



# 綠色工程跨領域人才培育 學程說明會

計畫主持人：機電系余志成教授

協同主持人：環安系李孟珊、機電系吳宗亮、化材系蔡平賜



日期：114年6月10日

# 淨零與永續發展趨勢：國家與企業總動員

## 氣候公約/巴黎協定 永續發展目標

- 溫升控制在攝氏1.5/2度；追求淨零
- 兼顧2030年 UN SDGs 17項永續發展目標

## 國家淨零排碳企圖心 內國法化/碳定價

- 全球逾151國宣示淨零排放(立法或政策文件)
- 碳定價時代來臨(排放交易/碳稅費)



## 國際淨零供應鏈 倡議/標準/法規化



## 碳邊境調整 (碳關稅) 貿易規則/永續策略

- 歐盟2023啟動EU CBAM
- 歐美推動範疇三(原料)碳排申報
- 歐盟推動產品數位護照
- 英國2027啟動UK CBAM



# 臺灣2050淨零排放路徑



( 資料來源：臺灣2050淨零轉型策略與治理基礎，國家發展委員會 )

# 為達淨零排放的永續目標

## ■ 需要新的人才、新的思維、新的方法

- 以104人力銀行網站為例，2024年5月查詢企業公開徵求之永續工程師、永續管理師、環境工程師、碳盤查員等相關職缺，接近12,000筆

## ■ 新的人才和學習資源，需要企業和學校共同投入發展

- 將企業界所累積的經驗，轉化至教育界，形成更細緻及長久的教學內容
- 將淨零碳排的基礎概念普及，讓永續不僅是口號，而是基本思維

## ■ 新的工程問題，需要新的科技和方法來解決

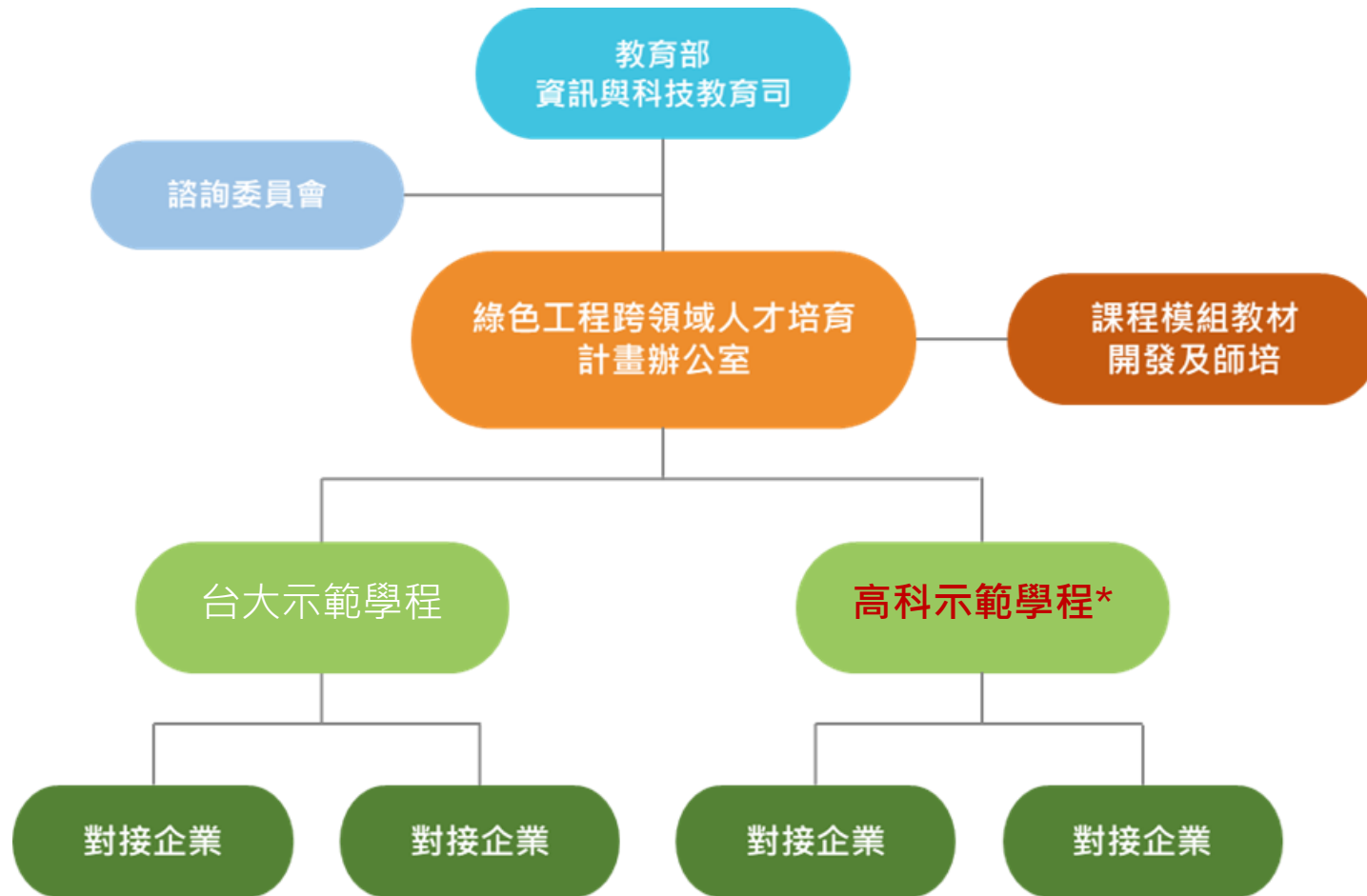
- 綠色工程問題或願景，往往需要跨產業、跨領域合作，整合運用各種知識設計解決方案，因此傳統工程教育須具備調整彈性

# 教育部綠色工程跨領域人才培育計畫目標

因應全球工程領域**綠色轉型**的需求與挑戰，發展**新型態的產學合作跨領域人才培育機制**，建構**產學共創教育平台**，發展課程及教學資源，成為支持**學校與產業共創教育的加速器**，對接產業未來人才需求，建構**綠色工程跨領域人才生態系(Ecosystem)**，培育邁向永續目標的跨領域人才



# 計畫推動架構



\* 高科示範計畫主持人：余志成、協同主持人：李孟珊、蔡平賜、吳宗亮

# 綠色工程跨領域人才培育課程規劃

實務前瞻 ↑ 基礎打底	就業	課程類別	學分數	培育重點	推動形式
	實習課程 (必選)	與業界合作 實習時間 至少半年	3 ~ 9學分	真實綠色工程議題 教師與產業 合作設計實習	徵選制 企業與教師共同 面試
	專題課程 (必選)	企業出題 總整課程 (Capstone)	2學分	業界議題 知識整合應用實作 跨領域合作經驗	申請制 需配合修習核心 課程
	選修課程 (自由) • 工程領域選修 • 跨領域選修	由各系提出選 修課程	2門以上	針對產業主題 選修工程 及跨領域課程 補助改善課程	依各校特色及 資源提出 結合學生自身系 所選修辦法
	核心課程 (必選) 1. 綠色工程導論 2. 碳足跡與生命週期評估	基礎課程 1. 線上課程或 多元形式 2. 實體課程	各3學分 共6學分	建立綠色工程基礎 知識	大規模推廣大擴 (微學程)

# 從基礎知識到產業對接

## 核心必修課程

### 綠色工程導論

碳足跡與生命週期評估

## 選修課程

生態工程材料選擇與應用

綠色能源科技概論

碳盤查與碳足跡

機器設備智能診斷系統

綠色智慧製造與循環技術

## 綠色工程實務專題

企業出題，專案導向

Project-based learning

以真實議題為基礎

教師團隊與業界合跨領域作設計課程

## 綠色工程企業實習

教師帶隊參與實習

實習前具備預備訓練

綠色工程產業實務

教師與業師共同規劃、共同面試、共同指導



# 計畫開設課程架構規劃

## ■必修學分：核心+專題+實習

- 核心課程，2門，院開設跨領域課程
  - 綠色工程導論，3學分
  - 碳足跡與生命週期評估，3學分
- 專題課程，2學分
- 企業實習：學期實習 6~9學分 / 暑期實習3學分

## ■選修學分

- 生態工程材料選擇與應用
- 綠色能源科技概論
- 碳盤查與碳足跡
- 機器設備智能診斷系統
- 綠色智慧製造與循環技術



# 核心必修課程

## 課程目標

### 綠色工程導論

- 建立學生對綠色工程的全貌理解
- 涵蓋基礎理念、實踐策略及發展趨勢等
- 強化學生綠色工程與永續發展思維

## 核心能力

- 培養學生對綠色製造、碳管理、永續發展的基本認知
- 理解低碳製程、循環經濟、環境管理概念
- 具備初步分析企業永續報告書的能力

### 碳足跡與生命週期評估

- 由方法學及案例介紹，培養學生對整體環境規劃與管理之概念
- 熟悉生命週期評估方法，以培養學生淨零減排思維
- 熟悉ISO 14040/14044 標準
- 運用生命週期評估培養專業能力
  - 碳足跡計算
  - 進行環境數據分析
  - 進行環境影響評估並提出優化方案
  - 應用於產品設計、碳管理及企業永續報告

# 綠色工程產業學分學程

## ■必修課程：核心+專題+實習

- 核心課程，2門，6學分
  - 綠色工程導論，3學分
  - 碳足跡與生命週期評估，3學分
- 專題課程，1門，2學分，與業界合作
- 企業實習（限智機院與工學院學生）
  - 學期實習6~9學分
  - 或暑期實習3學分

## ■選修課程

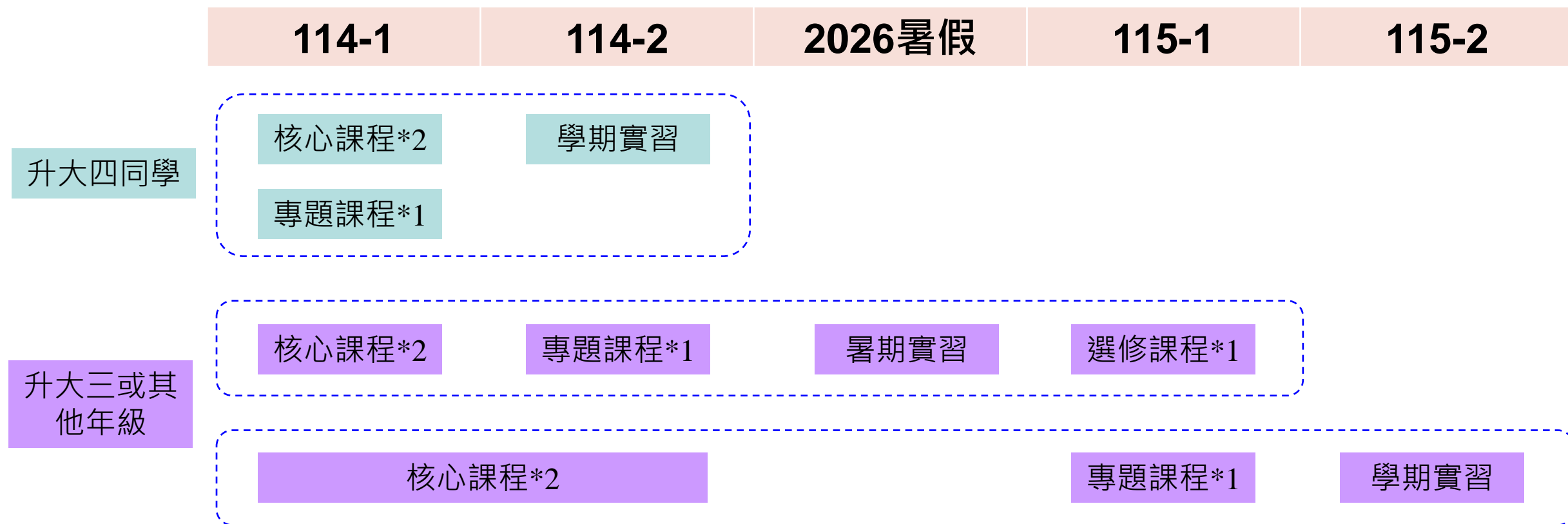
■完成必修課程及選修課程(optional)12學分以上，計畫總辦公室核發「綠色工程跨領域人才證書」，及高科大「綠色工程產業學分學程證書」



# 綠色工程微學程

- 選修本計畫產業學分學程中至少一門基礎核心必修課程，及計畫中非學生所屬系所開設的課程或專題共六學分以上，發給高科大「綠色工程微學程證書」
- 核心課程，2門，6學分
  - 綠色工程導論，3學分
  - 碳足跡與生命週期評估，3學分
- 專題課程，1門，2學分
- 選修課程
  - 生態工程材料選擇與應用
  - 綠色能源科技概論
  - 碳盤查與碳足跡
  - 機器設備智能診斷系統
  - 綠色智慧製造與循環技術

# 學程課程選修建議





國立高雄科技大學



# 綠色工程概論

## Introduction to Green Engineering

第一週：課程介紹、永續發展及環境議題及產業轉型

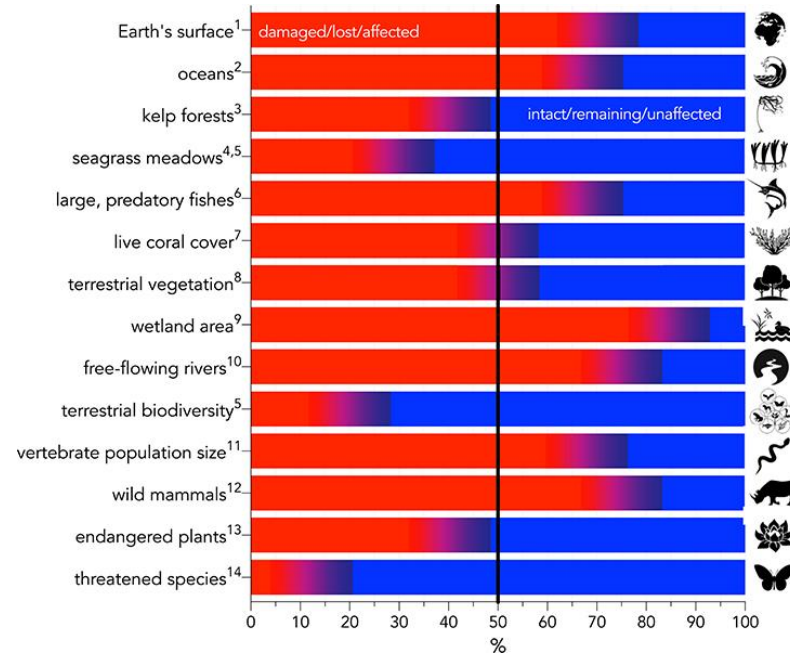
授課教師：余志成 教授





# 全球環境面臨的挑戰

- 資源枯竭：化石能源有限，世界也面臨礦產、水資源壓力
- 污染問題：空污、塑膠垃圾、海洋廢棄物
- 生物多樣性喪失：森林砍伐、物種滅絕加速

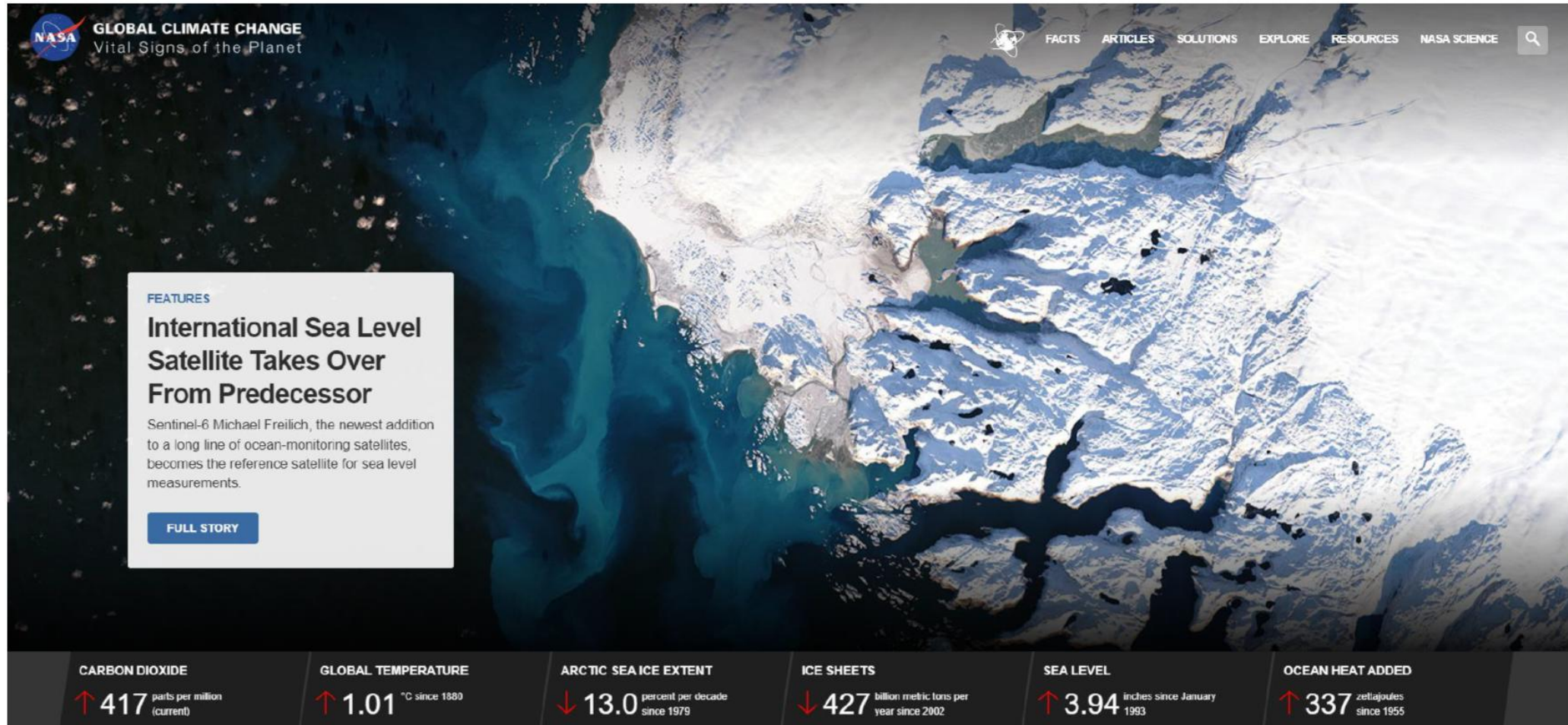


紅色表示受損、消失，藍色表示完好類別的百分比

# 全球氣候變遷及趨勢

NASA氣候變遷公開監測數值

資料來源：<https://climate.nasa.gov/>



二氧化碳濃度上升

全球平均氣溫上升

極地冰層下降

冰層大量減少

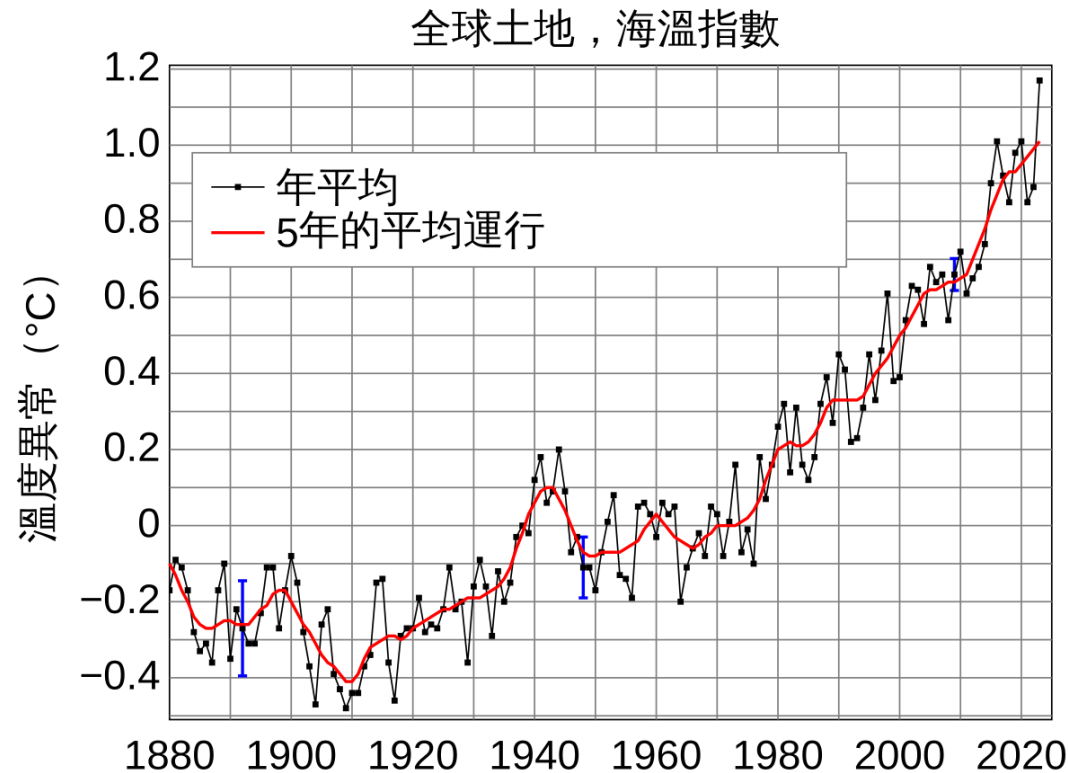
海平面上升

海洋熱能上升

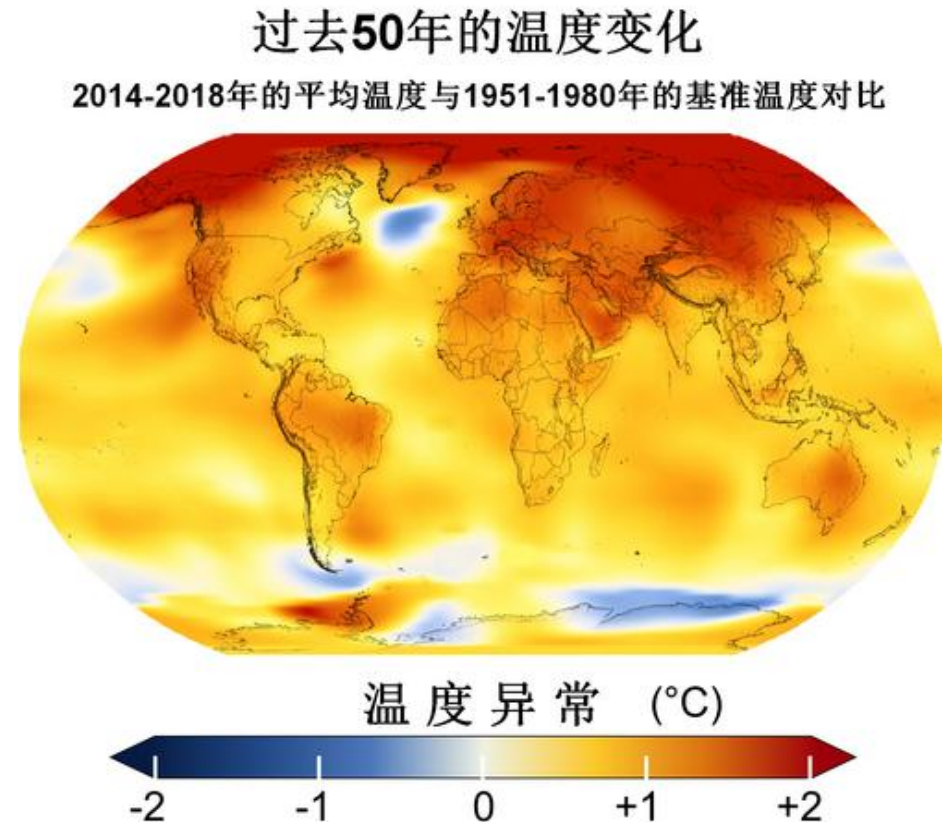


# 全球暖化

■因**溫室效應**加劇，導致地球大氣與海洋溫度長期上升的氣候變遷現象



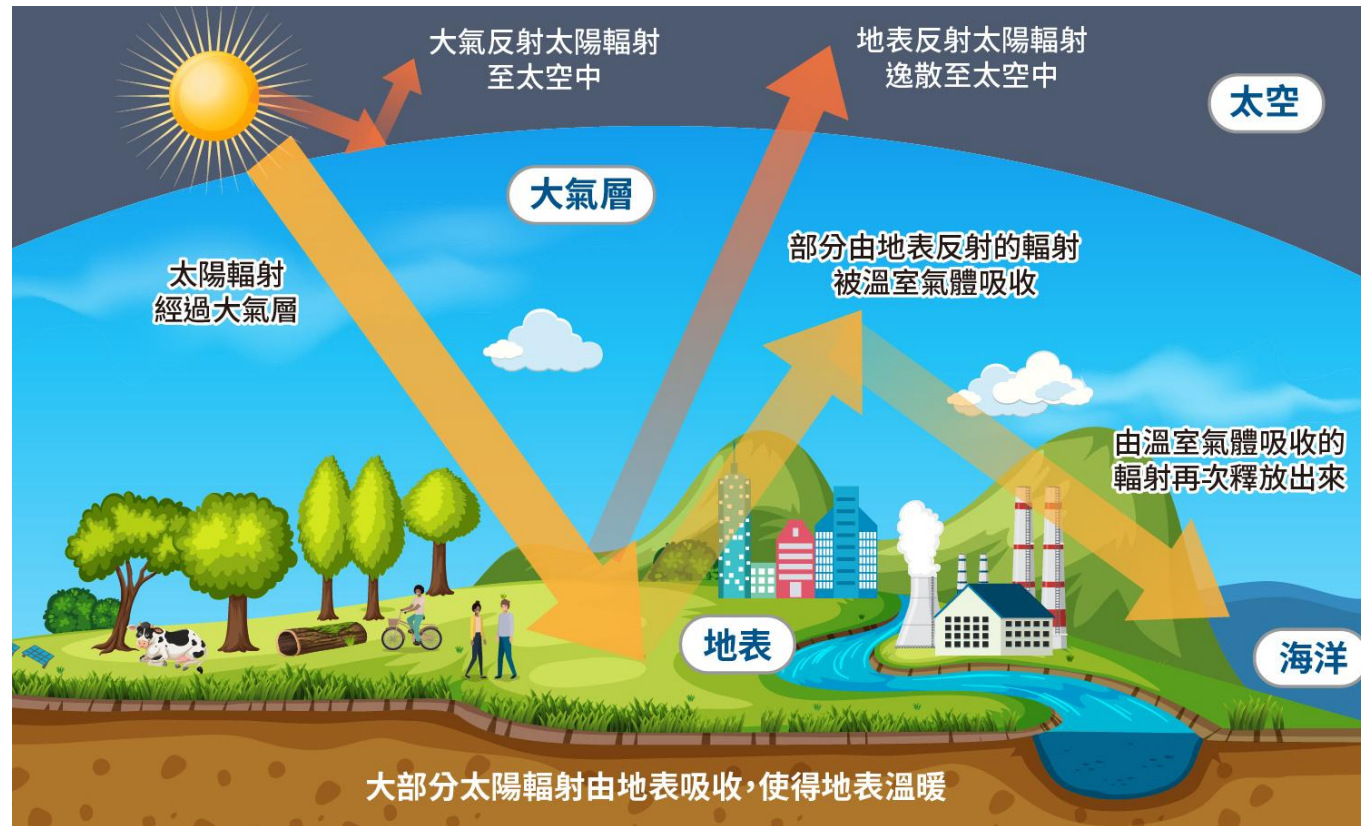
黑線是全球年均值，紅線是5年局部回歸線。藍色的不確定條顯示了95%的信賴區間



資料來源：維基百科

# 溫室效應

- 溫室效應是指地球大氣中的**溫室氣體**（如二氧化碳、水蒸氣、甲烷）吸收並保留住太陽輻射熱量的自然過程



# 主要溫室氣體種類

■過量的人類活動導致溫室氣體濃度升高，加劇了溫室效應，進而引發全球暖化、極端氣候等問題



資料來源：財團法人台灣綠色生產力基金會

# 氣候變遷的影響及國際協定

如果不阻止地球升溫超過工業革命前1.5度C到2度C之內，地球可能在2100年就不宜居住。  
而要阻止地球持續升溫，一大關鍵就是在2050年以前，全球碳排放要降回2005年的水準。

(淨零排放不是不排放，而是努力讓人為造成的溫室氣體排放極小化。)

## 氣候變遷重要國際公約規範

### 1. 聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)

1992年通過，1994年3月21日正式生效，計有192個締約國

目標：防止氣候系統受到人為干擾，同時使生態系統能夠自然地適應氣候變化、確保糧食生產，免受威脅



### 2. 京都議定書(Kyoto Protocol)

1997年通過，2005年2月16日跨過門檻正式生效，計有184個締約國

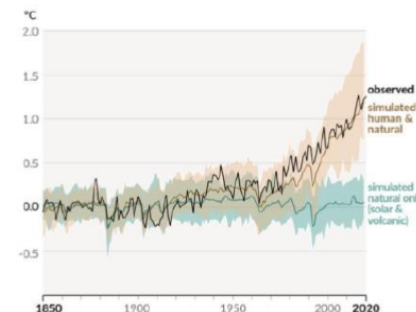
目標：2008-2012年排放回歸1990年下修5.2%之水準



### 3. 巴黎協定(Paris Agreement)

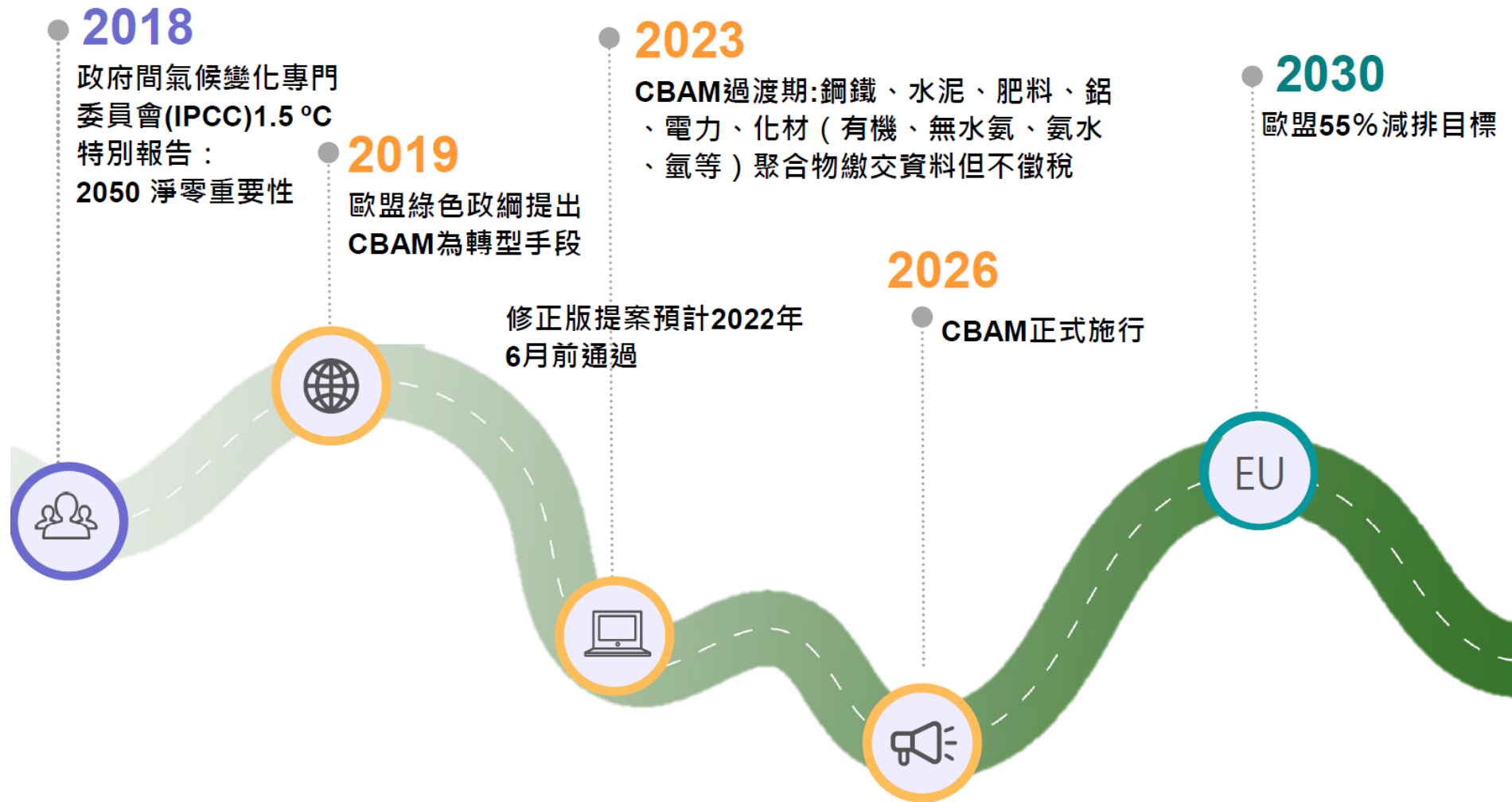
2015年12月12日在2015年聯合國氣候峰會中通過的氣候協議

目標：全球平均氣溫升幅控制在工業革命前水準以上低於2°C之內





# 以碳關稅與貿易障礙為手段



# 國際邁向淨零排放所帶來的影響

## ■ 各國邁向淨零重點策略

淨零排放宣示方式			製造部門策略
 法國	立法通過	✓ 達到2050年淨零排放	零碳電力、生質燃料、循環經濟
 英國	立法通過	✓ 確保2050年淨零排放	零碳電力、核能、氫能、CCUS、
 德國	立法通過	✓ 追求2050年淨零排放	零碳電力、氫能、CCUS
 美國	立法通過	⚠ 聲明2050年淨零排放	零碳電力、氫能、CCU
 日本	政策宣示	⚠ 聲明2050年淨零排放	零碳電力、氫能、CCU
 韓國	政策宣示	⚠ 實現2050年淨零排放	零碳電力、氫能、核能、數位科技
 中國	政策宣示	⚠ 聲明2060年淨零排放	零碳電力、氫能、CCUS

## ■ 國際供應鏈壓力

大廠	目標
Apple	<ul style="list-style-type: none"><li>● 2030達淨零排</li><li>● 46家台廠供應鏈全力配合</li></ul>
TSMC	<ul style="list-style-type: none"><li>● 供應鏈碳足跡及減碳績效列入公司採購重要指標</li><li>● 700家供應商若無法達標，恐丟單</li></ul>
GM	<ul style="list-style-type: none"><li>● 2040達淨零排</li><li>● 2035全球營運100%使用再生能源</li><li>● 承諾協助其供應鏈進行減碳</li></ul>
Ford	<ul style="list-style-type: none"><li>● 2050達淨零排</li><li>● 2035全球營運100%使用再生能源</li><li>● 承諾要求其供應鏈進行減碳</li></ul>
Audi	<ul style="list-style-type: none"><li>● 2050達淨零排</li><li>● 2025全球營運100%使用再生能源</li><li>● 納入供應鏈減碳</li></ul>
BMW	<ul style="list-style-type: none"><li>● 2050達淨零排</li><li>● 2018已達75%使用再生能源</li></ul>
TOYOTA	<ul style="list-style-type: none"><li>● 2050達淨零排</li><li>● 要求供應鏈減碳</li></ul>

# 臺灣因應對策

推動 2050 淨零轉型，政府2022年3月30日公告『臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明』，其中《氣候變遷因應法》將淨零轉型設定為目標，並完善相關法令。

## 溫室氣體減量管理

- 《溫室氣體減量及管理法》
  - ✓ 《溫室氣體減量及管理法》（簡稱溫管法）修正草案，修正後為《氣候變遷因應法》
  - ✓ 2050淨零轉型納入目標
  - ✓ 推動碳定價機制及因應碳邊境調整機制相關作法

## 綠色金融

- 綠色金融方案2.0



## 能源永續與安全

- 《電業法》
- 《再生能源發展條例》
- 《能源管理法》
- 氫能管理專法
- 碳捕捉封存管理制度

## 運輸住商

- 建築相關法規修正盤點
  - ✓ 修訂《新建築物節約能源設計標準》
  - ✓ 修訂《公寓大廈管理條例》
  - ✓ 研訂建築能效評估及標示制度
- 加速運具電動化之法規環境



# 工程科技在臺灣2050淨零轉型扮演重要角色

- 為落實四大轉型策略，工程科技的支持及投入相當重要，許多技術需融入淨零和負排放的要素重新設計及研發，例如低碳製程、循環經濟、能源轉型等，始能履踐目標。



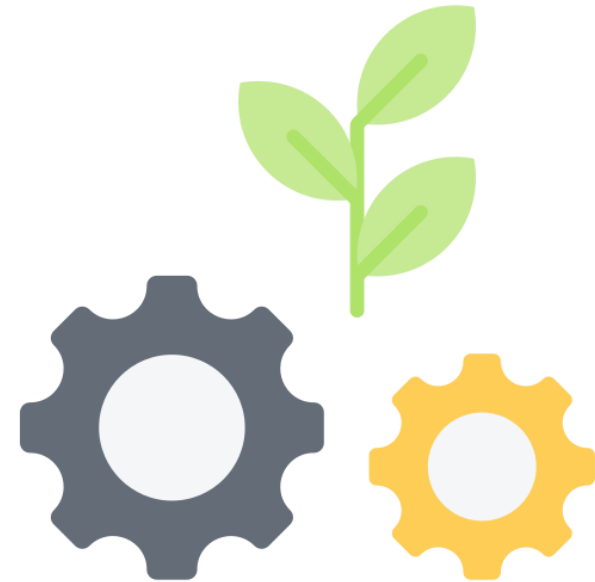
資料來源：國家發展委員會臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明(2022/03)

# 綠色工程 ( Green Engineering )

- 設計產品、製程與系統 → 降低環境衝擊
- 在全生命週期考慮環境成本
- 一種設計、商業、製造和運營方式，其核心目標是減少對環境的衝擊和改善人類健康。這種方法強調使用可持續材料和流程，減少廢物和污染，提高能源效率，並優化產品的生命週期。
- 是一種跨學科的方法，結合了工程學、化學、環境科學和其他領域的知識，以創造更可持續和環保的工程解決方案，很適合用來推動工程領域的跨領域人才培育，並能因應全球綠色轉型的趨勢，即在未來對接新興綠色產業的工程人才需求。

# 課程精神

- 工程 ≠ 僅追求效率與成本
- 工程師需要考慮環境、社會、未來世代
- 強調「跨域」與「實務」
- 課程目標
  - 認識綠色工程原則與應用
  - 學習碳管理、LCA 方法
  - 了解產業轉型與政策工具
  - 培養案例分析與專案能力



**SUSTAINABLE  
DEVELOPMENT GOALS**



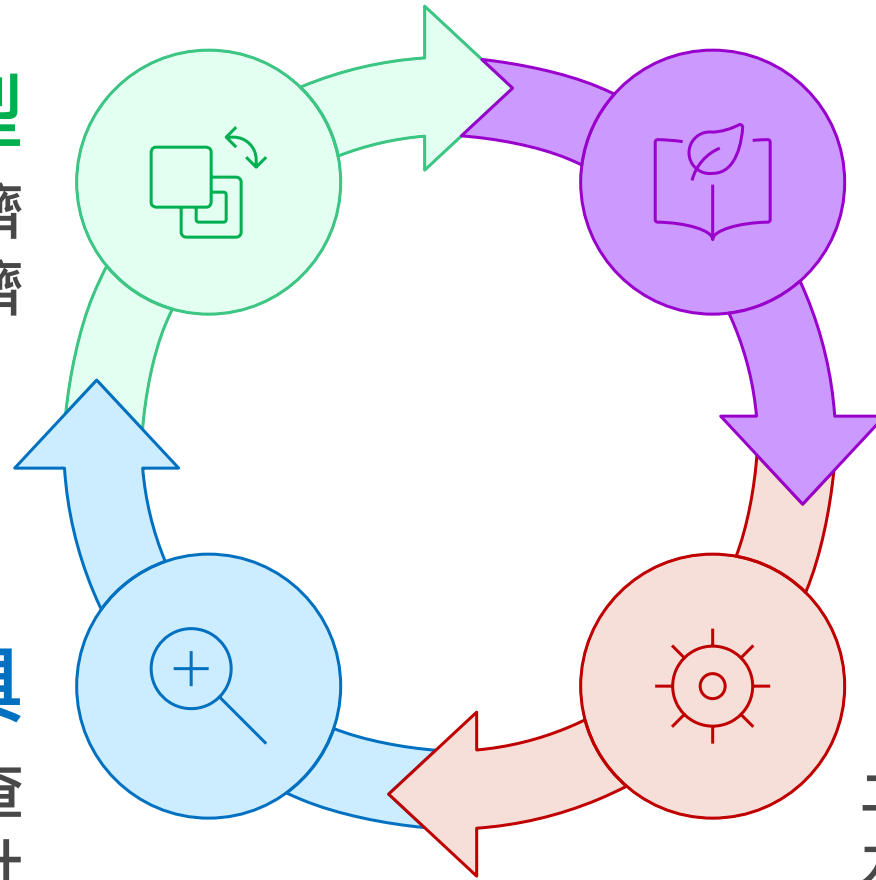
# 課程架構

**實施系統轉型**  
能源轉型、循環經濟  
ESG、綠色經濟

**學習基礎概念**  
綠色工程  
淨零永續的基礎

**使用方法工具**  
LCA、碳盤查  
綠色產品設計

**應用工程原則**  
土木、化工、製造、運輸  
水處理、CCUS



# EPA 綠色工程原則

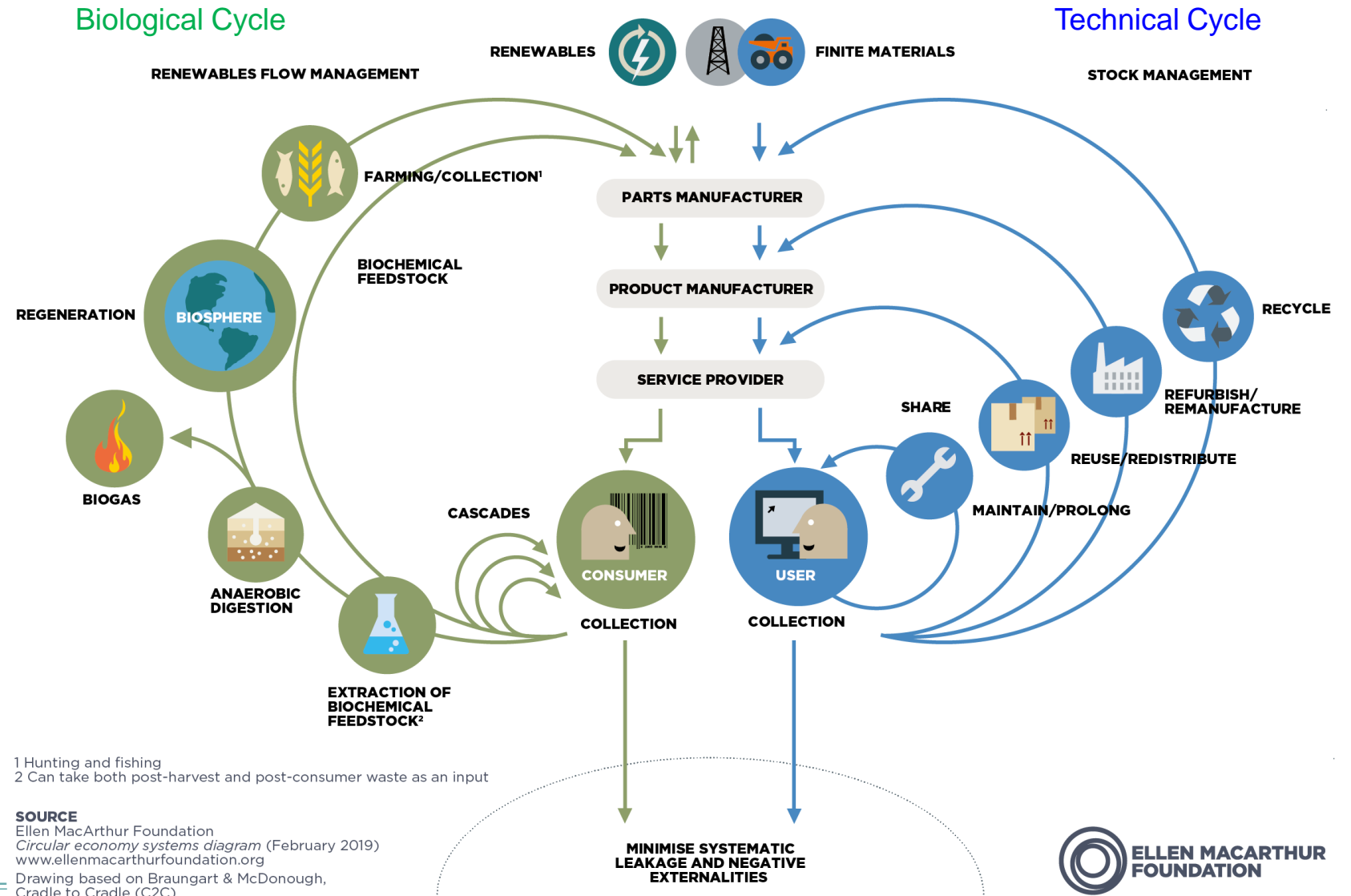
- 全面運用系統分析，整合環境影響評估工具
- 保護並改善自然生態系統，同時維護人類健康與福祉
- 導入全生命週期思維於所有工程活動
- 確保物質與能量投入/輸出盡可能安全且環境友善
- 減少自然資源消耗
- 致力於避免廢棄
- 在發展與應用工程解決方案時，考量在地地理條件、需求與文化
- 超越現有或主流技術，持續改進、創新與發明，以實現永續
- 積極與社區及利害關係人互動，共同開發工程解決方案

# 循環經濟

■ 荷蘭：2050 目標  
「完全循環」

■ 關鍵概念：

- 設計 →
- 使用 →
- 回收 →
- 再製造



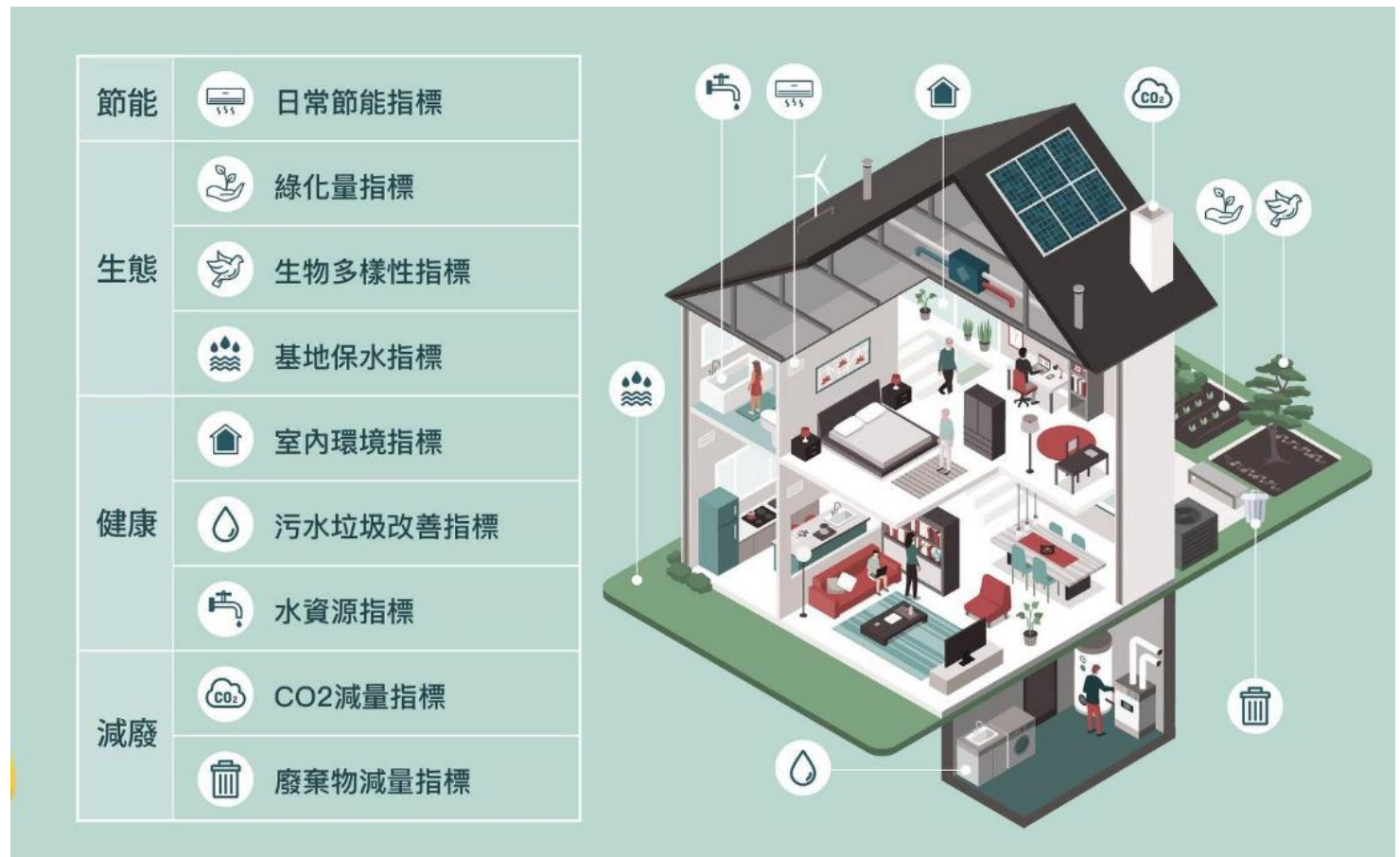
Butterfly diagram animation

<https://youtu.be/Lc-FQvPO89Y?si=kdTVWTSOC4WQMErL>

# 綠建築

■美國 LEED、日本 CASBEE、台灣 EEWH

■綠建築九大指標



# 能源轉型

- 背景需求：因應氣候變遷與減碳壓力，全球推動能源結構轉型。
- 再生能源：發展太陽能、風能、水能等替代化石燃料。
- 電氣化：交通、製造與建築部門加速電氣化。
- 新興技術：能源儲存、氫能與智慧電網提升能源效率。
- 產業轉型：傳統能源產業面臨挑戰，綠色新興產業快速崛起。



ENERGY TRANSITION

Adobe Stock | #746299565

圖片來源：Adobe Stock 平台上的矢量插畫，由藝術家 vladgrin 創作

# 碳盤查與碳足跡

- 組織碳盤查主要是盤查公司或組織一整年的碳排放量，通常以範疇一（直接）二（間接）三（其他間接）來劃分 / **ISO 14064-1**
- 碳足跡主要是以「產品」為畫分，計算他生命週期內的碳排放量，包含原料開採、加工製造、配送銷售、產品使用及廢棄處理五階段 / **ISO 14067**





# 綠色經濟與ESG

■綠色經濟是一種旨在增進人類福祉、社會平等並降低環境風險的經濟發展模式

■ESG是一種新型態評估企業的數據與指標

- 環境保護 (E)
- 社會責任 (S)
- 公司治理 (G)



# 綠色工程導論課程進度

## ■課程規劃

授課內容	建工校區（五）		第一校區（一）	
	日期	老師	日期	老師
課程介紹、環境議題、永續發展及產業轉型	09/12	余志成	09/08	余志成
綠色土木工程、綠建築與低碳建材	09/19	林彥宇	09/15	林彥宇
綠色製造與智慧工廠	09/26	黃華志	09/22	吳宗亮
綠色化學工程與生態友善化學製程及產品	10/03	蔣秉叡、鄭力誠	10/13	蔣秉叡、鄭力誠
環境生命週期評估(LCA)方法與應用	10/17	林彥宇	10/20	林彥宇
碳盤查、碳管理與政策	10/31	林彥宇	10/27	林彥宇
產品綠色設計	11/07	鄭瑞鴻	11/03	余志成

# 綠色工程導論課程進度

授課內容	建工校區 ( 五 )		第一校區 ( 一 )	
	日期	老師	日期	老師
企業永續發展與ESG報告	11/14	黃致鈞、余志成	11/10	黃致鈞、余志成
期中小組專案：臺灣企業綠色行動案例分析	11/21	全體老師	11/17	全體老師
能源轉型與再生能源科技	11/28	鄭力誠	11/24	鄭力誠
綠色運輸與車輛電氣化	12/05	林仁生、余志成	12/01	林仁生、余志成
再生水資源及工業廢水零排放技術	12/12	李孟珊	12/08	李孟珊
碳捕捉、再利用與封存技術(CCUS)	12/19	鄭力誠、張涵寓	12/15	鄭力誠、張涵寓
循環經濟原則與資源零廢棄	12/26	林彥宇	12/22	林彥宇
綠色經濟與分析、技術與經濟分析	01/02	黃致鈞、余志成	12/29	黃致鈞、余志成
期末專案和報告：臺灣案例研究	01/09	全體老師	01/05	全體老師

# 評量方式

- 出席與參與 20%
- 課堂作業 20%
- 期中專案 30% ( 台灣企業案例分析 )
- 期末專案 30% ( 整合應用報告 )

# 互動討論

## ■ 今日學習反思：分組討論（共五頁）

- 第一頁列出本週反思議題與組員名單
- 台灣最急迫的環境問題是什麼？列出 1 項議題 + 1 個解決方案（兩張 PPT）
- 找出一項台灣製造業成功的淨零轉型案例（兩張 PPT）
- 需列出資料來源

## ■ 下週主題

- 綠色土木工程、綠建築與低碳建材 / 營建工程系林彥宇教授