

112 年度氣候變遷創意實作競賽

決賽作品說明書

隊伍編號	16 (註：由執行單位統一填寫)
隊伍名稱	牛魚之千秋
作品中文名稱	HWP 都市森林---固碳量計算平台
作品英文名稱	HWP Urban Forest

參賽學校：國立台灣大學

指導老師：邱祈榮 教授

團隊成員：許庭瑜、程訓謙、曾雲靖

目錄

一、作品摘要	- 3 -
二、設計構想及運作說明	- 3 -
(一) 平台理念	- 3 -
(二) 平台運作	- 4 -
三、作品材料說明	- 10 -
四、創作特點與創意說明	- 14 -
五、作品應用範圍及發展潛能	- 15 -
(一) 商業模型	- 15 -
(二) 未來展望	- 15 -
六、工作分配	- 16 -
七、特別感謝	- 16 -
八、參考資料	- 17 -

一、作品摘要

透過建立 HWP 都市森林平台，其中包含了學校、家庭、生活、商業四個層面，達成(1)「推廣木材產品之固碳效益」(2)「木製產品之固碳量估算」(3)「有效延長木製產品之使用生命週期」三項目標，將人們的生活圈改造成一座都市森林。

By establishing the HWP Urban Forest Platform, we pursue to integrate four aspects: school, home, life, and business, as one. We aim to achieve three goals: () promoting the carbon sequestration benefits of harvested wood products (HWPs), () creating a system that is easy to estimate the carbon sequestration amount of HWPs, and () effectively extend the service life of wood products. Through these efforts, we hope to transform people's daily living environment into an urban forest.

二、設計構想及運作說明

(一) 平台理念

近年來，「碳中和」、「淨零碳排」等議題逐漸被大家所重視，而在這之中「自然碳匯」是一大關鍵，也是台灣目前關於淨零排放路徑中一項重要的策略，而目前在自然碳匯中，利用森林吸收來計算產生碳匯是最具可行性、也是已運行多年的有效方法。但事實上，樹木所固定的碳並非恆久存在，當樹木枯死後，這些原本被樹木所固定的碳最終仍會釋放回大氣之中。

樹木伐採過後，其木材會被製成各式各樣的木製產品，是現今社會中重要的需求，而樹木在進行光合作用的過程中，從大氣中所吸收的二氧化碳，則會隨著砍伐下來的木材固定於木製產品中，此為所謂的「固碳」過程。

木製產品中所固定的碳含量，在森林碳匯的固碳形式中，則會形成收穫林產品(Harvested Wood Product, HWP)，此種固碳形式相較於燃燒木材，可以延緩碳再次排放回大氣當中的週期。而當這些木製產品或家具經年使用後形成損壞或不美觀時，若無適當的途徑將這些木製產品再利用或回收，便會使得這些木製產品最終遭致被焚燒、掩埋的結局，形成分解中林產品(HWP in Disposal)，如此一來，長久固定於木製產品的碳則會隨之再次排放回到大氣之中。

因此，除了規劃森林的種植與經營之外，如何有效延長木材的使用週期以及提升人們對於木製產品的利用效率也至關重要。以此想法為核心，我們決定以收穫林產品(Harvested Wood Product, HWP)的角度切入發想，並結合森林系上所學的專業，期望透過此平台的建立與後續運作，讓更多人了解木製產品所帶來的效益，並且活用在生活的各處，使木製產品成為學校、家庭和商業空間內隨處可見的物品，就如同將我們的生活圈改造成一座小小的都市森林，這就是HWP都市森林平台所希望帶來的理念與目標。

透過建立木製產品的碳量計算方法及資料庫，一方面可使大眾了解這些產

品實際的固碳能力，另一方面則是期望能以推廣關於木製品的替代效益，相較於其他在製造過程較耗費能源的資材（鋼鐵、水泥等），木製產品擁有較低的碳足跡，因此利用木材部分或全部取代非木製產品，可以減少能源的消耗和碳排放量。另外，我們在平台中也引入了「循環經濟」的概念，網站上提供有關木製品修復、再製造的相關資訊，期望木製品可透過修復再生，進入下一週期的生產循環中，藉此延長木製材料的生命週期，同時也減少了資源的消耗。

(二) 平台運作

1. 平台運行起步

我們考量以下三個切入點，目標為提升收穫林產品(HWP)的使用效率，除了期望延長固碳週期外，同時避免固定於木製產品中的二氧化碳再次分解快速排放回到大氣之中，造成全球暖化及溫室效應之加劇。

(1) 推廣木材產品之固碳效益：我們預期透過深入家庭、校園、商業等三大生活中的重點空間，宣揚並推廣木製產品的固碳效益，改變大眾對於木製產品的看法。

(2) 木製產品之固碳量估算：HWP 都市森林平台欲建立一固碳量計算工具，使零碳校園規劃者、一般民眾、以及企業皆可透過本平台簡意、快速計算木製產品之固碳量，作為其淨零碳排的發展路線。

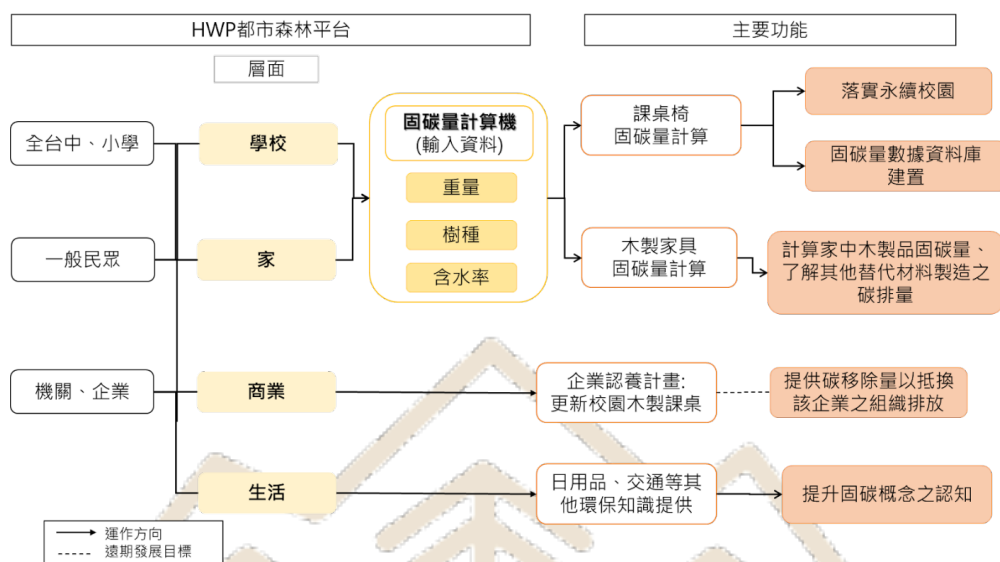
(3) 可有效延長木製產品之使用生命週期：待上述切入點(1)、(2)發展健全後，我們展望未來，透過媒合之模式，使欲回收老舊木產品的上游端與可再利用木材之下游端對接，並進一步使原本將被丟棄的木製產品擁有再利用的機會，藉以達到延長木製品生命週期的目標。

為使以上切入點可行性增加，我們將從全台中、小學校園中的木製課桌椅做為發展的起點。因國中、小木製課桌椅具有尺寸差異不大、規格統一且數量龐大的優點，因此可透過盤點校園中之課桌椅數量，並進行重量以及含水率的量測，再以以上數據進行固碳量之計算，如此便可在校園中推廣木製產品之優點與固碳效益。中、小學之木製課桌椅根據狀態、品質的不同，使用年限約為 5~15 年，針對所需要汰換之損壞課桌椅，我們期望能建立一個可以適當修繕、且功能性明確的回收管道，透過將老舊的課桌椅修復、再利用，便可延長木材產品之使用週期，達成循環經濟之效益，也可以藉次計算這些課桌椅延緩排放的固碳量。

此外，我們也計畫設計一「企業認養校園木製課桌椅」的提案，說服企業提供資金協助全台國中、小汰換不堪使用之木製課桌椅、或將其餘材質之課桌椅更換為木製形式。並且使用我們平台所計算得出的固碳量數據，提供給企業做為組織碳排放量之抵換額度，以吸引企業執行該計畫。

藉由上述想法，我們期望將平台發展為一個全台各級中、小學校園可

廣泛使用的平台，透過在網站上計算校園課桌椅固碳量，並建立資料庫，如此一來，HWP 都市森林平台便可作為全台校園固碳量的資訊集散地，因而更進一步吸引一般民眾與企業團體共同投入固碳的行列之中。



作為四大主要層次之一，校園在都市森林架構中顯然佔據了十分重要的角色。首先根據臺北市於 2022 年三讀通過之臺北市淨零排放管理自治條例第二條第六點：「臺北市府教育局：推動低碳校園、校園樹木碳匯量化、校園課桌椅汰換成固碳材料、校園淨零排放環境教育、學校雨水貯蓄、校園源頭減廢及廚餘減量回收再利用等相關事項。」校園內對學童們不可或缺的課桌椅轉瞬成為邁向低碳校園的必經之路，如何再將課桌椅汰換為固碳材料，並且在此過程中獲得最大效益，則需一套有效且可行的方法與流程。

除了協助已擁有木製課桌椅之學校可進行固碳量調查外，我們亦期望透過企業提案，協助其餘學校將課桌椅更換為可固碳之木材質。

念，其一方面可透過認養校園課桌椅實現企業責任、提升大眾觀感，另一方面，企業亦可將此碳移除活動列入該年度的 ESG 報告之中，作為其環境保護面向之成果。

校園作為教育下一代之場所，是我們在 HWP 都市森林架構中最為重視的一環。因此我們從可行性較高、執行難度較低的課桌椅固碳量測量入手，並進一步建立固碳量計算平台，以其資料庫的完善；最後，則展望企業認養制度的推行，使校園邁向低碳之路更加順暢，建立與企業合作的雙贏局面。

4. 都市森林的家庭層面

在家庭方面，我們期望將都市森林的概念融入到每個家中，透過平台的計算功能，可以幫助民眾計算家中木製家具的碳儲存含量，除了原木以外，我們也將合板、粒片板等不同類型的木製產品納入計算考量，我們也整理了各種其他建材在製造時會產生的碳排放參數，並與木材進行比較。希望透過平台向民眾推廣，從木製家具乃至木製裝潢、木構造建築的使用，可以帶來的固碳量以及替代效益；另一方面，我們也整理了木材上下游的資訊，供民眾在購買、回收木製產品時的參考。最終希望能有效提升木製產品在家庭中的比例，達成我們都市森林的願景。

5. 都市森林的商業層面

商業方面，我們不僅將視野鎖定在大型企業行號之中，亦期望透過中小企業、甚或一般商店的固碳量概念發展，使碳盤查、碳移除的實施由下而上、由小至大推行。比起大型企業的制式辦公桌椅形式，在小型商號之中更常見到木製裝潢與櫥櫃、桌椅等木製品，因此若我們逐一協助商家、中小企業進行固碳量調查並建立資料庫，便可積少成多、聚沙成塔，不僅可以更加廣泛推廣 HWP 的固碳效能與延長使用的觀念，更可以督促大型企業積極發展減碳、增匯之路線圖，落實企業社會責任。

6. 平台介面及說明

- **平台首頁**:以清晰、易操作之概念為設計發想，使用者可在首頁即快速選取所想使用之功能，網站首頁介面則分為(1)都市森林之架構、(2)固碳量計算機、以及(3)木材回收資訊等三大功能。

平台介面如下圖所示：



(1) **森林架構**: 使用者可點選進入森林架構之主頁，選取相應之功能。

學校⇒木製課桌椅計算機功能、木製課桌椅固碳量資料庫

企業⇒企業認養木製課桌椅提案

家庭⇒木製家具固碳量計算機

生活⇒日用品、交通之碳足跡之其他環保知識彙整



(2) **計算機**

下圖為平台的計算機介面。我們的固碳量計算機分為木製課桌椅用、實木家具計算、以及非實木之木質裝潢（合板、OSB、粒片板等）用。

- 1) 木製課桌椅計算機: 各校透過分別輸入桌子、椅子相應尺寸的數量，以及重量、樹種，即可以平台的計算機功能得出該校木製課桌椅總固碳量。

- 2) 實木家具用：透過民眾輸入樹種、重量、以及含水率，即可得出實木家具的固碳量。
- 3) 非實木之木質裝潢用：透過民眾輸入樹種、重量、加工方式(提供圖片選項：如粒片板、OSB、合板等)即可得出家中木質裝潢的固碳量。

HWP | 都市森林 森林架構 計算機 木材回收資訊 聯絡我們

聯絡我們:
HWPUrbanforest@gmail.com

固碳量計算機

輸入樹種、重量
及含水率

前往計算

課桌椅重量
0 Kg

選擇樹種
橡膠木

含水率
0 %

固碳量計算結果
0.00 Kg-CO₂e

Built with CALCONIC - Calculator Builder | Sign up for free!

© 2021 by TACF

f t y

URBAN FOREST

- 加工方式使用參數說明:考量到一般的木製家具並非皆使用原木進行加工，會由有許多不同的木製加工材料製成，而這些木製加工材料在製造過程中會有不同的碳排放量，因此我們在木製家具用的計算機功能中，會讓民眾選擇其木製家具的加工方式(提供圖片以利選擇)，並利用以下各種木質材料之碳足跡數據(王松永，2014)，進行參數的預設，期望能使估算出的固碳量更接近真實數據。

產品種類		密度 kg/m³	生產過程排放 CO ₂ 量 kg - - CO ₂ /m³	產品固定 CO ₂ 量 kg - - CO ₂ /m³	產品碳足跡 kg - - CO ₂ /m³
原木 ⁽¹⁾		450	66.9	825.8	- - 758.9
製材	天乾 ⁽¹⁾	450	129.9	825.8	- - 695.9
	人乾 ⁽¹⁾	450	164.8	825.8	- - 661.0
	人乾 ⁽¹⁾	800	357.0	146.80	- - 1,111.0
防腐製材 ⁽¹⁾		450	166.6	825.8	- - 659.2
合板 ⁽²⁾		550	169.5	908.3	- - 738.8
單板層積材 ⁽²⁾					
化粧單板 ⁽²⁾		550	187.6	908.3	- - 720.7
貼面合板					
集成材 (冷壓) ⁽²⁾		550	164.8	908.3	- - 743.5
集成材 (熱壓) ⁽²⁾		550	366.8	908.3	- - 541.5
防腐集成材 (冷壓) ⁽²⁾		550	166.6	908.3	- - 741.7
粒片板 ⁽³⁾		650	805.4	1192.8	- - 387.4
OSB ⁽³⁾		650	214.3	1192.8	- - 978.5
木製品 ⁽¹⁾		650	247.1	1192.8	- - 945.7
複合木質地板 ⁽¹⁾		650	426.0	1192.8	- - 766.8
木製家具 ⁽¹⁾		650	455.3	1192.8	- - 737.5
鋼材		7600	19,524.4	0	19,524.4
鋁		2530	80,740.0	0	80,740.0
混凝土		2400	440.4	0	440.4
鋼筋混凝土			667.9	0	667.9

● 各種木質材料之碳足跡(王松永，2014)

(3)木材回收資訊

目前我們在該頁面提供現有回收、清運廢棄木材之廠商的資訊，民眾可在此頁面取得已彙整之回收管道。未來期望可與回收木材之廠商進行媒合，完善木產品上下游的資訊，協助木產品的持有者藉由此平台，媒合修

復、回收再生等業者，使這些木質材料能夠再次被循環利用，增加循環經濟的效益及提高大眾使用木材產品之意願。



三、作品材料說明

(一)木製課桌椅調查方法建立-以龍門國中為示範場域



1. 調查流程圖

(1)類別界定

a. 將學校內課桌椅的類型進行分類

(確認是否能取得學校物品清冊、財產單)

圓柱顏色	桌子型號	桌高	椅子型號	坐高	適高範圍	極限延伸	適用年級
乳黃	#110	49.2	#110	28.7	106 ~ 113	103 ~ 118	已停產
土黃	#115	51.4			118 ~ 118	108 ~ 123	
茶	#120	53.5	#120		116 ~ 123	113 ~ 128	
淡藍	#125	57.8	#125	33.0	121 ~ 133	118 ~ 138	低年級
藍	#130	60.0			126 ~ 138	123 ~ 143	
深藍	#135	62.1	#135		131 ~ 143	128 ~ 148	
紅	#140	64.3	#140	36.5	136 ~ 148	133 ~ 153	中年級
橙	#145	66.4			141 ~ 153	138 ~ 158	
黃	#150	68.6	#150		146 ~ 158	143 ~ 163	
翠綠	#155	70.7	#155	39.9	151 ~ 163	148 ~ 168	高年級
綠	#160	72.9			156 ~ 168	153 ~ 173	
墨綠	#165	75.0	#165		161 ~ 173	158 ~ 178	
暗紅	#170	77.1	#170	43.4	166 ~ 178	163 ~ 183	國中
白	#175	79.3			171 ~ 183	168 ~ 188	
黑	#180	81.4	#180		176 ~ 188	173 ~ 193	

※ 110/08/01 合青修訂版

(2)設施普查

b. 統計各種類別數量

(3)選定抽樣方法

(4)量測記錄

- c. 樹種
- d. 含水率
- e. 重量

(5)數據統計

(6)固碳量計算

2. 調查範圍

→ 龍門國中校舍內之木製課桌椅(木製品)

3. 樣區設計與取樣方法

→ 樣區規劃

以校舍內之教室做為樣區，因前階段實施普查，因此將由教室內隨機選取課桌椅作為量測樣本。

→ 取樣方法

首先排除外觀明顯損壞之不適樣本，再以普查後之各組樣本數的10%作為量測樣本，採取隨機抽樣方式，統計測量結果，目標以變異係數<10%作為精準性檢定標準。

4. 調查方法

課桌椅尺寸確認(類別界定)⇒進行樹種確認⇒過磅⇒含水率測定⇒紀錄至調查表格

5. 數據分析

➤ 使用統計量

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

標準差

變異係數

$$\frac{\text{樣本標準差}}{\text{樣本平均數}} \times 100\%$$

有限母體信賴區間估計

$$\left(\bar{X} - z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}, \bar{X} + z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right)$$

分析方法

將各分類的木製產品抽樣所得到的重量、含水率數據分別進行統計分析，首先利用抽樣的變異係數來確認本調查測量的精確度

(precision)，應小於 10%。接著透過我們在各類別中的總數、抽樣數以及樣本變異數來推估該分類木製產品平均重量、含水率的信賴區間，以確認我們抽樣所得到的結果是否能夠代表整體的結果，以及量化抽樣所帶來的誤差。

(二)調查結果與分析

● 實地量測數據

我們在龍門國中選取木製課桌、椅各五十張進行重量、含水率的量測，並依照不同桌椅高度型號進行分類紀錄。結果發現，在重量方面，不同高度類型的桌子重量的差異性不大，而椅子的重量差異相對來說較為明顯；在含水率方面，所測出的含水率數值並不穩定，分布在 13%-19% 之間，推測可能是由於所使用的儀器是外部感應型含水率計的關係，因此在實際量測時可能會受到木材表面的塗裝而受到影響。

● 統計分析

在含水率方面，因為不會受到桌椅類型而有所差異，因此選擇取平均數作為參考，同時我們也向供應龍門國中的課桌椅廠商(合青企業)詢問產品的含水率報告，得到的數值亦差異甚大（不同季節的檢驗含水率分布在 8.3-15.3%），因此最後我們分別利用理論值（15%）、廠商數值和我們實測的數值進行固碳量計算。

而在重量方面，由於前述各項類別重量差異不顯著的情況，因此我們透過最小顯著性差異法（LSD），並在檢定上以邦佛洛尼校正

（Bonferroni Method）進行分類，最後依照重量將課桌椅由原本的九個類別，經過合併後分成三類（140-150cm）、（155-165cm）、（170-180cm），分別取得類別的平均值，並藉由校方的課桌椅數量資料計算碳含量。

木產品類型(cm)	編號	重量平均	信賴區間	數量
椅 170up	2-3	6.725	0.1321865	180
椅 155-165	2-2	6.2310345	0.0584911	1308
椅 140-150	2-1	5.3846154	0.0774116	65
桌 170up	1-3	9.5416667	0.1717921	181
桌 155-165	1-2	9.383929	0.1017814	1298
桌 140-150	1-1	9.16	0.2216452	36

● 固碳量計算

$$\text{木材固碳量} = \frac{\text{重量}}{(1 + \text{含水率})} \times \text{碳含量比例}$$

在進行完重量及含水率的統計分析後，接著進行固碳量的計算。龍門園中所採用的課桌椅樹種為橡膠木，其碳含量比例為 44.74%，將我們的量測值帶入計算，並考慮樣本量測時 95% 信心水準之下，可得出木材固碳量，接著換算二氧化碳當量。

結果如下：

- (1) 理論含水率 (15%) : 34161.41 正負 394.45 KgCO₂
- (2) 量測含水率 (15.67%) : 33961.19 正負 392.14 KgCO₂
- (3) 廠商提供的含水率區間 : 34072.53 正負 393.42 ~ 36261.42 正負 418.70 KgCO₂

由結果可知，經過我們的調查，推算本校課桌椅所固定的碳含量約為 9300 公斤重，相當於 3 萬 4000 公斤的二氧化碳當量。木材的含水率在一年之中會隨著季節而有所變化，同時重量也會跟著改變，因此這兩項數據需要在同一時刻取得才能獲得較為準確的固碳量數值。另外，木製產品外層的塗裝亦可能會影響含水率的量測，可能因而高估了木產品的含水率，造成固碳量的低估，如何改善這樣的測量誤差，也是我們未來可以精進的部分。

四、創作特點與創意說明

（一）國中、小數據資料庫建置

透過簡易的分類、取樣調查流程，便可快速得知一所學校的課桌椅固碳量；將此調查過程優化並建立 SOP 執行流程後，各級學校就可藉此方法計算校園課桌椅固碳量。而在具有足夠數量的數據之後，則可以建立臺北市校園課桌椅固碳量之資料庫，並且更進一步與校園樹木平台結合，如此一來，校園樹木碳匯與 HWP 固碳量兩大邁向低碳校園的資訊變得以整合，以供後續規劃使用，除此之外，亦可作為淨零排放環境教育之素材。

（二）木材回收、再生利用

在我們前往龍門國中調查時，發現到各個國中小長期有著課桌椅堆置的問題，也找不到合適的管道處理這些堆置的課桌椅，我們也觀察到這些堆置的課桌椅雖然已被汰換，但結構仍相當完整，並未腐朽，但卻只能被堆置在倉庫。

透過我們的平台，能夠提供學校良好的回收、再生的管道，或許能成為解決課桌椅堆置問題的契機。而在家庭方面，當木製家具不再被使用時，也可以透過我們的平台，找到合適的買家或是業者收購，避免成為廢棄物被處理掉。另外，未來平台也可以擴充原本的計算功能，納入關於木製產品再生後所固定含碳量的計算，量化這些再生業者所帶來的效益，以提升大眾對於透過循環再製造，生產產品的購買意願。

（三）固碳、HWP 概念創新

目前關於自然碳匯，許多人都將眼光著重在對於植樹、造林等措施，對於森林的後續利用卻較少著墨，我們從收穫林產品（HWP）的角度切入此議題，期望透過需求端的提升，強化木材在我們的生活中所扮演的固碳角色，替代現有較為耗能的非木質材料，進而連結台灣現有的森林產業，促進國產木材的利用，提升台灣當前較低的木材自給率。

五、作品應用範圍及發展潛能

(一) 商業模型

關鍵合作夥伴 各級中小學 木材回收端 木材再利用端	關鍵活動 HWP 都市森林平台提供一可快速計算木產品固碳量之管道，使各級學校可作為達成永續校園之碳量管理工具。	價值主張 HWP 都市森林平台期望透過計算木產品固碳量，使固碳觀念更加普及。 不僅可藉此延長木產品的壽命，事故探效益延長、更期望提升民眾使用木製產品之意願。	顧客關係 透過 HWP 平台，使用者可計算得知木製品之固碳量，並進一步追求淨零碳排的目標。	目標客群 各級中小學 一般民眾 機關企業
	關鍵資源 固碳量計算專業知識 循環經濟理念 木產品推廣途徑	通路 HWP 都市森林平台		
成本結構 網站維護、開發費用 含水率及重量測量工具消耗 廣告行銷費用 人力（實地固碳量測量之進行）			收益流 1. 機關企業委託計算其木產品固碳量之費用。 2. 教育部委託進行校園課桌椅固碳量之經費。	

URBAN FOREST

(二) 未來展望

1. 媒合平台建立

營運初期平台會提供木製產品維修、回收之上下游資訊，使有意維修、回收木製課桌椅的團體有所依循的管道，也就是落實「延長木製品使用週期」這個概念，希望能避免木製產品在部分損毀的情況下就直接遭到廢棄，達到資源再生、循環利用的效果；後期希望能夠發展成為木製產品（如：各式家具）維修、回收的媒合平台，幫助有需求的學校、家戶甚至企業接洽修復業者，平台亦可協助計算這些回收之木製產

品，經過修復後形成再生產品所帶來延長固碳量的效益。

2. 認養校園課桌椅提案計畫

「臺北市淨零排放管理自治條例」中所推動的低碳校園，包含了將課桌椅替換成固碳材料的論述，我們以此為發想來源，計畫向企業進行「認養校園課桌椅」的提案，對企業而言，可以將原本為塑料替換成本製課桌椅所產生的替代效果，作為範疇一的碳排放抵減；另一方面，該計畫亦可成為企業在環境保護、社會責任等面向的作為，可以納入企業的永續報告書中做為評比的參考。

3. 精進固碳量計算機之功能

目前計算機提供之功能包括木製課桌椅以及木製家具固碳量的估算，我們期望未來可增加木製裝潢比例的計算機功能，讓企業、機關、一般民眾皆可使用平台的計算機，估算空間內部的木製裝潢的比例，於企業而言，此數據可做為 ESG 報告中，商辦空間使用永續材料的指標，於一般大眾而言，也可以提高、推廣使用木材產品的概念。

六、工作分配

許庭瑜	設計發想、課桌椅實地量測、海報製作、影片旁白及字幕、資料收集
曾雲靖	設計發想、課桌椅實地量測、平台網站開發、影片腳本、聯繫廠商
程訓謙	設計發想、課桌椅實地量測、說明書撰寫、影片剪輯、媒合校方

七、特別感謝

龍門國中 鍾芷芬 校長

金多齊 總務主任

合青企業有限公司

臺灣大學森林環資系 張豐丞老師

八、參考資料

- 臺北市淨零碳排條例：
<https://ws.tcc.gov.tw/001/Upload/435/refile/12304/643/b5d72ba3-86a3-4cea-ad22-0b831a800bbb.pdf>
- 森林，木材利用與地球暖化防止之推廣手冊(王松永，2014)
<https://www.forest.gov.tw/File.aspx?fno=35662>
- 標準課桌椅施工圖說.pdf (mashup.com.tw)
- 森林減碳能力之推算方法
<https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=17871&print=Y>
- 台灣常見 24 種造林樹種之絕乾比重、碳含量百分比及轉換係數
- 台灣常見 23 種國外進口材之絕乾比重、碳含量百分比及轉換係數
- Carbon content in various parts of 5 para rubber clones (*Hevea brasiliensis*), Srisondee et al., 2019
https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=8_Agr05.pdf&id=3397&keeptrack=2
- 木製再生家具延長使用固碳效益方法學 (邱祈榮，2022)
- 日本木建築研究 (邱祈榮，2022)