

樹木碳匯測量方法

邱祈榮



臺灣大學森林環境暨資源學系
臺灣大學生物多樣性研究中心



教育部氣候變遷教育推動計畫



環境部首屆環境影響評估委員
環境部抵換專案及自願減量專案審議委員



國際氣候發展智庫學會理事長



National Taiwan University
臺灣大學森林環境暨資源學系

國內森林碳匯與抵換機制參與歷程

2005~2019參加COP會議12次

2008-2010環保署溫室氣體指導委員會

2011-2017環保署先期專案暨抵換專案審議會

2012-2016環保署國家溫室氣體排放清冊審議會

2019-2024環境部溫室氣體減量成效認可審議會

2023-2025環境部第一屆環境影響評估委員

2004-2005 森林資源碳吸存資料庫建置計畫

2006-2008 森林永續經營對CO2吸存量之研究-森林碳管理資訊系統建置

2008 植林減碳計畫撰寫及審議規範研究計畫

2009-2012 建置森林生長量與蓄積量分析系統暨碳吸存估計之研究

2009 溫室氣體國家清冊林業活動碳量估算及驗證機制之研究

2013 建置符合MRV原則林業溫室氣體清冊編制機制及試算(1/2)

2014 建置符合MRV原則林業溫室氣體清冊編制機制及試算(2/2)

2015 國家溫度氣體清冊林業部門計算研習

2016 建置森林長期監測調查資料整合分析機制及國家林業溫室氣體清冊報告編製(1/2)

2017 我國農林部門溫室氣體排放趨勢推估及減量影響評估研究

2018 建置森林長期監測調查資料整合分析機制及國家林業溫室氣體清冊報告編製(2/2)

2019 森林碳管理行動方案研擬及國家林業溫室氣體清冊報告編製

2019 國家溫室氣體清冊LULUCF部門土地利用轉換矩陣建立之研究(科技部)

2020 國家林業碳匯管理精進計畫

2021 林業部門溫室氣體排放清冊報告編製計畫

2009出版植林碳匯專案管理

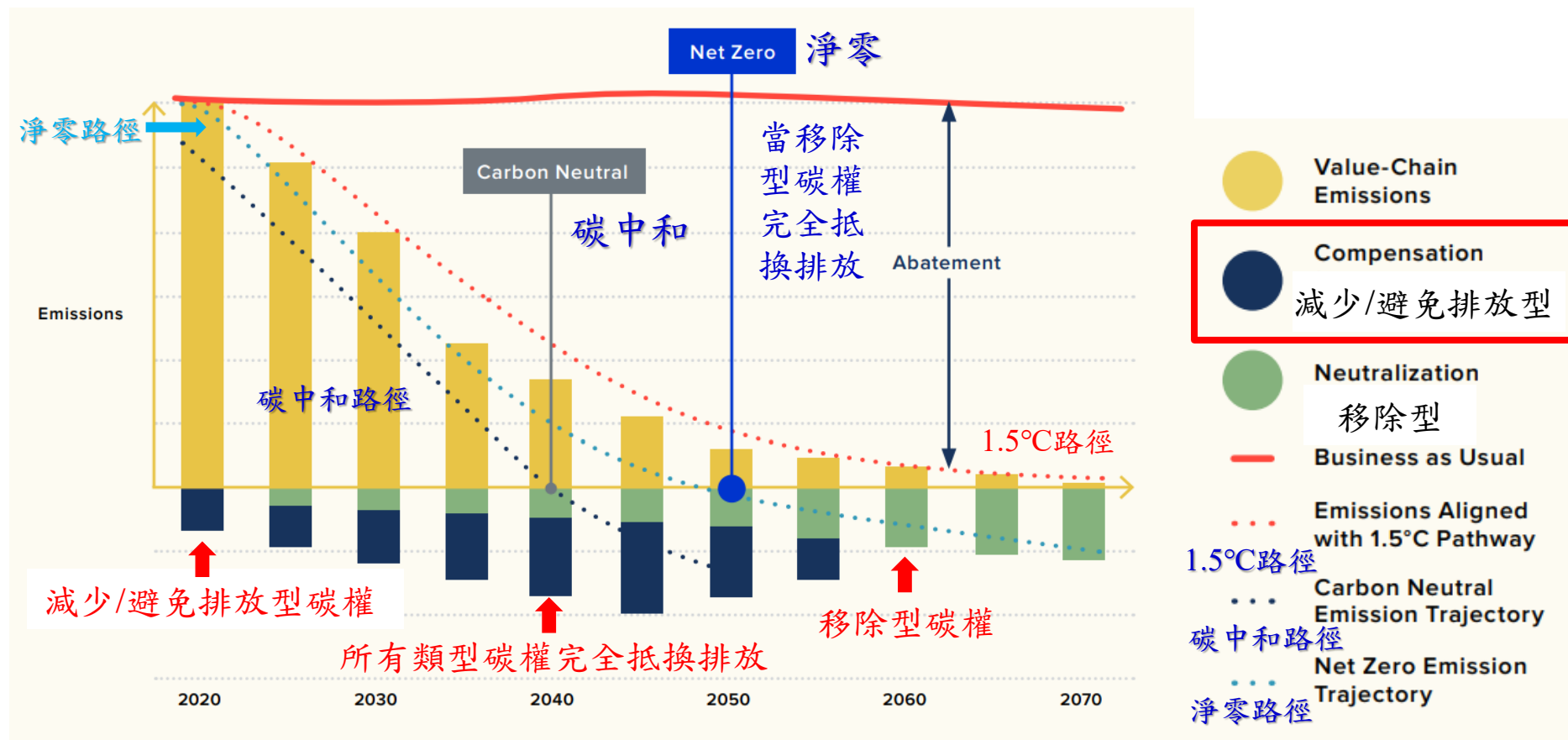
2022出版森林碳匯與抵換機制

2014起參與國家溫室氣體林業部門排放清冊編撰



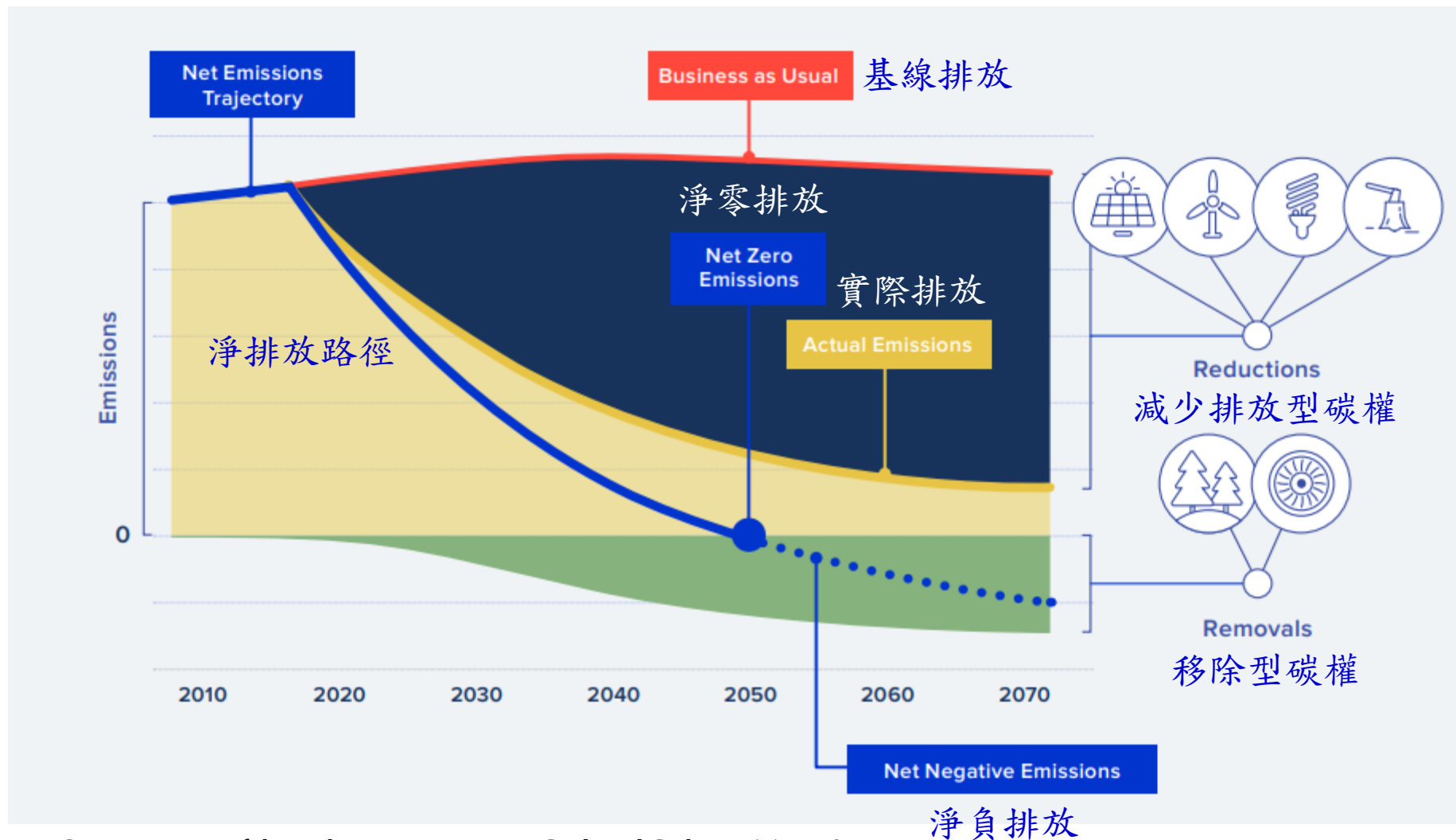
指標性企業碳中和和淨零軌跡

- 與「淨零」(net-zero)不同，「碳中和」允許企業繼續排放比它們從大氣中移除的二氧化碳更多的二氧化碳。「淨零」是一個要求更高的標準，已經成為全球脫碳的基準。



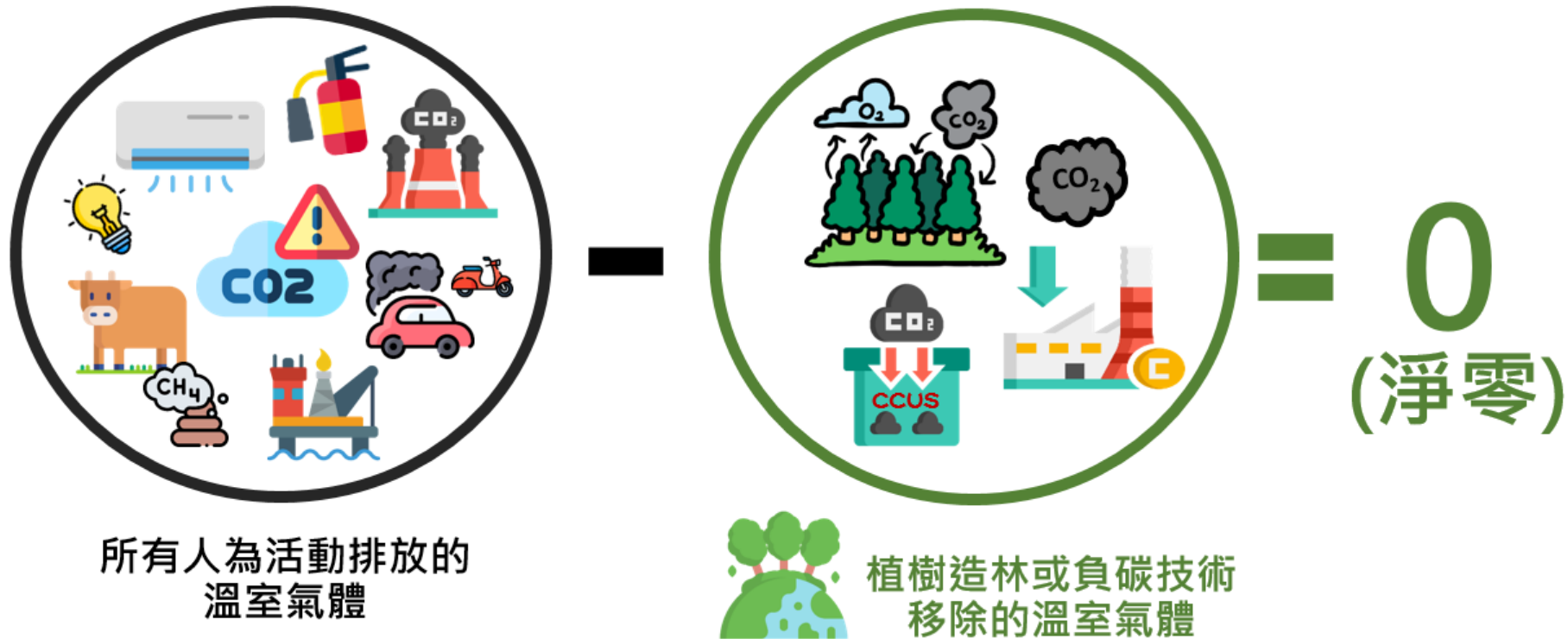
全球向淨零排放過渡以及移除的作用

- 負碳(負排放)於淨零路徑扮演不可或缺臨門一腳的關鍵角色
- 同時也是長期投資的策略



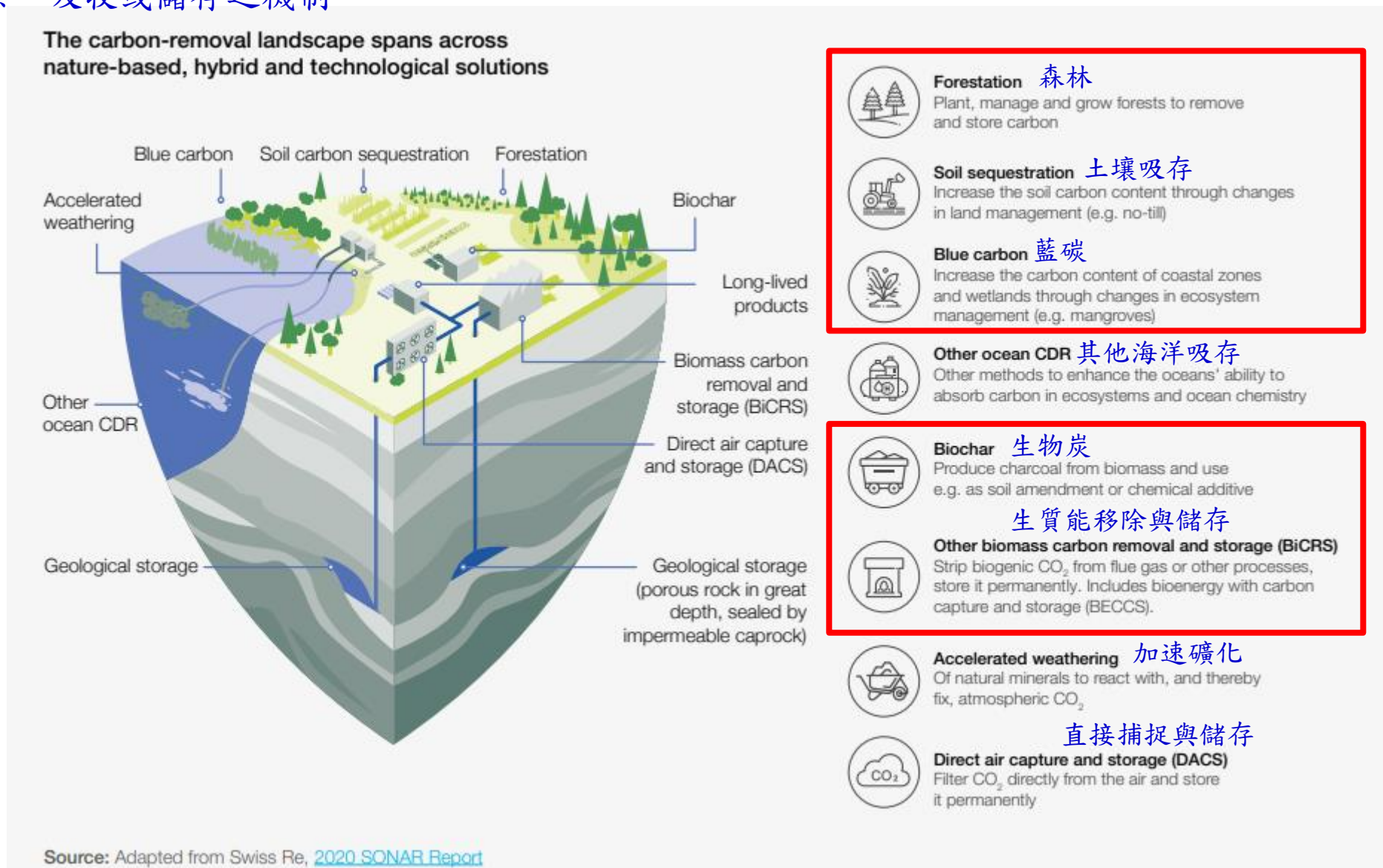
Source : Report of the Task Force on Net Zero Goals and Carbon Pricing, 2021

什麼是淨零net zero？



依據氣候變遷因應法第3條定義：

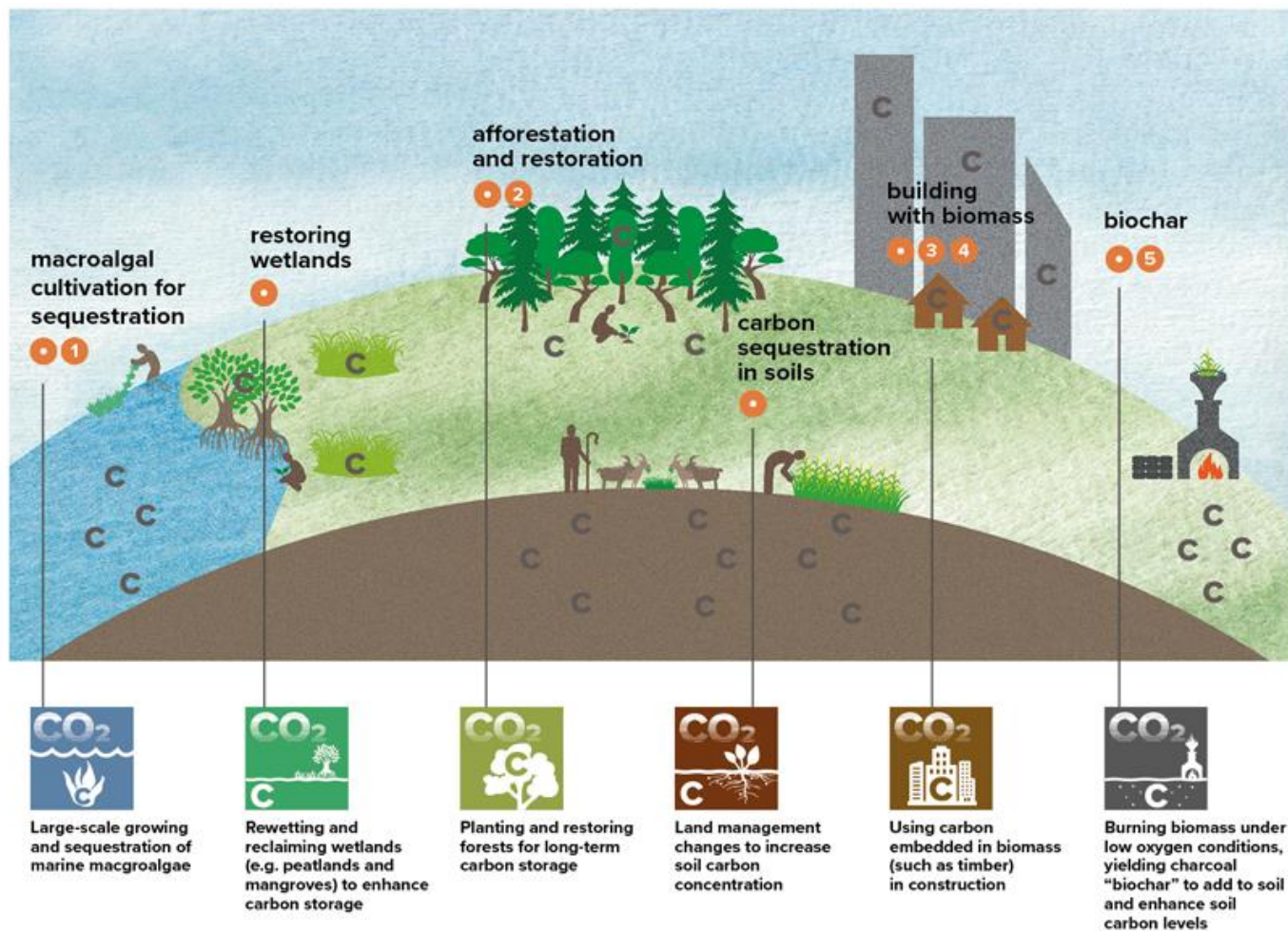
負排放技術：指將二氧化碳或其他溫室氣體自排放源或大氣中以自然碳循環或人為方式移除、吸收或儲存之機制。



碳匯

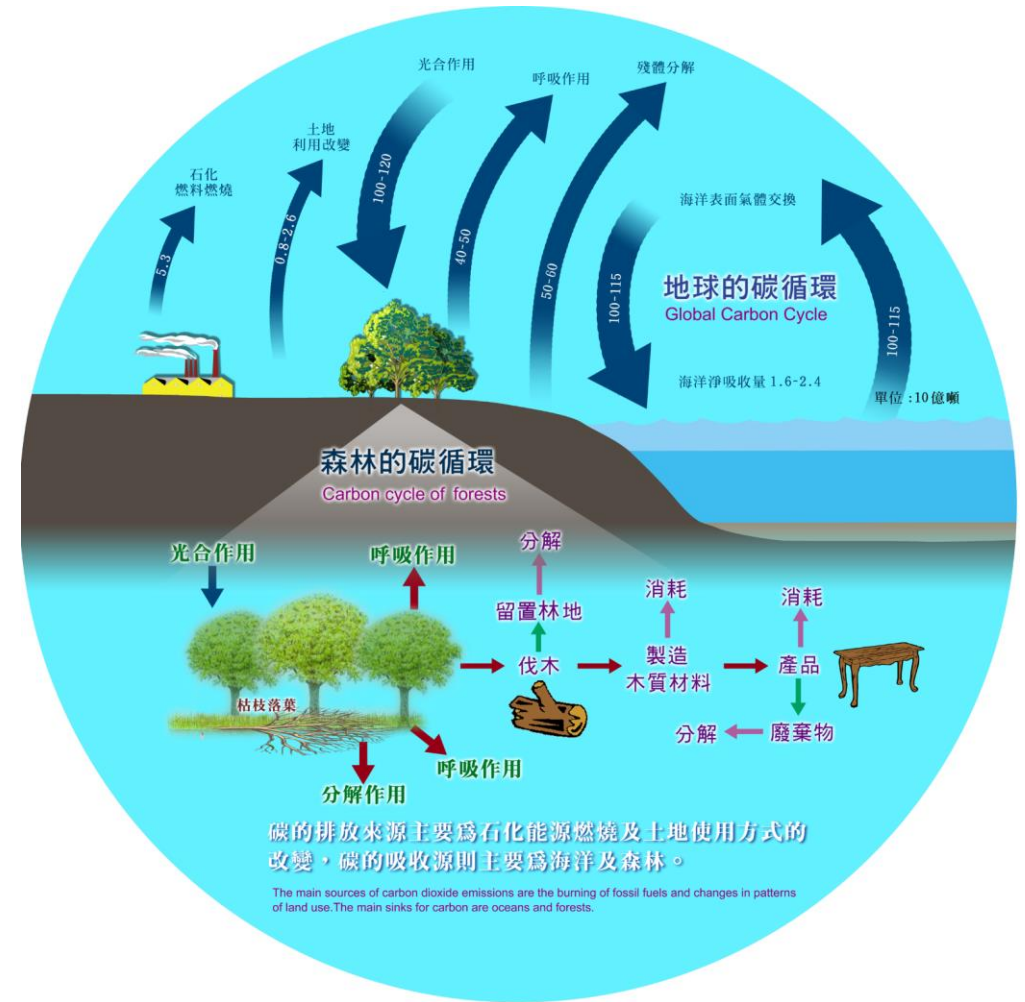
□ 依據氣候變遷因應法第3條定義：指將二氧化碳或其他溫室氣體自排放源或大氣中持續移除後，吸收或儲存之樹木、森林、土壤、海洋、地層、設施或場所。

(自然碳匯)



碳循環 (the carbon cycle)

- 碳於天空中成氣體狀之二氧化碳存在，其濃度平均為0.03%。葉部氣孔於開放以後，二氧化碳遂進入葉內，由陽光引發葉綠素之功能遂使與水混合而形成碳水化合物；惟氧則經細胞壁而自氣孔釋放。
- 環境因子如極適宜，光合作用之速率常受制於大氣中之二氧化碳的含量。
- 碳亦若水分者然，於生態系中形成循環。森林如遭火焚燬，大量之碳釋放於空中。自大氣中吸收之碳，經由森林之作用而轉變為植物組織者，每年每畝平均高達4噸。

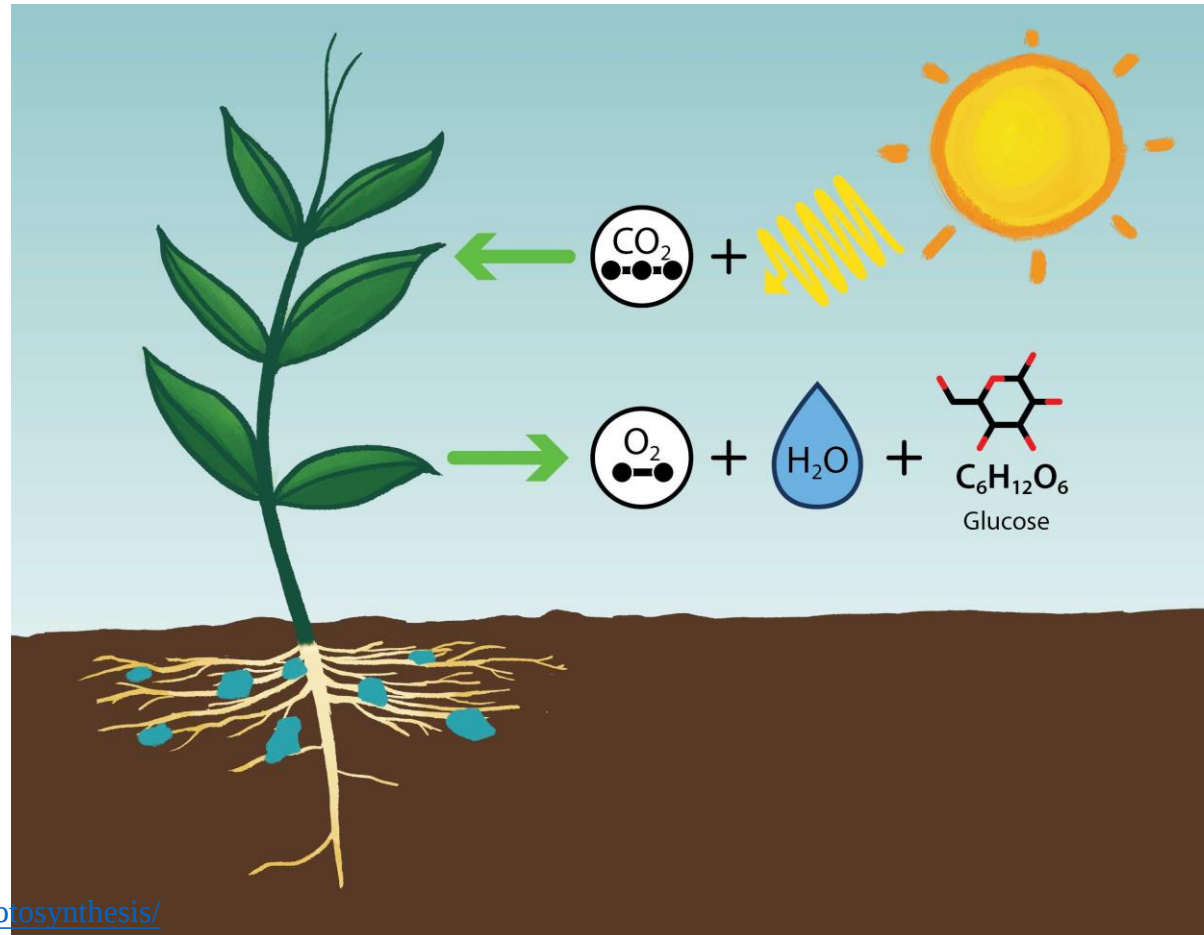


植物生長：光合作用

二氧化碳+水+陽光 ➡ 植物體+氧



- ❑ 把一棵樹想像成一個太陽能電池。
- ❑ 隨著樹木的生長，陽光、水和從大氣中吸收的二氧化碳結合在一起，儲存了太陽能。



綠色植物之關鍵角色～～光合作用

● 天然高效率能源轉換器

植物是地球上唯一能吸收太陽能並且能將此「**光能**」轉換成生物可以利用的「**化學能**」的生物，其所產生的能量，除了提供自身生長所需，且將二氧化碳以有機碳的形式貯存固定於植物體中。亦為其他生物的能量來源。

● 生產者

進行光合作用的植物被稱為生態系中的**生產者**，即植物是地球上的生產者。

森林碳匯內涵與管理

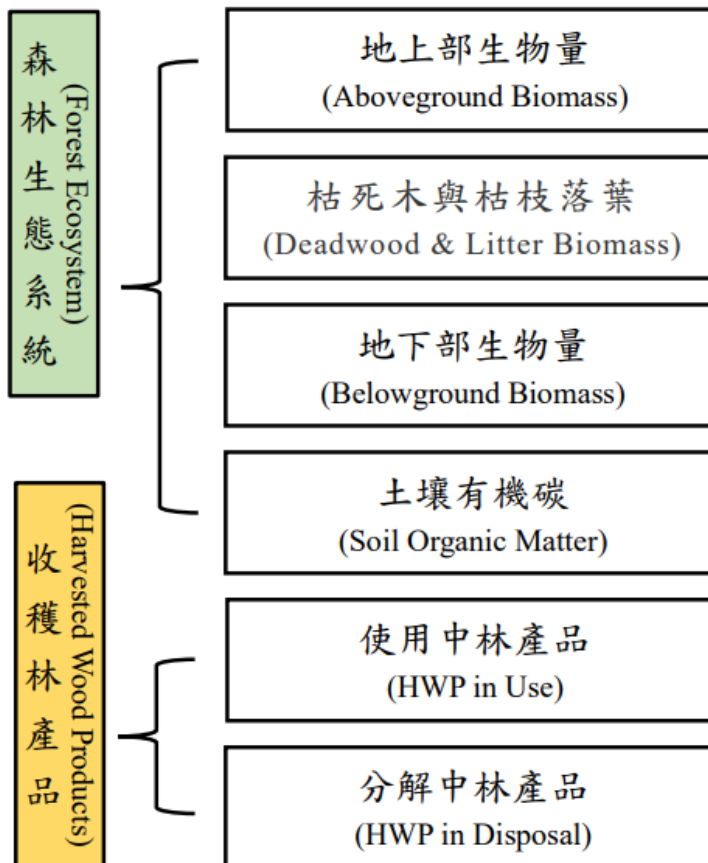
森林資源特性

- Renewable 可再生
- Slow growth 生長緩慢
- Replant 可重複種植
- Self-regenerate 自我更新
- Life cycle 生命週期
- External benefits 外部共效益
- Storable 可存儲

森林碳匯
(Forest Carbon Sink)

林業碳匯
Forestry Carbon Sinks

生物碳循環(Biological Carbon Cycle)



工業碳循環(Industrial Carbon Cycle)

● 自然為本解方

□ 增加碳匯

新植造林
加強森林經營

□ 減少排放

REDD+

減少森林擾動

(減少盜伐、森林火災及病蟲害)

降低土壤擾動

□ 收穫林產品

回收木產品延長使用

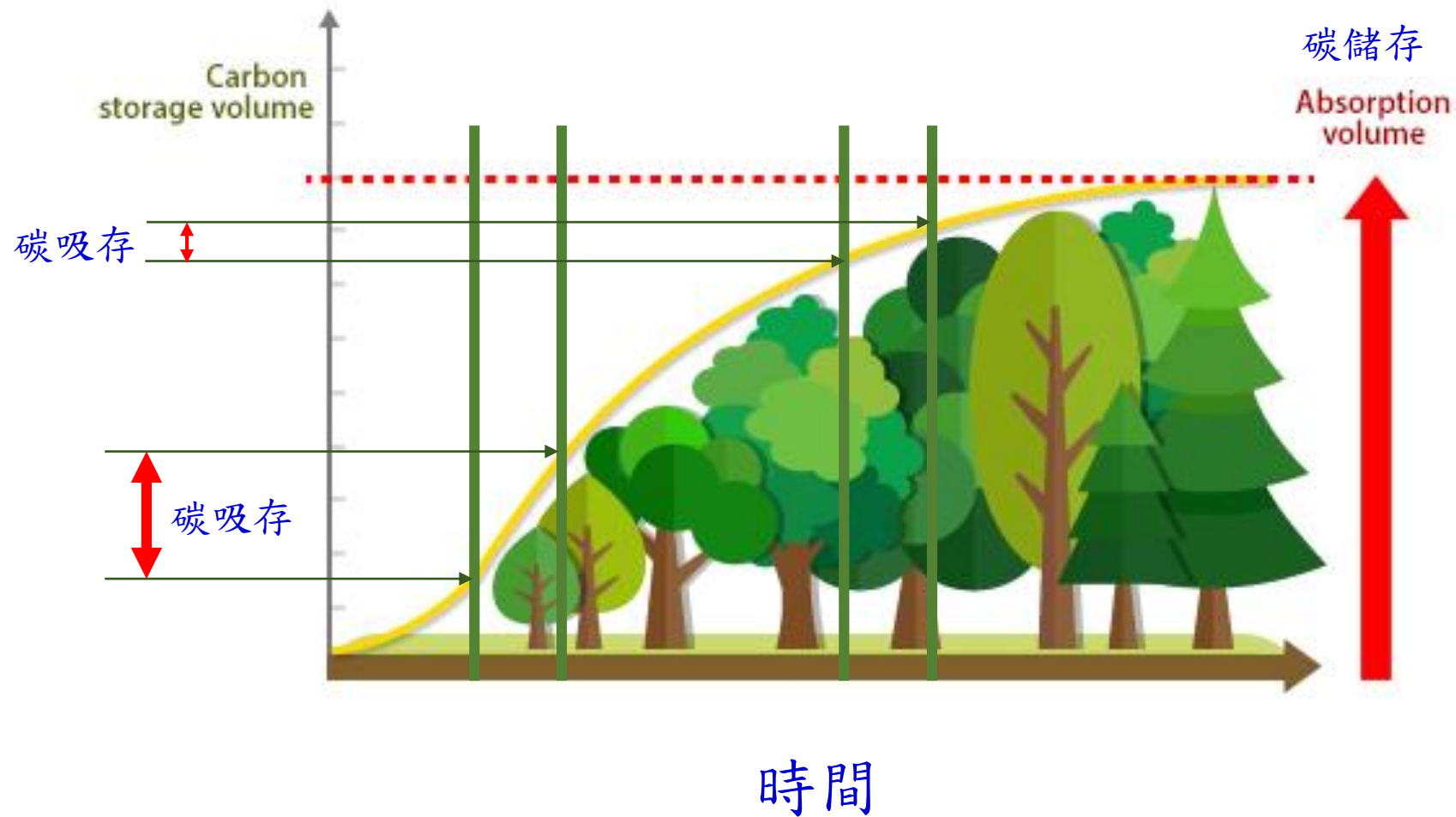
生質燃料

建築負碳建材



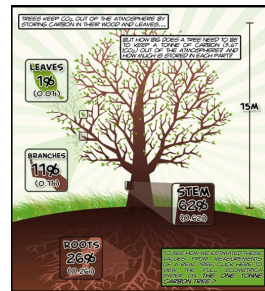
碳儲存：特定時間之內的碳儲存總量(一般從林分建造開始累積)

碳吸存：特定時間之內的碳儲存變化量(一般以年度變化量為基準)

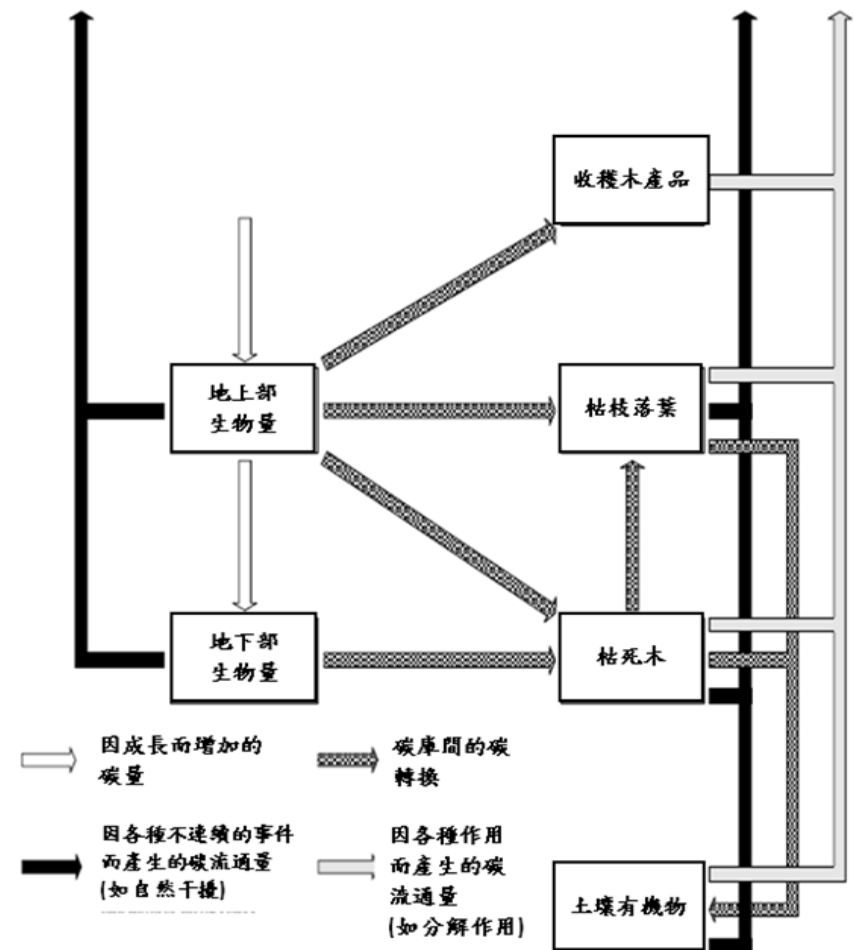


碳庫類別

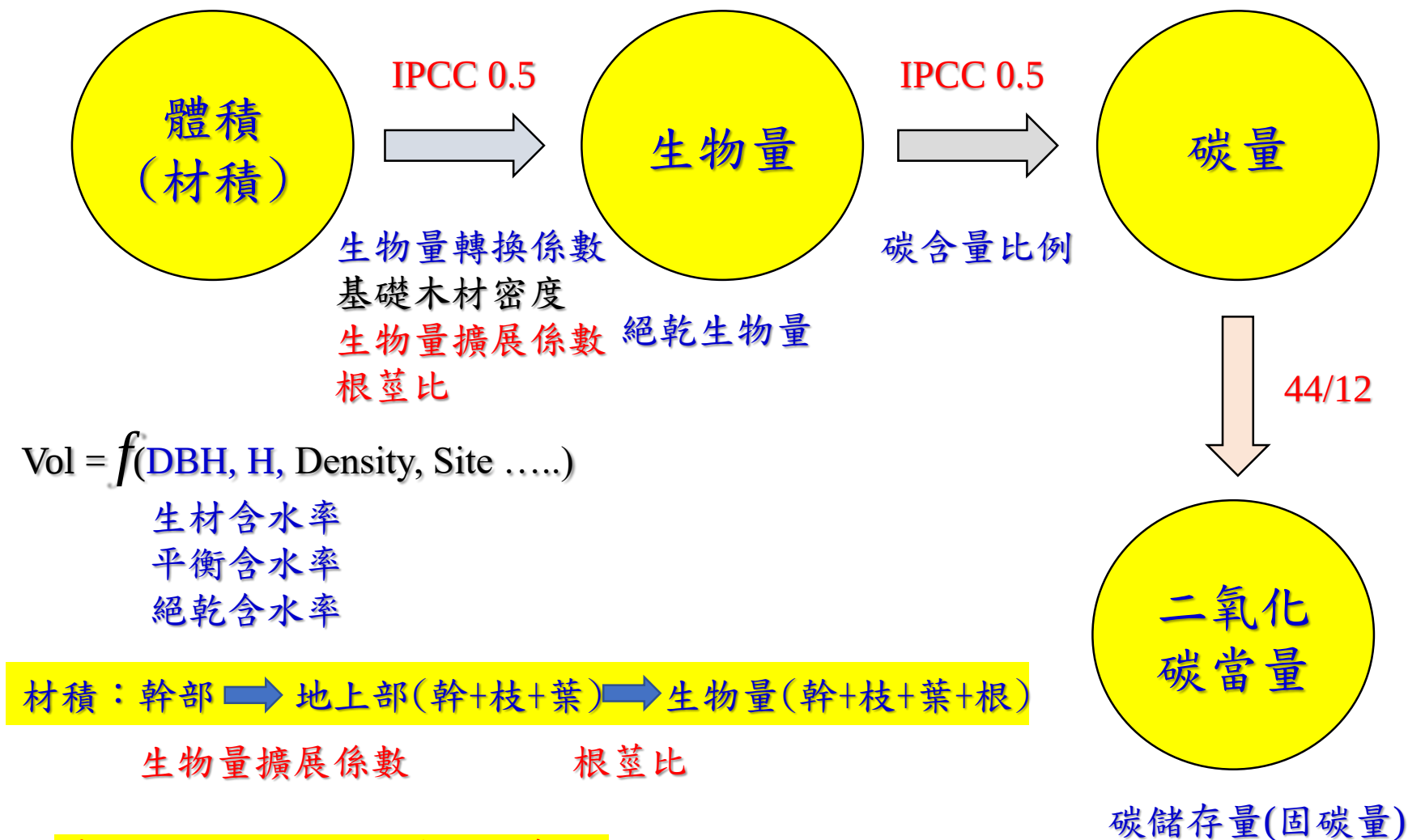
- 2006年IPCC溫室氣體盤查指南土地碳庫類別 **生物量、死有機質以及土壤等**



碳庫	說明
生物量 (Biomass)	地上部生物量 (Aboveground biomass) 土壤以上所有活的生物量，包括莖、殘幹 (stump)、枝、樹皮、種子和葉。 註：如果下層林木占地上部生物量碳庫的比例較小，在某些層級中可接受將這部份排除，但在整個調查時間中應一致。
	地下部生物量 (Belowground biomass) 活根的全部生物量。建議直徑 小於2mm 的細根不計入在內。因為只憑經驗往往無法區分直徑低於2mm的細根與土壤有機質或枯落物。
死有機質 (Dead organic matter)	枯死木 (Dead wood) 除枯落物外的所有非活的木質生物量，無論是直立的、橫躺在地面上的，或者在土壤中的。包括 枯倒木、死根和直徑大於或等於10cm的殘幹。
	枯枝落葉 (Litter) 包括小於死木所定義的10cm最小直徑，在礦質或有機質土壤上所有已經死亡、各種腐朽程度的非活生物量。這包括枯落物層、礦質層與機質土壤層。另外也包括直徑小於2mm的活細根。
土壤 (Soils)	土壤有機物 (Soil organic matter) 包括達到所選擇深度的礦質土壤和有機土中的有機碳。包括直徑小於2mm而不能憑經驗加以區分的根。土壤深度預設值為30cm。



樹木碳匯計量方法：碳儲存量(總蓄積) VS 碳吸存量(生長量)

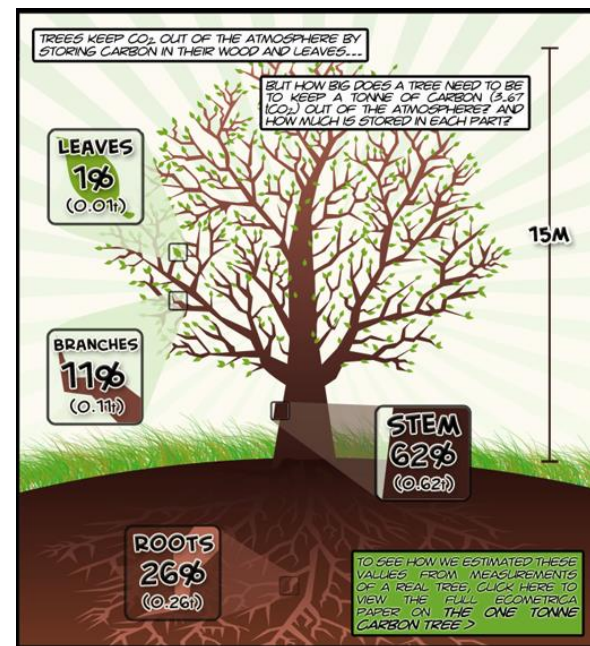


- ❖ 單期樹木總固碳量稱為碳儲存量
- ❖ 兩期碳儲存量變化量即為兩期間碳吸存量(生長量)

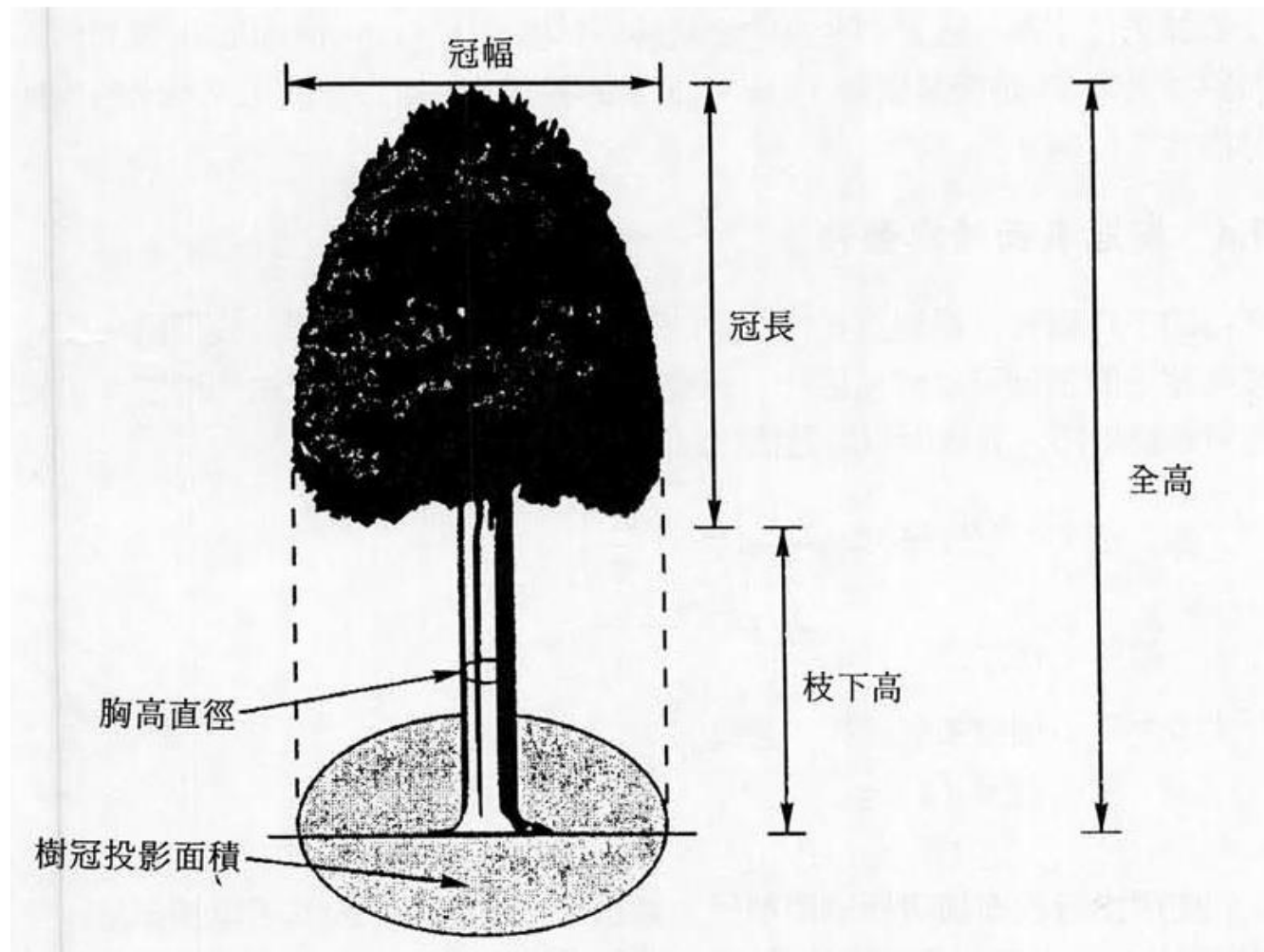
碳儲存量

$$C = V \times D \times BEF \times (1+R) \times CF$$

C	林木每公頃碳貯量(公噸-碳)
V	每公頃林木材積(m ³ /ha)
D	基礎木材密度(公噸/m ³)
BEF	生物量擴展係數，林木生物量與地上部生物量之轉換係數
R	根莖比，全株材積與幹材材積的轉換係數，即地上部生物量與地下部生物量之比例
CF	碳含量比例，即乾物(dry matter)的碳含量轉換係數(預設值為0.5) (公噸-碳/公噸-乾物)

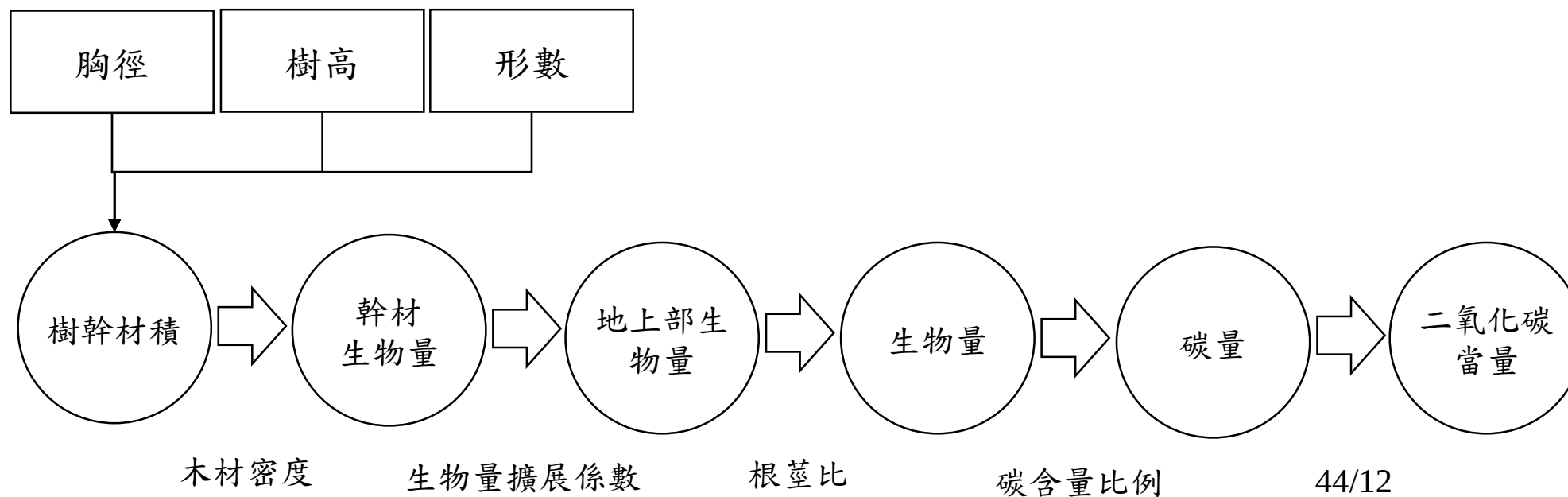


- IPCC 2006 Guidelines 中公佈「生物量轉換與擴展係數」(BCEF)，為了配合以材積為主要測量對象的森林調查方法，並簡便估算過程，將原來的生物量擴展係數(BEF)和基礎密度(D)合併，亦即以BCEF係數來取代BEF和D的乘積，直接將材積轉換成生物量



空間維度	樹木調查項目
零度空間	樹種、樹形、形數、健康狀態、GPS座標
一度空間	胸徑、樹高、冠高
二度空間	胸高斷面積
三度空間	材積
比重	密度、生物量
碳含量	碳量

樹木碳匯估算程序



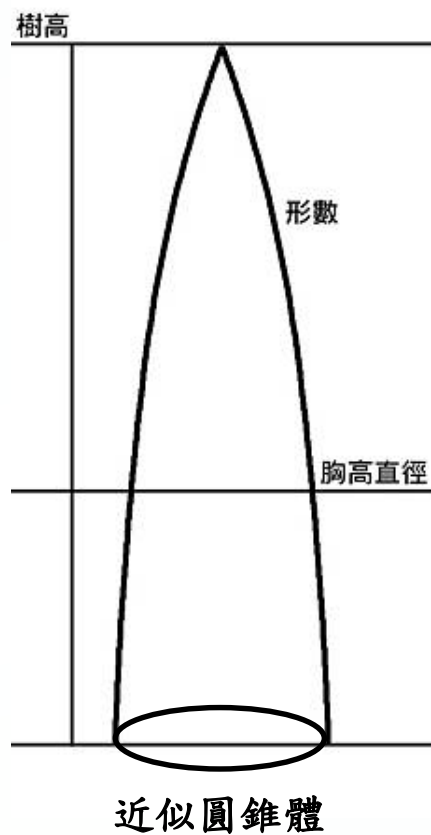
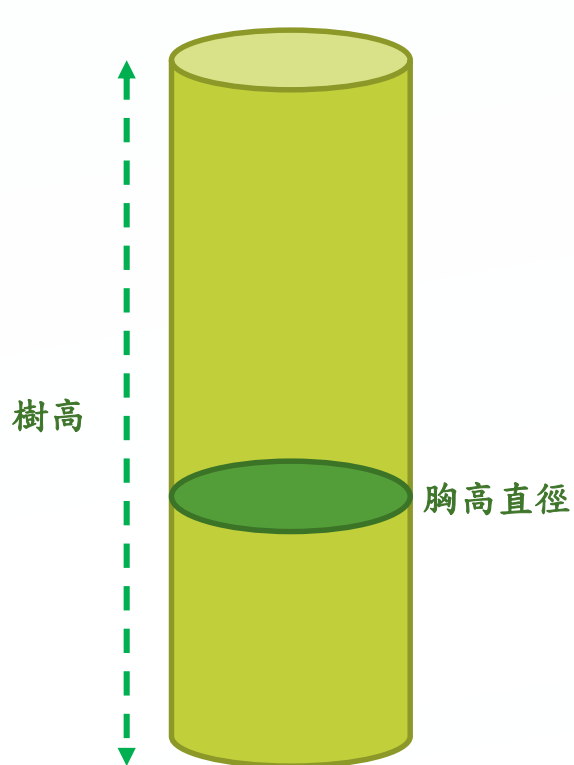
師生版校園樹木測量調查平臺

樹木外形特徵

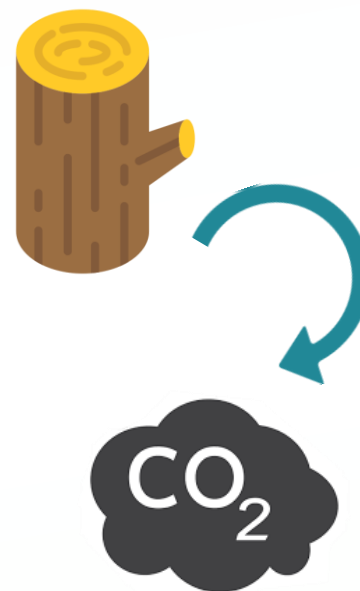
體積換算

累積CO₂換算

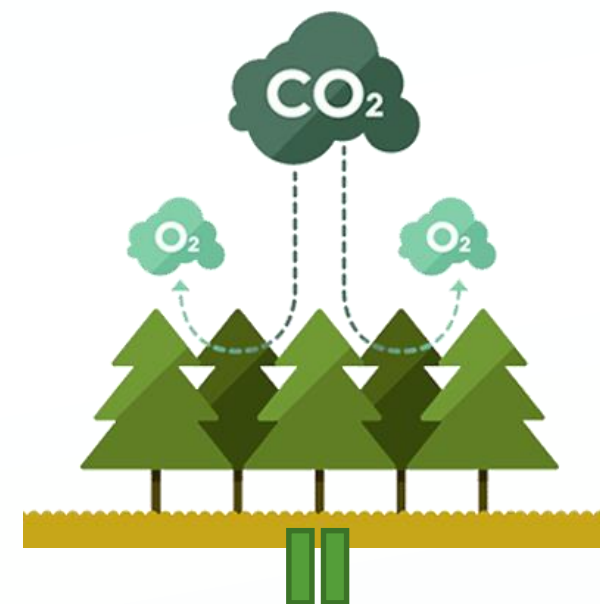
校園碳匯



生物量



二氧化碳當量



總二氧化碳當量

材積式

IPCC以胸徑與樹高來估算

● 胸高直徑² × π / 4 × 樹高 × 形數 π / 4 ~ 0.79



樹高:347cm
胸徑:24.5cm

V : 材積(cm³)

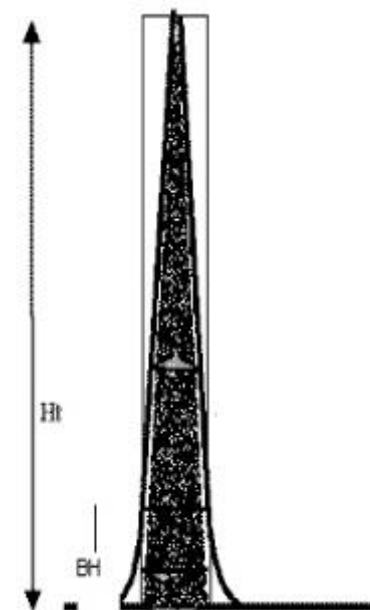
→ $(51)^2 \times 0.79 \times 979 \times 0.4$
 $= 804,655 \text{ cm}^3$
 $= 0.8 \text{ m}^3$

材積 (Tree Volume)

胸高直徑² × 0.79 × 樹高 × 形數

針葉樹形數: 0.40-0.55

闊葉樹形數: 0.40-0.53



Form Factor

- The standard geometric shape for the bh form factor is a cylinder of the same height as the stem and with a sectional area equal to the sectional area of the stem at bh (i.e. basal area)
- Form factor is the ratio of the volume of the stem to the volume of the cylinder

樹木碳匯估算方法

方法：IPCC (2006)公式

$$V = FF * (DBH/2)^2 * \pi * H$$

$$AGB = V * \rho * BEF$$

$$CO_2e = AGB * (1+R) * CF * (44/12)$$

V：單株材積(m³)

FF：胸高形數，一般取0.45

DBH：胸高直徑(m)

H：樹高(m)

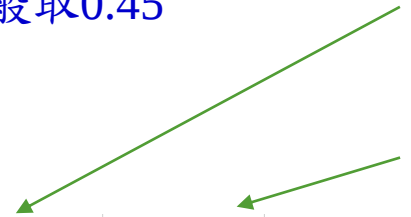
AGB：地上部生物量

ρ ：木材密度，依照樹種選取係數

BEF：生物量擴展係數，人工闊葉林取1.4

R：根莖比，人工闊葉林取0.24

CF：碳含量，依照樹種選取係數



樹種	木材密度	碳含量比例
0297 臺灣樂樹/台灣樂樹	0.6	47.43
0024 小葉南洋杉	0.48	48.21
0024 小葉南洋杉	0.48	48.21
0102 芒果/芒果樹	0.55	44.74
0261 楓香	0.49	48.9
0024 小葉南洋杉	0.48	48.21
0146 流蘇/流疏	0.68	46.9
0011 大王椰子	0.5	46.91
0268 榕樹/正榕	0.41	45.36
0268 榕樹/正榕	0.41	45.36
0041 山櫻花	0.59	47.73

係數引用自趙國容<水土保持樹種固碳能力與儲碳潛力計算資料庫之建置>計畫報告



樹高:347cm

胸徑:24.5cm

立木碳量計算

龍柏立木

$$\text{CO}_2\text{e} = V \times D \times CF \times (44/12)$$

➡ $65818 \times 0.704 \times 0.4908 \times (44/12)$
 $= 83,386(\text{g})$

CO₂e: 二氧化碳當量

V: 材積(cm³) ➡ $(24.5)^2 \times 0.79 \times 347 \times 0.4 = 65818 \text{ cm}^3$

D: 密度(g/cm³) ➡ 0.704 g/cm³

MC: 含水率(%) ➡ 13%

CF: 含碳量比例(IPCC之建議係數為0.5)

44/12: 每克碳分子可轉換成44/12克之二氧化碳

胸徑、樹高測量工具

胸徑尺



量角器



皮尺/捲尺



手持式
傾斜儀

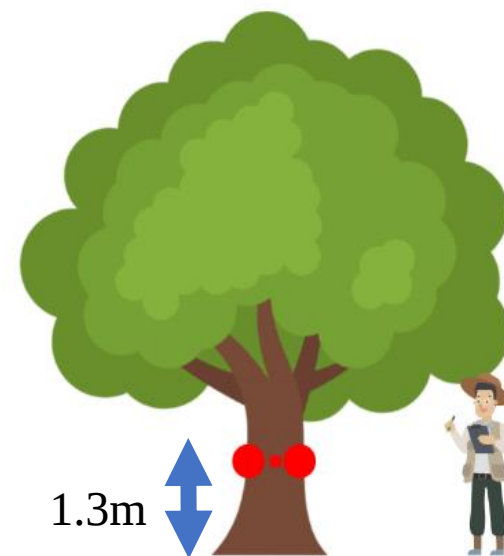
測高桿



測量方法 - 胸高直徑

- 胸高直徑：樹在離地1.3公尺處 (胸高) 的直徑。
- 測量方法：以捲尺繞樹木一圈，若使用一般捲尺，量出的數值除以 π 即為直徑；若用直徑捲尺，量出的數值即為直徑。
- 原理：直徑捲尺每一單位為 π (約3.14) 公分，圓周長公式是 $2r\pi$ ，故以直徑捲尺繞樹一圈，量出的數值即為樹木之直徑 ($2r$)。
- 胸徑測量示範影片：

<https://youtu.be/y2b0Oaamjco>



測量位置判定—胸高定位桿使用

- 為判定測量位置（1.3 公尺），以確保每次測量皆在同一位置，此次調查需使用胸高定位桿。
- 胸高定位桿為 1.3 公尺高的桿子，上方配有指北針、水平儀。
- 地面平坦、樹幹垂直地面時，統一規範站在樹木正南側面對北向，以定位桿比對測量位置對樹木進行測定。



胸高定位桿製作

胸高定位桿製作教學影片：<https://youtu.be/-NzubbtEAVY>

- 製作胸高定位桿一共五個步驟
- 內容物包含：直向PVC管、橫向PVC管、T通管、壓克力平台、指北針、水平儀
- 第一步 將壓克力平台卡進T通管的上方處。如果壓克力平台會晃動，則以黏著劑，將平台固定在T通管的上方。
- 第二步 將指北針黏於橫向T通管開口的另一側平台上，north字體朝橫向PVC管方向擺放，將水平儀同樣黏著至平台上。
- 第三步 將T通管裝在直向PVC管上。
- 第四步 將橫向PVC管裝進橫向T通管內。
- 第五步 組裝完成後量測橫向PVC管的上緣是否離地130CM高。確認後在直向PVC管與T通管交接處黏上一圈膠帶。以便重新組裝時，T通管可以裝到正確位置。



測量位置判定

A、B：一般於平坦地形量測時的位置。若樹傾斜，則由樹的下方判定1.3m。

C、D：當遇見分叉木(fork tree)時。(C)若1.3m處剛好遇到分叉，則往下找到樹幹還沒有膨大的地方測量。(D)若分支在1.3m以下，測量2或多個分枝。

E、F：在1.3m處有不規則樹幹型態，例如分枝造成膨大，凹陷、傷口、腫瘤突起等情形。往下或往上找到樹幹正常的地方測量。

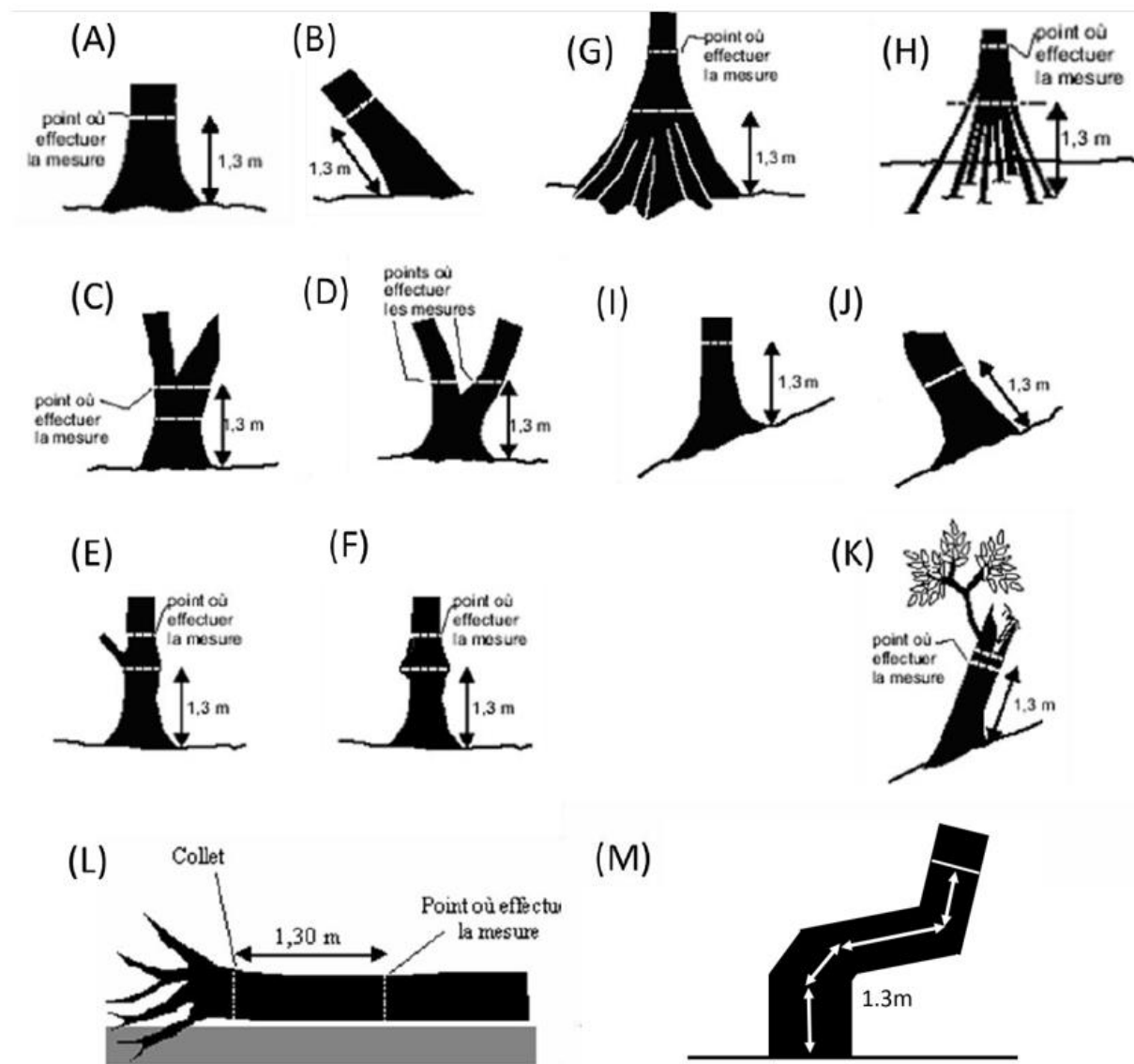
G、H：當量測的樹木有高而隆起的根張或是板根時，往上找到樹幹沒有膨大的地方測量。

I、J、K：當樹木位於傾斜的地形上，站在上坡處判定1.3m。

L：當樹木可能因為風害而倒在地面時，由根部最上方開始算1.3m測量。

M：當樹幹明顯彎折，則從樹基開始順著樹幹形狀測量長度，長度1.3m處為測量點。

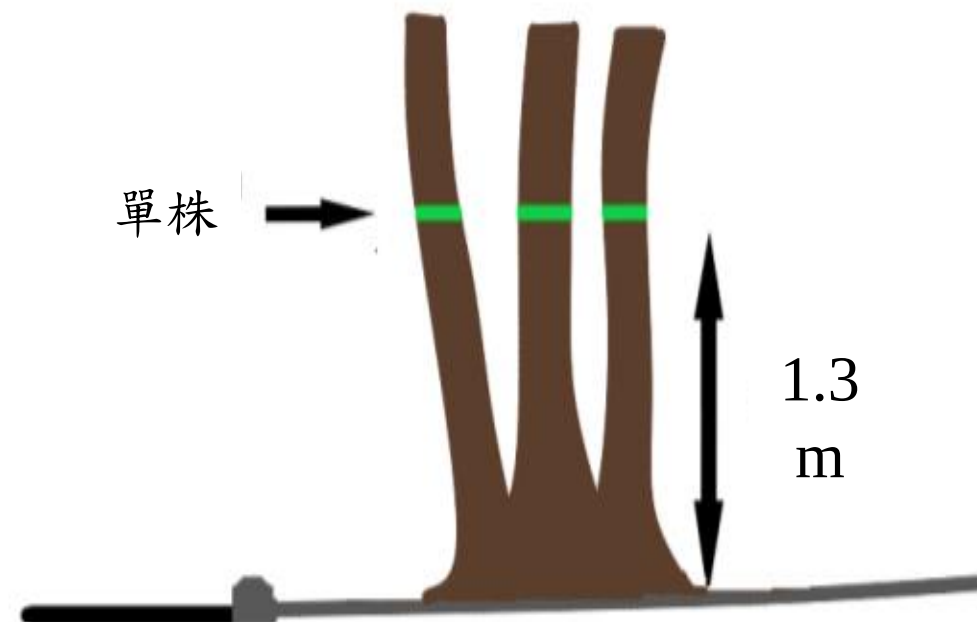
※ 如果不是在1.3公尺處測量，務必於備註寫上「測量點上移/下移XX公分」



叢生多株的測量方式

1.3 m 以下分叉或叢生多株的統計方式依目的有所不同，在林業上常用的測計方式為記錄成數株林木，如左圖計算分叉木或叢生多株的狀態，其將每個單株分別測定後，先將各DBH值平方相加後，再開平方根。計算公式如下：

$$DBH = \sqrt{(DBH_1^2 + DBH_2^2 + DBH_3^2)}$$



量測注意事項：

- (1) 在量測時須先清除測量位置上的障礙物及附生植物。
- (2) 須使尺所圍成的平面與樹幹垂直，並確保尺無翻轉，以確保量出的數值是直徑，維持準確性。
- (3) 直徑捲尺一面是正常的公分，另一面是直徑刻度（此面通常會標註「直徑」或「Diameter」）。記錄數值時，須記錄正確的那面。



常見測量問題

- Q1. 我沒有直徑捲尺，可以用一般捲尺測量嗎？
- A1. 可以。記得將測量出的周長除以 π ，轉換為直徑即可。
- Q2. 如果樹木很大棵，捲尺不夠長，怎麼辦？
- A2. 可分段測量，再將各段數值相加。不論一般捲尺或直徑捲尺皆可分段測量再相加。

測量方法 - 樹高 直接測量

- 測高桿是最直觀的測量工具，全長為12m或15m，由頂端一節逐步往上拉伸，另一人站在遠處觀看，當測桿與樹同高，讀取桿上數值即得樹高
- 缺點：貴重、有時長度不足
- 樹高測量教學影片：
- <https://youtu.be/rmSR94iZzZM>

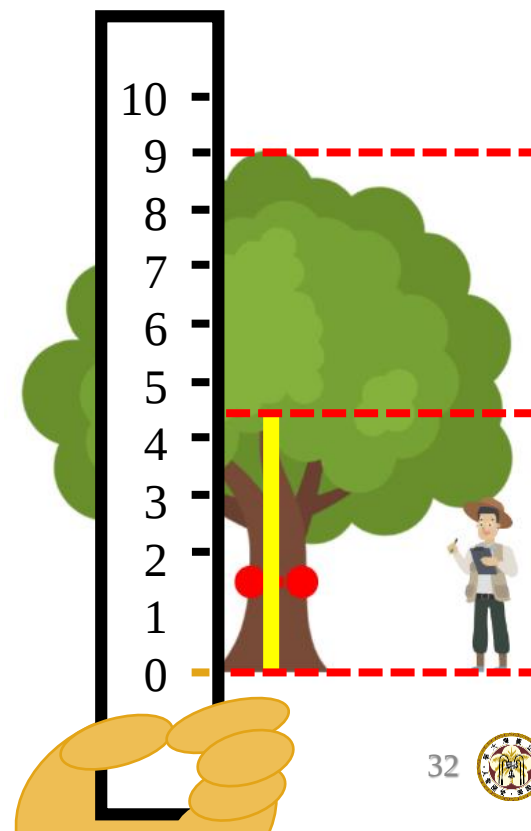
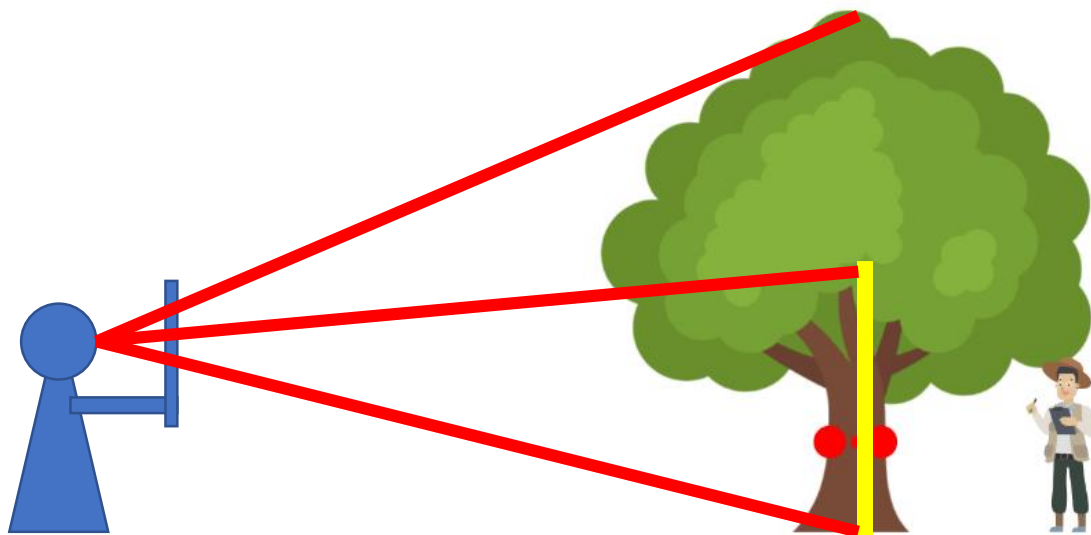


測高桿使用注意事項

- 1. 拉完一節才能拉下一節，否則會影響測量結果。
- 2. 注意測高桿伸上去時，各節有無滑落。若有滑落則會影響測量結果。
- 3. 移動時，須將測高桿完整收回來再移動。否則易造成測高桿損壞。
- 4. 收的時候建議戴手套，小心夾到手。
- 5. 測高桿伸上去時，可能碰到枯枝，須小心枯枝掉落。

常見測量問題

- 如果樹超過測高桿的長度怎麼辦？
- 量一半，再將數據乘以二。可將尺或記錄版舉在眼前，做為參考物來判定測高桿是否在一半的位置。



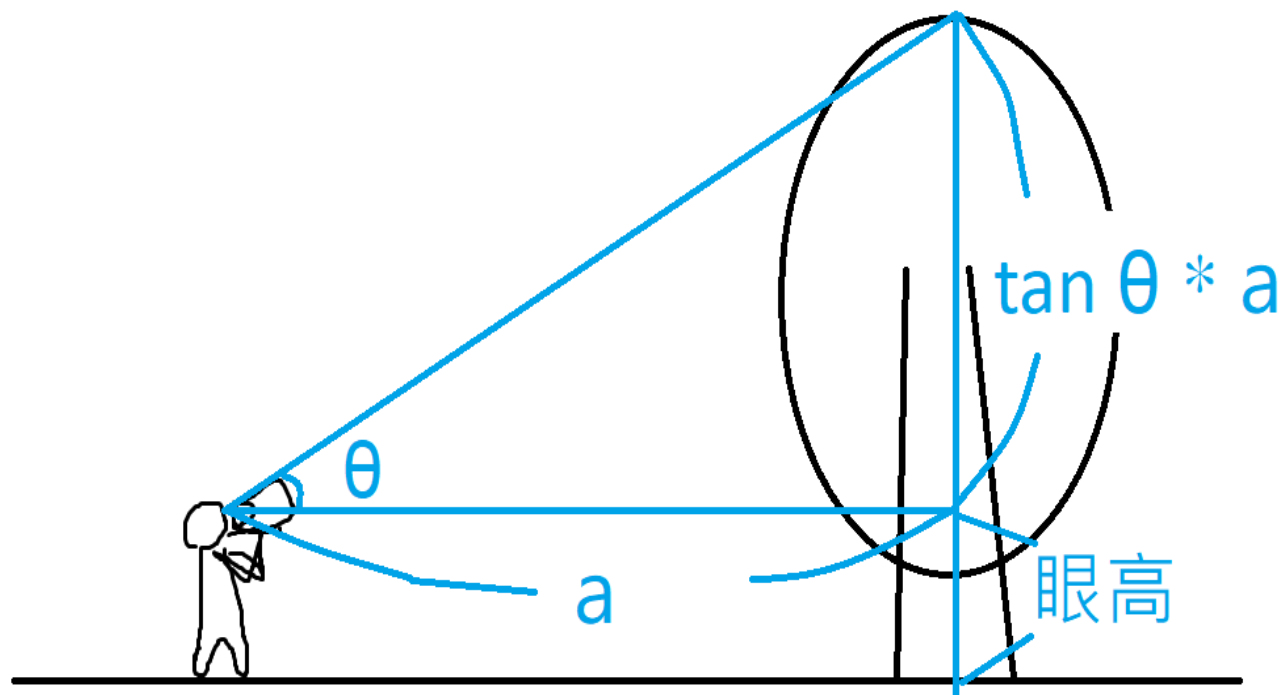
測量方法 - 樹高 三角法

測量：

我們和樹的距離（ a ）、
樹頂的仰角（ θ ），
還有自己的眼睛高度，
就能算出樹高

$$\text{樹高} = \tan\theta * a + \text{眼高}$$

※ 距離可以利用皮尺直接測量



註：僅能於平地使用，若測量者與樹不在同一平面，
建議測量樹頂仰角及樹基俯角（參考下頁投影片）

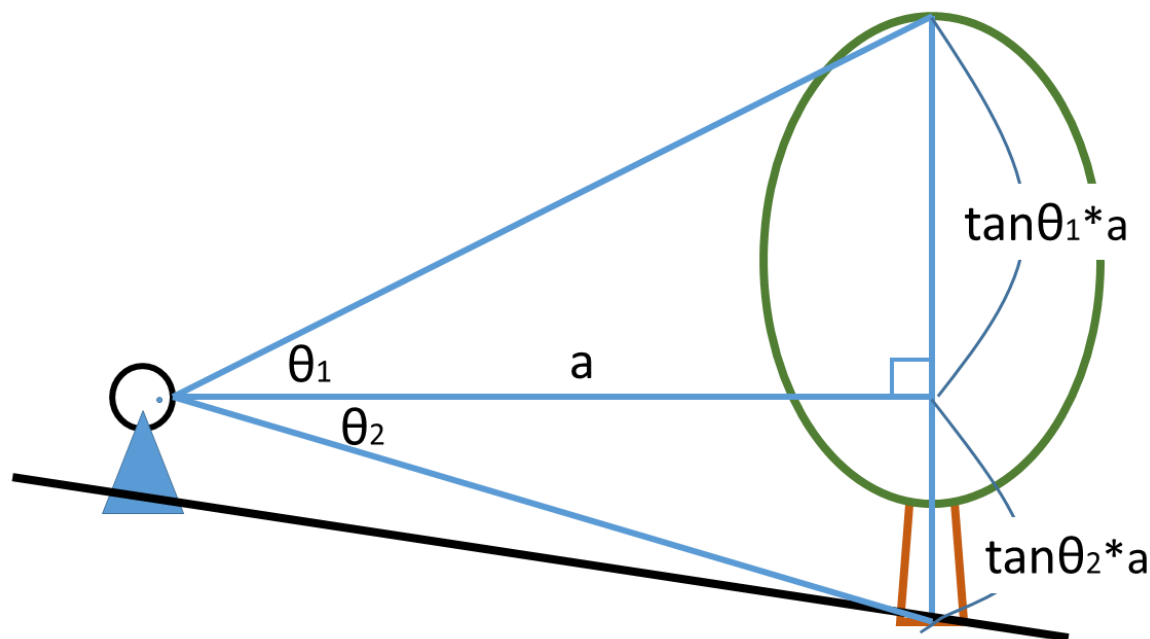
測量方法 - 樹高 三角法

測量：

我們和樹的距離（ a ）、
樹頂的仰角（ θ_1 ）、
樹幹基部俯角（ θ_2 ），
就能算出樹高

$$\text{樹高} = (\tan\theta_1 + \tan\theta_2) * a$$

※ 距離可以利用皮尺直接測量

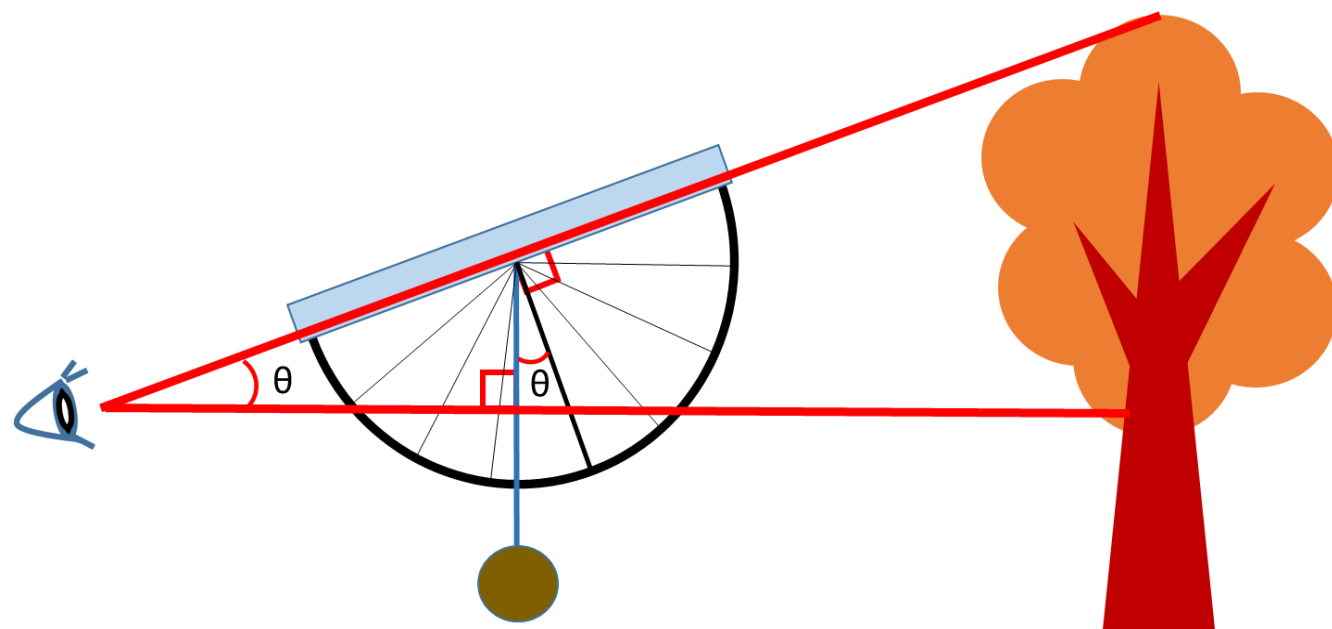


註：若測量者與樹不在同一平面，建議使用此法

測量方法 - 樹高 三角法

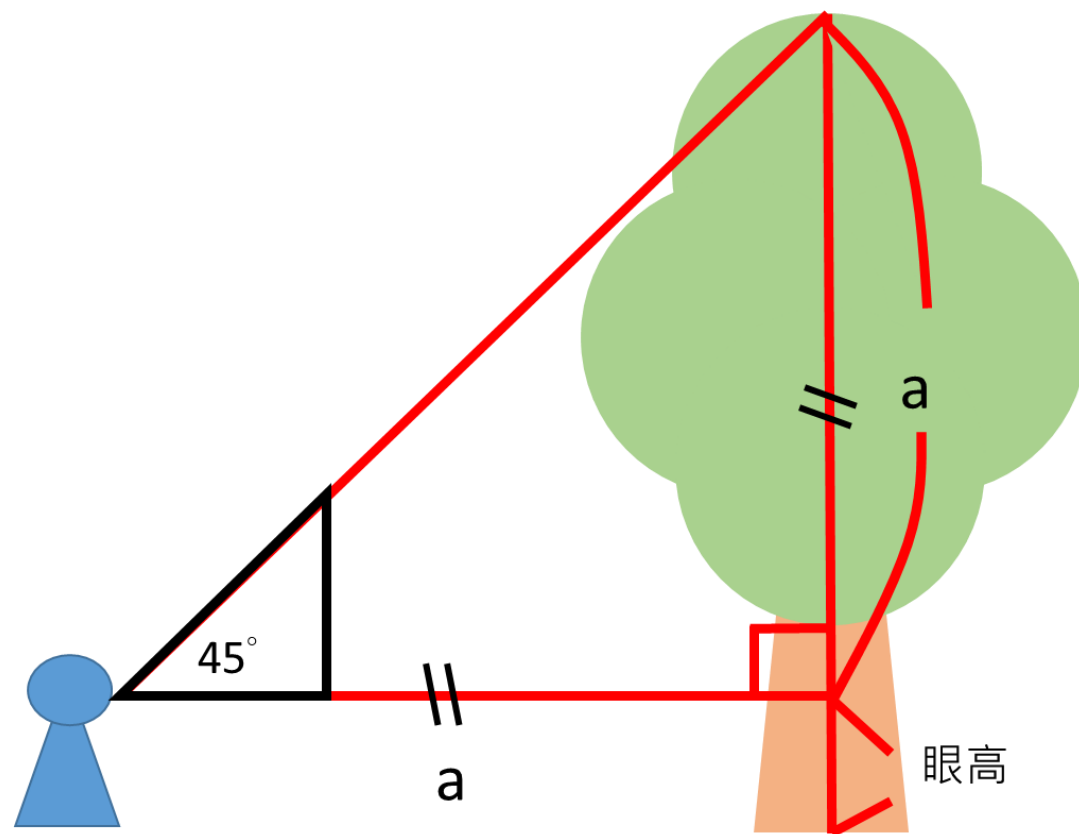
利用身邊的素材自製仰角測量儀器

- 製做方法：在量角器中心黏上繩子，在繩子末端綁上重錘，並在平邊上黏貼吸管。
- 使用方法：透過量角器平邊的吸管中間，看向欲測量處（樹頂或樹底），讓重錘自然下垂。再用手指按住繩子，讀取量角器讀數，此讀數即為該測量處的仰角或俯角（ θ ）。



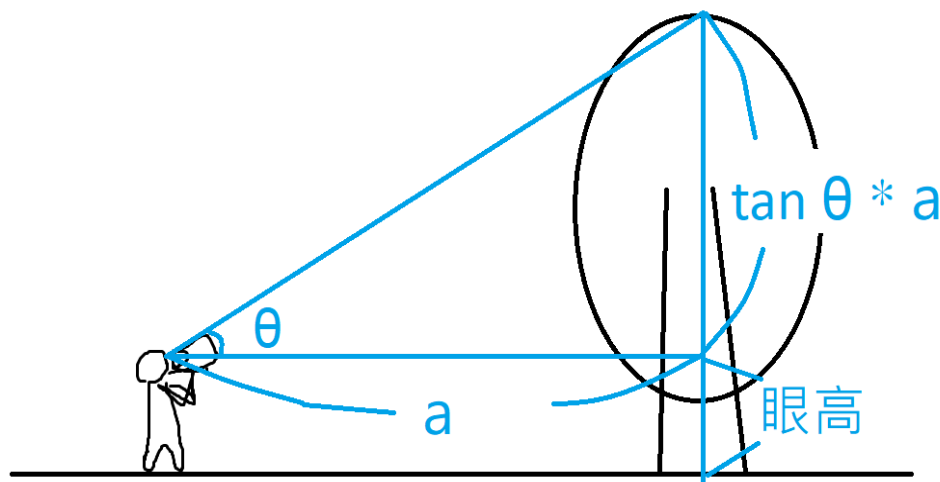
測量方法 - 樹高 三角法

- 利用等腰直角三角板測量樹高
- 手持等腰直角三角板放在眼前，斜邊朝上，並使底邊保持水平。
- 向後退至斜邊剛好看到樹頂的位置（可在斜邊黏貼吸管作為輔助，從吸管觀察樹頂）
- 測量自己與樹的距離 a 。
- 將與樹距離 a 加上自己眼睛高度，即可得到樹高。



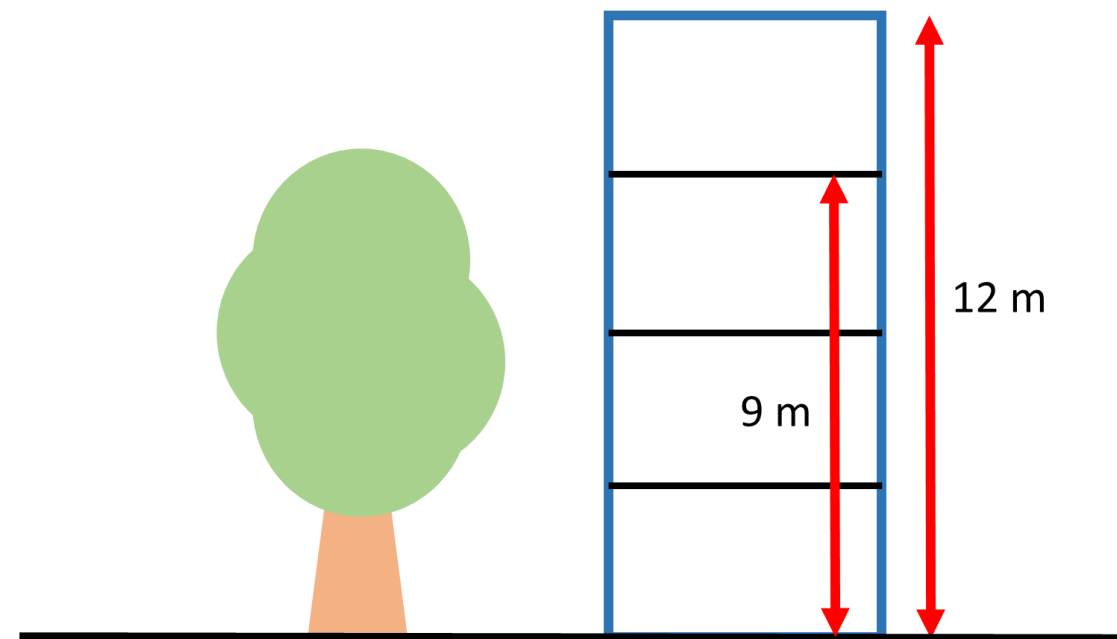
常見測量問題

- Q：我怎麼知道樹頂在哪？我怎麼知道我的儀器有沒有真的對到樹頂？
- A：走遠一點看，建議看的距離約等於樹高。



測量方法 樹高 樓高法

- 先測量樹木旁建築物各樓層高度，用以進行樹高估算。
- 注意事項：
- 觀測者與樹木和建築物參考點的距離需相同，才能進行估算，否則易造成誤差。



FOREST INVENTORY AND ANALYSIS
NATIONAL CORE FIELD GUIDE

VOLUME I: FIELD DATA COLLECTION PROCEDURES FOR PHASE 2 PLOTS

Version 4.0



- 品質保證(Quality Assurance, QA)

- 確保產生品質資料的整體管理活動系統。

- 品質控制(Quality Control, QC)

- 用於控制資料獲取過程的操作技術和活動。

- 品質評估和評價(Quality Assessment and Evaluation)

- 應用統計工具，確定與資料相關的不確定性最小化，資料具有足夠的品質以支援計畫決定。

- 量測品質目標 (Measurement Quality Objectives , MQO)

- 精確的量測品質目標 (MQO) 旨在為每個現場量測項目，提供一個檢視調查品質的機會，來確保每次野外量測努力達成的品質目標

- 這些資料品質目標是根據對林業和森林生態測量過程的瞭解，以及FIA計畫要求而制定。

- 容許誤差(Tolerance)及MQO做為調查成果檢核的標準

- 容許誤差係指調查時可以容許的誤差值，但有些項目是不容許有誤差的，例如樣區號碼及調查日期等是不容許誤差的。

- 例如：DBH調查時，一般情況是每20英吋範圍內容許+/- 0.1英吋的誤差。

- MQO則是指有多少比例的檢核結果應符合容許誤差範圍內，例如95%或99%

- 是由容許誤差(Tolerance)及MQO兩者構成QA的評估架構。

- 採用量測品質目標（Measurement Quality Objectives, MQO）概念，訂定不同量測項目符合容許誤差比例，做為是否符合調查品質的驗收標準。
- 若設定DBH測定容許誤差為1公分，並訂驗收標準為95%時，若稽核100株樹，發現6株樹DBH誤差超過的容許誤差(0.6公分)時，代表誤差比例6%，量測品質比例為94%，於驗收標準：95%，表示調查品質未達驗收標準不符合期待，應視為驗收不通過，應採取適當措施加以補救。一般建議調查項目訂定容許誤差及驗收標準如下：

胸徑調查

容許誤差：量測容許誤差 ± 0.6 公分。

驗收標準：低於容許誤差株數比例為95%。

樹高調查

容許誤差：量測容許誤差 ± 1 公尺。

驗收標準：低於容許誤差株數比例為95%。

研究報告

樹木胸徑調查品質評估

邱祈榮¹⁾ 黃紀晴^{2,3)}

摘要

樹木具有多樣的生態系服務，在氣候變遷衝擊加劇以及社會對自然為本解方關注度的提升下，森林及都市林的經營管理更顯重要。然而，現地樹木調查經常受人為誤差影響，且目前臺灣缺乏對於人員調查品質與資料的檢核標準，因此需要一套管理機制進行品質控制與保證，並發展輔助工具提升量測精度。本研究設計一試驗評估調查人員量測品質表現，以盒鬚圖法篩選的離群值數量為評量依據，評估自製輔助工具—定位桿—對於胸徑量測精度的影響。同時，考量樹型、徑級兩變因進行資料分析，並提出建議設定的容許誤差範圍。研究結果顯示，離群值篩選機制可快速評估調查品質良窳，當設定MQO 90%為合格標準，本次試驗約有80%調查人員達成。以標準差與變異係數檢視胸徑量測精度，結果顯示使用定位桿有助於提升整體量測表現，而其對S型樹木可有最大提升。最後，根據實驗結果提出容許誤差設定的兩標準：一參考盒鬚圖內籬，設定中位數 ± 0.68 cm為容許誤差；二參考標準差，設定平均胸徑 ± 0.56 cm為容許誤差，作為臺灣樹木胸徑調查品質標準之參考，並使樹木調查指引與規範更加完整。

關鍵詞：樹木調查、品質控制與品質保證、胸高直徑、容許誤差。

邱祈榮、黃紀晴。2023。樹木胸徑調查品質評估。台灣林業科學38(4):303-19。

樹木調查檢核方式

1. 訂定容許誤差值：如胸徑0.6公分
2. 訂定量測品質目標：如90%
3. 多人量測多樹：例如30個人量測30棵樹
4. 計算每棵樹量測的平均數
5. 比對每個人相較於每棵樹的量測誤差值
6. 統計量測誤差小於容許誤差的株數與總株數比例，為量測合格比例
7. 若量測合格比例高於量測品質目標(90%)則屬合格，反之則為不合格

案例說明

1. 胸徑容許誤差0.6公分
2. 30個人量測30棵樹
3. 甲比對每木量測值與每木平均值誤差值，發現有4棵樹大於容許誤差
4. 量測合格比例 $26/30 = 86.7\% < 90\%$ 為不合格

合格證書特點

- 完整20個小時講習課程
- 嚴格調查實務考核機制
 - 每人量測30株樹
 - 過半補考比率
- 國內第一張樹木調查能力合格證書
- 政府、非營利組織與學術單位共同核發
- 參與後續公民科學樹木調查

合格證書

XXX 君 參與大安森林公園 2023 年「以樹之名」氣候行動研習營全程參訓，完成愛樹三部曲、樹木調查實務、樹木碳匯估算與應用共計 20 小時課程，並經實地檢測胸高直徑與樹高調查能力通過，具備樹木碳匯估算知能。

主辦單位：臺北市府工務局公園路燈工程管理處

財團法人大安森林公園之友基金會

國立台灣大學生物多樣性研究中心



臺北市府工務局公園路燈工程管理處



大安森林公園之友基金會
FRIENDS OF DAAN FOREST PARK FOUNDATION



中華民國 112 年 7 月 15 日



圖片來源：武功國小FB



校園溫室氣體盤查實務觀摩交流
武功國小
校園樹木碳匯估算



日期：2022/06/09

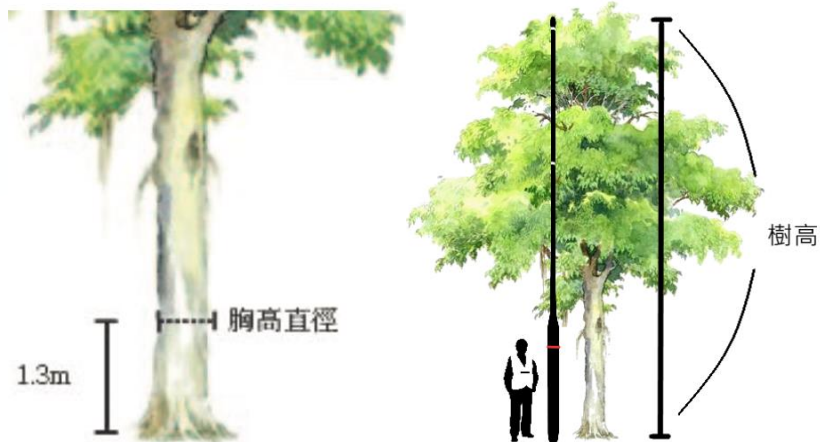
調查項目：胸高直徑、樹高

工具：直徑捲尺、測高桿

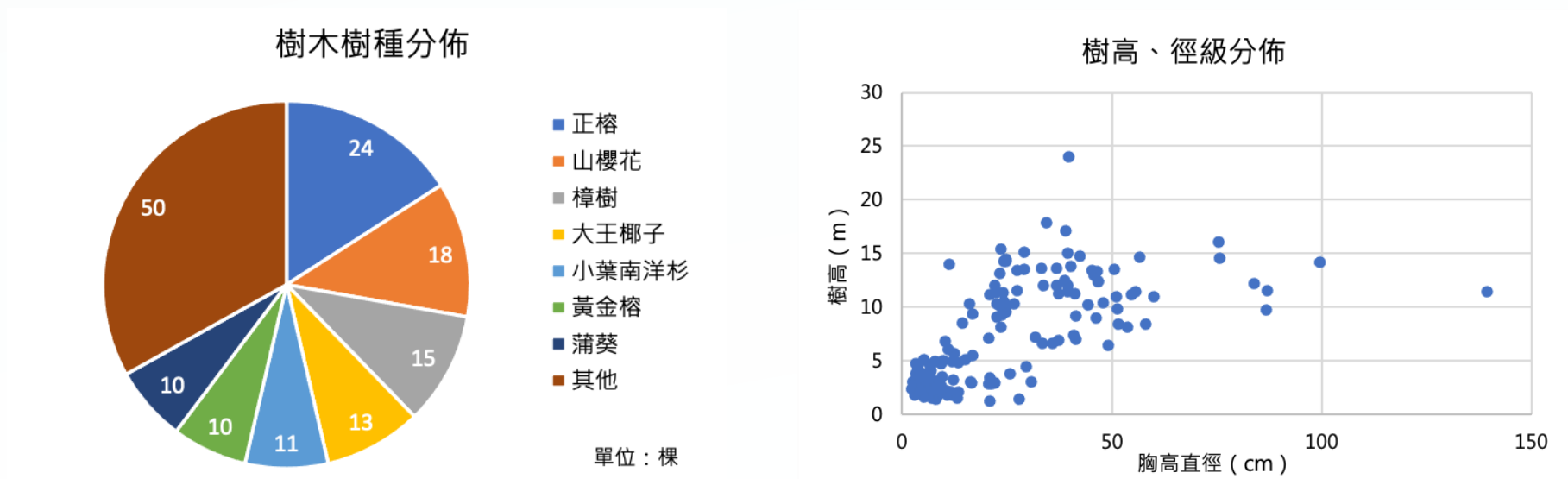
樹木總計：對照教育部校園樹木資訊平台資料，共調查151棵樹木、32個樹種。



武功國小樹木地圖



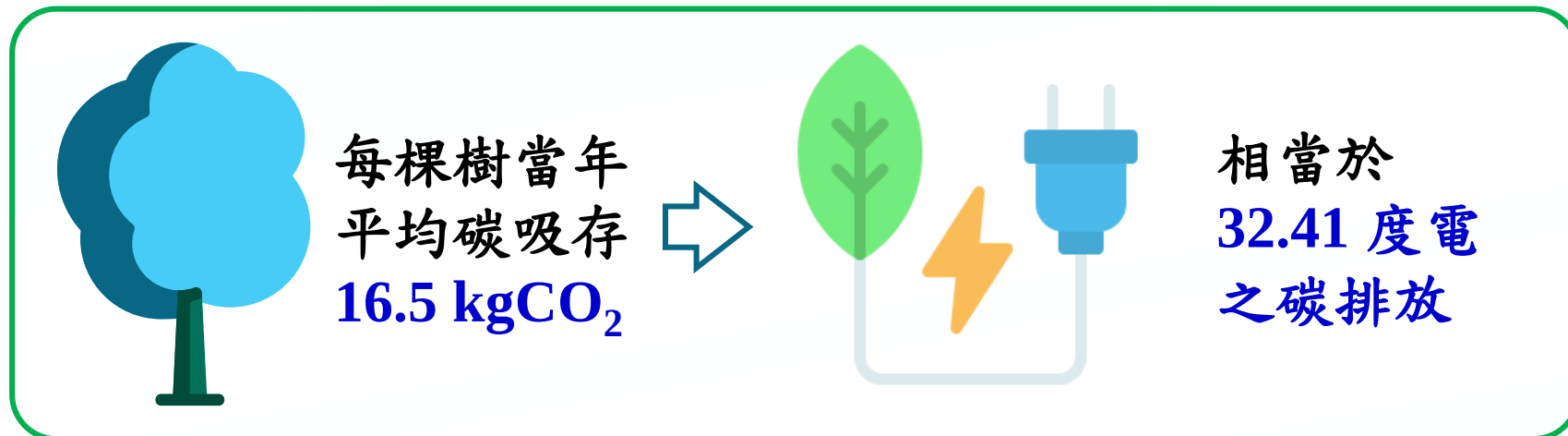
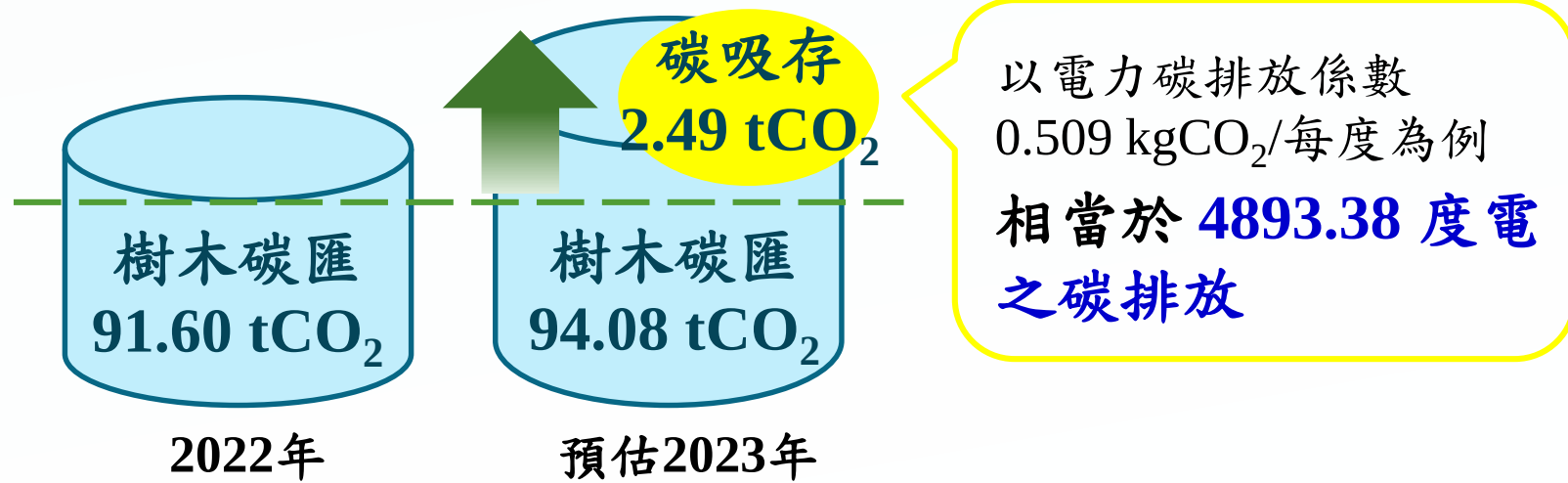
調查結果



針對移植、移除樹木，完成資料更新。

武功校園樹木平均胸高直徑為25.4 cm、平均樹高為7.5 m，小型灌木如黃金榕樹高較低，而部分山櫻花胸徑細小。

武功國小校園樹木預估年碳吸存量



臺北市文山區武功國民小學

溫室氣體報告書 2022 年版

日期/版次	製作者 (輔導單位)	執行秘書 (總務主任)	管理代表 (校長)
111.10.28/1.0	財團法人台灣產業 服務基金會	待鳳生	邱雅新

目 錄

第一章、學校簡介與政策聲明	1
1.1 前言.....	1
1.2 預期用途.....	1
1.3 臺北市文山區武功國民小學簡介.....	1
1.4 臺北市文山區武功國民小學盤查管理聲明.....	3
第二章、盤查邊界設定	4
2.1 溫室氣體盤查推動組織及架構.....	4
2.2 組織邊界設定.....	4
2.3 營運邊界.....	5
2.4 簡易量化門檻.....	5
第三章、報告溫室氣體排放量.....	7
3.1 溫室氣體排放類型與排放量說明.....	7
3.2 直接溫室氣體排放(範疇一排放).....	7
3.3 能源間接溫室氣體排放(範疇二排放).....	8
3.4 其他間接溫室氣體排放(範疇三排放).....	8
3.5 溫室氣體總排放量.....	9
3.6 控管措施.....	9
第四章 數據品質管理.....	14
4.1 量化方法.....	14
4.2 量化方法變更說明.....	23
4.3 排放係數變更說明.....	23
4.4 有效位數.....	23
4.5 重大排放源之資訊流.....	23
4.6 不確定性之定性評估	23
4.7 不確定性之定量評估.....	24
第五章 報告書管理.....	27
5.1 報告書之製作依據	27
5.2 報告書涵蓋期間與責任.....	27
5.3 報告書製作目的.....	27
5.4 報告書管理.....	27
5.5 報告書撰寫、保管與維護者資訊	28
第六章 參考文獻.....	29
附件	

校園樹木年碳吸存量與碳排放盤查關係

校園樹木碳吸存約為學校碳排放1.314%

武功國小溫室氣體盤查案例 189.500tCO₂e

範疇1

緊急發電機
(柴油/汽油)



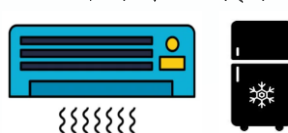
割草機(汽油)



瓦斯爐(LPG)



空調/冷凍設備(冷媒)



類別 1：直接GHG排放與移除 11.8963tCO₂e

範疇2

外購電力(國小)



外購電力(公托班)



外購電力(幼稚園)



類別2：輸入能源之間接GHG排放 124.0311tCO₂e

範疇3

員工通



畢業旅行/校外教學



購買食材



購買課本



購買水



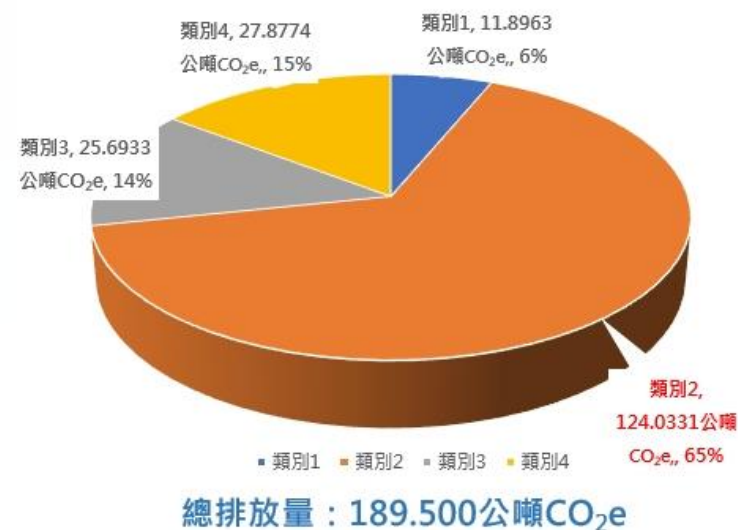
生活垃圾



類別3：運輸造成之間接GHG排放 類別4：組織使用產品造成之間接GHG排放

53.5707tCO₂e

武功國小溫室氣體盤查結果



北市淨零排放自治條例三讀通過 全國首部淨零立法 攜手市民共邁淨零社會

- 臺北市議會2022年6月日三讀通過**臺北市淨零排放管理自治條例**，成為**全國首部2050淨零排放地方法規**，臺北市環保局表達十二萬分敬意與感謝，並說明2050淨零排放已是臺北市民共識，本自治條例後續將函報中央，俟行政院核定後公布，並於公布後6個月施行，環保局及市府各局處將落實自治條例各項規定，全力推動城市淨零轉型，與全球同步邁向零碳未來。
- 環保局表示，本自治條例除成立「**氣候變遷因應推動會**」統籌督導全市氣候調適與節能減碳工作、設置「**氣候轉型基金**」獎補助、鼓勵各項節能減碳、增加碳匯、氣候調適、公正轉型工作外，並以「**除碳**」、「**創綠**」、「**節電**」、「**綠運**」、「**減廢**」、「**增匯**」、「**調適**」及「**永續**」做為自治條例的**八大核心項目**，全面啟動氣候調適及淨零排放工作。

臺北市淨零排放管理自治條例 八大核心

除碳 消除溫室氣體排放

淨零排放目標(§7)、建立碳預算制度(§8)
要求大型開發案排碳增量抵換(§10)
排碳大戶排碳減量(§13)、推廣低碳旅遊(§44)
鼓勵低碳認證、評比(§46)

創綠 增加綠能零碳電力

謀以用電大戶設置再生能源義務(§11)
規劃焚化廠轉型為綠能循環園區(§37)
引進、推廣氫能(§42)

節電 減少非必要耗電

要求公有與新建建築揭露能耗(§12)
新設指示燈與廣告照明使用節能燈具(§14)
市府機關學校每年節電、節水、節油及減紙至少1%(§47)

綠運 推廣綠運輸與電動運具

2030年市區公車全面電動化(§15)、公務車全面電動化(§16)
計程車及物流業運具電動化(§17)、營造友善電動車環境(§18)
劃設低碳交通區(§19)

減廢 減少廢棄物產生

旅館業一次性用品減量(§20)、餐飲業一次性餐具減量(§21)
普及循環容器系統(§22)、網購平台包裝減量(§23)
塑膠包材循環(§24)、事業廢棄物減量(§37)、鼓勵使用再生水(§43)

增匯 增加樹木碳匯

公園綠地與森林資源碳匯管理(§2)、訂定碳匯經營增量辦法、保育濕地(§27)、監測都市樹木與森林健康狀態及碳吸存變化(§28)

調適 提升抗災復原能力

加強建構調適能力(§25)、研訂氣候調適執行方案(§26)
推動淨零都市計畫及TOD(§29、31)、評估改善積淹水風險潛勢熱區(§35)、建置保水、滯洪及貯留措施(§32)
定期檢討維生基礎設施(§33)、推動海綿城市措施(§34)

永續 推動自然保育永續發展

保育自然棲地及生物多樣性(§36)、推廣綠美化造林(§38)、企業公開氣候相關資訊與辦理教育訓練(§39)、訂定低碳永續採購規範(§41)、推動氣候變遷環境教育(§45)

臺北市
淨零排放管理
自治條例

- ❑ **除碳**：消除溫室氣體排放，包括設定2030年減碳40%，2040年減碳65%，2050年淨零排放目標(§7)、建立碳預算制度(§8)、要求大型開發案排碳增量抵換(§10)、排碳大戶排碳減量(§13)、推廣低碳旅遊(§44)、鼓勵低碳認證(§46)等。
- ❑ **創綠**：增加綠能零碳電力，包括課以用電大戶設置再生能源義務(§11)、規劃焚化廠轉型為綠能循環園區(§37)、引進、推廣氫能(§42)等。
- ❑ **節電**：減少非必要耗電，包括要求公有與新建築揭露能耗及符合能耗標準(§12)、新設指示燈與廣告照明使用節能燈具，推廣減用裝飾燈(§14)、市府機關學校每年節電、節水、節油及減紙至少1%(§47)等。
- ❑ **綠運**：推廣綠運輸與電動運具，包括電動公車優先路權，2030年市區公車全面電動化(§15)、市府示範一般公務燃油機車2023年前全面電動化、一般公務燃油車輛2030年電動化(§16)、輔導計程車及物流業運具電動化(§17)、擴增電動車充(換)電設施，營造友善電動車環境(§18)、劃設低碳交通區，管制高排碳車輛規定時間內不得進入(§19)等。

- ❑ **減廢**：減少廢棄物產生，包括旅館業一次性用品減量(§20)、餐飲業一次性餐具減量(§21)、普及循環容器系統(§22)、網購平台包裝減量(§23)、塑膠包材循環(§24)、事業廢棄物減量(§37)、鼓勵使用再生水(§43)等。
- ❑ **增匯**：增加樹木碳匯，包括**校園樹木碳匯量化、課桌椅汰為固碳材料**、加強行道樹、公園綠地與森林資源碳匯管理(§2)、訂定碳匯經營增量辦法，保育濕地(§27)、監測都市樹木與森林健康狀態及碳吸存變化(§28)等。
- ❑ **調適**：提升抗災復原能力，包括加強建構調適能力(§25)、研訂氣候調適執行方案(§26)、推動淨零都市計畫及TOD(§29、31)、評估改善積淹水風險潛勢熱區(§35)、建置維護保水、減洪及防洪等滯洪、貯留措施(§32)、定期檢討維生基礎設施(§33)、推動海綿城市措施(§34)等。
- ❑ **永續**：推動自然保育永續發展，包括保育自然棲地及生物多樣性(§36)、推廣綠美化、造林或可食用作物栽種(§38)、企業公開氣候資訊、提送氣候風險報告及辦理員工教育訓練(§39)、訂定低碳永續採購規範(§41)、推動氣候變遷環境教育(§45)等。

臺北市淨零排放管理自治條例

中華民國111年6月22日

臺北市議會第13屆第18次臨時大會第2次會議三讀通過

- 臺北市政府工務局：推動海綿城市、田園城市、公園綠地減碳、加強森林資源管理以提高碳吸收功能、路燈照明節能、低碳公共工程(非建築類)、量化及增加樹木碳匯負排放效益、加強行道樹、公園綠地與森林資源樹木碳匯管理及提高碳吸收功能等相關事項。
- 臺北市政府教育局：推動低碳校園、校園樹木碳匯量化、校園課桌椅汰換成固碳材料、校園淨零排放環境教育、學校雨水貯蓄、校園源頭減廢及廚餘減量回收再利用等相關事項。

臺北市碳匯經營增量辦法（草案）

臺北市政府教育局（以下簡稱教育局）：推動
低碳校園、校園樹木碳匯量化、校園課桌椅汰
換成固碳材料、校園淨零排放環境教育等相關
事項。

臺北市政府公報

第138期

目 錄

公 告 及 送 達 類

工務	預告臺北市碳匯經營增量辦法(草案).....1
交通	公示送達被通知人黃0鏘等2148筆違反道路管理事件應受送達清冊.10
衛生	公示送達臺北市政府衛生局113年7月15日北市衛心字第1133046545號行 政處分書正本予賴紀康君.....65
都市 發展	公告核定實施擬訂臺北市中正區臨沂段二小段108地號等10筆(原9筆)土 地都市更新事業計畫及權利變換計畫案計畫書圖暨生效期日.....66
文化	公告登錄原臺灣瓦斯株式會社(煤氣遺構)為臺北市歷史建築.....68



～謝謝聆聽～敬請指教～

