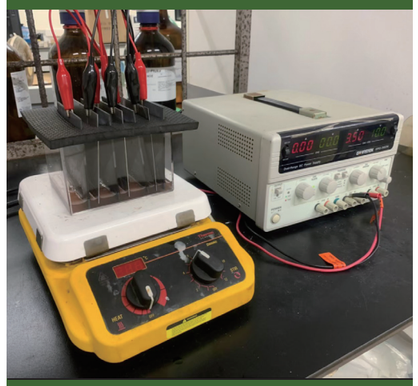
國立中山大學環境工程研究所 「綠色能源與污染防治實驗室」團隊

以氯化膽鹼－丙二酸之深共熔溶劑回收廢鋰電池中鈷金屬之研究

指導老師 / 林淵淙 特聘教授　學生 / 莊佩容、林守原、程培正

文 / 王明德

捷運、咖啡廳中人手一機的手機與平板電腦現代人帶來便利生活，但在此同時，這些設備中的鋰電池，廢棄後的回收處理也產生了極大問題，中山大學環境工程研究所投入的研究，將可從廢鋰電池回收大量鈷金屬，藉此啟動循環經濟，兼顧環境保護與商業價值。



廢棄鋰電池展現高戰略價值 打造經濟環境雙贏願景

電子產品在為人類帶來更便利生活的同時，設備中的電池如果沒有適當處理，將對地球環境帶來嚴重危害，也因此電池的回收處理與金屬氧化物煉取，成為各國政府與產業急欲解決的問題。中山大學環境工程研究所學生莊佩容、林守員及程培正為解決此問題，投入「以氯化膽鹼 - 丙二酸之深共熔溶劑回收廢鋰電池中鈷金屬研究」，團隊成員林守原指出，這項研究將可從廢鋰電池中提取高比例的貴重金屬 - 鈷，在避免廢電池污染環境時，同步提升產業價值。

推動循環經濟 從廢鋰電池中挖寶藏

林守原表示，為了提升電子產品的運作時間，能量密度高、使用溫度範圍大、無記憶效應、壽命長的鋰電池成為應用主流，在筆記型電腦、手機、平板等便攜式電子產品相當常見，「這幾年來電動車為各國政府、車廠與科技業者所重視。」鋰電池與鎳氫、鎳鎘與鉛酸電池相比，不僅更為環保，且其放電平穩、循環壽命長，更適於電動車使用，因此預計未來使用量將快速提升。

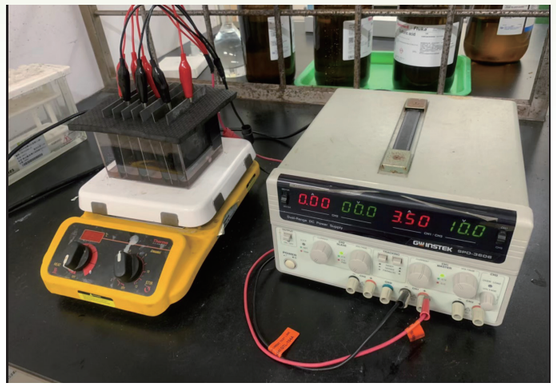
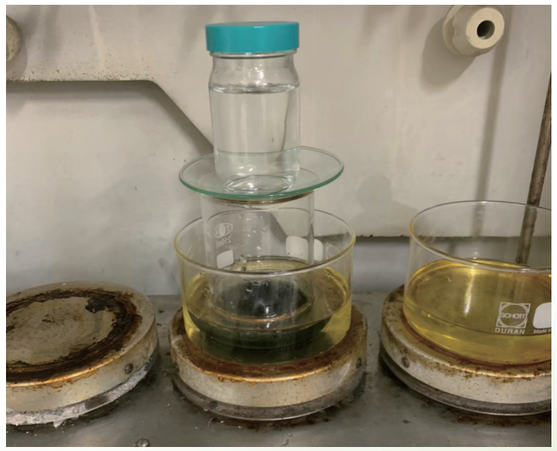
「龐大的使用量也將帶來棘手的回收問題，預計到 2050 年被淘汰的鋰電池數量將呈倍數成長。」林守原進一步點出，廢鋰離子電池中所含的重金屬、電解質，若未加妥善處置，將會對環境和人類造成危害。「不過鋰電池中除了有害物質外，也包含鈷、鎳等貴重金屬如，尤其鈷元素更具有戰略意義，被廣泛應用於工業和軍事領域，為可再充電電池中最有價值元素。」

2020 年鈷元素最新價格為每噸 28,500 美元，目前國內廢鋰電池僅有一家業者可自行回收處理，其他仍多是回收分類後送至境外處理。也因此以對環境無害的方式，從廢鋰離子電池中提取高附加價值的金屬，將可在降低環境污染、消除潛在生態風險的同時，為國家與產業取得高戰略價值金屬。

目前國內回收廢鋰電池技術主要分為火法冶金法與濕式冶金法兩種，其中火法冶金技術所需的設置成本及營運成本較高，其對應的市場規模也較大，因此以經濟成本作為考量，國內較適合以濕式冶金法來回收廢鋰電池 ，不過濕式冶金技術大多使用強酸、強鹼等具強腐蝕性溶液，如果採用萃取劑，不僅成本高，回收步驟也較為繁瑣，「我們研究所投入的研發，是以成本相對較低、回收步驟較為簡易且對環境較無負擔之方法回收廢鋰電池中鈷金屬。」

就目前全球趨勢來看，已被證實能有效從廢鋰電池中提取金屬氧化物的深共熔溶劑 (Deep eutectic solvents, DES)，成為近年來備受矚目的新型綠色溶劑。「與濕式冶金法相比，DES 程序較簡單且成本較低，可以用環境較無害的方式，提取廢鋰電池中高附加價值金屬，對於減輕生態風險具有重要意義。」

溶出高量鈷元素 讓經濟與環境雙贏

「我們研究所以氯化膽鹼 - 丙二酸所合成的 DES 作為回收廢鋰電池中鈷金屬之綠色溶劑為研究方向，並以實驗設計法 (Design of experiment, DOE) 輔助 DES 回收金屬的參數設計。」根據研究數據顯示在最佳條件下， 70.7% 的鈷溶出率與模擬結果接近，由此可見，此研究所使用之 DES 可減少長時間的反應，並且達到與文獻更高的鈷溶出率。

林守原最後說道，隨著鋰電池使用量的增加，未來廢電池的處理成本也將節節高升，「我們研究的技術，讓 DES 有更高的鈷溶出率，將可大幅降低廢電池對環境的危害，並產生高產業附加價值，以綠色化學技術落實循環經濟，創造經濟與環境雙贏的願景。」