

十年有成—— 成大環境資源研究管理中心 回顧過去 展望新未來

採訪撰稿、攝影／曹沛雯

前言：

「真金」不怕「火」煉？在成大環境資源研究管理中心我們一直以為的真理將有了反證。隨著日新月異的科技，如今人類已能夠將過去無法分解的物質，化為更小的單位與形態，透過專業的技術與器材，連黃金也能夠將其化作灰飛化為煙滅。成大環境資源研究管理中心（以下簡稱環資中心）擁有最先進的設備與技術，運用在廢棄物、資源的處理上，可將物質重新分解、提鍊，化無用廢棄的腐朽為再生循環可利用之神奇。

成立、沿革與發展

今年適逢成大環境資源研究管理中心創立十週年，在一個回暖的三月天早晨我們與環工系李文智主任（前環境資源研究管理中心主

任）、黃良銘教授（現任環境資源研究管理中心主任），以及環境資源研究管理中心吳重霖廠長約定在環工系館見面，這棟歷史悠久的系館建築，仍然保有著窗明几淨的清新感，穿廊大方地迎進了明亮的陽光，中庭有草木扶疏向著驕陽探頭，綠意盎然。

「老建築需要時時細心打掃與維護，才能常保舒適，就像營運了十年的環境資源研究管理中心，廠房也必需勤加修繕保養，必要時汰換零件或添購設備器材，才能常保營運順利。」吳重霖廠長邀請我們一邊步入會議室，一邊分享著心得。這次我們很榮幸邀請三位專家向我們娓娓道來環資中心這十年來的寶貴經驗，細數這一路走來的艱辛與成就。

黃良銘教授表示，教育部為因應89年（89.05.03）第400次部務會報審查「改善各級院校校園污染防治公共設施綜合規劃報告」之決議，以期能妥善解決教育行政機關所屬各級學校暨附屬實驗室廢棄物（含廢液）之處理問題，與可能之校園工安風險，故展開設立專司處理各級學校暨附屬實驗室廢棄物的計劃。經審慎評估，最後選定由成大負責此計劃，於是環資中心於民國92年02月27日正式成立。

最初成立目的是為解決當時各級學校實驗室所產生之特殊廢棄物「處理技術能力不足」、「各校自行處理能力不足」及「民營廢棄物處理機構不足(規劃時尚無此綜合型之廢棄物處理機構)」等三大問題。



環資中心為達到「零廢棄」的目標，處理程序上特別整合了焚化、熔融及物化三種處理技術，進行各類實驗廢棄物的處理作業。另為提供教學、研究及示範等服務工作，也導入並達成許多重要的前瞻性設計功能與程序，例如：焚化煙道氣的戴奧辛排放管制比現行環保法規標準嚴格；管制氮氣及汞排放，並且回收汞；廢水完全回收再利用；焚化廢熱回收及熔融還原氣體提供焚化熱源；使用管線進料及輸送，降低揮發性有機物排放等項目。而廠區建築設計除符合綠色建築精神外，也融入當地漁塭背景特色。

主要業務範疇與工作內容

環境資源研究管理中心目前是國內唯一處理實驗室廢棄物，並提供教學、研究與示範，具備了廢污處理能力及學術研究的整合的機構。主要任務為處理全國各級學校所產出的有害廢棄物，並特別照顧偏遠學校、不拒收小量廢棄物（液），以及協助無專責人員的學校廢棄物處理。最重要的是要避免發生學校廢棄物無處可處理的問題，而衍生出校園安全衛生的危害。另一方面環資中心也主動配合教育部進行學術機關突發事件的調查及處理，並配合相關政令的教育宣導（如聯合清運、廢藥品的收受處理、分類宣導、新增廢棄物處理代碼……等）。

環資中心以處理學校單位之廢棄物為優先，倘若有餘裕量，也接受民間機關委託。黃良銘教授表示：「目前合作單位大多為企業形象良好的公司或外商居多，他們確信環資中心有能力將工業產生之有毒廢棄物進行妥善處

理。這完全要歸功於全體同仁的努力，建立了環資中心良好的品牌及商譽。雖然我們的單位不大，也並非以營利為目的，但由於營運狀況優良，所獲得的盈餘未來將專款專用，做為環資中心的研究經費與廠房的維修基金，讓業務更精進，形成一個良好的循環。」

焚化爐、電漿熔融爐和最新的熱熔爐的運作原理

緊接著，吳重霖廠長用深入淺出的方式，為我們說明了環資中心的設備及原理：環資中心原本擁有的焚化爐及電漿熔融爐（電氣式熔融爐）等兩套熱處理系統，在2014（今年）接受了日本環境保全株式會社（JEP）贈與該公司專利製造的熱熔爐主爐、乳化設備及熱交換器，於是在設備上又更加晉級，未來將以最新穎的處理設備及理念，持續引導臺灣妥適處理特殊廢棄物。

黃良銘教授向我們解釋，其實這些設備最根本的差異點就是溫度的不同，就像喪葬場燃燒人體遺骸的時候，肌膚皮肉一定是先燃燒殆盡，剩下的骨頭則必需使用更高的高溫才有可能燒成灰燼。所以端看所處理的廢棄物，需要多高的溫度能使其分解。

都市固態廢棄物早期多掩埋在垃圾掩埋場中，對於像臺灣這類幅員較不遼闊的小島，掩埋垃圾的成本相對較高，若包含土地的成本將更形昂貴。且部份掩埋場因場址選定不佳，造成十數年後仍需將掩埋之廢棄物挖除，以內湖垃圾山挖除計畫為例，挖除133.7萬噸就需要13億台幣經費。因此，自民國81年起，臺灣第一座大型垃圾焚化爐「內湖焚化爐」，便在臺北

正式運轉。焚化爐所使用的焚化法，是將燃燒溫度控制在約850-1000°C，加以焚化廢棄物，使其成為二氧化碳、水蒸汽及微量的污染物，以及焚化後所剩下的殘渣（底渣、飛灰等）。目前底渣及飛灰雖有部份已進行資源再利用，但仍有相當大的部份以掩埋做為最終處置。

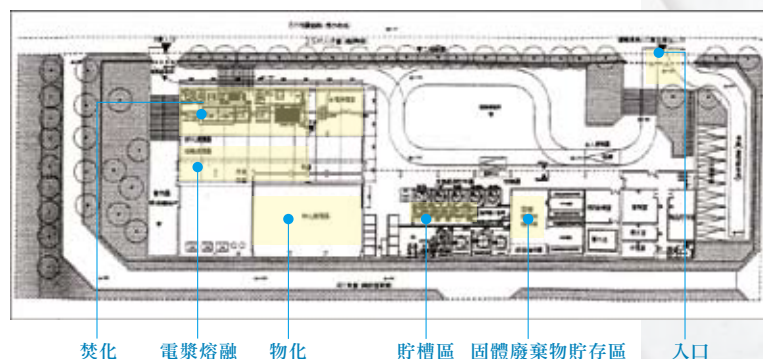
熔融法，則是採用更高的溫度（1200-1550°C）前底渣，在高溫的條件下使有機物完全被破壞及分解，而無機物（如重金屬）被包封或熔融於矽材質（如玻璃）的熔渣中。此法可處理焚化無法處理之廢棄物，如石綿、玻璃及底渣、飛灰。目前熔融處理法有兩類，一為電氣式熔融，另一類為燃料式熱熔。環資中心既有設備為電漿熔融裝置，是全臺灣現行唯一運作中的交流電連續進料式處理有害事業廢棄物之電漿熔融爐，電極炬中心溫度可達10,000°C運作，有機物於接觸時會瞬間被氣化、破壞，重金屬等無機物則被熔融並包封於矽材質晶格中，形成可以完全再利用的資源性熔渣。受訪的環資中心主任黃良銘教授向我們幽默地解釋著：「包封於矽材質晶格中的重金屬等無機質被固封起來，形成像彈珠一樣的東西，就像魔戒電影裡頭的那只魔戒，除非被丟到末日火山熔岩裡頭再次受到高溫熔融，否則是不會輕易變質的。」

焚化處理的缺點在於因溫度較低，會產生較大量的底渣及飛灰，且在處理含鹵素的有機物時，焚化也將衍生較多的微量污染物，而改用熱熔爐處理將可以把此類中間產物更妥適地

加以控制。因此環資中心引進焚化與熔融結合的熱熔處理，直接改善焚化處理的缺點，包含提昇焚化減容率，減少微量污染物的生成量及節省底渣的再處理過程；而需要更複雜或更高溫的廢棄物，則可利用電漿熔融加以處理。

未來環資中心在設備整合完成後，將開啟國內廢棄物處理技術的新頁，預計進一步引入能源化的設備及技術，更可有效實現廢棄物充分能源化的重要里程碑。

資源回收廠現行平面配置圖



廢棄物處理作業關鍵：

1.前端管控→最佳處理

在前端就將有毒物質做好分類，然後評估以何種處理方式最好。

2.知識化服務→高效率管理

透過充分的作業經驗所歸納出來的知識與方法，可提供民間業者做好有害廢棄物高效率的管理。

3.植入研發功能→掌握關鍵技術

在作業過程中植入研發的功能，才能掌握越來越多關鍵技術。

1.環資中心資源回收廠電漿設備
2.環資中心空氣污染防治設備
3.環資中心資源回收廠物化設備



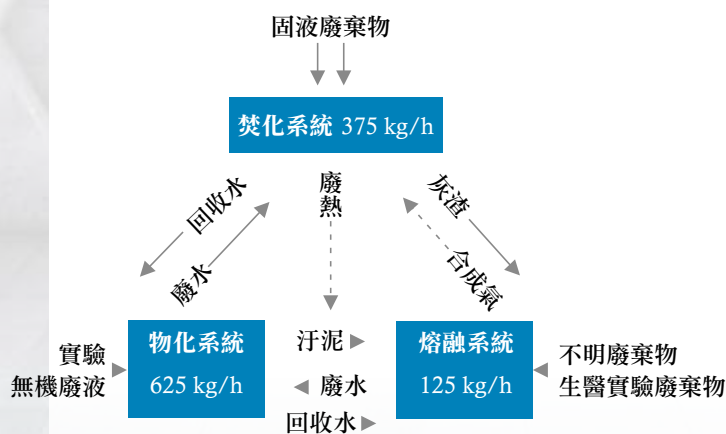
電漿熔融處理系統簡介



1. 電漿是混和著中性氣體、正離子與電子的高溫游離氣體，為物質的第四態。
2. 電極炬中心溫度大於 $10,000^{\circ}\text{C}$ ，可瞬間完全處理有機污染物。

處理廢棄物的完整流程

有了這套完整的系統，除了輻射性的廢棄物，必需交由原子能委員會相關單位進行處理，否則可以說幾乎沒有環資中心無法處理的廢棄物。此系統生態鏈的設計，三套處理單元所產生的廢棄物（污泥、飛灰及底渣）與廢水形成循環，成為其它兩套處理系統的原料，進而形成廠內循環，除空氣經污染防制設備處理後排放外，水與固體物均達到零廢棄之目標。



熔渣再利用

有別於外界的处理廠將化學處理後衍生的污泥、焚化處理後衍生的底渣及飛灰（下稱中間產物），以水泥固化後掩埋方式處理，環資中心所擁有的三套處理系統，將中間產物作為電漿熔融處理的原料，經爐內平均溫度 1550°C 與玻璃等矽材質的添加物熔融形成熔渣，其質地相當堅硬、密度高，可直接作為填築的基礎材料，這種材料性質非常穩定，不會對人體產生危害，除非遭遇到像火山爆發的高溫熔岩，否則並無有毒物質外泄的疑慮。目前環資中心正與製磚工廠申請專案再利用，或許行走在熔渣地磚上的未來指日可待。



電漿渣



4.



4.



5.

4. 電漿炬測試
5. 環資中心資源回收廠



興建中的環資廠

有關實驗室廢棄物的危險性及相關重要知識

實驗過程所產生的有機類混雜廢液，資源再利用或回收可行性低，且混有多樣重金屬等化學物質，氯含量偏高（約10%），若無特定的處理設備（含空氣污染防制設備），對環境的影響衝擊將大增，妥善處理確實是高難度任務。

相容性低的廢液（如氧化物及還原物混合），作業人員在處理時有高度風險，若以傳統工業製程廢水處理理念，將無法有效處理此類廢液。

就臺灣廢棄物處理相關法規來看，技術層面上絕大多數廢棄物都可以有效地處理以去除其毒性，並儘可能地遠離都市人口密度較高之區域；法規層面上，無論產出、暫存、清運及處理均設有聯單申報制度的措施，嚴格監控廢棄物的流向。對於一些難找到合適處理廠的特殊廢液，環資中心也願意提供服務，為維持實驗室與環境安全而努力。

由廢棄物/資源處理專業看臺灣廢棄物處理現況

隨後，吳重霖廠長展示著幾起重大工業廢棄物污染照片，心痛地表示：在2000年7月19日旗山溪發生被傾倒約125公噸廢溶劑；2011年10月再度驚傳國內知名熱浸鍍鋅加工的台鍍科技公司，將廢毒溶液委託不法廠商，傾倒在新北市大漢溪、桃園大堀溪；及至去年也還發生日月光廠偷排工業廢水事件。這些重大的污染事件喚起了各方對於廢棄物／資源處理的重視，也引發社會大眾及政府的檢討聲浪。

臺灣每年產出逾120萬公噸的有害事業廢棄物，其中有小部份難以處理的廢棄物，以焚化底渣、飛灰固化物及溝泥砂石等安定物為主。依據2011年的環保署統計資料，全臺掩埋場共計404處，有106處場營運中，其中可掩埋者68場、可轉運38場，已飽和、封閉、復育的掩埋場共計298場。因臺灣地狹人稠，玻璃固化底渣及飛灰在技術可行下，不應以掩埋作為最終處置的唯一方法。

因此，成大環資中心處理廠麻雀雖小卻五臟俱全，以廢棄物處理技術的本土化為宗旨，是一處可消化高階廢棄物的特殊處理廠。

另外訪談中也提到，由於廠房設置於十年前，因時代變遷，廢棄物的質、量均異於當初的規劃，當然也會有原設備難以處理的廢棄物。環資中心每年均有相關的專案研究計畫或自行研究，探討部份難處理廢棄物的可行處理方法。目前負責廠區的吳重霖廠長，同時也是成大環工系博士班的學生，長久以來在第一線實際操作，讓他可以充分將工作崗位上解決問題的實務經驗化為系統性的想法與理論。除了吳廠長，目前工作線上的副廠長以及組長也都是成大相關科系博士班的學生，他們也一起共同為學術研發結合實務操作而努力著。

讓高階化學資源回收 成為常識並實踐於生活

臺灣每年有逾120萬公噸的有害事業廢棄物產出，雖說廢棄物應儘量被資源再利用，實務上仍有相當的比例是無法被再利用，或再利用後衍生的廢棄物需要被妥適處理。

對於再利用的部份，分選及分流是相當重要的，過去教授於審查時要求中小型企業不應以成本與運作模式，來抗拒漸趨嚴格的環保法令。如今學術機關基於教育的功能，更應為民表率於校園內養成廢棄物妥適分類及處理的良好習慣，進而帶入生活之中去影響周遭的家人和朋友，成為一種良好而普遍的風氣。正如前環保署署長張組恩教授（現任永續環境實驗所所長）常說：「沒有廢棄物，只有放錯位置的資源」，正足以說明大家如何面對廢棄物及資源物的差異。倘若將資源分類的原則，以整體性觀點落實於學生實作上，進一步改變習慣、形成新的文化或風俗，那就沒有所謂影響生活作習的問題。

回顧與展望

環資中心在初成立之初，場內新穎設備的規劃需要歸功於環資中心的首任主任——環工系王鴻博講座教授（現任成大研發長）。經營初期是由代操作廠商進行操作，然而在民國97年底時，評估由於原代操作廠商因委辦價格過低，在作業上有成效不彰的問題，於是成大環資中心在當時的主任張祖恩特聘教授大力支持下，中心同仁毅然決然以中心研究助理的身份，立即投身技術專員的崗位，加入環資中心線上的營運及操作。

期間曾因設備及零件非臺灣製造，多次遭遇非預期性的突發狀況，過程中同仁們充分展現了專業能力，讓緊急狀況迎刃而解。自行操作的第一年，當年度處理量即突破400公噸，更超越代操作營運以來年度最大處理量記錄。隨即在環資中心前主任李文智講座教授（現任環工系主任）的領導之下，處理量兩年內更大幅提昇了近50%，達到了600公噸，之後更穩定不墜，且逐年成長。

在環資中心前主任李文智教授領導期間，創下的重要歷程碑之一，是成功地將電漿熔融設備本土化，並將廠內操作過程及經驗所獲得的新發現申請了專利（新型第M436805號-「高鹵素及腐蝕性廢棄物焚化熱熔處理設備專利」）核准在案。「高鹵素及腐蝕性廢棄物焚化熱熔處理設備」是一種高鹵素及腐蝕性廢棄物焚化熱熔處理設備，可針對含高鹵素及腐蝕性之液體廢棄物、含高鹵素與腐蝕性之污泥及固體廢棄物、及含高鹵素化合物污染之土壤（例如：受戴奧辛污染之土壤）進行焚化、熱熔及熱處理；並經空污防制設備後轉化為乾淨

氣流、熔渣及微量之二次飛灰。

在現任黃良銘主任的領導下，處理量更逐年持續成長，接受處理廢棄物的會員學校數亦大幅成長。另一個重大的里程碑則是取得了ISO 14001環境管理系統認證，讓環資中心向環境保護的承諾邁向新的階段。此認證一年一小檢，三年一大檢，在採訪日的下一週正值每年檢驗時間，環資中心很有信心地說：「一切就緒，我們都準備好了！」。

環資中心在因應各級學校的需求時，也擴增了廢棄物處理的能力範圍，更於今（2014）年與日本環境保全株式會社贈送熱熔爐主爐，雙方並簽定合約，將共同提升臺灣對底灰渣、重金屬汙泥、有害廢棄物等之處理技術，以徹底解決廢棄物，致力邁向「低碳、安全、零廢」的永續發展環境。日本環境保全株

式會社（JEP）是廢棄物焚化與熱熔處理設備之設計、規劃、製造與整廠輸出績優廠商，有多項傑出之廢棄物處理設備產品；其中，廢棄物熱熔設備，結合乳化重柴油之技術，可節能減碳，降低成本，將有毒有害之廢棄物轉變為無害化之熔渣，成功且有效處理了日本311核災所衍生的含輻射的廢棄物，成效卓越。已大量應用於特殊廢棄物的熱熔處理，更擁有多項技術專利。

在簽約儀式中，日本環境保全株式會社（JEP）社長古渡周作也談到，他發明的專利產品可以和臺灣著名的大學合作，是他莫大的榮幸；熱熔爐主爐藉著水和油的結合乳化技術，高溫可以燒到1800度，能更有效率地處理廢棄物，他也期望這套設備能在成大發揮功能。「成大在廢棄物焚化及熱熔處理上有多項



新型第M436805號-
「高鹵素及腐蝕性廢棄物焚化熱熔處理設備專利」

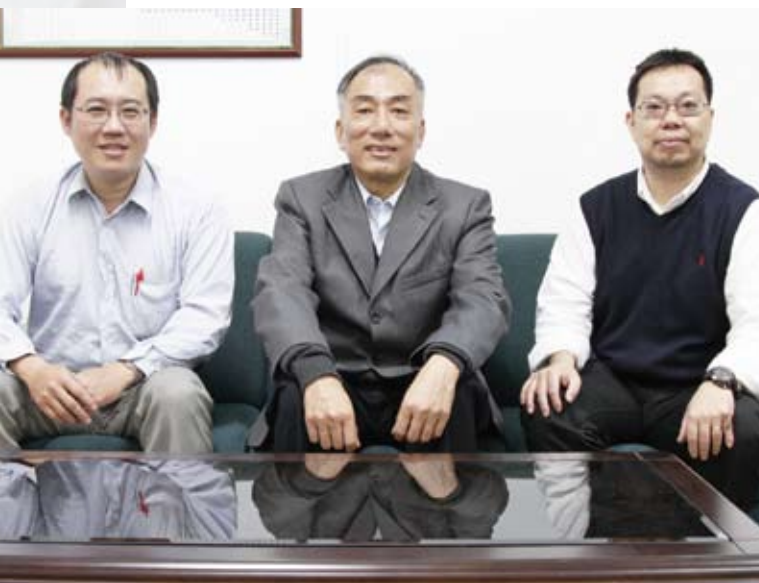


ISO 14001:2004認證

頂尖之研究，令人仰慕，我最大的心願也是與成大多位教授繼續研究，再度提昇處理廢棄物的技術。」古渡社長如此說道。

目前環資中心已順利爭取到教育部未來十年的補助營運計畫，將迎向下個十年的挑戰。這十年來環資中心的成績大家有目共睹，也深獲主辦單位教育部的賞識與肯定。吳重霖廠長笑著說，這樣的工作吃力不討好，而且中心並非盈利單位，靠的是一股捍衛環境的榮譽感與疼惜這片土地的心。環資中心雖然是個小小的單位，在同仁努力之下尚有餘裕獲利，而所有的盈餘都是專款專用，為了迎接下一個十年，盈餘也將作為機房設備的更新與修繕基金。

未來，成大環境資源研究管理中心願意繼續肩負起社會責任與保護環境的使命，面對更嚴峻的挑戰。



左起為：現任廠長 吳重霖廠長；
前主任李文智教授（現任環工系主任）；
現任主任 黃良銘教授

重大事蹟一覽表

2000/12/28

教育部核定成功大學為主辦學校。簽訂「補助辦理環境資源研究管理中心興建及營運工作契約」

2005/4/6

正式營運 (2005/04/06~2008/12/04委外操作)

2008/12/05

成大團隊自行操作

2009/05

取得廢塑膠專案資源再利用許可

2009/12

年處理量461公噸突破代操作最大年處理量(399公噸)

2010/2/26

取得ISO 14001:2004認證

2011/08

餘裕量（針對非學術單位的廢棄物）收受其產生的廢棄物進行處理

2011/12

年處理量突破600公噸

2012/06

取得玻璃專案再利用許可

2012/09/01

新型第M436805號-「高鹵素及腐蝕性廢棄物焚化熱熔處理設備專利」

2012/12

年處理量突破660公噸

2013/9/24

取得毒性有害事業廢棄物處理許可(毒性化學藥品)