

如何砍伐森林才能永續？一看看加拿大英屬哥倫比亞省坎貝爾河林區怎麼做

文／圖 ■ 潘孝隆 ■ 林務局羅東林區管理處作業課技士

一、前言

砍樹對於一般民眾而言是個不能觸碰的話題。近 30 幾年視之如環境公敵的認知，某種程度上讓我們與木材利用的生活經驗斷離。一般人熟悉的只限於高價的檜木、柚木，或是室內裝修木料目錄或實木家具裡的材種，知識來源也相對受限。對於木材的鑑賞能力與適合用途的常識，相較於我們對於智慧手機 CP 值、組裝電腦或單品咖啡的堅持相當大的差別，也不像我們前兩代人習於利用可取得的木材做

自己需要的工具或物品，更不可能在未來的世代裡，從習慣使用友善環境且可再生的資材，到擴大日常生活裡堅持使用這些材料。生活裡有大量使用木質產品的機會，但木質材料既來自樹木，砍樹自是無法逃避的行為；該怎麼砍才不會犧牲環境、不會惡質壓榨勞工或置勞工於危險的工作場所，甚至提供我們所需的經濟收入來持續進行或改進對環境、社會衝擊最小的砍樹模式，而非不知道自己正在變相支持不合法、不友善的木材來源。



(圖片／高遠文化)

筆者於 2014 年 11 月參加林務局出國實習計畫前往英屬哥倫比亞省，會該省同森林、土地及自然資源作業部 (Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations, MoFLNRO) 人員至坎貝爾河 (Campbell River) 林區參訪負責規劃與管理省有木材生產與銷售的木材銷售部門 (British Columbia Timber Sale, BCTS) 的林地現場。林業是加拿大英屬哥倫比亞省主要經濟支柱，其相關行業提供大量就業機會與省政府財政收入，筆者在好奇心驅使下與相關人員攀談討論，認為此種現況，除了省所擁有的公有林地廣大以外，至少還因為（一）在法制上，森林及林業作業法規以永續森林經營為目標，構成最基本的作業框架；（二）同屬 MoFLNRO 所轄之年伐採量分配系統、木材市價精算系統、森林調查資源系統以及伐採作業現場程序控管與內部稽核的配合，達成兼顧經濟、環境及社會需求且，經第三方森林驗證系統稽核之木材生產作業體系；（三）BCTS 作業現場的經營分區規劃與管制、收穫（伐採）期間降低採伐對環境與生態影響之環境管理系統以及伐後造林規畫，這對於如何伐採森林或人工林提供真實的案例。

二、兼顧林木收穫、遊樂及保育等森林服務的分區規劃與管制

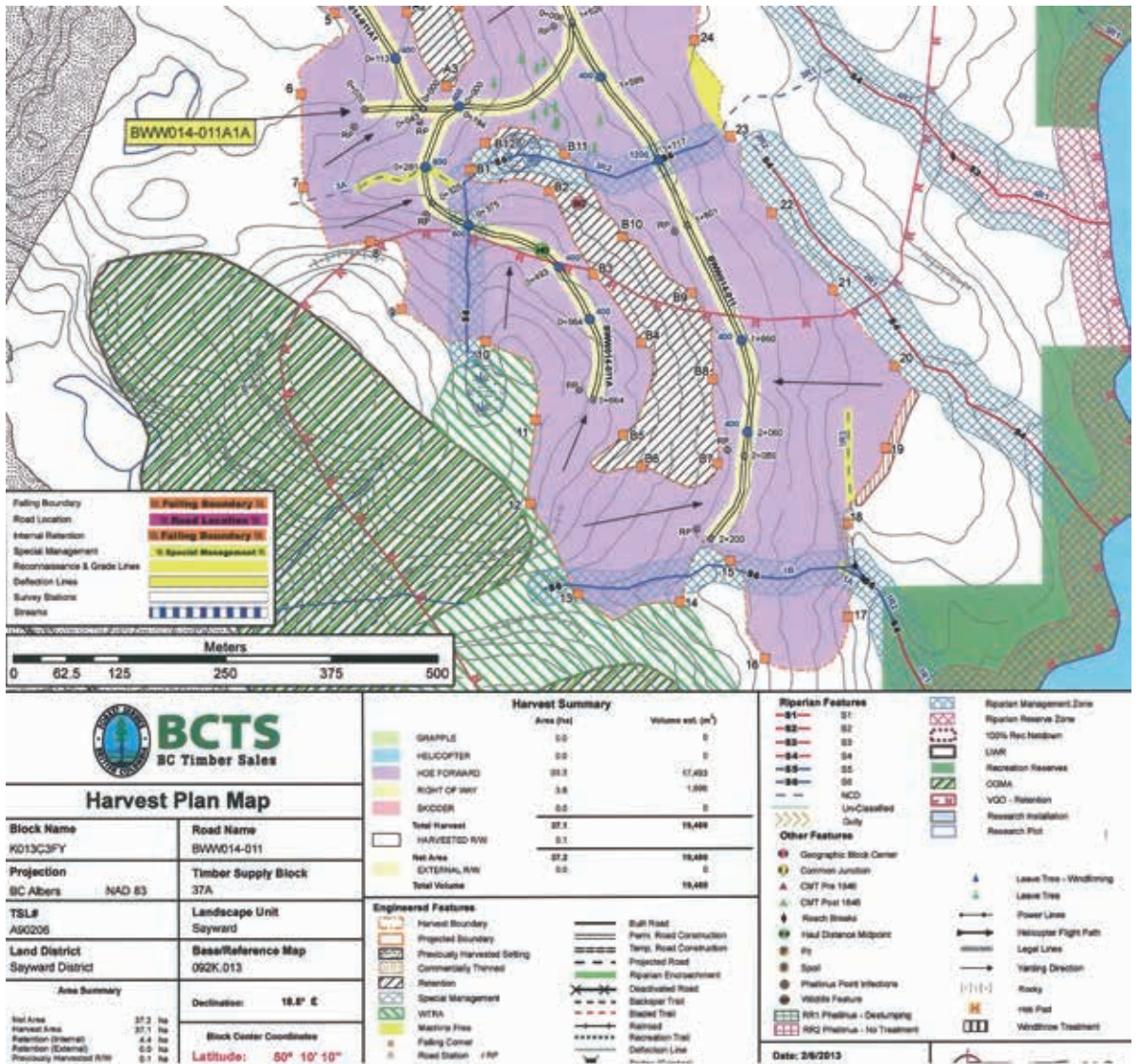
坎貝爾河是溫哥華島的熱門避暑勝地，省政府的地景規劃部門於溪流沿岸設置許多連接遊憩景觀點的道路、步道以及水上活動路

線，以提供民眾釣魚、泛獨木舟、乘船與露營等服務。森林法規要求伐採及附屬相關作業應注意遊樂、野生動物保育、水源涵養等價值。基於法規與永續森林經營原則與準則，BCTS 坎貝爾河林區依照永續森林經營計畫，藉林木收穫前分區規劃、伐採作業程序與稽核、伐後復舊造林撫育規劃、持續執行收穫與造林之循環等工作，兼顧收穫與遊樂、保育的工作。



▲坎貝爾河林區伐採區域地景

經營分區規劃的邏輯是先排除省有森林內已由地景規劃部門所劃設的視覺美質目標 (Visual Quality Objective, VQO) 區域；接著排除影響水陸遊樂景觀區域；再依據生態調查、視域分析與視覺品質衝擊分析的結果，分別排除影響水生與陸生生態保育之區塊；最後，在地景尺度上調整剩餘的省有森林界線以接合前述分區，劃定遊樂、保育及收穫預定地之空間配置與形狀，並定期檢討區界。各分區類型及經營行為管制分述如下：



▲圖1、BCTS 坎貝爾河林區愛默湖地區收穫計畫圖

(一) 視覺美質目標分區 (VQO-Retention)

圖中標示R的紅線為地景規劃部門劃定，該界線代表自愛默湖 (Amor Lake) 的相連水域從事森林遊樂活動時，遊客可見景觀範圍，為避免伐採衝擊視覺，故限制伐採。



▲在溪流對岸景點駐足或在溪流上泛舟僅能看到小部份伐區 (照片中景中央裸露區)，而降低採伐景觀衝擊。



▲ 視域分析規劃伐區配置與形狀，將伐區完全隱沒在森林景觀內，以調和伐採與遊樂需求。

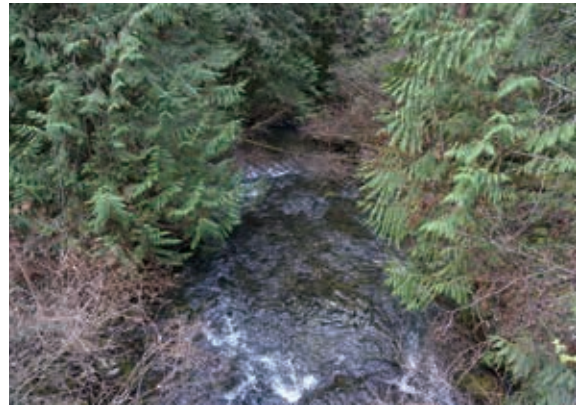
（二）溪流分等及緩衝帶

收穫前，進行生態調查以瞭解作業範圍內及毗鄰區域有無魚類生存所需之溪流。按溪流內魚類之有無進行分等，並以數字越小者代表溪流之保育重要性等級越高。（有魚溪流分別分級為 S1 ~ S4，無魚溪流為 S5 ~ S6）

依溪流類型將緩衝帶劃分為濱水帶保留區與濱水帶經營區，以限制影響該溪流之經營行為。例如濱水帶保留區之附近伐採時，限制機械不得進入且伐木不可倒入此區。濱水帶經營區（如圖 1 穿越紫色皆伐區中央之無魚溪流（S6）的藍網底區）內，雖可進行採伐的相關行為，但業者被要求盡量遠離此區進行伐木與集材，同時為降低溪岸干擾至最小，林業機具只能藉木棧道通行，不得直接渡溪。規劃時，如遇有魚類之溪流（如 S3 與 S4，圖 1 右側兩條平行溪流），伐區邊界則需調整以避開此等溪流。

（三）濱水帶經營區 (Riparian Management Zone)、濱水帶保留區 (Riparian Reserve Zone) 及遊樂保留區 (Recreation Reserves)

除前述溪流外，連接愛默湖河岸區域分別劃為濱水帶的經營區與保留區；而其鄰近之遊樂保留區則限露營活動使用。此 3 種分區都不能劃為伐採區。



▲ 有魚類棲息之溪流，經營規範管制其上的工程棄土，不可向下撥入。

（四）老熟林經營區 (OGMA) 與野生動物保留區 (WTRA)

老熟林經營區為保存已逾輪伐期或具有生態價值之老熟林，僅允許低於特定比例之下的擇伐，而禁止皆伐。另外，為提供皆伐區附近野生動物避冬、棲息或食物來源的林地，野生動物保留區（含偶蹄目動物避冬區 (UWR)）亦禁止伐採。這些分區並非法令所指定，而是由採伐規劃機關，為兼顧伐採計畫與生物多樣性保育所設定的臨時劃分。就生物多樣性保育而言，老熟林經營區與野生動物保留區，是以地景尺度的林分層級來保育生物多樣性。

(五) 伐區 (Cut Block)

前揭區域排除後，將剩餘區域即可規劃為伐區（圖中紫區）。皆伐區在重要轉點設有界木或界標，並按林業道路作業規範開設作業便道，以不同粒徑之碎石鋪設表面，增加道路承重供林業機械及集材卡車進出。同時在兩側挖掘排水溝與埋設暗管以加強伐區排水。而木材臨時堆置場則設於便道兩側。

按 BCTS 作業規定，伐採作業結束後，施工便道鋪面碎石須刨除恢復為土路，而排水溝及暗管則留在原地作為日後造林區域排水使用。本皆伐區雖達 40 公頃多（BCTS 伐採面

積一般介於 40 ~ 80 公頃不等），伐區中央仍有設置保留帶，此係保留伐 (retention cut)，保留皆伐區內已屆輪伐期之林木，其目的在於提供野生動物生活空間、或森林生長調查與試驗研究，以及保護後續新植苗木，或提供天然更新時之遺傳變異來源，而研究成果列入未來經營決策參考。

採伐作業結束後，因為適應該地環境之目標樹種－花旗松天然更新不易，所以造林幾乎採人工栽植更新，保留伐所遺存之立木作為天然下種母樹的必要性較低，與一般留伐作業以天然下種為目的不同。



▲ 一名技術人員即可操作收穫機執行伐木及集材，大幅降低人工工資及作業風險。



▲ 伐區內施工便道，依作業道路規範於路面鋪碎石、設側邊溝並埋設橫向水管，促進伐區排水。



▲ 運材卡車司機以附設夾具將長材搬至車上



▲ 便道兩側權充臨時堆置場，方便運材卡車在伐採期間搬運至製材廠。



▲ 皆伐區內刻意保留已達伐期齡的林木作為研究試驗使用



▲ 伐區附近林木劃為野生動物保留區禁止伐採（照片遠景森林）

三、影響環境最少的風險評估與作業期間自主檢查

開工前，BCTS 會告知持有政府執照的合格業商 (licensee) 其所取得處份權利的伐區已通過 SFI(Sustainable Forestry Initiative) 標準之森林經營驗證證書及其證書號碼，以主動表明其取得處分權之森林是符合永續森林經營認證之木材來源。因此，業商亦須遵守驗證的各項要求，作業期間也應依按照環境管理系統驗證標準 (ISO14001 2004) 進行採伐，以符合永續森林經營作業。如違反環境管理系統之要求而發生環境災害事件，業商須負責賠償機關因

廠商違反標準所產生之損失或由機關動用履約保證金來復原。



▲ 所有人員進入工區即須著警示服及工作帽。現場人員說明如何以環境管理系統管理現場作業與文件追蹤紀錄。

環境管理系統標準目的在於實質降低伐採期間所產生的環境負面影響，由機關內部稽核員針對開工前置作業準備情形的檢查、工作現場風險評估以及伐採期間的定期檢查等 3 階段工作，確保業商依照作業標準程序與規範執行。

第一階段工作目的在確認現場的準備工作皆已符合標準、可以開工與否。機關內部稽核員依照伐採前工作檢核表，視現場的作業類型（例如：伐採、道路、構造物或木材堆置等管理作業），分別針對現場人員安全、法規、施工區、溪流及濱水帶、道路步道及構造物、環境緊急應變，以及環境管理系統文件紀錄等面向規定逐一檢查，並要求業商對不符合項目提出改正措施後，由內稽人員及業商一起簽名後，交由業商進行後續改正。

第二階段工作在評定現場環境風險數值，以決定伐採業商自主檢查週期，以及機關現場人員到作業現場稽核的頻率。機關人員依照專

案風險分級表 (Project Risk Rating Form) 所列之專案複雜度、業商經驗或實作能力、水質、逕流與洪峰、濱水帶經營區、土壤沖蝕與地形穩定、林火危險與燃燒防止、燃料碳烴化物與化學物質、社會因子等 9 個面向，進行事前風險評估。

▲ 伐區作業風險綜合評估結果決定廠商自主檢查與機關稽核週期

第三階段則是採伐期間，BCTS 檢查人員依照風險檢查週期，定期至現場，逐項檢查作業檢查表所列規定，遇有不符規定者，要求業商提出改進措施並登記於檢查表內，作為下次複查改進情形的依據。

開工檢查表、風險分級表、自主檢查表等各項檢查紀錄存放現場文件資料夾內，隨時供機關內部稽核人員至現場複檢與追蹤現地作業風險與執行情況。完工後，所有作業紀錄與檢查資料歸檔作為伐採作業佐證資料，毋需特地蒐集整理作業紀錄，即可提供外部稽核使用外，最後所有資料均登錄歸整至森林經營軟體 Cengea¹ 內，作為日後森林經營規劃與經營決策基礎數據與作法的參考。

四、建構伐植循環的復舊造林規劃

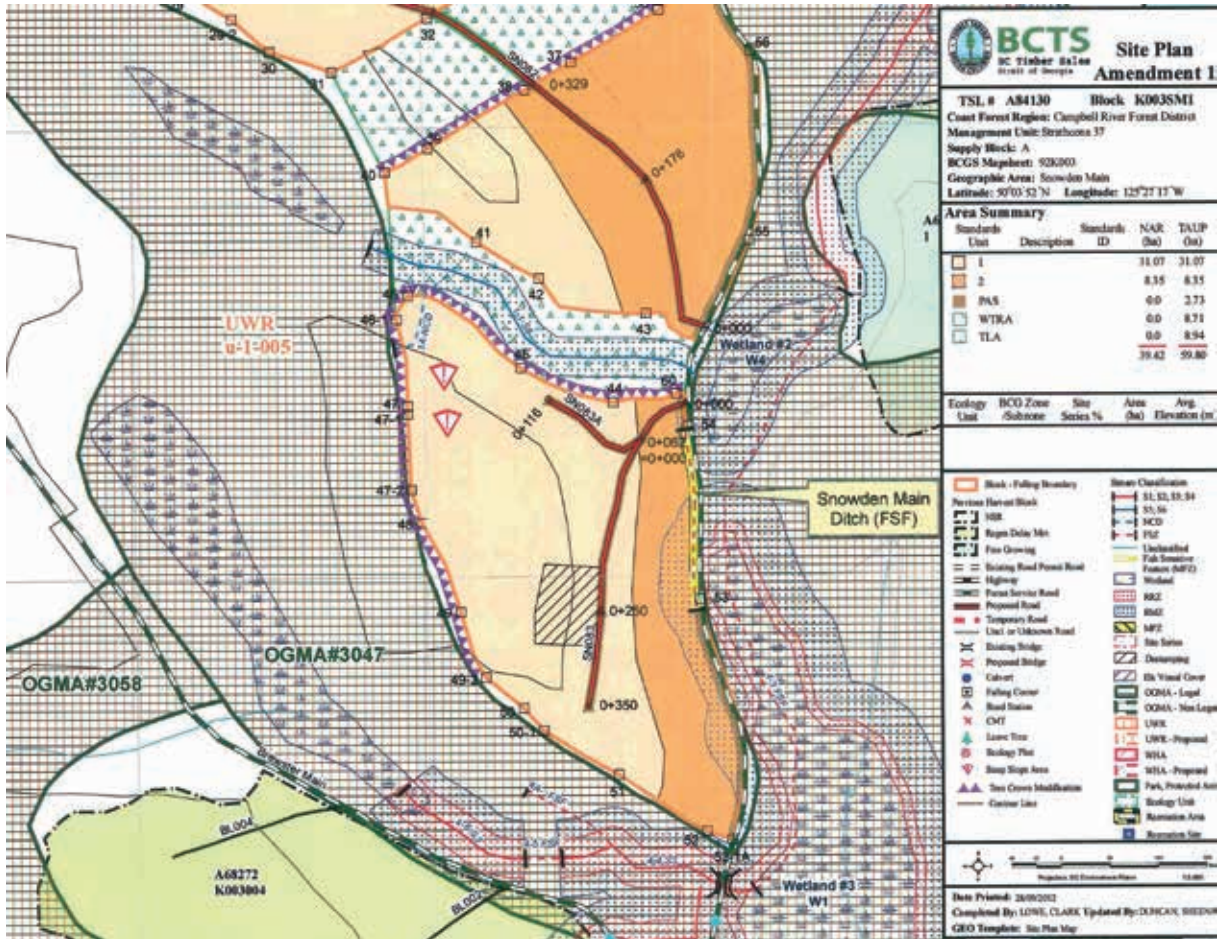
沒有持續的收穫與新植造林循環，是不可能長期穩定的木材供給。BCTS 永續森林經營計畫要求，除了土壤生產力因受林木根部病害危害土壤，必須將根株挖出倒置曝曬以絕病害，或因事前造林規劃已決定將部分林地留予天然更新等情況外，所有皆伐跡地必須於收穫後 5 年內完成新植造林。此外，其造林規劃要求機關在一定年限內，重新調查新植地之立木株數是否原訂的林木密度，否則需補植，來確保林分生長量達到原規劃水準。

BCTS 依據收穫前或收穫後林地地況、收穫前林況、以及該區林木更新與生長研究結果，研擬長期計畫。森林生長資訊系統，參考造林撫育及收穫研究，針對地況與林況，規劃符合該地之造林期程與規畫 (Silviculture Regime)，並配合生育地造林規畫圖 (Site Plan

¹ <http://www.cengea.com/industry-solutions/forestry/overview.htm>

Amendment Map，見圖 2），詳細列舉皆伐區預定栽植樹種及密度，新植後該林地生長情形複查年度、除草年度，林地停止撫育年度，以及應派員進行收穫前調查以及預定伐採的年

度等復舊造林計畫。現場人員只要按時照計畫執行，定期將現場資料回饋至資訊系統，由資訊系統調控流程，定期提醒及排定人員工作期程。



▲圖2、生育地復舊造林計畫圖

採伐作業完成後，現場人員依復舊造林計畫，以適地適種、維持林地排水與覆蓋、降低林內風速與病害地轉種其他樹種等方法進行復舊造林，現場工作包括：

(一) 落實適地適木於同一林分內

該林區新植林地內，在向陽坡或是地勢排水良好的地區均種植喜乾燥向陽之花旗松 (Douglas Fir)，而低窪排水不良或是坡腳，則植適應該潮濕的側柏屬 (Cedar) 苗木。因此在一個坡面上，上坡種植花旗松；坡腳種植側柏屬苗木。

此作法與曾來臺講授作業道修築之專家岡橋清元先生分享柳杉與檜木偏好之生育地差異，以日本柳杉與扁柏適合種植於土壤層較厚、排水好的上坡或山腹，而日本花柏種植坡腳或較潮濕處之經驗相似。此法有效利用同一林分內之生產力，以區塊規模營造混交林，以降低撫育及伐採成本。



▲ 同一林分內低窪或坡腳處，種植雪松（白色塑膠罩），坡上種植花旗松此作法與日本林地作業道專家岡橋清元先生分享柳杉與檜木偏好之生育地，以日本柳杉與扁柏適合種植於土壤層較厚、排水好的上坡或山腹，而日本花柏（紅檜之近緣種）適於坡腳或較潮濕處之說法相似。此法有效利用不同林地之生產力，以區塊規模營造混交林，具有容易撫育及降低伐採成本之優點。



▲ 鹿科動物非常喜歡啃食側伯屬苗木而不偏好花旗松，側伯屬苗木需以多孔塑膠罩保護。

（二）移除便道鋪面及維持林地排水

伐區作業結束後，施工便道移除鋪面碎石，以助恢復林地原有植物覆蓋，亦可避免日後遊客誤駛入伐區而發生意外。作業便道恢復土面，有助於雨水入滲，而便道兩旁排水系統更減少地表土壤流失。



▲ 採伐後便道碎石鋪面移除至下一作業區，同時保留排水系統。

（三）盛行風迎風面之樹冠修枝以降低林地內風速

林地內過強風速會使地表水分發散過快，而嚴重影響苗木生長與健康。BCTS 對於迎風面留存木進行樹冠頂修枝，直昇機將修枝專業人員吊掛置於樹冠，工人以螺旋方式由上而下逐一修剪，調整樹冠枝條密度以降低新植地內風速。

當盛行風遇障礙物時，會在障礙物前形成流速較低甚至無風的漩渦區。樹冠修枝增加林分通透度，有助於漩窩區形成，除可減少風對留存木的危害，亦降低迎風面前方新植區域內風速，進而減少幼苗風害及土壤水分發散，較適合用於具極高經濟價值之人工林。



▲ 盛行風方向樹冠內修枝，增加通透度，降低風速減少風害。



▲ 伐木殘材除免費提供民眾薪炭材外，留在林地增加小苗生長初期土地覆蓋及養分回收。

（四）保留部份採伐後枝條與殘材 維持林地覆蓋

「有效使用森林資源」為 BCTS 永續森林經營計畫目標之一，而伐採跡地最常遇到的就是遺留在林地上沒有利用價值的殘材與枝條。坎貝爾河林區伐採殘材處理方式有 3 種：其一，在網路公佈殘材無償自由採取的消息。英屬哥倫比亞省薪材是需要購買的，民眾向省政府申請並取得許可後，在不轉賣之前提下無償取用，提供冬天取暖使用的薪材；其二，將大型殘材集中焚燒，以減少殘材占用林地過多面積而影響造林；其三，留存些許殘材以保護地表及野生動物棲息。伐區內跡地在不妨礙幼苗新植與生長前提下，保留根株及枝條可以減少土壤裸露面積，也可降低非新植樹種林木拓殖的機會，更能降低雨水直接衝擊土壤表面，造成土壤沖蝕與入滲能降低，以保護土壤並維持土壤生產力（亦為 BCTS 永續森林經營計畫目標之一）。以殘材無償提供薪材及增加林地覆蓋，既有效使用森林資源及維持土壤生產力的永續森林經營計畫目標，也增加伐採對鄰近社區的回饋與環境風險降低。

（五）轉種固氮樹種解除土壤病害 與增進土壤生產力

基於英屬哥倫比亞省不使用化學藥劑解決土壤病害的政策，當因純林栽植而發生土壤病害時，會以改種檜木屬 (alder) 林木解決土壤病害。檜木屬之林木為重要闊葉經濟樹種，其根部固氮能力可改善土壤性質增進林地生產力，因此當達其伐期齡 20 年林木收穫後，林地可再種植花旗松或側柏等針葉樹經濟樹種，此作法遵守 BCTS 永續森林經營計畫內重視土壤生產力與盡量不使用化學藥劑的經營目標相符。



▲ 伐採跡地轉作檜木林（左後落葉闊葉樹林）以改善土壤病害與地力，亦作為短伐期經濟林來源。



▲ 作業期間如發現土壤病害，直接將根株掘起倒置曝曬於作業區內，數月後再新植造林苗木。

五、結論

坎貝爾河林區人員將法規賦予之經營林業之權利，視為社會核發予林業部門的「經營執照」及信任而自豪。從核心的永續森林經營原則制定，到管控伐採流程的環境管理系統與經營管理程序的研擬、實施與檢討，亦不負民眾所託。

在現場分區管制、施工期間環境衝擊與風險減低與復舊造林之外，伐採與相關施工或作業還可回溯至機關的經營計畫、廠商應遵守的森林管理人計畫，以及前述永續森林經營標準、甚至上位法規，來確保所有經營活動符合環境管理系統與永續森林經營標準，從而經由第三方稽核以及森林驗證的產品標示，讓木質材料從來源到產品都是對環境適宜、社會有益與經濟可行，讓伐採能永續。此外，BCTS 森林經營強調依照管理循環（規劃\執行\檢核\行動），藉由檢討改進來讓現場規劃與作業技術能不斷進步。

我國森林經營在面積上與蓄積量雖無法與加拿大相比，國有人工林雖不以木材收穫國

家收入，但在面臨林木經營區裡超過伐期齡的林分或是生長不良、老化致影響人工林功能與服務而需伐採\植林更新的地點，如何以友善環境的方式伐採與管控，加拿大英屬哥倫比亞省的永續森林經營模式是可參考的模式；私有林的伐採是林農多年投資的回收，經濟收益是林農存活之所據，但伐採也能利用減少環境與社會負面影響較少的方式進行。



▲ 完整的永續森林經營作業系統是辛勤的林業人員對社會最自豪的回應。

六、謝誌

感謝局長、處長鼓勵參與林務局出國訓練計畫，感謝臺師大廖學誠老師熱心居中協助與加拿大英屬哥倫比亞大學及省林業部聯繫參訪行程，也謝謝臺大森林系邱祈榮老師提點考察森林驗證與現場作業之關係。最後感謝英屬哥倫比亞省大學林學院長 Dr. John Innes、Dr. Anna Tikina、王光玉老師、省林業部李清林博士及 Campbell River 林區現場從業人員熱心完整的分享。🙏