2024/8/19中華電信

都市樹木生態及碳匯導論

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

氣候變遷 CLIMATE CHANGE

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委員
- 2012-2016環保署國家溫室氣體排放清冊審議委員
- 2019-2023環保署溫室氣體減量成效認可審議委員
- 2023-2025環境部抵換專案及自願減量專案審議委員

- 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



環境部

聘書

環部氣字第 1129113596 號

茲 敦 聘

邱祈榮 副教授

為第1屆「溫室氣體抵換專案及自願減量專案審議會」委員

(聘期自112年12月1日起至114年11月30日止)

部長 薛富盛

中華民國 112 年 12 月 1 日

環 境 部

聘 書

環部保字第1121303653號

茲 敦 聘

邱祈榮 教授

為第 1 屆「環境部環境影響評估審查委員會」委員

(聘期自112年9月1日起至114年8月31日止)

部長 薛富盛

中華民國 112 年 9 月 6 日



樹木知識

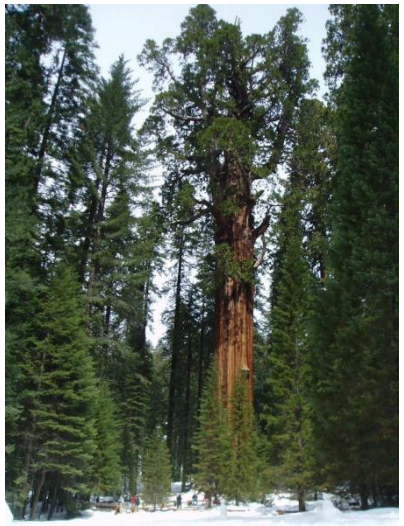
1. 基本資料
2. 形態特徵
3. 生育習性
4. 繁殖
5. 利用
6. 養護知識
7. 病蟲害
8. 生態服務





樹的名字？

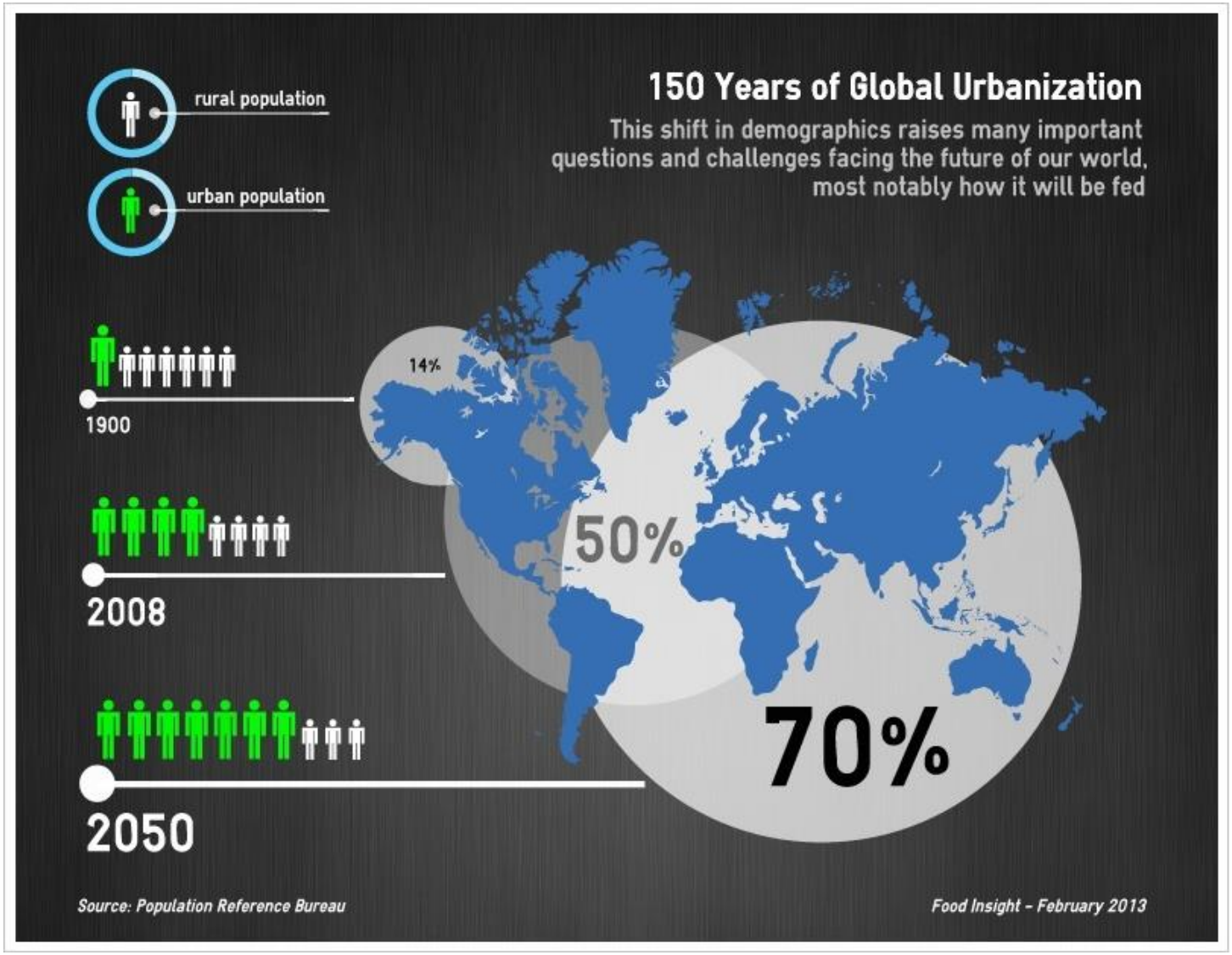
材積1,487 m^3
比重0.5
碳含量0.5
碳素量371.75噸
1噸碳素～～44/12 CO_2當量
CO_2當量1363噸



固定多少碳量？



The General Sherman Tree is the world's largest tree, measured by volume. It stands 275 feet (83 m) tall, and is over 36 feet (11 m) in diameter at the base.



http://www.foodinsight.org/blogs/9-billion-reasons-why-we-need-sustainable-agriculture



目標 11. 促使城市與人類居住具包容、安全、韌性及永續性

都市為何需要都市林?



https://www.learnatunitar.org/course/index.php?categoryid=23

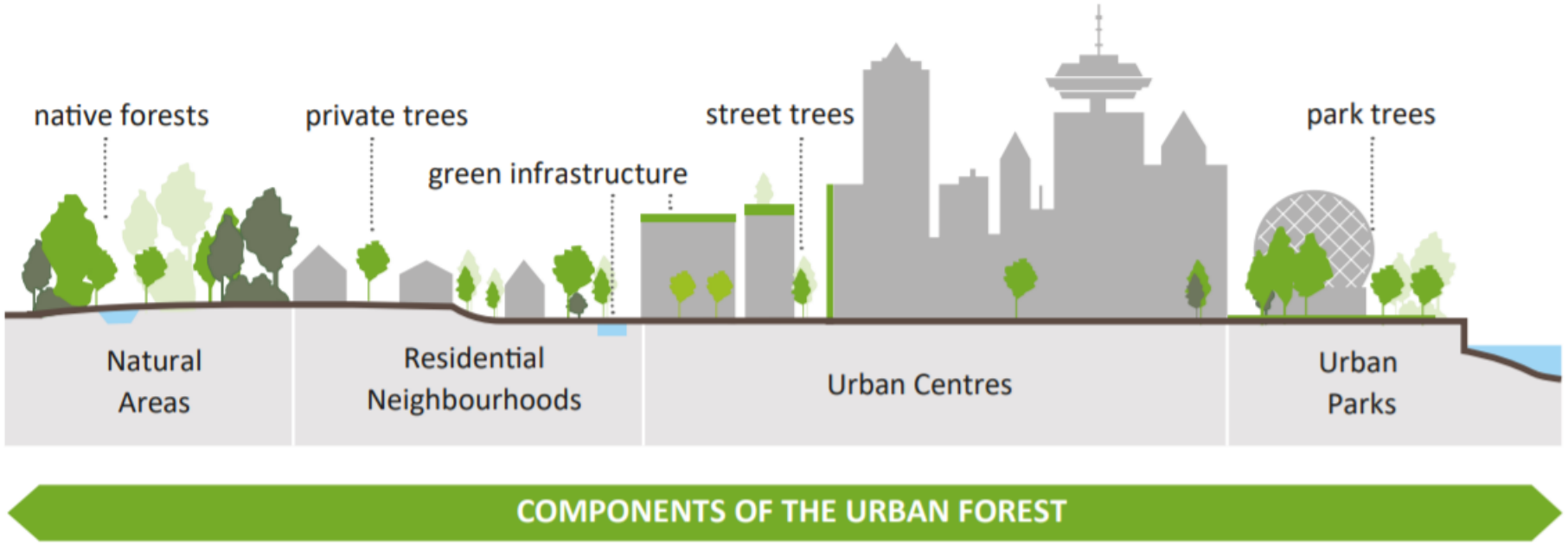


http://media.photobucket.com/image/taipei+city+/TripPix_2006/Screensavers%2520and%2520Desktops/China%2520-%252019PLUS/TaiwanTaipei-City.jpg

都市林資源與管理

	都市林		
	行道樹（單一棵樹）	樹群與小樹林（如：公園）	都市及郊區林地
功能、政策、規畫與設計			
技術性活動，包括選擇與建設			
管理			

都市林內涵



https://vancouver.ca/files/cov/urban-forest-strategy.pdf

森林定義

IPCC land cover land use class	Definition
Forest land	Land spanning more than 0.5 hectares with trees higher than 5 metres and a canopy cover of more than 10%, or trees able to reach these thresholds *in situ*
Cropland	This category is applicable to cultivatable land and cultivated land, and also to agroforestry areas which are not defined as forest land by the national definition
Grassland	This category includes pastures and grazing lands. This category includes not only natural lands but also recreation areas
Wetlands	This category includes areas which are covered by water or wet areas (such as Peat bog) which is not classified as forest land, cropland or grassland
Settlements	This category covers all developed lands (including transport infrastructure)
Other lands	This category includes bare lands, rocks and unmanaged areas which are not covered by any of the above categories

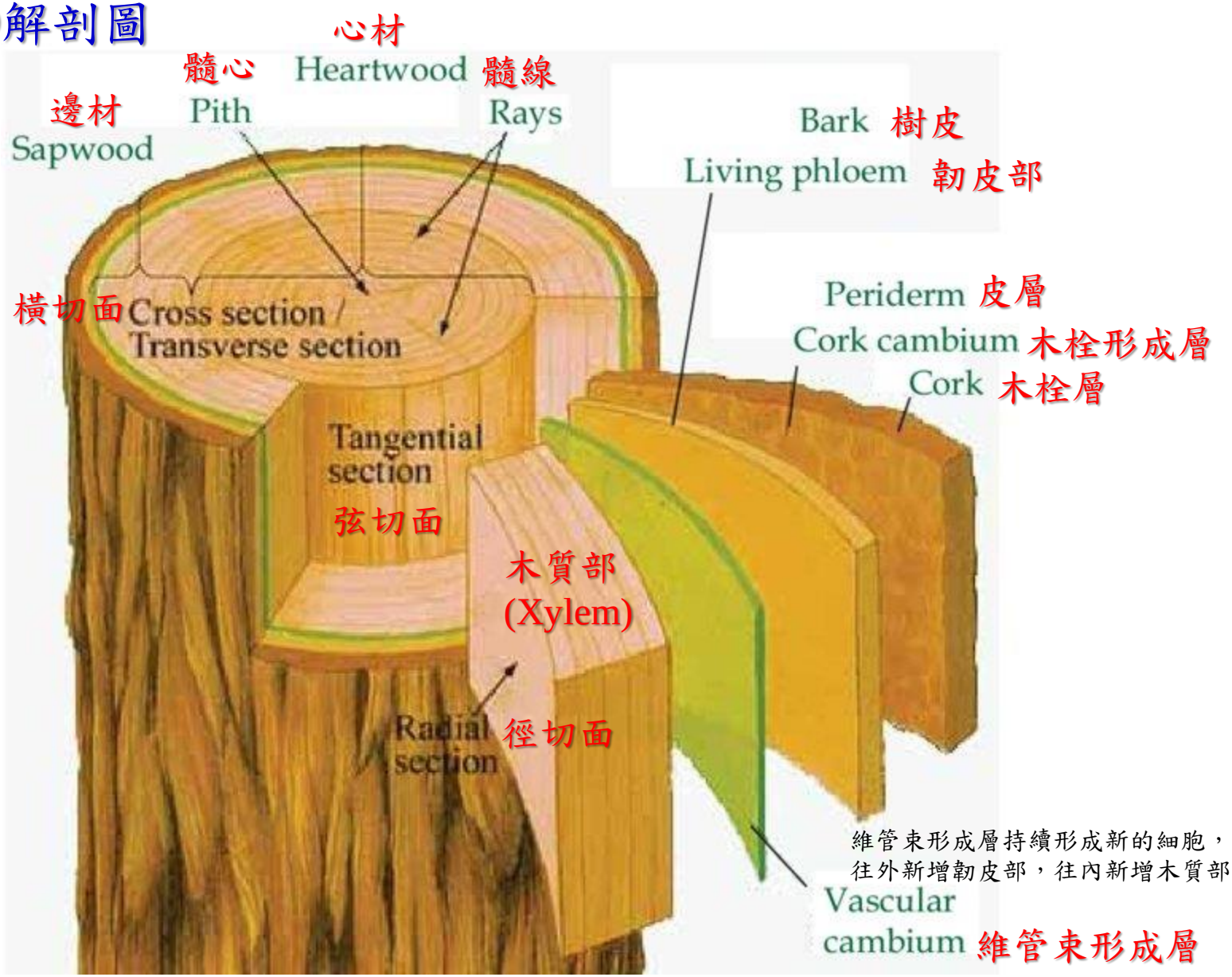
Source: Asia Air Survey Company Ltd 2012.

FAO定義

- 土地面積超過0.5公頃，樹木高於5米，樹冠覆蓋率超過10%，或能夠就地達到這些閾值的樹木。
- 它不包括主要用於農業或城市土地的土地。

https://www.fao.org/3/I8661EN/i8661en.pdf

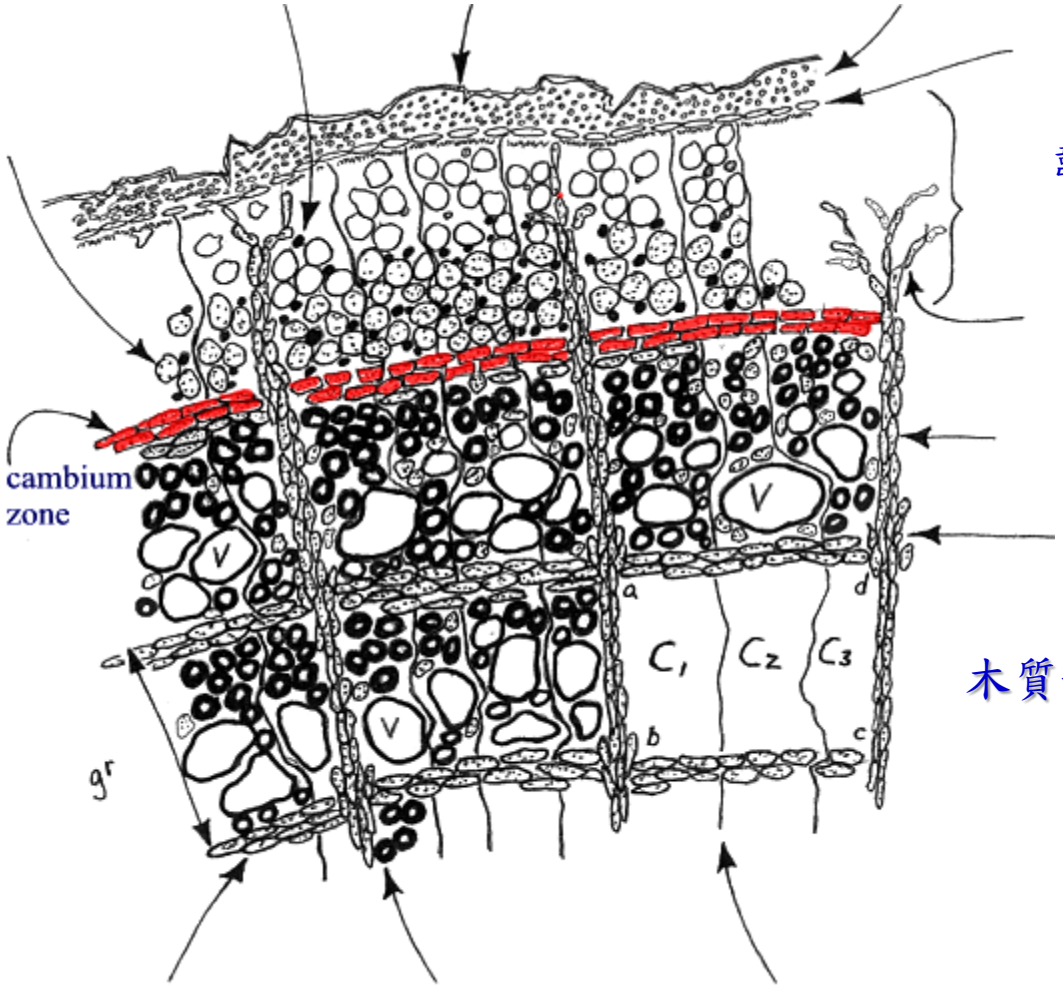
樹幹3D解剖圖



木質部是活的“邊材”，位於形成層內

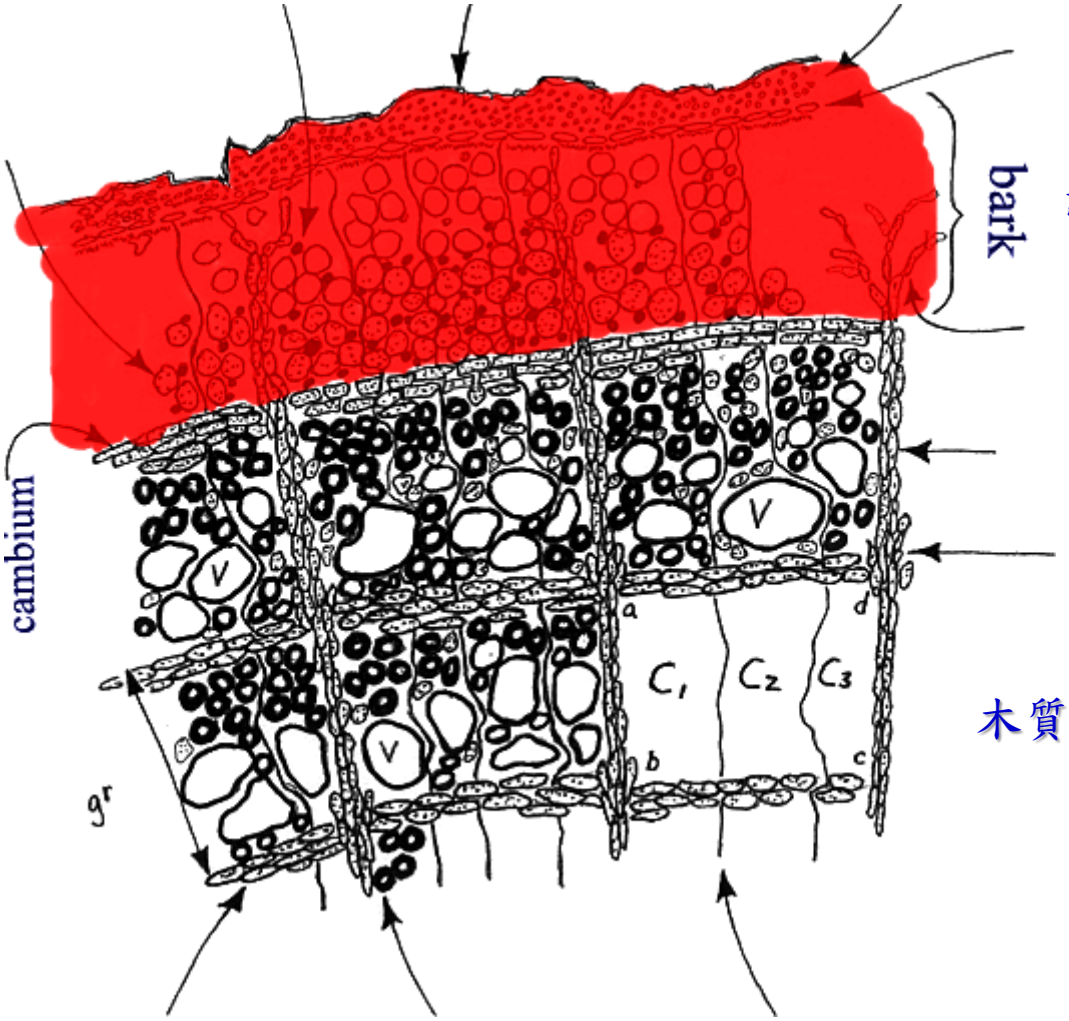
https://www.researchgate.net/publication/221915965_Wood-Polymer_Composites

形成層及其“區域”是一種細胞發生器（稱為生長分生組織的生殖組織），可產生韌皮部的內部樹皮細胞和木質部中新的活木細胞。韌皮部將糖從葉子輸送到根部。木質部是一種運輸組織，既儲存澱粉，又將水和溶解在水中的物質輸送到葉子。



https://www.treehugger.com/trunk-biology-1343512

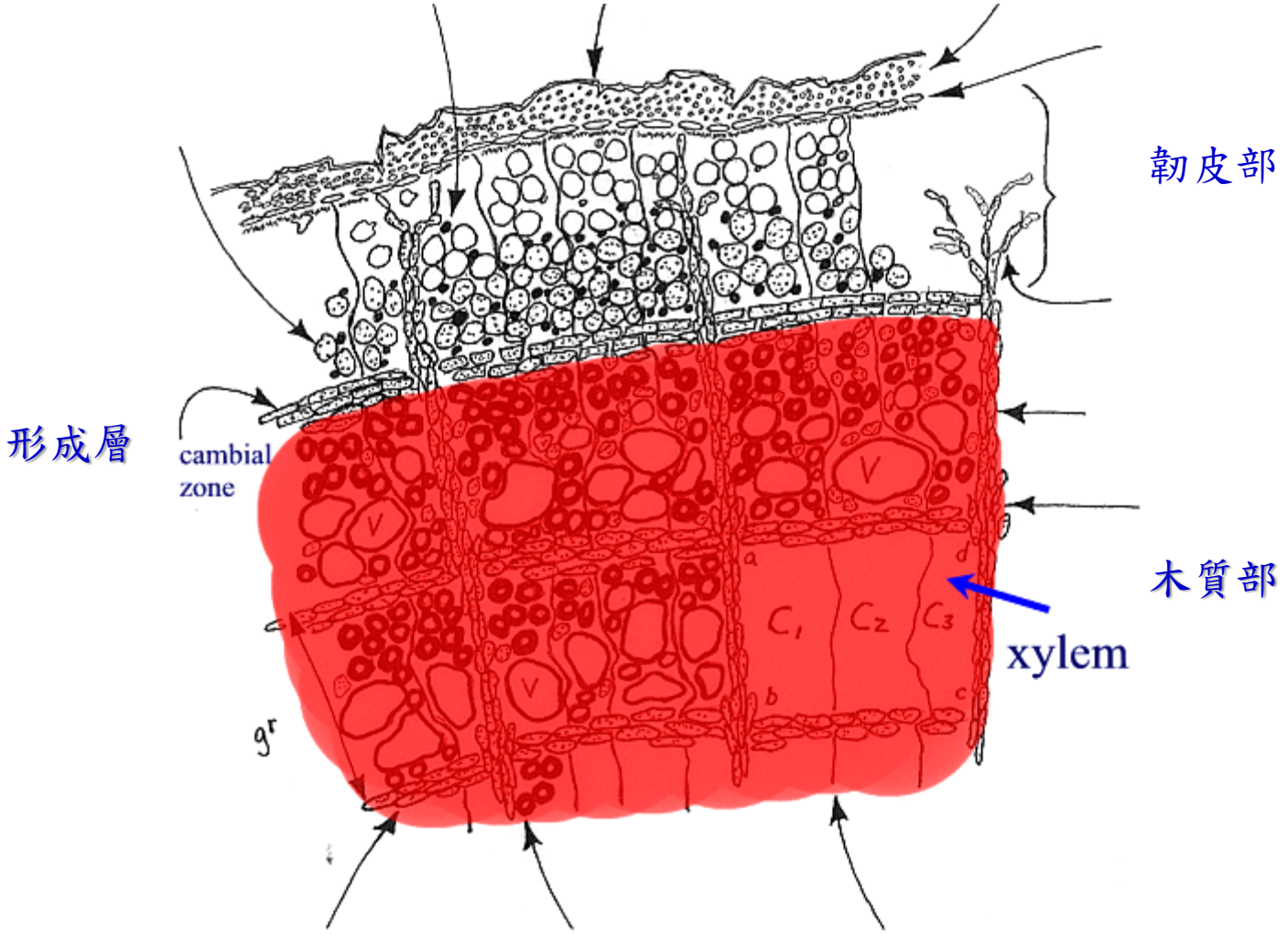
韌皮部或內部樹皮從形成層的外層發育而來，是通往根部的食物軌道。糖從葉子輸送到韌皮部的根部。當樹木健康生長並且糖分豐富時，以澱粉形式儲存的食物可以轉化回糖分並轉移到樹中需要的地方。



https://www.treehugger.com/trunk-biology-1343512

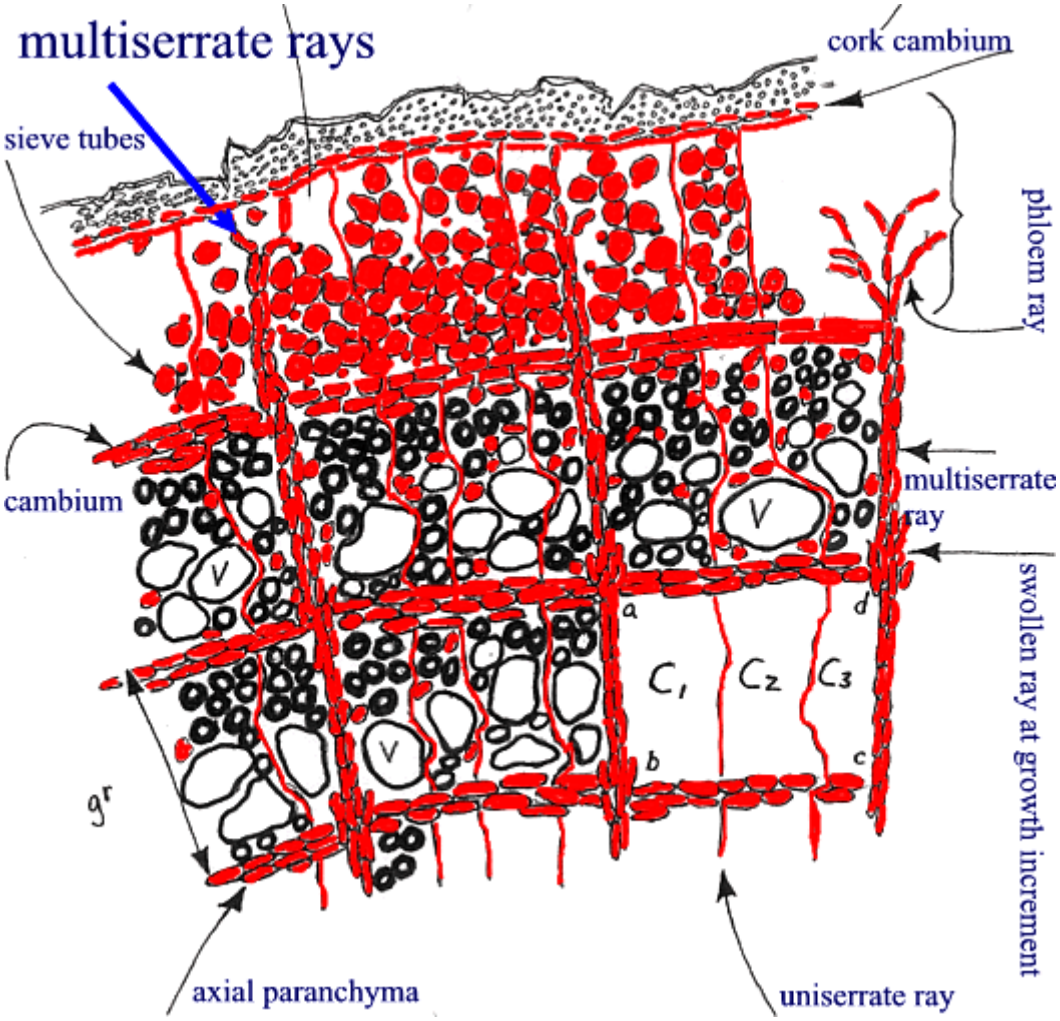
National Taiwan University
臺灣大學森林環境暨資源學系

木質部是活的“邊材”，位於形成層內。木質部的外部在共質體中傳導和儲存澱粉，並將水和溶解在水中的物質傳導到葉子。木質部的內部是儲存澱粉的非導電木材，有時被稱為心材。木質部中水分運輸的主要結構是被子植物（硬木）中的導管和裸子植物（針葉樹）中的管胞。



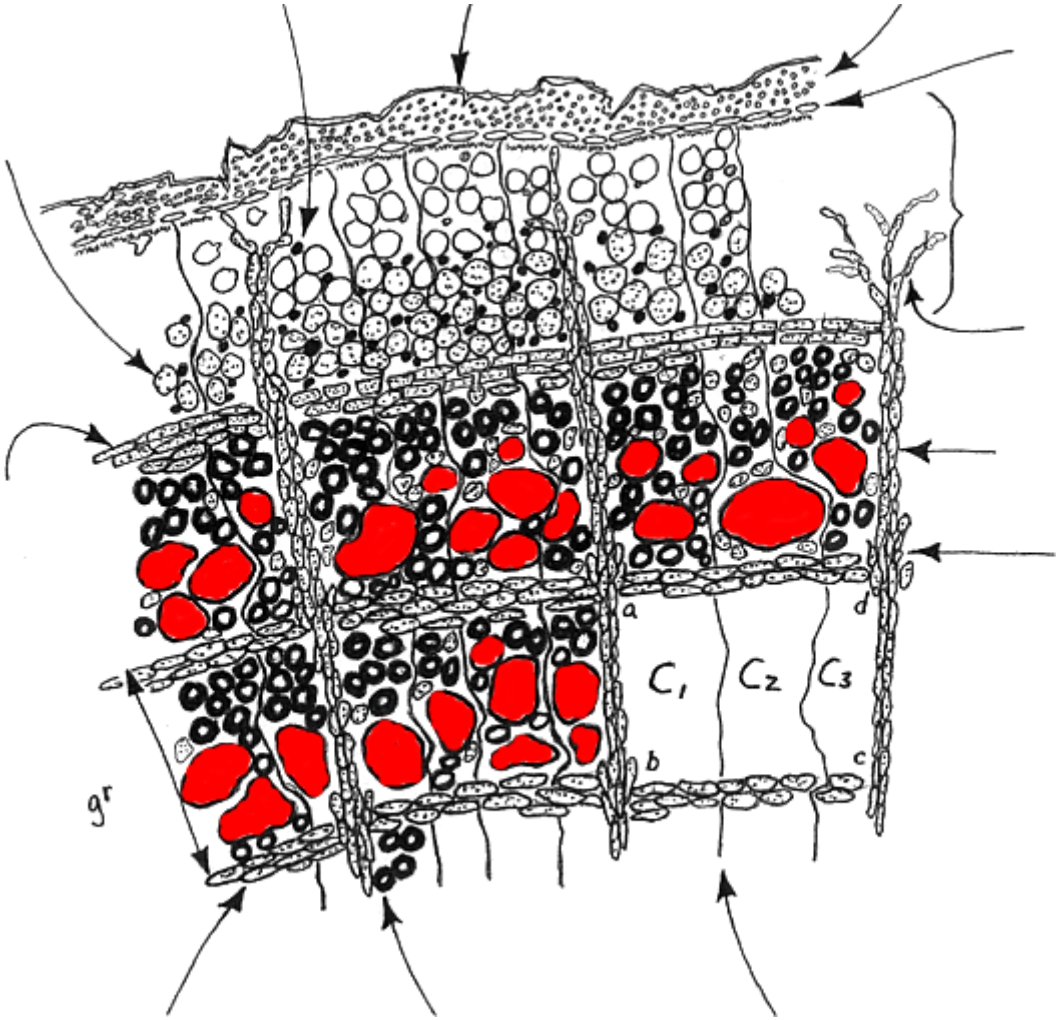
https://www.treehugger.com/trunk-biology-1343512

共質體(Symplast) 是活細胞的網絡和活細胞之間的連接。澱粉儲存在symplast中。軸向薄壁組織、射線薄壁組織、篩管、伴生細胞、軟木形成層、形成層和胞間連絲組成共質體。



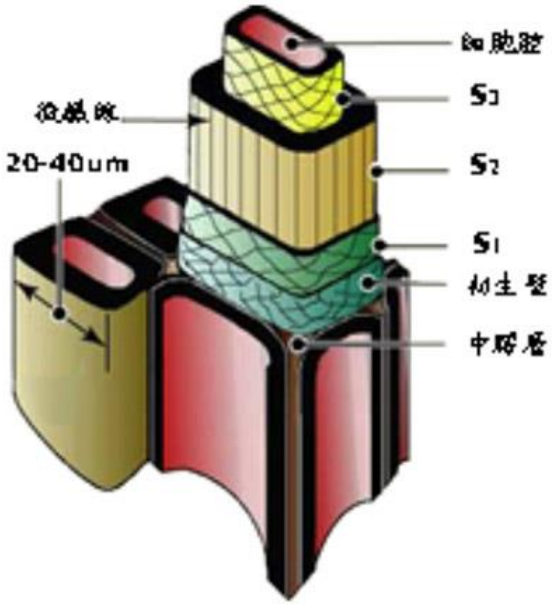
https://www.treehugger.com/trunk-biology-1343512

導管（闊葉樹）和管胞（針葉樹）傳導水和溶解在水中的物質。導管是垂直排列的管子，由運送液體的死細胞組成。導管僅在被子植物中發現。管胞是死的、單細胞的“管道”，其作用很像導管，但只存在於裸子植物中。



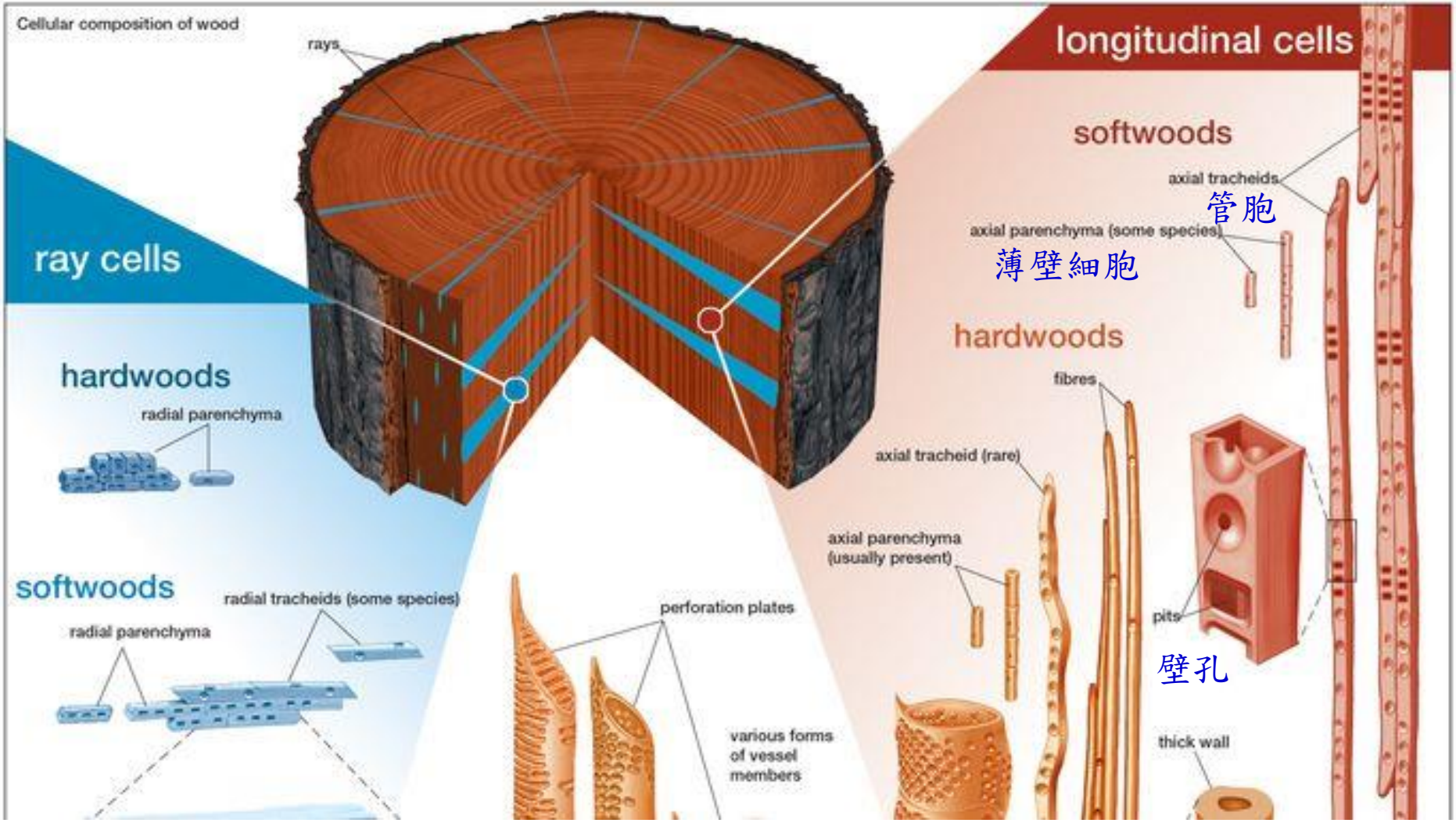
https://www.treehugger.com/trunk-biology-1343512

- 木材細胞壁是樹木或木材強度的根本，主要構成份為纖維素、半纖維素及木質素
- 細胞壁主要可分為4個副層結構，包括：初生壁(primary wall)、次生壁外層(S1)、次生壁中層(S2)及次生壁內層(S3)。
- 各副層因其微纖維之排列不同，而對樹體或木材產生不同之支持力；
- 縱向細胞為樹體中水分、養分等植物液上下輸送之主要管道，
- 橫向輸送之主要途徑則由細胞壁上之壁孔負責，
- 不論就功能或組成而言，木材細胞壁可謂天然且神奇之有機複合體。



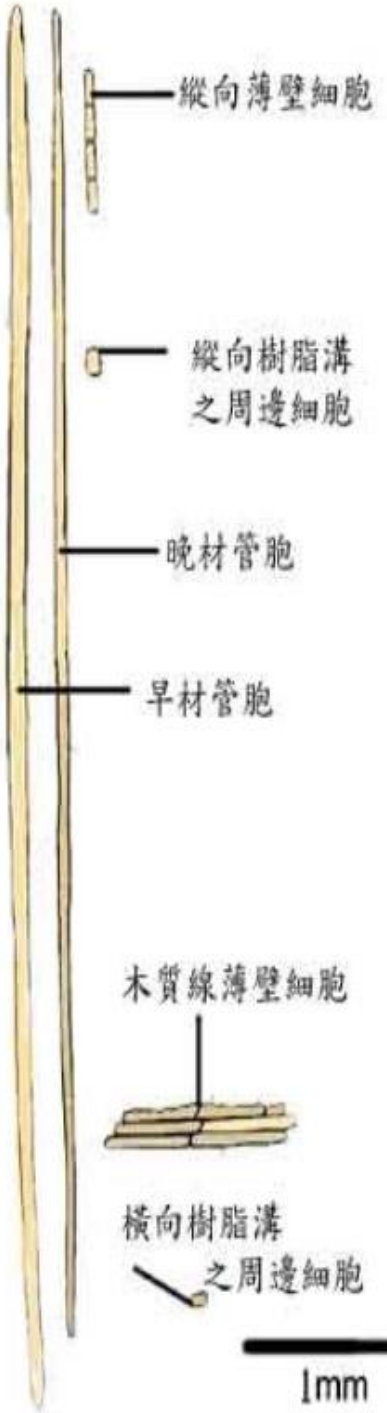
https://www.twbwood.com/press/master-woodcell2

縱向細胞



https://www.britannica.com/plant/tree/The-anatomy-and-organization-of-wood

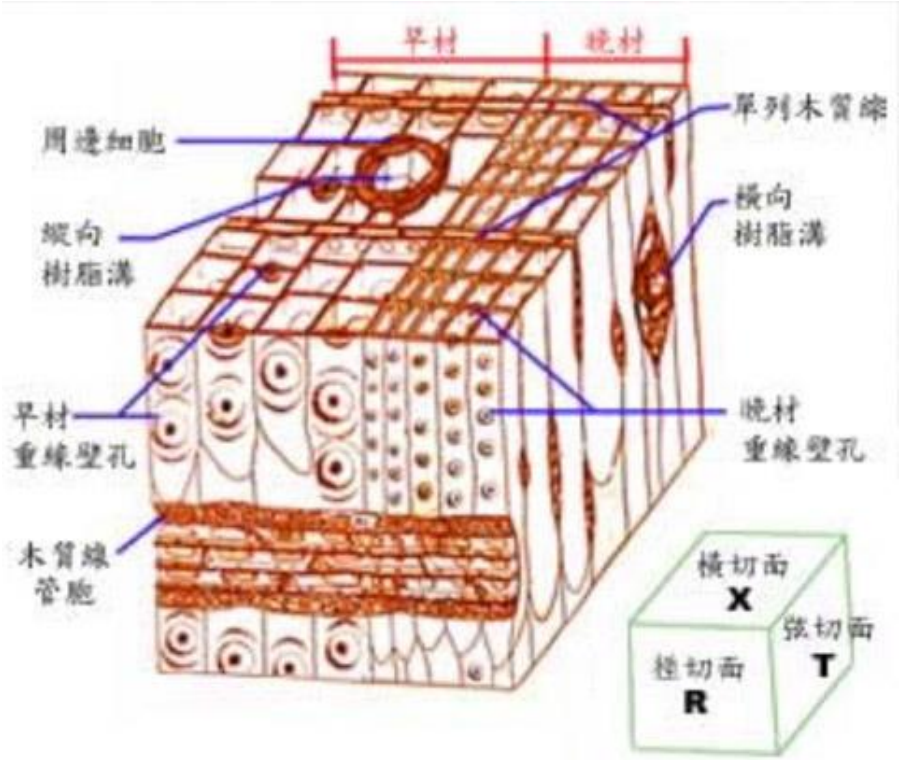
- 管胞 (tracheid)：管胞是針葉材主要細胞組成份，約佔95%，管胞為厚壁細胞，在橫切面上約成方形。依排列方向可分為縱向管胞 (longitudinal tracheid)橫向之木質線管胞 (ray tracheid)。三切面圖中X面(橫切面)明顯之小孔均為縱向管胞。
- 薄壁細胞 (parenchyma cell)：薄壁細胞又稱薄膜細胞或柔細胞，相較於管胞、導管、木纖維等細胞而言，薄壁細胞的細胞壁較薄，故名之。薄壁細胞在橫切面上約成圓形，主要具有儲藏功用，亦兼具短距離之疏導功能。薄壁細胞又可分為下列幾種：
  - 縱向薄壁細胞 (longitudanal parechyma cell)- 木質線薄壁細胞 (ray parenchyma cell)：木材中的橫向薄壁細胞，除了橫向的輸送外，也是儲藏澱粉或醣類的細胞。
  - 周邊細胞 (epithelial cells)：包圍在樹脂溝周圍的周邊細胞，能分泌樹脂。

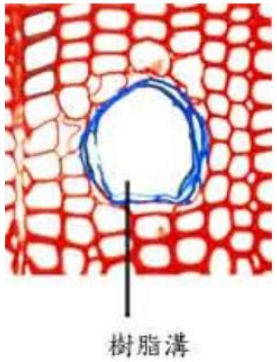


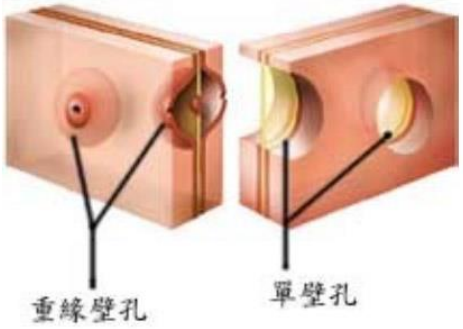
https://www.twbwood.com/press/master-softwood2

tional Taiwan University
灣大學森林環境暨資源學系

針葉材細胞組織模式



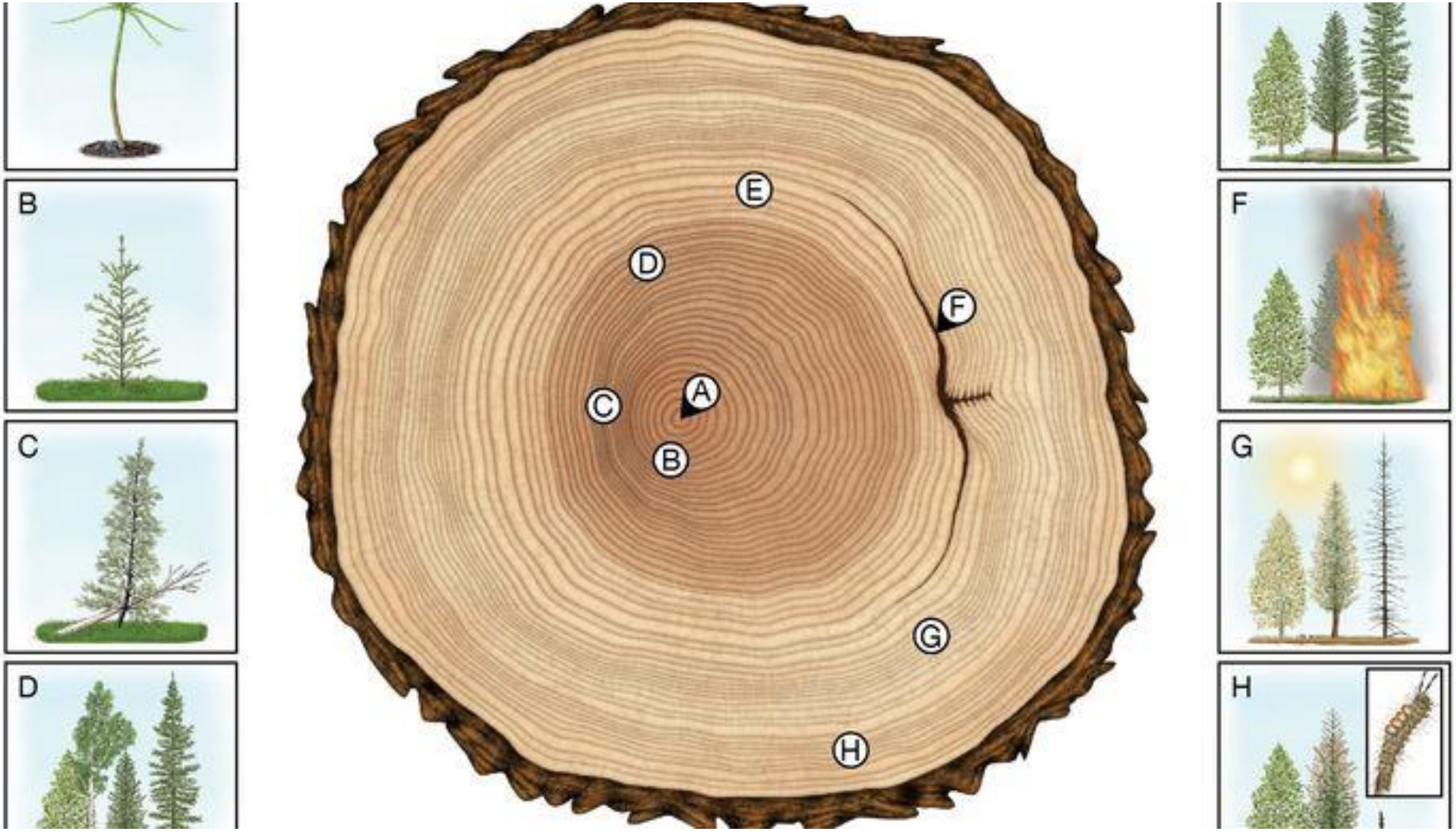




樹脂溝(resin canal, resin duct)：樹脂溝並不算是細胞，僅是存放樹脂之孔道。具有樹脂溝的針葉材在受傷時才能產生樹脂保護傷口。松科的松屬、雲杉屬、落葉松屬、帝杉屬的木材具有正常樹脂溝，也就是在不受傷害時也可以看到；而冷杉、鐵杉等木材則在受到傷害時也會見到樹脂溝，這些都是木材在鑑別時的特徵。

壁孔 (pit)：壁孔是細胞左右相連孔道，他並非是細胞，而是細胞壁上不具有次生壁加厚的地方，針葉材的壁孔外型與結構依照科屬與細胞之不同而有差異。

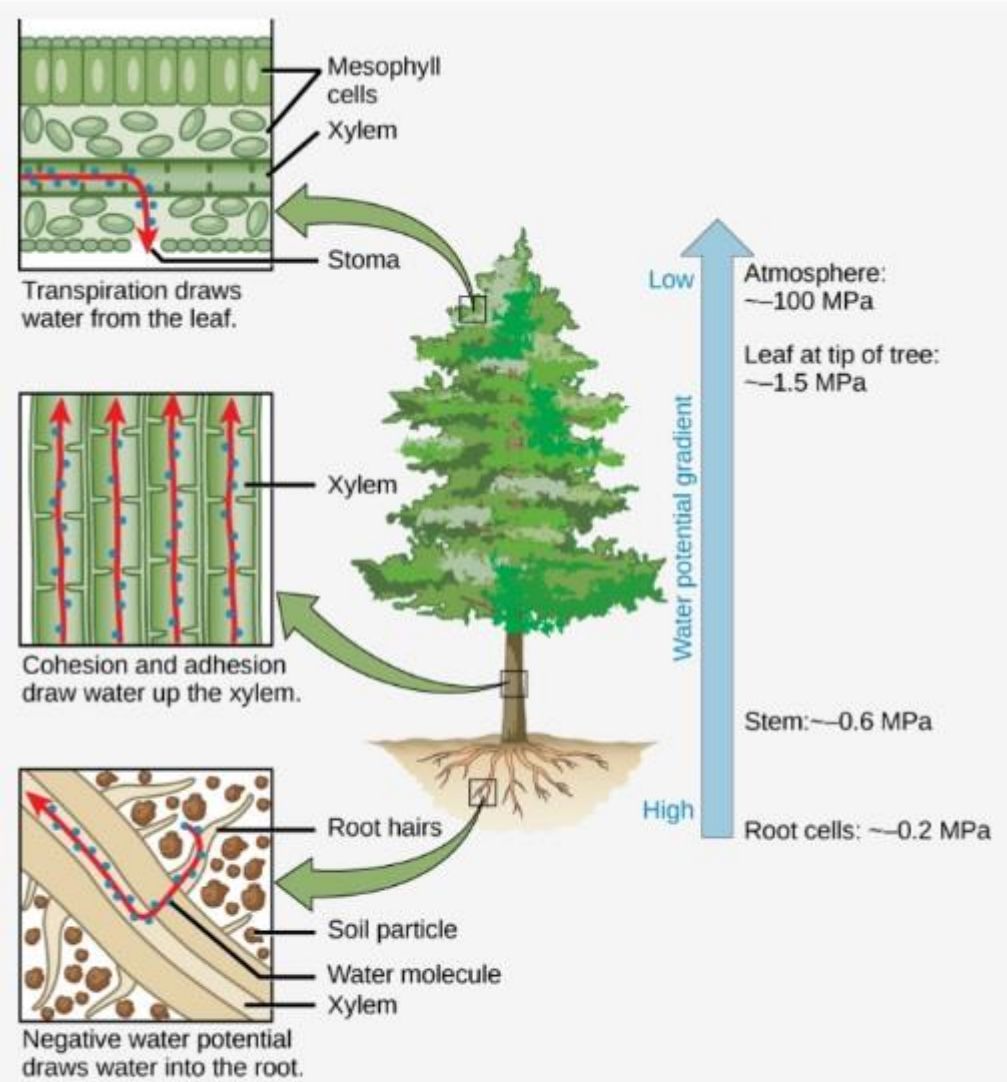
https://www.twbwood.com/press/master-softwood2



Annual growth rings of a tree trunk(A) A Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) is born. (B) Growth is rapid, forming relatively broad, even rings. (C) “Reaction wood” is formed to help support the tree after something fell against it. (D) Growth is straight but crowded by other trees. (E) Competing trees are removed, and growth is again rapid. (F) Fire scars the tree. (G) Narrow rings are caused, probably by a prolonged dry spell. (H) Narrow rings may have been caused by an insect.

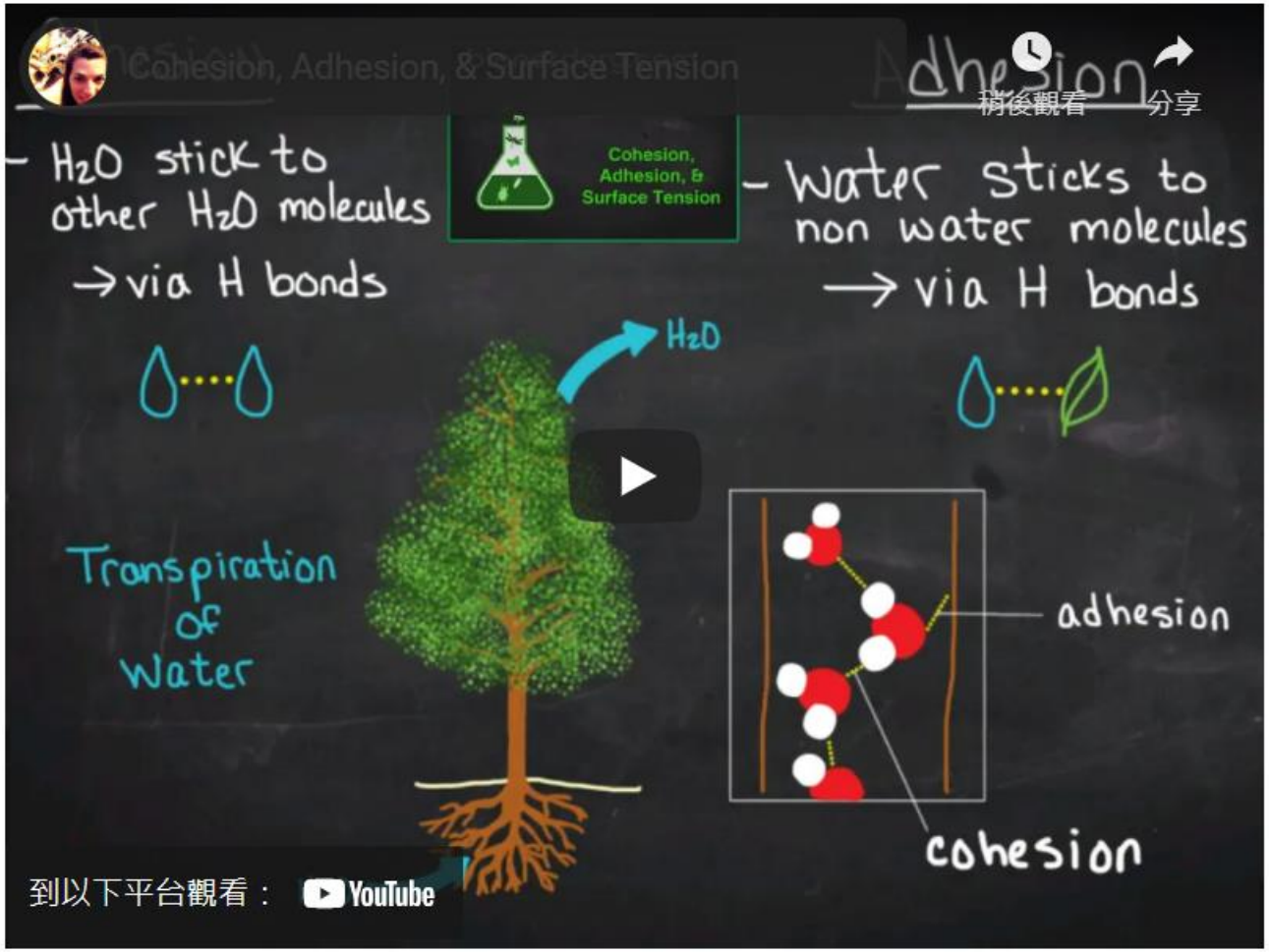
https://www.britannica.com/plant/tree/The-anatomy-and-organization-of-wood

- 附著力(adhesion)和內聚力(cohesion)共同形成毛細作用，導致水向上運動。
- 當附著力變得大於內聚力時，通常會發生毛細作用，從而導致水分子流向容器。由於內聚力也在發揮作用，它會帶來更多的水分子，從而產生向上的水流。
- 水從葉子中蒸發（蒸騰作用），產生壓力，從而向上吸引更多分子。這使得水分子通過木質部導管從根部“拉”到葉子上。因此，觸發了自然的反重力現象。



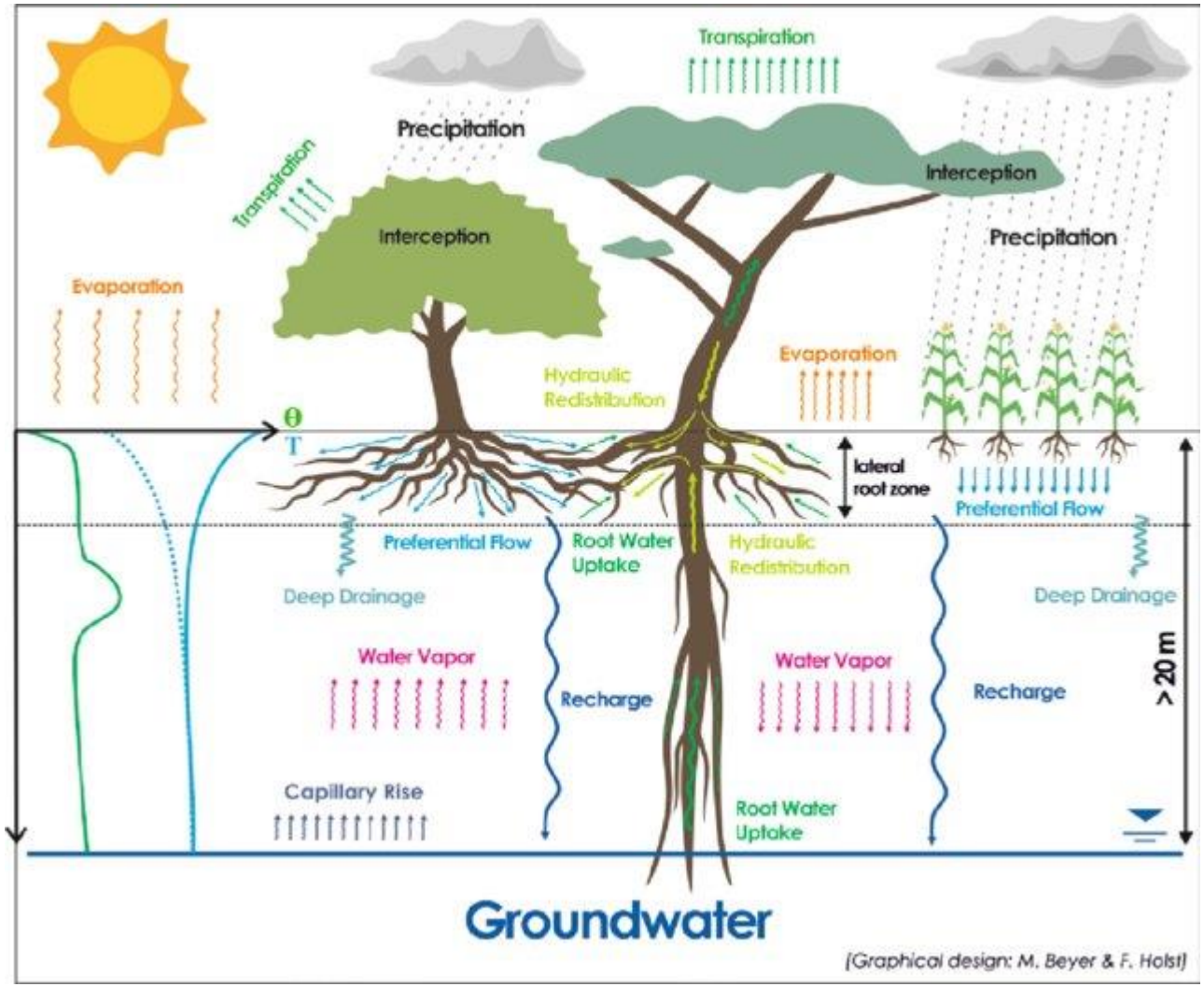
Cohesion–Tension Theory of Sap Ascent: The cohesion–tension theory of sap ascent is shown. Evaporation from the mesophyll cells produces a negative water potential gradient that causes water to move upwards from the roots through the xylem.

http://www.wittyscribble.com/2018/01/go-go-go-h2o-climb-up-tree.html


Cohesion, Adhesion, & Surface Tension
稍後觀看
分享
- H2O stick to other H2O molecules
→ via H bonds
Cohesion, Adhesion, & Surface Tension
- Water sticks to non water molecules
→ via H bonds
H2O
Transpiration of Water
adhesion
cohesion
到以下平台觀看：
YouTube

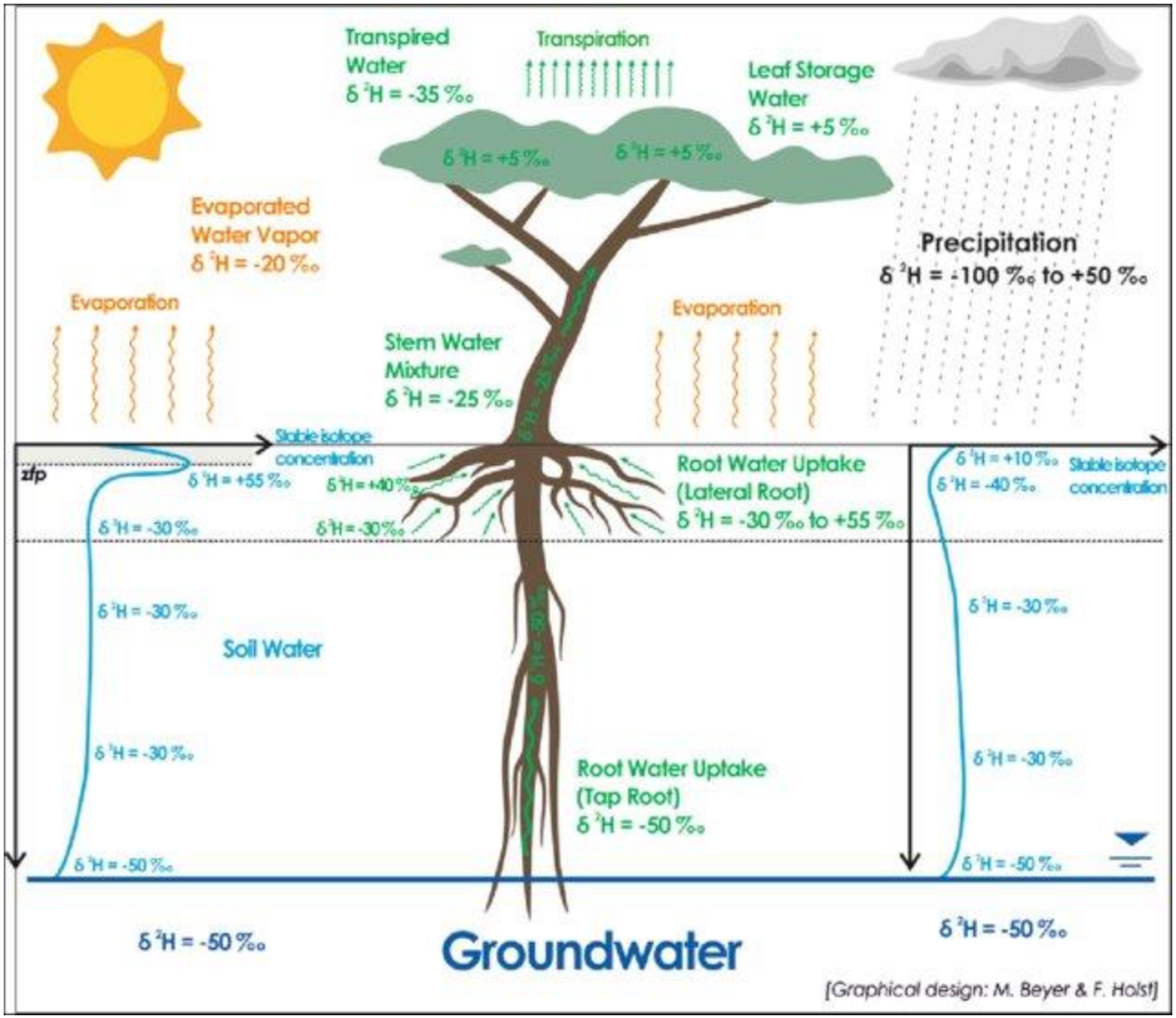
樹木水的傳輸過程

WLE 非飽和區和植物中水傳輸過程的概念圖。左側顯示了旱季（或雨季過後）土壤水分（Θ - 綠線）和溫度（T - 藍實線 - 白天；藍虛線 - 夜間）的典型剖面圖。

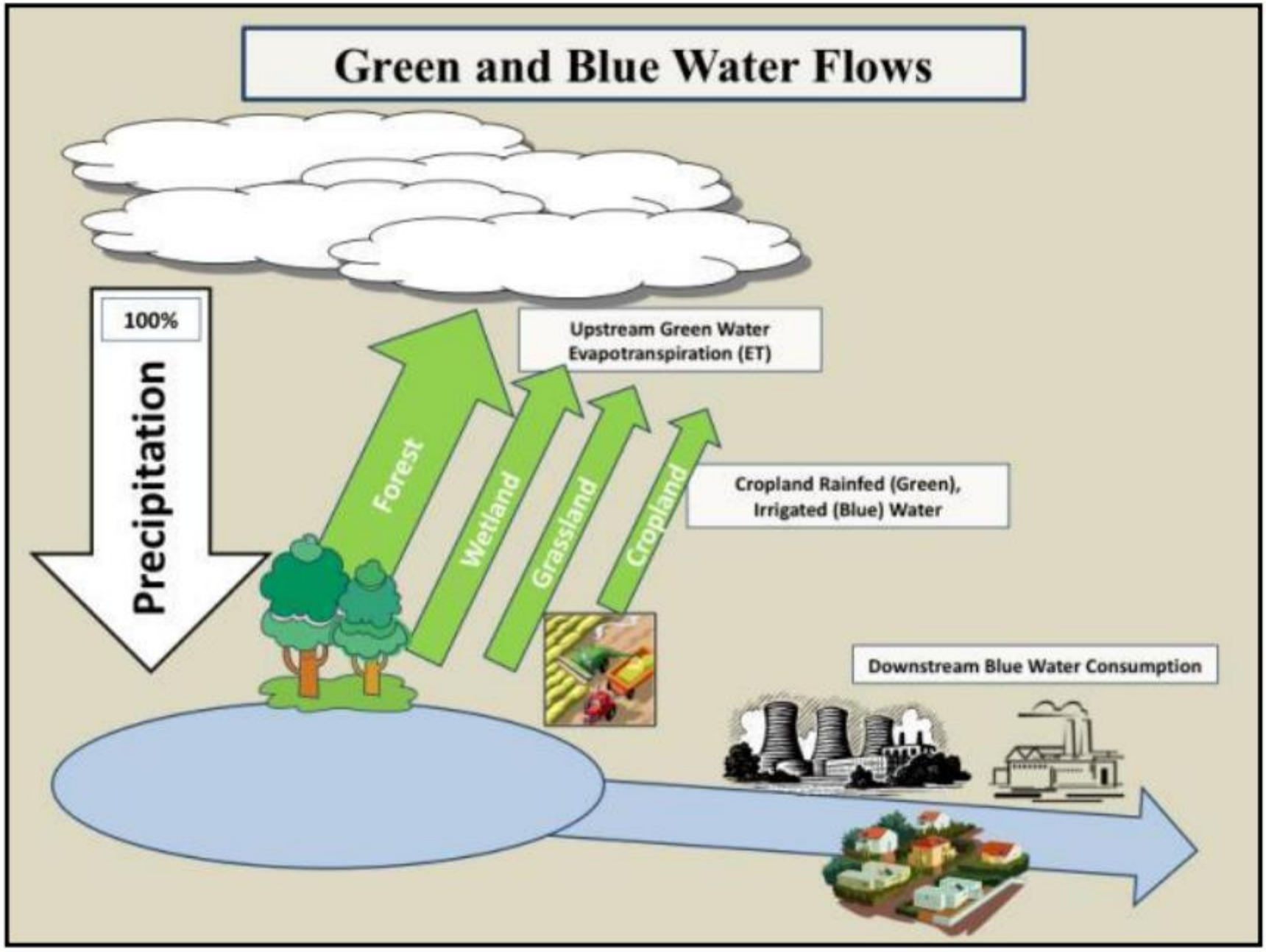


https://www.researchgate.net/publication/309012451_Quantitative_studies_along_the_soil_-_vegetation_-_atmosphere_interface_of_water_-_limited_environments_practice-oriented_approaches_based_on_stable_water_isotopes_modeling_and_multivariate_analysis/figures

WLE 大氣、非飽和帶和植被中水穩定同位素組成典型關係的概念圖
在左側和右側，分別描繪了乾燥土壤（左）和雨後土壤（右）的典型剖面

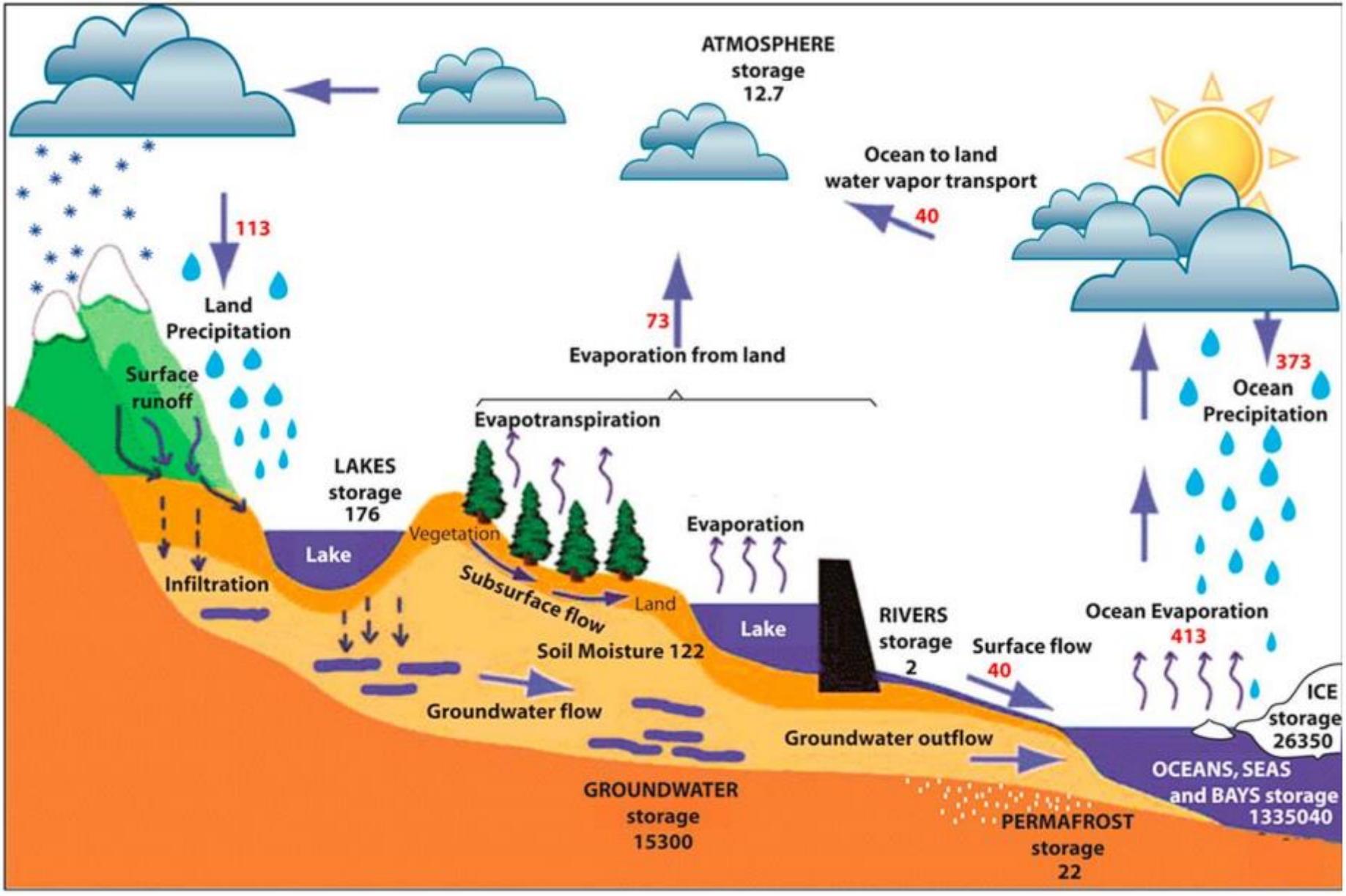


https://www.researchgate.net/publication/309012451_Quantitative_studies_along_the_soil_-_vegetation_-_atmosphere_interface_of_water_-_limited_environments_practice-oriented_approaches_based_on_stable_water_isotopes_modeling_and_multivariate_analysis/figures



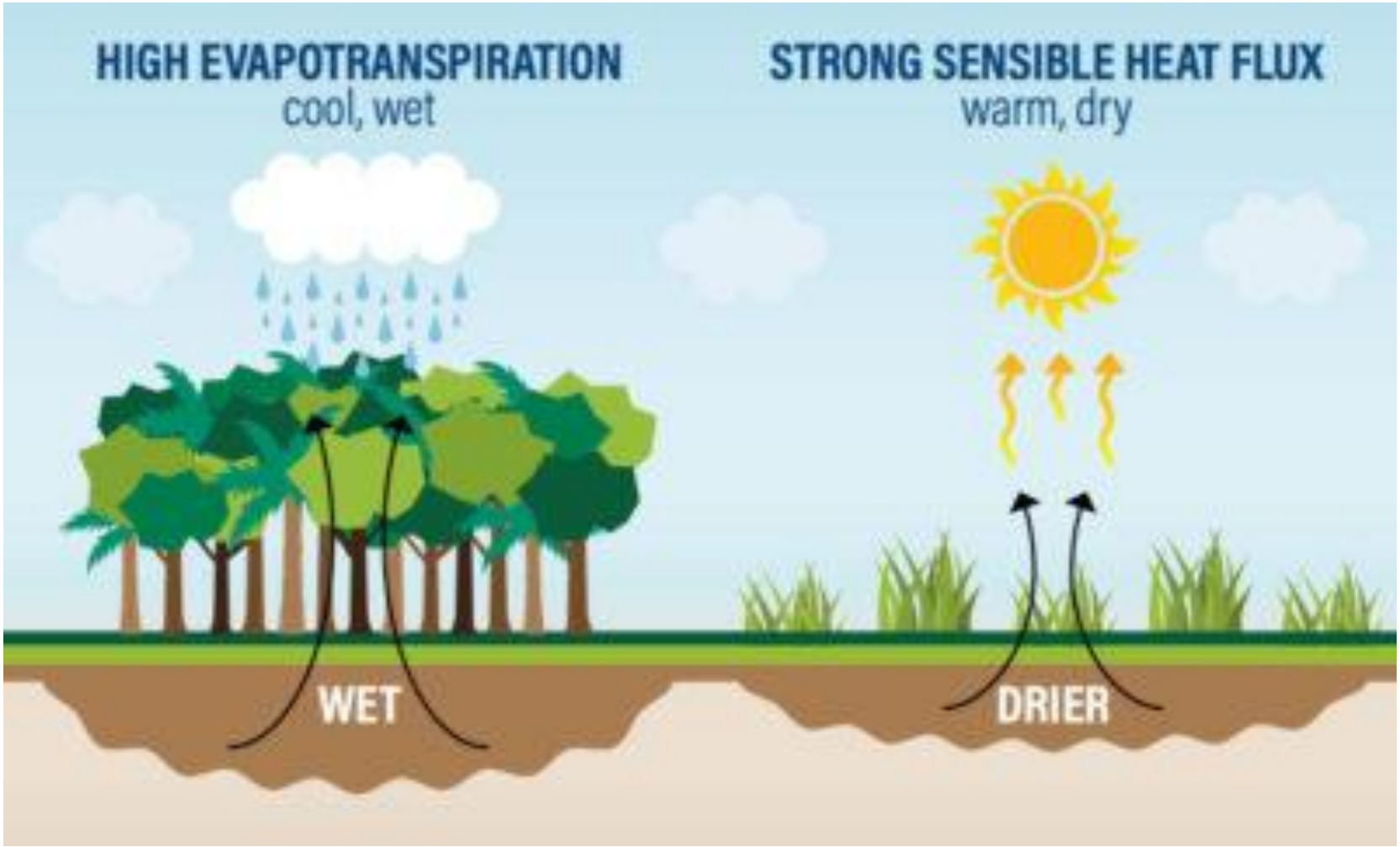
https://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2018/04/UNFF13_BkgdStudy_ForestsWater.pdf

The Global Hydrologic Landscape

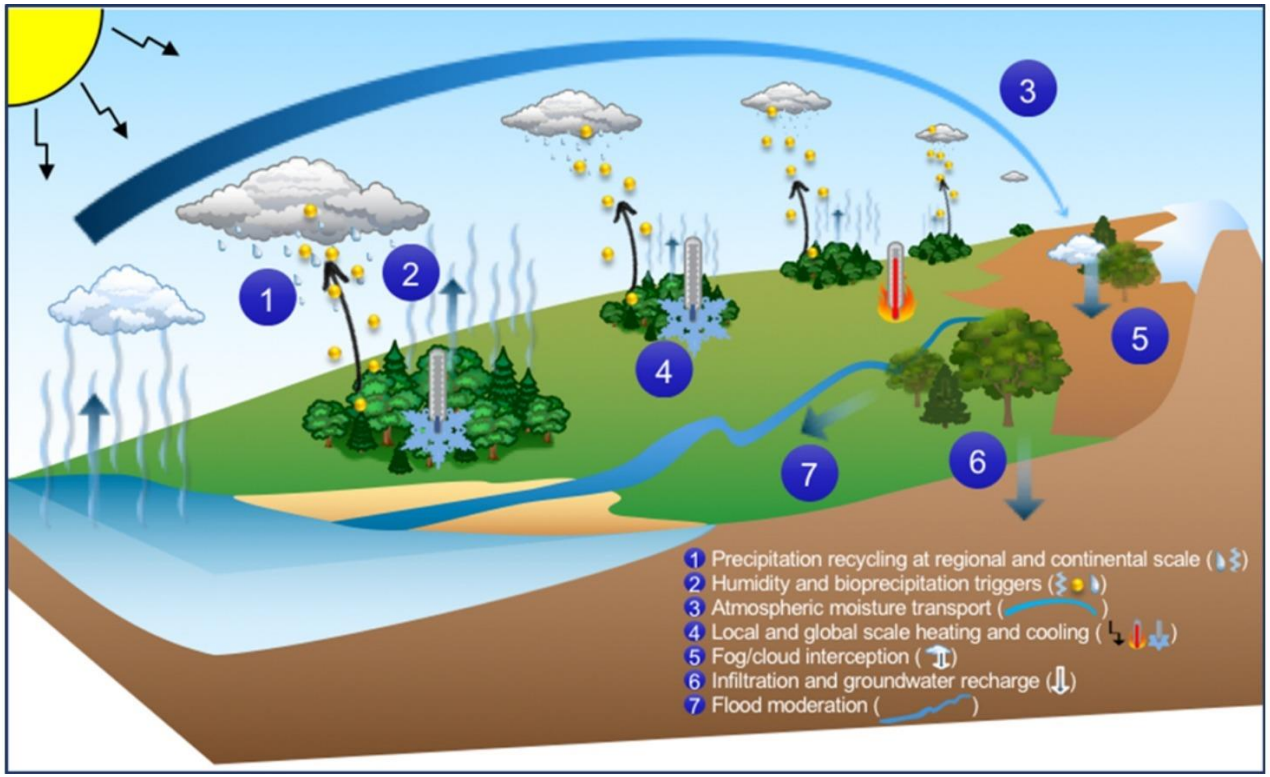


https://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2018/04/UNFF13_BkgdStudy_ForestsWater.pdf

樹木從地面汲取水分並通過樹葉釋放水蒸氣，從而產生大氣中的大氣河流



https://e360.yale.edu/features/how-deforestation-affecting-global-water-cycles-climate-change



森林通過水和能量循環的變化對地方、區域和大陸尺度的水和氣候的影響。

(1) 降水被森林和其他形式的植被循環利用，並穿過陸地表面輸送到大陸的另一端。
(2) 植物表面水分、揮發性有機化合物和微生物的向上流動（黃點）會引發降水。
(3) 森林驅動的氣壓模式可能將大氣水分輸送到大陸內部。
(4) 水通量冷卻溫度並產生雲，使地面的額外輻射偏轉。
(5) 樹木攔截霧和雲從大氣中吸收額外的水分。
(6) 滲透和樹木可以促進地下水補給。
(7) 以上所有過程自然分散水，從而緩和洪水。

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378017300134

大氣河流分類系統

- AR 1（弱）- 主要有益於補充供水或積雪的地區。
- AR 2（中度）- 大部分有益，但會產生一些危害。
- AR 3（強）- 對一個地區有利和有害的機會均等
- AR 4（極端）- 非常危險
- AR 5（危險）- 主要危險

- 對大氣河流的另一個擔憂是氣候變化正在產生更強烈的大氣河流事件的可能性。
- 大氣層越溫暖，天空中這些河流中流動的水分就越多，最終可能使它們在未來變得更加強烈。

https://www.alaskasnewssource.com/2020/12/04/rivers-in-the-sky-understanding-atmospheric-rivers/

Pineapple Express

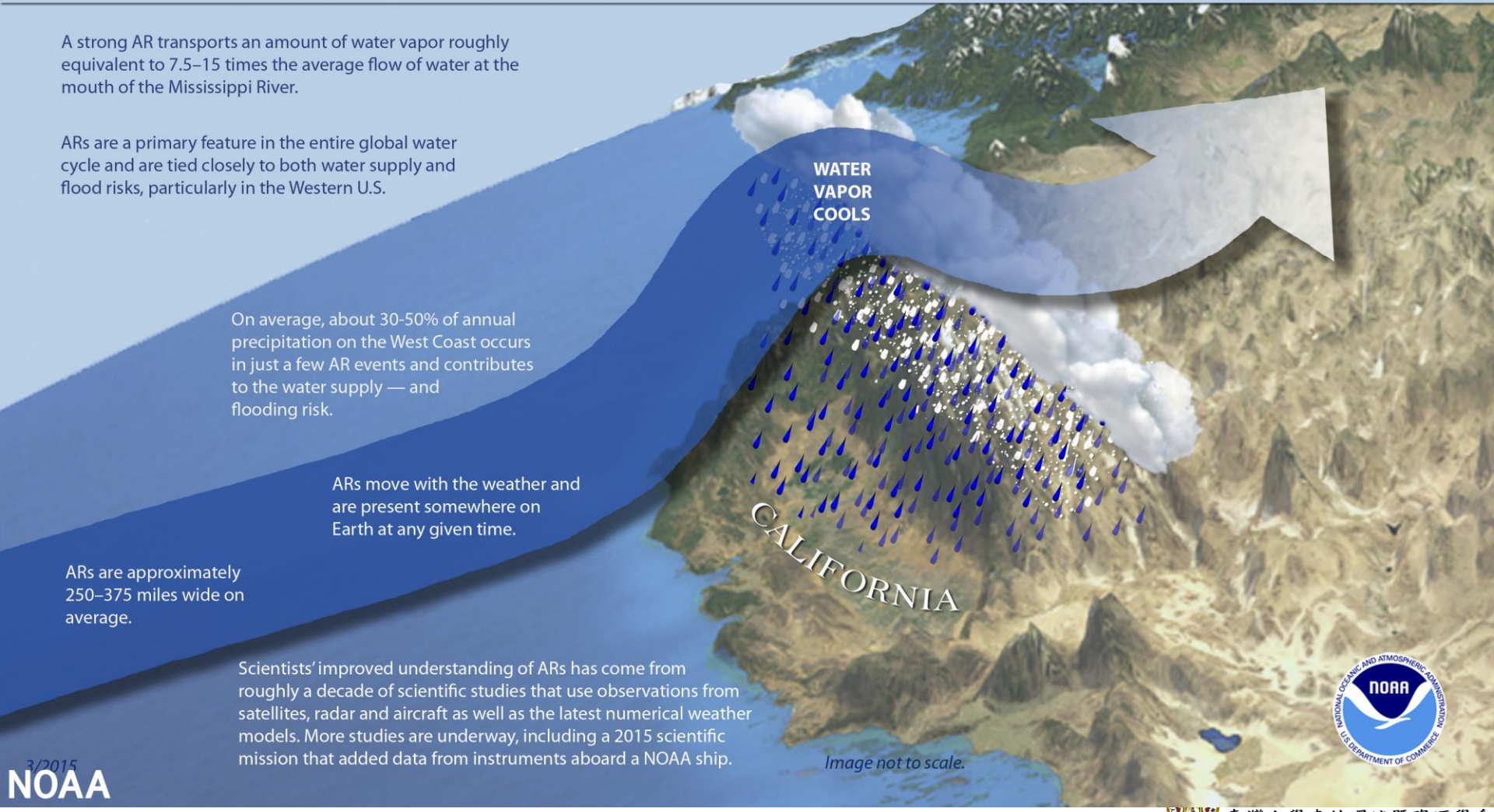
“Pineapple Express”，這是一條強大的大氣河流，能夠將夏威夷附近熱帶地區的水分帶到美國西海岸

- 熱帶太平洋大氣中形成的一個狹窄的濕氣區域。當全球盛行風越過海洋時，它們不僅會產生表面洋流，還會沿途吸收水蒸氣。這些天上的河流能輸送的水量是密西西比河口平均流量的近15倍，但最高可達27倍。它們總是在形成並不斷移動，直到它們撞上像阿拉斯加東南部山脈這樣的東西。當這些水分河流沖入山區時，水分被迫向上進入大氣層，在那裡凝結並以雨的形式落下。河流經常伴有鋒面，有助於排出大氣中的水分。
- 大氣河流有各種形狀和大小，大氣中的平均寬度約為 250 至 375 英里。雖然有些微弱並為西部社區提供必要的供水和降雪，但其他一些可以帶來巨大的衝擊並帶來破紀錄的降雨甚至破壞社區。
- 由於其位置和地形，阿拉斯加東南部通常是許多這些強大的大氣河流的目標。隨著風暴從太平洋襲來，風對東南部地區的降雨量起著關鍵作用。風越弱，輸送到東南部的水分就越少。風越強，風暴就越強大，南風或西南風會增加降雨量。這是由於該地區地勢陡峭，因為風垂直於山脈吹過。添加一個在阿拉斯加灣上空停滯的系統，你就有了災難的秘訣。

https://www.noaa.gov/stories/what-are-atmospheric-rivers

The science behind atmospheric rivers

An atmospheric river (AR) is a flowing column of condensed water vapor in the atmosphere responsible for producing significant levels of rain and snow, especially in the Western United States. When ARs move inland and sweep over the mountains, the water vapor rises and cools to create heavy precipitation. Though many ARs are weak systems that simply provide beneficial rain or snow, some of the larger, more powerful ARs can create extreme rainfall and floods capable of disrupting travel, inducing mudslides and causing catastrophic damage to life and property. Visit www.research.noaa.gov to learn more.



臺灣大學森林環境暨資源學系

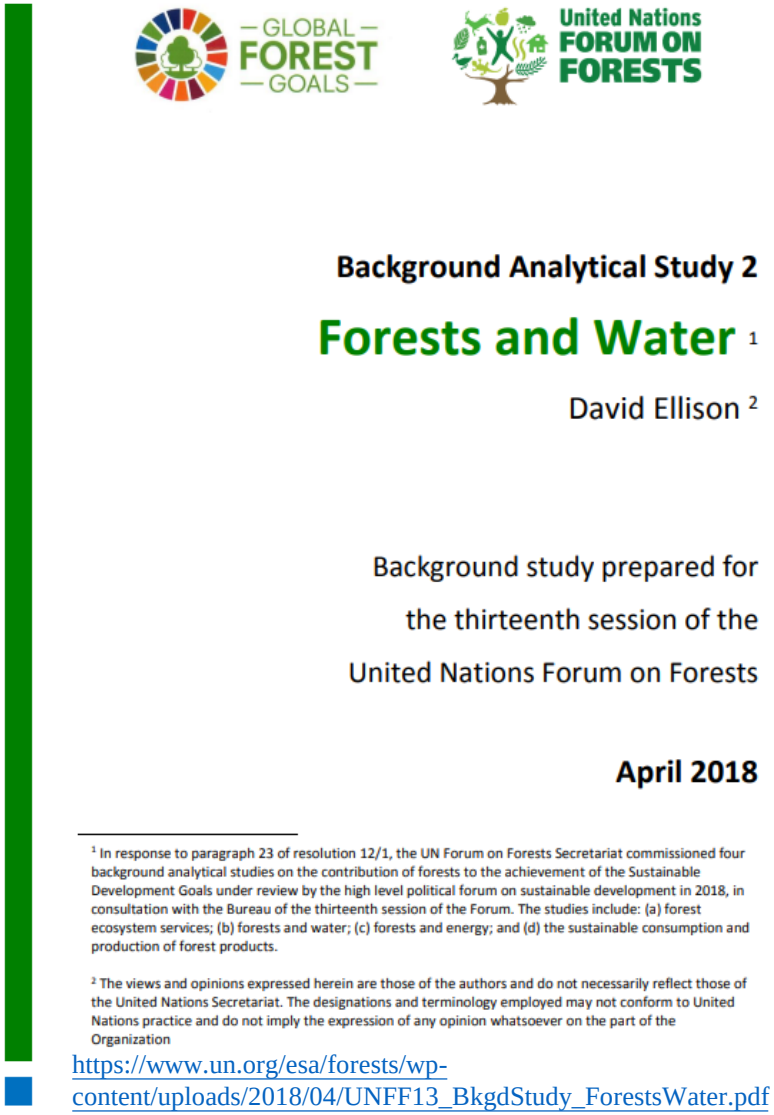
Rivers in the Sky: How Deforestation Is Affecting Global Water Cycles

- 森林中的每一棵樹都是一個噴泉，通過根部從地下吸取水分，通過樹葉的氣孔將水蒸氣釋放到大氣中。
- 它們以數十億計，在空中創造出巨大的水河——這些河流形成雲層，並在數百甚至數千英里外產生降雨。
- 但是，當我們砍伐樹木星球時，我們冒著乾涸這些空中河流和依賴它們雨水的土地的風險。
- 越來越多的研究表明，這種迄今為止被忽視的森林砍伐影響可能在許多大陸內部使全球氣候變化的影響相形見絀。
- 它可能使尼羅河乾涸，阻礙亞洲季風，並使從阿根廷到美國中西部的田野變得乾涸。



https://e360.yale.edu/features/how-deforestation-affecting-global-water-cycles-climate-change

一棵樹每天蒸騰的水，相當於兩台家用空調一天的降溫效果。



GLOBAL FOREST GOALS

United Nations FORUM ON FORESTS

Background Analytical Study 2

Forests and Water [1]

David Ellison [2]

Background study prepared for the thirteenth session of the United Nations Forum on Forests

April 2018

[1] In response to paragraph 23 of resolution 12/1, the UN Forum on Forests Secretariat commissioned four background analytical studies on the contribution of forests to the achievement of the Sustainable Development Goals under review by the high level political forum on sustainable development in 2018, in consultation with the Bureau of the thirteenth session of the Forum. The studies include: (a) forest ecosystem services; (b) forests and water; (c) forests and energy; and (d) the sustainable consumption and production of forest products.

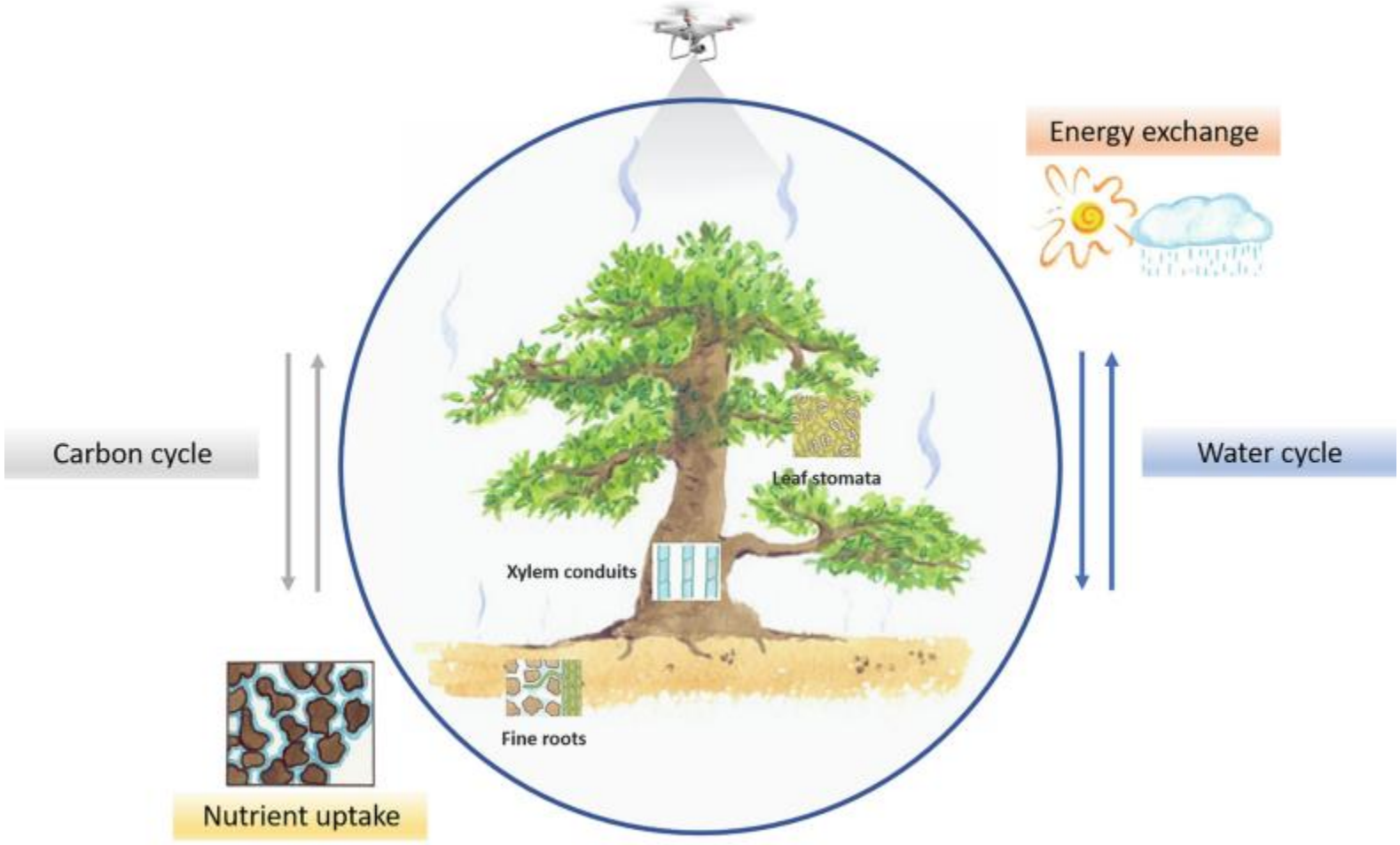
[2] The views and opinions expressed herein are those of the authors and do not necessarily reflect those of the United Nations Secretariat. The designations and terminology employed may not conform to United Nations practice and do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Organization

https://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2018/04/UNFF13_BkgdStudy_ForestsWater.pdf

- 眾所周知，森林砍伐導致的二氧化碳排放量減少了全球森林從大氣中吸收的二氧化碳量，從而使全球變暖增加了 10% 左右。但這兩篇論文的作者都表示，這種對森林砍伐全球影響的理解往往掩蓋了其他可能在地方和區域範圍內集中發揮作用的“非碳”氣候影響的發現。
- 森林砍伐對降雨的影響是最重要的非碳效應之一。但還有其他人。例如，健康的森林會釋放出一系列揮發性有機化合物，這些化合物“對我們的氣候具有整體降溫作用”，主要是通過阻擋進入的太陽能，英國利茲大學的 Dominick Spracklen 說。他和一個國際團隊在今年早些時候發表的 一項研究中得出結論，砍伐森林會消除這種降溫效果並加劇變暖。
- 與此同時，消失的森林通常會被農業所取代，而農業本身也會產生排放。加上這些影響，自 1850 年以來森林砍伐對全球氣候變暖的實際貢獻高達 40%，Wolosin 和 Harris 總結道。按照這個速度，到 2100 年，熱帶森林砍伐可能會使全球溫度升高 1.5 攝氏度（2.7 華氏度）—即使我們明天關閉化石燃料排放，康奈爾大學的娜塔莉·馬霍瓦爾德 (Natalie Mahowald) 計算得出。

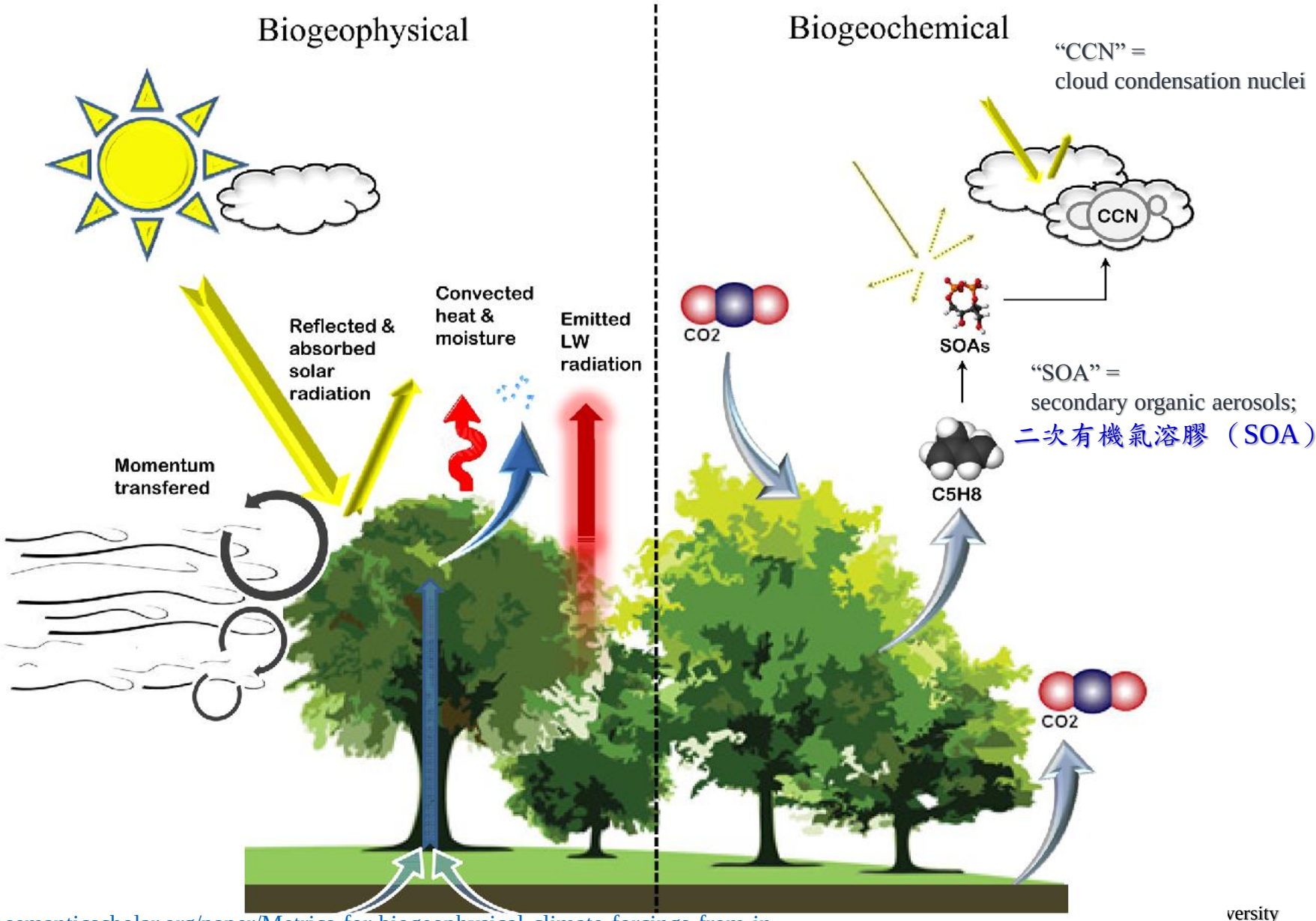
https://e360.yale.edu/features/how-deforestation-affecting-global-water-cycles-climate-change

樹木生物地球化學單位。隨著時間的推移，生態生理過程影響生物地球物理過程（地表能量通量，水文迴圈）和生物地球化學過程（碳迴圈，養分迴圈）以及生物地理過程（土地利用，植被動力學）。

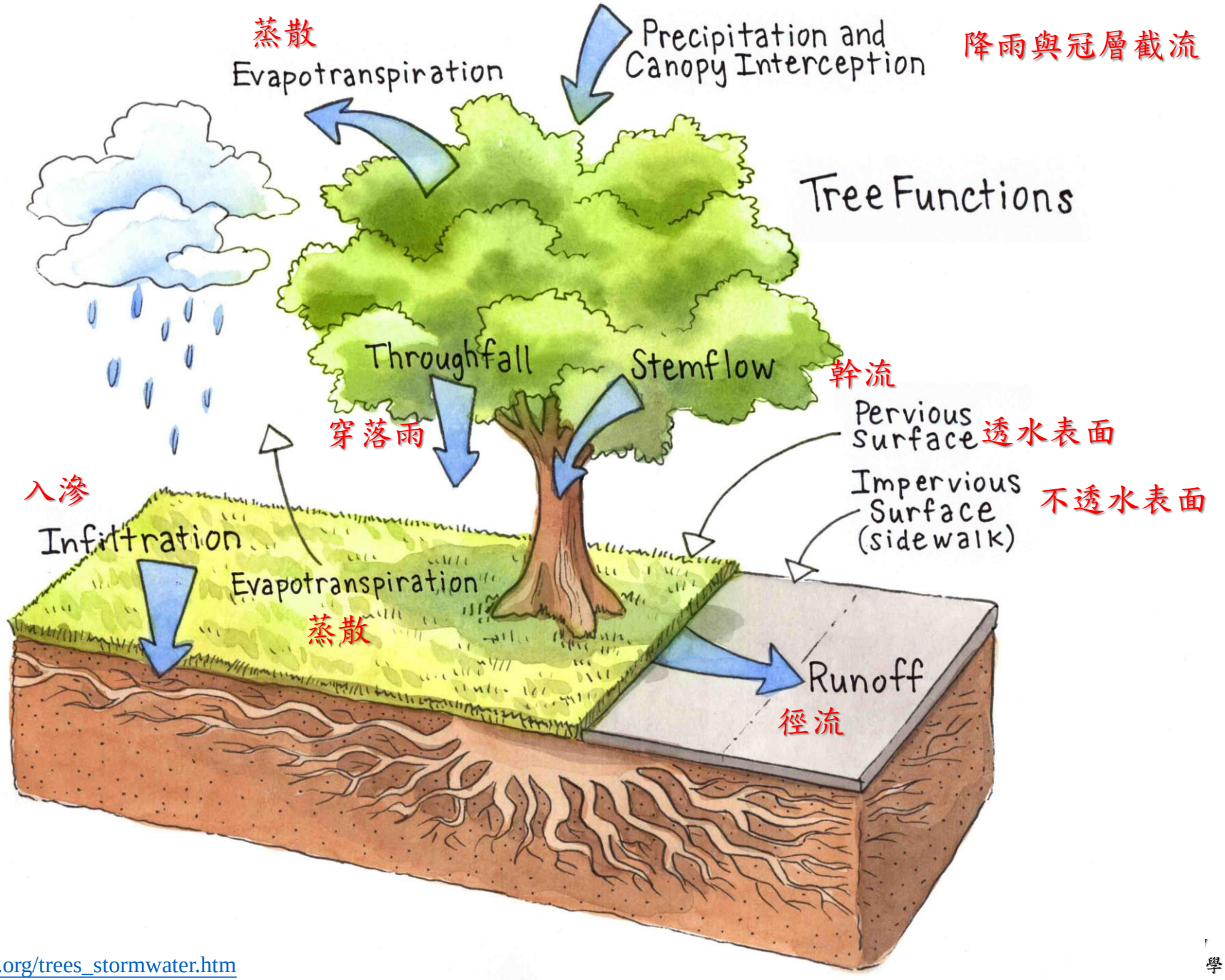


https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-80767-2_10

植被表面直接影響氣候的主要物理機制的概念說明



https://www.semanticscholar.org/paper/Metrics-for-biogeophysical-climate-forcings-from-in-Bright/06572a771dcad9010c59632dfa6b829a203b1c96/figure/0



http://gicinc.org/trees_stormwater.htm

學系

森林氣象：冠層氣象學和森林微氣候

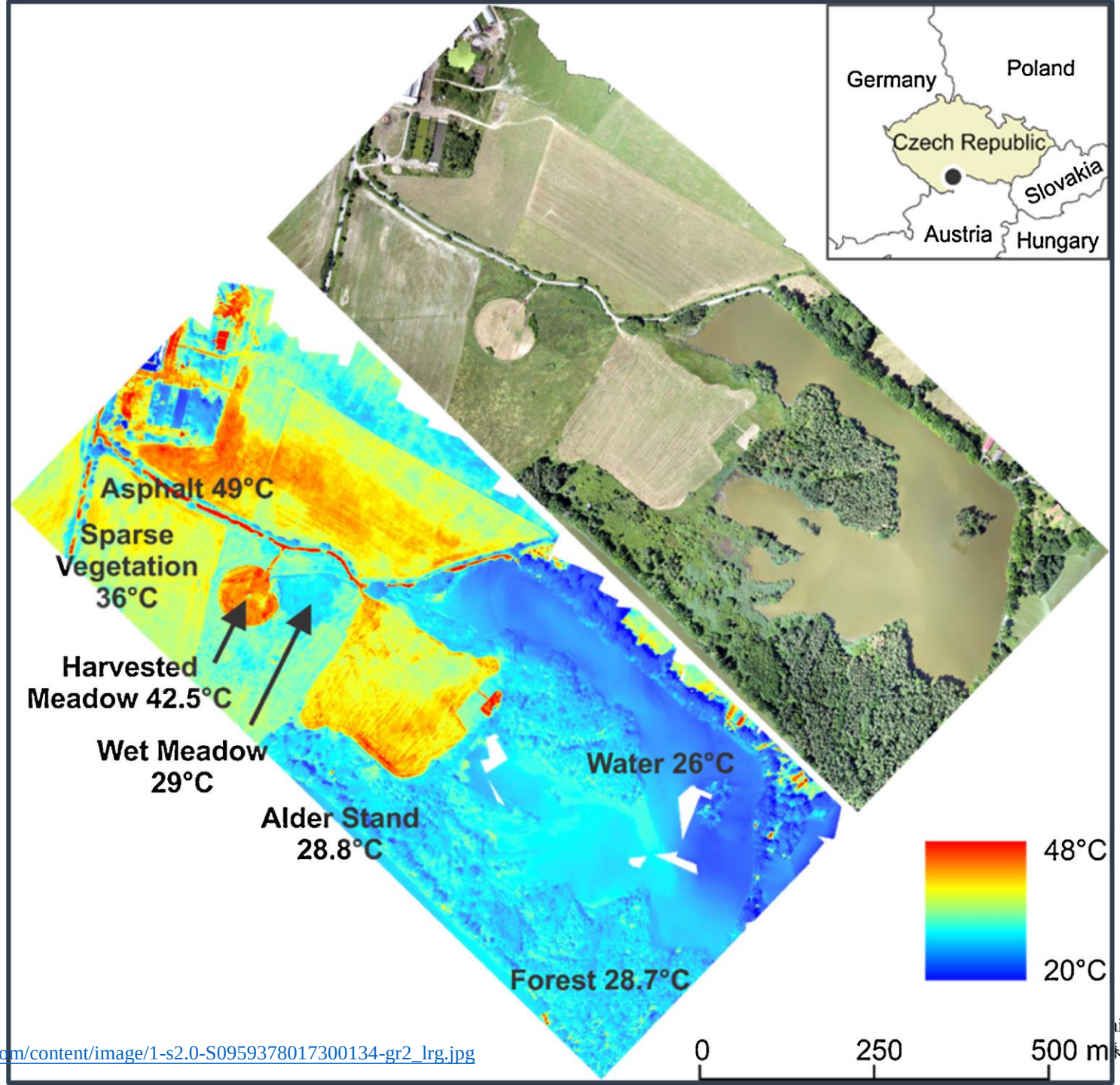
- 冠層氣象學研究森林林冠內的大氣物理過程。
- 林冠是森林的主要作用面，林冠通過光合作用製造有機物質。它的結構（包括葉面積指數、葉角、葉形、葉和枝幹的分佈等幾何結構和葉的光學性質等）直接影響著森林中的物質流和能量流。
- 森林氣象學中的三大平衡（能量、水量和動量）問題均集中在林冠層中。
- 太陽輻射通過林冠時發生再分配；樹木葉片對不同波長輻射的反射和吸收規律是不同的，紅外光約有70%被反射，吸收的不多。而光合有效輻射僅有 6～12%被反射，吸收的可達70%以上。這種反射、吸收和透過林冠的不同波段輻射的比例，還同太陽高度角、林冠的幾何結構有關。
- 林冠每次可截留3～10毫米以下的降水，每年的截留量隨樹種、林冠的鬱閉程度、該年的降水量、降水性質及降水的時間分配等而變。
- 冠層氣象學還研究林冠中二氧化碳的分佈（有明顯的日變和鉛直變化）和枝葉對它的吸收，林冠層枝葉的蒸發和蒸騰，以及林冠中風的分佈等。冠層氣象學是利用森林調節氣候和科學營造森林、提高森林生物生產力的理論基礎。

http://www.twword.com/wiki/%E6%A3%AE%E6%9E%97%E6%B0%A3%E8%B1%A1%E5%AD%B8

森林微氣候

- 森林微氣候研究森林內的溫、濕、光、水、風和空氣成分的特徵及其形成的機制。
- 研究範圍一般涉及林冠層以下的林中空間以及林地土壤。
- 林冠的存在對林內溫度的影響有兩種作用：
- ①正作用。林冠能阻擋射入的短波輻射和射出的長波輻射。因此白天和夏季林內溫度比林外低，夜間和冬季林內溫度比林外高。與此相伴隨的是，在高緯度地區，林內的年平均溫度比林外高，而在中、低緯度地區則相反。
- ②負作用。林冠亦可能削弱風速和湍流交換作用，使林內外熱量交換減少。因而白天和夏季林冠有保溫作用，夜間和冬季，林冠有保冷作用。這種作用增大了林內溫度的日振幅和年變化。
- 觀測證明，在大多數森林中，正作用大於負作用，其結果是林內溫度變化比林外緩和；但在疏林中，也可觀測到相反的情況。對於林中空氣溫度的影響也有類似的這兩種作用。因此，在大部分情況下，森林微氣候的特點（與空曠地相比）是：光照低、風速小、濕度大、最高氣溫低和最低氣溫高，林中空間和林地的溫度日變化和年變化都比較小。但是對有些森林可能例外，這同該森林所在的地理位置、海拔高度和森林林冠的結構有關。

http://www.twword.com/wiki/%E6%A3%AE%E6%9E%97%E6%B0%A3%E8%B1%A1%E5%AD%B8



https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0959378017300134-gr2_lrg.jpg

iwan University
林環境暨資源學系

森林與大氣污染

- 樹木、園林和森林給人類提供氧氣、吸收二氧化碳及其他有害於人類健康的氣體(如二氧化硫)、吸附煙塵和其他微粒、釋放殺菌的揮發物質、削減雜訊、增加空氣中的負離子，以及增加綠感等有益於人類健康的功能。
- 林木在夜間放出的二氧化碳僅為白天吸收的二十分之一左右。生產一單位干物質需1.83單位的二氧化碳，一片每公頃年產量為10噸干物質的森林，每年能吸收大氣中的二氧化碳達18.3噸。現在全球森林佔地球面積的10%和陸地面積的30%左右，因此森林對於抑制大氣中二氧化碳的劇增（由人類活動引起）維持大氣圈中的二氧化碳的平衡所起的作用是不容忽視的。
- 森林與大氣在物質交換過程中，一方面可淨化大氣、給人類提供舒適衛生的環境，森林本身也從大氣中獲得一部分養分(氮、磷、鉀、鈣、鈉等)，促進其生長；另一方面，某些有害氣體和物質在濃度超過限度時，會給森林生長帶來嚴重危害。在工業發達國家，酸雨（見降水化學）已造成部分林木死亡。因此關於「森林與大氣污染」問題的研究，正吸引著越來越多的科學工作者。

http://www.twword.com/wiki/%E6%A3%AE%E6%9E%97%E6%B0%A3%E8%B1%A1%E5%AD%B8

氣象旅遊資源

是指大氣中的冷、熱、乾、溫、風、雲、雨、雪、霜、霧、雷、電、光等各種物理現象和物理過程所構成的旅遊資源
常見的氣象旅游資源類型很多，主要有雨景、雲霧景、冰雪景、霞景、日月景、幻景、極光景等等。

阿里山五奇 鐵路、森林、雲海、日出與晚霞，合稱為阿里山五奇

個體的系統生物學架構

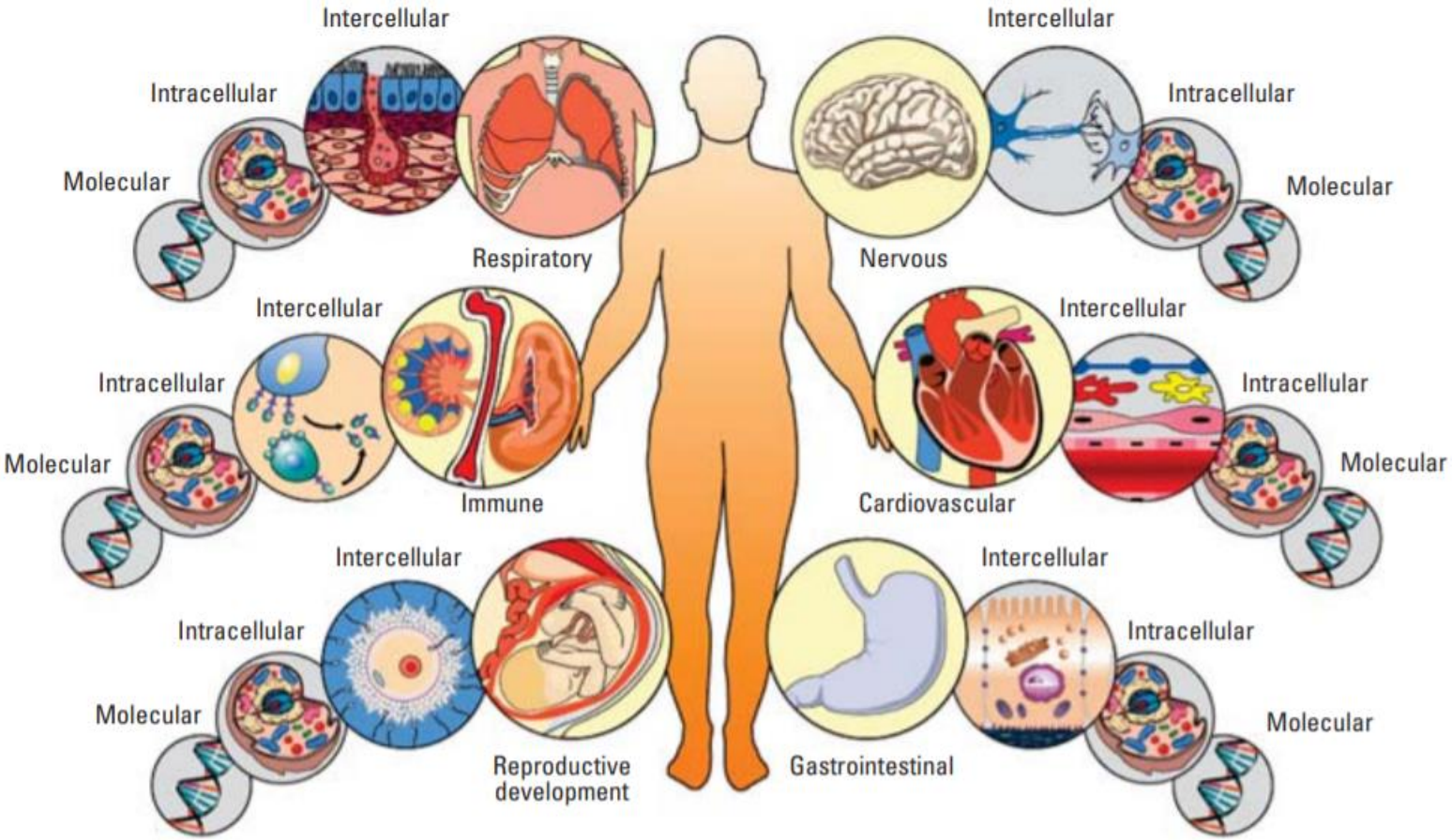
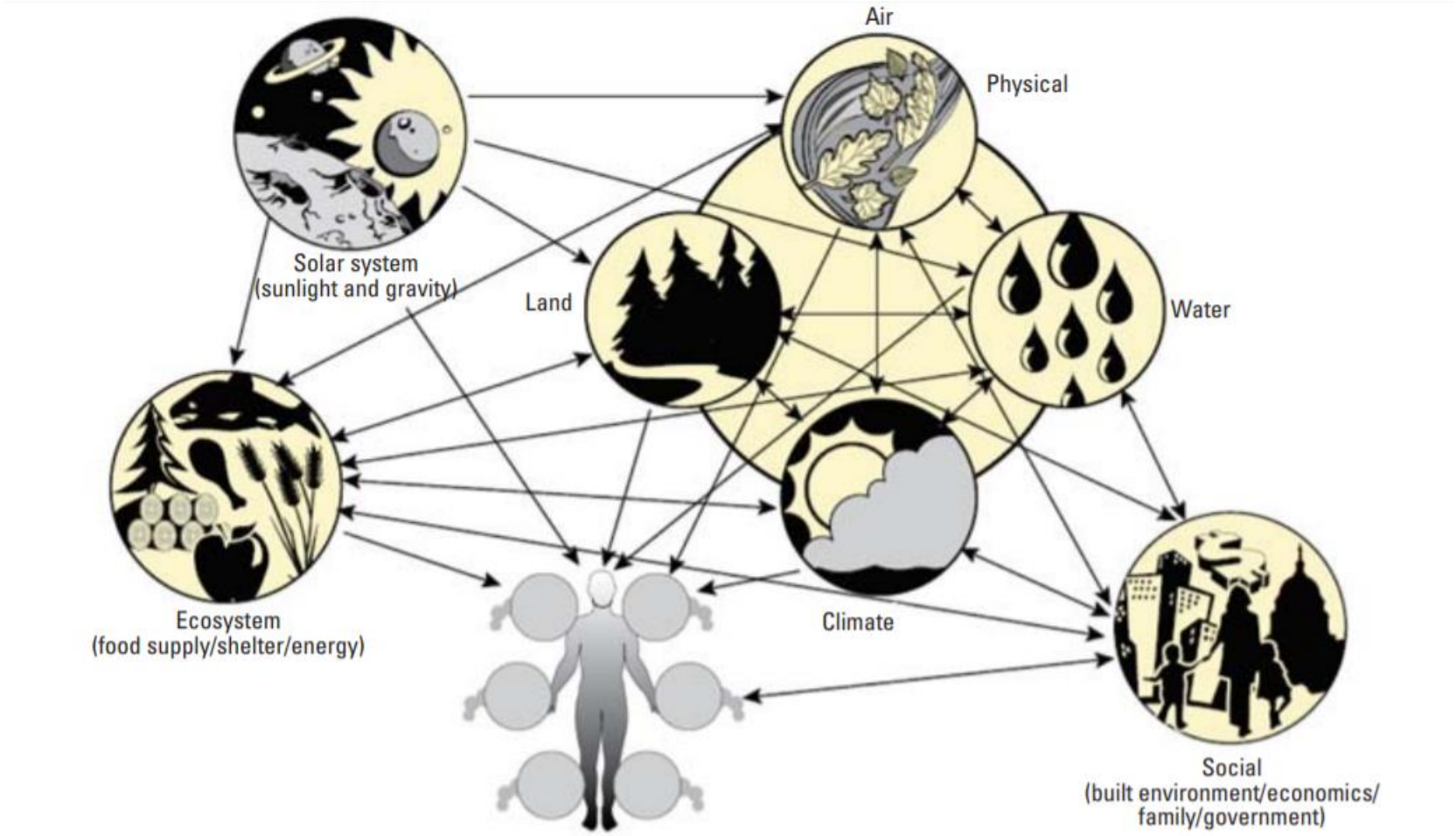


Figure 1. Systems biology framework for the individual. Current systems biology methodologies take advantage of high-throughput data generated at the molecular level in the hope of one day translating these maps of molecular interactions into cellular-level responses, then intercellular responses, and finally to an organ-level response. The interconnections between organ systems will need to be elucidated to understand an organism-level system.

The Forest for the Trees: A Systems Approach to Human Health Research
Environ Health Perspect 115:1261–1263 (2007). doi:10.1289/ehp.10373

- 我們的環境與我們的健康之間的互動網絡。
- 人類健康不僅取決於各種分子、細胞和器官系統層面的系統，還取決於我們的環境，包括社會（我們物種內的所有相互作用）、生態系統（與地球上其他生命的所有相互作用）、物理（與人類的所有相互作用）。
- 箭頭表示相互作用的主要連結，決定了這些系統內全局或局部變化的潛在路線。所有系統都有可能影響個人的健康狀況。



The Forest for the Trees: A Systems Approach to Human Health Research
Environ Health Perspect 115:1261–1263 (2007). doi:10.1289/ehp.10373

溪頭森林「五感」體驗



觀察不同森林的疏密、樹木的粗細。



抱著樹木、碰觸樹皮，感受樹木溫度及粗糙。



閉目靜聽溪水聲、風聲、蛙鳴及鳥鳴。



靜聞森林、木材、葉、莖或根的氣味。



品嘗過溝菜蕨、山蘇、山芹菜、桂竹等季節新鮮食材。

資料來源／台大實驗林管理處
製表／黑中亮

聯合報

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

EFFEK https://www.effekt.dk/camp

The Treetop Experience





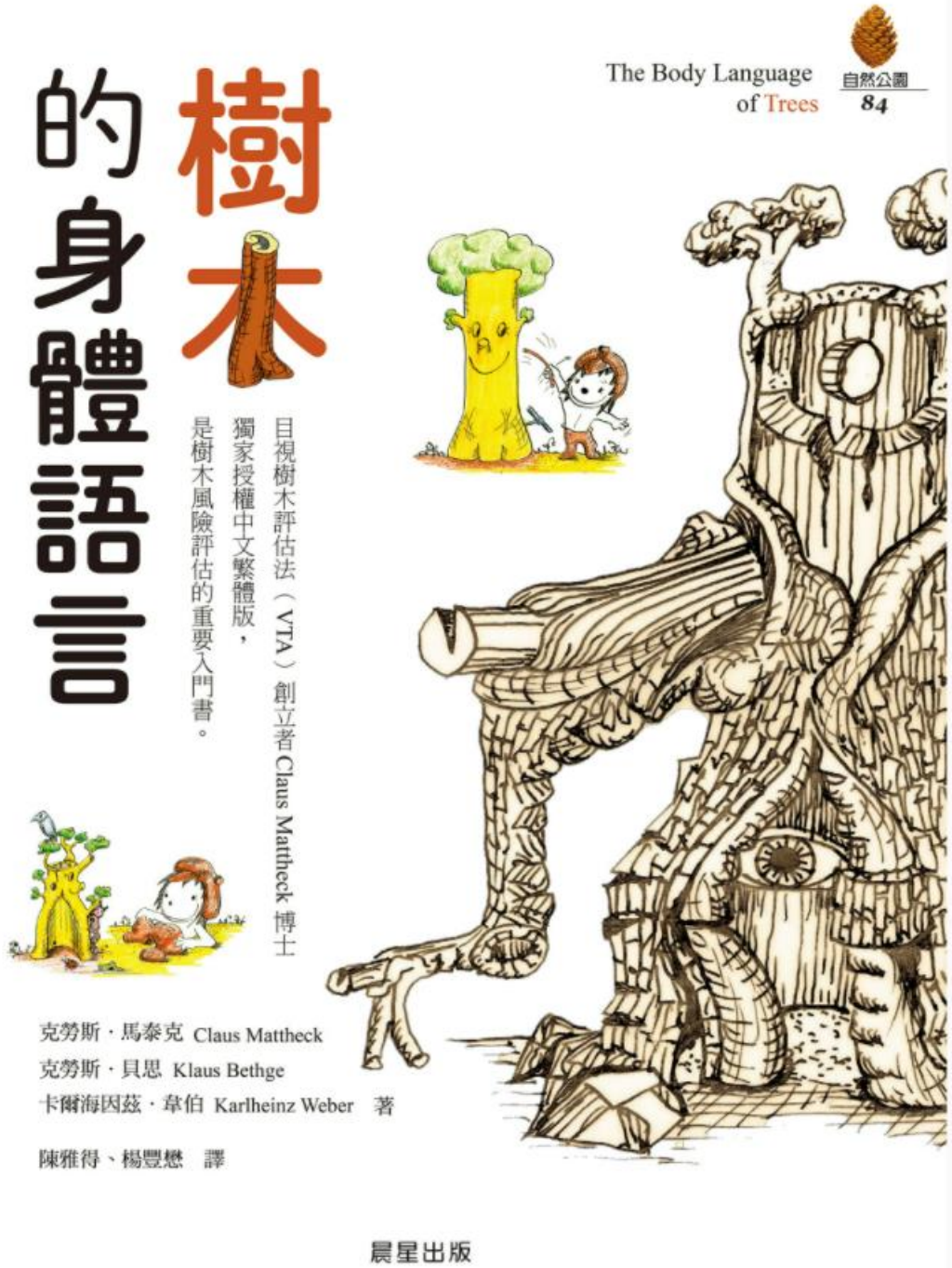
Gisselfeld Kloster 森林的特點是在當地非常罕見的丘陵地形，周遭還有小溪、湖泊、濕地等豐富的自然生。「The Treetop Experience」有總長600 公尺的木製步道，中途有鳥舍、環形步道、公共休息區、交叉觀景平台等等，讓你漫步在森林中也不失樂趣，步道底端就是引人矚目的螺旋景觀塔啦！45 公尺的高度，讓你可以將鬱鬱蔥蔥的森林盡收眼底，沈浸在丹麥優美的自然景致中

～ Camp Adventure 公園位於哥本哈根以南一小時車程的地

原文網址: 動腦新聞
http://www.brain.com.tw/news/articlecontent?ID=45018&sort=



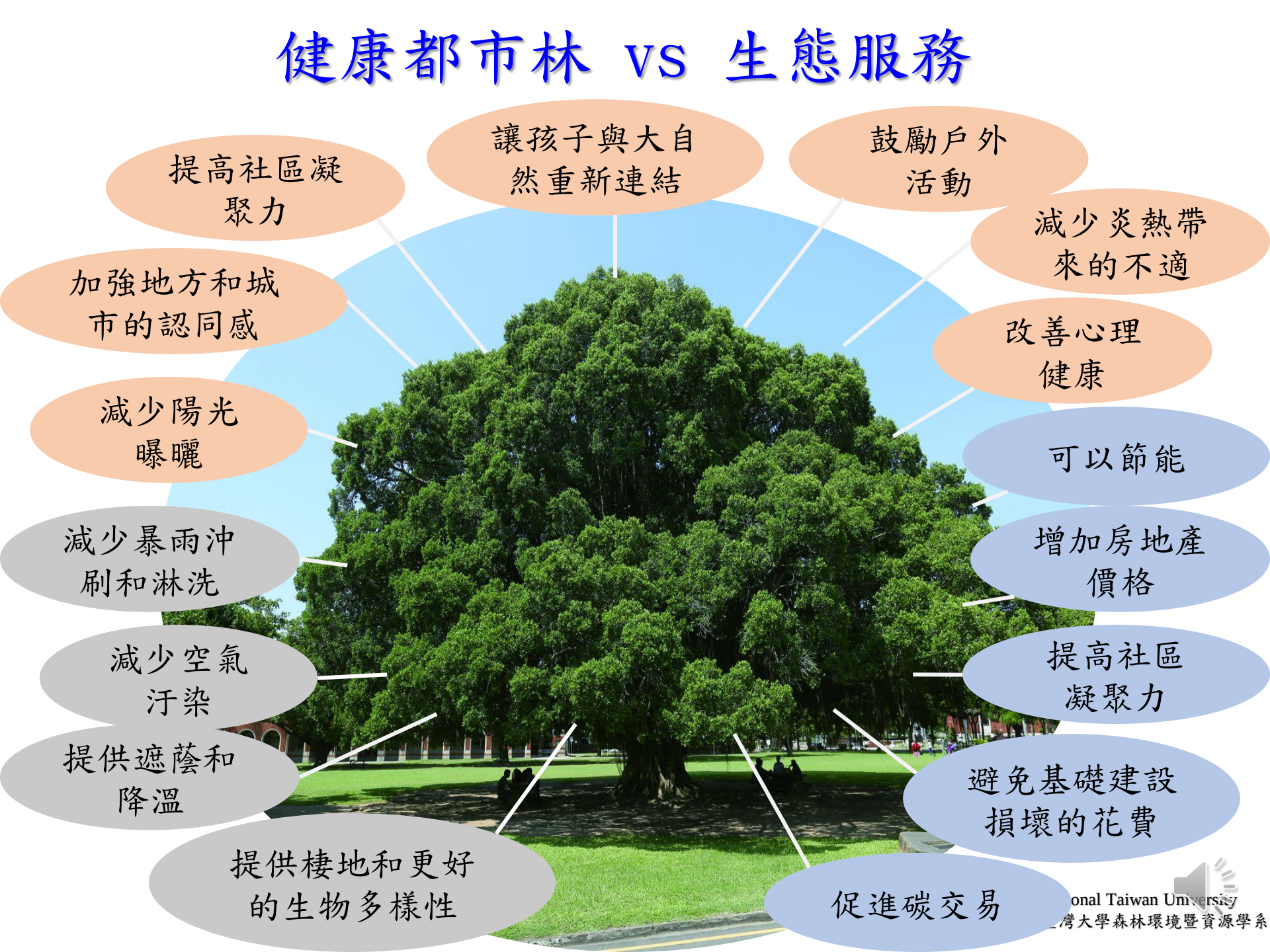
ional Taiwan University
臺灣大學森林環境暨資源學系



樹木的身體語言，晨星出版，2021

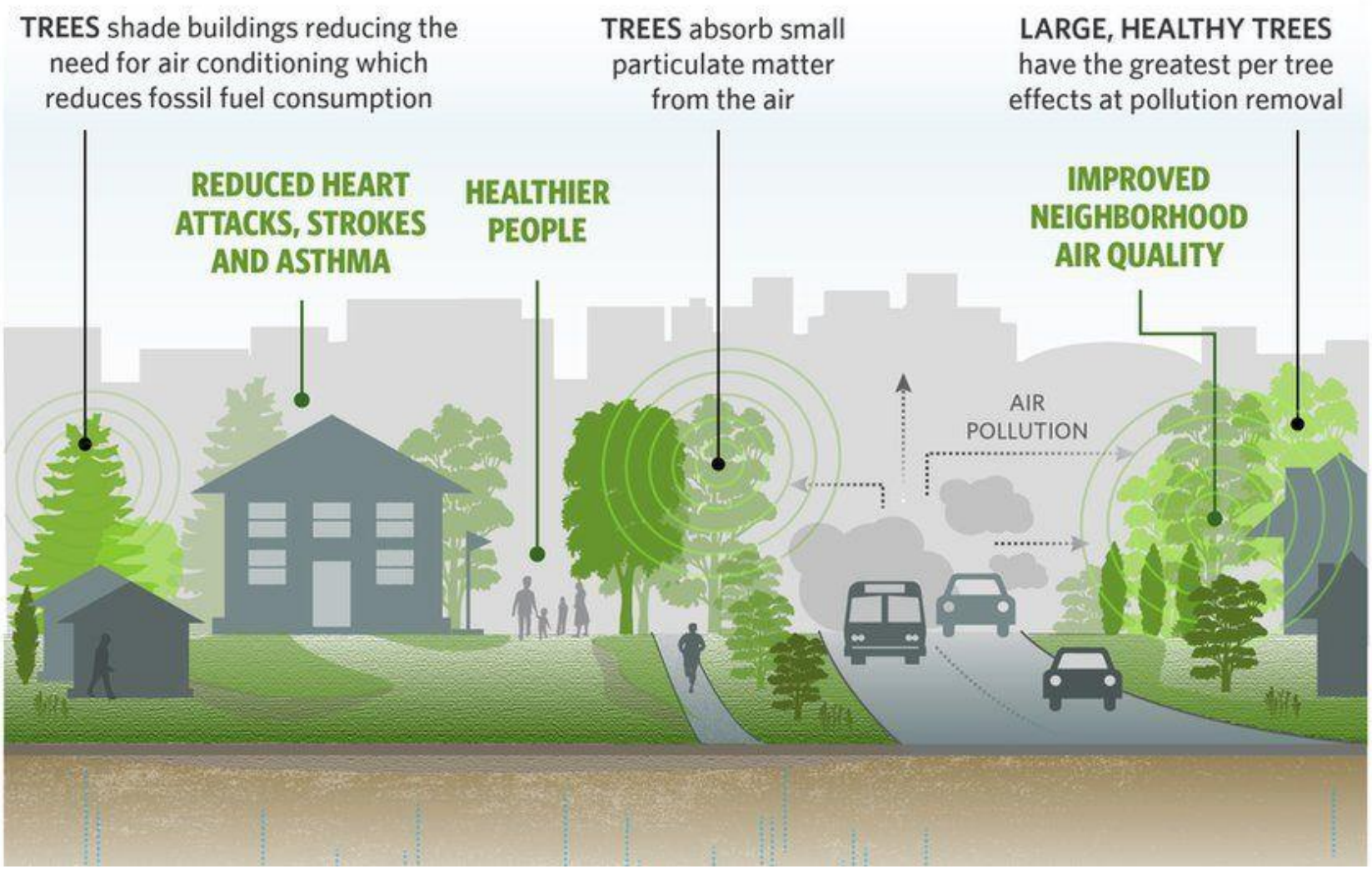
National Taiwan University
臺灣大學森林環境暨資源學系

健康都市林 vs 生態服務



onal Taiwan University
灣大學森林環境暨資源學系

樹遮陰減少能源消耗　　樹吸附空氣中汙染物　　健康大樹吸附空氣汙染物



https://www.bbc.com/news/science-environment-37813709

生態服務

供給服務

文化服務

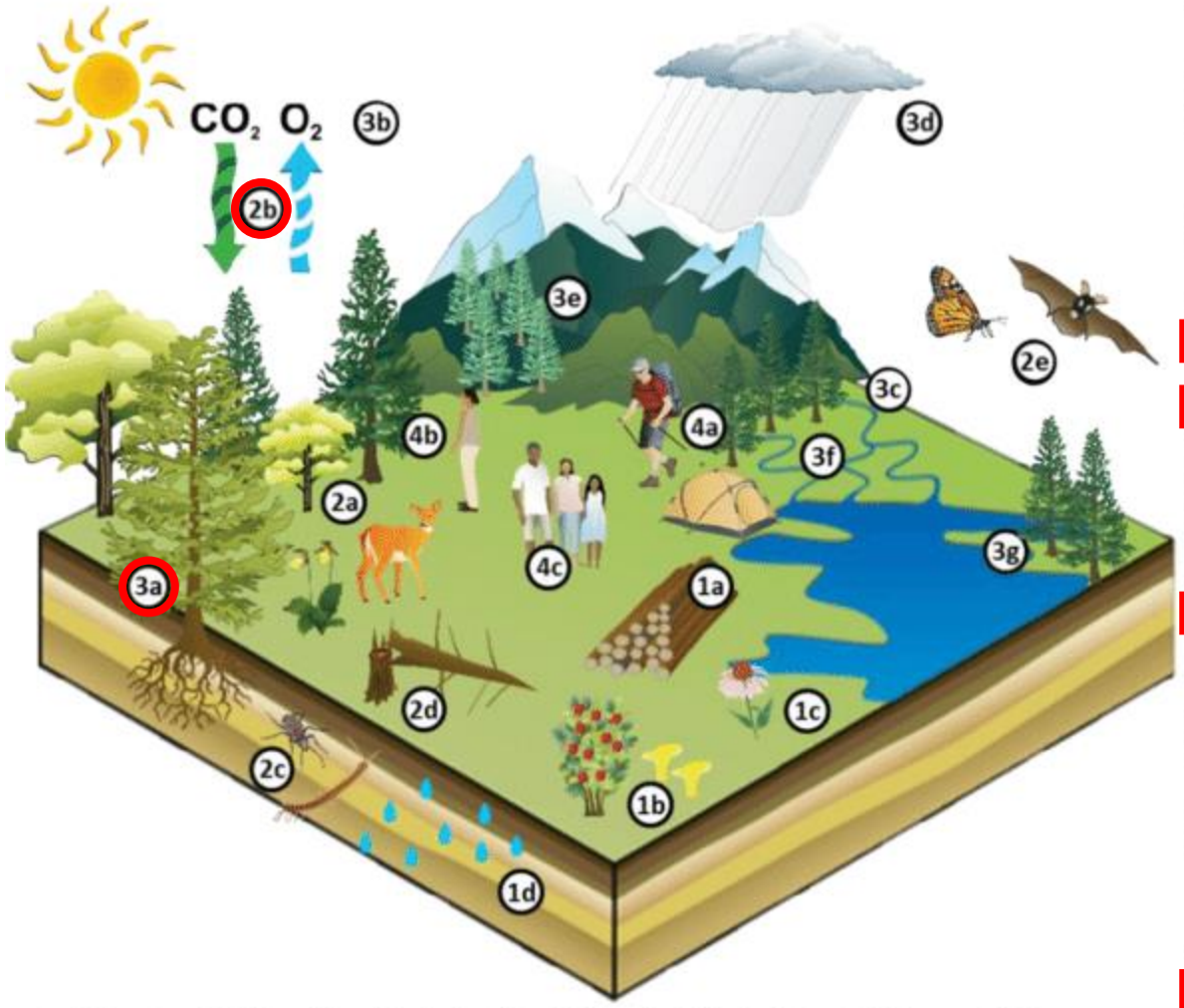


支持服務

調節服務

https://phys.org/news/2022-06-science-rests-animals-benefit-humans.html

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



Symbols courtesy of the Integration and Application Network, University of Maryland Center for Environmental Science (ian.umces.edu/symbols/)

Ecosystem services of forests

1. **Provisioning Services** 供給服務
   a. Timber/Fibre (construction, energy)
   b. Food (deer, fruits, herbs, seeds, honey)
   c. Chemical and medicinal products
   d. Water

2. **Supporting Services** 支持服務
   a. Habitats for fauna and flora (biodiversity)
   b. Photosynthesis/Primary production
   c. Soil formation
   d. Nutrient cycling
   e. Pollination, seed dispersal

3. **Regulating Services** 調節服務
   a. Carbon storage (above/below ground)
   b. Purification of air
   c. Purification of water
   d. Climate regulation
   e. Protection against erosion/ avalanches
   f. Flood mitigation
   g. Protection against coastal erosion and storms

4. **Cultural Services** 文化服務
   a. Recreation/Aesthetics
   b. Spirituality
   c. Education

https://www.researchgate.net/figure/Ecosystem-services-of-forests-subdivided-into-provisioning-services-supporting_fig1_345716175

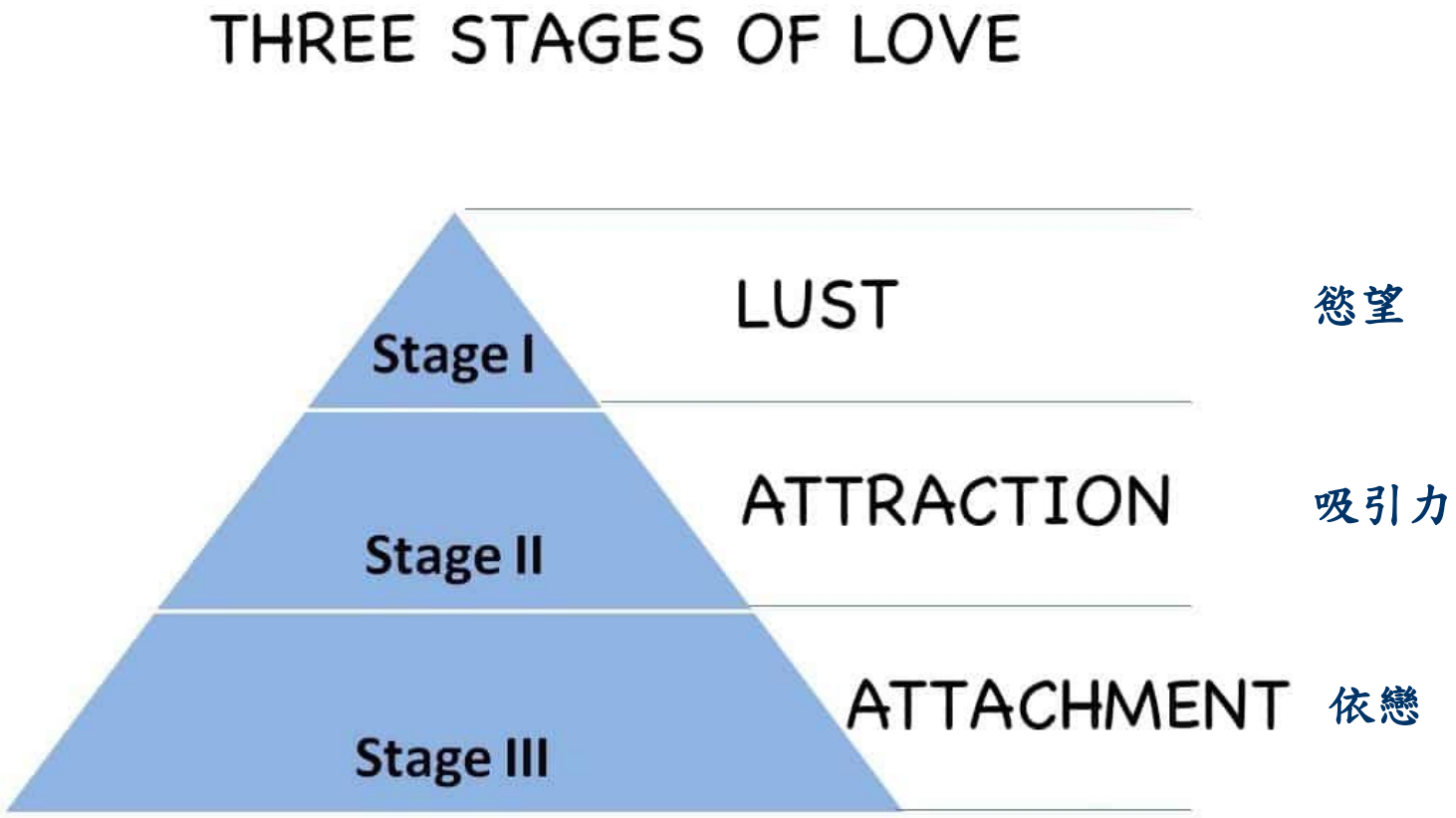
臺北市都市森林效益



- 臺北市都市森林一年減災價值？
- 臺北市都市森林一年固定CO_2價值？
- 臺北市都市森林一年涵養水源價值？
- 臺北市都市森林一年防止土砂沖蝕價值
- 臺北市都市森林一年遊樂價值？
- 臺北市都市森林一年保育生物多樣性價
- 面對熱島效應臺北市都市森林應該如何調適？



愛的三階段



https://www.exboyfriendrecovery.com/episode36/

喜愛樹木的 10 大理由！

1. 樹木為我們提供清新的空氣來呼吸。樹木吸收二氧化碳並產生氧氣。事實上，一英畝的樹木一年可以提供足夠 18 個人呼吸的氧氣。

樹木還會吸收空氣中的一些有害污染物，它們的樹皮和葉子會捕獲顆粒物，為我們提供更好、更清潔的空氣。

2. 樹木為我們提供食物。 果樹遍布世界各地！下次你在雜貨店買一袋橙子時，記住那些橙子生長的樹。它們不僅提供美味的水果和堅果供人們食用，樹木也成為野生動物的食物。

3. 樹很漂亮。想想街上莊嚴的橡樹、雄偉的巨型紅杉、令人難忘的猴麵包樹和茂密的綠色松樹林。我們喜歡樹木，因為它們很漂亮。

想像秋天火紅的楓樹。想像一下春天櫻花盛開。這個世界因為樹木而變得更加美麗。

4. 樹木為財產增值。它們不僅為財產提供美學價值（因為它們的美麗），而且出於多種原因，它們還增加了財產的價值。

正確定位的樹木提供遮蔭、防風和排水的好處，從而節省能源。擁有健康成熟樹木的房產銷售速度更快，價格也更高。

5.樹木提供舒適。在樹木周圍有很好的心理益處。在公園散步後，你不覺得更放鬆嗎？我們愛樹。

另外，想想你快樂的童年回憶。其中有多少涉及您爬過的一棵樹，在其中建造了一個樹屋，用作聚會場所或坐在下面遮蔭？

6.樹木防止侵蝕。那些大根使土壤保持在原位。沒有樹木來承載我們的泥土，我們將生活在荒地！

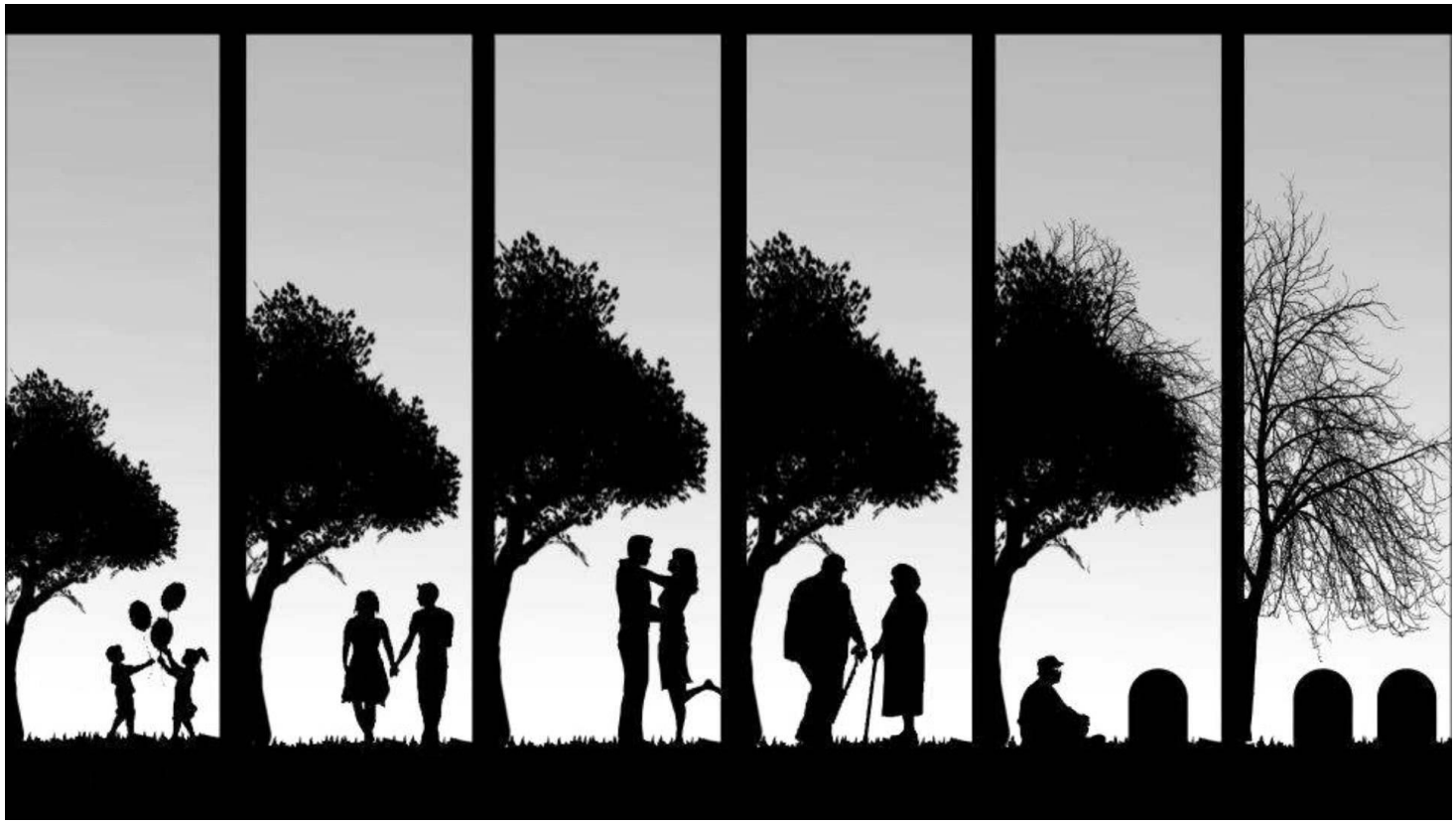
7.樹木給我們木材。來吧，數一數你家裡用木頭做的所有東西。紙張、家具、窗飾、地板等等！我們依靠木材來滿足我們的基本需求和許多奢侈品。

8.樹木為野生動物提供家園。許多大大小小的動物都生活在樹上，整個生存都依賴於它們。即使在城市地區，樹木也為鳥類、昆蟲和其他小動物提供了家園。

9.樹老了，給人一種永恆的感覺。在任何景觀中，一棵老樹都增添了個性。當你開始想到一棵成熟的樹所經歷的所有歲月，以及它所經歷的所有建築物和人時，你會感到一種新的尊重。畢竟，它的存在時間比你長。

10.樹木提高了我們的生活品質。他們在很多層面上為我們工作！它們幫助我們保持健康，改善我們的自然世界，保護我們免受風和太陽等惡劣因素的影響，減輕我們的情緒，提供燃料和建築材料，並為我們的生活空間增加經濟價值。

https://treesunlimitednj.com/why-we-love-trees/



https://medium.com/%EC%82%AC%EB%9E%91%ED%95%98%EB%8B%A4/%E7%94%9F%E8%80%81%E7%97%85%E6%AD%BB-%E4%B8%AD-55498441fb05

為什麼樹木可以讓你更快樂

研究表明，在樹周圍有利於我們的心理和社會福祉。

- ❑樹木幫助我們減輕壓力，恢復活力
- ❑樹木改善我們的健康
- ❑社區中的樹木導致犯罪減少
- ❑樹木可以讓我們更加慷慨和信任

https://greatergood.berkeley.edu/article/item/why_trees_can_make_you_happier











甲骨文　　金文　　大篆　　小篆

1.樹木的總稱。
2.木材、木料。
3.木製的器具。
4.八音之一。系用木材做成的樂器。
5.五行之一。生火剋土。
6.質樸。
7.呆板、愚笨。
8.姓。見萬姓統譜·一一二。
9.行星名，參「木星」條目。
10.失去知覺。
11.棺槨。

https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%9C%A8%E9%83%A8

1474個字

筆劃字例

0 亓不木水

1 氺杰杷未末本札朮术杢

2 朽机村朴朽打束朱朴朴朴朵朵初枋枕朴权

3 杞杓杪杷杷栏枭杞杪枕朽机杭籽李杏杵朽杜杷杞束杆杆杆朽权杉材村初杓杵杖杖杗尿材杠条杢杣杕枚杞极杖来

4 枴枰枰柒枫枪快茉枭枠枡枣杖炉枩枷栻杷枺柿杷枕赫枞枭杧枡秋枫栈枺砂杜杭杭柿杯松杻杼杆松板柳枋枌扶枡枚抓果枝枞枟杰杲東杳枚杵枘杷投杷笋枡杓枸枸枡耗枇柒枉析栝枒料柃枕枺林枘栻枘枴杵枷杻柿

5 枴枺枴桦枰枱盍枯枯枰柏枭枳枴栲架枷枸枹枺枘枰枯枭柿枯披柁栺柃柄柅柆枰栘枺桦枰柃枩柏某柑柒染柔枒招枩柘押柚柙柜析柞柄柠栜柠枯枺扶柤查柦柘柩栺枘枢柱枞柳柴栅柧枧枉柿枷枴查枟柽柱柄枺栻枒枴栻枴枹柱栭栺柳栂栻栅枭枒枺枺枷树枻栻枺

6 枭栟栻栎械梵栲桀柃柿桄栊桐栟栝栝栞栟株栴桧栾栟栝栞桦栟栴栴指栻格栽栾枞桀桋桧桦栟桦栲栲栝桦栟栴栞栝栟栲栝栴栖栖栞栟栲栝栴栖栲栴栖栲栝栴栖栲栝栴栖栲栝

繞著樹木上課！東京樹屋幼稚園

學齡的幼童身心正在發展中，需要擁有寬廣的空間及時間消耗精力或是思考，而非被侷限於傳統的空間及機械式教育中。日本的 tezuka architects 的 ring around a tree 作品根據小孩喜愛繞圈跑、不愛受拘束的習性，設計出一個與自然環境緊密結合，宛若樹屋的開放式幼稚園。

以巨大樹木為結構的建築，坐落於東京立川市，完美融合了英語教室及校車等候站，也成功打破了自然與建築的界線，讓地面與扭曲的樹木密切交融，並透過欄杆及柔軟的橡膠墊保護兒童，避免碰傷或墜落。內部更設計出許多兒童才能通行的蹲伏空間，提供爬行及遊戲。在這裡上課完全沒有僵硬的封閉緊張感，能夠讓孩子全然放鬆的吸收新知、快樂學習，而在不上課時，也可以提供充足的空間讓小孩恣意奔跑，釋放所有精力。



https://www.designwant.com/article/4408





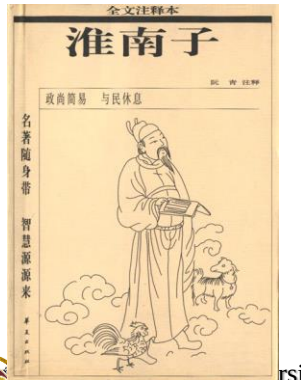




https://www.designwant.com/article/4408

物候學

- 物候學為研究生物與氣候關係的科學，其發展源遠流長，是一門十分古老的學科。
- 從史料記載而知，中國是物候觀察起源最早的國家，約有三千多年的歷史。
- 「左傳」中明 記每逢冬至、夏至、春分、秋分必將雲氣記錄之。於周、秦時代為指揮苦工適時從事農業生產而起用物候。
- 「呂氏春秋、十二月紀」中已出現二十四節氣
- 「禮記、月令」或「淮南子」中亦有二十四節氣相關物候



二十四節氣與農漁民生活

- 「種田無定例，全靠著節氣」，我國以農立國，民間自古普遍流傳這句俗話至今未改，可見節氣受一般農民重視的程度。節氣是我國所獨創，用來指出一年中氣候寒暑變化的周期規律。
- 由於我國是農業發達的文明古國，對農業社會的人而言，春耕、夏耘、秋收，冬藏是一年中的大事，因此對氣候與季節變化，須有一套準則或方法來遵循，以指導農業生產，二十四節氣就是在這種情況下被制定出來。



http://kopataiwan.blogspot.tw/2015/03/24.html

http://www.coa.gov.tw/ws.php?id=285

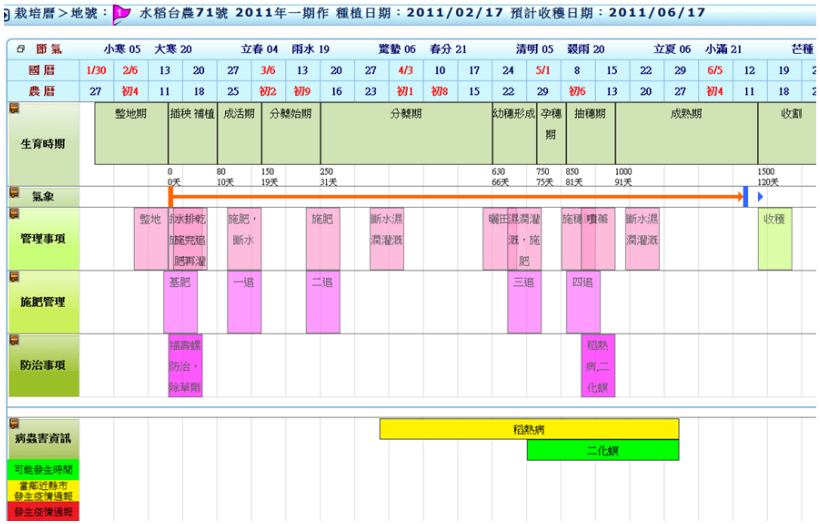
最古的農書「齊民要術」

- 在中國最古的農書且至今尚保存完整的，為北魏由賈思勰所著之「齊民要術」
- 書中大量引用較之早五百年的古農書西漢的「氾勝之書」，「氾勝之書」中已有物候之描述，如「杏花滿開時耕土，花散時再耕之」，「夏至七十日後播冬小麥，如過早播種易遭虫害等」。
- 但賈思勰有系統的將物候與農業生產做結合，他也知道各地的物候有所不同，南北有差、東西亦異。

徐森雄，2007



http://agronews.fftc.org.tw/view.php?id=20161103164104&type=web



http://www.coa.gov.tw/office_epaper/epaper/infoexplorer/online/18/001/Untitled-1.html



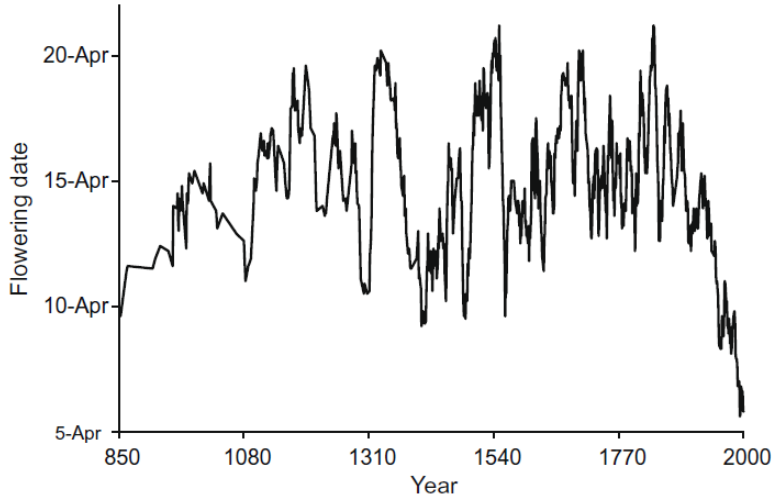
http://www.huikwang.com:801/index.php?c=agr_tech&c_sn=17

西方物候學

- 西方物候學正式形成時間，則是1753年左右，由當時瑞典的植物學家林奈所建立，故林奈亦被稱之為物候學之父
- 而英文『phenology』一詞，則是到了1853年，才由比利時的植物學家Morren提出，兩者相差了100年之久。
- 林奈時期的物候研究，是以研究生物的季節性與週期性現象為主，此時的物候學被稱之為經典物候學或是季節性物候學，日本則稱之為生物季節學
- 後來科學家發現生物物候的變動是隨著氣候的週期性變化而變化，故物候學的內容與定義，也不斷地隨著物候研究的新發現而改變。到現代，物候學成為研究氣候與生物相關性的科學，又稱為生物氣候學。

日本物候學

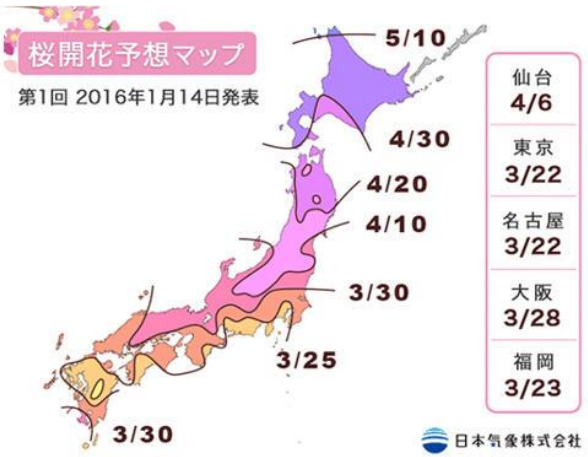
- 在日本物候學稱之為生物季節學，二十四節氣或七十二候全傳自中國 (Tsuboi,1986)。
- 櫻花之開花記錄從中國唐憲宗元和七年(西歷 812 年)至今日為止，接近1200年毫未間斷，乃世界最長一項物候記錄。
- 目前在日本超過1500個物候觀測點隸屬於氣象廳，農業氣象與物候學均為日本氣象學之重要部門。



日本自然季節觀測記錄

- (一)預測季節之到來時期。
- (二)在山岳地區無氣象記錄地方，利用自然 季節現象資料來推測其氣象。
- (三)研究氣候變遷之歷史

- 在日本物候學決定了農業上之耕耘、播種、收穫適期，或預測植物之發芽、開花、結實時期。
- 櫻花前線、紅葉前線之推測是最典型的例子(Sekikuchi 1975)，攸關國民生活與旅遊至為深遠。

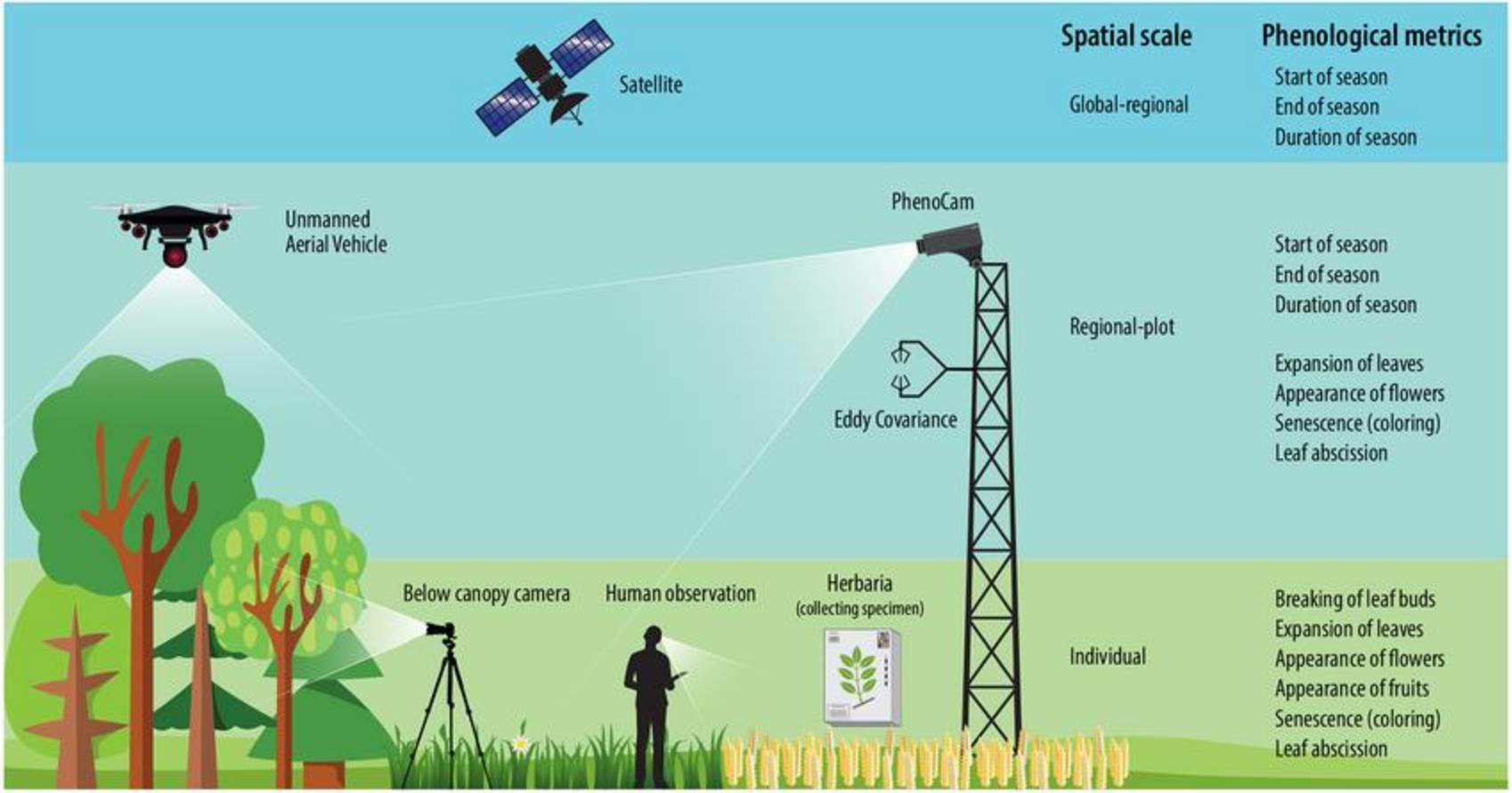


徐森雄，2007

全球物候監測計畫

- 物候是指生物隨氣候變化的各種現象，自古關於物候觀察，人們都是藉由長期觀察周遭生物生命週期現象規律的變化，來感知氣候的改變。
- 物候觀察真正開始發展為有組織的一門學科，始於18世紀分類學創始人林奈，在瑞典設立18處植物物候觀測站，觀察3年間植物萌芽、開花、結果與落葉的物候規律，因此林奈被稱之為現代植物物候學之父。
- 早期的物候學以紀錄生物生長、發育、行為、分布等，隨著季節的週期性變動為主，並經由長時間的物候紀錄，比較各種不同年分的生物事件差異，以瞭解氣候變化的規律，之後逐漸演變成研究各種生命現象與氣候因子相關性的一門學科，稱之為「生物氣候學」或是「物候學」。
- 20世紀末，氣候變遷影響觀測日漸受到重視，而物候觀測是監測氣候變遷對生物影響的最簡便方法，也是評估氣候變遷影響最重要最理想的生物性指標，其結果能直接顯示氣候變遷對生物之影響，並提供物候模型定模的數據，因此物候觀測成為氣候變遷的研究中是不可或缺的一環。
- 為此國際間對於建立全球性的物候觀測網絡，以監測氣候變遷對生態系統的影響逐漸形成共識，乃於1996年，第14屆國際生物氣象協會大會，正式成立全球物候監測計畫（GPM: Global Phenological Monitoring program），透過新建或改造舊有的物候園（IPGs）系統，建立遍布世界的物候觀測網絡，用以監測氣候變遷對區域至全球尺度的生物影響。

物候監測方法概述

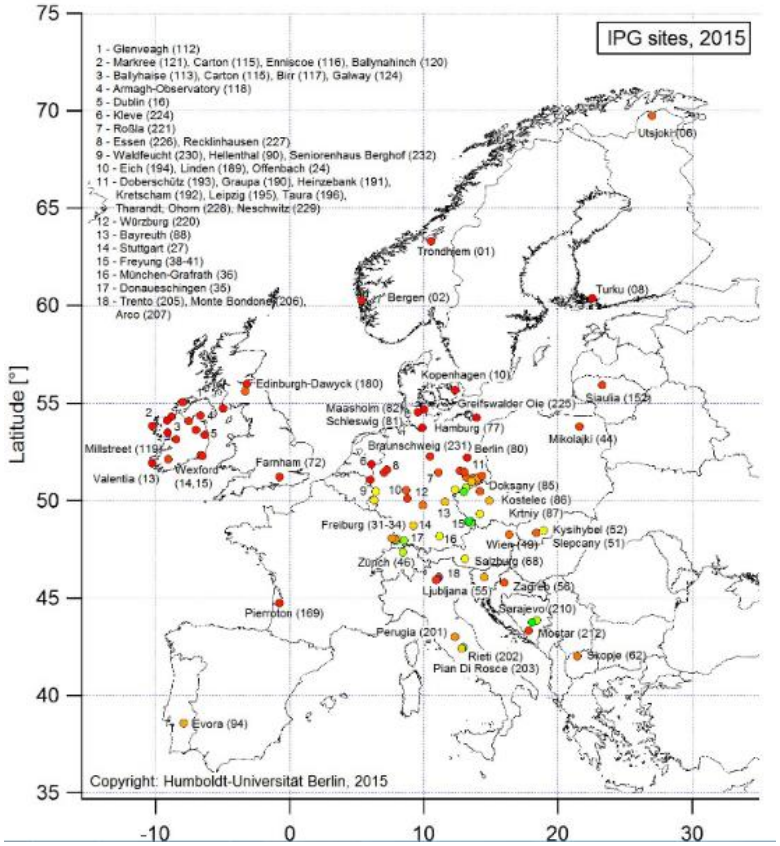


https://www.researchgate.net/figure/Overview-of-methods-monitoring-phenology_fig1_359280995

全球物候監測網分布

- 許多歷史記載均可見長期對地面動物、植物及作物物候的觀測，透過物候觀察以利於人類從事農作生產及取得自然資源。
- 由於物候觀察能提供寶貴的訊息，目前歐洲、美洲及亞洲已建立涵蓋範圍廣大的的物候監測網，並具有數十年以上的物候觀測資料。

歐洲物候站



物候指紋（Phenological Fingerprints）

- 氣候變遷的物候研究，物候觀測的最小單位稱為「物候指紋」，以植物物候網絡而言，就是指物候園中的樣本。
- 一個物候網絡的研究精度，取決於物候指紋的密度。亦即觀測的樣木越多，其精度越高。
- 以氣候變遷影響研究的規模程度來區分

➢單一地點，每個季節中的多個物候相變化觀測研究，一般稱之為「小印跡（small signs）”物候研究；

➢在物候網絡中，多個地點，相同物候相的變化研究則稱之為「中印跡」物候研究；

➢物候網絡中，多個地點每個季節中的多個物候變化研究，則稱之為「大印跡」物候研究。

➢單一位點的一個物候相變化研究，由於無法顯示氣候變遷的時間或空間影響，通常不被納入物候指紋中進行比較與討論。

物候指紋應用

- 根據國際物候園的觀察報告顯示，近年來氣候變遷對各地的生物影響正逐漸加劇，全球物候普遍呈現出春季提前，秋季延後，生長季延長的趨勢
- 國際物候園物候指紋研究報告指出，在過去的30至50年間，歐洲春季物候（展葉及開花）每年平均提前0.12至0.31日，秋季物候則是每年平均推遲0.03至0.26日，北美則是每年春季平均提前0.08至0.38日。對不同物種而言，美國西部1968至1994年間的資料顯示，春季紫丁香平均每年提早0.15日開花，金銀花則是平均每年提早0.35日開花;從過去50年的數據顯示，德國西洋接骨木果熟期每年平均提早0.2日，歐洲七葉樹的果熟期則僅提早0.05日。
- 以生長季的長度來看，歐洲在1952至2000年間，平均每年生長季約增加0.36日，但是其中地中海地區，每年平均卻是增加0.67日，相當於整個歐洲大陸平均的兩倍。
- 以不同的年分報告來看，德國物候網1951至1996年間的資料顯示，當地春季物候平均每年提早0.12日，1951至2000年間的資料統計結果則顯示，當地春季物候平均每年提早0.16日，這期間僅多出短短四年的時間（1997至2000年），對長期趨勢數據影響卻如此明顯，表示近年來氣候變遷對生物的影響，遠比過去要高的多。

物候指紋應用

物候不同步

- 物候指紋應用性很廣，不只侷限於植物，包括各種物種的分布變化、候鳥的遷徙、各種蝴蝶的羽化、越冬、蛙鳴、蟬鳴等等，都可以進行物候指紋的分析與研究。
- 不同物種的物候觀測，可以用來幫助解釋生態系中，不同物種間在生態系中的相互關係。例如近年來，許多物候學家將植物與鳥類物候指紋變化進行跨系統的研究，結果顯示：兩者間有許多種類的物候指紋變化，呈現高度的相似性，顯示許多鳥類的分布或繁殖的物候印跡，是跟隨某些植物的開花或結果的物候印跡而改變的，而非直接受到氣候因子的制約。
- 相關物種出現物候不同步（asynchronies），如授粉昆蟲的出現與蜜粉源植物花期的不同步、鳥類繁殖期與其食物昆蟲發生期的物候不同步、蝴蝶幼蟲孵化與食草萌芽的物候不同步等。此種物候不同步的現象，會使生態系統中，關鍵物種的生態功能無法發揮，進而造成物種滅絕、生物多樣性降低、生態系統的異常、退化或是崩解。

日本櫻花

日本有一百多種櫻花樹品種。其中一些是原產於日本森林的野生品種，如山櫻，但其中大部分是人類在幾個世紀以來種植的，用於花園和公園的裝飾。迄今為止，當今最受歡迎的櫻桃樹品種是特別漂亮的栽培染井吉野。

花瓣數

大多數野生樹木，以及許多栽培樹木品種，都開有五瓣花。然而，有些物種的花朵由十個、二十個或更多花瓣組成。開花超過五片花瓣的樹稱為**八重櫻**。





5片花瓣（如染井吉野） - 約20片花瓣（如一葉） - 約100片花瓣（如菊櫻）

https://www.japan-guide.com/e/e2011_species.html

花的顏色

大多數品種開出淡粉色到白色的花朵，但也有開著深粉色、黃色或綠色花朵的櫻桃樹。此外，某些品種的櫻花在盛開時可能會發生顏色變化。例如，一朵花可能會開成一朵白花，並在幾天內變成粉紅色。

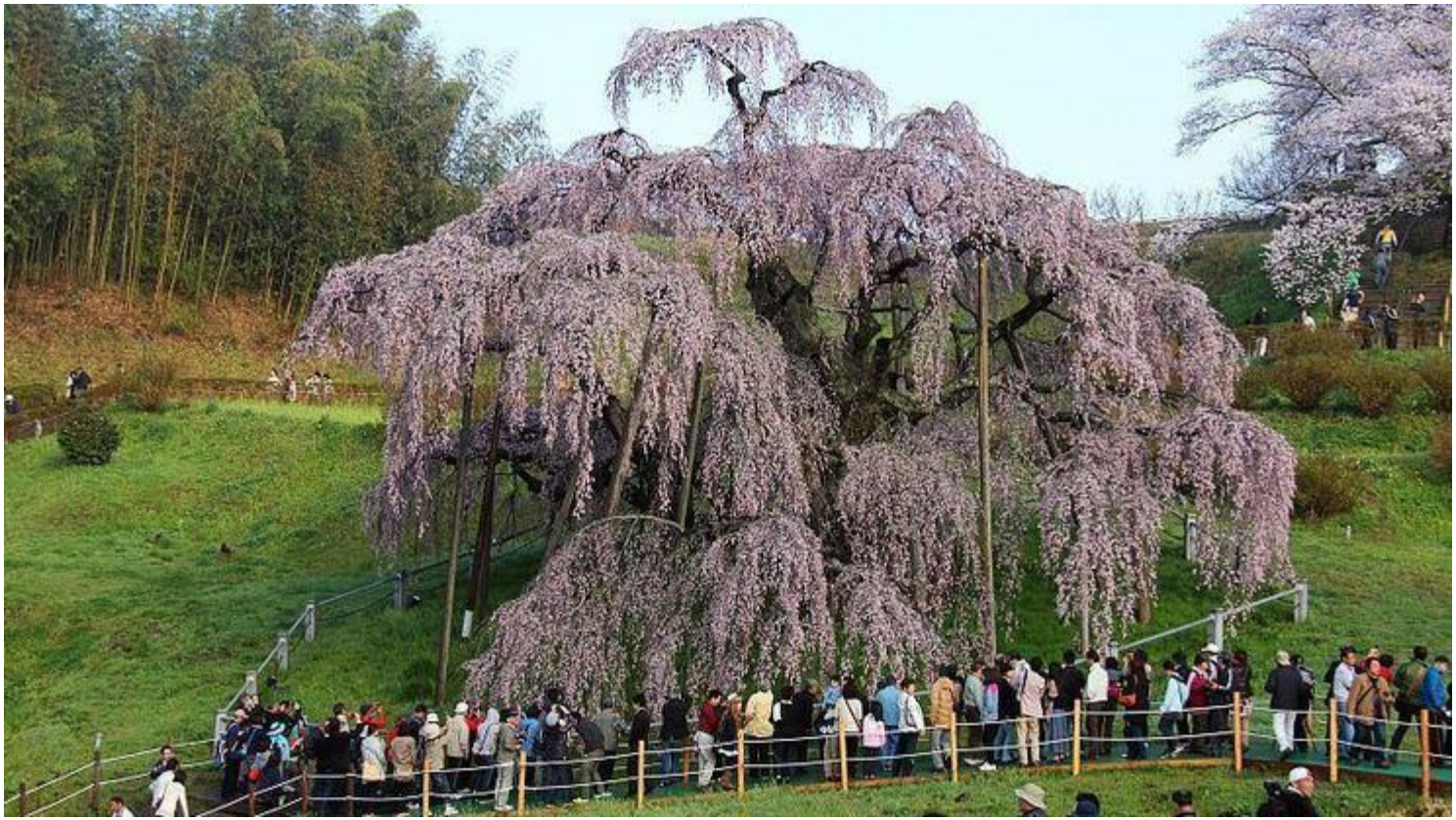


白花（例如Shogetsu）-粉紅色的花（例如Kanzan）-黃色的花（例如Ukon）

https://www.japan-guide.com/e/e2011_species.html

樹的形式

櫻花樹的生長習性多種多樣，形狀和形態各異：三角形、柱狀、V字形、垂枝形、平頂等。垂枝櫻花被稱為**枝**垂櫻。



垂枝櫻花（shidarezakura）

https://www.japan-guide.com/e/e2011_species.html

最常見的櫻桃樹品種

染井吉野（吉野櫻）

東京平均花期：3月下旬至4月上旬

染井吉野在東京的江戶時代栽培，是迄今為止日本數量最多的櫻花樹。染井吉野樹開著略帶粉紅色、幾乎是白色的 5 瓣花。它們的外觀特別強烈，部分原因是它們的新鮮葉子直到開花季節高峰之後才會出現。



山櫻

東京平均花期：3月下旬至4月上旬

與染井吉野等栽培品種相比，山櫻是日本最常見的櫻花品種，實際上在自然界中野生生長。它的花朵略帶粉紅色，有五個相對較小的花瓣。Yamazakura 的新鮮葉子與花朵同時生長，使樹看起來沒有染井吉野那麼強烈。



Shidarezakura（垂枝櫻花）

東京平均花期：3月下旬至4月上旬

垂枝櫻花樹的樹枝下垂，是日本最常見和最受歡迎的櫻花樹之一。有五瓣花的樹和五瓣以上的花樹兩種。後者被稱為八重櫻，開花時間比五瓣的要晚一周左右。



https://www.japan-guide.com/e/e2011_species.html

它們開花多長時間？

櫻花季相對較短。盛開（mankai）通常在第一朵花（kaika）開放後約一周內達到。又過了一周，盛開的高峰期結束了，花朵從樹上飄落。大風大雨會使花期更短。



https://www.japan-guide.com/e/e2011_species.html

Hanami（花見）字面意思是“賞花”，但通常僅指賞櫻。觀賞櫻花很容易：只需觀賞一棵樹或一組樹，即可享受眾多花朵的濃烈。遠看樹木如雲，遠觀單花之美。



花見：日本的櫻花文化

- 在日本，欣賞櫻花美麗而短暫的花朵的古老傳統被稱為*賞花*，字面意思是“賞花。
- 早在奈良時代（公元710-794年），日本人就舉辦了櫻花和梅花（*Prunus mume*）賞花派對來慶祝春天的到來。當時的朝廷成員會聚集在一起欣賞粉紅色和白色櫻花的轉瞬即逝的美麗。今天，來自日本社會各地的人們聚集在櫻桃樹下，坐在鋪在地上的塑料布或野餐墊上，與家人、朋友或同事非正式地享用食物、飲料，也許還有音樂。



https://www.bbg.org/news/hanami_cherry_blossom_culture_in_Japan

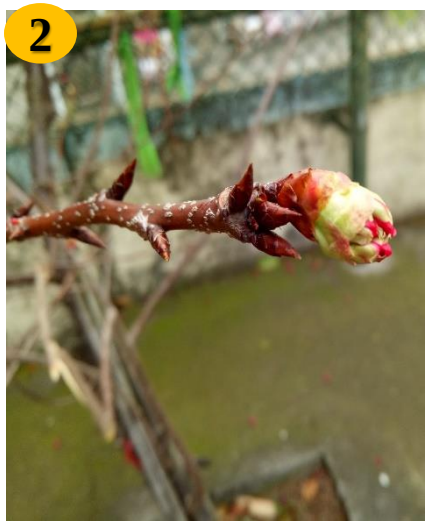
物候調查

➢ 花候期分類

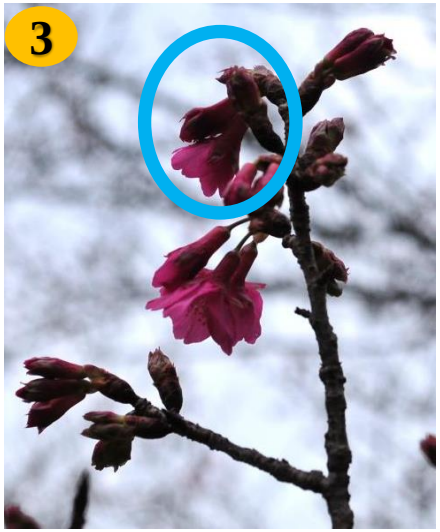


花芽膨大期





露蕾期



始花期



盛花期



落花期

➢ 花候調查方式

物候調查時各海拔樣區選取3株樣木，每株樣木固定4-6個枝條，計數樣枝5種花候期的數量。調查頻率為每年12月開始，約每10天調查一次。

櫻花預測

每年，包括japan-guide.com在內的氣象服務機構和媒體都緊隨所謂的“櫻花前線”緩慢向北移動。請注意，前面通常表示第一次開花（kaika）的開放，而不是盛開（mankai）的到來。

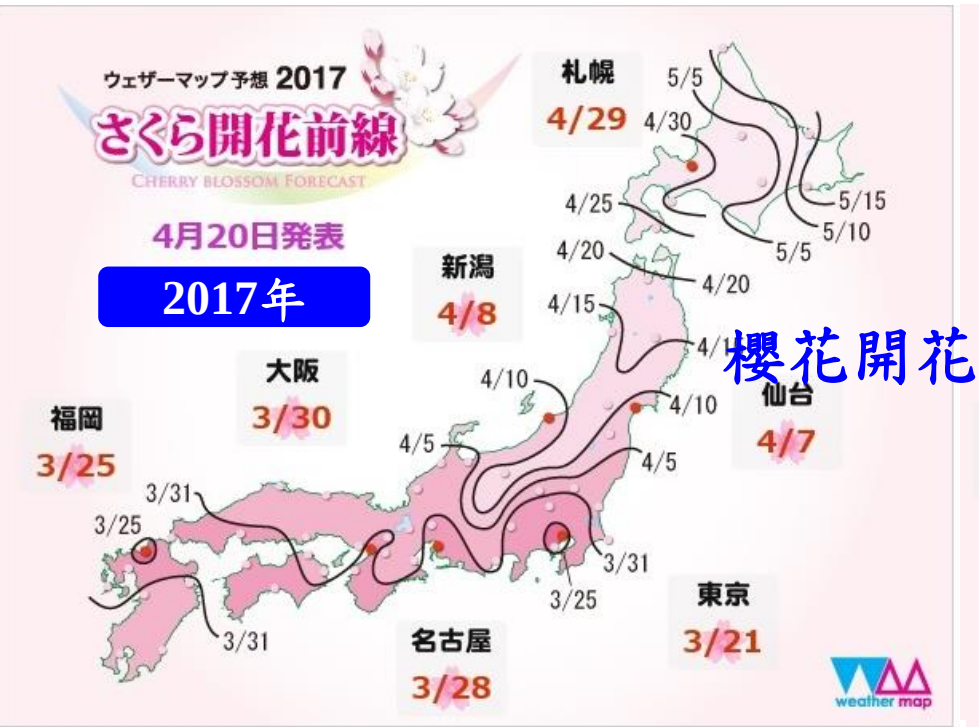
當然，並非城市中的每一棵樹都在同一天開放，例如，陰暗處的樹木比陽光充足的地方的樹木開花晚幾天。出於這個原因，選擇一棵有代表性的樣本樹來定義整個城市的開卡（第一朵花開）的日期。在東京，樣本樹位于靖國神社。

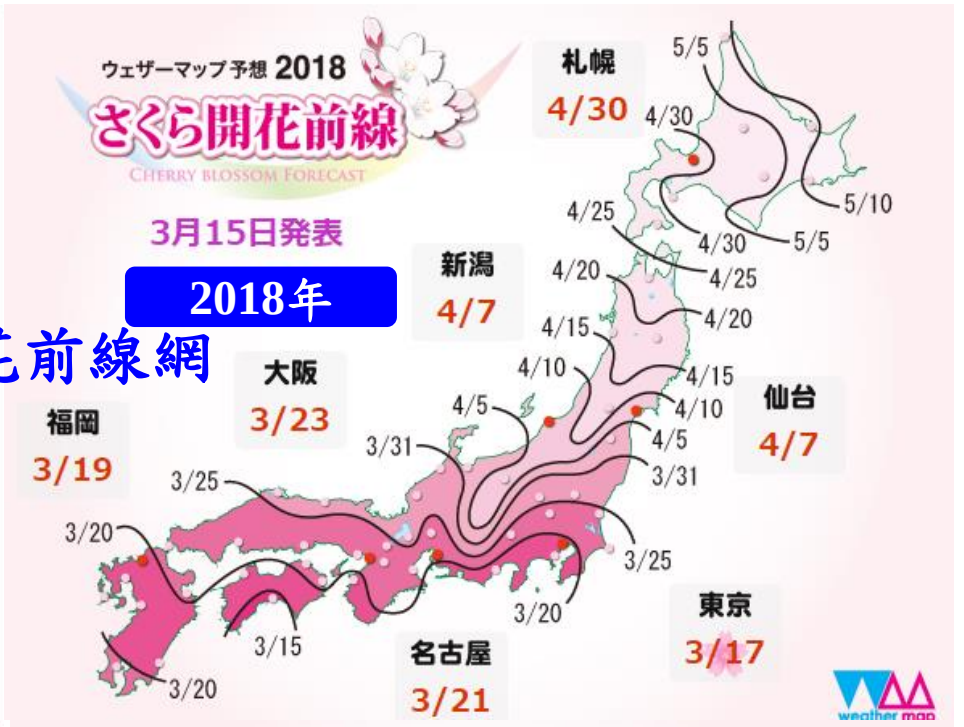


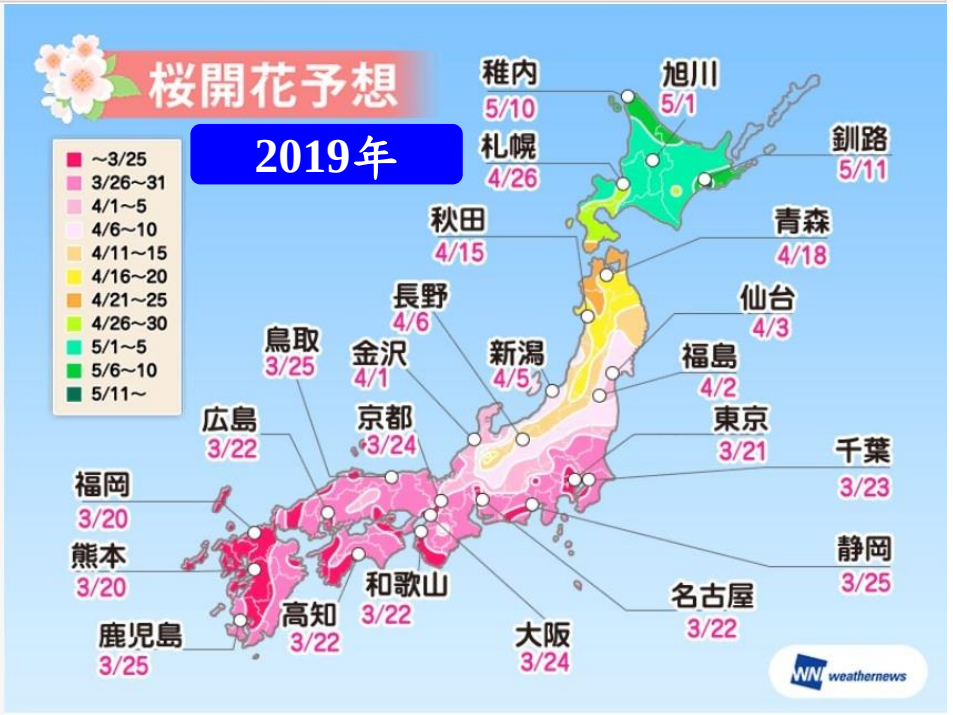
https://www.japan-guide.com/e/e2321.html

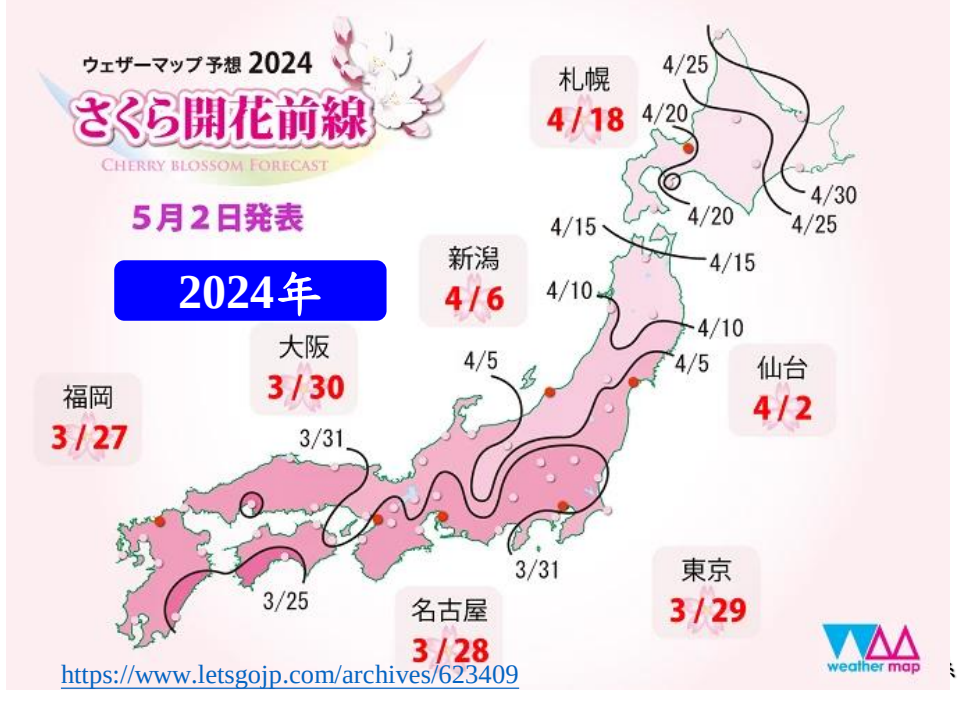
https://www.japan-guide.com/e/e2011_species.html

櫻花開花前線網



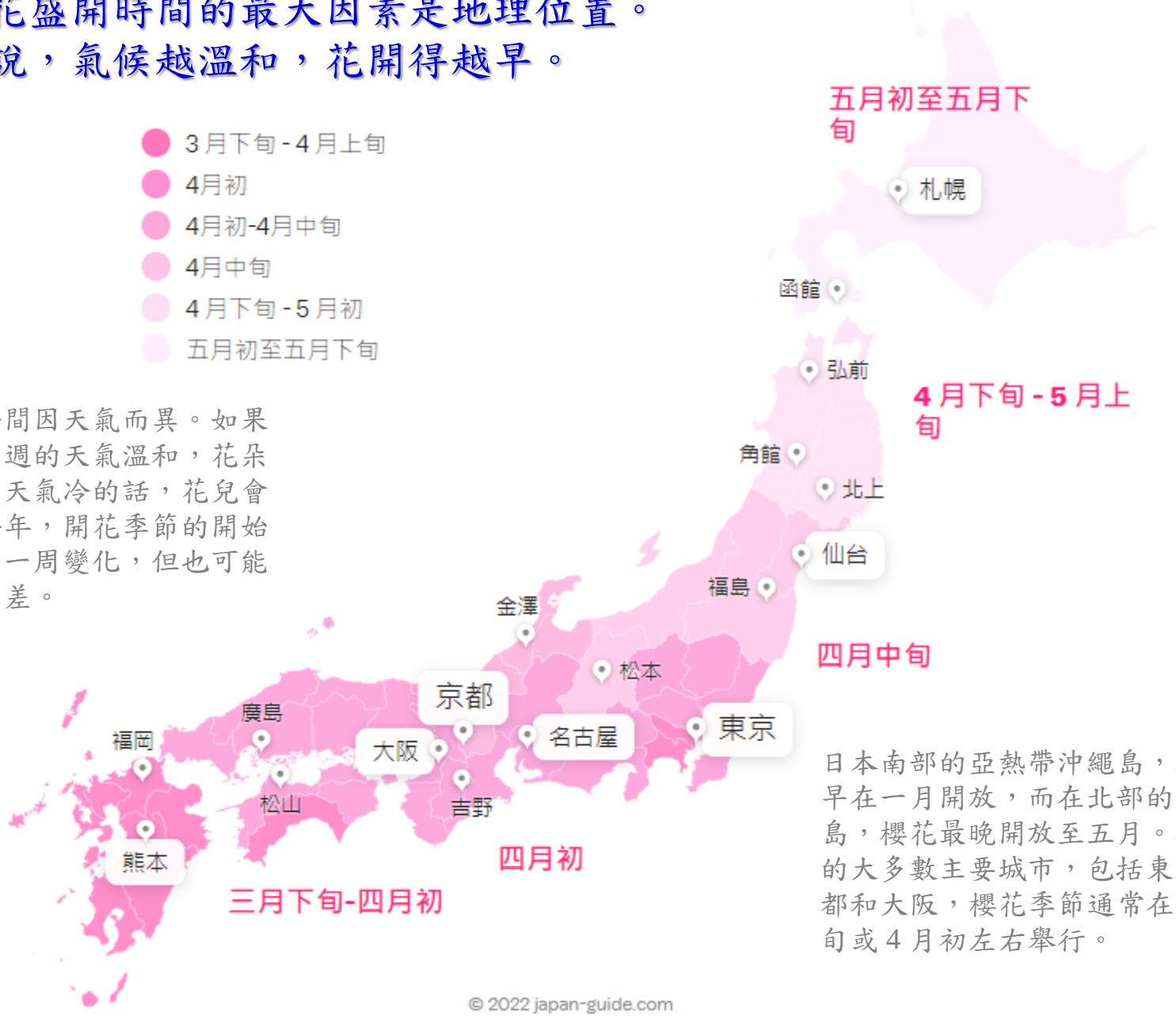






https://www.letsgojp.com/archives/623409

決定櫻花盛開時間的最大因素是地理位置。一般來說，氣候越溫和，花開得越早。

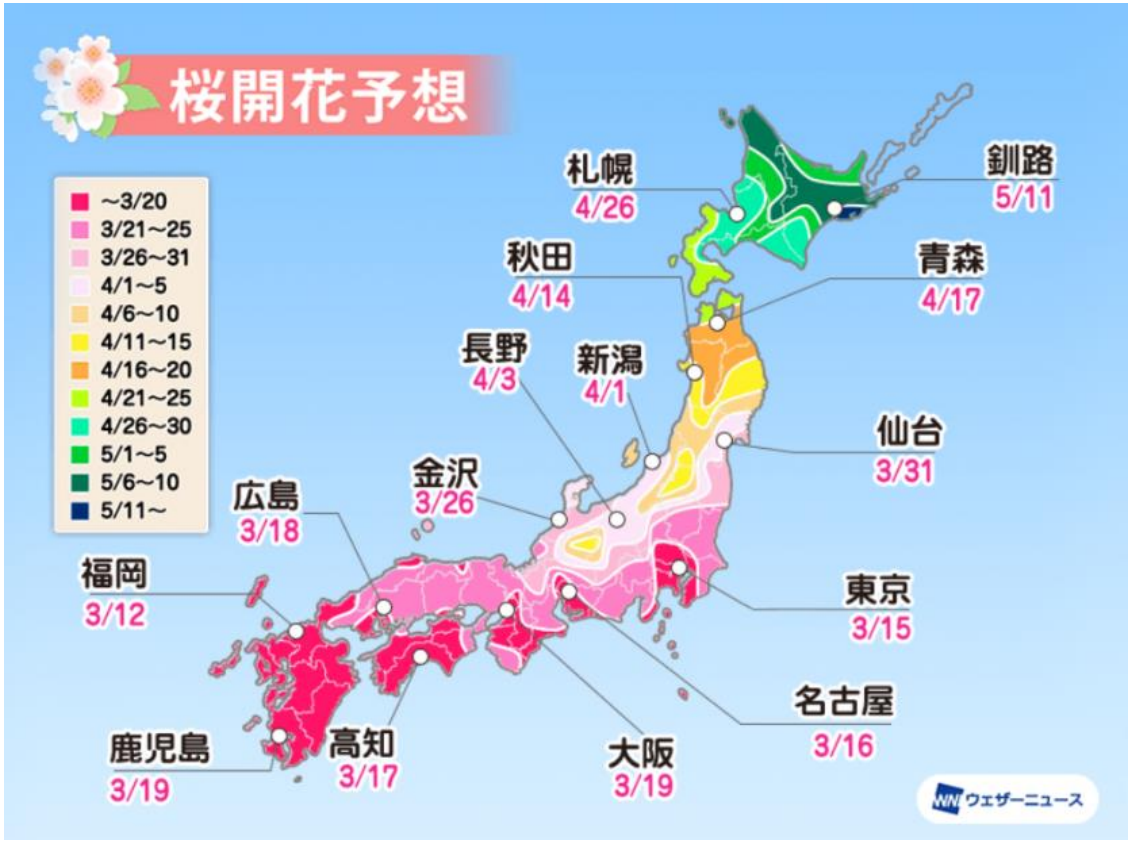


每年開花的時間因天氣而異。如果櫻花季節前幾週的天氣溫和，花朵會提前開放。天氣冷的話，花兒會開得晚些。每年，開花季節的開始通常會以正負一周變化，但也可能存在更大的偏差。

日本南部的亞熱帶沖繩島，櫻花最早在一月開放，而在北部的北海道島，櫻花最晚開放至五月。在中間的大多數主要城市，包括東京、京都和大阪，櫻花季節通常在3月下旬或4月初左右舉行。

https://www.japan-guide.com/e/e2011_species.html

破歷史紀錄！2021年日本櫻花早開 櫻花季提前到來



為什麼2021年櫻花花開特別早？

日本氣象觀測立定的櫻花開花日，主要是指指定的觀測標本櫻花，開了5～6朵以上，才判定為開花的首日，如在東京的觀測標本，便是在靖國神社。日本氣象協會報導表示，由於這次冬天前半期夠冷，讓在夏天休眠的花芽，在冬季低溫時順利甦醒，而後由於冬末氣溫回暖日增加，促進了花芭萌芽生長，因而出現了早開的狀況。

https://www.japankuru.com/tc/culture/e3352.html

「金黃欒樹花」大爆發！台北最美「林蔭大道」美炸，整排花海蔓延超浪漫



https://udn.com/news/story/7934/4969331

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

空拍TAIWAN台北市敦化南路DRONE TAIPEI 台灣欒樹 仁愛路圓環















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

向2021客家桐花祭桐花志工致敬 迎接2022桐花觀測科技年

張貼日期：2021-11-13

每年的客家桐花祭，後面都有一群愛花的守護天使，默默為所有遊客服務！客家委員會今(13)日邀請全國各地的桐花志工們齊聚一堂，舉辦「2021客家桐花祭志工表揚大會。」客委會主任秘書廖育珮代表楊長鎮主委，衷心感謝所有志工朋友們的共下幫忙，讓民眾在桐花祭期間能隨時掌握花況，欣賞到靚靚个桐花!

客委會表示，從96年開始提供桐花情報資訊，每年邀請桐花專家彭宏源老師協助指導花況監測及花期推估，結合志工主動認養桐花觀測點，紀錄桐花吐芽、含苞、盛開等花況變化，以拍攝方式，隨時上傳花訊，讓賞花民眾隨時掌握各地花況。廖主秘出席大會時表示，先前受疫情及相關防疫規定影響，延至現在才舉辦表揚活動，代表客委會楊長鎮主委致贈感謝狀、客家藝術家蕭立應設計的半圓桐花杯盤及國姓92咖啡禮品，向所有志工們的無私貢獻表達謝意。

今(110)年桐花志工多達125位，年僅13歲的林家婕回報觀測次數達73次，她與家人共同觀測新竹湖口鄉2處桐花景點。根據統計本次有夫妻檔、父子檔，還有宋隆越全家5人等家庭志工組，堪稱桐花志工家庭典範。

客委會表示，**2022年將結合科技於桃、竹、苗、臺中、彰化、南投等縣市選擇10個景點，設置遠端科技監測，民眾將可以透過網站看到即時花況，期望明年能有更多遊客到客家庄遊玩，感受客家油桐花的白雪魅力。**

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

https://www.hakka.gov.tw/Content/Content?NodeID=34&PageID=45124

桐花何時開？「2022桐花祭」讓桐花智慧預測系統告訴你



https://www.hakka.gov.tw/Content/Content?NodeID=34&PageID=45252

客家委員會從 2002 年開始舉辦桐花祭，20 年來，桐花已經 成為客家最美麗的代名詞，「桐花祭」已銘記在國人心中，而 今桐花創造了美學經濟。

桐花祭Logo



設計理念：

以桐花花型呈現桐花純潔，如雪花般之高雅氣質美感，彰顯客家人勤勞與樸實之精神；並以花蕊造型喻意客家人團結一心與共同奮鬥之精神。

2022 桐花祭

桐花 x 企業合作邀請



2022 賞桐美學體驗將成為一種儀式，桐花祭 Logo 無 償授權開發聯名商品。

https://www.hakka.gov.tw/Content/Content?NodeID=34&PageID=45294



https://www.viviantrip.com/taiwan-tung-blossom/

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

聲景

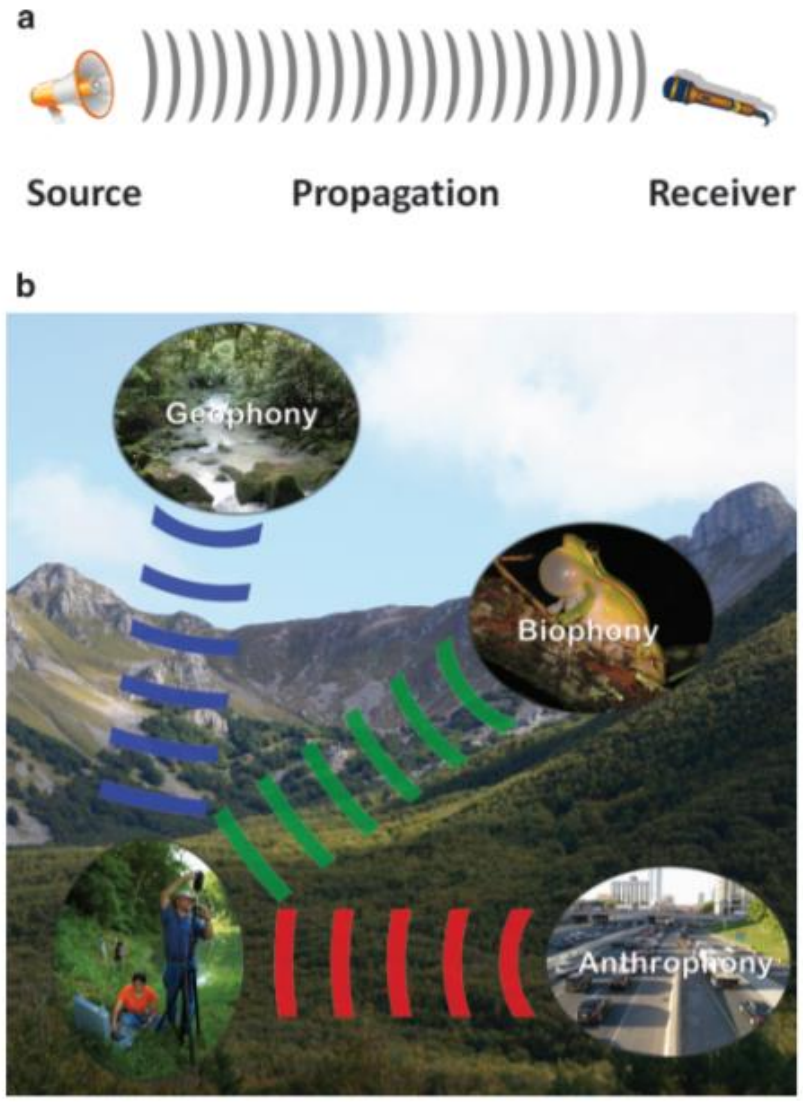
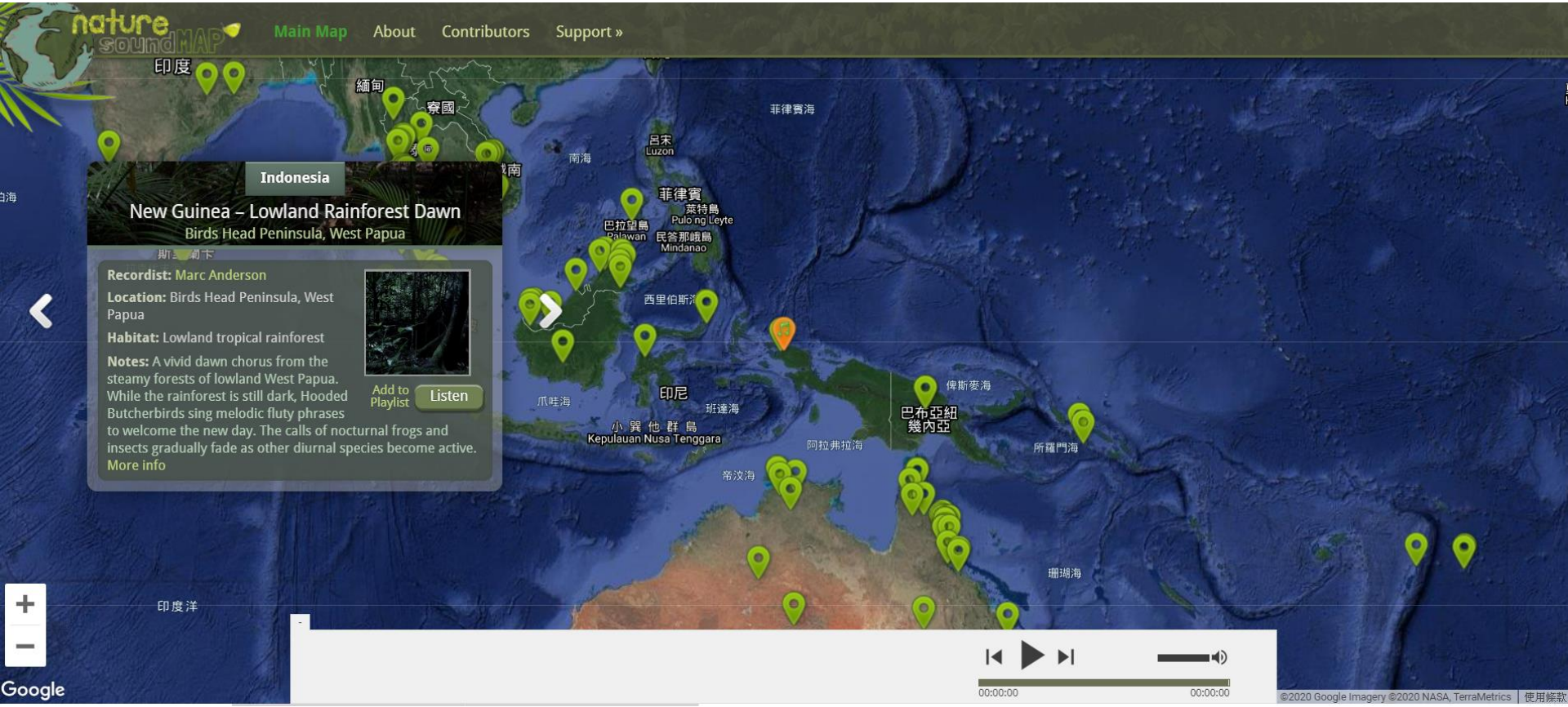


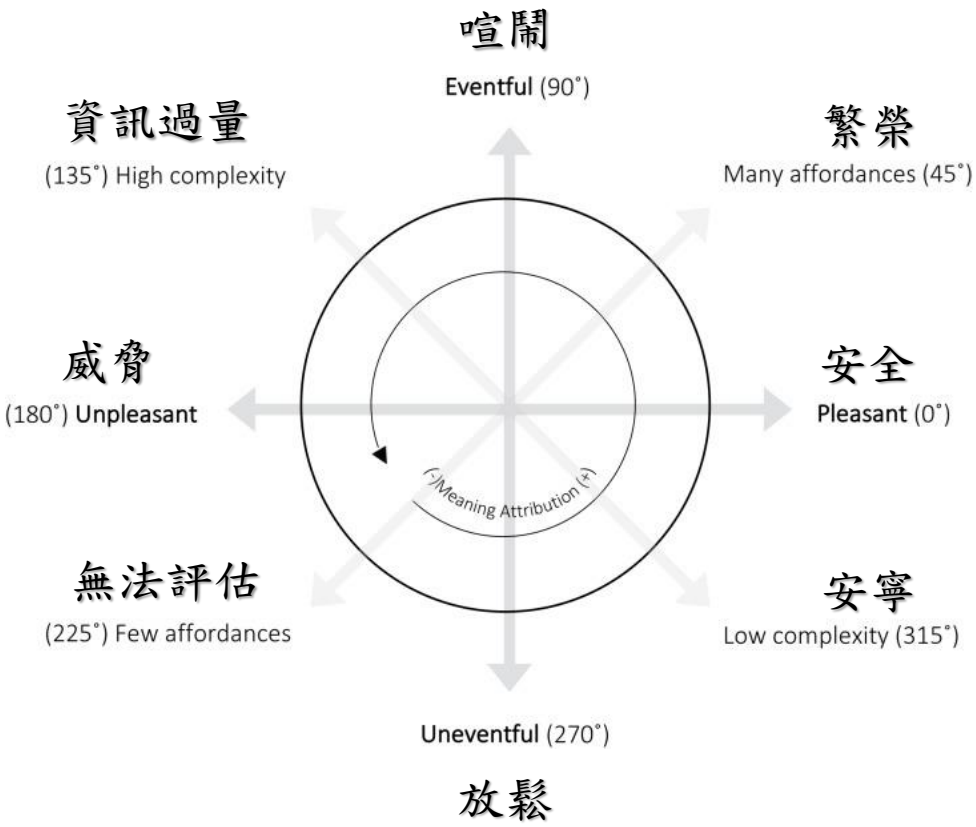
Figure 3. Sound transmission models for (a) single and (b) multiple sources of sound.

自然之聲地圖 http://www.naturesoundmap.com/



聲景評估模型

- 連結認知心理學
- 評估聽覺的安全性與複雜性
- 為聲景意義進行分類



(蕭凱文、楊鎧維，2020)

聲景評估模型

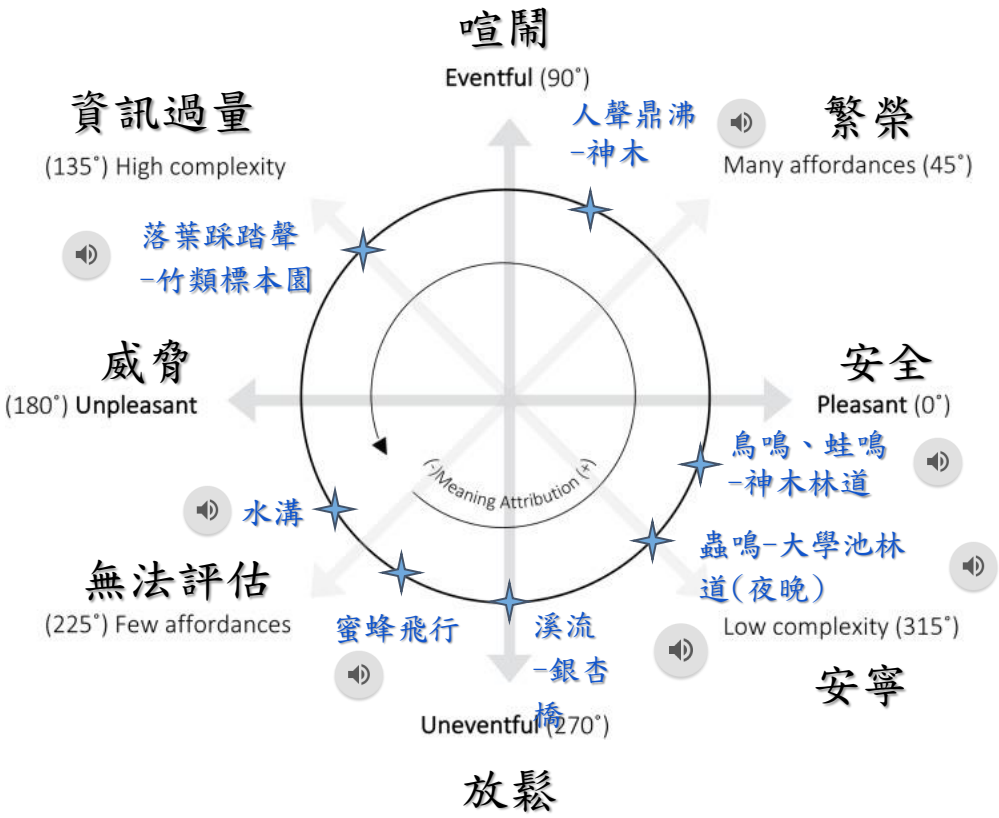
- 連結認知心理學
- 評估聽覺的安全性與複雜性
- 為聲景意義進行分類

範例一：安寧

-電鈴鳥
-巨嘴鴉
-莫氏樹蛙

範例二：無法評估

-落葉踩踏聲
-蜜蜂飛行



應用--溪頭聲景地圖

- 區域聲景特質
- 景點挑選
- 聲景布置
- 活動推薦



在森林，你會聞到什麼？



- Photo Credit : Jill Liu（https://everylittled.com/feature/scent/94429）

The human nose can sense **10 basic smells**

分類如下：

- 香（例如花香和香水）
- 果味（所有非柑橘類水果）
- 柑橘類（例如檸檬，酸橙，橙子）
- 木本&樹脂狀（例如松木或鮮切草）
- 化學藥品（例如氨水，漂白劑）
- 甜（例如巧克力，香草，焦糖）
- 薄荷（例如桉樹和樟腦）
- 烘烤&堅果（例如爆米花，花生醬，杏仁）
- 刺激性（例如藍紋奶酪，雪茄煙）
- 腐爛（例如腐爛的肉，酸牛奶）

George Dvorsky 9/20/13, https://io9.gizmodo.com/the-human-nose-can-sense-10-basic-smells-1355489504

科學家以non-negative matrix factorization (NMF) 技術分析人類嗅覺可分辨別有十個維度。下列是其化學物質：

Cluster 1

Aldehyde C-16, Allyl Caproate, iso-Amyl Acetate, Amyl Butyrate, Dimethyl Benzyl Carbinyl Butyrate , Ethyl Butyrate, Ethyl Propionate, Fructone, Methyl Anthranilate , Undecylenic Acid, gamma-Valerolactone

Cluster 2

Amyl Phenyl Acetate, Auralva, iso-Bornyl Acetate, Cashmeran, Dimethyl Phenyl Ethyl Carbinol, Hydroxy Citronellal, Indolene, beta-Ionone, alpha-Irone, Lyral, Methoxy-Naphthalene: 2-Methoxy, Naphthalene , Methyl Acetaldehyde Dimethyl Acetal, Musk Galaxolide, Musk T onalid, Phenyl Ethanol, Sandiff, Santalol

Cluster 3

dl-Camphor, l-Carvone, p-Cresyl Acetate, Eucalyptol, l-Menthol, Methyl Salicylate, Safrole

Cluster 4

Amyl Cinnamic Aldehyde Diethyl, Acetal, Citral, Citralva, Floralozone, Hexyl Cinnamic Aldehyde, Linalool, d-Limonene , Melonal, Myracaldehyde

Cluster 5

Anisole, 1-Butanol, m-Cresol, p-Cresol, p-Cresyl-iso-Butyrate, p-Cresyl Methyl Ether , Cyclohexanol , 2,5-Dimethyl, Pyrazine , Diola, Diphenyl Oxide, 1-Heptanol, 1-Hexanol, 3-Hexanol, Iodoform, Methyl Furoate, para-Methyl Quinoline , Nonyl Acetate, 1-Octanol, Phenyl Acetylene, Terpineol, Tetraquinone, Thymol, Toluene

Cluster 6

Adoxal, Andrane, iso-Butyl Quinoline Chlorothymol, Iso-Cyclocitral, Cyclotropal, Decahydro Naphthalene, Dibutyl Amine, Grisalva, Hexanal, Hydratropic Aldehyde Dimethyl Acetal, 2-Methyl-iso Borneol, Methyl iso-Nicotinate , Nootkatone, 1-Octen-3-OL, iso-Phorone, alpha-Pinene, iso-Propyl Quinoline, Propyl Sulfide, gamma-Undecalactone

Cluster 7

Abhexone, Acetophenone, Aldehyde C-18, Anethole, Benzaldehyde, Dihydro Pyrone, Caryophyllene (beta and gamma Isomers) , Celeriax, Cinnamic Aldehyde, Coumarin, Cuminic Aldehyde , Eugenol, Furfural, trans-1-Hexenal, ortho-Tolualdehyde, Vanillin

Cluster 8

ortho-Acetyl Pyridine, Cyclotene, 2,4-trans-trans-Decadienal , 2,3-Dimethyl Pyrazine , 2,5-Dimethyl Pyrrole , 2-Ethyl Pyrazine, Furfuryl Mercaptan, Guaiacol, Heptanal, Thienopyrimidine, Zingerone

Cluster 9

Butyl Sulfide, Cyclodithalfarol, 2-Cyclohexanedione , Diethyl Sulfide, Dimethyl Trisulfide, Hexyl Amine , Pyridine, Tetrahydro Thiophene, Thioglycolic Acid, Thiophene

Cluster 10

Amyl Valerate, Butanoic Acid, Hexanoic acid, Hexyl Amine, Indole Maritima, Methyl Thiobutyrate, Pentanoic Acid, 4-Pentenoic Acid, Phenyl Acetic Acid , Propyl Butyrate, Skatole, Trimethyl Amine, iso-Valeraldehyde, iso-Valeric Acid

- Categorical Dimensions of Human Odor Descriptor Space Revealed by Non-Negative Matrix Factorization
  Jason B. Castro ,Arvind Ramanathan,Chakra S. Chennubhotla

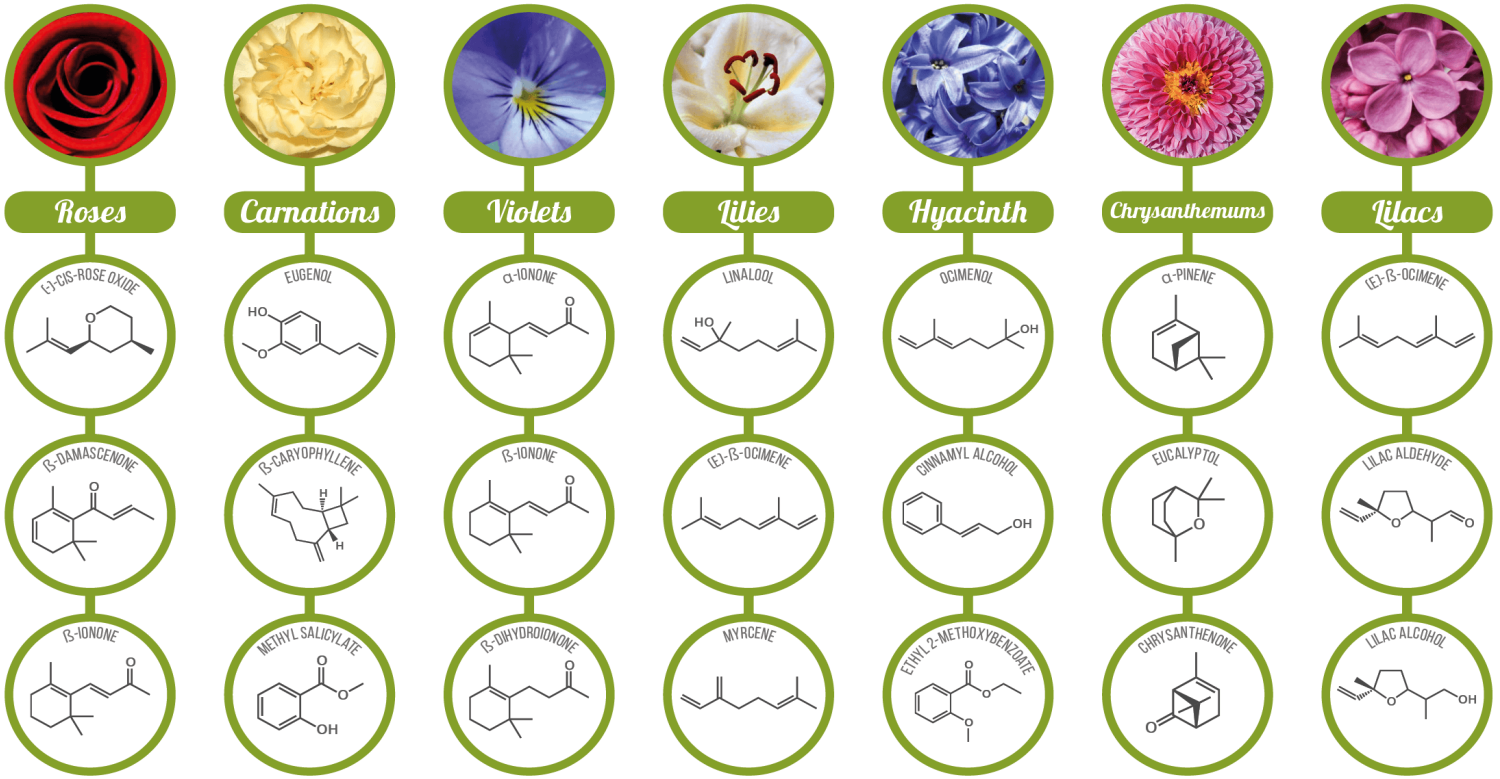
森林有什麼「氣味」的化學物質？

- ✓植物氣味主要為揮發性有機化合物（VOC）
  不僅對香料、食品工業、日用化妝品工業的生產有實用的價值,而且對人類的天然保健研究也有重要意義。研究表明，精油具有殺菌、放鬆等效果，能使人適度興奮、減緩疲勞及產生鬆弛感等。
- ✓植物的氣味及其作用因物種而異，如丁香花散發的丁香酚比碳酸殺菌能力強5倍以上，能芳香健腦、預防某些傳染病，桂花的香常喚起美好的記憶和聯想，使疲勞頓消……

郑华、李文彬、金幼菊、金荷仙（2007）。植物气味物质及其对人体作用的研究概况。北方園藝，2007(6)，76-78。

AROMA COMPOUNDS IN COMMON FLOWERS

A wide range of compounds contribute to the scents of flowers. This graphic looks at a selection of major contributors for a number of common flowers. Note that volatile aroma compounds can vary significantly between species; this graphic represents a broad overview of common components, and is by no means definitive!

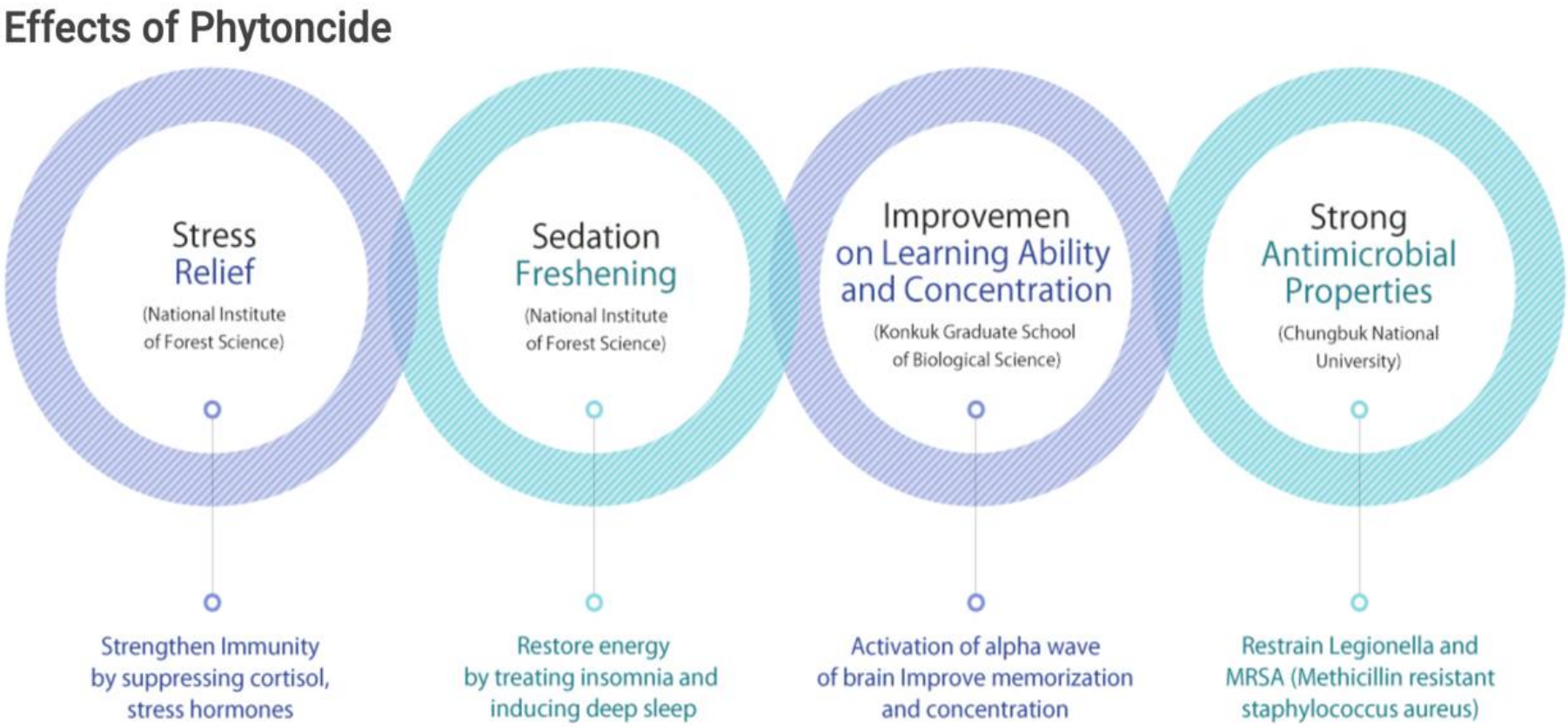


© COMPOUND INTEREST 2015 - WWW.COMPOUNDCHEM.COM | Twitter: @compoundchem | Facebook: www.facebook.com/compoundchem
This graphic is shared under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives licence.

The Chemical Compounds Behind the Smell of Flowers
https://images.app.goo.gl/KokhHdYjdfuBHoSC9

什麼是芬多精？

芬多精（英語：Phytoncide）是植物所排放的抗菌揮發性有機化合物。



KYK Kim Young-Gui Reducing Co.，Ltd. ： http://chn.kykok.com/

觸覺

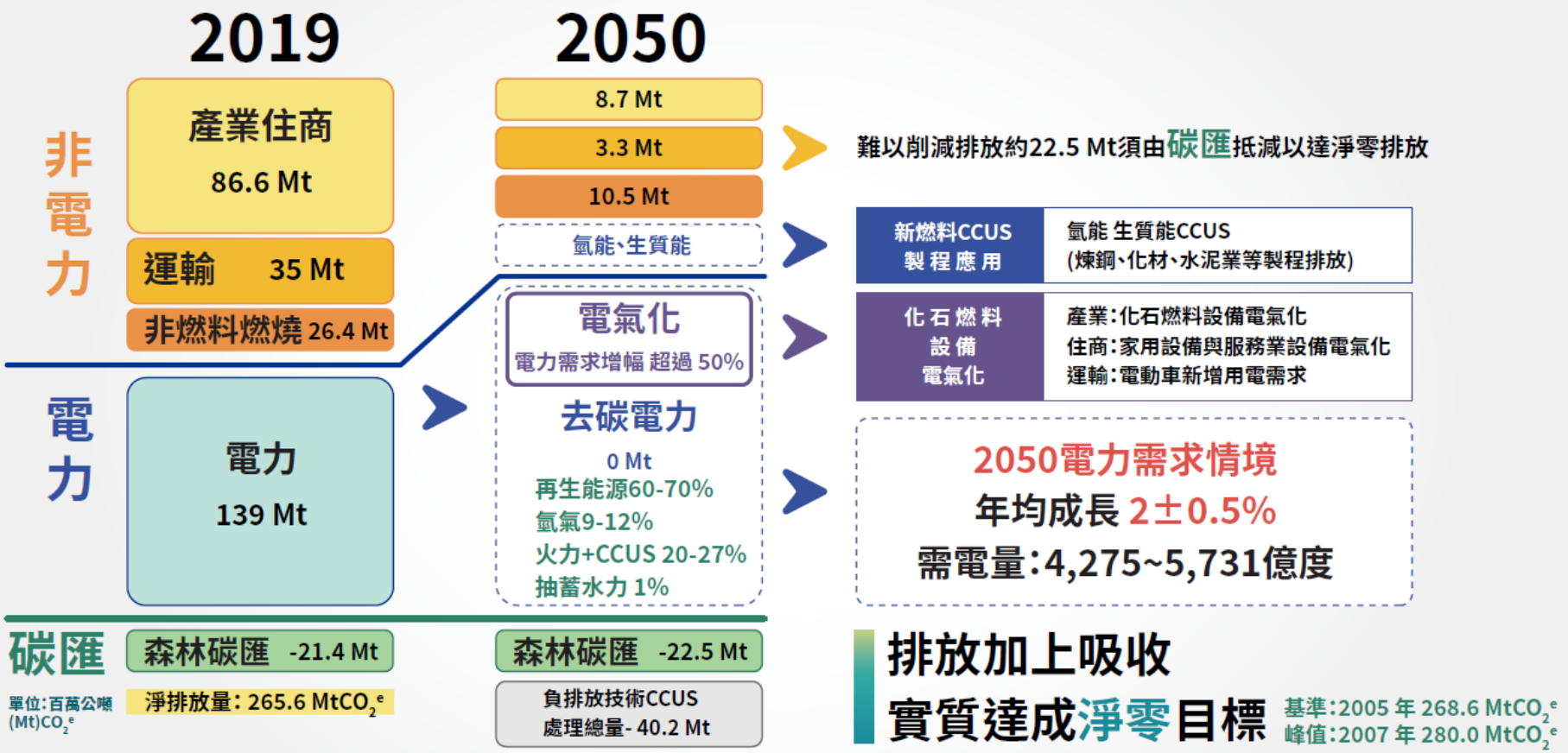
觸覺除了包含與植物接觸的體驗外，更重要的是森林整體氣候因子如溫度、濕度(或降雨)、風速與日照等所引起的皮膚觸覺感受。

樹皮觸覺

健康步道

Nature to touch: feeling the forest to the tips of your toes

2050 淨零排放規劃



https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=FD76ECBAE77D9811&upn=5CE3D7B70507FB38

臺灣2050淨零轉型

十二項關鍵戰略

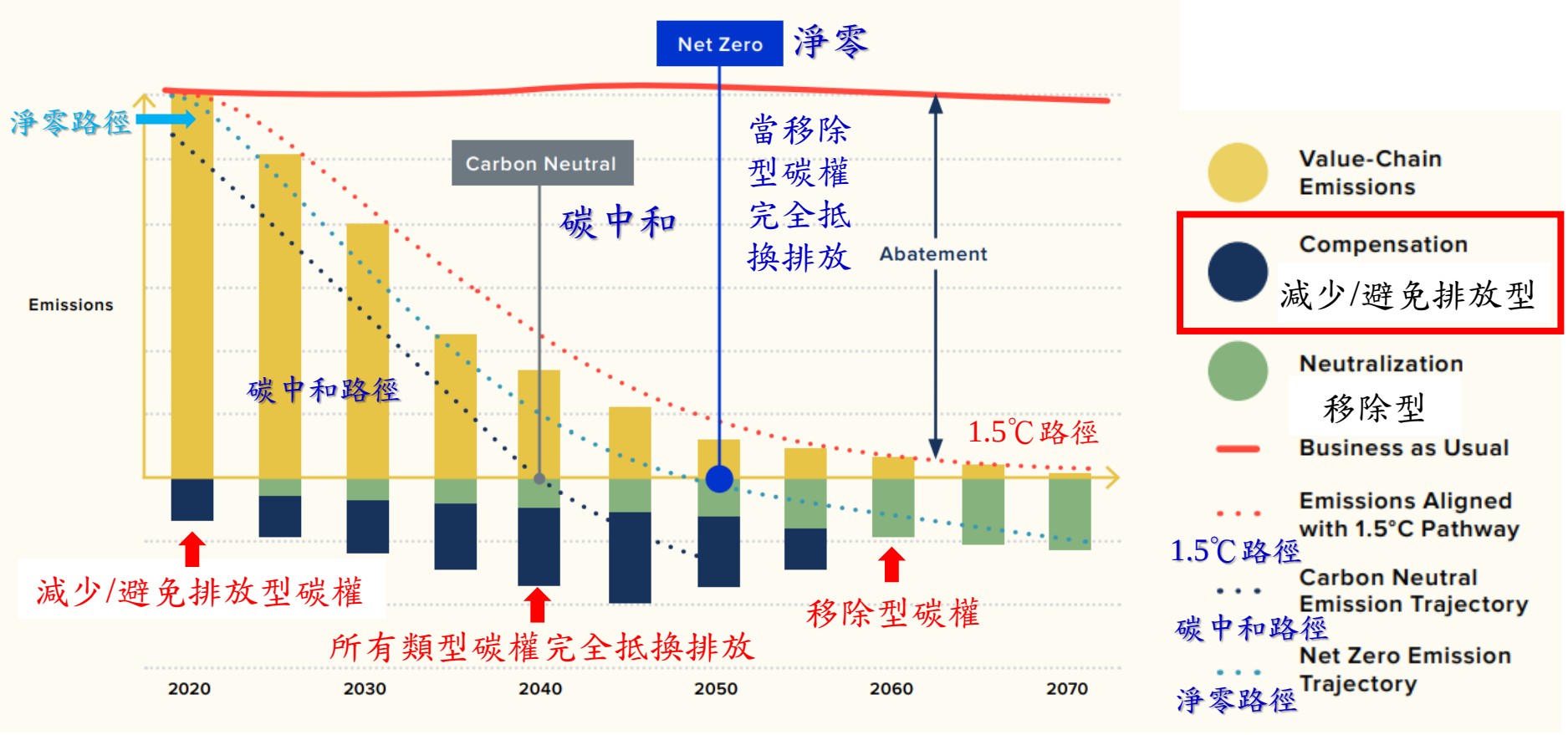


https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=FD76ECBAE77D9811&upn=5CE3D7B70507FB38

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

指標性企業碳中和和淨零軌跡

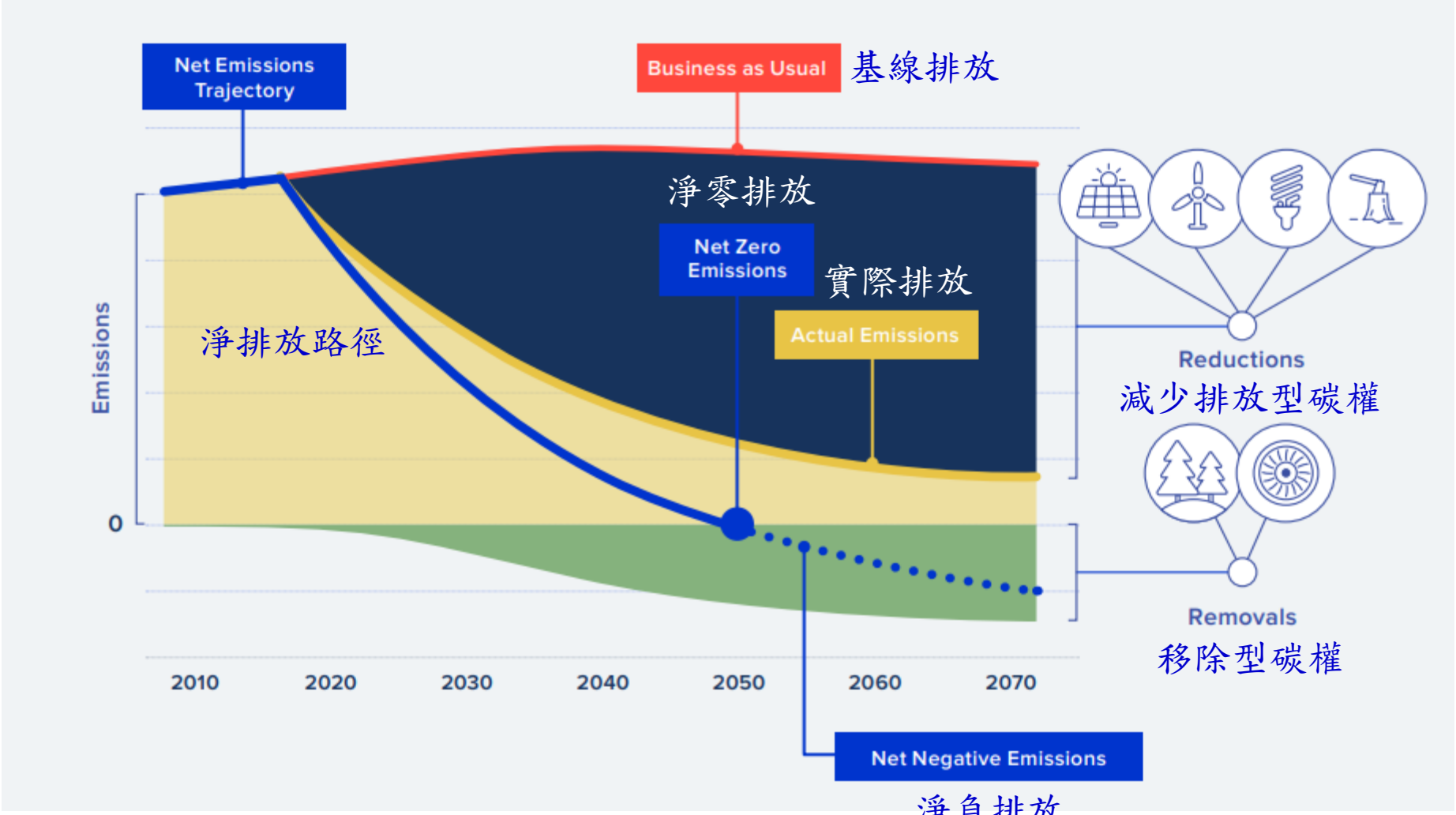
- 與「淨零」（net-zero）不同，「碳中和」允許企業繼續排放比它們從大氣中移除的二氧化碳更多的二氧化碳。「淨零」是一個要求更高的標準，已經成為全球脫碳的基準。



https://static1.squarespace.com/static/54ff9c5ce4b0a53decccfb4c/t/614b3a242b48a65e02ccc978/1632320041214/CPLC+_NetZero_Report.pdf

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

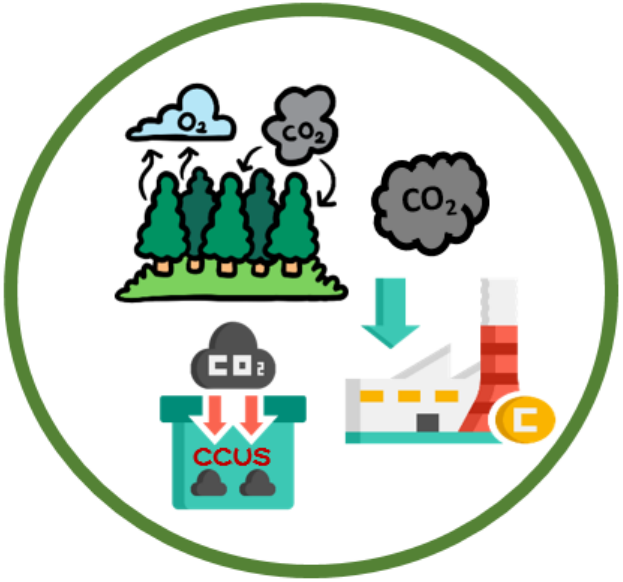
https://static1.squarespace.com/static/54ff9c5ce4b0a53decccfb4c/t/6290ddafb9a58932868f4797/1653661106052/Carbon+Pricing+Leadership+Report+2021-22.pdf

什麼是淨零net zero？



所有人為活動排放的
溫室氣體

−



植樹造林或負碳技術
移除的溫室氣體

= 0
(淨零)

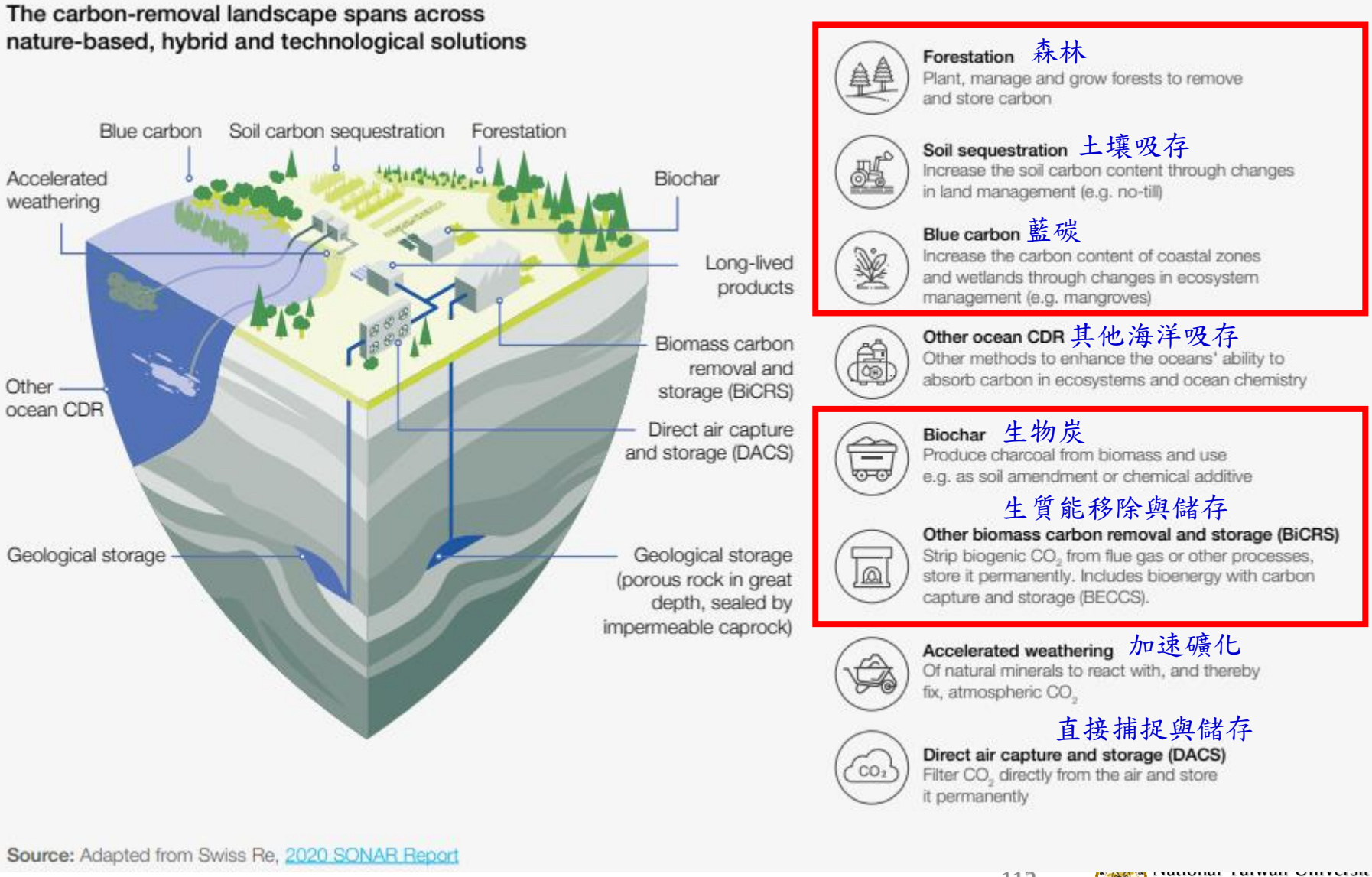
© 財團法人台灣綠色生產力基金會 2022 ALL RIGHTS RESERVED

https://ghg.tgpf.org.tw/ZeroKnowledge/ZeroKnowledge_more?id=ee789c430ad147ca8c497d10f91eff0d

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

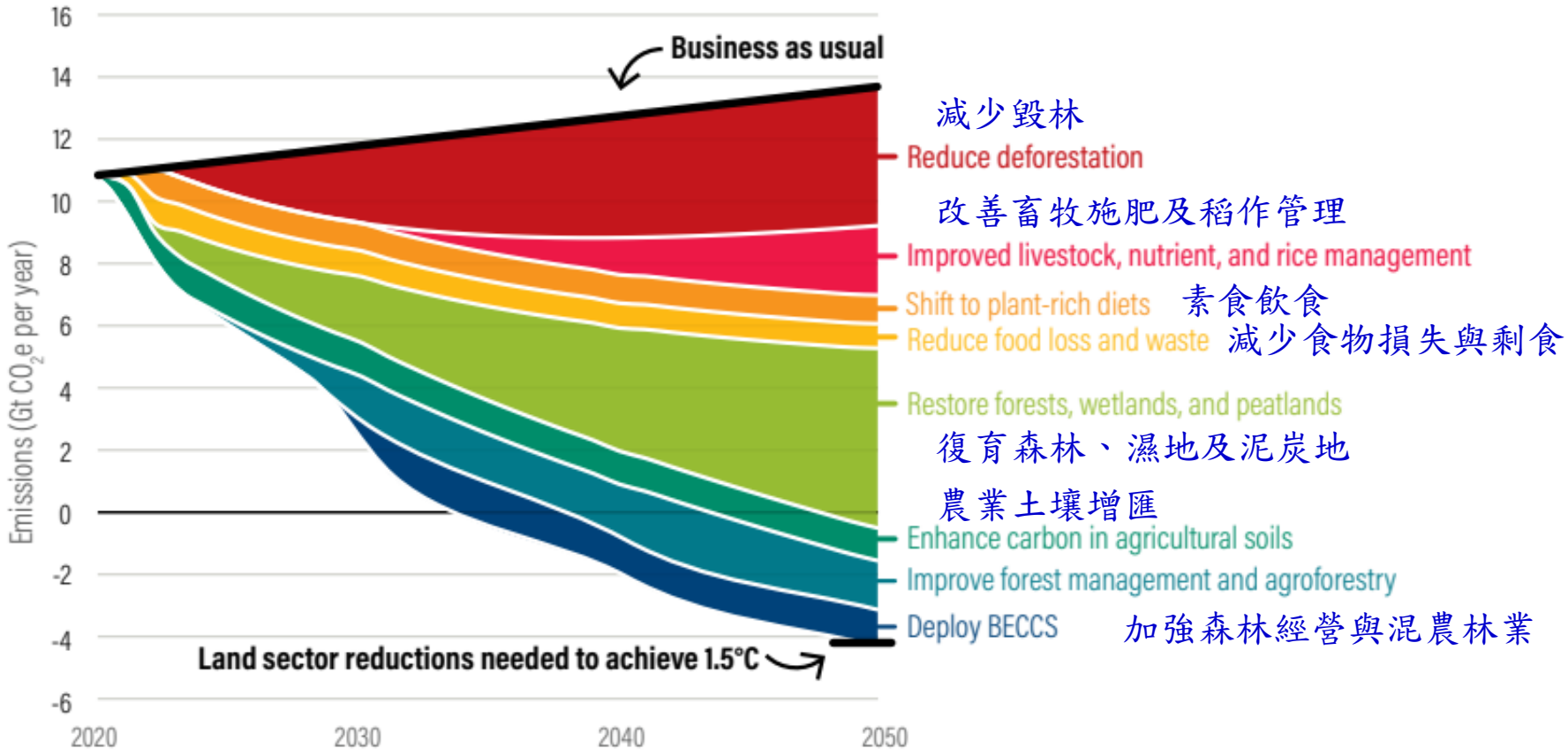
依據氣候變遷因應法第3條定義：

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。



(Net-Zero to Net-Negative: A Guide for Leaders on Carbon Removal, 2021)

自然解方減碳潛力



Note: BECCS = bioenergy with carbon capture and storage. Each wedge is accounted individually to avoid double counting. *Business as usual* assumes a continuation of current emissions from land-use change and median projected emissions from agriculture.
Source: Roe et al. 2019.

https://files.wri.org/d8/s3fs-public/consideration-nature-based-solutions-offsets-corporate-climate-change-mitigation-strategies.pdf

歐盟綠色聲明指令(反漂綠條款)



1. 強化環保聲明之驗證機制：隨著該指令的實施，企業之環保聲明將面臨更嚴格的審查機制，因此為確保聲明的正確性，所有環境聲明與標籤皆需經過獨立驗證程序，成員國有責任為貿易商建立適當的驗證程序，當驗證作業完成後，將頒發合格證書，以確認該聲明符合綠色聲明指令。
2. 應有科學證據支持：企業所提出之環保主張應得到廣科學證據與準確資訊支持，同時溫室氣體排放與排放抵換應確實分開計算，並提供詳細說明。
3. 揭露永續發展策略進度並形成報告：為了遵守綠色聲明指令，企業被強制須訂定全面性之永續發展策略並記錄其環境績效，以有助於推動企業評估與改進其價值鏈之環境行動。

https://www.linkedin.com/pulse/eu-green-claims-directive-massive-step-corporate-rene-hennen

金管會發布「金融機構防漂綠參考指引」，提醒金融業注意避免可能涉及的「漂綠」行為

2024-05-30

- 金管會於今日（113年5月30日）發布「金融機構防漂綠參考指引」，並於該指引中提供相關例示，協助金融機構自我檢視，期能防患於未然。
- 該指引所稱「漂綠」，指金融機構在永續相關的聲明、行動或陳述中，提供無法讓人清楚理解或過於誇大的訊息，或僅選擇性揭露正面影響或缺乏證據支持其永續特徵的訊息，進而誤導金融消費者、投資人或其他市場參與者的判斷。
- 指引是行政指導性質，主要提醒金融機構本身或提供的金融商品及服務應符合金融相關法令，如對外做出「永續」或「綠色」相關聲明（含文宣、廣告或任何形式的聲明）時，宜注意聲明的正確性、完整性、可比較性及符合下列原則

https://www.fsc.gov.tw/ch/home.jsp?id=96&parentpath=0,2&mcustomize=news_view.jsp&dataserno=202405300001&dtable=News

防漂綠參考原則

- 聲明宜真實正確且有證據支持，並定期審視其正確性：包括聲明宜具真實與正確性，在提出時就有充分、具相關性且屬公開可驗證的證據支持，並定期審查和更新。
- 聲明宜直接，並易於理解：包括陳述方式宜直接且易於理解，避免使用難以理解的術語及模糊或籠統的語言，並確保視覺元素與聲明一致。
- 聲明內容宜完整，不遺漏或隱藏重要訊息：包括聲明宜是綜整所有永續特徵相關內容，不宜僅象徵性揭露或選擇性揭露，且若聲明只在某些條件下適用，宜清楚說明限制，同時不宜僅以碳抵換方式宣稱具永續特徵。
- 聲明涉及比較時，宜公平且具可比性：包括比較的基礎宜公平，並敘明比較方法；如業者或其商品及服務僅是符合法令最低標準，在比較時就不宜讓消費者認為其永續特徵優於同業。金融機構並宜適時監控行銷活動，避免出現與實際不符的情況。
- 聲明宜確保符合永續相關規範：包括確保永續金融商品資訊揭露及投資決策過程符合永續規範；若金融商品只有在特定時間段具永續特徵，業者宜清楚說明；若金融業使用外部永續發展相關數據、分析及評級，則宜先進行盡職調查。

https://www.fsc.gov.tw/ch/home.jsp?id=96&parentpath=0,2&mcustomize=news_view.jsp&dataserno=202405300001&dtable=News

金管會列舉漂綠行為案例

案　　例	漂 綠 行 為
宣稱「綠色債券」募資全用在綠色產業投融資	放款對象包含高碳排企業 → 聲明與事實不符
宣稱「綠色存款」的授信對象及資金用途均經過永續審查	永續特徵非授信主要依據 → 聲明無法證實
聲稱提供「最環保之綠色信用卡」	無證據支持如何對環境產生「最」正面影響→ 未說明比較方法
聲稱「ESG基金」投資符合永續性，評等高其他基金	未揭露完整評比資訊 →使用外部永續發展評級未說明其策略
宣稱「綠色企業」，為全球客戶提供淨零碳排融資計劃	同時為汙染產業提供資金 →聲明內容隱藏重要訊息

資料來源：金管會　　製表：黃于庭

https://www.ctee.com.tw/news/20240531700077-439901

250 Ton CO_2e/year

中華民國經濟部
Ministry of Economic Affairs, R.O.C.

網站導覽 | 回首頁 | English | 民意信箱 | 常見問答 | 訂閱電子報 | 經新聞 | | 字級 小 中 大

認識經濟部 新聞與公告 政策計畫 法規及訴願 便民服務 經濟統計 資訊園地

首頁 > 新聞與公告 > 本部新聞 友善列印

本部新聞

2021-04-22 10:46

加工出口區管理處

科技產業園區多管齊下推節能減碳 累積達200座大安森林公園年吸碳量



點閱數：853

為營造綠色永續園區，科技產業園區致力推動節能節水輔導及綠電建置等相關工作，多管齊下，促使溫室氣體減少排放，迄今節能8,438萬度電、節水489萬公噸，累計總減碳量5萬公噸CO2e（二氧化碳當量），相當於200座大安森林公園1整年的碳吸附量，此外，園區用電契約容量800kW以上之用電大戶，年平均節電率已達1.7%，優於法規管制目標，在在顯示園區落實節能減碳方面已見具體成效。

相關圖片



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

109年太陽光電6.5GW達標計畫



經濟部能源局
中華民國108年9月26日

■「109年6.5GW達標計畫」：

- 規劃目標：
  - ✓ 108年新增1.5GW
  - ✓ 109年新增2.2GW

→ 務實達成109年6.5GW整體目標

- 推動3.7GW目標效益：

發電量

46億度電/年

(每新增1GW平均年發電量12.5億度)

=

每年可供應

132萬戶家庭

(單戶家庭一年使用3,504度電)

減碳量

246萬噸/年

(電力排碳係數=0.533 公斤/度)

=

6,300座

大安森林公園**碳吸附量**

(一座大安森林公園每年的碳吸收量＝389噸)

投資效益

2,220億元

(每新增1GW增加600億投資額)

=

帶動**2.2萬**

就業機會

(每新增1GW增加6,000個就業機會)



▲台積電宣布晶圓十二廠第四/五期廠區與晶圓十四廠第三/四期廠區，通過「ISO 50001能源管理系統」驗證，預估今年可節能約五千萬度電，減少3萬噸碳排放，相當於116座大安森林公園一年的碳吸存量 。(圖／台積電提供)

原文網址: 台積電晶圓廠　通過ISO能源認證 | ETtoday財經雲 | ETtoday新聞雲 https://finance.ettoday.net/news/85549#ixzz7AjDmmr3N

Follow us: @ETtodaynet on Twitter | ETtoday on Facebook

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

台大攜手玉山銀 10年種10萬棵針葉五木

392 Ton CO_2e/year

2022/03/25



- 國立台灣大學今和玉山銀行攜手，將在玉山台大實驗林，每年種一萬棵樹，連續10年種下10萬棵台灣最重要的針葉五木，且同時會協助信義鄉小米復育計畫。
- 台大表示，非常感謝玉山銀行與台大合作的ESG百年計畫，10年認養達50公頃，粗估100年內可減少約24萬2000公噸的二氧化碳排放量，約等於617座大安森林公園1年碳吸附量，有助減緩溫室效應及維護生物多樣性，共創生態永續發展，依現況預估100年後總共可保留2萬5000株留存木，以達到永續經營之紀念林。

https://ec.ltn.com.tw/article/breakingnews/3871744

華航植林認養逾 4,000 株台灣杉 2 年減碳達 65 公噸

2023年 05月 17日



中華航空今（17）日宣布參與國家級植林專案，與行政院農委會林務局新竹林區管理處合作，在苗栗南庄認養近2公頃林地，並由當地山林共管夥伴賽夏族部落協作造林及撫育工作，種植 4,250 株原生樹種「台灣杉」，碳吸附能力佳，2年推估可減碳達65公噸，具體實踐聯合國永續發展目標，讓社會、經濟與環境資源，形成ESG永續發展正向循環。

- 平均一棵樹一年固定約7.64公斤 一般新植造林前2年不會這麼高!! 沒有MRV機制
- 2022年賽夏族林業合作社伐木跡地。皆伐砍掉40年生1.7公頃台灣杉

https://www.china-airlines.com/tw/zh/discover/news/press-release/20230517

華航永續環境 挺山林共生

擴大認養南庄5.25公頃山林地15,000棵台灣櫸及台灣杉 落實里山倡議精神



- 2022年華航響應「森愛桃園-桃園市生態城市造林計畫」，2023年首次參與國家級永續林業專案，認養苗栗南庄近2公頃林地，種植超過4,000棵碳吸附能力佳的台灣原生樹種「台灣杉」。
- 根據國內研究資料顯示，林木成熟為林後，一年碳吸附量可達32公噸。

https://money.udn.com/money/story/5612/8052012

- 林業保育署積極推動民間造林，與企業媒合。
- 從 2014年開始，就有企業參與捐款認養造林，到 2023 年為止，共有 273家企業參與，造林面積超過800 公頃以上。
- 陳連晃組長舉例說明：「中華電信公司於 2022 年提出『拍下勝利 種下樹木』植樹計畫，邀請羽球天后戴資穎擔任永續發展傳播大使，以『運動團結永續之心，種樹展現環保之力』為訴求，結合運動與植樹，每當小戴獲勝一場球賽，中華電信就捐款種下 100 棵樹，計畫在 2023-2030 年間認養造林、種植 15 萬棵樹。」
- 光是在 2023 年，林業保育署就接受了包含玉山商業銀行、萬海航運、華邦電子股份有限公司、臺灣優衣庫有限公司、慈心有機農業發展基金會、中華電信、中華航空、日月光環保永續基金會等企業團體捐款及認養造林工作，合計面積約 204 公頃，捐贈金額合計約 8,831萬元。

https://www.outsiders.com.tw/post/29899

委託造林檢視原則

- 造林前地面狀況：

伐木跡地、崩塌地、草生地、造林失敗地

- 整地作業方式：

直坡或橫坡造林、機械整地與否、排水設施、客土與否

- 樹種選擇：

適生樹種、附近有無可比較的生長資訊、純林或混植

- 造林密度：

高密度(>2000株)應有密度管理計畫

- 撫育管理機制：

刈草、修枝、間伐時間與次數規劃

- 生長監測計畫：

存活率監測、補植計畫、生長監測

- 生態服務效益評估計畫：

評估項目與評估方法

相當於N座大安森林公園的減碳量

- 位於天龍國天龍區的天龍森林公園(又名，大安森林公園)，就成為最常被拿來比對減碳效果的標的。
- 邏輯是這樣順的。
  - 依照農委會的推估，台灣森林，每公頃、每年可吸收大氣中約15公噸的排碳量。
  - 大安森林公園面積25.8公頃。
  - 一座大安森林公園每年碳吸收量約為25.8X15=387公噸。
- 這個比喻，看到都覺得，這**大安森林公園真是民族救星、世界偉人，好會吸碳。**
- 但這種比喻系統，**會不會讓減碳成果，透過訊息包裝的方式，讓人高估了實際上的成效。**

https://energytw.medium.com/%E7%9B%B8%E7%95%B6%E6%96%BCn%E5%BA%A7%E5%A4%A7%E5%AE%89%E6%A3%AE%E6%9E%97%E5%85%AC%E5%9C%92%E7%9A%84%E6%B8%9B%E7%A2%B3%E9%87%8F-7ea061517c58

碳循環（the carbon cycle）

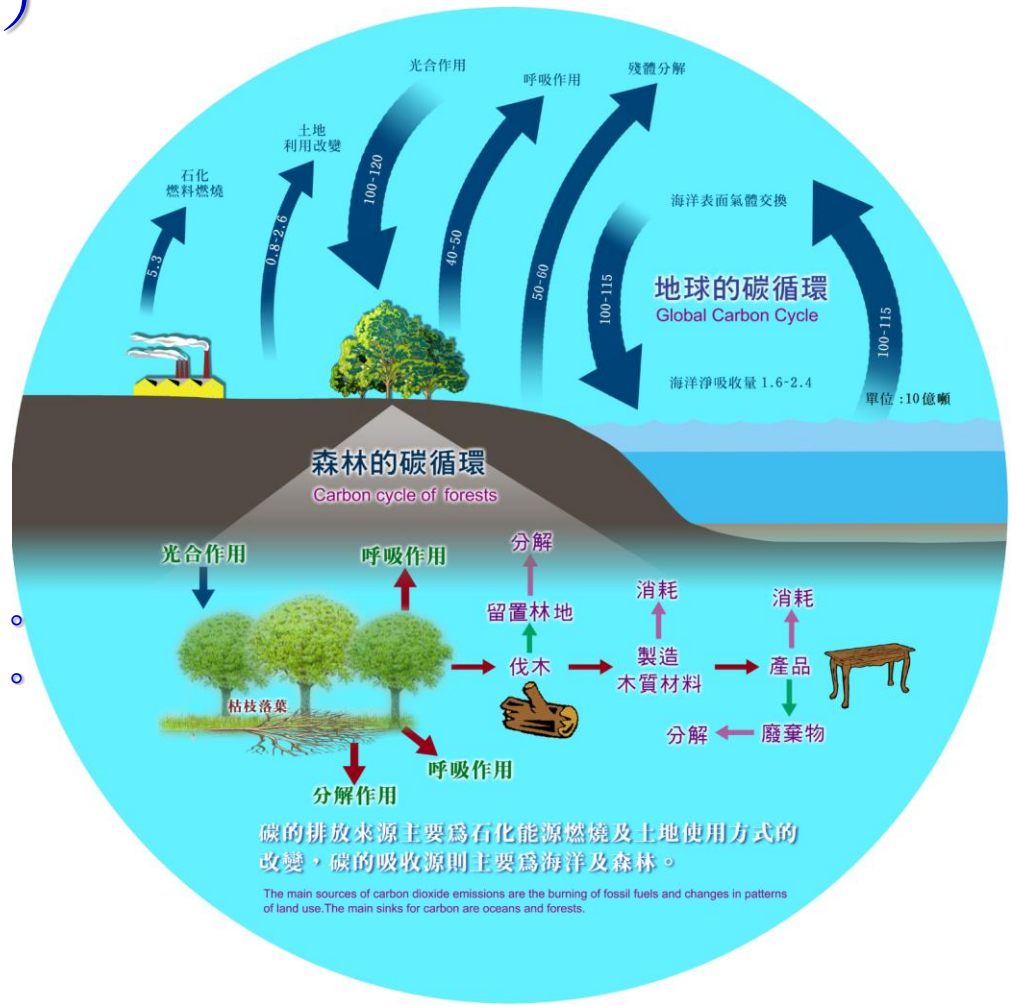
碳於天空中成氣體狀之二氧化碳存在，其濃度平均為0.03%。葉部氣孔於開放以後，二氧化碳遂進入葉內，由陽光引發葉綠素之功能遂使與水混合而形成碳水化合物；惟氧則經細胞壁而自氣孔釋放。

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。



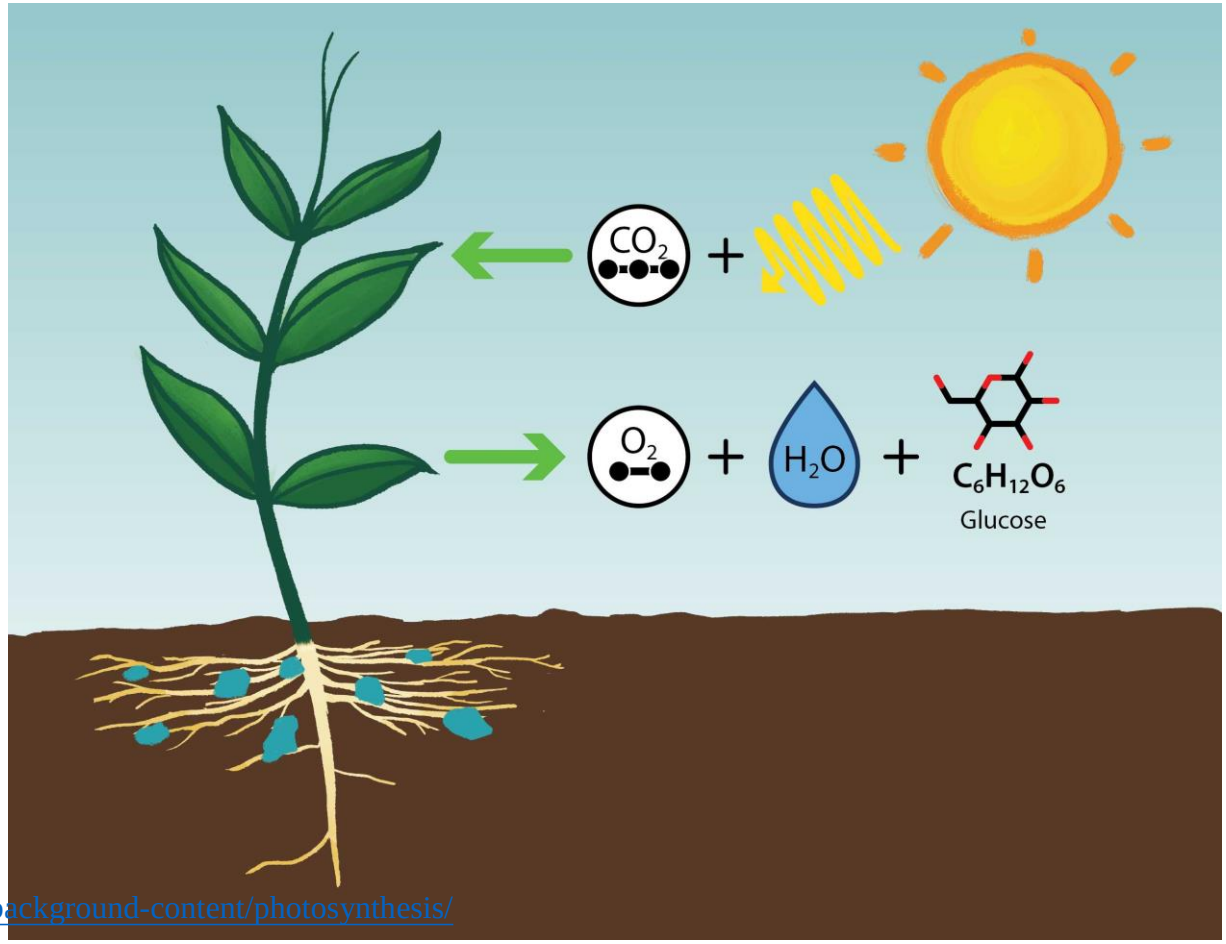
http://blog.yahoo.com/_U4DFJG46IZRSQTFLD56AJWLLSM/articles/58493

林木生長：光合作用

- 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。

二氧化碳+水+陽光 ➡ 植物體+氧

$$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$



https://ugc.berkeley.edu/background-content/photosynthesis/

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。



https://www.youtube.com/watch?v=_xFyFtvPRSQ

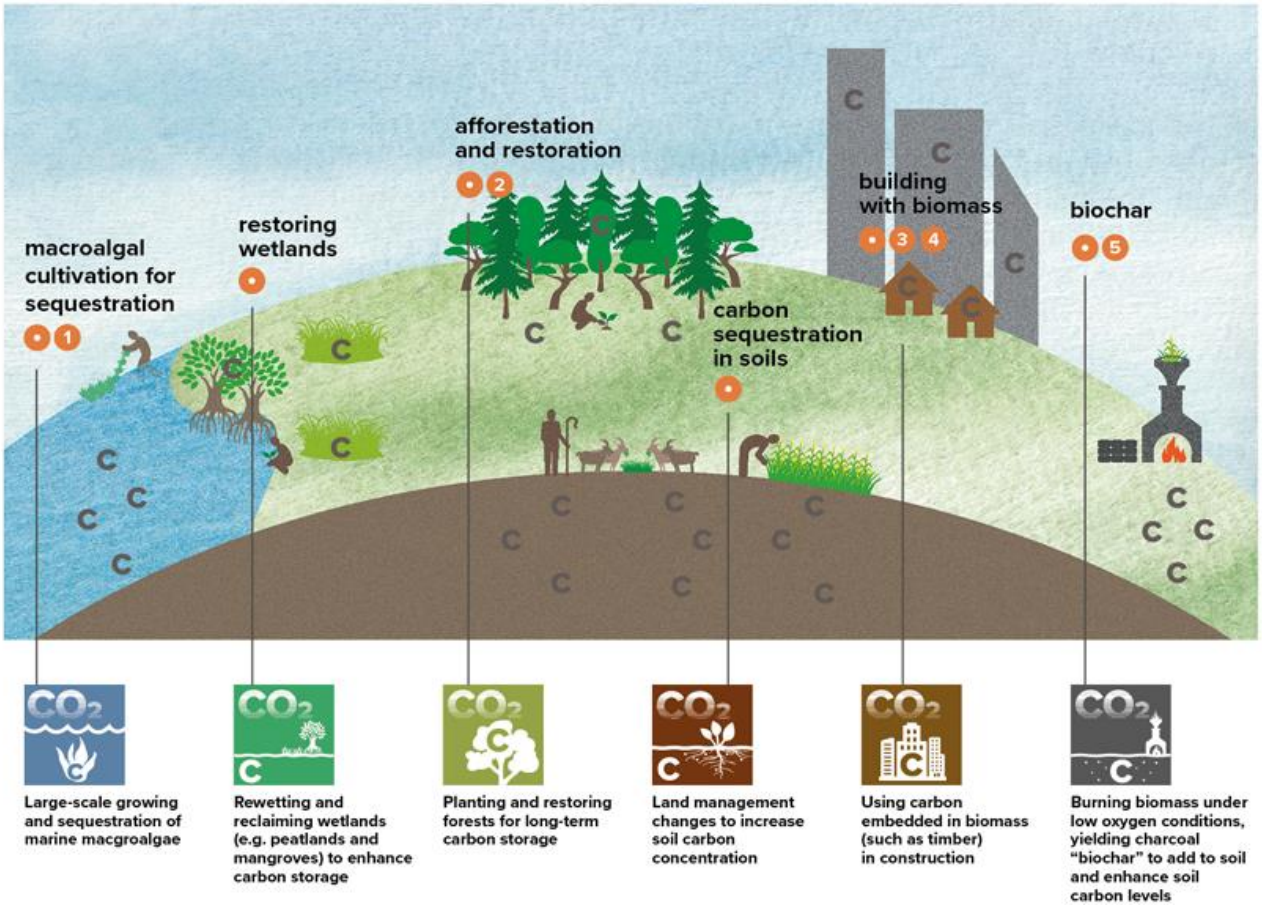
草本，灌木和樹木之間的區別

草本(植被)	灌木	樹木
草本很短。	灌木比草本高。	樹是所有植物中最高的。
草本的莖沒有分枝。	灌木的基部有分枝。	樹木在一根莖上有樹枝，但不靠近地面或基部。
草本植物具有非木質的柔軟莖。	灌木有木質莖。這些莖粗但不硬。	樹木有木質莖。這些莖堅硬，厚實，呈棕色。
草本可以是一年生、兩年生或多年生植物。	灌木主要是多年生植物。	樹木是多年生植物。
草本為食物增添風味並提供藥物。	灌木具有藥用價值，可用於園藝。	樹木可以防止表土流失，減少空氣中的二氧化碳含量，並為使用家居產品提供木材。

https://www.embibe.com/exams/herbs-shrubs-and-trees/

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)



https://www.c2g2.net/project/infographic-governing-nature-based-solutions-to-carbon-dioxide-removal/

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)

森林生態系統 (Forest Ecosystem)

- 地上部生物量 (Aboveground Biomass)
- 枯死木與枯枝落葉 (Deadwood & Litter Biomass)
- 地下部生物量 (Belowground Biomass)
- 土壤有機碳 (Soil Organic Matter)

收穫林產品 (Harvested Wood Products)

- 使用中林產品 (HWP in Use)
- 分解中林產品 (HWP in Disposal)

工業碳循環(Industrial Carbon Cycle)

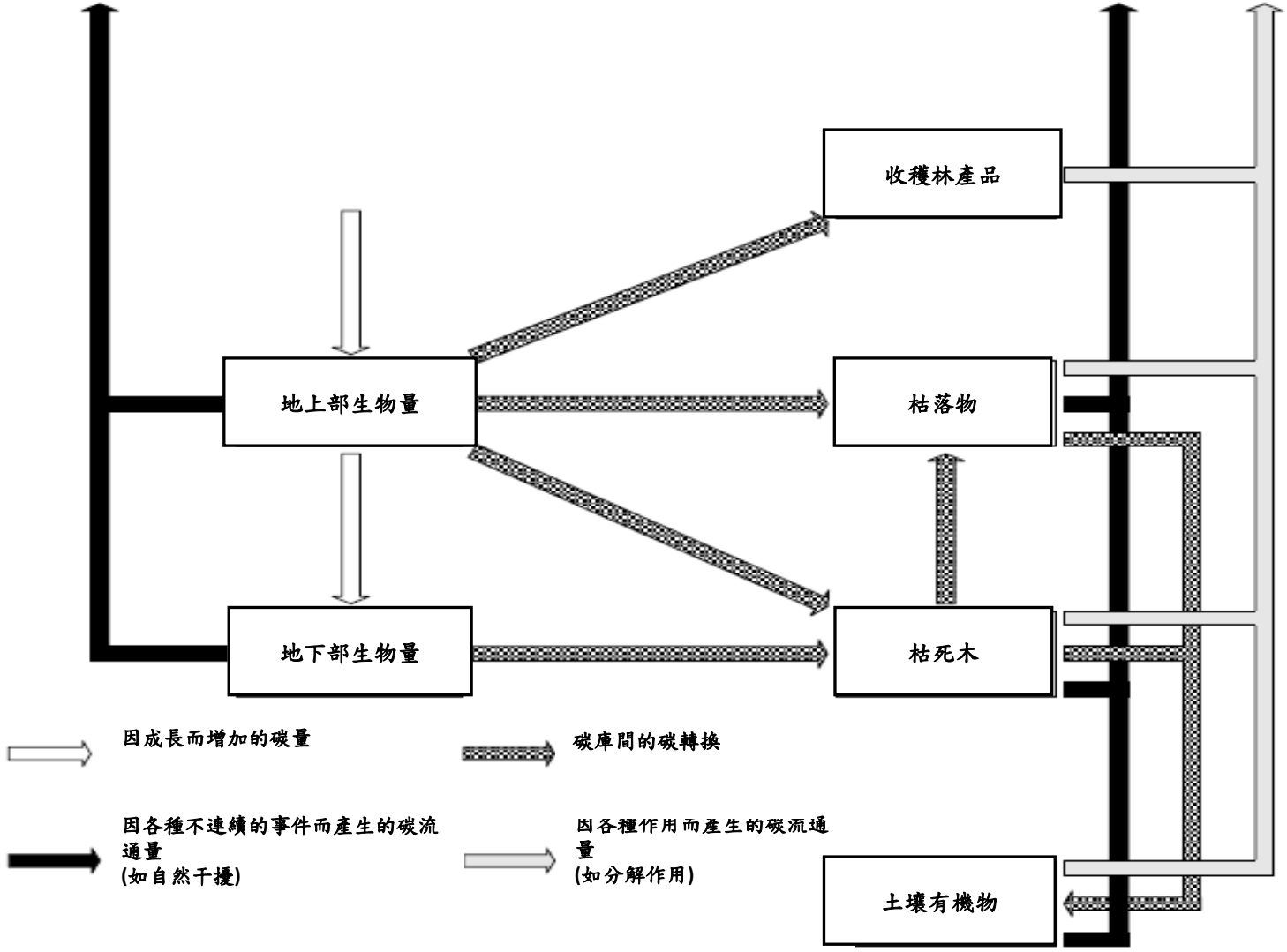
● 自然為本解方

❑ 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

碳量在生態系與碳庫間的流動關係



林產品延遲排放效果

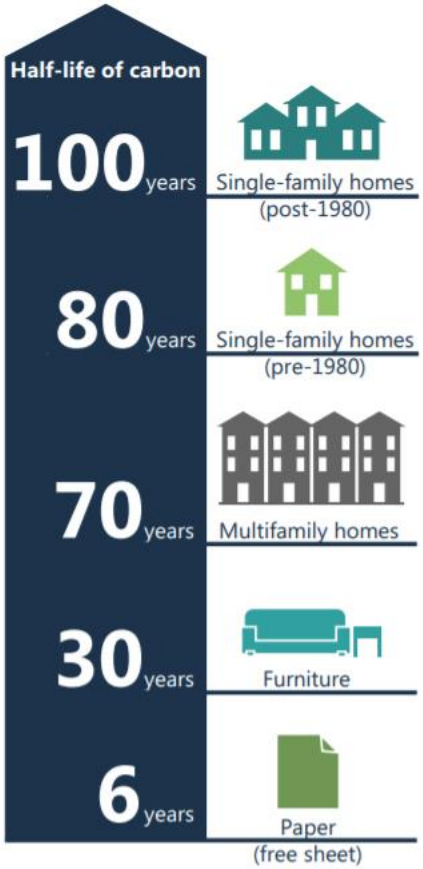
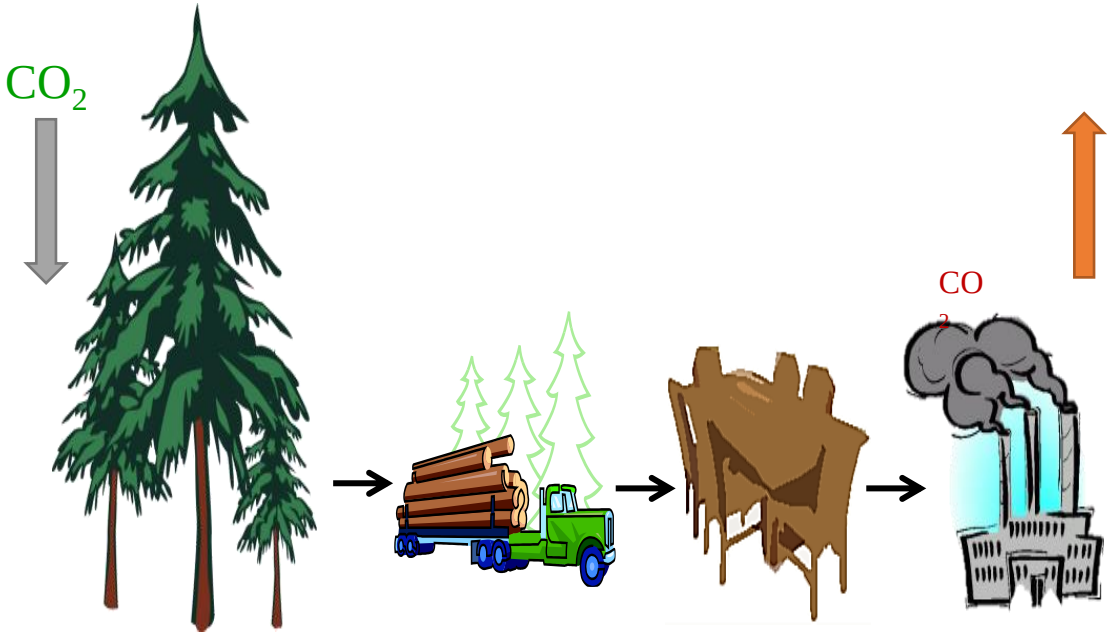


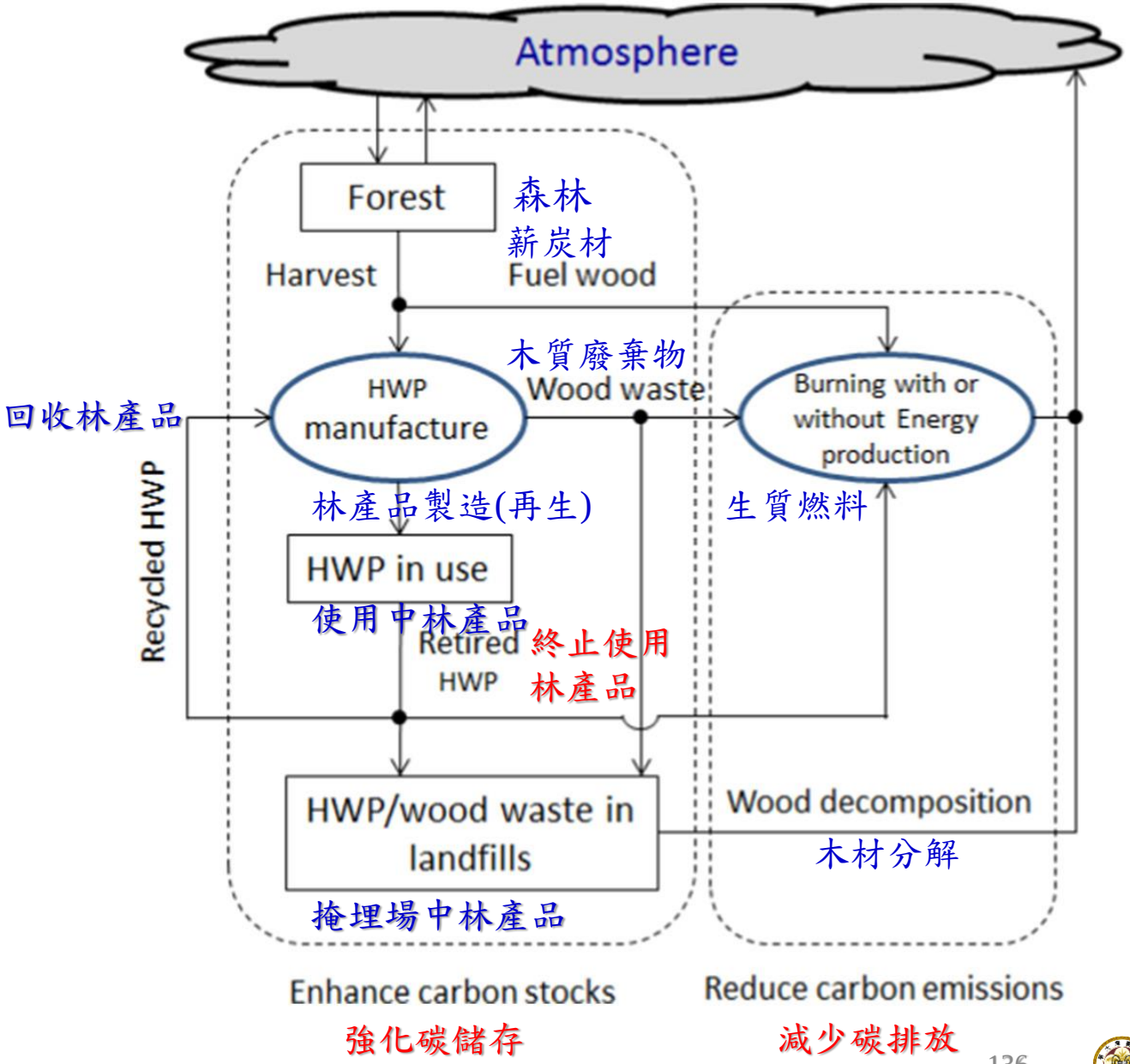
Figure 10. Assumed duration (years) of carbon sequestration in end uses of wood and paper. Data from Skog and Nicholson (2000).



木材經加工製成林產品，能繼續將碳貯存於林產品中，直至廢棄回收後二氧化碳才會再排放回大氣中，產生延遲排放的效益。林產品若能妥善保存使用將可長時間使用或改造使用，讓碳持續存於林產品中。

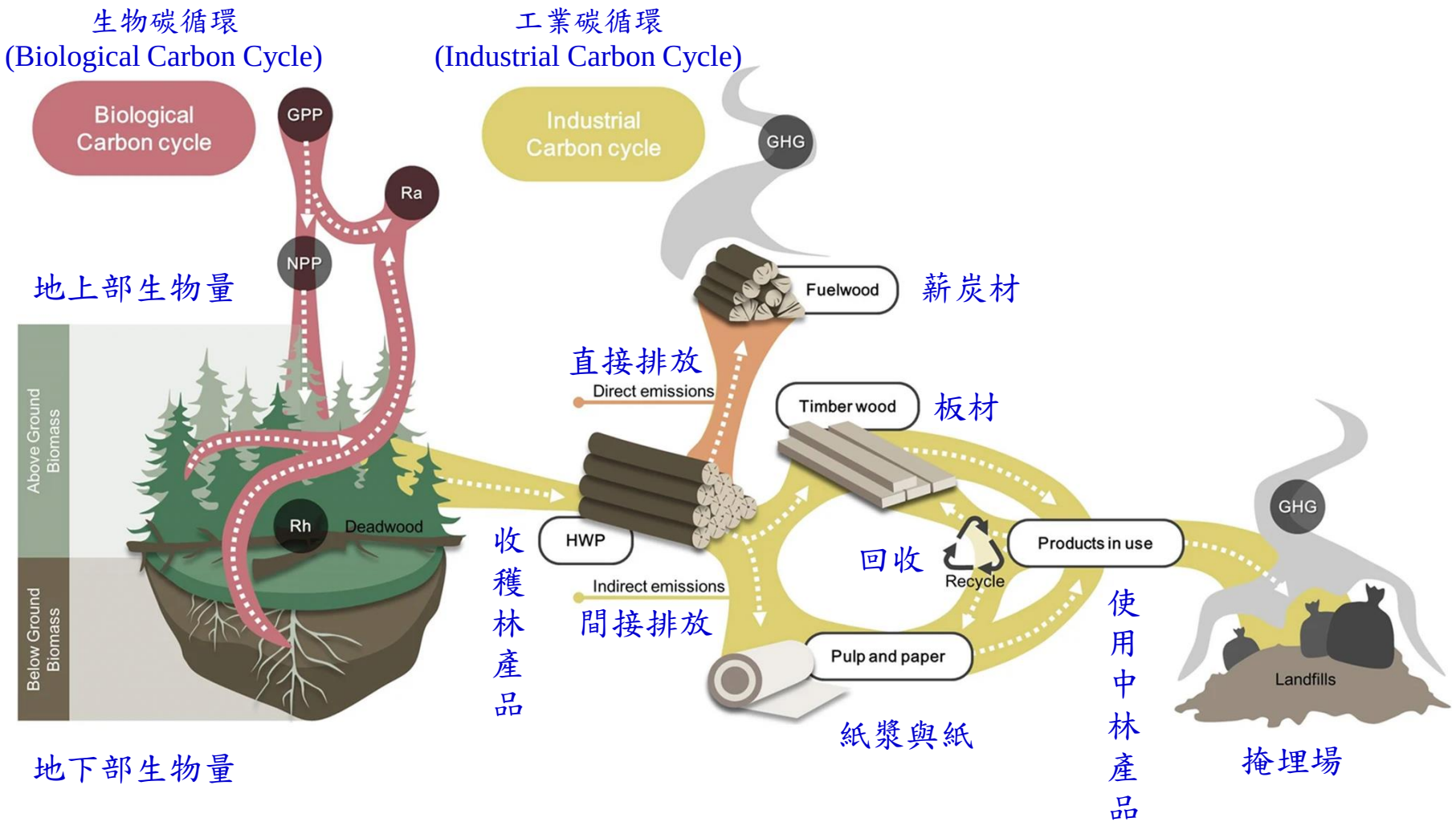
圖片來源：修改自http://www.nipic.com/show/3/41/db5ada5aad1d8986.html
http://www.clipartheaven.com/show/clipart/business_&_office/buildings/factory_05-gif.html

森林部門碳儲存量和排放量評估框架



(Geng *et al*., 2017)

森林碳循環(Foreest Carbon Cycle)



https://link.springer.com/article/10.1007/s40725-021-00151-w/figures/1

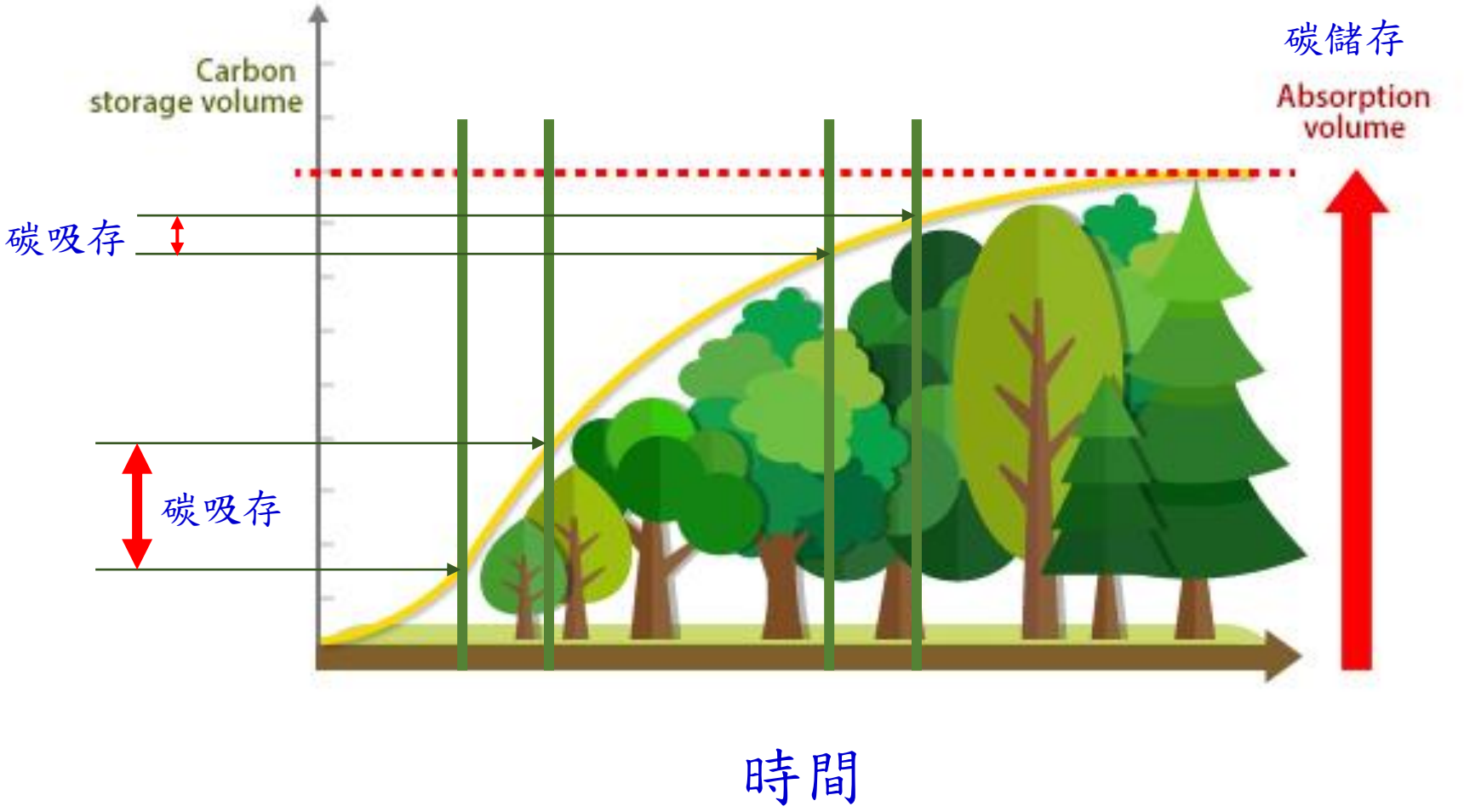
National Taiwan University
臺灣大學森林環境暨資源學系

KOREA FOREST SERVICE

산림탄소모아 FOREST CARBON MORE

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)



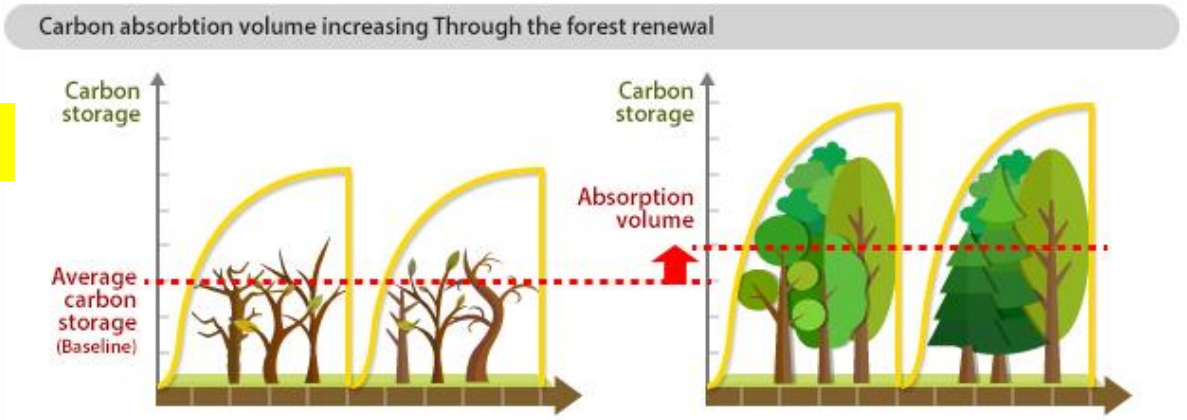
https://www.forest.go.kr/newkfsweb/html/HtmlPage.do?pg=/fcme/UI_FCS_161000.html&mn=KFS_35_16_10&orgId=fcme

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

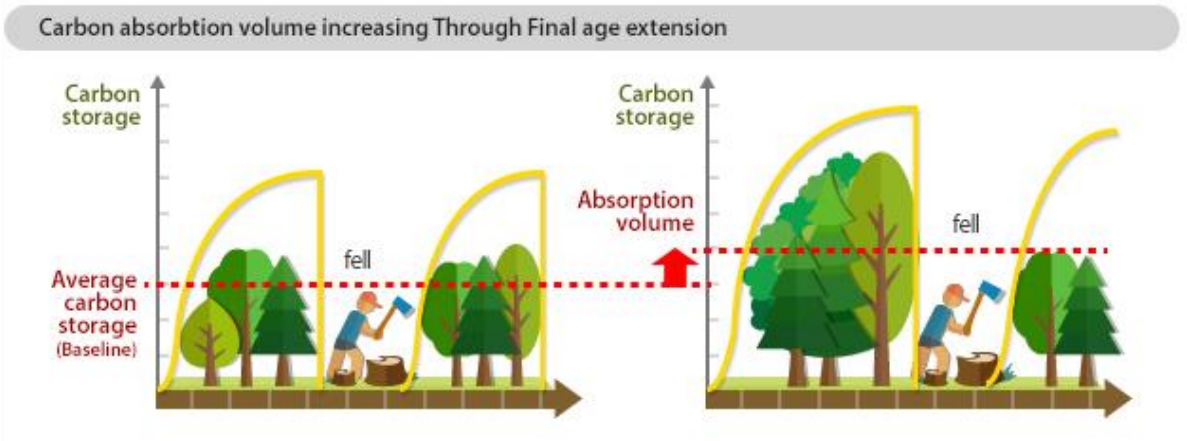
KOREA FOREST SERVICE

加強森林經營可提高碳儲存量

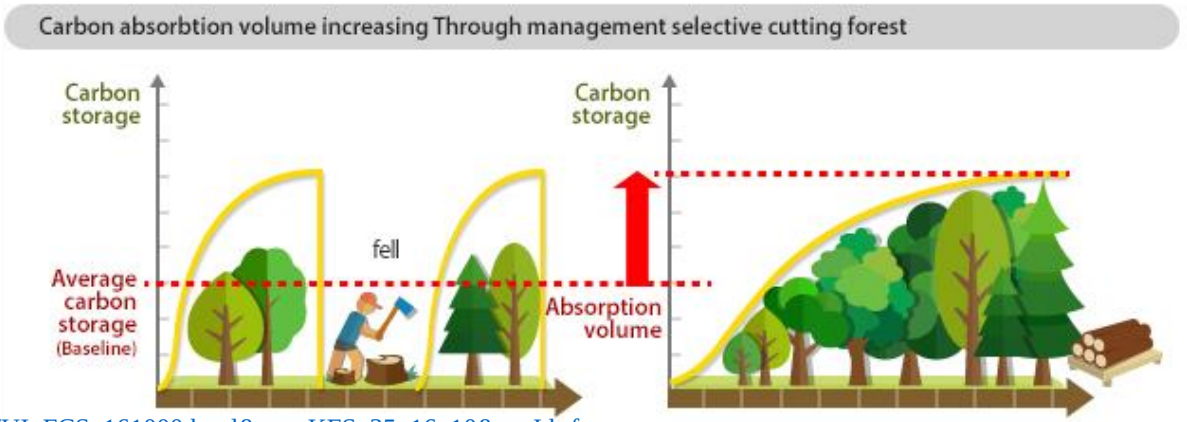
森林更新提高碳儲存量



延長伐期齡提高碳儲存量

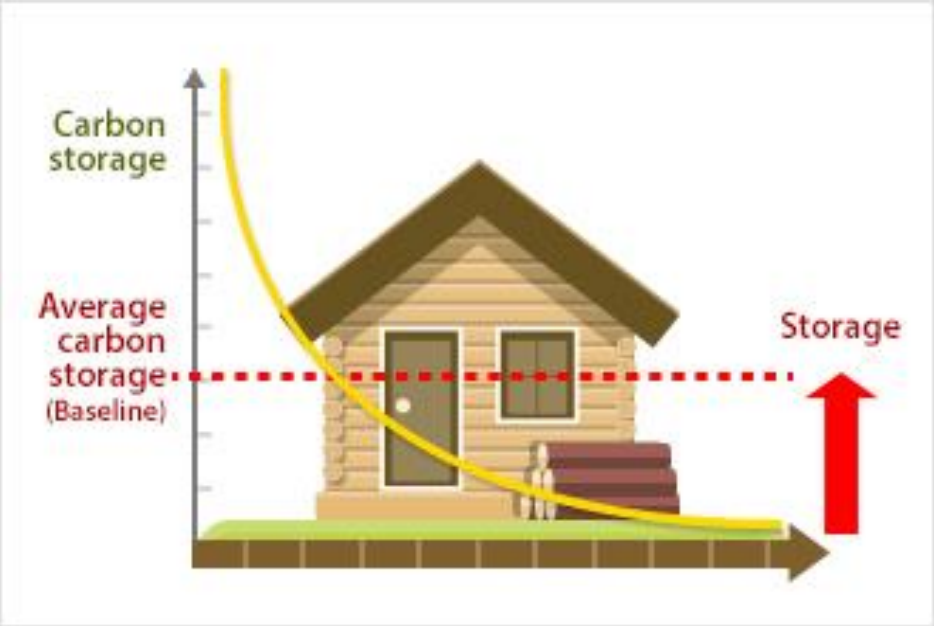


擇伐管理提高碳儲存量

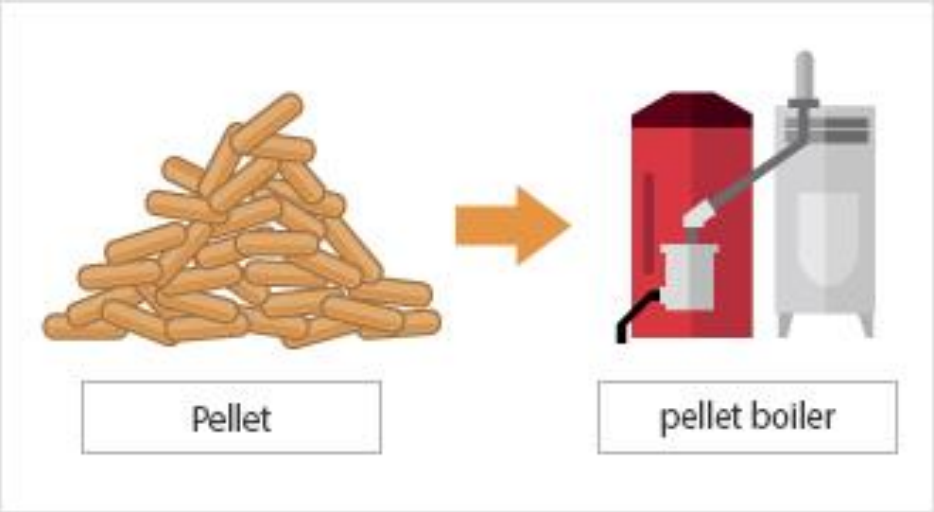


https://www.forest.go.kr/newkfsweb/html/HtmlPage.do?pg=/fcme/UI_FCS_161000.html&mn=KFS_35_16_10&orgId=fcme

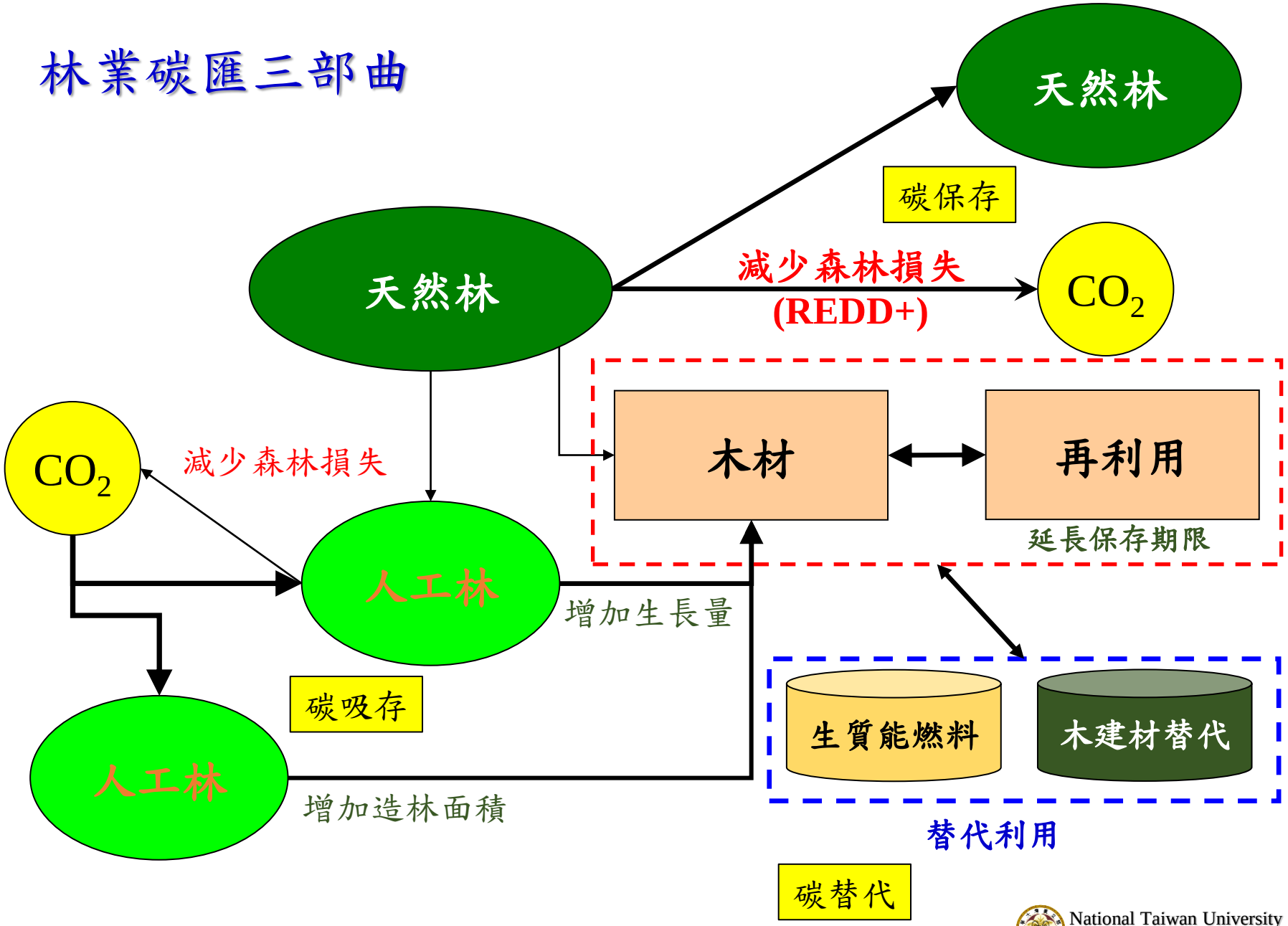
木製品利用項目



森林生物質能利用項目

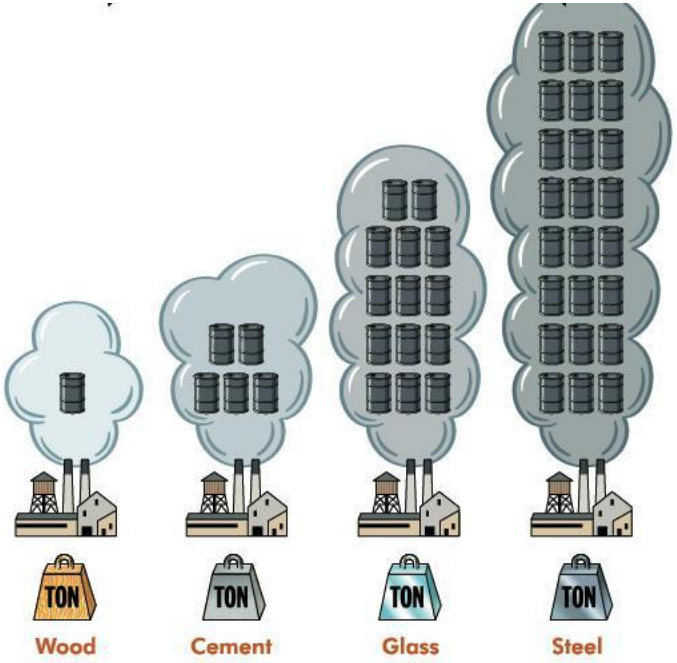


林業碳匯三部曲


天然林
碳保存
天然林
減少森林損失
(REDD+)
CO_2
CO_2
減少森林損失
木材
再利用
延長保存期限
人工林
增加生長量
碳吸存
人工林
增加造林面積
生質能燃料
木建材替代
替代利用
碳替代

木質構造建築對CO_2減量與碳固定貢獻

- 木材與木質材料當作建材使用，以建築木質構造建築物時，因木質材料加工為低能源，又因其構成元素中，50%為碳元素，所以不但在建設階段，可比鋼筋混凝土造（RC造）省能源，進而可使CO_2減量，而在木質構造建築物之生命週期內，均可將碳素固定在建材內部，使得*木質構造建築物相當於一座「都市森林」*，雖不會再吸收大氣中之CO_2，但可將碳素固定在建築物內，不會使其回歸大氣中，相當於減緩大氣溫室氣體濃度上升之效果。

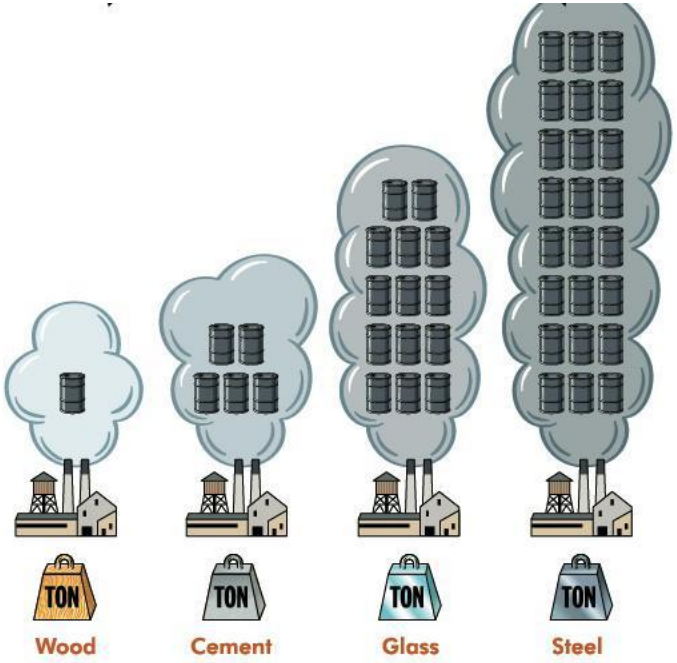


Manufacturing wood is energy efficient. Consider the amount of energy it takes to produce one ton of cement, glass, or steel, compared to one ton of wood. It takes 5 times more energy for cement, 14 times more for glass, and 24 times more for steel.

(王松永，2013)

木質構造建築對CO_2減量與碳固定貢獻

- 木材與木質材料當作建材使用，以建築木質構造建築物時，因木質材料加工為低能源，又因其構成元素中，50%為碳元素，所以不但在建設階段，可比鋼筋混凝土造（RC造）省能源，進而可使CO_2減量，而在木質構造建築物之生命週期內，均可將碳素固定在建材內部，使得*木質構造建築物相當於一座「都市森林」*，雖不會再吸收大氣中之CO_2，但可將碳素固定在建築物內，不會使其回歸大氣中，相當於減緩大氣溫室氣體濃度上升之效果。



Manufacturing wood is energy efficient. Consider the amount of energy it takes to produce one ton of cement, glass, or steel, compared to one ton of wood. It takes 5 times more energy for cement, 14 times more for glass, and 24 times more for steel.

(王松永，2013)

100公尺！瑞士將興建全球最高木結構大樓



瑞士將在蘇黎世附近的溫特圖爾（Winterthur）興建全球最高的木結構大樓，該建案包括4棟木結構建築，其中之一是1座高100公尺的塔樓，落成後將成為全球最高木結構建築。

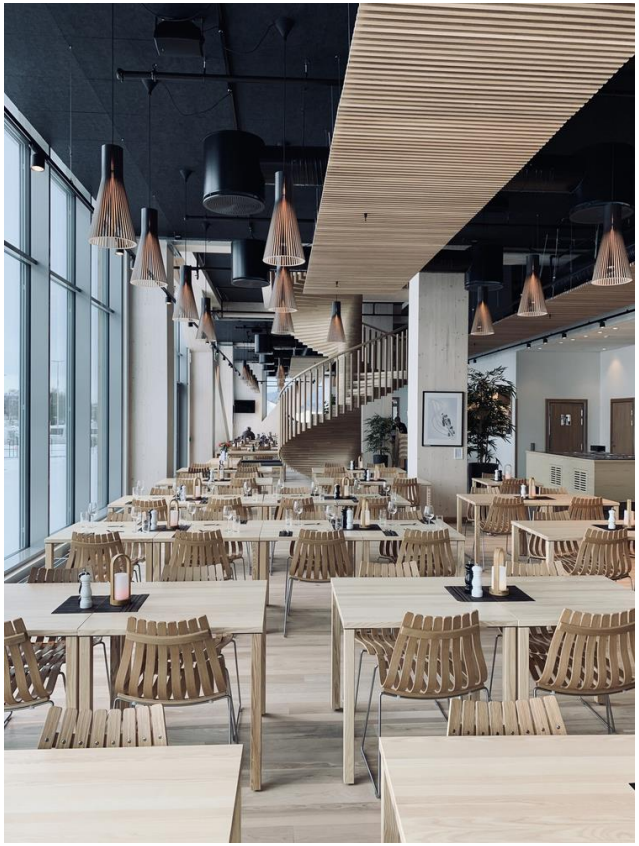
報導中指出，這個名為Rocket&Tigerli的建案，是由丹麥的建築師事務所Schmidt Hammer Lassen Architects（SHL）設計，除了有住宅單位，還有零售空間、空中酒吧與1家飯店，預計2026年以前完工與供人入住。

https://news.ltn.com.tw/news/novelty/breakingnews/3901183

挪威, Brumunddal, Mjøstårnet

- 高85米，世界最高木建築，複合式使用





NET ZERO CARBON BUILDINGS

淨零碳建築的概念和假設

- 城市佔全球二氧化碳排放量的70%以上。這些排放中約有一半來自建築物在照明，電力，供暖和製冷方面所消耗的能源。此外，到2030年，新興經濟體的城市將佔全球能源使用增長的大部分。
- 這比綠色發電甚至運輸都更具挑戰性。如今，全球估計有17億座建築物中，幾乎沒有淨零碳的。為了改變這一狀況，在2019年9月的2019年聯合國氣候行動峰會上發起了一項名為“人人零碳建築物”的多夥伴全球倡議。包括肯尼亞，土耳其，阿拉伯聯合酋長國和英國在內的參與國已致力於國家和地方政府的發展。
- 到2030年使所有新建築物的碳淨含量為零的政策，以及到2050年使現有建築物的碳淨含量為零的政策。
- 去年，世界綠色建築委員會（WorldGBC）為目標相同的企業，房地產開發商，城市和地區發起了一項類似的工作，即淨零碳建築承諾。
- 世界綠色建築委員會（World Green Building Council）定義的淨零碳建築是“高效節能的建築，完全由現場和/或場外可再生能源提供動力。” 因此，對於這些建築物，能源消耗被產生的可再生能源所抵消。為了達到《巴黎協定》設定的最高標準，許多國家和城市已經明確設定了淨零建築物的目標。
- 研究表明，減少建築物的能源需求是解決氣候變化的最經濟有效的方法。ZCB還可以具有重要的共同利益，例如改善居民和工人的健康和生活質量。

https://www.tmd.studio/blog/2020/01/19/zcb

日本減碳武器：來蓋木造大樓

新工法降低成本，小建商也能無痛搶進

日本新法實施，要讓環保又天然的木造房屋重回市場。不但冬暖夏涼又能減碳，新技術更讓小建商也能蓋，造價壓低到與鋼骨建築相當，讓一般人也有機會居住。

譯●李貞慧

高達四十四．七公尺的木造大樓建案「東洋木町專案」，今年二月在千葉縣鎌谷市開工。二樓至十五樓是利用CLT（直交集成板）的純木造結構，一樓為鋼筋混凝土（RC）建築，既有基礎隔震，也是日本第一棟十四層都使用CLT的大樓。設計施工業者，是在當地經營透天住宅業務的東洋房屋。

「我們要證明，像我們一年建造透天住宅三十棟左右的小型建商，也有建築木造大樓的能力，」東洋房屋社長西蜂秀一充滿自信表示，「這棟大樓不過是起點，我們還將挑戰蓋二十層樓、三十層樓的木造大樓，在建商競爭中贏過大型建商。」



■總高15層樓的東洋木町用木材打造，為了提升防震能力，設計成獨特的圖形結構。

日經BP提供

政府修法鼓勵興建
從公共建築吹向私人建案

建築業界努力朝減碳轉型，木造大樓以植木為建材，從生長過程就吸收大量的二氧化碳，最後將其固定在建築物中，能有效減緩溫室效應而備受矚目。其中邁向普及化的第一個關鍵，在於去年十月起，日本「木材利用促進法」修正後正式施行，推動民間建築提升木造比率，今年進一步充實對木造大樓的支援。

東洋木町這棟大樓設計成對稱的圖形設計，並且在一樓加重採用RC結構，是為了減輕隔震層會產生的拉力。另外，整棟大樓的二氧化碳儲藏量約一千六百七十八公噸，約相當一般住宅的一百倍。

但東洋房屋在人才上吃盡苦頭，花了兩年以上才聘雇到兩位具有高樓施工管理技術的人員。做為小型建商能力有限，施工時除了考量接合方法等，同時因採購木材不易，也必須事先規畫，例如牆壁、地板不同部位，便需要使用不同來源的木材。

這棟木造高樓的造價，含稅約十七億六千萬日圓（約含新台幣四億二千萬元），每坪建造單價約兩百萬日圓；相較於一般的獨棟建築，木造房每坪造價約五十萬日圓起跳，仍高出三倍之多。因為光靠租金收入無法平衡收支，因此決定在低樓層導入商業設施。今後的課題，就在於確保報酬率。

其實木材利用促進法早在二〇一〇年就制定，原本是以公共建築物為重點，提升木材的使用，旨在促進林業發展和提高木材自給率。

經過多年努力，日本公共建築物採用木材結構的比率，九年來提升了五．五個百分點，二〇一九年度達到一三．八％，三樓層以下的建築更拉抬到近三成。但在私人建築方面，只有低樓層住宅比率較高。

建材、技術創新
小建商也能搶進大市場

第二個普及的關鍵，則是隨著抗震、防火等技術的創新發展，以及建築標準調降至更為合理，建築使用木材的可能性大增。此外，日本政府認為要實現二〇五〇年碳中和目標，必須以「採伐、利用、種植」推動森林資源的循環利用，使人工林也能恢復活力。

雖然大型建商早就發現木造大樓商機，但像東洋房屋一樣，越來越多擅長處理木材的小型住宅公司，也爭相進入市場。例如位於東京的Aqura Home，主要鎖定五層樓木造建築，最高可蓋到八樓。

最高蓋到八樓，是因為經濟規模考量。協助開發的東京大學教授稻山正弘表示：「在此規模下，只需要一般流通的木材與五金，配合現有認證工法，就能進行設計與施工。」

Aqura Home社長宮澤俊哉聲明：「我們要蓋符合顧客需求的普及型純木造大樓，每坪造價一百五十萬日圓以下；而非大型建商的高成本木造大樓，必須使用特殊認證工法才行。」

Aqura Home正如火如荼準備接單，第一步預計在今年夏天完成純木造的五層樓樣品屋。緊接著，純木造八層樓的總公司大樓也將動工，預計二〇二四年完工。

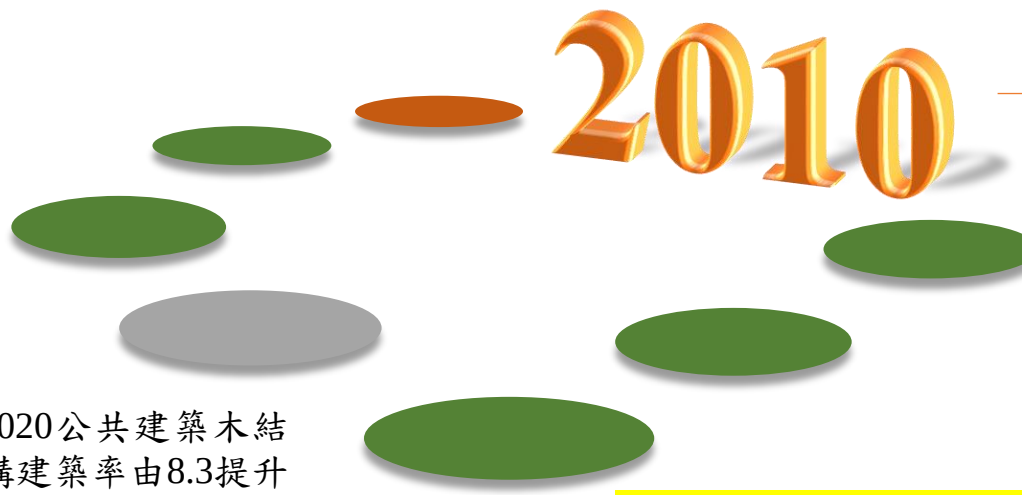
純木造大樓的價值在於，除了梁柱系統為石膏板被覆的

https://www.zinio.com/tw/reader/readsvg/547776/111
National Taiwan University
臺灣大學森林環境暨資源學系

日本積極推動木材利用加強林業碳匯儲存

2021為實現低碳社會做出貢獻的建築物等木材使用促進法

（修改前：2010公共建築等木材使用促進法）



公共建築等木材使用促進法

- 2020公共建築木結構建築率由8.3提升至13.9%
- 2020低層（三層以下）的公共建築，木結構建築率由17.9%提升至29.7%

10月8日定為“木材利用促進日”

“十”字和“八”字組合為“木”



為實現低碳社會做出貢獻的建築物等木材使用促進法

- 對法律的標題和目的進行調整
- 從公共建築擴大到一般建築
- 設立木材活用推進本部

(農業部長、經濟部長、內政部長、交通部長及環境部長、教育部長)

- 設立“木材利用促進日”和“木材利用促進月”

農林水産分野でのゼロエミッション達成に向けた取組

温室効果ガス削減に向けた技術革新

ゼロエミッション



取組・技術（2020年）
- 水田の水管理によるメタン削減
- 省エネ型施設園芸設備の導入
- 間伐等の適切な森林管理

取組・技術（2030年）
- 低メタンイネ品種の開発
- バイオ炭による炭素貯留の拡大
- 海藻類によるCO_2固定化（ブルーカーボン）
- 水田の水管理によるメタン削減
- 省エネ型施設園芸設備の導入
- 間伐等の適切な森林管理

取組・技術（2040年）
- 農山漁村に適した地産地消型エネルギーシステムの構築
- 高層木造建築物の拡大
- 農林業機械・漁船の電化・水素化等

取組・技術（2050年）
- 高機能合成樹脂のバイオマス化を拡大
- CO_2吸収能の高いスーパー植物の安定生産
- メタン抑制ウシの活用
- 特殊冷凍・包装技術による食品ロス削減
- 消費者嗜好の分析等による食品ロスの削減
- 農山漁村に適した地産地消型エネルギーシステムの構築
- 高層木造建築物の拡大
- 農林業機械・漁船の電化・水素化等

高層木造建築物の拡大

○ 高層建築物等の木造化

・都市部での木材需要の拡大に資する木質建築部材や工法の開発・普及



都市の木造高層建築物等

2020年　2030年　2040年　2050年

※ 農林水産業における化石燃料起源のCO2ゼロエミッション化の実現(KPI)とともに、農畜産業からのメタン・N2O排出削減、農地・森林・木材・海洋における炭素の長期・大量貯蔵等による吸収源対策を推進。

住友林業規劃於東京建造世界上最高木製建築

W350

- 日本建築公司住友林業（Sumitomo Forestry）與日建設計（Nikken Sekkei）聯手，將在東京打造全球最高的木造建築，約350公尺高的摩天大樓「W350」，預計2041年完工。將取代大阪的Abeno Harukas，成為日本最高的摩天大樓。
- 友林業專案指南與日經精密株式會社合作，希望鼓勵在城市地區使用木材，以“將城市轉變為森林”。
- 木材將構成結構的90%，約佔185,000m^{2}的原材料。綠化露台將地板連接到塔頂。內部由木頭製成，將使訪客沐浴在自然溫暖的光線下。



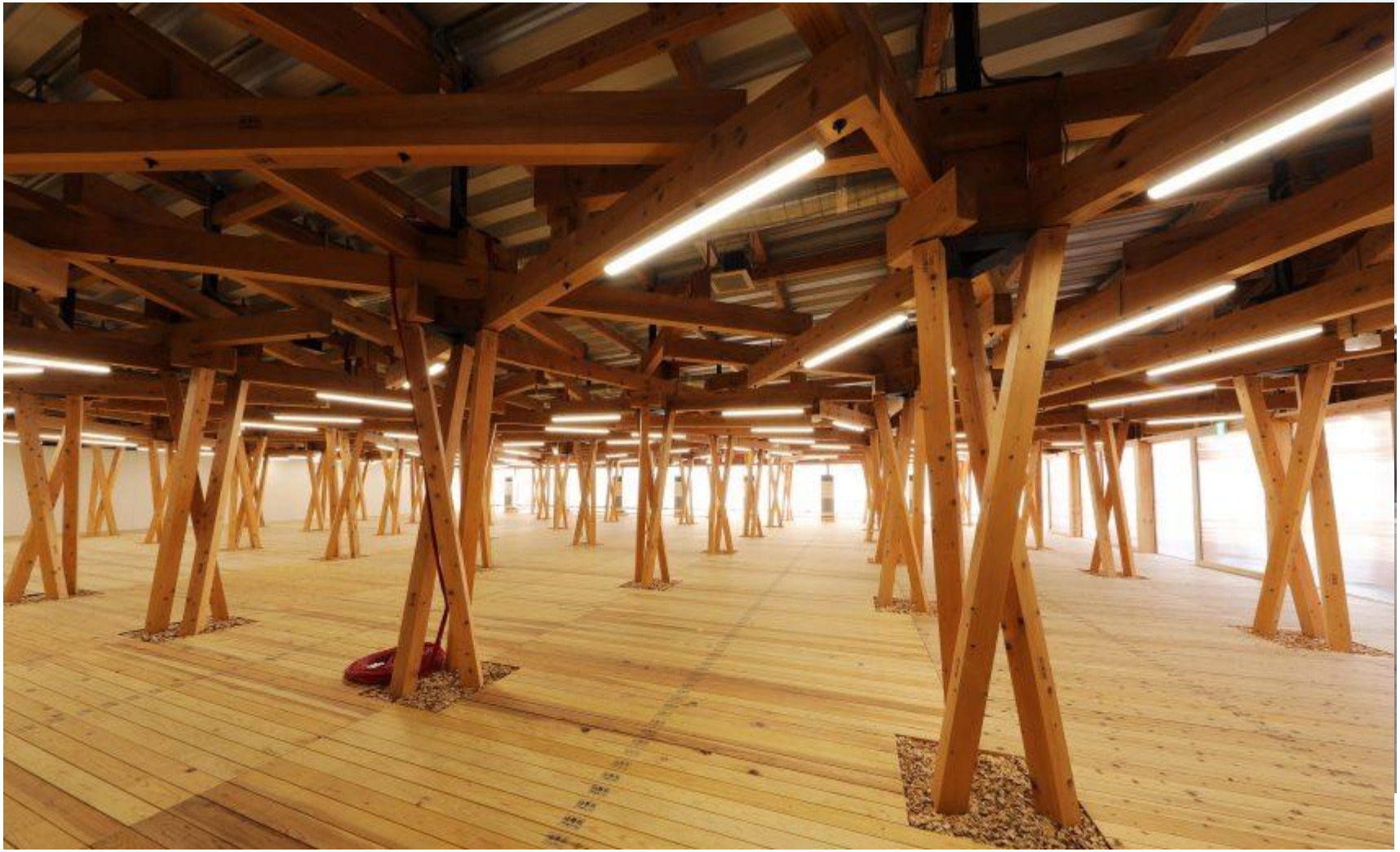
https://www.fundesign.tv/%E5%85%A8%E7%90%83%E6%9C%80%E9%AB%98%E7%9A%84%E6%9C%A8%E9%80%A0%E5%BB%BA%E7%AF%89-%E6%9D%B1%E4%BA%AC%E6%91%A9%E5%A4%A9%E5%A4%A7%E6%A8%93%E3%80%8Cw350%E3%80%8D/



隈研吾的日本國家體育場是 2020 年東京奧運會的核心

雪松板覆蓋了擁有 68,000 個座位的日本國家體育場的屋簷

https://www.dezeen.com/2021/07/28/japan-national-stadium-kengo-kuma-tokyo-olympics/?li_medium=rhs_block_2



奧運村廣場使用4萬塊日本捐贈木材建成

由 40,000 片可持續發展的日本柏樹、雪松和落葉松製成，這些材料是從全國各地政府“借來”的。建築物中使用的每塊木材都標有郵票，上面詳細說明了其來源地區的名稱。奧運會結束後，該結構將被拆除，木材將返回捐贈城市，用於當地建設專案。組織者說：“根據該專案，從日本各地政府免費借用的木材將用於建造鄉村廣場。”“那麼在奧運會結束後，被拆除的鄉村廣場的木材將被用作地方政府公共設施和其他地方的遺產。”

https://www.dezeen.com/2021/07/23/olympic-village-plaza-tokyo-nikken-sekkei/



- 2016年完成的台東池上車站氣勢壯闊的大廳，單支曲樑長度達8.5米，是台灣現今尺度最大的國產結構用彎曲集成材建築。
- 材積數量超過100立方公尺，以內埋鐵板方式組裝，再用金屬摩擦栓嚴密固定。採取特殊工法，保障結構安全。一次又一次，挑戰木構建築的極限。
- http://www.tefeng.com.tw/press_detail.php?TeFeng=15

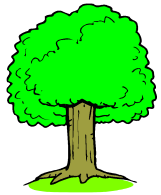
https://journey.tw/chishang-station/

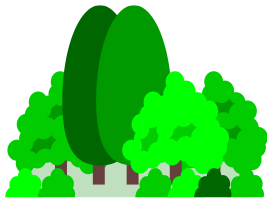


https://journey.tw/chishang-station/

林業碳匯管理策略







➢碳吸存：

增加造林面積	新植造林！	新植造林抵換專案
增加單位面生長量	加強經營！	加強森林經營抵換專案

（多種樹！多種多財！）



➢碳保存：

減少森林損失	加強森林保護！	REDD+抵換專案
		減少盜伐、森林火災及病蟲害
延長木材使用	再利用與防腐！	回收木產品

（多愛樹！愛樹愛財！） ～～綠色消費～～

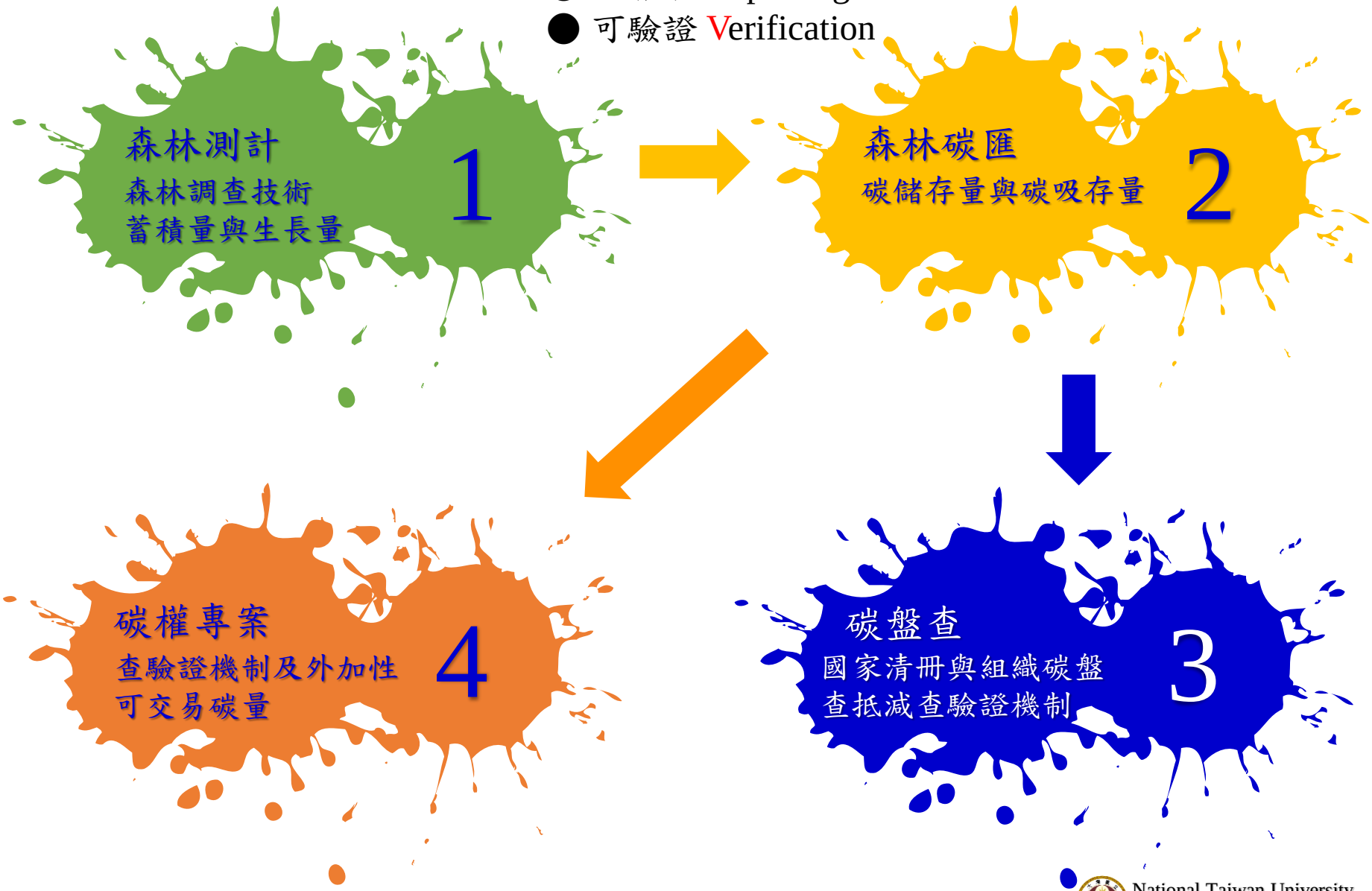
➢碳替代：

生質燃料	替代石化燃料！	生質燃料轉換抵換專案
木建材	替代鋼筋水泥！	零碳建築負碳材料

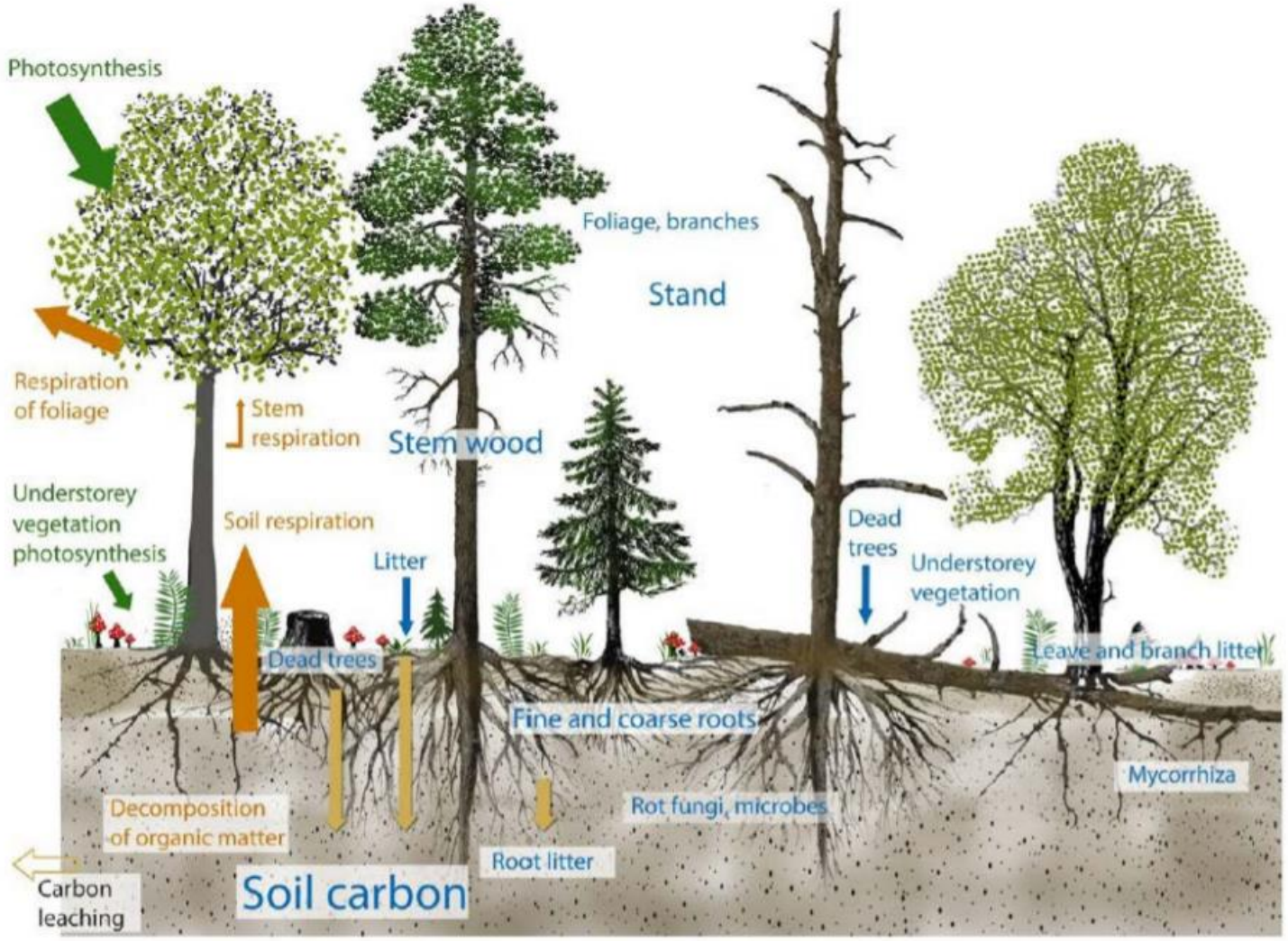
（多用材！用材成財！）



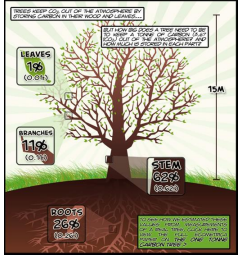
- 可量測 Measurement
- 可報告 Reporting
- 可驗證 Verification



森林生態系碳循環



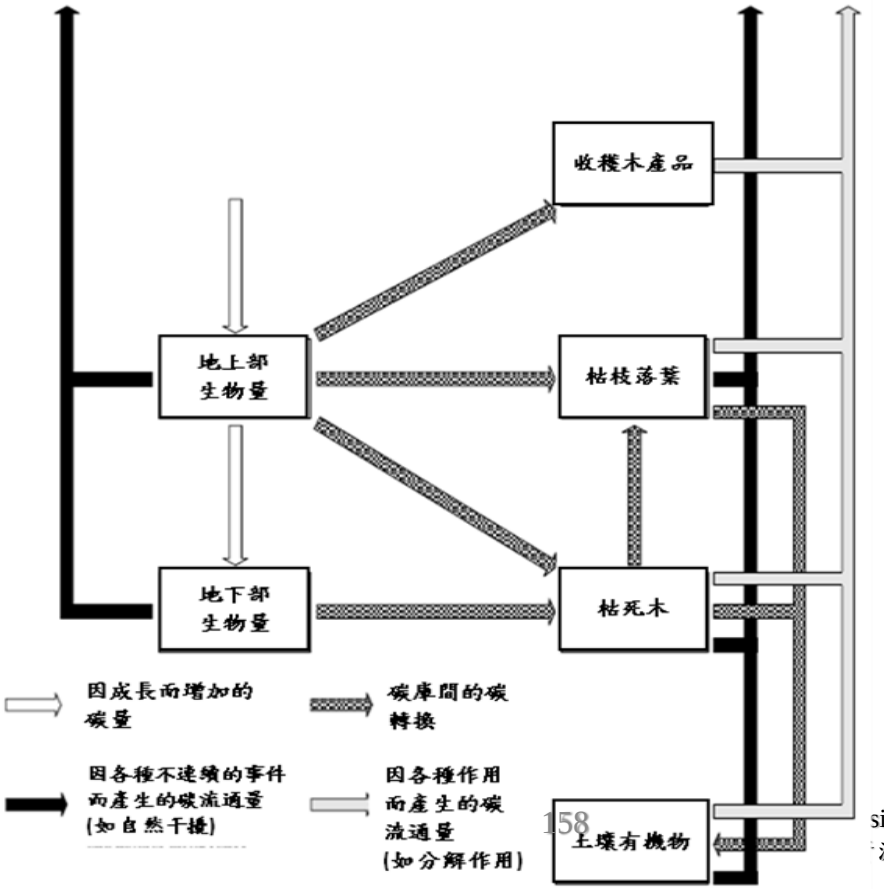
https://www.researchgate.net/publication/340550424_Carbon_storage_in_Norwegian_ecosystems_revised_edition/figures



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

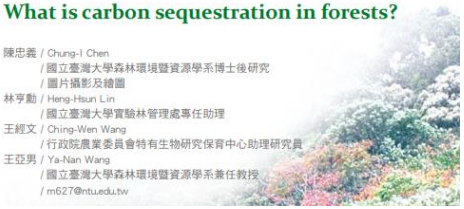
碳　　庫	
生物量（Biomass）	地上部生物量（Aboveground biomass）
	地下部生物量（Belowground biomass）
死有機質 (Dead organic matter)	枯死木（Dead wood）
	枯枝落葉（Litter）
土壤（Soils）	土壤有機物（Soil organic matter）



植林減碳—
淺談森林的碳吸存

What is carbon sequestration in forests?

陳忠義 / Chung-I Chen
/ 國立臺灣大學森林環境暨資源學系博士後研究
/ 圖片攝影及繪圖
林亨勳 / Heng-Hsun Lin
/ 國立臺灣大學實驗林管理處專任助理
王經文 / Ching-Wen Wang
/ 行政院農業委員會特有生物研究保育中心助理研究員
王亞男 / Ya-Nan Wang
/ 國立臺灣大學森林環境暨資源學系兼任教授
/ m627@ntu.edu.tw



以生長量估算碳吸存量示意圖



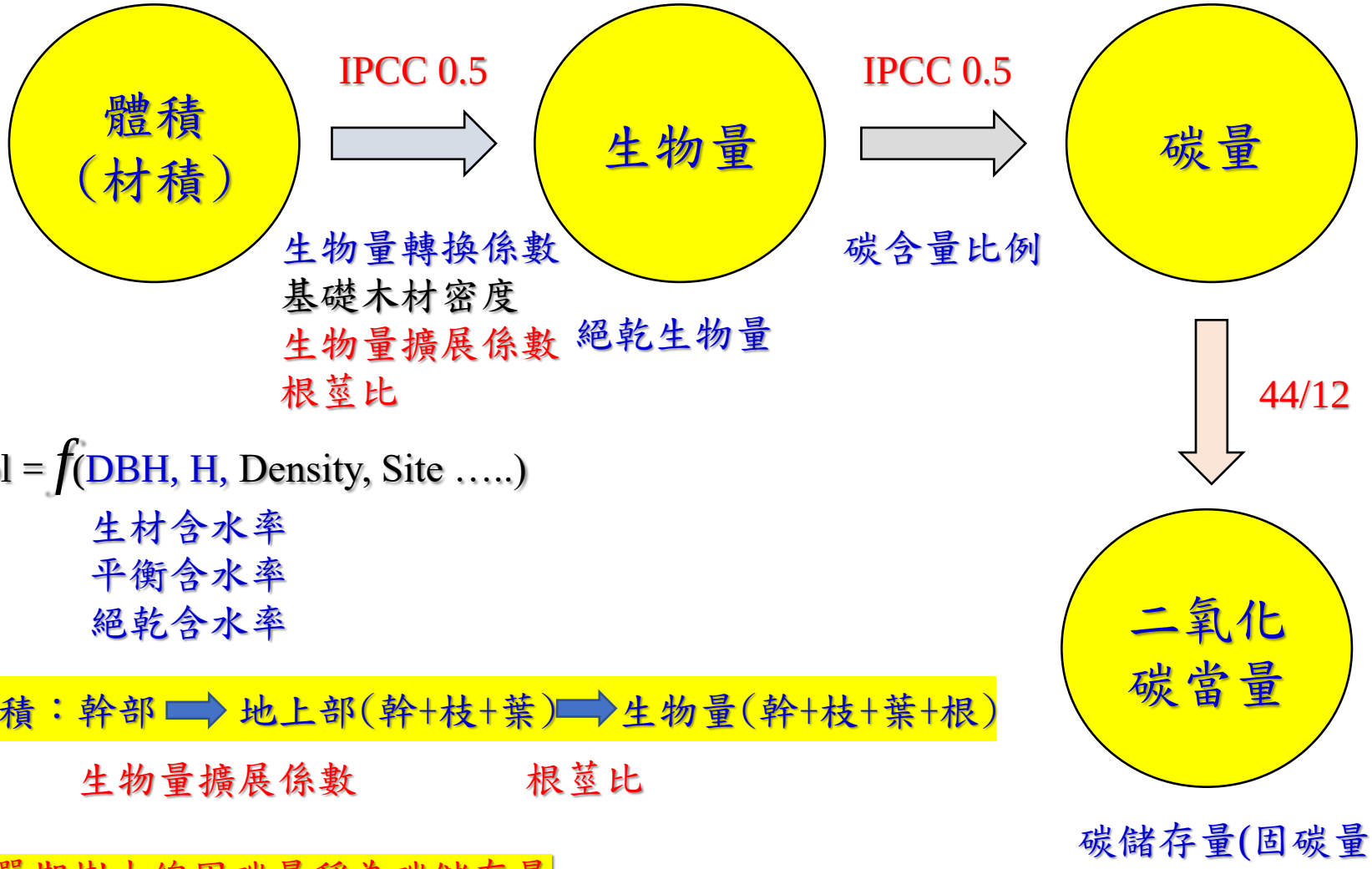
以光合作用估算碳吸存量示意圖



以通量法估算碳吸存量示意圖



樹木碳匯計量方法：碳儲存量(總固碳量) VS 碳吸存量(生長量)



Vol = f(DBH, H, Density, Site …..)

生材含水率
平衡含水率
絕乾含水率

材積：幹部 ➡ 地上部(幹+枝+葉) ➡ 生物量(幹+枝+葉+根)

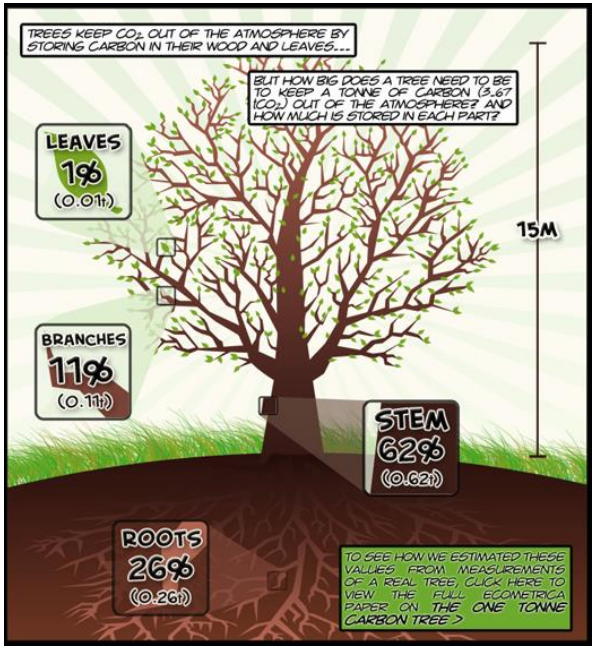
生物量擴展係數　　根莖比

- 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)



- IPCCIPCC 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

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

森林碳匯應用選項

國家預算投入所增加碳匯效益以經由AFOLU
計算納入國家溫室氣體清冊為原則



國家預算

國有林

公有林

私有林

私人資金





私人資金投入所增加碳匯效益
經由碳交易平台取得碳權

HWP

AFOLU

國家溫室氣體排放清冊報告

碳交易平台

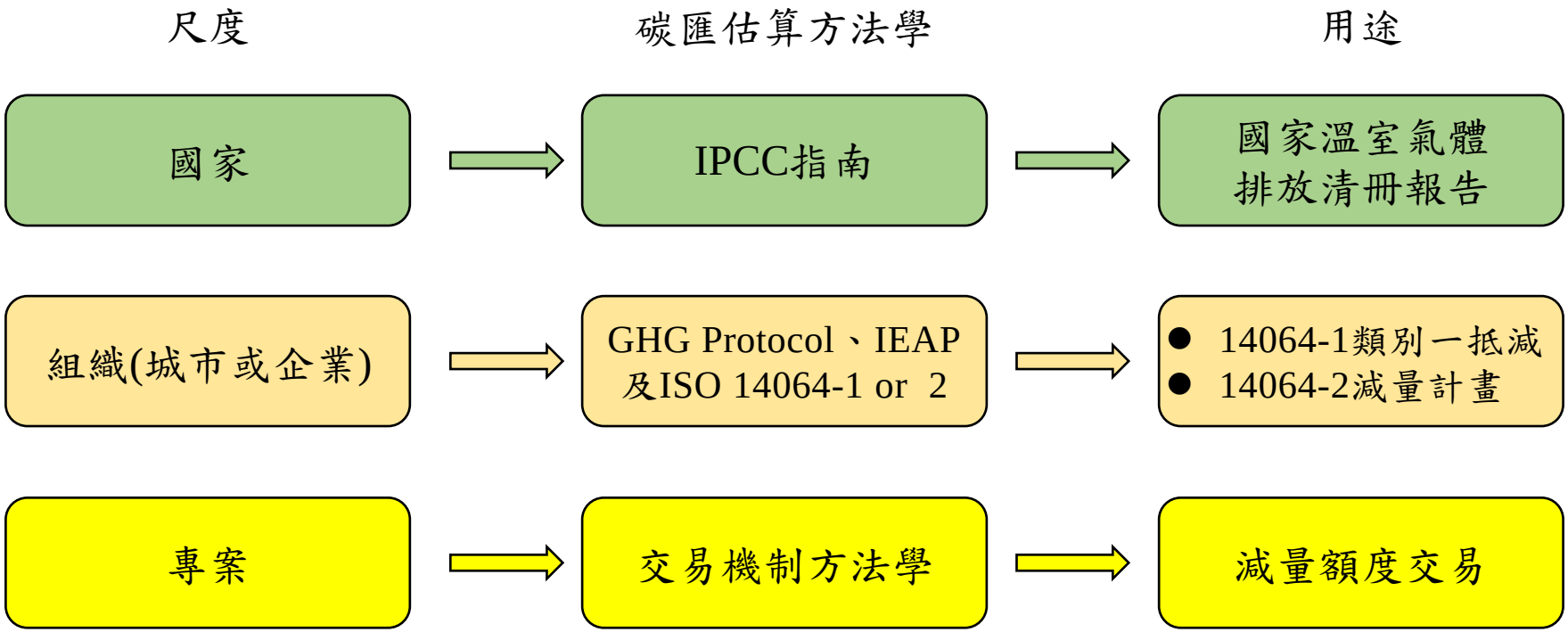
組織碳盤查範疇

森林碳權交付交易平台原則

1. 落實MRV機制
2. 符合外加性
3. 充分反映碳權成本

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

不同尺度森林碳匯估算方法學及用途



建議：企業以納入組織碳盤查14064-1或14064-2為優先

IPCC 方法學為一切碳匯估算根本

IPCC 指南



組織碳盤查指南

GREENHOUSE GAS PROTOCOL

SCIENCE BASED TARGETS
DRIVING AMBITIOUS CORPORATE CLIMATE ACTION

ISO 14064

強制碳市場標準

清潔發展機制(CDM)

自願碳市場標準

Verified Carbon Standard

Gold Standard

氣候變遷因應法重點

- 原2015年公告「溫室氣體減量及管理法」，條文三十四條；2023年2月公告修正後條文草案共計六十三條，名稱修訂為「氣候變遷因應法」。



資料來源：國發會 (2023)

氣候變遷因應法

- 第十三條

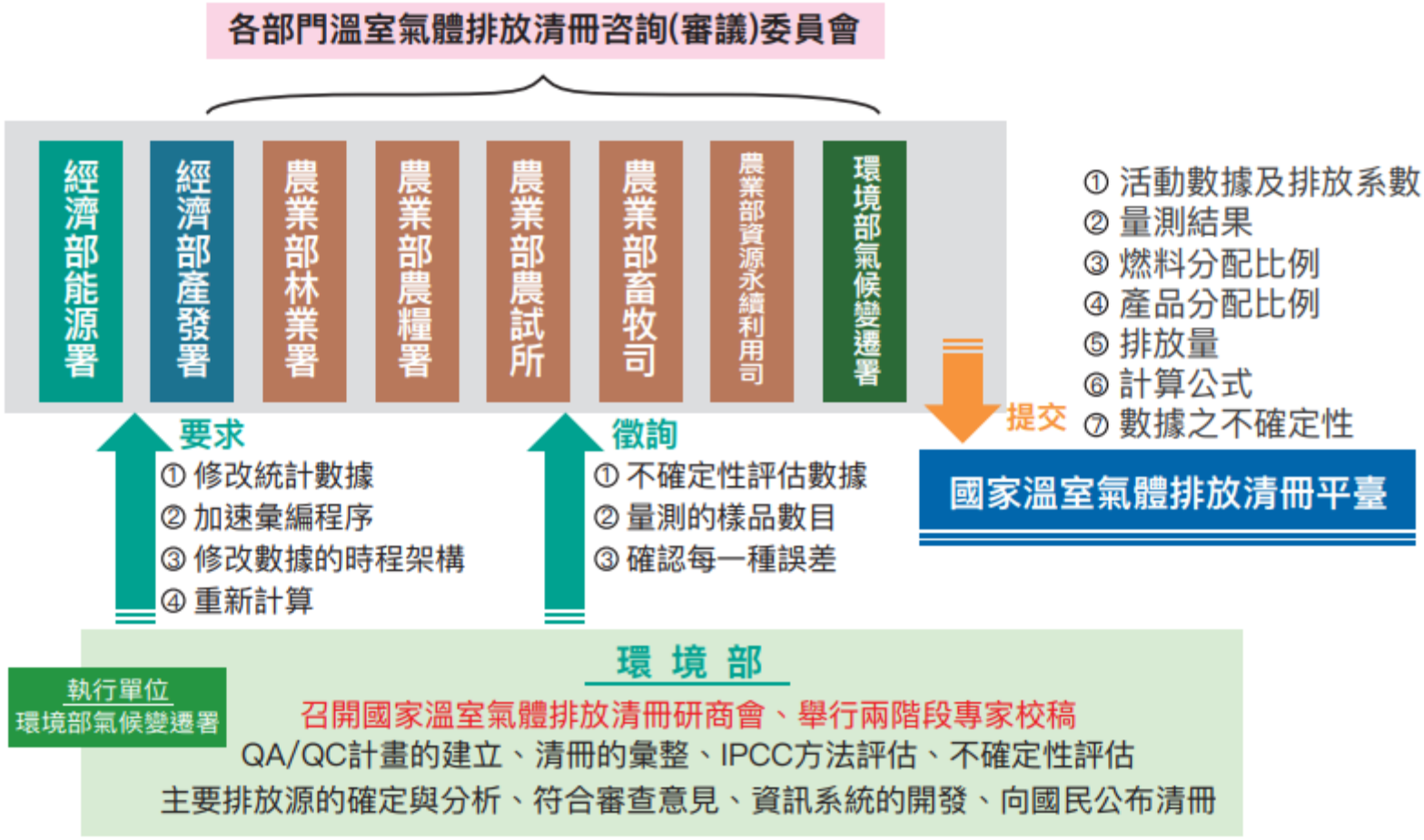
➢ 中央目的事業主管機關應進行排放量之調查及統計之研議，並將調查及統計成果每年定期提送中央主管機關。

➢ 中央主管機關應定期統計全國排放量，建立國家溫室氣體排放清冊；並每三年編撰溫室氣體國家報告，報請行政院核定後對外公開。



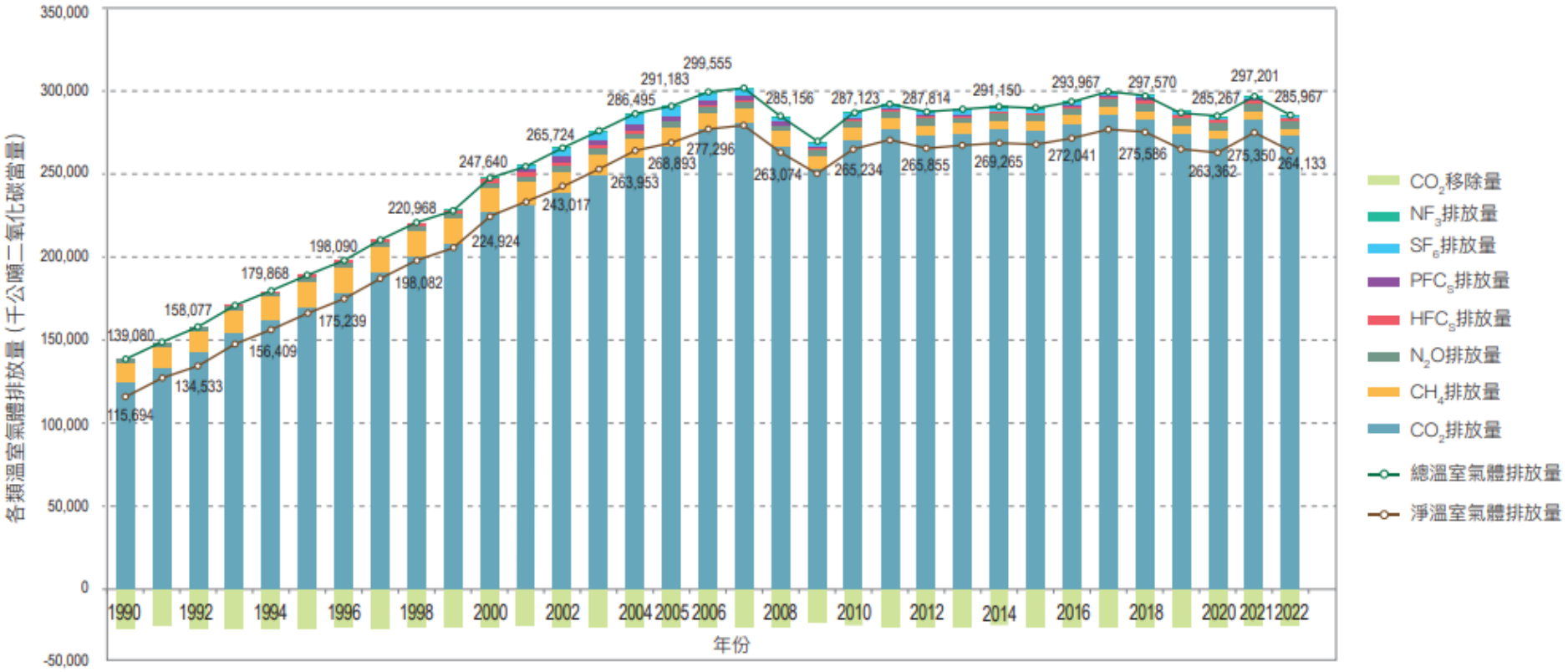
https://service.cca.gov.tw/File/Get/cca/zh-tw/c1zoEItkaIqqvly

國家溫室氣體排放清冊準備流程



https://service.cca.gov.tw/File/Get/cca/zh-tw/c1zoEItkaIqqvly

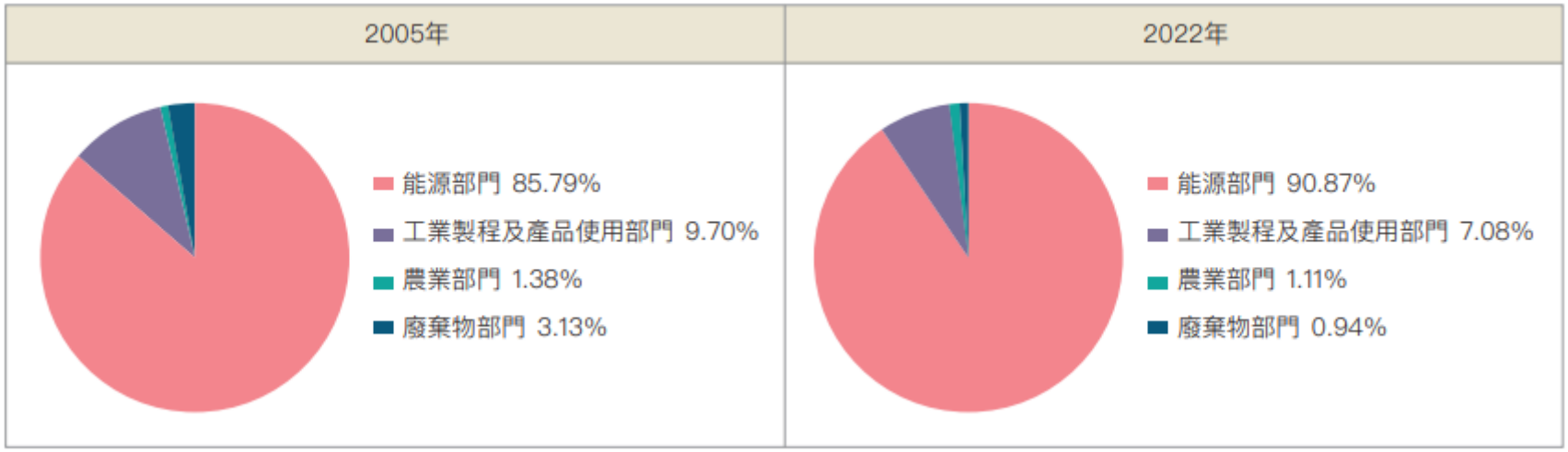
1990 年至 2022 年總溫室氣體排放量和移除量趨勢



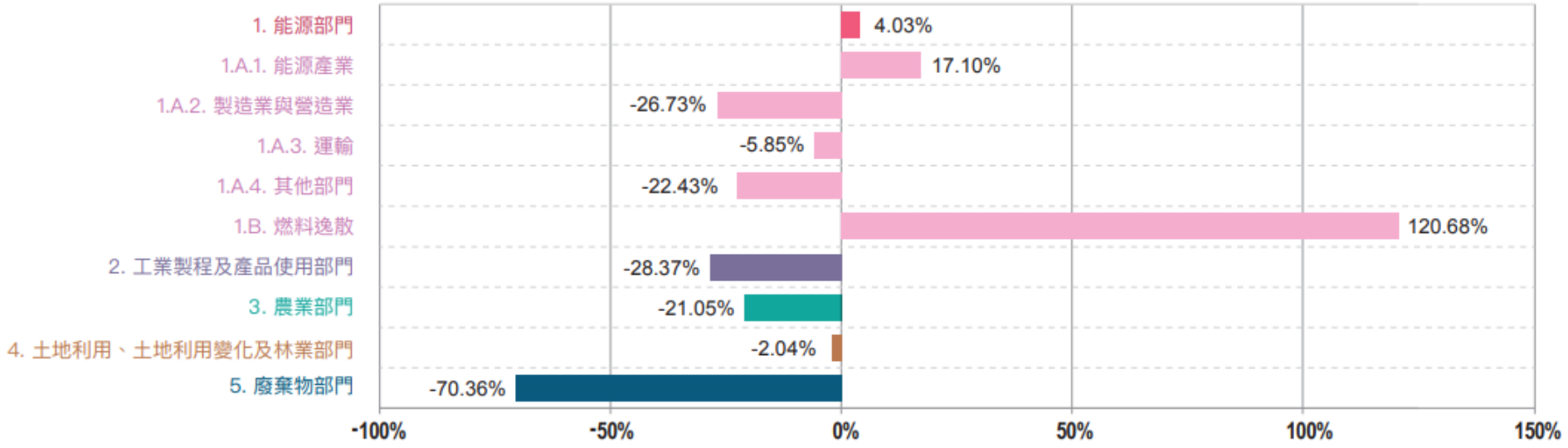
- 我國總溫室氣體排放量 (Total Greenhouse Gas Emissions)，不包括土地利用、土地利用變化及林業 (Land Use, Land-Use Change, and Forestry，簡稱 LULUCF)，自 2005 年 291,183 千公噸二氧化碳當量，降至 2022 年 285,967 千公噸二氧化碳當量，排放量減少 1.79%，年平均負成長率為 0.11% ，較 2021 年減少 3.78%。

https://service.cca.gov.tw/File/Get/cca/zh-tw/c1zoEItkaIqqvly

2005 年和 2022 年各部門溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF) 占比



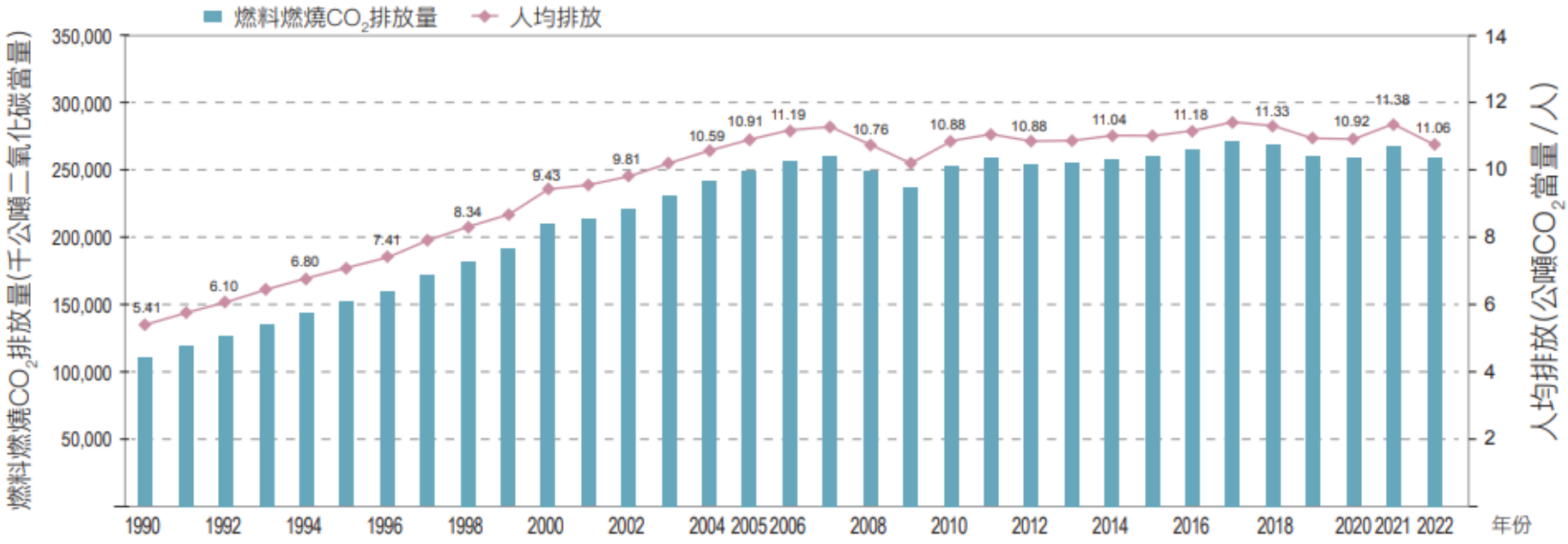
2005 年至 2022 年各部門溫室氣體排放量和移除量變化



https://service.cca.gov.tw/File/Get/cca/zh-tw/c1zoEItkaIqqvly

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

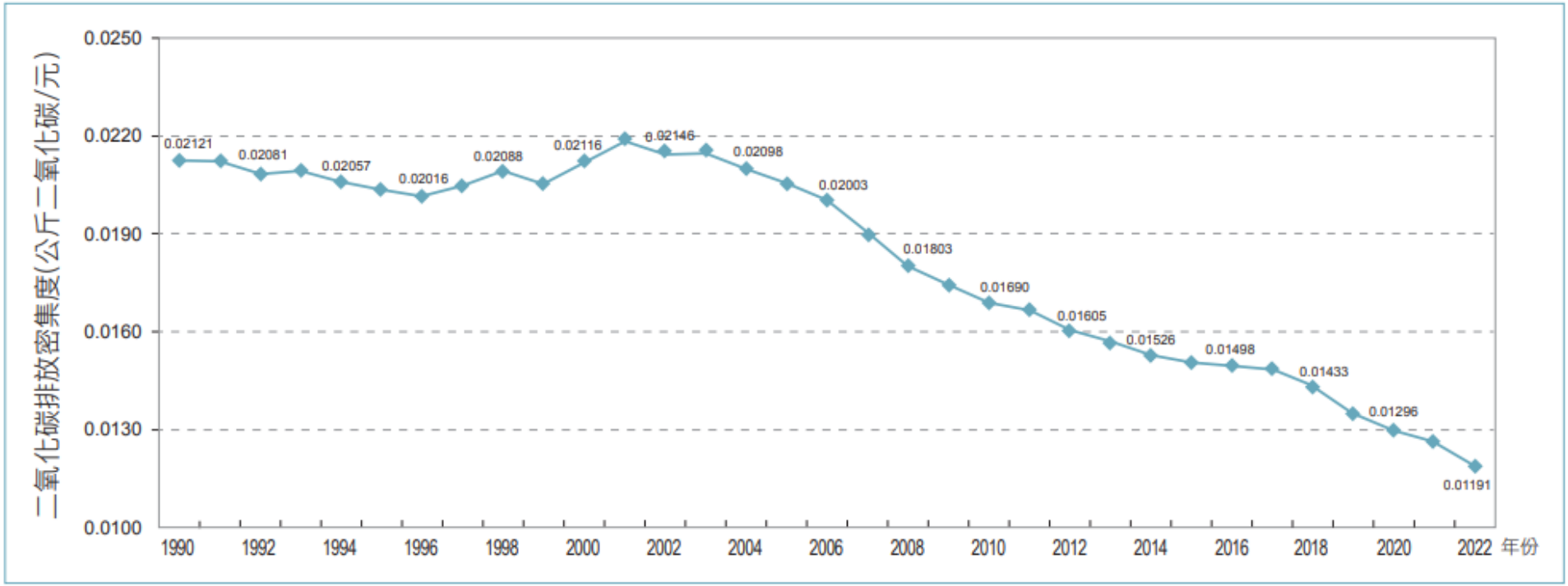
1990 年至 2022 年能源部門燃料燃燒二氧化碳和人均排放趨勢



https://service.cca.gov.tw/File/Get/cca/zh-tw/c1zoEItkaIqqvly

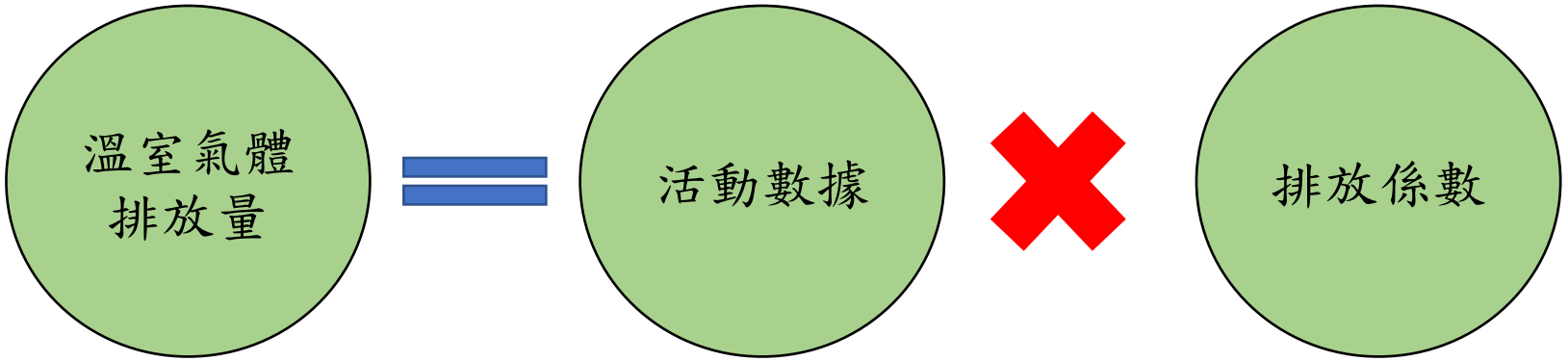
National Taiwan University
臺灣大學森林環境暨資源學系

1990 年至 2022 年二氧化碳排放密集度趨勢



https://service.cca.gov.tw/File/Get/cca/zh-tw/c1zoEItkaIqqvly

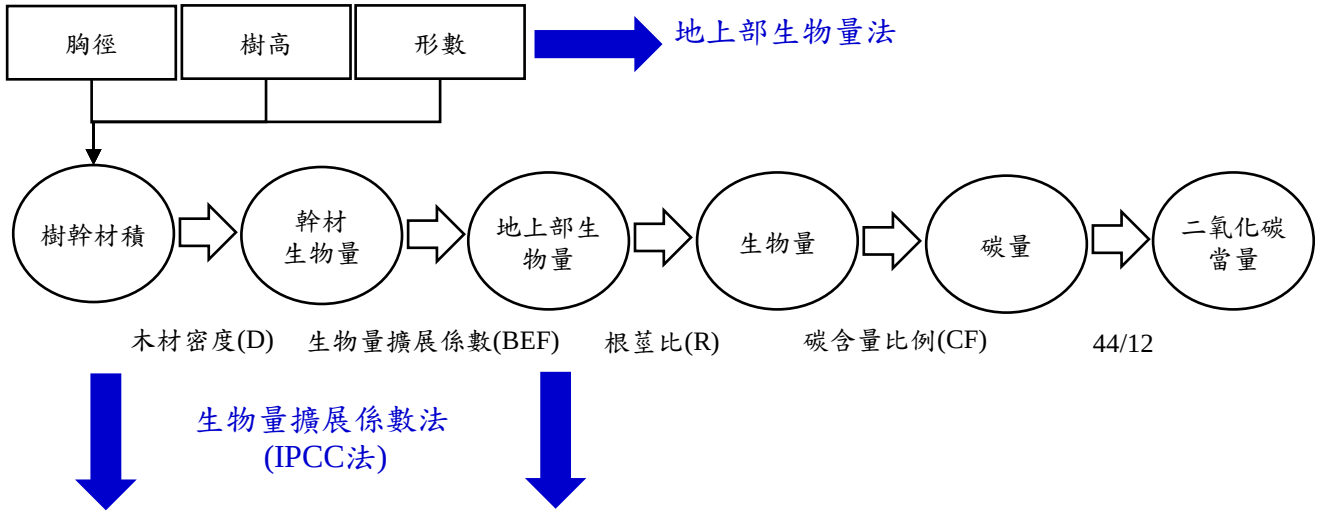
溫室氣體排放量計算概念圖



- 活動數據：林地面積或用電量
- 排放係數：林木生長量或電力碳排放係數

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

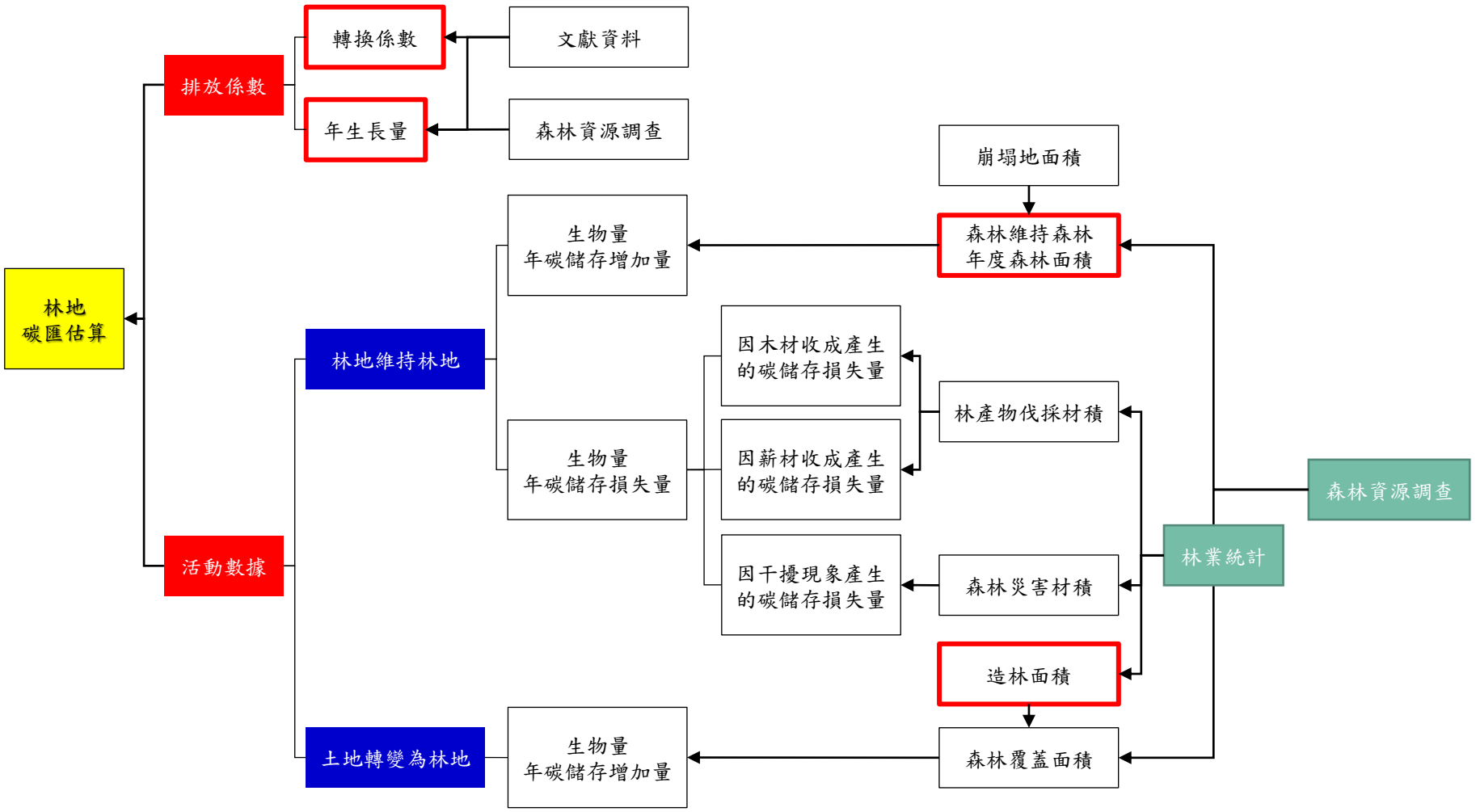
樹木碳匯估算程序



林分碳匯估算係數

林型	年生長量 (m^3/ha)	D	BEF	BCEF	R	CF
天然針葉林	4.14	0.41	1.27	0.51	0.22	0.4821
天然針闊葉混淆林	10.05	0.49	1.34	0.72	0.23	0.4756
天然闊葉林	3.58	0.56	1.40	0.92	0.24	0.4691
人工針葉林	8.11	0.41	12.70	0.51	0.22	0.4821
人工針闊葉混淆林	10.37	0.49	1.34	0.72	0.23	0.4756
人工闊葉林	4.34	0.56	1.40	0.92	0.24	0.4691
木竹混(林木部分)	3.31	0.49	1.34	0.72	0.23	0.4756
竹林(竹類部分)*	13.84	0.62	1.40		0.46	0.4732

臺灣林業部門溫室氣體清冊計算流程



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

1990 至 2022 年林業部門溫室氣體移除量

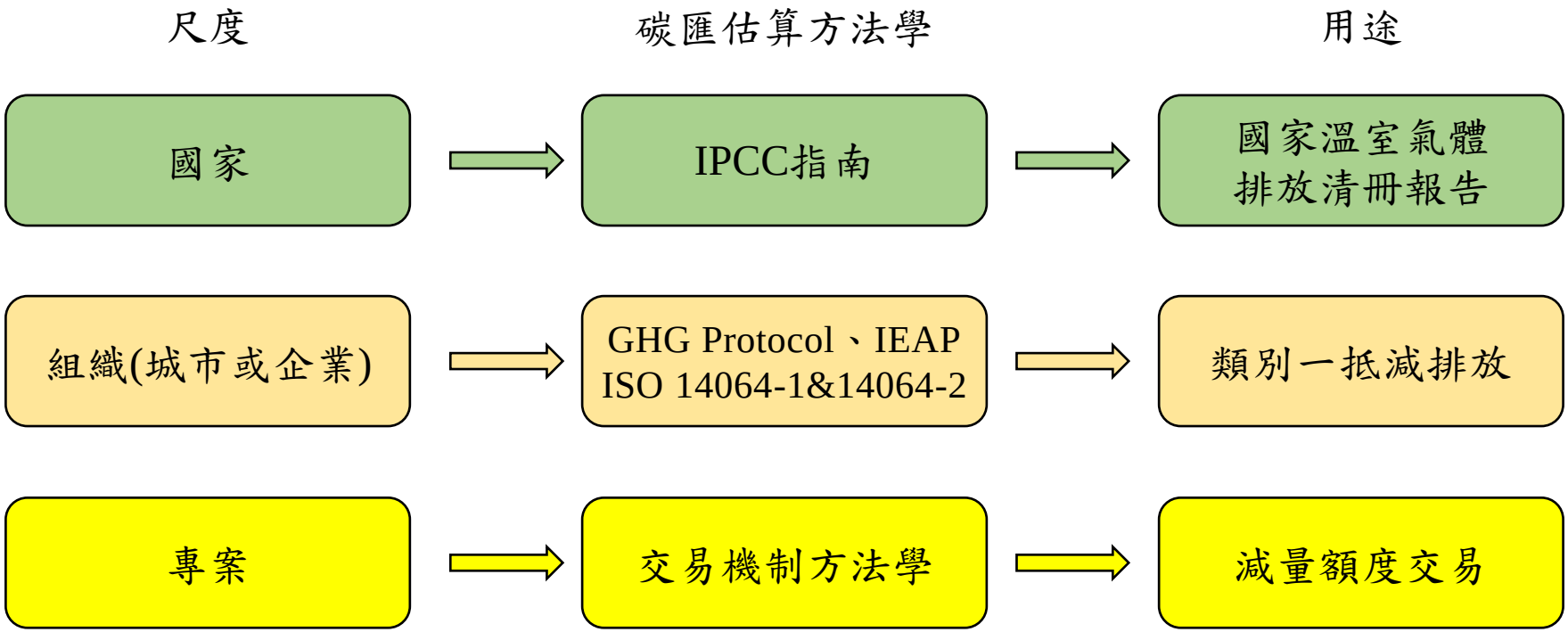
(單位：$ktCO_2e$)

年份	溫室氣體排放量 / 移除量			不確定性		
	4.A 林地		林業部門合計	4.A 林地		林業部門合計
	4.A.1 林地維持林地	4.A.2 其他土地轉變為林地		4.A.1 林地維持林地	4.A.2 其他土地轉變為林地	
	(單位：千公噸二氧化碳當量)			(單位：%)		
1990	−23,295	−91	−23,386	7.95	14.68	7.92
1991	−21,399	−91	−21,490	7.54	14.68	7.50
1992	−23,408	−136	−23,544	8.04	13.64	8.00
1993	−23,364	−182	−23,546	8.10	13.00	8.03
1994	−23,228	−230	−23,459	8.12	12.74	8.04
1995	−23,055	−285	−23,340	8.14	13.22	8.04
1996	−22,536	−315	−22,851	8.05	13.75	7.94
1997	−22,668	−392	−23,060	8.18	14.55	8.04
1998	−22,446	−440	−22,887	8.20	14.92	8.05
1999	−22,210	−553	−22,764	8.22	15.68	8.03
2000	−22,061	−656	−22,717	8.28	15.78	8.05
2001	−21,176	−673	−21,850	8.12	15.80	7.88
2002	−21,960	−747	−22,707	8.49	15.95	8.22
2003	−21,738	−886	−22,624	8.54	16.17	8.23
2004	−21,560	−981	−22,542	8.61	16.30	8.27
2005	−21,274	−1,016	−22,290	8.65	16.23	8.29
2006	−21,230	−1,029	−22,259	8.79	16.26	8.42
2007	−21,012	−1,062	−22,074	8.87	16.30	8.48
2008	−20,959	−1,123	−22,082	9.03	16.37	8.61
2009	−18,243	−1,145	−19,388	8.40	16.42	7.96
2010	−20,671	−1,218	−21,889	9.13	16.52	8.67
2011	−20,766	−1,181	−21,947	9.15	16.62	8.71
2012	−20,787	−1,173	−21,960	9.14	16.71	8.69
2013	−20,834	−1,139	−21,974	9.12	16.82	8.69
2014	−20,807	−1,079	−21,886	9.08	16.88	8.67
2015	−20,851	−1,049	−21,900	9.07	16.94	8.68
2016	−20,915	−1,011	−21,926	9.08	16.96	8.70
2017	−20,998	−963	−21,961	9.09	17.00	8.72
2018	−21,065	−918	−21,984	9.09	17.13	8.74
2019	−21,086	−831	−21,917	9.06	17.19	8.74
2020	−21,181	−724	−21,905	9.06	17.24	8.78
2021	−21,197	−654	−21,850	9.03	17.28	8.78
2022	−21,245	−589	−21,834	9.03	17.30	8.80

註：

1. 1991年其他災害包括颱風災害次數共7次，面積共295.74公頃，被害材積1,348,998.61m^3，損失材積1,348,992.06 m^3。
2. 2001年除丹大、梨山、雪山東峰及陽明山國家公園所發生之五次森林大火外，尚發生59次小火警，火災受損面積廣達395公頃，森林資源損失慘重。
3. 2009年莫拉克風災對臺灣中、南部造成嚴重災害，尤其在高雄、屏東部分地區3天內降下超過2,500毫米的雨量，產生約125萬噸漂流木，致林木損失材積量大。

不同尺度森林碳匯估算方法學及用途



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

企業碳盤查標準關於土地盤查最新進展

- Science Base Targets –

  Forest, Land and Agriculture (FLAG)
- ISO 14064-1：2018
- GHG Protocol Corporate Standard

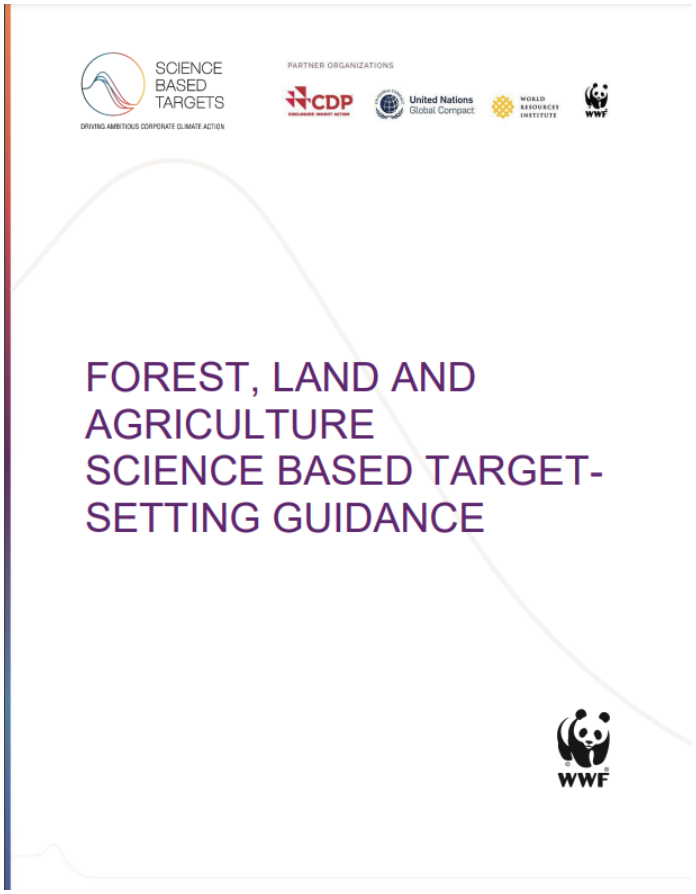






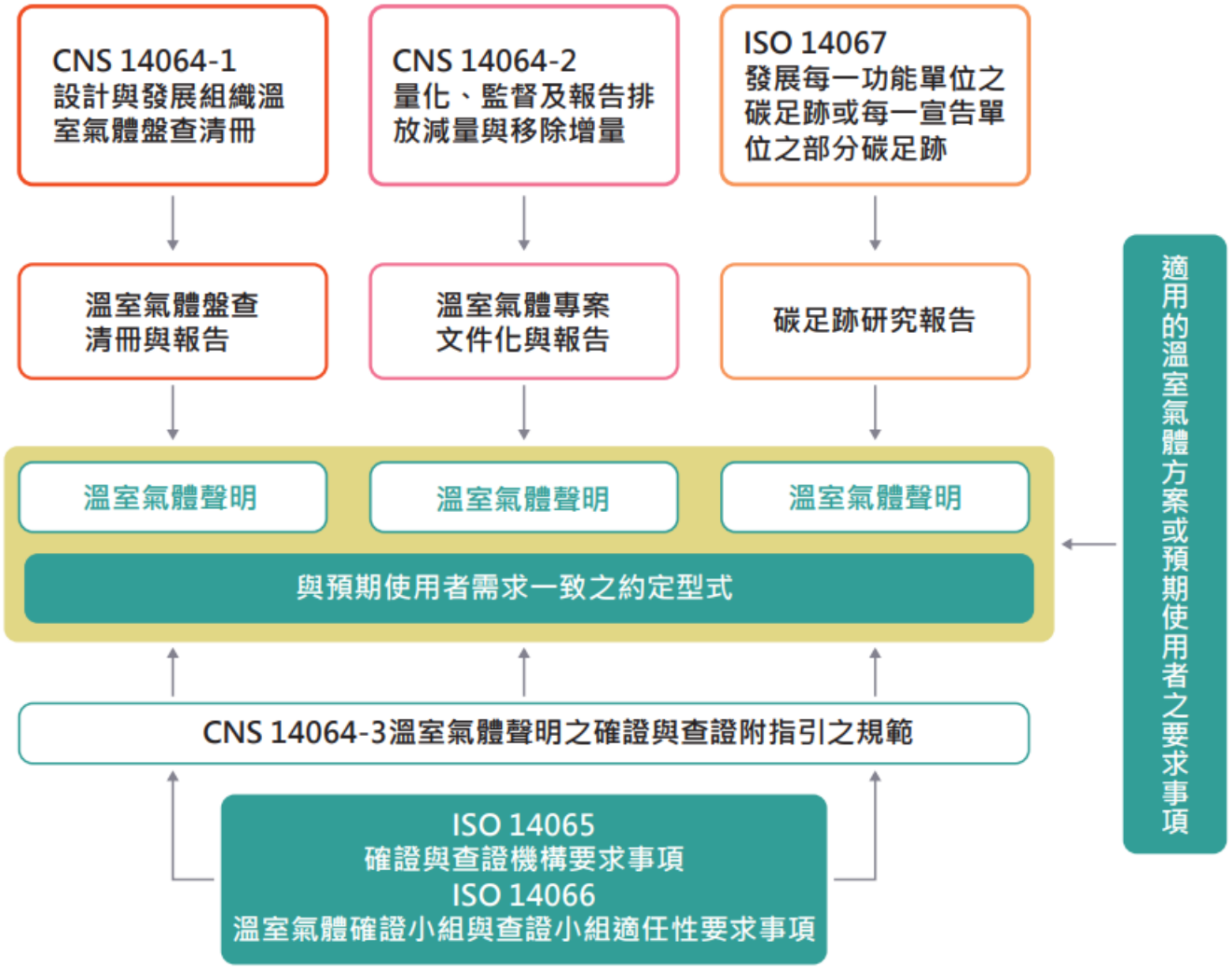
Science Base Targets – Forest, Land and Agriculture (FLAG)

- SBTi 的 FLAG (Forest, Land and Agriculture (FLAG))指南為土地密集型行業的公司提供了世界上第一個標準方法來設定基於科學的目標，包括基於土地的減排和移除。
- 該指南使公司能夠減少來自農業、林業和其他土地利用的全球溫室氣體排放量的 22%。



https://sciencebasedtargets.org/resources/files/SBTiFLAGGuidance.pdf

ISO 14060 系列溫室氣體標準之間的關係



綠色貿易資訊網，國際鏈結之企業碳足跡指引
https://www.greentrade.org.tw/publication/435

ISO 14064

ISO 14064 由三個標準組成，分別詳細說明組織和專案層級以及驗證和驗證的規範和指南：

- ISO 14064-1 第 1 部分：組織層級指導規範 - 溫室氣體排放和移除的量化和報告，提供了量化和報告組織碳足跡的原則和要求。
- ISO 14064-2 第 2 部分：專案層級指導規範 - 用於量化、監測和報告溫室氣體減排或移除增強，提供了量化、監測和報告溫室氣體減排或移除活動的原則和要求。
- ISO 14064-3 第 3 部分：溫室氣體斷言驗證和驗證指南規範 - 為個人進行或管理組織碳清單報告或專案層級斷言的驗證或確認提供原則、要求和指南。

https://carbonaction.co.uk/about-us/what-is-iso-14064/

ISO 14064-1：2018

報告邊界

以報告邊界（Reporting boundary）取代14064-1：2006中營運邊界的範疇概念來歸納溫室氣體排放並同時**文件化**，包括鑑別與組織營運相關的直接和間接溫室氣體之排放和移除。

溫室氣體盤查類別（GHG inventory categories）分為6類：

1.直接溫室氣體排放和移除

2.輸入能源的間接溫室氣體排放（imported energy）

3.運輸中的間接溫室氣體排放

4.使用產品的間接溫室氣體排放（products used）

5.與使用產品有關的間接溫室氣體排放（use of products）

6.其他來源的間接溫室氣體排放（other sources）

- 僅有**直接溫室氣體排放和移除一定要量化**（並要依溫室氣體種類分別量化），組織邊界外的間接溫室氣體排放，則必須決定哪些要納入報告邊界。
- 在建立辨別重大的間接溫室氣體排放源篩選準則的流程，將是採用新版ISO 14064-1：2018的最大困難點。

https://www.compet.com.tw/news.asp?NID=57

ISO 14064-1：2018「組織層級溫室氣體排放與移除之量化及報告附指引之規範」

類型	類別	舉例
直接溫室氣體排放	類別 1: 直接溫室氣體排放量與移除量 (Direct GHG emissions and removals)	例如：加熱器、發電機、工業製程或移動的車輛 。
間接溫室氣體排放	類別 2: 輸入能源產生的間接溫室氣體排放量 (Indirect GHG emissions from imported energy)	例如：電力、熱能、蒸汽、冷卻與壓縮空氣。
	類別 3: 運輸產生的間接溫室氣體排放量 (Indirect GHG emissions from transportation)	例如：鐵路、海運、空運、公路運輸。
	類別 4: 組織所用產品產生的間接溫室氣體排放量 (Indirect GHG emissions from products used by an organization)	例如：原物料製造與加工。
	類別 5: 與使用組織產品有關的間接溫室氣體排放量 (Indirect GHG emissions associated with the use of products from the organization)	例如：產品的生命終結階段產生的排放量
	類別 6: 其他來源產生的間接溫室氣體排放量 (Indirect GHG emissions from other sources)	組織無法以其他任何類別報告的所有特定排放或移除

綠色貿易資訊網，國際鏈結之企業碳足跡指引
https://www.greentrade.org.tw/publication/435

ISO 14064-2
溫室氣體減量

為了阻止地球持續增溫，近年來許多國家加入了減碳行列，
在今年更有128個國家，宣示將達成「2050淨零」。
除了農業適用此驗證外，製造工業也非常合適，優先通過
ISO 14064-2溫室氣體減量驗證，走在「淨零」的最前線。

溫室氣體確證流程圖

1.驗證申請 ⇨ 2.填寫溫室氣體確證編號紀錄 ⇨ 3.聲明書製作完成 ⇨ 4.文件送交審查

⇩ 內容正確

5.製作正式聲明書 ⇦ 6.登錄委員會並核發證書

⇩ 不合格矯正改善



通過ISO 14064-2驗證優勢

- ☑ 增加原物料替代減量方案降低成本
- ☑ 優化製程以提高產能
- ☑ 降低溫室氣體排放量節能減碳

FSI 睜凱國際檢驗科技股份有限公司
FSI Taiwan - Asia Pacific Office
11493台北市內湖區內湖路一段120巷15弄28號

服務專員：方先生
Tel：(02)8751-1232#209
Fax：(02)2799-8912
Email：jason.fang@fsi.net.tw

http://www.fsi.net.tw/inspect_D.php?id=377

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

- ISO 14064-2:2019 計畫層級溫室氣體排放減量或移除增量之量化、監督及報告附指引之規範
- Greenhouse gases — Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements
- 該ISO指引規範係指，量化、監督及報告排放減量與移除增量
- (Quantify monitor and report emission reduction and removal enhancement)，主要係建立溫室氣體專案文件化與報告(GHG project documentation and reports)來產出溫室氣體聲明(GHG statement)；溫室氣體聲明，則須與預期使用者需求達成一致的約定型式(Engagement type consistent with the needs of the intended user)。

https://www.carbonneutral.com.tw/products_detail/62

- ISO 14064-2:2019 計畫層級溫室氣體排放減量或移除增量之量化、監督及報告附指引之規範
- Greenhouse gases — Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements
- 該ISO指引規範係指，量化、監督及報告排放減量與移除增量
- (Quantify monitor and report emission reduction and removal enhancement)，主要係建立溫室氣體專案文件化與報告(GHG project documentation and reports)來產出溫室氣體聲明(GHG statement)；溫室氣體聲明，則須與預期使用者需求達成一致的約定型式(Engagement type consistent with the needs of the intended user)。

https://www.carbonneutral.com.tw/products_detail/62

方法　品質標準　項目登記處　關於　夥伴

SILVACONSULT® 森林碳標準

用於歐洲溫帶森林氣候保護計畫開發的 ISO 14064-2 認證標準。

ISO認證

基礎雄厚

SILVACONSULT® 森林碳標準經過 ISO 標準 14064-2 認證。該認證確認了記錄和報告溫室氣體方法的準確性和可靠性。透過此認證，我們保證碳儲存資料透明且可比，這對於有效的氣候保護至關重要。我們目前正在根據 ISO 14068 更新方法。

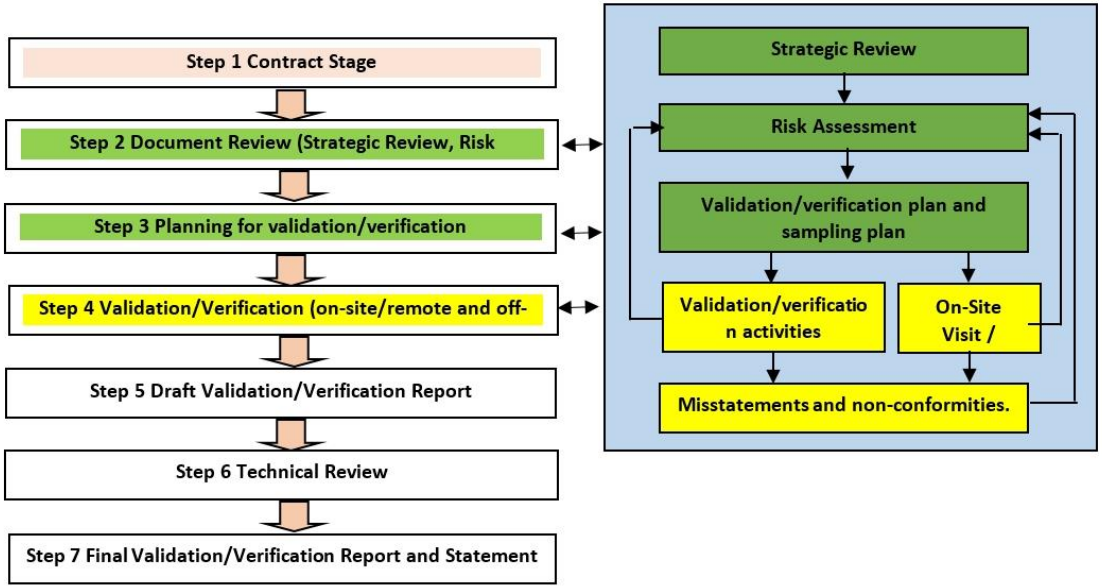


https://www.silvaconsult.ch/

企業ISO14064-2減量計畫之可行性

ISO14064-2減量方法之優點提供詳細的確定基線以及監測、量化和報告項目排放的詳細原則和要求，包括報告、內部審核以及組織在驗證活動中的責任。促進可信賴性、一致性和透明度，監視的並報告溫室氣體排放。具有支持追蹤減少溫室氣體排放的績效和進展的能力。減少的溫室氣體排放量可以出售以獲得碳信用額或與其他組織進行碳抵消。

1. ISO14064-2運作實務
2. ISO14064-2森林碳匯減量計畫內容
3. ISO14064-2森林碳匯減量計畫應用
4. ISO14064-2森林碳匯減量計畫實施



https://www.masci.or.th/service/iso-14064-2-greenhouse-gases-part-2/

Apple 2022溫室氣體盤查結果

Appendix A

Greenhouse gas emissions

We account for our carbon footprint by following internationally recognized standards, like the World Resources Institu
footprint is an ongoing process — as we learn more, we refine our carbon models and adjust our climate roadmap. We
evolves. For example, in 2022, we expanded our corporate footprint to include work from home emissions, third-party

		Fiscal year 2022				
Corporate emissions (metric tons CO_2e)[2]	**Gross emissions**	**324,100**				
	Scope 1	**55,200**				
	Natural gas, diesel, propane	39,700				
	Fleet vehicles	12,600				
	Other emissions[3]	2,900				
	Scope 2 (market-based)[4]	**3,000**				
	Electricity	0				
	Steam, heating, and cooling[5]	3,000				
	Scope 3	**265,800**				
	Business travel	113,500				
	Employee commute[6]	134,200				
	Upstream fuel	10,600				
	Work from home (market-based)	7,500				
	Transmission and distribution loss (market-based)	0				
	Third-party cloud (market-based)	0				
	Carbon removals					
	Corporate carbon offsets[7]	–324,100				
Product life cycle emissions (metric tons CO_2e)[10]	**Gross emissions (Scope 3)**	**20,280,000**				
	Manufacturing (purchased goods and services)	13,400,000				
	Product transportation (upstream and downstream)	1,900,000				
	Product use (use of sold products)	4,900,000				
	End-of-life processing	80,000				
	Carbon removals					
	Product carbon offsets	0				
Total gross scope 3 emissions (corporate and product) (metric tons CO_2e)		**20,550,000**				
Total gross carbon footprint (without offsets) (metric tons CO_2e)[12]		**20,600,000**				
Total net carbon footprint (after applying offsets) (metric tons CO_2e)[12]		**20,300,000**	22,530,000	22,530,000	25,100,000	25,200,000

在 2021 使用肯亞 Chyulu Hills 專案的碳信用額度，並從另外兩個專案中購買了碳信用額度，以抵換整個價值鏈中總計 500,000 公噸的直接排放：

- 第一個專案是瓜地馬拉的REDD+沿海保護專案，旨在保護和養護森林免受森林砍伐和退化。
- 第二個專案旨在在中國貴州省七個縣的約46,000公頃貧瘠土地上建立森林。

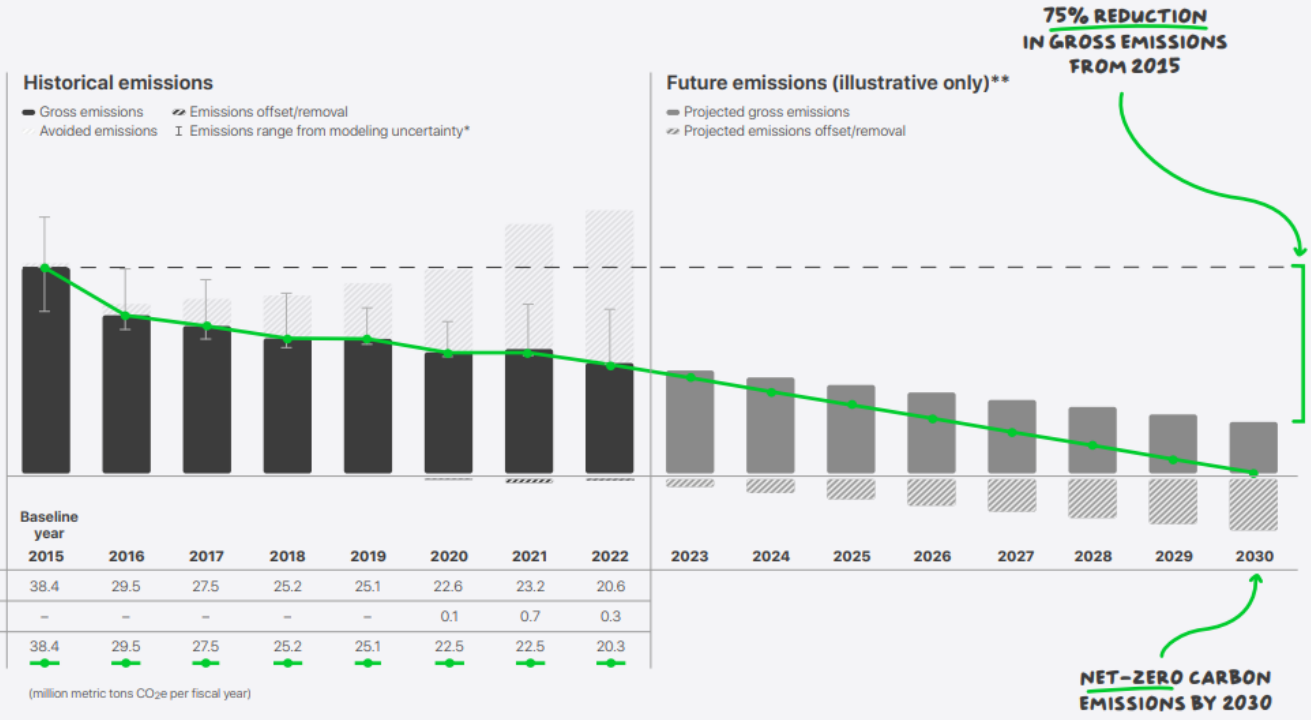
這兩個專案都經過了我們對恢復基金專案（包括VCS和CCBS）要求的相同高標準的認證。這些專案都通過了VCS和CCB標準的認證。

https://www.apple.com/environment/pdf/Apple_Environmental_Progress_Report_2022.pdf

- 與 2015 財年相比，Apple到 2030 年實現碳中和的計劃以 75% 的減排目標為中心。
- Apple計劃通過碳移除來解決殘餘排放問題。
- 自 2015 財年以來， Apple的總碳足跡已經減少了 45%。

Progress toward net-zero emissions

Our plan to become carbon neutral by 2030 centers around a 75 percent emissions reduction target compared with our 2015 footprint. We've already reduced our gross carbon footprint[12] by over 45 percent since 2015. And we plan to address residual emissions through high-quality carbon removals.



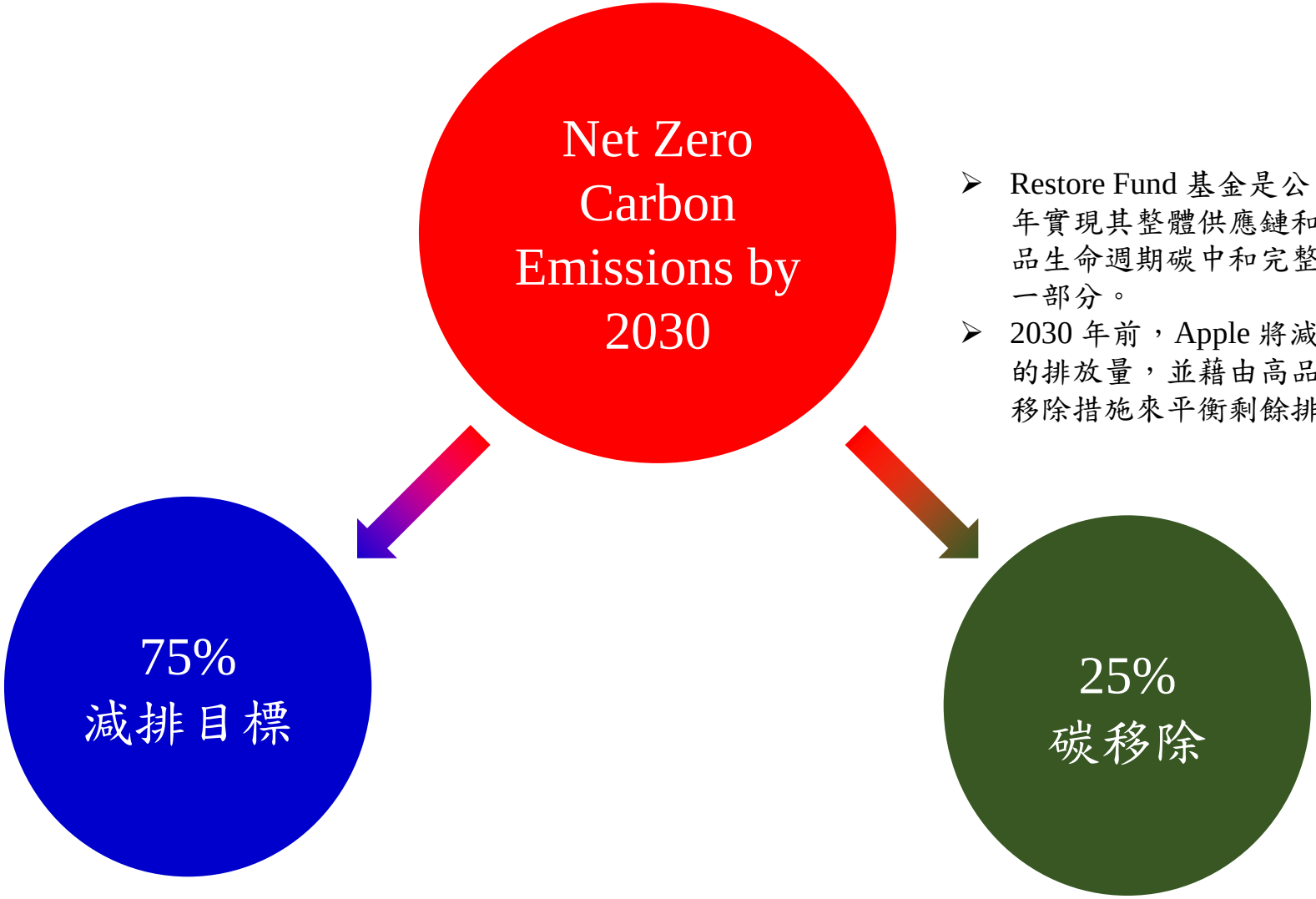
	Baseline year 2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Gross emissions	38.4	29.5	27.5	25.2	25.1	22.6	23.2	20.6								
Carbon offsets/removal	–	–	–	–	–	0.1	0.7	0.3								
Net emissions	38.4	29.5	27.5	25.2	25.1	22.5	22.5	20.3								

(million metric tons CO_2e per fiscal year)

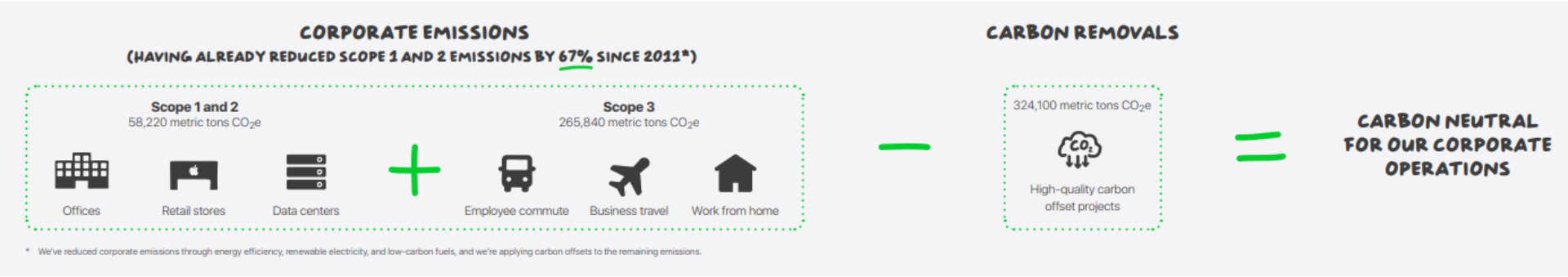
* Error bars: We're continuously refining our methodology to improve our carbon footprint estimate. But there's uncertainty inherent to modeling product-related carbon emissions, which we've illustrated through error bars in this graphic.
** Future emissions: Future emissions, including offsets and removals, are displayed as a linear trend to reach net-zero carbon emissions by 2030. Actual future emissions will likely not be linear.

https://www.apple.com/environment/pdf/Apple_Environmental_Progress_Report_2023.pdf

Progress toward net zero



- Restore Fund 基金是公司 2030 年實現其整體供應鏈和每種產品生命週期碳中和完整計劃的一部分。
- 2030 年前，Apple 將減少 75% 的排放量，並藉由高品質的碳移除措施來平衡剩餘排放量。



https://www.apple.com/environment/pdf/Apple_Environmental_Progress_Report_2023.pdf

2021/4/15

Apple 與合作夥伴推出業界首創的 2 億美元 Restore Fund 基金，加速推動應對氣候變遷的大自然解決方案

以 Apple 在林業和負責任包裝上的創新為基礎進行投資，在財務和氣候方面產生新的回報

- Apple 2021/4/15 宣佈推出 Restore Fund 基金，這是業界首創的碳移除計畫，該基金將直接投資林地計畫案上，藉以移除大氣中的碳，同時為投資者帶來財務回報。
- Apple 與保護國際基金會和高盛公司共同發起的這筆 2 億美元基金，每年將致力從大氣中移除至少 100 萬公噸的二氧化碳，相當於 20 多萬輛乘用車所耗用的燃料量，同時也展現一個可行的金融模式，協助擴大森林復育的投資規模。

Restore Fund 基金是公司 2030 年實現其整體供應鏈和每種產品生命週期碳中和完整計劃的一部分。2030 年前，Apple 將減少 75% 的排放量，並藉由高品質的碳移除措施來平衡剩餘排放量。

https://www.apple.com/tw/newsroom/2021/04/apple-and-partners-launch-first-ever-200-million-restore-fund/

2023/4/21

Apple 為推動碳移除，擴大創新基金 Restore Fund

Apple 與 Climate Asset Management 合作推出的新基金為確保高影響力、可擴展、基於自然的碳移除抵換措施新增了一個選項。

- Apple 2023/4/21 宣佈大幅擴展其 Restore Fund 基金，將公司對於推進高品質、基於自然的碳移除專案的整體承諾翻倍。
- Restore Fund 基金於 2021 年首度推出，與保護國際基金會和高盛集團共同發起 2 億美元基金，而現在該基金將新增一筆基金，包括 Apple 的新投資以及新的碳移除專案組合。
- Apple 創立 Restore Fund 以鼓勵藉由全球投資保護和恢復重要生態系，以及擴展自然碳移除解決方案。這個方法也有助於解決企業無法利用現有技術避免或減少的剩餘排放問題。

https://www.apple.com/tw/newsroom/2023/04/apple-expands-innovative-restore-fund-for-carbon-removal/

- Apple 和 Climate Asset Management 將對潛在專案採取更廣泛的方法，匯集兩種不同類型的投資：
  - 從永續管理的農業實踐中產生收入的自然導向農業專案
  - 保育和復育能從大氣中移除和儲存碳的關鍵生態系的專案
- 這種獨特的混合基金結構旨在為投資者實現財務和氣候效益，同時推動一種新的碳移除模式，更充分發揮自然解決方案的全球潛力。所有 Restore Fund 投資均需遵守嚴謹的社會和環境標準。
- Apple 在企業營運方面已經達成碳中和，並於去年呼籲供應商在 2030 年前實現所有 Apple 相關生產活動碳中和，包括所有直接排放和與電力相關的排放，即範疇 1 和範疇 2。
- 高品質的碳移除將透過抵換任何無法避免或減少的直接排放，來幫助實現這一目標。

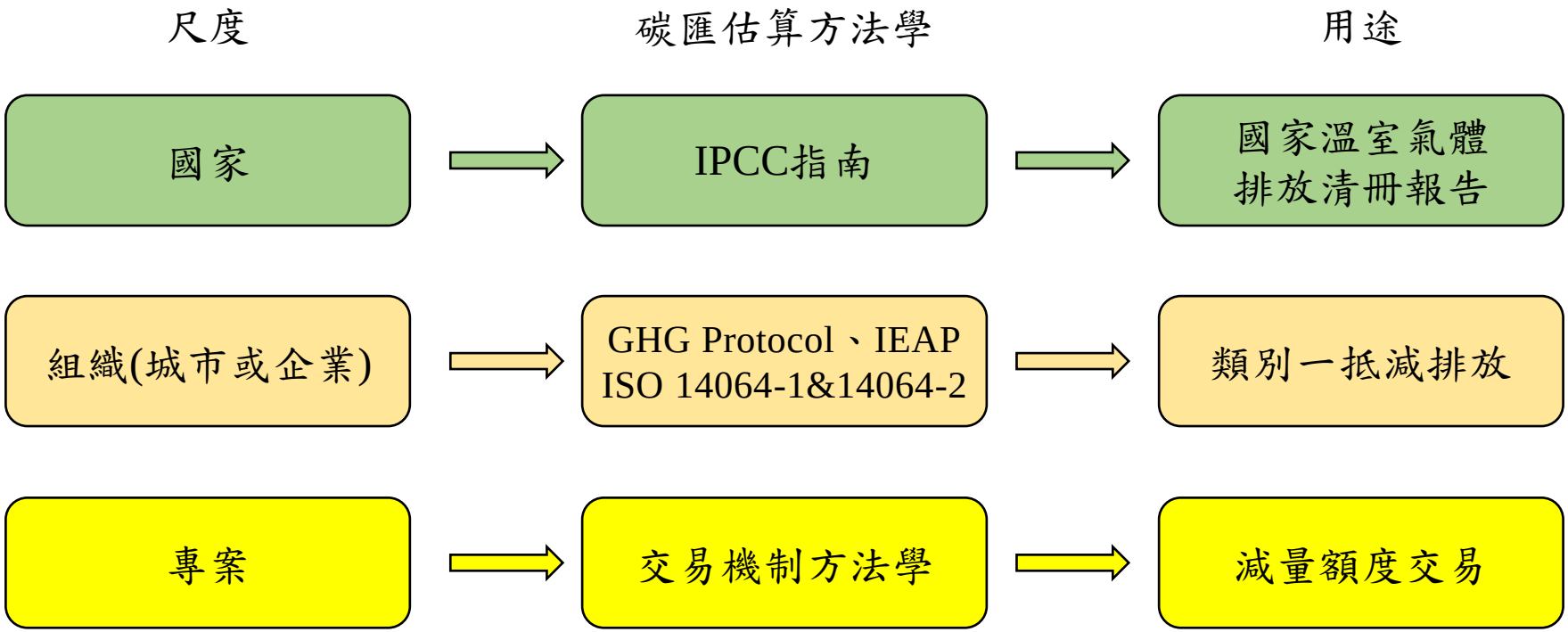
https://www.apple.com/tw/newsroom/2023/04/apple-expands-innovative-restore-fund-for-carbon-removal/

中小企業森林碳匯投入機會



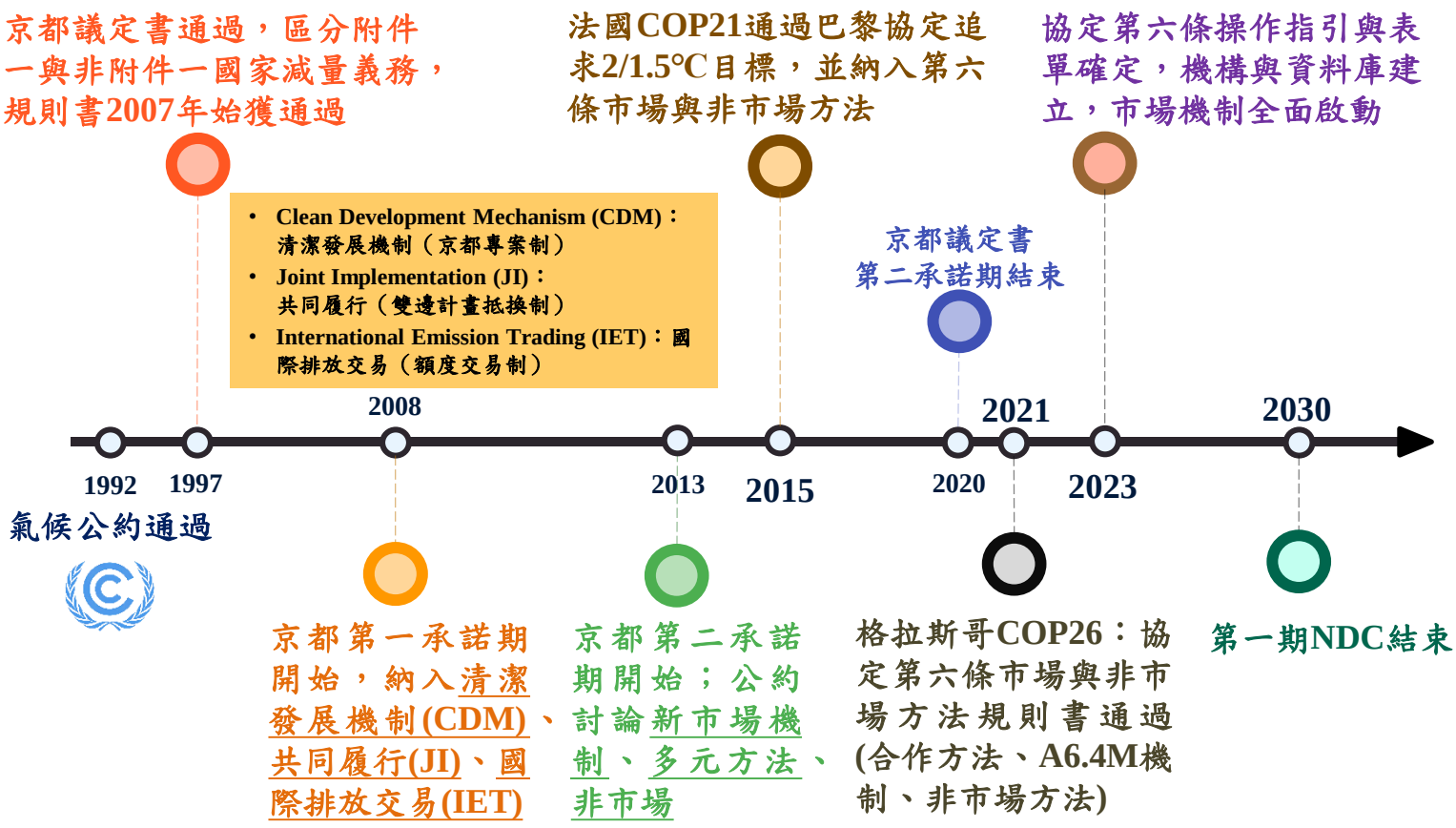
National Taiwan University
臺灣大學森林環境暨資源學系

不同尺度森林碳匯估算方法學及用途

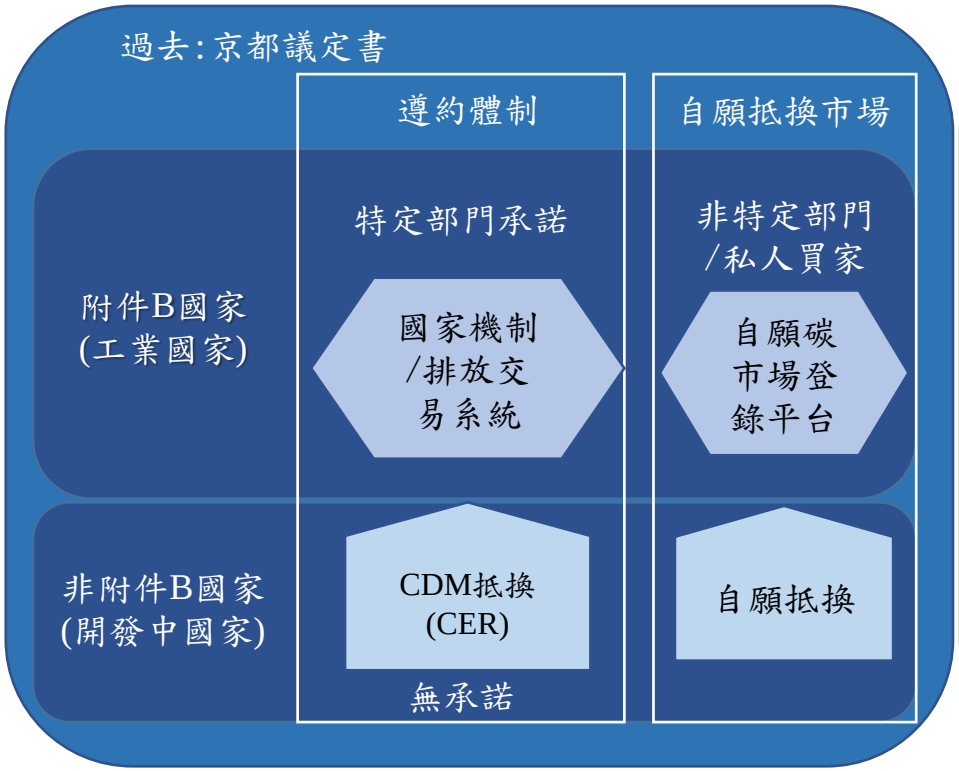


National Taiwan University
臺灣大學森林環境暨資源學系

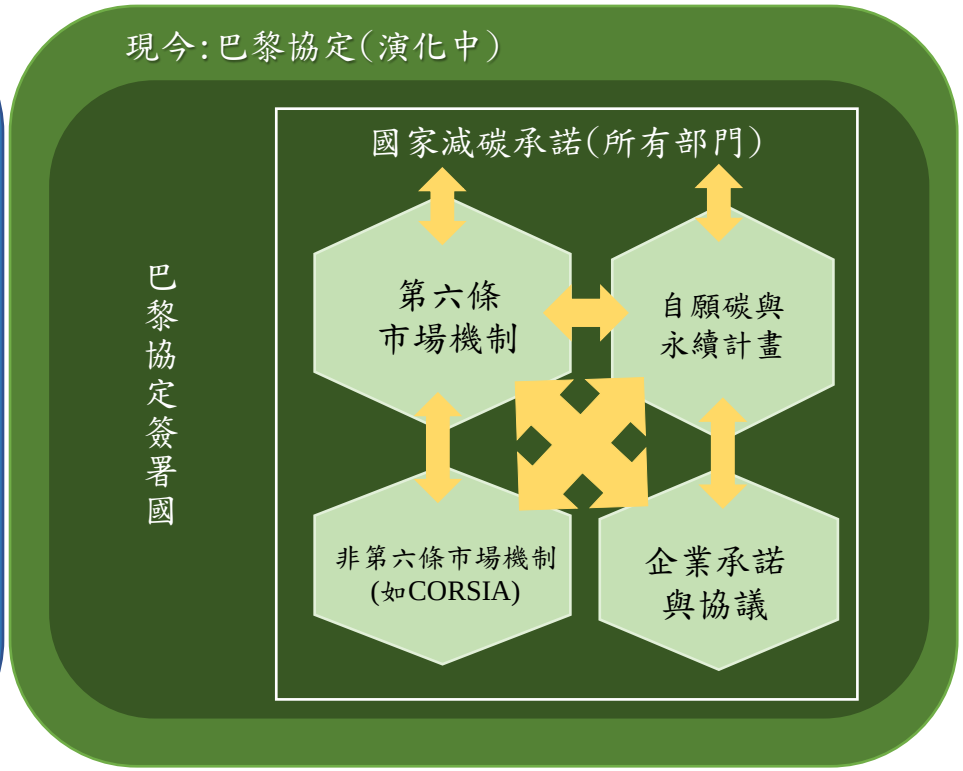
全球碳市場制度已由京都機制走向巴黎機制



碳交易機制始於京都議定書
巴黎協定有重大改革!!



獨立市場與政府機制



混合市場連結政府機制

國際溫室氣體重要減量協議

- 森林兼具碳排放源(source)及吸收匯(sink)的雙重角色

	京都議定書	巴黎協定
意義	第一個具有溫室氣體管制法律效力的文件	接替京都議定書為2020年後具有法律效力的文件
通過時間	1997年COP3通過	2015年COP21通過
生效時間	2005年2月16日	2016年11月4日
溫室氣體管制目標	● 2008~2012年將溫室氣體排放量平均降至1990年基準以下5.2% ● COP18 決議延長效期至2020年	全球平均升溫低於2℃(相較於工業革命前)，且努力追求低於1.5℃
管制國家	已開發國家為主	全球
林業相關條文	●第3.3條:1990年以後造林、再造林及砍伐森林的淨碳值可納入國家減量數值 ●第3.4條：加強森林經營額外增加的碳吸存量也可納入	● 第五條:將減少毀林、森林退化及加強森永續管理及提高森林碳保存(REDD+)精神納入規範，強調聯合減緩和調適方法及非碳收益的重要性

碳交易市場

遵約市場(強制市場)

自願市場



- 京都議定書的簽署迫使許多國家限制其碳排放，並引入了“排放交易”的概念。排放交易使減少排放的過程具有成本效益，因為可以相對便宜地限制排放的公司能夠向努力減少排放的公司出售碳信用。
- 《京都議定書》引入三種工具來促進貿易；排放交易計劃 (ETS)、清潔發展機制 (CDM) 和聯合實施 (JI)。
- 雖然三者之間存在一定的差異，但所有以這三種機制中的任何一種建立的碳市場都是強制性的碳市場，因為參與其中的國家受國際條約（如京都議定書）的約束，以限制其碳排放。

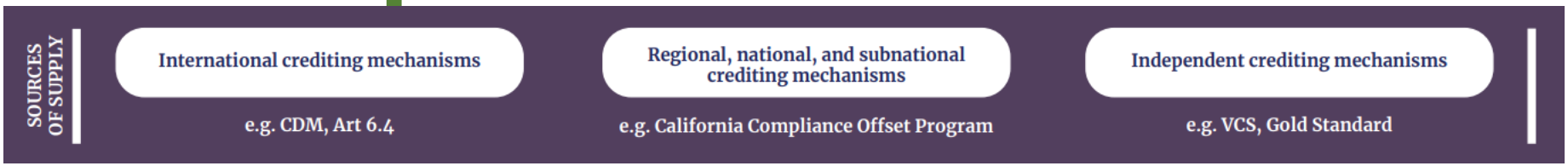
- 主要被公司用來抵換其碳排放。這些市場是自願的，因為公司不受強制他們限制碳足跡的立法的約束。
- 相反，公司出於可持續性原因、營銷/公關目的或兩者而參與自願碳市場。
- 參與自願市場總是可能的，即使一個人已經參與了像歐盟排放交易系統這樣的合規市場。可以在自願市場上出售在強制性市場上獲得的碳信用額，以便公司可以使用它們來實現其二氧化碳排放目標。

https://www.sustainalize.com/news/to-offset-or-not-to-offset-thats-the-question/

國家溫室氣體排放管制機制

國際規範	氣候變遷因應法規範
國家溫室氣體排放清冊	國家溫室氣體排放清冊(§13)
國家自主貢獻 (Nationally Determined Contribution, NDC)	● 國家減量目標及期程(§6.1) ● 國家及部門階段管制目標(§6.2、§10) ● 國家因應氣候變遷行動綱領(§9) ● 部門溫室氣體減量行動方案(§11-12)
巴黎協定第六條機制 第 6.2 條 合作減量 第 6.4 條 永續發展機制 第 6.8 條 為非市場方法	● 增量抵換(§24) ● 自願減量專案、減量額度(§25-27)
碳定價(Carbon Pricing)	● 增量抵換代金(§24) ● 碳費(§28-30)
自願碳市場	● 碳權交易所國外自願碳市場

	排放額度交易 Art 6.2	減量額度交易 Art 6.4
遵約市場 (強制市場)	EU ETS UK ETS New Zealand ETS RGGI Rep. of Korea ETS China National ETS Germany ETS	CDM JI
自願市場		Gold Standard Verified Carbon Standard Climate Action Reserve America Carbon Registry Taiwan Offset Program California Offset Program Australia Emission Reduction Fund



碳權分級評估

四個定性評估標準：外加性、持久性、量測性和擴展性

為了方便起見，我們為每個碳減排和移除途徑提供了主觀的**整體品質評分**。我們基於每個途徑的外加性、持久性、量測性和擴展性的個別表現。我們使用以下分數：

- ***A*** = 優質（高外加性、持久性、量測性和擴展性）
- ***B*** = 高品質（高到中等的外加性、持久性、量測性和擴展性）
- ***C*** = 中等品質（在外加性、持久性、量測性或擴展性少數表現不佳）
- ***D*** = 低品質（外加性、持久性、量測性或擴展性普遍表現不佳）

https://www.uebermorgen.vc/press/carboncredits

碳權分級評估

四個定性評估標準：外加性、持久性、量測性和擴展性

為了方便起見，我們為每個碳減排和移除途徑提供了主觀的**整體品質評分**。我們基於每個途徑的外加性、持久性、量測性和擴展性的個別表現。我們使用以下分數：

- ***A*** = 優質（高外加性、持久性、量測性和擴展性）
- ***B*** = 高品質（高到中等的外加性、持久性、量測性和擴展性）
- ***C*** = 中等品質（在外加性、持久性、量測性或擴展性少數表現不佳）
- ***D*** = 低品質（外加性、持久性、量測性或擴展性普遍表現不佳）

https://www.uebermorgen.vc/press/carboncredits



https://static1.squarespace.com/static/5f8e9dafb9c50741032bdcd3/t/622f59e184a92869d5b50d42/1647270378348/Uebermorgen+Ventures_A+Simple+Comparison+of+Carbon+Credits.pdf

減少排放或避免排放類型碳權

Carbon reduction



	社區型能源效率	再生能源	REDD+
	Community-based energy efficiency	Renewable energy	Forestry-based avoidance (REDD+)
$	USD 5-20 / ton CO_2 eq.	USD 2-20 / ton CO_2 eq.	USD 5-30 / ton CO_2 eq.
Additionality	● ● ○	● ○ ○	● ● ○
Permanence	N/A	N/A	N/A
Measurability	● ● ●	● ● ●	● ● ○
Scalability	● ○ ○	● ● ○	● ○ ○

https://static1.squarespace.com/static/5f8e9dafb9c50741032bdcd3/t/622f59e184a92869d5b50d42/1647270378348/Uebermorgen+Ventures_A+Simple+Comparison+of+Carbon+Credits.pdf

移除型碳權

Nature-based removal and storage / use





Afforestation and reforestation 植林

$ USD 20-30 / ton CO_2 eq.

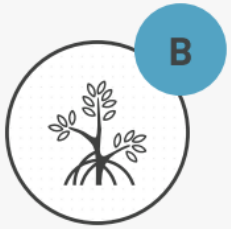
Additionality	●	●	○
Permanence	●	○	○
Measurability	●	●	○
Scalability	●	○	○



Soil carbon sequestration 土壤吸存

$ USD 30-60 / ton CO_2 eq.

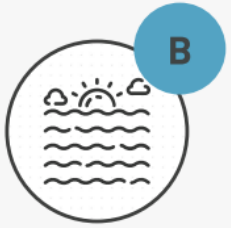
Additionality	●	●	○
Permanence	●	○	○
Measurability	●	●	○
Scalability	●	○	○



"Blue carbon" habitat restoration 藍碳

? No data available yet

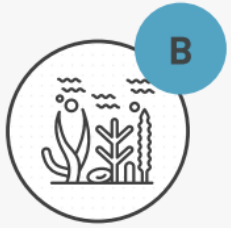
Additionality	●	●	●
Permanence	●	●	○
Measurability	●	●	○
Scalability	●	●	●



Enhanced ocean productivity 增強海洋生產力

? No data available yet

Additionality	●	●	●
Permanence	●	●	○
Measurability	●	○	○
Scalability	●	●	●



Seaweed and algae cultivation and burial 海草及藻類

? No data available yet

Additionality	●	●	●
Permanence	●	●	○
Measurability	●	○	○
Scalability	●	●	●

https://static1.squarespace.com/static/5f8e9dafb9c50741032bdcd3/t/622f59e184a92869d5b50d42/1647270378348/Uebermorgen+Ventures_A+Simple+Comparison+of+Carbon+Credits.pdf

Technological removal and storage / use



移除型碳權

A

Direct air capture (DAC) and storage/use 直接捕捉與儲存

$$$ USD 600-1'200 / ton CO_2 eq.

Additionality	●	●	●
Permanence	●	●	●
Measurability	●	●	●
Scalability	●	●	○

B

Enhanced weathering 氣化

$$ USD 20-1'000 / ton CO_2 eq.

Additionality	●	●	●
Permanence	●	●	●
Measurability	●	○	○
Scalability	●	●	○

A

Concrete building materials 建材填充劑

$$ USD 70-300 / ton CO_2 eq.

Additionality	●	●	●
Permanence	●	●	●
Measurability	●	●	●
Scalability	●	●	○

B

Hydro-carbon fuels 氫碳混合燃料

$$ USD 150-670 / ton CO_2 eq.

Additionality	●	●	●
Permanence	●	○	○
Measurability	●	●	●
Scalability	●	●	○

D

CO_2-enhanced oil recovery (EOR)

? Depends on capture tech

Additionality	●	○	○
Permanence	●	●	●
Measurability	●	○	○
Scalability	●	○	○

B

CO_2-chemicals

? Depends on capture tech

Additionality	●	●	●
Permanence	●	○	○
Measurability	●	●	●
Scalability	●	●	●

https://static1.squarespace.com/static/5f8e9dafb9c50741032bdcd3/t/622f59e184a92869d5b50d42/1647270378348/Uebermorgen+Ventures_A+Simple+Comparison+of+Carbon+Credits.pdf

移除型碳權

Hybrid removal and storage / use



	A	B	B
	Biochar (incl. low energy production and cert. storage)	Bioenergy with carbon capture and storage (BECCS)	Building with biomass
	$$ USD 60-150 / ton CO_2 eq.	$$ USD 60-160 / ton CO_2 eq.	? No data available yet
Additionality	● ● ○	● ● ●	● ● ○
Permanence	● ● ●	● ● ○	● ● ○
Measurability	● ● ●	● ● ●	● ● ●
Scalability	● ● ●	● ● ○	● ● ●

生物炭　　生質能+碳捕捉與儲存　生物質建築

https://static1.squarespace.com/static/5f8e9dafb9c50741032bdcd3/t/622f59e184a92869d5b50d42/1647270378348/Uebermorgen+Ventures_A+Simple+Comparison+of+Carbon+Credits.pdf

主類型 / 項目	子類型	交易價格(USD/ton CO_2 eq.)	等級	外加性	永久性	測量性	擴展性
減少排放	社區為基礎措施的能效	5-20	D	●●○	n/a	●●●	●○○
	再生能源	2-20	D	●○○	n/a	●●●	●●○
	減少毀林和森林退化	5-30	D	●○○	n/a	●●○	●○○
自然基礎碳移除	造林與再造林	20-30	C	●●○	●○○	●●○	●○○
	土壤碳封存	30-60	C	●●○	●○○	●●○	●○○
	藍碳棲息地復育	無資料	B	●●●	●●○	●●○	●●●
	提升海洋生產力	無資料	B	●●●	●●○	●○○	●●●
	培育或掩埋海藻與藻類	無資料	B	●●●	●●○	●○○	●●●
技術基礎碳移除	直接空氣捕捉	600-1,200	A	●●●	●●●	●●●	●●○
	風化	20-1,000	B	●●●	●●●	●○○	●●○
	混凝土建築材料	70-300	A	●●●	●●●	●●●	●●○
	碳氫化合物	150-670	B	●●●	●○○	●●●	●●○
	二氧化碳-提高石油採收率	取決於捕捉技術	D	●○○	●●●	●○○	●○○
	二氧化碳-化學品	取決於捕捉技術	B	●●●	●○○	●●●	●●●
混合自然與技術碳移除	生物炭	60-150	A	●●○	●●●	●●●	●●●
	碳捕捉與儲存生質能源	60-160	B	●●●	●●○	●●●	●●○
	生物質建築	無資料	B	●●○	●●○	●●●	●●●

- 2021年全球生物炭市場價值為2.046億美元，預計到2031年將達到6.951億美元。
- 2022年至2031年的複合年增長率為13.1%。



https://www.alliedmarketresearch.com/biochar-market-A11816

國立臺灣大學理學院

氣候變遷與永續發展國際碩士學位學程

碩士論文

International Degree Program in

Climate Change and Sustainable Development

College of Science

National Taiwan University

Master Thesis

柑橘果樹剩餘資材之碳匯潛力與經濟價值評估

Assessment of The Carbon Removal Potential and Economic Value of Residue Branches of Citrus Fruit Tree

賴彥銘

Yen-Ming Lai

指導教授：邱祈榮 博士

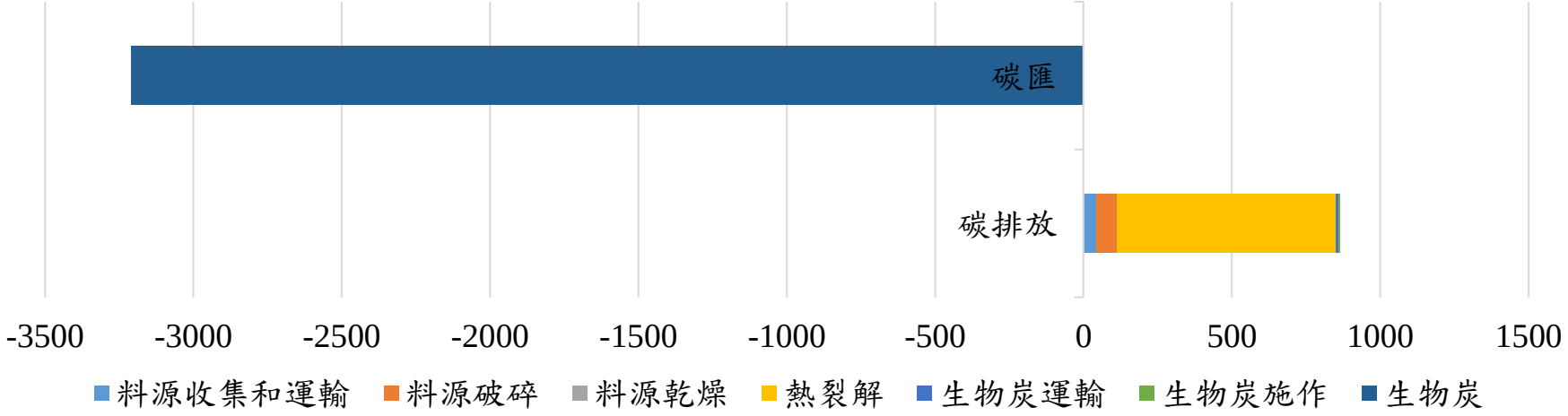
Advisor: Chyi-Rong Chiou, Ph.D.

中華民國 112 年 7 月

July, 2023

生物炭碳匯潛力

- 年處理7000噸乾重的柑橘枝條，經熱裂解產生之生物炭比率約為20%，可創造3,208公噸二氧化碳當量碳匯量
- 製備過程之碳排放約為865公噸二氧化碳當量
- 以每年處理7,000公噸之柑橘枝條而言，生物炭之淨碳匯價值約為2,344公噸二氧化碳當量
- 每噸柑橘枝條乾重可創造334.79公斤二氧化碳當量碳匯，換算為91.3公斤碳量，相當於9.13%柑橘枝條乾重



(賴彥銘、2023：柑橘果樹剩餘資材之碳匯潛力與經濟價值評估)

柑橘枝條以熱裂解方式再利用之參數

項目	數值
營運時程	15年
年運作時數	2,500小時
年處理量	7,000公噸
廠房占地	500坪
貨幣值	110年新台幣
折現率	5.25%
土地成本	1,100元/坪x年
建廠成本	18,000元/坪
熱裂解設備成本	203,916,938元
前處理設備成本	6,000,000元
人力成本	540,000元/人x年
維護與營運成本	6,297,508元/年
運輸成本	7.22元/延噸公里
生質油發電所得	44,045,518元/年
生物炭經濟效益*	1,032,583元/年

*生物炭經濟效益僅計算碳匯及替代肥料價值

(賴彥銘、2023：柑橘果樹剩餘資材之碳匯潛力與經濟價值評估)

經濟價值分析指標

淨現值
將現在到未來之所有現金流與投資成本加總之財務指標

效益成本比
投資之總收益與總成本之比值

還本期
計算計畫之淨現金流在多少時間內可以打平初期建置之成本

內部報酬率
透過改變折現率，將淨現值計算結果變為0，以評估計畫項目的收益

- 營運週期為15年計算經濟效益，總成本現值約為3.62億元，而效益現值則為4.6億元，淨現值為9,833萬元。系統之益本比為1.27，需要9年之收益以打平投入之成本
- 處理每噸枝條之成本約3,445元，每噸枝條之價值為4,382元。因此，每噸乾重枝條可產生之淨收益約為937元

(賴彥銘、2023：柑橘果樹剩餘資材之碳匯潛力與經濟價值評估)

CORC Carbon Removal Price Indexes

CORC 指數係列是世界上第一個專門專注於追蹤大氣中碳清除價格的指數。

納斯達克與Puro.earth合作 ，根據 Puro.earth 的碳移除證書 (CORC) 創建了三個商品參考價格指數。目標是提高碳清除市場的透明度，幫助企業了解減少碳排放的成本並支持更明智的專案融資決策。

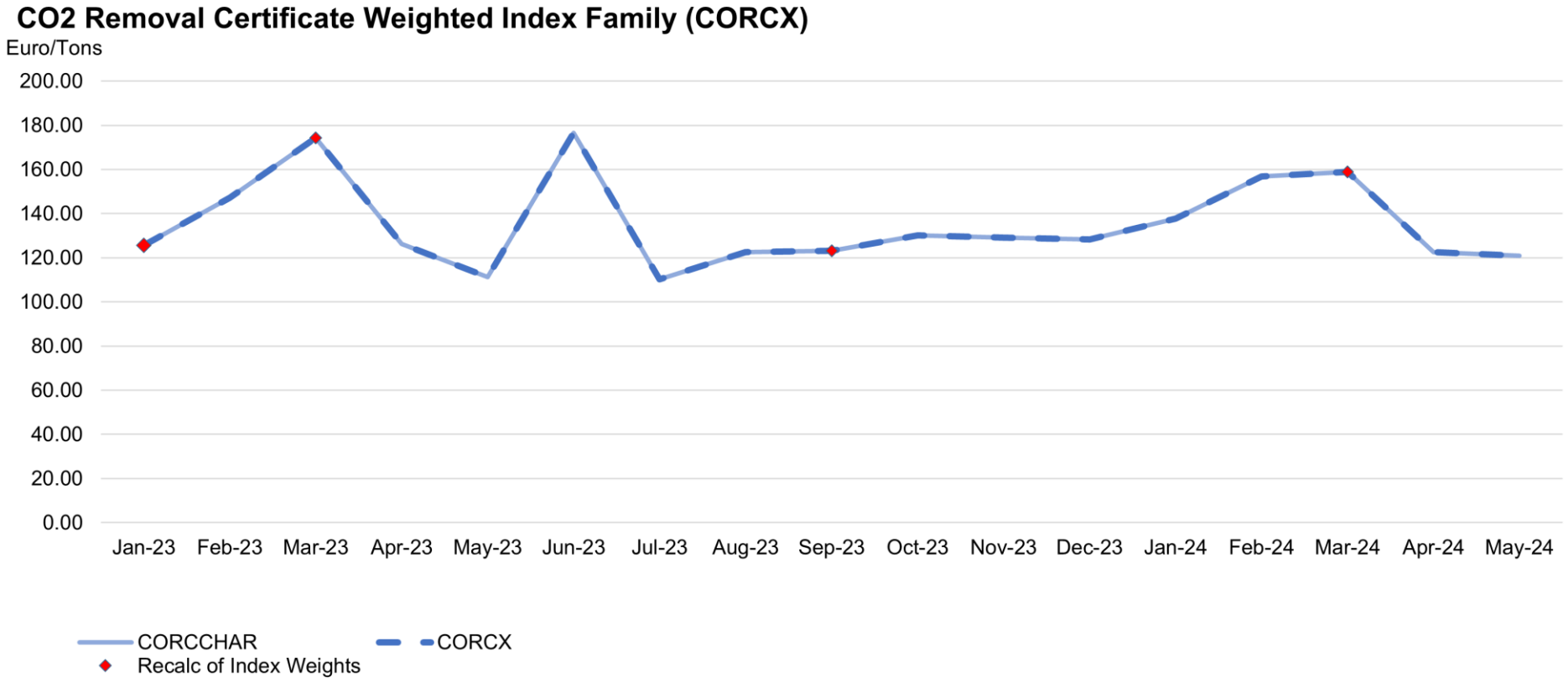
該指數系列由追蹤所有碳移除交易價格的綜合指數以及生物炭和生物質建築材料的單獨指數組成。

- Puro Carbon Removal Index
- CORCCHAR is the biochar carbon credit price index

- 主要指數CORC碳移除物價指數（CORCX）反映了基於Puro標準支持的所有工程碳移除方法的CORC交易封存一噸二氧化碳的成本。
- CORC 生物炭價格指數 (CORCCHAR) 和 CORC 生物基建築材料價格指數 (CORCWOOD) 分別反映生物炭和生物基建築材料（例如木質建築構件）形式的碳移除價格。

	2024 年 5 月 1 日	1個月變化		6個月變化		年初至今變動	
	歐元	歐元	%				
CORCX	120.96	(1.56)	-1.27%	(8.11)	-6.28%	(16.85)	-12.23%
CORCCHAR	120.96	(1.56)	-1.27%	(8.11)	-6.28%	(16.85)	-12.23%

https://www.nasdaq.com/solutions/carbon-removal-platform



https://www.nasdaq.com/solutions/carbon-removal-platform

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



CORC (Carbon Removal Price Indexes)

Puro.earth

CORC 指數係列是世界上第一個專門專注於追蹤大氣中碳清除價格的指數。

- 納斯達克與Puro.earth合作 ，根據 Puro.earth 的碳移除證書 (CORC) 創建了三個商品參考價格指數。目標是提高碳清除市場的透明度，幫助企業了解減少碳排放的成本並支持更明智的專案融資決策。
- 該指數系列由追蹤所有碳移除交易價格的綜合指數以及生物炭和生物質建築材料的單獨指數組成。


TCHAR x
光泰環能
Together to Be Real ESG
WEATHER MACHINE
氣候機器－臺灣山椒魚號

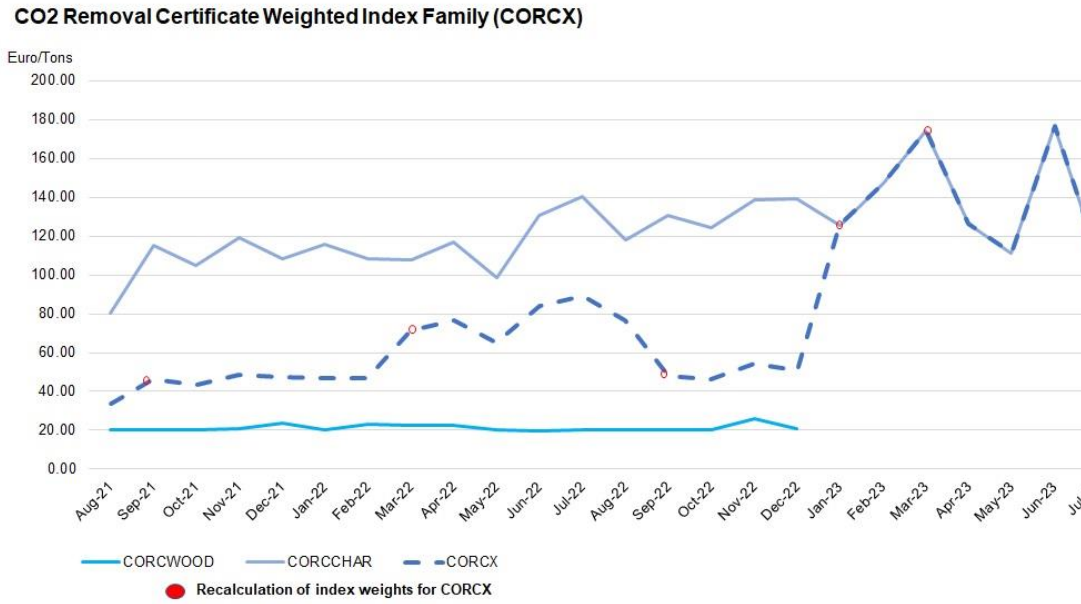

PYREG

生物炭驗證與高值化產品研發與行銷

- 建立本土EBC驗證機制
- 推動生物炭碳權交易買賣
- 開發生物炭高值化產品

PYREG 工廠經過EBC型式認證，這是歐洲的自願性行業標準，旨在確保氣候保護生物炭生產的一致且可驗證的標準。





EBC驗證機制導入 → 建立生物炭驗證實驗室 / 培養本土EBC驗證機構 → 本土EBC驗證機制

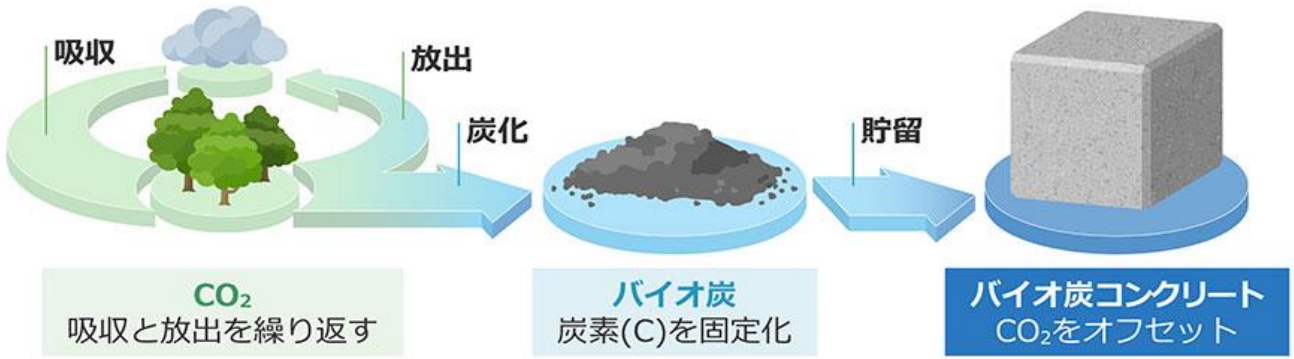
生物炭驗證與高值化產品研發與行銷

- 建立本土EBC驗證機制
- 推動生物炭碳權交易買賣
- 開發生物炭高值化產品



清水建設生物炭混凝土

將CO_2固定在混凝土內部以實現碳負特性的“生物炭混凝土”





粒徑為 1 毫米以下的粉狀生物炭（左）
粒徑為 2 毫米至 5 毫米的粒狀生物炭（右）

粉狀和顆粒狀生物炭的特徵如下。

- 粉狀：

對混凝土強度影響較小，但對混凝土新拌特性（流動性等）影響比粒狀大。

- 顆粒狀：

根據混合量的不同，混凝土的強度可能會略有下降，但與粉狀相比，對混凝土新拌特性的影響較小。

https://www.shimz.co.jp/solution/tech383/

清水建設開發的「環保混凝土『SUSMICS-C』」榮獲日刊工業新聞社主辦的「2023年第66屆2023年十大新產品獎」主獎



建構生物質產業供應鏈

透過建立生物質能供應鏈，供應農林剩餘生物質給示範廠

- 發展整合機制整合料源供應者
- 訂定料源供應合理價格
- 建立破碎與運送機制

農業剩餘資材





料源集散場
（透過產銷班或農會協助集散）

行動破碎車
（在地破碎即時運走）



Pyreg PX 500

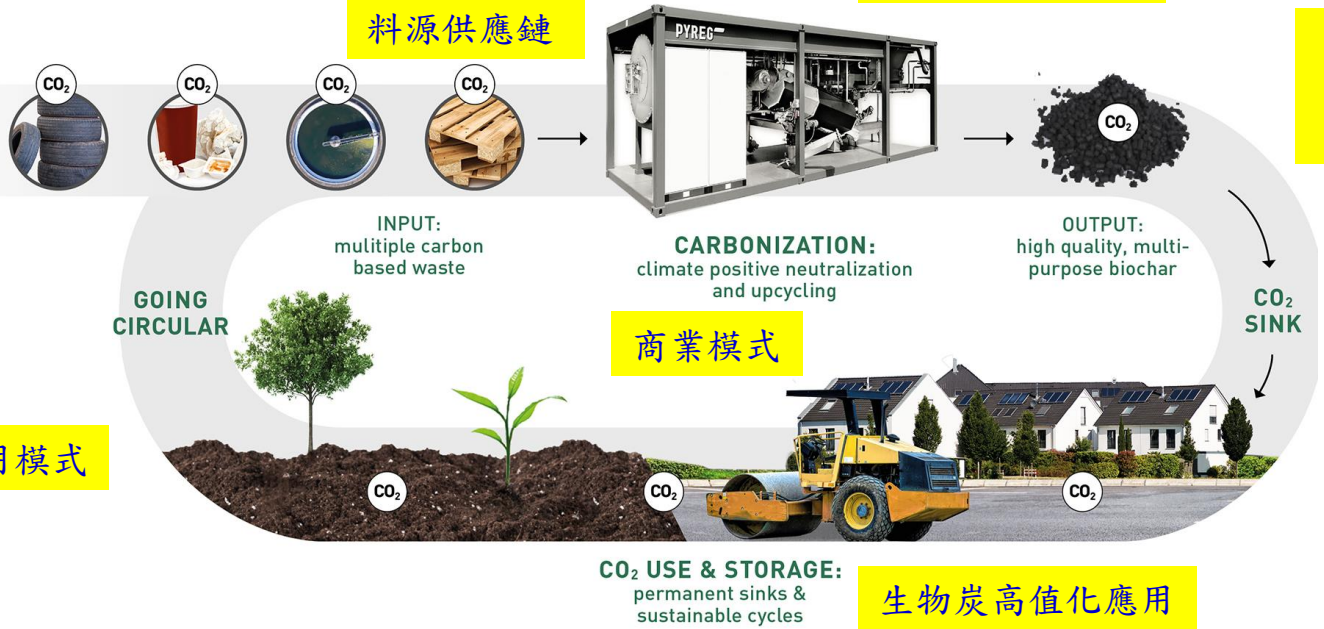
都市樹木剩餘資材

都市樹木剩餘資材

料源供應鏈

導入與在地製造
生物質處理設備

國際生物炭
驗證機制
碳匯交易



商業模式

推廣商業應用模式

生物炭高值化應用

CORC (Carbon Removal Price Indexes)

Puro.earth

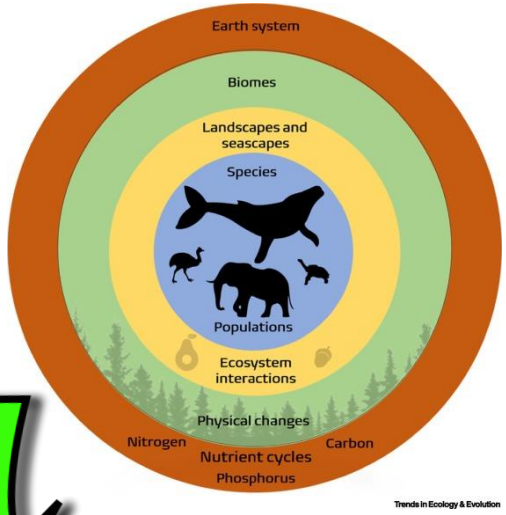
CORC 指數係列是世界上第一個專門專注於追蹤大氣中碳清除價格的指數。

- 納斯達克與Puro.earth合作 ，根據 Puro.earth 的碳移除證書 (CORC) 創建了三個商品參考價格指數。目標是提高碳清除市場的透明度，幫助企業了解減少碳排放的成本並支持更明智的專案融資決策。
- 該指數系列由追蹤所有碳移除交易價格的綜合指數以及生物炭和生物質建築材料的單獨指數組成。

UNFCCC

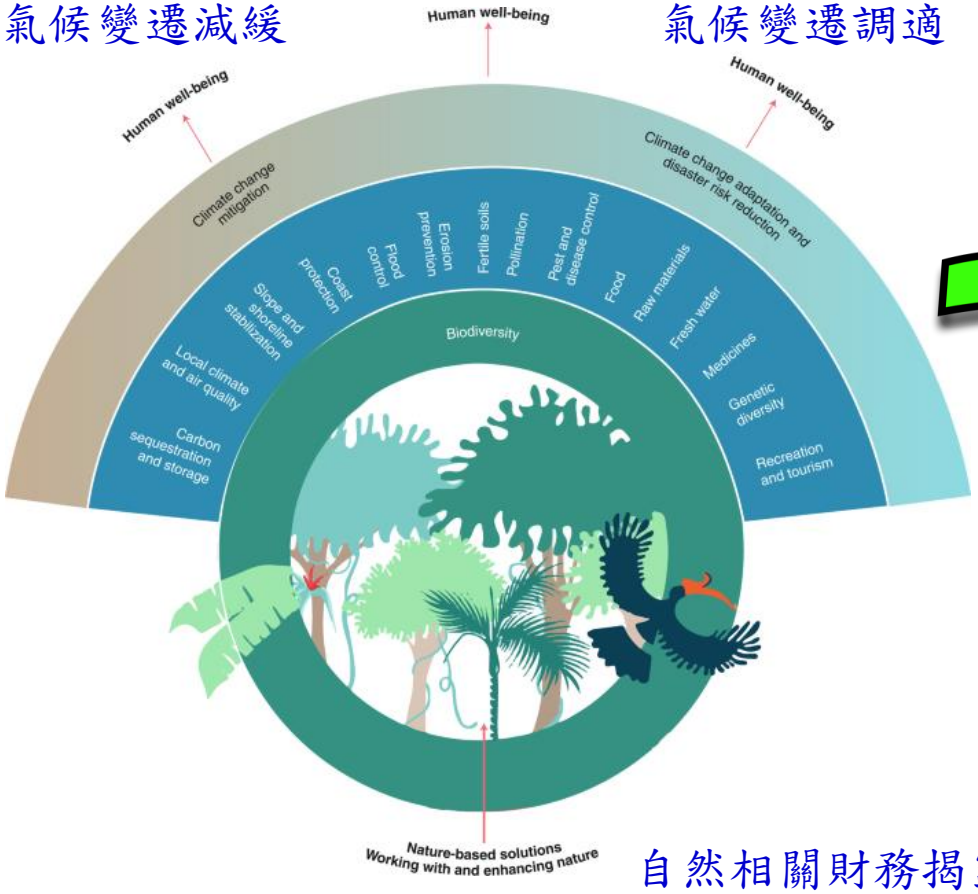
Convention on Biological Diversity

生物多樣性公約-保育



氣候變遷減緩

氣候變遷調適





自然相關財務揭露

自然為本解方

T N F D Taskforce on Nature-related Financial Disclosures

https://www.nature.com/articles/s41558-019-0405-0

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

新加坡設立自然為本的碳權交易市場 聚焦東南亞生態復育



- 提供公司投資自然保育計畫的交易平台
- 自由交易大規模高品質碳權的交易所，主要服務對象是跨國公司和機構投資人

- 2022奇美實業出資10億加入新加坡Climate Impact X（CIX）
- 2022奇美實業購入 1 萬噸碳權，來源為柬埔寨及祕魯的森林自然保育專案
- 2022華邦電以每噸 27.80 美元的價格，購買1萬噸藍碳額度，來源為巴基斯坦紅樹林保育專案碳權

國外購買碳權風險

1. 永續性
2. 價格不確定性
3. 用途：國內外法規認可程度

「氣候變遷因應法」第二十七條

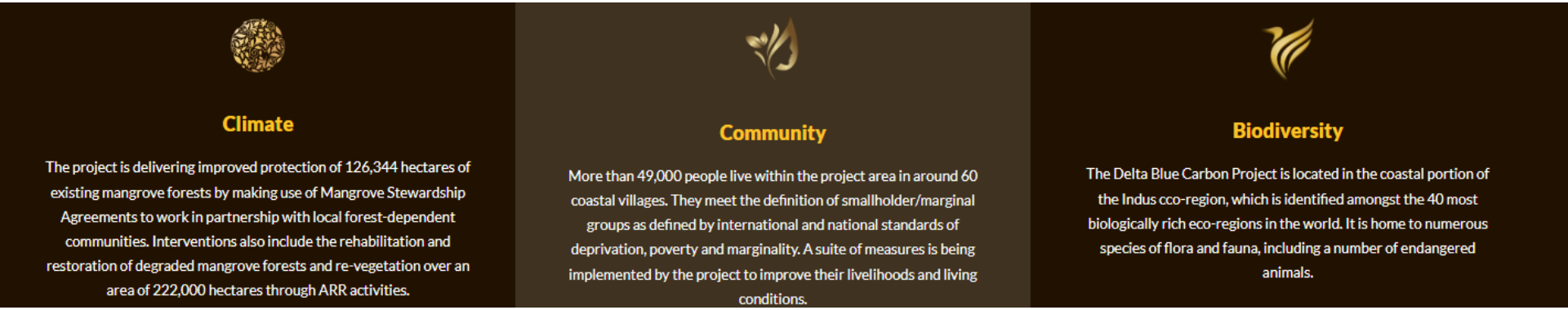
- 事業取得國外減量額度者，應經中央主管機關認可後，始得扣除第二十八條第一項各款之排放量或抵銷第三十六條第二項之超額量。
- 前項國外減量額度認可、扣除排放量或抵銷超額量之比率等相關事項，由中央主管機關參酌聯合國氣候變化綱要公約與其協議或相關國際公約決議事項、能源效率提升、國內減量額度取得及長期減量目標達成等要素，會商中央目的事業主管機關定之。

https://e-info.org.tw/node/231675

Delta Blue Carbon Project – 1 (DBC – 1)

位於巴基斯坦信德省東南沿海 350,000 公頃的潮汐濕地。

- 這種令人難以置信的豐富多樣的景觀體現了巨大的潛力，可以通過其獨特的多功能性及其提供的關鍵生態系統服務來幫助緩解氣候變化。
- 該地區面向阿拉伯海，是底棲無脊椎動物高度生物多樣性的家園。它維持著多產的漁業，是遷徙濱鳥的重要覓食地，並支持以採集貝類和螃蟹為生的沿海村民的社會經濟生計.
- **這些潮間帶濕地還為封存和儲存大量大氣碳提供了肥沃的土壤。** 這種自然資源的保護、恢復和可持續管理由 Indus Delta Capital 與信德省政府合作牽頭。



- 大面積長期限制土地使用有經濟殖民之疑慮
- 各國開始管制自然為本碳匯輸出國外

https://deltabluecarbon.com/

錯誤運用自然為本解方



- 自然為本解方 (NbS*) 被濫用於漂綠。
- NbS 可以為實現淨零排放做出重要貢獻，但前提是要與大幅減少溫室氣體排放（例如通過減少化石燃料的燃燒）相結合。
- 劣質的基於自然的“補償”可能對減緩氣候變化產生有限或負面影響，並對生物多樣性產生不利影響。
- 劣質的基於自然的“補償”可能導致侵犯人權。
- 化石燃料開採通常對社會和生態造成破壞。

https://www.naturebasedsolutionsinitiative.org/news/on-the-misuse-of-nature-based-carbon-offsets/

自願碳市場誠信委員會

THE INTEGRITY COUNCIL FOR THE VOLUNTARY CARBON MARKET

自願碳市場誠信委員會（Integrity Council）是自願碳市場的獨立治理機構。

通過制定和執行明確的全球閾值標準，利用現有的最佳科學和專業知識來做到這一點，因此高質量的碳信用額將資金用於真正和額外的溫室氣體減少和清除，超出了其他方式所能實現的目標，並且為適應氣候變化的發展做出貢獻。

使命

- 建立、主持和策劃一套核心碳原則 (CCP)，這將為高質量碳信用設定新的門檻標準，並定義哪些碳信用計劃和方法類型符合 CCP 資格。
- 對標準制定組織遵守 CCP以及市場基礎設施和參與者資格。
- 幫助協調和管理各個機構之間的相互聯繫；制定自願碳市場負責任增長的路線圖。

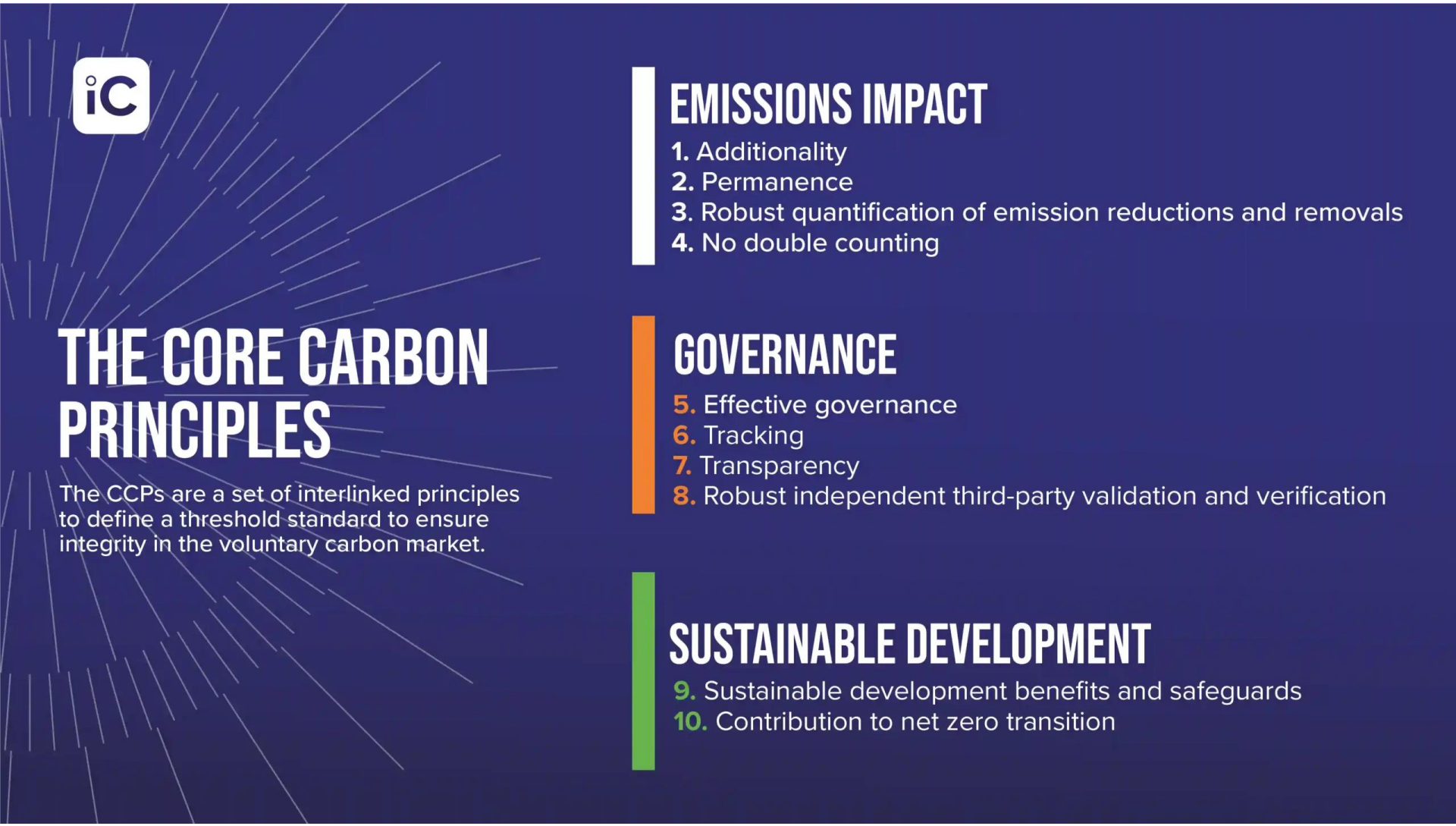
https://icvcm.org/about-the-integrity-council/

The Core Carbon Principles (核心碳原則)

核心碳原則 (CCP) 是高誠信碳信用額的全球基準，為信息披露和永續發展設定了嚴格的門檻。

- CCP 是在整個自願碳市場數百個組織的參與下制定的，它提供了一種可靠且嚴格的方法來識別高度完整性的碳信用額，這些碳信用額基於最新的科學和最佳實踐，能夠產生真實的、可驗證的氣候影響。
- 高度誠信的碳信用額可以釋放急需的資金，以減少和消除數十億噸的排放量。到 2100 年，世界氣溫將上升 2.6˚C。我們需要所有可用的工具全速運轉，以確保一個宜居的未來。高度完整性的自願碳市場是一個重要工具，可以幫助為向 1.5˚C 的過渡提供資金。

https://icvcm.org/the-core-carbon-principles/



https://icvcm.org/the-core-carbon-principles/

A、治理

➢ 有效治理

碳信用專案應具有有效的專案治理，以確保碳信用的透明度、問責制、持續改進和整體質量。

➢ 追踪

碳信用計劃應運行或利用登記冊來唯一識別、記錄和跟踪緩解活動和發放的碳信用額，以確保可以安全、明確地識別信用額。

➢ 透明度

碳信用計劃應提供有關所有信用緩解活動的全面且透明的信息。該信息應以電子格式公開，並且可供非專業受眾訪問，以便對緩解活動進行審查。

➢ 強大的獨立第三方驗證和驗證

碳信用計劃應具有計劃級別的要求，以對緩解活動進行可靠的獨立第三方驗證和驗證。

B、排放影響

➢ 額外性

緩解活動產生的溫室氣體（GHG）排放量減少或清除應是額外的，即如果沒有碳信用收入產生的激勵，這些減少或清除就不會發生。

➢ 持久性

緩解活動產生的溫室氣體排放量減少或清除應是永久性的，或者，如果存在逆轉風險，則應採取措施應對這些風險並補償逆轉。

➢ 減排量和清除量的穩健量化

緩解活動產生的溫室氣體減排量或清除量應基於保守的方法、完整性和科學的方法進行強有力的量化。

➢ 不重複計算

緩解活動產生的溫室氣體減排量或清除量不得重複計算，即為實現緩解目標或目的而僅計算一次。重複計算包括重複發行、重複領取和重複使用。

C. 永續發展

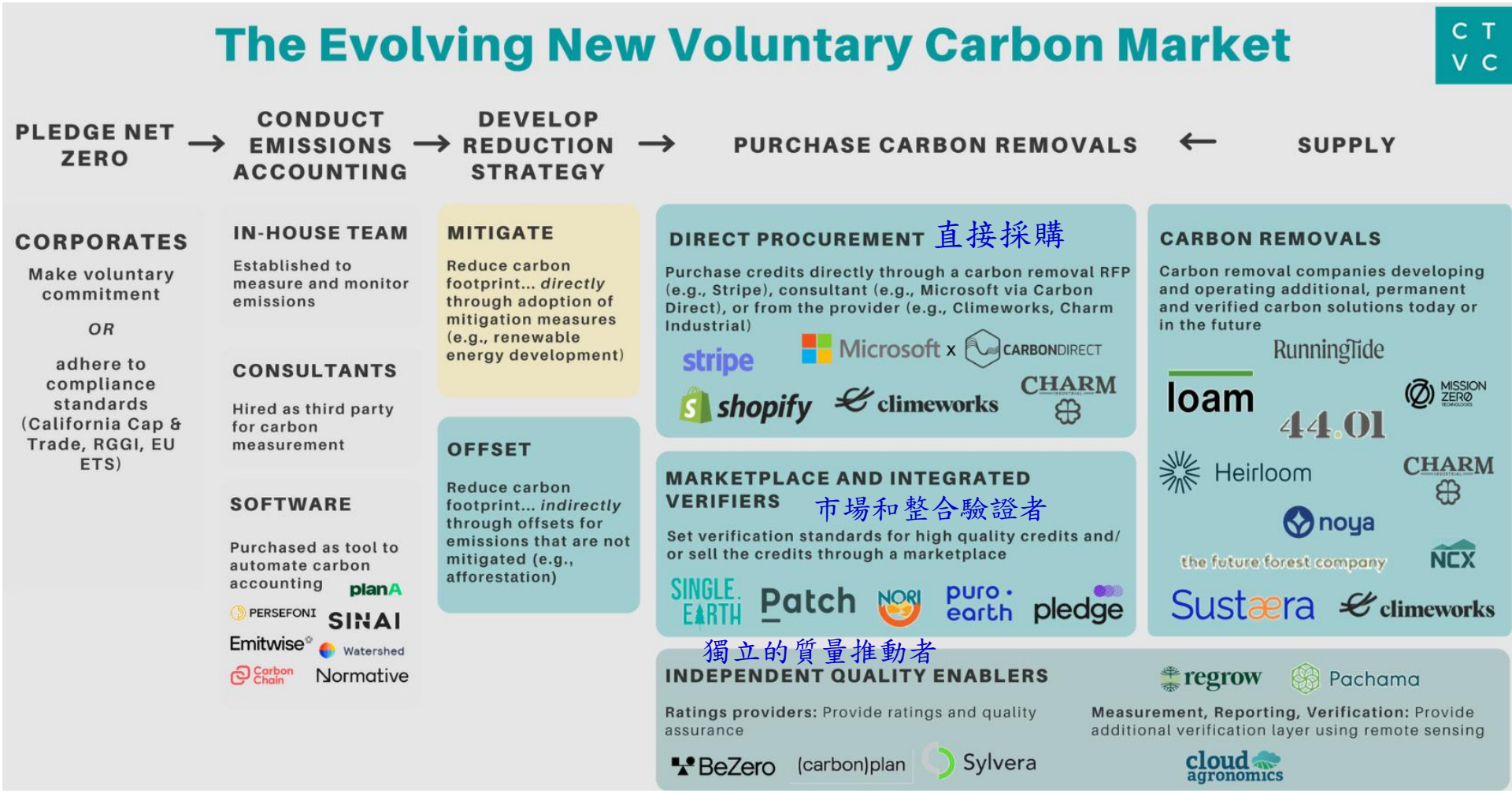
➢ 永續發展的效益和保障

碳信用計劃應有明確的指導、工具和合規程序，以確保緩解活動符合或超越廣泛建立的社會和環境保障行業最佳實踐，同時產生積極的永續發展影響。

➢ 對淨零轉型的貢獻

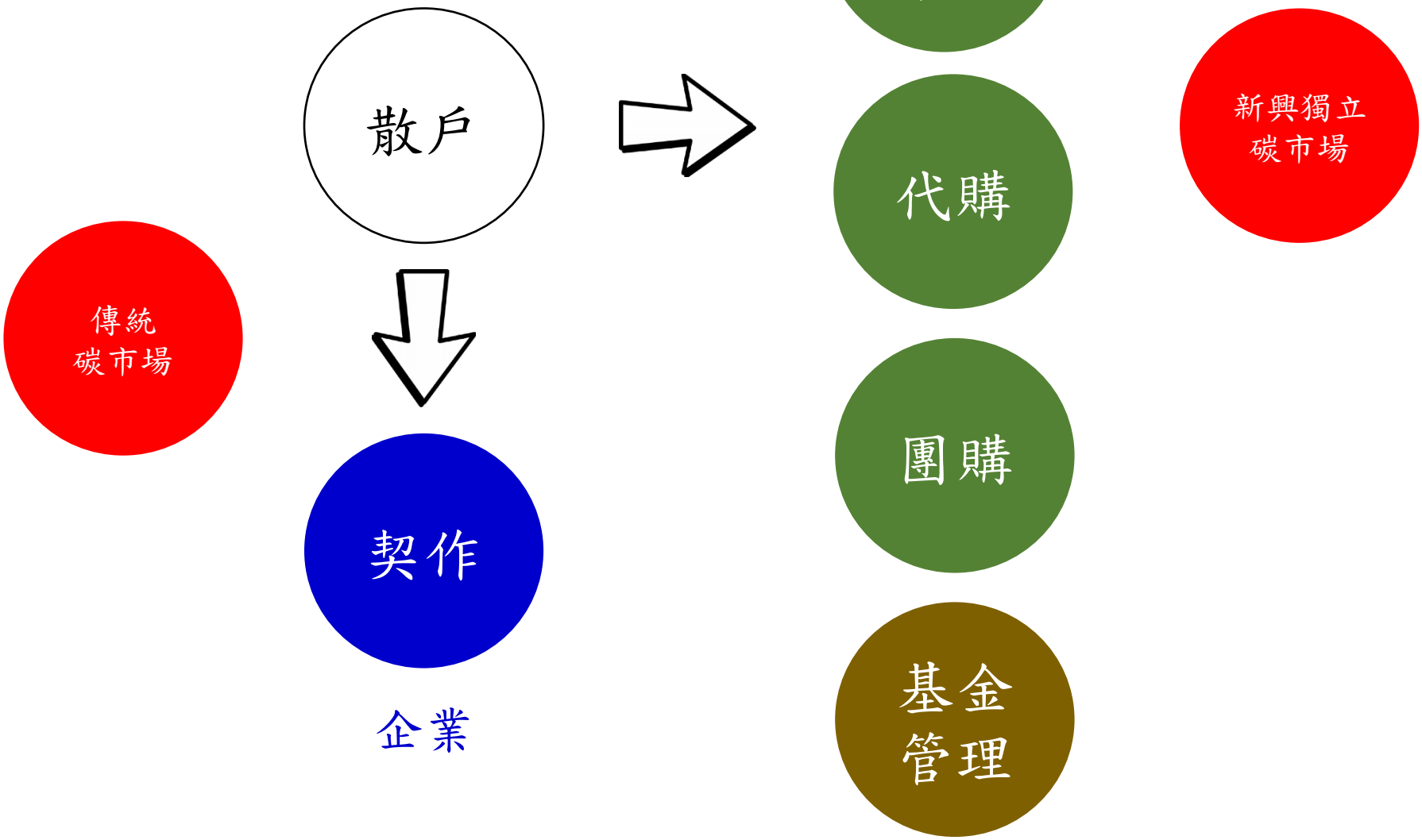
緩解活動應避免鎖定與本世紀中葉實現溫室氣體淨零排放的目標不相容的溫室氣體排放、技術或碳密集型做法的鎖定水平。

https://icvcm.org/the-core-carbon-principles/



https://www.ctvc.co/giving-carbon-credit-where-its-due/

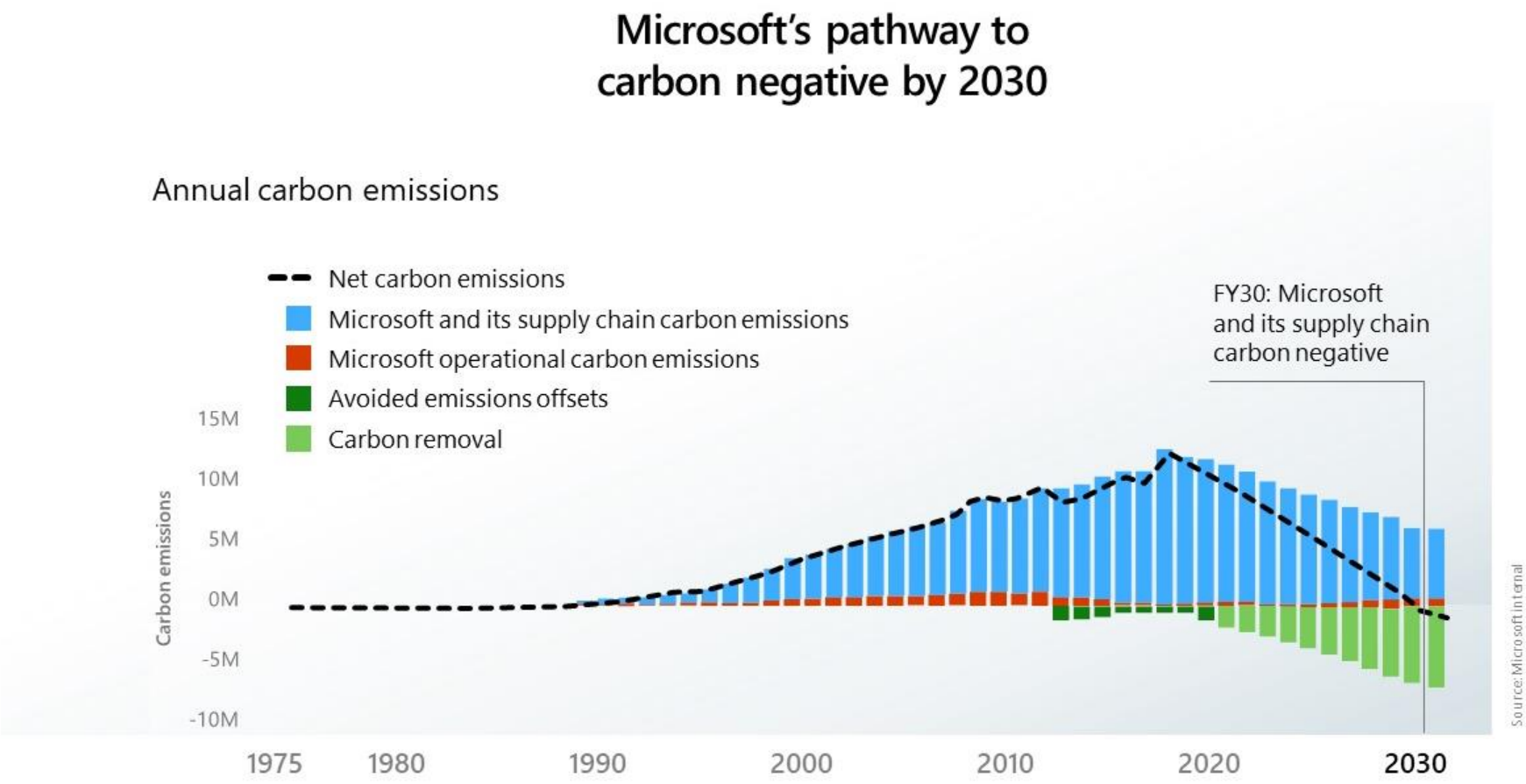
碳交易商業模式



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

負碳目標

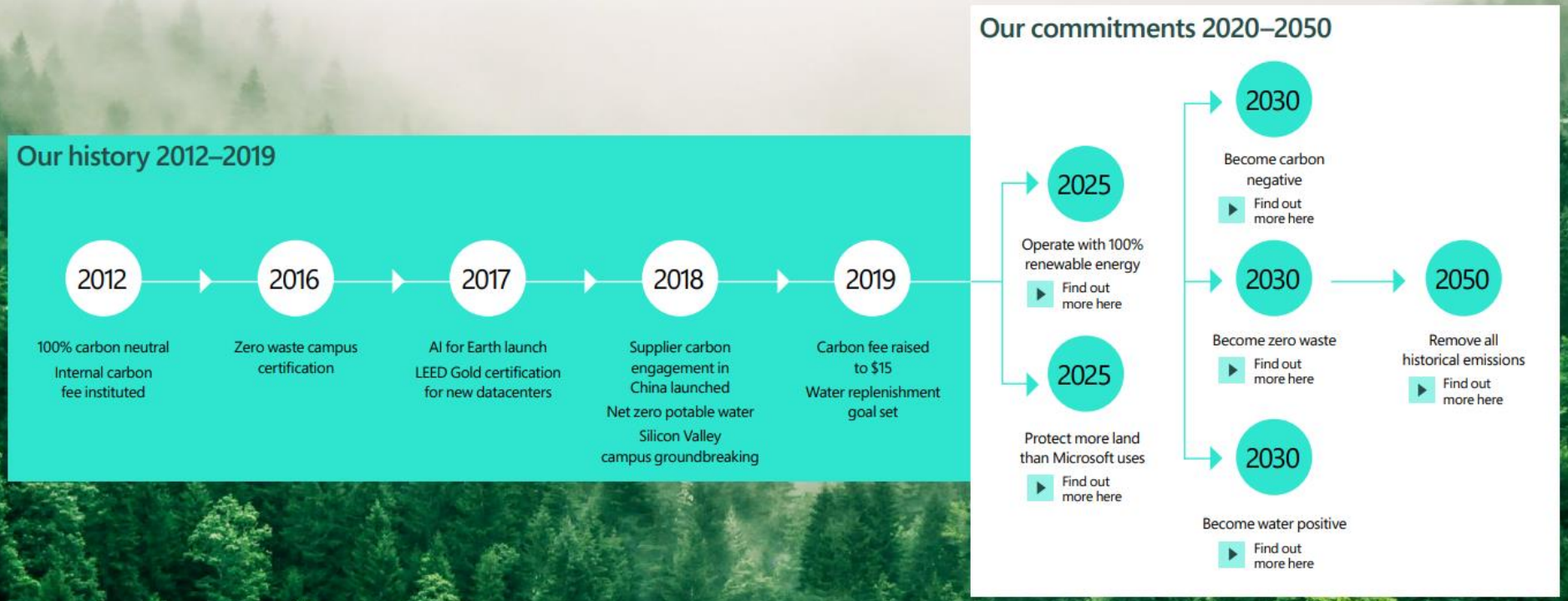
- 2030 年，微軟將實現負碳排放。
- 2050 年，微軟將從環境中移除公司自 1975 年成立以來直接排放或通過電力消耗排放的所有碳排放。



https://unfccc.int/climate-action/un-global-climate-action-awards/climate-neutral-now/microsoft-carbon-negative-goal

Microsoft

Commitments



Microsoft

Environmental Credit Service

Redefining environmental assets with transparency

To meet carbon reduction goals, organizations want high-quality carbon offset credits that drive progress quickly and reliably. But today's credit marketplaces are strained by inconsistent standards, lack of visibility into credit provenance—and distrust.

Environmental Credit Service delivers a common infrastructure and shared standards to address these challenges. Using it, credit lifecycle participants can create more reliable, diverse, and scalable credits to support growing demand—helping business and the planet.



50%
Global reduction in emissions needed by 2030



>15X
Estimated growth in demand for carbon credits by 2030



>100X
Estimated growth in demand for carbon credits by 2050



>$50B
Projected market size of carbon markets in 2030

https://cloudblogs.microsoft.com/industry-blog/sustainability/2022/11/03/increasing-transparency-for-carbon-credits-with-environmental-credit-service/

氣候創新基金

10 億美元投資計劃旨在通過股權和債務資本加速技術開發和新氣候創新的部署。

主要根據四個標準將資金集中在投資上：

- **氣候影響**

在碳、水、廢物和生態系統領域的有意義的、可衡量的氣候解決方案。

- **資金不足的市場**

在氣候解決方案的資金需求未得到滿足的地方進行投資。

- **共享對齊**

與 Microsoft 的核心業務和我們客戶的核心業務相關的技術。

- **氣候公平**

確保發展中經濟體和服務欠缺的社區從氣候解決方案中受益。

https://www.microsoft.com/en-us/corporate-responsibility/sustainability/climate-innovation-fund?activetab=pivot1%3aprimaryr6

投資於氣候創新

微軟氣候創新基金自 2020 年成立以來做出投資承諾的公司



基金經理


BUOYANT
VENTURES


CARBONDIRECT


CLOSED
LOOP partners


CONGRUENT
VENTURES


CROSSBOUNDARY
ENERGY ACCESS


EARTHSHOT
VENTURES


emerald
Technology Ventures


ENERGY IMPACT PARTNERS


EVERSOURCE CAPITAL


JUST CLIMATE


POWERHOUSE


seacef

https://frontierclimate.com/

Frontier 得到了大型跨國公司（包括 Stripe、Alphabet、Shopify、Meta、麥肯錫）以及數以萬計使用 Stripe Climate 的企業的資助。這是降低風險的絕妙方法。

Frontier

Frontier 減碳承諾突破 10 億美元，四位新成員：Autodesk、H&M Group、摩根大通和 Workday (2023/4/11)

stripe Alphabet shopify Meta McKinsey & Company

Frontier 減碳承諾突破 10 億美元，四位新成員：Autodesk、H&M Group、摩根大通和 Workday (2023/4/11)

- 新成員承諾在 2030 年購買總計 1 億美元的永久碳清除項目。
- Watershed 將使 Aledade、Boom Supersonic、Canva、SKIMS、Wise 和 Zendesk 透過今年稍早宣布的合作夥伴關係購買 Frontier 來源的碳去除技術。
- 自 2022 年 4 月推出以來，Frontier 已促進 15 家碳清除新創公司的採購。

https://frontierclimate.com/writing/new-members

Frontier

stripe Alphabet shopify Meta McKinsey Sustainability

Advance Market Commitments to accelerate decarbonisation
預先市場承諾(AMC)加速脫碳

Frontier is a pre-market commitment to initially purchase US$930 million of permanent carbon removal capacity between 2022 and 2030. Backers include Stripe, Alphabet, Shopify, Meta, McKinsey and tens of thousands of merchants using Stripe Climate.

Frontier 由全球商業和技術公司 Stripe、Shopify、Meta、Alphabet 和 McKinsey Sustainability 設立，目標是在 2022 年至 2030 年期間投資 9.25 億美元用於碳移除信用，以幫助加快部署並降低成本。

https://frontierclimate.com/

Frontier 機制

- Frontier 是一項旨在通過保證未來需求，加速除碳技術開發的**預先市場承諾**(AMC)。其旨在向研究人員、創業者和投資者發出該等技術存在巨大市場需求的信號。Frontier 重在產生新的淨除碳供應量目標，而並非是現有供應量的競爭。
- 在實踐中，其技術和商業專家團隊代表買方，促進向高潛力除碳公司購買相關產品的行為。隨著時間推移，我們計劃通過向新買方開放Frontier，進一步擴大需求，並刺激新供應。
- 預先市場承諾(AMC) 概念源自疫苗開發，且已在十年前進行試點。預先市場承諾首次用於推動**低收入國家的肺炎球菌疫苗**的開發時，拯救了多達70 萬條生命。
- 雖然**除碳與疫苗市場動態不盡相同**，但是二者面臨類似的挑戰——即，長期需求的不確定性和未經證實的技術。預先市場承諾具備直接發出強有力需求信號的能力，而無需在一開始即挑選出獲勝技術。



https://frontierclimate.com/

Frontier 機制概述



1｜Frontier 將根據需求匯總結果，設置最高年度支出

買方將自行決定於2022年～2030 年期間的每年除碳費用。Frontier 將根據承諾匯總結果，設置年度總需求池。供方將在定期發布徵求意見書時，對相關事項提出申請。

2｜Frontier 將在購買除碳量前，對供方進行仔細調查

對於早期供方，通常將採用少量預購形式達成協議。對於擬擴大規模的較大供方，Frontier 將與其簽訂承購協議，以便以後按照約定的價格和交貨時間購買除碳量。

3｜供方將在移除碳後，向買方返還噸數

僅當完成約定除碳量時，供方才能獲得報酬。在採用承購協議的情況下，會將噸數回發給買方。

https://frontierclimate.com/

專注於可擴展、永久的解決方案

尋找永久性的除碳解決方案，即使現在還沒有，但在未來有可能實現低成本和高產量。具體來說，Frontier 將重點放在滿足以下標準的技術：

標準	描述
耐用性	永久儲存碳（>1,000 年）
物理足跡	利用不爭奪耕地的碳匯和碳源
成本	能夠實現規模化生產（<100 美元/噸）
容量	有機會成為除碳解決方案組合中有意義的一部分（每年 >0.5 Gt）
淨負數	最大限度地淨去除大氣中的二氧化碳
額外性	導致淨新碳去除，而不是將已經發生的去除歸功於自己
可驗證性	擁有使用科學嚴謹和透明的方法進行監測和驗證的途徑
安全合法	正在努力實現安全、合規和當地環境成果的最高標準；持續積極緩解風險以及負面環境和其他外部因素

https://frontierclimate.com/

我國自願減量制度沿革

2023溫室氣體自願減量專案管理辦法

2023

112.10.12
發布《溫室氣體自願減量專案管理辦法》

- 鼓勵事業或各級政府及早自願減量，申請審核減量額度

2018.12.27 第一次修正《溫室氣體抵換專案管理辦法》
修正重點：

1. 適用對象：新增不得申請註冊之「專案邊界」(第3條)
2. 方案推展：納入「微型規模專案」(第7條)

2015溫室氣體抵換專案管理辦法

2015.12.31
發布《溫室氣體抵換專案管理辦法》

2023

2023.2.15「氣候變遷因應法」公布施行
事業或各級政府得自行或聯合共同提出**自願減量專案**，據以執行溫室氣體減量措施，向中央主管機關申請核准取得減量額度

2018

2015

2010

我國於2010年訂定《溫室氣體先期專案暨抵換專案推動原則》，期促使事業盤查排放量並及早減量。該原則於2015年「溫室氣體減量及管理法」公布施行後廢止。

2010溫室氣體先期專案暨抵換專案推動原則

(氣候變遷署，2023)

實用的案例



低碳運具

AMS-III.C
以電動車或混合動力車進行減量



RTO廢熱回收

AMS-III.Q
廢能回收



低碳燃料轉換

TMS-III.001
工業加熱設施改採低碳化石燃料計算申請額度



節能措施【方案型】

AMS-II.C
需求端利用特定技術能源效率活動



氣體破壞

TM002
半導體產業含氟及N2O溫室氣體破壞處理設備排放減量方法學

(氣候變遷署，2023)

抵換專案推動情形

■ 我國參考聯合國清潔發展機制(CDM)，推動溫室氣體抵換專案制度，事業採行減量措施經查驗後，由本署「溫室氣體減量成效認可審議會」審核減量額度（CDM由CDM理事會審核）。

已核發額度	已註銷額度	剩餘額度
2,378 萬噸CO_2e	682 萬噸CO_2e	1,696 萬噸CO_2e

已通過註冊審查專案類型（依措施類別）	再生能源 11案	低碳燃料轉換 17案	能源效率提升 36案	熱能回收 6案	含氟氣體破壞去除 15案	低碳運輸 4案	廢棄物回收再利用 4案

已認可減量方法：能源工業、能源輸配業、能源需求、製造工業、化學製造、建築、運輸、礦業、金屬製造、來自燃料逸散、來自鹵化物及氟硫化物逸散、溶劑使用、廢棄物處理及棄置、造林與植林、農業

（統計至112.10.19）

221 CDM國際減量方法

35 本土減量方法

(氣候變遷署，2023)

臺灣2015年至2022年已通過註冊專案之減量額度平均成本

碳信用類型	範疇	件數	減量額度平均成本 (元/tCO2e)	標準差 (元/tCO2e)
減少排放	來自鹵化物及氟硫化物製造和使用之逸散	12	1,556	1,932
	能源工業(含再生能源/非再生能源)	14	28,085	63,285
	能源需求業	8	7,025	8,581
	運輸業	3	42,980	28,415
	製造工業	17	12,327	11,938
混合自然與技術措施	廢棄物處理及棄置	1	3,562	n/a

- 依據環境部氣候變遷署網站可得，自2012年起統計至2023年10月12日，共有93案通過註冊，其中31案依實際減量成效核發約2,437萬公噸二氧化碳當量減量額度。
- 其中申請案件以能源效率提升居冠，次之為低碳燃料轉換，第三為含氟氣體破壞去除。
- 針對自2012年至2023年10月12日已通過計畫書註冊且有提供財務數據之專案，共計55筆進行減量額度成本分析。

https://carbonoffset.moenv.gov.tw/ApplicationRegistrationView/CaseQuery

碳定價相關子法關聯

以碳費徵收輔以自願減量及增量抵換等經濟誘因促進減量

碳費

直接+間接排放量≥ 2.5 萬噸之製造業及電力業

執行**自主減量計畫**達指定目標｜適用**優惠費率**

排放邊界

- 轉換低碳燃料
- 採行負排放技術
- 提升能源效率
- 使用再生能源
- 製程優化改善

減量額度抵減碳費

自願減量

事業或各級政府（非碳費徵收場域）

執行**自願減量專案**

依照溫室氣體減量方法→
註冊→執行→取得**減量額度**
→至環境部委託之機構交易

專案邊界

超過指定目標之減量作為增量抵換

減量額度作為增量抵換

增量抵換

應實施環評的工廠、工業區、火力電廠、高樓建築

抵換量來源：

- 減量額度
- 民眾汰換老舊機車、燈具、空調設備、老舊農業機具
- 碳費徵收對象超過指定目標之減碳量

(氣候變遷署，2023)

IPCC 方法學為一切碳匯估算根本

IPCC 指南



組織碳盤查指南

GREENHOUSE GAS PROTOCOL

SCIENCE BASED TARGETS
DRIVING AMBITIOUS CORPORATE CLIMATE ACTION

ISO 14064

強制碳市場標準

清潔發展機制(CDM)

自願碳市場標準

Verified Carbon Standard

Gold Standard

溫室氣體自願減量專案管理辦法架構

溫室氣體自願減量專案管理辦法（共23條）

總則
- 法源依據（§1）。
- 本辦法用詞定義（§2）。
- 自願減量專案之適用程序（§3）。

專案申請
- 自願減量專案註冊申請程序應檢具資料（§4）。
- 已依溫室氣體抵換專案管理辦法註冊或申請註冊之溫室氣體抵換專案，明定得經審核轉換為自願減量專案（§5）。
- 聯合共同提出及執行自願減量專案，申請及減量額度分配應遵行事項（§6）。
- 自願減量專案類型、展延型或固定型計入期年限、展延次數與展延年限（§7）。
- 辦理外加性分析、環境衝擊分析及公眾意見之除外規定（§8）。

審查作業、確（查）證及其他相關規定
- 審查作業及程序之規定（§9）。
- 溫室氣體減量方法學及執行自願減量專案之原則要求（§10）。
- 自願減量專案排除之情形（§11）。
- 審定溫室氣體減量方法之要項，及指定其確證及查證方式（§12）。
- 審議會審查事項（§13）。
- 申請變更應遵行事項（§14）。
- 申請展延應遵行事項（§15）。

減量額度核發及管理
- 申請核發自願減量專案減量額度應檢具資料（§16）。
- 執行監測作業及撰擬監測報告時應遵行之規定。（§17）。
- 申請開立額度帳戶之規定（§18）。
- 減量額度編碼及核撥之規定（§22）。

減量方法申請
- 申請審定新溫室氣體減量方法或申請修訂溫室氣體減量方法應檢具之資料（§19）。

專案撤銷
- 得撤銷自願減量專案或註銷減量額度之情形（§20、§21）。

(氣候變遷署，2023)

法源依據

《氣候變遷因應法》第25條

1 **事業或各級政府得自行或聯合共同提出自願減量專案**，據以執行溫室氣體減量措施，向中央主管機關申請核准取得減量額度，並應依中央主管機關規定之條件及期限使用。

2 **中央主管機關得依專案類型，指定前項自願減量措施或減量成果之查驗方式。**

3 執行抵換專案、先期專案及第一項自願減量專案取得減量額度之事業及各級政府，應向中央主管機關申請開立帳戶，將減量額度之資訊公開於中央主管機關指定平台，並得移轉、交易或拍賣之。

4 **第一項適用對象、申請程序、自願減量方式、專案內容、審查及核准、減量額度計算、使用條件、使用期限、收回、專案或減量額度廢止、管理及其他有關事項之辦法，由中央主管機關定之。**

5 第三項帳戶開立應檢具之資料、帳戶管理、減量額度移轉與交易之對象、次數限制、手續費、減量額度拍賣之對象、方式及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

(氣候變遷署，2023)

申請程序及審核原則

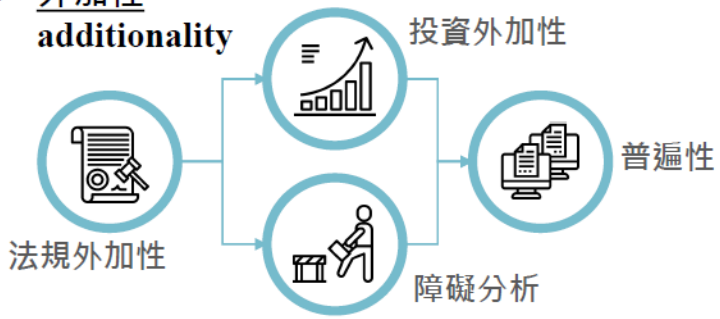
依減量方法
- 審定公版減量方法及指定確、查證方式，供申請者依循執行
- 可申請新減量方法，程序已簡化

二階段申請
- 依減量方法規劃➡提出專案計畫書申請註冊
- 註冊通過➡據以執行並監測➡提出監測報告書申請減量額度

三方查驗
- 註冊階段須由第三方查驗機構確證
  ➡減量措施技術成熟、減量計算簡易明確者可免
- 額度申請階段須由第三方查驗機構查證

五大原則

✓ 外加性 additionality



✓ 保守性
✓ 永久性
✓ 避免產生危害
✓ 避免重複計算

實質減量

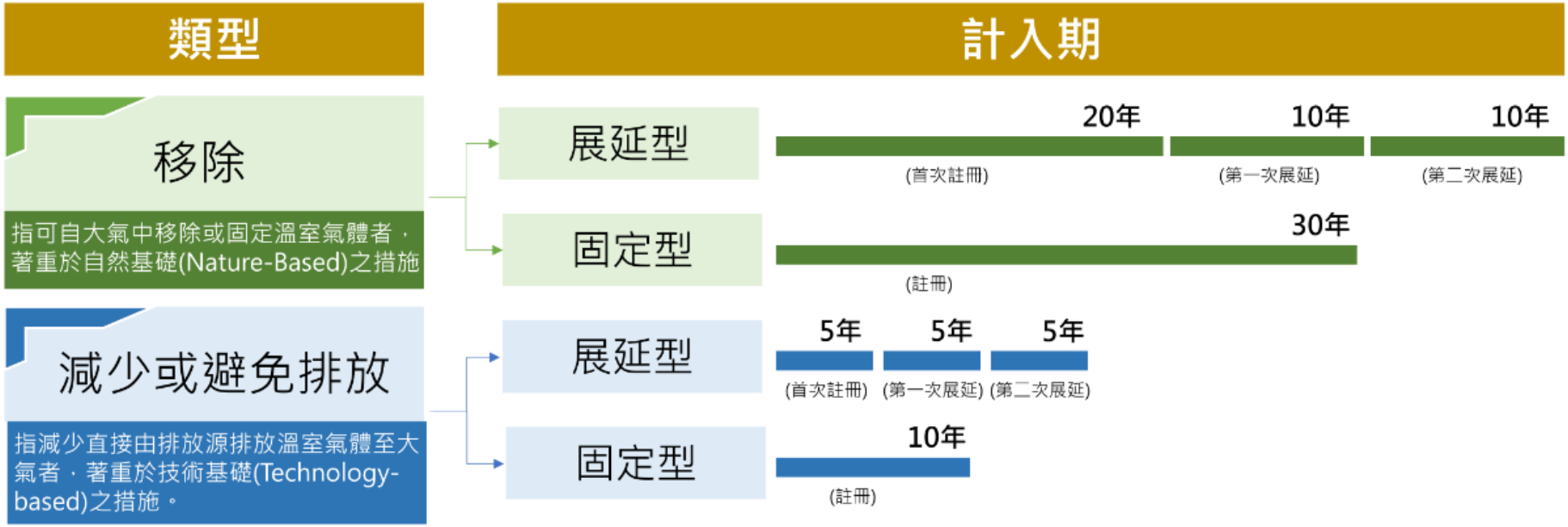
✓ 符合MRV
- 可量測 M
- 可報告 R
- 可查驗 V

- 專案邊界明確
- 基線情境明確
- 專案情境明確

(氣候變遷署，2023)

第 7 條

自願減量專案之計入期，依專案類型於申請註冊階段選擇展延型或固定型，於通過註冊後始得起算，其年限規定如下：



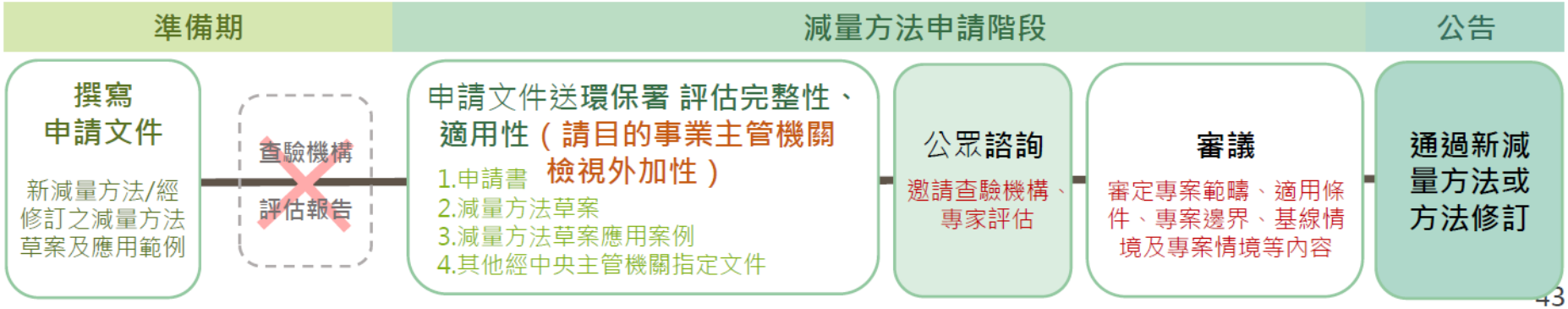
https://carbonoffset.moenv.gov.tw/VoluntaryReductionView/Intro

減量方法審定

審定原則

- 該減量方法之適用符合不重複計算原則 (ex:排除納管對象適用的方法)
- 該減量方法建立後於國際或國內具實際適用案例
- 不鼓勵繼續使用化石燃料
- 符合保守性原則(避免產量越高、獲取越多額度)
- 該類措施於台灣並非普遍採行措施
- 符合其他自願減量機制原則(未被其他機制排除)





(氣候變遷署，2023)

自願減量專案適用之減量方法

■ 環境部依「溫室氣體自願減量專案管理辦法」第12條規定，完成自願減量專案之溫室氣體減量方法審定：

抵換專案機制下適用		依審定原則	自願減量專案機制適用	
聯合國清潔發展機制(CDM)	本土減量方法		聯合國清潔發展機制(CDM)	本土減量方法
221 項	35 項		110 項	33 項

初步篩選

1. 符合MRV準則，且應具備外加性、保守性、永久性、應避免發生環境危害及重複計算情形。
2. 減量措施為我國適用或適合推廣。
3. 該減量方法於國際或國內具實際應用案例。

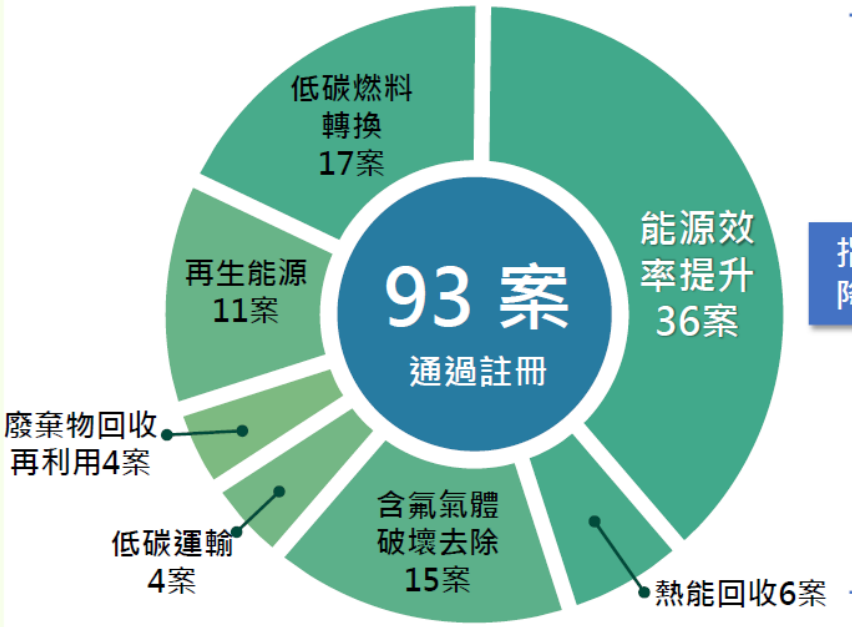
審定原則

加嚴保守性原則	X 排除屬設備製造或燃料生產端，非使用端直接減量者（如製造高能源效率家電） X 刪除無須計算基線及專案排放量者
避免減量成效重複計算	X 屬發電廠效率提昇措施者、屬發電廠以天然氣替換或電網串接者、屬製程含氟執行氣體破壞去除之方法
國內不適用	X 屬開發中國家適用措施者，如：推廣低耗能之淨水系統 X 化石燃料開採相關減量方法

(氣候變遷署，2024)

依抵換專案推動經驗精進自願減量機制

我國自104年起依溫室氣體減量及管理法及參考聯合國清潔發展機制(CDM)，推動溫室氣體抵換專案制度，計有 93 案通過註冊，其中31案依實際減量成效核發約 2,437 萬公噸二氧化碳當量減量額度。



指定確證或查證
降低申請者負擔

精進程序

- 提供初審協助申請者
- 訂定審查作業之原則提供審議會依循

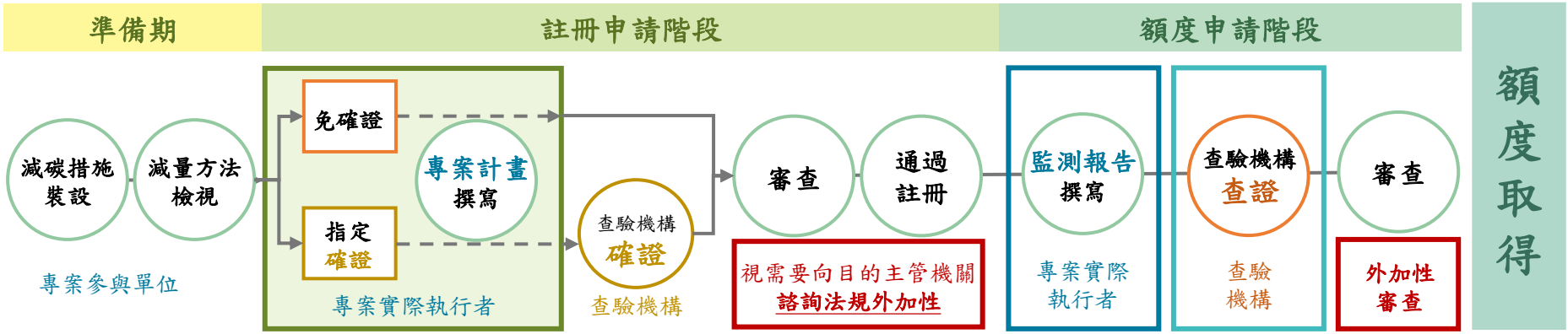
降低負擔

- 僅指定須查證（註冊階段免確證）
- 提供專案計畫書範本

（統計至112.10.12）

(氣候變遷署，2023)

溫室氣體自願減量專案申請及審查流程



減量方法：

免確證

- 計算公式明確及單純
- 已有通過註冊案例
- 計算數值，非得經抽樣計算得出，或無須確認產量等歷史數值
- 系統邊界可明確切割

方法編號	減量方法名稱
ACM0002	再生能源併網發電
AMS-I.D.	併網的可再生能源發電
AMS-I.F.	再生能源電力之控制使用及微電網
AMS-II.C.	需求端利用特定技術的能源效率活動
AMS-II.L.	需求端：高效率室外及街燈照明技術

方法編號	減量方法名稱
TMS-II.001	工業設施採用高效率燈具
TMS-II.003	更換為高效率空調設備
TMS-II.004	既有空壓系統之能源效率提升
TMS-II.006	風扇/泵浦導入變轉速控制、台數控制
TMS-II.008	更換為高效率空壓機

指定確證

聯合國清潔發展機制：**110** 件

本土減量方法：**33** 件

→ 涵蓋**能源、製造、運輸、廢棄物處理、農林畜牧業**等範疇

相關資訊：「溫室氣體自願減量暨抵換資訊平臺」→「自願減量專案」→「減量方法查詢」→「確證方式：免/需確證」

(氣候變遷署，2024)

2024-05-30	「有機農法應用草生栽培增加土壤碳匯」溫室氣體減量方法草案公告。
2024-05-14	「改進農業土地管理」溫室氣體減量方法草案第1次專案小組審查會議
2024-04-29	「低生長林增匯」溫室氣體減量方法草案公告。
2024-04-29	📣 敬邀報名「環境部自願減量專案輔導班」✨
2024-04-16	「海草復育」溫室氣體減量方法草案公告。
2024-04-16	「紅樹林植林」溫室氣體減量方法草案公告。
2024-04-11	「竹林經營碳匯專案活動」溫室氣體減量方法草案第1次專案小組審查會議
2024-04-03	📣 敬邀報名「碳盤查及自願減量專案輔導班」✨
2024-04-02	「森林經營碳匯專案活動」溫室氣體減量方法草案第1次專案小組審查會議

自願減量與碳交易

國內減量額度

◘ 氣候變遷因應法第25條　額度審核

事業或各級政府得自行或聯合共同提出自願減量專案...取得減量額度。

- 112.6.29預告訂定溫室氣體自願減量專案管理辦法，112.7.24已召開公聽研商會、112.8.9邀集審議委員召開專家諮詢會，預定112.8月底前完成。

國外減量額度

◘ 氣候變遷因應法第27條　額度認可

事業取得國外減量額度者，應經中央主管機關認可...。

- 依法訂定溫室氣體國外額度認可準則。

用途

◘ 氣候變遷因應法第26條、第27條

國內額度
一、進行溫室氣體增量抵換。
二、扣除碳費徵收排放源之排放量。

國外額度
扣除碳費徵收排放源之排放量。

額度交易

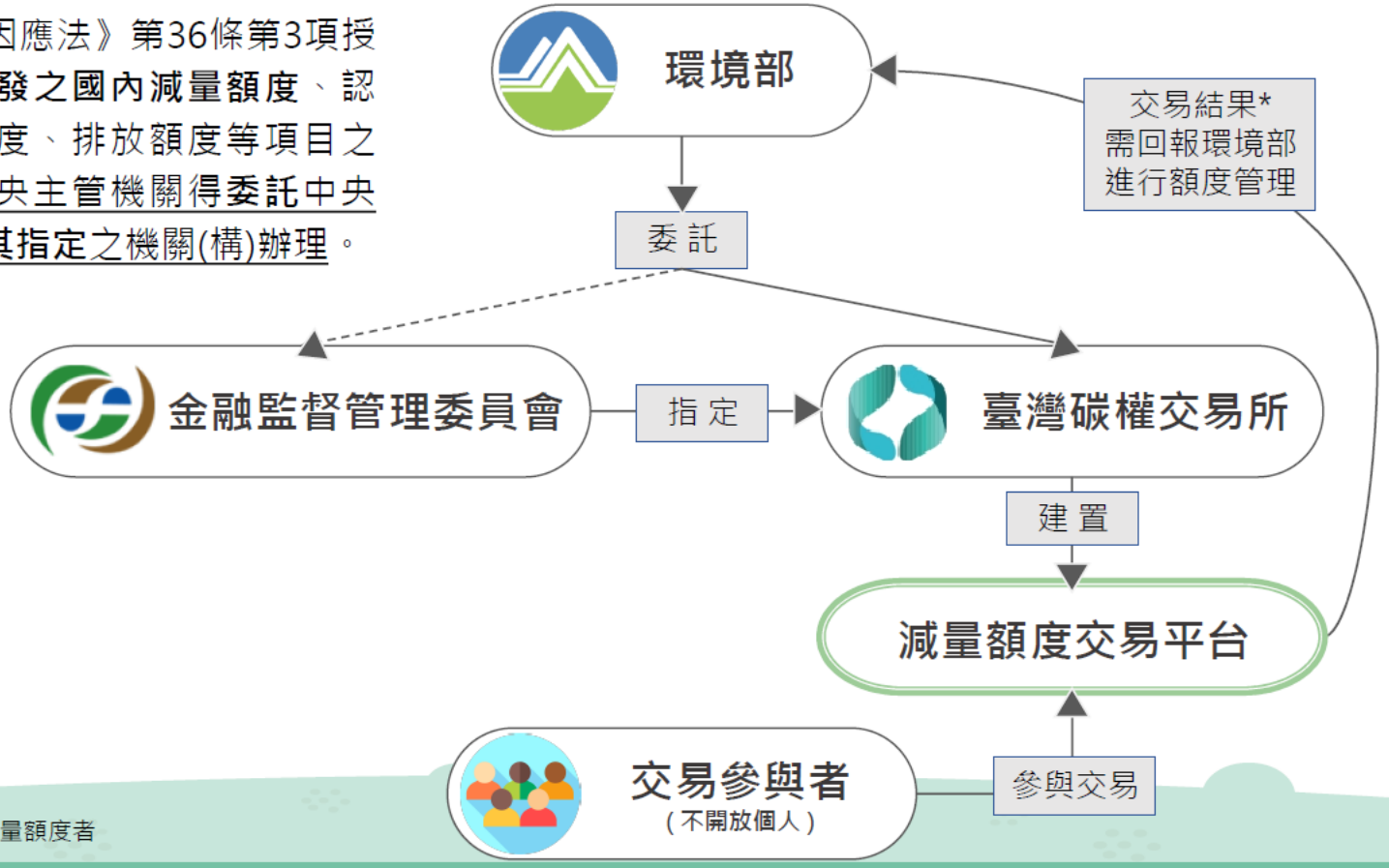
◘ 氣候變遷因應法第25條及第36條第3項

- 取得減量額度...並得移轉、交易或拍賣之。依法訂定溫室氣體減量額度移轉、交易或拍賣管理辦法。
- 中央主管機關得委託中央金融主管機關或其指定之機關（構）辦理第25條第1項、第27條第1項...所定額度之交易事宜。
  - 金管會112.5.19已函文說明指定將由臺灣碳權交易所股份有限公司辦理額度交易事宜。

(氣候變遷署，2023)

溫室氣體減量額度交易機制

- 依據《氣候變遷因應法》第36條第3項授權，有關本部**核發之國內減量額度**、認可之國外減量額度、排放額度等項目之交易事宜，由中央主管機關得**委託**中央金融主管機關或**其指定**之機關(構)辦理。



(氣候變遷署，2023)

臺灣碳權交易所營業項目

國內碳權交易

- 配合環保署政策建置交易平台

國外碳權交易

- 滿足中、小企業需求
- 國際合作

碳諮詢服務

- 配合國家政策

交易項目

- 自願減量額度
- 抵換專案減量額度
- 環評增量抵換*

短期

- 國際認證碳權代購服務，如VCS、CIX

中期

- 與國際碳權交易所合作
- 加入國際相關組織

長期

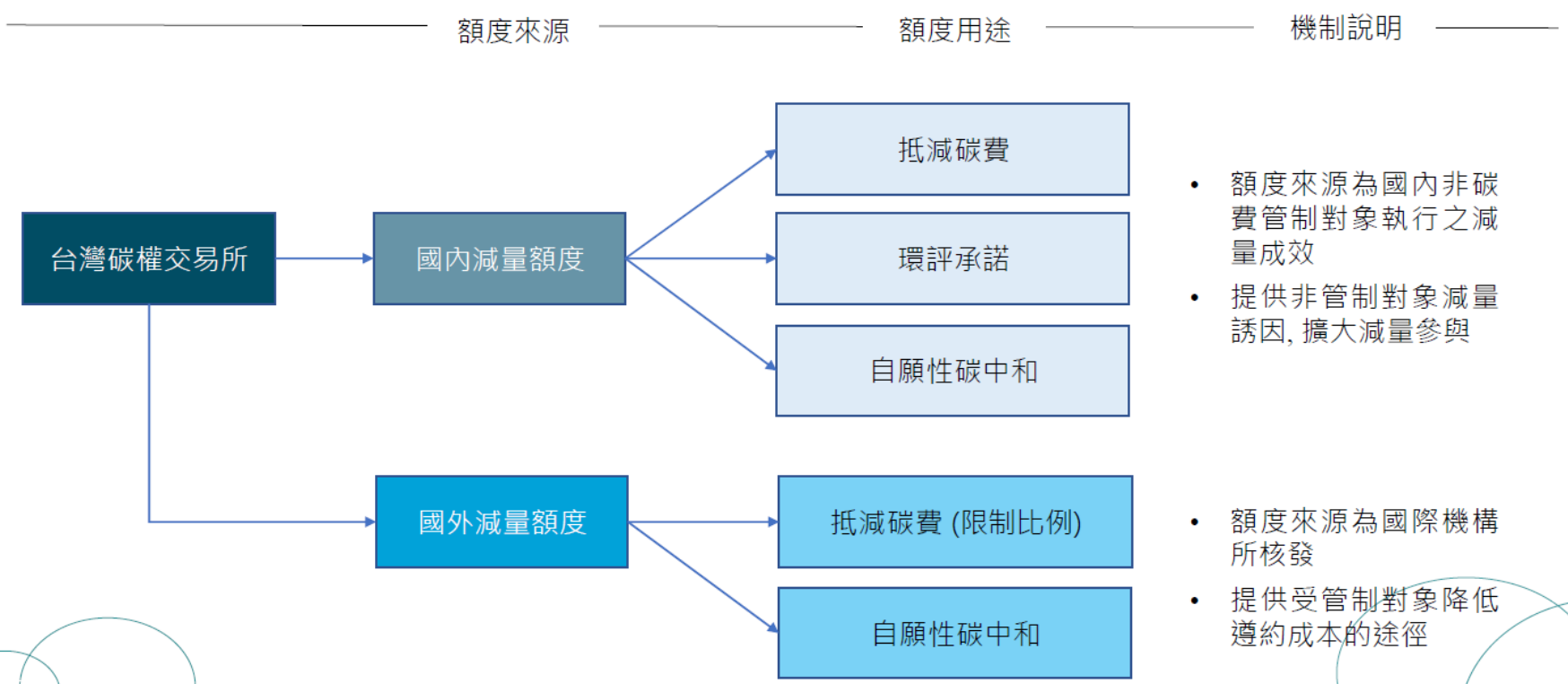
- 國際認證碳權交易
- 國際合作

諮詢服務

- 碳盤查諮詢
- 自願減量專案諮詢
- 碳邊境稅因應諮詢
- 供應商減碳因應諮詢

(氣候變遷署，2023)

臺灣碳權交易所上架商品的規劃



資料來源：中華經濟研究院能源與環境研究中心 劉哲良主任

(氣候變遷署，2023)

植樹造林增碳匯　取得額度照程序 創造多元價值與效益

植樹造林增碳匯　取得額度照程序 創造多元價值與效益

氣候變遷

113-03-12 [環境部氣候變遷署]

環境部強調，造林後林木生長可以增加碳匯，本就有助於我國2050淨零目標，近來國內各界高度關切造林植林取得「減量額度」，部分事項有誤導大眾之虞，該部說明如下：

一、事業不得宣稱參與活動可以取得碳權：要以造林增加的碳匯取得減量額度，執行者應依審定公開的減量方法執行自願減量專案，經註冊審查、持續執行數年並監測，才能依監測得到的實際增匯量提出申請，由環境部審查核發減量額度。事業若主辦節能減碳相關活動，不得宣稱參與者可以取得碳權誤導民眾參與！

二、碳匯開發非一蹴可幾，氣候法未認可任何碳匯開發師、碳權交易師、管理師：目前市面上出現許多減碳或碳淨零相關學院、課程，宣稱上完課可以成為碳權交易師、碳匯開發師、碳交易管理師等，但碳匯開發需要規劃合理的造林方式、撫育措施，並就造林範圍設定合理的監測樣區、頻率及方法等，經過持續數年投入資金及人力確實執行，並非坊間所謂「開發師」、「管理師」可獨立執行，民眾切勿被誇大不實且引人錯誤之宣傳資料矇騙。

三、核發減量額度必須具備外加性確保實質減量：減量額度是供事業用來抵減其必要的減量，須具備外加性是國際一致認同的基本原則，為此環境部邀請專家學者組成審議會進行審查，以免不當核發額度影響我國淨零目標。林木生長可固碳本就有助於國家增加碳匯，若要以增加的碳匯取得減量額度則必須是人為經營的造林增匯活動，證明是經過努力以符合自願減量機制的外加性要求。

https://enews.moenv.gov.tw/Page/3B3C62C78849F32F/0201fe31-72cb-4ee0-bbab-b04c3e718f7b

金管會發布「金融機構防漂綠參考指引」，提醒金融業注意避免可能涉及的「漂綠」行為

- 為維持大眾的信心及提醒金融機構注意避免可能涉及的「漂綠」行為，金管會於今日（113年5月30日）發布「金融機構防漂綠參考指引」，並於該指引中提供相關例示，協助金融機構自我檢視，期能防患於未然。
- 該指引所稱「漂綠」，指金融機構在永續相關的聲明、行動或陳述中，

➢ 提供無法讓人清楚理解或過於誇大的訊息，

➢ 或僅選擇性揭露正面影響

➢ 缺乏證據支持其永續特徵的訊息，

進而誤導金融消費者、投資人或其他市場參與者的判斷。

https://www.fsc.gov.tw/ch/home.jsp?id=96&parentpath=0,2&mcustomize=news_view.jsp&dataserno=202405300001&dtable=News

提醒金融機構本身或提供的金融商品及服務應符合金融相關法令，如對外做出「永續」或「綠色」相關聲明（含文宣、廣告或任何形式的聲明）時，宜注意聲明的正確性、完整性、可比較性及符合下列原則：

1. 聲明宜真實正確且有證據支持，並定期審視其正確性：包括聲明宜具真實與正確性，在提出時就有充分、具相關性且屬公開可驗證的證據支持，並定期審查和更新。
2. 聲明宜直接，並易於理解：包括陳述方式宜直接且易於理解，避免使用難以理解的術語及模糊或籠統的語言，並確保視覺元素與聲明一致。
3. 聲明內容宜完整，不遺漏或隱藏重要訊息：包括聲明宜是綜整所有永續特徵相關內容，不宜僅象徵性揭露或選擇性揭露，且若聲明只在某些條件下適用，宜清楚說明限制，同時不宜僅以碳抵換方式宣稱具永續特徵。
4. 聲明涉及比較時，宜公平且具可比性：包括比較的基礎宜公平，並敘明比較方法；如業者或其商品及服務僅是符合法令最低標準，在比較時就不宜讓消費者認為其永續特徵優於同業。金融機構並宜適時監控行銷活動，避免出現與實際不符的情況。
5. 聲明宜確保符合永續相關規範：包括確保永續金融商品資訊揭露及投資決策過程符合永續規範；若金融商品只有在特定時間段具永續特徵，業者宜清楚說明；若金融業使用外部永續發展相關數據、分析及評級，則宜先進行盡職調查。

https://www.fsc.gov.tw/ch/home.jsp?id=96&parentpath=0,2&mcustomize=news_view.jsp&dataserno=202405300001&dtable=News

防碳交易「漂綠」環保署2招把關

2023-05-25 05:24 聯合報／記者胡瑞玲／台北報導

氣候變遷法上路，除將推動收取碳費，也鼓勵事業提出自願減量專案申請取得減量額度，取得後可移轉、交易或拍賣給有需求者，以提高減量成本有效性。但外界質疑碳交易恐有「漂綠」疑慮，環保署昨說，會有兩策略把關，其中對於碳權的審核要符合「三＋五」原則，環保署也呼籲事業應優先建立溫室氣體排放量盤查，碳權抵減為最後手段且需慎選採用。

環保署表示，為防止「漂綠」，環保署針對碳交易採取二大措施

- 首先是對於碳權的審核需符合可量測、可驗證、可報告等三原則，確保實質減量
- 同時要具備外加性、保守性、永久性、避免產生危害及重複計算等五原則，避免碳權被拿來抵減時，減損到原來相關管制規定預定達成的減量成效。

https://udn.com/news/story/7238/7188778

臺灣自願性減量框架

專案申請
- 企業、政府及私人
- 專案撰寫方
- 專案驗證方
- 專案審議方
- 專案邊界
- 專案成本

環境部氣候變遷署
Climate Change Administration
Ministry of Environment

額度申請、審議與管理

國內減量額度

減量額度
供給方

國際碳權

TAIWAN CARBON SOLUTION EXCHANGE
臺灣碳權交易所

減量額度交易平台

減量額度
需求方

交易平台規範
- 交易資格
- 交易定價
- 交易機制
- 交易規費
- 額度管理
- 碳權品質

氣候變遷因應法第26條
- 增量抵換
- 抵減碳費
- 扣除排碳差額
- 扣除超額量
- 其他認可用途

臺灣自願性減量專案展望

供給方展望

- 擴大供給意願
- 減輕供給成本
- 降低供給技術障礙
- 建構標準規範
- 審議機制

專案申請

- 企業、政府及私人
- 專案撰寫方
- 專案驗證方
- 專案審議方
- 專案邊界
- 專案成本
- 擴大供給意願

平台方

- 交易資訊透明
- 碳權品質訂定
- 簡易有效交易

交易平台規範

- 交易資格
- 交易定價
- 交易機制
- 交易規費
- 額度管理
- 碳權品質

氣候變遷因應法第26條

- 增量抵換
- 抵減碳費
- 扣除排碳差額
- 扣除超額量
- 其他認可用途

需求方展望

- 減碳作為為先
- 避免重覆計算
- 注意碳權品質
- 提高願付價格
- 合作開發碳匯
- 建構商業模式

森林碳權專案成本與收益

- 專案開發和設置成本（可行性工作、專案設計文件等..）
- 實施成本
- 市場交易成本（發行、經紀等..）。
- 土地成本
- 經營管理成本

- 碳權收益
  (平均每公頃約10噸CO_2e；每噸以300元(10美金)計；約3,000元/年/公頃)
- 林木收益(林木銷售收入或其他收入)
- 其他收益

企業只負責出資購買碳權
若碳權收入不足以支應經營成本及利潤，降低碳權專案計畫誘因
因此應有林業正常經營運作機制，碳權創造額外10-20%收益

Covell, Phil. *Business Guidance: Forest Carbon Marketing and Finance.* In Building Forest Carbon Projects, Johannes Ebeling and Jacob Olander (eds.). Washington, DC: Forest Trends, 2011.

台灣森林碳權專案面臨哪些困境？

已有方法學：造林與植林碳匯專案活動（AR-AMS0001）

困境

一、森林碳權專案土地需求大，台灣私有林多屬小規模林主，不易整合

二、森林碳權專案執行技術門檻高，須仰賴專業執行團隊

三、林地經營收益低，碳權收入難以支撐整體經營成本

對策

一、組建經營團隊整合林主

二、開拓林地收益

三、利益共享機制

土銀搶頭香投入碳權市場 可選擇自用或到碳交所交易

- 金融業跑第一，土地銀行搶先投入碳權市場，提出新版碳權專案（自願減量專案）獲環境部核准，腳步比科技業還要快，成為《氣候變遷因應法》修法後，全國首例通過的碳權專案。
- 環境部推動新版碳權專案，鼓勵排放源執行減碳，核發經認可的減量額度（俗稱碳權）。也就是說，未來土銀執行碳權專案後，可取得碳權，可選擇自用或是拿到臺灣碳交所交易，成為碳權的供給方。
- 土銀通過的「土地銀行南港分行高效率冰水主機計畫」，預估十年減少110公噸碳排，數量雖不多，但卻是環境部推動自願減量專案的重大里程碑。

產業界首案自願減量專案

項目	內容
申請單位	土地銀行
專案執行	土地銀行南港分行
計畫名稱	土地銀行南港分行高效率冰水主機計畫
申請類別	減少或避免排放類型（固定型）
計入時間	十年
預估移除量	110公噸二氧化碳當量

資料來源：環境部、土地銀行　　邱琮皓／製表

https://money.udn.com/money/amp/story/12926/7989905

微型規模自願減量專案計畫書

專案編號	C	-	00010

一、基本資料

公司/單位名稱	臺灣土地銀行股份有限公司		
計畫名稱	土地銀行南港分行高效率冰水主機計畫		
計畫書版本	第3版	製作日期	113年5月30日
減量編號/名稱 (中英文)	AMS.II.C 需求端利用特定技術的能源效率活動 (Demand-side energy efficiency activities for specific technologies)		
減量方法版本	第15版	範疇別	B-3能源需求業類別
專案總減量	110 噸二氧化碳當量(tCO_2e)		

二、專案活動描述

申請類別	□移除類型 □ 新申請：□ 固定型（30年）；□ 展延型（20年） □ 展 延：□ 第一次（10年）；□ 第二次（10年） ■減少或避免排放類型 ■ 新申請：■ 固定型（10年）；□ 展延型（ 5年） □ 展 延：□ 第一次（ 5年）；□ 第二次（ 5年）
專案計入期	113 年 4 月 30 日～123 年 4 月 29 日
專案類型	□再生能源類型：總裝置容量_____瓩 ■節能類型：每年總節電量_28,148.17_度 □減碳類型：溫室氣體每年排放量總減量____噸二氧化碳當量
參與機構 (實際減量單位)	參與機構名稱：臺灣土地銀行股份有限公司 參與機構性質：專案執行者與投資者 角色說明：本專案汰換之冰水主機全權由土地銀行出資且負責維運，並未申請任何政府補助 分配比例：100%
執行費用	■設置成本 2,667,000 元；□能源或燃料成本_____元； □政府補助_____元；□維運成本(含人力)_____元 □其他_____元
執行地點	【臺灣土地銀行南港分行】 ● 地址:臺北市南港區南港路一段364號 ● 座標: X:311184.7615, Y:2771957.5324

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

AR-TMS0001

小規模減量方法

造林與植林碳匯專案活動

版本 01.0

範疇別： 11 林業

https://carbonoffset.moenv.gov.tw/VoluntaryReductionView/MethodQuery

水利署首推全國第一宗森林碳匯專案 預計可得1,008公噸碳匯

三星傳媒/2022.12.09 18:58

- 環保署公告森林碳匯計算方法學後，水利署第四河川局搶先申請註冊全國第一宗造林與植林碳匯專案「東埔蚋溪綠美化場地(2022) 造林與植林碳匯專案」。
- 第四河川局在位於南投縣竹山鎮轄管之「東埔蚋溪木屐寮滯洪生態園區」推出「東埔蚋溪綠美化場地(2022) 造林與植林碳匯專案」，利用2.3公頃面積種樹造林，所需原生種苗木皆由行政院農業委員會林務局南投林區管理處無償提供，包括楓香樹、相思樹、樟樹、光蠟樹計5500株。
- 向環保署申請碳匯額度註冊需先經過基線盤點、專案計畫書撰寫、第三方確證等程序；本專案已完成了第三方確證，並已於11月向環保署提送註冊，通過後將成為國內第一個通過造林與植林所取得的碳匯專案，預計可得到1,008公噸二氧化碳當量之碳匯。

https://n.yam.com/Article/20221209843176

東埔蚋溪綠美化場地植樹計畫(2022)自願減量專案

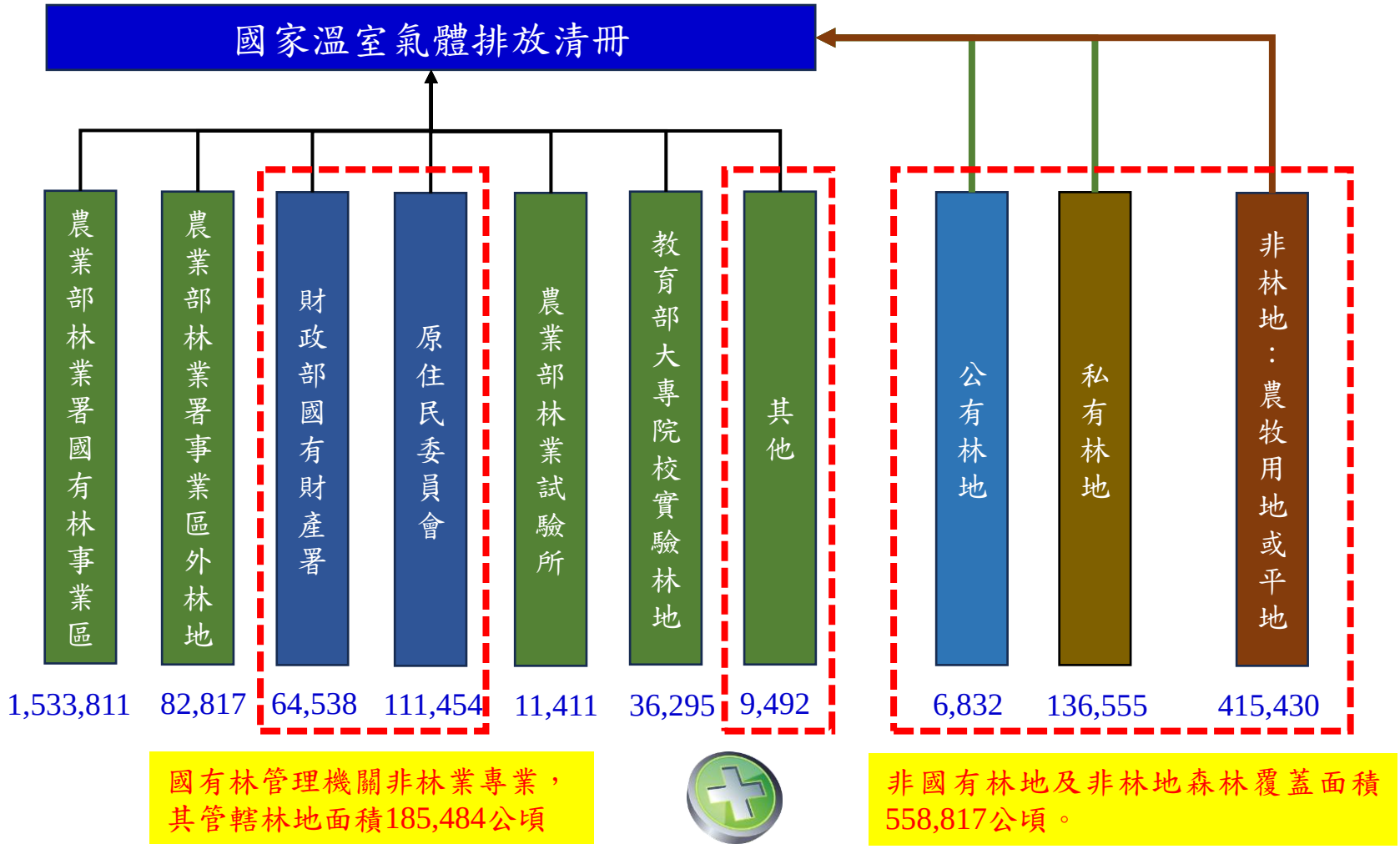
- 環境部同場審查會議上也決議通過經濟部水利署所提的「東埔蚋溪綠美化場地植樹計畫(2022)自願減量專案」註冊申請，成為公部門首案。
- 經濟部此案將採用「造林與植林碳匯專案活動」，申請類別為「移除類型」固定型，執行地點為南投縣竹山鎮濁水溪支流東埔蚋溪綠美化場地，面積計2.25公頃，種植光蠟樹、相思樹、楓香樹與樟樹總計5,500株，以移除大氣中的溫室氣體，計入期為30年，預估溫室氣體總移除量605公噸二氧化碳當量。

https://money.udn.com/money/amp/story/12926/7989905

政府部門推動林業自願減量專案作為

- 符合國際高品質碳匯要求應納入共效益評估
- 優先推動非國有林及非林地土地，媒合企業參與專案機制
- 提供撰寫專案文件所需專業規範及指南
  - 土地合格性規範
  - 範疇認定：間隔多久可做為再造林專案範疇認定
  - 適用條件：不同整地方式土壤擾定率研究，確認整地方式對土壤擾動影響
  - 基線排放：對於基線現存生物量處理調查及計算規範
  - 專案情境：不同樹種於不同區域生長估算參考基準，協助專案情境分析
  - 監測計畫：訂定森林碳匯監測指引手冊，協助參與方落實監測計畫
  - 成本效益：提供專案成本效益評估指引，協助參與方掌握財務分析

林地維持林地不同土地權屬可供林業自願減量專案面積



碳權取得管道	1.是否適用國內企業? 2.若適用是否能直接與國內企業做抵減	適用範疇			
		國內碳費	CBAM	美國CCA	SBTi
國內碳權(碳抵換)	適用*	適用	不適用	不適用	不適用
國際碳權(VCS,GD…)	部分適用**	不適用	不適用	不適用	部分適用
ISO 14064-1 Category 1 土地使用、土地使用變更及林業（LULUCF）之直接排放與移除	條件適用***	條件適用	條件適用	條件適用	條件適用
ISO 14064-2	適用****	適用	條件適用	條件適用	部分適用

*：僅國內碳費適用

- 碳權有三種：減少排放、避免排放及實質移除等三種，減少排放、避免排放類型的碳權可作為企業碳中和使用，但不是用於淨零排放抵減。
- 國內碳權(碳抵換)目前通過的所有抵換額度，均屬於減少排放類型的碳權，可抵國內碳費及企業碳中和使用；但均不適用於CBAM、美國CCA及SBTi。

碳權取得管道	1.是否適用國內企業? 2.若適用是否能直接與國內企業做抵減	適用範疇			
		國內碳費	CBAM	美國CCA	SBTi
國內碳權(碳抵換)	適用*	適用	不適用	不適用	不適用
國際碳權(VCS,GD…)	部分適用**	不適用	不適用	不適用	部分適用
ISO 14064-1 Category 1 土地使用、土地使用變更及林業（LULUCF）之直接排放與移除	條件適用***	條件適用	條件適用	條件適用	條件適用
ISO 14064-2	適用****	適用	條件適用	條件適用	部分適用

**：國內碳費不適用，SBTi則須購買實質移除類型的碳權，方可適用於抵減10%排放量

- 國際碳權亦如上述的三種類型，均可適用於國內碳費抵減。但只要是自願市場的碳權，均不適用CBAM及美國CCA。至於SBTi則規定僅有10%的排放量可以購買移除碳權來抵減。

碳權取得管道	1.是否適用國內企業? 2.若適用是否能直接與國內企業做抵減	適用範疇			
		國內碳費	CBAM	美國CCA	SBTi
國內碳權(碳抵換)	適用*	適用	不適用	不適用	不適用
國際碳權(VCS,GD…)	部分適用**	不適用	不適用	不適用	部分適用
ISO 14064-1 Category 1 土地使用、土地使用變更及林業（LULUCF）之直接排放與移除	條件適用***	條件適用	條件適用	條件適用	條件適用
ISO 14064-2	適用****	適用	條件適用	條件適用	部分適用

***：若企業非為土地管理單位均不適用

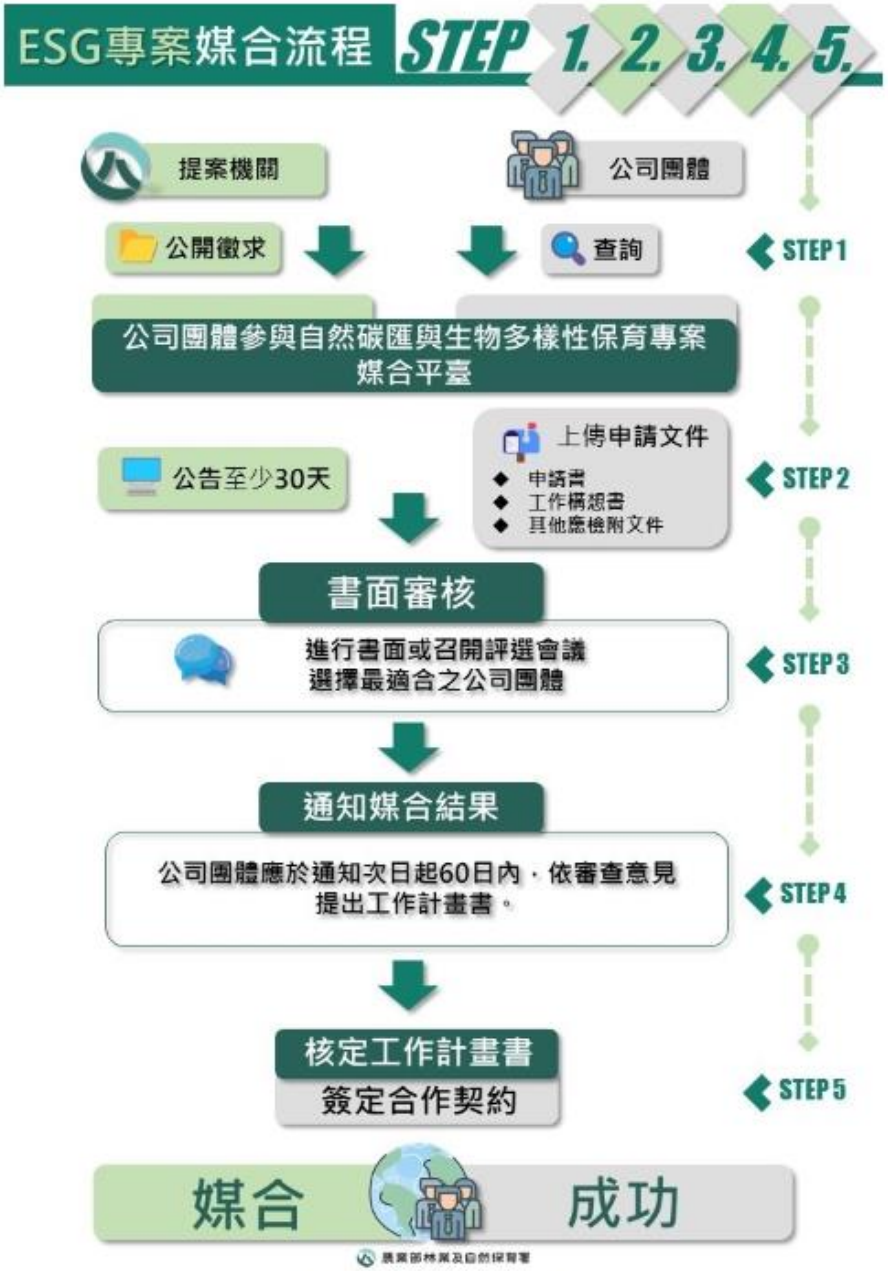
***：若企業為土地管理單位

- 可適用ISO 14064-1的方式來抵減排放。
- 至於CBAM及美國CCA著重於產品碳足跡的評斷，若企業範疇一減量可以證明有效降低產品碳足跡時即可適用。
- SBTi適用ISO 14064-1 抵減10%排放量

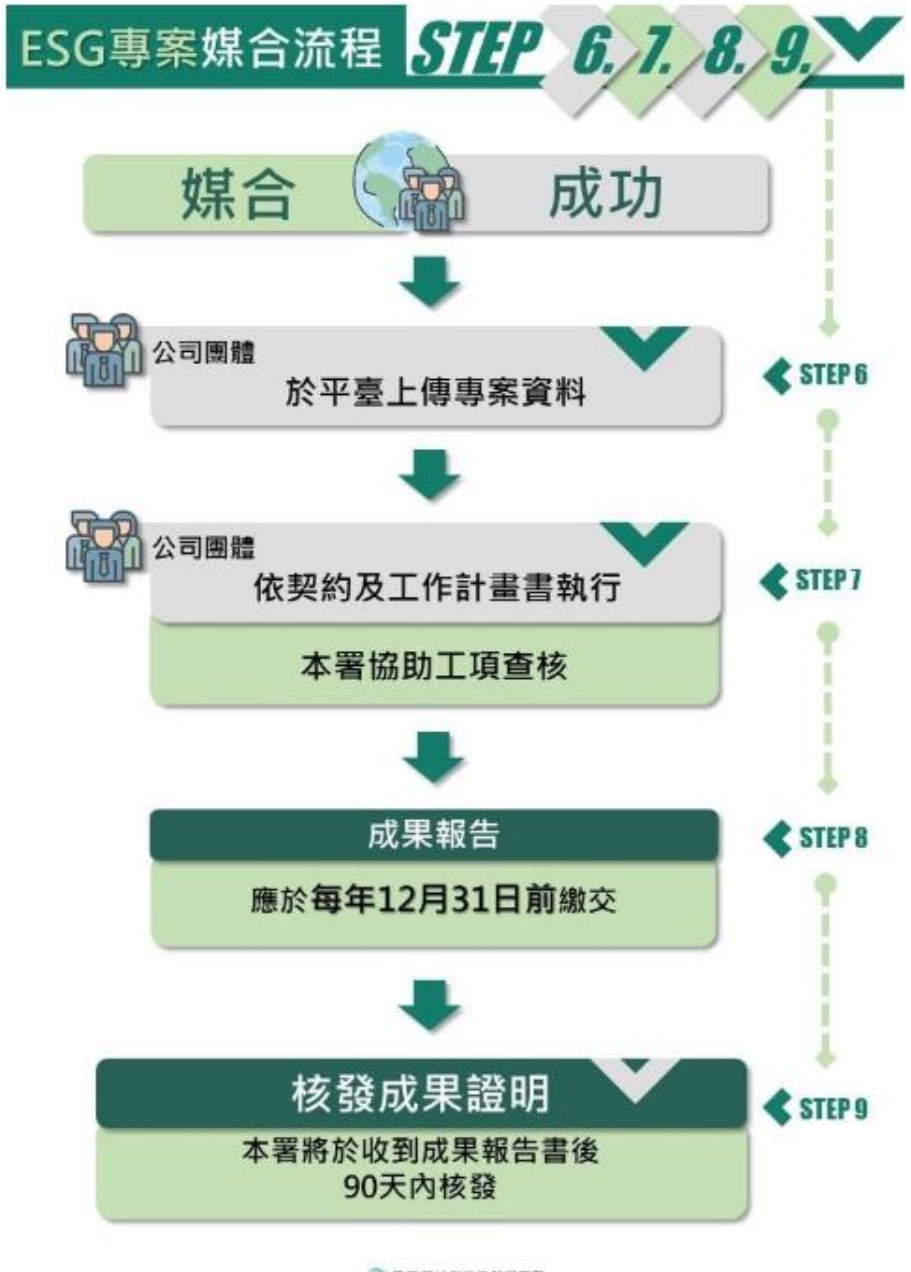
碳權取得管道	1.是否適用國內企業? 2.若適用是否能直接與國內企業做抵減	適用範疇			
		國內碳費	CBAM	美國CCA	SBTi
國內碳權(碳抵換)	適用*	適用	不適用	不適用	不適用
國際碳權(VCS,GD…)	部分適用**	不適用	不適用	不適用	部分適用
ISO 14064-1 Category 1 土地使用、土地使用變更及林業（LULUCF）之直接排放與移除	條件適用***	條件適用	條件適用	條件適用	條件適用
ISO 14064-2	適用****	適用	條件適用	條件適用	部分適用

****：國內碳費適用；CBAM及美國CCA則視所投資實質移除類型碳權，是否能降低產品碳足跡而定；SBTi則須購買實質移除類型的碳權，方可適用於抵減10%排放量

- 企業投資減量計畫經14064-2驗證後，可以抵本身排放，就跟購買碳權一樣效力，關鍵仍在於投資哪種類型的碳權。如果投資減少排放、避免排放類型的碳權仍僅可抵國內碳費。
- 至於CBAM及美國CCA著重於產品碳足跡的評斷，若企業投資實質移除類型的計畫所獲得的碳權，可以證明有效降低產品碳足跡時即可適用。
- 若屬於投資實質移除類型的計畫所獲得的碳權，可以抵減企業碳排放，亦可滿足抵減SBTi規定的10%排放量。



▲ESG專案媒合流程步驟1~5



▲ESG專案媒合流程步驟6~9

https://esg.forest.gov.tw/ForestESG/CompanyMatch

森林自願減量計畫成功要素

經營技術
栽植技術
經營管理技術
監測技術

永續性
產品終端處理
可擴展性
永續可行性



經營團隊
團隊組成成員
團隊經營經驗
團隊經營決心

產品收益
產出主副產品種類
主副產品收益
碳信用銷售收益比例
生態服務共效益

資源：土地與森林
擁有的土地面積大小
目前森林狀態
未來生長潛勢

資金
資金自有比例
經營周轉資金
資金成本

碳匯服務平台(Carbon Sink Service Platform, CSSP)

森林碳匯導入企業碳盤查服務平台發展負碳產業

國內碳權專案困境

- 森林碳權專案土地需求大，台灣私有林多屬小規模林主，不易整合
- 森林碳權專案執行技術門檻高，須仰賴專業執行團隊
- 林地經營收益低，碳權收入難以支撐整體經營成本



林地經營產生林地收益





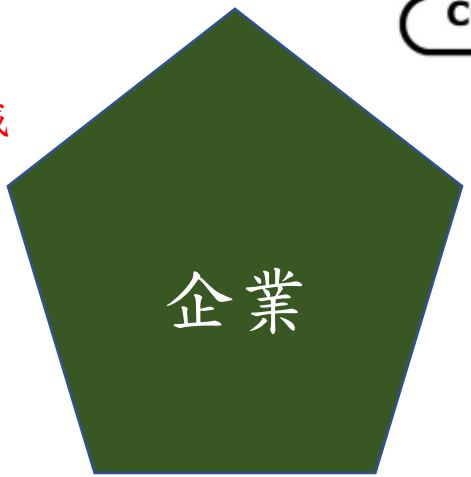




土地經營管理企業
ISO14064-1範疇一抵減

ISO14064-2減量計畫







碳匯服務平台

- ❑ 媒合企業與林農訂定碳匯供應契約
- ❑ 執行碳匯量測與報告 (MR)
- ❑ 協助企業代管林地
- ❑ 協助碳移除盤查驗證 (V)
- ❑ 整合林農擴大規模降低成本
- ❑ 協助林地經營產生收益

都市樹木碳匯調查與應用願景

- 建構完整碳匯調查技術，建立都市森林碳匯調查典範
- 完善調查工具結合志工發展公民科學，建立長期健檢及生長監測機制
- 建立都市樹木碳匯應用機制，充分運用森林碳匯效益





～謝謝聆聽～敬請指教～

