

主 題 一

# 氣候之異常與衝擊



◆ 蔡清彥

學歷 美國猶他大學哲學博士

現職 行政院政務委員  
科技顧問組協同召集人

專長 科技管理、大氣科學

著作 經審查後發表在國內外學術期刊之文章約 50 餘篇

經歷 行政院國科會副主委  
交通部民航局長



◆ 林 和

學歷 美國麻省理工學院行星大氣與物理博士

專長 氣候季風

著作 短期年際循環的時空結構  
西北太平洋颱風的長期氣候變化

經歷 IGFA 主席



◆ 王作台

學歷 美國奧勒岡州大學大氣科學系博士

現職 國立中央大學大氣科學系教授  
國科會地球科學研究推動中心主任

專長 氣候學、季風氣象、數值天氣預報

著作 The balance of kinetic and total energy simulated by  
the OSU two - level atmospheric general circulation  
model

乾溼梅雨季東亞環流特性之研究

ENSO 年後春季東亞氣空間特性分析 ( 1 )

海溫及外逸長波輻射

經歷 中央大學大氣科學系主任  
中華民國氣象學會秘書長



◆於幼華

主持人於幼華：

剛才的 100 分鐘，相信大家都度過相當緊湊的時間，尤其是地方首長針對此次風雨災害的報告，各位來賓藉由他們報告的歷程可以清楚知道究竟是什麼地方出了問題，亦能參考最後提出的未來應對方法。幾位地方首長及中央指揮官都不約而同的談到氣象預測上的困難，緊扣這樣困難的感受，我們邀請蔡政委，以其本身大氣的專業背景，用通識性的方法來告訴大家氣候異常的真正原因，以及異常的氣候對台灣未來的衝擊性。



↑學者、官員分析異常的氣候對我們生活環境所造成的衝擊。（金燦偉攝）

## 氣候變異 全球的問題

主講人蔡清彥：



◆蔡清彥

「氣候」一詞有多重的意義，不只氣象學家談氣候，部分海洋學家及地質學家也談氣候，而且大家所談「氣候」的內涵通常也都不太一樣。今天我希望從普通民衆也能理解的角度來談「氣候」，所以我先將「氣候」定義為「我們對一個

地區天氣特徵的概括性印象」。例如，住基隆人常說「基隆幾乎天天下雨」，那麼「多雨」就是基隆的氣候特徵之一；台灣南部冬天沒什麼雨，這也是個氣候特徵。

現在的問題是：近幾年台灣發生的天氣現象，似乎和大部分人心中的「概括性印象」很不一致，也就是和印象中的「氣候」特徵不同。像是冬天沒有印象中的冷，穿大衣的日子變少了；夏天的午後雷陣雨好像也不太一樣，冰雹、龍捲風這些陌生的現象好像這幾年都出現了；尤其是動不動就來個「百年豪雨」、甚至是「200年豪雨」。

今年侵台颱風是不是有點多，其中還有路徑極其詭



異的怪颱風，這到底是不是不正常？也許有人會納悶「台灣的氣候到底怎麼了」？這些災害性天氣會不會變成台灣天氣的常態？

回答上述問題之前，我們需要先探討氣候的特性及氣候分析的一些根本性問題。

如果我們稍加留意國際新聞，相信大家一定也會注意到，1998年颶風襲擊宏都拉斯和尼加拉瓜造成萬人傷亡、不久前歐洲發生「世紀大風暴」、北美發生持續性熱浪，大陸則有長江大洪水、華北沙漠化的問題等等。顯然我們無法期望「氣候」可以恆常不變，而且這是全球性的問題，不是台灣所獨有的現象。

從氣象的觀點來說，地球的氣候一直都在變，這已是個確定的事實，所以我們不是只關心台灣的氣候是否在變，重點是我們應該如何面對變動中的氣候。

## 氣候冷暖 牽動文明發展

今天我們在此談氣候，顯然氣候是個值得關切的問題，不過可能不是每個人都能感受到氣候和我們日常生活的關係。事實上，我們每個人多少都有在很自然、甚至是不自覺的情況下應用氣候知識，例如南部的民衆對「出門帶雨傘」這件事可能會覺得很累贅，而大部分基

隆人可能習慣性的都會在身邊帶把傘，這是氣候差異的影響產生的價值判斷。

早期的農業社會，一年中何時種植何種農作？何時該做什麼事？都有順應氣候經驗的道理。現代防洪措施，更具體而客觀的使用氣候統計數據作為工程規畫設計的參考基準。因此，從另一個角度來說，一地的「氣候」顯然可以影響個人的行為，甚至是社會整體的發展。不久前，北美洲印地安廢墟考古發現，更指明氣候變異是造成繁榮社區消失的主因之一。所以氣候及氣候變異的問題相當值得我們重視。

客觀的說，氣候特徵和氣候變化的問題，一直是所有文明社會所重視的問題。不過，早期的氣候紀錄或分析，重點不外乎氣溫和雨量的長期平均。後來由於觀測的進步與大氣環流研究的興起，氣候描述所涵蓋的範圍也大大地拓展至包含所有氣象要素及它們的統計量。而最近氣候分析觀點最大的改變，則是把大氣、海洋及陸地視為一個不可分割的「氣候系統」，同時重視此系統內部的不同物理與它們之間的交互作用過程，以動態的角度審視氣候現象。

在另一方面，自 1970 年代起，氣候議題受到兩股力量的刻意拉抬，使得世界各先進氣象作業單位，不約而同的設立氣候監測與預報發展的專責機構。



---

其中一股力量是經濟與民生活動的氣候資訊需求，代表性事件是美國氣象局氣候分析中心的成立。當時是因為美國對前蘇聯長期乾旱狀態一無所知，以至於在穀類期貨市場上吃了大虧，而以國務院決議的方式要求美國氣象局成立氣候分析中心，遂行全球氣候監測的任務。

另一股力量來自環境保護組織與人士，他們以人為因素的全球溫暖化或氣候變遷為訴求，期望以科學論證的方式，在溫室氣體排放減量的主題引領下，推動全球性政府層面環境保護政策的制定。

從經濟與民生應用的角度看氣候，重點是對季節至年際變化的時間尺度天氣現象的分析與預期，此時間尺度嚴格的說還不能稱之為氣候，因此有人稱之為「短期氣候」以示區隔。

從環保的角度看氣候，討論重點常是百年尺度，容易給人事不關己的印象，因此也常在預期氣候趨勢的前提下，進行天氣層面的引申式探討。由於民衆直接而較深刻的感受是天氣不是氣候，因此探討氣候變化與逐日天氣之間的關聯是個有意義的事情。不過任何科學性的論證總有前提與假設，因此其結論也是有適用範圍的限制，對這些限制的內涵掌握不夠充分，是非氣象專業人員引述氣候引申資訊之所以容易引起爭議的原因。

## 侵台颱風 今年次數偏多

以 1998 年宏都拉斯和尼加拉瓜的颶風災難為例，當時便有人宣稱這是全球氣候溫暖化的必然結果，而且類似事件將不斷重演，這種宣示對了解災難發生原因沒有任何幫助。事實是該地區在事件發生前，有 15 年經濟急速發展的階段，幾個新興的市鎮就選在一座火山下的沖積傘內發展。在此事件中的氣象因素是，一個強烈颶風經過該地區，降下之前未曾紀錄過的大量而集中的雨水，造成火山陡坡的崩塌，土石流淹沒了山下的新興市鎮。

這裡的問題是，該地區本來就是土石流調查的重點區域，因為氣象條件不排除該地區有颶風通過的可能。因此要預防類似事件的發生，討論全球氣候溫暖化於事無補，現在看來該地區仍不排除有颶風通過的可能，但是也沒有任何徵兆顯示類似的颶風侵襲將成為常態。

現在再回來看今年我們的颱風問題，先從統計上看：JTWC 資料顯示，今年自 1 月以來西北太平洋已形成了 23 個颱風，和從 1961 年到 2000 年，30 年間的平均 22.6 個相比是相當正常的，和從 1989 年起到 2000 年的近 12 年的平均 21.3 個比較則略顯偏多，若是和從



1997年起的最近4年的平均18.3個相比則是明顯的偏多。1989年以來若以10月10日以前形成的颱風計，除今年以外，1990年和1994年都有4個颱風登陸台灣，1992年和1998年也有3個，1993年和1999年則屬於偏少的年份，登陸的個數是0。登陸個數為1個的也有3年，分別是1991年、1995年和1997年。

如果以侵台颱風個數來看，近12年來確實以今年的7個是最多的，然而在1990年與1996年也分別有6個，1991年、1992年、1993年也都分別有4個颱風侵台。因此，從西太平洋颱風形成和侵台的個數來看，證據尚不足以支持明顯的異常現象。另外，西太平洋形成颱風的個數和侵台或登陸颱風的個數並無明顯的相關性。以1998年為例，在10月10日以前形成的颱風僅有10個，是12年來最少的，也是30年來明顯異常偏少的一年，但是登陸台灣的就有3個。顯然侵台颱風個數的多寡是一個比全球氣候變異更加複雜的問題。

## 海溫高低 左右颱風動向

那麼，今年偏多的侵台颱風數，其發生的原因是不是有跡可循呢？我想完整的原因可能永遠都不會知道，



但是已知的資料是可以解釋部分的成因：

### 一、中太平洋海溫（聖嬰現象）影響

（一）在暖年時，暖海水溫區向東延伸，颱風生成位置因而偏東，往往在未到達台灣之前便已轉向，故對台灣之威脅減低。

（二）冷年時，暖海水溫區侷限西太平洋，不但使颱風生成位置因而偏西，通常亦伴隨有太平洋副高環流異常增強之現象。副高環流一方面壓抑颱風之生成，使總數銳減，降低對台影響之機率；另一方面迫使路徑偏西直行，縱有颱風形成，亦往往在巴士海峽以南通過，減低對本地之威脅。

（三）今年中太平洋海溫接近氣候平均值，因此無上述條件之影響，侵台颱風數目有偏多之趨勢。

### 二、南中國海（南海）海溫之影響

（一）過去幾年南海海溫有持續性偏高的現象，此高海溫有利於太平洋副高壓往此區延伸，有利於颱風西移至南海地區而減少侵台機會。

（二）南海海溫由今年年初開始逐漸轉冷，至7月已有明顯負距平區（冷海溫區）生成，使副高壓脊明顯北退。因此在菲律賓東方海域生成之颱風，因無高壓阻擋而傾向於偏西北方向移動，颱風侵台機率因此升高。

不論就太平洋海溫或南海海溫的影響來說，目前所

知的因素都無法說明今年侵台颱風的發生原因與人爲造成全球氣候變遷有任何直接關連，而且目前也無任何徵兆顯示今年發生的天氣現象會成爲以後的常態。

就颱風路徑的變化方面來說，曲折的颱風路徑表示颱風所在位置沒有明顯的駛流，氣象上通常稱爲鞍形場。鞍形場容易出現的區域是在太平洋高壓的邊緣，氣候上就是在台灣附近，因此過去也常有颱風在台灣附近呈現緩慢移動或滯留的現象。就氣象擾動可能產生的偏差幅度來說，颱風在台灣上空發生近似滯留的現象並非特別「怪異」的事件。

## 尊重自然 建立防災體系

由於環境與人文因素隨著時間變化，災害事件的規模與影響也會隨之改變，諸如土地開發不當、區域環境惡化等情況並不會因爲減少溫室氣體排放而有所改善，因此不論全球是否暖化，類似潭美、桃芝、納莉，以至近期之利奇馬等颱風造成的災害仍有可能發生，災害防救是一項兼具整體性與長期性之工作，需由政府與社會大眾共同關切，建立一套尊重自然的防災體系持續推動，才是正確的根本之道。



↑土石流沖走了辛苦構建的家園，一連串的災害後，人類應當深思如何改善與大自然相處之道。（柯承惠攝）

主持人於幼華：

用一句話說明蔡政委的結論——不要怪罪老天爺，要怪自己過度開發。在此次災害後，應該如何防止過度開發帶來的後果是我們當前重要的課題，很可惜先前政府首長的報告中沒有對大台北都會區過度開發的問題作一檢討，但是問題必須加以解決，不能置之不理，否則災難依舊不斷，希望後面的主題能有機會說明及討論。

現在請林教授發言。



## 氣象萬千 難用科學界定



◆林 和

與談人林和：

當一位科學工作者受邀來面對公眾，傳達一個科學議題時，經常面臨很大的困境與煎熬。他可能會有兩種截然不同的選擇，其一是將一個重大的議題以強調的口吻、簡單的敘述表達出來，雖然在此過程中可能會影響大眾對此議題更廣泛深刻的了解與認知，但是為了達到議題的重要性，往往必須做此抉擇。

另一種策略則是科學工作者耐心地將一個議題盡其所知的表達出來，力求嚴謹度及周延性，當然此種方式的困難性較高。牛頓力學以來的近代科學是建立在禁得起實證、質疑的基礎上，經由這樣過程產生的嚴謹科學，仍會因各學科之間內在結構的不同，出現準確度極大差異的問題。

因此，一般大眾或決策者是否具備耐心及成熟度提供科學工作者一個機會，將事情的本質盡其所能的報告出來，同時將誤差率告訴大家，這些都是我們必須考量

的問題，不僅是科學工作者的困擾，同時也是報導科學工作者、媒體界經常會面臨的兩難。一般媒體所習於的正反兩面的報導方式，並不適用科學界，科學辨證的方式並非只有正、反兩方，而是透過不斷的實證追求過程而達成。

蔡政務委員對氣候下了一個無懈可擊的定義，不過，在此我要補充說明一點，「氣候」在近年來變成一個敏感，甚至情緒化的議題，例如：京都條約引起國際紛爭，全球變遷成爲一個道德性的議題，可是讓科學家很困惑的是氣候本身並無法用一種科學的、數學的方式來完整界定。氣候不停在改變，代表著氣候系統本身的脆弱性，因此，姑且容許我用一種很實用的定義來說明氣候—「在 70 年內我們所能記憶、所能辨識的天氣意識」。

70 年是以人類的平均年齡爲準，就地球整個發展的歷史來看，在這樣短暫的時間內，氣候的改變往往相當劇烈。舉個大家熟知的例子：地球在距今 1 萬 2 千年前慢慢從冰河期開始回暖，突然又在非常急速的時間內進入一個小冰河期，持續 100 年後回到我們現在所處的暖態。這個例子說明了即使像我們人類壽命一般長短的時間內，氣候也會發生極大的轉變。

## 聖嬰突變 60 年代才出現

在過去的一個世紀中，氣候發生相當劇烈的改變。20 世紀的 50 年代並無所謂的聖嬰現象，60 年代突然出現一連串密集小規模的聖嬰現象，到了 1982 年開始前所未有的大規模影響，與過去的週期、行爲完全不同。在此之前，一個與聖嬰相同規模的氣候變異出現，我們稱之爲「氣候突變」，1976 年北太平洋上空發現一個面積相當於整個美洲的水團，當水團開始變冷，並向赤道方向移動時，在赤道形成長達 20 年的暖期，其影響直到今天。

因此，當我們在做決策之時，以 200 年一次的洪汛統計作爲考慮的基礎其實是相當脆弱的。這樣的考量就如同假設我們在一個袋子裡放了 200 支籤，其中有一支是大洪水，在沒有人改變袋內結構的前提下，我們抽出一支籤，抽到大洪水的機率是  $1/200$ 。然而實際情況絕非如此簡單，200 年內穩定不變的袋內結構這個假設本身就不曾存在。

在這樣變動的條件下，我們目前能做什麼？據我所知，在科學方面可以做的努力其實相當多，在過去的 90 年代國際學者對短期氣候，亦即 3 個月至 1 年的天氣預

報開始有了實用的價值，而且這些成果能夠對某些特定區域有極強的預測度，對於即時的預報可以精細到如大安區及中山區的不同等。

事實上，國內的進展與國外相比差距非常明顯，甚至有逐漸擴大的趨勢，這一點是我們學術界必須負起的責任，雖然在科學上有這樣的不確定性，我們仍有許多進步空間。

此外，我感到納悶的是在風災過後，邀請氣象工作者來討論問題的必要性，這個位置是否由經濟學家來擔任更加適當？氣候學家所研究的是系統語言，是關於物理過程的一環，但是我們面臨的災害是全面性的，包含經濟發展、生態環境以及價值觀的衝突，社會正義的抉擇。在面臨抉擇的時刻，科學家只能盡其所能的提供理性的依據。

## 最佳決策 考量各種面向

一項決策當然不可能完全理性，也不可能完全正確，但是大眾媒體、政治學家、決策者必須秉持著耐性、深刻地了解全貌，作出最佳決策，這個最佳決策肯定包含了理性與非理性的考量，這才是我們社會所急切需要的。

◆

當我們談到全球變遷的問題時，我還有另外一層擔心，也就是關於此議題導向的正確性。科學家擔心氣候系統的脆弱，以致於我們造成壓死駱駝的最後一根稻草，但是站在民衆的立場來觀察這場災害，可能是壓死一根稻草的駱駝，更深刻地說，我們在進行經濟發展的同時已經決定了這場戰爭。我們在此處理的防災對象，似乎沒有精準的針對問題所在，也許早在 15 年前一次感覺毫無相關的汐止開發計畫的決定中，已經注定了戰爭的結果。

#### 與談人王作台：



◆王作台

個人相當同意蔡政委表示氣候異常是一個複雜問題的看法，從這樣的角度來解釋今年的颱風問題其實是相當困難的。以納莉颱風為例，由於受到鞍形場的影響，路徑位置相當奇特。如果在這個季節中沒有颱風形成，太平洋高壓及大陸高壓兩者之間互相牽制其實並無影響產生，但若恰巧有一個颱風位於此鞍形場，究竟受到東邊太平洋高壓的影響，還是西邊大陸高壓的牽制，無法確知，因而可能出現移動緩慢的情形。過去從未發生類似狀況，如此隨機的過程若要完全歸納於氣候的因素，似乎太過牽強。



## 人類行爲 影響氣候變化

從氣候的觀點來看，這一連串的現象存有因果關係。以聖嬰事件爲例，大家也許都知道聖嬰現象主要顯現在西太平洋的海溫異常，並出現漁獲、海溫、氣壓等變異情形。

事實上，在 100 多年前英國科學家就發現印度洋與太平洋的氣壓異於常態，也有學者知道南美洲的海溫出現異常，但是，40 年前我們都以爲這是個別孤立的現象，在科學家的眼中並不認爲它們是相關的現象。其實從氣候的角度來觀察，兩者都造成很嚴重的影響，直到 1970 年代，我們才確定中太平洋氣壓、溫度及漁獲的改變、南美洲暖水區的變異等皆是全球氣候異常的主要訊號，科學家卻耗去了相當長的時間才確定訊號的重要性。

今年連續數個颱風皆在台灣引發極大的災害，若僅將原因歸納於大規模氣候異常顯現在台灣區域的結果，這是有所偏失的，我們必須小心看待這樣的說法。觀察近年來全球開發的狀況，許多證據顯示人類行爲確實會影響氣候變化。

目前在南極洲的冰河研究顯示，以該區域爲代表，過去 42 萬年以來，全球二氧化碳的含量大約是 180 個



單位至 320 個單位，但是短短的 50 年內，二氧化碳的含量急速增加至 360、370 個單位。冰河研究揭露了一個重要的訊息，人類的行爲嚴重地改變了地球的氣候，聯合國的科學家甚至表示這是有史以來科學家提供的最重要證據。然而，即便研究顯示人類行爲對整個大氣結構造成影響，我們也不能絕對的主張台灣的災害與此有關，尚待許多研究結果的佐證。

觀察全球大規模的氣候特徵，我們發現暖日逐漸增加，相對地，冰河數量下降，冷日減少，全球平均日照量降低，各地顯現的日較差（每日最高溫與最低溫的差值）也開始縮減，這些都是全球各地所顯現的氣候異常的證據。另一個更有力的證據則是各地區的總雨量並無明顯變化，但是，時雨量的降雨強度以及劇烈的天氣現象不斷增加。這些全球各地氣候異常的事實是否一定與全球暖化密切相關，還是屬於氣候的自然變化的一部分，我們尚不能確定，但是值得繼續努力研究。

## 掌握資訊 加強預測模式

最後，提出幾點個人的建議。首先，要完成一個準確的預測，得掌握更精確的時雨量，也就是說我們對專業問題，如氣象、土石流、防洪等面向，必須能夠更廣

泛的了解。從科學專業的角度來看，國家應投資更多的經費與心力於這些基礎面向。例如，密集分布的雷達對雨量預報有非常重要的貢獻。

從天氣預報的角度出發，對1、2千公里以上的大氣現象，我們已有相當能力，足以掌握數天內的綜觀天氣，或者3、4天內的天氣變化。但是，從災害預測的角度而言，我們需要的是幾個小時以前的時雨量預測，很可惜的是目前全球都有這方面的困難。除了預測模式的加強以外，一些基礎投資，如河域上游設置雷達監測，可以提供3小時至5小時、6小時，甚至12小時的預警。更明確的說，基礎科學投資的強化，對問題的解決是有一些機會的。

第二點，關於策略的問題，許多學者都提出看法及建議。過去經常有人批評氣象局的預報不準，但以納莉颱風為例，即使氣象局的預報尚稱準確，卻還是造成這麼嚴重的災害，顯現真正的原因是救災體系的不足。應該如何加強防災、救災的準備，策略方面的檢討急需政府單位的重視。

第三點，防災是一個議題，但是整個事件的背後其實都與開發過度有密切關係，政策部門如何推動永續發展的理念並加以實踐是相當重要的。從永續發展的主要定義來看，在經濟發展的過程中，我們如何謹慎認知地

球環境的承載能力，避免對下一代的發展產生影響，使下一代能保有持續發展的機會。基本上，地球環境的承載能力與人類開發息息相關，我們希望持續進行經濟發展的建設，但也須謹慎認知地球環境的承載能力。如果今天僅從災害防救的角度來檢視問題，似乎並不能解決所有的困難，如何將前瞻性的永續發展與防災救災的工作結合，謹慎認知地球環境的承載能力，這些都是值得我們去思考的方向。

主持人於幼華：

我們請蔡政委補充有關降雨預測的部分。

## 動態觀測 不能忽略地形

主講人蔡清彥：

關於降雨預測的步驟，首先是進行觀測工作，除了觀測台灣地區的動態，還要進行全球觀察。我們可以利用台灣本身的雷達及地面資料，或者進一步使用國際衛星資料或汽球觀測，目前這方面的工作尚稱完善。

此外，台灣最後一個監測系統—杜普勒雷達即將建設完成，全台共設置4個點，包括數年前完成的五分山雷達、墾丁國家公園雷達，以及預計明年夏天完工的花蓮及台南七股等雷達站。杜普勒雷達對於雨量的預測，

甚至是颱風強度的觀測都有很大的幫助。

第二個步驟則是資料的收集，包括台灣地區以及全球性的資料。由於我國並非聯合國會員，過去在這方面的工作受到阻礙，近年來氣象局有所突破，與美國達成合作，取得的資料量相當於過去的 10 倍以上，最主要包括衛星觀測的峰長、輻射量等。

以上這兩個步驟能夠幫助我們清楚現狀，而台灣在這方面的成績也相當不錯，但是觀測機器無法告訴我們明天可能的變動，因此必須透過數學的運算，亦即數值預報模式，才有實用的價值。數值預報模式是根據物理定律來加以設計，如牛頓第二定律顯示物體受到外力作用而出現加速度，我們可以觀察究竟是大氣環境的何種力量在影響此區域的空氣，並得知加速度的大小，進而推算未來的風速。

相同地，根據熱力學第一定律，加熱造成溫度上升，空氣中水氣凝結釋放潛熱，我們可以推估明天的氣溫。事實上，數值預算模式相當複雜，因為大氣環境的影響是全球性，並非說中國大陸的天氣影響台灣，或者太平洋的天氣影響台灣如此簡單而已，必須將全球納入方程式中加以考量。完整的數值預報模式必須包含對大氣物理現象的了解、數學方法的精準以及電腦設備的充足等。因為模式本身涵蓋著許多假設，加上大氣資料複

◆

雜且難以充分，所以模式有錯誤的可能性，我們如何分析模式的問題也許是侷限性所在。

另一方面，我們來看氣象局的颱風預報，路徑預報是根據高氣壓的變化，所以預報的情形較佳，但是地形對於路徑的影響卻往往被忽略，這方面需要學術界的努力及重視。然而，更困難的是雨量預測，完全無法建立數值預報模式，而是利用過去的統計數值，例如依據以往颱風帶給該地的降雨量來預測此次的情形，這樣的預報準確度相當低，希望學術界能共同努力，投入研究。

## 問題與回答

- Q1：目前防災體系的設計是 200 年頻率，但是近來每年皆發生相當嚴重的洪災，這是每年的頻率，不是 200 年的頻率，我建議整體防洪體系應從根本上加以考量。
- Q2：請教如何教導民衆製作簡單的雨量計？據知，納莉颱風期間信義區的單位小時降雨量高達 490 公釐以上，而台北市的下水道為每小時降雨 78.8 公釐的容納設計量，當我們看到水位超過 60 公釐時，

民衆能夠自行預測是否出現淹水情形，並即時疏散至安全地區。

**A2：**蔡清彥一問題並非教導民衆如何製作雨量計，這方面的工作應交給科學家及政府部門負責。氣象局在台北市布滿了雨量計，但是多大的降雨量會造成淹水尚不能確知，因為淹水並非只看家門口的水量，必須含括上下游的水量。近來學界已建立一套淹水顯示模式，並提供災害應變中心相關資訊，但更重要的是一如何將訊息傳達給民衆，政府應加強通報工作，或者民衆主動了解可能的淹水情形，這並非自行製作雨量計即可解決的。

**Q3：**牛頓國際中文版有篇關於日本研究的文章，顯示從1880年至1920年間的溫度都是低於這120年的平均溫度，只有一次是高出0.1度，但在1985年以後溫度顯著的攀升。目前以200年頻率來設計的防災體系，所根據的大多是1980年以前的資料，我們必須思考其適用性的問題。另外，我們應該投注更多的心力了解氣候變遷與海溫、季風的頻率及強度等的關連，以及短期氣候指標與極端水文事件的關係，例如特別大的豪雨、颱風、乾旱。

---

A3：林 和一我們許多決策都是根據 200 年的機率、400 年的機率，這是非常有問題的處理方法，同時也是我的擔心所在。舉個例子，中國大陸自 1996 年之後每年所面臨的都是百年洪水，而人類有史以來最高溫的紀錄是在過去的 6 年內，在這樣的變動下，200 年的防洪頻率已無意義。雖然我們無法確知氣候變遷的加速是否來自人爲因素，但是氣候系統本身的脆弱性及無可依賴性，我們根本無法以熟悉的機率態度來處理。

Q4：根據雨量監測，目前已能掌握 5 至 8 個小時的預警時間。而從降水至地面、河川大約經過 4、5 個小時，我們若能掌握觀測資料，基本上就能爭取到 10 個小時的防災救災準備時間。因此，策略上我們應掌握短期的需要，長期預測的不確定性高，目前可以暫緩。

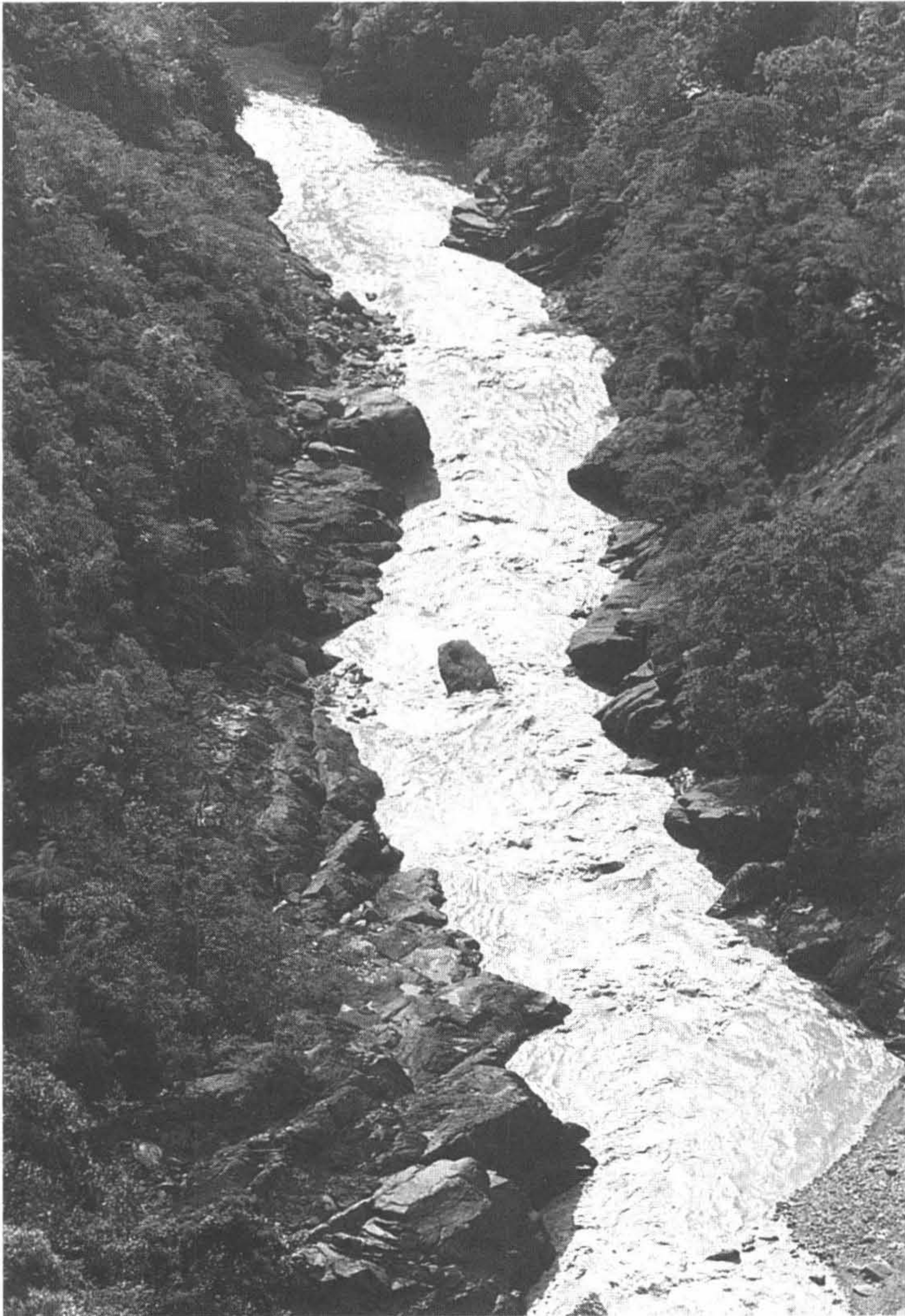
A4：王作台—雨量預測包括觀測及模式等要項，是相當困難的工作。如果我們有更先進的儀器，應可從雷達上觀察平流到對流的現象，利用估算以爭取預警時間，但準確度尚須評估。基本上，單純依靠個別的模式及雷達並不能達成任務，必須結合兩者的進



步才能爭取更多的預警時間，這是我們的期望。

Q5：50 年一次或者 100 年一次的洪水都只是根據過去的資料及頻率分布計算得知的統計量，一個區域或一條河川並沒有所謂的幾百年的洪水，我們知道的只是一個範圍。前面所談的都只是即時預測的要項，更重要的是集水區上游土壤水分的問題。以基隆河為例，利用五堵站以上的流量換算成深度，加上蒸發量，至少有 5000 立方公尺，表示基隆河集水區即是一個潮濕的區域，必須納進防災設計的考量中。

Q6：媒體報導因為天災人禍太多，大約有 10 個國際再保公司不願繼續台灣的保險。學術界的努力成果是有目共睹的，但是，在應用的部分是否有確實執行才是重要的環節。舉例而言，基隆河整治的模擬是在 20 年前，20 年來的開發變化極大，卻沒有重新進行檢視。其次，關於救災體系的健全問題，我們大約擁有 1 萬名的專業技師及數萬名的工程師，平時即應加以組織，面臨急難時才可迅速動員。



↑集水區上游土壤水分的問題，也須納入防災設計的考量，圖為台北縣烏來山區北勢溪上游，賀伯颱風來襲時，河水挾帶泥砂奔騰而下的景像。(柯承惠攝)