

109年國家化學物質管理政策綱領及 行動方案成果研討會

「循環材料高值化」

科技部工程司
阮昌榮研究員

109年11月11日

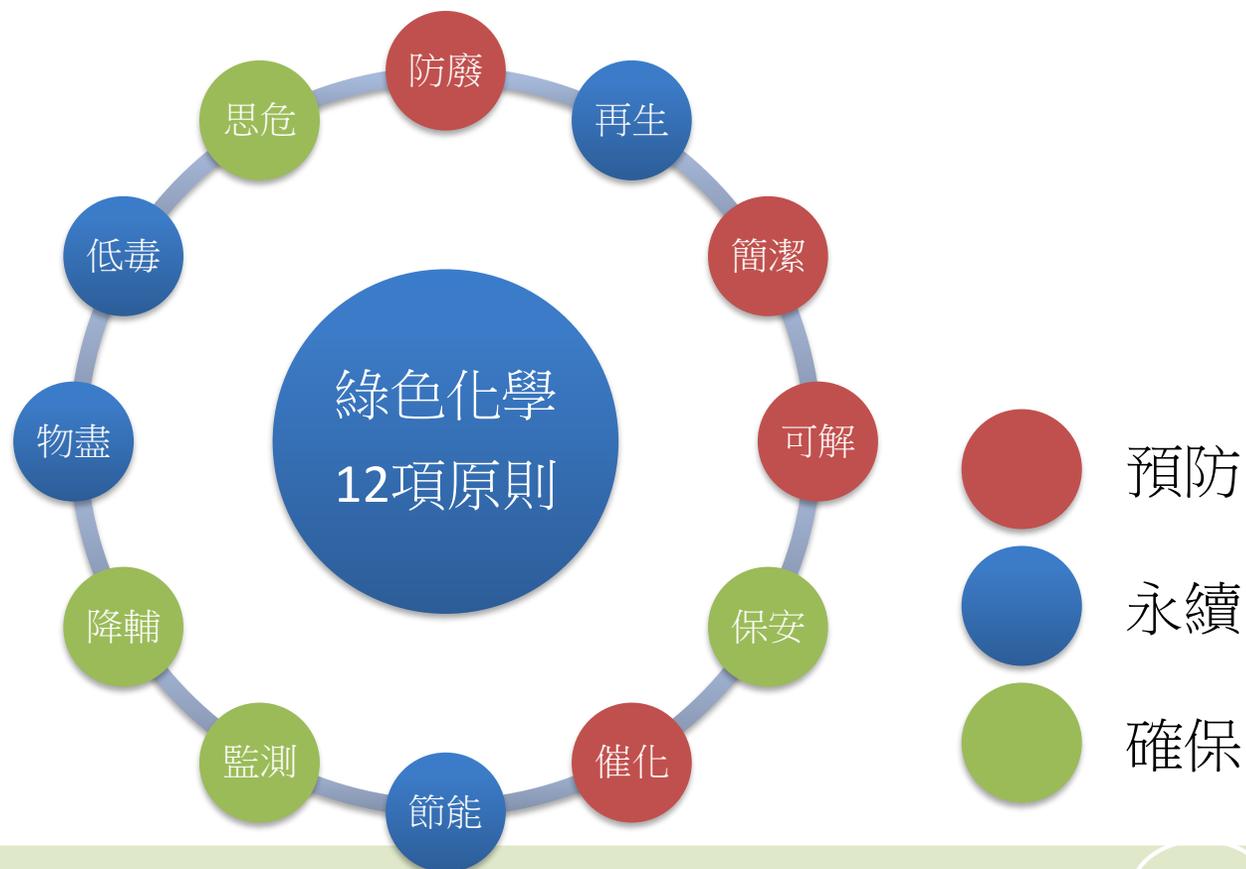
簡介-綠色化學

● 綠色化學(green chemistry)

美國環保署 (US EPA) 定義：「設計化學產品和製程，以減少或消除有害物質之使用與生產」。
目的在促進化學產品製造和使用中，減少或消除使用有害物質的新一代創新化學技術。

● 綠色化學12原則(PRODUCTIVELY)

- ◆ P：防廢 (Prevent wastes)
- ◆ R：再生 (Renewable materials)
- ◆ O：簡潔 (Omit derivatization steps)
- ◆ D：可解 (Degradable chemical products)
- ◆ U：保安 (Use safe synthetic methods)
- ◆ C：催化 (Catalytic reagents)
- ◆ T：節能 (Temperature, Pressure ambient)
- ◆ I：監測 (In-Process Monitoring)
- ◆ V：降輔 (Very few auxiliary substances)
- ◆ E：物盡 (E-factor, maximize feed in product)
- ◆ L：低毒 (Low toxicity of chemical products)
- ◆ Y：思危 (Yes, it's safe)



簡介-循環經濟

● 線性經濟(linear economy)

大多數國家的經濟目前仍採「線性經濟(linear economy)」，即資源生產成產品，使用後則丟棄的情況。人類經濟活動造成污染遽增，天然資源快速消耗且分配不均的問題。



● 循環經濟(circular economy)



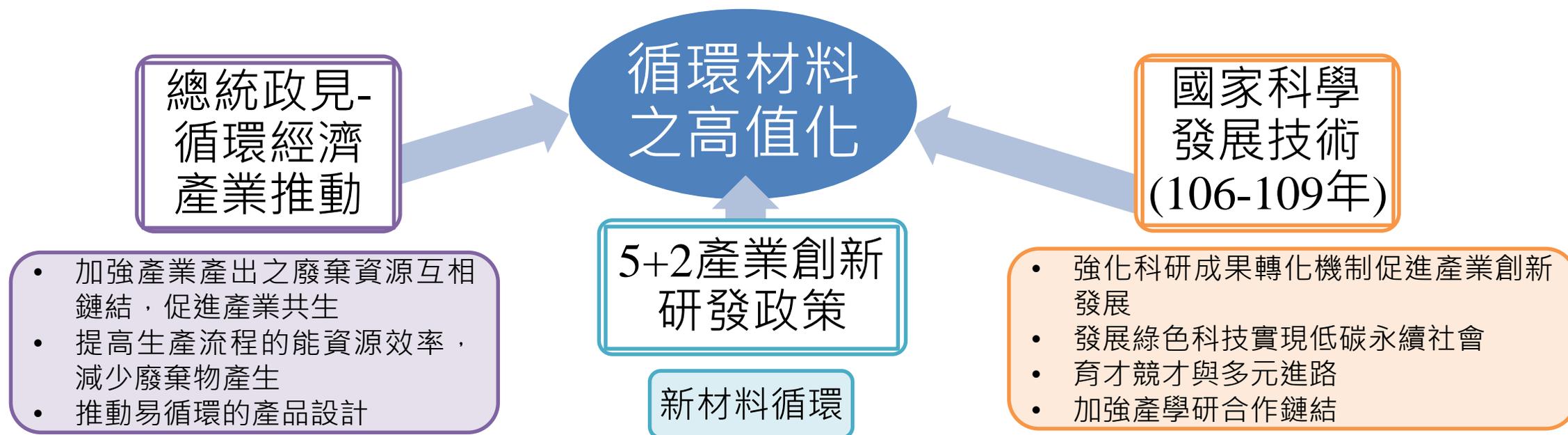
● 5R原則



圖片來源：科學發展543期，2018年3月

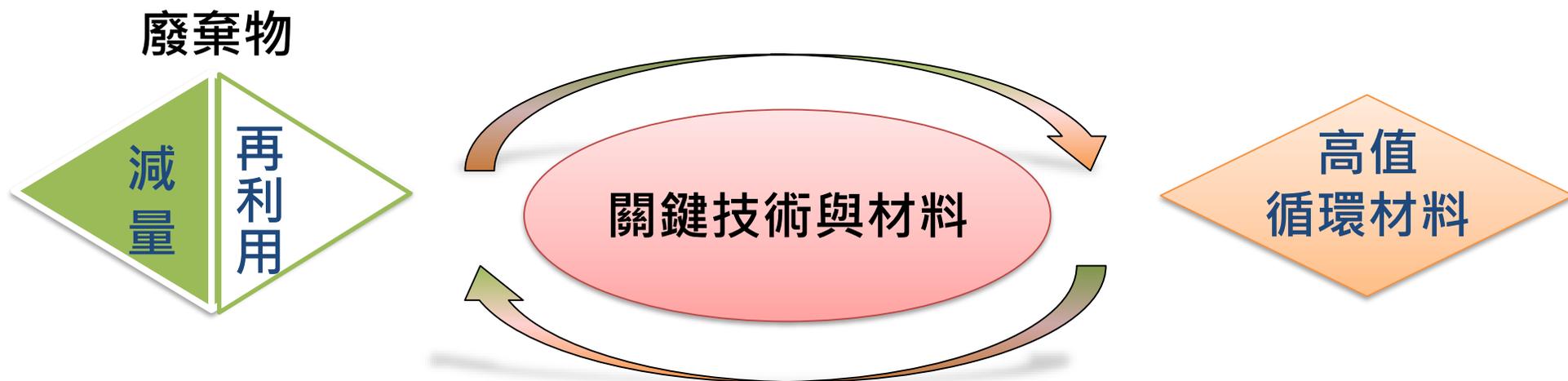
計畫總目標與政院推動之重點政策方案指標聯結項目

- 「**循環經濟**」係總統施政藍圖「5+2」產業創新政策之重點發展項目，其思維是**廢棄物減量與循環**方式調整資源供給，再有效**回饋產線**。
- 本部執行專案計畫，由產學研界共同研發具**產業需求**之**創新前瞻技術**，引領產業界積極投入高值循環材料之製造。達成**大幅縮短投資回報之目的**，並協助我國產業轉型循環經濟，提升國內產業於全球之競爭優勢。



計畫總目標

- 由**科技研發驅動且引領產業**，鏈結**學界、經濟部法人與產業**研創新資源，媒合並深化創業能量，**推動國內產業轉型循環經濟**。
- 針對廢棄資源與再生資源，發展出**高值化技術與關鍵材料**，將其轉換為高值材料。
- 針對高值產品，發展出**低碳、低廢棄、低汙染及節能的綠色製程**。



本專案推動目標

✓ 目標一

由產學研界共同研發具**產業需求**之創新**前瞻技術**，引領產業界積極投入高值循環材料之製造，並可達學界**培育高等研發人才**的目的。

✓ 目標二

循環材料高值化之關鍵技術**在地化**，協助我國產業**轉型循環經濟**，將廢棄物和再生資源高值化，並降低製程浪費。

✓ 目標三

達成企業投入可**大幅縮短投資回報**之目的，提升國內產業於全球之競爭優勢。



重點研究項目-1

研究項目包含下列技術和製程的開發。所涉及的民生化材技術和實質產業相當多，包含**半導體、食品廠、鋼鐵廠、生技、高分子塑膠、紡織等**，其**廢棄物**亟待解決。

循環材料之高值化

項目

廢棄物再生之高值材料

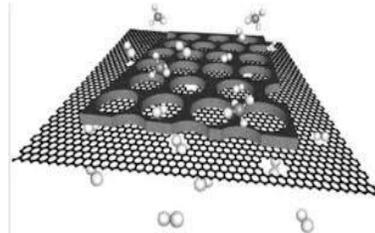
- 電子業
- 農業
- 工業



煉鋼廠廢棄物去化再利用

循環製程所需關鍵技術與材料

- 關鍵技術
- 原料開發



透過高效能薄膜等關鍵材料提升分離效率

可再生材料高質化技術與製程開發

- 深層海水
- 再生資源



深海礦物質與有機小分子之高價應用

高值產品的綠色製程

- 半導體
- 紡織業
- 傳產



改善製程達到綠色工廠的目標

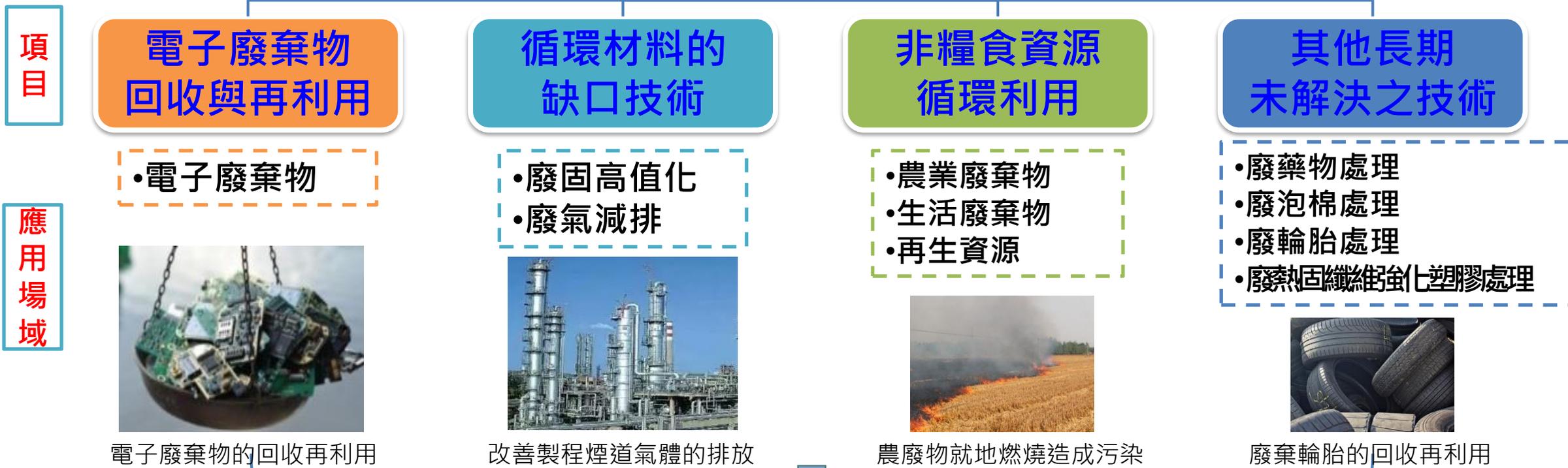
應用場域

資源高值化

重點研究項目-2

為擴大計畫整體效益，配合政府相關政策所需，並參考科會辦首席評議委員之建議，於107年徵求缺口技術計畫。

循環材料之高值化 -(107年度)第二期-



資源高值化

計畫最終效益與欲達成情形

最終效益：透過**技術研發**協助**產業發展**。

本專案針對產業之困境(產業出題)，由學研界開發**創新前瞻技術**(學研界解答)。引領產業界積極投入高值循環製程，達成**大幅縮短投資回報**之目的，推動國內產業轉型循環經濟。

產出
效益

欲
達成
情形

產業創新價值

- 目標：廢棄物減量(環境保護)，並產出高值化材料(發展循環經濟)。
- 欲達成情形：每一團隊須評估其成果對產業貢獻的前後比較，指標為
 1. 所研發技術可去化該項廢棄物至少1/10。
 2. 所研發的循環材料可提高之產值1億元。
 3. 製程須避免二次污染。

科研環境建構價值

- 目標：培育研發人才進入產業界，並促使業界投入循環經濟。
- 欲達成情形：
 1. 每年培育企業所需碩、博士生共300人。
 2. 合作企業須投入配合款共1500萬元。

計畫管理執行力

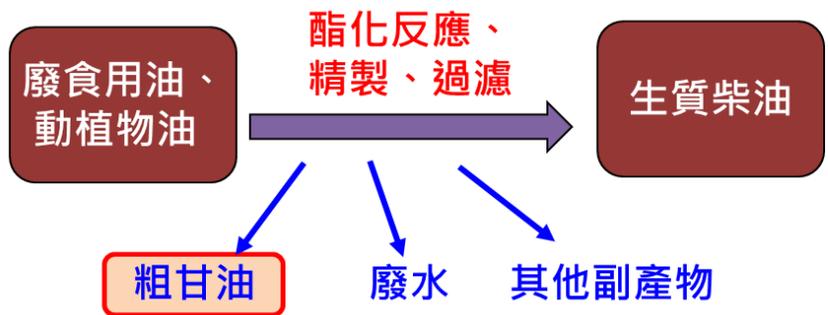
- 目標：汰弱補強，產出產業所需之技術。
- 欲達成情形：
 1. 定期追蹤專案團隊進度，須繳交報告說明成效。邀請
 2. 期中舉辦成果研討會，邀請審委和廠商等參與。
 3. 汰弱補強，逐年淘汰成效不佳之計畫團隊，並增加補助執行成果優異之團隊。是否為業
 4. 管考指標、如何避免二次污染等。

成果亮點-1 以廢甘油為基礎製備生物可分解高分子材料、製程、及產品開發

執行團隊: 國立清華大學化學工程系 汪上曉教授 王潔副教授

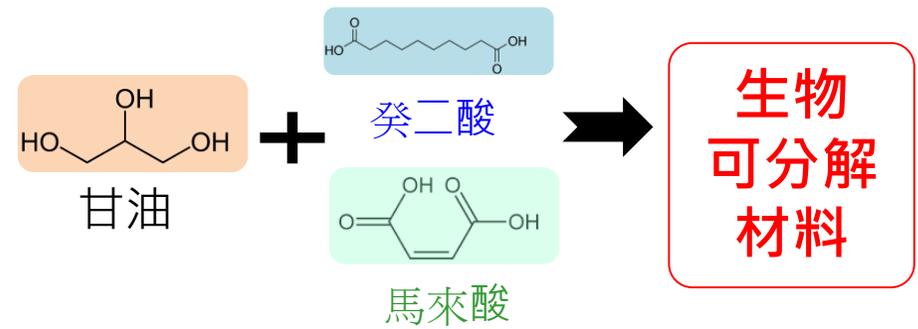
廢甘油

◆生質柴油製作過程



- 以價值低、目前循環利用度極低的生質燃油工業之副產物粗甘油為原料。
- 粗甘油在經過蒸餾製程後，純度為98%，適合後續量產使用。

材料改質技術



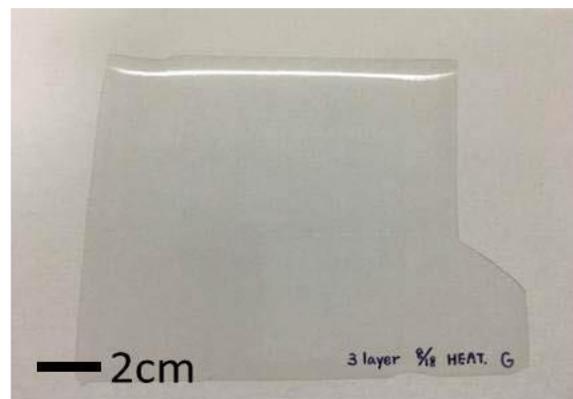
• 堆肥降解系統測試 (ASTM D5338)



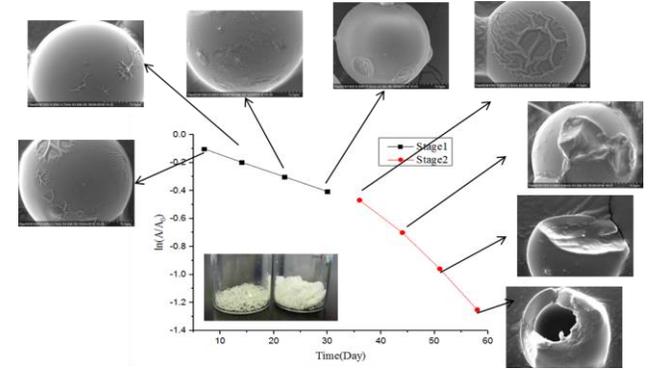
• 30天約 95%的生物可分解材料已被水解，其生物可降解能力優於市售產品(聚乳酸)

生物可分解材料

◆高強度生物可分解膜



◆生物可分解柔珠



執行團隊: 國立台北科技大學土木工程系 李有豐 教授

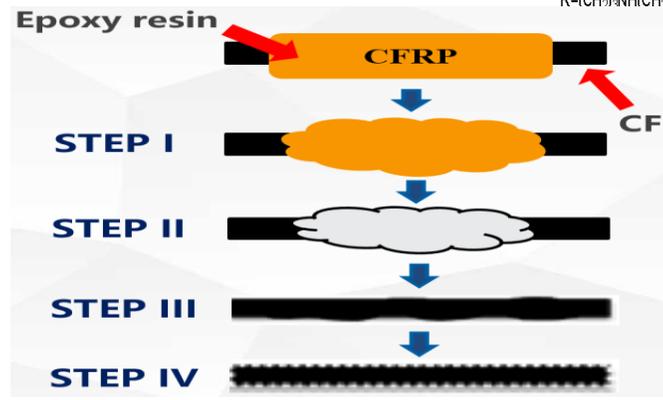
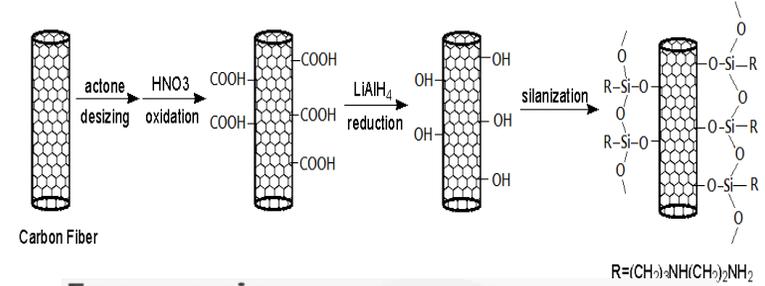
廢熱固碳纖維強化塑膠



廢熱固纖維強化塑膠 (ex自行車架)

- 目前廢熱固碳纖維強化塑膠的處理方式只有掩埋與焚燒兩種方式。

微波裂解處理



- 利用回收碳纖維微波熱處理技術提升碳纖維物化性分析，碳纖維表面清除率 > 99%。

碳纖維再利用

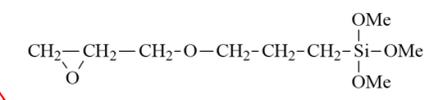


回收之碳纖維

- 添加各種不同熱塑型高分子，提升高分子的利用性。



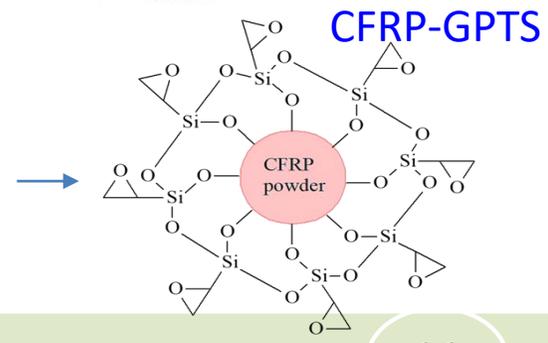
射出成型 高性能產品



GPTS

+

CFRP powder



CFRP-GPTS

CFRP-GPTS的反應過程和結構

成果亮點-3

廢棄還原渣改質為電弧煉鋼脫磷原料

執行團隊: 國立中興大學/材料科學與工程學系 (所) 吳威德教授

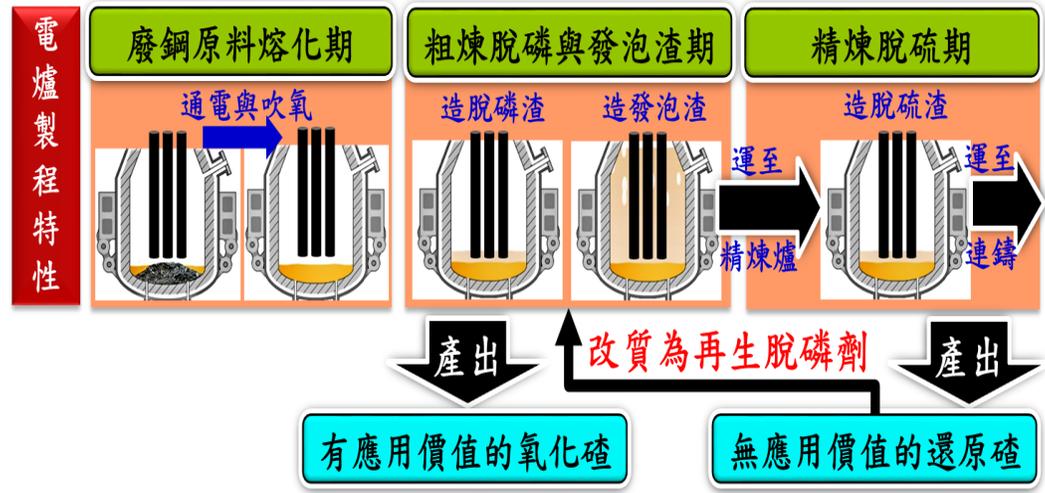
鋼鐵業廢棄物

◆ 還原渣年產量23.1萬公噸



- 廢棄還原渣經配方調質，不需經過安定化處理，即可當脫磷劑使用。
- 可去化40%還原渣。
- 取代部分造渣材料，降低成本與能源損耗。

再生爐渣回爐技術



- 將難處理還原渣透過回電弧爐製程技術，改質為氧化渣而應用於瀝青混凝土中，當再生粒料使用。
- 將光電廠之廢棄氟汙泥，轉為煉鋼用造精煉渣之CaF₂助熔劑。

還原渣去化

再生還原渣使用65%，脫磷率69.6%

- 開發還原渣脫磷劑配方
- 脫磷率達60%↑
- 轉化為易處理之氧化渣

嘉德
廢棄
精煉渣

皓勝
氟廢酸液

詠泰
廢棄
金屬粉削

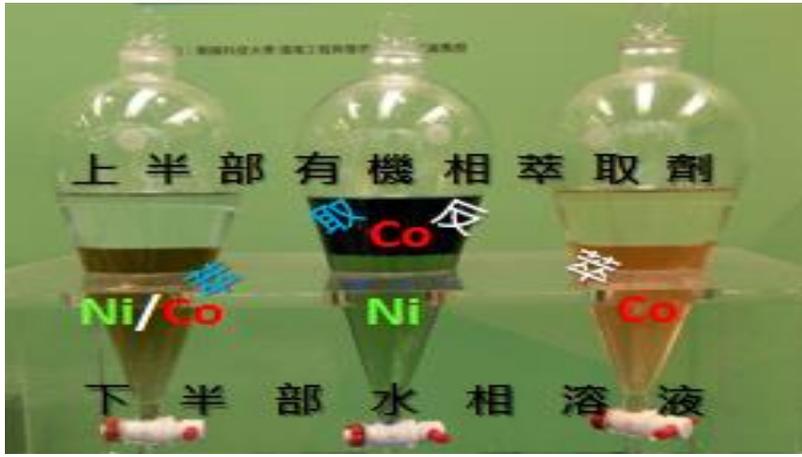
執行團隊: 朝陽科技大學環境工程與管理系 王文裕 教授

廢鋰電池及磁性元件



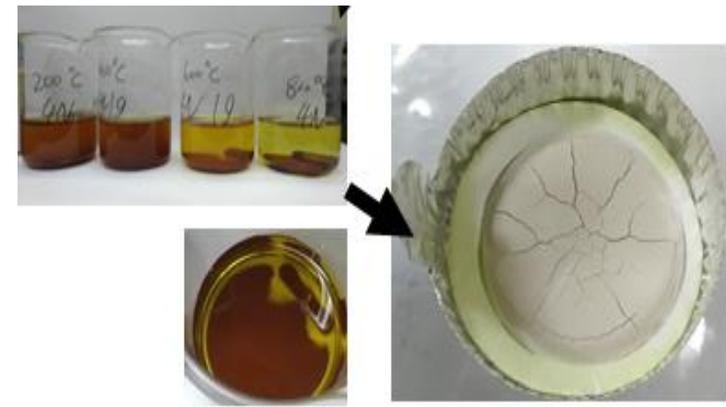
- 研究回收廢鋰電池及磁性元件中的關鍵金屬與稀土金屬，以選擇性化學沉澱及溶劑萃取為核心技術，
- 目標分離純化鈷(Co)及鎳(Ni)，輕稀土釹(Nd)、鐳(Pr)，及重稀土鐳(Dy)、鈹(Tb)。

分離萃取技術



- 錯合反應協同溶劑萃取回收分離廢鋰電池之鈷與鎳，**分離係數比傳統溶劑萃取高達5倍，比預訂目標多4倍**，大幅提高分離效率與純度。
- **選擇性沉澱**回收廢永磁元件之稀土元素，及**溶劑萃取**分離輕稀土(釹、鐳)與重稀土(鐳、鈹)。

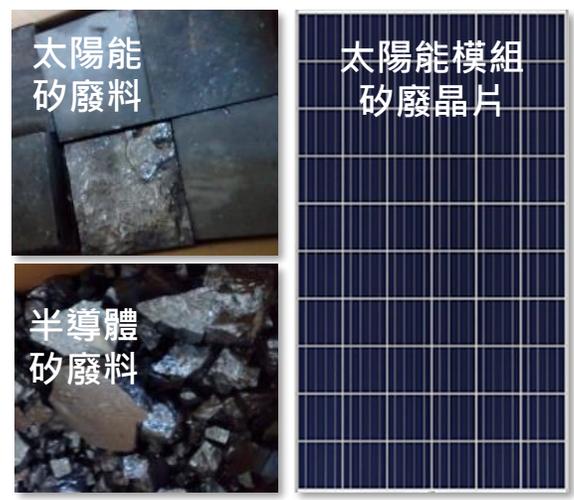
回收產物



- 回收分離後產出：
- 廢鋰電池之鈷、鎳、錳、鋰等金屬與金屬鹽
 - 廢永磁元件之**稀土釹、鐳、鐳、鈹**等金屬氧化物

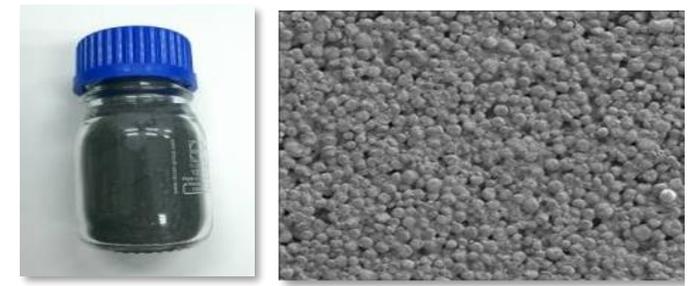
執行團隊:國立成功大學材料科學及工程學系 劉全璞 教授

矽基廢棄物 (廢料、廢晶片)



- 收集太陽能與半導體不同型態、純度等的矽基廢棄物。
- 完成開發廢棄物純化與研磨技術。
- 目前每年約有廢矽晶1500公噸加上目前產生的150公噸太陽能廢矽電池晶片，未來使用所研發的技術進行產品開發後，廢棄物可處理量應可達到1650公噸。

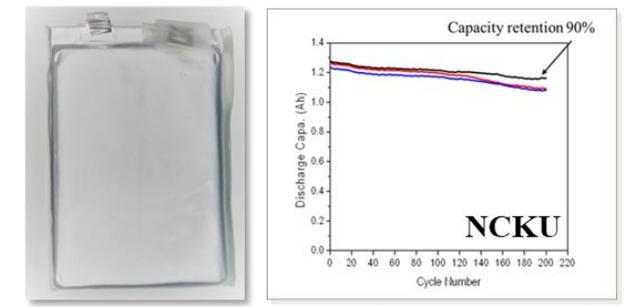
矽基材料改質技術



獨特的材料結構設計與改質技術轉化為具商用化、低成本、高經濟價值的下世代高電容量矽基負極粉末材料。

- 將不同型態、純度的矽基廢棄物改質為鋰電池矽基負極材料。
- 團隊開發矽材料表面改質技術可克服材料因體積變化而破裂之問題，大幅提升鋰電池性能與電容量。
- 降低生產成本並達到業界規格。

鋰電池用超高能量密度 矽基負極材料



重量能量密度: 180Wh/Kg

體積能量密度: 480Wh/L

- 應用改質後的矽基負極材料製作矽碳混合半電池與全電池鋰電池。
- 經工研院第三方認證。
- 與業界共同開發中產品：

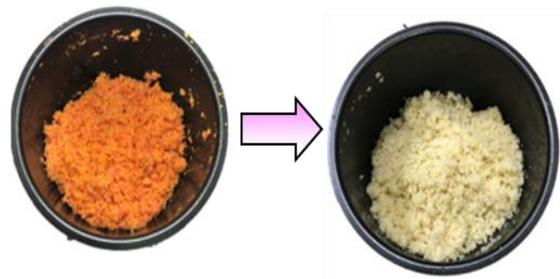
矽碳
負極材料

高能量密度
鋰電池

執行團隊: 國立臺灣科技大學系 郭東昊教授

食品廠廢棄果皮、蔬果殘渣

脫色前胡蘿蔔渣 脫色後胡蘿蔔渣



- 選用**生質廢棄物**(草本植物)，如胡蘿蔔榨汁、檸檬榨渣、木本紙漿等，
- 目標量化生產製作草本蔬果廢棄物的生質奈米纖維素(CNF)。

壓力釜水熱+連續石臼研磨製程



水熱法



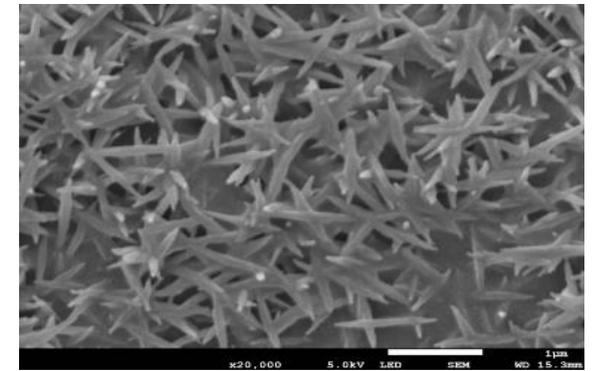
磨石

循環用管

- 以**減酸、減廢液、減工時的(水熱+連續研磨)新製程**，製出CNF。
- 多數現有傳統製取CNF技術使用酸水解、冷凍機械高速攪拌、TEMPO鹼氧化法的製程，成本高、酸鹼使用量高、耗水多與廢液多、工資成本高。

回收產物

生質奈米纖維素纖維



- 所製得的CNF，可直接以溼式製程來製作不同應用領域的混成材料：
 - (1)CNF/rTAC、
 - (2)CNF/水性PU、
 - (3)CNF/室溫型無機/樹脂

成果亮點-7 循環回收銅製備銅粉於電子級銅漿應用之高值技術

執行團隊: 國立中央大學化學工程與材料工程學系 鄭紹良 教授

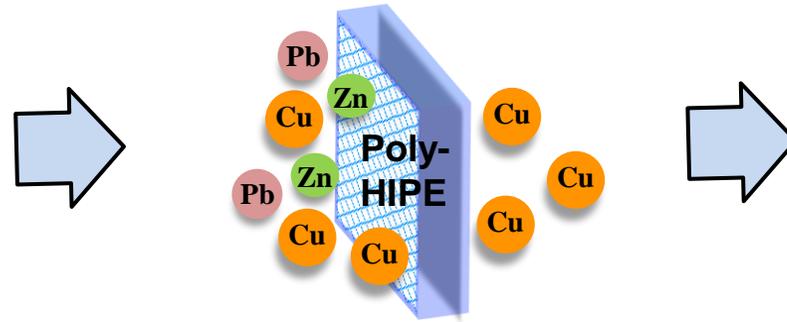
再生工業級硫酸銅



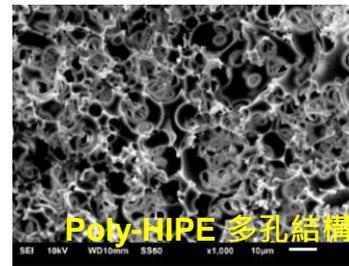
工業級硫酸銅

- 團隊開發Poly-HIPE 薄膜，以分離再生硫酸銅中的不純物（Pb, Zn等），提升再生硫酸銅純度。
- 在酸性硫酸銅溶液的純化過程中，依然能保持其化學結構的完整性。

再生銅資源 純化精煉技術



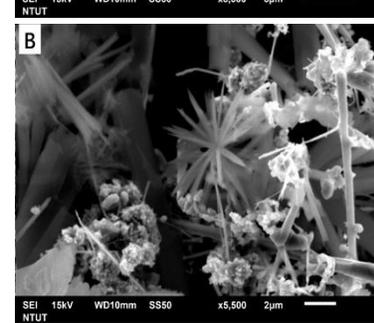
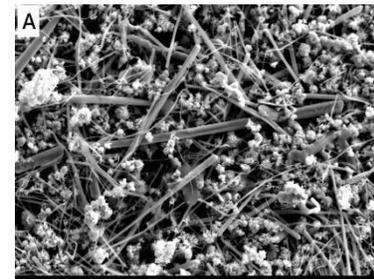
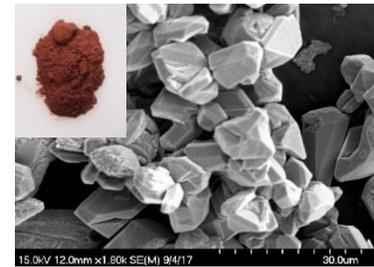
Poly-HIPE 外觀



Poly-HIPE 多孔結構

- 計畫所開發之**Poly-HIPE含浸薄膜**，其技術可**分離純化再生工業級硫酸銅溶液**，目前實驗室等級之年處理量可達0.2公噸

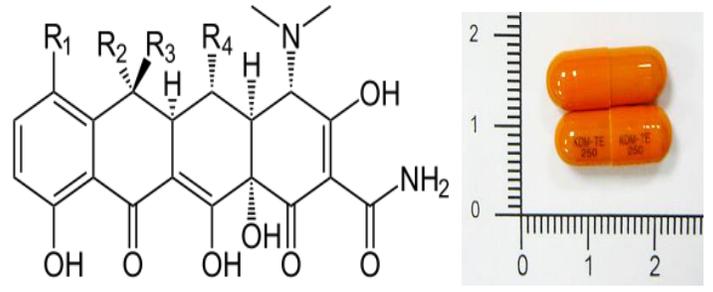
再生高值產物



- 純化與還原單一液相系統作業，後續可製備電子級銅粉（類球狀、線(樹枝)狀高純度回收銅粉，並於表面披覆抗氧化層）。

執行團隊: 國立中央大學化學工程與材料工程學系 李度 教授

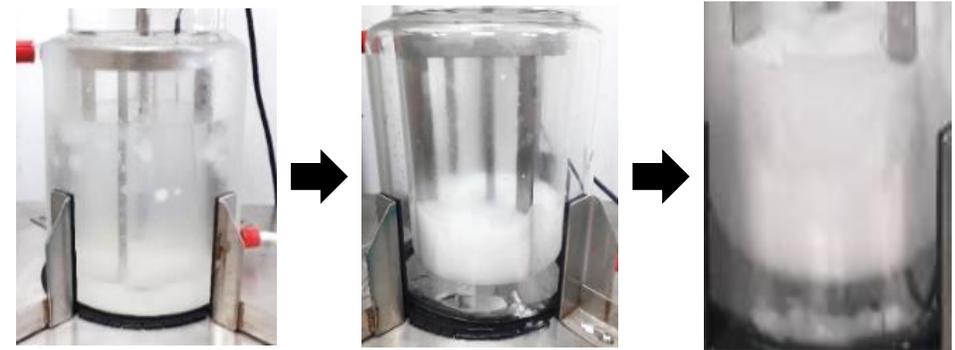
廢棄藥物



鹽酸四環素
(Tetracycline HCl)

• 廢棄藥物中包含**活性藥物成份 (Active Pharmaceutical ingredient, API)**與輔料(Excipients)，處置不當容易造成環境危害(新興污染物)。

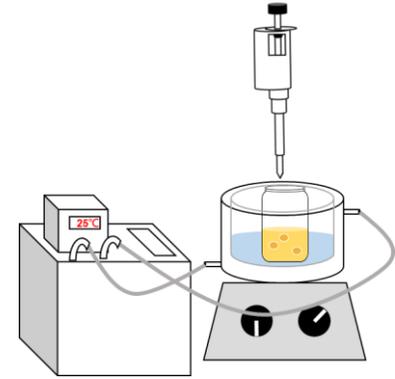
溶劑萃取和再結晶技術



固液萃取
Solid-Liquid
Extraction

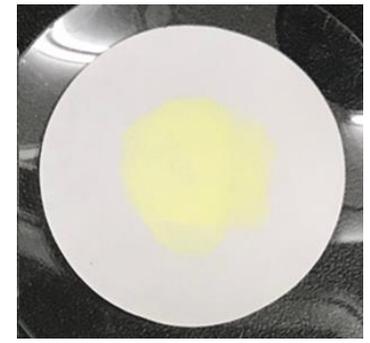
反溶劑結晶
Antisolvent
Crystallization

沖洗
Rinsing

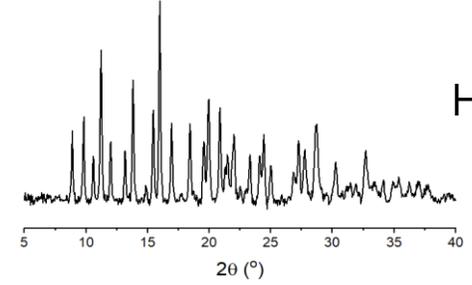


• 過程中使用安全的溶劑(依照ICH指南規定)，回收高純度的API。

活性藥物成份



純化後
鹽酸四環素



HPLC圖譜

• 團隊回收藥物中的API，可以重新使用。
✓ **Recovery = ±80%**
✓ **Assay >99%**

感謝聆聽