



設施栽培之廢棄物處理

國立中興大學農業機械工程學系／黃裕益教授

隨著國民對食品、生活品質需求的提昇，於蔬果、花卉等園產作物的消費也邁入多樣化、周年化及高品質化的型態。因消費型態的變化，將導引農業利用設施生產的方式，以人為資材克服自然界不利農業生產之因素，製造多樣、高品質的農產品以因應消費者需求。而在設施栽培過程中，人為資材的投入所伴隨廢棄物的產生，相對的加重環境之負荷。例如過度施用化學肥料，造成土壤鹽類蓄積及土壤病蟲害的增加，為防治土壤病害、線蟲等原因形成的連作障害，利用溴化甲烷進行土壤消毒導致破壞臭氧層；廢棄塑膠布或養液栽培中廢液的排出等。基於消費者對農產品要求自然、安全與健康的導向，於設施栽培中如何減輕環境的負荷，已為一迫切之課題。設施栽培所衍生的廢棄物可分類如下：

- 一、生物性材料：如不良品種苗、花卉之摘棄葉片，分級切齊作業之殘梗，生產過程中淘汰的作物等。
- 二、非生物性材料：可分類為氣體、液體與固體。
 - (一)氣體：施用農藥逸出的揮發物，堆肥製作之

臭味，熱風機使用時排出之廢熱氣。

- (二)液體：灌溉作業中未被利用流出設施外面的廢水，通常含有大量化學藥品。排出的多餘養液，逸出設施的農藥藥液等。
- (三)固體：主要為塑膠製品，例如穴盤、塑膠布被覆材料、不織布等。

對於生物性材料的處理，一般以掩埋分解為主，但是大量拋棄的廢棄物則容易造成污染。而已感染病害的病株任意丟棄容易散布病菌，小型生物材料的焚化爐對於規模大的栽培業者，已有設立的必要。對於非生物材料而言，氣體與液體之污染，不但危及了環境，也是投資成本的多餘浪費。尤其在高冷地進行設施栽培的切花、球根花卉生產區，排出之廢水往往流入集水區污染了下游城市飲水的水源。目前由於生產面積比例不夠顯著，尚未被社會大眾重視。但是對於含高濃度化學品廢水的處理必須加以解決。此方面的技術在於灌溉、施藥技術之改善與設立廢水排出收集處理系統。

對固體材料而言，目前之處理方式不外乎集中堆積待其分解，加以掩埋、加以焚燒與丟棄河川等方式，此種處理方式並未能解決問



題，對於塑膠布等材料，必須建立廢棄物處理中心加以集中處理。而此方面作業涉及了法令問題。此文章之內容僅以鄰近國家中，塑膠布用於農業比例最高的日本為例，介紹日本處理技術以供參考。

隨著日本設施栽培利用面積增加，PVC 與 PE 等廢棄塑膠布的排出量也為之增加，而所有相關的廢棄物更包括穴盤，不織布等種種農業資材。目前日本對於農業廢棄物的處理方法包括粉碎、掩埋、回收再生等方法，而目前立法傾向於由原先製造的廠商負責回收原產品，處理方法主要為再生處理技術、焚燒處理與掩埋處理。依 1998 年之統計資料顯示，日本農用廢棄物回收再製成品約 28%，焚燒約 36%，掩埋約 24%，其他約 10%，另外業者回收約 2%。其處理方法如下：

再生處理

再生處理技術共分為五大類：

(一) 洗淨再生處理 (PVC)

此處理之流程如圖 1，包括：廢塑膠布回收→分類、去除雜物→粗碎→一次、二次水洗淨→破碎→PE 分離→脫水、乾燥→去除金屬→造粒→塑膠顆粒成品

流程各作業說明如下：

- (1) 去除雜物與切碎：自田間收回的廢塑膠布約 105 公斤一捆，必須去除金屬，農作物殘梗等雜物。
- (2) 粗碎：利用單軸(周壁附切刀)或雙軸式粗碎機。
- (3) 水洗淨：再製品之品質是否良好，取決於此洗淨階段中作業是否完善，通常利用水流沖散附著泥土、砂粒、鐵釘、木片等雜物，新式的洗淨工作是在清洗水槽內加入超音波作業。在洗淨作業過程排出之廢水必須以沈澱池加以處理，以避免沖洗污泥的二次污染。
- (4) 二次破碎：洗淨後的廢棄物再以粉碎機再次粉碎，所用機型與第(2)階段之機型相同，但篩網更細。
- (5) 比重分離：利用比重之不同，將 PVC，PE

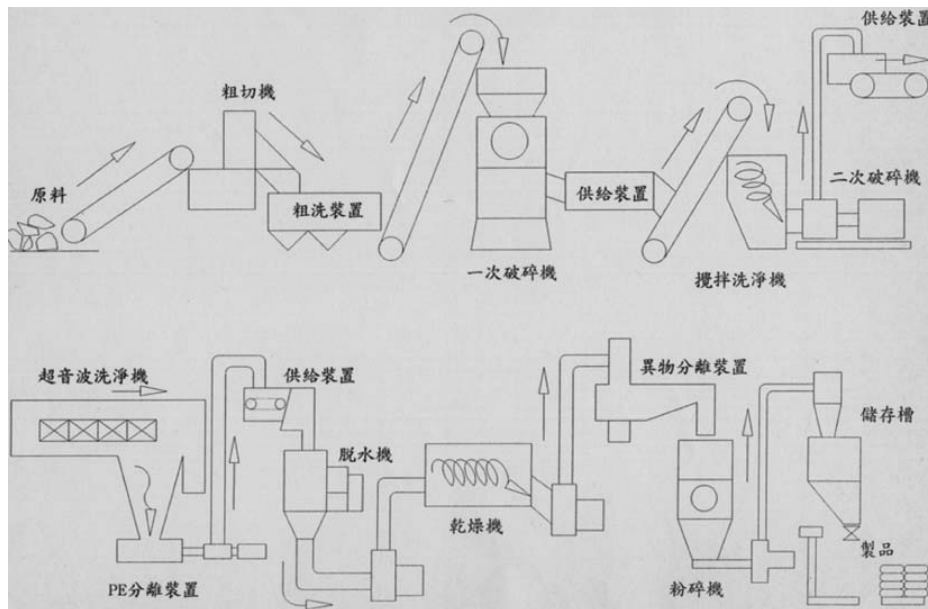


圖 1 廢 PVC 再生處理流程

等不同性質之材料加以分離。

- (6)脫水、乾燥：利用高速脫水機排出水份，再以熱風乾燥。
- (7)金屬分離：利用磁鐵吸出殘留的金屬粒、金屬碎片。
- (8)製粒：以擠壓造粒方式產生顆粒。

(二) 不洗淨再生 (PE、PVC)

此種作業流程如下：回收廢棄 PE、PVC → 分類，去除雜物 → 粗碎 → 乾燥 → 射出成製品。流程各作業說明如下：

- (1)分類
 - a. 以單一樹脂製品為目的，回收之原料依 PE、PVC 類，並去除雜物。
 - b. 以混合樹脂製品為目的，僅去除雜物。
- (2) 粗碎：同單純洗淨再生。
- (3) 乾燥

除單純洗淨再生中所利用之乾燥機外，對於 PE 再用時為去除含有大量之土砂、水分，開發出攪拌式乾燥機。經此乾燥機一次乾燥後，再經破碎、二次乾燥(氣流乾燥)，可得到土砂、水分含量極低之廢 PE。

- (4) 旋風收集桶收集、包裝
- (5) 熔融擠壓

使用特殊之擠壓機將顆粒熔融，灌入模具內後冷卻成形。

(三) 製成固體燃料 (PE)

由於廢棄 PE 塑膠布發熱量極高(110,080 kcal/kg)，燃燒時也不產生有害氣體，將廢 PE 熔融後，混合樹皮、木屑、稻穀等易燃性農產廢棄物，製造成固定形狀之燃燒材料。

(四) 壓縮減少容積 (PE、PVC)

廢棄物經單軸機擠出成型，用以為排水溝之建材。製造程序係利用短軸擠壓機將 PE、PVC 一同粉碎成為約 10mm 左右的成品，作為暗渠排水時之回填材料。

(五) 能源回收方式 (PE、PVC)

以省能源為主，將廢塑膠布以熱分解(約 500℃)後回收燃料油。熱分解裝置有固定式熱分解爐、回轉式熱分解爐及減壓熱分解裝置等。有下列之處理方式：

- (1) 固定式(迴轉式)熱分解：固定式(迴轉式)熱分解爐內 PVC 加熱分解後，將所產生的氣體冷卻，凝縮油分可回收約 20% 的酸性燃料油。
- (2) 減壓熱分解：由減壓熱分解室、排氣洗淨槽、消臭裝置等構成，於密閉減壓室內行熱分解以代替燃燒，進而將有機物炭化，所產生之排廢氣並於氣泡洗淨槽內除去毒性，不溶性之臭氣氣體以消臭裝置完全燃燒。以減壓、無氧狀態之分解室進行熱分解，可抑制有氧狀態下燃燒產生載奧辛之現象。對一些無法再生的不良品或枯木、草等混雜物也可同時處理，不須將 PVC 及 PE 分類，操作過程簡單。本身所產生的瓦斯可再利用於循環加熱之熱回收系統。
- (3) 其他再利用法：包括可塑劑抽出再利用、混凝土骨材內混合等。

焚燒處理

回收之農業用廢棄塑膠布中，有些已變質不適合再生利用，可以焚化爐焚燒的方式處

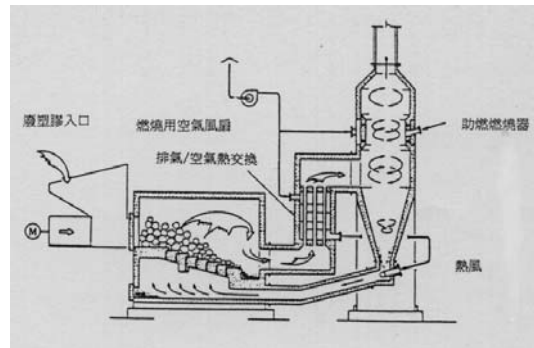


圖 2 PVC 焚化爐例

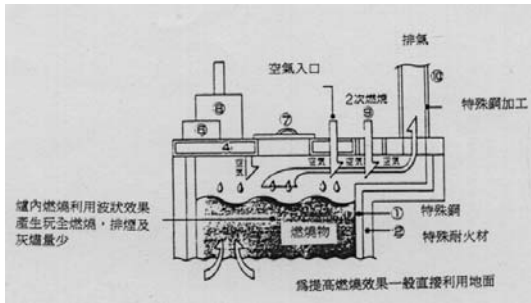


圖 3 PE 焚化爐例

癌物質污染(6)水質污染、優養化(7)水資源使用量(8)能源使用量(9)礦物資源使用量(10)掩埋固體廢棄物等，如何於設施栽培過程中，開發減輕環境負荷之栽培與廢棄物處理技術，國內急需加以重視並研究解決方法。

理。但 PVC 焚燒後產生有毒氣體(HCL), 廢棄物焚化爐排氣中 HCL 量必須合乎法令規定值。

掩埋處理

農業用廢棄物塑膠布於農產物生產過程中可能有農藥附著，或塑膠布生產過程添加之重屬等，若掩埋方法不當，致使上述有害物質滲出將形成二次公害。而目前農業用廢棄塑膠布的掩埋類同都市垃圾的處理方法，也有將塑膠布先加熱擠壓成塊後再掩埋之方法。

環境改良之利用

塑膠材料有生物容易附著之性質，農業用廢棄塑膠布經過適切加工後，可利用作為生物處理中微生物的生息場所，達到淨化水質之目的。

由上述所開發的技術可知，日本在農業廢棄物方面已著手建立其處理技術，並已建立示範處理廠，再以立法與租稅方式鼓勵塑膠布製造廠商加以回收其製品。另外，日本也於2000年開始研究利用 LCA (Life circle accessment, 自原料取得、製造、流通、使用、廢棄等成品的全程，分析評估其對環境之影響) 的方法，建立永續的農業生產體系。於設施栽培中，所產生的廢棄物對環境之負荷包括(1)地球溫暖化(2)臭氧層破壞(3)酸化(4)大氣污染(5)重金屬、致