

# 表面處理業綠色循環製程開發

逢甲大學 碳中和研發與服務中心  
呂晃志 主任





逢甲大學 碳中和研發與服務中心 主任  
綠色能源科技碩士學位學程主任  
通識教育中心 副教授

逢甲大學 碳中和研發與服務中心  
ISO 14064-1 主導查證員  
ISO 14067 主導稽核員  
企業永續管理師(台灣永續能源基金會)  
ISO 50001 輔導顧問  
FDA 510K 輔導顧問

## 中心主任：呂晃志

逢甲大學 碳中和研發與服務中心 主任  
綠色能源科技碩士學位學程 主任  
通識教育中心 副教授  
綠能科技暨生技產業發展研究中心 組長  
亞太經合會 先進生質氫能研究中心 研究員



呂晃志 博士  
通識教育中心副教授  
綠色能源科技碩士學位學程主任  
逢甲大學碳中和研發與服務中心主任  
離岸風力發電研究及發展中心主任  
綠能中心研究發展組組長  
臺中市407102西屯區文華路100號  
Tel:04-24517250 Ext.6220  
E-mail: hjleu@fcu.edu.tw



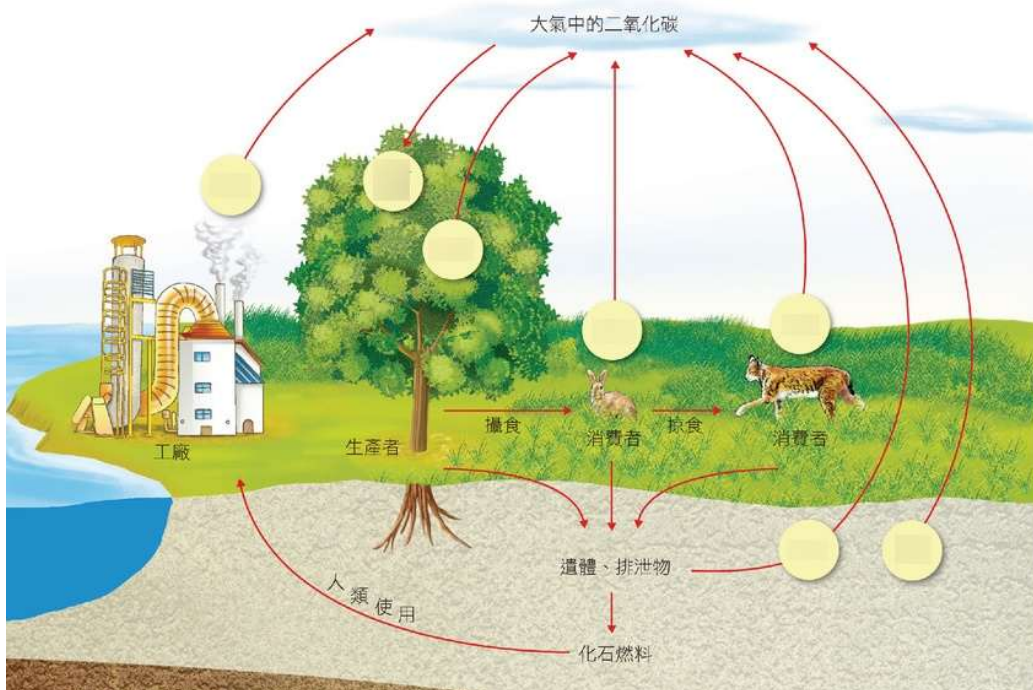
具多家中小企業輔導經驗，從化學、化工、奈米、環工、能源、循環經濟到永續發展，透過多年深耕產業的實戰經驗作為基礎，目前擔任多家企業的研發指導顧問；近年更協助企業以發展綠色能源技術推動企業低碳轉型，透過產學合作，將學界的研發成果延伸於企業應用，落實能源管理與低碳生產，同時連結逢甲大學USR量能與企業CSR行動方案，提供企業符合國內外要求的實務做法，以及內部提升方案，輔導企業朝向ESG永續發展。

簡介： 擅長於企業研發輔導、綠能及生技產品與技術開發、企業溫室氣體盤查、碳足跡、理，協助企業邁向碳中和。

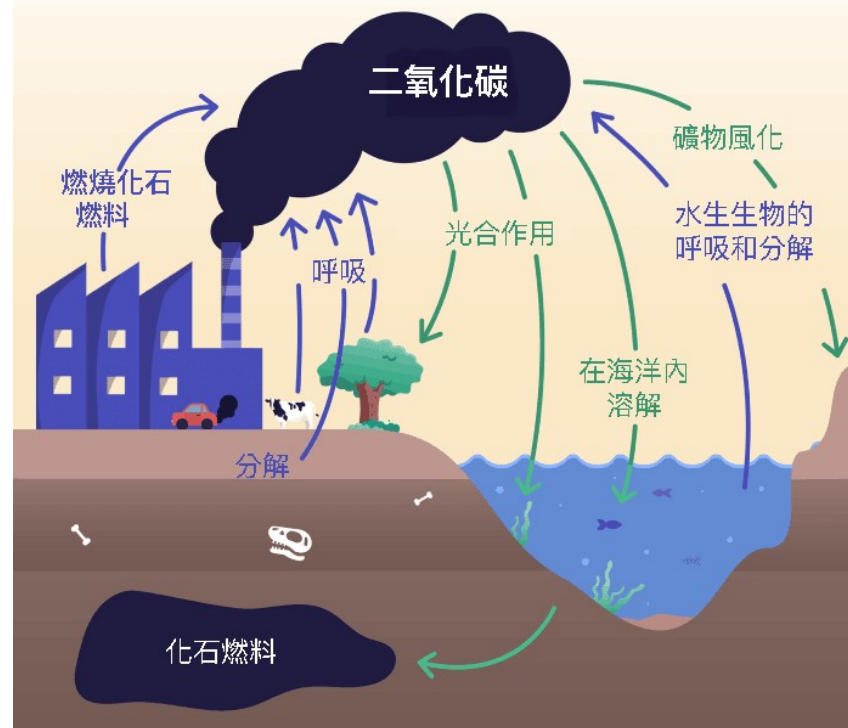
淡江大學 化學博士  
逢甲大學 奈米科技研究中心 博士後研究  
逢甲大學 纖維與複合材料學系 助理教授  
ISO 14064-1：2018 組織溫室氣體主導查證員  
ISO 14067：2018 產品碳足跡主導稽核員  
ISO 50001：2018 內部稽核輔導顧問  
FDA 510K (2020) 內部稽核輔導顧問  
台灣人工智慧學校台中分校 第八期經理人智慧製造專班結業  
企業永續管理師證照培訓班 第十九期 結訓 (證照考試通過)  
離岸風力發電研究及發展中心 主任  
亞太經合會 先進生質氫能研究中心 研究員

# 全球都該注意的循環

## 碳循環



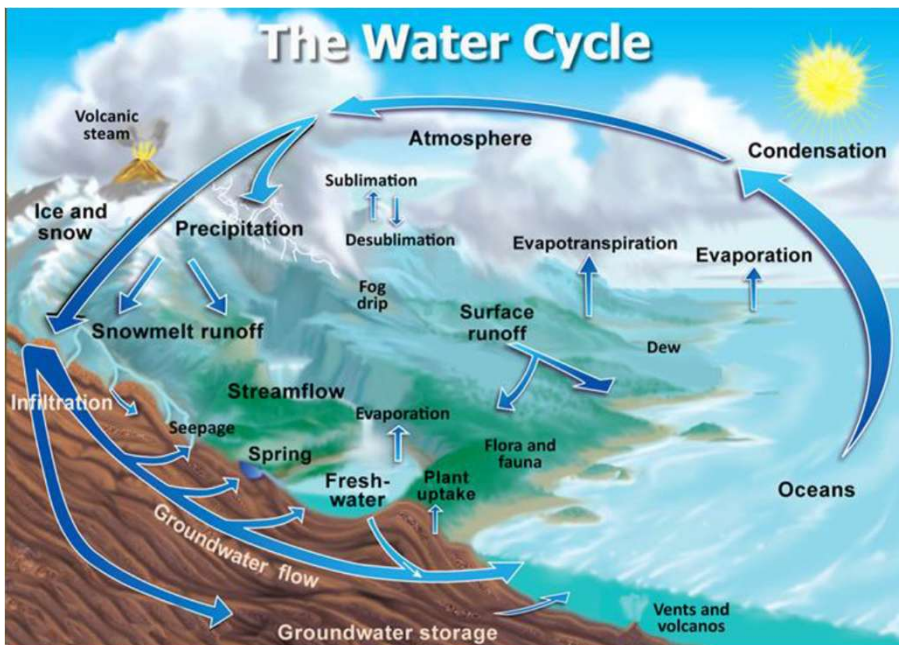
## 地球的碳循環



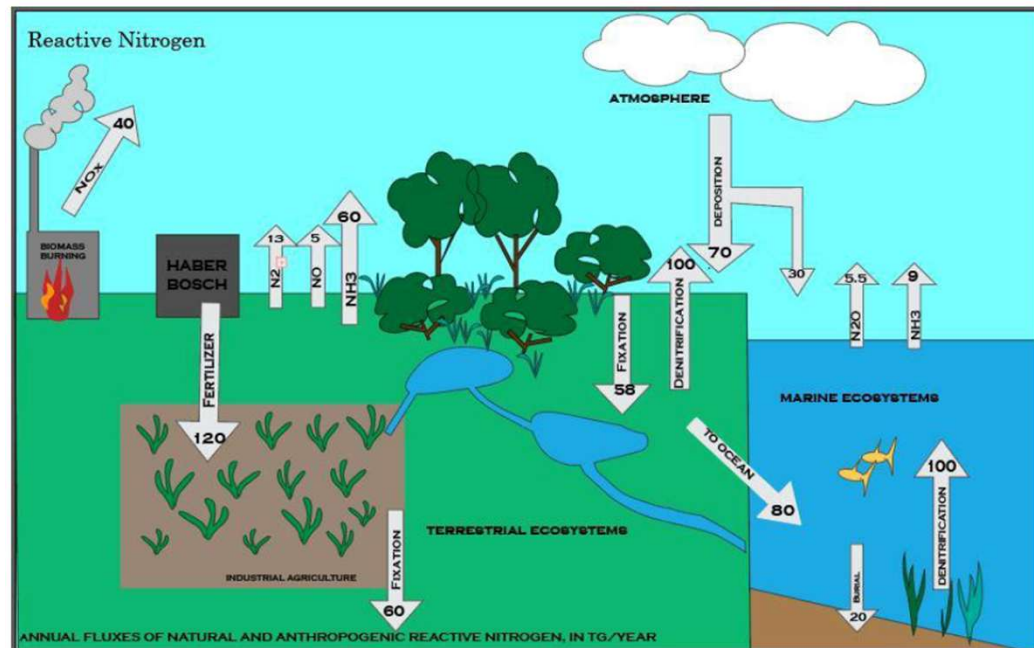
共善

# 全球都該注意的循環

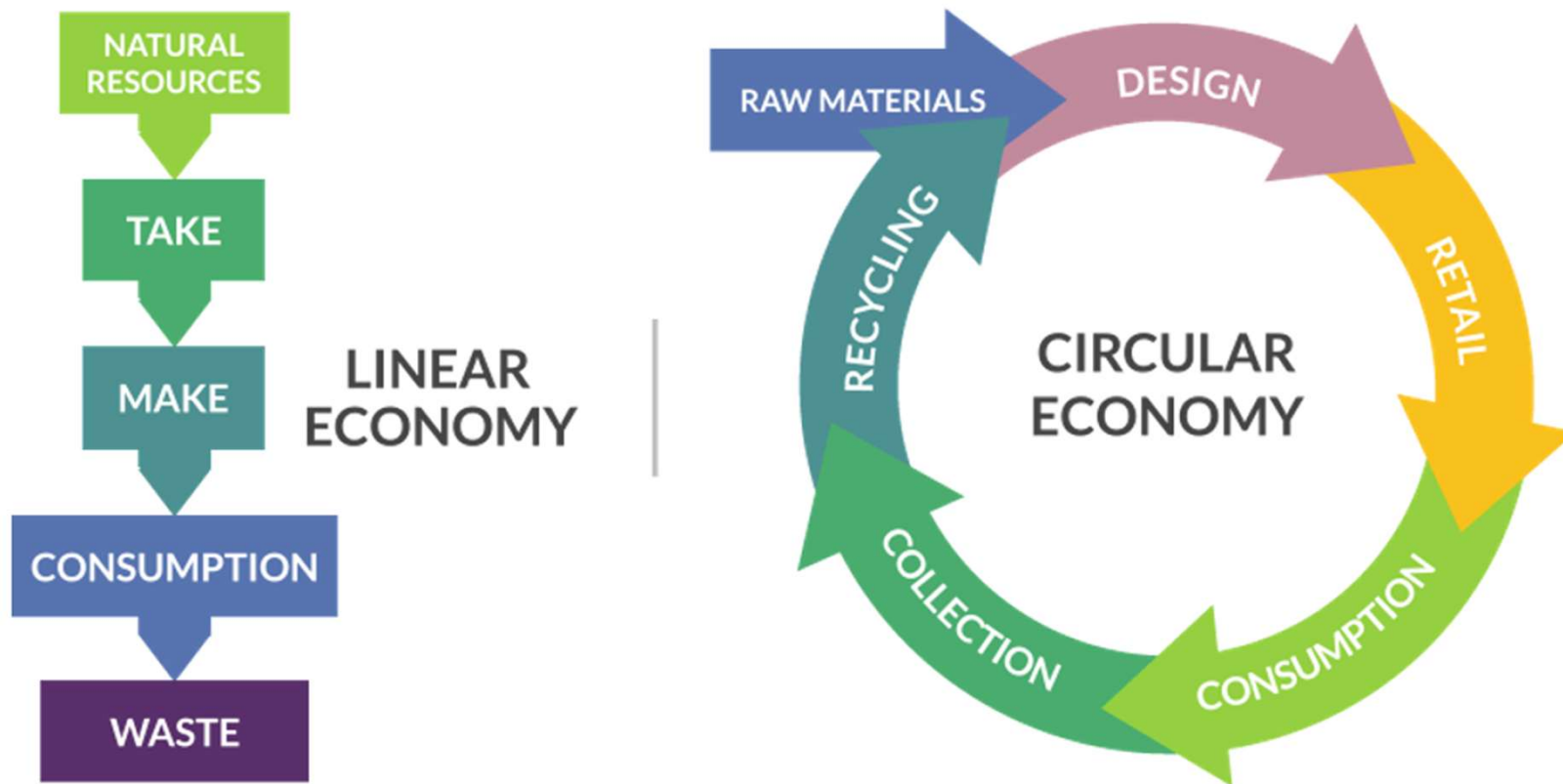
## 水循環



## 氮循環

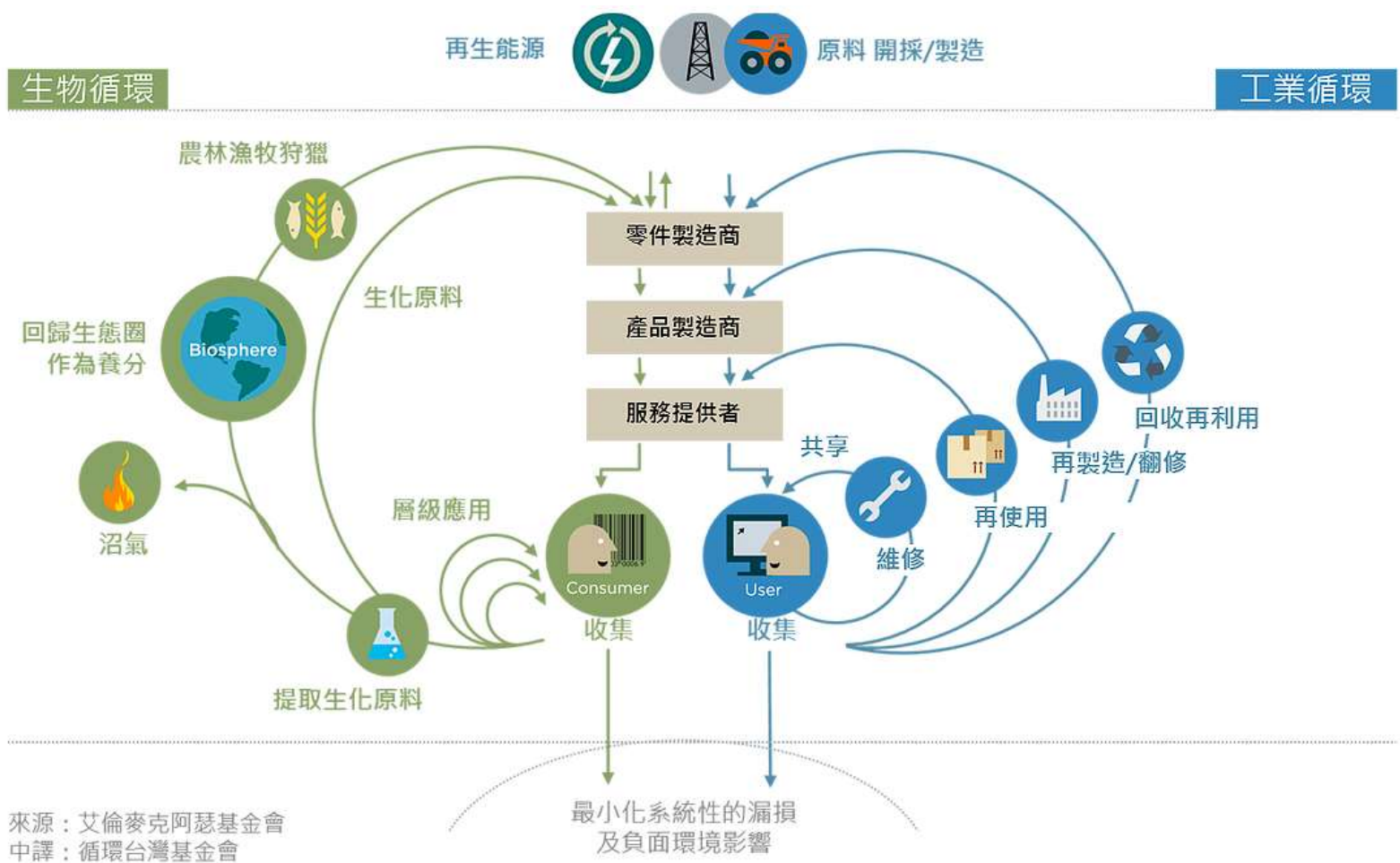


# 線性經濟與循環經濟



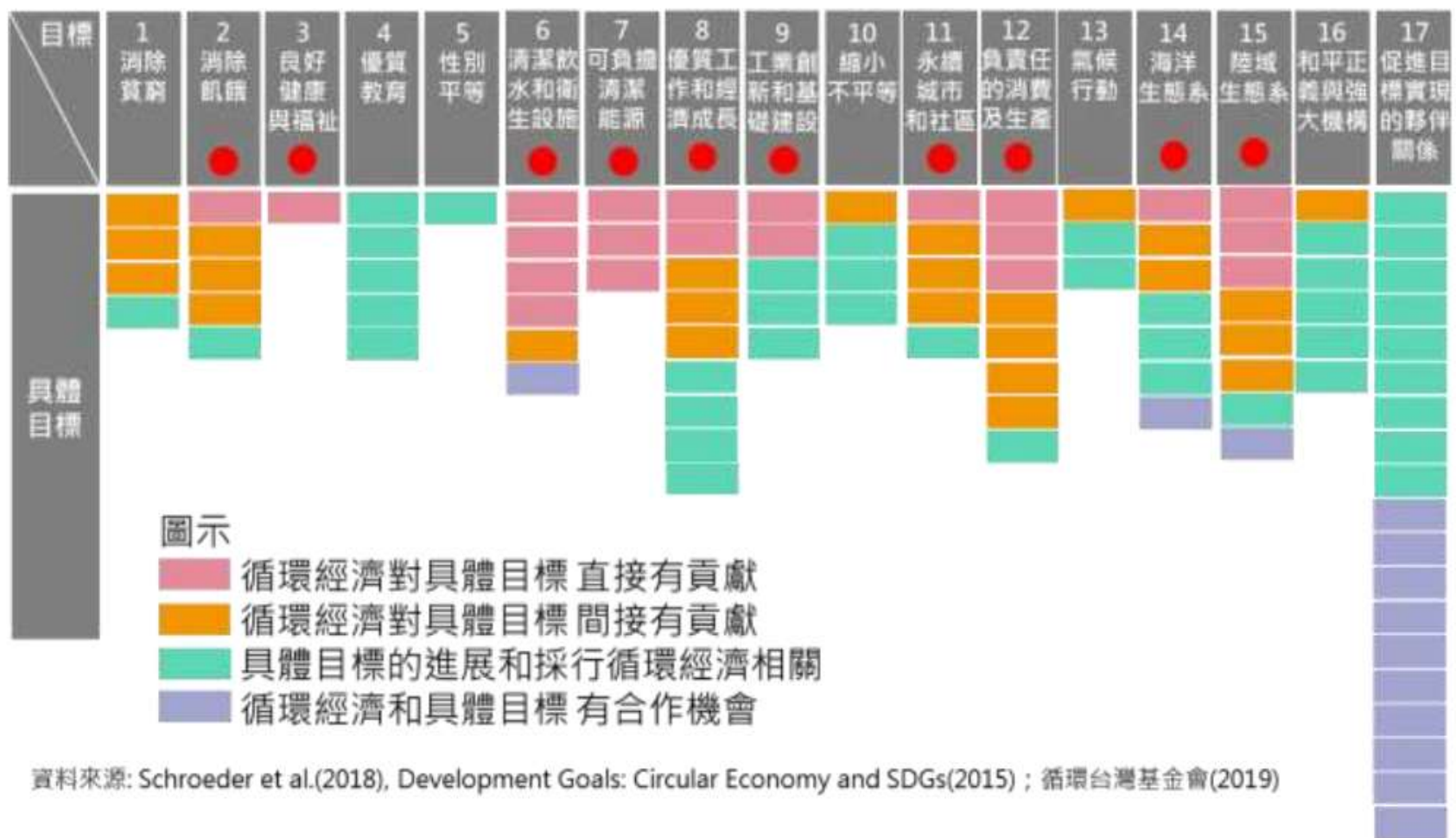
無盡消耗 v.s. 重複利用

# 循環經濟蝴蝶圖



來源：艾倫麥克阿瑟基金會  
中譯：循環台灣基金會

# 循環經濟與永續發展目標

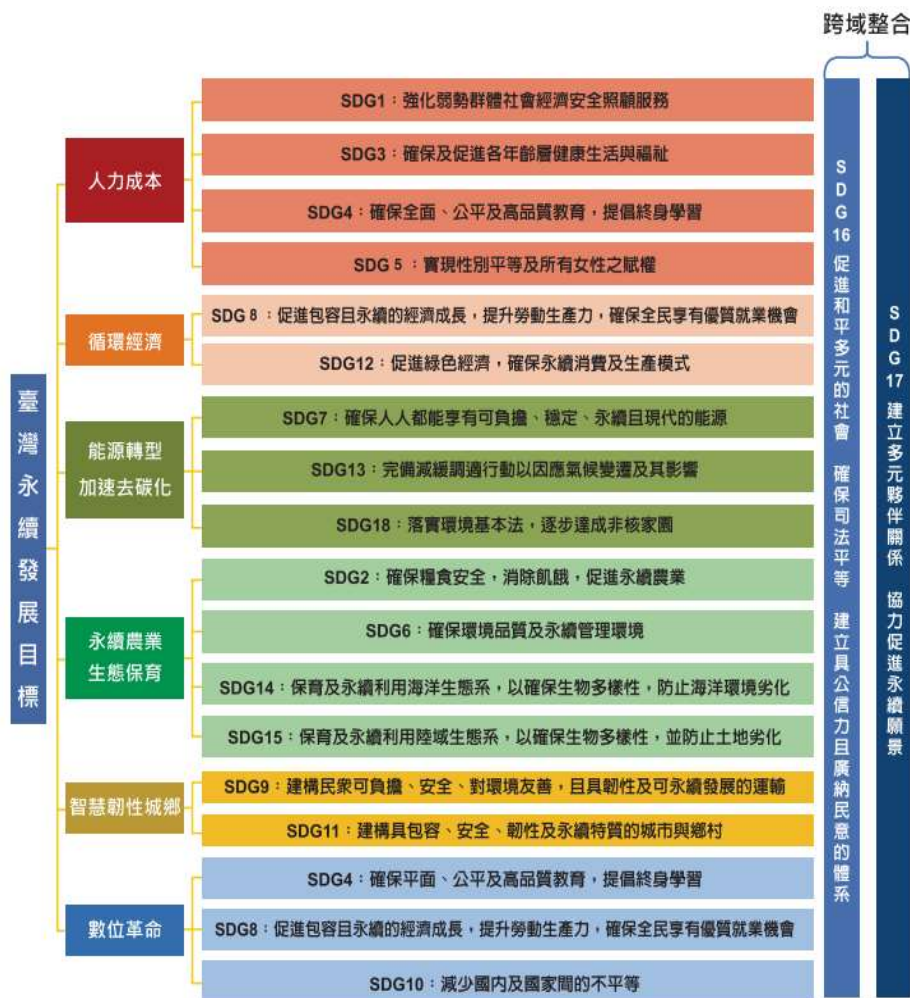
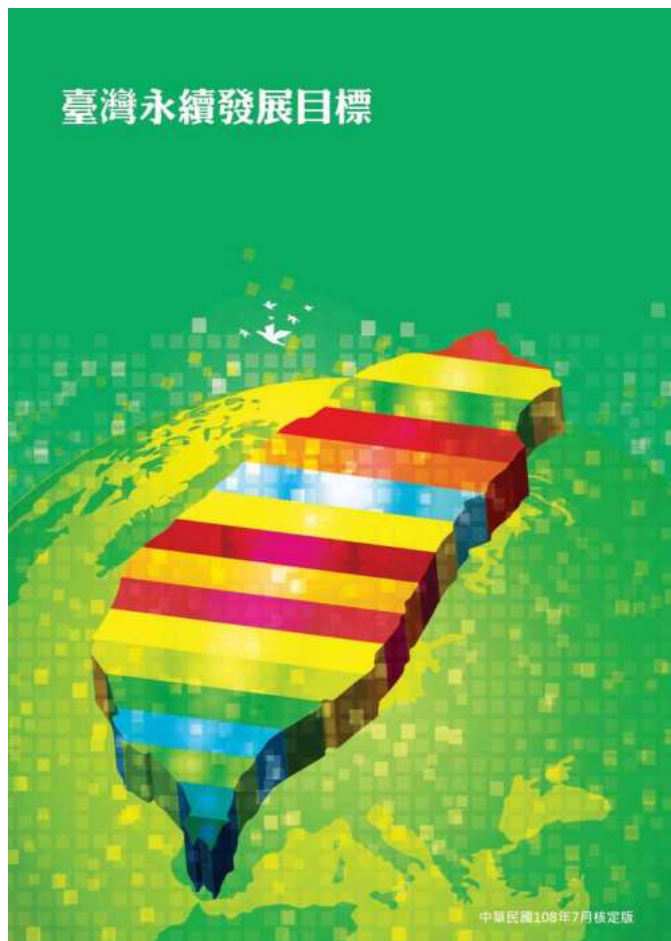


圖示

- 循環經濟對具體目標 直接有貢獻
- 循環經濟對具體目標 間接有貢獻
- 具體目標的進展和採行循環經濟相關
- 循環經濟和具體目標 有合作機會

資料來源: Schroeder et al.(2018), Development Goals: Circular Economy and SDGs(2015) ; 循環台灣基金會(2019)

# 台灣永續發展邁向經濟轉型

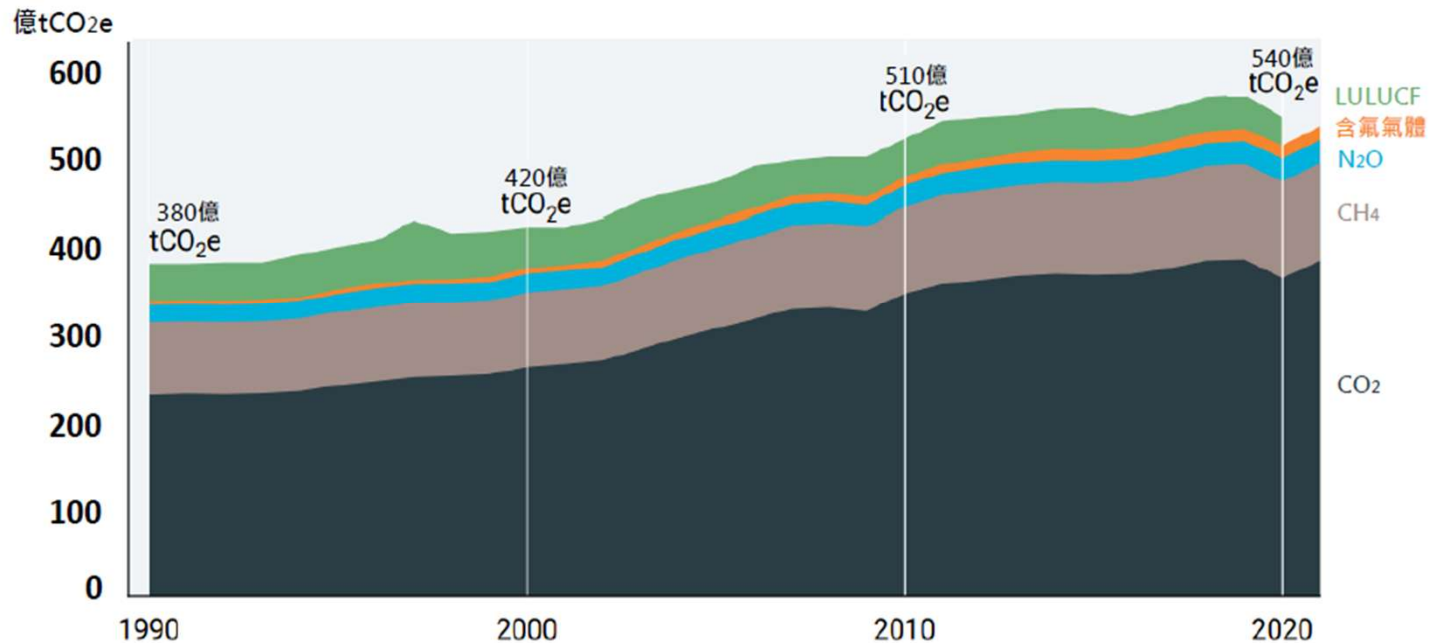


# 全球經濟風險：溫室氣體排放(SDG 13)

## 氣候變遷為重要之經濟風險



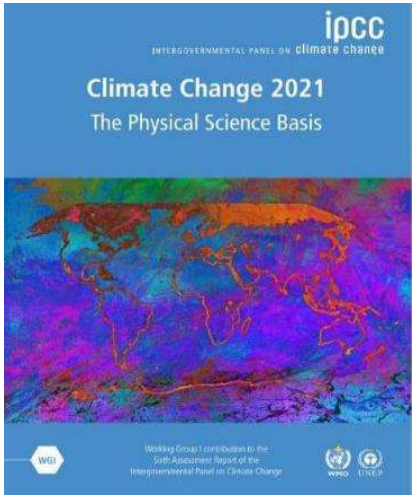
1990-2021年溫室氣體排放量



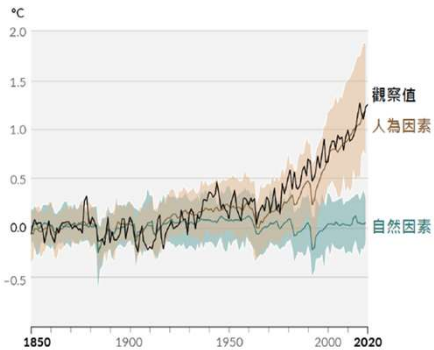
註：2021年土地利用、土地利用變化和林業(LULUCF)尚未計算出，若不包含LULUCF，2021年全年溫室氣體排放量為528億tCO<sub>2</sub>e，略高於2019年的排放量

# 氣候變遷需發展調適機制

共善



## IPCC AR6



# 世界各國紛紛宣告淨零以符合目標

- 歐盟執委會主席馮德萊恩在2019年COP25公布《**歐洲綠色政綱**》(European Green Deal)，內容包含制定未來三年要推出50項政策的行動路線圖，旨在促進歐盟經濟的永續發展，將**氣候及環境挑戰**轉化為所有政策領域的機會，實現整體轉型期間的**正義與包容性**。



資料來源: <https://e-info.org.tw/node/222594>

# 滿足歐洲綠色政綱的好處



新鮮的空氣、乾淨的水、健康的土壤和生物多樣性



翻新的節能建築



健康和負擔得起的食物



更多公共交通



清潔能源和尖端清潔技術創新



可以修復、回收和再利用的更持久的產品



面向未來的工作和過渡技能培訓



具有全球競爭力和彈性的行業

# 滿足歐洲綠色政綱的行動

## • 保護我們的環境(Preserving our environment)

歐洲綠色協議的優先事項包括：保護我們的生物多樣性和生態系統、減少空氣/水和土壤污染、邁向循環經濟、改善廢物管理、確保我們的藍色經濟的永續性。

行動



[2030 年生物多樣性戰略](#)



[零污染行動計劃](#)



[循環經濟行動計劃](#)



[廢物和回收](#)



[化學品可持續發展戰略](#)



[可持續電池](#)



[有機行動計劃](#)



[“從農場到餐桌”戰略](#)



[第八次環境行動計劃](#)



[共同漁業政策](#)

# 滿足歐洲綠色政綱的行動

## • 潔淨能源轉型(A clean energy transition)

能源的生產和使用佔歐盟溫室氣體排放量的75%以上。因此，歐盟能源系統脫碳對於實現我們的2030年氣候目標和歐盟到2050年實現碳中和的長期戰略至關重要。



# 滿足歐洲綠色政綱的行動

## • 投資綠色未來(Investing in a green future)

為實現《歐洲綠色協議》設定的目標，歐盟委員會承諾在未來十年動員至少 1 萬億歐元的可持續投資。歐盟多年期預算(2021-2028年)和歐盟獨特的下一代歐盟是歐盟的經濟復甦計劃(Next Generation EU, NGEU)工具的30%用於從COVID-19大流行中復甦，已分配給綠色投資。

行動



下一代歐盟



下一代歐盟綠色債券



恢復和復原力設施



可持續金融



公正過渡機制



綠色轉型改革支持

# 滿足歐洲綠色政綱的行動

- 具有競爭力的綠色數位歐洲的工業戰略

**(An industrial strategy for a competitive, green, digital Europe)**

歐洲綠色協議是歐盟的新增長戰略，旨在將歐盟轉變為一個更公平、更繁榮的社會，擁有現代化、資源高效和有競爭力的經濟，到本世紀中葉沒有溫室氣體的淨排放。

行動



產業戰略



維持ble電池



歐洲電池聯盟



歐洲清潔氫聯盟



歐洲原材料聯盟



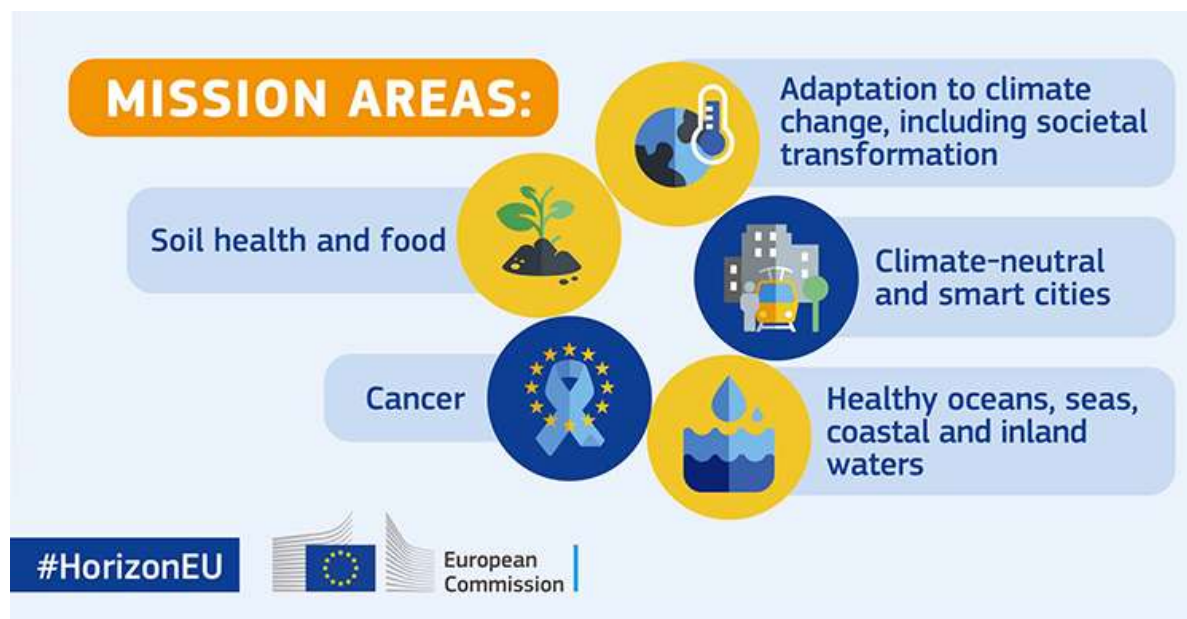
圓形塑料聯盟

# 滿足歐洲綠色政綱的行動

- 研究和創新推動變革  
(Research and innovation driving transformative change)

研究和創新將發揮核心作用：加速和導航必要的過渡、部署、演示和降低風險的解決方案、讓公民參與社會創新。

行動



# 歐盟-循環經濟行動方案(Circular Economy Package)

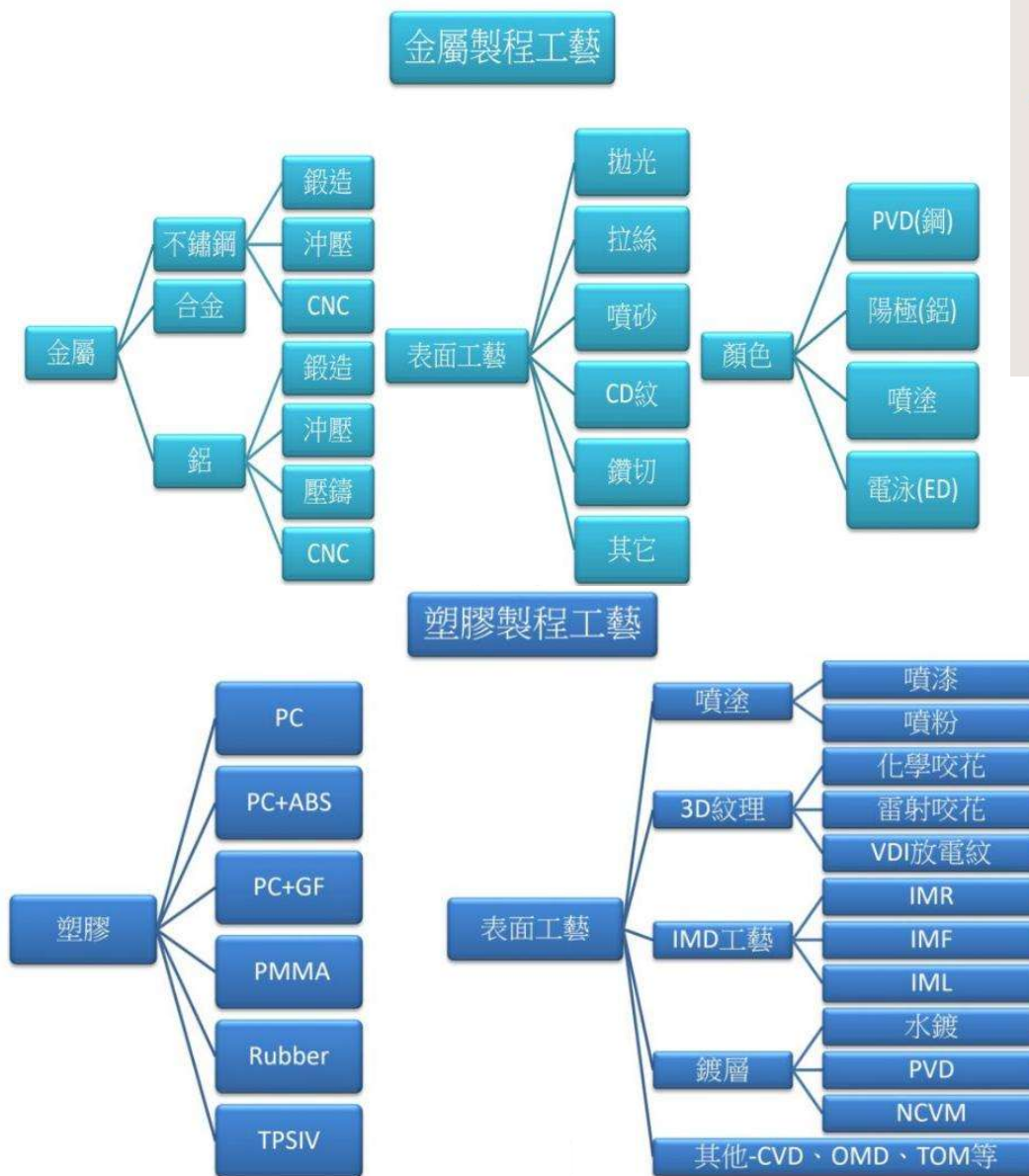
共善

## 2020 年 3 月通過

- 目標：
  - 使永續產品成為歐盟的規範
  - 賦予消費者和公眾購買者權力
  - 專注於使用資源最多且循環潛力高的行業，例如：電子和信息通信技術、電池和車輛、包裝、塑膠、紡織品、建築和建築、食品、水和營養品
  - 確保減少浪費
  - 讓循環為人們、地區和城市服務
  - 引領全球循環經濟努力

# 表面處理業範疇

名稱	定義/範圍
金屬製品電鍍	<ul style="list-style-type: none"> <li>金屬製品以電解方式，於工件上析出高附著性的金屬皮膜，以獲取特殊性質的表面層或改變基材的尺寸之加工工程。包括電鍍，但不包括噴烤漆、噴敷、噴鍍之加工業。</li> </ul>
金屬製品噴烤漆	<ul style="list-style-type: none"> <li>於金屬製品上塗敷噴漆或烤漆之作業統稱，包括汽機車、家具之噴、烤漆均屬之。凡金屬製品的噴、烤漆、塗敷作業均包括於此範圍。</li> </ul>
其他金屬製品表面處理	<ul style="list-style-type: none"> <li>不屬於上列項目之各種金屬製品表面處理。</li> </ul>
非金屬製品表面處理	<ul style="list-style-type: none"> <li>於各種非金屬製品上之電鍍、噴漆、烤漆或表面處理作業。</li> </ul>



# 歐盟-循環經濟行動方案(Circular Economy Package)

產業別	行動方案
電子暨資通訊產品	採行「循環電子計畫」，延長產品壽命並改善廢棄物電子物件收集與處理。
電池與汽車 產業	制定管理法規架構，增加電池產品的永續性，並提高廢汽車零件回收效能。
包裝	對於歐盟市場流通之產品包裝制定新強制規範，減少過度包裝。
金屬 塑膠	制定新的回收成分強制規範，並特別關注為塑膠及生物材料及可分解塑膠。
紡織品	將提出歐盟紡織新策略，增進產業競爭力及創新，並促進歐盟紡織品再利用市場。
建材與建物	提出永續建築環境策略，推動建材循環利用。
食品	制定新法規，以可重複使用包裝或餐具取代一次性產品。

資料來源: EU Green Deal 歐盟永續經濟轉型目標 工研院產科國際所 陳仲瑜研究員  
[https://www.youtube.com/watch?v=Eoy\\_g1k1g0E](https://www.youtube.com/watch?v=Eoy_g1k1g0E)



# 歐盟-循環經濟行動方案(Circular Economy Package)

## • 政策領域-循環經濟

目標：

循環經濟將幫助我們將經濟增長與資源利用脫鉤，保護歐洲的自然資源，同時促進可持續增長。將幫助歐盟努力減少其消費足跡，並在未來十年將其循環材料使用率提高一倍。

90%  
生物多樣性喪失的原因是資源開採和加工

高達 80%  
產品的環境影響在設計階段確定

11.8%  
歐盟目前的循環材料使用率

具體政策：

**塑膠**  
歐盟在塑料生產和污染方面採取行動，為循環經濟做出貢獻。

**廢物和回收**  
歐盟關於廢物管理、處理和回收的行動。

**全球層面的循環經濟**  
歐盟正在全球範圍內引領循環經濟。

**關鍵原材料**  
歐盟關於關鍵原材料的行動計劃，以及這些材料的清單。

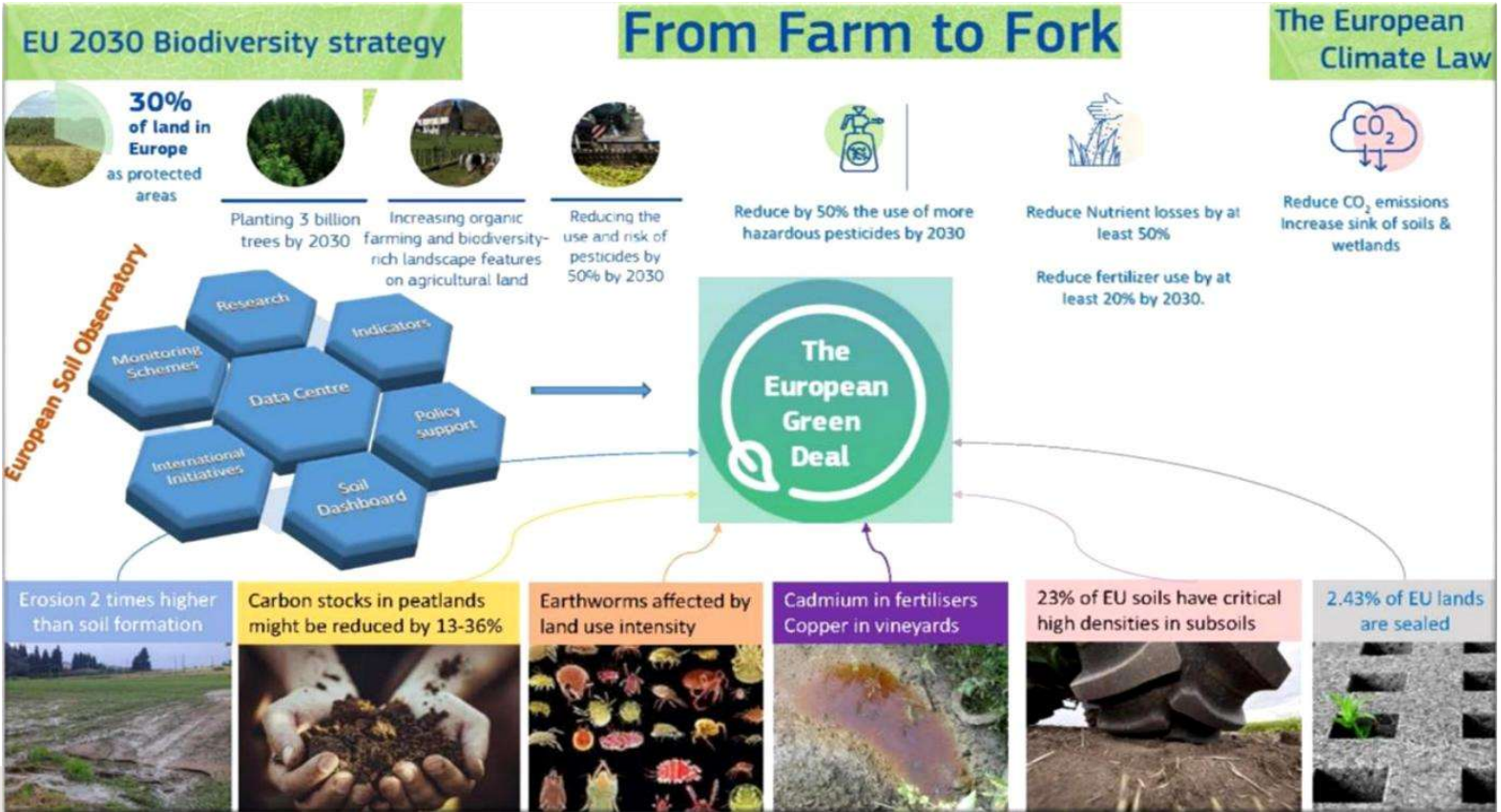
**工業排放**  
歐盟減少工業排放的行動。

**永續產品**  
歐盟使可持續產品成為歐盟標準的措施。

**紡織品**  
歐盟解決紡織品生產和消費問題的行動。

# 歐盟-循環經濟行動方案(Circular Economy Package)

- 土壤及其對 2030 年生物多樣性戰略、從農場到餐桌和歐洲氣候法的貢獻。



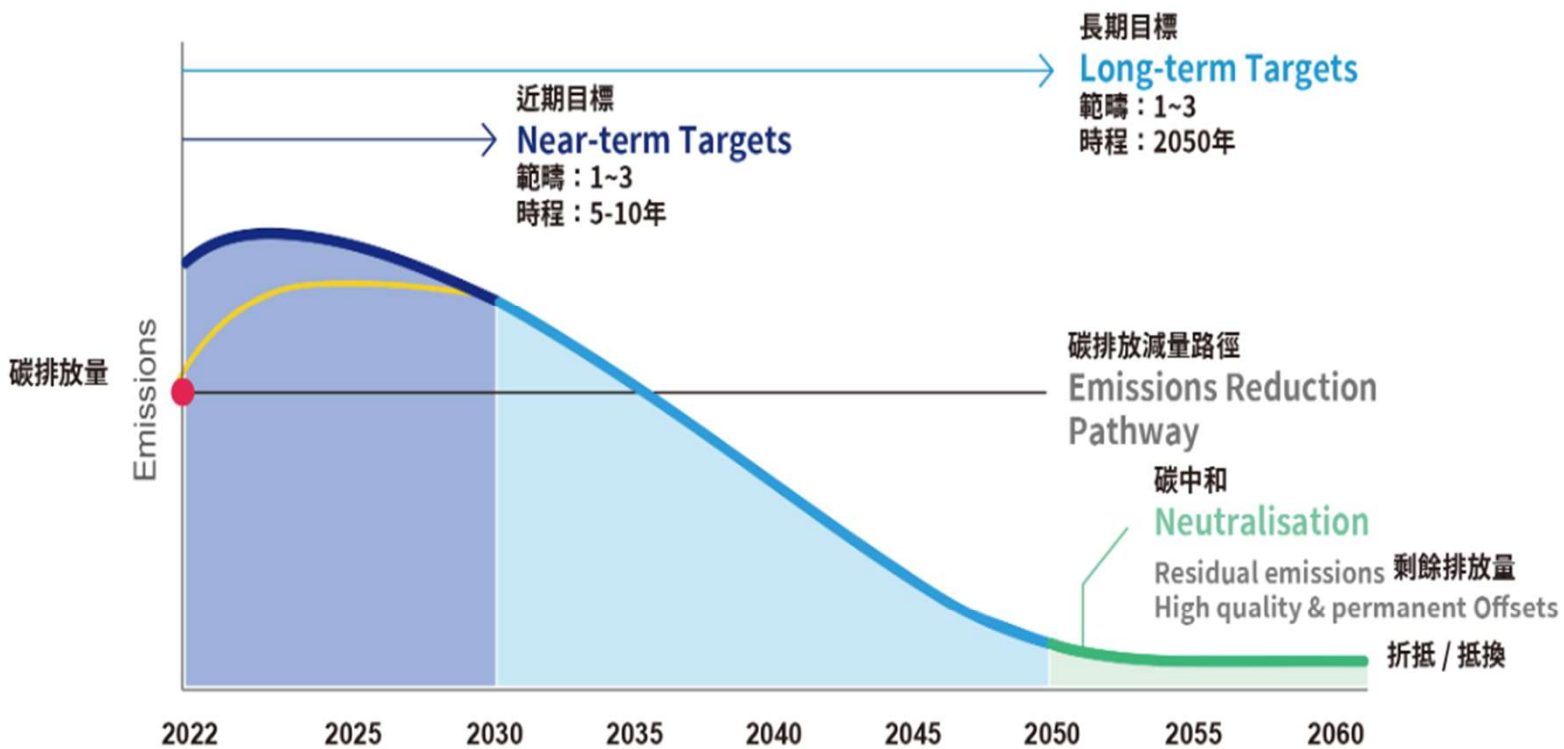
資料來源: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837720304257?via%3Dihub>

# 因應變局：碳管理能力培養與提升





# 企業減碳路徑與行動結構



Summary of SBTi Net Zero Standard Requirements

Source : ENGIE Impact

# 產業急需導入循環經濟思維



沒有一個國家比臺灣更迫切需要採行循環再生的經濟發展思維。

過去半世紀以來，臺灣90%以上的能源、肥料、飼料，以及60%以上的食物仰賴進口。持續倚賴進口大量能源、原物料，再加工生產外銷，而製造過程的廢棄物則隨意棄置，任由環境被污染破壞。這樣刺激成長的工業化競技模式，在資源供需與價格大幅度波動之際，難以持續創造就業，並兼顧環境生態。這些問題都是「線性經濟」的商業模式所導致。

須在資源耗竭前，找到最佳的解決方法！

## 碳盤查可以協助評估循環製程減碳

- 線性經濟的特色是「浪費資源」，同時忽略「外部成本」的破壞性商業機制。
- 近年來，臺灣總是用不同的見解來處理問題，但是似乎已經走進了死胡同，因此當務之急就是轉個彎，尋找一扇「循環經濟」大門。
- 碳盤查是觀察循環經濟成效的重要工具。
- 表面處理業的熱電需求，可以導入生質能循環經濟發電。
- 表面處理業的材料取得，可以導入廢水之金屬回收再利用。

# 表面處理業的減碳方式

- 企業內部的減碳方式：

**製程改善**：生產製造過程的效能提升，利用精實管理的精神，降低製程中各種浪費。

**能源提效及轉換**：利用能源管理系統，協助企業採用最合適的契約容量進行用電；

也可分析工廠的用電狀況，依據**能源基線**和**能源績效指標**找出重大能源消耗的設備和標的

**轉化能源種類**：自行建置太陽能、發展生質能源等再生能源，或購買綠電等

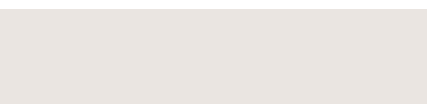
- 企業外部的減碳方式：

**循環經濟**：從產品設計的源頭改變，善用減少廢棄物產生 ( Reduce )、重複使用 ( Reuse )

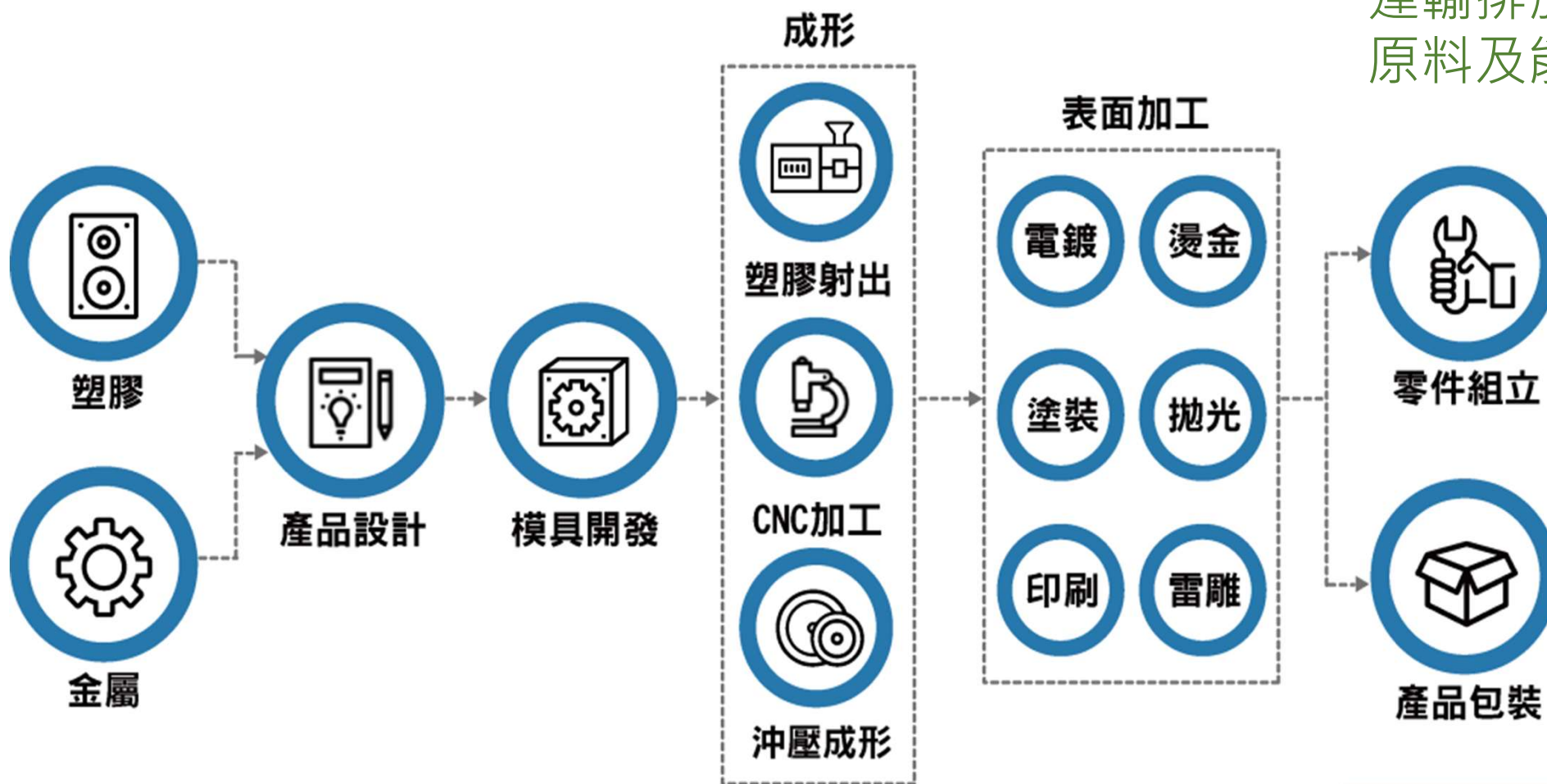
和回收再利用 ( Recycle ) 的3R概念、物料採購條件納入可回收/可循環材料的要求、

生產過程中的副產品再利用等。

**供應鏈**：要求供應鏈同步進行減碳措施。



# 主要料件加工



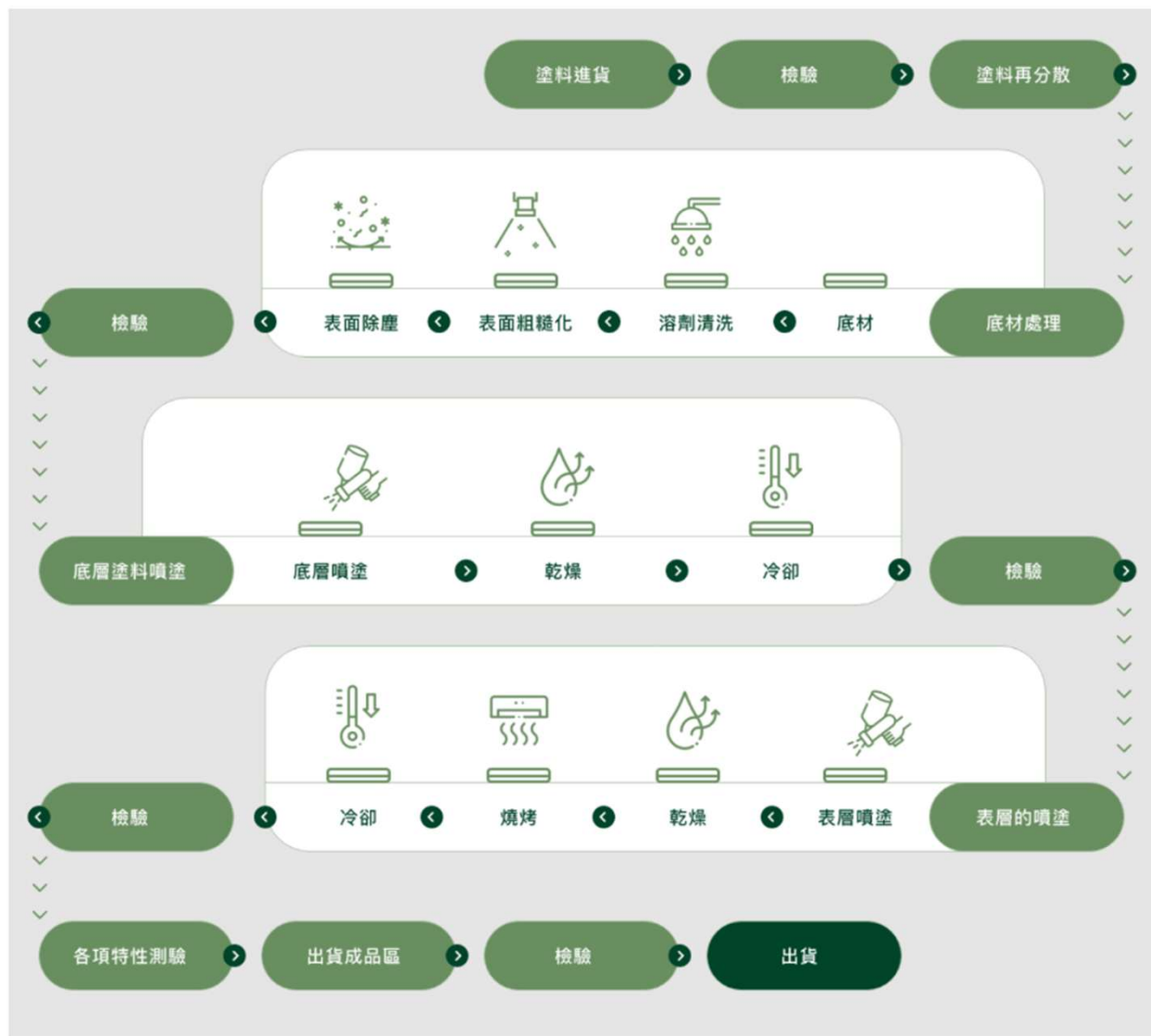
表面處理業考量：  
能資源使用  
環境逸散  
運輸排放  
原料及能源取得

# 表面處理業流程：

## 以噴塗為例

(1) 高能耗

(2) 多廢液



共善

# 碳盤查方法與標準

## 工廠

### 碳盤查

ISO 14064-1:2018

計算一個**工廠(組織)**  
的總排碳量



#### A食品工廠

全廠生產製造各項產品**總排碳量** =  
12,000 公噸CO<sub>2e</sub>/年

## 產品

### 碳足跡

ISO 14067:2018

計算一個**產品**  
的總排碳量



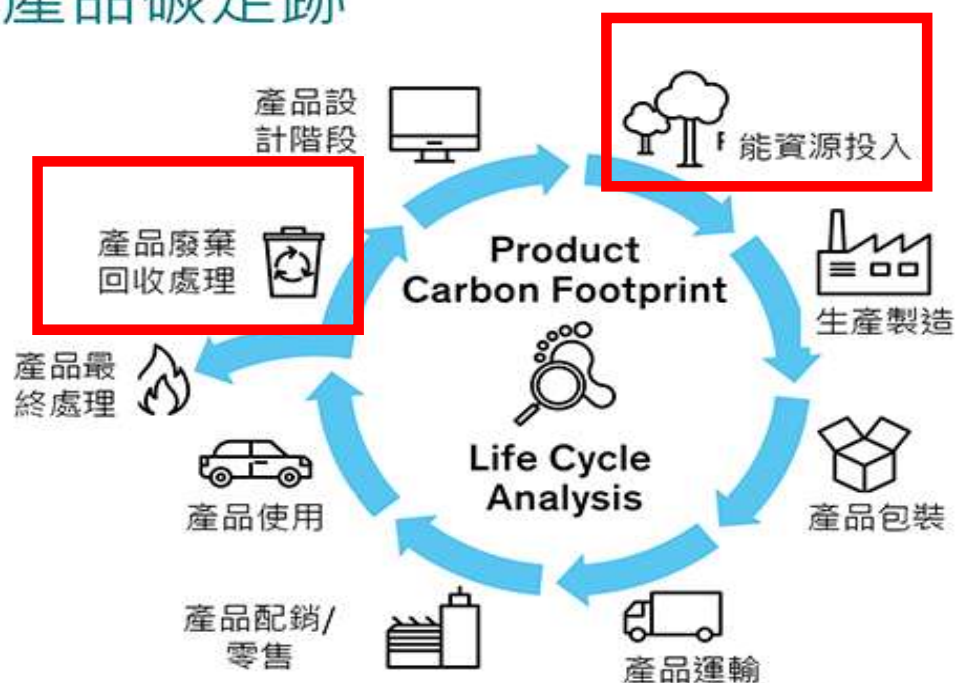
#### A食品工廠的芝麻油

芝麻油(543ml)的**總排碳量** =  
1.90 公斤CO<sub>2e</sub>/每瓶芝麻油

可分為整個工廠的溫室氣體盤查及產品的碳足跡盤查

# 從產業製程來談碳足跡...

## 產品碳足跡



Why ???

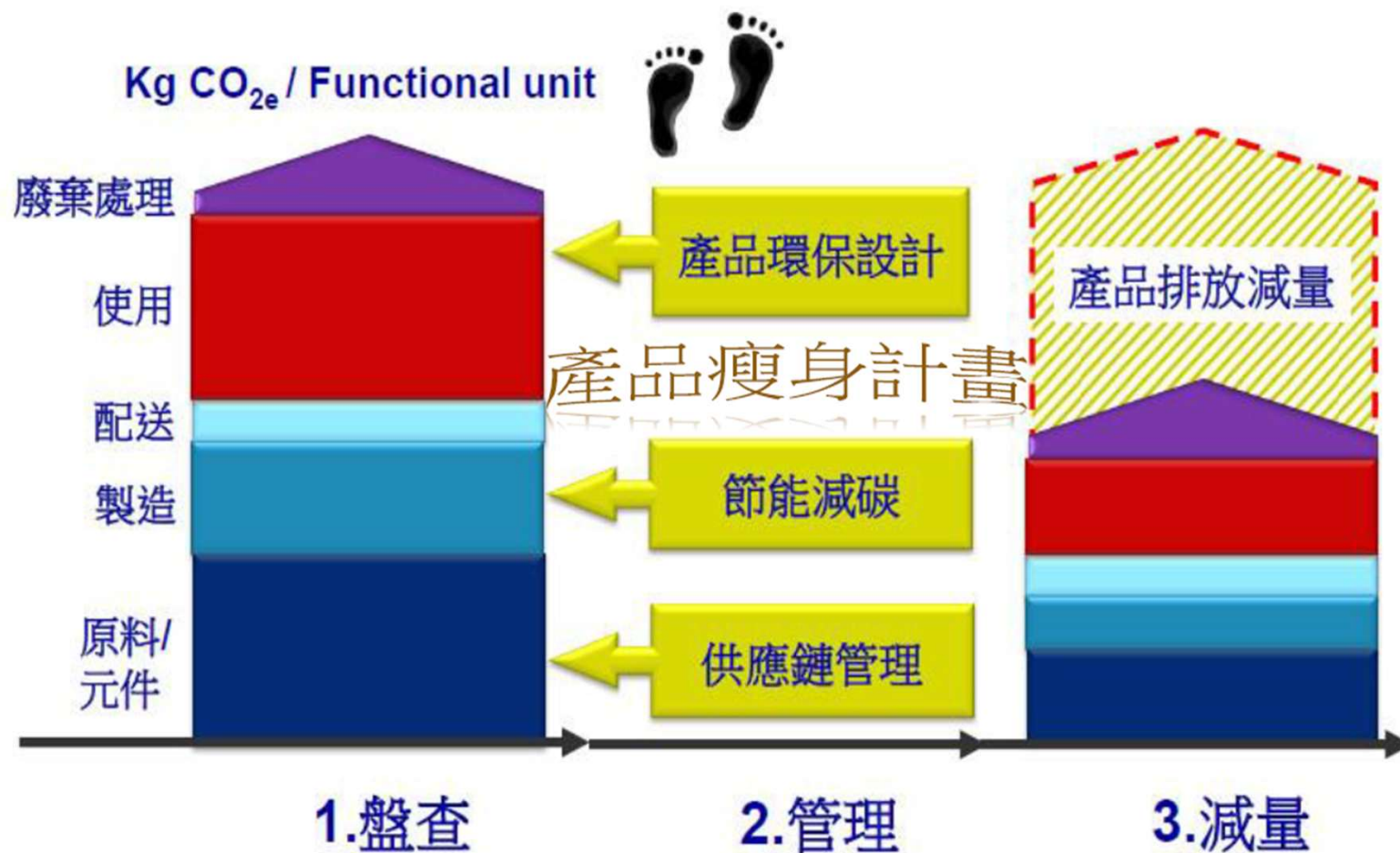
What ???

Who ???

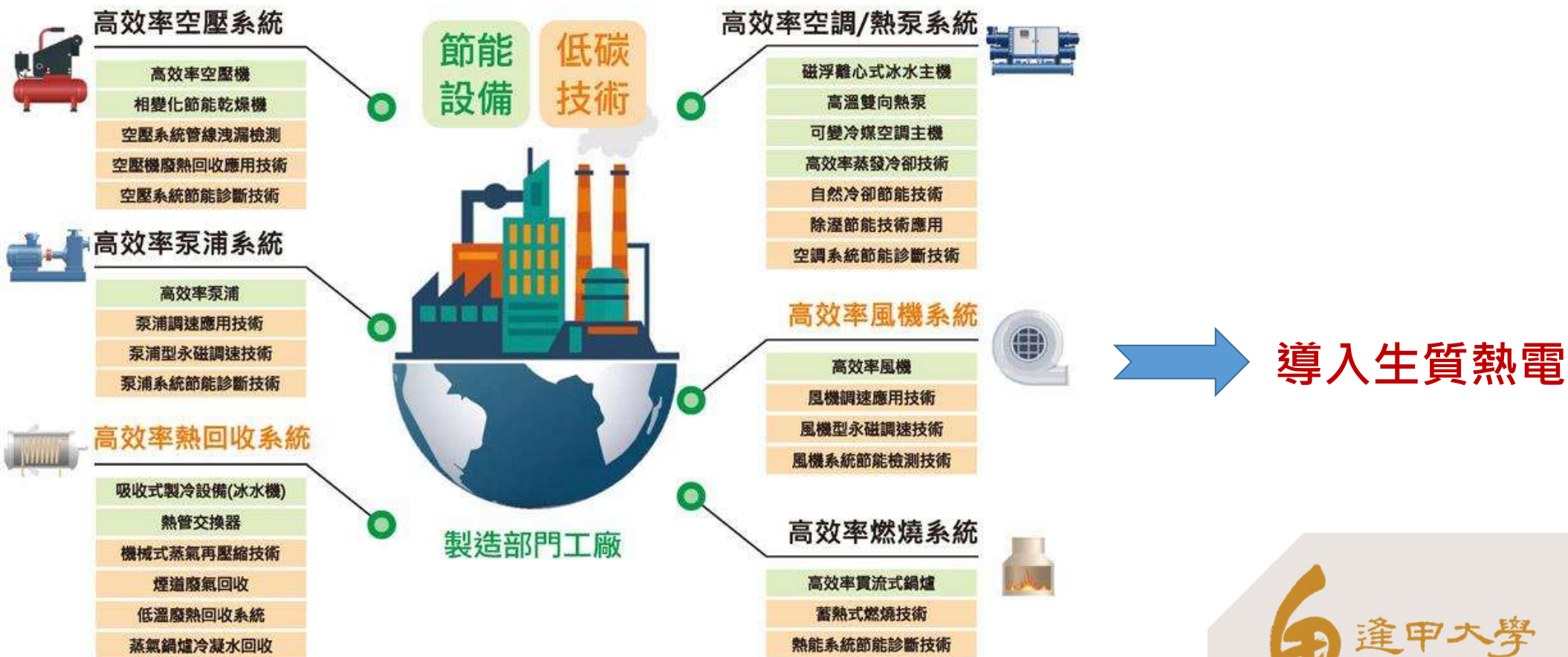
Where ???

How ???

# 產品碳足跡管理方式

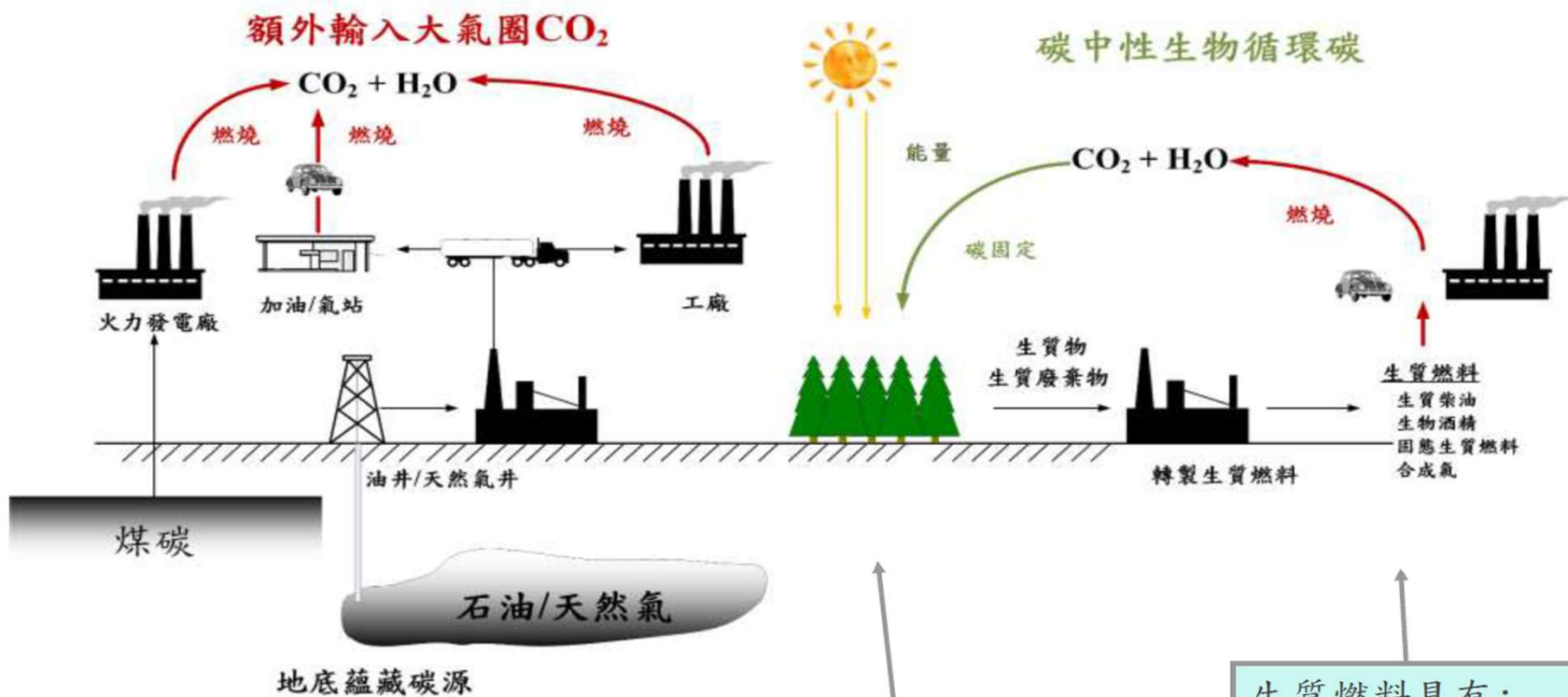


# 因應低碳化的製造工廠



# 生質能定義與循環永續

生質能：有機物經各式轉換，將其中蘊含之化學能釋出，轉化所得能源



生質燃料的碳中性於來自於經濟作物的永續栽種

- 生質燃料具有：
- ✓ 多元性
  - ✓ 持續性
  - ✓ 可儲存性

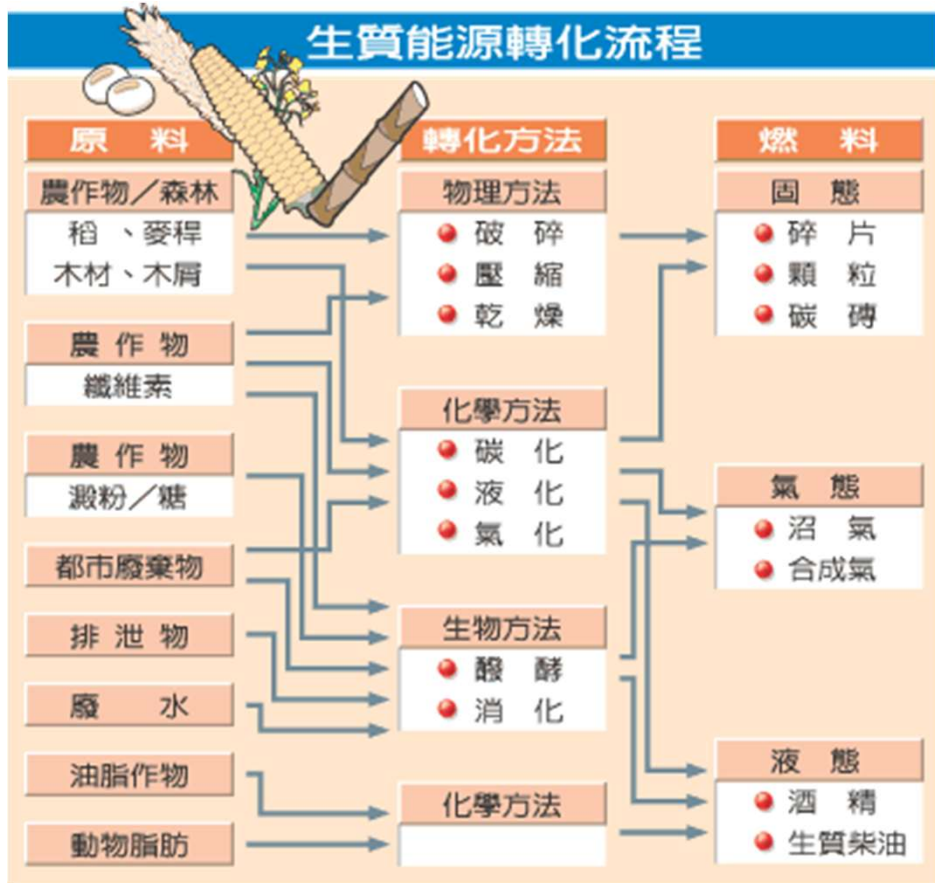
# 生質能是製程碳中和重要工具



表處工廠可能的有機料源：

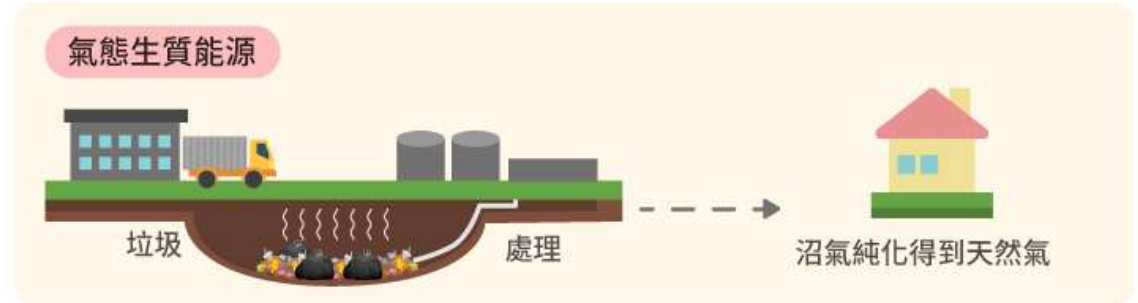
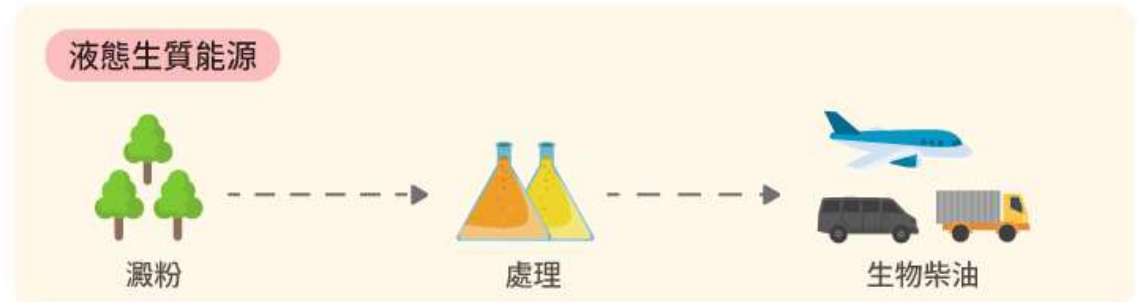
- (1) 切削液
- (2) 高有機廢液
- (3) 廢油水混合液

# 生質能怎麼產生



資料來源/工研院

繪表/劉紹田



# 台灣生質能源發電現況

目前台灣生質能發電有廢棄物焚化發電及沼氣發電二大類。

## 廢棄物發電

改善廢棄物囤積



專業燃燒技術減少廢棄物囤積數量。

穩定供電



不受氣候影響，全年穩定供電。

## 沼氣發電

減排碳



有效利用溫室氣體循環發電。

除異味

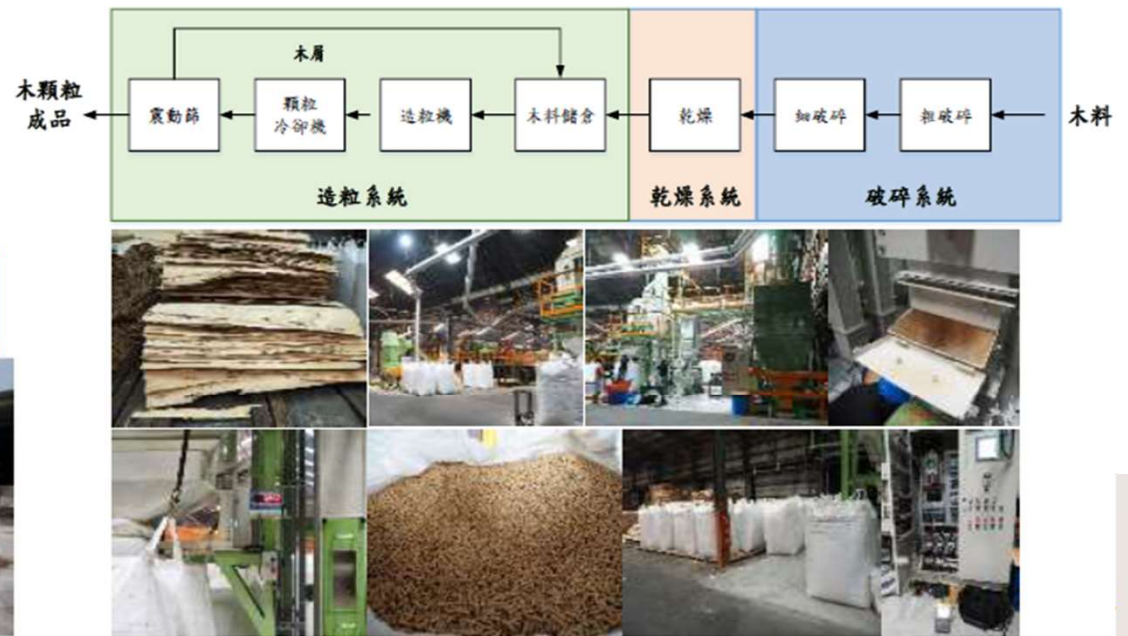


專業處理畜牧廢棄物，改善養殖場附近異味四散。

# 工廠中可回收周邊生質料源，發展生質燃料棒

## ➔ 木質顆粒燃料

- 木質顆粒是以林業剩餘物為主要原料，經切片、粉碎、除雜、篩選、混合、軟化、調質、冷卻、質檢、包裝等工藝，最後製成燃料。



# 工廠中有多樣化生質料源，都是沼電原料



國內案廠：

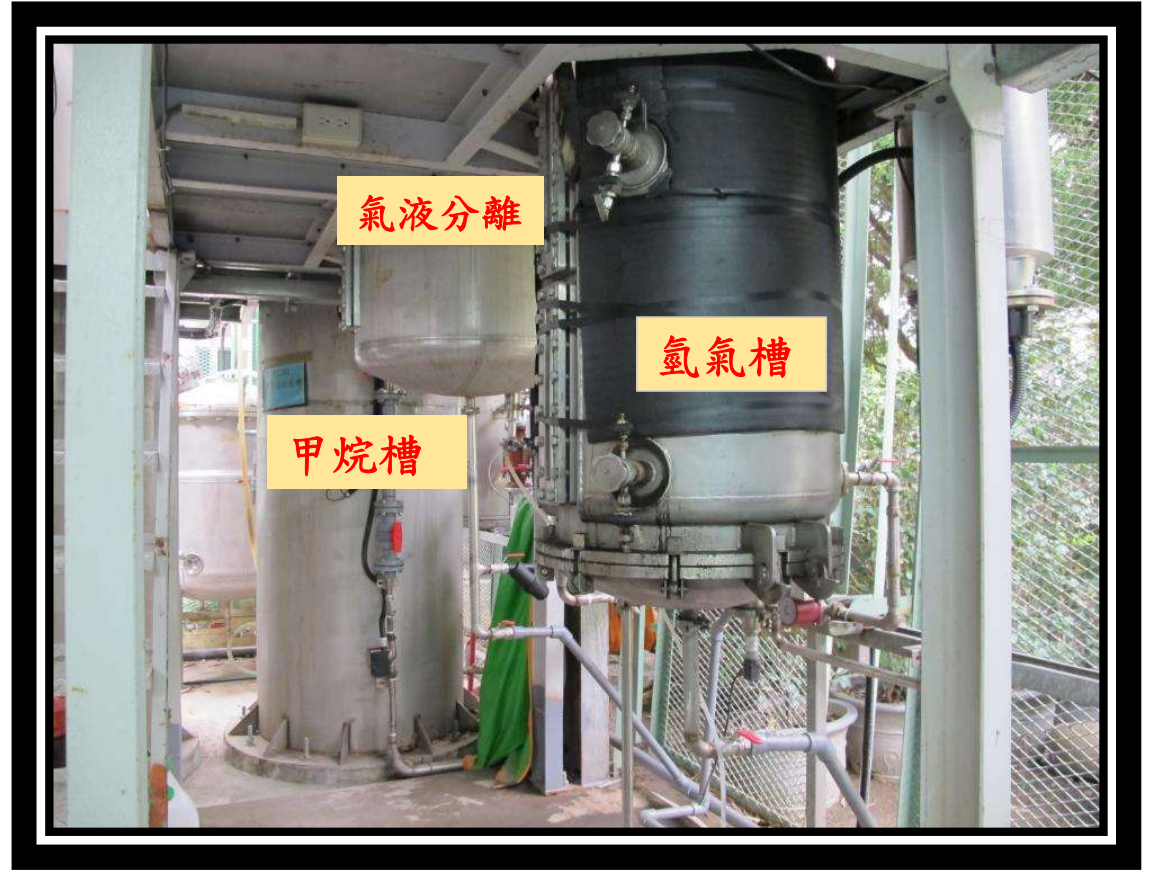
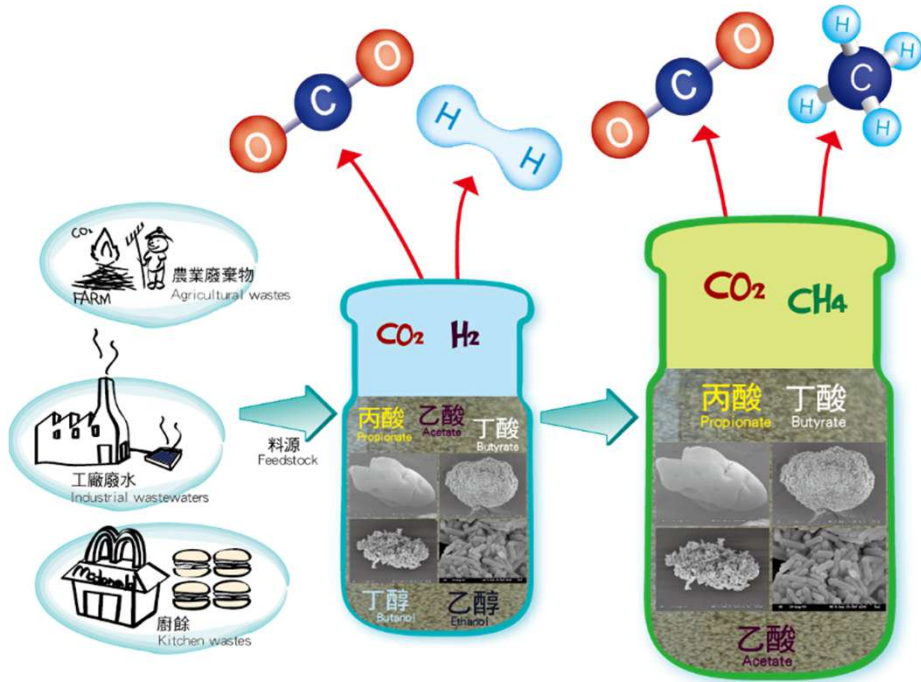


切削油



切削液

# 逢甲綠能團隊核心技術



工廠高有機廢水的綠色能源解方

# 重金屬廢水之金屬回收

28

Ni

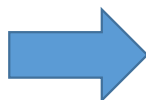
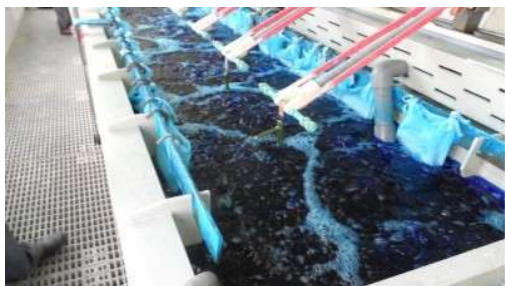
Nickel  
58.693



29

Cu

Copper



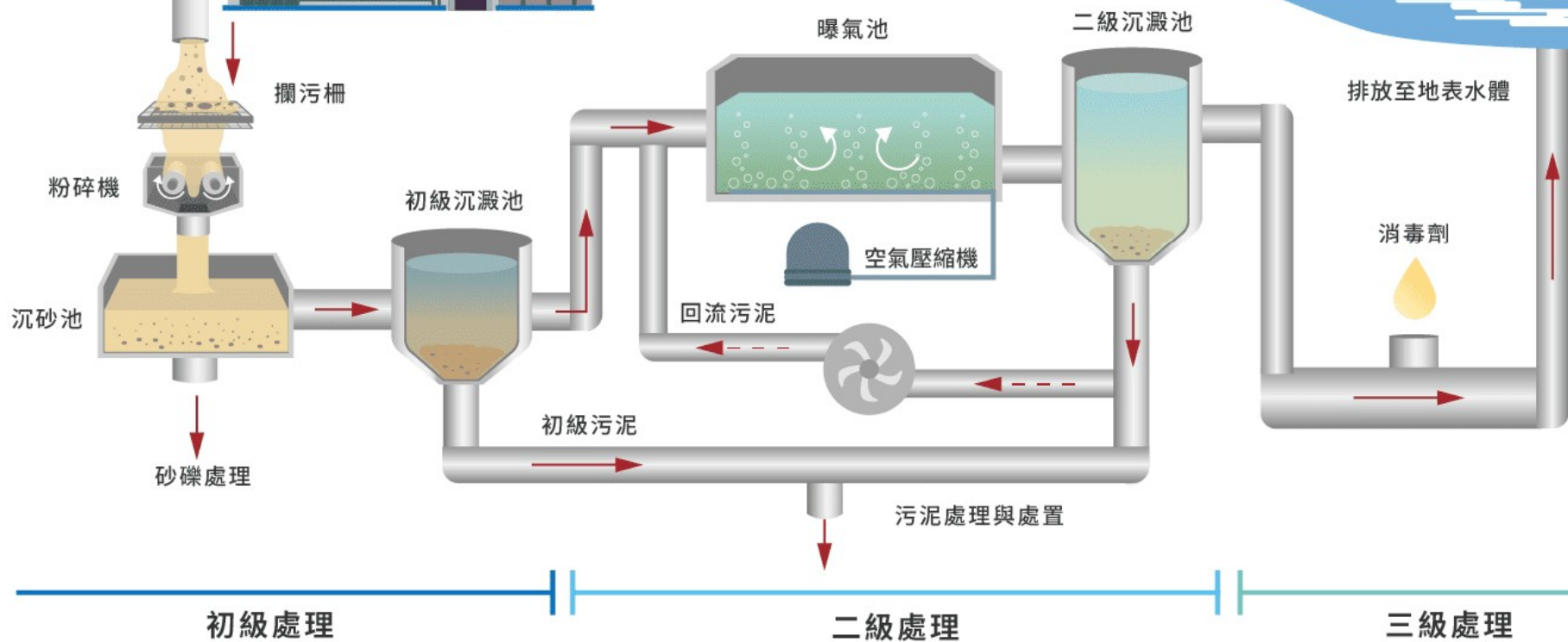
逢甲大學

Feng Chia University

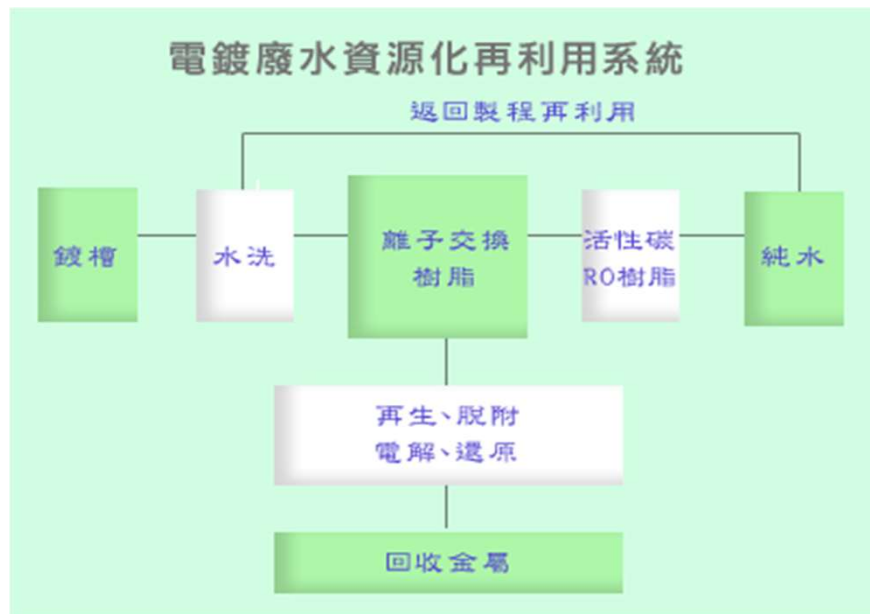
建校60周年·大好共善同樂

# 傳統方式：以淨水為目標

## 廢水處理流程



# 目前業界回收模式



# 鎳銅金屬廢水透過樹脂吸附技術進行處理

## • 樹脂處理技術： 鎳廢液(使用陽離子交換樹脂)



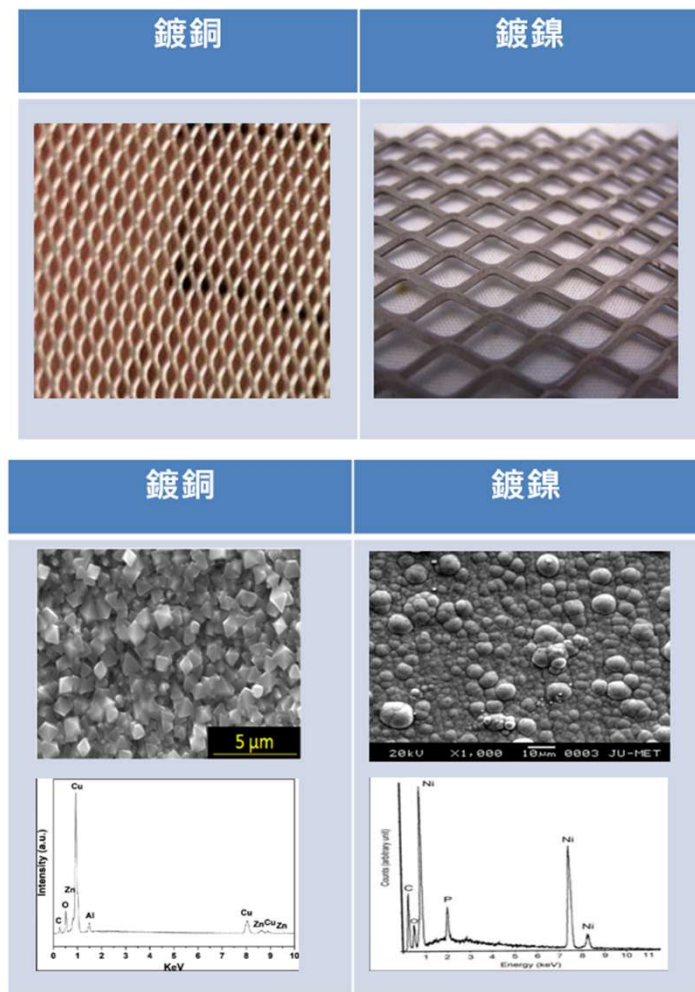
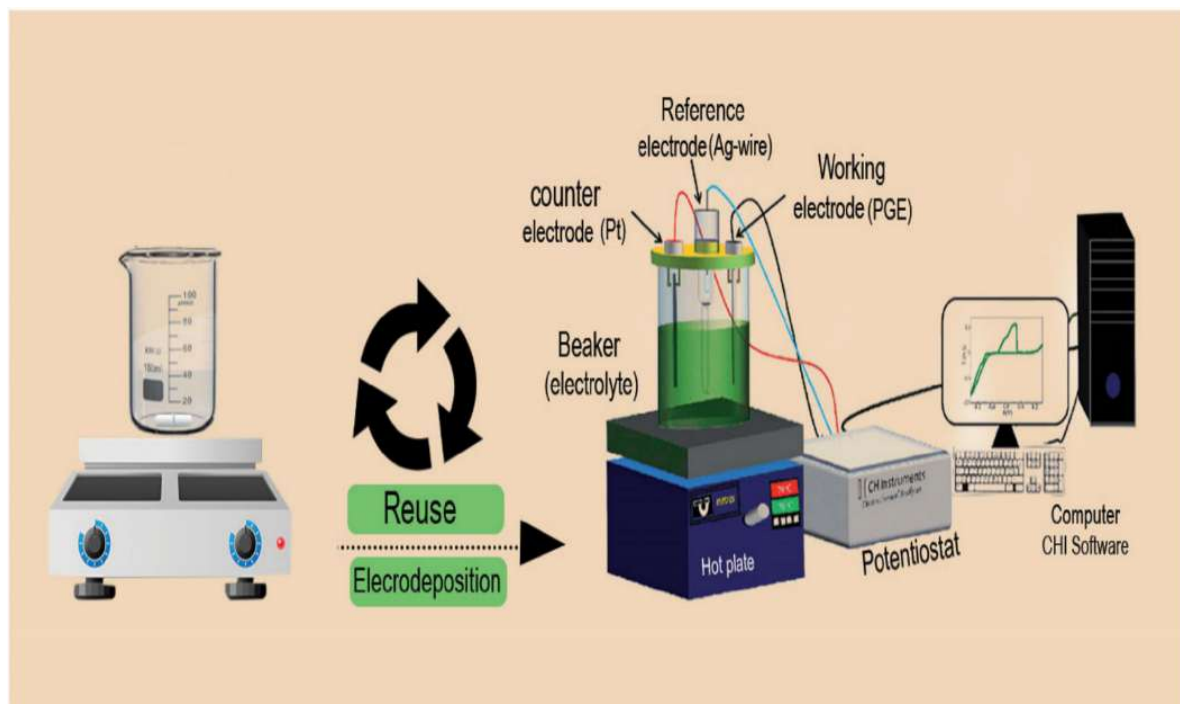
在固定的離子交換比例下，高濃度的鎳廢水需要更多道的交換樹脂程序才能有效處理高濃鎳離子。  
對於廢水濃度變化較高的鎳系水，使用離子交換樹脂的出水品質較無法掌握，除非設置多道交換樹脂。

## 銅廢液 (使用陽離子交換樹脂)

依據離子交換樹脂的特性，含有機溶劑較多的廢水無法完成降低濃度的預期目標，僅能適合一般含銅廢水。  
對於廢水組成、濃度變化較多的銅系廢水，使用離子交換樹脂不適用高有機廢水系列，但一般廢水會有較佳的離子交換率，Cu優於Ni。

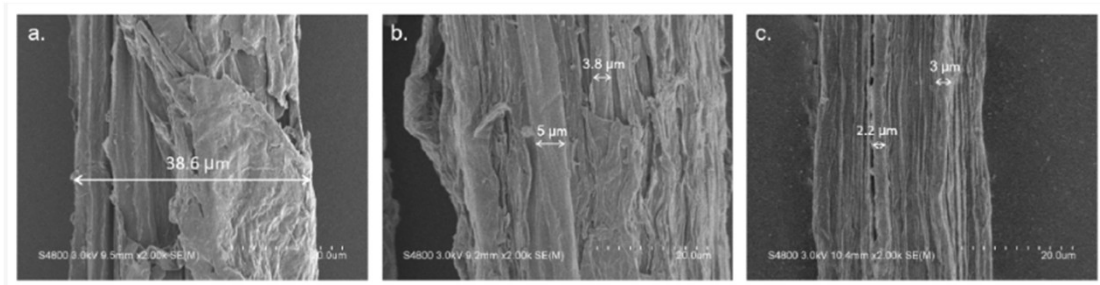
# 鎳銅金屬廢水透過電解析出技術進行處理

## • 電解處理技術：白金電極析鍍

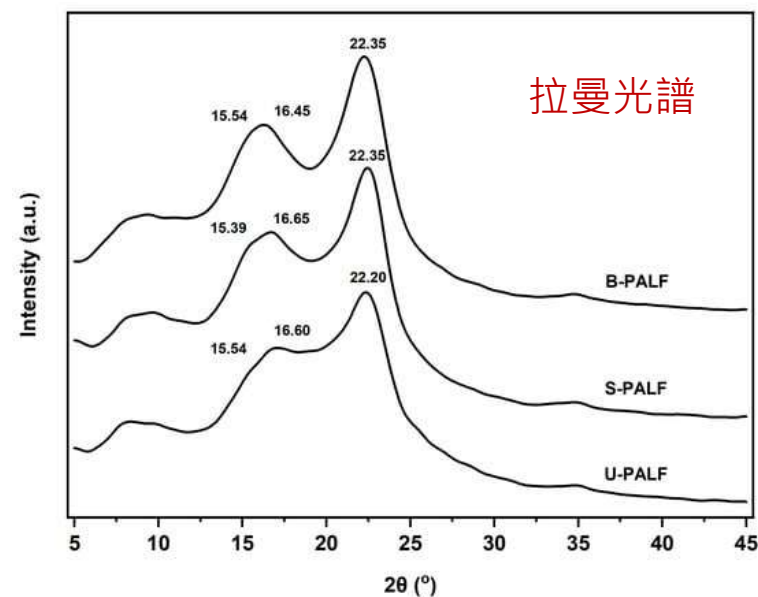


# 含鎳銅金屬廢水透過吸附技術進行處理

- 吸附處理技術：使用植物纖維為吸附材 (葉子)



- a. 未處理
- b. 鹼處理
- c. 氧化處理

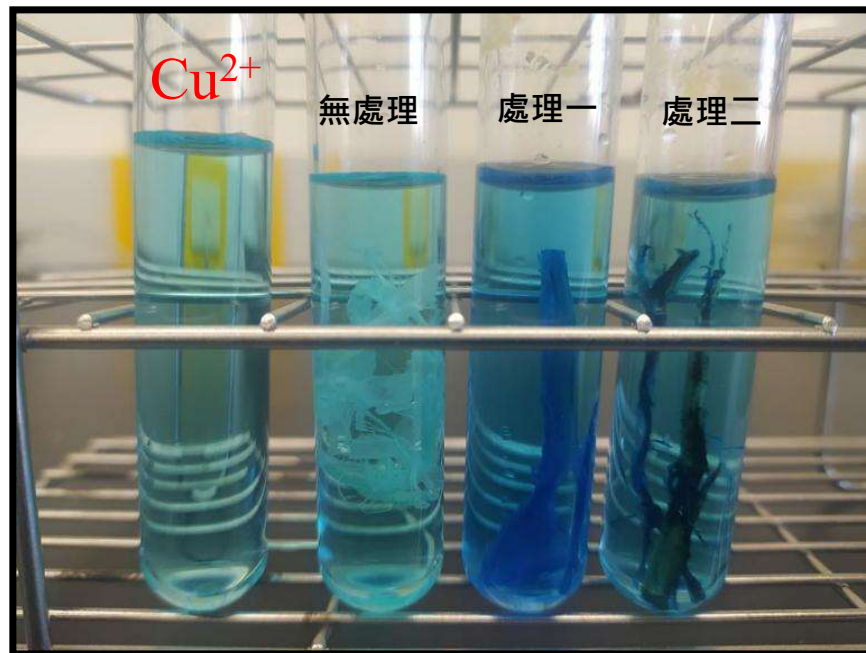


- U. 未處理
- S. 鹼處理
- B. 氧化處理



# 鎳銅金屬廢水透過吸附技術進行處理

- 吸附處理技術：使用植物纖維為吸附材 (銅專一吸附)



Solution : 1000ppm



3hrs

After Treatment : 960ppm 840ppm 730ppm



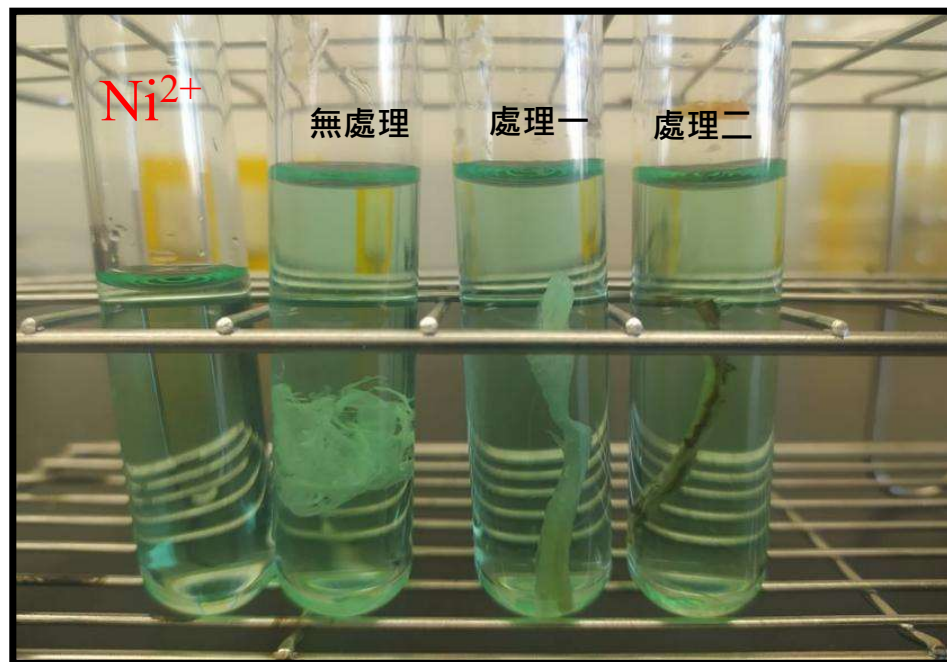
無處理  
纖維

處理  
方法一

處理  
方法二

# 含鎳銅金屬廢水透過吸附技術進行處理

- 吸附處理技術：使用植物纖維為吸附材(鎳吸附)



Solution : 1000ppm



After Treatment : 980ppm 910ppm 820ppm



無處理  
纖維

處理  
方法一

處理  
方法二

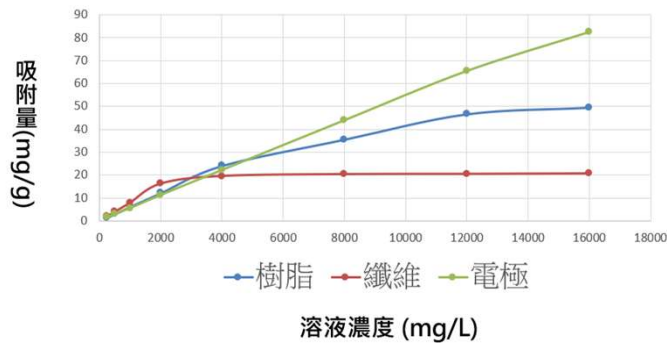
# 鎳銅金屬廢水透過吸附技術進行處理

## • 廢水處理技術比較

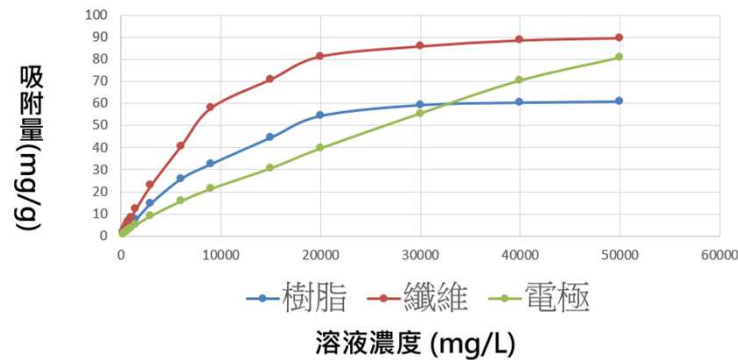
本研究材料  
處理率高

	樹脂	電析	材料吸附
Cu	$3.45\text{g}/200\text{g} = 0.01725$ (5000ppm)	$12.5\text{g}/450\text{g} = 0.0278$ (13500ppm)	$270\text{mg}/1\text{g} = 0.27$ (1000ppm)
Ni	$4.75\text{g}/200\text{g} = 0.02375$ (6500ppm)	$11.2\text{g}/450\text{g} = 0.0249$ (12000ppm)	$180\text{mg}/0.5\text{g} = 0.36$ (1000ppm)
	樹脂 200g	鍍鉑鈦板450g	乾燥植物纖維1g,0.5g

銅交換/吸附曲線



鎳交換/吸附曲線



# 鎳銅金屬廢水透過電解技術進行處理

## • 電解處理技術：優缺點、可行性分析

	鍍銅	鍍鎳
優點	<ul style="list-style-type: none"><li>1.不受溶劑系統影響</li><li>2.廢水電導度限制小</li><li>3.電析處理濃度極限 0.5 ppm</li><li>4.高濃度處理效率高</li><li>5.可用硫酸回溶成硫酸銅</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>1.廢水組成不影響電鍍</li><li>2.電析處理濃度極限 1.5 ppm</li><li>3.發泡鎳更適合電鍍</li><li>4.電鍍表面純度佳</li></ul>
缺點	<ul style="list-style-type: none"><li>1.電鍍表面易氧化</li><li>2.低濃度銅的效率較差</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>1.電鍍速度緩慢</li></ul>

# 鎳銅金屬廢水透過吸脫附技術進行處理

## • 新型循環材料吸脫附處理技術：優缺點、可行性分析

	吸脫附銅	吸脫附鎳
優點	<ol style="list-style-type: none"><li>1.不受溶劑系統影響</li><li>2.廢水無須添加藥劑</li><li>3.吸附效果佳</li><li>4.纖維吸附具可逆性</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.廢水無須添加藥劑</li><li>2.吸附效率佳</li><li>3.處理速度較慢</li><li>4.纖維吸附具可逆性</li></ol>
缺點	<ol style="list-style-type: none"><li>1.僅可以鹽酸脫附</li><li>2.不適合高濃度處理</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.僅可以鹽酸脫附</li><li>2.不適合高濃度處理</li></ol>

# 技術應用工廠



工研院 + 大學 合作推廣案例

# 從國際標準與倡議導入企業淨零





謝謝聆聽