

DNA分析於刑事鑑識之應用

黃女恩（台北縣政府警察局刑事鑑識中心主任）

「DNA分析於刑事鑑識之應用」論文詳盡地論述DNA鑑定的原理與在刑事鑑定領域應用的情形，包括人類DNA鑑定、動物DNA鑑定、植物DNA鑑定等，內容涵蓋台灣這些年在刑事DNA鑑定領域的研究成果與發展，參考資料非常豐富完整，可視為此領域精闢詳實的重要回顧論文。對於想要了解或研究刑事DNA分析鑑定的讀者，本論文極具參考價值。

DNA是所有動物、植物的遺傳物質，而人類是動物界的一員，DNA作為遺傳物質的特性與複製機制，已為科學界所詳盡廣泛研究，DNA隱藏著物種演化與個體差異的重要密碼，雖然尚無法完全了解生命的奧秘，但運用部份DNA分析結果已能幫助我們解決許多問題。刑事鑑識是和法庭活動有關的科學，主要內容為對於無法以一般常識或肉眼分辨的事物的判別，例如指紋鑑定、文書鑑定、槍彈鑑定等，協助辨別人的身分，文件真偽、子彈是哪一支槍所射擊等問題，甚至可以藉由鑑定犯罪現場茶杯上留下的指紋是誰的？而協助連結犯罪人與現場，進而發現與證明犯罪事實。DNA存在動植物的細胞裡，犯罪現場所發現含DNA的證物實在種類繁多，有時這些含DNA的物體本身就是重要證據，例如命案被害人屍體、走私的保育類動物或其製品，被偷的珍貴品種蘭花、走私的大麻種子等。有時DNA證物以肉眼無法分辨的形式存在物證上，例如犯罪者在現場留下的菸蒂、口罩等，藉由分析這些證物上沾附的唾液口腔黏膜細胞DNA是誰的，可以連結物證與犯罪者，進而協助證明犯罪事實。

目前刑事人類DNA鑑定，主要可以分為三大部分：

第一、細胞核染色體DNA鑑定。主要以聚合酶連鎖反應法（polymerase chain reaction; PCR）複製多個染色體上的短相連重複序列（short tandem repeat; STR）基因座，使用較普遍的兩個商用試劑盒：AmpFISTR® Identifiler® PCR Amplification Kit及PowerPlex® 16 System，均能同時複製16個基因座，含15個DNA-STR基因座，大都位於不同對染色體上，複製的DNA長度考慮刑事證物DNA品質特色，約為100至400 bp，15個DNA-STR基因座的型別分析結果，已可以達到幾近個化鑑定（individualization）的效果，同時知道物證DNA來源者的性別。是目前大多數刑事實驗室在現場物證DNA鑑定時，應用的最主要鑑定分析技術。其特色為靈敏度高，加入約0.5ng至2ng的DNA模板量即能獲得忠實可靠的分析結果，對刑案現場微量物證DNA鑑定成效良好，普遍被採用，其分析結果也是DNA資料庫儲存比對的依據，不論是美國、英國、歐洲國家的DNA資料庫，大多採用其中的11至13組DNA-STR基因座為其建檔必要基因座。因此目前多數國家的DNA資料庫是可以互相比對的，對跨國性犯罪偵查或災難事件中外國人士的身份確認有所助益。

第二、Y染色體DNA鑑定（Y-STR）。所應用的技術、分析儀器和細胞核染色體DNA鑑定大同小異。只是複製的DNA標的集中在Y染色體上的短相連重複序列基因座，Y染色體DNA鑑定是性侵害案件DNA鑑定的重要項目，因為證物DNA很可能是男女DNA混合，若男性DNA比例過少，進行前述15組體染色體STR之PCR反應時，因引子競爭關係結果可能只有女性DNA-STR複製產物，而無法分析出證物中男性加害者的DNA-STR型別。目前應用即時（real time）PCR技術可針對證物DNA定量，依複製的標的是人類體染色體或Y染色體基因

的不同，分析結果可估計證物中人類DNA的含量與Y染色體DNA的含量，依證物類型評估進行何種DNA鑑定對案件較有幫助。如果證物是從女性被害人身上取得，男性DNA含量相對於女性DNA含量極為微量時，通常實驗室就會進行Y染色體DNA鑑定。目前人類DNA定量、Y染色體DNA定量、Y染色體DNA鑑定也都有商用試劑盒可資應用，有一Y-STR商用試劑盒可同時複製17組Y-STR，這些商用試劑盒能提供較可靠穩定的分析鑑定結果，對刑事DNA鑑定需要爭取鑑定時效又要確保結果正確性方面幫助極大。Y染色體DNA鑑定在刑事DNA鑑定方面，還是居於輔助地位，因為父子之間除非突變否則Y-STR型別相同，因此具有相同父系血緣的男性，理論上其Y-STR型別相同，二個檢體的Y-STR型別均相同，表示二者可能來自同一人或來自相同父系之二個人，其鑑定結果無法達到像前述的細胞核體染色體DNA-STR鑑定的個化效果。

第三、粒線體DNA鑑定。這項刑事DNA鑑定主要是針對粒線體替代環區（displacement loop; D-loop）進行DNA定序，通常為確保DNA複製定序成功，大多以兩小段含DNA序列多型性較多的區域為分析定序標的，HVI（hypervariable regions I, 16024-16365）、HVII（hypervariable regions II, 73-340），鑑定結果僅列出和參考序列rCRS不相同的序列位置和定序結果，在刑事鑑定方面，主要應用於人類骨骸DNA鑑定，有時作為身分鑑定的輔助鑑定，增加母系血緣鑑定以獲得較多資訊，增進結果研判之正確性。粒線體DNA鑑定通常作為核染色體DNA鑑定無法成功時的候補輔助鑑定，一些陳舊且DNA嚴重裂解的刑事證物，例如人類骨骸，或是DNA量很少的證物，例如脫落毛髮，大概只有粒線體DNA鑑定能提供一些資訊，惟其鑑定結果和Y-STR鑑定一樣，二個檢體的結果相同時，表示可能來自同一人或來自相同母系之二個人，無法達到像前述的細胞核體染色體DNA-STR鑑定的個化效果。另外粒線體DNA鑑定還有一個污染管控的難題，一個細胞內僅有

一份染色體DNA，粒線體DNA卻有1000個以上甚至更多，以聚合酶連鎖反應法（polymerase chain reaction; PCR）複製技術為主的刑事實驗室，雖然已嚴格要求污染管控，但是對粒線體DNA鑑定實驗室的污染管控要求更加嚴厲，通常其實驗室設施與實驗動線要求需要非常嚴謹，才能避免污染之發生，確保鑑定結果的正確可靠，因此進行粒線體DNA鑑定的刑事實驗室相對於細胞核染色體DNA鑑定、Y染色體DNA鑑定的刑事實驗室少許多。

在刑事動、植物DNA鑑定方面，應用案例尚屬少數，相對於人類DNA鑑定的龐大鑑定需求與應用案量，吸引大量研究人員、研究計畫、甚至專責的研究機構實驗室投入，人類DNA的鑑定方法與相關試劑、儀器都已經過多重驗證確認，刑事動、植物DNA鑑定領域的研究與應用仍有許多發展空間，李俊億教授等撰寫之「DNA分析於刑事鑑識之應用」論文，列舉許多應用範圍，當能吸引更多研究人員投入這一研究行列，越多人加入刑事鑑識研究行列，將更能擴大豐富這一領域的研究與應用範疇。

刑事DNA鑑定結果為法庭所使用，科學證據對判決影響舉足輕重，法庭對其鑑定的要求相對嚴格，目前世界各國刑事DNA實驗室都被要求要有嚴謹的品質保證活動，包括人員、實驗室設施環境、儀器設備、方法確認、證物控管、品保措施、報告內容等都需要被要求，在發生極少數失敗的刑事實驗室被迫關門事件後，刑事DNA鑑定領域已深切了解，只有嚴謹的實驗室管控才能確保DNA鑑定結果的正確與可靠。刑事DNA分析在刑事鑑識上的應用，從1985年Jeffreys^{1,2}在Nature發表論文以來，從先進的「科學研究」成功轉進為法庭的重要「科學證據」，DNA鑑定讓被囚禁多年的無辜者獲得清白無罪釋放的案例，在美國已超過一百例以上，刑事DNA分析近24年的發展，讓我們深切感受到科學改變與影響社會的能量。

引用文獻

1. Jeffreys AJ, Brookfield JF, Semeonoff R. Positive identification of an immigration test-case using human DNA fingerprints. *Nature* 1985;317:818-819.
2. Gill P, Jeffreys AJ, Werrett DJ. Forensic application of DNA 'fingerprints'. *Nature* 1985;318:577-579.



生物醫學
BIOMEDICINE JOURNAL