



115年度建構智慧化氣候友善校園先導型計畫說明會



結合環境探究與教學之校園簡易碳盤查應用

主講人：陳星皓

教育部智慧化氣候友善校園推動辦公室計畫共同主持人
教育部新世代環境教育發展政策推動專案計畫中央跨域諮詢委員
經濟部能源署中小能源用戶節能診斷服務中心東區計畫主持人
經濟部能源署深度節能推動方案專家顧問
臺東縣都市計畫委員會委員/臺東縣政府節電小組委員
國立臺東專科學校建築科助理教授
國立臺北科技大學建築系/實踐大學建築設計學系兼任助理教授
國立成功大學建築系建築學博士/建築師

中華民國115年10月28日

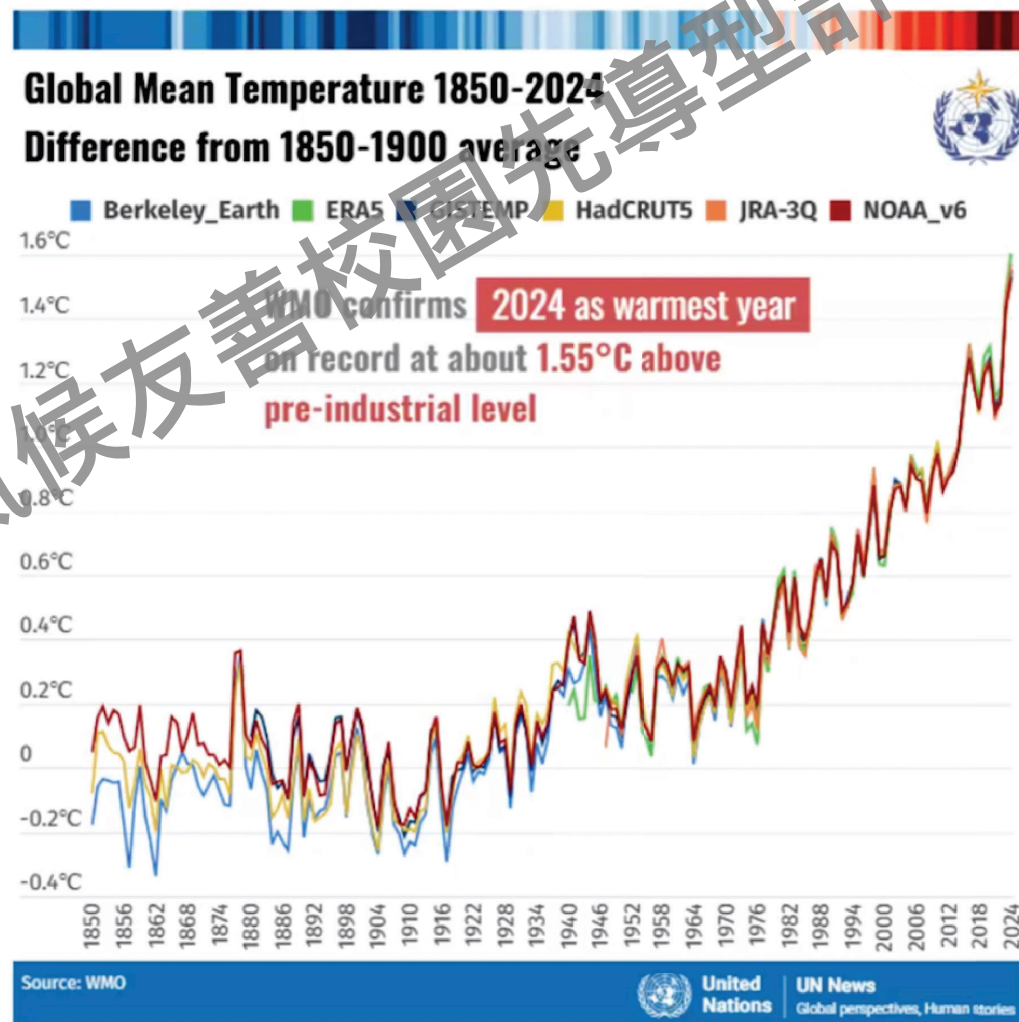


國立臺東專科學校
National Taitung Junior College



聯合國確認2024年為史上最熱年

- ▶ 地球迎來 175 年來最熱八月，2024 年夏季是北半球有史以來最熱的夏季。
- ▶ 歐洲的氣候監測機構「哥白尼氣候變化服務」(Copernicus Climate Change Service)表示：去年(2024年)「已實際上可以確定」將成為有史以來最熱的一年。2024年也將成為另一個嚴峻的里程碑，這將是第一個比工業化之前平均溫度超出攝氏1.5度的年度。
- ▶ 聯合國引用世界氣象組織(WMO)之統計資料，於2025/1/10確認，2024年為人類有氣象紀錄以來的最熱年。



面對全球沸騰(Global Boiling)的年代 需要有更積極的氣候行動：

- WMO認為巴黎協定雖然還不能說「已死」，但已經接近墳墓了。
- WMO秘書長Celeste Saulo 大家該注意的不是只有單年破紀錄的新聞，而是過去十年破紀錄的長期趨勢。
- 悲觀的說法：每一年的夏天，都將是餘生最涼的夏天。
- 「全球暖化」的時代已經結束，需要面對的是「全球沸騰」(Global Boiling)的時代。
- **生活行為模式需轉型**
- **能源結構需轉型**
- **經濟發展模式需轉型**



氣候變遷的因應

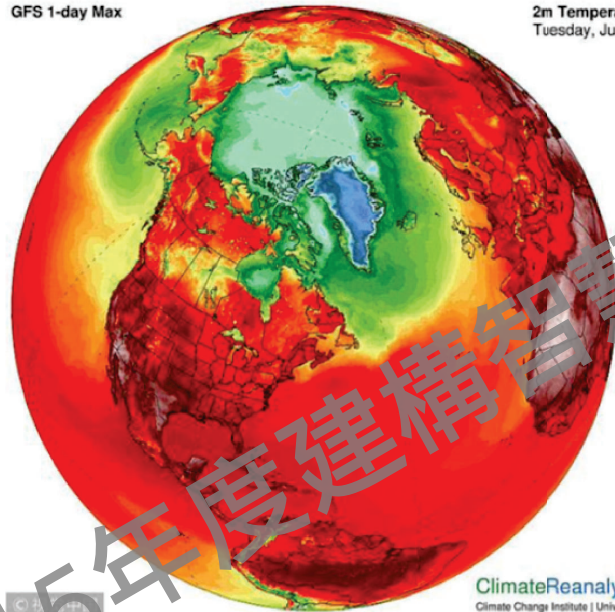
可區分為減緩與調適兩大範疇：

- **減緩**是減少大氣中溫室氣體總量的因應作為，主要為透過**減量**、**再循環利用**等策略，減少排入大氣中的溫室氣體；另一策略則將透過生態過程如**造林**、**科技捕捉**、**封存溫室氣體**，降低大氣中溫室氣體的濃度含量。
- **調適**則是對氣候變遷所造成狀況，諸如極端天候，藉由**增加韌性**、**降低暴露**等作為，減少氣候變遷結果對我們社會所造成的衝擊。

淨零排放國際趨勢

因應氣候變遷及地球暖化，超過**140**個國家宣示淨零排放，
歐盟、美日等國陸續提出於**2050年**達成**淨零排放**倡議。

GFS 1-day Max



2021年

2m Temperature (°C)
Tuesday, Jul 24, 2018



淨零
排放



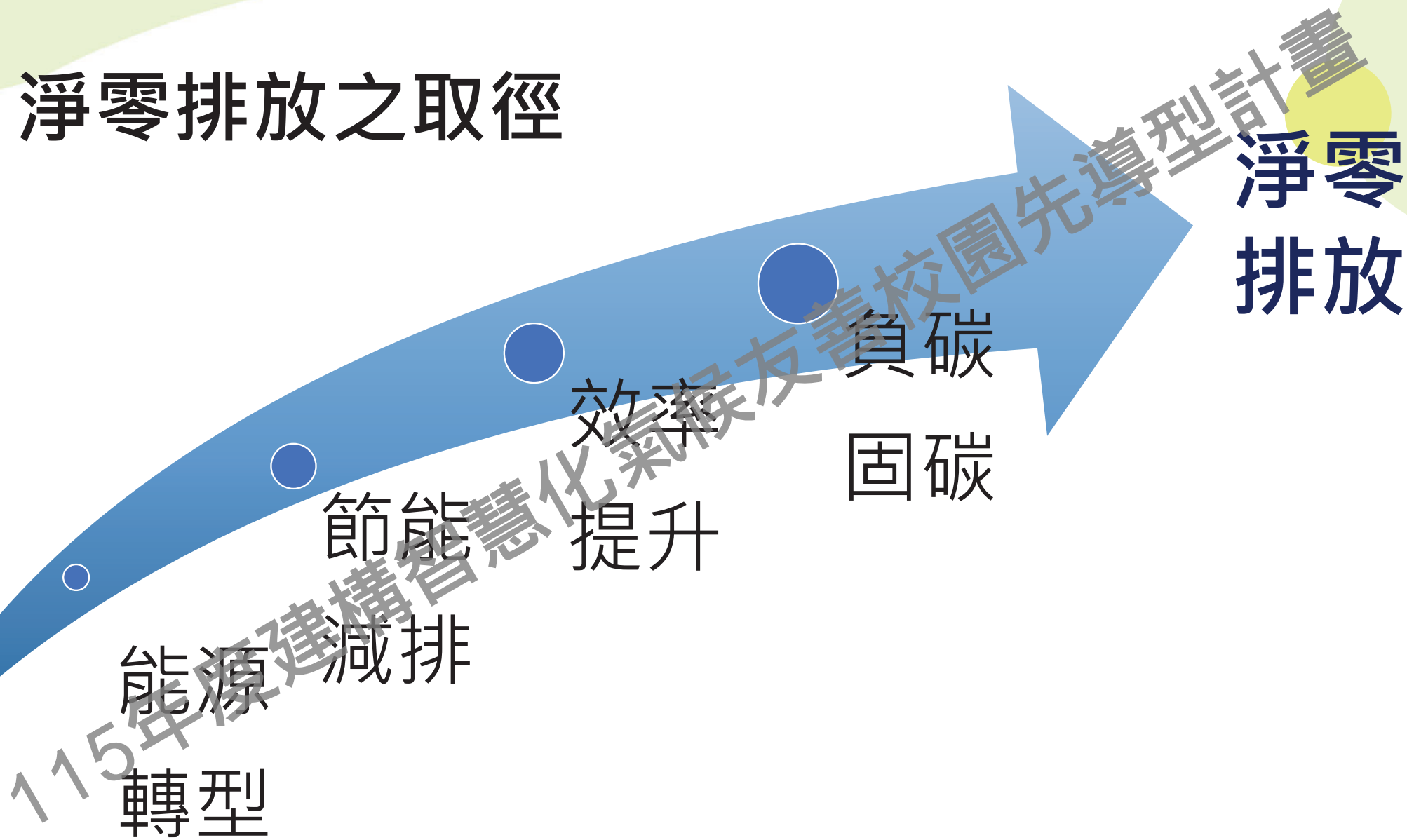
2050年

如何達到淨零排放



努力讓人為造成的溫室氣體排放極小化，
再用負碳技術、森林碳匯等方法抵消，達到淨零排放。

淨零排放之取徑



全球淨零脈動 (Global Net-Zero Momentum)

項目	內容摘要
《巴黎協定》(Paris Agreement, 2015)	各國承諾於 2050 年左右達成淨零排放 (Net-Zero Emissions)，以控制全球升溫不超過 1.5°C。
IPCC 第六次評估報告 (AR6)	指出教育、行為改變與社會轉型對達成淨零具有關鍵影響。
聯合國 SDG 目標 13 (氣候行動)	要求各國整合教育、政策與社會動員，共同推動減碳與調適行動。
歐盟《歐洲綠色政綱》(European Green Deal)	明定教育場域須納入碳中和校園計畫，培養永續公民。
日本「碳中和教育推進計畫」(2021)	全國學校導入校園碳盤查、碳足跡與永續校園評估制度。
韓國「碳中和學校 2050 計畫」	以「學校即社會縮影」為理念，建置零碳校舍與淨零教育課程。

各國都將「學校」視為淨零行動的起點，透過教育、行動、示範帶動整體社會轉型。

Green School ,Bali



從「校園」的觀點切入
由小環境關心到較大的地球環境

延伸書本上的知識學習，體驗學習「環境永續」。

115年度建構智慧化氣候友善校園先導型計畫

從知識到行動的轉化

教育層面	推動內容	預期成果
知識 (Knowledge)	了解氣候變遷、碳排來源、淨零策略	具備科學理解與問題意識
技能 (Skill)	能進行碳盤查、計算碳足跡、提出減碳方案	培養永續實作能力
態度 (Attitude)	形成低碳生活與環境責任感	促進行為改變
行動 (Action)	在校園實踐節能減碳、綠生活倡議	帶動社區共學與行動

打造氣候友善校園

(建立氣候友善校園所需的「聯合國氣候變遷與永續發展教育(CCESD)素養」)

①了解校園能資源使用情況

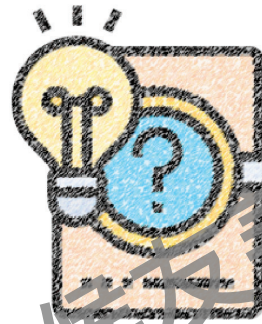


校園實質環境盤查

+

碳排放簡易盤查

②發現耗能項目及可行之節能作為與策略



發現學校耗能案例

+

透過相關作為/行動/生活實驗室
(Living-Lab)

找出最適當的改善方案

系統性思維與能力 → 採取氣候友善行動 → 落實減碳行動

碳盤查



碳減量



碳抵消 + 負碳 + 固碳



幫助學校建立對應國家淨零排放路徑之校園能資源管理模式

115年度建構智慧化氣候友善校園先導型計畫

校園實質環境盤查過程：尋找校園生活中碳的蹤跡

➤ 學校是生活教育場域，學生的參與可內化其綠生活素養與觀念

➤ 教學結合實作，可激發學習動機與問題解決能力

□ 透過學校『在地基礎實質環境盤查』、『學校能資源使用數據分析』及『校園能資源管理策略探討』，從中瞭解學校、發現學校的問題與困境

現有狀況 與設施	經營管理 問題彙整	問題根源 及延伸分析	對於所面臨問題的 解決方法與策略	如何透過課程、活動 讓師生在校園生活中瞭解
盤點、 分析與功能	設施使用、維護管理 方面問題...等	經營管理 阻礙盤點	多元方法對策	如何引發師生覺知

找到耗能設備或既有環境因素等造成碳排增加的原因 → 進行調整

基礎校

教育

- ☑ 基礎物理環境
- ☑ 四大循環面向
- ☑ 碳盤查
- ☑ SDGs簡易檢視

減碳行動

讓“碳”變得可見



透過教師社群方式師生共同進行

以國內外碳盤查系統為基礎

建構中小學碳盤查工具

對應淨零排放之校園能資源管理模式

有了實質環境的盤查+碳盤查的結果，歸納出必要可行有效的減碳作為，並以碳盤查的量化分析比對進行減碳效益的評估與檢視，逐步朝淨零排放目標努力前進，此為淨零系統的操作邏輯。

以左側為基礎
看見學校面臨

系統課題

提出因地制宜

解決系統課

題的方案

解決系統課題的

同時

也是看見

減碳系統

同時也整合IOT

為一個整體系統

示範校

115年度建構智慧化氣候友善校園模型計畫

嘉義縣大南國小結合教學之校園實質環境盤查

壹、探索規劃面向

C-3 校園通風

主題	項目	需要工具	作法
C-2 溫熱調控	陰影與降溫鋪面 	日照觀察	營造植栽遮蔭區達到降溫 若能搭配裸露水體更能強化降溫效果。且需注意植栽種植方向若能搭配長年風向尤佳。 濕地搭配流動水源 冬紅、九重葛、錫葉藤

校園生態新樂園

環境危機總動員

水資源的美麗與哀愁

能源設計我最行

教學歷程：「大樹是我的好朋友」

設計理念

學校校樹-桃花心木是每個大南孩子心中的大樹爺爺，剛好利用這個單元讓孩子有機會抱抱大樹親近大樹，學會關心環境。

單元目標

1. 體驗大樹樹皮的粗細，並能說出每棵樹木樹皮粗細的不同。
2. 尋找校園內適合拓印的樹葉和樹，體驗拓印的樂趣和成就感。



E 觀察校園裡的大樹朋友



D 探索大樹的特色



C 發揮創意自由創作



T 集思廣益共同創作



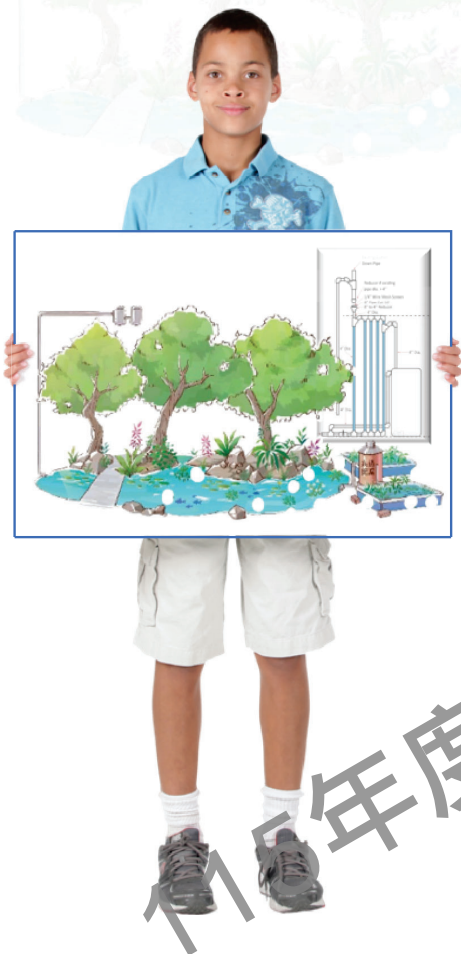
S 和同學一同分享作品





行動方案

台北市芳和實中結合教學之校園實質環境盤查



順藤尋蔭

最能有效降低室溫的藤蔓

1082杜禹臻 林冷岑
程旋 趙子懿

實驗目的

因為現在夏季氣候炎熱，許多人選擇開冷氣，會造成地球暖化。於是我們發現可以用攀藤植物來降低室內溫度，並增加綠化面積。我們希望能找出一種攀藤植物降溫效果最好，適合作為降溫用攀藤植物。

挑選品種

我們先找到了幾種看似比較適合的植物，分別是爬牆虎、炮仗花、紫藤和百香果。我們是查找網路上介紹適合生長在台灣氣候的攀藤植物。可是後來真正去到花市後才發現，我們預想的植物在花市根本找不到。我們在花市發現的攀藤植物就是我們現在實驗的那些。

生態指標 藤蔓種類20種以上

訂定這條指標的原因不只是因為攀爬在牆上的藤蔓可以增加直立的綠化量面積，還可以有效降低室內氣溫，如配合其他降溫方法，解決夏天電風扇、冷氣開很兇的問題，進而改善地球暖化。

挑選品種 時的參考資料



臺灣環境教育資源網



台灣環境教育資源網



台灣環境教育資源網

調查流程與結果統計

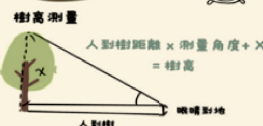


芳和的俯視圖 與碳匯量大致分佈！

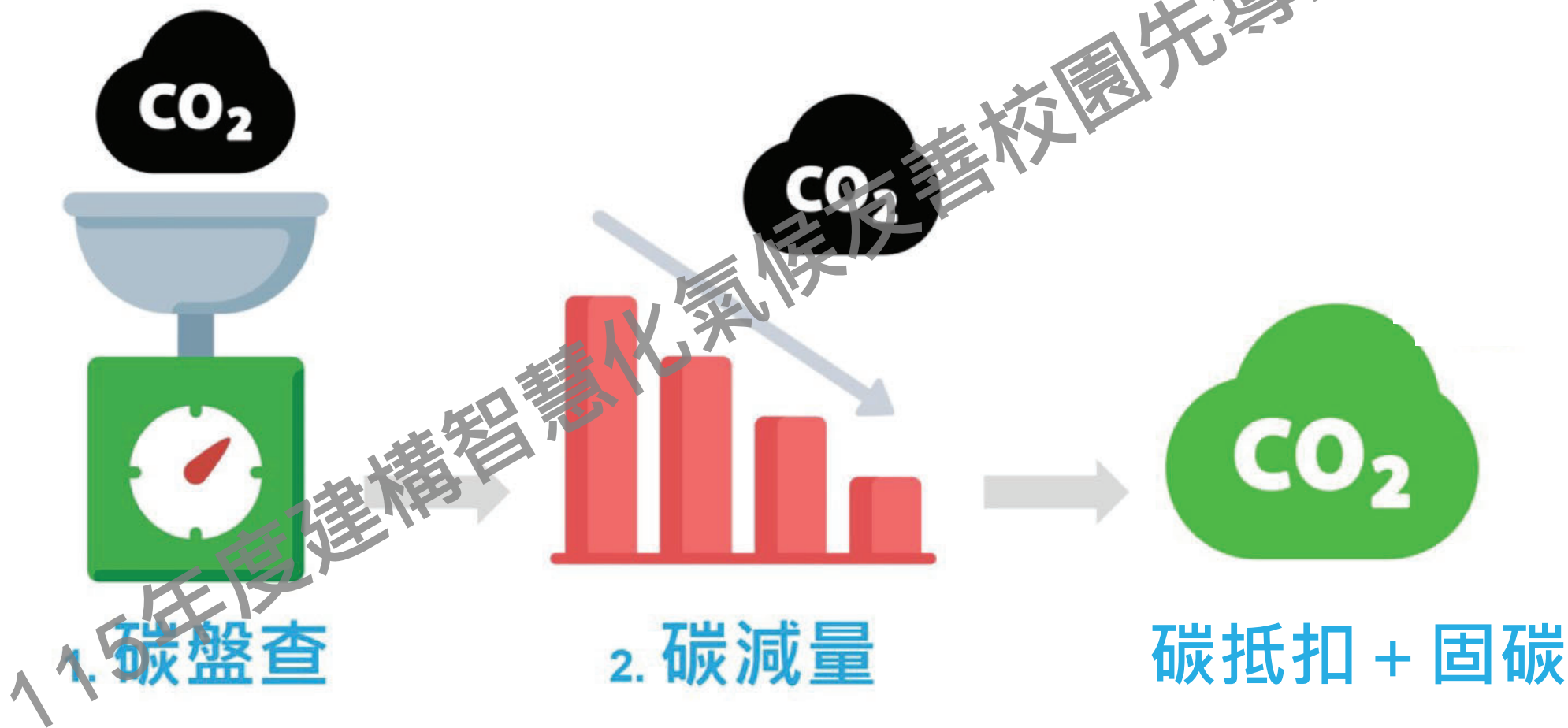
流程

- 了解碳匯是什麼
- 到校園樹木平台了解學校全部樹的位置和品種
- 查詢如何計算碳匯
- 量全校的樹高和樹圍
- 整理數據
- 計算全校目前的碳匯量

得到樹高、樹圍、品種，用校園樹木平台的「碳匯計算機」即可算出一棵樹的碳匯量。



校園淨零排放的操作流程與順序



與校園相關之產生碳排放的影響因子

能源使用



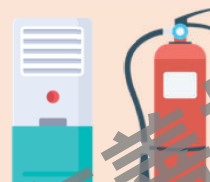
使用電力、天然氣、柴油等燃燒化石燃料

污水排放



校園化糞池使用

逸散性排放



空調、製冷系統、滅火器

水資源使用



自來水使用，如馬桶、水龍頭等

交通運輸



通勤、出差

廢棄物處理



垃圾掩埋/焚燒、垃圾清運、實驗廢棄物

消耗品使用 (如一次性用品)



紙張、教具等消耗品

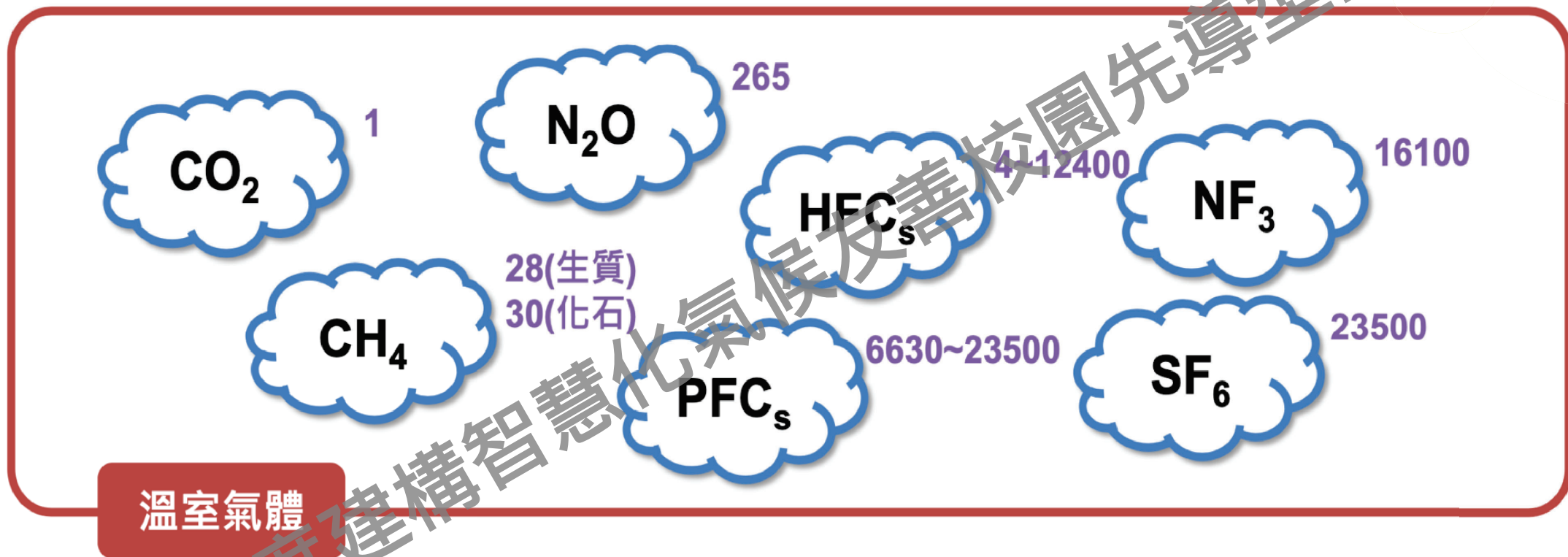
建築與設施管理



新建/翻修工程、建築物節能設計

115年度建構智慧化氣候友善校園先導型計畫

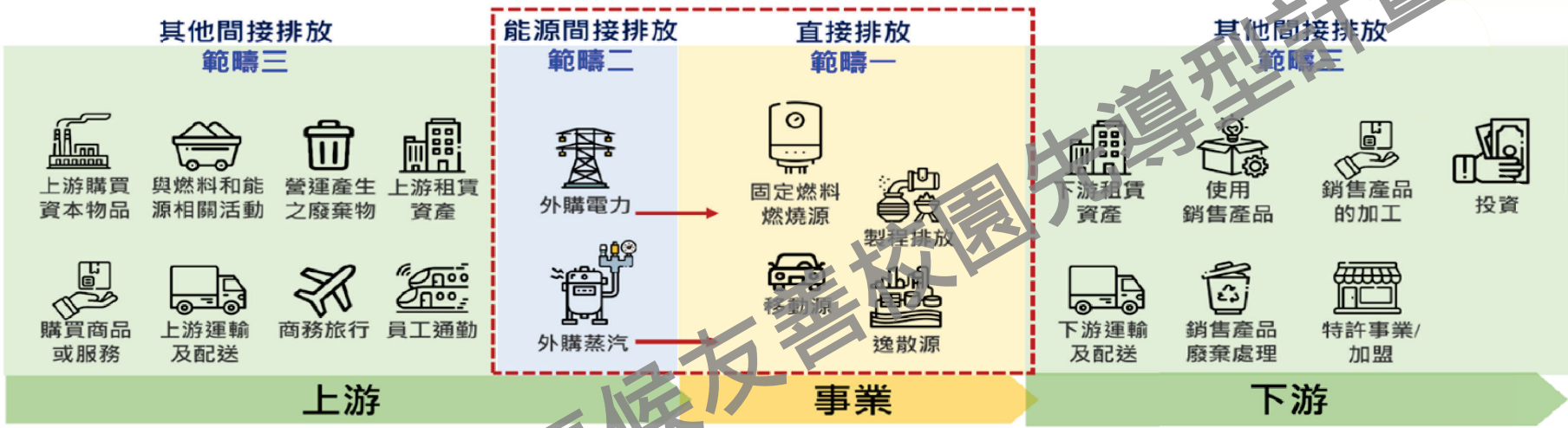
從溫室氣體盤查到碳盤查



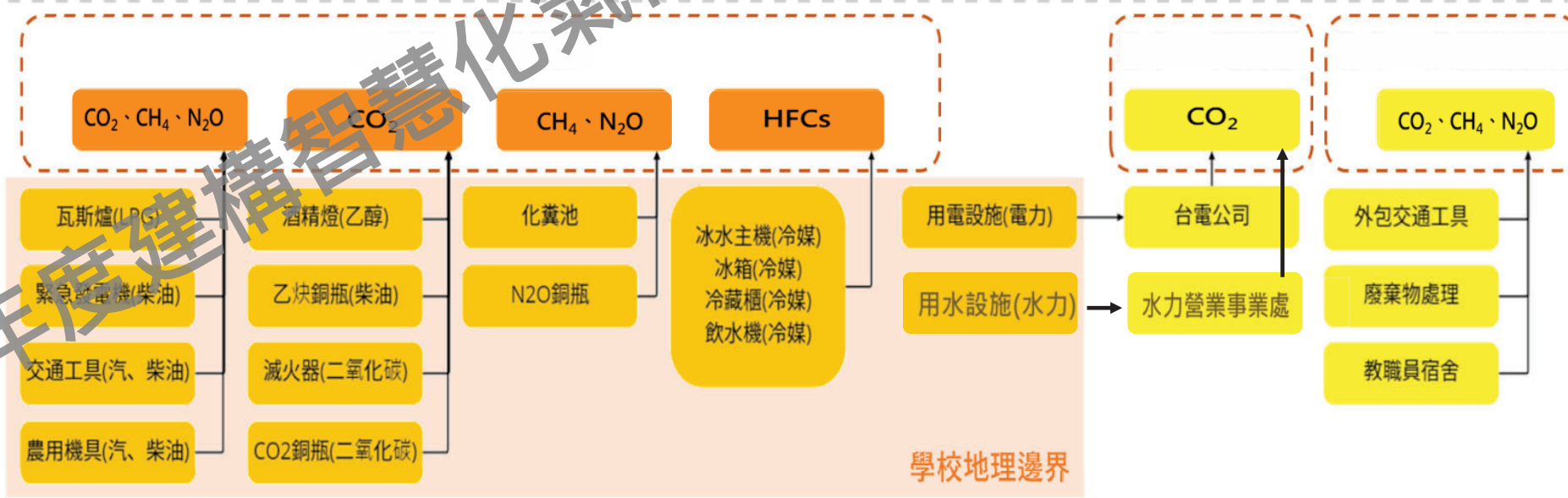
CO_2e → 把不同的溫室氣體對暖化的影響用**同一種單位表示**
【二氧化碳當量】

什麼是『碳盤查』

企業盤查
涵蓋範疇



校園盤查
涵蓋範疇



115年度建構智慧化氣候友善校園先導型計畫

校園碳排放簡易盤查-降低盤查入門門檻

以教育及校園環境治理為本

1. 透過教育理解淨零排放，
啟發參與實踐的熱忱。

培養師生建立永續發展的
意識和行動力，同時也達
到校園環境的永續治理。

2. 提供易懂的淨零排放知識，
理解基本原則、目標的重要性，
以及在實踐行動的參與角色。

3. 運用盤查工具，師生共同
參與並了解學校及個人的
淨零排放進展，鼓勵參與
減碳行動。

4. 藉由教育和盤查工具
深入了解如何實踐
淨零排放目標。

115年度建構智慧化氣候友善校園先導型計畫

為什麼需要進行校園簡易碳盤查？

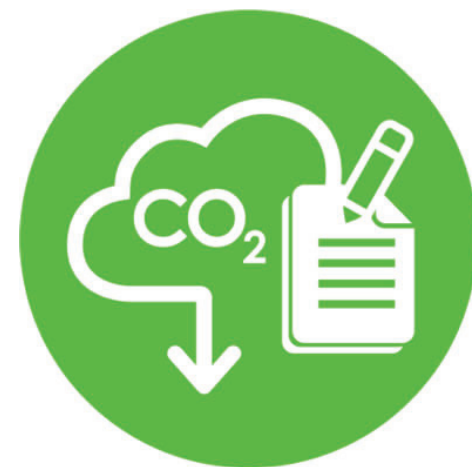
- 1.初步了解校園能資源的情況(建立淨零排放的基本認知)
- 2.降低初次盤查的困難度(以容易取得活動數據的方向著手)
- 3.可以應用於教學層面(帶領學生一起操作)
- 4.除了校園正碳排，也能了解負碳排與減碳能達到的效益(幫助學校進行環境治理)

幫助學校建立對應校園淨零排放之能資源管理模式

掌握校園碳排熱點

規劃可行減碳策略

協助學校逐步達成校園淨零排放的目標



校園簡易碳盤查涵蓋範圍



• 校園中碳排放量的基礎盤查：

範疇一、範疇二、範疇三部分項目如外購水力、員工通勤、租賃空間 (因應校園常見節能規劃，包含水資源管理、交通節能等，因此盤查上也將此部分資訊納入統計)

• 校園中可以抵換/折抵碳排的項目：
再生能源 (如風力發電、太陽能光電發電)

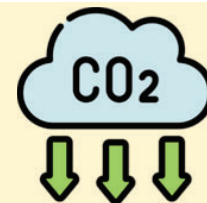


• 校園中可固碳之項目：

樹木碳匯 (樹木將二氧化碳轉化為碳元素並儲存在樹木材積體內)

• 校園中減碳作為：

如建築環境節能、設備節能、水資源循環再利用、交通節能等



校園簡易碳盤查工具

1. 使用Excel工具表操作，簡化盤查過程難度

溫室氣體排放量(公噸CO₂e) = **活動數據** X 低位熱值 X 排放係數 X 單位轉換因子 X 全球暖化潛勢(GWP)

→ 學校填寫

→ 系統自動帶入計算

2. 掌握校園碳排項目內容與種類

如固定式排放源、移動式排放源、逸散性排放源、外購電力、外購水力、交通運輸、租賃空間碳排等

3. 了解基本碳排放量及再生能源、固碳(樹木碳匯)能力

再生能源--> 了解太陽能光電、風力發電的每年實際發電度數

樹木碳匯--> ①運用校園樹木資訊平台之方式：以材積法，了解樹木成長至今的固碳能力

②運用內政部建築研究所之方式：以面積法，了解樹木一年的固碳能力

4. 規劃可行之減碳作為並進行量化效益分析計算

校園產生溫室氣體排放之碳排項目

學校的固定式設備

緊急發電機用油

割草機、鏈鋸、吹葉機等
農機用具用油

廚房用桶裝瓦斯、天然氣

鍋爐、加熱爐設備

學校的移動式設備

公務車用油

校車用油

學校的逸散排放

化糞池-汙水排放

滅火器使用

逸散設備(開飲機、冰箱、
冷氣、除濕機等)冷媒

學校用電

用電設施-校園用電

學校交通、運輸

師生通勤、出差

廢棄物運輸

學校用水

用水設施-校園用水

商品採購(如影印紙、
滅火器等)

垃圾焚化

商品採購、垃圾焚化

學校租賃空間

租賃空間用水、用電、
滅火器、冰箱等

國際標準分類

類別1/範疇一(直接排放) 直接溫室氣體排放與移除

緊急發電機用油

割草機、鏈鋸、吹葉機等農機用具用油

廚房用桶裝瓦斯、天然氣

鍋爐、加熱爐設備

公務車、校車用油

化糞池-汙水排放

滅火器使用

逸散設備(開飲機、冰箱、冷氣、除濕機等)冷媒

類別2/範疇二(能源間接排放) 輸入能源之間接溫室氣體排放

用電設施-校園用電

類別3~6/範疇三(其他間接排放)

類別3 運輸之間接溫室氣體排放

師生通勤、出差

廢棄物運輸

類別4 由組織使用的產品所產生之間接溫室氣體排放

垃圾焚化

用水設施-校園用水

商品採購(如影印紙、滅火器等)

類別5 與組織的產品使用相關聯之間接溫室氣體排放

租賃空間用水、用電、滅火器、冰箱等

類別6 由其他來源產生的間接溫室氣體排放

校園簡易碳盤查工具與國際標準對照項目

溫室氣體盤查 議定書 (GHG Protocol)	範疇一 (直接排放)			範疇二 (能源間接排放)	範疇三 (其他間接排放)			
ISO/CNS 14064-1	類別1			類別2	類別3	類別4	類別5	類別6
校園簡易 碳盤查	固定式 排放源	移動式 排放源	逸散性 排放源	外購 電力	運輸	外購水力	租賃空間	
目前計畫 有計算到的 校園碳排項目	<p>固定式排放源</p> <p>緊急發電機用油</p> <p>割草機、鏈鋸、吹葉機等農機用具用油</p> <p>廚房用桶裝瓦斯、天然氣</p> <p>鍋爐加熱爐設備</p> <p>移動式排放源</p> <p>公務車用油</p> <p>校車用油</p>		<p>逸散性排放源</p> <p>化糞池-汙水排放</p> <p>滅火器使用 (二氧化碳滅火器、FM200、BC型滅火器、KBC型滅火器)</p> <p>設備填充冷媒 (開飲機、冰箱、冷氣、除濕機等)</p>	<p>外購電力</p> <p>用電設施-校園用電</p>	<p>運輸</p> <p>員工上下班通勤</p>	<p>外購水力</p> <p>用水設施-校園用水</p> <p>租賃空間</p> <p>租賃空間用水、用電</p>		
	<p>為降低學校盤查負擔，校園簡易碳盤查於範疇三，先以易取得相關資料的內容進行盤查</p> <p>目前未盤查項目</p> <p>類別3：出差、廢棄物運輸</p> <p>類別4：垃圾焚化、商品採購</p> <p>類別5：租賃空間使用滅火器、冷媒</p>							

115年度建構智慧化氣候校園先導型計畫

校園簡易碳盤查工具

(有助學校盤點環境及能資源消耗的工具)

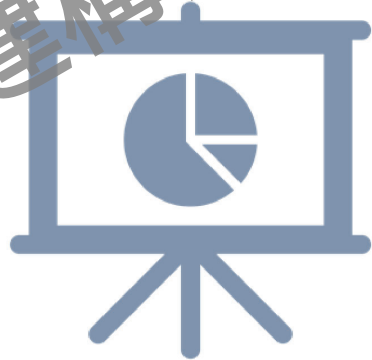
- 幫助學校掌握，校園內可能產生碳排的項目內容
- 輔助學校初步了解，學校的碳排放當量及負碳與固碳能力
- 透過校園環境盤查找出可行之減碳作為並進行量化效益分析計算
- 幫助學校進行後續節能減碳的路徑規劃
- 建立學校對應淨零排放之能資源管理模式

掌握校園碳排項目
內容與種類

了解基本碳排放量
及負碳、固碳能力

校園減碳行動規劃
與落實執行

建立對應校園淨零排放
之能資源管理模式

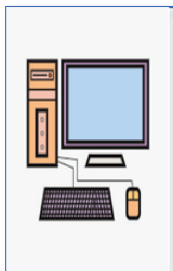


智慧化氣候友善校園簡易碳盤查之特性



國際化 (SDGs、ISO)

- 以國際標準碳盤查為架構 (ISO 14064-1)
- 對應SDGs 13：氣候變遷行動以及SDGs17：國際夥伴關係
- 與國際淨零排放趨勢接軌



數據化 (量化、效益)

- 碳盤查結果作為後續減排及負碳之參考基礎
- 量化數據可作為效益評比及統計之基礎
- 統整各鄉鎮、縣市乃至全國各級學校之碳排數據及負碳效益



智慧化 (效率、科學)

- 善用智慧化工具輔助盤查資料收集彙整與上傳雲端
- 減少人為誤差並減輕行政作業負擔
- 建構智慧化氣候友善校園



普及化 (教育、生活)

- 結合素養導向課程，落實校園氣候行動
- 結合教學實作，傳達氣候友善校園之節能減排理念
- 探討校園節能減排及負碳策略之具體作法及匯總其量化效益

校園節能減排三部曲

- 空調設備節能
- 照明設備節能
- 電力系統節能
- 其他電器節能

建築節能

- 環境綠化降溫
- 隔熱遮陽通風
- 自然採光運用
- 建築能源效率

設備節能

- 設備自動監控管理
- 建築能源管理系統
- 智慧用電控制系統

智慧管理
與使用

被動式減量使用

設備能源效率提升

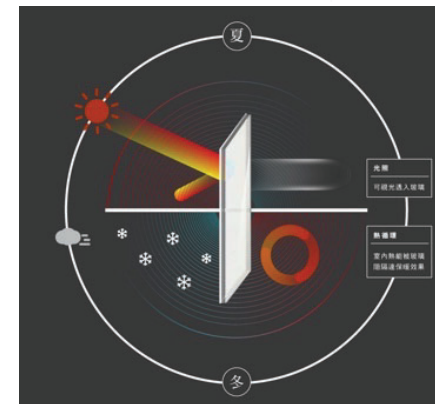
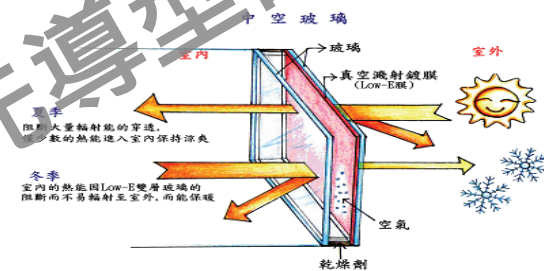
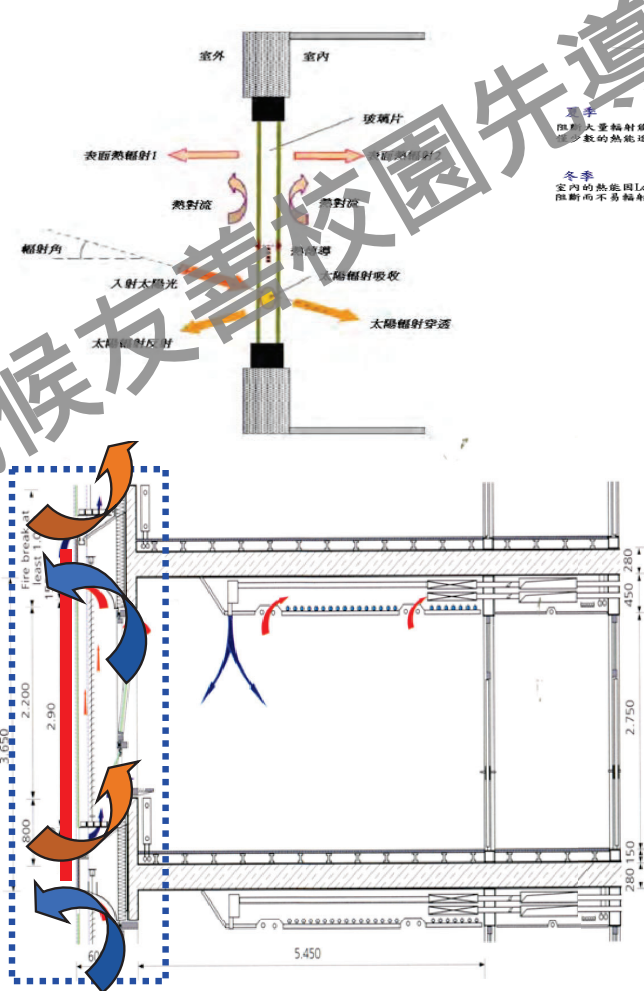
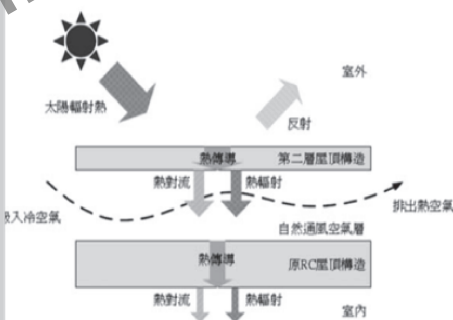
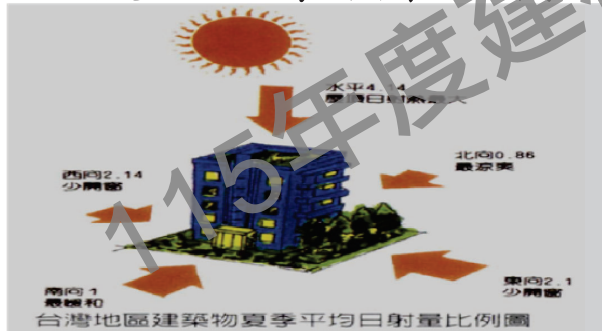
主動式減量管理

校園節能
減排

低碳建築環境節能-降低建築環境熱負荷，減少人工空調需求

■ 降低建築環境熱負荷的方法

- 環境綠化降溫
- 低熱輻射吸收率之色彩計畫
- 強化建築物屋頂隔熱
- 強化建築外牆遮陽
- 加強建築自然通風散熱
- 使用Low-E玻璃等節能玻璃
- 使用隔熱窗框材料。



shutterstock.com · 2132179477

教學上應用-師生共同進行計畫

了解盤查
意義

了解盤查
項目內容

了解盤查
計算方式

了解
減碳作為

遊戲式教學活動

設計實境解謎遊戲進行盤查
節能知識擂台
節能闖關活動
運用相關桌遊了解「碳」

結合學校課程

樹木碳匯計算
用電度數(使用量)計算
產生碳排設備介紹

**學生利用盤查結果，參與綠建築、學校建築
節能等規劃設計**

透過實際感受，讓學生設計校園節能地圖

校園監測設備、EMS系統查閱教學

如何查看校園監測設備，以及了解監測資訊

115年度建構智慧化氣綠友善校園先導型計畫

結合實質環境盤查進行校園簡易碳盤查

國際
接軌

量化
分析

實作
教學

永續
素養

固定式排放源盤查/減量

移動式排放源盤查/減量

逸散性排放源盤查/減量

外購電力盤查/減量

外購水力盤查/減量

交通/廢棄物處理/產品
採購盤查與減量

校園節能減碳
(減少碳足跡)

碳
抵
扣

減
碳
效
益

再生能源

綠色碳匯

低碳建築

(建築節能+設備節能)

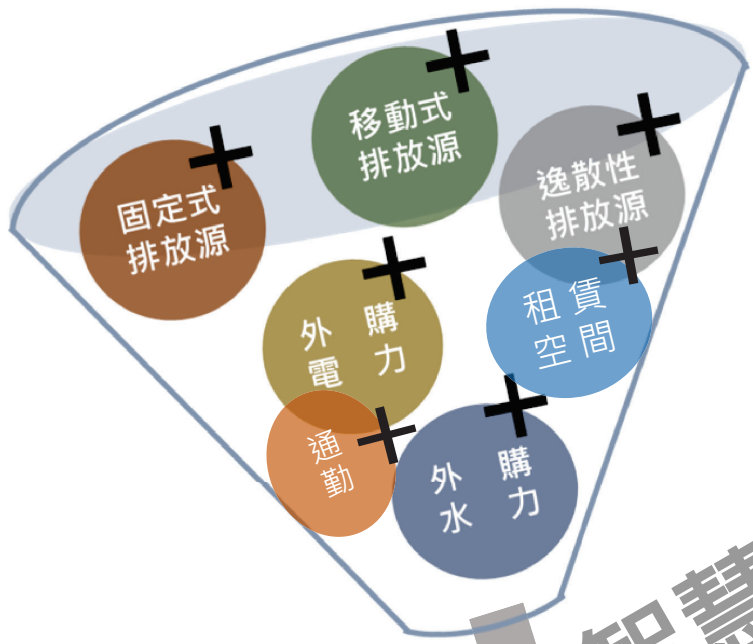
水資源循環再利用

減少產品及活動碳足跡
之減碳作為/措施

校園負碳及減碳策略
(增加碳手印)

邁向淨零排放之氣候友善淨零綠校園

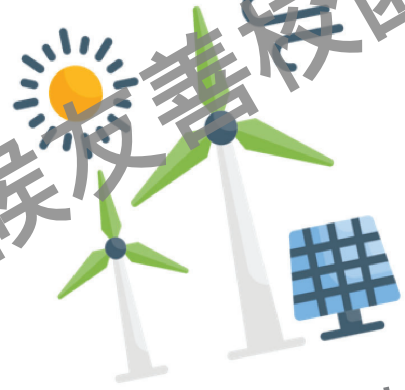
狀況一：校園再生能源發電『自發自用』



於外購電力已減少10公噸CO₂e/年
可吸收10公噸CO₂e/年

再生能源
(自發自用)

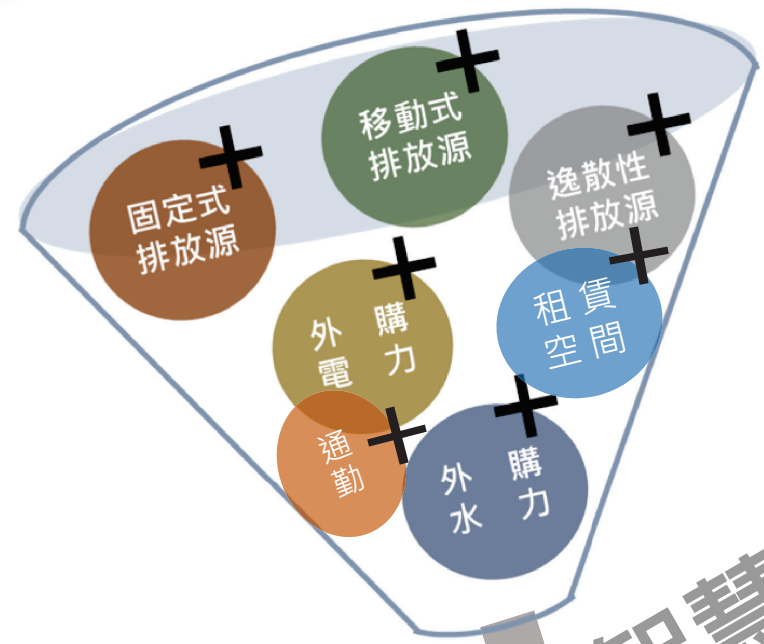
樹木碳匯



校園碳排放當量：50-10公噸CO₂e/年
校園負碳排：10公噸CO₂e/年

校園碳排放當量-校園負碳排=40-10=30公噸CO₂e/年

狀況二：校園再生能源發電『售電予廠商』



可減少10公噸CO₂e/年

再生能源
(售出)

可吸收10公噸CO₂e/年

樹木碳匯

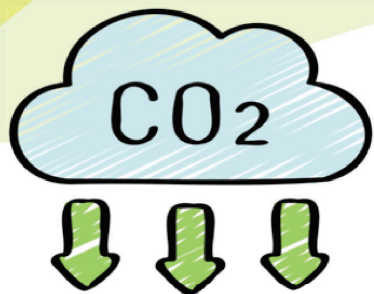


校園負碳排：20公噸CO₂e/年

校園碳排放當量：50公噸CO₂e/年

校園碳排放當量-校園負碳排=50-20=30公噸CO₂e/年

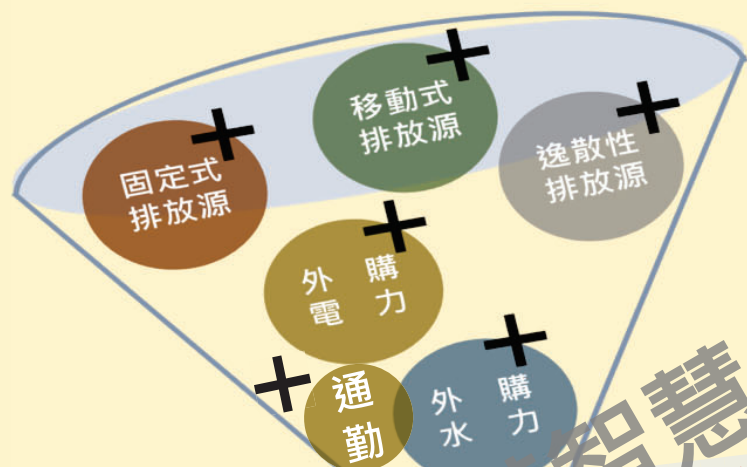
年度建構智慧化氣候友善校園先導型計畫



降低校園碳排放當量 + 增加校園負碳排抵扣

- 執行相關減碳作為/策略

- 增加校園再生能源
- 增加校園綠色碳匯

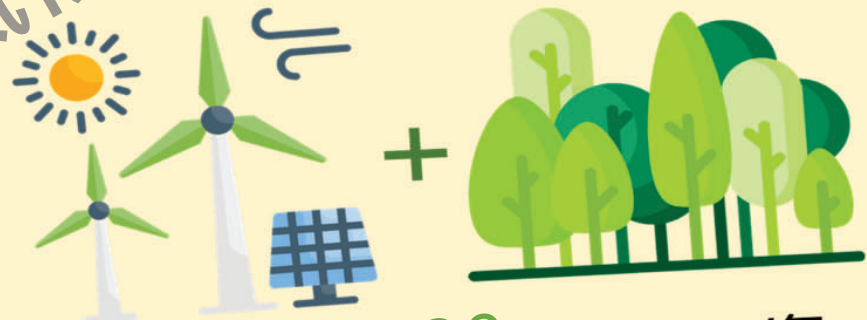


執行減碳作為後(減少)-5公噸

校園碳排放當量：45公噸CO₂e/年

(增加)+5公噸
再生能源

(增加)+5公噸
樹木碳匯



校園負碳排：30公噸CO₂e/年

$$\text{校園碳排放當量} - \text{校園負碳排} = 45 - 30 = 15 \text{公噸CO}_2\text{e/年}$$

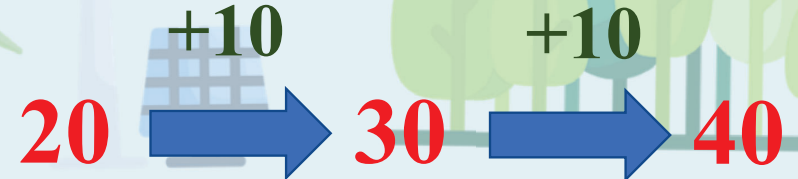
逐漸達到淨零校園之目標

降低校園碳排放量

(搭配減碳作為/
學校使用再生能源)



增加校園負碳排



$$\text{校園碳排放量} - \text{校園負碳排} = 40 - 40 = 0 \text{ 公噸CO}_2\text{e/年}$$

學校碳排 > 負碳

學校碳排 = 負碳

學校碳排 < 負碳

115年

建立對應國家淨零碳排路徑之校園能資源管理模式 邁向淨零排放綠校園

透過校園實質環境盤查，建立一套能幫助學校進行環境治理時可分析及掌握校園能資源使用狀況，以及對應國家淨零排放的路徑上可以加強、努力面向之操作系統。

實質環境及
碳排放盤查

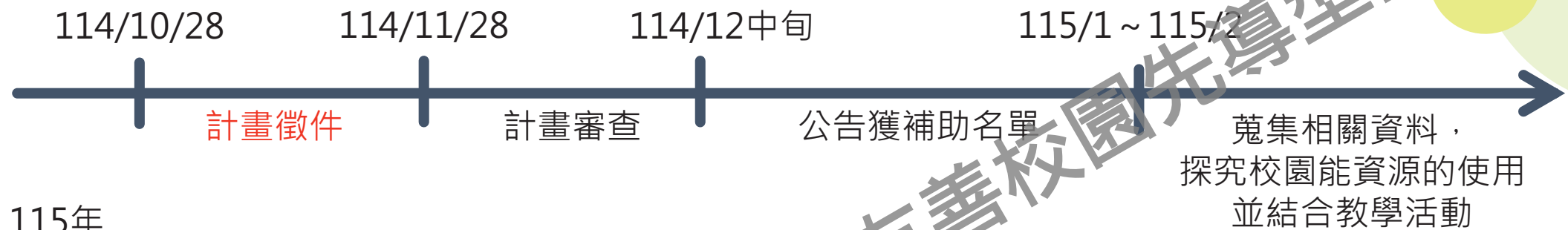
主動式及被動式
減排策略與作為

落實氣候友善
淨零綠校園

結合教學與實質環境盤查之簡易碳盤查，並進行優先減排，即為校園進行淨零排放的關鍵任務。



計畫執行進度時程表



115年

3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
計畫團隊協助各校執行與操作										
<p>研習工作坊</p> <p>1.了解碳盤查的內容</p> <p>2.結合校園實質環境探究進行盤查</p> <p>3.結合教學活動了解盤查</p>			<p>盤查資料繳交</p> <p>*6月中旬各校繳交盤查資料</p> <p>*最晚於7/31前完成繳交</p>			<p>期中交流</p>		<p>因地制宜規劃校園減碳策略</p> <p>量化減碳效益</p>		
<p>以今年執行內容為依據：</p> <p>*提交新年度計畫</p> <p>*計畫期末成果上傳</p>										



115年度建構智慧化氣候友善校園先導型計畫說明會



簡報結束 · 感謝聆聽

Thanks For Listening

Contact us: 國立臺東專科學校建築科
陳星皓助理教授

Tel: 0937-143-437
089-226389 ext. 2701

Email: hhchen89@ntc.edu.tw
hhchen89@gmail.com

