

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 地球科學科

團隊合作獎

080502

東眼山-天空中的瀑布

學校名稱：桃園市立龍安國民小學

作者： 小六 宋睿軒 小六 曾宥樺 小六 邱宥潏 小六 李亞璇 小六 洪可潔 小六 謝沂蓁	指導老師： 施創華
---	------------------

關鍵詞：東眼山、雲瀑、季風

摘要

校園中東大門向東南方望去，山群間有一排流動的雲，那是東眼山上的「雲瀑」美景。為何東眼山會出現如此奇景？利用自製雲霧的方式來證實山上易形成雲霧的大氣條件，再透過搜集資料及踏查東眼山，調查其大氣條件、地理位置及生態。探究東眼山為何得天獨厚能出現如此美麗的雲瀑，發現東眼山林相、溫度、濕度使得雲霧容易形成，其山勢走向使得冬季東北季風能順勢帶入，讓雲霧流動而為雲瀑，以上的探究結果再以自製東眼山模型，並在模擬雲瀑形成的大氣條件下呈現出來。

壹、研究動機

在學習六年級自然課〈天氣變化〉單元的課程時，自然老師不但教我們認識水如何形成雲霧，還實際到校園中觀察天空中的雲(圖 1)。就在我們抬頭朝校園東大門的東南方望去時，看到一整排流動的雲霧正爬過山頭，好像是空中的海浪襲捲而來，十分壯觀，自然老師說那就是「東眼山的雲瀑！」(圖 2)哇～要形成像瀑布一樣不斷流動的雲，這樣大量的雲是如何被製造出來的？為什麼在別的山看不到這美麗的雲瀑？東眼山有什麼特殊的條件能造就這樣的奇景呢？我們何其幸運可以在學校看到雲瀑的美景，當然要好好探究它形成的原因。



(圖 1)校園中可以觀察各種雲的種類



(圖 2)校園東南方觀察到壯麗的雲瀑

貳、研究目的

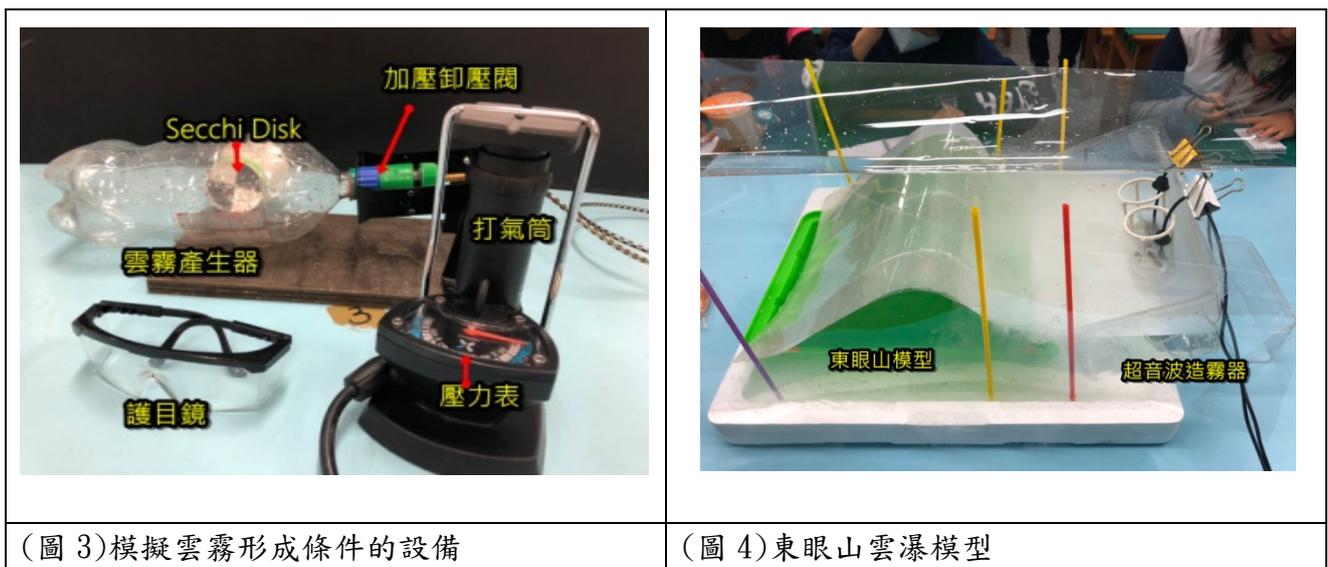
- 一、搜集東眼山及桃園市各項氣候因素資料，分析雪山山脈北段易形成雲霧的原因。
- 二、自製雲霧實驗以研究山上易出現雲霧的條件。
- 三、調查東眼山山勢走向、林相，分析資料與雲瀑形成之間是否有關聯？
- 四、綜合上述各項研究，再自製東眼山模型模擬出雲瀑流動。

參、研究設備及器材

硬體：溫度計、風速計、類單相機、單筒望遠鏡、雙筒望遠鏡、打氣筒、壓力表、計時器、造霧器。

軟體：Excel 軟體、WINDY APP、Peak Finder APP、AR 山地圖 APP

如圖 3 與圖 4 所呈現。

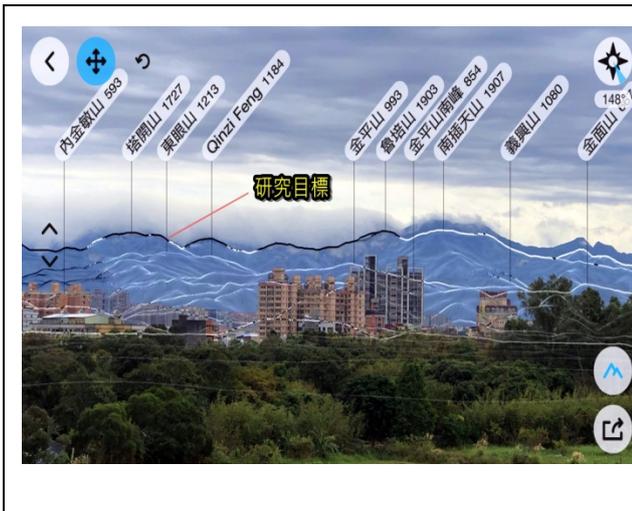


肆、研究過程及方法

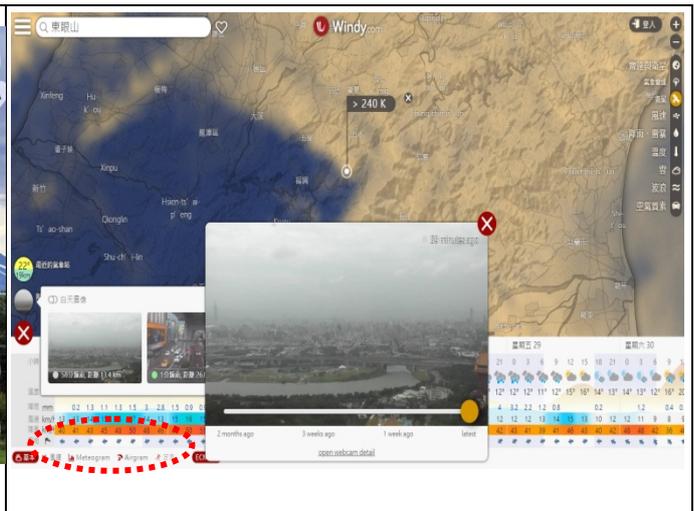
一、確認研究目標雲瀑與東眼山的方位

先利用 Peak Finder 與 AR 山地圖 APP 確認雲瀑產生的山脈是否為雪山山脈餘脈東眼山的方位 (圖 5)，因受限於交通工具及測量工具，因此利用「WINDY 氣象站資訊」的網站 (圖 6) 來記錄東眼山與桃園地區氣候資訊，包括溫度、濕度、風向、風速、氣壓等項目。(再加入氣象局資料的陳述)，並朝校園東大門運用風速儀監測風向變化(圖 7)，從數據中顯示東眼山從

九月後季風方向轉為東北季風，2018 年與 2019 年月平均溫度也從九月後持續降低。(圖 8)



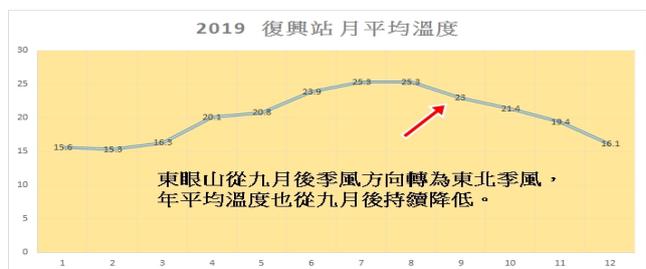
(圖 5) 確認雲瀑與東眼山的方位 Peak Finder



(圖 6) 運用 WINDY 氣象站資訊收集風向資料



(圖 7) 以風速儀監測風向變化



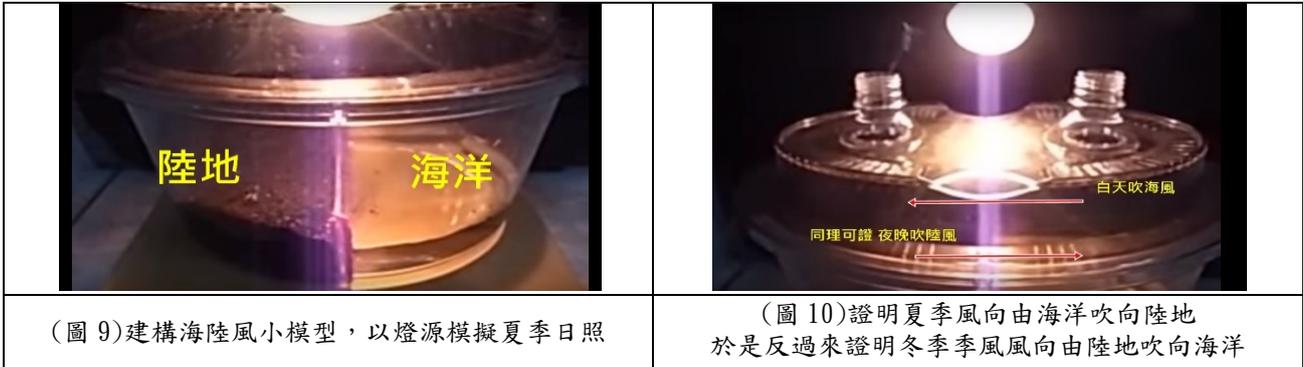
(圖 8) 復興站月平均氣溫資訊收集

我們從 WINDY 氣象站資訊收集與紀錄中發現每年九月到隔年的二月，每月都有十次以上風向轉為東北方向，雲瀑出現的次數也隨之增多，九月至十一月出現十次以上的紀錄，隔年三月由於冷暖氣團鋒面抗衡的關係，於是更難觀察到雲瀑了(表一)。

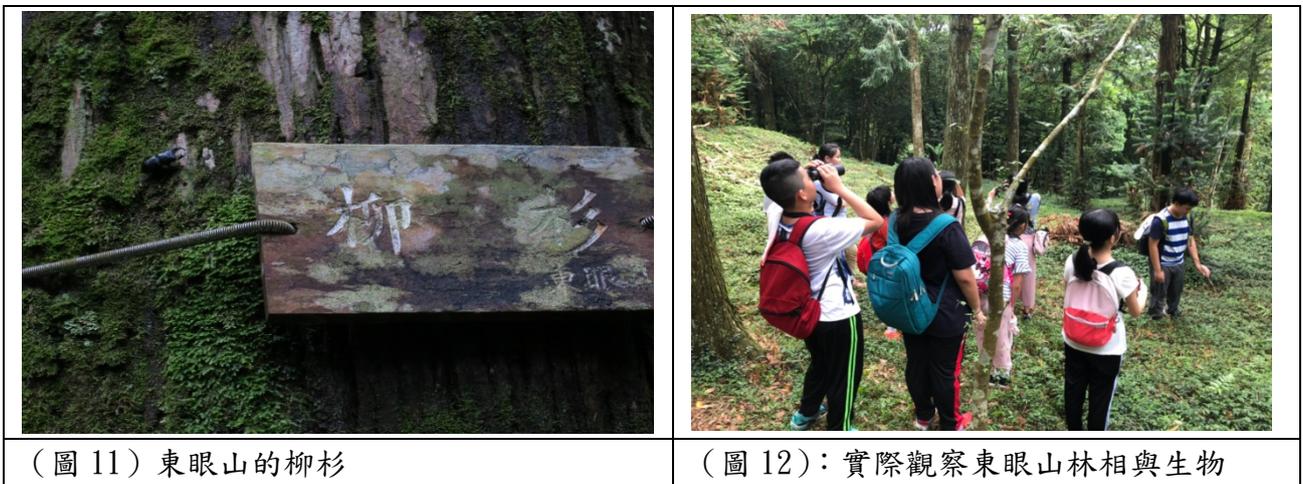
年月份	201908	201909	201910	201911	201912	202001	202002	202003	附註
東北風出現比例(氣象站)	7/31	16/30	15/31	14/30	15/31	14/31	12/29	3/31	當月出現的天數比例
當月觀測雲瀑出現的次數	5	12	13	10	8	9	7	0	九月轉東北季風
雲瀑與東北季風同時出現的次數	3	10	9	8	7	6	4	0	三月準備進入梅雨季節

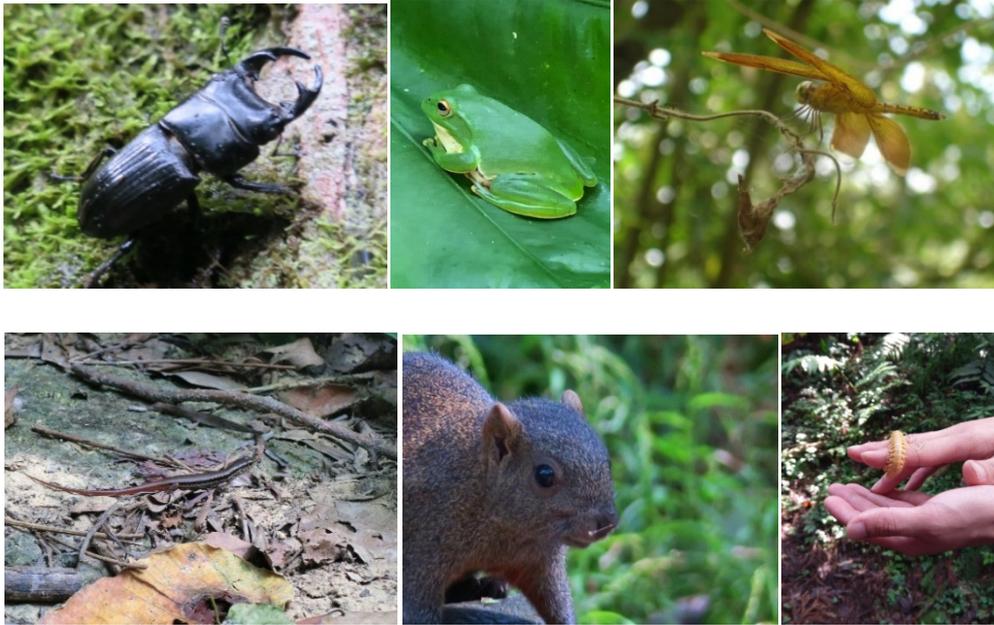
(表一) 觀測東北季風與雲瀑出現的次數

再以土壤與水模擬建構海陸風小模型，以燈源模擬日照，當溫度上升時，陸地吸熱產生上升氣流，中間的線香煙由水吹往土壤形成海風，反推冬季時風向由陸地吹向海洋，實際的情形則是秋冬高氣壓將季風由西伯利亞平原吹向了太平洋，並再因科氏力以順時針方向帶入台灣，於是產生了東北季風。(圖 9、圖 10)



師生實際踏查發現東眼山主要以柳杉、杉木等人工林為主，種植面積達數百公頃，林相整齊優美，其樟科、殼斗科等天然闊葉樹也分布林間(圖 11、圖 12)，植物種類繁多於是推論植物的蒸散作用使得東眼山上有豐富的水蒸氣，加上位處中海拔的山區，所以林間之動植物生態完整又豐富(組圖 13)，師生共同觀察到的有台北樹蛙、福建大頭蛙(古氏赤蛙)、拉都希氏赤蛙、盤古蟾蜍、扁背形馬陸、無霸勾蜓、鼎脈蜻蜓、蚰蜒、尺蠖蛾幼蟲等。到訪東眼山，除了感受到森林的鬱鬱蒼蒼，還可以呼吸到林間乾淨新鮮的空氣。先前搜集資料即發現東眼山的濕度相當高，水氣豐沛對於植物生長助益甚大，連帶著吸引低中階食物鏈的動物入住，才形成東眼山豐富且多樣的生態，也正因濕度高，水蒸氣吸附住山林間的懸浮粒子，再加上柳杉林芬多精好似將空氣梳洗了一番，進入東眼山就能馬上感受東眼山的清新。





(圖 13) 東眼山豐富的生態 (锹形蟲、樹蛙、蜻蜓、石龍子、赤腹松鼠、扁背形馬陸……)

資料來源參考：東眼山國家森林遊樂區、上河文化網站

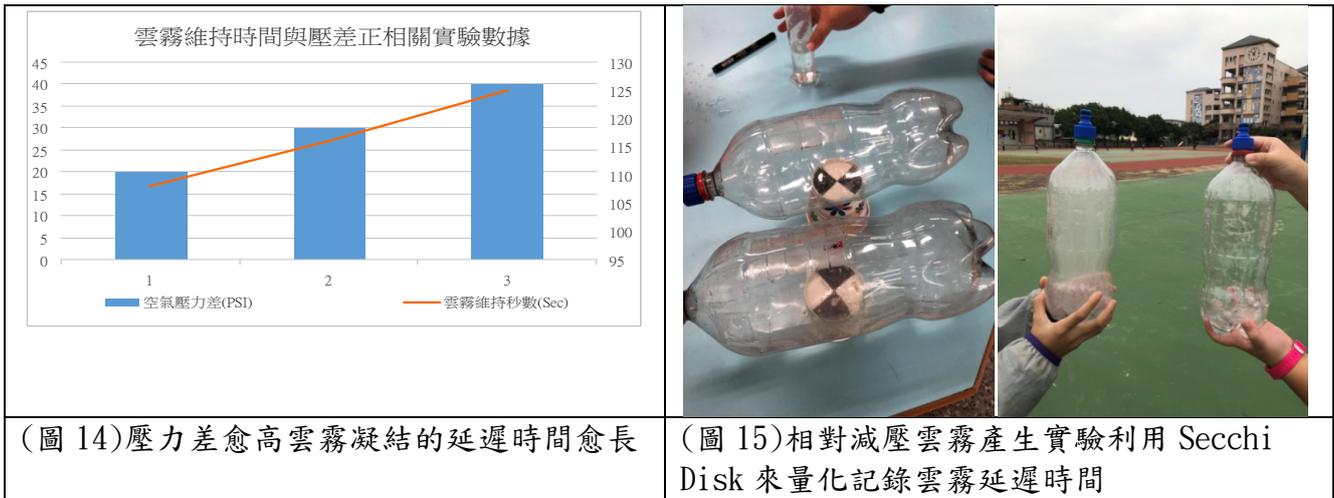
照片來源：師生攝影提供

二、壓力差與雲霧凝結的延遲時間之探究

我們之前學過水蒸氣遇冷凝結後就可形成雲霧，而大量的雲霧需要大量的水蒸氣，依前項資料分析，東眼山的濕度相對於平地而言較高，山上的溫度依資料分析相對較低，所以形成雲霧凝結的機會相當高。依據資料分析我們也發現山上的氣壓比較低，假設以理想氣體方程式 ($PV=nRT$) 來解釋，可知道當海拔越高，氣壓越下降溫度也會越低，所以，我們決定以減壓的方式來試著製造雲霧，較能貼近實際情形。推論海拔的高度差構成壓力差，會讓溫度降低，於是我們運用寶特瓶裡固定體積以此為控制變因維持不變，再操作氣體加壓與洩壓間的壓力變化為操作變因，觀察並記錄氣壓差造成水凝結的延遲時間與溫度變化。研究時發現當壓力差愈高，雲霧凝結的延遲時間愈長，當瓶內壓力差到達 40 PSI 時，洩壓產生的雲霧可維持 125 秒，約 2 分鐘以上。(圖 14)。

驗證假設，假設山腰上的大氣壓力比平地上還要小，相對減壓雲霧產生的實驗中，先將寶特瓶的空氣加壓模擬山下的氣壓，再進行洩壓。我們觀察到當壓力忽然減壓時溫度會降，而解寶特瓶裡的水蒸氣將會瞬間產生雲霧。造成所產生的雲霧延遲時間與海拔壓力差成正相關的趨勢。所以我們以壓力差為操作變因，當實驗中壓力差值越大產生的凝結雲霧的延遲時

間就越長，並利用 Secchi Disk 來量化記錄雲霧延遲時間(圖 15)。



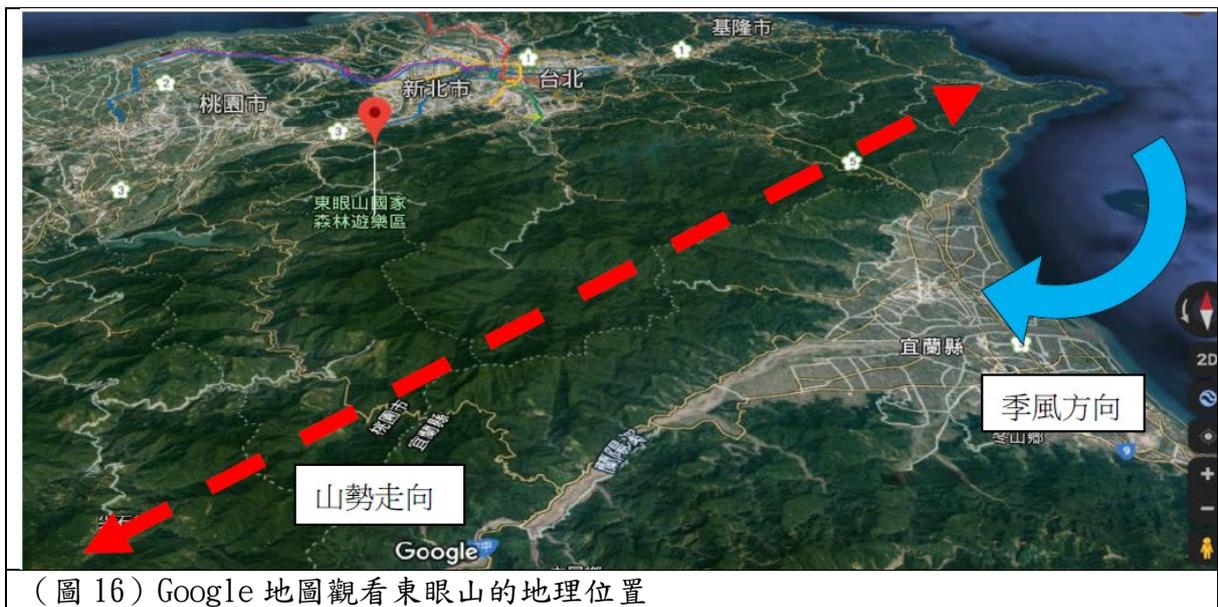
(圖 14)壓力差愈高雲霧凝結的延遲時間愈長



(圖 15)相對減壓雲霧產生實驗利用 Secchi Disk 來量化記錄雲霧延遲時間

三、調查東眼山山勢走向、林相

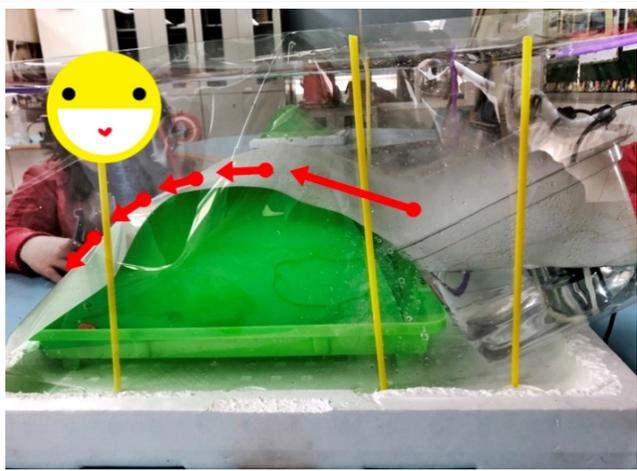
東眼山位於雪山山脈尾稜，海拔 1212 公尺，因為從石門水庫阿姆坪眺望過去，伴隨著清晨的日出於是山形就好像「向東方張開的大眼睛」而得名。師生運用 Google 地圖仔細研究東眼山與雪山山脈之走勢，發現為東北—西南向，所以當秋天季風開始轉為東北季風時，東北季風可以由台灣東北方順著雪山山脈進入台灣西部 (圖 16)，且因台灣東北方較無高山阻擋，東北季風的強度不會受到太大的影響與干擾，根據先前的各項氣象資料分析，得知東眼山在秋冬之際大多吹東北季風，我們在早自習時間持續觀察東眼山出現雲瀑的季節也恰巧在秋冬之際，因此東北季風在東眼山雲瀑中扮演著讓雲霧流動的重要角色，而我們就進一步去探究東北季風之迎風面及背風面的溫度差是否也是造就壯闊雲瀑的條件之一。



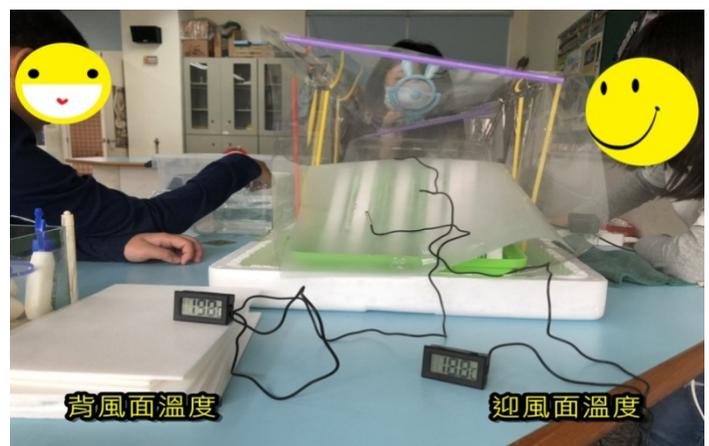
(圖 16) Google 地圖觀看東眼山的地理位置

四、自製東眼山模型模擬出雲瀑如何流動

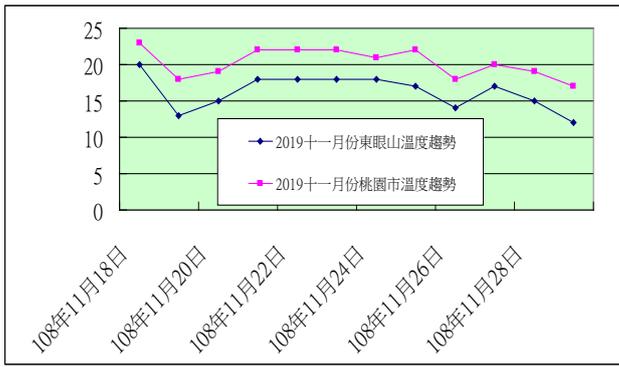
因為季風在九月後至隔年二月轉為東北季風，再加上西伯利亞的冷氣團影響，所以桃園復興站九月至十月之間月平均溫度大約下降 5°C 。由於雪山山脈高度差的關係，高度海拔400M氣象復興站的氣壓為950hpa左右，那麼雪山山脈北段中的東眼山氣壓與溫度將會更低。於是我們師生與指導教授討論後建構出一個小山模型(圖17)，並於迎風面以超音波造霧器建構出半山腰容易形成雲霧的條件，再以微型風扇模擬東北季風，當雲越過模型山鋒時，以溫度感測器量測並記錄室內溫度、迎風面溫度與背風面溫度(每次實驗均操作三次以上並求平均值)(圖20)發現溫差會達 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ ，利用WINDY氣象站資訊再次記錄迎風區域東眼山與背風區域桃園市之間的溫度差(圖21)。由於實際兩方的溫度差異造成冷空氣可以更明顯地向下產生對流，背風面的溫度較高讓東眼山西部的空氣想上，背風面吹來的風溫度較低如同開啟冰箱一樣，冷空氣貼著小山帶著模擬雲霧向下吹來，如此的雲瀑模型證明了東眼山擁有生成雲瀑的基礎條件，也同樣驗證了WINDY氣象站的溫差資訊，比對中央氣象局氣象站的資訊，東眼山相較於桃園市日平均溫度大約低攝氏 $3\sim 5$ 度，而且濕度也比較高。若當天季風方向轉為西北時，我們則無法觀測到雲瀑的產生。(圖22)



(圖17)自製雪山山脈模型模擬出雲瀑流動。



(圖18)由於迎風與背風的溫溼度差異造成冷空氣明顯地向下產生了雲瀑對流。



(圖 21)東眼山與桃園市之間的溫度差

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	東眼山	溫度	濕度%	風向	桃園市	溫度	濕度%	風向	雲瀑出現	霾害	備註
2	11月18日	20	63	東	11月18日	23	88	東北	X		
3	11月19日	13	96	東北	11月19日	18	87	東北	○		
4	11月20日	15	79	東	11月20日	19	77	東北	○		
5	11月21日	18	70	東南	11月21日	22	80	東北	X		雨天
6	11月22日	18	95	東	11月22日	22	94	東	X		直展雲
7	11月23日	18	92	西南	11月23日	22	92	北			六日
8	11月24日	18	86	東北	11月24日	21	91	東北			六日
9	11月25日	18	91	東	11月25日	22	80	東北	X		直展雲
10	11月26日	17	92	東北	11月26日	18	81	東北	X		陰天
11	11月27日	17	90	東	11月27日	20	78	東北	○		
12	11月28日	15	91	東北	11月28日	19	78	東北	○		
13	11月29日	12	99	東	11月29日	17	89	東北	○		

(圖 22)以 WINDY 氣象站的資訊紀錄東眼山與桃園市風向、溫溼度差異與觀察雲瀑出現的紀錄表格

伍、研究結果

運用 AR 山地圖 APP 確認雲瀑產生的山脈就是雪山山脈餘脈-東眼山的方位，再利用「WINDY 氣象站資訊」的網站來記錄東眼山與桃園地區氣候資訊，包括溫度、濕度、風向、風速、氣壓等項目。從數據中顯示東眼山從九月後季風方向轉為東北季風，年平均溫度也從九月後持續降低，由海陸風的小模型來驗證陸地與海洋之間季風的轉換是雲瀑產生的關鍵因素之一。

理想氣體方程式 ($PV=nRT$) 可用來解釋雲霧凝結的延遲時間，當海拔越高，氣壓越下降，溫度也會越低，所以運用寶特瓶裡固定體積以此為控制變因在進行氣體的加壓與洩壓，發現當壓力差愈高雲霧凝結的延遲時間愈長。

運用 Google 地圖探究東眼山的地理位置與山勢走向，發現東眼山之走勢為東北—西南向，所以當秋天季風開始轉為東北方向時，東北季風可以順著東眼山而上，因此東北季風與雪山山脈北段餘脈的走勢，在東眼山山頂雲瀑形成中扮演著讓雲霧順勢流動的重要角色。

由於西伯利亞的冷氣團影響，季風在九月後至隔年二月多轉為東北季風，所以桃園復興站溫度從九月至十月之間月平均溫度大約開始下降 5°C ，為了模擬平地與東眼山高度差的關係。先建構小山模型，能以造霧器模擬出半山腰容易形成雲霧的條件，此外運用微型風扇模擬東北季風，明顯可以觀察到微型雲瀑越過小山模型後對流而下的有趣現象。

陸、討論

當每年進入到秋季，季風風向轉為東北季風時，東眼山上完整的柳杉林造林增加了濕度，附近的石門水庫也提供了相當多的水氣，所以水蒸氣隨著季風由迎風面經過低處時，遇上阿姆坪與石門水庫附近擁有的豐沛的水氣(這一方面我們運用造霧器模擬出來雲霧)，加上東眼山上完整的林相，透過大量植物維管束的蒸散作用，一方面增加了水蒸氣產生的條件，另一方面也提升雲霧形成所需的高濕度條件。以理想氣體方程式 ($PV=nRT$) 解釋，可知道當海拔越高，氣壓越下降，溫度也會越低，所以透過減壓的方式來試著製造季風越過東眼山造成雲霧的現象較能貼近雲瀑產生的實際情形。

然而**實驗限制部分**:一、無法隨時於東眼山附近監測溫溼度、氣壓，必須透過 WINDY 氣象站或是復興氣象站等監測的數據進行分析。二、每年九月台灣入秋後，東北季風的出現讓西伯利亞乾冷的空氣越過北部的雪山山脈，雖然可以運用風速儀監測風向變化，但只能運用早自習時間監測。三、雲瀑能以望遠鏡與單眼相機觀察與紀錄，但如果遇到雨天或是高氣壓則雲瀑現象將無法出現，當然還有隨著東北季風挾帶而來的空氣汙染等霾害的問題。

柒、結論

含有豐沛水氣的雲霧，翻越雪山山脈山稜線往另一端傾瀉而下的狀況被稱為是「雲的瀑布」，雲瀑一般會在比較高海拔的山區才有機會可以見到，但東眼山因林相、地利之便與季風的方向，僅僅 900 至 1212 公尺的海拔高度便可見到非常壯觀的雲瀑，實屬難得。而由實驗驗證東眼山的雲瀑大多出現在 9 月至隔年 2 月之間。

大部分人想到山區，都是出現與動植物有關的印象，很少人會注意到山區雲霧的狀況。其實，山區的雲霧對動植物、人們的生活而言，可說是非常重要的一個環節，我們生活所需的淡水資源，一部分正是這些變化萬千的雲霧水循環所提供的。季風的方向轉換還有市區與山頂間的溫差、壓力差，最終透過實際操作與研究季風方向、東眼山的林相與山勢走向來探究雲瀑產生的有利條件。未來延伸部分:水分子的凝結會依附空氣中的塵埃對於空氣與水源的淨化都扮演著極重要的角色，讓我們隨著季風一同探究大氣中有趣的雲瀑現象!一同好好欣賞與守護這美好的生態與環境。

捌、參考資料

1. 崔斯坦·古力 Tristan Gooley ,《水的導讀》。台北市:行人文化實驗室,頁 4— 頁 5。
2. 《未來少年》(2017),〈當塵埃遇見水〉。79, 2017.07, 頁 30— 頁 31。
3. 劉昭民 審訂,《自然科學圖解百科》(氣象與氣候I)。泛亞國際文化科技股份有限公司,頁 58 -頁 77。
4. 劉昭民 審訂,《自然科學圖解百科》(氣象與氣候II)。泛亞國際文化科技股份有限公司,頁 52 -頁 61。
5. Neil Ardley , *MY SCIENCE BOOK OF WATER*(1991), 倫敦: Dorling Kindersley Publishers Ltd,頁 8-頁 9、頁 18。
6. 陳月文,《滴滴》。台北市:國語日報社,頁 41、頁 81、頁 118。
7. 網路氣象站觀測資料
<https://e-service.cwb.gov.tw/HistoryDataQuery/index.jsp>

【評語】 080502

此作品的研究主題清楚有聚焦，能經由設計簡易實驗展現對科學原理的理解，並自製簡單的模型來示意所觀測到的現象。參賽成員展現出團體合作精神，所有成員對於作品都大致理解且都有貢獻。

摘要

由校園東大門向東南方望去，山群間有一排流動的雲，那是東眼山上的「雲瀑」美景。但為何東眼山會出現如此奇景？利用自製雲霧的方式來證實山上易形成雲霧的大氣條件，再透過搜集資料及實地踏查東眼山，調查其大氣條件、地理位置及生態，探究東眼山為何得天獨能出現雲瀑，發現東眼山的林相、溫度、濕度使得雲霧容易形成，其山勢使得冬季東北季風順勢帶入雲霧而為雲瀑，以上的探究結果以自製東眼山模型，並在模擬雲瀑形成的大氣條件下呈現出來。

壹、研究動機

在學習六上自然課〈天氣變化〉的課程中，我們認識了水如何形成雲霧，還實際到校園中觀察天空中的雲。當我們抬頭朝著校園東大門的東南方望去時，看到一整排流動的雲霧正爬過山頭，好像是空中的海浪襲捲而來，十分的壯觀，自然老師說那就是「東眼山的雲瀑！」

(圖 1)。

若要形成像瀑布一樣不斷流動的雲，這樣大量的雲是如何被製造出來的呢？為什麼在別的山看不到這樣美麗的雲瀑？東眼山有什麼特殊的條件能造就這樣的奇景呢？我們何其幸運可以在學校看到雲瀑的美景，當然要好好探究它形成的原因。



▲(圖 1)校園東南方觀察到壯麗的雲瀑

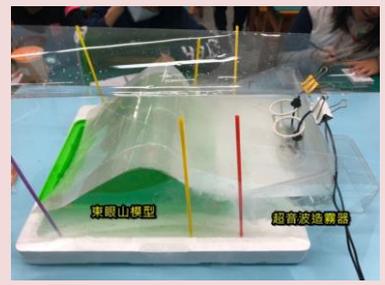
貳、研究目的

- 一、搜集東眼山及桃園區各項氣候因素資料，分析雪山山脈北段容易形成雲霧的原因，並實際踏查東眼山。
- 二、自製雲霧以研究山上易出現雲霧的變因。
- 三、調查東眼山山勢走向、林相，分析資料與雲瀑形成是否有關聯？
- 四、綜合上述各項研究，自製東眼山模型模擬出雲瀑水循環現象。

參、研究設備及器材

硬體：溫度計、風速計、類單眼相機、打氣筒與壓力表、計時器、造霧器。(圖 2、圖 3)

軟體：Excel 軟體、WINDY APP、AR 山地圖 APP



▲(圖 2)模擬雲霧形成條件的設備 ▲(圖 3)東眼山雲瀑模型

肆、研究方法及過程

一、確認研究目標：雲瀑與東眼山的方位

先利用 AR 山地圖 APP 確認雲瀑產生的山脈是否為雪山山脈餘脈東眼山的方位(圖 4)，因為受限於交通工具及測量工具，因此利用「WINDY 氣象站資訊」的網站來記錄東眼山與桃園地區氣候資訊，包括風速、溫度、濕度、風向、風速、氣壓等項目。



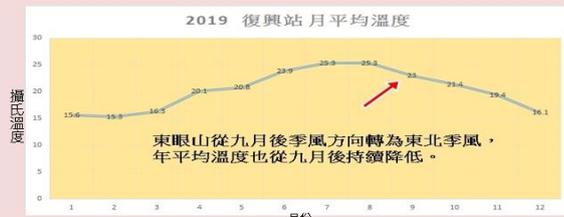
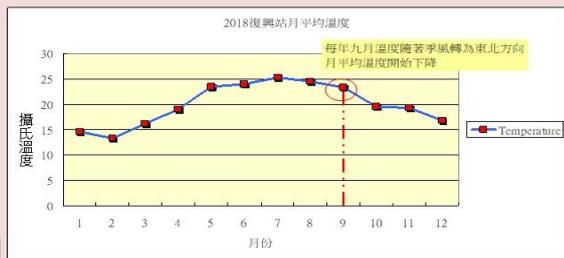
▲(圖 4)確認雲瀑與東眼山的方位

我們從 WINDY 氣象站資訊收集與紀錄中發現每年九月到隔年的二月，每月都有十次以上風向轉為東北方向，雲瀑出現的次數也隨之增多，九月至十一月出現十次以上的紀錄，隔年三月由於冷暖氣團鋒面抗衡的關係，於是更難觀察到雲瀑了(表一)。

年月份	201908	201909	201910	201911	201912	202001	202002	202003	附註
東北風出現比例(氣象站)	7/(31)	16/(30)	15/(31)	14/(30)	15/(31)	14/(31)	12/(29)	3/(31)	當月出現的天數比例
當月實際觀測雲瀑出現的次數	5	12	13	10	8	9	7	0	九月轉東北季風後9-11月較容易觀察到雲瀑
雲瀑與東北季風同時出現的次數	3	10	9	8	7	6	4	0	三月準備進入梅雨季節

(表一)觀測東北季風與雲瀑出現的次數

同時運用風速儀監測風向的變化，確定東眼山從九月後季風方向轉為東北季風，年平均溫度也從九月後持續降低。(圖 5)



▲(圖 5) WINDY 氣象站資訊與歷年復興站資訊收集

師生實際踏查發現東眼山主要以柳杉、杉木等人工林為主，種植面積達數百公頃，林相整齊優美，其樟科、殼斗科等天然闊葉樹也分布其間(圖 6、圖 7)，植物蒸散作用使得東眼山上有豐富的水蒸氣，加上位處中海拔的山區，所以林間之動植物生態完整又豐富(組圖 8)。



(圖 6) 東眼山的柳杉

(圖 7)：實際觀察東眼山林相與生物



(圖 8) 東眼山豐富的生態(锹形蟲、樹蛙、蜻蜓、石龍子、赤腹松鼠、烏背形馬陸……)

二、壓力差與雲霧凝結的延遲時間的探究

水蒸氣遇冷凝結後就可形成雲霧，而大量的雲霧需要大量的水蒸氣，依前項資料分析，東眼山的濕度相對於平地而言是較高的。擁有大量水蒸氣的條件有了，而山上的溫度依資料分析也相對較低，所以形成雲霧的機會較高。資料分析，我們也發現山上的氣壓比較低，以理想氣體方程式($PV=nRT$)解釋，可知道當海拔越高，氣壓越低，溫

度也會越低，所以我們決定以減壓的方式來製造雲霧，較能貼近實際情形。假設海拔的高度差構成壓力差，會讓溫度降低，那我們將寶特瓶裡的體積的變因先固定，再操作氣體加壓與洩壓的控制變因，觀察並記錄氣壓差造成水凝結的延遲時間與溫度變化。研究時發現當壓力差愈高時雲霧凝結的延遲時間愈長。(圖 9)

假設山腰上的大氣壓力比平地上還要小，在相對減壓造成雲霧產生的實驗中(圖 10)，我們觀察到當壓力忽然減壓時溫度會下降，寶特瓶裡的水蒸氣將也會瞬間產生雲霧。所造成的雲霧延遲時間與海拔壓力差呈現正相關的趨勢。



▲(圖 9) 壓力差愈高雲霧凝結的延遲時間愈長



▲(圖 10) 相對減壓雲霧產生實驗利用 Secchi Disk 來量化記錄雲霧延遲時間

三、調查東眼山山勢走向、林相

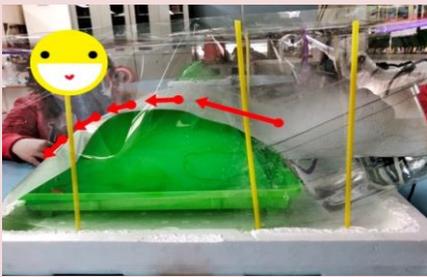
東眼山位於雪山山脈尾稜，海拔 1212 公尺，從阿姆坪眺望，它的山形好似巨人「向東望的大眼睛」而得名。由於雪山山脈之走勢為東北—西南向，所以秋天開始轉為東北季風時，東北季風可以順著雪山山脈進入北台灣如(圖 11)，且因台灣東北方較無高山、山脈阻擋，東北季風的強度可不受太大影響，根據先前的各項氣象資料分析，東眼山秋冬大多吹東北季風，而東眼山出現雲瀑的季節也是在秋冬之際，因此東北季風在東眼山雲瀑中扮演著讓雲霧流動的重要角色。再近看東眼山區的山勢走向大致為偏東北—西南走向，正好為東北季風進入雪山山脈之迎風面及背風面。



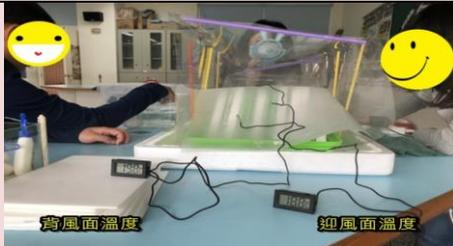
▲圖 11：以 Google 地圖觀看雪山山脈與東眼山的山勢走向(紅標所在為東眼山)

四、自製東眼山山脈模型模擬出雲瀑流動

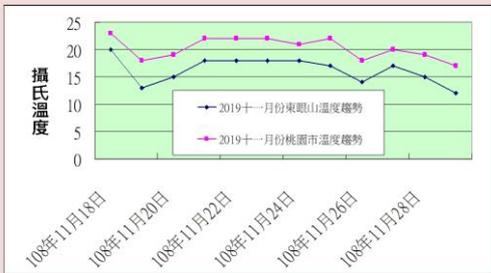
因為季風在九月後至隔年二月轉為東北季風，是由於西伯利亞的冷氣團的影響，所以桃園復興站九月至十月之間月平均溫度大約下降 5°C，加上雪山山脈造成高度差的關係，高度海拔 400M 氣象復興站的氣壓為 950hpa 左右，推測雪山山脈北段包含東眼山、塔曼山的氣壓將會更低。於是我們建構出一個東眼山小模型(圖 12)，並於迎風面以造霧器建構出半山腰容易形成雲霧的條件，再以微型風扇模擬東北季風，當雲越過模型山鋒時，以溫度感測器量測室溫、模型小山迎風面溫度與背風面溫度(圖 13)。利用 WINDY 氣象站資訊進行比對季風風向還有迎風區域東眼山與背風區域桃園市之間的溫度差(圖 14)。



▲(圖 12) 自製雪山山脈模型模擬出雲瀑流動



▲(圖 13) 模型小山迎風面溫度與背風面溫度



▲(圖 14) 紀錄東眼山與桃園市之間的溫度差

伍、研究結果

◎ 運用 AR 山地圖 APP 確認雲瀑產生的山脈就是雪山山脈餘脈-東眼山的方位，以「WINDY 氣象站資訊」的網站來記錄東眼山與桃園地區氣候資訊。從數據中顯示東眼山從九月後季風方向轉為乾冷的東北季風，年平均溫度也從九月後持續降低。所以大氣中季風的轉換是雲瀑產生的關鍵因素之一。

◎ 理想氣體方程式 ($PV=nRT$) 可用來解釋雲瀑現象，當海拔越高，氣壓越下降，溫度也會越低，運用寶特瓶裡固定的體積為控制變因再進行氣體的加壓與洩壓，發現當壓力差愈高雲霧凝結的延遲時間愈長。

◎ Google 地圖探究東眼山的地理位置與山勢走向，雪山山脈之走勢為東北-西南向，當季風開始轉為東北方向時，東北季風可以順著雪山山脈而上，因此東北季風與雪山山脈的走勢在雲瀑形成中扮演著讓雲霧流動的重要角色。

◎ 由於兩方溫度的差異造成冷空氣明顯地向下產生對流，如此的雲瀑模型證明了雪山山脈北段有生成雲瀑的條件，也同樣驗證了 WINDY 氣象站的資訊，東眼山相較於桃園市

日平均溫度約再低攝氏 3~5 度，濕度也比較高。若當季風方向轉為西北時，我們則無法觀測到雲瀑的產生。

(圖 15)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	東眼山	溫度	濕度	風向	桃園市	溫度	濕度	風向	雲瀑出現	稽查	備註
2	11月18日	20	62	東	11月18日	23	58	東北	X		
3	11月19日	13	96	東北	11月19日	18	87	東北	○		
4	11月20日	15	79	東	11月20日	19	77	東北	○		
5	11月21日	18	70	東南	11月21日	22	80	東北	X		雨天
6	11月22日	18	95	東	11月22日	22	94	東	X		直觀雲
7	11月23日	18	92	西南	11月23日	22	92	北			六日
8	11月24日	18	86	東北	11月24日	21	91	東北			六日
9	11月25日	18	91	東	11月25日	22	80	東北	X		直觀雲
10	11月26日	17	92	東北	11月26日	18	84	東北	X		陰天
11	11月27日	17	90	東	11月27日	20	78	東北	○		
12	11月28日	15	91	東北	11月28日	19	78	東北	○		
13	11月29日	12	99	東	11月29日	17	89	東北	○		

▲(圖 15) 以 WINDY 氣象站的資訊紀錄東眼山與桃園市溫溼度、季風變化與實際觀察雲瀑出現的紀錄表格

陸、討論與實驗限制

當風向轉為東北季風時加上東眼山的柳杉林造林增加了濕度，附近的石門水庫也提供了相當多的水氣。所以迎風面由於地處阿姆坪與石門水庫附近，能擁有豐沛的水氣，加上山區完整的林相增加植物維管束的蒸散作用，增加產生水蒸氣的條件，同樣地也提升了高濕度的條件。

實驗限制部分:第一點:無法隨時於東眼山附近監測溫溼度必須透過 WINDY 氣象站或是復興氣象站等監測的數據進行分析。第二點:每年九月台灣入秋後，東北季風的出現讓西伯利亞乾冷的空氣以順時針的方向越過北部的雪山山脈，雖然可以運用風速儀監測風向變化但只能運用早自習時間監測。第三點:雲瀑能以望遠鏡與單眼相機觀察與紀錄，但如果遇到雨天則雲瀑現象將無法出現，當然還有隨著東北季風挾帶而來的空氣汙染等霾害的問題。

柒、結論

含有豐沛水氣的雲霧，翻越雪山山脈山稜線往另一端傾瀉而下的狀況被稱為是「雲的瀑布」，雲瀑一般會在比較高海拔的山區才有機會可以見到，但東眼山因林相、地利之便與季風的方向，僅僅 900 至 1212 公尺的海拔高度便可見到非常壯觀的雲瀑，實屬難得。而由實驗驗證東眼山的雲瀑大多出現在 9 月至隔年 2 月之間。

大部分人想到山區，都是出現與動植物有關的印象，很少人會注意到山區雲霧的狀況。其實，山區的雲霧對動植物、人們的生活而言，可說是非常重要的一個環節，我們生活所需的淡水資源，一部分正是這些變化萬千的雲霧水循環所提供的。實驗中我們更運用線香模擬雲霧凝結時所需的凝結核，發現雲霧產生的現象更為明顯、雲霧延遲時間也相對的增長。本實驗透過實際操作與研究季風、東眼山的林相與山勢是如何造就了雲霧產生的良好條件，而水分子的凝結更會依附空氣中的塵埃對於空氣與水源的淨化都扮演著極重要的角色。讓我們隨著季風一同探究大氣中有趣的雲瀑現象!一同好好守護這美好的生態與環境。

壹、參考資料

1. 崔斯坦·古力 Tristan Gooley(2018), 《水的導讀》。台北市:行人文化實驗室, 頁 4- 頁 5。
2. 《未來少年》(2017), 〈當塵埃遇見水〉。79, 2017.07, 頁 30- 頁 31。
3. 劉昭民 審訂,《自然科學圖解百科》(2005)(氣象與氣候 I)。泛亞國際文化科技股份有限公司, 頁 58- 頁 77。
4. 劉昭民 審訂,《自然科學圖解百科》(2005)(氣象與氣候 II)。泛亞國際文化科技股份有限公司, 頁 52- 頁 61。
5. Neil Ardley, MY SCIENCE BOOK OF WATER(1991), 倫敦: Dorling Kindersley Publishers Ltd, 頁 8- 頁 9、頁 18。
6. 陳月文,《滴滴》。台北市:國語日報社, 頁 41、頁 81、頁 118。