

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：考察及國際會議)

考察歐洲廢電子電機設備處理技術
及再利用管理機制暨參加第四屆水
資源、廢棄物及能源管理研討會

服務機關：行政院環境保護署
資源回收管理基金管理會
姓名職稱：許永興 技監兼執行秘書
派赴國家：奧地利、西班牙
出國期間：107年7月11日至22日
報告日期：107年10月11日

摘要

為提升我國電子廢棄物及廢塑膠回收處理再利用技術水準，以及瞭解工業 4.0 下回收處理技術發展趨勢，本次赴奧地利針對電子廢棄物回收處理及其廢塑膠處理再利用技術進行瞭解，並至西班牙訪問回收技術設備業者，瞭解如何應用 AI 人工智慧於資源回收領域上，以及參加第四屆水資源、廢棄物及能源管理研討會，發表財團法人工業技術研究院在本署專案研發計畫支持下的技術研發成果。本次出國主要成果摘要如下：

一、MGG Metrec 公司

MGG Metrec 是 The Müller-Guttenbrunn Group（以下簡稱 MGG 集團）下專門負責金屬回收的公司，回收處理項目包含廢機動車輛、電子廢棄物、大型電器設備等。處理原則以達到無害化及再利用化為目標，透過有效的破碎分選處理過程，廢機動車輛資源化再利用率可達 85%，含能源利用可達 95%；電子廢棄物方面透過破碎處理，先由人工挑選出有害零組件，例如：電池、電容器等，以及挑選出高價值零組件，例如 PCB 板、馬達等，之後進一步透過機械自動分選出鐵金屬、非鐵金屬及廢塑膠混合物，非鐵金屬交由 MGG Tran 公司進一步以尺寸、比重、顏色，分選出銅、鋁、不鏽鋼、PCB 板及殘餘的塑膠等。廢塑膠混合物則交由 MGG Polymers 進一步將塑膠分類分選出來進行資源化處理。

二、MGG Polymers 公司

MGG Polymers 是 MGG 集團與美國 MBA 塑膠公司合資成立的公司，該廠可將電子廢棄物中廢塑膠混合物（其中可再利用 60~65%廢塑膠），透過水選方式將非塑膠物及非目標塑膠材質剔除，主要分選出 ABS、HIPS、PC/ABS 和 PP，再經過改質、融溶等程序製粒，並經過實驗室的抽驗，以進行物理及化學性測試，使其符合 REACH 和 RoHS 規定。該再生塑料並可再製成如小型電器產品外殼、文具用品外殼等，目前產能可達 5 萬公噸/年，促進物料循環利用。

三、DRZ 中心

DRZ 中心(Dismantling and Recycling Center)是一家非營利組織，並與維也納就業中心合作，透過翻修及拆解處理電子廢棄物，讓長期待業的人員可以透過在此工作得到重返正常工作生活的機會，這些員工也可以在此接受訓練，並與社會重新接軌，做為尋找新工作的中繼站。DRZ 中心針對電子廢棄物的處理方式，分成維修再使用、原型再利用及拆解再利用等 3 種途徑，其中原型再利用則是將零組件透過設計轉變成時尚的物品，例如將洗衣筒原型再利用變成椅子及桌子、將 PCB 板原型再利用變成時鐘，並將 IC 零組件再利用變成飾品。該組織年處理量約 1,500 公噸，其財務來源約 75% 為電子廢棄物再利用製成的物品其販售所得；25% 為透過政府的補助支持。

四、Sadako Technologies 公司

該公司透過 AI 人工智慧辨識系統開發，並專注應用於回收技術，與設備公司 BHS(Bulk Handling Systems)，開發 Max-AI 分選設備，該設備透過光學辨識及定位後，以機械手臂揀選目標物，藉此代替人工分選作業，達到品質管理的目標。Max-AI 分選設備每分鐘可執行 65 次的揀選動作，較人工分選每分鐘 30~40 次，效率提高許多。

五、第四屆水資源、廢棄物及能源管理研討會(4th International Congress on Water, Waste and Energy Management)

研討會是由馬德里康普頓斯大學(University Complutense of Madrid)、馬德里卡洛斯三世大學(University Carlos III of Madrid)及埃斯特雷馬杜拉大學(University of Extremadura)等多所大學籌辦及歐洲知識論壇(Sciknowledge European Conferences)的技術協助，目標為透過來自世界各地的學者及研究人員建立一個國際論壇，交流分享研究成果。本次共有 46 篇論文發表，財團法人工業技術研究院在本署應回收廢棄物回收處理創新及研究發展計畫補助下，開發出的廢液晶面板玻璃製成吸附材料應用於重金屬廢水處理技術，也於本屆研討會發表，藉此對外展現我國資源化及污染防制技術創新成果。

目錄

壹、前言.....	1
貳、目的.....	1
參、行程與內容概要.....	3
肆、過程.....	4
伍、心得及建議.....	22

附件 1 MGG Metrec 及 MGG Polymers 公司簡報

附件 2 MGG 電子廢棄物處理簡介

附件 3 MGG 廢塑膠再利用簡介

附件 4 DRZ 中心簡報

附件 5 Sadako Technologies 公司簡報

附件 6 4th International Congress on Water, Waste and Energy Management 議程

附件 7 Heavy Metal Removal from Industrial Wastewater Using Green Glass Adsorbents

Transformed from Waste LCD Panel Glass 論文摘要

圖目錄

圖 1 廢電子電器及廢資訊物品類處理流程及再生料種類	2
圖 2 MGG Metrec 公司入口處	4
圖 3 MGG Metrec 公司廢機動車輛處理流程及再利用比率	5
圖 4 MGG Metrec 公司人員解說廠區概況及現場情形	6
圖 5 MGG Metrec 公司電子廢棄物處理設施外觀	7
圖 6 整機破碎分選處理系統污染防制設備	7
圖 7 MGG Metrec 電子廢棄物貯存區及投料入口	8
圖 8 整機破碎分選處理系統分選出的物料	9
圖 9 與 MGG Polymers 公司人員合影	9
圖 10 電子廢棄物處理後的混合塑膠組成分及比率	10
圖 11 塑膠再生料再製產品應用實例	11
圖 12 DRZ 中心外觀及與負責人合影	12
圖 13 DRZ 中心二手商品販賣處現場照片	13
圖 14 DRZ 中心原型再利用現場情形	14
圖 15 DRZ 中心廢物品人工拆解現場作業情形	15
圖 16 Sadako Technologies 公司外觀及公司人員合影	16
圖 17 Max-AI 分選設備作業情形	17
圖 18 Max-AI 自動化分選示意圖	18
圖 19 研討會會場	20
圖 20 論文發表現場	20

壹、前言

廢電子電器及廢資訊物品是本署公告應回收的廢棄物，在現今電子科技高速發展下，民眾於電子電器及資訊設備的汰換速度均較以往快速。經統計，我國 106 年廢電子電器及廢資訊物品回收處理量達 13.7 萬公噸，回收率達 61.6%；資源回收再利用比率達 83.1%，已達歐盟廢電子電器設備回收指令（Waste Electrical and Electronic Equipment Directive, 以下簡稱 WEEE 指令）目標。考量部分廢電子電器及廢資訊物品處理廠的處理設備及技術已近 20 年，如何促進處理業者提升回收處理量及效率，將是未來重要課題之一。因此，透過蒐集國外先進技術或相關資訊，於業者精進技術或研發設備時，可協助引導。

貳、目的

國內廢電子電器及廢資訊物品處理業者於處理廢電子電器及廢資訊物品時，會經過拆解、破碎及篩選等程序，以分離具再利用價值的塑膠、鐵、銅、鋁、玻璃等再生料。處理流程及再生料種類如圖 1。考量部分處理廠的處理設備及技術已近 20 年。為提升國內回收處理技術並瞭解工業 4.0 下回收處理技術的發展趨勢，赴奧地利、西班牙蒐集當地電子廢棄物回收處理及其廢塑膠處理再利用技術，以做為國內電子廢棄物回收管理及再利用技術提升的參考。另財團法人工業技術研究院於本署應回收廢棄物回收處理創新及研究發展計畫補助下，開發出廢液晶面板玻璃製成吸附材料應用於重金屬廢水處理技術，為對外展現我國資源化及污染防制技術的創新成果，報名參加第四屆水資源、廢棄物及能源管理研討會(4th International Congress on Water, Waste and Energy Management)，發表論文宣傳我國回收再利用技術。

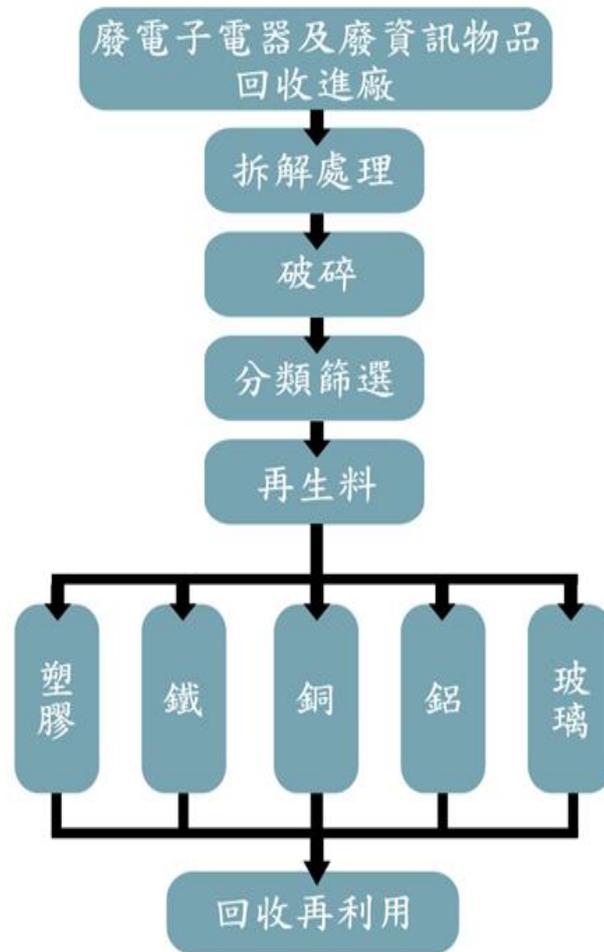


圖 1 廢電子電器及廢資訊物品類處理流程及再生料種類

參、行程與內容概要

日期	工作內容概要
107.7.11	啟程至奧地利維也納
107.7.12	考察MGG Metrec公司及MGG Polymers公司，瞭解電子廢棄物金屬及塑膠回收處理技術。
107.7.13	考察DRZ中心(Dismantling and Recycling Center)，瞭解透過廢電器和電子設備的翻新和回收服務與社會照顧服務的結合應用。
107.7.14	拜訪單位背景資料及訪談提要整理
107.7.15	搭機前往西班牙巴塞隆納 拜訪單位背景資料及訪談提要整理
107.7.16	考察Sadako Technologies公司，瞭解電腦人工智慧於回收處理技術發展及應用。
107.7.17	搭車前往西班牙馬德里 拜訪單位背景資料及訪談提要整理
107.7.18	參加第四屆水資源、廢棄物及能源管理研討會(4th International Congress on Water, Waste and Energy Management)
107.7.19	參加第四屆水資源、廢棄物及能源管理研討會
107.7.20	參加第四屆水資源、廢棄物及能源管理研討會及搭機前往巴黎轉機
107.7.21~22	搭機返回臺北

肆、過程

一、MGG Metrec 公司

(一)工廠簡介

MGG Metrec隸屬The Müller-Guttenbrunn Group（以下簡稱MGG集團）。MGG集團成立於西元（以下同）1954年，總部設於奧地利。開始時以經營鐵金屬貿易為主，而後發展經營廢機動車輛回收處理、電子廢棄物回收處理、鐵及非鐵金屬的貿易工作、廢塑膠回收再利用以及物料的物流服務。

該集團於奧地利有2家金屬回收工廠（MGG Metrec及MGG Metran）及1家廢塑膠回收再利用工廠(MGG Polymers)，並有營運管理一座河岸港口做為物料轉運站(Danubia Speicherei)，讓各工廠物料於回收、處理及再利用後，可直接運送，進行一貫化的作業。該集團於德國、捷克、匈牙利及羅馬尼亞另設有工廠，提供廢機動車輛及電子廢棄物的回收處理服務。本次參訪的MGG Metrec公司屬金屬回收工廠，其回收處理項目包含廢機動車輛、電子廢棄物、大型電器設備等，每年最大回收處理量可達8萬公噸。MGG Metrec公司外觀如圖2。



圖 2 MGG Metrec 公司入口處

(二)處理方式

1.廢機動車輛

首先為去污染物的程序，包含將廢機動車輛內冷媒、汽柴油、電池、輪胎等物質或物件，在破碎前先予以移除，這些步驟將移除約 5% 的廢車重量。再來進行資源化步驟，將廢車殼及零組件等投入破碎機，接著透過磁選，將鐵金屬分選出來，此階段將去除 70% 的廢車重量；之後經過電流，可分選出非鐵金屬（約占 10% 的廢車重量，這部分會送至 MGG Metran，進一步將銅鋁分選出來，送到冶煉廠進行煉製），剩餘的物質包含塑膠、泡棉等，一般稱為廢車粉碎殘餘物（簡稱 ASR），約占 15% 的廢車重量，則進行焚化，其中 10% 可透過熱能轉化為能源使用，5% 成為灰渣進行掩埋處置。依據 MGG Metrec 公司的處理流程，廢機動車輛的再利用率可達 85%，若加上能源利用部分，則可達 95%。產出流程及再利用比率如圖 3。

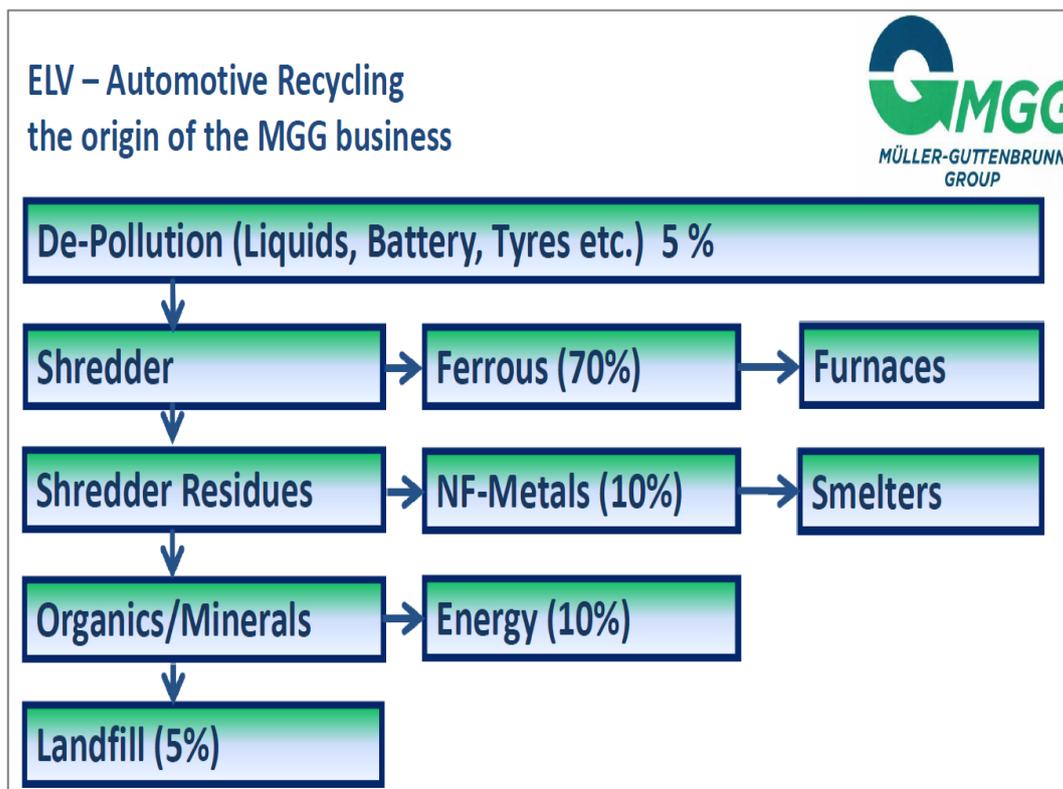


圖 3 MGG Metrec 公司廢機動車輛處理流程及再利用比率

該公司表示，已在研發如何進一步將 ASR 中的塑膠再分選出來，以提高再利用率。該公司並提及自從開放歐盟以來，奧地利每年汰換約 25 萬輛的廢機動車輛，僅 5 萬輛於奧地利境內處理，其餘 20 萬輛則送至境外處理，相對減少取得有價物質的機會。MGG Metrec 公司人員解說廠區概況及現場情形如圖 4。



圖 4 MGG Metrec 公司人員解說廠區概況及現場情形

2. 電子廢棄物

MGG Metrec 公司於 2000 年開始回收電子廢棄物，並針對電子廢棄物處理重新設計改裝破碎設備(Smasher 2.0)，2012 年完成設備設置，2013 年開始啟用。處理設施外觀及整機破碎分選處理系統污染防制設備如圖 5 及圖 6。



圖 5 MGG Metrec 公司電子廢棄物處理設施外觀



圖 6 整機破碎分選處理系統污染防制設備

整體處理流程說明如下，電子廢棄物透過投料口進入到整機破碎分選處理系統，經破碎機破碎後，物料經由輸送帶送出，再由人工挑選出有害零組件（例如：電池、電容器等），及高價零組件（例如 PCB

板、馬達等)。這些步驟將有助減少處理過程可能造成的環境污染，並可提高資源化比率。之後進一步透過機械自動分選出鐵金屬、非鐵金屬及廢塑膠混合物。其中，非鐵金屬交由該集團的 Metran 公司進一步以尺寸、比重、顏色，分選出銅、鋁、不鏽鋼、PCB 板及殘餘的塑膠等；廢塑膠混合物同樣交給同集團的 MGG Polymers 進一步將塑膠分類分選出來，以進行資源化處理。電子廢棄物貯存區及投料入口如圖 7；分選出的物料如圖 8。

依該公司說明，整體物質再利用率可達 75%，包含能源利用可達 96%。另外該公司提到在電子廢棄物處理過程，可以注意以下幾點：

(1)一般煉鐵廠希望廢鐵中，非鐵金屬成分少於 0.15%，因此該公司於破碎粒徑部分予以調大，便利磁選機的分選作業。

(2)非鐵金屬的分選，係交由同集團的 MGG Metran 公司負責，該公司為將銅、鋁、不鏽鋼、PCB 板及殘餘的塑膠確實分類，分享透過光學辨識及比重浮選的分選技術，可有效提高回收分選比率。

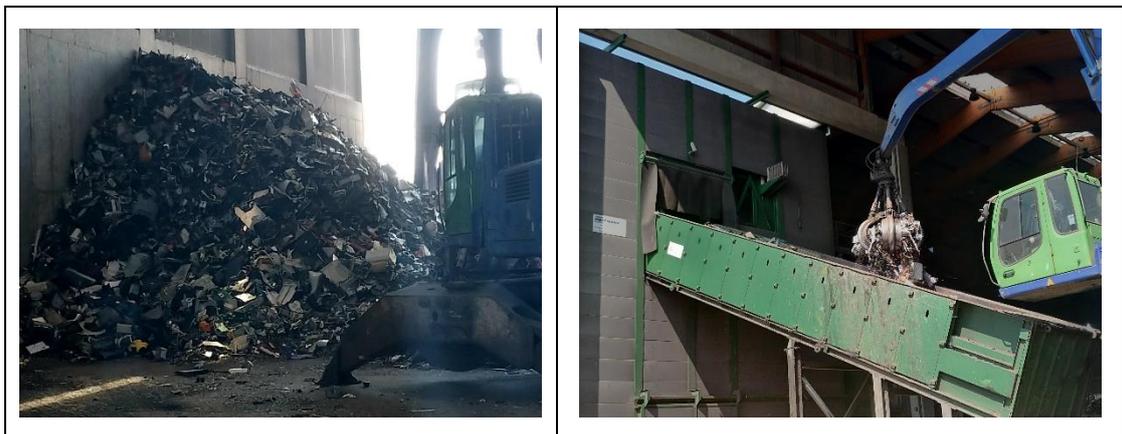


圖 7 MGG Metrec 電子廢棄物貯存區及投料入口



圖 8 整機破碎分選處理系統分選出的物料

二、MGG Polymers 公司

(一)工廠簡介

MGG Polymers 是 MGG 集團與美國 MBA Polymers 公司合資成立的公司，成立於 2004 年，於 2006 年開始運轉，廠區占地約 2 萬平方公尺，主要將廢塑膠製成再生料，包含 ABS、PS、PP、PC、PC-ABS 等，年產能可達 5 萬公噸。據該公司人員說明，廢塑膠再生料來自報廢的消費性電子產品，除創造原物料永續循環的機會外，亦對當地環境及經濟發展有所助益。與 MGG Polymers 公司人員合影如圖 9。

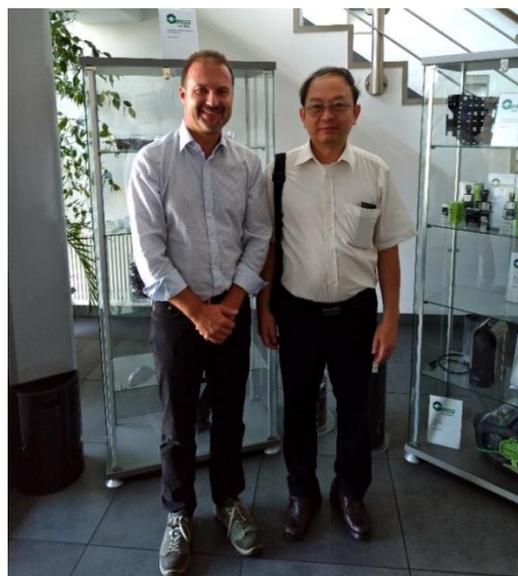


圖 9 與 MGG Polymers 公司人員合影

(二)處理方式

該公司表示營運初期並不容易，因為投入的廢塑膠到產出可再利用塑膠，產出率僅有 10%，以致初期經營相當困難。如何提升可再利用塑膠的產出率，除有效去除塑膠以外的物質外，並需有好方法可以確實區分出不同種類的塑膠。電子廢棄物中約有 25%的塑膠（重量百分比），若能將其中的 ABS、PS、PP 予以回收，大約就可以完成 50%的回收工作，若進一步回收 PC、PC-ABS 等塑膠，回收再利用比率可達 60~65%。混合塑膠組成分及比率如圖 10。

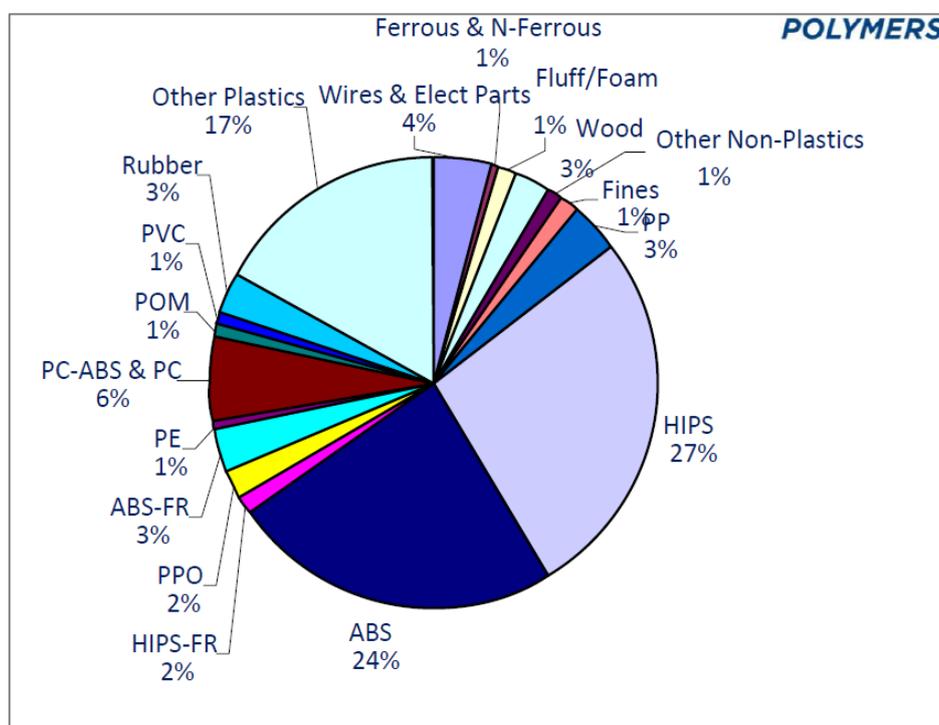


圖 10 電子廢棄物處理後的混合塑膠組成分及比率

該公司混合塑膠的分選流程，係先透過磁選及浮選進行前處理，將殘餘金屬（金屬料、印刷 PCB 板、電線）、礦物（玻璃、石頭）、有機物（木材、纖維）透過反覆的浮選，將目標材質的塑膠料分選出來，再進行後續改質、融溶等程序製粒。製作出的塑膠再生料，最後可再製成各類物件的塑膠外殼，如小型電器產品外殼、文具用品外殼等，應用實例如圖 11。

該公司為確保廢塑膠再生料品質，設置有物理化學實驗室進行品管工作，針對每一批次的廢塑膠再生料進行檢測，以確保符合 REACH 及 RoHS 規範。這些檢測樣品該公司將會保存 7 年，以做為證明。



圖 11 塑膠再生料再製產品應用實例

三、DRZ 中心

(一)中心簡介

DRZ 中心(Dismantling and Recycling Center)為一個非營利事業機構，與維也納就業服務中心合作，透過翻修及拆解處理電子廢棄物，讓長期待業的人員（通常為失業 6 個月以上的人）可以透過在此工作，得到重返正常工作生活的機會，其財務來源約 75%為電子廢棄物再利用製成的物品其販售所得；25%為透過政府的補助及支持。中心的 3 項使命為：(1)透過工作指導及訓練，協助待業人員重新進入職場；(2)以一對一諮詢訪談，協助待業人員發展職業生涯，並與社會恢復連結；(3)協助媒合新職務。該中心會由具經驗的專家帶領這些待業人員，透過翻修及拆解處理電子廢棄物，延長產品生命週期以及增進廢物品再利用之外，同時瞭解每個人的狀態給予輔導，以降低被社會邊緣化的風險。DRZ 中心外觀及與負責人合影照片如圖 12。

另外從其他方面觀察該中心營運，在社會照顧方面，目前每年約有 150~180 名的求職者進來，平均失業 36 個月，主要年齡在 50 歲左右，來到

該中心至少會工作 6 個月，再轉介到其他工作職場。目前成功媒合率大約在 20~25%。

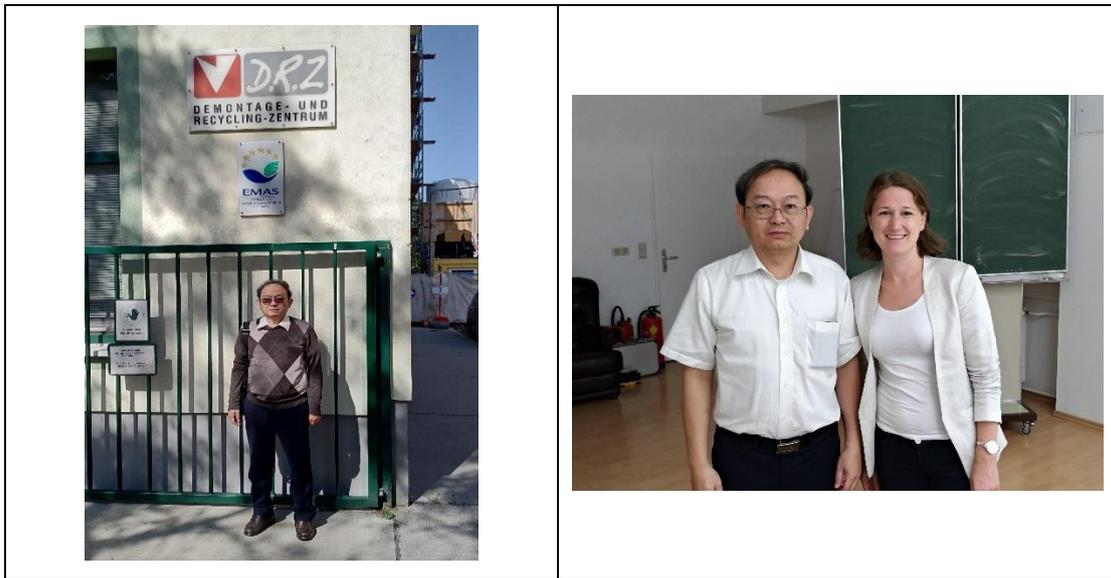


圖 12 DRZ 中心外觀及與負責人合影

(二)營運說明

DRZ 中心的廢物品主要來源為維也納的政府機關，例如：奧地利環境部、證交所，也有來自私人企業。目前在維也納大約設置 19 個回收點，廢物品種類包含大、小型家電物品，但螢幕及冷凍設備除外，因為這些廢物品的處理需要專用設備。整體廢物品回收量為大型家電每年約 500 公噸；小型家電及資訊物品每年約 1,000 公噸。

回收至該中心的廢物品，會依廢物品堪用程度，進行篩選，以決定處理方法，分別有翻修再使用、原型再利用及人工拆解等 3 種處理途徑，其中翻修再使用量及原型再利用量占總處理量的 2~5%，其餘為人工拆解處理部分，處理方式說明如下：

1.翻修再使用

廢物品經過篩選，針對堪用廢物品，該中心會進行清潔、安全測試及修理，完成整理後，送到中心內的二手商店或維也納市政府的二手市場進行販賣。DRZ 中心二手商品販賣處的現場照片如圖 13。

廢物品翻修再使用過程，需判斷該物品值不值得修理，因為花多少時間修理會影響到修理後，重新販售的價格，如果修理時間長，販售價格高，就不容易吸引人購買。因此這部分係由中心專業的技師進行判斷。



圖 13 DRZ 中心二手商品販賣處現場照片

2.原型再利用

利用廢物品中的零組件製成新商品，例如洗衣機的滾筒可以變成桌子的底座；PCB 板可以變成壁鐘。該中心表示這個構想來自於員工看見手機內的某個零件可以拿來做成項鍊，啟發該中心開始依不同廢物品項目，從當中的零組件去構想設計製作新的產品。原型再利用部門的現場情形如圖 14。

	
<p>原型再利用部門</p>	<p>原型再利用產品</p>
	
<p>部門作業情形</p>	<p>原型再利用產品</p>

圖 14 DRZ 中心原型再利用現場情形

3.人工拆解

當廢物品無法翻修再使用或原型再利用的時候，該中心就會進行拆解處理，作業人員會妥善地把含有污染物的零組件拆卸下來，之後交給專門的處理機構進行處置，其餘零組件依材質加以拆解及分類。人工拆解部門的現場作業情形如圖 15。

依該中心人員表示，人工拆解相較於機械處理可以得到較純淨的廢料，可以將拆解處理後的金屬或塑膠廢料送至原物料販賣或再利用機構內進行處理與再利用。

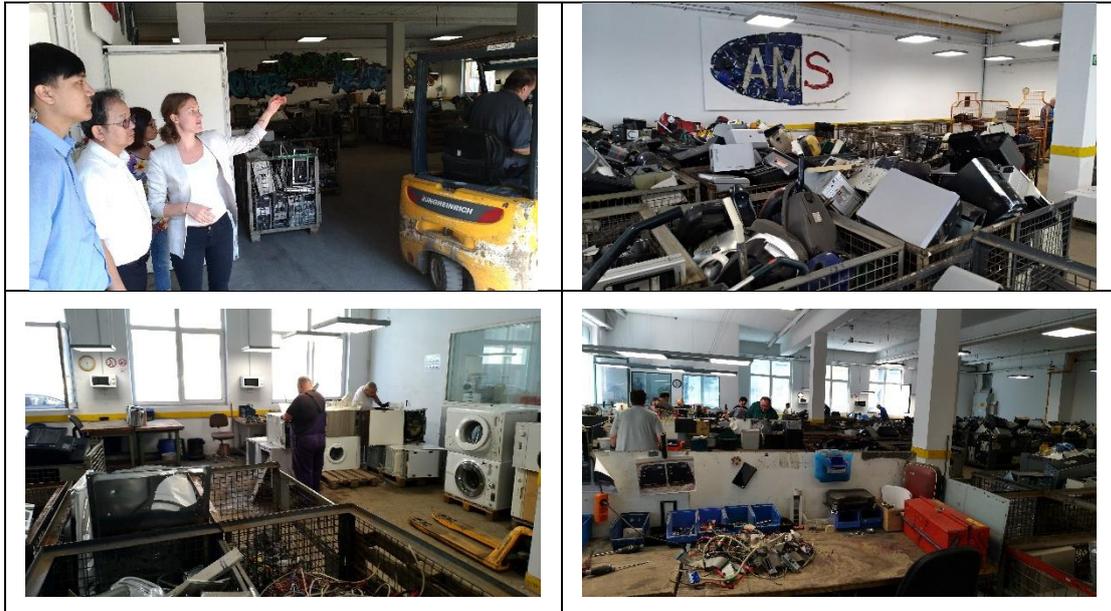


圖 15 DRZ 中心廢物品人工拆解現場作業情形

四、Sadako Technologies 公司

(一)公司簡介

Sadako Technologies 公司成立於 2012 年，為 18 人的工作團隊。該公司財務長表示，鑑於全球都市固體廢棄物高達 19 億公噸，但僅 19% 回收及再利用，故認為回收產業若透過科技技術的導入，可以提升回收量及效率。因此，投入開發可應用於自動化回收分類技術的 AI 人工智慧辨識系統。與公司外觀及財務長等公司人員合影如圖 16。

該公司開發的 AI 人工智慧辨識系統，係結合美國 BHS 公司 (Bulk Handling Systems，為專門負責回收分類設備之設計、製造及安裝的設備製造公司) 的硬體設備，於 2016 年完成開發 Max-AI 分選設備，該設備透過光學辨識及定位後，以機械手臂揀選目標物，藉此代替人工分選作業。

依所提供的簡報及現場說明，該公司在 AI 人工智慧技術研發上，獲得許多獎項包含：Nvidia Early Stage Challenge 獎項及 ECOEMBES R 創新與創業最佳倡議獎。

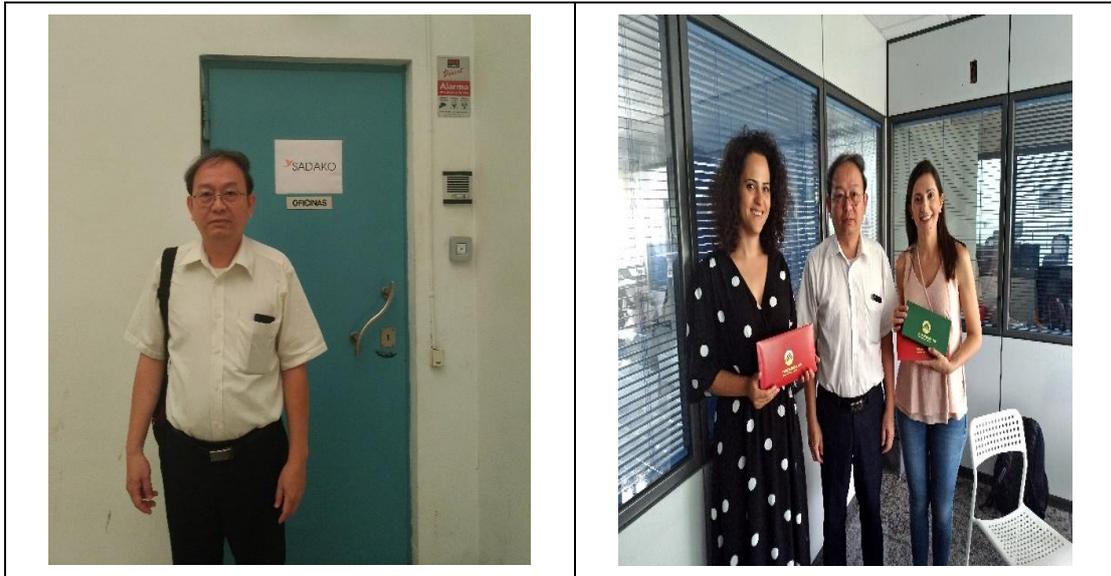


圖 16 Sadako Technologies 公司外觀及公司人員合影

(二)Max-AI 分選設備介紹

Max-AI 分選設備是搭載可識別回收物的人工智慧系統，概念上該分選設備可以像人類一樣看到廢棄物，使用深度學習演算法，讓電腦透過大量資訊辨識不同種類及型態的廢棄物，學習做出更精準的判斷，例如：當我們看到一張圖片我們可以指出這是甚麼廢棄物，當電腦做了幾百萬次一樣的事情後，電腦可以建立自己的公式學習判斷廢棄物。Max-AI 分選設備透過光學掃描系統及深度學習演算法，建立一個大量資料庫，快速處理影像資料，從而辨識廢棄物中的材質，自動下達指令啟動機械手臂，揀選目標物，達到回收物料分選的目標。

該設備的設計定位為自主品質控制設備，廢棄物經分選後，針對目標資源物，降低其雜質，以提升分選品質，也就是剔除資源物中的雜質後，可獲得高品質的物料。舉例而言：從大批的塑膠容器中，先透過光學辨識分選設備，將廢 PET 塑膠容器先分選出來，只是分選出一堆的廢 PET 塑膠容器，仍會有少量金屬、纖維或非 PET 的塑膠容器夾雜其中。因此，為了提升品質，透過 Max-AI 分選設備，從已分選出的廢 PET 塑膠容器，再透過光學辨識材質、形狀及顏色，自動下達指

令啟動機械手臂，揀選目標物（非 PET 塑膠容器）。藉由剔除雜質，提高廢 PET 塑膠容器的分選效果。設備作業情形如圖 17；自動化分選示意如圖 18。

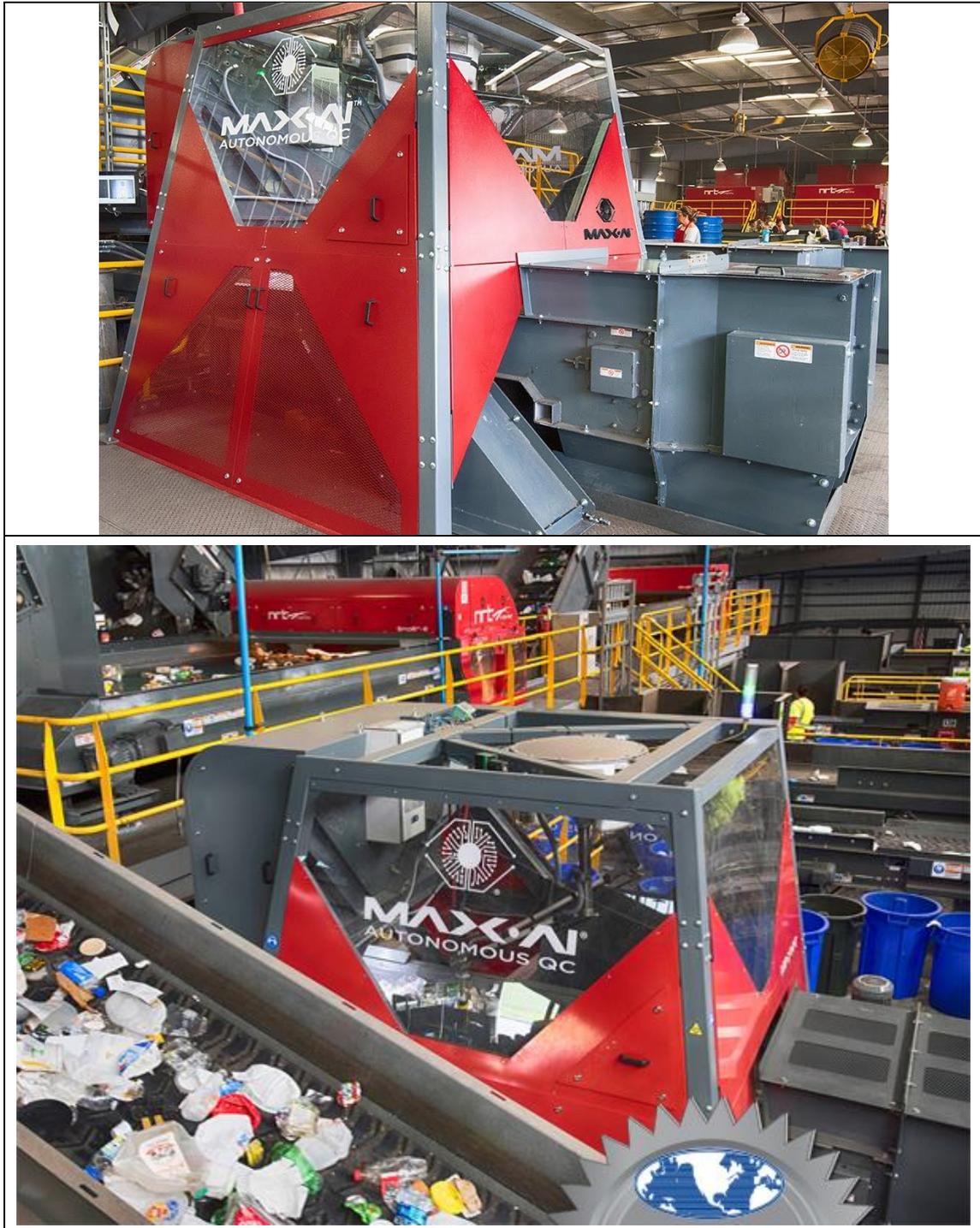


圖 17 Max-AI 分選設備作業情形



圖 18 Max-AI 自動化分選示意圖

Max-AI 分選設備一分鐘可以完成 65 次分選動作，相較於人工分選每分鐘 30~40 次分選動作，效率提高許多，同時機械設備的優點，包含：具有穩定的處理速度及品質，透過機械設備進行分選工作，可以減少人員接觸到廢棄物，降低衛生安全的危害風險。據該公司表示，第一個商業應用案例，為 2017 年 4 月美國加州的一家專門處理都市固體廢棄物的工廠。目前在日本、歐洲及澳洲都有業者與該公司接觸，有將近 50 台設備數量正在洽談中，平均每台售價約 200 萬美金。

未來發展上，該公司表示電子廢棄物在處理過程有許多的前處理作業，包括拆解及分類零組件，而這些是高人力及耗時的程序，若是能夠由機械設備進行自動化拆解，將可降低處理成本，同時也降低人員接觸有害物質的風險。

五、第四屆水資源、廢棄物及能源管理研討會(4th International Congress on Water, Waste and Energy Management)

研討會是由馬德里康普頓斯大學(University Complutense of Madrid)、馬德里卡洛斯三世大學(University Carlos III of Madrid)及埃斯特雷馬杜拉大學(University of Extremadura)等多所大學籌辦及歐洲知識論壇 (Sciknowledge European Conferences)的技術協助，目標為透過來自世界各地的學者及研究人員建立一個

國際論壇，交流分享研究成果，本次共有 46 篇論文發表。

財團法人工業技術研究院在本署應回收廢棄物回收處理創新及研究發展計畫補助支持下，開發出廢液晶面板玻璃製成吸附材料應用於重金屬廢水處理的技術，因此以「Heavy Metal Removal from Industrial Wastewater Using Green Glass Adsorbents Transformed from Waste LCD Panel Glass」為題，於該研討會進行論文發表，藉此對外展現我國資源化及污染防制技術創新成果。研討會會場及論文發表情形如圖 19 及圖 20。該篇論文重點如次：

廢液晶面板的薄膜電晶體玻璃基板可被轉變成多功能性的玻璃奈米孔洞吸附材料進行離子交換、靜電吸引吸附金屬離子。經過試驗玻璃奈米孔洞吸附材料在 175 平方公尺/克的比表面積與孔洞平均大小 9.9 奈米時，將展現極佳的吸附量，一克的水能吸附 20~50 毫克的金屬離子，包含鉛、鋅、銅、鎳、鉻及鎘。

透過實廠測試，玻璃奈米孔洞吸附材料在吸附銅鎳廢水的金屬離子可有相當好的表現；銅離子與鎳離子的去除率分別為 98%及 95%，吸附系統至少能處理 20 公噸的銅廢水及 80 公噸的鎳廢水，且處理後的廢水都能符合廢水排放標準。實驗結果顯示，玻璃奈米孔洞吸附材料相當適合用來處理重金屬工業廢水，並有成本低及驚人吸附性的優點。

這個研究使廢棄玻璃面板有再利用的用途外，同時可提供更環保的方式，以處理重工業的污染廢水，讓處理後的廢水符合排放標準，並且讓處理成本可大幅降低。



圖 19 研討會會場

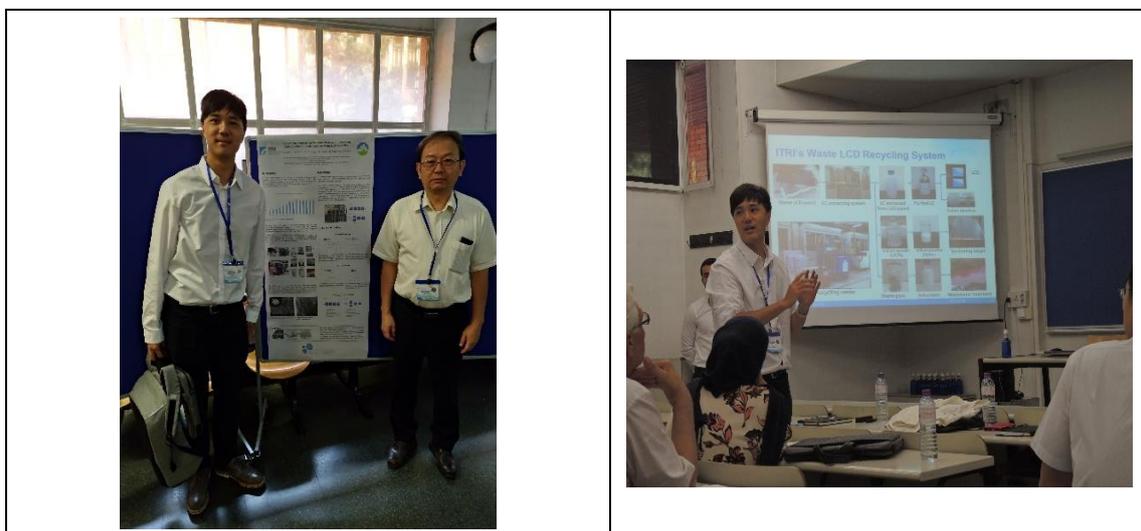


圖 20 論文發表現場

研討會論文可分為廢棄物、水及能源等部分，茲就現場較多人討論的「以都市固體廢棄物製成吸附材料對捕捉二氧化碳成效探討」及「農業廢棄物轉為生物質及汞吸附材料之探討」等論文，摘錄重點如下：

(一)以都市固體廢棄物製成吸附材料對捕捉二氧化碳成效探討

研究係基於全球氣候變遷及都市垃圾掩埋問題，認為需有效減少兩者對生態及環境的影響。因此以有機固體廢棄物製成吸附材料，據以評估捕捉二氧化碳效果。

在實驗過程中，透過機械與生物處理(Mechanical Biological Treatment, MBT)，將都市有機固體廢棄物製成有機堆肥，並做為吸附材料是可行的，而透過實驗得知，吸附材料隨著鍛燒溫度及硫酸活化程度，可提高二氧化碳吸附量，與一般商業吸附劑相似。

(二)農業廢棄物轉為生物質及汞吸附材料之探討

為提升農業廢棄物去化及再利用，於研討會中有 2 篇關於農業廢棄物再利用的研究。一篇為透過焙燒將農業廢棄物轉為生物質(biomass)，生物質是一種重要的再生資源，能夠當做燃料或者工業原料，可用來生產纖維、化學製品和熱能，焙燒的生物質具有較高的熱質，較高的能量密度，以及較好的物理性（穩定度、疏水性、同質性）等 3 項優勢。實驗分別使用稻草、牧草、稻殼、油菜萃取物等農業廢棄物轉做為焙燒生物質，實驗結果得知上述物質於攝氏 300 度時，碳含量均會提升(由 40%左右提升至 60~65%不等)熱能均能有效增加，可做為燃料，回收熱能。惟投入的熱能與回收的熱能，是否具經濟效益，並未進一步探討。

另一篇為利用農業廢棄物具有吸附的特性，實驗以不同農業廢棄物置入含汞的單元系統，進行汞吸附能力觀察，從研究中發現香蕉皮具有去除汞的能力，此研究雖可再利用農業廢棄物，但吸附汞後的吸附材料，是否能再生利用及處置，仍是待解決的問題。

伍、心得及建議

- 一、在現今電子科技高速發展下，民眾於電子電器及資訊設備的汰換速度均較以往快速，國外已有業者著手研發與生產相關自動化或AI技術。國內如何促進回收處理設備的作業效率或處理量能，建議可透過修改相關作業規範，以引導業者設置相關自動化處理設備，增進作業安全並提高作業效率。
- 二、廢塑料能否有效分選出不同材質，將關係後續再生料的品質。經瞭解，國內已有大型回收商設置近紅外線自動分選系統(Near-Infrared, NIR)。因此，建議可持續鼓勵業者或清潔隊等資源回收相關者，投入資源回收物的細分選，以提高後端再生料的品質。
- 三、資源回收物的回收再利用技術門檻相較其他產業低，奧地利的DRZ中心將之做為協助待業人員重回社會的中繼管道，以提供救助的作法，與國內推動「循環經濟資收大軍計畫」，協助資收個體戶或拾荒者投入資源回收物的分類回收的精神相似，建議國內可持續辦理，於推動相關環保工作之時，也可協助資源回收相關族群。

附件目錄

附件 1 MGG Metrec 及 MGG Polymers 公司簡報

附件 2 MGG 電子廢棄物處理簡介

附件 3 MGG 廢塑膠再利用簡介

附件 4 DRZ 中心簡報

附件 5 Sadako Technologies 公司簡報

附件 6 4th International Congress on Water, Waste and Energy Management 議程

附件 7 Heavy Metal Removal from Industrial Wastewater Using Green Glass Adsorbents
Transformed from Waste LCD Panel Glass 論文摘要