

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

時間 | 113 年 11 月 27 日 (三) 9:00

地點 | 政大公企中心 6 樓 (臺北市大安區金華街 187 號)

指導單位： 環境部

主辦單位： 環境部資源循環署

執行單位： 財團法人台灣產業服務基金會 ·  財團法人台灣經濟研究院

# 議程

上午場

場地		646會議室		
時間	9:00-9:30 (30min)	報到		
	9:30-9:40 (10min)	長官致詞		
	9:40-9:45 (5min)	大合照		
	9:45-10:15 (30min)	開幕專題演講——以數位科技共創資源循環新契機 (主講人：資策會數位轉型研究院 王世智副院長)		
	10:15-10:30 (15min)	中場休息		
場地		研討會 646會議室	研討會 605會議室	研究展示 645會議室
主題/主持人		主題：資源回收 主持人：大葉大學 環境工程學系 李清 華 終身特聘教授	主題：永續消費 主持人：國立臺北 科技大學材料科學 與工程研究所 陳志 恆 教授	海報/實物展示 自由參觀
時間	10:30-10:35 (5min)	主持人引言	主持人引言	
	10:35-11:00 (25min)	發表計畫：廢紙容 器升級循環利用於 醫療應用技術開發	發表計畫：建構筆 記型電腦、平板電 腦等資訊設備循環 材料與產品服務化 低碳商業模式研發 計畫	
	11:00-11:25 (25min)	發表計畫：磷酸鋰 鐵電池黑粉環保回 收技術開發	發表計畫：可循環 鞋材料創新製造計 畫	
	11:25-11:50 (25min)	發表計畫：公告應 回收登記回收業及 處理業永續碳管理 計畫	發表計畫：綠色設 計低碳LED燈管暨 租賃與維修循環經 濟研發	
	11:50-12:00 (10min)	綜合討論	綜合討論	
	12:00-13:30 (90min)	中午用餐 場地：616流光廊居		

下午場

場地		研討會 646會議室	研討會 605會議室	研究展示 645會議室
主題/主持人		主題：循環處理 主持人：國立中央 大學環境工程研究 所 江康鈺 特聘教 授	主題：資訊應用 主持人：國立台北 科技大學環境工程 與管理研究所 胡憲 倫 特聘教授	海報/實物展示 自由參觀
時間	13:30-13:35 (5min)	主持人引言	主持人引言	
	13:35-14:00 (25min)	發表計畫：利用黑水 虻對半導體製程有 機污泥進行去化與 資源化利用之研究	發表計畫：公民營 清除機構 AI 大數 據暨廢清運追蹤系 統平台導入	
	14:00-14:25 (25min)	發表計畫：低碳酸 級氟化鈣製程與產 品效能驗證技術計 畫	發表計畫：資源循 環流向申報數據智 慧化分析技術發展 計畫	
	14:25-14:50 (25min)	發表計畫：太陽光 電板玻璃整片完整 回收設備	發表計畫：北歐資 源循環經濟發展模 式CIRCit在產、 官的應用研究	
	14:50-15:00 (10min)	綜合討論	綜合討論	
	15:00-15:20 (20min)	茶敘時間		
	15:20-15:50 (30min)	閉幕專題演講——淨零永續的機會與挑戰 (主講人：中華民國科技管理學會 彭裕民理事長)		
	15:50-16:00 (10min)	綜合討論		
賦歸				



# 目錄

<b>01</b>	<b>開 / 閉幕專題演講</b>	
	(1) 數位科技共創資源循環	6
	(2) 淨零永續的機會與挑戰	30
<b>02</b>	<b>「資源回收」主題演講</b>	
	(1) 廢紙容器升級循環利用於醫療應用技術開發	52
	(2) 磷酸鋰鐵電池黑粉環保回收技術開發	53
	(3) 公告應回收登記回收業及處理業永續碳管理計畫	54
<b>03</b>	<b>「永續消費」主題演講</b>	
	(1) 建構筆記型電腦、平板電腦等資訊設備循環材料與產品 服務化低碳商業模式研發計畫	55
	(2) 可循環鞋材料創新製造	56
	(3) 綠色設計低碳 LED 燈管暨租賃與維修循環經濟研發	57
<b>04</b>	<b>「循環處理」主題演講</b>	
	(1) 利用黑水虻對半導體製程有機污泥進行去化與資源化利 用之研究摘要	58
	(2) 低碳酸級氟化鈣製程與產品效能驗證技術計畫	59
	(3) 太陽光電板玻璃整片完整回收設備	60
<b>05</b>	<b>「資訊應用」主題演講</b>	
	(1) 公民營清除機構 AI 大數據暨廢清運追蹤系統平台導入 — 以高雄市岡聯事業股份有限公司為示範樣區	61
	(2) 資源循環流向申報數據智慧化分析技術發展計畫	62
	(3) CIRCit 北歐循環經濟方法學在產、官的應用	63
<b>06</b>	<b>成果海報</b>	66

開幕專題演講

# 數位科技共創資源循環



主講人

---

## 王世智

現職 |

資策會數位轉型研究院副院長

學經歷 |

淡江大學 土木工程所碩士

資訊工業策進會 數位轉型研究院 副院長

資訊工業策進會 數位轉型研究院 主任

資訊工業策進會 企劃與推廣處 副處長

# 以數位科技共創資源循環新契機

王世智 副院長  
財團法人資訊工業策進會  
2024.11.27

 數位轉型研究院  
Digital Transformation Research Institute

## 資策會簡介

### 緣起

**1978**

李國鼎先生與其幕僚考察日韓與本土電子業後，草擬「我國計算機應用及推廣工業發展芻議」，在孫運璿先生指導以民間組織推動的前提下，啟動「資訊工業策進會」的籌設

**1979**

成立「財團法人資訊工業策進會」，當時以「推廣資訊技術有效應用，提升國家整體競爭力；塑造資訊工業發展環境與條件，增強資訊產業競爭力」為宗旨

- 依據1979.5.17行政院第1631次院會通過「科學技術發展方案」

### 定位

**數位轉型的化育者 Digital Transformation Enabler**

整合智庫、人培與資通訊技術研發及推動之能量，

發展符合產業需求的解決方案與應用服務，促進政府與產業的數位轉型

### 宗旨

**策進台灣資通訊科技之創新與應用，協助發展數位經濟**

## 重要沿革與成果

- 資訊荒島的園丁**
  - 促成台灣資訊化社會
  - 提升全民資訊素養
- 電子化政府的尖兵**
  - 提升台灣資訊國力
  - 帶動政府與企業e化
- 資訊化社會的推手**
  - 策畫重大科技政策
  - 縮減數位落差
  - 推動科技外交
- 數位國家創新經濟的推手**
  - 促進資通訊產業發展
  - 數位國家創新經濟推手
- 數位轉型的化育者**
  - 協助政府及產業掌握
  - 數位轉型浪潮的契機
  - 促進數位經濟發展

2024©數位轉型研究院 Digital Transformation Research Institute

## 全球三大主要的資源挑戰

- 氣候變遷**
- 資源枯竭**
- 環境壓力**

2024©數位轉型研究院 Digital Transformation Research Institute



# 數位 + 淨零雙軸轉型

ESG、減碳、低碳、綠色採購/工廠、永續製造

■ 淨零減排形塑新的生態體系，能源供應、製程、商業模式轉變，改變既有成長模式

目標

聯合國2030年永續發展議程  
SDG12:確保永續生產製造模式

**數位轉型**

- 掌握客戶需求、擴大客源
- 改善生產、服務效率
- 創新商業模式

透過數位工具  
進行計算、減排、追蹤等實務工作



企業永續成長

推動數位化過程中  
建立數據驅動決策

**綠色轉型**

- 永續消費者行為養成
- 產業能源效率提升
- 循環經濟創新模式

數位科技建立堅韌生態鏈

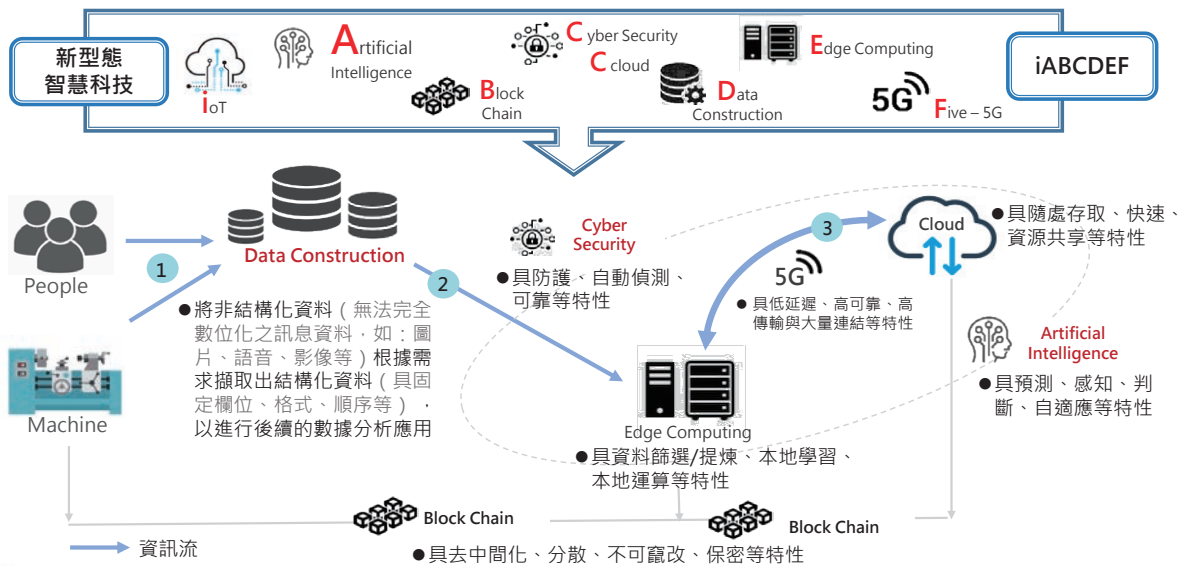
平台驅動無痛邁向雙轉型

數據回饋對症下藥擬策略

資料來源：全球供應鏈重組對臺灣經濟與產業之影響，工研院 產科國際所，2023年04月  
2024©數位轉型研究院 Digital Transformation Research Institute



# 數位科技的應用概念



● 隨有效資料量增加，AI、5G應用更為迫切；Cloud與Edge分工，大幅提升效率

資料來源：MIC，2020年10月  
2024©數位轉型研究院 Digital Transformation Research Institute

## 人工智慧發展簡史

第一波



符號邏輯

1950-1960

把人的**思考邏輯**放進電腦  
• 由領域專家寫下**決策邏輯**

失敗

人類還沒辦法清楚理解自己的思考過程，如何告訴電腦？

第二波



專家系統

1980-1990

把人的**所有知識**放進電腦  
• 由領域專家寫下**經驗規則**

失敗

太多難題人類無法解答，無法全部規則化，無法以程式碼表示。

第三波



機器學習

2010-present

把人的**所有看見**放進電腦  
• 由領域專家提供**歷史資料**，讓電腦自己歸納規則。



專家系統

專家定義規則



傳統機器學習

(與深度學習區隔)  
電腦會歸納規則，專家定義特徵



深度學習

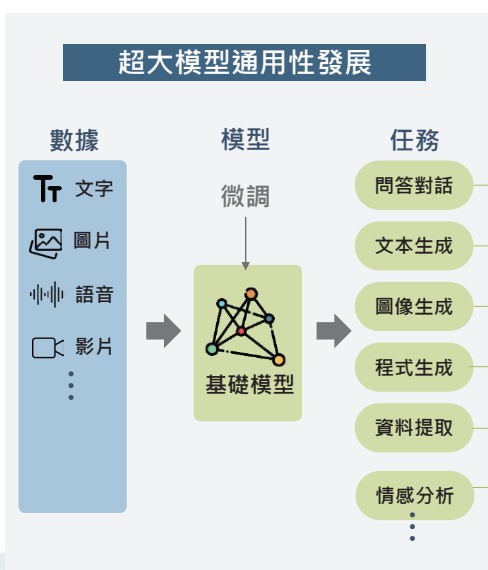
(多層類神經網路)

電腦自動歸納規則，電腦定義特徵(更準)

## 生成式AI的多模態應用



超大模型通用性發展



應用層面擴大



聊天機器人、AI客戶服務

提供自然流暢的對話和智能化服務，使客服更加人性化



自動生成新聞、廣告、文章

自動化生成符合要求的文本內容，可以在短時間內完成大量的文本生成並提取資料



自動生成圖像、影像

通過學習圖像的特徵和結構，生成高品質的圖像，提高獨特性與增加場景應用



自動生成程式碼、協助編碼

協助開發人員編碼，通過大量程式碼資料庫學習分析，生成符合描述的高品質程式碼



自動化處理分析數據

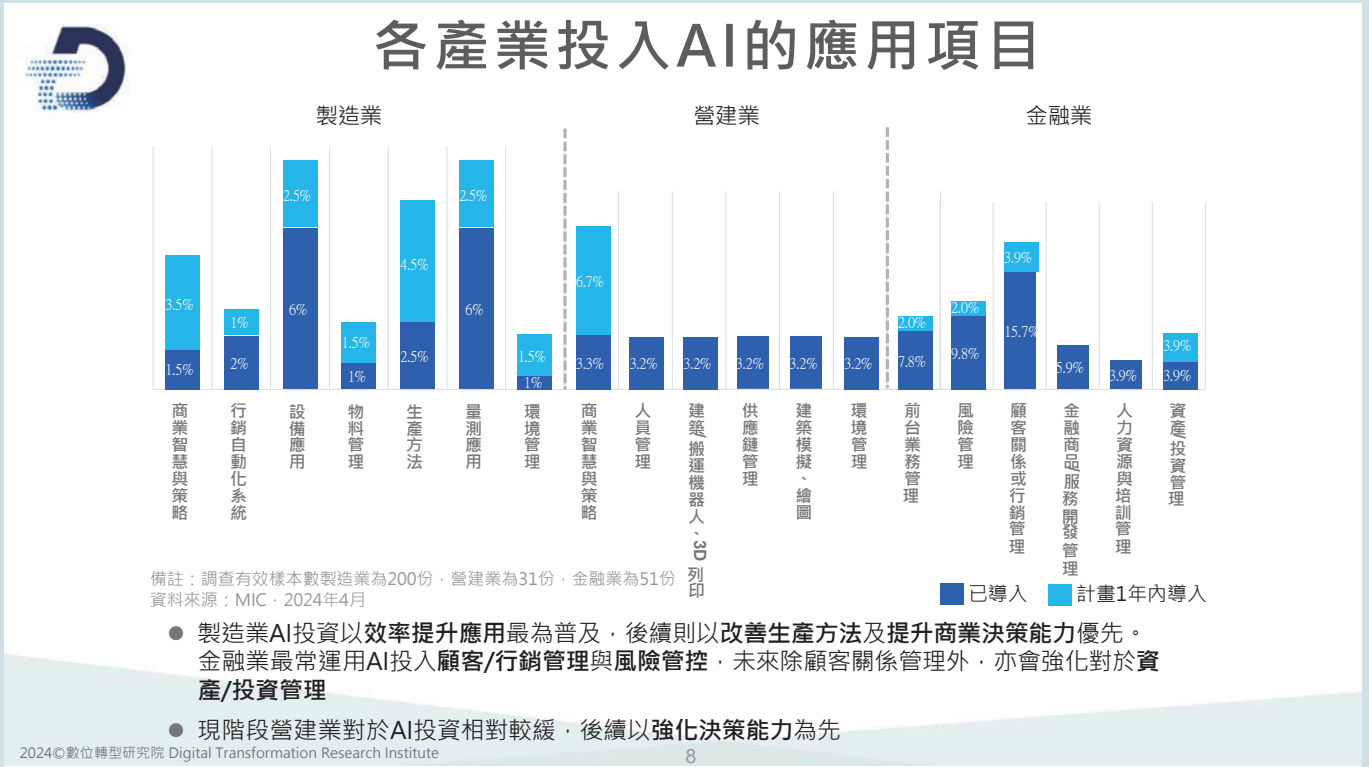
自動從大量數據中提取有用的資料與數據，如閱讀合約資料提取有用資訊



客戶喜愛追蹤、反饋分析

幫助企業分析客戶情感反饋，了解客戶的情感需求和意見，並制定有效的策略

資料來源：MIC，2024年10月



## AI在資源循環中的作用

### 人工智慧與大數據分析 ( AI and Big Data Analysis )

圖像辨識與自動分類

AI可以應用於垃圾分類系統，透過機器學習與電腦視覺技術，自動識別和分類不同類型的廢棄物，如塑膠、紙張、金屬等。

預測維護與資源管理

AI可以利用歷史數據來預測設備故障，例如回收機器或廢棄物處理設備，從而實現預防性維護，降低停機時間並提升資源利用效率。

2024©數位轉型研究院 Digital Transformation Research Institute 9



## AIoT在資源循環中的作用

### 人工智慧物聯網 (AIoT)

#### 智慧垃圾回收系統

在智慧城市中，AIoT技術可用於安裝智慧垃圾桶，這些垃圾桶配備感應器來檢測填滿程度，並且結合AI技術進行垃圾分類。根據實時數據，系統可以優化垃圾收集路線，減少能源消耗和運營成本。

#### 智慧電網管理

AIoT技術可以用於智慧電網，透過感應器實時監測城市的電力需求，並利用AI預測電力需求高峰，從而調整能源的分配和儲存。這不僅提高能源使用效率，還能防止電力浪費，降低碳排放。

#### 智慧農業管理

AIoT技術使得感測器能夠自主學習和預測，如在農業中監控土壤濕度和氣候數據，並自動調整灌溉系統以優化資源使用。



## 區塊鏈在資源循環中的作用

### 區塊鏈技術(Block chain)

#### 供應鏈透明度

區塊鏈能提供不可篡改的數據記錄，讓企業和消費者追蹤產品從原材料到最終消費者的整個過程，提升供應鏈的透明度。

#### 碳信用交易

區塊鏈可以用於記錄和交易碳信用，促進企業之間的环境責任履行，鼓勵減排行為。





## 雲端運算在資源循環中的作用

### 雲端運算(Cloud Computing)



#### 數據管理和分析

雲端平台可以存儲和處理大量數據，幫助企業追蹤資源使用情況、回收率及廢物產生，**進行數據驅動的決策**。

#### 協作平台

雲端運算可以**支持多方協作**，讓企業、政府和非營利組織共享資源和信息，促進資源循環的推廣和實施。



## 邊緣計算在資源循環中的作用

### 邊緣計算 ( Edge Computing )

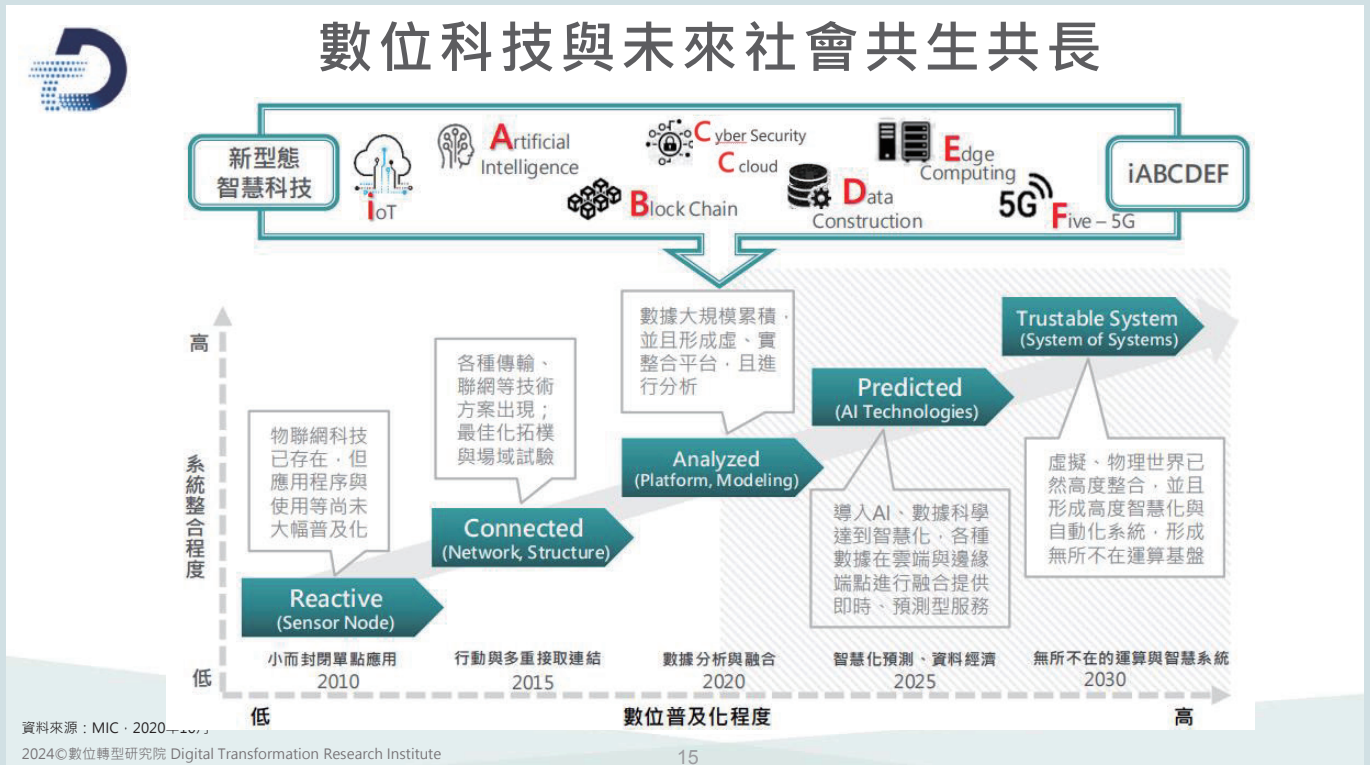
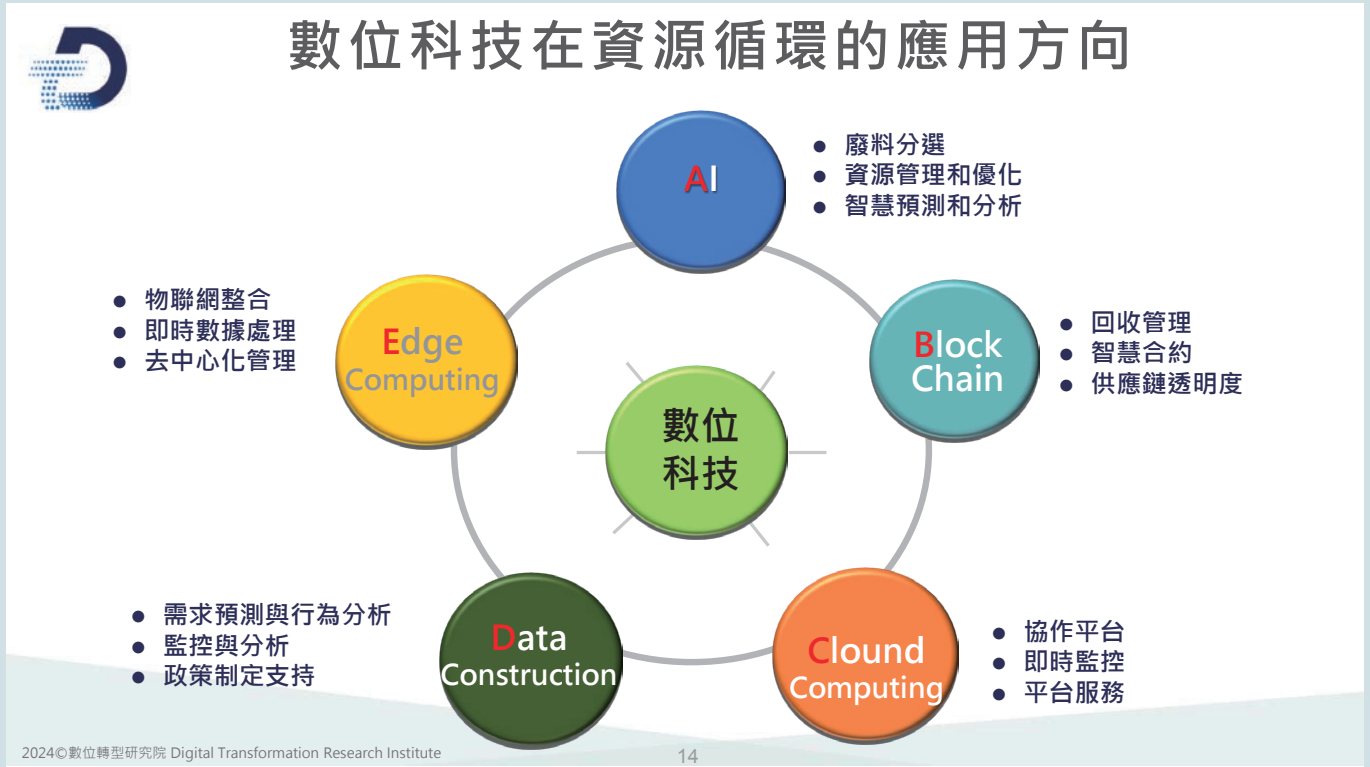


#### 智能廢物管理

利用邊緣計算的感測器，可以**實時監控垃圾箱的滿溢狀況**，**優化回收路線和時間**，提高廢物收集的效率。

#### 實時數據處理

在資源使用和廢物管理方面，邊緣計算能夠在**數據生成源頭 (如工廠或感測器)** 進行即時分析，**迅速做出反應**，從而優化資源使用。







## 智慧垃圾分類與處理

### Bigbelly




- 智能垃圾桶
  - 案例：Bigbelly
  - 公司位於：美國
  - 功能：感測器自動壓縮垃圾、實時數據報告
  - 效果：提高收集效率、減少填滿頻率
  - 說明：專為城市和公共空間的垃圾管理設計，廣泛應用於智慧城市中。這款垃圾桶利用太陽能運作，並整合了多種技術來優化垃圾收集和處理的過程。

**5種垃圾桶配置與分類**

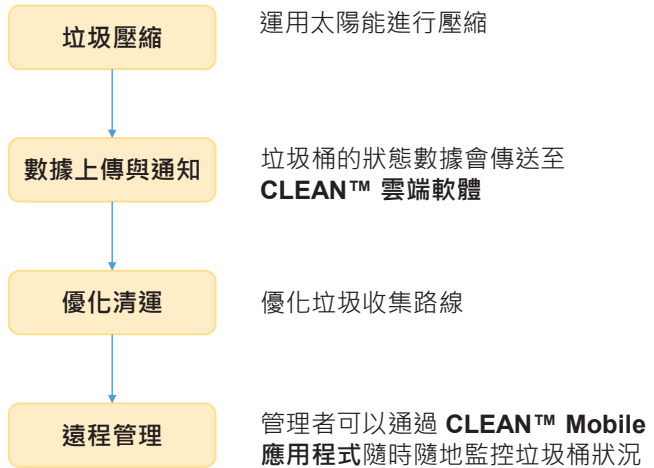
1. 一般垃圾
2. 單一回收（混合可回收物）
3. 紙類回收
4. 瓶罐回收
5. 有機物（包括智能堆肥）

2024©數位轉型研究院 Digital Transformation Research Institute



## 智慧垃圾分類與處理

### Bigbelly



## 智慧垃圾分類與處理

### Bigbelly

案例研究：費城的智慧垃圾處理解決方案

#### 挑戰

- 費城市中心產生大量廢棄物，垃圾桶很快被填滿並溢出。
- 環衛團隊每週需要**17次**清理，跨三個班次運作。
- 每年進行超過 **150萬次**清理，導致高昂的運營成本。



#### 解決方案

- 費城採用智慧垃圾處理系統。
- 將垃圾桶清理頻率從 **每週17次** 減少至 **每週3次**。
- 只需 **一個班次** 完成每日清理工作。
- **結果**：大幅降低成本，街道更乾淨，維護更輕鬆。





**AMP**  
ROBOTICS™

總部: Colorado, United States  
運用科技: 人工智慧、電腦視覺  
創立日期: 2015



資料來源: Medium · 2021年6月  
2024©數位轉型研究院 Digital Transformation Research Institute

## 資源回收與再利用(1)

- ◆ 資源回收業當前危機：成本墊高、工時變長、找不到人
- ◆ 推出了 AI + 電腦視覺+ 機器人的解決方案 [AMP Cortex](#)，幫助工廠自動化挑選 / 分類不同的資源回收物
- ◆ 可以讓客戶即時瀏覽、分析被處理完的回收物種類、數量等資訊
- ◆ 硬體與軟體都提供租賃服務，可以視為 HaaS (Hardware as a Service) + SaaS (Software as a Service) 的 hybrid model
- ◆ 提升垃圾分類效率：比起運用人力進行資源回收物的分類，AI 分類的準確度更高，達到 99%；速度也更快，比起人類處理速度快上 1 倍
- ◆ 提升垃圾/資源回收再利用率：讓更多資源不再被淹沒於垃圾掩埋場，有機會被重複利用

20



## 資源回收與再利用(1)

### AMP Robotics

AMP Delta 系統 是如何使用人工智慧 (AI) 和電腦視覺技術來進行精準垃圾分類的工作流程:

**Computer Vision**  
(電腦視覺)

**AI-Powered Recognition**  
(AI 驅動的識別)

**Precision Sortation**  
(精準分類)

**Monitoring & Maintenance**  
(監控與維護)



使用 AI 和機械手臂進行多種類型廢棄物的精準分揀和回收，包括：塑膠回收 (Plastic)、纖維 (Fiber)、金屬 (Metal)、薄膜 (Film)、混合流 (Single Stream)、市政固體廢物 (MSW)、電子廢棄物 (E-Waste)

2024©數位轉型研究院 Digital Transformation Research Institute

21

資料來源: <https://ampsortation.com/technologies/delta>



## 資源回收與再利用(2)



### 鴻海集團富智康 (FIH) vs 大豐環保科技

- ◆ 資源回收業當前危機：成本墊高、工時變長、找不到人
- ◆ 環保產業是科技的沙漠：收入又減，非得想出路，AI機械手臂起碼是一個出路~~董事長暨創辦人林盟洲
- ◆ 2023年3月在五股開幕的「新北市資源循環教育基地」：全台目前唯一一處，使用機械手臂、甚至是AI訓練來細分選資源回收物的場域
- ◆ 可迅速識別紙類、紙容器、塑膠及鐵鋁罐等17類資收物，甚至能精準分辨PET、PP、HDPE等肉眼難分辨的不同塑膠材質，辨識率高達97%
- ◆ 這座廠每月可處理800噸資收物，主要來自新莊、三重、蘆洲、汐止等區域，佔了全市需細分類資收物的3分之1
- ◆ 不只全台幾乎所有縣市政府都來觀摩過這座智慧分選廠，美國也有客戶；就連越南、泰國、馬來西亞，參觀過後也躍躍欲試

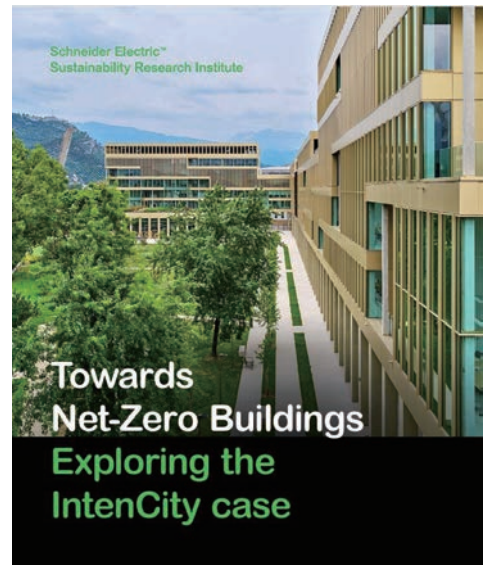
資料來源：天下雜誌，2024年9月  
2024©數位轉型研究院 Digital Transformation Research Institute



## 智慧城市管理

### Schneider Electric

- 智能建築系統
  - 公司介紹：法國一家跨國企業，是全球領先的能源管理和自動化公司
  - 案例：IntenCity 大樓
  - 案例介紹：IntenCity 是由 Schneider Electric 打造的一座旗艦智慧建築，位於法國格勒諾布爾，旨在展示如何通過數位化技術和可再生能源實現高效能源管理和永續發展。該建築結合了物聯網 (IoT)、人工智慧 (AI) 以及分佈式能源管理系統，以最大化能源效率，並達成淨零碳排放目標。



IntenCity 在 60 年生命週期中的累積碳足跡比歐洲平均建築低 5 倍。

2024©數位轉型研究院 Digital Transformation Research Institute

資料來源：<https://www.se.com/ww/en/work/campaign/innovation/buildings.jsp>



## 智慧城市管理

### Schneider Electric

- 案例：IntenCity 大樓
- 1. 智能建築管理系統: IntenCity 配備了多達1600個 IoT 感測器，用於收集建築內的能耗數據，這些數據可用於實時調整和優化能源使用，進一步提升建築的能源效率和資源利用率。
- 2. 結合綠色電氣化與主動能源效率: 建築物內部結合了分佈式發電、主動能源效率系統，以及加熱端使用的智慧電氣化。這些措施的結合實現了大幅度的碳減排，特別是在操作階段。
- 3. 材料選擇與設計優化: IntenCity 特別注重在設計階段選擇永續材料，並且強調建築材料的永續性、耐用性、可重用性和可維護性。這些設計和材料選擇幫助進一步降低了初期碳排放，並確保建築物的長期減碳能力。



## 農業資源循環

### Skymatix

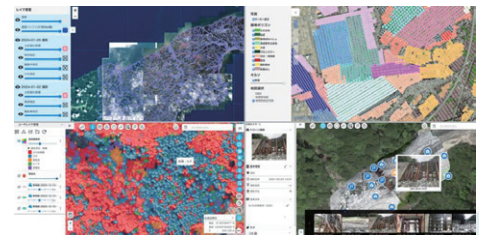
- 智慧農業
  - 案例：Skymatix
  - 公司位於：日本
  - 功能：可用於作物監測和土地測量，大幅提高農業作業的效率
  - 效果：減少了人力成本和時間投入，並幫助農業從業者進行作物健康監控和資源優化
  - 特色：結合了無人機和衛星遙感技術，通過收集高解析度的影像數據並運用 AI 和圖像分析技術，能夠自動化地進行這些關鍵的農業監測。

核心產品之一是「くみき(KUMIKI)」，這是一款基於雲端的無人機測量服務。主要有以下技術：

- 01 3D重建技術
- 02 地理資訊系統技術
- 03 遙感技術
- 04 影像分析技術
- 05 人工智慧技術



圖：人工智慧技術



## ESG趨勢驅動企業邁向永續轉型

簡介

臺灣收納櫃龍頭**樹德企業**，看到ESG永續商機趨勢，攜手資策會從數據分析中掌握市場需求，帶領中部民生傳產中小企業，共同打造符合永續、低碳、減塑的**綠時尚產品**，邁向產業永續轉型



## 推動跨領域合作，加速永續商品開發

帶動中部傳統製造業攜手創新



## 運用減塑專區實證並銷售，快速獲得新收入

完成 8 項新商品	減塑專區實證 + 銷售	達成商業效益
<div style="text-align: center; background-color: #4F7942; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">完成 8 項新商品</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>循環回收傘</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>循環回收偏光鏡架</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>農廢再製折疊籃</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>海廢再製清水模荷重箱</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>永續辦公室系列</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>三用行李箱/包</p> </div> </div>	<div style="text-align: center; background-color: #4F7942; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">減塑專區實證 + 銷售</div> <div style="text-align: center;">  <p>樹德董事長親自導覽企業參訪/見學</p> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  <p>半山夢工場設立專區實證銷售</p> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>減塑專區可了解消費者對產品的建議，也讓更多企業了解採購與合作的方式，後續促成多項訂單</p> </div>	<div style="text-align: center; background-color: #4F7942; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">達成商業效益</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center; background-color: #4F7942; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">終端消費者</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <p>livinbox 半山夢工廠 Cyrina Wu</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;">  <p>誠品線上 cslife.com</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <p>企業客戶</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;">  <p>特力屋</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;">  <p>wistron</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <p>國際客戶</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;">  <p>Disney</p> </div> </div> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center; background-color: #4F7942; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">創造新營收</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>8項新品在4個月內· 創造<b>830萬新營收</b></p> </div> <p style="text-align: center; background-color: #4F7942; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">跨業合作創舉</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>台一x樹德農廢再製折疊籃·榮獲今年<b>國家環境教育獎</b></p> </div> <p style="text-align: center; background-color: #4F7942; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">搶攻永續採購商機</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>永續辦公室獲得<b>緯創400萬</b>訂單，並爭取<b>特力屋</b>合作</p> </div> <p style="text-align: center; background-color: #4F7942; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">滿足國際客戶需求</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>富兩x樹德的循環回收傘·獲得<b>迪士尼</b>訂單</p> </div> </div> </div>

## 資策會STEPS顧問服務加速企業邁向永續轉型

需求挖掘 Survey
主題目標 Target
鏈結組隊 Engage
先導開發 Pilot
服務擴散 Spread


永續輿情及報告研究

企業ESG報告分析

消費者需求調查

探索品牌採購需求

TA1：企業 ESG採購



TA2：認同綠色或環保的消費者

異材支援者


SHUTER  
樹德  
企業

居家生活業者


加工支援者

戶外休閒業者

終端消費者




livinbox  
半山夢工廠  
Cyrina Wu




誠品線上

企業客戶




特力屋




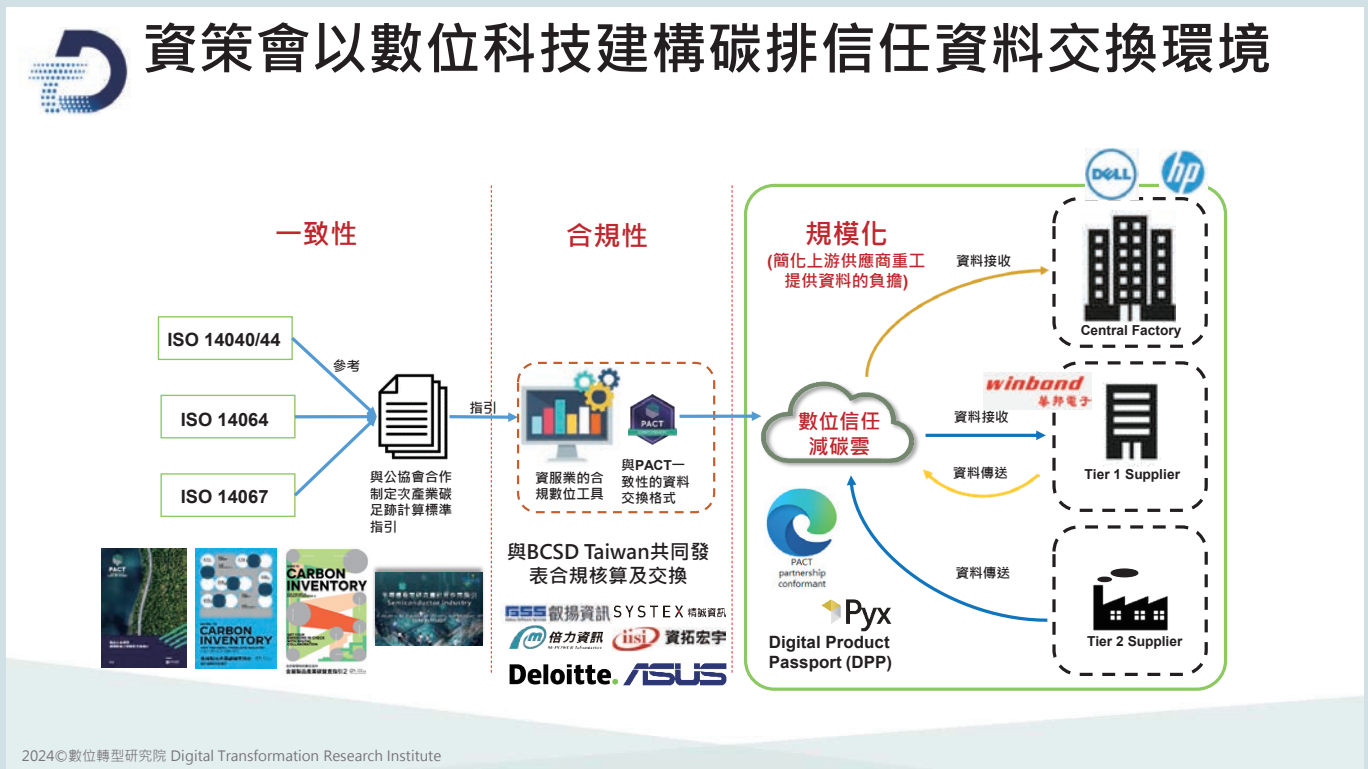
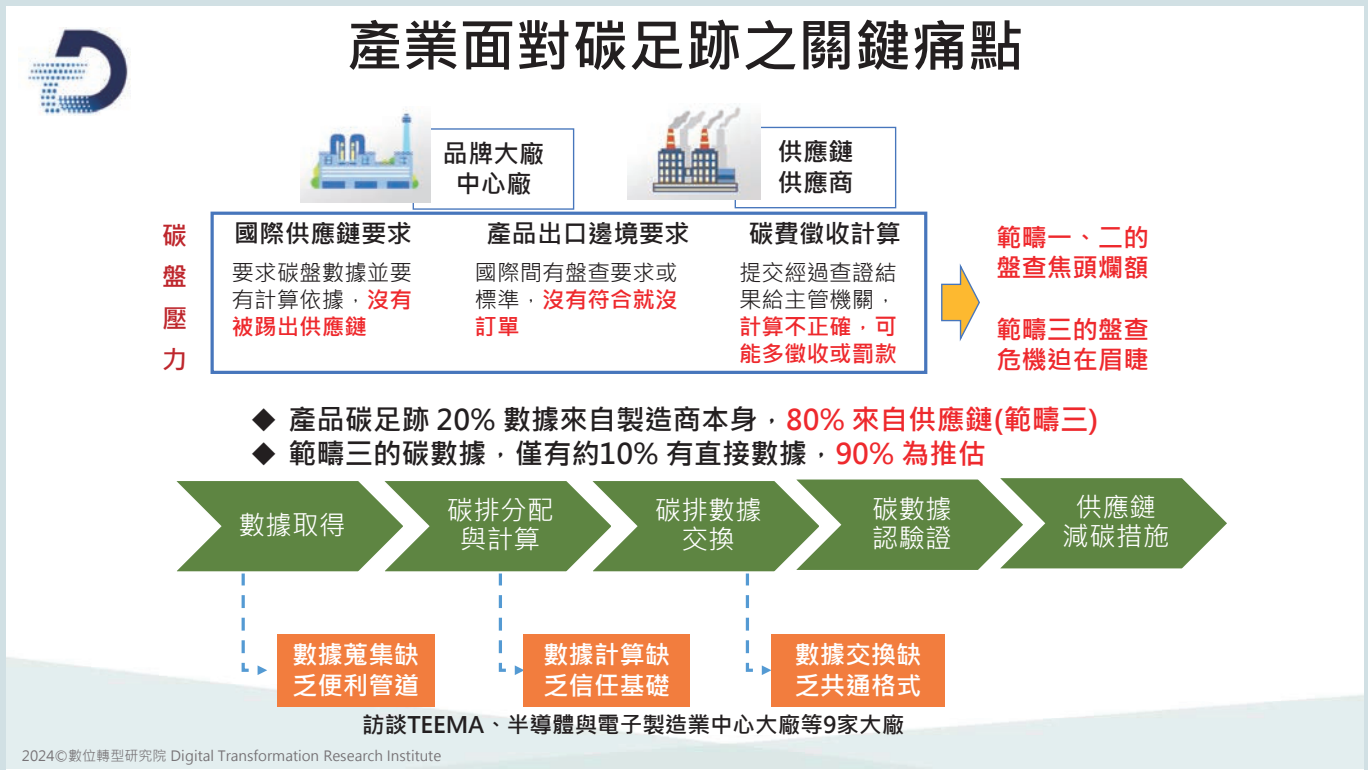
wistron

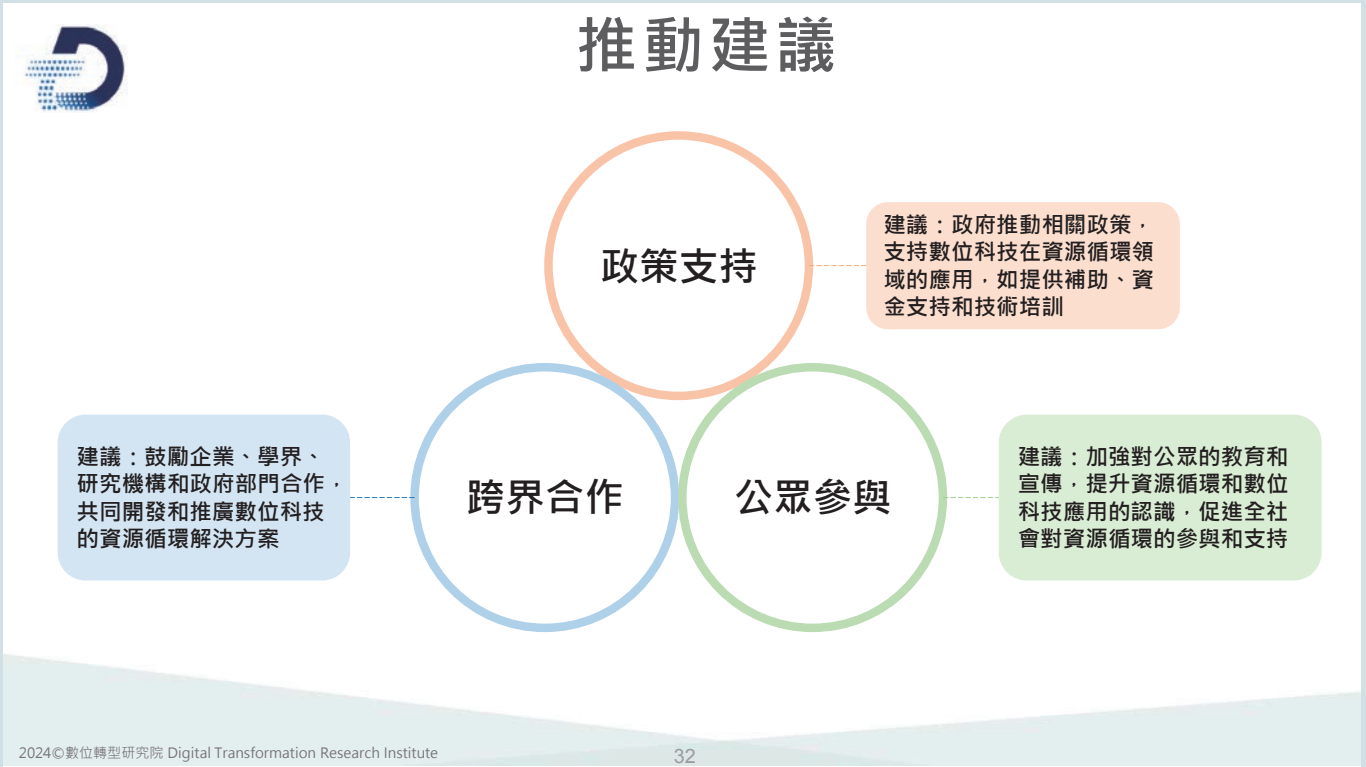
國際客戶



Disney

 資策會顧問(協助調查分析、引薦資服廠商、AI工具應用、服務設計)





## 推動建議 - 他山之石(1)

### 新加坡 Smart Nation 計劃

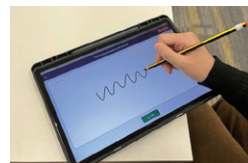
**新加坡 Smart Nation 計劃**：旨在通過數位技術和創新推動社會各個領域的數位化轉型，從而提高國民生活質量、促進經濟增長，並提升政府服務的效率。該計劃涵蓋城市管理、交通、醫療、教育、金融等多個領域。

2024©數位轉型研究院 Digital Transformation Research Institute 33 資料來源:<https://www.smartnation.gov.sg/initiatives/project-pensieve/>



## 推動建議 - 他山之石(1)

### 新加坡 Smart Nation 計劃-Project Pensieve



案例：Project Pensieve

目的：通過使用 AI 技術 幫助早期檢測失智症。

說明：這項技術由新加坡衛生部與中央醫院等多個機構合作開發，使用數位繪圖測試，讓參與者在平板上畫出特定圖形，然後通過 AI 分析這些圖形和畫畫的順序來判斷是否存在失智症風險。



政策支持

GovTech (新加坡政府技術局)



跨界合作

醫療專家和科技開發者



公眾參與

當地的志願者與民眾



## 推動建議 - 他山之石(2)

### 韓國的食物廢料管理成功案例

#### 全球食物浪費問題

- 聯合國環境規劃署《2024 年食物浪費指數報告》：全球每年浪費 **10.5 億噸** 食物，其中 **60%** (6.31 億噸) 來自家庭，顯示家庭廚餘是食物浪費的主要來源。
- 環境影響：食物浪費佔全球溫室氣體排放的 **6-8%**，是全球溫室氣體排放的主要來源之一。





## 推動建議-他山之石(2)

### 韓國的食物廢料管理成功案例

• **小菜文化**導致大量食物浪費：韓式小菜文化導致餐廳和家庭中的剩餘食物廢料大量產生，這些配菜通常在餐館裡吃到一半。進一步加劇了食物浪費問題。

#### 韓國的食物廢料管理

**1990 年代**：韓國的食物廢料回收率僅 **2%**，大部分廢料被填埋或焚燒，嚴重污染環境。



**2019 年**：韓國每日產生 **14,314 噸** 食物廢料，其中 **96.2%** 通過堆肥、飼料和生物沼氣方式被回收再利用，展現了顯著的改善。

**結果**：現在食物廢料回收率達 **98%**



## 推動建議-他山之石(2)

### 韓國的食物廢料管理成功案例

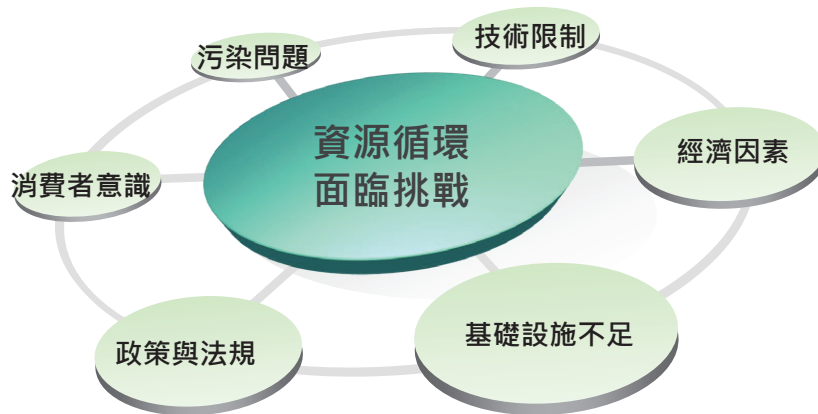
- **政策推動**：
  - 按量付費系統 (VBWF)**：韓國是最早在全國推行「按量付費」的國家之一，這個系統要求居民根據垃圾量支付不同的費用，提供經濟誘因減少垃圾產生。
  - 食物垃圾填埋禁令**：自 **2005 年** 起，韓國禁止將食物廢料直接填埋，推動更多的資源回收。
  - 電子化管理**：2014 年開始，韓國進一步引入 **RFID 系統**，通過重量計費，提升垃圾回收的透明度和管理效率。
- **新科技的應用**：
  - 生物沼氣技術**：韓國從食物廢料中產生 **生物沼氣**，轉化為電力和供熱能源。
  - RFID 系統**：目前已覆蓋 **166 個市鎮**，涉及超過 **650 萬戶家庭**。該系統能根據食物廢料的重量進行計費，大幅提高回收率。





## 未來展望

- 如何發展未來可能的技術創新和應用(如AI)，因應實施過程中的技術和經濟挑戰，創造新的商業機會和環境效益



## 未來展望 - 挑戰與機會

- 挑戰：
  - **成本問題**：實施 AI 和區塊鏈等新技术需要高額投資，特別是對中小企業而言，這可能是一大負擔。
  - **數據隱私**：大量數據的收集與分析會帶來隱私風險，需要有效的數據保護措施。
  - **系統整合**：將不同技術平台和基礎設施整合，確保順暢運行和互通仍具挑戰。
- 機會：
  - **創造綠色產業**：AI 和數位技術促使新興環保產業的出現，如智能回收和資源優化技術。
  - **提升材料價值**：技術創新能夠提高回收材料的純度和品質，從而提升其市場價值，並降低對環境的影響。





## 結論

資源循環需要面對的議題包括：

1. 廢物管理
2. 設計改進
3. 市場需求
4. 技術創新
5. 政策與法規
6. 教育與意識提升
7. 跨界合作
8. 公平性與社會影響

這些議題需要全面考量，才能推進資源循環的實踐和政策。



## 結論

數位科技能夠即時監測環境數據，幫助我們預測未來的氣候變化，並提供有力的數據支持來制定資源循環決策

**透過各方積極採用數位科技，  
才能推動資源循環和永續發展**





**讓我們共同邁向  
綠色的未來**



Thank you



閉幕專題演講

# 淨零永續的機會與挑戰



主講人

---

**彭裕民**

現職 |

中華民國科技管理學會理事長

學經歷 |

工業技術研究院 特聘專家 (前副院長)  
循旭科技股份有限公司 創辦人兼董事長

# 淨零永續的機會與挑戰

彭裕民 博士

中華民國科技管理學會理事長  
工業技術研究院 特聘專家(前副院長)  
淨零永續策略辦公室前主任  
循旭科技股份有限公司 創辦人兼董事長  
alexpeng88@gmail.com



工業技術研究院  
Industrial Technology  
Research Institute

## Road to 2050 Net Zero

### 大綱

- 國際大廠目標與各國政策
- 挑戰: 因應2050淨零趨勢看未來產業的變化
- 機會: 以低碳新能源與新經濟帶動產業轉型
- 邁向淨零永續的策略夥伴



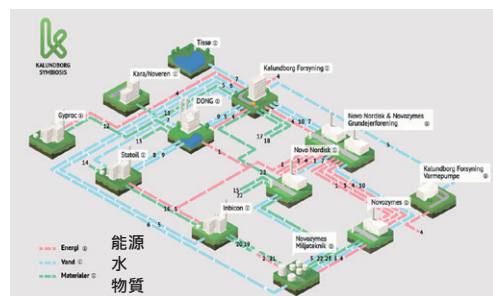
3

## 歐洲循環經濟園區標竿

### 丹麥 - 卡倫堡工業生態園區

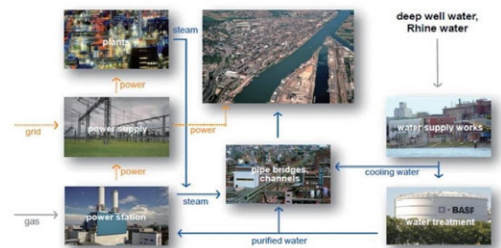
- 於1959年成立，從廢棄物交換進階到水、能源、物質之多元循環再利用的方式共享資源。
- 發電廠的餘熱為3500戶家庭供暖，燃燒後飛灰出售給水泥業及道路鋪設，脫硫產生之石膏販售給石膏板工廠。
- 煉油廠可出售瓦斯及多餘冷卻水給其他公司；製藥廠、養魚場之污泥則作為肥料出售

產業共生(Symbiosis) - 廢棄物是錯置的資源  
你的廢棄物，也能變成我的資源



### 德國 - 路德維希港巴斯夫(BASF)化工園區

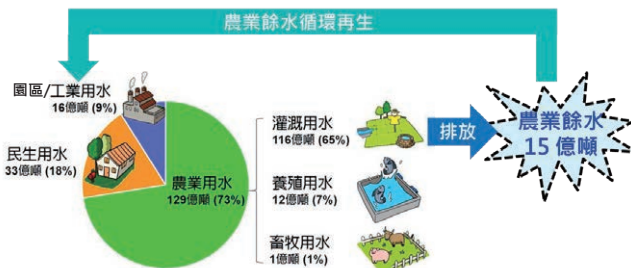
- 以巴斯夫的化工生產基地為中心，透過管線將生產物料、廢棄物等送出，成為區內其他衛星工廠的原料。
- 例如將丙烯酸製程中的大量廢熱回收並轉為蒸汽，再送給鄰近工廠使用。
- 全球第一座以電力加熱的蒸汽裂解爐，以再生能源取代天然氣燃燒產熱，藉此降低9成碳排放量。



資料來源 : <https://www.energycrossroads.org/industrial-symbiosis-circular-economy/>

4

- 我國農業用水佔總用水量約為73%，經灌溉後直接排放之**農業餘水約 15 億噸/年**，幾近全國工業年用水量 (16 億噸/年)，其中**台南之農業餘水約2,400 萬噸/年**。
- 近年國內水情極為緊繃，**2040年預估新竹與台南科學園區/工業用水缺口**預估分別約**10萬噸/日與30萬噸/日** (南科佔近2/3)，開創工業用水新興水源刻不容緩。
- 開發**智慧農業餘水循環技術**，可建立多元化水資源供水策略，提升國內產業用水抗旱強度，穩健國內產業發展。
- 利用ITRI**多孔擔體低濃度氮濾床技術**可有效去除農業餘水中主要濁度與低濃度氨氮處理標的，**每噸水處理成本約0.46元**。



經濟部水利署-用水統計資料：全臺年總用水量平均為 178 億噸。

經濟日報 > 新聞 > 政經焦點

### 台南3/1減量供水 工業區、南科總量管制 節水10%

本文共668字

2023/02/21 16:32:15

中央社記者曾智怡台北21日電

3月1日起台南地區水情調整為減量供水措施，台水今天表示，安平、官田、永康、新營、台南科技等工業區、南部科學園區，採總量管制方式實施節水10%；每月用水量1000度以上工業與非工業用戶，各有10%至20%不等減量目標。

工業技術研究院機密資料 禁止複製、轉載、外流 ITRI CONFIDENTIAL DOCUMENT DO NOT COPY OR DISTRIBUTE

## 預期成果及效益

### ❖ 預期成果

- 經濟部水利署已將農業餘水評估為多元水源重要規劃方向，本計畫前期已與相關部會長官提出農業餘水再生之藍圖構想，已獲得強力認同。
- 未來透過**智慧農業餘水循環技術開發與場域驗證**執行，可開創產業多元化水源，亦可協助國內建立農業餘水循環水務產業。

### ❖ 效益說明

- 透過ITRI**智慧農業餘水處理程序**規劃多元化水資源處理廠，**每噸供水處理成本**與自來水相近，且較工業再生水低約40%。
- 台積電為穩定產能，除已於南科廠規劃使用再生水，同時表態支持未來使用農業循環水，以滿足5萬噸/天之穩定供水需求。因此，**未來透過農業餘水循環技術建立，可穩定與帶動產業發展**。



工業技術研究院機密資料 禁止複製、轉載、外流 ITRI CONFIDENTIAL DOCUMENT DO NOT COPY OR DISTRIBUTE

6



# Carbon Border Adjustment Mechanism

A new, green way of pricing carbon in imports to the EU

EU Commission, Brussels,

April 2023

## 全球碳關稅與貿易障礙之衝擊

- 歐盟設2030達成55%減排目標
- 美國降低通膨法案提出3,730億美元預算，推動潔淨能源、因應氣候變遷與西部抗旱

2018

政府間氣候變化專門委員會(IPCC)1.5 °C 特別報告：  
2050 淨零重要性

2021

中國碳市場上線交易  
試點7個城市

2022

美國參議員提“清潔競爭法案”  
Clean Competition Act, CCA  
預計2024徵收碳稅

2023\*

CBAM過渡期：鋼鐵、水泥、  
化肥、鋁、電力，增加化材  
(有機、無水氨、氨水、氫等)  
聚合物繳交資料但不徵稅

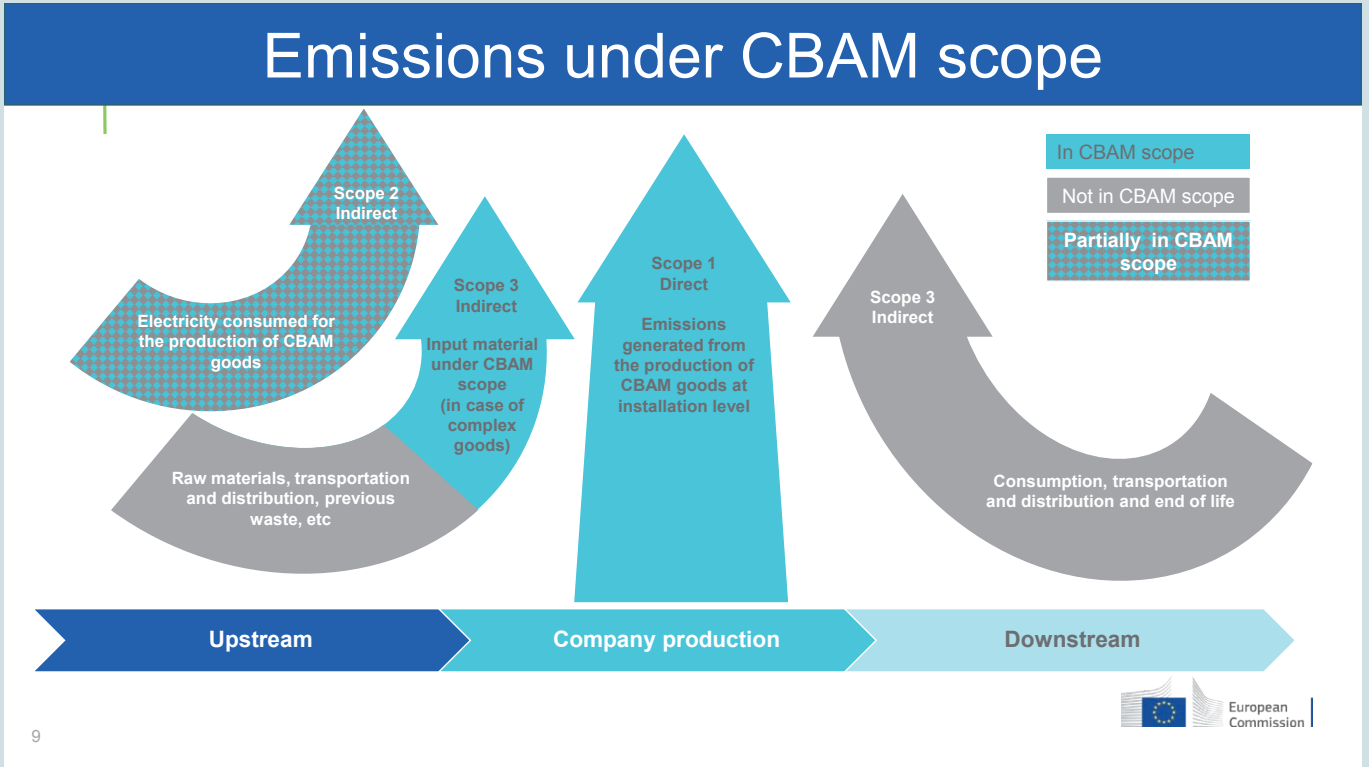
2026\*

CBAM預計施行

2030

歐盟55%減排目標  
(與1990相比)  
美國降低目標40%

\* 歐洲議會版-擴大CBAM徵收範圍，延至2027開始實施



## European Green Deal

Whole economy approach:

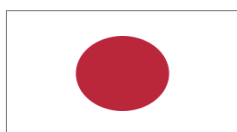
- **A socially fair transition:** tackling inequality and energy poverty through climate action,
- **A competitive transition:** New opportunities through industrial and sectoral change
- **A green transition:** Protecting nature and increasing Europe's natural carbon sink

10 

# 國際趨勢：大廠目標與各國政策

## 日本借淨零進行產業綠色轉型 擴大台日合作機會

### 日本2050綠色成長策略



臺灣發展機會

↑ 發展潛力高

↓ 發展潛力低





半導體、資通訊產業 數據中心、節能半導體	住宅、建物產業/ 次世代型太陽能產業 (鈣鈦礦太陽能電池)	碳回收產業 混凝土、生質燃料、 塑膠原料
氫產業 發電渦輪機、氫還原煉鐵、 氫運輸輪、水電解裝置	海上風力產業 風機本體、零組件、 浮式風機	資源循環產業 生物材料、回收材料、 廢棄物發電
電車・蓄電池產業 EV、FCV、次世代電池		
生活相關產業 地方脫碳行動	物流、人流、 民生基礎設施產業 智慧運輸、物流用無人機、 FC建築機械	食品・農林水產業 智慧農業、高層建築物 木造化、藍碳
氨燃料產業 發電機用燃燒機 (氫能社會的過度燃料)	船舶產業 燃料電池船、EV船、氣體 燃料船等(氫、氨等)	航空產業 混和燃料、氫能飛機
核能產業 SMR、製氫核能		

資料來源:

- 1.日本經濟省(2020).2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 20201225
- 2.將於2021年春季修訂綠色成長戰略進一步研析目標與對策

## 綠色供應鏈2030目標，對臺灣經濟衝擊風險高

- 全球前2000大企業中，有283家要求供應鏈必須實現淨零排放。Apple、微軟、Nike等國際大廠要求2030年供應鏈與產品減排，甚至實現淨零排放或負排放

 <b>Apple</b> 2030年供應鏈與產品實現碳中和	 <b>Google</b> 2030年全面零碳能源	<b>SAMSUNG</b> 2025年前行動裝置產品無塑包裝廢棄物零掩埋
 <b>Microsoft</b> 2030年負碳排放推行內部碳稅政策設立氣候創新基金	 <b>Nike</b> 2030年供應鏈體系減少30%低碳材料	<b>BASF</b> 2030年排放量減少60% (與1990相比) 以新技術替代化石燃料

## 加速實現2030年整體供應鏈碳中和 Apple設計可循環回收的產品並推動供應商減排

- 碳足跡有7成排放皆來自於供應商的材料及產品製造(範疇三)
- 德州成立材料回收實驗室(Materials recovery lab)，全球設立回收站
- 投資新低碳製造和回收技術開發



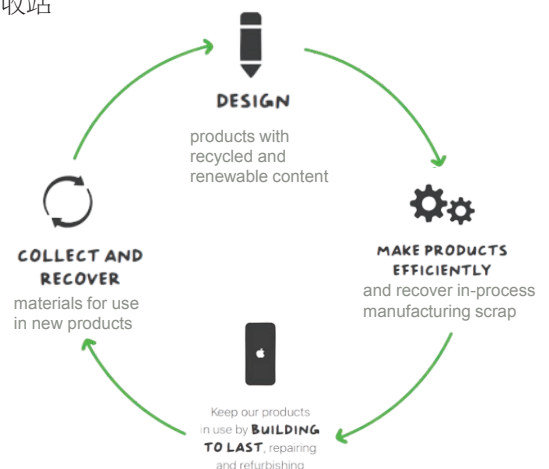
### Redefine and Redesign Product

- iPhone 14 Pro Max使用100% 再生稀土元素
- iPad Pro (12.9-inch)使用100%再生鋁金屬外殼



### 台灣供應鏈廠商

- 技術轉換
- 研發新製程
- 工廠智慧化



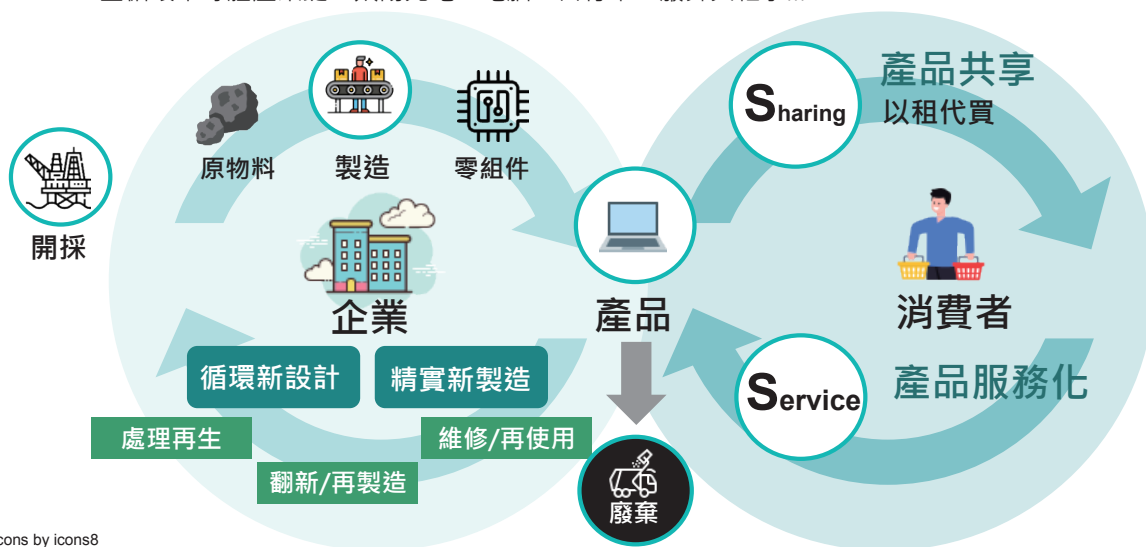
# 以低碳新能源與新經濟模式帶動產業轉型

15



## 建立全循環新科技與商業模式: Redefine X Redesign

- 供給端設計產品易循環、消費端共享與服務化 → 產品循環使用創造新價值
- 全循環半導體產業鏈、太陽光電、電腦、自行車、服飾與鞋子...



icons by icons8

工業技術研究院機密資料 禁止複製、轉載、外流 ITRI CONFIDENTIAL DOCUMENT DO NOT COPY OR DISTRIBUTE

16



檸檬皮渣，有其他處理方式嗎？

17

生物質全循環經濟力 - 成為降低碳排的貢獻者



## 以低碳新能源與新經濟模式帶動產業轉型 - 低碳能源

19

RePV

## 全球太陽能爆發性成長，報廢成為全球問題

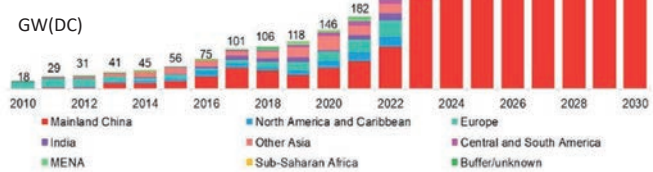


Figure 1: Global PV installation estimate and forecast, as of November 2023  
<https://www.pv-magazine-india.com/2023/11/30/new-global-solar-installations-to-hit-413-gw-imo-year-says-bloomberg/>

- 太陽能電池壽命約20-30年，科技進步使汰換意願高
- 汰換後**廢棄物**將成為政府、政治、**全球問題**

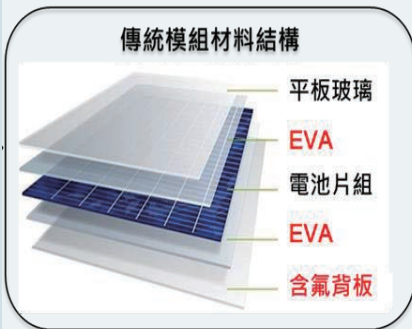
### 全球太陽能廢棄物處理市場規模

- 2023年起全球年裝置量>413GW/年
- 2043年起：
  - 預估全球產生超過2,400萬公噸/年廢棄物
  - 材料廢棄物總價值超過 US\$ 826億/年
  - 使用**RePV全循環解決方案**
    - 可回收材料價值 US\$ 180~360億/年
    - 省下碳排至少 1.53億噸CO<sub>2</sub>/年

20



## 傳統回收法：破碎法→無法有效拆解材料



21

## 日本環境保全Service結合旭科技智能化設計 發展全循環太陽能回收與再利用服務



- 公司格言：太陽能板回收有助於資源的有效利用  
太陽光パネルリサイクルは資源の有効利用に貢献します

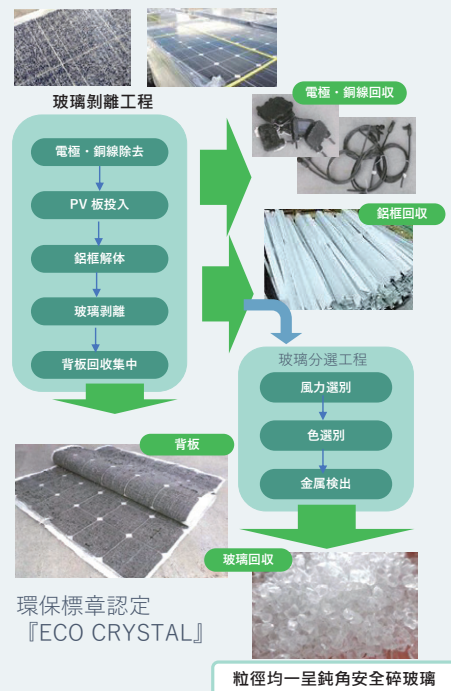


### 設備優點

- 1)高度自動化 (OPx2位/line)
- 2)設備佔地面積小 (W9.5m x L12m x H3.6m)
- 3)耗電量小 (49kW)
- 4)產能大 (1min/pcs)
- 5)材料100%全回收 (ECO MARK標章)



世界綠色採購GPN供應鏈



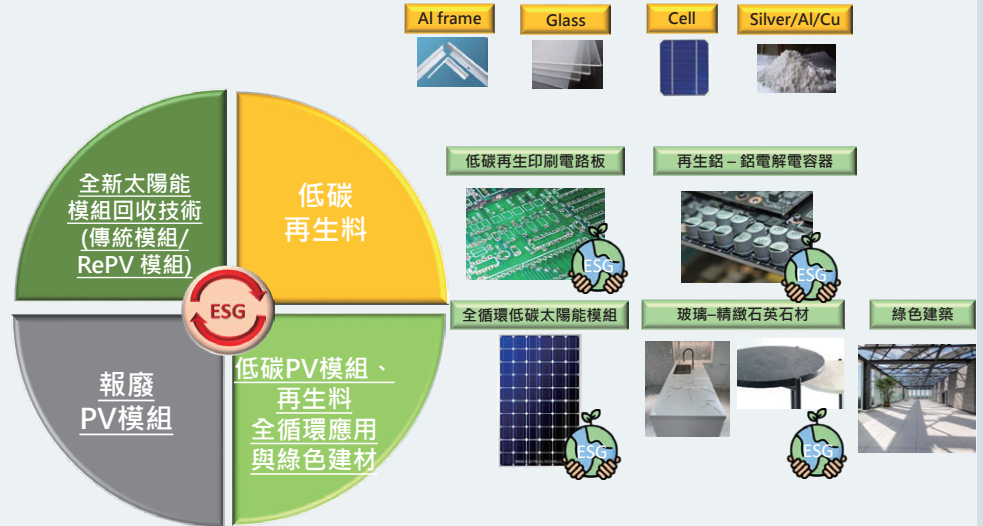
# RePV Ecosystem

## RePV ESG循環經濟解決方案



「循環再利用退役太陽能再生料，製成全球最低碳太陽能模組與高價值應用」

循旭全循環太陽能回收再生解決方案



## 國際合作，擴大全球佈局



- RePV將提供全循環太陽能系統予Porrima零排放氫能環保船



- Porrima為全球第一艘靠再生能源環遊世界的船舶，實驗MIT零排放環保船
- 2025年航行至巴西里約熱內盧COP30峰會及大阪參加世界博覽會
- 整合創新綠能科技，實現低碳新未來

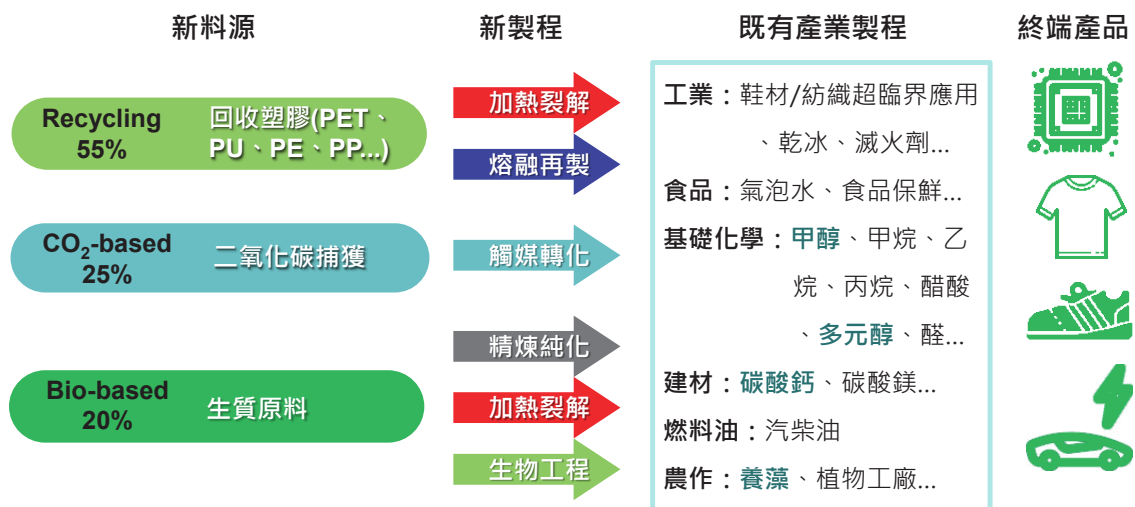
# 以低碳新能源與新經濟模式帶動產業轉型 -民生產業與快速消費品

25



## 低碳化轉型 - 石化/化學/紡織/鞋子產業

預計2050年化石碳源將被塑膠回收、二氧化碳捕獲再利用、生物質取代



Source: Renewable Carbon Publication  
icons by icons8

26

## 工研院 - 織物分選技術



### 技術特點

- ✓ 高輸出-自動聚焦拉曼光譜技術。



分選速度：  
0.7 秒/件

- ✓ AI材質辨識演算法



準確度：  
> 90%

### 自動織物分選系統



年分選處理量 > 7000 噸

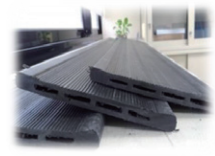
PET含量  
>80%



化學解聚再製織物



PET含量  
< 80%



物理回收  
再生木塑複合材料



## 全球可回收鞋材與製程技術供應者

台商是國際品牌鞋廠的隱形推手，需藉新材料與製程材料創新保持領先

- 全鞋由材質各異之部件黏著而成，品牌商正尋求單一材質可回收鞋材方案
- Adidas發表Futurecraft Loop可循環概念跑鞋；BASF開發無溶劑合成皮革
- 開發聚酯全鞋材料包含TPEE射出中底技術、高耐磨/止滑聚酯大底材料與TPEE /PET纖維橫編技術；完成全鞋聚酯整合製造與回收再製性評估

### 開發全鞋單一材料與可回收技術



鞋面: PET纖維  
(可回收)  
中底: EVA foam  
(不可回收)  
大底:  
橡膠(不可回收)



鞋面、中底、大底  
全TPU材質

將試產聚酯鞋材販售給加工業者試作；後續關鍵材料技術授權業者生產；與中下游業者合作生產新世代環保鞋

## 繽紛永續新時尚

### AI輔助改造生物菌株，合成無毒新染料

- 染料現為化學法生產，製程有害高碳排，受限環保法規我國無法生產原料受制
- 生物合成科技的生物代謝路徑的酵素調控複雜，菌株最佳化設計曠日費時
- 『微生物染料菌株設計及試量產平台』，AI輔助設計將微生物菌株進行改造，以生產人體健康無虞之染料，不僅生產效率高，製程無毒、低廢水

#### 微生物染料開發與纖維應用

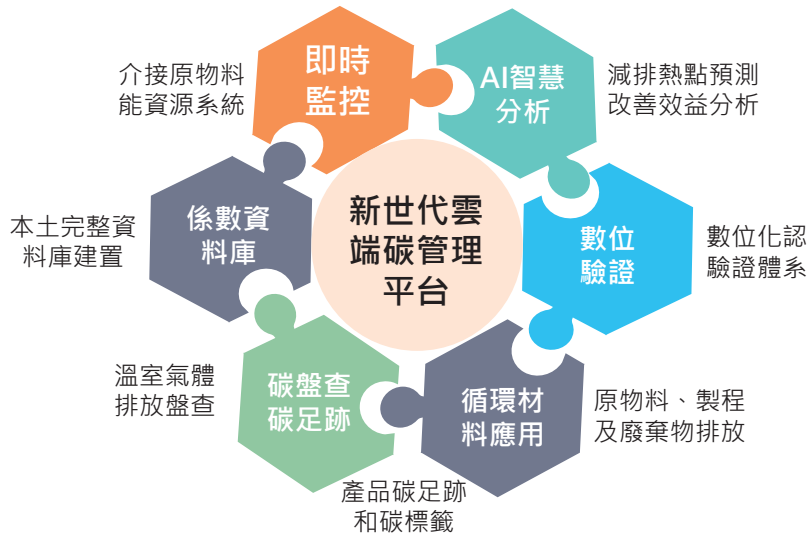


2021愛迪生獎，儒鴻力挺

全球紡織品用染料市場80億美元，衍生兆美元時尚產品商機  
補足我國紡織品低碳染料缺口，確保自主性

## 邁向淨零永續的策略夥伴

## 新世代雲端碳管碳平台介紹



本院結合跨單位量能，肩負起協助業者達成「淨零轉型」的責任

## 建立零碳新生態系

- 運用已建立**碳足跡**資料庫與服務平台，發掘須減碳項目，進而改善
- 運持續盤點可執行之節能減碳技術，讓減碳組合與時俱進



Data source: <https://icons8.com/>

Data source: <https://cfp-calculate.tw/cfpc/WebPage/LoginPage.aspx>

## 面對氣候災難，做最好的準備、最壞的打算

### *How to Avoid a Climate Disaster*



如何有效面對氣候議題，資源集中在科技研發創新

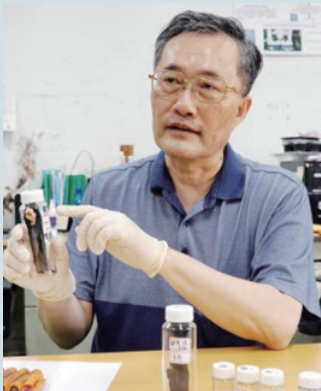
結合科技與商模的創新，全面啟動淨零碳新經濟

金融投資 企業與新創公私協作完備資源

INNOVATING  
A BETTER FUTURE



*Thank You*



引言人 1

## 李清華

現職 |

大葉大學環境工程學系  
終身特聘教授

學經歷 |

賓州州立大學礦物處理工程博士  
大葉大學工學院院長



引言人 2

## 陳志恆

現職 |

國立臺北科技大學  
資源工程研究所 教授

學經歷 |

紐約州立大學化學工程系博士  
經濟部標準局技術委員  
經濟部中企署 SBIR 指導委員  
工業技術研究院研究員



引言人 3

## 江康鈺

現職 |

國立中央大學環境工程研究所  
特聘教授

學經歷 |

國立中央大學環境工程研究所博士  
環境部再生資源回收再利用促進委員會 - 無機再生粒料組召集人  
環境部第一屆環境影響評估委員  
經濟部中小及新創企業研發計畫 (SBIR)- 民生化工領域召集人



引言人 4

## 胡憲倫

現職 |

國立臺北科技大學  
環境工程與管理研究所 特聘教授

學經歷 |

美國康乃狄克大學環境工程博士  
國立臺北科技大學淨零碳排與企業永續中心主任  
APO 綠色卓越中心 (COE GP) 諮詢推動委員  
環工學會環境規劃與管理委員會副主任委員



# 主題演講摘要



# 廢紙容器升級循環利用於醫療應用技術開發

作者 陳佳欣、熊御全、郭家倫、魏華洲

單位 國家原子能科技研究院

近年因疫情及生活習態改變，外帶外送趨勢增加，造成一次性使用之紙類容器用量上升，為增加國內廢紙容器回收去化管道，本計畫擬提供廢紙容器再利用併同生產聚羥基鏈烷酸酯類 (PHAs) 之技術，可增加廢紙容器去化管道，有效提升廢紙容器的產業應用性。

本研究分析市面上廢紙容器之組成，主要含有纖維素 67%，經由物理性粉碎搭配水熱蒸煮 50 分鐘之效果最好，可將纖維素水解成單糖之水解效率為 80%，達商轉運用門檻。另外本計畫亦取得專業紙廠 (正 o、連 o) 的廢紙容器纖維進行組成分析，其纖維素含量約 60%，使用國內自主可量產纖維水解酵素於 20% 固液比之水解效率為 51.75%。顯示目前物理性破壞結合蒸煮的處理流程會比國內廢紙容器紙漿廠處理流程中紙漿，具有更好的酵素水解效率。為升級回收廢紙漿應用價值，使用國原院專利菌株貪銅菌，將前述方法固液比 10% 水解液稀釋 1 倍後進行發酵測試，菌株可生長並生產高分子材料 PHAs，其 PHAs 含量佔細胞乾重約 11.86%。PHAs 經混摻方式進行靜電紡絲，可增加纖維直徑並提升機械強度。

初步研究成果顯示創新廢紙容器資源化技術確實具有技術可行性，並且有市場價格提升百倍的升級循環潛力，值得後續進一步進行技術優化及程序設計研究。

# 廢紙容器 # 升級利用技術 # 海洋可分解塑膠

# 磷酸鋰鐵電池黑粉環保回收技術開發

作者 胡家豪、許景翔

單位 優勝新能源再生科技股份有限公司

本計畫為「磷酸鋰鐵電池黑粉環保回收技術開發」，以解決全球鋰電池快速發展之衍生問題。目前磷酸鋰鐵電池產能已超越鋰三元電池，被廣泛應用於電動車、儲能裝置等產品，並以年複合成長率 15.4% 快速增長，預計在 2030 年全球市場可達 313 億美元。根據歐盟新電池法有三大課題：「電池碳足跡」、「電池護照」及「電池再生材料」，故回收成為必要途徑，惟磷酸鋰鐵電池僅擁有鋰 (Lithium) 之有價資源，市場中的鋰三元電池回收技術亦難以複製應用，整體回收價值偏低，故業者皆不願意進行回收處理，導致最終易被隨意棄置，造成環境嚴重二次污染。

本計畫採用安全、低碳之研發核心，開發合適之環保濕製程，除了能更有效率地回收鋰、大幅降低二次污染產生，並製備成正極材料所需之電池級碳酸鋰，以完善鋰電池產業鏈循環，研究結果顯示提取技術能達到 99% 以上之提取率，並透過製程優化，能使藥水使用量 (體積) 減少 >20%，產出之碳酸鋰純度能達到 99.5%，符合電池級之標準，且其中關鍵雜質氯離子及硫酸根離子皆小於 1,000 ppm，以避免重新生產新電池 (正極材料) 之雜質影響，而減少電性效能、循環壽命及安全性等問題。

# 磷酸鋰鐵電池 # 環保回收技術 # 電池級碳酸鋰  
# 再生料 # 關鍵物料

# 公告應回收登記回收業及處理業永續碳管理計畫

作者 黃義芳、李奇紘、劉育成

單位 環資國際有限公司

前一年度完成 410 家回收業及處理業簡易組織型碳排盤點，並分析排放熱點、編撰 6 類別事業減碳技術手冊及辦理多場次宣導推廣活動。本年度為第二年計畫，除輔導曾完成填報的 406 家業者，持續新年度的填報，並擴增輔導 102 家業者，進行碳盤點及熱點分析外，同時成功將盤點工具延伸公民營清除處理機構，並輔導 202 家公民營清除處理機構完成簡易組織型碳排盤點、數據品質檢核與熱點分析。

今年度透過建立回收業及處理業碳生產力指標 CP 值，以運用認證回收量及認證處理量協助業者自我檢視碳排放情勢，同時啟動 2 項業者輔導專案，產品碳排放強度專案從特定產品製程計算其大門至大門的單位產品碳排放量，與自願減量專案提供業者撰寫自願性減量申請範本，推動低碳製程同業擴散學習。完成國內外碳管理案例及 6 類別應回收材質減碳技術手冊，協助產業學習適用低碳製程技術與管理，達到內部擴散，提升再生循環效益，最後舉辦 3 場次的成果說明會，推動同類別產業學習永續碳管理。

# 公告應回收登記回收業及處理業 # 組織型碳盤查 # 碳管理

# 建構筆記型電腦、平板電腦等資訊設備循環材料與產品服務化低碳商業模式研發計畫

作者 林志青

單位 百事益國際股份有限公司

為延長資訊產品使用壽命，減少電子廢棄物數量，透過循環經濟的思考方式，推動「循環採購」之商業模式，消費者端向廠商租賃設備，只取得產品使用權，使用期滿後，設備由廠商收回進行整新或升級再出租給功能需求較低的公益團體或學校機關使用，最後不堪使用時，再回收進行再生料再製，透過梯次使用 (Cascade use)，將資源利用發揮最大效益。

由於目前國內缺乏「用電設備租賃服務的產品類別規則 (Product Category Rules, PCR) 草案」，因此本計畫在開發此 PCR 前，針對國際減碳專案方法學、租賃服務碳排計算器與維修服務碳排計算器進行研析，了解國際上已開發的碳排計算器之設計參數和盤查邊界，並以此為基石，擬開發用電設備的租賃服務 PCR 草案，計算「以租代買服務」的碳足跡，並將租賃服務模式與線性買斷模式進行比較，掌握結合梯次使用模式之租賃服務帶來的減碳效益。

為使資訊設備能循環利用，資訊設備的循環維修不可或缺。本計畫更針對資訊設備循環維修材料改變進行減碳比較分析，透過電力感測裝置量測使用高溫焊料及低溫焊料的用電量，計算兩者間的碳排差異，未來可作資訊設備循環維修之參考作法。

# 產品服務化 # 產品類別規則 # 減碳計算方法學

# 可循環鞋材料創新製造

作者 陳志勇

單位 匯智綠材科技股份有限公司

鞋類屬於民生必需品，消費金額會隨著人口數量及可支配所得成長而呈上升趨勢。我國製鞋技術全世界尚稱領先，Nike 集團董事會主席和前 CEO 帕克 (Mark Parker) 在 2016 年全球創新高峰會後，肯定台灣製鞋供應鏈提供製造創新的價值。然而全球倡導綠色環保與循環經濟，傳統的生產和加工方式正在面臨轉型升級的嚴峻考驗，使用無有害物質 (Hazardous substances free) 原材料與降低製程能源消耗已成產業發展的必要之路。

Nike 於 90 年代初期的 Reuse-A-Shoe 計畫，迄今每年僅回收 150 萬雙舊鞋，佔全球每年運動鞋產量的 0.1%，已證實不可行；也因此，Nike 已訂未來要採用可全回收鞋材。台灣為運動鞋生產製造王國，具有完整的上中下游產業鏈，因應「再生循環」概念，發展「可循環鞋材料」具有先天上的優勢。

本計畫案主要方向為開發聚烯烴可循環之鞋材料，相較傳統過氧化物架橋劑，改採用新型酯化交聯技術，來製備可回收之鞋中底材，此酯化技術相較於傳統過氧化物其反應物具有無毒性、反應穩定，且具有易回收加工之特，此外聚烯烴相較於其他聚酯、聚醚化合物具有低成本、低排碳等優勢，對於未來減碳甚至淨零排碳之方向具有相當大經濟性。

# 磷酸鋰鐵電池 # 環保回收技術 # 電池級碳酸鋰  
# 再生料 # 關鍵物料

# 綠色設計低碳 LED 燈管暨租賃與維修循環經濟研發

作者 鄭加新、王文裕

單位 漾拓國際股份有限公司、朝陽科技大學

本計畫工作項目包括：(1) 完成開發綠色設計低碳節能型 LED 直管燈，建立 LED 燈管綠色設計評估準則及執行拆解回收評析，並評析綠色設計 LED 燈管對回收處理體系之影響，探討 LED 燈管綠色設計與維修及租賃於資源循環促進法(草案)之推動。(2) 完成推動 LED 照明租賃服務業環保標章規格標準草案，申請自願減量專案，研提 LED 室內燈具碳足跡產品類別規則綱要。(3) 完成推動場址租賃與循環維修綠色設計低碳節能型 LED 直管燈，估算租賃與循環維修之減碳與環境效益，並研提 LED 照明租賃與循環維修之長期佈局規劃及推動措施建議。

本計畫完成綠色設計低碳節電 LED 直管燈開發與製造，並完成拆解比較報告。本計畫的每支 LED 直管燈平均資源減量 12~43%，生命週期期間資源減量 75~84%。綠色設計全塑料管身可提高回收清運過程的安全性，全塑料管身及堵頭與燈管的卡扣連接，有利於提高可拆解維修性，資源化比率，及有利於再生料的再利用。低碳節能型 LED 直管燈發光效率 180 lm/W，比較市售 LED 競爭品發光效率 67~140 lm/W，節能減碳 12.5~58.3%（平均 34.1%）。應用於一處工廠及台南市 300 所學校，預估每年可減碳 1,340 噸。本計畫 LED 綠色設計低碳循環照明，完成對應資源循環促進法(草案)相關條文的實踐；並申請通過嘉義市興華中學 LED 照明租賃案之溫室氣體自願減量專案。

**#發光二極體直管燈 #環境化設計 #產品服務化商業模式**

# 利用黑水虻對半導體製程有機污泥進行去化與資源化利用之研究摘要

作者 黃榮振

單位 國立成功大學

隨著台灣半導體產業的蓬勃發展，可預期未來廢棄物產出規模可能呈指數型成長，其中包含每年百萬噸以上的有機污泥。當傳統處理技術處理成本不斷升高，處理過程不但對環境產生壓力，也有違國家制定的淨零排放目標，因此本計畫評估是否能夠利用黑水虻幼蟲去化有機污泥，如果可行，去化後的蟲體與殘留物是否也能分別作為生質柴油與肥料/燃料等資源化利用？為此，本計畫依照不同比例將台積電製程所產生的污泥分別與麥麩、果皮、豆渣與廚餘混合作為黑水虻幼蟲的養料。結果顯示黑水虻除可直接以污泥維生之外，污泥與廚餘的混合也得到生長較好的蟲體。將污泥與四種養料最佳混合比例的蟲體進行脂質萃取測試，得到污泥與廚餘混合所養成的蟲體所蘊含的油脂量最大，飽和脂質的佔比也最佳，其中更以甘油三月桂酸酯為主。因此本計畫進一步依據污泥與廚餘混合 (60%:40%) 的最佳比例，進行黑水虻蟲體轉化為生質柴油之測試並得到 61% 的轉酯率，這可能與餵食黑水虻幼蟲的養料與轉酯化方法有關。本計畫的結果證明黑水虻具有潛力來去化台灣半導體製程所產生的有機污泥，同時自身又能轉化為生質能源，目前的成果將作為未來提升黑水虻去化污泥效率與生質柴油轉化率的重要基礎。

# 低碳酸級氟化鈣製程與產品效能驗證技術計畫

作者 黃靜萍<sup>1</sup>、李旋維<sup>1</sup>、林一星<sup>2</sup>、江美靜<sup>1</sup>、鐘蒼賢<sup>1</sup>、黃迺君<sup>1</sup>

單位 <sup>1</sup>工業技術研究院 材料與化工研究所 前瞻材料基磐技術組

<sup>2</sup>工業技術研究院 材料與化工研究所 企劃與推廣組

我國半導體產能占全球 60% 市占率，產業所製造廢棄物約為 99.9 萬公噸，製程所使用的濕式化學品需求量大、純度極高，其中氫氟酸是一種至關重要的原物料，年使用量約為 6 萬公噸。然而，製程產生的含氟廢棄物對環境造成嚴重危害，亟需導入友善資源循環之高值化技術，布建國內含氟資源應用。研析國內含氟廢棄物資源系以廢氫氟酸（C-0202，約 7 萬公噸）、氟化鈣污泥（D-0902 和 R-0910，約 14.5 萬公噸）進行申報，估計為產業第四大廢棄物，目前採以降階使用或異業再利用等方式進行去化處理，屬於線性經濟。然而，我國缺乏氟污泥資源純化技術，因此如何將氟化鈣污泥做有效益的分流、回收、純化與再利用技術導入，以實現 2050 年淨零轉型中第八項「資源循環零廢棄」之關鍵戰略，以延長化學品使用週期。有鑑於此，本團隊研析我國半導體產業氟化鈣污泥資源化與再利用流向分布，推動氟化鈣污泥分流管理、建立氟化鈣污泥快篩技術與建構低廢排酸級氟化鈣試量產與產品驗證，運用廢棄氟化鈣資源轉化為酸級氟化鈣，達到氟資源循環目標，並推動酸級氟化鈣再利用產業鏈。

# 螢石 # 氟化鈣 # 氫氟酸

# 太陽光電板玻璃整片完整回收設備

作者 傅耀賢

單位 國立臺南大學

本計畫「太陽光電板玻璃整片完整回收設備」主要是提出一套創新的方法與流程完整回收廢棄矽晶太陽能光電板的玻璃基板。本團隊預定以三年的時間設計建置回收設備，並且以回收後的低碳玻璃為基板再製作出太陽光電模組，以驗證回收玻璃重複使用於太陽光電模組的可行性。

本年度計畫預定開發壓輥式太陽能電池背板切除設備，主要是以壓輥傳送太陽能板的同時利用刀具切除背板並收集之，該設備可處理長 x 寬 = 2200~1610mm x 1100~905mm 之太陽光電板多層板的背板切除工作。

本團隊已經成功的開發出壓輥式太陽能電池背板切除設備，機台配備四把由高速主軸所驅動的刀具、往復切削運動機構、壓輥式太陽能板傳送裝置以及電控系統等重要模組。經過實際切削測試後已驗證本案所開發的設備可順利移除矽晶太陽能板的背板，移除時間約 4 分 30 秒，背板回收率約 95.5%。本計畫已順利如期完成年度目標，後續將持續進行設備功能改善以提高太陽光電模組背板去除效率及回收效率，朝計畫最終目標穩定前進。

# 太陽光電板回收 # 太陽能電池背板回收 # 壓輥式回收設備

# 公民營清除機構 AI 大數據暨廢清運追蹤系統平台導入 —以高雄市岡聯事業股份有限公司為示範樣區

作者 簡瑞與特聘教授、林明德教授、吳忠翰助理教授

單位 國立中興大學

因應 2050 淨零排放目標，本計畫團隊在 2023 年輔導資源循環業者基礎之上，得知清除業者主要碳排放源為類別 1 移動排放源。因此擇定具高度減碳意願業者——岡聯事業股份有限公司，輔導業者導入自動化 (Automation)、智慧化 (Intelligence) 與低碳化 (low Carbonization)，達到嚴格管理清運與淨零減碳目標。

計畫規劃五大工項：

一、事廢清運追蹤系統平台導入——完成影像車機與二個政府系統（環境部 GPS 管理系統、事業廢棄物申報系統）對接、清運追蹤系統介面與功能、系統帳號權限以及司機 APP 開發與建置，是系統平台建置的基礎。

二、異常預警與事件管理——透過 AI 收集、分析數據功能，定義與設定事件邏輯參數，建立異常預警功能，讓參與清運作業的所有人員能夠即時掌握各種狀況，並採取適當的解決方法。

三、AI 與 AIoT 智能模組——優化清運工作每個環節的關鍵在於建置 AI 與 AIoT 智能模組，內容包括收集數據、接著是運算與分析；最後開發應用，包括電子圍籬、路線偏移、碳排管理模組。

四、資訊安全管理——遵循 PDCA 方法，以 ISO27001 資訊安全標準建立安全管理規範，定期安排系統及程式專案的弱點掃描與資料備份，保持系統穩定性。

五、完善溫室氣體盤查清冊資料——輔導岡聯完成溫室氣體盤查清冊，並進行第三方查驗證，作為未來減碳措施規劃參考依據。

**# 自動化 # 智慧化 # 低碳化 # 岡聯事業**

# 資源循環流向申報數據智慧化分析技術發展計畫

作者 黃義芳、倪雅惠、王偉仲

單位 環資國際有限公司

本計畫針對現有事業廢棄物相關系統進行整合，並研究各系統中事業廢棄物申報相關數據資料，利用統計方法分析與統整，應用於流向分析、預警分析、智慧快捷勾稽，執行重點包括建置分析專用資料庫、建立智慧化分析技術、開發系統平台及確保系統資訊安全。

在資料整合上，收整有關環境部內之事業廢棄物申報資料、稽查處分紀錄…等資料，以及部外系統公示資料，如司法院裁判書、經濟部工商登記資料…等，據以提升資料廣度和深度。

流向分析部分彙整不同的分類邏輯，並透過互動式篩選和分層瀏覽，改善使用者體驗和數據分析效率。並透過 ARIMA、VAR 等統計模型，針對廢棄物申報數據進行預測模擬。同時為加強應變能力，計畫開發了自動化報告產製服務。

預警分析部分，建立違規申報資料的預警模型，透過「原料比例異常」和「申報量異常」查詢功能，協助掌握高風險廢棄物的異常行為。智慧化勾稽部分，透過機械學習方式，設定各項勾稽模式因子，利用歷年申報資料產製優先稽查名單。

開發事業廢棄物流向分析系統，提供機構戰情資訊、流向分析、預警分析以及 AI 智慧快捷勾稽…等功能，持續精進數位治理，為環境監管和決策提供可靠支持。

# 數據資料科學 # 申報資料分析 # 申報流向分析

# CIRCit 北歐循環經濟方法學在產、官的應用

作者 黃義芳、倪雅惠、藍德芳、張宇涵、邱哲傑、李孔概

單位 環資國際有限公司

北歐五國於 2017 至 2021 年間開發的 CIRCit 循環經濟方法學涵蓋六大主題，包含六本工作手冊與 32 項實作工具，旨在協助製造業向循環經濟商業模式轉型。本研究探討 CIRCit 方法學在我國循環經濟實踐中的潛在助益，期望促進未來推廣。本研究包含兩個主題：一為 CIRCit 在產業界的實作應用，二為 CIRCit 在政府政策擬定方面的應用分析。產業界應用方面，本研究於我國具代表性的電腦設備製造企業仁寶電腦舉辦循環經濟工作坊，採用第二本工作手冊的內容與工具進行實作。根據對工作坊參與情況的觀察以及工作坊後測問卷的調查結果，CIRCit 方法學的工具與框架可協助使用者討論與建構多樣的循環策略，並鼓勵企業員工在日常工作中主動應用循環經濟思維。本研究認為，CIRCit 方法學應能協助企業內部推廣循環經濟概念，進而達到轉型目標。政策擬定應用方面，本研究以「最適循環技術 (BART) 評估制度」為研究主題，建議在制定循環技術的環境、經濟與社會影響評估制度時，可參考 CIRCit 方法學第一主題工具的量化概念。經此次初步探討，本研究認為，導入 CIRCit 方法學於我國產業界或政策相關領域，應有助於推動我國企業的循環經濟轉型，並為相關政策制定帶來相當助益。

# CIRCit 方法學 # 循環經濟 # 循環策略



# 成果海報



# 成果海報總表

編號	資源回收	頁碼
1	以廢輪胎橡膠推動道路養護資源循環減碳技術	68
2	廢輪胎經化學解聚製成無惡臭再生橡膠技術開發計畫	69
3	推動廢玻璃容器再生料(砂)應用於道路工程示範推廣計畫	70
4	廢液晶材料循環再製建築用液晶智慧調光窗產品應用驗證	71
5	廢鋰電池正極材料創新資源化技術開發	72
6	鋰電池資源循環回收技術	73
7	汰換動力電池導入碳中和農園與輕型農用機循環回收再利用可行性評估	74
8	汰役鋰離子與鎳氫電池在地回收技術開發與產業化發展	75
9	水熱法輔助液液分離法從廢鋰離子電池回收黑粉中分離回收有價金屬與石墨	76
10	發展廢照明光源資源循環利用技術與循環產業鏈體系	77
11	發展廢鋰電池高值循環技術與打造國內自主循環產業鏈體系	78

編號	資訊應用	頁碼
1	資源循環及減碳效益驗證技術	79
2	公民營清除機構 AI 大數據暨廢清運追蹤系統平台導入 - 以高雄市岡聯事業股份有限公司為示範樣區	80
3	固定污染源暖化潛勢物質管制、有效收集與減量策略推動計畫	81
4	塑膠再利用產品物質流向管理資訊平台	82
5	無機再生粒料循環資訊平台及效益評估計畫	83
6	建置生物質再利用產品 / 資料庫資訊平台	84
7	資源循環流向申報數據智慧化分析技術發展計畫	85
8	資源循環分析系統擴增資源循環促進減碳效益功能	86
9	金屬化學品循環資訊應用系統平台建置計畫	87

編號	永續消費	頁碼
1	建構手機產品服務化低碳商業模式研發計畫	88
2	推動塑膠綠色設計示範計畫	89
3	推動廢紡織品回收自動化分選技術	90
4	永續農業之生物可分解複合包裝材料在農產品包裝中減少使用塑膠的應用研究	91
5	可循環鞋材料創新製造	92

編號	循環處理	頁碼
1	華司橡膠異材質分離回收再利用創新技術研究發展計畫	93
2	鋁塑膜回收分離技術優化及智慧化系統開發計畫	94
3	建構塑膠化學回收及材料改質技術計畫	95
4	塑料智慧化自動分選暨智能回收技術平台計畫	96
5	廢印刷電路板回收之玻纖樹脂粉熱裂解生成再生資源液體燃料油計畫	97
6	印刷電路板膨鬆劑循環再生技術開發計畫	98
7	整合減碳、循環與增值化之廢印刷電路板非金屬成份熱解回收再利用技術開發	99
8	廢棄顯示器偏光片之高純度金屬碘化物與塑料高值化再生技術開發	100
9	貴金屬回收製程精進暨減碳綠色技術提升計畫	101
10	改質多孔球狀活性碳與再生廢球碳應用於選擇性回收貴金屬鈀與鉑之創新研發	102
11	整合式沼氣純化與二氧化碳捕捉技術開發與示範	103
12	血液透析器內部中空纖維膜作為環保塑木建材原料之可行性	104
13	含醋酸之氫氟酸混酸廢液處理技術開發	105
14	太陽光電模組玻璃循環再生玻璃纖維	106
15	風力發電葉片大樑廢棄物回收技術及其高值化產品應用研究計畫	107
16	風機廢棄葉片資源循環再利用之研究	108
17	廢風力葉片循環物料分選技術可行性評估計畫	109
18	推動玻璃纖維創新低碳資源循環技術計畫	110
19	園區廢棄物處理設施及醫療廢棄物減碳專案工作計畫	111
20	石材水刀製程再生材料循環利用研究	112
21	有機污泥以去中心化創新技術高值化再生能資源	113
22	含鋁灰渣資源化處理製程優化	114
23	產業無機資源循環技術計畫	115
24	營建資材循環再利用技術計畫	116
25	無機資源循環材料技術研發與管理計畫	117
26	113 年焚化再生粒料於港區填築環境影響評析專案工作計畫	118
27	建立黑水虻處理有機廢棄物循環利用及低碳淨零示範基地	119
28	廢棄鳳梨葉纖維高值化循環應用技術精進研發計畫	120
29	食品產業廢棄物減量及循環利用技術開發計畫	121
30	從鉑廢料循環開發半導體氫氣處置與再利用之關鍵鉑觸媒膜組	122
31	輪胎製造程序廢棄物轉質紅磚原料資材評估研究	123
32	石頭紙膠料之製程溢膠問題以線上回收設備建置之安全環境與產線效率提升研究計畫	124
33	廢漁網高值化循環再生技術精進計畫	125

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 以廢輪胎橡膠推動道路養護資源循環減碳技術

計畫主持人 邱垂德、許承煜

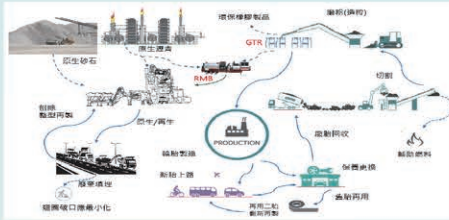
執行單位 社團法人台灣輪胎循環經濟協會

### 摘要

以「輪胎循環高值化、道路養護低碳排」為願景，本研究以輪胎回收業創新的橡膠瀝青材料，結合熱拌瀝青鋪路工程的新式技術與檢驗方法，研發新式橡膠改質瀝青(RMB)，搭配工程單位實做試鋪化解業界疑慮，再輔導扎根擴大鋪路實績，推動溫拌橡膠瀝青鋪路技術，開闢瀝青鋪面產業的脫碳路徑。研究成果顯示，每添加5%胎膠膠粉(GTR)，可以提升瀝青成效分級(PG)高溫級一級，並保持PG低溫分級不變，足以替代內含碳高的彈性聚合物(例如SBS)，拌製相同績效但碳排量低約8%的RMB；在台三乙9-10K溫拌橡膠瀝青試辦工程，驗證以機械發泡方式降低異味明顯有效，採用溫拌技術降低製程溫度，足以優化鋪路的品質、勞工安全健康、及永續性；建議工程界積極採用新技術設計與檢測方法，道路機關解除契約規範中的製程溫度束縛，以容納並優化環保低碳材料的性能和永續性。

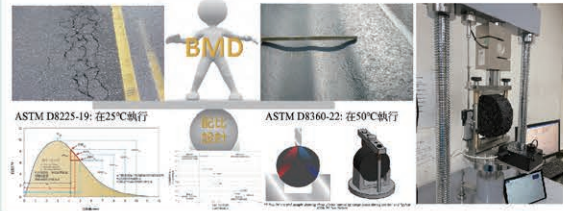
### 研究動機

國內公路養護每年約生產1,000萬公噸熱拌瀝青混凝土，碳排放量高達67萬公噸二氧化碳當量，瀝青鋪築業因應氣候變遷，既要邁向淨零碳排，又要提高瀝青材料的「有用溫度區間(UTI)」而需添加內含碳高的改質劑，對道路養護材料的減碳技術需求日益殷切。本研究以過去10年執行國內廢輪胎鋪路的成果為基礎，仿效歐美先進國家已經驗證的低碳黏結料概念，以胎膠膠粉(GTR)拌製橡膠改質瀝青(RMB)促進路面工程與輪胎回收兩產業循環經濟，達成輪胎回收高值化、路面養護低碳排的目標。



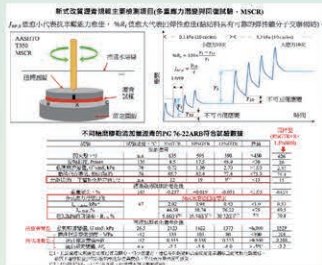
### 研究方法

本研究在實驗室用新式瀝青混合料檢測技術搭配採用平衡配比設計法，研發AR及RMB等創新設計材料以降低內含碳，引進溫拌橡膠瀝青製程減少營運碳，並辦理橡膠瀝青技術工作坊及工程觀摩擴大試鋪實績，以廢輪胎橡膠推動道路養護資源循環減碳技術。



### 研究發現與預期成果

慣用AC-20的成效分級為PG64-22，每添加5%GTR可將高溫級升一級，但對低溫分級影響不明顯；添加5%GTR的RMB符合PG70-22的規定，將UTI從86提高至92，添加超過10%則會有儲存分離的問題。8%GTR混拌型RMB則可以符合PG76-22ARB規定的規定，將UTI從86提高至98。



現行規範的「溫度下限」條款，是熱拌廠採用溫拌技術的主要障礙，本研究在台三乙9-10K溫拌橡膠瀝青試辦工程實證可以刪除或調整「溫度下限」的方式解除；在試辦工程熱拌廠及鋪築工地取得空氣試樣的異味檢測濃度皆<10，驗證以機械發泡方式降低異味明顯有效。未來將可透過使用溫拌RMB來優化鋪路的品質、安全健康、及永續性。

完成台三乙線9K至10K，雙向4個車道加寬及路肩，合計共約2,150公噸溫拌橡膠瀝青混合料，完成面紋理狀況佳，壓實度符合規範規定，品質獲業主肯定。



# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 廢輪胎經化學解聚製成無惡臭再生橡膠技術開發計畫

計畫主持人 吳志宏、吳耀祖、呂銘聰、魏翹庭

執行單位 財團法人工業技術研究院

### 摘要

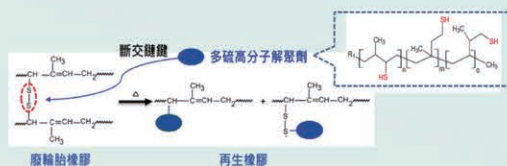
台灣廢輪胎資源再利用趨勢已漸由「線性經濟鏈的能源利用」轉向「循環經濟鏈的物質利用」。其中，將廢輪胎製成再生橡膠應用於各式橡膠製品被視為廢輪胎高價值化最具潛力的方法，具有減少天然資源消耗、降低碳排放以及改善人民生活環境品質效益，符合搖籃到搖籃(Cradle to Cradle, 簡稱C2C)設計理念。然而，因廢輪胎橡膠在化學解聚過程中必須添加再生劑，導致再生橡膠散發刺鼻臭味而無法大量添加於各式橡膠製品。本計畫進行廢輪胎經化學解聚製成無惡臭再生橡膠技術開發計畫期末研發成果：1.合成編號BRS-7多硫高分子再生劑經由核磁共振光譜分析確認醇化比例達36.5%。2.廢輪胎橡膠添加多硫高分子再生劑最適比例為3.0 phr，在220°Cx70RPMx20min加工條件下，再生橡膠之解交鏈程度82%、溶膠含量28.9%。3.編號DTT-25-05廢輪胎再生橡膠硫化物性檢測結果符合CNS 2230規範要求。4.編號DTT-25-05廢輪胎再生橡膠進行放大生產1公噸，經實驗驗證機械物性性能具有再現性。5.廢輪胎橡膠添加多硫高分子再生劑，檢測其硫化氫(H<sub>2</sub>S)濃度數值為0.8 ppm，相較添加市售常見使用二苯二硫醚再生劑，檢測其H<sub>2</sub>S濃度數值為3.3 ppm，顯示可有效解決再生橡膠有刺鼻惡臭之問題。6.經分析原生橡膠添加20~40%再生橡膠之物性，顯示在符合輸送帶面膠物性規格要求下，再生橡膠添加量可達35%。

### 研究動機

廢輪胎橡膠在化學解聚過程中添加再生劑是不可或缺的環節，可以提高解交鏈程度以及再生膠的品質。現行常見使用之再生劑為低分子硫化物與硫醇類之橡膠再生劑，這些再生劑含有的活潑硫在熱或機械的作用下能產生大量的硫自由基，然後與橡膠中的交鏈鍵，包括C-S鍵、S-S鍵以及多硫鍵發生硫磺取代反應而實現解交鏈。雖然此類再生劑在橡膠解交鏈領域中得到廣泛應用，然由於其在製備再生橡膠須添加較高比例之再生劑，不穩定的硫會通過硫化氫的形式從橡膠釋放出來，所以會散發刺鼻臭味，導致再生橡膠無法大量添加於各式橡膠製品為業界亟待解決之痛點。

### 研究方法

本計畫將廢輪胎製成無惡臭再生橡膠技術之創新構想如下圖所示，技術特色為設計合成與廢輪胎橡膠溶解度參數相似之無異味多硫高分子再生劑，此再生劑分子結構具有硫醇官能基，採用漢森溶解度球法(Hansen solubility spheres, 簡稱HSP)計算所合成之多硫高分子再生劑總溶解度參數(δ<sub>t</sub>)為17.9MPa<sup>0.5</sup>，廢橡膠總溶解度參數(δ<sub>t</sub>)為17.77MPa<sup>0.5</sup>，本計畫合成之多硫高分子再生劑與廢橡膠溶解度參數相似，有利於廢輪胎橡膠之硫交鏈鍵進行硫置換反應，使廢輪胎橡膠斷裂硫交鏈鍵而實現解交鏈，有別於傳統使用低分子硫化物與硫醇再生劑導致再生橡膠有刺鼻惡臭而無法大量添加於各式橡膠製品之問題，技術開發工作有兩項：1.合成無異味多硫高分子再生劑，並透過調控再生劑比例、製程溫度與解聚時間三項參數，開發符合CNS2230規範要求之無異味再生橡膠。2.探討原生橡膠添加不同比例再生橡膠之物化性評估，作為橡膠製品業者使用無異味再生橡膠之參考。

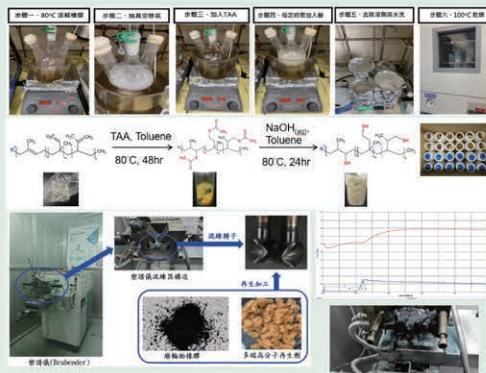


### 研究發現與預期成果

本工作項首先進行多硫高分子再生劑合成實驗，如下圖步驟一~六所示為多硫高分子再生劑合成過程畫面，其透過自由基方法製備多硫高分子再生劑化學結構示，並以批次式塑膠儀進行廢輪胎橡膠解聚再生實驗。

綜合本計畫期末研究執行成果獲得結論如下：

- 1.已完成編號BRS-7多硫高分子再生劑批次合成10公斤，BRS-7多硫高分子再生劑經由核磁共振光譜分析確認醇化比例達36.5%。
- 2.廢輪胎橡膠破碎粒徑範圍介於0.25~2.5 mm，溶膠含量6.1%、交鏈密度4.452 x 10<sup>-4</sup> mol/cm<sup>3</sup>，研究結果顯示廢輪胎橡膠添加多硫高分子再生劑最適比例為3.0 phr，解交鏈程度82%、溶膠含量28.9%。
- 3.編號DTT-25-05廢輪胎再生橡膠依據CNS 2230規範進行硫化，經測試其比重(Mg/m<sup>3</sup>):1.12、門尼黏度ML(1+4)(100°C):33.6、灰分質量(%):5%、丙酮萃取物(%):7、抗拉強度(MPa):10.7、伸長率(%):331，硫化物性符合計畫目標。



# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 推動廢玻璃容器再生料（砂） 應用於道路工程示範推廣計畫

計畫主持人 何曼哲 專案助理教授

協同主持人 林志棟 榮譽教授、陳育聖 組長、邱奕賢 博士生

執行單位 社團法人中國土木水利工程學會

### 摘要

將廢玻璃再生粒料應用於瀝青鋪面、地磚、透水磚、面磚和建材已經有相當成熟的技術和多個工程案例，但在其他更大量的公共工程中應用相對較少。這可能是因為公共工程的建設網要規範中並未明確指出可以使用廢玻璃再生粒料，使得規劃和設計單位以及工程主辦機構對此卻步。

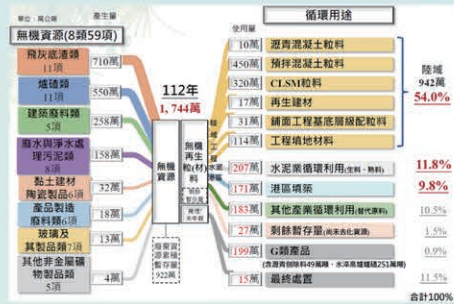
為使玻璃砂能夠安全使用於道路工程當中，本計畫將針對廢玻璃再生粒料進行物理性質與化學性質試驗，確認所使用的粒料具備良好的工程性質，且對於環境無不良影響，並尋找合適道路工程案件，為此安排與道路主管機關進行協調，如：縣市政府工務單位等單位，擇定試鋪工程之路段與相關配合事項，並建置廢玻璃使用管理平台以更有效管理玻璃砂相關案件。

### 研究動機

根據環境部資料，近十年來廢玻璃容器量皆超過20萬噸。

玻璃腐爛且單一成分可100%再利用，如何有效地再利用為一個重要的課題。

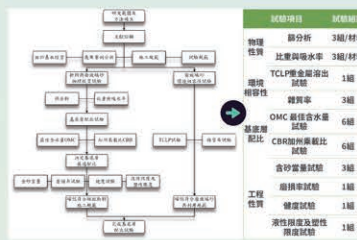
為確保玻璃砂能應用於道路，本計畫對廢玻璃再生料進行物化試驗，確認良好工程性質，且對環境無害，並安排合適工程示範地點。



### 研究方法

粒料主要可以分為三種：分別為碎石(粗粒料)、細砂(細粒料)、廢玻璃砂。

依據粒料篩分析結果，選用合適級配，並進行基層配比試驗，以訂定最適配。



### 研究發現與預期成果

選用玻璃砂為程豐環境科技所提供之粒料，該處理廠處理流程如下，粒徑可達6mm以下。



級配皆採用02726底層第三類型B級配，CBR之規範值為不得小於85%，其中玻璃砂替換細粒料達40% CBR值(G40)最佳。

後續G40級配依據02726章第三類型B級配之規定，進行工程性質試驗，成果皆符合規範要求。

級配代號	粒料種類(%)			
	玻璃砂	六分石 (2cm)	三分石 (1cm)	二分石 (0.5cm)
G0	-	15	20	40
G10	10	25	40	25
G20	20	25	-	30
G30	30	30	-	10
G40	40	30	-	30
G50	50	30	-	20

級配代號	OMC最佳含水量 (%)	最大乾密度 (kg/m³)	CBR值 (95%最大乾密度)
G0	5.8	2206	88 (>85)
G10	5.6	2142.6	103 (>85)
G20	6.3	2108	125 (>85)
G30	5.7	2073.2	134 (>85)
G40	6.2	2033.5	160 (>85)
G50	6.1	1986	50

G40 試驗項目	試驗值	規範值	是否符合規範值
含砂當量 (%)	91	≥40	符合
洛杉磯磨損率 (500轉, D級配, %)	31	≤50	符合
韌度 (硫酸鎂, %)	1.66	≤12	符合

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 廢液晶材料循環再製建築用液晶智慧調光窗產品應用驗證

計畫主持人 許志忠、陳雅亭、鄭雅莉



執行單位 群創光電股份有限公司

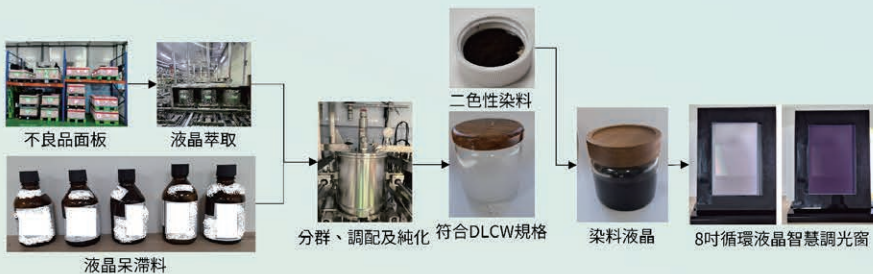
### 摘要

本計畫的目標是開發創新技術，將無法再利用的廢液晶轉化為建築用智慧調光窗產品。將廠內報廢液晶及不良面板液晶經萃取、分群及調配，成功調配出符合智慧調光窗物性規格的液晶。並添加二色性染料並進行調和，利用純化技術提高液晶純度至智慧調光窗標準。最後利用廠內小型實驗線製作產品完成技術驗證。確認該技術可將廢液晶材料循環再製成智慧調光窗產品，實現資源高值循環利用的目標。

### 研究動機

群創光電每年消耗約85噸液晶材料，其中95%成功轉化為產品，約2%因製程損耗而無法利用，3%因製程問題成為不良面板。由於廠內使用的液晶種類繁多且隨著產品特性不斷提升，部分廢液晶無法回到原製程使用，形成呆滯料。面板尺寸多樣化也增加了不良品液晶萃取的分類和收集成本，使得這些材料無法再次利用，只能焚化處理，將導致環境污染。

### 研究方法



### 研究發現與預期成果

智慧調光窗光學驗證		DLCW by Cyclic Liquid Crystal			
Test Equipment	Ref1	38.9			
	Ref2	73.1			
	V10	1.8			
	V50	3.0			
	V90	6.0			
	V90-V10	4.2			
智慧調光窗電學特性驗證					
Test Equipment	High-Temperature Test	Low-Temperature Test	High-Temperature And High Humidity Storage Test	High-Temperature And High Humidity Operating Test	UV Resistance Test
Test Condition	95°C	-40°C	85°C - 85%RH	85°C - 85%RH	43000 KW/m <sup>2</sup>
Test Time	500 hr	1000 hr	1000 hr	1000 hr	1 hr
Test Quantity	5	5	5	5	5
Test Result	All pass	All pass	All pass	All pass	All pass
(1) Appearance inspection	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
(2) Function test	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
(3) Power Consumption	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

### 未來應用與發展

本工作團隊完成廢液晶材料循環再製建築用智慧調光窗產品應用驗證，使廠內廢棄液晶材料可以高值化創循環利用，除了可有效減少其衍生之污染問題，更可從中獲取頗高之經濟效益。

未來將規劃利用本公司產線製作適量之建築用循環液晶智慧調光窗，以政府機關或公立展示館作為驗證之場域，將製成之產品安裝於選定場址，不但可以進行場域驗證，同時可以讓社會大眾更容易了解此計畫之應用價值及效益。



DLCW展示屋貨品

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 廢鋰電池正極材料創新資源化技術開發

計畫主持人 黃詩峯

執行單位 東睿材料股份有限公司 東睿材料

### 摘要

本計畫整合濕式冶金技術與雙極膜電滲析(BMED)技術，藉以有效分離及純化回收廢二次鋰離子電池黑粉中的有價金屬(銅、鈷、鎳及鋰等)。其執行方式係先進行黑粉之酸浸溶出，在磷酸鋰鐵(LFP)黑粉或者是鋰三元(NCM)黑粉皆高於99%溶解率後，進一步應用選擇性離子交換樹脂，於低pH環境下，分別將銅金屬的回收率提高至95%以上、鈷與鎳的回收率提高至97%以上；另外，本計畫也藉由BMED技術的使用，成功地將硫酸鋰轉化為3.57 wt% (1.495 M)的氫氧化鋰(LiOH)，並達成92.4%鋰的回收成果。

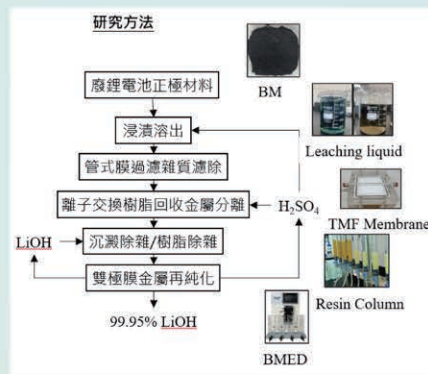
相較於國內過往同性質之廢鋰離子電池正極材料回收技術多以鈷、鎳等金屬的研究技術為主，本計畫結合雙極膜電滲析技術，將過往較少探討的鋰金屬做有效回收，並提升至可商轉、具回收經濟效益的整合性技術，使廢鋰離子電池正極材料資源回收成效更具前景。

### 研究動機

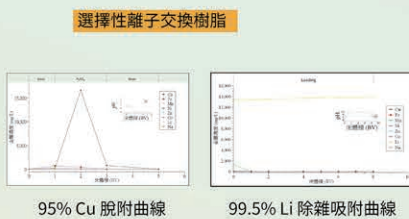
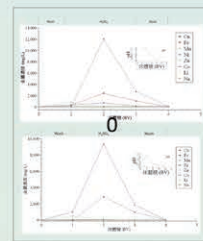
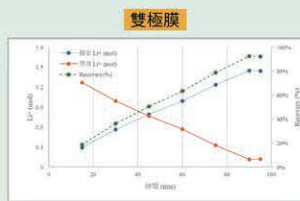
電池產品的發展與應用已有很長的歷史，日常生活與產業應用上，已相當普遍。由於鋰離子電池能量密度高、工作電壓高、循環使用壽命長、無記憶效應等特性與優勢，目前除已廣泛應用在3C產品、智慧型手機、可攜式平板電腦以及筆記型電腦等消費性電子產品，作為主要能源供應單元外，近年來，更隨著儲能系統以及電動工具、電動機車、電動汽車等領域應用的快速發展，鋰離子電池的使用已成為相關應用技術的核心材料，但在大量使用下，將來廢鋰離子電池數量勢必相當龐大，故廢鋰離子電池回收再利用技術的發展，已成現階段必須積極推動的重點工作。

目前國內的廢鋰離子電池正極材料回收研究，大多針對單一金屬離子，特別是具較高經濟效益的鈷、鎳金屬回收技術，關於鋰金屬回收的探討則較欠缺。為填補廢鋰離子電池回收技術的最後一張拼圖，本計畫期望能開發出同時針對銅、鋰、鈷、鎳進行資源化回收的整合性技術，並能有利於後續資源化技術商業化實現和產業發展。也期望藉由本研究計畫的測試成果，蒐集基本資訊或操作參數，作為後續投產的經濟效益分析評估的參考。

### 研究方法



### 研究發現與預期成果



#### XRF 對照表

元素	Wt%	ICP-AES 分析值	ICP-AES 回收率	元素	Wt%	ICP-AES 分析值	ICP-AES 回收率
Li	1.495	1.495	100%	Co	0.015	0.015	100%
Fe	0.015	0.015	100%	Ni	0.015	0.015	100%
Cr	0.015	0.015	100%	Cu	0.015	0.015	100%
Zn	0.015	0.015	100%	Na	0.015	0.015	100%

#### BPED Li 回收工作曲線表

物料	時間(min)	Li (mmol)		Recovery(%)
		原液	1.566	
驗室	15	0.295	18.82	
	30	0.568	36.27	
	45	0.795	50.74	
	60	0.996	63.58	
	75	1.237	78.97	
	90	1.451	92.63	
	95	1.447	92.40	

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 鋰電池資源循環回收技術

計畫主持人 張琪詠

執行單位 可寧衛股份有限公司 

### 摘要

本計畫旨在開創鋰電池回收領域的新市場需求，並發展一種成本低且製程簡化的濕法回收技術，以進一步降低公司進入鋰電池回收產業的門檻，為實現這一目標，我們特別針對當前市場上占有率最高、也是電動車主流使用的鋰鎳鈷錳(NCM)電池進行技術研發，力求創造出高效的鋰鎳鈷錳(NCM)電池回收技術，相較於傳統實驗室常見的油相萃取分離方法，我們特意選擇開發全水相的濕法冶金技術。這不僅可以降低回收成本，更有利於將所有製程推進連續化的商業製程，使其更適合大規模應用，並在此製程中達到各單一金屬氧化物的純度在90%以上，確保回收的材料質量滿足高標準。

### 研究動機

鋰離子電池因其高能量密度和長壽命等特性，成為電動車等產業的核心儲能技術，隨著使用量快速增加，報廢電池的環境污染及資源浪費問題也日益嚴重。鋰電池中包含鈷、鎳、鋁等有價金屬，這些戰略資源多數依賴進口，且易受地緣政治影響，對資源供應穩定性構成挑戰。因此，開發鋰電池回收技術已成為全球趨勢，各國如歐盟和中國已制定法規，要求回收和再利用鋰電池。然而，台灣電動車產業尚處初期，技術和法規體系不成熟，難以直接套用國外技術。本研究旨在開發符合台灣需求的鋰電池回收技術，實現高效、環保的資源再利用，並推動相關法規完善，以促進產業的可持續發展，為國內外提供可行的解決方案。

### 研究方法

#### 一、前處理階段

在電池回收過程中，首先將放電後的電池鑽孔以便電解液體蒸發，以及避免正負極碰觸可能引發的火花。電池隨後被置入碳化爐，在500°C高溫氣氛與焦炭進行真空碳化，分解為銅、鋁、黑粉等組成。產生的氣體被送入二次爐燃燒並通過空氣污染系統處理，去除有害物質。完成碳化並冷卻後，電池進行切割和精密分選，將銅、鋁及含貴金屬黑粉等材料分離，以便後續回收利用。

#### 二、回收階段

全水相濕法回收技術是一種針對鋰鎳鈷錳電池的創新回收方法，相較傳統濕法和火法冶金，該技術能有效回收鈷、鎳、錳、鋁及陽極粉末等有價金屬，且純度可達90%以上。此技術整合沉澱方法，有效解決高純度分離鈷、鎳和錳等金屬的回收難題。實驗過程中，電池廢料經破碎和篩分處理後，使用SEM-EDS和ICP-OES分析成分，辨識出其中的雜質元素如銅、鉛、鎘等，並透過適當的沉澱劑及氫氧化鈉調整溶液pH值至6以分離雜質。此製程中，使用硫酸酸浸液配合雙氧水，增強金屬離子浸出效果，並經多次離心過濾和殘留物二次浸出，以確保資源充分回收。最終，所有回收金屬氧化物均經過ICP-OES和SEM-EDS檢測，確認純度達90%以上，並交由下游廠商進一步精煉和利用，推動循環經濟實踐。該回收流程未來可進一步實現自動化、連續化，從而提升產業應用的可能性，並減少對環境的負擔，使鋰電池回收技術符合永續發展的需求。

### 研究發現與預期成果

#### 一、濕法冶金回收製程研究及優化

濕法冶金回收鋰電池的核心技術包括金屬離子的選擇性溶出、酸浸及沉澱等過程。實驗設計以軟體模擬不同金屬離子的沉澱條件，並通過控制溶液pH及溫度來達到高效回收。以硫酸及雙氧水作為浸出劑，可有效溶解鋁、鎳、鈷、錳、鐵、鉛等金屬，接著逐步調整溶液的pH和使用特定沉澱劑，依序沉澱出磷酸鐵、氫氧化鋁、二氧化錳、氧化鈷、氫氧化鎳和碳酸鋁等金屬化合物。考慮到成本與商業化可能性，實驗選用沉澱法代替油相萃取以分離各種金屬。

#### 二、建立連續化設備回收製程

架構為實現規模化自動回收，設備設計包含進料槽、反應槽、電子監控系統和化學品儲存單元。進料槽容量達50公升，並可加熱以調控酸浸溫度；反應槽系統進行多步驟金屬沉澱反應，六個反應槽互相串連，實現連續回收。電子監控面板可遠程控制及監測各槽反應，並記錄溶液pH變化，以維持反應穩定性。每個反應槽內的pH電極能實時監測溶液pH，並藉由蠕動幫浦精確添加酸或鹼，確保目標pH範圍。

#### 三、單一反應槽架設

單一反應槽由耐酸鹼的鐵氟龍製成，具備攪拌器、pH電極及濾袋，確保反應均勻且便於沉澱物分離。反應完成後，液體經濾袋進入下一槽繼續處理。蠕動幫浦精確控制沉澱劑和化學品的添加量，達到穩定的回收效果。

#### 四、連續式濕法冶金鋰電池回收可行性測試

以連續式設備處理鋰電池廢料，透過濕法冶金技術提高有價金屬氧化物純度。首先，將沉澱物清洗乾燥，並以硝酸或鹽酸溶解後稀釋過濾進行分析。先前遇到鈷、鎳純度偏低的問題，因此回到模擬料優化沉澱劑量、溫度等參數，提升產物純度至90%以上，再應用於連續式設備。由於鋰電池廢料含有石墨和其他雜質，影響酸溶後金屬離子濃度，故在設備中採用更高濃度酸鹼，以提高反應效率並確保產物純度。經改良後，每項金屬純度均達90%以上。

	鋁	鈷	鎳	錳	鐵	鎘	銅	鎘	鎘	鎘	鎘	純度	回收率
磷酸鐵	2.16	2.66	0.50	60.96	0.00	1.33	0.17	31.56	0.50	0.17	92.52	93.34	
氧化錳	1.37	5.55	0.48	1.93	0.00	90.55	0.48	0.00	x	x	90.35	97.62	
氧化鈷	0.68	95.63	0.27	0.00	0.00	2.74	0.27	0.00	x	x	95.63	96.14	
氫氧化鎳	1.95	2.27	0.12	0.25	0.00	0.98	93.62	0.00	x	x	93.62	96.48	
碳酸鋁	5.48	0.13	0.38	0.63	91.59	0.17	0.25	0.00	x	x	92.89	93.90	

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 汰換動力電池導入碳中和農園與輕型農用機 循環回收再利用可行性評估

計畫主持人 施武陽、塗喬茵、張如慧

執行單位 國立中興大學生物產業機電工程學系



### 摘要

本研究探討農業機械與儲能系統的創新技術，聚焦於汰換動力電池的再利用。本研究重點在於延長電池壽命及提高電能利用效率，促進電動農機技術發展，實現資源有效利用和環境保護。本計畫亮點包含兩部份，第一部分為混合儲能系統測試與驗證，第二部分為應用適應性控制演算法估測電池循環壽命及安全參數，並將此技術整合進電池管理系統(BMS)，實現針對汰換電池的即時監測與高效率管理。

113年度已驗證汰換電池用於維幕型農園儲能系統之可行性，114年度起通過混合儲能系統的技術研發與農機應用，實現汰換電池與超級電容之間的切換控制策略，藉由量測農機設備的電能需求調整汰換電池與超級電容負擔比例，縮短放電深度，延長汰換電池壽命。

### 混合儲能系統 適應性控制演算法

結合超級電容器和回收電池以優化性能  
實時監測和管理電池壽命的演算法



農業應用 專用於在大規模農業中使用汰換電池  
專利申請 針對開發技術的知識產權

### 研究動機

隨著未來淘汰動力電池數量的增加，預估2030年國內廢棄電池將超過9,000公噸。這些淘汰的動力電池具備高能量密度、優良的循環壽命及充放電效率，仍可應用於農業移動載具或農業設施中，並進一步降低農民負擔和增加廢電池的附加價值。將汰換電池篩選整合至儲能系統，不僅提升電池的附加價值，還可有效利用光電資源，助力永續能源的發展。透過自行開發汰換電池管理系統，實現即時壽命估測與安全監測，結合環境監測與高壓安全技術，藉以提高汰換電池在農業應用中的可靠性與效能，從而開拓農業電池再再利用的潛在市場。

### 研究方法

本研究於農場建立儲能系統(如下圖一)搭配10kWh磷酸鋰鐵電池作為汰換動力電池比較之基準，藉由遠端蒐集場域發電功率、用電功率、電網供給功率等參數進行數據分析。



圖一、儲能系統架構

電池汰換後需要先針對各電池進行20A與40A充放電測試，篩選內阻或熱阻過高之電池組。整合電池與量整場域用電資訊後，分別進行模擬與實際充放電測試，參考相關測試數據制訂參數，並整合進BMS進行實務運用測試。



圖二、汰換電池效能測試架構

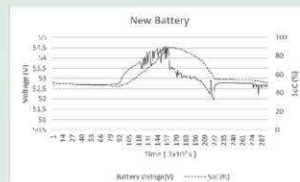
### 研究發現與預期成果

根據文獻(Zia et al., 2019)指出，放電深度所致使的內部化學與物理變化累積損傷會加劇電池老化，最終縮短循環壽命。根據現場數據，每日平均放電深度約為24.39%，帶入下式後可得出電池循環壽命為22.41年，相較於汰換前在五年內以70%放電深度放電，壽命延長4倍。

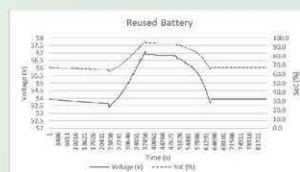
$$y = 0.8036 * (24.39)^2 - 188.93 * (24.39) + 12400$$

$$y \approx 8179 \text{ cycles}$$

為確保汰換電池在現場儲能設施可保持穩定的效率，將現場用電數據(如電池充電量、電池放電量等)進行整理，而後透過充放電平台做實際充放電測試。根據測試數據(圖三與圖四)，汰換電池的最低SoC為62.53%，顯示其在充放電模式下的運行穩定性。結果表明，汰換電池能夠適應溫室系統中的電力實際充放電模式，進一步驗證了汰換電池在農業溫室的再利用潛力。



圖三、對照組電池 SoC 變化趨勢



圖四、汰換電池 SoC 變化趨勢

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 汰役鋰離子與鎳氫電池在地回收技術開發與產業化發展

計畫主持人 黎宇岑、林育秀、王姿惠、陳兆衡、陳洵毅

執行單位 國立臺灣大學

### 摘要

隨著電動車與油電混合車市占率提升，大量汰役的鋰離子和鎳氫電池成為新廢棄物來源。這些電池富含稀有成分，若能有效回收，不僅減少環境衝擊，也可減少臺灣對進口原料的依賴。然而，臺灣電池回收技術尚處萌芽期，有待產、官、學界共同投入。本計畫針對鋰離子與鎳氫電池開發高值回收技術，進行廢電池生命週期評估及分析車用電池回收產業。結果簡述如下：(1) 鋰離子及鎳氫電池黑粉可依本研究開發流程實現低損失及高回收率；(2) 稀土元素回收純度可達逾九成；(3) 初步驗證以回收材料再製鎳鈷三元電極的可行性；(4) 初步驗證以回收材料再製醋酸鎳觸媒的可行性；(5) 濕法冶金回收汰役電池較火法產生較小的環境衝擊；(6) 鎳氫電池對人類健康及生態系統的影響較鋰離子電池小；(7) 汰役車用電池回收產業面臨原料取得不易及技術門檻高的瓶頸。

### 研究動機

廢鎳氫和鋰離子電池中富含稀有金屬，有效回收不僅有助於環保，還可提供再生材料，支持新電池及高附加值產品的生產。然臺灣電池回收技術尚處萌芽期，故本研究旨在開發具經濟效益的鋰離子和廢鎳氫電池的直接回收技術，以提升回收產物的價值。計劃亦進行汰役電池生命週期評估及車用電池回收產業分析，以促進臺灣電池回收技術開發與產業發展。

### 研究方法



圖1. 廢鎳氫電池回收再製三元電極流程。

(二) 廢鋰電池回收  
經放電拆解後收集黑粉，經圖2流程沉澱碳酸鎳與碳酸鈷，再製成醋酸鹽類的氧化觸媒供後續應用。

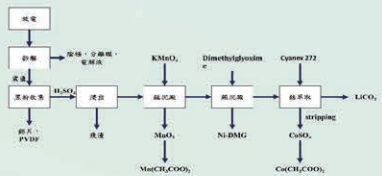


圖2. 廢鋰離子電池回收再製氧化觸媒流程。

(三) 生命週期評估  
利用軟體SimaPro，結合資料庫ecoinvent探討廢棄鋰電池與鎳氫電池廢棄階段對環境造成之損害，計算方式採用 ReCiPe 2016 Endpoint (E)、(H)與IPCC 2021 GWP 100 (AR6)。

(四) 產業化分析  
以「臺灣汰役車用電池回收產業」作為主題，採用五力分析與 PESTEL分析進行進入該產業前之評估。

### 研究發現與預期成果

(一) 廢鎳氫電池回收  
2M硫酸對酸浸金屬回收效率最佳。優化參數後可達99.98%的稀土元素去除率，並達沉澱純度92.45%。鎳鈷錳共沉澱的優化成功沉澱出100% Ni及 99.9% Co，如圖3。回收再製鎳鈷錳材料純度達99.80%。XRD驗證回收再製和藥品合成的材料吻合，如圖4。

(二) 廢鋰電池回收  
還原劑可增加金屬浸出濃度 (圖5)  
成功沉澱出碳酸鎳與醋酸鎳 (圖6)

Black mass input 100g					第一次浸出液				
元素	Ni	Co	La	Ce	元素	Ni	Co	La	Ce
重量	69.2	3.67	22.4	4.75	重量	52.6	3.35	20.4	4.75
比剩(%)	100	100	100	100	比剩(%)	76.0	91.2	91.2	97.1

第三次浸出液					第二次浸出液				
元素	Ni	Co	La	Ce	元素	Ni	Co	La	Ce
重量	ND	0.014	0.005	0.0004	重量	52.6	3.35	0.005	0.0008
比剩(%)	0	0.38	0.02	0.03	比剩(%)	76.0	91.2	0.02	0.03

ND: Not detected

圖3. 廢鎳氫電池回收流程的元素含量

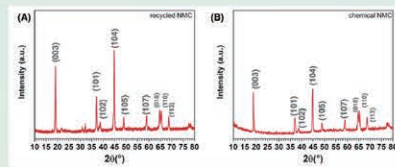


圖4. LiNMC從(A)回收再製;(B)新化學品

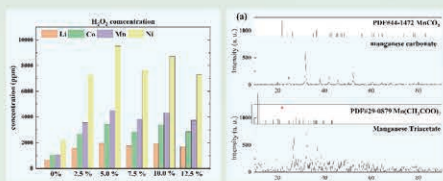


圖5. 不同H2O2濃度的浸出含量 圖6. 回收再製碳酸鎳與醋酸鎳XRD

(三) 生命週期評估  
不論計算方式採用Endpoint (E)或(H)，在人體健康與生態系統中，濕法之損害小於火法，鎳氫電池之損害小於鋰電池；資源使用之損害在採用(E)時，由小至大為：濕法處理鋰電池、火法處理鎳氫電池、火法處理鋰電池，但採用(H)時，濕法小於火法，鋰電池小於鎳氫電池。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 水熱法輔助液液分離法從廢鋰離子電池 回收黑粉中分離回收有價金屬與石墨

計畫主持人 王立邦、曾步青、陳彥彰、陳彥甫

執行單位 國立臺北科技大學 環境工程與管理研究所

### 摘要

廢鋰離子電池經放電、機械破碎、選別處理後，獲得含有有價金屬的正極材料與含有石墨的負極材料的黑粉。本計畫提出一環境友善的方法，從黑粉中直接分離回收有價金屬與石墨。首先利用水熱法於相對低溫下去除黑粉中之殘餘有機黏合劑，再利用液液分離法直接分離黑粉中之有價金屬粉及石墨粉。計畫執行結果顯示，水熱法處理之最佳條件為介質為去離子水、水熱溫度220°C、水熱停留時間1 hrs、水熱液固比5 mL/g；液液分離法分離之最佳條件為水熱法處理後之黑粉1 g、水相液固比80 mL/g、pH 9、煤油添加量15 mL。黑粉經前述方法條件處理後，水相回收物之金屬粉品位由原來的64.59%提高至88.43%、回收率為96.59%，分離效率85.42%；油相回收物之石墨粉品位由原來的35.41%提高至92.53%、回收率為76.96%，分離效率71.21%。

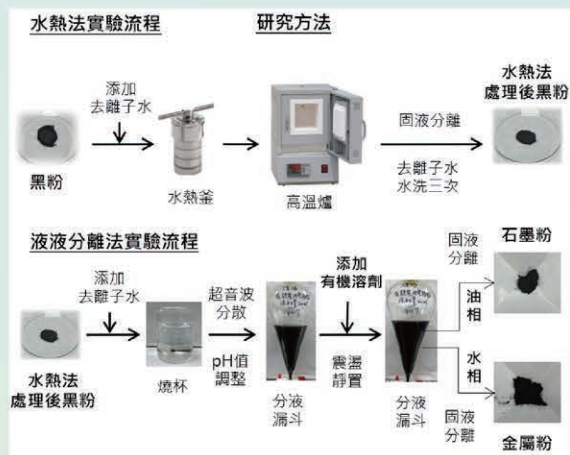
### 研究動機

廢鋰離子電池經放電處理後，進行機械破碎，再分別使用磁力選別分離鐵、渦電流選別分離鋁、重力選別分離塑膠等後，獲得含有鋰、鈷、鎳、錳等有價金屬的正極材料與含有石墨的負極材料的黑色粉體混合物之電極粉，俗稱黑粉。

目前常利用冶金技術回收黑粉中的有價金屬。若能在進行冶金處理前，針對黑粉中的有價金屬與石墨進行分離，提升黑粉中有價金屬之品位，將可降低後續冶金處理程序之處理量，進而降低藥劑使用量，並減少冶煉殘渣或廢水產生量，進而降低回收處理成本及過程之碳足跡。

本計畫提出一環境友善的方法，從黑粉中直接分離回收有價金屬與石墨。首先利用水熱法於相對低溫下去除黑粉中之殘餘有機黏合劑，再利用液液分離法直接分離黑粉中之有價金屬粉及石墨粉。

### 研究方法



### 研究發現與預期成果

- 1 液液分離法實驗條件：原始或水熱處理黑粉1 g、水相液固比80mL/g、煤油添加量 20mL、pH 7
- 2 水熱處理最佳條件：介質DI水、水熱溫度220°C、水熱停留時間1hrs、水熱液固比5mL/g
- 3 液液分離最佳條件：水熱處理黑粉1 g、水相液固比80mL/g、煤油添加量 15mL、pH 9

預期成果：本方法利用環境友善方式去除有機黏合劑，並分離純化黑粉中之金屬粉及石墨粉，可有效降低後續有價金屬冶金處理程序之處理量，進而減少處理成本、廢液產生量及碳足跡，以符合經濟效益及環境友善方式達成廢鋰離子電池之資源循環。

黑粉樣品分析結果 金屬粉 64.59 wt.%；石墨粉 35.41 wt.%  
(金屬元素含量ICP分析結果)

元素	Co	Ni	Mn	Li	Al	Cu	C
含量(wt.%)	13.21	12.31	11.01	4.11	1.71	1.08	35.41

(石墨粉含量為860°C、3小時熱處理前後之重量差)

液液分離實驗結果比較

	水相回收金屬粉			油相回收石墨粉		
	品位 (%)	回收率 (%)	分離效率 (%)	品位 (%)	回收率 (%)	分離效率 (%)
未水熱處理 <sup>1</sup>	63.60	51.77	32.93	34.31	45.95	15.76
水熱處理 <sup>1,2</sup> 最佳條件	89.24	62.66	55.91	55.86	86.22	48.17
水熱處理 <sup>2,3</sup> 液液分離最佳條件	88.43	96.59	85.42	92.53	76.96	71.21

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 發展廢照明光源資源循環利用技術與循環產業鏈體系

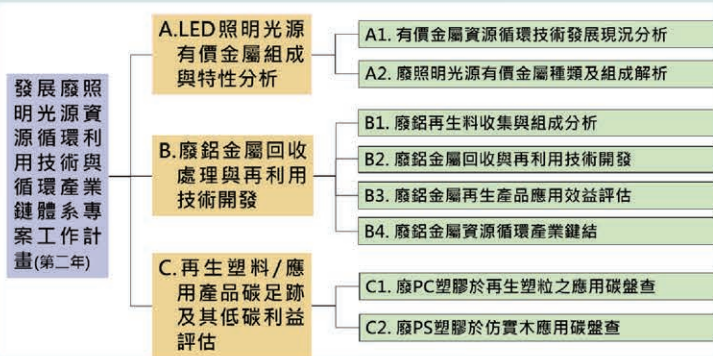
計畫主持人 魏碧玉、孔祥丞、關銘宏、陳俊沐

執行單位 財團法人工業技術研究院

### 摘要

LED照明光源相對於傳統照明更為環保省電，近年來其使用量正逐年增長。LED照明光源廢棄數量亦逐步上升中。淨零碳排國際趨勢下，開發適當之回收處理策略與資源循環再利用技術，已是刻不容緩之永續目標。自民國107年起我國已開始回收處理LED廢照明光源。然而，處理廠目前回收之再生料，例如廢鋁，仍會混雜多種塑膠材質及雜質，因此後端不易高值再利用。同時，國內目前在LED照明光源資源數據資訊、資源循環再利用技術及循環產業鏈體系的建置等，仍不完善。為了解決以上問題，本計畫遂進行LED廢照明光源資源循環利用技術與循環產業鏈體系的開發工作。期望藉由本研究計畫，能提升國內LED照明光源廢鋁之再利用管道的多元性及其應用價值；協助國內LED照明光源回收產業建立新的循環價值鏈，提高產業競爭力和資源的永續發展。

### 研究方法



### 研究發現與預期成果

一、完成LED照明光源有價金屬資源循環-國內外技術發展現況分析，以及資源組成分析數據資料建立1式(採樣產品包含：已公告列管LED廢照明光源，以及一體成型式LED廢照明燈具等)。

二、建立LED廢照明光源廢鋁再生料再利用技術開發計2式(包含：熔解回收法再生鋁錠製、廢鋁產氫之製備，以及性能測試等)；並完成所開發之廢鋁再生產品(包含：再生鋁錠、氫氣及氫氧化鋁沉澱產物)的應用效益分析。

三、鏈結LED廢照明光源廢鋁資源循環產業鏈相關業者4家(包含：照明回收處理業、回收鋁再利用/加工廠及應用端等)，簽訂合作意向書，並已進行技術交流推廣與實場試驗。

四、完成LED廢照明光源再生PC塑粒及廢PS塑膠於仿實木應用，產品的碳足跡計算及其低碳利益評估，計2式；新增2項國內公告應回收廢棄物之再生料所製成材料的製程碳足跡及其低碳數據。

**A. 再生鋁錠試製(熔解回收法)**

LED照明光源再生PC塑膠

LED照明光源再生PS仿實木

**B. 氫氣生成(廢水電解法)**

反應過程：  
 $2Al + 4H_2O + 2NaOH \rightarrow 2NaAl(OH)_4 + 3H_2$   
 $NaAl(OH)_4 \rightarrow NaOH + Al(OH)_3$   
 $2Al + 4H_2O + 2NaOH \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2$

產氫試驗結果顯示：  
 在無外加能源下，鋁水反應可生成氫氣，製程之碳排放量趨近於零。小量批次產氫與發電試驗結果顯示，產製的氫氣可即產即用。除了氫氣外，另一沉澱反應產物為氫氧化鋁(α-Al(OH)<sub>3</sub>)，具不規則片狀、粒徑<5 μm、純度96.1%、PH值9.5。若實際商品化，推估每公斤廢鋁約具213元之氫氧化鋁產出價值。

**再生PC塑膠與以原液成材之碳足跡數值比較**

再生料	以原液成材之碳足跡		再生料製成之碳足跡		再生料製成之碳足跡	
	單位	數值	單位	數值	單位	數值
再生PC	kg CO <sub>2</sub> e/kg	5.22*	kg CO <sub>2</sub> e/kg	0.893	kg CO <sub>2</sub> e/kg	0.86
原液PC	kg CO <sub>2</sub> e/kg	6.03	kg CO <sub>2</sub> e/kg	0.88	kg CO <sub>2</sub> e/kg	0.61
原液PC	kg CO <sub>2</sub> e/kg	6.03	kg CO <sub>2</sub> e/kg	0.88	kg CO <sub>2</sub> e/kg	0.61

\*數據來源：財團法人工業技術研究院，2022。資料來源：財團法人工業技術研究院。

**再生PS仿實木與其他材料之碳足跡數值比較**

產品	PVC材料	再生PS仿實木	再生PS仿實木材料原型的低碳利益
碳足跡	2.37*	1.60	2.5

\*數據來源：財團法人工業技術研究院，2022。資料來源：財團法人工業技術研究院。

### 結論

- 本計畫盤點LED照明光源資源循環技術，並建立資源特性數據資料，可供國內相關技術開發者參考。
- 本計畫進行LED廢照明光源資源循環利用技術與循環產業鏈體系之開發，在加強串聯相關業者與進行實場應用驗證下，具提升國內業者資源循環技術能力及產品應用之可行性。
- LED廢照明光源再生PC塑粒之碳足跡與新料相較，每公斤可減少約4.61公噸之碳排放量；LED廢照明光源再生PS仿實木板材具32.5%減碳效益。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 發展廢鋰電池高值循環技術 與打造國內自主循環產業鏈體系(第二年)

計畫主持人 林欣蓉、謝少棟、吳奎堯、王依仁、李佳慧、關銘宏

執行單位 財團法人工業技術研究院 工業技術研究院  
Industrial Technology Research Institute

### 摘要

隨著儲能與電動車市場發展，磷酸鋰鐵(LFP，簡稱鋰鐵)電池佔全球動力鋰離子電池市場的60%以上。然而，早期鋰電池正逐漸接近其壽命末期，面臨大量報廢電池處理問題。與此同時，綠能產業的發展推動電池循環產業的價值和 demand。本研究的目標是開發用於廢棄鋰電池的高值循環技術。透過製程可有效降低雜質，利用低溫水相補鋰搭配快速燒結修復損壞的正極結構，並進行相關的電化學測試與材料分析。旨在連接高值循環和利用國內廢棄鋰電池資源，推廣低碳、高價值和循環的概念，加速國內獨立循環產業鏈的發展。

### 研究動機

鋰鐵正極基於性價比、高穩定與長壽命優勢，近幾年高速穩定成長，自2015年全球電池廠一年生產平均10萬噸鋰鐵正極材料，面臨大量廢棄鋰電池退役潮，亟需擬定具有經濟效益之循環再利用策略。

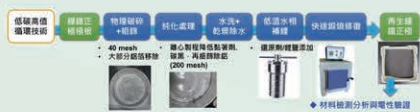


▲2020-2026年正極材料需求量趨勢預測

資料來源：工研院產科國際所

### 研究方法

針對廢鋰電池正極材料開發循環高值技術，再以材料分析與半電池進行驗證。透過低溫水相補鋰同時修復正極材料結構，可大幅縮短高溫熱處理所需時間(利於減碳)，再生料目標回用率>95%。



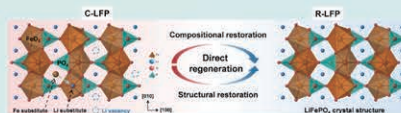
依據廢鋰電池辨識測試驗證系統，提升辨識系統功能及擴充分選資料庫，預期透過電池辨識模組之建立，減少再生料雜質比率，增加經濟價值，提高直接回用率。



### 研究發現與預期成果

將透過低值高值循環技術所獲得之再生料(Regen)進行材料分析(XRD、EDS)與半電池測試，未經處理之回收料(Recycle)以及新品(Fresh)作為對照組。

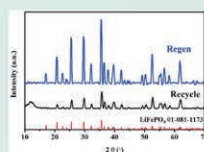
XRD和EDS結果，回收料結晶度低，鋁雜質含量高；高值化後，再生料結晶度高，雜質含量低。



▲鋰鐵電池失效機制，C-LFP為充放電循環過後的鋰鐵正極，R-LFP為再生後的鋰鐵正極

### EDS元素分析

元素	At. %	
	Recycle	Regen
Al	0.88	<0.1
P	50.82	52.92
Fe	48.80	47.08



▲XRD結構分析



開發高值循環技術-聚焦研發磷酸鋰鐵電池之低碳循環技術，經由純化處理可大幅降低碳、鋁等雜質，再透過正極材料結構修復，可有效提升再生料之克電容量，並符合商業規格標準

掌握再生料品質與規格-透過智慧分選機制，有助於提高電池種類識別和分揀效率，為大規模廢棄做好準備，促進再生料高值化。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 發展資源循環業低碳製程及認證技術計畫（第二年）

計畫主持人 陳范倫<sup>1</sup>、許震洋<sup>1</sup>、歐明軒<sup>1</sup>、翁文穎<sup>2</sup>、謝懷廣<sup>2</sup>

執行單位 1財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所、2環境部資源循環署

### 摘要

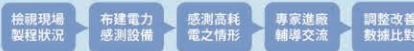
響應國家2050淨零路徑，能源、製造、運輸、住商、農業及環境等六大部門共同承擔碳排減量責任，資源循環業亦不落人後。我國主要排放源來自燃料燃燒電力消費，故各部門電力消費減量係最大之節能減碳效益。「發展資源循環業低碳製程及認證技術計畫（第二年）」以下簡稱本計畫，以112年度出廠物料數量及廠商家數等條件，篩選相對碳排高之產業。透過推廣說明會選定4類應回收廢棄物處理業及2個公民營處理機構，共5家資源循環業，執行「應用電力感測技術輔助資源循環業節能減碳」示範案例擴散。透過電力感測器應用分析科學數據，認證行為及設備改善帶來減碳效益。電力感測器帶給廠商執行3項作為「行為改善執行減碳」「推動低碳設備」「發現異常操作」達節能減碳與提升設備安全穩定性。

### 研究動機

國家發展委員會訂定於2025年較基準年減量10%、2030年達到減量20%。資源循環業雖非傳統製造業，但對於循環經濟及再生產品應用貢獻極大。其在運輸收集、前處理篩選、中間製程加工及再利用製造中，有直接及間接溫室氣體排放（如外部電力等...）。資源循環業多為中小企業，碳分析及管理能力有限，本計畫「應用電力感測技術」輔助資源循環業導入自動化、智慧化、低碳化的節能減碳示範案例，提升業者減碳能力。

### 研究方法

#### 執行方法



#### 非嵌入式電力感測

##### 1.技術特點：

- (1)免停機、免斷電、非侵略、無導電危險，半天裝設完成。
- (2)非接觸式感測降低觸電風險及停機施工成本。
- (3)簡易快速執行設備的能源耗用檢查。



圖1 電力感測設備

##### 2.技術說明：

- (1)在三相交流電中（R相、S相、T相）。由於需要3個相位才能計算總耗電，故每台設備需安裝3組感測器。
- (2)傳輸方式為RS485接線連結簡易型能源閘道器，並以無線（WiFi）通訊方式傳輸數據。
- (3)每分鐘傳輸1筆數據，內容含時間、電壓、電流、功率、電度。

### 研究發現與預期成果

#### 項目選定

1.廢塑膠容器 2.廢機動車輛 3.廢鐵容器 4.廢乾電池 5.有機溶劑物理處理機構

圖2 電力感測布建示意圖



#### 數據分析

1.行為改善執行節能減碳：抓住耗能的時段及耗能行為，關閉機器或調整操作行為，進而達到節能減碳

- 人員休息落實設備關機（破碎機、粉碎機、冰水機、渦電流）以某廢塑膠處理業為例：破碎機、粉碎機共4台，中午及傍晚
  - 人員休息同步關機60分鐘。每年節電20.8萬度，減碳103.4公噸CO<sub>2</sub>e。省電70萬。174kWx4台x3.38元/度-小時x1小時x25天x12個月=705,744元。比較2023年該廠廠碳排放量2,402公噸CO<sub>2</sub>e，減碳4.3%。

計算假設每日工作12小時，每月工作25日，每度電0.495公斤CO<sub>2</sub>e，每度電3.38元

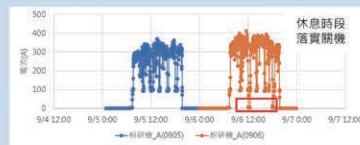


圖3 人員休息落實設備關機電力感測比較

2.推動低碳設備：找出主要耗能設備，提供更換設備的科學數據驗證

- 更換資源（冰水機調整為冷卻水降溫）
  - 以溶劑物理處理業為例：輔導案例改用冷卻水降溫每日節省870kWh，每年節省870kWx3.38元/度-小時x1小時x25天x12個月=882,180元。每年減少碳排放129.2公噸CO<sub>2</sub>e。
- 更換設備（更換一級能效壓縮機）
  - 壓縮機年代老舊運作超過15年。改善前每日耗電量約76 kWh。經建議更換每日耗電量降至32kWh。每年減少碳排放44kWhx0.495公斤CO<sub>2</sub>e/每度x25天/每月x12個月=6.5公噸CO<sub>2</sub>e。

3.發現異常操作：電力感測設備，提供環安人員隨時瞭解用電情形，維持設備穩定性及安全性。以廢機動車輛及廢鐵容器處理為例，本計畫透過電力感測協助廠商發覺設備馬達接線錯誤、電流設定未達標準、製程操作異常，提前示警避免設備損壞。

#### 應用成果

建立示範案例分析排碳熱點（點），同材質推廣導入電力感測技術（線），提供電力感測設置及分析SOP，擴展至全材質14業別減碳模式（面）。點線面方式規劃產業推動，邁向節能減碳。



# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 廢紙類、廢鐵類與廢玻璃類回收資訊模式與監控研究

計畫主持人 張軒瑜<sup>1</sup>、林俊旭<sup>1</sup>、林宗昱<sup>1</sup>、李盈嬌<sup>1</sup>、溫麗琪<sup>2</sup>、吳展帆<sup>3</sup>、陳心怡<sup>3</sup>、陳政威<sup>3</sup>、張逸丞<sup>3</sup>

執行單位 1中華經濟研究院、2永瀾環境管理顧問公司、3美商保明工程顧問公司

### 摘要

在全球人口增長與資源有限的情況下，資源回收與再利用成為人類永續發展的重要工作之一。研究團隊在上一年度以廢紙類及廢鐵類為研究對象，建立即時掌握及監控相關價量變化之輔助儀表板，希望能藉由建立預警系統，維持國內回收市場穩定。本研究延續前期研究成果，以廢紙類、廢鐵類及廢玻璃類為主要研究對象，藉由資料庫建置、數據分析、監控指標研擬，來掌握及監控相關價量的變化，並將上述研究成果建置於回收料市場價格監控系統以便查看及使用。



### 收購價趨勢分析

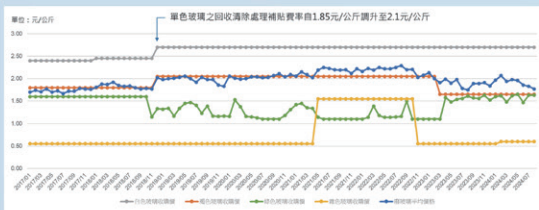
#### 國內廢紙收購價趨勢分析



#### 國內外廢鐵收購價趨勢分析



#### 國內分色廢玻璃收購價趨勢分析



### 迴歸分析研究發現

	下年度廢紙收購價		下年度廢鐵收購價		下年度廢玻璃收購價	
	LASSO	逐步回歸	LASSO	逐步回歸	LASSO	逐步回歸
國際紙	0.096*	0.171***	-0.107	0.073*	0.007	0.101
廢紙類回收率中位數	0.071**	0.106**	0.042*	0.076*	0.076*	0.076**
廢紙類回收率中位數(1-10月)平均	0.008	0.018	0.070	0.071	0.001	0.074
廢紙類回收率中位數(11-12月)平均	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
再製成二次紙回收率中位數	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000
廢鐵類收購價-基	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
本文及利率	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
國際紙收購價	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
廢紙類收購價	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
廢鐵類收購價	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
廢玻璃收購價	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
客戶數量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
經濟活動指數	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1-10月平均量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11-12月平均量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
上季度廢紙類回收率中位數	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
上季度廢鐵類回收率中位數	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
上季度廢玻璃類回收率中位數	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
上季度廢紙類回收率中位數(1-10月)平均	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
上季度廢鐵類回收率中位數(11-12月)平均	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
上季度廢玻璃類回收率中位數(1-10月)平均	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
上季度廢玻璃類回收率中位數(11-12月)平均	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
R <sup>2</sup>	0.116	0.151	0.172	0.101	0.131	0.101
Adjusted R <sup>2</sup>	0.111	0.142	0.161	0.100	0.127	0.100

	下年度廢紙收購價		下年度廢鐵收購價		下年度廢玻璃收購價	
	LASSO	逐步回歸	LASSO	逐步回歸	LASSO	逐步回歸
國際紙	-0.137	-0.210	0.010	0.071	0.028	0.081
廢紙類回收率中位數	0.089*	0.130*	0.107*	0.076*	0.074*	0.076*
廢紙類回收率中位數(1-10月)平均	0.072*	0.077*	0.118*	0.074*	0.116*	0.074*
廢紙類回收率中位數(11-12月)平均	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
再製成二次紙回收率中位數	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
本文及利率	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
國際紙收購價	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
廢紙類收購價	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
廢鐵類收購價	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
廢玻璃收購價	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
客戶數量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
經濟活動指數	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1-10月平均量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11-12月平均量	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
上季度廢紙類回收率中位數	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
上季度廢鐵類回收率中位數	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
上季度廢玻璃類回收率中位數	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
上季度廢紙類回收率中位數(1-10月)平均	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
上季度廢鐵類回收率中位數(11-12月)平均	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
上季度廢玻璃類回收率中位數(1-10月)平均	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
上季度廢玻璃類回收率中位數(11-12月)平均	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
R <sup>2</sup>	0.104	0.109	0.110	0.106	0.110	0.109
Adjusted R <sup>2</sup>	0.100	0.109	0.101	0.101	0.101	0.109

### 回收料市場價格監控系統

請掃描QR Code看本計畫其他應用成果



# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 塑膠資源物質流布分析與管理專案

計畫主持人 吳欣樺、陳致任、管永愷

執行單位 環興科技股份有限公司 Egit

### 摘要

塑膠資源物質流布分析與管理，以塑膠循環生命週期為核心，掌握週期各階段數據資料以建構全國塑膠資源流布圖譜，透過各項數據資料掌握與趨勢觀察，作為管理政策管理推動基石，藉以提升塑膠循環再利用比例，朝向循環零廢棄方向邁進。專案計畫涵蓋國內外資料庫及指標文獻蒐整探討，回饋我國管理參酌；以蒐整跨部會塑膠生命週期資料為主，執行資料清理整合；配合產業訪視談推動，掌握產業端應用資料；並串聯整合建置塑膠資源資料庫及管理平台，透過資訊化、圖表化及視覺化，即時掌握國家塑膠資源循環成效。

### 研究動機

塑膠耐用及便利的特性成為生活中不可或缺的一環，全球塑膠產量逐年增加，同時對環境造成了長期危害，而我國塑膠生命週期數據係因管理權責不同而分散於各機關，期能進一步掌握塑膠現況及變化趨勢，作為強化循環與環境永續的重點參據。

### 研究方法

- (一) 借鑑經濟合作暨發展組織 OECD 生命週期架構，建立我國塑膠資源流布圖譜，掌握塑膠生命週期進口、製造/使用、廢棄/再利用三大階段。
- (二) 分析流步資料鏈結缺口，以產業訪視談深化產業端塑膠資料串聯產業上中下游，掌握跨部會塑膠生命週期資料。
- (三) 透過資料清理整合，建立我國塑膠資源資料庫。
- (四) 建構塑膠資源循環平台，以資訊數位化及圖表化的方式即時掌握塑膠生命週期現況，並觀察量能變化趨勢。
- (五) 分析國內外塑膠循環、績效指標作為管理推動參考。



圖一 建構塑膠資料庫及資源循環管理平台

### 預期成果

- (一) 分析資料鏈結缺口，完善塑膠產業循環基線資料透過資料推估、產業訪視談資料驗證等，建立國內塑膠流布數據連結推估模式與流程。
- (二) 針對塑膠生命週期各階段提出管理及推動方案建議。
- (三) 建置我國塑膠資源資料庫  
已彙整六大跨部會塑膠生命週期階段資料，掌握民國100年到112年度流布數據，作為分析基礎。
- (四) 建構管理工具「塑膠資源循環平台」  
完成全國首張塑膠資源流布圖、塑膠再生料源地圖、再生料源地圖、原始資料圖表查詢、循環指標計算及趨勢分析。
- (五) 短程以塑膠流布資料作為分析基石，長程持續推動產業再生料媒合、塑膠循環績效指標精進及減碳與經濟效益分析



圖二 塑膠循環平台架構

### 研究發現與預期成果

- |                           |                            |                           |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 整合塑膠生命週期資料<br>掌握近十年塑膠循環現況 | 建構我國塑膠基線資料庫<br>跨部會數據能有效掌握  | 掌握再生料源資訊<br>逐步活絡再生循環媒合鏈   |
| 發展產業流布資料鏈結<br>的資料推估及驗證方式  | 國家級塑膠資源循環平台<br>整合跨部會循環推動效益 | 建立循環相關管理指標<br>推動減碳、經濟效益分析 |



# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 113年無機再生粒料循環資訊平台及效益評估計畫

計畫主持人 王瀚祥、葉柏宏、李孟哲、彭敏、周辰環、蘇郁婷

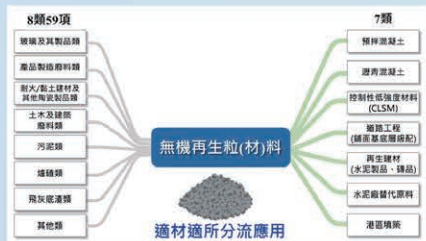
執行單位 環興科技股份有限公司

### 摘要

資源循環署積極推動無機再生粒(材)料能適材適所分流應用,透過平台建立,整合無機資源流向與量能,達提升資源循環使用效率之目標。平台與各部會機構合作,第一階段完成23機關單位資料拋轉、16系統資料拋轉,並導入宣導溝通、媒合利用、技術支援、效益評估等四大主題16項功能,滿足民眾、產業及政府等分眾需求,進而推動無機再生粒(材)料適材適所分流應用。

### 背景

無機再生資源特性與天然材料類似,可經處理製成再生粒料或材料,循環署積極推動無機再生粒(材)料能適材適所分流應用。



圖一 無機再生資源應用及管理

### 效益

透過建立循環資訊管理平台,整合無機資源流向與量能,穩定動靜脈產業料源供需,並提升資源循環使用效率之目標。



圖二 無機再生資源循環平台架構

### 執行成果

無機再生資源循環平台與各部會機構合作,第一階段完成23機關單位資料拋轉、16系統資料拋轉。



圖三 無機再生資源循環平台系統資料拋轉

導入無機資源四大主題及16項子項功能,具宣導溝通、媒合利用、技術支援、效益評估及其他功能,滿足民眾、產業及政府等分眾需求,進而推動無機再生粒(材)料適材適所分流應用。



圖四 無機再生資源循環平台主題功能

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 生物質資源循環資訊平臺

計畫主持人 吳展帆<sup>1</sup>、黃美娟<sup>2</sup>

執行單位 1美商傑明工程顧問(股)台灣分公司、2環科工程顧問股份有限公司

### 摘要

本計畫目的為依據各項生物質資訊化需求，針對我國生物質產品產出及物質循環各階段流向與量能，建置生物質之物質流關聯資料庫及資訊平臺。

「生物質資源循環資訊平臺」將完整呈現生物質推動指標分析功能、互動式資訊儀表板，以及生物質產業流向之基線資料。期望藉由此一資訊平臺，提供主管機關整合釐清各項數據流向與量能，掌握生物質整體流布、生物質推動指標及系統分析、互動式資訊等重要資訊管理工具。

### 研究動機

(一)整合我國生物質資料庫  
我國生物質相關統計資料分散各部會，且缺少生物質各階段量能流向分析。

(二)生物質資料斷點補遺  
非列管事業生物質產源缺乏相關調查，協助釐清各行業中的生物質料源流向、生物質廢棄物流向以及生物質再利用等缺少之量能資料。

(三)提升生物質循環產業經濟發展  
協助生物質廢棄物產出者以及生物質廢棄物使用者雙方來進行媒合，不僅提高產業再利用技術導入的機會，亦可達到資源循環再利用之目的。

### 研究方法

(一)建置生物質資源循環資訊平臺  
整合政府各部會(財政部、農業部、環境部、經濟部)生物質相關統計數據，建立生物質資料庫，並提供資料查詢功能。

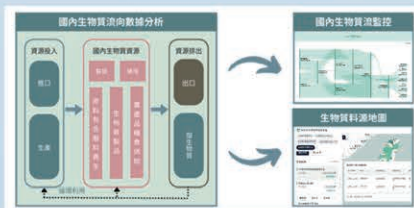
(二)生物質產源基線資料調查問卷  
針對非列管單位進行產業問卷調查，描繪我國生物質使用概況。並藉此協助建立生物質原料使用量及廢棄生物質產出量常態問卷調查機制。

(三)生物質料源結合GIS地理資訊  
於地圖中呈現料源量能資料以及GIS點位，協助掌握生物質料源及生物質廢棄物熱區，藉此帶動各項生物質資源媒合及循環再利用之可能。

(四)科技政策管理  
協助主管機關掌握各項生物質動態，並應用生物質推動指標及系統分析、互動式資訊等重要數位資訊管理工具，達到政策目標規劃之目的。

### 研究發現與預期成果

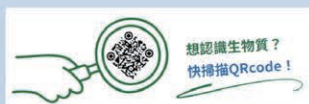
首度整合政府各部會(財政部、農業部、環境部、經濟部)生物質相關統計數據，建立生物質資料庫，並提供資料查詢功能。亦將產業問卷調查，結合GIS地理資訊系統，建置料源地圖功能，同時納入產源、再利用及處理機構量能與點位資訊。協助掌握生物質料源及生物質廢棄物熱區，藉此帶動各項生物質資源媒合及循環再利用之可能。



圖一 平臺生物質流向數據與料源地圖



圖二 生物質資源循環資訊平臺架構圖



# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 資源循環產業永續碳管理輔導計畫

**計畫主持人** 宋振銘教授、林明德教授、吳耿東副教授、吳向宸副教授

**執行單位** 國立中興大學

### 摘要

近年我國致力推動資源循環，事業廢棄物處理以再利用為主，2023年全國產出事業廢棄物最多之部(會)所屬事業為「工業部會」，產出量為1,712萬公噸(占85.43%)，其次則為「營建部會」所屬事業，產出量218萬公噸，再從資源循環角度看，事業廢棄物處理再利用約有1,918萬公噸(占94.23%)將廢棄物處理/再利用為材料、粒料等用途，資源再生產業產值近800億元；顯示資源循環產業極具發展潛力。因應2050年淨零排放目標，本計畫透過溫室氣體盤點課程輔導、現場訪視診斷、溫室氣體盤點種子人員訓練、政府補助資源媒合等方式；建構資源循環產業業者碳管理能力與導入自動化、智慧化及低碳化(AIC)等輔導資源，提升資源循環產業綠色競爭力。

### 計畫動機

全球面臨嚴重氣候變遷問題，各國經濟政策朝向低碳發展與提高資源循環使用。我國自然資源不足高度依賴進口，產生的廢棄物也需妥善循環利用及再生處理。本計畫優先以公民營各級清除與處理機構為輔導對象，依其個別碳排熱區提供淨零減碳作法建議。

### 施作方法

- (一)訪視診斷33家業者，評估項目有綠色運輸、原物料循環、製程/產品改善等，提供業者綠色轉型與減碳建議。訪視過程如圖1。
- (二)開設碳盤點種子專班，培育業者自主碳盤點能力，完成21家溫室氣體盤點清冊資料。統整分析清除/處理機構其前三大碳排放源與碳排熱區項目，結果如圖2。
- (三)輔導10家業者導入自動化、智慧化、低碳化(AIC)技術及媒合政府補助資源運用，協助業者優化製程、提升技術，達到實質減碳效果。AIC推動作法如圖3所示。

### 研究發現與預期成果

- (一)由訪視輔導所得的相關資料發現，經計畫二年的推動後，清除與處理機構業者對淨零減碳議題均有基礎概念且參與意願均有所提升；對淨零排放的輔導也願積極配合與執行。
- (二)清除機構在碳盤點中主要排放源為清運車輛運行能源使用產生，比對11家資料得知，單項車輛平均約占總排放量50.9%；建議未來應優先把清運車輛汰換為低碳化的綠色運輸電動車隊。
- (三)經比對10家資料，處理機構在碳盤點中主要排放源有二類，以製程直接排放最高，平均約51.15%；其次為輸入電力排放平均約20.21%。因處理機構業者製程種類各異，建議未來輔導淨零減排時依碳排熱區項目為優先；以低碳能源替代、提升公用設備效率、優化製程與汰換老舊設備等方式進行。
- (四)為建立資源循環產業永續碳管理輔導，建議業者以原有製程為基礎，搭配政府相關補助資源，引進物聯網、雲端計算及大數據分析等新資訊技術，規劃減碳路徑圖(如圖4)；依自身減碳熱區的優先項目導入自動化、智慧化及低碳化(AIC)等新減碳技術，推估對業者將有5%-10%的整體減碳效益。



圖1、業者訪視診斷及提供減碳建議。

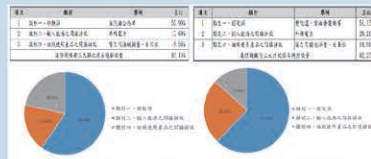


圖2、清除機構與處理機構前三大排放源分布情形

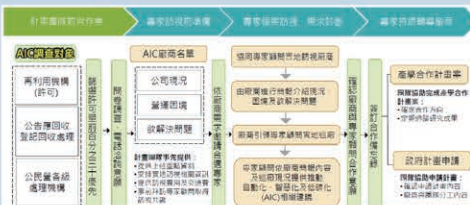


圖3、AIC推動作法說明。



圖4、減碳路徑說明  
(資料來源-天下顧問股份有限公司)

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 資源循環促進減碳效益功能之計算工具

計畫主持人 呂巧玲、鄭淵堦、陳偉豪、劉坤興

執行單位 財團法人工業技術研究院

### 摘要

為減少資源循環卻導致碳排放量上升情形發生，同時支持以資源循環促進淨零排放的目標，本計畫設計資源循環促進減碳效益的試算工具，以經過驗證的在地化碳排放係數為基礎，設計資源循環情境，旨在促使業者能透過試算，思考製程使用再生材料、選擇更低碳的最終處理方式，或是選用循環型商業模式可能帶來的減碳效益。本計畫除了建立一套基礎版減碳效益試算工具外，更因應業者需求，設計快速計算情境，包括混料比例試算、以租代買試算、最終處理試算，以增強試算方便性，引導廠商思考多元的循環策略。

### 研究動機

(1)本工具建立資源循環減碳效益試算功能，協助業者在試算過程中，進行綠色設計的思考，如使用一定比例再生料、生命週期各階段應減少廢棄資源產生，或是線性商業轉為循環模式的改變。

(2)情境說明

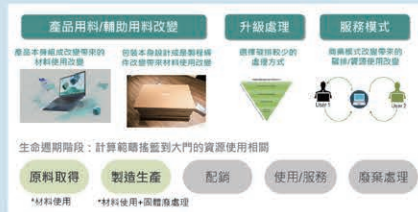


圖1、試算情境說明

### 研究方法

(1)情境假設與訪談：建立循環情境，訪談已有資源循環實績的廠商。納入案例之情境包括：循環餐盒取代一次性餐盒、家具租賃、紡織品使用再生料，如圖2。

(2)問卷建立及制定試算表：根據訪談結果優化循環情境，並制定對應的試算問卷，架構包括五大項目：「需求層面」、「供給層面」、「循環階段」、「參數」與「其它」。

(3)試算減碳效益試算：與使用原物料或買斷模式比較，取得各循環情境的減碳效益，其中使用再生料可以單件產品為範疇，而商業模式案例必須訂定滿足使用需求週期的時間長度以利比較。



圖2、建立結構化問卷取得實際數據

### 研究發現與預期成果

減碳效益工具包含基礎工具1式及快速計算工具3式，其可應用至產品生命週期的原料取得、使用階段及廢棄階段的相關循環情境，如圖3所示。

圖3、循環情境對應生命週期階段



以循環餐盒租賃情境為例，如表1，「情境」以文字說明情境；「供給」蒐集服務係數，如餐盒材質碳係數、餐盒重量、使用壽命、單次循環佔用週期；「需求」評估整體服務需求，如使用者平均使用次數與使用者人數；「循環」填寫循環過程係數，如損耗率、單次清洗服務碳足跡、運輸和清潔服務碳足跡；「計算」依需求與供給計算減少使用餐盒數量與減少碳排放量。初步試算結果，設定一年有1,000位使用者的需用量情境，可減少9千個以上之餐盒廢棄，餐盒製造部份即可減少碳排放量6,031 kgCO<sub>2</sub>e。

表1、循環餐盒租賃情境試算示例

一次性使用	項目	以租代買 (多次循環)
設定一年有1,000位使用者的需用量情境，每位使用者平均1年使用10次		
2.74	碳係數(kgCO <sub>2</sub> e/kg)	2.74
0.3	餐盒重量(kg)	0.3
1,000	使用人數(人)	1,000
10	平均使用次數	10
1	使用壽命(次)	150
-	損耗率	3%
-	清潔服務碳係數(kgCO <sub>2</sub> e/次)	0.2
10,000	廢棄餐盒數量	67
8,220	總碳排放量(kgCO <sub>2</sub> e)	2,189

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 金屬及化學品循環資訊平台

**計畫主持人** 劉子瑜<sup>1</sup>、林柏睿<sup>2</sup>、陳偉豪<sup>3</sup>、鄭淵煥<sup>3</sup>、蘇煌展<sup>4</sup>、陳淑萍<sup>4</sup>、倪文斌<sup>4</sup>、孫鶴娟<sup>5</sup>

**執行單位** 1.工研院材化所(副組長)、2.工研院材化所(副研究員)、3.工研院綠能所(副研究員)、4.環資國際有限公司(工程師)、5.環資國際有限公司(副理)

### 摘要

本團隊聚焦四大物料之一的金屬及化學品進行平台建置規劃。透過整合性平台將散落於各管理機關的循環資源資訊彙整串聯，協助主管機關更有效掌握及管理國內物質循環狀況。包括完成公開區金屬/化學品整體資源流布圖、法規查詢專區，以及管理端帳號管理、數據下載等多項基礎資訊查詢服務功能。同時建置了首頁搜尋、相關網站、訊息公告等平台版面內容的篩選和資訊匯入功能。針對非公開區，蒐整聚焦關鍵金屬/化學品循環資源類型，並建立主題式單一主流向，以利主管機關追蹤、管理物料的使用、廢棄、再利用情況，加速各階段金屬/化學品資源的循環利用。

### 研究動機

為落實我國淨零排放路徑策略略八-「資源循環零廢棄」目標，考量現有資源管理分散於各管理機關，資訊單一且碎片化。故本團隊建立金屬化學品資源循環資訊平台，整合並建立國內金屬及化學品資源資源特性、流布及循環指標等功能，並提供民眾/產業溝通媒介，以及提升主管機關資源管理效率，藉以促進金屬及化學品資源的循環利用。

### 研究方法



圖一 平台數據整合及使用者需求管理

### 研究發現與預期成果

- 公開區資訊-包含首頁搜尋、相關網站、整體金屬/化學品資源流布圖、法規查詢專區與循環指標等資訊，提供民眾/產業瞭解我國資源循環現況。
- 登入區資訊-包含關鍵金屬/化學品主題式單一主流向、遠使資訊明細查詢及主題報表下載等功能，提供主管機關決策輔助資訊。



圖二 公開區-平台首頁&循環指標

關於本平台網站架構及功能設計內容，首頁設計以簡易資源地圖呈現我國各縣市之資源使用、廢棄等量能，另設有循環指標，以提供民眾/產業等使用者瞭解國內資源使用及循環情形。現已完成頁面設計及指標計算邏輯建立，後續年度逐步完成資料庫對接。



圖三 登入區-主題式單一物質流布資訊功能

本團隊蒐整產業資訊並串接關港貿單一窗口、事業廢棄物申報及管理系統以及資源再利用管理系統等現有資源申報資料，並針對關鍵資源建立主題式單一物質流布資訊查詢功能，以提供主管機關掌握我國關鍵物料資訊，滿足決策輔助需求。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 建構手機產品服務化低碳商業模式研發計畫

計畫主持人 鄭倫

執行單位 社團法人台灣循環經濟與創新轉型協會

### 摘要

本計畫目標為建立手機維修與整新模式生命週期評估方法，評估手機維修與整新模式所帶來的減碳效益。本計畫規劃的功能單位為「每年每支智慧型手機」，情境設定為消費者在首次使用2.5年以後面臨第二階段不同商業模式的選擇，包括基準情境(BAU)的購買新機使用2.5年、購買維修服務繼續使用2.5年(RP2.5)、購買整新機使用4年(RF4)，以及技術進步，突破現有技術壽命限制時，購買維修服務繼續使用3.5年(RP3.5)和購買整新機使用5年(RF5)。評估結果顯示，相較於BAU情境，RP2.5、RP3.5、RF4與RF5情境碳排放分別降低5.5 KgCO<sub>2</sub>e、6.7 KgCO<sub>2</sub>e、7.0 KgCO<sub>2</sub>e和7.7 KgCO<sub>2</sub>e，RF5下降幅度最大。透過本計畫所建立的系統性方法，未來可促進供應鏈、消費者、政府以及投資者等利害相關人在循環低碳的目標上有科學性的溝通。

### 研究動機

- 釐清手機維修與整新模式下的碳排放量，以及具有減碳潛力的環節。
- 建立手機維修與整新模式生命週期評估方法，計算各模式碳排放量，釐清上述模式的減碳效益。促進利害相關人在循環低碳目標上科學性的溝通。
- 為手機產品服務化碳排評估標準化發展提高可實施性，分析手機維修與整新模式之挑戰與可行性，鑑別推動模式的關鍵要素。俾利政府規畫政策，引導產業轉型。
- 為手機產品低碳永續數位化生態系統提高可行性。

### 研究方法

#### ● 手機維修與整新生命週期評估方法

- 功能單位：每年每支智慧型手機，描述智慧型手機從首次使用至消費者第二次選擇消費行為直到最終廢棄處理的時間週期長度，以年為單位統計之。
- 參考文獻資料，設定消費者首次使用2.5年後面臨第二階段不同商業模式的選擇。以購買另一支新機使用2.5年作為基準情境(BAU)，以貼近社會消費行為。另外是使用2.5年以後選擇維修服務和購買整新機，購買維修服務可繼續使用2.5年(RP2.5)和3.5年(RP3.5)，購買整新機可繼續使用4年(RF4)和5年(RF5)。
- 採用ISO 14040和ISO 14044標準進行，並參酌歐洲電信標準協會(ETSI)公告適用於智慧型手機等ICT產品的生命週期評估標準。
- 盤查數據：以業界實務資訊、市場統計結果為優先，其次採用國際組織研究報告或具代表性學術文獻；原物料開採、工業製程、能源與運輸相關碳排放係數，主要選用Ecoinvent 3.9資料庫，及環境部產品碳足跡資訊網公告能資源、產品、服務的碳足跡數值及宣告單位。
- 研究範疇：涵蓋原料取得階段、製造階段、使用階段、服務階段、廢棄處理階段等五大智慧型手機生命週期階段。

#### ● 原物料使用量、廢棄物產生量與有價金屬回收量指標評估

將各個情境轉化為「每年平均」的原物料使用量及廢棄物產生量，再參酌台灣手機年進口量569萬台的實際情形，評估BAU、維修與整新情境對於國內整體造成之影響。

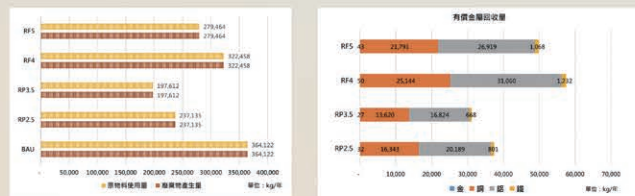
### 研究發現與預期成果

#### 碳排放衝擊評估結果



相較於原有模式BAU，整新情境RF5減少碳排放幅度達到40%，降幅最大。

#### 原物料、廢棄物與有價金屬回收



# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 推動塑膠綠色設計示範計畫

惜福愛物、物盡其用。以設計建構二手交換的Treasure Space 打造具教育意義與時代感的資源循環永續示範場域，讓二手屋也能成為城市中的材料銀行，與永續團隊共享的交換站。

### 服務設計 優化動線流程場域管理效能

建立『物品整理術、回收資源先進先出系統、價格標示系統』，以利年長者管理與維護現場、提升空間營運效率，也有利汰換久未流動之物品，讓二手商店不會變成資收站。

### 指標與資訊設計 民眾維修尋寶更便利

透過指標與標示設計導入，展示分類有術，讓尋物體驗動線更便利，有助志工與民眾快速找到所需物品或服務。

### 空間友善設計 營造場域永續多元體驗

引入自然光，場域能依需求進行模組式調整，提供講座、展覽，與民眾交流互動之維修創造工作坊等多元應用。

### 產品模組化設計 延長使用週期與價值

善用回收材；如角料、物流箱、鋼材、衣架...等，導入模組化、規格化之產品設計，建立系統性改造應用，升級二手店內之家具與展具，以利後續營運維修。

### 主題策劃展示設計 彰顯舊物故事特色

不只是資源交換，也是文化傳承。提供舊衣重生咖啡店、復興書店、惜福阿姨修改室、惜福會客室、喜新戀舊五金行。

### 融合年輕世代觀點 創造時代永續語彙

與台科大、北科大設計相關科系合作，以年輕世代需求，推進二手資源再利用，傳遞永續理念。

### 預期效益

1. 本計畫設計改造採用『回收之舊木、衣架、燈招、雨遮、櫃體、塑膠籃...等，不同形態之舊物』，預計可節省新購成本100萬元，減少廢棄物產生。
2. 該場域能創造體驗人流量，預期每年到訪交換物資人數可達3,000人次以上。也能提升民眾永續素養，愛惜資源。

合作團隊：慈濟中山八德x 花蓮慈濟x TDRI x Atelier AGI x 廢物救星x 台科大設計系



### Upcycling設計新生：廢棄家電零部件再生之光



再生之光燈具系列：延長報廢之Dyson吸塵器之收塵盒、桶狀零件，與轉接鍵。設計改造為創新燈具-檯燈、壁燈、與落地燈；每款燈具強調DIY組裝特色，結合創意與實用性，讓舊零件煥發新生命。  
- 導入模組化再設計，活化報廢零件再用率；以延長零部件之生命週期，減少資源浪費。  
- 結合商業服務模式，讓報廢物件重新再回到消費者手中，提供「可循環的選擇」，鼓勵消費者參與環保行動，創造生活永續。

預期效益：本計畫促使品牌通路商回收廢品，拆解後之零部件導入設計改造，預計每年可節省2,000公斤之報廢處理成本。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 推動紡織品資源循環利用技術計畫(第二年)

**計畫主持人** 黃詩倩、劉建民、李若華、劉曜達、鄭日賢、石峻豪、蔡明志

**執行單位** 環興科技股份有限公司、財團法人紡織產業綜合研究所、沛德永績科技股份有限公司

### 摘要

為推動紡織品循環利用，透過紡織品材質鑑別技術及系統，有效提升紡織品回收率，創造紡織循環模式。本研究成果如下：

1. 建立紡織品材質鑑別試行場域分選流程，於回收商現有之人工分選流程下導入紡織品材質鑑別設備
2. 試行場域基線測試，易循環材質之100%聚酯及100%棉分別占13.9%、19.6%。
3. 若以不良品衣物再加上人工預分選出之髒污機能性衣物為分選投入料，可增加紡織品材質鑑別設備分選之效率，分選之100%聚酯達62.0%，後續可供給再生纖維廠再生料源，創造紡織品循環經濟價值。

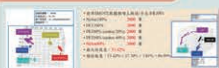
### 研究動機

1. 因快時尚潮流，衣服耐用性降低，生命週期變短，增加民眾衣服汰換頻率，需推動物質回收等替代之循環利用方案，提升物料之回收率。
2. 紡織品材質鑑別分選設施運營，需經場域測試，建立場域分選作業流程，以因應未來商業化運作。

### 研究方法

本研究以紡織品材質辨識設備於試行場域進行易循環材質(100%聚酯、100%尼龍、100%棉)分選。

#### 材質辨識定量鑑別技術



- 運用近紅外NIR光譜原理及主成份分析演算法來進行紡織材料鑑別，並具備AI智能學習，透過大數據的累積提升辨識之準確度。
- 分選量能達每小時1,000件以上
- 可辨識材質成分，包括：聚酯、棉、尼龍、壓克力、醋酸、羊毛及其純度



#### 試行場域鑑別分選流程建立

- 導入對象之現場調查：確認業者配合訓練及建置意願後，先行進行設備設置預定地現況確認，以為流程模式建立基礎
- 紡織材質智能辨識系統作業流程導入試行場域



#### 再生營運場域分選試行

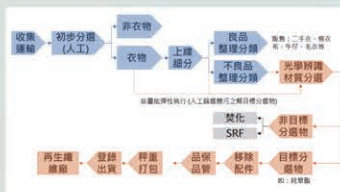
- 1家場域試行
- 約1公噸舊衣材質基線調查(100%聚酯、60~95%聚酯、100%尼龍、100%棉、其他材質舊衣及非衣服類之重量)
- 執行2次分選流程試行，各分選1公噸以上之目標分選物(以易循環之純聚酯、尼龍及棉為例)



### 研究發現與預期成果

#### 1. 建立紡織品材質鑑別試行場域分選流程

於試行場域(回收商)原人工分選流程下導入紡織品材質鑑別設備，其投入紡織品材質鑑別設備之舊衣來源為建立之流程中人工所篩選之不良品舊衣，以及於初步分選及上線細分等流程由人工篩選之髒污之類目標分選物。



圖一 紡織品材質鑑別試行場域分選流程

#### 2. 回收舊衣材質基線調查

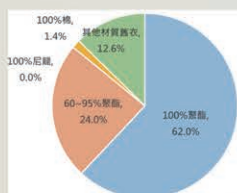
投料之舊衣來源為北部回收商所收集之未經分選之社區回收箱舊衣，利用NIR辨識約1公噸之回收舊衣，分選出5大類材質及成分，以及非衣服類之重量，其中易循環材質之100%聚酯、100%棉分別占13.9%、19.6%，如圖二所示。



圖二 回收舊衣材質及成分比率

#### 3. 易循環材質舊衣分選試行

於試行場域執行2次分選，分別為1,600公斤及1,647公斤，由試行場域分選流程中以人工方式於初步分選及上線細分時，篩選髒污之類目標分選物材質，以及不良品舊衣投入紡織品材質鑑別設備，分選出易循環材質之100%聚酯、100%棉分別占62.0%、1.4%，如圖三所示。



圖三 試行場域舊衣分選結果

本研究試行場域基線測試，100%聚酯占13.9%，若以不良品衣物再加上人工預分選出之髒污機能性衣物為分選投入料，可增加紡織品材質鑑別設備分選之效率，分選之100%聚酯達62.0%，後續可供給再生纖維廠再生料源，創造紡織品循環經濟價值。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 永續農業之生物可分解複合包裝材料在農產品包裝中 減少使用塑膠的應用研究

計畫主持人 李柏憲 副教授

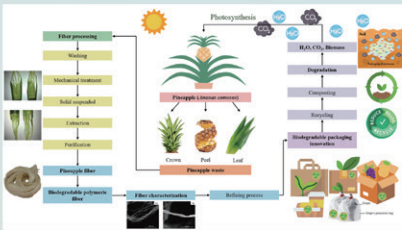
執行單位 靜宜大學 食品營養學系



### 摘要

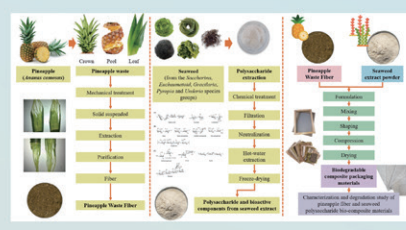
塑膠污染已成全球環境危機，對生態、氣候及健康造成嚴重影響。傳統塑膠難以分解，累積於自然環境中，對生態系統產生持續危害。隨著社會對永續發展的重視，市場對環保材料需求增加。本計畫旨在開發一種可分解的環保複合包裝材料，以替代傳統塑膠，提供綠色包裝方案。本研究利用鳳梨廢棄物（如鳳梨皮及葉）作為纖維基材，結合具天然抗菌性的海藻多醣，研發出具有抗菌和可分解特性的複合包裝材料，達成減少塑膠污染並提升廢棄物利用價值的目標。本材料將應用於蔬果包裝的套袋、硬盒及提袋設計，並經測試以確保適合農產品在栽種、運輸及販售時的使用需求，滿足市場對可持續包裝的需求。此計畫開發的新型包裝材料不僅具環保性，且能自然降解，促進農業廢棄物的高附加值應用，符合循環經濟及綠色經濟理念。透過此研究，我們期望為農業與包裝產業提供環保、可降解且抗菌的綠色包裝方案，實現永續農業的目標並具示範效應。

### 研究動機



圖一：本研究的動機源自永續農業和循環經濟的理念，旨在將鳳梨廢棄物（如鳳梨皮及葉等）轉化為高附加價值的資源，減少環境負擔。鳳梨產業產生大量廢棄物，透過提取其纖維並結合海藻多醣，開發出生物可分解的複合包裝材料，以替代傳統塑膠包裝。這不僅實現廢棄物資源化，還能在使用後自然分解，形成「減少、再利用及再循環」的完整循環。此材料的開發將滿足市場對可持續包裝的需求，推動農業與包裝行業向永續發展邁進。

### 研究方法

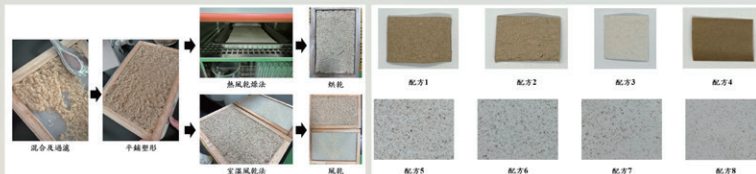


圖二：鳳梨纖維萃取、海藻多醣萃取及不同配方的材料開發及其特性探討。

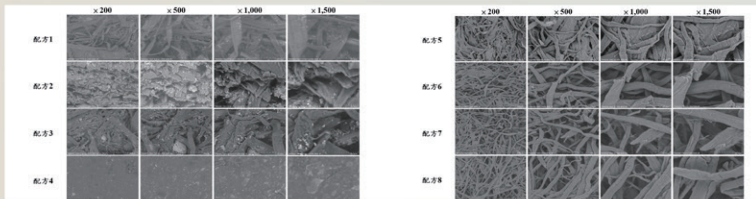
### 研究發現與預期成果



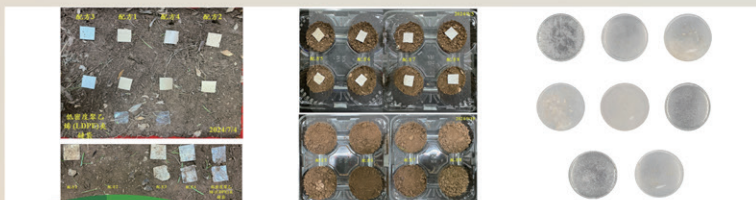
圖三：(A)鳳梨纖維製作流程建立；(B)海藻多醣萃取流程建立。



圖四：(A)可分解複合包裝材料的標準化製作過程建立；(B)包裝材料外觀圖。



圖五：不同配方製成之可分解複合包裝材料的微觀結構。



# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 可循環鞋材料創新製造

計畫主持人 陳志勇、張順利、黃鴻仁、林郁書、曾智脩 執行單位 匯智綠材料科技股份有限公司

### 摘要

鞋類屬於民生必需品，消費金額會隨著人口數量及可支配所得成長而呈上升趨勢。我國製鞋技術全世界尚稱領先，Nike集團董事會主席和前CEO帕克(Mark Parker)在2016年全球創新高峰會後，肯定台灣製鞋供應鏈提供製造創新的價值。然而全球倡導綠色環保與循環經濟，傳統的生產和加工方式正在面臨轉型升級的嚴峻考驗，使用無有害物質(Hazardous substances free)原材料與降低製程能源消耗已成產業發展的必要之路。本計畫案主要方向為開發聚烯烴可循環之鞋材料，撇除傳統過氧化物架橋劑，改採用新型酯化交聯技術，來製備可回收之鞋中底材，此酯化技術相較於傳統過氧化物其反應物具有無毒性、反應穩定，且具有易回收加工之特，此外聚烯烴相較於其他聚酯、聚醚化合物具有低成本、低排碳等優勢，對於未來減碳甚至淨零排碳之方向具有相當大經濟性。

### 研究動機

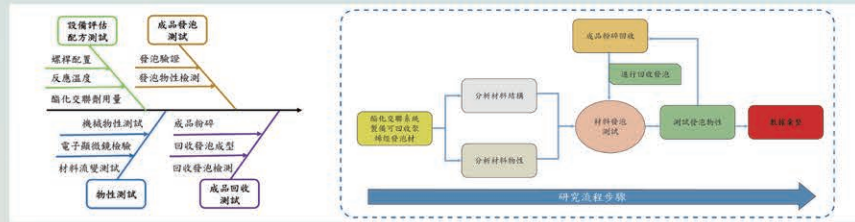
在台灣每年至少有一千萬雙廢棄鞋子，相當約五千公噸的垃圾需要進行處理，而進行掩埋廢棄鞋子堆放在垃圾掩埋場，物品中的化學品隨著時間逐漸分解洩漏，汙染土壤甚至飲用水。儘管人類可能不是第一線接觸汙染物，但是因為生物放大與生物累積，藉由受到汙染的水、植物、動物，這些毒素最終回到人類身體內，導致許多健康缺陷，包括誘發各種癌症產生。

因此發展技術創新回收技術，是未來產品開發的首要標準，新型回收技術的應用，使得一些過去難以回收的材料得以重新利用。例如，經過改質的特殊塑料可以進行分離並進行再加工，製成新的產品。

### 研究方法

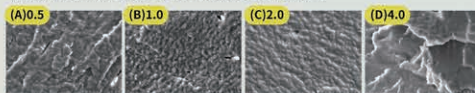
本計畫發展方向包含新材料合成開發應用與成品發泡回收測試兩個部分。

- 1.藉由分子設計並搭配加工技術，酯化交聯技術得到新型態熱塑性彈性體。
- 2.將開發出的熱塑性複合材料先進行發泡測試，並符合商業使用規格，後續再進行材料回收測試，透過這種可回收鞋材料，不僅能減少鞋類廢棄物的產生，也能提高其回收效益。

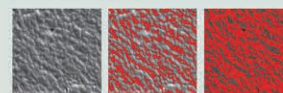


### 研究發現與預期成果

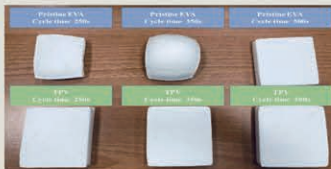
#### 不同酯化交聯劑用量之TPV成品SEM分析圖



#### SEM相分離比例圖



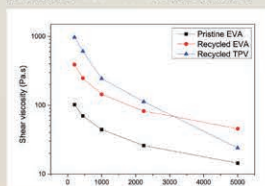
#### EVA、TPV不同硫化時間發泡實體圖



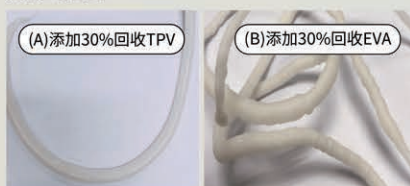
#### TPV發泡物性結果

測試項目	測試規範	單位	TPV		
試片發泡cycle time		s	250	350	500
硬度	ASTM D2240	Shore C	43	45	48
平均延伸率	JIS K6251	%	292	286	280
平均拉伸強度	JIS K6251	kgw/cm <sup>2</sup>	21	25	27.5
撕裂強度	EN 12774	kgw/cm	2.1	2.3	2.75
永久歪	ISO 1856	%	46	40	35
密度	ASTM D792	g/cm <sup>3</sup>	0.142	0.146	0.15
垂直回彈23°C	ASTM D2632	%	60	62	63

#### 回收發泡EVA、TPV毛細管流變圖



#### 回收拉條測試



#### 添加回收料之標準試片樣品照片



#### TPV添加回收料發泡物性

測試項目	測試規範	單位	TPV回收測試		
			新材	添加10%回收料	添加30%回收料
硬度	ASTM D2240	Shore C	48	48	49
平均延伸率	JIS K6251	%	280	294	298
平均拉伸強度	JIS K6251	kgw/cm <sup>2</sup>	27.5	27	26.3
撕裂強度	EN 12774	kgw/cm	2.75	2.66	2.5
永久歪	ISO 1856	%	35	32	30
密度	ASTM D792	g/cm <sup>3</sup>	0.15	0.153	0.155

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 華司橡膠異材質分離回收再利用 創新技術研究發展計畫

**計畫主持人** 張順喬（主持人）及其團隊

**執行單位** 美易全球股份有限公司

### 摘要

本計畫旨在開發華司橡膠異材質分離回收再利用創新技術，以解決現有製程中橡膠黏鐵異材質產生的廢棄物及高碳排放問題。計畫的核心技術包括整平削片砂光分離技術和連續式雙螺桿EPDM橡膠解鏈再生技術。透過這些技術，本計畫成功提升了橡膠黏鐵異材質的分離回收效率，使處理量提升至1噸/日（1台），並將橡膠殘膠量降至5%以下。再生橡膠的碳排放量相較於新料減少了67%。

計畫成果顯示，這些技術在實現廢棄物資源化和減少環境污染方面具有顯著成效。

### 研究動機

1. 橡膠黏鐵(鍍錫銅板)華司介紹
2. 華司橡膠黏鐵異材質製程每年產生9,600公噸廢棄物
3. EPDM廢棄物主要以焚化方式處理，造成5,760噸碳排放
4. 廢棄物資源化建立華司橡膠黏鐵異材質綠色循環製程
5. 受限異材質分離回收技術，再生膠生產量僅70kg/hr

### 研究方法

#### 整平削片砂光分離技術

這項技術涉及三個步驟——整平、削片和砂光。整平機消除材質彎曲，削片機將橡膠與鍍錫銅板切割分離，砂光機去除殘存在鐵片表面的橡膠，使橡膠殘膠量小於5%。

#### 連續式雙螺桿EPDM橡膠解鏈再生技術

通過精密控制熱能和機械能參數，實現高效橡膠解鏈再生。該技術可以將再生膠產量提升至每小時125公斤，並顯著減少碳排放。



### 研究發現與預期成果



#### 整平削片砂光分離技術

- 建立華司橡膠黏鐵異材質綠色循環製程
- 使用整平削切砂光分離系統可減少人力安排至1人
- 針對軟材質（橡膠）砂光機台進行改機設計，橡膠黏鐵異材質卷材殘膠量應小於5%
- 可確保異材質分離完整，處理量提升至1噸/日（1台）
- 每公斤橡膠再生料碳排放為0.966公斤CO<sub>2e</sub>，相較新料減碳67%

#### 連續式雙螺桿EPDM橡膠解鏈再生技術

- 提升EPDM廢棄橡膠連續式雙螺桿再生製程產量，每小時生產量為≥125公斤

華司廢棄異材質  
回收量

高值化再生膠  
生產量

再生膠使用減少  
碳排放量

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 鋁塑膜回收分離技術優化及智慧化系統開發計畫

計畫主持人 黃元楨、鍾婉君、李昌杰、張涵妮

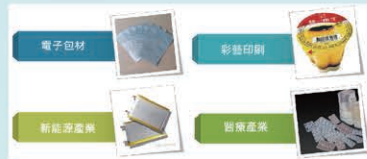
執行單位 潔安環保工程有限公司  潔安環保工程有限公司

### 摘要

『鋁塑膜回收分離技術優化及智慧化系統開發計畫』主要針對鋁塑膜回收流程的優化、鋁塑分離設備及製程技術進行創新研究，目的在解決現有鋁塑分離技術面臨的挑戰，以提升回收效率，並促進廢棄資源的循環再利用。目前，鋁塑膜的回收處理遭遇三大問題：未明確標註每批次回收來源及材料資訊造成分類處理困難、機台溫度和壓力超載缺乏監控機制以至於頻繁停機，以及回收塑膠粒品質不穩和高損耗。

### 研究動機

軟性包裝之塑膠複合包材多數均無法回收再利用走向焚化，透過鋁塑膜分離設計有效分離鋁、塑膠，增收食品包材業、藥品產業、軟性包材產業之鋁塑複合包裝，以達成去化。

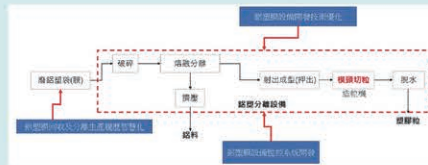


### 研究方法

1. 建置雲端履歷整合系統，紀錄清運車輛資訊，整合各企業鋁塑廢棄物，分類不同塑膠材質的鋁塑膜，再批次進行鋁塑分離，此舉可提高塑膠利用率，減少人力成本。



2. 開發新一代鋁塑膜分離設備，解決舊代設備痛點，將設備一體化，原本三機一體，改為三機一體，一套設備即可產出鋁料和回收塑膠粒。

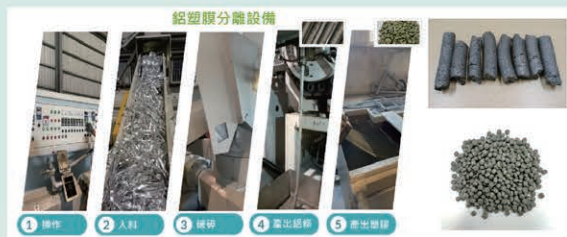


### 研究發現與預期成果

1. 從當日受理事業廢棄物之數量及來源，及時以統計表查詢，建立回收處理流程建立專屬雲端履歷，廠外車輛回收、內容物清點、秤重之即時資訊及處理進度，協助潔安廠內管理者搭配駐廠服務人員，提前於回收廠內進行排程規劃。



2. 廢塑膠的鋁+塑膠含量達100%、比重為1.12，塑膠材質符合PET要求，重金屬僅檢出微量鎘和鉛，遠低於允收標準。塑膠粒的熔融指數為1.12 g/10 min，符合範圍。鋁料含量80%，亦符合允收要求。整體結果顯示檢測樣品皆符合環保規範，產出之塑膠粒後續銷售對象可為塑膠棧板及工業用容器等較低階塑膠製品，鋁料則可售予煉鋁業者。



# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 建構塑膠化學回收及材料改質技術計畫

計畫主持人 李鳳宇、李宇立、李柏翰、林子翔、周秉漢、曾慧芳

執行單位 財團法人塑膠工業技術發展中心  塑膠工業技術發展中心

### 摘要

為解決塑膠材質種類繁多使回收業者不易處理及部分種類的包裝材仍難以回收導致包材的回收率難以突破等問題，本計畫旨在(1)化學回收評估配套-塑膠檢測資料建立，透過產業鏈研析塑膠種類與材質關聯並掌握本土材料特性資料，做為未來化學回收業者尋找料源的參考依據。(2)透過物理回收之化學/物理材料改質技術平台，建立物流業包裝緩衝材特性改質技術，並對再生塑膠測試循環成效，建立塑膠循環再生新產業鏈。

### 研究動機

根據2022年環境部的數據顯示，國內事業單位每年產生約24萬公噸塑膠廢棄物，其中僅約28%進行資源化處理，超過七成仍採用焚化處理。在塑膠回收上，遇到塑膠材質種類繁多使回收業者不易處理等問題，其中，部分種類的包裝材多為複合材質且常含有背膠，除紙類與部分聚乙烯材料外，大多數材質難以回收，導致包材的回收難以突破。因此本計畫為解決塑膠緩衝包材在回收上的問題，並有效提升國內對廢棄包材的回收率，讓以往難以回收的項目可重新進入循環再生產業。

### 研究方法

#### 一、化學回收評估配套-塑膠檢測資料建立

針對不同材質之塑膠廢棄物進行材質特性檢測，並將檢測結果彙整資料庫中，以提供建議之化學回收處理方法。



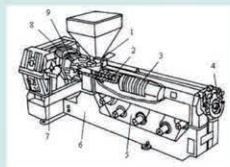
圖一 資料庫及程式架構圖



圖二 資料庫示意畫面

#### 二、建構物理回收之化學/物理材料改質技術

使用單螺桿混煉機進行混煉並改質，針對改質過後的再生塑膠粒進行物性檢測並建立塑膠循環價值新產業鏈。



圖三 單螺桿混煉機組成示意圖

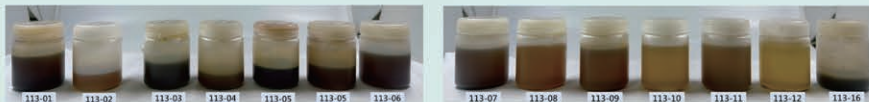


圖四 本計畫測試物性用之試片外觀

### 研究發現與預期成果

#### 一、化學回收評估配套-塑膠檢測資料建立

本計畫的檢測樣品主要來源為聚烯烴類和聚酯類的塑膠廢棄物。在塑膠熱裂解實驗中，PP容器的出油轉化率最高為80.08%，而廢膜樣品則較低。油品密度的差異反應成分不同，PS材料產出較高密度油品，PP和PE則接近燃料油。焦炭生成量亦因材料不同而異，大部分廢棄物的裂解氣產出比例在20~30%之間。



圖五 本計畫送測樣品之產出油品

#### 二、建構物理回收之化學/物理材料改質技術

本計畫與業者結合並建立塑膠循環價值新產業鏈，利用民生廢棄物PP膜袋進行減容、改質造粒及壓板製程，並將所押出之板材加工成置物用日用品載具，為難以再生的廢棄物創造再利用機會。



圖六 循環價值產業鏈圖

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 建置廢塑料智慧化自動分選暨智能回收技術平台

計畫主持人 朱仁佑、江敬涵、高豐生、黃思瑜、李政霖、黃隆程、陳怡真

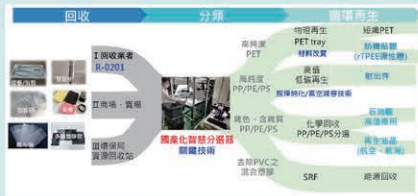
執行單位 財團法人工業技術研究院

### 摘要

面對國際淨零碳排放趨勢和《全球塑膠公約》，廢塑膠回收成為重要議題。台灣廢塑膠包裝回收以容器類為主，透過物理回收製成再生鹼粒，回收率高，其他混合塑膠包材因材質多樣、雜質高，分類困難，影響廠商投入意願。為提升塑膠包材回收率，本計畫開發影像辨識技術，準確度>97%，辨識速度達16件/秒，並開發光譜材質分選技術，準確度>99%，辨識速度達10件/秒，皆能分選8種以上材質，精準分類單一材質塑膠，提高再生料純度。本計畫亦完成再生應用技術評估，確認聚烯及聚酯類再生特性和應用途徑。產業具體實施後，預計可提升回收率至50%，減碳32萬公噸，符合淨零排放政策。

### 研究動機

廢塑膠包材是目前全球使用量最高且生命周期最短的塑膠產品，因種類多樣且雜質率高，現有技術分類成本高，再生價值低，產業缺乏回收動力，需建立精準分類技術，提升廢塑膠包材回收率。藉由本計畫支持分類及再生技術開發，擬定廢包材循環路徑包含：1.分揀後透明PET料源，透過物理再生，再製成短纖PET或TPEE彈性體；2.高純度聚烯材質再製成鹼粒，作為回收料添加使用；3.雜質較高的塑膠透過熱裂解製成石油腦做為原料或燃料油再利用；4.餘料作為能源回收料源。透過智慧分類技術佈建，擴大廢塑膠包材回收率。



圖一、廢塑膠包材循環去化技術藍圖

### 計畫成果與預期效益

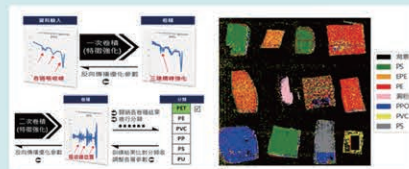
本計畫完成兩套廢塑膠回收包材材質及型態辨識系統(圖四)，建置成本為現有商用機台七成且辨識精準度提升至95%以上，可快速分類不同材質、類型、顏色，適用於現今廢塑膠分類流程。計畫目標將為國內建置一條廢棄包材自動化智慧分選示範線，輔導廠商建立塑膠包材回收系統，確保分選後的材料用於再生產品線，最終將進行噴級場域驗證，解決廢棄包材去化問題。預期可提升廢塑膠包材回收率至50%以上。



圖四、廢塑料材質分選機(上)與類型分選機(下)

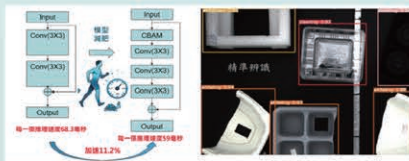
### 研究方法與發現

本計畫針對材質分選技術，開發近紅外光反射高光譜分選技術(NIR hyperspectrum)，並透過多次光譜特徵強化，導入AI演算法，進行多次模型訓練，數據處理流程請參考圖二(左)，選用五種演算法進行辨識精準度及辨識速度進行優化，最終選用演算法模型測試結果平均辨識精確度>99.6%，辨識速度達0.16 ms/張光譜。材質辨識結果用不同套色在高光譜影像上，以利觀測，不同材質的辨識結果如圖二(右)所示。材質辨識完成後，將結果透過程序控制模組將訊號傳遞到氣吹模組，進行不同塑膠材質分選。



圖二、廢包材材質分選技術，(左)AI演算法的數據處理流程。(右)NIR高光譜的材質辨識結果。

本計畫針對類型分選技術，開發影像視覺自動辨識技術，採用YOLOv5演算法進行模型訓練，AI演算法導入通道注意力機制(CBAM)，該方法經過測試，可增強了影像辨識模組特徵圖的表達能力，同時將中間通道數設置為輸出通道數的50%，既保持模型高精確度(>97%)，同時提高了其辨識速度達16件/秒。類型辨識完成後，將結果透過TCP/IP將訊號傳遞到協作型機器人，進行不同類型廢包材挑揀。



圖三、廢包材類型分選技術，(左)AI演算法的模型減肥方法。(右)視覺辨識的類型辨識結果。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 廢印刷電路板回收之玻纖樹脂粉熱裂解生成 再生資源液體燃料油計畫

計畫主持人 張昌財 博士

執行單位 毅川企業有限公司

### 摘要

印刷電路板是電子產品不可或缺的一種重要中間產品，由於資源短缺和金屬需求不斷增加，使得將廢棄印刷電路板（WPCB）回收以取得重要金屬與稀有金屬的產業的大量增加，本計畫的目標是開發一系列能將廢印刷電路板回收金屬之後的玻纖樹脂粉除溴熱裂解成資源化產品燃料油的技术。本計畫使用熱裂解廢印刷電路板回收所衍生的玻纖樹脂粉，先由自行規劃設計實驗室級的玻纖樹脂粉熱裂解試驗系統，試做玻纖樹脂粉的熱裂解試驗，同時與元智大學合作，委託該校使用精密儀器從事更精準的除溴熱解實驗，結合上述兩項經驗與結果，向春國際能源科技股份有限公司租借設備進行工業級玻纖樹脂粉除溴熱裂解產油試驗。本計畫可以具體開發出廢印刷電路板回收後之玻纖樹脂粉作為再生燃料技术，對國內印刷電路板產業及世界WPCB所形成的廢電路板回收產業的發展與環境的保護至關重要。

### 研究動機

電子廢棄物是極具潛力的待開發資源，許多電子產品本身含有高價值的可回收原料，廢印刷電路板中的溴化阻燃劑（BFR）和多環芳烴（PAH）也會污染環境，並顯著地增加廢印刷電路板回收的難度，電路板的主要成分之一是玻璃纖維與環氧樹脂及酚醛樹脂，廢電路板因為含有這些不容易腐爛的成分，其處理方式也就相對困難，廢電路板內金屬的回收現在已經發展成國內很重要的產業之一，由於玻纖樹脂粉化學性質相對安定，其去處是很令業界頭痛的問題。熱裂解被認為是處理WPCB的一種具有前景的化學回收方法。熱解適用於各種複雜廢棄物的處置，用熱解技術解決玻纖樹脂粉的去化應是可行辦法。

### 研究方法

本計畫所使用的玻纖樹脂粉是以乾式回收廢印刷電路板所產生的玻纖樹脂粉為試驗對象，原料取自本公司。本計畫有三個試驗面向，第一是在毅川企業有限公司，以自行設計的實驗室規模的裝置做熱裂解試驗，取得熱裂解玻纖樹脂粉的參數，第二項是與元智大學合作做玻纖樹脂粉脫溴的研究，第三是租借位於屏東的春國際能源科技股份有限公司的塑膠熱裂解工場設備做工業級量體的試驗。變換不同控制參數，然後再加入鈉、鉀及鈣等不同的碳酸鹽於熱裂解爐中，以及將裂解氣體通過碳酸鹽吸收塔，檢測脫溴效果，收集固體碳渣、產出液體油品樣品送SGS檢測其溴的含量，以比較各種鹽類的脫溴效果。



圖1 自行設計製作之熱裂解實驗系統



圖2 實驗室熱裂解所得之油品與碳渣

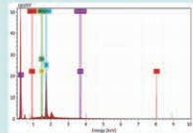


圖3 PCB粉體熱裂解固體殘渣之FE-SEM mapping的各元素EDS分析

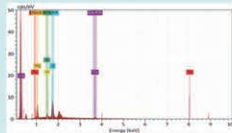


圖4 PCB粉體加鈉鹽熱裂解固體殘渣之FE-SEM mapping的各元素EDS分析

### 研究發現與預期成果

本計畫的基礎是先做非玻纖樹脂粉的熱裂解試驗，所使用廢塑膠包括PE, PP, 交聯PE等，試驗效果良好，平均出油率為75%至85%重量比。再用玻纖樹脂粉熱裂解，玻纖樹脂粉內樹脂佔約30%，產油率約為樹脂的55~60%。與元智大學合作做玻纖樹脂粉脫溴的研究，發現以草酸鈉取代碳酸鈉、碳酸鉀及碳酸鈣更適合作為脫溴的反應劑。經過全量分析結果檢測分析得知在每一公斤的廢印刷電路板回收之玻纖樹脂粉中含有14,885 mg的溴含量，藉由TG/DTG熱重分析可得知PCB粉體及PCB/鈉鹽樣品的熱穩定性等物化性質。藉由FE-SEM電子顯微鏡來分析PCB粉之形貌，結果顯示溴在液體殘留物中顯著增加。加入鈉鹽可以減少溴在液體的含量。借用春國際能源科技股份有限公司的熱裂解工場設備做工業級量體的試驗。先試驗純玻纖樹脂粉的熱裂解，然後再加入鈉、鉀及鈣等不同的碳酸鹽於熱裂解爐中檢測各種不同條件下的脫溴效果，收集固體碳渣、液體油品樣品檢測其溴的含量，將玻纖樹脂粉加上鈉鹽熱裂解後油品與固體殘渣含溴量的比較，鈉鹽與鈣鹽的脫溴效果都很好。將持續針對各種變數對玻纖樹脂粉的熱裂解的影響做試驗與分析，作為大量熱裂解處理廢玻纖樹脂粉系統的設計基礎。



圖5 工業級熱裂解系統之裂解槽

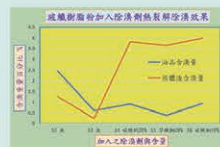


圖6 玻纖樹脂粉與加上鈉鹽熱裂解後油品與固體殘渣含溴量的比較

編號	熱裂解溫度 °C	液體產出率(以樹脂含量為基準) wt%	液體含溴百分比 wt%	液體含苯酚百分比 wt%	液體含雙酚A百分比 wt%	固體殘渣佔有率 wt%	固體殘渣含溴百分比 wt%	加入之除溴劑比例以玻璃纖維粉為基準 wt%
A2	510	38.33	2.45	31.6	0.0306	79.0	1.27	無，嚴重濃縮
A3	600	46.67	0.614	15.0	0.0402	74.5	0.25	無
A4	600	50.00	0.924	26.5	0.1600	73.5	3.83	碳酸鈣20%
A5	600	56.67	0.39	27.5	0.3300	66.5	3.65	草酸鈉20%
A6	600	51.67	0.944	29.4	0.1040	80.0	4.00	碳酸鈣10%

表1 玻纖樹脂粉熱裂解後油品含溴、苯酚及雙酚A量與固體殘渣含溴量

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 印刷電路板膨鬆劑循環再生技術開發計畫

計畫主持人 許芝祺、許心蘭、陳俞瑾、賴世雯、蔡宗坤、周舒驊

執行單位 財團法人工業技術研究院、超特國際股份有限公司

工業技術研究院  
Industrial Technology  
Research Institute

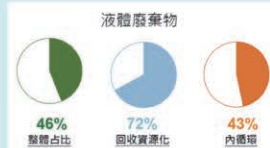
LETOHEM INTERNATIONAL CO., LTD.  
超特國際股份有限公司

### 摘要

印刷電路板(printed circuit board, PCB)產業為我國兆級重要產業，近年面臨國內外的綠色轉型壓力，濕式製程液體化學品的循環再生技術可協助PCB業減低原料與廢液量，提升綠色競爭力。本計畫聚焦印刷電路板膨鬆劑，由於膨鬆劑有品牌與類型之分，使用上有所差異，對於膨鬆劑之使用狀況與再生需求有所影響，因此本計畫進行國內最主要膨鬆劑供應品牌之一的實際案例探討。藉此案例，期加深對膨鬆劑再生應用的了解，使膨鬆劑可延長使用壽命，減少用量與廢液產生量。

### 研究動機

印刷電路板(printed circuit board, PCB)產業為我國兆級重要產業<sup>1</sup>，技術上領先全球，並支撐我國科技半導體產業之發展。面臨國際減碳趨勢，諸多電子跨國品牌分別承諾2030年提前達成供應鏈淨零<sup>2</sup>，五年內將衝擊我國PCB產業競爭力。PCB濕式製程使用多種液體化學品，資源化循環再生比率72%<sup>3</sup>，許多混合有機液受到技術限制未能循環再生，透過循環再生技術的開發有潛力大幅減低化學品原料用量與廢棄物處理量，促進產業綠色轉型。本計畫以業者尚未回收且用量大的膨鬆劑為循環再生品項，進行一實際案例探討，因應我國未來化學品循環之推動<sup>4</sup>，提前布局所需關鍵技術，並提升國際淨零碳排趨勢下我國PCB產業競爭力。

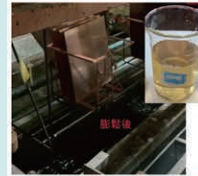


圖一、台灣印刷電路板液體廢棄物資源化比例  
(資料來源: TPCA 「台灣電路板產業循環經濟策略發展藍圖」<sup>3</sup>)

### 研究方法

膨鬆劑使用於印刷電路板生產製程的除膠渣階段，用於將前一步驟鑽孔所殘留的環氧樹脂膠渣膨鬆軟化，以利後續咬蝕去除。膨鬆劑的組成屬於混合有機溶劑，可以依照主要有機溶劑成分區分為醃胺類與醇醚類，市面上膨鬆劑藥水品牌亦有數家。

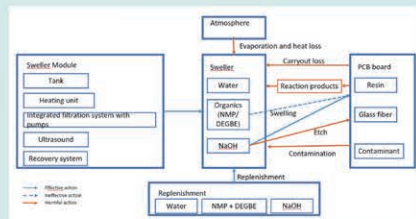
由於膨鬆劑品牌與成分的差異，本計畫進行實際案例探討，透過超特國際了解到他們銷售的膨鬆劑有高比例屬於醃胺類，且醃胺類膨鬆劑含有國內目前需求量大且無自行生產的N-甲基吡咯烷酮(N-methyl-2-pyrrolidone, NMP)。以此為實際案例探討標的，取得一實際案例之膨鬆劑樣品，並藉由調查與分析探討實際案例的使用情形、樣品特性、再生可能性。



圖二、實際膨鬆劑案例探討

### 研究發現與預期成果

本計畫探討之實際案例，經過對膨鬆劑製程使用情形、樣品特性、再生應用可能性的調查分析，此案例膨鬆劑有幾種特性如下圖三所示，同時也了解膨鬆劑操作現場的情形與考量。本計畫對於實際案例所發現之情形進行彙整討論，評估再生技術方案在此案例的匹配度，預期可從中提出可將此案例膨鬆劑延長使用壽命的可行再生應用方向。



圖三、膨鬆劑案例之樣品與操作特性

### 參考文獻

1. 沈瑜, “連小英總統都不知道?《遠見》獨家揭露:台灣將有第七個「兆元產業」!”, 遠見雜誌, 2021.
2. Apple, “2021 Environmental Progress Report”, 2021.
3. TPCA, “台灣電路板產業循環經濟策略發展藍圖”, 2018.
4. 環境部, “「戰略8-資源循環零廢棄關鍵戰略行動計畫」”, 2022.

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 整合減碳、循環與增值化之廢印刷電路板 非金屬成份熱解回收再利用技術開發

計畫主持人

江鴻龍<sup>1</sup>、吳子和<sup>1</sup>、陳杜甫<sup>1</sup>、廖紹淳<sup>2</sup>、陳新儒<sup>2</sup>、賴育澄<sup>1</sup>、詹英俊<sup>1</sup>、何宗駿<sup>1</sup>、林秉逸<sup>1</sup>、林昱丞<sup>1</sup>、高釋榮<sup>1</sup>

執行單位

1. 國立雲林科技大學 環境與安全衛生工程系、2. 國立雲林科技大學 化學工程與材料工程系

### 摘要

印刷電路板為電子廢棄物，含金屬和非金屬部分，非金屬主要由環氧樹脂、玻璃纖維及含溴阻燃劑組成。主要熱解區間為350-400°C，損失重量約15%，第二裂解區間在600°C。熱解實驗中，相同粒徑升溫速率5°C/min使反應溫度提前；30°C/min時活化能增至32.8-37.0 kcal/mol。GC-MS分析液態油含多環芳烴，以苯酚及其衍生物為主，於500°C達峰值(12.9±4.6%)。FTIR分析顯示≤0.38 mm樣品含氮官能基，C-O訊號隨溫度升高而增強，表明高溫促進碳材料官能基化，能源回收效率由6.4%提升至12.9%。

### 研究動機

台灣電路板為電子產品重要配件，但處理費用高且常未妥善處理，傳統回收集中於高價貴金屬如：金、鉍、銻，易導致二次污染。電路板非金屬部分價值低易遭棄置，帶來環境影響。熱解技術可將其轉化為高附加值產品，促進資源回收及永續發展。

### 研究方法

本研究選用廢印刷電路板主要為電子廠廢棄或資源回收廠之待處理之印刷電路板，主要以含溴阻燃劑為主。

#### 一、廢印刷電路板物化成分特性：

1. 三成分(水分、灰分及可燃分)
2. 外觀特性分析
3. 元素分析(碳、氫、氧與硫)
4. 微量元素組成
5. 氧化物與礦物
6. FTIR定性分析

#### 二、廢印刷電路板熱解動力特性：

使用阿瑞尼士方程式計算熱動力參數之活化能、反應級數與頻率因子。

#### 三、熱解實驗：

使用高溫橫式爐將樣品置於石英管中央，收集固體殘渣與焦油，定點採樣VOCs，並以廢氣分析儀分析熱解氣體。

### 結果與討論

#### 一、廢印刷電路板物化成分特性：

##### 1. WPCB三成分分析

灰分70.2-81.5%，可燃分18.0-29.2%，水分0.14-0.51%。

##### 2. 外觀特性分析：

以碳為主74.7 wt%，Al次22.7 wt%，Cu以顆粒狀形式存在，玻璃纖維呈條狀結構。

##### 3. 元素分析：

碳含量1.1%-12.1%，隨溫度上升而下降；氫含量亦之從1%下降至0.43%；氮、硫差異不大，為0.07%-0.1%與0.05%-0.1%。

##### 4. 微量元素：

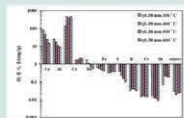
微量元素之濃度介於112.8-581.3 mg/g，主要成分為Ca、Al、Cu佔總量95.7-99.6%。

##### 5. 氧化物與礦物：

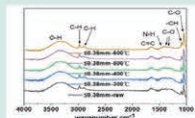
主要為SiO<sub>2</sub>、CuO，含6.3-7.4 wt%之溴。熱解後SiO<sub>2</sub>含量從31.5 wt%增至43.0 wt%；CaO自24.7 wt%增至36.3 wt%。

##### 6. FTIR定性分析

粒徑≤0.38 mm樣品含氮官能基、有-OH、C-H及C=C訊號，樣品C-O訊號增強，顯示高溫可促進碳材料官能基化。



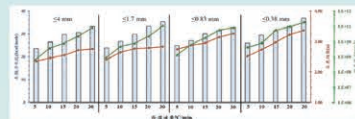
圖一、WPCB之ICP微量元素分析



圖二、FTIR吸收圖譜

#### 二、廢印刷電路板熱解動力特性：

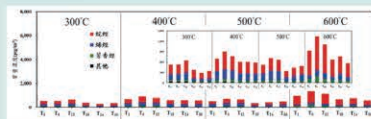
升溫速率5°C/min時，不同粒徑之廢印刷電路板活化能為23.6-26.1 kcal/mole；升溫速率為30°C/min時，活化能為32.8-37.0 kcal/mole，反應級數為2.4-3.3，頻率因子為6.49x10<sup>8</sup>-6.84x10<sup>11</sup> min<sup>-1</sup>。



圖三、熱解動力參數

#### 三、熱解實驗：

VOCs於熱解6、12分鐘達排放高峰，12分鐘後濃度降低；烷烴為n-Undecane，烯烴為Trichloroethylene，芳香烴為Isopropylbenzene，含溴化合物為1,2-Dibromoethane。



圖四、熱解於各取樣點所排放之揮發性有機物

### 結論

1. 元素組成：碳14.0-22.9%，氫1.18-1.66%，氮0.04-0.11%；溫度升高時，碳、氫、氧減少，固體減少，液體增加至17%。
2. 氧化物與溴：氧化物占84-91% (SiO<sub>2</sub>、CuO、CaO及Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)，溴占6.3-7.4 wt%，熱解後降至4 wt%。
3. 液體組成：富含多環芳烴，Phenol最高(14.47%)；添加Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>可減少烯烴至1.5-14.3%，提升烷烴至71.4-84.4%。
4. 能源回收：溫度達500°C時，能源回收效率12.9%。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 廢棄顯示器偏光片之高純度金屬碘化物 與塑料高值化再生技術開發

計畫主持人 劉凡瑋

執行單位 國立中興大學

### 摘要

偏光片占廢棄液晶面板玻璃的15%，焚燒處理這些廢棄偏光片會產生有害的碘廢氣，因此被禁止。由於偏光片廢料材質蓬鬆，不易大量囤積和掩埋，這使得處理這些廢棄物變得更加困難。為了實現資源循環和廢棄物高質化，本研究利用濕法冶金技術將偏光片中的碘資源製備成高純度金屬碘化物。此外，將剩餘的塑料轉化為炭基材料和金屬有機框架材料(MOFs)，這些材料可作為吸附劑，從而提升其附加價值。這一過程不僅能有效解決廢棄偏光片的處理問題，還能實現資源再利用，符合循環經濟的原則，促進可持續發展目標(SDGs)中的「確保永續的消費及生產模式」。通過這種方式，本團隊不僅能減少對環境的污染，還能將廢棄物轉化為有價值的資源，推動社會向更環保和可持續的方向發展。

### 研究動機

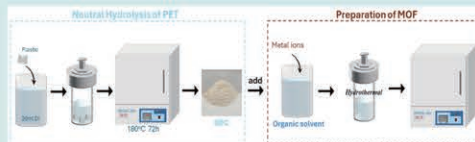
台灣每年約產生5,000噸廢棄偏光片，佔全球總量50%。這些廢棄物在焚化過程中釋放有害碘氣體，因此被禁止直接焚燒。此外，由於掩埋場地有限，僅剩12%可用面積，廢棄偏光片缺乏合法處理管道，廠商只能臨時存放於倉庫中，佔用空間並影響產能。台灣現有處理偏光片的主流方法為掩埋及焚化，但偏光片含碘，焚化會釋放毒性碘化物與酸性物質，因此無法直接處理，急需去碘化技術。目前的回收技術多聚焦於液晶和鎔等有價金屬回收，但偏光片中的金屬碘化物(如碘化鉀和碘化鈉)是產業重要資源，廣泛應用於光電、生醫等領域。特別是碘化鉛和碘化鈉，為新一代鈣鈦礦太陽能電池的重要材料。

### 研究方法

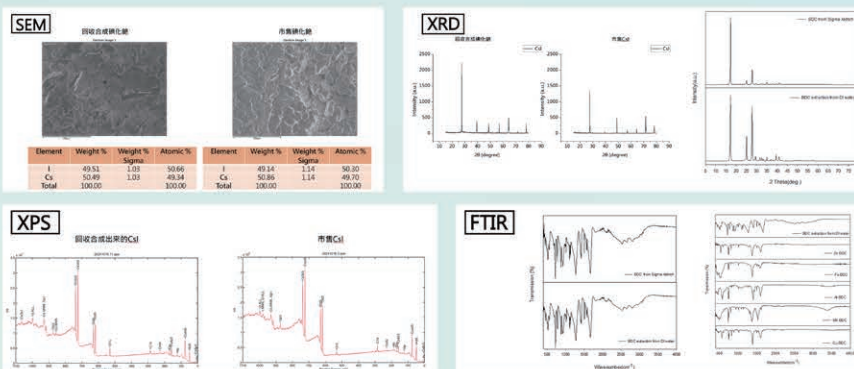
本研究計畫第一階段採用濕法冶金(Hydrometallurgy)技術，將廢棄偏光片中的碘資源轉化成金屬碘化物，可選擇生成高純度碘化鈉、碘化鉛、碘化鉀、碘酸鉀等，為鈣鈦礦太陽能電池高價前驅物及農、工業所需添加劑或原物料。此項技術不僅有效解決了焚燒方式產生有害空污的問題，更實現了偏光片中碘資源的回收再利用，右圖為廢棄偏光片之高值化再生流程圖。



去碘後的混合塑料，將成為本研究計畫第二階段技術開發的核心重點，右圖呈現了金屬有機框架的製備流程圖，展示了這一創新材料在去碘後塑料的轉化應用中所扮演的重要角色。



### 研究發現與預期成果



經由多種精密儀器分析，本團隊成功驗證回收再製的碘化鈉(CsI)在各項指標上均達到與市售產品相同的高標準。從元素組成、結晶度到鍵結能等關鍵參數，回收CsI與市售CsI完全匹配，純度更高達99.9%。也成功製成具備優異性能的金屬有機框架(MOFs)與活性碳基材料，為材料的回收與再利用開創了新的可能性。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 貴金屬回收製程精進暨減碳綠色技術提升計畫

計畫主持人 蔡政諺、邱俊祥、蘇淑慧、李欣怡、李岳峰、黃騰緯

執行單位 台灣碳棧科技股份有限公司



### 摘要

針對低濃度貴金屬溶液處理，吸附是最適合做為大量使用且最符合經濟效益之方法，但其回收技術的主要缺陷為材料對金離子選擇性不足，離子交換樹脂是目前市面上最常用於吸附低濃度貴金屬之吸附材料，現階段低濃度含金溶液所使用的離子交換樹脂除了僅能一次性使用之外，再回收程序中亦會有焚化導致之碳排放問題。此外，PCB製程中某些化學鍍金液會添加有機溶劑，其製程廢棄含金溶液亦無法使用離子交換樹脂進行吸附回收，進而造成貴金屬無法回收之損失。台灣碳棧科技股份有限公司以碳資材為核心技術，開發出一創新之吸附金離子材料(產品名稱:CAU)，有別於傳統離子交換樹脂需以焚化處理才能回收金，可降低貴金屬於回收製程中之碳排放，CAU在吸附低濃度金離子後可以脫附劑進行脫附將金脫附至溶液中，後續加入還原劑即可產生還原沉澱反應，脫附後之CAU則進行固液分離後再進行下一次吸附與脫附程序，達到循環使用之效能。本年度研究顯示，我司所製備之三種CAU材料對於多種含金溶液皆有良好的吸附效果，三種CAU材料搭配我司生產之脫附劑能有高脫附效率，藉此提高吸附材料CAU之再利用率，降低貴金屬回收製程碳排放量。

### 研究動機

隨著科技的進步帶動電子產品蓬勃發展，卻也導致電子廢棄物總量逐年攀升，而此議題引起世界各國及企業對於循環經濟的重視，如蘋果公司提出的「Apple to Apple」，即是積極落實循環經濟並提升企業社會責任形象之實質行動。台灣方面，在政策面與產業界對於如何落實循環經濟也相當重視。政策方面，循環經濟為近年來政府所列且推動之重要政策，105年8月行政院施政方針將新材料循環經濟列入施政重點，以創新驅動產業升級轉型，為產業創造新價值。依據106年立法院第9屆第3會期行政院書面施政報告，提出循環經濟施政要點，並且將發展新材料列入循環經濟推動之一。本計畫欲開發之技術與傳統技術最大差異化為導入一種新的吸附材料，可以吸收含金溶液中的高價金屬-金離子，並透過新的脫附模式，大幅的減少焚化次數，除可達到金回收製程的減碳效益之外，亦可減少化學品的添加使用，促進環境的友善，使城市採礦技術能夠更永續的進行。

### 研究方法



### 研究發現與預期成果

本研究主要工作項目皆已完成所預定之進度，相關預期成果簡要說明如下：

#### 一、材料重複使用

「材料的重複使用性」作為計劃研發的核心指標之一，意即台灣碳棧科技所開發之材料在耐用性以及可回收性均須達到一定的要求，材料性能必須在貴金屬回收廠商可接受的前提下，經過至少3次的重複吸附使用循環。目前設定材料重複使用3次為依據過往我司研發過程實測經驗，材料亦有可能因含金廢水種類特性之不同在吸附後對材料使用次數有所影響，後續會依據第一年之測試情況重新評估生命週期限制。

#### 二、減少吸附材料使用量

為了提升資源的高效利用，本計劃希望透過技術精進，包括改進吸附劑的再生性能以及提升脫附劑的脫附性能，以延長吸附材料的使用壽命並降低整體消耗，優化現有的貴金屬回收工藝，使其能夠在消耗更少材料的同時，保持甚至提升回收效率，預期吸附材料使用量將減少約10%。

#### 三、減少碳排放量

為了積極響應全球減碳的迫切需求，本計劃透過採用先進的綠色技術和實施環保的作業流程以達到減碳效果，透過負碳材料的開發，預期整個貴金屬回收流程預估至少減約10%的碳排放量。目前其所預期評估方式為初步簡單估算材料吸附相同含金溶液量後，材料最終進行焚化之碳排放量相對比較值之差異。例如處理3噸含金溶液，吸附材料每批次處理1噸，共處理3次，在使用離子交換樹脂吸附後(3批樹脂，每次使用後即進行焚化，碳排放量訂為100%)與CAU材料吸附後(處理3噸含金溶液，CAU材料重複使用3次再進行焚化，則碳排放量為樹脂之1/3即為33%)。待計畫執行後實際操作獲得更多的試驗數據與操作參數(如焚化所使用的燃料種類，焚化時間...)會再進行較精準的碳排放評估。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 改質多孔球狀活性碳與再生廢球碳 應用於選擇性回收貴金屬鈀與鉑之創新研發

計畫主持人 席行正 教授

執行單位 國立臺灣大學 / 環境工程學研究所

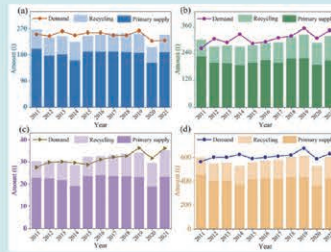
### 摘要

鉑族金屬應用於電子 circuit 板和汽車觸媒轉換器，由於資源有限且需求高，需有效回收以促進資源循環並防止污染。本研究利用硫脲改質球狀活性碳(TU-BAC)和流體化床反應器(FBR)回收鈀離子，增強其對過渡金屬的選擇性回收。實驗以往復式震盪儀測試pH、吸附劑量、接觸時間、吸附熱力學、動力學、選擇性吸附、脫附和循環再利用，所得參數再應用於FBR中。在pH=4、鈀濃度15mg/L、吸附劑量0.15g/L、40°C下反應3小時，回收效率達99%，吸附容量97.9 mg/g。FBR於225 mL/min流速下30分鐘內去除率93.8%，比批次反應器更快。動力學符合擬二階方程，熱力學符合Langmuir模型。TU-BAC對鈀離子具高選擇性，其他金屬吸附量均低於1mg/g；最佳脫附劑為0.25M硫脲和2M鹽酸，脫附效率99.9%，第五輪吸附和脫附效率分別為84.1%和93.3%。

### 研究動機

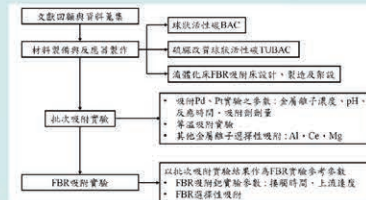
受全球淨零碳排放與循環經濟趨勢影響，能源和貴金屬回收成為永續發展重點。目前的回收技術如火法冶煉和濕法冶煉，因高耗能、高成本、高毒性、不安全等問題，限制了應用，特別是在廢棄物中貴金屬濃度低、回收效益不佳時，還可能帶來額外污染。相比之下，吸附法因具高經濟性、無需有毒溶劑、無高碳排放且適合低濃度貴金屬回收，並具選擇性成為回收技術的關注焦點。

圖一、2011-2021年 (a) Pt、(b) Pd、(c) Rh 和 (d) 鉑族金屬 (Pt、Pd 和 Rh) 之需求、初級供應和回收 (Tang et al., 2023)



### 研究方法

本研究目標在於透過批次實驗找到最佳回收效率的操作條件作為流體化床參數，並研究活性碳的脫附與再生特性，測試再生球狀活性碳的循環吸附效果，藉由吸附實驗和材料物化分析探討Pd離子回收的反應機制。



圖二、研究方法流程圖

### 研究發現與預期成果

#### 鈀離子回收之批次實驗最佳參數選擇

- 在鈀離子回收批次實驗中，研究最佳化pH值、吸附劑量與接觸時間。結果顯示，TU-BAC的Pd回收率隨pH上升而提升，pH 4時達到最佳回收效率98.9%；相較之下，未改質的BAC回收率無顯著變化，僅在pH 3時達54.2%。在吸附劑量方面，TU-BAC於0.15 g/L時回收效率達99.6%，BAC則僅為62.7%。最終固定pH 4及劑量0.15 g/L，並在接觸時間上進行測試，結果顯示TU-BAC於30分鐘內回收率已達81.9%，1小時達93.1%，並在3小時後達99.3%，最終穩定於99.6%。這些數據確認TU-BAC於pH 4、劑量0.15 g/L、接觸時間3小時為回收Pd的最佳操作條件。

#### 利用批次反應器最佳條件應用於FBR

- 流體化床吸附實驗採用批次實驗之最佳參數(pH 4、劑量0.15 g/L)在300 mL流體化床反應器中進行，於150、225及300 mL/min三種流速下觀察Pd離子回收效果。結果顯示，150 mL/min流速不足，吸附劑未能完全流體化且與溶液接觸不均，回收效率低於批次反應器。當流速提升至225 mL/min時，TU-BAC部分達到流體化，30分鐘內回收效率達93.8%，高於批次之81.9%，說明流體化有助於均勻分布並促進濃度平衡。流速達300 mL/min時，TU-BAC幾乎完全流體化，15分鐘回收效率即達82.2%，優於批次之77.3%。且內部之突擴管設計增強了流體化效果促使沉澱物凝聚並防止溢出。吸附動力學結果以225 mL/min流速模擬，PSO模型的R<sup>2</sup>達0.9999，表明Pd與TU-BAC間主要為化學吸附反應。整體數據顯示，在流速超過225 mL/min後，流體化床於30分鐘內回收效率可超越批次反應器，並於60分鐘達93%-95%之回收效率。

#### 對混合金屬離子溶液之材料選擇性吸附

- 在溶液條件(Pd/Pt/Mg/Ce/Al = 10/10/50/50/100 mg/L)下，Pd與Pt分別達到81.5%和31.7%的回收率，Mg、Ce、Al則無回收。結果顯示競爭離子增加會降低Pd回收效率，當競爭離子濃度降低時，Pd與硫脲的配位干擾減少，促進Pd沉澱。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 整合式沼氣純化與二氧化碳捕捉技術開發與示範

計畫主持人 潘述元<sup>1</sup>、游承修<sup>2</sup>、曾渤之<sup>2</sup>、林育誼<sup>1</sup>、黃光峻<sup>2</sup>、葉晉豪<sup>1</sup>、陳心儀<sup>1</sup>

執行單位 1國立臺灣大學、2國立臺灣科技大學

### 摘要

本計畫開發整合式沼氣純化與二氧化碳捕捉技術，特別是電透析為基礎 (Electrodialytic Approach) 沼氣提純 (Biogas Upgrading) 程序，將沼氣中二氧化碳及其他污染物 (例如硫化物等) 同步去除，以提升沼氣中甲烷濃度，使其接近天然氣品質，因此可直接饋氣網做為燃料使用，多元化沼氣再利用途徑。本計畫測試成果，已建立實驗室規模以電透析為基礎之沼氣提純程序，並鑑別影響沼氣中CO<sub>2</sub>捕捉效率關鍵參數，應包括施加模組電壓、氣體/液體比等。關於CO<sub>2</sub>捕捉效率，以使用兩公升水溶液及出氣CO<sub>2</sub>濃度20%為基準，施加電壓4.0 V/cell、4.5 V/cell 及5.0 V/cell分別能夠捕捉 5.06 g-CO<sub>2</sub>、5.31 g-CO<sub>2</sub>及7.51 g-CO<sub>2</sub>；本計畫已建立NaOH-CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O相平衡 (熱力學) 模型，並驗證Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O系統中，不同CO<sub>2</sub>負載情況下對應之CO<sub>2</sub>分壓 (P<sub>CO<sub>2</sub></sub>)，以及NaOH莫耳濃度對其熱容 (Heat Capacity) 變化影響。

### 研究動機

- 生質能結合碳捕捉儲存 (Biomass Energy with Carbon Capture and Storage, 簡稱 BECCS) 為國際上重要負碳技術選項之一。
- 本計畫開發整合式沼氣純化與二氧化碳捕捉技術，以電透析為基礎應用電化學酸鹼震盪 (pH Swing) 將沼氣中CO<sub>2</sub>及其他污染物去除，以達到沼氣提純 (Biogas Upgrading) 目的。

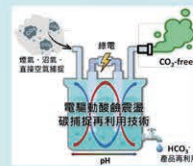


圖1、生物質厭氧消化沼氣提純概念及其他潛在應用

### 研究方法

- 本計畫使用電去離子技術進行電化學酸鹼震盪 (pH Swing)。
- 使用合成水樣 (包括純水、含鹽溶液等) 及合成沼氣 (CH<sub>4</sub>: 60%、CO<sub>2</sub>: 40%) 進行功能測試，分析沼氣淨化效率。
- 此技術透過電場將水分子解離成酸 (H<sup>+</sup>) 與鹼 (OH<sup>-</sup>)，利用離子捕提沼氣中CO<sub>2</sub>與H<sub>2</sub>S等污染物，並生產 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 產品。



圖2、本計畫已開發以電透析為基礎應用電化學酸鹼震盪 (pH Swing) 進行沼氣二氧化碳捕捉

- 以實驗設計方法進行技術驗證，建立系統質量平衡模式使用Design Expert 8軟體，根據 Central Composite Design 方法設計五階層多變數實驗。
- 建立熱力學模型，採用 eNRTL 模型來計算系統之 Fugacity，獲得水-胺基酸鹽-CO<sub>2</sub>系統之氣液平衡實驗數據，預測系統中物質形態；假設反應於相平衡狀態下完全進行，以 Aspen Plus 中使用Flash裝置來模擬該過程。

$$f_i^{vap} = f_i^{liq}$$

$$\phi_{CO_2} y_{CO_2} P = Y_{CO_2} x_{CO_2} H_{CO_2}^0 \exp\left(\frac{v_{CO_2}^0 (P - P^{sat})}{RT}\right)$$

$$c_{P,S}^{CO_2} = f(S_{a,c}^{CO_2}(T = 298.15\text{ K}))$$

$$S^{CO_2}(T) = (eT + f) + (gT + h) \times S_{a,c}^{CO_2}(T = 298.15\text{ K})$$

圖3、配合實驗數據建立熱力學模擬瞭解系統平衡狀態及最大吸附容量

### 研究發現與預期成果

#### (1) 建立實驗室規模電化學模組進行沼氣提純測試

每度電 (kWh) 可捕捉沼氣中之CO<sub>2</sub>重量，於4.0 V/cell、4.5 V/cell及5.0 V/cell，其捕碳能耗約為 0.90、0.71 及 0.47 kg-CO<sub>2</sub>/kWh，相當於CO<sub>2</sub>捕捉程序能耗 176、223 及 337 kJ/mol-CO<sub>2</sub>。

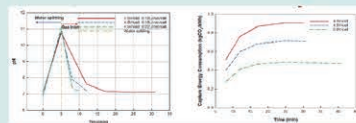


圖4、測試不同條件下對於捕捉溶液pH變化及捕獲效率/能耗

#### (2) 建立反應曲面模型及動力學模型進行效率預測

以施加電壓18 V為例，其一階捕捉反應速率約為 0.343±0.100 min<sup>-1</sup>。

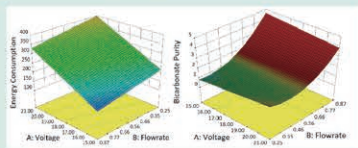
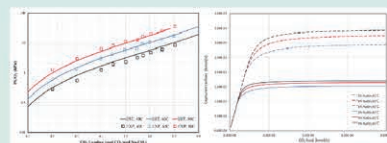


圖5、建立預測模型：(左) 能耗反應曲面、(中) 碳氫鹽濃度反應曲面、(右) 反應動力學模型

#### (3) 透過熱力學模型進行實驗數據驗證

- 隨著溫度上升，碳捕捉容量下降，因NaOH與CO<sub>2</sub>反應為放熱反應，反應平衡會偏向反應物側。
- 隨NaOH濃度提高，碳捕捉容量能力隨之增加。



#### (4) 分析沼氣淨化績效

本計畫將所得技術效率與國際上相關科技進行比較，包括處理規模、捕碳能、操作成本等重要技術資訊等。

類別	技術名稱	處理規模	電壓	捕碳效率	操作成本
傳統	胺基酸鹽法	100-1000 tpd	1.5-2.0 V	~0.5 kg-CO <sub>2</sub> /kWh	\$10-15
	胺基酸鹽法	100-1000 tpd	1.5-2.0 V	~0.5 kg-CO <sub>2</sub> /kWh	\$10-15
	胺基酸鹽法	100-1000 tpd	1.5-2.0 V	~0.5 kg-CO <sub>2</sub> /kWh	\$10-15
	胺基酸鹽法	100-1000 tpd	1.5-2.0 V	~0.5 kg-CO <sub>2</sub> /kWh	\$10-15
新興	胺基酸鹽法	100-1000 tpd	1.5-2.0 V	~0.5 kg-CO <sub>2</sub> /kWh	\$10-15
	胺基酸鹽法	100-1000 tpd	1.5-2.0 V	~0.5 kg-CO <sub>2</sub> /kWh	\$10-15
	胺基酸鹽法	100-1000 tpd	1.5-2.0 V	~0.5 kg-CO <sub>2</sub> /kWh	\$10-15
	胺基酸鹽法	100-1000 tpd	1.5-2.0 V	~0.5 kg-CO <sub>2</sub> /kWh	\$10-15

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 血液透析器內部中空纖維膜 作為環保塑木建材原料之可行性

計畫主持人 王瀚緯 執行單位 青新環境工程股份有限公司

### 摘要

本公司引入耐衝擊通用聚苯乙烯(GPPS)、通用丁苯橡膠(SBR)與碳酸鈣(CaCO<sub>3</sub>)等材料所製成之複合彈性體，以及其他熱塑性材料(如回收聚苯乙烯rPS)作為原料，開發環保塑膠仿木生產技術。因於產品製造過程，本公司皆使用100%之塑料材質，產出之板材、扣板、角材等產品，廢棄後皆可全部回收到廠內製程中重新破碎、造粒、押出再造成新塑木產品以此落實循環回收利用。

本次計畫研究血液透析器內部中空纖維膜之再利用可行性，廢棄之中空纖維膜原處理方式為焚化處理，現今為推動循環生命週期並以零廢棄為目標，本研究透過中空纖維膜經破碎、研磨等流程，將中空纖維膜研磨至粒徑約5mm以下，後續再加入塑木產品製程中，作為相關塑木建材。



### 研究動機

依現有醫療廢棄物再利用市場概況分析，臺灣2.2萬間醫療院所每年平均產生約11.5萬公噸的醫療廢棄物，其中約有1.1萬公噸廢棄物則可透過高溫高壓滅菌進行無害化，並轉為可利用之再生資源。若以目前醫療廢棄物再利用項目檢視，可回收再利用之醫療廢棄物(如C-0504、C-0514、C-0599、D-2101、D-2199等)中以血液透析(俗稱洗腎)相關耗材如：濾器(即人工腎臟)、拋棄式導管(即血液迴路管)...等為最大宗，全台血液透析人口概略統計達9萬人以上，每年固定產出之血液透析廢棄物更達1400萬組以上，足以窺見醫療廢棄物回收再利用之龐大市場規模。

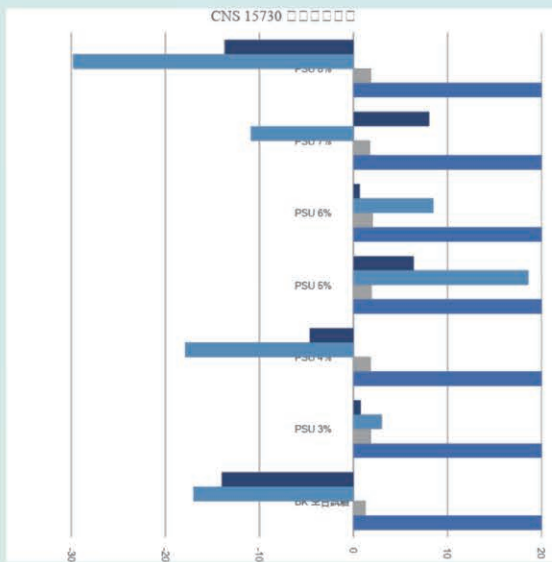
考量資源循環零廢棄及材料成本等因素，本公司擬結合「塑木押出製程」及「滅菌再利用製程」，研發將血液透析器內部之中空纖維膜，部分取代青新木的押出主材料、填充材或添加品，以達到廢棄資源再利用並降低原料成本，並研究是否具備提高產品之強度、耐熱性及耐腐蝕性等額外效益，朝資源循環零廢棄的方向邁進。

### 研究方法

本計畫配合塑膠中心輔導諮詢，針對已廢棄之血液透析器內部中空纖維膜進行破碎研磨加工，作為後段塑膠混煉押出之原料，並於原料測試階段進行配方及配比調整，交付押出成型測試。

其中滅菌後之血液透析器相關處理技術規範，於原料配比測試程序規劃將滅菌後血液透析器以手動或機械方式將內部中空纖維膜研磨分離，並透過破碎、研磨等設備研磨至粒徑約5mm以下，且水分應於10%以內作為原料之允收標準，以確保配料過程中之材料均質性；再以回收聚苯乙烯(rPS)及烯彈性體兩種原製程所使用之原料，依設計添加比例0~90%等9組不同比例樣品混和比例處理之原料測試配方，並以原配比(不添加中空纖維膜)作為空白試驗(BK)對比組。

### 研究發現



1. 中空纖維膜原材料因取得時含有大量水份，易影響PS非結晶性材質之機械強度。雖已經粉碎處理之中空纖維僅作為添加成份，但仍可能因分散程度及水份含量，對塑木成品造成嚴重的影響。

2. 本實驗委託塑膠中心檢測，抗彎強度、衝擊強度、耐候試驗前後抗拉強度變化率及耐候試驗前後抗彎強度變化率之測試結果，不同中空纖維膜添加量測試結果，並無明顯變化趨勢，中空纖維膜(PSU)添加量在3~8%間的測試，可符合CNS 15730之要求。

### 預期成果

本次實驗設計為探討添加中空纖維膜押出之製成品可行性，目的為去化「血液透析器之中空內部纖維膜」，並以押出製成品成型後是否符合CNS15730之強度規範為主要目標。若以本公司塑木製程年產量2167.2噸說明，使用8%中空纖維膜作為替代原料，占青新公司中空纖維膜去化比之39%；每年可減少約173.4噸塑膠原料使用，約可減少製造PS塑膠原料產生520.2噸二氧化碳排放量及廢棄物焚化處理產生174.3噸二氧化碳排放。以醫療廢棄物回收再利用作為再生建材替代原料，落實資源循環理念。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 含醋酸之氫氟酸混酸廢液處理技術開發

計畫主持人 李明政 總經理、李崇業 教授

執行單位  秀霖環境科技股份有限公司、 國立臺灣科技大學化學工程系

### 摘要

秀霖環境科技以有害廢液處理及資源再利用的觀點出發，從最初氫氟酸資源化處理回收氟鹽，陸續增加含硝酸與含氫的混合廢液回收處理產製硝酸鈉及工業級氨水。本次計畫探討氫氟酸、硝酸與醋酸之混酸廢液資源回收處理技術，也是在秀霖原有處理基礎上增加醋酸污染物的資源回收；如何從混酸中回收利用醋酸也是非常重要的課題，醋酸與水雖然不會形成共沸物但存在共沸點，這會讓蒸餾塔板數增加進而增加成本。本次計畫將使用非均相共沸蒸餾與萃取蒸餾的兩種方式進行研究，來達到將醋酸回收提濃的目標。

### 研究動機

積體電路半導體隨著新興科技發展使得產能需求增加，製程所需的化學品使用量將逐步上升，廢液也隨之增加，其中氫氟酸為第六大原料，氫氟酸、硝酸與醋酸等混酸皆用於蝕刻晶圓，所以會產生不同濃度與成分的混酸。秀霖環科已可將氫氟酸與硝酸進行資源化處理產出氟矽酸鈉與硝酸鈉，結合現有製程，將含有氫氟酸、硝酸、醋酸的混酸廢液再回收產製工業級醋酸，除解決混合廢液問題，更提升整體廢棄物資源化效益，持續邁向循環經濟。因此透過本計畫研究開發一套醋酸回收提濃系統，以解決混合廢酸處理的難題。

### 研究方法

本計畫以含氫氟酸、硝酸及醋酸之混酸廢液為主，設計一套混酸廢液分離後醋酸回收提濃的資源化處理流程。採取分工合作模式，秀霖環科負責廢液成分分析、定量方法、物種分離研究與資源化可行性驗證，台科大負責回收醋酸的提濃與純化。



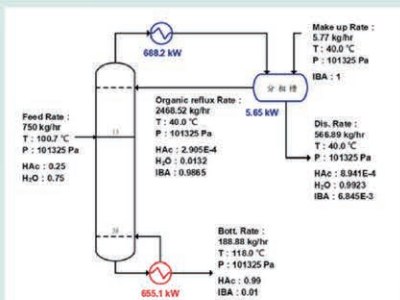
### 研究發現與預期成果

利用實驗室進行混合廢液分離測試，中和混酸廢液中的硝酸且中和比設定在100%時，可以分離開醋酸與硝酸鹽；使用實際廢液進行全流程的測試，驗證各目標物的資源化處理可行性，過程中皆不會因為醋酸而影響資源化產品的純度與粒徑。實驗取用混酸廢液20公升，氟、硝酸根、醋酸根的回收率分別為95.8%、98.6%、97.8%，總計所產出的資源化產品重量回收比高達74.5%。

本次醋酸回收採用非均相共沸蒸餾與萃取蒸餾兩種方式進行模擬研究並比較年度生產成本後，選擇非均相共沸蒸餾作為醋酸脫水製程，採用醋酸異丁酯作為夾帶劑，預期塔底為99 wt%的醋酸、塔頂可得到99 wt%的水。透過小試實驗結果，塔底得到92.7 wt%的醋酸，模擬與實驗結果大致吻合，預計未來試驗等級工廠應可達產品規格。

NO	中和比	單位	400 mL	500 mL	600 mL	700 mL	800 mL	900 mL
1	80%	重量	0.0 g/L	0.2 g/L	0.6 g/L	1.7 g/L	5.4 g/L	8.1 g/L
		硝酸根	118.6 g/L	122.6 g/L	118.9 g/L	114.3 g/L	112.4 g/L	110.8 g/L
		醋酸根	0.0 g/L	0.0 g/L	0.2 g/L	0.4 g/L	1.6 g/L	3.0 g/L
2	90%	重量	102.3 g/L	105.6 g/L	113.9 g/L	121.1 g/L	116.5 g/L	111.6 g/L
		硝酸根	0.0 g/L	0.0 g/L	0.1 g/L	0.2 g/L	0.4 g/L	0.9 g/L
		醋酸根	102.6 g/L	106.9 g/L	114.5 g/L	118.6 g/L	116.4 g/L	109.6 g/L
3	95%	重量	0.0 g/L	0.0 g/L	0.0 g/L	0.0 g/L	0.0 g/L	0.2 g/L
		硝酸根	91.2 g/L	93.5 g/L	98.6 g/L	103.6 g/L	105.8 g/L	109.7 g/L
		醋酸根	0.0 g/L	0.0 g/L	0.0 g/L	0.0 g/L	0.0 g/L	0.0 g/L
4	100%	重量	89.8 g/L	94.1 g/L	94.7 g/L	99.9 g/L	103.5 g/L	105.7 g/L
		硝酸根	0.0 g/L	0.0 g/L	0.0 g/L	0.0 g/L	0.0 g/L	0.0 g/L
		醋酸根	89.6 g/L	96.6 g/L	97.2 g/L	98.1 g/L	102.3 g/L	101.1 g/L

不同中和比之醋酸根與硝酸根分離效果



非均相共沸蒸餾穩態模型



醋酸脫水蒸餾塔

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 太陽光電模組玻璃循環再生玻璃纖維

計畫主持人 楊昇府、陳俊良、李岳穆、楊凱翔

執行單位 國家原子能科技研究院

### 摘要

本計畫開發太陽光電模組玻璃循環再生玻璃纖維，將經拆除鋁框和接線盒背板的廢棄太陽光電模組置入電漿輔助熱裂解反應系統，於達到熱裂解溫度極需大量熱量進行裂解，為縮短反應時間，電漿輔助高能量焦耳熱集中待處理物料，熱效率高有效裂解太陽光電模組的封裝材料醋酸乙烯酯聚合物及塑膠背板，各材料如銅線帶、玻璃及碳因此分層，玻璃利用噴吹抽絲技術循環製成玻璃纖維原料，延長材料生命週期及減少礦物開採，解決循環經濟之技術缺口，健全循環經濟技術價值鏈。目前完成精進噴吹電漿輔助熱裂解反應系統，建立電漿輔助熱裂解系統遠端監控控制設備，處理270片廢棄太陽光電模組，處理總重量約為5,076公斤，驗證系統穩定性及可靠度。完成纖維噴吹系統噴嘴及收集系統設計並同時建置及太陽光電模組玻璃循環再生玻璃纖維與玻璃纖維外觀及線徑檢測、耐酸鹼度、纖維粒子含有率、熱穩定性分析等特性分析。在噴嘴軸孔對氣流之角度為20°和噴嘴距洩漿口垂直距離為15 mm下，纖維線徑範圍為0.8-2.2 μm，粒子含有率14 wt%。纖維經高溫檢測後，確認能容許在600°C的高溫環境下安全使用。

### 研究動機

2016年5月政府宣布啟動能源轉型與電業改革，綠色再生能源太陽能已列為我國能源轉型重要發展項目，政府全力開發綠色新能源，規劃2025年提升再生能源發電佔比達20%。政府從2000年起開始推廣裝設太陽光電模組，到2022年統計資料，目前太陽光電模組累計裝置容量總大於10 GW。隨著太陽能發電模組建置速率指數型增長，未來使用後廢棄太陽光電模組可預期會大量產生，環境部需嚴正面對及早因應廢棄太陽光電模組對環境影響和生態衝擊，鼓勵補助發展廢棄太陽光電模組處理及其材料循環應用技術，增加材料生命週期，減少礦物開採，落實循環經濟開發技術，達成國家淨零碳排放政策。

### 研究方法

#### 一、精進電漿輔助熱裂解系統

- 導入AIoT概念，加裝智慧感測器及連續監控系統，透過遠端監視器監控及雲端資訊，可即時查看現場狀況。
- 建立公噸級電漿輔助熱裂解系統遠端監控控制設備，同步監測區段回傳工作操作數值動作，數值可由人機介面顯示，以利研究人員提取工作操作數值。
- 可從電腦、通訊設備即時觀測氣氛控制燒除爐光電模組電漿裂解熱處理程序即時影像。

#### 二、太陽光電模組玻璃循環再生玻璃纖維

- 噴吹法的基本原理，首先將原料經由高溫熔解成熔漿後，再將熔漿注入導管，由導管流出熔漿，再利用高壓空氣或水蒸汽對熔漿進行高速噴流作用，將熔漿的流股分裂，吹拉成纖維狀。
- 定義高溫噴吹法製作玻璃纖維之操作參數包括熔漿流道維持溫度、熔漿黏度、噴嘴及噴吹空氣壓力與氣流量。

#### 三、再生玻璃纖維特性分析

- 再生玻璃纖維外觀及線徑檢測
- 再生玻璃纖維耐酸鹼度檢測
- 再生玻璃纖維粒子含有率檢測
- 再生玻璃纖維熱穩定性分析檢測

### 研究發現與預期成果

#### 一、建立電漿輔助熱裂解系統遠端監控控制設備及測試

- 建立遠端監控系統與熱裂解測試



圖1、(左至右)遠端影像、資料雲端傳輸、模組擺放裂解盛盤、熱裂解材料分離

#### • 物料回收分離



圖2、(左至右)回收玻璃(經敲碎)、矽基板、銅線帶、裂解油

至10月30日為止共進行6批次試驗，處理270片拆除鋁框和接線盒後的廢棄太陽光電模組，處理總重量約為5,076公斤。

#### 二、玻璃纖維噴吹系統規劃、設計與建置

- 噴吹系統規劃設計建置與實際操作

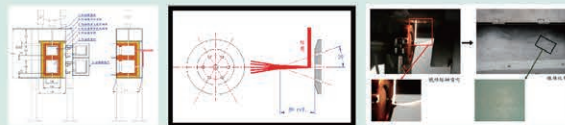


圖3、(左)熔融爐設計圖、(中)噴吹操作參數優化、(右)玻璃纖維噴吹過程圖

#### 三、太陽光電模組玻璃循環再生玻璃纖維及玻璃纖維特性分析

- 纖維外觀及線徑：0.8-2.2 μm
- 耐酸鹼測試：可在操作pH 1-13使用
- 粒子含有率：14 wt%
- 熱穩定性分析：可在600°C使用
- 符合CNS3657延綿保溫材料使用標準

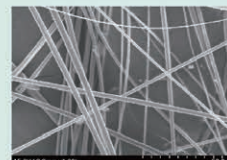


圖4、再生玻璃纖維SEM外觀

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 風力發電葉片大樑廢棄物回收技術及其高值化產品 應用研究計畫

計畫主持人 沈銘原、鄭文雄、丁基賜、劉泓欽、阮成達、陳正育、梁藝瀾

執行單位 國立勤益科技大學 **LCPA**

### 摘要

因熱固性碳纖維複合材料無法重新加工並重新再利用等因素，讓熱固性碳纖維複合材料廢棄物造成的環境污染逐漸受到關注，隨著環保意識抬頭，熱塑性碳纖維複合材料有著可重複加工、製造週期短、無保存時間限制等優點開始受到產、官、學界的重視。本研究使用微波裂解法從自行車車架廢棄物與風力發電葉片廢棄物中回收碳纖維，卻因碳纖維經過微波裂解後表面集束劑被高溫氯化，此現象讓再生碳纖維與基材無法有效的結合，因此本研究將探討一種新型碳纖維改質劑，讓再生碳纖維與熱塑性樹脂產生較佳之界面結合效果，透過混練製程將再生碳纖維與熱塑性樹脂聚碳酸酯製成再生碳纖維熱塑性複合材料並針對其機械性質與熱性質進行研究。研究結果顯示，混練時間的調整有效保留熱塑性複材之纖維長度，並透過不同回收來源之再生碳纖維得知混練再生纖維長度較佳長度，使用最佳配比碳纖維改質劑能夠有效增加再生碳纖維與聚碳酸酯基材之界面結合效果並有效提升其機械性質。

### 研究動機

台灣纖維複合材料產業歷經球拍、自行車、航空、汽車等發展，雖產業技術與產能名列世界前茅，但所產生的複材廢棄物也相當驚人。至今複材廢棄物的回收再利用技術的開發和產業化已迫在眉睫。工業革命之後，人們皆是使用線性的生產與消費模式，使不可再生的天然資源經加工與使用後就直接丟棄，此生產與消費模式不但嚴重的消耗有限的地球資源，且隨著科技的日新月異人們生活水平不斷提升，使得原物料的需求與開採、產品的製造、與商品的需求亦是日漸加劇。此現象不但造成地球資源的嚴重耗損，大量的廢棄物更是造成地球環境的嚴重傷害。為了有效的使用有限的地球資源且降低廢棄物對環境的侵害，不同於線性經濟消費行為的循環經濟是必須被探討的。因此，若纖維複材產品可捨棄傳統掩埋以及焚燒，而能將其進行回收再利用，對複材相關產業的循環經濟有明顯助益。現行碳纖維複合材料回收再利用的方式，大部分是將廢棄的碳纖維複合材料產品進行掩埋。但臺灣地狹人稠，今日已無可作為掩埋垃圾的垃圾場，更遑論用來當作掩埋碳纖維複材的特殊掩埋場。

### 研究方法

本計畫在經過微波裂解前期研究成果後發現幾個：1. 為了避免碳纖維的氧化裂解，必須在絕氧環境下進行微波裂解製程；2. 微波功率與時間會影響處理的量與程度。本計畫曾以300w之功率針對碳纖維複材廢棄物進行裂解處理，發現必須處理20分鐘方能將碳纖維複材廢料的樹脂裂解乾淨。此外，若以小型微波爐可處理量來看，一次只能處理約5g，所耗費的時間太長，因此不利於後端量產使用。3. 若欲以大型量產爐來進行碳纖維複材回收製程，其功率、時間必須再進一步設定。

本計畫主要使用風電葉片裡面的碳纖維複材關鍵零組件：大樑的報廢品。而大樑廢棄的原因有幾個：其一為大樑生產廠（如上偉碳纖、安能）在出貨後由於品質不良（直度、乾紗等）而被葉片廠退貨之報廢品；其二是退役後的風電葉片，將其大樑拆除後之廢棄物。

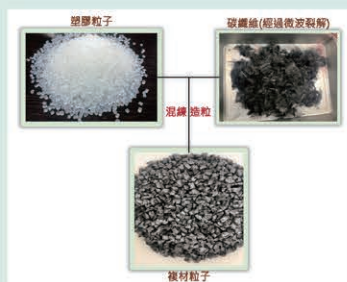
而本計畫的技術核心在於：不管是上述哪種來源的廢棄物，都必須經過微波裂解程序將大樑中的熱固性樹脂移除來取得再生碳纖維，並進行高值化應用研究。因此微波條件的設定使得廢棄物的樹脂得以完全移除並不破壞纖維結構是研究重點。

因此，本計畫將與廠商合作，以半量產型微波裂解設備針對大樑廢棄物進行大量微波裂解參數研究，並取得可用於補強熱塑性複材的再生碳纖維為目的。

### 研究發現與預期成果

由於經過微波裂解取得的再生碳纖維相比原始碳纖維蓬鬆，此製程能夠將再生碳纖維高值化並透過射出創造其價值，以朝再生碳纖維高值化應用方向前進。

由於經過微波裂解取得的rCF相比原始碳纖維蓬鬆，此製程能夠將再生碳纖維高值化並透過射出創造其價值，以朝再生碳纖維高值化應用方向前進。



# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 廢棄風力渦輪機葉片的回收與再利用研究

計畫主持人 王雅玢、蔡大偉、Dwi Rasy Mujiyanti、吳氏玄珍

執行單位 中原大學環境工程學系

### 摘要

風能是一種潔淨、高效且快速增長的再生能源。風力渦輪機的運行壽命為20至25年，之後需退役。由於風力發電機葉片 (WTBs) 由碳纖維/玻璃纖維增強複合材料製成，具有異質性和複雜性，因此比其他組件更難回收。在此研究第一年中，探討了四種不同的回收處理方式：機械回收、使用管式爐的熱化學處理、使用大氣微波電漿的熱化學處理，以及利用氫氧化鈉 (NaOH) 綠色溶液的化學處理，目的是評估每種方法在回收廢棄材料中的效率和效果。初步研究顯示，機械回收在材料回收方面提供了物理基礎，但熱化學處理，表現在分解複雜廢棄物結構方面的優越效率，透過管式爐的熱解在無氧的高溫下進行解離，產生焦油、合成氣和固體 (碳纖維和樹脂) 產物。熱解產品的產率顯示纖維佔風力渦輪葉片的較高比例，在這些熱解產品中，固體殘留物的比例最高，其產量隨反應溫度並無太大變化：77.12%~79.93%的範圍內，對於其他產品，氣體分佈顯示在處理60分鐘條件下，CH<sub>4</sub>的含量達到最高60%，相比之下，其他合成氣 (CO、CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>) 則較少，而另一種使用大氣壓電漿的熱化學處理可以在更短的時間內高效分解風力渦輪葉片的有機和無機成分，且不產生二次廢棄物。實驗結果顯示，使用氮氣作為電漿處理的載氣可使氣體產量比氮氣增加約45%，電漿實驗進一步發現風力渦輪葉片廢料的能量值有20-30%可回收。在化學處理方面，氫氧化鈉處理在選擇性溶解特定成分方面顯示出潛力，但需要考慮二次污染。整合多種回收方式可以優化回收過程，並有助於永續的廢棄物管理策略。此研究強調以永續選項處理風力渦輪葉片廢棄物的重要性，盡量減少填埋和焚燒等傳統的終端處置方法，結果也顯示了多種分離技術 (機械、熱和化學) 的成果，並分析了固體、油和氣體產物，對於風力渦輪葉片材料的分離結果，碳纖維和玻璃纖維將在第二年的研究中繼續進行回收和再利用的產物分析。

### 研究動機

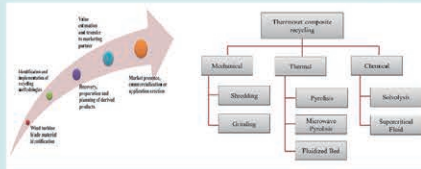


圖1. 風力發電機的回收及再利用階段

### 研究方法

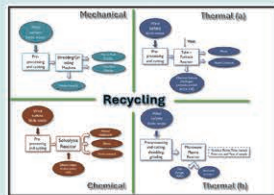


圖2.(a) 實驗架構

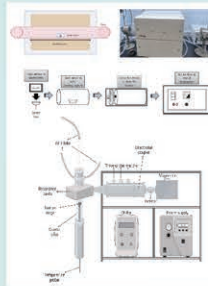


圖2.(b) 熱解用管式爐 and 電漿設備示意圖



圖2.(c) 風力發電機葉片廢棄物的熱化學處理

### 研究發現與預期成果

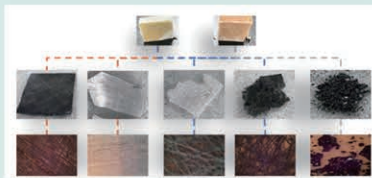


圖3.3 風力發電機葉片廢棄物的分離成分

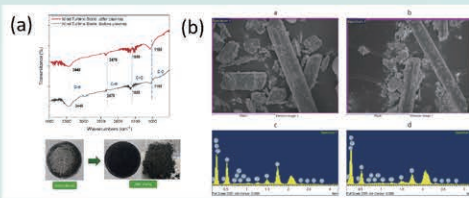


圖4. 等離子處理前後的固體產品比較：FTIR和SEM-EDX結果產品

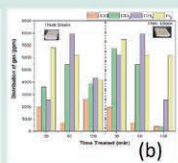
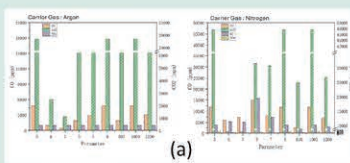


圖5. 合成氣生成的比較圖：(a) 等離子反應器 (b) 管式爐

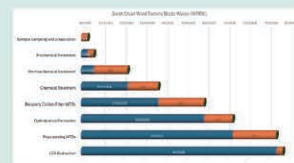


圖6. 實際進度與計劃進度的比較圖表

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 廢風力葉片循環物料分選技術可行性評估計畫

計畫主持人 劉丞偉、林庭安、黃謙惠、沈克鵬、潘冠綸、施佩均

執行單位 財國法人工業技術研究院 

### 摘要

為了有效解決風力葉片廢棄資源再利用問題與符合資源循環目標，複材回收技術朝向多方發展。然而，不論是哪種回收技術所獲得之再生物料要進行後續再利用製程時，同樣會面臨「不同種類再生物料混合、難以區分」的問題，無法輕易地將有較高經濟價值之循環物料分離，則會降低產業使用循環物料的吸引力。因此，本計畫目標係以分離於廢風力葉片回收過程中無法直接分離之碳纖維與玻璃纖維為主，實施方法則擬以電漿電場分選技術做為操作機制，藉由纖維物料之電氣性質差異來達到分離目的。本計畫已完成廢風力葉片2種循環物料(碳纖維與玻璃纖維)之性質分析，兩者電性差異相差 $>4 \times 10^{11}$ 倍，滿足理論電性分選之電性要求。此外，亦完成循環物料電漿帶電分選組件測試，循環物料於高壓電場作用下，產生分離效果，並成功建置1套原型分選示範驗證模組，驗證電漿電場分選技術應用於廢風力葉片混料纖維分類之可行性，做為未來產業落地應用之參考。

### 研究動機

現行可應用於廢風力葉片之回收技術，可分為物理性與化學性，前者係經由粉碎、破碎或是壓碎等方式分解廢葉片，再經由尺寸篩分，纖維再利用性受限於物料尺寸；後者則包含熱裂解法與化學解聚法，藉由高溫或是化學溶劑將樹脂與纖維分離，可獲得較高再利用價值之長纖維。然而，不論是何種回收方式所獲得之再生物料要進行後續再利用製程時皆會面臨「不同種類之再生物料混合、難以區分」的問題，無法直接且輕易地將有較高經濟價值之再利用物料分離，則會降低業者使用再生物料的吸引力。

### 研究方法

本計畫主要目標係為廢風力葉片經多元回收製程後，可分離不同種類之再生循環物料，解決其混合、難以區分問題，工作項目可分為下列三大面向：

#### 1. 完成再生玻璃纖維及再生碳纖維之工業分析與電性分析

由於纖維材料含水率多寡會影響其本身帶電荷的多寡，因此在進行電漿電場分選試驗前，參考「一般廢棄物(垃圾)水分測定方法-間接測定法(NIEA R213.21C)」進行測試。另以ASTM D 257、ASTM D4496及ASTM D991等做為測試方法參考依據，進行再生玻璃纖維與再生碳纖維材料之電性測試。

#### 2. 建置1套原型分選驗證模組，驗證電漿分選技術應用於廢風力葉片混料纖維分類之可行性

藉由評析不同分選流程、技術與機制等，進而達到提升廢風力葉片再生物料之循環利用性；廢棄物分選技術包含：重力、磁力與電力等。評估經由建置1套小型電場分選試驗模組，進行再生玻璃纖維與再生碳纖維為原料進行之分選試驗，並可透過電漿帶電實驗裝置來對纖維材料充電、使其帶有電荷，研究電漿分選之最佳化製程參數。

#### 3. 建立及可行性評估國內廢風力葉片應用電漿分選技術的操作條件與應用效能

將廢風力葉片混合物料經由電場分選作用機制評估試驗模組之分選效益，藉由計算回收率、排斥率數值來獲得分選效率；而相關模組設置參數，可供未來製程放大、產業落地應用以及商業化技術移轉之經濟效益評估參考。

### 研究發現與預期成果

本計畫期望藉由應用電漿分選技術以解決再生循環物難以區分，並進而導致後續再利用受限的問題；將再生物料妥適分離後，不僅可延長廢風力葉片或其衍生資源化產品之生命週期，亦可後續提升產業落地應用之依據。以下就執行各工作項目之研究發現與預期成果進行說明：

再生玻璃纖維與再生碳纖維之含水率皆 $<0.02\%$ ，再生玻璃纖維之電阻值大於 $4,000\text{M}\Omega$ ，再生碳纖維則約為 $0.007\sim 0.012\ \Omega$ ，結果顯示該兩種纖維間的電性差異可經由電場作用達到分離目的，並且不受纖維本身水分已接近去除。本計畫針對循環物料電漿帶電分選模組進行測試驗證；主要測試方式為將分梳後之再生碳纖維與再生玻璃纖維帶電後分別通過一高壓電場中，兩種再生纖維物料受高壓電場作用，而產生分離效果，成功驗證兩者具有可分離性。



循環物料帶電分選模組

本計畫已完成1套原型分選驗證模組，其設計特殊雙8字形管道來提高纖維帶電效果，從而達到加強纖維混料之分離效益。結果顯示，再生玻璃纖維與再生碳纖維經由特殊設計管道有效摩擦後分別攜帶正電與負電，對分選效益有正面影響。

本工作項目係為將廢風力葉片混合物料經由電場分選原理評估試驗模組之纖維分選效益，其影響因子包括氣流流量、管道材質、管徑大小以及電場強度等不同條件。根據上述實驗結果顯示，當電場電壓越大及纖維尺寸越小時，可獲得較佳的纖維分選率。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 推動纖維複材創新低碳資源循環計畫

計畫主持人 沈克騰、劉丞偉、林庭安、黃謙惠

執行單位 財團法人工業技術研究院 

### 摘要

民國89年台塑集團以四座600kW風機在雲林麥寮設置了第一個示範風場，成為我國風能發展的起點，帶動國內風能產業的蓬勃發展，至113年10月止，全台風機裝置容量已達3.6GW。然而，早期建置之風機今面臨除役挑戰，85%風機材料可進入既有回收體系，仍尚有15%風機材料難以去化；其中，風力葉片具備優異機械與耐腐蝕性能的纖維補強複合材料組成，導致其於生命週期結束時，面臨去化挑戰高與不易回收再利用等難題。本計畫研究纖維複材最適化低碳資源循環技術，著重於四大工作面向，可分為：(1)研析國內汰役風力葉片資源循環處理體系運作模式，規劃國內多元去化資源循環路徑；(2)建立廢風力葉片低碳回收試驗線，針對不同製程條件進行技術驗證；(3)建立回收料再製原料化模式架構，分析回收物料及其衍生半成品之性質；(4)建立廢風力葉片水泥窯協作製程技術，辦理擴大實廠級試燒作業。期藉由本計畫可朝向「資源極大化」與「廢棄物極小化」之永續發展目標邁出一大步。

### 研究動機

民國113年國內累計建置超過700座風機，遍地開花的風機對國內發展再生能源而言係為一大助力；然而，由於風機平均使用年限為20-25年，近年將逐步面臨汰役的早期陸域風機衍生之廢風力葉片去化議題。根據統計資料顯示，2030年國內陸域風場累計汰役葉片重量將近6,000噸，2050年離岸風場累計汰役葉片重量預計達到約7.05萬噸，累計至2050年至少產生9.38萬噸廢葉片，而國內可用土地有限，掩埋並不適合；因此，如何有效去化、且能最大限度地符合循環經濟效益成為政府相關部門單位、民間環保團體、風電產業鏈相關業者皆關注的永續議題。

### 研究方法

本計畫主要目標為提高纖維複合材料衍生廢棄物之去化效益，廢棄物標的為廢風力葉片，係可分為：

#### 1. 國內汰役風力葉片資源循環處理體系運作模式評析

以國內風能政策目標與實施策略為據，彙整國內陸域與離岸風場資訊，並統計國內短中長期廢風力葉片排出量；另針對近年排出之廢風力葉片組成進行分析，了解以水泥窯協同處置去化之可行性；另評估國內風力葉片資源循環運作模式，規劃多元去化資源循環路徑。

#### 2. 建立廢風力葉片低碳回收試驗線

延續FY112建立之高效綠色化學解聚回收技術成果，由實驗室瓶杯(公克)等級試驗擴大至公斤級回收試驗線，評估擴大驗證回收量能，並經由放量驗證不同製程條件；另針對低能耗化學配方循環再生試驗模組進行相關性能驗證，提升藥劑回收再利用之可行性，避免產生二次污染，建立低碳資源循環製程。

#### 3. 建立「回收料再製原料化」模式架構

研析多元資源循環技術發展現況，評估最大化保留廢風力葉片衍生資源化物料之可行性；建立廢風力葉片「回收料再製原料化」之模式架構，規劃廢葉片可分為現地處理、前處理、回收去化與再利用等階段。另藉由拜訪國內資源化產業相關機構，了解產業對於廢風力葉片回收物料之應用觀點與潛力發展。

#### 4. 建立廢風力葉片水泥窯協作製程技術

延續FY112年水泥窯試燒實廠試驗，113年度係擴大水泥窯實廠處理量評估，增加批次處理量與區間投料量(增加50%)，評估提升廢風力葉片做為水泥原料之替代可行性

### 研究發現與預期成果

本計畫期望藉由執行本計畫以建立纖維複合材料廢棄物之回收處理示範機制、產業協作機制以及媒合業者使用廢風力葉片或其衍生資源化產品等，延長其產品生命週期應用，再獲新生。以下就執行各工作項目之研究發現與預期成果進行說明：

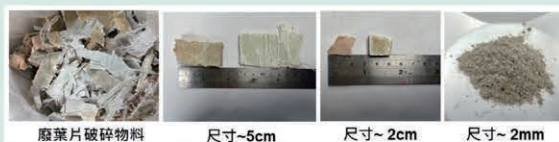
依據彙整國內風場資訊，所獲得之汰役葉片累計排出量至2040年近0.94萬噸，而至2042始排出離岸葉片；至2050年可達近9.4萬噸，其中陸域約佔25%，離岸佔75%。



民國113年6月已完成新增廢棄物代碼D-2417 (廢風力引擎(渦輪)用葉片)；國內後續擬規劃多元去化資源循環管道，依據葉片結構與組成材料差異，可分為：機械、熱處理與化學等回收技術，前兩者適於玻纖複材，後者適於碳纖複材，預期可達最大化保留資源化物料目的。

化學解聚回收公斤級試驗線之現況，其最佳投入量為每批2公斤；試驗最佳條件指出當操作條件為解聚溫度950°C、藥劑使用量70mL、藥劑量/g-複合材料、解聚時間7.2小時條件下可回收廢風力葉片，試驗線之樹脂解聚率>99%。以廢風力葉片衍生資源化物料為再利用標的，已完成拜訪4間潛在廠商，並了解業界觀點及反饋，並與廠商進行廢風力葉片衍生物料之再利用需求規格討論與前期開發。

完成國內四種廢風力葉片之工業分析，結果顯示可燃分平均約為40%，說明可做為水泥替代燃料；灰分組成中，含矽、鋁、鐵及鈣等水泥需求元素佔比>75%，達成水泥產業應用門檻。



# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 113年園區廢棄物處理設施及醫療廢棄物減碳專案工作計畫

計畫主持人 陳緯豪、謝運行、朱文齊

執行單位 環資國際有限公司

### 摘要

**精進資源化產品管理：**處理機構收受廢棄物所產生之資源化產品須符合國家標準，為提升產品品質規格規範及精進資源化產品管理，因此本計畫綜整、分析及研訂明確資源化產品品質標準，並提出精進方案。

**研擬國內園區共生模式：**掌握國內產業園區及科學園區事業廢棄物處理設施運作狀況及區內產業共生網絡模式，並彙整各部會推動低碳園區之行動措施與發展，研擬觀音、台南及彰濱產業園區能資源循環潛勢。

**推動醫療廢棄物再利用：**醫療機構推動廢棄物源頭減量與回收再利用，有助於減少天然資源消耗及廢棄物產生，故掌握醫療機構廢棄物流布以及清理價格，加強推動醫療機構廢棄物源頭減量。

### 執行成果

#### 成果1：關鍵資源化產品資源流向分析

**蒐整資源化產品運作現況及資源循環平台資訊分布情形**

**掌握資源化產品資源流向 建立基礎資料綜整表**

產品名稱	數量	處理機構	處理方式
...	...	...	...

- 112年申報產出資源化產品處理機構171家
- 155種產品(排除電力及蒸汽)共計303萬噸
- 收受202種廢棄物(共計498萬噸)

#### 成果3：產業園區與科學園區運作情形盤點及彙整各部會推動低碳園區之措施

園區名稱	推動措施
...	...

#### 成果2：產品管理系統及資訊精進系統勾稽、查核方式

規劃地址輸入選擇之系統功能，以免業者填報無序或不一致。

- 01 精進地址填寫欄位**
  - ◆ 既有報表已於IWR&MS已有公民營機構超填之查詢。
  - ◆ 於業者填報時人各系統資訊進行不匹配填或超填自動比對。
- 02 限制使用區域警告**
  - ◆ 包含產品產量突增、產品品質抽樣、銷售量或機制、產品銷售量突增以及單一對象銷售量突增。
- 03 最終使用期程及未完成使用提醒**
  - ◆ 規劃系統另設置填寫使用期程之欄位，並予以填寫逾期日期功能。
  - ◆ 針對逾6個月未完成使用，予以主管端警示，以便進一步查核。
- 04 不匹配項警示**
- 05 產銷警戒機制設計**
- 06 勾稽查核作業**
  - ◆ 主管機關進行針對處理機構、加工再製機構(再利機構)及使用/工程單位進行勾稽、查核作業。

#### 成果4：彙整國內工業區及科學園區內產業共生網絡模式



#### 成果5：掌握醫療廢棄物流布分析，並提出綠色醫療色彩措施，以推動醫療機構產生廢棄物源頭減量工作

**掌握制服循環採購供應商名單**

### 未來推動建議

- 資源化產品**  
精進處理許可證資源化產品登載填報結構化欄位設計及勾稽及查核作業系統
- 園區管理推動**  
盤點環保用地價值，運用環保用地設置適宜設施，鏈結園區上下游產業推動全循環園區
- 醫療廢棄物**  
推動源頭減量及分類細化，提升醫療廢棄物再利用率，持續輔導與宣揚成功案例

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 石材水刀製程再生材料循環利用研究

計畫主持人 曾坤猷\*、張益國\*\*、施百鴻\*\*\*、鍾致維\*、劉友翔\*\*、陳有辰\*\*\*

執行單位

\*財團法人石材廢資源產業研究發展中心、\*\*中臺科技大學 環境與安全衛生工程系、\*\*\*輔英科技大學 環境工程與科學系

### 摘要

本研究應用漩流分選技術研創石材水刀製程智慧化循環回收分選系統，透過系統與智慧化結合讓目標物分選自動化，排除人工重複性流程及分選參數錯誤等問題。含砂礫泥以泥水比1:4方式兌水混合，再以約1,600rpm轉速持續攪拌，最後以13m/s的進樣流速輸送至專用分選器，經分選可讓80%石榴砂重新循環再生，另外此系統也同時協助石材表面純水水刀製程將礫泥富含大量石英砂等無機礦物進行泥砂分選，解決沉澱槽底部淤塞的問題。此外更將再生石榴砂、石英砂作為再生過濾材料以及取代水泥砂漿標準砂的用料。經實驗驗證，若應用於過濾材料，當過濾時間30分鐘後，水體懸浮微粒去除率可達100%;若再生石榴砂添加量達75%時，水泥砂漿平均C.S.R值則可提升至0.83。

### 研究動機

石材水刀製程是異型或表面處理的關鍵環節之一，但加砂水刀須依賴國外進口石榴砂料，不僅原料昂貴更受瞬息萬變的國際趨勢與運輸影響，使供應量與期程不確定，導致製程被迫暫停，且終端產出大量夾雜廢棄石榴砂礫泥，使紅色外觀及非純化礫泥，無法更好的再利用。石材表面純水水刀製程則應用於花崗石表面水沖處理，促使礫泥夾雜粗粒徑石英砂等礦物，導致沉澱槽因泥砂沉降速率不同造成槽底阻塞而被迫製程暫停、礫泥噴濺等問題。

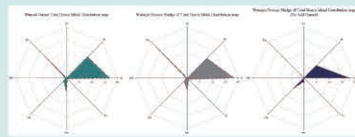


### 研究方法

- 透過手持式X射線螢光元素分析、雷射粒徑分析及微波輔助全定量酸消化掌握石材加砂水刀及純水水刀製程礫泥特性。
- 透過文獻蒐集與研讀掌握漩流分選器的設計原理、缺陷、改善方法及參數影響等，開發石材水刀製程材料循環再生專用漩流分選器。
- 利用專用漩流分選器進行石材水刀製程礫泥分選測試，主要目標物訂定為合適循環再利用之石榴砂料與粗細顆粒石英砂等無機礦物。
- 透過設計規劃將待處理物質倒入混拌系統加水進行均質混拌，再透過沉水泵(進樣調速裝置)將待處理泥砂抽引至專用分選器進行分選作業，此時大粒徑目標物會沉降落於第一蒐集桶內;而小粒徑目標物則輸送至第二蒐集桶，同時進行顆粒物粒徑含量影像辨識分析，若乘載篩網上的含量高於設定上限閥值時，沉水泵(進樣調速裝置)進樣速率將自動調降;反之若乘載篩網上的含量低於設定下限閥值時，沉水泵(進樣調速裝置)進樣速率將自動增速，現無人操作全自動化智慧分選。
- 將部分再生石榴砂、再生石英砂以30cm管柱填充2段式及3段式(再生石榴砂、再生石英砂、大理石粒料)作為再生過濾材料，評估濾材對於水中懸浮微粒去除效率;另將再生石榴砂作為取代水泥砂漿標準砂添加量，同時驗證能否額外提升防滑效果。

### 研究發現與預期成果

- 180 $\mu$ m進口石榴砂重金屬成份以Si、Fe、Al為主，含量介於11.69~16.90%之間;石材加砂水刀製程礫泥重金屬成份同樣以Si、Fe、Al為主，含量介於10.91~18.37%之間;石材純水水刀製程礫泥重金屬成份以Si、Al、Fe為主，含量介於2.16~17.99%之間。



- 專用漩流分選器採不銹鋼鍛造而成，主要構件包含漩流試樣入口、塔段、錐段及上下溢流口。比重較重的目標物由尾部錐段(underflow)下溢流口排出，而比重較輕的部分則由頂部上溢流口(overflow)流出。



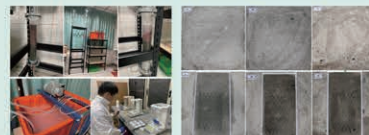
- 以進樣流速13m/s進行分選，再透過雷射粒徑分析underflow目標物。研究發現underflow中81.4%石榴砂粒徑 $\geq 100\mu$ m，符合再生再利用粒徑條件。



- 系統包含專用分選器、進樣泵、PLC、人機介面、混拌系統及影像辨識系統等。可實現線上或線下運作模式。



- 若應用於過濾材料及水泥砂漿標準砂取代料，SS去除率可達100%;取代量75%時，防滑係數(C.S.R)可提升至0.83。



# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 有機污泥以去中心化創新技術高值化再生能資源

計畫主持人 賴俊吉 計畫主持人、林怡利 教授、陳錫添 教授

執行單位 國立高雄科技大學

### 摘要

在淨零減排的浪潮下，如何將有機污泥有效率轉換為生質能是目前的當務之急，在傳統的技术操作下，往往需要超過20天的污泥停留時間，其中的水解階段是影響速率反應的重要關鍵，如何將高濃度有機污泥有效率生質能化，新興技術將扮演重要角色。本研究透過(一)水熱液化技術的導入，加速水解過程以提升整體厭氧發酵的效率；與(二)自有催化氧化污泥減量技術，將殘餘污泥焙燒製成泥煤等級的生物炭，藉此將有機污泥轉化為綠色能源。結果顯示，水熱液化導入可縮短反應時間，並在總產氣量有顯著提升，尤其是具能源效益的甲烷；而催化氧化後可有效減少污泥體積，其殘餘污泥可再與生質廢棄物摻配進行焙燒產製生物炭，並可達到低灰特低硫亞煙煤的標準。在能源高度需求並符合淨零目標，有機污泥轉化成能資源將成為未來一大重點，且為了降低污泥處理中運輸過程所產生的碳排，在現地進行處理會是較佳的選擇，產出的能源亦可作為廠區使用或用來降低營運成本，更符合大環境下的永續需求。

### 研究動機

能源的供給為人類生存活動的必要前提，技術的革新不僅改變了人類獲取能源的方式、同時也改變了人類活動對於地球環境的影響程度。於經濟與社會高度發展的情況下，重新思考合適的能源利用方式與供給來源，來達到跟環境保護永續共存的發展目標，為當代人類必要面對的課題。對於環境品質的需求提升，來自都市與產業廢水處理廠的廢棄污泥逐年增加，處理與處置費用亦成為廢水廠重大負荷。污泥中如未含毒性物質，皆歸為R-類污泥，可回收再利用。台灣受限於土地資源及民眾環保意識等因素，造成污泥掩埋空間不足，而污泥焚化則有耗能與空污疑慮，亟需其它有效處理技術，能一併解決污泥處理與其再資源化問題。

### 研究方法

#### (一) 有機污泥以水熱液化處理後的厭氧消化產生質氣體評估

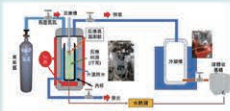
利用水熱液化的高溫高壓水環境將有機污泥轉化為液態燃料，供後續進行厭氧消化產生質氣體的評估，由於污泥高含水率與水解時間較長的緣故，難以用傳統的工法進行處理，而水熱液化技術的特點即可解決現有狀況，且更能將水解效能大幅提升與所短水解時間，有利於後續厭氧消化的施作。

#### (二) 催化氧化污泥減量後殘餘污泥焙燒製成生質燃料的評估

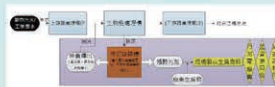
係採用自有氧化技術來弱化微生物，再藉由超音波破碎微生物細胞壁。其中氧化技術有助於短時間達成弱化微生物作用，而採用超音波有助於提供適當機械力，達到細胞破碎目的。以此法破碎細胞所得殘骸呈塊狀，有助後續脫水與殘泥焙燒方式再利用製成生物炭作為燃煤的替代品，成為可穩定供應原料的生質能源。



圖一、有機污泥能資源化處理程序與產物應用開發



圖二、水熱液化系統配置圖



圖三、模擬實廠流程示意圖

### 研究發現與預期成果

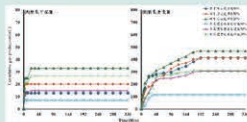
因應不同廢水特性，隨之產生的有機污泥也會有不同的性質，本研究所用的有機污泥來源為都市污水處理廠與半導體業廢水處理廠，利用兩者完全不同性質的污泥來進行相關試驗。

#### (一) 有機污泥以水熱液化處理後的厭氧消化產生質氣體評估

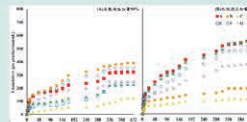
將有機污泥分別以20、50與80%的量，直接以厭氧甲烷菌與厭氧產氫菌進行試驗，如圖四，在厭氧產氫菌組可以獲得較顯著的產氣量，隨之將有機污泥進行水熱液化後再以厭氧產氫菌進行試驗可發現經由水熱液化後，各組的產氣皆有持續產生且顯著成長，如圖五，且氣體組成中，甲烷產量是明顯上升。

實驗組	A	B	C	D	E	F	G
溫度(°C)	150	150	180	180	210	210	100
壓力(Kg/cm <sup>2</sup> )	20	50	20	50	20	50	50

表一、有機污泥進行水熱液化之條件



圖四、未進行水熱液化的厭氧發酵總產氣量



圖五、有進行水熱液化的厭氧發酵總產氣量

#### (二) 催化氧化污泥減量後殘餘污泥焙燒製成生質燃料的評估

經催化氧化技術下，都市污水廠污泥可減量達77%；而半導體業廢水處理廠僅達到23%。再未經破碎前，其污泥的熱值僅為15.2與15.8MJ/kg，經由不同比例的生質廢棄物摻配後，不僅可解決生質廢棄物的問題，其熱值皆可達到20.4MJ/kg，達到國內的低灰特低硫亞煙煤的採購標準。

試驗組	HHV (MJ/kg)	水分 (wt.%)	灰份 (db.%)	硫份 (db.%)
國家環境都市污泥 (未發碎)	15.2	6.0	21.7	0.26
國家環境都市污泥 (未發碎) 及 電子廢棄物 摻配 (3:7) 且添加10%玉米澱粉助燃	20.4	7.5	5.5	0.16
國家環境工業污泥 (未發碎)	15.8	8.5	24.9	0.43
國家環境工業污泥 (未發碎) 及 電子廢棄物 摻配 (4:6) 且添加10%玉米澱粉助燃	20.4	5.9	5.8	0.19

表二、有機污泥轉化製成具燃煤標準的生物炭分析結果

經兩項新興處理技術對有機污泥進行能源化的程序，研究結果皆具有相當的潛力，無論在環保政策亦或是符合全球的淨零目標都有著正面的影響，若能使用到實廠上，將符合未來永續的需求。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 含鋁灰渣資源化處理製程優化

計畫主持人 薛舒瑛、陳淑貞、陳彥瑾、陳偉靜、江宇涵、沈宜秦、許雯婷、王順德

執行單位 可寧衛股份有限公司

### 摘要

本計畫以鹼液水解安定處理含鋁灰渣，並收集安定處理過程中產生之可燃氣體( $CH_4$ 、 $H_2$ 、 $NH_3$ )作為系統輔助熱源。藉由實驗研究，建立不同含鋁灰渣來源之安定化處理反應參數。共採集國內1家造紙廠使用固體再生燃料產生之混燒飛灰、1家煉鋁廠產生之鋁渣進行化學特性及晶相分析，了解不同類型含鋁灰渣之成分特性差異。進行實驗室瓶杯產氣動力試驗探討含鋁灰渣的種類、粒徑範圍及不同液固比等參數對含鋁灰渣安定化之影響，得知安定化處理之最適產氣反應參數。並將反應參數應用於實驗室球磨產氣試驗，以評估球磨安定化之實場應用性，另與Aspen Plus 模擬結果進行比對，評估模擬系統適用性。

### 研究動機

隨著廢棄物產出量逐年增長、國內掩埋場日漸飽和，急需將無機廢棄物轉換為無機資源物進行再利用，發揮廢棄物能資源化特性，提高廢棄物資源有效循環再利用。  
含鋁灰渣因其成分複雜，富含高活性之鋁化合物(如氮化鋁、碳化鋁、金屬鋁)，倘若後續保存或處理不當，遇水後將產生可燃性及惡臭的氣體(如 $CH_4$ 、 $H_2$ 、 $NH_3$ )，對環境及人民的健康造成不可逆危害。

### 研究方法

- 取得1家國內造紙廠使用固體再生燃料(SRF)產生之混燒飛灰、1家煉鋁廠之鋁渣進行分析，並為利於提升安定化處理效果，將鋁渣球磨為0.1~2mm及<0.1mm。透過實驗室瓶杯試驗，加入鹼液進行安定化處理，得知不同類型之鋁灰渣最適液固比。
- 試驗過程收集氣體並分析其 $CH_4$ 、 $H_2$ 、 $NH_3$ 含量，推估不同類型之鋁灰渣所含之不同型態鋁化合物含量。
- 並將瓶杯試驗取得之最適液固比運用於球磨產氣試驗，促進鋁灰渣安定化效果。後續收集安定化處理後之鋁灰渣進行安定化驗證，確認安定化效益。
- 將實驗數據導入Aspen分析，驗證實驗室參數、模擬製程結果。

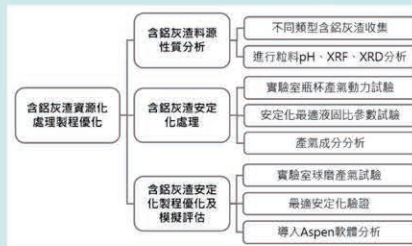


圖1、計畫架構圖

### 研究發現與預期成果

- 料源分析：**A造紙廠之SRF混燒飛灰pH值為11.05，鋁含量5.9%，XRD分析結果主要以Al、AlN形態存在；B煉鋁廠之鋁渣pH值為9.84，鋁含量30.9%，XRD分析結果主要以 $Al_2O_3$ 、AlN及Al形態存在。
- 安定化處理：**SRF混燒飛灰、粒徑0.1~2 mm鋁渣及粒徑<0.1 mm鋁渣瓶杯產氣試驗之最佳液固比約為3。在液固比3條件下，3種樣品之產氣量、氣體組成及產氣提供熱值如圖2。



圖2、液固比3條件下之產氣分析

#### 3. 製程優化及模擬評估：

- 球磨處理程序可促進SRF混燒飛灰(縮短時間288倍)及粒徑0.1~2 mm鋁渣(縮短時間12倍)安定化，對於粒徑<0.1 mm樣品(縮短時間1.2倍)無明顯加速。
- 將3種經球磨安定化之樣品進行安定化反應驗證，SRF混燒飛灰無產氣已達安定化，粒徑0.1~2 mm及<0.1 mm鋁渣仍有氣泡產生，推測是氮化鋁尚在緩慢水解所造成。
- 比對瓶杯實驗及Aspen Plus模擬結果如表1，模型在預測較大粒徑及高金屬鋁含量之含鋁灰渣的行為時更為準確。

項目	SRF混燒飛灰		0.1~2mm鋁渣		<0.1mm鋁渣	
	實驗	模擬	實驗	模擬	實驗	模擬
系統反應溫度(°C)	40-50	33	85-95	72.7	50-60	36.6
氫氣濃度(%)	64.1	95.4	88.9	69.1	76.3	94.5
單位產氣量(mL/g)	39.6	33.3	287.1	284.3	55.5	47.13

表1、瓶杯實驗及Aspen Plus模擬結果比較

#### 4. 建議

- 未來應建立含鋁灰渣中鋁含量的檢測方法，並搭配產氣分析，了解鋁渣中氮化鋁的產氣動力行為，評估氮化鋁安定化之成效，及其作為資源化原料對產品品質之影響。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 產業無機資源循環利用技術計畫

計畫主持人 張名惠、劉仕賢、吳培堯、金志龍、徐建華、蔡易良、賴建榮

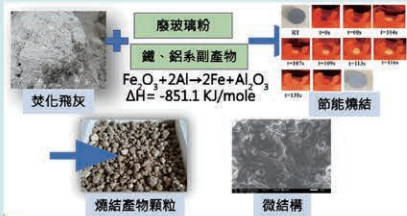
執行單位 財團法人工業技術研究院 

### 摘要

台灣垃圾焚化廠焚化飛灰年產量約20萬公噸，具有高濃度重金屬、戴奧辛等不利再利用成分，現階段主要以固化穩定化處理後送掩埋場處置。國內玻璃產業每年產生約1,000噸集塵灰，成分複雜且有硒、鉻等有害物質，亦僅能固化掩埋處理。本計畫主要開發火法與濕法處理程序，將焚化飛灰結合具鋁熱反應之工業副產物燒結成為粒狀產品，並且藉由鹽基度調控可使熱處理溫度降至900°C以下，產物符合相關環境標準，未來可考慮整合設計現場熱處理程序。玻璃集塵灰方面，本年度建立100公斤級之集塵灰純化芒硝之試量產線，純化出之芒硝純度達98%以上，可回用於玻璃製程；同時建立純化濾渣中回收重金屬硒之程序，回收之硒純度可達97%以上，可回用作為色板玻璃之色料。此外，本計畫結合焚化飛灰燒結產品、玻璃集塵灰純化濾液與鋼鐵業還原渣之環保膠結材料可結合，完成大型陸域載具示範驗證，可將材料成本降低至500元/m<sup>3</sup>，碳排放量<0.1tCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>。

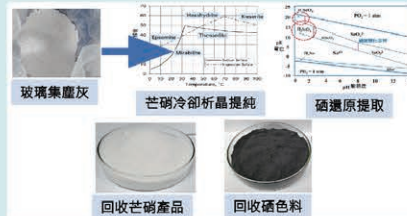
### 研究方法-焚化飛灰燒結

創新採用工業副產物之鋁熱法放熱使燒結程序節能並有效固定有害物質，利用含鋁鐵副產物配方反應產生高度放熱，有害物質快速被矽質材料包覆，達到安定化。



### 研究方法-玻璃集塵灰純化

結合濕式純化法萃取與再結晶技術，利用晶體溶解溫度控制及重金屬氧化還原電位不同，設計溶解析出、氧化與還原程序參數，依序提純芒硝與重金屬硒。



### 研究發現與成果

事業廢棄物焚化飛灰搭配產業副產物造粒燒結測試：  
調整鹽基度至0.49~0.51，降低燒結溫度至900°C以下具燒結效果，符合環境保護及材料特性的要求。

垃圾焚化飛灰固化穩定化物燒結測試：  
戴奧辛被分解到很低的總毒性當量濃度，並且TCLP結果顯示重金屬有害特性已去除。



完成百公斤級玻璃集塵灰純化芒硝試量產線與品質檢驗建立，並將濾渣回收純化重金屬硒，並完成重金屬硒色料回用於灰色色板玻璃驗證。



結合焚化飛灰燒結粒料與玻璃集塵灰濾液、環保膠結材料之配方驗證：  
製作陸域載具包含重力磚、集水井、隔間牆等，並完成抗壓強度、防火與隔音測試，並且環境溶出與熱膨脹等測試等符合規範，未來可推廣多元應用。



# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 113年營建資材循環再利用技術計畫 -無機裝修板材-

計畫主持人 李念祖、徐錦上、洪瑞濤、卓坤慶

執行單位 財團法人工業技術研究院

### 摘要

石膏是可完全循環的材料，廢石膏板透過源頭分類、去除雜質與功能添加，可再製為功能型石膏板，提升循環比例與增加附加價值。本計畫開發現場快篩技術，能協助現場作業人員判別廢板材種類加以分類；開發精密分選技術，能大幅降低回收石膏原料中的雜質含量，進而將再生料添加量由12%提升至30%；於原料中加入孔隙材料，使其能吸附空間中的水氣，主動調節空間濕度，製成可循環、具調濕功能的再生石膏板。

### 研究動機

廢石膏板大多是在裝修或拆除時產生的，雜質含量高，業者只能限制再生石膏原料的添加量。本計畫開發現場快篩技術，能減少其他板材混入的風險；再透過精密分選技術去除雜質，得到高純度的再生石膏粉回用於製程，並於石膏板添加調濕材料，使其具有調節空間濕度的功能，可增加產品附加價值。

### 研究方法

#### (一)快篩技術開發

石膏板主成分為硫酸鈣，而硫酸鈣在水中微溶並解離出硫酸根，可以利用試紙檢測溶液中是否含有硫酸根，進而判斷板材是否為石膏板。

#### (二)精密分選技術開發

透過粗/細粉碎降低回收石膏的粒徑，有助於石膏板與雜質間的解離，再透過石膏與雜質之粒徑大小、比重差異，降低回收石膏的雜質含量。

#### (三)調濕石膏板開發

於再生石膏板內添加多孔性材料，使石膏板能吸附/脫附空氣中的水氣。並參考CNS4458標準檢測石膏板的吸放濕量。

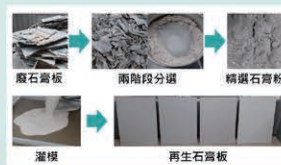
### 研究發現與預期成果

剝取約1cm<sup>2</sup>大的板材，置入快篩試劑內搖晃約30秒，試紙上的方塊由紅色變為橘色即為石膏板。



圖一、快篩試劑與檢測結果

分選後的回收石膏之紙含量降至2%，再生石膏添加量由12%提升至30%。



於再生石膏原料內加入調濕材料添加劑，製得之調濕石膏板吸脫濕量可符合CNS4458標準。

樣品名稱	W <sub>ad</sub> 吸濕量 g/m <sup>2</sup>	W <sub>de</sub> 脫濕量 g/m <sup>2</sup>
CNS4458標準	>150	>150
一般石膏板	21~47	11~39
再生調濕石膏板	199~213	189~204

表一、調濕石膏板吸放濕量

### 結論

工研院與資源循環署合作研發，將廢石膏板中的雜質去除，重新回用於石膏板製程，再生石膏的添加量30%，達到從板材到板材的循環理念。後續更進一步在循環石膏板內導入調濕材料，其功能符合CNS等國家標準，使廢棄石膏板向上循環為具有調濕功能的石膏板，進一步提升產品的附加價值。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 無機聚合物循環應用技術研發與管理計畫

計畫主持人 劉蘭萍、鄭淑芬、羅勾謙、卓大鈞、鄭大偉、李羣峰、李梯群

執行單位 財團法人台灣綠色生產力基金會、國立臺北科技大學

### 摘要

無機聚合技術是一項新興綠色環保技術，可運用工業廢棄物生產高性能材料，減少重金屬溶出，抑制膨脹性，並減少溫室氣體排放，具長期發展潛力。本計畫使用電弧爐煉鋼廠之還原礫、流體化床鍋爐之混燒灰渣及現行採掩埋之噴砂廢棄物，運用無機聚合技術開發低碳無水泥地磚，經於實驗室測試配比及試產地磚發現，作為膠結材料還原礫最大添加量可達80%，混燒飛灰因性質不穩定，最大添加量為20%；另作為細粒料，噴砂廢棄物最大添加量為75%，其產品抗壓強度表現優異且無重金屬溶出。此外，為強化無機聚合技術效益，辦理再現性及廢鹼液替代試驗，皆有良好結果，顯示未來可持續擴大料源應用及增進環境效益。

關鍵字：無機聚合技術、還原礫、混燒飛灰、噴砂廢棄物

### 研究動機

1. 無機廢棄物管理挑戰：我國無機廢棄物產生量龐大，主要來自製程末端的渣料和污泥，此類物質中常含有重金屬和不穩定成分，常採掩埋處理，不符合土地正義，亟待循環利用技術開發。
2. 低碳資源化技術需求：現有無機廢棄物去化方式多集中於低階用途，如CLSM和再生粒料，除有廢棄物競合問題外，需添加高碳排水泥，宜發展低碳排產品，並驗證不同料源廢棄物之應用可行性。
3. 無機聚合技術效益提升：本計畫延續112年的研究成果，持續探索降低「無機聚合技術」碳排放量之可行方法，期望透過原料替代降低鹼液之使用量，以有效降低應用產品之碳排放量。

### 研究方法

1. 掩埋廢棄物應用可行性評估  
1. 篩選產生量大且採掩埋處理之廢棄物，包含：焚化爐飛灰、焚化爐底渣、玻璃陶瓷磚瓦混合物、無機性污泥、爐渣及廢渣、噴砂廢棄物等6大類共15家產源事業。  
2. 辦理無機資源物之採樣作業並進行各項成分特性檢測，依活性、產生量及燒失量等篩選因子，挑選優先開發項目。  
3. 以優先項目開發3組配比進行試產，以產品品質及環境安全性檢測評估應用可行性。
2. 開發還原礫及混燒飛灰之無水泥地磚  
1. 以還原礫及混燒飛灰為材料，開發單獨還原礫系、單獨混燒飛灰系及混合系各5組配比，以取代膠結材製作無水泥地磚，依品質檢測結果挑出各系列最適配比。  
2. 選取不同廠家之還原礫及混燒飛灰，建立成分特性資料，以前述最適配比製磚及確認品質，確認其再現性。
3. 評估應用廢鹼液之可行性  
1. 盤點國內廢鹼液產出情形及去化方式，選取具代表性產生源，建立廢鹼液成分特性資料。  
2. 以部分取代商用鹼液之方式，依前述最適配比製磚及確認品質，掌握廢鹼液替代之可行性。

### 研究發現與預期成果

1. 掩埋廢棄物應用可行性評估  
噴砂廢棄物取代天然砂達25%及50%，強度可達25.1MPa以上；取代量至75%，強度可達21.9MPa以上，如表1，未來具鏈結推廣之潛力。

系列	膠結材(%)		細骨材(%)		抗壓強度(MPa)			
	還原礫粉	爐石粉	天然砂	噴砂廢棄物	3天	7天	14天	28天
BH-B			75	25	15.7	18.5	21.5	26.7
BM-B	80	20	50	50	12.6	15.3	18.3	25.1
BL-B			25	75	11.8	13.1	15.1	21.9

表1 噴砂廢棄物之無水泥地磚試驗結果

2. 開發還原礫及混燒飛灰之無水泥地磚  
1. 還原礫及混燒飛灰取代膠結材料製成之低碳無水泥地磚，以還原礫表現較優異，最適配比：還原礫添加達80%，強度達26.1MPa；混燒飛灰最大添加達20%，強度達15.7MPa，如表2。  
2. 還原礫系之再現性較佳，混燒飛灰如為木質燃料混燒產生者，對強度影響較大，未來應持續提升混燒飛灰品質。

系列	組別	粉體(%)			抗壓強度(MPa)			
		還原礫粉	混燒飛灰	爐石粉	3天	7天	14天	28天
還原礫系	R82	80	-	20	22.3	24.5	26.6	26.1
混燒飛灰系	S28	-	20	80	8.4	15.4	16.2	15.7
混合系	M1	30	20	50	10.1	15.1	16.5	17.6

表2 還原礫及混燒飛灰之無水泥地磚試驗結果

3. 評估應用廢鹼液之可行性  
廢鹼液取代試驗，經測試三種不同廢鹼液，鉍蝕刻廢液及廢顯影液取代10%產品強度可達B級磚；鉍蝕刻廢液於30%取代量產品強度可達C級磚，顯示具應用潛力。
4. 無水泥地磚開發效益評估  
本計畫開發之無水泥地磚，相較水泥製程地磚，無機聚合技術製成之高壓磚，減碳效益達50%。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 113年焚化再生粒料於港區填築環境影響 評析專案工作計畫

計畫主持人 黃雅琳計畫主持人、龍福君工程師

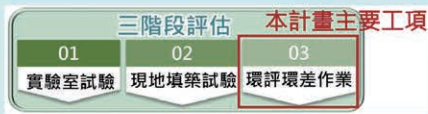
執行單位  環興科技股份有限公司

### 摘要

因應2050淨零排放中「資源循環零廢棄」，透過資源循環再利用將8類無機資源轉換為無機再生粒料，適才適所應用於陸海域營建工程中，促進資源循環。本計畫執行113年焚化再生粒料於港區填築環境影響評析專案工作計畫，辦理臺北商港物流倉儲區填海造地計畫第六次環境影響差異分析報告（新增焚化再生粒料造地填築料源及提升再生粒料填築總量）及臺中港與高雄港環境影響評析作業，針對各項環境因子進行評估。

### 研究動機

焚化再生粒料已辦理實驗室試驗與現地填築試驗，今年提出本計畫113年焚化再生粒料於港區填築環境影響評析專案工作計畫辦理臺北商港物流倉儲區填海造地計畫第六次環境影響差異分析報告（新增焚化再生粒料造地填築料源及提升再生粒料填築總量）。



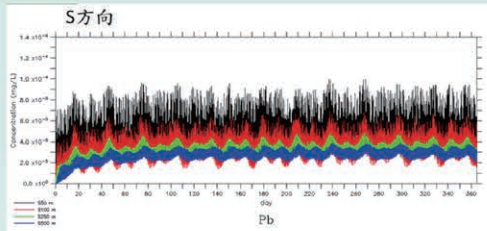
### 研究方法

焚化再生粒料年填築量約9萬噸於臺北商港物流倉儲區第四期防風林帶，共填築10年，約90萬噸，評估空品、噪振、海域水質及生態、交通等影響。

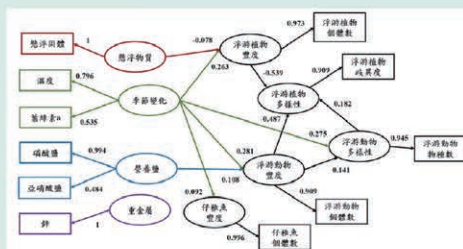


### 研究發現與預期成果

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>空氣品質 採AERMOD模擬結果符合空品標準</li> <li>噪音震動 經Cadna A 模擬結果屬無影響或可忽略影響</li> <li>交通評估 道路服務水準維持現況</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>海域水質 年填築量及總量進行重金屬365天排放模擬，最大增量疊加背景值，符合海洋環境品質標準</li> <li>海域生態 造成海域生態變動的因子為水質中懸浮固體營養鹽及底質中之有機質變化，填築對浮游生物及底棲生物影響為不顯著影響</li> </ul> |
|---|--|



年填築量鉛離子最大濃度增量



海域表層生態系統結構方程式模型

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 建立黑水虻處理有機廢棄物循環利用 及低碳淨零示範基地

計畫主持人 石正人

執行單位 蜻蜓創意有限公司

### 摘要

本計畫利用黑水虻處理有機廢棄物，從而利用生產出來的蟲體養雞，蟲糞則作為有機蔬菜栽種肥料，達到資源循環及低碳淨零目標。目前已經完成大小不同模組的黑水虻自動化飼養系統，大型模組可以日處理1.5~2噸的有機廢棄物，生產出約500公斤的幼蟲及蟲糞。此自動化飼養系統構造簡單，去化有機廢棄物功能強大，可以節省很多人力及空間。我們將所得的蟲體用來飼養蛋雞，也將所得蟲糞作為栽種有機蔬菜的肥料。為便於推廣，我們同時製作解說手冊，讓參觀者得以明白機器運作原理及使用方法。此外，我們也拍攝影片，並整合到解說簡報，利用豐富的動態（影片）及靜態（文字）資料，讓參觀者先行了解黑水虻科普及循環經濟操作流程。目前示範基地規劃參觀動線分為三大部分，即科普簡報區、現場示範觀摩區、動手DIY餵雞種菜區，整個流程預計2小時內結束。

### 研究動機

黑水虻為腐食性昆蟲，在自然界死亡的動植物，若僅以微生物分解，速度過於緩慢，而且會因為發酵過程產生很多溫室氣體，例如二氧化碳、氧化亞氮或甲烷等。所以，在動植物死亡後，被微生物分解的同時，會被腐食性昆蟲取食，從而快速的清理遺留的動植物，因此腐食性昆蟲有大自然清道夫的美名。其中，黑水虻是目前最重要的腐食性昆蟲，被廣泛的用來清理有機廢棄物，例如廚餘、果菜殘渣、落葉、酒糟、污泥、禽畜糞便、沼渣、豆渣等，不只清除效果好及減少溫室氣體排放外，產生出來的蟲體，還能用來作為飼料，提供蛋白質來源；蟲體脂肪可用來生產生質柴油，作為永續能源；蟲糞還有豐富的氮、磷、鉀，是最好的有機肥料。然而，因為他們生長的环境就是我們遺棄的動植物屍體，通常是我們的嫌惡物質，也讓黑水虻背負污名。為了讓大眾了解利用黑水虻處理有機廢棄物，是以自然為本的解決方案中，最為有效、永續及具循環經濟功能，乃進行本計畫，建立黑水虻利用的示範基地，讓大眾了解此種回歸自然生態的廢棄物處理方式。

### 研究方法

1. 黑水虻自動化飼養系統運作：利用本公司研發並已取得22個國家發明專利之黑水虻自動飼養系統，架設在宜蘭縣頭城鎮蜻蜓石有機生態農場，作為示範基地。
2. 不同有機廢棄物最佳化配方研發：收集鄰近地區之不同有機廢棄物，作為飼養黑水虻的基質。
3. 黑水虻產物再利用研究：為能達到循環利用目的，將利用黑水虻幼蟲餵養農場之蛋雞與肉雞，蟲糞作為有機肥料，種植蔬菜。
4. 拍攝黑水虻處理有機廢棄物科普影片：為能製作可看性佳的黑水虻科普及知識，拍攝黑水虻科普影片，整合到解說簡報，建立黑水虻利用示範推廣資料。
5. 建立推廣示範基地：計畫完成後，將建立黑水虻處理有機廢棄物示範基地，展示與實體操作並存，對外開放接受申請參觀。

### 研究發現與預期成果

目前已完成示範基地的建立，主要分為科普教育簡報區、現場示範觀摩區、動手DIY餵雞區等三大區塊。簡報區預計將借用蜻蜓石民宿大廳，利用本計畫建立的科普影片及資料，用power point進行。參觀時，將在大廳進行約40分鐘簡報，簡報內容務使參觀者能清楚明白黑水虻在有機廢棄物處理之重要性，利用黑水虻可以串起生態循環，達到資源再利用的目的。

現場示範觀摩區，目前以黑水虻成蟲繁殖區及幼蟲處理區為主，讓參觀者可以一目瞭然，知道黑水虻如何繁殖，繁殖後的黑水虻如何用來處理有機廢棄物，長大的幼蟲，如何作為養雞的飼料及種菜的肥料。

最後，示範基地將安排參觀者自己動手DIY，拿取黑水虻幼蟲，體驗餵雞的樂趣。另外，也將發送參觀者每人一包蟲糞有機肥料，讓他們帶回家或現場對有機蔬菜田施肥。整體的參觀流程預計二小時。



圖、建立大小不同的黑水虻自動化飼養機器

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 廢棄鳳梨葉纖維高值化循環應用技術精進研發計畫

計畫主持人 謝煥麒 執行副總

執行單位 優纖隆企業股份有限公司 UKL

### 摘要

隨著全球對氣候變遷問題的關注日益增加，各國政府紛紛提出減少碳排放的政策目標，農業部也不例外。農業被視為一個潛在的減碳領域，因此農業部邁向農業淨零碳排放政策，旨在減少農業對環境的負面影響，同時提高農業的可持續性。其中，農業剩餘資源的材料化與加值再利用成為實現淨零碳排放的重要策略之一。透過將農業副產物和剩餘資材進行利用，可以實現循環經濟的目標，同時減少對自然資源的消耗，降低對環境的負擔。

優纖隆深刻認識到政策背景下的重要性，因此積極開發鳳梨副產物的循環再利用，專注於開發鳳梨葉纖維及鳳梨葉纖維渣的高值化利用方案，以符合農業部的政策要求，同時實現企業自身的可持續發展目標。透過將鳳梨葉纖維及鳳梨葉纖維渣的高值化，我們不僅可以實現農業副產物的有效利用，同時還能提供市場上高品質，滿足消費者注重環保及品質需求的商品。

### 研究動機

鳳梨是臺灣產量最大、產值也最高的水果，然而，隨著鳳梨產量的增加，其副產物鳳梨葉的處理問題也日益嚴重。目前，對於鳳梨葉的處理方式存在著兩種主要的方式：直接丟棄和用作堆肥。然而，這些處理方式都存在著一系列的問題和挑戰，需要我們積極尋找解決方案。

根據農業部農業知識網統計111年台灣各縣市鳳梨種植總面積為11,231.92公頃，而每種植1公頃的鳳梨田即會產生4.5公噸的鳳梨葉廢棄物，透過本計畫的推動，協助農民解決耗時費力並需要花費大量的金錢處理的鳳梨葉廢棄物，將期製成高值化循環利用產品。

### 研究方法

#### (1) 廢棄鳳梨葉處理問題

環境需求與問題分析：每種植1公頃的鳳梨田即會產生4.5公噸的鳳梨葉廢棄物，現有處理方式：

1. 直接丟棄，造成環境汙染。
2. 用作堆肥，造成土壤酸化。

解決方案：

本計畫「廢棄鳳梨葉纖維高值化循環應用技術精進研發計畫」協助農民將廢棄鳳梨葉做剩餘資源材料化，再製成紡織業能使用的鳳梨葉纖維。

#### (2) 政府政策方向

環境需求與問題分析：隨著國際趨勢針對氣候變遷所宣示的2050年達成「淨零排放 (Net Zero)」目標，我國政府從2013年起開始「國家氣候變遷調適行動四年期計畫」，農業部提出了「推動農業副產物與剩餘資材利用，擴大循環經濟產業發展」的政策。

解決方案：

本計畫「廢棄鳳梨葉纖維高值化循環應用技術精進研發計畫」將廢棄鳳梨葉回收再製成

1. 廢棄鳳梨葉纖維高值化高保暖床寢具循環產品
2. 廢棄鳳梨葉碎纖維高值化電木粉產品

#### (3) 紡織產業市場利基

有鑑紡織產業永續發展的市場利基與發展趨勢，本計畫「廢棄鳳梨葉纖維高值化循環應用技術精進研發計畫」極具市場開發價值。

### 研究發現與預期成果

評估項目	預期成果
降低碳排放	505.92Kg。比較 100% 聚酯纖維與10% PALF 混織 90% 聚酯纖維之間的碳排放量，100% 聚酯纖維之產品所產生的CO2排放量約為6000 Kg，10% PALF 混織 90% 聚酯纖維所產生的CO2排放量約為5494.08 Kg，因此可省下6000 Kg - 5494.08 Kg = 505.92 Kg。
省水量	1140公噸。比較 100% 棉花與10% PALF 混織 90% 聚酯纖維之間的製程用水量，100% 棉花之產品所使用的製程用水量約為11640公噸，10% PALF 混織 90% 聚酯纖維所使用的製程用水量約為10500公噸，因此可省下11640公噸- 10500公噸=1140公噸。
產品再生料使用量	15公噸，本計畫回收50公噸之廢棄鳳梨葉其中30%可製成產品再生料，產品再生料使用量為15公噸
污染物減量	50公噸，污染物減量50公噸的廢棄鳳梨葉
廢棄高值化產品開發	5項，包含鳳梨葉纖維高值化循環床單、鳳梨葉纖維高值化循環被單、鳳梨葉纖維高值化循環枕套、鳳梨葉纖維高值化循環抱枕及鳳梨葉碎纖維電木粉

本計畫所推出的廢棄鳳梨葉纖維高值化高保暖床寢具循環產品及廢棄鳳梨葉碎纖維高值化電木粉，對於產業的發展也具有積極的促進作用。在過去，很多企業為了追求短期的利益，常常忽視了對環境和自然的保護。但是，本計畫所推出的產品不僅能夠滿足人們對於產品功能及實用性的追求，同時還具有環保和永續發展的特點，不僅有助於提高人們對於環保服飾的接受度，同時也能夠帶動整個產業的轉型升級，實現更加可持續的發展。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 食品產業廢棄物減量及循環利用技術開發計畫

計畫主持人 陳彥霖 陳麗婷 蔡孟貞

執行單位 財團法人食品工業發展研究所

### 摘要

食品加工過程中常伴隨許多副產物產出，如豆渣、咖啡渣及茶渣等，這些副產物渣數量龐大，且其含水量高，保存不易，經濟價值低，易衍生環保問題，亟待解決。本計畫研究成果如下：

- 透過成立與運行臺灣食品循環生態圈推動聯盟，串聯食品廢棄物產源及加值處理廠商，彙集並凝聚產業上下游共識。
- 完成建立豆渣、咖啡渣及茶渣之量產衝擊流乾燥條件，單位能耗除濕量與傳統熱風乾燥相比，能源效率為傳統熱風乾燥的1.8~2.4倍，具有高效節能之效益。水分含量由63~78%降低至10%以下，降低食品廢棄物之體積及重量，達到食品廢棄物減量之目標。
- 完成3種食品產業廢棄物渣堆置後之異味成分及微生物類別分析；透過模擬豆渣產生異味的模式，完成應用潛力菌株/菌組評估抑制豆渣臭味，最終以菌株T18在降低TVOC值、氨氣量及中短鏈脂肪酸量等表現最佳，進一步建立於5L最適發酵條件與罐型產品開發。

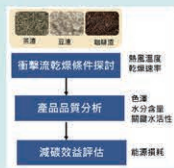
### 研究動機

以廢棄物「減量」和「循環利用」為兩大目標，成立與推動臺灣食品循環生態圈推動聯盟，以促成食品產業資源循環利用。

### 研究方法與發現

#### 減量技術—高效節能乾燥量產製程—

##### 研究方法



##### 研究發現

豆渣、咖啡渣及茶渣之量產衝擊流乾燥條件，單位能耗除濕量(SMER)為2.40~3.12 kgH<sub>2</sub>O/kWh，相較傳統熱風乾燥技術之單位能耗除濕量0.1~1.3 kgH<sub>2</sub>O/kWh，衝擊流乾燥能源效率為熱風乾燥的1.8~2.4倍。衝擊流乾燥可將水分含量由63~78%降低至10%以下，處理量為437-655公斤/小時。

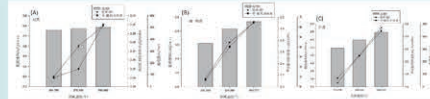


圖 1.熱風乾燥技術對(A)豆渣(B)咖啡渣(C)茶渣之乾燥速率、處理量及能源損耗分析

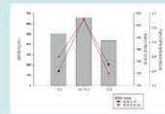


圖 2.衝擊流乾燥對(A)豆渣(B)咖啡渣(C)茶渣之乾燥速率、處理量及能源損耗分析

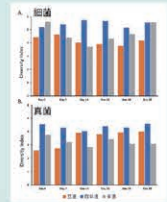
#### 循環利用技術—環境異味生物控制及應用評估—

##### 研究方法



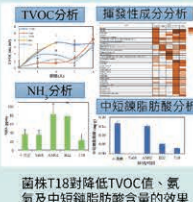
##### 研究發現

• 3種食品廢棄物渣微生物組成多樣性



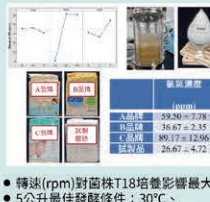
細菌類：茶渣 ≈ 咖啡渣 > 豆渣  
真菌類：咖啡渣 > 豆渣 > 茶渣

• 潛力菌株/菌組評估抑制豆渣異味效果



菌株T18對降低TVOC值、氨氣及中短鏈脂肪酸含量的效果最佳，具應用減輕豆渣堆置或運輸產生之異味的潛力

• 潛力菌株發酵條件建立與罐型產品開發



• 轉速(rpm)對菌株T18培養影響最大  
• 5公升最佳發酵條件：30°C、350rpm、3vvm下發酵24小時，菌數達1010CFU/g以上  
• 罐型產品相較同類型市售貓砂有更佳除臭能力

### 產業推動

#### 產業推動—臺灣食品循環生態圈推動聯盟—

透過跨產業建立合作夥伴與循環經濟推進



### 成果與效益

1. 促成食品廢棄物循環經濟生態圈的上下游及周邊有效互動，加速共識及商化實現。
2. 建立3種食品廢棄物渣(豆渣、茶渣、咖啡渣)之高效節能乾燥量產製程技術，有助於食品製造業建立低碳排乾燥技術。
3. 建立食品產業廢棄物渣之異味生物控制微生物及其應用技術，將有助於減少食品廢棄物渣(豆渣、茶渣、咖啡渣)之異味，以期能減少民眾因異味而行生之食品產業廢棄物渣的應用障礙，有助於食品廢棄物渣的應用。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 從鉑廢料循環開發半導體氫氣處置與再利用之關鍵鉑觸媒膜組

**計畫主持人** 光洋應用材料科技股份有限公司 (黃明山、楊承諭、黃資源、林怡君、林信宏、林青億)、  
國立中正大學陳永松實驗室、鼎佳能源股份有限公司

**執行單位** 光洋應用材料科技股份有限公司

### 摘要

半導體產業在高階製程中會產生大量廢氫，因其含有大量的氮氣，使常見的變壓吸附技術無法有效分離，故其廢氫大多會經由燃燒或稀釋等耗能方式進行處置，故如何以減碳的方式進行氫氣去化並有效的回收再利用，是產業當今重要的發展指標。其關鍵之一的碳鉑觸媒由光洋應用材料科技股份有限公司(以下簡稱光洋科)進行開發，接著經國立中正大學陳永松實驗室開發出鉑觸媒膜組後，再交由鼎佳能源股份有限公司進行氫氣純化(低溫型電化學氫氣純化器)與氫氣去化(推送型除氫機)之應用測試，最終將廢棄的鉑觸媒膜組交回光洋科進行回收，以形成鉑循環經濟效益。本計畫成功開發出可應用於氫氣純化與氫氣去化領域之碳鉑觸媒與鉑觸媒膜組，並於光洋科廠內建立廢棄鉑觸媒膜組之鉑回收流程，其膜組內的鉑前驅物使用回收鉑進行生產，預計可減少超過50倍的碳排放，以達減碳之效益。

### 研究動機

半導體產業大量的廢氫，其工業常見的變壓吸附技術無法有效分離，目前大多會經由燃燒或稀釋等耗能方式進行處置，衍生出燃燒後排放 (Nox問題)或稀釋後排放 (能耗問題)，故如何將氫氣純化回收再利用之需求被提出。隨著氫能的發展，使用氫氣之密閉式場域隨之增加，因氫氣其爆炸特性之因素，故使用氫氣場域之安全性也受到重視，目前針對少量廢氫之處理方式同樣大多經燃燒或稀釋等耗能方式進行，因其量體少的關係，氫氣純化回收較無效益，故工廠衍生出將少量氫氣安全去化之需求。

### 研究方法

**碳鉑觸媒:** 光洋科利用回收專業之利基點，使用既有的回收鉑細粉 (≥3N5) 執行一系列開發與分析，研發出可應用於氫氣純化與去化之碳鉑觸媒 (簡稱: EPC-Pt/C)。

**鉑回收:** 將廢棄的鉑觸媒膜組經火法結合濕式冶金回收、濕式冶金回收後，形成鉑循環經濟效益。

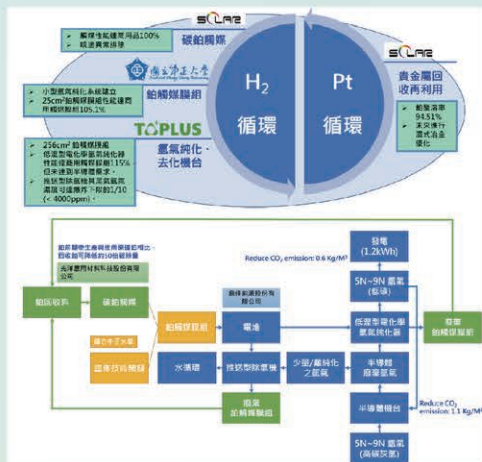


**鉑觸媒膜組:** 國立中正大學陳永松教授利用其專業，建立一套25cm<sup>2</sup>小型氫氣純化平台，並利用搭配各式不同漿料組成，開發出最佳性能之鉑觸媒膜組，接著噴塗放大至256cm<sup>2</sup>至鼎佳能源進行氫氣純化(低溫型電化學氫氣純化器)與氫氣去化(推送型除氫機)之應用測試。



### 研究發現與預期成果

解決鉑觸媒膜組生產之異常，成功將碳鉑觸媒噴塗於膜組上。經25cm<sup>2</sup>小型氫氣純化平台快速篩選與生產速度(異丙醇濃度)評估後，選出將觸媒配置在80%異丙醇、20%水、2%固含量、全氟磺酸化高分子分散液/碳重量比為0.5之溶劑系統進行鉑觸媒膜組生產。在低溫型電化學氫氣純化器測試下，使用EPC-Pt/C噴塗的256cm<sup>2</sup>鉑觸媒膜組雖然性能可達商用觸媒膜組之115%，但未達到半導體應用端之需求(0.15V下其電流密度需≥1.5A/cm<sup>2</sup>，EPC-Pt/C觸媒膜組電流密度為1.43 A/cm<sup>2</sup>)。在推送型除氫機測試下，使用EPC-Pt/C噴塗的256cm<sup>2</sup>鉑觸媒膜組皆符合半導體應用端的需求，且性能比日本競品觸媒膜組佳，使尾氣氫氣濃度可達爆炸下限的1/10 (< 4000ppm)。在鉑回收開發中，火法結合濕式冶金回收其鹽酸與氫酸鈉體系酸溶率可達94.51%，解決王水酸溶產生之氮廢水議題。



# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 輪胎製造程序廢棄物轉質紅磚原料資材評估研究

計畫主持人 郭益銘

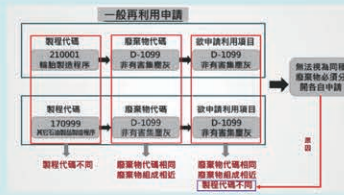
執行單位 中華醫事科技大學

### 摘要

本計畫以正新橡膠工業與建大輪胎製程代碼210001所產生之D-1099和D-0902以及其370001廢水處理程序中所產生之D-0901廢棄資源做為資材化標的，並以建洲窯業作為處理廠。本計畫之標的物作為紅磚部分替代原料，研究結果顯示，污泥與集塵灰控制其摻配量於5%時，可符合CNS 386之三種磚規範，雖含硫集塵灰亦可符合標準，但因硫含量過高可能於燒結過程排放至大氣環境，亦容易造成排放尾氣SO<sub>2</sub>濃度過高，因此做為紅磚原料添加上期添加量不宜過高，整體顯示各標的物作為紅磚原料具相當可行性。各項分析結果，於相同製程(210001)所產出之D-1099與D-0901、D-0902之廢棄資源其成分組成相當類似，作為紅磚再利用之資材具相當可行性。將上述廢棄資源以一定比例摻配於紅磚作為原料使用，由於紅磚燒結過程並不需額外能源，因此並無額外碳排放產生，故本再利用程序可同時解決廢棄資源去化與碳排放問題，對於後續輪胎出口與企業競爭力助益甚大。

### 研究動機

讓廢棄物轉化為資源進行再利用，使廢棄資源能達到適才適所之目標，並能循環再利用，便可達到實質減碳之效果。尚未進行再利用之廢棄資源，若欲將其所產出之廢棄物進行再利用，則必須先經過再申請，其過程包含個案試驗，以及通案再利用許可等試驗計畫，完成試驗後，又必須進行各項許可證之變更等程序，除了曠時費日，各項文件變更亦是一筆花費，此本研究首先針對之事業廢棄物係為輪胎製造程序(製程代碼210001)中之D-1099、D-0902和D-0901與黏土(部份來自水庫淤積物)進行混拌燒結，利用紅磚燒結程序替代原本去化所需之熱處理與固化處理，一方面可減少廢棄物進入掩埋場，一方面利用燒結程序作為熱處理與固化之原因，不需耗用其他能源亦可達到實質減碳之效果。



### 研究方法



圖2 實廠製磚流程圖

### 研究結果

標本	水分(%)	灰分(%)	可燃分(%)	熱值 (kg/kcal)	
正新	廢水污泥(5%)	76.9	15.4	7.70	1,467
	無硫集塵灰	0.13	6.17	93.7	8,830
	破煙集塵灰	1.50	77.5	21.0	6,765
	廢水污泥	5.10	37.5	57.4	4,483
建大	無機污泥	68.4	21.7	9.90	444
	無硫集塵灰	1.60	11.6	86.8	8,340
	破煙集塵灰	1.60	40.4	58.0	8,060

表1 進料物三成分及熱值

標本	抗壓強度(kgf/cm <sup>2</sup> )	吸水率(%)	
正新	廢水污泥(5%)	172	10.2
	無硫集塵灰(5%)	155	14.4
	破煙集塵灰(2.5%)	272	11.4
	廢水污泥(5%)	171	13.0
建大	無機污泥(5%)	212	13.3
	無硫集塵灰(5%)	261	10.3
	破煙集塵灰(5%)	218	12.5

表2 各試程抗壓強度及吸水率

種類	抗壓強度(kgf/cm <sup>2</sup> )	吸水率(%)
一種磚	>300	<10
二種磚	>200	<13
三種磚	>150	<15

表3 CNS382三種磚之標準



### 結論

研究結果顯示，污泥與集塵灰控制其摻配量於5%時，可符合CNS 382之三種磚規範，毒性特性溶出試驗中，燒結紅磚之Cr與Pb有極少溶出但仍遠低於法規標準，其餘有害元素則無溶出值，顯示整體對於環境無二次污染之風險。

綜合各項分析結果，於相同製程(210001)所產出之D-1099與D-0901、D-0902之廢棄資源其成分組成相當類似，作為紅磚再利用之資材具相當可行性，將上述廢棄資源以一定比例摻配於紅磚作為原料使用，由於紅磚燒結過程中並不需額外能源，因此並無額外碳排放產生，故本再利用程序可同時解決廢棄資源去化與碳排放問題，對於後續輪胎出口與企業競爭力助益甚大。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 石頭紙膠料之製程溢膠問題以線上回收設備建置之 安全環境與產線效率提升研究

計畫主持人 林文賢、楊全本、謝榮春、黃煥東、葉世宏、侯俊雄、江文賢

執行單位 台灣龍藍複合材料股份有限公司

### 摘要

本公司目前石頭紙製程痛點在於：邊料必須擺放太空包裝袋收集後，由人工運往再生機粉碎後，加熱融熔切粒冷卻成再生料，再運送回製程機台重新加熱投料進行滾壓，因此本公司目前必須在目前製程額外使用一台再生製粒機、並配置兩位人力處理。初估導致製程的稼動率僅有70%，其餘30%的稼動率因為邊料回收處理上的時間延宕，本公司每年該製程產量約900噸石頭紙(價值約4500萬元)，30%的稼動率缺失約損失1350萬元的生產產值。故，本公司為因應國際減碳趨勢已完成石頭紙的碳足跡盤查，並且針對碳排熱點之重大議題區域提出解決方案，預計本公司改善後之石頭紙的製程細部流程為：(1)塑膠脂粒與大理石粉末料加熱熔合。(2)混合物投入機台設備的入料口。(3)滾壓壓膜機成製程標準厚度紙狀。(4)兩側邊料由裁切設備裁掉以確保膜材在成細時為標準寬度。(5)利用鼓風機將收捲台粉碎料送至壓延機粉碎機。(6)將收捲台及壓延機粉碎料彙整後，利用鼓風機送至邊料回收再生機旋風桶，使邊料藉本計畫自動回送生產線內。改善製程後整體生產率提高30%，且機台減少加熱省下90,726度電，碳排減少44,909.4kg/年。

### 研究動機

本公司過去石頭紙製程痛點在於：邊料必須擺放太空包裝袋收集後，由人工運往再生機粉碎後，加熱融熔切粒冷卻成再生料，再運送回製程機台重新加熱投料進行滾壓，因此本公司目前必須在目前製程額外使用一台再生製粒機、並配置兩位人力處理。初估導致製程的稼動率僅有70%，其餘30%的稼動率因為邊料回收處理上的時間延宕，本公司每年該製程產量約900噸石頭紙(價值約4500萬元)，30%的稼動率缺失約損失1350萬元的生產產值。

### 研究方法

因應國際減碳趨勢已完成石頭紙的碳足跡盤查，並且針對碳排熱點之重大議題區域提出解決方案，預計本公司改善後之石頭紙的製程細部流程為：

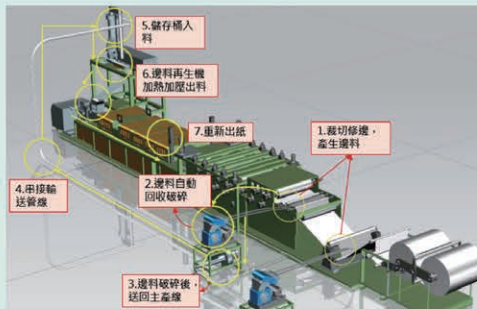
1. 塑膠脂粒與大理石粉末料加熱熔合。
2. 混合物投入機台設備的入料口。
3. 滾壓壓膜機成製程標準厚度紙狀。
4. 兩側邊料由裁切設備裁掉以確保膜材在成細時為標準寬度。
5. 利用鼓風機將收捲台粉碎料送至壓延機粉碎機。
6. 將收捲台及壓延機粉碎料彙整後，利用鼓風機送至邊料回收再生機旋風桶。

整體研究中，我們建立完整的技術規範，使邊料藉本計畫自動回送生產線內。改善製程後整體預期效益生產率提高30%，且機台減少加熱省下90,726度電，碳排減少44,909.4kg/年。同時，經由本計畫之執行，確保了生產線的高效性和可靠性。生產後的石頭紙在加熱拉膜捲紙的過程中，產生之多餘邊料，將重新循環至製程產線中，實現資源的有效利用與長遠的環保目標。

### 研究發現與預期成果

本計畫執行以本公司為實驗場所，經本年度配方測試與設備運行測試，並執行測試生產與正式投產；我們產線確實可實現循環生產，且量產成效穩定且順暢的成果，並且可有效改善過去製程中每批生產產生20%的裁切與製程廢料，導致增加20%備料成本的投入問題。

此外，針對製程細節上，我們成功克服循環產線需要重新加熱與熱熔均勻與輸送問題，在本次循環產線研究計畫中無須再透過“加熱設備與重新加溫溶融”，其重點在於料管與模頭的溫度控制、押出與切刀的壓力控制，只要避免溫度與壓力不適用，就可以成功避開新料與回收邊料之間熔融均勻，以及溫度壓力不足，可能造成出料口塞管或出料道積料，造成出料通道堆積堵塞，影響產線輸出與設備停機過熱的風險。




### 效益成果

1. 石頭紙回收邊料製程100%自動化:製程中無須人力去操作天車、堆高機移動回收料，且裁切後送到投料口之無效成本的動作，進行循環製程，因此達到100%自動化。
2. 提升20%生產效率:新製程全自動化無人力移動與操作機台產生之延宕時間成本，順暢運作下可以提升20%生產效率。
3. 省下90,726度電:減少柴油堆高機、兩座天車、粉碎再生機等設備電耗。

# 113年資源循環 科技發展及創新研討會

## 廢漁網高值化循環再生技術精進計畫

計畫主持人 許祥瑞、林子翔、周秉漢

執行單位 財團法人塑膠工業技術發展中心  塑膠工業技術發展中心  
PLASTICS INDUSTRY DEVELOPMENT CENTER

### 摘要

國內漁網回收業者目前多以人力的方式處理廢棄漁網，處理成本高且規模有限，為提升國內廢棄漁網處理量，本研究計畫旨在開發廢棄漁網回收清洗生產線，透過破碎設備、清洗設備、脫水設備將廢棄漁網製成品質穩定的再生原料。本研究著重探討不同尺寸條件對於廢棄漁網原料轉為再生原料的影響，包括產率、潔淨程度、脫水程度等。研究結果顯示當廢棄漁網再生原料設定在30 mm時，產率達80-85%、潔淨程度達90-92%、脫水程度達80-98%，其中機械設備清洗效果相較傳統可提升2-4倍，大幅提升廢棄漁網再生原料的品質，可見機械化處理之效益。此外，本研究計畫開發之設備產能約500公斤/小時，其年處理量已可占國內廢棄漁網的20-30%，足見其具備一定商業價值。

### 研究動機

1. 海洋廢棄物 (marine litter) 是近年全球關注之重大海洋保育議題，根據聯合國環境規劃署 (UNEP) 估計，約有80% 海洋污染來自陸地上的人為活動，其中約85%為塑膠材質。
2. 國內的海洋廢棄物以塑膠瓶罐及漁業廢棄物為主，而廢棄漁網年產生量約2,300-4,300公噸，其中約七成成為刺網(多數為PA材質)，其餘三成成為拖網、圍網或其他漁網(多數為PE、PP或PET材質)。
3. 國內廢棄漁網回收流程大致上可分為兩個階段，第一階段為廢棄漁網產源至回收業者，此階段多以人力方式進行；第二階段為回收業者至再利用業者，此階段目前國內已有相對成熟技術，因此本計畫希望針對廢棄漁網回收第一階段，透過機械設備導入進行技術精進。

### 研究方法

藉由過往塑膠回收處理技術經驗，針對廢漁網之材質特性進行分析，並開發相關處理設備，優化目前以人力為主的廢漁網處理方式，進一步提升國內廢漁網處理效率，詳細說明如下：

#### 1. 廢棄漁網之材質與其材料特性分析：

本工作項目規劃拜訪廢棄漁網回收業者掌握實務處理現況及了解產業需求，並針對常見廢棄漁網類型進行取樣，並分析其材質與材料特性，以作為後續機械化設備選用之評估。

#### 2. 廢棄漁網機械化處理設備之評估與開發：

本工作項目針對人工處理流程評估相應設備，並實際透過國內最常見的廢棄漁網類型(刺網與拖網)進行試驗，並掌握相關設備參數，最終完成廢棄漁網漁具回收清洗線的開發。

#### 3. 廢棄漁網再生料之品質檢測與管理：

本工作項目針對機械設備處理之再生料進行品質檢測，並與人工處理之再生料進行比較，進一步評估機械設備處理之效益。



粉碎機測試



清洗水排出與取樣



不同清洗方式水樣



再生料品質檢測

### 研究發現與預期成果

#### 1. 開發廢棄漁網漁具回收清洗生產線：

- A. 最大處理量：500 kg/hr
- B. 可處理材質：尼龍(PA)、聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)



5-8 公斤/天

500 公斤/小時

#### 2. 取得廢棄漁網最適處理設備組合及重要參數：

- A. 主要設備單元：破/粉碎機、清洗機、脫水機。
- B. 廢棄漁網粉碎過程易纏軸，刀具建議選用片型刀體。
- C. 清洗後的廢漁網容易糾結在一起，建議加裝擠壓式脫水機。

#### 3. 掌握廢棄漁網機械設備清洗效益及再生料最適尺寸：

- A. 機械清洗效果約人工清洗的2-5倍。
- B. 再生料粉碎尺寸建議設定為 30 mm，產率較具效益。

清洗方式 (漁網尺寸)	去除率 (%)		成品轉換率 (%)	
	刺網 (PA)	拖網 (PE)	刺網 (PA)	拖網 (PE)
人工清洗 (300 mm)	32%	17%	-	-
機械清洗 (60 mm)	86%	90%	76.9%	86.7%
機械清洗 (30 mm)	92%	90%	83.7%	84.4%
機械清洗 (12 mm)	93%	72%	47.6%	59.2%

設備名稱	設備重點說明
01 破碎機	選用單輪剪切式
02 粉碎機	刀具選用片型刀體
03 摩擦清洗機	傾斜角度設定15°-25°
04 離心式脫水機	去除大量泥沙雜污
05 擠壓式脫水機	大幅降低再生料含水率



纏軸現象 未發生纏軸

廢棄漁網再生料成品



環境部資源循環署  
Resource Circulation Administration  
Ministry of Environment

