



113年度建構智慧化氣候友善校園計畫說明會 暨112年度成果交流



永續
循環
校園

智慧化氣候友善校園 學校碳盤查之說明

主 講 人：陳 星 皓
永續循環校園推動辦公室 協同主持人
國立臺東專科學校 建築科 助理教授
中 華 民 國 1 1 2 年 1 2 月 0 7 日



國立臺東專科學校
National Taitung Junior College

建構智慧化氣候友善校園

氣候變遷緊急狀態衝擊全球產業，臺灣正處於發展轉捩點上，為維持國家競爭力，在國內應擬訂更積極之**節能減碳政策**，並推動落實調適衝擊具體行動。

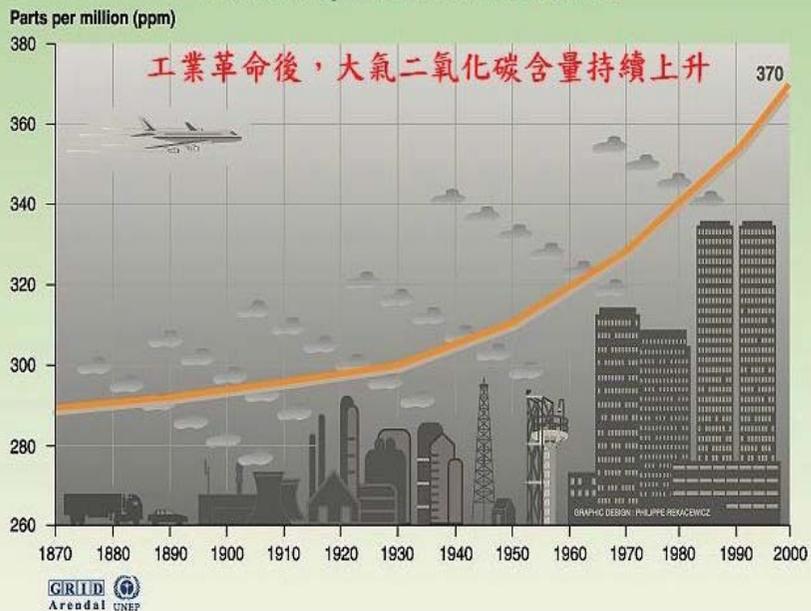
我國已宣誓將邁向2050淨零排放的轉型路徑，校園也應積極響應**建構智慧化氣候友善校園**。



了解溫室氣體排放 及淨零碳排

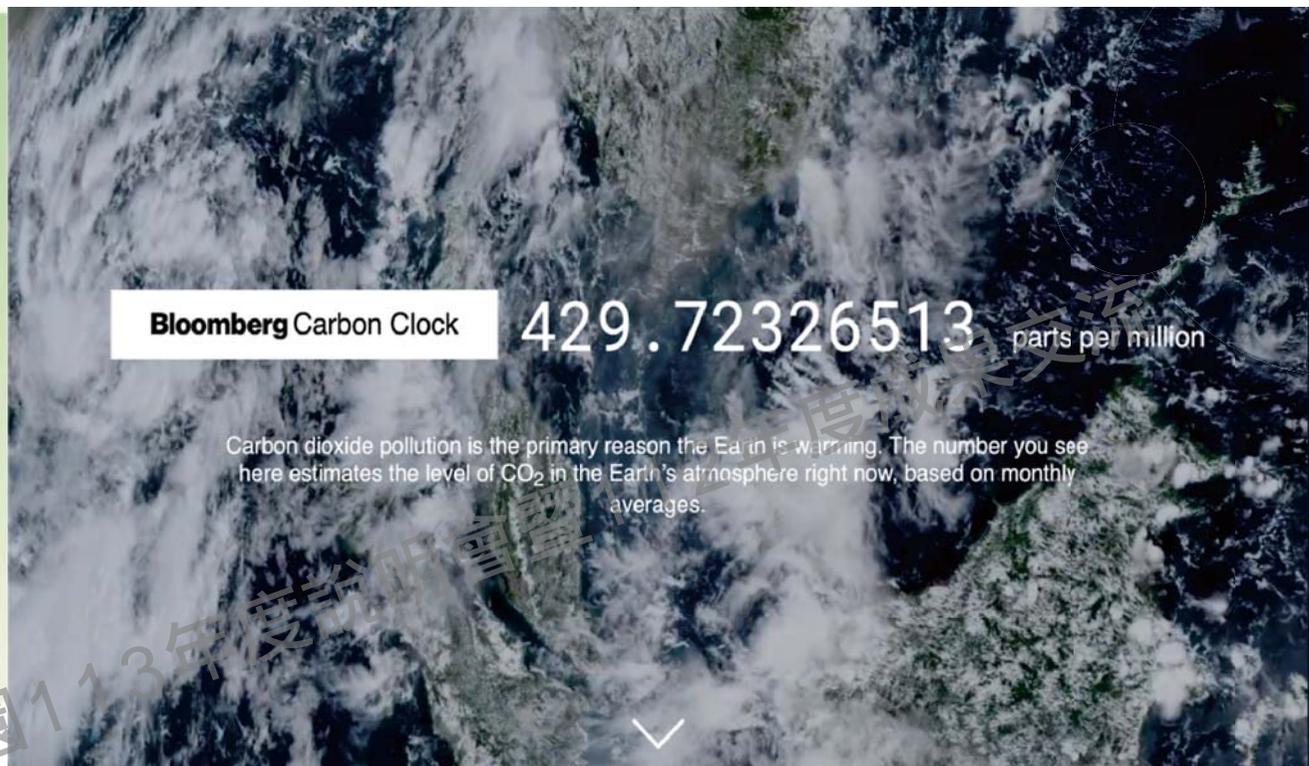
建構智慧化氣候友善校園113年度說明會暨112年度成果交流

Global atmospheric concentration of CO₂



Sources: TP Whorf Scripps, Mauna Loa Observatory, Hawaii, Institution of oceanography (SIO), University of California La Jolla, California, United States, 1999

彭博社的『**碳鐘 (Carbon Clock)**』
顯示地球二氧化碳濃度的即時變化，
從六十年前不到320PPM，



- 到2021年8月 1日的大氣中二氧化碳濃度已超過415PPM。
- 到2022年7月28日的大氣中二氧化碳濃度已超過424PPM。
- 到2023年1月15日的大氣中二氧化碳濃度已接近430PPM。

工業革命前
280PPM

2015年突破
400PPM

2000年達
370PPM

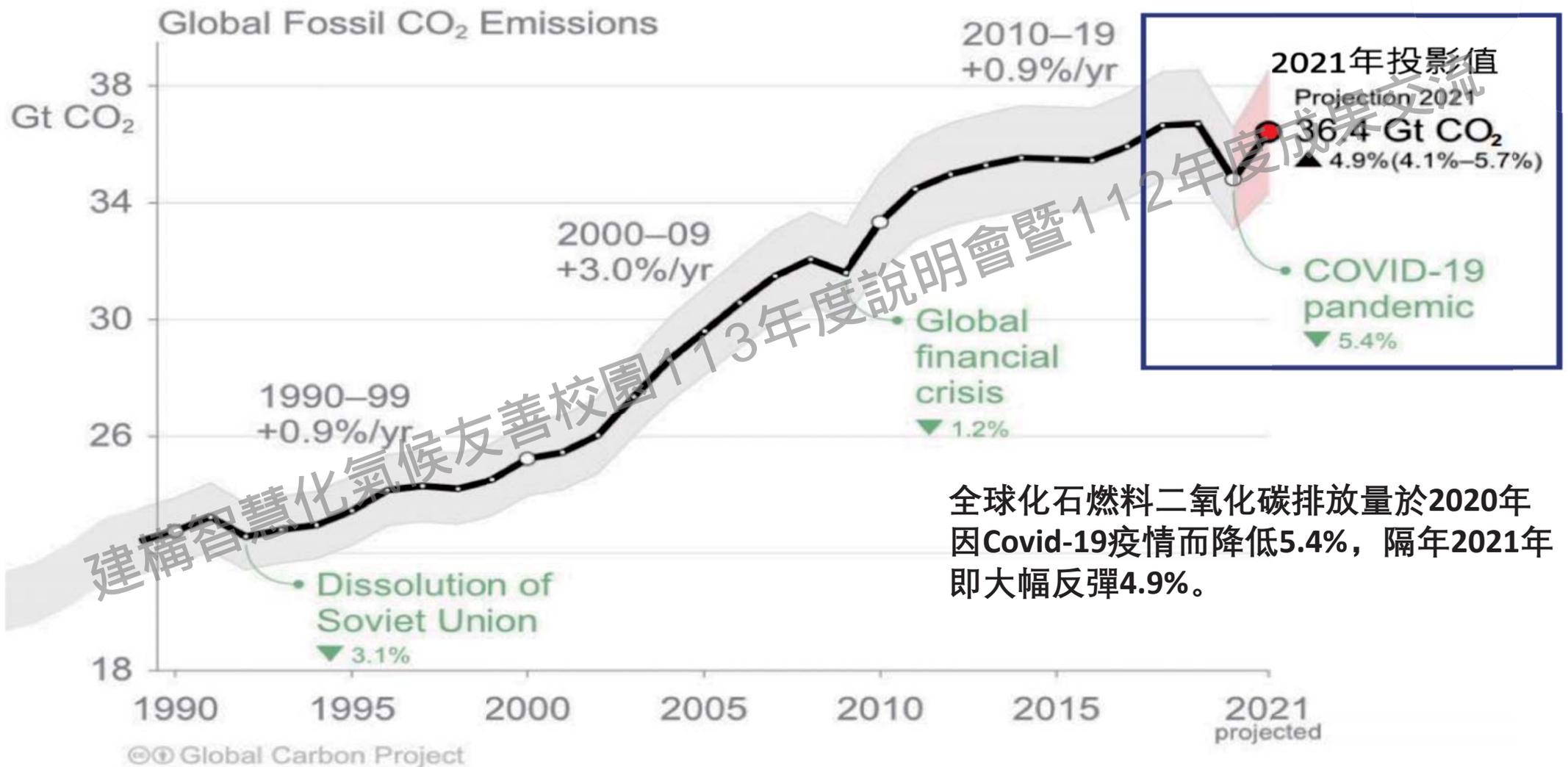
2023年達
430PPM 4/72

碳鐘 (Carbon Clock) 提醒著我們還要持續努力



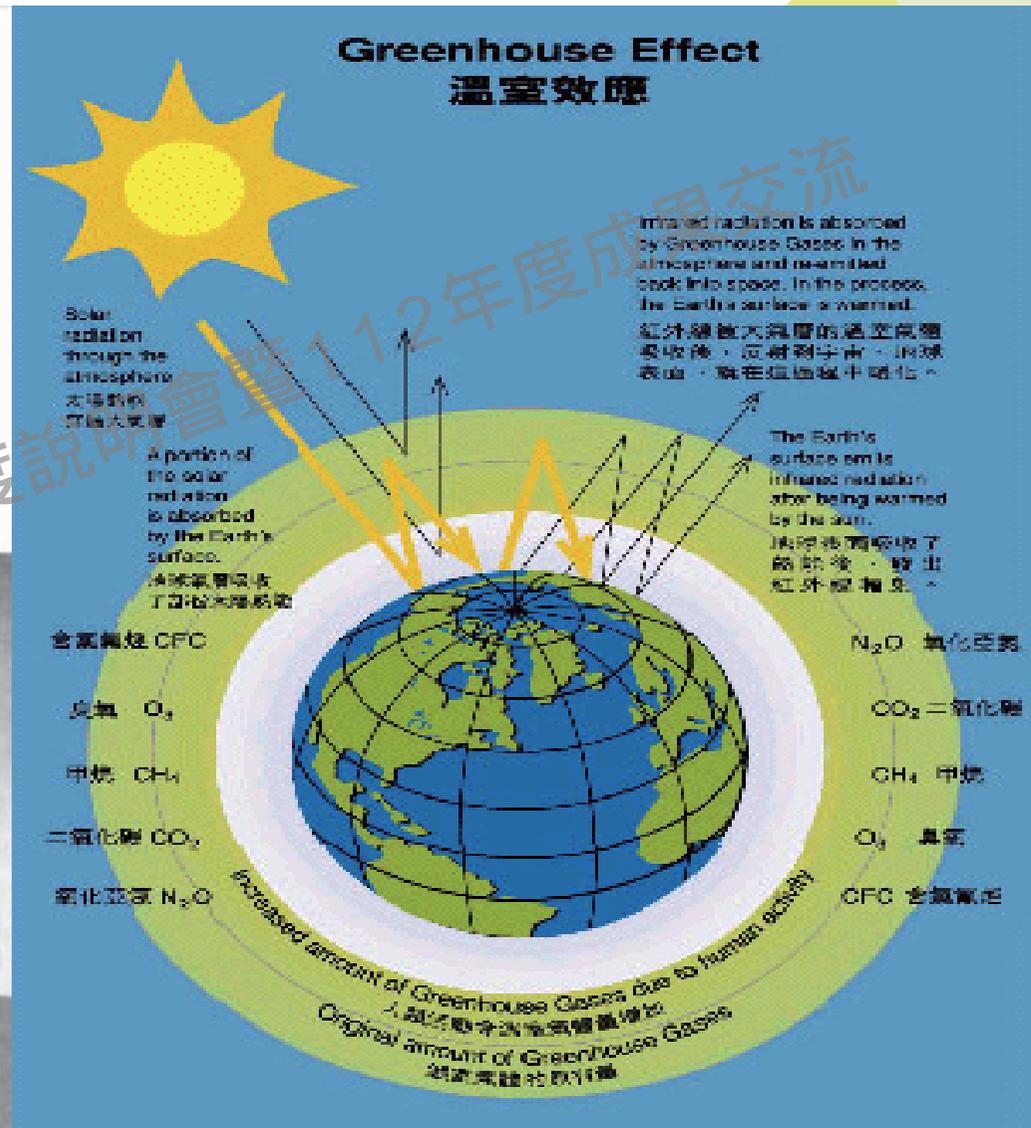
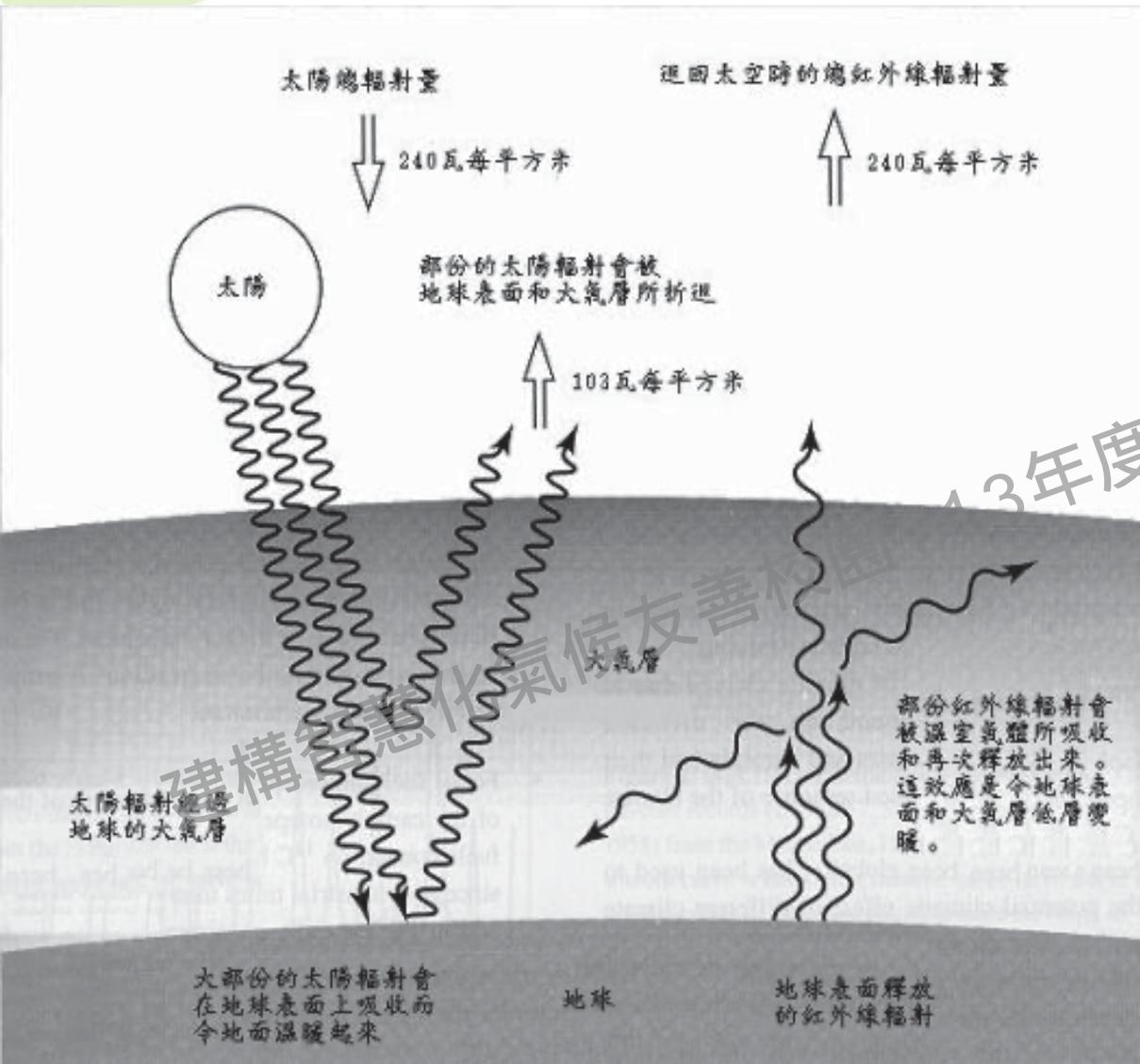
Carbon Clock is an estimation of how much CO₂ can be released into the atmosphere to limit global warming to a maximum of 1.5 degrees.

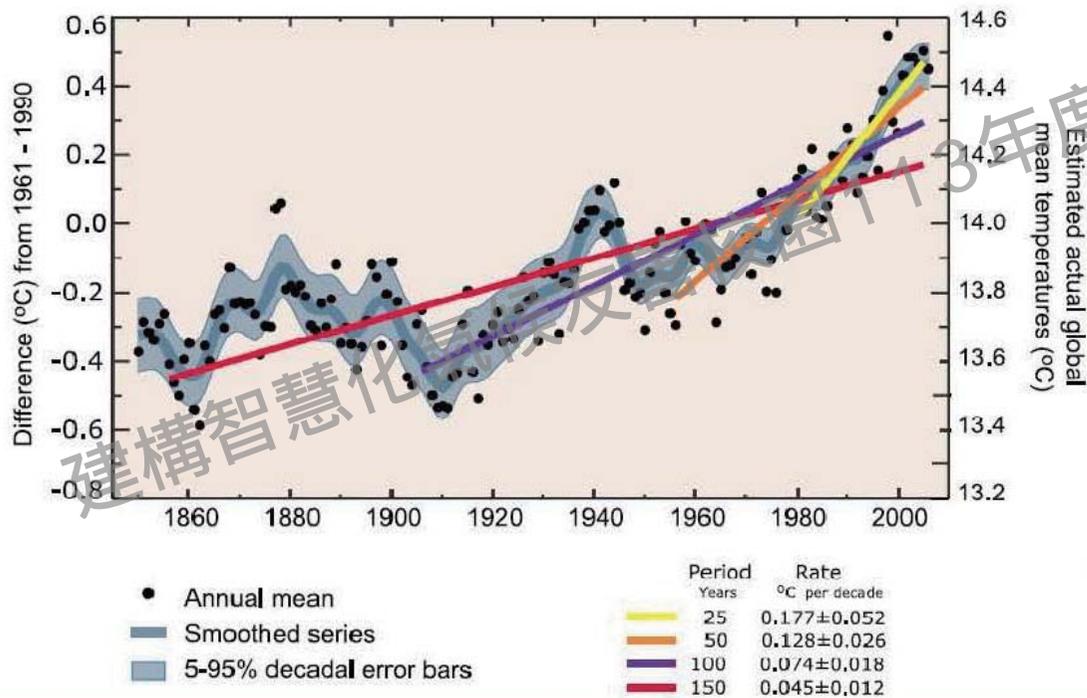
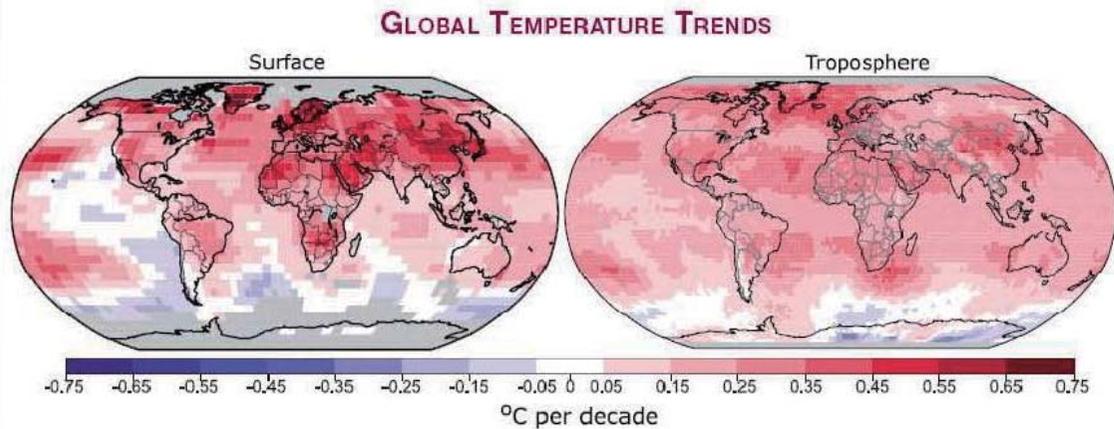
全球化石燃料二氧化碳排放量之逐年變化



全球化石燃料二氧化碳排放量於2020年因Covid-19疫情而降低5.4%，隔年2021年即大幅反彈4.9%。

溫室效應的影響：全球暖化與極端氣候





2019年9月起的澳洲新南威爾斯省的森林大火所造成的環境衝擊與生態浩劫

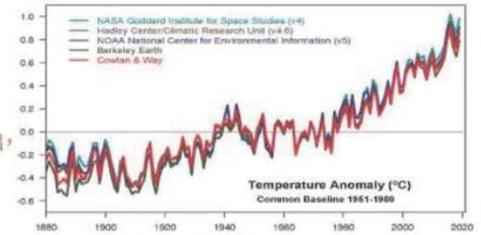


氣候變遷、極端氣候

極端高低溫

四季分明的氣候，漸漸變成極端溫度。

中央氣象局長鄭明典引用美國國家海洋暨大氣總署 (NOAA) 分析報告指出，「最熱的7年就是最近的7年」。

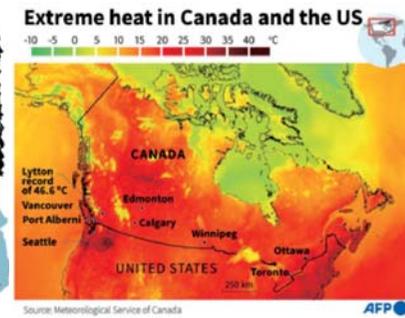


全球平均溫度排名：

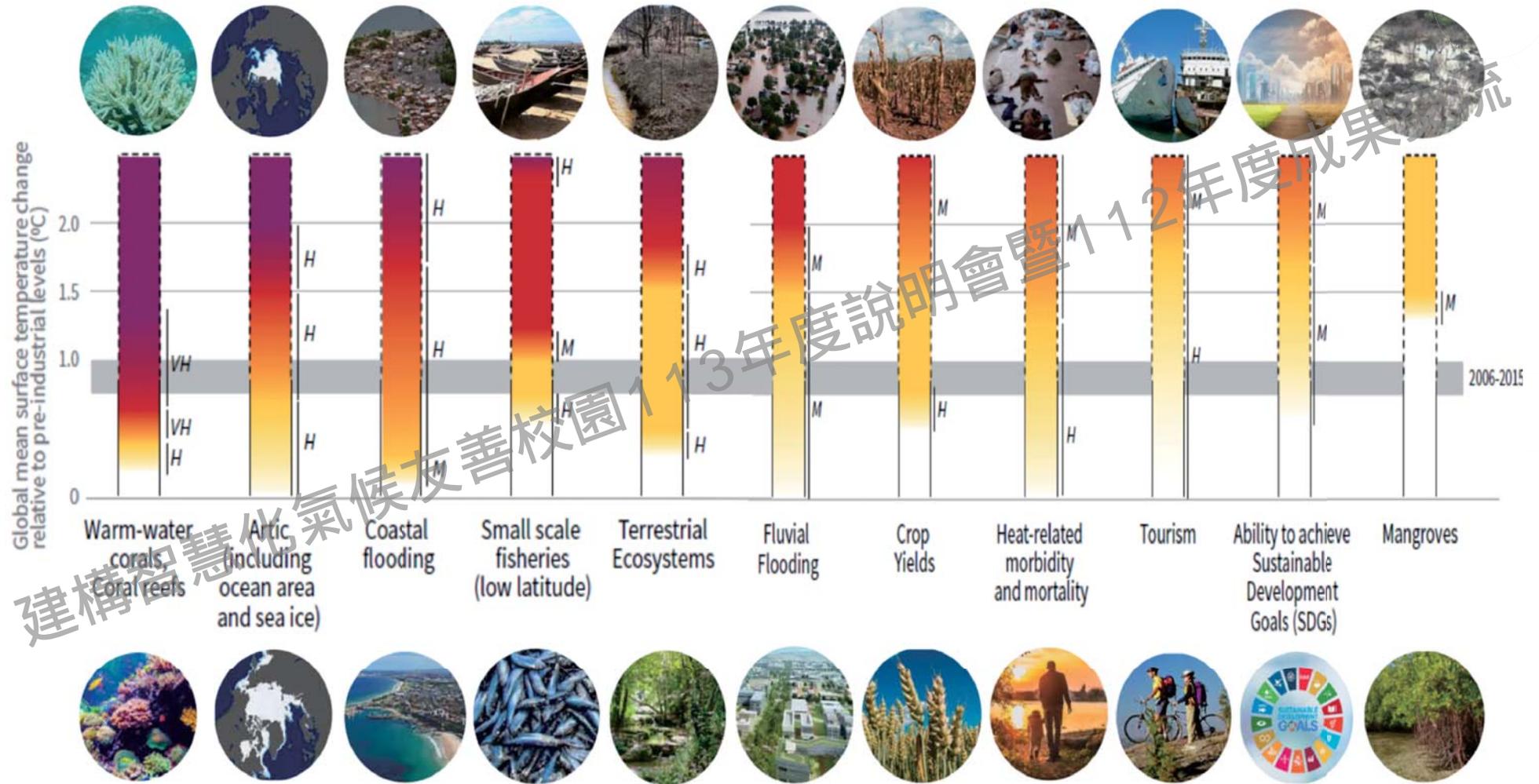
史上最熱—2020-2016年 / 史上第二熱—2017年 / 第三熱—2015年 / 第四熱—2014年

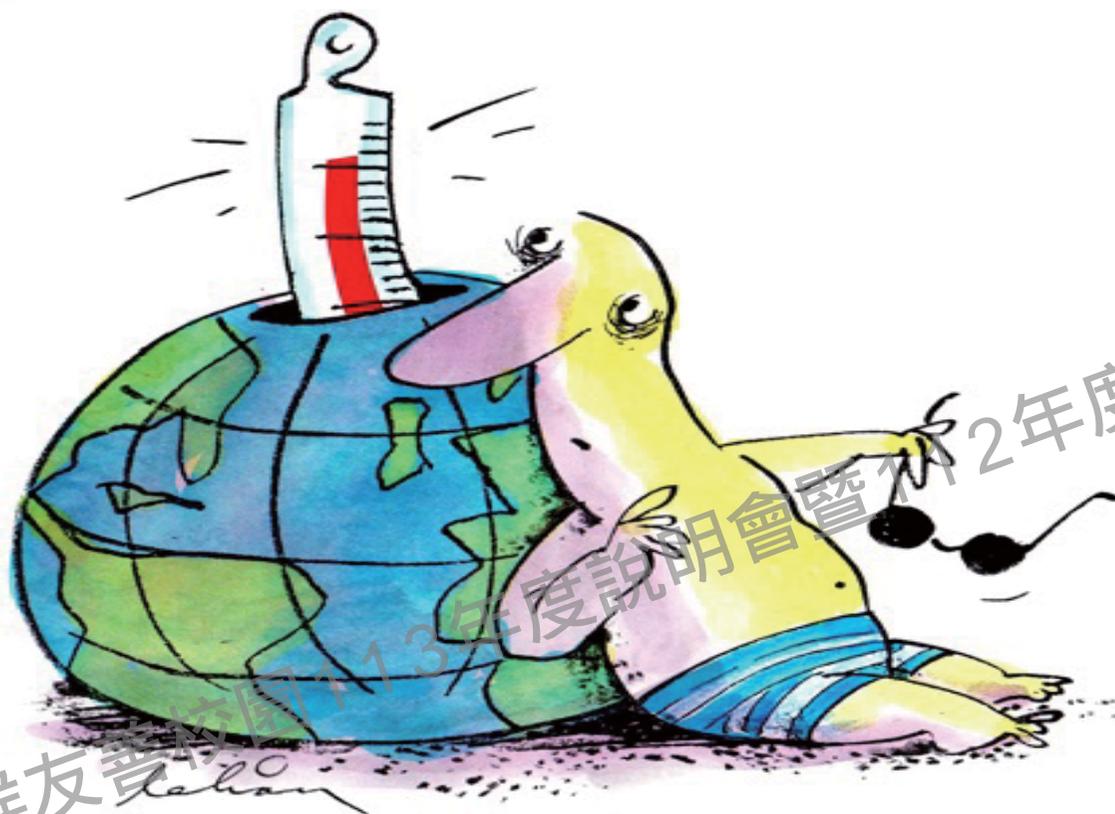
氣候變遷導致全球暖化地球升溫造成強降雨

- 當大氣中的溫度升高，有機會儲存更多水分。
- 而增加的熱能和濕度也代表著天氣系統擁有更強的能量釋放大量雨水，造成暴雨，引發毀滅性水患。
- 若這趨勢不斷持續，同樣劇烈的降雨將更頻繁發生，而且是每升溫一度，發生頻率將增加近一倍。



IPCC 1.5°C 特別報告：溫升對生態與人類活動產生不同程度的衝擊與風險



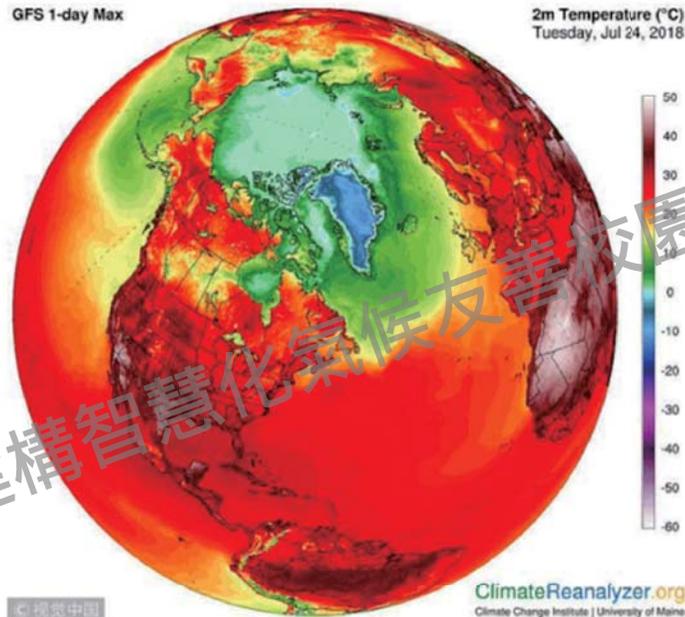


Below 1.5 – to Stay Alive

IPCC 科學報告：若要達到 1.5°C 的目標，到 2030 年全球二氧化碳排放量需要比 2010 年的水準下降大約 45%，到 2050 年左右達到「淨零排放」(net-zero emission)。

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。



2021年

淨零
排放

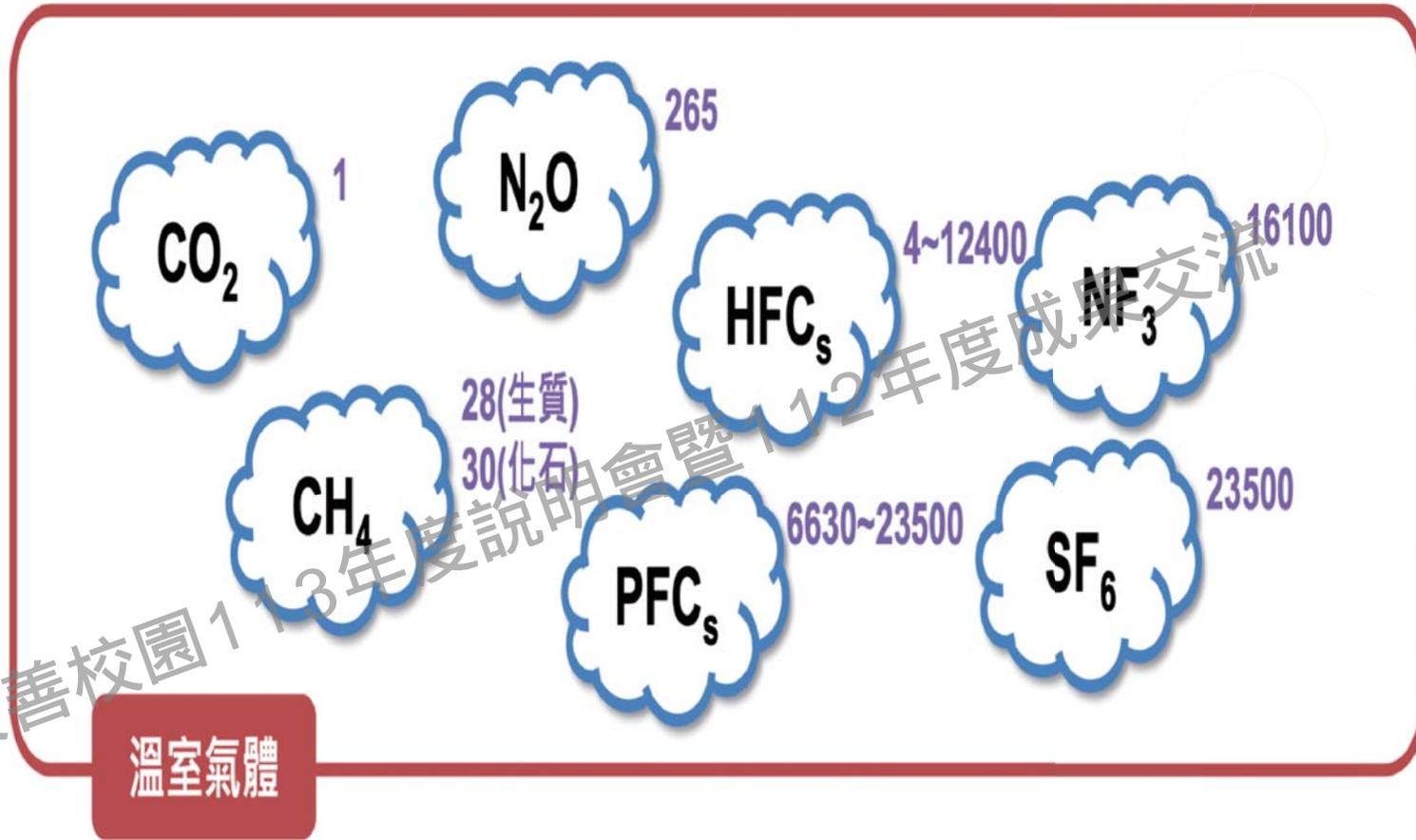


2050年

淨零碳排：

指「碳排放需藉由其他途徑移除大氣中等量的溫室氣體來達到碳排放平衡，如：植樹造林、碳捕捉與封存

(Carbon Capture and Storage, CCS) 等負碳排放技術。」



CO₂e → 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】

國際公約演進

1992通過
1994生效

聯合國氣候變化綱要公約
(UNFCCC)

未規範減碳責任

建立氣候變遷協商與因應框架每年召開締約方會議
(Conference Of the Parties, COP)，討論與制訂相關協議

1997(COP3)通過
2005生效

京都議定書
(Kyoto Protocol)

先進國家強制減碳責任

以共同但有差異責任為原則，賦予附件一國家承擔強制性減碳責任
2008~2012年，平均減量目標為較1990年減少5.2%

2015(COP21)通過
2016生效

巴黎協定
(Paris Agreement)

所有國家參與

全球平均升溫目標 2°C 以內，並以限制升溫 1.5°C 為預定目標，且
規範所有國家每5年提出國家自定貢獻(NDC)

國際公約演進

貿易外交手段，所有國家參與

2021(COP26)通過
格拉斯哥氣候
協議
(Glasgow
Climate Pact)

- 檢討加強2030年國家自定貢獻(Nationally Determined Contributions, NDC) 目標強度
- 要求於COP27前提交2050年長期低碳發展策略
- 逐步減少燃煤與淘汰化石燃料補貼
- 2030年前強化非二氧化碳溫室氣體(如甲烷)減量行動
- 完成巴黎協定規則書制訂：國際碳市場規則

強調落實執行，所有國家參與

2022(COP27)通過
夏姆錫克執行
計畫
(Sharm El-
Sheikh
Implementati
on Plan)

- 提高潔淨能源占比，包含:再生能源與低碳能源
- 提升NDC目標，並於COP28提交
- 提交或更新2050年長期低碳發展策略
- 加速低碳技術研發、布建與擴散
- 加強非CO₂溫室氣體(含甲烷)排放碳量
- 強調自然碳匯重要性

國際公約演進(正在召開)-COP28

召開時間：2023/11/30-2023/12/12

★巴黎協定後(COP21通過)首次全球盤點(Global Stocktake, GST)氣候行動成果

根據《巴黎協定》第14條：締約方於2023年應進行第一次全球盤點，之後每5年需進行一次全球盤點。

2023年第一次全球盤點結果已增溫1.2°C
永續未來的契機正快速消失！

★推動2030減碳幅度與能源轉型

全球須盡快轉型使用潔淨能源，得以在2030年前大幅削減溫室氣體的排放

★損失與損害基金、氣候融資

富國須投入基金助窮國的氣候行動，以利均衡發展，且為氣候脆弱國、發展中國家擬定新協議

國際間有關溫室氣體排放量之承諾目標

目標：2050年達成碳中和

- 美國：2030年, 比2005年溫室氣體排放量減少50~52%
2050年, 達成碳中和
- 日本：2030年, 比2013年溫室氣體排放量減少46%
- 中國：2030年, 達到溫室氣體排放量最高峰
2060年, 達成碳中和
- 歐洲：2030年, 比1990年溫室氣體排放量減少55%
- 英國：2035年, 比1990年溫室氣體排放量減少78%

2050淨零排放規劃

臺灣2050淨零轉型

四大策略 兩大基礎

轉型策略

能源轉型

風力、太陽光電
系統整合及儲能
新能源

(氫能、深層地熱、海洋能等)

產業轉型

高科技產業、傳統製造業
建築營造業、運具電氣化
食品農林、資源循環

生活轉型

綠運輸
電氣化環境營造
住商生活型態

(行為改變)

社會轉型

公正轉型
公民參與
(社會對話)

治理基礎

科技研發

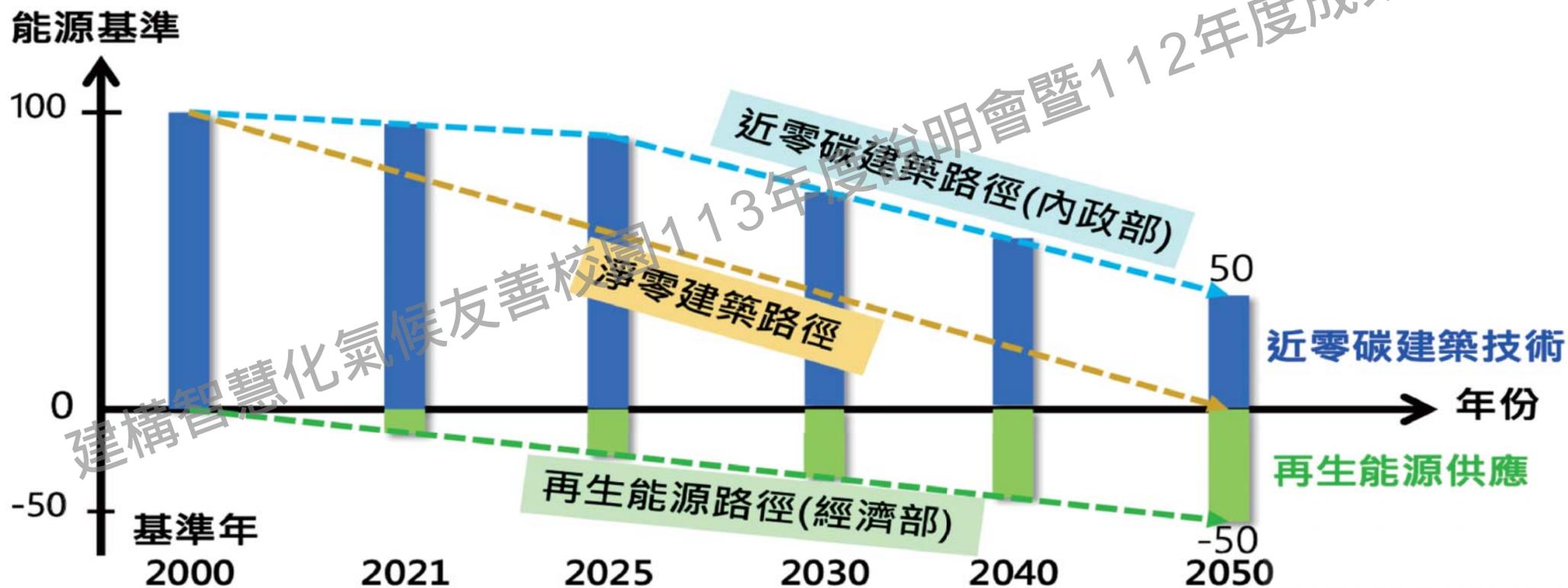
淨零技術
負排放技術

氣候法制

法規制度及政策基礎
碳定價綠色金融

淨零建築路徑藍圖規畫 - 我國規劃概念

參考國際趨勢，先**建築節能50%**，其餘再以**再生能源**
碳中和至零碳排，至2050年達**淨零**建築之目標



新建建築物實施建築能效標示制度

資料來源：內政部 淨零建築及住宅節能推動措施簡報

◆ 建築能效等級:由**高**至**低**依序分為**第1⁺至7級**。

NEARLY ZERO

近零碳建築

◆ (1⁺級)
約節能**50%**。

NET ZERO

淨零建築

剩餘用電量
靠**再生能源**
碳中和至
零排放

新
建
建
築
能
效
標
示

建築物名稱			
坐落地址			
評估總樓地板面積AFc		[m ²]	
免評估分區面積AFn		[m ²]	
建築能效標示字號			
耗電密度 kWh/(m ² .yr)	得分	耗電密度指標 EUI*	
≤ 100.0	90 - 100 1⁺	96.0 kWh/(m ² .yr)	近零碳建築基準
≤ 120.0	80 - < 90 1	48.9 kgCO ₂ /(m ² .yr)	
≤ 140.0	70 - < 80 2		
≤ 160.0	60 - < 70 3		
≤ 180.0	50 - < 60 4		綠建築基準
≤ 200.0	40 - < 50 5		
≤ 240.0	20 - < 40 6		
> 240.0	0 - < 20 7		
總耗電密度 TEUI [kWh/(m ² .yr)]			
耗電密度指標 EUI* [kWh/(m ² .yr)]			
碳排密度指標 CEI* [kgCO ₂ /(m ² .yr)]			
節能率 ESR [%]			
BERS_n 2022			

永續建築、生態建築及綠建築設計理念

建築物理環境對應設計：被動式設計

自然手法優先



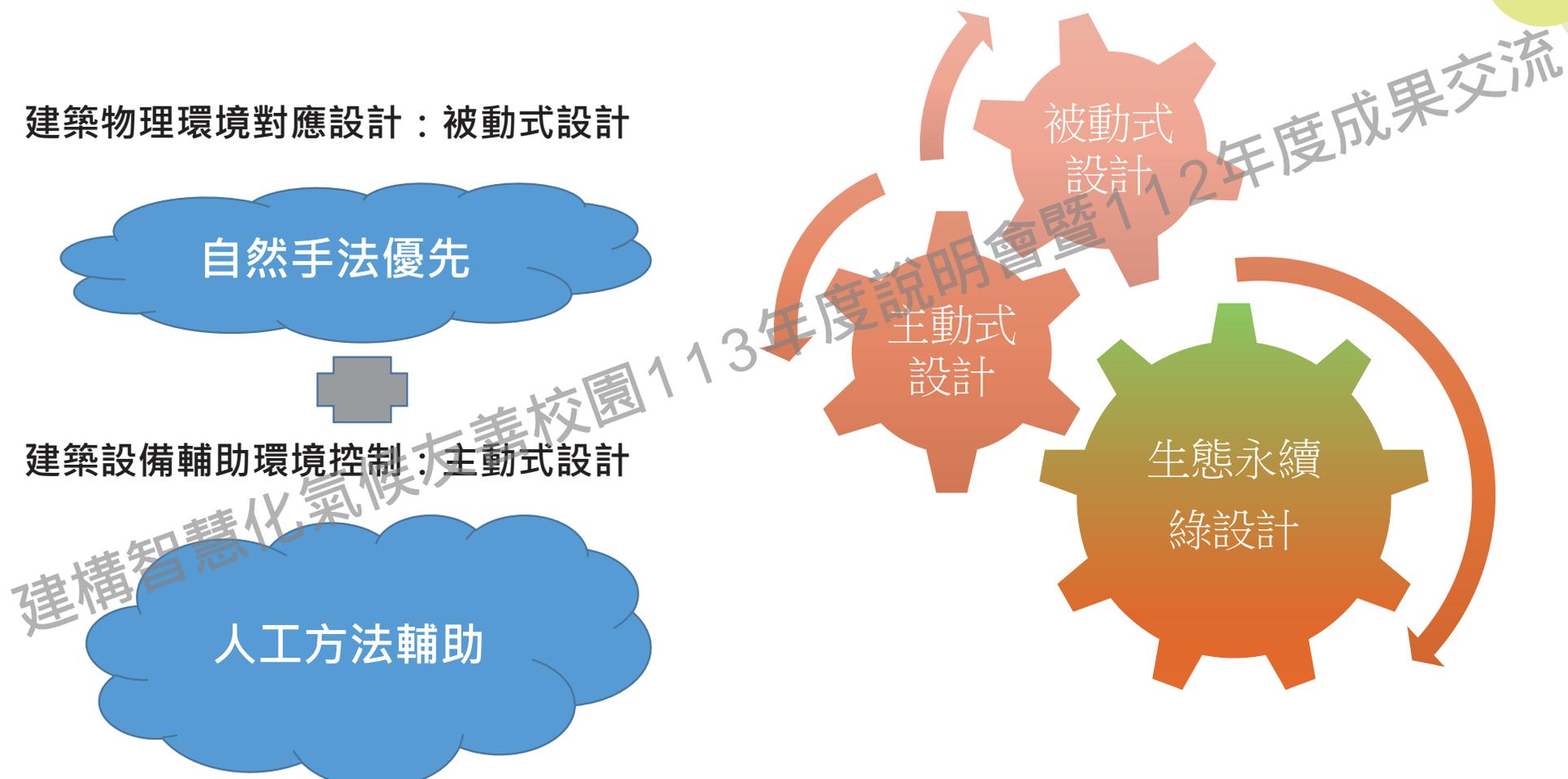
建築設備輔助環境控制：主動式設計

人工方法輔助

被動式設計

主動式設計

生態永續
綠設計



2050淨零轉型路徑規劃之建築面向作為

提升建築外殼設計：

- 加強隔熱、遮陽、通風、導光

被動式建築設計：

- 因地制宜對應微氣候之永續設計策略
- 低碳建材及低耗能設計應用

提高建築節能效率：

- 建築設備及設施節能（家電、空調、照明等）
- 生態環境被動式降溫 + 科技智慧主動控制

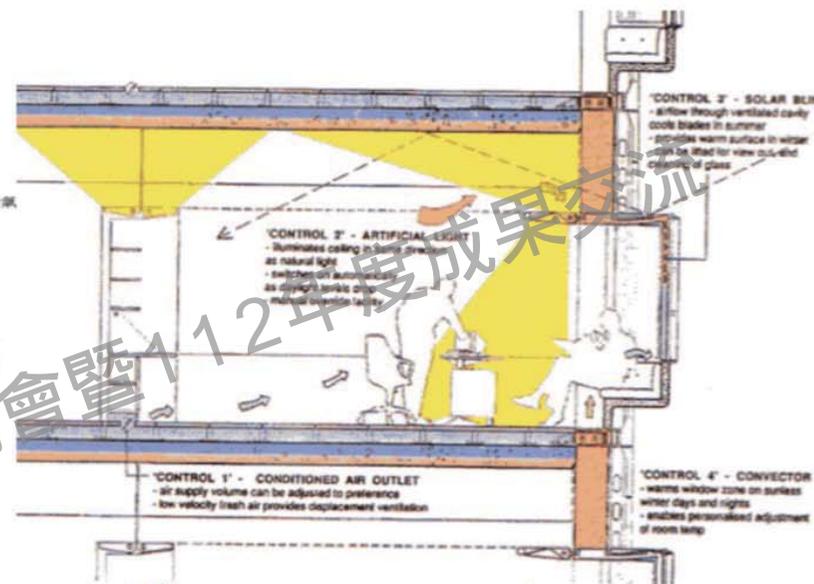
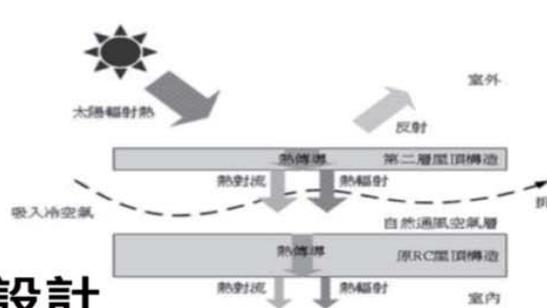
創新節能技術及低碳工法研發應用

- 多元電力整合
- 建築材料碳儲存
- 智慧控制及儲能技術設施導入



淨零排放趨勢下之建築外殼節能減碳管理思維

- 雙層外殼構造設計
- 隔熱遮陽設施
- 導光設施輔助自然採光
- 導風設施輔助自然通風
- 開口部（門、窗）形式設計

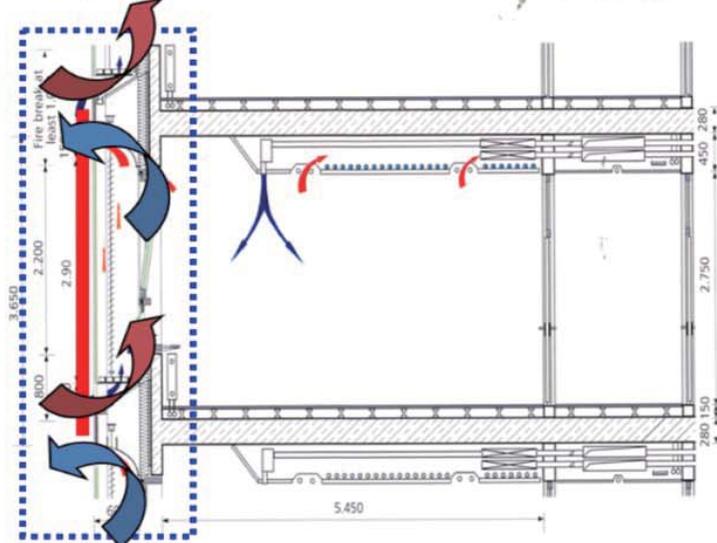
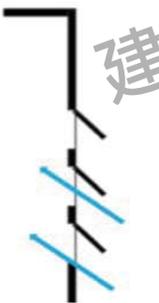


東西曬-垂直遮陽板
可兼具導風功能



窗戶外架設沖孔遮陽板，阻絕陽光，亦有效達到通風散熱效果。

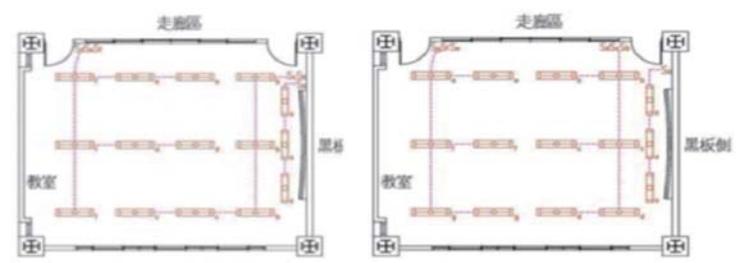
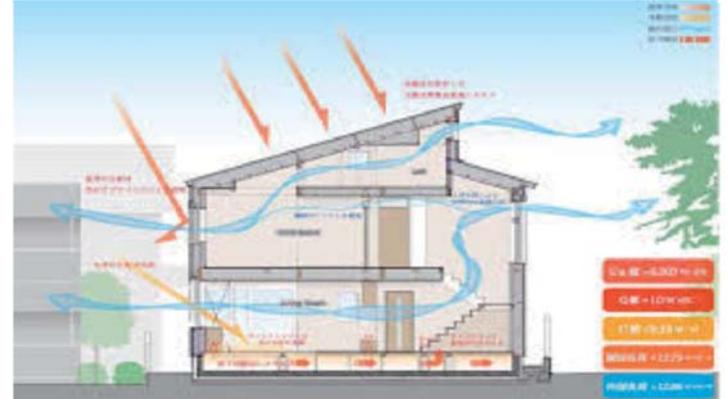
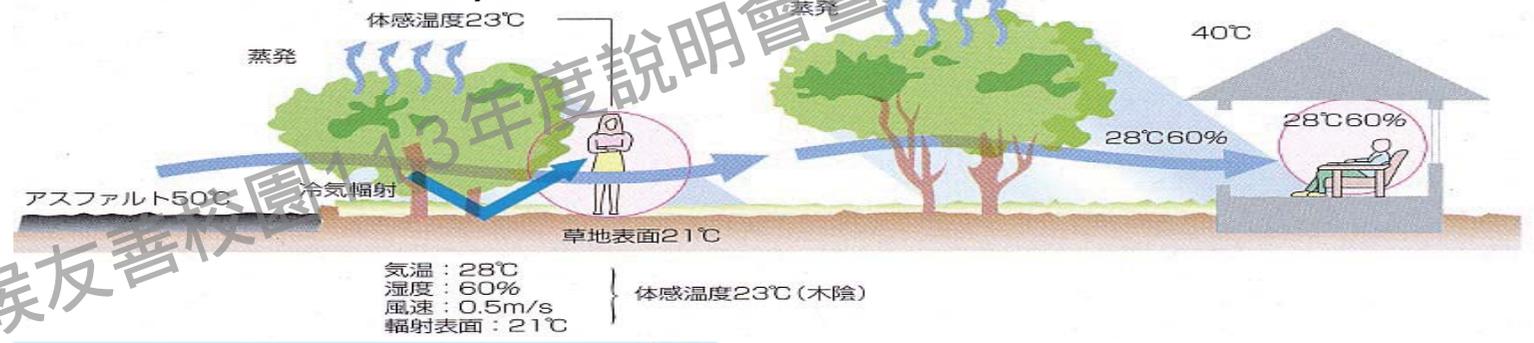
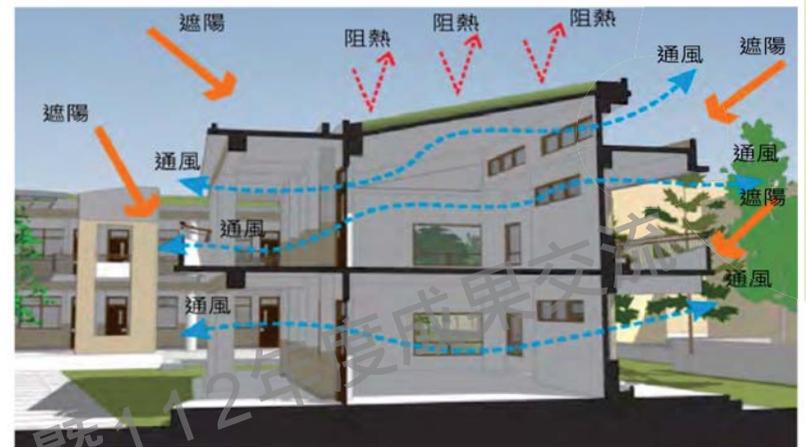
窗戶裝設外推式，能有效將平行外牆風，導流引入室內，調節室內溫度。



淨零排放趨勢下之建築環境節能管理思維

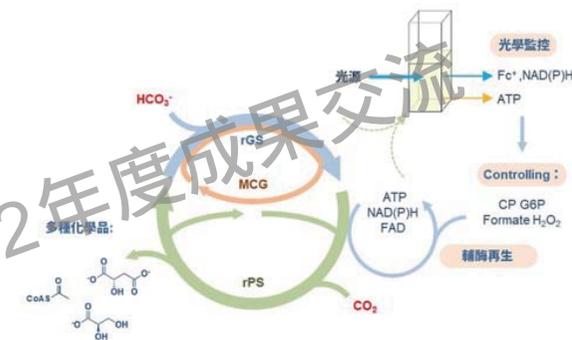
整合隔熱、遮陽、通風、水與綠的環境降溫策略

- 建築外殼節能 (隔熱、遮陽、通風換氣)
- 照明設備系統節能 (節能燈具、迴路點滅控制、自然採光搭配)
- 空調設備系統節能 (節能空調、節能管控機制)
- 環境降溫節能 (微氣候調節、生態綠帶、季節風)



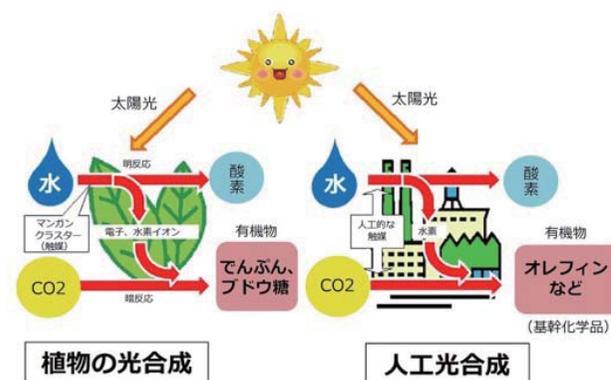
碳匯 (Carbon Sink) 及植物固碳

- 碳匯是儲存二氧化碳的天然或人工「倉庫」，地球最會儲存二氧化碳的天然倉庫依序為**森林、海洋、土壤**
- 植物吸收空氣中的二氧化碳行光合作用，樹木可以把空氣中四公斤的二氧化碳轉成一公斤的木材放到肚子裡，**一棵樹木有生之年大概可以吸收900公斤的二氧化碳**。樹木吸收二氧化碳的能力在20年生會達到頂峰，接下來隨樹齡增加下降，到了60年生、80年生，將二氧化碳轉換成木材的能力就變得非常緩慢。
- 校園植栽是學校固碳及負碳的資產，也是有利環境降溫、減少校園熱負荷的解方。

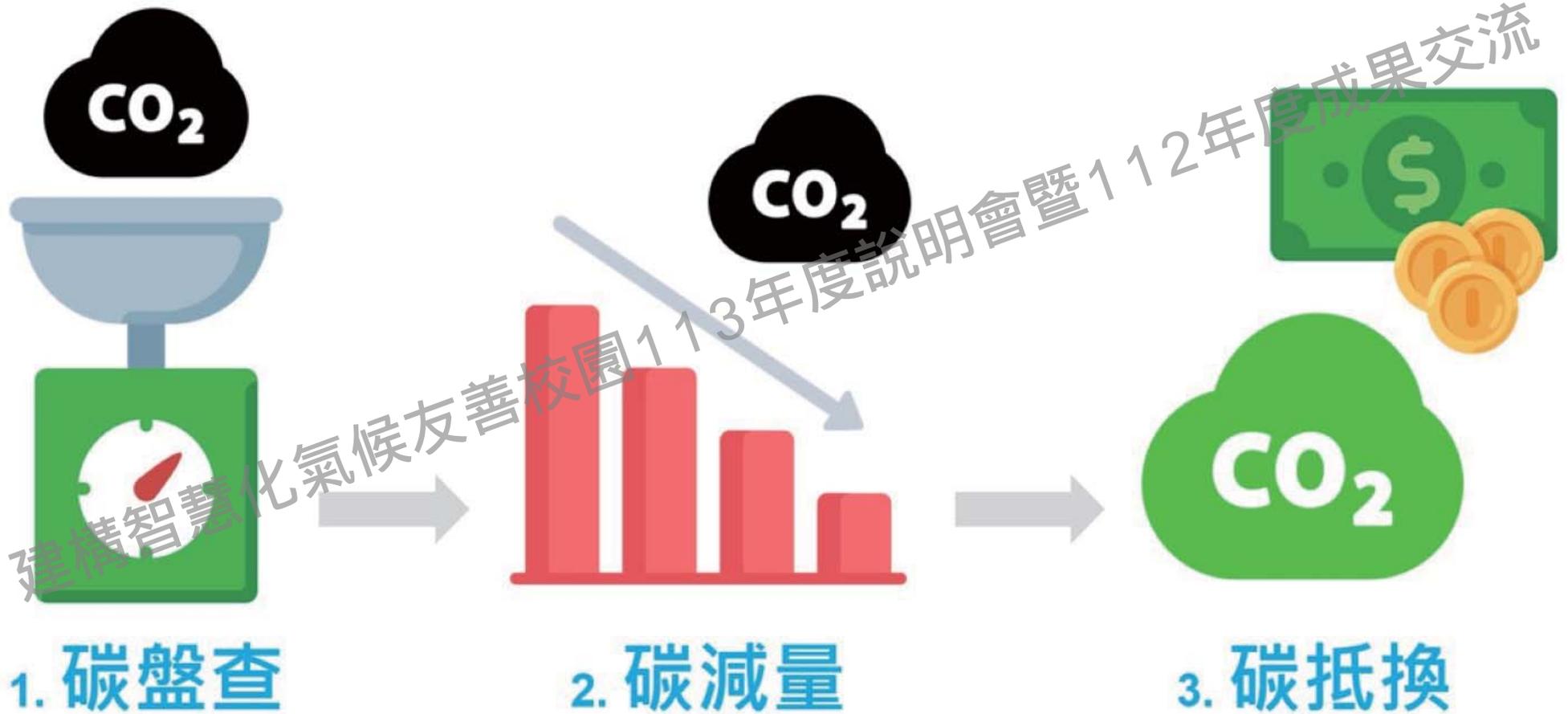


中央研究院人工固碳之研究

打造超越植物光合作用效率的人工固碳循環
將二氧化碳轉化為再利用的化學品



碳中和的操作流程



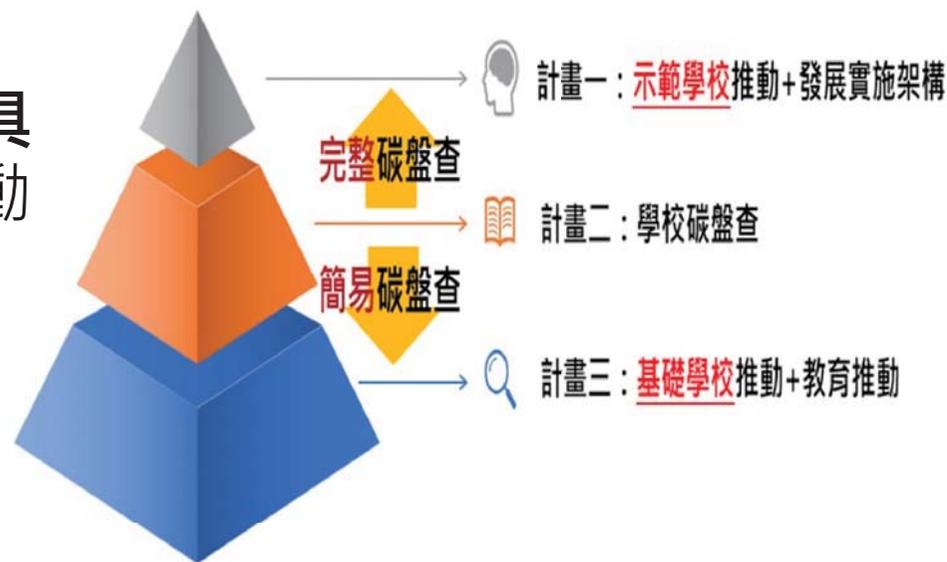
113年度智慧化氣候友善校園基礎校之碳盤查

➤ 學習以智慧化工具進行校園碳盤查

- ◆ 學習AIoT、智慧電表、智慧水表、EMS系統等智慧化工具之應用
- ◆ 學習碳盤查之項目內容與所代表意義
- ◆ 學習校園從節能減排→低碳校園→淨零排放之可行操作項目內容

➤ 基礎校碳盤查的特性

- ◆ 簡化而不造成負擔→**簡易版碳盤查工具**
- ◆ 結合氣候變遷教育教學實作課程或活動
- ◆ **引領校園節能減排之積極作為**
- ◆ 可進一步與示範案完整碳盤查比對
- ◆ 建立後續申請示範校時之基礎盤查
- ◆ 作為後續減排績效之量化比較基準



氣候友善校園碳盤查之目標



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



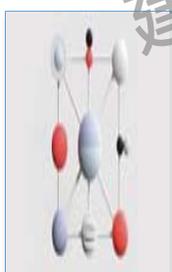
數據化 (量化、效益)

- 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

ISO 14064-1 : 2018 標準條文-五大原則

相關性

選擇適合預期使用者需求相關的溫室氣體源(GHG source)、溫室氣體匯(GHG sink)、溫室氣體儲存庫數據及方法。

完整性

納入所有相關的溫室氣體排放與移除。

一致性

能對溫室氣體相關資訊進行有意義之比較。

準確度

實務上盡可能減少偏差與不確定性。

透明度

揭露充分且適合的溫室氣體相關資訊，使預期使用者作出合理可信之決策。

ISO14064-1：組織層面

碳盤查

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。

ISO14064-2：專案層面

減碳專案

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。

ISO14064-3：查證/確證層面

碳查證

溫室氣體主張之確證與查證附指引之規範。

ISO14067：產品層面

碳足跡

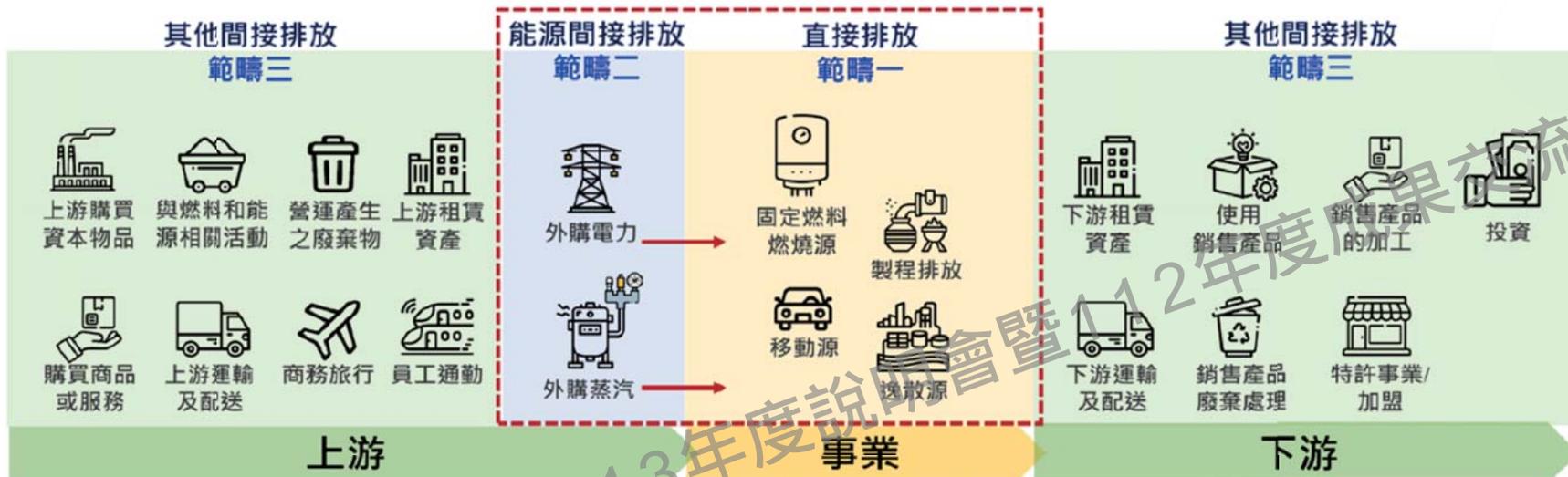
關注一個『產品』的整個生命週期所產生的環境衝擊與溫室氣體排放量

ISO50001：能源管理系統

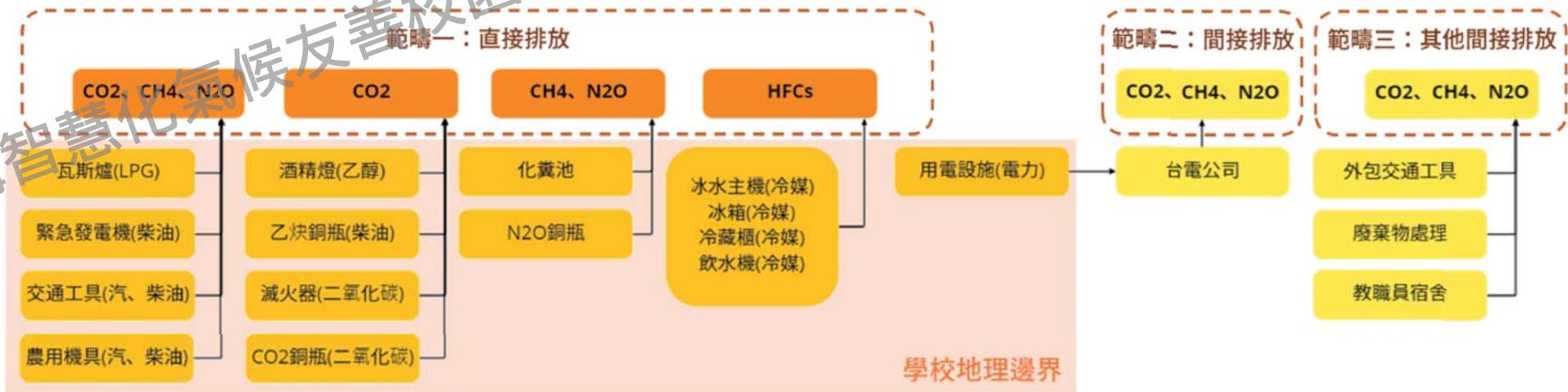
闡述達成能源效率的最佳途徑，不論企業組織的性質為何。該項標準可協助達到環保和減碳目標，此為部分能源績效的表現。

溫室氣體盤查涵蓋範疇

企業盤查
涵蓋範疇



校園盤查
涵蓋範疇



資料來源：行政院環境保護署 溫室氣體排放量盤查作業指引、盤查不求人 校園溫室氣體管理手冊

校園碳盤查工具

建構智慧化氣候友善校園 113年度說明會暨112年度成果交流

碳盤查流程



計算公式

排放源
使用/補充數據

× 溫室氣體
排放係數

× 全球暖化潛勢
(GWP)

=

溫室氣體排放量
(公噸CO₂e/年)

由校方填入數據，類別如下：

表單自動計算

確認溫室氣體盤查年度/邊界

鑑別溫室氣體排放源/計算排放量

固定式
排放源

能源間接
排放源

移動式
排放源

其他間接
排放源

逸散性
排放源

負碳排放
源及減碳
作為/策略

固定式
排放源

移動式
排放源

逸散性
排放源

能源間接
排放源

其他間接
排放源

負碳排放源
及減碳作為策略

- ✓ 燃料使用
 - 燃料油
 - 天然氣
 - 液化石油氣
 - 汽油
 - 柴油

- ✓ 燃料使用
 - 車用汽油
 - 柴油
 - 煤油
 - 潤滑油

- ✓ 汗水排放源
 - 平日日間使用學生
 - 平日夜間使用學生
 - 假日使用學生
 - 住宿人數
 - 平日日間員工
 - 平日夜間員工
 - 假日員工

- ✓ 外購電力
(每期用電度數)

- ✓ 外購水力
(每期用水度數)

- ✓ 滅火器與冷媒排放源
 - 二氧化碳滅火器填充
 - 冷媒填充
(細項設備及補充量)

- ✓ 再生能源
 - 風力發電
 - 太陽能光電
- ✓ 生態固碳
 - 綠色碳匯

✓ 低碳建築=建築節能+設備節能

- 建築節能：降低環境熱負荷
- 設備節能：
 - 汰舊換新為使用節能熱水器
 - 空調節能(汰換空調、空調使用管理)
 - 照明節能(汰換燈具、開關燈控制迴路及其他燈具節能)
 - 飲水機加裝定時器
 - 事務機器設備管理
 - 汰換為節能冰箱

✓ 水資源循環再利用

- 雨水回收再利用
- 中水回收再利用
- 使用管理&節水器材
- 地下水使用統計

✓ 低碳運輸

- 公務車使用之減碳措施

系統自動呈現各項排放源占比。

各類型排放源排放比例	固定式排放源	移動式排放源	逸散性排放源	能源間接排放源	其他間接排放源	總碳排放當量	負碳排放源及減碳作為/策略
碳排放當量(公噸CO ₂ e/年)	0	0	0	0	0	0	0
占總排放量比例(%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

建構智慧化氣候友善永續循環校園之碳盤查系統

碳盤查流程



計算
公式

排放源
使用/補充數據

X 溫室氣體
排放係數

X 全球暖化潛勢
(GWP)

=

溫室氣體排放量
(公噸CO₂e/年)

表單自動計算

確
認

溫室氣體盤查年度/邊界

鑑
別

溫室氣體排放源/計算碳排放量

固定式
排放源

移動式
排放源

逸散性
排放源

能源間接
排放源

其他間接
排放源

負碳排放源
及減碳作為/策略

建構智慧化氣候友善校園
之碳盤查系統
永續循環校園

確定 溫室氣體 盤查年度 / 邊界

基本資料*

1	設定基準年(選定首次盤查年度為基準年)	111
2	填報年度	112
3	學校名稱(請填寫全稱)(例：臺中市立忠明高級中學)	國立臺中科技大學
4	學校地址	404臺中市北區三民路三段129號
5	校長姓名	謝OO
6	填報人員姓名	林OO
7	填報人員聯絡電話	(04)22191234
8	傳真	(04)22190000
9	電子郵件信箱	a1234567@gmail.com
10	全校教職員及計畫專責人員總人數	777
11	學生總人數	16191
12	建築物總樓地板面積(平方公尺)	171551
13	預估太陽能光電板每年發電效益(度)	1300
14	預估風力發電每年發電效益(度)	1051

確定 溫室氣體 盤查年度 / 邊界

盤查組織邊界設定*

範例：本校分為三民校區及民生校區。

1、三民校區(臺中市北區三民路三段129號)：

中商大樓(圖書館)、翰英樓、昌明樓、弘業樓、奇秀樓、中正大樓、資訊大樓、行政大樓、中技大樓、學生活動中心、中心學術交流、體育館、教學實習大樓、設計創意中心、女生宿舍、男生宿舍。

2、民生校區(臺中市西區三民路一段193號)：

仁愛樓、綜合大樓、誠敬樓。

其中包含一般教室、教師研究室、行政辦公室、實驗室、健康中心、學生餐廳、郵局等區域，除本校委外之餐廳、書局、超商及非本校所屬之財產(車輛及設備等)之外，其餘皆為本次盤查範圍。

1	設定基準年	111
---	-------	-----

基準年為首次盤查年度

Ex. 首次盤查年度為111年間的資料，因此基準年為111年

2	填報年度	111
---	------	-----

填報年度為此次盤查年度

Ex. 於112年9月1日進行盤查填報作業，盤查111/1/1-111/12/31區間的資料，

因此填報年度為111年

10	全校教職員及計畫專責人員總人數	777
11	學生總人數	16191
12	建築物總樓地板面積(平方公尺)	171551

只需計算盤查邊界範圍內的使用人數及建築物總樓地板面積

Ex. 學校校區有幼兒園、國小部兩個校區，而此次盤查邊界設定為盤查國小部的範圍

因此人數、建築物總樓地板面積僅需計算國小部

13 預估太陽能光電板每年發電效益(度)

1300

1、可結合EMS系統

2、可參考台灣電力公司

預估太陽能光電板每年發電效益= 太陽能光電板裝置容量 X 每千瓦年發電量

↓ 太陽能光電(每千瓦年發電量參考數值)

111年各縣市太陽光電容量因數

縣市	太陽光電裝置容量(瓩)	太陽光電發電量(度)	平均各機組每旺年發電量(度) Σ(各機組年發電量/各機組裝置容量)/縣市機組數 (A)	每旺日平均發電量(度) (A)/365天	容量因數 (A)/8760小時
基隆市	19,134	6,181,941	811	2.22	9.26%
台北市	65,175	53,613,066	1,209	3.31	13.80%
新北市	129,146	91,211,465	1,096	3.00	12.51%
桃園市	545,465	514,666,659	1,090	2.99	12.44%
新竹市	38,844	37,793,735	1,173	3.21	13.40%
新竹縣	162,617	164,905,743	1,148	3.15	13.11%
苗栗縣	293,206	299,536,750	1,191	3.26	13.60%
台中市	543,199	615,038,141	1,261	3.46	14.40%
彰化縣	1,164,257	1,319,965,704	1,263	3.46	14.42%
南投縣	168,645	160,404,961	1,179	3.23	13.45%
雲林縣	984,137	1,336,077,431	1,249	3.42	14.26%

註：

1. 容量因數(Capacity Factor)定義：機組全年總發電量/(機組裝置容量x機組發電天數換算時數)。
2. 111年為365天，換算天數為8760小時。
3. 111年每旺年平均發電量約1,207度，各地區因日照條件略有增減。
4. 各縣市採全年外購發電量(未含轉直供電量)計算，因機組設置時間不一，發電效益不一，故計算結果與實際情形可能略有出入。
5. 「平均各機組每旺年發電量(度)」計算，如因機組設置期間未滿一年者，按天數比例推估年發電量後計算。

資料來源：台灣電力公司

嘉義市	38,828	36,328,516	1,119	3.07	12.78%
嘉義縣	828,771	805,122,898	1,176	3.22	13.42%
台南市	1,708,614	2,224,147,463	1,234	3.38	14.08%
高雄市	939,533	1,043,492,351	1,187	3.25	13.56%
屏東縣	1,012,228	1,150,110,101	1,162	3.18	13.26%
宜蘭縣	127,502	106,380,056	1,117	3.06	12.75%
花蓮縣	92,921	80,744,541	1,210	3.32	13.82%
台東縣	65,282	68,922,552	1,337	3.66	15.26%
澎湖縣	17,728	17,756,100	1,221	3.35	13.94%
金門縣	12,256	13,690,619	1,198	3.28	13.67%
連江縣 (馬祖)	70	67,482	1,274	3.49	14.54%
合計	8,957,556	10,146,158,275	1,207	3.31	13.78%

鑑別 溫室氣體 排放源 / 計算碳排放量

固定式 排放源

✓燃料使用 •燃料油、天然氣、液化石油氣、汽油、柴油

主要來自於校內體育館、實習工廠、廚房及緊急發電機等，使用天然氣、燃料油等產生之直接排放。

溫室氣體排放源：二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亞氮(N₂O)

排放量計算=

(每年使用量 X CO₂的溫室氣體排放係數 X CO₂的GWP值1) / 1000 + (每年使用量 X CH₄的溫室氣體排放係數 X CH₄的GWP值25) / 1000 + (每年使用量 X N₂O的溫室氣體排放係數 X N₂O的GWP值298) / 1000

移動式 排放源

✓燃料使用 •車用汽油、柴油、煤油、潤滑油

學校所有產權之公務車輛(配車、校車等)及農機用具(割草機、鏈鋸、吹葉機)，其燃料用油才需列入統計，可由購油單據或里程記錄換算。

溫室氣體排放源：二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亞氮(N₂O)

排放量計算=

(每年使用量 X CO₂的溫室氣體排放係數 X CO₂的GWP值1) / 1000 + (每年使用量 X CH₄的溫室氣體排放係數 X CH₄的GWP值25) / 1000 + (每年使用量 X N₂O的溫室氣體排放係數 X N₂O的GWP值298) / 1000

鑑別 溫室氣體 排放源 / 計算碳排放量

- ✓ 汙水排放源
- 平日日間使用學生、平日夜間使用學生、假日使用學生、住宿人數、平日日間員工、平日夜間員工、假日員工

盤查邊界範圍內有多少人及使用時間，來發現對於環境的衝擊有多少。

逸散性
排放源

溫室氣體排放源：甲烷(CH₄)

CH₄溫室氣體排放係數 = (BOD排放因子 X 平均污水濃度) / 10000000000 X 工作天數(天) X (每人每天工作時間(小時) × 每人每小時廢水量(公升/小時)) X (汙水處理效率/100)

排放量計算 = (人數 X CH₄溫室氣體排放係數 X CH₄的GWP值25)

- ✓ 滅火器與冷媒排放源
- 二氧化碳滅火器填充、冷媒填充(細項設備及補充量)

了解學校既有二氧化碳、滅火器及盤查年度補充了多少的二氧化碳或冷媒。

溫室氣體排放源：二氧化碳(CO₂)、冷媒

二氧化碳滅火器填充排放量計算 = (每年補充量 X CO₂的溫室氣體排放係數 X CO₂的GWP值1) / 1000

冷媒填充排放量計算 = (每年補充量 X 溫室氣體排放係數1 X 各項冷媒的GWP值) / 1000

鑑別 溫室氣體 排放源 / 計算碳排放量

- ✓外購電力
- 每期用電度數

能源間接

將由校方繳費之所有電錶度數加總，非校方繳費之用電度數則不列入。

排放源

溫室氣體排放源：二氧化碳(CO₂)

排放量計算=(總用電度數 X CO₂的溫室氣體排放係數 X CO₂的GWP值1)/ 1000

- ✓外購水力
- 每期用水度數

其他間接

將由校方繳費之所有水錶度數加總，非校方繳費之用水度數則不列入。

排放源

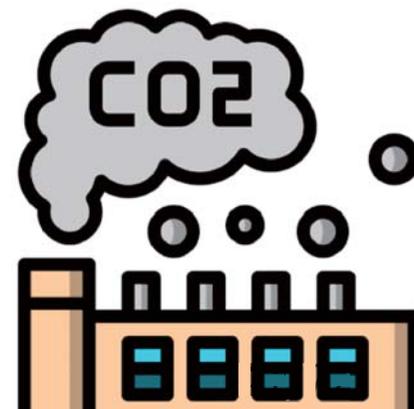
溫室氣體排放源：二氧化碳(CO₂)

排放量計算=(總用電度數 X CO₂的溫室氣體排放係數 X CO₂的GWP值1)/ 1000

固定式排放源 + 移動式排放源 + 逸散性排放源

+ 能源間接排放源 + 其他間接排放源

= 盤查年度學校總碳排放當量



鑑別 溫室氣體 排放源 / 計算碳排放量

負 碳 排 放 源 及 減 碳 作 為 策 略

- ✓ 再生能源 • 風力發電、太陽能光電

了解學校再生能源每年實際的發電效益。

- ✓ 生態固碳 • 綠色碳匯

以各類別植物的栽種面積估算，了解學校植物所產生的固碳效益。

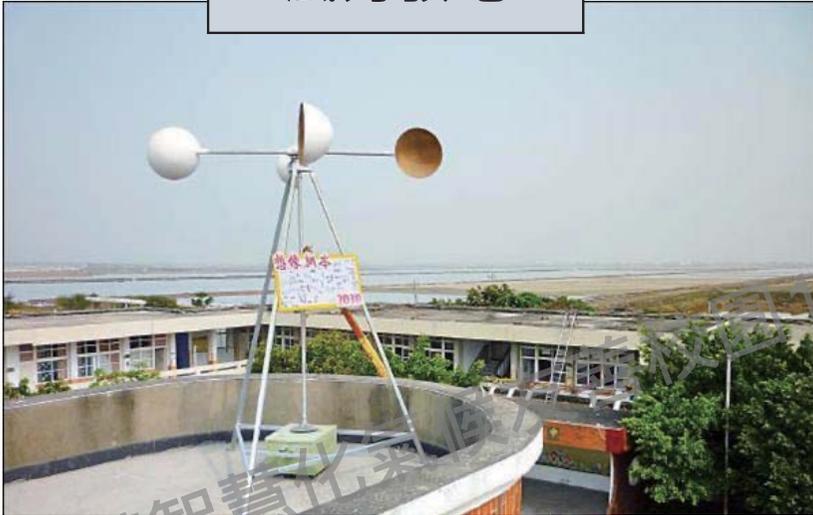
植 物 類 別

- ① 生態複層：大小喬木、灌木、花草密植混和區(喬木間距 < 3.5m)
- ② 喬木-闊葉大喬木
 - 闊葉小喬木、針葉喬木、疏葉喬木
 - 棕櫚類
- ③ 灌木(每平方公尺植栽2株以上)
- ④ 多年生藤蔓
- ⑤ 草花花圃、自然野草地、水生植物、草坪
- ⑥ 薄層綠化、壁掛式綠化

負碳排放源(再生能源)

盤查風力發電及太陽能光電
每年實際發電度數kgCO₂e/度電(kWh)

風力發電



太陽能光電



負碳量計算=

(每年實際發電度數 X CO₂溫室氣體排放係數 X CO₂的GWP值1) / 1000

負碳排放源(生態固碳)

植物固碳量計算

盤查採用《內政部建築研究所-綠建築評估手冊-基本型2023年版》，所提供之植物固碳當量計算。

單一樹木栽種面積計算 $=\pi * r^2$

計算植物一年的固碳量

影響樹木固碳當量主要為樹木的胸高直徑、樹高及木材密度，因此其樹木固碳能力皆會不一樣。

『本次盤查出的數值為基礎固碳能力的結果』



盤查學校各植物類別『栽種面積』(平方公尺)

校園樹木類別		校方填寫欄位	單位	植物固碳當量 (kgCO ₂ e/(m ² .yr))	綠化固碳當量 (公噸CO ₂ e/年)
生態複層	大小喬木、灌木、花草密植混合區 (喬木間距3.5m以下)		平方公尺	2.00	0
喬木	闊葉大喬木		平方公尺	1.50	0
	闊葉小喬木、針葉喬木、疏葉喬木		平方公尺	1.00	0
	棕櫚類		平方公尺	0.66	0
灌木(每平方公尺植栽2株以上)			平方公尺	0.50	0
多年生藤蔓			平方公尺	0.40	0
草花花圃、自然野草地、水生植物、草坪			平方公尺	0.30	0
薄層綠化、壁掛式綠化			平方公尺	0.30	0

參考資料：內政部建築研究所-綠建築評估手冊-基本型2023年版

綠化固碳當量：栽種面積 × 植物固碳當量 / 1000

*喬木：喬木間距 $\geq 5m$ ，計算上需要將各樹木的面積加以累計計算。

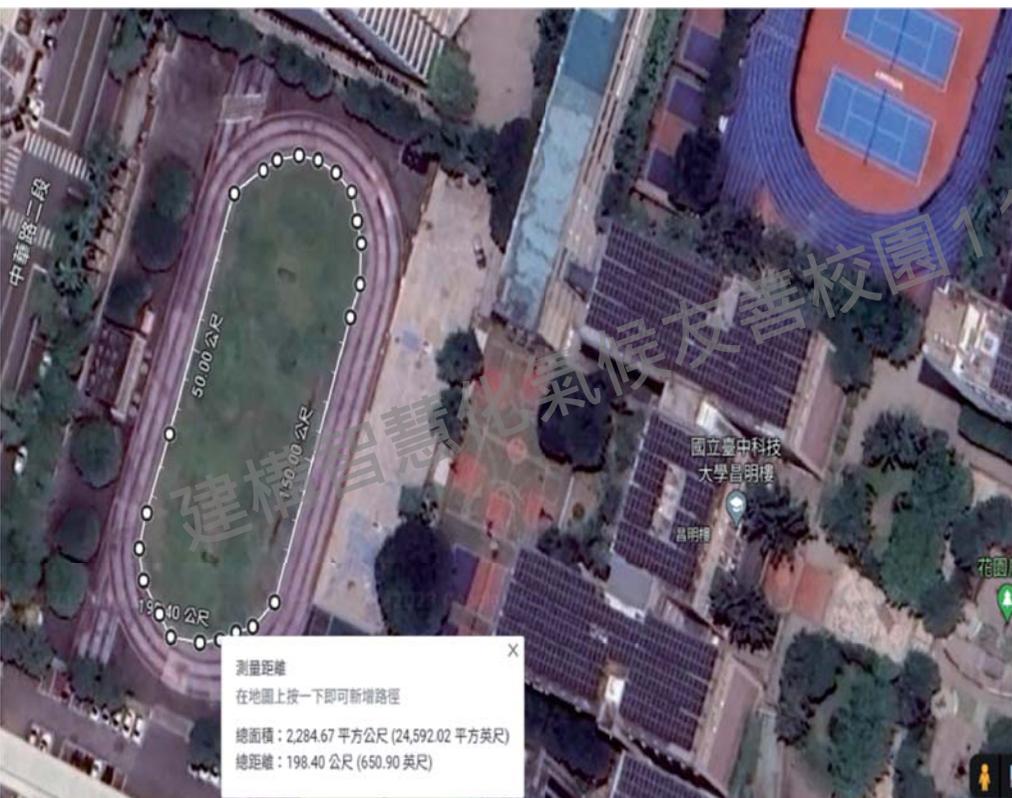
喬木間距 $< 5m$ ，計算上只需將所有種植面積視為喬木面積加以計算。

*老樹：以實際樹冠投影面積計算；

老樹定義：米高徑30cm以上或樹齡20年以上之喬木。但移植的老樹視同新樹。

生態固碳(樹木面積計算方式)

- 步驟：1)可利用學校平面圖或航照圖，先將各植栽樹木類別進行區分
- 2)利用Google地圖測量大約面積 or 利用Image-J軟體估算 or 單棵樹木計算
(結合教學、工具的運用)



於草花花圃、自然草地、水生植物、草坪的區域其面積約為2284.67平方公尺。實際面積則需以測量後實際數值為主

計算：

$$2284.67(\text{植物栽種面積}) \times 0.30(\text{植物固碳當量}) \\ = 0.6854 \text{公噸CO}_2\text{e/年}(\text{綠化固碳當量})$$

校園樹木資訊平台-植物固碳量計算

若想得知單棵樹木其植物固碳當量，可上『[校園樹木資訊平台](#)』查詢。
其計算則是依據樹木胸高直徑及樹高乘以專家研究成果的數值去測量。

校園樹木資訊平臺

網站消息 | 校園中的樹木 | 植樹專家諮詢平臺 | 愛樹教育 | OPEN DATA | 後臺登入 網站導覽

計算植物一輩子固碳量

碳匯計算機

樹木種類

樹高 (公尺)

胸高直徑 (公分)

胸高周長 (公分)



樹木儲存了
多少二氧化碳？

113年度說明會暨112年度成果交流

113年度說明會暨112年度成果交流

大喬木：成樹平均生長高度可達10m以上之喬木

闊葉大喬木種類：榕樹、刺桐、樟樹、楓香、梧桐、菩提、台灣欒樹、火焰木等

小喬木：成樹平均生長高度可達10m以下之喬木，或針葉型、疏葉型樹種之喬木。

闊葉小喬木種類：阿勃勒、無患子楊梅、含笑、海欖果、黃槿、羊蹄甲、枇杷等

針葉喬木種類：小葉南洋杉、龍柏、圓柏、琉球松等

疏葉形喬木種類：小葉欖仁、木棉、相思樹、垂柳等

以上喬木皆為校園常見樹種，
若非上述列出之若非為上述之樹種，其喬木種類定義可使用『[校園樹木資訊平台](#)』查詢

鑑別 溫室氣體 排放源 / 計算碳排放量

負 碳 排 放 源 及 減 碳 作 為 策 略

✓ 低碳建築 = 建築節能 + 設備節能

• 建築節能：降低環境熱負荷(減少空調使用、以自然採光減少燈光照明)

• 設備節能：汰舊換新為使用節能熱水器、

空調節能(汰換空調、空調使用管理)、

照明節能(汰換燈具、開關燈控制迴路及其他燈具節能)、

飲水機加裝定時器、

事務機器設備管理、

汰換為節能冰箱

✓ 水資源循環再利用

• 雨水回收再利用、中水回收再利用、使用管理&節水器材、地下水使用統計

✓ 低碳運輸

• 公務車使用之減碳措施

了解學校因執行了相關的減碳作為/策略，而產生減碳的效益。

※了解影響空間平均降低多少溫度

(學校屋頂層隔熱降溫影響10間教室、平均教室皆能降低2度)

計算空間範圍&執行措施	學校屋頂層隔熱降溫影響10間教室	
總節電量*	1056	度
計算方式： 請校方填寫計算方式	<p>屋頂層隔熱降溫：</p> <p>(a)單一教室未執行措施前每天平均使用空調8小時；一年平均使用88天；每台空調平均額定冷氣消耗電功率中間標示值為0.625kW</p> $8 \times 88 \times 0.625 = 440$ <p>(b)因執行相關措施平均每間教室溫度約能降低2度 *每降溫1度，用電量減少6%</p> $(2 \times 6\%) \times 440 = 52.8$ <p>(c)影響教室有10間，每間教室皆有2台空調</p> $52.8 \times 10 \times 2 = 1056$	
因降低環境熱負荷而減少空調使用之減碳量	0.5227	公噸CO ₂ e/年

※了解影響空間範圍，其空調每日減少使用小時數

(學校屋頂層隔熱影響10間教室、每日可減少空調使用1小時)

計算空間範圍&執行措施	學校屋頂層隔熱設置影響10間教室	
總節電量*	1100	度
計算方式： 請校方填寫計算方式	<p>因執行屋頂層隔熱降溫措施，因此影響的10間教室每日皆減少空調使用1小時 單一教室執行措施後每天平均減少使用空調1小時；一年平均使用88天；每台空調 平均額定冷氣消耗電功率中間標示值為0.625kW</p> $1 \times 88 \times 0.625 = 55$ <p>影響教室有10間，每間教室皆有2台空調</p> $55 \times 10 \times 2 = 1100$	
因降低環境熱負荷 而減少空調使用之減碳量	0.5445	公噸CO ₂ e/年

※了解影響空間，以自然採光減少燈具使用盞數

(於上課日11:00~13:00間，能以自然採光減少燈光照明，減少20盞燈具使用)

未進行以自然採光減少燈光照明 改善前	每年總耗電量*	2304	度
	計算方式： 請校方填寫計算方式	本校約有5間教室能以自然採光減少燈光照明，所使用燈具LED 36W 燈管，共計40盞。每年總點亮時數總計1600小時(一天8小時 x 上課 200天)。 $(36 / 1000) \times 40 \text{盞} \times 1600 \text{小時} = 2304$	
進行以自然採光減少燈光照明 改善後	每年總耗電量*	2016	度
	計算方式： 請校方填寫計算方式	測量後，於上課日11:00~13:00間，有20盞燈具能以自然採光減少燈光照明，每年於減少燈具使用時數總計小時 400小時(一天2小時 x 上課 200天)。 $(36 / 1000) \times 20 \text{盞} \times 400 \text{小時} = 288$ $(36 / 1000) \times 40 \text{盞} \times 1200 \text{小時} = 1728$; $288 + 1728 = 2016$	
(未改善前-改善後)每年總耗電量=每年總節電量		288	度
以自然採光減少燈光照明之減碳量		0.1426	公噸CO ₂ e/年

(2 台 舊 空 調 汰 換 為 節 能 空 調)

汰換前空調	每年總耗電量*	3544.32	度
	計算方式： 請校方填寫計算方式	本校汰換2台空調，其額定消耗電功率中間值為0.852kW，一年約使用2080小時。 $0.852(\text{kW}) * 2080 \text{小時} * 2 \text{台} = 3544.32$	
汰換後空調	每年總耗電量*	2600	度
	計算方式： 請校方填寫計算方式	汰換後空調，其額定消耗電功率中間值為0.625kW，一年約使用2080小時。 $0.625(\text{kW}) \times 2080 \text{小時} \times 2 \text{台} = 2600$	
(汰換前-汰換後)每年總耗電量=每年總節電量		944.32	度
汰換為節能空調之減碳量		0.4674	公噸CO ₂ e/年

(降低每日空調使用時間：5間教室一天8小時減少為一天4小時)

進行空調節能 使用管理前	每年總耗電量*	5500	度
	計算方式： 請校方填寫計算方式	每間教室各2台空調(機型相同)，因此進行使用管理空間共計10台空調，其空調額定消耗電功率中間值為0.625kW。 每年使用8小時 x 110天 = 880小時 $0.625\text{kW} \times 10\text{台} \times 880\text{小時} = 5500$	
進行空調節能 使用管理後	計算空間範圍&執行措施	將使用時長較少之教室(5間)，從原本一天使用8小時，減少為一天使用4小時	
	每年總耗電量*	2750	度
	計算方式： 請校方填寫計算方式	進行使用管理後，每年使用4小時 x 110天 = 440小時 $0.625\text{kW} \times 10\text{台} \times 440\text{小時} = 2750$	
(使用管理前-使用管理後)每年總耗電量=每年總節電量		2750	度
空調節能使用管理之減碳量		1.3613	公噸CO ₂ e/年

(燈具進行迴路控制，可減少10盞燈具使用)

未進行開關燈控制迴路及其他燈具節能 改善前	每年總耗電量*	448	度
	計算方式： 請校方填寫計算方式	原為平均一年使用1600小時，走廊燈具共20盞14W燈具 $(14/1000) \times 20 \text{盞} \times 1600 \text{小時} = 448$	
進行開關燈控制迴路及其他燈具節能 改善後	每年總耗電量*	224	度
	計算空間範圍&執行措施	將空間燈具進行迴路控制，可減少10盞燈具的使用	
	計算方式： 請校方填寫計算方式	平均一年使用1600小時，燈具可改為只使用10盞14W燈具 $(14/1000) \times 10 \text{盞} \times 1600 \text{小時} = 224$	
(未改善前-改善後)每年總耗電量=每年總節電量		224	度
開關燈控制迴路及其他燈具節能之減碳量		0.1109	公噸CO ₂ e/年

(1 台 舊 式 電 熱 水 器 汰 舊 換 新 為 熱 泵 熱 水 器)

汰換前熱水器	每年總耗電量*	500	度
	計算方式： 請校方填寫計算方式	本校有1台舊式電熱水器，其額定消耗功率為4kw，每年保溫耗電量100度 每日使用1小時，一年約使用100天 $4kW \times 1小時 \times 100天 = 400$ ； $400+100度=500$	
汰換成節能熱水器	每年總耗電量*	49	度
	汰換熱水器種類	熱泵熱水器	
	計算方式： 請校方填寫計算方式	平均每日製造熱水量60L，加熱溫度50度，常溫溫度20度，COP標示值4.3，一年約使用100天 $60L \times (50度-20度) / (860 \times COP標示值4.3) \times 100天 = 49$ *每度電可產生860kcal x C.O.P值之熱量	
(汰換前 - 汰換後)每年總耗電量=每年總節電量		451	度
汰舊換新為節能熱水器之減碳量		0.2232	公噸CO ₂ e/年

計畫申請-基礎校

了解學校是否有執行減碳作為/策略，並進行說明

EX.

學校執行減碳作為/策略概況說明

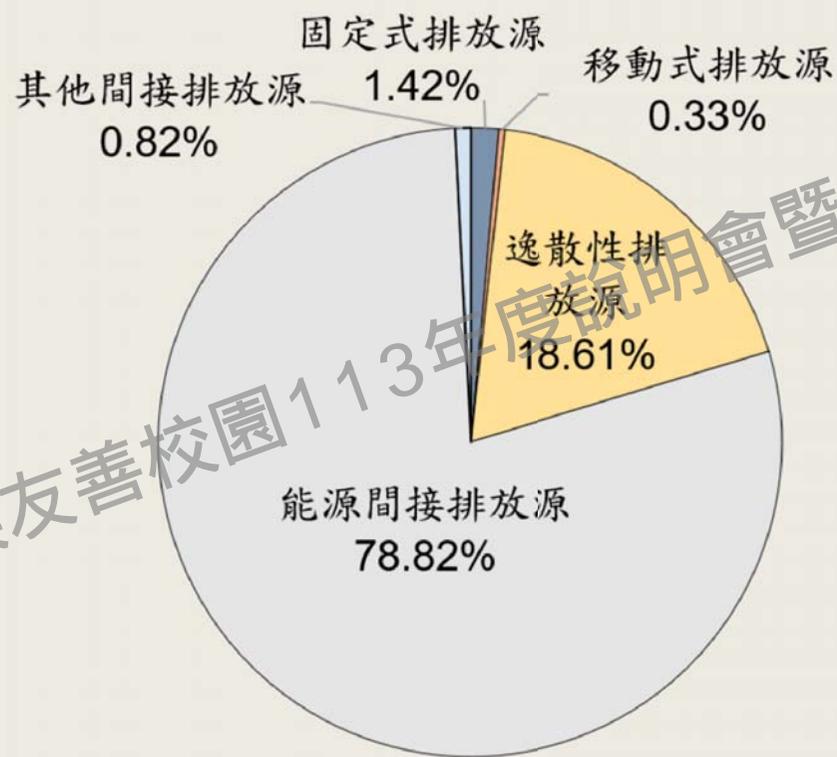
文字說明

減碳類別	項目	項目內容說明	學校執行減碳作為/策略概況說明
低碳建築	<input checked="" type="checkbox"/> 建築節能	降低環境熱負荷：減少空調使用、以自然採光減少燈光照明 Ex：(1)外牆增設遮陽板 (2)改善門窗增加通風效率 (3)建築外部增加綠帶	文字說明
	<input type="checkbox"/> 設備節能	汰舊換新為節能設備Ex： (1)汰舊換新為 <u>節能熱水器</u> (太陽能熱水器、熱泵熱水器...) (2)汰舊換新為 <u>節能空調</u> (3)汰舊換新為 <u>高效率節能燈具</u> (4)汰舊換新為 <u>節能冰箱</u> 設備節能使用管理Ex： (1) <u>空調節能使用管理</u> (降低每日空調使用時間、增設電源插卡系統...) (2) <u>燈具節能使用管理</u> (開關燈控制迴路、裝設感測器...) (3) <u>事務機器設備使用管理</u> (下班及非工作日，將電源關閉) (4)飲水機加裝定時器	

112年計畫 校園碳盤查成果

盤查資料區間：111/1/1-111/12/31

各類型排放源排放比例(83間學校)

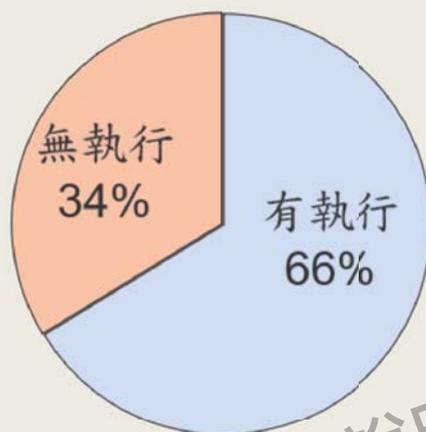


■ 固定式排放源 ■ 移動式排放源 ■ 逸散性排放源 □ 能源間接排放源 □ 其他間接排放源

建構智慧化氣候友善校園113年度說明會暨112年度成果交流

盤查年度(111) 學校有無執行相關減碳作為/策略

- 有執行
- 無執行



*總計83間學校

113年度說明會暨112年度成果交流

建築節能：◎降低環境熱負荷-減少空調使用 ◎降低環境熱負荷-已自然採光減少燈光照明

設備節能：◎汰舊換新為節能熱水器

◎汰舊換新為節能空調

◎汰舊換新為節能燈具

◎飲水機加裝定時器

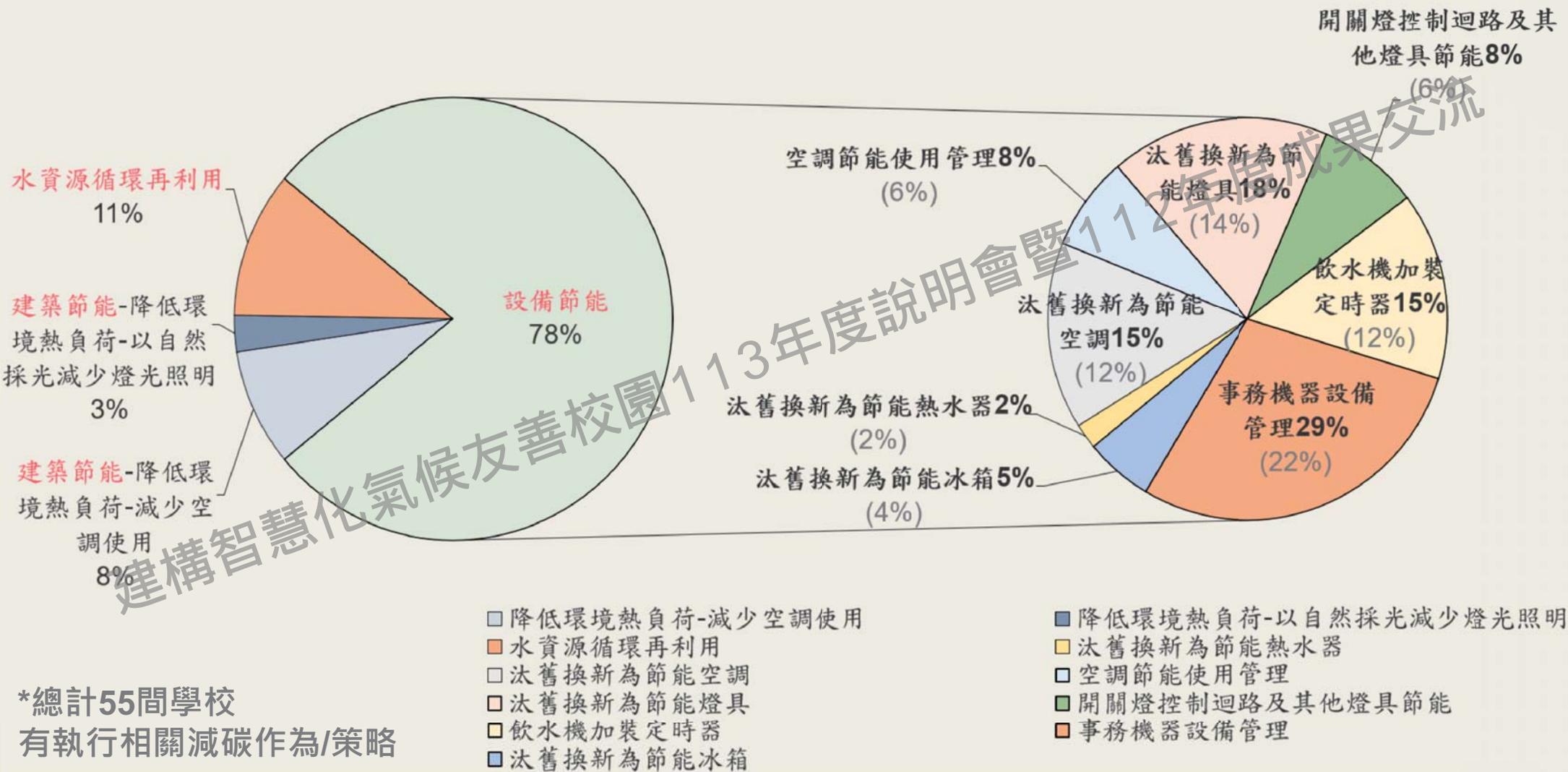
◎汰舊換新為節能冰箱

◎空調節能使用管理

◎開關燈控制迴路及其他燈具節能

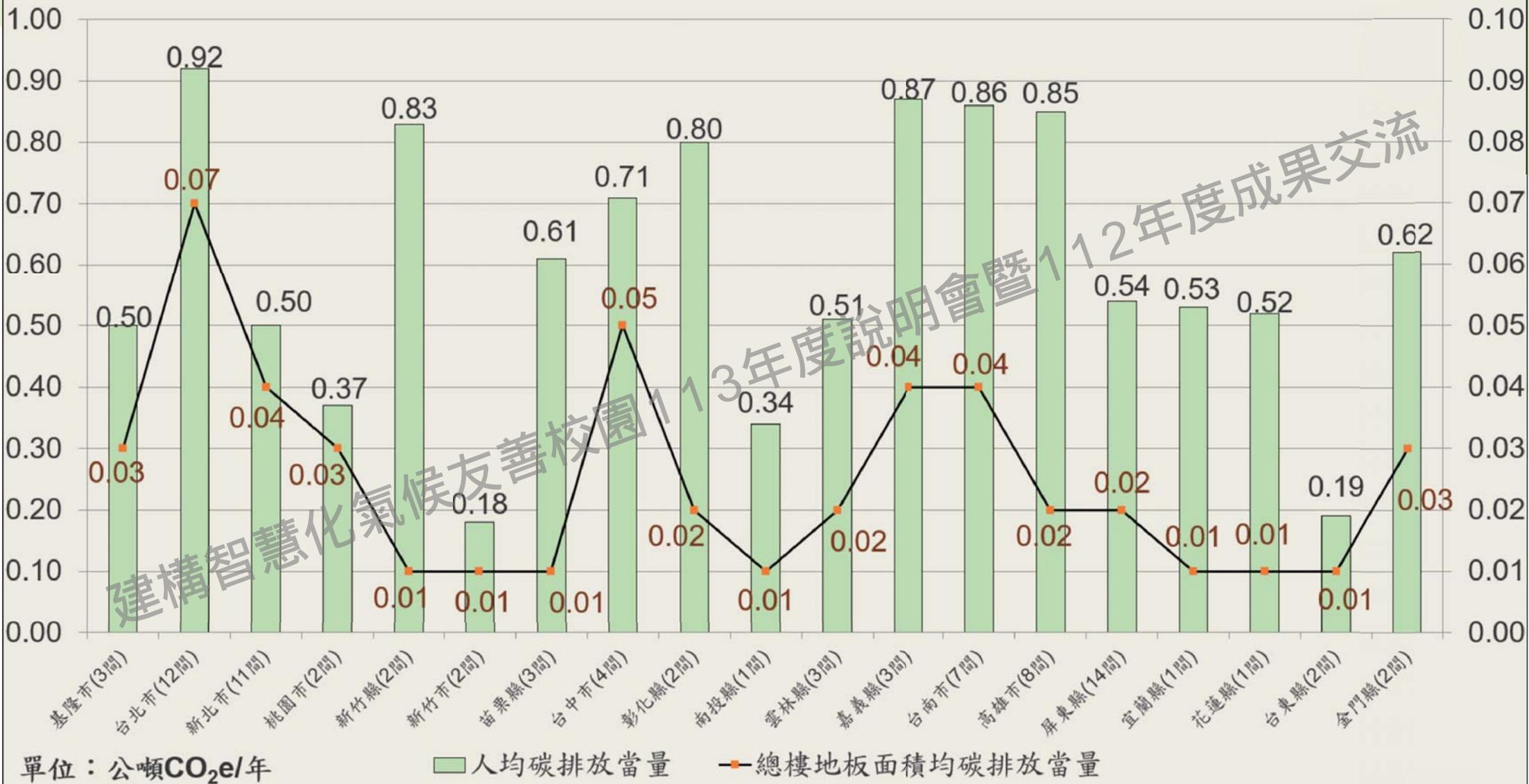
水資源循環再利用

盤查年度(111)學校有執行相關減碳作為/策略分布

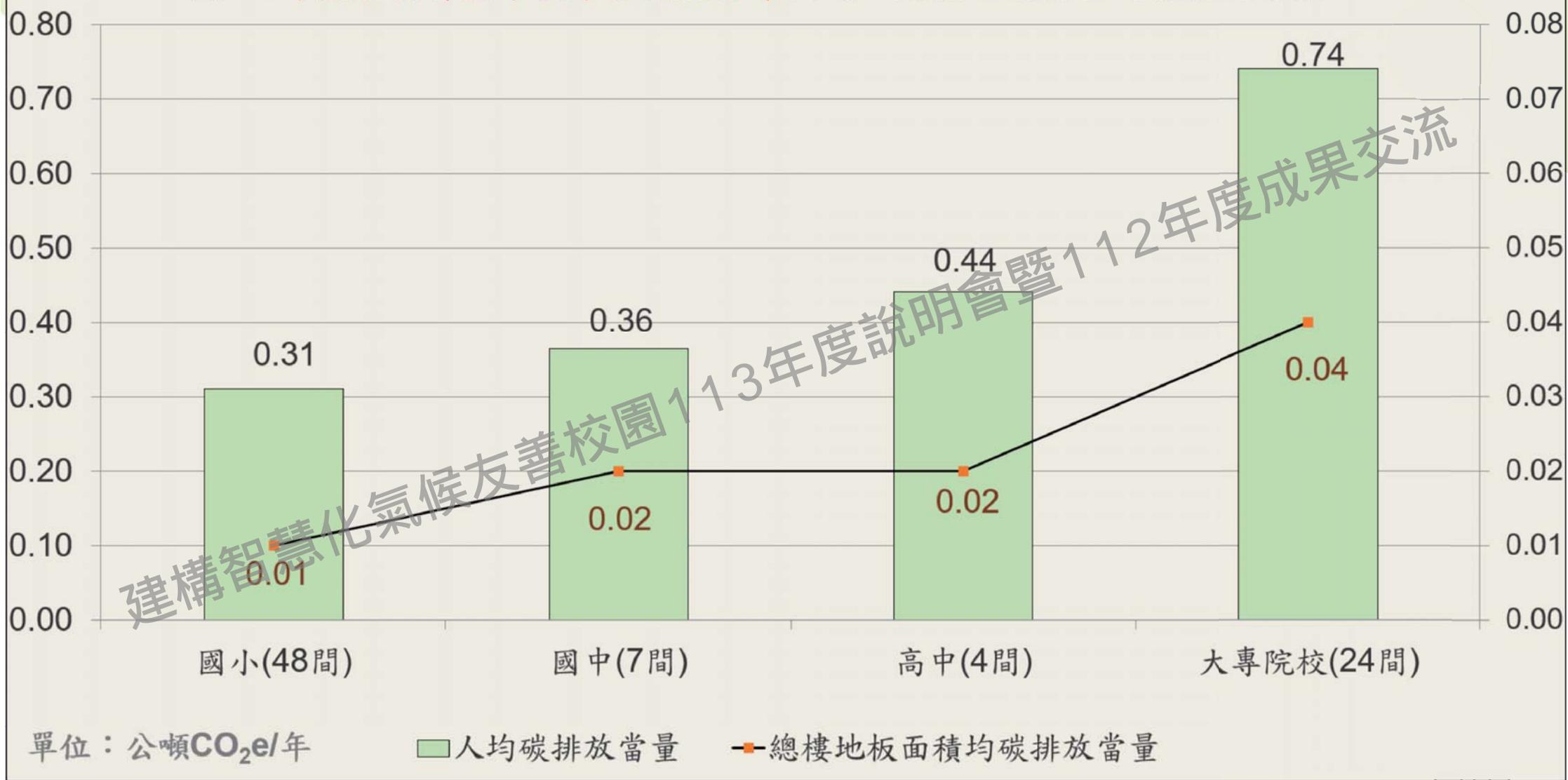


*總計55間學校
有執行相關減碳作為/策略

依112年度參與計畫學校縣市分布 人均、總樓地板面積均碳排放當量

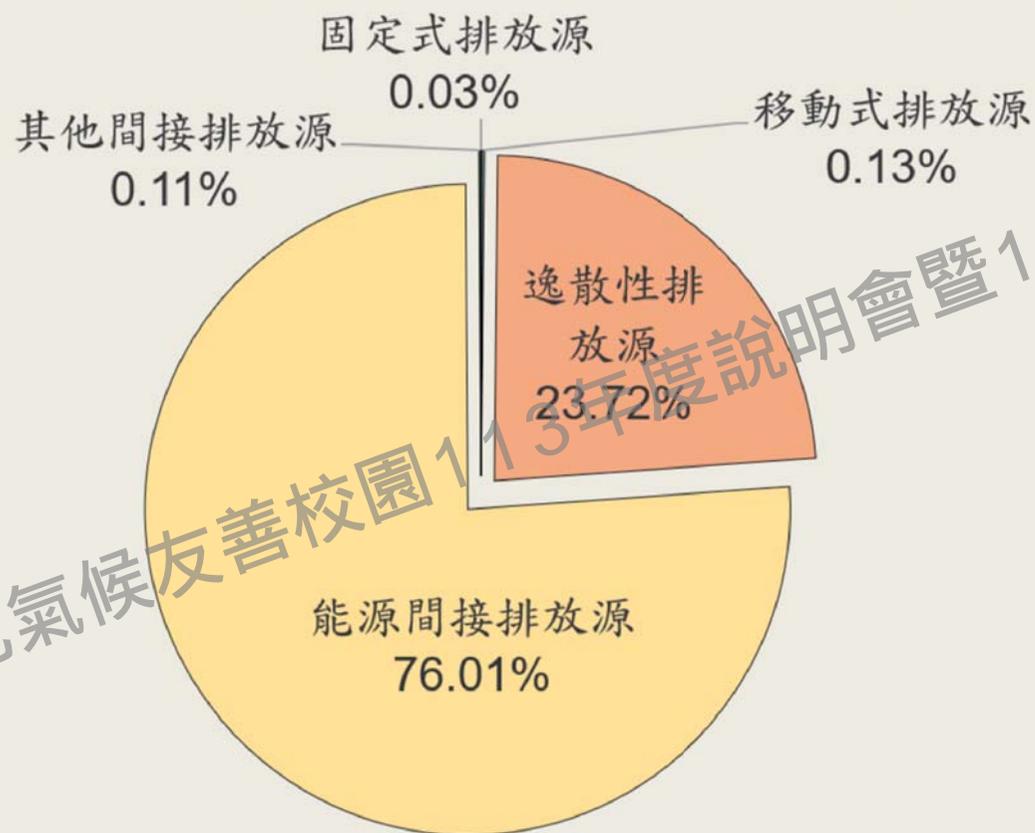


依112年度參與計畫學校學校級別分布人均、總樓地板面積均碳排放當量



112年度參與計畫學校-學校個別案例分析圖表 示意圖

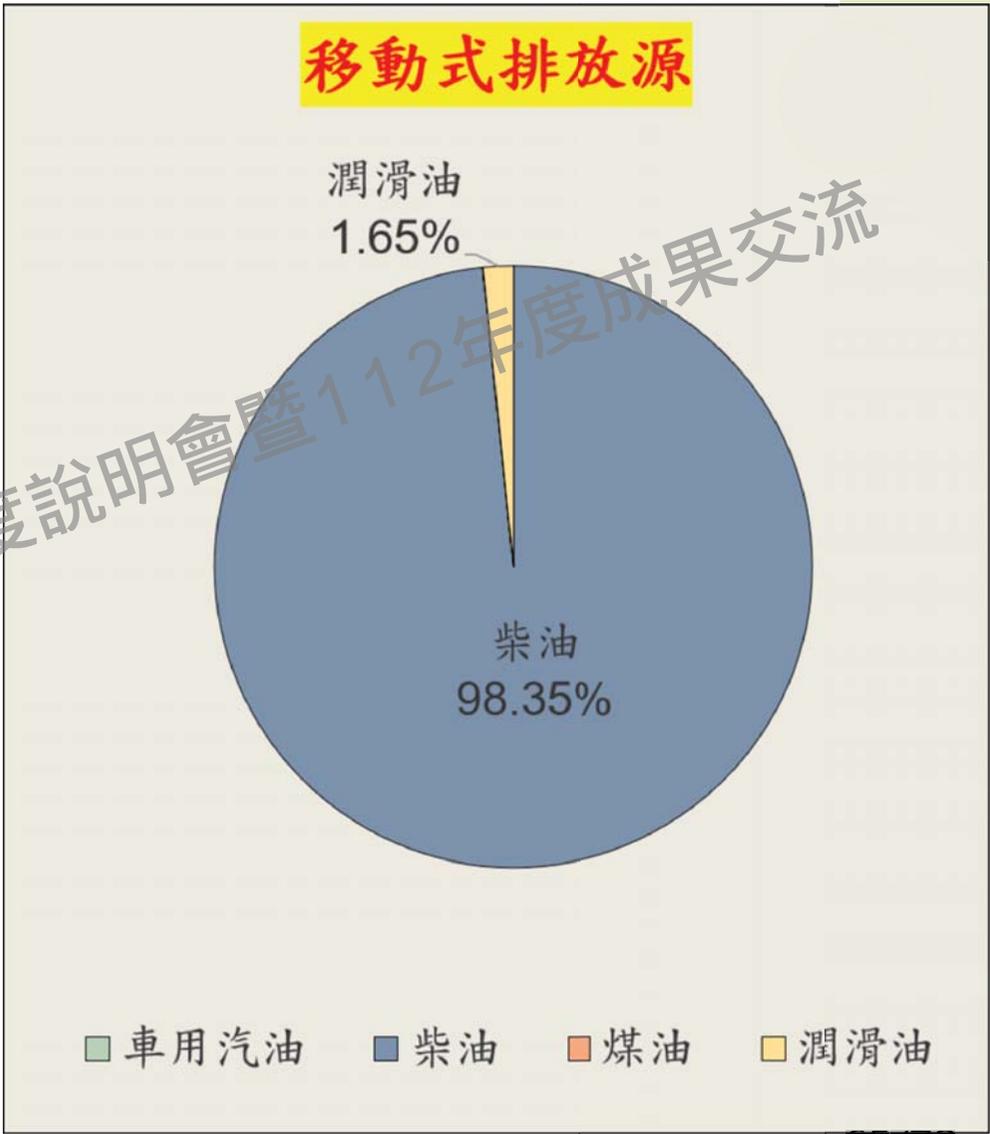
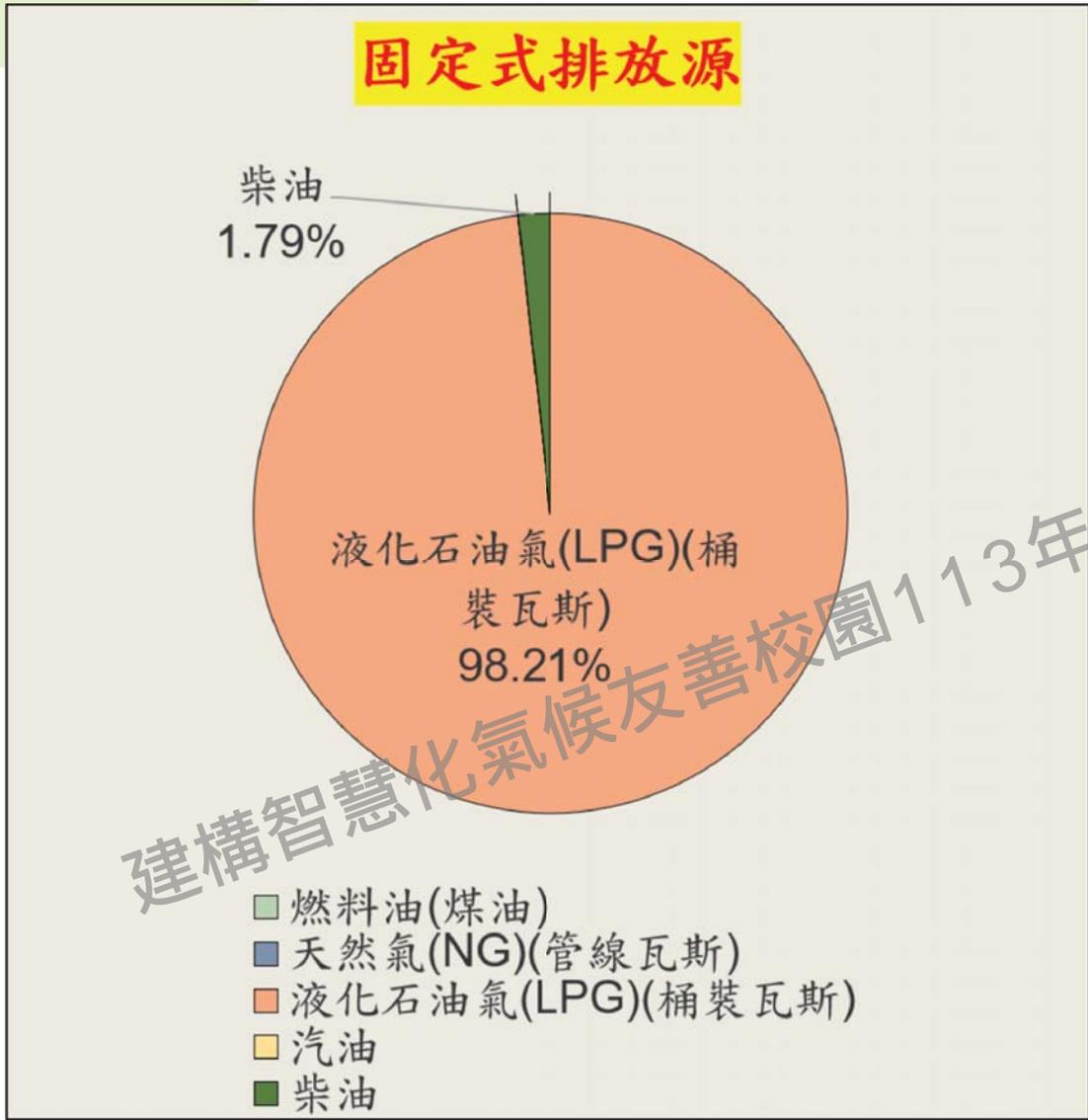
各類型排放源排放比例



■ 固定式排放源 ■ 移動式排放源 ■ 逸散性排放源 ■ 能源間接排放源 ■ 其他間接排放源

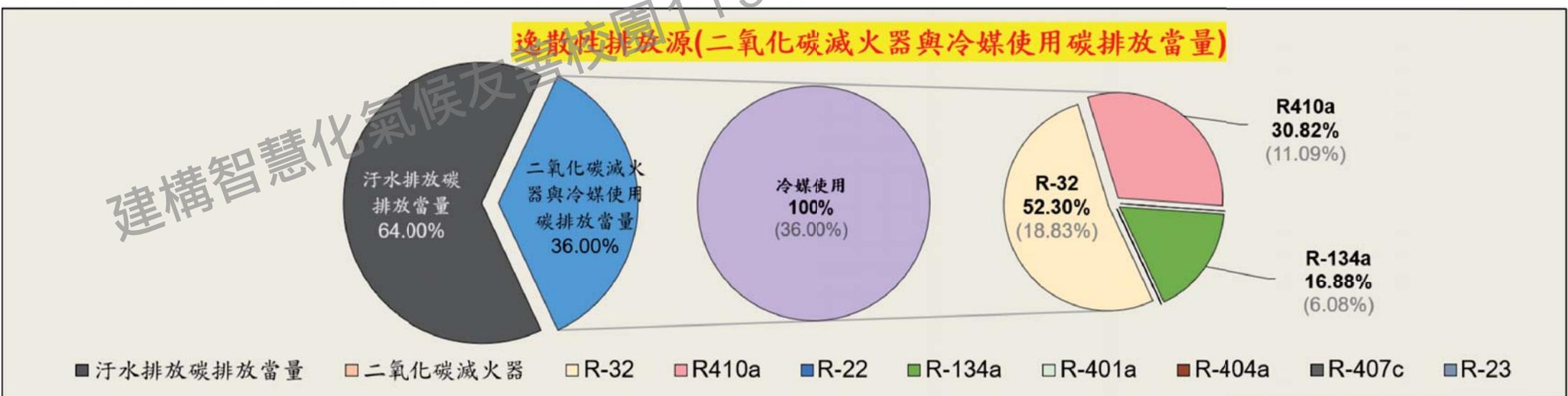
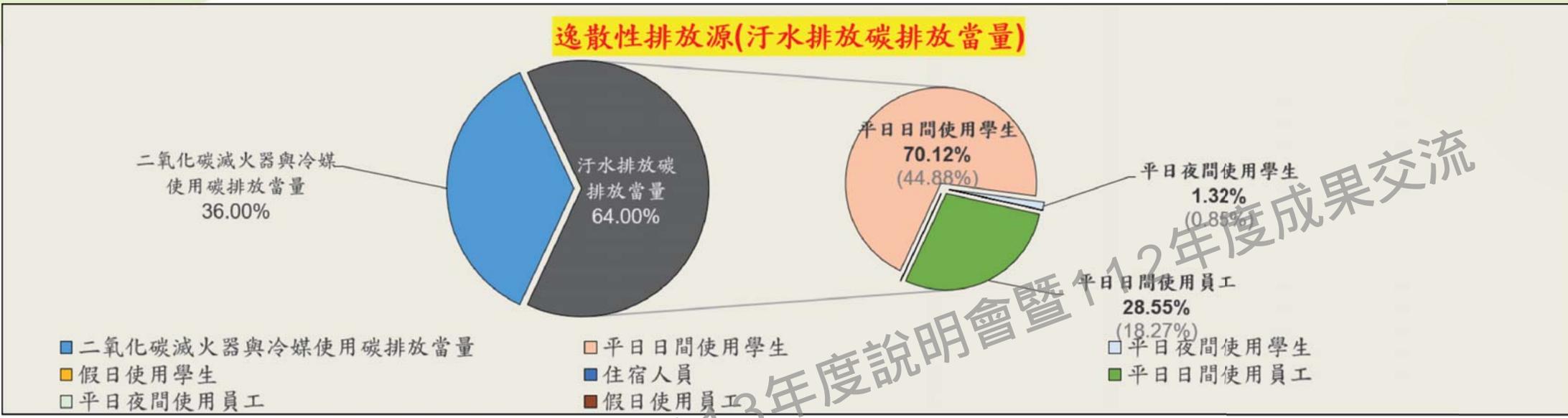
建構智慧化氣候友善校園 113年度說明會暨112年度成果交流

112年度參與計畫學校-學校個別案例分析圖表 示意圖

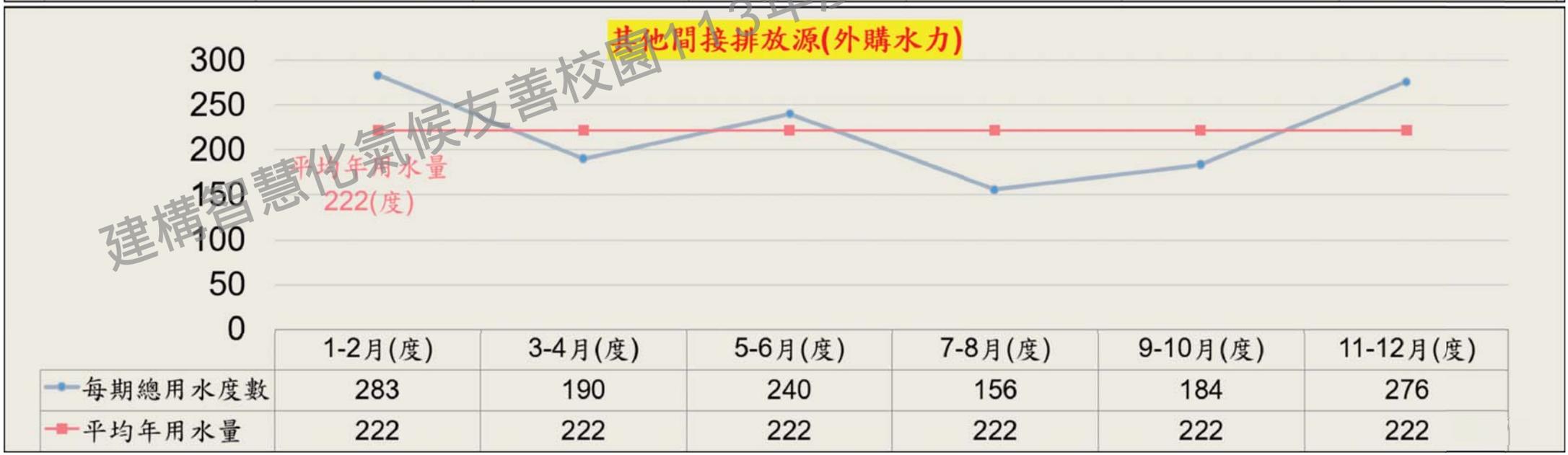
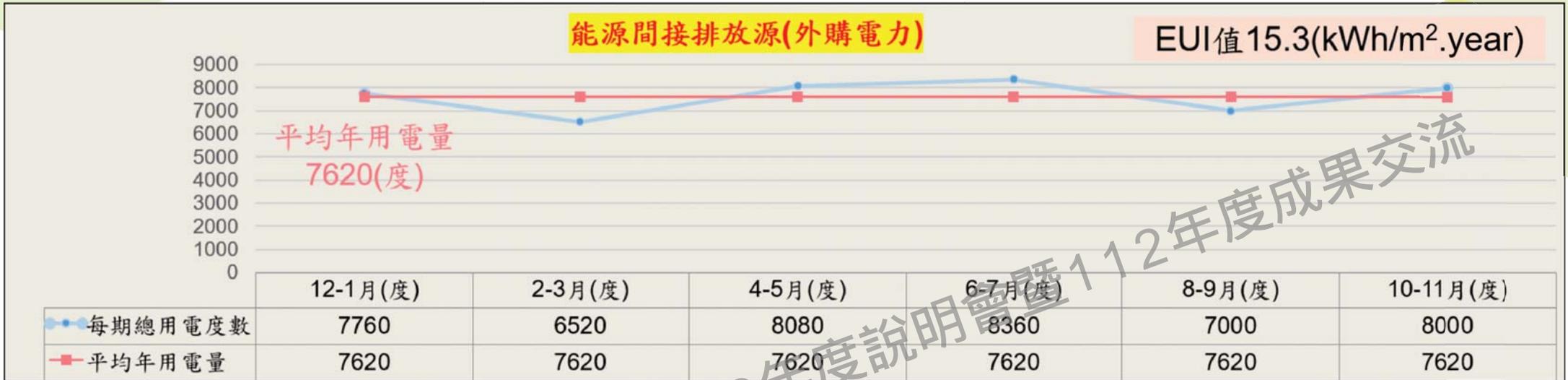


建構智慧化氣候友善校園 113年度說明會暨112年度成果交流

112年度參與計畫學校-學校個別案例分析圖表 示意圖



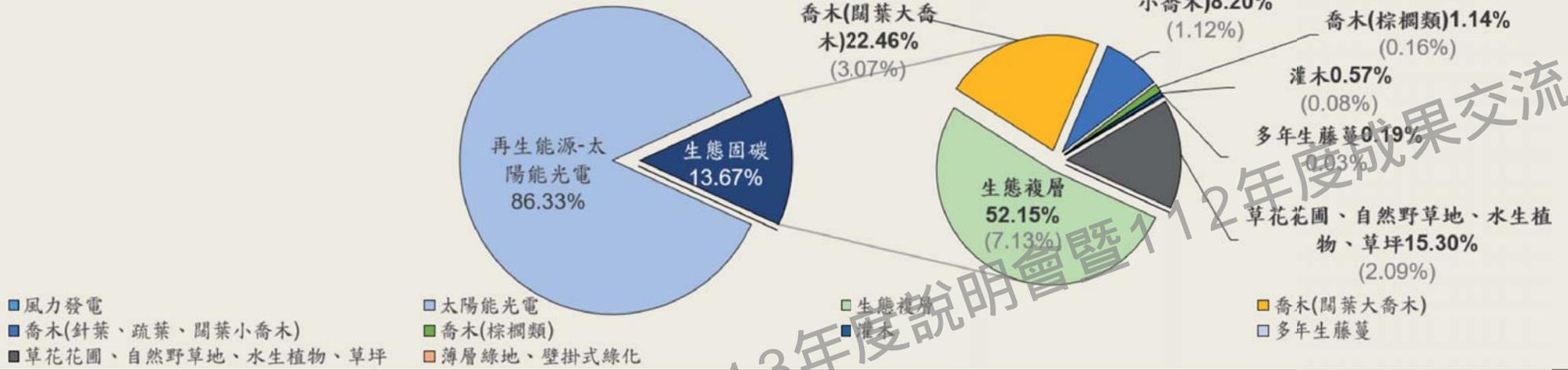
112年度參與計畫學校-學校個別案例分析圖表 示意圖



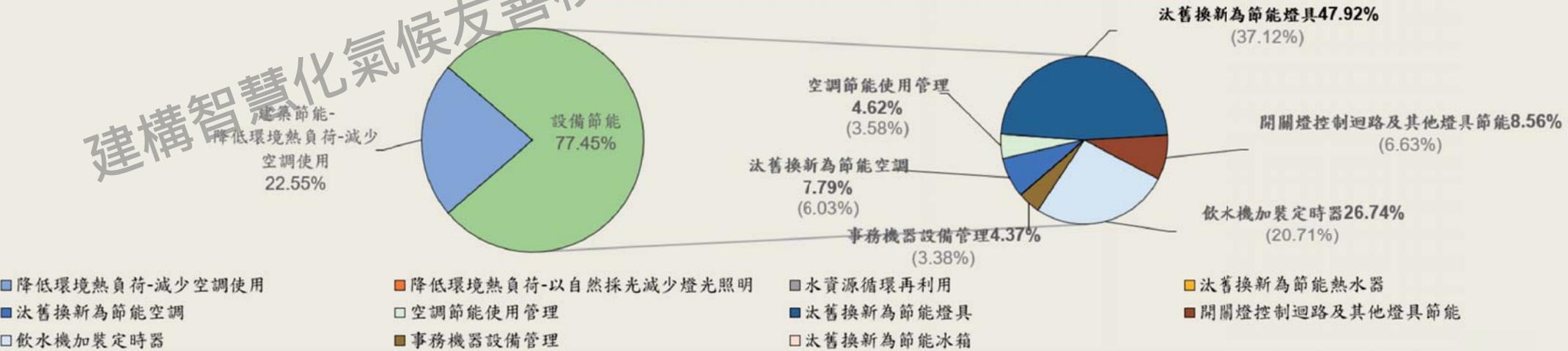
建構智慧化氣候友善校園 113年度說明會暨112年度成果交流

112年度參與計畫學校-學校個別案例分析圖表 示意圖

負碳排放源(再生能源+生態固碳)



減碳作為策略(建築節能+設備節能+水資源循環再利用)



邁向永續的下一哩路：「碳足跡」 + 「碳手印」

減少碳足跡，同時也要擴大「碳手印」

「碳手印」這三個字，最早在2016年，就由芬蘭國家技術研究中心 (VT) 和拉彭蘭塔大學 (Lappeenranta University) 在氣候領導聯盟 (CLC, Climate Leadership Coalition) 的支持下提出，陸續也有不少專家學者深入研究。其中，《生態智慧》一書作者，也是知名暢銷書《EQ》的作者丹尼爾·高曼 (Daniel Goldman) 對「碳手印」的概念下了簡潔明瞭的註解：**「你的碳手印就是你為減少碳足跡所做的一切！」**而哈佛大學教授諾里斯 (Gregory Norris) 也呼應「碳手印」概念，建議**與其減少活動，不如積極採用各種方法來減少產生二氧化碳。**



結合智慧化工具進行校園碳盤查

國際
接軌

量化
分析

實作
教學

永續
素養

固定式排放源減量

移動式排放源減量

逸散性排放源減量

能源間接排放源減量

其他間接排放源減量

**校園節能減碳
(減少碳足跡)**

碳
抵扣

再生能源

綠色碳匯

低碳建築
(建築節能+設備節能)

環境綠化降溫

水資源循環再利用

低碳運輸

盤查基準年前
已完成減碳作為/措施

減
碳
效
益

**校園負碳及減碳策略
(增加碳手印)**

邁向淨零排放之智慧化氣候友善校園

智慧化氣候友善校園碳盤查的準備與執行

申請計畫階段

- 盤點校園環境中與碳排放相關之課題（校本課程、四大循環面向....）
- 碳盤查所需基本資料的收集與整理
- 申請書中簡述過去的校園減排的作為與策略盤點

通過補助後之計畫執行階段

- 辦理校園碳盤查研習工作坊（大家一起來學如何碳盤查）
- 校園碳盤查教師增能研習（思考如何結合教學活動）
- 結合教學之碳盤查操作（自然、數學、生態、植物、能源、永續....）
- 第二年參與學校：對比逐年減排的績效、擬定並逐步落實減排目標



113年度建構智慧化氣候友善校園計畫說明會暨112年度成果交流



永續
循環
校園

簡報結束 · 感謝聆聽

Thanks For Listening

主講人：陳星皓

永續循環校園推動辦公室 協同主持人

國立臺東專科學校 建築科 助理教授

電子郵件：hhchen89@gmail.com

聯絡電話：0937-143-437 / 089-226-389 #2701



國立臺東專科學校
National Taitung Junior College