

臺灣高山地區霧雨雪之水象特色

The hydrological feature of fog-rain-snow in Taiwan mountain region



2017/9/21

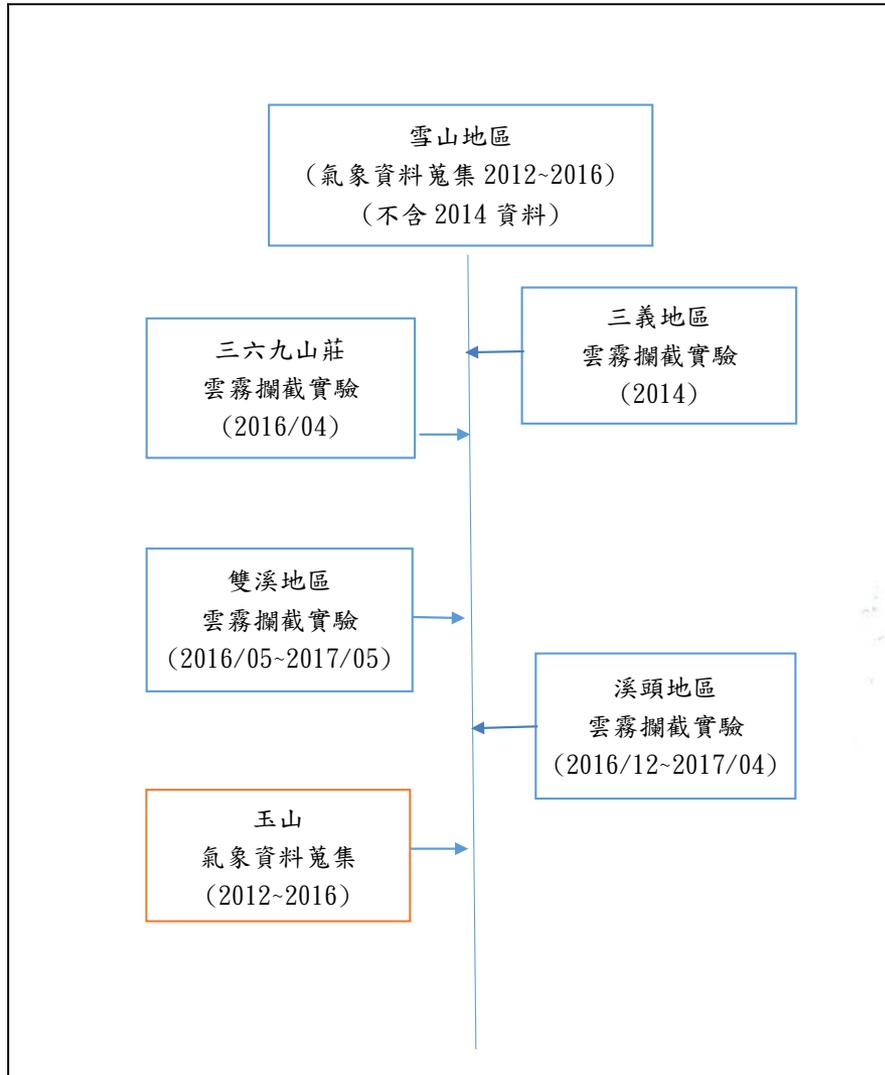
江秀真 林博雄
臺灣大學大氣科學系

一、前言

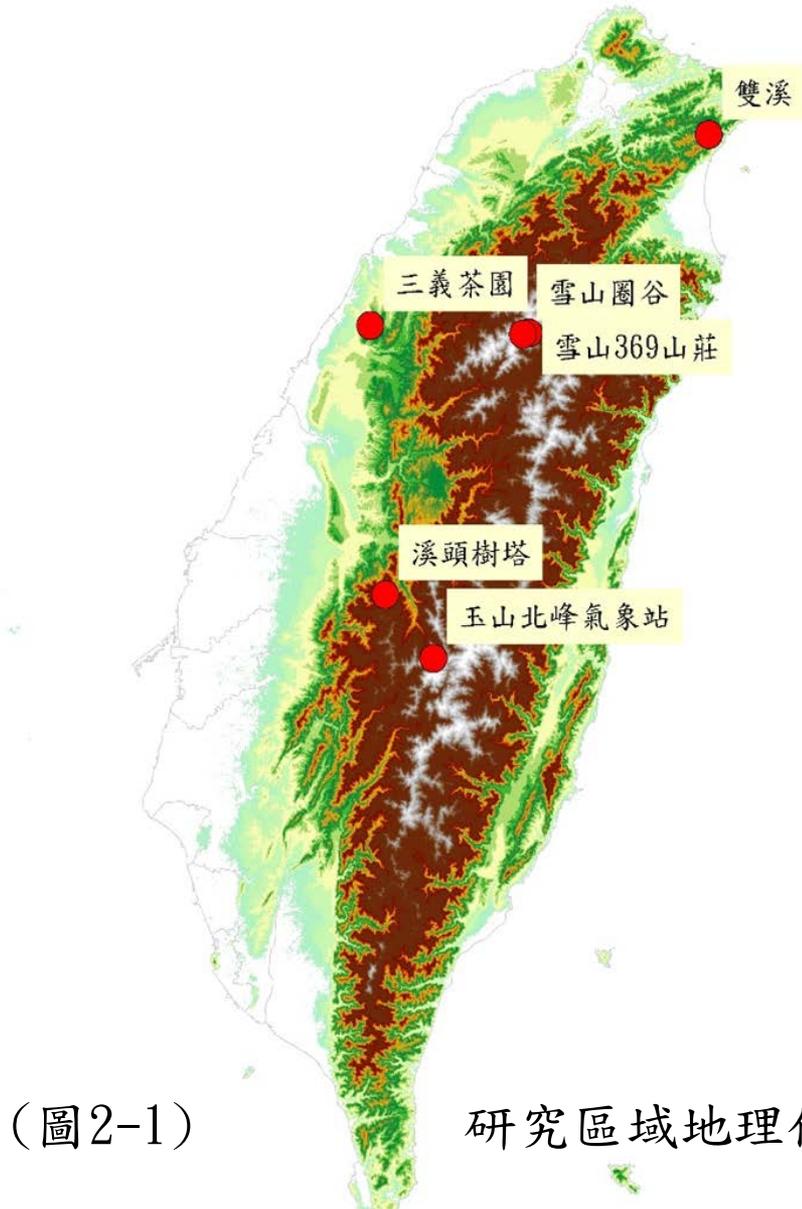
台灣為潮濕多雨亞熱帶島嶼，高山地區有雲霧、強降雨以及降雪等現象，降雨（垂直降水）、雲霧（水平降水）、雪（延遲降水）這三種水象因子。相對於降雨，雲霧與降雪兩種因子在台灣地區鮮少被探究討論，再加上山區地處偏遠、交通不便，甚少對高山地區水象特色與資源進行深入討論。

本研究延續2009年由雪霸國家公園主持的「雪山地區生態整合計畫」的各項子計畫以該區域「高山生態系」為研究主軸，並在雪山雪東沿線海拔3,000m以上地區設立4座高山氣象站，於2014年時減至2座氣象站，2015年「雪山地區長期氣象站建置諮詢與雲霧水捕集實驗」啟動了雪東線實驗型氣象站加入中央氣象局全台自動觀測站網，以及進行三六九山莊雲霧水攔截蒐集等兩項評估實驗。

三、研究方法與架構



(圖1-1)



(圖2-1)

研究區域地理位置圖

3.2 資料來源

測站介紹：

雪山圈谷(SP1) 369山莊(SP3)

—雪霸國家公園管理處委託計畫 (2009-2013; 2015-2017)

儀器介紹：

2012~2016年 (其中SP3-2014雲霧觀測資料不完整.不計在內)

SP1/SP3氣象測站, RECONYX相機(影像判別雲霧/雪深)

玉山北峰氣象站同時段氣象資料

3.3 資料收集與分析

測量項目	方法	數據獲得	單位	觀測位置	儀器
雲霧發生	相片判讀 有/無	05：00~ 17：00 /每30分鐘1張	hr	SP3/ 三六九山莊	RECONYX 相機
雪深	相片判讀 雪深	05：00~ 17：00 /每30分鐘1張	cm	SP1/ 雪山圈谷	RECONYX 相機 +雪尺
雨量	傾斗雨量筒	am 00：00~ pm 24：00	mm	SP3/SP1	Davis傾斗 容積 4.28ml

SP3 雲霧判別 (5:00~17:00)

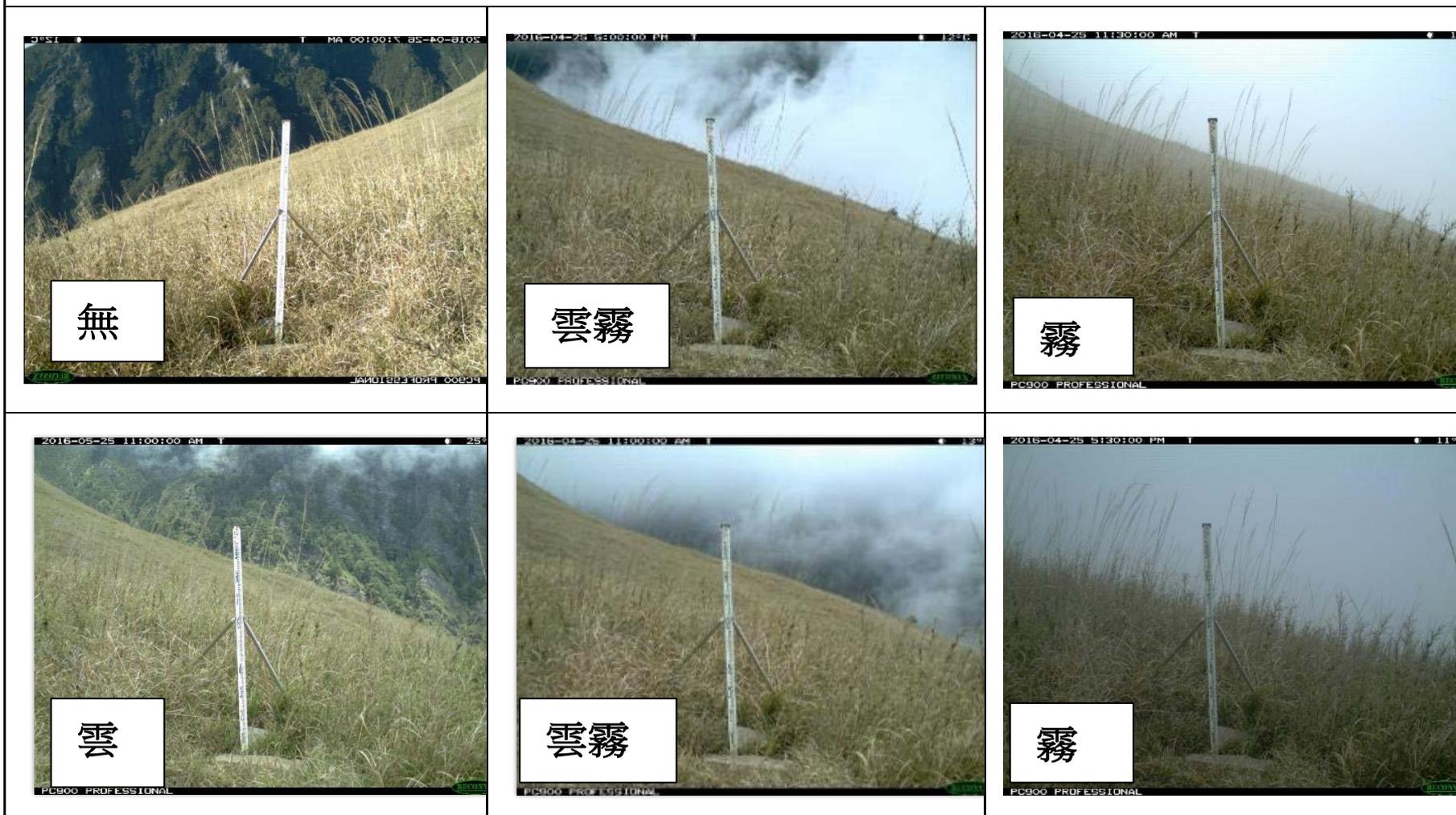


圖2-4 SP3雲霧判別

SP1 雪深判別 (5:00~17:00)

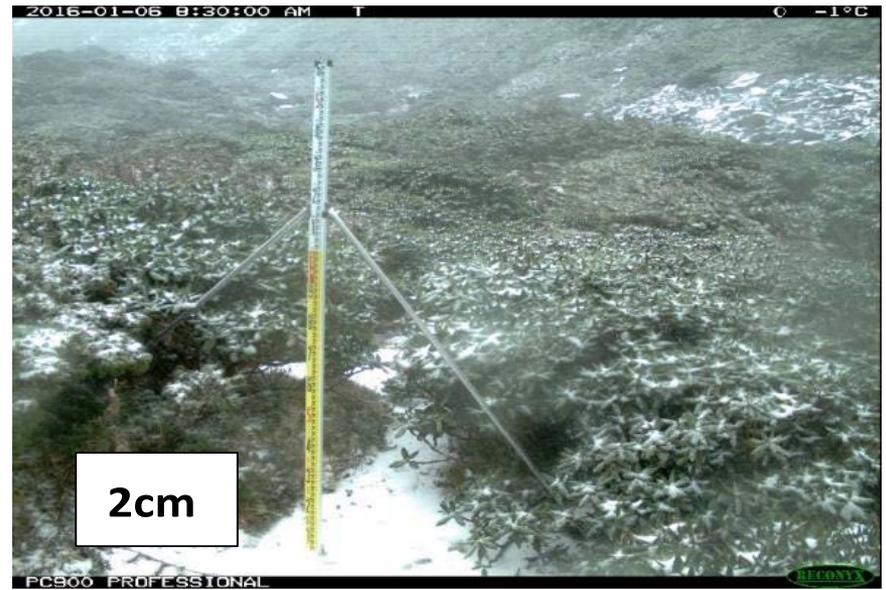
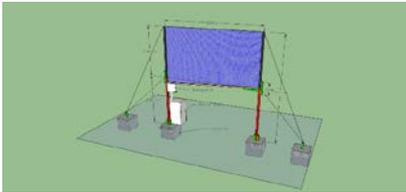


圖2-5 SP3雪深判別

儀器名稱	規格	用途	範圍	使用地點
HOBO RG3 雨量筒	口徑 15.4cm	傾斗感測水量	0.2mm 傾斗體積 3.7ml	(三義, 雙溪)
TK-1 雨量筒	口徑 20 cm	傾斗感測水量	0.5mm 傾斗體積 15.7ml	(SP1, SP3, 溪頭苗圃)
Davis RGC- M002 雨量筒	口徑 16.5cm	攔截網水量計數	0.2mm 傾斗體積 4.27ml	(SP3, 雙溪, 溪頭)
Lascar ELUSB5	計數 100Hz	數據計數器	32,510 個事件	(SP3, 雙溪, 溪頭)
Reconyx	1080P	自動拍攝	18m	(SP1, SP3)
PC900 Camera	解析度			

(表2-4)雲霧水攔截實驗儀器

	
霧水攔截網示意圖(台大天氣測計實驗室製)	雙溪泰平里·霧水攔截網
	
三義霧水攔截 2013/ 12/ 23 ~2014/ 4/ 30	霧水收集情形
	
溪頭霧水攔截網	霧水收集情形攔截網架設於通量塔上
	
三六九山莊後方攔截網 2015/10/25(被強風吹壞)	2016/4/6 重新架設於三六九舊廁所旁

(圖2-3)雲霧攔截網設置地點與方式

四、結果與討論

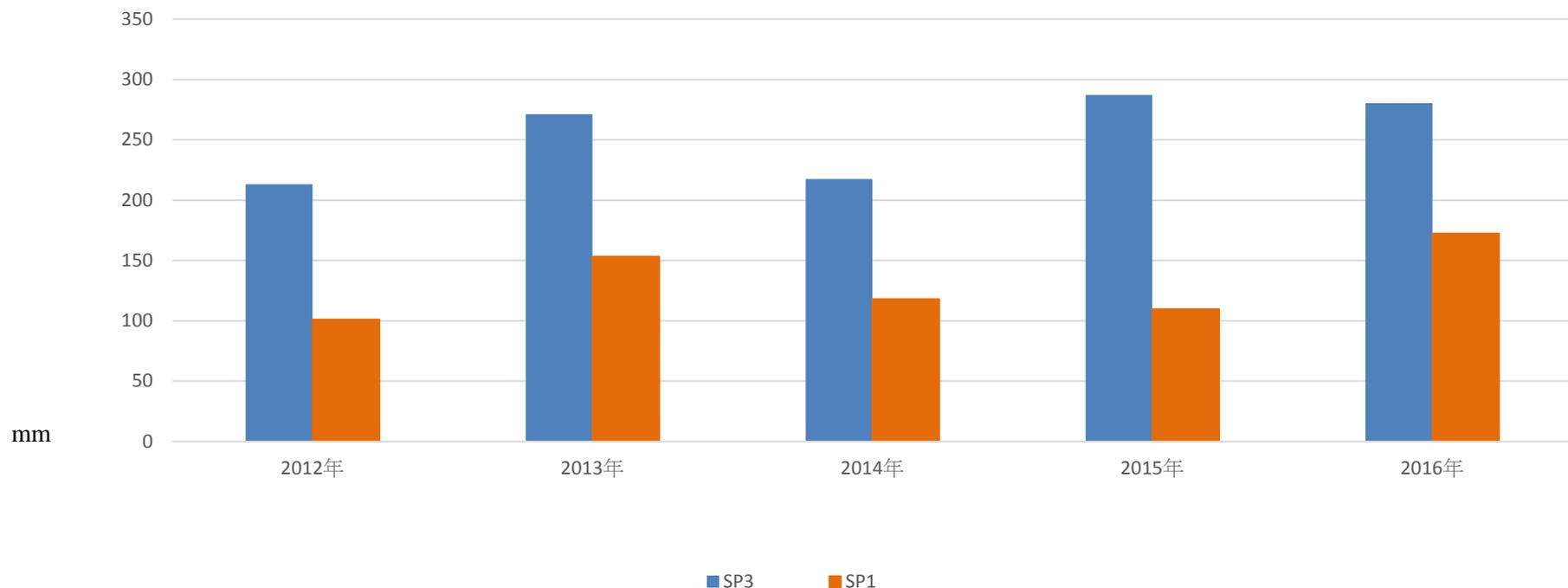
- 4.1 雪山369山莊雨量特徵
- 4.2 雪山369山莊雲霧特性
- 4.3 南北兩大高峰(玉山雪山)雨與雪水量差異
- 4.4 三六九山莊雲霧水攔截個案資料分析
- 4.5 2016年雪山369山莊雪季個案分析
- 4.6 三種降水型態水量比例推估

4.1 SP3雨量特徵

- 雨量方面2012~2016年，雪山SP3測站，年降雨日數以2012年最高，最低為2015年。五年的降雨量以2015最高，最低為2012年。由此顯示2012年降雨日數最多，降雨量卻是最少；2015年降雨日數最少，降雨量卻是最多；顯示容易乾旱、強降水，顯示極端現象。
- 季節分布，結果顯示春、梅雨季、颱風季對高山地區雨量的貢獻確實是不可或缺，高山地區從10月份開始，若無颱風帶來雨量貢獻，將明顯進入乾季直到雪季結束。相較於颱風季雨春、梅雨季(3~6月)，秋冬季降雨量雖不多，但冬季期間的降雪量亦是高山地區很重要的水資源貢獻。
- 369山莊測站五年各月平均雨量統計，全年以3月份最高，10月份最低；(3月~9月)雨量較為充足，從10月至隔年2月呈現明顯乾季。

4.1

2012~2016年三六九山莊, 雪山圈谷測站-年平均雨量比較

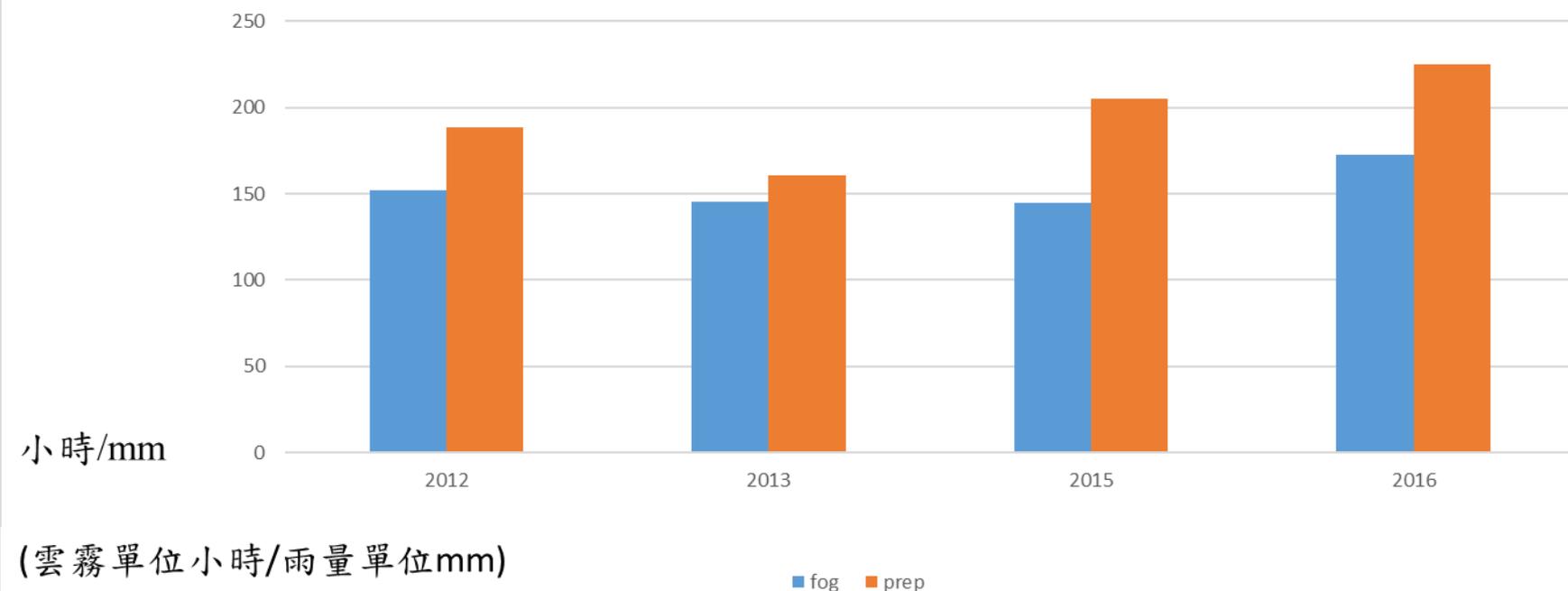


由上圖所示，雪山地區369山莊與圈谷測站五年的平均降雨量，可看出同一山區，不同海拔卻有非常明顯的差距；例如，2015年369山莊平均雨量高於圈谷測站約2.6倍。

4.2 SP3雲霧特性

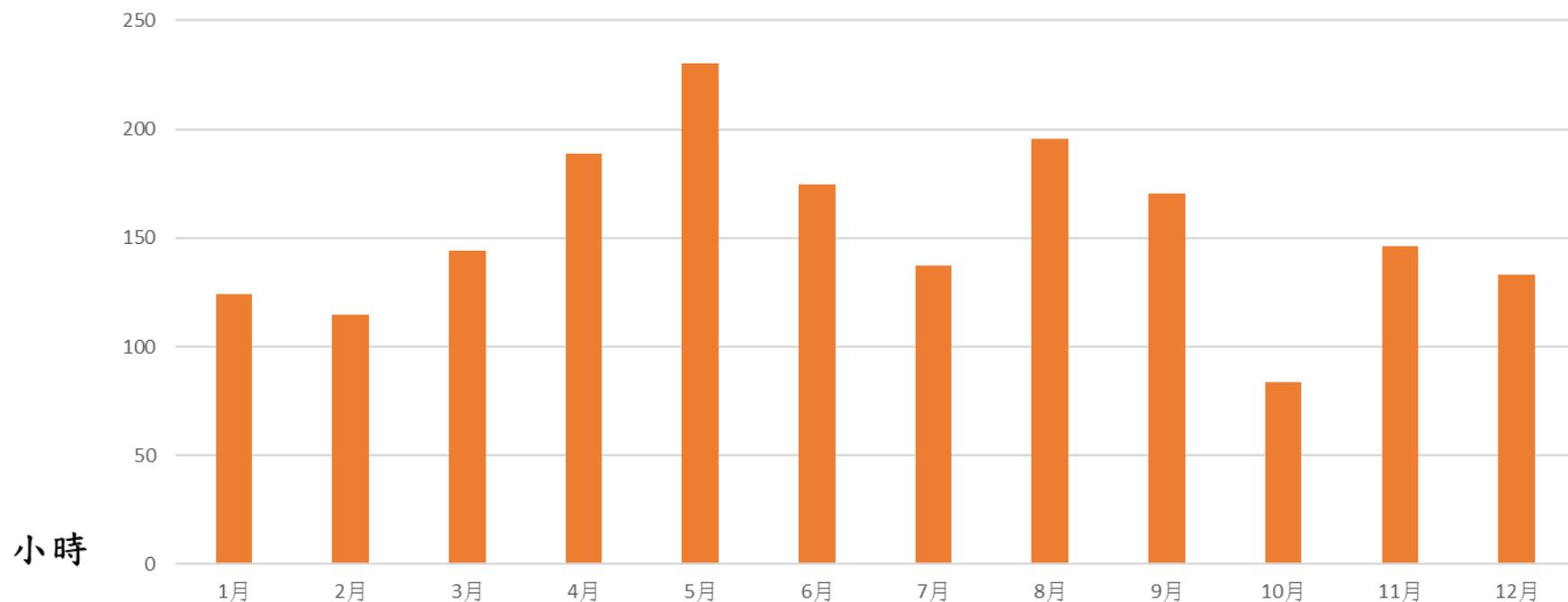
- (2012, 2013, 2015, 2016)這四年的平均雲霧出現時數以2016最高，其次是2012、2013，最低為2015年。由此顯示2016年雲霧出現日數與時數都最多；2015年雲霧出現日數與時數都是最少。(雲霧出現日數與時數呈正相關)
- 季節分布，以春、梅雨季(3~6月)最高，其次是颱風季、秋冬季最低。結果顯示春、梅雨季、對高山地區雲霧發生頻率是相當高，從10月份開始，明顯進入乾季直到雪季結束；秋冬季的雲霧出現日數雖然最少，但出現的時數與夏季颱風午後陣雨非常接近，亦不能忽視。
- 四年之月平均雲霧出現日數多8月份，最少為10月份，平均降雨量最高為5月份，最低為10月份。顯示全年除了10月份之外，其他月份(雲霧發生時數，僅白晝期間)平均都超過100小時，可見雲霧的發生相當均勻穩定。

2012, 13, 15, 16年三六九山莊測站平均雲霧出現時數, 雨量比較



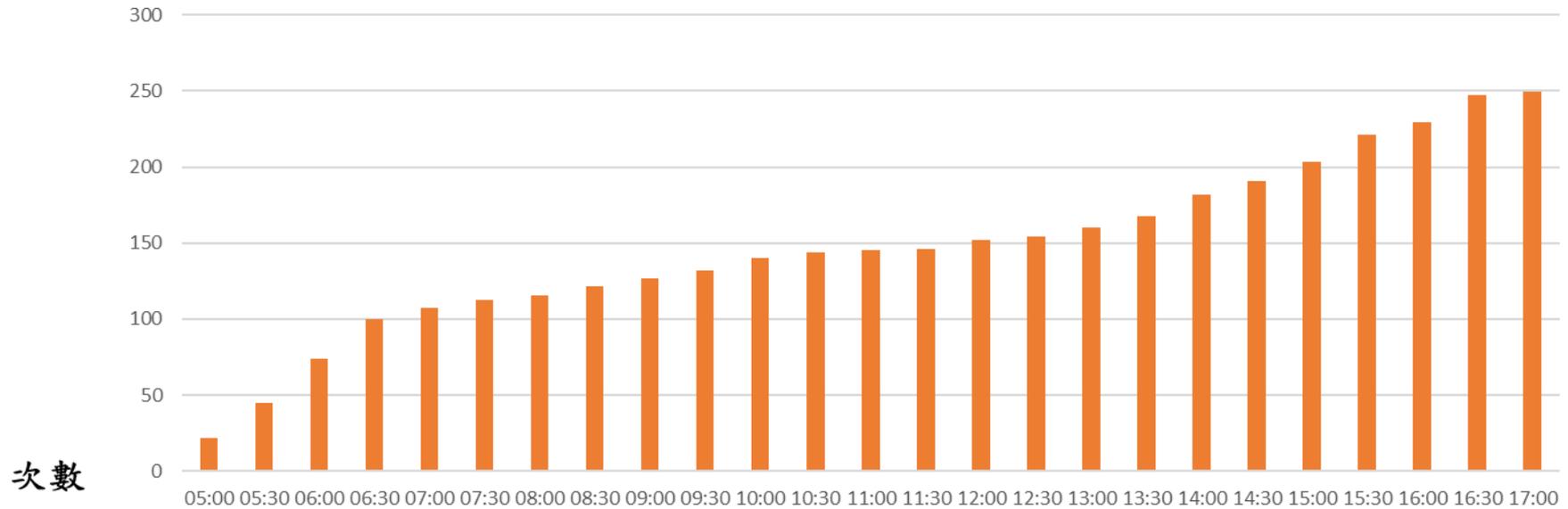
上圖顯示四年雲霧出現頻率並不因雨量多寡而隨之變化, 例如2013年是這四年之中最低, 整體來說雲霧貢獻量亦不能小覷, 且雲霧僅記錄(白晝)有低估現象。雲霧出現頻率具相當的穩定度, 不像雨量的年際差異(例如2016年與2013年)高達約1.4倍。

2012, 13, 15, 16年(白晝)三六九山莊測站月平均雲霧出現時數統計



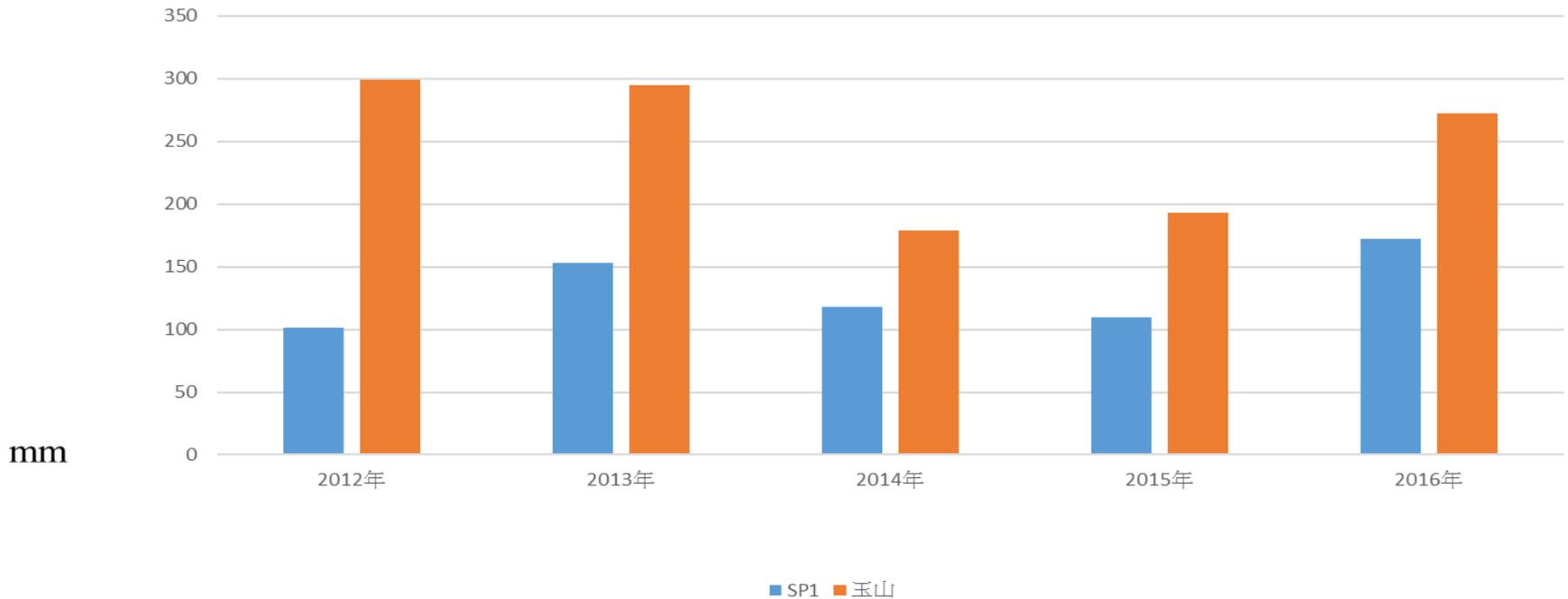
上圖為369山莊四年月平均雲霧發生時數，以5月份最高，10月份最低；全年除了10月份之外，其他月份(雲霧發生時數，僅白晝期間)平均都超過100小時，可見雲霧的發生相當均勻穩定。

2012, 13, 15, 16年(05:00~17:00)
三六九山莊測站每日平均雲霧出現時段統計



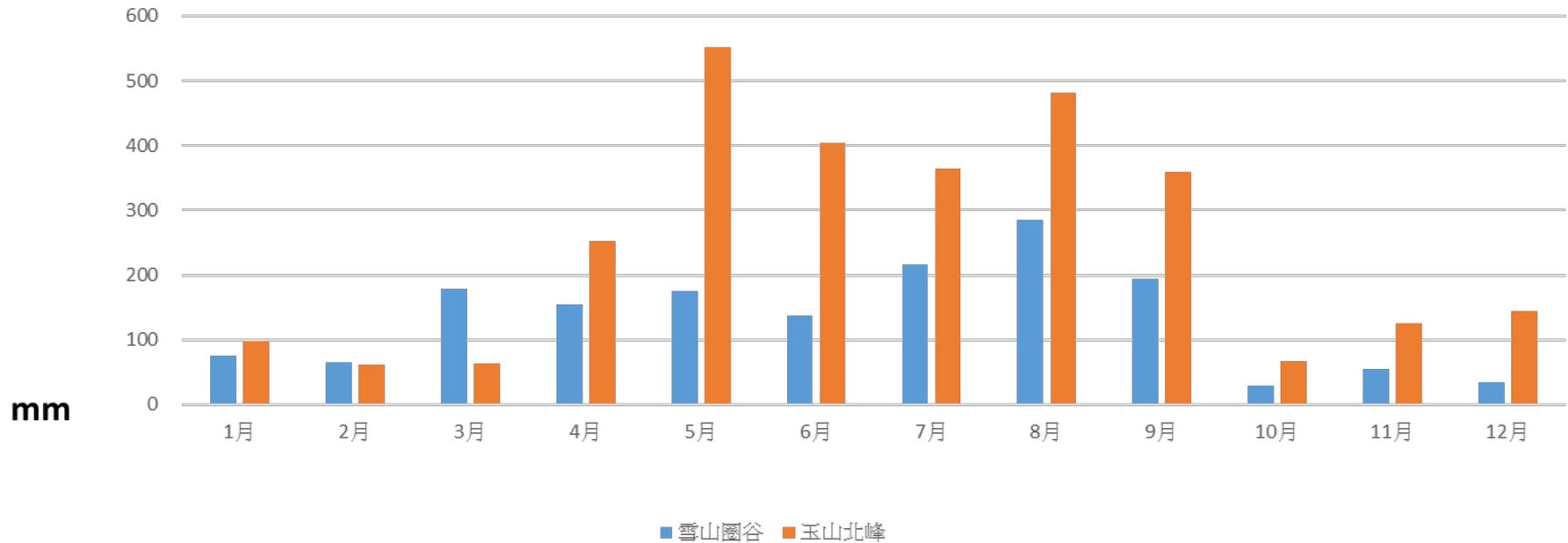
雪山369山莊測站從2012年~2016年(四年,白晝)每日05:00am、08:00am、11:00am、2:00pm、5:00pm這些時段的平均雲霧發生的次數,分別是21.5次、115.5次、145.3次、181.5次、249.3次;雲霧平均出現頻率從早上到下午呈現持續上升現象,特別是從12:00am開始超過150次。

2012~2016年雪山圈谷測站, 玉山氣象站-年平均降雨量比較



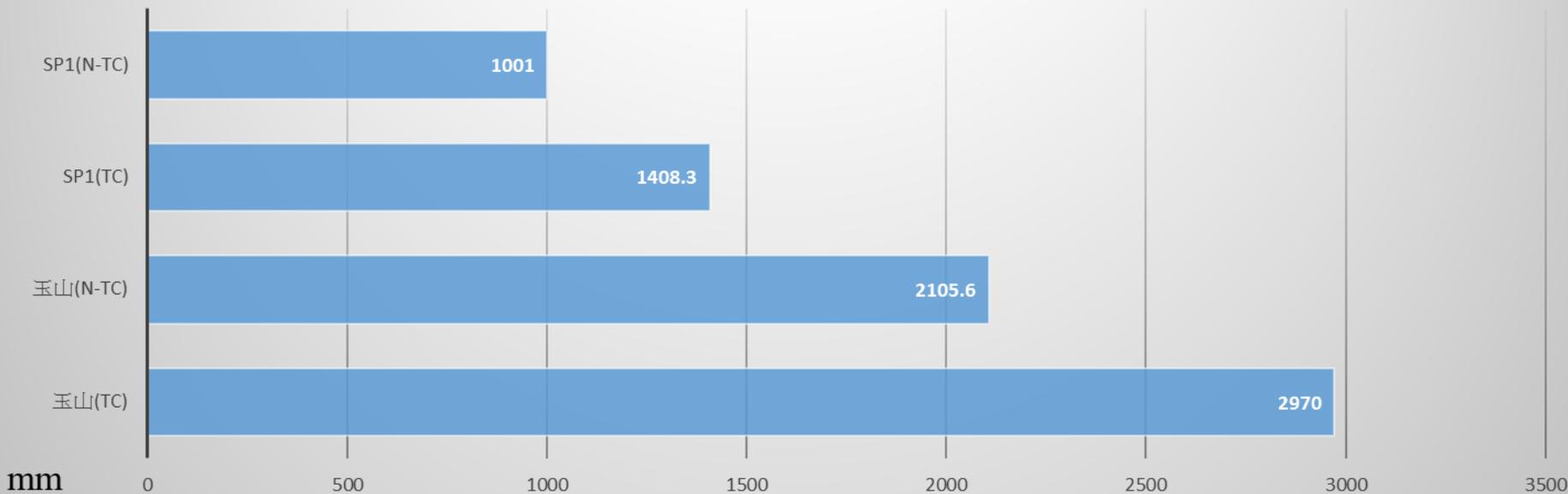
臺灣南北兩大主峰(玉山北峰與雪山圈谷)降水量的差距，玉山北峰2012年、2013年較高，2014年最低，2015年少許的上升，至2016年大幅度升高，但相較於2012年與2013年的雨量仍呈現遞減趨勢；雪山圈谷五年的平均雨量以2016年最高，2012年最低。2012~2016年總平均降雨量(玉山2,970mm，雪山1,408.3mm)來說，**玉山北峰高於雪山一倍以上。**

2012~2016年雪山圈谷測站,玉山北峰氣象站月平均雨量統計



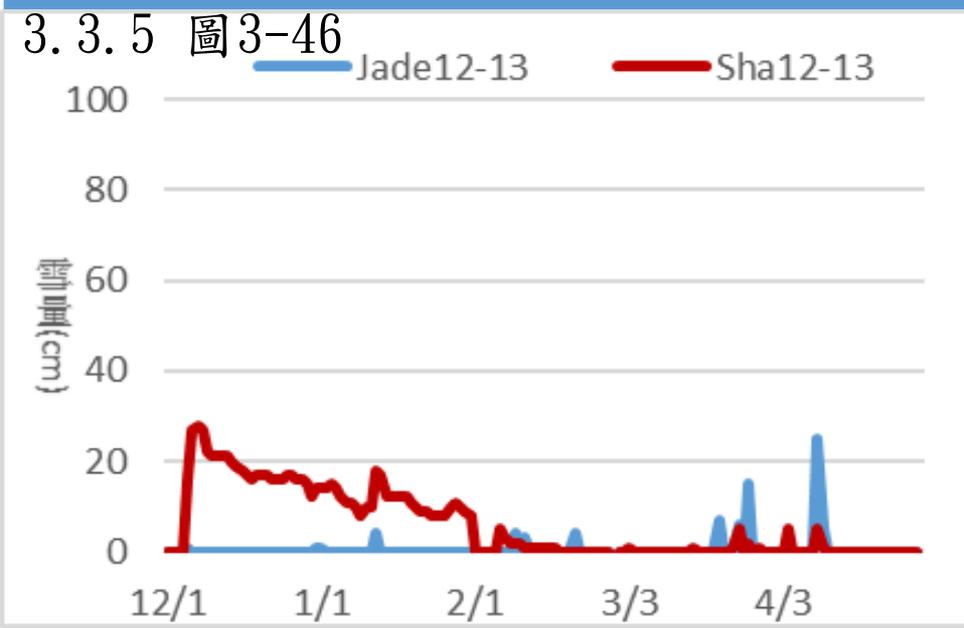
季節分布的五年平均，玉山北峰降雨量最為集中的時期(4~9月)；雪山圈谷則是(3~9月)，其他月份較偏乾少雨，乾濕季節非常明顯；南北的差異，可能是因為梅雨季、夏季西南氣流和颱風給予玉山相當多的降雨(垂直降水)貢獻；**雪山圈谷3月份降雨量明顯較玉山北峰高**，可能是因為降雪、融雪或春雨季的到來。

2012~2016年(侵臺颱風)玉山氣象站,雪山圈谷測站-平均雨量比較

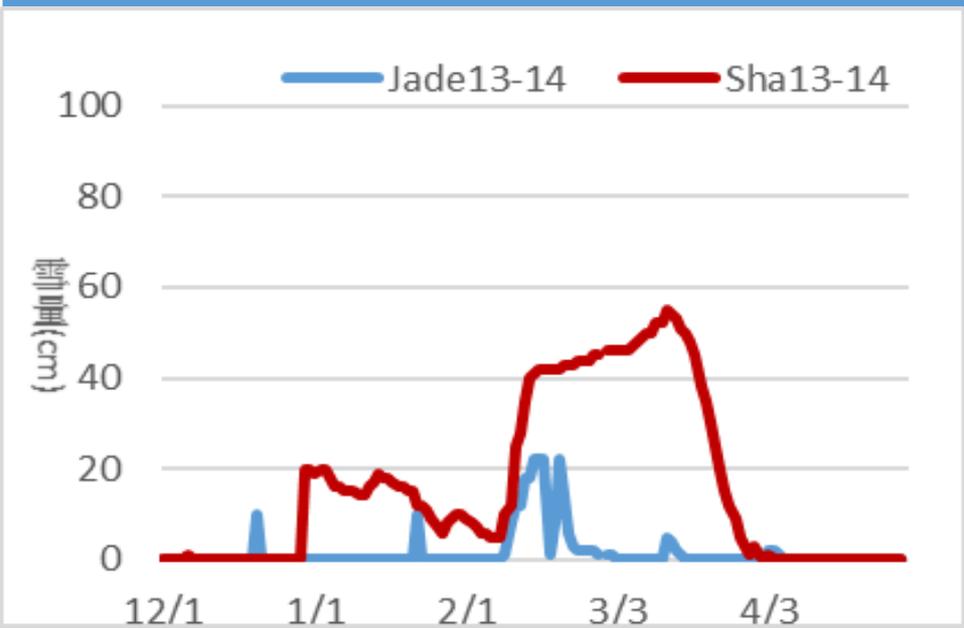


上圖為2012~2016年玉山氣象站與雪山SP1的平均總雨量與颱風有無降雨量貢獻的差異，玉山北峰氣象站這五年平均颱風雨量貢獻為867.4mm，佔總平均雨量的29.2%；雪山圈谷SP1測站颱風雨量貢獻為407mm 佔總平均雨量的28.9%。（玉山的颱風雨量貢獻為867.4mm：雪山圈谷 407mm，比值為2：1）

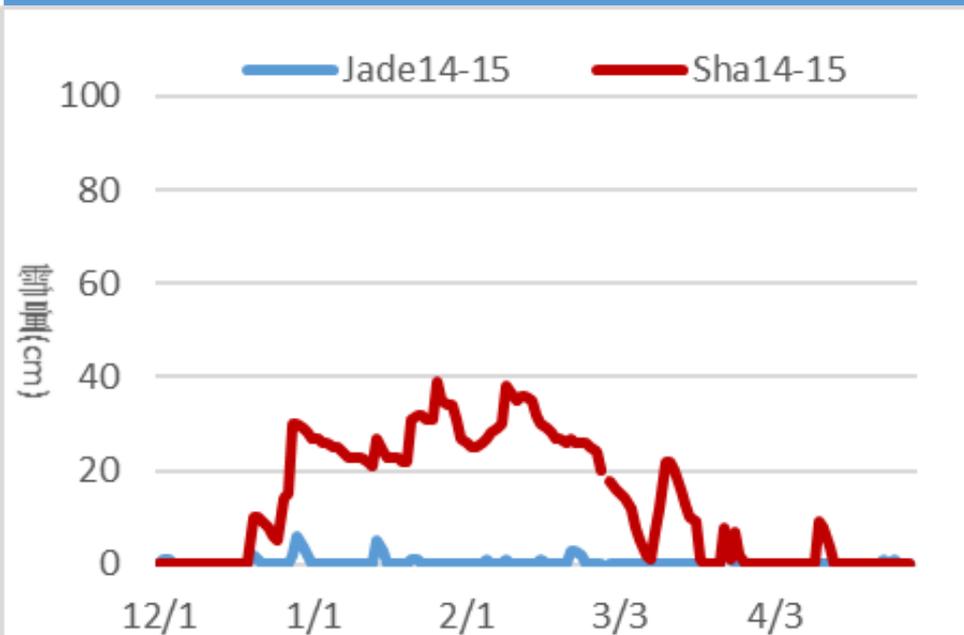
2012~2013年積雪量71cm:70cm



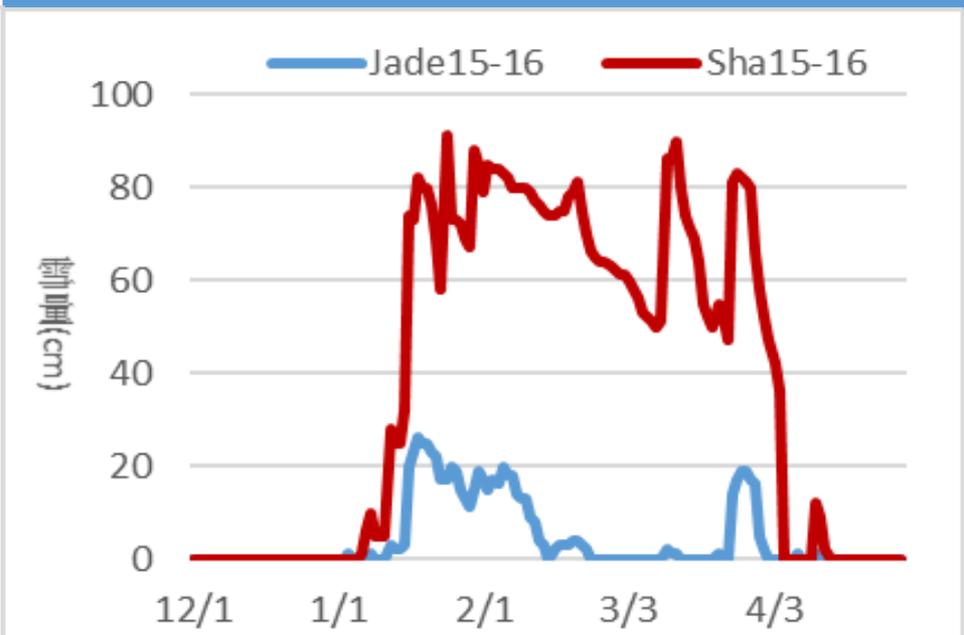
2013~2014年積雪量84cm:72cm



2014~2015年積雪量 118cm:26cm



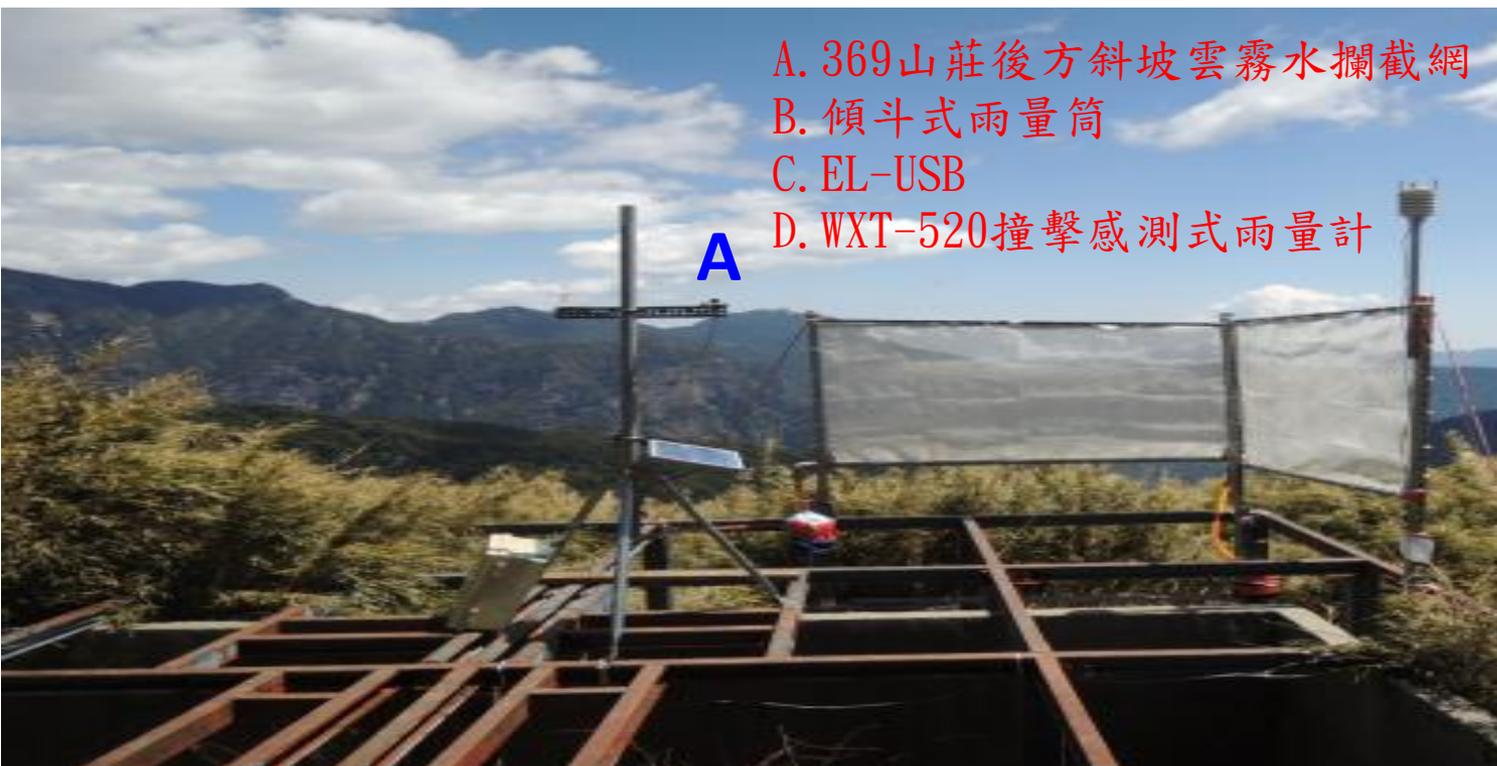
2015~2016年降雪量251cm:74cm



4.3 南北兩大高峰雨與雪水量差異

- 臺灣南北兩大主峰(玉山北峰與雪山圈谷)降水量的差距，2012~2016年總平均降雨量(玉山2,970mm，雪山1,408.3mm)來說，玉山北峰高於雪山一倍以上。
- 季節分布五年之月平均，玉山北峰降雨量集中於(4~9月)；雪山圈谷則是(3~9月)，其他月份較偏乾少雨，乾濕季節非常明顯；南北的差異，可能是梅雨季、夏季西南氣流和颱風給予玉山相當多的降雨(垂直降水)貢獻；雪山3月份降雨量明顯較玉山北峰高，可能因降雪、融雪或春雨季的到來。
- 2012~2016年玉山氣象站與雪山SP1的平均總雨量與颱風有無降雨量貢獻的差異，玉山北峰氣象站這五年平均颱風雨量867.4mm，佔總平均雨量的29.2%；雪山圈谷SP1測站颱風雨量貢獻為407mm 佔總平均雨量的28.9%。(玉山867.4mm：雪山407mm，比值為2：1)
- 雪季(12~4月)降雪量(延遲降水)卻是雪山高於玉山一倍以上(玉山242cm，雪山524cm)。冬季的東北季風與大陸冷氣團也給予北部的雪山帶來降雪(延遲性降水)相對的貢獻。

4.4 三六九山莊雲霧水攔截個案資料分析



A. 369山莊後方斜坡雲霧水攔截網

B. 傾斗式雨量筒

C. EL-USB

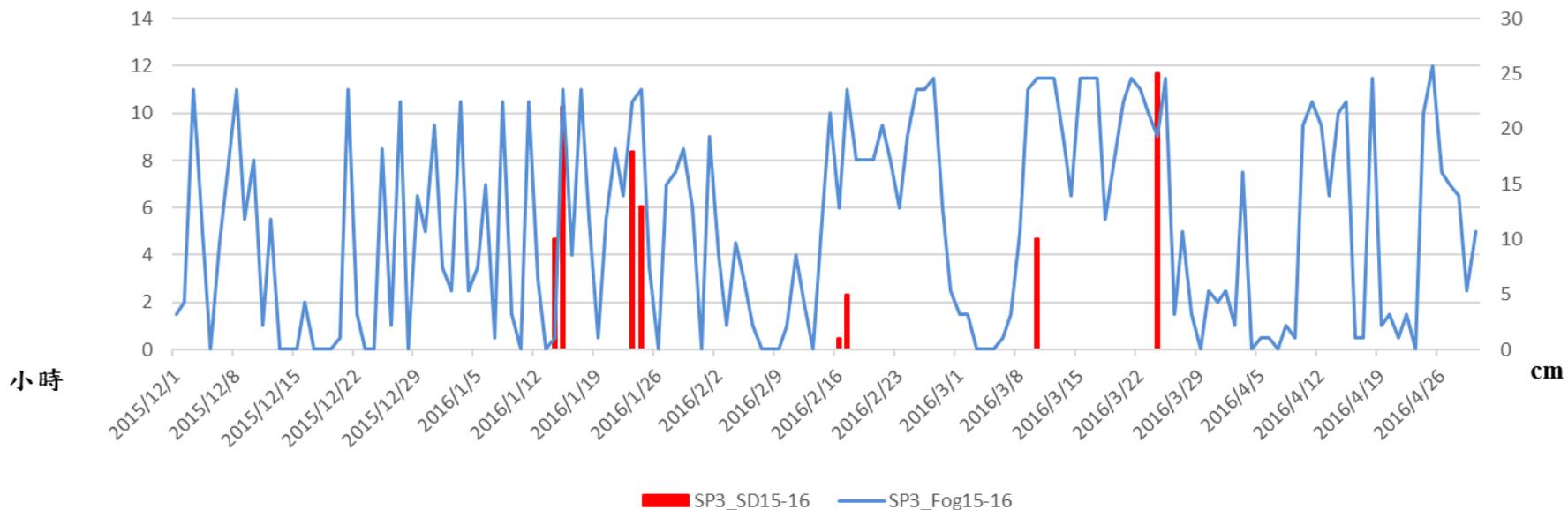
D. WXT-520撞擊感測式雨量計



2016年10月20早上8:00至21日早上7:00(24小時)這段時間所發生的雲霧個案資料分析顯示，朝東的雙層攔截網的雨水加上雲霧水的總蒐集率可達 $49.9\text{L}/\text{m}^2/\text{hour}$ ，一場大霧可有 $0.31\text{L}/\text{m}^2/\text{hour}$ ，假設持續相同霧水濃度，則可有 $7.4\text{L}/\text{m}^2/\text{day}$ 攔截量，因此雖然該地海拔已超過3000m高度，但是雲霧水攔截效率仍有全球各地霧水蒐集率($3\sim 10\text{L}/\text{m}^2/\text{day}$)的中上數值。

4.5 2016年SP3雪季個案分析

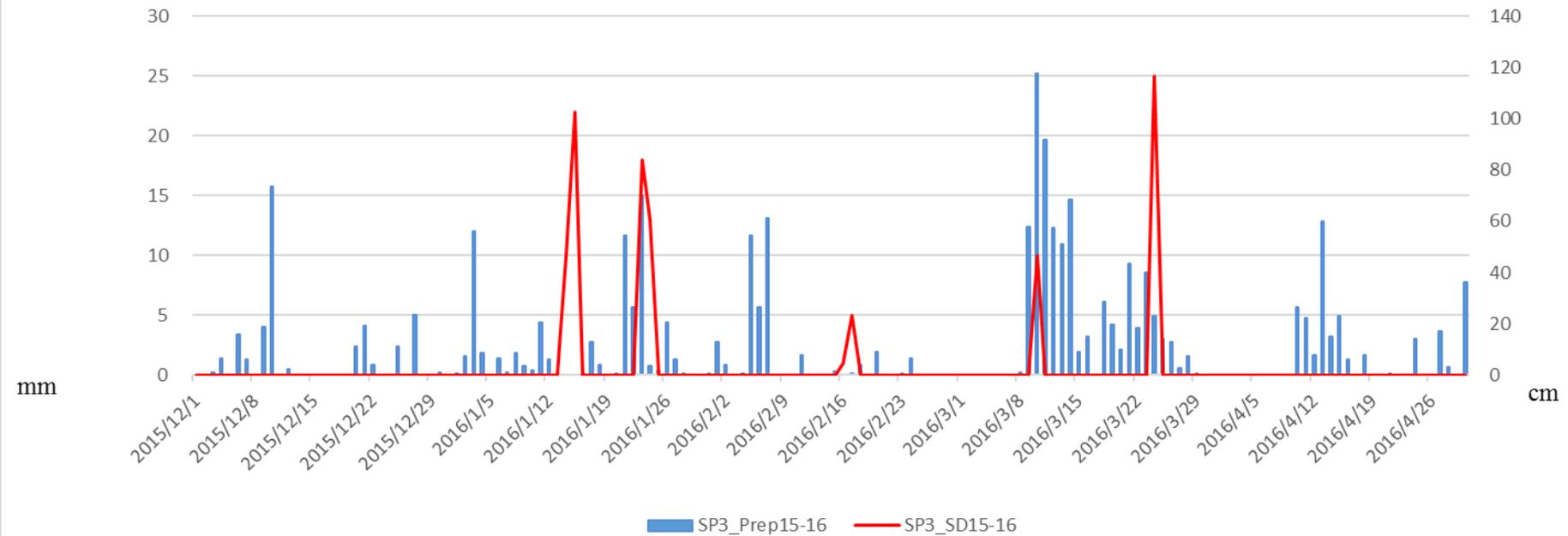
2015年12月~2016年4月三六九山莊測站-雲霧出現, 降雪量比較



雲霧出現與降雪特徵：有降雪都一定有雲霧出現，(12~隔年2月)這五個月雲霧發生頻率超過10~12小時有39天、總雲霧出現頻率有(127天、774小時)，其中以3月份雲霧出現頻率最高；降雪方面在(12~隔年4月)這五個月總降雪日兩降雪量(8天、104cm)，期間以1月和3月降雪量最多。

4.5.1

2015年12月~2016年4月三六九山莊測站-雨量, 降雪量比較



降雨方面：有降雪不一定都有降雨，例如：1月14~15日這兩天分別降下10cm、22cm，但雨量筒顯示沒有降雨，研判與溫、溼度有關。期間以3月分降雨量最多689.5mm佔整個雪季雨量42%。綜合上述：整個雪季期間3月份是雪、霧、雨量同時都達到高峰。

4.6 三種降水型態水量比例推估

SP1與SP3的雨霧雪等三種水量推估，結果如下：

(一)SP3霧水水量推估： $0.31 \text{ L/m}^2/\text{h} * 162 \text{ hours} = 50.2 \text{ L/m}^2/\text{month}$

(二)SP3雨水水量推估： $100 \text{ cm} * 100 \text{ cm} * 32.35 \text{ cm} = 323,500 \text{ cm}^3$
約略等於 $323.5 \text{ L/m}^2/\text{month}$ 。

(三)SP1雪水水量推估： $100 \text{ cm} * 100 \text{ cm} * 145 \text{ cm} * 0.1 = 145,000 \text{ cm}^3$
約略等於 $145 \text{ L/m}^2/\text{month}$

(四)SP1雨水水量推估： $100 \text{ cm} * 100 \text{ cm} * 22.4 \text{ cm} = 220,400 \text{ cm}^3$
約略等於 $224 \text{ L/m}^2/\text{month}$

綜合上述，1月份為高山地區的乾季和雪季，假設同樣的收集面積(1m*1m單位面積)，垂直降水的確較水平降水的水量為多(6.4倍，323.5: 50.2)；但山區若無降水或發生乾旱時，尤其在高山森林生態系中雲霧發生就顯得格外重要，降雪量累積融化的水量也是相當可觀(0.65倍，145: 224)。

五、 結論

- 臺灣南北兩大主峰(玉山北峰與雪山圈谷)降水量的差距，2012年~2016年總平均降雨量(玉山2,970mm，雪山1,408.3mm)來說，玉山北峰高於雪山一倍以上，玉山的季節特徵結果顯示：春、梅雨季與颱風季的平均降雨日和降雨量非常接近，亦是全年降雨日和降雨量最為集中的時期(4~9月)，其他月份較偏乾少雨，乾濕季節非常明顯；雪季(12~4月)降雪量(延遲降水)卻是雪山高於玉山一倍以上(玉山242cm，雪山524cm)。
- 南北的差異，可能是因為夏季西南氣流和颱風給予玉山相當多的降雨(垂直降水)貢獻，而冬季的東北季風與大陸冷氣團也給予北部的雪山帶來降雪(延遲性降水)相對的貢獻。