

第十四章、資源化工業

資源化工業之特定製程範圍為從事以可資源化廢棄物為原料，將其再利用為再生產品，且為公民營廢棄物處(清)理機構、應回收廢棄物處理業、工業廢棄物共同清除處理機構等或具有事業廢棄物再利用許可、通過公告再利用檢核者。其包括拆解粉碎、熔煉、萃取、蒸餾等製程。

第一節 產業特性介紹

一、資源化產業範疇

資源化產業即是以各產業產生之廢棄物，將其回收再生成為各產業之原料或產品之相關業別，因此業別範圍相當廣。依收受工業廢棄物進行資源回收再利用之廠商資格類別可區分為公告再利用、許可再利用、公民營處(清)理機構和共同清除處理機構四類別。自 91 年環保署將工業廢棄物再利用機構之管理授權經濟部，經濟部工業局將資源化視為一個完整之產業，積極地加以輔導、協助，資源化之廠商逐年增加。

經調查 91 年與工業廢棄物再利用相關之資源化產業主要廠家共有 305 家；92 年共有 475 家；93 年共有 601 家；94 年共有 530 家，95 年實際從事再利用行為者共有 686 家，如下表。

各類別工業廢棄物資源化廠家數統計(註 1)

廢棄物再利用管道	91 年	92 年	93 年	94 年	95 年
公告再利用	206	382	521	389	554
許可再利用	62	81	77	79	115
公民營清(處)理機構	30	43	43	58	68
共同清除處理機構	7	7	7	7	4
總 計	305	475	601	530	686

共同處理機構主要為電弧爐煉鋼業、表面處理業、石材業、皮革業、鑄造業等 4 家。

二、資源化產業特性

- (一)為綜合性之科技應用產業，包括化工、鋼鐵、電機、儀控、生物、環工、材料…等領域。
- (二)產業發展與各產業變動關聯性大，再生資源量與品質難掌握，投資風險高，需政府大力協助推動。
- (三)受環保法規及經濟情勢之影響極大。
- (四)為降低資源化產業受再生資源來源影響與擴大產品通路，需以國際化為目標。

三、主要流程

資源化產業受原料來源影響，產業流程隨原料來源而異，舉應用最多的例子說明：

(一)產品名稱：PE、PP 再生粒

廢棄物回收再利用：塑膠桶、牛乳瓶、飲料塑膠容器、清潔劑容器、啤酒箱、水塔、垃圾桶、機油瓶…等各類 PE、PP 塑膠碎片，再生製成塑膠原料。

製成各類玩具、垃圾袋、搬貨用棧板、水果籃子、塑膠桶、工具箱、運動器材、腳踏板及辦公桌椅等塑膠配件。

流程：

分類	→	清洗	→	加熱	→	攪拌	→	押出	→	冷卻	→	切割
----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----

技術原理：利用塑膠可塑性原理，經過塑膠機器加熱、熔解、清除雜質而製成再生原粒。

(二)產品名稱：地質改良劑

廢棄物回收再利用：爐石

產品用途：

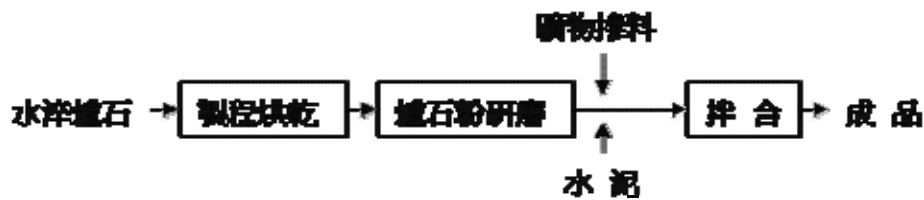
1. HSC-300（地質改良劑瞬結型）：

- (1)潛盾推進工程出發井，到達井之地質改良止水工程。
- (2)連續壁接縫止水之止水防護工程。
- (3)砂湧、水湧、地盤滑動之防止及搶救工程。
- (4)高含水量污泥土壤化處理工程。
- (5)高有機質淤泥固化工程。
- (6)有害重金屬污泥固化工程。

2. HSC-301 型（地質改良劑）：

- (1)預壘樁、攪拌磚灌漿工程。
- (2)高壓噴射樁地質改良工程。
- (3)擠壓灌漿地質改良工程。
- (4)深層攪拌樁灌漿工程。
- (5)隧道背填灌漿工程。
- (6)水庫不透水層處理工程。
- (7)水庫、河川、港灣、魚塭、沼澤地等淤泥處理工程。
- (8)其它各種軟弱地盤固化處理工程。
- (9)CLSM 用於管線及其它結構物回填工程。
- (10)地錨灌漿工程。

流程：



技術原理：

1. 吸水、發熱之奪水反應：將過多的水份在水化反應過程中「奪取」或變為結晶水，使污泥之含水比降低。
2. 離子交換及波索蘭反應：由於水化反應所生成的鈣離子 (Ca^{+2})，因離子交換反應而被吸著於微小黏土礦物表面，使黏土粒子形成電荷凝集而結為團粒，改善稠度，並由於水化反應及波索蘭反應產生鈣矽水化物與鈣鋁水化物固化之。
3. 硬化促進反應：利用活化劑促進波索蘭材料之反應速率，固結污泥，提高早期強度。

(三)產品名稱：再生玻璃砂

廢棄物回收再利用：回收玻璃容器

再生玻璃砂用途

1. 供再生玻璃廠製瓶原料。
2. 供陶瓷原料廠使用。
3. 公共工程建築材料。
4. 製釉原料。

流程：碎玻璃→分選→清洗→碾碎→玻璃砂

技術原理：將玻璃容器回收，經由清洗、碾碎及整理等流程後，再提供給玻璃製造廠或陶瓷廠做原料再生利用。

將待處理的點滴瓶投進入料塔（桶）破碎準備再生處理



圖 14.1 碎玻璃投入桶

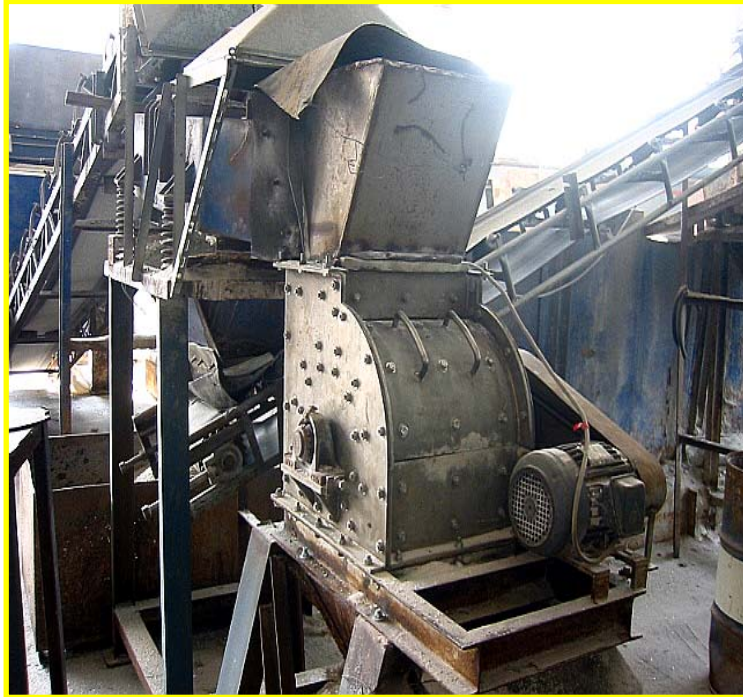


圖 14.2 玻璃品進行粗粉碎，甚至細粉碎

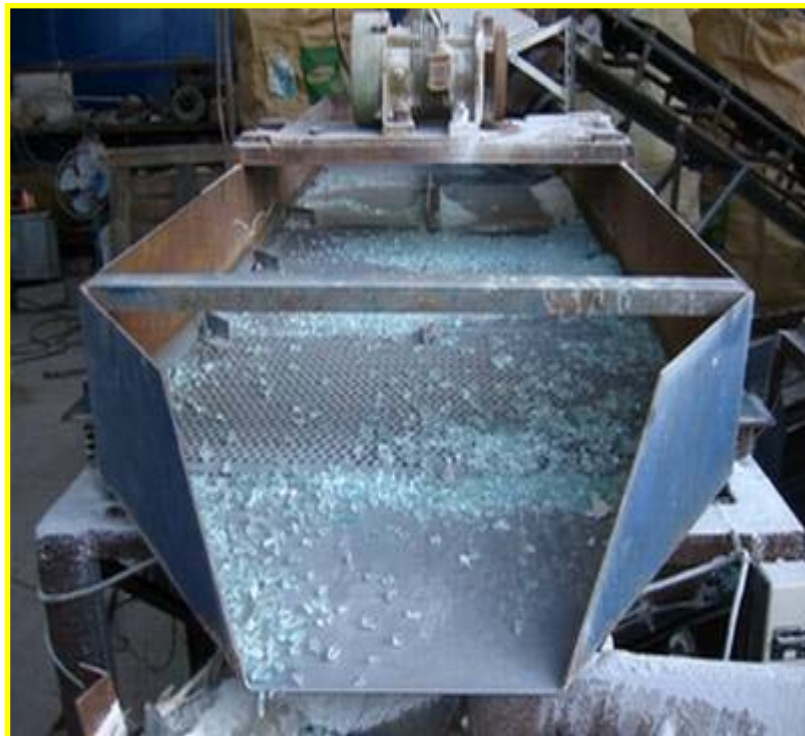


圖 14.3 玻璃料品篩選出相同粒徑尺寸



圖 14.4 完成的玻璃粉

(四) 窯燒瓷質透水磚

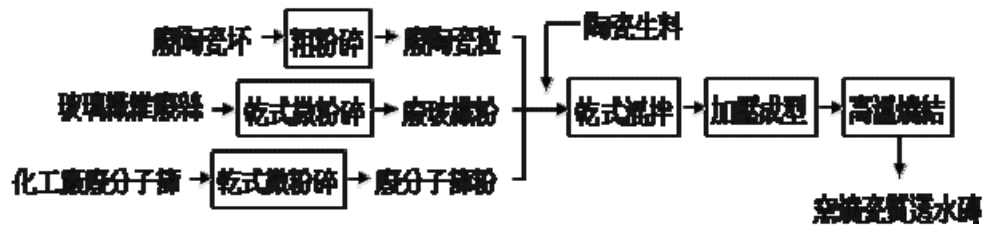
廢棄物回收再利用：無毒害之工業無機廢棄物作資源再利用。經高溫燒結而得具綿密多孔之陶瓷體。

產品用途：

1. 游泳池週邊步道、無護堤式平面噴泉造景廣場之排水設施。
2. 公園綠地及都市道路週邊之人行步道鋪面。
3. 都市排水溝之上覆蓋。
4. 建築物雨庇之地面防濺護板。
5. 車站、停車廣場、遊樂廣場、集會廣場及地下行人穿越道之排水設施上覆蓋。
6. 公共溫泉浴室、三溫暖浴室及廁所之地面防滑，排水地坪鋪面。
7. 大型運動場、競技場等之地面排水鋪面設施。
8. 建築物屋頂之隔熱兼排水設施。
9. 建築物內部之隔音、隔熱牆面。
10. 音樂演奏廳、視廳室、電影院之吸音牆面。

11. 製藥廠、食品廠、電子廠、醫院、餐廳、幼兒園、倉庫…等之室內外排水溝防蟲、防污染覆蓋。
12. 海邊、化工廠等需耐蝕性要求之排水溝上覆蓋。
13. 垃圾掩埋場最終表面覆土保護鋪地設施。

流程：



技術原理：本產品主要利用，由於該陶瓷體系以顆粒狀型態燒結而成，其各顆粒間之空隙大小可任意控制，相對其接觸表面積亦較大，並使其具有良好流體滲透性及吸附性，且能保留適當之水份及空氣於各空隙間，以提供相關有益微生物菌生長之良好環境。此外，因各顆粒間係利用高溫燒結而成，所以具有較佳之結構強度，不易產生破損之情況且具高化學穩定性，故可應用於人行鋪道、漁業養殖過濾介質、農業植栽介質及基床、有機廢水處理介質等相關環保性產品。

(五)銅粉：

用途：

1. 重新煉製成銅錠。
2. 各項含銅製品之原料。

廢棄物回收再利用：廢棄物含銅污泥處理

流程：含銅污泥→**硫酸溶提**→硫酸銅溶液→**鐵粉置換**→銅粉

技術原理：污泥中所含重金屬成分經硫酸溶提，液體部分成為硫酸銅溶液，利用氧化還原電位差原理，藉由鐵粉還原溶液中的銅，屬自發性反應，可得到具高純度之銅粉。

(以上摘錄自經濟部工業局之資源化工業網，尚有其他製程亦可自行參閱)

(六)玻璃纖維強化塑膠(FRP)廢棄物資源化

1. FRP廢棄物回收再利用

玻璃纖維強化塑膠(Fiber Reinforced Plastics, FRP)及複合材料(Composite Material)現在已為世界各國在各領域中廣泛使用之材料，自一般民生化工，如浴缸、水塔、遊艇、漁船、網球拍、釣桿、自行車、建材、印刷電路基板、家電產品、電子、電機零件、汽車零件，以至於航空、太空的零組件。台灣每年在複合材料/強化塑膠之產量約40萬噸，在製程中及廢棄物的產生量相當可觀，其中廢玻璃纖維的量約2.5~3萬噸/年，廢FRP產品約1.5萬噸/年，廢印刷電路基板約2萬噸/年。這些廢棄物之回收再利用與資源化不但具環保意義，且更有經濟效益與社會利益。

2. 日本FRP工廠廢料回收狀況

日本FRP製品之年產量約為50萬噸，廢料量約佔9%，即每年廢FRP產量約4.5萬噸。FRP廢料委託處理費，平均每噸約7~13萬日元，目前處理方式為70%委託處理，30%自行處理。日本廢FRP再資源化相關的公司最主要有6處，分別在東京都真岡市、大阪府大東市、愛知縣、福岡縣、長崎縣及茨城縣。

下圖為日本富士田商株式會社廢料回收流程

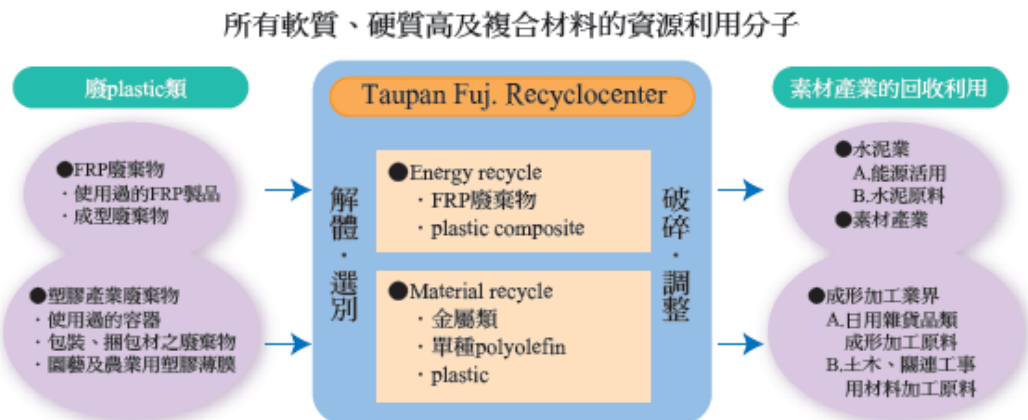


圖14.5 日本富士田商株式會社廢料回收流程

第二節 潛在危害分析及預防對策

從上面的例子中可以看出，資源化產業內容甚廣，除了上述的產品外尚有諸如環保橡膠材料、各類環保金屬及其化學品、環保肥料、環保織品、再生紙類、再生玻璃砂、甚至塗料、玻璃纖維板、助鋸劑、環保雷射碳粉匣等。

由於資源化產業由於範圍很廣，其流程隨廢資源回收及資源化過程有很大的差異，因此其危害類型甚多，不過由於其為廢資源之利用故其危害也有一部分共通的地方，以上所述之危害分析彙整如下表：

資源化工業主要危害分析表		
作業別	危害來源	危害種類
回收廢資源前處理	1. 相關機械設備 2. 回收的廢資源	1. 機械撞擊、切割傷 2. 作業人員接觸危害物 3. 人因工程危害
資源化物理性處理	1. 篩選機、清洗設備、乾燥設備、粉碎設備 2. 回收的廢資源	1. 切割、夾捲 2. 噪音、粉塵危害
資源化化學性處理	1. 化學儲槽 2. 回收之廢液	1. 作業人員接觸危害物 2. 火災、爆炸危害
廢棄物處理	1. 廢水處理設備 2. 相關攜帶式電動工具	1. 墜落、溺斃危害 2. 感電、滑倒危害

1. 回收廢資源的前處理：回收之資源間要注意其相容性問題，經過篩選及清洗，廢資源常具有惡臭，會刺激上呼吸道，廢資源也有可能會割到手，也有可能存有化學物，因此勞工作業時時應戴適當的口罩、手套，以預防輾傷及吸入有害物質(如有顆粒進入眼睛之虞應戴安全眼鏡)。如果有使用化學清潔液清潔更要有適當的通風設備以防止人員中毒。另外也要注意有些生物性危害處理，勞工如果會過敏應考慮選擇適任勞工。如果此階段要用許多人工分類則要考慮搬運及人因工程作業的安全衛生問題(如使用振動篩或轉盤要考慮機械安全及振動危害)。

2. 資源化物理性處理：處理廢資源除了前述的篩選及清洗外固體廢資源通常要經過乾燥、粉碎階段，乾燥用烘乾機要注意感電及高溫危害的防範，粉碎用粉碎機處理，此階段會有粉塵發生，則要注意機器加料的安全及勞工粉塵危害的防止，有關粉碎機安全及粉塵危害的防止請參考附錄壹。另也有可能運用到輸送設備，此時要注意機械的安全防護(主要為夾捲危害)。如果噪音過大應進行作業環境測定，同時提供耳塞或耳罩供勞工使用。
3. 資源化化學性處理：化學處理應依據其化學處置的危害採取適當措施，如工程上儘量運用較無害的處理方式，以用低毒性化學品取代高毒性化學品，另要有通風設備，勞工應提供防毒口罩，依法令辦理作業環境測定，及辦理勞工體格檢查及健康檢查。並依使用化學品特性實施特殊健康檢查。
4. 廢棄物處理：資源化過程中有可能運用較大的水池或廢水處理設備，廢水處理設備除依據環保法規辦理外，地面上濕滑，因此勞工要注意防滑，穿著防滑膠鞋，廢水處理場所要注意一般照明、用電安全(感電)及人員墜落防止。因此穿著適當防滑膠鞋，依據法規規定如於現場使用移動式或攜帶式電動機具，應於電路上設置防止感電用漏電斷路器，廢水池建議加裝護欄或於池面上加裝安全護網。

參考文獻：

註 1：91 年及 94 年資源化工業輔導計畫、95 年工業廢棄物清除處理與資源化輔導計畫、行政院環境保護署全國事業廢棄物管制中心。