



臺北市森林永久樣區調查作業手冊

臺北市政府大地工程處

受委託單位：永全空間資訊股份有限公司

中華民國 100 年 10 月

目錄

目錄.....	i
圖目錄.....	ii
表目錄.....	iii
第 1 章 引言與概述	1
1.1 前期森林永久樣區調查方法概述.....	3
1.2 作業方法對照表.....	4
第 2 章 樣區調查	8
2.1 外業整備.....	8
2.1.1 行程規劃.....	8
2.1.2 人員編組與裝備檢查.....	9
2.1.3 樣點規劃與配置.....	9
2.1.4 行程軌跡.....	9
2.2 樣區設置與佈置.....	10
2.2.1 樣區測設.....	10
2.2.2 樣區設置-增加上下坡樁之設置.....	11
2.2.3 樣區標誌木設置.....	11
2.3 林地屬性資料調查.....	14
2.3.1 樣區基本資料.....	15
2.3.2 樣區標示資料.....	16
2.3.3 地理環境與樹冠層.....	16
2.3.4 土壤質地.....	18
2.3.5 地被層與腐植層.....	20
2.4 樣木調查作業.....	21
2.4.1 調查順序.....	22
2.4.2 樣木編號標示.....	22
2.4.3 樣木位置.....	23
2.4.4 樹種.....	24
2.4.5 胸高直徑測計.....	24
2.4.6 樹高量測.....	27
2.4.7 枝下高量測.....	28
2.4.8 樹冠級.....	29
2.4.9 備註.....	29
2.4.10 分枝.....	29
2.5 竹林.....	30
2.6 枯立木與枯倒木.....	31
2.7 樣區蓄積量計算.....	33
2.8 樣區作業材料與儀器設備.....	35
2.8.1 紀錄器材.....	35

2.8.2 樣區標誌工具.....	36
2.8.3 測量儀器與設備.....	36
2.8.4 樣木生長測計之儀器設備與工具.....	37
第 3 章 資料建檔與彙整.....	38
3.1 匯出調查成果.....	38
3.2 彙整資料的方式.....	38
第 4 章 樣區查驗規範.....	40
4.1 查驗項目與查驗表格.....	40
4.2 查驗標準.....	41
參考文獻.....	I
附錄.....	II
附錄 1、樣區資料紀錄代碼表.....	II
附錄 2、永久樣區複查作業裝備.....	III
附錄 3、調查項目.....	V
附錄 4、系統功能與架構.....	VI
附錄 4.1 永久樣區調查系統-外業調查軟體.....	VI
附錄 4.2 永久樣區調查系統-內業處理軟體.....	VII

圖目錄

圖 1. 利用 GPS 記錄行程軌跡.....	10
圖 2. 樣區上坡樁及下坡樁設置示意圖.....	11
圖 3. 樣區標誌木(A 木及 B 木)設置方式示意圖.....	12
圖 4. B 木上之樣區標示牌.....	12
圖 5. 標誌木的輸入系統介面.....	13
圖 6. 輸入樣區基本資料之系統介面.....	16
圖 7. 輸入樣區地理環境與樹冠層系統介面.....	17
圖 8. 輸入樣區地被層與腐植層系統介面.....	21
圖 9. 樣區調查順序示意圖.....	22
圖 10. 樣木 RFID 晶片標籤編號.....	23
圖 11. 樣木位置測量示意圖.....	23
圖 12. 使用 1.3 公尺之輔助桿確保量測高度.....	25
圖 13. 使用直徑尺量測胸高直徑的作業情形.....	25
圖 14. 樹高量測作業.....	28
圖 15. 分枝位置最低點做為枝下高量測處.....	28
圖 16. 分枝在備註欄位標示同株.....	30

圖 17. 輸入竹林調查成果之系統介面	31
圖 18. 枯立木量測樹徑之高度 (林務局 2009).....	32
圖 19. 倒木測計方式(林務局 2009).....	32
圖 20. 輸入枯立木與倒木之系統介面	33
圖 21. 樣區標誌工具示意圖	36
圖 22. 測量儀器設備示意圖	36
圖 23. 樣木生長測計之儀器設備示意圖	37
圖 24. 森林樣區調查報表管理程式畫面	38
圖 25. 彙整資料的方式	39

表目錄

表 1. 台北市 90 與 91 年度森林永久樣區調查方法概述	3
表 2. 森林永久樣區作業方法之對照	4
表 3. 樣區標誌木設置要點	13
表 4. 林地屬性資料調查	14
表 5. 樣區基本資料調查項目	15
表 6. 地理環境與樹冠層調查項目	17
表 7. 地被層與腐植層調查項目	20
表 8. 樣木位置紀錄方式說明	23
表 9. 胸高直徑測計要點	24
表 10. 不同林木生長狀況，其量測胸高直徑的位置	25
表 11. 特殊狀況下胸徑量測方式	27
表 12. 樹冠級代碼表	29
表 13. 腐爛程度代號	33
表 14. 第三次臺灣森林調查採用之材積推估式(林務局，1995).....	34
表 15. 蓄積計算式	35
表 16. 記錄器材說明	35
表 17. 「臺北市永久樣區調查作業」查驗表	40
表 18. 「臺北市永久樣區調查作業」查驗標準	41

第1章 引言與概述

臺北市轄管範圍北東南三面倚靠山勢，乃外高內低、背山臨河之盆地，山坡地占全市面積 55%，若無優良覆蓋的森林來保護坡地表土、減輕水患與維護水質，颱風豪雨所挾帶的豐沛雨水，對人口密集、寸土寸金的本市而言，很有可能會對人民生命財產與政府建設成果造成相當大規模的衝擊。

森林、山坡地保育與水源涵養與維護為彼此相互依存的密切關係。林木樹冠能層層截留雨水，枝葉層及腐植層可吸附大量水分，根系可固著及化育土壤。良好的森林覆蓋，可減少降雨時之洪峰流量、延緩洪峰到達時間，相對地，森林覆蓋與健康的情形也可做為山坡地保育與水土保持的指標。

為掌握臺北市之區外保安林植被與森林資源現況，臺北市政府 89 年與 90 年度進行區外保安林檢訂調查，包括林木永久樣區之設置，100 年度「臺北市區外保安林永久樣區校核調查」委託專業服務案之調查目的除了建立基礎資料作為經營管理之重要依據，還包括落實長期監測使得調查作業能夠更加嚴謹，希冀後續調查作業能夠有統一之依據。調查項目涵蓋林木、林分與林地概況，範圍廣且期間長。複查之成果，也可做為遙測判釋分析之鬱閉度、蓄積量與林木生長等各類變化之地真參考資料，同時也可提供森林健康情況與森林和山坡地保育所需之基礎資訊。

緣起

本市自 88 年至 91 年之間，執行為期四年之區外保安林之檢訂，其工作內容除了確認及清查其境界、林況、地況與地籍之外，起初兩個年度只取樣，但未設置永久樣區，惟在最後兩個年度之檢訂範圍之中，以「標準地」原則設置 320 個森林永久樣區，並規劃 5 至 10 年定期複查以進行長期生態監測，期透過森林動態變化之觀測記錄與分析，據以做為國土保安成效與林地保育管理的參考。由於當時尚未有地方政府之先例可供依循，國內對森林永久樣區之規範也還不夠明確，復因調查經費與目的的限制，因此當初調查內容側重於林木經營資訊。

如今，行政院農業委員會林務局(2009)針對第四次全國森林資源調查，召集學者專家制定了「事業區外地面樣區設置與調查工作手冊」，目的是為了建立森林永久樣區之一致性的規範標準，詳細地規範樣區設置與樣木調查之流程、方法與精度。調查內容除了林木資訊之外，還包括地形、地勢、地被、林分鬱閉與枯立倒木等相關於森林生態資訊，其資訊與方法之完整性、實用性與標準化可做為當今森林樣區建置與調查之典範，可做為本手冊編製之參考基礎。原則上，樣區之位置與大小，延續本市既設置之森林永久樣區，而樣區與樣木之調查項目與方法，則主要參照林務局該工作手冊，因此，本市依本手冊複查或新建之調查成果也可兼具全國流通性與多目標功能。

整合先進科技

林務局還將無線射頻辨識系統(Radio Frequency Identification, RFID)、個人數位助理(Personal Digital Assistant, PDA)與其後端資料庫系統之整合的技術導入該調查實務之規範，藉由這些先進的科技設備來輔助調查實務，不僅可以確保標準作業流程之落實，同時也可同時降低艱困地形與惡劣天候對調查工作的影響，從而提昇調查成果的正確、詳實與成效。

為建立與落實森林永久樣區調查的規範與標準作業流程，本作業手冊也納入「森林樣區調查軟體系統」之操作，以藉由 PDA，結合衛星定位儀(Global Positioning System, GPS)與 RFID，設計符合森林調查標準作業流程的使用者界面，同時取代傳統調查所用的紙本，作為樣區記錄與林木標示的中介輔助設備。再者，也藉由程式的格式設定與自動偵錯設計，減少錯誤發生的機率，及現場資料登打輸入的時間。這不僅能提昇調查的效率，也有助於日後的複查工作。

綱要

本手冊概分為四章，第一章為前言與概述，除了說明本手冊之緣起與目的之外，也說明本市前期森林永久樣區之調查方法，並進而表列其與第四次全國森林資源調查和本手冊三者之間調查方法的比較與對照；第二章為樣區調查，乃本手冊之核心內容，說明調查外業之標準作業流程，從樣區建置及佈置、林地屬性資料調查、到樣木的測計與樹種的記錄；第三章為資料彙整建置，說明調查內業之標準作業

流程，其主要工作平台為個人電腦(Personal Computer, PC)；第四章為樣區調查成果之容許誤差規範，該規範主要內容乃引用自林務局「事業區外樣區調查查驗規範」(林務局 2009)。

1.1 前期森林永久樣區調查方法概述

本市在 90 及 91 年度加速保安林檢訂管理計畫執行期間，選定能代表臺北市事業區外各保安林區域林況與植生覆蓋之 0.01 公頃圓形森林永久樣區 320 個，對胸高直徑大於 5 公分的立木進行每木調查，並取土壤樣本進行土壤質地分析。其調查方法如表 1。

表1. 台北市 90 與 91 年度森林永久樣區調查方法概述

調查方法	說明
初步規劃 永久樣區分布	為使 320 個森林永久樣區充分代表保安林檢訂區整體林況與地況，先於保安林地形圖與正射影像上初步規劃森林永久樣區概略分布。
確認永久樣區	攜圖至現場踏勘，通觀地形地貌、地況、植被、土壤、交通路線，檢討選擇確認具代表性、分布適當之森林永久樣區。
測量永久樣區 中心點坐標	以 GPS 衛星定位儀配合電子測距經緯儀或多功能雷射測量儀，測量記錄森林永久樣區中心之平面坐標，方便日後尋找。
設置永久樣區	以森林永久樣區中心點為圓心，水平半徑 5.65 公尺之內，胸高直徑大於五公分之生立木，皆以鋁牌鋁釘標識並予編號。
林況與 植生覆蓋檢訂	胸高直徑：以輪尺測計每木胸高直徑 樹高：以測高桿、雷射測距儀或測高儀量測樹高 樹種：現場直接鑑定樹種或採集標本另行鑑定
土壤樣本採集	每一森林永久樣區內挖掘 0.5 公尺深坑洞一處，採集底部土壤樣本至少 500 公克，攜回實驗室分析。
立木材積與 永久樣區蓄積 量計算	$V = f \times W = f \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$ <p style="text-align: right;"><<立木材積式></p> <hr/> <p>V：單一材積(單位：m³) f：形數 針葉樹形數：0.65；闊葉樹形數：0.45 W：圓柱體積。 π：圓周率(採用 3.14 約略值) D：胸高直徑(單位：m)。 實測大小二胸高直徑取其平均值 H：樹高(單位：m)</p>

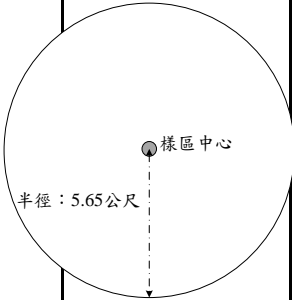
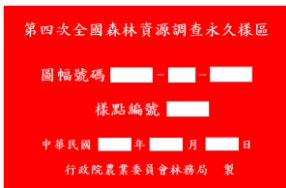
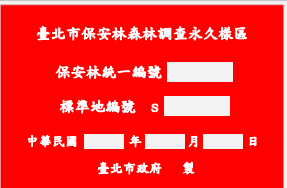
調查方法	說明
	$S = \sum_{i=1}^n Vi$ <p style="text-align: right;"><<永久樣區蓄積量計算式>></p> <hr/> <p> <i>S</i> : 單一森林永久樣區(0.01 公頃)之蓄積量(單位: m³) <i>V</i> : 立木材積(單位: m³) <i>n</i> : 永久樣區內胸高直徑大於五公分之立木株數 </p>

1.2 作業方法對照表

本手冊以本市 90 度與 91 年度區外保安林永久樣區調查作業為基礎，參酌林務局「第四次全國森林資源調查-事業區外地面樣區設置與調查工作手冊」，並導入森林樣區無線射頻技術之應用，本節彙整比較現有森林永久樣區調查方法與林務局森林永久樣區調查方法，並將其與本手冊之調查方法做比較與對照，如表 2。

表2. 森林永久樣區作業方法之對照

作業項目	本市前期	林務局 4th 全國森林調查	本作業手冊
取樣方式	挑選足以代表該林分之標準地	系統取樣。	維持原取樣設計。
樣區形狀	圓形。	矩形。	維持原取樣設計。
編號方式	流水號	基本圖(五千分之一)圖號+流水號	一千分之一圖號+流水號
樣區種類	1 種，林木樣區。	4 種樣區，一般林木樣區、竹林、大林木樣區、竹木混淆樣區。	增訂竹林樣區與竹木混合樣區作業規範。
樣區面積	0.01 公頃(半徑 5.65 公尺)。	1. 一般樣區 0.05 公頃。 2. 大徑木樣區 0.1 公頃。 3. 竹林及密生稚木樣區 0.01 公頃。 4. 竹、木混合樣區。	維持原取樣設計之面積大小。

作業項目	本市前期	林務局 4th 全國森林調查	本作業手冊
<p>樣區設置</p>	<p>於地表設置半徑 5.65 公尺的圓形樣區，毋須考慮坡度進行平斜距換算，於中心點插立中心樁。</p> 	<p>順坡向通過樣區中心設置樣區中心線(依據樣區坡度將平距轉換為現場樣區中心線之斜距)，並分別於起點、中心點及終點地面插立上坡、中心及下坡樁。</p>	<p>除維持先期取樣設計之外，另參照林務局之佈置方法，於樣區中，依據樣區坡向上、下坡方向，增加設置上坡樁及下坡樁。</p>
<p>參考起始點</p>	<p>不需設置，因樣區中心點是以公分級 GPS 差分定位測設。</p>	<p>GPS 收訊不佳的樣區需設置參考起始點。</p>	<p>在樹冠鬱閉、透空條件不佳，DGPS 難以定位的樣區，須增設參考起始點(SP)</p>
<p>標誌木設置</p>	<p>無設置，因樣區中心點是以公分級 GPS 差分定位測設。</p>	<p>A 木及 B 木，並於 B 木上釘掛 PC 鋁牌。</p>	<p>增設。</p>
<p>樣區標示鋁牌</p>	<p>無。</p>		

作業項目		本市前期	林務局 4th 全國森林調查	本作業手冊
樣區 綜合性資料記錄		永久樣區編號、坐標(TWD97)。	基本圖圖號、樣點編號、坐標(TWD97)、調查日期、調查人員、樣區面積、樣區坡度、方位角、地形、含石率、樹冠密度、地被型態、主要地被種類、次要地被種類、腐植層厚度、腐植層型態及 SP、PC、A 木、B 木的資料。	增加紀錄保安林統一編號、調查日期、調查人員、樣區坡度、方位角、地形、含石率、樹冠密度、地被型態、地被密度、地被高度、主要地被種類、次要地被種類、腐植層厚度、腐植層型態及 A 木、B 木的資料。
樣木	位置	無。	以直角坐標式訂定樣木位置，區分象限、樣區線距離、樣區線至樣木距離。(樣線距離，樣木距離)	以極坐標式訂定樣木位置。區分樣區中心至樣木距離與方位角。(距離，方位角)
	樹種	現場鑑定或採集標本另行鑑定。	現場鑑定或採集標本另行鑑定。	現場鑑定或採集標本另行鑑定。
	胸徑	以輪尺測量。DBH ≥ 5 公分。	1.3 公尺胸高位置以直徑割測量 DBH ≥ 6 公分。	以直徑割測量原鋁牌位置 DBH 直徑 ≥ 5 公分。
	樣木編號牌	採用鋁牌，釘設於胸高位置，朝向樣區中心樁，各樣區之樣木編號按流水號由 1 開始編碼。	採用 RFID-Tag，固定於胸高位置，並朝向樣區上坡方向，以 RFID-Tag 上的鐳射號碼做為樣木編號。	採用 RFID-Tag，固定於胸高位置，並朝向樣區上坡方向，若為複查，則同時保留前期樣木調查之鋁牌，並編製檢索號碼對照表。
	樹高	以電子 Haga 測計樹頂至地面之垂直高度。	順著樹幹軸方向，以測高桿測量樹高。	以測高桿為主，三角測量為輔，順著樹幹軸方向測量樹高。
	枝下高	無。	樣木由地面至樹冠最低點部位之高度。	增設，參考林務局調查方法。

作業項目	本市前期	林務局 4th 全國森林調查	本作業手冊
樹冠級 分枝 備註	無。	依照樹冠級表記錄：疏立木、優勢木、次優勢木、中庸木、被壓木。	增設。
	有。	於備註中註明「同株」	備註中註明「同株」
	無特殊規定。	A 木、B 木、傾斜、欠頂、同株、胸徑移動、樹高實測...等。	增設備註項目，A 木、B 木、傾斜、欠頂、同株、胸徑移動、樹高實測、晉級生長...等。
枯立木 枯倒木	無。	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 枯立木：位置、胸徑(≥ 10cm)、幹長、腐爛程度。 ◇ 枯倒木：胸徑(≥ 10cm)、幹長、腐爛程度。 ◇ 皆不釘掛標示牌。 	增設，參考林務局調查方法。
土壤分析	現地取樣至實驗室進行質地分析。	已於第三次全國森林調查完成不再執行。	無土壤資料之樣區需進行土壤分析。
材積	立木材積、永久樣區蓄積量、單位林分蓄積量。	無。	維持原調查方式
森林樣區調查系統	無。	林務局「森林樣區調查系統」。	開發本市專屬之調查系統。
樣區照片	無。	樣區中心至 A 木、B 木、上坡樁、下坡樁及未知樹種照片。	由中心往上、下坡，以及能代表樣區環境之林分照片各一張。
行程記錄	無。	路線描述、路線照片、GPS 軌跡...等。	以 GPS 軌跡記錄行程路線。

(前期：臺北市政府建設局 2003)

第2章 樣區調查

本調查作業以「RFID-PDA 森林調查作業系統」來做為輔助。森林調查為山坡地與自然保育計畫的基礎，正確、詳實和即時的調查資訊，攸關保育計畫與決策的品質。調查資訊最忌錯誤，惟記錄或測計人員之間的測錯、讀錯、聽錯、記錯、漏測、漏記等情事卻還是很難避免，因此透過在調查系統之中植入防錯的設計，可以大幅減少錯誤的發生；再者，透過「資料輸入自動化」的設計，不僅可以減少現場調查人員之精神與體力的負荷，同樣也大幅提昇資料之正確性。

永久樣區之外業調查乃本手冊之核心，本章內容自外業之準備工作、樣區測設與佈置、林地條件與植被狀況觀察記錄、以及樣木調查測計等皆多以詳細說明。本章也兼簡述各階段「森林調查作業系統」的操作程序與介面，該系統植入多項防錯、自動化、便捷性、即時統計資訊、與森林測計電子書之輔助設計，不僅可以將調查作業程序標準化，也同時可以提昇現場工作之效率與調查成果之正確性。

2.1 外業整備

森林調查前之準備工作不僅關係到現場工作的效率，也關係到現調人員的安全與健康，是有經驗或專業之現調人員不敢須臾輕忽者，外業整備的內容概分為三部份，分別為：行程規劃、人員編組、裝備檢查、樣點規劃、與調查人員 GPS 軌跡記錄。

2.1.1 行程規劃

現調人員應事先蒐集目的地之地形、地貌與天候資訊，以利現地調查作業及人員安全。可透過網路（例如：Google map¹、友邁資訊²、登山補給站³）、地圖（如「臺灣高山全覽圖」、「1/25,000 經建版地形圖」）、及以往登山團體之行程紀錄等，將適當可完成調查之地面樣點納入行程目標，並研擬規劃路線與交通工具。如屬長天數之行程，尤其應掌握沿途路況、紮營地點、以及水源地等資訊，並將樣點位置、水源、營地及預定路線等明確標示於兩

¹ <http://maps.google.com.tw/maps>

² <http://www.urmap.com>

³ <http://www.keepon.com.tw/>

萬五或五萬分一地形圖上，同時整理樣點鄰近區域之五千分一林區像片基本圖，作為到達樣區之指引。

除了行前準備路線內業準備工作之外，並於出發前掌握最新氣象狀況，特別留意颱風及豪雨預報。外業行程中應以指北針配合地圖判讀隨時掌握自身位置及行進方向，必要時得以 GPS 輔助定位。電子導航係於抵達樣區附近後，確認樣區所在地點，過度甚至全程倚靠導航儀器，不僅無法就可能遭遇地形預作研判，還可能冒故障或電力不繼所帶來之風險。

2.1.2 人員編組與裝備檢查

每隊樣區調查工作由記錄員 1 人，測定員 1 至 3 人負責，必要時得視路途遠近及樣區環境狀況增加適當之助理人力。紀錄員通常為領隊，負責樣區調查紀錄表格填寫與「森林樣區調查軟體系統」之操作記錄等，並應負責沿途行程的記述；測定員則負責調查時之量測、定樁、樣木標示等工作。

包括登山之個人與團體裝備，以及調查所需之儀器、用品、圖資等，均應事先整備，並於出發前就附錄 2 所列各項詳加檢查，尤其是需使用電力之儀器設備，如：電子測距儀、導航儀、手電筒、PDA、GPS、RFID Reader/Writer 等，應確認其電力是否足夠調查期間使用，並預留多組備用電力。

2.1.3 樣點規劃與配置

為使永久樣區充分代表該區域林分之整體林況與地況。首先，利用涵蓋該區之地形圖與地貌影像作為基礎，規劃永久樣區的概略分布。其次，再由現場地形、地貌、植被選擇具代表性且分布適當之地做為永久樣區，並於樣區之中心位置埋設樁位，在中心樁附近以鮮艷布條標式，以利現調人員尋查。

2.1.4 行程軌跡

以衛星導航之軌跡來輔助記錄調查行進路線，尤其是主要道路到樣區之間的軌跡記錄，有利於往後複查時，可較快尋找到樣區。軌跡紀錄之例示如圖 1。



圖1. 利用 GPS 記錄行程軌跡

註：紅色是通往前期 s8002 森林永久樣區之軌跡。黃色是陽金公路。

2.2 樣區設置與佈置

樣區設置與佈置乃樣區調查之標準作業程序的首要步驟，從樣區中心點的測設、標誌木的選定、以及樣區標示牌的釘設等作業，皆有嚴謹的規範標準。

2.2.1 樣區測設

新設永久樣區時，原則上以 DGPS(Differential Global Positioning System, DGPS) 在樣區中心點施測，日後複查作業可以依照樣點坐標，透過 GPS 及正射影像、地圖等圖資輔助，導航至樣區中心點 (PC)。

惟在樹冠鬱閉、透空條件不佳，DGPS 難以定位的樣區，須增設參考起始點(SP)，以利日後重返永久樣區進行複查。測設方式先以 DGPS 在樣區附近空曠處施測控制基線，再搭配電子經緯儀測設樣區中心點(plot center, PC)；或者是：自地面明顯點搭配

多功能雷射測量儀施測 PC。地面明顯點除了可以是參天巨木之外，也可以是屋舍、不易變動之地物如巨石等。

2.2.2 樣區設置-增加上下坡樁之設置

鑒於樣區坡向在森林資源調查之意義及樣木位置量測(方位角)，故須設置上坡樁及下坡樁。由樣區中心位置確認樣區範圍(半徑 5.65m 之圓形範圍)、坡向，並分別於坡向與樣區邊界之交接處埋設上坡樁及下坡樁。注意，樣區坡向應按照現場自然環境判斷，忽略微小區域的變化，以較大範圍的坡向作為樣區坡向；在平緩不易辨別坡向之處則以樣區中心東方作為上坡，其相對應之邊界位置為下坡。設置方式如圖 2. 所示。

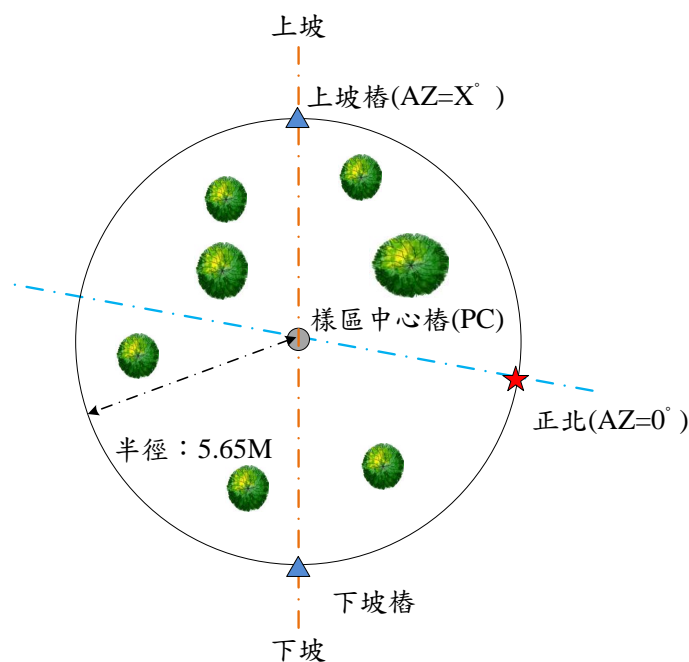


圖2. 樣區上坡樁及下坡樁設置示意圖

2.2.3 樣區標誌木設置

雖然樣區中心(PC)位置有埋設樁位，但森林環境可能因為枯枝落葉遮蓋，或是土石滑落都有可能將埋設之樁位破壞，因此建議樣區中心須另行設置標誌木輔助標定 PC 位置。標誌木設定目的為後續複查時，藉其輔助以標定 PC 位置。選定兩株接近 PC、且與 PC 互成直角、而形質健全之林木為標誌木（分別稱為 A、B

木)，標誌木(A 木及 B 木)選擇應儘量以優勢或次優勢木之中、大徑木為準，避免樹勢不良易枯死者；B 木要接近中心點。設置方式如圖 3. 所示。

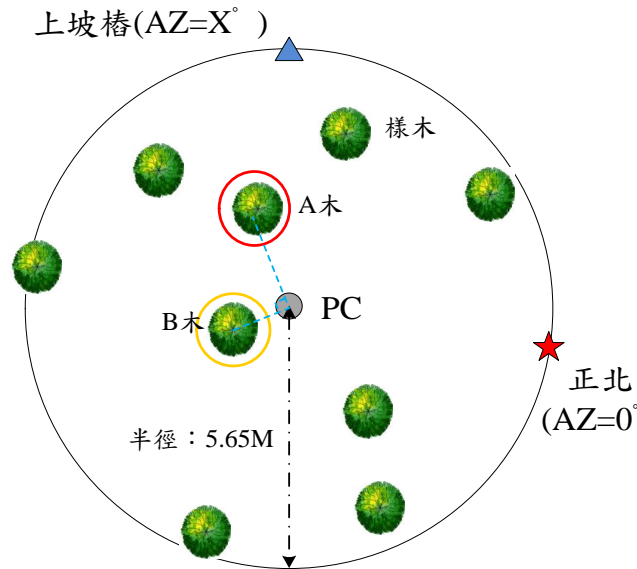


圖3. 樣區標誌木(A 木及 B 木)設置方式示意圖

標誌木選定後，站在標誌木朝向樣區中心樁位之側，釘在可以釘掛的最高位置，高度約 2 公尺。在 A 木釘掛明顯之布條或記號，在 B 木釘掛鋁質標示牌（圖 4. ）。

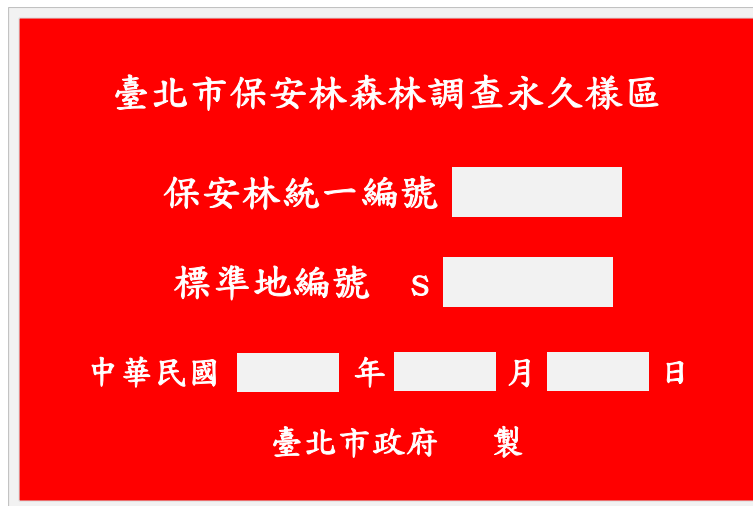


圖4. B 木上之樣區標示牌

完成 A、B 木設定後，以 PC 為中心向 A 木、B 木測定方位角及距離，並於「森林樣區調查系統」記錄(圖 5.)。兩者之樹高、胸徑可先進行量測，俟樣木調查到此處，在樣木的備註欄勾選標誌木種類時，系統會自動帶出已經量測過後的數據。

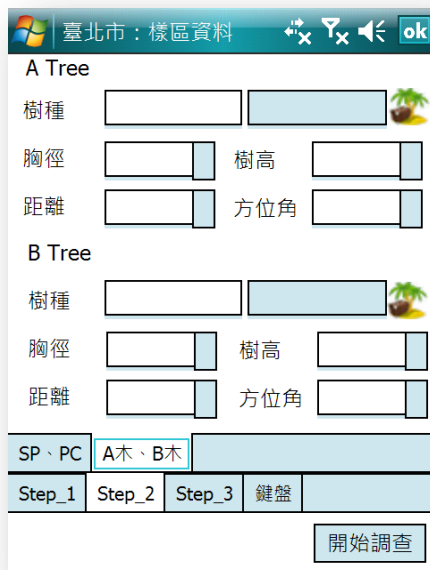


圖5. 標誌木的輸入系統介面

設置樣區標誌木是為了往後複查作業時，作為輔助尋找樣區中心樁之用，或是中心樁已經滅失，可以據此作為重新釘樁之依據。在樣區範圍內如何選定標誌牌的設置要點及記錄事項整理如表 3。

表3. 樣區標誌木設置要點

設置標誌木要點		說明
挑選條件	形質健全的優勢木、次優勢木、大徑木	優勢木、次優勢木與大徑木是「現在」容易從遠處發現。若是高大但「未來」複查可能已經傾倒或瀕死立木，下次複查不一定能起標誌之用，則應改選形質健全之立木。
	A 木要找高大之優勢木	樣區範圍內出現特別明顯的優勢木與大徑木，最適合作為 A 木。若樣區內的優勢木與次優勢木並無特別醒目者，挑選較接近中心樁之優勢木或次優勢木為主。

設置標誌木要點		說明
	B 木靠近 PC	中心樁附近的優勢木或次優勢木最適合作為 B 木。若樣區內的優勢木與次優勢木皆距離中心樁很遠，靠近中心形質健全者的樣木若為中庸木，此時可作為 B 木。
	中心樁往 A 木與 B 木的兩條連線盡量呈直角	還原樣區中心點是靠兩種標誌木的方位與距離來交會，若樣區範圍之內有多株優勢、次優勢木能夠作為標誌時，宜挑選接近呈直角(中心樁的位置為直角)的兩株。
	最顯著的優勢木靠近中心樁時	標誌木原則是 A 木大，B 木靠近中心樁，若樣區內較為顯著的優勢木，恰巧也是最接近中心樁的樣木，此時優先作為釘掛標示牌的 B 木，A 木此時可另外再選其他的優勢木或次優勢木。
標誌牌	釘掛位置要夠高	B 木必須在樹幹約 2 公尺高處以鋁釘釘掛標誌牌，後續調查人員可以在較遠的地方就發現。
	釘掛深度	鋁釘釘入深度約三分之一，以免妨礙林木生長及避免林木快速肥大生長時將鋁牌包圍，導致將來複查時難以尋找。
	朝向樣區中心	釘掛指示牌時，牌面要朝向樣區中心。
記錄	測計項目	A 木與 B 木都需要量測由 PC 指向標誌木之方位角與斜距，並須測計樹種、樹高與胸高直徑。

2.3 林地屬性資料調查

樣區地況調查項目繁多，按照調查屬性分為基本資料、樣區標示、地理環境、土壤質地、地被與腐植層等林地屬性資料，這些資料皆應輔以 PDA 森林樣區調查系統而依序詳實觀察與記錄，其調查項目與內容及相關 PDA 輸入程序，如表 4 所示，並詳述於以下諸節。

表4. 林地屬性資料調查

項目	內容	PDA 輸入介面
基本資料	保安林統一編號、永久樣區編號、坐標、調查日期、調查人員。	樣區資料 Step1
樣區標示資料	A 木樹種、胸高直徑、樹高、及 PC 至 A、B 木之方位角及距離。	樣區資料 Step2
	B 木樹種、胸高直徑、樹高、及 PC 至 A、B 木之方位角及距離。	
地理環境	樣區坡度及方位角：由樣區中心線起點（位於上坡或東方）向中線終點測量，以度數為單位，記錄至	樣區資料 Step3

項目	內容	PDA 輸入介面
	整數。	樣區地況 1
	地形：依地形類別概分為七類。	
	含石率：以目視方式評估地表石礫佔全地表面積之百分比，取 10 位數 (0、10%、20%...) 記之。	
樹冠層	樹冠密度：依其樹冠覆蓋度疏密不等，區分為 5 級。	樣區資料 Step3 樣區地況 2
地被層	地被型態：依地被裸露與否及主要地被植物之外觀型態區分為 8 種。	
	地被密度：指地被植物相對地表覆蓋程度，共分為 5 級。	
	地被高度：指地被植物平均高度，共分為 4 級。	
	主要地被種類：應記錄其種類，不得以蕨類、草類等概略性稱呼記之。以目視估測樣區地被主要組成物種，最優勢且覆蓋比例達 40% 以上者，記為主要地被種類。如無明顯地被或優勢種類時，本項可填「無」。	
	次要地被種類：亦應記錄其種類。以目視估測樣區地被主要組成種類，次優勢且覆蓋比例達 30% 以上者，記為次要地被種類。如無明顯地被或次優勢種類時，本項可填「無」。	
腐植層	腐植層厚度：記錄樣區土壤表面地表凋落堆積物之厚度，單位為公尺，記至小數點 1 位。	
	腐植層型態：依腐植層腐爛分解程度略分為 5 型。	

註：前述地形類別、樹冠密度、地被型態、地被密度、地被高度、腐植層型態等以類別或級別區分者，其各類（級）定義與代碼詳附錄 1。

2.3.1 樣區基本資料

進入森林樣區調查系統的第一步驟就是輸入樣區基本資料。調查項目如表 5 所示，輸入畫面如圖 6. 所示。

表5. 樣區基本資料調查項目

調查項目	資料類型	備註
保安林統一編號	4 碼文數字	永久樣區所在之保安林統一編號
永久樣區編號	7 碼文數字	字母 S 為首字，加上一千分之一圖幅號四碼再加兩碼流水號。100 年度以前之編號可透過系統查詢。
樣區橫坐標	6 位數字	原始測量 TWD97 坐標值。
樣區縱坐標	7 位數字	原始測量 TWD97 坐標值。
調查日期	西元年/月/日	系統自動產生。

調查項目	資料類型	備註
調查人員	文字	先填調查人員代碼可自動補齊。
調查人員代碼	5 碼文數字	



圖6. 輸入樣區基本資料之系統介面

2.3.2 樣區標示資料

進入森林樣區調查系統的第二步驟是輸入樣區標誌木的資料，輸入資料項目及介面如 2.2.3 中之圖 5.。

2.3.3 地理環境與樹冠層

進入森林樣區調查系統的第三步驟就是輸入樣區地理環境與樹冠資料。調查項目如表 6 所示，輸入畫面如圖 7. 所示。

表6. 地理環境與樹冠層調查項目

調查項目	資料類型	備註
海拔	整數	站在中心樁的位置，手持 PDA 與 GPS 自動取得數據，或是依據相片基本圖之等高線內插計算。單位公尺，0~4000。
坡度	整數	由樣區上坡樁向中心樁與下坡樁連線方向測量，以度數為單位，記錄至整數。角度，0~90°。
方位角	整數	樣區中心樁往下坡樁連線方向作為測量方向，與北方順時鐘之夾角度數。以度數為單位，記錄至整數，角度，0~360°。
地形	下拉式選單	依照代碼(附錄 1)概分為七類，由調查人員主觀判斷現場實際環境。此項資料可與遙測判釋之結果相互參照。
含石率	下拉式選單	以目視方式評估地表石礫佔全地表面積之百分比，取 10 位數 (0、10%、20%...) 記之。
樹冠密度	下拉式選單	從永久樣區地面判斷樹冠覆蓋度疏密程度，區分為 5 級，依照代碼(附錄 1)。此一資料可與遙測判釋之鬱閉度相比較，惟須留意樹冠陰影對鬱閉度之準確性的影響。

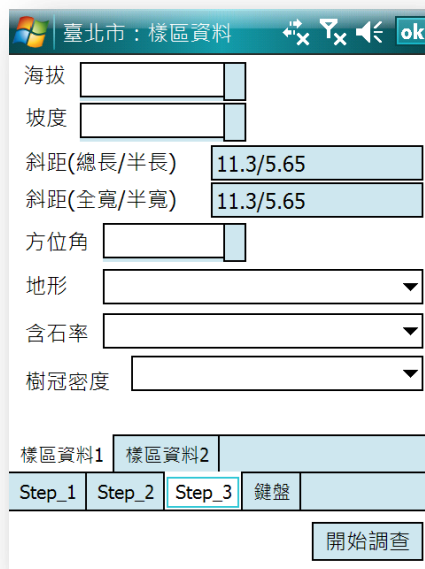


圖7. 輸入樣區地理環境與樹冠層系統介面

2.3.4 土壤質地

新設永久樣區時，每一永久樣區採集可代表該區之底部土壤樣本至少 500 公克，攜回實驗室通風處風乾後研磨過篩，取出亞樣本進行土壤含水率測定，並以比重法進行土壤粒徑分析。永久樣區是跨年度的森林資訊，採集、分析土壤質地須註明分析之年度。

1. 含水率測定

土壤質地分析之各項測定皆使用風乾土壤樣本，測定結果數值概以無水分烘乾土為計算基礎。即先測定風乾土之含水量，然後改算為烘乾土之水分含量，以供計算該土壤樣本在烘乾狀態下某種成分之含量。重要步驟、方法與計算式如下：

(1) 秤量皿烘乾並秤重

洗淨秤量皿並置於 105°C 烘箱內烘乾 4 小時，取出放入乾燥箱內冷卻之。秤其重量，並記錄之，重量計至公克以下小數點第四位（以下皆同）。

(2) 風乾土

用小匙取風乾土樣本 10 公克，裝入已知重量之秤量皿內，精確秤其重量，得風乾土與秤量皿之毛重，毛重減去秤量皿之重量，即為風乾土之重量。

(3) 研磨與過篩

使用 2 公厘孔徑篩網將已風乾磨碎之土壤樣本過篩，去除石塊與土壤以外之雜質，研磨與過篩不可把單獨土粒壓破。

(4) 烘乾土

將裝有風乾土之秤量皿置於烘箱內，開啟秤量皿蓋，調節烘箱溫度至 105°C 烘乾 24 小時。秤得烘乾土與秤量皿之毛重，毛重減去秤量皿之重量，即為烘乾土之重量。

(5) 計算含水率

$$A_g - C = A_s ; B_g - C = B_s$$

$$H\% = \frac{A_s}{B_s} \times 100\% \dots\dots\dots \langle\langle \text{含水率式} \rangle\rangle$$

- Ag : 風乾土與秤量皿毛重
- As : 風乾土重量
- Bg : 烘乾土與秤量皿毛重
- Bs : 烘乾土重量
- C : 秤量皿重量
- H : 含水率

2. 粒徑分析

本研究採比重計法分析土壤粒徑，此法測定不同時間階段之土懸浮液比重，算出土壤礦質各成份之比例。分析方法與計算式如下：

(1) 前置處理

秤取 50 公克風乾土壤置入攪拌杯內，加入約 400 毫升水，再加入 50 毫升分散劑⁴，以攪拌機攪拌十五分鐘，將攪拌杯內全部混合液倒入 1000 毫升之量筒中，加水至量筒標線處，再將量筒加蓋，置放過夜，使溫度與室溫平衡。

(2) 讀取第一次比重值

放入攪拌槳上下攪動兩分鐘，使全部土粒均勻懸浮於液體中，迅速置入比重計，置入四十秒後讀取第一次比重計讀數。

(3) 讀取第二次比重值

移出比重計，置入溫度計量取液面下 5cm 處之溫度，將量筒靜置兩小時，重新量取比重計讀數。

⁴分散劑為 10% 的偏磷酸鈉 (NaPO₃)_n 溶液。

(3) 校正比重計讀數

溫度低於或高於 19.4°C，則須加（減）0.3 / °C；空白量筒僅加入 50 毫升分散劑，加水至標線，所得讀數為空白筒之比重讀數，第一次與第二次讀數分別減去空白筒讀數，可得校正後之比重值。

(4) 計算

第一次比重值可推算矽粒加上粘粒之百分比，進一步推得砂粒百分比；第二次比重值可以推算粘粒百分比。

$$a\% = \frac{Rs1}{W} \times 100\% ; b\% = \frac{Rs2}{W} \times 100\% .. \langle\langle \text{矽粒與粘粒百分比式} \rangle\rangle$$

$$c\% = a\% - b\% ; d\% = 100\% - a\% \dots\dots \langle\langle \text{矽粒與砂粒百分比式} \rangle\rangle$$

a% : (矽粒 + 粘粒) 百分比

b% : 粘粒百分比

c% : 矽粒百分比

d% : 砂粒百分比

W : 土樣重。單位公克。

Rs1 : 第一次比重計讀數校正後之比重值

Rs2 : 第二次比重計讀數校正後之比重值

2.3.5 地被層與腐植層

第三步驟分為兩頁，第二頁是輸入地被層與腐植層的資料。調查項目如表 7 所示，輸入畫面如圖 8. 所示。

表 7. 地被層與腐植層調查項目

調查項目	資料類型	備註
地被型態	下拉式選單	依地被裸露與否及主要地被植物之外觀型態區分為 8 種，按照代碼表(附錄 1)。
地被密度	下拉式選單	指地被植物相對地表覆蓋程度，共分為 5 級，按照代碼表(附錄 1)。
地被高度	下拉式選單	指地被植物平均高度，共分為 4 級，按照代碼表(附錄 1)。
主要地被種類	文字	應記錄其種類，不得以蕨類、草類等概略性稱呼記之。以目視估測樣區地被主要組成物種，

調查項目	資料類型	備註
		最優勢且覆蓋比例達 40% 以上者，記為主要地被種類。如無明顯地被或優勢種類時，本項可填「無」。
次要地被種類	文字	亦應記錄其種類。以目視估測樣區地被主要組成種類，次優勢且覆蓋比例達 30% 以上者，記為次要地被種類。如無明顯地被或次優勢種類時，本項可填「無」。
腐植層厚度	小數 1 位	記錄樣區土壤表面地表凋落堆積物之厚度，單位為公尺，記至小數點 1 位。
腐植層型態	下拉式選單	依腐植層腐爛分解程度略分為 5 型，按照代碼表(附錄 1)。

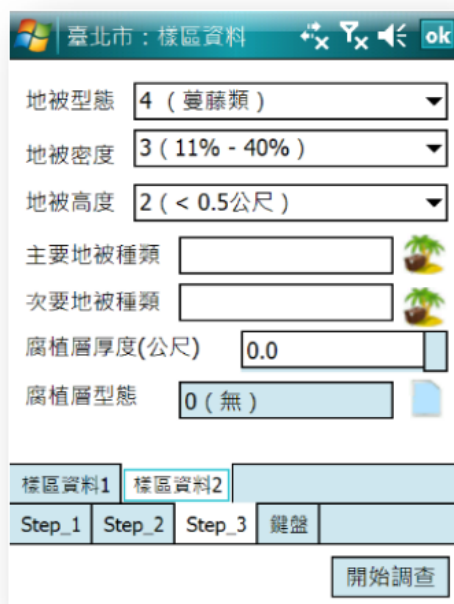


圖8. 輸入樣區地被層與腐植層系統介面

2.4 樣木調查作業

找到樣區中心樁與確認樣區範圍後，依序紀錄有效範圍當中的樣區組成。依照調查項目與方法的差異，將樣區組成分為樣木、竹林、枯立木與枯倒木，在「森林樣區調查系統」以不同頁籤分別記錄。

2.4.1 調查順序

以樣區上坡樁作為起點，由逆時鐘方向開始樣區組成的調查作業，樣區調查順序如圖 9.。

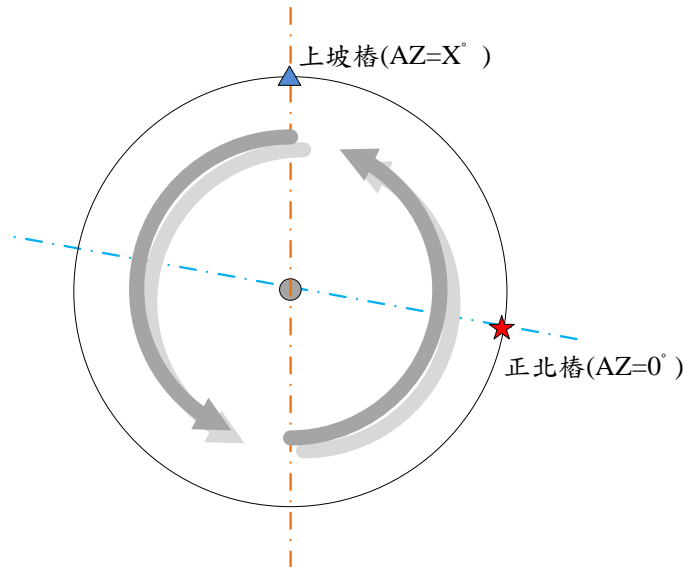


圖9. 樣區調查順序示意圖

2.4.2 樣木編號標示

樣木指樣區內現存胸高直徑大於 5 公分以上之林木，並於樣木胸高位置(breast height)，釘設「表面印有 ID 編號之 RFID-Tag」。為利於本市區外保安林永久樣區調查系統資料庫建立及後續檢核複查，樣區內每株所調查之樣木均以 RFID-Tag 釘掛於胸高位置，且與原釘掛之鋁牌併用。以 Tag 上的鐳射號碼做為樣木編號，並編製檢索號碼對照表。如圖 10. 所示。



圖10. 樣木 RFID 晶片標籤編號

2.4.3 樣木位置

樣木位置為林木相對於樣區內之分布位置，以「樣木至樣區中心水平投影距離」與「方位角」之極坐標式（距離，方位角）記錄之，說明如圖 11. 。

表8. 樣木位置紀錄方式說明

樣木位置紀錄方式	說明
以樣木根基處作為樣木位置點	歪斜生長的樣木，或是位在樣區境界邊緣的立木是否屬於待測之樣木，皆以根基之中心處作為判斷依準。
方位角	由樣區中心以正北(方位角=0°)方向為起點，依順時針方式旋轉至目標樣木所在位置方向，其間所夾的角度即為目標樣木的方位角，如圖 11. 所示。
樣木到樣區中心距離	該樣木距離樣區中心最短距離，如圖 11 所示。

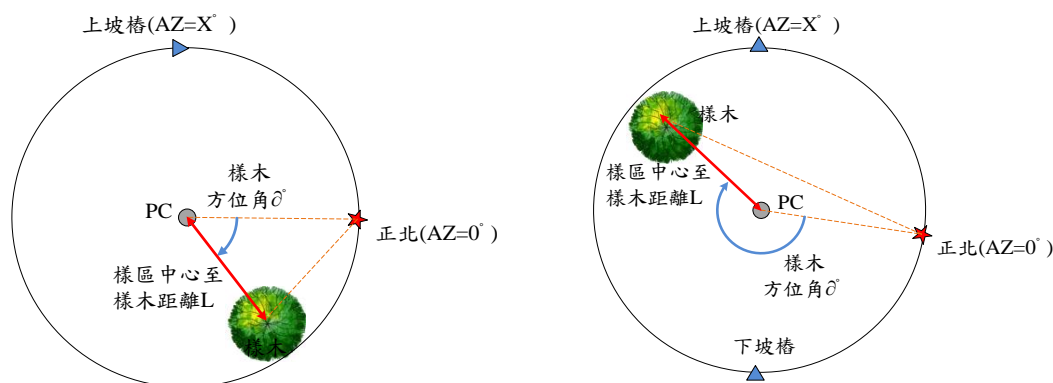


圖11. 樣木位置測量示意圖

2.4.4 樹種

應由植物辨識專人在現場進行樹種辨別，以目視、採集或透過望遠鏡觀察無法採集的特徵，填寫樹種中文名，並於「森林樣區調查系統」中依關鍵字篩選符合條件之樹種中文名列表供調查者點選及記錄。

2.4.5 胸高直徑測計

胸高直徑係指林木胸高部位（約 1.3 公尺）之帶皮直徑，在永久樣區範圍內，低於 5.0 公分視為稚木不予調查，5.0 公分以上之生立木皆需要測計。若判斷為枯立木，則參照枯立木的作業方式。以公分為單位測至小數 1 位。測定時須維持相同的作業方式，例如量測位置、量測前必須清除附生植物等。並注意因為地形、樹勢生長方向、分岔、膨大等影響量測胸徑的位置。

在複查作業時，為了能有效地長期觀測紀錄樹木的生長變化，仍然測量原先鋁牌釘置之胸高直徑，並以 1.3 公尺處為基礎，備註紀錄胸徑測量位置向上或向下之移動距離。胸徑量測之一般性原則、胸高位置的選定、以及特殊狀況下之操作原則等要點，詳述如以下諸節。

2.4.5.1 胸高直徑測計的作業要點

在胸高直徑的量測過程中，如何確保第一量測與後續量測都在相同之處，以及保持有規律的作業程序將可提高調查品質。其測計要點如表 9 所示。

表9. 胸高直徑測計要點

樹徑測計要點	說明
維持一致的高度	當測手疲倦時，常會測定低於胸高部位之直徑，應以 1.3 公尺長標準桿決定量測位置，力求高度的一致性，記錄者應隨時注意並加予提醒。
統一在釘掛位置量測	將 RFID-Tag 以鋁釘釘於胸徑量測處（釘於樹幹面向樣區中心之方向，且釘入約三分之一為宜），以便後續調查時能量取同一位置之胸高直徑，進而獲得較精確之林木生長變化資料。
清除附生植物	當胸高位置有藤類攀爬附著時，量測前必須將該部位爬藤剝離，不可將爬藤併入林木胸徑。

樹徑測計要點	說明
維持量測的方向	直徑尺應垂直幹軸生長方向，並避免扭曲和誤讀。
維持一致的測計順序	樣木調查順序應由樣區上坡樁開始，沿逆時針方向實施調查，以利下次複查時樣木定位與尋找。
復誦確認	記錄者應時時注意被測定之林木大小，並復誦量測數值 1 次供測手校對，避免誤測或誤讀情形。



圖12. 使用 1.3 公尺之輔助桿確保量測高度



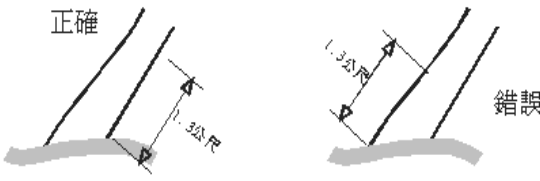
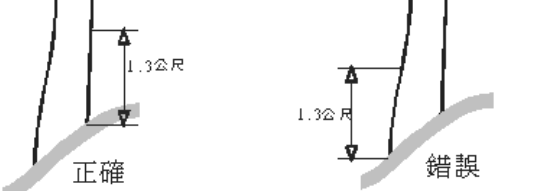
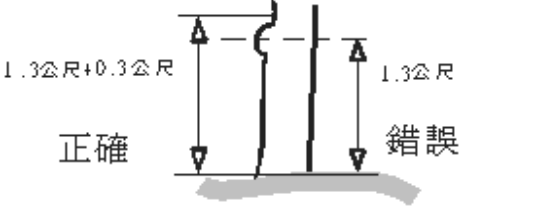
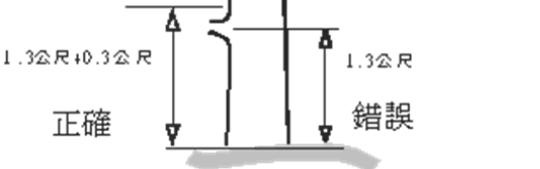
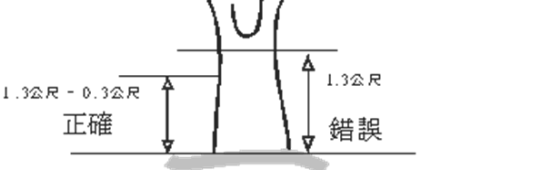
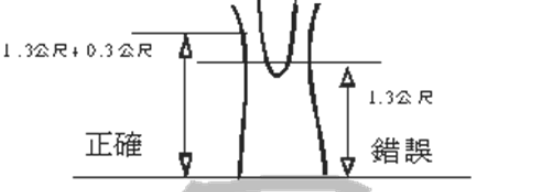

圖13. 使用直徑尺量測胸高直徑的作業情形

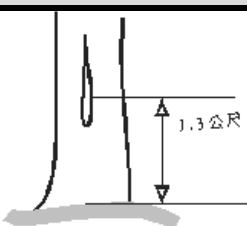
2.4.5.2 量測胸高直徑的位置

樹勢生長方向與立木環境千變萬化，即便是仔細維持在 1.3 公尺的高度量測胸高直徑，但是根張裸露、傾斜、分岔等情況又有從何處起算高度以及調整 1.3 公尺的必要。不同林木生長狀況，其量測胸高直徑的位置整理如表 10。

表10. 不同林木生長狀況，其量測胸高直徑的位置

林木生長情況	說明	圖示
樹根露於地面上	根露於地面上應測定樹根以上幹莖 1.3 公尺處直徑，勿將樹根列入計算。	

林木生長情況	說明	圖示
傾斜林木	傾斜樣木之胸高直徑量測，應從樹根起沿幹軸生長方向上 1.3 公尺的部位量測。	
林木生長在斜坡上	林木生長在斜坡上時，則在斜坡上方胸徑 1.3 公尺之處量測。	
在 1.3 公尺處膨大	樣木在胸徑 1.3 公尺處遇到樹瘤或不正常膨大時，範圍不大時，直接往上或往下移動到規則生長處，並於備註註記移動距離，若影響範圍較大，則在膨大處向上 30 公分的地方量測胸高直徑。	
在 1.3 公尺處出現分枝	樣木枝條生長於 1.3 公尺處時，則往上 30 cm 量測胸高直徑。	
分岔點略高於 1.3 公尺	樣木分岔點在 1.3 公尺到 1.5 公尺的地方，則在分岔點下方 30 cm 處量測。	
分岔點略低於 1.3 公尺	林木分岔在 1.0 公尺到 1.3 公尺處，則分岔枝幹都必須進行量測。	
彎曲生長	樣木出現彎曲的生長，量測胸高直徑的位置以順著樹幹彎曲長度 1.3 公尺的位置測計。	

林木生長情況	說明	圖示
主幹在 1.3 公尺處出現裂隙	樣木之主幹在 1.3 公尺處出現裂隙，仍在同樣高度量測胸高直徑。	

2.4.5.3 特殊狀況下胸徑量測方式

許多植物為了適應環境與生存上的競爭，氣生根連接到地面後繼續茁壯為支柱根，又或者已伏倒之主幹萌發新枝延續生命，或是出現纏勒等現象，胸高直徑的測計需要注意的地方整理如表 11。

表 11. 特殊狀況下胸徑量測方式

林木生長情況	測量方式
支柱根	會出現支柱根的情況以白榕最為常見，應取著生於樣區範圍內、胸徑 5 公分以上之支柱根為測量對象，每一支柱根予以標牌、記錄位置及胸徑值，樹高則以該株樣木之樹冠高度為準。
倒伏木主幹新生分枝	取著生點位於樣區範圍內之新生分枝為測量對象，分別予以標牌後記錄各分枝之著生點位置、由著生點起算 1.3 公尺長之胸徑，樹高則記該分枝著生點至樹冠頂之高度。
不規則或扁形、橢圓形樹幹，或兩分枝彼此交纏，無法以直徑割測量者	例如纏勒現象，無法以直徑割分別包圍胸高位置測量時，應分別測量該樹幹（或分枝）之長、短徑，平均後作為胸徑值。同時應於備註欄註明「長、短徑平均」。

2.4.6 樹高量測

樣木樹高以公尺為單位，測至小數點 1 位，如 25.5 公尺。量測方式以測高桿(如圖 14.)為主要工具，測高器或三角方法為輔。各樣區至少應選擇 4 株樣木（含 A、B 木）實測其樹高並於備註欄註明「實測」，其餘樣木樹高得參照實測資料目測之。



圖14. 樹高量測作業

2.4.7 枝下高量測

構成樹冠層的枝葉當中，分枝最低點之位置作為枝下高量測處，如圖 15. 所示。枯死之枝條不計，只看生長健旺之枝條。順著樹幹軸生長方向，從地面到枝條著生於主幹之距離；幹生小枝條不構成樹冠者不計。以公尺為單位，測至小數點 1 位。

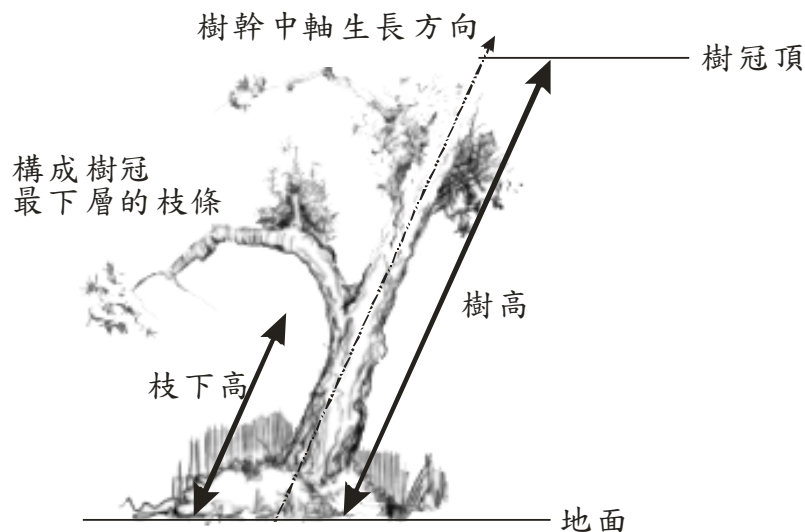


圖15. 分枝位置最低點做為枝下高量測處

2.4.8 樹冠級

依樹冠生長差異分為疏立木、優勢木、次優勢木、中庸木、被壓木等五級，並依樹冠級代碼記錄樹冠生長差異現況，如表 12。

表12. 樹冠級代碼表

代號	樹冠級	說明
1	疏立木	樹冠能充分由上方及側面四週各方向接受太陽光線者，樹冠易向側面發展。
2	優勢木	樹冠較林分內之平均樹高為高可充分接受上方光及部份側面光，樹冠伸張良好。
3	次優勢木	林木樹冠成單層齊一均勻高度之林冠，能獲得充分之上方光但側面光線極少。
4	中庸木	樹冠略矮於上述兩種樹冠級，通常樹冠會較小，僅能接受少量之上方光且受不到側面光。
5	被壓木	樹冠完全低於平均樹冠，且受不到上方及側面之光線，通常其樹幹會傾斜或彎曲變形。

2.4.9 備註

利用備註欄補充其他形質生長資訊，如晉級生長、樹梢是否欠頂、樹幹是否傾斜、有無同株、胸徑測量位置是否移動、樹高是否為實測...等。

2.4.10 分枝

如該樣木除主幹外，在胸高位置以下另有胸徑大於 5 公分之分枝，則應於調查系統中進行新增分枝記錄。量測項目與主幹相同，並於備註當中註記同株。如圖 16. 。



圖16. 分枝在備註欄位標示同株

2.5 竹林

竹類調查不釘 RFID-Tag，於森林樣區調查系統選擇「竹林」頁籤後，逐一記錄竹種、枝數、平均胸徑及平均竹高。如為特定地點如銀合歡密生或稚樹密集發生區域，多數樣木密生且胸徑均未達 5 公分時，亦採本方式設置。並記錄樹種、株數、平均胸徑及平均樹高。如圖 17。



圖17. 輸入竹林調查成果之系統介面

2.6 枯立木與枯倒木

為瞭解林地枯立木及倒木累積生物量情形，除調查生立木外，另針對樣區範圍內且位於森林地表以上、直徑大於 10 公分之枯立木及倒木實施調查，採流水編號、不釘 RFID-Tag。並於森林樣區調查系統「枯倒」頁籤下記錄，操作介面如圖 20。

- (1) 編號：流水編號，不分枯立木及枯倒木，從 1 開始（系統自動產生）。
- (2) 型態：枯立木記 S；倒木記 F。位置：包含「方位角」、「樣區中心線至樣木距離」，如為枯立木需仿照生立木調查，記錄該樣木位於樣區之位置。如為倒木，不做位置紀錄。
- (3) 直徑：

- ◆ 枯立木：幹長超過 1.3 公尺，在 1.3 公尺處量測其胸高直徑，如圖 18. (a)；幹長未達 1.3 公尺，量上坡面

離地 0.2 公尺處直徑，如圖 18. (b)；幹長未達 0.2 公尺者不記錄。

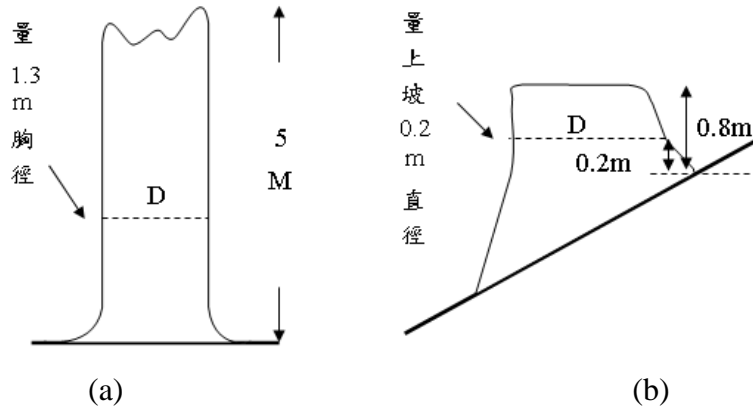


圖18. 枯立木量測樹徑之高度 (林務局 2009)

◆ 枯倒木：視為圓柱體，如有直徑大於 10 公分分枝，則將主幹、各分枝分別視為單獨的圓柱體，分別編號及進行直徑測量。倒木各段直徑，以該段二分之一幹長處所測數據為準，如圖 19.。

(4) 幹長：枯立木記錄樹根之頂梢之長度。倒木則記錄位於樣區範圍內各分枝之長度，超出樣區範圍的部份不計算。如圖 19.。

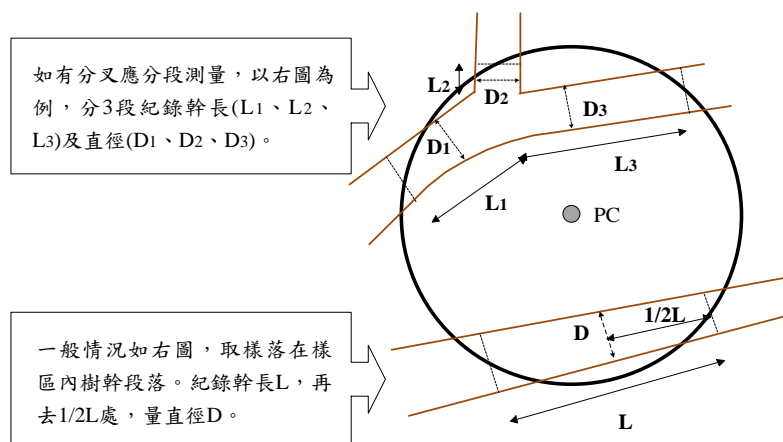


圖19. 倒木測計方式(林務局 2009)

(5) 腐爛程度：

由調查者判斷枯立木或倒木之腐爛程度，於表 13 敘述選定最符合者，以代號記錄。

表13. 腐爛程度代號

腐爛程度代號	腐爛程度情況
0	新近枯（倒），樹葉尚未完全脫落。
1	樹皮至形成層開始腐爛，大枝條尚留存。
2	邊材開始腐爛，大枝條尚留存。
3	心材開始腐爛，主幹尚留存。
4	邊材完全腐爛消失，僅留心材。
5	腐爛至無法分辨樹幹原始形狀。



圖20. 輸入枯立木與倒木之系統介面

2.7 樣區蓄積量計算

測計蓄積量之目的不在於森林收穫，乃在於其也是環境的重要

指標之一。林分蓄積量為胸徑與樹高之綜合性指標，蓄積量在不同年度之間的變化，適可反應山坡地保育的成效，並進而做為擬訂山坡地保育計畫之參考。

調查人員只需要選擇樹種，森林調查系統會依據樹種資料庫自動辨別對應之材積推估式，如表 14，系統內採用之材積推估式是第三次森林調查所採用之公式，準確地將此一立木資料代入最適合之材積推估式，最後計算蓄積量(stock)。在調查成果資料匯出時自動求算林木材積、單一永久樣區蓄積量及林分蓄積量。

表14. 第三次臺灣森林調查採用之材積推估式(林務局，1995)

材積推估式	適用樹種	備註
$V=0.0000944D^{1.9947} \times H^{0.6597}$	扁柏 紅檜 肖楠 台灣杉	民國 62 年林務局葉楷勳 累積偏差=0.0016% 平均偏差=13.29%
$V=0.0000728D^{1.9449} \times H^{0.8002}$	香杉 紅豆杉 鐵杉	民國 62 年林務局葉楷勳 累積偏差=0.19% 平均偏差=11.04%
$V=0.0000502D^{1.6628} \times H^{1.4511}$	琉球松	民國 59 年中興大學劉慎孝等 標準偏差=0.03616 複相關係數=0.9971
$V=0.0001136D^{1.7102} \times H^{0.9712}$	冷杉 雲杉	民國 62 年林務局葉楷勳 累積偏差=0.57% 平均偏差=9.32%
$V=0.0000844D^{1.6790} \times H^{1.0655}$	杉木	民國 53 年中興大學劉慎等
$V=0.0009015D^{1.9886} \times H^{0.6879}$	柳杉	民國 53 年中興大學劉慎孝等
$V=0.0000625D^{1.7792} \times H^{1.0587}$	松類 帝杉	民國 53 年中興大學劉慎孝等
$V=0.0004898D^{1.6045} \times H^{1.2550}$	樟樹 楠木類	民國 75 年中興大學羅紹麟等
$V=0.0008626D^{1.8742} \times H^{0.8671}$	儲櫟類 一般闊葉樹	民國 61 年林試所陳松藩

V ：單一立木材積(單位： m^3)。

D ：胸高直徑(單位：cm)

H ：樹高(單位：m)。

資料來源：林務局，1995，第三次台灣森林資源及土地利用調查

表15. 蓄積計算式

蓄積計算式	公式說明
永久樣區蓄積量計算式	$S = \sum_{i=1}^n Vi$ $\langle \quad \quad \quad \rangle$ <p> S : 永久樣區(0.01Ha)蓄積量(單位: m^3) V : 立木材積(單位: m^3) n : 永久樣區範圍內, DBH 大於 5 公分之立木株數 </p>
每公頃林分蓄積量推估式	$E=S/0.01$ <p> E : 林分單位面積蓄積量(單位: m^3/ha) S : 永久樣區(0.01ha)蓄積量(單位: m^3) </p>

2.8 樣區作業材料與儀器設備

樣區調查作業所採用的材料與儀器設備依照作業目的分為記錄器材、樣區標記工具、測量儀器與樣木生長測計工具，以下各節分別列舉說明此次複查所需的材料與儀器設備。

2.8.1 紀錄器材

記錄器材可分為一般常見的記錄表、記錄表夾、筆以及本計畫有特別作業要求的 PDA、RFID 晶片標籤與讀取器這幾項（表 16）。

表16. 記錄器材說明

項目	說明
文字記錄用具	記錄表、記錄表夾、筆，記錄用的筆須多攜帶不同類型與數量備用，以防因為掉落、遇雨水寫不出來。
RFID 晶片與讀寫感應設備	樣木採用錢幣式的 RFID 對晶片標籤 (Tag) 取代以往的樣木鋁牌，並具備存取功能，可將樣區與樣木資訊記錄於電子晶片標籤 Tag 中。本作業採用被動式感應 Tag，感應頻率屬於 13.56MHz 高頻段。
PDA	本計畫將調查成果藉由森林樣區調查系統於 PDA 中建立資料，再透過 RFID 讀寫感應設備傳輸到晶片標籤內。

2.8.2 樣區標誌工具

本次複查作業增設上坡樁與下坡樁，採用質料較硬的塑膠管；另外，靠近樣區中心點的 B 木需要釘掛樣區標誌牌，即 PC 鋁牌，標誌牌需要以數字鋼印敲出數字，詳參圖 21.。


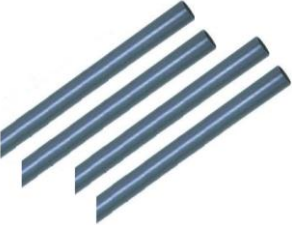
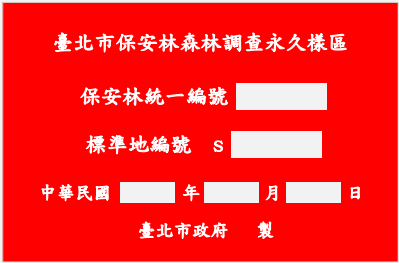
數字鋼印		上坡樁 與 下坡樁	
標誌牌			

圖21. 樣區標誌工具示意圖

2.8.3 測量儀器與設備

以下使用簡圖列出距離、方位、傾斜與導航的儀器設備，如圖 22.。

距離量測	 中距離卷尺	 測繩	 雷射測距儀
方位與傾角量測	 傾斜儀	導航	 導航 GPS

圖22. 測量儀器設備示意圖

2.8.4 樣木生長測計之儀器設備與工具

樣木生長測計主要用在胸高直徑、樹高、枝下高的量測，森林調查慣用之儀器設備以圖形示意如圖 23.：



測量樹高	測量胸徑
 <p>多功能雷射測量儀 (測高儀)</p>	 <p>直徑割</p>
 <p>測高桿</p>	
植物採集	
 <p>修枝剪</p>	 <p>高枝剪</p>

圖23. 樣木生長測計之儀器設備示意圖

第3章 資料建檔與彙整

當樣區作業完成後，透過森林調查資料庫管理，進行資料處理，現地調查之紙本、PDA 及 GPS 檔案等，均應於結束一次調查行程後予以輸出及建檔，最後將當次行程的檔案依照規範彙整。

3.1 匯出調查成果

連接 PDA 與桌上型電腦，將儲存現場資料的「Recoding.sqlite」傳送到 PC 端。透過 PC 端的報表匯出工具把 PDA 資料庫格式轉為 Excel 格式，如圖 24.。



圖24. 森林樣區調查報表管理程式畫面

3.2 彙整資料的方式

彙整方式及資料檔案命名如下及圖 25.。

(1) 母資料夾命名方式

以複查年度為母資料夾命名，如本年度複查資料夾命名為「100 年度複查樣區」，存放完成本年度樣區複查作業之 SQLite 資料庫及以一次行程為資料彙整為第二層資料夾。

(2) 一次行程為資料彙整為第二層資料夾

使用 7 碼文字與數字之組合，第 1-3 碼為複查行程日期「年」、

第 4-5 碼為「月」、第 6-7 碼為「日」。以調查隊於 100 年 10 月 05 日實施複查作業，資料夾應命名為 1001005。

- (3) 當次行程完成之樣區資料分別彙整為第三層資料夾以永久樣區編號作為資料夾名稱，存放樣區調查成果「森林樣區調查系統」輸出之樣區調查表與 GPS 行程軌跡檔案。調查成果的檔案名稱格式為「p_永久樣區編號.XLS」；GPS 行程軌跡的檔案名稱格式為「永久樣區編號.gpx」，如永久樣區 s423101 樣區資料夾命名為 s4231；調查成果的檔案名稱為「p_s423501.XLS」；GPS 行程軌跡的檔案名稱為「s423101.gpx」。

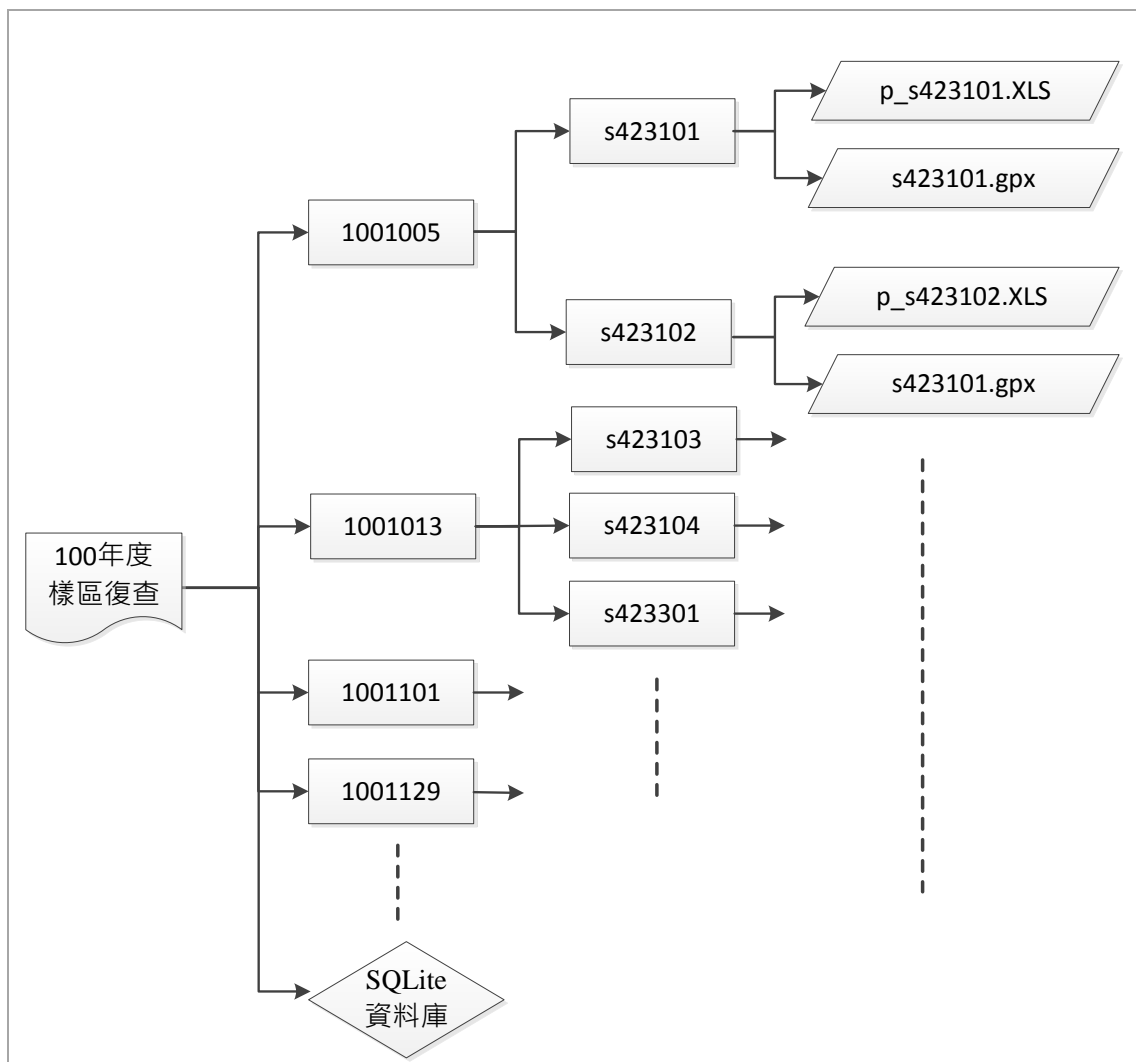


圖25. 彙整資料的方式

第4章 樣區查驗規範

本市森林永久樣區調查之查驗規範，乃以林務局第四次全國森林調查「事業區外地面樣區設置與調查工作查驗標準」(林務局 2009)為基礎而加以調整編修做成，林務局之標準明定查驗項目與其容許誤差範圍，是我國首創之森林調查規範，其成果相當受到各界肯定。

4.1 查驗項目與查驗表格

臺北市永久樣區設置與調查作業查驗表格如表 17 所示。

表17. 「臺北市永久樣區調查作業」查驗表

事業區外地面樣區設置與調查工作查驗表				
樣區編號：		丙方查驗人員：		
查驗日期： 年 月 日		乙方會同人員：		
查驗項目	查驗結果	合格 (請打勾)	不合格 (請打勾)	
1.樣區記錄				
GPS 行程軌跡記錄	(請以文字說明查驗結果)			
樣區資料紀錄	(請以文字說明查驗結果)			
2.樣木調查				
樣木標示	不合格樣木數：			
胸徑量測	不合格樣木數：			
樹種判釋	不合格樣木數：			
樹高	不合格樣木數：			
枯立木及倒木	遺漏樣木數：			
樣木方位角	不合格樣木數：			
樣木到樣區中心距離	不合格樣木數：			
其他	不合格紀錄數：			
總計不合格項目：	甲方代表：			
結果： <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	乙方代表：			
樣木調查細部紀錄				
樣木編號	不合格項目	原調查成果	查驗調查成果	備註
填寫說明：不合格項目代碼：S：樹種判釋；D：DBH 量測；H：樹高； F：倒木；L：樣木遺漏；R：其他紀錄 原調查成果填寫原樹種名、DBH、樹高、倒木值、標示及紀錄值； 查驗成果填寫查驗樹種名、查驗 DBH、查驗樹高、查驗倒木值、查驗遺漏樣木值、查驗標示及查驗紀錄值（不夠填寫可填至背面）				

4.2 查驗標準

臺北市永久樣區設置與調查作業查驗表如表 18 所示。

表 18. 「臺北市永久樣區調查作業」查驗標準

查驗項目	查驗標準	備註
樣區記錄	下述項目達 2 項以上不合格時，則樣區查驗不合格。	
GPS 行程軌跡記錄	GPS 行程軌跡未依規定格式詳實紀錄。	有此情況者，視為不合格。
樣區資料紀錄	樣區資料紀錄(海拔、坡度、方位角、地被種類...等)未依規定格式詳實紀錄，有此情況者，視為不合格。 未以塑膠桿標示上坡及正北位置。 樣區方位角誤差超過 ± 15 度。	有前述情形之一者，視為不合格。
樣木調查	下述項目有 1 項以上不合格時，則樣區查驗不合格。	
樣木標示	樣木應依調查手冊規定，於胸徑量取處釘上無線射頻辨識記錄系統 RFID 之標籤 tag，其位置容許誤差需在 ± 10 公分內。	同一樣區未符合標準樣木達 3 棵以上，即視為不合格。
胸徑量測	量取結果誤差應於 ± 1 公分以內。	同一樣區未符合標準樣木達 3 棵以上，即視為不合格。
樹種判釋	同一樣區若達 3 棵以上樹種判釋錯誤，即視為不合格。惟因樹種間親緣相近、外觀形態未有差異，且於調查當時無花、果等足供辨視特徵，以致其分類困難而無法歸責於乙方時，得經甲方同意，不列入計算。 雙方對樹種分類有爭議時，應在乙方會同下，由甲方負責採取符合標本製作規範足供辨識之標本，委請相關學術機構協助判定。	
樹高	實測部分容許誤差：樹高小於 10 公尺時為 ± 1 公尺，實測樹高 10 公尺以上，按照樹高 20% 為容許範圍 非實測部分容許誤差：樹高小於 10 公尺為 ± 2 公尺；樹高 10 公尺以上，按照樹高 30% 做為容許範圍。	同一樣區未符合標準樣木達 3 棵以上，即視為不合格。
枯立木及倒木	枯立木比照生立木標準。 倒木： 長度量測誤差應於 ± 50 公分以內。 直徑量取位置誤差應於 ± 25 公分以內。 直徑值量取結果誤差應在 ± 5 公分以內。	同一樣區超過此標準或漏計達 3 筆以上，即視為不合格。

查驗項目	查驗標準	備註
竹林	竹類直徑、高度有時在短時間會出現頗為明顯之落差，故查驗時以種類與枝(竿)數量 $\pm 30\%$ 為主。	同一樣區超過此標準，且無特別因素造成，即視為不合格。
樣木方位角	須記錄至整數位，誤差不得大於 ± 15 度。	同一樣區超過此標準達3棵時，即視為不合格。
樣區中心至樣木距離	須記錄至小數點後一位，誤差不得大於 ± 1 公尺。	同一樣區超過此標準達3棵時，即視為不合格。
其他	樣木如有遺漏未調查時，該樣木之樹種、胸高直徑、樹高、RFID 應分別視為四項不合格。	除前項目以外，其他相關記錄依其記錄筆數有3筆以上錯誤時，即視為不合格。

參考文獻

臺北市森林永久樣區作業模式

陳永寬、詹進發、成晨光、葉堃生、郭家隆、莊永忠，2003。「臺北市保安林檢訂管理」，臺北市九十一年度加速保安林檢訂管理研究成果報告，臺北市政府建設局，共 330 頁。

林務局在事業區外之工作手冊與規範

林務局森林企劃組，2009。第四次全國森林資源調查事業區外地面樣區設置與調查工作手冊，行政院農委會林務局，共 50 頁。

林務局森林企劃組，2009。第四次全國森林資源調查事業區外地面樣區設置與調查工作查驗規範，行政院農委會林務局，共 4 頁。

材積推估式

林務局，1995。第三次台灣森林資源及土地利用調查，臺灣省農林廳林務局，共 258 頁。

附錄

附錄 1、樣區資料紀錄代碼表

一、地形類別

代號	地形類別
1	沖積平原
2	沖積台地
3	海濱沙灘地
4	丘陵地
5	山坡、山腹
6	山谷河床湖泊
7	嶺線台地鞍部

二、樹冠密度

代號	樹冠密度
0	非林地或幼齡地 0% - 10%
1	散生 11% - 30%
2	疏生 31% - 50%
3	中密度 51% - 80%
4	密生 >80%

三、地被型態

代號	地被型態
0	無（土壤裸露）
1	非經濟竹類（含箭竹）
2	灌木類
3	硬草類
4	蔓藤類
5	軟草類
6	羊齒蘚苔類
7	其他

四、地被密度

代號	地被密度
1	無
2	1% - 10%
3	11% - 40%
4	41% - 70%
5	> 70%

五、地被高度

代號	地被高度
1	無
2	< 0.5 公尺
3	0.5-1.3 公尺
4	> 1.3 公尺

六、腐植層型態

代號	腐植層型態
0	無
1	森林地表層以下含有一層（或以上）倒木層者
2	地表為凋落物堆積，凋落物形體完整，無潮濕腐爛狀態
3	地表為凋落物堆積，凋落物濕腐，下層呈腐泥狀
4	其他（附註文字）

附錄 2、永久樣區複查作業裝備

一、個人裝備檢查表

檢查項目		量	確認	檢查		量	確認
食物與飲水	水壺			衣物	襪、帽		
	食具				風雨衣		
	主要糧食				禦寒衣物		
	緊急備糧				備用衣物		
宿	羽絨睡袋			鞋襪手套	手套		
	睡墊或地布				襪		
	露宿袋				登山鞋		
	帳篷				雨鞋		
行	頭燈與電池			袋	工具腰帶		
	登山杖				工作背包		
	指北針				登山大背包		
其他	打火機			其他	衛生紙		
	個人藥品				毛巾		

註：當次不必攜帶的項目，再數量上填「0」，表示以確認不必檢查。

二、團體裝備檢查表

檢查項目	量	行前清點	攜帶者
山刀或草刀			
通訊設備			
緊急醫療器材及藥品			
帳篷及外帳			
爐頭、鍋具及燃料			
收音機			
糧食及預備糧			

註：當次不必攜帶的項目，在數量上填「0」，表示以確認不必檢查。

三、外業調查材料與儀器設備檢查表

項目：量/電池/配件		負責人		項目：量/電池/配件		負責人	
生長測計				樹種鑑定			
	直徑尺				望遠鏡		
	測高桿				高枝剪		
*	測高儀				小枝剪		
					標籤		
					採集袋		
測量				記錄			
*	GPS			*	PDA		
	傾斜（羅盤）儀			*	RFID Reader		
*	測距儀				記錄表		
	中距離測繩				記錄表夾		
	中距離卷尺				筆		
	海拔計			*	數位相機		
	坡度計						
標誌工具與材料				釘掛			
	RFID 晶片標籤				鋁釘		
	PC 牌				鐵鎚		
	上坡樁及正北樁						
	數字鋼印						

註 1：負責人分為行前清點、行程當中攜帶者、操作者

註 2：需要電池的設備以「*」提示

四、外業攜帶之資料

資料項目	數量	確認	資料項目	數量	確認
作業範圍的地圖			一般公路地圖		
相關公文與證明			聯絡方式		

附錄 3、調查項目

森林調查之項目眾多，部份項目雖然出現在系統畫面，有些為視情況而使用該欄位，有些是系統自動產生編號，或是透過其他設備傳入之資料。

樣區調查項目	輸入備註	樣木調查項目	輸入備註
保安林統一編號	自動尋找對應之保安林	樣木號碼	讀取 Tag 自動產生
永久樣區編號		臨時編號	視現場作業需求添加的輔助項目
樣區坐標	從 GPS 接受器傳入	樣木距離	
樣區面積		樣木方位	
調查人員		樹種	
調查日期	自動產生	胸高直徑	
SP 胸徑	有設置 SP 才使用	樹高	
SP 樹高	有設置 SP 才使用	枝下高	
SP 至 PC 斜距	有設置 SP 才使用	樹冠級	
SP 至 PC 方位角	有設置 SP 才使用	備註	
SP 至 PC 高低角	有設置 SP 才使用	竹林編號	自動產生
SP 坐標 X	有設置 SP 才使用	種類	
SP 坐標 Y	有設置 SP 才使用	平均胸徑	
A 木樹種、胸徑		平均高度	
A 木樹高		枝(竿)數	
A 木距離		備註	
A 木方位角		枯木編號	自動產生
B 木樹種、胸徑		型態 S/F	
B 木樹高		距離	
B 木距離		方位角	
B 木方位角		胸直徑	
海拔		幹長	
坡度		腐爛程度	
方位角		備註	
地形			
含石率 (%)			
樹冠密度			
地被型態			
地被密度			
地被高度			
主要地被種類			
次要地被種類			
腐植層厚度 (公尺)			
腐植層型態			

附錄 4、系統功能與架構

臺北市區外保安林永久樣區調查系統系能提供現場調查記錄、調查資料彙整輸出、成果展示，相關功能將會有正式的操作手冊說明。以下簡介與調查作業直接有關聯的有「外業調查軟體」與「內業處理軟體」，調查者實際使用的設備與系統，仍須以正式的操作手冊為依據。

附錄 4.1 永久樣區調查系統-外業調查軟體

外業調查軟體為本應用系統之核心，乃原始調查資料之輸入裝置，PDA 是做為操控 RFID 與內建永久樣區調查系統之手持型裝備，本案森林永久樣區調查自動化應用系統開發，主要分為下列八大模組，功能說明如附錄表 1，其架構說明如附錄圖 1。

附錄表1. 野外現地調查軟體之功能模組

項次	功能	說明
1	GPS 模組	透過 GPS 獲得定位資料加以應用
2	雷射測距模組	利用 GPS 與雷射測距來判斷樣區位置 此次採購設備不包含雷射測距儀(本團隊自備)，單獨使用亦可直接透過 GPS 來判斷樣區位置
3.	輸入輔助模組	針對 PDA 輸入不便問題，提供相對的輸入輔助介面
4	調查顯示機制 模組	樣區樣木分布狀況與樣木樹冠級分布
5	調查記錄模組	外業人員調查後進行資料紀錄，包含樣區資料、樣木、竹林與枯倒(立)木
6	調查檢驗機制 模組	樣木調查檢驗，如樹高曲線、同株檢查等
7	RFID 與 PDA 通訊模組	讓 RFID 可以透過 PDA 進行通訊，進行 RFID Tag 資料讀寫
8	RFID 與 Tag 傳 輸模組	Tag 資料讀寫，資料查核與格式轉換



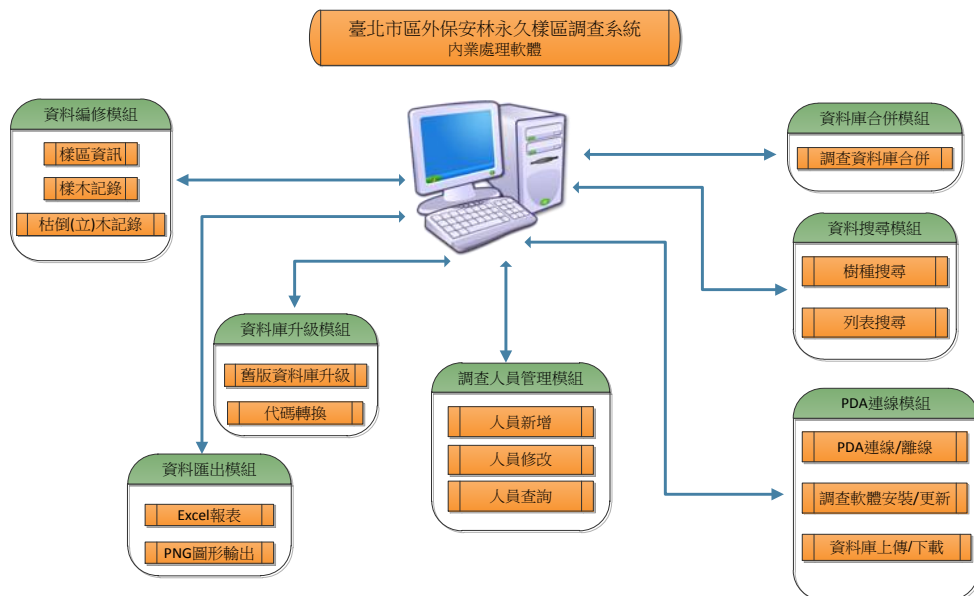
附錄圖1. 野外現地調查軟體架構圖

附錄 4.2 永久樣區調查系統-內業處理軟體

內業處理軟體之功能為後續資料處理，主要為產製報表。當樣區作業完成後，透過森林調查資料庫管理，進行資料處理，如附錄圖 2. 之使用者介面，提供功能主要為樣區資料檢閱，樣區資料整合，使用者管理與報表輸出。其主要分為下列七大模組，說明如附錄表 2，其系統架構如附錄圖 2.：

附錄表2. 內業處理軟體之功能模組

項次	功能	描述
1	資料編修模組	對於外業調查後資料，進行更細部的編修，解決外業調查上資料輸入的限制
2	資料匯出模組	將調查結果(針對樣區)，進行匯出成 Execl 檔(樣區資料)與 PNG 檔(樣木分布)
3	資料庫升級模組	目前僅供林務局第四次全國森林調查之用，針對舊版的資料庫做升級與解決 PDA 代碼問題。在保安林資料記錄已採用新版方式。
4	調查人員管理	對外業調查人員資料進行管理，包含新增、修改等
5	PDA 連線模組	管理電腦與 PDA 連線，並可協助安裝(更新)調查軟體與資料庫上傳下載
6	資料搜尋模組	對於資料庫預設樹種(有進行編號管理的)，進行列表(包含搜尋等功能)
7	資料庫合併模組	針對不同 PDA 的資料庫進行合併



附錄圖2. 內業處理軟體模組架構圖