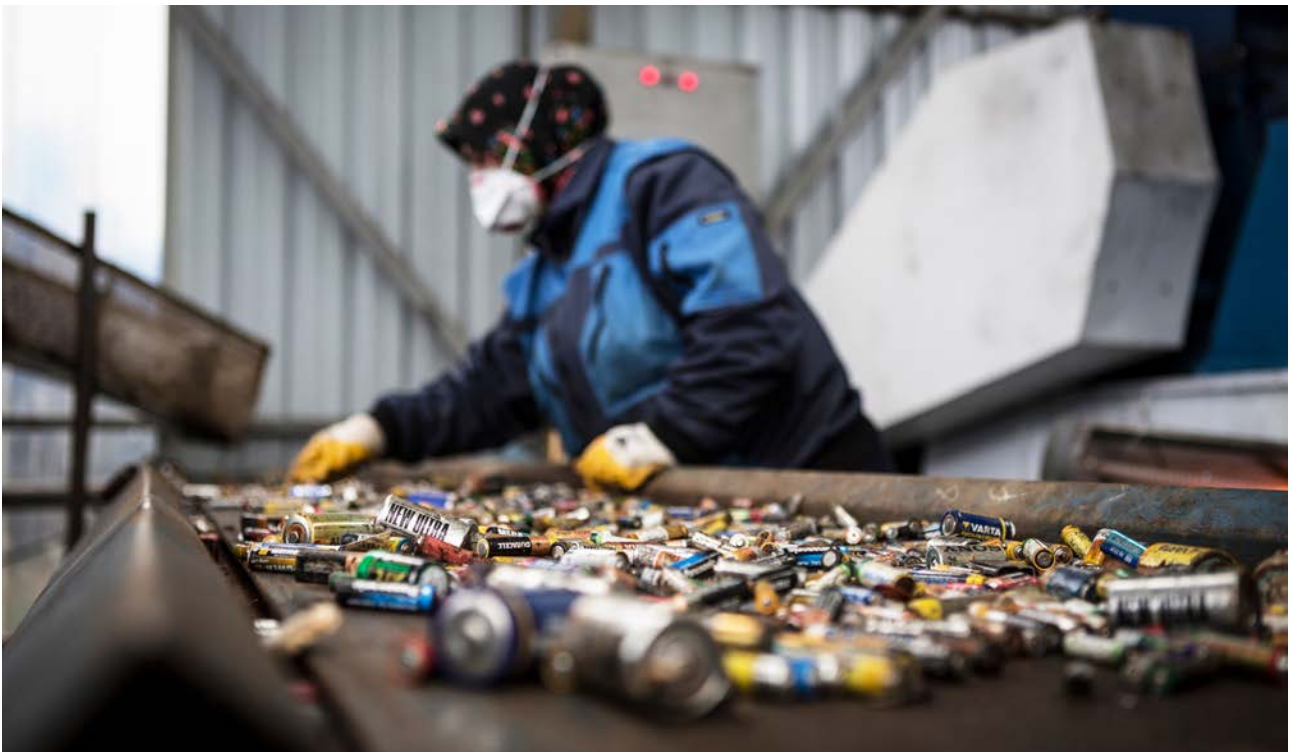




降階利用、有價金屬回收

# 鋰電池循環收益環保兩兼顧

一部電動車動力電池動輒由數百顆鋰電池組成，但當其蓄電力降至原本的8成時，電池就需要更換？汰役電池去了哪裡？該如何處理才不至於危害環境？鋰電池降階利用與材料回收潛在市場龐大，臺灣具備完整的電池供應鏈，若能建立鋰電池回收標準並整合相關廠商，有機會成為亞洲鋰電池循環的示範基地。



臺灣具備完整的電池供應鏈，若能建立鋰電池回收標準並整合相關廠商，有機會成為亞洲鋰電池循環的示範基地。

撰文／林玉圓

**受**惠電動車市場需求大增，全球鋰電池市場快速成長，未來5到10年，將有大量鋰電池面臨汰役，這些廢棄鋰電池如何回收再利用，建立循環經濟，成為各方投入資源的焦點。研究機構MarketsandMarkets預估，2020年全球鋰電池回收的市場規模約為36億美元，2030年將增至107億美元，年增幅約19.4%。

## 降低環境衝擊 創造經濟價值

工研院材料與化工研究所副組長曹申表示，鋰電池回收的主要原因有二：一是降低環境衝擊，鋰電池的毒性雖小於鉛酸電池，但若不妥善處理，仍有汙染環境的疑慮，而金屬礦藏的過度開採也導致生態風險，若能從回收途徑取得，更有利環境永續；二是創造經濟價值：鋰電池中的鈷、錳、鎳、

銅等金屬，因電動車熱賣而價格波動劇烈，例如正極材料的碳酸鋰，今年前3個月上漲95%，過去1年更大漲4倍。電動車動力系統被視為下世代的戰略產業，透過鋰電池的循環經濟來掌握原料來源、確保供應穩定，可以說是一兼二顧。

## 歐盟永續電池藍圖 車廠積極配合

以歐盟為例，其「電池2030+」計畫便提出永續電池的開發藍圖，並以短、中、長期目標來有序達成。歐盟設定在短程3年內，開發易拆解的電池設計、電池模組分選與再利用、並進行電池數據收集與分析；中程的6年期間則投入鋰電池材料的分選及回復，讓再生粉體的二次利用效率更高；長程的10年目標是建立從礦業、電池材料、精煉廠、回收廠到電池芯／模組／系統廠商的上中下游完整循環體系。

在歐盟的政策鼓勵下，歐洲各國的鋰電池製造商也積極以跨界合作，啟動大規模的電池回收計畫。例如瑞典電池廠Northvolt提出的Revolt計畫，與挪威鋁生產商NorskHydro合資建立電池回收中心，取得鈷、鋁、鎳等材料；豐田汽車與Umicore合作，在歐洲的電池回收率已達9成以上；福斯汽車也成立鋰電池回收示範場域，提煉電池中的有價金屬。

## 美國鋰電池回收 Redwood獨領風騷

在美國，由能源部成立的ReCell Center是專責的鋰電池回收技術研發中心，目標是發展具有國際競爭力的回收產業、降低對進口原物料的依賴、同時將電池成本降至80美元/kWh。美國民間的電池回收廠，則以特斯拉前技術長史特勞貝（J. B. Straubel）於2017年創立的Redwood Materials執業界牛耳，已成功打造電池回收、材料提煉、供應再利用的封閉式循環。

Redwood與松下、福特、亞馬遜等多家知名電池廠、車廠及車隊合作，回收廢電池進行分解，不僅可提煉出鎳、鋰、鈷、銅等成份，今年

初更宣布，將進一步從廢電池中提取正極銅箔，直接供應特斯拉的電池製造夥伴松下使用，以減少對亞洲銅箔的依賴，廠址就設在特斯拉內華達超級電池工廠Gigafactory 1附近。

日本經濟產業省於2020年成立「車用電池再利用工作小組」，除了回收原料，也研發如何掌握電池殘存性能的方法、並建立汰役電池降階利用的流程。日本環境省也鼓勵業界整合，促使回收廠及汽車品牌投入電池循環再利用，例如日本回收公司啟愛社便將汰役車用鋰電池與太陽能電池模組整合，打造出全新的平價儲能系統。

中國大陸也在政策鼓勵下，啟動電池降階利用及原料再生的工作。根據中國大陸《新能源產業發展規劃》，2021至2030年中國大陸汰役車用動力電池的總量將達708GWh，足以供應全中國大陸所有5G基地台的備用電源需求；通信基礎建設商中國鐵塔公司，便已在數10萬個基地台使用降階鋰電池。

工研院材化所研究員林欣蓉指出，目前鋰電池的循環方式有三大類，一是降階利用，將汰役電池重新整合，用於儲能裝置或低速電動車；二是回收金屬材料，將完全失能的電池進行分解；三是廢棄掩埋，但此法既不環保也欠缺經濟效益，是業界極力避免的狀況。

## 降階利用潛力大 建立標準程序是關鍵

汰役電池的降階利用，等同賦予電池二次生命。林欣蓉進一步說明，車用電池的效能一旦降至8成，將面臨汰換，但若轉為家戶或工業儲能，壽命仍可達15年以上，應用範圍包括不斷電系統、充電站等。根據國際環保組織綠色和平的《為資源續航－新能源汽車電池循環經濟潛力》研究報告估算，2030年當年度，若全球汰役電池均降階利用，電量達368GWh，可滿足全球定置型儲能的需求。

雖然降階利用的潛力驚人，但也有不小的挑戰。林欣蓉指出，首先是目前許多電池的設計過



將電池外殼剝離後進行粉碎，浮選出塑膠原料等較輕的物質，再以磁選將不同金屬材料加以分類。

於複雜且不一致，回收後的拆解、分級與重組，十分困難；第二，電池效能資訊不透明，讓有意整合汰役電池的廠商難以精準掌握數據。有鑑於此，鋰電池的降階利用若要成功，就必須建立標準化程序，以降低整合不同電池芯的成本，另更要從源頭的研發階段，打造易拆解的電池結構。未來導入軟體功能，也可擴大降階電池的應用領域如租賃服務、充電站服務等。

若電池實在無法降階利用，就進入分解回收這套劇本，分離提煉出電池中的有價的原料。先將電池外殼剝離後進行粉碎，浮選出塑膠原料等較輕的物質，再以磁選將不同金屬材料加以分類，接著進入以溶液、吸附、電解方式萃取的「濕法」或熔煉或焚燒的「火法」階段，最後取得五大類回收產品，包括用於正極或化工觸媒的鈷鎳原料、煉鋼添加劑的碳材原料、銅／鋁再製原料、用於鑄造的鐵合金原料，以及用於塑膠再

製品的再生塑膠料，這些都是可以再進入工業製程的有價材料。

### 工研院濕法技術 讓珍貴資源留臺灣

臺灣的鋰電池供應鏈堪稱完整，但因獨缺回收循環體系，業者多仰賴材料從國外高價進口。為協助產業解決原料困境，工研院投入鋰電池的循環技術，2020年開始建置小型濕法處理設備，萃取獲得的有價金屬可導入電池或其他產業的再利用。

林欣蓉表示，目前國內廠商只能將回收攪碎的再生料簡單區分為黑粉、金屬和塑膠，更有價值的金屬提煉只能送往海外進行，無法將珍貴資源留在臺灣。工研院開發的濕法提純，不僅成本低、空汙少，也可處理多樣性材料，例如提取出的草酸鈷及硫酸鈷、氧化鈷等，可用於油漆原料、馬達的永磁材料、渦輪葉片的合金等。近



工研院投入鋰電池的循環技術，2020年開始建置小型濕法處理設備，萃取獲得的有價金屬可導入電池或其他產業的再利用。

年因回收成效良好，帶動臺灣鋰電池回收數量明顯增加，2021年回收620噸，較前一年的350噸大增，未來還會呈現倍數成長。

「歐盟制定的鋰電池條款，要求在2030年之後，大於2kW的電池必須使用一定比重的回收材料，也讓電池回收產業的前景更被看好。」林欣蓉指出，目前廢棄鋰電池多來自一般消費產品如手機、筆電，難要求強制回收電池，主要是用戶擔心手機和筆電的個人資料外流，寧可閒置家中也不交付回收系統。所幸未來車用或工業電池屬於事業廢棄物，更易追蹤及規範，可望帶動鋰電池回收比率。

### RAIBA技術 顯著改善電池性能

在鋰電池降階利用方面，工研院也有相關技術。「RAIBA可動態重組與自我調節之電池陣列系統」克服了以往不同性能汰役電池難以整合的障

礙，其關鍵技術在於「線上恆電流開關模組」和「電池陣列重組演算軟體」，將新、舊電池模組整合為一套儲能系統，即使電池模組的殘存性能有所差異，也能有效搭配，延長系統壽命。實測數據顯示，RAIBA可改善系統衰退程度達64%，循環壽命可延長223%，同時穩定度提高、成本降低。目前已與國內外廠商共同打造小型示範場域，開創電池循環與共享的新經濟模式。

配合政府的循環經濟計畫，工研院也布局不同階段的鋰電池循環目標，包括近程的AI智慧分選技術與低破壞拆解技術、中程的高效率補鋰再生技術、長程的Design-in易循環材料設計。此外，更致力強化產業鏈結，以電動機車為主要載具，整合國內回收廠、材料廠、系統廠、電池管理商、梯次儲能應用商、綠電營運站等，建立完整的供應鏈體系，打造臺灣獨有的電池循環經濟模式，做亞洲示範平台。■