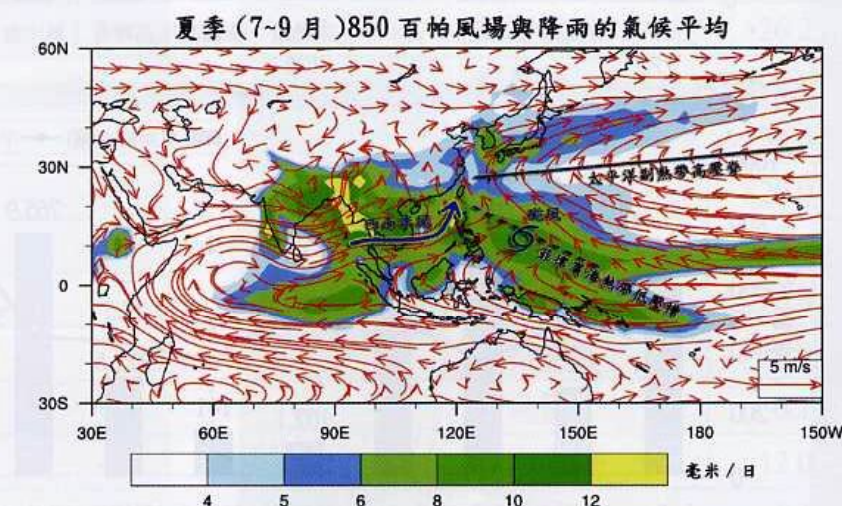


季風雨直直落

日本氣象廳在十月二十六日發出「木枯1號」，提醒民眾晚秋初冬之際的第一道刺骨寒風發威了，不但東京氣溫降到10度左右又颳大風，北海道也降下初雪，宣告冬的到來，是近10年最早的一次。十一月九日淡水出現入秋以來最低溫14.4度，表示臺灣也同樣悄悄地進入秋冬。

回首來時路

回顧今年夏天（七至九月），「高溫」是最主要的氣候特徵。在二十五個中央氣象局的局屬測站當中有二十四站氣溫高於氣候平均值，二十二站達到設站以來夏季氣溫前十名。不僅臺灣熱，全球平均氣溫也是偏



↑圖1. 大氣低層(850百帕)夏季(七至九月)風場和雨量的30年(1979-2008)氣候平均特徵，印度半島、中南半島以及菲律賓群島的西部迎風面都是季風雨非常明顯的區域

高。據美國國家氣候資料中心統計，今年六至八月的陸表平均氣溫創近一百三十一年最高紀錄。今夏最突出的高溫事件莫過於七、八月俄羅斯熱浪，高溫乾旱與大火在俄國造成至少150億美元的損失，熱危害與霾害嚴重影響了當地居民的健康。小麥產量也因熱浪與乾旱大大下降，俄國是全球第三大小麥出口國，小麥歉收導致再次浮現的全球糧食危機。

雨量變化比氣溫複雜，不同區域之間差異明顯。臺灣今夏雨量可謂是南多北少。本年唯一的登陸颱風凡那比在九月十九日登陸花蓮後由臺南出海，侵臺期間在東半部及南部地區造成超大豪雨；其中屏東縣瑪家鄉單日降雨1080毫米，創九月分單

日最高降雨紀錄，高雄站單日降雨 426.5 毫米亦為該站設站以來單日降雨第六名，北臺灣卻沒有受到太大影響。

十月二十一至二十三日因從南海緩慢向北移動的梅姬颱風外圍環流與東北季風交互作用，臺灣東北角出現強大雨勢，引發嚴重的土石流與路基流失，死傷慘重，農業損失初步估計高達九千餘萬元，受損作物以蔥、二期水稻及薑較為嚴重。梅姬過後宜蘭全縣有如水鄉澤國，然而十月以前宜蘭氣象站的雨降卻是明顯少於氣候平均值，是二十五個測站當中夏季偏乾情況最明顯的一站。

人間浩劫—巴基斯坦水災

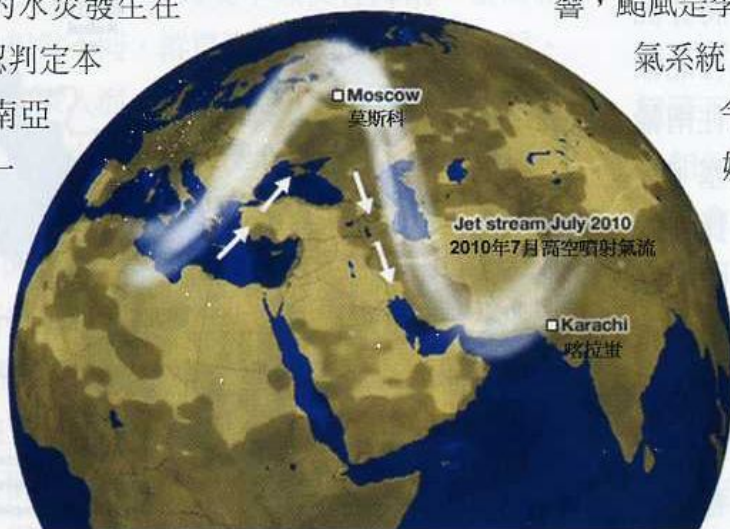
全球今夏最嚴重的水災發生在巴基斯坦，聯合國認判定本事件是二〇〇四年南亞海嘯以來最嚴重的一次天災，影響的規模和深遠程度較南亞海嘯有過之而無不及。不僅死亡人數高達約 1700 人，三個月後的今天仍有百萬以上居民流離失所，超過一千萬孩童等待救援，受災人數超過了二〇〇四年

南亞海嘯與今年海地地震的總和。

巴基斯坦水災源於季風雨異常。季風主要是因為陸地和海洋熱容量不同產生季節性的大範圍風場變化，在海陸分布隨著緯度變化明顯的地區才會發生，印度、中南半島、中國大陸青藏高原以東等區域都是亞洲季風區的主要降雨區域。在北半球夏季，亞洲大陸上有溫暖的大陸低壓，西北太平洋上由強大的太平洋副熱帶高氣壓主導，熱帶區域低層氣流從比較寒冷的南半球往比較溫暖的北半球流動。濕熱的氣流加上南亞複雜地形的抬舉作用，使得熱帶對流活動在印度半島、孟加拉灣、中南半島、以及南海、菲律賓海和熱帶西太平洋一帶特別活躍，雨量豐沛（圖1）。臺灣亦處於季風影響明顯的位置，主要受東亞與西北太平洋季風的影響，

颱風是季風系統中最特殊的天氣系統，對臺灣影響最大。

今年七月太平洋拉尼娜 (La Niña) 現象開始發展，赤道東太平洋海溫偏低，西太平洋海溫偏高，有利於亞洲季風區熱帶對流運動發展。印度洋海面溫度自年初以來持續偏高，溫暖的洋面不斷供應充分水氣給大氣，構成有利於熱帶對流

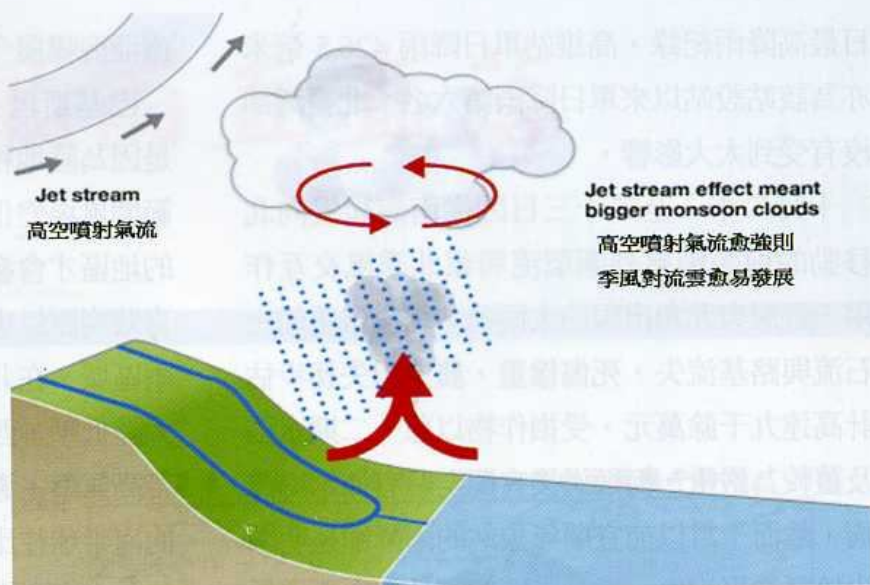


↑圖2 2010年七月下旬至八月上旬歐亞大陸上的高空駐波示意圖，白色部分為伴隨駐波的高空西風噴射氣流位置，箭頭為噴射氣流吹送方向。俄羅斯西部上空主要是順時針方向旋轉的高壓環流（或稱高壓脊），中亞伊朗、阿富汗上空主要是逆時針方向旋轉的低壓環流（或稱低壓槽），巴基斯坦位於低壓槽前空氣最不穩定的區域，有利於季風系統的深對流運動（圖片來源：<http://www.bbc.co.uk/news/world-south-asia-10951517>）

運動活躍發展的另一條件。然而，這些降雨的利多條件還不足以造成大範圍水災，「駐波」(或稱阻塞高壓)特別明顯才是今年巴基斯坦洪水的關鍵因素。

駐波和季風雨

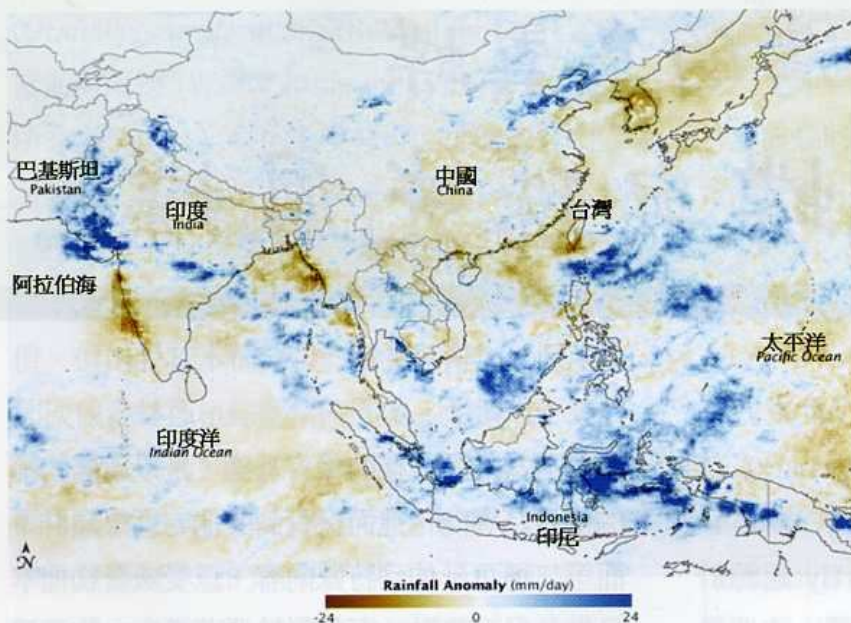
氣象「駐波」特別指地球大氣中在同一位置維持數日甚至數週，沒有明顯向東或向西移動的波動。高空氣流七月下旬在黑海與俄羅斯西半部上空形成了一個持續二週的強大高壓環流，將非洲與地中海的溫暖空氣往北輸送，北方的寒冷空氣往南輸送，高壓駐波不但阻塞了大氣中慣常向東的羅士比波的移動，也改變了高空噴射氣流的位置，使得伊朗與阿富汗上方的高空噴射氣流異常強盛(圖2)。高空噴射氣流「出口」附近非常不穩定，而巴基斯坦正處於這樣位置的下方，季風深對流運動旺盛發展，印度洋上的暖濕空氣源源不斷往陸上輸送，大雨隨之不斷(圖3)。



↑圖3. 高空噴射氣流與季風對流雨關係示意圖。地表受太陽輻射加熱後容易產生上升氣流，低層氣流從氣壓較高的海面往氣壓較低的陸面流動，即海上的暖濕空氣往陸地吹送，加上地形的抬升作用和高空低壓槽前的不穩定都能加強對流運動的發展，成雲降雨(圖片來源：<http://www.bbc.co.uk/news/world-south-asia-10951517>)



↑圖4. 2010年8月26日估計之巴基斯坦洪水影響範圍。貫穿巴基斯坦(紅色邊界內)的印度河(Indus)氾濫區域以藍色標示，深藍色表示完全淹沒，中藍色表示嚴重水災，淺藍色表示輕微水災(圖片來源：http://en.wikipedia.org/wiki/2010_Pakistan_floods)



↑圖5. 美國國家航空及太空總署根據衛星資料估算之2010年八月一日至九日亞洲季風區雨量值，可以看到巴基斯坦境內印度河流域的大範圍降雨 (圖片來源：<http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=45177>)

巴基斯坦的降雨型態有別於臺灣夏季致災性降雨。臺灣和巴基斯坦的地理條件相當不同，縱貫臺灣境內的是中央山脈，河川從高山向西或是向東入海，流短水急，雨水降在山上集水區後二至三日就能流入大海。反觀巴基斯坦，從北到南貫穿全境的是印度河 (圖4)，全長 3180 公里，長度約是臺灣最長河川濁水溪 (約186公里) 的十七倍。臺灣夏季致災性降雨以颱風為主，颱風移動快，雨勢強，災害的發生往往局限在比較小的脆弱範圍，今年的凡那比和梅姬以及去年的莫拉克颱風都是如此。巴基斯坦水災的主要降雨集中在七月二十七至三十日這四天，測量到的最大累積雨量有 415 毫米，還不及凡那比颱風時高雄最大單日雨量；但是巴基斯坦的降雨範圍含蓋印度河全程流域 (圖5)，既全面又持續，雨水無處可排，只能四處氾濫。

都是氣候變遷惹的禍？

巴基斯坦水災是全球氣候變遷惹的禍嗎？今年巴基斯坦確實

出現了許多破記錄的雨量，表示雨量強度更勝已往。如本文所述，在歐亞大陸上的超強駐波，又名阻塞高壓，才是造成強降雨的最直接也是最主要的原因。阻塞高壓是大氣的一種自然波動，和全球暖化或人類活動沒有關係，將致災的氣象原因完全歸為氣候變遷並不合理。另一方面，如果大氣中溫室氣體愈來愈多，平均氣溫和海表面溫度都愈來愈高，確實會增加強降雨的發生機會。也就是說，相同的駐波情境，若發生在較冷的氣候狀態可能不如在較溫暖氣候狀態降下那麼多的季風雨。無論如何，破紀錄雨量未來一定還會出現，只是在何時出現？何地發生？降雨的型態如何？目前都還沒有答案。

雖然巴基斯坦的天然條件和國家建設等方面都與臺灣大不相同，這場浩劫吾人不能不引以為鑒。極端天候的破壞力對於缺乏防備的社會必然尤其沉重。

