



美西森林 動態樣區 調查紀實

A JOURNEY IN THE FOREST
DYNAMICS RESEARCH PLOTS
OF THE WESTERN UNITED STATES

古鎮嘉 Chen-Chia Ku |

國立中興大學國際農學碩士學位學程博士後研究員、
Post-doctoral scholar, Utah State University, USA
jjakon11@gmail.com

James A. Lutz |

Professor, Utah State University, USA



緣起

走到雪松峽谷國家紀念區(Cedar Breaks National Monument)響尾蛇步道口(Rattlesnake Creek Trailhead)旁的停車場，我脫下背了3個月的沉重背包，頭趴在卡車の後車廂門上，心裡想著：「終於結束了。」教授走過來拍了拍我的肩膀，笑著說：「So now, you are an American Pro.」我也笑了，心裡默默想著：「真的，我竟然從臺灣飛到一個陌生的國家，花了3個月，跨過美國6個州，走過、駐足、並完成了3個美西森林動態樣區的調查。」



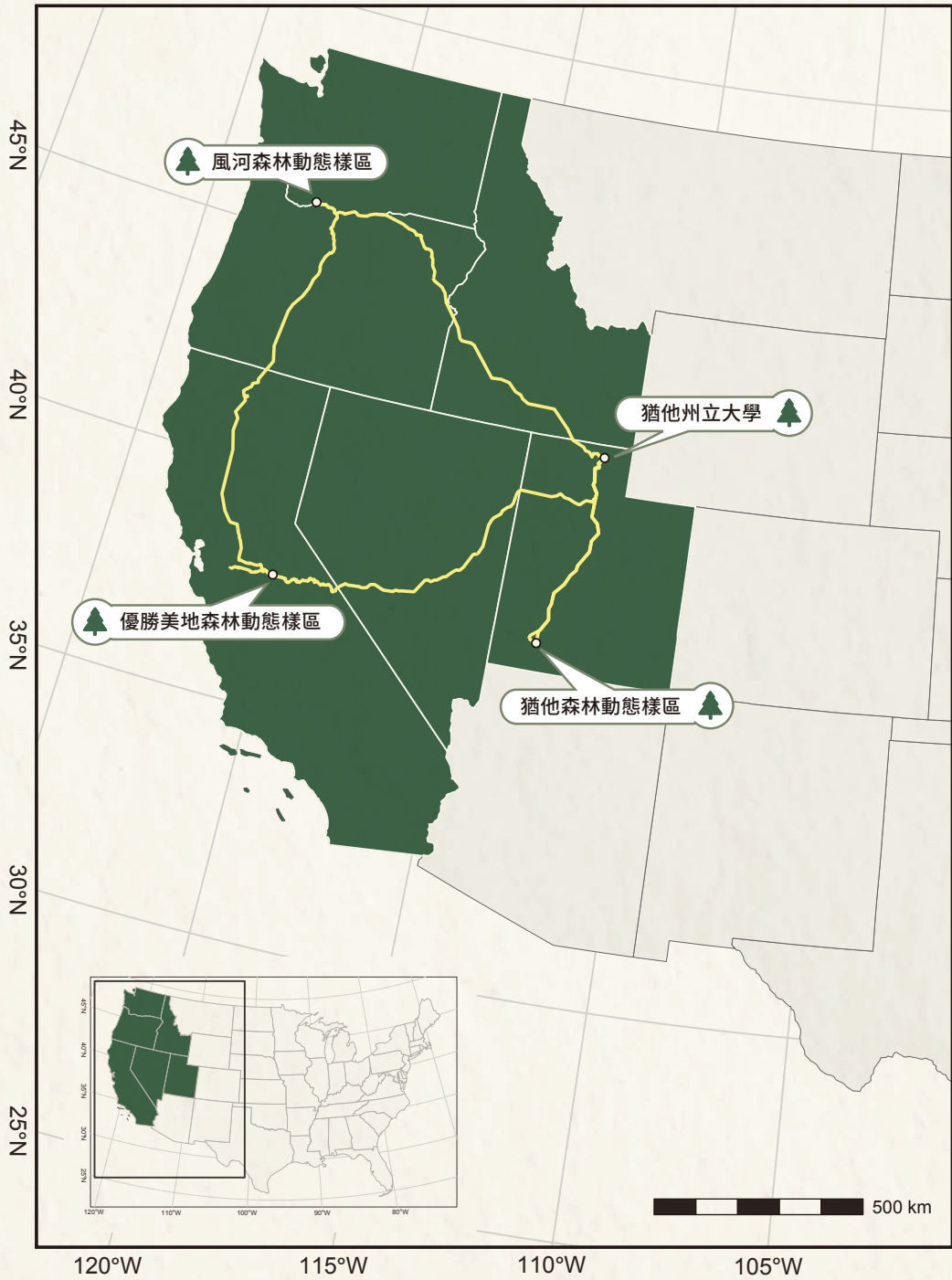
我在2024年的2月申請到了iPACE計畫(International Partnerships in Agriculture, Climate & Environment)，藉由這筆經費，得以讓我在位於猶他州洛根(Logan, Utah, USA)的猶他州立大學(Utah State University)，James A. Lutz教授的研究室裡做短期博士後研究。在這次計畫當中，將會花3個月進行野外調查，剩餘的時間則進行科學寫作。6個月說短不短，說長不長，但能夠踏上美西的森林，深入到森林內進行調查，並瞭解背後機制，真是天大的幸運。在這段時間中，我們會到達華盛頓州典型的溫帶老熟林——風河森林動態樣區(Wind River Forest Dynamics Plot, WFDP)、加州火災聖地的優勝美地森林——優勝美地森林動態樣區(Yosemite Forest Dynamics Plot, YFDP)，以及一個猶他州南邊的高海拔森林——猶他森林動態樣區(Utah Forest Dynamics Plot, UFDP)。藉由造訪這三個森林動態樣區，將可以瞭解在經典生態學情境、火災干擾，以及高地理環境異質性的森林中，這些樹是如何生存下來的。



風河森林動態樣區。(古鎮嘉 攝)

何謂森林動態樣區？這個故事必須回溯至1981年，一位動物學家Stephen Hubbell為瞭解無刺蜂(*Tringona* spp.)如何在熱帶森林裡生存，他與植物分類學家Robin Foster一起在巴拿馬的巴洛柯羅拉多島(Barro Colorado Island)設立了一個50公頃的大型動態樣區。樣區內每一棵胸徑大於1 cm以上的木本植物都必須要在樹高1.3 m的地方量測直徑(簡稱胸高直徑)，並在每一棵植株上掛上樹牌，以做後續紀錄；另外，為了瞭解整個木本植物和無刺蜂的空間交互作用，每棵樹都必須要有明確的相對位置，並且辨識出每一棵木本植物的物種。隨後他們在美國史密斯熱帶研究所(The Smithsonian Tropical Research Institute)成立了熱帶森林科學中心(The Center for Tropical Forest Science, CTFS)，這中心在2015年改名為CTFS - ForestGEO，2020年之後，又改為ForestGEO。目前ForestGEO在全球設立的84個森林動態樣區，橫跨了29個國家，共計約12,000種物種。這些樣區、樹木，每5年都要再進行複查，也就是要重複量測這些植株的胸高直徑，並且新增這次調查胸徑已經達到1 cm的木本植物，以記錄這些樹木的生長、死亡並更深入地瞭解木本植物在特定空間的時空變化。臺灣也有4個登記在ForestGEO底下的森林動態樣區，分別是南仁山、福山、蓮華池及墾丁森林動態樣區，而這些樣區到現在也都還持續地收集資料。

這次，我將從熟悉的熱帶、亞熱帶森林，飛到溫帶森林去，在不同的空間下探討時序上的森林故事。



作者行經的三個森林動態樣區示意圖。(古鎮嘉 製圖)



*Tsuga
heterophylla*

異葉鐵杉的植株與毬果。(古鎮嘉 攝)

風河森林動態樣區：一群好大的樹

哥倫比亞河是美西第一大河，從加拿大的洛磯山脈開始，向南流進美國西北部，再向西經過波特蘭，流至太平洋，全長共計2,000 km。美國西北部的奧勒岡州及華盛頓州以哥倫比亞河為界，北為華盛頓州，南則為奧勒岡州。哥倫比亞河一直扮演著重要的交通、貨物運輸的角色。一路向西流進太平洋的哥倫比亞河，雖然河面沒有到很寬，但水深卻很深，在往波特蘭的這一段河道上，會遇到從太平洋吹進哥倫比亞河的西北風，造成河水的波浪因風的吹襲而往東打過去，形成表面向是往東，但河水本身是往西的這種風向相反的現象。也因為河流方向與風的方向相反，因此哥倫比亞河

上，會有一群人在進行風箏衝浪(Kite Surfing)這種水上活動。

那天從猶他州洛根開往風河森林動態樣區的12小時路程中，行經美西84號州際公路，我們跨過了哥倫比亞河，從奧勒岡州往華盛頓州過去，抵達風河森林動態樣區旁一個設備齊全且舒適的工作站。

風河森林動態樣區是設立在美國華盛頓州的吉福德平肖國家森林(Gifford Pinchot National Forest)內，卡森(Carson, Washington, USA)小鎮旁的27.2公頃森林樣區，因為鄰近風河(Wind River)而以此命名。風河這條河流是從麥克萊倫草甸(McClellan Meadows)一

處山脈開始的一支河流，由北往南匯流至哥倫比亞河。水系流經的整座山脈，是絕佳的分水嶺。當信風從西邊往東邊吹，分水嶺的東側成為背風面，環境比分水嶺的西邊還要乾旱，樹木稀疏而細長；相較之下，分水嶺的西邊，雨水較為充沛，此處也是風河森林動態樣區的所在處，造就粗壯且高大的植株。也因此使卡森這個小鎮成為生產花旗松 (*Pseudotsuga menziesii*, Douglas-fir) 木材的生產重鎮，河流、儲木池、豐沛的雨量以及哥倫比亞河，讓這一帶成為木材出口的重要區域。

雨量充沛的風河森林動態樣區，海拔高度352–385 m，夏季平均溫度為16.8°C，冬季平均溫度為6.4°C，年雨量為2,493 mm (73%的雨量為冬季11月至3月份的降雪所提供)。這樣高溼度的環境塑造了這座森林成為全球森林動態樣區中，擁有最高地上部生物量的一個天然林。風河森林動態樣區是一座以異葉鐵杉 (*Tsuga heterophylla*, western hemlock) 及花旗松為優勢的一座森林，最大的植株胸徑可以達到175 cm，最高的樹可達60 m，平均胸徑是70 cm，平均樹高為40–60 m。從年輪的證據得知，這是一座500多歲的森林，500多年前的一場火災，將

整座森林燒得精光，隨後先驅物種的花旗松更新，過了200–300年，花旗松漸漸地被異葉鐵杉與其他物種取代，漸漸演替成現今一座500多歲的老熟林。

第一次進到風河森林動態樣區的我，不禁深深讚歎：「好大的樹！」

這座森林木本植物的分層大致可以簡單分成三層，第一層是以針葉樹為主的樹冠層 (40–60 m)，組成除了優勢樹種的花旗松與異葉鐵杉外，也有各種不同的冷杉 (*Abies* spp.)。臺灣只有一種臺灣冷杉 (*Abies kawakamii*)，非常好認。但在這個溫帶森林中，卻有三種，包含了優勢的太平洋冷杉 (*A. amabilis*)、零星少數的大冷杉 (*A. grandis*, grand fir) 與壯麗冷杉 (*A. procera*, noble fir)。除此之外，還會有和臺灣紅檜、扁柏很像的北美喬柏 (*Thuja plicata*, western redcedar)，這些大喬木組成了整個森林的樹冠層。



花旗松的植株照。(古鎮嘉 攝)



A



B



C

森林分層的第二層則也是喬木，多以闊葉喬木(15–40 m)或是無法長成大喬木的針葉樹所組成。主要的物種可以包含藤楓(*Acer circinatum*, vine maple)、太平洋四照花(*Cornus nuttallii*, Pacific dogwood)，以及加州榛木(*Corylus cornuta*, California hazelnut)等物種，這些物種直立生長時，整個林相會非常的美。但無奈的是這些物種的生命力很強，即使被40–50 m高的枯木砸中，他們還會繼續紮根，延續生命，尤其是藤楓。藤楓之所以稱為「藤」楓，正如她的名字一樣，如藤本植物般或直立或匍匐地生長在森林裡。這個物種是一種喜好陽光與水的物種，哪裡有樹冠孔隙，哪裡有水，就馬上伸出小小的枝條，爭取資源。尤其是在樣區溪流旁、孔隙下、空曠處，都可以見到他們的身影。調查期間，我曾經花3個小時，在雨中尋找每一張樹牌，看似浪漫，實則「爛慢」（身體被雨淋到軟爛、動作又慢）。這些樹匍匐的部分可能只有不到1 m的高度，在孔隙下遠看是漂亮的針葉林，而腳下則被浪漫的藤楓葉蓋住了要去搜尋的植株。

森林的第三層為灌木層，除了有那些匍匐的藤楓與針葉樹的幼樹以外，還有阿拉斯加藍莓(*Vaccinium ovalifolium*, Alaska blueberry)、小葉越橘(*Vaccinium parvifolium*, red huckleberry)，以及平貼在地上的喬木。這樣的林相分層明顯，在林下，被這些樹木包圍，走起來會有點暈眩感。然而這樣看似健康、分層明顯的森林，真的健康嗎？

而這也是我們在森林的工作。

我們的調查工作，主要是要調查樹木的存活，今年的調查並非每5年的複查工作，而是每一年都會進行的存活調查。我們會依據前一年的調查資料，再次確認每一棵樹的生存狀態。如果樹木死亡，就需要樹幹與根部的部分樹皮來檢視造成死亡的原因，這些原因可能包含真菌、甲蟲危害或被其他樹木壓倒或是動物擦撞。如果植株大於10 cm的樹斷倒在地上，就必須進行地圖繪製與量測(Lutz et al. 2021)。這個團隊從2010年開始，已經進行10幾年的複查，而且是每一年都有每一棵植株的調查資



料，資料包含樹木每一年的存活狀態、死亡模式、死亡因子、新增植株與枯倒木倒掉的方向與長度。全球沒有第二個森林動態樣區擁有這種空間尺度與時間精度的年間變化資料，也很難有任何一個團隊擁有這樣的研究量能可以支持每一年、周而復始的研究調查。

那麼，這些資料的產值是什麼？即使瞭解他們的死亡模式，他們終究是天然林，我們能夠拿著解方來治癒這些天然林的樹嗎？在全球氣候變遷下，樹木大量的死亡，天然林與人工林都逃不過這樣的宿命。但我們之所以能夠知道氣候變遷影響樹木死亡，也是因為有一群人不斷地在天然林內做研究與調查，進而瞭解到這個事實。現在，我們正也要從天然林面對氣候變遷下的抗性，來作為人類在氣候變遷下生存、調適的韌性參考。否則，「樹怎麼死的？」這個大哉問，我們永遠也不知道解答。在這個團隊的研究裡面，已經發現到乾旱會造成太平洋紅豆杉的死亡率增加，而環境的改變也會增加真菌與甲蟲的危害。有了這些從天然林內獲得的訊

息，才能夠對我們可以經營管理的人工林，提出具有科學事實的「解方」。

於是我們在森林裡摸到的每一張樹牌、確認存活的狀態，都是這項工作中很重要的過程。而記錄死亡的因子，真實反應自然狀態的死亡故事，是我們的目的。我撬開那些死樹的樹皮，看見那一大片奧氏蜜環菌(*Armillaria ostoyae*)的菌絲體密布在這棵死亡樹上，不禁想知道，在她死前，到底經歷了什麼樣子的掙扎，是氣候嗎？是水分嗎？抑或是溫度？還是與其他物種的競爭？因此瞭解到這些樹木如何去抵抗氣候變遷，是可以讓我們應用在未來森林經營管理的一種解決方法。

-
- A. 藤楓在森林裡透光的模樣。(古鎮嘉 攝)
 - B. 太平洋四照花。(古鎮嘉 攝)
 - C. 藤楓在森林內茂密的生態照。(古鎮嘉 攝)
 - D. 阿拉斯加藍莓。(古鎮嘉 攝)
 - E. 檢測樹木死亡因子時需砍下樹皮，瞭解何種真菌或昆蟲導致樹木死亡。此圖為一種蜜環菌屬的真菌稱為奧氏蜜環菌。(古鎮嘉 攝)
 - F. 整根枯倒木需在森林裡繪製倒伏的位置。(古鎮嘉 攝)

雖然人類一直都很渺小，試圖用這10幾年默默無聞的調查去瞭解一座上百歲的森林。但這默默的10幾年，其實也是去客觀地理解一座森林的歷史脈絡，透過科學數據更加理性地去解釋我看到這片森林的感性與讚嘆：「好大的樹」。

優勝美地森林動態樣區：

我在內華達山脈的第一個夏天

去優勝美地之前，我試圖去瞭解優勝美地相關的地景與自然資源，在John Muir所寫的《The Wild Muir》這本書中〈My First Summer in the Sierra〉裡，他把整個優勝美地敘述地非常驚人、絕美與浪漫。包含與黑熊(*Ursus americanus*, American black bear)的第一次邂逅、與響尾蛇(*Crotalus oreganus*, North Pacific rattlesnake)的交戰、地震與餘震之間看到的景色，還有他爬上許多大岩石看到半圓丘(Half Dome)與優勝美地瀑布(Yosemite Fall)的絕美景色時的感嘆：「這一次，死亡不再是幻影——萬物終將歸於寂滅，對登山者而言，還有哪裡比這更值得以生命告別(This time it is real- all must die, and where could mountaineer find a glorious death!)」這讓沒有去過優勝美地的我，或是所有讀者，都會想要去探究一下這位身為生物學家、環保倡議先驅的John Muir筆下所述的那塊境地——YOSEMITE。

從風河森林動態樣區到優勝美地森林動態樣區大約461 km，一路從華盛頓州開始，走過26號州際公路，行經奧勒岡州，看到海

拔3,429 m的胡德山(Mt. Hood)後，往喀斯喀特山脈(Cascade Range)的東邊切出去接到美西97號州際公路，沿途的植被從原本高大的冷杉、鐵杉，逐漸開始轉變成的低矮灌叢，周遭景色也從森林慢慢轉成農作的牧草、小麥為主。往南的右手邊，可以看到傑佛遜山(Mt. Jefferson)、三姊妹山(Three Sisters)(包含北姊妹峰North Sister、中姊妹峰Middle Sister，以及南姊妹峰South Sister)。經過克拉馬斯上湖(Upper Klamath Lake)以後，轉個彎就抵達加州了。在北加州迎接我們的，是海拔4,254 m高的沙斯塔山(Mt. Shasta)，遠遠地就可以看到沙斯塔山雄偉又優雅的山頂。身為喀斯喀特山脈的第二高峰，沙斯塔山前方沒有任何山脈阻擋，讓整座山赤裸裸地展現最美麗的樣子，我內心不禁讚嘆「他就比臺灣的玉山高一點點欸」，但那個從遠方、山腳向上看的震撼感，是在臺灣鮮少有的風景。

開了200多公里以後，最後在卡索溪(Castle Creek)旁紮營，身旁出現了和風河森林動態樣區不同的物種，包含了北美翠柏(*Calocedrus decurrens*, incense cedar)、北美黑橡(*Quercus kelloggii*, California black oak)這些物種。

隔天一早，吃過簡單的早餐，接上5號州際公路，繼續下一個200 km的旅程，沿路的景色是大片美麗的蘋果樹園、橄欖樹園及葡萄園，再往南走，水又更多了一些，可以看到一整片綠油油的稻田與穀倉，農作在陽光聖地加州是如此的盛行。最後經過加州的首都沙加緬度，接到120號公路，先是經過鵝黃色的

牧草，接著草種開始轉變，原本低矮的小灌叢會變成低矮的橡樹，包含藍橡樹(*Quercus douglasii*, blue oak)、內陸櫟(*Quercus wislizeni*, interior live oak)，甚至還有一種會出現在低海拔的北美短葉松(*Pinus sabiniana*, gray pine)，也會在這個海拔區段(500–1,000 m)出現，這區段為典型的山麓植群(Foothill

vegetation)。再繼續往上到海拔1,000–2,000 m的時候，慢慢地開始出現北美翠柏、西黃松(*Pinus ponderosa*, ponderosa pine)、糖松(*Pinus lambertiana*, sugar pine)、白冷杉(*Abies concolor*, white fir)，形成山地森林(Montane forest)的植群類型(因地形可以區分為上部與下部山地森林)。



- A. 優勝美地森林動態樣區。(古鎮嘉 攝)
- B. 沿途經過海拔4,254 m的沙斯塔山。(古鎮嘉 攝)
- C. 糖松的毬果照。(古鎮嘉 攝)
- D. 西黃松的植株照。(古鎮嘉 攝)

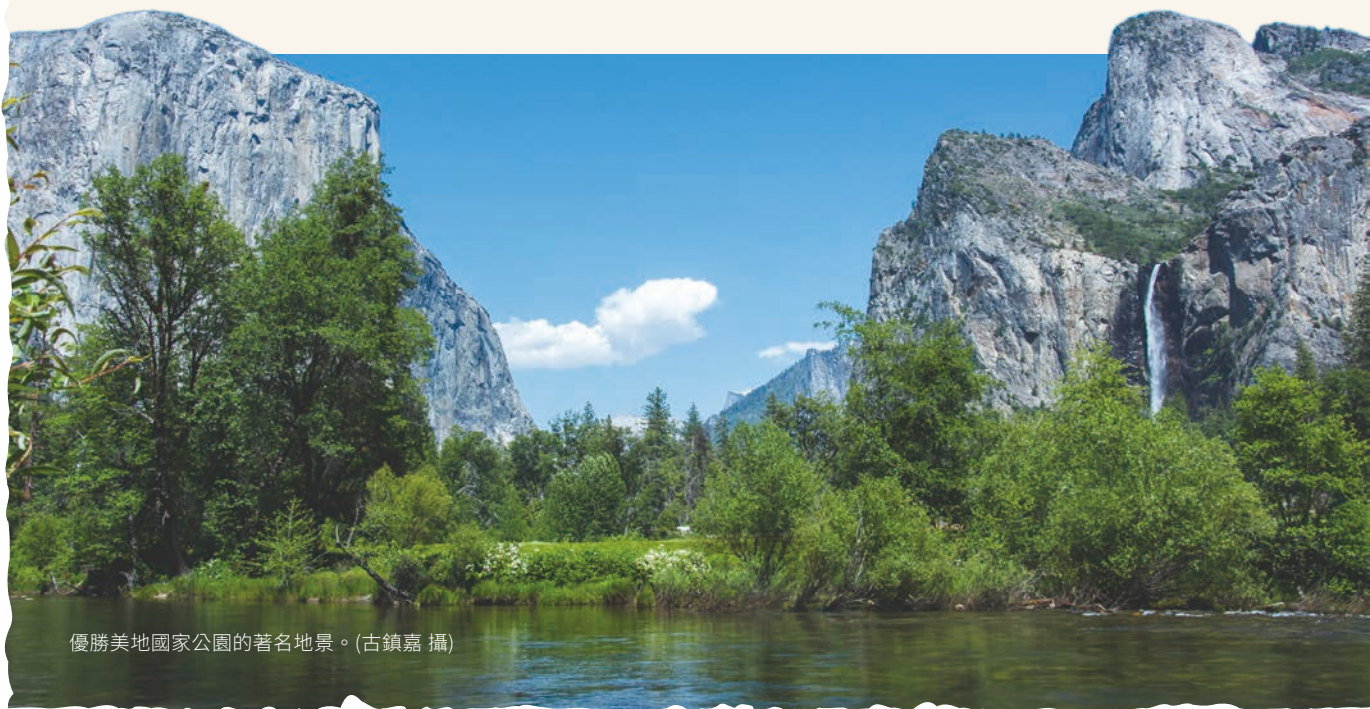
Yosemite
Forest Dynamics
Plot, YFDP



在快要到入口的這一帶(海拔1,000–1,300 m左右)，一路延伸到優勝美地國家公園裡，都是2013年火燒過後的跡地(有些則是更早期，如2000年的火災)。火燒過後的森林，顯得非常開闊。我們臺灣所稱的白木林，就是那些經過火燒過後，臺灣冷杉與臺灣鐵杉(*Tsuga chinensis* var. *formosana*)白白地一根一根站在森林裡。在優勝美地這邊，直立白白的樹多半都是松樹類群(pine)，物種可能是西黃松或是糖松，但多半是糖松，因為糖松在這個森林比西黃松還要優勢。而林地裡面呈現焦黑樹皮、斷折死亡的樹種，則是冷杉類群(Fir)，多為白冷杉。造成這樣不同物種的死亡模式，主要是因為松樹類群的樹皮比冷杉類群的樹還要來的厚，木材也比較耐燒；而冷杉類群的樹皮比較薄，木質密度比松樹類群還要疏鬆，因此很快就會燒到心材，導致容易在火燒的過程當中，斷折死亡。但白冷杉也不是省油的燈，他們會散播更多的種子到林下，相較於西黃松及糖松來說，林下更新的小苗的確是以白冷杉為優勢。

除了針葉樹以外，林下灌木也相繼生長，主要的灌木是鼠李科的植物，包含全緣葉美洲茶(*Ceanothus integerrimus*)及小葉美洲茶(*Ceanothus parvifolius*)，這兩種物種在火燒跡地內，非常常見。而另一種闊葉喬木——北美黑橡，也在林下生活得很好，這個物種會用各種萌蘖的方式，看似枯枝無葉的植株，底下竟冒出側枝，再大量結種子、大量新增林下小苗，有種野火燒不盡，春風吹又生的感覺。北美黑橡特別喜歡生長在陽光充足的林隙下，相較之下，較為鬱閉、沒火燒過的森林，就會鮮少見到這個物種。

這一次調查團隊就是要在優勝美地森林動態樣區裡，調查每一株北美黑橡小苗的生長量。相較於風河森林動態樣區的舒適工作站，這次的調查，我們必須紮營在這個有廁所但沒辦法洗澡的霍奇頓草甸露營地(Hodgdon Meadow Campground)，持續兩星期的森林調查。



優勝美地國家公園的著名地景。(古鎮嘉 攝)

優勝美地森林動態樣區是一個25.6公頃(320 m × 800 m)以糖松及白冷杉為優勢的樣區，海拔高度1,774–1,911 m，每天要從樣區北邊爬到南邊就要上升200 m，樣區內的地形起伏(更不要提要進樣區的那個陡坡)。樹高(包含枯木)可達40–50 m，樹冠層的植株胸徑可達100–200 cm。樣區在2009–2010年設立，每棵大於1 cm以上的植株都有記錄胸徑、物種與位置。在2013年的時候，這個區域曾經發生火災，導致該樣區擁有了火燒前與火燒後的植群動態資料。這片森林經過火燒以後，變得更加遼闊，林下底層有更多的白冷杉小苗相繼生長；火燒造成大部分植株的死亡，有些物種雖然可以僥倖存活，但植株內的灼傷，導致過了幾年以後就進入枯萎與死亡。甚至在近期的研究顯示，氣候變遷的影響除了增加火燒頻度以外，也增加了樹皮甲蟲的發生率，進而導致生存在這個區域樹木死亡風險變得非常高。

火燒原本並不是一件壞事，在1850年以前，優勝美地原本就是印地安人的生活區域，除了打雷、閃電會造成天然火災以外，印地安人的輪耕方式，會輪流控制性地放火燒地以進行耕作。這種天然、輪流放火的方式，只會造成小面積的樹木死亡，不致釀成大禍。但在1850年以後，歐美人進到印地安人的區域，實施了禁火令，讓原本一直都有天然火災被撲滅，印地安人的控制性火燒被禁止。導致火燒的干擾消失以後，植株變得更密，樹冠與樹冠之間的距離更近，形成樹冠火災的風險會更高，影響更大面積的植株死亡。因此自從1970年以後，就不再禁止。但不再禁止之後，隨之而起的是觀光興盛，遊客露營時的用

火成為另一種風險，使原本鬱密的森林，面臨不可控制、更大面積的火災。所以為了避免更多的災害，目前的做法，只好以人為模擬天然火災的方式，事先移除森林裡的部分植株，再點狀地控制燃燒，讓林下可以空出空間，不讓森林過於鬱閉，以免導致森林火災的風險提高。

我們常常以為我們是「為了森林好」，但殊不知原本的人與生態之間已經有一定平衡的方式，一條未經深思熟慮的禁令，可能導致要花更多的時間和人力成本去回復那些原有的平衡。

生態系統本身就已經有自己的生存規則，擴大到不同的森林來看，相較於風河森林動態樣區，這兩個樣區同樣都有類似的先驅大樹物種，也有類似的耐陰性物種，且林下都有特定的物種以扭曲、打不死的狀態生存。生態系統內的角色相近，可是種類不一樣，就像是在不同的空間下，彼此不相識的物種都扮演著相似的角色，持續進行相似的生態過程，維持著這個生態系統的穩定與平衡。

最後在離開前，我們脫離研究者的身分，當了一天的觀光客，見到了半圓丘、優勝美地瀑布，接著轉了幾個彎，岩石、瀑布與溪流全都匯聚在我眼前，好像看到了John Muir爬上那些岩壁後的窒息讚嘆。這些景色像極了在臺灣的太魯閣國家公園，在不同空間底下，我可以在這個地方看到放大版的鬼斧神工，而溪流切下的那些岩壁再加上冰雪的侵蝕，緩慢的時間流動，造就了世界兩端中地景的震撼。

於是在另一個國家，感受到了一種世界連動，我想起了爬上玉山主峰的那片白木林，想起了合歡山的樹似乎也有一定的角色扮演，想到了太魯閣國家公園像極了縮小版的優勝美地。我們看到的這些地景與生態系統，是許許多多物種經過漫長的時間共同去維持，然而平衡的破壞總是比建立關係還要迅速很多。一條禁令、一道命令、一場破壞，會讓一切的組成，發展成不一樣的樣貌。

猶他森林動態樣區：因為樹就在那裡

在調查工作日復一日的攀爬路途上，我不斷地想起Wade Davis《靜謐的榮光》裡的馬洛里，那些鏗而不捨的嘗試，最後會隨著心流，在某一處變得更加強壯。Wade Davis《靜謐的榮光》以史詩級的方式，寫下整個從第一次世界大戰到第二次世界大戰前後，大英帝國想要征服全世界高山的雄心壯志，筆下的每個人物都不屈不撓地為戰爭、為攀登而戰，馬洛里的故事即使已經聽過了好多次：「因為山就在那

裡(Because it is there)」，但三次攀登中的最後一次，大英帝國的人民還是相信，他們的史詩級人物已經一階一階抵達，只是他帶著光榮下山時，遇到不幸的暴風雪而死。在那個未了的故事當中，大家在相信的同時，大英帝國也用更多行動，去證明他們是這個世界的霸主，即使再危險，也得要在人類兩千多年的歷史當中，寫下他們不斐的一頁，持續地再往上攀登。

猶他森林動態樣區是位於猶他州內雪松峽谷國家紀念區(Cedar Breaks National Monument)的一個15.32公頃的森林動態樣區，海拔高度為3,039–3,109 m。每一天結束完調查工作，我們必須從3,000 m的地方往上走回停車處，而隔一日得要走下坡去量測森林裡的樹木，然後再往上往回走一次，日復一日。走在這個空氣稀薄的高海拔地區，也持續走了5個星期，每日未了的工作，重複登上攀下的動作，內心出現了馬洛里、出現了神話薛西佛斯，持續進行這些看似愚蠢、反覆、毫無



猶他森林動態樣區。(古鎮嘉 攝)



整個Cedar Breaks地景，由火山岩與沉積岩組成，經過長期地形抬升及冰雪侵蝕所形成的峽谷(畫面正中央為猶他森林動態樣區的位置)。(古鎮嘉 攝)

進展的動作，其實已經一點一滴地完成小小的進度，體能也逐漸適應這個空氣稀薄的環境，內心則更加無畏於眼前所面對的未知。

這個樣區並不是一個典型的矩形樣區，當初設立時是從峽谷邊緣往北從較為平坦處設立，並沿著峽谷邊緣劃設，形成一個像是沿著矩形的對角線砍半的三角形。原因是這個樣區的另一個三角形，是令人讚嘆、窒息與畏懼的峽谷。峽谷的邊緣，我們都稱之為懸崖，懸崖上會有零星的幾棵樹，因為樹就在那裡，所以通常是需要有經驗的調查人員，或是平衡感很好的調查人員進行。為了確保人員的安全，我們會用對講機回報我們目前已抵達(或離開)懸崖的調查，因為一失足，就有可能就能會成千古恨，所有的動作都必須要以安全為優先。除了這個懸崖以外，樣區內的陡坡也會令人更加疲憊，雖然這些陡坡不會像懸崖一樣，讓人失去性命，但最崩潰的是在坡度30–40度的區域，一個人自己量測懸在陡坡上的70 cm大樹，一個人、一把尺，用己身所有力氣去完成那艱鉅的量測。

此次的工作，除了要進行死亡風險與枯木調查以外，還得要進行這個樣區每5年一次的複查。這代表除了要確認每棵木本植株的存活以

外，還得要在胸高處量測胸徑，多了這個測量項目，意味著我們必須和這個森林長期奮鬥，將每一棵樹量過一遍。

猶他森林動態樣區不像前面兩個樣區(風河森林動態樣區及優勝美地森林動態樣區)一樣，都有50–60 m的樹高，這個樣區因為位在懸崖邊，再加上夏季從墨西哥吹上來的季風與冬季地形風的影響，導致植株高度大約20 m左右，裸子植物的枝下高(樹冠底部到地面的距離)也都低非常多，大概0–1 m左右。因此，每次要開始量樹的時候，要穿過各棵小樹，並且要將尺不斷地經過各種枝條，速度不能太快，否則堅韌的樹枝，將會插進手指，讓手部受傷。

除了氣候影響到樹高與枝下高以外，這些樹木為了要抵抗甲蟲、火災，因此植株在很矮的時候就開始具有繁殖能力，以快速增加族群量；甚至，這裡的樹木為了要抵抗風，常常會看到大樹周圍不到2 m的區域會有一整圈密集的小樹。再從整個地景來看，植株密度最高的位置是位於懸崖邊，接著植株密度再往平坦處遞減。因此，風的影響不只導致樹高變得較低矮，甚至影響到樹木的密度。

雖然樹的密度偏高，但風景怡人是不會騙人的。當我在休憩片刻的時候，拿起手中的三明治坐在懸崖旁邊，可以看到整個峽谷壯觀的地貌。雪松峽谷紀念區的峽谷包含了上層的火山岩與底部的沉積岩，經過地形的抬升作用以後，整個原本應該在海拔1,800 m的岩石被抬升到3,000多公尺，最後再經過夏季雨水、冬季冰雪的侵蝕，碩大的岩盤因為質地差異再加上侵蝕作用，經過了好幾千年變成了一座峽谷，裡面則呈現出大小不均的像是城堡的峽谷地貌。

因為地形高度的異質性，在猶他森林動態樣區內不同物種的木本植物也有各自喜好生長的生育地，呈現出非常強的物種與生育地間的關聯性。樣區內的主要優勢物種是落磯山冷杉(*Abies bifolia*, subalpine fir)，是

樣區內普遍在各個生育地都會分布的物種。而在比較平坦的區域則是大面積的北美白楊(*Populus tremuloides*, American aspen)；喜好長在30–40度的陡坡上，而且可以長到胸高直徑70 cm而且又很難量的則是軟枝五葉松(*Pinus flexilis*, limber pine)；另外還有兩種雲杉，分別為英格曼雲杉(*Picea engelmannii*, Engelmann spruce)及藍雲杉(*Picea pungens*, blue spruce)，這兩種物種生長在不同海拔的生育地，這兩種物種的針葉非常刺，再加上枝下高非常低，對於調查人員來說，在量測上會非常困擾；除此之外，還有令人討厭的小灌木歐洲刺柏(*Juniperus communis*, common juniper)，總是會在經過的時候不經意刺到小腿與膝蓋，甚至還得要在這之中找到量測點與樹牌，需要大量的耐心並忍痛撥亂枝條才能找

落磯山冷杉的毬果照。(古鎮嘉 攝)





A

B

C

A. 在猶他森林動態樣區內形成純林的北美白楊。(古鎮嘉 攝)

B. 藍雲杉的植株照，包含球果與雄花序。(古鎮嘉 攝)

C. 森林內的低矮灌木，歐洲刺柏。(古鎮嘉 攝)



到測量點。另外，在樣區內懸崖到陡坡枝間有一塊平坦處，這塊平坦生育地的環境較為潮溼，並以大盆地刺果松(*Pinus longaeva*, Great Basin bristlecone pine)為優勢，這種物種非常長壽，樣區內年齡最大的大盆地刺果松可達1,500歲，而倒在地上的，則高達2,200歲。這塊懸崖上來的平坦處之所以有這麼長壽的樹，除了物種本身的特性以外，也因為這塊生育地不容易被火燒的緣故。這個區域的火災週期性是每200年一次，而這些樹所處的地形夠遮蔽，環境夠潮溼，導致這些植株不容易被火燒波及，躲過這些火災，進而存活得更加長久。

而我們也在這些樹木生長的一千多年歲月裡頭，記下她這千分之一歲的生長紀錄，面

對這好幾世紀的生命體，人類在她面前始終顯得渺小。在這海拔3,000 m的境地，每日呼吸著稀薄的空氣，上升與下降，我也開始在我的人生寫下一筆紀錄：「達成持續每天都在海拔3,000 m生活與工作」。也在不經意地疲憊當中，身體與這個境地融為一體，如山、如樹、如森林；面對這些持續反覆的工作，突破自己體力上的極限，逐一為生、為命、為大地，完成具有歷史意義的紀錄。

結語

是不是真的已經到達American Pro了？我其實也不是很確定。但心中卻又多了另一個藍圖：「是不是有機會可以再見到世界不同的森



B

林樣區？」無論參訪、調查，都可以在我的地圖上，增加一個小勾勾。回到臺灣後，我不斷地想著這些森林的研究，想著這些樹，想著如何開始這一系列的故事。想著想著，身子動了起來，我們開始在南仁山森林動態樣區內，去尋找真正樹木的存活脈絡，在不同的空間與時間維度下，從客觀的資料當中，理解臺灣森林幾世紀下的生命故事。

就這樣2024年的一個夏天，我完成了3個森林動態樣區的調查，走了3個重要的美西森林動態樣區。我要感謝iPACE計畫(International Partnerships in Agriculture, Climate & Environment)的經費支持，以及感謝Department of Plants, Soils & Climate、

A. 達1,500多歲的大盆地刺果松。(古鎮嘉 攝)

B. 生長在峭壁邊緣的大盆地刺果松。(古鎮嘉 攝)

Department of Wildland Resources, Utah State University, USA與國立中興大學國際農學碩士學位學程的協助，讓我可以順利完成研究。另外也感謝國立中興大學國際農學碩士學位學程趙國容教授、國立嘉義大學森林暨自然資源學系趙偉村副教授兩位老師的研究團隊成員，協助我在美西森林調查時的臺灣事務。現在，我又再回到風河森林動態樣區裡，進行了每5年一次的森林複查，去瞭解花旗松、異葉鐵杉，以及太平洋冷杉如何在時間長河下，演替出下一世代的森林。

