

壹、前言

台灣地區垃圾之處理已陸續採用焚化方式，依目前垃圾焚化廠之興建進度顯示，台灣地區至民國九十年底為止，將有公有公營廠五座，公有民營廠十二座及民有民營廠一座正式營運。其總計可處理垃圾量每日約有一八、九公噸。因焚化處理僅係中間處理過程，經焚化後所產生的底灰及飛灰仍需予以最終處理。其產生量依焚化廠營運資料統計，底灰產量約為每日處理垃圾量之十六%，飛灰則約為六%，以此標準估算全台灣地區每日約有三、二四公噸之底灰及一、一三四公噸之飛灰需予以最終處理。

據本署現頒行之“一般廢棄物貯存清除處理方法及設施標準”第十六條規定：「焚化灰渣之飛灰、溶出試驗超過有害事業廢棄物認定標準，．．．應以資源再利用或其他經中央主管機關許可之處理方法處理。」。緣此，目前各焚化廠對飛灰之處理，大部份均以固化方式為主，至於是否可採用其他資源化之利用及底灰之回收再利用方式，因國內以往並無進一步之研究，且亦未建立再利用成品之市場，故相關設施迄今闕如。

由於台灣地區人口稠密，底灰最終處置場所不易取得，故亟需參考國外先進國家經驗，建立一套完整之底灰及飛灰資源回收利用及安全處置之管理制度，並輔導有經驗之廠商投資興建相關資源回收設施，以協助政府解決底灰最終處置問題，實為本次研習考察最重要之課題。

貳、考察內容

此次赴歐考察焚化廠底灰及飛灰處理設施，考察期間自八十九年十二月八日至十二月二十日，主要參訪歐洲國家(英、法、德)實績廠進行。考察內容如後述：

一、法國 Sita 公司及其子公司 Inertec - 焚化底灰分類及資源回收處理廠

法國 Sita 公司為對環保服務工作分工細密，舉凡廢棄物清運、焚化廠 / 掩埋場之興建及營運、底灰之分類回收、飛灰固化掩埋、及有害性事業廢棄物之處理均有專業之子公司負責，彼此在縱的方面著重於管理，在橫向方面則著重於技術與人力的支援及調度。

Inertec 為 Sita 集團中新成立之子公司，專就焚化廠所產生之底灰及飛灰之處理開發新技術，其中底灰篩分資源回收處理廠輔於二〇〇〇年十月開始啟用，目前預計每年可將一五〇、〇〇〇公噸（約每日四〇〇公噸）之底灰經篩分後做為路基底層材料使用。

本廠位於焚化廠旁，其底灰係由車輛載運進廠，其整組篩分設備分為震動、風力、磁選等不同之過程，將底灰依粒徑分成三堆，分由不同廠商回收利用。

整組設備佔地面積不大（約一．五公頃），整組設備均為機械分類、設備單純、全自動化控制、操作維護人力簡單（線上工作人員僅二人），除可能有風砂飛揚問題外，幾無其餘二次公害。

經分類後之底灰仍需經檢測其重金屬成份合於規定後始可回收利用，法國環保單位不定期予以抽查。

二、法國 Villerparisis 有害及一般事業廢棄物之固化、安定化及最終掩埋場

Villerparisis 為巴黎地區近郊最具規模之有害性及一般性事業廢棄物之固化、安定化及最終掩埋場，佔地面積約四十三公頃，開發至今已逾二十年。

本廠之設施包括固化廠乙座（焚化飛灰及含重金屬之污泥），安全掩埋場、一般廢棄物衛生掩埋場（係回饋當地居民而設）、滲出水處理廠及實驗室等設施。

固化廠有二套設備，一為專用於焚化廠飛灰部分，另一則可併用污泥之固化，其作業採批式作業，固化時加入水泥

及螯合劑，固化體直接載入旁邊之安全掩埋場堆置，同時採樣進行溶出試驗（Leaching Test），若溶出試驗通過則進行安全掩埋處理，否則載回固化廠重新固化作業。

固化體堆加入水泥，惟因產生聚合作用，故體積不會增加，另固化所使用之混合水乃為掩埋場之滲出水，可降低滲出水對外界之影響。固化物安全掩埋場為最終處置，最外層採用隔離措施，避免雨水滲入。

三、法國 TERIS 有害性事業廢棄物處理中心

本中心係以處理有害事業廢棄物為主，其廢棄物來源包括化學溶劑、有機性及高揮發性溶劑、油泥、樹脂等來源多元化。

廢棄物進廠時均需先進行採樣分析，確認廢棄物性質及編號以利政府環保單位追蹤，同時對廠內之處理亦易於管理。

處理流程分為前處理，焚化及最終處置三部分，其中前處理係將廢棄物與木屑等混合攪拌後，使呈固體燃料狀態，再送入焚化爐中焚化。混合攪拌過程全在密閉式之廠房中進行，並由抽風機將廠房中之逸散性氣體抽至廢氣處理設施處理後排放。惟廢棄物送入處仍有作業人員，故廠房之工安衛生仍有待加強。

焚化系統係利用廢棄之水泥旋轉窯所改裝而成，其旋轉窯內部經常保持在 1,500 | 1,800 之間，因此所送入之有害性廢棄物可完全被破壞，同時因高溫焚化的結果，其底灰等固體物已呈玻璃化，體積甚小，有利於最終掩埋。廠區所有可能之二次污染均有良好之控制，廠區管理良好。

四、德國 Mineral Plus 飛灰處理（含中間及最終處置）

德國各大城市垃圾採用焚化比例甚高，惟其飛灰甚少採用固化處理，主要係以礦坑深層掩埋為最終處理。Minerall Plus 公司即為德國專業處理飛灰之機構，其飛灰之來源主要為附近焚化廠，其次為火力發電廠，處理部分為中間處理及深層最終掩埋二部分，每日可處理約六五 公噸之飛灰。

飛灰由各焚化廠由槽車載運至本廠，進廠後首先進行採樣分析，俟成份確定後即送入性質相近之飛灰貯槽中，在工廠中有近十座貯槽可貯存數百噸之飛灰，中間處理方式為混合攪拌，即依據其性質，於實驗室中將不同來源之飛灰依比例混合，使其重金屬溶出試驗合乎標準後，再依同樣之配比

進行現場混合攪拌，其過程完全在密閉之空間內進行，攪拌混合後之產物再以容器盛裝經檢測符合標準後，再送入深層礦場予以最終處置。

本廠關鍵技術在於對各飛灰來源性質的掌握及混合比，經混合後成一均質的產品並可符合法規之要求。

礦場深層掩埋為德國較特別之飛灰處理方式，主要選擇的標準為無地下水含水層經過，地層穩定無崩塌之虞，遠離民眾飲用水水源等條件。近年來並同時將飛灰或底灰開發成為礦場經開挖後內部之支撐骨料，此亦為資源回收利用之佳例之一。

五、德國 B+R 焚化底灰資源回收處理廠

本廠位於德國西南部，廠區一部分為土資廠，另一部分則為焚化底灰資源回收處理廠，其處理設備含震動篩分機、磁選機、重力選別機等，底灰之來源為附近垃圾焚化廠所產生者。

經處理後之底灰必須每日採樣檢驗，檢驗項目包括物理成份及化學性質：如顆粒粒徑、灰份、玻璃份、鐵、銅及不燃物等成份，另需檢測 Cd、As、Cu、Hg、Pb、Zn 等重金屬含量，均需於達到標準後始可再利用。

底灰經處理後需於廠內養生約二十 | 二十五日，其主要目的為使底灰回復其應有的內聚力，因此再利用時即可適時產生應力及強度，否則立刻使用於路基或地磚骨材，常發生不易凝結或潰散，應力不佳等缺點。養生時僅需定時澆注水分即可。焚化底灰因大部分屬無機物，因此除有塵揚問題外，並無其他二次公害問題。

六、Tetronic 公司焚化廠飛灰融熔處理

英國 Tetronic 公司為飛灰融熔處理技術最初研究開發者，係採用電漿融熔(Plasma System)，自一九九二年成立 Pilot Scale，並於一九九五年技術移轉日本開始商業化製造及營運，目前日本日立造船、Takuma、MHI 等公司所發展之融熔爐均採用 Tetronic 之電漿技術。

電漿融熔之原理主要係利用電力在電極(Polarity Torch)上產生電壓(約 200 | 7,000Ampers, 40 | 600 Volts)，藉由電極與爐床之金屬間產生高溫電弧後，由周圍供入空氣或氮氣，使生成高溫電漿(約 2,000)，俟飛灰等一併融熔後即可排出。

經 Tetronic 實地操作電漿融熔試驗爐，其工程師將飛灰完全融熔後，即刻注入鑄模中俟其冷卻後即成玻璃狀。飛灰經融熔後體積可大為減少，同時不會有重金屬滲出之後遺症，堪稱為較完全之處理方式。

經觀察電漿融熔在操作過程中必須有良好的技術（包括昇溫及澆鑄），同時所產生的廢氣中含汞蒸汽必須加以回收，另飛灰中所含成份亦影響融熔之效果，再者融熔需耗用大量之電力，可能造成能源上的消耗，這些部分 Tetronic 公司稱亦會逐漸設法克服。

七、英國 Beckton 污泥焚化廠（Sewage Sludge Incineration）

本廠位於泰晤士河北岸之污水處理廠旁，污水廠收集範圍包括大倫敦北區及東區約二八 平方公里，二四 萬人口之區域，平均日處理污水量約一佰萬立方公尺。由污水廠所產生之大量有機污泥即送入焚化廠處理。

污水廠之污泥進廠後首先採用帶濾壓縮式(Membrane Filter Presses)脫水機脫水，使污泥含水率達七十%以下並呈泥餅狀態，再由輸送帶送入焚化爐中焚化。

焚化爐計有三組爐，採用流體化床方式設計，焚化量為每小時十三．五公噸（七十%含水率之污泥），總計每日約可處理九六 公噸之污泥。焚化爐所產生之高熱以鍋爐加以回收熱源，鍋爐所產生之蒸汽用以發電，廠內裝置有一 10 MW 之汽輪發電機，所產生之電力除自用外仍有 6 MW 可予出售。

本廠設有完善之廢氣處理設備，因污泥焚化不易有戴奧辛物質產生，但其中所含之重金屬汞會隨空氣逸散，因此在廢氣處理系統中亦加入活性炭以吸附汞並加以去除。後段並設有袋濾式集塵器及濕式洗滌塔以去除微塵顆粒及酸性氣體物質。

脫水污泥經焚化後僅有少量之飛灰產生，幾無底灰，減量效果甚佳。本廠係由德國 Lurgi 公司負責建造，採用公有民營方式，操作營運期限為五年，整廠設備操作管理良好，所使用之操作人員每班僅約六人相當精簡。

參、考察心得

台灣地區垃圾之處理在進入焚化之世代後，灰渣處理的問題將成為新的挑戰，在歐洲地區垃圾採用焚化處理之國家如德、法、荷等國為因應焚化後灰渣之處理處置，均視其為資源性廢棄

物予以再利用處理。以法國為例，將灰渣分為 Class V, Class M 及 Class S 三等級，並分別訂定 V 及 M 二級之標準（如附表一），超過 M 的標準者均劃定為 Class S，並規定此等級灰渣應予以掩埋處置；符合 Class M 標準者，則可予以必要之處理以符合 Class V，若符合 Class V 標準者，則可以回收再利用（如路基材料等）。法國政府並另訂有一套完整的飛灰及灰渣處理作業準則供業者遵循。至於德國對於灰渣之回收利用亦訂有標準（如附表二），符合標準值者始可再利用，超過上限值者則必須予以掩埋，業者即依此項標準作業。反觀我國，目前對灰渣之回收再利用尚在紙上作業階段，同時亦未訂定灰渣回收利用之作業準則及污染物含量標準值，使有興趣投資建廠之業者無法依循，政府亦無管制之標準，故實應積極推動相關法規之建立工作。

灰渣之回收處理，除需有前述之法令配合外，對市場通路亦需積極輔導，故未來仍需與政府營建、交通等相關單位協調，使其優先採用灰渣資源回收物做為路基骨材，以做為民間投資之誘因，並可大量降低政府投資興建灰渣掩埋場之經濟及社會成本。

對於飛灰之處理，一般可分為冷處理（固化掩埋）及熱處理（融熔掩埋）二種方式，歐洲地區目前此二種方式都有採用，惟較偏重固化掩埋。日本則在積極推動融熔處理。在實際應用上，固化掩埋之操作管理較簡便，且可處理大量之飛灰，所需之費用較少。而融熔處理目前在發展階段，已商業化之單爐額定處理量有限，無法完全解決台灣地區所產生之飛灰問題。因此未來對飛灰之處理，似應以固化掩埋為主，融熔處理為輔，並訂定完整之管理辦法。

歐洲國家對於焚化爐底渣都是經過處理後才再利用，處理過程主要包含：篩除輕質未燃物(如紙類等)、回收鐵類物質；然而分選不同粒徑的底渣作為不同的用途，如底渣粒徑過大則需破碎；最後經過約三週養生後才能再利用。我國之底渣如要再利用，則也應該經過處理才不會引起外界抗議及符合建材特性之需求。如輔導現有之砂石場(設備相似)加入再利用行列，則亦可達到資源再利用之目標。

污水處理廠所產生之有機活性污泥，佔一般事業廢棄物產生量相當之比例。其最終處置以往均送往掩埋場掩埋，但在各地方掩埋場逐漸飽和之情況下，常因代處理業任意傾置而造成環境的問題。目前污水廠污泥採用焚化方式處理在歐洲已成為趨勢，大倫敦地區二座污水廠於二年前即各別完成一座污泥焚化爐，完全解決其所產生之大量污泥問題。以台灣地區已完成興建二十餘座

垃圾焚化廠之經驗，對污泥焚化爐之興建、操作及營運上應無問題，且污泥焚化亦無戴奧辛排放之困擾，故應可列入未來中間處理方案之一，以徹底解決污泥問題。

表一 法國灰渣分類利用標準

Parameter	Class V	Class M
Solubles (%)	5	10
TOC (mg/kg)	1,500	2,000
SO ₄ (mg/kg)	10,000	15,000
AS (mg/kg)	2	4
Cd (mg/kg)	1	2
Cr ₆ (mg/kg)	1.5	3
Hg (mg/kg)	0.2	0.4
Pb (mg/kg)	10	50

表二 德國灰渣分類利用標準

Parameter	標準值	上限值
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	390	600
Cl ⁻ (mg/l)	110	250
CN ⁻ (1. Frei) (mg/l)	< 0.01	0.02
As (mg/l)	< 0.01	-
Cd (mg/l)	< 0.001	0.005
Cr ges. (mg/l)	0.01	0.05
Cu (mg/l)	0.04	0.3
Hg (mg/l)	< 0.0002	0.001
Ni (mg/l)	< 0.01	0.04
Pb (mg/l)	< 0.01	0.05
Zn (mg/l)	< 0.01	0.3
AOX (mg/l)	< 0.01	-
DOC (mg/l)	5.8	-
Cr ⁶⁺ (mg/l)	< 0.01	-
CN (mg/l)	< 0.01	-
F (mg/l)	< 1.0	-
Se (mg/l)	< 0.001	-
TI (mg/l)	< 0.01	-
CSB (mg/l)	21	-
EOX (mg/l)	< 0.01	-

附錄

圖目錄

圖一	Villerparisis 固化廠正面.....	1
圖二	Villerparisis 固化廠側面.....	1
圖三	Villerparisis 固化物掩埋場作業實況.....	2
圖四	Villerparisis 固化物掩埋場底層.....	2
圖五	Teris 有害事業廢棄物處理中心廢氣處理設備.....	3
圖六	Teris 有害事業廢棄物處理中心廢溶劑貯槽.....	3
圖七	Teris 有害事業廢棄物處理中心自動採樣設備.....	4
圖八	Teris 有害事業廢棄物處理中心溶劑投入口.....	4
圖九	飛灰槽車運送入廠內.....	5
圖十	B+R 灰渣分類回收設備進料區.....	6
圖十一	B+R 灰渣分類回收設備輸送帶.....	6
圖十二	B+R 灰渣分類回收設備震動機.....	7
圖十三	B+R 灰渣篩分完成後養生區.....	7
圖十四	Tetronic 飛灰融熔爐（實驗室）.....	8
圖十五	Tetronic 飛灰融熔爐液壓控制設備.....	8
圖十六	Beckton 污泥焚化爐污泥脫水機組.....	9
圖十七	Beckton 污泥脫水機近照.....	9
圖十八	Beckton 污泥焚化爐污泥投入口.....	10
圖十九	Beckton 污泥焚化爐投入口近照.....	10