

環境淨化與廢棄物資源化之探討

李 明 毅 *

一、緒論

環保意識之提升仍世界之潮流，國人為了維護自然生態環境與生活空間品質，社會正面臨環保風暴之衝擊，如街頭抗議，集體圍堵，自力救濟等激進手段之層出不窮，使原本富裕安定的社會，造成混亂與脫序不良現象。

目前對於污染公害之廢棄物，廢水之處理有很多種理論和方式，在效用及經濟效益上，互有不同，但不論是中間處理或是最終處理，仍然有相當量之殘餘物產生，這些殘餘物，或是難以處理，或是處理成本很高，甚至於高過產品本身價值，而形成目前的廢棄物問題，另一方面，在生產過程中，利用價值低或對本身無用之物質亦成為廢棄物，若無法將此殘餘物或廢棄物加以妥善處理，則將造成污染與公害，本文所介紹為目前國內外針對此種屬於高成本或高難度處理之廢棄物質，提供一些低成本且有效之出路，進而將它們再資源化，期望達到物盡其用之目的。

另外，對於在流動性社會活動中，所產生之其他廢棄物，是否應視為公害廢棄物，或如何有效處理利用，均屬靜脈性產業之範圍內，有必要將靜脈性產業所具有之意義與特殊功能，附帶加以探討，供為國人對廢棄物資源，所扮演之重要性，有所認識，並重新樹立環保時代新觀念。

二、污染公害之探討

(一)廢棄物與公害之形成

首先就今日環境保育工作中，極為嚴重之污染問題，作一脈理性之探討，污染之形成大約可分為四項主要原因：

1. 污染源之量多，則問題多

目前所謂污染源，大都自古以來即已存在，以前不僅未發生問題，且將其視為資源，譬如以往在鄉下養豬，則其肥水，農民爭相汲取，而今養豬污水，卻成為污染之棘手問題，其原因乃在：(1)量小且分散，負面效果不明顯；(2)污染源之量相對於大自然自淨能力——分解／吸收——比例很小，故很容易被消滅，但今日污染源量大，而且集中，負面效果凸顯，單

* 財團法人台北市七星農田水利研究發展基金會技術顧問

憑大自然自淨能力，不僅無法維持平衡，且因污染超過大自然負荷，自淨能力相對地被減低，以致於加速污染狀況之惡化。

2. 分解、合成、精練，使自然物質改變其性狀

科技之發達，使某些資源之結構作重新之整合，而轉化為另一種新物質，由於過度精練集中，產生重疊效應，而成為有害之物資，例如重金屬，事實上，原本存在於自然界中，依平衡原則而不造成危害，今日有害之物質，若千萬年後，亦可能再稀釋轉化為無害，但就目前而言，吾人卻急欲將其消弭或減低於一時，因此必須付出相對之代價，在另一方面，由於物質文明之進步，以及人口之增加，資源之需求愈來愈高，因而設法榨取歷代所形成之資源，造成日益枯竭之現況，自然界生物之食物鏈，大地之分解，轉化作用，均遭受到破壞與滯延，因此，資源之再生，以及多層次應用，已成為當前環保重要之課題。

3. 追求經濟發展，以社會成本作為產業之利潤

為追求高經濟效益，產業界偏重於正面投資，而忽略或漠視負面之影響，此亦時代背景使然，固然有些是投機心態而造成短視，以追求目前利益為先，將本身產生之污染、廢棄物、推給別人或社會，但現實上，面臨國內外強烈競爭下，降低產品之成本，實為創造利潤，占有市場之首務，其中將污染、廢棄物等之處理成本無意中推給外界，乃是最直接簡便之方法，另一方面，現行之公害防治，常造成成本上相當之負擔，以致於產業界不願去做，盡可能推給社會大眾或政府來承當。

4. 受害日增，已逼近可容忍程度

與其說民衆環保意識提高，而對污染重視，不如說受害程度，愈來愈無法忍受，以致於一朝被蛇咬，見繩尤自驚之陰影，公害之歷史殷鑑與國內外慘痛之教訓，正是促成今日環保意識高漲之原因，若說社會對產業之要求過於苛刻，索求無度，有些雖是事實，但產業自身，應以自我約束，不使污染公害危及社會大眾，及環境生態，則這種情形，自然不致發生。

事實上，人人製造污染，人人承擔污染，污染只是大自然循環之暫時脫序現象，廢棄物皆可再生資源化，若處理得宜，造福人群。

(二)廢棄物之意義

天生萬物皆有其用，其所具有之『價值』乃依據各人使用之時間，地點方式而大有分別，當價值低時，即成為所謂之『廢物』，而廢物如能有效地提高其使用價值，便成為資源，此種例子，比比皆是，隨著生活水準之提高，以及產業技術之革新，大量搜括自然資源以製造廉價之成品，因此，各種產品之有效價值被低估，人們只汲取其中部份自己所需之效用與機能，其他視為廢物而丟棄，造成大量廢棄物之出現，若不處理，則形成危害社會大眾之污染公害，最後仍然由社會成本吸收其所成及衍生之損害，於是處理上之需要時，形成一種毫無效益之額外負擔。

在面對廢棄物處理時，出現兩種不同途徑，即一是設法銷毀，移動以及轉變之消極壓抑方式，此即目前大都採用之方法，此法雖然治標上很有效，投資較少，但其所衍生之後遺症及危害在日後將形成更嚴重，而成為必須付出更高昂代價且難以收拾之局面，另一種乃是朝

向淨化，回收及資源化之積極疏導方式，即將產品之各項價值，作充分之發揮以再利用，或將其他成分，轉變其他使用之用途，如副產品，或將其具低經濟價值之資源經處理後成爲高經濟價值之資源，這種方式，也許要考慮其初期投資，及再生產品之活用，但就整體而言，不僅具有減少公害及創造資源之利，且不產生後遺症，其效益遠較消極處理爲高。

在目前各種資源物質大量被開發消耗情情況下，預期不久的將來，其資源物質取得必愈來愈困難，且成本愈高，因此，珍惜資源即是未來重要課題，而提高其應用價值亦是另一有效之方式。

三、現行環保措施之探討

政府對環境保育，目前在管制方面，頗有建樹，而民間環保意識與自力救濟，亦帶給製造污染公害者相當程度之壓力，反觀各產業者亦覺醒此爲時代趨勢所向，已漸捨棄以前圖社會成本爲己利之觀念，而有意願去改善，但面臨的問題，是如何才能有效且經濟地處理這些廢棄物？此答案，不僅民間抗爭者，就連政府有關單位，亦無法適時提出一套可行之處理方式，只好任其紛爭不斷增加，污染日益嚴重，現就目前解決之模式加以分析探討。

(一) 現行消極環保措施

1. 限制產業：

以立法、監視、罰款、停工等措施，對產業界施予壓力，迫使其改善，然而在尚未有妥善處理方法及較有經濟效益時，其結果只會導致產業之萎縮，投資意願下降，而市場競爭力亦低。

2. 賠償：

即對污染之受害者提出賠償，無論以任何名目支付，這種方式，對往日受害無法復原，且對禍源並未作任何處理改善，將繼續污染，預期未來仍須以金錢再作收買環境品質及國土之健康而已，試問這片土地與人民尚有多少可供出賣？

3. 遷村：

這種將住民，移往他處之方式，乃是暫時堵住民衆叫聲，事實上，不僅沒有處理，且任其擴大，如果台灣各產業均以此種模式爲例，則未來不知往何處遷地爲宜？

4. 遷廠：

遷廠之目的，乃在移去污染源，無論移轉集中管理，或遷往偏僻地區，其產業仍然具污染力，將造成另一新污染地區而已，並無助益，在另一方面因遷廠所損失之人力、財力、設備等皆爲毫無效益之浪費。

5. 用途轉移：

此與上述之本質相同，只是對象由人民轉爲土地而已，比如農地變爲工業用地，鹽地變爲飛灰用地，則對於國力有基本安定作用之土地，皆因不得已而改用其他用途，日後亦無法恢復，區域發展遭受扭曲，將來將成一大穩憂，雖然以行政命令，可以使地目地價提高，事

實上對土地價值上卻是一負面影響，另外土地持有人將因污染土地而獲得暴利，則引發蓄意污染之誘因。

6.掩埋：

將污染禍源，以表面粉飾方式，欺瞞於暫時，禍延子孫，隨時皆有發生公害之可能性，最明顯之例，如垃圾掩埋所造成二次公害，以及深入層次將可能持續數拾年乃至數百年間，無法收拾之後患。

7.焚化：

以目前不論什麼東西，放一把火燒了，就一了百了的做法是非常危險的，燃燒過後的廢氣，含有一氧化碳，二氧化硫，戴奧辛等有毒氣體，將形成二次公害，燃燒後之衍生物飛灰、爐渣、不燃性物質，還是需要進一步處理，事實上，焚化只是廢棄物減量轉化的中間處理而已。

8.直接海拋方式（公害推給大自然式）：

昔日以為海洋面積廣大，其自淨能力無窮，但證之於今日，卻已明顯地呈現此種假設並不正確，實際上海洋之自淨能力，十分有限，廢棄物大量海拋之結果，造成海洋被污染，生態環境被嚴重破壞，因此，世界各先進有識之國家，不僅立法嚴禁直接海拋，且亦限制他國對海洋有任何污染，生態環境破壞之行為，我國亦受到過警告，足以說明此法不可行。

9.直接屯積方式（公害累積方式）：

在過去廢棄物量少，且土地使用率尚低時，許多產業之廢棄物常以移地屯積之方式，如今由於後遺症之凸顯，以及土地使用價值之提高，已成為另一項必須解決之問題，例如過去所堆積之電石渣、石灰渣、爐灰……等，因長期在大自然環境下所產生之分解，蝕透作用，其原組成之成分對地下水、地質、地力均產生嚴重之影響，而該地區之生態環境亦遭到破壞，如景美地區，旗後地區之電石渣、石化廢棄之屯積場，皆已達到必須作再處理之關頭。

(二)積極之污染公害處理方向

以上所言各種處置方式，可謂均屬於消極性之作法，有『要馬兒肥，又要馬兒不拉屎』之妄想，不僅對受污染者之已往無法補救，且對未來將產生嚴重之負面影響，積極之環保理念，應具有下列條件：

1.禍源之減少與消除：

廢棄物之產生，不應成為污染公害之禍源，此宜由分類、回收、製程變更及最後處理各種方式促成，若量減少，害降低，則可減少其污染危害，而經處理成無害之物質時，則可消除其禍害。

2.環境復原：

對既受污染傷害之區域，宜設法復原，不應以毒瘤視之而棄之不顧，因其區域不僅無法妥加應用而成爲障礙，且本身仍然具危害之能力，如臺南市富源化工所造成之污染使該地區長期無法使用，且在這段期間經常危害人畜、地下水質惡化擴大，桃園之鎘污染地，長期荒廢且面積日益擴大，因此，應設法使該污染禍源徹底根除，環境復原。

3.廢棄物資源化：

廢棄物資源化之觀念，乃在於一向被視為廢棄物之低值物質，經轉化，移用為高值之資源，藉此，可使廢棄物成為『原料』而有其出路，且因高值化之結果，將產生經濟效益。

4.處理成本之降低：

對污染物、廢棄物之處理有多種方式，但都必須考慮其可行性及經濟效益，高成本處理方式，不僅是無效浪費，且影響產品在自由市場之競爭力，前瞻性之方法，實用之設備，新穎之科技，應隨時考慮。

(二)對政府之建言

大型事業單位或公共投資，大都為政府所有，而政府更主管經建及環保，因此，期望各單位能在各方面予於支援、誘導。

1.作成專案及效益分析：

因廢棄物處理及資源化，隨處理對象，物質，再製品之使用、地理、人文等環境條件不同，其價值亦有所差異，不宜概括同一模式，應以個案作檢討分析，以期得到最合理與最大效益。

2.整體性與前瞻性規劃：

在廢棄物處理上，目前尚未有整體性與前瞻性之規劃，皆以表面及點的方式為對策，頭痛醫頭，腳痛醫腳，亦因此衍生許多不良之後遺症，因此寄望主事者，能就整體性及前瞻性作一基本架構之規劃充分發揮整體效益，為子孫造福。

3.法規及政策上之配合：

法規乃是一種導向之制約，而政策為推行之動力，雖然最近相關立法頗多，但應考慮執行上之技術，以免空具條文，而政策上期以領先導向代替現行之事後補救方式，將可能造成損失及社會成本等，轉用於獎勵誘因，則將更為有效。

4.相關單位之協調：

從廢棄物之產生，處理到出路，所涉及者，並非單獨一個單位，所以必須事前妥加安排，否則將產生各單位間之二次問題，因此寄望政府能對相關單位，予以事先協調，以利實施。

(四)對民間之建議

1.環保工作，人人有責：

消極方面，自己所製造之垃圾，無用之廢棄物，應自己處理，不應危害他人而創造自己之利益，這種觀念，必須建立，才能擬定合理之成本，不能以我丟，你撿的心態，去要求別人或政府來處理。在積極方面，應以自己不需要之物質，設法處理，轉化為有價值之資源，提供自用或他人使用，如此，不僅可降低廢棄物處理量，減少社會成本支出，及資源之浪費，甚至為自己創造額外收益及提昇自我形象。像垃圾是大家共同產生的，只要大家多分擔一點責任，今天之為害必將減低。

2.污染者付費：

從前面探討可以瞭解，人類在資源利用的過程與結果，無法與大自然的循環相配合時，就會有污染的產生，所以人人都是污染源的製造，只是程度上有所差異而已。因此，較大污染者，應負擔較大的費用，較小污染者，負擔較小費用。大家共同減少污染，大家減少負擔。而不能一味指責別人的同時，忽略了自己也正在製造污染，如大家不喜歡垃圾，卻大家都在製造垃圾。大家需要乾淨的空氣，卻不斷排放廢氣。

3.充實環保知能：

國內環保知能的欠缺是一大隱憂，不論在政府相關機構或一般民衆，在專業上，或認知上，都有待加強。今天，很多情緒化的無謂爭議，以及環保工作之無法順利推展，事實上，就是人才的不足。如何培訓專業人才，如何溝通民衆，如何從教育著手，為環保生根，是大家共同的課題。

4.環保基金之設立：

今天之資源可能是明天的污染源，今天的廢棄物可能是明天的資源，過去的石油廢棄物，變成今日的化工工業，多氯聯苯之今昔觀，即可說明這一事實，公害之為禍，有時甚難預測或控制。所以誠如保險業之分擔風險，減低個別損害觀念，在政府或事業機構，應有非常基金之設立，以備不時之需，而在民間也要有相對之基金，以協助環保工作之推展。

四、靜脈性產業之簡介

(一)靜脈性產業之意義

人體包括所有動物之血液循環系統，係由動脈及靜脈而成，先由心臟送出之乾淨血液及組織所需之養分，經動脈流入全身各部產生體能，而變污濁，經靜脈流回心、肺、腎等，循環器官淨化後，再度經動脈繼續不斷地循環流動，提供各種體能之需要，如此有動脈與靜脈雙向功能之維持平衡，並不斷的循環，人體始能維持生命之存續及活動。

現在社會中所有一切物質循環亦然，假定生產事業為『動脈性產業』時，它提供我們日常所需之種種資源，但同時亦產生了所謂廢棄物質，為維持流動性社會環境之平衡與正常，而不致有公害之發生，應具有靜脈性意義及功能之『靜脈性產業』以資相輔配合。

生產事業即在資源中選鍊所需之物質之同時，也會產生殘餘之廢棄物，在使用者攝取本身所需之『價值』後，剩餘物質即成為廢棄物，如無具有靜脈性產業回收，再處理之功能互相配合，則將失去平衡而產生污染公害。又在人類生活中所必需之物質供應上，依食物鏈之自然循環原則下，本應無廢棄物之存在可言，所謂之廢棄者，不過在食物鏈過程中，所必需之鏈鎖物質，並未妥為利用，一旦斷絕食物鏈或跳級隔層，不但造成公害而破壞生態環境，同時人類所需之物質來源將被浪費，而加速減少。

因此，靜脈性產業之意義及功能，不僅在處理公害，且在資源之供需上，亦具備生產資源之能力，而有產品之產生，因此所謂之『靜脈性產業』者，乃在於防止公害同時，使有效地再生利用，使所有廢棄物資源轉為有用之生產物資源，並使公害投資轉為具生產力之生產

投資，始能符合靜脈性產業之意義及功能之目的。

觀及現今社會為防止公害上，總須投入鉅額處理公害之投資，且須長期營運消耗，而付出龐大之社會成本，成國家社會全體之沉重負擔。如僅為防止公害投資而耗費，不但不符合經濟要求，並且浪費寶貴資源，實在應加斟酌檢討，若能發展靜脈性產業，使在防治公害上之投資能轉變為另一種生產投資，而使公害廢棄物轉變為生產物資源，並使其產生具有高經濟利益之產品時，所有一切公害問題均能同時迎刃而解，如此一來，過去在動脈性產生之一切廢棄物，將不再是廢棄物，反而變為靜脈性產業中所必須之新生資源，或人類所需之物質。

靜脈性產業所涉及之範圍甚廣，因所需之生產資源，係以免費取得或收取代處理費用之廢棄物，在經濟條件上，立於極有利地位，例如迄目前已開發完成之各種靜脈性產業科技，其中較具代表性者，舉例說明如下：

(二)廢棄物再生及資源化舉例

1.光合成細菌之糞尿等有機廢液(水)處理及菌體利用：

在處理各種糞尿，排泄物及動植物有機性廢水，可利用光合成細菌加予處理後，而產生了大量光合成細菌體之副產物，成為高經濟性之寶貴資源，也可以說是一種為生產取得對人類極為重要之光合成細菌體資源之食物。造成污染水源主要原因之一之糞尿，排泄物以及各種動植物有機性廢水，將轉變為有用之生產物重要資源，因為光合成細菌素有地球清道夫之稱，在食物鏈鎖反應過程中，可以將有機性物質，比一般微生物，更澈底腐敗、分解、酵化後成為低分子之食物，甚至於某些致癌物質及對人體動物有害之物質，均可將其轉變為飼料資源化而提供生長繁殖功能所需，光合成細菌之菌體成份則為重要之動物蛋白質來源，並含有豐富之維他命B12，核酸等多種稀有寶貴物質，營養值甚高，深具經濟價值。

依光合成細菌之特殊功能及物質構成，其用途很廣，可供為養殖池之水質之改良用或飼料添加劑，魚蝦之飼料，有機性菌類肥料、液肥，農業有益微生物增殖用、醫藥、農藥、農地土質改良用維他命B12及核酸之來源。

今舉例說明其經濟效益如下：在飼養1,000頭豬時，需處理糞尿廢液，每頭每日平均為2公升，經光合成細菌處理後，即為光合成細菌之菌體原液，其數仍為2公升/日，按現在市價，每公升原液150元計算時，即為0.03萬元/日，由1,000頭豬，每日產生糞尿排泄物，在處理公害同時，可生產30萬元/日之光合成細菌體可資利用。

2.利用農業廢棄物之循環性複合式新農業生產法

係利用各種存在之農業廢棄物，依照食物鏈之自然生產法，在不產生公害或廢棄物之原則下，生產人類所需求之穀物，菇菌、飼料、家畜、可食用動物魚類等農產品外，最後所剩餘之殘物，以最佳之活性有機肥還原於農地，其主要，大致上分為如下三階段過程。

(1)利用稻穀等農業廢棄物生產食用菇菌及複合生產免費飼料化

在使用每噸農業廢棄物(稻穀、稻草、蔗渣、枝幹、莖葉、雜草等)，先以食用菇菌子實體發生促進法之栽培法，在45天內可生產各種食用菇200-250公斤，而食用菇收成後，殘

餘之廢料，即為富高營養值且易消化吸收之動物飼料，因存在於稻穀之營養值，高於存在於白米之十餘倍，但因物質構成上之差異，一般動物之消化機能無法將稻穀消化吸收而一般情況下，被視為廢棄物，但利用食用菇菌之生物機能在栽培過程中，卻能將其酵化分解為易消化吸收之高品質飼料。

(2)飼養牛豬及有機基肥之複合生產

以上述所得飼料用以飼養家畜，並以消除惡臭、公害，在豬、牛舍內舖設之鋸木屑，摻和豬、牛排泄之糞尿，經牛豬之活動踐踏，自然攪拌混合後，可由微生物之作用而成為有機基肥，即生產豬牛之同時，亦生產有機基肥，若以飼養 250 頭牛為例，年可生產有機基肥約 2,000 公噸。

(3)有機基肥之活性化及培養蚯蚓之複合生產

上列由牛糞及木屑合成之有機基肥，可為最佳之蚯蚓培養料，同時蚯蚓，又為最佳之肥料製造者及重要之動物蛋白質來源，可供為家畜、魚蝦等之飼料用。在生產過程，先以上述有機基肥為培養料，培養蚯蚓，待蚯蚓大量繁殖，收成供為飼料用後，將殘餘之有機培料舖設於雞舍內，因殘餘有機培料中，尚含有多量之小蚯蚓，蚯蚓蛋及各種土壤微生物，可供為做無給飼（無需另行給飼料）養雞用，待成雞收成後，由牛糞、蚯蚓糞、雞糞等混合料，並經長期之自然發酵及蚯蚓、土壤微生物類之加工而成之最後殘物，即為高品質之活性有機肥料，將還原於農地以恢復肥沃農地，繼續生產農作物。

此新農業生產循環法，均利用大量存在之農業廢物為原料，以循環性自然生產法，加以整合組成一完整之食物鏈鎖之生產流程，在不產生公害原則下，生產糧食之食用菇，牛肉、蚯蚓（飼料用）、魚肉、雞肉等糧食後，最後之殘餘物，仍然以最佳之活性有機肥之姿態，還原於農地，以恢復過去過度依賴化學肥料而劣化之農地。此種方式，在每一生產過程中所殘餘廢棄物，均為下次生產物必需之生產物原料，廢棄物並不存在。

對於目前所面臨在農業政策之種種困難問題，如糧食自立化、農產品貿易之自由化、無公害化、精緻化、農村之經濟化、工業化、都市化等等，均能獲得合理之改善。

而在此特別指出，在所有生產之農產品過程中，所必需之一切原料，包括飼料及肥料原料，均取自於不易處理並造成公害之各種廢棄物，因此對此類資源物質之存在，是否應被視為公害廢棄物問題，有待重新評估。

三、污染土壤整治

台灣土地狹小，人口密度偏高，受污染的土地，日漸增加之趨勢，但是對這些污染土壤，目前缺乏積極有效之方法，而使受害土地得以重獲生機。事實上在日本就有很好的實例，值得我們借鏡。日本秋田教授在北海道地區，以荻草吸收重金屬，使受重金屬污染土地，重新恢復原來面貌。所以像桃園鎘污染廣大面積，應該可以全面調查分析，分成嚴重污染及污染區域，然後將嚴重污染之土壤，立即集中固化安全處理，以免污染區再行擴大，對一般污染區域，選擇成長迅速，根部深入，吸收重金屬能力強之作物，進行全面栽種成長後之作物，加以剪割、曬乾、焚化以收集毒害重金屬，並將焚化後之灰渣固化安全處理，如此重覆數

次栽種，直到合符檢驗標準，則桃園鎘污染土地，將重獲生機。目前民間團體——七星農田水利研究發展基金會，正結合有關單位學者專家，朝此方向推動，是值得推崇的。

四、固化再生資源化

在環境污染源中，百分之八十以上為固體物質，因其分解、溶解、擴散作用等衍生對水、空氣、環境造成污染，現行之各種處理過程，乃是將此種污染源作還原，如回收、析理、集中等，使其對環境之危害降低。

然而對於固體廢棄物原始污染源之處理，則尚無有效之對策，比如以集塵機所收集之飛灰，經焚化後之爐渣，水處理後之污泥等等，均缺乏適當之處理，先進國家，如美國為例，1976 年宣佈『毒性物質管制法』(TSCA) 和『環境保育及資源回收法』(RCRA)，大大降低了使用土地來處置有害廢棄物的可行性，1985 年 11 月，美國國會通過了 RCRA 之修訂條款（稱為“RCRAⅡ”），又加入下列之規定：

1. 禁止對某些特定固態物質使用土地處置。
2. 禁止使用土地掩埋法處置散裝或未桶裝之液態有害廢棄物以及含可流動液體之有害廢棄物。

然而，許多處理有害廢棄物的方法，最終仍會產生殘渣，土地處置仍是唯一用來解決這些含有高濃度毒性物質的方法。將毒害廢棄物，添加一些物質，以改變廢棄物之物理及化學性質，再加以固化，以適合掩埋或利用，是目前世界環保之所趨。

例如事業廢棄物包括都市垃圾及污泥等公害廢棄物，因含有重金屬及毒性等有害物質，無法利用於農業用（飛灰及爐石除外），因重金屬有害物質屬金屬元素，燒也燒不掉，無法消除，回收又困難且不經濟，唯一能防止重金屬之二次公害之方法，必須加以安全固化處理，使有害物質與廢棄物，一併固化在固化體內，使其無法溶出於外界造成二次公害，在固化公害廢棄物最重要之材料為固化劑，而固化劑之價格昂貴，致固化成本偏高，在經濟上甚難負擔，龐大廢棄物所需固化處理費用，致迄目前仍採用低廉有後遺症的掩埋法及拋海處理，導致嚴重的地下水及海域的污染。

而在靜脈性產業中，對公害廢棄物之固化處理利用，所需固化劑之原料均取自免費之廢棄物中，含有豐富氫氧化鈣及矽鋁氧化物等固化性物質，如電石渣、廢石尖渣、鹽渣、鋁渣、高爐石粉、飛灰、廢脫石膏等廢棄物原料，加工製成固化劑或輔助固化劑，即以免費的廢棄物為固化劑原料，來固化處理其他所有公害廢棄物，故處理成本極為低廉外，其所具有之靜脈性意義，尤為重要。

至再生化利用方面，在廢棄物中，如煤灰及爐石等良質之材料，供為製造煤灰混凝土，以代替 1:3:6 普通水泥混凝土用，製造各種建材、道路用路盤材料以代替傳統砂石級配料等土木建築用材料外，其他如垃圾、污泥等劣質廢棄物材料，則利用於埋設材料，供為造新生地利用，如此將公害廢棄物，在消除公害同時並做為有用之資源，再生化利用，使鉅額之公害投資轉變為生產投資。

1. 常用固化法及比較：

(1) 砂酸鹽和水泥為主之固化法 (Silicate and Cement-based)

通常加入一般水和其他如飛灰一類的物質與大部份濕的廢棄污泥直接混合，而形成塊狀或岩石狀成品。

優點：①添加劑價格尚可。

②水泥之混合及操作技術已發展很久了。

③設備上可使用現有之混凝土設備。

④可容忍不同化學性質的污泥。

⑤成品之強度及滲透性可藉水泥添加量加以控制。

缺點：①成品之結構易受酸性滲出水之影響，情況嚴重時，會使結構分解，而溶出廢棄物。

②當廢棄物含有不安定物質或干擾物時，需使用較貴的水泥及安定劑。

③會大量增加廢棄物之體積及重量。

(2) 砂酸物質與石灰為主之固化法 (Siliceous material and lime-based)

此法係利用含矽酸物質，石灰與水反應生成火山岩混凝土之硬物質，常用添加劑為飛灰及水泥窯灰。

優點：①添加劑非常便宜。

②處理設備操作簡單，施工容易。

③可以使用多種廢棄物為原料或增量骨材。

缺點：①會增加一些廢棄物之體積及重量。

②隨廢棄物成份，結構體有可能受酸性溶液影響，引起凝固及養護問題。

(3) 熱塑型固化法 (Thermoplastic-based)

此法為將添加劑如瀝青、石蠟、或聚乙烯與廢棄物混合熔融、冷卻後固化，以鐵桶或熱塑型劑加以被覆。

優點：①固化後之成品滲出率低於其他方法。

②成品對大部份溶液具抵抗性。

③添加劑易與廢棄物結合良好。

缺點：①設備較貴，操作技術較高。

②固化過程溫度通常高於 100 °C，有揮發性物質應小心。

③熱塑性物質通常為可燃性，處理需謹慎。

④廢棄物需先經乾燥處理。

(4) 有機聚合物為主固化法 (Organic polymer-based)

以聚酯類或聚乙烯樹脂與廢棄物充分混合，加入觸媒攪拌直到觸媒均勻分散，使其固化。

優點：①添加劑用量較少。

②無論乾、濕污泥皆適用。

③成品密度較小。

缺點：①污染物僅鬆散於結構內。

②在尿素—甲醛法中，所使用之觸媒為強酸：導致大部份金屬均溶於酸中而隨水流出。

③有些有機聚合物是生物可分解的。

④成品在處置前，常需置於容器內。

(5) 匣限化技術 (Encapsulation technique)

此法為以少量聚丁二烯將廢棄物形成立方體，並在表面包上一層高強度的聚乙稀，再行處理。

優點：①所有物質均被包裹與環境隔離。

②不需要再用容器裝置。

缺點：①費用很高。

②需要特別的裝置和熱處理技術。

③污泥需先乾燥處理。

④有些匣限化材料是可燃的。

2. 國人自行開發成功之 M. S. K. 固化劑具高經濟效益。

廢棄物之固化處理及資源化再利用，在國內外均被認為是一種可行之方式，而具有甚多成效及實績，但因受到固化劑及其固化技術之高成本，而使實用上未能全面性採用，深為可惜。

由國人投資之靜脈性產業研究，經多年投入巨資，潛心研究試驗，現已開發出經濟性之固化劑 (M. S. K.) 及固化技術。茲概略介紹如下：

(1) 原料之取得：

本固化劑係利用廢電石渣、廢石灰渣、鋁渣、高爐石、廢脫石膏、飛灰等，含有豐富矽鋁氧化物，氫氧化鈣及各種金屬元素等具硬化成份之工業廢棄物，為硬化劑之主要原料或補助硬化劑原料，另加小量之普通水泥及硬化促進劑，混合製造為土壤硬化系硬化劑成品，供為固化土壤及公害廢棄物之無公害化安全處理及再生化利用。

因主要硬化劑之原料，大都利用大量存在且目前尚難處理之公害廢棄物，除成本特別低廉，極具高度經濟性外，在環保上，利用公害廢棄物為硬化劑主要原料，供為固化，如垃圾焚火後殘灰、公害污泥、煤灰、土壤等其他所有公害廢棄物，使其不再發生二次公害之無公害化安全處理同時，並作為埋設材料（陸上及海中）、道路用鋪設材料及各種建材等，有效再生化利用，故其在環保上所具有之意義尤為重要，與一般硬化劑顯有不同。

(2) 固化利用對象：

①土壤類（不拘種類之各種土壤）。

②污泥類（廢水處理污泥、河川、湖沼、港灣、排水等各種污泥）。

③垃圾焚化後殘灰、煤灰等灰類。

④其他各種工業廢棄物、建設廢棄物、產業廢棄物等。

⑤農業廢棄物，如稻穀、木屑等農業廢棄物，利用為輕量骨材，製造高品質輕質磚材

等。

(3)用途：

①建材用途：以機械壓模製造各種輕重磚材。

(A)輕質磚材：比重0.8-1.8為建築用之高級輕質磚材，又因輕質磚材之隔音及防熱性甚佳，很適合作為各種隔音及防熱材料，品質佳成本低廉。

(B)重質磚材：比重在2.0-2.2程度，用途有代替普通紅磚之免燒磚、屋頂瓦、彩色美術磚，土木用方面有：護坡用擁壁磚、地面磚、人行道用磚、海堤、河堤、池堤、排水溝、水圳等用途之人工石料（較大型磚塊）又可製造代替各種陶磁製品：如花盆等製品，產品極為多元化。

②灌漿成型用（結構材除外）。

基礎，排水溝、灌漿水圳、護坡擁壁、河堤、海堤、人工漁礁等代替1:3:6普通水泥混凝土之一切用途（包括養殖池用）。

③道路材料用（詳請見土壤硬化工法道路用途說明書）。

本項用途包括軟弱土層之改良、停車場、各種廣場、飛機場、運動場、球場等用途。

④公害廢棄物之無公害化安全固化處理及再生化利用。

所謂公害廢棄物係為垃圾，污泥及各種工業廢棄物，因含有重金屬等有害物質，必須加以無公害安全固化處理，使有害物質經固化處理後，不再溶出於外界造成二次公害後，供為再生化有效利用。因廢棄物之數量極為龐大，通常供為埋設材料、掩埋窪地或填海造新生地，其施工方法與道路施工法大致相同，而最重要者，作為埋設材料經固化處理後，必須要達到有害物質不再溶出外界，造成二次公害之發生。

使用M.S.K硬化劑固化處理後，對有害物質溶出量，均能符合環保有關規定之標準。

(4)固化體之物性及重金屬類有害物質之溶出試驗（防止二次公害）。

固化公害廢棄物及再生化利用，其先決條件為固化後原有重金屬類等有害物質，不再溶出於外界，以防止二次公害之發生為最重要，而M.S.K.系列固化劑試驗例：

以（污泥1）+（飛灰2）+（垃圾燒却殘灰7）=100%

公害廢棄物材料+10%硬化劑配合比，經加壓成形之固體各種物性如下：

①單位重量比 : 1.9

②壓縮強度 : 117 KG / CM² (28天強度)

③透水系數 : 6×10^{-8}

④吸水後重量變化率 : +3.4%

⑤吸水後體積變化率 : +2%

⑥凍結融解安定度 : 安定

而最重要之有害物質溶出試驗，依照日本環境廳告示14號，檢定方法測檢定，完全無檢出任何重金屬物質之溶出，無二次公害之慮。

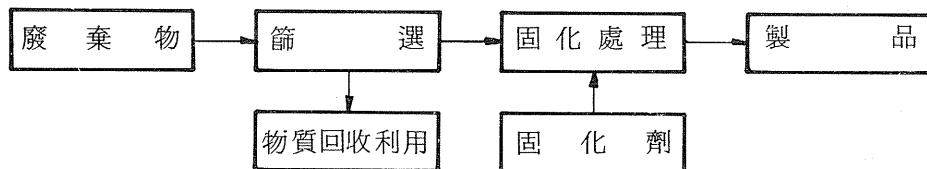
同材料以5%硬化劑配合比之固化體，浸入試驗液中24小時後，尚無重金屬之溶出，浸

48 小時後有小量之重金屬溶出，但尚能符合規定溶出量之範圍內，故硬化劑之配合量應有 5 % 以上，最安全是 10 % 以上始能達到無公害化之目的。

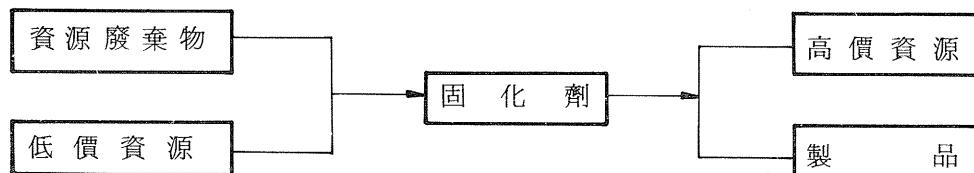
(依所使用之材料種類有相當之差異)

3. 固化處理流程圖

(1) 一般廢棄物



(2) 資源廢棄物及低價資源



(五) 煤灰、爐渣固化處理資源利用

以台電的煤灰，中鋼之爐渣為例，因量大而成為處理上的一大困擾，事實上，如以固化法處理，不但不會造成污染公害，還可造福鄉里，甚至為國家造就財富，茲說明如下：

1. 煤灰及爐石之物性

煤灰及爐石無含有害物質是世界各先進國家所公認（台電電研所有資料可稽）但煤灰中佔大多數之飛灰，係由收塵裝置收集之微粒粉飛灰，且比重甚輕，如管理不當，容易產生飛塵公害，若投海處理後，隨海流流動擴散，所到之處如同有大量塵土，沉澱固化後，披蓋於大海底面，塗佈於植物、藻類之表面而導致枯死，嚴重的破壞海底生態環境，斷絕魚類食物源，自然會影響漁場。換言之，直接海拋處理，乃是間接為害別人之處理方式。事實上，煤灰不但不含有害物質，卻含有豐富之氫氧化鈣及矽鋁氧化物等硬化凝固性物質，如有適當之水份及溫度，可產生自硬性之特性，實為良質之固化材料，例如普通水泥可添加 10—15 % 之飛灰為增量材料用，另外飛灰具鹼性可中和過度使用化學肥料而酸性化之劣化土質，可供作土質改良之用，其用途甚廣，為寶貴之第二資源。

爐石亦含有豐富之矽鋁氧化物及金屬成份，其物質構成類似水泥可用於製造高爐水泥，因質堅硬而結實，可供為各種混凝土之骨材用，代替普通砂石等骨材外，且具有軟化及淨化水質之特性，可利用於養殖池水質改良材料用，同為寶貴之第二資源。

2. 煤灰及爐石之再生化用途

(1) 製造煤灰混凝土供為公共建設用途。

以煤灰加少量之固化劑成為糊體料，爐石為骨材，加入 30 - 40% 之水，即可製造成為，

可代替 1:3:6 配合比之普通水泥混凝土用途之煤灰混凝土，成本低廉，約為普通水泥混凝土之 1/2-2/3 成本。

若以此種煤灰混凝土，代替昂貴的水泥混凝土，不但可補充日漸短缺之砂石資源，緩和濫採砂石，維護自然景觀與生態環境並可解決煤灰及爐石之部份出路。

而此種煤灰混凝土在公共建設上，可用於地方性之各種公共工程上，例如：鋪設產業道路及農道等簡易道路用，灌溉水路，排水溝、護坡、河堤、海堤、田堤、漁港、拋石用人工石料、低廉農畜舍以及海洋牧場用之人工漁礁等用途甚多，此等用途以與貧困工農漁民日常生活直接有關。

單以灌溉水路用途而言，據統計數字，全省現有各大小灌溉水路，共長達 41,448,757 公尺，而尚未改為混凝土之土堤水路，約有四分之三待改善，如平均每 2 公尺長水路，需 1 M³ 混凝土計算時，則共需 1,500 餘萬 M³ 之混凝土料，如換煤灰及爐石重量時，共需約 3 千餘萬公噸之煤灰及爐石。又全省現有稻田面積為約 40 萬公頃，如將稻田全面使用煤灰混凝土造之預鑄磚堤為田埂，每公頃平均需 30 M³ 之煤灰混凝土計算時，計需約 1,200 萬 M³，折算重量為 2,400 萬公噸之煤灰及爐石。

(2)養殖池建設用途

本省約有數萬公頃養殖池，迄現在仍為傳統之土造式養殖池，田土造養殖池，每遇颱風暴雨時，容易被沖蝕流失，造成嚴重損失，年年不計其數，尤處於沿海一帶，砂質含量較多之土造養殖池，情形更為嚴重，又土造養殖池，每期成魚收成後，必須將池底泥土換新並徹底消毒後，始能重新放養，而換新池土及消毒曝曬所需時間約一個月，如改為混凝土構造時，即無須更換池土，因此可增加實際養殖時間，如以養草蝦為例，目前年養殖二期半，如改用混凝土養殖池時，可增加到三期或三期半。

在衛生及防止病害上，混凝土魚塭或養殖池，較土造式為優，若改用混凝土式，不僅可減低損失，且在消費者對品質要求日益苛刻之狀況下，將來衛生及肉質將成為市場選擇之重要因素。

但水泥混凝土因成本高，以漁民之經濟情況難予負擔，如採用低廉的煤灰混凝土，比如說由台電及中鋼提供煤灰及爐石，及處理費用，作為補助漁民供為改善養殖池用時，則全面實施應為可行。

在使用量估算方面，若以台灣南部約 2 萬公頃之養殖池為例，每公頃鋪設煤灰混凝土厚度 15 公分，包括池堤底面，即需約 2,000 M³ 之煤灰混凝土，即重量達 4,000 公噸，2 萬公頃共需約 8,000 萬噸之煤灰與爐石，而以台電興達及大林兩火力廠之煤灰年產量約為 150 萬噸，中鋼爐石產量為 200 萬噸，合計 350 萬噸，故僅養殖池用，就可消耗 10 餘年之煤灰與爐石產量。

關於利用煤灰及爐石供養殖池材料用，對水池及魚類是否有害或不良後果乙節，在前述爐石與煤灰，不但不含有機物質，均具有中和水質之良好作用。實例上經中鋼公司實地試驗，養殖草蝦結果，效果良好外，又將煤灰及爐石製造之煤灰混凝土試體，送經日本養殖試驗

單位試驗，再度證實確實可行。

(3) 老化農地之土質改良

煤灰尚具有改良過去過度依賴酸性之化學肥料，在劣化農地之土質改良時，可鬆化土質以增加土壤之透氣性及含水性，促進有益土壤微生物之繁殖，及增加肥料效果等多項作用之良質材料。

而全省僅稻田面積就有約40萬公頃之多，（其他雜項耕地面積不在內），如將稻田全面覆蓋厚度約5公分之飛灰，供為改良土質時，每公頃約需500噸飛灰，40萬公頃共需約2億萬噸之量。

(4) 製造高品質之輕質煤灰磚等建材用途

隨生活水準之提高，因人對住的品質要求也提高，都市建築為容納密集都市人口也在高樓化，各先進之建築物，均採輕量化，建築構造用之輕量化，在結構上，可減輕承載負荷及增加耐震性，並可實現預鑄化之大量快速生產需要外，在品質上，輕質材料均具有較高之隔音及防熱功能。但如泡沫混凝土或人工燒骨材製造之各種輕量混凝土建材，較重質之水泥混凝土建材昂貴，在富有之現在台灣經濟下，仍無法使用，而利用輕質材料之煤灰廢棄物製造之輕質煤灰磚，在品質上不但優於傳統之水泥空心磚、砂質磚或紅磚，在成本上低廉甚多，約為重質之水泥磚之1/2。

因台灣地處於地震地帶，在結構上之安全性要求，在高樓化，防熱隔音之品質要求，以及預鑄大量生產化之各種需求上，唯有輕量化，始能滿足上列需要及要求。

(5) 道路建設用途

道路交通建設，係帶動農工商業全面發展之重要因素之一，為國家經濟建設之最重要基本建設，然而在實際上，傳統之砂石級配料工法，實已無法配合快速成長之建設需要，例如，砂石材料來源已漸成困難，並造成濫採河川，破壞生態景觀，影響防洪設施，災害屢有發生，在施工上，進度緩慢，且鋪設砂石級配料後，需經約一個月之自然養生日曬雨淋，期中所帶來之飛塵、淤泥公害、交通不便等實際衍生之弊害。

而煤灰及爐石，代替砂石級料之最佳路盤用材料，施工方法，則採用快速之土壤硬化法，加入適量之固化劑後，在路上現場混合，或預拌混合方式，將煤灰或加入爐石骨材之混合料舖設路基，並再使用壓路機施予輾壓後即告完成，隔一天即可通車並可進行舖裝瀝青路面。

此種快速且經濟之土壤硬化工法，依照日本道路協會規定，浸水24小時後之單軸抗壓強度為30 K G / CM 2 以上即合乎標準，若改使用煤灰或加入爐石之混合料，僅需3% - 5%之固化劑使用量，即可達到30 K G / CM 2 以上，且經養生固化後之路基，形成具有高度防水性之防水層路基，不受雨水或地下水之影響，耐久性很長，約為在來砂石路基之三倍以上，（砂石路平均每一年需修一次，而土壤硬化工法之路基平均三年一次）。又利用煤灰及爐石之路基，固化後30 K G / CM 2 以上之等值換算系數為0.55以上（承載系數），而砂石級配料為0.25，等於承載強度為砂石料之一倍以上，故施工舖設原料也是1/2即可，故不但施工

快速簡單，耐久性長，工程成本極為低廉（約 $2/3 - 1/2$ ），由任何角度來評估，均能滿足現代道路建設所需之快速、經濟、耐久等要求外，並可緩和砂石來源及為煤灰及爐石打開對國家社會具有建設性之出路。

在道路建設上所需之各附帶工程設施，如兩旁排水溝、坡地護堤、護欄及壩基，將來維護等均可使用低廉之煤灰混凝土施工。

(6)利用飛灰及高爐粉為補助固化劑，供為其他公害廢棄物之固化處理應用。

在上述，飛灰與高爐石，不但不含有害物質，且因含有豐富之氫氧化鈣及矽鋁氧化物等固化性物質，除本身容易固化利用外，在此需特別列述者，在公害廢棄物中，垃圾及污泥之數量最為龐大，且在固化處理上屬不良材料，所需固化劑使用較多，固化成本較高，再生利用之層次與經濟性也較低，通常均應用於埋設材料。

因此如何降低成本，並固化後在防止有害物質之溶出耐候性、穩定性、以及利用為埋設材料之安定性等要求上，如加入適當量之飛灰或高爐石粉，為補助固化劑用時，除可使其容易固化、降低固化劑使用量及成本外，固化後，在防止有害物之溶出、耐候性、安定性等要求均能提高，並具有除臭等多項效果，此特性已在國內外試驗，獲得證實。

(v)沿海公路構想

台灣四面環海，海岸線漫長，尤其西部海岸為平坦之沙灘，以軍事上而言，利攻不易守。台灣土地有限，且相當程度的開發，要想爭取有效土地利用，已經不能再往山區進行，否則只有更多的水土破壞，勢必帶來更多的災害。然而反觀沿岸地區，除了一小部份用於鹽田或養殖區，在潮汐線旁五百到一千公尺，甚至三、四千公尺的沙灘及岸邊，都還是棄置的荒地。今若在潮汐線附近，做有系統的規劃，應用固化的技術，以廢棄物做成高五到十公尺，寬三十公尺的沿海公路，然後公路內側，闢為休憩、遊樂區或養殖區。則在國防上可以做成一道堅固屏障，兼顧防洪防潮功能，對沿海居民生命財產，也增加一大保障，同時增加許多有效土地面積及經濟效益，及交通運輸問題，更可貴的是解決所有廢棄物之出路，而其花費遠較高速公路為低。而此工程也可留名千古，媲美於萬里長城了。

五、結論

地球上的資源是有限的，如果能依循環，善加利用，則取之不盡用之不竭。廢棄物是短時間內，量的集中所形成的。事實上，它還是循環中的一項資源。

公害是大家一起造成的，只是比例的不同而已，所以防治公害人人有責，不能只靠政府的力量。事實上，社會的成本，由社會大眾共同承擔。政府用之於民，還是取之於民。如果大家對環保多貢獻一份心力，我們或我們的子孫將減少一份禍害。

經濟的發展與環境保護是可以相輔相成的，科技所引起的工業污染，正應該以科技的方法，維護環境保育工作。所以我們希望經濟成長，同時提高生活環境品質。

積極理性的環保推展是我們共同的期待，廢棄變神奇的再生與資源化是我們努力的目標

，純淨的生活空間，安祥的心靈世界是我們的理念，期盼大家共同努力。

參考資料

- 歐陽元美 『高速公路嘉南段引發的問題—公共建設品質欲提高應當及時引進新技術』，聯合報，第二版，5月24日，1982。
- 李公哲 『重金屬污泥之減量化，改良式自然脫水法，無害化及其再利用研究(1)重金屬污泥之水泥固化及其再利用』，73年度環境工程研究計畫成果發表綜合研討會，1984。
- 台灣電力公司 『飛灰利用之研究(一)，飛灰與工業廢棄物固化為輕質混凝土之開發研究』，74年度台電研究發展專題，1985。
- 李公哲 『重金屬污泥之減量化，改良式自然脫水法，無害化及其再利用研究(2)飛灰應用於重金屬污泥固化之研究』，74年度環境工程研究計畫成果發表綜合研討會，1985。
- 李公哲 『重金屬污泥之減量化，改良式自然脫水法，無害化及其再利用研究(3)飛灰與廢電石土應用含汞污泥之固化及其再利用研究』，75年度環境工程研究計畫成果發表綜合研討會，1986。
- 阮國棟、楊致行、呂明和、廖育英、洪文龍 『有害廢棄物之管理及其處理技術』，化學工業資訊月刊，第16期，P6-34, 1986。
- 林素貞 『固體廢棄物滲出水之探討：特性分析與土壤之模擬作用』，75年度環境工程研究計畫成果發表綜合研討會，1986。
- 張祖恩、李郁宜 『提高掩埋垃圾穩定速率之基礎研究』，第十二屆廢棄物處理技術研討會 1987。
- 林志森 『利用像礦產混合物般的飛灰和焚燒石灰粉末的自然火山灰做為普通水泥的混凝土』，工業污染防治，第1期，P213-215。
- 李公哲 『工業廢水處理技術(五)污泥種類及性質』，工業污染防治，第5期，P93-110。
- 李公哲 『工業廢水處理技術(六)污泥最終處理』，工業污染防治，第6期，P65-70。
- 李公哲 『工業廢水處理技術(七)污泥掩埋法』，工業污染防治，第7期，P36-44。
- 李公哲 『工業廢水處理技術(八)污泥固化法』，工業污染防治，第8期，P75-80。
- 李公哲 『工業廢水處理技術(九)有機污泥堆肥法』，工業污染防治，第9期，P65-68。
- 林秋國 『利用海埔地做為垃圾掩埋場應考慮事項』，工業污染防治，第9期，P53-55。
- 莊進源 『固體廢棄物與處理』，工業污染防治，第15期，P1-20。
- 楊義榮 『廢棄物掩埋法』，工業污染防治，第16期，P101-116。
- 張建祥 『從垃圾分類的重要，分類的困難，談垃圾分類回收，焚化，掩埋策略』，工業污染防治，第17期，P20-30。
- 陳俊德 『廢水污泥固化處理實績報告』，工業污染防治，第21期，P157-171。
- 曾聰智、袁保強、劉敏信 『環境危害性評估』，工業污染防治，第23期，P53-56。

- 陳俊德、邱世良、蔡明谷、陳炳蒸、李惠隆 『含汞金屬廢水污泥之無害化處理』，工業污染防治，第23期，P76-82。
- 沈鐸、李開天 『環境污染防治新觀念—廢棄物減量』，工業污染防治，第24期，P47-52。
- 高銘木 『利用微生物直接處理豬舍廢棄物的探討』，工業污染防治，第24期，P53-57。
- 林秋國 『垃圾焚化處理廠造成空氣污染問題之探討』，工業污染防治，第24期，P153-158。
- 林達雄 『西德環境保護政策推行概況』，工業污染防治，第24期，P5-17。
- 楊義芳 『日本公害特徵與環保法律的發展』，工業污染防治，第24期，P18-38。
- 陳達偉、陳鎮東 『以地質的觀點看美國廢棄物海洋處置及其污染』，工業污染防治，第25期，P57-64。
- 沈鐸 『多媒體環境污染控制』，工業污染防治，第25期，P69-72。
- 袁保強、葛中光 『美國化學廢棄物處理場的實例介紹』，工業污染防治，第25期，P173-178。
- 林秋國 『有害事業廢棄物掩埋場址之研選』，工業污染防治，第25期，P179-184。
- 姚關穆 『污染者付費』，工業污染防治，第26期，P1-7。
- 李錦樟 『美國環境專款之簡介』，工業污染防治，第26期，P37-41。
- 陳淨修 『環境影響評估制度之精義及展望』，工業污染防治，第26期，P43-52。
- 陳宏仁、阮國棟 『有害廢棄物之固化及安定化』，工業污染防治，第26期，P92-101。
- 劉世芳 『事業廢棄物回收，再利用一技術及可行性概論』，工業污染防治，第26期，P111-128。
- 嚴式清 『豬糞尿農地消納之研究』，養豬場廢污處理與再利用研討會論文集，P205-225，1986。
- 傅政敏、葉澤波 『豬糞淨化有機肥之製造與利用』，養豬場廢污處理與再利用研討會論文集，P270-278, 1986。
- 卓英仁 『我國土壤污染現況分析及防治政策之研究』，環保通訊雜誌社，1988。
- 陳益榮 『污染防治與農業生產環境保護』，中國農業工程學會七十七年度學術研討會，農業環境污染與管理論文集，P51-70。
- 徐玉標 『台灣農村豬糞尿之污染』，中國農業工程學會七十七年度學術研討會，農業環境污染與管理論文集，P133-152。
- 中國時報 『防止農地污染，民間投入綠色運動』，1月18日，1989。
- 中國時報 『爭取垃圾用地省府建設獎金鼓勵』，1月18日，1989。
- 中國時報 『五金廢料野火燒不盡二仁溪畔毒氣吹又生』，3月8日，1989。
- 吳清河 『廢物利用造土地，省府看中西海岸，垃圾填海等中央點頭』，中國時報，3月24日，1989。