

電動機車三元鋰電池的回收與價值評估 以 Gogoro 為例

周韋伶 / 優勝奈米研究員
胡家豪 / 優勝新能源技術長
何享穎 / 優勝奈米技術長
許景翔 / 優勝奈米、優勝新能源董事長

2030年全球電動機車市場規模將成長至 1,438.3 億美元，其中亞太地區 (APAC) 為主要區域。近年國內以政策誘因帶動電動機車購買，必然會使電池數量增加，預估 2040 年台灣廢鋰電池量約有 10 萬公噸。本研究針對 Gogoro 三元電池進行鋰電池前處理技術，配合環保型放電藥劑並經

過物理破碎處理取得電池黑粉，再透過安全、低碳、環保濕法專利技術，將黑粉內有價金屬做選擇性回收，再經後端純化至 99.9% 以上的電子級再生料，符合聯合國永續發展目標第 12 項 (SDGs 12) 的責任消費與生產，亦符合歐盟新電池法等再生料規範。

一、前言

(一) 電動機車市場規模與成長

市調機構 Zion Market Research^[1] 於 2024 年 2 月提出報告顯示，2022 年全球電動機車市場規模約為 308.7 億美元，亞太地區為主要市場區域；預測 2030 年將



圖 1 Gogoro 電動機車形象照

成長至 1,438.3 億美元左右，2023 至 2030 年的複合年成長率 (CAGR) 成長為約在 21.21%。

根據國內交通部公路局^[2]統計，截至 2024 年 3 月底電動機車占整體機車數目的 4.9%。我國 2022 年提出的《2050 淨零排放路徑及策略》^[3]，運輸部門將會朝著電動機車市售比提高至 100% 為目標，而 2023 年統計，本研究標的之 Gogoro 市占率為 6.5%^[4]；各縣市政府亦提供電動機車相關補助，以政策誘因帶動電動機車購買率。

我國 2021 年廢乾電池回收量為 4,000 公噸，其中二次鋰電池 (含電動汽機車、3C 產品等商品) 回收量約 600 公噸，占廢乾電池回收量約 15%；2030 年預估回收量會超過 1 萬公噸，為目前總回收量的 2.5 倍，2040 年至少可達 10 萬公噸^[5-6]。

根據 Gogoro 資料顯示^[7]，目前已投放超過 130 萬顆電池，平均每月會再投入 1.2 萬顆全新電池，若計算至 2050 年，推估至少有 600 萬顆電池流通於市面上。Gogoro 電池為使用鋰三元電池，原料則會使用關鍵金屬，如鋰 (Lithium)、鈷 (Cobalt)、鎳 (Nickel) 等有價金屬，其用量會隨著市場所需電池數量而增加。

(二) 鋰、鈷、鎳之價格、產量與市場變化

鋰電池主要原物料為鋰 (Lithium)，以常使用之碳酸鋰為例，據經濟數據資料庫「Trading Economics」^[8]，截至 2024 年 5 月，鋰價為每公噸 1.46 萬美元 (約 10.9 萬人民幣)。鋰價因中國電池製造商寧德時代關閉其生產電池材料的礦區，該礦區約占全球供應量 3%，停產會使市場轉為短缺 2%，因此

近期鋰價在經過震盪後呈現上揚現象。

世界經濟論壇 (World Economic Forum) 白皮書報告^[9]，至 2030 年的全球鈷需求會因為電動車需求而增加至 4 倍，而全球有 60% 以上的鈷來自於剛果民主共和國，該國亦擁有全球 50% 的貯量，並超過 9 成供貨給中國，導致鈷資源被市場壟斷。截至 2024 年 5 月，鈷價為每公噸 2.78 萬美元 (約 19.6 萬人民幣)^[8]。

在鎳方面，印度尼西亞和澳大利亞有世界上最大鎳儲量，印尼占全球精煉鎳供應量約 38%；國際能源署 (IEA) 預測至 2030 年的鎳需求至少會增長 65%^[10]。截至 2024 年 5 月，鎳價為每公噸 1.91 萬美元 (約 13.4 萬人民幣)^[8]。

而以中國正極材料市場為例，2023 年三元系正極材料出貨量

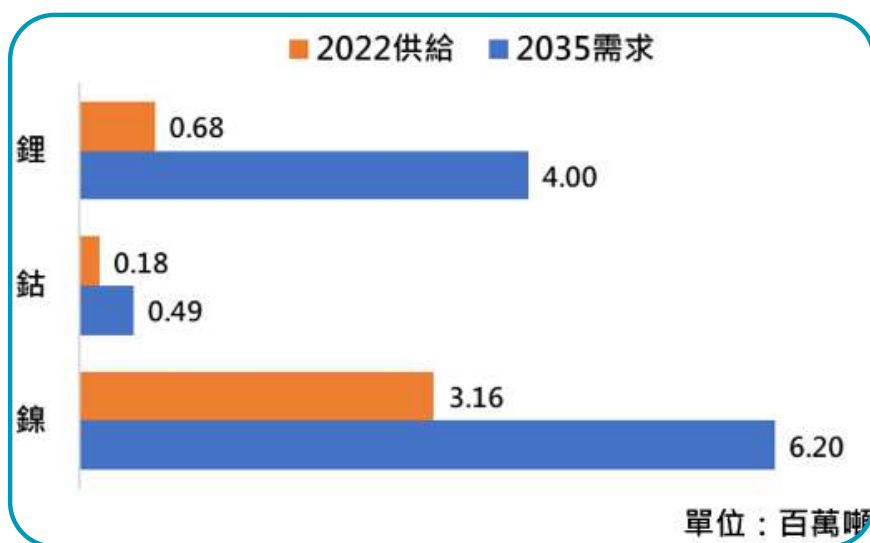


圖 2 動力電池供給需求比較^[15]

66.4 萬公噸，占整體正極材料市場已達 26.8%。

(三) 回收與法規重要性

鋰電池所使用的鋰鈷鎳等有價金屬多來自於礦區，開採會對於環境造成嚴重影響，如有害污染物滲入當地供水系統，對環境影響包含污染了超過 650 萬公頃灌溉農地、48 萬公里的河流區域、導致 2,300 萬人、572 萬頭牲畜受有毒廢棄物影響^[11]；鈷金屬被列為衝突礦產 (Conflict mineral)，牽涉到人權、非法童工開採與惡劣環境，取得方式相當充滿爭議^[12]。

根據 2024 年的《歐盟電池法規 (EU Batteries Regulation)》^[13]，2025 年必須執行電動車的碳足跡揭露；至 2027 年起則須配合電池護照 (Battery Passport)，提供回收物含量及成分等資訊。歐盟的汽車產業導入循環經濟轉型多年；中國則在電池回收建立透明化追溯系統，以提升車輛在自身設計與回收的要求；美國雖然在相關政策較落後於歐盟與中國，但開始重視起電池材料回收的議題^[14]。

以 2022 年的礦產量為例，考慮到動力電池市場的發展，在 2035 年會遠不及動力電池需求。從上述內容可知，自然資源會面臨到消耗殆盡的一刻，資源的回收是勢在必行。聯合國永續發展目標第 12 項：責任消費與生產 (Responsible

Consumption and Production) 是注重在資源再利用層面，因此開發安全、低碳及環保的綠色製程回收有價金屬，不但能避免環境被破壞，減少廢水、廢氣、固體廢棄物等三廢與人力消耗，亦能達到生態保護的效益。

(四) 現行回收技術、瓶頸

國內鋰電池回收技術多由物理性程序進行前處理 (Pretreatment) 工序，以獲得電池黑粉 (Black Mass)，然而國內的受補貼電池回收廠大多皆送至境外處理 (金屬回收程序)，因此有價金屬不易留在國內。

近期和鋰電池的火災傷亡案增加許多，其中和危險性有直接關係的為鋰電池電量，因此電池放電的重要性極高。部分處理廠會以帶電破碎進行，該方式容易讓鋰電池短路起火；我國環境部宣導使用 1/1,000 w/w 鹽水放電 7 天以上，電壓小於 1 伏特 (V) 即可安全貯存；中國採用 15~30% 鹽水等高鹵素藥劑進行放電，但以上處理方式會導致液體污泥量增加，使得後段廢水處理流程不易處理^[16]。

黑粉的提煉製程可分成兩大類，一為火法冶金技術 (Pyrometallurgy)，該技術需透過耗能大的高溫 (1,200°C) 焚燒法去除有機物質，需反應至少 12 小時以回收其金屬，然而該方式會產生高

碳排，造成高的環境衝擊；二為使用濃硫酸 - 雙氧水系統的濕法冶金技術 (Hydrometallurgy)，雖可進行金屬分離，但效果有限、飽和度低、咬蝕碳或塑膠等底材，反應時間需至少 8 小時以上，易產生硫化氫等難聞有毒氣體、廢水 COD 值過高，根據以上因素將使得三廢項目難以處理^[17]。

二、低碳環保再生解決方案

(一) UWin 技術

UWin 採用的鋰電池前處理技術，搭配無鹵素藥劑 UW- 鋰電池放電劑進行安全放電，透過破碎、粉碎與篩分製程取得電池黑粉，再經由安全、低碳、環保濕法專利技術，及其藥劑 UW-530，將電池黑粉內的有價金屬 (鋰、鈷、鎳) 進行選擇性回收，並透過後端純化製程生產出高於 99.9% 以上的電子級再生料，如碳酸鋰、硫酸鎳、氫氧化鋰與硫酸鈷。

(二) 綜合比較

放電製程可參考表 1 的比較彙整，UW- 鋰電池放電劑具備放電快速、金屬腐蝕性低、無鹵素以及廢水處理簡單等優勢。圓柱型鋰電池經不同方式進行放電後，如圖 3 所示。相較 UW- 鋰電池放電劑，其他兩種藥水會導致污泥量明顯增

表 1 傳統及 UW 放電程序比較彙整

放電方式	1/1000(w/w)鹽水	15%濃鹽水	UW-鋰電池放電劑
放電效率(<1伏特)	7天	1天內	1天內
放電方式	破壞性	破壞性	溫和性
金屬腐蝕性	明顯咬蝕極頭/外殼	明顯咬蝕極頭/外殼	不咬蝕極頭/外殼
鹵素成分	高鹵素	高鹵素	不含鹵素
污泥量	多	多	少
廢水處理	複雜	複雜	簡單
金屬損失	15-30%	15-30%	無

表 2 傳統製程與環保製程比較

項目	火法製程	濕法製程 (濃硫酸-雙氧水)	濕法環保製程 (UW-530-稀硝酸)
作業設備	熔煉爐	反應槽	自動化反應槽
處理方式	燒結成合金 再進行酸溶	化學剝除	選擇性化學剝除
反應時間	>12小時	>8小時	2-3小時
剝除效率	>85%	>85%	>99%
環境影響	高耗能、高碳排	刺鼻惡臭	廢水、廢氣、 固廢、碳排減量

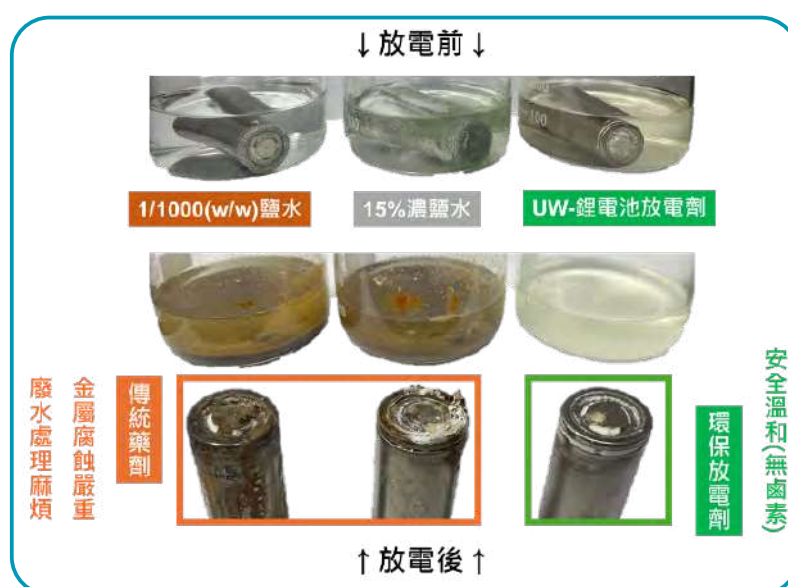


圖 3 圓柱型鋰電池經不同放電方式比較示意

加，且液體明顯混濁；另顯示環保無鹵素藥劑較不易導致電極頭受腐蝕，甚至不造成電池被破壞。

黑粉提煉製程如表 2 所示，UWin 技術可採用自動化反應槽進行選擇性金屬回收，反應時間較其

他兩者減少 2 倍以上，且剝除效率至少達 99% 以上，對環境的影響能透過完善污染防治系統，減少廢水、廢氣、固體廢棄物，並有助於碳排放減量。

三、實際案例： Gogoro 第三代鋰電池

(一) 案例處理流程

Gogoro 電池處理流程可參照

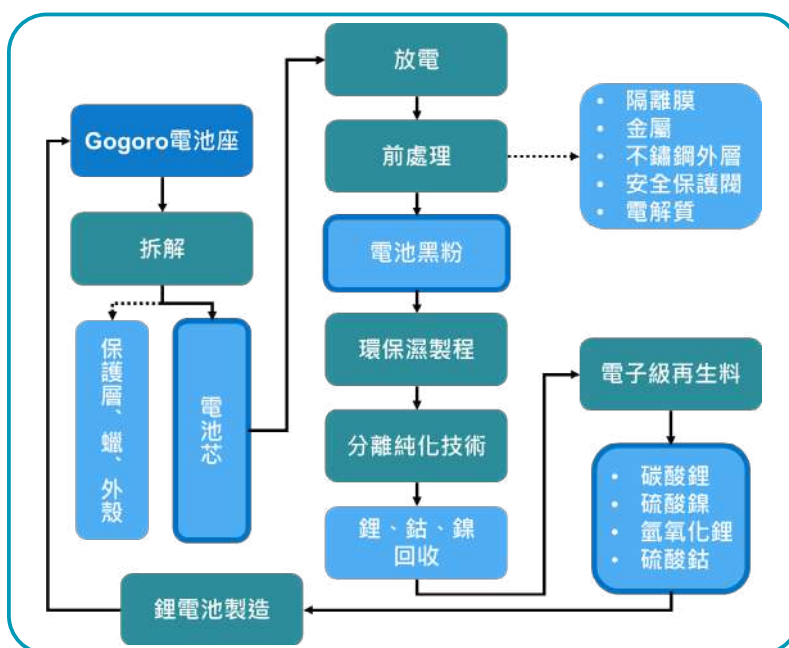


圖 4 Gogoro 電池處理流程

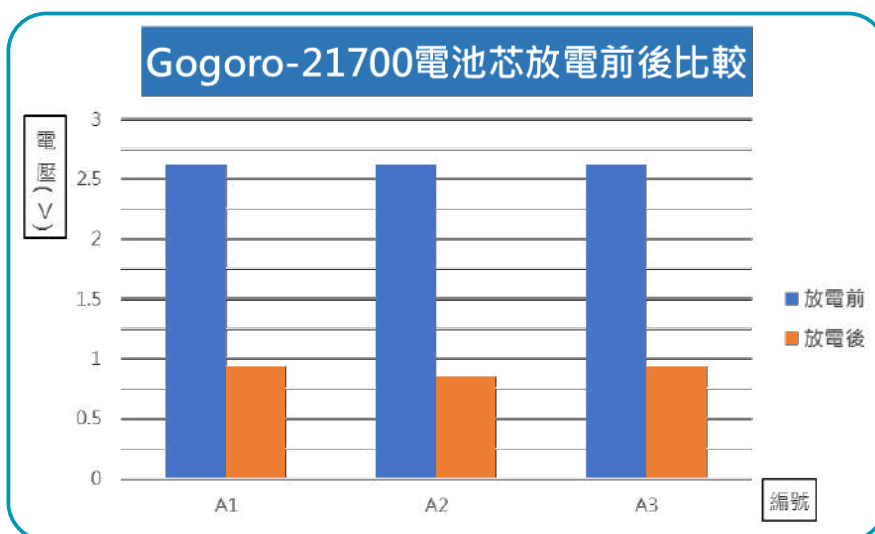


圖 5 Gogoro 電池芯放電前後比較

圖 4，共 6.5 公斤的 96 支 21700 圓柱型電池芯，經安全環保低碳前處理程序，包含使用無鹵素環保放電藥劑的 UW- 鋰電池放電劑進行放電，再進入破碎、粉碎與篩分程序，可得含有價金屬的電池黑粉，再經過環保濕製程與分離純化技術，即得目標電子級再生料，可作為原料從源頭再次生產電池，達到循環利用的功能。

(二) 電池芯放電結果

Gogoro 電池芯於放電前電壓平均約 2.6 V，經放電程序後，使用三用電表量測電壓已顯示小於 1.0 V，如圖 5 所示。可知使用 UW- 鋰電池放電劑有助於降低鋰電池電壓。

(三) 電池芯拆解結果

經放電 Gogoro 電池芯可由前處理程序將內容物細分，其中黑粉

所含的重量最高，占比為 59.1%；重量占比第二為不鏽鋼外殼，重量占比為 16.6%；第三為含銅鋁的金屬碎片，重量占比為 15.1%；隔離膜重量占比為 4.1%；安全保護閥重量占比為 0.3%；剩餘的程序損失為電解質揮發的重量，重量占比為 4.7%。

(四) 電池黑粉分析結果

以 UWin 提供的鋰電池前處理回收程序對 Gogoro 電池進行分離，富含含有價金屬的黑粉獲得率可達 59.1%。黑粉經 ICP-OES 分析，如圖 7 所示。其中鎳含量重量占比為 29.9%；鋰含量重量占比為 4.1%；鈷含量重量占比為 3.5%；非有價金屬（如石墨、銅、矽等）含量重量占比為 62.6%。由該結果顯示，Gogoro 電池所使用的電池芯為高鎳三元電池。

(五) 電池回收量能及回收價值評估

單顆 Gogoro 電池座經前處理所獲得的電池黑粉，透過低碳濕製程與分離純化技術，可回收的價值約為 144 公克的鋰、132 公克的鈷、1.1 公斤的鎳。

根據以上資訊，分析每顆 Gogoro 電池座回收再製的再生材料，如氫氧化鋰 (LiOH) 能獲得約 950 公克、硫酸鈷 (CoSO₄) 獲得約 636 公克、硫酸鎳 (NiSO₄) 則獲得約 5,147 公克。依基本金屬收盤行情^[18] 2024 年 5 月報價，上述化學品經新台幣換算合計至少有 1,180 元以上的價值。若為每公噸 Gogoro 電池黑粉則可得到氫氧化鋰約 248 公斤、硫酸鈷約 166 公斤、硫酸鎳約 1,343 公斤，經新台幣換算合計至少有 31 萬元以上價值，如表 3 所示。

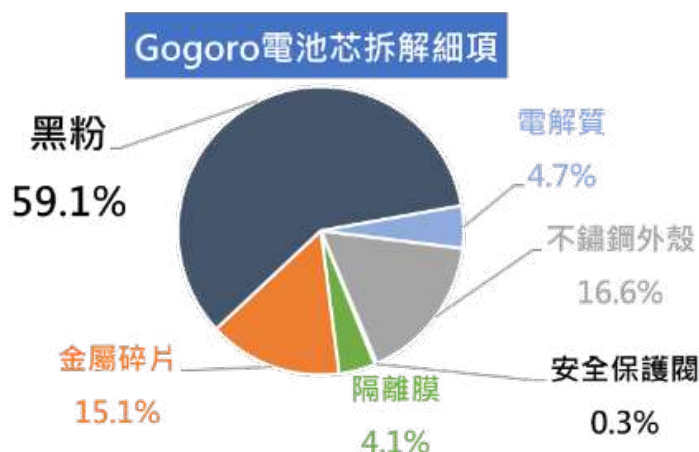


圖 6 Gogoro 電池芯拆解細項

表 3 電池再生材料價值評估

項目	氫氧化鋰 (LiOH)	硫酸鈷 (CoSO ₄)	硫酸鎳 (NiSO ₄)	總價值* (TWD)
2024/05 收盤價 ^[18] (美元/公斤)	13.650	4.250	4.168	-
每顆電池座 可回收量	950公克	636公克	5,147公克	> 1,180元
每噸電池黑粉 可回收量	248公斤	166公斤	1,343公斤	> 31萬元
備註*：參考2024/05/10買進匯率(*32.01USD)				

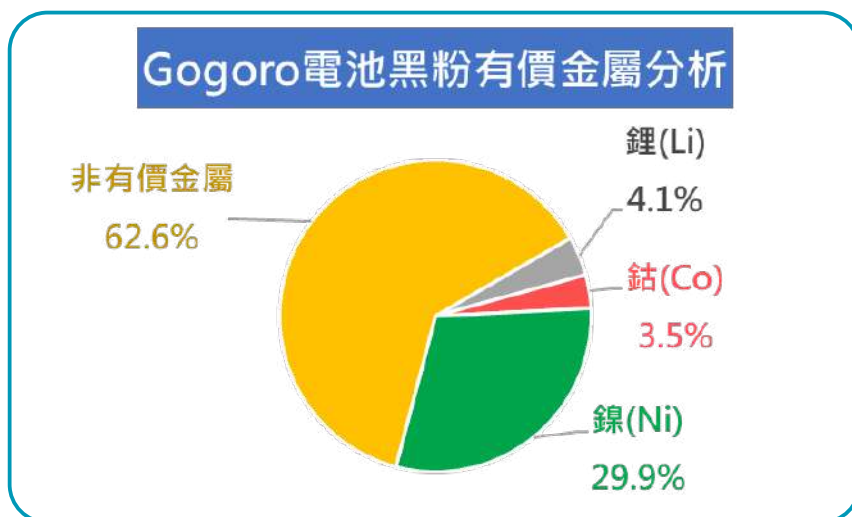


圖 7 Gogoro 電池黑粉有價金屬分析

若參考 Gogoro 在 2050 年將有 600 萬顆電池座的預估值，透過安全、低碳且環保濕式回收技術，能回收氫氧化鋰約 5,700 公噸、硫酸鈷約 3,816 公噸、硫酸鎳約 30,882 公噸。

四、結論與未來展望

本研究對 Gogoro 電池進行回收處理，以 UW- 鋰電池放電劑作為放電方式助於電壓降低至 1.0 V 以下；分類後的電池芯物件分別進行重量占比與有價金屬的分析。電

池芯重量以黑粉為大宗，占整體的 59.1%，且黑粉內的鋰含量占 4.1%、鈷含量占 3.5%、鎳含量占 29.9%。

每顆 Gogoro 電池座可回收氫氧化鋰約 950 公克、硫酸鈷回收約有 636 公克，以及硫酸鎳經回收得 5,147 公克，約有新台幣 1,180 元

以上的價值；每公噸 Gogoro 電池黑粉所帶來的回收價值可達至少新台幣 31 萬元以上。若回收 600 萬顆 Gogoro 電池座，則能回收氫氧化鋰約 5,700 公噸、硫酸鈷約 3,816 公噸、硫酸鎳約 30,882 公噸的價值。

UWin 提供完善鋰電池前處理技術，以及金屬回收率高的濕式環保技術，透過提升製程的安全性、減少對環境的衝擊性以及製造電子級再生料等優勢，使電子再生料做為原料重新進行生產電池，除了符合聯合國永續發展目標 SDGs 第 12 項的責任消費與生產，亦符合現行法規的再生料供應商資格，與歐盟新電池法等的再生料規範。

五、參考資料

- [1] Zion Market Research. (2024). Electric Motorcycle Market Size, Share, Industry Analysis, Trends, Growth, Forecasts, 2030.
- [2] 交通部公路局 (2024)。統計查詢網。
- [3] 行政院國家永續發展委員會 (2022)。2050 淨零排放路徑。
- [4] 國王車訊 (2024)。台灣 2023 年 1-12 月機車總銷量排行榜。
- [5] 環境部新聞專區 (2022)。環保署、工研院研究有成 加值二次鋰電池處理技術。
- [6] 新聞實驗室 (2022)。電動車時代來臨！報廢鋰電池該怎麼回收？。
- [7] Gogoro(2023)。Gogoro Network 電池交換生態系有感進化！。
- [8] Trading Economics. (2024). Price – Chart – Historical – Data.
- [9] Kara Norton. (2023). Cobalt powers our lives. What is it—and why is it so controversial?.
- [10] Valdy Baraputri. (2023)。世界最大鎳生產國印尼面臨狂熱開採後果 活動人士警告採礦正威脅其生活方式。
- [11] 古潑瑜、許景翔 (2024)。鋰電池回收製程之氮氧化物去除與碳捕捉研究。台灣化學產業會刊，81，68-72。
- [12] 胡家豪、許景翔 (2021)。從永續循環經濟角度談鋰電池環保回收方案。台灣化學產業會刊，68，33-37。
- [13] European Commission(2023). Circular economy: New law on more sustainable, circular and safe batteries enters into force.
- [14] World Economic Forum. (2024). Paving the Way: Policy Action in the European Union, China and the United States for Automotive Circularity.
- [15] The Wall Street Journal。
- [16] 周韋伶、邱奕慶、何享穎、許景翔 (2023)。磷酸鋰鐵電池的安全低碳環保回收技術。台灣化學產業會刊，80，45-50。
- [17] 林佳彥、胡家豪、許景翔 (2024)。磷酸鐵鋰電池環保回收精煉再生電子級碳酸鋰。台灣化學產業會刊，82，44-48。
- [18] 鉅亨網 (2024)。基本金屬收盤行情。