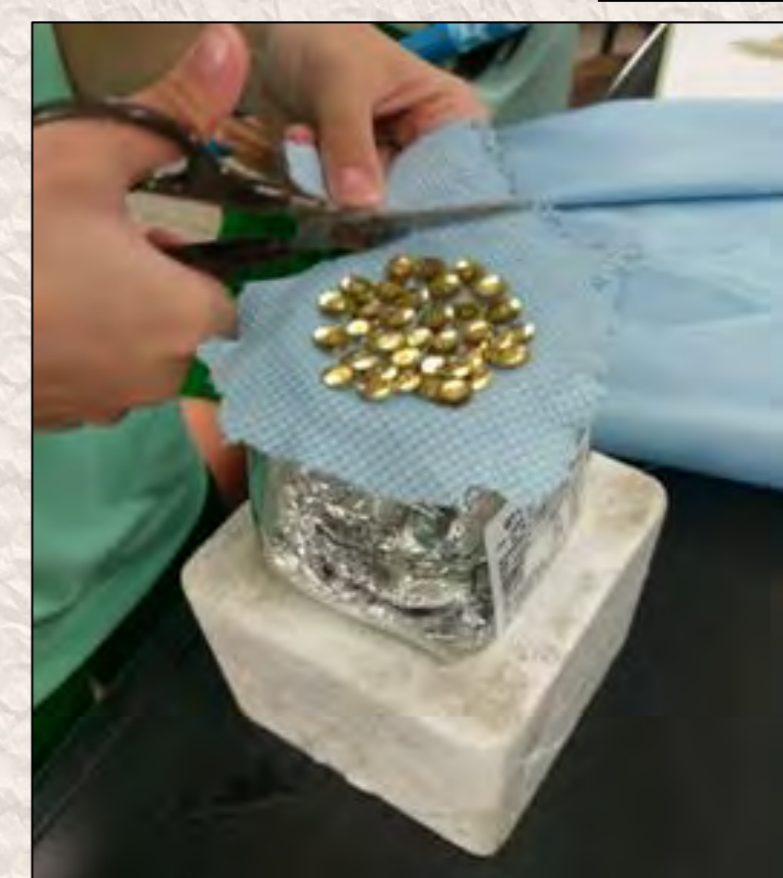
鋁箔紙、靜電布、塑膠水管、塑膠杯、驗電器

測試結果

用手接觸---感覺不到電流，且靜電易散，儲存不易。



萊頓瓶

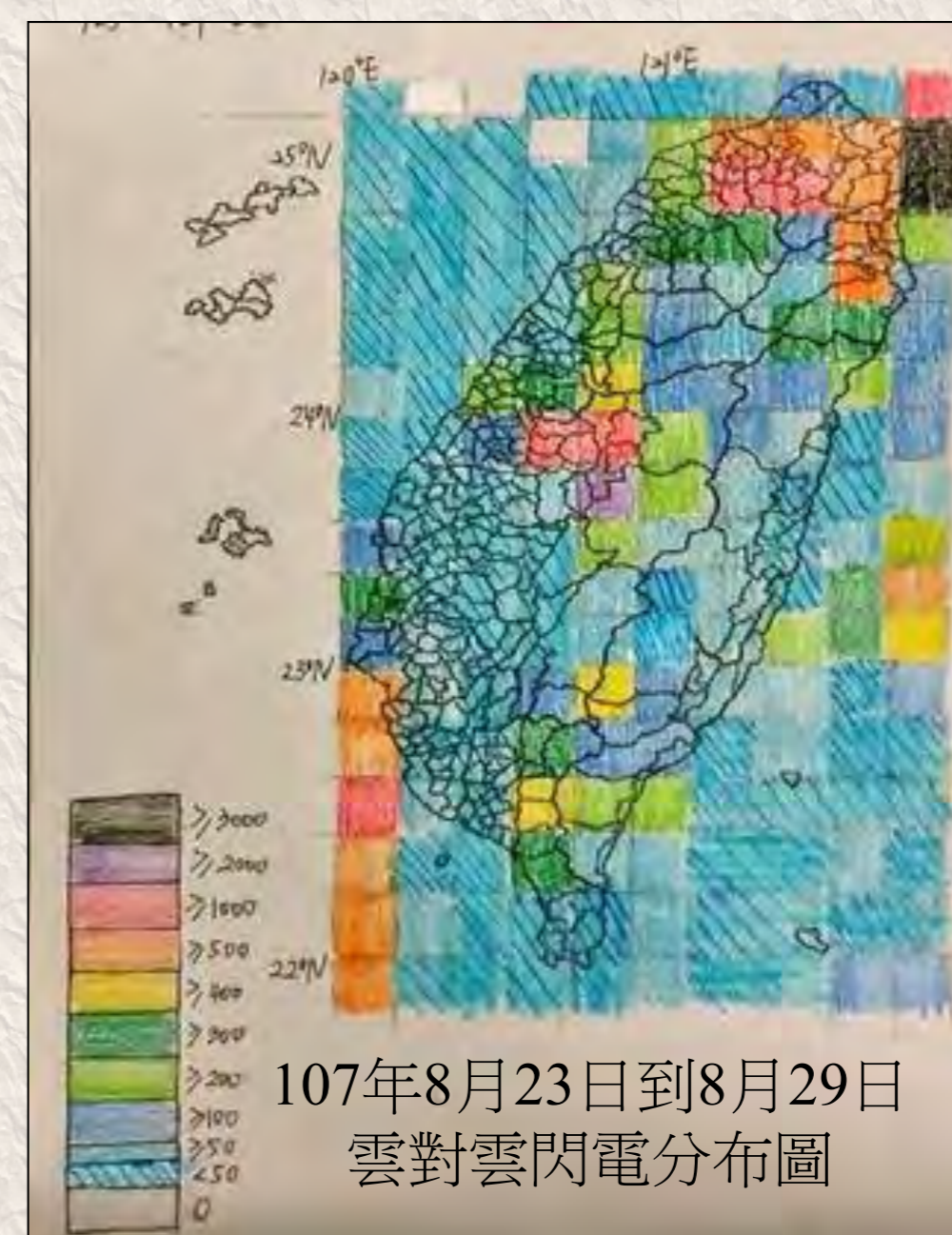


玻璃瓶裡做閃電



用靜電棒取代氣球

地點	基隆	淡水	台北	鞍部	竹子湖
雨量	11.9	43.5	59.5	122.0	62.7
地點	板橋	新屋	新竹	宜蘭	蘇澳
雨量	85.2	122.9	196.5	2.8	27
地點	台中	梧棲	日月潭	玉山	阿里山
雨量	197.5	325.0	233.0	344.5	516.0
地點	嘉義	台南	高雄	恆春	花蓮
雨量	695.5	993.0	1208.5	780.5	148.5
地點	成功	台東	大武		
雨量	453.4	458.4	552.5		



(二) 玻璃瓶裡做閃電：假使可以在玻璃瓶中製作出閃電，那就可以改善儲存不易以及環境溫度。

設計方法

在玻璃瓶中放鋁箔，接近瓶蓋。置一防靜電布於瓶口，在其上面插密集的大頭針，用摩擦後的氣球接觸瓶蓋。

實驗器材

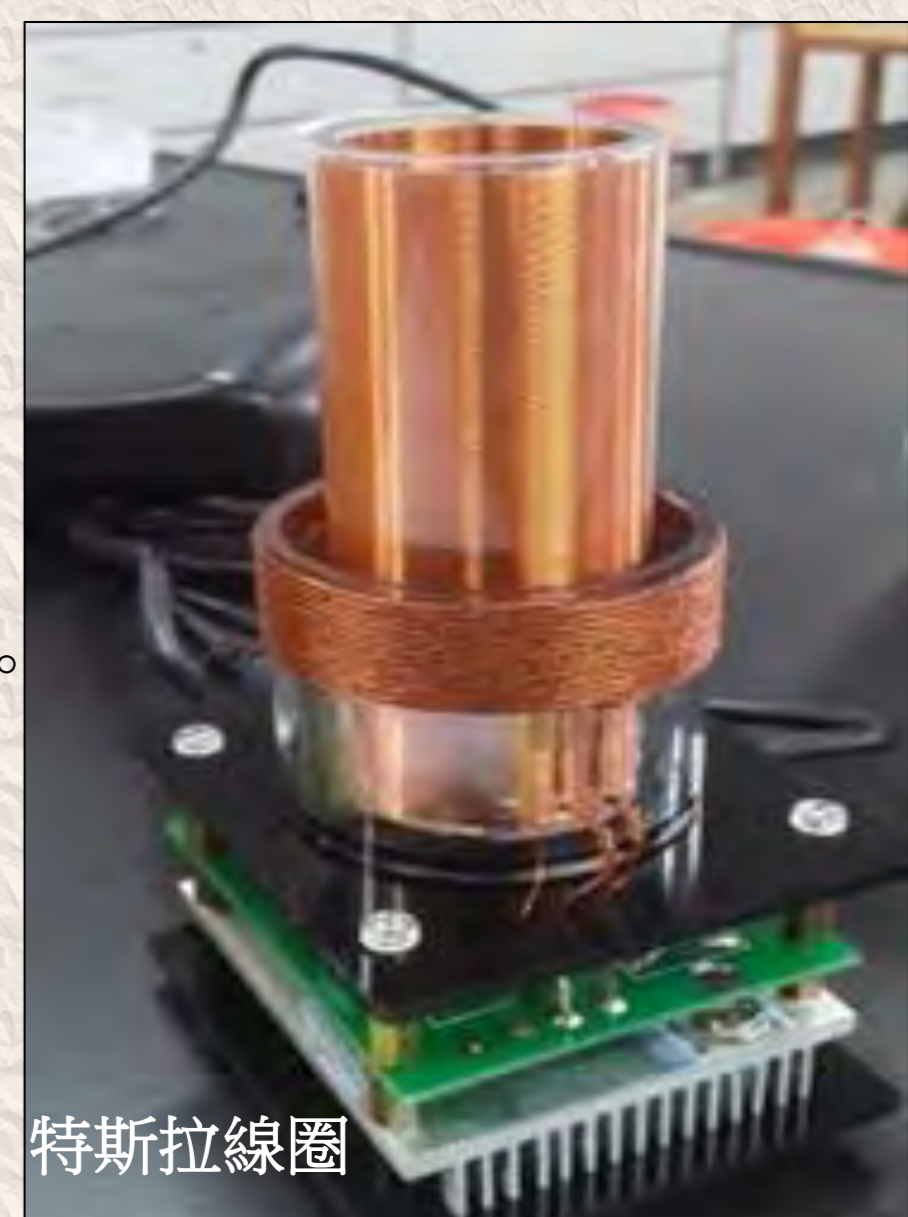
有鐵蓋的玻璃瓶、防靜電布、大頭針、鋁箔紙、靜電棒。

測試結果

靜電太少且不穩定，無法在瓶內看到閃電。推測應該是氣球電量太少，所以改用靜電棒代替氣球。

修正結果

只有靜電啪啪聲，一段時間後，有時會看到白色微小電流，但無法在瓶內看到閃電。



特斯拉線圈

(三) 以特斯拉線圈進行的尖端放電實驗

因為我們需要能產生更大電量的裝置，所以改用較穩定的特斯拉線圈進行實驗。特斯拉線圈是一種使用共振原理運作的變壓器，能用來生產超高電壓但低電流、高頻率的電力，能產生尖端放電，形成如同閃電般的藍光。

設計方法

- (1) 用日光燈管靠近特斯拉線圈時，會發生電磁感應，使燈管發亮，可以使用照度計測量燈管的亮度，用來代表尖端放電的電量大小。
 - (2) 將特斯拉線圈置於玻璃箱內，並改變內部環境溫度與濕度，紀錄在不同環境中，燈管亮度的變化。
- 註：本實驗需使用亮度計，需在陰暗處操作

實驗器材

特斯拉線圈、冰塊、熱水、鋁箔紙、玻璃盒、酒精溫度計、燈管、流明計。

測試結果

使用冰塊降溫效果不明顯，玻璃盒內溫度變化不大，且亮度計上數據大致相同。因為玻璃保溫效果不佳，所以我們嘗試改使用保冰袋做實驗。

第一次修正與結果

因為改用不透明的保冰袋做實驗，所以將日光燈管、照度計和特斯拉線圈都一起放進保冰袋內部。結果發現將線圈放入袋，尖端放電處沒有閃電產生，燈管也就不會發光了。詢問老師之後，才知道保冰袋的塑膠和泡棉材質容易把電帶走，導致特斯拉線圈無法放電。而玻璃則較沒有此問題，因此我們決定幫玻璃箱做一些保溫措施。

第二次修正與結果

為解決保溫問題，我們在玻璃盒外黏貼了一層泡泡紙和保麗龍；放棄了使用流明計測量燈管亮度的方法，使用更直觀的方式-觀察電弧長短，但實驗裝置產生的電弧太小，不易用尺測量。

第三次修正與結果

因電弧太短，難測量，我們就嘗試拿紙、紙板、木頭等易燃物質靠近電弧，嘗試從燃燒情形推論放電量的多寡。但是紙跟紙板太容易起火，木頭則是燃燒的時間不好控制。



尖端放電實驗裝置



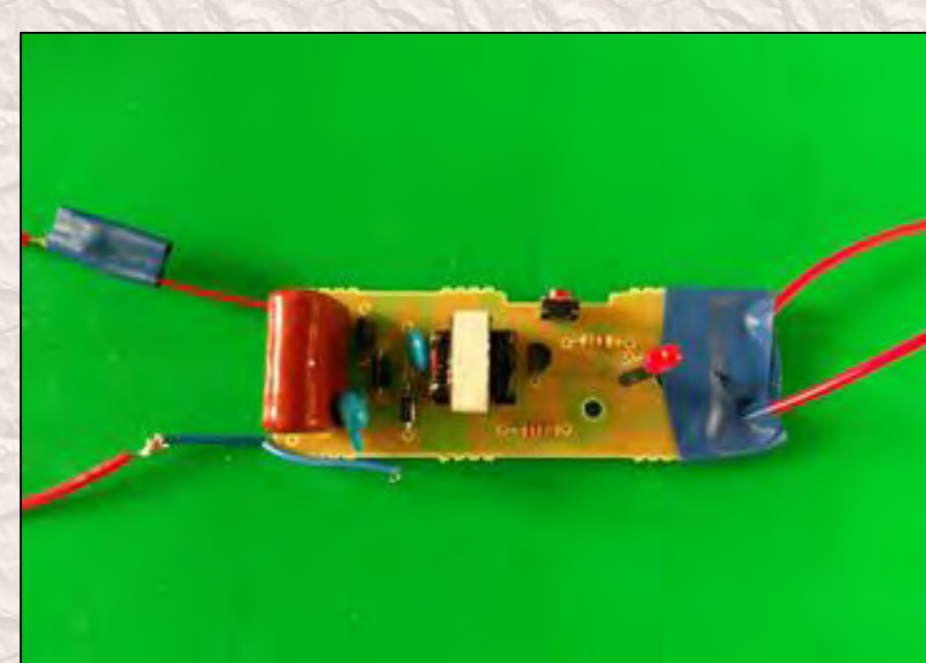
尖端放電實驗進行狀態



以保冰袋進行實驗



玻璃盒的保溫裝置



電蚊拍的內部電路



串聯三個電蚊拍的裝置

(四) 以電蚊拍的內部電路進行實驗

設計方法
將電蚊拍的內部電路拆下來進行放電，並改變電線間的距離，紀錄是否有放電現象發生

實驗器材

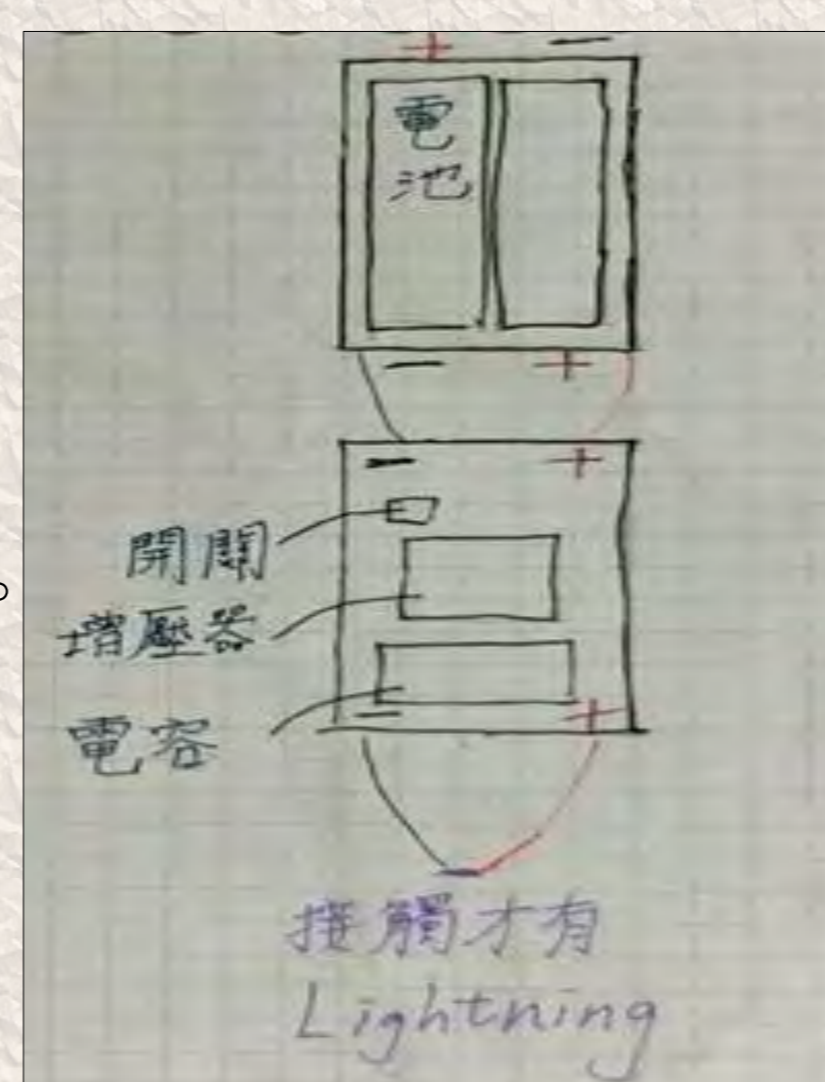
電蚊拍內部電路、乾電池

第一次修正與結果

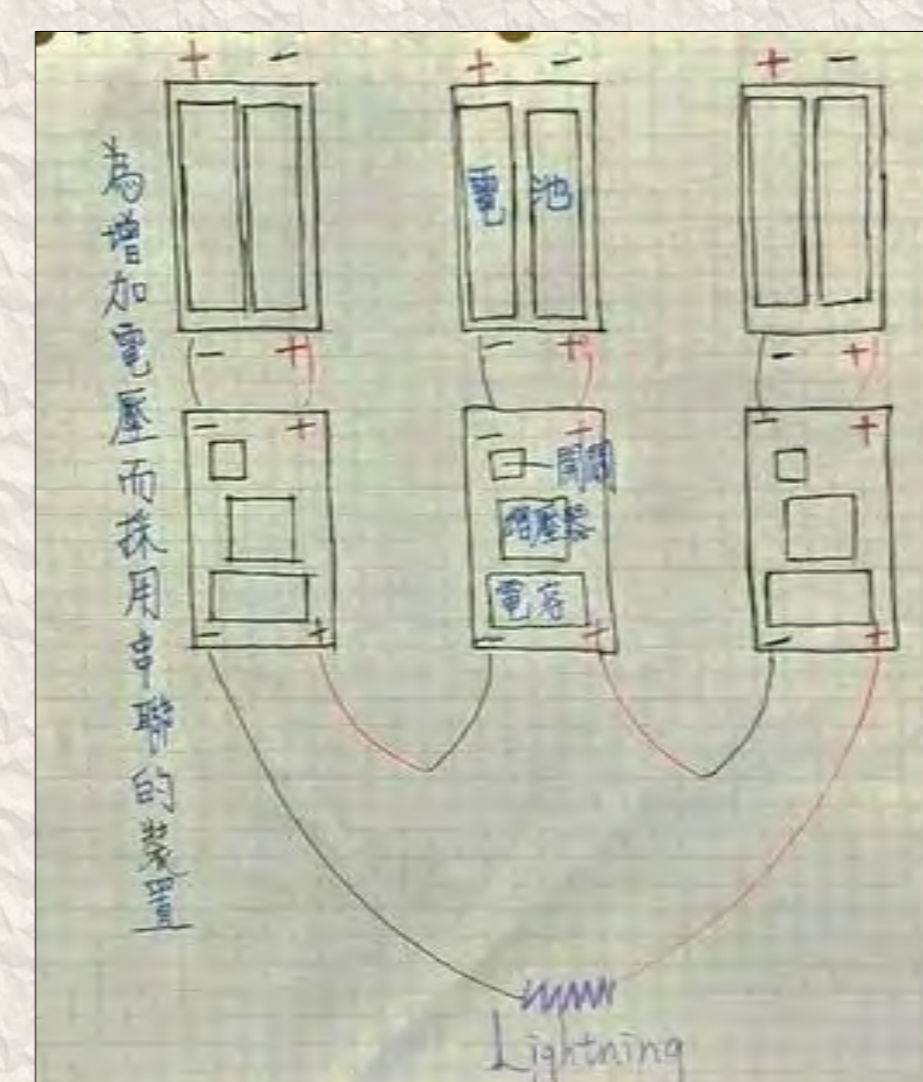
改用三個電蚊拍串聯，增加電壓。結果發現使用電池供電會有電池電壓持續下降的問題，造成供電不穩定。而且使用三個電蚊拍電路串聯放電，常會電壓太大而回灌，導致內部零件毀損。因此我們改使用電源供應器供電，並連接額外連接電容裡，將電儲存再電容中，再由電容提供電能，進行實驗。

第二次修正與結果

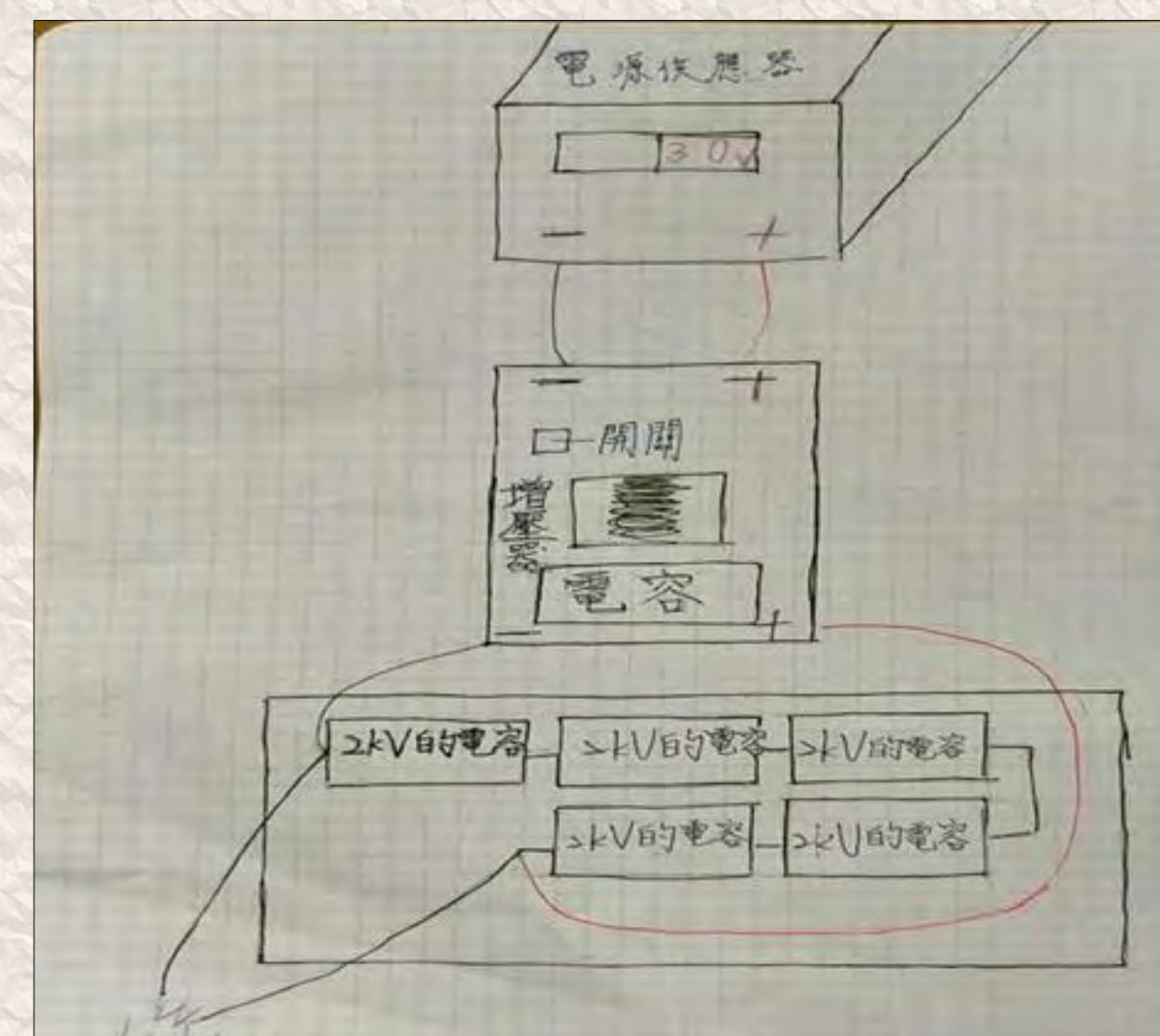
使用電蚊拍內部電路將串連的電容充電，再取兩條電線接觸電容進行放電，當放電情形穩定後，將裝置放入密閉盒子中，以冰塊、乾冰、噴霧器、吹風機等物品改變玻璃盒子中的溫度與濕度，測量不同溫度、濕度對放電產生的影響。



第一代電路圖



第二代電路圖



第三代電路圖

(五) 利用水霧製造器增加玻璃盒子內的相對濕度

我們使用噴霧器、乾冰、冰塊改變玻璃盒子內的濕度和溫度，進行實驗的過程中，經常遇到在低溫情況下，濕度無法順利上升的狀況，所以我們使用了水霧製造器來增加空氣中的濕度，並重新進行實驗，比較有使用水霧器的實驗和原先的實驗結果有何差異？

(六) 利用風扇製造上升氣流的實驗

我們由文獻資料得知，在上升氣流旺盛的積雨雲中，較容易發生閃電，所以我們想進一步探討增加空氣的上升運動會不會影響閃電發生的頻率？

設計方法

使用風扇將水霧抽起，以模擬積雨雲內部的上升氣流，並將用來放電的電線放在水霧器與風扇之間，改變溫度和濕度，反覆進行實驗。

實驗器材

電蚊拍內部電路、電容、電源供應器、水霧器、電腦用的散熱風扇。



實驗用的水霧器



水霧器和風扇的實驗

三. 閃電發生與溫度、濕度的關係

(一)分析方法：在數據處理的階段，將溫度每0.5°C、相對濕度每5%合併成一個資料，再將濕度99%~80%的數據合併成「高濕度」組；濕度79%~60%的數據合併成「中濕度」組；濕度59%~40%的數據合併成「低濕度」組，繪製成如右的散佈圖進行比較。

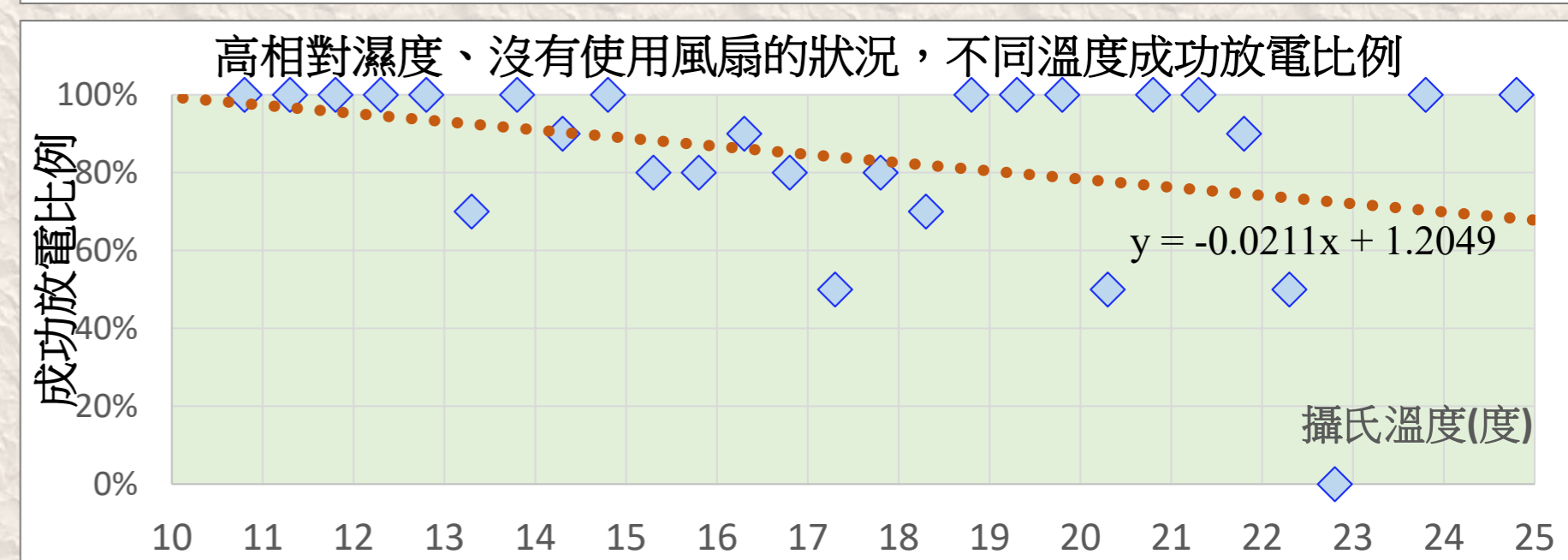
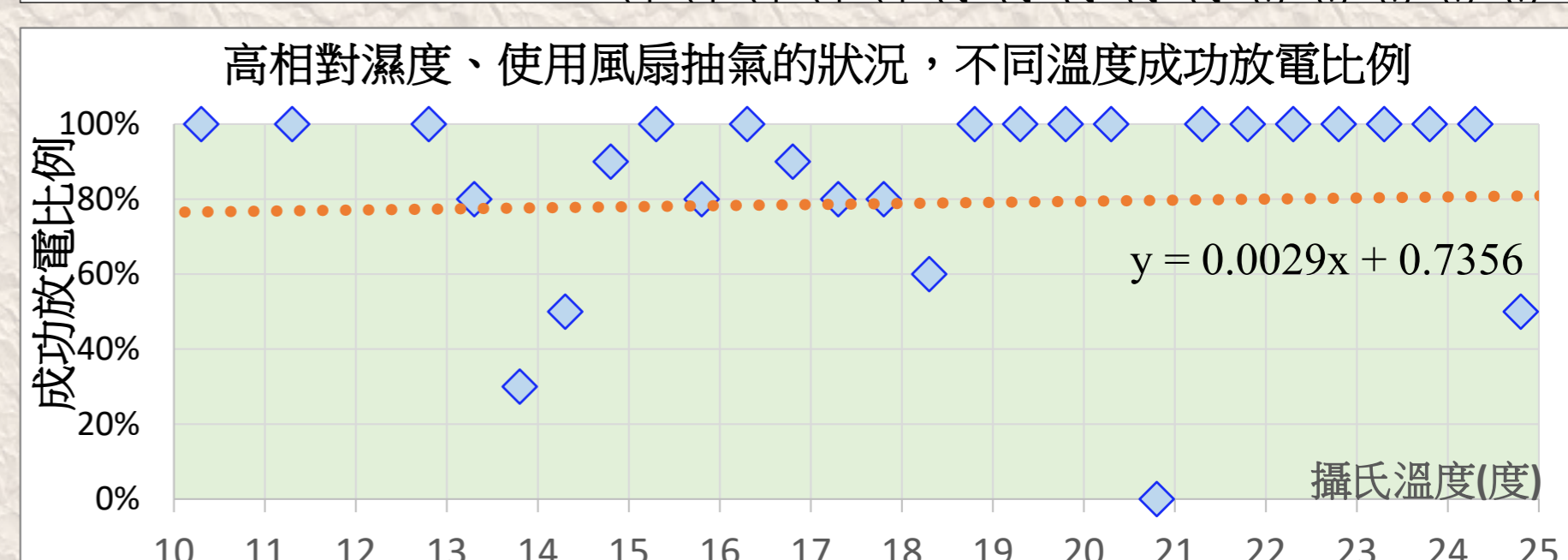
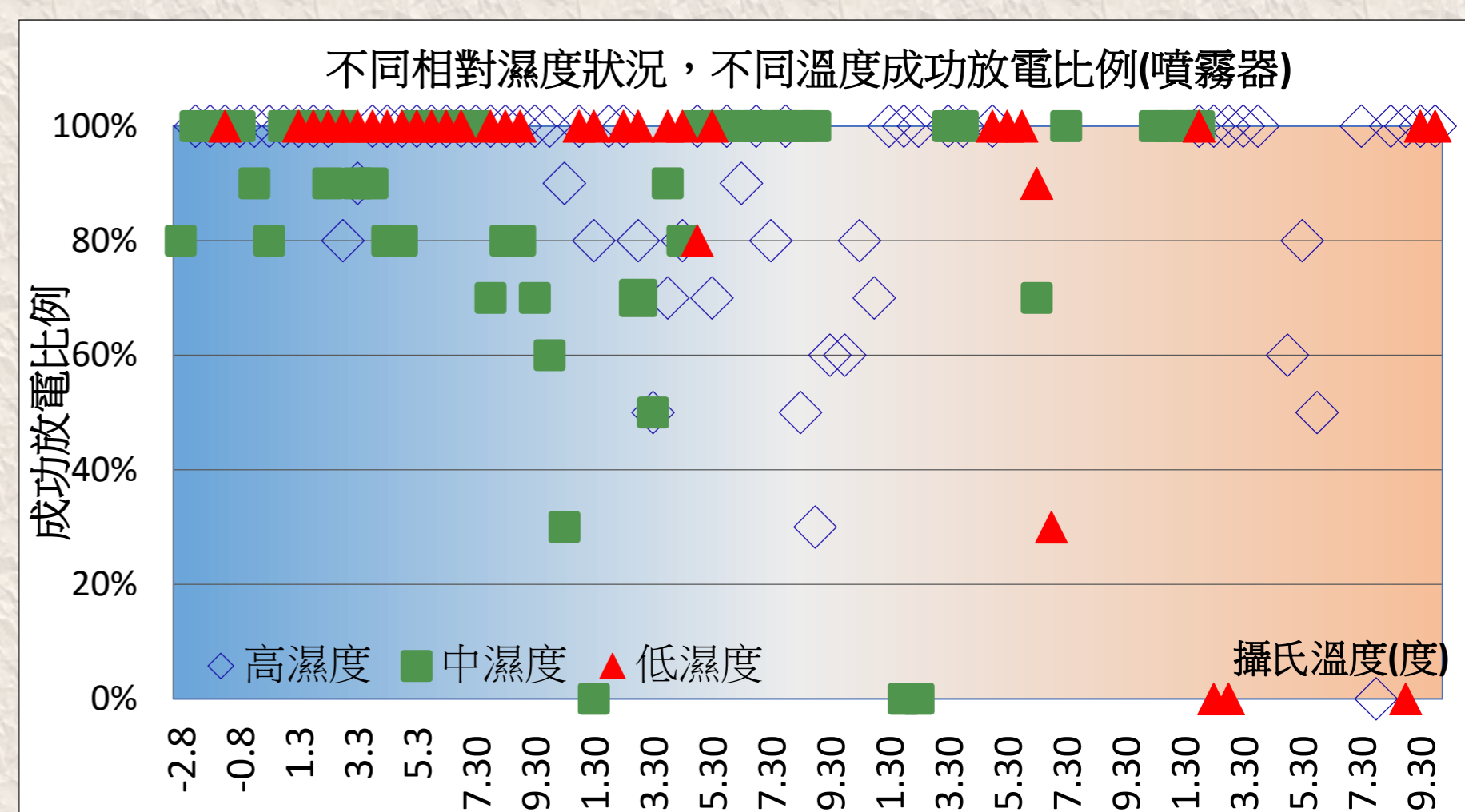
(二)實驗結果分析：以溫度的角度來看：低溫環境下，成功放電的機率較高；若以相對濕度的角度而言，相對濕度在59%~40%的環境成功放電的機率較高，偏高的濕度在攝氏10度~25度之間成功放電的機率較低。

四. 閃電發生與上升氣流的關係

(一)實驗方法:為了模擬積雨雲中上升氣流旺盛的狀況，我們使用電腦散熱用的風扇將水霧抽起，並將用來放電的電線放在水霧器與風扇之間，改變溫度和濕度，進行了329次實驗，並將所得的數據與沒有使用風扇抽氣的數據做比較。

(二)實驗結果分析:

- 1.使用風扇抽氣時，高濕度高溫度的情況下，幾乎每一次都放電成功。但在溫度介於攝氏13度~19度之間，放電成功機率有很大的變動起伏。
- 2.在沒有使用使用風扇抽氣的情況下，低溫度高濕度環境成功放電比例較高。隨著溫度增加，成功放電的比例又有起伏變化。
- 3.由隨溫度變化的趨勢圖也可以發現，在使用風扇抽氣的情況下，成功放電的比例大約維持在90%，但在沒有使用風扇抽氣的狀況下，成功放電的比例會隨著溫度的增加而逐漸下降。



柒、討論

一.閃電發生情況分析：

(一) 107年1月6日至9日冷鋒過境期間：

1. 雨量集中在北部，閃電的發生也集中在北部。東部地區雖然也有降雨，但閃電紀錄偏少。
🚗 冷鋒過境時，鋒面前緣推擠抬升暖空氣，會形成雲帶寬度較狹窄的積狀雲區，故此處應較容易產生閃電。

(二) 107年5月6日至9日鋒面降雨期間：

1. 雨量少，但雲對雲(IC)閃電非常多，分布以東北及西南最多，與雨量最多的區域沒有明顯重疊。
🚗 此時環境溫度高、上升氣流明顯，有利於大型對流雲發展，產生電荷分離的機會高。
2. 雲對地類型的閃電多發生在海上，陸地上並不多，只有南投山區略多。
🚗 經過分析我們認為：海面提供較多水氣，故發生凝結所需高度較陸地低，因此雲底較低，容易對地放電。山區容易有CG應該也是因為雲底較接近地面。

(三) 107年8月23日至8月29日強降雨事件：

1. IC多的地區，CG也多。
🚗 這是因為此時環境溫度更高，西南氣流也帶來豐沛的水氣，有利於積雨雲發展，且雲底高度都不高，有利於雲對地的放電發生。故容易產生IC的地區，也容易產生CG。
2. 北部閃電次數較多，雨量較少，而雨量較多的西南部，閃電次數卻偏少。
🚗 上述雨量最多和閃電最多的區域沒有重疊的狀況和之前冷鋒、梅雨鋒面過境的分析結果相似，我們推論原因應該是雲層移動或強降雨區的雲層濕度太大不利於靜電的累積造成。

二.模擬實驗結果分析：

(一)溫度在我們實驗的溫度變化範圍內，環境溫度對放電成功與否並不明顯。

我們並不是很確定原因是來自於實驗操作的溫度變化範圍太小？還是閃電的發生真的與環境溫度無關。在大自然中，氣溫和濕度會影響空氣的對流，進而影響產生積狀雲的機會，因此大氣溫度會與閃電發生相關。但是在我們的實驗中，僅純粹進行溫度和濕度的改變，所以無法進行類比。

(二)根據模擬實驗的結果發現，不太高的濕度環境，放電成功的機率較高。對照放電發生的原理和對107年閃電發生的分析，我們認為這樣的模擬實驗結果是可以接受的。

(三)以風扇抽氣模擬上升氣流時，發現上升氣流的存在能讓不同溫度下的成功放電比例一致。

1. 我們推測空氣的快速流動會造成電極兩端的電荷更容易跳躍移動，因此更容易產生放電現象。
2. 積狀雲中容易形成閃電的主要原因是因為上升氣流的存在容易造成正負電荷分離，而使得雲頂累積正電、雲底累積負電。等到電壓積聚夠大時，產生正負電中和的現象，此點與我們實驗的設計並不相同，換言之，我們的實驗並無法證明真實環境中上升氣流對閃電發生的影響。
3. 但是，我們的實驗或許能說明上升氣流除了造成電荷分離外，也可以使得空氣中電荷的跳躍移動更為容易。

捌、結論

一、不同年度發生閃電的次數有何異同？ 102~107年度的閃電發生的總次數變化很大，與當年度是否有明顯的梅雨鋒面、西南氣流等強降雨事件相關。但相同的是，80%的閃電都發生在溫度較高、雨量較多的4~9月。	二、閃電發生與地形的關係為何？ 閃電發在在山地地形的機率比平原高其中雲對地類型的閃電較容易發生在海面上。	三、閃電發生與降雨量的關係為何？ 我們的研究結果發現，閃電較容易發生在有強降雨事件發生的時間，但並不是降雨量愈高的地區閃電就會愈多，往往閃電的發生位置是在強降雨區的周圍。例如107年8月的強降雨事件中，台南、高雄降雨量最多，但閃電發生次數最多的地區卻是在台灣北部和東南部地區。
四、不同天氣系統的降雨型態與閃電發生的關係為何？ 我們發現冷鋒造成的閃電次數遠低於梅雨以及西南氣流造成的閃電。推測原因可能是冷鋒造成的積狀雲不足其他兩者活躍發達。可惜的是107年並沒有颱風登陸台灣，因此我們的研究為對此天氣系統造成的閃電進行分析。	五、如何製作閃電發生器？ 在探討閃電發生的過程中，我們嘗試了許多種方法，因為要成功放電且容易觀察，實驗器材比必須能產生非常大的電壓。我們後來決定拆解捕蚊拍電路搭配電容來做為閃電發生器。但在實驗的過程中也經常遇到因反覆放電，電容蓄電能力下降、電路壞掉等問題，造成實驗進行速度相當緩慢。	六、閃電發生與環境溫度、濕度的關係為何？ 統整數據分析以及模擬實驗的結果，閃電發生的環境不宜濕度過高。夏季時，氣溫較高，空氣不穩定容易上升凝結成雲，形成閃電容易發生的環境，但溫度對閃電發生的趨勢在我們這次的研究中並不明顯。
七、閃電發生與上升氣流的關係為何？ 在自然環境中，上升氣流是閃電發生的重要條件之一，上升氣流會讓積狀雲中的正負電分離，使得雲頂和雲底分別攜帶不同的電荷，進而在電壓增大時發生放電現象。在我們的模擬實驗中使用風扇抽氣模擬上升氣流，的確會讓成功放電的比例維持在90%，可以推論空氣的流動會影響電極間放電的難易程度。		