

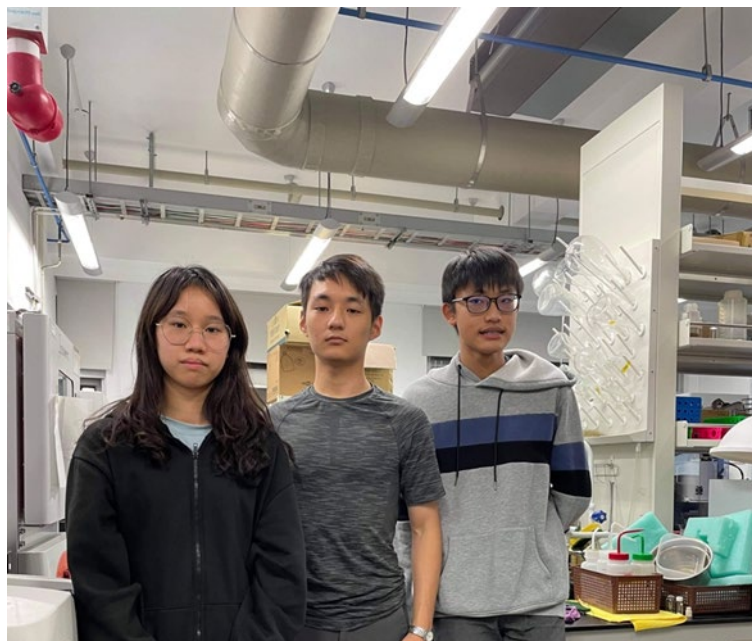
2021 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 200012
參展科別 環境工程
作品名稱 同「鋅」協力 —— 以醇解法探討金屬鋅催化
解聚 PET 之反應
得獎獎項 大會獎 四等獎

就讀學校 臺北市立永春高級中學
指導教師 陳玠霖、吳嘉文
作者姓名 方柏凱、林映慈、吳昱謙

關鍵詞 解聚、聚對苯二甲酸乙二酯(PET)、廢電池

作者簡介



我們是永春高中的方柏凱、吳昱謙和林映慈，很幸運的能到臺大化工系做實驗。感謝臺大化工系吳嘉文教授，讓我們在他的實驗室中做研究。感謝實驗室的學長姐，協助我們進行研究。感謝專題老師、班導師，在專題的路上對我們的幫助。在這一年中學習到許多，因為有他們，我們才能在初賽中脫穎而出，在未來我們也會繼續努力！

摘要

聚對苯二甲酸乙二酯 (PET) 是一種常見的合成高分子材料，其被應用的範圍相當廣泛，如產品包裝、手提袋等，然而隨著人類的過度使用，越來越多的 PET 產品被發現有回收不當的現象。

文獻指出，醇解法為一具有反應條件簡單、反應過程溫和及較不會產生多餘副產物的解聚 PET 方法，且醇解法能使用非均相觸媒，具有易於分離觸媒的優勢，具工業化潛力。本研究嘗試利用廢電池中的鋅作為催化劑用以解聚 PET 成單體對苯二甲酸乙二酯 (BHET)，並深入討論影響反應進行的因素與發展應用。利用廢電池中的鋅作為催化劑不但成本低廉，也更能符合本研究的核心「綠色化學」。

本研究已透過最適化條件搜尋，發現能在催化劑使用量為 0.2 克、反應時間 4 小時、反應溫度 180 度時，解聚 5 克的 PET，有最佳效果之 BHET 產率 75.8% 和 PET 轉化率 93.2%。根據最適化反應條件，並比較不同種的鋅化合物做為催化劑，發現廢電池中的鋅作為催化劑催化反應，具有較佳的轉化率與產率。

Abstract

Poly-paraformaldehyde glyceride (PET) is a common synthetic polymer material, which has a wide range of applications, such as product packaging, handbags, etc. However, due to human overuse, more and more PET products are found to be recycled improper phenomenon.

According to the literature review, the alcoholysis method is a PET-depolymerized method with simple reaction conditions, a mild reaction process and less by-products. Zinc as a catalyst can be used to extract polyhexadiene, and at the same time further discussion of the factors affecting the progress of the reaction and development applications. Using zinc in recycled batteries as a catalyst is not only low-cost, but also more in line with the core of this research—green chemistry. This research has searched through the optimal conditions and found that the highest conversion rate of 93.2% and a yield of 75.8% can be achieved under the condition of 0.2g zinc for 4 hours at 180 degrees when depolymerize 5 g of PET.

壹、前言

一、研究動機

自工業革命起，人類發展科技的腳步與日俱增。然而，科技的進步所帶來的不只有便利的生活，隨之增加的供給與需求量也帶來許多的垃圾和汙染。從產品包裝所需的塑料盒到外出購物時所使用的塑膠袋，如果處理不當，往往會造成環境的破壞。但人類處理塑膠的速度卻遠不及製造塑膠的腳步。

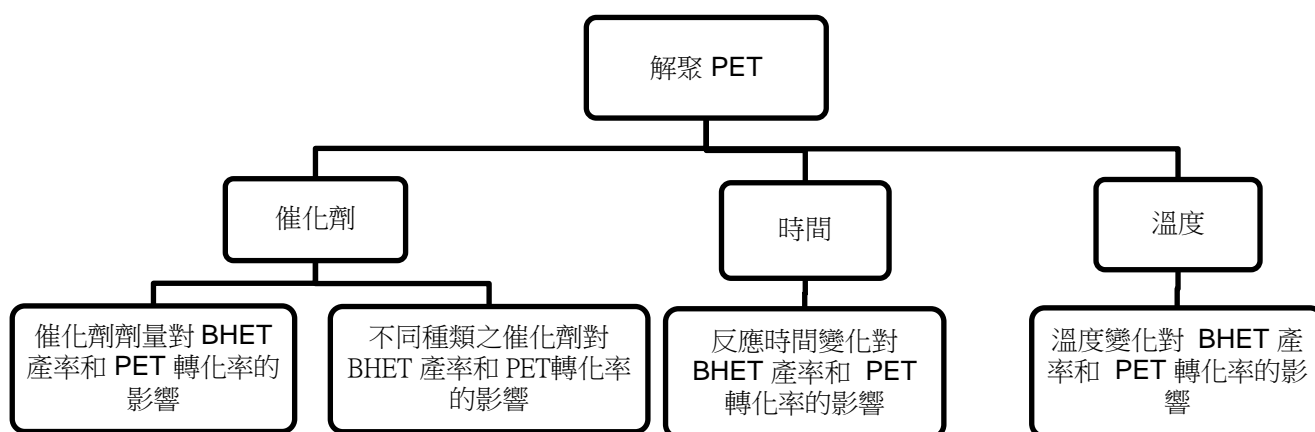
處理不當的塑膠產品除了會縮減人們的活動空間以外，還會對海洋生物產生一系列的影響，如日前在泰國南部，一隻鯨魚的死亡引發了全國的哀悼，牠死亡時，體內被發現至少誤食了超過 85 個塑膠袋垃圾；而瀕臨絕種的江豚、短吻海豚，也多次在泰國發現吃進塑膠的狀況。回到臺灣，每一公里的海岸垃圾是日本的 2.4 倍、韓國的 1.7 倍，每 100 公尺的海岸垃圾就有 13 個黑色大垃圾袋那麼多。而全球的海洋垃圾量甚至能環繞地球 400 多圈。

塑膠一般需要 500 到 1000 年的時間才可自然分解，換句話說，大部分的塑膠製品都以某種形式存在著。而目前處理塑膠製品的方法有很多種，像是將聚酯瓶上的非聚酯的瓶蓋、瓶座底、標籤等通過機器方法進行分離後，將聚酯瓶洗滌、破碎、造粒的物理回收法；還有需要在一定的溫度和壓力下完成的醇解法，本研究選擇探討以鋅作為催化劑進行酯交換反應的醇解法，並期望能對我們的地球盡一份心力。

二、研究目的

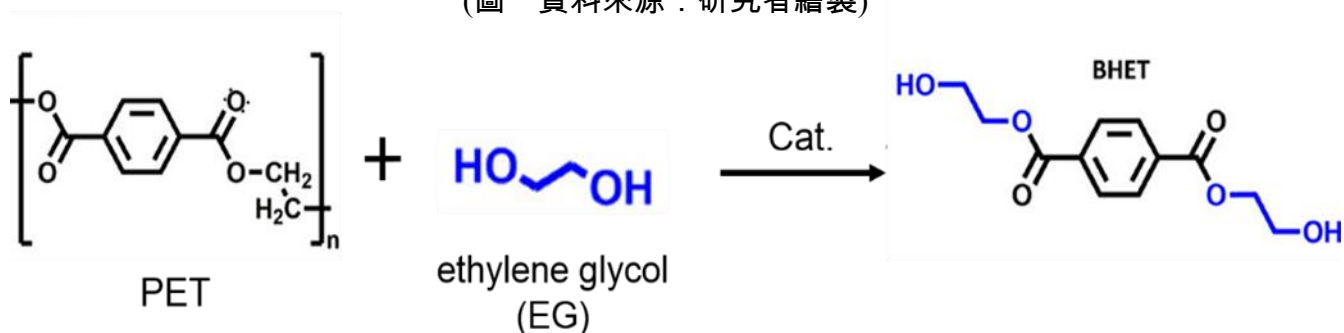
- (一) 搜尋文獻中有關 PET 再利用的各種方法
- (二) 了解鋅作為催化劑影響反應之原理
- (三) 利用 DSC (差示掃描量熱法) 確認 PET 解聚之產物
- (四) 探討各種變因 (時間、溫度、催化劑劑量、催化劑種類等) 對 PET 之轉化率與產物 BHET 產率的影響，尋找解聚之最適化條件
- (五) 比較不同鋅催化劑對解聚反應之影響
- (六) 探討回收催化劑重複進行解聚反應之可能性

三、研究架構



圖一：研究架構

(圖一資料來源：研究者繪製)



四、實驗原理

酯化反應是一種可逆反應，而本實驗利用酯交換反應即為其逆反應。酯交換反應的催化劑可以分為鹼性催化劑、酸性催化劑及生物催化劑。依其反應位置又可以分為易溶於醇的催化劑（勻相反應）以及固體的催化劑（非勻相反應），根據文獻顯示在各式各樣的固態鹼性催化劑中，運用鋅作為催化劑的效果，相較於其他的鹼性催化劑更勝一籌。

本研究中，基於綠色化學的考量，希望能夠達到物盡與再生的原則，嘗試搜尋生活中常用的含鋅且易取得的廢料，因此選擇利用廢電池中的鋅殼，作為催化劑進行實驗。本研究中自行拆取廢電池中的鋅殼，並將鋅殼裁成大小相等之碎片，作為 PET 解聚的催化劑。

其中本研究中所提到產率與轉化率定義如下：

$$\text{BHET 產率 (yield)} = \frac{\text{實際 BHET 產出量}}{\text{理論 BHET 產出量}} \times 100\%$$

$$\text{PET 轉化率 (conversion)} = \frac{\text{實際 PET 消耗量}}{\text{理論 PET 消耗量}} \times 100\%$$

五、聚酯品回收方法之介紹

為減少聚酯品帶來自然環境之危害，因此深入了解各類聚酯品回收的方法，並且挑選較常見的回收方法進行比較如下表一，並將其中重要之三級回收法整理於下表二。

表一：聚酯品回收種類

名稱	製作方法	特色
一級回收	工廠內直接清潔單一成分組成或未被汙染之回收物。	成本低、可與再生材料或原料進行混煉再製。
二級回收	將一般廢塑膠容器透過洗滌及脫標，再以人工方式將不同材質的容器挑出。	不適合與食物接觸、產品性能下降。
三級回收	利用化學溶劑進行降解或物理裂解。	化學回收反應，可獲得石油；物理回收反應，可得原料。
四級回收	利用特殊類型之焚化爐進行焚化。	可推動發電機、產生熱能、二氧化碳及水。

(表一資料來源：Syao, " 聚酯品回收 - 財經百科 - 財金知識庫 " (2019))

名稱	製作方法	特色
水解法	在一定的溫度及壓力下的酸性或鹼性溶液中進行 PET 水解，可得到其鹽 (例如鈉鹽或鉀鹽) 或是 TPA (對苯二甲酸) 單體。	雖需要較高壓的反應條件，卻不須添加催化劑。
醇解法	將聚酯碎片加入醇液 (甲醇或乙二醇) 中加熱一段時間，使其分解為單體或低聚物。	利用甲醇產生 DMT (對苯二甲酸二甲酯)；利用乙二醇則產生 BHET 及其低聚物。
超臨界流體法	在超臨界甲醇中將聚酯品分解，產生 DMT、少量 BHET 及其低聚物。	容易受到溫度和反應時間的影響。

(表二資料來源：Syao, " 聚酯品回收 - 財經百科 - 財金知識庫 " (2019))

利用乙二醇解法解聚 PET 相較於其他方法（如物理回收法等），其益處除了產出的產物皆可以運用在合成聚酯纖維的材料以外，將產物 BHET 重新製回 PET，或是聚合成其他聚酯品如 PU 時，能避免汙染，進而做成食品類相關包裝之產品。雖然低壓醇解法反應的過程較為緩慢，但與其他回收法相比，本研究採用廢電池中的催化劑解聚 PET 的作法更能符合綠色化學與做到物盡、再生之效果。

六、實驗器材

(一) 實驗設備及器材

聚對苯二甲酸乙二酯、廢棄電池中的鋅、乙二醇、雙口圓底燒瓶、加熱攪拌器、去離子水、布氏燒瓶、濾紙、烘箱、攪拌子、電子秤、冷凝管、布氏漏斗、矽油、血清瓶

(二) 檢測設備

DSC (差示掃描量熱法)：

DSC 分析儀利用同時加熱待測物與樣品進行比對，當待測物或樣品發生相態的改變時，樣品會吸熱或放熱。DSC 儀器內部放有兩個坩鍋，上面放參比物，下面則是放樣品，當系統達到一定溫度而使樣品發生相變化，進而吸熱或放熱時，系統可以偵測到此時放參比物和樣品的坩鍋傳遞的熱流不同。例如：當測量參比物 BHET 之 DSC 時，參比物 BHET 的熔點約為 110 度，它會在 110 度融化，而此融化反應為吸熱反應，因此系統偵測到置放樣品坩鍋的熱流比置放參比物坩鍋的熱流小，導致 BHET 之 DSC 圖會產生凹谷，最後測出來的結果都會以參比物所產生的圖形作為基準去判斷。當樣品吸放熱完後，就會回到與坩鍋相同的平衡溫度。

七、研究流程



圖二：實驗流程圖

(圖二資料來源：研究者繪製)

八、研究步驟

以催化劑鋅的量、反應時間、反應時的溫度作為操縱變因，觀察聚對苯二甲酸乙二酯 (PET) 的轉化率以及對苯二甲酸乙二酯 (BHET) 的產率變化。製備過程如下：

(一) 秤量實驗藥品

1. 聚對苯二甲酸乙二酯 (PET) 5g
2. 乙二醇 30g
3. 廢電池中的鋅金屬、氧化鋅、醋酸鋅及純鋅

(二) 將所需物質與攪拌子加入圓底燒瓶內

(三) 置於加熱攪拌器上攪拌數分鐘混和均勻，並放入指定溫度（150°C、160°C、170°C、180°C、190°C）的矽油中加熱數小時後降至室溫

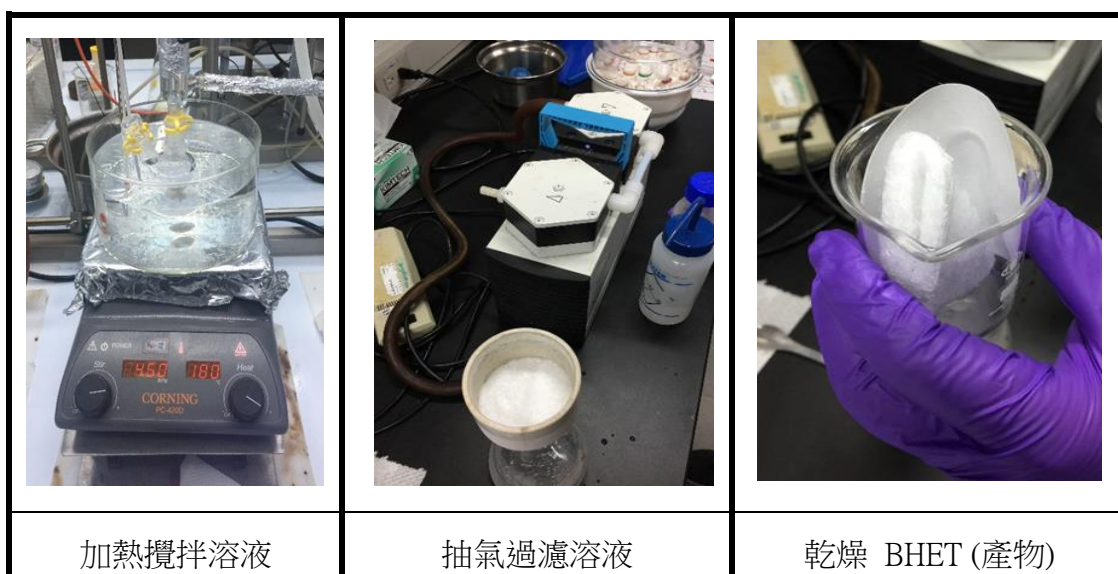
(四) 利用布氏漏斗以及布氏燒瓶，將混合物抽氣過濾，分離未反應的聚對苯二甲酸乙二酯 (PET) 和溶液，並將未反應的 PET 烘乾 24 小時

(五) 將 300 毫升去離子水加入步驟 (四) 的濾液中，並加熱濃縮至 250 毫升，室溫冷卻後放入冰箱 16 小時以上

(六) 放入冰箱後的溶液，將會產生白色針狀結晶 (BHET) 在溶液中

(七) 抽氣過濾分離針狀結晶和溶液

(八) 將結晶放置烘箱烘乾 24 小時，另分離後之溶液倒入有機廢液桶中



圖三：實驗過程圖
(圖三資料來源：研究者自製)

貳、正文

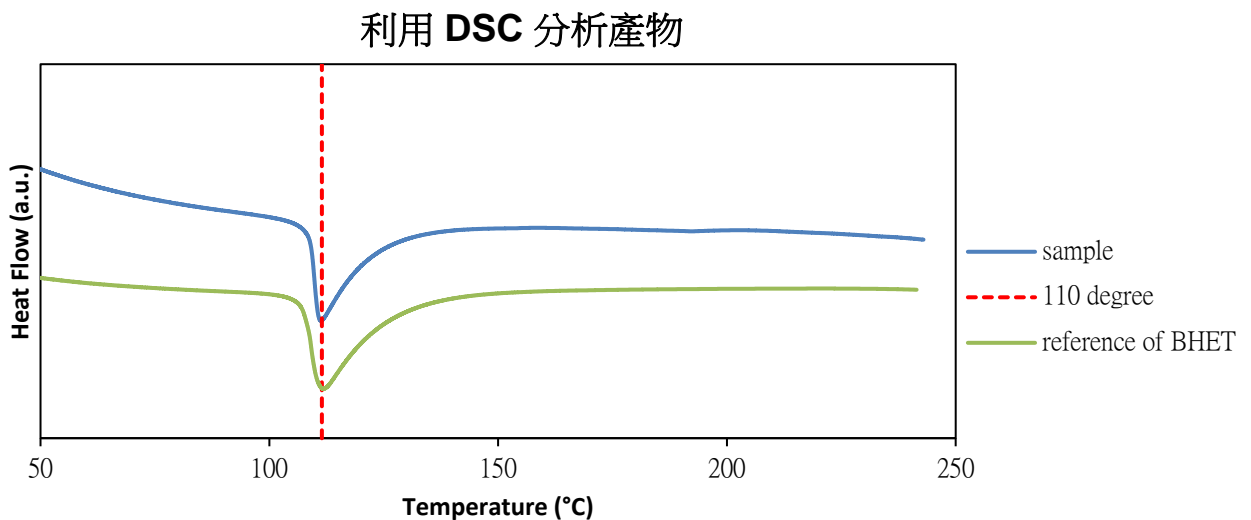
一、產物檢測分析

為了了解轉換出的針狀結晶產物是否為本反應目標產物之單體 BHET，本實驗利用 DSC 對樣品進行檢測：

(一) 實驗步驟

1. 將針狀晶體樣品與購入之參比物 BHET 分別放入 DSC 儀器中
2. 觀察這段時間樣品產生的 DSC 曲線

(二) 實驗結果

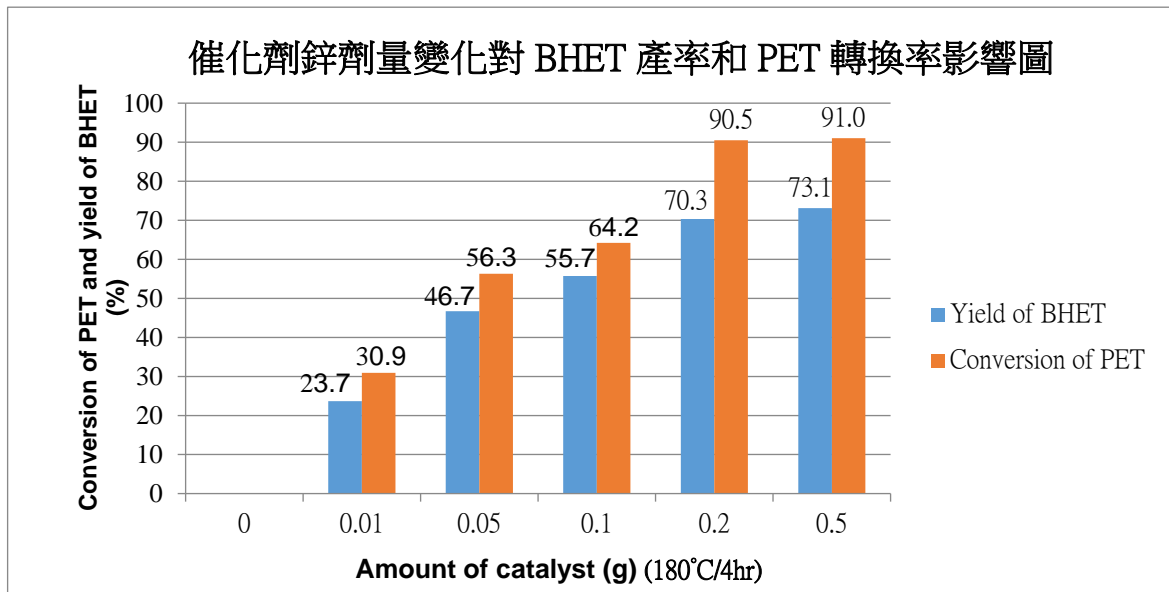


圖四：樣品與參比物 BHET 之差示掃描分析圖
(圖四資料來源：研究者繪製)

藉由該儀器升溫至預設的溫度，再觀察這段時間樣品的熱流變化，而由樣品的熱流變化判斷它的熔點。參比物 BHET 的熔點約落在 110°C，與樣品之熔點相同，因此可以推論樣品即為 BHET。

二、催化劑劑量對 BHET 產率和 PET 轉化率的影響

催化劑會影響轉化速率，那麼以幾克來轉化較好呢？本實驗探討在反應溫度 180°C，反應時間為 4 小時時的最適催化劑用量，觀察轉化率和產率的變化。

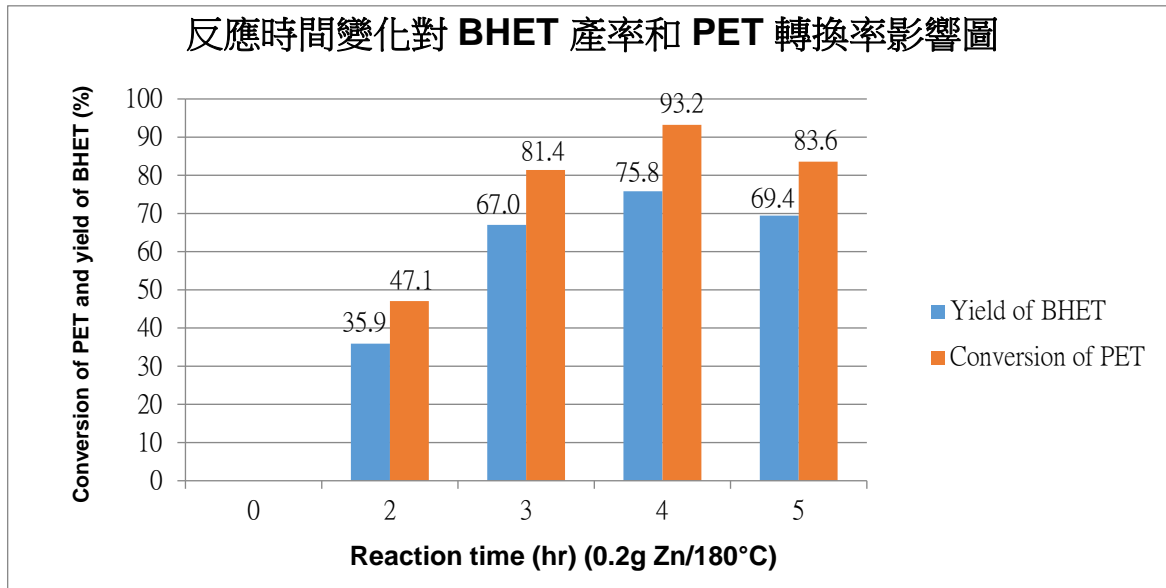


圖五：催化劑劑量變化對 BHET 產率和 PET 轉化率影響關係圖
(圖五資料來源：研究者繪製)

實驗結果顯示當固定溫度為 180°C、反應時間為 4 小時時，催化劑用量達 0.2 克，反應之 BHET 產率和 PET 轉化率即可達最佳效果，可達 75.8% 產率與 93.2% 轉化率。

三、反應時間對 BHET 產率和 PET 轉化率的影響

反應的時間會影響轉化速率，那麼以幾小時來轉化較好呢？本實驗用 180°C，來製作，並根據前面實驗結果，以 0.2 克的鋅作為催化劑的用量，觀察轉化率和產率的變化。

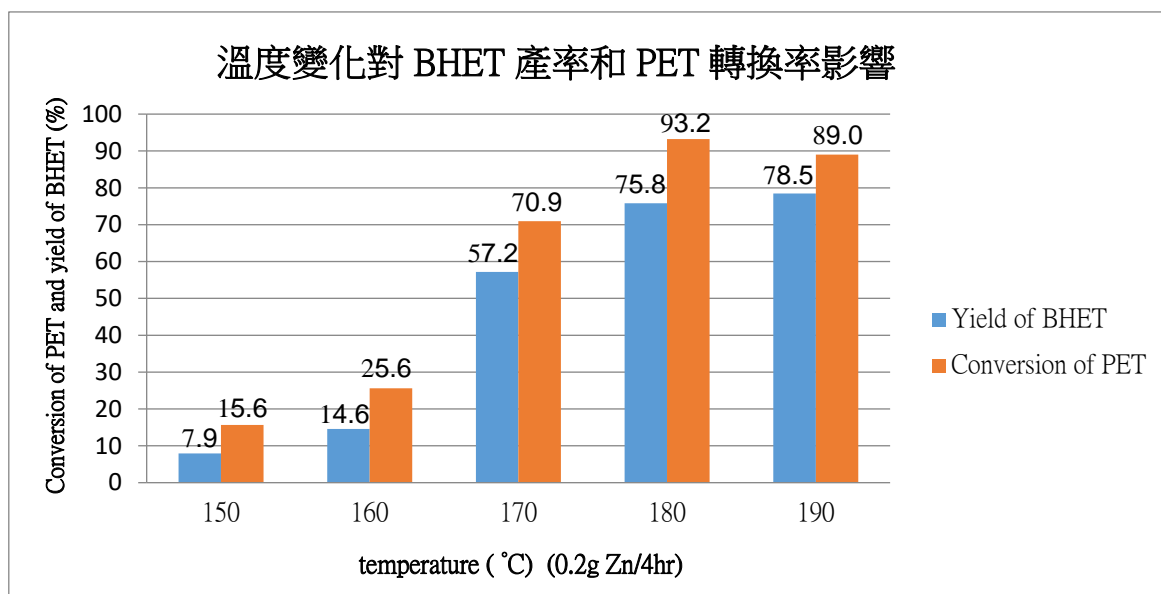


圖六：反應時間變化對 BHET 產率和 PET 轉化率影響圖
(圖六資料來源：研究者繪製)

實驗結果顯示當固定溫度為 180°C，催化劑劑量 0.2 克時，反應時間達 4 小時，反應之 BHET 產率和 PET 轉化率即可達最佳效果，可達 75.8% 產率與 93.2% 轉化率。

四、反應溫度對 BHET 產率和 PET 轉化率的影響

反應溫度也是影響轉化速率的原因之一，那麼以幾度來轉化較好呢？根據前面實驗的結果，以 0.2 克的鋅作為催化劑的用量，4 小時為反應時間，觀察轉化率的變化。

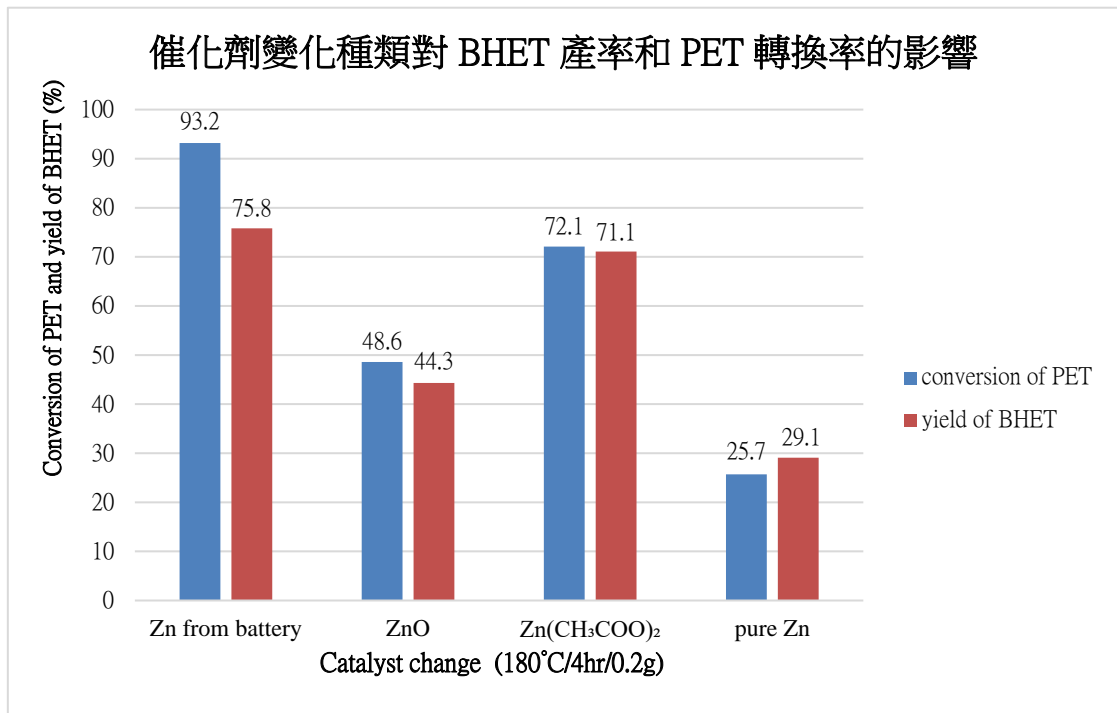


圖七：溫度變化對 BHET 產率和 PET 轉化率影響
(圖七資料來源：研究者繪製)

實驗結果顯示當固定催化劑劑量 0.2 克，反應時間 4 小時時，反應溫度達 180°C，其反應之 BHET 產率和 PET 轉化率即可達最佳效果，可達 75.8% 產率與 93.2% 轉化率。

五、不同鋅催化劑對 BHET 產率和 PET 轉化率的影響

廢電池中的鋅可以作為反應的催化劑，那麼其他鋅的化合物是否也能作為反應的催化劑呢？對於轉化率是否有影響呢？本實驗分別以廢電池中的鋅、氧化鋅、醋酸鋅以及純鋅作為催化劑，並根據前面實驗的結果，以 0.2 克的鋅作為催化劑的用量，反應溫度 180 度，4 小時為反應時間，觀察轉化率的變化。



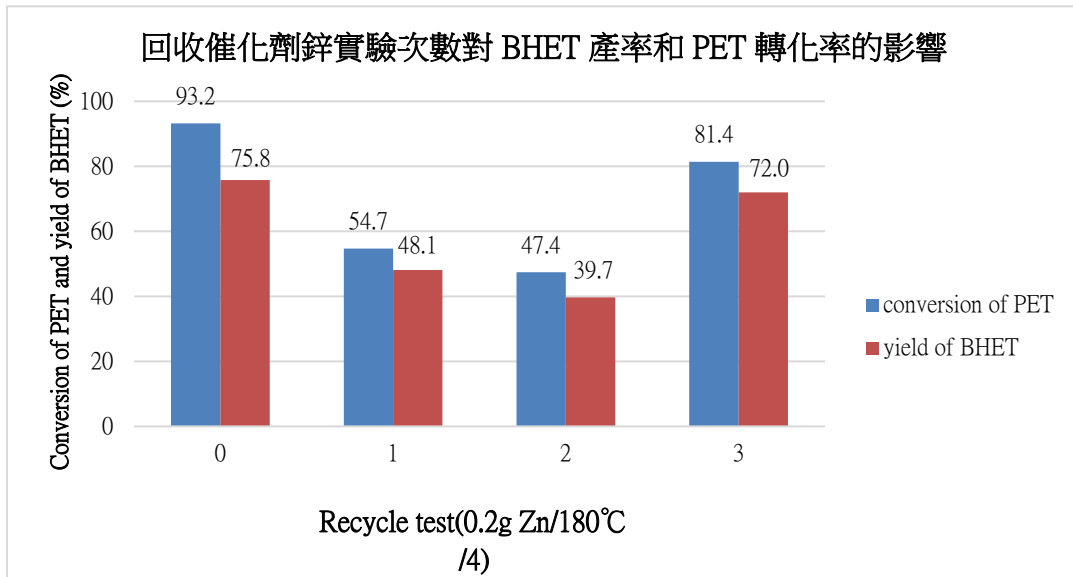
圖八：催化劑變化對 BHET 產率和 PET 轉化率影響
(圖八資料來源：研究者繪製)

本實驗得出在催化劑 0.2 克時，反應溫度 180 度，反應時間為 4 小時時，廢電池中的鋅、氧化鋅、醋酸鋅以及純鋅作為催化劑，進行 BHET 產率和 PET 轉化率的比較，其中反應最有效率的是利用廢電池中的鋅作為催化劑，其反應產率為 75.8 % 以及轉化率 93.2 %。

實驗中指出，純鋅的產率以及轉化率都遠低於其他化合物，比較之下，其中以廢電池中的鋅作為催化劑解聚 PET 較為有效率，我們推測利用廢電池中的鋅進行醇解法時，廢電池的負極內可能還有其他會催化反應進行的金屬存在 (如銻、鈷等)，但由於各大品牌的電池所使用的負極內容不盡相同，因此未來本研究會深入探討其所含的內容物並將其納入討論。

六、探討回收催化劑實驗次數進行解聚反應之可能性

使用非勻相催化劑的最大優點之一就是其易於回收的特性，因此本實驗探討回收重複使用數次的鋅對於解聚反應是否有影響呢？本實驗重複使用鋅作為催化劑，並根據前面實驗的結果，以 0.2 克作為催化劑的用量，反應溫度 180°C，反應時間 4 小時，觀察產率及轉化率的變化。



圖九：回收催化劑鋅實驗次數對 BHET 產率和 PET 轉化率影響
(圖九資料來源：研究者繪製)

本實驗發現隨著鋅的重複使用，BHET 產率及 PET 轉化率先下降後上升。由於第一次實驗的 BHET 產率及 PET 轉化率皆較為先前的實驗結果差，從原本的產率 75.8 % 以及轉化率 93.2 % 下降至 48.1 % 以及 54.7 %，為了避免造成實驗錯誤，故本研究將持續探討造成此現象的原因，並持續增加重複次數以觀察重複使用同一催化劑鋅對 PET 轉化率和 BHET 產率之影響。

參、結論

- 一、透過與其他聚酯品回收法做比較，了解醇解法相較於其他方式較環保且有效率。
- 二、根據文獻探討，得知鋅金屬可以做為催化劑加速反應的進行。
- 三、本研究利用自行拆解廢電池後，蒐集電池的鋅殼，並剪碎後用以作為催化劑嘗試催化 PET 的解聚，經實驗研究確實可利用此鋅殼作為催化劑解聚 PET。
- 四、利用 DSC (差示掃描量熱法)，確認本實驗反映後之產物為 PET 的單體 BHET，且無多餘雜質產生。
- 五、最適化實驗中，本研究利用廢電池拆解下的鋅殼作為催化劑，進行 PET 解聚為 BHET 的實驗指出，經過最適化實驗討論催化劑用量、反應時間、反應溫度等變因對 BHET 產率與 PET 轉化率的影響。並指出當催化劑使用量為 0.2 克、反應時間 4 小時、反應溫度 180°C 時，有最佳效果之 BHET 產率 75.8% 和 PET 轉化率 93.2%。

六、利用其他鋅的化合物用以分析比較，得知以廢電池中的鋅作為催化劑時，相較於其他鋅化合物的轉化率以及產率較高。

肆、未來展望

一、將解聚產物單體 BHET 聚合為聚酯類 PU。

二、目前本研究正在進行「回收催化劑鋅進行多次實驗」：本研究希望透過反覆使用同一催化劑鋅以得知其使用的最大效益。

三、利用其他鋅的化合物用以分析比較：本研究希望透過對比其他鋅化合物反應後之轉化率與產率後，得知何種鋅化合物最有利於反應的進行，並理解負極中其他內容物對於反應的影響。

伍、引註資料

一、王少博。” PET 聚酯的乙二醇解聚與再生共聚研究 ”。2016 年，取自：

<http://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10255-1016776828.htm>

二、季麗娜。” PET 聚酯的化學解聚原理及發展狀況 ”。2013 年 2 月 9 日，取自：

<https://www.xzbu.com/1/view-4985249.htm>

三、芮嘉瑋。” PET 塑料化學回收再循環技術 ”。2020 年 12 月，取自：

<https://www.tiri.narl.org.tw/Files/Doc/Publication/InstTdy/225/02250600.pdf>

四、科學玩具柑仔店。” 科學玩具 - 電化學-拆解碳鋅電池 ”。2013 年 2 月 9 日，取自：

http://kingdarling.blogspot.com/2013/02/blog-post_6264.html

五、袁世全。” 鹼性鋅錳電池 ”。1990 年，取自：

<https://baike.baidu.com/item/%E7%A2%B1%E6%80%A7%E9%94%8C%E9%94%B0%E7%94%B5%E6%B1%A0>

六、曾國輝(2018)。” 化學問題指引 ”。新北市：藝軒圖書出版社

七、華人百科。” 醇解反應 ”。2015 年 6 月 2 日，取自：

<https://www.itsfun.com.tw/%E9%86%87%E8%A7%A3%E5%8F%8D%E6%87%89/wiki-0576644-8993624>

八、華人百科。” 酯交換反應”。2016 年 2 月 14 日，取自：

<https://www.itsfun.com.tw/%E9%85%AF%E4%BA%A4%E6%8F%9B%E5%8F%8D%E6%87%89/wiki-5820612-8461402>

九、楊光、江濤、武麗梅。” 醇鹼聯合解聚廢聚酯的機理分析”。2019 年 11 月 7 日，取自：<http://www.cqvip.com/qk/92166x/200005/4927524.html>

十、微文庫。” 從基本原理到實例解析，帶你全面瞭解 DSC”。2018 年 3 月 22 日，取自：https://www.luoow.com/dc_hk/106079991


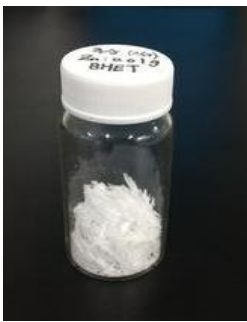



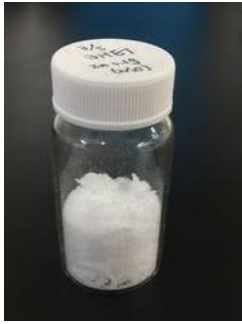
十一、Syo。” 聚酯品回收 - 財經百科 - 財金知識庫”。2019 年 3 月 7 日，取自：<https://www.moneydj.com/KMDJ/wiki/wikiViewer.aspx?keyid=197872c4-d1d3-4fd2-81e3-27500de6ea4a>

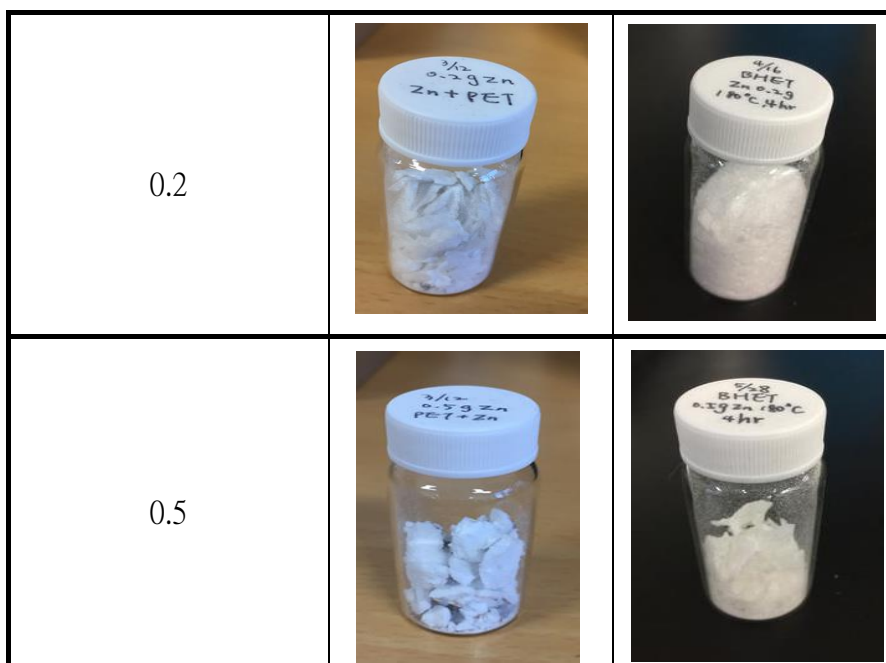
附錄一

表三：催化劑鋅劑量變化對 BHET 產率和 PET 轉化率數據分析表

催化劑劑量 (g)	加入 PET 量 (g)	剩餘 PET 量 (g)	PET 轉化率 (%)	產出 BHET 量 (g)	BHET 產率 (%)
0	5.0	5.0	0	0	0
0.01	5.0	3.5	30.9	1.6	23.7
0.05	5.0	2.2	56.3	3.1	46.7
0.10	5.0	1.8	64.2	3.7	55.7
0.20	5.0	0.3	93.2	4.9	75.8
0.50	5.0	0.4	91.0	4.8	73.1

表四：反應殘留之 PET 和產物 BHET 圖

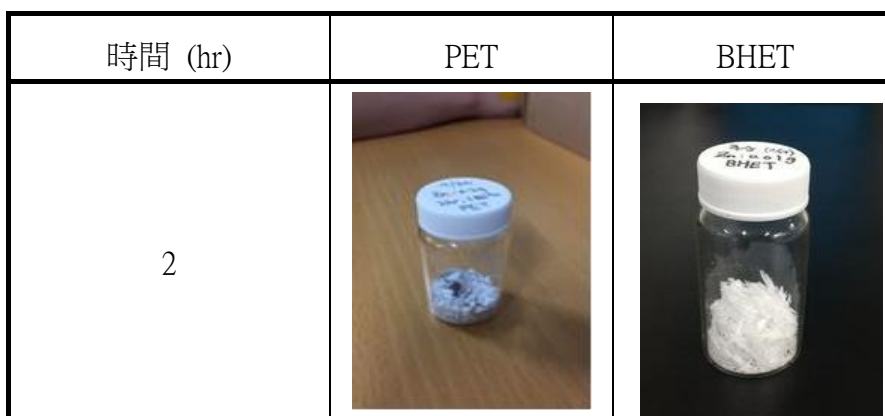
催化劑劑量 (g)	PET	BHET
0.01		
0.05		
0.1		




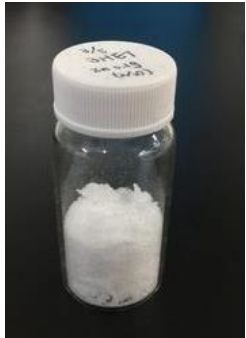
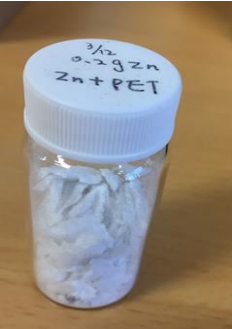
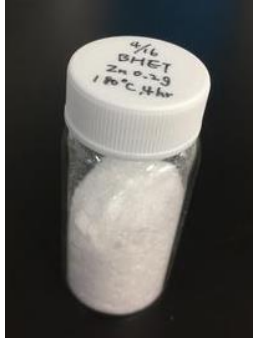


表五：反應時間變化對 BHET 產率和 PET 轉化率數據分析表

反應時間 (hr)	加入 PET 量(g)	剩餘 PET 量(g)	PET 轉化率 (%)	產出 BHET 量(g)	BHET 產率 (%)
0	5.0	5.0	0	0	0
2	5.0	2.6	47.1	2.4	39.5
3	5.0	0.9	81.4	4.4	67.0
4	5.0	0.3	93.2	4.9	75.8
5	5.0	0.8	83.6	4.6	69.4

表六、反應殘留之 PET 和產物 BHET 圖



3		
4		
5		

表七：溫度變化對 BHET 產率和 PET 轉化率數據分析表 (研究者自製)

溫度變化 (°C)	加入 PET 量 (g)	剩餘 PET 量 (g)	PET 轉化率 (%)	產出 BHET 量 (g)	BHET 產率 (%)
150	5.0	4.2	15.6	0.5	7.9
160	5.0	3.7	25.6	1.0	14.6
170	5.0	1.5	70.9	3.8	57.2
180	5.0	0.3	93.2	4.9	75.8
190	5.0	0.6	89.0	5.2	78.5

表八：催化劑變化對 BHET 產率和 PET 轉化率數據分析表 (研究者自製)

催化劑種類	加入 PET 量 (g)	剩餘 PET 量 (g)	PET 轉化率 (%)	產出 BHET 量 (g)	BHET 產率 (%)
Zn	5.0	0.3	93.2	4.9	75.8
ZnO	5.0	2.6	48.6	3.0	44.3
Zn(CH ₃ COO) ₂	5.0	1.4	72.1	4.7	71.1
pure Zn	5.0	3.7	25.7	2.0	29.1

表九：回收催化劑鋅對 BHET 產率和 PET 轉化率數據分析表 (研究者自製)

使用次數	加入 PET 量 (g)	剩餘 PET 量 (g)	PET 轉化率 (%)	產出 BHET 量 (g)	BHET 產率 (%)
R1	5.0	2.3	54.7	3.2	48.1
R2	5.0	2.6	47.4	2.6	39.7
R3	5.0	0.9	81.4	4.7	72.0

附錄二

	conversion of PET (%)	yield of BHET (%)
2020/02/10 (0.05g Zn, 4hr, 180°C)	56.3	46.7
2020/02/27 (0.1g Zn, 4hr, 180°C)	64.2	55.7
2020/02/27 (0.01g Zn, 4hr, 180°C)	30.9	23.7
2020/03/05 (0g Zn, 4hr, 180°C)	0	0
2020/03/12 (0.5g Zn, 4hr, 180°C)	40.4	41.0
2020/03/12 (0.2g Zn, 4hr, 180°C)	59.5	49.1
2020/03/19 (0.2g Zn, 3hr, 180°C)	85.3	71.8
2020/03/19 (0.1g Zn, 3hr, 180°C)	59.9	49.1
2020/04/09 (0.1g Zn, 2hr, 180°C)	8.7	0.1
2020/04/16 (0.2g Zn, 4hr, 180°C)	90.5	70.3
2020/04/23 (0.2g Zn, 3hr, 180°C)	81.4	67.0
2020/04/30 (0.2g Zn, 2hr, 180°C)	47.1	35.9
2020/04/30 (0.2g Zn, 5hr, 180°C)	83.6	69.4
2020/05/07 (0.5g Zn, 4hr, 180°C)	91.0	73.1
2020/05/07 (0.2g Zn, 4hr, 190°C)	67.8	61.7
2020/05/14 (0.2g Zn, 4hr, 160°C)	25.6	14.6
2020/05/14 (0.2g Zn, 4hr, 170°C)	70.9	57.2
2020/05/28 (0.5g Zn, 4hr, 180°C)	87.5	71.5
2020/05/28 (0.2g Zn, 4hr, 150°C)	15.6	7.9
2020/07/28 (0.2g Zn, 4hr, 180°C)	93.2	75.8
2020/07/29 (0.2g Zn, 4hr, 190°C)	89.0	78.5
2020/09/03 (0.2g Zn, 4hr, 180°C) 重複使用鋅：R1	54.7	48.2
2020/09/10 (0.2g Zn, 4hr, 180°C) 重複使用鋅：R2	47.4	39.7
2020/09/17 (0.2g Zn, 4hr, 180°C) 重複使用鋅：R3	81.4	72.0
2020/10/29 (0.2g ZnO, 4hr, 180°C)	48.6	44.3

【評語】 200012

本研究利用廢電池中的鋅作為催化劑以解聚聚對苯二甲酸乙二酯(PET)成單體對苯二甲酸乙二醇酯(BHET)。在實驗中顯示，針對 BHET 產率及 PET 的轉換率，以廢電池中回收的鋅作為催化劑較純鋅以及氧化鋅來得好。口頭報告時的數據較紙本報告多，認真研究的態度值得鼓勵。建議應針對關鍵的回收鋅(廢電池回收的鋅)做更深入的討論，並可藉由不同的表面分析儀器，了解其關鍵的影響。