

臺灣中油股份有限公司
環境保護及生態保育處

桃園煉油廠生物資源調查計畫
成果報告書

計畫主持人

國立中興大學森林學系 曾喜育教授

國立中興大學森林學系 陳相伶副教授

多樣性生態顧問有限公司 江政人總經理

計畫期程：112 年 10 月 05 日至 113 年 10 月 04 日

摘要

一、研究緣起與目的

桃園煉油廠(以下簡稱桃廠)是臺灣中油公司最主要的石油煉製廠之一，行政區位於桃園市龜山區，廠區位於南崁溪集水區，林口臺地西南側，三面環山且廠內仍保留大面積未開發土地。

本計畫針對桃廠未開發之次生林，透過(1)植相與植群生態、(2)哺乳動物、(3)鳥類、魚類與兩棲動物，建立桃園煉油廠生態與環境基礎資料，並加強各計畫間橫向聯繫配合，以期能建構出桃園煉油廠物種多樣性與生態系特色。

二、調查結果

(一)植相與植群生態

植物調查目前共調查到 111 科 252 屬 358 種維管束植物，其中有 22 種臺灣特有種植物，61 種歸化植物，21 種栽培種。依 2017 臺灣維管束植物紅皮書名錄評定，此次調查共有 1 種接近受脅植物(NT)，1 種易受害植物(VU)，2 種瀕危植物(EN)；其中流蘇樹應為桃廠原生樹種，後續可著重保育與景觀應用。本團隊架設 20 廠區樣區與 3 個廠外鄰近樣區，桃園煉油廠植群型可分為 6 個類型，以優勢喬木命名，分別為I.江某型(I-1.相思樹-江某亞型；I-2.江某亞型；I-3.臺灣二葉松-江某亞型；I-4.大頭茶-江某亞型)、II.白匏仔型、III.臺灣桫欏型、IV.長枝竹型、V.山黃麻型、VI.桂竹型。桃園煉油廠森林以相思樹-江某亞型為主體。

桃廠主要組成樹種徑級結構顯示，江某、臺灣糊樗、山紅柿為反 J 型結構，白匏仔、紅楠為正偏態結構、相思樹為鐘型結構、大頭茶為負偏態結構、臺灣二葉松與臺灣桫欏為 J 型結構。桃園煉油廠所有植群型以挺空植物(P)為主，比例佔 78.36%，其他生活型依序為地中植物(G)(9.94%)、半地中植物(H)(8.19%)、地表植物(C)(2.34%)，一年生植物(T)最低(1.17%)。

廠區內森林面積約為 274.16 ha，約占整區 57.12%，透過調查到各林型樣區數的多寡，依比例進行桃廠森林面積劃分，以相思樹-江某亞型所占面積 137.08 ha 為最多，共儲存 19,913.60 ton 的碳，江某亞型所占面積 41.12 ha 次之，共儲存 2,343.24 ton 的碳。綜合所有林型，本團隊推估桃廠森林目前共儲存 27,205.44 ton 的碳，換算成二氧化碳當量則為 99,753.26 CO₂e，相當於桃廠

每 ha 儲存 363.85 ton 的二氧化碳。透過前人文獻推估平地低海拔闊葉林年碳吸存量約為 2.39 ton/ha/year，因此桃廠年總碳吸存量約為 655.24 ton/year，相當於一年二氧化碳總吸存量為 2,402.55 ton/year。

(二) 哺乳動物

桃園煉油廠內 12 臺自動相機總工作時數為 81410.5 小時，拍攝到的中大型哺乳動物如，包含：家貓、家犬、鼬獾、白鼻心、臺灣穿山甲、赤腹松鼠，共計 3 目 6 科 6 種，其中臺灣穿山甲為保育類珍貴稀有野生動物，拍攝到物種數最多的樣區為 T2，上述六種中大型哺乳類皆有記錄到；廠內樣區出現指數最高的前三名物種為家犬(9.34)、白鼻心(2.15)、赤腹松鼠(1.44)。而廠外 3 臺自動照相機總工作時數為 17549.4 小時，共拍攝到：家貓、家犬、鼬獾、白鼻心、臺灣穿山甲、赤腹松鼠，比較廠內與廠外自動相機拍攝到的中大型哺乳動物種類並無差異。

本計畫共進行 6 次小型哺乳動物陷阱調查，設置薛門式陷阱及掉落式陷阱，結果均無捕捉到動物。紅外線自動相機拍攝到臺灣刺鼠與亞洲家鼠，共計 1 目 1 科 2 種。

本計畫於桃廠共記錄 7 種蝙蝠物種，均為較適應人為環境的廣泛分布種，透過聲紋辨識發現於廠內覓食的物種以高頭蝠、東亞家蝠與堀川氏棕蝠為主，上述 3 個物種的聲紋數量占總聲紋數量之 91.6%。利用各樣站之蝙蝠覓食聲紋數量與各樣站之棲地現況進行初探，發現蝙蝠覓食頻度與樣站周邊森林面積，以及樣站與森林之距離無相關，推測與各樣站仍均位於森林中或邊緣有關，使各樣站於棲地上的變異不足以影響蝙蝠覓食行為。

(三) 鳥類、魚類與兩生類

鳥類調查於桃廠共記錄 31 科 58 種 2,561 隻次鳥類，其中包含 7 種珍貴稀有(魚鷹、蜂鷹、大冠鷲、鳳頭蒼鷹、松雀鷹、紅隼、領角鴉)與 2 種其他應予保育等級之鳥類(紅尾伯勞與臺灣藍鵲)；於森林覆蓋較多的樣站具有較多森林性陸禽，但周邊森林面積與森林性陸禽數量無顯著相關，並且樣站周邊的森林林型與鳥類組成亦無相關趨勢，推測與樣站所處地景仍多位於森林內或森林邊緣有關。

本計畫共記錄 5 科 11 種 53 隻次兩生類動物，無保育類，特有種包含褐樹蛙及面天樹蛙，消防水池旁溪溝則有發現外來入侵種斑腿樹蛙。由於兩生類動物紀錄較少，各樣站間無明顯優勢物種。

於 4 季的調查中，本計畫於 3 處水域樣站共記錄魚類 4 科 5 種 1,367 隻次，其中臺灣鬚鰻跟短吻紅斑吻鰕虎為臺灣特有種，無保育類動物。水 1 與水 2 樣站魚類組成較相近，臺灣鬚鰻為優勢物種，而水 3 樣站之優勢物種為短吻紅斑吻鰕虎，推測各樣站之魚類優勢種與樣站位處的溪溝段有關，靠近上游處會以短吻紅斑吻鰕虎為主，中游開始則以臺灣鬚鰻為主。

水域樣站之環境與微棲地調查結果顯示，3 處水域樣站均具有人工護岸與混凝土打底，人工化程度高，水域型態、底質比例與流速等微棲地因子於樣站間具顯著差異，但各因子間差異並不大。水質因子於樣站間亦具顯著差異，水 3 樣站之導電度較水 1 與水 2 樣站低，但 3 處樣站之導電度數值仍於正常淡水範圍內，對魚類群聚生存無威脅。

三、經營管理建議

依桃廠調查結果，本團隊建議下列 9 項為可立即執行之建議與 5 項長期性建議。

可立即執行之建議：

- (一) **禁止餵食行為。**調查期間廠內遊蕩家犬、貓皆有，並以家犬數量較多。觀察到的遊蕩動物身形健康，亦曾記錄到有項圈的犬隻，推測可能有人為餵食。人為餵食可能會吸引遊蕩動物群聚、增加繁殖率，使族群無法下降；若要控制遊蕩動物數量，應優先宣導廠內員工以禁止餵食行為。
- (二) **減少廠內遊蕩動物或限制其活動範圍。**針對佩戴項圈的有主犬隻、或者主要活動於廠區作業範圍和員工較親近的家犬、家貓，首要以鼓勵認養的方式減少數量，次要以繫繩、圍欄、關籠等方式限制犬隻在廠區的活動範圍。
- (三) **廠內排水溝定期清潔維護。**本次調查發現廠內排水溝如同生態廊道會被野生動物所利用，如白鼻心。若排水溝枯枝落葉堆積過多可能會造成通行障礙或積水，讓動物無法通行而迴避。建議可定期清除溝中枯枝落葉以利動物通行。

- (四) **廠內垃圾清潔與宣導**。對於道路周遭有棄置食物垃圾之情形，除了影響環境衛生、亦可能造成野生動物取食而有健康影響。建議可加強勿亂丟垃圾的宣導與安排道路垃圾清潔。
- (五) **廠區圍牆改善**。目前廠內對外圍牆多為連續磚牆，野生動物無法自由出入可能會讓族群無法交流、基因多樣性下降。可以參考公路局的方式在圍牆底部設置生態涵洞，改善野生動物活動範圍受限問題。目前已知小型涵管(直徑 0.6 公尺)與中型涵管(直徑 1.5 公尺)皆可被桃廠內會出現的白鼻心、鼬獾、鼠類利用，並且以中型涵管視野開闊度較好，更受野生動物青睞。圍牆施作地點則建議避開道路密度較高地方，避免人為干擾降低動物使用通道的機率或者路殺風險。
- (六) **改善溪溝垂直護岸**。由於 3 面光的垂直溪溝會影響兩生類動物移動，建議未來可盤點廠區具垂直護岸溪溝的兩生類分布，優先針對多樣性較高的溪溝進行水文研究，以設計出同時符合水利需求與兩生類友善的措施。
- (七) **評估水域棲地與水質指標**。本計畫記錄兩生類動物均為廣泛分布物種或外來種，並無棲地專一程度較高之物種，建議桃廠之水域或水質監測指標不宜用特定兩生類物種為標的，可由兩生類的生物多樣性指數做為評估桃廠水域棲地與水質之指標。
- (八) **溪溝棲地營造建議**。若委託單位希望提升南溝與北溝的水域動物多樣性，建議可在不影響防洪與水利安全的條件下，透過工程增加南溝與北溝排水的深水環境，例如將目前溪溝每層深潭往下游處均營造出緩坡，創造出不同水深梯度環境，以提供不同水域物種利用。此外，為了提升人工溪溝對洄游物種的友善性，建議可於每層溪溝落差較大處掛置麻繩或防墜網構造，以利洄游物種如日本絨螯蟹等上溯攀爬。
- (九) **林木維護建議**。本團隊建議廠區可定期進行道路兩旁樹木健康檢查，透過樹冠葉片密度顏色、枝冠是否枯萎、枯枝是否占比>25%等方式，提早標定不健康或已枯死枝林木，並請廠商進行移除或修枝等作業，以避免發生林木倒塌風險。

長期性建議：

- (一) **長期生態監測**。透過長期監測計畫可協助桃廠因應未來淺山生態系變遷，提供管理方式之參考。本期已建立廠內十個森林長期監測樣區，建議未來每 5 – 10 年可進行長期樣區複查工作，包含植相調查與動物相調查，

參考本計畫執行方式進行，以標準化調查方法，了解廠區生態系統變化，並可透過上木生長資料，可更精確推估桃廠森林每年碳吸存量。

- (二) **廠區植栽綠美化建議**。植栽不僅可以提供遮蔽與綠美化，並具有淨化空氣、防塵降噪、調節氣候等改善環境功能；栽植在地原生種的植栽不僅對棲地環境較適應與生態友善的優點，更可以提供生態棲地環境，保護物種多樣性。針對桃廠不同區位功能，選擇栽植適宜原生植栽樹種，例如栽植廠內原生分布的稀有樹種流蘇作為道路開闊處作景觀樹，綠籬可選擇日本女貞、石斑木等常綠灌木。
- (三) **擴大生物類群調查**。目前桃廠普查的生物資源類群包括維管束植物、哺乳類、兩生類、鳥類、魚類與兩生類，此對建立桃廠生態系生物資源完整性，以及生態環境指標評估資訊仍有不足。因此，建議臺灣中油公司可以針對桃廠內的爬蟲類、昆蟲等進行調查，以完整桃廠生態系統。
- (四) **廠區集水區環境資料建置與應用**。蒐集與建置集水區環境復育常用相關環境資料，選擇適當樣區進行環境指標評估及篩選，進行地形演化、地景變遷、植生復育及水源涵養能力等分析，提供環境指標整合性評估及綜合研析，作為桃廠因應氣候變遷調適之參考。
- (五) **廠區圍牆改善**。可使用小型涵管(直徑 0.6 公尺)與中型涵管(直徑 1.5 公尺)在圍牆底部設置生態涵洞，改善野生動物活動範圍受限問題。圍牆施作地點則建議避開人車出入或周圍道路密度較高地方，生態涵洞間隔距離可參考白鼻心平均活動範圍施作環境可行性，訂為 3~5 公里之間。

【Abstract】

(1) Vegetation and Plant Community Ecology

The current plant survey has identified 358 species of vascular plants belonging to 252 genera across 111 families, among which there are 22 species endemic to Taiwan, 61 naturalized species, and 21 cultivated species. According to the 2017 Taiwan Vascular Plant Red List, this survey includes 1 species classified as Near Threatened (NT), 1 species as Vulnerable (VU), and 2 species as Endangered (EN); among them, the silk tree is likely a native species of the Taoyuan Refinery, which could be a focus for conservation and landscape applications in the future. Our team has established 20 sample plots within the refinery area and 3 adjacent plots outside the refinery. The plant community types at the Taoyuan Refinery can be divided into 6 types, named according to their dominant tree species: I. *Schefflera octophylla* type (I-1. *Acacia confuse*- *Schefflera octophylla* subtype; I-2. *Schefflera octophylla* subtype; I-3. *Pinus taiwanensis* - *Schefflera octophylla* subtype; I-4. *Gordonia axillaris* - *Schefflera octophylla* subtype), II. *Mallotus paniculatus* type, III. *Cyathea spinulosa* type, IV. *Bambusa dolichoclada* type, V. *Trema orientalis* type, VI. *Phyllostachys makinoi* type. The forest at the Taoyuan Refinery is predominantly composed of the *Acacia confuse*- *Schefflera octophylla* subtype.

The diameter structure of the main tree species at the refinery shows that *Schefflera octophylla*, *Ilex ficoidea*, and *Diospyros morrisiana* exhibit a reverse J-shaped structure, while *Mallotus paniculatus* and *Machilus thunbergii* show a right-skewed structure. *Acacia confuse* has a bell-shaped structure, *Gordonia axillaris* shows a left-skewed structure, and *Pinus taiwanensis* and *Cyathea spinulosa* display a J-shaped structure. All plant community types at the Taoyuan Refinery are primarily composed of upright plants (P), accounting for 78.36%, followed by geophytes (G) at 9.94%, hemicryptophytes (H) at 8.19%, and ground plants (C) at 2.34%, with annual plants (T) being the least at 1.17%.

The forest area within the refinery encompasses approximately 274.16 ha, accounting for about 57.12% of the total area. Based on the number of sample plots surveyed for each forest type, the area of the Taoyuan forest was divided proportionally, with the *Acacia confuse*- *Schefflera octophylla* Subtype covering the largest area of 137.08 ha and storing a total of 19,913.60 tons of carbon. The *Schefflera octophylla* Subtype follows with an area of 41.12 hectares, storing 2,343.24 tons of carbon. In total, our team estimates that the Taoyuan forest currently stores 27,205.44 tons of carbon, which converts to 99,753.26 CO₂e, equivalent to 363.85 tons of carbon dioxide stored per ha. Previous literature estimates that the annual carbon sequestration rate of low-elevation broadleaf forests is approximately 2.39

tons/ha/year. Therefore, the total annual carbon sequestration at the refinery is estimated to be around 655.24 tons/year, which corresponds to a total annual carbon dioxide sequestration of 2,402.55 tons/year.

(2) Mammals

The total working hours of 12 automatic cameras at the Taoyuan Refinery amounted to 81,410.5 hours, capturing images of medium to large mammals, including *Felis catus*, *Canis lupus familiaris*, *Melogale moschata subaurantiaca*, *Paguma larvata taivana*, *Manis pentadactyla pentadactyla*, and *Callosciurus erythraeus taiwanensis*, totaling 3 orders, 6 families, and 6 species. Among these, the *Manis pentadactyla pentadactyla* is a precious and rare wildlife species under conservation. The sampling area with the highest number of recorded species was T2, where all six medium to large mammals were observed. The top three species with the highest occurrence index within the refinery were *Canis lupus familiaris* (9.34), *Paguma larvata taivana* (2.15), and *Callosciurus erythraeus taiwanensis* (1.44). In contrast, the three automatic cameras located outside the refinery recorded a total working time of 17,549.4 hours, capturing images of *Felis catus*, *Canis lupus familiaris*, *Melogale moschata subaurantiaca*, *Paguma larvata taivana*, *Manis pentadactyla pentadactyla*, and *Callosciurus erythraeus taiwanensis*. There was no significant difference in the types of medium to large mammals captured by the cameras inside and outside the refinery. This project also conducted six small mammal trapping surveys using Xue Men traps and drop traps; however, no animals were captured. Infrared automatic cameras recorded *Niviventer coninga* and *Rattus tanezumi Temminck*, totaling 1 order, 1 family, and 2 species.

Within the Taoyuan Refinery, this project recorded 7 species of bats, all of which are widely distributed and well-adapted to human environments. Through acoustic identification, it was found that the species primarily foraging within the refinery were *Scotophilus kuhlii*, *Pipistrellus abramus*, and *Eptesicus serotinus horikawai*, with these three species accounting for 91.6% of the total acoustic recordings. An initial exploration of the relationship between the number of bat foraging acoustic recordings at various stations and the habitat conditions around those stations revealed no correlation between bat foraging frequency and the forest area surrounding the stations, or the distance from the stations to the forest. It is speculated that this lack of correlation is due to the fact that all stations are located within or at the edge of forests, resulting in insufficient habitat variation to influence bat foraging behavior.

(3) Birds, Fish, and Amphibians

A total of 31 families and 58 species, comprising 2,561 individual birds, were recorded

during the bird survey at the Tao Factory. This includes 7 species that are considered rare and precious (*Pandion haliaetus*, *Pernis ptilorhynchus*, *Spilornis cheela*, *Accipiter trivirgatus*, *Accipiter virgatus*, *Falco tinnunculus*, and *Otus lettia*) and 2 other bird species that should be given conservation status (*Lanius cristatus* and *Urocissa caerulea*). Sampling sites with greater forest cover had more forest-dwelling terrestrial birds; however, there was no significant correlation between the surrounding forest area and the number of forest-dwelling terrestrial birds. Additionally, there was no related trend between the surrounding forest types and bird composition, which is speculated to be related to the sampling sites being predominantly located within or at the edges of forests.

This project recorded a total of 5 families and 11 species of amphibians, totaling 53 individuals, with no conservation species. Endemic species include the B *Buergeria robusta* and *Kurixalus idiootocus*, while an invasive species, *Polypedates megacephalus*, was found near the fire-fighting water pool. Due to the limited records of amphibians, there were no dominant species among the various sampling sites.

In surveys conducted across four seasons, this project recorded fish from 4 families and 5 species, totaling 1,367 individuals, at three aquatic sampling sites. Among these, *Candidia barbata* and *Rhinogobius rubromaculatus* are endemic species, with no conservation species present. The fish composition at sampling sites Water 1 and Water 2 was relatively similar, with *Candidia barbata* being the dominant species, while the dominant species at Water 3 was *Rhinogobius rubromaculatus*. It is speculated that the dominant fish species at each sampling site is related to the specific stream segment where the site is located, with *Rhinogobius rubromaculatus* predominating in upstream areas and *Candidia barbata* becoming dominant in midstream areas.

The results of the environmental and microhabitat survey conducted at the aquatic sampling sites indicate that all three sites have artificial bank protection and concrete bases, showing a high degree of artificialization. There are significant differences in microhabitat factors, such as water body type, substrate composition, and flow rate among the sampling sites; however, these differences are not substantial. Water quality factors also showed significant differences among the sampling sites, with the conductivity at Water 3 being lower than that at Water 1 and Water 2. Nevertheless, the conductivity values at all three sites remain within the normal range for freshwater, posing no threat to the survival of the fish community.

目錄

一、前言	1
二、研究目的及計畫目標	5
三、研究方法及步驟	8
(一)植相與植群生態調查	8
(二)哺乳動物	14
(三)鳥類、兩生類與水域動物	18
四、預期成果與效益	23
五、結果與討論	24
(一) 植相與植群生態	24
1. 維管束植物組成及特性描述	24
2. 植群分類	28
3. 植群與環境關係	40
4. 地被植群與季節關係	46
5. 桃園煉油廠區內森林與鄰近森林比較	47
6. 不同時期桃園煉油廠調查植物組成比較	47
7. 優勢樹種徑級結構分析	48
8. 植群生活型譜分析	51
9. 桃園煉油廠碳儲存評估分析	52
(二) 哺乳類調查	56
1. 中、大型哺乳動物調查	56
2. 小型哺乳動物調查	76
3. 桃園煉油廠不同年份哺乳動物物種比較	77
4. 蝙蝠調查	78

(三) 鳥類、兩生類與水域動物	86
1. 鳥類調查結果	86
2. 兩生類調查結果	99
3. 水域動物調查	108
4. 水域環境與微棲地因子調查結果	115
六、 結論與經營管理建議	123
七、 計畫期程表及甘特圖（含期中、期末及查核指標）	128
八、 參考文獻	130
附錄一、植物物種名錄	137
附錄二、森林長期監測樣區林木相對位置圖	151
附錄三、樣區架設與調查樣區工作照	158
附錄四、長期監測樣區微環境因子表	159
附錄五、桃園煉油廠內 DBH> 30 cm 林木分布數量圖	159
附錄六、桃園煉油廠各樣區喬木樹種徑級分布表	160
附錄七、桃園煉油廠生物資源調查計畫期中審查會議回覆辦理情形	168
附錄八、桃園煉油廠生物資源調查計畫期末審查會議回覆辦理情形	172

表目錄

表 1. 臺灣中油公司桃園煉油廠生態調查研究團隊及工作項目	5
表 2. 臺灣中油公司桃園煉油廠生態整合調查研究計畫與聯合國永續發展目標 (SDGs)對應情形表.....	7
表 3. 臺灣中油公司桃園煉油廠鳥類調查之行為定義表.....	19
表 4. 臺灣中油公司桃園煉油廠研究區域內維管束植物性狀表	25
表 5. 臺灣中油公司桃園煉油廠研究區域樣區資料表	28
表 6. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區植群分型之物種多樣性表	40
表 7. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區上木 DCA 前四軸之軸長、特徵根、變異解 釋率及累積變異解釋率表	41
表 8. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區上木 IVI 值資料與環境因子 CCA 前四軸相 關統計表	41
表 9. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區上木 IVI 值資料與環境因子 CCA 前兩軸相 關性及顯著性表.....	42
表 10. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區地被 DCA 前四軸之軸長、特徵根、變異解 釋率及累積變異解釋率表	43
表 11. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區地被 IV 值資料與環境因子 CCA 前兩軸相 關性及顯著性表.....	45
表 12. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區地被 IV 值資料與環境因子 CCA 前四軸相 關統計表	45
表 13. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區主要組成喬木單株地上部生物量(AGB)比較 表.....	52
表 14. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區各林型林分密度與碳儲量表	53
表 15. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區各林型推估所占面積與總碳儲量表.....	54
表 16. 臺灣中油公司桃園煉油廠哺乳動物調查日程	56
表 17. 臺灣中油公司桃園煉油廠各樣區紅外線自動相機架設設定值	58
表 18. 臺灣中油公司桃園煉油廠各樣區相機工作時數、物種有效影像數和出現 指數(OI 值).....	59
表 19. 臺灣中油公司桃園煉油廠內，各相機出現之家犬.....	67
表 20. 臺灣中油公司桃園煉油廠內哺乳類動物調查名錄.....	77
表 21. 臺灣中油公司桃園煉油廠 96 年與 113 年野生哺乳動物調查比較.....	77

表 22. 臺灣中油公司桃園煉油廠不同月之蝙蝠調查結果.....	78
表 23. 臺灣中油公司桃園煉油廠各陸域樣點之蝙蝠調查結果	79
表 24. 各陸域樣站之棲地因子與累積蝙蝠覓食聲紋數量表	83
表 25. 臺灣中油公司桃園煉油廠鳥類名錄	87
表 26. 臺灣中油公司桃園煉油廠不同季節之鳥類組成 SIMPER 分析結果	93
表 27. 臺灣中油公司桃園煉油廠各樣站森林層級與不同棲地面積比例結果	95
表 28. 臺灣中油公司桃園煉油廠不同森林層級組別之鳥類組成 SIMPER 分析結果	96
表 29. 臺灣中油公司桃園煉油廠鳥類棲地同功群分類原則表	97
表 30. 臺灣中油公司桃園煉油廠不同森林層級之棲地同功群鳥類數量與比例	97
表 31. 臺灣中油公司桃園煉油廠各水域樣站月間記錄之兩生類動物數量	100
表 32. 桃廠兩生類動物之生態習性與主要棲地類型列表	106
表 33. 臺灣中油公司桃園煉油廠各水域樣站之魚類數量	109
表 34. 臺灣中油公司桃園煉油廠不同水域樣站之魚類組成 SIMPER 分析結果	111
表 35. 臺灣中油公司桃園煉油廠各水域樣站魚類數量與外部形質測量結果	112
表 36. 臺灣中油公司桃園煉油廠範圍之蝦蟹類動物數量	113
表 37. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站 4 季之水質結果	116
表 38. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站之水質 SIMPER 分析結果	117
表 39. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站之空氣溫度與相對濕度結果	118
表 40. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站之微棲地調查結果	119
表 41. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站之微棲地因子 SIMPER 分析結果	120

圖目錄

圖 1. 臺灣中油公司桃園煉油廠地理位置圖	2
圖 2. 臺灣中油公司桃園煉油廠生態氣候圖	4
圖 3. 本研究長期樣區形狀及各小區分布情形	8
圖 4. 全天光空域示意圖	10
圖 5. 水分梯度圖	10
圖 6. 本研究使用紅外線自動感應式照相機	16
圖 7. 薛門氏式捕捉器	17
圖 8. 掉落式陷阱	17
圖 9. 臺灣中油公司桃園煉油廠路域樣站與長期樣區分布圖	18
圖 10. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站與消防水池旁兩生類調查樣點分布圖	20
圖 11. 臺灣中油公司桃園煉油廠消防水池調查樣點分布圖	21
圖 12. 臺灣中油公司桃園煉油廠區內與區外樣區點位分布圖	24
圖 13. 臺灣中油公司桃園煉油廠流蘇樹點位分布圖	26
圖 14. 臺灣中油公司桃園煉油廠紅皮書植物植物照片	26
圖 15. 臺灣中油公司桃園煉油廠歸化植物與栽培種植物照片	27
圖 16. 臺灣中油公司桃園煉油廠區內與區外樣區群團分析樹形圖	30
圖 17. 臺灣中油公司桃園煉油廠地區相思樹-江某亞型樣區及物種組成	31
圖 18. 臺灣中油公司桃園煉油廠江某亞型樣區及物種組成	32
圖 19. 臺灣中油公司桃園煉油廠臺灣二葉松-江某亞型樣區及物種組成	33
圖 20. 臺灣中油公司桃園煉油廠大頭茶-江某亞型樣區及物種組成	34
圖 21. 臺灣中油公司桃園煉油廠白匏仔型樣區及物種組成	35
圖 22. 臺灣中油公司桃園煉油廠臺灣杪欏型樣區及物種組成	36
圖 23. 臺灣中油公司桃園煉油廠長枝竹型樣區及物種組成	37
圖 24. 臺灣中油公司桃園煉油廠山黃麻型樣區及物種組成	38
圖 25. 臺灣中油公司桃園煉油廠桂竹型樣區及物種組成	39
圖 26. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區上木之 DCA 排序圖	42
圖 27. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區上木資料與環境因子之 CCA 雙序圖	43
圖 28. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區地被資料之 DCA 排序圖	44
圖 29. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區地被資料與環境因子之 CCA 雙序圖	45
圖 30. 臺灣中油公司桃園煉油廠長期監測樣區夏冬季地被資料之 DCA 排序圖	46

圖 31. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區林型分型之優勢樹種徑級結構	49
圖 32. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區 9 植群型之生活型譜	51
圖 33. 臺灣中油公司桃園煉油廠森林範圍與樣區圖	54
圖 34. 臺灣中油公司桃園煉油廠紅外線自動相機拍攝之動物影像	59
圖 35. 臺灣中油公司桃園煉油廠內與廠外，各相機紀錄到的中大型哺乳動物 ...	60
圖 36. 臺灣中油公司桃園煉油廠內與廠外，各相機鼬獾出現指數(OI 值).....	61
圖 37. 臺灣中油公司桃園煉油廠內與廠外，各相機白鼻心出現指數(OI 值).....	62
圖 38. 臺灣中油公司桃園煉油廠 T13 常拍攝到白鼻心利用水溝移動	62
圖 39. 臺灣中油公司桃園煉油廠內與廠外，各相機臺灣穿山甲出現指數(OI 值)	63
圖 40. 臺灣中油公司桃園煉油廠中段之其他自動相機記錄到穿山甲攜幼畫面 ...	63
圖 41. 臺灣中油公司桃園煉油廠內與廠外，各相機赤腹松鼠出現指數(OI 值)...	64
圖 42. 臺灣中油公司桃園煉油廠內與廠外，各相機家犬出現指數(OI 值).....	65
圖 43. 臺灣中油公司桃園煉油廠內與廠外，各相機家貓出現指數(OI 值).....	66
圖 44. 臺灣中油公司桃園煉油廠 T4 拍攝到配有項圈的家犬	66
圖 45. 臺灣中油公司桃園煉油廠內中大型哺乳動物活動模式變化	73
圖 46. 臺灣中油公司桃園煉油廠中大型哺乳動物出現指數季節變化	74
圖 47. 臺灣中油公司桃園煉油廠各樣區中大型哺乳動物出現指數季節變化	75
圖 48. 臺灣刺鼠	76
圖 49. 亞洲家鼠	76
圖 50. 臺灣中油公司桃園煉油廠之蝙蝠累積聲紋數量圓餅圖	81
圖 51. 臺灣中油公司桃園煉油廠廠區內噪音線圖與陸域樣站分布	85
圖 52. 臺灣中油公司桃園煉油廠月間各科別鳥類個體占比長條圖	91
圖 53. 臺灣中油公司桃園煉油廠季間之鳥類 NMDS 分析結果	92
圖 54. 臺灣中油公司桃園煉油廠各樣站之鳥類 NMDS 分析結果	93
圖 55. 臺灣中油公司桃園煉油廠各林型之鳥類 NMDS 分析結果	94
圖 56. 臺灣中油公司桃園煉油廠不同森林層級鳥類 NMDS 分析結果	96
圖 57. 臺灣中油公司桃園煉油廠各棲地類型之不同棲地同功群鳥類行為累積長 條圖	98
圖 58. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站與消防水池旁溪溝之剖面示意圖	102
圖 59. 臺灣中油公司桃園煉油廠消防水池旁的溪溝樣點(左)與水域樣站 3(右)環	

境照	103
圖 60. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站漿砌石斜面的褐樹蛙	104
圖 61. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站於清淤作業前後之變化照	105
圖 62. 不同設計結構的溪溝示意圖	106
圖 63. 臺灣中油公司桃園煉油廠採集之魚類照片	110
圖 64. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站於不同月間之魚類組成 MDS 分析結果	111
圖 65. 臺灣中油公司桃園煉油廠南溝之南崁溪上游環境現況	114
圖 66. 臺灣中油公司桃園煉油廠南崁溪與水域樣站之分布圖	115
圖 67. 溪溝棲地營造之剖面示意圖	115
圖 68. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站 4 季之水質主成分分析圖	117
圖 69. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站 4 季之微棲地因子主成分分析圖	120
圖 70. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站與各水路之水系分布圖	122

112 年度委託研究計畫書(計畫)

計畫編號： AEA1258005

計畫名稱	桃園煉油廠生物資源調查計畫			本年度研發經費	3,950 千元
計畫	延續性	■新興辦 □賡續性		本年度起迄時間	自開工日起 12 個月止
	分類	■前瞻性 □技服類			
計畫主持人 服務單位及職稱	中興大學森林學系曾喜育教授 中興大學森林學系陳相伶助理教授 多樣性生態顧問有限公司江政人總經理			進行方式	□自行 ■委託 □合作

一、前言

桃園煉油廠(以下簡稱桃廠)是臺灣中油公司最主要的石油煉製廠之一，行政區位於桃園市龜山區，面積約 480 ha(圖 1)。桃廠為配合國家經濟發展及國內油品需求，自 1970 年開始籌劃建廠，1977 年 6 月正式生產，為臺灣十大建設之一，供應臺灣北部地區所需油料，促進臺灣經濟發展(臺灣中油公司 2006)。桃廠廠區煉製設備包括蒸餾工廠兩座、煤組工廠、航空燃油工廠、脫硫工廠、硫磺工廠、氫氣工廠、重油轉化工廠、烷化工廠；臺灣工商業轉型及民眾環保意識覺醒，更加重視工業安全污染防治，因此廢水處理廠、廢氣處理等設備皆都有嚴格管制，以善盡企業責任(臺灣中油公司 2006)。

廠區位於南崁溪集水區，林口臺地西南側，南崁地區因科技業及航空城整體發展等，周邊住宅人口密集，土地開發區趨於飽和；廠區三面環山，除了開發範圍外，廠區仍保留大面積未開發土地，基於安全因素，桃廠四周架設圍牆環繞，進而保護廠區大面積的相思樹(*Acacia confusa*)林並維持現況免於開發破壞，動植物生態富饒(臺灣中油公司 2006)。近年配合廠區消防規劃，設置兼具生態及防災功能的環山健行步道，加強步道綠美化以及設置解說牌，讓民眾更親近桃廠周邊自然生態環境，增進環境教育功能及善盡環境保護的社會責任。然而，桃園煉油廠過去專注於經濟發展，除了環境影響評估等相關調查外，尚未針對廠區及周邊的生態與環境進行深入調查與監測。

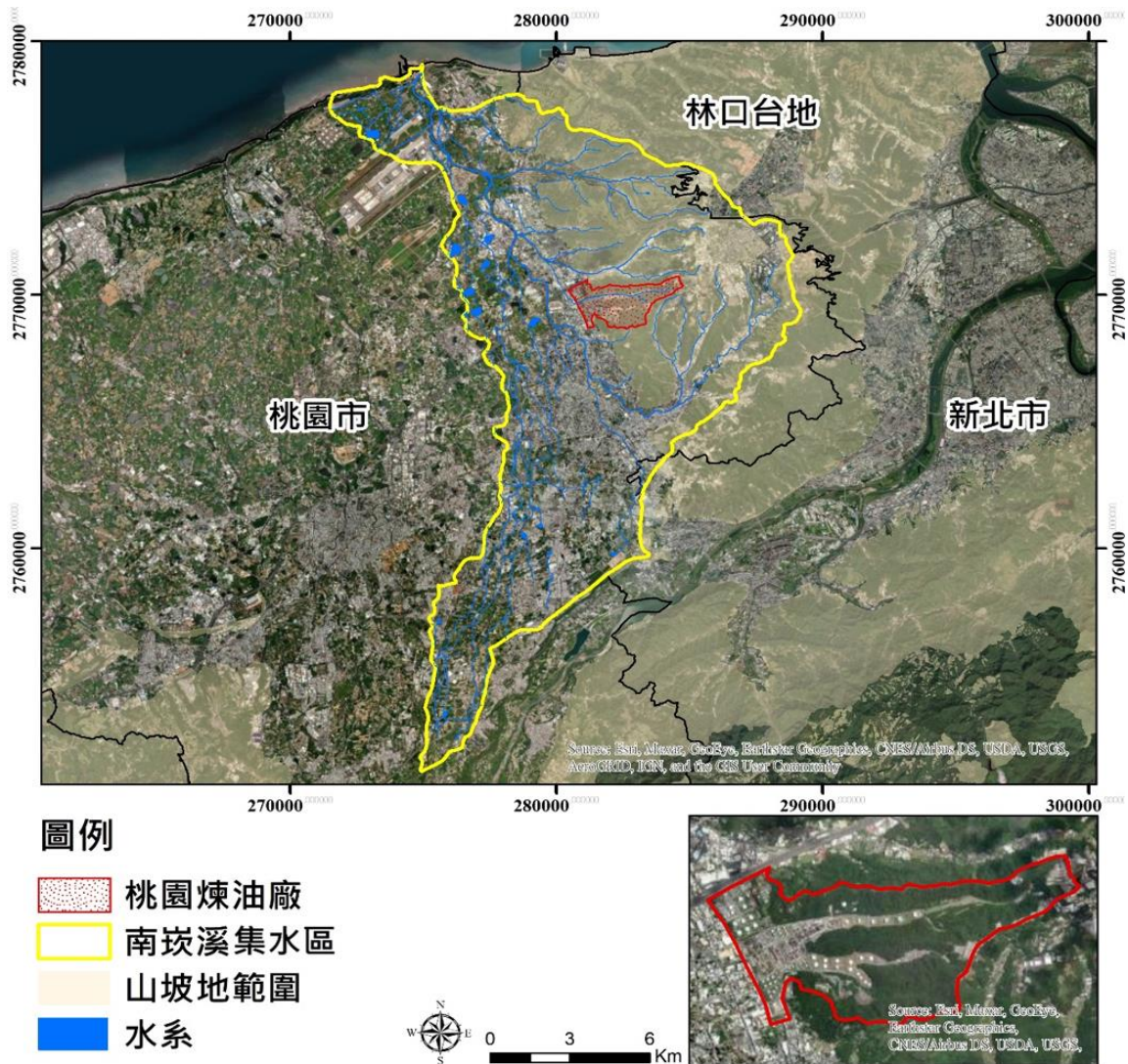


圖 1. 臺灣中油公司桃園煉油廠地理位置圖

依 2006 年桃園煉油廠第三重油加氫脫硫工場興建計畫環境影響說明書調查結果顯示(桃園煉油廠第三重油加氫脫硫工場興建計畫 2006)，維管束植物調查到 252 種。252 種維管束植物有 4 種特有種、26 種歸化植物、40 種為栽培植物，森林木本植物以相思樹、紅楠(*Machilus thunbergii*)、江某(*Schefflera octophylla*)為優勢，灌木層以九節木為優勢。哺乳類野生動物經訪談(穿山甲(*Manis pentadactyla pentadactyla*)、白鼻心(*Paguma larvata taivana*)、鼯鼠(*Mogera insularis insularis*))、觀察(赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus taiwanensis*)、荷氏小麝鼯(*Crocidura shantungensis*))及痕跡(穿山甲)調查有 5 種，其中穿山甲、白鼻心為 2 級保育類。鳥類有五色鳥(*Psilopogon nuchalis*)、家燕(*Hirundo rustica*)、黃鵲鴝(*Motacilla flava*)、灰鵲鴝(*Mo. cinerea*)、白鵲鴝(*Mo. alba*)、虎鶇(*Zoothera dauma*)、白頭翁(*Pycnonotus sinensis*)、紅嘴黑鶇(*Hypsipetes leucocephalus*)、黑枕藍鶇(*Hypothymis azurea*)、赤腹鶇(*Turdus chrysolaus*)、小彎嘴(*Pomatorhinus musicus*)、

繡眼畫眉 (*Alcippe morrisonia*)、黃尾鴝 (*Phoenicurus aureus*)、紅山頭 (*Stachyridopsis ruficeps*)、黃頭鷺 (*Bubulcus ibis*)、小白鷺 (*Egretta garzetta*)、蜂鷹 (*Pernis ptilorhynchus*)、松雀鷹 (*Accipiter virgatus*)、鳳頭蒼鷹 (*Accipiter trivirgatus*)、大冠鷺 (*Spilornis cheela*)、領角鴞 (*Otus lettia*)、臺灣竹雞 (*Bambusicola sonorivox*)、紅鳩 (*Streptopelia tranquebarica*)、中杜鵑 (*Cuculus saturatus*)、臺灣藍鵲 (*Urocissa caerulea*)、樹鵲 (*Dendrocitta formosae*)、大卷尾 (*Dicrurus macrocercus*)、綠畫眉 (*Yuhina zantholeuca*)、粉紅鸚嘴 (*Sinosuthora webbiana*)、綠繡眼 (*Zosterops japonicus*)、麻雀 (*Passer montanus*)等 31 種，其中 2 級保育類野生動物有蜂鷹、松雀鷹、大冠鷺、鳳頭蒼鷹、領角鴞、臺灣藍鵲等 6 種。兩生類有拉都希氏赤蛙 (*Hylarana latouchii*)、貢德氏赤蛙 (*Sylvirana guentheri*)、長腳赤蛙 (*Rana longicrus*)、黑眶蟾蜍 (*Duttaphrynus melanostictus*)、小雨蛙 (*Microhyla fissipes*)、澤蛙 (*Fejervarya limnocharis*)、日本樹蛙 (*Buergeria japonica*)、褐樹蛙 (*Buergeria robusta*)等 8 種，屬於 2 級保育類野生動物有貢德氏赤蛙、褐樹蛙等 2 種。爬蟲類有印度蜥蜴 (*Sphenomorphus indicus*)、黃口攀蜥 (*Diploderma polygonatum xanthostomum*)、斯文豪氏攀蜥 (*Diploderma swinhonis*)、古氏草蜥 (*Takydromus kuehnei*)、鉛山壁虎 (*Gekko hokouensis*)、無疣蜥虎 (*Hemidactylus bowringii*)等 6 種，屬於 2 級保育類野生動物有古氏草蜥 1 種。在該計畫預防及減輕開發行為對不良影響對策亦提到，綠化應優先考量種植臺灣原生蜜源樹種，若開挖發現重要蜜源樹種如食茱萸 (*Zanthoxylum ailanthoides*)、賊仔樹 (*Tetradium glabrifolium*)等，應予以異地保留，待完工後再移植適當地點；對相思樹林棲息的蜂鷹、松雀鷹、大冠鷺、臺灣藍鵲、穿山甲、黃裳鳳蝶 (*Troides aeacus formosanus*)應避免干擾，並透過生態工法降低開發對水道環境惡化對褐樹蛙、貢德氏赤蛙棲地的影響。

桃園煉油廠位於臺灣西北部，林口臺地的南緣，海拔梯度範圍約 80-260 m，東界有水汴頭山(254 m)，流域屬於發源於林口臺地的南嵌溪上游，廠區內有過去平埔族龜崙族分布之大蕃仔窩與小蕃子窩，四周以南嵌溪上游之稜線為主要邊界。桃園煉油廠的地形屬於林口臺地(坪頂臺地)，地質屬於臺灣西部山麓地質區，為第三紀岩層和第四紀岩層，淋溶極盛，大部分地區屬於紅土(何春蓀 2006; 桃園市龜山區公所 2022)。氣候屬於臺灣北部溫暖濕潤之副熱帶氣候區，平均年雨量為 1,712.8 mm，年均溫 21~22°C，最冷月均溫 15°C，最暖月均溫 28°C(桃園市龜山區公所 2022)。由廠區的生態氣候圖(圖 2)可以發現(Chiu et al. 2009)，廠區全年沒有乾季，重濕潤期為 2-9 月。

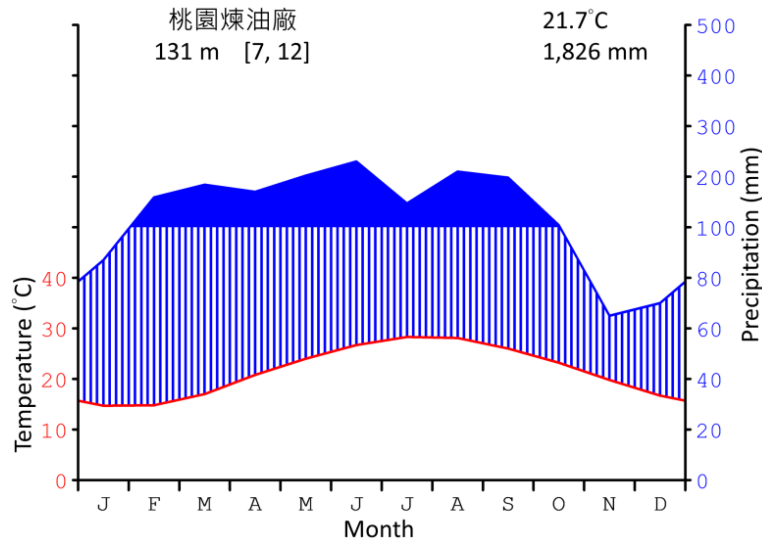


圖 2. 臺灣中油公司桃園煉油廠生態氣候圖

依 Su(1985)臺灣地理氣候區集水區系統劃分，廠區屬於夏雨型氣候的西北近海區，屬於臺灣中部山地植群分類 500 m 以下的榕楠林帶(*Ficus-Machilus* zone) (Su 1984)；參照邱清安等(2008)臺灣潛在植群形相分類方案，廠區原始林組成屬於常綠闊葉林，氣候帶屬於亞熱帶熱段(hotter subtropical)，主要植物組成爲大葉楠(*Machilus japonica* var. *kusanoi*)、茄苳(*Bischofia jabanica*)、咬人狗(*Dendrocnide meyeniana*)、榕屬(*Ficus* spp.)、樟樹(*Cinnamomum camphora*)、相思樹。

相思樹原產臺灣恆春半島，目前廣泛生長於全島低中海拔 1000 m 以下的區域。在瓦斯與電力尚未普及前，相思樹因生長速度快，加上質地堅硬、耐火燒的特性，製成的木炭發熱量大，是優質製炭樹種。基於木材質地堅硬，是過去先民農具用材、枕木、礦坑坑木，以及薪炭材的重要來源的；因此，在日據時期全島曾廣泛推廣種植。郭耀綸等(2021)測定 440 種木本植物的光合作用性狀發現，相思樹是其中 10 種光合潛力最高的物種之一；此反映在相思樹屬於快速生長、非耐陰性(shade-intolerant)的先趨樹種(pioneer tree species)。王偉等(2016)於苗栗火炎山植群調查發現，相思樹構成森林的喬木層物種多樣性較其他植群型低且變異大，推測此現象除了受到不同時期造林撫育作業影響外，相思樹對其他植物的毒他作用(Chou et al. 1998)，以及相思樹型植物社會處於不同的演替序列(葉慶龍等 2004)等有關；此外，相思樹具有根瘤菌，可在干擾相對頻繁的生育地快速建立其族群，此亦是造成相思樹型物種多樣性變異大因素。

本計畫針對桃園煉油廠非煉油設施外的生物群聚組成進行調查，擬以 3 個子計畫工作項目(表 1)，調查廠區內的維管束植物、哺乳動物、鳥類、兩棲等生

物資源，透過森林長期樣區設置與環境因子調查，整合動物群聚組成對棲地的偏好與季節性變化，期能提供臺灣中油公司桃園煉油廠的經營管理策略參考。

表 1. 臺灣中油公司桃園煉油廠生態調查研究團隊及工作項目

計畫項目	主持人	服務機構/系所	職稱	計畫內容
子計畫 1	曾喜育	國立中興大學 森林學系	教授	植相、植群、環境調查與分析
子計畫 2	陳相伶	國立中興大學 森林學系	助理 教授	哺乳類動物組成與群聚研究
子計畫 3	江政人	多樣性生態顧問 有限公司	總經理	經鳥類、兩生類、蝙蝠、魚類動物組成與群聚研究

二、研究目的及計畫目標

本計畫「臺灣中油公司桃園煉油廠生態整合調查」為整合性計畫，擬以 1 年時間針對桃園煉油廠未開發之次生林，透過(1)植相與植群生態、(2)哺乳動物、(3)鳥類與兩棲動物等 3 個子計畫，建立桃園煉油廠生態與環境基礎資料。另本計畫為配合國家重要政策，以林務局「國土生態保育綠色網絡建置計畫」(林務局 2022)為藍圖，以桃廠為基地，作為林口臺地、南嵌溪的生態核心區，協助建置及維護國土生態保育綠色網絡，串聯河川、綠帶，連結山脈至海岸，編織「森—川—里—海」廊道成為國土生物安全網的一環；藉此提升淺山、平原、濕地及海岸等生態棲地功能及生物多樣性涵養力，並透過社會—生態—生產地景的保全活用營造和串聯韌性社區，以促進桃園煉油廠的永續發展。

因此各子計畫除能詳盡調查本區之相關基礎資料，亦加強各計畫間橫向聯繫配合，以期能建構出桃園煉油廠物種多樣性與生態系特色，並達成以下目標：

1. 建立、蒐集、整合及強化桃園煉油廠之基礎生物及非生物因子資料。
2. 建構桃園煉油廠基礎生物及非生物因子資料之長期監測系統，訂定標準化監測方式。
4. 建置桃園煉油廠生物與環境特性，提供因應氣候變遷調適之參考。
5. 因應全球氣候與環境變遷，進行淺山生態系變遷研究，建立可行解決方案。
6. 研究成果可作為環境教育解說與生態保育基礎，利於廠區員工與鄰近居民瞭解廠區生物多樣性與生態特性。
7. 提供生物與環境的科學資料，作為中油公司於桃園煉油廠經營管理之環境決策參考。

本案各項子計畫研究具體目標及工作項目如下：

(一)植相與植群生態

透過整合沿線調查與樣區調查資料，建構桃廠完整之植物相資源，經由分析維管束植物分類群屬性、科屬別、生活型等生物學特性，建構桃廠植物資源特性及推估其未來發展。此外，藉由設置、調查植物社會之長期與臨時樣區，調查林木之族群結構及空間分布情形，了解植物社會與環境的關係，提供研究野生動物群聚結構的場域。

(二)哺乳類

本子計畫針對桃廠中大型哺乳動物、小型嚙類及鼬型目動物和蝙蝠等 3 類對象進行普查，調查結果除詳列物種名錄外，並進行植被類型與環境關係之探討，了解哺乳類動物的空間分布與群聚，提供桃廠在哺乳類的環境教育、生態保育評估與對策等經營管理的參考依據。

(三)鳥類、兩生類與水域動物

本子計畫利用定點計數法進行鳥類群聚組成的季節性變化調查，建立桃廠出現的鳥類清單及組成特性，並觀察記錄其棲地利用行為。此外，本子計畫建立桃廠兩生類動物種類清單，分析兩生類與水域動物的組成群聚季節性變化，探討兩生類組成與環境的關係，建置桃廠的生態環境監測參考指標。

臺灣中油公司桃園煉油廠生態整合監測調查研究計畫之目標對應聯合國永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)發現(表 2)，在 SDGs 17 項目標(goals)及 169 項細項目標(targets)中，總計 7 項目標與 15 項細項目標相符，顯示本計畫目標及預期成果具有必須性及急迫性。本計畫透過調查廠區各生物類群之物種多樣性與建立集水區環境資料庫，無論是桃廠未來在環境影響評估，或國內尺度的國土生態保育綠色網絡建置計畫，甚至全球尺度的氣候變遷、碳匯、ESG...等目標，本計畫調查研究成果均可提供重要的永續經營管理及環境政策參考。

表 2. 臺灣中油公司桃園煉油廠生態整合調查研究計畫與聯合國永續發展目標(SDGs)對應情形表

永續發展目標	細項目標	本計畫對應情形及說明
目標 6. 確保所有人都能享有水及衛生及其永續管理 (與 2 個細項目標相符)	6.4 在西元 2030 年以前，大幅增加各個產業的水使用效率，確保永續的淡水供應與回收，以解決水饑荒問題，並大幅減少因為水計畫而受苦的人數。	本計畫之研究地點是大桃園地區之淺山生態系環境，為南嵌溪支流一部分，提供了林口臺地、桃園、新北市鶯歌等地區重要的水源來源。透過本計畫調查結果，可提供桃廠評估水使用效率的評估，以確保永續的淡水供應與回收。
	6.6 在西元 2020 年以前，保護及恢復跟水有關的生態系統，包括山脈、森林、沼澤、河流、含水層，以及湖泊。	本計畫針對淺山生態系推動生物多樣性調查、集水區環境資調建置及監測等工作，皆是保護及恢復跟水有關的生態系統。
目標 11. 促使城市與人類居住具包容、安全、韌性及永續性 (與 4 個細項目標相符)	11.3 在西元 2030 年以前，提高融合的、包容的以及可永續發展的都市化與容積，以讓所有的國家落實參與性、一體性以及可永續發展的人類定居規劃與管理。	桃廠位於桃園市，急需提高融合的、包容的以及可永續發展的廠區。本研究地點的存在可提高大桃園市永續發展的都市功能。透過解說教育強化員工對於工廠、都市綠化及綠覆率的認知及參與。
	11.5 在西元 2030 年以前，大幅減少災害的死亡數以及受影響的人數，並將災害所造成的 GDP 經濟損失減少至一定數值，包括跟水有關的傷害，並將焦點放在保護弱勢族群與貧窮者。	本研究地點為廠區與周邊居民的緩衝保護林帶，南嵌溪上流一部分，具有水源涵養功能，是相當重要的區域。
	11.6 在西元 2030 年以前，減少都市對環境的有害影響，其中包括特別注意空氣品質、都市管理與廢棄物管理。	本研究地點為廠區與周邊居民的緩衝保護林帶，是相當重要的區域，特別是空氣品質淨化、都市管理與廢棄物管理等面向。
	11.a. 強化國家與區域的發展規劃，促進都市、郊區與城鄉之間的社經與環境的正面連結。	透過從工廠廠區、城鄉到都市的生態系功能連結，本計畫調查結果可成為國家與區域發展提供社經與環境的正面連結。
目標 12. 確保永續的消費與生產模式 (與 1 個細項目標相符)	12.8 在西元 2030 年以前，確保每個地方的人都有永續發展的有關資訊與意識，以及跟大自然和諧共處的生活方式。	本計畫調查結果與相關環境教育解說內容期能提供永續發展的有用訊息以及跟大自然和諧共處的生活方式。
目標 13. 採取緊急措施以因應氣候變遷及其影響(與 1 個細項目標相符)	13.1 強化所有國家對天災與氣候有關風險的災後復原能力與調適適應能力。	目前已知氣候變遷對於全球的衝擊無法避免，本區域若受極端氣候衝擊及影響，本計畫可評估物種、集水區變遷等災後復原能力及調適適應能力，並透過碳匯計算，瞭解本區域碳儲量之能力。
目標 15. 保護、維護及促進領地生態系統的永續使用，永續的管理森林，對抗沙漠化，終止及逆轉土地劣化，並遏止生物多樣性的喪失 (與 4 個細項目標相符)	15.1 在西元 2020 年以前，依照在國際協定下的義務，保護、恢復及永續使用領地與內陸淡水生態系統與他們的服務，尤其是森林、沼澤、山脈與旱地。	本計畫區域位於淺山生態系，對保護、恢復及永續使用廠區與內陸淡水生態系統及其他服務，具有重要意義。
	15.5 採取緊急且重要的行動減少自然棲息地的破壞，終止生物多樣性的喪失，在西元 2020 年以前，保護及預防瀕危物種的絕種。	本計畫區域位於淺山生態系，是臺灣中北部國土綠網計畫淺山地區重要的一環，對於減少自然棲息地的破壞，終止生物多樣性的喪失具有重要價值，急需落實生態系統保護及永續發展。
	15.7 採取緊急動作終止受保護動植物遭到盜採、盜獵與非法走私，並解決非法野生生物產品的供需。	透過本計畫可盤點本區域野生動植物的資源，若有特稀有植物、保育類野生動物棲息其中，需確認是否遭到盜採、盜獵等情事發生。
	15.9 在西元 2020 年以前，將生態系統與生物多樣性價值納入國家與地方規劃、發展流程與脫貧策略中。	本計畫結果可將生態系統與生物多樣性價值納入廠區規劃、國家與地方規劃，尤其是國土生態綠網計畫的規劃。
目標 16. 促進和平且包容的社會，以落實永續發展；提供司法管道給所有人；在所有的階層建立有效的、負責的且包容的制度 (與 2 個細項目標相符)	16.6 在所有的階層發展有效的、負責的且透明的制度。	本計畫調查成果都是公開、公平、透明，有效率可責性的管理平台，消弭階級落差。
	16.10 依據國家立法與國際協定，確保民眾可取得資訊，並保護基本自由。	本計畫調查成果依據國家相關法規與國際協定，可以確保民眾可取得資訊及基本自由。
目標 17. 強化永續發展執行方法及活化永續發展全球夥伴關係—技術、能力建置、制度議題、多邊合作、資料、監督及責任 (與 1 個細項目標相符)	17.14 提高政策的連貫性，以實現永續發展。	本計畫結果可為中油公司參與國內或國際間生物多樣性公約、永續發展目標(SDGs)、ESG 等企業責任，並提高政策的連貫性，以實現永續發展目標。

三、研究方法及步驟

本計畫為桃園煉油廠生態整合監測，主要區分成 3 個子計畫，各子計畫的研究方法與步驟分述如下：

(一)植相與植群生態調查

植物為生態系的初級生產者，其組成習性與生產力決定結構複雜程度與功能。因植物行固著生活，植物組成之植物社會成為地球陸地最鮮明的自然景緻，不同的植物社會反映其對生育地的適應，亦反映其物種組成、結構、與生產力等差異，並作為動物群落依存、棲息所在。不同的動物會選擇其適宜之植物社會作為休憩、攝食、繁衍之所在；即使同種動物可能會選取不同的植物社會分別作為其休憩、攝食、繁衍、避敵等用途。因此本研究透過長期樣區設置，進行植群組成、結構與環境因子調查，提供集水區環境資料庫建置，作為哺乳類動物之棲地基礎，建立桃廠生物社會組成與生態系整合研究場域。

1.植相調查

植相(flora)是一地區的植物種類清單(inventory)，可反映當地植物組成的生物地理特性，以及環境的生態指標。本研究彙整記錄車道兩旁植物與植群樣區調查之物種種類，除拍照建檔外，並建構桃廠完整之維管束植物清單；植物名錄所使用之學名主要依據 Flora of TaiwanII (Boufford et al. 2003)，並分別依科、屬製作植物種類清單，結果可供建立物種基本資料庫，了解該區域的物種組成特性。

2.植群生態調查

2.1. 長期樣區設置與調查

為了解植群組成與環境長期變化，以及提供野生動物群聚之監測需求，設置長期監測樣區。

2.1.1.長期樣區設置

依不同環境、植物社會的差異，以及搭配哺乳類、兩棲等野生動物監測，預計於廠區內設置至少 10 個長期樣區，因廠區森林樹冠層高度不及 10 m，故樣區大小為 15 m× 15 m，劃設 9 個 5 m×5 m 小區(圖 3)。樣區內架設 datalog 環境監測器 1 組，自動照相機記錄中大型哺乳類動物，以及小型哺乳動物採集陷阱，並於廠外鄰近地區增設 3 處長期樣區進行比較。

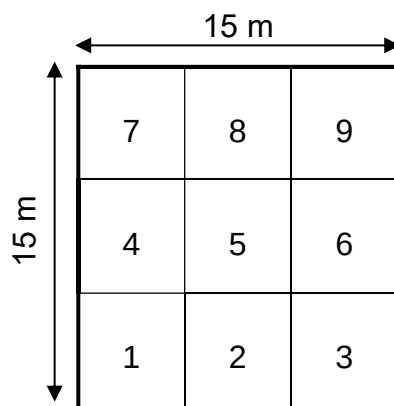


圖 3. 本研究長期樣區形狀及各小區分布情形

①植物社會調查

本研究將長期樣區的植物組成區分成喬木層 (overstory) 與地被層 (understory)，調查方法如下：

- a. 喬木層：凡植株高於 1.3 m 及胸高直徑 > 1 cm 者視為喬木層，調查項目包括：植物種類鑑定、胸徑、植株高度、植株相對位置的量測，並對區內喬木加以編號、標定和塗漆。
- b. 地被層：調查胸徑小於 1 cm 之樹種、草本及蕨類，記錄植物種類及覆蓋度。由於地被植物的季節性生長變化比較明顯，因此本研究 1 年進行 2 季(春季及夏季)長期樣區的地被調查，共進行 2 季調查。

②環境因子觀測與量測分析

為瞭解環境因子與植群分布的關係，針對海拔高度(altitude, Alt.)、坡度(slope, Slo.)、全天光空域(whole light sky, WLS)、方位(aspect, Asp.)、水分梯度(moisture gradient, Mos)，以及土壤性質等環境因子，加以直接觀測或以間接分析方式評估。此外，每一長期樣區的中央架設微環境自動記錄器 HOBO Datalog 1 組，分別對林下環境的照度、相對濕度及溫度進行微環境監測。

a. 海拔高度(altitude, Alt.)

本研究以全球衛星定位系統(Global Positioning System, GPS) 進行樣區定位與海拔高度的測量。海拔常與氣溫成反比，可視為影響氣溫的一間接因子，為影響植群分類的重要因素(Tsiripidis et al. 2007)。

b. 坡度(slope, Slp.)

坡度是指生育地的傾斜程度，本研究以羅盤儀測量樣區的坡面角度，坡度除了影響土壤厚度與含水量之外，太陡的坡面亦較不利於淺根性樹種生長(黃英 2010)，因此坡度是影響植群分布的重要因子。

c. 全天光空域(whole light sky space, WLS)

全天光空域指樣區所在位置的空間，扣除受周圍地形地物遮蔽部分所得的天空比例(王俊閔等 2010)；即量測樣區中心 12 個方位角遮蔽物的高度角(altitude angle)，以製圖方式求出未受遮蔽天空範圍比例(蘇鴻傑 1987)(圖 4)。

d. 坡向(aspect, Asp.)

坡向會導致日照、溫度、濕度與土壤水分的差異，為影響植群組成的重要因子；本研究使用羅盤儀測量樣區坡向，使用一圓表示 360°方位角劃分成 16 個方位，每個方位 22.5°，並賦予每一方位一整數值表示其影響因子的大小，即水分梯度值(Whittaker 1956)；以北半球而言，西南向最乾燥，東北向則最陰濕，故以數值 1 至 16 表示最乾燥至最潮濕(圖 5)。

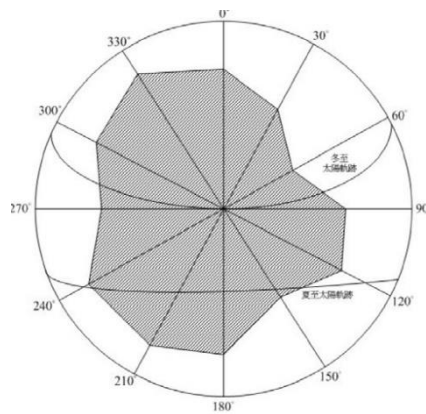


圖 4. 全天光空域示意圖

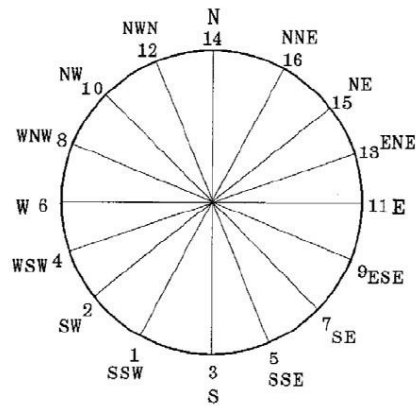


圖 5. 水分梯度圖(Day & Monk 1974)

e. 土壤 pH 值分析

土壤 pH 值土壤分別用 H_2O 及 $KCl(1\ N)$ 以 1:1(v/v) 比例混和，攪拌過夜後以酸鹼值測定儀(Microprocessor pH meter pH 196)測定(McLean 1982)。

2.2. 臨時樣區設置與調查

本研究除長期樣區外，為全面了解桃廠植物社會組成、結構及其與環境的關係，設置臨時樣區進行調查。因桃廠森林冠層高度多在 10 m 以下，因此樣區尺寸與長期樣區大小相同為 15 m × 15 m。臨時樣區除了未架設 datalogs、量測林木相對位置、標示外，其餘植群與環境因子方法皆與長期樣區相同。為配合位集水區調查研究及森林碳匯計算，樣區設置至少 10 個。

3. 資料統計與分析

3.1. 植相分析

3.1.1. 植物族群與分布特性分析

植物分布的原生、特有依臺灣植物誌 Flora of Taiwan II (Boufford et al. 2003) 判定；珍稀植物依據 2017 臺灣植物紅皮書(臺灣植物紅皮書編輯委員會 2017) 判定；歸化植物(naturalized plant species)參考 Wu et al. (2004)、Chen (2008)和張芷瑩(2007)進行區分。依桃園煉油廠植相調查結果，建立科、屬、種製作維管束植物種類清單，並在每個分類群標示原生、特有、珍稀等級、外來及歸化等屬性，並分析各屬性植物種數。

3.1.2. 植物生活型譜與蕨類商數

一地區出現的維管束植物種類組成，可視為植物與環境長期綜合作用下的結果；因此，出現的植物種類常可反應對其生長環境所具有之特殊習性，即植物的生活型(life-form)。生活型根據種子植物對不良環境之抵抗力與適應力來分類，而以生存芽受保護的程度來決定對不良環境之適應性(劉崇瑞&蘇鴻

傑 1983)。雖然 Raunkiaer 生活型分類過分強調生活型與氣候之關係，忽略土壤與歷史(冰河期)之影響，但目前仍常應用於生態調查統計植物組成特性，或印證植物與氣候之相關性(劉崇瑞&蘇鴻傑 1983; 鄭婷文等 2012; 王偉等 2013)。本研究仿應用 Raunkiaer 生活型分類系統進行分類，統計各型所佔之種類百分率並製成生活型譜(life-form spectrum)。

Raunkiaer (1934)依照種子植物生存芽高低，將植物生活型分類如下(劉崇瑞&蘇鴻傑 1983)：

- a. 挺空植物或地上植物(phanerophytes, P)：渡過不良環境之生存芽，高挺入空中，位於多年生且有背地性之莖或枝條頂端。多為喬木，其芽受保護最少。
- b. 地表植物(chamaephytes, C)：生存芽位於地面甚近之枝上(通常不超過 25 cm)，可受冬雪或枯枝落葉層之保護，如一般小灌木或亞灌木植物。
- c. 半地中植物(hemicryptophytes, H)：生存芽恰位於土表，可受冬雪、落葉層及土壤之保護，大多二年生及多年生之草本均屬此型。
- d. 地中植物(cryptophytes, G)：生存芽完全埋入土中或浸入水中，可受土壤或水之保護。
- e. 一年生植物(therophytes, T)：無生存芽，植物在極短之生長季完成生活週期。

以上所述及之生活型僅針對種子植物進行區分，對於蕨類植物 Raunkiaer (1934) 另提出蕨類商數(Pteridophyte-Quotient, Ptp-Q)，用來說明氣候乾濕現象與有無明顯乾季。其公式如下：

$$\text{Ptp-Q} = \frac{P \times 25}{S}$$

式中 P 為蕨類植物種數，S 為種子植物種數。

3.2. 植群分析

本研究彙整長期樣區與臨時樣區的植物社會與環境因子資料進行植群分析。利用生態分析軟體 PCORD 5.0 或 R package 進行植群分析，分析項目包括植群分類、族群結構分析(Daubenmire 1968; 劉崇瑞&蘇鴻傑 1983)、物種歧異度分析、梯度分析等，探討植群組成結構與環境關係(蘇鴻傑 1987; ter Braak & Verdonschot 1995)。

首先對野外調查的喬木層與地被原始資料之植物種類進行編碼，於文書處理軟體中輸入樣區植物種類、代碼及各物種之胸徑、株數、覆蓋面積等，分別計算各物種於調查樣區中之密度、頻度及優勢度，再轉換成相對值。

$$\text{密度 (density)} = \frac{\text{某種植物株數之總和}}{\text{所調查之總樣區數}}$$

$$\text{頻度 (frequency)} = \frac{\text{某種植物出現之總樣區數}}{\text{所調查之總樣區數}}$$

$$\text{優勢度 (dominance)} = \frac{\text{某植物覆蓋面積總和}}{\text{所調查之總樣區數}}$$

$$\text{相對密度 (relative density)\%} = \frac{\text{某種植物的密度}}{\text{所有植物密度的總和}} \times 100 \%$$

$$\text{相對頻度 (relative frequency)\%} = \frac{\text{某種植物的頻度}}{\text{所有植物頻度的總和}} \times 100 \%$$

$$\text{相對優勢度 (relative dominance)\%} = \frac{\text{某種植物的優勢度}}{\text{所有植物優勢度的總和}} \times 100 \%$$

樣區喬木層介量以重要值指數(importance value index, IVI)表示，地被層介量以重要值(importance value, IV)表示，代表某植物在樣區中所占有之重要性。

重要值指數(IVI)=相對密度+相對頻度+相對優勢度

重要值(IV)=相對頻度+相對優勢度

本研究以森林植物社會各樣區物種之重要值指數為基礎，利用 PC-ORD 5.0 (McCune & Mefford 2011) 將森林喬木層與地被層分別進行群團分析(cluster analysis)，利用 Sørensen 相似性及束狀連法的加權平均法進行樣區連結並繪製樹形圖(dendrogram)，分析結果可提供樣區群間之相似性水準(蘇鴻傑 1996)；根據此樹狀圖，依不同相似性百分率之臨界值(threshold)，來劃分不同相似程度之植物社會(王偉 2022)。劃分出數個植群型之後，再依該植群型之優勢種(dominant species)來命名，並加以描述其植物組成和環境狀態。

3.3. 物種多樣性分析

本研究以物種數、夏農歧異度指數(Shannon-Wiener index, H; Shannon & Wiener 1949)、均勻度指數(Pielou 1977)比較植群樣區與植群型的物種多樣性。

$$\text{夏農歧異度指數 } H = -\sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \times \ln \frac{n_i}{N}$$

s 為物種數， n_i 為第 i 個物種的個體數，N 為樣區內總個體

$$\text{均勻度指數 } E = \frac{H}{\ln S}$$

H 為夏農歧異度指數，S 為物種數

3.4. 林木族群結構

本研究根據植群型分類結果，將各植物社會中佔優勢的樹種挑選出來，分析各樹種之徑級結構(王俊閔等 2010)。首先依樹種特性及胸徑尺寸，以 3、5 或 10 cm 設定適宜的直徑級別，橫座標表示徑級，縱座標表示株數，計算每

徑階之株數，依結果描繪徑級分布圖，以瞭解桃園煉油廠優勢樹種在不同植物社會之組成結構，推斷各植群演替的階段及趨勢。

3.5. 植群梯度分析

為了解植群組成結構與環境的關係，本研究進行梯度分析，分析方法包括降趨對應分析(detrended correspondence analysis, DCA)與典型對應分析(canonical correspondence analysis, CCA)。首先將森林的上層或地被層的重要值指數或重要值經文書處理軟體計算後，以重要值矩陣代入 PC-ORD 5.0 (McCune & Mefford 2011) 進行降趨對應分析和典型對應分析。DCA 為將樣區的組成變化予以量化呈現於較少維度(dimensions)的空間，目的在於說明植物社會之變異，主要以前 3 個序列軸代表植群之變異方向，並繪製成排序圖得出植群類別的分布情況，再依實際森林與環境資料推論其空間排序之意涵(劉崇瑞&蘇鴻傑 1983; 王偉等 2022)。若 DCA 的軸長大於 4 個標準偏差(standard deviation, SD)，則與環境因子進行 CCA (ter Braak & Verdonschot 1995)。CCA 將樣區之物種矩陣與環境因子矩陣做結合，目的在於說明物種與環境因子之間的關聯性(Zhao et al. 2017)，其結果可得出各梯度軸能解釋物種與環境之變異量(variance)，及個別環境變數解釋物種組成變異的百分比(ter Braak & Verdonschot 1995)，並繪製分布圖以了解樣區與物種在各環境梯度之分布情形。

3.6. 植群碳儲存評估分析

a. 立木材積計算

藉由樣區調查之胸高直徑與樹高資料，參考行政院農業部辦理國有林林產物處分作業要點之樹木形數計算立木材積，公式如下：

$$V = (\text{DBH})^2 \times 0.79 \times H \times F$$

V 為立木材積(m^3)，DBH 為胸高直徑(m)，H 為樹高(m)，F 為形數。材積式所用樹木之形數一般以 0.45 為基準，若有特定樹種或最新的文獻，則使用文獻之對應數值進行計算。

另透過羅紹麟、馮豐隆(1986)提出適用於闊葉樹的材積式進行計算，比較兩者所計算出樹木材積差異，公式如下：

$$V = 0.0000862 \times \text{DBH}^{1.8742} \times H^{0.8671}$$

b. 立木碳儲存計算

立木碳儲存量則參考 IPCC (2006)，公式如下：

$$C = V \times \rho \times \text{BEF} \times (1+R) \times \text{CF} \quad (\text{IPCC 2006})$$

C 為單株碳儲存量(kg)， ρ 為木材密度(kg/m³)，R 為根莖比，BEF 為林木生物量轉換成地上部生物量的擴展係數(若不知則設定為 1)，生物 CF 為碳含量 (%)。本研究採 IPCC (2006)建議亞熱帶潮濕森林之(1+R)參考值為 1.24。木材密度 ρ 、與碳含量 CF 參考趙國容等(2022)水土保持樹種碳存量估算參數之資料庫；無資料者木材密度以平均值為 0.55 ± 0.12 (g/cm³) (n = 208)、臺灣原生物種種階層的碳含量平均值為 46.0 ± 2.0 % (n = 95)進行計算。

另可利用地上部生物量(AGB)計算生物量方式計算碳儲量，趙國容等(2022)提出(Chave et al., 2014)根據全球熱帶地區生物量公式所推導出之值，最接近國內實際測量樹木生物量，公式如下：

$$AGB = 0.0673 \times (\rho \times DBH^2 \times H)^{0.976} \quad (\text{Chave et al. 2014})$$

此公式所推導基礎為全球熱帶林樹種，因此較不受特定樹種或研究區域影響，因此趙國容等(2022)建議臺灣計算碳儲量，可根據(Chave et al. 2014)之公式與 IPCC (2006)公式修正後進行，公式如下：

$$\begin{aligned} C &= AGB \times BEF \times (1+R) \times CF \\ &= 0.0673 \times (\rho \times DBH^2 \times H)^{0.976} \times BEF \times (1+R) \times CF \end{aligned}$$

c. 草本碳儲存量計算

利用地被之乾重取樣與對應碳比例估算全樣區草本碳匯，依 IPCC (2006)建議，草本層碳含量約為 0.47%進行計算。

d. 計算樣區碳儲存量

計算將各樣區內之立木碳儲存量與草本植物生物量，並依植群型分型結果區分不同植群型之碳儲存量。

e. 估算桃廠全區碳儲存量

利用 GIS 數化現場所調查之各植群型對應面積，將各植群型面積對應碳儲量累計，估算出桃廠全區碳儲存量。

(二)哺乳動物

1. 中大型哺乳動物調查

紅外線自動感應式照相機(圖 6)的拍攝原理為透過被動式紅外線感應器，偵測內溫動物如哺乳類及鳥類，或快速移動的物體，以引發快門拍攝。具有節省

人力及時間成本、對動物干擾較少、資料可規格標準化與有較高機率偵測習性較隱密物種等優點(Bondi et al. 2010; 裴家騏 2005)，近年來已逐漸成為調查中大型哺乳動物的主要工具，用來了解物種的組成、分布、社會結構及活動模式等生態習性與族群動態(O'Connell et al. 2010)。

本研究搭配植物社會設置的長期樣區，架設 10 臺自動照相機(另外於 2023 年 12 月增設 5 臺，其中廠內水源處 2 臺；廠外 3 臺)，相機間距離至少 500 m，相機架設位置考量周遭地勢、植被鬱閉度、動物可利用資源、動物痕跡如獸徑或排遺等，相機架設之離地高度為 50-100 cm，並依照地形的高低起伏調整相機之拍攝角度，相機架設位置皆使用 GPS 進行定位。相機架設完成後，約每 2 個月巡視一次以確保相機正常運作，更換電池與記憶卡。本研究將自動相機所拍得的影像視為一項定點計數(point-count)的資料，計算每一臺自動相機樣點的出現指數(occurrence index, OI 值)來代表目標物種在各樣點環境的相對活動頻度，其計算方式如下(裴家騏 1998)：

$$OI \text{ 值} = \frac{\text{特定物種於該樣點之有效影像數}}{\text{該樣點之總工作時數}} \times 1000 \text{ 小時}$$

有效影像的定義為在 1 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；而同一影像若記錄有 1 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(裴家騏&姜博仁 2002)。總工作時數則是從完成相機架設並運作開始計算，至研究人員取回資料時所拍攝到第一張影像時間止。由於較小型之哺乳類動物，不易進行影像鑑定，故僅針對體重 200 g 以上的中大型哺乳類動物進行物種鑑定，拍攝到的影像依據不同物種及樣區進行分類並計算 OI 值。為比較哺乳動物於不同季節相對活動頻度與空間分布的差異，本研究計算各相機樣點的季節出現指數，計算方式為該季節有效影像總數除以該季節總工作時數再乘以 1000，各季節以春季(3-5 月)、夏季(6-8 月)、秋季(9-11 月)及冬季(12 月至隔年 2 月)區分。

紅外線自動感應式照相機所拍攝的影像亦可用以建構活動模式(activity pattern) (裴家騏&姜博仁 2004; 胡正恆等 2018; 姚正得等 2019)。因此，有效影像數太少的物種若無法呈現出時段間的影像數差異，將無法建構較具代表性或可信的活動模式。一般而言，半日活動者須達 50-60 張，而全日活動者須有 100-120 張以上之有效影像，且涵蓋各可能活動時段者所建構之活動模式較具

意義(裴家騏 2005)。活動模式計算一天中各個小時的出現指數(hourly OI)，再以每小時的出現指數在一天 24 個小時的分佈來產生各動物的日活動模式。活動量百分比是將 100%之活動分配於 24 小時，平均 1 小時為 4.17%，高於此值代表活動量高於平均期望值，其前提為自動相機於一天中的每一時段有效工作時數均等，動物若在某一時段活動(或移動) 的程度愈高，被相機拍攝到的機率越大，反之則較不活動(裴家騏&姜博仁 2004)，其計算方式如下：

$$\text{某時段活動量百分比} = \frac{\text{該物種於某時段之有效影像數}}{\text{該物種全部有效照片數}} \times 100\%$$



圖 6. 本研究使用紅外線自動感應式照相機

2.小型哺乳動物調查

本研究每兩個月進行一次小型哺乳動物捕捉。為了配合桃園煉油廠區的作業時間，每次架設陷阱僅能放置一夜。會在每個自動照相機設置點周圍各設置 5 個薛門氏式活捕捉器(Sherman live trap)。而調查自 113 年 6 月開始調整為每個樣區設置 3 門薛門氏陷阱(圖 7)及 2 個掉落式陷阱(圖 8)。每組掉落式陷阱包含兩個相距 1 m 的攔截籬，並在兩端挖洞埋入桶狀陷阱(開口直徑 8.5 cm，深約 17 cm)，使塑膠桶的開口切齊地面。此裝置利用鼯形目動物遇到攔截籬障礙會沿著邊緣前進的習性，使其掉落預先埋設的桶中，增加捕捉到鼯鼯的機率(李玲玲 2003)。投放的餌料有地瓜與花生醬、煎香腸、紅燒排骨。每次在調查日於下午 5 時設置捕捉器，次日早晨 7:00-12:00 檢查自捕捉到的小型哺乳動物拍照建檔，辨認物種並標記後即釋放。



圖 7. 薛門氏式捕捉器



圖 8. 掉落式陷阱

3. 蝙蝠調查

調查使用手持超音波偵測器及排程錄音機進行，說明如下。

3.1 手持超音波偵測器

沿計畫範圍內道路固定距離設置陸域樣站，共設置 17 處陸域樣站(圖 9)，每 3 個月進行 1 次調查。調查人員於暮光時間起 3 小時內以蝙蝠超音波偵測器(Wildlife Echo Meter Touch 2 Pro)進行錄音，每 1 樣點錄製 5 分鐘，再依聲紋判識蝙蝠種類。

3.2 排程錄音機

於 10 處植物長期樣區(圖 9)分別設置 1 臺排程錄音機(AudioMoth)，該錄音機可錄製音頻達 192 KHz，計畫執行期間每日暮光時間起錄製 5 分鐘，音檔攜回後每月挑選蝙蝠最多的 1 日，再依聲紋判識蝙蝠種類。

4. 分析方法

本研究調查哺乳類動物名錄所使用之學名及保育等級參照行政院農業部(2019)公告之陸域保育類野生動物名錄，分別依科、屬製作植物種類清單，建立物種基本資料庫以了解該區域的物種組成特性。將各調查季記錄的哺乳類動物以 PC-ORD 6.0 (McCune & Mefford 2011)進行對應分析(correspondence analysis, CA) (ter Braak 1985)，分析前將記錄僅出現 1 季之稀有種排除，以排序圖呈現每季哺乳類動物群聚組成的變化；並使用 R 語言程序包(R package)及 QGIS 3.16 進行各樣點的哺乳類動物組成群聚空間分析及繪圖。

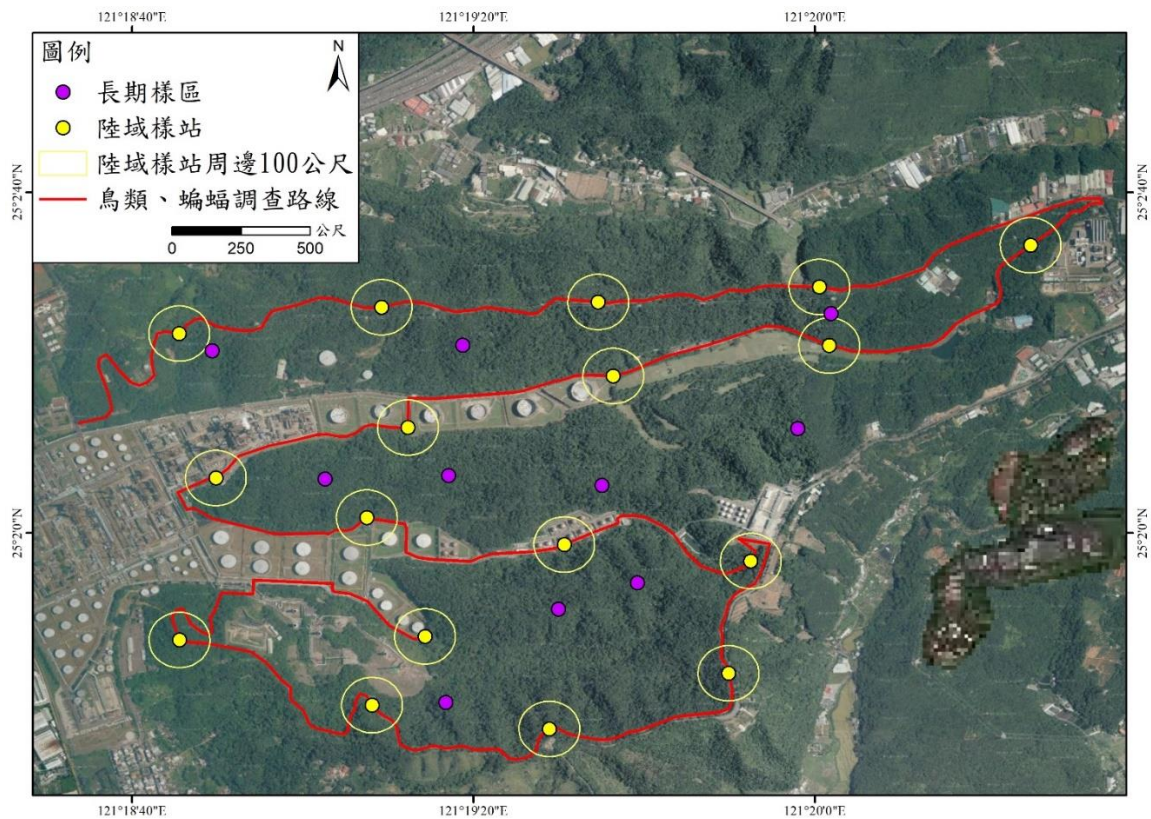


圖 9. 臺灣中油公司桃園煉油廠路域樣站與長期樣區分布圖

(三)鳥類、兩生類與水域動物

1. 鳥類調查

(1) 圓圈法

參考臺灣繁殖鳥類大調查(BBS)，沿計畫範圍內道路固定距離設置陸域樣站，共設置 17 處陸域樣站(與蝙蝠調查樣點相同，圖 9)，每月進行 1 次調查。調查人員於日出時間起至上午 12 時前，依序於調查點使用雙筒望遠鏡定點調查 5 分鐘(Fuller & Langslow 1984)，輔以聲音辨識物種，同時使用錄音器材(Tascam DR-05X)錄製調查時之背景鳥音，調查結束後攜回以確認現場聲音辨識之物種是否正確。

記錄調查點周邊 100 m 範圍內(面積約 3.14 公頃)之鳥類物種、數量及與調查者距離，同時記錄鳥類當下之行為(分成覓食、休息、繁殖、社交)(表 3)，以及鳥類當下利用之棲地類型如森林、灌叢、人工構造物、水域環境等，以瞭解不同棲地對於鳥類之生態功能。此外，於每處調查樣點周邊 100 m 範圍以航照圖判釋森林、灌叢、人工構造物及水域之比例，搭配行為紀錄說明與彙整不同鳥類物種或類群與棲地環境之關聯性。

表 3. 臺灣中油公司桃園煉油廠鳥類調查之行為定義表

行為	說明
覓食	鳥類進食中，或者展現覓食中行為(包含猛禽巡弋、燕科鳥類於空中捕食節肢動物)。
休息	靜止不動或展現理羽、睡眠行為。
繁殖	鳥類展現繁殖季鳴唱、啣巢材、築巢、坐巢、育雛等行為。
社交	鳥類展現鳴叫等非繁殖時之互動行為。

(2)排程錄音機

於 10 處植物長期樣區(與蝙蝠調查相同，圖 9)分別設置 1 臺排程錄音機(AudioMoth)，計畫執行期間每日曙光時間起錄製 5 分鐘，隔 1 小時後再錄製 5 分鐘，暮光時間後再錄製 5 分鐘，後每月挑選鳥類物種鳴叫聲最多的 1 日，再依鳴叫聲辨識物種。

(3)紅外線自動相機

於 10 處植物長期樣區(圖 9)分別設置 1 臺紅外線自動相機，設定與哺乳類動物調查相同，以補充定點計數法較難以調查到之林下鳥種，自動相機記錄到之物種統合於鳥類名錄。

2.兩生類調查

(1)叢塊取樣法

於計畫範圍內之溪流選取 3 處水域樣站(圖 10)，劃設調查叢塊(調查範圍)，叢塊面積寬為溪流寬度，長度 30 m。研究人員於暮光時間起，於叢塊內徒步緩行使用手電筒或頭燈目視搜尋叢塊內兩生類動物，或以鳴叫聲偵測兩生類動物，並記錄物種與數量，調查每 2 個月進行 1 次。研究人員於廠區內進行夜間調查時，發現消防水池旁的溪溝亦具有兩生類動物群聚，因此於 2024 年 4 月起，本計畫於消防水池旁溪溝亦進行每 2 個月 1 次的叢塊取樣調查(圖 10)。

(2)排程錄音機

於 3 處水域樣站(圖 10)分別設置 1 臺排程錄音機(AudioMoth)，計畫執行期間每日暮光時間後錄製 5 分鐘，隔 1 小時後再錄製 5 分鐘，再隔 2 小時後再錄製 5 分鐘，後每月挑選兩生類物種鳴叫聲最多的 1 日，依鳴叫聲辨識物種並補充於名錄中。

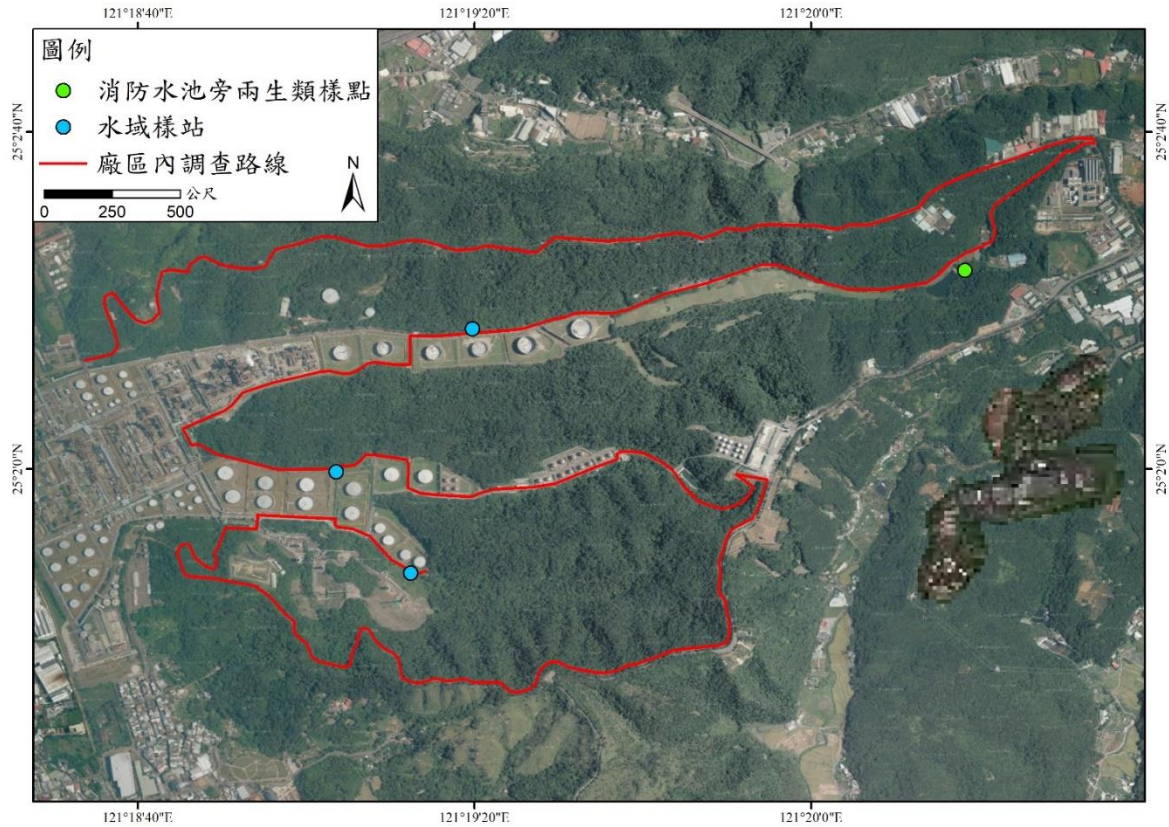


圖 10.臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站與消防水池旁兩生類調查樣點分布圖

3.水域動物調查

(1)水域樣站

水域樣站調查以誘捕法及網捕法進行，每 3 個月進行 1 次調查，說明如下。

A.誘捕法

於計畫範圍內之溪溝選取 3 處水域樣站(與兩生類調查相同，圖 10)，各水域樣站設置 3 個中蝦籠(口徑 11 cm)與 6 個小蝦籠(口徑 8.5 cm)，並以吳郭魚誘餌為餌料進行誘捕，記錄採集到之魚類物種、數量、體長與重量(江政人 2016; 蔡志偉&江政人 2017)，魚類個體於記錄結束後原地釋放。

B.網捕法

於水域樣站(圖 10)使用八卦網(5 網)及手抄網(5 網)捕捉魚類，此方法可捕獲較不易進入陷阱之表層魚、體寬較寬之側扁形魚類及躲藏於岸邊草本植物中之體型較小魚類(江政人 2021)，網捕法採集到之魚類均記錄物種名、數量、體長與重量(江政人 2016; 蔡志偉&江政人 2017)，記錄結束後即將魚類個體原地釋放。

(2)消防水池

除了 3 處水域樣站外，因應委託單位所須，本計畫於 2024 年 5 月額外於廠

區內駐警隊旁之消防水池進行 1 次水域動物調查，以瞭解消防水池內之水域動物組成。由於消防水池為廠區內重要的消防設施，加上消防水池水深較深，周邊具有無法通行路段，以及高度落差較大的區域，因此本計畫僅於委託單位允許的區域內，並於委託單位陪同下進行陷阱設置(圖 11)。陷阱前 1 日 14 點設置，隔日 10 點回收，詳細調查方式說明如下。

A. 誘捕法

於水池周邊選取 3 處適合設置陷阱之環境，各處設置 1 具 5 m 長的蛇籠、3 個中蝦籠(口徑 11 cm)與 3 個小蝦籠(口徑 8.5 cm)，並以吳郭魚飼料及秋刀魚塊為餌料進行誘捕，記錄採集到之魚類物種與數量(江政人 2016；蔡志偉&江政人 2017)，魚類個體於記錄結束後原地釋放。

B. 網捕法

水池西側的水面下具有由岸邊往池央逐漸變深的水泥緩坡，此緩坡範圍極大，使得八卦網無法拋至池底，僅能落於緩坡面上(捕獲效果相當有限)，因此本計畫僅於水池東側(圖 11)使用八卦網(5 網)捕捉魚類，以捕獲較不易進入陷阱之表層活動物種(江政人 2021)，網捕法採集到之魚類均記錄物種名與數量(江政人 2016；蔡志偉&江政人 2017)，記錄結束後即將魚類個體原地釋放。



圖 11. 臺灣中油公司桃園煉油廠消防水池調查樣點分布圖

4.環境與微棲地因子調查

(1)環境因子

為了瞭解不同兩生類動物較常利用或較常出現的環境，本計畫分別於3處調查叢塊旁設置溫度、濕度自動監控儀器(HOBO U23)，以長期記錄調查叢塊旁之環境溫度與相對濕度。儀器記錄頻度為每15分鐘記錄1筆，本計畫每2個月回收1次資料。

(2)微棲地因子

除了環境因子外，每季的水域調查時，由研究人員記錄3處水域樣站之微棲地因子，如水域型態、植被覆蓋、底質比例、水深、流速、水質等，將測得之微棲地因子與兩生類及魚類組成進行分析，以瞭解動物組成與微棲地間之關係(呂映昇&孫建平 2010)。

5.分析方法

(1)多樣性指數

物種多樣性指數採用夏農多樣性指數(Shannon-Wiener Index)，公式如下：

$$H' = -\sum (P_i \times \ln P_i)$$

$$P_i = \frac{N_i}{N}$$

H'指數數值範圍多介於1.5~3.5之間，可綜合反應一群聚內生物種類之豐富程度及個體數在種間分配是否均勻。此指數越大時表示此地群落之物種越豐富，即各物種個體數越多越均勻，代表此群落歧異度較大，若此地群落只由一物種組成則H'值為0。通常成熟穩定之生態系擁有較高的歧異度，且高歧異度對生態系的平衡有利，因此藉由歧異度指數的分析，可以得知調查區域是否為穩定成熟之生態系。

(2)多元尺度群集分析

本計畫以Bray-Curtis做出相似性矩陣，再以階層式群集分析(hierarchical cluster analysis, CLUSTER)或非計量多元尺度分析(non-metric multidimensional scaling, NMDS)，繪製出樹枝狀集群圖與空間分布圖，以瞭解各生物類群在時間或空間上之組成差異。組間差異顯著性以相似性分析(analysis of similarities, ANOSIM)進行檢定，若組間具有顯著性，再以相似程度貢獻分析法(similarity percentages, SIMPER)找出差異分組及各因子貢獻百分比。

(3)多變量冗餘分析

若環境與生物因子具有相關性，則可進一步瞭解生物因子與環境因子間之關聯，以 Bray-Curtis 做出相似性矩陣後，透過多變量冗餘分析(distance-based redundancy analysis, db-RDA)進行多重依變數及自變數關聯性檢定，瞭解主要影響生物群落變動之環境因子為何。

四、預期成果與效益

本計畫將完整瞭解桃園煉油廠廠區周邊相思樹林生態環境狀況，包括植物、哺乳類、鳥類、兩生類動物之組成及分布，瞭解廠區內動物群聚與環境的關係，提供臺灣中油公司桃園煉油廠淺山生態系環境教育與生態保育之參考應用。此外，以桃廠作為林口臺地與南崁溪的綠地與藍帶的樞紐，串連臺灣北部、西北部低海拔生態綠網重要保育熱點，期能以環境保護(environment)、社會責任(social)以及公司治理(governance)為方針，成為臺灣經濟發展與生態保育並重的企業經營永續發展模範。

(一)有形效益

1. 瞭解桃園煉油廠區生物組成、分布狀況，以及環境對生物群聚之影響。
2. 建立桃園都會區重要生態廊道，維持林口臺地淺山生態系生物資源的永續性。
3. 提供臺灣中油公司對廠區內淺山生態系保育之經營管理與政策參考。
4. 本計畫所紀錄之照片檔案及研究成果可提供桃園煉油廠生態保育與環境教育科普解說手冊的題材。

(二)無形效益

1. 藉由集水區發展歷程，探討廠區土地利用以提供當地民眾良好環境品質，提升臺灣中油公司綠色企業形象與企業社會責任。
2. 促進臺灣中油公司對於淺山生態系保育工作投入，增進生態系服務功能及價值。
3. 促進臺灣中油公司於經濟開發與生態保育共存的自然永續發展目標。

五、結果與討論

(一) 植相與植群生態

1. 維管束植物組成及特性描述

本研究於桃園煉油廠與其鄰近周遭森林地區，共設置 23 個樣區，分別為場內 10 個永久樣區與 10 個臨時樣區，廠外 3 個臨時樣區(圖 12)，並配合道路沿線進行植物名錄調查。共調查到 111 科 252 屬 358 種維管束植物，分別為裸子植物 4 科 5 屬 5 種，被子植物之雙子葉植物為 77 科 174 屬 241 種、單子葉植物 12 科 47 屬 67 種(表 4)，其中菊科與禾本科物種數最多，均為 24 種，茜草科次之，為 18 種。蕨類植物有 17 科 26 屬 45 種，蕨類商數為 6.62，較曾彥學(2003)對臺灣島所做之蕨類商數平均值 4.01 高，顯示環境相對濕潤。



圖 12. 臺灣中油公司桃園煉油廠區內與區外樣區點位分布圖

本研究區域共記錄到 22 種臺灣特有種植物、61 種歸化植物、21 種栽培種(表 4)。依 2017 臺灣維管束植物紅皮書名錄評定(臺灣植物紅皮書編輯委員會 2017)，此次調查共有 1 種接近受脅植物(NT)為水蓼(*Polygonum hydropiper*)，多分布在北部低海拔地區。1 種易受害植物(VU)為蒲葵(*Livistona chinensis* var. *subglobosa*)，原產地包含臺灣龜山島、中國南部、日本、琉球等，常用為庭園樹或行道樹；廠內森林稜線區域有數株小苗，由於桃園低海拔非本種原生區域，推測是種子傳播後的下種更新苗。2 種瀕危植物(EN)，分別為流蘇樹(*Chionanthus retusus*)與竹柏(*Nageia nagi*) (圖 14)。流蘇樹原產地包含林口臺地、角板山、南崁、新竹湖口等區域，亦分布於中國、日本、韓國。僅分布於低海拔森林區域，因原生棲地與人類活動區域重疊而減少。本研究區位於流蘇樹原生地，桃廠森林稜線區域發現約 15 株(圖 13)，推測是自然生長更新，主要生長於桃廠周圍海拔較高稜線上，偏好林緣或森林孔隙下。竹柏原生於臺灣全島中低海拔的闊葉樹林，野外族群數量較為稀少，桃廠內並無調查到植株，本次調查為在廠區外樣區所見。

表 4. 臺灣中油公司桃園煉油廠研究區域內維管束植物性狀表

	特性	蕨類	裸子植物	雙子葉植物	單子葉植物	合計
類別	科數	17	4	77	13	111
	屬數	26	5	174	47	252
	種數	45	5	241	67	358
屬性	特有	1	1	16	4	22
	原生	45	2	178	51	276
	歸化	-	-	52	9	61
	栽培	-	3	11	7	21
紅皮書保育等級	極危(CR)	-	-	-	-	-
	瀕危(EN)	-	1	1	-	2
	易危(VU)	-	-	-	1	1
	接近受脅(NT)	-	-	1	-	1
	資料缺乏(DD)	3	-	-	-	3

歸化植物多屬於草本植物，大多生長於道路沿線，因廠區定期進行道路除草，道路旁環境干擾較大，容易使歸化植物進入並生長，其中歸化植物以菊科物種數 16 種為最多，禾本科 6 種次之。栽培種則為廠區景觀美化栽種居多，如直幹相思樹(*Acacia mangium*)種植於高爾夫球場旁，但有一些栽培種溢出生長，如軟枝黃蟬(*Allamanda cathartica*)攀附於林緣喬木上(圖 15)。

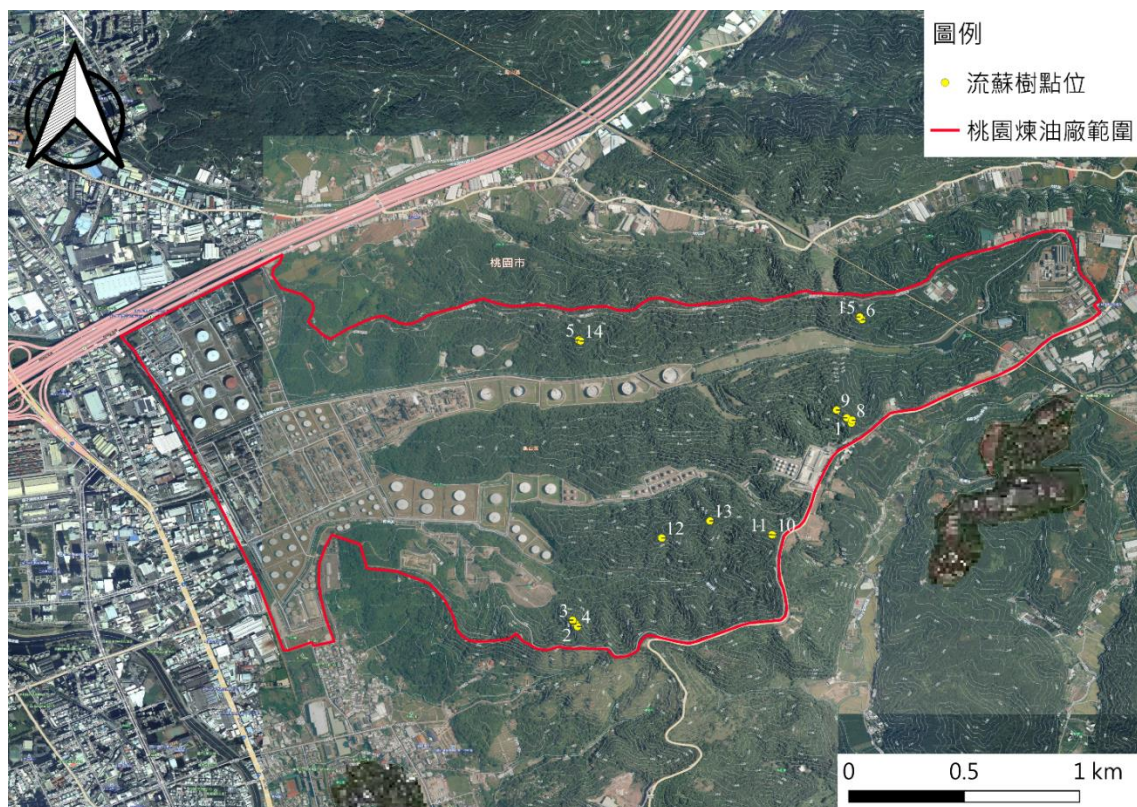


圖 13. 臺灣中油公司桃園煉油廠流蘇樹點位分布圖



紅皮書植物瀕危植物(EN)：流蘇樹



紅皮書植物瀕危植物(EN)：竹柏



紅皮書植物易受害植物(VU)：蒲葵



紅皮書植物近受脅植物(NT)：水蓼

圖 14. 臺灣中油公司桃園煉油廠紅皮書植物植物照片



歸化植物：長柄菊



栽培種：軟枝黃蟬



歸化植物：垂果瓜



栽培種：孔雀椰子



歸化植物：美洲商陸



歸化植物：白千層

圖 15. 臺灣中油公司桃園煉油廠歸化植物與栽培種植物照片

2. 植群分類

本研究將桃園煉油廠與鄰近地區共 23 樣區的資料進行植群分析，樣區位置與環境資料如表 5 與圖 12，植群分型利用連接法進行群團分析，繪製成樹形圖，但本研究區域環境梯度變化不大，植群型物種組成較相似，因此本研究取優勢上木類型進行分型，以閾值 50% 來做為森林優勢植群型的門檻劃分，而可再以 68% 的閾值作為植群亞型的劃分門檻，共可以分為 9 種森林類型(圖 16)。植群以優勢樹種命名，亞型命名則以共優勢種與優勢種搭配命名，以重要值大者置於前面。

表 5. 臺灣中油公司桃園煉油廠研究區域樣區資料表

樣區 編號	海拔 (m)	座標(WGS84)		地形	坡度	坡向	水分 梯度	全天光 空域(%)	pH 值	樣區性質
T1	147	121.313705	25.039278	小稜脊	34	130	7	77.48	3.95	永久
T2	177	121.321872	25.039456	小稜脊	18	150	5	78.20	4.09	永久
T3	231.5	121.333865	25.040487	小稜脊	26	134	7	76.00	4.08	永久
T4	252	121.332776	25.03739	小稜脊	27	270	6	83.43	3.5	永久
T5	250	121.327558	25.031718	小稜脊	14	352	14	85.70	3.67	永久
T6	232	121.324983	25.030854	小稜脊	27	325	12	68.08	3.65	永久
T7	239	121.326397	25.034889	小稜脊	17	267	6	92.68	3.56	永久
T8	183	121.321407	25.035207	小稜脊	22	5	14	91.30	3.98	永久
T9	159	121.317384	25.035091	小稜脊	14	0	14	78.62	3.86	永久
T10	197	121.321314	25.027815	小稜脊	15	45	15	78.23	3.51	永久
T11	229	121.3249655	25.041138	中坡	24	179	3	74.31	4.58	臨時
T12	137	121.322056	25.038011	近溪谷	14	184	3	63.60	5.05	臨時
T13	190	121.329782	25.03644	近溪谷	9	230	2	56.04	3.98	臨時
T14	210	121.338744	25.039902	近溪谷	12	75	13	59.98	4.86	臨時
T15	202	121.335905	25.038319	近溪谷	21	2	14	63.57	3.74	臨時
T16	160	121.323541	25.032374	近溪谷	17	6	14	62.29	4.81	臨時
T17	241	121.325752	25.034961	小稜脊	4	280	6	90.41	3.92	臨時
T18	146	121.321122	25.02975	近溪谷	4	318	10	71.99	5.59	臨時
T19	165	121.324147	25.029151	近溪谷	8	285	8	65.77	4.38	臨時
T20	190	121.32734	25.029116	近溪谷	9	325	10	59.16	4.06	臨時
TA	182	121.312279	25.05681	中坡	20	202	1	62.66	4.54	區外永久
TB	176	121.32651	25.007388	小稜脊	25	355	14	76.82	4.16	區外永久
TC	237	121.338305	25.028914	近溪谷	38	351	14	53.67	4.43	區外永久

森林植群型分群如下：

- I. 江某型 (*Schefflera octophylla* type)
 - 1. 相思樹-江某亞型(*Acacia confuse*- *Schefflera octophylla* subtype)
 - 2. 江某亞型(*Schefflera octophylla* subtype)
 - 3. 臺灣二葉松-江某亞型(*Pinus taiwanensis* - *Schefflera octophylla* subtype)
 - 4. 大頭茶-江某亞型(*Gordonia axillaris* - *Schefflera octophylla* subtype)
- II. 白匏仔型 (*Mallotus paniculatus* type)
- III. 臺灣杪欏型 (*Cyathea spinulosa* type)
- IV. 長枝竹型 (*Bambusa dolichoclada* type)
- V. 山黃麻型(*Trema orientalis* type)
- VI. 桂竹型 (*Phyllostachys makinoi* type)

以下分述各植群型種類：

I. 江某型 (*Schefflera octophylla* type)

江某型為桃廠之主要林型，有 T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7、T8、T9、T10、T11、T12、T13、T17、T19 及區外 TB、TC 樣區，共 17 區，以江某廣泛分布於桃廠，依據樹種組成結構，可再分為相思樹-江某亞型(I-1)、江某亞型(I-2)、臺灣二葉松-江某亞型(I-3)、大頭茶-江某亞型(I-4)。

I-1. 相思樹-江某亞型(*Acacia confuse*- *Schefflera octophylla* subtype)

此林型包含場內 T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7、T8、T9、T10 及區外 TB、TC 樣區，共 12 區，海拔分布為 147-252 m。以相思樹為主要林分結構，另有江某、紅楠伴生，山紅柿(*Diospyros morrisiana*)、臺灣糊欏(*Ilex ficoidea*)零星分布，灌木層以九節木(*Psychotria rubra*)最為優勢(圖 17)。上木多樣性指數平均為 0.72 (0.42-0.91)，均勻度指數平均為 0.29(0.17-0.36)，但地被物種多樣性較低(表 6)。地被層以九節木、芒萁(*Dicranopteris linearis*)、台北鱗蓋蕨(*Microlepia marginata* var. *bipinnata*)與紅果金粟蘭(*Sarcandra glabra*)為常見物種(圖 17)。相思樹林型多生長在稜線與中坡地，環境較為開闊，全天光空域平均為 78.35%(53.67%-92.68%)為桃廠森林面積最大的林型，土壤 pH 值平均為 3.87(3.5-4.43)，屬於酸性土壤(表 5)。相思樹多為過去建廠前即生長在此區，相思樹 DBH 15 -30 cm 數量最多，依徑級結構屬鐘型結構，小徑木數量較少。

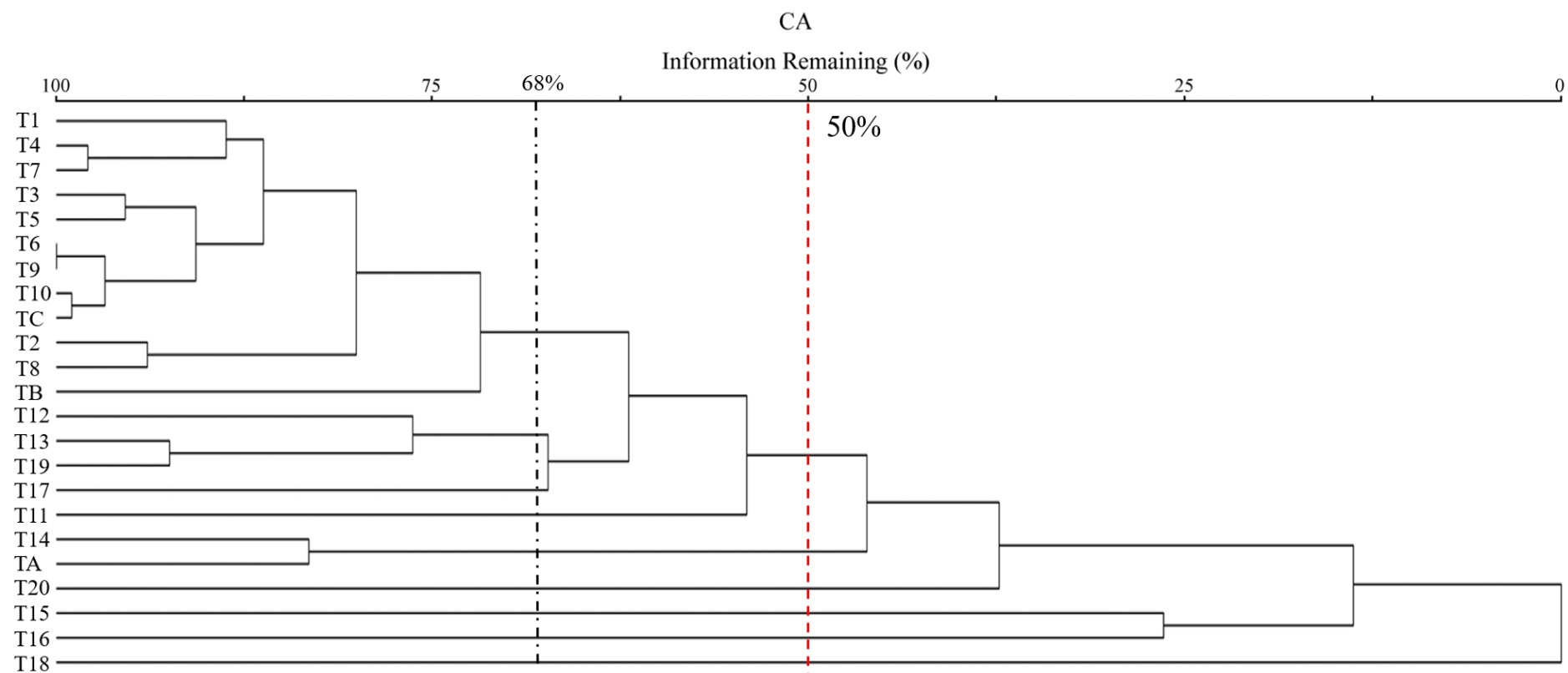


圖 16. 臺灣中油公司桃園煉油廠區內與區外樣區群團分析樹形圖



環境相對開闊乾燥。



上木以相思樹為主。



灌木層以九節木為主。



地被以芒萁等耐旱性植物為主。



紅楠為常見伴生上木。



山紅柿零星分布於林中。

圖 17. 臺灣中油公司桃園煉油廠地區相思樹-江某亞型樣區及物種組成

I-2. 江某亞型(*Schefflera octophylla* subtype)

此亞型包含 T12、T13、T19，共 3 區，海拔分布為 137-190 m。以江某為主要上木，山紅柿(*Diospyros morrisiana*)、刺杜密(*Bridelia balansae*)、樟樹為伴生樹種，灌木層以九節木為主(圖 18)。上木多樣性指數平均為 0.64 (0.46-0.82)，均勻度指數平均為 0.25，地被物種多樣性指數為 0.94 (0.73-1.16)，地被均勻度指數平均為 0.25(表 6)。地被層以廣葉鋸齒雙蓋蕨(*Diplazium dilatatum*)、中國穿鞘花(*Amischotolype hispida*)、風藤(*Piper kadsura*)、紅果金粟蘭、江某為常見植物，地被植物多為耐陰濕植物為主(圖 18)。江某以徑級 1-15 cm 數量較多，成反 J 型結構。江某亞型多生長在溪谷地形，環境較為濕潤，生長環境較為鬱閉，全天光空域平均為 61.8%，土壤 pH 值平均為 4.47(表 5)。



環境相對鬱閉潮濕。



上木以江某為主。



地被常見廣葉鋸齒雙蓋蕨。



地被以耐陰溼植物為主。

圖 18. 臺灣中油公司桃園煉油廠江某亞型樣區及物種組成

I-3. 臺灣二葉松-江某亞型(*Pinus taiwanensis* - *Schefflera octophylla* subtype)

此亞型僅調查到 T17 一區，位於廠內稜線上，海拔分布為 241 m。以臺灣二葉松為主要上木，江某、紅楠、樟樹為伴生樹種，灌木層以九節木為主(圖 19)。地被層以九節木、裏白葉薯榔(*Dioscorea matsudae*)、雙面刺(*Zanthoxylum nitidum*)、台北鱗蓋蕨為優勢(圖 19)。上木物種多樣型指數為 0.48，均勻度指數為 0.2，上木物種多樣性較低，但其地被物種多樣性高於整體平均值(表 6)。臺灣二葉松為陽性樹種，全天光空域達 90.41%，環境相當開闊，土壤 pH 值為 3.92(表 5)，臺灣二葉松可能為前人栽種的人工林，林木徑級均大於 15 cm，呈 J 型結構，並無小苗更新情形，未來演替可能會漸漸被伴生樹種取代。



此型僅位於稜線上。



上木以臺灣二葉松為主。



地被環境相對乾燥。



藤蔓雙面刺多攀緣與喬木上。

圖 19. 臺灣中油公司桃園煉油廠臺灣二葉松-江某亞型樣區及物種組成

I-4. 大頭茶-江某亞型(*Gordonia axillaris* - *Schefflera octophylla* subtype)

此亞型僅調查到 T11 一區，位於環山道路路旁，海拔分布為 229 m。以大頭茶為主要上木，江某、相思樹為伴生樹種(圖 20)，灌木層以九節木為優勢。地被層以芒萁最為優勢(圖 20)，IV 值達 99.9。上木物種多樣型指數為 0.64，均勻度指數為 0.26，但地被因芒萁大量生長覆蓋，其地被物種多樣性指數 0.32，為所有林型中最低(表 6)。大頭茶為陽性樹種，大多生長於林緣開闊處或路邊環境，本樣區應為人工栽種，有一塊大頭茶林在路旁，徑級多為 10-20 cm，呈右偏鐘型分布，其環境相對鬱閉，全天光空域為 74.31%，土壤 pH 值為 4.58(表 5)。



大頭茶-江某亞型位於環山道路旁。



上木以大頭茶為主。



地被受大量芒萁覆蓋。



大頭茶花期於 10 月-2 月。

圖 20. 臺灣中油公司桃園煉油廠大頭茶-江某亞型樣區及物種組成

II. 白匏仔型 (*Mallotus paniculatus* type)

此林型包含廠內 T14 與廠外 TA 兩個樣區，海拔分布為 182-210 m。以白匏仔為主要上木，江某與香楠(*Mac. zuihoensis*)為常見伴生樹種，灌木層以九節木與三叉虎(*Melicope pteleifolia*)為主(圖 21)。廠內與廠外樣區地被差異較大，廠內樣區地被以金粟蘭、廣葉鋸齒雙蓋蕨、風藤為優勢，廠外樣區地被以九節木、三叉虎、海金沙(*Lygodium japonicum*)為主(圖 21)。兩區環境差異較大，廠內白匏仔型位於溪谷地，環境較潮溼，金粟蘭生長於泥濘地中，此區全天光空域為 59.98%，土壤 pH 值為 4.86(表 5)；廠外樣區位於相對乾燥的中坡，全天光空域為 62.66%，土壤 pH 值為 4.54。白匏仔型上木物種多樣性指數平均為 0.74，地被物種多樣性指數平均為 1.04(表 6)。白匏仔為演替初期樹種，在地形相對開闊處易形成優勢樹種，其林木徑級結構為左偏的鐘型分布，DBH 1 -20 cm 數量較多。



廠外樣區環境相對乾燥。



上木以白匏仔為主。



廠內樣區地被受金粟蘭覆蓋。



廠外樣區地被常見物種三叉虎。

圖 21. 臺灣中油公司桃園煉油廠白匏仔型樣區及物種組成

III. 臺灣桫欏型 (*Cyathea spinulosa* type)

此林型調查到 T20 一區，位於桃廠小番仔窩溪上游原始溪谷地，海拔分布為 190 m，全天光空域僅 59.16%，為相對鬱閉之環境(表 5)，以臺灣桫欏為主要樹種(圖 22)，江某與紅楠為其伴生樹種，灌木層以九節木為主。地被以廣葉鋸齒雙蓋蕨與觀音座蓮(*Angiopteris lygodifolia*)等蕨類為優勢(圖 22)，上木與地被物種多樣性較低，分別為 0.48 與 0.74(表 6)。土壤 pH 值為 4.06，本區因桃廠保護，保留較原始的溪谷環境，人為開發干擾低，大型蕨類數量豐富與生長良好，臺灣桫欏徑級多在 10-20 cm，並還有筆筒樹(*Cy. lepifera*)、鬼桫欏(*Cy. podophylla*)等大型樹蕨生長在溪谷兩側。



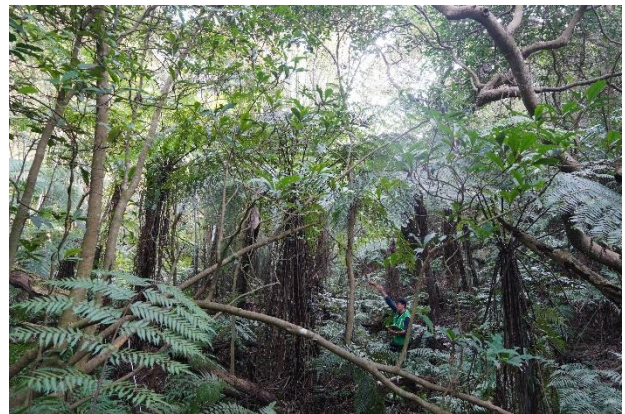
樣區位於溪谷環境。



上木以臺灣桫欏為主。



地被常見大型蕨類觀音座蓮。



溪谷環境無人為干擾，呈現較原始狀態。

圖 22. 臺灣中油公司桃園煉油廠臺灣桫欏型樣區及物種組成

IV. 長枝竹型 (*Bambusa dolichoclada* type)

桃廠在建廠前多有先民居住開墾，建廠搬遷後留下許多開墾痕跡，如廠內常見許多竹林，竹種有長枝竹、桂竹(*Phyllostachys makinoi*)、刺竹(*Bam. stenostachya*)等，長枝竹型本次共調查一區 T15，位於廠內溪谷地，海拔分布為 202 m，全天光空域為 63.57%，主要樹種為長枝竹，水冬瓜(*Saurauia tristyla* var. *oldhamii*)、白匏仔為伴生植物，灌木層以華八仙(*Hydrangea chinensis*)為優勢植物(圖 23)。地被植物以藤蔓類洋落葵、風藤與蕨類廣葉鋸齒雙蓋蕨、觀音座蓮為主，土壤 pH 值為 3.74，屬酸性土壤(表 5)。上木與地被物種多樣性指數分別為 0.76 與 0.84(表 6)，長枝竹為合軸叢生，其徑級多為 5 -8 cm，幾叢散生於林內。



樣區位於溪溝旁相對潮濕。



長枝竹叢生於樣區內。



藤蔓洋落葵攀附於長枝竹上。



有駁坎遺跡，推測為建廠前人留下。

圖 23. 臺灣中油公司桃園煉油廠長枝竹型樣區及物種組成

V. 山黃麻型(*Trema orientalis* type)

此林型僅調查到 T16 一區，位於小番仔窩溪中游旁，海拔分布為 160 m。以山黃麻為主要上木(圖 24)，小葉桑(*Morus australis*)、江某與杜虹花(*Callicarpa formosana*)為其伴生樹種，地被層以廣葉鋸齒雙蓋蕨與熱帶鱗蓋蕨(*Microlepia speluncae*)為常見物種，另有野薑花、姑婆芋(*Alocasia odora*)、小花蔓澤蘭零星分布(圖 24)。上木物種多樣性指數為 0.73，地被物種多樣性達 1.23，為所有樣區最高(表 6)，因山黃麻偏好生長於開闊林緣，本區位於道路旁溪溝，環境濕潤開闊，地被物種生長多樣且茂密，全天光空域為 62.29%，土壤 pH 值為 4.81(表 5)。山黃麻為演替初期樹種生長快速，徑級均大於 20 cm，散生於道路旁。



樣區位於道路溪溝旁。



上木以山黃麻為主。



地被常見物種野薑花。



開闊環境出現小花蔓澤蘭。

圖 24. 臺灣中油公司桃園煉油廠山黃麻型樣區及物種組成

VI. 桂竹型 (*Phyllostachys makinoi* type)

此林型僅調查到 T18 一區，位於小番仔窩溪旁，海拔分布為 190 m。廠內桂竹林目前僅發現此處生長，應為前人開墾後遺留。本區以單桿散生的桂竹為主要上木，竹林邊緣亦有白匏仔、江某與山黃麻生長(圖 25)，林內上木物種多樣性指數為 0.20，為所有植群型中最低(表 6)，地被以淡竹葉(*Lophatherum gracile*)為優勢物種，另有月橘(*Murraya exotica*)、煙火臺(*Carex cruciata*)、番仔藤零星分布(圖 25)，地被物種多樣性指數為 0.82。桂竹林土壤 pH 值為 5.59，為所有植群型中最高，全天光空域為 71.99%(表 5)，桂竹徑級較其他竹種較細，DBH 2-4 cm 數量較多。



樣區以桂竹為優勢種。



地被以淡竹葉為主。



藤蔓風藤常攀附於上木。



竹林邊緣有白匏仔生長。

圖 25. 臺灣中油公司桃園煉油廠桂竹型樣區及物種組成

表 6. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區植群分型之物種多樣性表

植群型		樣區 編號	上木層 物種數 (N)	上木層 夏農指數 Shannon (H')	上木層 均勻度 Pielou (E)	地被層 物種數 (N)	地被層 夏農指數 Shannon (H')	地被層 均勻度 Pielou (E)
I-1	相思樹-江某亞型	T1	10	0.64	0.28	34	1.06	0.30
I-1	相思樹-江某亞型	T2	16	0.91	0.33	30	0.77	0.23
I-1	相思樹-江某亞型	T3	11	0.86	0.36	31	0.75	0.22
I-1	相思樹-江某亞型	T4	12	0.42	0.17	25	0.76	0.24
I-1	相思樹-江某亞型	T5	11	0.79	0.33	23	0.73	0.23
I-1	相思樹-江某亞型	T6	9	0.68	0.31	26	0.60	0.18
I-1	相思樹-江某亞型	T7	14	0.62	0.24	25	0.86	0.27
I-1	相思樹-江某亞型	T8	12	0.74	0.30	31	0.53	0.15
I-1	相思樹-江某亞型	T9	11	0.63	0.26	33	0.71	0.20
I-1	相思樹-江某亞型	T10	15	0.84	0.31	16	0.48	0.17
I-1	相思樹-江某亞型	TB	9	0.71	0.32	35	0.82	0.23
I-1	相思樹-江某亞型	TC	18	0.84	0.29	41	1.10	0.30
I-2	江某亞型	T12	15	0.82	0.30	55	1.16	0.29
I-2	江某亞型	T13	12	0.62	0.25	27	0.73	0.22
I-2	江某亞型	T19	12	0.46	0.19	57	0.91	0.23
I-3	臺灣二葉松-江某亞型	T17	11	0.48	0.20	31	1.03	0.30
I-4	大頭茶-江某亞型	T11	12	0.64	0.26	24	0.32	0.10
V	白匏仔型	T14	10	0.86	0.37	47	1.04	0.27
V	白匏仔型	TA	14	0.63	0.24	44	1.04	0.28
VI	臺灣桫欏型	T20	7	0.63	0.32	42	0.74	0.20
VII	長枝竹型	T15	8	0.76	0.37	39	0.84	0.23
VIII	山黃麻型	T16	7	0.73	0.38	51	1.23	0.31
IX	桂竹型	T18	3	0.20	0.18	44	0.82	0.22

3. 植群與環境關係

透過連續體分析的分布序列法，可以看出植群在連續性上的變化特質，及影響植群分化的環境因子資訊(劉崇瑞&蘇鴻傑 1983)。本研究透過降趨對應分析(DCA)，將 23 個森林樣區進行分析。結果顯示 DCA 總變異量為 5.166，前三軸特徵根(eigenvalue)分別為 3.171、3.838、2.968，變異解釋率分別為 13.04%、11.71%、7.96%，以第一軸解釋程度最高(表 7)。將群團分析法的分型結果帶入到 DCA，可以發現相思樹-江某亞型、江某亞型、大頭茶-江某亞型與臺灣二葉松-江某亞型集中在左下角，其他林型散布於其他方向，白匏仔型、桂竹型沿第一軸分布，臺灣桫欏型、山黃麻型與長枝竹型沿第二軸分布(圖 26)。

表 7. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區上木 DCA 前四軸之軸長、特徵根、變異解釋率及累積變異解釋率表

	軸長 Length of gradient	特徵根 eigenvalue	變異解釋率 variance explained(%)	累積變異解釋率 Cumulative % explained
DCA1	3.171	0.672	13.01	13.01
DCA2	3.838	0.605	11.71	24.72
DCA3	2.968	0.397	7.69	32.41
DCA4	2.640	0.357	6.92	39.32
總變異量 (total inertia) : 5.166				

將各樣區環境因子(海拔、坡度、水分梯度、全天光空域、土壤 pH 值)與 23 個森林樣區上木 IVI 數值資料進行典型對應分析(CCA)，結果顯示 CCA 總變異量為 5.166，前三軸特徵根分別為 0.564、0.366、0.206，變異解釋率分別為 10.92%、7.08%、3.98%(表 8)。在環境因子與軸之相關分析上，海拔、全天光空域與土壤 pH 值與 CCA 軸有顯著性($p < 0.05$)，第一軸與海拔、土壤 pH 值之相關性分別為 -0.787 與 0.990；第二軸與海拔、全天光空域相關性分別為 -0.617 與 -0.985(表 9)，顯示這三個環境因子與植群型分布有相關性。位於第一軸右側的桂竹型樣區土壤 pH 值最高且海拔較低；位於第二軸上方的臺灣桫欏型、山黃麻型與長枝竹型全天光空域較小，顯示這些林型分布在鬱閉的地方，海拔亦較低；位於第二軸下方的大頭茶-江某亞型與臺灣二葉松-江某亞型，全天光空域數值較大，位於環境相對開闊的地形，海拔較高(圖 27)。海拔高度與全天光空域數值具有一定相關性，因嶺頂、小稜脊上的全天光空域值較高，中坡、溪谷地形全天光空域值較低。

表 8. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區上木 IVI 值資料與環境因子 CCA 前四軸相關統計表

	特徵根 eigenvalue	變異解釋率 variance explained(%)	累積變異解釋率 Cumulative % explained
CCA1	0.564	10.92	10.92
CCA2	0.366	7.08	18.00
CCA3	0.206	3.98	21.98
CCA4	0.187	3.62	25.60

總變異量 (total inertia) : 5.166

表 9. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區上木 IVI 值資料與環境因子 CCA 前兩軸相關性及顯著性表

環境因子	與 CCA1 相關性	與 CCA2 相關性	r^2	p-value
alt.	-0.787	-0.617	0.252	0.030
slo.	-0.918	-0.397	0.150	0.224
Mos	-0.118	0.993	0.132	0.238
WLS	-0.172	-0.985	0.358	0.008
pH	0.990	0.140	0.627	0.001

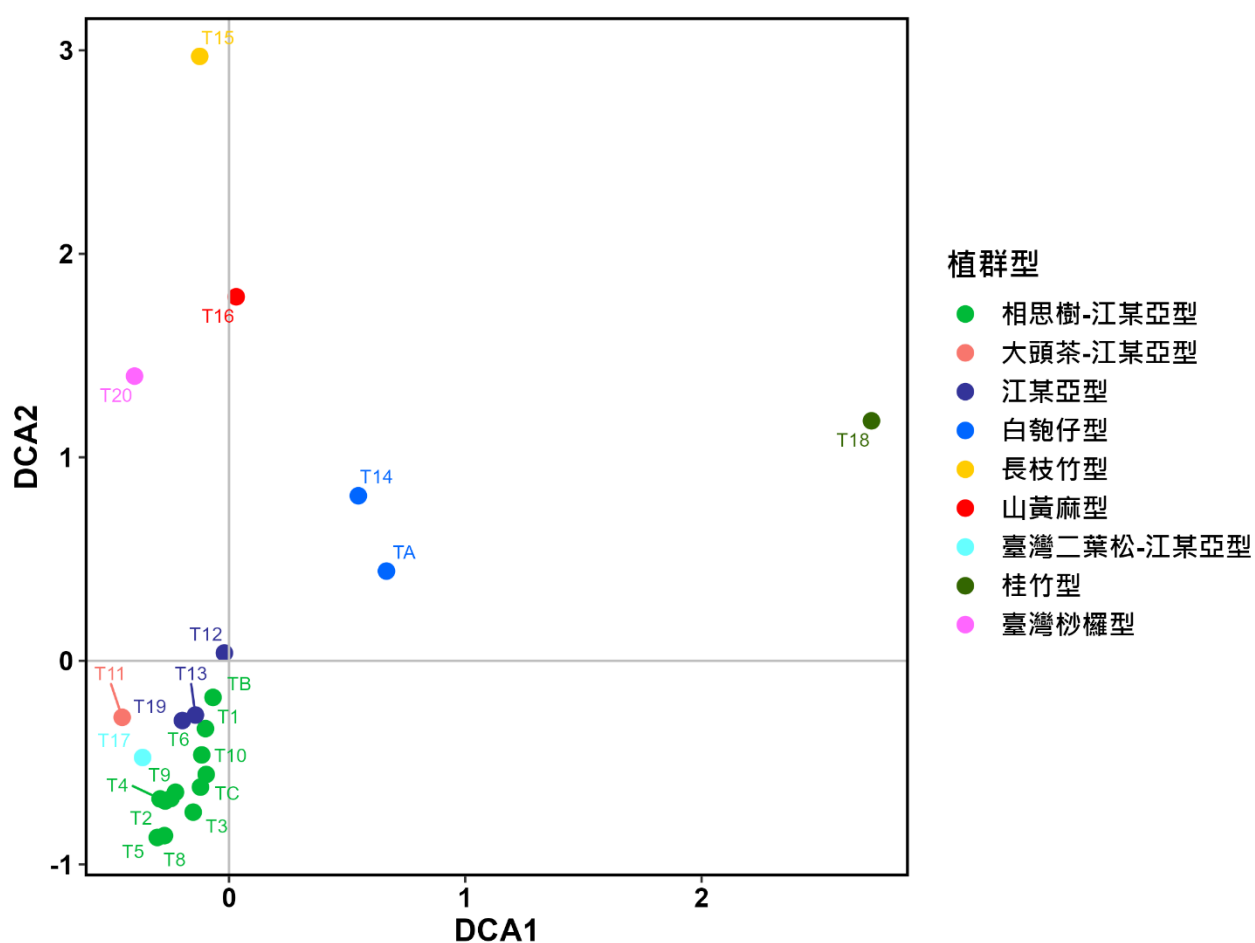


圖 26. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區上木之 DCA 排序圖

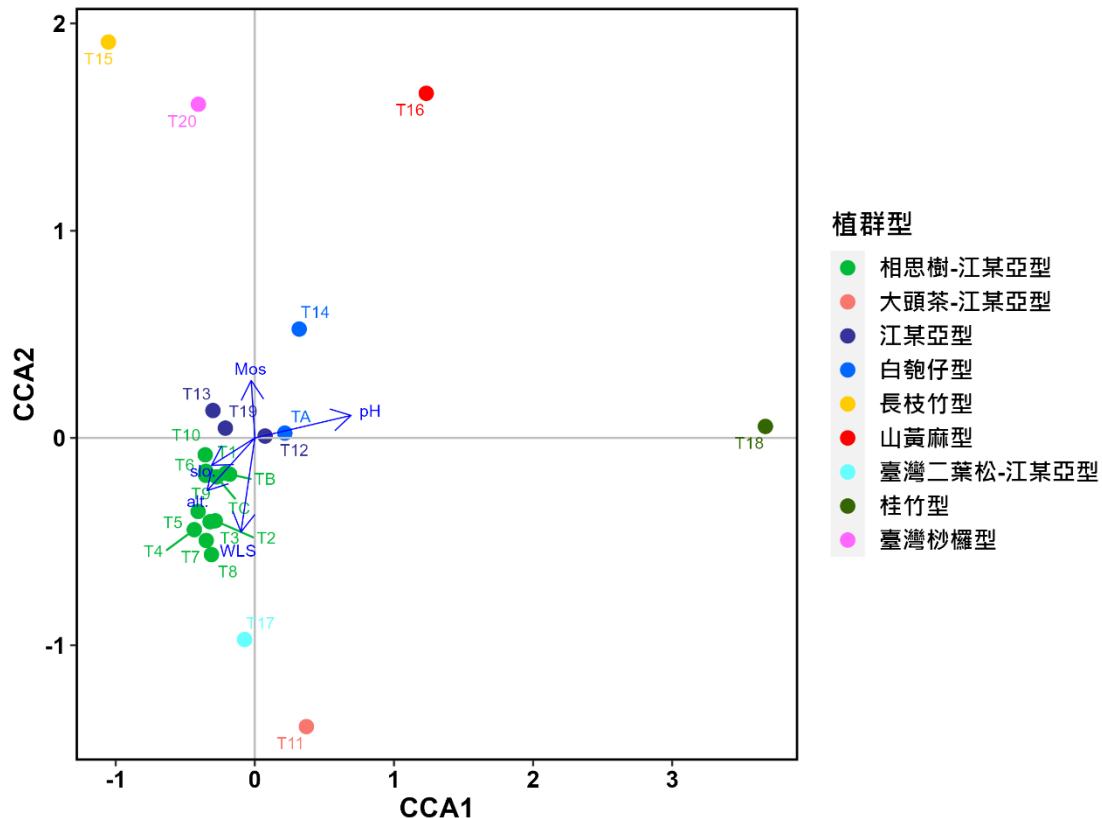


圖 27. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區上木資料與環境因子之 CCA 雙序圖

利用森林地被 IV 值進行 DCA，結果可以發現分成兩個群團，總變異量為 3.935，前三軸特徵根分別為 0.631、0.337、0.250，變異解釋率分別為 16.04%、8.57%、6.34%(表 10)。將植群型帶入後，可以發現相思樹-江某亞型、臺灣二葉松-江某亞型與大頭茶-江某亞型分布在第一軸左側，江某亞型、長枝竹型、山黃麻型、桂竹型與臺灣桫欏型分布在第一軸右側(圖 28)，反應第一軸左側為偏好相對開闊乾燥之地被組成，以芒萁、臺北鱗蓋蕨、海金沙等為主；第一軸右側為偏好鬱閉陰濕的地被物種，如廣葉鋸齒雙蓋蕨、中國穿鞘花、姑婆芋、風藤、觀音座蓮等為主。

表 10. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區地被 DCA 前四軸之軸長、特徵根、變異解釋率及累積變異解釋率表

	軸長 Length of gradient	特徵根 eigenvalue	變異解釋率 variance explained(%)	累積變異解釋率 Cumulative % explained
DCA1	3.153	0.631	16.04	16.04
DCA2	2.623	0.337	8.57	24.62
DCA3	1.947	0.250	6.34	30.96
DCA4	1.844	0.183	4.66	35.62
總變異量 (total inertia) : 3.935				

將環境因子與森林地被 IV 值進行 CCA，結果顯示總變異量為 3.935，前三軸特徵根分別為 0.553、0.311、0.206，變異解釋率分別為 14.06%、7.90%、5.24%(表 11)。環境因子與前兩軸相關分析上，海拔、全天光空域與土壤 pH 值與前兩軸具有顯著性($p < 0.05$)，第一軸與全天光空域、海拔相關性分別為-0.989、-0.746，第二軸與土壤 pH 值、海拔相關性分別為 0.805、-0.666(表 11)。將植群型帶入後，分群結果與地被 DCA 結果相似，位於第一軸左側植群型全天光空域數值較高、海拔較高，顯示小稜脊上地被物種偏好開闊環境；位於第一軸右側植群型之全天光空域數值較低，顯示中坡與近溪谷地地被物種偏好相對鬱閉潮濕之環境(圖 29)。位於第二軸上方植群型土壤 pH 值較大，下方植群型土壤 pH 值較低(圖 29)。

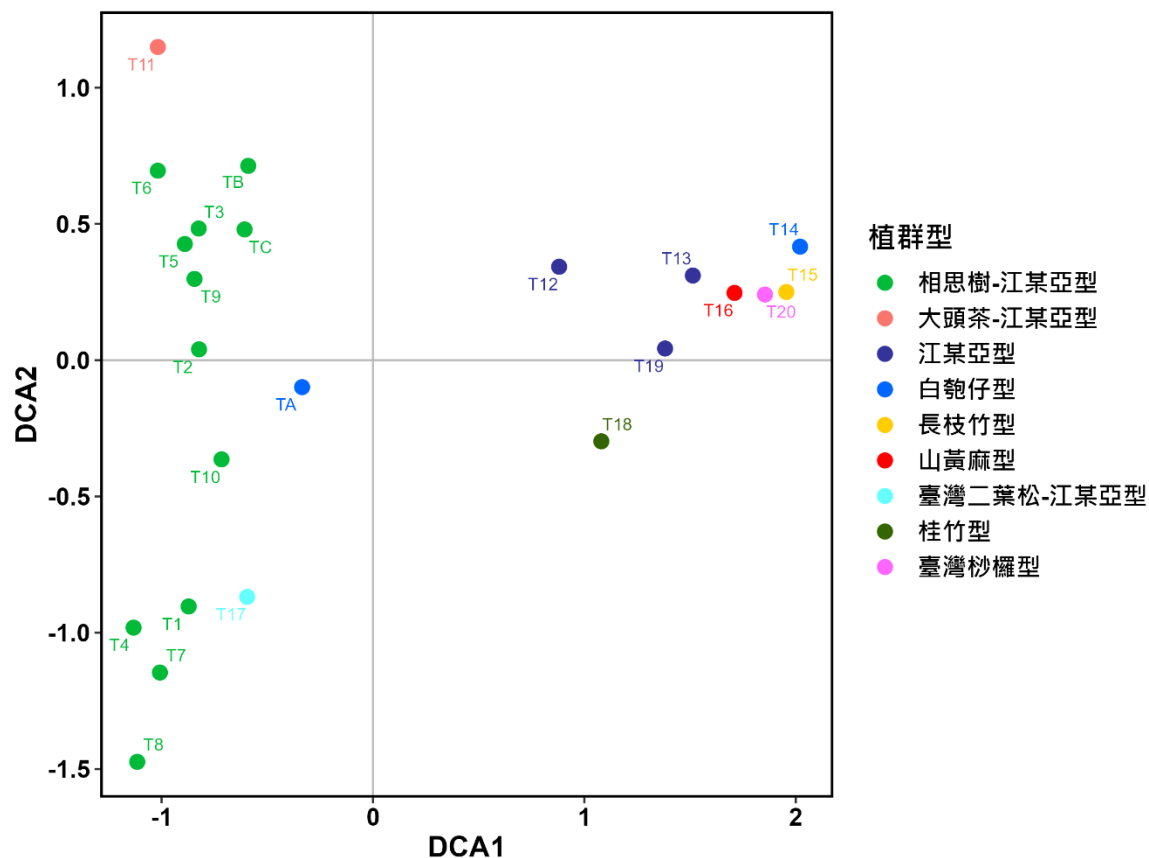


圖 28. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區地被資料之 DCA 排序圖

表 12. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區地被 IV 值資料與環境因子 CCA 前四軸
相關統計表

	特徵根 eigenvalue	變異解釋率 variance explained(%)	累積變異解釋率 Cumulative % explained
CCA1	0.553	14.06	14.06
CCA2	0.311	7.90	21.96
CCA3	0.206	5.24	27.19
CCA4	0.151	3.83	31.02

總變異量 (total inertia) : 3.935

表 11. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區地被 IV 值資料與環境因子 CCA 前兩
軸相關性及顯著性表

環境因子	與 CCA1 相關性	與 CCA2 相關性	r ²	p-value
alt.	-0.746	-0.666	0.265	0.040
slo.	-0.958	-0.288	0.244	0.061
Mos	0.809	-0.588	0.012	0.897
WLS	-0.989	0.150	0.628	0.001
pH	0.594	0.805	0.858	0.001

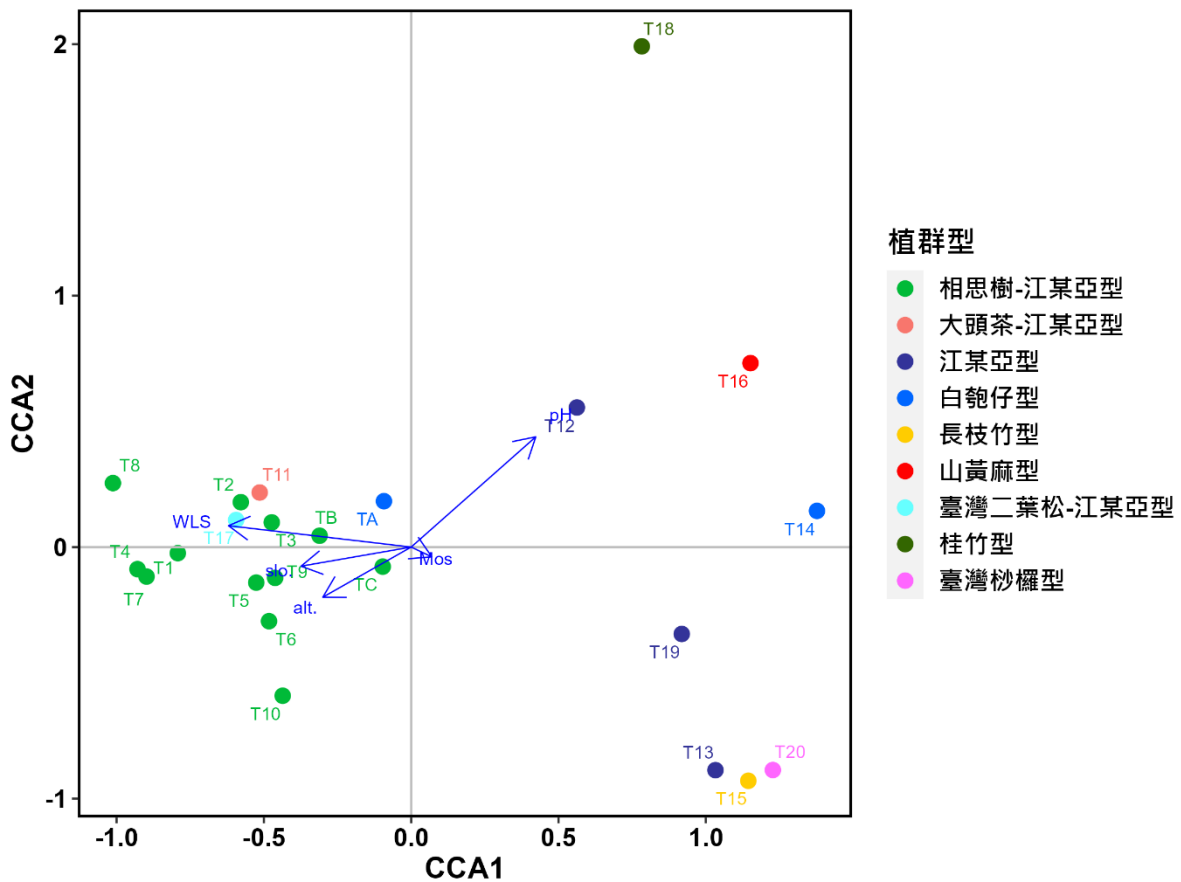


圖 29. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區地被資料與環境因子之 CCA 雙序圖

4. 地被植群與季節關係

本團隊於 2024 年 7 月進行長期監測樣區地被複查，與 2023 年 12 月地被資料進行分析比較，透過兩季地被 IV 值進行 DCA 分析，結果顯示兩季地被植群無太大差異(圖 30)，總變異量為 2.288，前三軸特徵根分別為 0.307、0.239、0.158，變異解釋率分別為 13.41%、10.45%、6.91%。因桃園煉油位於低海拔環境，秋冬兩季雖氣溫較低，但桃園在東北季風影響下，由廠區的生態氣候圖可發現(圖 2)，並無明顯乾季時期，氣候屬於臺灣北部溫暖濕潤之副熱帶氣候區，因此地被植群四季皆可生長，季節對於桃廠植群較無太大影響。

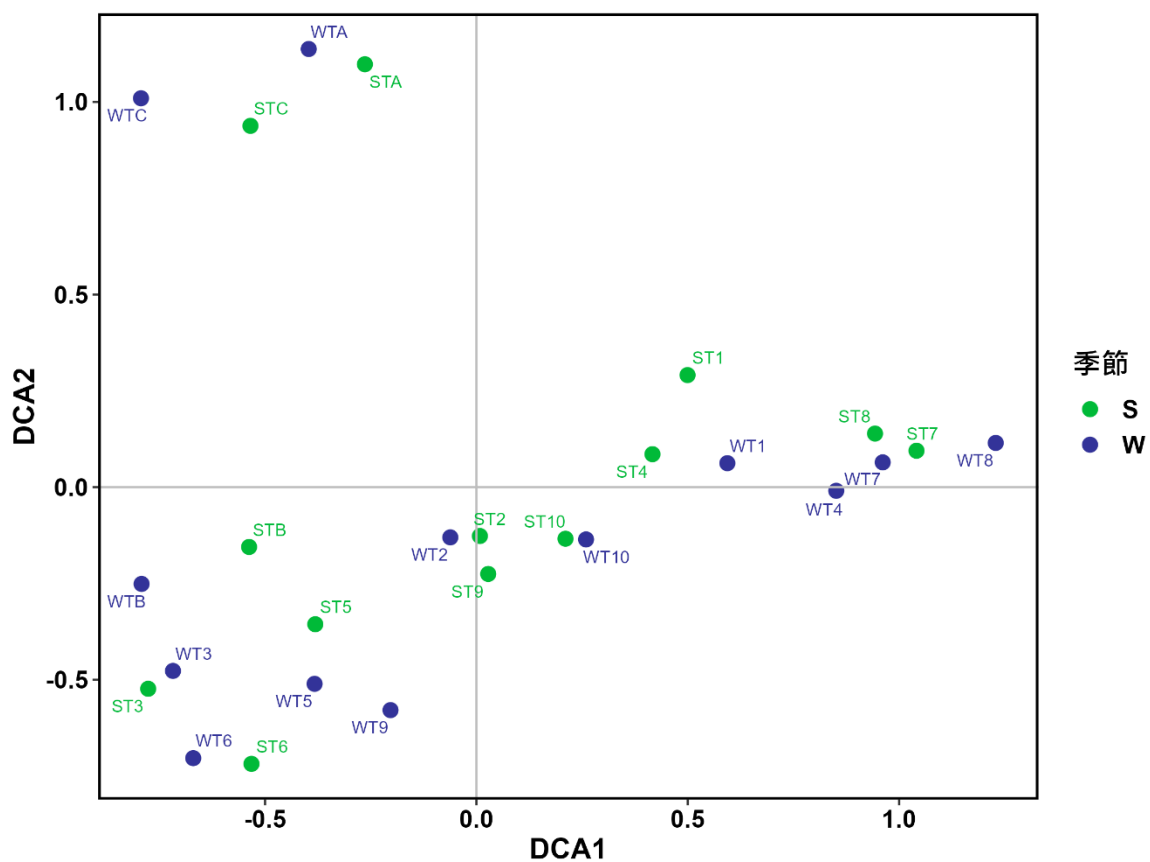


圖 30. 臺灣中油公司桃園煉油廠長期監測樣區夏季(S)、冬季(W)地被資料之 DCA 排序圖

5. 桃園煉油廠區內森林與鄰近森林比較

本團隊於桃廠區外架設 3 個樣區進行調查，以比較廠外植群與廠內植群異同。依植群分型結果，廠外三區分別為兩個相思樹-江某亞型與一個白匏仔型。位於桃廠南側的虎頭山環保公園與軍營旁樣區，該區中坡與稜線仍以相思樹、江某為主要組成樹種，與桃廠內主要森林組成相符，而在廠區北方羊稠坑為白匏仔型，該區為受人為干擾較大區域，樣區附近有前人開墾過痕跡(如：竹林、墳墓等)，因此植物社會以先驅物種：白匏仔、三叉虎為主，與廠內受擾動較大之區域較為一致，整體而言，桃廠鄰近森林植物社會與廠內植群無太大差異之處。

6. 不同時期桃園煉油廠調查植物組成比較

桃園煉油廠於 2002 年與 2006 年均有進行環評相關工作，2002 年「臺灣中油股份有限公司煉製事業部桃園煉油廠滑油工場興建工程環境影響說明書」中調查維管束植物種類共記錄到 84 科 183 屬 232 種植物，廠內可分為兩類森林，第一類為陽性樹種為主要組成的森林，喬木以相思樹、木麻黃、白匏仔與江某為主，林下則以月桃、五節芒為優勢種；第二類為喜陰濕環境之低海拔闊葉林，喬木層以白匏仔、香楠、牛奶榕與大型樹蕨臺灣桫欏與筆筒樹為主，林下則以月桃、觀音座蓮等為主。2006 年「桃園煉油廠第三重油加氫脫硫工場興建計畫環境影響說明書」調查到 76 科 155 屬 252 種植物，廠區森林木本植物以相思樹、紅楠、江某最為優勢，灌木層以九節木為優勢，該環評報告指出，相思樹於廠區內多為大徑木，天然更新情形不佳，因此本區森林植群將會往紅楠、江某、白匏仔等樹種為主，往次生林演替之趨勢。

本團隊本期調查結果植物物種為 111 科 252 屬 358 種維管束植物，相較於往年環評報告物種數較多，可能原因為往年環評植物樣區數較少，因此調查到的物種數較低，而主要森林組成樹種結果與往年報告相符，顯示近二十年桃廠森林無太大變動。

透過國土綠網圖層套疊，桃園煉油廠並無包含於國土生態綠網區域保育軸帶中，但鄰近於桃園埤塘平原濕地保育軸帶，廠區與最靠近關注埤塘僅差 2 km，該軸帶目的為提升埤塘平原生態系韌性，並建構埤塘生態網絡，重點關注植物物種為臺灣地榆(*Sanguisorba officinalis* var. *longifolia*)、流蘇樹與水生植物，桃廠內本團隊調查到流蘇樹散生於周邊稜線森林，顯示桃廠為流蘇樹生育地之一，未來可著重維護流蘇樹生育地，作為國土生態綠網延伸保育地之一。

7. 優勢樹種徑級結構分析

各植群型優勢樹種的徑級結構分析可大致分為反J型結構、正偏態結構、鐘型結構、負偏態結構與J型結構。其中江某、臺灣糊樗、山紅柿為反J型結構(圖 31a)，此3種樹種於胸徑 1-10 cm 數量較多，隨著徑級增加數量逐漸下降，並有零星大徑級者分布。在老熟林中皆具有更新族群建立，顯示此類型林份穩定成長。江某在廠內均有分布，並多可生長高大成優勢樹種，調查中亦常見小喬木與小苗生長，其冬季開花特性可以成為優良的冬季蜜源植物，結果期亦能提供許多鳥類食物來源。臺灣糊樗分布於中、北部闊葉林中，多散生在小稜脊，於目前植物社會中可持續建立族群。山紅柿亦散生於闊葉林中，小苗數量較多，亦有不少較大徑級之母樹結果更新，其果實為白鼻心喜好食物，廖學儀等(2011)指山紅柿可作為狩獵用途，為南投縣賽德克族中原部落之民俗植物。

白匏仔、紅楠為正偏態結構(圖 31a)，分別以徑級 5-15 cm 及 10-15 cm 為主要組成，屬於林分建構期，但 1-5 cm 徑級者較為缺乏，顯示此類型結構在小苗林木更新上較為缺乏。白匏仔屬於演替初期樹種，小徑木缺乏推測其林分結構密度增加，徑級 5-15 cm 為主要接收養分與取得資源者，因此林下族群環境受光照低，進而影響新族群建立，除非有孔隙發生，才得以於林下建立新的族群(曾勝華 2016)。紅楠為北部中坡至嶺線環境中優勢樹種(王偉等 2022)，桃油煉廠稜線環境紅楠為相思樹之伴生樹種，雖徑級多集中在 10-15 cm，其小徑木亦有不少數量，因此在該區域能維持其族群數量。

相思樹為鐘型結構(圖 31a)，以徑級 15-30 cm 為主要組成，相思樹林多為早年人工栽種，後成為全臺灣低海拔地區常見森林，部分區域相思樹會形成優勢種，此可能因過去造林撫育，或環境干擾影響所造成(王偉等 2016)。本區相思樹林與陳韋志等(2022)於台北市林地植群研究結果類似，相思樹族群結構已成鐘型分布，表示其族群有逐漸衰退之情形，小苗更新數量不足，後續可能會被其他樹種所取代，如紅楠、山紅柿等。

大頭茶為負偏態結構(圖 31b)，廠區內大頭茶多散生於道路旁相對開闊之林緣，在環山道路北側有一大頭茶人工林，其徑級大多為 10-20 cm，小徑木數量較低，大頭茶為陽性樹種，在林內相對鬱閉環境小苗較難生長。梁耀竹等(2011)指出，大頭茶能適應於酸性土壤，且其植被的存在可提高土壤酸鹼值，為適合栽種於酸性土壤與受污染地區的良好樹種。

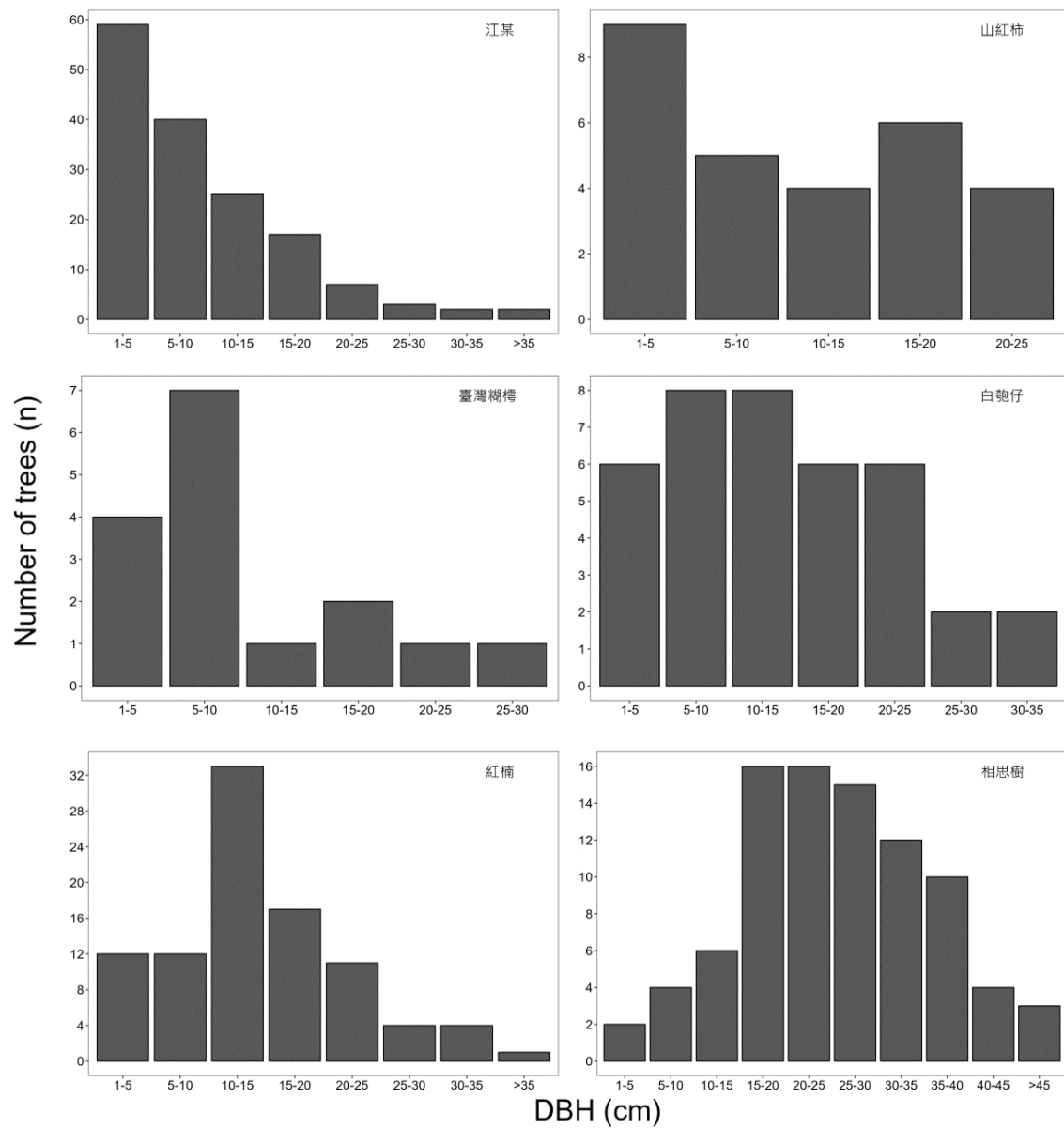


圖 31a. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區林型分型之優勢樹種徑級結構

臺灣二葉松與臺灣桫欏為 J 型結構(圖 31b)，分別以徑級大於 30 cm 與 10-20 cm 為主要組成。臺灣二葉松已無徑級 1-15 cm 小徑木，此樹種僅見於廠內稜線有少數個體存活，推測為早期人為栽種生長，臺灣二葉松雖廣泛分布於海拔 500-2,800 m，但其森林多見於海拔 1,000 m 以上，火炎山自然保留區可能為臺灣本島臺灣二葉松最低海拔分布範圍，其海拔仍有 500 m 以上 (徐鎮暉等 2005; 李祈德等 2015; 王偉等 2016)。在海拔較低的桃廠，未見臺灣二葉松有更新小苗，未來可能會被其他樹種演替取代。

臺灣桫欏多生長於廠內原始溪谷地中，偏好立地環境於向陽且潮濕生育地(楊勝任&李政賢 2005)，溪谷地形相對破碎，變動程度較大，因此可能不利於樹種小苗生長；臺灣桫欏徑級 1-10 cm 仍有一些稚樹生長(圖 31b)，並成為溪谷環境優勢樹種，其更新狀況有待未來持續觀察。

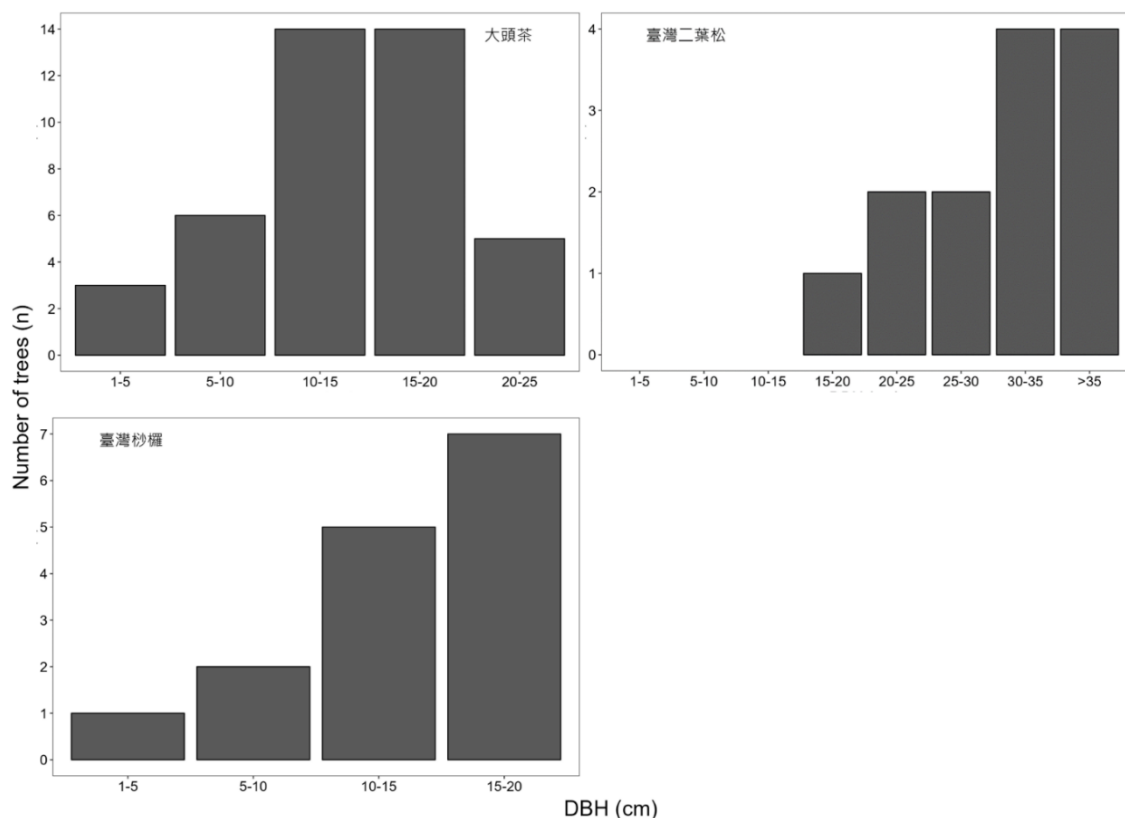


圖 31b. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區林型分型之優勢樹種徑級結構(續)

8. 植群生活型譜分析

本研究將 9 個植群型物種數依百分比繪製成生活型譜，結果發現桃園煉油廠所有植群型以挺空植物(P)為主(圖 32)，比例佔 78.36%，其他生活型依序為地中植物(G)(9.94%)、半地中植物(H)(8.19%)、地表植物(C)(2.34%)，一年生植物(T)最低(1.17%)。其中挺空植物(P)在相思樹-江某亞型所佔比例最高，達 85.54%，反應稜線以大、中喬木、灌木、藤本等生長種類，多於地被植物如草本、小灌木，反應其森林層次較多的結構特性。地中植物(G)在臺灣杪欏型所佔比例最多(13.33%)、半地中植物(H)在桂竹型所佔比例較高(20.51%)，此兩型生存芽均接近地表或埋入地表，因此可受枯枝落葉或冬雪覆蓋來保護植物體的芽(Raunkiaer 1934)，在近溪谷地形有較厚的落葉層，此類型生存芽可受到較多保護，使植物體多年生長。一年生植物(T)在乾燥氣候地區之草原與荒漠中佔有較高的比例 (宋永昌, 2001)，桃園煉油廠氣候較為濕潤，因此較少出現一年生植物。

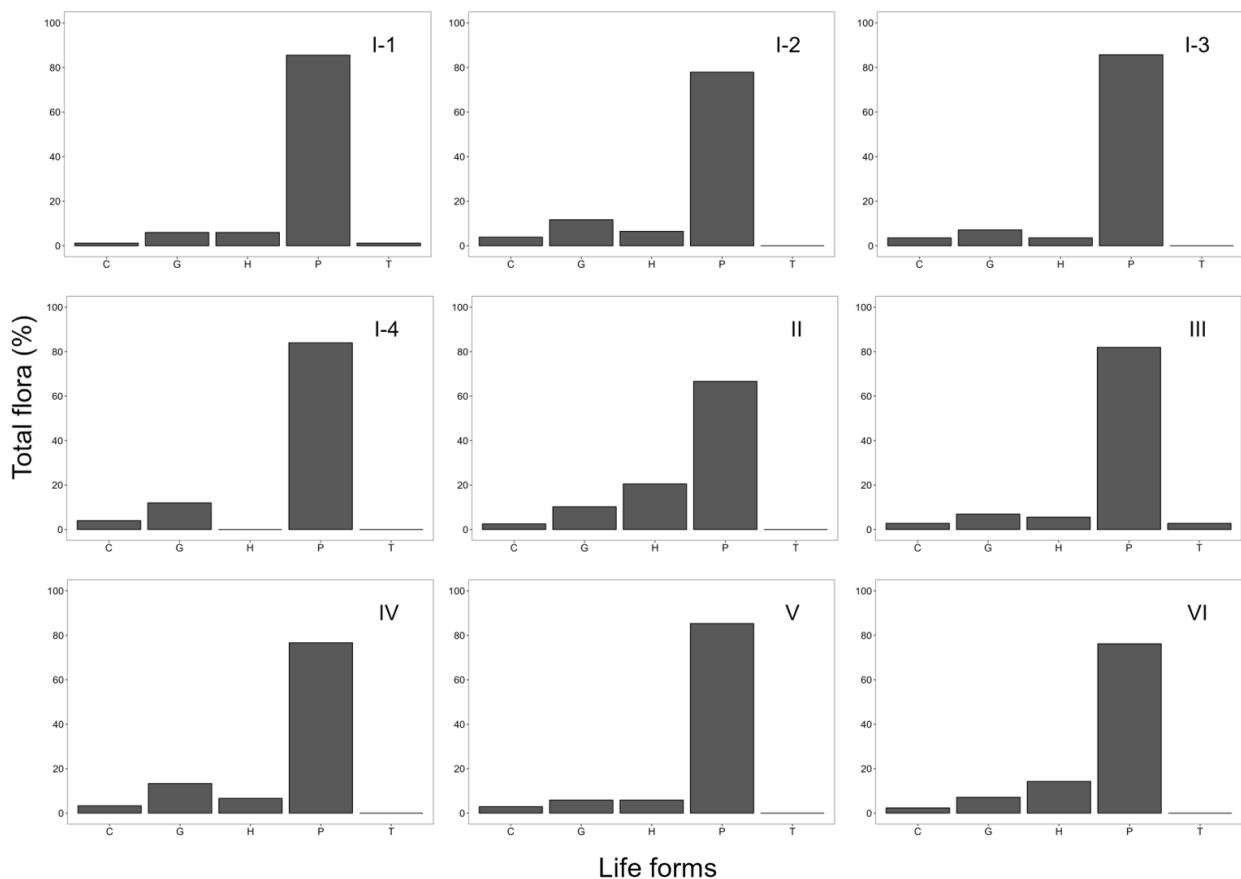


圖 32. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區 9 植群型之生活型譜。生活型(Life forms)：P 挺空植物、C 為地表植物、H 為半地中植物、G 為地中植物、T 為一年生植物。I-1：相思樹-江某亞型；I-2：江某亞型；I-3：臺灣二葉松-江某亞型；I-4：大頭茶-江某亞型；II：白匏仔型；III：臺灣杪欏型；IV：長枝竹型；V：山黃麻型；VI：桂竹型。

9. 桃園煉油廠碳儲存評估分析

本團隊透過 3 種方式進行樹木生物量計算，由行政院農業部辦理國有林林產物處分作業要點之材積式與羅紹麟&馮豐隆(1986)提出適用於闊葉樹之材積式，兩種方式計算桃廠森林各樹種之材積(V)，並與各樹種木材密度相乘，即可獲得生物量。另趙國容等(2022)比較國內外研究，發現 Chave et al.(2014)根據全球熱帶地區所推導出之生物量公式所得之值，為較接近國內實際測量計算之公式，但此公式較適合植株 DBH > 5 cm 之個體，若有小徑級者，本公式會明顯低估生物量。

下表進行桃廠主要樹種平均單株地上部生物量試算(表 36)，可發現依 Chave et al.(2014)所計算單株生物量值為最高，羅紹麟&馮豐隆(1986)次之，兩者相差平均約 1.1 倍。農業部國有林林產物處分作業要點算出較低，Chave et al.(2014)與農業部所計算 AGB 平均約差 1.7 倍，本研究參考最新研究成果，後續以趙國容等(2022)所建議臺灣物種碳儲量計算可根據 Chave et al.(2014)之公式為準。

桃廠單株生物量以樟樹為最高，因廠區內調查到樟樹均為大喬木，平均胸徑為 41.9 cm，但多散生於稜線環境，因此調查到的株數較少。相思樹為桃廠森林主要組成樹種，透過林木徑級圖可知，廠區內相思樹多為大喬木，平均胸徑為 26.7 cm，因其木材密度較高，因此單株 AGB 僅次於樟樹(表 36)。

表 13. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區主要組成喬木單株地上部生物量(AGB)比較表

樹種	平均 DBH (cm)	平均 H (m)	木材密度 (g/cm ³)	農業部 ¹ (kg)	羅&馮(1986) (kg)	Chave et al.(2014) (kg)
相思樹	26.7	10.4	0.77	203.743	239.338	313.373
江某	9.9	4.9	0.51	8.710	12.807	14.449
紅楠	14.3	6.7	0.57	27.571	37.174	44.492
白匏仔	9.1	6.8	0.51	10.347	14.715	17.095
大頭茶	14.2	8.5	0.57	34.551	45.166	55.454
臺灣二葉松	31.3	9.6	0.55	184.231	214.364	284.047
山红柿	11.0	6.8	0.56	16.578	23.015	27.080
山黃麻	32.5	7.7	8	0.45	130.783	155.926
樟樹	41.9	10.9	0.51	347.687	383.465	527.953

註 1 為行政院農業部辦理國有林林產物處分作業要點

根據不同林型，臺灣二葉松-江某亞型之林分密度為最高，其喬木層碳儲量亦為最高，每 ha 可儲存 147.09 ton 的碳，而相思樹-江某亞型次之，為每 ha 可儲存 144.25 ton 的碳(表 14)。在草本層碳儲量，以大頭茶-江某亞型碳儲量為最高，每 ha 草本層可儲存 1.12 ton 的碳，白匏仔型草本層碳儲量次之(1.06 ton/ha)(表 14)。整體而言，桃廠以中坡、稜線區域森林林分密度較高，因此擁有較高的碳儲量，而溪谷區域因地形較為破碎，林木生長較稀疏，且場內竹林多生長於潮濕溪谷旁，竹林雖有生長快速碳吸存量較高的優點(林裕仁 2023)，但廠區內竹林多為前人遺留，目前並無經營管理利用，因此竹林碳儲量較低。綜上所述，溪谷植群型雖較為複雜多樣，但其碳儲量較低。

表 14. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區各林型林分密度與碳儲量表

林型	平均株數 (棵)	單位面積株數 (棵/ha)	林分密度 (m ³ /ha)	喬木層碳儲 量(ton/ha)	草本層碳儲 量(ton/ha)
臺灣二葉松-江某亞型	142.0	6311.1	73.73	147.09	0.20
相思樹-江某亞型	81.0	3600.0	52.82	144.25	1.02
大頭茶-江某亞型	66.0	2933.3	45.84	106.95	1.12
江某亞型	91.3	4059.3	30.37	56.16	0.82
山黃麻型	18.0	800.0	33.24	46.84	0.60
長枝竹型	27.0	1200.0	13.40	20.56	0.34
白匏仔型	27.0	1200.0	14.49	20.50	1.06
桂竹型	16.0	711.1	4.89	8.37	0.76
臺灣桫欏型	26.0	1155.6	16.18	5.83	0.78

而透過桃廠衛星影像，本團隊透過 QGIS 進行地圖數化，以了解廠區內森林面積約為 274.16 ha，約占整區 57.12%(圖 33)，但桃園煉油廠屬於國家關鍵基礎設施，無較清晰之空拍圖可提供，本團隊無法透過衛星影像進行林型區分，且天然次生林組成結構常無明顯界線，因此透過調查到各林型樣區數的多寡，依比例進行桃廠森林面積劃分，以相思樹-江某亞型所占面積 137.08 ha 為最多，共儲存 19,913.60 ton 的碳，江某亞型所占面積 41.12 ha 次之，共儲存 2,343.24 ton 的碳。綜合所有林型，本團隊推估桃廠森林目前共儲存 27,205.44 ton 的碳(表 15)，換算成二氧化碳當量則為 99,753.26 CO₂e，相當於桃廠每 ha 共儲存 363.85 ton 的二氧化碳。

表 15. 臺灣中油公司桃園煉油廠樣區各林型推估所占面積與總碳儲量表

林型	樣區數	所占面積(ha)	每樣區碳儲量 (ton/ha)	廠區碳儲量 (ton/ha)
相思樹-江某亞型	10	137.08	145.27	19913.60
江某亞型	3	41.12	56.98	2343.24
大頭茶-江某亞型	1	13.71	108.07	1481.42
山黃麻型	1	13.71	47.44	650.31
白匏仔型	1	13.71	21.56	295.54
長枝竹型	1	13.71	20.9	286.50
桂竹型	1	13.71	9.13	125.15
臺灣二葉松-江某亞型	1	13.71	147.29	2019.05
臺灣桫欏型	1	13.71	6.61	90.61
總和	20	274.16		27205.44



圖 33. 臺灣中油公司桃園煉油廠森林範圍與樣區圖

王瑞源(2010)於新竹林區南庄事業區，透過衛星影像評估不同林相碳儲量，結果發現在天然闊葉樹混淆林中，二氧化碳的儲存量為 372.3 ton/ha，與桃廠二氧化碳的儲存量 363.85 ton/ha 結果相近。林政勳(2015)於蓮華池地區進行臺灣中部天

然闊葉林生態服務價值評估，推估蓮華池地區二氧化碳儲存量為 1972.5 ton/ha，但該研究為利用張勵婉等(2014)蓮華池動態樣區調查結果，進行每 ha 立木材積推估，提出該計算結果偏高，與 Ryan et al.(2011)對臺灣亞熱帶天然闊葉林林分所推測結果差異較大。本團隊計算桃廠結果，與林政勳(2015)與 Ryan et al.(2011)所計算結果落差不小，可能原因該研究區域為天然闊葉林，其中林分生長較為鬱閉且為複層林，擁有大徑木與高樹冠層，因此蓄積量較高。桃廠森林多屬於次生闊葉林，林分喬木因樹種與時間關係，DBH 相較於天然闊葉林小，樹冠層亦較低，因此蓄積量較低。顏添明等(2020)於新化林場進行大葉桃花心木人工林碳儲量與碳吸存能力評估中，該林分於 45 年生時碳儲量為 235.6 ton/ha，相當於 863.9 ton/ha 二氧化碳，與桃廠二氧化碳儲存量相比較高，可能原因為人工林種植較密，且有撫育措施，林木生長狀況較佳。

因本廠為第一次進行碳儲量調查，因此尚未能計算每年碳吸存的效益為何，本團隊透過前人研究所得碳吸存資料，來推估桃廠碳吸存能力。林國銓等(2007)調查苗栗縣相思樹人工林之碳年平均吸存量為 2.48 ton/ha/year；洪千祐&顏添明(2015)分析臺灣地區人工闊葉樹林之碳吸存量為 2.20 ± 1.07 ton/ha/year；林政勳(2015)於蓮華池天然闊葉林推估年碳吸存量為 2.11 ton/ha/year，透過上述文獻計算結果，本團隊推估平地低海拔闊葉林年碳吸存量約為 2.39 ton/ha/year，桃廠年平均總碳吸存量約為 655.24 ton/year，相當於一年二氧化碳吸存量為 2,402.55 ton/year。林郁庭(2022)提出使用不同公式及係數對於計算結果差異較大，年平均碳吸存量需未來進行複查，提升推估之準確性，因此未來仍需進行長期監測，確認桃廠森林樹木生長量，以期對於桃廠森林固碳能力擁有更完善之推估。

(二) 哺乳類調查

1. 中、大型哺乳動物調查

哺乳動物調查期間為 112 年 10 月至 113 年 8 月，日程如表 16，架設自動相機總共 15 臺次。包含 112 年 12 月新增的 2 臺廠內水源處相機，以及 3 臺廠外樣區相機(表 17)。

表 16. 臺灣中油公司桃園煉油廠哺乳動物調查日程

調查日程	工作項目
112/10/16 至 112/10/17	▪ 桃廠內 10 臺相機架設 ▪ 第一次小型哺乳動物陷阱調查
112/12/12 至 112/12/13	▪ 桃廠內相機更換電池與記憶卡 ▪ 新增 3 臺廠外相機 ▪ 新增 2 臺廠內水源處相機 ▪ 第二次小型哺乳動物陷阱調查
113/2/5 至 113/2/6	▪ 桃廠內和廠外相機更換電池與記憶卡 ▪ 第三次小型哺乳動物陷阱調查
113/4/17 至 113/4/18	▪ 桃廠內和廠外相機更換電池與記憶卡 ▪ 第四次小型哺乳動物陷阱調查
113/6/18 至 113/6/19	▪ 桃廠內和廠外相機更換電池與記憶卡 ▪ 第五次小型哺乳動物陷阱調查及新增掉落式陷阱
113/8/13 至 113/8/14	▪ 回收桃廠內和廠外相機 ▪ 第六次小型哺乳動物陷阱調查及新增掉落式陷阱

桃園煉油廠內 12 臺自動相機總工作時數為 81410.5 小時，拍攝到的中大型哺乳動物如(表 18. 臺灣中油公司桃園煉油廠各樣區相機工作時數、物種有效影像數和出現指數(OI 值)表 18) (圖 34)，包含：家貓(*Felis catus*)、家犬(*Canis lupus familiaris*)、鼬獾(*Melogale moschata subaurantiaca*)、白鼻心、臺灣穿山甲、赤腹松鼠，共計 3 目 6 科 6 種，其中臺灣穿山甲為保育類珍貴稀有野生動物。

廠內樣區出現指數最高的前三名物種為家犬(9.34)、白鼻心(2.15)、赤腹松鼠(1.44)(表 18. 臺灣中油公司桃園煉油廠各樣區相機工作時數、物種有效影像數和出現指數(OI 值)表 18)。在樣區 T2 和 T6 則有記錄到臺灣穿山甲，共有 57 筆影像，10 筆有效影像，出現指數為 0.12。在廠內樣區拍攝到物種數最多的樣區為 T2，上述六種中大型哺乳類皆有記錄到。

廠外 3 臺自動照相機總工作時數為 17549.4 小時，共拍攝到家貓、家犬、鼬獾、白鼻心、臺灣穿山甲與赤腹松鼠，比較廠內與廠外自動相機拍攝到的中大型哺乳動物種類並無差異。廠外樣區出現指數最高的前三名物種為白鼻心(2.68)、家犬(1.25)、赤腹松鼠(0.74)，亦在 TA、TB 兩樣區紀錄到臺灣穿山甲，有效影像為

2 張，OI 值為 0.11(表 18)。依(表 18)(圖 35)所示，廠內 12 個樣區皆記錄到家犬與赤腹松鼠，記錄到白鼻心有 7 區，鼬獾有 6 區，家貓有 6 區，臺灣穿山甲 2 區。

此外，雖然桃園煉油廠與廠外樣區皆屬於低海拔次生林環境，但周圍人為開發程度大且都市化，不僅鄰近桃園、林口市區，棲地也受高速公路和一般道路切割，因此未有記錄到如山羌、獼猴等低海拔常見哺乳動物。

表 17. 臺灣中油公司桃園煉油廠各樣區紅外線自動相機架設設定值

樣區 類型	樣區 編號	相機品牌	架設日期	結束日期	模式	相片大小 影片畫質	連拍張數 拍攝秒數	拍照 間隔	觸發 速度	感測 距離	離地高 度	海拔
廠內 樣區	T1	Browning 8A	112/10/16	113/8/13	trail cam video	12mp high	3 20s	1s	fast	80ft	30cm	161m
	T2	Browning 8A	112/10/17	113/8/13	trail cam video	12mp high	3 20s	1s	fast	80ft	31cm	178m
	T3	Browning 8A	112/10/16	113/8/13	trail cam video	12mp high	3 20s	1s	fast	80ft	50cm	239m
	T4	Browning 8A	112/10/16	113/8/13	trail cam video	12mp high	3 20s	1s	fast	80ft	38cm	258m
	T5	Browning 8A	112/10/16	113/8/13	trail cam video	12mp high	3 20s	1s	fast	80ft	42cm	252m
	T6	Browning 8A	112/10/16	113/8/13	trail cam video	12mp high	3 20s	1s	fast	80ft	40cm	227m
	T7	Browning 8A	112/10/19	113/8/13	trail cam video	12mp high	3 20s	1s	fast	80ft	42cm	236m
	T8	Browning 8A	112/10/19	113/8/13	trail cam video	12mp high	3 20s	1s	fast	80ft	56cm	194m
	T9	Browning 8A	112/10/19	113/8/13	trail cam video	12mp high	3 20s	1s	fast	80ft	43cm	178m
	T10	Browning 8A	112/10/20s	113/8/13	trail cam video	12mp high	3 20s	1s	fast	80ft	40cm	209m
廠外 樣區	T13	Browning 8A	112/12/5	113/8/13	trail cam video	12mp high	3 20s	1s	fast	80ft	30cm	132m
	T16	Browning 8A	112/12/6	113/8/13	trail cam video	12mp high	3 20s	1s	fast	80ft	95cm	191m
	TA	Browning HP5	112/12/5	113/9/7	trail cam video	12mp high	3 20s	1s	fast	long range	45cm	197m
	TB	Browning 8A	112/12/5	113/8/13	trail cam video	12mp high	3 20s	1s	fast	80ft	63cm	192m
	TC	Browning 8A	112/12/6	113/8/13	trail cam video	12mp high	3 20s	1s	fast	80ft	63cm	254m

表 18. 臺灣中油公司桃園煉油廠各樣區相機工作時數、物種有效影像數和出現指數(OI 值)

樣區類型	樣區編號	工作時數	鼬獾		白鼻心		穿山甲		赤腹松鼠		家貓		家犬	
			有效影像	OI 值	有效影像	OI 值	有效影像	OI 值	有效影像	OI 值	有效影像	OI 值	有效影像	OI 值
廠內樣區	T1	5903.9	0	0.00	0	0.00	0	0.00	7	1.19	0	0.00	14	2.37
	T2	7223.7	16	2.21	4	0.55	8	1.11	11	1.52	4	0.55	39	5.40
	T3	7215.1	2	0.28	5	0.69	0	0.00	17	2.36	1	0.14	6	0.83
	T4	7219.4	12	1.66	3	0.42	0	0.00	13	1.80	10	1.39	312	43.22
	T5	7222.4	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.14	0	0.00	82	11.35
	T6	7242.7	3	0.41	8	1.10	2	0.28	15	2.07	0	0.00	3	0.41
	T7	7177.7	0	0.00	13	1.81	0	0.00	16	2.23	3	0.42	159	22.15
	T8	7151.5	0	0.00	3	0.42	0	0.00	6	0.84	0	0.00	5	0.70
	T9	7137.5	0	0.00	0	0.00	0	0.00	5	0.70	0	0.00	50	7.01
	T10	7151.6	0	0.00	7	0.98	0	0.00	12	1.68	3	0.42	72	10.07
	T13	5877.9	1	0.17	126	21.44	0	0.00	1	0.17	7	1.19	12	2.04
	T16	4887.1	6	1.23	6	1.23	0	0.00	13	2.66	0	0.00	6	1.23
	總計	81410.5	40	0.49	175	2.15	10	0.12	117	1.44	28	0.34	760	9.34
廠外樣區	TA	6320.0	3	0.47	23	3.64	1	0.16	8	1.27	1	0.16	2	0.32
	TB	5877.4	0	0.00	15	2.55	0	0.00	3	0.51	4	0.68	11	1.87
	TC	5352.0	0	0.00	9	1.68	1	0.19	2	0.37	0	0.00	9	1.68
	總計	17549.4	3	0.17	47	2.68	2	0.11	13	0.74	5	0.28	22	1.25



圖 34. 臺灣中油公司桃園煉油廠紅外線自動相機拍攝之動物影像

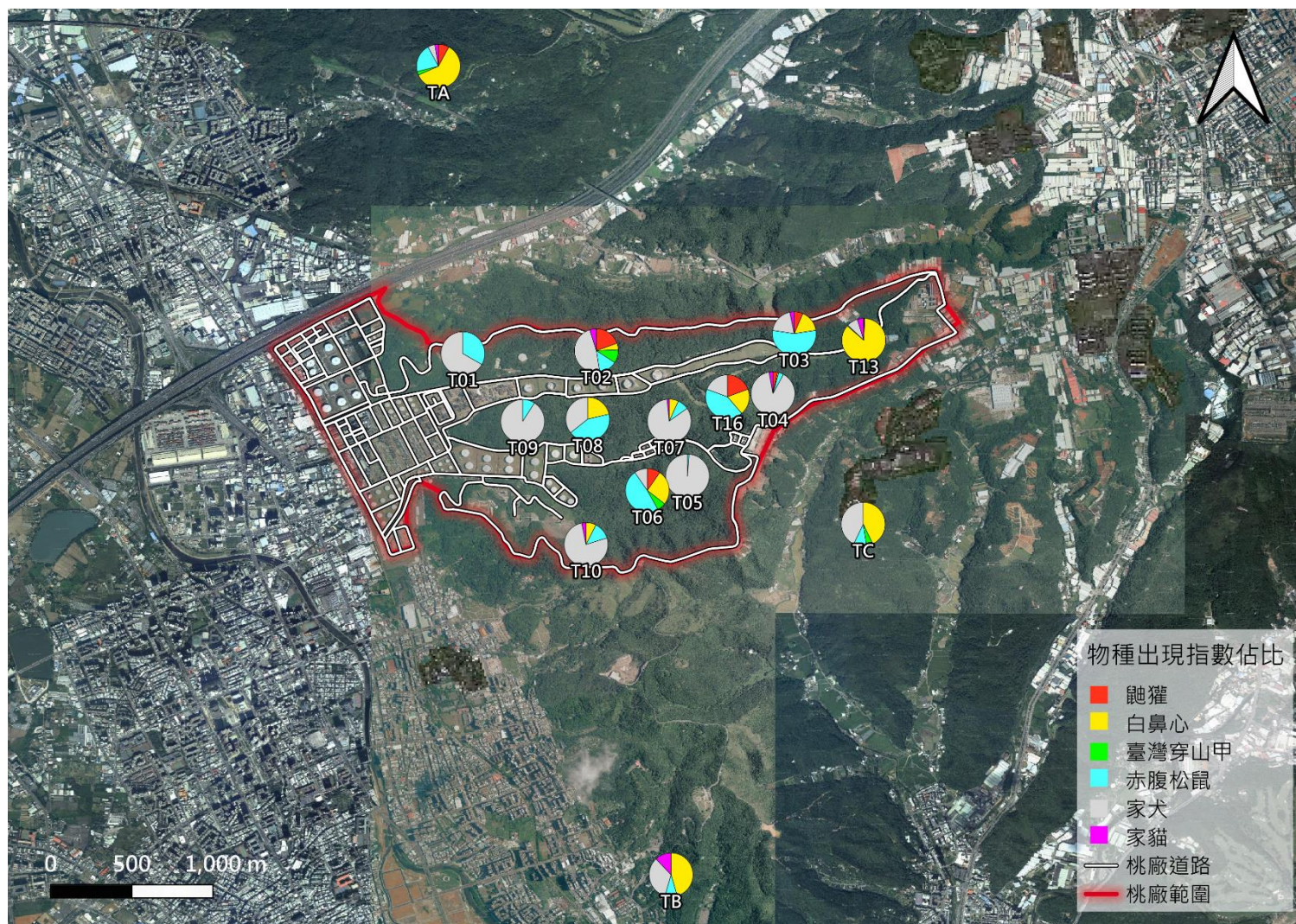


圖 35. 臺灣中油公司桃園煉油廠內與廠外，各相機紀錄到的中大型哺乳動物

在廠內樣區 T2、T3、T4、T6、T13、T16 和廠外 TA 記錄到鼬獾(圖 36)。其中以廠內北區出現指數較高；其偏好稍有地被遮蔽的森林環境，主要以刨挖地表的蚯蚓、節肢動物為食。

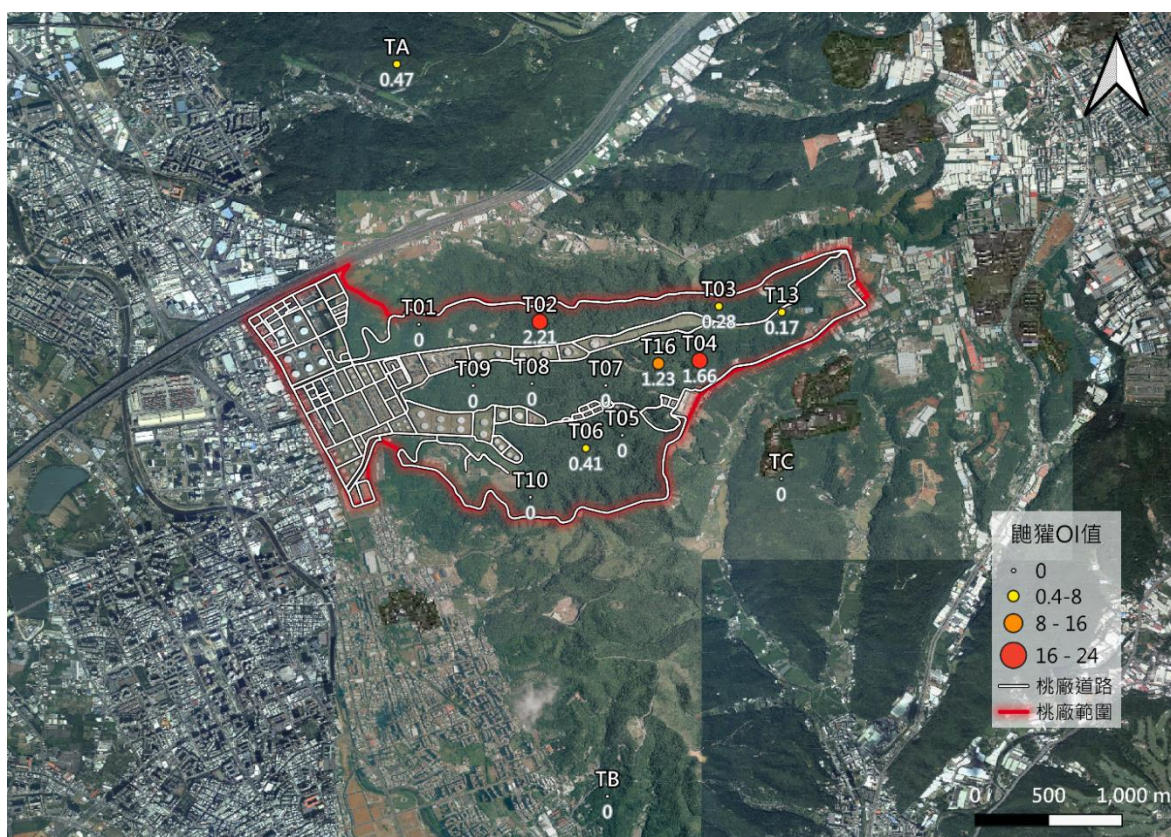


圖 36. 臺灣中油公司桃園煉油廠內與廠外，各相機鼬獾出現指數(OI 值)

在廠內樣區 T2、T3、T4、T6、T7、T8、T10、T13、T16 與廠外 TA、TB、TC 皆有記錄到白鼻心(圖 37)，白鼻心食性廣泛但較偏向植食性，常活躍於淺山環境與果園周遭。整體而言，白鼻心在各區的出現指數不低。其中廠內 T13 的出現指數更明顯高於其它樣區，T13 位於人工水溝的末端，有些野生動物喜歡利用人工建物如涵洞、溝渠作為快速通行的捷徑，雖然此水溝高度落差大，但兩側傾斜的粗糙牆面恰好能為體型較大且有攀爬能力的白鼻心提供移動路徑(圖 38)。

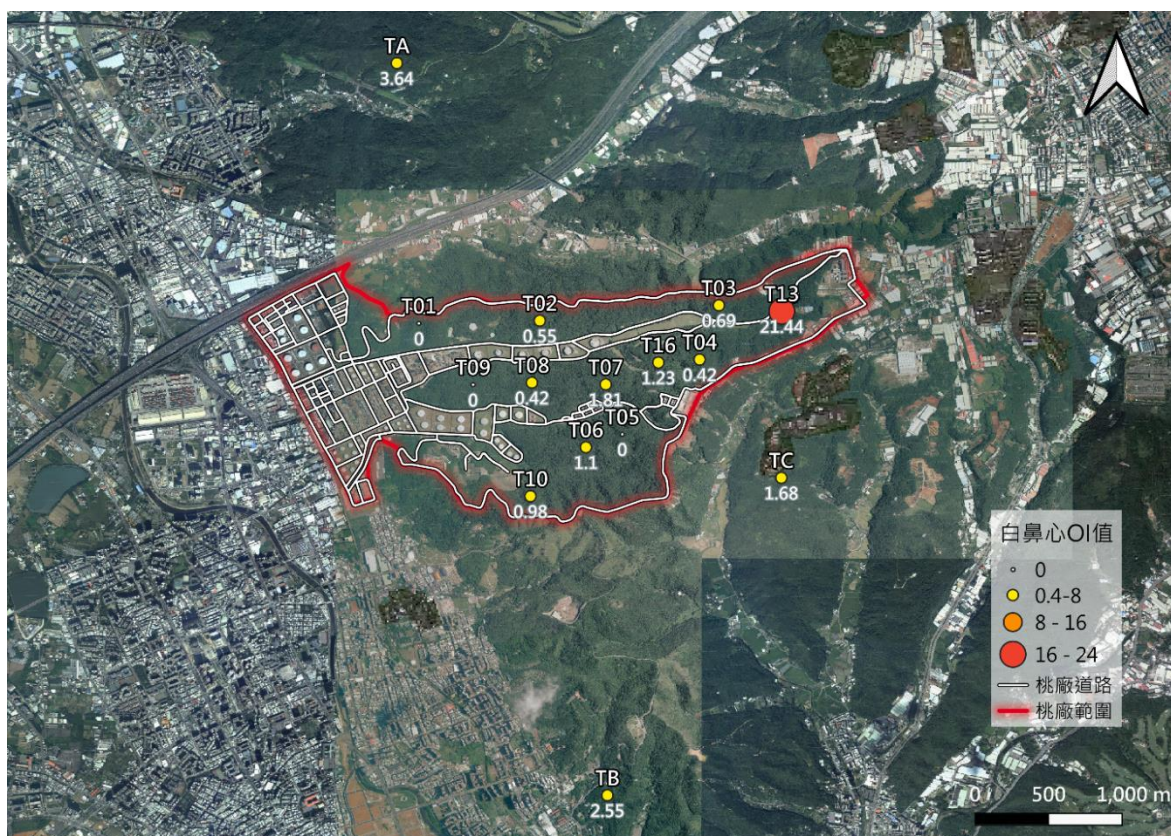


圖 37. 臺灣中油公司桃園煉油廠內與廠外，各相機白鼻心出現指數(OI 值)



圖 38. 臺灣中油公司桃園煉油廠 T13 常拍攝到白鼻心利用水溝移動

在廠內樣區 T2 與 T6 有記錄到臺灣穿山甲(圖 39)。除此之外，在進行鳥類調查時也額外增設自動相機於廠區中段(T7~T9 之間)，亦有拍攝到穿山甲攜幼的畫面，顯示其分布包含了廠區由北到南(圖 40)；而廠外 TA、TB 也有臺灣穿山甲的紀錄。目前已知穿山甲主要分布在臺灣中低海拔的淺山環境，且近年研究發現在海拔 1,000 m 以下有豐度上升的趨勢(翁國精 2022)。其棲地多元化，從原始林、次生林到農墾地，棲地具有一定落葉層與枯木能提供穩定螞蟻或白蟻作為食物來

源。但由於棲地破碎化等問題，穿山甲的活動範圍常與人類聚落和道路重疊，能忍受一定程度人為干擾(陳相伶 2019)。

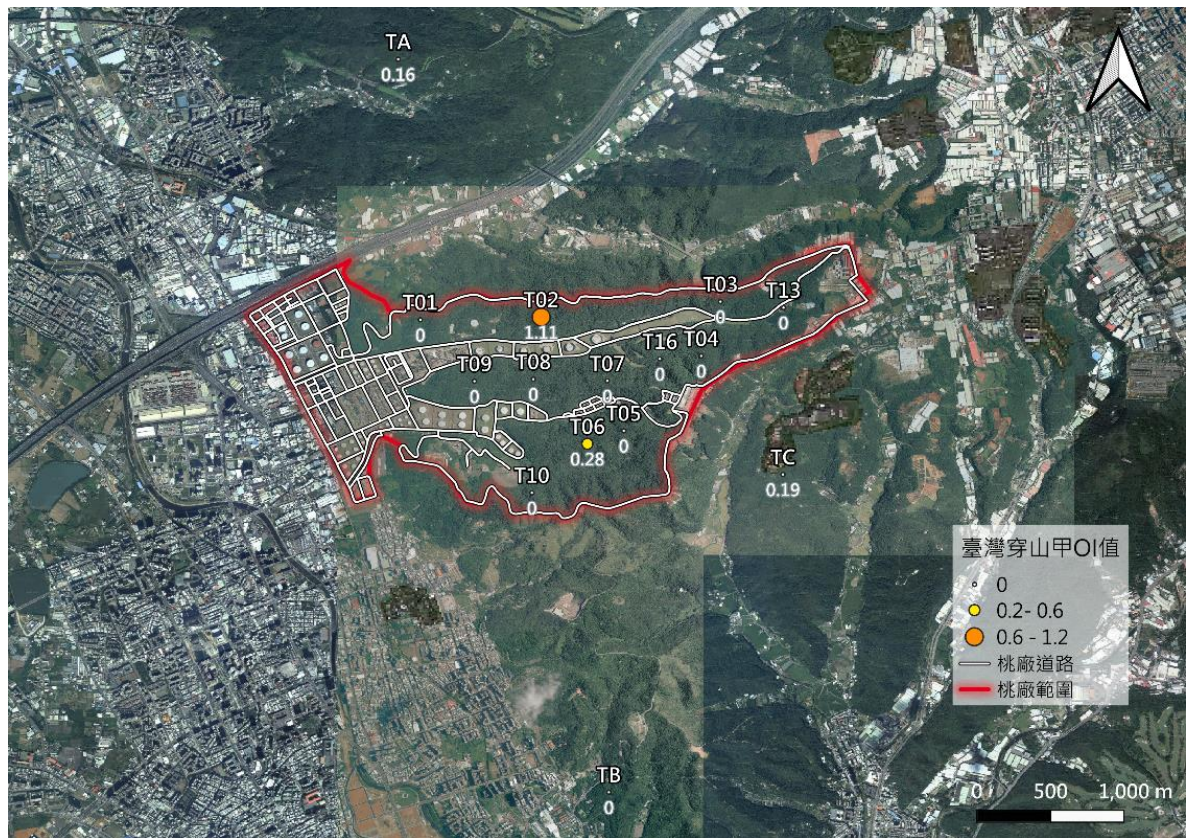


圖 39. 臺灣中油公司桃園煉油廠內與廠外，各相機臺灣穿山甲出現指數(OI 值)



圖 40. 臺灣中油公司桃園煉油廠中段之其他自動相機記錄到穿山甲攜幼畫面

赤腹松鼠在所有樣區都有紀錄(圖 41)，其廣泛分布於低中海拔各種環境，是人為干擾適應力強的動物，亦是生態系高階消費者(比如猛禽)的獵物之一。由於樹棲型的特性較少活躍於地面上，有時自動相機可能低估其活動頻度。

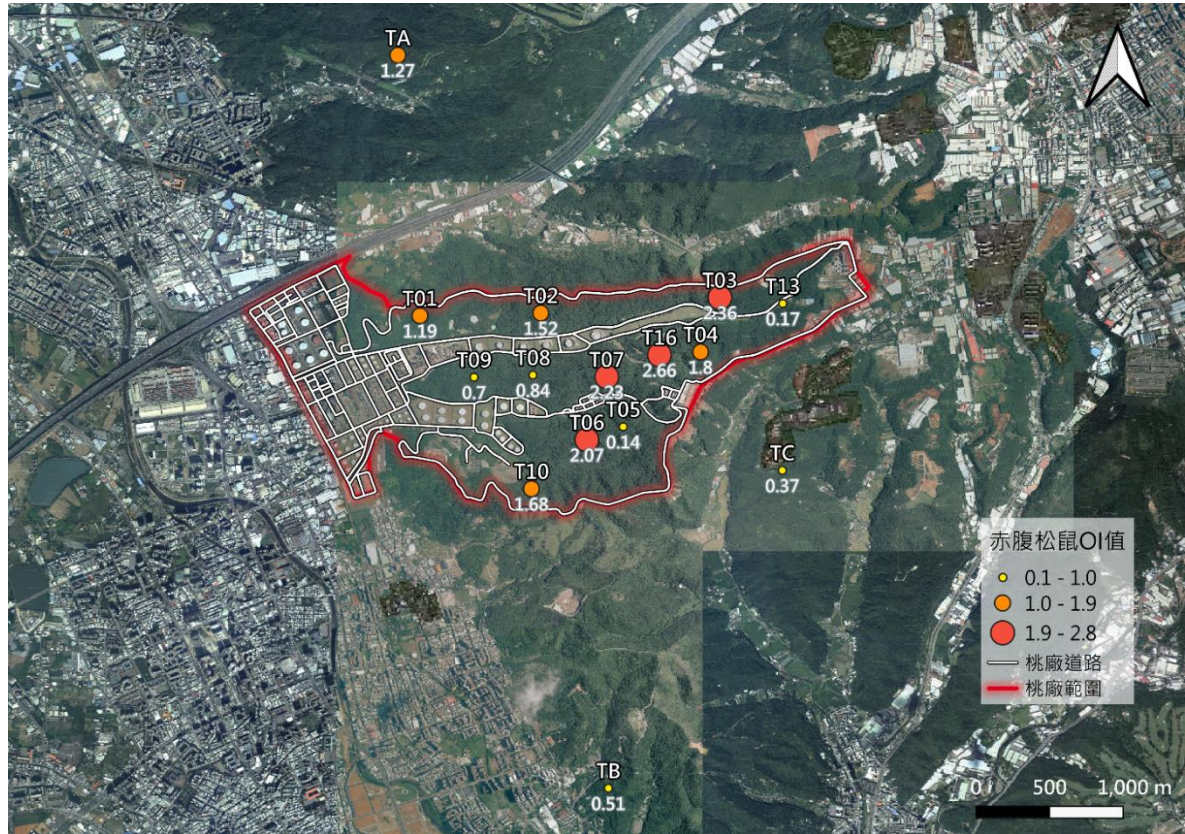


圖 41. 臺灣中油公司桃園煉油廠內與廠外，各相機赤腹松鼠出現指數(OI 值)

無論廠內、廠外都有外來物種家犬與家貓的出現。目前廠內、外所有樣區都有紀錄到家犬，同時也是廠內出現指數最高的物種(圖 42.)；而在廠內樣區 T2、T3、T4、T7、T10、T13 與廠外 TA、TB 則有記錄到家貓(圖 43)，兩物種都在 T4 有最高的出現指數。而家犬除了常以群體行動(2 隻以上同時出沒約占有效影像 5 成)，調查期間亦可見一些犬隻在廠內設施附近徘徊，對於人類主動靠近亦不排斥。自動相機也有拍攝到配戴項圈的個體(圖 44)，或許廠內有人類餵食才導致此現象。而從自動相機拍攝到的影像初步辨識個體，每個樣區約有 1 到 9 隻家犬出現(表 19)，同時也能發現部分犬隻會在不同樣區重複出現。目前已知遊蕩犬個體的活動範圍差異極大，受到地形、食物資源、犬隻密度、依賴人類程度之影響，範圍可從 1.3 公頃到 85.2 公頃 (顏士清等 2019；顏士清 2022)，但主要以群體活動、無主犬隻有較大的活動範圍(陳貞志 2023)。而人類的餵食除了會造成犬隻群聚、族

群密度提升，也增加疾病傳染風險及生殖潛能，導致對野生動物的威脅增加(顏士清 2022)。近年全國自動相機長期監測將石虎與穿山甲並列為最受遊蕩犬威脅的物種，其中穿山甲各月份的相對豐度與家犬、貓皆呈現負相關(翁國精 2022)。遊蕩犬造成的威脅，除了讓野生動物可能產生趨避的情形、或被感染共同傳染病或者寄生蟲(陳貞志 2023)、甚至直接攻擊野生動物導致受傷與死亡(Yen et al. 2019)。以至於 2011 至 2020 年間，因犬隻攻擊而受傷成為了穿山甲救傷通報的主因(詹芳澤 2021)。與此同時，家貓也會捕食體型較小的鳥類、兩棲類、爬行類等獵物，或造成弓蟲病等疾病傳染的風險(顏士清等 2019)。本次調查也可見家犬、家貓全日皆有活動，使得野生動物無法在時間上迴避牠們，造成影響範圍更廣，諸多原因都讓遊蕩動物對野生動物的衝擊難以忽視。

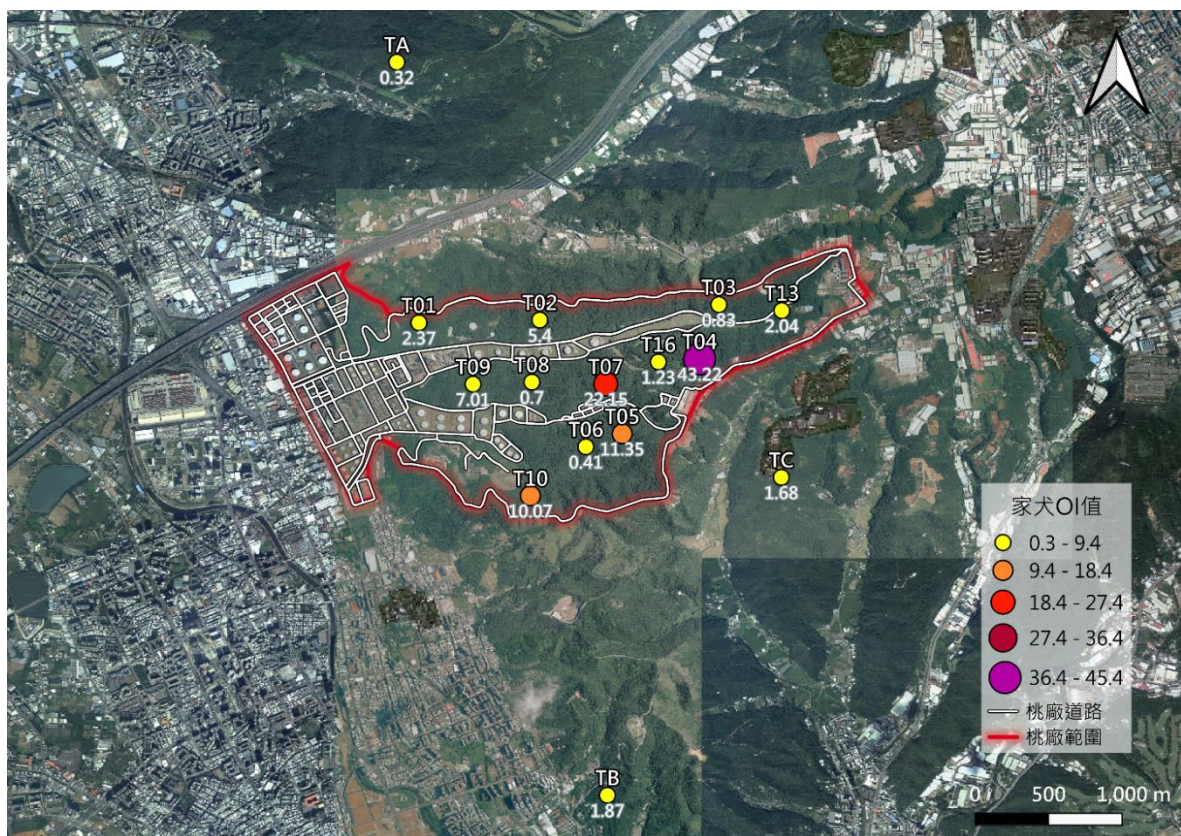


圖 42. 臺灣中油公司桃園煉油廠內與廠外，各相機家犬出現指數(OI 值)

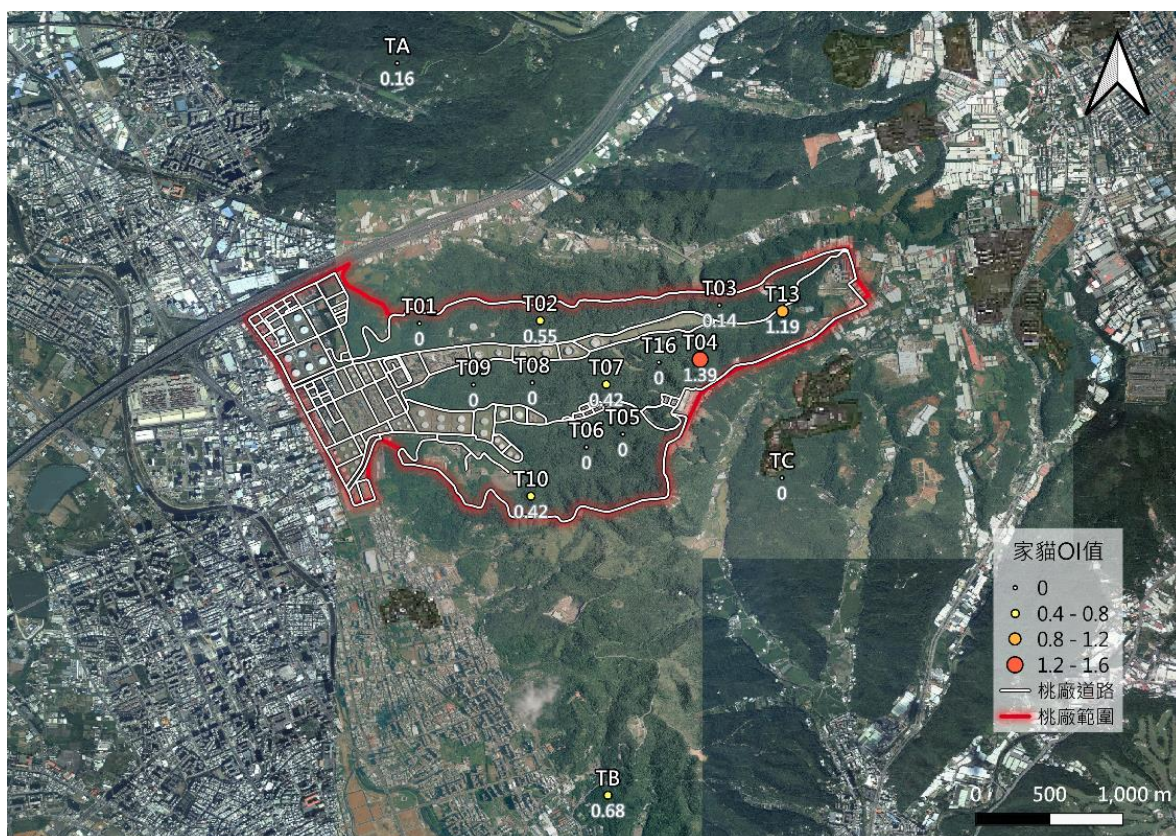


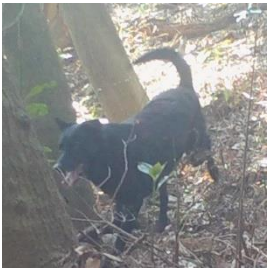
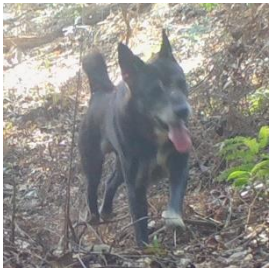
圖 43. 臺灣中油公司桃園煉油廠內與廠外，各相機家貓出現指數(OI 值)



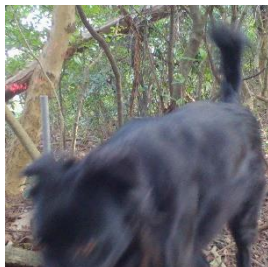
圖 44. 臺灣中油公司桃園煉油廠 T4 拍攝到配有項圈的家犬

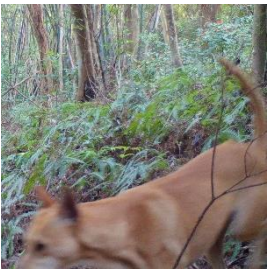
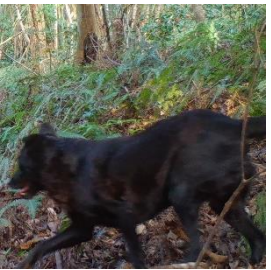
表 19、臺灣中油公司桃園煉油廠內，各相機出現之家犬

T1					
	褐色長毛、垂耳	淺色短毛、尖耳	黑色短毛、尖耳、右剪耳	黑色短毛、尖耳、體型胖	
T2					
	淺色短毛、尖耳、右剪耳	灰褐色長毛、尾部開花	黑橘色短毛、尖耳	深黃色短毛、尖耳	黑色腹部白短毛、尖耳
					
	黑色短毛、尖耳、右剪耳	黑色短毛、尖耳	黑色短毛、垂耳	黑色長毛、尾部開花	

T3					
	乳牛斑紋短毛、尖耳	黑色短毛、垂耳	黑色臉白斑短毛、尖耳		
T4					
	乳牛斑紋短毛、尖耳	淺色短毛、尖耳	黑色臉白斑短毛、尖耳	黑色短毛、垂耳	棕色短毛、尖耳
					
	黑棕色短毛、尖耳、紅項圈	黑色短毛、尖耳			

T5					
	淺色短毛、尖耳、右剪耳	乳牛斑紋短毛、尖耳	深黃色短毛、尖耳	深黃色短毛、垂耳、斷尾、嘴部黑	黑色臉白斑短毛、尖耳
					
	黑色短毛、尖耳	黑色短毛、垂耳			
T6					
	淺色短毛、尖耳、眼上有黑色圓點	淺色短毛、尖耳	黑色短毛、尖耳		

T7					
	乳牛斑紋短毛、尖耳	淺色短毛、尖耳、眼上有黑色圓點	灰褐色長毛、臉部白、垂耳、尾部開花	淺色短毛、尖耳、右剪耳	深黃色短毛、尖耳、眼上有黑色圓點
					
	深黃色短毛、尖耳	黑色臉白斑短毛、尖耳	黑色短毛、垂耳		
T8					
	淺色短毛、尖耳				

T9				
	乳牛斑紋短毛、尖耳	咖啡色短毛、尖耳	深黃色短毛、尖耳	黑色短毛、垂耳
T10				
	淺色短毛、尖耳 1	淺色短毛、尖耳 2	淺色短毛、尖耳 3	黑色短毛、尖耳、白臉白眉、捲尾
				
	黑色短毛、尖耳 1	黑色短毛、尖耳 2	黑色短毛、尖耳 3	

T13					
	黑色短毛、尖耳、白嘴、 白腳	乳牛斑紋短毛、尖耳	黑色短毛、尖耳、缺左前 腳	黑色短毛、垂耳	黑橘色短毛、尖耳
T16					
	淺色短毛、尖耳	黑色短毛			

(1)活動模式分析

鼬獾、白鼻心都屬夜行性的活動模式，鼬獾活動高峰為夜晚 22~23 點與深夜 1 點，白鼻心活動高峰為夜晚 19 點與深夜 3 點。臺灣穿山甲資料較少，但仍呈現夜行性的活動模式。赤腹松鼠在清晨 5~7 時、中午 10~1 時、黃昏 17~18 時都有活動高峰，呈現日行性的活動模式。家犬活動高峰在清晨 6 時，日間活動明顯高於夜晚；家貓整體而言較不固定，但在晚上 22 時有最高的相對活動量(圖 45)。

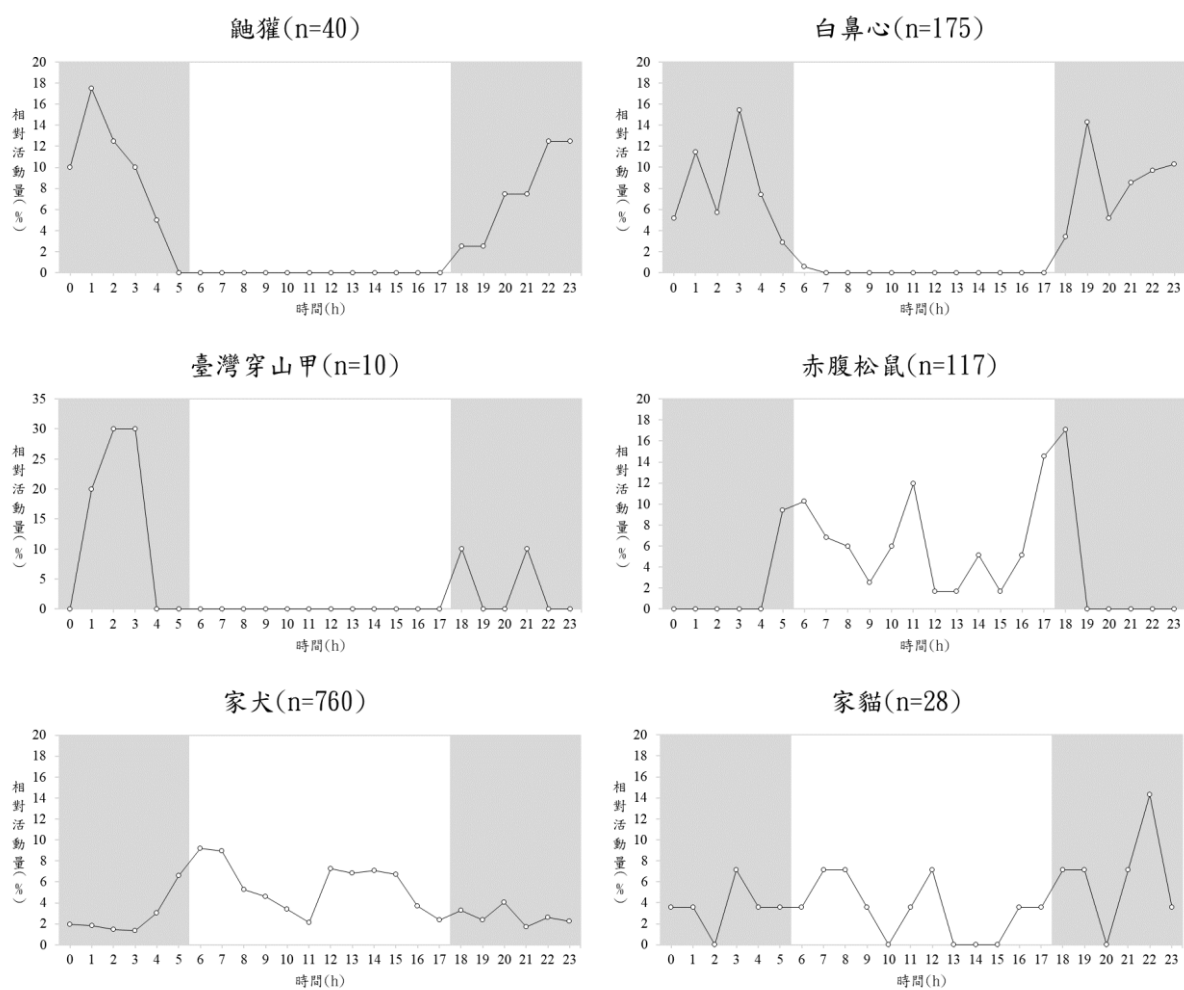


圖 45. 臺灣中油公司桃園煉油廠內中大型哺乳動物活動模式變化

(2) 季節變化

桃園煉油廠內，各物種出現指數的季節變化方面如(圖 46, 圖 47)，鼬獾大致在春夏季活動較頻繁。惟 T16 水源處在 1 月有較高的出現指數，推測冬季少雨因而鼬獾在水源處出沒的機率較高，此時相對潮濕的樣區能提供較多蚯蚓等食物資源(郭耀臨 2003)。白鼻心春、夏季的出現指數較高，但各樣區表現分散，僅在 T13 水源處有在每個月穩定記錄到白鼻心。出現指數在夏季較高的原因，除了有記錄到較多雌性個體帶幼體一同行動的畫面，植食性的食物資源較高可能也是原因之一(姜博仁等 2019)。臺灣穿山甲雖僅有 T2 與 T6 兩台相機有紀錄，資料較少，但秋季的出現指數略高於其他季節；而整體而言，赤腹松鼠在夏季出現指數較高；家犬在冬季的出現指數顯著最高；家貓各樣區的記錄較不連續，但在春夏季的出現指數相對較高。

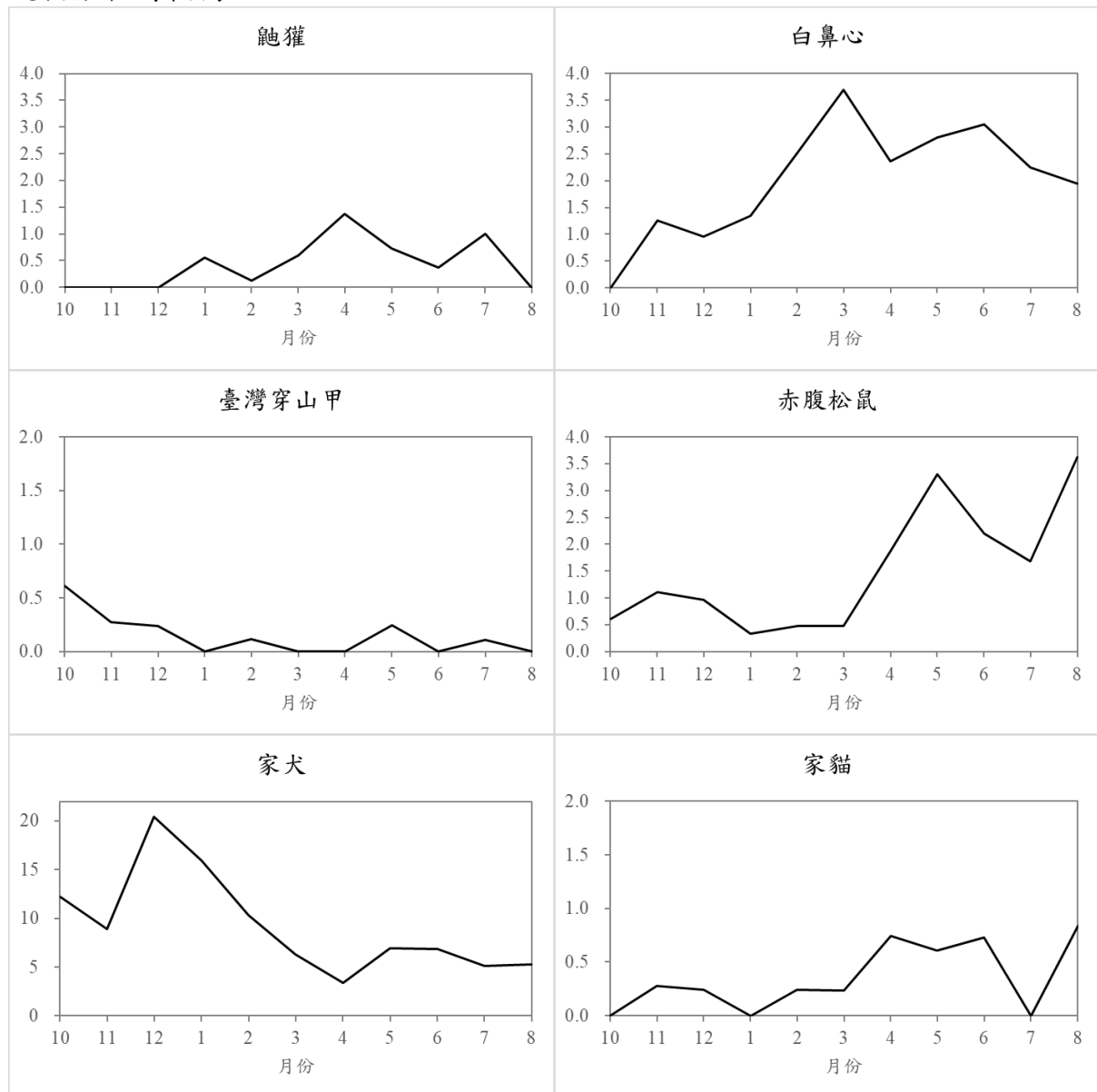


圖 46. 臺灣中油公司桃園煉油廠中大型哺乳動物出現指數季節變化

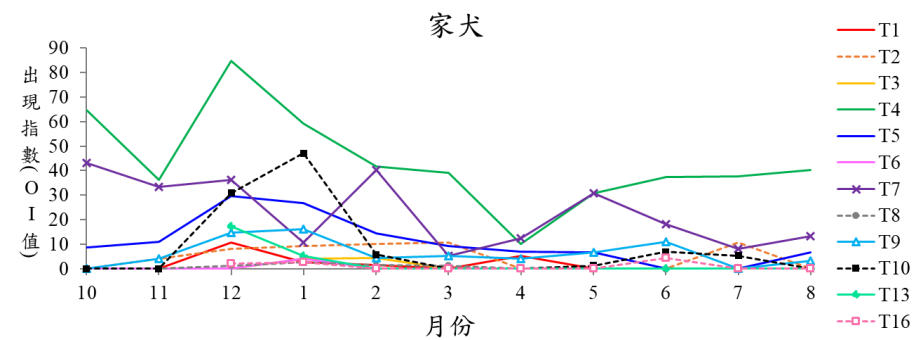
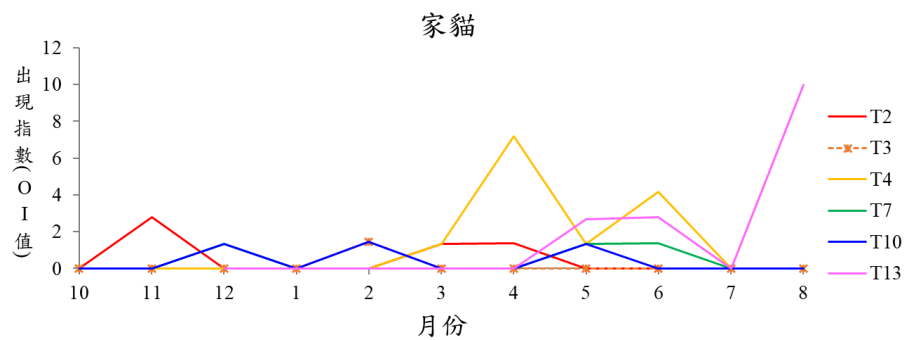
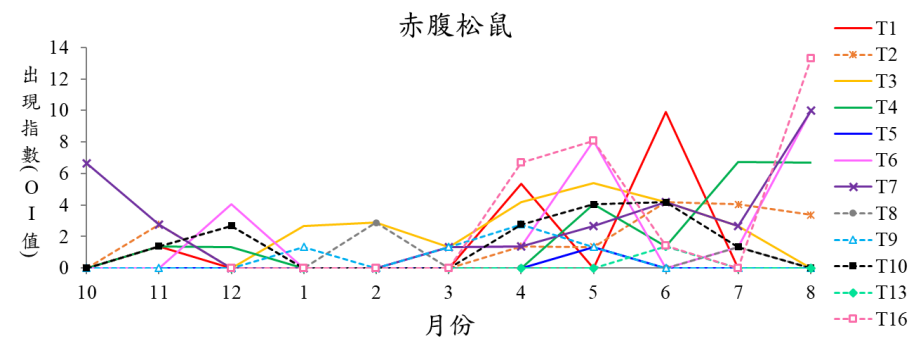
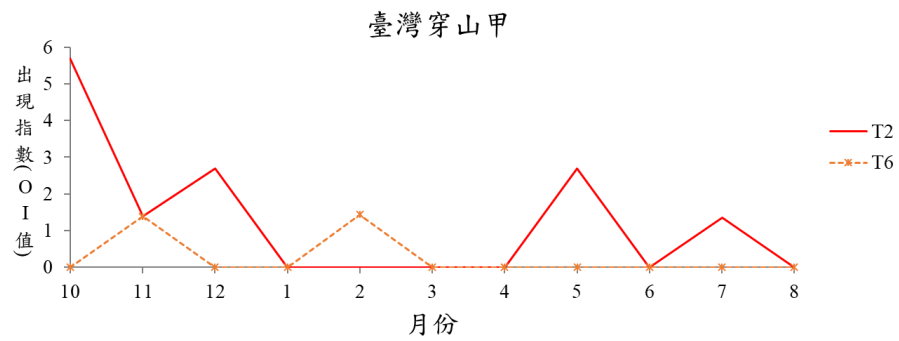
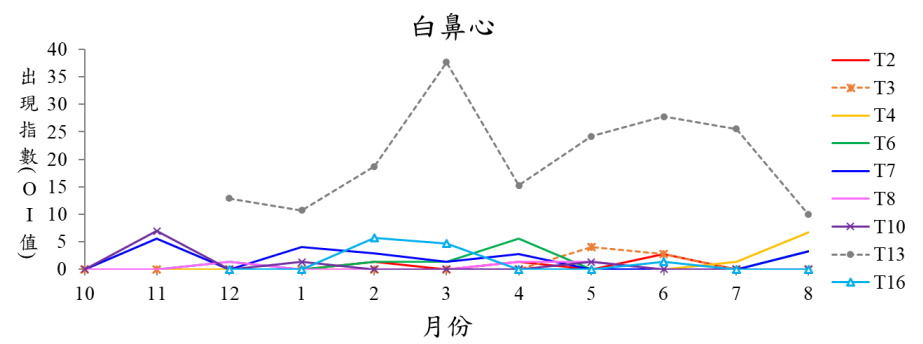
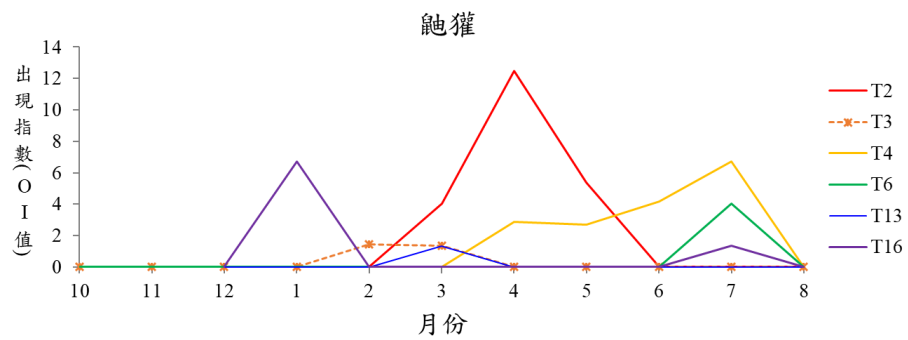


圖 47. 臺灣中油公司桃園煉油廠各樣區中大型哺乳動物出現指數季節變化

2. 小型哺乳動物調查

自 112 年 10 月至 113 年 8 月共進行六次小型哺乳動物陷阱調查。原調查方法為廠內每個樣區各設置 5 門薛門式陷阱。期中會議後依照建議調整為每個樣區設置 3 門薛門式陷阱及 2 個掉落式陷阱。誘捕的餌料從最初的地瓜塊與花生醬，到中期調整為煎香腸與紅燒排骨，目的在還原小型哺乳動物可能在廠內以便當廚餘為食物來源的情況，但研究期間仍無捕捉到動物。

過往調查(桃園煉油廠第三重油加氫脫硫工場興建計畫 2006)曾在人為活動區附近架設薛門式陷阱捕獲過臺灣鼯鼠、錢鼠，這兩物種廣泛分布於低海拔農地及森林邊緣，且小型哺乳動物容易受到農作物、垃圾與廚餘的影響，在人類活動區域出沒較頻繁(林良恭&吳榮笙 2009)。研究人員每兩個月進行調查時也發現類似情形，能見許多棄置的便當盒、飲料罐散落堆置在馬路旁的樹叢裡。而本次樣區架設多挑選離道路較遠、人為活動干擾少的地帶，人為食物資源相對較少。另外，樣區森林環境的枯木、落葉層豐富為蟻類良好棲地，因此幾乎所有樣區陷阱餌料放置一夜就被蟻類佔滿，可能也降低小型哺乳動物的捕捉率，而調查過程也曾遭遇陷阱有被動物刨挖、餌料失蹤的情形，推測為家犬所為。以上皆可能導致本研究所設置的陷阱無捕捉到小型哺乳動物。

紅外線自動相機在樣區 T2、T3 拍攝到臺灣刺鼠(*Niviventer coninga*)(圖 48)，有效影像 5 張，其為臺灣低、中海拔山區的優勢鼠種(張簡琳玟等 2022)。樣區 T13 曾拍攝到亞洲家鼠(*Rattus tanezumi Temminck*)(圖 49)，有效影像 1 張，其較常出沒於人類建築附近，善於攀爬又被稱作屋頂鼠。另有 5 張有效影像只標記為鼠科，無法辨識物種，共計 1 目 1 科 2 種。以上齧齒目動物除了是生態鏈的初級消費者，亦是數種低海拔食肉目動物與猛禽等的獵物，甚至扮演傳播種子的角色(周富三等 2011)，是淺山生態系重要的能量傳遞者。



圖 48. 臺灣刺鼠



圖 49. 亞洲家鼠

3. 桃園煉油廠不同年份哺乳動物物種比較

綜上所述，本次哺乳動物調查使用紅外線自動相機記錄到的動物共有：鼬獾、白鼻心、臺灣穿山甲、赤腹松鼠、家犬、家貓、臺灣刺鼠、亞洲家鼠，共 3 目 7 科 8 種(表 20)。比較以往的桃廠哺乳動物調查，中大型動物除了沿線調查記錄到赤腹松鼠，另有用訪談的方式記錄到白鼻心與臺灣穿山甲 (桃園煉油廠第三重油加氫脫硫工場興建計畫 2006)，現以自動相機證實了廠內白鼻心與臺灣穿山甲的存在。而以往使用陷阱曾捕獲到錢鼠、鼫鼠，本次使用小型哺乳動物陷阱調查則無收穫(表 21)。推測為兩次調查選定的樣區性質不一樣，建議未來除了廠內的森林樣區、還可納入人為干擾較高的區域架設陷阱，比較是否有所不同。

表 20. 臺灣中油公司桃園煉油廠內哺乳類動物調查名錄

目	科	中文名	學名	保育等級
食肉	犬	家犬	<i>Canis lupus familiaris</i>	
食肉	貓	家貓	<i>Felis silvestris catus</i>	
食肉	貂	鼬獾	<i>Melogale moschata subaurantiaca</i>	
食肉	靈貓	白鼻心	<i>Paguma larvata taivana</i>	
鱗甲	穿山甲	臺灣穿山甲	<i>Manis pentadactyla pentadactyla</i>	II
嚙齒	松鼠	赤腹松鼠	<i>Callosciurus erythraeus taiwanensis</i>	
嚙齒	鼠	臺灣刺鼠	<i>Niviventer coninga</i>	
嚙齒	鼠	亞洲家鼠	<i>Rattus tanezumi Temminck</i>	

表 21. 臺灣中油公司桃園煉油廠 96 年與 113 年野生哺乳動物調查比較

調查年份	中大型哺乳動物調查	小型哺乳動物調查
94 年	- 沿線調查：赤腹松鼠 - 訪查居民：白鼻心、穿山甲	薛門式陷阱：錢鼠、鼫鼠
112-113 年	紅外線自動相機：鼬獾、白鼻心、穿山甲、赤腹松鼠	- 薛門式陷阱：無 - 掉落式陷阱：無 - 紅外線自動相機：刺鼠、亞洲家鼠

4. 蝙蝠調查

於 4 次調查中，透過錄音頻譜辨認方式共記錄 7 種蝙蝠科動物，包含臺灣特有種山家蝠(*Pipistrellus montanus*)，以及臺灣特有亞種堀川氏棕蝠(*Eptesicus serotinus horikawai*)，而鼠耳蝠屬(*Myotis* spp.)則無法依據聲紋鑑定至物種階層，無保育類物種。

月間各樣站累積的蝙蝠覓食聲紋數量如表 22，1 月時蝙蝠活動頻度較低，透過聲紋僅記錄到東亞家蝠(*Pipistrellus abramus*)與高頭蝠(*Scotophilus kuhlii*)，此現象推測與季節及氣候有關，郭浩志&端木茂甯(2017)於花蓮太魯閣進行的蝙蝠調查亦顯示，氣溫較低時蝙蝠活動頻度較低，可記錄到之物種較少。4 月與 7 月時，蝙蝠的覓食頻度相對較高，其中山家蝠(*Pipistrellus montanus*)僅在 4 月有 1 筆聲紋紀錄，東亞摺翅蝠(*Miniopterus schreibersii fuliginosus*)則僅在 7 月調查有聲紋紀錄。

相較於其他樣站於 4 次調查中累積的聲紋數量(20 至 76)(表 24)，編號 8、9、11 之陸域樣站於 4 次調查中，僅透過聲紋記錄 1 種蝙蝠，分別是東亞家蝠(編號 8、9 樣站)與絨山蝠(*Nyctalus velutinus*)(編號 11 樣站)，並且各樣站均僅有 1 筆聲紋紀錄。

表 22. 臺灣中油公司桃園煉油廠不同月之蝙蝠調查結果

物種	學名	2023 年		2024 年		總計
		10 月	1 月	4 月	7 月	
堀川氏棕蝠	<i>Eptesicus serotinus horikawai</i>	10		29	97	136
東亞摺翅蝠	<i>Miniopterus schreibersii fuliginosus</i>				12	12
鼠耳蝠屬	<i>Myotis</i> spp.	3		12	3	18
東亞家蝠	<i>Pipistrellus abramus</i>	24	2	69	91	186
家蝠屬	<i>Pipistrellus</i> sp.			1		1
山家蝠	<i>Pipistrellus montanus</i>			1		1
高頭蝠	<i>Scotophilus kuhlii</i>	40	20	62	121	243
絨山蝠	<i>Nyctalus velutinus</i>	11		7	2	20
總計		88	22	181	326	617

表 23. 臺灣中油公司桃園煉油廠各陸域樣點之蝙蝠調查結果

年月/物種	學名	保育 等級	特有 性	陸域樣點																	總 計
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
2023/10																					
堀川氏棕蝠	<i>Eptesicus serotinus horikawai</i>	無	特亞						2						7	1					10
鼠耳蝠屬*	<i>Myotis</i> spp.	無	無						2	1											3
東亞家蝠	<i>Pipistrellus abramus</i>	無	無					4	11	4							5				24
高頭蝠	<i>Scotophilus kuhlii</i>	無	無				2	2	9	1				8			3	3	12		40
絨山蝠	<i>Nyctalus velutinus</i>	無	無			1		4							2	3	1				11
2024/1																					
東亞家蝠	<i>Pipistrellus abramus</i>	無	無				1								1						2
高頭蝠	<i>Scotophilus kuhlii</i>	無	無				1	3						1	2	6	3	1	3		20
2024/4																					
堀川氏棕蝠	<i>Eptesicus serotinus horikawai</i>	無	特亞	1	7		20									1					29
鼠耳蝠屬*	<i>Myotis</i> spp.	無	無	1	3	4								2				2			12
東亞家蝠	<i>Pipistrellus abramus</i>	無	無		6	12	3		6		1	1	7				12	16	5		69
家蝠屬	<i>Pipistrellus</i> sp.	無	無													1					1
山家蝠	<i>Pipistrellus montanus</i>	無	特有													1					1
高頭蝠	<i>Scotophilus kuhlii</i>	無	無	1	19	3	15							4				11	3	6	62
絨山蝠	<i>Nyctalus velutinus</i>	無	無												1	4	2				7
2024/7																					
堀川氏棕蝠	<i>Eptesicus serotinus horikawai</i>	無	特亞	13	3	5	1	4	3	4				18	5		1	21	7	12	97
東亞摺翅蝠	<i>Miniopterus schreibersii fuliginosus</i>	無	無	1	8					2				1							12

年月/物種	學名	保育 等級	特有 性	陸域樣點																	總 計
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
鼠耳蝠屬*	<i>Myotis</i> spp.	無	無				1		1	1											3
東亞家蝠	<i>Pipistrellus abramus</i>	無	無	5	3	2	9		4	14			6		3	19	3	11	3	9	91
高頭蝠	<i>Scotophilus kuhlii</i>	無	無	9	11	2	11	3	6	12			5		1	21	12	19	4	5	121
絨山蝠	<i>Nyctalus velutinus</i>	無	無						2												2
物種數*				4	4	4	3	4	4	4	1	1	4	1	4	6	4	3	3	3	7
音頻數量				31	60	29	64	20	46	39	1	1	52	1	25	55	51	76	40	26	617
夏農歧異度指數(Shannon's diversity index, H')				1.0	1.2	1.1	1.0	1.3	1.1	1.1	-	-	1.2	-	1.2	1.2	0.8	1.1	0.9	1.0	1.3
*註：鼠耳蝠屬之聲紋無法鑑定至物種，不列入物種數與歧異度指數計算。																					

(1)桃廠之蝙蝠組成

本計畫於桃廠所記錄之蝙蝠聲紋數量以高頭蝠最多(n=243)，東亞家蝠次之(n=186)，堀川氏棕蝠再次之(n=136)，上述 3 個物種的聲紋數量占總聲紋數量之 91.6%(565/617)(圖 50)。前述物種均為棲息環境及活動範圍與人類聚落重疊度較高(鄭錫奇等，2015)，較適應人為環境，因此於廠區內活動頻度較高。

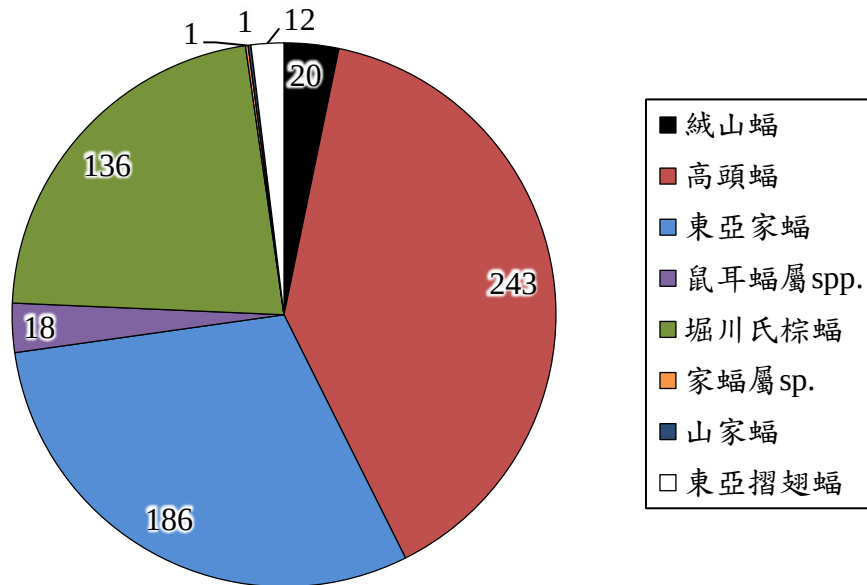


圖 50. 臺灣中油公司桃園煉油廠之蝙蝠累積聲紋數量圓餅圖

本計畫調查蝙蝠之方式係透過錄製其覓食發出之回聲定位超音波，再以聲紋的特徵辨識物種。具有回聲定位能力之蝙蝠僅於覓食時，才會發出回聲定位之超音波，並且隨著其與獵物的距離愈近時，其發聲的頻率會不斷加速，以得到更多聲學資訊，提升定位的精準度(吳忠信 2005)；因此，回聲定位的聲紋紀錄數量，可做為此區域蝙蝠覓食行為頻度高低之指標(Patriquin & Barclay 2003; Kusch et al. 2004)。

本計畫原旨在記錄桃廠範圍內的蝙蝠動物名錄，因此調查所蒐集之數據形式與屬性無法應用在太多統計分析上，但仍可利用文獻回顧與桃廠棲地現況，初步討論影響桃廠之蝙蝠覓食之可能因子。

(2)影響蝙蝠覓食頻度之可能因子

A. 昆蟲數量

Jung and Kalko(2010)於巴拿馬的研究顯示，顯著較多蝙蝠覓食的區域，昆蟲

的數量與生物量也顯著較高；Kusch *et al.*(2004)於德國的研究同樣也發現蝙蝠覓食頻度與昆蟲數量具有顯著正相關。根據鄭錫奇等人(2015)對臺灣原生蝙蝠物種的生態習性描述，本計畫所記錄之蝙蝠物種均以昆蟲為主要食物來源，因此本計畫各樣站之聲紋數量差異，可能與各樣站之昆蟲數量多寡有關。

Treitler *et al.*(2016)指出，昆蟲數量與多樣性主要受到土地利用方式影響，在部分土地利用集約度較高的環境，昆蟲數量反而顯著較多。昆蟲數量除了受棲地影響(Kusch *et al.* 2004)，亦與周邊光源存在與否有關。夜間時，不同人造光源發出的不同波長光線，會吸引不同類群的趨光性昆蟲，因此在特定時間內，人為環境的昆蟲數量甚至高於自然環境(Jung and Kalko 2010)。

本計畫原旨未將蝙蝠覓食頻度列為探討目標，因此未進行昆蟲調查，若委託單位欲進行延續計畫，建議可於桃廠的各類地景中設置蝙蝠與昆蟲調查樣站，增加調查頻度與資料蒐集方式(如蝙蝠除了超音波錄音外，可增加人力觀察；昆蟲可設置馬氏網、燈光誘集陷阱等)，以取得較全面的資料來探討並呈現生物與環境之交互作用關係。

B. 森林面積與距離

Treitler *et al.*(2016)在德國北部 Schorfheide 保護區的研究發現，距離森林越近的調查點，蝙蝠的覓食頻度與多樣性顯著較高，因此周邊環境亦可能影響蝙蝠覓食頻度之因子。為了具體呈現本計畫各陸域樣站之棲地差異，本計畫將 17 個陸域樣站做為圓心，分析各樣站與森林之距離、周邊 100 公尺範圍內(約 3.14 公頃)各棲地類型面積比例(將地景分為森林、開闊草生地、人造物)，並納入夜間各樣站是否具有人造光源呈現之(表 24)。

由表 24 可見，3 處累積聲紋數量僅有 1 的編號 8、9 與 11 樣站，其周邊 100 公尺內的森林占比約在 43 至 51%，但編號 11 樣站距離森林僅有 3 公尺，較編號 8、9 樣站少了約 10 公尺。在位於森林地景中的編號 1~3 樣站，其棲地差異相同，但累積聲紋數量差異可達 2 倍。

本計畫分別以樣站與森林距離，以及樣站周邊 100 公尺內森林面積與蝙蝠聲紋數量進行相關分析，結果顯示與森林距離(Kendall's test, $\tau = -0.04$, $p=0.62$)和周邊森林面積(Kendall's test, $\tau = 0.08$, $p=0.27$)與聲紋數量均無顯著相關。

表 24. 各陸域樣站之棲地因子與累積蝙蝠覓食聲紋數量表

樣站 編號	與森林距 離 (m)	森林面積 (%)	開闊地面 積(%)	人造物面積 (%)	錄音樣站具人 造光源與否*	蝙蝠聲紋數 量
1	0	100	0	0	×	31
2	0	100	0	0	×	60
3	0	100	0	0	×	29
4	0	93.7	6.3	0	×	64
5	0	90.6	0	9.4	✓	20
6	7	67.9	32.1	0	✓	46
7	10	62.3	34.8	2.8	✓	39
8	13	43.5	45.6	11	✓	1
9	12	43.8	0	56.2	✓	1
10	5	59.7	30.3	10	✓	52
11	3	51.1	0	48.9	✓	1
12	0	59.7	21.9	18.4	✓	25
13	0	100	0	0	✓	55
14	0	100	0	0	×	51

樣站 編號	與森林距 離 (m)	森林面積 (%)	開闊地面 積(%)	人造物面積 (%)	錄音樣站具人 造光源與否*	蝙蝠聲紋數 量
15	0	87.2	0	12.8	×	76
16	0	100	0	0	×	40
17	7	72.7	17	10.3	✓	26

*避免納入過遠的人造光源，此結果以夜間蝙蝠錄音時研究人員所處定點方圓 30 公尺內為標準進行評估。

由於桃廠範圍內除了廠區人造設施外均為次生林，各樣站周邊仍有大面積的連續森林，距離森林邊緣最遠的樣站亦僅有 13 公尺，可能因為各樣站於地景上的變異仍不足影響蝙蝠於各樣站之覓食行為發生改變，使得相關分析無顯著性。

C.環境噪音

桃廠內所記錄之蝙蝠物種均係透過回聲定位以捕食昆蟲，因此環境噪音亦可能是影響各樣站蝙蝠覓食頻度之因子。

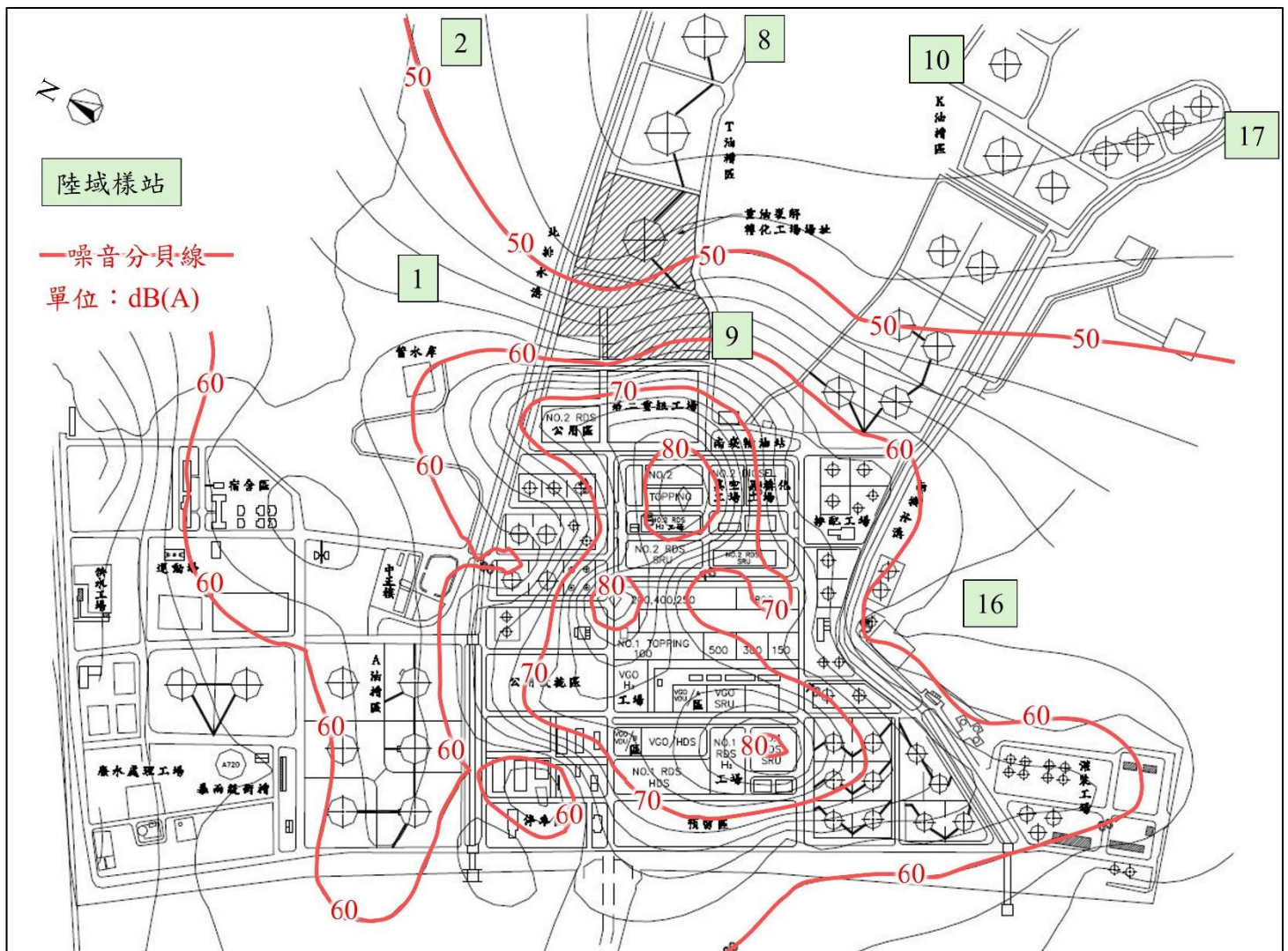
Bunkley et al.(2015)於美國新墨西哥州的天然氣開採壓縮機站研究發現，相對於沒有機組運轉的對照區域，部分蝙蝠物種於壓縮機運作區域的活動頻度顯著較低，回聲定位超音波頻率低於 35 kHz 的物種受顯著影響。Allen et al.(2021)於室內之操作實驗發現，無論人為噪音的頻率是否與超音波頻率重疊，均會顯著影響蝙蝠的覓食頻率，即便蝙蝠顯著提升超音波的發出頻率以進行覓食，其回聲定位準確率與獵食成功率仍顯著下降。Schaub et al.(2008)於室內操作實驗則發現，蝙蝠會顯著迴避具有環境噪音的環境。透過前人研究均顯示，環境噪音本身即為影響蝙蝠覓食行為之因子。

本計畫未有實際廠區內的環境噪音監測數據，因此引用桃廠之「重油轉化工場興建計畫環境影響差異分析報告(2014)」中之廠區內噪音線圖(製圖年:1997)做為環境噪音影響參考(圖 51)。由陸域樣站分布與噪音線圖顯示(圖 51)，所有陸域樣站均位於 60 dB(A)噪音線外，其中編號 9 之樣站距離噪音源最近。累積聲紋數量最少的 3 處樣站(編號 8、9、11)除了 9 號樣站外，並無特別接近高環境噪音範圍，編號 11 樣站甚至位於噪音圖範圍外。

以常理推測，夜間廠區的環境噪音應較日間低，因此機組運轉聲對夜間蝙蝠覓食行為之影響應更低，加上透過圖 51 的樣站分布與噪音線圖推測，影響蝙蝠於編號 8、9、11 樣站覓食頻率較低的主要因子應非環境噪音。

(3)小結

本計畫於桃廠範圍共記錄 7 種蝙蝠物種，均為較適應人為環境的廣泛分布種。透過聲紋辨識發現於廠內覓食的物種以高頭蝠、東亞家蝠與堀川氏棕蝠為主，上述 3 個物種的聲紋數量占總聲紋數量之 91.6%。利用各樣站之蝙蝠覓食聲紋數量進行初探，桃廠範圍內蝙蝠覓食頻度與周邊森林面積與森林間距離無顯著相關，若委託單位欲探討蝙蝠覓食、昆蟲數量與棲地間關係，建議後續可增加樣站、頻度與調查方式，討論環境與生物之交互作用關係。



註：大部分陸域樣站分布於噪音圖範圍外

資料來源：中油桃園煉油廠重油轉化工場興建計畫環境影響差異分析報告(2014)，本計畫修改。

圖 51. 臺灣中油公司桃園煉油廠廠區內噪音線圖與陸域樣站分布

(三) 鳥類、兩生類與水域動物

本計畫完成 12 個月的鳥類定點調查(2023 年 10 月至 2024 年 9 月)，兩生類動物調查進行 6 個月次(2023 年 10 月及 12 月，2024 年 2、4、6、8 月)，水域動物調查則進行 4 個月次，分別於 2023 年 10 月、2024 年 1 月、2024 年 4 月與 2024 年 7 月完成。

1. 鳥類調查結果

於 12 個月的調查中，本計畫共記錄 31 科 58 種 2,561 隻次鳥類(表 25)，其中包含 7 種珍貴稀有等級鳥類(魚鷹(*Pandion haliaetus*)、東方蜂鷹、大冠鷲、鳳頭蒼鷹、松雀鷹、紅隼(*Falco tinnunculus*)、領角鴉)與 2 種其他應予保育等級鳥類(紅尾伯勞(*Lanius cristatus*)與臺灣藍鵲)。臺灣特有種包含臺灣竹雞、五色鳥、臺灣藍鵲、小彎嘴與繡眼畫眉共 5 種，臺灣特有亞種則有金背鳩、大冠鷲、鳳頭蒼鷹、松雀鷹、領角鴉、大卷尾、黑枕藍鶺鴒、樹鵲、白頭翁、紅嘴黑鸛與山紅頭(*Cyanoderma ruficeps*)共 11 種。表 25 中之遷留屬性欄位，係本計畫團隊參考 2023 年臺灣鳥類名錄(丁宗蘇等 2023)，加上實地經驗所產出之該物種於桃廠內之可能遷留屬性，以供委託單位判斷不同物種於廠區之生態習性。

(1) 鳥類組成

依據表 25 之鳥類遷留屬性資料，若統整遷留屬性僅有「留鳥」的物種時，於桃園煉油廠目前所記錄的鳥類累積個體中(表 25)，約有 80.2%為留鳥；若彙整遷留屬性包含留鳥的物種時，則有 94.9%的個體具留鳥屬性，也由於桃廠內鳥類個體多為留鳥，因此鳥類個體數於繁殖季時較多(春、夏季)(表 25)，應與繁殖季時留鳥多會鳴唱求偶，進而提升被偵測率有關。

除了留鳥外，桃廠內亦有少量的夏候鳥(表 25)。噪鵲為臺灣的夏候鳥，每年春季時會抵達臺灣並托卵於留鳥的鳥巢內；桃廠的黃頭鷲族群應為夏候鳥，其族群量於 5 月起開始增加，大部分的個體位於高爾夫球場草生地周邊覓食；家燕為臺灣普遍的夏候鳥，自 4 月起零星出現於桃廠範圍內。極北柳鶯、野鴿、灰鵲鴒與樹鵲等則為臺灣常見的冬候鳥(表 25)，本計畫於 2023 年 10 月至今年 5 月間(度冬至北返過境期)於廠內記錄到零星個體。

表 25. 臺灣中油公司桃園煉油廠鳥類名錄

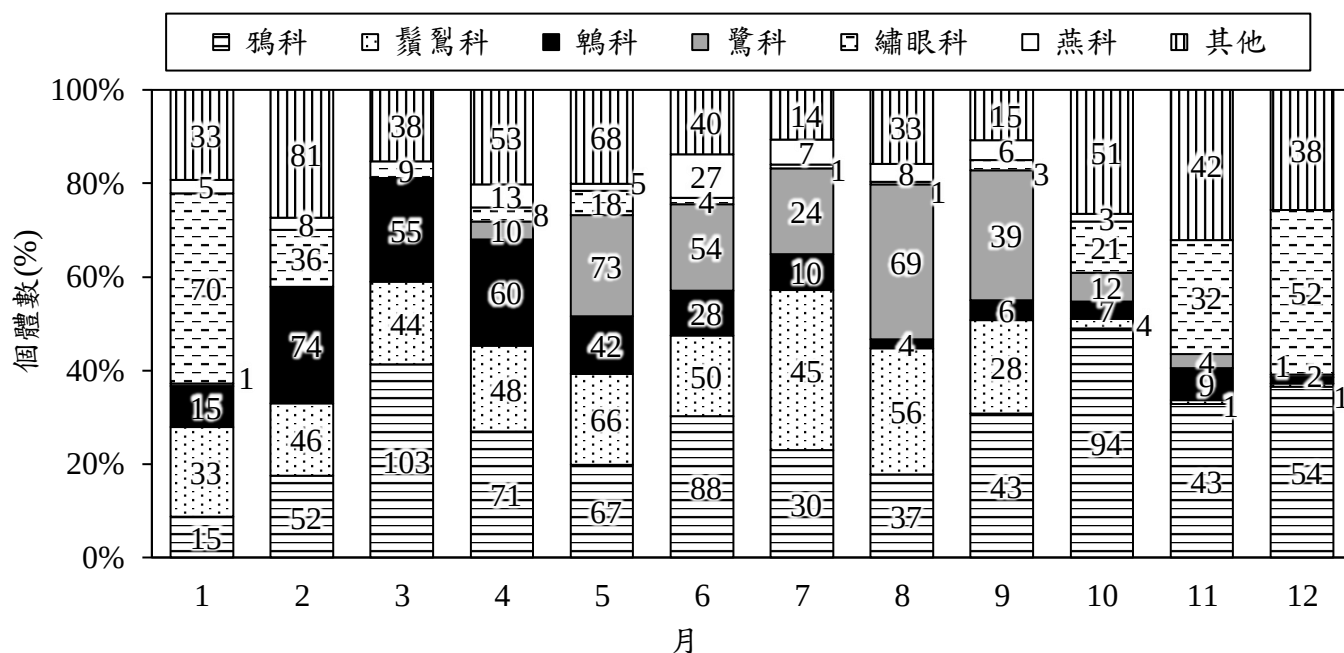
科	物種	學名	保育等級	特有性	於桃廠之可遷留屬性	2023					2024							總計
						Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	
雉科	臺灣竹雞	<i>Bambusicola sonorivox</i>		特	留	*	*/	1/*/	1/*	8/*/	3/*/	9/*	3/*/	7/*	3/*/	6/*/	2/*	43
鳩鵲科	野鴿	<i>Columba livia</i>			引進種	19	5			2				4			6	36
鳩鵲科	金背鳩	<i>Streptopelia orientalis</i>		特亞	留/過				7/*/	2/		1	3	1				14
鳩鵲科	紅鳩	<i>Streptopelia tranquebarica</i>			留									1		1		2
鳩鵲科	珠頸斑鳩	<i>Spilopelia chinensis</i>			留	4			10		2	2	2					20
鳩鵲科	翠翼鳩	<i>Chalcophaps indica</i>			留						1					2/		3
杜鵑科	噪鵲	<i>Eudynamys scolopaceus</i>			夏/過									1				1
雨燕科	小雨燕	<i>Apus nipalensis</i>		特亞	留								30	10	1	4		45
秧雞科	白腹秧雞	<i>Amaurornis phoenicurus</i>			留								1					1
秧雞科	灰腳秧雞	<i>Rallina eurizonoides</i>			留						*	*	*					-
鷺科	大白鷺	<i>Ardea alba</i>			留/夏/冬	1							2					3
鷺科	小白鷺	<i>Egretta garzetta</i>			留/夏/冬/過	1	1		1									3
鷺科	黃頭鷺	<i>Bubulcus ibis</i>			留/夏/冬/過	10	3					9/	71/	54/	23/	69	39	278
鷺科	夜鷺	<i>Nycticorax nycticorax</i>			過						*	*	*					-
鷺科	黑冠麻鷺	<i>Gorsachius melanolophus</i>			留			1/			*/	1/*/	*/		1/			3
鵟科	魚鷹	<i>Pandion haliaetus</i>	II		冬/過				1	2						2		5
鷹科	東方蜂鷹	<i>Pernis ptilorhynchus</i>	II		留/過			2		1					1/			4
鷹科	大冠鷲	<i>Spilornis cheela</i>	II	特亞	留		2	2	*	17	2/*	7/*	1/*/	6/*/		6		43
鷹科	灰面鵟鷹	<i>Butastur indicus</i>	II		冬/過							5						5
鷹科	鳳頭蒼鷹	<i>Accipiter trivirgatus</i>	II	特亞	留				1									1

科	物種	學名	保育 等級	特有 性	於桃廠之可 能遷留屬性	2023			2024									總計
						Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	
鷹科	松雀鷹	<i>Accipiter virgatus</i>	II	特亞	留		*			1	2/*	2/*		1	1			7
鴟鵂科	領角鴟	<i>Otus lettia</i>			留	.	.		*	.	*	*/	*/		.	.		-
鬚鴛科	五色鳥	<i>Psilopogon nuchalis</i>		特	留	4	1/*	1/*	33/*	46/*	44/*	48/*	66/*	50/*	45/*	56/*	28/*	422
啄木鳥科	小啄木	<i>Yungipicus canicapillus</i>			留	1		2		*	*	*						3
隼科	紅隼	<i>Falco tinnunculus</i>	II		冬	1												1
隼科	遊隼	<i>Falco peregrinus</i>			留/冬/過											1	1	2
山椒鳥科	灰山椒鳥	<i>Pericrocotus divaricatus</i>			過							*	*					-
綠鴟科	綠畫眉	<i>Erpornis zantholeuca</i>			留		3/*	*	1/*	4/*	1/*	7/*	2/*	1/*		1		20
卷尾科	大卷尾	<i>Dicrurus macrocercus</i>		特亞	留/過	4					*	3/*	8/*		1	1	1	18
王鶇科	黑枕藍鶇	<i>Hypothymis azurea</i>		特亞	留	*	1/*	*	*	2/*	3/*	1/*	4/*	2	*			13
伯勞科	紅尾伯勞	<i>Lanius cristatus</i>	III		冬/過												1	1
鴉科	臺灣藍鵲	<i>Urocissa caerulea</i>	III	特	留	32/*/	30/*/	38/*/	14/*/	31/*/	44/*/	27/*/	16/*/	29/*/	11/*/	11/*/	4/*/	287
鴉科	樹鵲	<i>Dendrocitta formosae</i>		特亞	留	53/*	13/*/	16/*	1/*/	21/*	57/*	44/*	51/*/	58/*	17/*	23/*/	38/*	392
鴉科	巨嘴鴉	<i>Corvus macrorhynchos</i>			留	9		*			2/*	*	*	1	2	3	1	18
燕科	棕沙燕	<i>Riparia chinensis</i>			留				1									1
燕科	家燕	<i>Hirundo rustica</i>			夏/冬/過							13	5	5		4		27
燕科	洋燕	<i>Hirundo tahitica</i>			留	3			4	2				19	7	1	6	42
燕科	赤腰燕	<i>Cecropis striolata</i>			留/過									3		3		6
鶇科	白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i>		特亞	留	7	6/*		13/*	17/*	15	22/*	19/*	15	7	1		122
鶇科	紅嘴黑鶇	<i>Hypsipetes leucocephalus</i>		特亞	留		3	2/*	2/*	57/*	40/*	38/*	23/*	13/*	3/*	3	6/*	190
柳鶯科	黃眉柳鶯	<i>Phylloscopus inornatus</i>			冬/過	1												1

科	物種	學名	保育等級	特有性	於桃園之可能性	2023								2024				總計
						Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	
柳鶯科	極北柳鶯	<i>Phylloscopus borealis</i>			冬/過	*	3/*		*									3
樹鶯科	短尾鶯	<i>Urosphena squameiceps</i>			冬/過						1							1
樹鶯科	遠東樹鶯	<i>Horornis canturians</i>			冬/過					1	1							2
繡眼科	斯氏繡眼	<i>Zosterops simplex</i>			留	21	32/*	52/*	70/*	36/*	9/*	8/*	18/*	4	1	1	3	255
畫眉科	山紅頭	<i>Cyanoderma ruficeps</i>		特亞	留	2/*	*	1/*	*	6/*	1/*	1/*	6/*	2/*	2/*	5		26
畫眉科	小彎嘴	<i>Pomatorhinus musicus</i>		特	留	3	*		1		3/*	1/*	2/*	3/*	3/*	3/*	*	19
噪眉科	繡眼畫眉	<i>Alcippe morrisonia</i>		特	留	3/*	9/*	10/*	5/*	13/*	11/*	12/*	5/*	1/*	2	1		72
鶇科	白氏地鶇	<i>Zoothera aurea</i>			冬/過													-
鶇科	白眉鶇	<i>Turdus obscurus</i>			過							*						-
鶇科	白腹鶇	<i>Turdus pallidus</i>			冬/過							*						-
鶇科	鶇屬	<i>Turdus spp.</i>			冬/過	*	4/*	1	*	4	1	*						10
鵲科	野鵲	<i>Calliope calliope</i>			冬/過		4		*	2/*								6
鵲科	黃尾鵲	<i>Phoenicurus aureoreus</i>			過													-
梅花雀科	白腰文鳥	<i>Lonchura striata</i>			留					4/*								4
麻雀科	麻雀	<i>Passer montanus</i>			留								1					1
鵲鵲科	灰鵲鵲	<i>Motacilla cinerea</i>			冬	8	8	11	2	3	3						4	39
鵲鵲科	白鵲鵲	<i>Motacilla alba</i>			留/冬	5		2	3/*	1	1	*	*					12
鵲鵲科	樹鵲	<i>Anthus hodgsoni</i>			冬/過		3/*	6	1/*	8	2	1/*	*					21
鴉科	鴉屬	<i>Emberiza sp.</i>			過							1						1
物種數						25	22	19	27	26	29	32	31	24	19	23	14	57
個體數						192	131	148	172	297	249	262	339	291	131	208	140	2,561

科	物種	學名	保育等級	特有性	於桃廠之可遷留屬性	2023			2024							總計		
						Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.		Aug.	Sep.
		夏農歧異度指數(Shannon's diversity index, H')				2.39	2.35	1.92	2.01	2.59	2.23	2.50	2.38	2.41	2.13	2.10	1.92	2.75
註：以排程錄音機記錄的物種於表中以「*」標示，以紅外線自動相機記錄的物種於表中以「·」標示，不列入個體數與多樣性指數計算。																		
保育等級：據野保法第 4 條第 1 項，此表中保育類野生動物包含珍貴稀有(II)及其他應予保育(III)等級。																		

將透過圓圈法記錄的鳥類資料加總，並以各物種以生活史特性較相近的科別進行分類，以呈現桃廠各科別鳥類個體比例於月間之變化(圖 52)。由於桃廠內鳥類多為留鳥，因此月間數量占比較多的科別差異不大；如鴉科以臺灣藍鵲與樹鵲為主，鬚鶯科僅有五色鳥，鶉科以白頭翁與紅嘴黑鶉為主，鷺科則以具有遷徙習性的黃頭鷺為主，透過族群量變化趨勢可推測其為夏候鳥族群(圖 52)。



註：「其他」為鳥類累積數量不達總數量 3%之科別。

圖 52. 臺灣中油公司桃園煉油廠月間各科別鳥類個體占比長條圖

(2)季間鳥類組成

為了探討桃廠鳥類組成於季間之變化，本計畫將透過圓圈法記錄的鳥類資料，先排除累積個體數僅有 1 的物種，再以非計量多元尺度分析(Non metric multidimensional scaling, NMDS)呈現季間之鳥類組成情形(圖 53)；本計畫之季節分組將 12 月至隔年 2 月定義為冬季，3 月至 5 月定義為春季，6 月至 8 月定義為夏季，9 月至 11 月定義為秋季。

結果顯示，桃廠鳥類組成於季間具有顯著差異(Analysis of similarities, ANOSIM, $p < 0.01$)，並且不同季間之連續月份鳥類組成又較為相似(如秋季 11 月與冬季 12 月、春季 5 月與夏季 6 月)(圖 53)，顯示桃廠的鳥類組成隨著時間呈現連續性的動態變化。

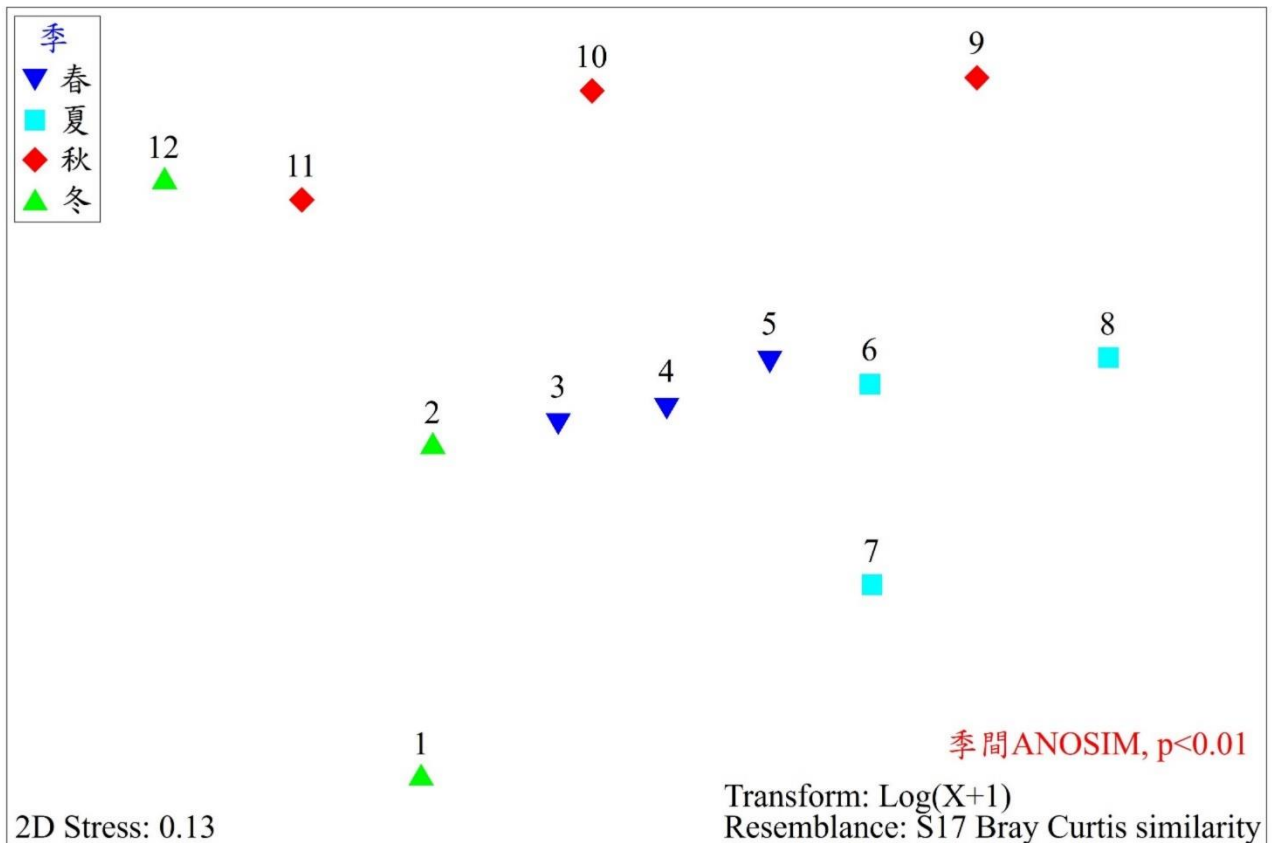


圖 53. 臺灣中油公司桃園煉油廠季間之鳥類 NMDS 分析結果

以相似程度貢獻分析法(Similarity percentages, SIMPER)探討季間鳥類組成之差異(表 26)，結果顯示季間鳥類組成差異最大的組別為夏季與冬季，由於夏季桃廠內具有黃頭鷺族群(單月約 23~69 隻)，使得鳥類組成具顯著差異。春、夏季與秋季間之鳥類組成差異主要由五色鳥與紅嘴黑鵯等留鳥數量所貢獻，由於留鳥多於初春至夏末間繁殖，因此其於春、夏季之被偵測率會較秋、冬季多，因此春、夏季所記錄之留鳥數量會較多。

雖然透過統計分析顯示桃廠之鳥類組成於季間具顯著差異，但由於各月間所記錄之鳥類數量均不多，因此趨勢容易被單次較高數量之物種紀錄所影響。此外，由於圓圈法樣站分布於森林地景中，森林性鳥類的偵測主要透過鳥鳴聲所記錄，因此在繁殖季間較容易以鳴唱聲偵測到求偶中的留鳥(原始資料顯示本計畫之鳥類繁殖鳴唱行為僅於 3 月至~8 月間有紀錄)；此偵測方法上的限制，可能為表 26 中，數種留鳥變成影響季間鳥類組成主要因子之原因。

表 26. 臺灣中油公司桃園煉油廠不同季節之鳥類組成 SIMPER 分析結果

季間比較	不相似程度(%)	主要物種差異(貢獻度%)
冬 vs. 夏	60.3	黃頭鷺(13.0%)、斯氏繡眼(12.3%)、繡眼畫眉(5.5%)、五色鳥(5.3%)、紅嘴黑鵯(5.1%)
冬 vs. 秋	52.6	黃頭鷺(10.4%)、五色鳥(8.1%)、斯氏繡眼(7.9%)、野鴿(7.5%)、樹鵲(6.4%)
春 vs. 秋	50.4	五色鳥(10.9%)、紅嘴黑鵯(9.0%)、野鴿(8.0%)、黃頭鷺(6.8%)、斯氏繡眼(5.7%)
夏 vs. 秋	51.5	五色鳥(11.4%)、野鴿(8.8%)、斯氏繡眼(8.1%)、黃頭鷺(5.6%)、洋燕(5.2%)

註：由於季間各物種之貢獻度均不高，因此僅列出季間不相似程度大於 50%之組別，主要影響物種則列出貢獻度最高之前 5 者。

(3)棲地類型與鳥類群聚

鳥類定點觀察樣站以固定距離沿著廠區內既有道路設置，而各樣站周邊地景包含了森林、草地與廠區設施等，本計畫認為周邊地景會影響該地的鳥類組成，因此為了瞭解不同樣站鳥類組成差異，本計畫彙整 12 個月透過圓圈法所記錄的鳥類資料，以 NMDS 呈現樣站間之鳥類群聚組成情形(圖 54)。分析前，本計畫先剔除累積個體數不足總記錄個體數 1%之物種，排除極端資料。

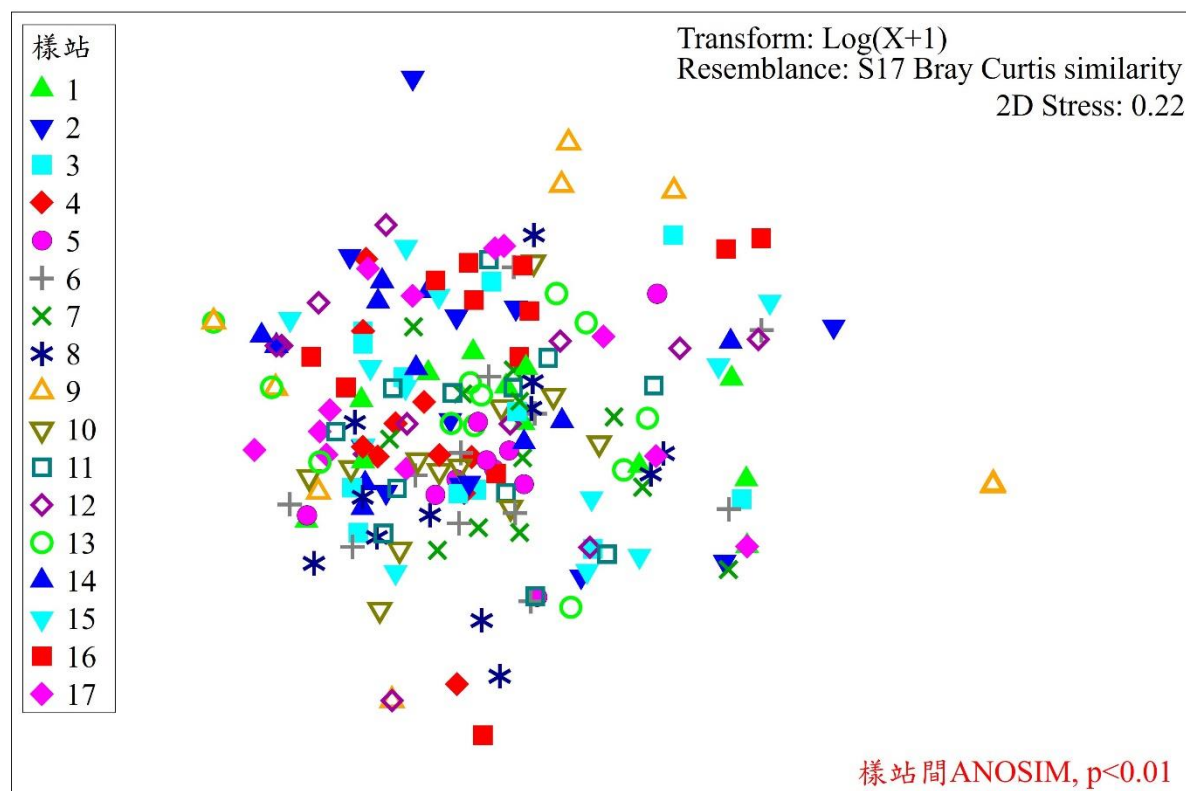


圖 54. 臺灣中油公司桃園煉油廠各樣站之鳥類 NMDS 分析結果

圖 54 為各樣站 12 個月之鳥類組成 NMDS 分析圖，不同圖例代表各樣站資料，而各樣站因為有 12 個月的調查資料，因此圖中各樣站具有 12 個圖示，以呈現各樣站每月之鳥類組成狀況。由結果可見，大部分樣站於月間之鳥類組成相近，除了編號 2 與編號 9 樣站部分月分之鳥類組成與其他樣站較有差異(ANOSIM, $p < 0.01$)。

為了探討樣站間鳥類組成差異之可能原因，本計畫利用植物調查結果，將各鳥類樣站依林型分組，再以 NMDS 呈現 12 個月間不同林型之鳥類組成(圖 55)，圖中各圖示上方的數字為樣站編號。結果顯示，以林型分組看不出鳥類組成之差異趨勢，顯示鳥類組成差異可能與樣站周邊之林型較無關係。

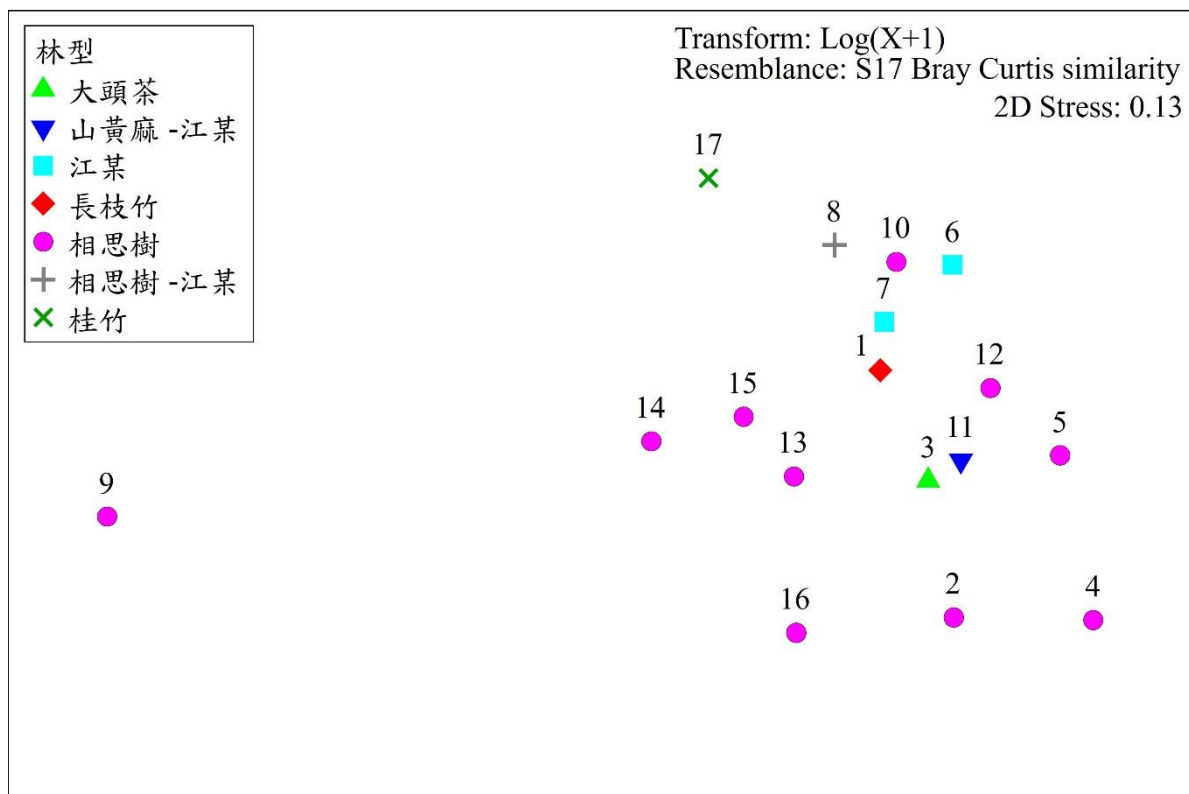


圖 55. 臺灣中油公司桃園煉油廠各林型之鳥類 NMDS 分析結果

除了林型外，本計畫認為樣站周邊的棲地類型亦可能影響鳥類組成，因此本計畫以各定點觀察樣站為圓心，析了周邊 100 公尺範圍內(約 3.14 公頃)各棲地面積比例(以地景分為森林、開闊草地、人造物)，並以森林覆蓋面積比例多寡將其分成 3 個層級(表 27)，以呈現各樣站之森林比例。

表 27. 臺灣中油公司桃園煉油廠各樣站森林層級與不同棲地面積比例結果

森林比例層級	樣站編號	森林面積 (%)	開闢地面積 (%)	人造物面積 (%)
F _L (森林面積比例 <50%)	8	43.5	45.6	11.0
	9	43.8	0.0	56.2
F _M (森林面積比例 50~80%)	6	67.9	32.1	0.0
	7	62.3	34.8	2.8
	10	59.7	30.3	10.0
	11	51.1	0.0	48.9
	12	59.7	21.9	18.4
	17	72.7	17.0	10.3
	1	100.0	0.0	0.0
F _H (森林面積比例 >80%)	2	100.0	0.0	0.0
	3	100.0	0.0	0.0
	4	93.7	6.3	0.0
	5	90.6	0.0	9.4
	13	100.0	0.0	0.0
	14	100.0	0.0	0.0
	15	87.2	0.0	12.8
	16	100.0	0.0	0.0

於 17 個樣站中，僅有編號 8、9 樣站之森林面積低於 50%，其中編號 9 樣站周邊 100 公尺範圍圓內有 56.2%為廠區，為所有樣站中人造物面積比例唯一超過 50%者。接著，本計畫再以非計量多元尺度分析(NMDS)呈現不同森林層級分組之鳥群組成情形(圖 56)，結果顯示編號 9 樣站鳥類組成與其他樣站差異較大，另外各森林層級間之鳥類組成亦略有差異；以相似性分析(ANOSIM)進行檢定顯示，F_H與 F_L之鳥類組成具顯著差異(ANOSIM, $p < 0.05$)。

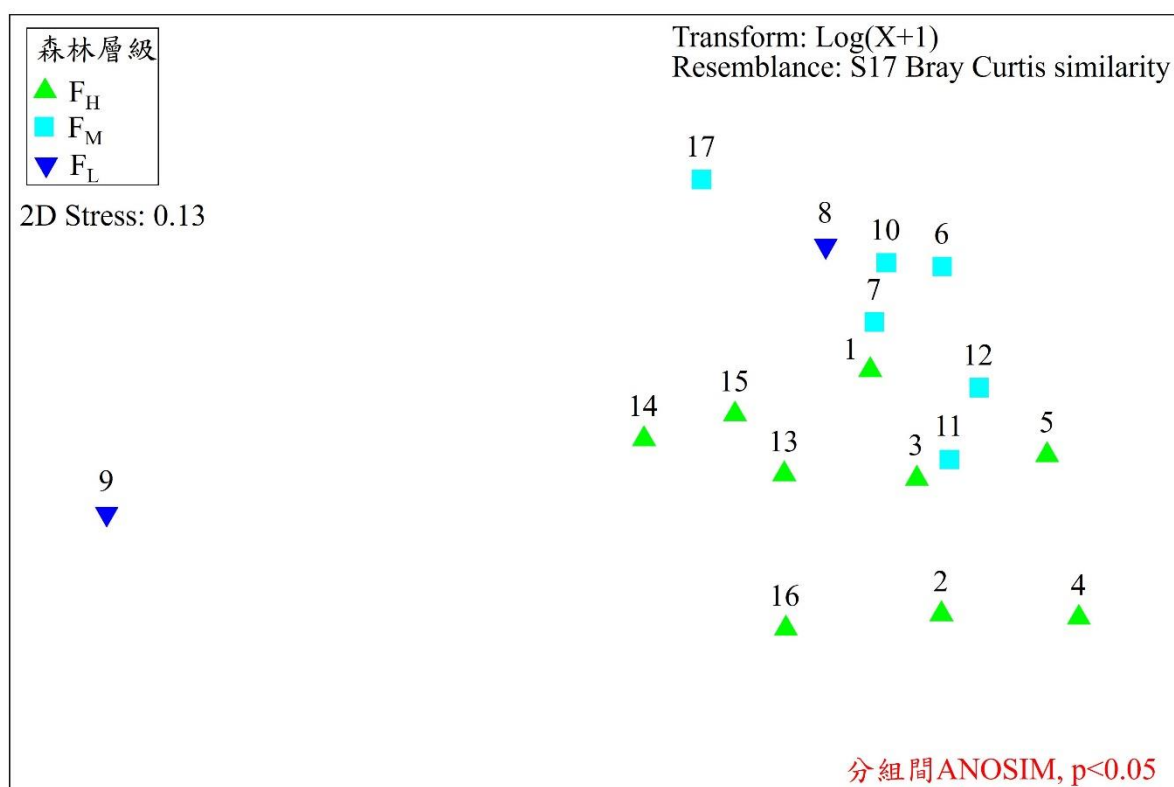


圖 56. 臺灣中油公司桃園煉油廠不同森林層級鳥類 NMDS 分析結果

透過相似程度貢獻分析法(SIMPER)顯示(表 28)，造成 F_H 與 F_L 具差異之物種為臺灣藍鵲、黃頭鷺、樹鵲、灰鵲鴿、斯氏繡眼、臺灣竹雞；在 F_H 組別，具有較多的臺灣藍鵲、樹鵲與臺灣竹雞，而 F_L 組則有較多的黃頭鷺、灰鵲鴿與斯氏繡眼。為了清楚歸納不同生態棲位的鳥類與不同森林覆蓋程度樣站間關係，本計畫參考林明志(1994)與戴漢彰(2009)之鳥類棲地同功群分類，將鳥類進行棲地同功群之分類，並以本計畫記錄數量較多之各同功群物種為舉例列於表 29。

表 28. 臺灣中油公司桃園煉油廠不同森林層級組別之鳥類組成 SIMPER 分析結果

組間比較	不相似程度(%)	主要物種差異(貢獻度%)
F_H vs. F_L	37.8	臺灣藍鵲(12.8%)、黃頭鷺(12.0%)、樹鵲(9.0%)、灰鵲鴿(8.1%)、斯氏繡眼(7.6%)、臺灣竹雞(6.9%)

註：影響因子累積至貢獻度達 50%。

表 29. 臺灣中油公司桃園煉油廠鳥類棲地同功群分類原則表

棲地同功群	分類原則	桃廠代表物種
森林性陸禽	於森林棲息與覓食之鳥類	五色鳥、臺灣藍鵲
草原性陸禽	於開闊草地或森林邊緣活動之鳥類	黃頭鷺、灰鵲
水域涉禽	於水域中覓食之鳥類	大白鷺、小白鷺
水岸性陸禽	於水域覓食但非長時間於水域中之陸禽	魚鷹
空域飛禽	於空域覓食之鳥類	洋燕、棕沙燕

參考文獻：林明志，1994；戴漢彰，2009。

於 3 種森林層級樣站所記錄之不同棲地同功群鳥類個體數顯示(表 30)，在 F_H 、 F_M 環境下森林性陸禽個體數均占了總記錄個體數 75% 以上，而 F_L 環境森林性陸禽僅不到 60%，顯示森林覆蓋較多的樣站，森林性鳥類個體占比較多。由於 2 個 F_L 組別的定點觀察樣站 100 公尺範圍圓內，均有 50% 以上面積為開闊草地或人造物(表 27)，因此所記錄的鳥類個體數中，草原性陸禽的比例有較高的趨勢(表 30)。

表 30. 臺灣中油公司桃園煉油廠不同森林層級之棲地同功群鳥類數量與比例

森林層級	棲地同功群	個體數	個體比例(%)
F_H	森林性陸禽	967	88.0
	草原性陸禽	76	6.9
	空域飛禽	56	5.1
F_M	森林性陸禽	905	75.2
	草原性陸禽	254	21.1
	空域飛禽	39	3.2
	水岸性陸禽	4	0.3
	水域涉禽	2	0.2
F_L	森林性陸禽	146	56.6
	草原性陸禽	72	27.9
	空域飛禽	34	13.2
	水域涉禽	4	1.6
	水岸性陸禽	2	0.8

為了進一步探討森林面積變化與森林性陸禽數量的關係，本計畫將 17 個定點觀察樣站周邊 100 公尺範圍圓內的森林面積，以及透過圓圈法記錄之森林性陸禽數量進行相關性分析，結果顯示樣站周邊 100 公尺之森林面積與森林性陸禽數量無顯著相關(Kendall's test, $\tau = -0.11$, $p=0.55$)。雖然各調查樣站周邊 100 公尺內的森林面積有差異，然而以較大尺度檢視各樣站仍分布於森林地景中或者森林邊緣，並且鳥類移動能力較好，可能因此使得上述分析於統計上無顯著相關。

(4)行為與棲地利用

本計畫將透過圓圈法記錄之鳥類飛越(無棲地利用)與水域(僅有 4 筆紀錄)紀錄排除後，彙整不同棲地同功群鳥類於各棲地之累積行為紀錄於圖 57。依調查結果顯示，調查期間所記錄的鳥類個體中，有 78.8%為森林性陸禽，其中有 64.4%的個體展現出社交行為(鳴叫)，8.7%的個體展現出覓食行為。於人造物環境出現的鳥類，森林性與草原性陸禽約各占一半，行為多以休息為主(92.0%)，而出現於草生地的鳥類幾乎為草原性陸禽(99.6%)，行為以覓食為主(83.5%)。

由於森林的視線遮蔽度相對草生地或人造物環境高，使得研究人員於調查時，會多透過鳥類的鳴叫聲來偵測鳥類物種與數量；草生地與人造物環境等開闊地景，研究人員則較容易以目視方式直接觀察鳥類於該環境中之行為。因此，本計畫認為森林棲地內覓食與休息的鳥類數量應有低估，但這是現有調查方式的限制。透過圖 57 可知，森林性陸禽利用森林環境的頻度較高，而草原性陸禽利用草生地的頻度較高，結果與其生態棲位與習性相符。

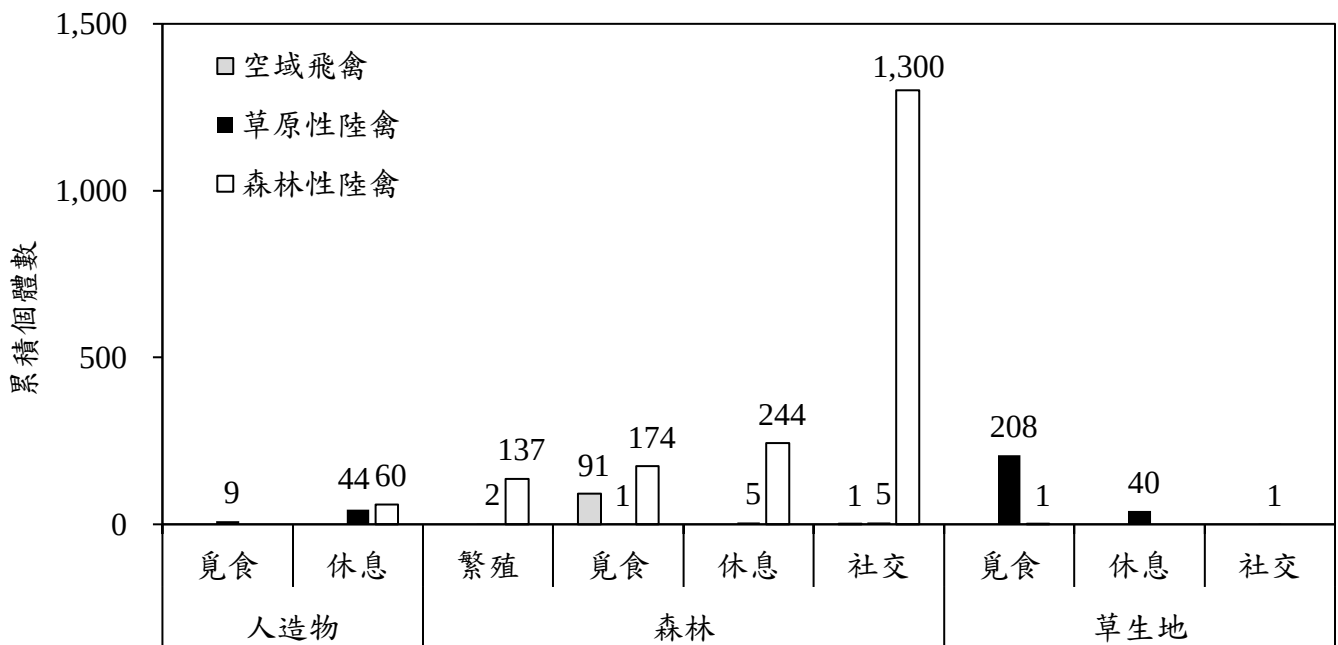


圖 57. 臺灣中油公司桃園煉油廠各棲地類型之不同棲地同功群鳥類行為累積長條圖

(5)小結

本計畫於 12 個月間共記錄了 58 種 2,561 隻次鳥類，包含 7 種珍貴稀有與 2 種其他應予保育等級鳥類。由於桃廠的鳥類多為留鳥，因此鳥類繁殖期間(春夏)之單月鳥類數量有較多的趨勢，推測與留鳥求偶時因鳴唱頻度較高而容易被偵測有關，也可能因此造成春、夏季與秋、冬季之鳥類組成差異較大。定點觀察樣站方圓 100 公尺森林覆蓋超過 80%與低於 50%之樣站，鳥類組成具顯著差異，森林覆蓋較多的樣站具有較多森林性陸禽。樣站周邊的森林林型與鳥類組成沒有相關趨勢，顯示林型應非影響桃廠鳥類組成的因素。周邊森林覆蓋比例較高之樣站，所記錄的森林性陸禽數量較多，但周邊森林面積與森林性陸禽數量無顯著相關，推測與樣站所處地景仍多位於森林內或森林邊緣有關。

2.兩生類調查結果

(1)兩生類組成

本計畫以 6 次的夜間叢塊取樣調查(2023 年 10、12 月及 2024 年 2、4、6、8 月)，加上架設於水域樣站旁排程錄音機所錄製之鳴叫聲辨識，共記錄了 5 科 10 種 53 隻次兩生類動物，無保育類動物，臺灣特有種包含褐樹蛙及面天樹蛙 (*Kurixalus idiootocus*)，消防水池旁溪溝則有發現外來入侵種斑腿樹蛙 (*Polypedates megacephalus*)(表 31)。由於兩生類動物為外溫動物，其活動頻度會受到環境溫度影響，因此前 3 次調查所記錄的兩生類物種與數量較少；隨著環境溫度上升，本計畫所記錄之兩生類物種與數量均有增加趨勢(表 31)。

自 2024 年 4 月起，3 處水域樣站每月均有透過叢塊取樣法或錄音機記錄到澤蛙(表 31)，推測澤蛙應為桃廠範圍內分布廣泛且族群量較多的物種；楊懿如 (2010)透過累積 6 年的全臺兩棲類調查結果指出，澤蛙之生態棲位寬度僅次於布氏樹蛙，能利用多樣性的棲地。除了澤蛙，其餘本計畫所調查到的蛙類亦均為分布於平地至低海拔不同環境之常見種(表 31)，無發現保育關注度較高的物種。

表 31. 臺灣中油公司桃園煉油廠各水域樣站月間記錄之兩生類動物數量

樣站/科	物種	學名	特有性	2023		2024								總計
				10	12	2	3	4	5	6	7	8		
水 1														
叉舌蛙科	澤蛙	<i>Fejervarya limnocharis</i>	無					2	*	*	*	4	6	
狹口蛙科	小雨蛙	<i>Microhyla fissipes</i>	無					*					*	
赤蛙科	貢德氏赤蛙	<i>Hylarana guentheri</i>	無					*	*				*	
赤蛙科	拉都希氏赤蛙	<i>Hylarana latouchii</i>	無					3					3	
樹蛙科	周氏樹蛙	<i>Buergeria choui</i>	無			1							1	
樹蛙科	褐樹蛙	<i>Buergeria robustus</i>	特						*	1	*		1	
水 2														
叉舌蛙科	澤蛙	<i>Fejervarya limnocharis</i>	無				*	*	*	1	*	1	2	
赤蛙科	貢德氏赤蛙	<i>Hylarana guentheri</i>	無			*	*	*	*	1	*	1	2	
赤蛙科	拉都希氏赤蛙	<i>Hylarana latouchii</i>	無			1	*	2					3	
樹蛙科	褐樹蛙	<i>Buergeria robustus</i>	特			*	*	*					*	
水 3														
叉舌蛙科	澤蛙	<i>Fejervarya limnocharis</i>	無					2	*	*	*	2	4	
樹蟾科	中國樹蟾	<i>Hyla chinensis</i>	無			*							*	
狹口蛙科	小雨蛙	<i>Microhyla fissipes</i>	無					*					*	
赤蛙科	貢德氏赤蛙	<i>Hylarana guentheri</i>	無				*	*	*				*	
赤蛙科	拉都希氏赤蛙	<i>Hylarana latouchii</i>	無	1		1	*	1	*				3	
樹蛙科	褐樹蛙	<i>Buergeria robustus</i>	特					1	*	*	*	1	2	
消防水池旁														

樣站/科	物種	學名	特有性	2023					2024					總計
				10	12	2	3	4	5	6	7	8		
蟾蜍科	黑眶蟾蜍	<i>Bufo melanostictus</i>	無	/	/	/	/	1	/	/	/	/	1	
叉舌蛙科	澤蛙	<i>Fejervarya limnocharis</i>	無	/	/	/	/	/	/	4	/	3	7	
叉舌蛙科	福建大頭蛙	<i>Limnonectes fujianensis</i>	無	/	/	/	/	/	/	3	/	/	3	
狹口蛙科	小雨蛙	<i>Microhyla fissipes</i>	無	/	/	/	/	1	/	3	/	/	4	
赤蛙科	貢德氏赤蛙	<i>Hylarana guentheri</i>	無	/	/	/	/	1	/	/	/	1	2	
赤蛙科	拉都希氏赤蛙	<i>Hylarana latouchii</i>	無	/	/	/	/	3	/	1	/	1	5	
樹蛙科	周氏樹蛙	<i>Buergeria choui</i>	無	/	/	/	/	/	/	1	/	/	1	
樹蛙科	褐樹蛙	<i>Buergeria robustus</i>	特	/	/	/	/	1	/	/	/	/	1	
樹蛙科	斑腿樹蛙	<i>Polypedates megacephalus</i>	外來	/	/	/	/	1	/	1	/	/	2	
物種數				1	0	2	4	7	4	8	3	4	9	
個體數				1	-	3	-	19	-	16	-	14	53	
夏農歧異度指數(Shannon's diversity index, H')				-	-	0.64	-	0.39	-	0.43	-	0.47	0.20	

*僅透過排程錄音機中的音檔辨識記錄，不列入個體數與多樣性指數計算。

註：消防水池旁樣站於 2024 年 4 月後才開始進行每 2 個月 1 次的叢塊取樣法調查，未設置排程錄音機。

(2)兩生類分布與棲地關係

除了本計畫所設置的調查樣站外，研究人員於調查期間，曾於油槽周邊的草地上聽到許多澤蛙與小雨蛙的鳴叫聲，但由於油槽區另為特定管制禁區，因此並無實際進入調查兩生類動物數量。

本計畫的 4 處調查樣站中，消防水池旁的溪溝僅透過 3 個月的叢塊取樣法調查即記錄了 5 科 9 種的兩生類動物(表 31)，為廠區內 4 處進行叢塊取樣調查樣站中物種數最高者。本計畫之 3 處水域樣站均位於廠區內柏油路旁的溪溝，溪溝 2 側護岸為漿砌石斜坡，坡面與行水區具草本植被覆蓋，溪溝中具有深潭，可蓄積上一階流下來的水體(圖 58)。消防水池旁的溪溝未緊鄰柏油道路，結構為典型的混凝土 3 面光溪溝，2 側護岸完全垂直於行水區，高度約有 6 公尺，護岸上具有爬藤植物。行水區固定距離具有滑梯構造，使溪溝的水能順著地形往下坡處流去(圖 58)。本計畫於此樣站的 3 次調查期間，發現此溪溝的水體量很低，僅有一層表面積水或完全乾涸(圖 59)，此現象應與溪溝設計有關，未具有蓄水的構造。

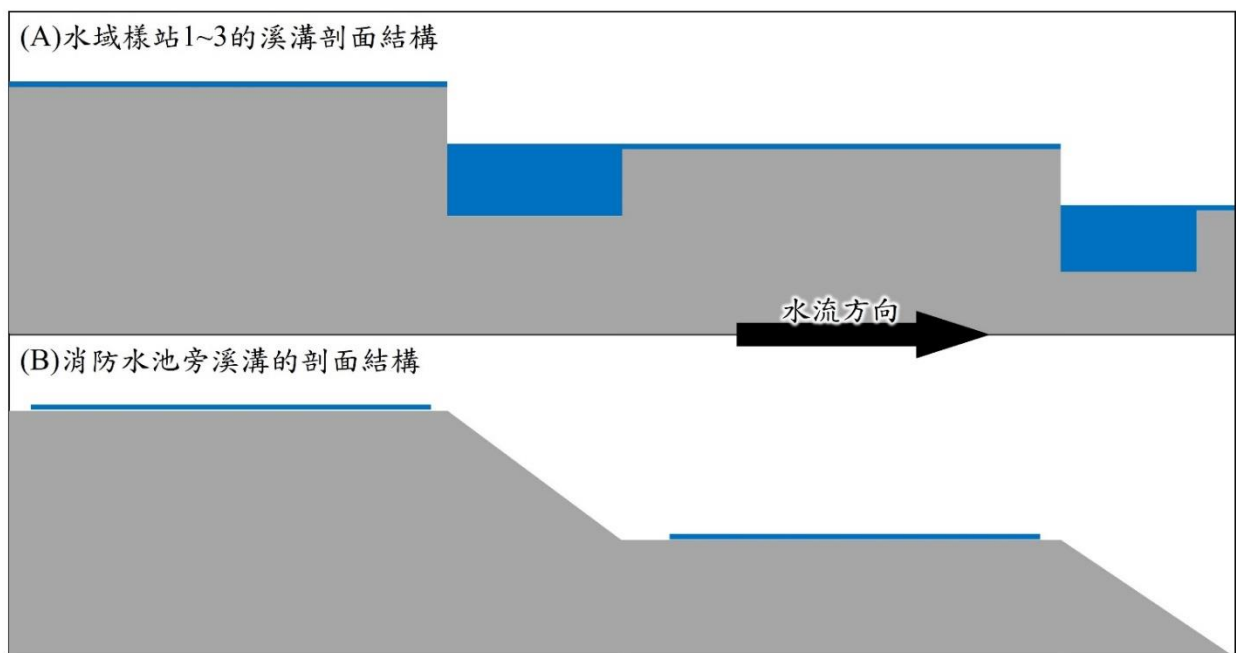


圖 58. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站與消防水池旁溪溝之剖面示意圖

若單純以溪溝結構來看，消防水池旁的溪溝蓄水量少，周邊未有植被覆蓋，並且溪溝與 2 側護岸地形落差大，未有可攀爬的斜坡面，兩生類動物應無法自由移動，相對於 3 處水域樣站，此處的兩生類動物數量與物種應較低。然而，透過 3 次的叢塊取樣法調查後，此處的兩生類動物物種數卻較 3 處水域樣站多。



圖 59. 臺灣中油公司桃園煉油廠消防水池旁的溪溝樣點(左)與水域樣站 3(右)環境照

由於絕大部份兩生類動物之生活史階段，須要在不同地景間完成，例如卵的孵化至個體完成變態通常發生在穩定的水域，而度夏與度冬階段則會移動至植被覆蓋度較高的草生生或森林底層內；因此，兩生類須要在不同季節於地景間移動 (Zhang et al. 2010)。消防水池旁的溪溝調查始於 2024 年 4 月，此時兩生類動物的活動頻度已隨著環境溫度上升，因此出現於溪溝中的兩生類動物，很可能是由緊鄰的森林意外落入的個體。

Naito et al.(2012)於日本滋賀縣水稻田研究發現，於 7 月與 10 月時，有顯著較多的名古屋達摩蛙(*Pelophylax porosa brevipoda*)會出現在稻田的灌溉溝渠內。7 月時名古屋達摩蛙剛從逐漸排水的稻田中變態完成，個體要開始播遷至其他較穩定的水域，此時就很容易落入排水溝渠中；10 月時，名古屋達摩蛙開始要移動至度冬的環境，因此又會發生量落入溝渠的事件；即使溝渠中出現大量的名古屋達摩蛙，並不代表此處是品質高的棲地，反而是人為開發導致的棲地破碎化結果。

Mazerolle(2005)於加拿大 New Brunswick 省的泥炭蘚苔開採田的研究發現，相對於被開採過已完全乾涸的泥炭區域，北美綠蛙(*Rana clamitans melanota*)僅出現於為了排水而挖掘出來的溝渠內；然而，即便北美綠蛙均聚集於溝渠內，作者於蛙類的繁殖季間未曾觀察到北美綠蛙於溝渠內有任何繁殖行為。Mazerolle

(2005)認為相對已完全乾涸的泥炭苔區，具有水體的排水溝渠是較適合蛙類生存與移動的環境，但不代表溝渠可取代北美綠蛙於原本用來繁殖或具有生態功能的棲地。本計畫研究人員於消防水池旁溪溝的調查中，未曾於殘存水體中發現任何蛙類的蝌蚪，即便此處同時出現了許多蛙類物種，也不代表此處為蛙類的高品質棲地。

Zhang et al.(2010)透過實際的溝渠設計進行黑眶蟾蜍的脫逃研究，結果顯示溝渠 2 側的高度、坡面粗糙程度與是否附有植被，均為顯著影響黑眶蟾蜍脫逃率之因子；當護岸 2 側表面較粗糙且坡面角度於 45 度時，黑眶蟾蜍脫逃的成功率可達 100%。本計畫的 3 處水域樣站護岸均為漿砌石斜坡，並且斜坡上偶有草本植被生長，這種棲地環境反而有利於蛙類於溪溝 2 側移動(實際上研究人員確實於水域樣站的斜坡上多次發現蛙類，圖 60)，亦可能是本計畫於 3 處水域樣站中記錄較少蛙類的原因。



圖 60. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站漿砌石斜面的褐樹蛙

雖然本計畫認為 3 處水域樣站的環境較有利於兩生類於溪溝間移動，但計畫執行期間研究人員亦未曾於溪溝水域發現過蝌蚪，顯示 3 處水域樣站的環境亦非適合桃廠兩生類繁殖的棲地。由於水域樣站與消防水池旁溪溝均為防汛排水用溝渠，平時水量不多且非穩定有水，加上廠區每年有 2 次的溪溝清淤作業(圖 61)，會將溪溝內的植被與有機質等清除，上述原因均可能造成兩生類不易於此處產卵繁殖。



(A)水域樣站 3 清淤前環境



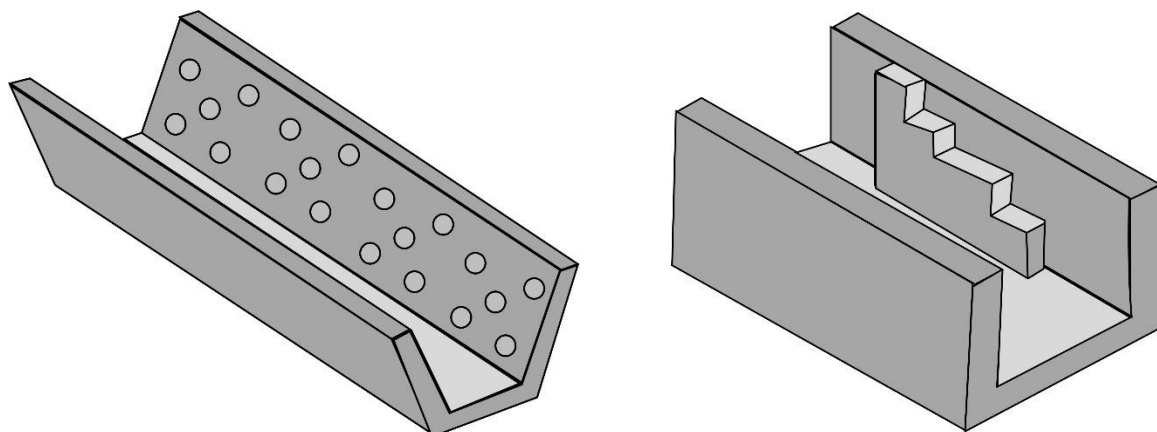
(B)水域樣站 3 清淤後環境

圖 61. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站於清淤作業前後之變化照

即便有上述不利兩生類繁殖的因子存在，但於多年的人為擾動環境中，仍有數種兩生類出現於桃廠範圍內即表示，於廠區內的森林底層或溪溝上游處，存在讓這些兩生類動物得以繁衍族群的合適環境。本計畫建議若要提升桃廠環境對兩生類動物的生態價值，未來可從(1)改善廠內人造結構物對兩生類之友善程度、(2)既有溪溝結構可提供兩生類之生態功能等原則進行。

Bi et al.(2020)透過溪溝設計的田野試驗指出，比起現行常見平行於行水區的樓梯狀結構，垂直行水區的粗糙斜坡更能提升蛙類穿越溪溝的效率。桃廠內的南、北溝排水(水域 1、3 分布處)護岸已是粗糙表面(漿砌石)且垂直行水區的斜坡(圖 62A)，並且時常覆有草本植被，已可供兩生類穿越溪溝；相對於主要排水溝渠，類似消防水池旁溪溝這類緊鄰廠區設施的溝渠，由於 2 側護岸多為垂直的混凝土，反而不利兩生類動物於落入後自行逃脫。

Bi et al.(2020)研究指出，於垂直護岸的溪溝加上樓梯結構後(圖 62B)，雖然蛙類透過此結構離開溪溝的效率不如具粗糙表面的斜坡溪溝，但仍可 100%脫逃，因此該設計為更動水利設施規模較小，但仍具有生態功能之方式。本計畫建議桃廠未來可盤點廠區具垂直護岸溪溝的兩生類分布，優先針對多樣性較高的溪溝進行水文研究，以設計出同時符合水利須求與兩生類動物友善的措施。



(A) 漿砌石護岸斜坡溪溝

(B) 具樓梯結構的垂直護岸溪溝

圖 62. 不同設計結構的溪溝示意圖

(3) 桃廠的兩生類環境監測建議指標

環境或生態監測指標物種(Bioindicator)為判斷或評估特定環境因子或棲地的代表物種，該些物種或類群須要對特定棲地或環境因子具較高專一性，或者對環境或棲地變化較為敏感，方能快速反應整體環境與棲地的變化。

本計畫於桃廠水域樣站共記錄 5 科 10 種兩生類動物，均為廣泛分布於平地至低海拔之物種，無保育類物種。本計畫彙整楊懿如&李鵬翔(2019)之圖鑑資訊，將桃廠範圍內記錄之物種的生態習性與棲地類型整理於表 32。表中非水棲型的物種，於繁殖季外多於陸域環境活動，繁殖季方會聚集於水域環境求偶與交配；也因為其生活史階段會利用不同類型棲地，便不易透過該些物種族群量波動，來評估特定棲地或環境的變化。

表 32 桃廠兩生類動物之生態習性與主要棲地類型列表

生態習性	物種	主要棲地類型
水棲型	福建大頭蛙	溪溝、緩流水、靜水域
	周氏樹蛙	
水陸兩棲	貢德氏赤蛙	稻田、靜水域
陸棲型	黑眶蟾蜍	草澤、稻田、草地
	小雨蛙	
陸棲為主	澤蛙	稻田、草澤、靜水域、緩流水
	拉都希氏赤蛙	
樹棲型	中國樹蟾	樹林、靜水域、流水域、開墾地
	褐樹蛙	
	斑腿樹蛙	

生態習性與棲地類型資料來源：楊懿如&李鵬翔(2019)

於桃廠範圍記錄到的 2 種水棲型物種(福建大頭蛙、周氏樹蛙)(表 32)，幾乎整個生活史都不會離開水域，因此較為適合做為水域環境監測指標。然而，本計畫水域樣站(人工化溪溝)之功能為防汛用水道，水量於年間變化大，並且每年有 2 次的清淤作業，因此計畫期間未觀察到有兩生類動物之繁殖行為與蝌蚪，推測與水域樣站水量不穩定且有定期清淤有關(環境擾動)，也表示上述 2 種物種除了人工化溪溝外，於周邊應有其他可利用的微棲地(用來繁殖或溪溝枯水期時使用)。

此外，由於本計畫於 6 次調查所記錄的兩生類動物數量較少，資料數不足與本計畫蒐集之環境與棲地因子進行統計分析，因此在此無法探討特定因子與物種間之關係。然而，即便無法得知特定因子與物種間之關係，如上段內容所敘，整個生活史均於水域的物種，仍可做為水域環境的指標，於長期監測過程中，若發現該物種族群出現不符過往趨勢的變化，則可透過水質檢測或棲地現況評估來盤點問題。

若委託單位欲以水棲型兩生類動物做為水域環境監測指標，本計畫建議環境監測的項目與棲地應加上特定條件，原因如下：(1)環境監測指標須能快速反應環境變化，因此建議監測頻度可調整為每月 1 次，較容易發現兩生類族群量之變化，並且可累積較多資料以呈現長期族群變化趨勢；(2)由於人工化溪溝為防洪用途，水量變化較大，如有枯水期，兩生類動物可能會短暫不利用溪溝，因此建議未來不納入溪溝枯水期時之調查資料做為族群量之評估依據；(3)本計畫認為人工化溪溝周邊區域應有水量較為穩定的水體，建議後續可針對溪溝周邊區域深入調查，以完整盤點水棲型物種的全部活動範圍，並據此做為長期監測區域。

(4)小結

本計畫透過 6 次的兩生類動物調查，於桃廠範圍記錄到 5 科 10 種的兩生類動物，無保育類。本計畫認為廠區內的具有垂直混凝土護岸的溪溝不利於兩生類於落入後移出，因此建議後續可盤點廠區內的上述環境，優先針對多樣性較高的溪溝進行水文研究，設計出符合防汛須求與兩生類動物友善的措施。本計畫建議以水棲型物種(福建大頭蛙、周氏樹蛙)的族群量做為水域環境監測指標，但建議可每月進行 1 次調查，並且調查範圍可涵蓋溪溝周邊的穩定水域，以完整盤點水棲型物種的族群量變化。

3. 水域動物調查

於 4 季的調查中，本計畫於 3 處水域樣站共記錄魚類 4 科 5 種 1,367 隻次(表 33)，其中臺灣鬚鰍 (*Candidia barbata*) 跟短吻紅斑吻鰕虎 (*Rhinogobius rubromaculatus*) 為臺灣特有種(圖 63)，無保育類物種，魚類外部形質測量結果如表 35。消防水池僅有 1 科 1 種共 146 隻極樂吻鰕虎 (*Rhi. giurinus*)(表 33)。

(1) 樣站間之魚類組成差異

3 處水域樣站之魚類組成在月間無顯著差異(ANOSIM, $p > 0.05$)，於樣站則有顯著差異(ANOSIM, $p < 0.01$)(圖 64)。由相似程度貢獻分析法(SIMPER)顯示(表 34)，水 1 與水 3 樣站之魚類組成差異最大，主要差異由短吻紅斑吻鰕虎數量造成，水 1 樣站僅有臺灣鬚鰍族群較為穩定(表 33)。水 2 與水 3 樣站間之差異主要由臺灣鬚鰍及短吻紅斑吻鰕虎之數量造成，臺灣鬚鰍在水 2 樣站較為優勢，而短吻紅斑吻鰕虎則在水 3 樣站較為優勢(表 33)。

於表 33 可見，3 處水域樣站所記錄之魚類數量於 2024 年 7 月均有減少趨勢，此現象推測與 6 月時廠區執行例行性溪溝清淤有關。為了廠區內的防汛安全，桃廠每年會進行 2 次的廠內溪溝清淤作業，清淤作業由作業人員下至溪溝，將溝渠內有可能阻擋行水區域的植被完全清除，另外水域中枯枝、溪溝內的土丘亦有適度進行清除(圖 61)。

在溪溝微棲地變少的狀況下，多利用溪溝 2 側緩流區植被下方的短吻紅斑吻鰕虎數量即有下降趨勢(表 33)。由於桃廠每年均會例行性進行清淤作業，表示廠內的溪溝環境會定期面臨擾動；於此狀況下，廠內的魚類族群仍可存續，應表示該些物種的族群可承受定期的微棲地擾動，清淤作業應非影響該些魚類族群存續之威脅。

外部形質測量結果顯示(表 35)，出現於 3 處水域樣之相同物種體型差異不大，根據臺灣魚類資料庫(<https://fishdb.sinica.edu.tw/>)之體長資訊判斷，3 處水域樣站之所有魚類均已達成體階段，其族群可於水域環境繁殖。

表 33. 臺灣中油公司桃園煉油廠各水域樣站之魚類數量

樣站	科	物種	學名	保育等級	棲留屬性	2023 年		2024 年			總計
						10 月	1 月	4 月	5 月	7 月	
水 1	鯉科	臺灣鬚鰷	<i>Candidia barbata</i>	無	特有	43	46	57	/	16	162
	鰕虎科	短吻紅斑吻鰕虎	<i>Rhinogobius rubromaculatus</i>	無	特有	1	1	5	/	2	9
		物種數				2	2	2	/	2	2
		個體數				44	27	62	/	18	171
水 2	鯉科	臺灣鬚鰷	<i>Candidia barbata</i>	無	特有	110	105	84	/	59	358
	花鰭科	孔雀花鰭	<i>Poecilia reticulata</i>	無	入侵	9	1	0	/	134	144
	麗魚科	吳郭魚	<i>Oreochromis</i> spp.	無	入侵	4	9	2	/	4	19
	鰕虎科	極樂吻鰕虎	<i>Rhinogobius giurinus</i>	無	無	1	0	0	/	0	1
	鰕虎科	短吻紅斑吻鰕虎	<i>Rhinogobius rubromaculatus</i>	無	特有	29	11	8	/	14	62
		物種數				5	4	3	/	4	5
水 3		個體數				153	129	94	/	211	584
	鯉科	臺灣鬚鰷	<i>Candidia barbata</i>	無	特有	30	0	1	/	2	33
	花鰭科	孔雀花鰭	<i>Poecilia reticulata</i>	無	入侵	1	0	0	/	0	1
	麗魚科	吳郭魚	<i>Oreochromis</i> spp.	無	入侵	6	0	0	/	0	6
	鰕虎科	短吻紅斑吻鰕虎	<i>Rhinogobius rubromaculatus</i>	無	特有	153	107	281	/	31	572
		物種數				4	1	2	/	2	4
消防水池		個體數				190	107	252	/	33	612
	鰕虎科	極樂吻鰕虎	<i>Rhinogobius giurinus</i>	無	無	/	/	/	146	/	146
		物種數				/	/	/	1	/	1
		個體數				/	/	/	146	/	146
		物種數				5	4	3	1	4	5
		個體數				387	280	438	146	262	1,513
		夏農歧異度指數(Shannon's diversity index, H')				0.91	0.83	0.66	-	1.07	1.25

(A)臺灣鬚鱨



(B)孔雀花鱗



(C)短吻紅斑吻鰕虎



(D)極樂吻鰕虎



圖 63. 臺灣中油公司桃園煉油廠採集之魚類照片

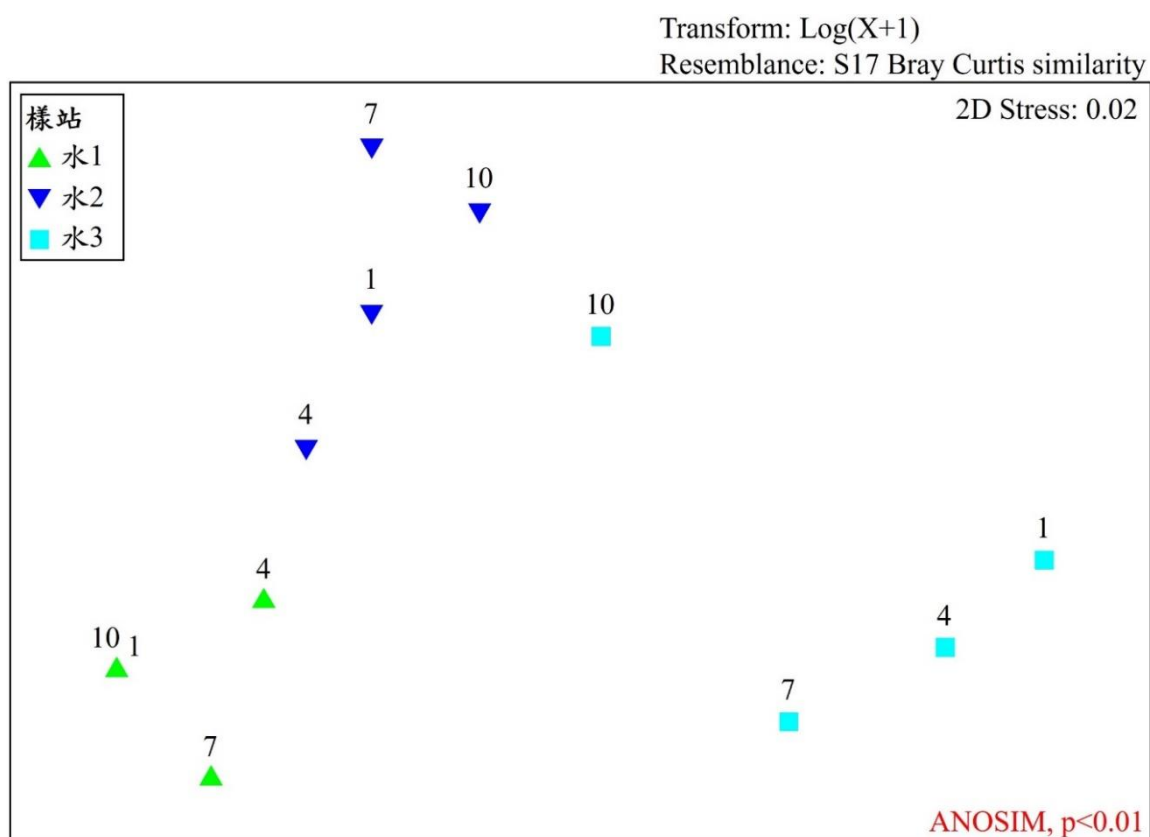


圖 64. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站於不同月間之魚類組成 MDS 分析結果

表 34. 臺灣中油公司桃園煉油廠不同水域樣站之魚類組成 SIMPER 分析結果

組間比較	不相似程度(%)	主要物種差異(貢獻度%)
水 1 vs. 水 2	39.0	孔雀花鱗(29.0%)、吳郭魚(27.3%)、短吻紅斑吻鰕虎(26.6%)、臺灣鬚鰱(14.6%)
水 1 vs. 水 3	61.0	短吻紅斑吻鰕虎(53.9%)、臺灣鬚鰱(39.2%)
水 2 vs. 水 3	50.6	臺灣鬚鰱(39.0%)、短吻紅斑吻鰕虎(23.0%)、孔雀花鱗(19.8%)、吳郭魚(16.5%)、

註：影響因子累積至貢獻度達 90%。

表 35. 臺灣中油公司桃園煉油廠各水域樣站魚類數量與外部形質測量結果

樣站	物種	個體數	體長(cm)(Mean±SD)	重量(g)(Mean±SD)
水 1	臺灣鬚鱨	162	10.1±2.9	13.1±9.3
	短吻紅斑吻鰕虎	9	3.5±0.6	0.4±0.2
水 2	臺灣鬚鱨	358	8.1±6.6	7.1±8.1
	孔雀花鱗	144	2.4±0.5	0.5±0.2
	吳郭魚	19	12.5±8.7	64.9±120.0
	極樂吻鰕虎	1	-	-
	短吻紅斑吻鰕虎	62	3.4±0.7	0.5±0.2
	臺灣鬚鱨	33	8.9±2.9	11.7±15.1
水 3	孔雀花鱗	1	-	-
	吳郭魚	6	17.1±3.2	129.3±72.1
	短吻紅斑吻鰕虎	572	4.1±0.7	0.9±0.2

(2) 蝦蟹類動物調查結果

除了魚類外，本計畫於水域樣站調查時，記錄到 3 科 5 種 592 隻次的蝦蟹類動物(表 36)，包含臺灣特有種顯齒澤蟹(*Geothelphusa eucrinodonta*)與黃綠澤蟹(*Geothelphusa olea*)，無保育類動物。3 個水域樣站均以粗糙沼蝦(*Macrobrachium asperulum*)為優勢種，蝦蟹類動物多樣性不高。研究人員於進行夜間兩生類調查時，於水域樣站 1、3 的溪溝邊緣發現不少顯齒澤蟹棲息的泥質洞穴與活動個體，顯示顯齒澤蟹應為桃廠的優勢種澤蟹。

此外，本計畫亦於不同水域環境記錄到零星的日本絨螯蟹(*Eriocheir japonica*)(表 36)，顯示降海繁殖型物種可透過上溯移動至廠區內溪溝。然而，本計畫所記錄的日本絨螯蟹數量不多，推測廠區內垂直於溪溝流向的結構物，或者出海口至廠區間南崁溪河道中的數處水泥壩體，影響了日本絨螯蟹的上溯行為。若欲針對洄游物種改善溪溝環境，建議可於不影響廠區內防汛安全與需求的原則下，於廠區內每層階梯式的人工化溪溝落差較大處掛置數捆麻繩，或設置類似防墜網的結構，增加日本絨螯蟹的上攀成功率。

表 36. 臺灣中油公司桃園煉油廠範圍之蝦蟹類動物數量

樣站	科	物種	學名	特有性	2023		2024						總計
					10	1	4	5	6	7	8		
水 1	長臂蝦科	粗糙沼蝦	<i>Macrobrachium asperulum</i>	無	71	93	85				14		263
	溪蟹科	顯齒澤蟹	<i>Geothelphusa eucrinodonta</i>	特有			7			23		1	30
	弓蟹科	日本絨螯蟹	<i>Eriocbeir japonica</i>	無								1	1
水 2	長臂蝦科	粗糙沼蝦	<i>Macrobrachium asperulum</i>	無	34	12	9				6		61
	弓蟹科	日本絨螯蟹	<i>Eriocbeir japonica</i>	無	1								1
水 3	長臂蝦科	粗糙沼蝦	<i>Macrobrachium asperulum</i>	無	125	35	8				1		169
	溪蟹科	顯齒澤蟹	<i>Geothelphusa eucrinodonta</i>	特有			2			4			6
	弓蟹科	日本絨螯蟹	<i>Eriocbeir japonica</i>	無	1						1		2
全區	溪蟹科	黃綠澤蟹	<i>Geothelphusa olea</i>	特有	1								1
	長臂蝦科	粗糙沼蝦	<i>Macrobrachium asperulum</i>	無				53					25
消防水池	長臂蝦科	日本沼蝦	<i>Macrobrachium nipponense</i>	無				5					5
物種數					3	1	2	2	1	1	2	5	
個體數					233	140	111	58	27	21	2	592	
夏農歧異度指數(Shannon's diversity index, H')					0.08	-	0.28	0.29	-	-	0.69	0.33	

(3)南溝上游現勘與溪溝棲地營造評估

因應委託單位需求，研究人員於 2024 年 6 月由水域樣站 3 沿著溪溝徒步上溯 2 km，以瞭解未人工化的溪溝現況及水域動物組成，並評估桃廠現有人工溪溝之棲地營造可能性。

據現勘結果，南溝之南崁溪上游為沿著山溝地形所形成的溪流，溪床布滿顆粒大小不同之礫石，溪水流量不大，水深約 1-5 cm，水體清澈(圖 65)。據 2 位研究人員於 2 km 的徒步觀察中，僅於溪中記錄到短吻紅斑吻鰕虎，並無其他魚類，蝦蟹類則僅發現粗糙沼蝦，推測水域動物之物種數低可能與溪水深度較淺有關，導致可棲息的物種有限。

於臺灣通用電子地圖上可見(圖 66)，南崁溪源頭源自廠區範圍內，意即南崁溪上游與南溝之水域動物並無其他可移入的方式與來源，加上南崁溪上游的環境條件(水量不豐、水深較淺)，可能因此使得溪流內的水域動物之物種與數量較低。



圖 65. 臺灣中油公司桃園煉油廠南溝之南崁溪上游環境現況

相較於自然的南崁溪上游環境，廠區內的北溝與南溝排水，為了減緩上層水體往下沖刷對下層壩體的衝擊，於溝渠中均有深潭以蓄積水體做為護坦(圖 58)，也因為南溝與北溝具有水深較深的微棲地，反而使南溝與北溝出現了上游未發現的臺灣鬚鱨、吳郭魚(*Oreochromis* spp.)及孔雀花鱗(*Poecilia reticulata*)等物種，魚類物種數較上游多。

南溝上游的自然溪流可能因其微棲地條件(水深與水量)，使水域中的魚類與蝦蟹類動物之多樣性較低。若委託單位希望提升南溝與北溝的水域動物多樣性，本計畫建議可在不影響防洪與水利安全的條件下，透過工程增加南溝與北溝排水的深水環境，例如將目前溪溝每層深潭往下游處均營造出緩坡(圖 67)，創造出不同水深梯度環境，以提供不同水域物種利用。

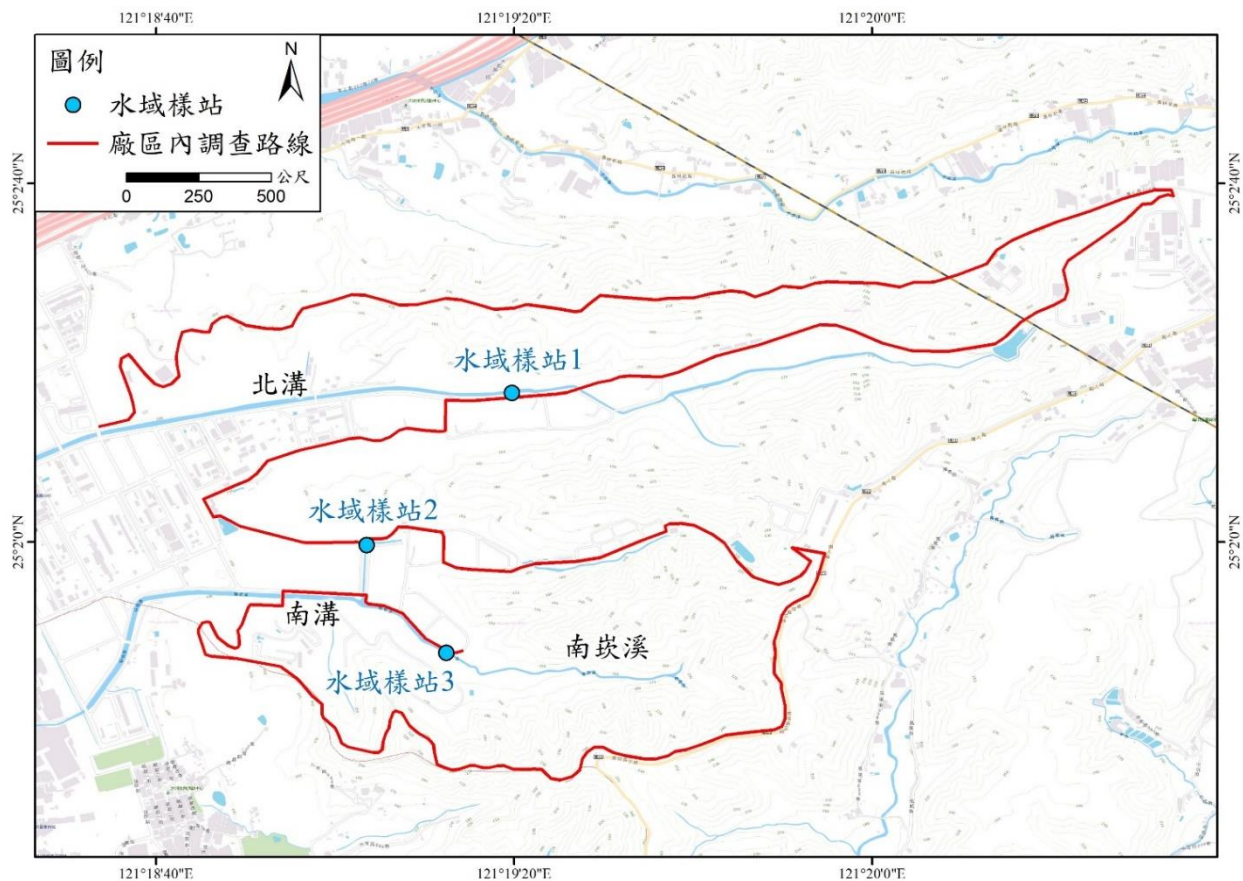


圖 66. 臺灣中油公司桃園煉油廠南崁溪與水域樣站之分布圖

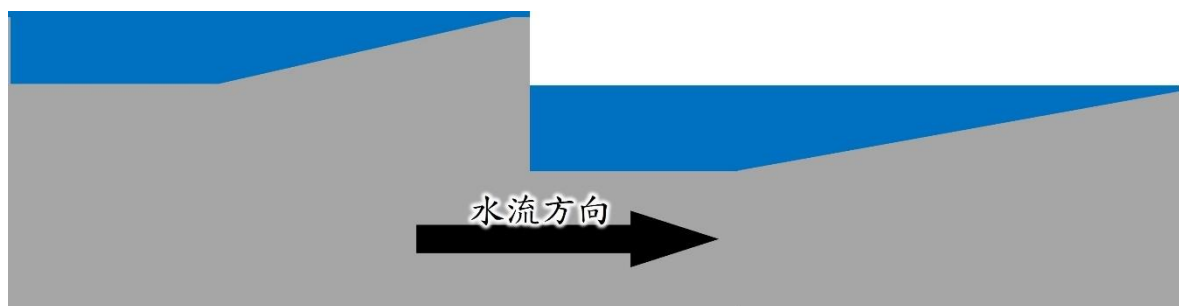


圖 67 溪溝棲地營造之剖面示意圖

4. 水域環境與微棲地因子調查結果

為了呈現水域樣站之環境與微棲地因子，並且與水域動物、兩生類動物組成進行探討，本計畫於 4 次水域動物調查時，分別於 3 處水域樣站進行了水域微棲地與水質調查，另外透過於水域樣站設置之 HOBO 自記式溫濕度計，長期記錄了 3 處水域樣站的空氣溫度與相對濕度。

(1) 環境因子

各水域樣站之 4 季水質調查結果如表 37。水溫會隨著環境溫度變化，因此 1

月的水溫較其他 3 季低，而水溫較低時則有較高的水中溶氧量。主成分分析結果顯示(圖 68)，水域樣站 1 與 2 的水質狀況較相近，並且水質因子於樣站間具有顯著差異(ANOSIM, $p < 0.01$)。相似程度貢獻分析法(SIMPER)結果顯示，水域樣站 3 與水域樣站 1、2 間之差異以導電度數值貢獻最多(表 38)，但各因子間之貢獻度差異不大，可解釋為 3 處樣站各水質因子間有差異，但各樣站間沒有明顯的水質特徵值。

Morgan et al.(2012)於美國馬里蘭州的溪流研究發現，當水質導電度達 230 至 540 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 時，會開始影響魚類群聚組成。Hitt et al.(2016)在美國肯塔基與田納西州的溪流魚類研究發現，不同魚類物種對水質導電度可耐受閾值不同。本計畫 3 處水域樣站的水體導電度僅介於 125.4 至 173.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 之間，應不會對現有的魚類群聚造成生存威脅。

表 37. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站 4 季之水質結果

季	月	日	時間	樣站	水溫($^{\circ}\text{C}$)	溶氧(mg/L)	pH	濁度(NTU)	導電度($\mu\text{S}/\text{cm}$)
1	10	26	14:00	水 1	26.1 $\pm$ 1.2	5.5 $\pm$ 0.4	6.65 $\pm$ 0.04	22.8 $\pm$ 20.8	172.0 $\pm$ 6.7
1	10	26	15:00	水 2	28.3 $\pm$ 0.2	4.9 $\pm$ 0.1	6.87 $\pm$ 0.11	18.8 $\pm$ 12.4	170.6 $\pm$ 2.4
1	10	26	16:00	水 3	23.7 $\pm$ 0.6	4.7 $\pm$ 0.3	6.06 $\pm$ 0.04	33.7 $\pm$ 39.3	141.6 $\pm$ 11.4
2	1	16	13:00	水 1	17.5 $\pm$ 0.3	6.8 $\pm$ 0.6	6.04 $\pm$ 0.03	8.1 $\pm$ 7.3	173.3 $\pm$ 10.9
2	1	16	14:30	水 2	19.9 $\pm$ 0.4	6.1 $\pm$ 0.3	6.41 $\pm$ 0.05	30.1 $\pm$ 15.1	162.8 $\pm$ 8.5
2	1	16	15:30	水 3	16.0 $\pm$ 0.6	5.8 $\pm$ 0.5	6.28 $\pm$ 0.18	30.1 $\pm$ 17.1	135.4 $\pm$ 1.2
3	4	16	12:42	水 1	24.8 $\pm$ 0.5	5.1 $\pm$ 0.4	6.43 $\pm$ 0.06	8.8 $\pm$ 5.5	142.1 $\pm$ 2.0
3	4	16	13:21	水 2	25.2 $\pm$ 0.1	5.5 $\pm$ 0.6	7.01 $\pm$ 0.06	14.7 $\pm$ 5.8	164.9 $\pm$ 1.4
3	4	16	14:09	水 3	23.2 $\pm$ 0.3	4.6 $\pm$ 0.2	6.67 $\pm$ 0.29	15.5 $\pm$ 10.4	125.4 $\pm$ 2.0
4	7	9	10:16	水 1	27.8 $\pm$ 1.2	5.3 $\pm$ 0.7	6.54 $\pm$ 0.03	10.8 $\pm$ 9.3	156.6 $\pm$ 0.5
4	7	9	08:32	水 2	27.0 $\pm$ 0.3	5.2 $\pm$ 0.4	5.62 $\pm$ 0.19	18.0 $\pm$ 0.8	173.4 $\pm$ 0.1
4	7	9	07:28	水 3	24.9 $\pm$ 0.3	5.6 $\pm$ 0.2	5.29 $\pm$ 0.06	15.6 $\pm$ 1.7	126.2 $\pm$ 1.3

註：每次採樣均 3 重複，數據以 Mean $\pm$ SD 表示。

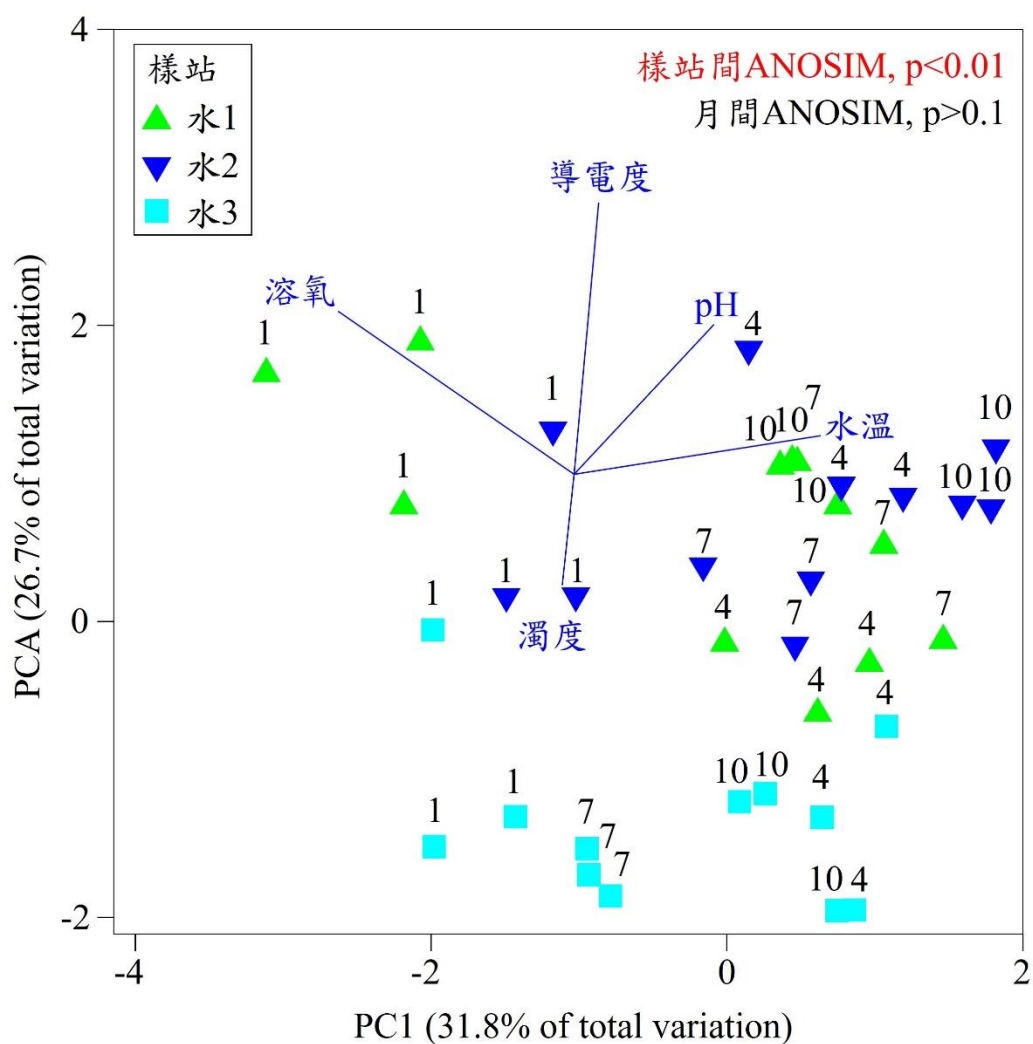


圖 68. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站 4 季之水質主成分分析圖

表 38. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站之水質 SIMPER 分析結果

組間比較	歐氏距離 Euclidian distance	水質因子差異(貢獻度%)
水 1 vs. 水 2	7.33	溶氧(27.6%)、水溫(24.8%)、pH(19.9%)、濁度(17.1%)、導電度(10.6%)
水 1 vs. 水 3	12.34	導電度(25.5%)、濁度(22.1%)、溶氧(20.8%)、水溫(17.7%)、pH(13.9%)
水 2 vs. 水 3	12.83	導電度(31.1%)、pH(23.6%)、水溫(16.9%)、濁度(16.6%)、溶氧(11.8%)
註：影響因子累積至貢獻度達 90%。		

利用計畫期間架設在水域樣站旁的 HOBO 自記式溫濕度計資料(資料記錄自 2023 年 10 月 27 日至 2024 年 9 月 2 日)，本計畫分析並呈現 3 處樣站的空氣溫度與相對濕度平均值、最小值與最大值(表 39)。結果顯示，3 處水域樣站的空氣溫度與相對濕度差異不大，最大與最小值數值於樣站間亦差異不大，代表 3 處水域樣站於計畫期間之空氣溫、濕度狀況相似。

表 39. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站之空氣溫度與相對濕度結果

樣站	空氣溫度(°C)			相對濕度(%)		
	Mean±SD	Min.	Max.	Mean±SD	Min.	Max.
水 1	20.3±5.4	5.7	34.8	89.5±11.6	29.7	100.0
水 2	21.2±5.5	6.7	35.7	83.0±11.5	25.7	100.0
水 3	20.3±5.5	5.5	36.0	86.7±11.0	30.2	98.7

註：資料記錄自 2023 年 10 月 27 日至 2024 年 9 月 3 日止，每 15 分鐘 1 筆紀錄。

(2)微棲地因子

3 處水域樣站之人工護岸材質均為漿砌石，溪流底部均有混凝土打底，溪溝中亦均有橫向的人工構造物，自然度低。由於 3 處水域樣站之溪溝均已人工化，因此溪溝微棲地於不同季間變化不大(表 40)，各樣站於季間之水域型態比例、底質顆粒比例、水域寬、水深與流速等之變化，大多與該樣站近期內降雨量及溪溝水量多寡有關。由於本計畫調查期僅 1 年，因此各水域樣站 2 旁之垂直植被比例變化亦不大(表 40)。

於 3 處水域樣站之微棲地因子 PCA 分析結果顯示(圖 69)，樣站間之微棲地因子具有顯著差異(ANOSIM, $p < 0.01$)，由相似程度貢獻分析法(SIMPER)顯示，影響樣站間差異的主要貢獻因子不同，但各因子所貢獻的變異量均不高(表 41)，即表示各項微棲地因子的變異於樣站間部大，而樣站間差異為不同因子差異累積所致。

表 40. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站之微棲地調查結果

樣站	月	水域型態(%)				底質比例(%)						植被覆蓋度(%)			水域寬(m)			水深(cm)			流速(m/s)			
		淺瀨	淺流	深潭	深流	細砂	小礫石	大礫石	圓石	小巨石	大巨石	混凝土	喬木	灌木	草本	5 m	15 m	25 m	5 m	15 m	25 m	5 m	15 m	25 m
水 1	10	0	50	50	0	45	0	0	0	5	0	50	60	5	10	8.4	8.4	5.3	35.0	23.5	4.3	0.00	0.00	0.17
	1	0	50	50	0	60	0	0	0	3	0	37	60	5	10	8.1	6.5	4.5	49.0	1.7	2.7	0.00	0.17	0.17
	4	0	50	50	0	60	10	20	0	0	10	0	60	5	15	8.1	6.5	4.8	50.0	1.8	2.8	0.00	0.03	0.10
	7	0	55	45	0	0	2	1	1	1	0	94	60	5	5	8.1	6.3	4.9	44.3	1.3	2.0	0.00	0.07	0.07
水 2	10	33	33	34	0	50	0	0	0	25	0	25	0	5	15	5.1	2.2	2.1	66.3	2.3	3.7	0.00	0.10	0.27
	1	65	0	35	0	35	0	0	0	50	15	0	0	10	15	5.0	2.1	0.5	70.7	0.0	0.0	0.00	0.20	0.17
	4	0	90	10	0	50	0	0	0	45	5	0	0	10	15	5.1	1.5	0.5	73.0	3.0	0.3	0.00	0.00	0.00
	7	0	79	21	0	2	2	2	2	38	0	54	0	10	5	5.0	2.0	2.3	69.3	4.2	3.7	0.00	0.20	0.36
水 3	10	0	66	34	0	33	0	0	15	0	0	52	15	5	30	6.9	4.5	4.4	88.0	2.3	1.7	0.00	0.07	0.07
	1	30	35	35	0	35	0	30	0	0	35	0	20	5	20	6.6	4.2	4.2	74.0	2.3	1.3	0.00	0.07	0.00
	4	0	85	15	0	10	20	20	50	20	0	0	20	5	30	6.7	4.3	4.4	80.7	0.8	1.2	0.00	0.03	0.03
	7	0	79	21	0	0	5	7	11	0	0	77	20	5	18	6.7	4.3	4.4	52.5	1.2	1.3	0.00	0.10	0.03

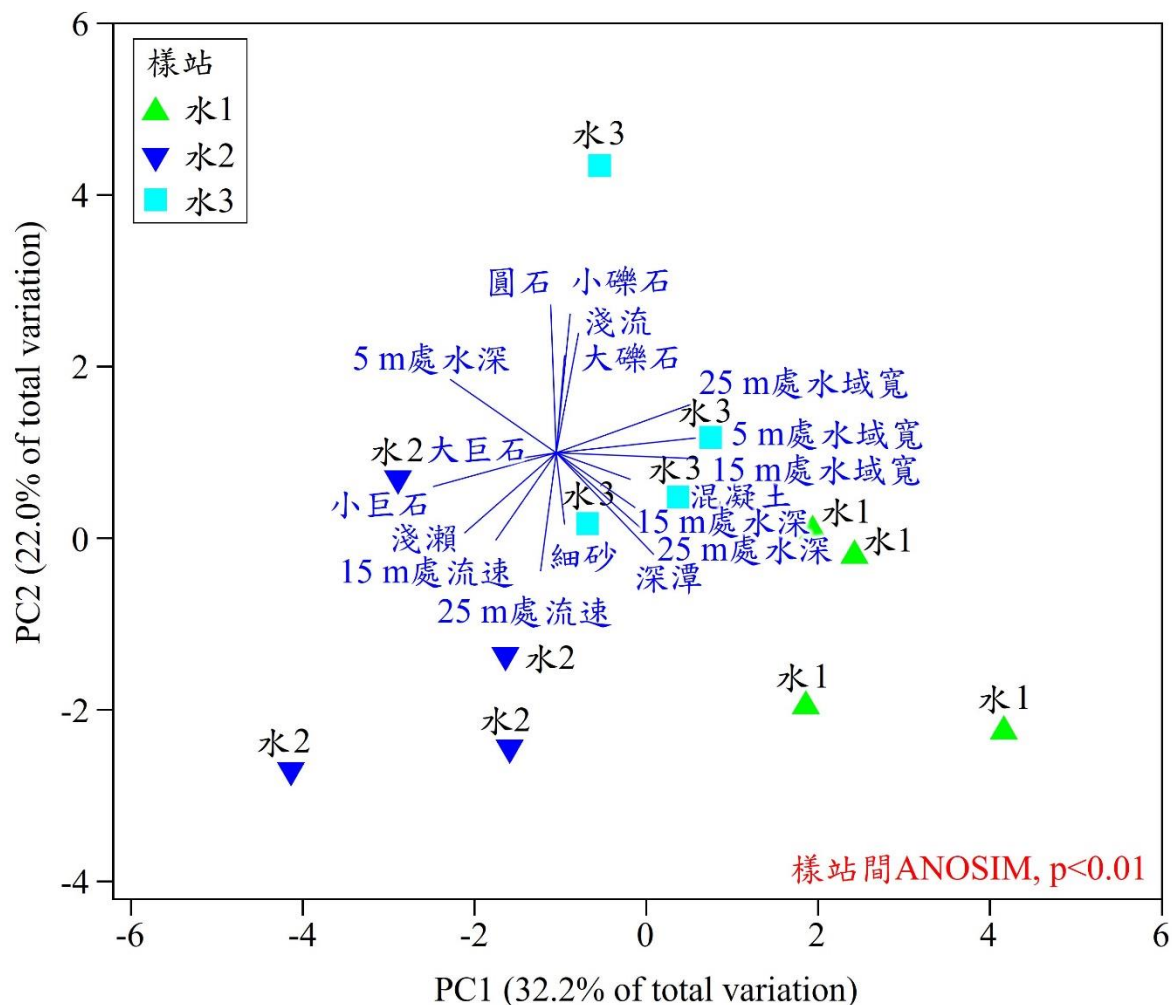


圖 69. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站 4 季之微棲地因子主成分分析圖

表 41. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站之微棲地因子 SIMPER 分析結果

組間比較	歐氏距離 Euclidian distance	微棲地因子差異(貢獻度%)
水 1 vs. 水 2	46.7	5 m 處水域寬(11.7%)、15 m 處水域寬(11.4%)、25 m 處水域寬(9.7%)、小巨石(8.5%)、深潭(7.4%)、淺瀨(6.5%)、15 m 處水深(6.1%)
水 1 vs. 水 3	33.8	5 m 處水深(12.1%)、圓石(9.8%)、15 m 處水深(8.9%)、深潭(8.8%)、大礫石(7.7%)、大巨石(7.7%)、小礫石(7.6%)
水 2 vs. 水 3	39.4	25 m 處流速(9.4%)、小巨石(9.2%)、25 m 處水域寬(8.5%)、圓石(8.3%)、大礫石(7.4%)、淺流(7.3%)、小礫石(6.9%)、淺瀨(6.8%)

註：影響因子累積至貢獻度達 60%。

(3)水域動物與環境與微棲地因子關係

由於兩生類動物之資料數不足，因此本計畫沒有將其與環境與微棲地因子進行分析，而各樣站所記錄之魚類資料較多，並且各樣站具有不同優勢魚種，因此本計畫將各樣站之魚類數量資料，與環境與微棲地因子以 Primer 軟體進行 RELATE 相關分析，探討影響不同樣站優勢物種組成之可能原因。

結果顯示，本計畫所記錄之環境與微棲地因子與魚類資料之相關性(τ)為-0.268、統計值(p)為 0.97，代表環境與微棲地因子跟魚類資料間無任何相關趨勢。

本計畫於 3 處水域樣站所記錄的環境因子(水質)雖然具顯著差異，但造成主要差異之因子為導電度，然而 3 處水域樣站之導電度數值仍屬正常範圍，並不會影響魚類生存，加上各水域樣站之水質項目並無特徵值，以及因為 3 處水域樣站的人工化溪溝結構相似，造成各樣站微棲地因子相似度高，都使環境與微棲地因子與魚類組成在各樣站具有明顯優勢物種的趨勢不符。

桃廠溪溝內之魚類組成較為單調(5 種，其中極樂吻鰕虎僅有 1 隻)，原生種臺灣鬚鰱與短吻紅斑吻鰕虎為廣泛分布於平地至低海拔溪流的魚種，而另外 2 種則為適應臺灣平地水域的外來入侵種(吳郭魚與孔雀花鱗)，上述物種於 3 處人工化且結構相似的水域樣站之水域適應性應相近，造成各樣站具有不同優勢物種現象的原因，本計畫推測可能與各樣站所處的溪溝段有關。

本計畫透過正射影像圖、電子地圖與現場調查經驗繪製出圖 70，以呈現各水域樣站及水路的水系分布圖。桃廠內的水路流向均為東往西流，主要分為北溝與南溝 2 條溪溝，南溝由南崁溪與其北側支流匯集而成(圖 70)。由圖 70 可見，水 1 及水 2 樣站均位於水路的中段，並且上游均有油槽等人為設施，水 3 樣站上游為自然溪流，無任何人為設施並且溪水量低(臺灣鬚鰱與吳郭魚等物種無法棲息，可詳參南溝上游現勘結果章節)，研究人員於水 3 樣站上游之現勘僅發現了短吻紅斑吻鰕虎 1 種魚類。

水3樣站位於人工溪溝的起點(圖70)，因上游水域僅適合短吻紅斑吻鰕虎生存，於考慮物種移入來源狀況下，此狀況可能使得水3樣站的短吻紅斑吻鰕虎為優勢種。水1與水2樣站因其位於水路中段，上游處具有數處人工化溪溝的深潭環境，可能使臺灣鬚鰱與吳郭魚等較大型魚類具有穩定可繁殖環境，進而使該些樣站的臺灣鬚鰱數量較多。

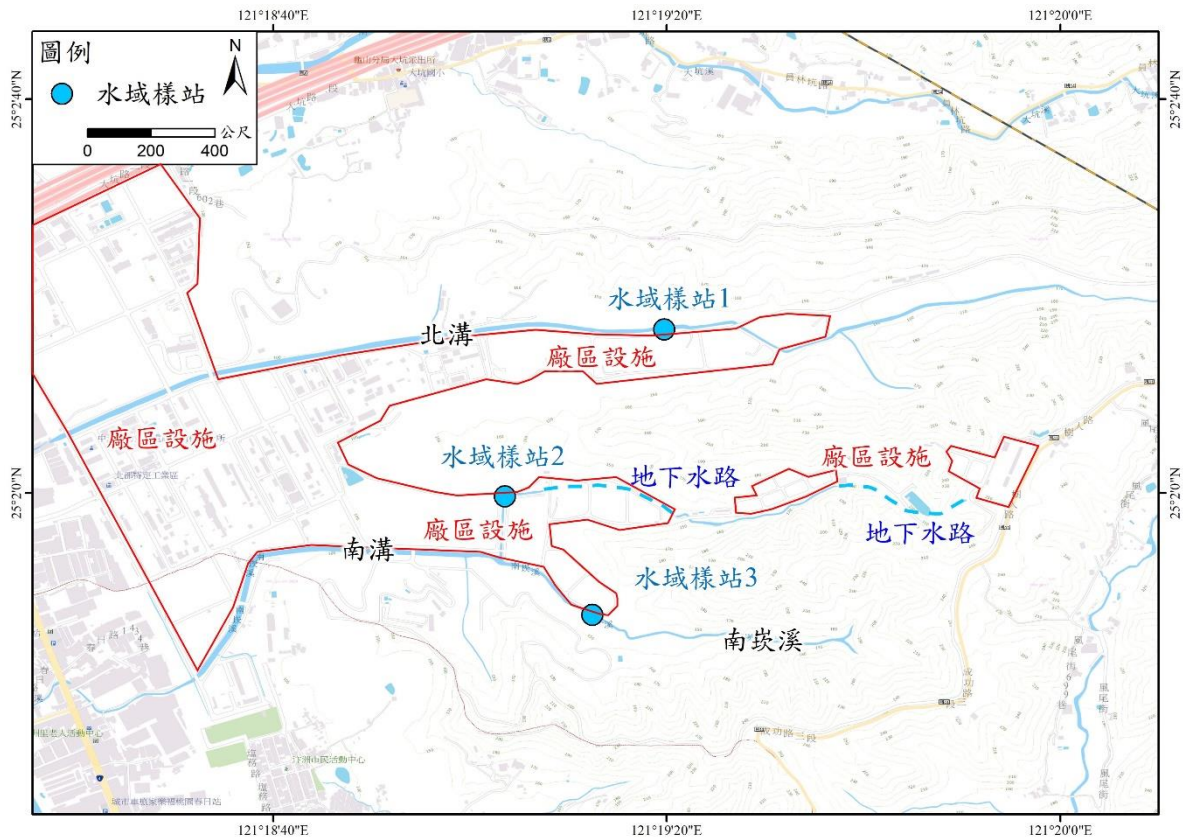


圖 70. 臺灣中油公司桃園煉油廠水域樣站與各水路之水系分布圖

六、結論與經營管理建議

(一) 結論

1. 植相與植群生態

維管束植物共調查到 111 科 252 屬 358 種，其中有 22 種臺灣特有種植物，61 種歸化植物，21 種栽培種。依 2017 臺灣維管束植物紅皮書名錄評定有 1 種接近受脅植物(NT)，1 種易受害植物(VU)，2 種瀕危植物(EN)。其中，流蘇樹應為桃廠原生樹種，後續可著重保育與景觀。

植物調查結果顯示，桃園煉油廠植群型可分為 6 型，以優勢喬木命名，分別為 I. 江某型(I-1. 相思樹-江某亞型；I-2. 江某亞型；I-3. 臺灣二葉松-江某亞型；I-4. 大頭茶-江某亞型)、II. 白匏仔型、III. 臺灣桫欏型、IV. 長枝竹型、V. 山黃麻型、VI. 桂竹型。桃園煉油廠森林以相思樹-江某亞型為主體。主要組成樹種的徑級結構分析結果，江某、臺灣糊樗、山紅柿為反 J 型結構，白匏仔、紅楠為正偏態結構、相思樹為鐘型結構、大頭茶為負偏態結構、臺灣二葉松與臺灣桫欏為 J 型結構。植群型以挺空植物(P)為主，比例佔 78.36%，其他生活型依序為地中植物(G)(9.94%)、半地中植物(H)(8.19%)、地表植物(C)(2.34%)，一年生植物(T)最低(1.17%)。

本團隊推估桃廠森林目前碳儲量為 27,205.44 ton，換算成二氧化碳當量則為 99,753.26 CO₂e，相當於桃廠每 ha 共儲存 363.85 ton 的二氧化碳。透過前人文獻推估平地低海拔闊葉林年碳吸存量約為 2.39 ton/ha/year，因此桃廠年總碳吸存量約為 655.24 ton/year，相當於一年二氧化碳總吸存量為 2,402.55 ton/year。

2. 哺乳動物

紅外線自動相機在廠內拍攝到的中大型哺乳動物有家貓、家犬、鼬獾、白鼻心、臺灣穿山甲、赤腹松鼠，共計 3 目 6 科 6 種，其中臺灣穿山甲為保育類珍貴稀有野生動物，廠內樣區出現指數最高的前三名物種為家犬(9.34)、白鼻心(2.15)、赤腹松鼠(1.44)。，拍攝到物種數最多的樣區為 T2，共計 6 種。

小型哺乳動物陷阱調查，設置薛門式陷阱及掉落式陷阱，結果均無捕捉到動物。紅外線自動相機拍攝到臺灣刺鼠與亞洲家鼠，共計 1 目 1 科 2 種。

本計畫於桃廠共記錄 7 種蝙蝠物種，均為較適應人為環境的廣泛分布種，透過聲紋辨識發現於廠內覓食的物種以高頭蝠、東亞家蝠與堀川氏棕蝠為主，上述 3 個物種的聲紋數量占總聲紋數量之 91.6%。利用各樣站之蝙蝠覓食聲紋數量與

棲地現況進行初探，蝙蝠覓食頻度與周邊區域森林面積大小，以及覓食環境與森林間距離無顯著關係。

3. 鳥類、魚類與兩生類

本計畫於桃廠共記錄 31 科 58 種 2,561 隻次鳥類，其中包含 7 種珍貴稀有(魚鷹、東方蜂鷹、大冠鷲、鳳頭蒼鷹、松雀鷹、紅隼、領角鴉)與 2 種其他應予保育等級之鳥類(紅尾伯勞與臺灣藍鵲)。於森林覆蓋較多的樣站具有較多森林性陸禽，但周邊森林面積與森林性陸禽數量無顯著相關，並且樣站周邊的森林林型與鳥類組成亦無相關趨勢，推測與樣站所處地景仍多位於森林內或森林邊緣有關。

本計畫共記錄 5 科 11 種 53 隻次兩棲類動物，無保育類，特有種包含褐樹蛙及面天樹蛙，消防水池旁溪溝則有發現外來入侵種斑腿樹蛙。由於兩生類動物紀錄較少，各樣站間無明顯優勢物種。

於 4 季的調查中，本計畫於 3 處水域樣站共記錄魚類 4 科 5 種 1,367 隻次，其中臺灣鬚鰻跟短吻紅斑吻鰕虎為臺灣特有種，無保育類動物。水 1 與水 2 樣站魚類組成較相近，臺灣鬚鰻為優勢物種，而水 3 樣站之優勢物種為短吻紅斑吻鰕虎，推測各樣站之魚類優勢種與樣站位處的溪溝段有關，靠近上游處會以短吻紅斑吻鰕虎為主，中游開始則以臺灣鬚鰻為主。

水域樣站之環境與微棲地調查結果顯示，3 處水域樣站均具有人工護岸與混凝土打底，人工化程度高，水域型態、底質比例與流速等微棲地因子於樣站間具顯著差異，但各因子間差異並不大。水質因子於樣站間亦具顯著差異，水 3 樣站之導電度較水 1 與水 2 樣站低，但 3 處樣站之導電度數值仍於正常淡水範圍內，對魚類群聚生存無威脅。

(二) 經營管理建議

本團隊依桃廠調查結果，建議下列 9 項為可立即執行之建議與 5 項長期性建議。

可立即執行之建議：

1. 禁止餵食行為

調查結果廠內遊蕩家犬、家貓皆有，並以家犬數量較多。期間所見遊蕩動物身形健康、不消瘦，亦曾記錄到有項圈的犬隻，推測可能有人為餵食的情形。而人為餵食可能會吸引遊蕩動物群聚、增加繁殖率，使族群無法下降，因此若要控制遊蕩動物的數量，應安排廠內員工宣導以禁止餵食為優先。

2. 減少廠內遊蕩動物或限制其活動範圍

針對佩戴項圈的有主犬隻、或者主要活動於廠區作業範圍和員工較親近的家犬、家貓，首要以鼓勵認養的方式減少數量，次要以繫繩、圍欄、關籠等方式限制犬隻在廠區的活動範圍。廠區雖也可考慮在出現指數高的熱區(如 T4)架設誘捕籠進行捕捉絕育回置工作，但須注意在高絕育率且無任何新個體移入廠區的理想情境，也須超過 10 年才能讓遊蕩動物接近消失(顏士清 2022)，因此也建議要搭配移除安置的方法才能有效解決。

3. 廠內排水溝定期清潔維護

本次調查發現廠內的排水溝如同生態廊道，會被野生動物所利用。但如有枯枝落葉堆積可能會造成排水溝障礙較多、或溝中積水，讓動物無法通行而迴避。建議可定期清除溝中的枯枝落葉利於動物通行。

4. 廠內垃圾清潔與宣導

對於道路周遭有棄置食物垃圾之情形，除了影響環境衛生、亦可能造成野生動物取食而有健康影響。建議可加強勿亂丟垃圾的宣導與安排道路垃圾清潔。

5. 廠區圍牆改善

目前廠內對外圍牆多為連續磚牆，野生動物無法自由出入可能會讓族群無法交流、基因多樣性下降。可以參考公路局的方式在圍牆底部設置生態涵洞，改善野生動物活動範圍受限問題(黃于玻&黃榮堯 2011)。目前已知小型涵管(直徑 0.6 公尺)與中型涵管(直徑 1.5 公尺)皆可被桃廠內會出現的白鼻心、鼬獾、鼠類利用，並且以中型涵管視野開闊度較好，更受野生動物青睞。但考量小型涵管同時能具備限制家犬進出的功能，雖然無法防範家貓使用，仍是可參考的方式之一(曾貴鴻 2014)。圍牆施作地點則建議避開道路密度較高地方，避免人為干擾降低動物使用通道的機率或者路殺風險。如廠區南面圍牆緊鄰成功路三段則較為不適合、而廠區北面圍牆向外是森林環境，人為干擾較小、較為理想。同時樣區 T2 也有紀錄到最多的物種數，是可以考慮的架設地點。生態涵洞間隔距離，則依施作環境可行性、或廠內較多的白鼻心平均活動範圍(曾貴鴻 2014)，訂為 3~5 公里之間。

6. 改善溪溝垂直護岸

由於 3 面光的垂直溪溝會影響兩生類動物移動，本計畫建議未來可盤點廠區具垂直護岸溪溝的兩生類分布，優先針對多樣性較高的溪溝進行水文研究，以設計出同時符合水利須求與兩生類動物友善的措施。

7. 評估水域棲地與水質指標

本計畫所記錄之兩生類動物均為廣泛分布物種或外來種，並無棲地專一程度較高之物種；此外，於水域樣站無發現兩生類繁殖行為與蛙類蝌蚪，推測廠內溪溝僅為兩生類生活史階段所利用的部分棲地，因此本計畫建議桃廠之水域或水質監測指標不宜用特定兩生類物種為標的，可由兩生類的生物多樣性指數(如夏儂多樣性指數等，代表利用水域環境的兩生類動物類群多寡)做為評估桃廠水域棲地與水質之指標。

8. 溪溝棲地營造建議

若委託單位希望提升南溝與北溝的水域動物多樣性，建議可在不影響防洪與水利安全的條件下，透過工程增加南溝與北溝排水的深水環境，例如將目前溪溝每層深潭往下游處均營造出緩坡，創造出不同水深梯度環境，以提供不同水域物種利用。此外，為了提升人工溪溝對洄游物種的友善性，建議可於每層溪溝落差較大處掛置麻繩或防墜網構造，以利洄游物種如日本絨螯蟹等上溯攀爬。

9. 林木維護建議

因本廠區森林相思樹有老化情況，若林木出現病徵、生長空間受限與結構健康問題，未來易出現死亡或傾倒的風險，遇到強降水或颱風影響，常出現枯木倒塌之情形。本團隊建議廠區可定期進行道路兩旁樹木健康檢查，透過樹冠葉片密度顏色、枝冠是否枯萎、枯枝是否占比>25%等方式，提早標定不健康或已枯死枝林木，並請廠商進行移除或修枝等作業，以避免發生林木倒塌風險。

長期性建議：

1. 長期監測系統

透過長期監測計畫可協助桃廠因應未來淺山生態系變遷，提供管理方式之參考，本期已建立廠內 10 個森林長期監測樣區，建議未來每 5 – 10 年可進行長期樣區複查，包含植相調查與動物相調查，參考本計畫執行方式進行，以標準化調查方法，了解廠區生態系統變化，並可透過上木生長資料，可更精確推估桃廠森林每年碳吸存量。因桃廠環境較封閉，人為干擾較小，為生物多樣性潛力區域，可作為保護區外的淺山有效保育地(other effective area based conservation measures, OECM)；桃廠可透過長期監測資料，向林業及自然保育屬申請認證，將桃廠內的森林區域劃設為保護區外的有效保育地。

2. 蝙蝠覓食行為之影響因子研究

本計畫未進行昆蟲調查，若委託單位欲了解蝙蝠覓食頻度、昆蟲數量與環境間關係，建議未來可於廠區內不同地景增加蝙蝠與昆蟲調查樣站，並且提升調查頻度，以較全面的資料探討環境與生物間交互作用關係。

3. 擴大調查生物類群

目前桃廠普查的生物資源類群包括維管束植物、哺乳類、兩生類、鳥類、魚類與兩生類，此對建立桃廠生態系生物資源完整性，以及生態環境指標評估資訊仍有不足。本計畫於水域樣站發現桃廠內具有穩定的顯齒澤蟹族群，因此建議桃廠後續可補齊本計畫未有調查的動物類群，以評估不同類群於廠區內的分布狀況，並以此做為不同環境狀況的評估指標。桃廠森林環境具有多種蜜源植物，如：大青、江某、賊仔樹等，吸引許多蝴蝶等訪花昆蟲，因此，建議臺灣中油公司可以針對桃廠內的爬蟲類、昆蟲等進行調查，以完整桃廠生態系統。

4. 廠區植栽綠美化建議

植栽不僅可以提供遮蔽與綠美化，並具有淨化空氣、防塵降噪、調節氣候等改善環境功能；栽植在地原生種的植栽不僅對棲地環境較適應與生態友善的優點，更可以提供生態棲地環境，保護物種多樣性。針對桃廠不同區位功能，選擇栽植適宜原生植栽樹種，例如栽植廠內原生分布的稀有樹種流蘇作為道路開闊處作景觀樹，綠籬可選擇日本女貞、石斑木等常綠灌木。

5. 廠區集水區環境資料建置與應用

蒐集與建置集水區環境復育常用相關環境資料，選擇適當樣區進行環境指標評估及篩選，進行地形演化、地景變遷、植生復育及水源涵養能力分析，提供環境指標整合性評估及綜合研析，作為桃廠因應氣候變遷調適之參考。

七、計畫期程表及甘特圖（含期中、期末及查核指標）

計畫名稱：桃園煉油廠生物資源調查計畫

計畫主持人：曾喜育、陳相伶、江政人

工 作 名 稱	112 年			113 年								
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. 長期監測樣區設置、調查												
2. 環境因子調查												
3. 植群臨時樣區調查												
4. 植相調查												
5. 中大型哺乳類動物調查												
6. 小型哺乳類調查												
7. 蝙蝠調查												
8. 鳥類調查												
9. 兩生類動物調查												
10. 水生動物調查												
11. 期中進度彙整報告												
12. 整合分析期末報告												
13. 工作進度估計百分比(%)(累積數)	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100

桃園煉油廠生物資源調查計畫-期中期末查核指標

工作項目	主持人	期中查核數量	期末查核數量
1.植群長期監測樣區	曾喜育	至少完成廠內 10 個長期樣區設置與調查	至少完成 10 個長期樣區維護及地被複查 1 次
2.植群臨時樣區	曾喜育	至少完成廠內 10 個臨時樣區	
3.中大型哺乳類	陳相伶	完成 10 個樣區相機架設與額外 2 次巡護	總計完成 10 個樣區架設與額外 5 次巡視
4.小型哺乳類	陳相伶	完成 20 門小型哺乳動物誘捕 3 次	總計完成 20 門小型哺乳類誘捕 6 次
5.蝙蝠調查	江政人	完成 17 處 2 季調查	完成 17 處 4 季調查
6.鳥類調查	江政人	完成 17 處 6 月調查	完成 17 處 12 月調查
7.魚類調查	江政人	完成 2 季調查	完成 4 季調查
8.兩生類調查	江政人	完成 3 次調查	完成 6 次調查
9.計畫書撰寫	計畫團隊	完成期中報告撰寫	完成期末報告撰寫

八、參考文獻

- Allen LC, NI Hristov, JJ Rubin, JT Lightsey, JR Barber (2021) Noise distracts foraging bats. *Proceedings of the Royal Society B* 288(1944): 20202689.
- Bi B, D Chen, L Bi, I Rutherford, Z Luo, J Chen, S Tang (2020) Design of engineered modifications to allow frogs to escape from irrigation channels. *Ecological Engineering* 156: 105967.
- Bondi ND, JG White, M Stevens, R Cooke (2010) A comparison of the effectiveness of camera trapping and live trapping for sampling terrestrial small-mammal communities. *Wildlife Research* 37(6): 456-465.
- Boufford DE, H Ohashi, TC Huang, CF Hsieh, JL Tsai, KC Yang, CI Peng, CS Kuoh, A Hsiao (2003) *Flora of Taiwan II* (second ed.), Department of Botany, NTU.
- Bunkley JP, CJ McClure, NJ Kleist, CD Francis, JR Barber (2015) Anthropogenic noise alters bat activity levels and echolocation calls. *Global Ecology and Conservation* 3: 62-71.
- Chave J, M Réjou-Méchain, A Búrquez, E Chidumayo, MS Colgan, WBC Delitti, A Duque, T Eid, PM Fearnside, RC Goodman, M Henry, A Martínez-Yrizar, WA Mu gasha, HC Muller-Landau, M Mencuccini, BW Nelson, A Ngomanda, EM Nogueira, E Ortiz-Malavassi, R Péliissier, P Ploton, CM Ryan, JG Saldarriaga, G Vieilledent (2014) Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20, 3177-3190.
- Chen SH (2008) *Naturalized Plants of Eastern Taiwan*. National Hualien University, Taiwan.
- Chiu C-A, P-H Lin, K-C Lu (2009) GIS-based tests for quality control of meteorological data and spatial interpolation of climatic data: A case study in mountainous Taiwan. *Mountain Research and Development* 29(4): 339-349.
- Chiu C-A, H-Y Tzeng, C-T Lin, K-C Chang, M-C Liao (2022) Spatial distribution and climate warming impact on *Abies kawakamii* forest on a subtropical island. *Plants* 11(10): 1346. doi: 10.3390/plants11101346
- Chou CH, CY Fu, SY Li, YF Wang (1998) Allelopathic potential of *Acacia confusa* and related species in Taiwan. *Journal of Chemical Ecology* 24(12): 2131-2150.
- Daubenmire R (1968) A canopy-coverage method of vegetational analysis. *Northwest Science* 33: 43-64.
- Day FP, CD Monk (1974) Vegetation patterns on a southern Appalachian watershed. *Ecology* 55(5): 1064-1074.
- Eggleston H S, L Buendia, K Miwa, T Ngara, K Tanabe (2006) *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Japan.
- Fuller RJ, DR Langslow (1984) Estimating numbers of birds by point counts: How long should counts last? *Bird Study* 39: 27-29.
- Hitt NP, M Floyd, M Compton, K McDonald (2016) Threshold responses of Blackside Dace (*Chrosomus Cumberlandensis*) and Kentucky Arrow Darter (*Etheostoma spilotum*) to

- stream conductivity. *Southeastern Naturalist* 15(1): 41-60.
- Jung K, EK Kalko (2010) Where forest meets urbanization: Foraging plasticity of aerial insectivorous bats in an anthropogenically altered environment. *Journal of Mammalogy* 91(1): 144-153.
- Kusch J, C Weber, S Idelberger, T Koob (2004) Foraging habitat preferences of bats in relation to food supply and spatial vegetation structures in a western European low mountain range forest. *Folia Zoologica* 53(2): 113-128.
- Liao M-C, P-H Li, W Wang, C-A Chiu, H-Y Tzeng (2022) Structure changes of the subalpine Taiwan fir (*Abies kawakamii* (Hay.) Ito) forest from 2008 to 2018. *Journal of Forest Research* 28(2): 1-10.
- Mazerolle MJ (2005) Drainage ditches facilitate frog movements in a hostile landscape. *Landscape Ecology* 20: 579-590.
- McCune B, MJ Mefford (2011) PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- McLean EO (1982) Soil pH and lime requirement. In: *Methods of Soil Analysis, Part 2* (2nd ed.), pp.199-224.
- Naito R, M Sakai, Y Morimoto (2012) Negative effects of deep roadside ditches on *Pelophylax porosa brevipoda* dispersal and migration in comparison with *Hyla japonica* in a rice paddy area in Japan. *Zoological Science* 29(9): 599-603.
- O'Connell AF, JD Nichols, KU Karanth (2010) *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses*. Springer, Tokyo.
- Patriquin KJ, RM Barclay (2003) Foraging by bats in cleared, thinned and unharvested boreal forest. *Journal of Applied Ecology* 40(4): 646-657.
- Pielou EC (1977) *Mathematical Ecology*. John Wiley and Sons, New York.
- Raunkiaer C (1934) *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Oxford University Press, London. 632pp.
- Ryan WM, YC Lin, IF Sun, CF Hsieh, SH Su, LW Chang, GZ M Song, HH Wang, JL Hwong, KC Lin, KC Yang, JM Chiang (2011) Topographic and biotic regulation of aboveground carbon storage in subtropical broad-leaved forests of Taiwan. *Forest Ecology and Management* 262(9):1817-1825.
- Schaub A, J Ostwald, BM Siemers (2008) Foraging bats avoid noise. *Journal of Experimental Biology* 211(19): 3174-3180.
- Shannon CE, Wiener W (1949) *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Sørensen TA (1948) A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Kongelige Danske videnskabernes selskab. Biologiske Skrifter* 5: 1-34.
- Su HJ (1984) *Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan*. (II).

- Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quarterly Journal of Chinese forestry* 17(4): 57-73.
- Su HJ (1985) Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan. (III). A scheme of geographical climatic regions. *Quarterly Journal of Chinese forestry* 18(3): 33-44.
- ter Braak CJF, PFM Verdonchot (1995) Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences* 57: 255-289.
- Tsiripidis I, V Karagiannakidou, D Alifragis, N Athanasiadis (2007) Classification and gradient analysis of the beech forest vegetation of the southern Rodopi (Northeast Greece). *Folia Geobotanica* 42(3): 249-270.
- Whittaker RH (1956) Vegetation of the great smoky mountains. *Ecological Monographs* 26(1): 1-80.
- Wu SH, Hsieh CF, Rejmanek M (2004) Catalogue of the naturalized flora of Taiwan. *Taiwania* 49(1): 16-31.
- Yen SC, YT Ju, PJJ Shaner, HL Chen (2019) Spatial and temporal relationship between native mammals and free-roaming dogs in a protected area surrounded by a metropolis. *Scientific Reports* 9: 8161.
- Zhang Y, Q Zhao, S Ding (2019) The responses of stream fish to the gradient of conductivity: A case study from the Taizi River, China. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 22(2): 171-182.
- Zhang ZX, HJ Yang, HJ Yang, YX Li, TH Wang (2010) The impact of roadside ditches on juvenile and sub-adult *Bufo melanostictus* migration. *Ecological Engineering* 36(10): 1242-1250.
- Zhao H, QR Wang, W Fan, GH Song (2017) The relationship between secondary forest and environmental factors in the southern Taihang Mountains. *Scientific Report* 7(1): 1-10.
- 吳忠信 (2005) 蝙蝠的回聲定位。科學教育月刊 276：11-15。
- 丁宗蘇、吳森雄、吳建龍、阮錦松、林瑞興、楊玉祥、蔡乙榮 (2023) 2023 年臺灣鳥類名錄。中華民國野鳥學會。臺北，臺灣。
- 王俊閔、邱清安、曾彥學、曾喜育、呂金誠 (2010) 臺中大坑地區植群之研究。林業研究季刊 32(4)：7-22。
- 王偉、杜采芙、李佩樺、邱清安、林志銓、曾喜育 (2022) 中興大學文山林場植群調查。林業研究季刊 44(2)：71-86。
- 王偉、邱清安、蔡尚惠、郭礎嘉、曾彥學、曾喜育 (2016) 苗栗火炎山地區植群分類之研究。中華林學季刊 49(2)：131-150。
- 王偉、蔡尚惠、邱清安、曾喜育、呂金誠 (2013) 雪山雪東線之物種與生活型多樣性沿海拔梯度變化。林業研究季刊 35(3)：139-152。
- 王瑞源 (2010) 以衛星影像評估不同林相碳儲量之研究-以新竹林區南庄事業區為例。中國文化大學理學院地學研究所博士論文。

- 江政人 (2016) 雪霸園區周邊上坪溪上游魚類資源與濱岸植群調查。雪霸國家公園管理處委託辦理計畫。
- 江政人 (2018) 106 年度南庄鄉大湳湖濕地保育行動推廣計畫。苗栗縣政府委託計畫報告。
- 江政人 (2019a) 107 年向天湖濕地生態調查計畫。苗栗縣政府委託計畫報告。
- 江政人 (2019b) 花蓮縣境內編號第 2605、2615、2636、2637 號保安林動植物資源調查委託研究案。林務局花蓮林區管理處委託計畫報告。
- 江政人 (2021) 109-110 年度嘉南埤圳重要濕地(國家級)埤塘環境監控計畫。臺南市政府農業局。
- 行政院農業部林業及自然保育署 (2022) 國土生態保育綠色網絡建置計畫(111-114 年)。
<https://www.forest.gov.tw/0002812>
- 行政院農業部林業及自然保育署 (2019) 陸域保育類野生動物名錄。
<https://conservation.forest.gov.tw/0002021>
- 何春蓀 (2006) 臺灣地質概論臺灣地質圖說明書。經濟部中央地質調查所。
- 李祈德、曾喜育、曾彥學(2015)臺灣中部森林系統取樣植群調查：以南投林管處轄國有林事業區為例。林業研究季刊 37(2)：69-84。
- 李玲玲 (2003) 嘉羅湖地區野生動物相調查。行政院農業委員會林務局羅東林區管理處委託辦理報告。
- 呂映昇、孫建平 (2010) 魚類棲地多樣性與空間層級系統之關係探討及其於溪流復育之應用，臺灣生物多樣性研究，12(1): 43-60。
- 周富三、林文智、陳永修、蔡佳彬 (2011) 印度栲種子的命運。行政院農業委員會林業試驗所推廣摺頁第 70 號。
- 林明志 (1994) 關渡地區鳥類群聚動態與景觀變遷之關係。碩士論文，私立輔仁大學。
- 林良恭、吳榮笙。2009。雪霸國家公園哺乳類動物相調查—武陵地區。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 林幸助、薛美莉、林耕仔、黃德容、廖品琇 (2021) 臺灣濕地學. 全卷。社團法人臺灣濕地學會。
- 林政勳 (2015) 臺灣中部地區天然闊葉林生態服務價值之評估。國立臺灣大學生物資源暨農學院森林環境暨資源學系碩士論文。
- 林郁庭(2022)都市樹木之固碳能力推估—以台北市大安森林公園為例。國立臺灣大學/生物資源暨農學院森林環境暨資源學系碩士論文。
- 林國銓、杜清澤、黃菊美 (2007) 苗栗地區相思樹和木油桐人工林碳和氮累積量及生產量之估算。中華林學季刊 40(2)：201-218。
- 林裕仁 (2023)竹林碳匯估算的基本概念。林業研究專訊 Vol. 30 No. 5。
- 邱清安、林鴻志、廖敏君、曾彥學、歐辰雄、呂金誠、曾喜育 (2008) 臺灣潛在植群形相分類方案。林業研究季刊 30(4)：89-112。
- 洪千祐、顏添明 (2015) 以過去發表資料為基礎分析臺灣地區人工針葉樹林、闊葉樹林和竹林之碳吸存量。林業研究季刊 37(4)：259-268。

- 姚正得、林宏儒、張淑萍、姚牧君、許雅玟、曾建偉 (2019) 利用紅外線自動相機探討合歡山區哺乳動物活動模式。臺灣生物多樣性研究 21(2): 69-82。
- 姜博仁、曾建偉、王逸峰、王玉婷 (2019) 苗栗縣大尺度之路殺風險評估暨縣道 140 改善建議分析」。苗栗縣政府委託研究報告。
- 胡正恆、趙國容、宋國彰 (2018) 多年自動相機調查：比較南北臺灣二處低地森林的食蟹獾行為。中華林學季刊 51(1): P53 - 67。
- 徐鎮暉、廖天賜、翁仁憲(2005)不同海拔臺灣二葉松光合作用、同化產物累積、形成層活動之季節變化及針葉生長期之差異。中華林學季刊 38(3):291—303。
- 桃園市龜山區公所 (2022) 龜山區公所本區介紹。
<https://www.guishan.tycg.gov.tw/home.jsp?id=7&parentpath=0,1>。2021.10.04.
- 翁國精、劉建男、端木茂甯 (2021) 野生動物長期監測系統之優化與資料整合計畫(1/4)。林務局委託研究報告。
- 張芷熒、曾喜育、呂金誠、曾彥學 (2008) 臺灣地區馴化植物侵略性評估系統之建立。林業研究季刊 30(4): 29-40。
- 張簡琳玟、張義榮、鄭錫奇 (2022) 蘇花公路沿線的中大型哺乳動物群相。自然保育季刊 117: 32-45。
- 張勵婉 (2014) 臺灣中部蓮華池亞熱帶森林木本植物多樣性與共存之研究。國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所博士論文。
- 郭耀臨 (2003) 墾丁國家公園鼬獾(*Melogale Moschata Subaurantiaca*)空間分布之探討。國立屏東科技大學碩士論文。
- 郭浩志、端木茂甯 (2017) 太魯閣國家公園蝙蝠族群動態智慧監控規劃(2/2)。太魯閣國家公園管理處委託辦理計畫。
- 郭耀綸、林倉億、楊宜穎、陳海琳、楊智凱、余尚鈺 (2021) 臺灣原生 440 種木本植物的光合作用性狀及耐陰性。臺灣林業科學 36(3): 189-220。陳相伶 (2019) 107-108 年度陽明山國家公園穿山甲生態習性與棲地環境調查。陽明山國家公園管理處委託辦理成果報告。
- 陳相伶 (2019) 107-108 年度陽明山國家公園穿山甲生態習性與棲地環境調查。陽明山國家公園管理處委託辦理報告。
- 陳相伶、王晴萱 (2021) 惠蓀森林遊樂區食蟹獾之分布與活動模式。農林學報 68(2): 119-126。
- 陳相伶、蘇愉婷、王晴萱、潘玉潔 (2020) 惠蓀森林遊樂區中大型哺乳動物及鳥類調查。農林學報 67(4): 273-288。
- 陳貞志 (2023) 苗栗自由活動犬隻之行為、族群密度及病原對石虎族群之影響。國家科學及技術委員會補助專題研究計畫報告。
- 陳韋志、湯冠臻、鍾文淦、蕭立旻、邱清安、王志強、張坤城 (2022) 臺北市林地植群生態之研究。林業研究季刊 44(2): 101-118。
- 黃英 (2010) 臺灣北部直潭山植群之分析。國立臺灣大學森林環境暨資源學系碩士論文。

- 黃于玻、黃榮堯 (2011) 營運階段國道永續發展環境復育改善研究計畫。行政院交通部臺灣區國道高速公路局研究報告。
- 梁耀竹、曾喜育、邱清安、曾彥學(2011)臺灣西部惡地之植群調查。林業研究季刊 33(3): 23-36。
- 葉慶龍、陳子英、宋梧魁 (2004) 南仁山區相思樹人工林於演替序列上多樣性之研究。國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告 18(3): 229-246。
- 曾貴鴻 (2014) 台灣白鼻心(*Paguma larvata taiwana*)利用高速公路地下涵洞做為生態廊道之情形。碩士論文。國立屏東科技大學。
- 詹芳澤 (2021) 談野生動物救傷的值與可能發展。自然保育季刊 116: 14-25。
- 楊勝任、李政賢(2005)臺東海岸山脈新港山東側植群生態研究。臺灣林業科學 20(4): 341-53。
- 楊懿如 (2010) 臺灣蛙類的分布及棲地利用。臺灣博物季刊 29(3): 46-49。
- 楊懿如、李鵬翔 (2019) 臺灣蛙類與蝌蚪圖鑑。貓頭鷹出版。
- 臺灣中油公司 (2006) 桃園煉油廠 - 企業簡介 - 網界博覽會。
<http://library.taiwanschoolnet.org/cyberfair2006/dayou/ch01.htm>
- 臺灣植物紅皮書編輯委員會 (2017) 2017 臺灣維管束植物紅皮書名錄。行政院農業部生物多樣性研究所、行政院農業部林業及自然保育署、臺灣植物分類學會。南投。
- 裴家騏 (1998) 利用自動照相設備記錄野生動物活動模式之評估。臺灣林業科學 13(4): 289-296。
- 裴家騏 (2005) 自動照相機在動物監測上之應用與成效分析。臺灣國家公園研討會 142-157。
- 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)。行政院農業部林業及自然保育署。
- 裴家騏、姜博仁 (2004) 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(三)。行政院農業部林業及自然保育署。
- 趙國容、李侖儒、宋國彰、趙偉村、張楊家豪、江智民 (2022) 水土保持樹種碳存量估算參數之資料庫。中華水土保持學報 53(2): 100-110。
- 廖學儀、曾彥學、曾喜育(2011)南投縣賽德克族中緣部落民族職務之調查研究。林業研究季刊 33(1): 17-34。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑 (1983) 森林植物生態學。臺灣商務印書館。
- 蔡志偉、江政人 (2017) 屏東縣萬年溪上游濕地背景環境生物調查研究與監測計畫。屏東縣環境保護局委辦計畫。
- 鄭婷文、曾喜育、邱清安、劉思謙、王秋美、曾彥學 (2012) 雪山主峰東線步道維管束植物生活型之研究。國家公園學報 22(1): 41-51。
- 鄭錫奇、方尹平、周政翰 (2015) 臺灣蝙蝠圖鑑。農業部生物多樣性研究所。
- 戴漢彰 (2009) 關渡自然公園棲地經營管理對鳥類相的影響。碩士論文，國立臺灣大學。
- 顏士清、余品奐、許文馨、張高銘、康主霖、王柏翔 (2019) 108 年度陽明山國家公園流浪動物族群現況調查。陽明山國家公園管理處委託研究。

- 顏士清 (2022) 110-111 年度壽山國家自然公園哺乳類動物族群與流浪犬現況調查計畫。國家自然公園管理處委託研究報告。
- 顏添明、林政融、謝傳凱 (2020) 新化林場大葉桃花心木人工林直徑分布量化及碳吸存能力評估。林業研究季刊 42(3)：137-146。
- 羅紹麟、馮豐隆(1986) 臺灣第一次林相變更造林木生長情形及生長量調查計畫報告。林務局。89 頁。
- 蘇鴻傑 (1987) 森林生育地因子及其定量評估。中華林學季刊 20(1)：1-14。
- 蘇鴻傑 (1996) 植群生態多變數分析法之研究 IV. 植群分類法及相關環境因子分析。臺灣省立博物館年刊 39：249-268。

附錄一、植物物種名錄

本名錄中共有 112 科、358 種，科名後括弧內為該科之物種總數。"#" 代表特有種，"*" 代表歸化種，"†" 代表栽培種。中名後面括號內的縮寫代表依照「臺灣維管束植物紅皮書初評名錄」中依照 IUCN 瀕危物種所評估等級，EX: 滅絕、EW: 野外滅絕、RE: 區域性滅絕、CR: 嚴重瀕臨滅絕、EN: 瀕臨滅絕、VU: 易受害、NT: 接近威脅、DD: 資料不足。若未註記者代表安全(Least concern)

蕨類植物 Ferns and Lycophytes

1. **Adiantaceae** 鐵線蕨科 (2)

1. *Adiantum capillus-veneris* L. 鐵線蕨
2. *Adiantum flabellulatum* L. 扇葉鐵線蕨

2. **Aspidiaceae** 三叉蕨科 (1)

3. *Hemigramma decurrens* (Hook.) Copel. 沙皮蕨

3. **Aspleniaceae** 鐵角蕨科 (2)

4. *Asplenium antiquum* Makino 山蘇花
5. *Asplenium nidus* L. 臺灣山蘇花

4. **Athyriaceae** 蹄蓋蕨科 (3)

6. *Deparia petersenii* (Kunze) M. Kato 假蹄蓋蕨
7. *Diplazium dilatatum* Blume 廣葉鋸齒雙蓋蕨
8. *Diplazium donianum* (Mett.) Tardieu 細柄雙蓋蕨

5. **Azollaceae** 滿江紅科 (1)

9. *Azolla pinnata* R. Br. 滿江紅 (DD)

6. **Blechnaceae** 烏毛蕨科 (1)

10. *Blechnum orientale* L. 烏毛蕨

7. **Cyatheaceae** 桫欏科 (3)

11. *Cyathea lepifera* (J. Sm. ex Hook.) Copel. 筆筒樹
12. *Cyathea podophylla* (Hook.) Copel. 鬼桫欏
13. *Cyathea spinulosa* Wall. ex Hook. 臺灣桫欏

8. **Dennstaedtiaceae** 碗蕨科 (10)

14. *Histiopteris incisa* (Thunb.) J. Sm. 栗蕨
15. *Hypolepis punctata* (Thunb.) Mett. ex Kuhn 姬蕨
16. *Microlepia krameri* C.M. Kuo 克氏鱗蓋蕨
17. *Microlepia marginata* (Panz.) C. Chr. 邊緣鱗蓋蕨
18. *Microlepia marginata* (Panz.) C. Chr. var. *bipinnata* Makino 臺北鱗蓋蕨
19. *Microlepia sinostrigosa* Ching 中華鱗蓋蕨 (DD)
20. *Microlepia speluncae* (L.) T. Moore 熱帶鱗蓋蕨

21. *Microlepia strigosa* (Thunb.) C. Presl 粗毛鱗蓋蕨
22. *Microlepia substrigosa* Tagawa 亞粗毛鱗蓋蕨
23. *Microlepia taiwaniana* Tagawa 臺灣鱗蓋蕨 # (DD)
9. **Dryopteridaceae 鱗毛蕨科 (3)**- 24. *Dryopteris formosana* (Christ) C. Chr. 臺灣鱗毛蕨
- 25. *Dryopteris polita* Rosenst. 臺東鱗毛蕨
- 26. *Dryopteris subexaltata* (Christ) C. Chr. 早田氏鱗毛蕨
10. **Gleicheniaceae 裏白科 (1)**- 27. *Dicranopteris linearis* (Burm. f.) Underw. 芒萁
11. **Lindsaeaceae 陵齒蕨科 (2)**- 28. *Lindsaea javanensis* Blume 爪哇鱗始蕨
- 29. *Lindsaea orbiculata* (Lam.) Mett. ex Kuhn 圓葉陵齒蕨
12. **Marattiaceae 觀音座蓮科 (1)**- 30. *Angiopteris lygodiiifolia* Rosenst. 觀音座蓮
13. **Oleandraceae 蓀蕨科 (3)**- 31. *Arthropteris palisotii* (Desv.) Alston 藤蕨
- 32. *Nephrolepis auriculata* (L.) Trimen 腎蕨
- 33. *Nephrolepis biserrata* (Sw.) Schott 長葉腎蕨
14. **Polypodiaceae 水龍骨科 (6)**- 34. *Colysis elliptica* (Thunb. ex Murray) Ching 橢圓線蕨
- 35. *Colysis wrightii* (Hook. & Baker) Ching 萊氏線蕨
- 36. *Lemmaphyllum microphyllum* C. Presl 伏石蕨
- 37. *Microsorium buergerianum* (Miq.) Ching 波氏星蕨
- 38. *Microsorium fortunei* (T. Moore) Ching 大星蕨
- 39. *Pyrrosia lingua* (Thunb.) Farw. 石葦
15. **Pteridaceae 鳳尾蕨科 (2)**- 40. *Pteris ensiformis* Burm. f. 箭葉鳳尾蕨
- 41. *Pteris semipinnata* L. 半邊羽裂鳳尾蕨
16. **Schizaeaceae 海金沙科 (1)**- 42. *Lygodium japonicum* (Thunb.) Sw. 海金沙
17. **Thelypteridaceae 金星蕨科 (3)**- 43. *Christella parasitica* (L.) H.Lév. 密毛小毛蕨
- 44. *Pronephrium triphyllum* (Sw.) Holttum 新月蕨
- 45. *Thelypteris torresiana* (Gaudich.) Alston 粗毛金星蕨

裸子植物 Gymnosperms

18. Araucariaceae 南洋杉科 (1)

46. *Araucaria cunninghamii* Aiton ex D. Don 肯氏南洋杉 †

19. Cupressaceae 柏科 (2)

47. *Juniperus chinensis* L. var. *kaizuca* Hort. ex Endl. 龍柏 †
48. *Thuja orientalis* L. 側柏 †

20. Pinaceae 松科 (1)

49. *Pinus taiwanensis* Hayata 臺灣二葉松 #

21. Podocarpaceae 羅漢松科 (1)

50. *Nageia nagi* (Thunb.) Kuntze 竹柏 (EN)

雙子葉植物 'Dicotyledons'

22. Acanthaceae 爵床科 (2)

51. *Dicliptera chinensis* (L.) Juss. 華九頭獅子草
52. *Justicia procumbens* L. 爵床

23. Actinidiaceae 獼猴桃科 (1)

53. *Saurauia tristyla* DC. var. *oldhamii* (Hemsl.) Finet & Gagnep. 水冬瓜

24. Amaranthaceae 莧科 (6)

54. *Achyranthes aspera* L. var. *rubrofusca* (Wight) Hook. f. 臺灣牛膝
55. *Achyranthes bidentata* Blume 牛膝
56. *Alternanthera bettzickiana* (Regel) G. Nicholson 毛蓮子草 *
57. *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. 空心蓮子草 *
58. *Alternanthera sessilis* (L.) R. Br. ex DC. 蓮子草 *
59. *Gomphrena celosioides* Mart. 假千日紅 *

25. Anacardiaceae 漆樹科 (2)

60. *Rhus succedanea* L. 木蠟樹
61. *Rhus succedanea* L. var. *dumoutieri* Kudo et Matsura 安南漆 *

26. Apocynaceae 夾竹桃科 (7)

62. *Allamanda cathartica* L. 軟枝黃蟬 †
63. *Alstonia scholaris* (L.) R. Br. 黑板樹 *
64. *Anodendron benthamianum* Hemsl. 大錦蘭 #
65. *Ecdysanthera rosea* Hook. & Arn. 酸藤
66. *Ecdysanthera utilis* Hayata & Kawak. 乳藤
67. *Plumeria rubra* L. 雞蛋花 †
68. *Trachelospermum jasminoides* (Lindl.) Lem. 絡石

27. **Aquifoliaceae** 冬青科 (3)
 69. *Ilex asprella* (Hook. & Arn.) Champ. ex Benth. 燈稱花
 70. *Ilex ficoidea* Hemsl. 臺灣糊柑
 71. *Ilex rotunda* Thunb. 鐵冬青
28. **Araliaceae** 五加科 (1)
 72. *Schefflera octophylla* (Lour.) Harms 鵝掌柴
29. **Asclepiadaceae** 蘿藦科 (3)
 73. *Gymnema sylvestre* (Retz.) R. Br. ex Schult. 武靴藤
 74. *Marsdenia tinctoria* R. Br. 絨毛芙蓉蘭
 75. *Tylophora ovata* (Lindl.) Hook. ex Steud. 鷓鴣蔓
30. **Basellaceae** 落葵科 (1)
 76. *Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis 洋落葵 *
31. **Bignoniaceae** 紫葳科 (2)
 77. *Radermachera sinica* (Hance) Hemsl. 山菜豆
 78. *Tecoma jasminoides* Lindl. 洋凌霄
32. **Bombacaceae** 木棉科 (1)
 79. *Pachira macrocarpa* (Schltdl. & Cham.) Walp. 馬拉巴栗 *
33. **Burseraceae** (1)
 80. *Canarium album* (Lour.) Raeusch. 橄欖 †
34. **Campanulaceae** 桔梗科 (2)
 81. *Lobelia chinensis* Lour. 半邊蓮
 82. *Wahlenbergia marginata* (Thunb.) A. DC. 細葉蘭花參
35. **Caprifoliaceae** 忍冬科 (2)
 83. *Sambucus chinensis* Lindl. 有骨消
 84. *Viburnum luzonicum* Rolfe 呂宋莢蒾
36. **Caricaceae** 番木瓜科 (1)
 85. *Carica papaya* L. 木瓜 *
37. **Caryophyllaceae** 石竹科 (1)
 86. *Drymaria diandra* Blume 菁芳草 *
38. **Casuarinaceae** 木麻黃科 (1)
 87. *Casuarina equisetifolia* L. 木麻黃 *
39. **Chloranthaceae** 金粟蘭科 (2)
 88. *Chloranthus spicatus* (Thunb.) Makino 金粟蘭 †
 89. *Sarcandra glabra* (Thunb.) Nakai 草珊瑚
40. **Combretaceae** 使君子科 (1)

90. *Quisqualis indica* L. 使君子 †
41. **Compositae 菊科 (24)**
91. *Adenostemma lavenia* (L.) Kuntze 下田菊
92. *Ageratum houstonianum* Mill. 紫花藿香薷 *
93. *Bidens alba* (L.) DC. var. *radiata* (Sch. Bip.) R.E. Ballard ex Melchert 大花咸豐草 *
94. *Blumea riparia* (Blume) DC. var. *megacephala* Randeria 大頭艾納香
95. *Calyptocarpus vialis* Less. 金腰箭舅 *
96. *Conyza canadensis* (L.) Cronquist 加拿大蓬 *
97. *Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. Moore 昭和草 *
98. *Eclipta prostrata* (L.) L. 鱧腸
99. *Emilia praetermissa* Milne-Redh. 粉黃纓絨花 *
100. *Emilia sonchifolia* (L.) DC. var. *javanica* (Burm. f.) Mattf. 紫背草
101. *Erechtites hieracifolia* Raf. 饑荒草 *
102. *Erechtites valerianifolia* Less. 飛機草 *
103. *Erigeron belliioides* DC. 類雛菊飛蓬 *
104. *Gnaphalium pensylvanicum* Willd. 匙葉鼠麴草 *
105. *Gnaphalium polycaulon* Pers. 多莖鼠麴草
106. *Gnaphalium spicatum* Mill. 裏白鼠麴草 *
107. *Mikania micrantha* Kunth 小花蔓澤蘭 *
108. *Praxelis clematidea* R.M. King & H. Rob. 貓腥草 *
109. *Taraxacum officinale* F.H. Wigg. 西洋蒲公英 *
110. *Tridax procumbens* L. 長柄菊 *
111. *Vernonia amygdalina* Delile 扁桃斑鳩菊 †
112. *Vernonia cinerea* (L.) Less. 一枝香
113. *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc. 南美蟛蜞菊 *
114. *Youngia japonica* (L.) DC. 黃鵪菜
42. **Convolvulaceae 旋花科 (2)**
115. *Dichondra micrantha* Urb. 馬蹄金
116. *Ipomoea cairica* (L.) Sweet 番仔藤 *
43. **Cruciferae 十字花科 (1)**
117. *Rorippa dubia* (Pers.) H. Hara 小蔞蔞 *
44. **Cucurbitaceae 葫蘆科 (4)**
118. *Melothria pendula* L. 垂果瓜 *
119. *Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng. 木鼈子

120. *Trichosanthes cucumeroides* (Ser.) Maxim. 王瓜
121. *Trichosanthes laceribractea* Hayata 槭葉栝樓
45. **Daphniphyllaceae** 虎皮楠科 (1)
122. *Daphniphyllum glaucescens* Bl. subsp. *oldhamii* (Hemsl.) T.C.Huang 奧氏虎皮楠
46. **Ebenaceae** 柿樹科 (1)
123. *Diospyros morrisiana* Hance 山紅柿
47. **Elaeagnaceae** 胡頹子科 (1)
124. *Elaeagnus glabra* Thunb. 藤胡頹子
48. **Elaeocarpaceae** 杜英科 (2)
125. *Elaeocarpus japonicus* Siebold 薯豆
126. *Elaeocarpus sylvestris* (Lour.) Poir. 杜英
49. **Ericaceae** 杜鵑花科 (1)
127. *Vaccinium bracteatum* Thunb. 米飯花
50. **Euphorbiaceae** 大戟科 (14)
128. *Vernicia montana* Lour. 千年桐 *
129. *Antidesma japonicum* Sieb. & Zucc. var. *densiflorum* Hurusawa 密花五月茶
130. *Bischofia javanica* Blume 茄苳
131. *Bridelia balansae* Tutcher 刺杜密
132. *Chamaesyce hirta* (L.) Millsp. 大飛揚草 *
133. *Chamaesyce prostrata* (Aiton) Small 伏生大戟
134. *Chamaesyce thymifolia* (L.) Millsp. 千根草
135. *Croton cascarilloides* Raeusch. 裏白巴豆
136. *Glochidion zeylanicum* (Gaertn.) A. Juss. 錫蘭饅頭果
137. *Mallotus paniculatus* (Lam.) Müll. Arg. 白匏子
138. *Phyllanthus hookeri* Müll. Arg. 疣果葉下珠
139. *Phyllanthus multiflorus* Poir. 多花油柑
140. *Phyllanthus oligospermus* Hayata 新竹油柑 #
141. *Sapium sebiferum* (L.) Dum. Cours. 烏柏 *
51. **Flacourtiaceae** 大風子科 (1)
142. *Scolopia oldhamii* Hance 魯花樹
52. **Guttiferae** 金絲桃科 (1)
143. *Hypericum japonicum* Thunb. 地耳草
53. **Hamamelidaceae** 金縷梅科 (1)
144. *Liquidambar formosana* Hance 楓香

54. **Labiatae** 唇形科 (2)

145. *Clinopodium brownei* (Sw.) Kuntze 伏生風輪菜 *

146. *Clinopodium chinense* (Benth.) Kuntze 風輪菜

55. **Lauraceae** 樟科 (6)

147. *Cinnamomum burmannii* (Nees & T. Nees) Blume 陰香 *

148. *Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl 樟樹

149. *Litsea acuminata* (Blume) Kurata 長葉木薑子

150. *Litsea hypophaea* Hayata 黃肉樹 #

151. *Machilus thunbergii* Siebold & Zucc. 紅楠

152. *Machilus zuihoensis* Hayata 香楠 #

56. **Leguminosae** 豆科 (11)

153. *Acacia confusa* Merr. 相思樹

154. *Acacia mangium* Willd 直幹相思樹 †

155. *Alysicarpus vaginalis* (L.) DC. 煉莢豆

156. *Archidendron lucidum* (Benth.) I.C. Nielsen 領垂豆

157. *Callerya reticulata* (Benth.) Schot 老荊藤

158. *Desmodium triflorum* (L.) DC. 蠅翼草

159. *Millettia pachycarpa* Benth. 臺灣魚藤

160. *Millettia pinnata* (L.) Panigrahi 水黃皮

161. *Mimosa pudica* L. 含羞草 *

162. *Pueraria montana* (Lour.) Merr. 臺灣葛藤

163. *Pueraria montana* (Lour.) Merr. 山葛

57. **Lythraceae** 千屈菜科 (2)

164. *Cuphea carthagenensis* (Jacq.) J.F. Macbr. 克非亞草 *

165. *Lagerstroemia subcostata* Koehne 九芎

58. **Magnoliaceae** 木蘭科 (2)

166. *Michelia alba* DC. 玉蘭花 †

167. *Michelia compressa* (Maxim.) Sarg. 烏心石

59. **Malvaceae** 錦葵科 (2)

168. *Hibiscus rosa-sinensis* L. 朱槿 *

169. *Urena lobata* L. 野棉花

60. **Melastomataceae** 野牡丹科 (1)

170. *Melastoma candidum* D. Don 野牡丹

61. **Meliaceae** 楝科 (1)

171. *Melia azedarach* L. 楝

62. **Menispermaceae** 防己科 (2)
172. *Cocculus orbiculatus* (L.) DC. 木防己
173. *Stephania japonica* (Thunb.) Miers 千金藤
63. **Moraceae** 桑科 (11)
174. *Broussonetia papyrifera* (L.) L'Hér. ex Vent. 構樹
175. *Ficus benjamina* L. 白榕
176. *Ficus elastica* Roxb. ex Hornem. 印度橡膠樹 †
177. *Ficus erecta* Thunb. var. *beeheyana* (Hook. & Arn.) King 牛奶榕
178. *Ficus formosana* Maxim. 天仙果
179. *Ficus microcarpa* L. f. 榕樹
180. *Ficus pumila* L. 薜荔
181. *Ficus sarmentosa* B. Ham. ex J. E. Sm. var. *nipponica* (Franch. & Sav.) Corner 珍珠蓮
182. *Ficus subpisocarpa* Gagnep. 雀榕
183. *Humulus scandens* (Lour.) Merr. 葎草
184. *Morus australis* Poir. 小葉桑
64. **Myricaceae** 楊梅科 (1)
185. *Myrica rubra* (Lour.) Siebold & Zucc. 楊梅
65. **Myrsinaceae** 紫金牛科 (5)
186. *Ardisia quinqueгона* Blume 小葉樹杞
187. *Ardisia sieboldii* Miq. 樹杞
188. *Ardisia virens* Kurz 黑星紫金牛
189. *Maesa japonica* (Thunb.) Moritzi & Zoll. 山桂花
190. *Maesa perlaria* (Lour.) Merr. var. *formosana* (Mez) Y.P. Yang 臺灣山桂花
66. **Myrtaceae** 桃金娘科 (3)
191. *Melaleuca leucadendra* (L.) L. 白千層 *
192. *Rhodomyrtus tomentosa* (Aiton) Hassk. 桃金娘
193. *Syzygium jambos* (L.) Alston 蒲桃 *
67. **Nyctaginaceae** 紫茉莉科 (1)
194. *Bougainvillea spectabilis* Willd. 九重葛 *
68. **Oleaceae** 木犀科 (4)
195. *Chionanthus retusus* Lindl. & Paxton 流蘇樹 (EN)
196. *Fraxinus griffithii* C.B. Clarke 白雞油
197. *Jasminum nervosum* Lour. 山素英
198. *Ligustrum liukiense* Koidz. 日本女貞

69. **Onagraceae** 柳葉菜科 (2)
 199. *Ludwigia octovalvis* (Jacq.) P.H. Raven 水丁香
 200. *Ludwigia palustris* (L.) Elliott 沼生水丁香 *
70. **Oxalidaceae** 酢漿草科 (1)
 201. *Oxalis corniculata* L. 酢漿草
71. **Passifloraceae** 西番蓮科 (3)
 202. *Passiflora raedulis* Sims 百香果 *
 203. *Passiflora foetida* L. var. *hispida* (DC. ex Triana & Planch.) Killip 毛西番蓮
 *
 204. *Passiflora suberosa* L. 三角葉西番蓮 *
72. **Phytolaccaceae** 商陸科 (1)
 205. *Phytolacca americana* L. 美洲商陸 *
73. **Piperaceae** 胡椒科 (2)
 206. *Piper kadsura* (Choisy) Ohwi 風藤
 207. *Piper taiwanense* Lin & Lu 臺灣荖藤 #
74. **Pittosporaceae** 海桐科 (1)
 208. *Pittosporum tobira* (Thunb.) W.T. Aiton 海桐
75. **Plantaginaceae** 車前科 (1)
 209. *Plantago asiatica* L. 車前草
76. **Polygonaceae** 蓼科 (3)
 210. *Polygonum chinense* L. 火炭母草
 211. *Polygonum hydropiper* L. 水蓼 (NT)
 212. *Polygonum longisetum* Bruijn 睫穗蓼
77. **Portulacaceae** 馬齒莧科 (1)
 213. *Portulaca pilosa* L. 毛馬齒莧
78. **Primulaceae** 報春花科 (1)
 214. *Lysimachia fortunei* Maxim. 星宿菜
79. **Proteaceae** 山龍眼科 (1)
 215. *Helicia cochinchinensis* Lour. 紅葉樹
80. **Ranunculaceae** 毛茛科 (1)
 216. *Clematis grata* Wall. 串鼻龍
81. **Rosaceae** 薔薇科 (4)
 217. *Duchesnea chrysantha* (Zoll. & Moritzi) Miq. 臺灣蛇莓
 218. *Prunus campanulata* Maxim. 山櫻花 †
 219. *Prunus phaeosticta* (Hance) Maxim. 墨點櫻桃

220. *Prunus spinulosa* Siebold & Zucc. 刺葉桂櫻
82. **Rubiaceae 茜草科 (18)**
221. *Gardenia jasminoides* J. Ellis 山黃梔
222. *Hedyotis corymbosa* (L.) Lam. 繖花龍吐珠
223. *Ixora williamsii* Sandwith 矮仙丹花
224. *Lasianthus fordii* Hance 琉球雞屎樹
225. *Lasianthus formosensis* Matsum. 臺灣雞屎樹
226. *Lasianthus obliquinervis* Merr. 雞屎樹
227. *Lasianthus wallichii* (Wight & Arn.) Wight 圓葉雞屎樹
228. *Morinda umbellata* L. 羊角藤
229. *Mussaenda parviflora* Miq. var. *formosana* Matsum. 寶島玉葉金花 #
230. *Mussaenda pubescens* W.T. Aiton 毛玉葉金花
231. *Paederia foetida* L. 雞屎藤
232. *Psychotria rubra* (Lour.) Poir. 九節木
233. *Psychotria serpens* L. 拎壁龍
234. *Randia cochinchinensis* (Lour.) Merr. 茜草樹
235. *Richardia brasiliensis* Gomes 巴西擬鴨舌癩 *
236. *Spermacoce latifolia* Aubl. 闊葉鴨舌癩舅 *
237. *Spermacoce mauritiana* Gideon 蔓鴨舌癩舅 *
238. *Wendlandia formosana* Cowan 水金京
83. **Rutaceae 芸香科 (7)**
239. *Glycosmis citrifolia* (Willd.) Lindl. 石苓舅
240. *Glycosmis parviflora* (Sims) Kurz. 山桔
241. *Melicope pteleifolia* (Champ. ex Benth.) T.G. Hartley 三腳鼈
242. *Murraya exotica* L. 月橘
243. *Tetradium glabrifolium* (Champ. ex Benth.) T.G. Hartley 賊仔樹
244. *Zanthoxylum ailanthoides* Siebold & Zucc. 食茱萸
245. *Zanthoxylum nitidum* (Roxb.) DC. 雙面刺
84. **Sapindaceae 無患子科 (1)**
246. *Koelreuteria henryi* Dümmer 臺灣欒樹 #
85. **Saxifragaceae 虎耳草科 (3)**
247. *Hydrangea chinensis* Maxim. 華八仙
248. *Itea oldhamii* C.K. Schneid. 鼠刺
249. *Itea parviflora* Hemsl. 小花鼠刺 #
86. **Schisandraceae 五味子科 (2)**

250. *Kadsura japonica* (L.) Dunal 南五味子
251. *Schisandra arisanensis* Hayata 阿里山五味子 #
87. **Scrophulariaceae** 玄參科 (6)
252. *Lindernia anagallis* (Burm. f.) Pennell 定經草
253. *Lindernia antipoda* (L.) Alston 泥花草
254. *Lindernia crustacea* (L.) F. Muell. 藍豬耳
255. *Mazus fauriei* Bonati 佛氏通泉草 #
256. *Mazus pumilus* (Burm. f.) Steenis 通泉草
257. *Mecardonia procumbens* (Mill.) Small 黃花過長沙舅 *
88. **Solanaceae** 茄科 (3)
258. *Cestrum nocturnum* L. 夜香樹
259. *Solanum americanum* Mill. 光果龍葵 *
260. *Solanum nigrum* L. 龍葵
89. **Staphyleaceae** 省沽油科 (1)
261. *Turpinia formosana* Nakai 山香圓 #
90. **Styracaceae** 安息香科 (1)
262. *Styrax formosanus* Matsum. 烏皮九芎 #
91. **Symplocaceae** 灰木科 (3)
263. *Symplocos caudata* Wall. ex G. Don 尾葉灰木
264. *Symplocos glauca* (Thunb.) Koidz. 山羊耳
265. *Symplocos theophrastifolia* Siebold & Zucc. 山豬肝
92. **Theaceae** 茶科 (6)
266. *Adinandra formosana* Hayata 臺灣楊桐 #
267. *Camellia brevistyla* (Hayata) Cohen-Stuart 短柱山茶
268. *Camellia sinensis* (L.) Kuntze var. *assamica* Pierre 阿薩姆茶
269. *Eurya chinensis* R. Br. 米碎柃木
270. *Gordonia axillaris* Endl. 大頭茶
271. *Schima superba* Gardner & Champ. 木荷
93. **Ulmaceae** 榆科 (3)
272. *Celtis formosana* Hayata 石朴 #
273. *Celtis sinensis* Pers. 朴樹
274. *Trema orientalis* (L.) Blume 山黃麻
94. **Umbelliferae** 繖形科 (3)
275. *Centella asiatica* (L.) Urb. 雷公根
276. *Hydrocotyle batrachium* Hance 臺灣天胡荽

277. *Hydrocotyle verticillata* Thunb. 銅錢草 †
95. **Urticaceae 蕁麻科 (5)**
278. *Boehmeria nivea* (L.) Gaudich. var. *tenacissima* (Gaudich.) Miq. 青芋麻
279. *Boehmeria wattersii* B.L. Shih & Y.P. Yang 長葉芋麻 #
280. *Debregeasia orientalis* C.J. Chen 水麻
281. *Oreocnide pedunculata* (Shirai) Masam. 長梗紫麻
282. *Pouzolzia zeylanica* (L.) Benn. & R. Br. 霧水葛
96. **Verbenaceae 馬鞭草科 (4)**
283. *Callicarpa formosana* Rolfe 杜虹花
284. *Clerodendrum canescens* Wall. ex Walp. 白毛臭牡丹
285. *Clerodendrum cyrtophyllum* Turcz. 大青
286. *Lantana camara* L. 馬櫻丹 *
97. **Violaceae 堇菜科 (2)**
287. *Viola betonicifolia* Sm. 箭葉堇菜
288. *Viola diffusa* Ging. 茶匙黃
98. **Vitaceae 葡萄科 (3)**
289. *Ampelopsis brevipedunculata* (Maxim.) Traut. var. *hancei* (Planch.) Rehder
漢氏山葡萄
290. *Tetrastigma bioritsense* (Hayata) Hsu & Kuoh 三腳鼈草
291. *Tetrastigma umbellatum* (Hemsl.) Nakai 臺灣崖爬藤 #

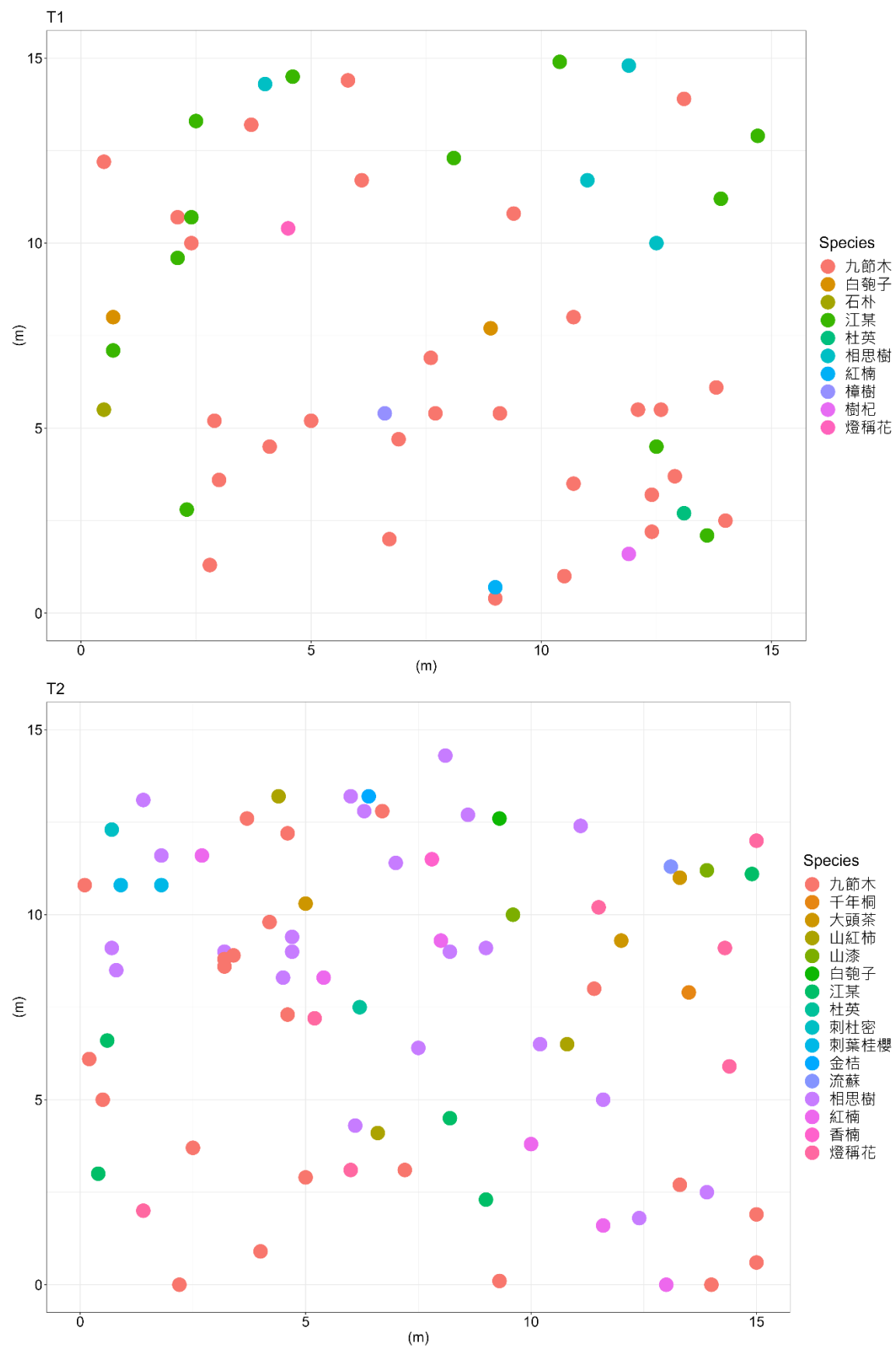
單子葉植物 Monocotyledons

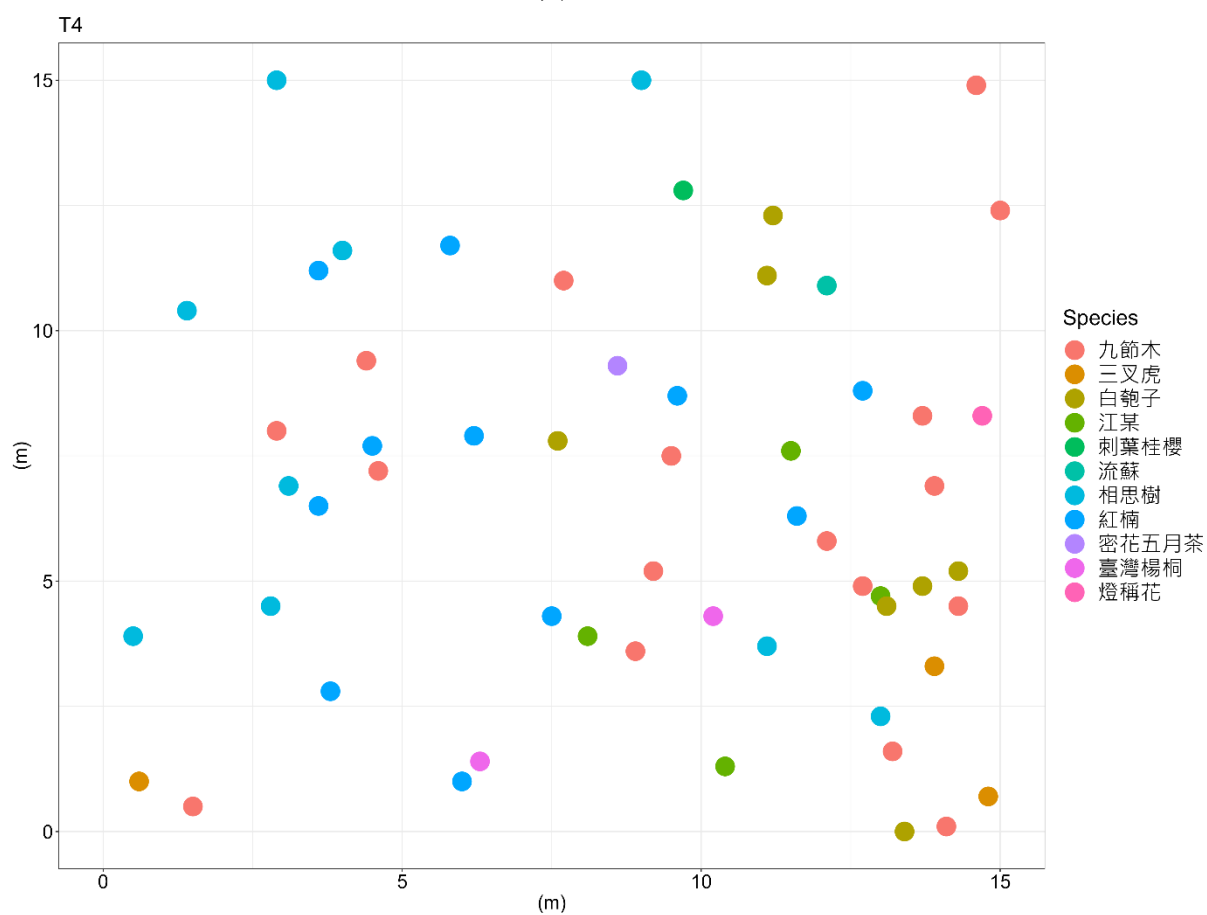
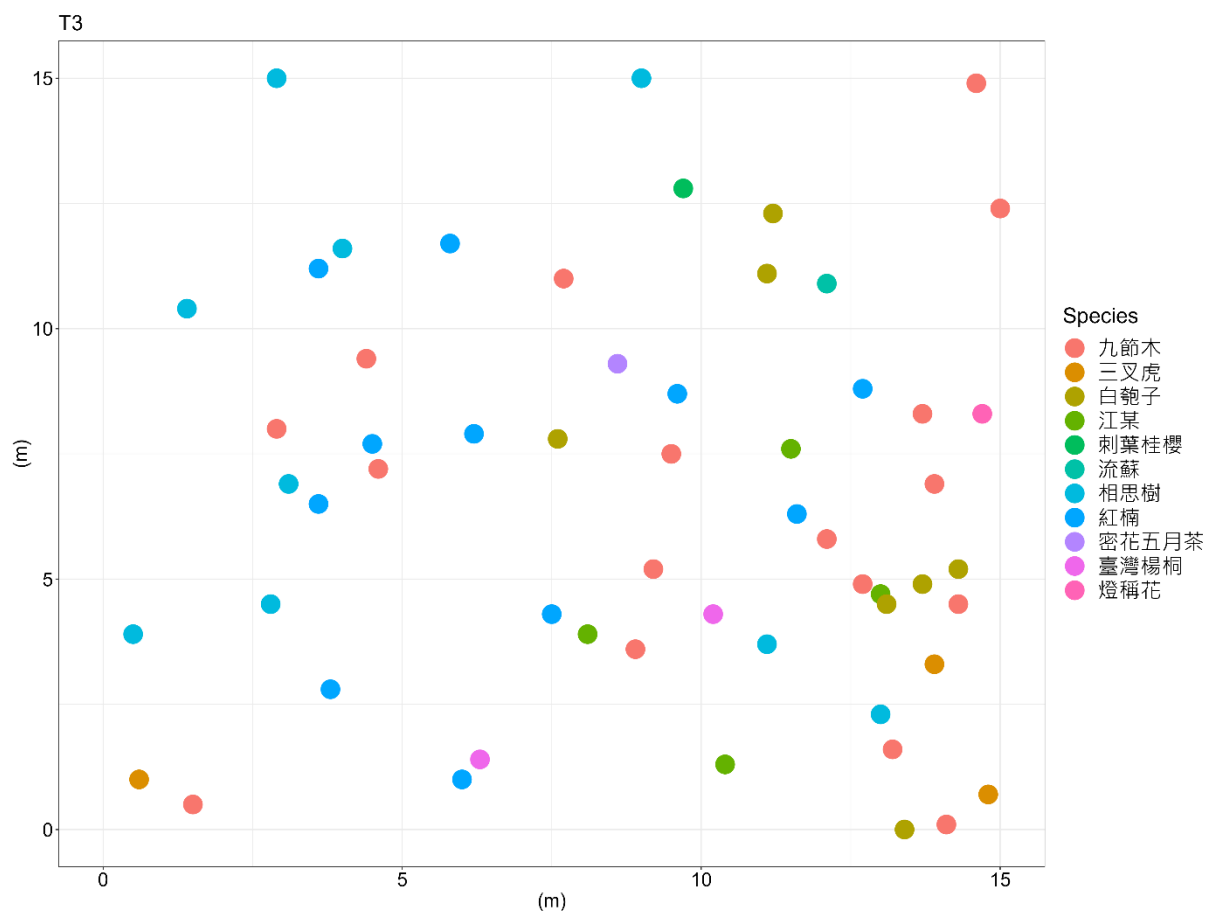
99. **Agavaceae 龍舌蘭科 (2)**
292. *Cordyline fruticosa* (L.) A. Chev. 朱蕉 †
293. *Sansevieria trifasciata* Prain 虎尾蘭 †
100. **Araceae 天南星科 (5)**
294. *Alocasia cucullata* (Lour.) G. Don 臺灣姑婆芋
295. *Alocasia odora* (Roxb.) K. Koch 姑婆芋
296. *Colocasia konishii* Hayata 山芋
297. *Epipremnum pinnatum* (L.) Engl. 拎樹藤
298. *Philodendron scandens* C. Koch & H. Sello. var. *oxycardium* (Schott) Bunt.
心葉蔓綠絨 *
101. **Arecaceae 棕櫚科 (3)**
299. *Caryota mitis* Lour. 叢立孔雀椰子 †
300. *Caryota urens* L. 孔雀椰子 †

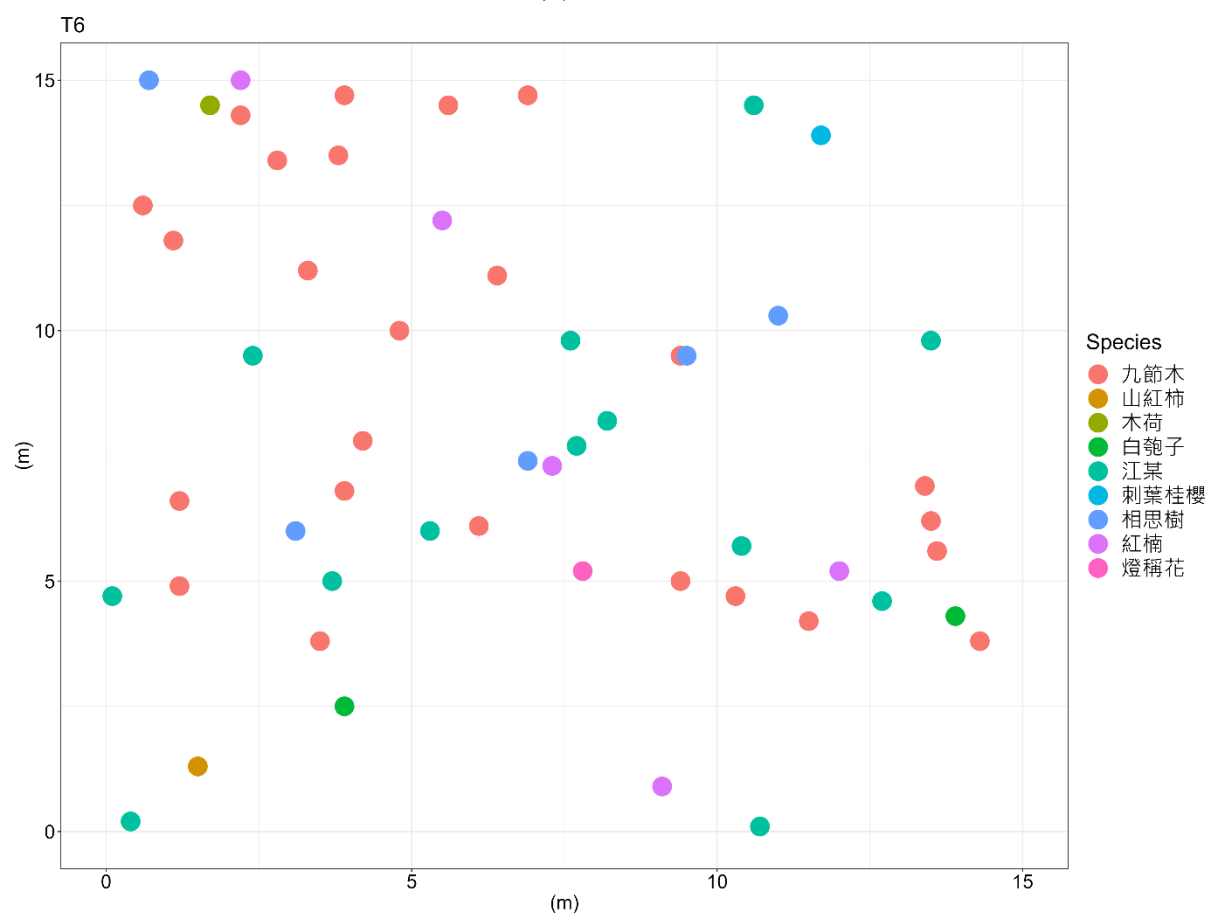
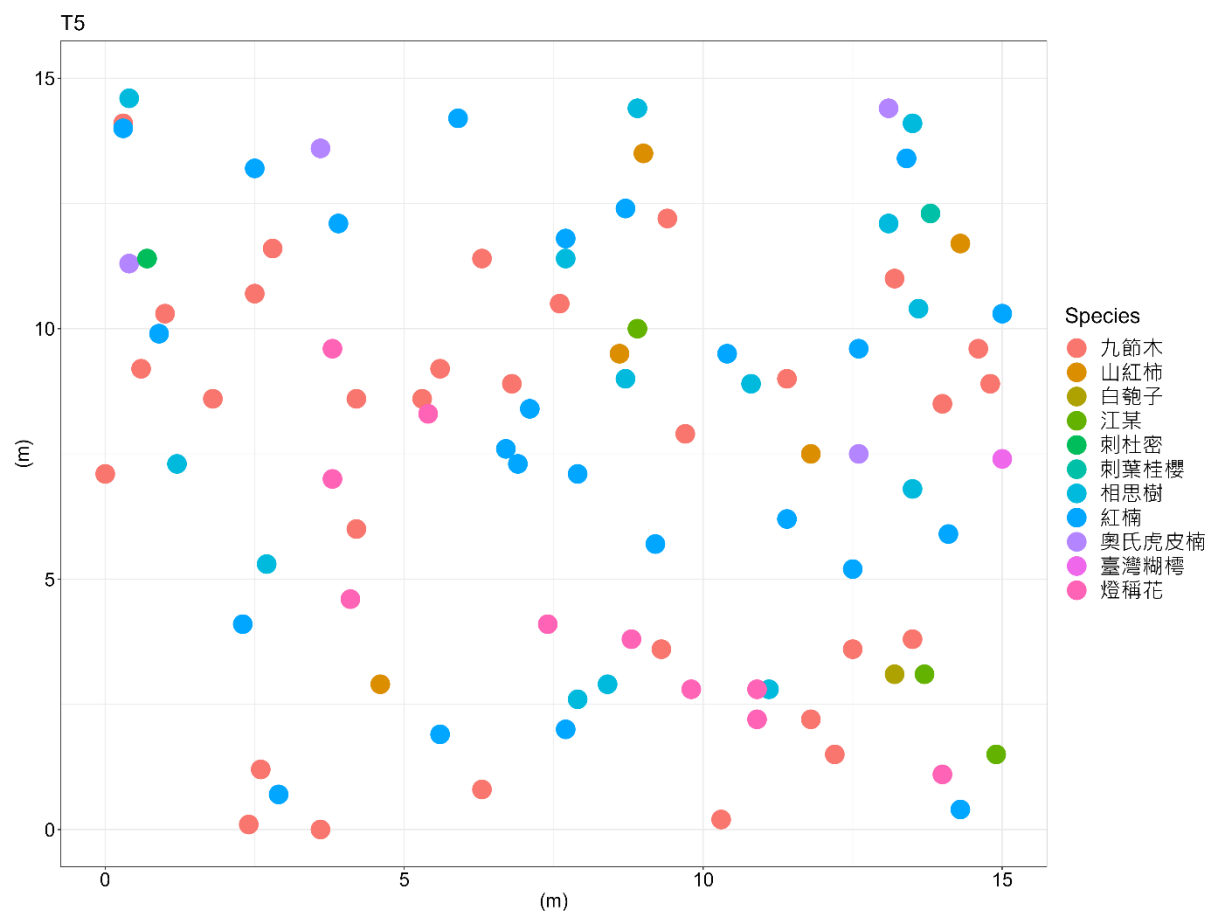
301. *Calamus quiquesetinervius* Burret 黃藤 #
302. *Chrysalidocarpus lutescens* H. Wendl. 黃椰子 †
303. *Mascarena verschaffeltii* (Wendl. ex Lem.) 棍棒椰子 †
304. *Livistona chinensis* R. Br. var. *subglobosa* (Mart.) Becc. 蒲葵 (VU)
305. *Phoenix hanceana* Naudin 臺灣海棗
102. **Commelinaceae 鴨跖草科 (4)**
306. *Amischotolype hispida* (Less. & A. Rich.) D.Y. Hong 穿鞘花
307. *Commelina diffusa* Burm. f. 竹仔菜
308. *Murdannia loriformis* (Hassk.) R.S. Rao & Kammathy 牛軋草
309. *Tradescantia fluminensis* Vell. 巴西水竹葉 *
103. **Cyperaceae 莎草科 (8)**
310. *Carex cruciata* Wahlenb. 煙火臺
311. *Cyperus haspan* L. 畦畔莎草
312. *Fimbristylis aestivalis* (Retz.) Vahl 小畦畔飄拂草
313. *Fimbristylis bisumbellata* (Forssk.) Bubani 大畦畔飄拂草
314. *Fimbristylis dichotoma* (L.) Vahl 竹子飄拂草
315. *Fimbristylis miliacea* (L.) Vahl 四稜飄拂草
316. *Pycneus polystachyos* (Rottb.) P. Beauv. 多枝扁莎
317. *Scleria terrestris* (L.) Fassett 陸生珍珠茅
104. **Dioscoreaceae 薯蕷科 (3)**
318. *Dioscorea bulbifera* L. 獨黃
319. *Dioscorea collettii* Hook. f. 華南薯蕷
320. *Dioscorea matsudae* Hayata 裡白葉薯榔
105. **Gramineae 禾本科 (24)**
321. *Bambusa dolichoclada* Hayata 長枝竹 #
322. *Bambusa stenostachya* Hack. 刺竹 †
323. *Chrysopogon aciculatus* (Retz.) Trin. 竹節草
324. *Cynodon nlemfuensis* Vandyerst 長穎星草 *
325. *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd. 龍爪茅
326. *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler 升馬唐
327. *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. 馬唐 *
328. *Echinochloa colona* (L.) Link 芒稷
329. *Eleusine indica* (L.) Gaertn. 牛筋草
330. *Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack. 假儉草

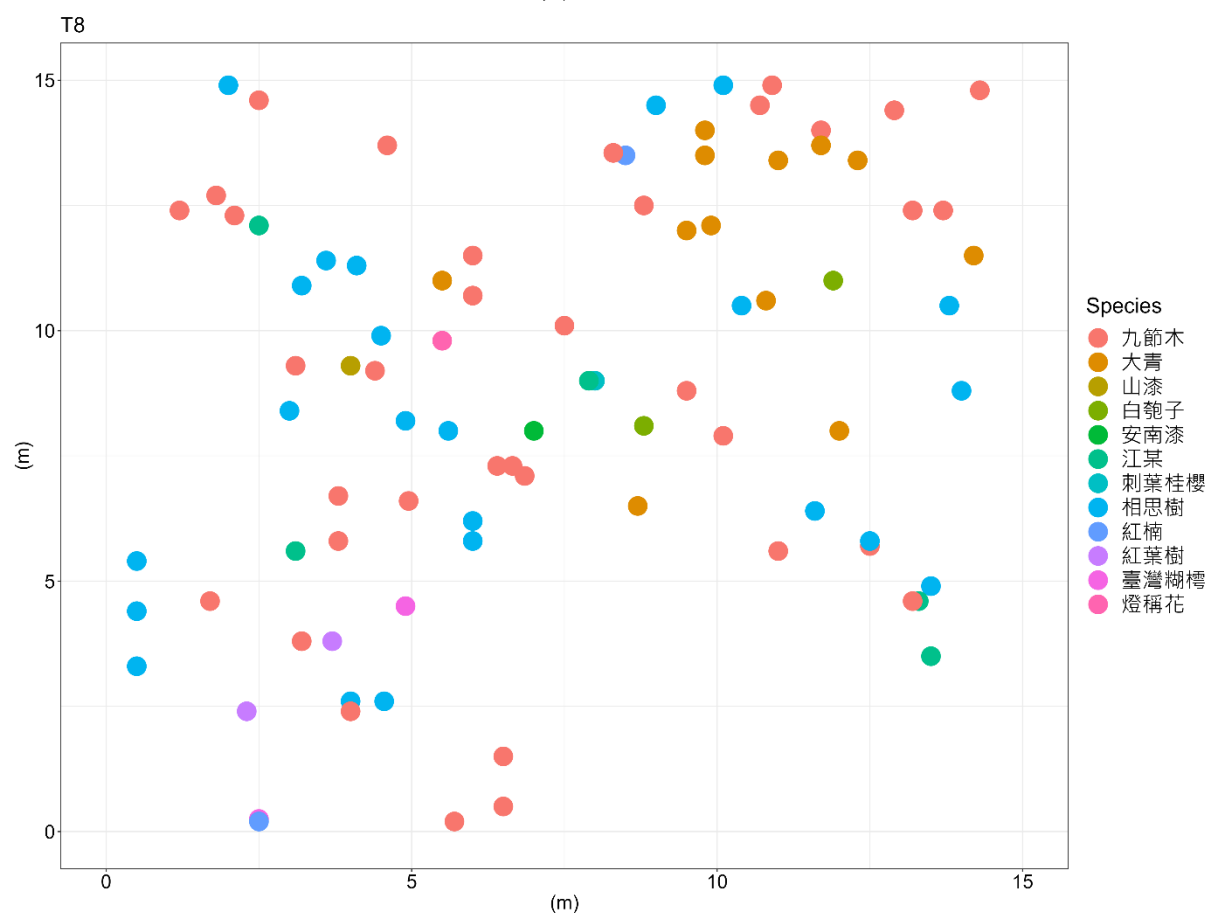
331. *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv. var. *major* (Nees) C. E. Hubb. ex Hubb. & Vaughan 白茅
332. *Lophatherum gracile* Brongn. 淡竹葉
333. *Miscanthus floridulus* (Labill.) Warb. ex K. Schum. & Lauterb. 五節芒
334. *Miscanthus sinensis* Andersson f. *glaber* Honda 白背芒
335. *Oplismenus compositus* (L.) P. Beauv. 竹葉草
336. *Oplismenus hirtellus* (L.) P. Beauv. 求米草
337. *Panicum maximum* Jacq. 大黍 *
338. *Paspalum conjugatum* P.J. Bergius 兩耳草 *
339. *Paspalum urvillei* Steud. 吳氏雀稗 *
340. *Phyllostachys makinoi* Hayata 桂竹 #
341. *Sacciolepis indica* (L.) Chase 囊穎草
342. *Setaria palmifolia* (J. Koenig) Stapf 棕葉狗尾草 *
343. *Setaria viridis* (L.) P. Beauv. 狗尾草
344. *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth 鹽地鼠尾粟
106. **Liliaceae 百合科 (1)**
345. *Dianella ensifolia* (L.) DC. 桔梗蘭
107. **Musaceae 芭蕉科 (1)**
346. *Musa sapientum* L. 香蕉
108. **Orchidaceae 蘭科 (2)**
347. *Calanthe sylvatica* (Thouars) Lindl. 長距根節蘭
348. *Calanthe triplicata* (Willemet) Ames 白鶴蘭
109. **Pandanaceae 露兜樹科 (1)**
349. *Pandanus odoratissimus* L. f. 林投
110. **Smilacaceae 菝葜科 (5)**
350. *Smilax bockii* Warb. 土茯苓
351. *Smilax bracteata* C. Presl 假菝葜
352. *Smilax bracteata* Presl var. *verruculosa* (Merr.) T. Koyama 糙莖菝葜
353. *Smilax china* L. 菝葜
354. *Smilax lanceifolia* Roxb. 臺灣土茯苓
111. **Zingiberaceae 薑科 (4)**
355. *Alpinia intermedia* Gagnep. 山月桃
356. *Alpinia pricei* Hayata 普來氏月桃 #
357. *Alpinia zerumbet* (Pers.) B.L. Burtt & R.M. Sm. 月桃
358. *Hedychium coronarium* J. Koenig 野薑花 *

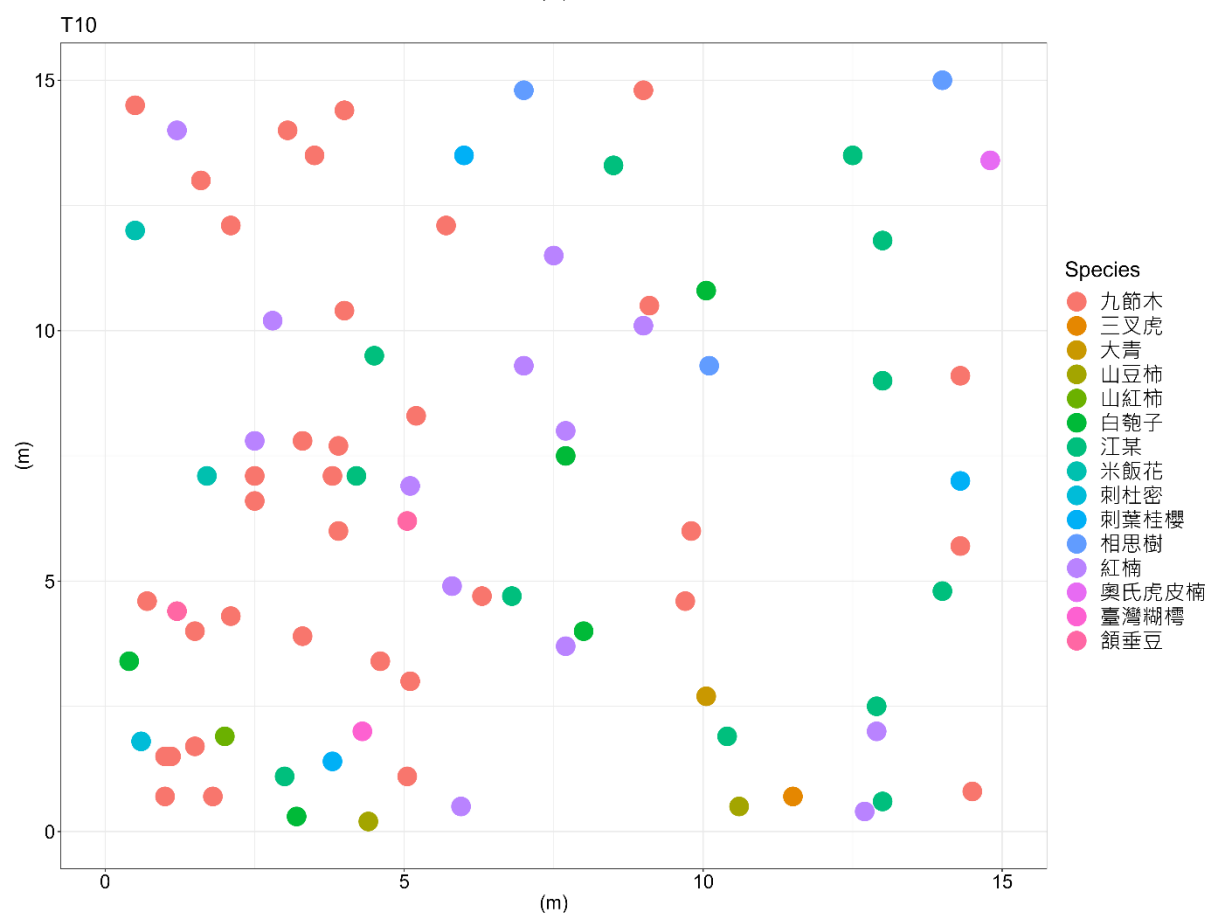
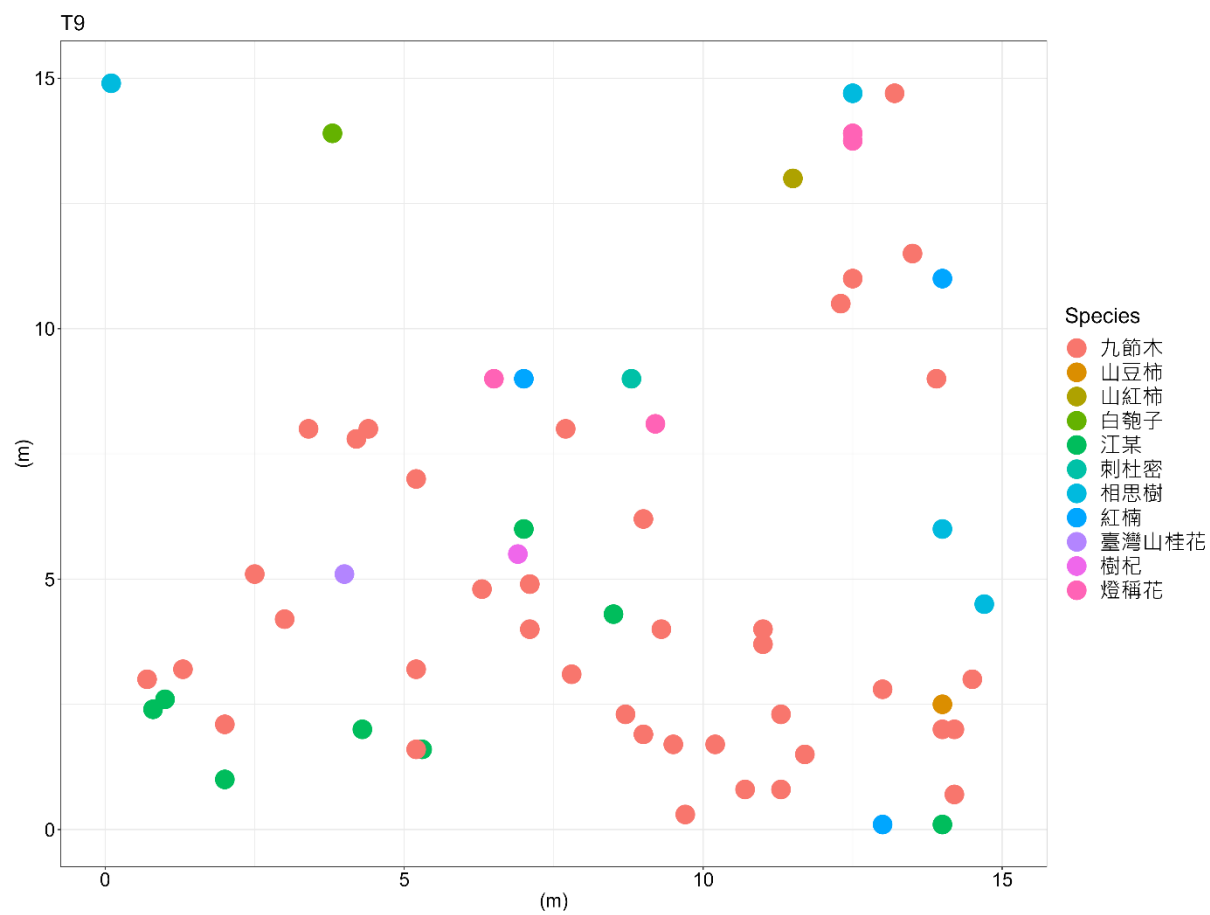
附錄二、森林長期監測樣區林木相對位置圖

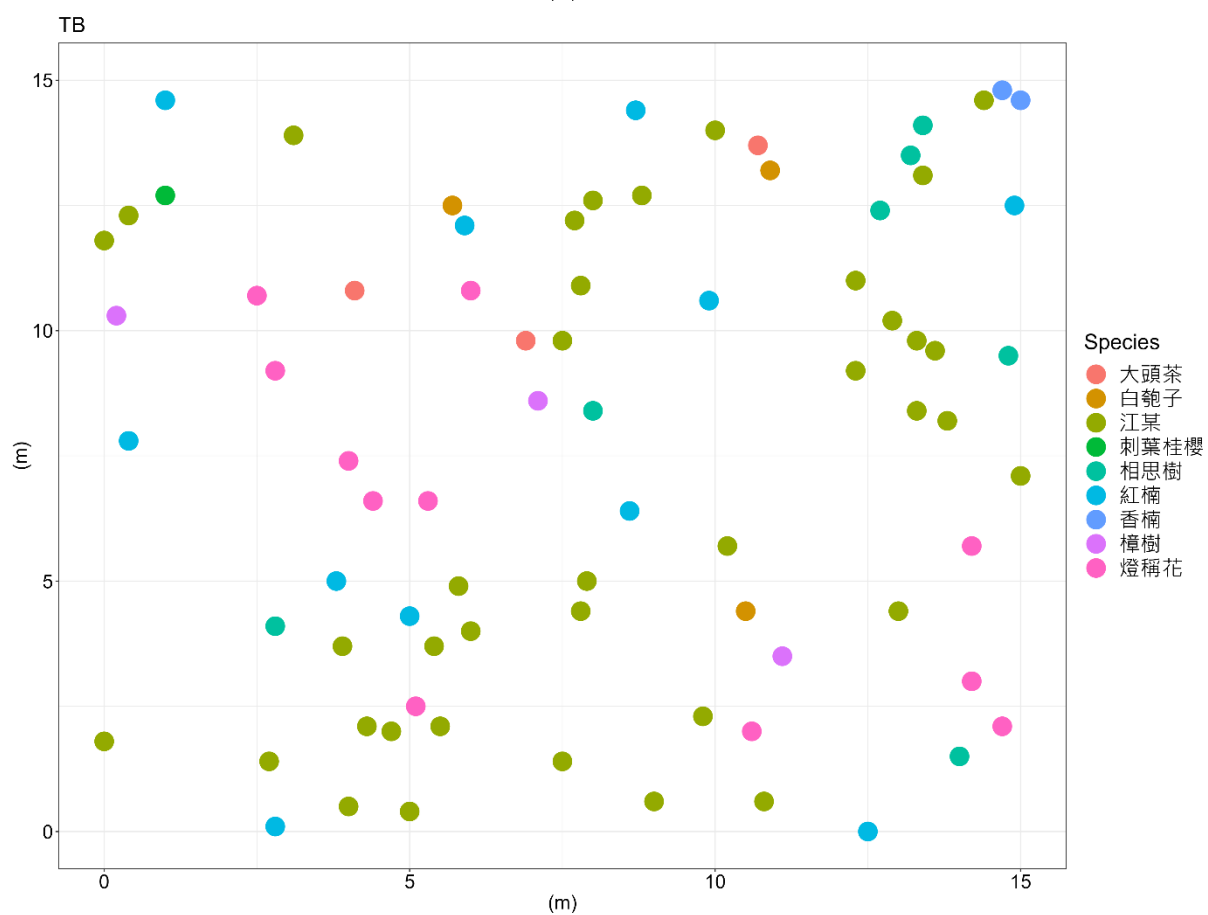
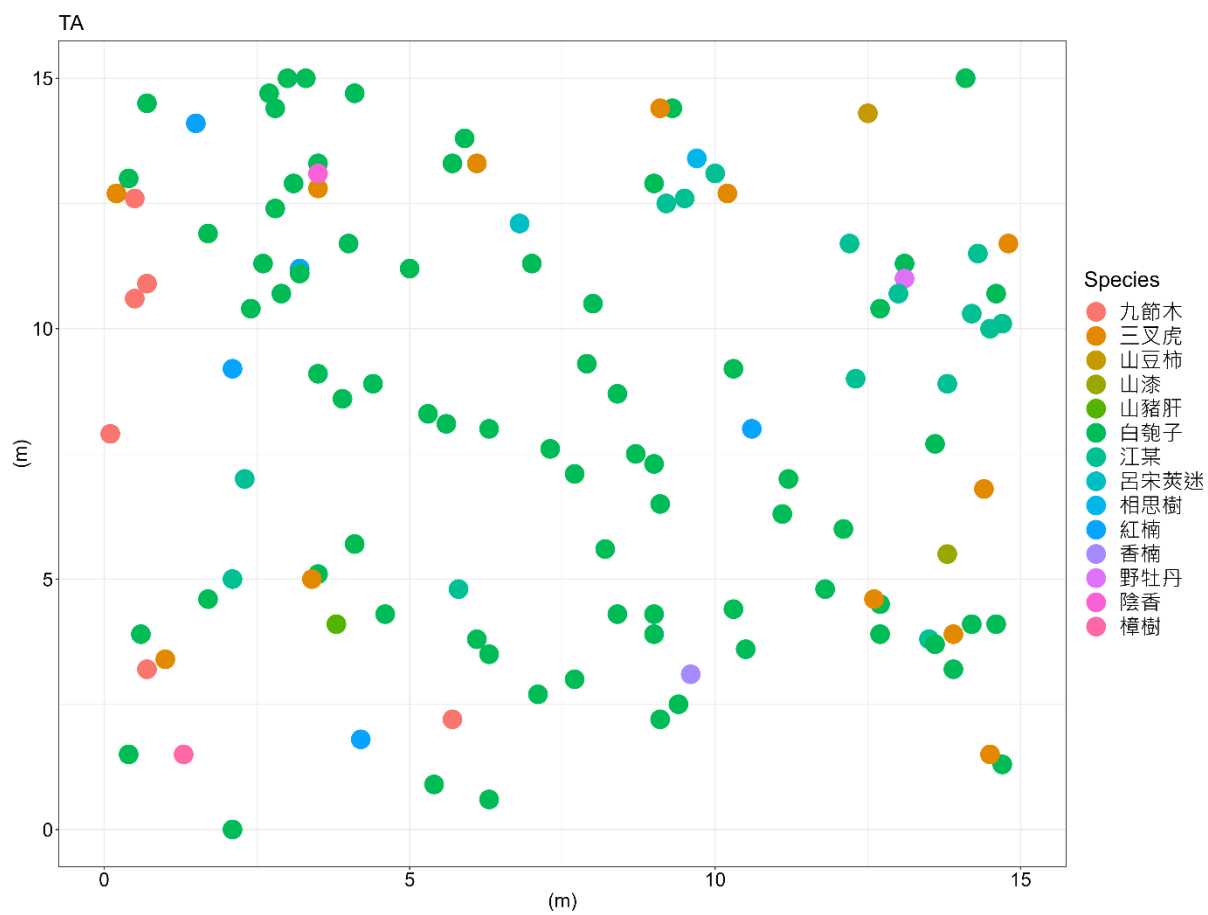


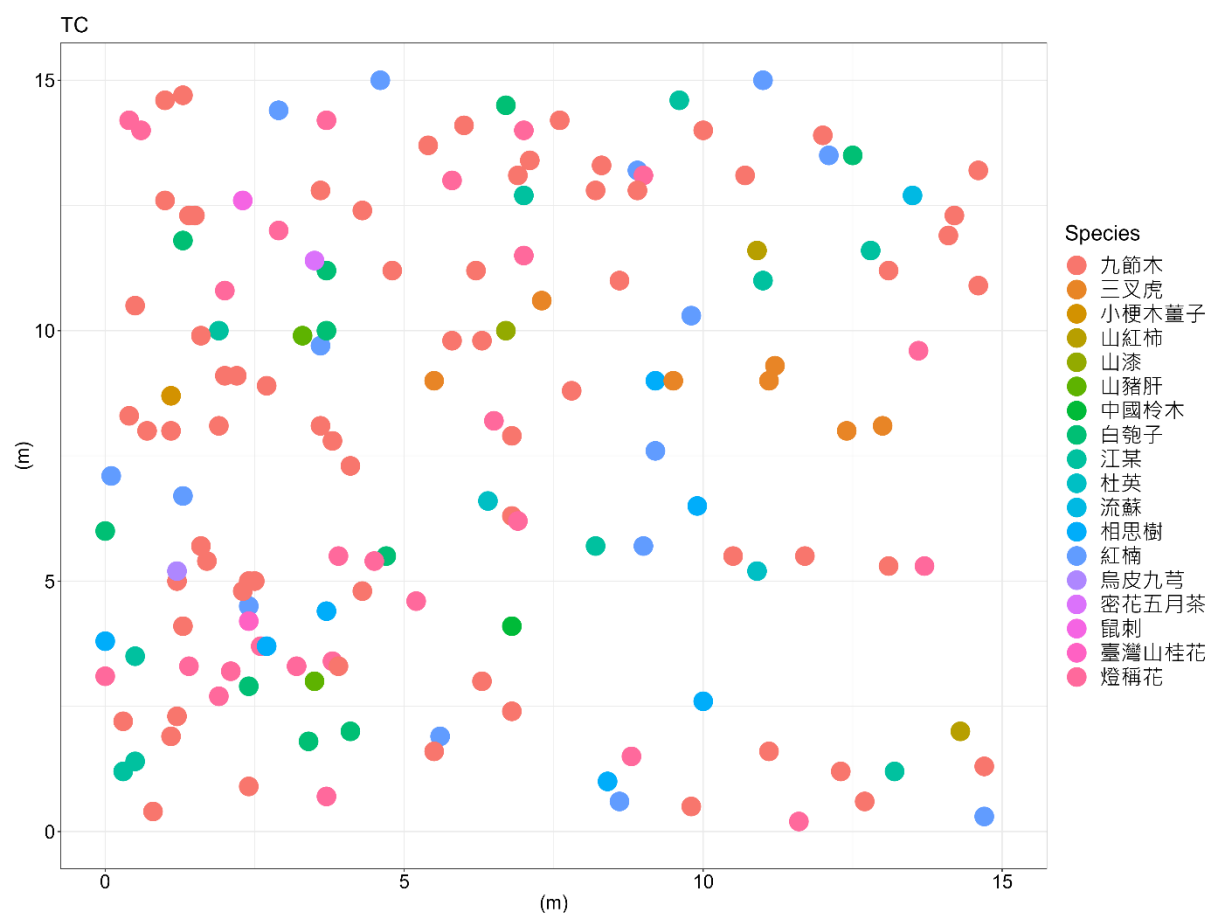




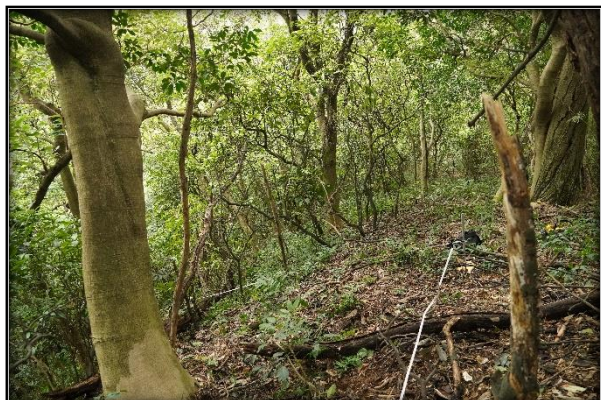








附錄三、樣區架設與調查樣區工作照



長期樣區設置情形。



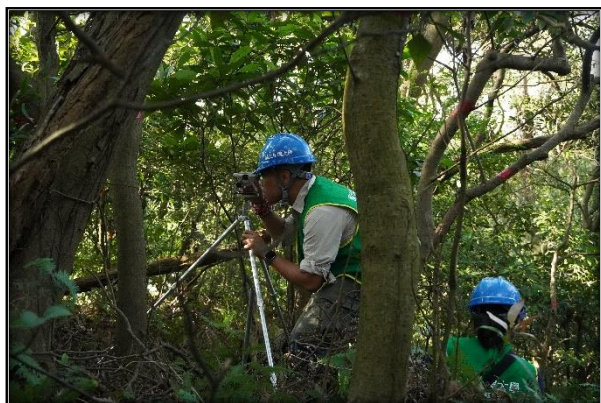
進行長期樣區植群調查。



樣區內上木噴漆標示。



上木噴漆標示加鋁牌編號。



環境因子測量。



樣區內設置 datalog 環境監測器。

附錄四、長期監測樣區微環境因子表

樣站	溫度(°C)	相對濕度(%)	光度(lux)
T1	21.41	80.25	467.37
T2	20.99	80.44	366.14
T3	20.93	81.22	329.49
T4	20.21	82.29	263.48
T5	20.32	80.72	524.06
T6	20.36	82.63	206.43
T7	20.25	81.43	144.77
T8	20.76	79.39	670.55
T9	20.53	84.31	129.35
T10	20.60	79.87	494.62
TA	20.28	82.40	280.39
TB	20.11	81.24	271.34
TC	19.58	86.56	117.80

附錄五、桃園煉油廠內 DBH> 30 cm 林木分布數量圖



附錄六、桃園煉油廠各樣區喬木樹種徑級分布表

DBH (cm)	1-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	>45	總計(棵)
T1	29	10	2	4	5	1		2	1	1	55
九節木	23	6									29
白匏仔		1			1						2
石朴			1								1
江某	5	2	1	3	1				1		13
杜英					1						1
相思樹					1	1		2			4
紅楠				1	1						2
樟樹										1	1
樹杞		1									1
燈稱花	1										1
T2	41	13	7	6	7	2	5				81
九節木	23	1									24
千年桐		1									1
大頭茶	2		1								3
山红柿	1	1	1								3
山漆	3										3
白匏仔	1										1
江某	1	1	1	1			1				5
杜英		1									1
刺杜密			1								1
刺葉桂櫻	1	1									2
金桔		1									1
流蘇	1										1
相思樹		2	2	5	7	2	4				22
紅楠		4	1								5
香楠	1										1
燈稱花	7										7
T3	30	7	8	2	1	4	1	1	2	1	57
九節木	15	2									17
三叉虎	3										3
白匏仔	3	3	1								7
江某	1	1	1	1							4
刺葉桂櫻	1										1
流蘇	1										1

DBH (cm)	1-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	>45	總計(棵)
相思樹						4	1	1	2	1	9
紅楠	3	1	5	1	1						11
密花五月茶	1										1
臺灣楊桐	1		1								2
燈稱花	1										1
T4	112	11	5	4	3	1			1		137
九節木	103	3									106
山紅柿	1				1						2
山豬肝		1									1
安南漆	1				1						2
江某	3	3	2								8
杜英		1									1
刺杜密			1								1
相思樹									1		1
紅楠	2	2	2	2	1	1					10
臭辣樹				1							1
奧氏虎皮楠	1										1
臺灣糊櫟	1	1		1							3
T5	47	9	20	9	7	3		1			96
九節木	30	1									31
山紅柿	1	2	1	1							5
白匏仔			1								1
江某		1	1	1							3
刺杜密		1									1
刺葉桂櫻	1										1
相思樹	1	1	1	3	4	3		1			14
紅楠	3	2	13	4	3						25
奧氏虎皮楠	1	1	2								4
臺灣糊櫟			1								1
燈稱花	10										10
T6	27	9	4	3	5	2	3	1			54
九節木	23	2									25
山紅柿				1							1
木荷		1									1
白匏仔				1	1						2
江某	3	5	3		2						13
刺葉桂櫻					1						1

DBH (cm)	1-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	>45	總計(棵)
相思樹		1				1	2	1			5
紅楠			1	1	1	1	1				5
燈稱花	1										1
T7	64	13	5	2	4	2	2	1		3	96
九節木	56	7									63
山紅柿			1								1
牛奶榕	1										1
白匏仔			1	1							2
江某		1	1		1	1					4
刺葉桂櫻					1						1
相思樹								1		1	2
紅楠			1	1	1		1			1	5
臭辣樹			1								1
臺灣山桂花	5										5
臺灣楊桐		1									1
臺灣糊櫟	1	4			1	1					7
樟樹							1			1	2
樹杞	1										1
T8	51	10	5	11	3	1	3	4			88
九節木	32	4									36
大青	12										12
山漆	1										1
白匏仔	1			1							2
安南漆	1										1
江某	1	2	1	1							5
刺葉桂櫻	1										1
相思樹	1		3	8	3	1	3	4			23
紅楠		1	1								2
紅葉樹		2									2
臺灣糊櫟		1		1							2
燈稱花	1										1
T9	41	11	4	3	1	3				1	64
九節木	29	10									39
山豆柿	1										1
山紅柿				1							1
白匏仔			1								1
江某	4	1	2	1							8

DBH (cm)	1-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	>45	總計(棵)
刺杜密	1										1
相思樹					1	2				1	4
紅楠			1	1		1					3
臺灣山桂花	1										1
樹杞	1										1
燈稱花	4										4
T10	44	19	6	4	3	3	3		1		83
九節木	27	8									35
三叉虎	1										1
大青	1										1
山豆柿		1				1					2
山紅柿	1										1
白匏仔		1	1	1	2						5
江某	5	4		2		1					12
米飯花	1		1								2
刺杜密	1										1
刺葉桂櫻	2	1									3
相思樹						1	1		1		3
紅楠	4	1	4	1	1		2				13
奧氏虎皮楠		1									1
臺灣糊櫟	1										1
領垂豆		2									2
T11	22	9	15	14	6		1				67
九節木	13										13
大頭茶		6	13	14	5						38
山羊耳	1										1
山紅柿	1				1						2
江某	3	2	1								6
刺杜密	1										1
相思樹							1				1
紅楠			1								1
香楠	1										1
密花五月茶	1										1
鼠刺		1									1
燈稱花	1										1
T12	38	10	4	3		1	1			1	58
九節木	19	3									22

DBH (cm)	1-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	>45	總計(棵)
三叉虎	2										2
大頭茶	1										1
牛奶榕		2									2
白匏仔				1			1				2
江某	8	5	2	1		1					17
杜英	1										1
刺杜密	3		1								4
筆筒樹				1							1
奧氏虎皮楠	1										1
臺灣杪羅			1								1
臺灣榕	2										2
樟樹										1	1
領垂豆	1										1
T13	58	10	5	9	3						85
九節木	42	5									47
小花鼠刺	1										1
山紅柿			1	1	1						3
日本女貞	1										1
牛奶榕		1									1
江某	7	4	3	5	2						21
刺杜密	1			2							3
紅楠			1	1							2
密花五月茶	1										1
圓葉雞屎樹	3										3
臺灣山桂花	1										1
燈稱花	1										1
T14	11	5	6	2	1	2					27
九節木	5	1									6
山紅柿		1									1
山黃麻			1								1
水冬瓜	1										1
白匏仔		2	2	1	1	2					8
江某	3		1								4
刺杜密	1		1								2
香楠	1		1								2
筆筒樹				1							1
樹杞		1									1

DBH (cm)	1-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	>45	總計(棵)
T15	9	13	2		2		1				27
千年桐					1						1
水冬瓜	2	3									5
白匏仔			1				1				2
江某	1	1	1								3
長枝竹		9									9
華八仙	5										5
臺灣榕	1										1
錫蘭饅頭果					1						1
T16	8	2	1		2	1	1		3		18
小葉桑	3										3
山黃麻					2	1	1		3		7
水金京		1									1
白匏仔		1									1
江某	2		1								3
杜虹花	2										2
臺灣榕	1										1
T17	106	12	5	5	2	3	4	2	2	1	142
九節木	99	2									101
小梗木薑子		1									1
山紅柿	1	1		1							3
江某	6	4	1	1							12
杜英		1									1
紅楠		1	2	2		1					6
奧氏虎皮楠		1									1
楊梅			2								2
臺灣二葉松				1	2	2	4	2	2		13
臺灣糊櫟		1									1
樟樹										1	1
T18	13	2			1						16
白匏仔					1						1
江某	1										1
桂竹	12	2									14
T19	89	31	3	3	3		1	1			131
九節木	75	22									97
小梗木薑子		1									1
山羊耳	1										1

DBH (cm)	1-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	>45	總計(棵)
山红柿	1			1	1						3
牛奶榕			1								1
白匏仔	1										1
江某	4	2	1		1		1	1			10
杜英		1		1							2
刺杜密	1		1								2
紅楠				1	1						2
臺灣糊櫟	1										1
樹杞	5	5									10
T20	3	6	7	8	2						26
九節木	1	3									4
水冬瓜			1								1
江某	1	1	1								3
紅楠				1	1						2
筆筒樹					1						1
臺灣杪羅	1	2	4	7							14
樹杞			1								1
TA	73	31	13	3	2						122
九節木	6										6
三叉虎	12										12
山豆柿	1										1
山漆	1										1
山豬肝	1										1
白匏仔	36	23	12	3							74
江某	11	4									15
呂宋莢迷	1										1
相思樹			1		1						2
紅楠	2	3									5
香楠		1									1
野牡丹	1										1
陰香	1										1
樟樹					1						1
TB	28	21	14	8	8	1					80
大頭茶	2		1								3
白匏仔	1	2									3
江某	7	16	8	6	1						38
刺葉桂櫻		1									1

DBH (cm)	1-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	>45	總計(棵)
相思樹		1	1	1	4						7
紅楠	5	1	3	1	1	1					12
香楠	2										2
樟樹			1		2						3
燈稱花	11										11
TC	126	12	5	12	2		1				158
九節木	66	3									69
三叉虎	7										7
小梗木薑子	1										1
山红柿	2										2
山漆	1										1
山豬肝	2										2
中國柃木	1										1
白匏仔	5	2		3							10
江某	5	1	2	2							10
杜英	1	1									2
流蘇		1									1
相思樹		1		3	2		1				7
紅楠	5	3	3	4							15
烏皮九芎	1										1
密花五月茶	1										1
鼠刺	1										1
臺灣山桂花	1										1
燈稱花	26										26
總計	1070	276	146	115	73	30	27	13	10	8	1768

附錄七、桃園煉油廠生物資源調查計畫期中審查會議回覆辦理情形

審查意見	辦理情形
李委員佩珍： (一)建議後續報告書中加上林業保育署之綠網區域套疊本案範圍。 (二)表 2 所列之 SDG 各項目與本案工項之對應建議應具體，並免浮濫導致流於形式。另本案之碳匯估算是否應配合到哪一項 SDG？ (三)期末報告是否與 2006 年桃廠還差報告進行比較分析，以評估廠區 20 年間的環境與生態變化。 (四)植群演替是否會影響本區碳匯估算？ (五)小型哺乳動物調查是否考慮使用 pit fall(掉落式)陷阱？是否每次連續捕捉 2-3 日？可能調查結果會更好。 (六)期末報告可否就廠區內家犬部分提供具體之經營管理建議？ (七)長期(永久)樣區的規劃根據為	1. 本團隊會在期末報告時套疊林業保育署之綠網區域，並說明桃廠於綠網區域之成效。 2. 謝謝委員建議，表 2 會再進行修正。碳匯估算可配合到 SDG 第 13 項目標，可應對氣候變遷及其衝擊之能力。 3. 謝謝委員意見，遵照辦理。 4. 植群演替會由不同的優勢樹種組成，而不同樹種固碳能力亦不同，因此會影響本區碳匯估算。 5. 已安排於下次進行小型哺乳動物調查時，除了原本的薛門氏陷阱，再加入 pit fall 陷阱同時使用。餌料部分會再改用滷排骨、雞腿等氣味較重的加工食物多方嘗試。但捕捉日程因要配合桃廠門禁管制，目前較難以調整。 6. 遵照辦理，會再補充研究人員觀察到之廠內遊蕩犬狀況與照片。 7. 長期樣區選擇於環境較穩定的稜線上，後續每 5 年進行複查可以

何？是否推估植群變遷而選擇的？永久樣區搭配臨時樣區是否可對廠區邊緣效應 (edge effect)做些分析？	了解植群組成變化。臨時樣區多選擇於溪谷地或路旁環境，配合長期樣區能了解不同環境下植群生長狀況，可對應森林邊緣效應進行群團分析。
高委員文媛： (一)樣區選擇的條件，其代表性為何？ (二)樣區的微氣候資料結果於報告內並未呈現。 (三)建議於期末報告，應將各調查結果與 2006 年廠區環差生態調查成果進行比較分析。 (四)於期末報告應將廠區內及廠區外的調查樣區進行差異性比較分析。 (五)碳儲存評估部分，建議加入土壤部分，使報告評估更為周全。	1. 樣區為代表該區域植群進行取樣，因此樣區會選擇於該區域相對均値之環境，進行調查。 2. 遵照辦理，後續會將微氣候資料整理於表格中。 3. 謝謝委員意見，本團隊會將本次研究成果與 2006 成果進行比較，以了解近年之變化。 4. 遵照辦理，後續會針對廠內外進行比較分析。 5. 因土壤碳儲存分析未在計畫中，未來如有其他計畫可繼續操作。
張委員彬： (一)本案生態調查應可發展為中油公司相關生態調查工作標準化依據，並於期末報告就目前廠內生態情形可提出具體建議或解決方案。 (二)長期樣區之選擇是否有設定條件，如系統取樣或標準，以減少取樣造成偏誤或特定植群環境	1. 謝謝委員意見，本團隊會依據調查研究結果，提供桃廠未來在生態系經營管理可行具體的改善方案建議。 2. 本團隊長期樣區選擇於地形相對穩定之稜線與中坡區域，未來複查受人為干擾影響較小，而特定

未被涵蓋而不夠周全。 (三) 喬木植物調查頻率為何？是否足以確認完整調查到廠區內植物種類。 (四) 廠內樣區與廠外樣區，動植物組成應有完整比較。 (五) 建議樣區植物調查成果，可以植株徑級及樹種類別進行表列。 (六) 廠區周邊均有圍牆為界，或可考慮設置生態廊道。	植群則透過臨時樣區調查，涵蓋所有環境植群。 3. 喬木因一年內生長變動不大，因此喬木調查應等 5-10 年後再進行複查。其他樣區外植物物種會透過沿線名錄調查。 4. 遵照辦理，期末報告會著重討論。 5. 謝謝委員意見，會再進行整理。 6. 謝謝委員意見，此部分會依調查研究成果，在未來經營管理時提出相關建議。
黃委員志堅： (一) 本案桃廠除 2006 年外，2003 年亦曾有過廠區生態調查，建議收集過往調查資料，一併進行生態成果比對。 (二) 植群調查演替之類型分布資料，建議以地圖方式呈現，並就廠區植相演替情形，參考坡度、水土保持、碳吸存為因素，提出廠區綠帶的經營管理建議。 (三) 報告專有名詞如挺空、地表植物等，建議應於報告加入名詞解釋部分以明確定義。 (四) 野生動物調查 OI 值使用因目前學界較多分歧，建議報告補充其	1. 遵照辦理，會將各年文獻蒐集並進行比較。 2. 謝謝委員意見，期末報告會繪製林型圖，以了解廠區林型分布狀況，並提供經營管理建議。 3. 遵照辦理，已在材料與方法進行說明。 4. 已於方法(二).1 補充。OI 值計算參考裴家騏(1998)、裴家騏&姜

定義及使用條件。 (五)報告中家犬及穿山甲活動時間錯開、部分記錄點位亦有空間區隔，或可在期末報告討論，探討家犬威脅程度。 (六)蝙蝠調查結果建議以實際時間表示，調查季度與實際季度有時間落差，易造成混淆。 (七)鳥類調查結果建議可與植群型態資料整合及呈現，可供後續棲地經營管理參考。 (八) 南溝上游環境較為自然無人工構物，建議後續執行可增加觀察並評估後續水域棲地營造可能性。	博仁(2002)之研究，定義為「特定物種於該樣點之有效照片$\times 1000$小時$\div$該樣點之自動相機工作時數」。並將 1 小時內連續拍攝的同種動物，在無法區別個體時，視作同一筆紀錄。而此方法較適合使用在 200 克以上中大型哺乳動物。 5. 儘管穿山甲為夜行性，但仍可能與遊蕩犬的活動時間有所重疊，目前調查結果顯示所有相機點皆記錄到遊蕩犬，因此有記錄到穿山甲的位置也有遊蕩犬活動，空間上並無區隔。 6. 感謝委員建議，遵照辦理。 7. 本研究後續預計透過植物調查產出計畫範圍植群圖，再以植群分類將各陸域樣站分組，以群聚分析檢定各陸域樣站以圓圈法所記錄之鳥類物種，是否隨著樣點所在地之植群分群。若鳥類組成隨著植群具顯著分群，則可訂出各植群之指標物種，以及建議保育管理之目標。 8. 感謝委員建議，後續將以現地勘查方式，檢視南溝上游之水域棲地微環境與現有物種，並評估現水域樣站棲地營造之可行性。
--	--

附錄八、桃園煉油廠生物資源調查計畫期末審查會議回覆辦理情形

審查意見	辦理情形
林委員良恭： 1. 過往 2002 年環評調查即有相思樹更新不佳等紀錄，現今逐漸往江某與楠櫨林相演替，建議報告可與相近區域比較，以瞭解廠區內外植相演替趨勢。 2. 大徑級(超過 30cm)之樹木於生態上特別具有價值，建議可以呈現調查到之分布圖表示。 3. 報告提到流蘇，作為受脅之在地原生植物，有關其未來發展評估及保育措施可再補充。 4. 報告中提到碳吸存不同係數差異大，此部分應請補充說明。	1. 謝謝委員建議，本團隊與區外樣區對比，桃廠鄰近森林植物社會與廠內植群無太大差異之處。有人為干擾或孔隙地區，多以白匏仔為優勢，相思樹林更新狀況不佳，未來均會以江某、紅楠等樹種，往次生林演替之趨勢。 2. 謝謝委員意見，遵照辦理。 3. 本團隊建議就地保育為主，廠內森林有天然流蘇分布，代表此環境適合流蘇生存，應持續保持森林環境避免過多干擾，並可挑選母樹進行採種育苗，成苗後可栽植於森林孔隙或做為廠內行道樹進行培育。 4. 根據不同文獻，生物量評估公式所計算出來數值差異較大，因此後續推算森林碳吸存時，會造成較大的誤差。本團隊採用最新評估方式進行計算，未來可根據環境部公告之方式，進行碳儲量與

5. 動物樣區 T2、T6 多樣性較高，該區是否可評估設置動物廊道，增加廠內外動物穿越交流。 6. 犬隻為野生動物重大威脅，報告應具體建議廠區可為之管理，如職工配合事項等。 7. 蝙蝠之音波紀錄應區分月份呈現，以顯示不同時間之物種出現有無差異性，另調查於暮光時間紀錄時間不足。 8. 小型哺乳動物每 2 隔月捕捉 1 次，調查努力量不夠，薛門式陷阱也不適合山坡地形，未來規劃調查方法時，可考慮使用鼠籠。	碳吸存之評估。 5. 已補充經營管理建議，可以參考公路局的方式在圍牆底部設置生態涵洞，施作地點則建議避開人車出入、道路密度較高區域，避免野生動物受到干擾降低使用率或者路殺的危險。因 T6 南側的外牆緊鄰道路，所以 T2 是比較理想的設置地點。 6. 已補充具體管理建議，比如：禁止餵食、鼓勵認養，或以繫繩、圍欄、關籠等方式限制犬隻在廠區的活動範圍。 7. 已額外以月份區分方式呈現蝙蝠調查結果於表 22，並增加說明於 P.78。林良恭等(2004)指出蝙蝠夜間出巢覓食的時間會隨著季節跟當日天氣狀況而改變，如東亞家蝠平時於日落前出巢，冬季則改為日落後出巢，大雨時則會更晚出巢。因此，本計畫統一將調查起始時間設定為暮光時間，以提升偵測到蝙蝠覓食聲紋的機率。 8. 感謝委員建議。起初為了配合桃園煉油廠區的作業時間，每次架設陷阱僅能放置一夜。未來調查時亦會考量地形使用捕鼠籠取代薛門式陷阱。
---	--

張委員彬： 1. 各樣區樹木徑級調查成果，應以表列方式呈現。 2. 報告中林分密度與碳儲量單位，使用立木材積、生物量等不同單位易生混淆，建議報告中應採用統一單位表示。 3. 廠區森林逐漸老化，報告建議可增加林木維護建議，如清除藤蔓、預先移除風險倒木，對桃廠設備安全能有幫助。 4. 建議設置氣候站，持續收集廠區環境資料，有助未來長期樣區複查作業。	1. 謝謝委員意見，遵照辦理。 2. 遵照辦理，已於成果報告中進行換算。 3. 謝謝委員建議，已於經營管理建議中增加林木維護建議。 4. 謝謝委員建議，因桃廠進出須有工作證，未來若有持續計畫，可透過 datalog 環境監測器進行監測。
黃委員志堅： 1. 各類型樣區位置應請於報告彙整一張示意圖，以利報告閱讀。 2. 報告引用大安森林公園都市樹木固碳能力推估(林,2022)文獻，因其環境性質與本案差異較大，建議不宜引用參考。 3. 報告中廠區森林演替分析，除描述自然變化趨勢外，請以「森林健康角度」給予建議未來經營管理方向。	1. 遵照辦理。 2. 謝謝委員意見，本團隊會參考北部低海拔次生林或相思樹林碳吸存之相關文獻，進行討論。 3. 謝謝委員建議，本年度調查結果呈現桃廠森林林下木本小苗數量穩定，廠區森林健康程度優良，森林內部應持續維持環境，可針對道路兩旁枯死樹木進行林木維護等相關工作。

4. 本案結案除成果報告外，請另以附件提供原始調查資料。	4. 遵照辦理。
謝委員茂傑： 1. 廠區管理面向，調查團隊可明確於成果報告補充，如設置圍牆間之生態通道之具體位置。 2. 廠區綠美化以在地原生樹種如流蘇等是值得推行方向，亦請受託單位提供廠區建議種植之樹種。 3. 廠區綠帶碳吸存已完成初步評估，請補充未來可應用於淨零碳排之經營方向。	1. 謝謝委員意見，已於經營管理建議中提供廠區管理可行之方向，提供桃廠經營管理參考。 2. 可選擇栽植適宜的原生植栽樹種作為綠籬，可以選擇常綠樹種為主，落葉樹種為輔，例如石斑木、山黃梔、臺灣金絲桃、日本女貞等灌木，或是流蘇、楊梅、森氏紅淡比、杜英、木荷、大頭茶等喬木。 3. 可透過於森林較大孔隙補植林木，或道路兩旁栽植行道樹，以增加廠區內林木碳吸存量。
蕭組長閔麟： 1. 廠區內調查到多種蛙類，但是水域環境並未調查到幼生蝌蚪，是否能推測其繁殖分布區域？	1. 蛙類的卵孵化期介於數天至數星期，而蝌蚪期至完成變態又需要數星期至數月。因此，卵期至蝌蚪變態多須於水體穩定且擾動較低的環境度過。由於廠內溪溝水量變化大且不太穩定，本計畫推測多數蛙類的繁殖區域可能位於較上游的溪溝(如消防水池旁溪溝的上游處)，或者地下渠道的水池等水體較為穩定的環境，但仍需透過實際現勘才能確認蛙類繁殖區域。

2. 調查紀錄有日本絨毛蟹，顯示廠區溪流水生生物仍有洄游，是否能提供後續溪流生態經營建議？	2. 本計畫水域生物僅記錄到具有洄游習性的日本絨螯蟹，因此本計畫針對日本絨螯蟹的上溯行為補充管理建議於 P.126，建議管理單位可於不影響防汛安全與須求的原則下，在每層階梯式溪溝落差較大處掛置麻繩或設置防墜網，以利日本絨螯蟹於上溯時具有可利用的結構物。
--	---