

0624 臺北冰雹事件氣象分析

廖信豪、黃紹欽、林忠義、于宜強

國家災害防救科技中心 氣象組

摘要

2022 年 6 月 24 日的「臺北冰雹事件」為博愛特區在氣象觀測紀錄上的第四次強降雨夾帶冰雹事件。與過去致災的午後暴雨事件相比，此次事件大臺北地區的時雨量多在 40 毫米以下，未達中央氣象局發布大雨的標準。但此次降雨事件仍伴隨劇烈的下衝流，使地面出現 9 級強陣風。對流胞內劇烈的垂直運動讓大臺北地區內多個行政區降下冰雹，與過往的劇烈降雨事件並不相同，值得進行天氣的分析與紀錄。本研究利用雙偏極化雷達與風場資料分析對流胞的內部結構，進一步了解劇烈天氣系統發展的歷程。劇烈降雨發生前，在對流胞中低層發現「有界弱回波區」的特徵，在此區域內的上升運動會將環境水氣往對流胞中高層傳輸，支持對流胞的發展。冰雹發生期間，在大氣的融解層附近發現存在於劇烈天氣系統的「差異反射率柱狀結構」及「比差異相位差柱狀結構」等特徵。而底層出現「回波」、「比差異

相位差」及「差異反射率」等變量有高值、低相關係數的現象，此處即是劇烈降雨與冰雹發生位置。到了對流胞成熟期的尾聲，對流胞內的上升運動已無法支撐雨滴在雲內繼續發展，雨滴便開始快速往下墜落形成雨滴的「粒徑分選」現象，出現此種現象可以表示此對流胞已經不再發展，將進入「消散期」降雨將逐漸趨緩。

一、 事件概述

2022 年 6 月 24 日的午後，大臺北地區發生一起劇烈雷雨事件，位於總統府旁的中央氣象局臺北氣象站更觀測到冰雹現象，這也是博愛特區內，氣象觀測有紀錄以來第四次出現冰雹現象(前三次分別是 1979、1998、2013 年)。根據中央氣象局臺北氣象站的地面觀測資料顯示，臺北盆地受到太陽加熱影響，溫度自 7 時開始緩慢上升(圖 1(a))，並於 11 時至 13 時達到 34°C 以上，使得臺北盆地內出現熱力不穩定的大氣環境條件。而在大氣的水氣含量方面(圖 1(b))，臺北氣象站的比濕觀測於 11 時起亦快速增加。因此對流胞就在熱力及豐沛水氣的雙重條件下開始發展。13 時臺北氣象站位在對流胞影響範圍內，雨勢逐漸增大，最大時雨量為 26.5 毫米(圖 1(d))。此時強降雨所引發的下衝流，除了讓臺北氣象站出現每秒 24.2 公尺的 9 級強陣風(圖 1(c))外，氣溫也在短短 1 小時內降低了 9.6°C(圖 1(a))。而臺北市的大同、中正

及大安等地區受強陣風影響，傳出路樹倒塌的災情通報。

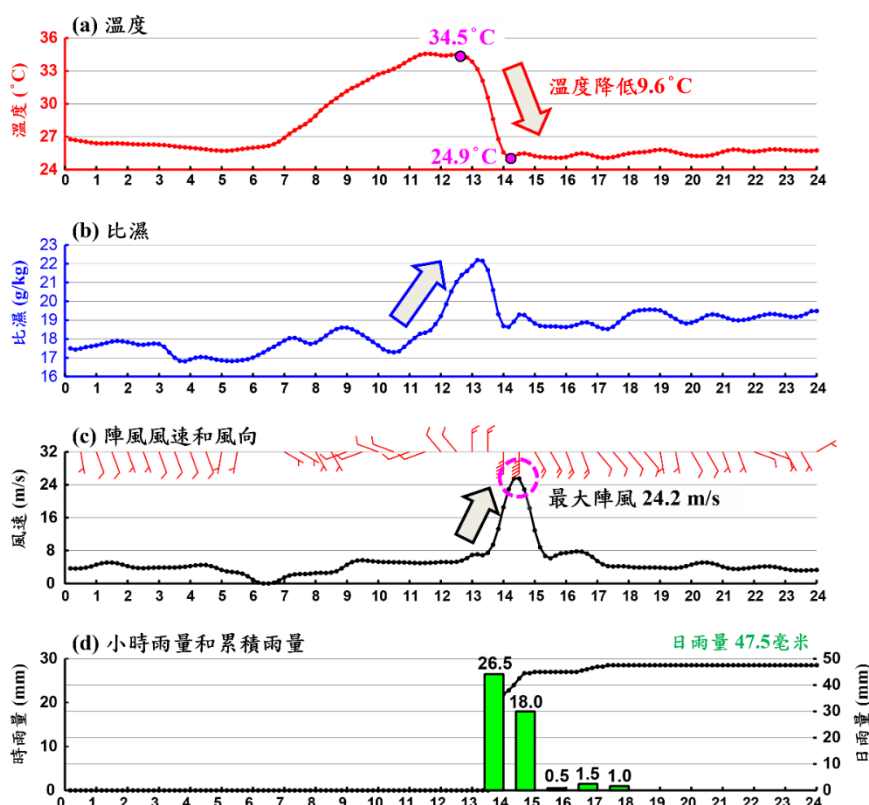


圖 1、中央氣象局臺北氣象站 6 月 24 日地面觀測(a)溫度、(b)比濕、(c)陣風風速和風向與(d)小時雨量和累積雨量(資料來源:中央氣象局;繪製:國家災害防救科技中心)

過去發生在大臺北地區的午後暴雨，如 2015 年 6 月 14 日臺北暴雨事件(于等，2016)、2019 年 7 月 2 日桃園及大臺北地區豪雨事件(江等，2019)、2021 年 6 月 04 日北部淹水事件(廖等，2021)等，皆有多個雨量站的 3 小時累積雨量達 100 毫米以上，導致新北市及臺北市多處發生積淹水災情。但在本事件中，大臺北地區的時雨量多為 40 毫米以下，遠低於過去的午後暴雨事件時雨量的降雨強度。但此降雨卻

引發強烈的下衝流，使得地面出現 9 級強陣風，對流胞內的強烈垂直運動也導致大臺北多個行政區發生降下冰雹事件。

二、 綜觀天氣分析

分析 6 月 24 日東亞地區的地面綜觀天氣圖(圖 2(a))，東亞地區除了有一道鋒面位於日本至長江一帶外，臺灣附近無明顯天氣系統影響，正處於所謂「弱綜觀」的大氣環境中，全臺各地天氣晴朗穩定。分析美國國家環境預報中心的氣候預報系統再分析資料(National Centers for Environmental Prediction, Climate Forecast System Reanalysis, NCEP CFSR)顯示(圖 2(b))，臺灣位在太平洋副熱帶高壓邊緣。同時，環境盛行的偏南風會將南方的暖濕空氣傳送至臺灣附近，使臺灣出現適合對流系統發展的大氣條件。中午過後嘉義以北的平地及山區，紛紛出現劇烈的午後雷雨，臺北市更發生少見的冰雹事件。

分析 24 日雷達回波、閃電落雷與地面風場觀測資料(圖 3)，當時大環境的偏南風從南邊的大漢溪吹進臺北盆地，來自淡水河口的海風自上午 11 時逐漸增強，海風(西北風)自淡水河吹入臺北盆地(圖 3(a)、(b))，此時尚無明顯的對流系統發展。13 時由基隆河進來的海風(東北風)開始增強，並與來自淡水河口和大漢溪的兩股氣流在臺北盆地東側輻合，引發對流胞的生成(圖 3(c))，對流胞發展後往南南東方移動。

13 時 30 分對流胞明顯增強(回波>40dBZ)，並伴隨高密度「閃電躍升」現象(圖 3(d))，此現象表示對流胞內有較強的上升運動發生。根據前人研究當「閃電躍升」訊號出現後，可預期地面將有劇烈降雨發生(Schultz et al. 2009；Gatlin and Goodman, 2010)。14 時強回波範圍涵蓋整個臺北市及鄰近的新北市地區(圖 3(f))，臺北市的中正、中山與萬華區，以及新北市的蘆洲、三重、中和與永和區陸續有民眾回報有冰雹發生。

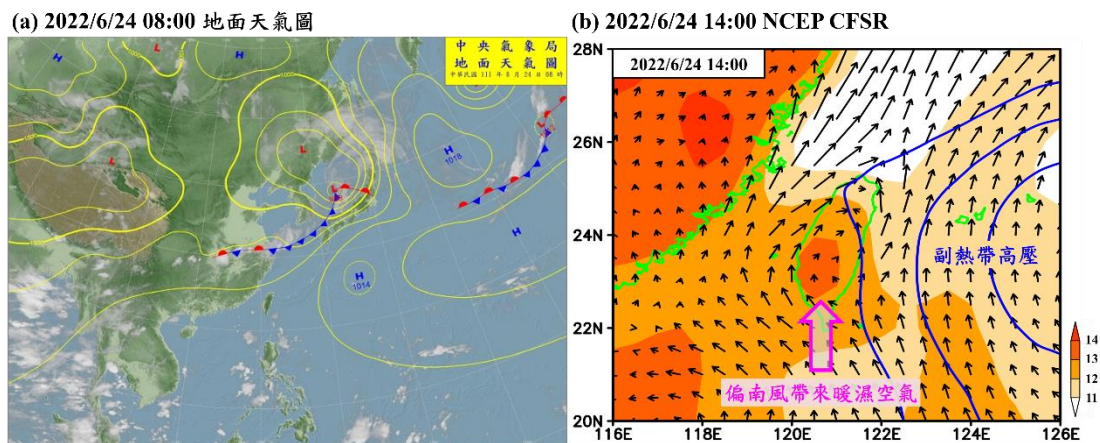


圖 2、2022 年 6 月 24 日(a)中央氣象局地面天氣圖。(b)美國國家環境預測中心 CFSR 模式再分析圖，箭頭為 1000 百帕風場、藍實線為 500 百帕重力位高度、色階代表 850 百帕水氣含量(繪製：國家災害防救科技中心)

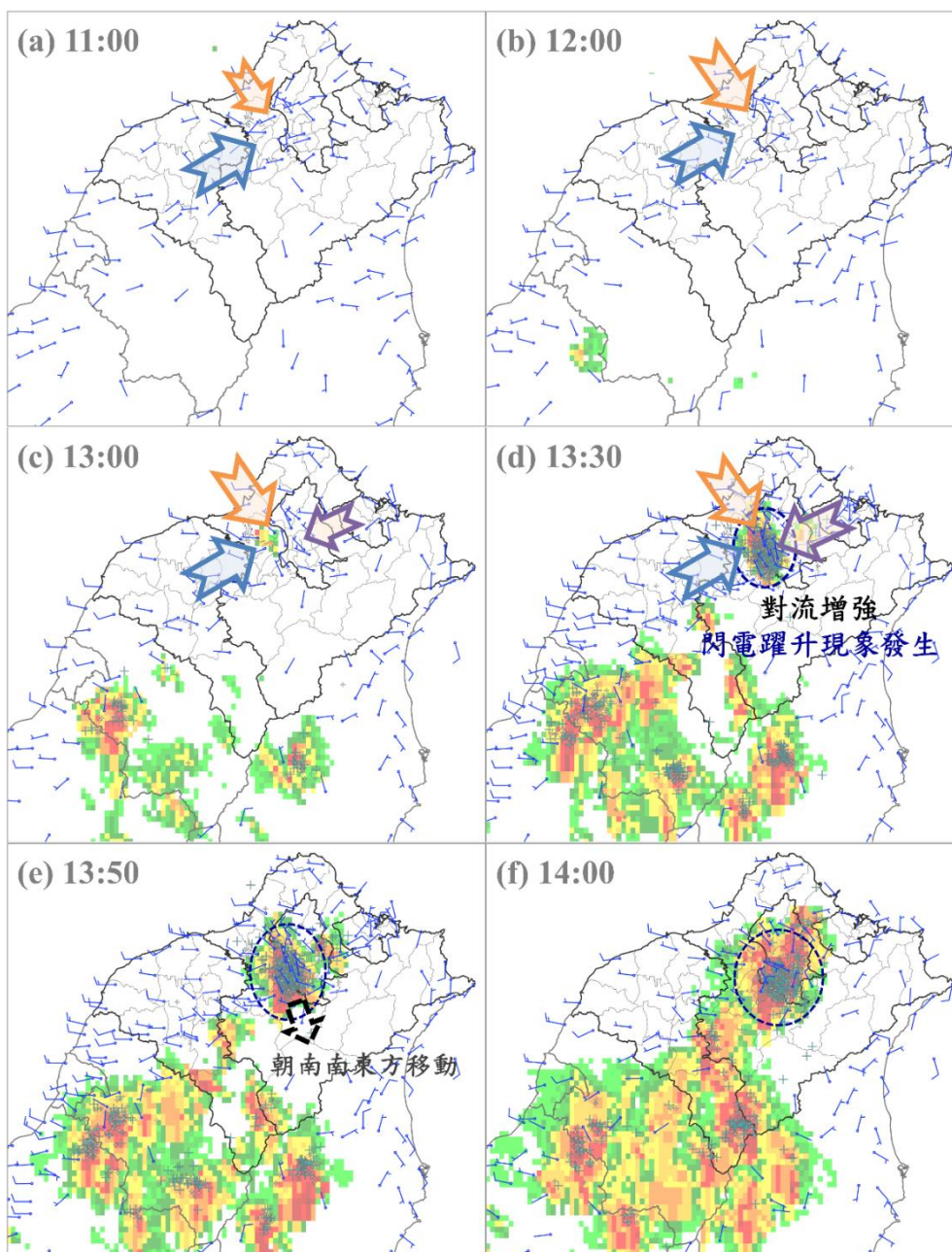


圖 3、2022 年 6 月 24 日 11 時至 14 時雷達回波、閃電落雷與地面風場整合圖。橘色、紫色及藍色箭頭分別代表淡水河、基隆河及大漢溪的風向(資料來源：中央氣象局；繪製：國家災害防救科技中心)

大臺北地區雨量觀測資料顯示(圖 4)，24 日的降雨主要集中在臺北盆地南側，日累積雨量約 50 至 80 毫米。其中，臺北市中正區 13

時開始出現降雨，最大時雨量 34 毫米(圖 4(b))，隨時間雨勢逐漸轉強並往南移動至新店、烏來和三峽等區域，最大時雨量出現在新北市新店區的 61 毫米(圖 4(c))，17 時過後降雨趨緩。

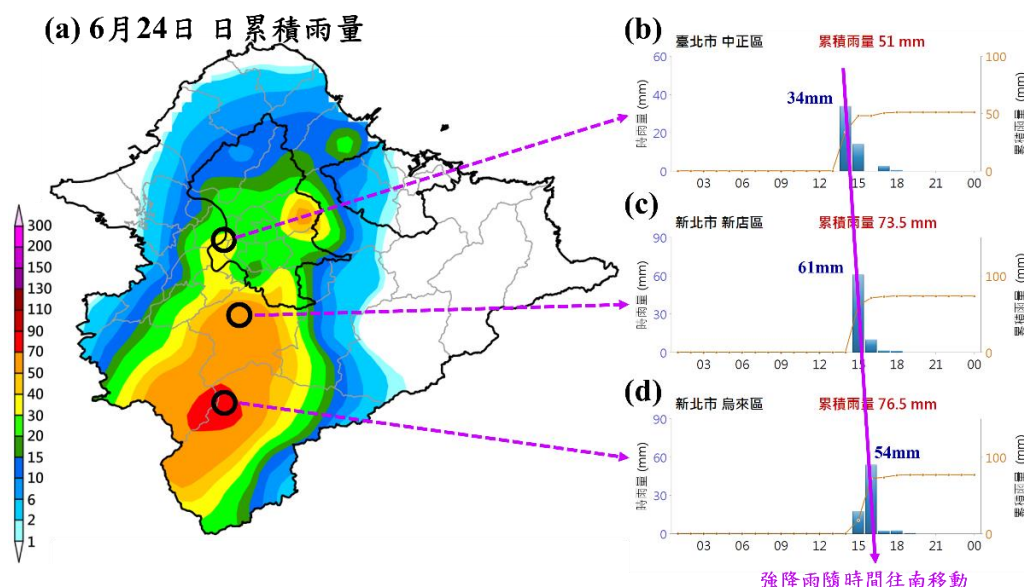


圖 4、2022 年 6 月 24 日(a)日累積雨量圖、(b)臺北市中正區中正國中站、(c)新北市新店區精忠站、(d)新北市烏來區信賢派出所站之降雨時序(資料來源：中央氣象局；繪製：國家災害防救科技中心)

三、 雙偏極化雷達資料與風場特徵分析

國家災害防救科技中心(以下簡稱災防科技中心)今(2022)年建置全臺降雨熱區雷達回波與風場剖面即時監測系統(圖 5)，利用熱區回波與五分山雷達雙偏極化參數(包含回波、差異反射率(Z_{DR})、比差異相位差(K_{DP})、相關係數(ρ_{HV}))等資料，考慮對流胞的移動方向，選擇「台北 2」剖面進行分析，可清楚檢視此次冰雹事件對流胞的垂直結

構、雲物理特徵與風場變化。圖 6 為 13 時 40 分最大回波與回波、差異反射率、比差異相位差及風場垂直剖面，在中層約 4 公里以下有一個「有界弱回波區」(Bounded Weak Echo Region, BWER)出現(圖 6 黑圈)，此現象(強回波包覆蓋著弱回波區)是強雷雨胞的雷達觀測特徵，並具有下列幾項特性：(1)常發生在對流胞的氣流入流區；(2)上方與側邊伴隨有較大的「回波」、「差異反射率」及「比差異相位差」；(3)發生在對流胞中層，位置的高度約 3 至 10 公里；(4)此現象與生成期的強上升氣流有關。本次事件的環境偏南風夾帶豐沛水氣從大漢溪一帶進入臺北盆地，在對流胞前緣形成入流區，強上升氣流將南來的水氣往中高層送，有助於「有界弱回波區」的上方水滴與冰晶長大成冰雹，並且部分雨滴與冰雹會被氣流輸送到對流胞內，增強對流胞的發展。

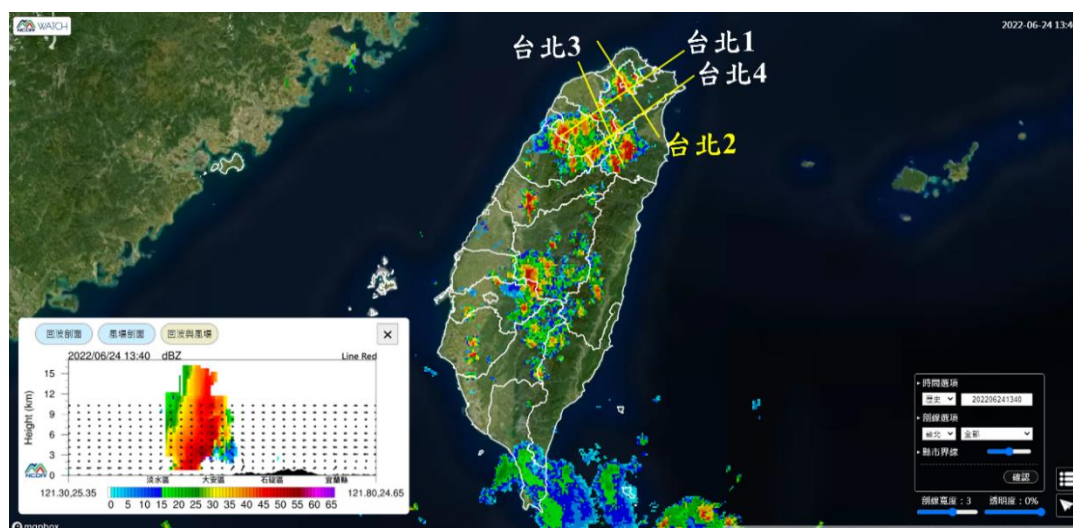


圖 5、全臺降雨熱區雷達回波與風場剖面即時監測系統(圖台：mapbox；繪製：國家災害防救科技中心)

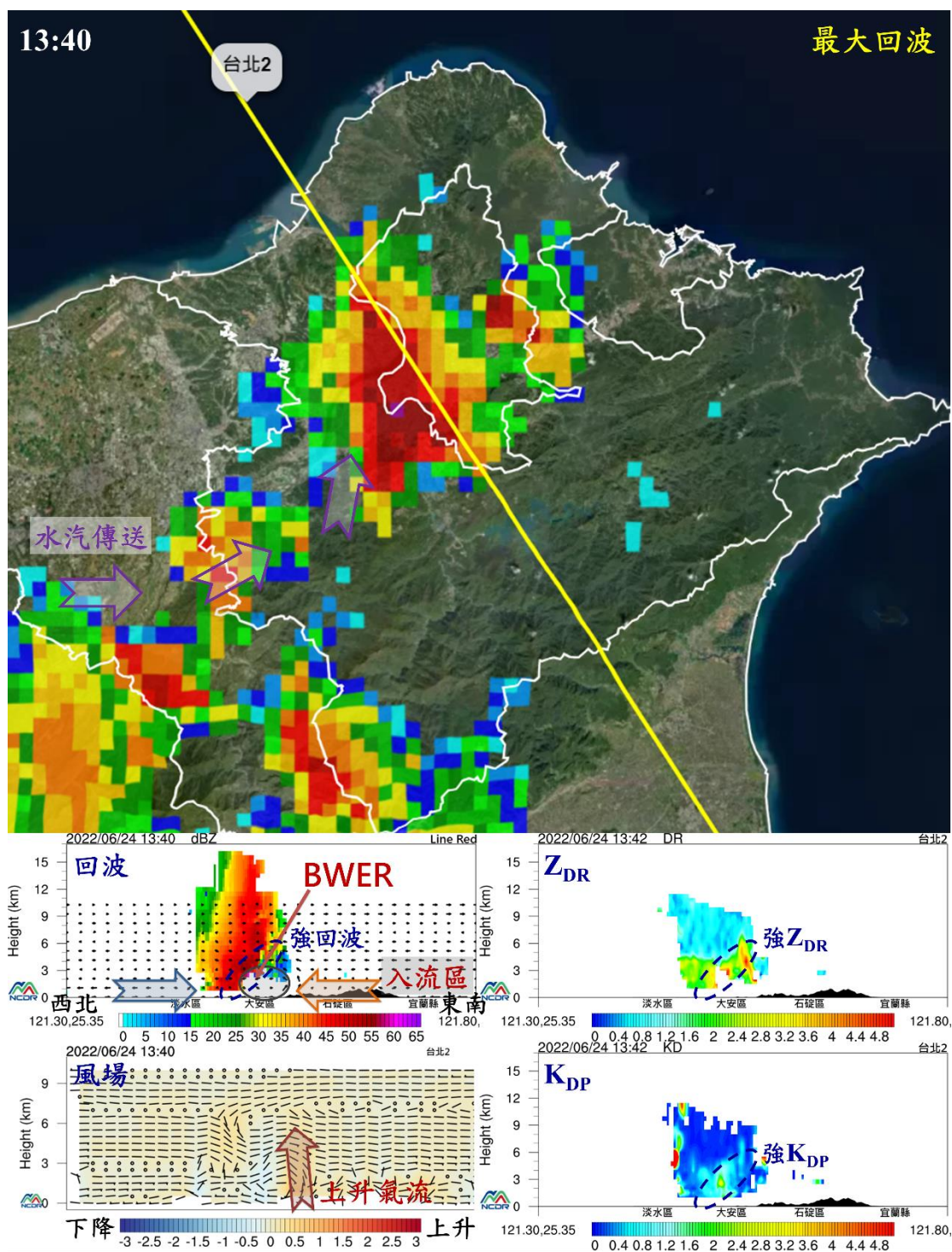


圖 6、2022 年 6 月 24 日 13 時 40 分最大回波、雙偏極化參數及風場垂直剖面(繪製：國家災害防救科技中心)

13 時 50 分對流胞強度增強，系統的發展高度已超過 15 公里，

強回波區($>55\text{dBZ}$)高度也已達 6 公里，分析「差異反射率」、「比差異相位差」及相關係數，在融解層附近出現雙偏極化參數在劇烈天氣系統的特徵(Kumjian and Ryzhkov, 2008、周等，2016)，包含「差異反射率」的柱狀結構(Z_{DR} column)及「比差異相位差」的柱狀結構(K_{DP} column)(圖 7)。上升氣流將底層的水氣帶往中高層，水氣在融解層附近凝結成水滴及冰雹，積累形成「差異反射率」的柱狀結構，而在上升氣流邊緣累積較多的液態水($K_{\text{DP}} > 2.5$ 度/公里)，形成「比差異相位差」的柱狀結構。同時在底層 3 公里以下的強回波區($>55\text{dBZ}$)，有較大的「比差異相位差」($K_{\text{DP}} > 1$ 度/公里)、「差異反射率」($Z_{\text{DR}} > 2\text{dB}$)與較低的相關係數($\rho_{\text{HV}} < 0.8$)存在。此現象表示地面正有劇烈降雨與冰雹的發生，而且劇烈降雨引發的下衝流，使得地面測站觀測到有 9 級強陣風的發生(圖 1(c))，臺北市中正區傳出多處路樹倒塌的災情。而下衝流前緣的強上升運動，將大量的水氣往對流胞內送，有助對流胞生長，回波增強、粒子(Z_{DR})變大、液態水(K_{DP})含量增加。

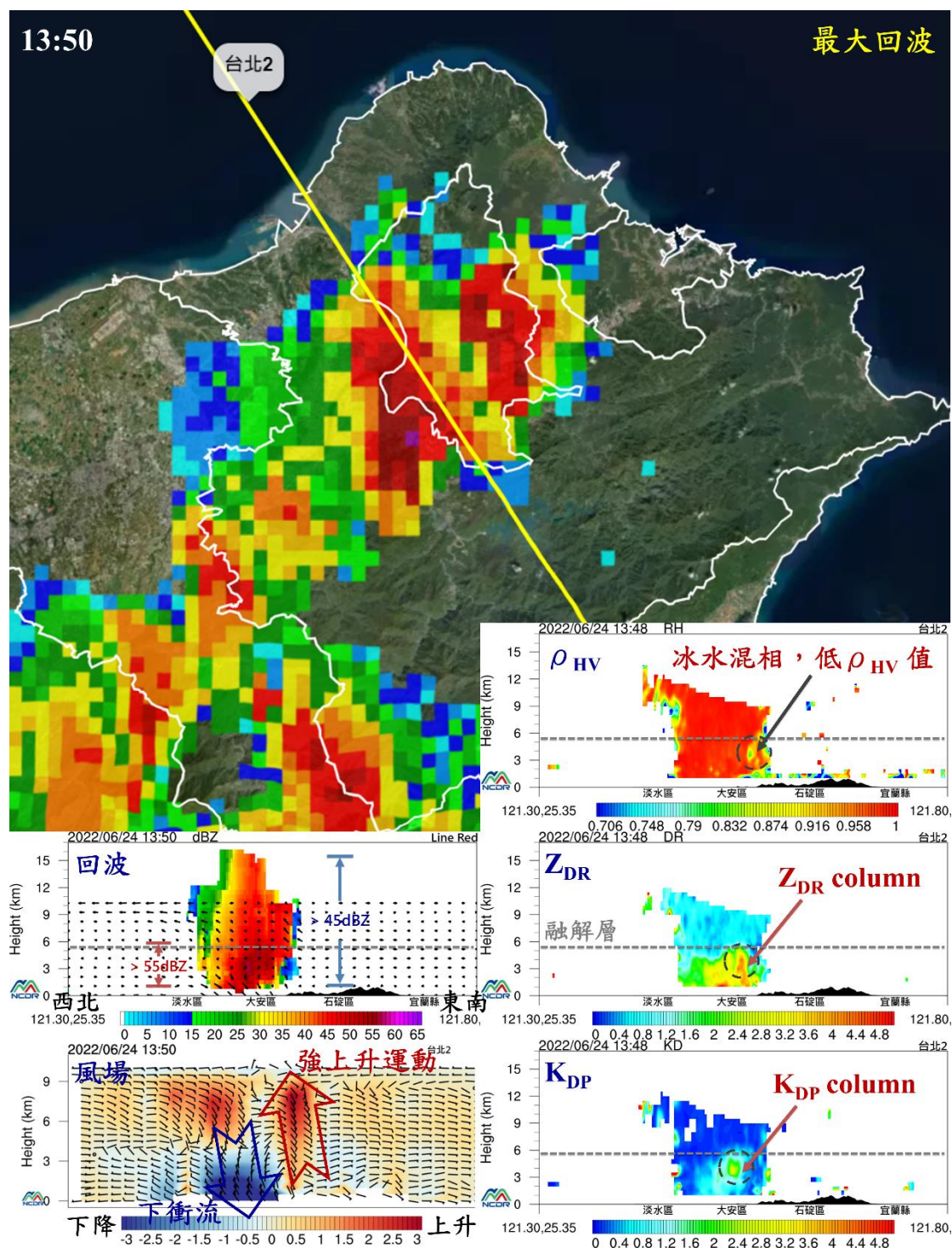


圖 7、2022 年 6 月 24 日 13 時 50 分最大回波、雙偏極化參數及風場

垂直剖面(繪製：國家災害防救科技中心)

14 時強上升運動持續將水氣及小水滴帶往對流胞的中高層，「差

異反射率」柱狀結構及「比差異相位差」柱狀結構所在高度超過融解層高度，強回波區(>55dBZ)的高度在 3 至 7 公里處，配合此區高相關係數($\rho_{HV}>0.9$)，此時「差異反射率」柱狀結構是由粒徑大的過冷水滴組成，也有較多的液態水在此積累(圖 8)。當上升運動無法支撐這些雨滴在對流胞內繼續發展時，雨滴便開始往下墜落產生劇烈降雨。在 14 時 20 分的風場垂直剖面圖(圖 9)可以發現，環境的上升運動明顯減弱，似乎只剩下劇烈降雨所引發的下衝流。雨滴在落下的過程中，不同大小的雨滴會有不同的落速，大(小)雨滴落下的速度較快(慢)，形成雨滴由大到小從底層往高層排列的雲物理現象，稱為「粒徑分選」(size sorting，圖 9)。在對流胞的生命期中，若從「差異反射率」的觀測看到「粒徑分選」現象時，就表示此對流胞已不再成長，對流強度也開始減弱。從 14 時 30 分雷達資料顯示(圖 10)，對流胞的發展高度及強度(回波)均減弱，液態水(K_{DP})的含量減少、水象粒子(Z_{DR})也減小，臺北市降雨強度也逐漸趨緩。

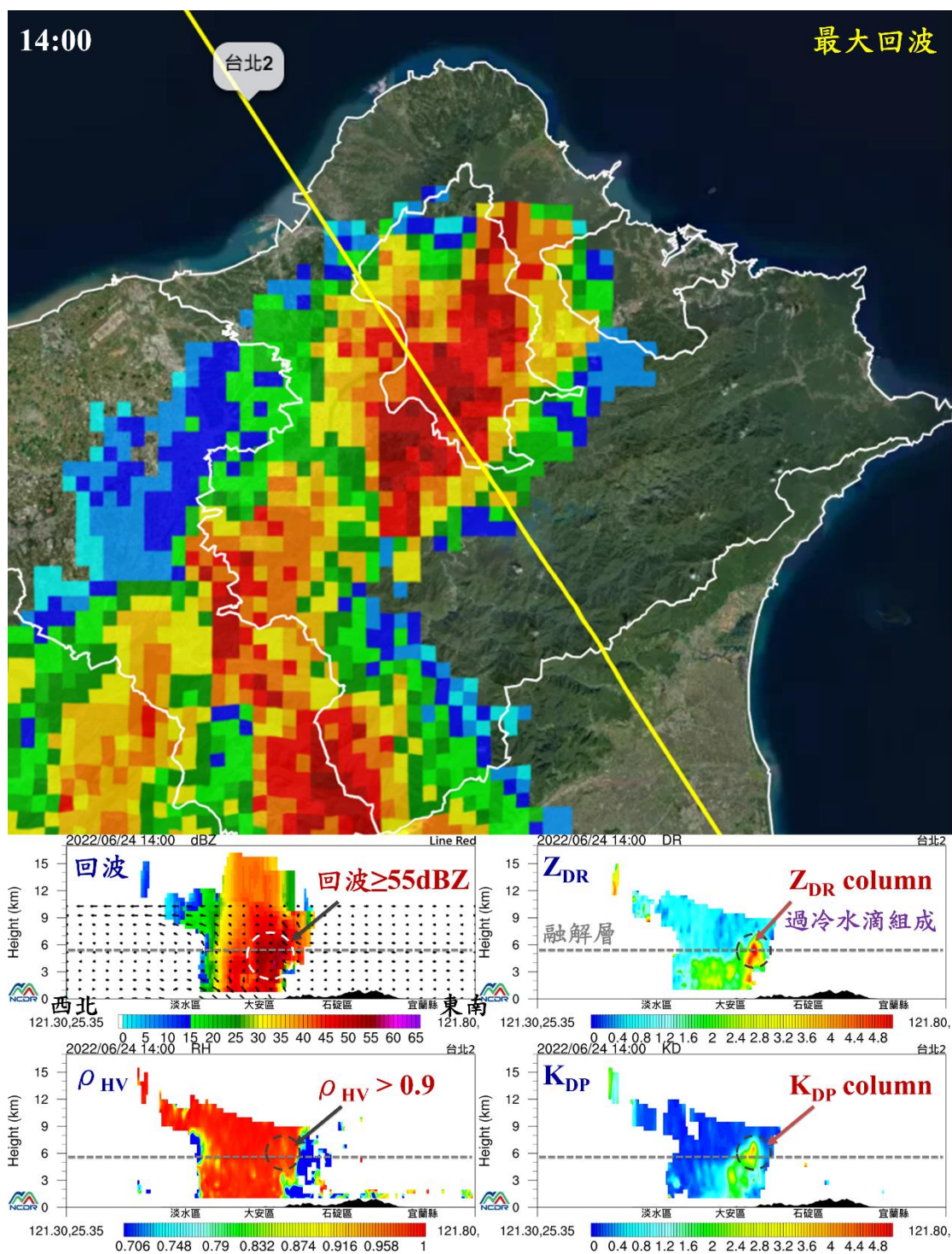


圖 8、2022 年 6 月 24 日 14 時最大回波及雙偏極化參數垂直剖面(繪製：國家災害防救科技中心)

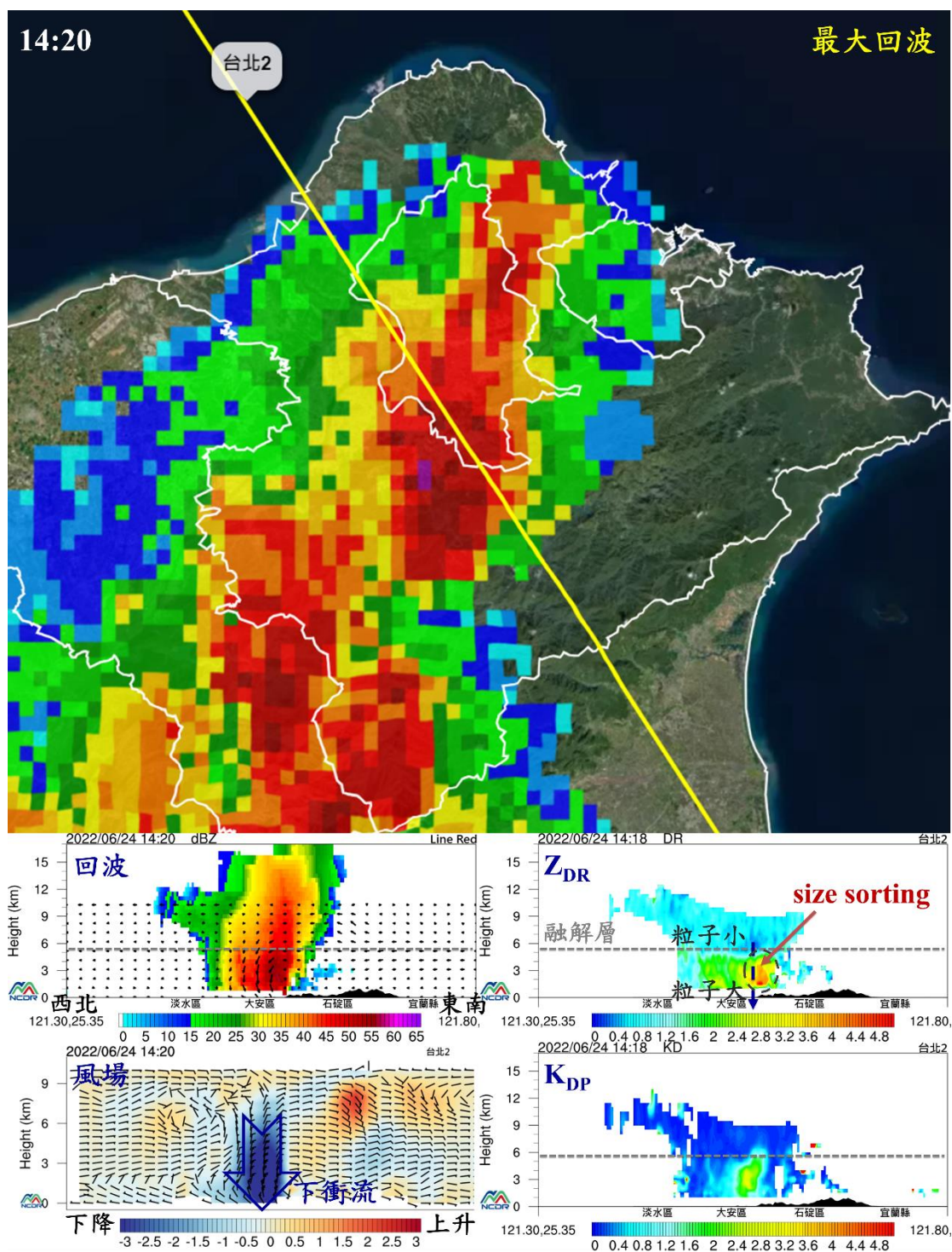


圖 9、2022 年 6 月 24 日 14 時 20 分最大回波、雙偏極化參數及風場垂直剖面(繪製：國家災害防救科技中心)

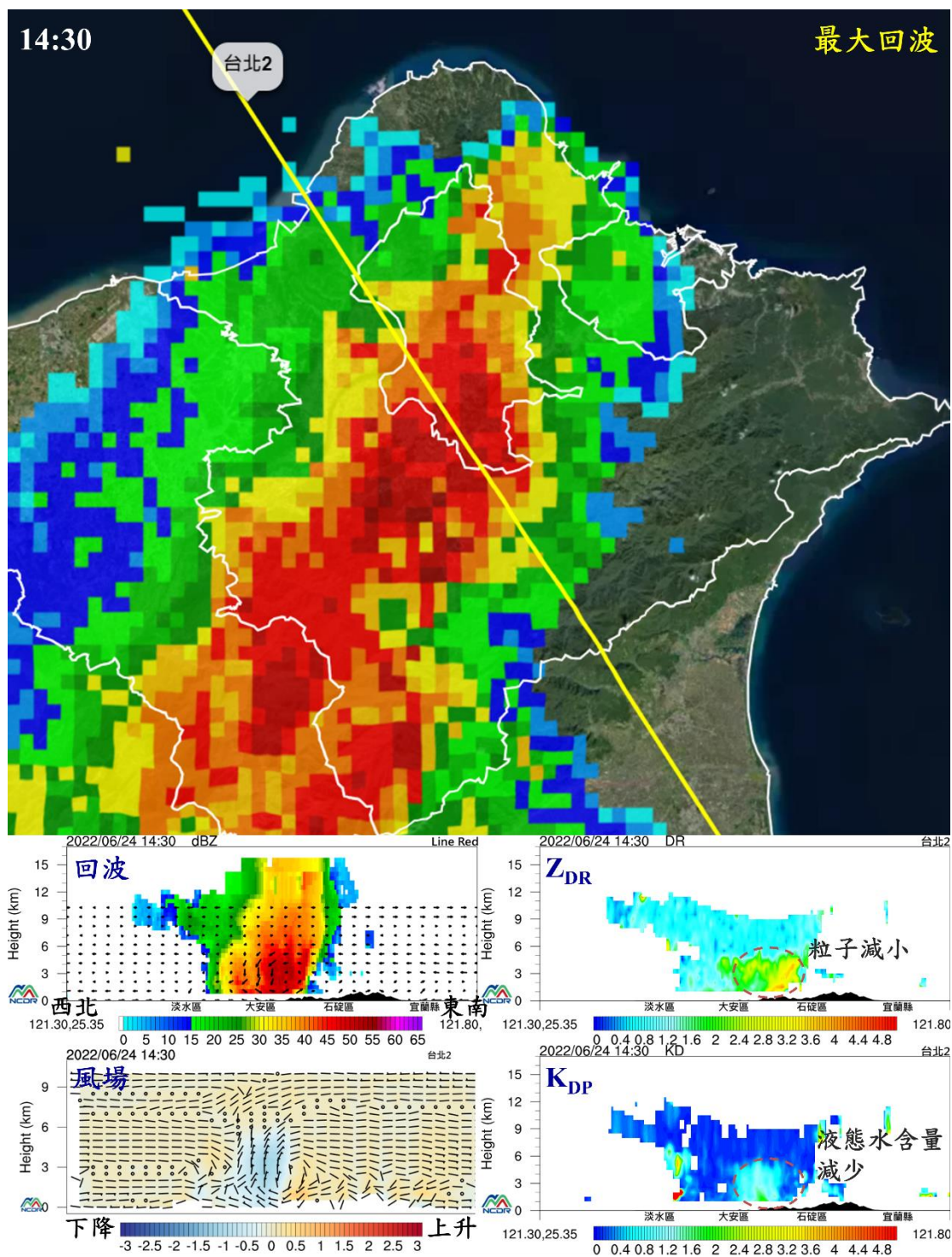


圖 10、2022 年 6 月 24 日 14 時 30 分最大回波、雙偏極化參數及風場垂直剖面(繪製：國家災害防救科技中心)

四、 結論

6 月 24 日臺灣處在弱綜觀環境中，無明顯天氣系統影響。午後從大漢溪吹進臺北盆地的偏南風(環境風)與來自淡水河口的西北風(海風)、基隆河進來的東北風(海風)，在臺北盆地東側輻合激發對流胞的生成，並有強上升運動使對流胞快速發展，也伴隨「閃電躍升」現象發生。13 時 45 分至 14 時，雙北地區多處陸續有冰雹事件傳出。

利用災防科技中心建置「全臺降雨熱區雷達回波與風場剖面即時監測系統」及雙偏極化雷達參數資料，分析此次臺北冰雹事件。地面劇烈降雨發生前，於對流胞中低層可見「有界弱回波區」，為強雷雨胞的雷達觀測特徵。豐沛的水氣會被上升運動帶往對流胞中高層，支持對流胞內水滴與冰雹生長。冰雹發生期間，對流胞發展的高度超過 15 公里，強回波區(>55dBZ)的高度也達 6 公里，並在融解層附近觀測到「差異反射率」柱狀結構與「比差異相位差」的柱狀結構，此現象是劇烈天氣系統的雙偏極化參數的特徵。而在劇烈降雨與冰雹發生的區域內，亦可見到「回波」、「比差異相位差」及「差異反射率」的高值與較低的相關係數存在，劇烈降雨所引發的下衝流，導致地面有 9 級強陣風，並釀成零星災情。

在對流胞成熟期的尾聲，上升運動已無法支撐雨滴在對流胞內繼

續成長，雨滴開始往下掉落產生劇烈降雨，對流雲中的雨滴出現由大到小從底層往高層排列的「粒徑分選」現象，此現象的出現可表示對流胞已不再發展，對流強度與降雨將開始減弱。

參考文獻

1. 廖信豪、黃紹欽、林忠義、王安翔、陳淡容、于宜強，2021：「0604 北部淹水」事件氣象分析。國家災害防救科技中心災害防救電子報，196，16 頁。
2. 江宙君、徐理寰、李宗融、于宜強，2019：2019 年 7 月 2 日桃園及大臺北地區豪雨事件氣象分析。國家災害防救科技中心災害防救電子報，169，16 頁。
3. 周仲島、高聿正、修榮光、鍾吉俊、李宗融、郭鴻基，2016：臺北都會區豪雨型午後雷暴的觀測特徵與預報挑戰：2015 年 6 月 14 日個案研究。大氣科學，4(1)，57-82。
4. 于宜強、吳宜昭、龔楚嫻、黃柏誠、王安翔、李宗融、林冠伶，2016：2015 年臺灣地區極端降雨事件彙整與分析。194 頁。國家災害防救科技中心，新北市。
5. Gatlin, P. N., and S. J. Goodman, 2010: A total lightning trending algorithm to identify severe thunderstorms. J. Atmos. Oceanic Technol., 27, 3-22.

6. Kumjian, M.R. and A.V. Ryzhkov, 2008: Polarimetric signatures in supercell thunderstorms. J. Appl. Meteor. Climatol., 47, 1940–1961.
7. Schultz, C. J., W. A. Petersen, and L. D. Carey, 2009: Preliminary development and evaluation of lightning jump algorithms for the real-time detection of severe weather. J. Appl. Meteor. Climatol., 48, 2543—2563.