

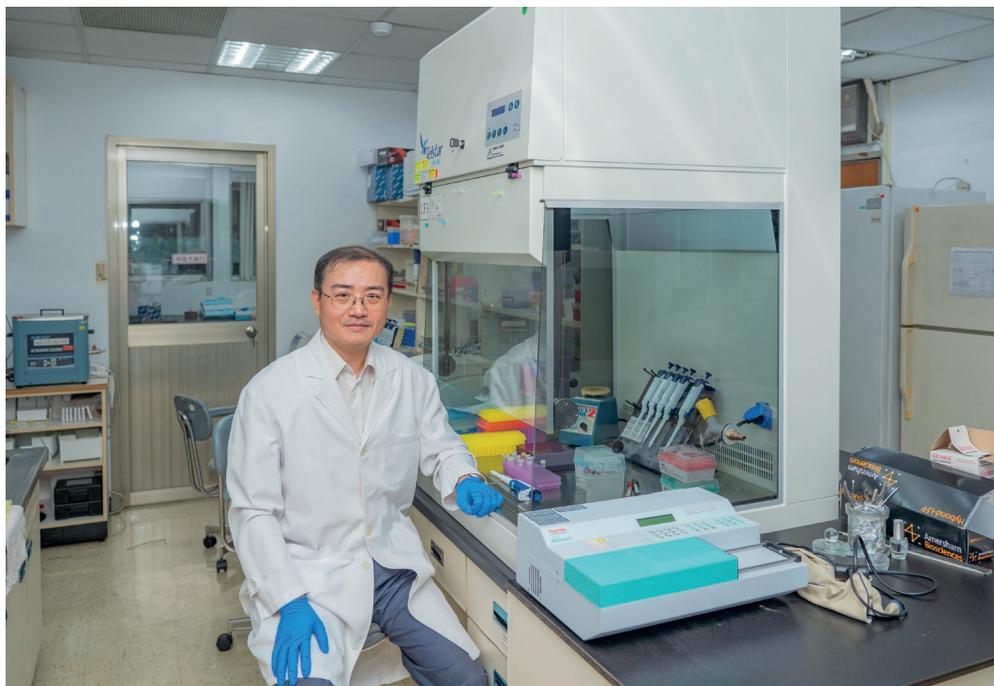
全球首創臺灣檜木 DNA 鑑定技術 盜伐林木無所遁形



文／張景棠（豐年社特約記者）

圖／吳尚鴻、法務部調查局鑑識科學處

在電影、戲劇甚至新聞報導中常見透過科學鑑定找到關鍵證據，將罪犯加以繩之以法的案例，「鑑識科學」涵蓋的領域很廣泛，其中「DNA 鑑定技術」已發展得非常成熟，特別是人類 DNA 鑑定。現在，將這樣的鑑定技術進一步開發，可應用在臺灣檜木，透過臺灣檜木個化鑑定技術，有效佐證贓木來源及嚇阻盜伐，成為強化森林防護網的關鍵科技。



■ 調查局鑑識科學處調查專員陳啟聰，投入在檜木 DNA 個化鑑定技術開發已有將近 10 年的經歷。（攝影／吳尚鴻）

法務部調查局（下稱調查局）鑑識科學處調查專員陳啟聰是「臺灣檜木 DNA 鑑定研究及資料庫建檔計畫」的計畫主持人及重要推手，從計畫開啟前到實際上路，前後花了將近十年鑽研這項技術的開發應用。2023 年，他獲選為「林業及自然保育有功人士」，以這項臺灣檜木個化鑑定技術，對於珍貴林木的保護有重大貢獻而獲獎，他謙虛地表示，這份殊榮不僅屬於他個人，而是所有參與計畫的人共同努力的成果。

以科技辦案 開發臺灣檜木資料庫

臺灣檜木（紅檜、臺灣扁柏的合稱）為臺灣特有種，是扁柏屬檜木分布緯度最低的區域，其重要性不言而喻。臺灣檜木材質堅硬、樹瘤奇特，會散發特殊香味，被列為國寶級珍貴樹種，可說是臺灣的瑰寶，然而因其高價值，常成為山老鼠覬覦的對象。為此，專家選定臺灣檜木中的臺灣扁柏、紅檜作為開發研究的對象。

過往在查緝山林盜伐案件時，往往因缺乏有效鑑定佐證，導致論罪證據不足或量刑過輕，無法達到嚇阻效果。2017 年由調查局、林業及自然保育署（下稱林業保育署）及中央研究院共同合作建立臺灣檜木 DNA 資料庫，由林業保育署派員深入臺灣深山蒐集珍貴神木級檜木群樣本，再交由研究人員研究開發，建立龐大的檜木



法務部調查局調查專員陳啟聰因臺灣檜木個化鑑定技術，獲選為 112 年林業及自然保育有功人士。（法務部調查局鑑識科學處提供）

DNA 資料庫，猶如賦予檜木身分證，未來只要將贓木比對資料庫即能判定來源，成為司法辦案最有力的科學證據，達到預防犯罪效益。

在調查局已有 26 年經歷的陳啟聰，是檜木 DNA 鑑定技術的開發核心人物。他提到，在研究過程中曾面臨多重困難與挑戰。專精於科學鑑識的他，從這項計畫尚未展開前，就已經在個化鑑定的研究領域耕耘已久。然而，相較於已有數十年發展歷史、技術成熟的人類 DNA 鑑定技術，林木 DNA 鑑定技術幾乎是從零開始。

從零開始的不可能任務

「這項檜木 DNA 鑑定技術可說是『不可能的任務』，世界上還未有這樣的應用，在開發上碰到的 2 個困難，第一是樣品（標準品）的採集困難，第二則是基礎研究少。」陳啟聰說，

臺灣檜木生長在中高海拔人煙罕至的高山地區，研究人員要進入這些原始的森林保護區並且執行採樣，困難重重且充滿危險。某次陳啟聰和研究人員一起上山採集樣品，儘管有森林護管員的帶領，但過程中驚險萬分，其中一位同仁跌落山凹，身上肋骨及多處骨折，回程甚至差點被暴漲溪水困在山中，因此他們向林業保育署尋求協助，委由各工作站的森林護管員到原始森林保護區採集。

然而，樣本採集回來後，又遇到新的難題。「臺灣扁柏和紅檜辨別不易，雖然都有其典型的外型特徵，但更多的是中間型別，就連經驗老道的森林護管員都會認錯，常發生採集回來的樣品不管怎麼分析，兩者的 DNA 型別就是差異不大，後來發現原來全部都是扁柏樣本，白白花了 2 年的時間，也說明標準品的取得是多麼重要。」



■ 臺灣扁柏與紅檜的樹形特徵，臺灣扁柏好像聖誕樹、樹頂枝梢翠綠，主幹顯著不分枝，上下幾等粗；紅檜樹形鬆散較無規則，樹頂枝梢常枯乾，主幹常不顯著多分枝，由樹幹基部向上漸縮。(攝影／陳柏璋)



■ 調查局的 DNA 鑑識實驗室，其特色是解決各種疑難雜症的 DNA 的案件鑑定，包含動物及植物。(攝影／吳尚鴻)

第二個困難則是基礎研究少，幾乎是從零開始這項技術的開發。初步檢測，臺灣檜木的基因體約為人類基因體的 7 倍大，更增加篩選的困難度。DNA 鑑定技術有 2 個層級，第一層是鑑別「種屬」間的差異，也就是物種的鑑定。透過檢測粒線體與葉綠體當中的 DNA，作為分析檢體是否為臺灣扁柏、紅檜，或是其他樹種；第二層則是鑑別「物種內個體」間的差異，也就是「個化鑑定」，可說是全球性的創舉，細胞核中含有染色體，將染色體抽絲剝繭，就形成雙股螺旋的 DNA 分子，找出具有基因多樣性的 DNA 片段，稱為「分子標記」或是「DNA 指紋」，作為分析的工具，克服這項猶如大海撈針的艱鉅任務，最後成功篩選出臺灣扁柏與紅檜的分子標記各 20 組。

然而，一份鑑定報告若無法標記信心水準，其效益將大打折扣。一開始陳啟聰預設的目標是要達到人類鑑



■ 檢測檜木樣品（調查局鑑識科學處提供）

定系統相同的信心水準，然而，要能夠準確計算出信心水準，必須能夠掌握臺灣檜木的族群數量，在目前實務上只能以估算的方式進行。儘管如此，這項研究也已經走在樹木鑑定的前端，在盜伐案件偵查階段，有助於釐清相關疑點，可以作為補充其他旁證，強化法官自由心證，雖然鑑定報告無法提供信心水準，但仍有參考價值，

可作為補充證據的一部份。最後，透過媒體報導、偵辦單位的宣導，也能有效達到擴大嚇阻的效果，進一步提升森林保護的實質效益。🌲



■ DNA 鑑識實驗室的器材「DNA 核酸自動分析儀」，是進行個體化鑑定過程中不可或缺的分析儀器。（攝影／吳尚鴻）



■ 透過臺灣檜木個體化鑑定技術檢測分析，發現這株大雪山的神木為「單株個體」。（調查局鑑識科學處提供）