



LINK & LOOP

Technical Report



廢輪胎熱裂解應用之 生命週期評估

A Life Cycle Assessment of
Waste Tire Pyrolysis in Taiwan

Downloadable From:
www.linkandloop.net

Date Issued:
July 15th, 2020

Linking innovations and closing Loops



目錄 Table of Content

執行摘要	01
廢輪胎熱裂解技術	02
廢輪胎再製熱裂解燃料油	04
生命週期評估方法	05
系統邊界與情境假設	06
生命週期評估結果	07
結論與建議	09



Executive Summary

隨著全球汽車里程總數的攀升，輪胎的使用隨之增加，但與此同時，這些使用也使得全球每年增加 10 億噸的廢棄輪胎。廢棄輪胎的堆置不只造成美觀問題，同時也造成環境衛生問題。輪胎熱裂解 (tire pyrolysis) 是處理廢棄輪胎常見方式之一，該程序可將輪胎轉換成具經濟效益的碳黑 (carbon black) 與生質油料 (biofuel)，可以有效地解決衛生、環境問題並同時提高資源使用效率。

本報告以生命週期評估 (Life cycle assessment, LCA) 法，分析廢輪胎再製為熱裂解油之環境衝擊，並且與常見之燃料用油 (重油) 進行比較。整體研究結果顯示，相較於重油，熱裂解油的衝擊僅為重油的 80%：熱裂解油來自廢輪胎裂解，故無須開採，於資源耗用衝擊較低；但由於國內現行電力結構仍以化石燃料比重較高，廢輪胎前處理以及製造過程中電力使用造成人類健康衝擊。

With an ever-rising increase in wheeled travel, from cars and trucks to scooters, tire consumption is also increasing. Currently the world produces 1 billion tons of waste tires each year. Tires are difficult to handle within traditional recycling and create waste management challenges. Pyrolysis is a common method to process waste tires into usable fuel. The process turns waste tires into carbon black and diesel fuel, which solves the problem of waste tires and the need for fuel simultaneously, thereby increasing resource efficiency.

In this report, a life cycle assessment (LCA) approach is used to analyze the impacts of pyrolysis. This impact is compared with other common fuel oil options. The main result shows that environmental impact of pyrolysis oil is 80% of that of heavy oil. Pyrolysis oil is produced through waste tire pyrolysis, not drilling, a method with higher resource impact. However, the preprocess and electricity consumption impact human health due to high percentages of electricity generated through fossil fuels.



圖片來源：環拓科技股份有限公司屏南廠

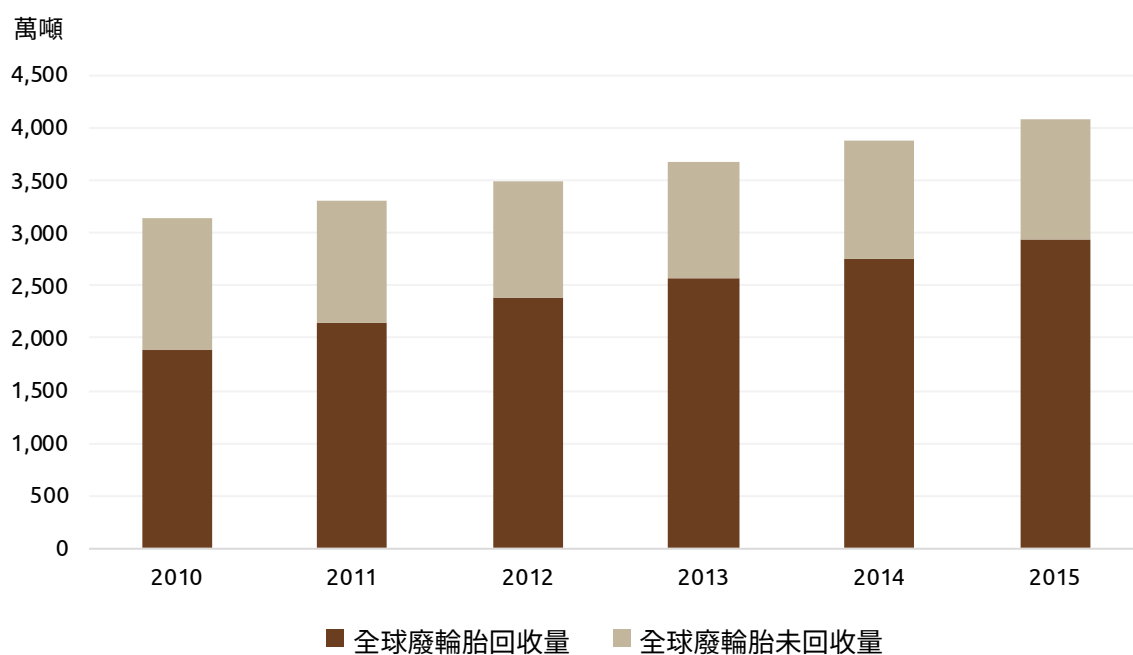
廢輪胎熱裂解技術

Waste Tire Pyrolysis

根據統計，每年旅行的平均汽車里程以 4.1% 的數度成長。於 2017 年，全球每年生產 27 億個汽車輪胎。在供應汽車里程需求同時，也有 10 億個廢棄輪胎廢棄等待處理。台灣每年有 12 萬噸的廢輪胎，廢輪胎堆置造成環境衛生及美觀問題。廢輪胎若有良好的處理途徑並可以再生利用，便能同時解決這兩個問題。目前最常見的做法，有 71.5% 再製為衍生性燃料 (RDF)、14.4% 作為再生原料、12.5% 經熱裂解生產燃料油，其餘為原型利用。

再利用方法中，熱裂解技術 (pyrolysis) 可以保留輪胎中的無機物，生產具商業價值的碳黑，同時也獲得裂解油，可作為燃料油使用。如此不但解決了廢輪胎堆置的問題，燃料油也可以取代部分能源使用。然而以熱裂解技術處理廢輪胎之衝擊與效益需要被具體量化，才可進一步決策出較好的再利用方式。

由於全球汽機車銷售不斷增長，全球廢輪胎也不斷產生。2015 年全球廢輪胎數量達 4,074 萬噸，回收率大約為 72%，但是全球回收率不均：在歐美國家可以達 80% 以上，在一些地區卻低於全球平均值。廢輪胎的回收需要專業技術，目標不只是解決廢棄輪胎堆置造成的環境問題，還可以成為再利用的能源或資源。



資料來源：2017 年全球廢輪胎產量統計及前景趨勢分析預測

圖1 全球廢輪胎成長趨勢



廢輪胎再製裂解油

Pyrolysis Oil

熱裂解技術 (pyrolysis) 為一種熱化學程序。真空熱裂解的處理程序可處理含有機物的廢料，而廢輪胎正好符合這個特性。廢輪胎於 450°C 以上且缺氧條件下，可轉化為生質油料及焦炭，也就是裂解油與碳黑。其中裂解油可作為燃料油、柴油替代品及工業助劑，供應石油煉製業、鍋爐用燃料或航空等級之燃料，成為生質能源的供應來源。

熱裂解油製程如 圖2 所示。廢輪胎經破碎系統分離出胎片、鋼絲、聚酯後，將胎片投入裂解系統，再經過冷凝、過濾等程序後成為碳黑及裂解油。熱裂解過程中所產生之可燃氣可回收，並再次於裂解過程中使用。

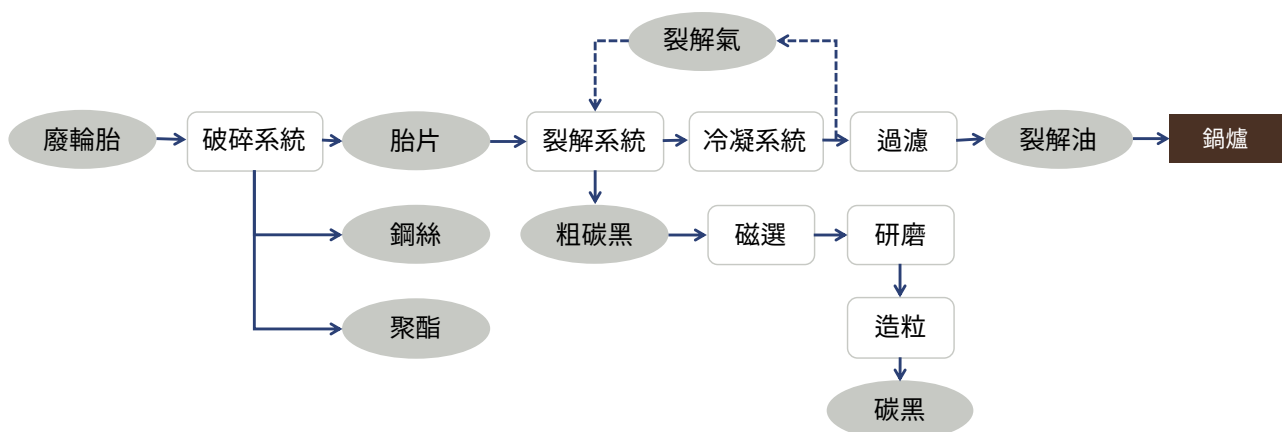


圖2 廢輪胎經熱裂解技術之再利用程序

生命週期評估方法

Life Cycle Assessment

根據 ISO 14040 的定義，生命週期評估係「對產品系統自原物料的取得至最終處置的生命週期中，投入和產出及潛在環境衝擊之彙整與評估」，也就是評估產品整體生命過程對環境造成的衝擊。

產品的整體生命週期包含「原料」、「製造」、「運輸」、「使用」及「壽命終止」等5個階段，衝擊類型包含「人類健康」、「生態影響」及「資源使用」等。其評估對象聚焦於一個特定的產品、製程或服務，評估階段可為整體生命週期或部分階段，因此可作為企業產品研發或公部門制定永續政策的環境評估工具。

本報告生命週期評估參考 ISO 14040 流程進行，生命週期衝擊評估模式選擇上，以 IMPACT 2002+ 評估多面向環境衝擊。

- IMPACT 2002+ 衝擊評估方法，將環境衝擊分為 17 項衝擊類別，並將衝擊結果歸納為人類健康 (Human health)、生態品質 (Ecosystem quality)、氣候變遷 (Climate change) 與資源耗用 (Resources) 等 4 項衝擊評估結果。

系統邊界與情境假設

Boundary Settings and Scenarios

本文以生命週期評估 1 噸熱裂解油之環境衝擊，研究範疇為包含廢輪胎前處理 (破碎)、熱裂解程序及燃燒產生熱能等階段，過程中所有能源、資源、設備投入，及排放之廢棄物。根據實廠訪查所取得之盤查資料顯示，若欲產出 1 公噸裂解油，分配後之廢輪胎投入量為 1.3 公噸。廢輪胎再生為熱裂解油之製程及系統邊界如 圖3 所示。

在生命週期評估分析中，以取代部分燃料油 (重油) 作為基礎假設情境，並設定再生情境說明如下：

情境 1：廢輪胎再生為裂解油，並將裂解油作為鍋爐用油

情境 2：承 情境 1，並考慮避免輪胎堆置之情況。

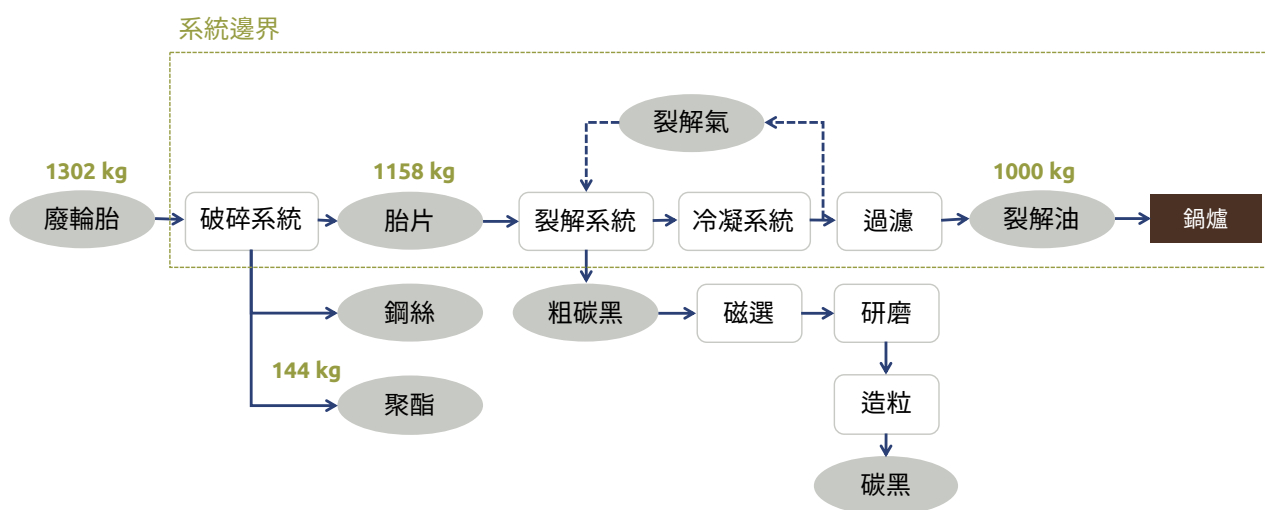


圖3 輪胎再生為熱裂解油之生命週期系統邊界

生命週期評估結果

Results and Analysis

人類健康是裂解油主要衝擊：由於國內現行電力結構仍以化石燃料比重較高，於前處理以及製造過程中電力使用中對人類健康造成衝擊。而在氣候變遷類別方面，基礎重油的情境與裂解油的情境幾乎沒有差異。

廢輪胎再製為裂解油，對環境衝擊為重油的 80%：綜合人類健康、生態品質、氣候變遷及資源等 4 大類衝擊，廢輪胎再製為裂解油，對環境衝擊為燃燒重油的 80%。若考量避免輪胎棄置時，熱裂解油額外增加 2% 之環境效益。

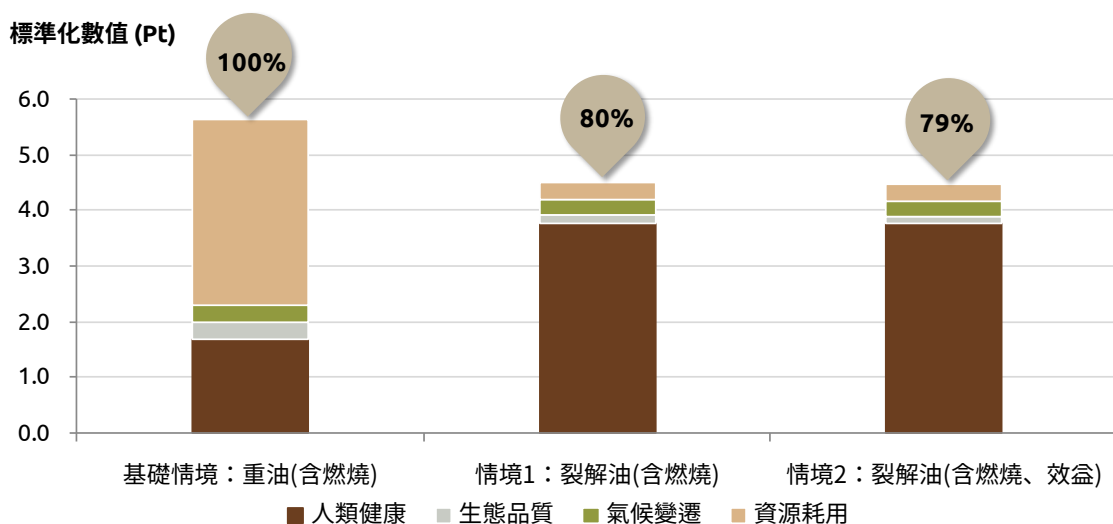


圖4 生命週期評估結果：裂解油與重油總衝擊比較

生命週期評估結果

Results and Analysis

廢輪胎再製為裂解油之資源耗用衝擊比重油低：熱裂解油與重油對環境造成之衝擊類別不同，重油屬於化石燃料，需要經過開採，因此最主要衝擊為資源耗用；相較於此，熱裂解油來自廢輪胎裂解，較無資源耗用衝擊。

裂解油脫硫程序對環境衝擊：裂解油因以廢輪胎為原料，因此硫含量較高。為降低硫化物在燃燒使用後排放至大氣中，可由製造者將裂解油再經過加氫脫硫程序，降低含硫量。但加氫脫硫程序必須額外支付較高成本，且在過程中會導致裂解油產量流失過多。另一種方式則是由裂解油使用者加裝污染防制設備，以減少硫化物排放至大氣中，符合未來國內加嚴空氣污染排放標準。

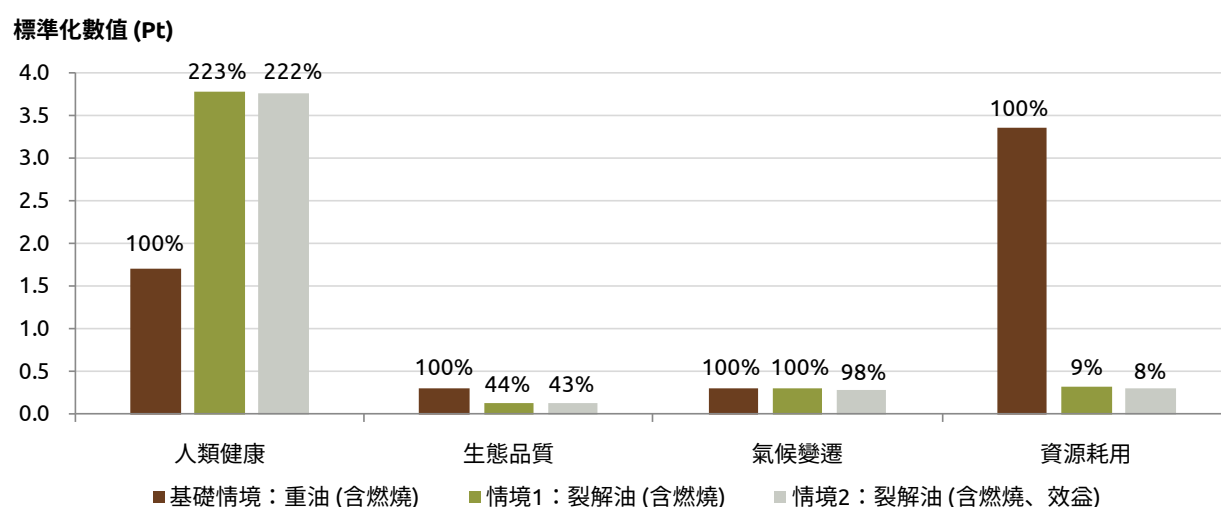


圖5 生命週期評估結果：裂解油與重油各項衝擊比較

結論與建議

Conclusions and Suggestions

- 廢輪胎對環境造成衛生及美觀問題，需要適當方式進行處理，熱裂解技術可將廢輪胎資源化，生產出具有商業價值的碳黑及具能源價值的熱裂解油。
- 本報告以重油作為基礎情境，分析相同重量之重油與熱裂解油為評估標的，採用生命週期評估方法分析其對環境之衝擊，使用 IMPACT 2000+ 方法量化人類健康、生態品質、氣候變遷及資源等 4 大類衝擊。
- 整體研究結果顯示，相較於重油，熱裂解油的衝擊僅為重油的 80%。熱裂解油來自廢輪胎裂解，無須開採，於資源耗用衝擊較低；但由於國內現行電力結構仍以化石燃料比重較高，廢輪胎前處理及製造過程中電力使用造成人類健康衝擊。
- 廢輪胎再製為熱裂解油，可以提供廢輪胎處理管道，降低廢氣堆置之環境問題；同時也提供可取代重油之燃料油，減輕環境資源耗用之衝擊。

Report Writing:

許桓瑜、吳周燕、蘇婉伊、馬耐德

Project Lead and Coordination:

羅時芳、李怡蒼

Design and Layout:

陳 捷



LINK & LOOP

Linking innovations and closing Loops.



Supported by | **IDB**
INDUSTRIAL DEVELOPMENT BUREAU,
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS
經濟部工業局

Organized by | 

