

玉山國家公園郡大觀高地區台灣水鹿對
森林更新與結構影響勘查

**Surveying of the Effect of Sambar on the
Recruitment and Structure of Forests in the Areas
of Jyunda and Guangao in the Yushan National
Park**

受委託者：國立屏東科技大學

計畫主持人：翁國精

協同主持人：林宗以

計畫助理：楊書懿

玉山國家公園管理處

中華民國100年11月

謝 誌

本計劃承蒙玉山國家公園管理處之經費支持。玉山國家公園管理處保育課余佩珊等在行政之支援；學生楊書懿、葉川逢協助處理資料。而野外資料之收集則有賴山友和熱心野生動物保育的朋友 楊書懿、范震華、葉川逢、古訓銘、陳雪濤、陳邦光、林仕杰、施佩君、張桂秋等不辭辛勞的全力協助，方能使得本計劃得以順利完成，特此表達萬分之感謝。

玉山國家公園郡大觀高地區台灣水鹿對森林更新與結構影響勘查

目次

摘 要	VII
Abstract	IX
第一章 前言	1
第二章 材料與方法	5
第一節 研究樣區	5
第二節 研究方法	6
第三章 結果與討論	13
第一節 森林冠層樹種及地被植物受到台灣水鹿啃食或磨角損害現況勘 查	13
第二節 台灣水鹿對於森林植被結構與更新影響之評估	17
第三節 台灣水鹿對中、高海拔森林影響長期監測與因應規劃	19
第四章 結論與建議	55
第一節 結論	55
第二節 建議	56
參考書目	59
附錄一 玉山國家公園境內遭台灣水鹿啃食樹皮樹種名錄。●- 表示遭啃食樹皮較 嚴重的樹種。	61

玉山國家公園郡大觀高地區台灣水鹿對森林更新與結構影響勘查

附錄二	台灣水鹿啃食樹木樹皮或磨角痕跡記錄表	67
附錄三	評審會議審查委員意見及回覆情形	69
附錄四	期中報告委員意見及回覆情形.....	71
附錄五	期末報告委員意見及回覆情形.....	75

表 次

表 3-1	2011 年觀高郡大林道東線(取樣 700 公尺)、西線(取樣 300 公尺)及駒盆山到無雙吊橋(取樣 700 公尺)沿線兩側 10 公尺內各樹種遭水鹿啃食樹皮或磨角痕跡之數量(棵)、密度(棵/100 公尺)及死亡密度(棵/100 公尺)統計表。	33
表 3-2	2011 年觀高郡大林道東線(取樣 700 公尺)、西線(取樣 300 公尺)及駒盆山到無雙吊橋(取樣 700 公尺)沿線兩側 10 公尺內各樹種遭水鹿啃食樹皮、磨角痕跡及因而死亡之徑級分布(棵)統計表。	37
表 3-3	2011 年觀高郡大地區輻射穿越帶樣點中心自動相機台灣水鹿 OI 值、樣方糞堆密度、地被植物覆蓋度與穿越帶 (50 公尺 × 10 公尺 × 3 條) 內各樹種數量、遭水鹿啃食樹皮、磨角痕跡及因而死亡之比例比較表。	3838
表 3-4	2011 觀高及駒盆無雙地區輻射穿越帶內樹木徑級分布、遭台灣水鹿啃食或磨角的損害棵數及預期損害棵數比較表。	43
表 3-5	2011 年觀高及駒盆無雙地區永久樣區內樹木徑級分布、遭水鹿損害、不明原因死亡比例及樹皮受損等級分布比較表。受損等級，依樹皮受損區域佔樹幹胸圍比例(d)而定，分別為 0，無受損；1， $d < 25\%$ ；2， $25 \leq d < 50\%$ ；3， $50 \leq d < 75\%$ ；4， $75 \leq d < 100\%$ ；5，環狀剝皮。	43

圖 次

圖 2-1	郡大、觀高地區森林植被遭台灣水鹿損害現況勘查沿線調查路線及自動相機樣點位置圖。	11
圖 2-2	郡大、觀高地區森林植被遭台灣水鹿損害現況勘查輻射穿越帶與永久樣區位置圖	12
圖 3-1	2011 年郡大觀高地區沿線兩側 10 公尺內 6 種主要針葉樹種遭水鹿啃食樹皮、磨角痕跡及死亡的密度(棵/100 公尺)比較圖。	48
圖 3-2	2011 年郡大觀高地區沿線兩側 10 公尺內 6 種主要闊葉樹種遭水鹿啃食樹皮、磨角痕跡及死亡的密度(棵/100 公尺)比較圖。	48
圖 3-3	2011 年郡大觀高地區各調查區段沿線兩側 10 公尺內各樹種遭水鹿啃食樹皮、磨角痕跡及死亡密度(棵/100 公尺)比較圖。	49
圖 3-4	2011 年郡大觀高地區沿線兩側 10 公尺內各樹種遭水鹿啃食樹皮、磨角痕跡及死亡的樹木各胸徑級密度(棵/100 公尺)比較圖。	49
圖 3-5	觀高及駒盆無雙地區 7 個輻射穿越帶中草本層覆蓋度與水鹿糞堆密度之關係。	50
圖 3-6	觀高及駒盆無雙地區 6 個輻射穿越帶中草本層覆蓋度與水鹿糞堆密度之關係(駒盆無雙地區其中一個樣區因水鹿糞堆密度極高而未列入計算)。(直線為線性迴歸線)。	50
圖 3-7	觀高及駒盆無雙地區 7 個輻射穿越帶中水鹿糞堆密度與林木遭啃食或磨角的數目之關係。	51

- 圖 3-8 觀高及駒盆山區 7 個輻射穿越帶中水鹿糞堆密度與林木遭磨角的數目之關係。其中實心方塊為駒盆山西北稜黑水塘樣區，因樹木遭磨角棵數特別高而排除在線性關係分析之外。 51
- 圖 3-9 駒盆山鐵杉林永久樣區內台灣鐵杉(n=124)被台灣水鹿利用樹皮(含啃食樹皮及磨角)活存及死亡樹木數量分布圖，胸高直徑 (DBH) 等級每 5cm 為一組級。 52
- 圖 3-10 觀高及駒盆無雙山區永久樣區內各樹種(n=635)被台灣水鹿利用樹皮(含啃食樹皮及磨角)損害程度等級比例比較圖。損害等級，依樹皮受損區域佔樹幹胸圍比例(d)而定，分別為 0，無受損；1， $d < 25\%$ ；2， $25 \leq d < 50\%$ ；3， $50 \leq d < 75\%$ ；4， $75 \leq d < 100\%$ ；5，環狀剝皮。 52
- 圖 3-11 觀高及駒盆無雙山區永久樣區內針葉樹種(n=362)及闊葉樹種(n=273)被台灣水鹿利用樹皮(含啃食樹皮及磨角)損害程度等級比例比較圖。損害等級，依樹皮受損區域佔樹幹胸圍比例(d)而定，分別為 0，無受損；1， $d < 25\%$ ；2， $25 \leq d < 50\%$ ；3， $50 \leq d < 75\%$ ；4， $75 \leq d < 100\%$ ；5，環狀剝皮。 53
- 圖 3-12 觀高及駒盆無雙山區 7 條輻射穿越帶內有被台灣水鹿利用樹皮(含啃食樹皮及磨角)的樹種活存及死亡樹木數量分布圖，胸高直徑 (DBH) 等級分為 3 級，分別為小於 5 cm、5~20 cm 及 20cm 以上。 53

摘 要

一、研究緣起及方法

郡大及觀高地區位於玉山國家公園西北部，近年的調查顯示本區森林受到水鹿啃食嫩葉或樹皮的現象有擴大的趨勢。本計畫目的在利用沿線調查法、穿越線調查法及樣區調查法勘查郡大、觀高地區台灣水鹿族群現況，及水鹿對於本區塊森林植群的影響程度，並提出未來的研究方向建議。

二、重要發現

本研究共建置完成 5 個永久森林監測樣區，並記錄 28 科 72 種的樹木遭台灣水鹿啃食樹皮或磨角，並以台灣鐵杉、台灣赤楊、台灣雲杉、褐毛柳、紅檜、台灣華山松等受損較為嚴重。台灣水鹿的傷害已經擴及中海拔區域，造成許多紅檜成樹被水鹿啃食環剝死亡。

截至目前為止，在玉山國家公園境內遭台灣水鹿啃食樹皮的樹種已經有 41 科 139 種。本研究建議拉庫音溪溪源、楠梓仙溪林道及塔塔加地區做為後續監測及經營管理研究的地點。同時，可以以塔塔加及楠梓仙溪監測樣區做為民眾教育解說宣導的場所，尋求更多的社會支持。

三、主要建議事項

1. 台灣水鹿啃食樹皮的影響已擴及中海拔區域，並造成紅檜環剝死亡，未來將成為國內森林生態經營管理的重大挑戰。建議依照本研究的長期監測規劃建議地點進行相關研究，並辦理解說教育參訪，累積野生動物族群及森林生態經營管理的資訊與社會支持。

2.建議國家公園及林務單位可以參酌本研究整理的步驟、流程，投入相關研究，包括建置水鹿族群估算方法、圍籬試驗及各種防治方式效用試驗，以及早因應水鹿族群擴張對森林的影響。

Abstract

Jyunda and Guangao are located at northwest corner of the Yushan National Park. Surveys in recent years show that debarking and antler rubbing on trees by sambar is expanding in distribution. This project aims to reveal population status of sambar deer and its impact on plant communities via trail-side, transact and random plot surveys in Jyunda and Guangao, as well as to provide suggestions for future research.

This project established 5 permanent monitoring areas and recorded 72 species in 28 families of trees debarked or antler-rubbed by sambar. Among them, *Tsuga chinensis* var. *formosana*, *Alnus formosana*, *Picea morrisonicola*, *Salix fulvopubescens*, *Chamaecyparis formosensis*, and *Pinus armandii* var. *masteriana* suffered more than other species. Damages by sambar has expanded to mid-altitude and made *Chamaecyparis formosensis* die from girdling.

There have been 139 species in 41 families of trees debarked by sambar in the Yushan National Park. This project suggests Lakuin river head, Nanzixian river forestry road, and Tataka for future monitoring of sambar. Public education can also be conducted at Nanzixian river forestry road and Tataka for social support for the management of sambar population.

第一章 前言

鹿科、牛科等大型反芻獸(ruminant)經由選擇性啃食嫩葉、啃食樹皮(bark stripping)與磨角(antler rubbing)等行為對森林植種的更新、組成與結構產生影響(Alverson et al. 1988, Huntly 1991, Davidson 1993, Yokoyama et al. 2001, Kelly 2002, Côté et al. 2004, Post and Pedersen 2008, Gill and Morgan 2010)，並進而改變其他營養階層物種的族群動態及動物群聚生態結構(Côté et al. 2004, Allombert et al. 2005a, Allombert et al. 2005b, Martin et al. 2010)，其影響程度與速度會因動物族群密度、食物組成、食性喜好、生理狀態、啃食歷史、樹種胸徑等級、年齡等級、樹種特性、森林組成等有所變異(Tilghman 1989, Gill 1992a, 1992b, Côté et al. 2004, Verheyden et al. 2006, Saint-Andrieux et al. 2009, Gill and Morgan 2010)，牠們在高族群密度時，經常對森林動態具有關鍵性的影響(Tilghman 1989, Côté et al. 2004)。近年來國外在一些近岸島嶼進行黑尾鹿(*Odocoileus hemionus sitkensis*)對於森林生態影響的半自然實驗研究結果(Allombert et al. 2005a, Martin et al. 2010)，發現在缺乏自然天敵及人為狩獵壓力之下，黑尾鹿族群成長的外在限制因子消失或降低，使得牠們對森林植被的啃食強度快速增加，僅短短十數年就改變森林群聚組成，並讓森林生物多樣性朝向簡單化的方向發展，特別是在森林邊緣的區塊特別顯著，說明大型反芻獸對於植被群聚社會由上而下(top-down control; Nelson et al. 1960)的強大效應。

玉山國家公園為台灣早期少數有水鹿族群分布的區域(王穎等, 1988)，而自民國 72 年玉山國家公園成立後，園區內台灣水鹿族群穩定成長，分布範圍也逐步從園區核心深山區域擴散到園區邊緣(李玲玲及林宗以, 2007; 翁國精等, 2009; 姜博仁等, 2009)及外圍(李玲玲及林宗以, 2007; 姜博仁等, 2009)。這樣的趨勢，造成園區內許多中、高海拔地區(如南二段、新康橫斷及大分山區)的樹木因水鹿啃食或磨角而傷亡(林宗以等, 2006; 李玲玲及林宗以, 2007; 林

宗以，2008；翁國精等，2009；翁國精等，2010；吳海音，私人通訊），對中、高海拔園區的森林冠層樹種的更新、徑級結構、演替方向有明顯效應（翁國精等，2010）。同時，森林地被層及草地植被的覆蓋度、組成、垂直結構亦受到影響（翁國精等，2010；林良恭等，2009；林良恭等，2010），並改變森林底棲性鳥類的密度（林良恭等，2009；林良恭等，2010；姜博仁等，2010），未來可能也會影響棲息於中、高海拔區域的小獸類、中小型食肉目及阿里山山椒魚的族群與群聚動態。

近年在國家公園邊界的地區，如觀高（林良恭等，2009）、郡大溪流域（林良恭等，2010）、楠溪林道（楊國楨等，2010；林宗以，未發表資料）及玉山、塔塔加（姜博仁等，2009；姜博仁等，2010）等，台灣水鹿對森林棲地的影響亦開始顯現，說明牠們的影響程度與範圍有擴大的趨勢。而在國內其他有水鹿分布的國家公園或保護區內樹木遭水鹿啃食或磨角的跡象也有漸趨顯著的趨勢（李玲玲及林宗以，2003；吳海音，私人通訊）。因此，有必要全面性地了解園區內台灣水鹿的族群現況、動態及其對森林演替的效應，建立長期監測方法與網絡，並依其變動趨勢採取適當策略與措施。這將不僅有利於玉山國家公園園區內台灣水鹿的經營管理，也是保育園區內森林生物多樣性及維繫森林生態系功能的重要關鍵，其相關資料及經驗更可做為其他國家公園及林務單位在維護森林生物多樣性的重要參考資訊。

玉山國家公園西北園區包括郡大觀高地區、塔塔加地區、楠溪林道及玉山山塊等區域。其中，郡大觀高地區屬於中央山脈，位於西北園區邊陲。在經營管理分區上原規畫為一般管制區及遊憩區，但受到本區主要聯外道路郡大林道近 20 年的中斷阻絕，近年的調查（林良恭等，2009；林良恭等，2010）顯示本區林相逐步演替恢復，各類群生物資源豐富，已具備規畫為生態保護區的條件。然而，這些研究亦指出本區森林冠層植被及地被植物受到水鹿啃食嫩葉或樹皮的現象，有擴大的趨勢，並建議應立即投入監測台灣水鹿危害森林結構的程度並研議因應

對策。

基於此，本計畫利用沿線水鹿啃、磨痕跡記錄、輻射穿越帶及永久樣區設置的方式進行郡大、觀高地區台灣水鹿對森林樹種啃食樹皮及磨角損害現況勘查，並完成下列工作項目：

1. 勘查郡大觀高森林冠層樹種及地被植物受到台灣水鹿啃食或磨角損害現況，評估台灣水鹿對於郡大觀高地區森林植被結構與更新影響現況。
2. 勘查郡大觀高地區的台灣水鹿族群豐度及分布現況，做為水鹿啃食壓力指標。並與南二段及新康地區進行綜合比較，以了解水鹿族群豐度與啃食及磨角程度之關係。
3. 整合歷年資料，並參考國外鹿科動物管理經驗，提供未來監測台灣水鹿對高山森林生態系動態影響的方法及長期樣區規劃方案，做為未來防治森林危害及水鹿族群量經營管理研究的重要參考。

第二章 材料與方法

第一節 研究樣區

一、觀高地區

觀高地區以觀高登山服務站為中心，沿郡大林道往觀高東方及西方的林道進行勘查，海拔約 2490~2670 公尺間（圖 2-1）。觀高登山服務站為早期林道伐林的集散中心，依據林良恭等（2009）的調查顯示本區潛在原生植被以大葉石櫟、紅檜及鐵杉等林型為主，而在伐木過後的地區則以台灣赤楊及台灣二葉松等林型為主，整體植被處於伐林停止後的持續演替階段，受到水鹿等大型反芻獸密度增加的影響，底層植被覆蓋度有顯著降低的現象。目前本區共記錄有 5 目 13 科 27 種哺乳動物，包括台灣水鹿等 6 科 13 種中、大型哺乳動物，及 3 目 6 科 14 種的小獸類（翼手目及地棲小獸類），其中台灣水鹿相對豐度有增加的現象（林良恭等 2009）。調查時將本地區以觀高登山服務站為分界，分為郡大林道東線及郡大林道西線。

二、郡大林道下切無雙社往駒盆山區域(駒盆無雙地區)

本路線位於玉山國家公園西北邊陲，自郡大林道車行終點 32 公里處起登，沿廢棄林道路段腰繞至 45.3 公里無雙山登山口，由此下切經烏拉鼻溪營地至郡大溪的無雙吊橋，過無雙吊橋後陡上郡大溪和哈依拉羅溪雙溪口後方往駒盆山的登山路徑(駒盆山西北稜)上抵駒盆山及駒盆山中峰，本路線若沿稜續行可抵馬博拉斯山或黃當擴山。調查樣區位於無雙社到駒盆山中峰，屬於郡大溪上游流域，海拔 1500~3022 公尺（圖 2-1）。依據林良恭等（2010），本路線在郡大溪和哈依拉漏溪雙溪口附近的植被為樟櫟群叢，沿稜爬升林相逐漸轉為赤楊林，林下植被以少許草本、蕨類及灌木為主；海拔較高處則轉

為以紅檜、台灣鐵杉、台灣二葉松、台灣五葉松、華山松為主的針葉林，林下植被的蕨類則由玉山箭竹漸漸取代，駒盆山頂附近則有較大面積的玉山箭竹草地。目前本路線共記錄有 4 目 11 科 21 種哺乳動物，包括台灣水鹿等 4 目 6 科 13 種中、大型哺乳動物，及 3 目 6 科 8 種的小獸類(翼手目及地棲小獸類)。沿線均記錄有許多冠層樹木遭水鹿啃食樹皮或磨角的痕跡，以台灣赤楊、青剛櫟、紅檜、台灣鐵杉、台灣華山松、台灣二葉松較多（林良恭等，2010）。

第二節 研究方法

本研究分成野外勘查及分析規劃兩部分，在野外勘查工作方面共計完成 3 次勘查行程，分別為 2011 年 6 月及 10 月對郡大地區(無雙吊橋到駒盆山中峰)進行 2 次勘查，及於 2011 年 8 月對觀高地區進行 1 次勘查，用以評估本區域森林植被遭台灣水鹿損害現況(圖 2-1、2-2)。分析規劃部分則整合歷年玉山國家公園境內關於台灣水鹿與森林生態系等相關研究，並參考國內外其他研究結果與建議，規劃台灣水鹿對森林生態系影響長期監測研究與解說教育規劃。工作內容如下：

一、森林冠層樹種及地被植物受到台灣水鹿啃食或磨角損害現況調查

1. 沿線調查法：

分別於觀高地區沿著郡大林道東線、郡大林道西線及郡大地區駒盆山西北稜下往無雙吊橋的山徑(圖 2-1)，記錄調查路線兩側 10 公尺內遭台灣水鹿啃食樹皮或磨角的植種、胸高直徑等級、數量、存活狀況及路段位置(每 100 公尺為一路段)等。胸高直徑等級分為 3 級，胸高直徑為 5 公分以下記為 1，5-20 公分記為 2，20 公分以上者記為 3，調查時由研究人員以目視估算。其中郡大林道東線共計調查 700 公尺(7 個 100 公尺 × 20 公尺路段)、郡大林道西線調查 300 公尺(3 個 100 公尺 × 20 公尺路段)；駒盆山-無雙吊橋則沿駒盆

山頂經西北稜下切無雙吊橋的山徑，採每 500 公尺取樣 100 公尺的方式，共計調查 7 個 100 公尺 $\times$ 20 公尺路段。並與翁國精等（2009，2010）之調查結果比較，藉以呈現本區域調查範圍內台灣水鹿危害樹木的空間分布概況。

2. 輻射穿越帶調查法：

參考翁國精等（2009，2010）所採用之方法，於觀高地區郡大林道東線及西線各選取 1 個樣點為輻射穿越帶中心；郡大地區（駒盆中峰-無雙吊橋）則選取 5 個樣點為輻射穿越帶中心（圖 2-2），其中 4 條輻射穿越帶中心樣點為以自動相機架設樹為中心，駒盆山頂輻射穿越帶中心樣點則距離自動相機樣點約 450 公尺。每個輻射穿越帶中心樣點均距離至少 500 公尺以上，隨機選取第一條穿越帶的行進方向角度，之後進行 3 條長 50 公尺，寬 10 公尺之穿越帶調查，兩條相鄰的穿越帶之間夾角為 120 度。於穿越帶中記錄所有樹種（包含冠層樹種及地被灌木樹種）之種類、數量、胸高直徑等級（分為 5 公分以下、5-20 公分及 20 公分以上等 3 個等級）、水鹿啃食或磨角痕跡、存活狀況等資料。地被植物則於 3 條穿越帶內適當地點各選取 1 個 5 公尺 $\times$ 5 公尺的灌木樣方及 2 個 1 公尺 $\times$ 1 公尺草本層樣方，灌木樣方分別記錄灌木或幼樹（高度大於 30 公分）及幼苗（高度小於 30 公分）種類、數量、高度、總覆蓋度；草本樣方則記錄禾草類、闊葉草類及蕨類的高度、覆蓋度及總覆蓋度。並於 3 個灌木樣方以糞堆計數法（李玲玲及林宗以，2006）記錄樣方內台灣水鹿的糞堆數量，作為水鹿族群相對豐富度指標，以反應水鹿族群量與植物受損害程度之關係。

二、台灣水鹿對於森林植被結構與更新影響之評估

1. 森林樣區調查法：

於郡大地區(駒盆中峰-無雙吊橋)及觀高地區共設置 5 個永久樣區，大小

為 20 公尺 x 20 公尺，進行精密調查（圖 2-2）。永久樣區之劃設涵蓋幼樹發生區域及成熟林，以評估水鹿啃食對於幼樹更新及森林結構、組成的影響。調查時記錄樣區內胸高直徑大於 1 公分的樹木種類、胸高直徑、是否被啃食樹皮、磨角、樹皮受損等級、是否死亡及痕跡新舊等資訊。樹皮受損等級以目視判識，並依樹皮受損周長佔樹幹周長百分比比例分成 6 個等級，無受損記錄為 0，當受損周長佔樹幹周長在 25%以下記錄為 1、25-50%記錄為 2、50-75%記錄為 3、75%以上但未環剝記錄為 4，樹幹被環剝記錄為 5。並參考翁國精等（2009）之判斷方式來確認痕跡種類及是否為水鹿所造成。統計各樹種不同徑級之樹木遭水鹿損害之狀況，並比較每種樹種之原始徑級分佈（包含所有死亡及存活個體）、受水鹿損害之個體徑級分佈（包含死亡及存活個體）、受水鹿損害並死亡之個體徑級分佈，及存活個體之徑級分佈，以瞭解水鹿造成之損害是否改變森林植被結構或影響森林更新。此外，將估算樣區內樹冠層、灌木層（樹高 2 公尺以下）及草本層的覆蓋度及高度。

2. 輻射穿越帶調查法

整合第 1 項之調查結果，依胸高直徑等級（分為 5 公分以下、5-20 公分及 20 公分以上等 3 個等級），比較各胸高直徑等級受水鹿影響的程度差異。輻射穿越帶調查法採用快速但較為粗略的估計方式，廣泛於調查範圍中取樣，以呈現水鹿損害的分佈狀況。森林樣區調查法採用詳細的調查方式，雖然費時且樣本數較低，但能獲得較準確的水鹿危害狀況評估。

三、台灣水鹿族群豐度及分布現況

本研究主要以輻射穿越帶內所進行的糞堆計數法，來評估台灣水鹿族群在計劃勘查範圍內不同地點的相對豐富度。同時，並於 2011 年 6~9 月期間在無雙吊橋到駒盆山中峰沿線，於輻射穿越帶中心點設置數位紅外線自動相機，以獲得該地點水鹿出現指數(OI 值)，以此做為該地點啃食壓力的指標，以評

估水鹿出現指數跟森林植被遭水鹿神樹皮或磨角痕跡比例的關係。

使用的相機機型包括有 Cuddeback Expert 及 Capture 兩種，兩者均為水平架設並向下略為傾斜，夜間光源均為閃光燈，但前者白天時段可以設定錄影（10-60 秒），後者僅有照相功能。架設高度依地形而有所調整，以能夠偵測水鹿為標準，距離地面約 30~100 cm 不等，Expert 的錄影時間設定為 15 秒。共計於無雙吊橋到駒盆山中峰間架設 5 個樣點，各樣點相隔 500 m 以上，分布海拔範圍 1500 m – 3002 m。

各個相機架設樣點的水鹿相對豐度以出現指數(Occurrence Index, OI 值，裴家騏及姜博仁，2004) 來表示，出現指數之計算方式為：

出現指數 = (物種在該樣點的有效照片數 / 該樣點總工作時數) * 1000
小時

其中，樣點工作時數是指相機開機測試時間與最後一張照片顯示時間的間隔，以小時為計算單位，樣點總工作時數則為各次工作時數的加總；有效照片是指有攝得動物的照片，但若在半小時內，連續拍得同種動物，且無法區別個體時，將之視為同一筆記錄；而同一張照片若記錄有一隻以上的個體或一種以上的動物，則每隻個體均視為單一筆記錄。

此外，調查期間亦由研究人員以緩慢步行的方式，分別以目視、聲音、排遺、足跡、啃食痕、耙痕、拱痕、泥浴打滾痕、屍骸等跡象，藉以呈現水鹿活動跡象在調查範圍內的空間分布狀況。

四、台灣水鹿對中、高海拔森林影響長期監測與因應規劃

整合本研究資料及翁國精等(2009、2010)在南二段、新康橫斷的研究結果，並參考東華大學何紋靈（2011）在大分山區及本研究團隊成員（林宗以，未

發表資料) 先前在楠溪林道的調查結果, 建立玉山國家公園園區內台灣水鹿啃食樹皮及磨角的樹種名錄及損害等級。並依此為基礎, 參考國外關於鹿科動物影響森林生態 (Gill 1992a 1992b; Fuller & Gill 2001; Gill & Beardall 2001; Côté et al. 2004; Post & Pedersen 2008)、啃食樹皮原因研究 (Gill 1992a) 及危害防治方法 (Craven & Hygnstrom 1994; Gegner 2003) 等相關研究結果, 規畫未來玉山國家公園台灣水鹿族群動態監測研究、台灣水鹿對森林生態系 (植被、鳥類、小獸類、兩生類等) 影響的長期監測研究及標準調查項目, 以協助玉山國家公園逐步建立台灣水鹿族群管理及森林生態系經營管理的方法。



圖 2-1 郡大、觀高地區森林植被遭台灣水鹿損害現況調查沿線調查路線及自動相機樣點位置圖。



圖 2-2 郡大、觀高地區森林植被遭台灣水鹿損害現況調查輻射穿越帶與永久樣區位置圖

第三章 結果與討論

第一節 森林冠層樹種及地被植物受到台灣水鹿啃食或磨角損害現況勘查

綜合各項調查方法，本年度於郡大觀高地區共記錄 28 科 72 種的樹木遭台灣水鹿啃食樹皮或磨角，包括 27 科 71 種被啃食樹皮、18 科 35 種被磨角(附錄一)。其中，觀高郡大林道東、西線共記錄有 18 科 36 種的森林樹種遭水鹿啃食樹皮或磨角、郡大地區(駒盆山中峰-無雙吊橋)則記錄 22 科 55 種遭水鹿啃食樹皮或磨角(表 3-1~3-4)，觀高地區以台灣鐵杉、台灣赤楊、台灣雲杉、褐毛柳、紅檜等受損較為嚴重，其次為狹葉櫟、阿里山三斗石櫟、玉山假沙梨、鄧氏胡頹子、台灣紅榨槭等；駒盆-無雙地區以台灣華山松、台灣鐵杉、紅檜受損較為嚴重，其次為台灣赤楊、狹葉櫟、山枇杷、台灣肉桂、屏東木薑子等。而就傷害類型及樹種類型而言，水鹿啃食樹皮對於森林樹種所造成的影響程度與樹種大於磨角，對於針葉樹種的損害程度也高於闊葉樹種。在棲地空間分布上，以接近郡大林道兩側及玉山箭竹或高山芒草地與森林交接處遭啃食環剝致死的比例最高，距離林道或是森林邊緣較遠的森林內部，樹木受損情形有降低的現象。

在森林地被植物覆蓋度上，除了部分二葉松幼樹林外，本區域大部分森林的地被覆蓋度均不高，特別是遭水鹿啃食樹皮或磨角較嚴重的森林區塊，地被植物覆蓋度大部分為 10~15%，部分甚至未達 5%。

整體而言，本區域台灣水鹿對於森林植種的傷害有漸趨嚴重的趨勢，除了在高海拔地區如同南二段及新康橫斷山區的狀況，造成台灣鐵杉、台灣雲杉幼樹及成樹大量環剝枯死外，本研究也發現中海拔區域有大量徑級達 20 公分以上的紅檜被水鹿啃食環剝死亡，說明本區域台灣水鹿對於森林植種的影響已經擴及到中海

拔山區。以下依照各取樣方法一一進行探討。

一、沿線調查結果

本年度於觀高地區郡大林道東線(取樣長度 700 公尺)、西線(取樣長度 300 公尺)及郡大地區的駒盆-無雙山徑(取樣長度 700 公尺)，各進行一次台灣水鹿啃食或磨角新鮮痕跡調查，在林道及步道沿線兩側 10 m 內總 48 種共 1595 棵樹木遭台灣水鹿損害樹皮(啃食 1336 棵；磨角 349 棵)，其中以台灣鐵杉受影響最大(啃食 17.9 棵/100 公尺；磨角 8.8 棵/100 公尺；死亡 21.8 棵/100 公尺)，台灣赤楊、台灣雲杉、紅檜、褐毛柳、台灣華山松、鄧式胡頹子、狹葉櫟等次之(表 3-1、圖 3-1、3-2)。其餘樹種在林道及步道沿線兩側 10 m 內遭水鹿損害密度均少於 2 棵/100 公尺(表 3-1)。就傷害形態所造成的死亡比例而言，啃食樹皮高於磨角，可能和啃食樹皮所移除的樹皮面積經常較磨角行為大，更容易造成樹木環剝或是感染黴菌而致死有關。

在 3 個調查區段中，不論啃食、磨角痕跡數量或是死亡數量均以觀高地區的郡大林道東線最高，郡大西線次之，駒盆無雙線最低(表 3-1、圖 3-3)。各區段主要受影響樹種，郡大東線為台灣鐵杉、台灣赤楊、紅檜、台灣雲杉及褐毛柳；郡大西線為台灣赤楊、台灣雲杉、褐毛柳；駒盆無雙為台灣華山松、台灣鐵杉及紅檜(表 3-1)。

就樹木形態來探討，本區域 6 種主要針葉樹種中，以台灣鐵杉受損最為嚴重，並以小徑級幼樹死亡數量最高，而台灣雲杉及紅檜損害亦屬嚴重，主要為遭啃食樹皮環剝致死，其中不乏胸徑級大於 20 公分的大樹(表 3-2、圖 3-1)。闊葉樹種樹皮遭水鹿損害的種類雖多，但只有少數樹種受損害較大。損害最為嚴重的闊葉樹種為台灣赤楊與褐毛柳，均以 5-20 公分徑級的個體為主，其次為狹葉櫟、阿里山三斗石櫟、鄧氏胡頹子及玉山假沙梨(表 3-2、圖 3-2)；整體而言，針葉樹種遭水鹿的損害程度高於闊葉樹種(表 3-2)。

如果不分樹種，僅比較 3 個樹木胸徑等級遭水鹿損害的狀況，發現本區

域步道沿線兩側 10 公尺，水鹿啃食樹皮及磨角主要發生在胸徑小於 20 公分的樹木（圖 3-4）。其中，啃食以胸徑 5-20 公分等級的樹木被水鹿啃食樹皮的棵數最高，其次為胸徑小於 5 公分的幼樹，磨角則以胸徑小於 5 公分徑級的棵數最高，5-20 公分徑級次之，且均明顯高於胸徑大於 20 公分樹木的損害棵數（圖 3-4）；因而死亡的個體也集中在 20 公分以下的徑級（圖 3-4）。

與翁國精等（2009、2010）在南二段及新康橫斷的結果相比，就針葉樹種而言，三個地區趨勢大致一致，均以台灣鐵杉受損最高，特別是小徑級的幼樹。而在南二段與新康橫斷因為海拔較高的因素，沿線台灣冷杉受損數量僅次台灣鐵杉，台灣雲杉及台灣華山松則和本區域狀況類似，亦屬嚴重；而不同於南二段及新康橫斷，本區域發現有大量生長在中海拔的紅檜被啃食環剝死亡（表 3-1），說明玉山國家公園園區內台灣水鹿對於森林植種的影響已經擴及到中海拔森林。而翁國精等(2009、2010)指出台灣水鹿鮮少啃食台灣二葉松，僅有當台灣鐵杉、台灣冷杉等水鹿喜好啃食的樹種個體大多遭啃食死亡後，台灣水鹿才會開始轉而利用台灣二葉松的樹皮。本研究今年在駒盆山頂附近也發現有部分台灣二葉松開始被啃食樹皮，說明駒盆山頂附近的台灣鐵杉等樹種可能已受損相當嚴重，需要持續監測其後續發展。

二、輻射穿越帶水鹿啃食樹皮及磨角調查

本研究在觀高及駒盆無雙兩個地區共設置 7 個輻射穿越帶樣點，共計 21 條 50 公尺 × 10 公尺的穿越帶，共記錄 1185 棵樹木，包括 52 種及 5 棵樹種不明的樹木，其中有 409 棵樹遭水鹿啃食樹皮，136 棵樹有水鹿磨角的痕跡，被水鹿啃食樹皮或磨角的棵數約佔 40.3%（表 3-3），並有 22 種 108 棵樹因而死亡。同時本研究並在每一組輻射穿越帶上進行糞堆計數做為啃食壓力指標，其中駒盆無雙地區的樣點並同時架設數位紅外線自動相機取得台灣水鹿的出現指數，做為樣點間台灣水鹿相對豐度的指標；並進行灌木及草本層（分成闊葉草類、禾草類及蕨

類)等地被植物的覆蓋度及高度，以了解水鹿啃食壓力跟地被植物覆蓋度等的關係。分析如下：

1. 樹木胸徑級與啃食樹皮痕跡或磨角痕跡(合併啃食及磨角分析)之相關性

綜合觀高與駒盆兩條調查路線的輻射穿越帶調查結果，發現樹木胸徑(DBH)等級與水鹿啃食或磨角與否接近顯著水準($p = 0.078$)，其中水鹿利用 $DBH < 5\text{ cm}$ 的樹木頻率稍低於期望值，而利用 $DBH > 20\text{ cm}$ 的樹木頻率稍高於期望值(表 3-4)。若區分兩調查路線，則在觀高地區當中，DBH 與水鹿啃食或磨角與否無關($p = 0.22$)；在駒盆山區當中，水鹿利用 $DBH > 20\text{ cm}$ 的樹木啃食或磨角的頻度高於預期，而在 $DBH < 5\text{ cm}$ 的樹啃食或磨角的頻率則低於預期($p = 0.006$, Chi-square test)。

2. 林下草本層覆蓋度與水鹿糞堆密度及林木遭啃食或磨角數目的關係

綜合觀高與駒盆兩條調查路線的輻射穿越帶調查結果，發現草本層覆蓋度與水鹿糞堆密度成非線性的正相關，如圖 3-5。若不考慮水鹿糞堆密度特別高的樣區(駒盆山頂 GPWS4，密度=12000 堆/公頃，表 3-3)，則草本層覆蓋度與水鹿糞堆密度成線性的正相關，如圖 3-6。此結果顯示水鹿活動頻度隨著林下草本層的覆蓋度增加而提高。

然而，若綜合林木遭啃食或磨角的總棵數，則水鹿糞堆密度與林木遭啃食或磨角的總棵數無關無關(圖 3-7)。若分別考慮林木遭啃食與磨角的數目，則水鹿糞堆密度與林木遭啃食的數目無關。但水鹿糞堆密度與林木遭磨角的數目則可能成正相關，尤其若不考慮駒盆山西北稜黑水塘之輻射穿越帶(OC3)時，則水鹿糞堆密度與林木遭磨角的數目成極為顯著之線性關係(圖 3-8)，顯示水鹿活動頻度越高的地區，林木遭磨角的數目也越高，但與林木遭啃食的數目無關。

此結果似乎與翁國精等（2010）的結果不符，翁國精等（2010）發現自動相機拍攝的水鹿出現指數（OI 值）與鐵杉及冷杉遭啃食或磨角的比例成正相關。然而，本研究並非記錄林木遭啃食或磨角的比例，而是實際數目，且本研究所記錄的樹種不限於鐵杉和冷杉，而是包含所有樹種。此外，本研究以水鹿糞堆密度反應水鹿於樣區中的活動頻率，然而水鹿糞堆具有累積性，不如自動相機能即時反映研究期間水鹿的實際活動頻度，因此本研究的結果無法完全呈現水鹿的活動與林木遭啃食或磨角的關係。本研究建議未來若需要水鹿的族群量或活動頻度的即時資訊，仍以自動相機為較佳的評估工具。

第二節 台灣水鹿對於森林植被結構與更新影響之評估

一、森林永久監測樣區劃設與分析

本研究共建置完成 5 個永久森林監測樣區，包括駒盆山頂附近的鐵杉林樣區、駒盆山西北稜的台灣二葉松-紅檜混淆林樣區、觀高地區的鐵杉-紅檜混淆林樣區、昆欄樹-阿里山三斗石櫟為主的闊葉混淆林樣區，以及無雙吊橋附近以台灣肉桂-屏東木薑子-臺灣杉造林為主的針闊葉混淆林樣區。5 個樣區共測量樹木 33 種 635 棵（表 3-5），包含台灣鐵杉、台灣二葉松、台灣華山松、台灣雲杉、紅檜、台灣杉等 6 種針葉樹及台灣肉桂、台灣赤楊、屏東木薑子、狹葉櫟、台灣紅榨槭等 27 種闊葉樹種以及 5 棵不明樹種。樣區樹種數量以台灣鐵杉的比例最高，台灣二葉松次之，闊葉樹種則以薄葉柃木、厚葉柃木、細枝柃木、阿里山三斗石櫟較多，其他樹種比例較少（表 3-5）。

雖然，因屬勘查性質，各林型樣區數量均只有單一樣區，各樹種數量均不足以進行統計分析。但仍可看出大致趨勢，駒盆山西坡面的鐵杉林樣區如同先前南二段及新康橫斷的結果，面臨相當嚴重的啃食壓力，全部 124 棵鐵杉中有 79.8%

遭水鹿啃食樹皮，並造成 62.1% 的鐵杉環狀剝皮，64.5% 的個體死亡，若再加上一些不明原因死亡的個體，整個樣區死亡的鐵杉個體比例達 83.9%，鐵杉林以小於 20 公分的幼樹死亡比例最高(50.8%)，對此一鐵杉林的更新與結構產生嚴重影響（表 3-5、圖 3-9）；而在駒盆山西北稜的台灣二葉松-紅檜樣區，3 棵紅檜均被水鹿嚴重啃食樹皮，其中有 2 棵被啃食環剝死亡，另一棵 30 公分徑級的紅檜樹皮受損面積也達周長的 95%，近乎環剝，這樣的現象使得原本成長良好的紅檜中年期樹木個體死亡，將抑制本地區發展為紅檜林的演替方向，而朝向二葉松純林的方向發展（表 3-5）；觀高郡大林道東線的樣區為一台灣鐵杉-紅檜混淆林，並以幼樹居多，樹木密度相當高，共計有 19 種 387 棵的樹木個體。但可能受到林下有多段巨大枯倒木的影響，本樣區被水鹿啃食或磨角的比例不高(10.1%)。被啃食的樹種以台灣鐵杉為主，佔被啃食個體的 70%，並造成 25 棵鐵杉幼樹死亡；紅檜亦有少許幼樹遭啃食，由於啃食比例不高，目前無法看出後續發展趨勢，有待長期資料的收集（表 3-5）。本樣區擁有數量相當的台灣鐵杉及台灣紅檜幼樹，而兩者遭水鹿啃食樹皮的壓力均很大，後續可以持續追蹤在水鹿啃食壓力下，對兩者競爭現象的影響；2 個闊葉林樣區分別位於觀高地區的郡大林道西線及無雙吊橋附近，郡大林道西線的樣區以阿里山三斗石櫟、昆欄樹為冠層優勢植種，兩者均有被水鹿啃食的痕跡。其中，前者 18 棵中有 9 棵被啃食樹皮，2 棵被磨角，並造成 1 棵環剝死亡。樣區內所有樹種被水鹿啃食及環剝的比例為 42.8%，由於均為成熟樹，僅造成 3 棵樹木死亡（表 3-5）。位於無雙吊橋附近闊葉林樣區，冠層優勢植種為台灣肉桂與屏東木薑子，邊坡與台灣杉造林地相鄰，樣區跨越兩種不同林份。共記錄有 7 種 28 棵的樹木，數量上以人造林的台灣杉幼樹最多(19 棵)。其中，台灣杉有 31.5% 的個體被水鹿啃食樹皮或磨角，並造成 1 棵環剝死亡；9 棵闊葉樹則有 5 棵被水鹿啃食，包括 1 棵徑級達 105cm 的台灣肉桂（表 3-5），而鄰近的台灣肉桂被啃食的比例也超過 60%（表 3-3 中的 GPWS1 輻射穿越帶）。由於闊葉林組成遠比針葉樹林複雜，未來如果要監測水鹿啃食對於闊葉林演替與更新的影響，

需要更多的樣區方能釐清。

由永久樣區取樣結果顯示，目前台灣水鹿對於本區域台灣鐵杉更新及結構的影響已漸趨嚴重（圖 3-9），並已經開始影響到中海拔紅檜幼樹及中年期成樹的存活，對中海拔檜木林的結構與組成將逐步產生明顯效應。永久樣區內各樹種樹皮遭台灣水鹿損害等級以 5 級(損害程度 75~99%)所佔比例最高（圖 3-10），主要發生在針葉樹種，闊葉樹種則以損害等級為 1 級(損害程度 75~99%)的比例最高（圖 3-11）。沿線啃食及磨角痕跡調查也顯示本區域水鹿損害樹皮的程度已趨嚴重，應持續監測此趨勢對本區域台灣鐵杉、台灣雲杉、台灣紅檜及台灣二葉松間競爭與森林結構及更新的後續效應。

另由前面章節對輻射穿越帶的徑級分析結果，也顯示水鹿對於小徑級樹木個體的損害高於大徑級的個體（圖 3-12），將使得森林底層或邊緣的幼樹遭遇較大的啃食壓力，推測將不利於水鹿偏好啃食利用樹種的更新。未來可繼續利用輻射穿越帶的取樣方式，透過快速大量的取樣來分析水鹿對各樹種樹皮啃食的選擇性，預測在高密度水鹿啃食壓力下森林結構與組成的演替方向。

第三節 台灣水鹿對中、高海拔森林影響長期監測與因應規劃

一、歷年玉山國家公園園區內台灣水鹿對森林生態系影響匯整

近十年來，台灣水鹿在高山型國家公園及保護區的數量與分布均呈現穩定成長與擴張，隨著這樣的趨勢，牠們對於森林生態系的效應就越來越明顯，成為未來國內野生動物與森林經營管理的潛在問題，必須即早投入研究因應。玉山國家公園近年來已陸續針對台灣水鹿啃食森林樹種樹皮及磨角等行為對於高海拔針葉樹種更新、結構與演替的影響進行研究（林宗以等 2006、翁國精等 2009、2010），發現台灣水鹿啃食樹皮及磨角行為對高海拔針葉樹種具有選擇性。其中，台灣鐵

杉、台灣冷杉、台灣華山松及台灣雲杉等樹種被啃食比例高於預期，並以胸徑小於 20 公分的幼樹損害最為嚴重；但牠們卻幾乎不啃食台灣二葉松的樹皮，對於台灣二葉松樹皮的損害主要來自磨角行為，並以徑級小於 10 公分的幼樹為主。同時也發現，牠們對於徑級 10 公分以上的台灣二葉松樹皮的利用，僅發生在其他樹種已經被高度利用的少數地區，如南二段的轆轤山區、拉庫音溪源頭谷地及本研究新發現的駒盆山頂附近，翁國精等(2010)並依此現象建議可以以此做為台灣水鹿族群密度已經達到環境承載量的指標。此種選擇性啃食的行為已然對玉山國家公園境內高海拔山區，如南二段、新康橫斷及觀高、駒盆等山區針葉樹種的更新、結構與演替造成影響。對於鐵杉林與冷杉林等溫帶針葉林面積的擴充產生抑制效應，有利於玉山箭竹或高山芒等高山灌叢草地面積的維持與擴張；同時，也對火災等干擾過後成林的台灣二葉松林，在沒有水鹿啃食下將朝向鐵杉林或冷杉林的演替方向產生抑制作用，降低二葉松林內森林植種的多樣性，有利於二葉松林朝向更純林化的方向演替（翁國精等 2010）。

而本研究及何紋靈(2011)進一步發現玉山國家公園境內台灣水鹿啃食樹皮與磨角的現象已經擴及到園區內的中、低海拔區域，造成許多闊葉樹種死亡，如台灣赤楊、狹葉櫟、褐毛柳等。而更需要留意與關注的是，本研究發現本區域已有為數不少的紅檜成樹遭水鹿啃食樹皮而環剝死亡，且徑級可達近 50 公分。預期這樣的趨勢將隨著水鹿族群密度的增加而加劇，將會對中海拔紅檜的族群產生影響，可能會因此降低中海拔森林垂直結構的高度與層次等空間異質性，並對檜木林帶的生物群聚結構及多樣性產生連鎖反應，必須及時投入研究監測其後續變化來因應。

匯整本研究團隊成員歷年來的相關調查計畫(李玲玲及林宗以 2007、林宗以 2008、翁國精等 2009、翁國精等 2010)、東華大學何紋靈（2011）在大分地區的啃食樹皮、磨角行為研究及本研究團隊成員在楠溪林道的個人調查(林宗以，未發表資料)結果，發現到目前為止，在玉山國家公園範圍內共記錄有 41 科 139 種的

植種（附錄一）遭台灣水鹿啃食樹皮。各樹種遭啃食的程度在地區上略有差異，但以台灣鐵杉、台灣冷杉、台灣雲杉、台灣華山松、台灣黃杉、紅檜等針葉樹，及台灣赤楊、台灣鵝掌柴、苗栗冬青、玉山假沙梨、山枇杷、鵝掌柴、褐毛柳、山桐子、霧社木薑子、屏東木薑子、台灣肉桂、水麻、高山櫟、狹葉櫟、阿里山三斗石櫟、石朴等遭啃食樹皮的程度較為嚴重。其中，針葉樹種的死亡狀況高於闊葉樹種，死亡的個體絕大多數為遭環狀剝皮的個體，但有少許闊葉樹種可能是樹皮性質的關係，即使被環狀剝皮仍然能夠存活。

二、國外對於鹿科動物啃食樹皮的防治方式與流程

大型鹿科動物對於森林的為害在歐、美、日等地區已經存在非常多年（Gill 1992b, Putman 1996, Fuller & Gill 2001, Potvin et al. 2003, Rooney & Waller 2003, Takatsuki 2009），造成林業、農業的損失（Côté et al. 2004）及許多共域生物族群及群聚結構的劇烈波動（Côté et al. 2004, Martin 2007, Martin et al. 2010）。包括優勢地被植物或冠層樹種的替換、重要經濟樹種更新的全面失敗，許多棲息在濃密森林底層植被的鳥類（Martin 2007）、小獸類地區性的滅絕，而影響到牠們整體的族群數量與分布（Côté et al. 2004）。而近年的研究（Martin et al. 2010）更發現在缺乏大型食肉目等天敵或是狩獵壓力的環境中，僅需要短短十數年的時間就足以顯著降低森林組成及多樣性。同時，在許多地區更因為鹿科動物道路車禍及其所媒介的疾病傳染造成人員傷亡（Côté et al. 2004）。這些均使得國外對於鹿科動物的危害管理及族群經營相當重視，本研究即參酌國外在防治大型鹿科動物危害植物的一些措施（Craven & Hygnstrom 1994; Gegner 2003），提出國家公園管理處在面臨水鹿等草食獸危害森林植種時的管理步驟與策略供參考：

1. 確立經營管理目的：面臨危害時，為了選擇合適的策略，事先確立目的是相當重要的。可以依照經營管理目的並就以下問題來思考因應策略- 危害狀況有多嚴重，是否造成生態系整體生物多樣性的下降或是危及生態功能運作？

可以容忍多少比例的損害？防治的經費與人力狀況為何？經濟效益(受影響植種在經濟、文化或是生態上價值的高低)或是保育上的急迫性與效益(遭影響植種的珍稀程度與忍受力)如何？短期跟長期的管理目標為何？以上各項可以依各單位管轄地的不同特質予以加權。

2.損害程度鑑定以及遭危害地的特性分析：依據國外的調查經驗，鹿科動物對於林木的影響與危害有地區性的差異，因此需要針對目標地進行適當分析與評估。通常包括以下各項-當地的水鹿族群數量與密度；損害類型與程度(啃食葉芽、啃食樹皮、磨角痕跡、踐踏、樹幹樹皮被啃剝及死亡比例等)；受影響植物的空間分布狀況(區域性或是地區性)；發生的時間-危害程度的時間波動與水鹿生活史週期、植物物候週期的關係。例如在玉山國家公園水鹿啃食或磨角樹皮，雖然全年均發生，但根據目前資料以 6~9 月最為嚴重（翁國精等，2010）；危害原因研究與因應-例如藉由樹皮營養成分及其釋出的植物二次代謝物分析，探討其相關性；遭啃食樹種及避食樹種的特性差異分析；土壤特性-是否具有鹽鹼地的特質；棲地類型及利用模式評估-地景區塊分布與危害區塊分布的關係；人為干擾及社會觀感分析等。

3.擬定防控管理計劃並進行試驗研究觀察：依照以上狀況評估結果，參考國外既有的防控方法（Craven & Hygnstrom 1993, Gegner 2003），進行小範圍的試驗性研究評估適用性，再依照結果及地區特性選擇最合適方法擴大實施，並依效用隨時進行方法的調整。由於鹿科動物的危害常有地區性及季節性的差異，期間建議依樹種、樹木生長階段及地區特性採取不同的防護措施，或同時採取多種措施的雞尾酒防護方式。

4.建立諮詢網絡：藉由諮詢交流網路，快速結合不同領域專家及有經驗人士的意見，隨時討論成功與失敗的原因，做為各單位面臨問題時能夠快速反應並及時調整的後盾。

而目前國外已採取的防護及防治措施簡述於下：

- 1.圍籬措施：分成暫時性(3個月~1年)及永久性圍籬(20~30年)，圍籬樣式相當多樣，暫時性圍籬結構較為簡易經濟，永久性圍籬則較為堅固昂貴。圍籬包括物理性阻隔圍籬、電擊式嚇阻圍籬（經常會搭配食物誘餌或是氣味誘餌來吸引水鹿碰觸，讓其產生記憶避免前來此地覓食）。物理性圍籬高度在150~240cm間，依鹿種及地形來選擇，電擊式圍籬高度約150cm高。永久性圍籬為防護效用最佳的對策，通常用於高經濟價值及珍稀保育樹種。
- 2.造林植種選擇及空間配置：通常用於造林地區的鹿害防制。選擇栽植鹿科動物避食或是厭食的植種，或在鄰近天然林邊緣及林道等開闊地的造林地周邊種先種植以上樹種，將高經濟價值的樹種栽植在距離邊緣約50m~100m以外的區塊，來降低遭啃食的比例。但在高動物密度的區域，此種方式的效用將相當有限。也有在造林地外圍種植一圈高密度的樹籬來防止牠們入侵(例如選擇水鹿避食或厭食的植種，如台灣馬醉木、台灣小葉等等)。
- 3.趨避劑：藉由噴灑趨避劑於目標樹的方式，可以有效降低鹿科動物的啃食危害。趨避劑包括有氣味趨避及口嚙警告兩種，例如利用具有腐蛋味道或辣椒劑的氣味及不舒服的口感來避免水鹿接近或啃食。趨避劑來源可以依劑方比例自製或向國外訂購。通常趨避劑需要1星期~1個月補充一次，施用時成樹僅需噴灑在高度180cm以下的範圍，幼樹則採全面噴灑的方式。
- 4.樹幹包覆或罩覆：利用鐵絲網或塑膠網將樹幹包覆或是整棵罩覆，讓樹木長到一定徑級後再予拆除，常用於高經濟樹種造林地或是天然林。由於台灣水鹿啃食線高度約達180cm高，因此，如採此方式，成樹包覆高度建議至少要達150cm，最好達到180cm。
- 5.驚嚇策略：利用聲音、氣味或是形像等方式驚嚇鹿科動物，使其不敢接近

造林地或防護地點，適用於小範圍的造林地。包括可發出砲聲的器具、大型食肉目的尿液、訓練過的狗（須以鍊索限制其活動範圍、或是將其圈養在圍欄內）、會動的假人等等。但此種方式效用不長，通常僅用在危害發生初期，鹿科動物尚未建立覓食模式時設置。可以做為前述方法建立前的臨時措施，不適合用在危害已經發生一段時間，已經建立該地區的覓食模式的地區。因此，本法僅適用在國家公園外圍週邊區域發生危害時，不適用於國家公園核心區域內。

6.保留部分區塊種植鹿喜食植物，並在其他區塊同時以 1~4 的方法，警告或隔絕鹿進入，讓其養成僅前往該保留區塊覓食的模式。此保留區塊可以同時做為生態觀光、解說教育之用。但效用需要依地區密度進行試驗，對高密度地區效用可能有限。

7.合法專案移除部分數量或將其移至密度較低處：在有族群密度及族群動態資料的地區，若屬於水鹿高密度地區，在經中央保育主管機關核准下，可採取移除或移地野放的措施，來降低該地區的林木損害。此一措施必須在確認水鹿族群密度已經造成當地生物多樣性下降、危及特殊珍稀植物或動物的生存時，始能採取。適用在需要強勢保育的珍稀植種危害防治上，如台灣穗花杉、台東蘇鐵等。在國家公園生態保護區內，建議必須先建立可信的族群及森林生態系監測系統，來確認是否已經造成保護區生態系的整體生物多樣性的下降，或危及其生態功能的正常運作等，在經過動植物專家會議及中央主管機關同意後，對欲獵捕數量需依族群密度及經營管理目標嚴格掌控，並審慎評估移地野放(或移除)的效用及留意社會觀感。

目前玉山國家公園範圍內台灣水鹿啃食樹皮對森林生態系所造成的影響程度及後續對森林生態系整體生物多樣性的影響為何?我們所知仍然相對有限,建議必須加強這方面的監測研究工作,儘速建立國家公園內台灣水鹿族群密度監測體系,

評估水鹿族群動態與危害程度的相關性，並找出水鹿啃食樹皮等的可能原因，做為日後需要進行族群經營管理措施時的參考依據。

三、未來研究規劃建議

由玉山國家公園歷年之研究結果顯示，目前水鹿於園區之啃食或磨角情形相當普遍（林宗以等 2006；林宗以 2008；翁國精等 2009；林良恭等 2009；翁國精等 2010；林良恭等 2010）。無論管理人員、研究人員或遊客都已注意到這些現象。目前國家公園最需要做的，就是提出實際數據說明水鹿啃食植物與磨角的嚴重程度、水鹿的族群量增長狀況、及其對森林植被及共域動物的影響程度與趨勢，並提供大眾充足的資訊，讓大眾瞭解水鹿與森林生態系的互動模式、為何需要在適當時機降低水鹿對植被的啃食壓力，以及國家公園在保護野生動物之外，也必須做好野生動物族群的經營管理，以維護生態的平衡及整體的生物多樣性。

有鑑於此，本研究建議以下應優先研究之項目與順序，並依照目的、調查方法、地點、經費、人力設置及執行單位等提出建議，做為未來水鹿族群及森林生態經營管理的參考：

1. 台灣水鹿族群量長期監測

實際族群量是野生動物經營管理中最重要也最基本的資訊，唯有掌握實際族群量的消長，才能知道野生動物族群的趨勢，並能提早做好保育或防治工作。近年來的研究資料均顯示水鹿的族群量有增加的趨勢，但沒有確實的族群估算資料做為依據，就難以了解水鹿族群增加的幅度與趨勢，也無法評估維持森林生態功能運作合適的水鹿族群密度，遑論說服大眾水鹿危害管理與防治的需要，經營管理的工作也難以執行。因此，選擇適當地點進行小範圍試驗，研究並比較適合台灣陡峭山區的族群估算方法，再擴及全園區，依海拔建立數個監測樣區於每年的 9~12 月間（水鹿發情交配季節）進行定期估算，建立水鹿族群資料

庫。

(1)方法:

a.第一年於水鹿密度較高的拉庫音溪山區，比較並評估不同水鹿族群估算方法間的差異及優缺點，包括糞堆計數法（林宗以，2006）、數位自動相機捕捉再捕捉法（翁國精等，2010）及利用糞便微衛星分析結合捕捉再捕捉分析法來估算有效族群法。

b.第二年依照上述結果選擇適合台灣山區地形的最佳方法，擴及其他監測樣區，進行各樣區的族群估算，建立族群監測長期資料。同時，結合園區植被棲地資料，每 3~5 年進行一次全園區尺度的水鹿族群估算取樣。

(2)地點：

a.族群估算方法評估-拉庫音溪山區

b.族群監測樣區-拉庫音溪山區、觀高八通關地區、玉山-塔塔加山區、楠梓仙溪林道及大分山區。

c.園區族群估算-玉山園區範圍。

(3)經費：

a. 族群估算方法評估-200 萬

b. 族群監測樣區與園區族群估算-依採用的方法而異，如採用糞堆計數法則第一年概估約需 150 萬，建立樣區後每年 100 萬；採用自動相機捕捉再捕捉法第一年約需 250 萬，建立樣區後每年 120 萬；採用糞堆微衛星捕捉再捕捉法每年約需 200 萬。

(4)人力配置

- a. 族群估算方法評估-計畫主持人、協同主持人各 1 人，專任助理 1 人、兼任助理 1~2 人、臨時雇工 2~3 人/次。
- b. 族群監測樣區與園區族群估算-計畫主持人、協同主持人各 1 人，專任助理 1 人、兼任助理 1~2 人、臨時雇工 2~3 人/次。

(5)執行單位

- a. 族群估算方法評估-本研究團隊或其他相關學術單位。
- b. 族群監測樣區與園區族群估算-第一年本研究團隊或其他相關學術單位；第二年後建議逐步訓練國家公園管理處相關單位人員執行，亦可委託本研究團隊或其他相關學術單位。

2. 水鹿啃食效應的評估

目前為止的調查工作僅呈現水鹿啃食過後的森林狀況，也僅能由樹木遭啃食或磨角的比例來說明啃食的嚴重性，但依賴這些森林的其他物種，如昆蟲、鳥類、中小型哺乳動物等如何受到水鹿啃食的影響則仍未有研究。水鹿對於啃食樹種的選擇性，會緩慢改變森林的組成。然而林木的死亡與地被植物覆蓋度的降低或消失，則會立即影響生存其中的所有物種，減少棲地及食物，並陸續影響食物鏈中的各種生物。這些影響的程度，需要有嚴謹的對照實驗才能得知。而大眾也需要這些資訊，以瞭解除了保育動物之外，對野生動物做適度的經營管理的重要性。因此，本研究建議分別於高海拔的拉庫音溪地區(鐵杉林、冷杉林與玉山箭竹草地動態樣區)、觀高地區(紅檜-台灣鐵杉-台灣雲杉-闊葉混淆林樣區)、塔塔加地區(台灣二葉松-台灣鐵杉-玉山箭竹草地動態樣區)及中海拔的楠梓仙溪林道(闊葉林樣區)設置圍籬樣區及對照樣區，來釐清台灣水鹿

對於不同海拔森林組成、結構、更新及棲息其間的其他共域物種族群的效應。

(1)方法:

a.於拉庫音溪地區建立面積 2 公頃的台灣鐵杉、台灣冷杉-玉山箭竹草地動態永久監測樣區，包括 1 公頃的圍籬樣區及 1 公頃的對照樣區；楠梓仙溪林道則在現有植被永久樣區(10 公頃)外圍選擇適當地點設置 1 公頃的圍籬樣區；塔塔加樣區則於麟趾山區設置 1 組 40×40 公尺的圍籬樣區及對照樣區；觀高山區則於郡大林道設置 1 組 40×40 公尺的圍籬樣區及對照樣區、八通關草原設置 1 組 10×10 公尺的圍籬樣區及對照樣區。其中各圍籬樣區設置高度至少 180cm 高的永久圍籬阻隔水鹿啃食植被；對照樣區不設圍籬讓水鹿可以自由進出覓食。樣區設置依植被永久樣區調查方式，先分別細分成 100 個 10 公尺×10 公尺的小樣區，再針對每個小樣區內的冠層樹種、林下灌木及樹木幼苗進行每木標誌、位置調繪、胸高直徑、枝下高、樹高、是否被啃食樹皮、嫩芽或磨角、存活狀況等量測，各小樣區地被植物則記錄種類、覆蓋度、高度等資料。之後每年進行一次調查，藉以比較水鹿啃食效應對森林生態的影響。

b.樣區設置後分別於圍籬樣區及對照樣區，先進行一次小獸類捕捉，及利用圓圈計數法進行鳥類密度估算，並以自動相機進行哺乳動物相對豐富度（以動物出現指數 OI 值表示；裴家騏及姜博仁，2004）調查，之後每年春天及冬天各進行一次密度或相對豐富度調查，藉以釐清水鹿啃食效應對森林共域動物族群的效應。

(2)地點：

拉庫音溪山區、觀高八通關地區、玉山-塔塔加山區及楠梓仙溪林道

(3)經費：

a.圍籬工程:各圍籬樣區的圍籬建置建議另採工程發包的方式設置，經費則依現勘後依圍籬型式估價。

b.樣區設置與調繪:拉庫音溪樣區 200 萬、楠梓仙溪樣區 100 萬、塔塔加樣區 40 萬、觀高樣區 50 萬。

c.小獸類與鳥類監測調查: 150 萬。

(4)人力配置

a.樣區設置與調繪-總主持人 1 人、協同主持人 2 人(植物及動物專長各 1 人)、專任助理 2 人(植物及動物專長各 1 人)、兼任助理 4~6 人、臨時雇工 4~6 人/次。

b. 樣區監測與分析-依監測項目分別規劃。

(5)執行單位

a. 圍籬設置工程-工程單位協同本研究團隊或其他相關學術單位。

b. 植被樣區設置與調繪-森林系所協同本研究團隊或其他相關學術單位。

c. 小獸類與鳥類監測調查:-本研究團隊或其他相關學術單位。

3、水鹿啃食樹皮的原因

關於鹿科動物啃食樹皮的原因目前仍眾說紛紜，不同的研究有不同的結論。

台灣水鹿啃食樹皮的原因仍不清楚，在釐清啃食原因之前，需要對啃食現象有

更詳細的觀察，尤其啃食發生的季節性與水鹿的生活史相關與否，目前仍不清楚。水鹿對於啃食樹種的選擇性，到底與營養、次級代謝物、樹皮適口度、或其他因素有關也仍不清楚。若能釐清水鹿啃食樹皮的原因，將對水鹿危害的防治有重大的幫助。

(1)方法：

a.以輻射穿越帶的方式每月進行水鹿啃食樹皮或磨角調查，記錄每月新增加的啃食痕跡種類、數量，並和水鹿生活史週期進行比較分析。

b.每月採集遭水鹿啃食及未遭水鹿啃食的樹種樹皮，進行樹皮形態測量、營養成份及次級代謝物成分分析，並和啃食樹皮頻度月間變化進行比較分析。第一年針對主要針葉樹種，包括台灣鐵杉、台灣冷杉、台灣雲杉、紅檜、台灣二葉松、台灣華山松等針葉樹的差異；第二年針對闊葉樹種，比較水鹿啃食選擇程度不同的樹種樹皮的差異。

(2)地點：

拉庫音溪山區及楠梓仙溪林道。

(3)經費：

a.啃食樹皮月變化調查：120 萬。

b.樹皮營養成分及二次代謝物分析：依分析項目及樹種數量而定。

(4)人力配置

a.主持人 1 人、協同主持人 2 人(動物及化學專長各 1 人)，專任助理 2 人(動物及化學專長各 1 人)、兼任助理 3~4 人、臨時雇工 1~3 人/次。

(5)執行單位

本研究團隊或相關學術單位。

4、防治方法的評估

鹿科動物危害的防治方法有許多種，除了直接獵殺之外，其他如圍籬、驅避劑等方法都能在國家公園內做初步的、小範圍的試驗，以評估各種防治方法的效果。

(1)方法：

- a.收集並分析不同圍籬型式、趨避劑的費用、效用及持續時間等基本資訊。
- b.依上述試驗結果，評估各種防治方式適用場所、植種及時機。

(2)地點：

楠梓仙溪林道或有水鹿分布的人造林地區。

(3)經費：

圍籬效用試驗(10 公尺×10 公尺) - 150 萬

趨避劑效用試驗-80 萬

(4)人力配置

主持人 1 人、協同主持人 1 人，專任助理 1 人、兼任助理 2~4 人、臨時雇工 2~3 人/次。

(5)執行單位

本研究團隊或其他相關學術單位。

本研究建議以高海拔區域以拉庫音溪上游周邊為最優先的實驗區域，中海拔區域則以楠溪林道週邊及觀高地區為最優先實驗區域，因為

1. 這些區域分屬於高海拔及中海拔範圍，水鹿族群量相當豐富，且包含已被啃食及未被啃食的區域，適合做對照實驗。其中，楠溪林道地區已經設置有大面積的植被永久樣區，並有豐富的鳥類資源，相對豐富的植被精密資料，適合進行台灣水鹿對中海拔森林動態及地棲鳥類族群影響的相關研究；拉庫音溪建議結合植群學者設置大面積的台灣冷杉、台灣鐵杉與箭竹草地的動態監測樣區(分別為圍籬樣區 1 公頃與對照樣區 1 公頃)；觀高樣區主要針對紅檜及台灣雲杉造林進行監測，因地形相對陡峭，不適合設置大樣區，因此以 40 公尺×40 公尺或 20 公尺×20 公尺的大小較為適合，此樣區可以參考先前鳥類及哺乳類的監測樣點(林良恭等, 2010)進行分析比較。藉由設置圍籬隔絕水鹿啃食效應，釐清水鹿啃食對於森林動態演替及更新的效應。並可透過長期監測，進一步評估在全球暖化狀況下，台灣水鹿對於台灣冷杉、台灣鐵杉等溫帶針葉林森林面積擴展的影響。
2. 這些區域交通相對方便，並有山屋可供居住，楠溪工作站更已經規劃為長期研究站，後勤補給上較為容易，適合作為長期監測研究地點

除了以上地點外，建議在目前水鹿重新擴散並恢復族群中的塔塔加地區週邊，如麟趾山山區，選擇鐵杉林與玉山箭竹草地交接的棲地，分別設置圍籬樣區與對照樣區，評估低密度水鹿狀況下對於森林演替動態的效應，並和以上高密度水鹿地區的結果進行比較。而塔塔加地區設置的長期監測體系亦可以做為對遊客解說水鹿生活史(包括日活動周期、公鹿角週期、發情交配季節、公鹿茸角期、母鹿懷孕期、幼鹿繁殖出生期等)、水鹿與森林互動關係(例如水鹿的食性選擇、水鹿與玉山箭竹草地高度、覆蓋度與面積的關係、水鹿對針葉樹間競爭、演替與更新的關係、水鹿與森林土壤養分循環的關係等等)、水鹿啃食樹皮及磨角痕跡的分辨、水鹿各種行為(各種移動方式、警戒行為、警戒叫聲、公鹿吼叫聲、泥浴打滾行

為的意義、各種標示行為、卡角打鬥行為等)、降低或防治水鹿危害森林的方式、及水鹿族群經營管理在國家公園生物多樣性保育上必要與重要性等教育宣導，為取得後續台灣水鹿族群經營管理的社會面支持預做準備。

表 3-1 2011 年觀高郡大林道東線(取樣 700 公尺)、西線(取樣 300 公尺)及駒盆山到無雙吊橋(取樣 700 公尺)沿線兩側 10 公尺內各樹種遭水鹿啃食樹皮或磨角痕跡之數量(棵)、密度(棵/100 公尺)及死亡密度(棵/100 公尺)統計表。

樹種	啃食樹皮痕跡(棵)				磨角痕跡(棵)				啃或磨密度(棵/100 公尺)				死亡密度(棵/100 公尺)			
	郡大 東線	郡大 西線	駒盆 無雙	小計	郡大 東線	郡大 西線	駒盆 無雙	小計	郡大 東線	郡大 西線	駒盆 無雙	平均	郡大 東線	郡大 西線	駒盆 無雙	平均
台灣雲杉	80	51	2	133	12	3	0	11	12.6	17.7	0.3	8.4	7.1	6.7	0	4.1
台灣華山松	3	4	70	77	1	0	13	14	0.6	1.3	11.4	5.2	0.3	0.3	2.3	1.1
台灣五葉松	2	0	1	3	1	0	1	2	0.3	0	0.1	0.2	0	0	0	0
台灣二葉松	1	1	2	4	12	2	6	20	1.7	1.0	1.0	1.3	0.9	0	0.3	0.5
台灣鐵杉	273	1	30	304	148	0	1	149	59.9	0.3	4.3	26.5	49.7	0	3.3	21.8
紅檜	99	7	25	131	16	0	0	16	15.6	2.3	3.6	8.3	3.9	1.3	0.7	2.1
刺柏	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0
化香樹	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0.3	0.1	0	0	0	0
褐毛柳	80	49	0	129	5	5	0	10	11.6	16.3	0	7.6	5.0	7.0	0	3.3
台灣赤楊	125	74	14	213	43	25	9	77	20.1	27.3	3.0	14.4	2.6	7.0	0.9	2.6
阿里山千金榆	0	0	5	5	0	0	1	1	0	0	0.7	0.3	0	0	0	0
青剛櫟	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0
狹葉櫟	47	0	3	50	2	0	4	6	6.7	0	0.9	3.1	1.9	0	0	0.8
阿里山三斗石櫟	13	18	0	31	3	0	0	3	1.9	6.0	0	1.8	0.3	1.3	0	0.4
三斗石櫟	0	0	4	4	0	0	1	1	0	0	0.7	0.3	0	0	0	0
玉山木薑子	11	2	0	13	2	0	0	2	1.6	0.7	0	0.8	0.4	0	0	0.17
高山新木薑子	3	0	0	3	1	0	0	1	0.6	0	0	0.2	0.1	0	0	0.1

表 3-1(續) 2011 年觀高郡大林道東線(取樣 700 公尺)、西線(取樣 300 公尺)及駒盆山到無雙吊橋(取樣 700 公尺)沿線兩側 10 公尺內各樹種遭水鹿啃食樹皮或磨角痕跡之數量(棵)、密度(棵/100 公尺)及死亡密度(棵/100 公尺)統計表。

樹種	啃食樹皮痕跡(棵)				磨角痕跡(棵)				啃或磨密度(棵/100 公尺)				死亡密度(棵/100 公尺)			
	郡大 東線	郡大 西線	駒盆 無雙	小計	郡大 東線	郡大 西線	駒盆 無雙	小計	郡大 東線	郡大 西線	駒盆 無雙	平均	郡大 東線	郡大 西線	駒盆 無雙	平均
昆欄樹	3	0	0	3	0	0	0	0	0.4	0	0	0.2	0	0	0	0
厚葉柃木	5	1	1	7	0	0	1	1	0.7	0.3	0.3	0.5	0.3	0	0	0.1
薄葉柃木	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0.3	0.1	0	0	0	0
大頭茶	0	0	4	4	0	0	1	1	0	0	0.6	0.2	0	0	0	0
大葉溲疏	5	4	0	9	0	0	0	0	0.7	1.3	0	0.5	0	0	0	0
狹瓣八仙花	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0
小花鼠刺	0	0	4	4	0	0	1	1	0	0	0.7	0.3	0	0	0	0
山枇杷	0	0	11	11	0	0	1	1	0	0	1.6	0.6	0	0	0	0
玉山假沙梨	7	13	0	20	0	0	0	0	1.0	4.3	0	1.2	0	1.0	0	0.2
山櫻花	0	0	1	1	0	0	2	2	0	0	0.3	0.1	0	0	0.3	0.1
薄葉虎皮楠	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0.3	0.1	0	0	0	0
樟葉槭	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0.3	0.1	0	0	0	0
尖葉槭	0	0	9	9	0	0	0	0	0	0	1.3	0.5	0	0	0.1	0.1
台灣紅榨槭	0	15	1	16	0	0	0	0	0	5.0	0.1	0.9	0	2.0	0	0.4
青楓	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0
福建賽衛矛	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0
藤胡頹子	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0
鄧氏胡頹子	50	11	0	61	3	3	0	3	7.6	4.3	0	3.9	0.4	0.3	0	0.2

玉山國家公園郡大觀高地區台灣水鹿對森林更新與結構影響勘查

表 3-1(續) 2011 年觀高郡大林道東線(取樣 700 公尺)、西線(取樣 300 公尺)及駒盆山到無雙吊橋(取樣 700 公尺)沿線兩側 10 公尺內各樹種遭水鹿啃食樹皮或磨角痕跡之數量(棵)、密度(棵/100 公尺)及死亡密度(棵/100 公尺)統計表。

樹種	啃食樹皮痕跡(棵)				磨角痕跡(棵)				啃或磨密度(棵/100 公尺)				死亡密度(棵/100 公尺)			
	郡大 東線	郡大 西線	駒盆 無雙	小計	郡大 東線	郡大 西線	駒盆 無雙	小計	郡大 東線	郡大 西線	駒盆 無雙	平均	郡大 東線	郡大 西線	駒盆 無雙	平均
小葉胡頹子	1	0	0	1	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0	0
南燭	0	0	7	7	0	0	9	9	0	0	2.3	0.9	0	0	0.4	0.2
台灣馬醉木	0	0	0	0	3	0	1	4	0.4	0	0.1	0.2	0.1	0	0	0.1
金毛杜鵑	0	0	14	14	0	0	0	0	0	0	2.0	0.8	0	0	0	0
玉山杜鵑	4	0	0	4	0	0	0	0	0.6	0	0	0.2	0.3	0	0	0.1
紅毛杜鵑	0	0	18	18	0	0	3	3	0	0	3.0	1.2	0	0	0	0
珍珠花	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0.3	0.1	0	0	0	0
巒大越橘	0	0	6	6	0	0	0	0	0	0	0.9	0.4	0	0	0	0
玉山女貞	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0.7	0	0.1	0	0	0	0
小實女貞	0	6	0	6	0	0	0	0	0	2.0	0	0.4	0	0	0	0
杜虹花	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0
狹葉英迷	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0.3	0.1	0	0	0	0
紅子英迷	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0.3	0.1	0	0	0	0
不明樹種	2	13	0	15	0	0	0	0	0.3	4.3	0	0.9	0.3	4.3	0	0.9
總計(棵)	814	271	251	1336	252	39	58	349	1014	286	295	1595	73.6	31.3	8.3	667
平均值±標準誤	116.3	90.3	35.9	78.6	36.0	13.0	8.3	20.5	144.9	95.3	42.1	93.8	73.6	31.3	8.3	39.2
(棵/100 公尺)	±17.3	±34.4	±9.4	±13.1	±20.2	±6.4	±2.9	±8.7	±31.9	±36.5	±11.1	±18.5	±24.5	±13.3	±5.4	±12.5

表 3-2 2011 年觀高郡大林道東線(取樣 700 公尺)、西線(取樣 300 公尺)及駒盆山到無雙吊橋(取樣 700 公尺)沿線兩側 10 公尺內各樹種遭水鹿啃食樹皮、磨角痕跡及因而死亡之徑級分布(棵)統計表。

樹種	啃食樹皮(棵)			磨角(棵)			死亡(棵)		
	<5cm	5-20cm	>20cm	<5cm	5-20cm	>20cm	<5cm	5-20cm	>20cm
台灣雲杉	37	82	14	9	4	2	39	30	1
台灣華山松	12	52	13	5	9	0	5	13	1
台灣五葉松	1	2	0	1	1	0	0	0	0
台灣二葉松	2	1	1	11	8	1	7	1	0
台灣鐵杉	148	149	7	145	3	1	253	113	5
紅檜	31	81	19	7	9	0	13	20	3
刺柏	1	0	0	1	0	0	0	0	0
化香樹	1	0	0	1	0	0	0	0	0
褐毛柳	14	110	5	1	9	0	10	46	0
台灣赤楊	13	169	31	3	53	21	8	36	1
阿里山千金榆	2	3	0	0	1	0	0	0	0
青剛櫟	1	0	0	0	0	0	0	0	0
狹葉櫟	0	24	26	0	1	5	0	12	1
阿里山三斗石櫟	3	19	9	0	3	0	1	5	0
三斗石櫟	0	4	0	0	0	1	0	0	0
水麻	0	0	0	0	0	0	0	0	0
長梗紫麻	0	0	0	0	0	0	0	0	0
長葉木薑子	0	0	0	0	0	0	0	0	0
玉山木薑子	2	9	2	1	1	0	2	1	0
高山新木薑子	0	3	0	0	1	0	0	1	0
昆欄樹	0	3	0	0	0	0	0	0	0
厚葉柃木	6	1	0	0	1	0	2	0	0
薄葉柃木	0	2	0	0	0	0	0	0	0
大頭茶	0	3	1	0	1	0	0	0	0
大葉溲疏	5	4	0	0	0	0	0	0	0
狹瓣八仙花	1	0	0	0	0	0	0	0	0
小花鼠刺	1	3	0	0	1	0	0	0	0
山枇杷	0	10	1	0	1	0	0	0	0
玉山假沙梨	3	9	8	0	0	0	0	1	2
山櫻花	0	1	0	0	2	0	0	2	0

表 3-2(續) 2011 年觀高郡大林道東線(取樣 700 公尺)、西線(取樣 300 公尺)及駒盆山到無雙吊橋(取樣 700 公尺)沿線兩側 10 公尺內各樹種遭水鹿啃食樹皮、磨角痕跡及因而死亡之徑級分布(棵)統計表。

樹種	啃食樹皮(棵)			磨角(棵)			死亡(棵)		
	<5cm	5-20cm	>20cm	<5cm	5-20cm	>20cm	<5cm	5-20cm	>20cm
薄葉虎皮楠	0	1	1	0	0	0	0	0	0
樟葉槭	0	2	0	0	0	0	0	0	0
尖葉槭	1	4	4	0	0	0	1	0	0
台灣紅榨槭	6	9	1	0	0	0	4	2	0
青楓	0	1	0	0	0	0	0	0	0
福建賽衛矛	0	1	0	0	0	0	0	0	0
杜英	0	0	0	0	0	0	0	0	0
藤胡頹子	1	0	0	0	0	0	0	0	0
鄧氏胡頹子	14	47	0	4	2	0	2	2	0
小葉胡頹子	1	0	0	0	0	0	0	0	0
南燭	4	3	0	0	9	0	0	3	0
台灣馬醉木	0	0	0	4	0	0	1	0	0
金毛杜鵑	4	10	0	0	0	0	0	0	0
玉山杜鵑	4	0	0	0	0	0	2	0	0
紅毛杜鵑	11	7	0	3	0	0	0	0	0
珍珠花	0	2	0	0	0	0	0	0	0
巒大越橘	0	6	0	0	0	0	0	0	0
玉山女貞	0	1	0	1	0	0	0	0	0
小實女貞	2	4	0	0	0	0	0	0	0
杜虹花	0	1	0	0	0	0	0	0	0
狹葉莢蒾	1	0	0	0	1	0	0	0	0
紅子莢蒾	1	0	1	0	0	0	0	0	0
不明樹種	3	12	0	0	0	0	3	12	0
總計	337	855	144	197	121	31	353	300	14

表 3-3 2011 年觀高郡大地區輻射穿越帶樣點中心自動相機台灣水鹿 OI 值、樣方糞堆密度、地被植物覆蓋度與穿越帶（50 公尺 × 10 公尺 × 3 條）內各樹種數量、遭水鹿啃食樹皮、磨角痕跡及因而死亡之比例比較表。NA 表示無資料。

編號	糞堆密度 (堆/公頃)	OI 值	覆蓋度(%)				樹種	數量	遭水鹿損害比例(%)		
			灌木	闊葉草	禾草類	蕨類			啃食樹皮	磨角	死亡
GG1	1466.7	NA	0.03	15.8	3.8	0.2	台灣雲杉	6	66.7	16.7	0.0
							台灣二葉松	4	0.0	0.0	0.0
							台灣鐵杉	2	100.0	0.0	0.0
							紅檜	53	90.6	34.0	11.3
							台灣赤楊	28	3.6	0.0	0.0
							大葉溲疏	8	25.0	12.5	0.0
							台灣紅榨槭	1	100.0	100.0	0.0
							不明樹種	1	0.0	0.0	0.0
							小計	103	56.3	22.3	5.8
GG2	2933.3	NA	0.03	23.7	29.2	1.1	台灣雲杉	13	84.6	0.0	53.8
							台灣華山松	7	57.1	28.6	28.6
							台灣二葉松	7	71.4	0.0	0.0
							台灣鐵杉	5	80.0	0.0	60.0
							紅檜	15	73.3	0.0	33.3
							褐毛柳	35	91.4	5.7	51.4
							台灣赤楊	59	28.8	8.5	11.9
							狹葉櫟	6	83.3	0.0	16.7
							阿里山三斗石櫟	20	95.0	5.0	10.0

表 3-3(續) 2011 年觀高郡大地區輻射穿越帶樣點中心自動相機台灣水鹿 OI 值、樣方叢堆密度、地被植物覆蓋度與穿越帶（50 公尺 × 10 公尺 × 3 條）內各樹種數量、遭水鹿啃食樹皮、磨角痕跡及因而死亡之比例比較表。NA 表示無資料。

編號	叢堆密度 (堆/公頃)	OI 值	覆蓋度(%)				樹種	數量	遭水鹿損害比例(%)		
			灌木	闊葉草	禾草類	蕨類			啃食樹皮	磨角	死亡
GG2	2933.3	NA	0.03	23.7	29.2	1.1	玉山木薑子	9	44.4	0.0	0.0
							高山新木薑子	4	0.0	0.0	0.0
							薄葉柃木	4	50.0	0.0	25.0
							細枝柃木	1	0.0	0.0	0.0
							大葉溲疏	2	100.0	0.0	0.0
							玉山假沙梨	33	39.4	6.1	6.1
							假皂莢	1	100.0	0.0	0.0
							台灣紅榨槭	5	100.0	20.0	0.0
							苗栗冬青	2	0.0	0.0	0.0
							通條樹	3	66.7	0.0	0.0
							南燭	1	0.0	0.0	0.0
							台灣馬醉木	2	0.0	0.0	0.0
							小實女貞	3	100.0	0.0	0.0
							玉山女貞	5	40.0	0.0	0.0
							狹葉莢蒾	5	80.0	0.0	80.0
							不明樹種	4	25.0	0.0	25.0
							小計	251	58.6	5.2	21.1

表 3-3(續) 2011 年觀高郡大地區輻射穿越帶樣點中心自動相機台灣水鹿 OI 值、樣方糞堆密度、地被植物覆蓋度與穿越帶 (50 公尺 × 10 公尺 × 3 條) 內各樹種數量、遭水鹿啃食樹皮、磨角痕跡及因而死亡之比例比較表。NA 表示無資料。

編號	糞堆密度 (堆/公頃)	OI 值	覆蓋度(%)				樹種	數量	遭水鹿損害比例(%)		
			灌木	闊葉草	禾草類	蕨類			啃食樹皮	磨角	死亡
GPWS1	1333.3	38.5	0	0.5	2.3	0.8	台灣胡桃	1	0.0	0.0	0.0
							台灣赤楊	3	0.0	0.0	0.0
							阿里山千金榆	1	0.0	0.0	0.0
							石朴	10	40.0	0.0	0.0
							柘樹	2	50.0	0.0	0.0
							台灣肉桂	51	64.7	0.0	2.0
							土肉桂	1	100.0	0.0	100.0
							屏東木薑子	11	45.5	0.0	9.1
							森氏紅淡比	6	0.0	0.0	0.0
							狹瓣八仙花	3	33.3	0.0	0.0
							橘柑	1	100.0	0.0	0.0
							樟葉槭	6	50.0	0.0	0.0
							尖葉槭	1	100.0	0.0	0.0
							青楓	5	40.0	0.0	0.0
							巒大越橘	1	0.0	0.0	0.0
							杜虹花	2	50.0	0.0	0.0
							大黃鱗藤	1	0.0	0.0	0.0
							小計	106	50.0	0.0	0.0

表 3-3(續) 2011 年觀高郡大地區輻射穿越帶樣點中心自動相機台灣水鹿 OI 值、樣方糞堆密度、地被植物覆蓋度與穿越帶（50 公尺 × 10 公尺 × 3 條）內各樹種數量、遭水鹿啃食樹皮、磨角痕跡及因而死亡之比例比較表。NA 表示無資料。

編號	糞堆密度 (堆/公頃)	OI 值	覆蓋度(%)				樹種	數量	遭水鹿損害比例(%)		
			灌木	闊葉草	禾草類	蕨類			nj 啃食樹皮	磨角	死亡
GPWS2	2266.7	3.5	1	1.5	3.2	0.5	台灣胡桃	1	0.0	0.0	0.0
							台灣赤楊	26	38.5	3.8	3.8
							三斗石櫟	5	60.0	0.0	20.0
							屏東木薑子	2	100.0	0.0	0.0
							青葉楠	4	50.0	0.0	25.0
							米碎桫木	1	100.0	0.0	0.0
							木荷	2	100.0	0.0	50.0
							小花鼠刺	9	77.8	0.0	11.1
							油桐	3	33.3	0.0	0.0
							賊仔樹	2	50.0	0.0	0.0
							尖葉槭	1	100.0	0.0	0.0
							杜虹花	5	100.0	0.0	40.0
小計							61	57.4	1.6	11.5	
GPWS3	1200	32	0.03	0.01	11.4	0	台灣華山松	39	74.4	51.3	30.8
							台灣二葉松	259	0.8	6.2	2.3
							台灣鐵杉	75	50.7	32.0	14.7
							台灣赤楊	1	0.0	0.0	0.0
							厚葉桫木	2	100.0	0.0	0.0

表 3-3(續) 2011 年觀高郡大地區輻射穿越帶樣點中心自動相機台灣水鹿 OI 值、樣方糞堆密度、地被植物覆蓋度與穿越帶 (50 公尺 × 10 公尺 × 3 條) 內各樹種數量、遭水鹿啃食樹皮、磨角痕跡及因而死亡之比例比較表。NA 表示無資料。

編號	糞堆密度 (堆/公頃)	OI 值	覆蓋度(%)				樹種	數量	遭水鹿損害比例(%)		
			灌木	闊葉草	禾草類	蕨類			啃食樹皮	磨角	死亡
GPWS3	1200	32	0.03	0.01	11.4	0	南燭	2	0.0	0.0	0.0
							台灣馬醉木	76	0.0	2.6	0.0
							玉山杜鵑	1	100.0	0.0	0.0
							紅毛杜鵑	38	23.7	2.6	2.6
							狹葉莢蒾	1	0.0	0.0	0.0
							小計	494	16.4	12.8	6.1
GPWS4	12000	51.2	0.2	0.8	61.6	0.01	台灣二葉松	100	8.0	22.0	4.0
							台灣華山松	20	75.0	20.0	0.0
							小計	120	19.2	21.7	3.3
GPWS5	4800	3.3*	4	8.3	60.2	0.01	台灣華山松	5	40.0	60.0	0.0
							刺柏	13	69.2	46.2	30.8
							高山小蘗	2	0.0	50.0	0.0
							台灣馬醉木	23	0.0	0.0	0.0
							紅毛杜鵑	7	14.3	0.0	14.3
							小計	50	24.0	20.0	10.0

*: 自動相機架設位置過高及可能運作不正常，致使 OI 值過低。

表 3-4 2011 年觀高及駒盆無雙地區輻射穿越帶內樹木徑級分布、遭台灣水鹿啃食或磨角的損害棵數及預期損害棵數比較表。

徑級	徑級分布(棵)			實際損害(棵)			預期損害(棵)		
	觀高	駒盆 無雙	全區	觀高	駒盆 無雙	全區	觀高	駒盆 無雙	全區
<5 公分	54	182	236	40	41	81	31.7	59.1	95.2
5~20 公分	190	444	315	63	85	148	111.6	144.3	255.7
>20 公分	110	205	634	105	144	249	64.6	66.6	127.1

表 3-5 2011 年觀高及駒盆無雙地區永久樣區內樹木徑級分布、遭水鹿損害、不明原因死亡比例及樹皮受損等級分布比較表。受損等級，依樹皮受損區域佔樹幹胸圍比例(d)而定，分別為 0，無受損；1， $d < 25\%$ ；2， $25 \leq d < 50\%$ ；3， $50 \leq d < 75\%$ ；4， $75 \leq d < 100\%$ ；5，環狀剝皮。

樣區 林型	樹種 類型	樹種	胸徑級 (cm)	數量	遭水鹿損害比例(%)				死因 不明 (%)	樹皮受損等級(棵)					
					啃食樹 皮	磨角	環剝	死亡		0	1	2	3	4	5
闊葉 混淆林	闊葉樹	阿里山 三斗石櫟	<5	3	33.3	33.3	33.3	33.3	0	2	0	0	0	0	1
			5~10	2	50.0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
			15~20	2	50.0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
			20~25	3	33.3	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
			25~30	2	50.0	50.0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
			30~35	1	100	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
			45~50	1	100	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			55~60	4	50.0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0
			小計	18	50.0	11.1	5.6	5.6	0	9	5	1	1	1	1
	闊葉樹	昆欄樹	<5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			50~55	1	100	100	0	0	0	0	0	0	1	0	0
			80~85	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
			小計	3	66.7	33.3	0	0	0	1	0	0	1	1	0
	闊葉樹	高山 新木薑子	<5	3	33.3	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
			5~10	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
			10~15	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			小計	6	16.7	0	0	0	0	5	0	1	0	0	0
	闊葉樹	玉山木薑子	<5	5	20.0	20.0	0	0	0	3	1	1	0	0	0
			5~10	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			小計	6	16.7	16.7	0	0	0	4	1	1	0	0	0
	闊葉樹	薄葉鈴木	<5	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
			5~10	2	50.0	50.0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
			小計	6	16.7	16.7	0	0	0	5	1	0	0	0	0

表 3-5(續) 2011 年觀高及駒盆無雙地區永久樣區內樹木徑級分布、遭水鹿損害、不明原因死亡比例及樹皮受損等級分布比較表。受損等級，依樹皮受損區域佔樹幹胸圍比例(d)而定，分別為 0，無受損；1， $d < 25\%$ ；2， $25 \leq d < 50\%$ ；3， $50 \leq d < 75\%$ ；4， $75 \leq d < 100\%$ ；5，環狀剝皮。

樣區 林型	樹種 類型	樹種	胸徑級 (cm)	數量	遭水鹿損害比例(%)				死因 不明 (%)	樹皮受損等級(棵)					
					啃食樹 皮	磨角	環剝	死亡		0	1	2	3	4	5
闊葉 混淆林	闊葉樹	台灣紅榨槭	45-50	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
			50-55	1	100	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
			小計	2	100	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
		玉山假沙梨	<5	2	50	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
			5~10	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			小計	3	33.3	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
		圓果刺葉桂櫻	5~10	1	100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
			<5	1	100	0	0	100	0	0	0	0	1	0	0
			5~10	1	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0	1
		不明樹種	25~30	2	50	0	50	50	0	1	0	0	0	0	1
			小計	4	50	0	50	75	0	1	0	0	1	0	2
		樣區總計		49	40.8	10.2	6.1	8.2	0	27	8	4	4	3	3
紅檜- 台灣 鐵杉 混淆林	針葉樹	台灣二葉松	25~30	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			<5	53	35.8	1.9	22.6	22.6	18.9	31	4	0	6	0	12
			5~10	13	53.8	0	7.7	7.7	0	6	2	2	2	0	1
			10~15	4	50	0	50	50	0	2	0	0	0	0	2
			小計	70	40	1.4	21.4	35.7	14.3	39	6	2	8	0	15
		紅檜	<5	39	5.1	5.1	0	2.6	0	36	2	1	0	0	0
			5~10	39	0	0	0	0	0	39	0	0	0	0	0
			10~15	23	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0
			15~20	8	12.5	0	0	0	0	7	1	0	0	0	0
			20~25	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
			小計	114	2.6	1.8	0	0.9	0	110	3	1	0	0	0
		針葉樹小計		185	16.8	1.6	8.1	8.6	5.4	150	9	3	8	0	15
	闊葉樹	狹葉欖	<5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			5~10	1	100	0	100	100	0	0	0	0	0	0	1
			小計	2	50	0	50	50	0	1	0	0	0	0	1
		高山新木薑子	<5	5	1	0	1	0	0	4	0	0	0	0	1
			5~10	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
			小計	10	20	0	20	0	0	9	0	0	0	0	1
		玉山木薑子		<5	2	100	0	0	0	0	0	2	0	0	0
		大葉溲疏		<5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

表 3-5(續) 2011 年觀高及駒盆無雙地區永久樣區內樹木徑級分布、遭水鹿損害、不明原因死亡比例及樹皮受損等級分布比較表。受損等級，依樹皮受損區域佔樹幹胸圍比例(d)而定，分別為 0，無受損；1， $d < 25\%$ ；2， $25 \leq d < 50\%$ ；3， $50 \leq d < 75\%$ ；4， $75 \leq d < 100\%$ ；5，環狀剝皮。

樣區 林型	樹種 類型	樹種	胸徑級 (cm)	數量	遭水鹿損害比例(%)				死因 不明 (%)	樹皮受損等級(棵)					
					啃食樹 皮	磨角	環剝	死亡		0	1	2	3	4	5
紅檜- 台灣 鐵杉 混淆林	闊葉樹	狹瓣八仙花	< 5	16	0	0	0	0	6.3	16	0	0	0	0	0
			5~10	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			小計	17	0	0	0	0	5.9	17	0	0	0	0	0
		厚葉鈴木	< 5	77	3.9	0	1.3	1.3	1.3	74	1	1	0	0	1
			5~10	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			10~15	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			小計	79	3.8	0	1.3	1.3	1.3	76	1	1	0	0	1
		細枝鈴木	< 5	19	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
		薄葉鈴木	< 5	41	2.4	0	0	0	0	40	0	1	0	0	0
			5~10	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			10~15	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			小計	43	2.3	0	0	0	0	42	0	1	0	0	0
		台灣懸鉤子	< 5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		阿里山瑞香	< 5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		台灣馬醉木	< 5	6	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
		玉山杜鵑	< 5	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
		紅毛杜鵑	< 5	12	0	0	0	0	8.3	12	0	0	0	0	0
		異葉木犀	< 5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		圓葉冬青	< 5	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
		狹葉莢蒾	< 5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		不明樹種	5~10	1	0	0	0	0	100	1	0	0	0	0	0
		闊葉樹小計			202	4.0	0	1.5	1.5	2	194	1	4	0	0
樣區總計			387	10.1	0.8	4.7	4.7	3.6	344	10	7	8	0	18	
鐵杉林	針葉樹	台灣二葉松	5~10	1	100	0	100	100	0	0	0	0	0	0	1
			10~15	1	100	0	100	100	0	0	0	0	0	0	1
			20~25	2	50	0	50	0	0	1	0	0	0	0	1
			25~30	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
			35~40	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			小計	7	42.9	0	42.9	28.6	0	4	0	0	0	0	3

表 3-5(續) 2011 年觀高及駒盆無雙地區永久樣區內樹木徑級分布、遭水鹿損害、不明原因死亡比例及樹皮受損等級分布比較表。受損等級，依樹皮受損區域佔樹幹胸圍比例(d)而定，分別為 0，無受損；1， $d < 25\%$ ；2， $25 \leq d < 50\%$ ；3， $50 \leq d < 75\%$ ；4， $75 \leq d < 100\%$ ；5，環狀剝皮。

樣區 林型	樹種 類型	樹種	胸徑級 (cm)	數量	遭水鹿損害比例(%)				死因 不明 (%)	樹皮受損等級(棵)					
					啃食樹 皮	磨角	環剝	死亡		0	1	2	3	4	5
鐵杉林	針葉樹	台灣鐵杉	<5	11	9.1	0	9.1	9.1	90.9	10	0	0	0	0	1
			5~10	30	70	0	60	66.7	30.0	9	2	0	1	0	18
			10~15	32	93.8	3.1	75	78.1	12.5	2	1	2	2	1	24
			15~20	17	94.1	0	70.6	76.5	0	1	0	0	2	2	12
			20~25	13	100	0	100	100	0	0	0	0	0	0	13
			25~30	8	87.5	0	50	62.5	0	0	0	0	3	1	4
			30~35	7	71.4	14.3	42.9	42.9	0	2	0	1	2	1	1
			35~40	2	100	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
			40~45	3	100	0	33.3	33.3	0	0	0	0	0	3	0
			60~65	1	100	0	100	0	0	0	0	1	0	0	0
	小計	124	79.8	1.6	62.1	64.5	19.4	24	3	5	10	9	73		
	針葉樹小計			131	77.9	1.5	61.1	62.6	18.3	28	3	5	10	9	76
	闊葉樹	台灣馬醉木	5~10	4	25	0	0	0	25	3	1	0	0	0	0
		玉山杜鵑	15~20	2	100	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
		阿里山忍冬	<5	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
		闊葉樹小計	8	37.5	0	0	0	0	0	5	2	1	0	0	0
樣區總計			139	75.5	1.4	57.6	59	18	33	5	6	10	9	76	
台灣 二葉松- 紅檜 混淆林	針葉樹	台灣二葉松	5~10	1	0	100	0	0	0	0	0	1	0	0	0
			10~15	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			15~20	3	0	0	0	0	33.3	3	0	0	0	0	0
			20~25	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
			30~35	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
			35~40	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
			40~45	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			45~50	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
			50~55	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			55~60	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		小計	22	0	4.5	0	0	4.5	21	0	1	0	0	0	
		台灣華山松	10~15	1	100	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		紅檜	15~20	1	100	0	100	100	0	0	0	0	0	0	1
			20~25	1	100	0	100	100	0	0	0	0	0	0	1
			25~30	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

表 3-5(續) 2011 年觀高及駒盆無雙地區永久樣區內樹木徑級分布、遭水鹿損害、不明原因死亡比例及樹皮受損等級分布比較表。受損等級，依樹皮受損區域佔樹幹胸圍比例(d)而定，分別為 0，無受損；1， $d < 25\%$ ；2， $25 \leq d < 50\%$ ；3， $50 \leq d < 75\%$ ；4， $75 \leq d < 100\%$ ；5，環狀剝皮。

樣區 林型	樹種 類型	樹種	胸徑級 (cm)	數量	遭水鹿損害比例(%)				死因 不明 (%)	樹皮受損等級(棵)						
					啃食樹 皮	磨角	環剝	死亡		0	1	2	3	4	5	
台灣 二葉松- 紅檜 混淆林	針葉樹	紅檜	小計	3	100	0	66.7	66.7	0	0	0	0	0	1	2	
		針葉樹小計		26	15.4	3.8	7.7	7.7	3.8	21	1	1	0	1	2	
	闊葉樹	台灣赤楊	15~20	1	0	0	0	0	100	1	0	0	0	0	0	
		阿里山櫻花	15~20	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
		薄葉柃木	10~15	1	100	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
		台灣馬醉木	5~10	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
			15~20	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
		小計		2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
		紅毛杜鵑	0~5	1	100	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
		闊葉樹小計		6	50.0	0	0	0	16.7	3	2	0	0	1	0	
	樣區總計			32	21.9	3.1	6.3	6.3	6.3	24	3	1	0	2	2	
闊葉 混淆林- 台灣杉 造林	針葉樹	台灣二葉松	45~50	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
			<5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
			5~10	8	50	12.5	0	0	0	4	2	2	0	0	0	
			10~15	4	25	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	
			15~20	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	
			20~25	1	100	0	100	100	0	0	0	0	0	0	1	
			小計	19	31.6	5.3	5.3	5.3	0	13	3	2	0	0	1	
		針葉樹小計		20	30	5	5	5	0	14	3	2	0	0	1	
	闊葉樹	台灣赤楊	50~55	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
		台灣肉桂	105~110	1	100	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
		屏東木薑子	5~10	1	100	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
			15~20	1	100	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
			小計	2	100	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
		樟葉槭	5~10	2	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	2	
		台灣胡桃	10~15	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			25~30	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			小計	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
			闊葉樹小計		8	62.5	0	25	0	0	3	2	1	0	0	2
		樣區總計			28	39.3	3.6	10.7	3.6	0	17	5	3	0	0	3

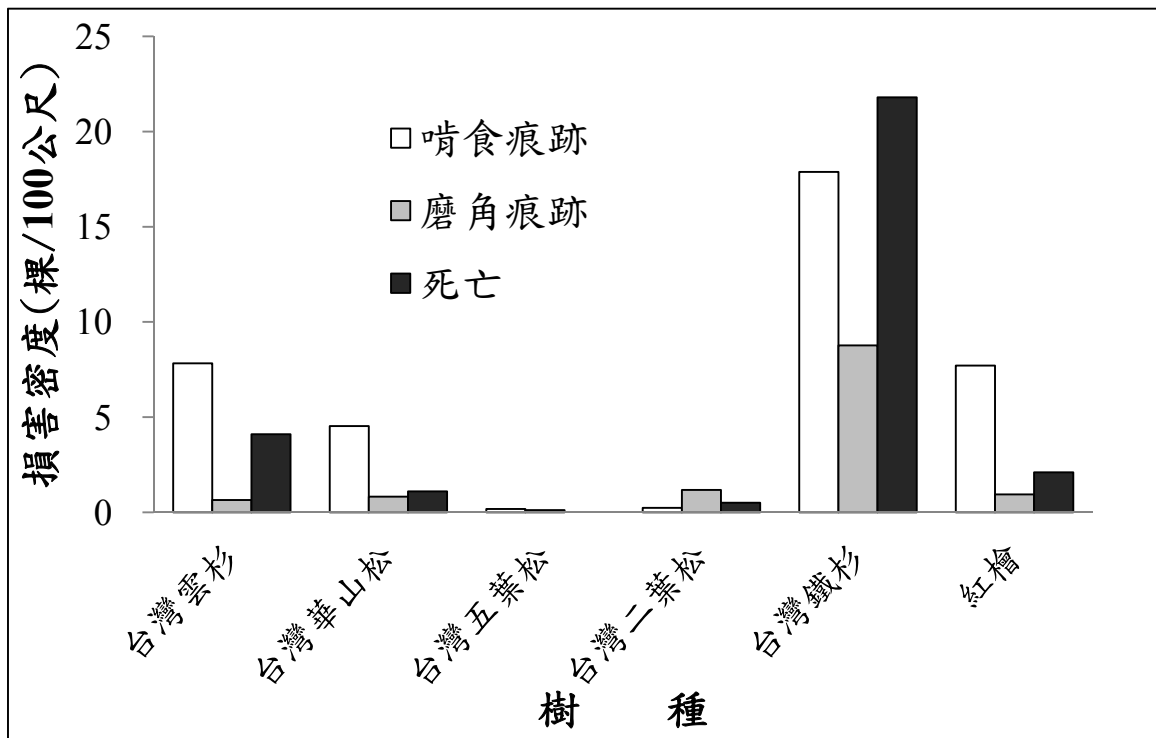


圖 3-1 2011 年郡大觀高地區沿線兩側 10 公尺內 6 種主要針葉樹種遭水鹿啃食樹皮、磨角痕跡及死亡的密度(棵/100 公尺)比較圖。

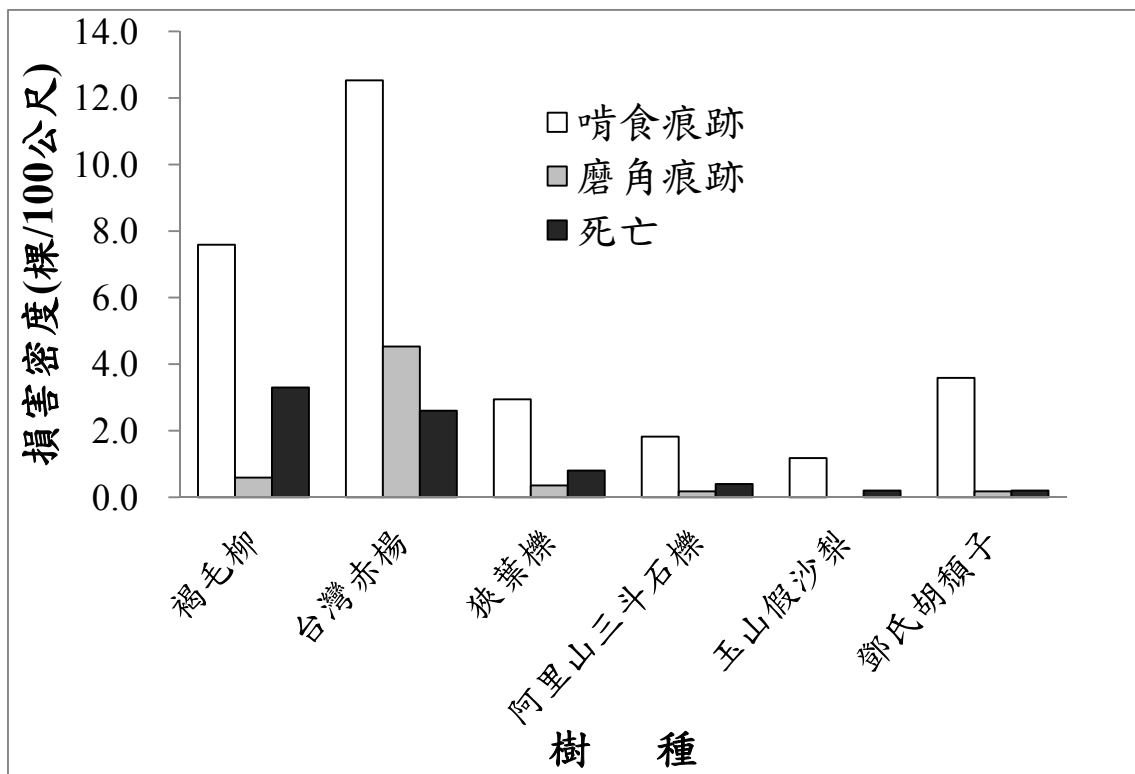


圖 3-2 2011 年郡大觀高地區沿線兩側 10 公尺內 6 種主要闊葉樹種遭水鹿啃食樹皮、磨角痕跡及死亡的密度(棵/100 公尺)比較圖。

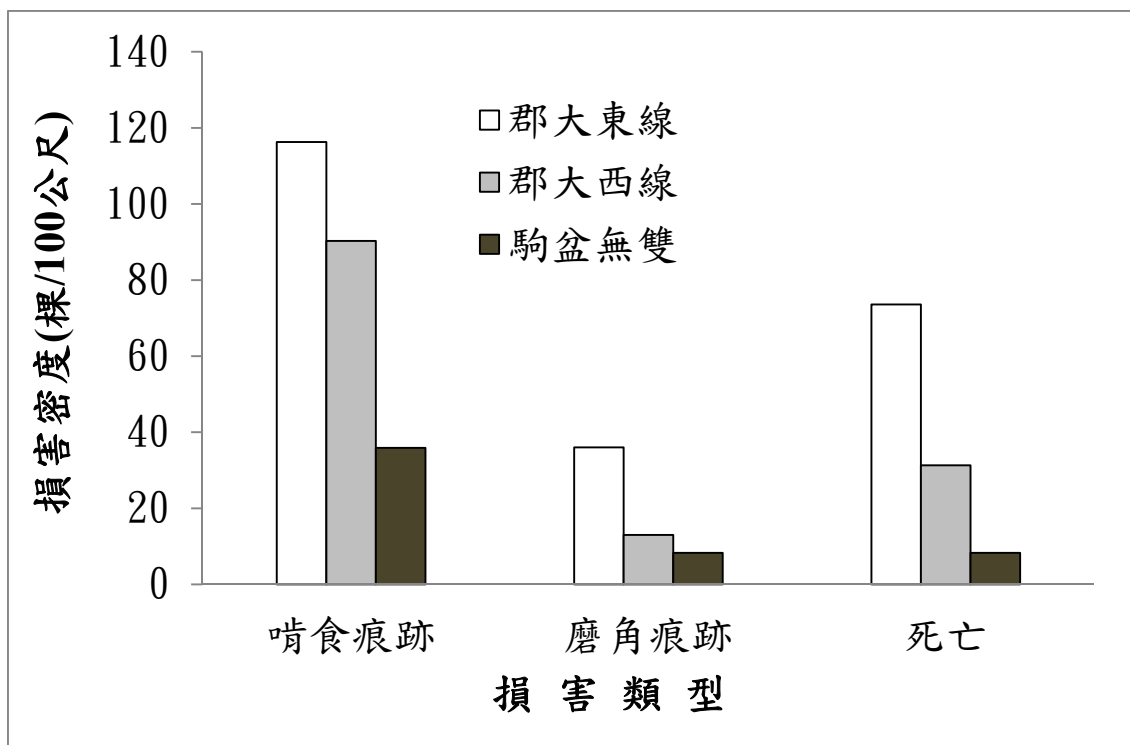


圖 3-3 2011 年郡大觀高地區各調查區段沿線兩側 10 公尺內各樹種遭水鹿啃食樹皮、磨角痕跡及死亡密度(棵/100 公尺)比較圖。

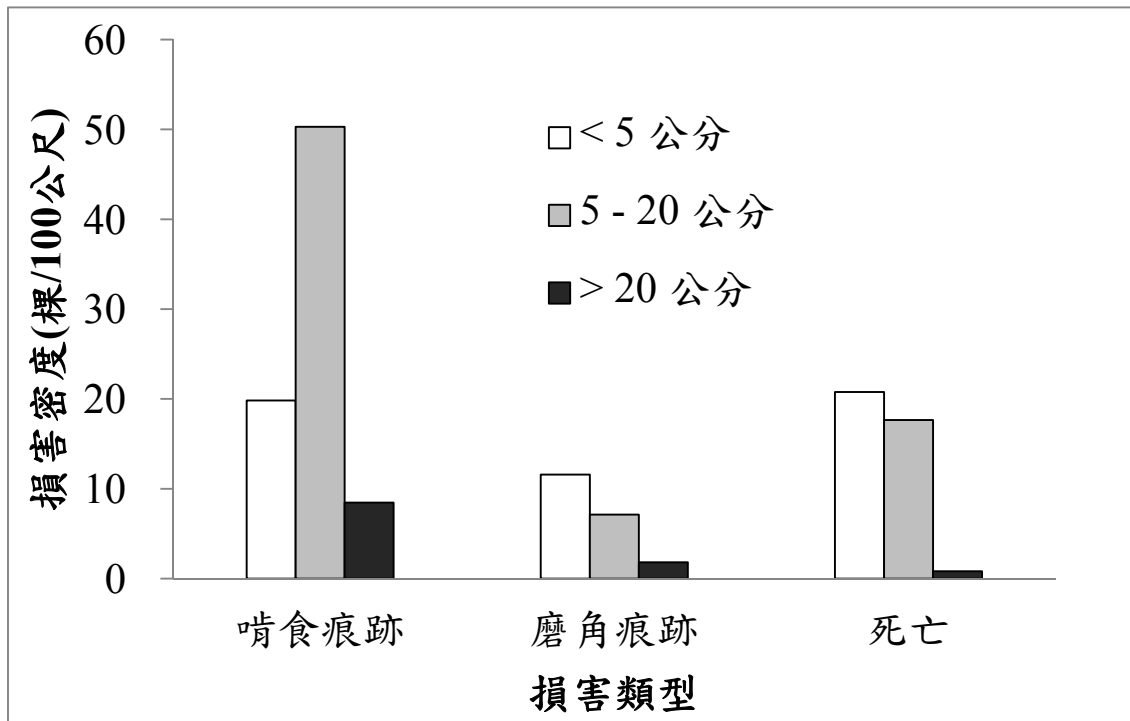


圖 3-4 2011 年郡大觀高地區沿線兩側 10 公尺內各樹種遭水鹿啃食樹皮、磨角痕跡及死亡的樹木各胸徑級密度(棵/100 公尺)比較圖。

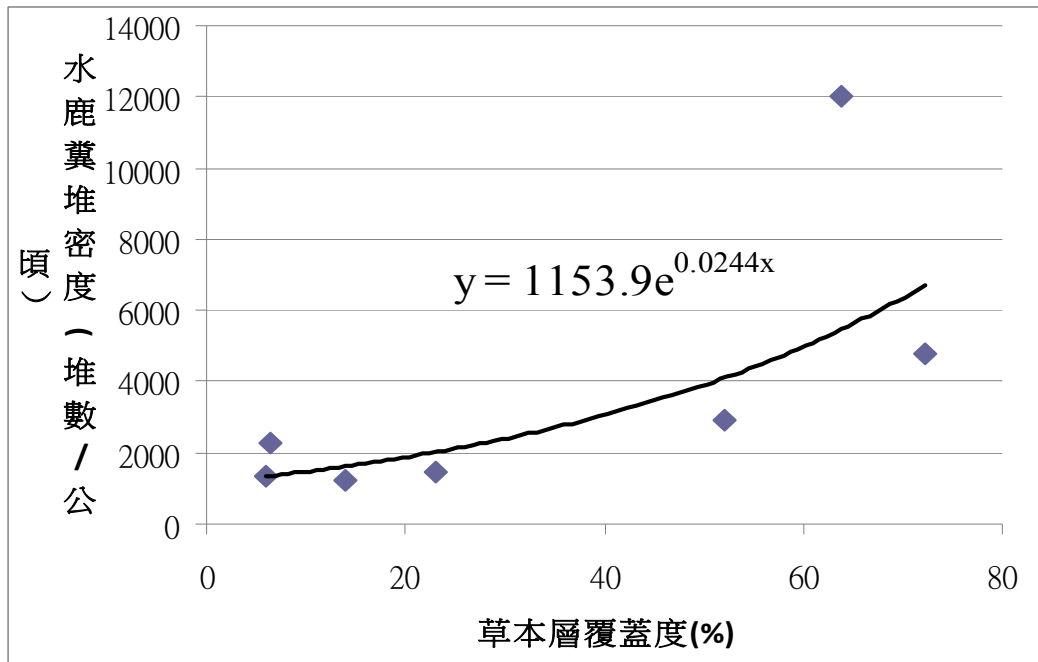


圖 3-5 觀高及駒盆無雙地區 7 個輻射穿越帶中草本層覆蓋度與水鹿糞堆密度之關係。

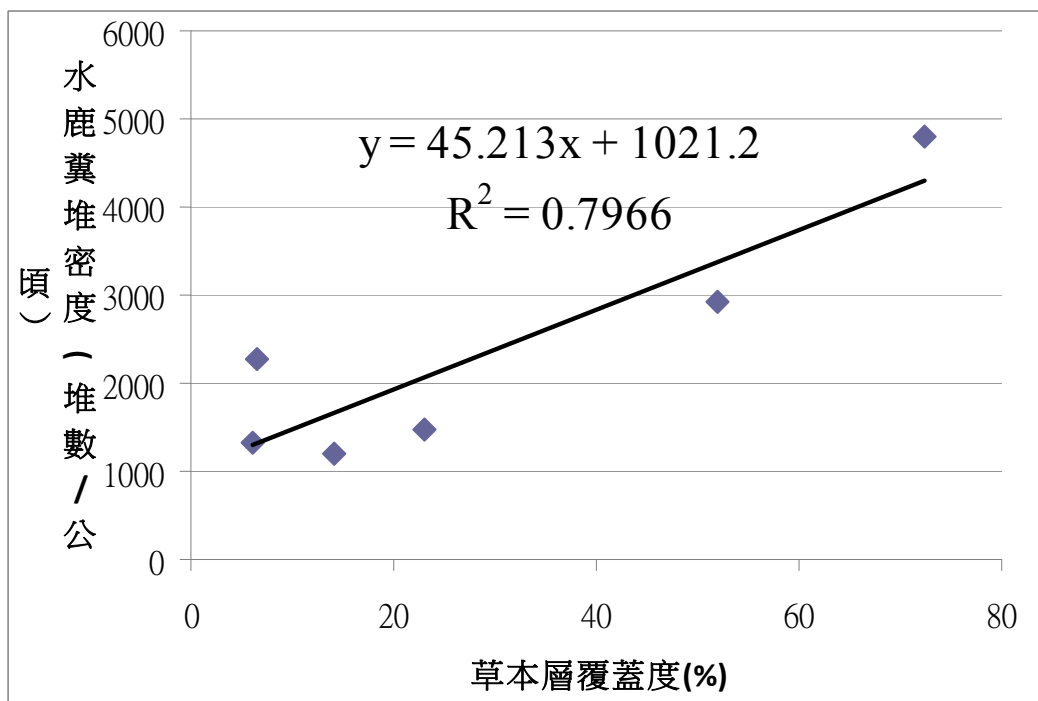


圖 3-6 觀高及駒盆無雙地區 6 個輻射穿越帶中草本層覆蓋度與水鹿糞堆密度之關係 (駒盆無雙地區其中一個樣區因水鹿糞堆密度極高而未列入計算)。(直線為線性迴歸線)。

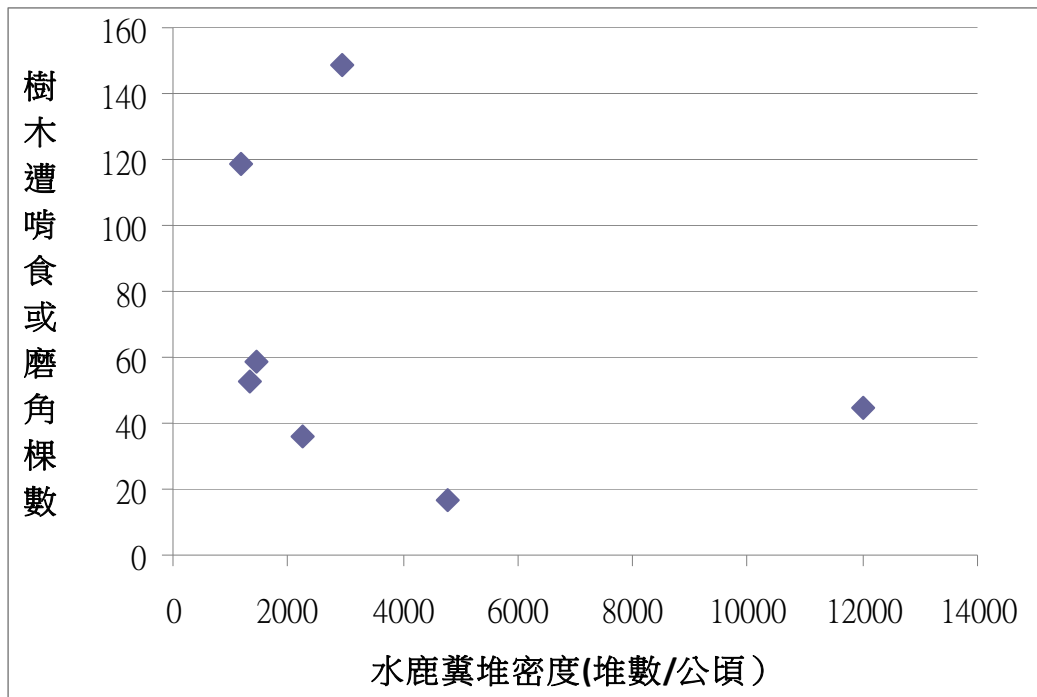


圖 3-7 觀高及駒盆無雙地區 7 個輻射穿越帶中水鹿糞堆密度與林木遭啃食或磨角的數目之關係。

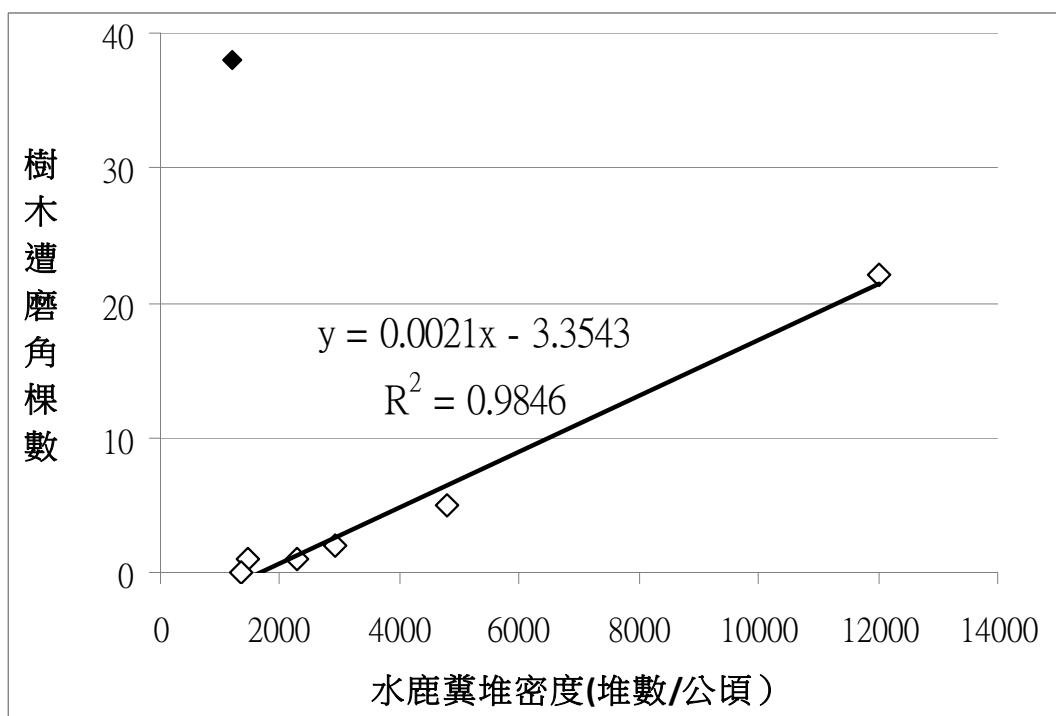


圖 3-8 觀高及駒盆山區 7 個輻射穿越帶中水鹿糞堆密度與林木遭磨角的數目之關係。其中實心方塊為駒盆山西北稜黑水塘樣區，因樹木遭磨角棵數特別高而排除在線性關係分析之外。

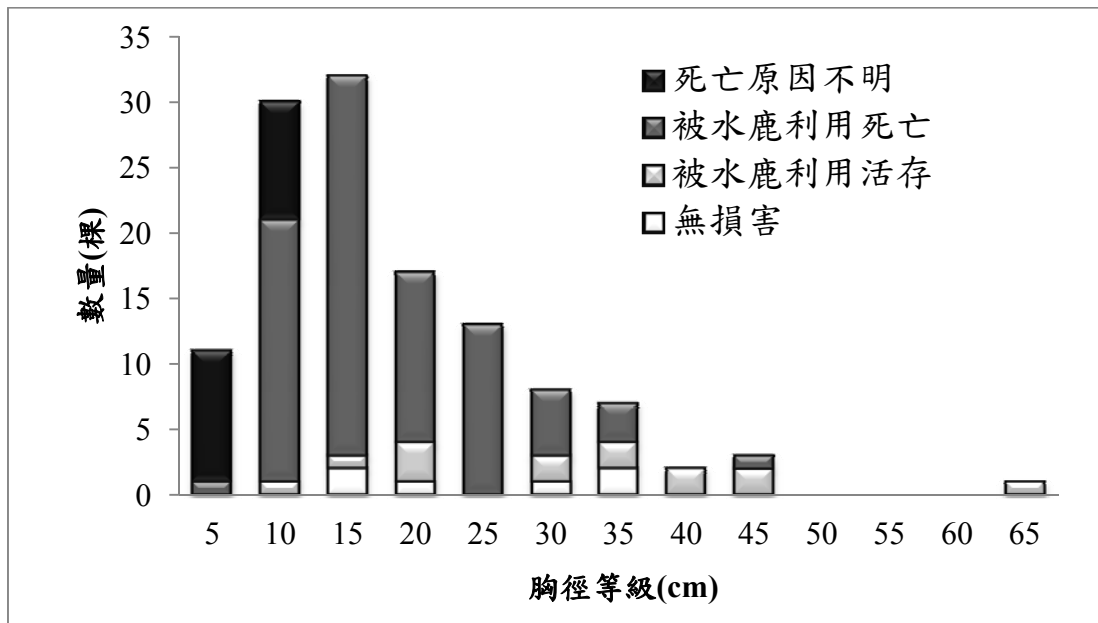


圖 3-9 駒盆山鐵杉林永久樣區內台灣鐵杉(n=124)被台灣水鹿利用樹皮(含啃食樹皮及磨角)活存及死亡樹木數量分布圖，胸高直徑 (DBH) 等級每 5cm 為一組級。

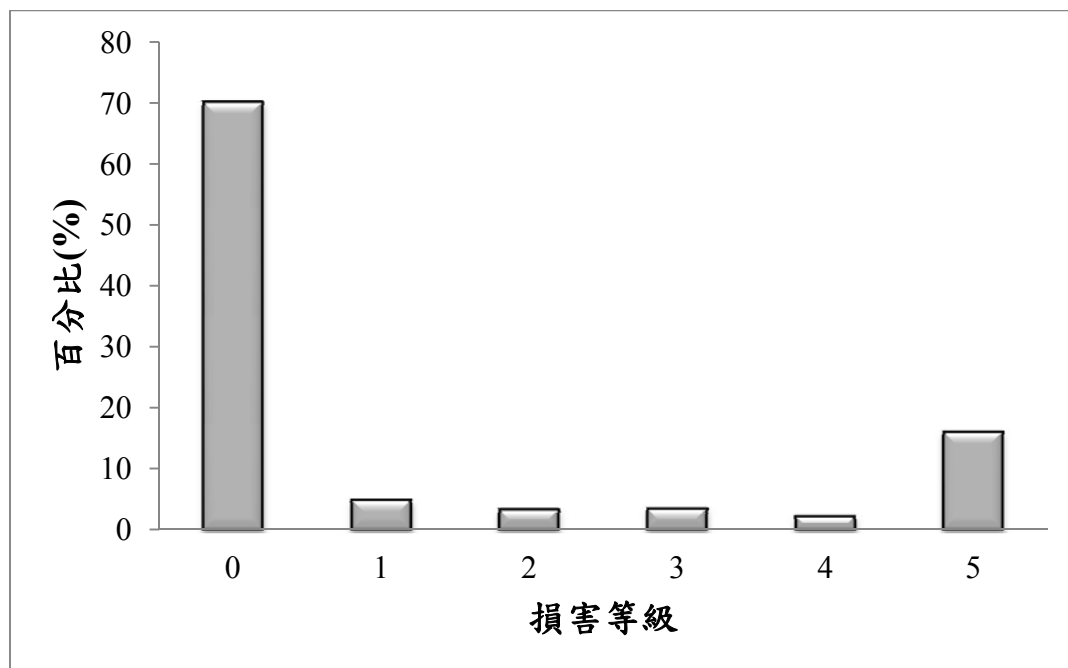


圖 3-10 觀高及駒盆無雙山區永久樣區內各樹種(n=635)被台灣水鹿利用樹皮(含啃食樹皮及磨角)損害程度等級比例比較圖。損害等級，依樹皮受損區域佔樹幹胸圍比例(d)而定，分別為 0，無受損；1， $d < 25\%$ ；2， $25 \leq d < 50\%$ ；3， $50 \leq d < 75\%$ ；4， $75 \leq d < 100\%$ ；5，環狀剝皮。

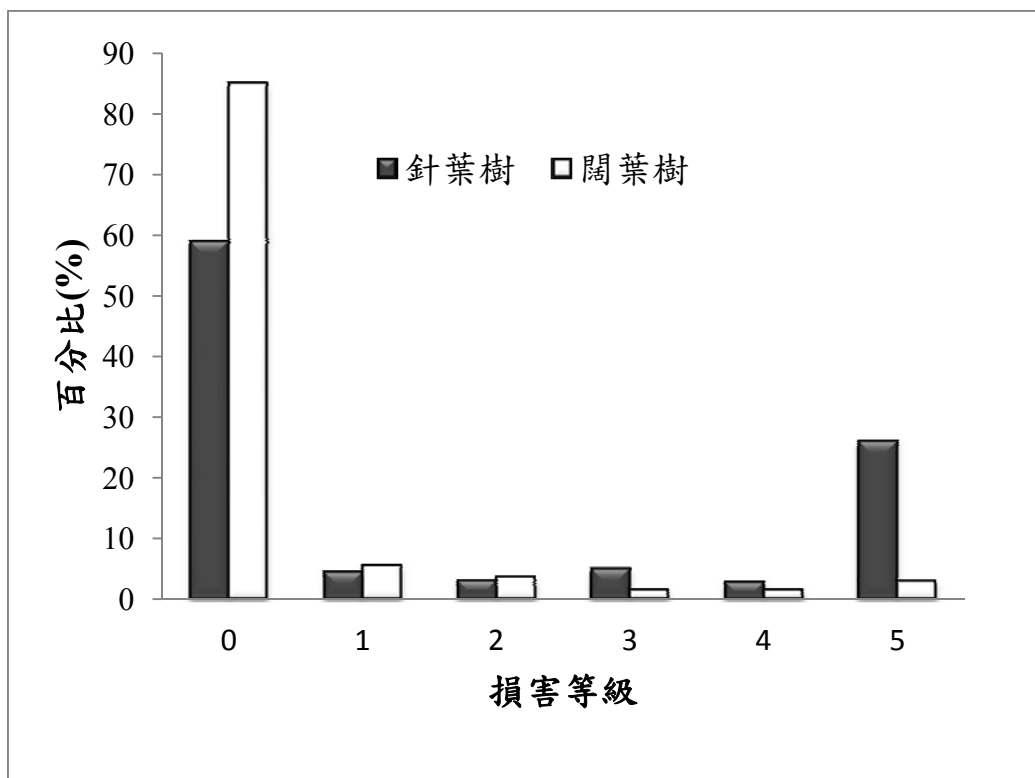


圖 3-11 觀高及駒盆無雙山區永久樣區內針葉樹種(n=362)及闊葉樹種(n=273)被台灣水鹿利用樹皮(含啃食樹皮及磨角)損害程度等級比例比較圖。損害等級，依樹皮受損區域佔樹幹胸圍比例(d)而定，分別為 0，無受損；1， $d < 25\%$ ；2， $25 \leq d < 50\%$ ；3， $50 \leq d < 75\%$ ；4， $75 \leq d < 100\%$ ；5，環狀剝皮。

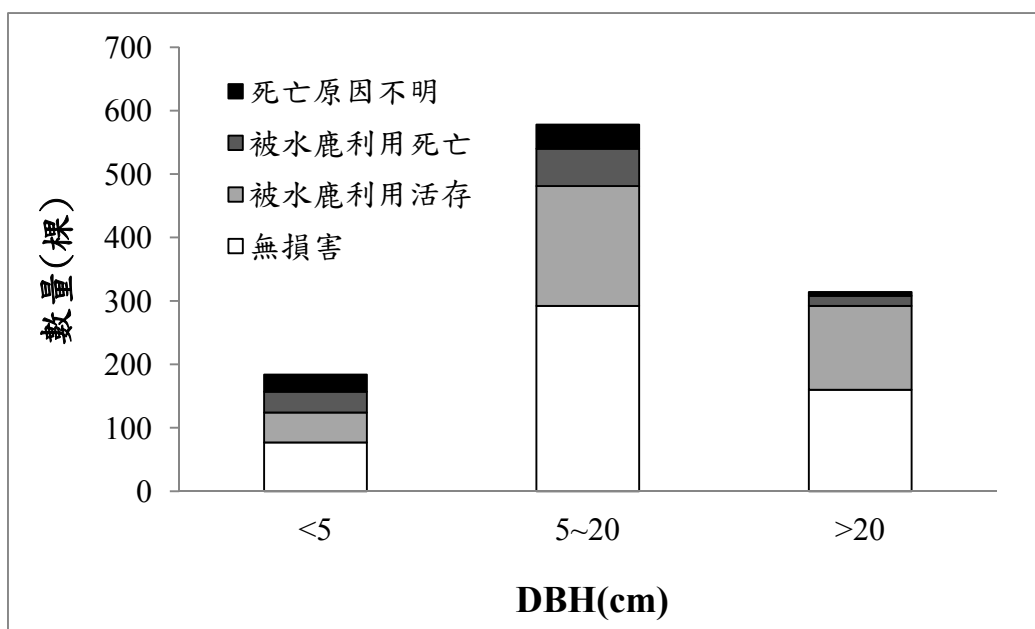


圖 3-12 觀高及駒盆無雙山區 7 條輻射穿越帶內有被台灣水鹿利用樹皮(含啃食樹皮及磨角)的樹種活存及死亡樹木數量分布圖，胸高直徑 (DBH) 等級分為 3 級，分別為小於 5 cm、5~20 cm 及 20cm 以上。

第四章 結論與建議

第一節 結論

一、觀高駒盆地區森林冠層植種受到水鹿啃食或磨角損害現況

本年度於郡大觀高地區共記錄 28 科 72 種的樹木遭台灣水鹿啃食樹皮或磨角，包括 27 科 71 種被啃食樹皮、18 科 35 種被磨角（附錄一）。其中，觀高郡大林道東、西線共記錄有 18 科 36 種的森林樹種遭水鹿啃食樹皮或磨角，郡大地區(駒盆山中峰-無雙吊橋)則記錄 22 科 55 種遭水鹿啃食樹皮或磨角，觀高地區以台灣鐵杉、台灣赤楊、台灣雲杉、褐毛柳、紅檜等受損較為嚴重，其次為狹葉櫟、阿里山三斗石櫟、玉山假沙梨、鄧氏胡頹子、台灣紅榨槭等；駒盆-無雙地區以台灣華山松、台灣鐵杉、紅檜受損較為嚴重，其次為台灣赤楊、狹葉櫟、山枇杷、台灣肉桂、屏東木薑子等。

本區域台灣水鹿對於森林植種的傷害有漸趨嚴重的趨勢，並已經擴及中海拔區域，許多徑級達 20 公分以上的紅檜被水鹿啃食環剝死亡，推測將對中海拔森林的垂直結構產生長久影響，需要積極監測。

二、台灣水鹿對於森林植被結構與更新影響之評估

本研究共建置完成 5 個永久森林監測樣區，包括設置在駒盆山頂附近的鐵杉林樣區、駒盆山西北稜的台灣二葉松-紅檜混淆林樣區、觀高地區的鐵杉-紅檜混淆林樣區、昆欄樹-阿里山三斗石櫟為主的闊葉混淆林樣區，以及位於無雙吊橋附近以台灣肉桂-屏東木薑子-臺灣杉造林為主的針闊葉混淆林樣區。雖然，因屬勘查性質，各林型樣區數量均只有單一樣區，無法進行分析，但可由結果看出大致趨勢。如同先前南二段及新康橫斷的結果，鐵杉林以小於 20 公分的幼樹死亡比例最高，推測將對鐵杉林的更新與結構產生影響；台灣二葉松-紅檜樣區則發現紅檜有被啃食環剝的狀況，將抑制其發展為紅檜林的演替方向，朝向二葉松純林的方向發展；

台灣鐵杉-紅檜混淆林遭啃食比例不高，以台灣鐵杉為主，水鹿啃食選擇性後續對於台灣鐵杉與紅檜的競爭關係影響值得追蹤；2 個闊葉林樣區分別以阿里山三斗石櫟、昆欄樹及台灣肉桂、屏東木薑子等有較高比例的啃食痕跡，唯其發展趨勢仍有待後續監測釐清。

三、玉山國家公園境內台灣水鹿啃食樹皮或磨角研究匯整

歷年研究發現台灣水鹿啃食樹皮及磨角行為對於高海拔針葉樹種具有選擇性，此種選擇性啃食的行為已然對玉山國家公園境內針葉樹種的更新、結構與演替造成影響，對於鐵杉林與冷杉林等溫帶針葉林面積的擴充產生抑制效應，有利於玉山箭竹或高山芒等高山灌叢草地面積的維持與擴張；同時，也對火災等干擾過後成林台灣二葉松林朝向鐵杉林或冷杉林的演替方向產生抑制作用，降低二葉松林內森林植種的多樣性，有利於二葉松林朝向更純林化的方向演替（翁國精等 2010）。而本研究更發現其影響已經擴及中海拔檜木林及中低海拔闊葉林，將對檜木林的結構產生影響。

四、台灣水鹿對中、高海拔森林影響長期監測與因應規劃

本研究參考國外經驗，提出因應台灣水鹿危害森林的評估步驟、流程及可能的防治方式，供國家公園管理處參考。並參酌以往研究資料，建議選擇高海拔的拉庫音溪源地區、楠梓仙溪林道及塔塔加地區作為優先監測地點，進行台灣水鹿對森林生態系影響的長期監測研究及研究方向規劃，並建議以塔塔加監測站做為教育民眾了解台灣水鹿與森林互動的關係，推廣並教育民眾野生動物族群經營管理的重要性，以為後續經營管理資訊的參考與獲得更多的社會支持。

第二節 建議

建議一、立即可行及中長期建議

主辦機關：玉山國家公園管理處

協辦機關：屏東科技大學、各受委託研究單位

本研究綜合先前的研究結果，發現台灣水鹿啃食樹皮的種類已經約 140 種之多，其對森林生態系的影響範圍也從高海拔擴及中海拔區域，並造成紅檜環剝死亡，未來預期將逐步往低海拔及園區外圍擴張，將成為國內森林生態經營管理的

重大挑戰。建議國家公園管理處依照本研究的長期監測規劃地點-拉庫音溪源、楠梓仙溪林道及塔塔加地區，設置長期監測樣區進行監測研究，並在塔塔加及楠溪林道地區辦理解說教育參訪，藉由這樣的過程累積後續野生動物族群及森林生態經營管理的資訊與社會支持。

建議二、中長期建議

主辦機關：玉山國家公園管理處、林務局

協辦機關：各受委託研究單位、林務單位

針對水鹿對森林的影響愈來愈顯著，未來不論在原始森林經營管理或是造林地的建置與經營管理上均面臨重大挑戰，必須及早因應。建議國家公園及林務單位可以參酌本研究整理的步驟、流程思考相關因應策略，並及早投入相關研究調查項目，包括建置可信度高的動物族群估算與監測方法研究比較、各種防治方式及各式圍籬效用的試驗，找出最適用於台灣山區的族群估算方法、動物危害防治方法與相關經營管理策略，作為因應後續台灣水鹿等野生動物族群擴張所帶來的影響。

參考書目

- Allombert S, AJ Gaston, J-L Martin. 2005a. A natural experiment on the impact of overabundant deer on songbird populations. *Biol. Conserv.* 126: 1-13.
- Allombert S, S Stockton, J-L Martin. 2005b. A Natural Experiment on the Impact of Overabundant Deer on Forest Invertebrates. *Conserv. Biol.* 19: 1917-1929.
- Alverson WS, DM Waller, SL Solheim. 1988. Forests Too Deer: Edge Effects in Northern Wisconsin. *Conserv. Biol.* 2: 348-358.
- Côté SD, TP Rooney, J-P Tremblay, C Dussault, DM Waller. 2004. Ecological impacts of deer overabundance. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 35: 113-147.
- Craven S. R., S. E. Hygnstrom. 1994. Deer- Damage prevention and control methods. *The Handbook: Prevention and Control of Wildlife Damage*: 25-40.
- Davidson DW. 1993. The Effects of Herbivory and Granivory on Terrestrial Plant Succession. *Oikos* 68: 23-35.
- Fuller R. J. and Gill R. M. A. 2001. Ecological impacts of increasing numbers of deer in British woodland. *Forestry* 74: 193-199.
- Gegner L. 2003. Deer control options.
<http://www.attra.ncat.org/attra-pub/PDF/deercontrol.pdf>
- Gill R. M. A. 1992a. A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. Deer. *Forestry* 65: 145.
- Gill R. M. A. 1992b. A review of damage by mammals in north temperate forests .3. Impact on trees and forests. *Forestry* 65: 363-388.
- Gill R. M. A. and Beardall V. 2001. The impact of deer on woodlands: the effects of browsing and seed dispersal on vegetation structure and composition. *Forestry* 74: 209-218.
- Gill R. M. A., G Morgan. 2010. The effects of varying deer density on natural regeneration in woodlands in lowland Britain. *Forestry* 83: 53-63.
- Huntly N. 1991. Herbivores and the Dynamics of Communities and Ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 22: 477-503.
- Kelly DL. 2002. The regeneration of *Quercus petraea* (sessile oak) in southwest Ireland: a 25-year experimental study. *For. Ecol. Manage.* 166: 207-226.
- Martin J-L, S Stockton, S Allombert, A Gaston. 2010. Top-down and bottom-up consequences of unchecked ungulate browsing on plant and animal diversity in temperate forests: lessons from a deer introduction. *Biol. Invasions* 12: 353-371.
- Nelson GH, FE Smith, LB Slobodkin. 1960. Community structure, population control, and competition. *Am. Nat.* 94: 421-425.
- Post E, C Pedersen. 2008. Opposing plant community responses to warming with and without herbivores. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 12353-12358.

- Saint-Andrieux C, C Bonenfant, C Toigo, M Basille, F Klein. 2009. Factors Affecting Beech *Fagus sylvatica* Bark Stripping by Red Deer *Cervus elaphus* in a Mixed Forest. *Wildl. Biol.* 15: 187-196.
- Tilghman NG. 1989. Impacts of White-Tailed Deer on Forest Regeneration in Northwestern Pennsylvania. *J. Wildl. Manage.* 53: 524-532.
- Verheyden H, P Ballon, V Bernard, C Saint-Andrieux. 2006. Variations in bark-stripping by red deer *Cervus elaphus* across Europe. *Mammal Rev.* 36: 217-234.
- Yokoyama S, I Maeji, T Ueda, M Ando, E Shibata. 2001. Impact of bark stripping by sika deer, *Cervus nippon*, on subalpine coniferous forests in central Japan. *For. Ecol. Manage.* 140: 93-99.
- 王穎。1988。台灣地區山產店對野生動物資源利用調查(Ⅲ)。行政院農業委員會。生態研究第 017 號，62 頁。
- 李玲玲、林宗以，2003。台灣水鹿的食性研究。行政院農業委員會林務局保育研究系列第 91-3 號。72 頁。
- 李玲玲、林宗以，2007。玉山國家公園南二段地區中大型哺乳動物調查暨台灣水鹿族群監測計畫。內政部營建署玉山國家公園管理處，70 頁。
- 何紋靈，2011。玉山國家公園東部園區臺灣水鹿的活動及其對林木的影響。國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。42 頁。
- 林宗以、楊國楨、李玲玲，2006。台灣水鹿啃食樹皮行為對高海拔森林影響初探。2006 動物行為與生態暨中國生物學會聯合學術年會論文集。第 148 頁。
- 林良恭、孫義方、喬雅玲、徐歷鵬、賴伯琦、黃重期。2009。玉山國家公園郡大觀高地區生物資源調查。內政部營建署玉山國家公園管理處。86 頁。
- 林良恭、江智民、喬雅玲、徐歷鵬、賴伯琦、黃重期。2010。玉山國家公園郡大溪流域地區生物資源勘查。內政部營建署玉山國家公園管理處。51 頁。
- 林宗以，2008。玉山國家公園南二段東埔至向陽哺乳動物相普查。內政部營建署玉山國家公園管理處。9 頁。
- 姜博仁、朱祐璽、鄭蕙如、林宗億。2009。玉山國家公園塔塔加地區野生動物自動化監測可行性評估。內政部營建署玉山國家公園管理處。
- 姜博仁、蔡世超、吳禎祺、林宗億。2010。玉山與塔塔加地區中大型哺乳動物與生物多樣性之長期監測計畫。內政部營建署玉山國家公園管理處。88 頁。
- 翁國精、林宗以、蔡及文。2009。玉山國家公園新康山區暨南二段中大型哺乳動物調查計畫。內政部營建署玉山國家公園管理處。88 頁。
- 翁國精、林宗以、張書德、范震華。2010。玉山國家公園新康山區中大型哺乳動物監測暨水鹿族群生態調查。內政部營建署玉山國家公園管理處。83 頁。
- 楊國楨、蘇夢淮、王豫煌、黃江綸、翁其羽。2010。玉山國家公園楠梓仙溪林道地區動植物資源監測調查計畫。內政部營建署玉山國家公園管理處。131 頁。

附錄一、玉山國家公園境內遭台灣水鹿啃食樹皮樹種名錄。●- 表示遭啃食樹皮較嚴重的樹種。

中名	學名	新康 橫斷	南二 段	楠溪 林道	觀高 地區	無雙 駒盆	大分 山區
松科							
台灣冷杉	<i>Abies kawakamii</i>	●	●	▲		▲	
台灣雲杉	<i>Picea morrisonicola</i>	●	●	▲	●	▲	
台灣華山松	<i>Pinus armandii</i> var. <i>masteriana</i>	▲	▲	▲	▲	●	
台灣五葉松	<i>Pinus morrisonicola</i>		▲		▲	▲	
台灣二葉松	<i>Pinus taiwanensis</i>	▲	▲		▲	▲	
台灣黃杉	<i>Pseudotsuga wilsoniana</i>						●
台灣鐵杉	<i>Tsuga chinensis</i> var. <i>formosana</i>	●	●	▲	●	●	▲
柏科							
紅檜	<i>Chamaecyparis formosensis</i>	▲	▲	▲	●	●	▲
柳杉	<i>Cryptomeria japonica</i>			▲			▲
巒大杉	<i>Cunninghamia konishii</i>			▲			
刺柏	<i>Juniperus formosana</i>	▲	▲			▲	
玉山圓柏	<i>Juniperus squamata</i>	▲	▲				
台灣杉	<i>Taiwania cryptomerioides</i>					▲	
胡桃科							
化香樹	<i>Platycarya strobilacea</i>					▲	
楊柳科							
褐毛柳	<i>Salix fulvopubescens</i>	▲	▲	▲	●		
樺木科							
台灣赤楊	<i>Alnus formosana</i>		▲		●	▲	●
阿里山千金榆	<i>Carpinus kawakamii</i>		▲	▲	▲	▲	
蘭邯千金榆	<i>Carpinus rankanensis</i>	▲					
殼斗科							
細刺苦槠	<i>Castanopsis kusanoi</i>			▲			
青剛櫟	<i>Cyclobalanopsis glauca</i>					▲	
赤柯	<i>Cyclobalanopsis morii</i>						▲
狹葉櫟	<i>Cyclobalanopsis stenophylloides</i>		▲	▲	●	●	
鬼石櫟	<i>Lithocarpus lepidocarpus</i>						▲
阿里山三斗石 櫟	<i>Pasania hancei</i> var. <i>arisanensis</i>		▲		●		▲
三斗石櫟	<i>Pasania hancei</i> var. <i>ternaticupula</i>	▲				▲	
短尾葉石櫟	<i>Pasania harlandii</i>	▲					▲

附錄一(續)、玉山國家公園境內遭台灣水鹿啃食樹皮樹種名錄。

●- 表示遭啃食樹皮較嚴重的樹種。

中名	學名	新康 橫斷	南二 段	楠溪 林道	觀高 地區	無雙 駒盆	大分 山區
塔塔加高山櫟	<i>Quercus tatakaensis</i>			▲			
高山櫟	<i>Quercus spinosa</i>		●				
榆科							
石朴	<i>Celtis formosana</i>			●		▲	▲
桑科							
柘樹	<i>Maclura cochinchinensis</i>					▲	
蕁麻科							
水麻	<i>Debregeasia orientalis</i>		▲	●	▲		
長梗紫麻	<i>Oreocnide pedunculata</i>		▲	▲	▲		▲
水雞油	<i>Pouzolzia elegans</i>			▲			
木蘭科							
烏心石	<i>Michelia compressa</i>			▲			
五味子科							
阿里山五味子	<i>Schisandra arisanensis</i>	▲					
樟科							
瓊楠	<i>Beilschmiedia erythrophloia</i>			▲			
華河瓊楠	<i>Beilschmiedia tsangii</i>	▲					
台灣肉桂	<i>Cinnamomum insularimontanum</i>					▲	
土肉桂	<i>Cinnamomum osmophloeum</i>					▲	
長葉木薑子	<i>Litsea acuminata</i>	▲		▲	▲		▲
屏東木薑子	<i>Litsea akoensis</i>					●	▲
霧社木薑子	<i>Litsea elongata</i> var. <i>mushaensis</i>						●
玉山木薑子	<i>Litsea morrisonensis</i>	▲	▲		▲		
假長葉楠	<i>Machilus japonica</i>	▲		●			●
青葉楠	<i>Machilus zuihoensis</i> var. <i>mushaensis</i>					▲	▲
高山新木薑子	<i>Neolitsea acuminatissima</i>	▲			▲		
昆欄樹科							
昆欄樹	<i>Trochodendron aralioides</i>	▲			▲		
小蘗科							
高山小蘗	<i>Berberis brevisepala</i>	▲					
獼猴桃科							
硬齒獼猴桃	<i>Actinidia callosa</i>			▲			

附錄一(續)、玉山國家公園境內遭台灣水鹿啃食樹皮樹種名錄。

●- 表示遭啃食樹皮較嚴重的樹種。

中名	學名	新康 橫斷	南二 段	楠溪 林道	觀高 地區	無雙 駒盆	大分 山區
茶科							
毛柱楊桐	<i>Adinandra lasiostyla</i>	▲					
米碎柃木	<i>Eurya chinensis</i>			▲		▲	▲
假柃木	<i>Eurya crenatifolia</i>	▲					
厚葉柃木	<i>Eurya glaberrima</i>	●	●	▲	▲	▲	
毛果柃木	<i>Eurya gnaphalocarpa</i>			▲			
薄葉柃木	<i>Eurya leptophylla</i>		▲		▲	▲	
細枝柃木	<i>Eurya loquaiana</i>	▲					▲
大頭茶	<i>Gordonia axillaris</i>			▲		▲	▲
木荷	<i>Schima superba</i>			▲		▲	
厚皮香	<i>Ternstroemia gymnanthera</i>	▲		▲			▲
金縷梅科							
水絲梨	<i>Sycopsis sinensis</i>						▲
虎耳草科							
大葉溲疏	<i>Deutzia pulchra</i>	▲		▲	▲		
狹瓣八仙花	<i>Hydrangea angustipetala</i>					▲	
藤繡球	<i>Hydrangea anomala</i>	▲					
大枝掛繡球	<i>Hydrangea integrifolia</i>	▲	▲				
水亞木	<i>Hydrangea paniculata</i>	▲					
小花鼠刺	<i>Itea parviflora</i>				▲	▲	▲
薔薇科							
山枇杷	<i>Eriobotrya deflexa</i>	●		●	▲	●	▲
台灣蘋果	<i>Malus doumeri</i>	▲		▲			
玉山假沙梨	<i>Photinia niitakayamensis</i>	●	▲	▲	●		
毛瓣石楠	<i>Photinia serratifolia</i> var. <i>lasiopetala</i>			▲			
台灣老葉兒樹	<i>Pourthiaea beauverdiana</i> var. <i>notabilis</i>	▲		▲			
小葉石楠	<i>Pourthiaea villosa</i> var. <i>parvifolia</i>	▲					
假皂莢	<i>Prinsepia scandens</i>	●	▲		▲		
布氏稠李	<i>Prunus buergeriana</i>						
山櫻花	<i>Prunus campanulata</i>					▲	
墨點櫻桃	<i>Prunus phaeosticta</i>						●
圓果刺葉桂櫻	<i>Prunus spinulos</i> var. <i>Globosa</i>				▲		

附錄一(續)、玉山國家公園境內遭台灣水鹿啃食樹皮樹種名錄。

●- 表示遭啃食樹皮較嚴重的樹種。

中名	學名	新康 橫斷	南二 段	楠溪 林道	觀高 地區	無雙 駒盆	大分 山區
阿里山櫻花	<i>Prunus transarisanensis</i>					▲	●
含羞草科							
摩鹿加合歡	<i>Albizia falcata</i>						▲
大戟科							
油桐	<i>Aleurites fordii</i>					▲	
細葉饅頭果	<i>Glochidion rubrum</i>						▲
虎皮楠科							
奧氏虎皮楠	<i>Daphniphyllum glaucescens</i> var. <i>oldhamii</i>			▲			
薄葉虎皮楠	<i>Daphniphyllum himalaense</i> subsp. <i>Macropodum</i>	▲				▲	
芸香科							
橘柑	<i>Citrus tachibana</i>					▲	
賊仔樹	<i>Tetradium glabrifolium</i>					▲	
漆樹科							
木蠟樹	<i>Rhus succedanea</i>						▲
槭樹科							
樟葉槭	<i>Acer albopurpurascens</i>			▲		▲	
尖葉槭	<i>Acer kawakamii</i>	▲		▲		▲	
台灣紅榨槭	<i>Acer morrisonense</i>	▲	▲	▲	●	▲	▲
青楓	<i>Acer serrulatum</i>			▲		▲	
冬青科							
苗栗冬青	<i>Ilex bioritsensis</i>	●	●			▲	
圓葉冬青	<i>Ilex goshiensis</i>	▲					
早田氏冬青	<i>Ilexiana Loes.</i>						▲
雲南冬青	<i>Ilex yunnanensis</i> var. <i>parvifolia</i>	▲	▲				
衛矛科							
刺果衛矛	<i>Euonymus spraguei</i>	▲					
福建賽衛矛	<i>Microtropis fokienensis</i>					▲	
省沽油科							
山香圓	<i>Turpinia formosana</i>			▲			
杜英科							
杜英	<i>Elaeocarpus sylvestris</i>			▲	▲		
錦葵科							
山芙蓉	<i>Hibiscus taiwanensis</i>			▲			

附錄一(續)、玉山國家公園境內遭台灣水鹿啃食樹皮樹種名錄。

●- 表示遭啃食樹皮較嚴重的樹種。

中名	學名	新康 橫斷	南二 段	楠溪 林道	觀高 地區	無雙 駒盆	大分 山區
胡頹子科							
藤胡頹子	<i>Elaeagnus glabra</i>					▲	
鄧氏胡頹子	<i>Elaeagnus thunbergii</i>		▲		▲	▲	
小葉胡頹子	<i>Elaeagnus umbellata</i>		▲		▲		
大風子科							
山桐子	<i>Idesia polycarpa</i>			●			
旌節花科							
通條樹	<i>Stachyurus himalaicus</i>				▲		
五加科							
台灣樹參	<i>Dendropanax dentiger</i>	▲					
三葉五加	<i>Eleutherococcus trifolius</i>			▲			
鵝掌柴	<i>Schefflera octophylla</i>			●			▲
台灣鵝掌柴	<i>Schefflera taiwaniana</i>	●	●				▲
杜鵑花科							
南燭	<i>Lyonia ovalifolia</i>	▲				▲	
台灣馬醉木	<i>Pieris taiwanensis</i>				▲		
南湖杜鵑	<i>Rhododendron pachysanthum</i>						
西施花	<i>Rhododendron leptosantherum</i>	▲					
金毛杜鵑	<i>Rhododendron oldhamii</i>					▲	
玉山杜鵑	<i>Rhododendron pseudochrysanthum</i>	▲	▲		▲	▲	
紅毛杜鵑	<i>Rhododendron rubropilosum</i>		▲		▲	▲	
米飯花	<i>Vaccinium bracteatum</i>	▲					▲
	<i>Vaccinium dunalianum</i> var.						
珍珠花	<i>caudatifolium</i>					▲	
巒大越橘	<i>Vaccinium randaiense</i>					▲	
紫金牛科							
玉山紫金牛	<i>Ardisia cornudentata</i> subsp. <i>Morrisonensis</i>			▲			
大明橘	<i>Myrsine seguinii</i>			▲			
灰木科							
平遮那灰木	<i>Symplocos heishanensis</i>						▲
小葉白筆	<i>Symplocos modesta</i>	▲					▲
木犀科							
白雞油	<i>Fraxinus griffithii</i>			▲			
玉山女貞	<i>Ligustrum morrisonense</i>				▲		

附錄一(續)、玉山國家公園境內遭台灣水鹿啃食樹皮樹種名錄。

●- 表示遭啃食樹皮較嚴重的樹種。

中名	學名	新康 橫斷	南二 段	楠溪 林道	觀高 地區	無雙 駒盆	大分 山區
小實女貞	<i>Ligustrum sinense</i>			▲	▲		
無脈木犀	<i>Osmanthus enervius</i>	▲					
異葉木犀	<i>Osmanthus heterophyllus</i>	▲					
大葉木犀	<i>Osmanthus matsumuranus</i>			▲			
茜草科							
九節木	<i>Psychotria rubra</i>			●			
馬鞭草科							
杜虹花	<i>Callicarpa formosana</i>			▲		▲	
海洲常山	<i>Clerodendrum trichotomum</i>			▲			
玄參科							
泡桐	<i>Paulownia fortunei</i>			▲			
忍冬科							
著生珊瑚樹	<i>Viburnum arboricolum</i>						▲
樺葉英迷	<i>Viburnum betulifolium</i>	▲	▲				
狹葉英迷	<i>Viburnum foetidum</i> var. <i>rectangulatum</i>	▲			▲	▲	
紅子英迷	<i>Viburnum formosanum</i>			▲		▲	
呂宋英迷	<i>Viburnum luzonicum</i>	▲		▲			▲
小葉英迷	<i>Viburnum parvifolium</i>	▲	▲				
台東英迷	<i>Viburnum taitoense</i>	▲					
41 科 139 種		56 種	33 種	55 種	36 種	52 種	37 種

製表：林宗以

資料來源：大分山區- 何紋靈 (2011)、本研究團隊；其他山區(丹大林道及大武山區)-南投林管處，台大森林所李靜峰；其餘地點-本研究團隊。

調查範圍及期間：新康橫斷(嘉明湖~瓦拉米)- 2009~2010；南二段(向陽~觀高)- 2005~2009；塔塔加、楠溪林道(塔塔加鞍部-15K、麟趾山區)-2006、2007、2009；大分山區 (抱崖-大分)- 2005、2009~2010；大武山區- 2004；丹大林道 2010；玉里野生動物保護區- 2003-2006。

植物鑑定：吳聖傑、陳保元、林仕杰、古訓銘、李靜峰、張和明及陳添財。

附錄二、台灣水鹿啃食樹木樹皮或磨角痕跡記錄表

[illegible]

傷害類型分為啃食樹皮、磨角；傷害等級依照樹木樹幹被剝皮的範圍佔樹木圓周長的比例，0-25%記為 1；25-50%記為 2；50-99%計為 3；環狀剝皮記為 4。

附錄三、評審會議審查委員意見及回覆情形

委員意見	回覆情形
本案先做初步勘查，之後再根據計畫成果報告來規劃明年度的計畫。	本計畫將整合觀高、駒盆、南二段及新康橫斷山區之歷年調查成果，提出未來數年內應優先執行的研究項目及地區。
因為郡大林道道路中斷，可以考慮從馬博拉斯山進入駒盆。	目前郡大林道可通行至 33K 處，但由此進入駒盆山之路線有多處崩塌，地形脆弱且危險，本研究第二次勘查將由馬博拉斯山方向進入駒盆，但仍由郡大林道離開以節省時間。
觀高步道旁啃食的情形似乎也很嚴重，此段建議納入探勘範圍。	第二次探勘將調查觀高步道旁的水鹿啃食狀況。
水鹿啃食的情形是否合適建立成水鹿危害的指標。	本團隊往年的研究顯示自動相機拍攝的水鹿出現頻度與水鹿啃食嚴重程度成正比，且照片資料為即時資訊，可以用來估計調查期間水鹿的實際活動情形，以及其隨時間的變化。而啃食情形有可能為累積一段時間之後的結果。因此本團隊建議以自動相機所拍攝的水鹿出現頻度為水鹿危害指標。
水鹿啃食樹皮的目的為何？水鹿如何選擇啃食的樹種？偏好樹種（鐵杉、	水鹿啃食樹皮的目的仍然不明，此問題為本團隊未來將優先研究的問題。

冷杉) 是否為該區之優勢樹種?	水鹿對樹種的選擇可能與樹皮內含物、樹皮厚度、適口度(有無大量松脂)等有關。水鹿偏好的鐵杉和冷杉並不一定為優勢樹種,即便在二葉松林中零星分佈的鐵杉及冷杉也會被水鹿啃食,而二葉松則極少被啃食。
主峰線到八通關這段步道在風災後進入勘查,也有發現水鹿啃食的情形,包括鐵杉、紅檜、馬醉木,以往水鹿啃食在步道上較為少見。是否因為莫拉克風災封閉入園,沒有遊客進入,所以水鹿就到步道上啃食樹皮?其實平常是在非步道區進行啃食?水鹿啃食情形是否屬於危害?建議將人與動物之間的互動關係作初步探討與建議。	本團隊自 2006 年起即發現水鹿啃食樹皮的現象有擴大的趨勢,近年來遊客亦反應目擊水鹿的機率大增,顯示水鹿族群數量有增加的趨勢。許多營地(例如嘉明湖、布新營地)夜間聚集的水鹿群亦十分接近人類,顯示水鹿與人類的活動並非完全互斥。因此本團隊認為水鹿啃食的現象越來越嚴重,主要是因為水鹿族群的明顯成長,而非遊客的減少。而水鹿啃食會引起一連串的生態效應,包括森林組成改變、森林面積縮小、箭竹草地擴張、鳥類及昆蟲多樣性降低等。這些效應是否屬於危害,應視人類能承受這些效應的程度以及是否會讓森林生物多樣性顯著降低而定。但因為自然界復原速度緩慢,且這些效應對人類的影響難以評估,故本團隊建議在這些效應成為明顯的危害之前,即著手研究因應之道,以防範於未然。

附錄四、期中報告委員意見及回覆情形

委員意見	回覆情形
可否建立水鹿危害林木程度的分級指數？	本團隊歷年研究皆以林木受損百分比來呈現水鹿危害程度，未來將加強水鹿族群量估算，並以自動相機估計的水鹿活動頻度，再估計林木受損百分比與上述兩者之間的相關性，以便將水鹿危害程度分級，提供國家公園參考。由於水鹿族群量是林木被啃食壓力的直接來源，而自動相機所提供的水鹿活動頻度能即時反應水鹿的族群量，因此本研究預計以水鹿活動頻度做為水鹿危害林木程度的預測指標及分級指數。
如何控制水鹿族群的消長？	目前對於鹿科動物族群量的控制僅有國外的經驗，對於鹿科動物族群消長的控制，應該首重建立可信度高的族群估算方法並進行每年的族群計數來獲得水鹿的族群變動狀況。在這一方面考量國內山區環境，目前仍以糞堆計數法及紅外線自動相機法結合捕捉再捕捉模式等兩種族群估算方法最為可行，建議管理處可以在本研究團隊的協助下逐年訓練相關保育巡查監測

	人員，將每年的台灣水鹿族群計數常態化，先據此建立族群狀況，評估其消長狀況。而當多方評估族群數量已經達到或接近會降低生態系生物多樣性、生態系重要功能運作或是對經濟文化上更為珍稀保育物種的存續時，則必須採取族群控管的手段，主要包括移地放養及移除部分個體等手段。此時，可利用族群計數資料及森林環境監測累積的資料庫，依照管理目標計算需要移地放養或是移除的個體數量、性別及年齡，以將族群數量控制在不影響生物多樣性維持的較低族群密度水平，並持續監測移除後的效應以適時調整策略。唯在國家公園生態保護區或是野生動物保護區執行此一管理措施，除了需要審慎評估其必要性並取得保育中央主管機關的許可外，對於執行人員事前的訓練-包括動物保定、個人安全以及相關保育觀念，以及移除後動物個體的處理均必須有符合法規的完整計畫，並在族群監測的同時，就應利用機會教育宣導鹿科動物對於森林的影響及在缺乏有效自然天敵狀況下野生動物經營管理為生態及野生動物保育的重要環節，以事先化解不必要的誤解，並尋求更大的社會支持度。
--	--

建議設計簡單的水鹿危害調查表格供本處各管理站員工巡視時使用。	本研究已設計一份表格，詳見附錄二。
水鹿啃食的樹種似乎不只針葉樹，也有多種闊葉樹，是否可提供水鹿會啃食的樹種名錄？	本研究已回顧本團隊之歷年研究及其他文獻，於期末報告中列出玉山國家公園境內水鹿啃食樹皮的樹種名錄共計 41 科 139 種，詳見附錄一。
期末報告時可考量邀請南投林區管理處及行政院農業委員會特有生物研究保育中心與會。	水鹿啃食的現象已經對高海拔鐵杉林及冷杉林更新、結構與演替產生影響，並已經擴及到中海拔檜木林，對高經濟的植種生存產生影響，其效應隨著水鹿族群的增加與擴張將愈加顯著，值得各林業與保育相關單位共同關心，本團隊亦樂意將研究成果與所有關心此議題的人分享，煩請 貴處邀請其他單位參與本研究的期末報告。

附錄五、期末報告委員意見及回覆情形

委員意見	回覆情形
本案請提供未來監測台灣水鹿對高山森林生態系動態影響的方法及長期樣區規劃方案，包括調查方法、地點(GPS)、經費、人力設置以及執行單位等，做為未來防治森林為害及水鹿族群量經營管理的預算參考？	遵照辦理，已新增於報告第 25~32 頁。
如何界定可忍受的水鹿啃食程度？	界定可忍受的水鹿啃食程度，首先必須確立明確的經營管理目標，再依動物啃食壓力及植物耐受啃食及恢復的能力來界定，因此會隨經營管理目的及植種而有所差異。
建議初步釐清水鹿啃食原因。	遵照辦理，已經列入未來研究規劃項目中，詳見報告第 29-31 頁
請增列論述國外經驗的參考文獻。	遵照辦理，已經增加於報告本文及參考書目中
除了拉庫音溪源地區、楠溪研究站、以及塔塔加地區可作為優先監測地點外，建議增加同樣受到水鹿啃食影響的觀高地區。	遵照辦理，已新增於未來研究規劃中，詳見報告第 25~32 頁。唯考量觀高地區地形大多陡峭，平坦地較少，樣區大小將設定在不超過 40 公尺×40 公尺。

有關對照與解說組-塔塔加地區，設置及觀察方法請再加以敘述。	遵照辦理，已新增於報告第 32-33 頁。
-------------------------------	-----------------------