

109-110 年度陽明山國家公園野化
水牛族群監測及經營管理策略

Population Status and
Management of Feral Buffalo
(*Bubalus bubalis*) of
Yangmingshan National Park

陽明山國家公園管理處委託報告

(本報告內容及建議純係研究小組觀點，不應引申為本機關之意見)

中華民國 110 年 12 月

109-110 年度陽明山國家公園野化
水牛族群監測及經營管理策略

Population Status and
Management of Feral Buffalo
(*Bubalus bubalis*) of
Yangmingshan National Park

受委託單位：中華民國國家公園學會

研究主持人：胡正恆

協同主持人：王穎、李一泓

研究期程：中華民國 109 年 5 月至 110 年 12 月

研究經費：新臺幣 69 萬元

陽明山國家公園管理處委託報告

(本報告內容及建議純係研究小組觀點，不應引申為本機關之意見)

中華民國 110 年 12 月

目次

表次	II
圖次	III
摘要	IV
Abstract.....	V
第一章 緒論.....	1
第二章 相關文獻回顧.....	3
第三章 研究方法.....	7
第四章 研究結果.....	15
第五章 討論.....	30
第六章 結論與建議.....	33
參考文獻.....	35

表次

- 表 1、鞍部氣象站的月間氣候變動指標(2010-2021 年).. 9
- 表 2、擎天崗每月最大牛隻數量(2017-2021 年)..... 17
- 表 3、擎天崗草原中央稜線東西側的耐獸啃地被植物... 24
- 表 4、石梯嶺-頂山每月最大牛隻數量(2017~2020 年).. 25
- 表 5、風櫃嘴到石梯嶺步道上遇見牛群頻度 28
- 表 6、風櫃嘴到石梯嶺步道遭遇牛群次數的季變化..... 28

圖次

圖 1、水牛生態研究範圍圖及土地使用分區	8
圖 2、擎天崗水牛棲地穿越線與 18 個方格樣區	13
圖 3、擎天崗牛群月變化(2019-2021 年).....	17
圖 4、擎天崗水牛族群結構(2019-2021 年).....	18
圖 5、礮嘴山 2021 年調查水牛腳印位置分布	20
圖 6、擎天崗牛群 GPS 項圈記錄活動範圍	22
圖 7、風櫃嘴-石梯嶺步道沿途水牛活動地點	27

摘要

陽明山國家公園管理處 2020-2021 年持續針對磺嘴山/頂山/擎天崗地區之野化水牛族群進行調查，此外因地制宜建立常規監測模式，如：磺嘴山區範圍遼闊，可巡查動物痕跡；頂山-石梯嶺 6.4 km 步道逐月通報水牛現況；擎天崗 2.4 km 環形步道內，牛群活動可透過 GPS 定位，監測回報圍籬損壞點，並邀集專家學者就迫切經營管理課題研商具體可行之策略。

長期放牧的水牛在擎天崗等區域的草原生態系為重要的草食消費者，長期都與水鹿、山羌、野豬共域棲息。大體型的水牛是粗食者攝食禾草，在以寄養制度為主的陽明山牧場結束業務後已然野化成為類似野生動物狀態，週期輪替啃食是維持本地草原生態系的關鍵過程，值得自然資源管理者予以重視。本案具體研究成果包括：

(一) **水牛族群持續調查並建立臉譜辨識資料**：2021 年底，磺嘴山水牛群估計剩 4 頭(含 1 成年公牛, 1 成年母牛, 1 幼牛, 1 仔牛)，頂山群(石梯嶺/北五指山/風櫃嘴)觀測到 19 牛含當年新生 6 仔牛；擎天崗群(竹篙山/內寮/瑪礁)觀測到 13 牛(含 1 成年公牛, 4 新生仔牛, 5 成年母牛, 2 幼母牛, 1 幼公牛)。另頂山牛群活動範圍最大，常使用稜線以石梯嶺/北五指山為活動中心，春季 4~5 月見頂山水牛遷徙約 3 公里至擎天崗草原區；冬季則觀測到部分水牛有往頂山/風櫃嘴遷移的現象。

(二) **嘗試以 GPS 定位監測擎天崗野化水牛並初探活動軌跡**：以擎天崗公/母牛為例，夏季食物充裕會使用草原核心育幼(40 公頃(ha))；冬季一周的活動範圍可擴及 150~350 ha 的山地領域。定期發布水牛遷移訊息可提醒遊客，有助於國家公園解說教育。

(三) **啟動公民科學調查**：除建立水牛調查表單訓練志工及同仁進行水牛觀測外，在非官方粉絲專頁中預警遊客牛隻動態，培力公民與社區夥伴參與調查，推廣動物保護意識與文化地景維護。

(四) **頂山-石梯嶺-磺嘴山地區水牛監測**：原擬於頂山-石梯嶺-磺嘴山地區誘捕野化水牛，後因 2021 年牛結節疹疫情爆發，改以目擊動物或痕跡方式持續監測動物活動。

(五) **召開 1 場次座談會**：本案啟動時擎天崗野化水牛族群最大觀測值達 39 隻，為因應水牛現地經營管理課題，邀集相關機關及學者、民間團體蒞臨專家座談

會，研議水牛移置及族群管理相關課題並與主管機關農委會協調將水牛送往農委會畜產試驗所花蓮種畜繁殖場 進行水牛種原維護。

擎天崗草原景觀繼承自上個世紀國家公園設置前的文化地景，建議區內野化水牛監測應結合生態系統之長期功能研究，以不干預自然、適度人道關懷野化水牛為最佳自然管理之道。並持續宣導遊客人牛和諧觀念及提醒野地活動安全並自負行為責任。

關鍵字：野化水牛、陽明山國家公園、擎天崗、草原永續發展、生態系

Abstract

This study explores the ecological functioning and sustainable management of the feral buffalo (*Bubalus bulalis*) in the Yangmingshan grassland area. Continue to investigate the feral buffalo populations in the Huangzuishan/Tingshan/Qingtiangang area, a regular monitoring model was adopted in 2020-2021. Footprints were spotted in the Huangzuishan for animal tracking; the 6-km trail scanning of Tingshan reported buffalo and wild dog issues monthly; within the 2 km trail of Qingtiangang, buffalo activities were located through GPS to monitor the damage of fences, and we invited experts to suggest the humane principles of water buffalo management.

Water buffaloes are important herbivorous consumers in the Yangmingshan grassland ecosystem. They coexist with sambar, muntjac, and wild boar. Buffaloes feed on grasses in the past century, rewilding as wildlife state. The specific research results include:

(1) Buffalo population and identification: By the end of 2021, there are only 4 buffalos (including 1 adult bull, 1 adult cow, 1 subadult and 1 calf) in the Huangzuishan, 19 cows with 6 newborn calves in Tingshan; 13 cows (including 1 adult bull, 4 newborn calves, 5 adult cows, 2 subadult cow, 1 young bull) in Qingtiangang. In addition, the Tingshan herd had the largest home range, migrating 3 km to Qingtiangang pasture from April to May of 2021; in winter, they descend to the lower elevations of Tingshan and Fengguizui.

(2) Preliminary monitoring of buffalo range: The Qingtiangang herd bred in a 40-ha grassland in summer when food is abundant; then exploring a hilly area of 150-350 ha during a week of winter in 2021. Regular release of buffalo migration

information already reminded visitors and contribute to interpretative education.

(3) Citizen scientific participation: Early warning of herd dynamics on the citizen conservation website is important for tourists, encouraging citizens to participate ecological investigations, and promoting the awareness of animal protection.

(4) The original plan was to trap wild buffalo in the Tingshan-Huangzuishan area. Due to the outbreak of bovine nodular rash in 2021, the animal activities were continuously monitored by trace spotting.

(5) Host a professional symposium with experts on animal protection and wildlife issues 2020: By establishing specific and feasible principles for the management of buffalo, the precious Qingtiangang buffalos were sent to the National Buffalo Conservation Center in Hualien for protection.

The grassland landscape of Yangmingshan is the cultural landscape before the establishment of the national park in the last century. The best way of natural management is to not interfere with nature, and continue to care for the degrading buffalo resource. The monitoring of feral buffaloes also facilitate the long-term research of the ecosystem, promoting the wildlife awareness among hikers, and remind the wildland responsibility for all human-being behavior.

Keyword: Feral Buffalo (*Bubalus bulalis*), Yangmingshan National Park, Qingtiangang, grassland sustainable development, ecological system

第一章、緒論

一、前言

陽明山舊稱草山，於 1934 年日人設立「大嶺峠牧場」以後，有專業牧牛人辦理寄養水牛。戰後，國民政府於 1952 年依據原草場經營規劃，設置陽明山牧場。在上個世紀，陽明山大嶺牧場配合農業時令，提供北臺灣地區農民寄養水牛，照顧了農家飼養水牛的需求，也伴隨著臺灣農業的成長與茁壯，可做為臺灣農業鄉土文化的代表資產(王明堪,1984)。1985 年陽明山國家公園成立，以擎天崗為主要範圍的牧場環境被保留，延續到 2003 年農會停止寄養業務。自從 2016 年寄養的和牛移出草原後，迄今依然有水牛殘留溪谷棲息，每日來回啃食於森林與草原間，是舊時代的服務動物(service animal)從上百年的經濟動物利用，逐漸轉為野化動物(feral animal)的歷程。

陽明山國家公園從上個世紀以來水牛歷經野化狀態，近年更有野化水牛重新活躍於山地連峰的原有草原地區，登山遊客易近距離遭遇水牛，為自然資源管理之需，亟需透過現地監測資料來瞭解野化水牛的行為模式及活動範圍，管理處自 2017 年「陽明山國家公園園區野化偶蹄類動物調查及經營管理探討」始有野化水牛的分區數量觀測，分別為擎天崗/竹篙山群 29 隻、磺嘴山/翠翠谷群 16 隻、和石梯嶺/頂山群 19 隻，建議須對野化水牛進行族群監測與健康管理(賴玉菁, 2017)。其後 2018、2019 年度「野化水牛族群調查計畫」(王穎等, 2019)，記錄擎天崗牛群為 34 隻、35 隻，族群數量增加緩慢。為後續現地生態保育、解說教育及遊憩經營管理之需，2020-2021 年度持續了解各地區之牛隻交流情形，建立關鍵水牛臉譜影像有助於國家公園預警遊客、解說教育及培力公民參與保育行動，以期提供管理處永續野化水牛資源之實務操作建言。

為充實陽明山區內水牛的族群現況調查，追蹤並記錄其活動範圍，綜合探討野化水牛與景觀變遷，研擬各區的保育策略作為管理處經營管理的參考。以下五點為本研究欲探討的項目，工作項目包括：

- (一) 擎天崗地區野化水牛族群結構持續調查及建立擎天崗地區野化水牛完整臉譜高解析影像資料(利用水牛臉部、耳、或其他特徵建立生物識別圖譜)，提供國家公園保育經營及解說教育及公民參與觀察之素材。
- (二) 以 GPS 定位監測邊緣牛隻或問題牛隻(含常態性的逸出牛隻)及其所損壞圍籬點，野牛行為觀察及通報，包括孕期、發情、打鬥等，應協助管理處發布新聞訊息或設置臨時告示，做為遊客提醒及現地經營管理策略參考。

(三) 啟動公民科學調查，培力管理處人員或志工進行水牛穿越線監測，相關調查記錄納入本案調研成果分析。

(四) 原訂結合耆老及獸醫師於頂山-石梯嶺-磺嘴山地區誘捕野化水牛，追蹤並記錄其活動軌跡及最大活動範圍，做為後續管理處研擬頂山-石梯嶺、磺嘴山野化水牛後續處置方式之參考。

(五) 召開 1 場次座談會，與相關機關協調並建立具體可行之水牛移除處置原則，確立詳細作法與流程，並視實際狀況協助管理處試辦移除作業。

第二章、相關文獻回顧

(一) 野化水牛對環境的影響

水牛(*Bubalus bubalis*)在擎天崗等區域是歷史地景上的農牧文化遺留生物，素有其生態功能，能帶動草原營養/能量流動。參考歐盟(European Union)的再野化歐洲計畫(SBRE, 2021)，持續於 2020 年 12 月在東歐如烏克蘭、羅馬尼亞境內，引入並補充適當的歐洲野牛來維繫其生態功能，可重新支持當地半退化的生態地景。如今歐盟透過重新引入歐洲野牛讓土地再野化(rewilding)回去半自然環境的經營模式，以挽救退化後的生態系功能(SBRE, 2021)。

水牛大群更因他們經常打滾的習慣，加速了積聚水體側向的侵蝕，有可能也會破壞水生避難所的土堤(Maltby and Barker, 2009:926)。至於環境衝擊更大的例子在野化水牛在澳洲的大量溢出擴散，會對植被環境造成衝擊。Saalfeld(2014)描述在澳洲氾濫平原上，水牛沿著水道路徑移動時侵蝕土壤，導致海水侵入淡水平原。特別是在澳洲北領地，野化水牛可能傳播特定野草，減少喜鵲和鱷魚的築巢活動(Campos, 1993; Skeat *et al.*, 1996)。

潘塔納爾(Pantanal) 位處年輕地質構造區的安第斯山脈，是世上最大的濕地，著名的濕地景觀位在玻利維亞及巴拉圭境內，總面積達 242,000 平方公里。因一些濕地類型的共生農場曾在上個世紀引入了亞洲水牛，主要是生態功能的考量，因為水牛善游泳、適合濕地，並以水草為食，不易感染各種疾病。但在生態整全功能方面，水牛比家畜放牧牛對生態的影響來得大，因其巨大體型對植被和土壤質地的過度踐踏可能會衝擊特定牛路。水牛的覓食食源亦較為寬廣，過度繁殖會提升植被受損的風險(Ohly and Junk, 1999)。

多個世紀以來，水牛素為陽明山國家公園內最大型的哺乳動物，體格粗壯，被毛稀疏；因為皮厚加上汗腺極不發達，熱時需要浸水散熱，冷時也可抗寒。這使野化水牛是適應草原生態系的草食消費者，與臺灣民間社會互動密切。同性個體之間互動行為多，如摩擦、塗布與搔癢頻繁；公/母牛間皆偶見抵角打鬥在繁殖季節出現(王穎等，2019)。擎天崗/頂山/磺嘴山長期以來都有水牛/水鹿/山羌共域棲息(胡正恆，2020)，最大體型的水牛扮演粗食者攝食禾草，過去百年來的放牧活動定期啃食禾草維持本地生態景觀，並讓水牛在廣大山地間持續野化並整合進入當地棲地和生物多樣性。

由於陽明山國家公園為鄰近大臺北都會區，溪谷間的灌叢草原在 20 世紀長期為牛隻棲地。日治時期在 1934 年曾設立「大嶺峠牧場」放牧水牛(士林街役場，1937)。戰後國民政府於 1952 年設置了陽明山牧場，作為周圍農村寄養放牧牛隻的場所(陽明山管理局，1952)。到 1967 年臺北市改制為院轄市，牧場歸回臺北市農會經營，牛隻日減。直到 1985 年陽明山國家公園成立，以擎天崗為主要範圍的陽明山牧場被保留，海拔 750 公尺的擎天崗土地屬國有財產，但使用權則歸台北市農會所有。李培芬(1995)曾描述 1970-80 年代當時寄養在擎天崗的牧場牛數量僅剩 70 隻左右。延續到 2003 年農會停止寄養業務後，水牛散逸於荒廢草場成為無人管理族群。園區更在 2016 年後，寄養的黑毛和種牛(Kuroge Wagyu)也移出擎天崗，現有水牛每日來回啃食於溪谷森林與草原間，是稜線高地生態系的棲地塑造者。

考量草食動物如野化水牛的自然啃食與修補作用(SBRE, 2021)，讓步道維持開闊景觀。水牛啃踏為許多其他種類的動植物開闢了植被，糞便也吸引了大量昆蟲。近年來，陽明山水牛遭遇遊客事件不時浮上新聞版面，擎天崗有水牛來回啃食於森林與草原間，亦成為國家公園內特別景觀區的遊憩焦點。追溯 86 年前日人設置牧場，進入長期調集戰爭物資的準備(士林街役場，1937)，陽明山擎天崗等區域草原生態系的變化反應了過去開闢為牧場大量放牧及牧場業務結束後水牛野化在現地自然繁衍的過程，從圈養家畜、掌握並運用自然力；到經歷上個世紀的發展，逐漸成為臺灣最大都會旁的自然保護區系統。

(二) 水牛為過去臺灣社會的重要經濟動物

水牛是一種臺灣民間社會非常熟悉的大型哺乳動物。臺灣水牛的社會服務功能，都是利用肌肉型的駝獸與耕田動物，用盡一身的氣力服務人類社會。臺灣農業時期曾經有數十萬頭水牛養在一般人家，就住在家裡後院，是臺灣人

賴以為生的重要經濟動物(王明堪, 1984)。

水牛(*Bubalus bubalis*)屬於偶蹄目(Artiodactyla)、牛科(Bovidae)、水牛屬(*Bubalus*)(Corbet and Hill, 1992)。是本島現代野地留存大型的哺乳動物。牛曾為陽明山國家公園內優勢的哺乳動物,水牛屬(*Bubalus*)的水牛,與牛屬(*Bos*)的黃牛(*Bos taurus*),都是人類新石器歷史上較晚馴化(domesticated)的文化動物。廣泛分布於亞洲大陸的水牛,有時或稱亞洲水牛,一般又可分為河水牛(river buffalo)與澤水牛(swamp buffalo)這兩種獨立馴化的種群(Corbet and Hill, 1992)。河水牛(*Bubalus arnae*)分布在印度、尼泊爾、巴基斯坦、不丹及泰國,在印度次大陸馴化的時間大約在 5000 年前(Yue *et al.*, 2013)。目前世界自然保護聯盟(IUCN)已然將河水牛野生型這等野生動物列於獨立的水牛類群,登錄為瀕危(endangered)等級,估計殘存族群不到 4000 隻。

現生沼澤水牛(*Bubalus bubalis*),也稱澤水牛,在中國南部與中南半島之間馴化(Zhang *et al.*, 2016),時間約在4000年前(Yue *et al.*, 2013),明確進入臺灣歷史時期的紀錄至少有400多年(楊蘇之,2012)。在臺灣此類水牛,經過行政院農業委員會畜產試驗所花蓮種畜繁殖場(以下簡稱畜試所)的長期研究,於2010年向行政院農業委員會提出以「臺灣水牛」(Taiwan Swamp Buffalo)為獨特品種登記,新品系登記代號為TS。

水牛(*Bubalus bubalis*)為現生本地哺乳動物中最大型者,成體重達 400 kg 以上,其馴養與野化,在亞洲地質史上非常普遍。臺灣已知更新世「臺灣陸橋動物群」化石,主要以打撈自澎湖水道者為內涵,主要大型動物以親水動物為主,如象、犀牛、鹿、水牛等(陳光祖,2000)。晚更新世出土的物種以古菱齒象(*Paleoloxodon* sp.)、與多種水牛屬動物的頭骨和肢骨占絕大部分(陳光祖 2000:163),包括最著名的德氏水牛(*Bubalus teilhardi*)和楊氏水牛(*Bubalus youngi*)(何傳坤等,1996)。牛科動物所遺留下來的骨骸,曾在上一個冰期,分布到今日台南左鎮、新竹關西及澎湖水道等地,例如水牛屬中出名的更新世「德氏水牛」化石,是 1932 年首次在北京周口店發現,曾廣泛分布於華北、華東到台灣海峽,見證了台灣周邊水牛屬的豐富多樣性。除了已滅絕德氏水牛外,現今存活的「水牛屬」還有菲律賓民都洛地區的特有種侏儒水牛(*Bubalus mindorensis*, Tamaraw)等仍有野生型(wild form)。

另外在考古紀錄上,台灣地區約當唐末至北宋(A.D. 960-1127)年間,在

澎湖西嶼的貝層遺址亦發現過自亞洲輸入的牛(Tsang 1992:182)。這包括水牛(*Bubalus bubalis*)，與牛屬(*Bos*)的黃牛(*Bos taurus*)，都是人類新石器歷史上較晚馴化(domesticated)的文化動物。現生沼澤水牛(*Bubalus bubalis*)，也稱澤水牛，在中國南部與中南半島之間馴化(Zhang *et al.*, 2016)，時間約在 4000 年前(Yue *et al.*, 2013)，進入台灣歷史紀錄的時期至少有 400 多年(楊蘇之, 2012)。陽明山地區在清代已有採硫與凱達格蘭族人駐守與野牧牛群的歷史紀錄，如清朝福建泉州府的師爺郁永河，來臺調查硫磺與物產，描述：「見牛困木籠中，俯首跼足…山中野牛甚多，每出千百為群，土番能生致之，候其馴，用之」(郁永河, 1697)。此後，從荷蘭、西班牙到日治時期，臺灣民間廣泛用水牛開墾(伊能嘉矩, 1928)。時至今日，澤水牛或稱臺灣水牛仍是深具生態功能與文化景觀的自然襲產，對半自然的溪谷林地維持至關重要。

(三) 大型動物與遊憩活動間的可能衝突

國家公園為永續經營擎天崗草原景觀，2012 年委託郭瓊瑩教授執行草原景觀維護計畫。陽明山擎天崗等區域由於水牛野化後，季節性地穿越於園區內外的農林地景間，正使水牛與遊客或社區的接觸日增。回顧國外保護區所發生之人獸衝突(human-wildlife conflicts)、乃至動物攻擊事件中，大部分是由於沒有與動物保持安全距離，如被野化水牛攻擊都發生在低草原區，因驚嚇水牛或是過於接近動物(胡正恆, 2019)。Durrheim and Leggat (2008)曾報導南非自然保護區的攻擊事件，被獅子及大象攻擊多是發生在遊客拍照時，往動物走去激怒獅子；以及大象身上疼痛因情緒不穩才暴衝。

美國黃石國家公園為了降低人與動物的衝突，也制定相關措施與規定，說明人獸管理計畫，除了監控動物外，對遊客也有積極管理，據以充分告知遊客大型動物的危險性(Oliff and Caslick, 2003)。國家公園在入口處用警告標示、廣播來讓遊客了解動物資訊，也對棕熊常出沒區域的遊憩使用嚴密限制(Gunther, 1994)。美洲野牛(*Bison bison*)是西半球最大的陸地哺乳動物；而黃石公園在美國公共土地上，多達 4,000 隻以上野牛需管理 (Plumb *et al.*, 2014)。故黃石公園在露營區發給背包客的小傳單，上面說明野牛可能重 2000 pounds (908 kg)，當以時速 30 MPH (48 km/hr)奔來時，應保持 25 yards (23 m)的反應距離。而遊客以不當行動干擾動物領域，如故意停留拍照而致逼近野生動物，都被宣告為違法。美國疾病管理中心(Center of Disease Control, CDC; USA)鑒於黃石公園歷年被野牛撞傷的遊客傷害，2016 年曾發布動物撞人的傷亡回顧報告 (Morbidity and Mortality Weekly Report, MMWR, 20160325)：

自 1980 年以來，野牛對黃石國家公園的行人造成的傷害比其他任何動物都更多。在 1983-1985 年間發生 33 例與野牛有關的傷害之後，黃石公園發動遊客宣導措施，將平均傷害數降低到 0.8 例/年。在 2015 年 5 月至 7 月旅遊旺季期間，發生了 5 次與野牛相遇的傷害。野牛交配季節發生在 7 月至 9 月，成熟的公牛攻擊性會增加。2015 年受傷的五人(四名黃石遊客和一名僱員)的年齡從 16 歲到 68 歲(中位數 43 歲)；四位全是女性。每次事故都發生在旅遊發達地區，例如路徑或間歇泉盆地。兩個人被刺傷，三個被撞飛。有四人需要住院治療，其中三人是由直升機救護車運送的；沒有死亡案例。

在 2015 年所有傷害都是由於未能保持與野牛之間的 75 英尺(23 m)的要求。當人接近野牛時，共發生了四次傷害：三人在離野牛約 3-6 英尺(1-2 m)的距離處拍照時受傷，其中兩個人背對野牛拍照；另一個人說要用手機自拍 (selfie)，才導致靠近動物。在 1980 年至 1999 年期間，共 35 次野牛接觸中有 10 次(佔 29%)涉及攝影；與攝影相關傷害報告的 3-6 英尺(1-2 m)不同，大多數人均離野牛 ≥ 10 ft (3 m)。由於智能手機能共享圖片和視頻，手機攝影因其縮放能力和自拍流傳而廣受歡迎，這也可解釋為什麼與傳統的攝像頭技術相比，遊客不理會公園規定，而更加接近野生動物。對遊客進行行為教育，以及與野生動物保持 75-300 英尺(23-91 m)的距離，可確保人員和野生動物的安全。識別出不遵守觀看距離的潛在訪客，則可防止將來的傷害(CDC, 2016)。

與國外的野牛相形之下，擎天崗等區域的野化水牛體型較小但已具野生動物野性，遊客在擎天崗中央步道及第一、二休憩草坪區的圍欄設施內可有良好防護，但在開放山林後登山客離開有擎天崗圍欄區域後總能在自然情況下遭遇已長期野化具野生動物狀態的牛隻，進入野地的人們也應尊重並理解荒野的主體是野外生命(wildlife)，保持適當距離才能避免不需要的衝突。當水牛不再需為人類役使，反而是宿存於其百年放牧棲地內成為自然與文化複合襲產時，該物種自然生息可成為本地生態系統的重要成分。目前已知此一動物資產易受低溫、連續降雨等生態因子所限制，故值得從草原動物生態學的角度，調查族群數量與環境限制因子的變動趨勢，以期提供管理者永續資源經營之道。

(四)國際自然資源管理及保育思維

生態學家 Mark Davis 和其他 18 位國際知名科學家曾在 Nature 期刊聯名呼籲，提醒當代的自然資源管理必須彈性理解物種與地景的各種組合(Davis *et al.*, 2011)，「和解地」體認過去的自然系統已然完全、不可逆地轉變。當代

保育觀更看重現有現存物種的功能與福祉，面對諸多野生動物與共伴動物(如野化水牛)利用半自然地景，需增進我們對「已受改變大自然」的包容理解，避免過時的本土/外來物種的二分法簡化了保育工作，甚至許多耗費資源的移除外來種工作也對當代生態復原、或經濟重建意義不大，尤其需要更關注「外來"入侵"種」對生態功能的破壞，讓自然保育工作重視生態功能，而非侷限在原生種/外來種二分法(native-versus-alien species dichotomy)(Davis *et al.* 2011)。

此外，全球暖化帶動的氣候震盪可能會率先衝擊北台灣高地的脆弱生態系統，尤其是迎風坡許多具有北降現象的獨特植被群與生物相。聯合國政府間氣候變化專門委員會(IPCC, 2021)，最新出版的第6次氣候變遷評估—物理科學基礎報告(AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis)指出：自1850~1900年以來，人類活動產生的溫室氣體排放，已造成1.07°C的地表升溫；未來在2040年前可能跨越1.5°C的升溫警戒線，尤其北半球高緯度區的變暖速度是全球水準的2~4倍。學界已知亞洲大陸地區，土壤溫度已出現顯著變暖現象，平均每十年0.458°C，並與過去整個世紀以來降水量波動相關聯(Cao *et al.*, 2019)，但在島嶼生態系、甚至孤立山地中的生態衝擊猶未可知。

第三章、研究方法

一、研究範圍

陽明山國家公園園區內的水牛分布，目前已知共有3區野化牛群較為集中，包括擎天崗/竹篙山35隻(李一泓, 2018; 王穎等, 2019)、石梯嶺/頂山35隻(王穎等, 2019)、磺嘴山/翠翠谷16隻(賴玉菁, 2017)。本研究將持續針對上述3區進行調查(圖1)，各區特色描述如下：

(一)擎天崗(海拔770 m)—竹篙山區：擎天崗地區於1995年開通環狀步道，連接20世紀後半的四座軍事碉堡，環繞竹篙山北面稜線共40ha的林地與草原。因2018年無主野化水牛衝撞遊客事件，為維護遊客安全，陽管處於遊客眾多的擎天崗中央步道及二處休憩草坪區設置仿枕木水泥柱圍欄做為防護設施。平原上現有牛隻會不定期營造出大小不一的草原及水窪，另有大型不會乾涸的深水潭，在夏季可容納公母牛群全體浸入(胡正恆, 2020)，屬於陽明山國家公園所劃定的擎天崗草原特別景觀區。

(二)石梯嶺—頂山地區：主要在頂山-石梯嶺步道兩側，包含北五指山為登山步道稜線草原高點，從國家公園東南角的風櫃嘴(0 K)進入，到擎天崗嶺頭岳(6.4 K)土地公廟出來，平均坡度 6 度，走完全程一般約需 3~4 小時。此段草原破碎而鑲嵌於林間，占地面積以頂山地區最大(12.8 ha)、北五指山(9.2 ha)次之、石梯嶺上/下草原高低落差大，合約 4.5 ha；也是山友在連峰步道路線上通報較多水牛的區域(王穎等，2019)。

(三)礮嘴山(海拔 912 m) —翠翠谷區：該生態保護區位於陽明山國家公園東緣，範圍以礮嘴山與大尖後山連稜為中心，範圍包括至半山麓一帶之地區(張新軒等，1991)，具有完整火山錐景觀，火口湖底與翠翠谷草原偶有水牛活動。



圖 1、水牛生態研究範圍圖及土地使用分區(本研究製作)

二、氣候背景資料

依據中央氣象局海拔 837 m 的鞍部測站紀錄(<https://www.cwb.gov.tw/V8/C>)，可將

氣候因素與水牛族群數量歷史變動作比較，大體上，陽明山擎天崗(約 760 m)、頂山(768 m)、石梯嶺(865 m)及磺嘴山(912 m)等山地草原區域全年潮濕、冬季寒冷多雨，彙整近 20 年(2002~2021 年)與日照相關之該測站月平均溫度、月最低溫度、月降水日數及月日照時數等氣候項目數據，得知 2020 年 10,11,12 月日照時數是歷年最低的，只有 42.9, 31.5, 10.0 hr，遠低於 20 年平均值 61.7, 51.4, 49.6 hr；每月降水日數也連續創新高，分別有 23, 23, 28 天，這偶發狀況並非每年發生，2011 年有類似狀況發生(表 1)。

開放的草原生態系統必定是多層次與多變因的連鎖牽連，可能有特定生態限制因子急遽發揮限縮效力。依 2020 年底死亡野化水牛檢體送家畜衛生試驗所之病例報告得知，水牛死亡可能跟缺硒及維生素 E 相關，特別是當連續降雨淋洗作用旺盛時，恐會導致微量元素吸收不足；日照不足下使植物光合作用減弱，合成營養如維生素 E 等不足，可能促成偶發生態災難，故人為管理尤須細膩。

表 1A、中央氣象局鞍部測站的月間氣候變動指標(海拔 837 m: 2002-2021 年)：月平均氣溫(Temp, °C)

年\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2002	10.2	11.4	15.0	18.0	20.0	22.2	23.4	23.1	20.6	18.6	14.4	13.0
2003	9.7	11.9	12.2	17.9	19.3	21.5	24.2	23.5	21.7	17.4	16.0	10.5
2004	9.0	11.7	11.8	16.4	20.1	20.8	22.9	22.8	21.1	16.1	15.4	12.6
2005	9.5	11.4	11.3	17.0	20.4	21.9	23.1	22.8	21.5	18.1	16.1	9.7
2006	11.5	11.7	12.5	17.1	19.4	21.9	23.5	23.1	20.6	18.4	16.4	12.2
2007	10.7	12.8	14.1	15.3	20.4	22.2	24.0	22.7	21.2	17.8	14.1	12.9
2008	10.9	8.2	13.3	16.9	18.9	21.8	22.9	23.0	21.5	19.3	14.8	11.6
2009	8.9	14.8	12.7	14.8	18.6	21.9	23.1	23.2	22.5	18.0	15.3	10.5
2010	11.1	12.7	14.0	14.6	19.3	20.5	23.2	23.0	21.7	17.7	14.6	11.2
2011	7.5	11.1	9.9	15.7	19.1	22.7	23.1	23.1	20.6	17.6	16.8	10.6
2012	9.9	11.0	13.7	17.3	19.7	21.7	23.4	22.6	20.5	17.0	15.0	11.6
2013	10.6	13.2	13.9	15.4	20.1	23.0	23.3	24.1	21.2	17.2	14.7	10.0
2014	10.2	10.5	12.7	16.3	19.7	22.1	23.9	23.5	22.9	18.0	16.0	9.7
2015	9.8	11.3	13.5	16.8	20.4	23.7	23.6	22.6	21.3	18.7	17.1	12.3
2016	10.3	9.7	12.0	18.6	20.7	23.1	23.9	23.2	21.6	20.7	16.3	13.4
2017	11.6	10.4	12.4	16.5	19.4	22.3	23.6	24.0	22.8	18.9	16.4	11.0
2018	10.6	9.8	13.9	16.8	21.3	21.9	23.1	22.7	21.6	16.7	16.3	13.5
2019	12.3	13.5	13.8	18.1	18.8	22.2	23.5	23.3	20.7	18.3	15.2	12.8
2020	11.7	12.4	14.6	14.5	21.2	23.7	24.3	23.4	21.2	17.9	16.5	12.3

2021	9.0	12.6	14.4	15.7	21.6	22.7	23.2	22.7	22.5	18.7	14.4	11.5
平均	10.4	11.5	13.0	16.5	19.9	22.4	23.5	23.2	21.4	18.2	15.8	11.6

表 1B、中央氣象局鞍部測站的月間氣候變動指標(海拔 837 m: 2002-2021 年):
月最低氣溫(T_Min, °C)

年\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2002	3.3	4.8	4.4	10.7	13.6	15.2	18.8	18.7	16.1	12.5	7.4	4.0
2003	1.3	3.3	3.7	8.3	13.3	13.8	18.9	19.6	15.7	11.4	5.9	2.9
2004	-0.7	4.0	3.7	6.9	11.9	14.7	18.3	18.4	17.3	12.1	10.0	-0.5
2005	-0.9	0.6	-0.8	7.9	13.6	15.9	16.9	19.2	16.5	12.5	10.3	0.5
2006	0.8	4.4	2.4	9.1	11.2	14.0	19.5	17.9	15.8	15.1	10.7	4.3
2007	2.2	3.9	4.5	6.1	14.0	19.2	19.7	19.6	17.5	13.0	8.0	2.9
2008	2.5	1.2	6.1	8.8	10.6	14.0	19.2	18.6	16.6	15.3	5.4	4.6
2009	0.5	6.5	2.9	6.2	12.1	16.4	18.8	18.8	18.7	13.5	8.8	3.1
2010	0.7	3.7	0.1	7.5	13.2	13.5	19.8	18.7	16.9	9.6	10.3	1.6
2011	0.2	2.6	2.3	6.5	12.0	18.7	19.7	19.0	15.4	12.8	9.9	3.5
2012	2.3	3.2	2.9	9.3	12.1	17.1	18.8	19.0	13.6	11.7	7.6	0.1
2013	3.4	6.7	3.8	6.4	8.6	18.1	18.7	19.7	15.5	11.5	4.0	2.2
2014	2.4	1.6	4.3	9.3	9.3	17.0	19.6	19.2	18.4	12.8	10.6	2.5
2015	2.6	2.5	5.3	7.0	12.1	20.5	19.5	18.8	17.0	13.8	5.8	2.5
2016	-3.7	0.4	2.3	11.1	9.9	19.0	20.1	17.5	17.6	14.7	11.1	5.5
2017	3.8	1.5	4.6	6.6	14.2	17.9	19.1	20.0	17.0	11.6	9.1	5.4
2018	1.8	0.2	4.0	6.1	12.4	15.3	19.3	18.7	15.7	11.3	11.1	5.6
2019	5.5	7.0	5.8	9.4	12.1	15.0	19.3	19.8	16.1	14.2	9.5	6.4
2020	2.6	2.5	7.2	6.1	16.3	19.2	20.0	20.3	15.2	12.4	11.2	-0.7
2021	-0.4	4.5	5.6	7.6	12.9	17.3	19.4	19.2	16.9	13.1	6.9	5.8
平均	1.7	3.0	3.8	7.7	12.0	17.2	19.2	19.1	16.4	13.1	8.9	3.4

表 1C、中央氣象局鞍部測站的月間氣候變動指標(海拔 837 m: 2002-2021 年):
月降水日數(P_Day, day)

年\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2002	14	14	14	11	14	15	11	11	17	19	16	19
2003	15	14	19	17	13	14	4	12	15	11	23	15
2004	21	8	22	13	14	16	12	14	19	17	17	24
2005	21	22	17	11	19	16	7	14	11	23	11	22
2006	24	23	14	18	21	14	11	11	19	16	19	25

2007	23	12	20	20	11	19	6	22	20	25	24	21
2008	21	28	13	18	15	18	9	4	19	19	22	14
2009	20	15	18	18	7	16	7	13	18	23	25	17
2010	21	16	10	20	17	21	6	12	14	21	20	8
2011	29	19	19	8	18	12	11	11	14	24	24	27
2012	26	24	17	22	17	17	7	20	12	13	18	24
2013	22	19	18	20	17	10	5	11	15	26	19	25
2014	8	18	18	13	22	18	9	7	13	17	19	20
2015	13	18	14	13	19	8	9	20	14	18	21	26
2016	27	17	20	14	14	14	12	10	26	23	20	19
2017	23	16	21	15	16	16	11	7	9	27	27	25
2018	24	18	14	10	5	15	9	19	16	24	24	23
2019	20	19	19	20	17	15	16	18	20	17	23	20
2020	16	14	22	19	16	8	7	13	17	23	23	28
2021	19	13	18	14	6	12	12	11	10	23	22	25
平均	21.1	18.8	17.6	15.9	15.6	14.4	9.1	13.3	16.2	21.2	21.3	22.6

表 1D、中央氣象局鞍部測站的月間氣候變動指標(海拔 837 m: 2002-2021 年):
全月日照時數(SunShine, hr)

年\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2002	103.6	77.7	103.0	88.0	106.1	70.9	112.9	153.9	72.9	78.1	74.1	52.6
2003	101.1	69.4	57.2	74.0	87.2	65.6	165.5	148.8	138.0	111.6	44.2	56.9
2004	46.9	143.4	40.3	85.3	37.3	91.3	168.5	124.7	78.2	68.1	86.3	42.3
2005	37.4	27	101.6	89.3	60.8	80.8	144.7	102.2	139.8	40	X	27.7
2006	38	47.9	79.1	53.5	52	80.8	114.1	160.6	62	101.7	68.6	40.3
2007	58.8	85.9	49.7	62.7	140.7	66.8	138	92.2	80.2	35.2	13.2	55.1
2008	35.6	3.7	114.3	79.8	100.3	99.1	141	157.2	94.5	78	56.5	91
2009	50.6	103.1	63.4	88.1	173.6	96.9	129.8	107.1	78.5	3.5	39.1	57.2
2010	66.8	58.7	118.6	57.9	101.7	54.8	144.7	139.6	134.6	27.7	21.7	125.1
2011	7	69.4	47.4	143.7	63.6	114.7	140.7	125.3	111.8	40.5	30.4	18.7
2012	25.5	39.5	100.6	54.4	97	57.8	187.8	104.5	99.9	87.6	58.6	46
2013	61.5	49.6	94.7	47.7	61.1	104.4	154.8	145.1	109.8	41.3	79.7	49.8
2014	129.8	57.8	54	88.5	39.2	40.2	165.5	143.5	144.5	79.1	33.3	39
2015	72.1	71	83.7	124.1	59.7	125.9	165.7	71	119	61.2	61.2	21.1
2016	13.8	59.6	89.5	73.6	69.1	97.1	160.4	154.2	56.6	68.2	60.5	65.1
2017	52.7	53.5	61.5	103.4	48.8	71.3	158.8	153.7	135	36.2	43.8	30

2018	48.1	53.4	124.4	106.7	146	94	139.6	97	101.9	79.9	59.9	71.9
2019	61.7	54.7	69.1	89.6	65	80.3	115.9	117.6	86.4	97.3	65.5	47.5
2020	93.9	93.8	79.7	82.5	70.6	134.9	150.1	149.5	94.4	42.9	31.5	10
2021	70.8	110.4	81.7	104.8	101.5	91.2	131.8	105.8	128.1	56.3	48.3	45.1
平均	52.4	58	80.8	85.8	83.2	89.7	147.1	125.4	101	59.5	50.1	44.7

三、研究方法說明

(一) 擎天崗野化水牛族群結構持續調查及建立擎天崗地區野化水牛完整臉譜高解析影像資料(利用水牛臉部、耳或其他特徵建立生物識別圖譜)，提供國家公園保育經營及解說教育及公民參與觀察素材。

1. 擎天崗族群結構調查：固定步道沿線計算牛群數量、了解雌雄/成幼結構：監測牛群結構時，每月規劃一個上午(9:00~12:00 am)、或是一個下午(2:00~5:00 pm)內，走完3條穿越線(2.22 km)對所見全體牛群計數(圖 2a)，步行緩慢巡視沿途樣區的牛群數量，同步記錄所見水牛互動行為與成幼結構，每次大約3 hr內完成調查。穿越線分為中線(涵蓋主要低草原)、西線與東線(涵蓋高草/林地，圖 2a)，步行長度分別為550 m, 570 m, 1100 m。生態調查可根據擎天崗的中央通道(中線)為基線，偕同管理處人員與志工進行族群數量計數。在單點觀測停留<7 min的時間間隔下，快速地搜尋(census)兩側、近距離(<10 m)的水牛個體數量，以超過千萬畫素的高品質相機拍攝動物，做成參照圖譜列於附錄。
2. 特定牛隻監測或問題牛隻通報：野外牛科動物的追蹤研究，最早有 Altman (1974)可根據外貌、型態來辨識特定水牛個體。本研究也嘗試運用牛臉特徵為分析個體特徵條件，快速辨識主要成員。牛臉特徵一般可從前視角度觀察，維持距離為3-4 m，可記錄個體面部特徵。輔以個體型態與行為的，目前已能辨識擎天崗牛群的主要成員，充分了解雄性擴散及雌性固守領域的影響。

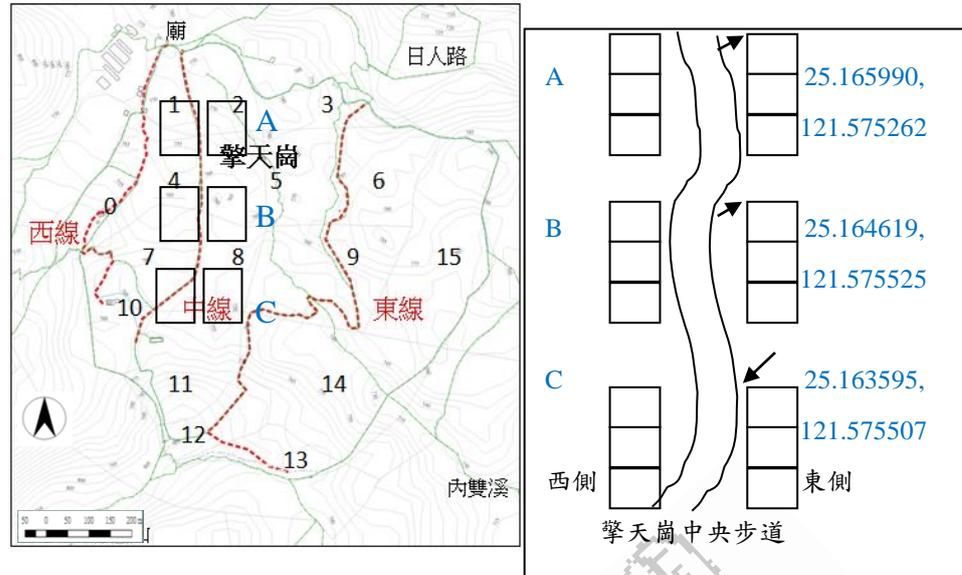


圖 2, 擎天崗水牛棲地: 核心草原穿越線與 18 個方格樣區 (本研究製作)

- (二) 以 GPS 定位監測邊緣牛隻或問題牛隻(含常態性的逸出牛隻)及其所損壞圍籬點, 野牛行為觀察及通報, 包括孕期、發情、打鬥等, 應協助管理處發布新聞訊息或設置臨時告示, 做為遊客提醒及現地經營管理策略參考。

關於水牛活動範圍與運動軌跡, 本研究採用自製簡易設備追蹤定位部分牛隻, 無較完整的野化水牛軌跡資料, 僅用山區收訊到的出現點位提供參考。相較於野生動物研究之傳統超高頻(VHF)無線電追蹤, 採用人力於現場三角定位, 每月進行 3~5 日連續密集追蹤, 包括日間活動點與夜間休息點, 可瞭解動物相對遊客活動區域關係, 以及活動範圍(Tulloch, 1969)。若是採用衛星頸圈自動定位, 雖可減少追蹤人力, 但歐美原廠的進口器材要價數十萬元, 若使用簡訊或衛星信號自動上傳之頸圈, 甚為耗電, 因此衛星定位頻度也無法太頻繁, 並僅能透過 VHF 或 UHF 之訊號在 100~300m 距離下載資料(姜博仁等, 2013)。

因此, 本研究自行改裝 GPS(全球定位系統)發報器來追蹤特定動物活動, 採用市面檢驗安全合格的 GPS 行動軌跡追蹤器(參見臉譜附錄), 可記錄多組美國 GPS 衛星網的定位訊號, 地面精確度<1m。追蹤器主機重 33 克, 由於僅能防潑水, 改裝後加上動物防撞設計後擴充成為重約 0.2 kg 的電子項圈, 以當地侏儒型牛隻體重常在 300~650 kg 之間考量, GPS 項圈僅為牛隻體重的 0.06~0.03%, 小於千分之一, 遠低於一般在動物研究中容忍的追蹤器重量限制(3-5%)(姜博仁等, 2013)。

由於上標的野化水牛皆屬溫和，才能允許研究人員快速換裝 GPS 項圈。同時為了顧及動物安全與福祉，項圈在牛劇烈摩擦下容易拉開解聯，確保動物穿戴舒適才得以長期佩掛。裝設時會以帆布皮帶寬鬆地套在牛頸部。當牛穿越於高草灌叢的磨損情況下，大約為期一個月內，項圈之塑膠卡榫接頭便會自動斷裂，使牛隻回歸原初無背負狀態。追蹤器電力通常可記錄 2 週內的每天 24 hr 活動，程式碼設定 6 min 記錄一次位點(含高程)。每月挑選可接近的公/母牛各 2 隻，追蹤停留於各濕地草場的頻度與歷程；尤其許多母牛各自帶領幼牛，會跟隨領頭牛的團體行動，只要能穩定追蹤若干核心的個體，即可大致了解全體母牛群的群體選擇，而不必每隻母牛都加以捕捉或驚擾。多日資料最後以不同顏色區分繁殖期的公牛領域、乃至育幼期的母牛護衛小牛，亦讓精準管理的科技面融入自然資源永續經營。因記錄牛隻出沒，可通報瘦弱/邊緣/問題牛隻及其所損壞圍籬點，所得生態觀察訊息可做為遊客提醒及現地經營管理參考。

(三) 啟動公民科學調查，培力同學或志工進行水牛穿越線監測，相關調查記錄納入本案調研成果分析。

1. 目測牛隻身體特質：臺灣水牛型態的數值分析依農委會畜產試驗所在花蓮場建立的紀錄準則(魏良原等，2011)：定義水牛的仔牛(New-Born, N)為分娩出生後 0~6 月齡的牛犢，柔軟胎毛密披全身呈暗黃，依賴緊跟母牛來喝奶，滿三月大後才少量在地面上啃食嫩草(林春基，1985)。幼牛(Sub-Adult, S)為 6~12 月齡後離乳，洞角直短約有 0~5 cm 而尚未展現彎曲弧線，體重上小公牛已有 145 kg，小母牛有 132 kg；至於成牛(Adult, A: 13~24 月齡以上)則具有明顯的彎角，角的彎曲長度在公牛有 53.4 cm，母牛有 55.5 cm，至於公牛體重可達 600 kg，母牛可有 500 kg (程中江，2003)。

2. 擎天崗(G)/磺嘴山(H)/石梯嶺(S)的牛群：2019-2021 年由擎天崗(代號為 G)地區所能接近的水牛，曾針對各種體型水牛記錄其活動，例如雄性個體 G.3 號公牛(編號為正數)；以及雌性個體 G.-7 號和 G.-8 號為母牛(編號為負數)。至於 2021 年以後磺嘴山(H)/石梯嶺(S)牛群過來擎天崗草原時，依其季節出現時段來區分歸屬牛群；若遇無法確定分群者標示發現地，如磺嘴山登山口(V)區域。

3. 公民科學資料記錄水牛地景變遷：眾多臉書社團上各地自然愛好者所分享的陽明山水牛觀察照，可進一步辨明數量、成幼、個體特徵。特別是範圍遼闊的磺嘴山、頂山牛隻照片等，結合陽明山國家公園志工踏察，將多元網頁上之資訊，及相關調查記錄納入區域牛群之動態紀錄，並同步留意週邊生物以及

地景變遷。另外研究期間亦帶領同學與志工來記錄擎天崗草原植被分布，共在動物防護圍籬兩側的 18 個方格樣區，登錄受牛啃食的植物種類，以綜合判斷季節間地景變動模式(圖 2)。

(四) 結合耆老及獸醫師於頂山-石梯嶺-磺嘴山地區誘捕野化水牛，追蹤並記錄其活動軌跡及最大活動範圍，做為後續管理處研擬頂山-石梯嶺、磺嘴山野化水牛後續處置方式之參考。(後因 2021 年牛結節疹疫情爆發，改以穿越線調查目擊動物或痕跡方式持續監測其活動。)

1.磺嘴山：牛群數量稀少，分布在 500 km² 的遼闊山區，路徑不清。對磺嘴山水牛群之計數，可採"最小出現動物個體數"做為一種保守估計值，即是當周沿全域步道尋找可辨識樣本數(Number of Identified Specimen, NISP)和最小個體數(Minimum Number of Individuals, MNI)，但在族群量稀小時，因為只見水牛足跡或糞便，NISP 和 MNI 使成為同一值(O'Connor, 2000)，以此收斂的最少評估值代表保守的估計族群量。

2. 石梯嶺/北五指山/頂山：在石梯嶺-頂山步道上有 6 km 的穿越線，可近距觀察水牛行為並加以計數，成果曾在 2019 年 3-10 月有過先驅測試，主要能針對活動於石梯嶺/北五指山/頂山草原的水牛做紀錄。但一到秋冬季，水氣瀰漫於山谷，草原高地受強風與低溫侵擾，使水牛分散成小群進入林下，故必須留意兩側森林與山谷來記錄整體數量。至於棲地植被的分類則參考許立達等(2008)。

(五) 召開 1 場次座談會，與相關機關協調並建立具體可行之水牛移除處置原則，確立詳細作法與流程，並視實際狀況協助管理處試辦移除作業。

2020 年 7 月 31 日召開之「陽明山國家公園範圍內野化水牛族群數量控制專家學者座談會」，主要邀請行政院農業委員會林務局、家畜衛生試驗所、台北市動物保護處、國立台灣大學動物科學系王佩華教授、生物資源暨農學院附設動物醫院余品奐助理教授等人，針對野化水牛族群管理提出寶貴意見。

第四章、研究結果

依據農委會 2020 年 6 月 3 日回覆函，陽明山國家公園管理處為國家公園區域內自然資源的最高主管單位。研究團隊於 2020 年 7 月 31 日在管理處本部會議廳召開座談會，會議中動保與野保專家暢所欲言，發言與詢

答有三輪之多，與各相關主管權責機關協調，嘗試建立具體可行之水牛處置與永續保種原則，詳實討論作法流程。以下就五大工作項目分述之。

(一) **擎天崗野化水牛族群結構持續調查及建立擎天崗地區野化水牛完整臉譜高解析影像資料(利用水牛臉部、耳、或其他特徵建立生物識別圖譜)**，提供國家公園保育經營及解說教育及公民參與觀察素材。

2021年擎天崗群/竹篙山有13牛(含1成年公牛,4仔新生小公牛,5成年母牛,2幼母牛,1幼公牛)；個體照參見附錄7，陽明山擎天崗(G)水牛臉譜。

1. 擎天崗野化水牛族群結構持續調查

擎天崗 2019 年暖期牛有 35 隻：擎天崗草原於夏季，水牛成群集中覓食，可有效地對整體族群計得最大數量 35 隻。夏季曾於 2019 年 7 月 9 日，於單一集中小區目擊擎天崗牛群的大多數成員，分別為成牛 24 頭(17 隻母牛)、亞成體(幼牛)4 頭、新生牛(仔牛)3 頭，合計至少有 31 隻。2019 年 8 月 12 日亦然，包括大群成牛 23 頭、幼牛 5 隻與仔牛 4 隻，此外還有分散於主群邊緣外的公牛組，如 1、3 號牛，合計 34 隻(表 1)。秋季以後，除了公牛組(數隻個體所形成的小群)長程運動遊走外圍、不易搜尋外，母牛群內部也會分成 2 至 4 小群，分別帶著仔牛躲藏於低谷灌叢，不再於高緣稜線上暴露形蹤。但見 2019 年 10 月 24 日清晨見到大群牛有 31 隻在嶺頂山頭下水源低谷泥浴，包括母牛群 18 隻(內含已發情小公牛 2 頭)、幼牛 5 隻與仔牛 8 隻，加上另一邊聚集 4 隻成熟公牛(編號第 1, 3, 6, 11 號牛)，合計 35 隻，達全年最大量(圖 3)。

擎天崗 2020 年牛群增長至 39 隻：2020 年，整年沒有颱風登陸侵擾，春季(3-5 月)逐步回溫：像 2020 年 4 月 15 日於單一集中小區目擊擎天崗牛群的大多數成員，分別為成牛 18 頭、幼牛 10 頭，合計至少有 28 隻以上(圖 4)。5 月 4 日亦然，包括大群成牛 14 頭、幼牛 8 隻，合計 22 隻。2020 年夏季擎天崗地區曾目擊新生牛犢出生，在 2020 年 5~10 月間，擎天崗牛群能確認新生 10 隻小牛犢。此一自然繁殖過程反映在族群結構就是擎天崗 2020.815 曾經觀測到全年最大量的 39 頭牛(圖 3)，其中成牛 26 隻散佈於草場全域，而母牛會帶 13 隻幼牛，包含當年新生的 7 隻小牛犢，一邊緊跟覓食，一邊警戒防衛。成牛(A)26 隻可以區辨成：大公牛最少有 7 隻成公(Am)；加上大母牛 19 隻成母(Af)。幼牛(S)13 隻裡為 5 幼公(Sm)加上 8 幼母(Sf)(圖 4)。此時確認擎天崗全年最大數量 39 隻，不能算入已然移置到樣區外的六號牛(2020 年 10 月送往金山)。

擎天崗 2021 年氣候震盪：4 月開始匯集竹篙山牛隻：在擎天崗草原 2021

年1月僅剩2頭母牛，度過1月1日與1月8日草原下雪事件。2月開始，逐步來自竹篙山各山徑的牛隻回歸擎天崗草原，到3月27日已有7隻成牛(圖3)。值得注意的是，擎天崗2021年春有頂山牛16隻降遷造訪：在2021.4.29-5.10有一波牛群短期交流。在2021.4.30見擎天群6隻都退回西邊丘陵；從頂山山路上有石梯嶺牛群16隻降遷，是擎天崗跟頂山二地間牛群間首次記錄到互相流動(圖3)。5月初擎天崗草原周邊共可觀察到兩地牛群會合達23頭，牛隻持續匯入達最大量。但到2021.5.04統合計數只見19隻，因頂山牛逐步遠離；到5月10日已然不見頂山牛。到2021年底擎天崗牛群回復到13頭牛，包含2021.6.18生下第一小牛，6.27第二小牛出生，7.15生第三小牛，加上7.26生完第四小牛(圖3)。到2021.10.26山區全日最低溫度可低到14°C，擎天崗牛群的行為改變：不再單攻竹篙山當日來回，而轉換成是待在山背處避風。

表 2、擎天崗每月記錄到的最大牛隻數量(2017-2021 年) (本研究製作：資料來源為賴玉菁(2017)、私人通訊(胡正恆, 2018)、以及王穎等(2019))

年\月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2017			18	7	26	26	23	27	29			
2018										32	25	17
2019	27	28	24	27	28	28	31	34	31	35	20	20
2020	29	30	36	28	22	38	38	39	39	32	21	12
2021	3	6	7	23	23	11	14	13	14	13	14	12

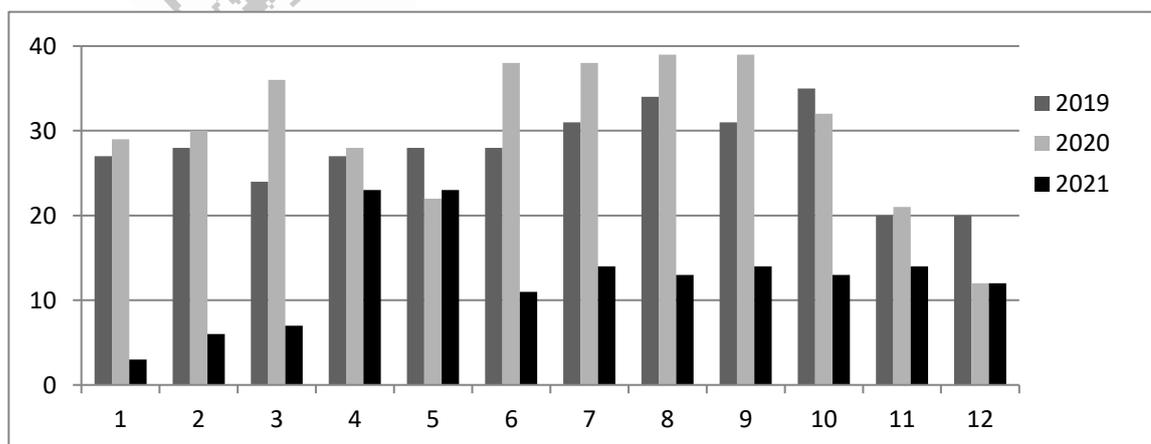


圖 3、擎天崗牛群月變化(2019-2021 年)：最多在 2020 年達 39 頭(本研究製作)

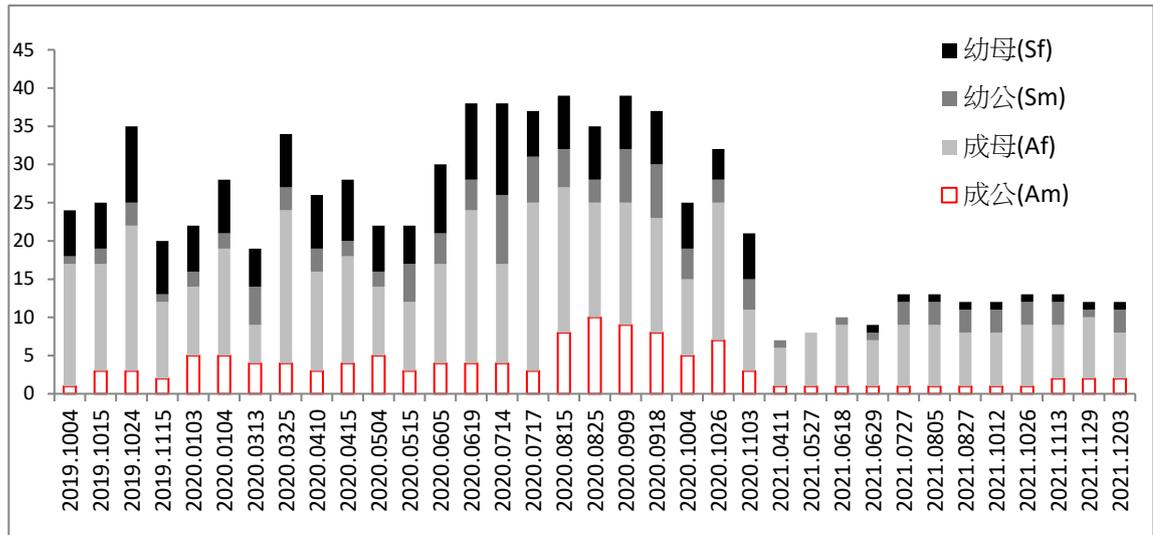


圖 4、擎天崗水牛族群結構(2019-2021 年)：比對成/幼/公/母(本研究製作)

擎天崗族群結構之分析小結：當 2020 年 9 月最大量有 39 隻，2019 年族群最大計數達 35 隻(胡正恆，2019)，其與 2016 年夏季的空拍紀錄 34 隻相較，以及 2017 年夏季的空拍總數 29 隻(賴玉菁，2016)，可謂水牛族群增長緩慢(圖 3)。檢視水牛大群需把握 7~10 月進行觀測，11 月以後為資源匱乏期，水牛回歸小群躲入林下越冬(圖 4)。

2. 石梯嶺/北五指山/頂山的水牛族群發展

頂山牛族群自 2019 年以來都以石梯嶺群略多於擎天崗群，在 2020 年 9 月最多曾達 41 隻，牛群可各自聚集也類似擎天崗群的發展。例如 2020 年 4 月 14 日於北五指山目擊 11 隻，及石梯嶺有 26 隻。6 月 23 號看到各地的水池多呈乾涸。8 月 17 號才發現頂山—石梯嶺步道 3 K 步道旁的一處天然池塘，有一半空間被水牛利用，是以往 2019 年以來未有的現象；推測 3 K 與北五指山頂上的水池相距很近，所以上面北五指山頂水池乾涸後，牛就移動到 3 K 來使用。

頂山牛 2020 年夏季時，2020 年 5 月到 9 月水牛幾乎不用頂山稜線，進入秋冬後又移動到此地，與以往所知的習性類似。整體說來，2020 年 9 月 17 日所見總數最多，石梯嶺記錄到 41 隻牛，其中所見到的仔牛最多可有 9 隻。而繁殖行為如公牛的駕乘行為從 6 月持續延伸至 11 月，值得密切觀察族群變化動態。

頂山牛群經歷 2020 年 12 月至 2021 年 1 月的極端氣候衝擊，殘留族群剩餘 16 隻牛、無仔牛，並曾於 2021 年 4 月曾翻越石梯嶺主峰(863 m)短期移動

到擎天崗，混入擎天崗群(6隻)覓食月餘，之後頂山牛再整群脫離擎天崗返回頂山/北五指山等更高海拔棲地。頂山牛的繁殖紀錄是：第一小牛 2021.615 出生；7.04 頂山第二小牛出生；第三小牛 820 生出；第四小牛在強烈颱風璨樹期間 9.12 出生；第五小牛在 10.05 以後見到；第六小牛 10.15 出生。合計頂山群(石梯嶺/北五指山/風櫃嘴)最後有 19 牛(含 1 公牛 6 仔牛, 2021.10.16)，但在秋季會分開成小群集團往風櫃嘴方向降遷。從夏季長期盤據的北五指山(789m)，到越冬需要降遷到風櫃嘴香對山(0.2 K, 海拔 624m)附近，觸發遷移行動的低溫事件，曾於 2021.11.01 記錄到當時香對山上最低溫 13.3°C，只有 4 隻成牛小群躲於風櫃嘴山徑旁的燈稱花灌叢。

3. 磺嘴山生態保護區水牛數據以新鮮足跡大小推估

磺嘴山地區的水牛數量極有限：磺嘴山為生態保護區，每日遊客限量 100 人，與該區內水牛接觸機會極少，2021 年底磺嘴山水牛群以新鮮足跡大小估計有 4 頭(含 1 成年公牛、1 仔牛、1 成年母牛、1 幼牛)。

從 2020 年就見過孤獨大公牛(H1)，遊蕩於鹿堀坪到富士坪之間的廣大草場，腳印長有 23cm；在 2021 年 9 月還有見過其單獨腳印，但磺嘴山主峰步道以東的河岸草原幾乎都被高草淹沒，寸步難行，只能從此隻大型牛之巨大單獨足跡推測為獨活個體。此一孤單老牛頂著大角殘存於廣大高草原已經持續至少 5 年。例如 2017 年施工包商在內遭遇水牛個體僅為 3 隻(2 成體、1 幼)，2019 年 1 月研究團隊全線只在山屋(從登山口起算 1 km)旁遇到 1 隻老牛，屬邊緣性的孤牛個體。另 2019-2021 年研究人員不定時前往磺嘴山、翠翠谷途中搜尋牛隻與糞便，頂多只見有死亡牛骨，如 2019 年 9 月找到一截趾骨，且沼澤位置不能排除屬沖刷搬運現象。

於 2020.12.05 通報磺嘴山內避難山屋前 100 公尺處，約當從登山口起算 0.9 km 處的登山步道上發現 1 隻水牛死亡，倒臥於路中央，經巡山工作人員確認為成年母牛。研究團隊從空間分析上判斷，該牛隻已經在冬季初期(2020 年 12 月)開始下遷，離開磺嘴山(912 m)、大尖後山(885 m)之間的翠翠谷草原棲地(740 m)，向低海拔遷移 1 km 後到達山屋(810 m)附近，該母牛最後再走 1 km 下坡，就會穿出保護區管制門(750 m)，隨即進入擎天崗區域的東北角範圍 0.5 km 以內。擎天崗東北區的東峰水牛群，長期聚集在頂山—石梯嶺步道 5.5~5.8 K 處，可能局部收受上述進出磺嘴山的牛隻。

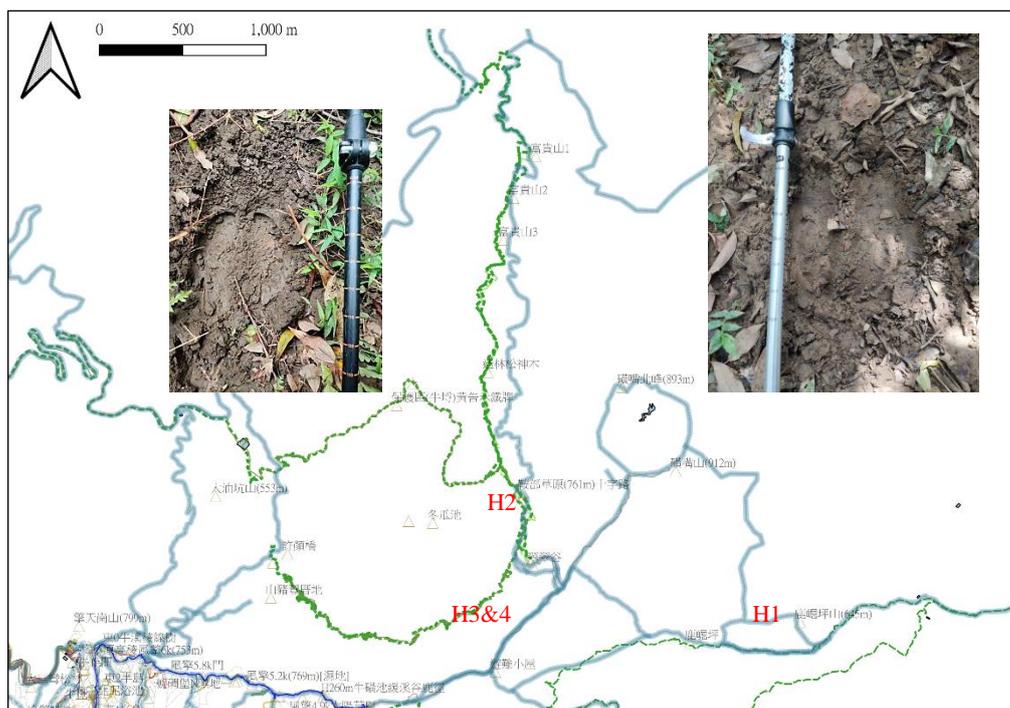


圖 5、礪嘴山 2021 年調查路線圖與 4 頭水牛腳印位置分布
(本研究製作：登山杖上量尺每段 5 cm)

礪嘴山 2021 年幾已達到無牛化：礪嘴山區在春夏回復水牛活動量之際，最多夏末(2021.9)同一週可看 4 隻水牛個別腳印，可視為最小個體數：分別是出現於富士坪到鹿嶺坪的 H1 大腳印彎角公牛；加上 H2 是翠翠谷往冷水大山(748m)的一隻孤單牛腳印；H3/H4 是出沒於大尖後山(885m,南環線)的一大一小腳印。由於雨季泥土腳印邊緣大約保存一週，故可判斷礪嘴山「最小出現動物個體數」在 2021 年全盛期大概只剩 4 隻，即是可辨識樣本數(Number of Identified Specimen, NISP)和最小個體數(Minimum Number of Individuals, MNI)在族群量極小時成為同一值(O'Connor, 2000)。

2021 年各月多次都無法看到礪嘴山牛群，包括 2021.11.03 縱走榮潤古道，礪嘴山區都沒看到牛隻/牛印/新鮮牛糞。推測可能在 2022 年礪嘴山即將達到全面無牛化；就算散布有一隻公牛和一對親子組，也直線距離相隔超過 2 km，分屬不同流域集水區，未必是同一有效可繁殖族群。

礪嘴山於 2021 年冬末牛隻持續移出：礪嘴山區在春夏回復水牛活動量之際，最多夏末(2021.9)同一週只見 4 隻水牛個別不同尺寸的腳印，可視為最小個體數。2021.11.29 在頂山 1.8K 草原拍得牛群隻數增加，因平等里到擎天崗活動的公牛都還在石梯嶺以西，且有項圈識別，可以確知不是擎天崗這邊過去的

牛隻。極有可能是有外來公牛加入，因當日觀察到個體間多次發生激烈卡角爭鬥情形，推測是磺嘴山牛隻從鄰近山地下降到頂山的低海拔區域。

(二) 識別水牛以 GPS 定位：監測邊緣/問題牛隻 (含常態性的逸出牛隻) 及其所損壞圍籬點，野牛行為觀察及通報，包括孕期、發情、打鬥等，協助管理處發布新聞訊息，做為遊客提醒及現地經營管理策略參考。

公牛一歲後成年活動力強，逐步母牛群體遊走在大群外圍。少數特殊公牛個體也可配戴 GPS 項圈，但多半不易回收器材，因為公牛力氣甚大常在灌叢中穿行，或多日遠遊而致項圈掉落。已知年輕公牛在 2020 年皆常從擎天崗東峰(頂山—石梯嶺步道 5.6 K) 一直巡邏到磺嘴山口(步道 5 km)：例如研究發現公牛 ox. 2 於 2020. 12. 07 的傍晚 17:04 還在擎天崗環形步道的金包里城門(6 K, 海拔 760 m) 覓食，當天 18:24 爬上擎天崗東峰(5.5 K, 海拔 791 m)，隨即經過磺嘴山登山口(5.0 K, 海拔 791 m)，並於 21:55 夜宿於頂山—石梯嶺步道 4.9 K 的灌叢草原邊，睡在當地有一處中研院觀測地震的自動儀旁邊。但受強烈東北季風降雨壓力，該牛隻隔天並未繼續翻越石梯嶺主峰(4.3 K, 海拔 863 m)，也未步入一牆之隔的磺嘴山生態保護區，而留在該地附近繼續活動。這隻牛後來山常縱走平等里各條古道，在 2021. 10. 20 以後常駐在擎天崗草原母牛間。此類的長程水牛運動也見於 2019 年的公牛 ox. 3 與公牛 ox. 6；但在 2020 年公牛 ox. 3 成為親近擎天崗牛群的核心成員，直到 2020 年 12 月死亡於廟前溪谷。公牛 ox. 6 會不定期穿梭於冷水坑/擎天崗/磺嘴山口間，直到 2020 年 10 月被送往金山。

擎天崗牛群在春/夏季展現強戀地性，長時間待在草原稜線兩側，甚至炎熱夜間還持續留宿在草原高地，不轉入山谷或低地，其活動範圍約略都在昔日 43 ha 的鐵絲圍籬內(圖 6)。到了秋/冬季，擎天崗水牛會成群集體移動，11 月以後每週都可見遷往竹篙山地，甚至多日不見蹤於擎天崗。遷移大群中的多枚 GPS 項圈(2 公 2 母)由於會顯現相類似的軌跡紀錄，故可以用代表個體的一頭公牛或母牛來說明：冬季公牛 ox. 2 遷移偕同母牛與仔牛往來擎天崗到竹篙山間 150-340 ha 山地，南北跨越 3 km 尋覓背風谷地，但未必會進入到低海拔林地(圖 6)。結合 GPS 定位監測，將水牛活動軌跡紀錄套疊於地理空間圖層，研究團隊已通報遷移牛隻(含常態性的逸出牛隻)之即時動態，及其可能損壞之圍籬點(圖 6)。

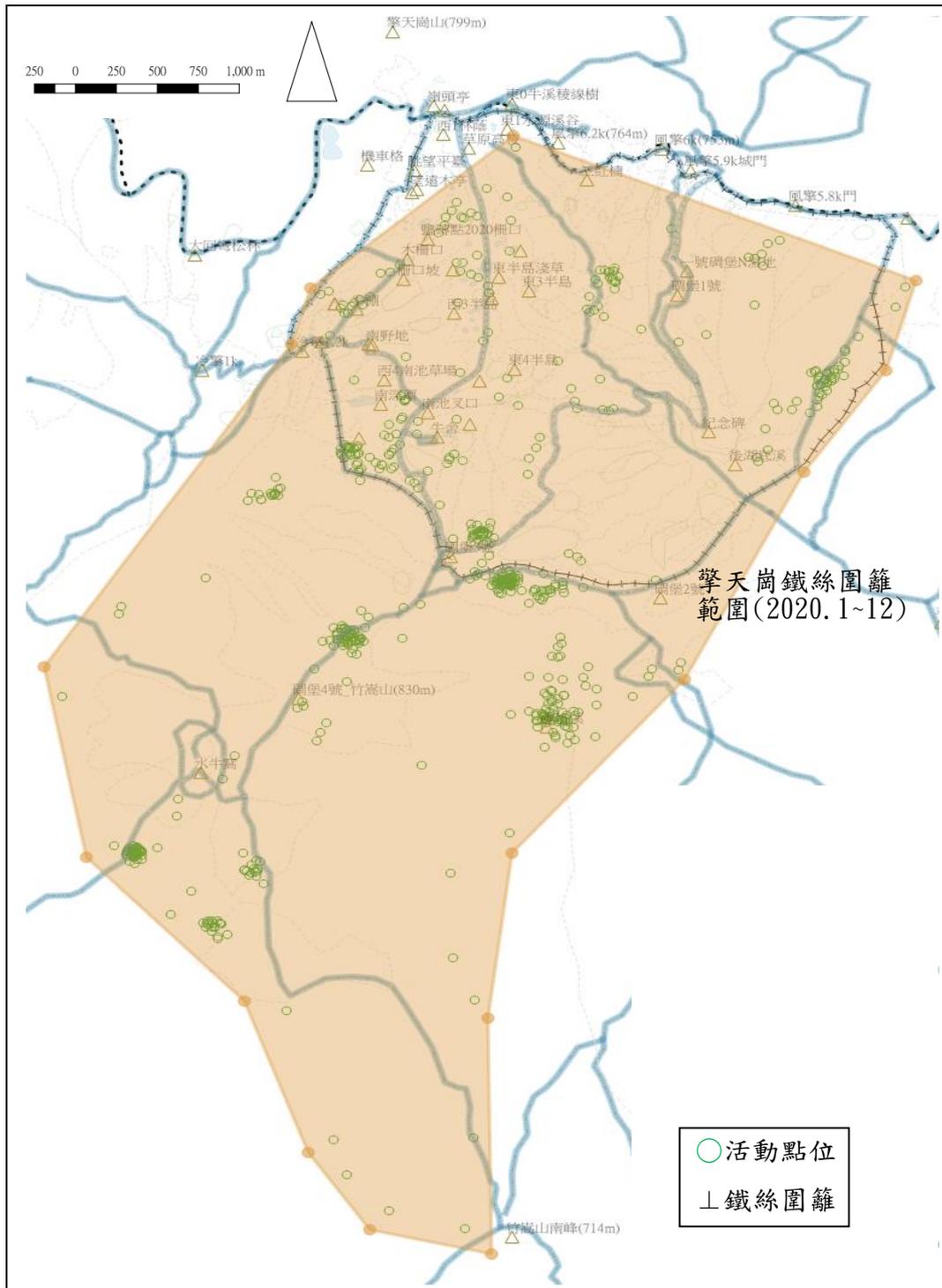


圖 6：擎天崗牛群 GPS 項圈記錄活動範圍：冬季一周內牛群繞行擎天崗往竹嵩南峰(2021.1201-1207)，占地 150 ha，未降遷至更南低海拔處(本研究製作)

擎天崗刺鐵絲圍籬圈圍約 43 公頃面積於 2019 年 12 月合圍，因牛隻 2020 年 11 月起異常死亡，管理處依研究團隊緊急建議於 2020 年 12 月 2 日起陸續打開圍籬，2021 年 2 月開始拆除大部分圍籬，只保留北側與東側圍籬(550 m) 以避免牛隻進入日人路、魚路古道、絹絲瀑布步道、冷擎步道及冷擎車道等影響遊客及行車安全，後管理處為動物福利考量，將保留之圍籬刺鐵絲改為無刺鐵絲。

(三) 啟動公民科學調查，培力大學生與志工進行監測，相關調查記錄納入本案調研成果分析。

偕同大學生或志工紀錄擎天崗中央步道兩側耐獸啃的地被植物：運用擎天崗步道兩側的固定木樁外圍草地，可觀察持久植被群都由特定抗放牧植被組成。於 2020 年 8 月，分別觀察擎天崗東西兩側草原間隔 100m 為北(A)、中(B)、南(C)段，共有 3 個 30x10m 的段落，每個段落內部再分為 3 個 10x10m 的樣區，總共步道兩側、6 段落、共取 18 個方格樣區來進行調查(圖 2)。並將草原植物分類為以下 6 種植物功能組(plant functional group, PFG)，主要基於地被生命形式：包括喬木植物(tree, T)，灌木和半灌木(shrubs and semi-shrubs, SS)，多年生束草(perennial bunchgrass, PB)，多年生根莖(perennial rhizome, PR)，一年生和兩年生(annuals and biennials, AB)以及多年生草本(perennial forbs, PF)。

擎天崗中央樣區共記錄 45 種的草原植物，優勢種前十名除大屯尖葉槭為喬木外，其餘全是灌木、半灌木、草本。牛啃草原喬木植物只有 4 種，包括牛乳榕、紅楠、梔子花、大屯尖葉槭，都是水牛所不喜食的植物。多年生根莖類植物最多，有 14 種，都屬於地下部生物質量發達，能耐草食獸啃食者(表 2)。發展公民科學偵測網絡，主要目標是提早預警草食獸啃食的生態效應，像在擎天崗以外地區，由於牛隻已迅速減少後，2021 年可觀察到過去受啃範圍，木本植物正在取代草場上的草本，並且快速入侵草種如白背芒與栗蕨正競爭取代原有草原功能群如 PR, AB 以及 PF 等(表 3)。運用公民科學網站資訊，也可注意到 2020 年秋季後草莖被啃短露出，或是 2021 年開始注意到的水鹿剝蝕樹皮紀錄。但是一般網路社團通報的照片只顯示草食獸過度啃食的徵兆，需要研究人員親至生態衝擊現場以了解草食獸對草原植被的影響程度。

公民科學網絡亦可推廣動物保護意識：當水牛降遷至風櫃嘴與平等里時，預警牛隻行為提醒社區巡守隊，在公民科學網站如「為牛請命-草山牛」等討論動物保護意識，協助發布新聞訊息做為遊客提醒及現地經營管理策略參考。

表 3：擎天崗草原東西側的耐獸啃地被植物（本研究製作）

編號	植物名稱	西丘			東丘			合計		T	SS	PB	PR	PF	AB
		A	B	C	總計	A	B	C	總計						
1	地毯草		2	3	5	3	4	4	11	16			PR		
2	栗蕨	3		3	6		1	3	4	10		PB			
3	雀稗	1	2	2	5	3			3	8			PR		
4	大屯尖葉槭	2			2		1	3	4	6	T				
5	栗柄金星蕨		1	2	3		1	2	3	6				PF	
6	天胡荽		1	1	2	1	1	1	3	5					AB
7	地耳草		1		1		3	1	4	5			PR		
8	竹葉草		1	2	3	1	1		2	5			PR		
9	芒萁						2	2	4	4		PB			
10	車前草		1	1	2	1	1		2	4					AB
11	倒地蜈蚣		1	1	2	1	1		2	4					AB
12	假柃木			1	1		1	2	3	4	SS				
13	金毛杜鵑	3			3					3	SS				
14	雷公根	1		1	2	1			1	3					AB
15	小毛氈苔	1	1		2					2					AB
16	火炭母草		1		1		1		1	2			PR		
17	牛筋草						1	1	2	2			PR		
18	白背芒			1	1			1	1	2		PB			
19	定經草		1		1	1			1	2			PR		
20	紅楠			1	1			1	1	2	T				
21	梔子花						1	1	2	2	T				
22	稀莨		1		1		1		1	2				PF	
23	菝葜							2	2	2	SS				
24	酢醬草		1		1	1			1	2				PF	
25	黃鵪菜		1		1	1			1	2				PF	
26	過山龍		1		1			1	1	2				PF	
27	燈稱花	1			1		1		1	2	SS				
28	弓果黍		1		1					1		PB			
29	斗六草		1		1					1				PF	
30	牛乳榕							1	1	1	T				
31	羊蹄						1		1	1				PF	
32	吸毒草		1		1					1				PF	
33	兩耳草			1	1					1		PR			
34	長梗滿天星						1		1	1				PF	

35	昭和草				1	1	1					PF
36	馬蹄金	1	1					1				PF
37	密毛小毛蕨	1	1					1				PR
38	蛇莓	1	1					1				AB
39	野牡丹				1	1	1					PB
40	短葉水蜈蚣				1	1	1					PR
41	睫穗蓼	1	1					1				PR
42	銅錢草	1	1					1				PR
43	鳳尾蕨	1	1					1				PR
44	類地毯草	1	1					1				PR
45	變葉懸鉤子				1	1	1					SS
總計		16	23	20	59	14	27	27	68	127		

(四) 結合耆老及獸醫師於頂山-石梯嶺-磺嘴山地區誘捕野化水牛，追蹤並記錄其活動軌跡及最大活動範圍，做為後續管理處研擬頂山-石梯嶺、磺嘴山野化水牛後續處置方式之參考。(後因 2021 年牛結節疹疫情爆發，頂山改以穿越線調查目擊動物，磺嘴山痕跡紀錄見前。)

1. 頂山-石梯嶺地區 2020~2021 年的目擊牛群紀錄

針對石梯嶺-頂山牛群的現況調查，研究人員自 2019 年 11 月至 2021 年 11 月共進行 100 次穿越線目擊牛群調查，分別為 2019 年 11 月至 2020 年 12 月 46 次(以下簡稱 2020 年記錄)及自 2021 年 1 月至 2021 年 11 月 54 次(以下簡稱 2021 年記錄)。100 次觀察中 3 次未發現牛，偵測率 97%。3 次未記錄到牛者為 2021.430、503 及 905 日。其中 2021.430、503 是因為牛群移動到擎天崗，故未見到。9 月 5 日可能是因為先至擎天崗觀察牛群，到達石梯嶺已經是下午 4 時以後，牛隻可能已經躲入草叢中休息而未見到牛(表 4)。

表 4、石梯嶺-頂山每月記錄到的最大牛隻數量(2017-2021 年)(本研究製作：資料來源為賴玉菁(2017)、私人通訊(胡正恆, 2018)、以及王穎等(2019))

年\月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2017					13	15	19					
2018											25	
2019	29		34	30	31	31	31	31	32	31	26	
2020	36	34		37	35	34	21	34	41	26	9	18
2021	16	10	15	16	16	17	16	16	18	19	21	

在 2020 年記錄 46 次中，平均每次看到 21.5 隻，最少 3 隻，最多 41 隻。

其中看到 25 隻或以上者有 20 次，10-24 隻者有 17 次，10 隻以下者 9 次。在 2021 記錄 54 次中，平均每次看到 11.1 隻，最少 0 隻，最多 21 隻。其中看到 13 隻或以上者有 30 次，13 隻以下者 24 次。

2020 年 1-8 月(3 月末調查)每月調查最大牛隻數量多在 34 隻以上(表 4)，9 月最多 41 隻，10 月以後在 9-26 隻之間。2021 年 1-8 月每月調查最大牛隻數量多在 15 隻以上，9 月以後在 18-21 隻之間。

就牛群兩年動態的變化而言，2020 年從 1 月開始(3 月末觀察)到 9 月，每月皆可見到單日總記錄 34 隻牛以上，2020.722 在石梯嶺下草原即已見到 3 隻仔牛，2020.917 在石梯嶺下草原見到當年數量最大單一牛群共 41 隻，其中有 9 隻仔牛。10 月開始單日總記錄最多 26 隻，11 月到 12 月單日總記錄最多 9 隻。從 11-12 月本區域天氣幾乎多為雨霧，可能影響牛隻在步道的活動，造成較低偵測的結果。

2. 頂山-石梯嶺地區 2021 年的牛群與出生紀錄

從 2021 年初到 6 月產仔前，最多見到 16 隻牛，6 月 15 日觀察到第 1 隻仔牛，可能在 6 月第 1 周至第 2 周出生。2021.706、820 分別有見到新生仔牛，9 月 13 日見到 4 隻仔牛，10 月 5 日見到 5 隻仔牛，10 月 15 日見到 6 隻仔牛。保守估計今年出生 6 隻仔牛。2021 年 11 月 29 日觀察到本年最多共 21 隻，其中有 6 隻仔牛，造成觀察隻數增加的原因，可能是有外來牛隻加入，因當日觀察到成熟公牛個體間多次發生激烈卡角爭鬥情形。

3. 頂山-石梯嶺牛群空間的利用

就牛群對空間的利用而言，兩年總共記錄到 19 處牛群出現紀錄(圖 7)，其中 2020 年每次調查牛群空間的分布在 1 到 4 處之間，2021 年每次調查牛群空間的分布在 0 到 5 處之間。與以往相比，2020 年新紀錄到 2 處，分別為 8 月 17 日首次觀察到 2.9k 的池塘被牛隻利用及 9 月 18 日在石梯嶺草原西側百米外的小草原。2021 年新紀錄到 1 處，為 10 月 27 日發現牛群利用北頂山草原作為休息及覓食的場所。

就 2020 年調查牛隻主群(超過 24 隻)在區域中空間分布而言，記錄 46 次中見到牛群超過 24 隻者有 18 次，佔 39.1%。其中 13 次只出現在 1 個地點，佔 28.3%，內中有 8 次出現在北五指山區塊，5 次出現在石梯嶺區塊。另有 2 次牛隻分為 2 群同時出現在北五指山及石梯嶺區塊，佔 4.3%。其餘 3 次牛群

分為小群分散在各處。

2021 年記錄 54 次中(超過 12 隻)見到牛群 13 隻或以上者有 30 次，佔 55.6%。其中 25 次只出現在 1 個地點，佔 46.3%，內有 15 次出現在北五指山區塊，5 次出現在石梯嶺區塊，其餘為 1.8k 3 次，1.2k 1 次及北頂山 1 次。其餘 5 次牛群分為小群在 2 處或以上。

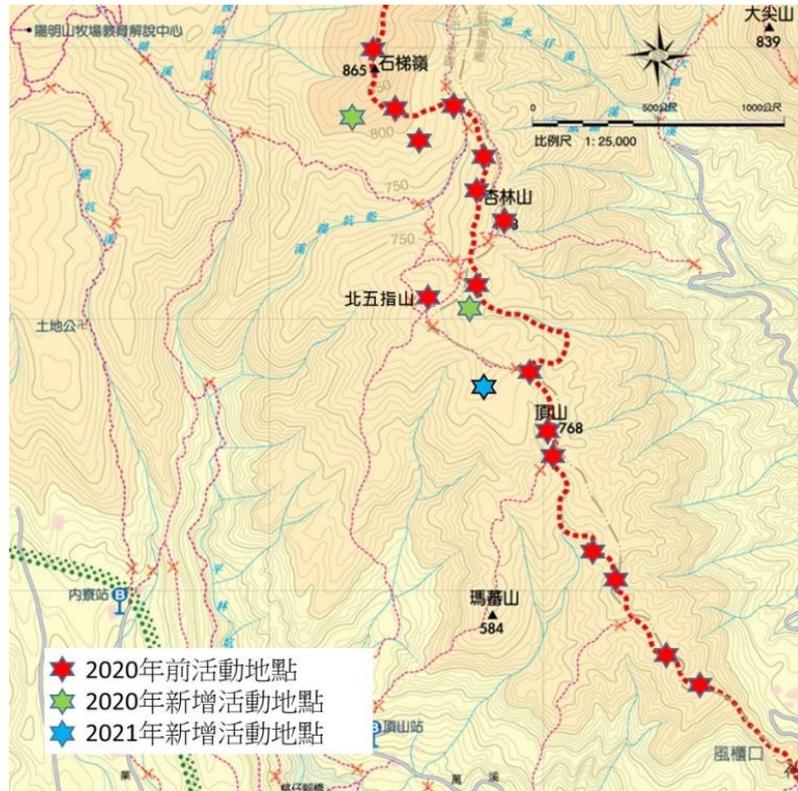


圖 7、風櫃嘴-石梯嶺步道沿途水牛活動地點(2019-2021 年)(本研究製作)

從牛群在區域中分布位置來看，2020 年和 2019 年主要牛群(單群)分布點相同，為北五指山區塊及石梯嶺區塊。2021 年增加 3 處，分別為 1.8k、1.2k 及北頂山。

從單 1 牛群(超過 24 隻)在區域中出現時間的變化而言，只有 2020 年 8 月及 9 月各見到 2 次，2 月及 6 月見到 3 次，若調整年度努力量來看，其各月偵測率在 0-100% 間，6 月 100% 是全年度最高者。2021 年單 1 牛群(超過 12 隻)出現時間為 8 月 5 次，10 月 4 次，7 及 9 月各 3 次，1、3、4、5、6 月各 2 次，11 月 1 次及 2 月 0 次。若調整年度努力量來看，其偵測率在 50-75% 之間者為 3、4、6、7、8、10 月，其餘皆在 40% 以下。

比較 2 年度單 1 大牛群出現時間，在 2020 年主要出現月份較集中在夏

天，2021 年則除冬天外，各月份皆常見大牛群活動。就在步道上觀察到牛隻的機會而言，2021 年平均每調查次可在步道上遇到牛隻的次數較 2020 年少(表 5)，因為牛隻數量減少導致遇到牛的機會變小。兩年平均為每次調查在步道可遇到 1 次牛隻。

表 5、風櫃嘴到石梯嶺步道上遇見牛群頻度(2020-2021 年)(本研究製作)

年	0.5-1.8K	1.8-2.2K	2.2-3K	3-4.4k	共計	平均每調查次在步道 可遇到牛隻的次數
2020	12	11	9	18	50	1.14
2021	12	14	9	13	48	0.89
共計	24	25	18	31	98	1.00

就在步道上觀察到牛隻的季節而言，各季平均每調查次在步道可遇到牛隻的次數為 0.92 次，其中以 2020-2021 年冬季 2.07 次最高，2020 年秋季 1.07 次之。究其原因可能為此季節牛群開始分散為小群，因此在步道上遇到牛隻機會增加。其中步道 0.5-1.8K 路段在 2020-2021 年冬季遇到牛隻頻度遠高於其他季節與路段，該路段為本步道起點，海拔高度為全步道最低，氣溫相較而言可能較高所致(表 6)。

表 6、風櫃嘴到石梯嶺目擊牛群次數的季變化(2020-2021 年)(本研究製作)

年	季	0.5-1.8K	1.8-2.2K	2.2-3K	3-4.4k	共計	調查次數	各季平均可遇 牛隻次數
2020	冬(1-2 月)	2	2	1	3	8	10	0.80
	春(4-5 月)	1	1	0	6	8	8	1.00
	夏(6-8 月)	0	0	2	2	4	11	0.36
	秋(9-11 月)	2	5	6	4	17	10	1.70
2021	冬(12-2 月)	15	5	1	8	29	14	2.07
	春(3-5 月)	1	3	4	0	8	13	0.62
	夏(6-8 月)	1	1	3	4	9	15	0.60
	秋(9-11 月)	2	5	0	0	7	17	0.41
共計	24	22	17	27	90	98	0.92	

就牛隻對人類行為的反應而言，若母牛帶小牛時，遇見人接近有時會有驅趕的行為，如 2020 年 8 月 4 日於北五指山帶小牛的母牛有追趕研究者。一般而言，牛在休息或在泥浴時對於接近的人沒有太大反應，2020 年 8 月 4 日於北五指山水池泥浴之牛群，見研究者接近，有 1 隻牛立刻起身離開，另

1 隻老母牛則無反應，除個體差異外，另一可能為該隻牛曾受過人類干擾。另人在步道上遇到牛時，牛有時也會有警戒行為，但一般若保持距離 5 公尺以上，牛隻並無太大反應。

(五) 召開一場次座談會，與相關機關協調並建立具體可行之水牛移除處置原則，確立詳細作法與流程，並視實際狀況協助管理處試辦移除作業。

於 2020 年 7 月 31 日召開動保與野保專家座談會，當時是野化水牛族群量達到高峰之時，聚焦陽明山草原地景的保育目標與可操作之水牛資源管理作法。會中專家建議：回顧在日本時代經營牧場時，有專責機構與人員，才能區分第一牧場、第二牧場、第三牧場放養牛隻眾多。當時日人運用牛埕等設施，就是地面一邊挖溝另一邊堆高讓落差增加使牛隻無法越過。這種牛埕在今園區內還有斷續殘跡，但是因步道切割或風雨侵蝕而局部受破壞，致使防牛效果日益減弱。

建議管理處最好逐級陳報進行跨部會協調，必要時須公告才將陽明山/擎天崗水牛送往畜產試驗所花蓮種畜繁殖場，以利永續經營其種原。送養時間最好是在牛離乳前後一至兩周左右，約當 6~12 個月大，領養人帶回去後比較好教養，成牛相對較難送養。母牛性格較溫順，公牛則較有力，但公牛發情時情緒較不穩定。

此外，陽明山水牛減少必將危及草場永續經營，並需要考慮民眾觀感，以及民間單位是否有能力養殖與管理，因為如果日後傷人，責任歸屬才好確定。動保團體的考量，是希望最好能避免侵入性的手術，也減少鼻環（牛鼻絆）控制等不必要的折磨。如果要做去勢的話，建議使用物理去勢，因為較能一勞永逸，易於掌控族群；化學去勢效果較不穩定。專家會議亦曾針對所剩不多的水牛資源，提出建議：物理去勢、化學節育之前，必須要有紮實的生態科學基礎資料，需要從圈養的個體先做出節育技術，有實證資料才能得知成效。三大區域的牛隻會交流的話，則需三區一起考慮並制定管理策略。

計畫執行期間於 2020 年 10 月 29 日，經由林務局生態網絡計畫之協調，管理處試辦公牛 ox.6 的移地安置作業。考量一來是活動力強的公牛常能一日來回擎天崗/磺嘴山口間，避免該牛由車道進入冷水坑廣大腹地，加上該公牛已經成熟達 595 kg 適合移地安置，在不影響現有擎天崗族群量的前提下，公牛 ox.6 移往北海岸鄰近的里山社區，也讓園區內部減少外逸衝突。其後 2020

年12月發生了大量野化水牛死亡之生態事件，管理處因應野化水牛減損現況滾動式提出經營管理對策，管理處因而將4頭有健康疑慮的水牛送至行政院農委會花蓮種畜繁殖場接受人為照養。

綜觀2019-2021年的水牛族群波動，擎天崗/頂山兩群水牛棲地有部分重疊，短暫交流成體，每年繁衍到秋季時最多。局部圍圍政策容易衍生問題公牛，過去管理處修復過的平等里150公尺圍籬阻擋效果漸減，需要持續養護，畢竟圍籬末端終止於陡峭處，但野化水牛仍會繞行逸出，且需要定期檢視。過多的擎天崗牛群則有越冬救助之需要；而管理處於擎天崗牛棚、石梯嶺及北五指山等地在2020年底設置補給點提供乾牧草、精料及舔磚等補給品經驗，野化水牛在野地仍有草可食下，不見大量取食所提供的補給品。根據專家會議座談會的意見：對野化水牛執行物理/化學去勢的風險高，族群控制的成效可能不佳，而在水牛尚需經反覆訓練才會取食乾牧草以接受急難救護。故不干預自然、持續關懷自然減損的水牛動態還是最佳管理自然之道，並可發展進一步的生態修復與社區共管計畫。

第五章、討論

1. 退化生態系統的復原 (Ecosystem in Recovery)

考察歷來文獻，得知世界各地評估草原退化程度都非常困難。偶然氣候變化觸發的自然災害，例如暴雨、大雪和其他嚴酷因素，將使退化草原更凸顯出惡劣環境和脆弱土壤的不利條件，展現為草地動物死亡、或疾病衰弱等易受環境干擾的脆弱波動(胡正恆，2021)。動物族群本身的衰微下降現象，反映出退化的植被營養生產、或初級生產力的不足。故許多草原牧區調查常將動物的減產水平，當作草原退化指標。

氣候變化將綜合減少降水，溫度升高導致土壤乾燥。Harris (2010)認為土壤含水量下降和養分無法保留是非平衡植被過渡的重要驅動因素。歸類為：1) 惡劣的環境和脆弱的土壤；2) 氣候變化，包括降水減少/變暖；3) 哺乳動物種群；4) 牧場轉換為耕地；5) 過時的畜牧飼養方法；6) 私有化和久佔 (privatization and sedentarization)；7) 過度啃食，包括牲畜增加引起的生態壓力。

氣候變化其實亦反應人類活動的干擾，使退化草原的營養恢復仍然是十分緩慢，而且需要發展在地的具體生態指標。Cao *et al.* (2019)評估中國青藏高原

(Qinghai-Tibetan Plateau)的各小區草場，區分生產力下降 20-30%，30-50%和 50+%被認為是輕度，中度，和嚴重退化。鑒於動物啃食本身的作用是減少草場的生物量，但往往啃食地區的生物多樣性、植被覆蓋率、生物質量等部會立即地顯著發生變化。Yan and Lu (2015)也報導青藏高原於放牧啃食期的 6-8 年間，辛普森優勢度指數沒有顯著差異。甚至 Tang *et al.* (2015)觀測青藏高原在兩種優勢種--矮嵩草(*Kobresia pygmaea*)和小嵩草(*Kobresia humilis*)的維持平衡，也帶動高山草甸(alpine meadow)上的生物多樣性，沒有發生沿著啃食梯度所致的生態退化。換言之，應避免倚賴單一簡單指標來看生態系統的功能互補與內在互動調節，氣候變遷也無法簡化地解釋退化生態系統。

2.水牛文化景觀與遊客安全意識

台灣生態學界早在國家公園設立初期，即已建議「擎天崗草原非常具有特色，應維持現有擎天崗附近之牛群，以保持該區類地毯草原之景觀。然而由於本區牛隻數量的逐漸減少，為了維持草原景觀，管理處可能必須考慮自行飼養牛隻做為草原演替的控制者(李培芬，1995:26)」。

近年來，加上理解草食動物所帶來「生物多樣性促進作用」，可讓連峰山脈文化景觀因野化水牛的自然修補作用，維持步道的特定開闊地景。「整個林/草鑲嵌區塊是最有利於繁複物種多樣性的生態現狀：有水牛/水鹿/山羌等草食獸啃食出低矮草原，草原生態系物種才源源不斷繁衍(胡正恆，2021:61)」。由於擎天崗水牛入秋後逐漸放棄衝風草原，由北向南前往竹篙山系等山谷區，尋找林下白背芒、長葉木薑子、假柃木、燈稱花等來覓食。於族群計數之外，另需增加更豐富的身體健檢、野地生態、營養狀態指標來定期監測，多元地評估族群發展狀態所需的對應管理策略，且需考量族群基因多樣性維繫的問題，除了管理動物不逸出的農民農損與遊客安全考量，亦需多面向的整全生態思考。

藉由族群數量變化、以及地理資訊系統的整合資料，來看擎天崗牛群於 2020 年族群快速增長又於 2021 年壓回 13 隻左右。水牛長期對林地有著正面影響，能直接啃食白背芒阻止其侵入林下。水牛於夏季至少維繫了全區多處濕地水洞(胡正恆，2020)，暫時積水的牛池更是森林內野生動物的重要棲地與水源，對季節生物相有穩定的增益支持作用。未來猶需長期追蹤水牛為泡浴降溫及裹泥防蟲所營造的水窪之季節性時期，當水量不足乾涸後水牛如何再深掘去維繫，間歇水池與天然溪流的生態關係為何，是否提供野生動物足夠的水源。

經營管理技術上，在 2016 年寄養和牛移除後，擎天崗原區居廣大山區的水牛自 2016 年開始重新活躍於連峰稜線間。管理處自 2016 年開始支持對水牛族群生物學的研究，2017 之後有族群計數的調查計畫。2018 年觀察到的植生成長是在夏季之低草資源增加，可能有助於當年繁殖營養狀況。到 2021 年所見的水牛族群發展，現有安全防護圍籬雖能維持遊客安全，但在草原生態穩定及動物福祉方面，仍需持續而長期的生物族群調查，在符合動物天性與水牛可調適的行為基礎上，永續維護此一自然資源。為提高遊客的安全防護意識，則有賴加強宣導、以及持續鞏固圍籬等工作。

遊客記憶及歷史文化價值之維護上，可參考希臘國境內，長期輪替使用的草場經營歷史，水牛在 Lake Kerkini 國家公園長期活動。該地區內觀察的牧群同為野化水牛(*Bubalus bubalis*)在歐洲大陸的族群，在希臘北部草原內一起山牧季移，一年中可為動物提供 6~7 個月的草料(Tsiobani *et al.*, 2013)。當地保育機構與農民也了解水牛攝食草木，對於改善其營養狀態和保護植被景觀都是永續資源的極佳策略，仰賴謹慎而精確的科學化管理(Tsiobani *et al.*, 2014)。希臘水牛的攝食選擇還包括有 21.5% 木本植物，以及 4.5% 的高草(forbs)與灌叢(shrub)啃食，有相當程度地依賴森林資源而使分布占地極廣。但在時間分配上，希臘水牛花 74% 的時間留在草地上社交與群聚活動，索食野草寬廣(Tsiobani *et al.*, 2016)。

考慮地景上的野化水牛有執行生態功能的歷史意義，社區公民也參與共管而追求一個生態更良善的社會。農牧區的希臘水牛夏季運動之單日直線距離達 10.7 km，是非常長程的遷移；相形之下，在臺灣水牛身上僅能見擎天崗牛群向南 3 km 即出國家公園邊界，而進入菁山里與平等里等農地，故必須培力社區的保育工作。未來陽明山整體水牛活動棲地的經營目標必須謹慎而有整全考量：

1. 擎天崗地區：草原區遊客眾多，目前水牛族群數回復到 2 ha 林草地容納一隻的低密度自然狀態，不宜再有人為干擾與管理操控。透過中央步道圍籬區隔人牛，尚能保護遊客安全，並維護牛群棲息及活動場域。
2. 頂山-石梯嶺地區：廣大的半原野地區可著重設置告示牌及避牛樁提醒登山安全意識，亟需駐點行動解說，管理人為遊憩活動，尊重動物生存權利，讓公私協力來使動物資源在可承載範圍內永續其發展。。

3. 礮嘴山地區：生態保護區的廣大原野地區，水牛狀況最難掌握。過去野化水牛的存在已造成不少環境衝擊，如許多牛道在步道旁持續加深成為沖蝕溝，影響步道基礎的穩固。但後續氣候如未再異常，水牛族群量仍有可能上升，可設置警戒告示牌，並開始進行生態復原與修補工作。

第六章、結論與建議

第一節 結論

本案研究陽明山水牛、草原生態與其遊憩經營管理，2020-2021 年持續針對擎天崗/頂山/礮嘴山之水牛族群動態進行調查，並發展公民與志工參與的生態觀測項目。歷經野化水牛死亡事件，迄 2021 年 12 月止之調查結果，目前可觀察到的水牛分別如下：擎天崗群(竹篙山/內寮/瑪礁)13 牛(含 1 成年公牛 4 仔牛, 5 成年母牛, 2 幼母牛, 1 幼公牛)，已然移出 2 頭往金山、有 4 頭送往花蓮種畜場；頂山群(石梯嶺/北五指山/風櫃嘴)19 牛(含 1 公牛 6 仔牛)；而礮嘴山水牛群僅能以推估約 4 頭(含 1 成年公牛, 1 成年母牛, 1 幼牛與 1 仔牛)。

已針對過往研究方法提出各探討，族群結構調查可著重計數總數與公/母，對於公民培力而言，成/幼數量指標較不容易記錄，易造成困擾；而關於個體辨識若無近距離辨識，難以記錄水牛臉譜以及進行季節間比對，建議未來繼續以制式的野生動物 GPS 項圈與自動相機來追蹤遷移動線。

第二節 建議

建議一：加強宣導山友進入園區內進入野地安全自負

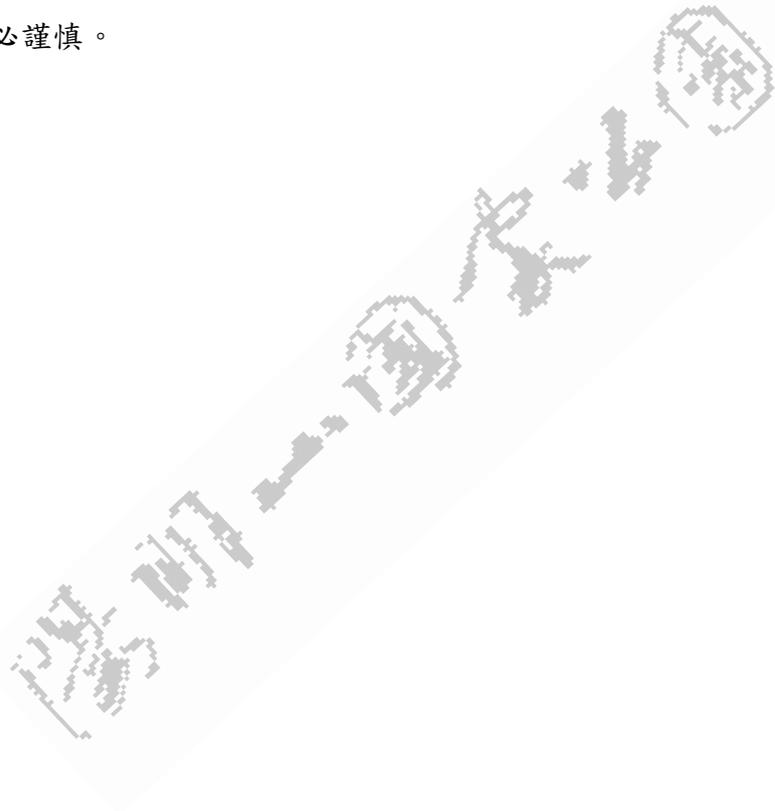
短期可行建議，主辦單位：陽明山國家公園管理處(解說教育課)

擎天崗/頂山/礮嘴山草原生態系的草食消費者，長期以來都有水牛/水鹿/山羌共域棲息。而不干預自然、持續關懷自然減損的水牛動態還是最佳管理自然之道。此一水牛與草原生態系共榮共存之自然資源，深受社區里民與生態遊客關注，也常成為環境生命教育啟發遊客的焦點。當面積受限的稜線草原成為水牛族群的重要棲地，亟需駐點行動解說，管理人為遊憩活動，尊重動物生存權利，讓公私協力來完善維護林地，使動物資源在可承載範圍內永續其發展。基於鐵絲圍籬已行拆除，建議管理處透過解說教育工作加強宣導山友尊生愛物意識，以及進入野地行動要自負行為責任。

建議二：長期監測野化水牛族群動態及其他草原動植物互動的生態功能

短期可行建議，主辦單位：陽明山國家公園管理處(保育研究課)

需要以草原生態系整全觀點持續觀測動物行為與植生互動，可跨越較長時限、兼顧廣大地景區域間的林/草地景發展特性，尤須野生動物專業與社區公民協力持續關注水牛族群發展動態，尤其是擎天崗/頂山水牛族群近年的族群量都在 20 餘隻上下，實有以致之。即便當春夏暖化氣候帶來牛群增長，隨即秋冬氣候異常或其他環境因子可成為強大淘汰力量；此一自然壓力透過嚴苛植生條件來限制水牛的族群量，本地牛群能韌性復甦的機制必然是緩慢而脆弱的，人為干擾務必謹慎。



參考文獻(中文)

- 士林街役場 (1937) 士林街要覽。士林街役場，臺北。昭和 13 年。
- 王明堪 (1984) 水牛事業。台灣畜牧獸醫事業(養牛篇)。台灣省政府農林廳。
pp. 272-297。
- 王穎、胡正恆、李一泓 (2019) 陽明山國家公園擎天崗地區野化水牛族群調查。
陽明山國家公園管理處，臺北。
- 伊能嘉矩(Ino Kanori)(1928[2017]) 台灣文化誌。國史館臺灣文獻館。
- 何傳坤、祁國琴、張鈞翔 (1996) 臺灣更新世晚期水牛化石的初步研究及復原。
臺灣省立博物館年刊 39: 1-16。
- 李一泓 (2018) 陽明山國家公園擎天崗地區野化水牛族群調查。陽明山國家公園
管理處，臺北。
- 李培芬 (1995) 牛隻活動對磺嘴山生態之影響。陽明山國家公園管理處，臺
北。
- 林春基 (1985) 肉役牛事業。台灣畜牧獸醫事業(養牛篇)。台灣省政府農林
廳。
- 姜博仁、梁又仁、蔡世超、吳禎祺 (2013) 玉山國家公園共域性動物族群消長
動態變化與監測模式建立-以黃鼠狼與黃喉貂為例。玉山國家公園叢刊
編號：1260，玉山國家公園管理處。
- 胡正恆 (2019) 陽明山地區擎天崗野化水牛族群數量與追蹤紀錄。華岡農科學
報 44:89-112。
- 胡正恆 (2020) 竹篙山到擎天崗的水牛造池運動、生物多樣性與溼地化學。濕
地學刊 9, 1:17-34。
- 胡正恆 (2021) 擎天崗水牛的族群親緣、季節群聚與永續經營。華岡農科學報
48:45-66。
- 郁永河(1697[1959]) 稗海紀遊，文叢 44。臺灣銀行臺灣經濟研究室初版，臺灣
省文獻會重印，臺北。
- 張新軒、陳茂、卜瑞雄 (1991) 磺嘴山(含擎天崗)地區動物(牧牛)對環境影響

之研究與管理。陽明山國家公園管理處，臺北。

許立達、王義仲、李載鳴、林志欽 (2008) 陽明山國家公園植被變遷研究。陽明山國家公園管理處，臺北。

陳光祖 (2000) 論臺灣各時代的哺乳動物群及其相關問題—臺灣地區動物考古學研究的基礎資料之一(上篇)。中央研究院歷史語言研究所集刊 71(1):129-198, 237-243。

陳俊雄 (2003) 磺嘴山區草原生態系之研究與經營管理—擎天崗地區草原土壤昆蟲相調查。陽明山國家公園管理處，臺北。

程中江 (2003) 水牛飼養管理。行政院農業委員會畜產試驗所。pp. 1-28。

陽明山管理局 (1952) 陽明山管理局三年。陽明山管理局，臺北。頁 141。

楊蘇之 (2012) 荷據時期臺灣牛隻的引進與飼育。中華科技史學會學刊 17:108-114。

賴玉菁 (2017) 陽明山國家公園園區野化偶蹄類動物調查及經營管理探討。陽明山國家公園管理處，臺北。

魏良原、黃崑龍、郭曉芸、賈玉祥、林正鏞 (2011) 臺灣水牛的生長速率及體型調查。畜產研究 44(2):129-138。

網路、報刊資料

為牛請命—草山牛 (2021) 臉書社團。

<https://www.facebook.com/groups/144477047238990>

第六章、參考文獻(英文)

- Altman, J. (1974). Observational study of behavior: Sampling methods. *Behaviour* 49: 227-267.
- Campos Z. (1993). Effect of habitat on survival of eggs and sex ratio of hatchlings of *Caiman crocodylus yacaré* in the Pantanal, Brazil. *Journal of Herpetology* 27, 127-132.
- Cao, J.J., J.F. Adamowski, R.C. Deo, X.Y. Xu, Y.F. Gong, Q. Feng. (2019). Grassland degradation on the Qinghai-Tibetan Plateau: Reevaluation of causative factors. *Rangeland Ecology & Management* 72(6): 988-995.
- Corbet. G.B., J.E. Hill. (1992). *The Mammals of the Indomalayan region*. Natural History Museum Publication, Oxford University Press.
- Davis, M.A., M.K. Chew, R.J. Hobbs, A.E. Lugo, J.J. Ewel, G.J. Vermeij, J.H. Brown, M.L. Rosenzweig, M.R. Gardener, S.P. Carroll, K. Thompson, S.T.A. Pickett, J.C. Stromberg, P.D. Tredici, K.N. Suding, J.G. Ehrenfeld, J.P. Grime, J. Mascaro, J.C. Briggs. (2011). Don't judge species on their origins. *Nature* 474: 153-154.
- Gunther, K.A. (1994). Bear management in Yellowstone National Park, 1960-93. In *Bears: their biology and management*, pp. 549-560.
- Harris, R.B. (2010). Rangeland degradation on the Qinghai-Tibetan plateau: A review of the evidence of its magnitude and causes. *Journal of Arid Environments* 74(1): 1-12.
- Maltby, E., T. Barker. (2009). *The Wetland Handbook*. Blackwell Publishing Ltd. ISBN: 978-0-632-05255-4
- O'Connor, T. (2000). *The Archaeology of Animal Bones*. Texas A&M University Press.
- Ohly J., W.J. Junk. (1999). Multiple use of Central Amazon floodplains: reconciling ecological conditions, requirements for environmental protection and socioeconomic needs. *Advances in Economic Botany* 13, 283-299.
- Oliff, T., J. Caslick. (2003). Wildlife-human conflicts in Yellowstone, when animals and people get too close. *Yellowstone Science* 11: 18-22.
- Plumb G.E., P. White, K. Aune. (2014). American bison *Bison bison* (Linnaeus,

- 1758). In Melletti, M. and J. Burton, eds. Ecology, evolution, and behaviour of wild cattle: implications for conservation. Cambridge, MA: Cambridge University Press. p.83-114
- Saalfeld, K. (2014). Feral buffalo Arnhem Land distribution and abundance survey report. Northern Territory of Australia.
- Skeat, A.J., T.J. East, L.K. Corbett. (1996). Impact of feral water buffalo. In Landscape and Vegetation Ecology of the Kakadu Region, Northern Australia. Springer, pp 155-177.
- Tang, L., S.K. Dong, R.E. Sherman, S.L. Liu, Q.R. Liu, X.X. Wang, X. Su, Y. Zhang, Y. Li, Y. Wu, H. Zhao, C. Zhao, X.Y. Wu. (2015). Changes in vegetation composition and plant diversity with rangeland degradation in the alpine region of Qinghai-Tibet Plateau. Rangeland Journal 37, 107-115.
- Tsang, Cheng-Hwa. (1992). The Archaeology of the P'eng-hu Islands. Taipei: Institute of History and Philology, Academia Sinica.
- Tsiobani, E.T., M.D. Yiakoulaki, N.D. Hasanagas, K. Papanikolaou. (2013). Pluriactivity and professionalism in buffalo (*Bubalus bubalis*) farming system: The case of Northern Greece. Indian Journal of Animal Sciences 83: 763-767.
- Tsiobani, E.T., M.D. Yiakoulaki, N.D. Hasanagas, G. Menexes, K. Papanikolaou. (2016). Water buffaloes grazing behaviour at the Lake Kerkini National Park, Northern Greece. Hacquetia 15(2): 133-142.
- Tsiobani, E.T., M.D. Yiakoulaki, N.D. Hasanagas, K.C. Papanikolaou. (2014). Water buffaloes' diet selection grazing at the area of the Lake Kerkini, Northern Greece. Journal of Mountain Agriculture on the Balkans 17(1): 30-40.
- Tulloch, D. G. (1969). Home range in feral water buffalo, *Bubalus bubalis* Lydekker. Australian Journal of Zoology, 17(1): 143-152.
- Yan, Y., X. Lu. (2015). Is grazing exclusion effective in restoring vegetation in degraded alpine grasslands in Tibet, China? PeerJ 3:e1020; DOI 10.7717/peerj.1020
- Yue, X.P., R. Li, W.M. Xie, P. Xu, T.C. Chang. (2013). Phylogeography and domestication of Chinese swamp buffalo. PLoS ONE 8(2): e56552.
- Zhang, Y., Y. Lu, M. Yindee, K.Y. Li, H.Y. Kuo, Y.T. Ju, S. Ye, M.O. Faruque, Q. Li, Y. Wang, V.C. Cuong, L.D. Pham, B. Bouahom, B. Yang, X. Liang, Z. Cai, D.

Vankan, W. Manatchaiworakul, N. Kowlim, S. Duangchantrasiri, W. Wajjwalku, B. Colenbrander, Y. Zhang, P. Beerli, J.A. Lenstra, J.S. Barker. (2016). Strong and stable geographic differentiation of swamp buffalo maternal and paternal lineages indicates domestication in the China/Indochina border region. *Molecular Ecology* 25(7):1530-50.

網路資料

Center of Disease Control. (CDC; USA)(2016). Morbidity and Mortality Weekly Report, (MMWR, 20160325). . (擷取於 2021 年 12 月 06 日)
<https://www.cdc.gov/media/mmwrnews/2016/0324.html>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (IPCC)(2021). AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis. (擷取於 2021 年 12 月 10 日)
<https://www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr>

Supervisory Board of Rewilding Europe. (SBRE)(2021). Annual Review of Rewilding Europe, 2020. (擷取於 2021 年 12 月 1 日)
<https://www.rewildingeurope.com/wp-content/uploads/publications/rewilding-europe-annual-review-2020>