

代表性生態系經營管理之霧林帶指標物種棲地問題計畫(二)： 雲霧帶化學組成及時空分布調查

張世杰、鍾欣民、簡意婷
國立東華大學 自然資源與環境學系

前言

雲霧森林在保育的課題上是一個重要的熱點，台灣的霧林帶有高於其他海拔的較高特有種比例。然而學界至今仍欠缺堅實的科學基礎來劃定，何處是台灣的雲霧帶，以及何者才是台灣的雲霧森林。

欠缺這樣的認識，在制訂保育措施時便可能錯用人力與物力。因此本研究嘗試在太魯閣國家公園內，以衛星影像分析技術來初步嘗試雲霧帶的辨識。同時，為了瞭解雲霧化學因子對生態系可能的影響，本研究也對雲霧及雨水進行化學分析。

研究方法及過程

1. 霧水及雨水化學：雨水收集器設置於合歡山、碧綠神木、以及太管處，霧水收集器則設置於碧綠神木站。水樣每 2 週收集及分析一次，化學分析的項目包括酸鹼值、導電度、以及主要的陰陽離子。
2. 霧水及雨水的來源分析：以 HYSPLIT 模式推估 5 日氣流軌跡，藉此比較不同氣流來源是否對雨水/霧水化學組成造成影響。
3. 雲霧的衛星影像分析：以 MODIS Aqua 和 Terra 衛星影像進行分析。以 band 1 的可見光波段進行反照率的計算，以估算整體雲和霧的覆蓋率。以 band 31 的紅外光波段，透過黑體輻射公式計算雲頂溫度，再藉由溫度海拔遞減率來計算雲頂高度。藉此推估雲霧森林的上緣。

結果與討論

1. 太魯閣國家公園山區雲霧化學組成顯示，雲霧平均的酸鹼值為 5.4，範圍介於 4.5 和 7.4 之間，並未含有過多的致酸性離子，顯示太魯閣山區可能並沒有酸霧危害的問題，與文獻中靠近都會區雲霧化學相較，屬於較乾淨的霧水。
2. 太魯閣國家公園雨水隨海拔上升，其主要離子濃度逐漸下降(圖1)。研究期間合歡山管理站有最大的累積降雨量，達到 2595 mm。在 3 月到 6 月間，降雨量具有明顯的海拔梯度，隨著海拔的上升而增加，但從 7 月開始，海拔高度與雨量的關係便變得相當複雜(圖2)。綜合離子濃度與降雨量的資料來看，整體而言， Na^+ 、 Cl^- 、 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 具有隨海拔高度上升而遞減的沈降量(表1)。
3. 由 HYSPLIT 氣流軌跡分析初步可見，來自亞洲大陸的氣流與來自海洋的氣流相較，帶給太魯閣山區雨水與霧水較多的 NO_3^- 和 NH_4^+ 。
4. 太魯閣國家公園的雲霧覆蓋率在下午的時間顯著高於上午(圖3)。
5. 以黑體輻射公式推估雲頂溫度，並進而推估雲頂高度的方法，與 MODIS 雲產品的數據具有數百公尺的誤差。以 2010 年 1 月 1 日的資料為例，Terra 衛星影像 band 1 計算雲霧覆蓋度為 43.6%，此時花蓮氣象站地面溫度為 16°C ，溫度海拔遞減率為 $0.6^\circ\text{C } 100 \text{ m}^{-1}$ 。以黑體輻射公式計算所得的雲頂溫度介於 -5.8 和 8.1°C ，而 MODIS 雲產品的雲頂溫度範圍為 -8.3 至 4.3°C 。以黑體輻射公式計算的溫度高估約 4°C 。因而，計算出來的雲頂高度約有 400 至 600 m 的誤差(圖4)。整體而言，以黑體輻射公式推估的雲頂高度，都較 MODIS 雲產品所估算的有數百公尺的誤差。顯然為了推估雲霧森林的範圍，以黑體輻射公式來推估並不恰當，欲以衛星影像計算雲霧覆蓋的範圍，仍須後續更多的改進方法才能達成。

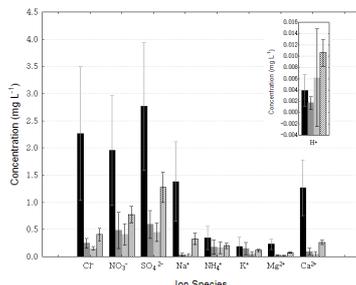


圖 1：太魯閣國家公園與綠山區雨水化學之比較 (HH：合歡山管理站，BL：碧綠神木站，TH：太魯閣國家公園管理處，CLM：綠山區)；長條表示平均值，I 表 95% 的信賴區間。

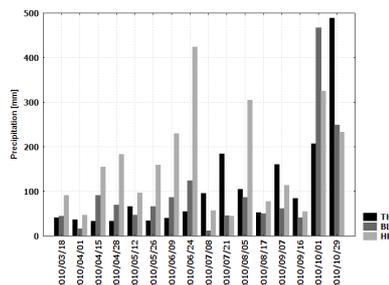


圖 2：太魯閣國家公園不同海拔高度的雨量季節變化 (HH：合歡山管理站，BL：碧綠神木站，TH：太魯閣國家公園管理處)。

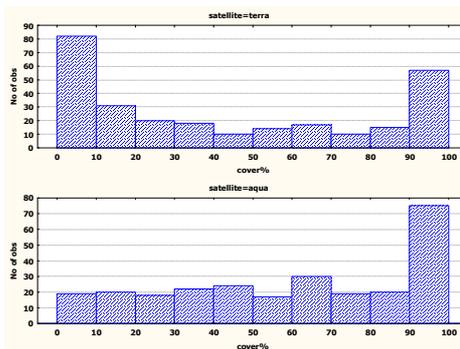


圖 3：太魯閣國家公園雲霧覆蓋率，上圖為 MODIS Terra 於上午 9:50-11:50 拍攝，下圖為 MODIS Aqua 於下午 12:00-14:00 拍攝，資料時間為 2010 年 1 月 1 日至 10 月 31 日。

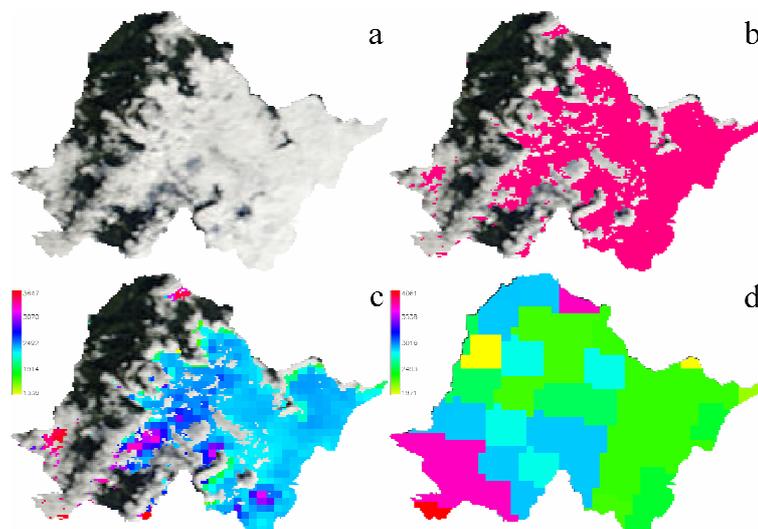


圖 4：(a) 2010 年 1 月 1 日 Terra 衛星影像；(b) 2010 年 1 月 1 日 Terra 衛星 band 31 計算所得的雲頂溫度；(c) 2010 年 1 月 1 日 Terra 衛星 band 31 計算所得的雲頂溫度，再經氣溫海拔遞減率計算所得的雲頂高度；(d) 則由 MODIS 雲產品所提供的雲頂溫度計算的雲頂高度，刻度的單位為 m。

表 1：太魯閣國家公園不同海拔高度大氣沈降比較 (HH：合歡山管理站，BL：碧綠神木站，TH：太魯閣國家公園管理處)，資料時間為 2010 年 3 月 4 日至 2010 年 10 月 29 日。

Location	H_2O [mm]	$[\text{kg ha}^{-1}]$								
		H^+	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
TH	1712	0.07	34.12	17.37	32.51	18.97	3.24	3.75	3.08	13.77
BL	1555	0.03	6.00	4.78	6.19	0.36	1.63	4.71	0.54	1.12
HH	2595	0.04	3.60	9.14	10.46	0.33	4.06	0.87	0.37	0.52

結論與建議

雲霧森林是台灣也是太魯閣國家公園重要的生物多樣性保育熱點，本研究嘗試以衛星影像分析技術來偵測雲霧的分布，然而迄今仍未能提出有效的偵測方法。本研究建議太魯閣國家公園管理處能持續支持此科學問題的研究，以利保育工作的推動。