

臺灣水鹿跨域整合研究 (四)

太魯閣國家公園管理處委託研究報告

中華民國 104 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

臺灣水鹿跨域整合研究 (四)

受委託者：中華民國國家公園學會

研究主持人：王穎

協同主持人：朱有田、翁國精

研 究 員：顏士清

研究助理：廖昱銓、邱峴文、洪千翊

沈祥仁、孫佩妤、林子祐

陳匡洵、楊書懿

太魯閣國家公園管理處委託研究報告

中華民國 104 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目錄

圖次	III
表次	V
摘要	VII
第一章 前言	1
第二章 材料與方法	5
第一節 研究地區	5
第二節 研究方法	6
第三章 結果	17
第四章 討論	63
第五章 結論與建議	75
附錄一 原住民對水鹿之傳統知識與利用方式訪查，訪查對象基本資料	83
附錄二 2014 年原住民訪查，水鹿傳統知識與利用方式相關資料彙整	85
附錄三 期中審查會議紀錄	89
附錄四 期末審查會議紀錄	95
附錄五 新聞稿	103
參考書目	105

圖 次

圖 2-1、2014-2015 年八通關地區自動相機分布	15
圖 2-2、2014-2015 年雪山地區自動相機分布	15
圖 3-1、2013-2015 年太魯閣國家公園、玉山國家公園、雪霸國家公園自動相機 監測，各地區中大型哺乳動物出現指數(OI)比較	21
圖 3-2、2015 年水鹿族群密度估算，布新營地自動相機架設位置	38
圖 3-3、2015 年水鹿族群密度估算，拉庫音溪自動相機架設位置	39
圖 3-4、2015 年水鹿族群密度估算，大分山區自動相機架設位置	39
圖 3-5、2015 年布新營地 6 個輻射穿越帶內樹木遭啃食及磨角損害與徑級分 布	45
圖 3-6、2015 年拉庫音溪山屋 6 個輻射穿越帶內樹木遭啃食及磨角損害與徑級分 布	45
圖 3-7、2015 年大分山區 6 個輻射穿越帶內樹木遭啃食及磨角損害與徑級分 布	46
圖 3-8、楠溪林道啃食頻度樣區及相機位置圖	48
圖 3-9、2014 年 2 月至 2015 年 10 月楠溪林道紅檜監測樣區水鹿每月啃食頻度、 啃食棵數及啃食面積之變化	48
圖 3-10、2014 年 2 月至 2015 年 10 月楠溪林道紅檜監測樣區水鹿每月啃食速率 變化	49
圖 3-11、2014 年 2 月至 2015 年 9 月楠溪林道茸角與解角個體數與紅檜造林地內 新啃痕數的每月變化	49
圖 3-12、臺灣水鹿樣本採樣地點位置圖	58
圖 3-13、臺灣水鹿 D-loop 序列單套型序列以 Bayesian、Neighbor-Joining 與 Maximum Likelihood 方法所繪製之親緣關係樹	59
圖 3-14、臺灣水鹿之 Nested Clade Analysis 網狀關係圖	60

圖 3-15、蓮花池沈積物岩芯定年資料	62
圖 4-1、拉庫音溪樣區中鐵、冷杉混合林	67
圖 4-2、歷年臺灣水鹿跨域整合研究各調查樣區的樹木被啃食/磨角比例與 OI 值之關係圖	68
圖 4-3、歷年臺灣水鹿跨域整合研究各調查樣區的樹木被啃食/磨角比例與族群密度之關係圖	68

表 次

表 3-1、2014-2015 年玉山國家公園八通關地區與雪霸國家公園雪山西稜與雪劍線自動相機監測結果	20
表 3-2、2012-2015 年太魯閣、玉山、雪霸國家公園各樣區，自動相機之水鹿 OI 與環境因子相關性	23
表 3-3、水鹿在南湖山區、八通關地區、雪山地區 OI 與環境因子之迴歸分析	24
表 3-4、長鬃山羊在南湖山區、八通關地區、雪山地區 OI 與環境因子之迴歸分析	24
表 3-5、山羌在南湖山區、八通關地區、雪山地區 OI 與環境因子之迴歸分析	25
表 3-6、2012-2015 年太魯閣、玉山、雪霸國家公園各樣區，水鹿、山羊、山羌、黃喉貂之 OI 相關性分析	25
表 3-7、新竹縣五峰鄉原住民族訪查，水鹿傳統知識與利用方式相關資料	31
表 3-8、南投縣信義鄉東埔原住民族訪查，水鹿傳統知識與利用方式相關資料	32
表 3-9、南投縣信義鄉新鄉、望美及羅娜訪查，水鹿傳統知識與利用方式相關資料	33
表 3-10、高雄市桃源區原住民族訪查，水鹿傳統知識與利用方式相關資料	34
表 3-11、高雄市那瑪夏區原住民族訪查，水鹿傳統知識與利用方式相關資料	35
表 3-12、花蓮縣原住民族訪查，水鹿傳統知識與利用方式相關資料	36
表 3-13、2015 年布新營地 6 個輻射穿越帶中各樹種總棵數、啃食與磨角比例、偏好係數與死亡比例	43
表 3-14、2015 年拉庫音溪山屋 6 個輻射穿越帶中各樹種總棵數、啃食與磨角比例、偏好係數與死亡比例	43

表 3-15、2015 年大分山區 6 個輻射穿越帶中各樹種總棵數、啃食與磨角比例、 偏好係數與死亡比例	44
表 3-16、臺灣水鹿各採樣地區、中文名稱、英文縮寫對照表、採樣數量與獲得 序列數量表	55
表 3-17、各樣區臺灣水鹿 D-loop 基因單套型分布數量表	57
表 4-1、歷年臺灣水鹿跨域整合研究計劃調查各地區遭水鹿啃食樹皮或磨角的樹 種名錄	69

摘要

關鍵詞：分布範圍、棲地選擇、族群密度、族群遺傳、傳統知識

一、研究緣起

臺灣水鹿 (Formosan sambar deer, *Rusa unicolor swinhoii*) 過去受到棲地破碎化與狩獵壓力影響，族群數量十分稀少，直到近年因所受之生存壓力大幅減輕，族群快速增加，目前對森林環境的影響已開始顯現。為因應保育與經營管理的需求，本研究監測水鹿族群狀態(包括分布與密度)，探討水鹿的棲地選擇，調查水鹿對森林植被之損害現況及評估長期影響，並訪查原住民關於水鹿之傳統知識與經營管理意見，還藉由遺傳學研究，了解地理親緣與過去氣候變遷對於臺灣野外水鹿的族群的影響。研究樣區涵蓋太魯閣國家公園、玉山國家公園、雪霸國家公園及部分國家公園外的山區，本年度 (2015) 延續前兩年度之研究，並增加玉山國家公園大分地區、南二段、雪霸國家公園雪劍線、大鹿林道、雪山西稜、太魯閣國家公園無明山東稜、以及國家公園外的梅蘭林道、能高安東軍、郡大溪、佳仁山等新樣區。

二、研究方法及過程

本研究分為多個面向，使用不同工具進行研究，包括：

- (一)、以紅外線自動相機監測各地區中大型哺乳動物相對數量與種類、評估水鹿之棲地選擇、估算水鹿族群密度。
- (二)、以穿線線調查法評估水鹿分布範圍。
- (三)、訪查原住民以記錄其關於水鹿之傳統知識及相關意見。
- (四)、劃設森林長期監測樣區，監測樹木受水鹿啃食情況及變化趨勢。
- (五)、採集水鹿排遺樣本，純化並保存水鹿 DNA。
- (六)、以親緣關係樹分析水鹿族群間之遺傳關係。
- (七)、鑽取蓮花池沉積物，以重建古氣候變化，並探討與水鹿遺傳分化之關聯。

三、重要發現

本年度在玉山國家公園八通關地區設置 31 個自動相機站收集共 93,790 h 的監測資料，水鹿出現指數(平均每千小時有效照片數)為 16.7，在雪山地區架設 29 個自動相機站共收集 69,291 h 的監測資料，水鹿出現指數(平均每千小時有效照片數)為 3.0。整合過去兩年其他樣區的資料，顯示水鹿廣泛分布在各個地區，但在雪霸國家公園相對較少，雪霸的中大型哺乳動物相對數量、種類數都較玉山和太魯閣國家公園少。

關於水鹿分布範圍的調查，在大鹿林道東線的調查顯示水鹿分布已經靠近觀霧地區，無明山東稜的調查顯示水鹿分布已經靠近中橫公路北側，梅蘭林道的調查也顯示水鹿分布已接近可通行的道路，只有在雪山西稜、雪劍線的調查顯示水鹿分布侷限在高山地區，距離公路尚遠。

以自動相機資料分析水鹿的棲地選擇，發現海拔和與公路距離是較主要的決定因子，海拔較高、距公路較遠的地方水鹿出現指數可能較高，而尺度較小的微棲地環境因子則通常無影響。但本研究發現，使用出現指數難以建立效力高的迴歸分析模式，未來應採取更新的分析方法。

本年度訪查原住民共 28 人，受訪者普遍表示水鹿族群增加許多，但狩獵人口也明顯減少，狩獵文化傳承有困難。關於利用方式，部分受訪者表示，鹿茸的價格下降許多，鹿肉也不好吃，因此較少人願意獵水鹿，部分老人家會用水鹿皮製作衣物。

本年度在玉山國家公園內的布新營地、拉庫音溪山屋及大分地區估計水鹿族群密度及樹皮被啃食程度。三個樣區的水鹿密度估計值分別為 43.5，70.4 及 44.2 隻/平方公里，樹皮被啃食比例分別為 8%，47%及 13.8%。水鹿在高海拔的布新營地與拉庫音溪山屋附近偏好啃食臺灣鐵杉、臺灣冷杉、雲杉、玉山杜鵑等，在中海拔的大分地區則偏好啃食紅子莢蒾、南燭或赤楊等樹種。

本計畫另在楠梓仙溪林道監測紅檜被水鹿啃食頻度的時間變化，發現紅檜被啃食頻度在每年 3-6 月達到高峰，但 2014 年的啃食頻度較 2015 年高出許多。紅檜被啃食頻度的時間變化與水鹿活動頻度及族群密度皆無顯著相關，但與解角或

茸角期的公鹿數量高度相關，且紅檜樹皮的鈣含量較高山芒、玉山箭竹等主要食草及其他樹種更高，因此本計畫推測水鹿可能啃食紅檜樹皮以補充長角期間的鈣質需求。

水鹿跨域整合研究從 2012 年至 2015 年，總共調查了 7 個不同樣區的水鹿族群密度與冠層樹種受到啃食或磨角調查，累計共有 22 科 65 種樹木遭到水鹿啃食樹皮或磨角，且水鹿偏好其中少數的樹種。水鹿活動頻度及族群密度皆與樹皮被啃食頻度無顯著的相關性，因此水鹿密度並非造成水鹿啃食樹皮的主要原因，而可能與某些族群對於樹皮有著特殊需求有關。

本年度完成玉山國家公園、雪霸國家公園、丹大野生動物重要棲地、玉山國家公園、大武山自然保留區之臺灣水鹿排遺樣本採集及 DNA 純化，及其粒線體 DNA 控制區域（D-loop）序列全長增幅。今年增加雪霸國家公園佳仁山、丹大野生動物重要棲地之郡大溪樣線與能高安東軍水鹿樣本採集，惟佳仁山沒有發現水鹿痕跡。在臺灣水鹿遺傳結構分析方面，至今已收集 1084 個水鹿排遺樣本，山除可能來自相同個體的樣本後，共獲得 538 條粒線體 D-loop 全長序列，獲得 20 種 D-loop 單套型。經數種親緣關係樹分析，以高於 99% bootstrap value 分成太魯閣雪霸類群與中央山脈兩主要類群。經分子鐘校正計算，共祖時間約在更新世晚期（late Pleistocene）的冰期。經由 AMOVA 與粒線體 D-loop 遺傳分化指數（FST）分析，臺灣水鹿基因交流有兩個屏障（barrier），分別位於太魯閣國家公園與雪霸國家公園之間；及太魯閣國家公園南側（奇萊東稜）與丹大北側間。因此我們假設太魯閣國家公園內的峽谷，在冰河期間由於地形與氣候的交互作用成為播遷屏障，少許水鹿以此峽谷為避難所，最終導致遺傳分化。為了強化了太魯閣國家公園內過去可能存有冰河時期動物避難所的可能性。我們嘗試以太魯閣蓮花池過去沉積物的古代花粉學研究，來了解植被在冰期降遷情形。這個計畫總共鑽取 13 根岩芯，最長岩芯壓縮後沈積物 207 公分，在 193 公分取得定年資料，經校正後該處年代為 14,450 年，也獲取一些花粉資料。這結果猜測蓮花池在最後冰河期可能是個小窪地，這個地點的古代花粉資料應該可以說明冰期時太魯閣

國家公園植被降遷情形與是否合適作為水鹿的冰期避難所。

四、主要建議事項

建議一

立即可行之建議—建立長期樣區並架設自動相機，長期監測植群受損情況及野生動物族群變化趨勢。

主辦機關：各國家公園管理處

建議二

立即可行之建議—透過圖文影像傳播方式，將研究成果科普化運用在未來的教育推廣

主辦機關：各國家公園管理處

協辦單位：中華民國國家公園學會、台灣大學動物科學技術學系、台灣師範大學

建議三

長期性建議—建立與原住民共管野生動物資源的機制

主辦機關：農委會林務局、各國家公園管理處

Abstract

Keywords: distribution, habitat selection, population density, population genetics, traditional knowledge

The Formosan sambar deer (Formosan sambar deer, *Rusa unicolor swinhoii*) has been endangered in Taiwan due to habitat destruction and hunting, but expanded rapidly in recent years. In some areas, the deer became overabundant and caused negative impact to forest. For the purpose of management and conservation, this project aimed to monitor the distribution and population density of sambar, to study its habitat selection, to survey the deer damage to forest, to collect aboriginal people's opinion and traditional knowledge regarding the deer, and to study the phylogenetic relationship among deer populations. The study areas included Taroko, Yushan, and Sheipa national parks and other mountainous areas in Taiwan.

We set 31 camera traps which totally work 93,790 h at Batongguan, Yushan National Park, and 29 camera traps which totally work 69,291 h at Mt. Xue, Sheipa National Park. The occurrence index (number of effective records per 1,000 h) of sambar was 16.7 and 3.0, respectively. These results combining with data from previous years suggested the sambar was distributed extensively in these national parks, although the population was relatively smaller in Sheipa National Park. Moreover, Sheipa National Park had both lower number of species and relative abundance of medium-large sized mammals.

We applied transect line survey to investigate the distribution boundary of sambar deer populations. The range of deer populations in the east branch of Dalu Forest Road, in the east ridge of Mt. Wuming, and in the Meilan Forest Road were very close to major roads, although the population in West Xue Trail and Xuejian Trail was limited in remote and high-elevational areas.

By analyzing the correlation between sambar occurrence index and environmental variables, we found that elevation and distance to road positively correlated to deer occurrence index, while other micro-habitat environmental variables had little correlation with deer occurrence index. However, we were not able to develop a robust regression model based on the occurrence index. Other index or mathematic model should be applied in the future.

Twenty-eight aboriginal people, most are local leaders or hunters, were interviewed this year. Most respondents observed an increase of sambar population size. However, the prices of deer velvet and meat are too low that few hunters are willing to capture deer. Furthermore, the respondents worried about the decrease of hunters and the hunting culture inheritance.

This project estimated the population density of the Formosan sambar deer and evaluated the level of debarking at Bushin camping area, Lakuin river shelter and Dafen area in Yushan National Park. Densities of Formosan sambar are 43.5 , 70.4 and 44.2 deer/km² in the three areas, respectively. Percentage of trees debarked are 8% , 47% and 13.8%, respectively. Formosan sambar prefers Taiwan hemlock, Taiwan white fir, Taiwan spruce, and Yushan Rhododendron for debarking at high elevations where Bushin and Lakuin are located. At mid-elevations where Dafen is located, Formosan sambar prefers Formosan viburnum, Tibet Lyonia and Alnus for debarking.

This project also monitored the debarking frequency over time of Taiwan red cypress at Nanshi forestry road and found that the frequency peaks from March to June every year, but the frequency was much higher in 2014 than in 2015. The debarking frequency of Taiwan red cypress was not correlated with the activity frequency and population density of the Formosan sambar, but was correlated with the number of bucks renewing or growing antlers. The calcium contents in Taiwan red cypress is the highest among the major forages for Formosan sambar (alpine silver

grass and Yushan cane) and other trees. Therefore, this project interpret that male Formosan sambar debarks Taiwan red cypress to supplement calcium for the growth of antlers.

From 2012 to 2015, the incorporated research of Formosan sambar estimated the population density of Formosan sambar and percentage of trees debarked or antler-rubbed in seven areas. A total of 65 species in 22 families of trees were debarked or antler-rubbed and Formosan sambar only preferred few of the tree species. The frequency of trees debarked was not correlated with activity and population density of Formosan sambar. Therefore, it should be the specific need for the bark in certain populations instead of the density of population that makes Formosan sambar debark.

In this research project, the Formosan sambar deer's feces sample from Shei-Pa National Park, Danda Major Wildlife Habitat, Yushan National Park and Da-Wu Shan Nature Reserve region were collected. D-loop full sequence amplification and sequencing from the collected also completed. This year, new sampling region included Jiaren Mountain in Shei-Pa National Park, Jyunda river in Danda Major Wildlife Habitat and Antongun Mountain in Nenggao Cross-ridge, only Jiaren Mountain failed to observe sambar deer's traces. After filtering based on geographical distance, 1084 sambar deer's feces samples to avoid the repeated sampling, we analyzed 552 D-loop full sequences, and then 20 D-loop haplotypes were obtained until now. Phylogenetic analyses showed that these haplotypes could be further divided into the Taosai-Sheipa major clade and the Central Mountain major clade with high supported by bootstrap value. Through the calibration of molecular clock, the coalescence time of these two major clades happened in the late Pleistocene ice age. Moreover, we found two genetic barriers, one located between Taroko and Shei-Pa National Park, and the other located between southern Taroko National Park and

northern Danda, presented by AMOVA and genetic differentiation index (F_{ST}) analysis. Therefore, we assumed that the canyon inside Taroko National Park acted as a geographic barrier during the glacial period because of the interplay of topography and climate, and also became refuge of few sambar deer causing genetic differentiation eventually. In order to thoroughly understand the possibility of animal refuge existing in the Taroko National Park during the glacial period, we attempted to learn the down shifting of vegetation by study the palaeopalynology of past sediment in Lianhua Pond. Totally 13 core pellets were drilled. Based on the dating data at 193 cm in depth, the core could be dated back to 14,450 years ago after calibration. This data suggested that Lianhua Pond might be a small swamp in the last glacial period, and further indicated whether the down shifting vegetation appearance in the Taroko National Park suit sambar deer's refuge.

Recommendation for immediate strategies:

1. Monitoring the long-term variation pattern of wildlife by setting camera traps in longterm monitoring sites.
2. Transforming this study into materials for popularization of science.

Recommendation for long-term strategies:

1. Developing a cooperative mechanism for managing wildlife resource with aboriginal people.

第一章 前言

2012 年度【臺灣水鹿跨域整合研究 (一)】以 13 隻水鹿之 GPS 追蹤資料對太魯閣國家公園奇萊山區的水鹿空間使用與棲地選擇進行了深入研究(王穎等, 2012), 以自動相機初步了解南湖山區與陶塞溪流域的中大型哺乳動物概況, 並收集分析了太魯閣國家公園境內以及臺灣其他地區的水鹿遺傳樣本, 進行族群遺傳親緣分析, 對臺灣水鹿之遺傳分化提出可能的假說。2013 年延續 2012 年之研究(王穎等, 2013), 將研究拓展至南湖山區、陶塞溪流域、與玉山國家公園楠溪林道之水鹿族群, 並進一步採集 2012 年缺乏地理連續性地區的樣本, 探討兩大遺傳類群: 陶塞溪中下游類群及中央山脈主要類群分布與地理間的關係, 解釋遺傳分群可能原因。2014 年研究(王穎等, 2014)重要結果如下: 1. 不同地區的水鹿具有不同的棲地選擇方式, 顯示人為干擾程度的不同對其造成不同的影響; 2. 訪查原住民, 收集其傳統生態知識及對水鹿利用方式之態度; 3. 水鹿對於植被結構之影響研究結果顯示, 啃食現象並非與水鹿族群密度有關, 與季節性特殊營養需求可能有關, 未來應釐清不同地區水鹿啃食樹皮現象差異的成因, 以利經營管理措施的擬定; 4. 在水鹿遺傳結構分析方面, 除發現水鹿遺傳結構可分成太魯閣雪霸類群與中央山脈主要類群, 並顯示過去太魯閣雪霸類群族群相對數量較中央山脈主要類群少, 族群數量擴張時間相對較晚, 更分析出 RUS05 單套型可能為連接太魯閣雪霸類群與中央山脈主要類群之中間型類群, 且目前只發現其分布於太魯閣峽谷中。這結果可以強化太魯閣國家公園內過去可能存有冰河時期動物避難所的可能性; 5. 於蓮花池進行沉積物採樣, 初步結果顯示蓮花池的自然環境曾經發生變化, 未來可用來推測氣候與環境變遷歷史對水鹿族群之影響。

近年在玉山國家公園境內如新康山區、觀高、郡大溪流域、楠溪林道及玉山、塔塔加等, 臺灣水鹿族群擴張對森林棲地的影響已開始顯現(李玲玲等, 2007; 林宗以, 2008; 翁國精等, 2009、2010、2011; 何紋靈, 2011; 王穎等, 2012)。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。由於鹿科動物啃食或磨角行為對森林冠層樹種的更新、徑級結構、演替方向有明顯影響(Gill and Beardall, 2001; Côté et al., 2004)，姜博仁等(2010)的研究更推測水鹿族群的增加可能會使森林底棲性鳥類的數量降低，未來可能也會影響棲息於中、高海拔區域的小獸類、中小型食肉目動物及山椒魚等的族群與群聚動態。因此，有必要全面性地了解不同國家公園內臺灣水鹿的族群密度與動態、分布範圍變化、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。這將不僅有利於國家公園園區內臺灣水鹿的經營管理，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。

近年來學術界與政府管理單位愈來愈重視原住民傳統知識與經驗，不但藉此獲得新的學術發現，也有助於擬定、推動自然資源之管理與保育政策 (Sterman and Redford, 1995; Stevens, 1997; Polfus et al., 2014)。水鹿為大型草食獸，其所具之肉、皮、角等在過去曾是原住民重要的食物來源及生活用具之原料，原民生活與水鹿息息相關，原住民族數百年積累的傳統知識，必定有許多足以我們學習之處。太魯閣族、布農族、泰雅族分別是太魯閣國家公園、玉山國家公園、雪霸國家公園鄰近地區內主要的原住民族，本研究欲整理太魯閣族、布農族、泰雅族三個原住民族對於水鹿的傳統知識，除保留這些知識外，更可望向其取經以激發更多研究面向與加強研究深度。

除了臺灣水鹿之外，水鹿在亞洲還有另外六個亞種(Leslie 2011)，每個亞種的外觀形態特徵與生態習性各有差異，隨分子生物技術之發展與進步，可更加精準地判斷亞種遺傳特性與進一步探討亞種間的關聯性及亞種內族群間的關係。過去【臺灣水鹿跨域整合研究】研究，結合遺傳與地理資訊發現臺灣水鹿在遺傳親緣關係上可分為兩大類群：陶塞溪中下游類群與中央山脈主要類群，顯示臺灣水鹿在末次冰河時期氣候變遷產生遺傳分化。後續除繼續增加樣本數及樣本收集區域外，更需分析過去族群歷史變動、氣候變遷、地理空間位置與臺灣水鹿遺傳分化相關性。

古代氣候與植被研究，亦可以提供臺灣水鹿遺傳分化原因的有力間接證據。花粉化石研究是探索古代植物地理變遷最為直接的方法之一，植物花粉由於體積小、重量輕、產量大，分布均勻，常隨風飛揚形成花粉雨散落至地面，加上花粉具有堅固的外壁，能耐酸、耐鹼、耐壓，很容易成為化石被保存下來的特性，因此藉由地層中所保存的植物花粉化石，可以追溯過去植群組合的變化歷史，並藉由各種植物的生育習性特徵，對古代氣候波動與環境變遷提出論證 (Liew et al., 2006)。近年來學者對南湖大山圈谷及雪山主峰圈谷進行冰河遺跡的研究，發現無論是辨認擦痕、冰坎等直接證據，或地貌調查、以古氣候資訊為基礎的雪線重建等間接證據，都傾向支持臺灣高山區在末次冰期 (Last glaciation) 時，應發生過冰河。而由於冰河事件在臺灣島嶼地質史上的發生，導致陸域生物受到此種氣候變化與植被垂直遷徙的影響，進而發生族群數量的擴張與退縮，影響物種多樣性及族群遺傳結構。但臺灣水鹿至今尚無相關研究。因此，利用花粉化石研究建立蓮花池的水文變化歷史、重建蓮花池一帶的古植被紀錄與回推過去的氣候波動，並與其他地區的資料結合，建構太魯閣國家公園蓮花池古代氣候變遷史，在解釋過去臺灣水鹿族群分化上，可以提供關鍵證據。

二、本年度目標

1. 調查南湖山區、陶塞河流域、玉山國家公園東部園區地區、雪霸國家公園志樂溪、大霸尖山區域水鹿族群 密度、數量估算、食性收集與棲地生態結構變化、分布現況、棲地利用，建立水鹿棲地選擇模式。
2. 探討水鹿啃食樹皮的原因，利用觀測水鹿啃食頻度的季節變化分析啃食行為與水鹿生活史、水鹿降遷行為及寄生蟲生活史的關係，並研究不同地區水鹿的生理狀況及樹皮成分。
3. 架設自動相機等方式進行監測，觀察各區水鹿之空間使用方式及季節性移動情形。
4. 台灣水鹿排遺樣本採集及 DNA 純化與保存

5. 台灣水鹿粒線體 DNA 控制區域(D-loop)及 Cytochrome.b 序列全長增幅與分析
6. 玉山、雪霸及太魯閣等三國家公園園區內台灣水鹿族群之親緣距離與分群分析。
7. 針對原住民族與水鹿共存之生態傳統知識進行蒐集整理，建立相關知識庫。
8. 利用枯水期鑽取長而連續完整的沉積物芯，探索以蓮花池沉積物，重建太魯閣國家公園園區內過去植物、氣候與環境變遷歷史

第二章 材料與方法

第一節 研究地區

太魯閣國家公園位於花蓮、臺中及南投三縣境內，其範圍以立霧溪流域、中部東西橫貫公路沿線及其外圍山區為主，面積共約 92,000 ha。高海拔地區植物相以高山針葉林、玉山箭竹矮灌叢等類群為主，林線以上具有大面積的高山草原，中海拔地區植物相極為豐富，以闊葉林及針闊葉混淆林為主（楊遠波及徐國士 2004）。本年度研究在南湖陶塞溪山區、奇萊連峰進行，也將擴及部分中海拔山區例如無名山東稜。

玉山國家公園地跨嘉義、南投、高雄、花蓮四縣市，面積 105,490 ha，本次研究在玉山國家公園西部的八通關地區、楠溪林道與東部的大分地區進行，並前往南二段複查過去的監測樣區，另選擇中海拔的梅蘭林道調查水鹿分布狀況。八通關地區為熱門登山路線八大秀馬、南二段、馬博橫斷的前兩日行程，也是八通關古道的西段，入口處為東埔部落，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、紅檜及臺灣鐵杉等林型為主，而在伐木過後的地區則以臺灣赤楊及臺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。楠溪林道總長 34.3 km，目前車輛僅能通行至楠溪保育站（11.2 k）。緊鄰生態保護區的林道 7-14 k 區段歷經伐木及造林，目前散佈著人造松林、檜木林、原生的臺灣赤楊林、常綠闊葉林，而形成多種樣貌的森林型態，國家公園設立後已進入自然演替的過程(楊國禎等 2010)。大分位在八通關古道東段，由玉里南安遊客中心進入，海拔由 600 m 開始漸漸上升至 1,400 m，沿途為中低海拔闊葉林相與杉木造林地。

雪霸國家公園橫跨新竹縣、苗栗縣、臺中市等三縣市，其涵蓋範圍從北邊的樂山到邊吉岩山之稜線為界，到南邊的宇羅尾山和大甲溪中游，面積共約 76,850

ha。本年度研究在雪劍線與志樂溪區域進行，另選擇大鹿林道東線作初步調查。雪劍線指雪山主峰至大劍山稜線，為雪山山脈主稜南段，志樂溪為大甲溪之支流，緣起雪山翠池附近，本研究沿著位在志樂溪北面的雪山西稜往西進行調查。此區域海拔多在 3,200 m 以上。大鹿林道東線位在雪霸國家公園北部，海拔約 2,000 m，近年開始出現水鹿族群(王穎等，2014)。

第二節 研究方法

一、水鹿及主要共域動物之調查

(一)、應用自動相機調查玉山國家公園八通關地區(圖 2-1)、雪霸國家公園雪劍線與志樂溪(圖 2-2)之水鹿及其他中大型哺乳動物族群狀態，以拍攝張數與 OI 值呈現結果，檢視水鹿及其他中大型哺乳動物相對豐度。

八通關地區的調查路線自東埔登山口經對關、觀高、至八通關草原共約 16.8 公里，雪東線至志樂溪流域的路線自武陵農場登山口經 369 山莊、雪山主峰、翠池，到火石山下營地志樂溪源頭附近，再折返翠池，轉往完美谷營地、大劍山。相機的分布以系統性取樣為原則，根據地圖，步道上經過的每一個方格(1 km²)架設 1 台自動相機，每四個月回收一次資料及更換相機位置，各相機站更換地點選擇在同方格但距離 100 m 以上之處。

以自動相機獲得的資料，計算各相機、各區域所拍攝的水鹿照片總數及 OI (occurrence index) (裴家騏及姜博仁 2002)，以 OI 代表相對豐度，計算 OI 是將相機資料標準化的方法，OI 值即平均每一千小時所能攝得的目標動物照片數量。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(除臺灣獼猴以群為單位)。

(二)、以沿線調查法調查前述地區及太魯閣國家公園無名山東稜、雪霸國家公園

之雪山西稜、玉山國家公園西南側梅蘭林道水鹿族群分布狀態及植被受損狀況初步觀察，調查路線即登山步道、營地周遭、以及架設自動相機時所行走之偏離登山步道的區域，記錄水鹿的目擊、聲音、或是各種痕跡，再輔以各自動相機站之水鹿拍攝紀錄，推估目前水鹿分布範圍的大致界線，以作為長期監測的參考。此外並沿路調查各種狩獵痕跡，以初步了解研究樣區目前所受之狩獵壓力。

二、水鹿棲地選擇研究與中大型哺乳動物共域情形

架設相機時，研究人員會測量相機位置之微棲地環境因子，並利用地理資訊系統分析其他環境因子，以進行後續棲地選擇分析。環境因子包括：1.坡度，以坡度計現場測量；2.樹冠層遮蔽度，使用 Spherical densiometer 測量；3.側向開闊度，測量方式為一名研究人員身穿顏色鮮豔之衣服（移動者），朝一個方向直直前進，另一名研究人員則站在相機處觀察（觀察者），計算移動者消失於觀察者視線的距離，移動者將行走東、西、南、北四個方向，再計算平均距離（Masse and Cote 2009），以 < 10 m、10-20 m、> 20 m 分為遮蔽度高、中、低三個等級；4.與水源距離，與動物對水的需求有關；5.與公路距離，距公路越近，受到狩獵壓力或其他人為干擾的可能性就越大；6.與登山步道距離，距登山步道越近則人為干擾越大；7.與最近之山屋距離，山屋為登山客聚集之地，可能產生較大的人為干擾使動物不願靠近，但廚餘、排泄物則可能吸引動物靠近；8. 海拔；9. 地形崎嶇度(vector ruggedness, Sappington et al. 2007)，利用數位高程圖計算而得；10. 太陽輻射量，計算各點一年所獲得的太陽照射能量；11. 坡向，坡向與環境的溼度有關，以方位角區分為 mesic(338-67°)、subxeric(68-157°、248-337°)、xeric(158-247°)三種坡向(Whittaker 1960)；12. 植被類型，依據臺灣現生天然植群圖(邱祈榮等 2009)，將相機所在位置粗分為針葉林、闊葉林、針闊葉混合林、草生地(包括灌叢與裸露地)四種。

棲地選擇的分析，在三個國家公園分別選擇相機數量較多的南湖山區、八通

關區、雪山區進行分析，先以 Pearson correlation 分析各相機點水鹿 OI 與該點各環境因子之相關性，以 R^2 值及顯著性篩選出較能影響 OI 的環境因子，另以 one-way ANOVA 篩選影響 OI 的類別型環境因子，最後再以線性迴歸分析，建立本種相對豐度 (OI) 與環境因子之關係 (賴玉菁 2005)。

共域的草食獸可能會互相競爭食物資源(Brunjes et al. 2006; Whitney et al. 2011)，體型的差異常決定了競爭能力的強弱，體型較小的物種會傾向避開體型較大的物種，但體型較小的物種也可能有較強的適應環境能力(Jiang et al. 2010)，因此我們以 Pearson 相關性分析比較三種較常見的大型草食偶蹄目動物(水鹿、山羊、山羌)之 OI(Kelly and Holub 2008)，以探討其是否存在競爭、迴避的情形。另外並加入山羌與黃喉貂的 OI 相關性分析，以探討獵物的數量是否可能影響黃喉貂的出現情形。

三、原住民傳統知識收集

研究人員於國家公園及鄰近地區進行部落訪查工作，以收集原住民傳統知識並了解其對保育相關議題之意見，於太魯閣國家公園選擇花蓮縣秀林鄉之原住民村落、於玉山國家公園選擇南投縣信義鄉及高雄市那瑪夏區及桃源區之原住民村落、於雪霸國家公園選擇苗栗縣泰安鄉及新竹縣五峰鄉之原住民村落，另加上台東縣延平鄉、海端鄉、鹿野鄉、宜蘭縣南澳鄉及大同鄉等地之訪查或文獻資料。資料的收集採質性方法，透過深度訪談，探索受訪者關於水鹿的認知與知識，主要面向包括 1. 近數十年水鹿之族群動態(分布、數量)、2. 狩獵方式與狩獵情形、3. 對水鹿之各種利用方式、4. 水鹿生態習性、5. 其他水鹿相關知識。訪查的對象主要針對資深獵人，以非隨機取樣的滾雪球法獲得樣本。訪談的進行，將同時採取開放性回答 (open-ended)、一問一答 (closed) 的方式，由研究人員使用列有關鍵問題的問卷，面對面與受訪者對談。訪談時間與次數則視現場狀況與需求而定。

四、水鹿族群密度估算

本研究參考范震華等(2014)所建立之水鹿族群密度估算方法，於玉山國家公園的布新營地、拉庫音溪山屋、大分地區中可能有水鹿出現之區域選擇適當樣區，架設紅外線自動相機估算水鹿族群密度及分析族群中的性別比例。相機在獸徑、水池等有水鹿出現的地點架設，兩相機之間的距離原則上應大於 100m。

水鹿個體辨識將採用型態上的自然特徵，例如角況、鹿角特徵、耳殼缺刻、毛色、體態等。辨識個體之後以軟體 CARE-2 或 MARK 估算水鹿族群密度，並採視個體捕獲狀況採用適當模式估計族群量。為求適用於封閉族群模式，將估計每個月的的水鹿族群量，而非全年之水鹿族群量。

五、森林冠層樹種受到臺灣水鹿啃食或磨角損害現況調查

參考翁國精等（2009，2010）所採用之方法，於玉山國家公園大分山區選取相機樣點為輻射穿越帶中心。每個輻射穿越帶中心樣點均距離至少 100 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 × 5 公尺的灌木樣方及 2 個 1 公尺 × 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。

各樣點以出現指數（occurrence index，OI 值，裴家騏 1998）作為水鹿族群相對豐富度指標，以評估水鹿出現指數跟森林植被遭水鹿啃食樹皮或磨角痕跡比例的關係。

六、臺灣水鹿對於森林植被結構與更新影響之評估

整合第 2 項之輻射穿越帶調查法的調查結果，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），記錄穿越帶內胸高直徑大於 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。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。

七、水鹿啃食頻度的季節變化

王穎等（2014）於楠溪林道的紅檜人造林中標記了 1000 棵紅檜，並每月記錄水鹿啃食樹皮高峰期與何種原因有關，結果發現水鹿啃食紅檜樹皮頻度在 4 月及 5 月突然大量增加並與每月茸角與硬角個體數呈正相關，推論原因可能是因為長角期間，水鹿需要透過啃食紅檜樹皮來補充體內的鈣含量。

本研究將延續王穎等（2014）的研究，持續追蹤水鹿啃食頻度的逐月變化，以橘色蠟筆沿傷口周圍進行標記，以免日後重複計數，並計算新啃食傷口數量及測量面積，由於紅檜樹皮較脆弱，啃食傷口大致呈長條，因此面積是以傷口最長及最寬處相乘取得。啃食速率以三種方式呈現，分別以啃食痕跡數（Debarking signs）、傷口面積（Debarked area）或啃食棵數（Debarked trees）除以兩次調查之間相隔的天數。並分析啃食行為與水鹿生活史與季節的關係。

八、臺灣水鹿遺傳樣本收集、保存與序列分析

（一）、樣本收集

2015 年遺傳樣本採集以下列樣區為主：太魯閣國家公園南湖山區與奇萊連峰；玉山國家公園八通關與東部園區地區；雪霸國家公園雪劍線、大霸尖山樣線之臺灣水鹿排遺樣本採集。遺傳樣本以新鮮排遺收集為主，毛皮、骨骼及查獲盜

獵樣本亦列入收集。樣本皆以 GPS 定位，數位相機拍照存證。樣本回研究室後以 70%酒精於-80°C 下保存。每個地區，樣本數最少收集 20 份 (但最後須視該採樣地區臺灣水鹿豐富度決定)。

(二)、臺灣水鹿排遺粒線體 DNA 抽取

排遺 DNA 萃取分兩階段進行，第一階段為樣本淨化處理及 DNA 初步萃取，第二階段則利用套組抽取及純化 DNA。在第一階段，由於排遺樣本所含雜質及粗纖維多，取約 1~2 g 排遺先以 5 mL 酒精 (MERCK, Germany) 及 5 mL 含 1 mM EDTA (SIGMA, USA) 之緩衝液清洗，離心分離雜質後，以 CTAB 溶液 (MERCK, Germany) 及 phenol/chloroform/isoamyl alcohol 混合液 (25:24:1, SIGMA, USA) 進行 DNA 初步萃取，而後進入第二階段由 QIAamp spin column (QIAGEN, USA) 純化 DNA。

將上述混和液加入 QIAamp spin column 後以 6,000 x g 離心後去過濾液，再加入剩餘混合液，重複上述步驟，8,000 rpm 1 分鐘。以 AW1 緩衝液，8,000 rpm 離心 1 分鐘，清洗 column，再加入 AW2 緩衝液，以 20,000 x g (14,000 rpm)離心 3 分鐘，清洗 column 並去過濾液後換上新的 1.5 ml 微量離心管，加入 AE 緩衝液或去離子水，以 8,000 rpm 室溫下離心 1 分鐘，收集過濾液 (沖出液)，以光譜儀檢測 DNA 濃度並經瓊脂膠檢測 DNA 大小及品質。

(三)、聚合酶鏈鎖反應 (Polymerase chain reaction, PCR) 擴增 DNA 片段

臺灣水鹿粒線體 D-loop 片段擴增：根據文獻與 NCBI Genbank 上發表之序列 (accession number: NC008414) 設計 2 對引子，每對引子擴增產物長度預計分別約為 1,256 bp 與 1,301 bp。擴增臺灣水鹿粒線體控制區 DNA 序列 PCR 反應條件為 50 μ L 反應體積，粒線體 DNA 模板、50 mM KCl、10 mM Tris-HCl (pH 8.3)、0.5 mM MgCl₂、0.2 μ M 引子、100 μ M dNTP 以及 1 unit Taq 聚合酶。作用條件：94°C 反應 4 分鐘，接著 94°C 反應 1 分鐘，60°C 反應 1 分鐘以及 72°C 反應 1.5 分鐘共 28 個循環，最後 72°C 反應 10 分鐘結束作用。PCR 產物在 1.2 % 瓊脂膠體/1x TBE 條件下分析結果。

(四)、粒線體控制區 (D-loop) DNA 全長序列分析

DNA 序列分析則以 forward 以及 reverse 兩種引子，雙邊同時進行作用，並以 ABI PRISMTM Dye Terminator Cycle Sequence Kit (Applied Biosystems Division, Perkin-Elmer Cetus) 標定並經 3730 DNA 序列分析儀 (ABI) 分析其 DNA 序列。

(五)、粒線體 DNA 序列多態性、遺傳距離、遺傳分化 (genetic differentiation)、與親緣關係資料分析

臺灣水鹿粒線體 D-loop 與 cytochrome b DNA 序列的比對與粒線體 DNA 序列多態性分析則使用 MegAlign multiple alignment 軟體 (DNASTAR Inc.) 進行比對。利用 Jotun Hein Method (Hein, 1990) 將不同序列共同進行排序比對，從中尋找核苷酸變異位置，作為單套型判定與特徵序列辨別之用。個別水鹿之間 D-loop 或 cytochrome b 序列的遺傳距離 (pairwise distance) 則使用 DNA Sequence Polymorphism (DNASP) 軟體進行分析計算 (Librado and Rozas, 2009)。親緣關係樹 (phylogenetic tree) 之建立係根據最大似然法 (Maximum likelihood, ML) (Felsenstein, 2006)。經使用 PHYLIP 套裝程式 [PHYLIP 3.6: Phylogeny Inference Package. University of Washington, Seattle, WA 及 PHYLIP Version 3.66 Executables for PowerMac. University of Washington, Seattle, WA] 計算後而構築。總體 F 統計值 (F-statistic) 計算及族群間 F_{ST} 值 (分化指數) 計算使用 Genepop Version 4 軟體 (Raymond and Rousset, 1995)。

Neighbor-Joining (NJ)、ML 以 MEGA5.0 (Molecular evolutionary genetics analysis) 軟體繪製單基因型之間的親緣關係樹。同時，進行 1000 次靴帶式 (Bootstrap) 重覆計算親緣關係樹上各分歧點的可信度 (Bootstrap value)，Bootstrap value 大於 75%者表示該分歧有約 95%的可信度。

Bayesian Inference (BI) 以 Markov chain Monte Carlo (MCMC) 方法進行運算，結合最適演化模型，並以後機率值 (Posterior Probability, PP) 表示各分歧的支持度。設定 1×10^7 世代 (Generations) 進行運算，每 1,000 世代模擬樹取樣一次。

取樣結果將前 10%的取樣樹 (Likelihood 計算尚未達到穩定的取樣樹) 去除 (Burn-in)，剩餘的結果合併後產生共識樹 (Consensus tree)。

關於臺灣水鹿演化上的分歧時間估算，則參考 Douzery and Randi (1997) 所發表之數據，以 $r = 0.4 - 0.8 \times 10^{-7}$ (nucleotide substitutions/site/year) 作為粒線體核苷酸序列發生變異的速率，代入公式 $T = \frac{K}{2r}$ ，以推測不同水鹿族群在演化上出現分歧之可能時間。歷史族群波動分析利用 DnaSP 軟體 Tajima's D test (Tajima, 1989) 及 Fu's Fs test (Fu, 1997) 進行中性檢測 (Neutrality test) 分析，以確定遺傳變異中的遺傳標記是否不受汰擇 (Selection) 的影響而呈現中性。另外，以 DnaSP 軟體 Constant population size model 進行族群內兩個體間的核苷酸變異分布 (Mismatch distribution)，以族群內的遺傳多樣性資料，推估族群大小變動之歷史。在過去歷史族群波動分析，以 BEAST 軟體進行 MCMC 方法運算，結合以 jModeltest 0.1.1 軟體以 Akaike information criterion (AIC) 選擇最適合的序列演化模型，以偶蹄目粒線體基因每百萬年 2%的核苷酸置速率設定 1×10^7 世代 (Generations) 的取樣，每 1,000 世代取樣一次，將前 10%取樣捨棄。最後以 TRACER ver.1.3 進行貝葉氏天際線點圖之繪製。地理親緣網狀圖之建構，以 ANeCAv 1.2 軟體進行 NCA (Nested Clade Phylogeography Analysis) 建構。TCS 1.2 軟體以基因單套型間的核苷酸差異建構網路分析圖。並計算 clade distance (Dc) 與 nested clade distance (Dn) 是否達統計上的顯著標準後，再以檢索表 (Inference key) 解釋各階層可能歷經的遺傳演化歷史事件。

九、鑽取、分析蓮花池池中沉積物芯，建立沉積物芯的基本資料與碳十四年代測定

一般而言，花粉分析最理想的研究對象是湖泊/池塘沉積物，原因是湖泊/池塘具有相對恆定的堆積條件，沉積連續，分辨率高，其中所包含的花粉化石也較為豐富，因此湖泊/池塘是很好的自然歷史記錄器，長期穩定地記錄著過去湖泊/

池塘及其周遭地區的水文波動、動植物變遷，乃至氣候與環境的變化。透過湖泊/池塘先後堆積的沉積物中所包含的花粉化石研究，將能建構出湖泊/池塘周圍過去植群隨著時間的演變過程，進而連結至古代氣候的變遷歷史。

本計畫工作範圍內的天然湖泊/池塘並不多，在考量前期之工作成果及本年度工作內容之後，本計劃選定位在花蓮縣秀林鄉的蓮花池進行湖泊/池塘沉積物花粉分析研究，旨在建立太魯閣國家公園區域內過去一萬年來的植物地理和氣候變遷歷史。

蓮花池位於立霧溪上游的陶塞溪流域，地理位置北緯 20°13'00"，東經 121°29'20"，海拔高度 1180 公尺，昔日太魯閣族人稱它為『gsilung』，意指水潭，中橫公路開通後，因池中開滿蓮花，遂更名為蓮花池。此池塘外形略呈不規則橢圓形，最大直徑約 200 公尺，面積 1.5 公頃，水深約 1.6 公尺，池水來源為降雨及盆地周圍的逕流，並沒有流出口，因此池水之損失大多源於蒸發，氣候成為蓮花池池水增減的絕對因素，這樣的特性對於利用池中沉積物進行古氣候重建工作極為有利。

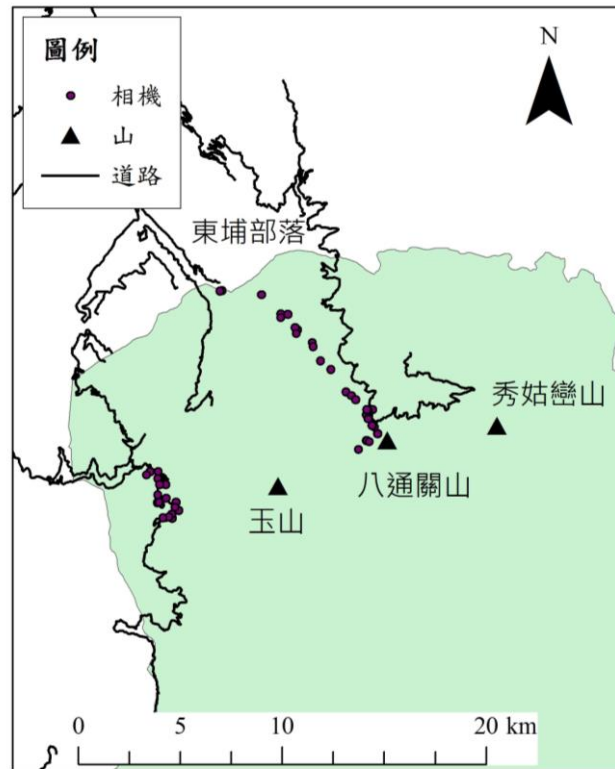


圖 2-1、2014-2015 年八通關地區自動相機分布



圖 2-2、2014-2015 年雪山地區自動相機分布

第三章 結果

一、水鹿與共域動物之調查

(一)、自動相機調查結果

從 2014 年 4 月至 2015 年 10 月，於八通關地區共架設 36 個相機站，扣除相機故障的 5 站，共收集 31 站 93,790 h 的監測資料，總計 4425 張有效照片(表 3-1)，超過 13 種野生哺乳動物。水鹿整體 OI 為 16.7，山羌整體 OI 為 18.0，是拍攝相對數量較多的兩種動物，長鬃山羊 OI 為 3.0，而同為偶蹄目的野豬僅拍攝到 39 張，OI 為 0.4。食肉目動物則記錄到黃喉貂、黃鼠狼、鼬獾、白鼻心、與黑熊。

從 2014 年 4 月至 2015 年 10 月，於雪山地區共架設 38 個相機站，扣除相機故障的 9 站，共有 29 站 69291 h 的監測資料，總計 1262 張有效照片(表 3-1)。拍攝次數最多的動物是水鹿、山羌、長鬃山羊、臺灣獼猴，水鹿整體 OI 為 3.0，山羌整體 OI 為 4.9，長鬃山羊為 5.9，臺灣獼猴為 3.2。而食肉目動物僅記錄到鼬獾與白鼻心各 1 張。

2013-2015 年研究人員在太魯閣國家公園的南湖山區、陶塞溪、托博闊溪、玉山國家公園的楠溪林道與八通關地區、及雪霸國家公園的雪山地區(包括雪東線至雪山西稜與雪劍線)，以自動相機進行長期的調查，比較各樣區相機站的平均 OI 可以發現，雪霸國家公園的水鹿、山羌、野豬相對數量均較太魯閣與玉山少(圖 3-1)，而較大型的食肉動物(黑熊與黃喉貂)完全未曾被發現。山羌與長鬃山羊在中海拔的陶塞溪、托博闊溪、楠溪林道樣區相對略多(圖 3-1)，而野豬在中海拔、且狩獵壓力與人為干擾都很低的陶塞溪與托博闊溪樣區相對較多，在其他樣區都較少見(圖 3-1)。除了雪山之外，黃喉貂在各地都有紀錄，但數量都不多，在海拔較高的南湖山區相對較多(圖 3-1)。黑熊僅在玉山國家公園發現，分別為

楠溪林道拍攝到 1 張與八通關拍攝到 3 張。

(二)、水鹿分布狀態

研究人員於三月前往大鹿林道東線進行一次調查，在林道里程 0.5 k 起便發現水鹿磨痕，隨著往林道深處推進，水鹿痕跡漸漸增加，在 0-0.5 k 之間則並未發現任何水鹿痕跡，推測 0.5 k 附近為該水鹿族群分布的最外圍，其分布範圍在未來可能會往觀霧地區擴展。此外，本區山羌、山羊數量豐富，由 0 k 至 19 k 來回共目擊或近距離聽聞 20 隻次山羌、3 隻次山羊。

於四月、七月分別前往雪劍線及雪山西稜進行調查，兩次調查由雪山登山口起，一路上至雪山主峰，再下行至接近翠池皆無發現水鹿痕跡，從翠池附近才開始出現水鹿痕跡。雪劍線部分，在離開翠池上至稜線的兩側森林皆有零星水鹿痕跡，走至完美谷營地時，營地旁與森林交界處有較多痕跡，隨路線往大小劍方向前進，痕跡最遠至大劍山稜線，之後則無發現。雪山西稜部分，由翠池沿登山路線往火石山前進，遠離步道在森林與箭竹交界處可見到較多水鹿痕跡，一路直到志樂溪支流兩側河階平台都可發現水鹿痕跡，而持續往火石山方向前進，離開溪流後痕跡逐漸減少至沒有，過火石山之後大部分的路段環境是碎石坡或很密的箭竹叢，都沒發現水鹿痕跡，直到大雪山的稜線目擊一隻水鹿，接下來在大雪山林道兩側有零星的水鹿磨痕或啃痕，但靠近大雪山森林遊樂區後便無痕跡。

於六月前往梅蘭林道進行一次調查，於行車終點步行約 2.5 h 會抵達一大崩坍處無法通過，於行車終點及大崩坍地前離開林道向上切約 100-200m，均可發現水鹿的痕跡，包括磨痕、排遺、腳印及食痕，但林道上皆無水鹿痕跡。

於七月前往無明山東稜進行一次調查，由慈雲橋進入山區，在靠近權巴宇山的稜線開始出現水鹿痕跡，距離登山口約一公里，此後沿路均可發現零星水鹿痕

跡。

(三)、狩獵跡象調查

梅蘭林道上，沿途寬敞處常有生火痕跡，沿線有發現一枚已擊發的散彈子彈。

雪劍線大部分都無狩獵痕跡，直到最末段過了推論山後，下至海拔約 1900m 處有一工寮及多處生火痕跡，繼續下至防火巷登山口，發現一枚未擊發之喜得釘子彈及數枚已擊發之子彈。而雪山西稜沿途均未發現狩獵痕跡。

無名東稜的調查僅在靠近登山口處發現一個工寮，可知此處山區有人在活動，但並未發現任何狩獵相關的器具與痕跡。

表 3-1、2014-2015 年玉山國家公園八通關地區與雪霸國家公園雪山西稜與雪劍
線自動相機監測結果。

	八通關 (n=31)			雪山 (n=29)		
	總計	總 OI	平均 OI	總計	總 OI	平均 OI
工作時數 (h)	93,790			69,291		
水鹿	1,570	16.7	20.0 ± 33.3	207	3.0	2.8 ± 3.0
山羌	1,685	18.0	15.9 ± 22.7	342	4.9	4.8 ± 7.1
長鬃山羊	279	3.0	2.2 ± 3.3	410	5.9	5.5 ± 5.6
野豬	39	0.4	0.4 ± 0.6	14	0.2	0.2 ± 0.5
臺灣獼猴	481	5.1	5 ± 8.9	225	3.2	3.5 ± 4.6
黃喉貂	12	0.1	0.1 ± 0.3	0		
黃鼠狼	5	0.1	0.1 ± 0.2	0		
鼬獾	16	0.2	0.2 ± 0.8	1	0.0	0.0 ± 0.2
白鼻心	2	0.0	0 ± 0.2	1	0.0	0.0 ± 0.1
黑熊	3	0.0	0 ± 0.1	0		
松鼠類	20	0.2	0.2 ± 0.4	23	0.3	0.3 ± 0.9
白面鼯鼠	0			14	0.2	0.2 ± 0.7
鼠類	200	2.1	2.0 ± 7.1	0		
藍腹鵲	32	0.3	0.4 ± 0.9	0		
帝雉	24	0.3	0.2 ± 0.6	1	0.0	0.0 ± 0.2
其他鳥類	46	0.5	0.8 ± 3.4	24	0.3	0.5 ± 1.9
獵人	2	0.0	0 ± 0.1	0		
狗	9	0.1	0.1 ± 0.6	0		

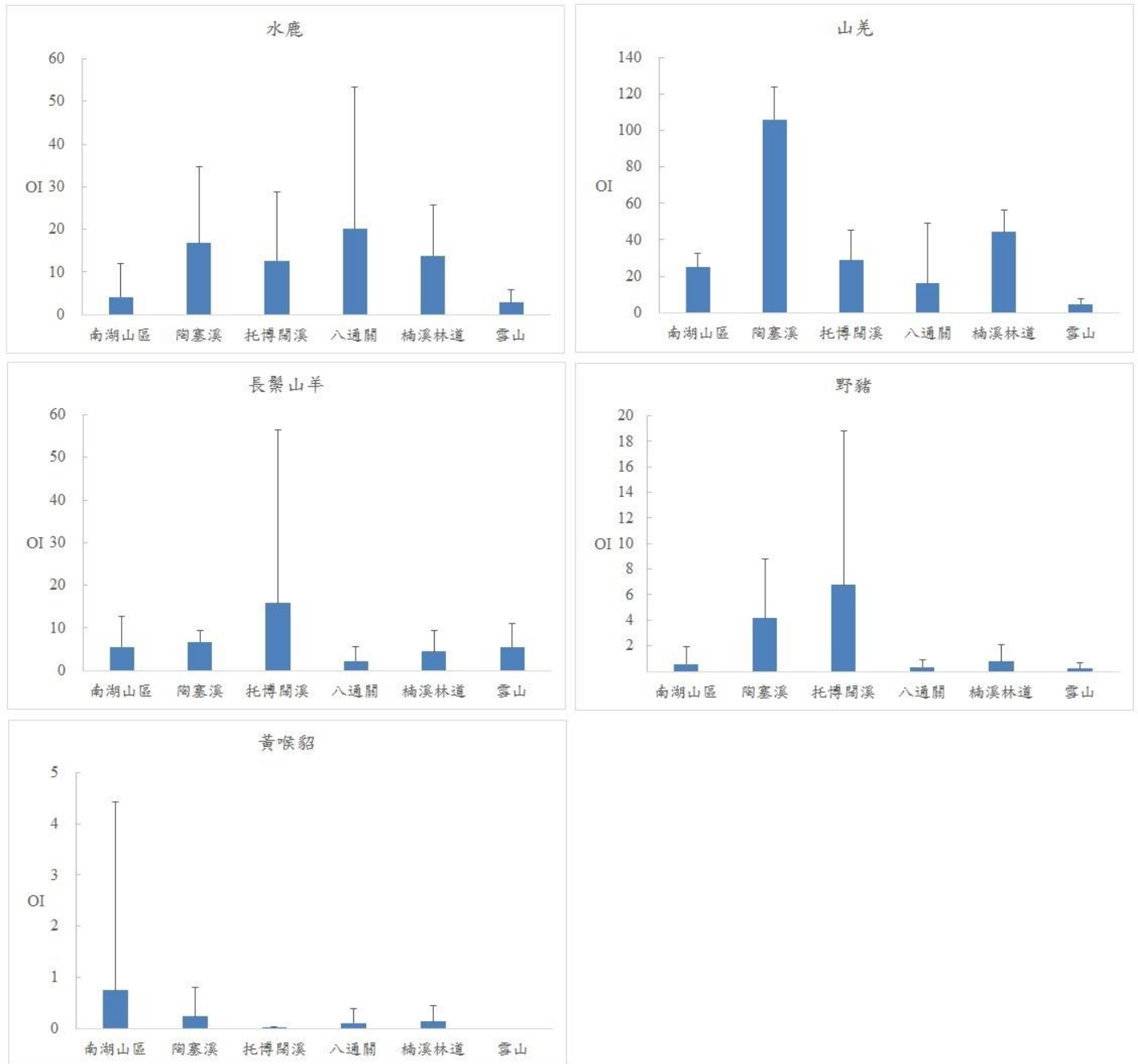


圖 3-1、2013-2015 年太魯閣國家公園、玉山國家公園、雪霸國家公園自動相機
監測，各地區中大型哺乳動物出現指數(OI)比較。OI 為平均每千小時有效照片
數。

二、中大型哺乳動物棲地選擇與共域情形

分析各區水鹿、山羊、山羌與環境因子之相關性(表 3-2)，發現海拔是最主要決定因子之一，在海拔越高的地方，水鹿與山羊的 OI 常會越高，山羌則反之。與道路的距離則是另一項決定因子，距離道路越遠，水鹿與山羊的 OI 可能會越高，但山羌在靠近道路的地方可以有比較高的 OI。

三個地區三種動物，共 9 個 OI 迴歸模式中(表 3-3、3-4、3-5)，採取的環境因子變數不盡相同，並未找到可以通用解釋不同族群 OI 變化的環境因子，且大多數的變數顯著性都未達統計水準，表示這些環境因子雖然和 OI 有一定程度的相關性，但整體而言，模式對 OI 的解釋效力很低。

分析各樣區水鹿-山羊、水鹿-山羌、山羊-山羌、山羌-黃喉貂四種配對之 OI 相關性，發現僅在楠溪林道的水鹿-山羌與山羊-山羌、及八通關的山羊-山羌具有顯著正相關(表 3-6)，其他大多數的配對相關係數均低且未達統計顯著，同一種配對在不同樣區之相關係數正負值亦不一致(表 3-6)。整體而言，這四種動物之間的出現頻度應無明顯關聯性。

表 3-2、2012-2015 年太魯閣、玉山、雪霸國家公園各樣區，自動相機之水鹿 OI
與環境因子相關性(Pearson correlation)，僅列出統計達到或接近顯著水準
($P < 0.05$) 的因子。

	海拔		與公路距離		太陽輻射量		與水源距離		與山屋距離		與步道距離		樹冠遮蔽度	
	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
水鹿														
南湖	0.288	0.061			0.425	0.004	0.343	0.024			0.282	0.067		
八通關	0.396	0.027	0.436	0.014										
雪山					-0.323	0.087								
山羊														
南湖	0.329	0.031	0.266	0.085									-0.453	0.002
八通關														
雪山	0.390	0.036					0.358	0.057	-0.376	0.044				
山羌														
南湖	-0.660	<0.001	-0.527	<0.001	-0.285	0.064	-0.403	0.007						
八通關	-0.294	0.108												
雪山			-0.321	0.090										

表 3-3、水鹿在南湖山區、八通關地區、雪山地區 OI 與環境因子之迴歸分析。

		β	SE	P
南湖	Intercept	-38.582	24.936	0.130
	海拔	5.264E-03	9.845E-03	0.596
	太陽輻射量	1.546E-05	7.805E-06	0.055
	與水源距離	4.962E-03	6.867E-03	0.474
	與道路距離	-1.056E-03	1.275E-03	0.413
八通關	Intercept	3.152	43.529	0.943
	海拔	-0.020	0.040	0.619
	與道路距離	0.011	8.866E-03	0.246
雪山	Intercept	14.869	6.855	0.039
	太陽輻射量	-6.450E-06	3.638E-06	0.087

表 3-4、長鬃山羊在南湖山區、八通關地區、雪山地區 OI 與環境因子之迴歸分析。標黑體者為統計達顯著水準($P<0.05$)。

		β	SE	P
南湖	Intercept	-7.620	18.627	0.685
	海拔	0.010	8.007E-03	0.205
	與道路距離	-8.684E-04	1.109E-03	0.438
	樹冠層遮蔽度	-0.144	0.053	0.010
八通關	Intercept	7.719	4.379	0.089
	海拔	-7.324E-03	4.006E-03	0.078
	與道路距離	1.893E-03	8.919E-04	0.043
雪山	Intercept	-32.482	27.840	0.254
	海拔	0.012	0.009	0.185
	與水源距離	-6.392E-04	4.205E-03	0.880
	與山屋距離	-1.652E-03	1.055E-03	0.130

表 3-5、山羌在南湖山區、八通關地區、雪山地區 OI 與環境因子之迴歸分析。

標黑體者為統計達顯著水準($P<0.05$)。

		β	SE	P
南湖	Intercept	365.028	75.908	2.408E-05
	海拔	-0.143	0.030	2.596E-05
	與道路距離	8.116E-03	3.882E-03	0.043
	太陽輻射量	3.387E-06	2.376E-05	0.887
	與水源距離	0.041	0.021	0.060
八通關	Intercept	59.155	31.438	0.070
	海拔	-0.028	0.029	0.344
	與道路距離	3.433E-03	6.403E-03	0.596
雪山	Intercept	26.652	12.501	0.042
	與道路距離	-2.578E-03	1.465E-03	0.090

表 3-6、2012-2015 年太魯閣、玉山、雪霸國家公園各樣區，水鹿、山羊、山羌、黃喉貂之 OI(occurrence index; 平均每千小時有效照片數)相關性分析。數值為

相關係數 r ，標黑體者為統計達顯著水準($P<0.05$)。

	水鹿-山羊	水鹿-山羌	山羊-山羌	山羌-黃喉貂
南湖山區 ^a	0.075	-0.062	-0.071	-0.060
托博閣 ^b	-0.168	-0.161	0.392	0.044
陶塞溪 ^b	0.371	-0.143	-0.086	0.655
楠溪林道 ^b	0.338	0.629	0.553	0.335
八通關 ^a	0.050	-0.064	0.496	-0.055
雪山 ^a	-0.151	0.145	0.182	

^a Pearson correlation^b Spearman correlation

三、原住民傳統知識收集

研究人員於國家公園及鄰近地區進行部落訪查工作，本年度分別為 104 年 3 月訪查新竹縣五峰鄉桃山村；104 年 6 月訪查高雄市那瑪夏區、花蓮縣秀林鄉；104 年 9 月訪查南投縣信義鄉新鄉、望美、羅娜、東埔等部落、高雄市桃源區梅山、拉芙蘭等部落。訪查對象包含老村長、村長、共管會委員、耆老、獵人等 49 人(附錄 1)。綜合 2014-2015 年之訪查結果，茲將各區有關水鹿相關資訊彙整如後(表 3-7、3-8、3-9、3-10、3-11、3-12)。

(一) 水鹿之族群動態

南投縣信義鄉東埔部落的受訪者表示，山區水鹿增多了，約 70 年前老人家在山區追動物，一個月才發現一隻水鹿，目前在沙里仙溪上游即可發現水鹿。亦有受訪者表示，擔任嚮導去大水窟時，利用尿及鹽巴可吸引上百隻水鹿聚集，在近 15 年內水鹿把山上的茅草吃完，茅草根腐爛死亡。就新鄉、望美、羅娜等部落而言，亦表示水鹿族群增加，溪頭附近已有水鹿出沒。

鄰近玉山國家公園的梅山村受訪者認為山上的水鹿族群和以往相較已有增加，向陽及梅蘭林道均有水鹿活動。部落附近大約距離三公里左右的地方，就有水鹿出沒。其他動物如山羌及獼猴數量亦相當多，會出沒在部落旁的農園。高雄市那瑪夏區受訪者均表示當地水鹿數量似乎增加，有從深山往外移動的趨勢。

新竹縣五峰鄉鄰近雪霸國家公園，綜合去年度及本年度的初步調查結果，可知觀霧及馬達拉溪一帶為傳統獵區範圍，受訪者均表示水鹿數量應有增多，未來有可能分布到部落附近。野生動物族群比以往多，但水鹿被獵捕情形還是不多。苗栗縣泰安鄉受訪者表示，水鹿比以前多，最近有人目擊出現在大安溪床上。

宜蘭縣大同鄉的受訪者亦表示水鹿族群並不多，但鄰近樂水部落之鹿湖去年曾有人目擊水鹿。南澳鄉受訪者表示水鹿數量稀少，部落附近並無水鹿之分布。

花蓮縣秀林鄉和平部落受訪者表示水鹿數量似乎有增加的趨勢，在和平林道 43K 一帶就有人目擊水鹿出沒。卓溪鄉受訪者表示水鹿已出現在南安管理站附近之山區內。秀林鄉有受訪者表示，水鹿數量較以前多出 10 倍。花蓮海岸山脈一帶，受訪者均表示目前無水鹿分布，但約 50-60 年前，曾有人獵得水鹿。

臺東縣延平鄉受訪者表示水鹿族群亦增加，延平林道上的腳印增加，獵人行駛車輛在林道旁即可獵到水鹿。海端鄉受訪者表示，近年來水鹿變多了，大關山隧道、向陽嘉明湖附近水鹿很多。

(二) 狩獵方式與狩獵利用

各部落獵捕水鹿的方式均包含設陷阱及使用獵槍，有經驗的獵人越來越少，傳統狩獵技術有可能失傳。南澳鄉則尚保存製作弓箭的獵捕方式。

就獵捕數量而言，南投縣信義鄉一年可獵超過 1000 隻水鹿；苗栗縣泰安鄉及新竹縣五峰鄉目前以水鹿為主之狩獵不多；高雄市那瑪夏區狩獵區域包含楠梓仙溪至大小關山一帶，受訪者表示由於近年來執法較嚴格，獵人越來越少，也少有獵物販售的情形。由於水鹿體型較大，若打到則負擔較重，因此獵人獵捕意願不高，去年冬天部落大約打了十隻，也有人說一年大約打三十隻。鹿鞭及鹿茸均有人販售，鹿茸以往可販賣一兩 1200 元，現在則較無市場價值。此外，有受訪者表示親人常到中橫公路一帶工作，有認識的朋友在太魯閣國家公園山區曾捕獲戴有項圈的水鹿，獵物處理完後帶下山，項圈則被棄置於溪谷中。桃源區梅蘭村的受訪者亦表示，山區水鹿族群已增加，以往還有原住民狩獵控制族群，開始保育之後，限制原住民狩獵，放陷阱少了，所以水鹿繁殖得很快。部落經驗較豐富

的獵人約 10 人，年輕人不多。宜蘭縣大同鄉一年約獵捕 60-70 隻水鹿。花蓮縣卓溪鄉卓溪村一年不到 10 隻，秀林鄉銅門村一年亦獵捕約 10 隻水鹿。秀林鄉和平部落獵人數量約 20 多位，獵場為和平林道一帶，受訪者表示水鹿實在太重，不願意再打水鹿。

就水鹿利用方式而言，就水鹿的利用而言，東埔一年狩獵水鹿約 200 頭，水鹿的價格亦不高，以往鹿茸、骨皮鞭等約可賣 5-9 萬，現在最多不過 2 萬元。新鄉每年約獵捕 100 隻水鹿，其中一名受訪者表示近年一年可獵十幾隻，但十年前一年只獵個位數。望美尚未有具體數據，但至少獵捕 10 隻以上，羅娜則約 70-80 隻。在傳統利用部分，水鹿皮能做各種衣具，包括小孩揹帶及鞋，製造過程用花生磨，以其油處理皮革數次。

梅山村目前有 7-8 名較老練的獵人，年輕狩獵人口不多，年輕人對山上路況環境也不熟悉，有傳承中斷問題。水鹿並不是最受歡迎的山肉，一年狩獵水鹿的量不多，大約 20 隻。就鹿茸價格，因為現在外面養水鹿，所以外面來收購鹿茸價格比以前低。在傳統利用的部分，水鹿皮經常做成皮衣皮褲，老獵人以往在山區活動會穿皮衣皮褲。傳統製作方法在脫毛後，會以豬油塗抹皮，用獸皮做繩子，會做的人不多了。水鹿角及頭骨，和山豬一樣，都是狩獵榮耀的象徵。

花蓮縣卓溪鄉受訪者表示，獵人在獵捕到水鹿後，會將整隻水鹿帶回與族人分享，然而近年來，發現有狩獵者獵捕水鹿後割取鹿鞭及鹿茸，其餘屍骸棄置，此非傳統之狩獵利用方式。此外，水鹿皮可做衣服及鞋子，鹿腳及鹿骨亦可烤乾販售。秀林鄉之受訪者表示，獵捕到的鹿肉先烤乾再帶下山，鹿茸、鹿角、鹿皮均有用處。日據時代有山產店收取鹿皮，現在則沒有收取鹿皮者。另有受訪者表示水鹿內臟可食用，但腸不能吃，因為水鹿吃箭筍，腸會硬硬的，此一說法尚待

查證。台東縣延平鄉受訪者表示，獵捕到水鹿後，亦整隻帶回，不浪費，另有受訪者表示，以前和老人家上山打獵，設陷阱會綁一根木頭，當獵捕到水鹿時，由於水鹿力氣大，易將陷阱帶著走，獵人可沿著木棍拖行時沿途留下的痕跡找到水鹿。宜蘭縣大同鄉受訪者表示，有一說法為老人家認為水鹿對族人有恩，不能獵捕。祭儀祭祖時，只能用山豬肉和鹿肉。鹿皮有人收購，可做衣服背架用皮。狩獵使用的弓箭常用墨點櫻桃、欖木等樹木。

苗栗縣泰安鄉及新竹縣五峰鄉之受訪者均表示，但鹿茸為平地人的喜好，原住民傳統並不會特別去利用，因此沒有獵鹿茸的習慣，所以不會在特定的鹿茸期前往狩獵。在獵物的利用方面，受訪者表示水鹿皮可做床鋪，3-5 月是鹿茸期，部分獵人表示水鹿並非最喜愛的肉類來源，前幾年曾獵過兩三隻。

(三) 水鹿生態習性及危害情形

由訪查資料，台東及花蓮受訪者表示水鹿鹿茸期在 3-5 月。台東縣延平鄉的受訪者表示，水鹿在茸角期會在水邊照鏡子，看茸角是否有長正，此一說法應屬較擬人化的說法。花蓮縣卓溪鄉受訪者表示，水鹿族群過多時，如果採取獵捕的方式，則以 6 月較適合，因為水鹿在 11-12 月交配，1-3 月懷胎、4-5 月生產。苗栗縣泰安鄉受訪者族表示鹿茸期在 5-7 月。新竹縣五峰鄉受訪者表示，水鹿喜歡走山稜線。由於清泉一帶有溫泉，有耆老表示傳說水鹿會到溫泉取用泉水。

南投縣信義鄉受訪者表示，獵到的水鹿 9-4 月都有胎，一次一胎。母鹿生產只有幾秒鐘，生下小鹿，舔一舔，就可以行走了，1-5 月帶小鹿，小鹿 2 月走路，約 5 月離開媽媽，2-5 月為鹿茸期。就高雄市桃源區而言，水鹿長茸角時間約為 2-4 月，10-11 月硬角脫落時，有水鹿會到果園用角磨紅肉李的樹皮。

就水鹿危害情形，在水鹿危害的部分，梅蘭林道 18 公里處，有台灣杉的造

林地受到水鹿的啃樹皮及磨角，部分台灣杉被水鹿危害，但如果樹皮沒有被環剝，還是可以存活。長期在山區活動的巡視人員亦表示，約二十多年前巡視南二段時，尚未見到水鹿磨樹痕跡，如今在南二段常見鐵杉上有水鹿磨痕，顯示水鹿族群增加。秀林鄉受訪者表示聽說在萬榮鄉有較多樹遭水鹿危害死亡的情形，苗栗縣受訪者表示雪山一帶水鹿較多，可能有危害。南投縣東埔受訪者表示就在乙女瀑布上方 3 公里處大片林被破壞，沿路有千百年老樹被剝皮，許多樹木死亡，預期水土保持能力漸失，會造成道路損壞或崩塌，需要正視此問題，估計一隻鹿一年可影響 80 棵樹。梅蘭林道山區的杉樹等造林受水鹿危害，約七成致死。

(四)水鹿欣賞與旅遊

綜合 2 年之訪查資料，目前並未有針對水鹿發展之生態旅遊形成，但有部分部落未來具有發展之潛力，如南投縣信義鄉東埔部落，已有玉山國家公園所辦理之生態旅遊輔導活動，有機會逐漸發展水鹿觀察欣賞的活動。梅山部落鄰近玉山國家公園，水鹿族群亦逐漸往山下移動，部落受訪者認為欣賞動物亦可行。另，如台東縣的紅葉部落，其曾參與林務局社區林業計畫，成立巡守隊，希望將來有機會發展欣賞動的生態旅遊。花蓮縣的銅門部落受訪者表示，水鹿已逐漸出現在車輛可及之處，贊成不要狩獵路旁的動物，留給遊客欣賞。宜蘭縣大同鄉樂水部落及南山部落則正在開始發展深度旅遊，未來若水鹿族群增加，則有機會欣賞水鹿。苗栗縣泰安鄉則有民宿提供遊客司馬限林道夜間動物觀察活動，聘請獵人擔任嚮導。

表 3-7、新竹縣五峰鄉原住民族訪查，水鹿傳統知識與利用方式相關資料。

內容	新竹縣五峰鄉(泰雅族) 2014 及 2015 訪查
訪查聚落	● 桃山村(清泉部落)
區域特性	● 鄰近雪霸國家公園
水鹿分布、數量、族群趨勢	● 動物比以前多，河邊有山羌。 ● 2 年前在馬達拉溪河床，看到 10 多隻鹿(3 隻公的) ● 估計 20 年後部落會有水鹿
狩獵區域、方式、目的、頻度、數量、獵物處理、禁忌與傳說	● 水鹿肉要烤乾吃，但不好吃。 ● 生活習慣沒有獵鹿茸。 ● 去打獵不會特別挑鹿茸期去。 ● 10 年前，開始用燈打地上的獵物。 ● 以打獵為主的，現在都往生了。 ● 觀霧是獵場。 ● 打獵回來，婦女會來接。傳訊息給部落婦女，用敲空心木頭傳音，一聲不用來接。 ● 以前設陷阱，套腳比較多，會看動物走的路。 ● 老人家認為山羊體型以上才是獵物。 ● 以前用土製獵槍、現在用喜德釘 ● 以前會留鹿角、現在不留了，只有山豬會留。 ● 水鹿皮做床鋪 ● 以前取茸，因為平地人喜歡 ● 不喜歡吃山鹿肉
棲地、食性、繁殖、活動模式、與其他動物互動、危害情形。	● 水鹿喜歡走稜線，在山上住。 ● 3-5 月鹿茸 ● 水鹿 6 月吃水麻 ● 以前老人家會在溫泉守候水鹿。 ● 老人家說水鹿喝熱水 ● 4-5 月不獵殺動物，因為正值繁殖季
水鹿欣賞、生態嚮導、生態旅遊、嚮導費用、擔任嚮導意願	● 有經營民宿、露營區。

表 3-8、南投縣信義鄉東埔原住民族訪查，水鹿傳統知識與利用方式相關資料。

內容	南投縣信義鄉(布農族)
訪查聚落	● 東埔
區域特性	● 鄰近玉山國家公園
水鹿分布、數量、族群趨勢	● 老人家以前在山上用狗追動物(無雙附近)，一個月才發現一隻水鹿，目前沙里仙溪離上游場附近有冷泉，即有水鹿。 ● 帶人去大水窟，以尿及撒鹽，夜間吸引近百隻水鹿聚集，遍布山頭，至少見到 8 隻大公鹿。
狩獵區域、方式、目的、頻度、數量、獵物處理、禁忌與傳說	● 一次上山因背負限制，最多打 2 隻鹿。 ● 獵捕水鹿時，獵狗追到第 3 圈時，水鹿會太熱或口渴，到溪中，此時在水邊等待者即有機會獵殺，有時不只 1 隻，雌雄皆可能。
棲地、食性、繁殖、活動模式、與其他動物互動、危害情形。	● 水鹿近 15 年將山中芒草吃完，被吃者根部腐爛不知原因。 ● 目前下到村落附近，前方山下即有水鹿出沒，在乙女瀑布上方 3 公里處大片森林被破壞，沿路有千百年老樹被剝皮，樹木死亡中，預期水土保持能力漸失，將造成道路損壞或崩塌，需要正視此問題，估計 1 鹿 1 年影響 80 棵樹。 ● 水鹿是 1 雄配 3 雌。 ● 水鹿有三型，一為紅棕色頸短身壯，一為頸細長身瘦長，一為頸長體型小。
水鹿欣賞、生態嚮導、生態旅遊、嚮導費用、擔任嚮導意願	● 東埔 1 鄰有學校輔導生態旅遊，1 年辦 4 次，遊客不多，2 天 1 夜遊程，每位嚮導工資在 2000 元上下，實際經濟效益有限。

表 3-9、南投縣信義鄉新鄉、望美及羅娜訪查，水鹿傳統知識與利用方式相關資料。

內容	南投縣信義鄉(布農族)					
訪查聚落	●	新鄉	●	望鄉	●	羅娜
區域特性	●	鄰近玉山國家公園	●	鄰近玉山國家公園	●	鄰近玉山國家公園
水鹿分布、數量、族群趨勢	●	與 30 年前相比，水鹿變多。	●	水鹿現在比以前多。	●	水鹿下到溪頭。
	●	溪頭方向有水鹿，因為以前有人野放。				
	●	約 10 多年前，有人在山上養水鹿，後來被佛教團體買去放生。				
狩獵區域、方式、目的、頻度、數量、獵物處理、禁忌與傳說	●	聖誕節時可申請上山狩獵，一星期約打十多隻水鹿。	●	一年食用水鹿 10 次以下。	●	溪頭方向有水鹿下山，有人去打後，水鹿又往山上去。
	●	水鹿肉不會浪費，肉會全部食用。	●	水鹿皮做各種衣具，包括小孩揹袋及鞋，製造過程用花生磨，以其油處理皮革數次。	●	部落獵人約 30 多人，每位獵人皆打過水鹿，不會浪費，會揹下山。

表 3-10、高雄市桃源區原住民族訪查，水鹿傳統知識與利用方式相關資料。

內容	高雄市桃源區(布農族)	
訪查聚落	● 梅山部落	● 拉芙蘭部落
區域特性	● 鄰近玉山國家公園	● 鄰近玉山公園
水鹿分布、數量、族群趨勢	● 大約 10-11 月時，曾經到大水窟一帶，看到一群約三十幾隻水鹿，全部是母的。水鹿不怕人。 ● 附近水鹿變多了，約離部落 3 公里有水鹿，但是部落旁邊水鹿還不多。山上的山羌、水鹿及猴子非常多 ● 海拔 2000 公尺以上水鹿很多，向陽就有水鹿、梅蘭林道也有水鹿。	● 部落附近有山羌，但是沒有水鹿及山羊。
狩獵區域、方式、目的、頻度、數量、獵物處理、禁忌與傳說	● 老獵人狩獵時穿水鹿做的皮衣皮褲。 ● 水鹿脫毛後，用豬油去塗抹，獸皮可以做繩子縫製皮衣。 ● 老人家的禁忌是不能養動物，否則會抓不到動物。 ● 以前有人從山上抓水鹿下來，但是現在外面養很多水鹿。 ● 最愛的山肉為山豬，其次才是水鹿。 ● 年輕人會狩獵的越來越少。 ● 水鹿做背心皮衣。	● 原住民以前常打獵，水鹿族群受控制，後來保育，沒有人放獵捕，水鹿增加很快。 ● 布農族可以活捉水鹿，用腳吊子。 ● 梅蘭大概 10 個資深獵人，約五十歲以上。年輕人不多。 ● 喜愛山肉的順序，山豬、山羊、山鹿、山羌。 ● 耆老的智慧可以做參考，但下一代未必適用。
棲地、食性、繁殖、活動模式、與其他動物互動、危害情形。	● 10-11 月水鹿用硬角磨紅肉李樹皮。 ● 梅蘭林道 18 公里的台灣杉造林，有水鹿啃樹皮及磨角。台灣杉被磨一半還會活。 ● 2-4 月水鹿長鹿茸。被狗追時，頭會往上，把茸角往後，避免受傷。 ● 水鹿長茸時，會跑到比較遠的地方。 ● 大約 20 年前，第一次走南二段，還沒看到水鹿磨樹痕跡，這次去整條都是磨樹痕跡，以鐵杉為主。	● 杉樹及松樹造林，被水鹿用角磨樹，死了很多。 ● 水鹿繁殖的很快。
水鹿欣賞、生態嚮導、生態旅遊、嚮導費用、擔任嚮導意願	● 無	● 狩獵傳承很重要。

表 3-11、高雄市那瑪夏區原住民族訪查，水鹿傳統知識與利用方式相關資料。

內容	高雄市那瑪夏區(布農族為主)
訪查聚落	● 達卡努瓦里、瑪雅里
區域特性	● 鄰近玉山國家公園
水鹿分布、數量、族群趨勢	● 水鹿數量增加，很多都下來了
狩獵區域、方式、目的、頻度、數量、獵物處理、禁忌與傳說	● 獵場在大小關山至七溪八溪 ● 四溪五溪一帶有時候會打到水鹿 ● 獵人不願意打水鹿，因為體型太大。以前的獵人會賣鹿茸鹿鞭。現在鹿茸價格下降，以前鹿茸一兩 1200 元、現在一兩 500 元沒人要。 ● 山羌、水鹿肉可生吃。
棲地、食性、繁殖、活動模式、與其他動物互動、危害情形。	● 水鹿用角磨樹，經常利用生紅果子的樹、吃起來鹹鹹的樹。 ● 水鹿 2-5 月長鹿茸，4 月就硬角了。水鹿一年生一次。
水鹿欣賞、生態嚮導、生態旅遊、嚮導費用、擔任嚮導意願	● 部落目前有經營民宿，認同狩獵應該管理

表 3-12、花蓮縣原住民族訪查，水鹿傳統知識與利用方式相關資料。

內容	花蓮縣卓溪鄉(布農族)	花蓮縣秀林鄉(太魯閣族)	花蓮縣秀林鄉(泰雅族)
訪查聚落	● 卓清村(南安、清水、卓樂部落) ● 卓溪村(中正部落)	● 銅門村(銅門部落)	● 花蓮縣秀林鄉(和平部落)
區域特性	● 鄰近玉山國家公園	● 鄰近太魯閣國家公園	● 鄰近太魯閣國家公園
水鹿分布、數量、族群趨勢	● 現在水鹿多了，出現在家後面的山坡。 ● 以前父親祖父需走到南投才有水鹿。。 ● 水鹿變多了。	● 水鹿數量比以前多 10 倍。 ● 奇萊保線道坐車約 10 公里處可發現水鹿。 ● 現在在路邊就可以獵到水鹿。	● 現在和平林道 43K 就有人看到水鹿。 ● 對水鹿族群不了解，老人家(老獵人)往生了
狩獵區域、方式、目的、頻度、數量、獵物處理、禁忌與傳說	● 設陷阱、使用獵槍。 ● 以前夜間用燈照只打飛鼠，現在打地面的動物。。 ● 卓溪村仍有狩獵水鹿、山羌。部落附近山羊很少。。 ● 水鹿整隻帶回分享。 ● 鹿腳可當中藥，先用開水燙，洗乾淨，烤乾。 ● 水鹿皮做衣服、鞋子。 ● 水鹿骨烤乾可賣。	● 設陷阱、使用獵槍。 ● 太魯閣族有狩獵傳承問題，但銅門還好，有十多個青年可以傳承，他們平時在外工作，假日回來部落會狩獵。 ● 日本時代有人收鹿皮，現在沒人收鹿皮。 ● 鹿肉烤乾、鹿茸、鹿角、鹿皮都有用。 ● 水鹿內臟可以吃，但腸不能吃，因為牠吃箭筍，硬硬的。	● 鹿肉好吃，要切片烤肉。 ● 和平獵人約二十多位。
棲地、食性、繁殖、活動模式、與其他動物互動、危害情形。	● 鹿茸期為 3 至 5 月。 ● 6 月比較適合打獵，因為水鹿 11-12 交配、1-3 月懷孕、4-5 月生產。	● 鹿茸期在 5 月。 ● 聽說萬榮那裏水鹿多，林務局種的樹死很多。	
水鹿欣賞、生態嚮導、生態旅遊、嚮導費用、擔任嚮導意願		● 贊成路旁的動物不要打，留給遊客欣賞。	

四、水鹿族群密度估算

(一)、布新營地

於 104 年 3 月 27 日在布新營地總共架設了 12 台相機(圖 3-2)，並於 104 年 4 月 29 日回收相機，總工作時數為 9792，水鹿有效照片張數為 147 張，平均 OI 值為 15.01。拍攝全程共辨認出 11 隻成體雄鹿，利用 CARE-2 軟體運算後， $M_{th}(JK1)$ (JackKnife1)的標準誤最小(± 2.92)，因此採用 $M_{th}(JK1)$ 的結果，推測在調查範圍內雄性水鹿為 15.9 隻。在所有相機平均有效照片的性別比例中，雄鹿、雌鹿與幼鹿分別佔 17%、80%與 3%。因此雌鹿與幼鹿族群量估算分別為 74.8 隻與 2.8 隻，在這段時間內，整個監測範圍水鹿族群量約為 93.5 隻，所有相機所涵蓋的最小凸多邊形面積為 0.69km^2 ，有效面積約為 2.15km^2 ，水鹿族群密度則為 $43.5 \text{ 隻}/\text{km}^2$ 。

(二)、拉庫音溪山屋

於 104 年 4 月 27 日在拉庫音溪山屋總共架設了 12 台相機(圖 3-3)，並於 104 年 6 月 12 日回收相機，總工作時數為 12672，水鹿有效照片數為 296 張，平均 OI 值為 22.83。拍攝全程共辨認出 33 隻成體雄鹿，利用 CARE-2 軟體運算後，以 $M_t(UMLE)$ 的標準誤最小(± 3.15)，因此採用 $M_t(UMLE)$ 的結果，推測在調查範圍內雄性水鹿為 35.2 隻。在所有相機平均有效照片的性別比例中，雄鹿、雌鹿與幼鹿分別佔 35%、64% 與 0.01%，因此雌鹿與幼鹿族群量估算分別為 64.4 隻與 1 隻，在這段時間內，整個監測範圍水鹿族群量約為 100.6 隻，所有相機所涵蓋的最小凸多邊形面積為 0.3km^2 ，有效面積約為 1.43 km^2 ，水鹿族群密度則為 $70.35 \text{ 隻}/\text{km}^2$ 。

(三)、大分山區

於 104 年 7 月 24 日在大分山區總共架設了 12 台相機(圖 3-4)，並於 104 年 9 月 7 日回收相機，總工作時數為 13248，水鹿有效照片數為 94 張，平均 OI 值為 7.09。拍攝全程共辨認出 26.7 隻成體雄鹿，利用 CARE-2 軟體計算後，以 $M_{th}(JK1)$ (JackKnife1)的標準誤最小(± 4.58)，因此採用 $M_{th}(JK1)$ 的結果，推測在調查範圍內雄性水鹿為 26.7 隻。在所有相機平均有效照片的性別比例中，雄鹿、雌鹿分別佔 28.9%與 71.1%，由於沒有拍到任何幼鹿照片，因此雌鹿族群量估算為 65.7 隻，在這段時間內，整個監測範圍水鹿族群量約為 92.4 隻，所有相機所涵蓋的最小凸多邊形面積為 0.8km^2 ，有效面積約為 2.09km^2 ，水鹿族群密度則為 $44.2 \text{ 隻}/\text{km}^2$ 。

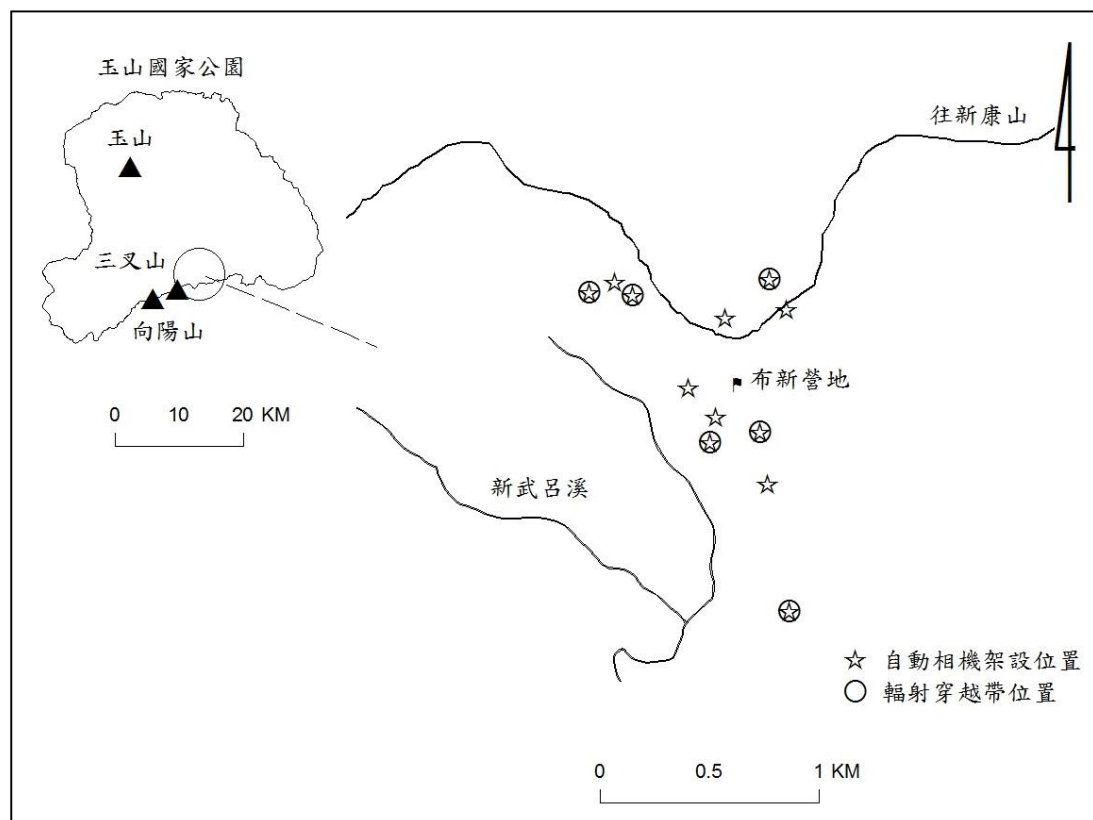


圖 3-2、2015 年水鹿族群密度估算，布新營地自動相機架設位置。

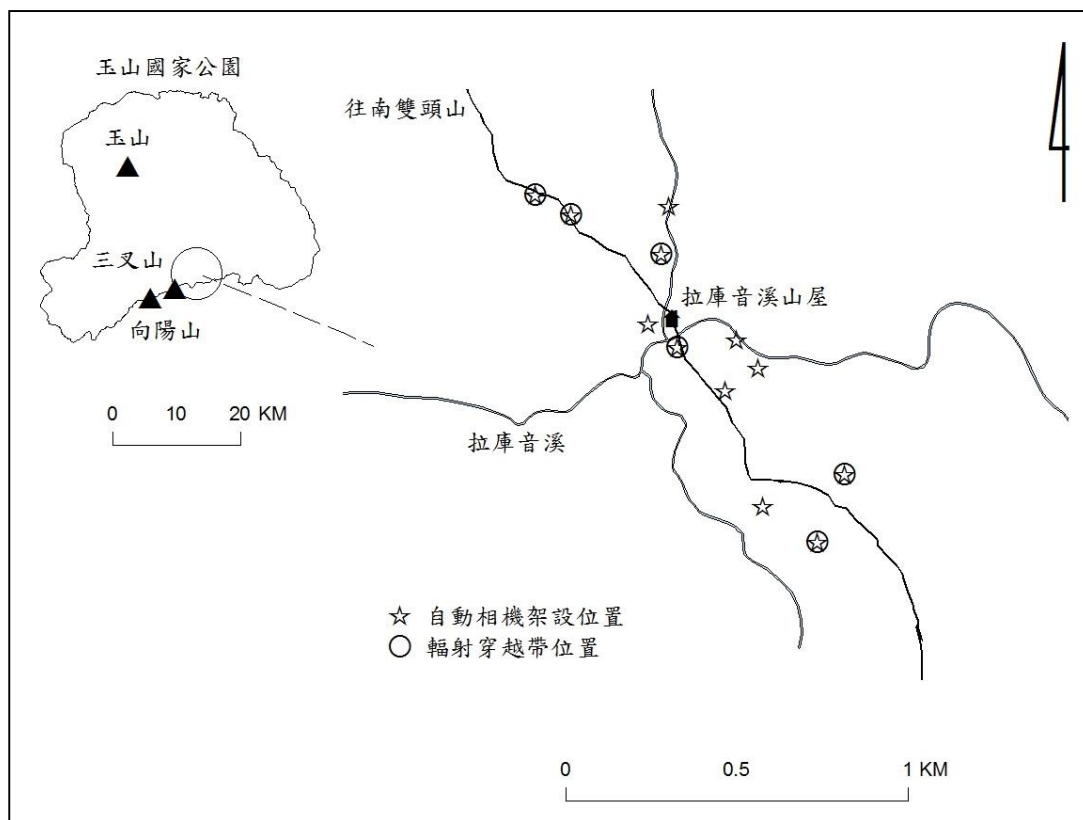


圖 3-3、2015 年水鹿族群密度估算，拉庫音溪自動相機架設位置。

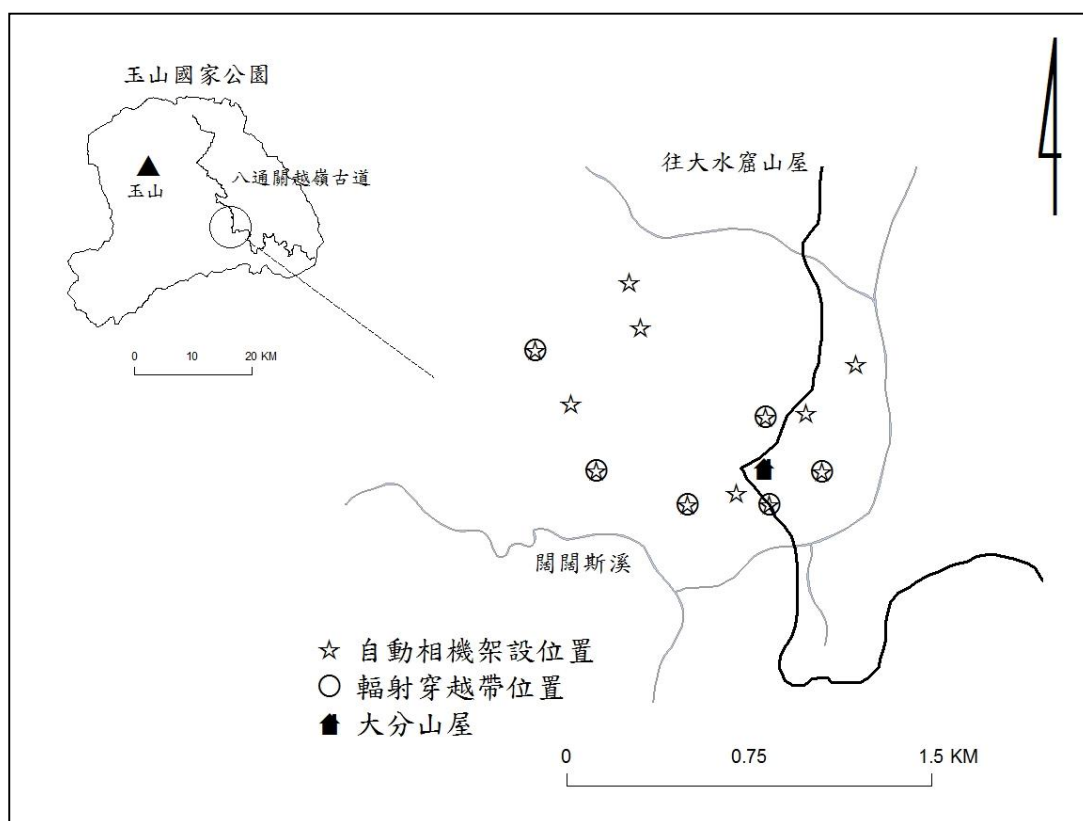


圖 3-4、2015 年水鹿族群密度估算，大分山區自動相機架設位置。

五、水鹿對於森林冠層樹種損害現況與森林植被結構影響

(一)、布新營地

於 104 年 3 月 27 至 104 年 4 月 29 日間在布新營地共進行了 6 個輻射樣點調查(圖 3-2)，共計有 18 條穿越帶。綜合所有穿越帶調查，此樣區一共記錄了 1461 棵樹木 8 種樹種，包括了鐵杉、冷杉、二葉松、刺柏、馬醉木、玉山杜鵑、紅毛杜鵑與厚葉柃木。所有樹種都發現有水鹿啃食或被磨角的痕跡，1461 棵樹木中，有 117 棵樹木(8%)發現有啃食痕跡，218 棵樹木(14.92%)被磨角。在樹木啃食方面，以鐵杉的啃食比例較為嚴重(25.20%)，其次則為玉山杜鵑(14.29%)與冷杉(7.34%)(表 3-13)，且可看出水鹿偏好選擇啃食鐵杉與玉山杜鵑(表 3-13)，另在所有啃食痕跡中，僅有 24.5%是 6 個月內的新痕跡，而有 75.5%是 6 個月以上的舊痕跡。就磨角而言，布新營地的樹木被磨角的程度高於被啃食樹皮的頻率，除了二葉松與馬醉木被磨角比例較低外，其他樹種被磨角的比例都介於 20-35%之間(表 3-13)，並且也可發現水鹿偏好利用這些樹種來磨角(表 3-13)，另在所有磨角痕跡中，有 80.3%是舊痕跡，而有 19.7%是新痕跡。在所有樹木中，被水鹿磨角或啃食的樹木約佔全部的 21.08%，而因環狀剝皮而死亡的樹木棵數則達 68 棵(4.65%)，其中以鐵杉與冷杉為主(表 3-13)。

若將調查資料分成 3 種 DBH 等級，發現水鹿啃食及利用 DBH<5 公分與 DBH5-20 公分磨角的頻率都略高於期望值，而對於 DBH>20 公分樹木的利用頻率則低於期望值(圖 3-5)，另從圖中也可看出水鹿較為偏好利用 DBH<5 的樹木來磨角，並且偏好啃食 DBH5-20 的樹木。上述結果皆顯示水鹿偏好利用較小徑級的樹木。

(二)、拉庫音溪山屋

於 104 年 4 月 27 日至 104 年 5 月 3 日在拉庫音溪共進行了 6 個輻射樣點調查(圖 3-3)，共計有 17 條穿越帶。綜合所有穿越帶調查，此樣區一共記錄了 1149 棵樹木 11 種樹種，包括了雲杉、鐵杉、馬醉木、冷杉、刺柏、厚葉柃木、紅毛杜鵑、玉山杜鵑、玉山莢蒾、玉山假沙梨與苗栗冬青。1149 棵樹木中，其中有 541 棵樹木(47.08%)發現有啃食痕跡，467 棵樹木(40.64%)被磨角。在所有啃食傷害中，以鐵杉(85%)、雲杉(59%)、冷杉(61%)與苗栗冬青(44%)的啃食比例最為嚴重，偏好係數結果則顯示水鹿偏好啃食雲杉、鐵杉與冷杉。而在磨角方面，排除總棵數只有一棵的玉山假沙梨後，鐵杉(60%)、冷杉(61%)與苗栗冬青(62%)這 3 種樹種被磨角的比例較為嚴重，偏好係數也顯示水鹿偏好利用這 3 種樹種來磨角。被水鹿磨角或啃食的樹木約佔全部的 21.08%，而因環狀剝皮而死亡的樹木棵數則達 68 棵(4.65%)，其中以鐵杉與冷杉為主(表 3-14)。被水鹿磨角或啃食的樹木約佔全部的 55.53%，而因環狀剝皮而死亡的樹木棵數則達 164 棵(14.27%)，其中以鐵杉為主(表 3-14)。

若將調查資料分成 3 種 DBH 等級，發現水鹿在 DBH5-20 公分與 DBH>20 公分的實際啃食及磨角的比例大於期望值，而在 DBH<5 公分的實際啃食及磨角比例則小於期望值(圖 3-6)。從圖中也可看出水鹿較偏好啃食 DBH5-20 公分的樹木，但與布新營地不同的是，水鹿選擇利用 DBH>20 公分與 DBH5-20 公分的樹木來磨角與啃食的比例都較高。

(三)、大分山區

於 104 年 7 月在大分山區共進行了 6 個輻射樣點調查(圖 3-4)，共計有 16 條穿越帶。綜合所有穿越帶調查，此樣區一共記錄了 751 棵樹木 28 種樹種(表 3-15)。751 棵樹木中，其中有 104 棵樹木(13.8%)發現有啃食痕跡，48 棵樹木(6.39%)

被磨角。排除總棵數少於 50 棵的樹種後，以紅子莢蒾(35.48%)與細葉饅頭果(14.29%)的被啃食比例較為嚴重，偏好係數結果顯示水鹿只偏好啃食紅子莢蒾。而在磨角方面，排除總棵數少於 50 棵的樹種後，發現水鹿偏好利用紅子莢蒾來磨角，並且該樹種被磨角的比例也是所有樹種中最高的(29.03%)(表 3-15)。無論何種傷害類型的結果，都顯示水鹿偏好利用紅子莢蒾。

若將調查資料分成 3 種 DBH 等級，發現水鹿利用 DBH<5 公分磨角的與啃食 DBH5-20 公分樹木的頻率都高於期望值，而對於 DBH>20 公分樹木的利用則不論是啃食或磨角的頻率都低於期望值(圖 3-7)。上述結果皆顯示水鹿偏好利用較小徑級的樹木。

表 3-13、2015 年布新營地 6 個輻射穿越帶中各樹種總棵數、啃食與磨角比例、
偏好係數與死亡比例。

植物種類	總棵數	被啃食比例 (%)	啃食偏好係數	被磨角比例 (%)	磨角偏好係數	死亡比例 (%)
二葉松	419	0.5	0.1	9.1	0.6	0
臺灣鐵杉	377	25.2	2.9	24.7	1.5	13.8
臺灣馬醉木	341	0	0	0.9	0.1	0
臺灣冷杉	177	7.3	0.8	26.0	1.6	7.3
刺柏	55	0	0	20.0	1.2	0
厚葉柃木	47	2.1	0.2	29.8	1.8	0
玉山杜鵑	42	14.3	1.6	28.6	1.8	7.1
紅毛杜鵑	3	0	0	33.3	2.1	0

表 3-14、2015 年拉庫音溪山屋 6 個輻射穿越帶中各樹種總棵數、啃食與磨角比
例、偏好係數與死亡比例。

植物種類	總棵數	被啃食比例 (%)	啃食偏好係數	被磨角比例 (%)	磨角偏好係數	死亡比例 (%)
臺灣鐵杉	545	85.1	1.8	59.6	1.5	26.2
厚葉柃木	287	9.1	0.2	26.1	0.6	1.7
臺灣馬醉木	191	0	0	5.8	0.1	0
苗栗冬青	34	44.1	0.9	61.8	1.5	2.9
玉山杜鵑	30	13.3	0.3	33.3	0.8	13.3
雲杉	29	58.6	1.2	31.0	0.8	34.5
臺灣冷杉	23	60.9	1.3	60.9	1.5	4.3
刺柏	5	20.0	0.4	20.0	0.5	0
紅毛杜鵑	2	0	0	0	0.0	0
玉山莢蒾	2	0	0	0	0.0	0
玉山假沙梨	1	0	0	100	2.5	0
不明樹種	3	0	0	0	0.0	0

表 3-15、2015 年大分山區 6 個輻射穿越帶中各樹種總棵數、啃食與磨角比例、
偏好係數與死亡比例。

植物種類	總棵數	被啃食比例	啃食偏好係數	被磨角比例	磨角偏好係數	死亡比例
青剛櫟	228	7.0	0.5	2.2	0.3	4.4
二葉松	141	0.7	0.1	1.4	0.2	0
金毛杜鵑	78	2.6	0.2	3.8	0.6	1.3
細葉饅頭果	63	14.3	1.0	1.6	0.2	1.6
紅子莢蒾	62	35.5	2.6	29.0	4.5	4.8
臺灣肉桂	24	12.5	0.9	8.3	1.3	4.2
化香樹	24	25.0	1.8	8.3	1.3	0
細枝柃木	22	27.3	2.0	9.1	1.4	9.1
南燭	22	54.5	3.9	27.3	4.3	9.1
赤楊	14	35.7	2.6	14.3	2.2	21.4
檫木	13	15.4	1.1	7.7	1.2	0
朴樹	10	40.0	2.9	0	0	0
臺灣胡桃	9	0	0	0	0	0
杜虹花	6	66.7	4.8	0	0	0
山櫻花	6	66.7	4.8	16.7	2.6	50.0
巒大越橘	3	66.7	4.8	66.7	10.4	0
小葉桑	3	0	0	0	0	0
伏牛花	3	33.3	2.4	0	0	0
尖葉楓	2	100	7.2	50.0	7.8	0
大葉溲疏	2	0	0	0	0	0
胡頹子	1	0	0	0	0	0
狗骨仔	1	0	0	0	0	0
山胡椒	1	100	7.2	0	0	0
山漆	1	0	0	0	0	0
山桐子	1	0	0	0	0	0
大頭茶	1	100	7.2	0	0	0
臺灣蘋果	1	0	0	0	0	0
臺灣糊樗	1	100	7.2	0	0	0
不明樹種	8	0	0	0	0	0

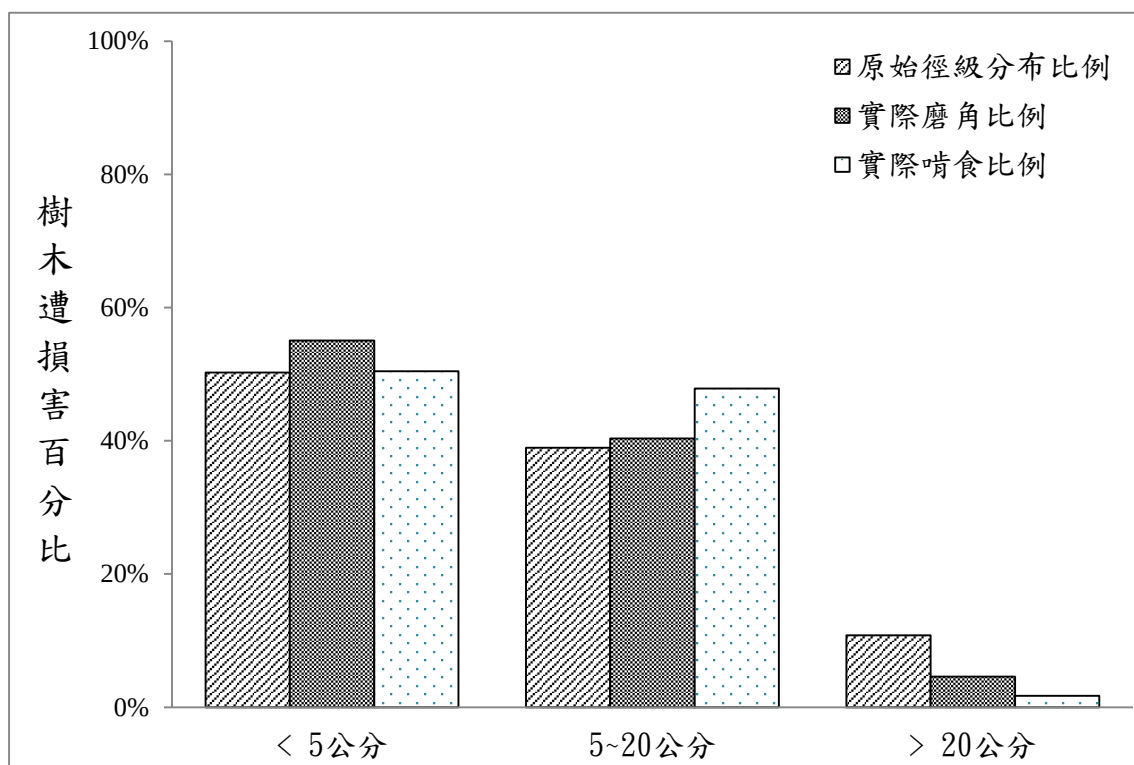


圖 3-5、2015 年布新營地 6 個輻射穿越帶內樹木遭啃食及磨角損害與徑級分布。

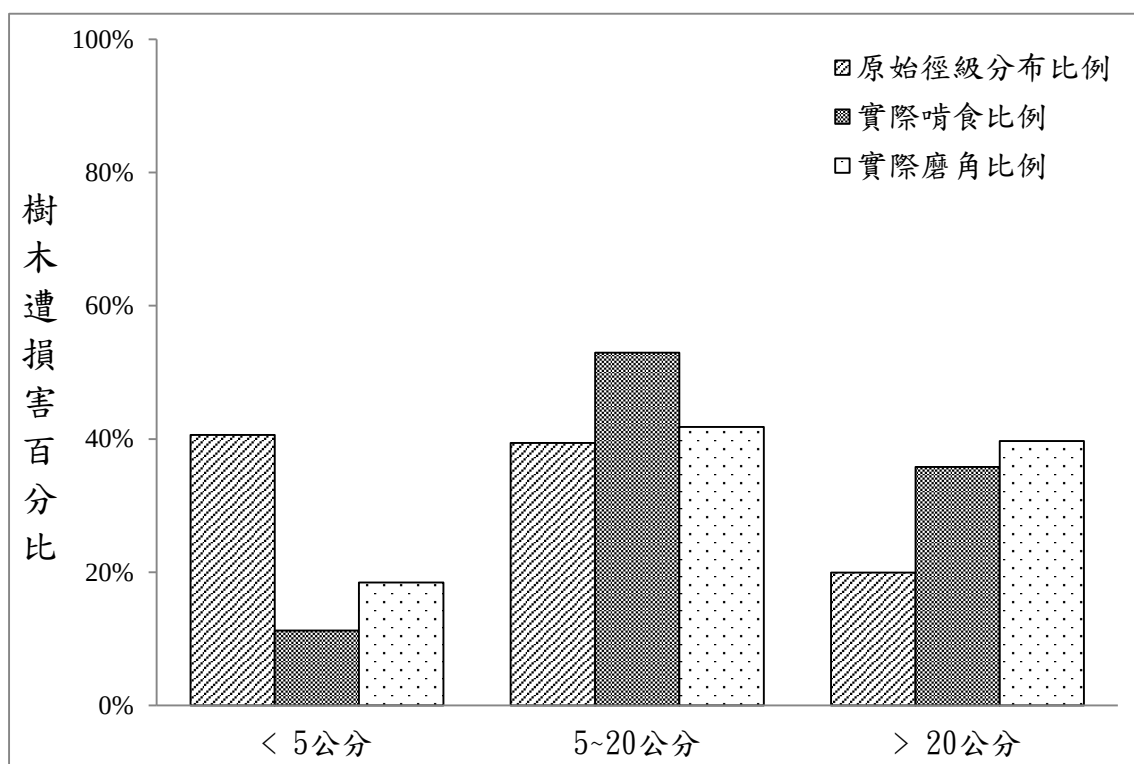


圖 3-6、2015 年拉庫音溪山屋 6 個輻射穿越帶內樹木遭啃食及磨角損害與徑級分布。

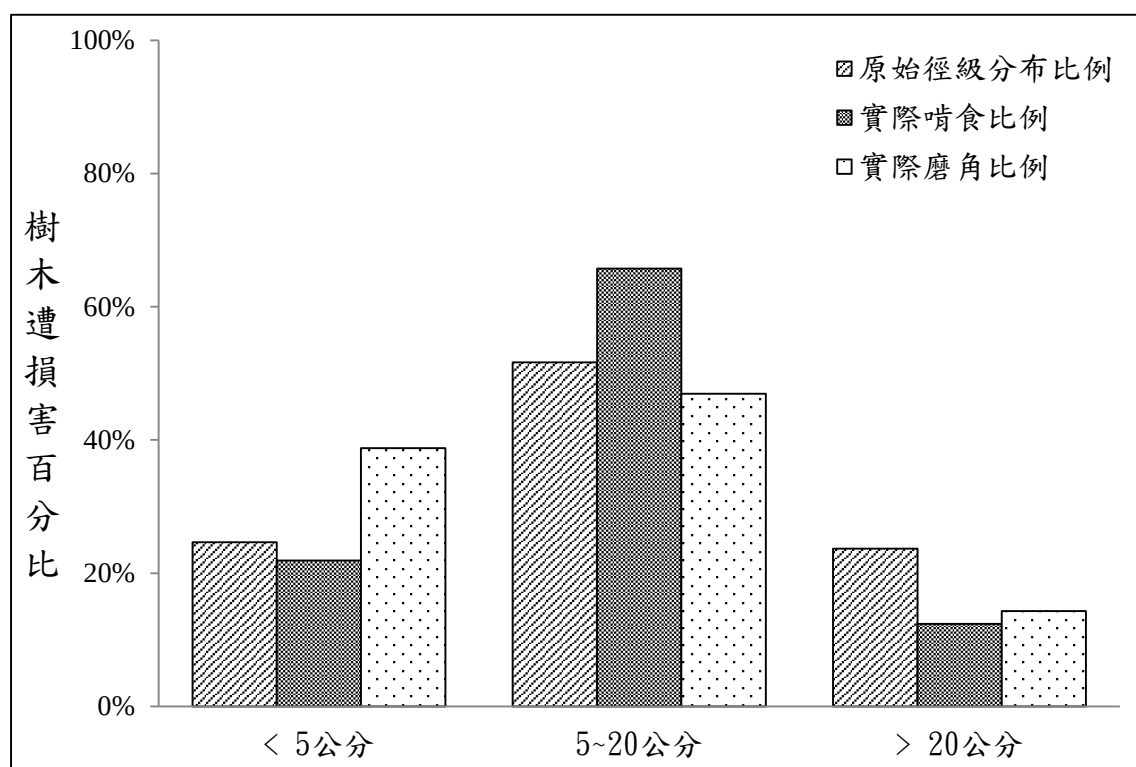


圖 3-7、2015 年大分山區 6 個輻射穿越帶內樹木遭啃食及磨角損害與徑級分布。

六、楠溪林道紅檜被啃食頻度與水鹿族群密度的季節變化

自 2014 年 1 月起，本研究持續於楠溪林道紅檜造林地設立長期監測樣區(圖 3-8)，進行每月啃食頻度調查與水鹿族群量估算至 2015 年 10 月，其中 2014 年 7 月期間因颱風季節道路封閉，直到 2014 年 10 月才能前往，因此將 7 月至 10 月資料合併為一起。

3 種樹木啃食指標皆在 2014 年的 3 月至 6 與 2015 年的 3 月至 6 月中達到最高峰，但相較之下 2015 年度的啃食頻度明顯較低(圖 3-9)，換作每月樹木被啃食速率變化亦有類似結果(圖 3-10)，可能與每年水鹿族群量波動有關。

本研究團隊也在長期監測樣區中架設相機以了解水鹿族群量與紅檜被啃食頻度變化之關係。同樣利用 CARE-2 軟體分析可辨認雄性水鹿個體的捕捉率，並依自動相機照片中性別比例，換算成每月樣區中水鹿族群量。將每月水鹿族群量與 3 種啃食指標進行相關性分析，結果顯示水鹿族群量與每月新啃痕數($r = 0.22, p = 0.38$)、啃食面積($r = 0.16, p = 0.52$)或啃食棵數($r = 0.22, p = 0.38$)皆未達到統計上的顯著。因此，當月水鹿族群數量高低與樹木被啃食頻度無關，而可能與特定個體對於紅檜的需求有關。

從楠溪林道樣區中的相機照片發現每年樹木啃食頻度的高峰期剛好也是雄鹿茸角期間，因此為了了解紅檜樹皮啃食是否與水鹿茸角期間有關，本研究另將每個月辨認出的水鹿解角與茸角個體數與啃食頻度做相關性分析，結果發現無論是新啃痕樹木($r = 0.87, p < 0.0001$)、啃食面積($R = 0.85, p < 0.0001$)或紅檜被啃食棵數($r = 0.87, p < 0.0001$, 圖 3-11)皆與解角、茸角個體數總和呈現顯著的正相關。因此在楠溪林道，水鹿啃食紅檜樹皮很可能是因為長角期間需要從紅檜樹皮中攝取特定養分。

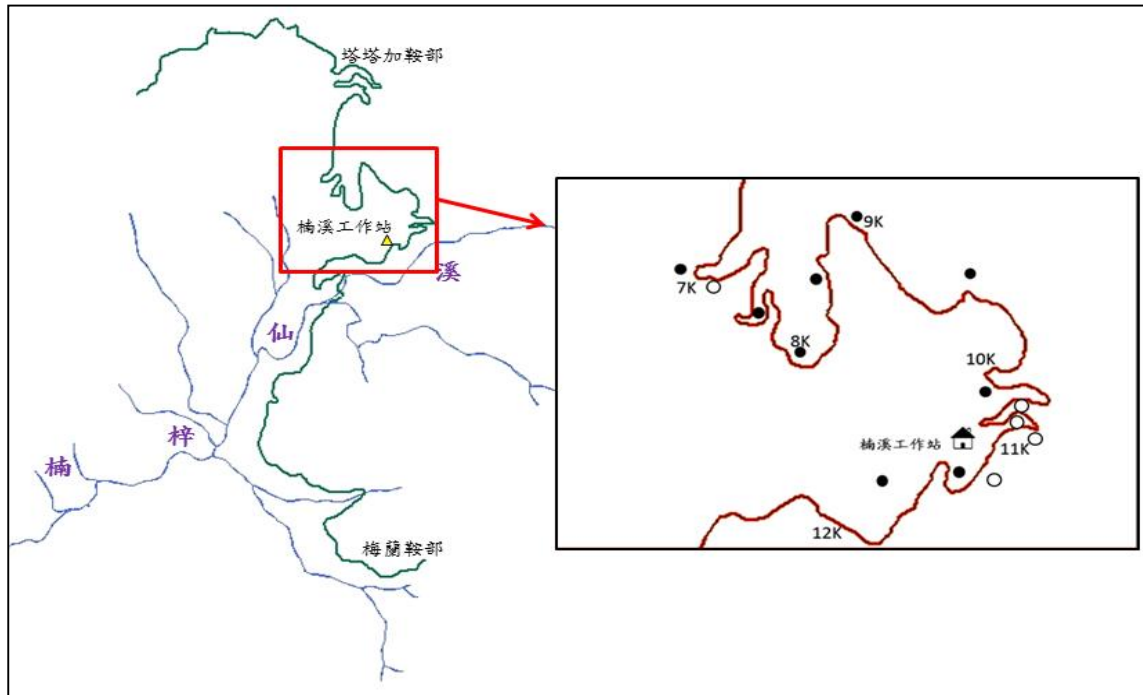


圖 3-8、左為玉山國家公園楠溪林道研究樣區，右為楠溪林道啃食頻度樣區及相機位置圖(黑點為相機位置，白點為啃食頻度調查樣區位置，每樣區內各架設一台自動相機)。

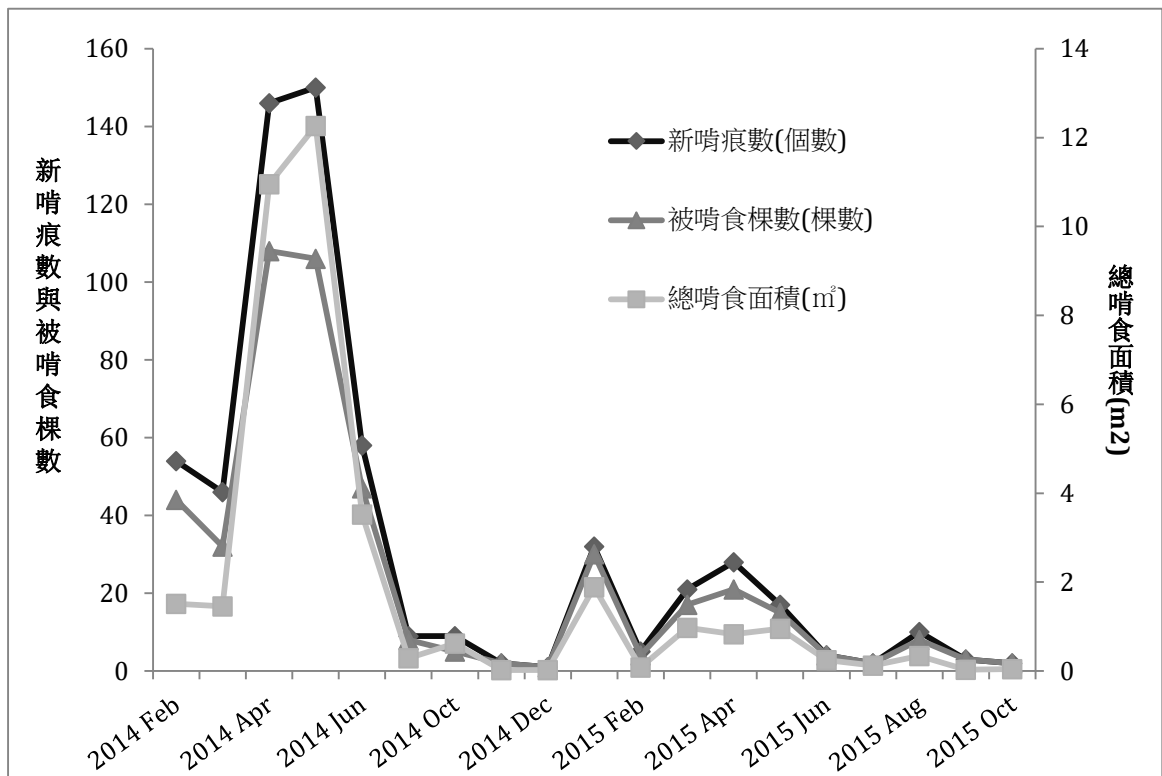


圖 3-9、2014 年 2 月至 2015 年 10 月楠溪林道紅檜監測樣區水鹿每月啃食頻度、啃食棵數及啃食面積之變化。

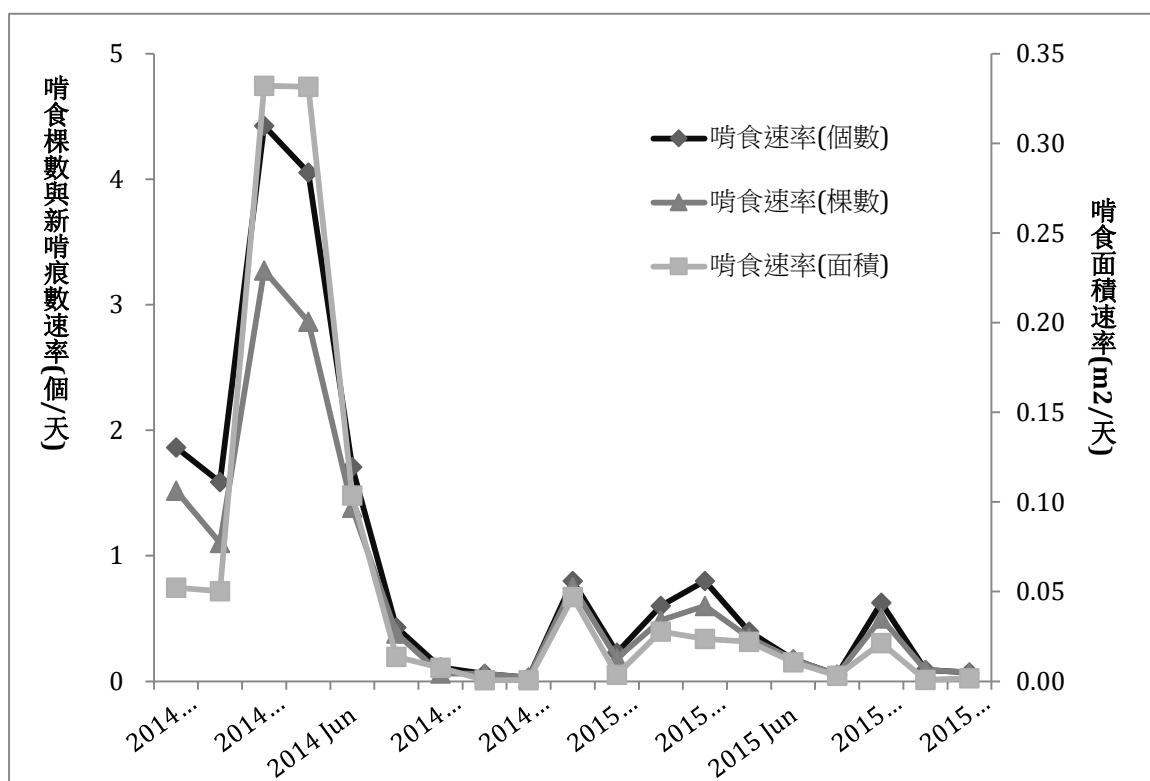


圖 3-10、2014 年 2 月至 2015 年 10 月楠溪林道紅檜監測樣區水鹿每月啃食速率變化。

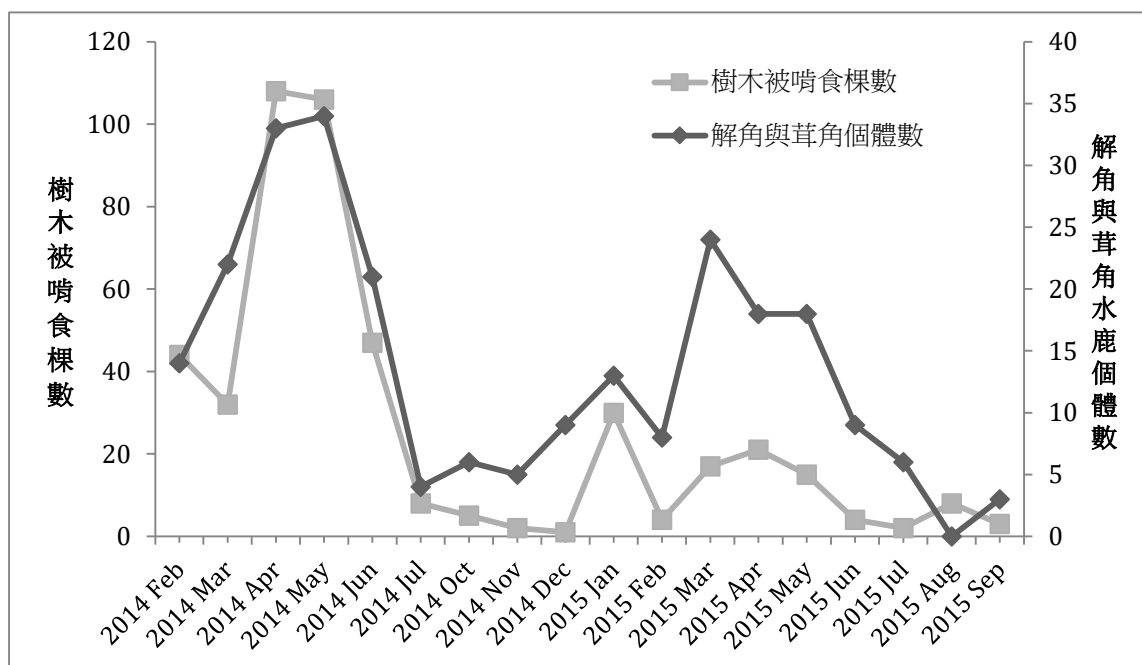


圖 3-11、2014 年 2 月至 2015 年 9 月楠溪林道茸角與解角個體數與紅檜造林地內新啃痕數的每月變化。

七、臺灣水鹿遺傳多樣性與族群遺傳結構

(一)、水鹿遺傳樣本採集現況

累積目前樣本共 1084 個，為避免採集同一個體排遺，我們將距離 500 公尺內的排遺視為同一個體，分析過程中予以排除，故最終分析出粒線體 D-loop 序列共 552 個（表 3-16）。

今年再增加雪霸國家公園大鹿林道樣線至 80 樣本、玉山國家公園東部大分樣線至 13 個樣本，新增採樣樣區—丹大地區之郡大溪、雪霸國家公園佳仁山與能高安東軍等樣區，共採集 150 樣本。但雪霸國家公園佳仁山樣區只有採集到長鬃山羊樣本，沒有採集到任何水鹿樣本。計畫至今共收集 5 個大區域（region），涵蓋 35 個樣區（locality），共 1084 個樣本：由北到南，包括雪霸國家公園、太魯閣國家公園、丹大野生動物保留區、玉山國家公園與大武山野生動物自然棲息環境。採樣樣區與採樣數量如表 3-16。參考地理位置與水鹿活動範圍，將臺灣水鹿分成 7 個族群，分別為：雪霸族群（SP）、南湖陶塞族群（NTS）、奇萊能高（CLNK）、丹大七彩湖（DCT）、北玉山（NYS）、南玉山（SYS）與大武臺東（DWTT）。排遺採樣地理位置如 1。

太魯閣樣本：陶塞流域中下游區域（TRTS）包括梅園、竹村、雞鳴山南邊與陶塞溪及波浪溪交叉平台（TRKTS），共收集 56 個水鹿樣本；砂山與海鼠山（TRHSS）共收集 9 個水鹿樣本；南湖大山陶塞溪線（NHTS）至今共收集 85 個水鹿樣本；西南區包括奇萊山區（TRCL）、磐石山區（TRPS），分別採到水鹿 39 與 16 個樣本；銅門（TRTM）4 個、耳無溪（TREW）6 個、和平林道（HLHP）3 個樣本、闊闊庫溪（TRKR）11 個樣本。

雪霸國家公園翠池（SPCP）與志樂溪（SPZL）共收集 25 個水鹿樣本。丹

大野生動物重要棲息環境 (NTDD) 收集 56、雙龍林道 (DDSL) 17 與雙龍治茆山 (DDZM) 2 個水鹿樣本、能高坂邊天長 (HLBB-I) 103 與能高安東軍 (HLBB-II) 46 個樣本、七彩湖 (DDCT) 20 個樣本、玉山新康 (YSSK) 收集 15 個水鹿樣本，新增樣區郡大溪 (DCD) 則收集 104 個水鹿樣本。玉山國家公園部分，大分 (YSDF) 地區樣本新增至 13 個，再包含南二段 (YSSR)、八通關 (YSBT)、圓峰 (YSYF)、楠溪 (YSNR)、拉庫音 (YSLK)、石洞 (YSSD)、三叉稜 (YSSC)、嘉明湖 (YSJM)、玉山新康 (YSSK) 與向陽線 (YSSY)，總共收集 253 個水鹿樣本。大武山自然保留區共收集 119 個水鹿樣本。

(二)、臺灣水鹿粒線體 D-loop DNA 單套型分析

成功獲得 D-loop 全長 DNA 序列之 552 條序列後，為避免後續族群歷史變動時的干擾，我們去除 tandem repeat 序列與序列間的 gap，以長度為 889 核苷酸進行比對 (alignment)，共發現 20 個序列單套型。在後續分析時採用 552 條序列，由於 YSSD 分析出 2 條序列便有 2 種單套型，故此 2 條不納入分析。D-loop 單套型、採樣地點與族群關係如圖 3-12。

由北至南：雪霸族群 (SP) 單套型為 RUS01 與 RUS02。在南湖陶塞線 (NTS)，主要為單套型 RUS02、RUS03、RUS04、RUS05、RUS06 與 RUS07。奇萊能高線 (CLNK)：RUS02、RUS04、RUS06、RUS07 與 RUS08；丹大七彩族群 (DCT) 單套型含 RUS06、RUS09、RUS11、RUS12，其中 RUS11 及 RUS12 皆為本年於郡大溪新發現的單套型。北玉山族群 (NYS) 單套型包括 RUS09、RUS10、RUS11、RUS12、RUS13、RUS14、RUS15、RUS16、RUS17。南玉山族群 (SYS) 單套型包括 RUS09、RUS10、RUS13、RUS15、RUS16 與 RUS17，其中 RUS13 為新發現分布於玉山大分樣線之單套型；而大武山族群單套型包括 RUS09、RUS18、

RUS19 與 RUS20 (表 3-17)。

整體而言，RUS09 含樣本數比最多 (190) 個，且分布於丹大以南，最廣。而重要的是雪霸國家公園翠池與及志樂溪中下游流域、南湖大山陶塞採集線、太魯閣陶塞溪及能高坂邊天長 (HLBB) 所擁有單套型 (RUS01、RUS02、RUS03、RUS04) 有 4 個核苷酸取代特徵與其他地區明顯不同。今年在丹大野生動物重要棲息環境採集樣本，已將樣本序列擴增至 60 條，其中在郡大溪樣線共發現 2 種過去未於丹大發現之單套型 (RUS11、RUS12)，顯示丹大野生動物重要棲息環境之水鹿粒線體單套型多型性較先前研究結果高。綜合所獲得資料發現在玉山國家公園之水鹿粒線體單套型最為豐富，而雪霸國家公園的水鹿粒線體單套型最為貧乏。

(三)、臺灣水鹿粒線體族群結構分析

依據臺灣水鹿之 D-loop 各單套型間之遺傳距離建構貝葉氏 (Bayesian)、Neighbor-joining (NJ) 與 Maximum Likelihood (ML) 之親緣關係樹 (圖 3-13)。結果顯示，目前所獲得之臺灣水鹿樣本之粒線體 D-loop DNA 序列多樣性可以分成兩大遺傳類群 (clade)。南湖陶塞族群、雪霸族群與奇萊能高族群形成一主要類群，包括 RUS01、RUS02、RUS03 與 RUS04，這一類群稱為太魯閣雪霸類群 (Taroko SheiPa major clade)。RUS01 只分布在雪霸族群，RUS02、與 RUS03 則分布在太魯閣國家公園與雪霸國家公園，而 RUS04 只分布在能高坂邊天長 (HLBB) 樣區。而 RUS05 至 RUS20 單套型則形成另一主要類群，這一類群稱為中央山脈主要類群 (Central mountain range major clade)。中央山脈主要類群分布於臺灣各山區，其中 RUS06 與 RUS09 單套型分布最廣 (除雪霸國家公園與海岸山脈外)，RUS05 分布在砂山族群，主要分布在太魯閣峽谷中；RU06 與 RU07

則分布在南湖陶塞溪與陶塞溪中下游樣區、整個奇萊能高族群與丹大七彩族群的南投丹大樣區。RUS08 單套型只發現在磐石樣區。丹大七彩湖族群在新增郡大溪樣區後，共有 RUS06、RUS09、RUS11、RUS12 共 4 種單套型。北玉山與南玉山部分的單套型包含 RUS07 到 RUS17 共 11 種單套型。大武山族群包括 RUS09、RUS18、RUS19、RUS20。這兩類群間之 bootstrap value 為 1/100%/100% (Bayesian/ML/NJ) 高於 70%，顯示這演化樹樹形在統計上具有顯著意義。中央山脈主要類群分布於臺灣各山區（除雪霸國家公園與海岸山脈外），其中 RUS09 單套型分布最廣，從丹大動物重要棲息環境至大武山自然保護區。中央山脈主要類群則又分成兩次類群：subclade I（包括 RUS05 至 RUS08）與 subclade II（包括 RUS09 至 RUS20），這兩次類群間 bootstrap value 在貝葉氏為 98.9% (圖 3-13)。

(四)、網狀支序分析

為了進一步探討造成中央山脈主要類群與太魯閣雪霸類群間遺傳分化與地理距離間的關係，結合樣本的 GPS 地理資訊與遺傳變異分析結果，進行 Nested clade Analysis (NCA) 分析，同時參考本團隊在奇萊磐石所獲得臺灣水鹿每年平均活動範圍 (home range) (1 公里/年/隻) 為參數，最後可得到遺傳結構與地理關係之 NCA 網絡圖 (圖 3-14)。NCA 乃結合地理距離資訊、水鹿活動範圍與 DNA 單套型間遺傳變異，去分析地理距離與遺傳分化間的關係。根據 NCA 網絡圖顯示，臺灣水鹿可分成 Clade 3-1 為太魯閣雪霸類群與 Clade 3-2 為中央山脈主要類群。對照 Templeton (2004) 檢索表，顯示 Clade 3-1 與 Clade 3-2 兩類群，曾發生長距離的播遷伴隨或曾發生棲地破碎化的事件 (Long-distance colonization and/or past fragmentation)。此研究顯示地理距離是造成中央山脈主要類群與太魯閣雪霸類群間遺傳分化的原因之一，但由於這兩類群間遺傳分化值頗大，且兩類

群遺傳距離與 DNA 序列差異大，無中間型基因單套型被發現，故相信尚有其他更嚴苛的因子造成這兩大類群的顯著分化。

本研究中 RUS05 單套型被發現分布在太魯閣峽谷中（砂山與海鼠山）。在親緣關係樹分析發現 RUS05 分類於中央山脈主要類群之太魯閣奇萊能高次類群中，與太魯閣雪霸類群親緣關係最近。在 NCA 與基因網絡（gene network）分析中，在分子演化上介於太魯閣霸類群與中央山脈類群中間，與 RUS04 與 RUS06 單套型在 863 個核苷酸中只有一個核苷酸差異。因此，推測 RUS05 是由 RUS06 演化而來，進而演化成 RUS04，故推測太魯閣峽谷可能是太魯閣雪霸類群起源地。

表 3-16、臺灣水鹿各採樣地區、中文名稱、英文縮寫對照表、採樣數量與獲得
序列數量表。

	採樣地區	英文縮寫	採樣數量	獲得序列
雪霸國家公園	翠池	SPCP	7	6
	志樂溪	SPZL	18	15
	大霸尖山	SPDB	6	6
	完美谷營地	SPWM	4	2
	大鹿林道	SPDL	80	43
	大劍山	SPXJ	4	3
太魯閣國家公園	南湖	NHTS	81	51
	奇萊	TRCL	57	30
	磐石	TRPS	18	14
	銅門	TRTM	4	2
	耳無溪	TREW	6	6
	和平林道	HLHP	3	0
	闊闊庫溪	TRKR	11	11
	砂山	TRSM	4	4
	海鼠山	TRHS	5	5
	陶塞溪	TRTS	56	32
太魯閣陶塞溪中下游	陶塞溪	TRTS	56	32
丹大野生動物重要棲息 環境	丹大林道	NTDD	56	17
	雙龍步道	DDSL	17	6
	治卵山	DDZM	2	2
	能高坂邊天長	HLBB(I)	103	27
	能高安東軍	HLBB(II)	46	38
	七彩湖	DDCT	20	6
	郡大溪	DCD	104	29
	南二段	YSSR	5	5
	八通關	YSBT	80	47
	圓峰	YSYF	19	12
玉山國家公園	楠溪	YSNR	7	3
	拉庫音	YSLK	15	4
	石洞	YSSD	3	2

臺灣水鹿跨域整合研究(四)

	三叉稜	YSSC	64	12
	嘉明湖	YSJM	19	0
	玉山新康	YSSK	15	6
	大分	YSDF	13	8
	向陽線	YSSY	13	6
大武山自然保留區	大武山知本	DWJB	55	50
	大武山隘寮	DWAL	46	33
	大濁水北溪	YLNA	4	4
	內本鹿古道	TTLP	14	5
總計			1084	552

表 3-17、各樣區臺灣水鹿 D-loop 基因單套型分布數量表（Haplotypes Inference）。表格第一欄為目前分析 552 條臺灣水鹿 D-loop 序列所得之 D-loop 基因單套型 RUS01 至 RUS20，第二欄為目前已獲得各基因單套型的序列數量。表格第一列為根據水鹿的活動能力範圍與地理屏障所定義七個族群，以不同顏色標示，括號中為該族群所獲得序列數量。表格第二列各族群包含的採樣地區縮寫，縮寫參照表 1。表中數字代表各樣區中各基因單套型序列數量分布的情形。

Population	SP (75)							NTS (107)						CLNK (117)						DCT (60)					NYS (67)				SYS (36)					DWT (88)		
Haplotype	N	SPDB	SPDL	SPZL	SPCP	SPWM	SPXJ	YLNA	TRKR	NHTS	TRTS	TRSM	TRHS	TREW	TRCL	TRPS	TRTM	HLBBI	HLBBII	NTDD	DDZM	DDSL	DDCT	DCD	YSBT	YSYF	YSNR	YSSR	YSDF	YSSK	YSLK	YSSC	YSSY	TTLP	DWAL	DWJB
RUS01	26	-	-	15	6	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUS02	81	6	43	-	-	-	-	-	2	1	26	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUS03	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
RUS04	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	22	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
RUS05	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
RUS06	81	-	-	-	-	-	-	-	-	28	2	1	-	-	29	13	2	5	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUS07	44	-	-	-	-	-	-	4	9	18	4	2	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUS08	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
RUS09	197	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	16	2	6	6	23	28	3	-	-	3	4	-	12	5	-	33	49
RUS10	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
RUS11	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	6	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
RUS12	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUS13	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	3	-	-	-	-	-	-	-
RUS14	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUS15	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-
RUS16	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	1	2	-	-	-	-	-
RUS17	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
RUS18	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
RUS19	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
RUS20	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

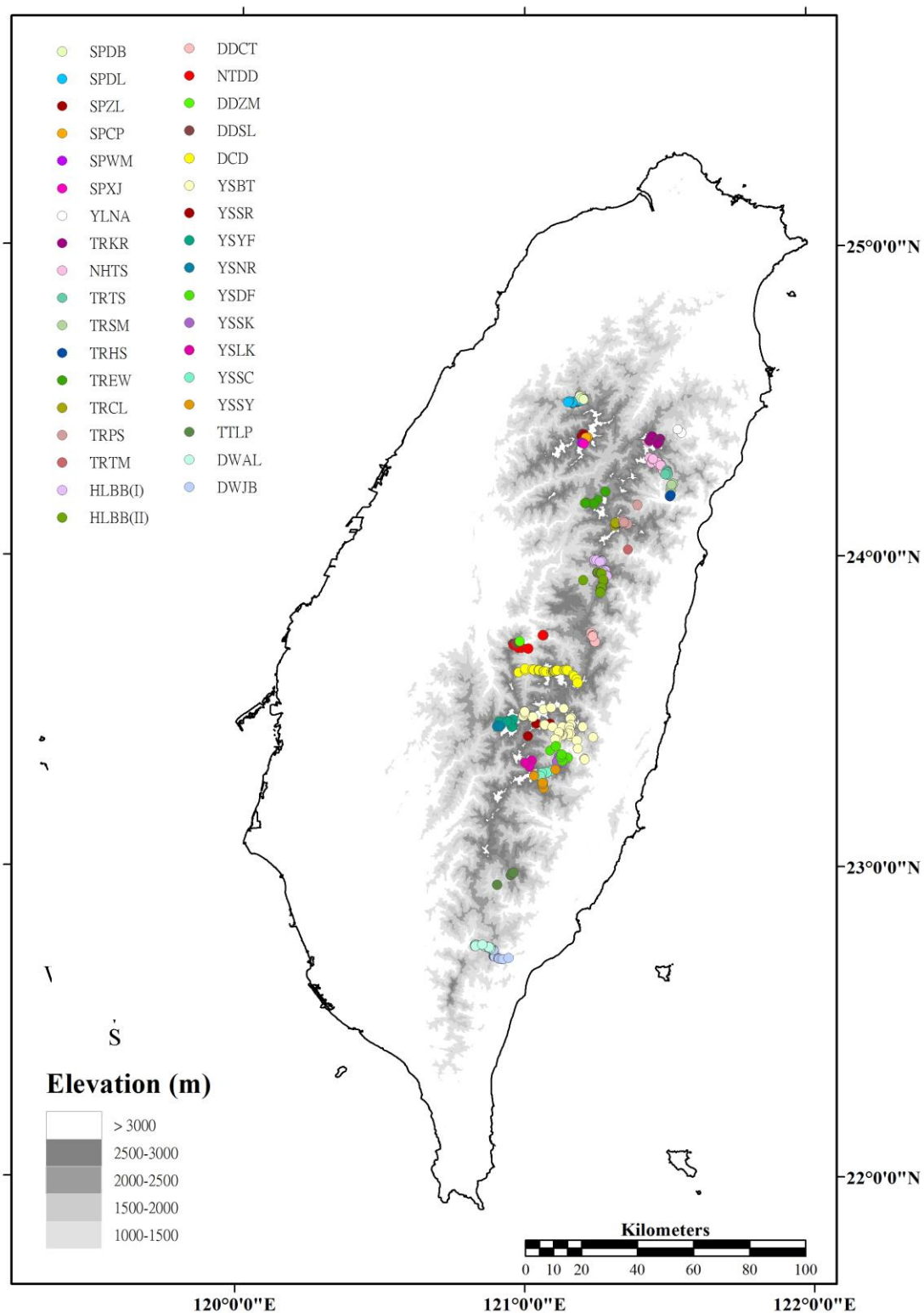


圖 3-12、臺灣水鹿樣本採樣地點位置圖。灰階地圖為臺灣地形海拔高度示意圖，海拔高度對應的顏色深淺程度參照左側圖示。樣本的位置以不同顏色圓點在地圖上標示，已獲得 552 條 d-loop 序列之水鹿樣本來自 35 個樣區，各樣區名稱與對應座標圓點顏色參照左上角圖示。

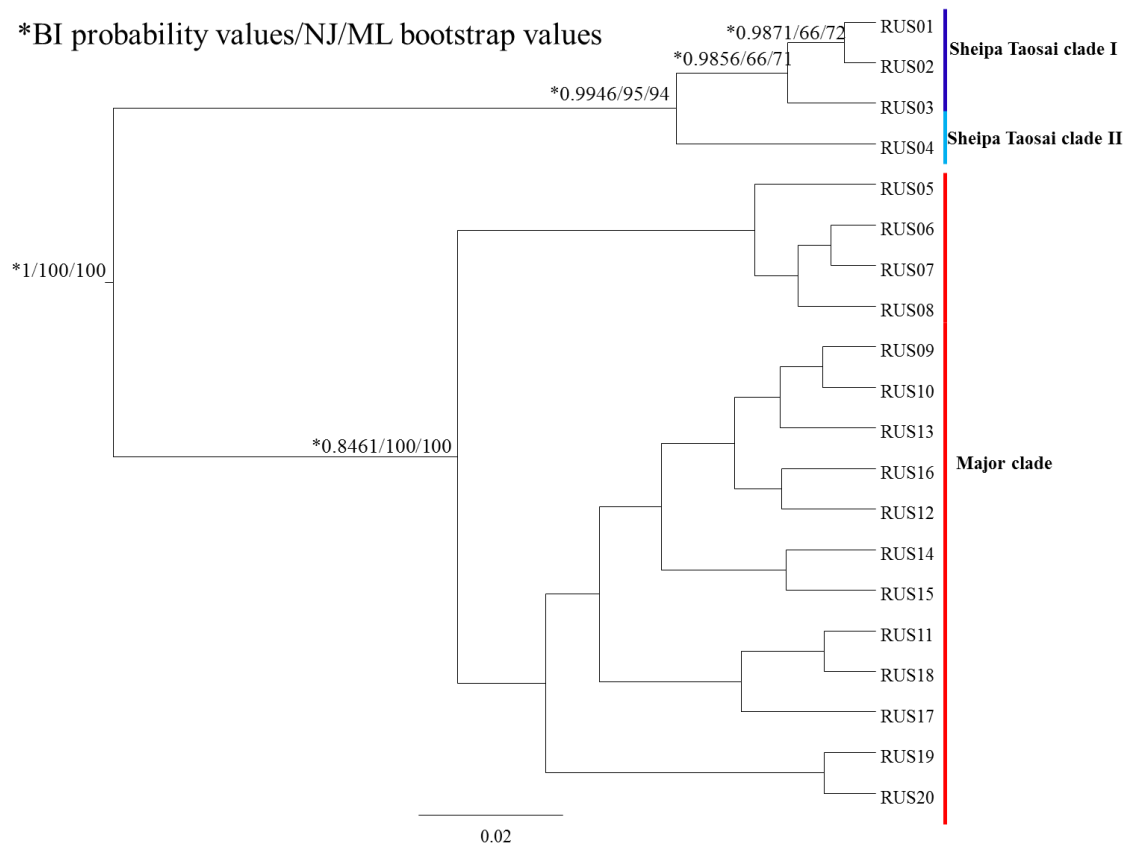


圖 3-13、臺灣水鹿 D-loop 序列單套型序列以 Bayesian、Neighbor-Joining 與 Maximum Likelihood 方法所繪製之親緣關係樹。比例尺為核苷酸變異比例。分支上的數字代表 1000 個重複下該分支出現之機率。

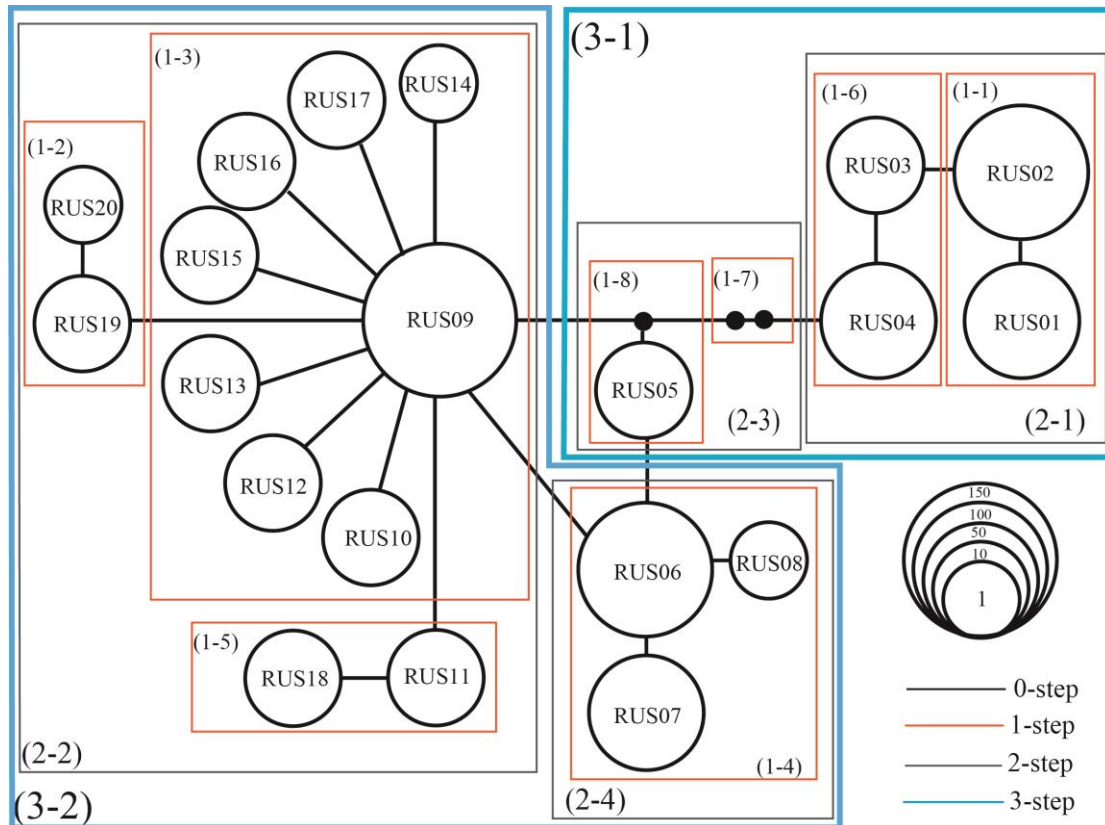


圖 3-14、臺灣水鹿之 Nested Clade Analysis 網狀關係圖 (Minimum spanning network)，由 NCA 軟體根據遺傳及地理資訊決定不同階層。圖中各藍框圓圈代表 D-loop 基因單套型，括號內數字代表樣本數量，黑框圓圈代表軟體虛擬基因單套型，兩兩單套型間距離為單一核苷酸取代位置。圓圈大小與序列數量的對應參照右下角圖示。圓圈內數字為基因單套型編號，參照表 3-17。臺灣水鹿共分為兩個階層，方框與同顏色的數字為 NCA 分析之階層編號。根據分析結果，2-1 階層為太魯閣雪霸類群，2-2、2-3、2-4 為中央山脈主要類群。

八、蓮花池沉積物的花粉分析

進行花粉分析的初衷係希望藉由古代植被與氣候資料的重建，以了解動植物冰期避難所的天然背景，然而去年獲得的樣品（沉積物芯編號 Lotus-4，岩心長度 90.5 公分）深度與沉積年代尚無法下推至冰期年代，但根據其所建立的年代架構，估計約在深度 150 公分處是約為 1 萬年前之沉積物，2 萬年前的沉積物則是在深度 266 公分處。因此今年分別於 6 月 15 日至 19 日、8 月 4 日至 6 日再次前往蓮花池，完成沉積物芯採樣，採樣地點在蓮花池南側。採樣之岩心編號為 Lotus-11 至 13(圖 3-15)。打入地底岩芯最深的深度為 360cm，岩芯內沉積物壓縮的結果最後是 207cm。於 Lotus-12-193cm 處的年代經校正後為 14,450 年前，經過外插法換算，全長 207cm 的岩芯沈積大約是 15,500 年來的沉積紀錄。猜測蓮花池應該在上次冰期即已存在。期中報告時，我們在 4,500 年前蓮花池古代花粉分析的結果顯示，當時的植物花粉的分佈與現今蓮花池旁的植被相當不同，顯示過去蓮花池氣候與現今不同。待未來全長 207cm 的岩芯花粉分佈統計結果出來，將有利於我們探討上次冰期太魯閣國家公園內植被降遷情形。

九、蓮花池的重要性

蓮花池由於是在谷地的低窪處積水成池，目前池塘面積約在 1.5-3 公頃左右，最深處水深也只有 1-2 公尺之間，是一個極為迷你的小型堆積盆地，然而其形成年代卻可早至更新世晚期的 16,000 年或更早，是極為特殊的地形景觀。綜觀台灣湖泊的年代，目前已有的資料顯示位於南投的日月潭(Tsukada, 1967)，以及屏東牡丹鄉東源谷地的東源池(Lee and Liew, 2010)，是唯二形成年代久遠、可以由更新世跨越全新世迄今的湖泊，中部的頭社及魚池盆地在更新世時期雖然也是湖泊，但在 1,700 年前或是更早已經陸化(Liew et al., 2006)。

一般而言，湖泊由於是地表地低窪之處，盛行堆積作用，因此經年累月下來，地表均夷所帶來的沉積物逐步堆積在湖底，造成湖泊逐漸淤積、變淺，加上水生植物與湖畔陸生植物的生長，使得湖泊轉變為沼澤、濕地，最終成為陸地的一部分，此即湖泊的演育歷史。

以蓮花池如此小型的湖泊，卻能延續萬年以上的生命歷史，究其原因，沒有河流注入帶來沉積物堆積是重要因素，加上四周山脈的地形高差大致只有 200-300 公尺左右，沉積物供應源的空間範圍有限，陡峭的山形也使得地表土壤化育程度薄弱，除了以大塊

礫石崩落於池邊外，細粒風化黏土的產量不多，這些因素造成池中沉積物的堆積緩慢，延緩了蓮花池陸化的時間表。然而自從中橫公路通車之後，退輔會安置榮民於蓮花池谷地進行農業耕種，造成土壤流失嚴重，顯然加快了蓮花池的演育速度，在蓮花池沉積物芯中，早期的沉積物大約是以每 100 年堆積 1 公分厚的速度在進行，但在近代數十年中的堆積量已暴增到 30-40 公分厚，若以此速度持續下去，蓮花池的乾涸、陸化將指日可待。

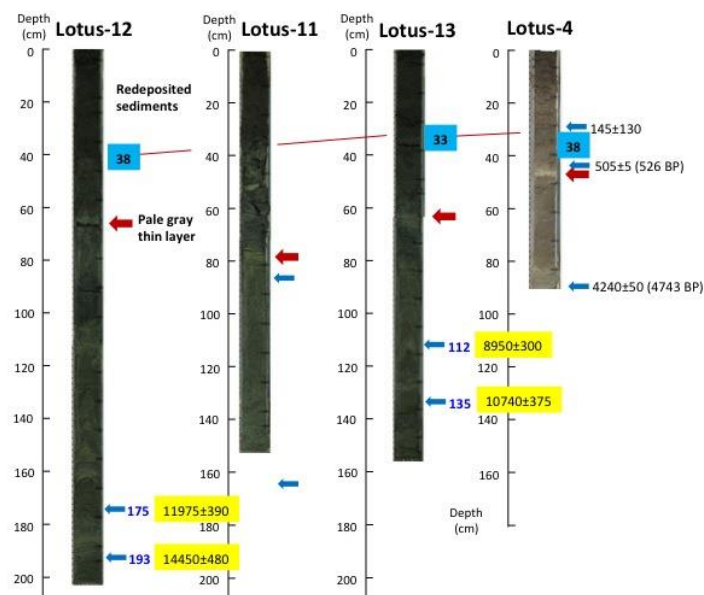


圖 3-15、蓮花池沈積物岩芯定年資料。

第四章 討論

本研究首度對雪霸國家公園的水鹿族群分布範圍進行描述，調查結果顯示大鹿林道東線的水鹿族群分布已經接近常有人類活動的觀霧地區，但在高海拔地區，水鹿分布還侷限於翠池至大劍山、翠池至火石山、及聖稜線部分地區這些高海拔地帶，向西尚未拓展至大雪山森林遊樂區、向南尚未拓展至推論山往台七甲公路一帶。在玉山國家公園的調查，梅蘭林道的水鹿族群分布範圍亦向外擴散，漸漸靠近南橫公路。而在太魯閣國家公園無明山東稜的調查顯示，中橫公路北側不遠即有水鹿出現，配合過去在中橫公路南側的調查結果，證明中橫公路南北兩側都有水鹿族群漸漸靠近，未來可能有機會穿越馬路互相交流。

根據自動相機資料顯示，雪霸國家公園的中大型哺乳類不論相對數量與種類數都較另外兩個國家公園低，其原因不明，未來應持續注意此區中大型哺乳動物族群消長情形。水鹿、山羌、山羊都是廣泛分佈在各個樣區的物種，且數量大都不低，雖然仍被列為保育類野生動物，其族群的存續應當無虞，反倒是非屬保育類的野豬被拍攝的次數明顯較其他三個物種少，在高海拔樣區(南湖、雪山)、有狩獵壓力的樣區(楠溪、八通關)拍攝到的次數都很低，只有在中海拔、狩獵壓力較小的陶塞溪、托博闊溪相對較多，未來應持續關注野豬族群的情況，如有必要須採取保育措施。

各地區水鹿、山羊、山羌的 OI 都常受到海拔和與公路距離的影響，對於水鹿而言，海拔越高及離公路越遠，OI 會越高，這點與 Yen et al. (2014) 的研究完全一致，該研究顯示海拔越高及離公路越遠的地區越適合水鹿生存。本研究也在相機點位測量了諸如坡度、樹冠遮蔽度、側向遮蔽度、與步道距離等環境因子，但這些因子都未與水鹿 OI 有明顯相關，表示水鹿適應環境的能力強，尺度較小的微棲地環境變化對其影響不大，影響其棲息的是海拔、與公路距離這類較巨觀的環境因子。

回歸分析的結果並不理想，模式的解釋能力多半不高，部分環境因子的影響也不顯著。問題可能出在 OI 指標的使用，OI 為平均每一千小時拍到的有效照片數，由裴家騏等(1997)提出，由於其計算容易、提供的資訊也具有一定程度的可信賴性，被廣泛使用在臺灣所有的自動相機調查案。國際上的也有類似的指標，稱為相機捕捉率(trap rate)，公式僅在作為分母的工作時數有所不同，該指標為平均每一百天拍攝到的有效照片數，捕捉率指標過去被認為的確與動物的相對豐度有明顯相關(Carbone et al. 2001; Rovero and Marshall 2009)，但在近年受到許多挑戰，認為不該繼續使用此指標作為相對豐度的

評估，主要理由是這個指標的變異性與誤差太大，容易受到環境、相機機型、動物反應、時間的變化趨勢等眾多因子的影響(Sollmann et al. 2013; Sunarto et al. 2013)。檢視本研究資料後，我們認為 OI 可以用來評估物種的有無、粗略比較同物種不同族群間之相對豐富度，但由於 OI 的變異性與誤差太大，欲進行較細緻的分析，例如迴歸分析，則顯得力有未逮，未來欲進行相關分析，應嘗試近年國外新開發的幾種模型，例如 occupancy model (MacKenzie et al. 2006)、spatial explicit model (Chandler and Royle 2013)等。

2015 年 3 月於布新營地的水鹿族群密度估算結果(47.25 隻/km²)，相較起范震華等(2014)2010 年 8 月中的調查結果(10.8-77 隻/km²)差異甚大。雖然上述密度估計值僅代表當時研究期間的估計值，但由於 2010 年中相機架設範圍較為集中(所有相機所涵蓋面積為 0.16 km²)，范震華等(2014)亦提出相機涵蓋範圍過小時，極易造成族群密度的高估，因此於 2015 年較大相機涵蓋範圍(0.69km²)所估計出來的水鹿族群密度，可能較不易被高估。

於布新營地輻射穿越帶中發現雖然樹木被啃食比例僅有 8%，但是結果顯示水鹿偏好選擇鐵杉、冷杉與玉山杜鵑，且這些樹種因環狀剝皮而死亡的比例也是最高的，依徑級分級的結果也顯示水鹿偏好利用徑級較小的樹木。若此過程不斷持續，未來可能會影響鐵杉、冷杉與玉山杜鵑的更新過程，且由於水鹿不偏好啃食二葉松，最終可導致整個森林結構改變，從鐵杉、冷杉混合林，演變成二葉松純林。

拉庫音溪樣區也有類似結果，水鹿偏好啃食某些樹種(雲杉、鐵杉與冷杉)，且這幾種樹種死亡比例也偏高，但是徑級偏好的結果則與布新營地結果中不同，水鹿較偏好徑級較大的樹木，這結果可能有 2 種原因：(1)由於這地區徑級較小的樹種大多是馬醉木，馬醉木具有毒性，水鹿會避開取食，而徑級較大的樹種大部分是鐵杉與冷杉這類水鹿偏好啃食的樹種，因此若徑級較小且適合水鹿利用的樹種缺少時，水鹿可能會轉而利用較大徑級的樹木；(2)多數徑級較小的樹木因被水鹿過度利用而死亡，導致水鹿轉而利用更大徑級的樹木。本研究團隊的實際觀察中，發現某些鐵、冷杉混合林中，最外圍的樹木都已經死亡(圖 4-1)，且有不少是被環狀剝皮或有被利用的痕跡，表示水鹿對於樹木的利用會直接或間接地造成樹木死亡，且徑級越小的樹木所受影響也越嚴重。無論原因為何，都代表拉庫音溪山屋的鐵、冷杉的森林面積可能已開始逐漸縮小。

大分地區為中海拔山區，樹種較多，但棵數最多的青剛櫟與二葉松被水鹿利用的比例卻不高。偏好係數顯示水鹿偏好啃食棵數較少的紅子英蓮、南燭或赤楊等樹種，顯示這些樹種可能可提供其他樹種所缺乏的營養成分，或是受到樹種樹皮本身的物理性質

影響，未來可針對水鹿偏好啃食或不偏好啃食的樹種進行化學成分分析或物理性質測量，以了解為什麼水鹿會偏好利用某些樹種。

水鹿跨域整合研究從 2012 年至 2015 年，總共調查了 7 個不同樣區的水鹿族群密度與森林冠層樹種受到啃食或磨角調查。本研究一共記錄了 22 科 65 種樹木遭到水鹿啃食樹皮或磨角(表 4-1)。進一步分析發現雖然水鹿會取食的樹種很多，但是偏好啃食的樹種卻只有幾種，而偏好啃食的樹種則會視棲息環境而定。因此未來可針對這些樹種去分析以了解其營養成分、物理性質與其他樹種或食草的差異。

以相關係數分析各地區的結果發現，OI 值與樹木被啃食($r = -0.23, p = 0.62$)或磨角($r = -0.15, p = 0.74$)的比例皆無顯著相關(圖 4-2)，而水鹿族群密度與被樹木磨角的比例也無顯著相關($r = 0.67, p = 0.97$)，僅與樹木啃食比例呈接近顯著的正相關($r = 0.75, p = 0.0505$)(圖 4-3)。因此並不是水鹿密度或出現頻度越高的地方，啃食樹皮現象就會越嚴重，而可能與某些族群對於樹皮有著特定需求有關。

楠溪林道紅檜被啃食頻度在每年 3-6 月達到高峰，但卻與水鹿族群量波動沒有顯著相關，推測可能僅有特定族群而不是所有水鹿都對於樹皮有著攝取需求。進一步分析顯示，茸、解角的水鹿個體數與三種啃食頻度指標皆呈顯著正相關，因此在楠溪林道，水鹿啃食樹皮的原因可能與為了長角有關。

為了了解鹿科動物長角期間需要何種營養，Pathak(2001)分析了 3 種不同圈養鹿種脫落鹿角的成分組成，結果顯示鹿角主要成分為灰份(Ash, 60.27-62.94%)、粗蛋白(31.99-36.59%)與脂肪(2.31-5.08%)，並經由原子光譜吸收分析(Atomic Absorptions Spectrophotometric)發現鈣(22.05-23.44%)與磷(10.83%-12.62%)是其主要微量元素。Robbin(1993)與 Moen(1998)都提到雄鹿在長角期間所需要的能量、粗蛋白、氮、鈣與磷等都會比非長角期間高，因此可能會在長角期間額外攝取其他食物來補充。葉川逢(2015)分析水鹿偏好啃食樹皮的幾種樹種與主要食草(高山芒與玉山箭竹)的營養成分差異，研究結果發現各種營養成分(粗蛋白、粗纖維、鈣、磷、鎂與總糖)含量皆相當接近，但紅檜樹皮的鈣含量明顯高於其他樹種或食草。因此本研究推測在楠溪林道，水鹿啃食紅檜樹皮可能是因為長角期間，需要補充體內的鈣或是其他微量元素有關。

母鹿懷孕與哺乳期間及幼鹿成長亦需要大量鈣質，若水鹿啃食紅檜樹皮以補充鈣質，則樹皮被啃食頻度高峰應該也與母鹿懷孕和哺乳期一致。然而，照片並無法顯示母鹿懷孕與否，亦無法判斷與母鹿一起活動的幼鹿是否已經離乳，因此目前尚無法釐清紅檜被啃食頻度是否與母鹿的懷孕及哺乳有關。

本年度新增了 84 條水鹿粒線體 D-loop 全長序列，共分析 552 條序列，獲得 20 種 D-loop 單套型。雖無發現新單套型，但在丹大七彩族群及南玉山族群皆有發現過去未發現之單套型（DCT：RUS11、RUS12；SYS：RUS13）。經數種親緣關係分析，將其分成太魯閣雪霸類群與中央山脈主要類群，其中發現 RUS05 單套型可能為連接太魯閣雪霸類群與中央山脈主要類群之中間型類群，目前只發現分布在太魯閣峽谷中，此結果強化了太魯閣國家公園內過去可能存有冰河時期動物避難所的可能性。



圖 4-1、拉庫音溪樣區中鐵、冷杉混合林，最外圍的小樹大多已經死亡。

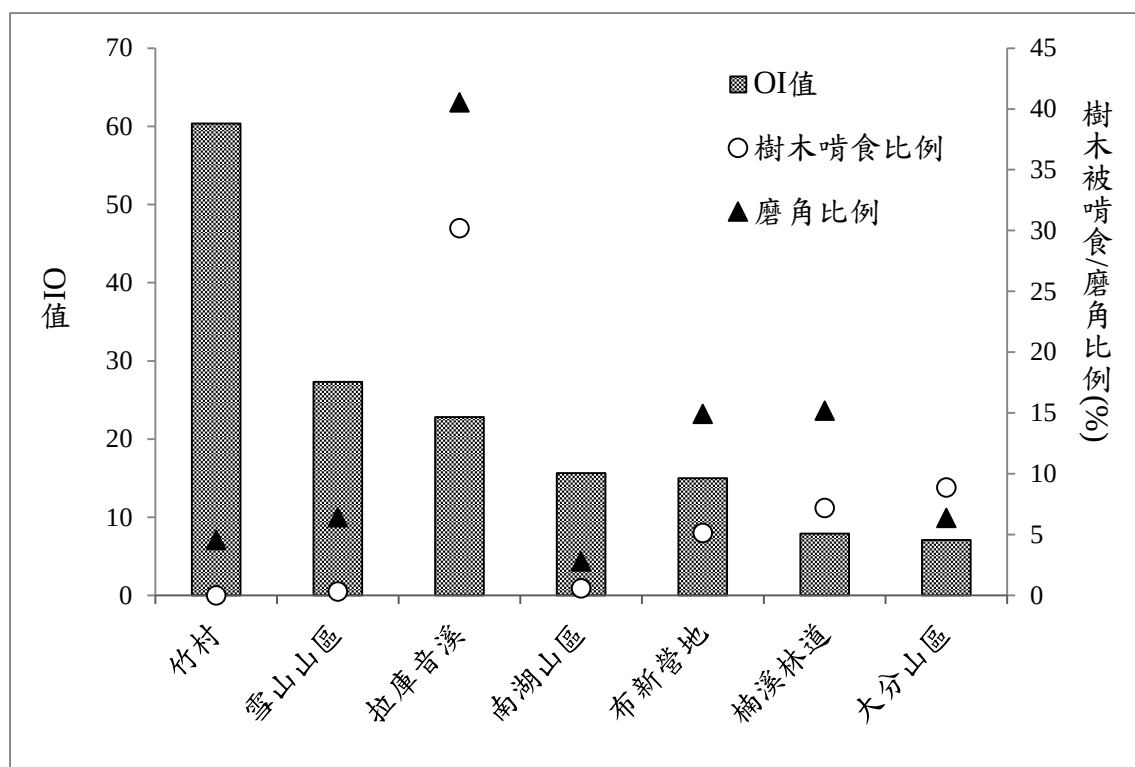


圖 4-2、歷年臺灣水鹿跨域整合研究各調查樣區的樹木被啃食/磨角比例與 OI 值之關係圖。

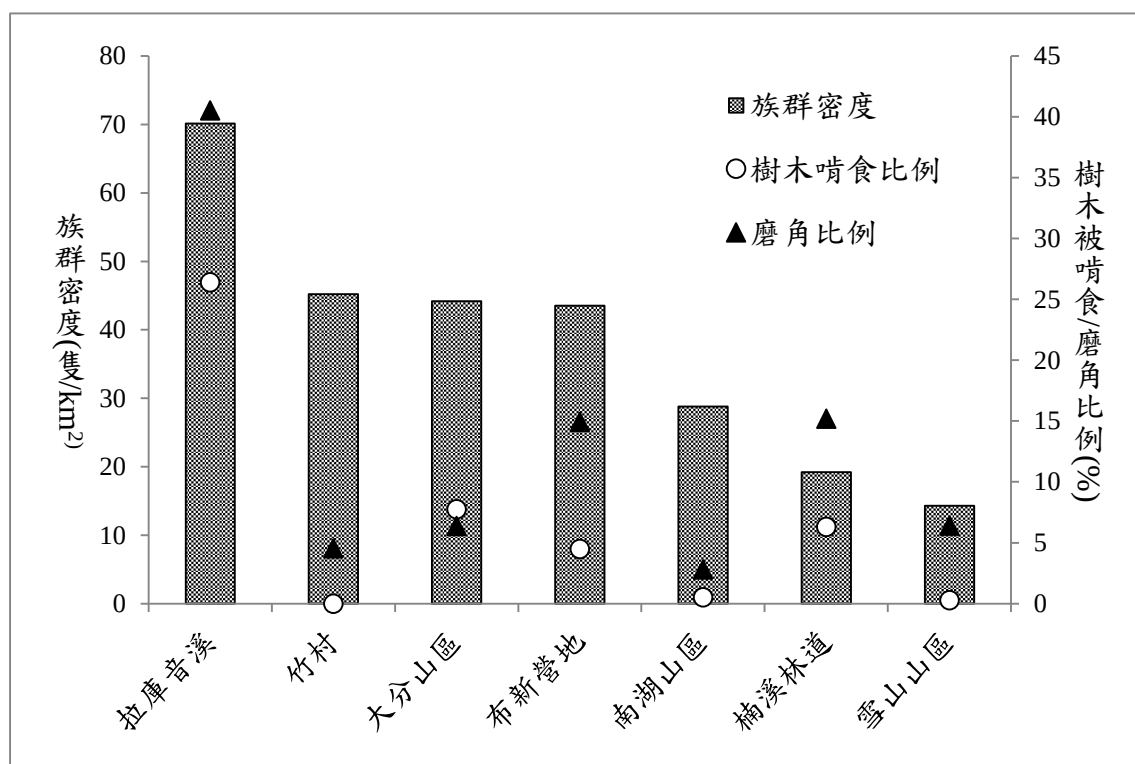


圖 4-3、歷年臺灣水鹿跨域整合研究各調查樣區的樹木被啃食/磨角比例與族群密度之關係圖。

表 4-1、歷年臺灣水鹿跨域整合研究計劃調查各地區遭水鹿啃食樹皮或磨角的樹種名錄。

植物科名/俗名	竹村		楠溪林道		大分山區		布新營地		拉庫音溪		南湖大山		雪山山區	
	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角
冬青科														
臺灣糊樗			✓	✓	✓									
苗栗冬青									✓	✓				
大戟科														
細葉饅頭果					✓	✓								
忍冬科														
呂宋莢蒾			✓	✓										
台東莢蒾				✓										
紅子莢蒾					✓	✓								
木犀科														
松田氏女貞														
日本女貞				✓										
杜英科														
杜英			✓											
杜鵑花科														
金毛杜鵑			✓	✓	✓	✓								
紅毛杜鵑			✓	✓				✓						
巒大越橘			✓	✓	✓	✓								
臺灣馬醉木				✓				✓		✓				

表 4-1、歷年臺灣水鹿跨域整合研究計劃調查各地區遭水鹿啃食樹皮或磨角的樹種名錄(續)。

植物科名/俗名	竹村		楠溪林道		大分山區		布新營地		拉庫音溪		南湖大山		雪山山區	
	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角
杜鵑花科														
玉山杜鵑			✓	✓			✓	✓	✓	✓				
南湖杜鵑											✓	✓		
南燭					✓	✓								
松科														
臺灣二葉松			✓	✓	✓	✓	✓	✓						
臺灣華山松			✓	✓										
臺灣冷杉							✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
臺灣鐵杉							✓	✓	✓	✓	✓	✓		
雲杉									✓	✓				
柏科														
紅檜			✓	✓										
玉山圓柏											✓	✓		✓
刺柏							✓	✓	✓	✓				
桑科														
小葉桑		✓												
楓樹科														
尖葉槭			✓	✓	✓	✓								

表 4-1、歷年臺灣水鹿跨域整合研究計劃調查各地區遭水鹿啃食樹皮或磨角的樹種名錄(續)。

植物科名/俗名	竹村		楠溪林道		大分山區		布新營地		拉庫音溪		南湖大山		雪山山區	
	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角
榆科														
阿里山榆			✓	✓										
山黃麻		✓												
朴樹		✓			✓									
櫟木					✓	✓								
樟科														
屏東木薑子			✓	✓										
長葉木薑子			✓	✓										
高山新木薑子			✓	✓										
臺灣肉桂		✓	✓	✓	✓	✓								
紅楠			✓	✓										
假長葉楠			✓	✓										
青葉楠			✓	✓										
白新木薑子			✓	✓										
香楠			✓	✓										
瓊楠			✓											
山胡椒				✓	✓									
樺木科														
臺灣赤楊			✓	✓	✓	✓								

表 4-1、歷年臺灣水鹿跨域整合研究計劃調查各地區遭水鹿啃食樹皮或磨角的樹種名錄(續)。

植物科名/俗名	竹村		楠溪林道		大分山區		布新營地		拉庫音溪		南湖大山		雪山山區	
	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角
殼斗科														
大葉柯			✓	✓										
狹葉欖			✓	✓										
銳葉高山欖			✓	✓										
長尾栲			✓	✓										
青剛欖					✓	✓								
省沽油科														
山香圓			✓											
胡桃科														
化香樹			✓	✓	✓	✓								
芸香科														
賊仔樹			✓	✓										
茜草科														
伏牛花					✓									
茶科														
細枝柃木			✓	✓	✓	✓								
薄葉柃木				✓										
木荷			✓	✓										
大頭茶				✓	✓									
厚葉柃木							✓	✓						

表 4-1、歷年臺灣水鹿跨域整合研究計劃調查各地區遭水鹿啃食樹皮或磨角的樹種名錄(續)。

植物科名/俗名	竹村		楠溪林道		大分山區		布新營地		拉庫音溪		南湖大山		雪山山區	
	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角	啃食	磨角
蕁麻科														
水麻		✓												
薔薇科														
毛瓣石楠			✓											
臺灣蘋果			✓	✓										
臺灣老葉兒樹			✓	✓										
山枇杷				✓										
山櫻花			✓		✓	✓								
玉山假沙梨										✓				
虎耳草科														
大葉溲疏			✓	✓										
馬鞭草科														
杜虹花		✓	✓	✓	✓									

第五章 結論與建議

本研究歷經四年，廣泛調查太魯閣、玉山、雪霸三座國家公園各地區的水鹿族群分布情形，在太魯閣的南湖山區、奇萊山區、無名山東稜、陶塞溪，及在玉山國家公園的楠溪林道、八通關、梅蘭林道，還有在雪霸的大鹿林道東線，都發現水鹿的分布範圍較過去紀錄更廣，在許多地區都往外擴散至靠近公路處，只有在雪霸國家公園的雪山山區，水鹿族群目前仍侷限在離道路較遠的深山地區。未來在汽車可達的地方看到水鹿的機率將愈來愈高，交通安全可能會是未來經營管理須考量的新議題。

為了瞭解臺灣水鹿的族群密度，本團隊在三座國家公園分別設立樣區架設自動相機，以捕捉標放法估計水鹿族群密度。歷年累積的資料顯示，除了雪霸國家公園的雪山及火石山地區的水鹿族群密度不及 5 隻/km²，以及 2010 年的布新營地與 2015 年的拉庫音溪超過 70 隻/km² 之外，在南湖、竹村、楠溪林道、2010 年的拉庫音溪、2015 年的布新營地等地區，水鹿族群密度約在 30-50 隻/km² 左右。這樣的族群密度看似非常驚人，但由於本團隊特別挑選水鹿出沒地點架設相機，而以相機進行捕捉標放法是計算一段時間內曾出現在樣區中的總個體數，而非隨時在樣區中活動的個體數，因此族群量估計值會較高。再加上相機數量的限制，大部分樣區面積都在 2 平方公里以下，因此密度估計值皆相當高，但事實上隨時在樣區活動的個體數並不如估計值高。

然而，水鹿族群量逐年增加仍是相當明顯的現象，其他哺乳動物在國家公園長期努力下，數量也有增加的趨勢，例如黑熊、黃喉貂等的目擊頻率增加，分布海拔也比以往更低。可惜的是國內並沒有長期監測的資料可供參考，僅能透過訪查及個人經驗瞭解動物族群量增加的情形。因此，本團隊建議國家公園建立長期監測樣區，收集野生動物相對豐度的變化情況，以利保育工作的推動。

本研究在前期以 GPS 項圈追蹤水鹿，深入探討水鹿個體的棲地選擇模式，後期則改以紅外線自動相機，廣泛探討不同族群的棲地選擇模式。追蹤資料顯示水

鹿對棲地忠誠度高，每日平均位移距離僅約 300 m，但在季節氣候轉換時，可能進行長距離的移動，使用不同海拔的環境。各類型的森林與箭竹草原都是水鹿喜愛的棲地，但在不同季節其喜好順序不同，共通點是闊葉林通常較不被水鹿所喜好。自動相機法的研究成果則顯示，通常海拔較高及較遠離道路的地方，水鹿出現指數會較高，而尺度較小的微棲地環境因子對出現指數通常無明顯影響。但不同族群水鹿的棲地選擇模式各有不同，可能是族群狀態、所處環境、人為干擾程度都不一樣所造成。

本團隊對於水鹿啃食樹皮現象的研究也持續了數年。研究結果顯示水鹿偏好啃食特定的樹種，尤其是高海拔地區的臺灣鐵杉、臺灣冷杉、臺灣雲杉、華山松等針葉樹種，及中海拔地區的紅檜、紅子英蓮等（因地區而異）。特別的是臺灣二葉松同為高海拔的優勢針葉樹種，水鹿卻幾乎不啃食，而水鹿也特別偏好啃食胸高直徑較小的樹，造成年幼的樹死亡，森林更新也受到影響。在這些特殊啃食偏好下，如果水鹿啃食樹皮的行為持續下去，很有可能改變局部的森林樹種組成。

然而，啃食樹皮的行為並不全然與水鹿族群密度有關，也就是水鹿並非單純因為族群數量上升而開始啃食樹皮。在排除許多可能的假說之後，本團隊發現水鹿可能為了「排除腸胃道寄生蟲」或「補充長角期間所需的鈣質」而啃食樹皮。從三個國家公園的七個樣區中，本團隊發現樹木被啃食頻度與樣區內水鹿排遺中的寄生蟲總量呈高度相關，顯示排除腸胃道寄生蟲很可能是大部分啃食行為的主要原因。而在楠溪林道的紅檜造林地樣區，紅檜被啃食頻度則與換角中的雄鹿數量成高度正相關，紅檜樹皮的鈣含量則是本團隊分析過的樹皮及水鹿的主要食草（玉山箭竹與高山芒）中最高的，因此雄鹿有可能為了補充長角期間所需的鈣質而啃食紅檜樹皮。但以上兩個可能的啃食樹皮原因，還需要更嚴謹的操作性實驗來證實。

綜合兩年度對原住民的訪查顯示，原住民多表示水鹿族群近年在全台各地都有明顯增加趨勢，甚至已有危害林木的情形，如玉山國家公園八通關地區、梅蘭、南二段地區，國家公園管理單位有需要正視此問題，及早監測及提出因應策略。

就水鹿獵捕情形，訪查的多數部落每年約可獵取數十隻水鹿，但信義鄉的部落常可獵取百隻以上，而新竹、苗栗的部落則較少獵捕水鹿。高雄桃源及那瑪夏部落雖仍有狩獵水鹿情形，但水鹿體積體重較大，如有其他獵物可供選擇，則獵人獵捕水鹿意願並不高。

由於老獵人的凋零及年輕人外移，狩獵人口則明顯減少，老一輩的獵人都憂心狩獵文化難以傳承。各族群的狩獵型態逐漸改變，狩獵以往常深入山區長達一星期以上，採取設陷阱、弓箭及槍獵的方式，現今年輕族群則為改變為駕車 1-2 天來回槍獵的方式，因此傳統傳統狩獵技巧逐漸式微。建議可由國家公園管理處匯集原住民族各區域相關之水鹿狩獵工具、獵物標本、傳統利用方式等，協助原住民族保存傳統知識，並使民眾瞭解人類利用野生動物之方式及人與野生動物的相互關係。

以往水鹿屬重要獵物之一，有以鹿皮、鹿茸及鹿鞭交易為主的獵人。然而，目前老獵人逐漸凋零，以此維生的人已不多了。水鹿的身體許多部位都有用處，但目前除了食用與藥用外，以鹿皮等部位製作衣物及生活用品的傳統工藝只有少數老人家會做。獵獲的水鹿被商業性的販賣情形已經很少，只剩鹿茸仍有一些市場，但近年鹿茸的價格也已經下滑許多。關於發展生態旅遊的意願，多數受訪者持樂觀其成或不反對的態度，但願意以實際行動參與的人並不多。

以往獵捕動物為獵人的榮耀象徵，顯示其在山野活動的能力及勇氣，在獵捕活動長期被限制情形下，也影響獵人自我存在的價值感，狩獵文化在主流生活價值逐漸式微，年輕人對狩獵的認同感逐漸消失。在目前國家公園區域內外水鹿族群已逐漸增加的情形下，建議國家公園管理處未來如擬開放狩獵物種，可優先考慮選擇已有危害物種及區域試辦，同時進行族群監測。並與原住民部落共同討論，如何輔以狩獵文化的傳承機制，逐步尋回年輕人對傳統狩獵文化認同的價值觀。

臺灣本島的地形狹長且地勢高聳造就了多變的氣候帶，棲息於山區的臺灣水鹿對環境的溫度敏感度高，因而會發生垂直遷徙以及族群數量波動的現象，本篇研究以此物種的遺傳結構探討大型草食性哺乳類動物受到冰河時期之環境因子及

氣候變遷的影響。本研究中根據親緣關係、AMOVA 和 NCA 的分析結果，推測臺灣水鹿兩大遺傳主要類群的分化是受到棲地縮減與臺灣北部於冰河期時造成之冰河避難所的隔離所影響。而兩大遺傳主要類群之族群歷史波動的差異與 AMOVA 的分析結果顯示中央山脈主要類群擴張的時間點比太魯閣雪霸主要類群早，是由於中央山脈主要類群主要分布於緯度較低的臺灣南部，其溫度回暖的時機較早。陡峭地形及氣溫驟降造成之棲地縮減所帶來的嚴酷環境，使得高海拔地區形成各自隔離的避難所，其不僅影響太魯閣雪霸主要類群的族群波動歷史，亦為限制兩大遺傳主要類群之間基因交流的潛在因子。

總結過去數年的研究，我們發現臺灣水鹿族群量上升、分布擴散，其啃食樹皮行為可能對森林生態系造成衝擊，同時，人類與水鹿接觸的機會也愈來愈高，顯示臺灣這多年來對野生動物保育的努力成效良好，但生態環境與保育工作也正面臨不同的課題，尤其在國家公園內，野生動物數量的增加與擴散相當顯著，如何因應野生動物增加對環境造成的衝擊及與人類的衝突，將是未來保育工作的新方向。

建議一

立即可行建議

主辦機關：太魯閣國家公園管理處、玉山國家公園管理處、雪霸國家公園管理處

協辦機關：中華民國國家公園學會、臺灣師範大學生命科學系、屏東科技大學野生動物保育研究所

建立長期監測樣區，定期監測植被受水鹿損害情況，並架設自動相機，收集野生動物相對豐度的資料，以瞭解野生動物豐度的長期變化趨勢。

建議二

立即可行建議

主辦機關：林務局、玉山國家公園管理處

在啃食嚴重地區，可考慮以圍籬保護珍貴樹種或重要的森林環境。

建議三

立即可行之建議

主辦機關：各國家公園管理處

協辦單位：中華民國國家公園學會、台灣大學動物科學技術學系、台灣師範大學
生命科學系、屏東科技大學野生動物保育研究所

在科普教育上，本研究可以提供高山型國家公園獨特且複雜的環境因子造就植被及動物多樣性的科普素材。建議可將這些結果，透過圖文影像傳播，運用在未來的教育推廣。

建議四

中長期建議

主辦機關：林務局、各國家公園管理處

建立與原住民共管野生動物資源的機制，包括以觀賞野生動物為主的生態旅遊，或是在必要情況下(例如森林嚴重受損)對野生動物族群進行主動管理，例如降低密度。

建議五

中長期建議

主辦機關：太魯閣國家公園管理處、玉山國家公園管理處、雪霸國家公園管理處

協辦機關：屏東科技大學野生動物保育研究所

於長期監測樣區內定期收集新鮮的水鹿排遺，以監測水鹿族群的寄生蟲感染情況。未來若能確認啃食樹皮的行為與腸胃道寄生蟲含量有關，可考慮以投藥方式控制水鹿的啃食行為。

建議六

中長期建議

主辦機關：太魯閣國家公園管理處、玉山國家公園管理處、雪霸國家公園管理處

協辦機關：屏東科技大學野生動物保育研究所

在圈養環境中，以操作性實驗驗證水鹿啃食行為的原因。

建議七

中長期建議

主辦機關：各國家公園管理處

協辦機關：台灣大學動物科學技術學系

本臺灣水鹿跨域研究計畫結果之一：推測現今臺灣水鹿的族群遺傳結構是因地形、氣候變遷、植被與地理距離交互影響的結果。勢必在棲地相同的物種，如臺灣長鬃山羊的族群遺傳結構也可觀察到相似的結果。未來，為強化高山型國家公園的遺傳多樣性乃來自地質、氣候、植被與動物行為特性的交互作用的結果與重要性。因此，建議未來可以增加臺灣長鬃山羊跨域族群遺傳的親緣地理關係研究。

建議八

中長期建議

主辦機關：各國家公園管理處

協辦機關：台灣大學動物科學技術學系

過去本研究利用自動相機資料，獲得不同地區臺灣水鹿的相對出現頻度。未來若需得到臺灣野外水鹿較精確的數量，需利用適合進行個體遺傳鑑定的微衛星基因座遺傳標記進行個體鑒別、族群數量估算、族群遺傳結構與族群遺傳多樣性等等

研究。因此，建議未來水鹿族群遺傳研究，能以水鹿微衛星基因座遺傳標記開發、評估與運用為目標。

附錄一、原住民對水鹿之傳統知識與利用方式訪查，訪查對象基本資料
(2014-2015 年全部)

代號	族群	居住	背景
卓清 A	布農族	卓溪鄉卓清村南安部落	耆老、具狩獵經驗
卓溪 A	布農族	卓溪鄉卓溪村中正部落	具狩獵經驗
銅門 A	太魯閣族	花蓮縣秀林鄉銅門村	耆老、具狩獵經驗
銅門 B	太魯閣族	花蓮縣秀林鄉銅門村	耆老、具狩獵經驗
紅葉 A	布農族	台東縣延平鄉紅葉村	耆老、具狩獵經驗
紅葉 B	布農族	台東縣延平鄉紅葉村	耆老、老獵人
桃源 A	排灣族	台東縣延平鄉桃源村	具狩獵經驗
桃源 B	布農族	台東縣延平鄉桃源村	具狩獵經驗
桃源 C	布農族	台東縣延平鄉桃源村	具狩獵經驗
霧鹿 A	布農族	台東縣海端鄉霧鹿村	耆老
霧鹿 B	布農族	台東縣海端鄉霧鹿村	耆老、意見領袖
地利 A	布農族	南投縣信義鄉地利村	意見領袖
地利 B	布農族	南投縣信義鄉地利村	具狩獵經驗
潭南 A	布農族	南投縣信義鄉潭南村	耆老、具狩獵經驗
碧侯 A	泰雅族	宜蘭縣南澳鄉碧侯村	具狩獵經驗
四季 A	泰雅族	宜蘭縣大同鄉四季村	具狩獵經驗
南山 A	泰雅族	宜蘭縣大同鄉南山村	具狩獵經驗
樂水 A	泰雅族	宜蘭縣大同鄉樂水村	具狩獵經驗
崙埤 A	泰雅族	宜蘭縣大同鄉崙埤村	意見領袖
梅園 A	泰雅族	苗栗縣泰安鄉梅園村	耆老，具狩獵經驗
梅園 B	泰雅族	苗栗縣泰安鄉梅園村	耆老，具狩獵經驗
梅園 C	泰雅族	苗栗縣泰安鄉梅園村	具狩獵經驗
清泉 A	泰雅族	新竹縣五峰鄉桃山村	具狩獵經驗
清泉 B	泰雅族	新竹縣五峰鄉桃山村	具狩獵經驗
清泉 C	泰雅族	新竹縣五峰鄉桃山村	具狩獵經驗
豐濱 A	阿美族	花蓮縣豐濱鄉豐濱村	意見領袖
豐濱 B	葛瑪蘭族	花蓮縣豐濱鄉豐濱村	耆老
桃山 A	泰雅族	新竹縣五峰鄉桃山村	具狩獵經驗
清泉 A	泰雅族	新竹縣五峰鄉桃山村	具狩獵經驗
那瑪夏 A	布農族	高雄市那瑪夏區	具狩獵經驗
那瑪夏 B	布農族	高雄市那瑪夏區	具狩獵經驗、意見領袖
那瑪夏 C	布農族	高雄市那瑪夏區	具狩獵經驗
那瑪夏 D	布農族	高雄市那瑪夏區	意見領袖
那瑪夏 E	卡那卡那	高雄市那瑪夏區	年輕獵人

	富族		
和平 A	阿美族	花蓮縣秀林鄉和平村	具狩獵經驗，居住和平 20 多年
梅山 A	布農族	高雄市桃源區梅山村	老村長、獵人
梅山 B	布農族	高雄市桃源區梅山村	獵人
梅山 C	布農族	高雄市桃源區梅山村	巡山員
拉芙蘭 A	布農族	高雄市桃源區梅蘭村	耆老
新鄉 A	布農族	南投縣信義鄉新鄉村	獵人。
新鄉 A	布農族	南投縣信義鄉新鄉村	社區發展協會理事長
新鄉 C	布農族	南投縣信義鄉新鄉村	耆老、獵人
新鄉 D	布農族	南投縣信義鄉望美村	村長、意見領袖。
望美 A	布農族	南投縣信義鄉望美村	老村長
望美 B	布農族	南投縣信義鄉羅娜村	獵人
羅娜 A	布農族	南投縣信義鄉羅娜村	村長
羅娜 B	布農族	南投縣信義鄉東埔村	獵人
東埔 A	布農族	南投縣信義鄉東埔村	獵人
東埔 B	布農族	南投縣信義鄉東埔村	耆老、獵人

附錄二、2014 年原住民訪查，水鹿傳統知識與利用方式相關資料彙整

一、苗栗縣泰安鄉

內容	苗栗縣泰安鄉(泰雅族) 2014 年訪查
訪查聚落	● 梅園村(天狗部落)
區域特性	● 鄰近雪霸國家公園
水鹿分布、數量、族群趨勢	● 水鹿比以前多，現在出現在大安溪床上。 ● 水鹿都下來大安溪。 ● 水鹿分布超過 2000 公尺。山羊超過 1500 公尺、山羌少於 2500 公尺。
狩獵區域、方式、目的、頻度、數量、獵物處理、禁忌與傳說	● 20 年前才用燈照打。 ● 72 年雪山溪抓到水鹿。部落 10 年內都沒聽說打到水鹿。 ● 這裡獵人不會專門取鹿茸。 ● 水鹿用醃的，帶鹽和米上山。 ● 現在沒有刻意獵水鹿，覺得目前泰安一年打不到一隻水鹿。 ● 最喜歡的獵物，山鹿、山豬、山羊、山羌，因為水鹿比較少打到。 ● 老祖先留下的陷阱或經驗，無法複製了。
棲地、食性、繁殖、活動模式、與其他動物互動、危害情形。	● 5-7 月茸角期。水鹿 waanuf，公的 Vatinan，母的 Valawie ● 水鹿危害多的地方，雪山。
水鹿欣賞、生態嚮導、生態旅遊、嚮導費用、擔任嚮導意願	● 經營民宿，辦夜遊司馬限林道，獵人 2000 助理 1500。

二、南投縣信義鄉

內容	南投縣信義鄉(布農族) (2014 年資料彙整)
訪查聚落	● 地利村、潭南、雙龍、人和
區域特性	● 鄰近玉山國家公園
水鹿分布、數量、族群趨勢	● 水鹿越來越多。現在路上就看的到水鹿。 ● 日據時代水鹿不多，30 年內，水鹿變多了。
狩獵區域、方式、目的、頻度、數量、獵物處理、禁忌與傳說	● 獵物烤乾。 ● 以往打公鹿多，因為鹿茸，現在少。 ● 以前一年打 1000 隻水鹿 一天打 5-6 隻。晚上打得多。 ● 早期用弓箭。 ● 以前有一家放狗追水鹿。 ● 以往鹿茸鹿鞭可賣。 ● 水鹿沒有傳說。
棲地、食性、繁殖、活動模式、與其他動物互動、危害情形。	● 水鹿 1-5 月帶小鹿，小鹿 2 月走路，約 5 月離開媽媽。 ● 母鹿生產只有幾秒中，生下小鹿，舔一舔，就走了。 ● 獵到的水鹿 9-4 月都有胎，一次一胎。2-5 月長鹿茸。 ● 看過水鹿舔岩塊。 ● 水鹿喜歡到溫泉，老人家說，水鹿喝了很像酒醉。 ● 公水鹿，眼睛較紅。
水鹿欣賞、生態嚮導、生態旅遊、嚮導費用、擔任嚮導意願	● 沒有發展水鹿欣賞

三、台東縣

內容	台東延平鄉(布農族)	台東海端鄉(布農族)
訪查聚落	● 紅葉村、桃源村	● 霧鹿村
區域特性	● 延平林道	● 鄰近玉山國家公園
水鹿分布、數量、族群趨勢	● 水鹿比以前多，延平林道腳印有增加。 ● 延平林道約 28K 開始有水鹿。	● 水鹿變多了。 ● 大關山隧道、向陽嘉明湖水鹿很多。
狩獵區域、方式、目的、頻度、數量、獵物處理、禁忌與傳說	● 以前延平鄉一年約獵捕 50 隻水鹿。目前打耳祭才開放打水鹿。 ● 狩獵以中年人為主。現在打的人少。 ● 獵物整隻帶回，不浪費。 ● 以前和老人家上山打獵，打水鹿，陷阱綁一根木頭，讓水鹿帶著走，再跟著水鹿的痕跡尋找，等木棍卡住。 ● 早期鹿茸換火藥子彈。以前在獵區，吊子抓到水鹿多。 ● 水鹿沒有故事。 ● 水鹿布農族名稱意義 Gunmun-住在山上的牛。 ● 鹿角很少用，可掛衣服。 ● 鹿茸賣給漢人。鹿血配酒喝。 ● 獵人在山上看到陷阱抓到獵物，送到設陷阱人家，主人只拿前後腿，其餘給幫忙的人，但山豬水鹿太重，不帶下來。拿一隻腿，下山告訴設陷阱的主人。上山狩獵時，遇到下山的人，可得後腿一隻。	● 霧鹿目前一年打 5 隻。 ● 以前鹿茸鹿鞭可賣。 ● 利稻一年打 30 隻。 ● 具有槍、陷阱。
棲地、食性、繁殖、活動模式、與其他動物互動、危害情形。	● 水鹿吃箭竹。 ● 水鹿一次一胎。 ● 2011 年看到水鹿磨樹的現象。 ● 耆老才有能力上山處理水鹿危害的問題。 ● 水鹿公的糞便較圓，母的不圓，小一點。 ● 4-5 月鹿茸期 ● 水鹿磨樹，磨角皮 ● 水鹿腳印分公母 公的橢圓、母細長。 ● 水鹿會在水邊照鏡子，看自己角有沒有長正，5-6 月換角	● 無
水鹿欣賞、生態嚮導、生態旅遊、嚮導費用、擔任嚮導意願	● 希望未來有機會發展欣賞動物的旅遊。	● 無

四、宜蘭縣

內容	宜蘭縣南澳鄉(泰雅族)	宜蘭縣大同鄉(泰雅族)
訪查聚落	● 碧侯村 ● 武塔村	● 南山村 ● 四季村 ● 樂水村 ● 崙埤村
區域特性	● 南澳古道	● 鄰近太魯閣國家公園
水鹿分布、數量、族群趨勢	● 近年來沒有目擊水鹿。	● 水鹿不多。 ● 鹿湖，有水鹿的水池，離部落約 2 小時，今年初發現有角公鹿。。 ● 崙埤附近沒有水鹿。
狩獵區域、方式、目的、頻度、數量、獵物處理、禁忌與傳說	● 設陷阱。使用獵槍。 ● 使用弓箭要安靜的潛行，靠近動物後射獵物。箭三個倒鉤的是獵捕山豬的，兩個倒鉤是獵捕水鹿，沒有倒鉤是獵捕山羌山羊。。	● 槍、陷阱、狗。弓箭狩獵，墨點櫻桃、檫木作弓箭。 ● 仍有獵捕水鹿，但大同鄉一年少於 100 隻。 ● 以前老人家認為水鹿有恩，不能獵捕。祭儀祭祖只能用山豬肉和鹿肉。 ● 以前 5-6 月打鹿茸。 ● 母鹿不打。 ● 鹿皮有收購，衣服背架用皮。
棲地、食性、繁殖、活動模式、與其他動物互動、危害情形。	● 無水鹿危害情形。。	● 無水鹿危害情形。
水鹿欣賞、生態嚮導、生態旅遊、嚮導費用、擔任嚮導意願	● 贊成欣賞動物。	● 部落有生態永續發展協會，想發展旅遊。

附錄三、期中審查會議紀錄

副本

已電子交換

檔 號：

保存年限：

太魯閣國家公園管理處 函

機關地址：97253花蓮縣秀林鄉富世村富世291號

聯絡人：鄧月娥

聯絡電話：03-8621100#702

電子郵件：tsou@taroko.gov.tw

傳真：03-8621435

受文者：保育研究課

發文日期：中華民國104年7月13日

發文字號：太保字第1040012817號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：期中審查會議紀錄1份

主旨：檢送本處104年度委託研究計畫「台灣水鹿跨域整合研究（四）」期中審查會議紀錄1份，請查照。

說明：依據本處104年7月2日太保字第1040003048號開會通知單辦理。

正本：徐委員國士、吳委員海音、中華民國國家公園學會、玉山國家公園管理處、雪霸國家公園管理處、本處張副處長登文、林秘書忠杉、各課、室、站

副本：王穎教授（計畫主持人）、朱有田教授、翁國精教授、本處保育研究課（均含附件）

處長 楊 模 麟

太魯閣國家公園管理處

「台灣水鹿跨域整合研究(四)」期中審查會議

簽到簿

時 間：104 年 7 月 7 日(星期二)上午 11 點 00 分	
地 點：本處大會議室	
主持人：楊處長模麟 楊模麟 紀錄：鄒月娥	
報告人：王毅	
出席	簽 到 處
徐委員國士	徐國士
吳委員海音	吳海音
中華民國國家公園學會	王毅 翁國精 朱有田
玉山國家公園管理處	楊毅行
雪霸國家公園管理處	傅國銘
張副處長登文	張登文
林秘書忠杉	
企劃經理課	陳建
環境維護課	
解說教育課	孫的珠
保育研究課	陳俊山 鄒月娥
遊憩服務課	
合歡山管理站	
天祥管理站	

時 間：104 年 7 月 7 日(星期二)上午 11 點 00 分	
地 點：本處大會議室	
主持人：楊處長模麟	
紀錄：鄒月娥	
報告人：	
出席	簽 到 處
人事機構	
主計機構	
行政室	
國立東華大學	許育誠
芬花站	陳韻時
布洛灣站	蔡佩芳

「台灣水鹿跨域整合研究(四)」委託研究計畫期中審查會議 紀錄

一、時間：中華民國 104 年 7 月 7 日（星期二）上午 11 時

二、地點：本處大會議室

三、主持人：楊處長模麟

記錄：鄒月娥

四、列席單位及人員：如簽到簿

五、主辦課室報告：依契約第二條規定，應於 104 年 6 月 25 日前提出期中報告書，本案中華民國國家公園學會於 104 年 6 月 25 日送達，符合契約規定，並出席本處排定今日之期中審查會議。

六、簡報：受託單位(略)

七、討論：

徐委員國士：依據本研究蓮花池岩芯之調查，4,500 多年前艾屬植物很多，現況如何？

朱有田老師：經請陳添財博士三次調查，目前周邊均未發現艾屬植物。

吳委員海音：依據本研究資料，水鹿啃咬樹皮與長茸角有關連。是否有搭配其他地被植物研究比較？

翁國精老師：除楠溪林道地被植物非常稀少未調查外，其他地區均有搭配地被植物調查。發現啃食的情形愈嚴重，地被植物也愈乾淨。

玉管處楊舜行技士：本研究相關GIS的資料是否可提供國家公園做參考？

朱有田老師：會併同成果報告一併提供。

雪霸處傅國銘技士：報告書中鐵「衫」應改為「杉」。另所有「鐵杉」、「雲杉」及「冷杉」文字前，請都加上「臺灣」二字。

孫麗珠課長：依本研究之了解，是否還有狩獵壓力？請提供成果照片供本處解說教育等所需。

王穎老師：目前各區還是有狩獵情形，相關照片可提供管理處使用。

楊處長模麟：

1. 水鹿族群數量到多少算是警戒值？未來如何由管理處自行監測？
2. 架設相機的位置對估計數量影響很大，是否可透過校正來精準評估？
3. 岩芯分析後是否有予以保存（如：科博館等研究單位），以提供未

來若有其他相關研究參考所需？

王穎老師：

1. 有狩獵之情形，於期末繳交成果報告將一併附上相關照片檔。
2. 訪談過程中，對於族群數量過大之族群數量之管控，已有部份受訪者表示有意願配合必要之管控。
3. 將配合提供將樣區之指標模式表格化，提供未來相關記錄監測及經營管理所需。

翁國精老師：目前自動相機設置之位置是以水鹿偏好棲地為原則，未來可試著調整，以接近實際值。

朱有田老師：

1. 相關文字修正將配合更正，GIS資料也將於期末成果報告一併提供。
2. 蓮花池採樣之岩芯因需冰凍目前保存在中央研究院地質所，屬公開性資源，相關研究如有需要，可洽史語所的林淑芬老師提出申請。

保育課：本案為委託研究計畫，請盡速修正相關意見後回傳成果報告書電子檔，以利本案內政部研考資訊系統研究發展知識平台登錄工作。

八、決議：本案期中簡報原則通過，相關與會專家學者與同仁建議請納入計畫執行參考，並請依契約規定辦理第二期款款項請領程序作業及辦理後續調查工作。

九、散會（上午 12 時 45 分）

附錄四、期末審查會議紀錄

檔 號：

保存年限：

太魯閣國家公園管理處 函

機關地址：97253花蓮縣秀林鄉富世村富世291號

聯絡人：鄒月娥

聯絡電話：03-8621100#702

電子郵件：tsou@taroko.gov.tw

傳真：03-8621435

裝

受文者：如行文單位

發文日期：中華民國104年12月18日

發文字號：太保字第1040015033號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：期末審查會議紀錄1份

訂

主旨：檢送本處104年度委託研究計畫「台灣水鹿跨域整合研究（四）」期末審查會議紀錄1份，請查照。

說明：依據本處104年12月4日太保字第1040005991號開會通知單辦理。

正本：徐委員國士、夏委員禹九、袁委員孝維、中華民國國家公園學會、玉山國家公園管理處、雪霸國家公園管理處、本處張副處長登文、林秘書忠杉、各課、站

副本：王穎教授（計畫主持人）、朱有田教授、翁國精教授、本處保育研究課（均含附件）

線

處長 楊 模 麟

太魯閣國家公園管理處

「台灣水鹿跨域整合研究(四)」期末簡報審查會議 簽到簿

時 間：104 年 12 月 8 日(星期二)下午 14 點	
地 點：本處大會議室	
主持人：楊處長模麟	楊模麟
記錄：鄒月娥	
報告人：王毅 翁國精 朱有田 顏士清	
出席	簽 到 處
徐委員國士	(請假)
夏委員禹九	(請假)
袁委員孝維	(請假)
中華民國國家公園學會	王毅 顏士清 朱有田 翁國精
內政部營建署	(請假)
玉山國家公園管理處	楊 舜 行
雪霸國家公園管理處	傅國銘
張副處長登文	
林秘書忠杉	林忠杉
企劃經理課	李惠娟
環境維護課	黃淑珍
解說教育課	孫明峰

時 間：104 年 12 月 8 日(星期二)下午 14 點	
地 點：本處大會議室	
主持人：楊處長模麟	
記錄：鄒月娥	
報告人：王學正 牛育田 翁國精 顏士清	
出席	簽 到 處
遊憩服務課	黃志強
保育研究課	陳俊山 鄒月娥
合歡山管理站	
天祥管理站	陳俊山
布洛灣管理站	
蘇花管理站	陳俊山

「台灣水鹿跨域整合研究(四)」委託研究計畫期末審查會議 紀錄

- 一、時間：中華民國 104 年 12 月 8 日（星期二）下午 14 時
- 二、地點：本處大會議室
- 三、主持人：楊處長模麟 記錄：鄒月娥
- 四、列席單位及人員：如簽到簿
- 五、主辦課室報告：依契約第二條規定，應於 104 年 11 月 25 日前提出期末報告書，本案中華民國國家公園學會於 104 年 11 月 25 日送達，符合契約規定，並出席本處排定今日之期末審查會議。
- 六、簡報：受託單位(略)
- 七、討論：

玉管處楊舜行技士：

- 1. 有關報告書中圖 3-12（利用 ArcGISmap 所繪製台灣水鹿樣本採樣地點位置圖），在海拔高度上，平原區為白底與超過 3000 公尺白色看起來為相同顏色，為避免混淆，建議修正。而此圖除說明採樣點與海拔高度之相對位置外，有無其它意義，請加以說明。
- 2. 本案為連續第四年的計畫，希望能有一個總結論述。

雪管處傅國銘技士：

- 1. 經過這幾年的調查，是否可以說雪霸轄區內，相對其他區域，大鹿林道東線是水鹿族群較豐富的區域？
- 2. 雪霸轄區水鹿族群較少，是否可以藉著透過排遺等方式推估其族群量，有一個概估數值供參。
- 3. 關於啃食及磨角的部份，其他動物如：臺灣山羌及臺灣野山羊也有此行為，不知如何區分？
- 4. 報告書第 60 頁（第四章 討論）第一段，除了提及雪霸國家公園區域之水鹿族群分佈範圍，又有討論到梅蘭林道及太魯閣轄區的無明山東稜等地區，易讓人以為都是在雪霸區域範圍內而產生混淆，建議予以分段或區別。

黃課長志強：基礎調查很重要，有關水鹿族群數量推估，是否可用部份區域調查的 OI 數值來推估三個國家公園的水鹿族群量？

尹主任基鐸：太魯閣轄區內除了高海拔地區外，有那些中海拔地區較易觀察得到水鹿？

林秘書忠杉：

1. 日前參加第 23 屆海峽兩岸國家公園暨自然保護區研討會，研究團隊有發表水鹿的研究成果，與會人員亦很好奇，若以目前各樣區所調查得到的 OI 值與三個國家公園面積範圍加乘推估，水鹿族群數量很龐大。有關三個國家公園範圍內水鹿族群數量推估，是否可用此方式計算？
2. 本研究成果較正面或有趣的成果發現，希望能提供本處作為解說教育或新聞稿發佈等相關經營管理用。

陳課長俊山：

1. 報告中提及，姜博仁先生的研究成果，有探討到水鹿族群數量增加後，改變森林鳥類的密度。不知此改變是正向或負向的改變？請再予以說明。
2. 報告中有關本年度的目標與契約內容不太一致，後經查詢，契約各要求均有達到，惟仍請受託單位還是應以契約內容聚焦為原則。
3. 報告書第 60 頁（第四章 討論）第一段，如雪霸傳技士之建議，仍請建議予以區分，以免混淆。另第 61 頁第一段，有關「未來欲進行相關分析，應嘗試近年國外新開發的幾種模型……」，不知是否國內已有此嘗試應用？
4. 氣候變遷的部份，有關花粉的分析在本次審查會尚未看出成果，契約中工作目標提及「探索以蓮花池沉積物，重建太魯閣國家公園園區內過去植物、氣候與環境變遷歷史。」請於期末成果報告繳交時一併將資料補上。

楊處長模麟：

1. 本年度係第四年的研究，除了總結外，亦請提出未來的可能研究方向供參。
2. 在經營管理方面，有關引起森林結構的改變乙節，是否有管理面向需修正或特別注意的地方？
3. 在解說教育方面，目前三個國家公園範圍均有調查出幾個族群密度較高的地區，算出其 OI 值。惟要如何推估水鹿的族群量？以供解說教育的素材。
4. 有關訪查的部份，不知訪談對象是如何挑選的？三個國家公園相較之下，太魯閣區域的訪談人數偏少，且在銅門村。附錄中的訪

談資料對國家公園經營管理很有參考價值，惟不適對外公開。

王穎教授：

1. 將遵照與會委員的建議事項，補充修改報告書相關內容。
2. 有關總結及未來的研究發展，將再補充。
3. 過去累積的訪查資料，將一併於未來成果報告書補充。
4. 因訪談內容較敏感，詳細資料將提供管理處電子檔，不放在附錄中。報告書中僅作分析。
5. 本研究相關較有趣的發現或重要成果等，將提供管理處解說教育等經營管理參考。
6. 野生物物之族群數量多寡與獵捕行為，數量等亦有關。(如：大鹿林道，較少獵捕行為。)
7. 中海拔地區適合觀察水鹿的，若是以動物欣賞之體驗模式，蓮花池應不錯。若參與人數較多，大同大禮則較適合。
8. 一般族群數量會因外在因素而變，需要封閉受保護的狀況下長期調查累積資料才較有公信度。
9. OI 值在臺灣普遍被使用。在數量較少時適合，但若族群數量較大，則仍有一些盲點。未來亦可針對此方向進行監測。

翁國精教授：有關 OI 值的觀念補充說明，係指在估算期間內，出現範圍內記錄到的數量。

楊處長模麟：因近年來狩獵議題備受關注，相關法令未來修正後如開放狩獵則仍需要有大致的族群量估算以利經營管理之參考。

顏士清博士：數量其實是可以估計的。以合適的棲地及算出的密度加乘，就可大致估算出概略族群數量。過去曾計算出太魯閣水鹿數量大約 1 萬多至 3 萬隻，玉山較多些，雪霸大約 3 千隻左右。可提供管理處作為經營管理參考。

朱有田教授：

1. 在玉山處曾以遺傳標記個體鑑別方式在青剛櫟季計算出範圍區內的黑熊數量 181 隻。如水鹿亦進行個體鑑別後，則可以標放法估算水鹿族群數量。
2. 大鹿林道目前未架設相機，因此以痕跡觀察。大鹿林道中海拔地區採集之排遺數量及痕跡較雪霸其他路線為豐富。
3. 水鹿的遺傳多樣性在雪霸較低但獨特，應是長期地理隔離形成的，

建議在保育策略上予以加強保護。水鹿對氣候變遷敏感，因此可作為氣候變遷的指標。播遷路徑可提供作為參考。

4. 蓮花池山區適合作為水鹿觀察地點，研究團隊在該區有目擊記錄。
5. 蓮花池岩芯分析與氣候植被的探討將於期末報告補充。

保育課：本案為委託研究計畫，請盡速修正相關意見後回傳成果報告書電子檔，以利本案內政部研考資訊系統研究發展知識平台登錄工作。

八、決議：本案期末審查原則通過，相關與會專家學者與同仁建議請納入計畫執行參考，並請依契約規定於期限內完成結案等作業。

九、散會（下午 15 時 30 分）

附錄五、新聞稿

● 國家公園攜手保育 逐漸揭開臺灣水鹿神秘面紗 ●

刊登日期：2015-12-21

臺灣水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}是臺灣陸地上體型最大的野生動物，曾經因為受到棲地破壞與狩獵壓力影響，族群數量十分稀少，被列為保育類野生動物。近年因為生存壓力大幅減輕，族群數量有增加趨勢，其磨角與啃樹皮的行為與森林的更新演替之間的關係引起討論。為因應保育與經營管理的需求，太魯閣、玉山及雪霸國家公園管理處攜手合作，自101-104年委託臺師大王穎教授主持的研究團隊辦理臺灣水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}跨域整合研究計畫，監測水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}族群狀態，調查水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}對森林植被之利用現況及評估其長期影響，並藉由遺傳學研究，了解水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}的地理親緣關係。

在太魯閣及玉山國家公園的部分地區，水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}的分布範圍已經漸漸擴散到靠近山區道路附近。研究團隊指出，可能再過幾年後，開車行駛中橫、新中橫、或南橫公路時，遇見水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}在路旁出沒的機率會越來越高。而在雪霸國家公園，水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}的分布仍侷限於深山地區，只在大鹿林道東線與雪劍線有零星分布，其中大鹿林道東線的水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}族群分布範圍漸漸往觀霧遊憩區的方向擴散。

研究團隊在三個國家公園都設立了森林監測樣區，發現水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}啃食情形在玉山國家公園最嚴重，在另外兩個國家公園則很輕微。經統計分析水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}啃食樹皮行為頻度與水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}密度並沒有顯著相關，暗示可能與水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}的生理或健康需求有關。森林樣區共記錄了153種樹木，其中高達94種的樹皮曾遭水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}啃食，部分樹種特別受到水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}的喜好，特別是屬於針葉樹的鐵杉、冷杉、雲杉，被啃食比例與死亡比例高，再加上水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}喜歡啃食較年輕較細的樹木，研究團隊估計這樣的啃食偏好，對森林的更新、演替造成影響。這研究也提出森林演替與動物相間的平衡，是未來在保育管理上須有系統的整合。

在楠梓仙溪林道監測紅檜被水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}啃食頻度的時間變化，發現紅檜被啃食頻度在每年3-6月達到高峰，被啃食頻度與水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}活動頻度及族群密度皆沒有明顯相關，卻與解角或茸角期的公鹿數量高度相關。經成分分析，發現紅檜樹皮的鈣含量較高山芒、玉山箭竹等主要食草及其他樹種更高，因此推測水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}啃食紅檜樹皮的原因之一，是為了補充長茸期間的鈣質需求。

在水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}遺傳結構分析方面，研究團隊廣泛收集太魯閣國家公園、雪霸國家公園、玉山國家公園、丹大野生動物重要棲息環境、大武山自然保留區等地區共1084個水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}排遺樣本，獲得538條粒線體D-loop全長序列，分析結果共可分為20種DNA單套型，經數種親緣關係樹分析，可把水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}分成太魯閣雪霸類群與中央山脈類群兩個主要類群。結合遺傳分化指數、分子遺傳變異分析(AMOVA)，發現有兩個水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}遺傳交流屏障，一個在太魯閣國家公園與雪霸國家公園間，另一個在太魯閣國家公園與丹大野生動物重要棲息環境間，地理屏障約落在合歡山至奇萊東稜。丹大以南則沒有顯著遺傳交流屏障。經分子鐘計算，兩類群分歧時間約在過去的冰河時期間。

團隊過去以配戴衛星發報器項圈的奇萊磐石水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}進行研究，顯示水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}對於氣溫敏感，具有季節性垂直遷移行為。結合水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}遺傳結構、基因流向(gene flow)、地理距離隔離、冰河植被降遷尺度、古代花粉學及其遇冷降遷行為等資訊，研究團隊推測太魯閣國家公園內的中低海拔山區與峽谷很可能是水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}在冰河時期的避難所，附近被冰封的高山、雪線與陡峭地形則是牠們當時移動播遷的屏障，因此導致遺傳分化為太魯閣雪霸類群，直到冰河退去後才往外播遷，與中央山脈類群再次接觸。經基因流向分析，雪山山脈的水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}是由中央山脈太魯閣地區水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}遷移過去，遺傳多樣性最低。臺灣水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}的跨域親緣地理研究提出臺灣水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}在島內的演化播遷路徑、遺傳結構的地理分群的證據。推測冰河期氣候變遷、植被降遷、陡峭地形特徵與冰河避難所形成影響過去水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}族群遺傳分化。這些研究結果與收集的遺傳資源庫提供一個完整臺灣水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}遺傳資訊、資料庫與分析技術，有利用於未來臺灣水鹿^{ㄉㄨˋ ㄌㄨˊ}保育策略的擬定。

參考書目

- Brunjes, K. J., W. B. Ballard, M. H. Humphrey, F. Harwell, N. E. McIntyre, P. R. Krausman & M. C. Wallace. 2006. Habitat use by sympatric mule and white-tailed deer in Texas. *Journal of Wildlife Management*, 70, 1351-1359.
- Carbone, C., S. Christie, K. Conforti, T. Coulson, N. Franklin, J. R. Ginsberg, M. Griffiths, J. Holden, K. Kawanishi, M. Kinnaird, R. Laidlaw, A. Lynam, D. W. Macdonald, D. Martyr, C. McDougal, L. Nath, T. O'Brien, J. Seidensticker, D. J. L. Smith, M. Sunquist, R. Tilson, and W. N. Wan Shahrudin. 2001. The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals. *Animal Conservation*, 4, 75-79.
- Chandler, R. B., & Royle, J. A. 2013. Spatially explicit models for inference about density in unmarked or partially marked populations. *The Annals of Applied Statistics*, 7, 936-954.
- Côté, S.D., T. P. Rooney, J. P. Tremblay, C. Dussault, and D. M. Waller. 2004. Ecological impacts of deer overabundance. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 113-147.
- Douzery, E. and E. Randi. 1997. The mitochondrial control region of cervidae: evolutionary patterns and Phylogenetic content. *Molecular Biology and Evolution*, 14, 1154-1166.
- Felsenstein, J. 2006. PHYLIP version 3.66 executables for PowerMac. University of Washington, Seattle.
- Gill, R. M. A. and V. Beardall. 2001. The impact of deer on woodlands: the effects of browsing and seed dispersal on vegetation structure and composition. *Forestry*, 74, 209-218.
- Hein, J. 1990. Unified approach to alignment and phylogenies. *Methods in*

- Enzymology, 183, 626-645.
- Jiang, G., J. Ma, M. Zhang & P. Stott. 2010. Multi-scale foraging habitat use and interactions by sympatric Cervids in Northeastern China. *Journal of Wildlife Management*, 74, 678-689.
- Kelly, M. J. and E. L. Holub. 2008. Camera trapping of carnivores: Trap success among camera types and across species, and habitat selection by species, on Salt Pond Mountain, Giles County, Virginia. *Northeastern Naturalist*, 15, 249-262.
- Leslie, D. M. 2011. *Rusa unicolor* (Artiodactyla: Cervidae). *Mammalian Species*, 43, 1-30.
- Librado, P. and J. Rozas. 2009. DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics*, 25, 1451-1452.
- Liew, P. M., S. Y. Huang, and C. M. Kuo. 2006. Pollen stratigraphy, vegetation and environment of the last glacial and Holocene—A record from Toushe Basin, central Taiwan. *Quaternary International*, 147, 16-33.
- MacKenzie, D. I., J. D. Nichols, J. A. Royle, K. H. Pollock, L. L. Bailey, J. E. Hines. 2006. *Occupancy Estimation and Modeling: Inferring Patterns and Dynamics of Species Occurrence*. Academic Press.
- Masse, A. and S. D. Cote. 2009. Habitat selection of a large herbivore at high density and without predation: Trade-off between forage and cover? *Journal of Mammalogy*, 90, 961-970.
- Moen, R., & Pastor, J. (1998). Simulating antler growth and energy, nitrogen, calcium and phosphorus metabolism in caribou. *Rangifer*, 18, 85-97.
- Pathak, N. N., Pattanaik, A. K., Patra, R. C., & Arora, B. M. (2001). Mineral composition of antlers of three deer species reared in captivity. *Small Ruminant Research*, 42, 61-65.

- Polfus, J. L., K. Heinemeyer, and M. Hebblewhite. 2014. Comparing traditional ecological knowledge and western science woodland caribou habitat models. *The Journal of Wildlife Management*, 78, 112-121.
- Raymond, M. and F. Rousset. 1995. Genepop (version 3.4) : population genetics software for exact tests and ecumenicism. *Journal of Heredity*, 896, 248-249.
- Robbins, C. 1993. *Wildlife Feeding and Nutrition*. Academic Press Limited, London.
- Rovero, F. and A. R. Marshall. 2009. Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. *Journal of Applied Ecology*, 46, 1011-1017.
- Sappington, J., K. M. Longshore, and D. B. Thompson. 2007. Quantifying landscape ruggedness for animal habitat analysis: a case study using bighorn sheep in the Mojave Desert. *The Journal of wildlife management*, 71, 1419-1426.
- Sollmann, R., A. Mohamed, H. Samejima, and A. Wilting. 2013. Risky business or simple solution—Relative abundance indices from camera-trapping. *Biological Conservation*, 159, 405-412.
- Stevens, S. 1997. New alliances for conservation. Pages 33-62 in Stevens, S. editor. *Conservation through cultural survival*. Island Press, Washington, D. C.
- Sunarto, S., R. Sollmann, A. Mohamed, and M. J. Kelly. 2013. Camera trapping for the study and conservation of tropical carnivores. *The Raffles Bulletin Of Zoology*, 28, 21-42.
- Whitney, L. W., R. G. Anthony, and D. H. Jackson. 2011. Resource partitioning between sympatric Columbian white-tailed and black-tailed deer in western Oregon. *The Journal of Wildlife Management*, 75, 631-645.

Whittaker, R. H. 1960. Vegetation of Siskiyou mountains, Oregon and California.

Ecology Monograph, 30, 279-338.

王穎、朱有田、翁國精、顏士清、洪千翊、邱岫文、陳匡洵、李冠逸、葉川逢、楊書懿、陳怡君、林子祐、劉士豪、廖昱銓、林函瑜、沈祥仁。2014。

臺灣水鹿跨域整合研究（三）。太魯閣國家公園管理處委託研究報告。

王穎、朱有田、翁國精、顏士清、廖昱銓、楊書懿、葉川逢、張郁琦、陳匡洵、方唯軒。2013。臺灣水鹿跨域整合研究（二）。太魯閣國家公園管理處委託研究報告。

王穎、朱有田、顏士清、張郁琦、廖昱銓。2012。臺灣水鹿跨域整合研究(一)。太魯閣國家公園管理處委託研究報告。

何紋靈。2011。玉山國家公園東部園區臺灣水鹿(*Rusa unicolor swinhoii*)的活動及其對林木的影響。國立東華大學自然資源與環境學系碩士論文。

李玲玲、林宗以、池文傑。2007。玉山國家公園南二段地區中大型哺乳動物調查暨臺灣水鹿族群監測計畫。玉山國家公園管理處。

林宗以。2011。玉里野生動物保護區臺灣水鹿(*Rusa unicolor swinhoii*)棲地利用與密度估算。國立臺灣大學生態學與演化生物學碩士論文。

邱祈榮、陳子英、謝長富、劉和義、葉慶龍、王震哲。2009。臺灣現生天然植群圖集。林務局，台北市。

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。玉山國家公園管理處。

范震華、林宗以、張書德、楊書懿、翁國精。2014。臺灣水鹿族群密度估算方法評估。臺灣生物多樣性研究 16:309-322。

范震華。2012。以捕捉-標記-再捕捉法估計臺灣水鹿 (*Rusa unicolor swinhoii*) 族群密度。國立屏東科技大學碩士論文。

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。
- 翁國精、林宗以、楊書懿。2011。玉山國家公園郡大觀高地區臺灣水鹿對森林更新與結構影響勘查。玉山國家公園管理處。
- 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。
- 楊國禎、陳玉峰、鍾丁茂。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。
- 楊遠波、徐國士、2004。太魯閣國家公園高山地區植物資源及基礎調查研究。太魯閣國家公園管理處，89 頁。
- 葉川逢。2015。楠溪林道臺灣水鹿對樹皮之啃食偏好與樹皮化學成分之關聯。國立屏東科技大學碩士論文。
- 裴家騏、姜博仁。2002。大武山自然保留區和周邊地區雲豹及其他中大型哺乳動物之現況與保育研究(一)。行政院農委會林務局研究系列 90-6 號。
- 裴家騏、陳朝圳、吳守從、滕民強。1997。利用自動照相設備與地理資訊系統研究森林野生動物族群之空間分布。中華林學季刊 30:279-289。
- 賴玉菁。2005。利用地理資訊系統建構六龜試驗林扇平地區中大型哺乳動物巨棲環境棲地模式。中華林學季刊 38:465-476。