

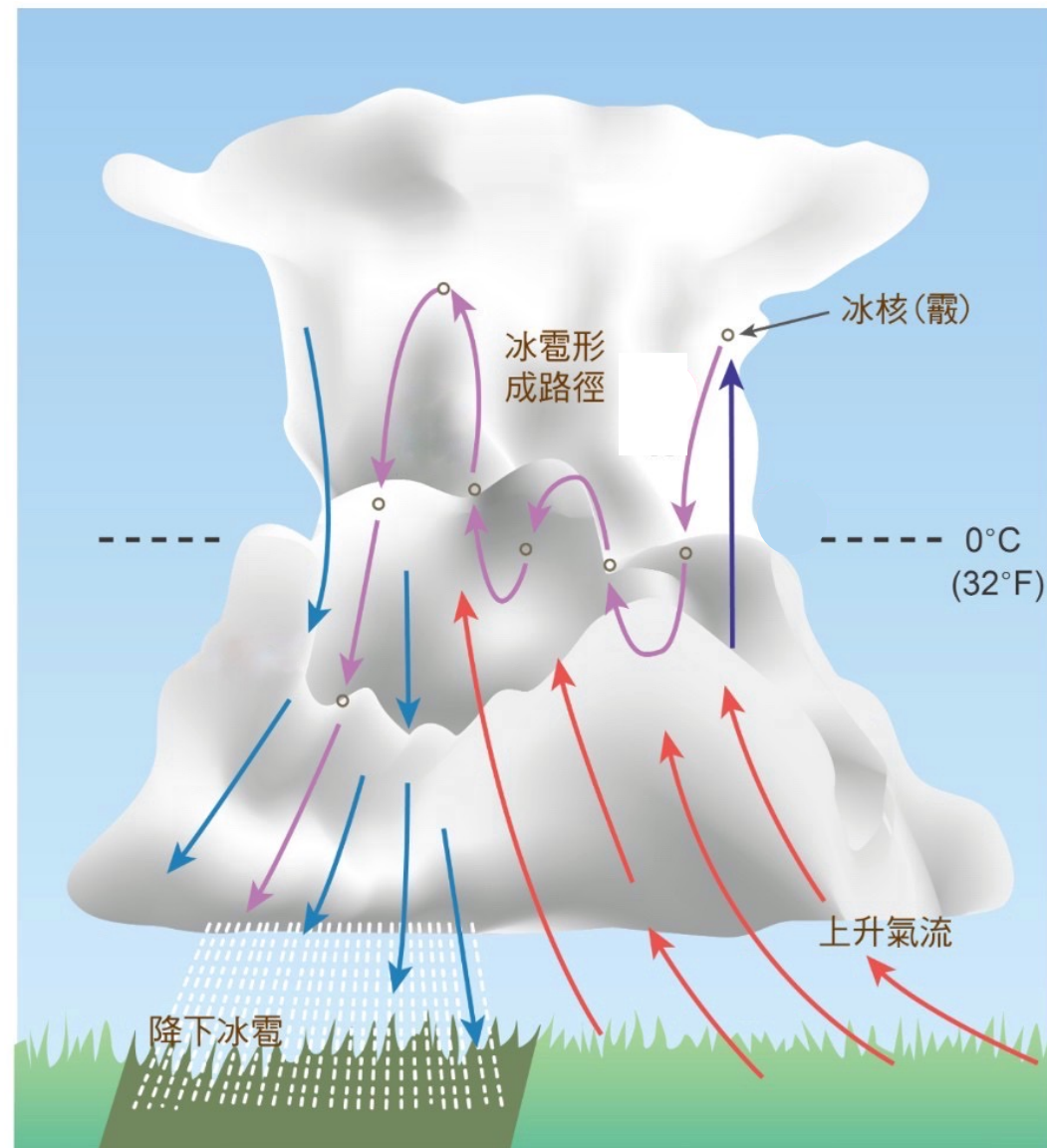
# 冰雹對歐洲、北美的影響

碩一 黃凱揚

# 冰雹是什麼？

冰雹屬於一種**固態降水**，且主要發生在**春夏兩季**，它的形成其實跟雨水很像，上升氣流除了可以挾帶水氣上升之外，也可能將已經凝結的小水滴推到高空，如果高空的溫度達到**攝氏零度以下**時，小水滴就有可能凝結成小冰晶。

這些小冰晶在空中，藉由彼此間的吸附和碰撞，進而增加其重量，**加上強烈的上升氣流使得這些冰晶能夠一直維持在冰冷的高空之中**，直到上升氣流再也無法撐住冰晶的重量，而造成冰晶墜落。在墜落的過程中，如果冰晶融化，就是雨水，如果未融化的就稱為冰雹。



冰雹成因示意圖

# 引起災害的「超大冰雹」又是什麼？

在台灣，目前所記錄到的冰雹直徑通常不超過5公分，大部分甚至在3公分以下，相較之下，在國外，冰雹直徑可能超過10公分，造成相當嚴重的損失。冰雹的大小主要受空氣潮濕度和上升氣流強度影響，當這兩個因素達到一定程度，再加上鋒面使得地表溫暖潮濕、高空涼爽乾燥，就可能產生更強烈的上升氣流，生成巨大的冰雹。這種不穩定的大氣結構也導致冰雹災害在某些特定區域發生(見下頁)。

而隨著地球大氣溫度的升高，大氣將能夠容納更多的水蒸氣，提供了冰雹良好的生成環境。近幾年，全球各地出現越來越多次直徑大於10公分的冰雹事件，不斷打破先前的紀錄，其對人類生活(農、建築、畜牧、汽車、發電設施如風機、太陽能板等...)的威脅不容忽視！



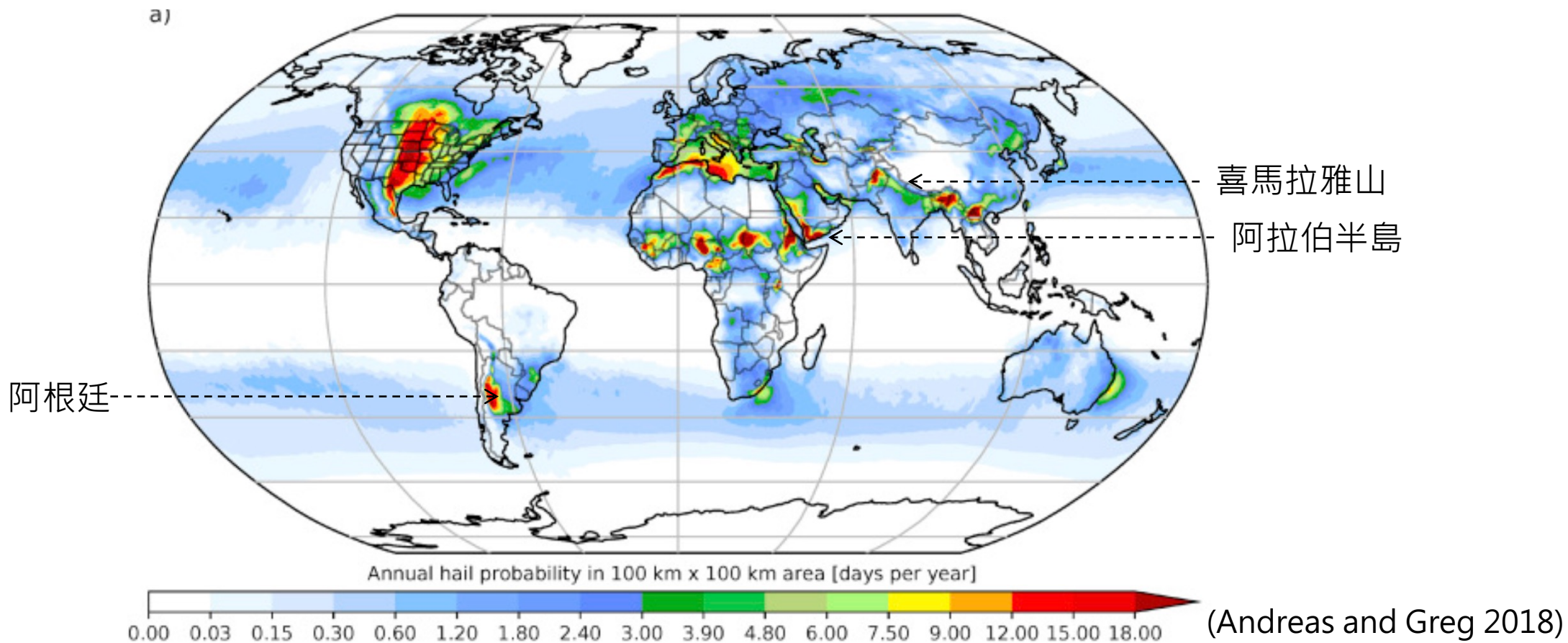
2018美國科羅拉多州直徑12cm冰雹  
(Colorado Climate Center)



2018阿根廷直徑18cm冰雹  
(Victoria Druetta)

# 哪裡會發生？

下圖是1979-2015年全球年平均大冰雹 (>2.5cm) 的機率圖 ( 發生日數 / 年 ) 。可看到在**美國中部平原**、**阿根廷安地斯山脈背風側**、**喜馬拉雅山南側**、**非洲中部**、**阿拉伯半島山區**、**部分歐洲地區**都屬於**冰雹發生的熱點區域**。而在研究方面以歐洲和北美洲的研究較完整，因此接下來的介紹會著重在冰雹對歐洲和北美洲的影響。



# 歐洲的冰雹事件與影響

冰雹資料：1990-2018 European Severe Weather Database ( 歐洲惡劣天氣資料庫 ) 接近四萬個案，包含發生的位置、時間、資訊來源、大小等描述。

損失資料：NatCatService ( 全球巨災統計 ) 搜集了 1980-2018 與損失相關的事件記錄，包含類型、地點、時間、損失金額等。

(Púčik et al. 2019)

# 歐洲近年冰雹次數與大小

從Fig1.可觀察到隨著時間的推進，冰雹事件的報告數量呈現增加的趨勢。雖然此現象可能歸因於資訊的普及、人類活動範圍擴大，或者冰雹發生次數實際上有所上升，但不可否認的是「冰雹事件的發生」確實對我們的生活產生影響。而大部分記錄到的冰雹大小落在2-3公分。

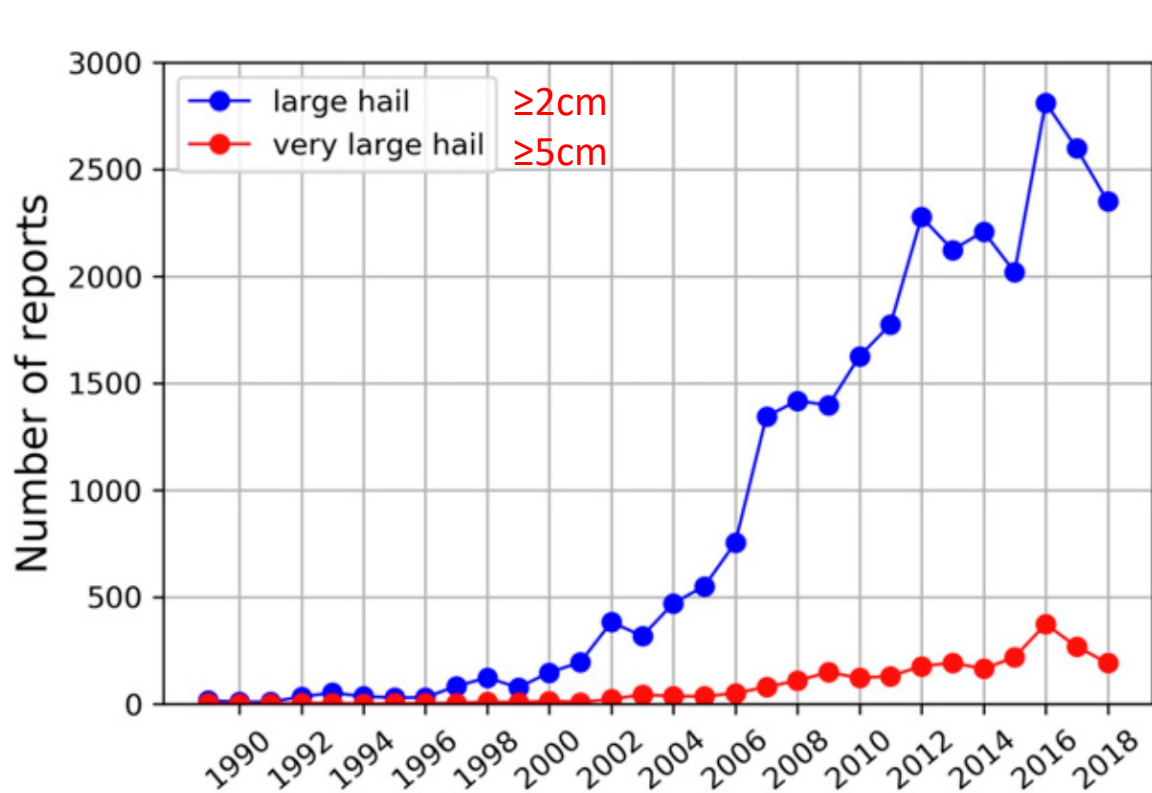


Fig1. 1990 年至 2018 年間大冰雹 (藍線) 和特大冰雹 (紅線) 報告的數量。

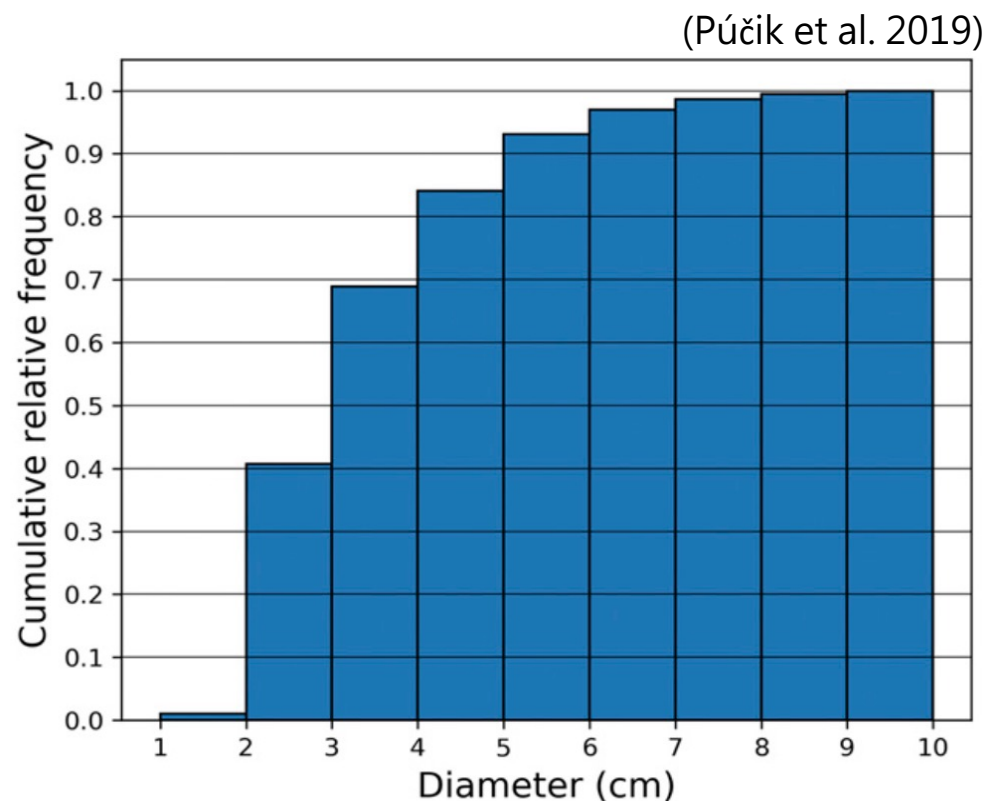


Fig2. 冰雹大小的累積相對頻率分為 1-1.9 公分、2-2.9 公分至 9-9.9 公分。不考慮 10+ 公分的冰雹。

# 歐洲近年冰雹大小分佈

2006年之前：

≥10cm的冰雹報告多來自德國、捷克和義大利北部。

2006年之後：

≥10cm的冰雹報告來自高加索山脈以北、阿爾卑斯山周圍地區以及塞爾維亞和羅馬尼亞地區。

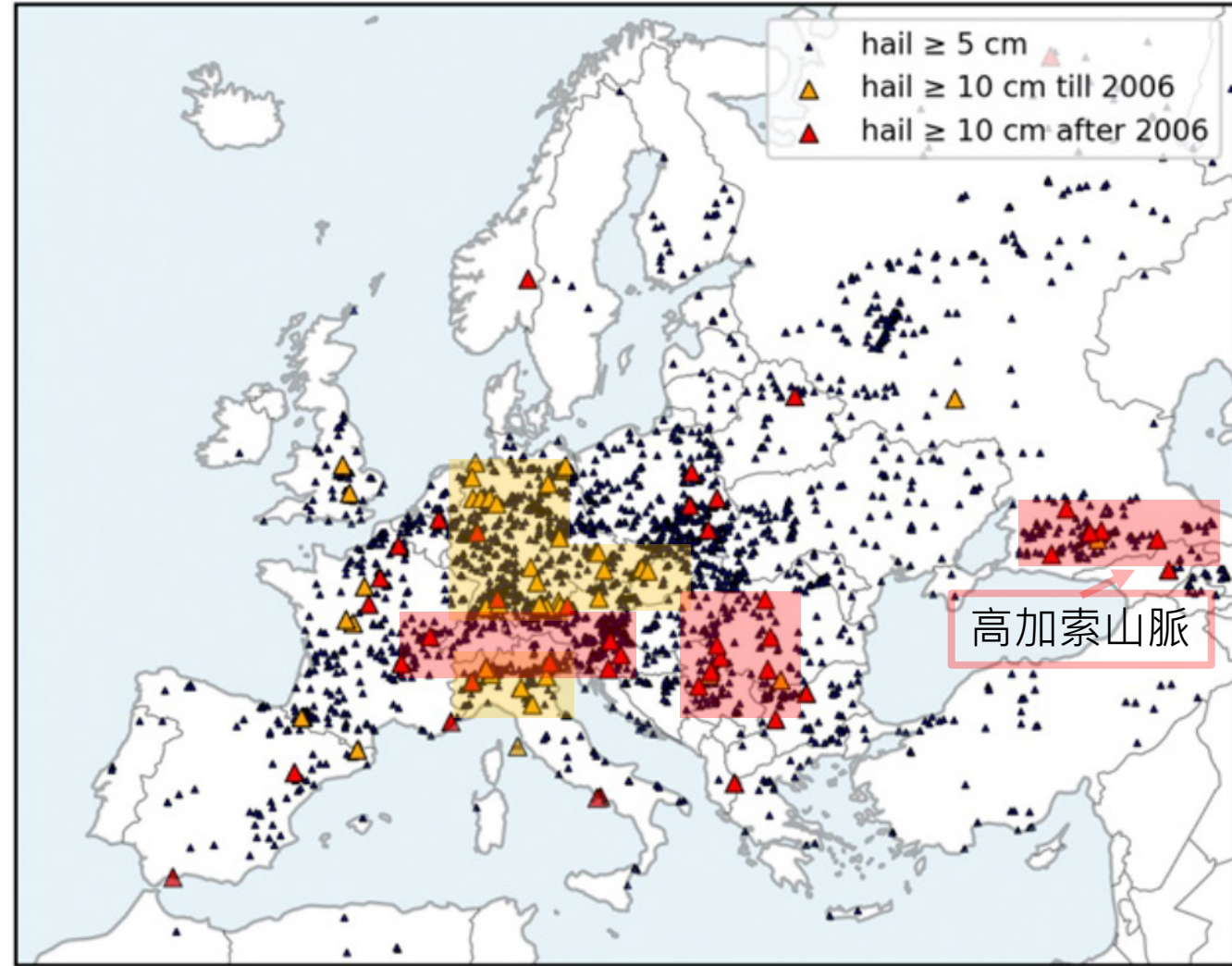


Fig3. 2006年1月1日之前（之後）發生 $\geq$ 10cm的冰雹報告以橙色（紅色）三角形表示，而 $\geq$ 5cm的冰雹為藍色小三角形。

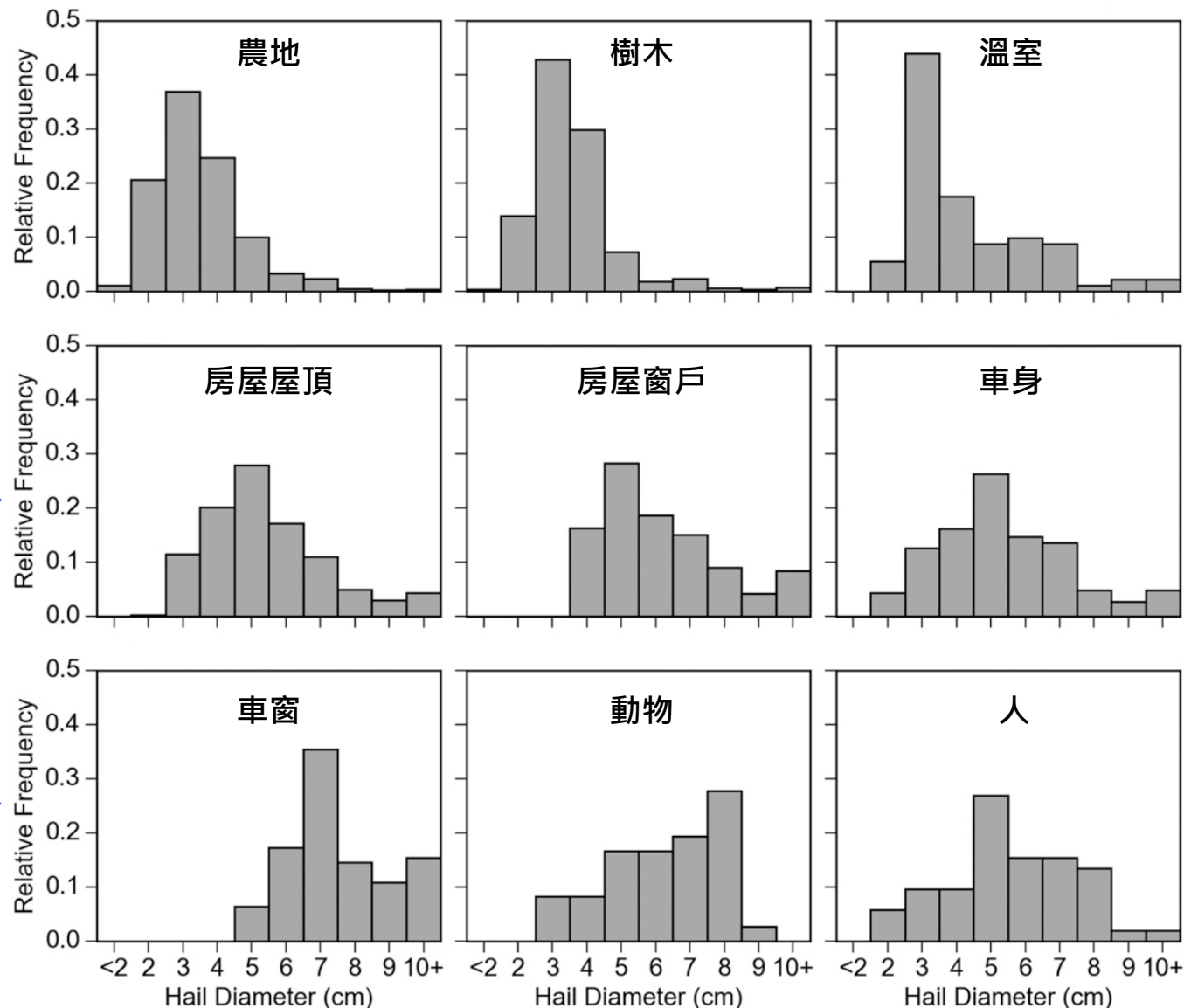
# 對歐洲的衝擊

對**農作物**和**樹木**的損害最常發生在 3 公分大小的冰雹中。

冰雹尺寸為 5 公分時，**車身**、**車窗**和**屋頂**受損最常見。

冰雹尺寸為 7 公分時，以**車窗**受損最為常見。對於動物、人類的影響則在各大小均有出現。

$$\text{相對頻率} = \frac{\text{該類型受特定冰雹大小損害報告數}(ex: \text{農地受 } 2\text{cm 冰雹損害報告數})}{\text{該損害類型報告總數}(ex: \text{農地受冰雹損害報告總數})}$$



(Púčik et al. 2019)

Fig4. 影響類型的相對頻率與冰雹最大直徑的關係。



# 對歐洲造成的損失

右圖是1980年至2018年間歐洲發生的669起冰雹損失，可以發現它們多發生在德國、奧地利和瑞士。值得注意的是在前10高的損失中，有6次發生在德國。

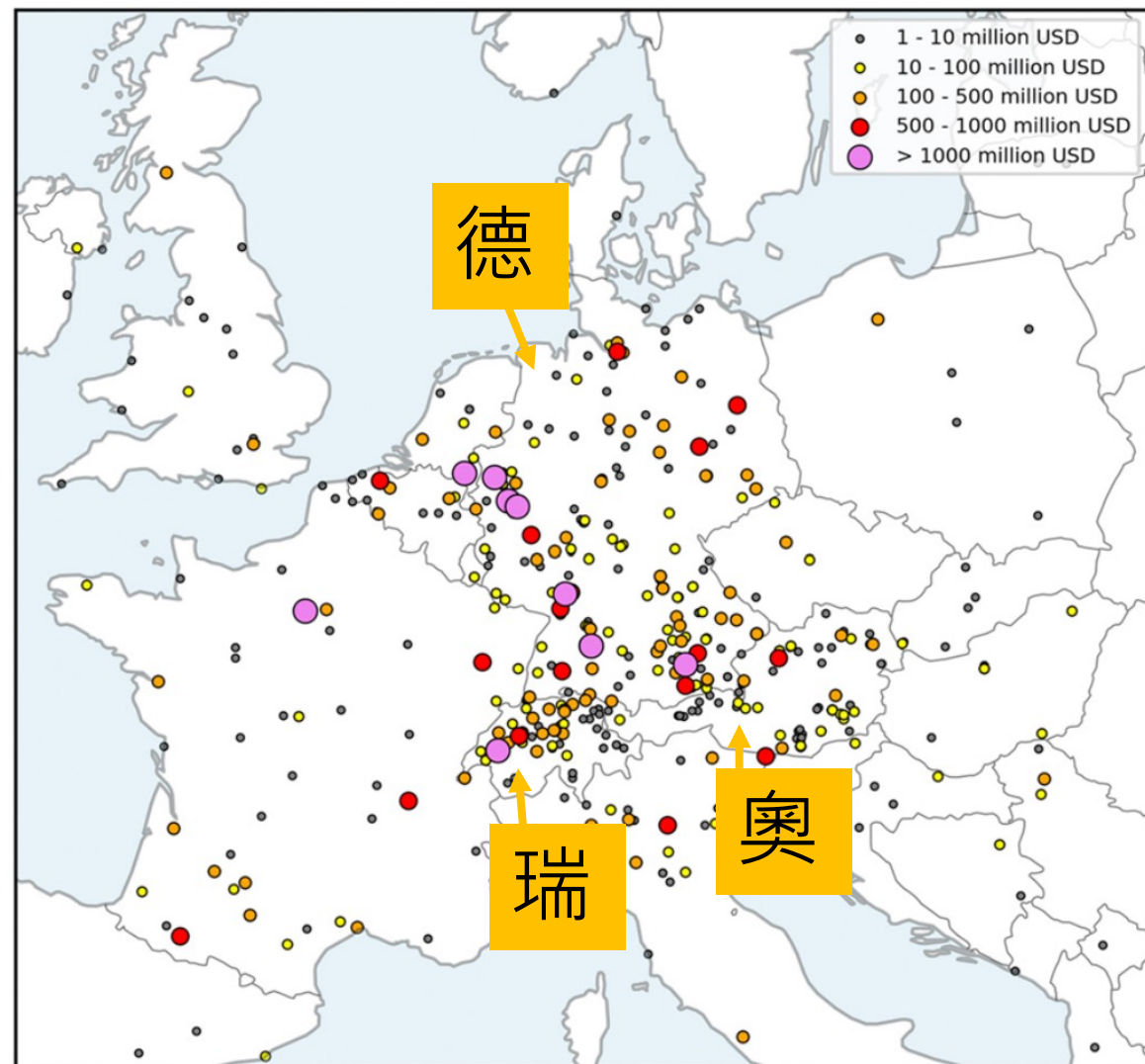


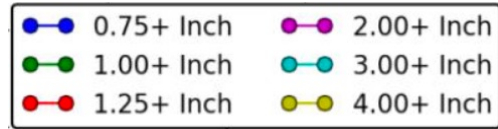
Fig5.1980-2018年，與冰雹相關超過一百萬美元的損失

# 北美的冰雹事件與影響

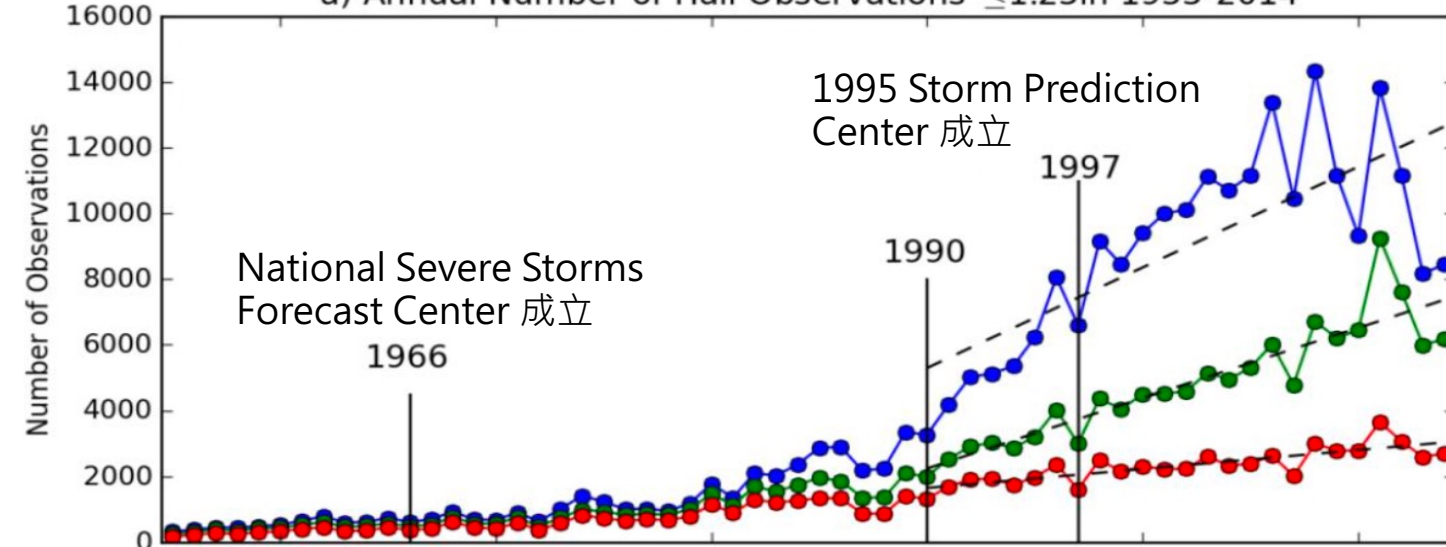
冰雹資料：1955-2014 SPC Severe Weather Database (風暴預測中心 劇烈天氣資料) 接近27萬個案，並選取冰雹直徑 > 0.75 英吋 (1.9公分) 進行討論。

(Allen and Tippett 2015)

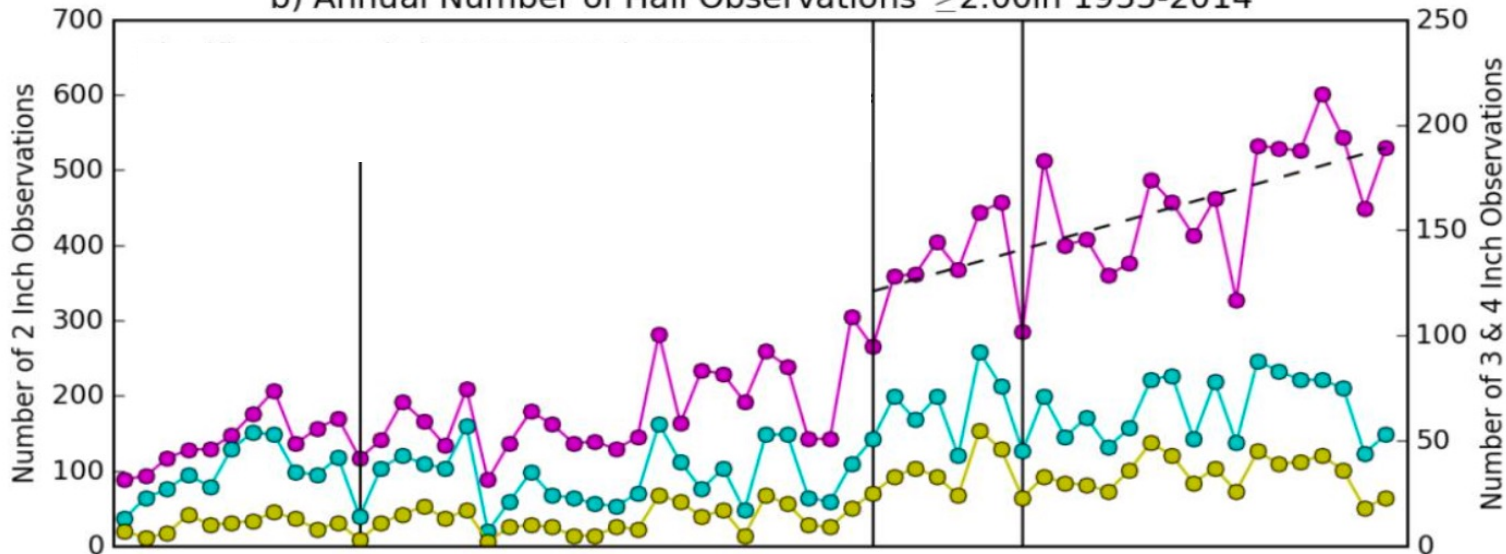
# 北美近年冰雹次數與大小



a) Annual Number of Hail Observations  $\leq 1.25$ in 1955-2014



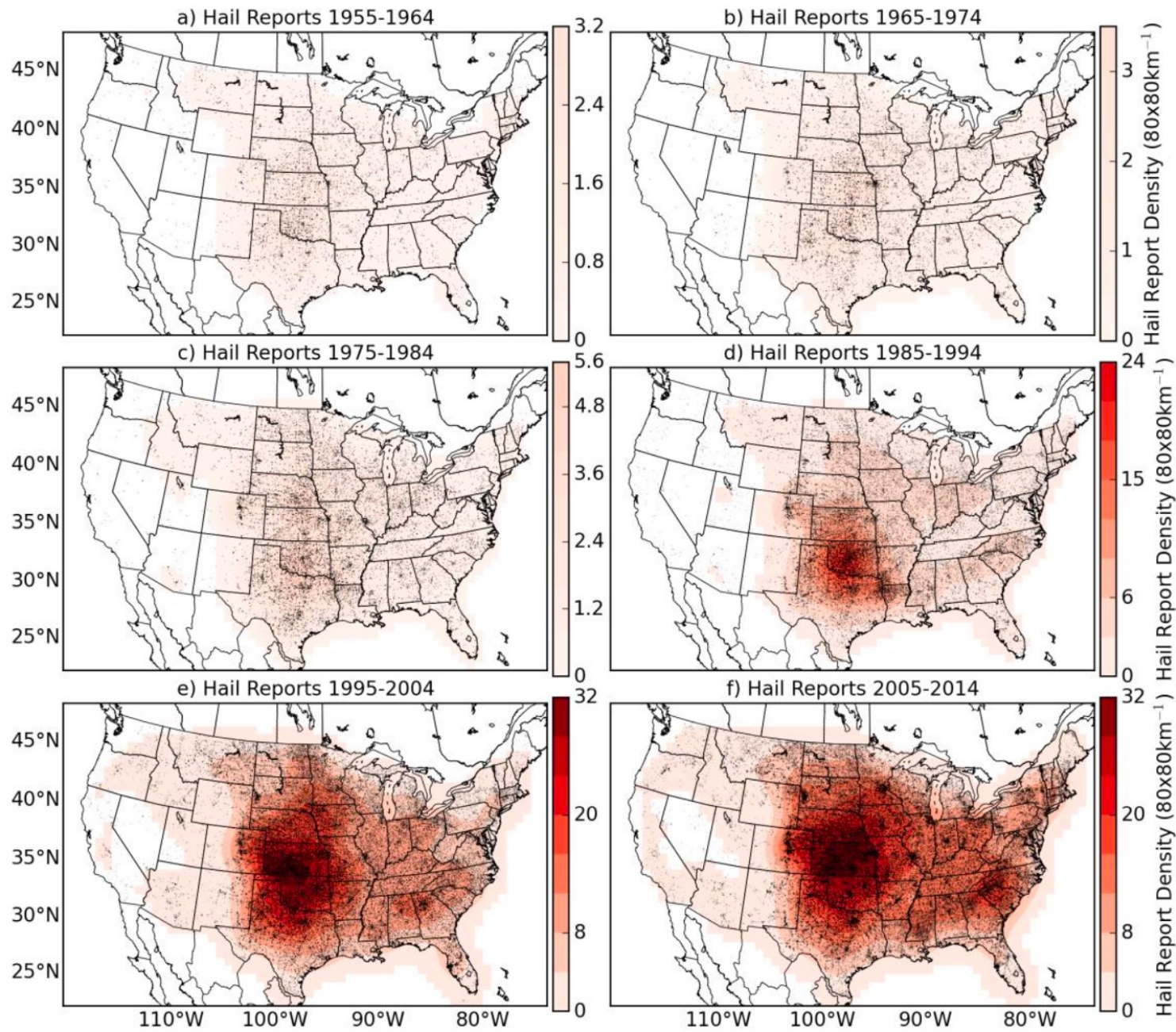
b) Annual Number of Hail Observations  $\geq 2.00$ in 1955-2014



趨勢與歐洲相同，而國家強風暴預報中心、風暴預測中心的成立和 90 年代初雷達的出現，也讓個案數快速增加，也有研究認為北美趨勢上升與人類活動範圍增加導致報告數增加和相關機構的出現有關。

Fig6.1995-2014冰雹尺寸的年際變化  
(Allen and Tippett 2015)

# 北美近年冰雹分佈

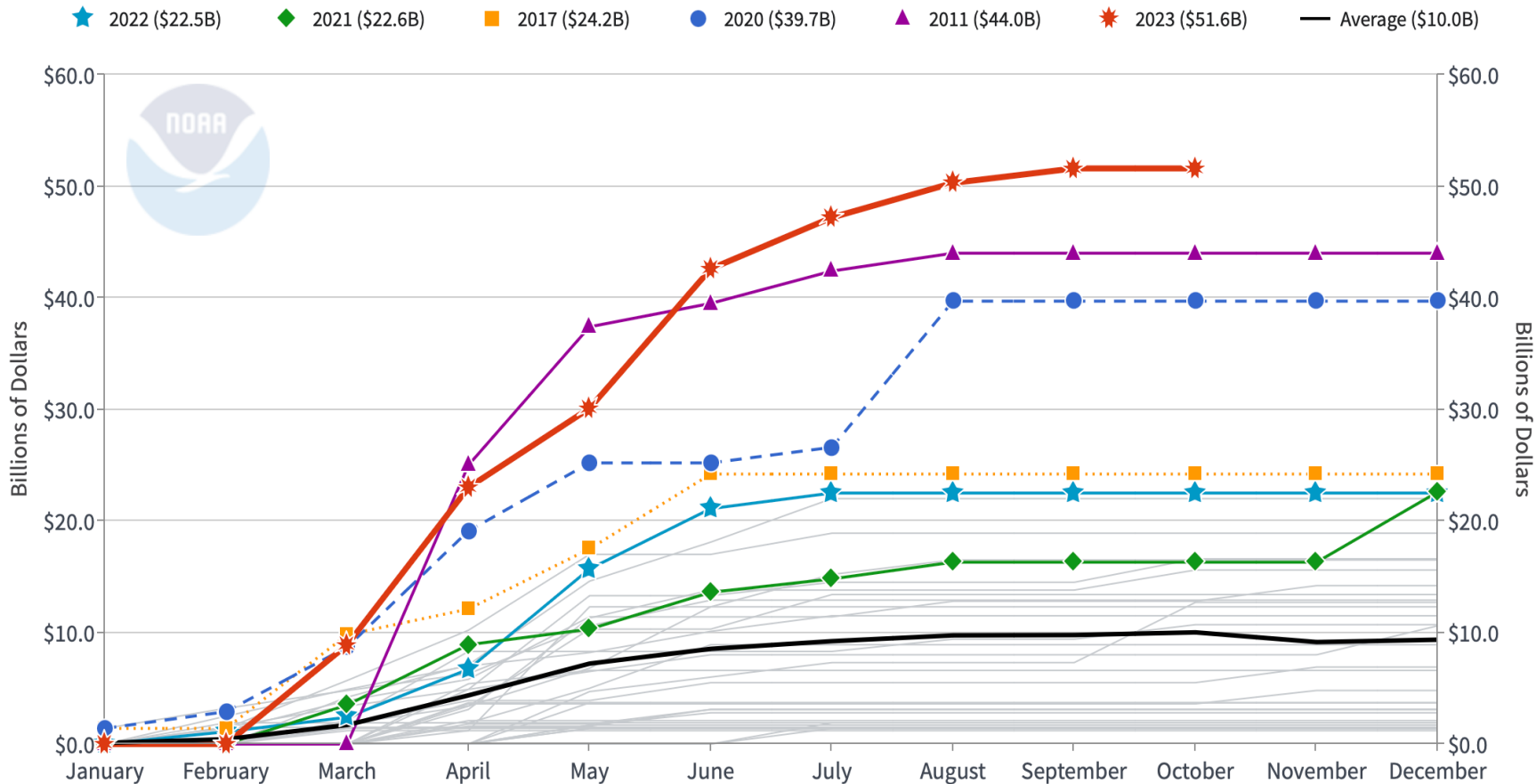


美國的冰雹發生地主要集中在美國  
中部以及東南部。

Fig7.1955-2014 年十年間隔的平均年高斯核平滑  
( $\geq 0.75$  英吋或 1.9 公分) 冰雹報告密度。  
(Allen and Tippett 2015)

# 對北美造成的損失

1980-2023 United States Billion-Dollar Disaster Year-to-Date Event Cost (CPI-Adjusted) → Consumer Price Index 消費者價格指數 (CPI) 是衡量通貨膨脹的眾多指數之一



從圖中可見近幾年來因劇烈天氣的損失（房屋、車輛、農業、基礎設施）均比平均高出許多，而今年更是創了有紀錄以來的新高。部分地區也因保險賠償過高的問題，導致部分保險業不再提供保險服務。

Updated: November 8, 2023

Event statistics are added according to the date on which they ended. Powered by ZingChart

Fig8. 1980-2023因為劇烈天氣（強風、龍捲風、冰雹）超過10億美元的事件造成的損失 (NCEI)

# 氣候變遷如何影響冰雹

區域	觀測趨勢 ( 觀測位置/年份 )	預估未來變化 ( 模擬位置/年份 )
東亞	<ul style="list-style-type: none"><li>• 冰雹頻率減少 ( 中國北部1980-2012、韓國1972-2013 )</li><li>• 冰雹尺寸縮小 ( 中國1980-2015 )</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 尚未有相關研究</li></ul>
歐洲	<ul style="list-style-type: none"><li>• 各國趨勢不一致</li><li>• 強度增加 ( 義大利東北部1975-2009 )</li><li>• 破壞增加 ( 德國西南部1983-2004 )</li><li>• 環境更有利冰雹 ( 南歐和中歐地區 )</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 環境有利於冰雹生成 ( 歐洲RCP4.5、RCP8.5環境下,2071-2100 )</li></ul>
北美	<ul style="list-style-type: none"><li>• 沒有明確的觀測趨勢 ( 洛磯山脈和其東南部1986-1995，近年來的增加則歸因於報告數與人口的增加，非天氣條件。 )</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 事件減少，但更嚴重 ( 北美2041-2070、2071-2100 )</li></ul>
澳洲	<ul style="list-style-type: none"><li>• 頻率減少 ( 新南威爾斯州1989-2002 年的冰雹頻率低於 1953-1988 年。雪梨周邊1989-2013年的報告中，自2009年，冰雹頻率有所下降。 )</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 頻率增加，嚴重程度增加 ( 雪梨盆地2001-2050 )</li></ul>

# 在台灣有機會發生嗎？

**有的！** 台灣在近10年都有報導或是民眾發現冰雹(約80-90件)，時間主要出現在春夏兩季，從先前的研究中也可以發現海陸風輻合、高層冷心低壓、較高的濕度、不穩定的大氣環境等等因素，使得台灣出現較強的對流系統。這些對流系統中**可能出現強勁的上升氣流**，便能使冰晶能夠一直維持在冰冷的高空之中，進而形成冰雹。

而讓大家比較有印象的應是在2022年6月發生在**台北和新北的降雹事件**，雖然大小約米粒大小(可參考右圖)，但因發生在台北市區內，讓許多媒體爭相報導。

氣候變化正在改變冰雹的特性和災害的模式，台灣未來是否需要面對「超大冰雹」的災害，值得持續注意和關心！



(圖截自前氣象署長鄭明典臉書，照片圖源為Thunder Thor)

# 參考資料

Púčik, T., Castellano, C., Groenemeijer, P., Kühne, T., Rädler, A., Antonescu, B., and Faust, E. Large Hail Incidence and Its Economic and Societal Impacts across Europe, *Mon. Weather Rev.*, 147, 3901–3916 (2019). <https://doi.org/10.1175/MWR-D-19-0204.1>

Raupach, T.H., Martius, O., Allen, J.T. *et al.* The effects of climate change on hailstorms. *Nat Rev Earth Environ* 2, 213–226 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43017-020-00133-9>

Allen, J.T.; Tippett, M.K. The characteristics of United States hail reports: 1955–2014. *E-J. Sev. Storms Meteorol.* 2015,10, 1–31.

Andreas F. Prein, Greg J. Holland. Global estimates of damaging hail hazard. *Weather and Climate Extremes* , Volume 22, 2018 ,10-23.

George Tai-Jen CHEN, Iu-Man TANG. Formation and Characteristics of a Summertime Hailstorm over Northern Taiwan (2003).

陳泰然、周鴻祺、楊進賢、陳熙揚。台灣北部伴隨冰雹之春季颱風個案研究 (1999)

廖信豪、黃紹欽、林忠義、于宜強。0624 臺北冰雹事件氣象分析。國家災害防救科技中心災害防救電子報，206期

<https://hazards.fema.gov/nri/hail> 聯邦緊急事務管理署

<https://www.ncei.noaa.gov/access/billions/> NOAA-NCEI

<https://edu.cwa.gov.tw/PopularScience/index.php/prevention/236-天降奇「冰」> 中央氣象署數位科普網

<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/science-60835259> BBC NEWS 氣候變化另類危機——超大冰雹災害