

九十三年度一千萬元以上政府科技計畫績效 評估報告書

計畫名稱：

電漿焚化熔融處理有害廢棄物產業化應用與發展
(環保領域)

主管機關：行政院原子能委員會

執行單位：行政院原子能委員會核能研究所

電子檔名：93-2001-10-02-05-45.doc

科技計畫成果效益報告

(93 年度科技計畫經費一千萬元以上)

(請由計畫主持人、執行人填寫)

壹、基本資料：

計畫名稱：電漿焚化熔融處理有害廢棄物產業化應用與發展

主 持 人：曾 錦 清

審議編號：93-2001-10-02-04-45

計畫期間(全程)：93 年 1 月至 94 年 12 月

年度經費：92,150 千元 全程經費規劃：212,150 千元

執行單位：核能研究所電漿熔融專案

貳、計畫目的、計畫架構與主要內容

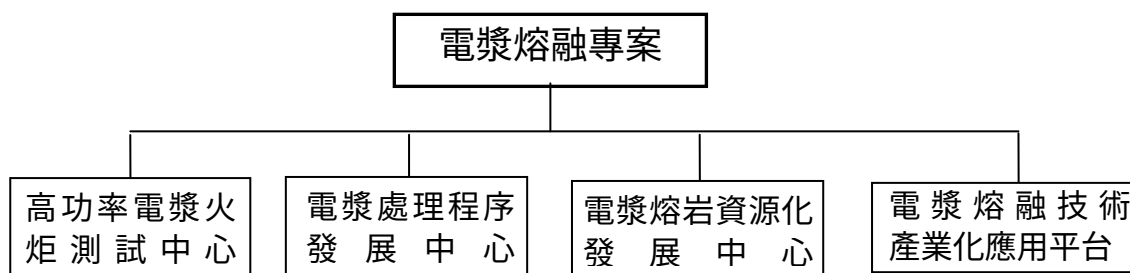
計畫目的：

本計畫之目的是在因應國內有害事業廢棄物、產業資源回收及環境清理等特定高難度處理廢棄物之有效無害化，提供高效能的電漿焚化熔融處理技術與方案。而電漿核心技術之發展，於行政院原子能委員會核能研究所(以下簡稱本所)之核能應用高能物理發展時代已建立技術能量，後經低放射性廢料處理時代之應用技術發展，已具備建廠程序化運轉處理之商業性應用雛形。有鑑於電漿火炬技術在先進國家之積極發展與商業化應用，在檢視本所已具備電漿火炬技術發展現況，尚可以與國際上先進國家之發展齊頭競爭。因此，為將本項核能科技發展所展現之電漿技術與國內有害事業廢棄物處理之需求契合，並落實電漿之技術本土化應用深耕，同時能帶動相關新興環保產業發展，促進相關傳統產業升級，免除國外電漿技術侵佔且壟斷國內環保市場，乃在此刻不容緩之時機，積極推動本項計畫，以期開拓預期具有高經濟產值之電漿熔融產業化環保應用領域。

計畫架構：

自 93 年度開始成立了兩年期程的「電漿焚化熔融處理有害事業廢棄物產業化應用與發展」科技發展專案計畫，下轄(1)「高功率電漿火炬測試中心之建立」，(2)「電漿處理程序發展中心之建立」，(3)「電漿熔岩資源化發展中心之建立」，及(4)「電漿熔融技術產業化應用平台之建立」等 4 個分項計畫，匯集化學、化工、物理、機械、儀控、高溫材料及產業分析

等各類專長之同仁，組成工作團隊，藉由歷年來已建立的研發基礎，整合階段性平行發展之技術成果，進行環境保育科技之研發，強化廢棄物減量與資源回收技術能力。



主要內容：

本計畫的主要工作內容為：

- 一、建立高功率電漿火炬測試中心、電漿處理程序發展中心、電漿熔岩資源化中心和電漿熔融技術產業化應用平台。
- 二、發展 100 千瓦蒸汽電漿火炬和 3,000 千瓦非傳輸型/傳輸型直流電漿火炬商業應用系統。
- 三、開發電漿焚化熔融程序驗證系統(驗證處理能量 6 tpd 以上)、電漿焚化熔融爐程序開發試驗系統(試驗處理能量 2 tpd 以上)、電漿焚化熔融處理程序之開發與驗證(包含灰渣、有機無機混合廢棄物、廢熔劑等有害廢棄物)和廢棄物轉化能源電漿處理程序之開發。
- 四、開發道路級配材料、透水磚等建材之製作設備、程序，建立資源化產品應用規範。
- 五、建構產業化策略聯盟、評估國內利基市場、規劃電漿熔融示範廠和評估商業化推廣應用可行模式。

參、計畫經費與人力

計畫經費：

經費項目	預定 (仟元)	實際 (仟元)	差異分析
經常門	8,137	7,776	
資本門	84,013	81,429	
總計	92,150	89,205	達成率：96.80%

人 力：

投入計畫人力	研究人員學歷分布	研究人員職務分布
研究人員 人數： <u>40</u> 人 人月： <u>319.60</u> 人月	博士 人數： <u>10</u> 人 人月： <u>99.6</u> 人月	研究員 人數： <u>6</u> 人 人月： <u>46.2</u> 人月
技術人員 人數： <u>31</u> 人 人月： <u>258</u> 人月	碩士 人數： <u>22</u> 人 人月： <u>157.2</u> 人月	副研究員 人數： <u>15</u> 人 人月： <u>98.8</u> 人月
支援人員 人數： <u>7</u> 人 人月： <u>81.8</u> 人月	學士 人數： <u>8</u> 人 人月： <u>74.4</u> 人月	助理研究員 人數： <u>4</u> 人 人月： <u>17.4</u> 人月
	其他 人數： <u>38</u> 人 人月： <u>328.2</u> 人月	研究助理 人數： <u>13</u> 人 人月： <u>133.2</u> 人月

肆、計畫已獲得之主要成就與成果(output) (如論文篇數、技術移轉經費/項數、技術創新項數、技術服務項數、專利項數、著作權項數等)

- 1.已完成 3 篇專利申請。
- 2.已完成研究報告 30 篇。
- 3.已完成國外期刊 1 篇、研討會論文 7 篇。
- 4.技術擴散/服務與產品收入 20 萬元。
- 5.展示會 5 場，記者會 2 場。
- 6.將本所國內自行研發、設計、組裝製造之垃圾焚化爐灰渣電漿熔融處理系統技術授權予中船公司(簽約金 200 萬元)，是本計畫電漿熔融技術研發成果之具體展現。
- 7.接受環保署委託進行「焚化爐飛灰電漿熔融程序開發」(計畫總經費新台幣 5,000 萬，93 年度經費 3,000 萬)。
- 8.接受台電公司減容中心及後端處之委託進行「減容中心灰渣與廢活性碳電漿熔融研究」(計畫總經費新台幣 970 萬，93 年度經費 437 萬)。
- 9.接受後端處「蘭嶼固化體廢棄物電漿熔融研究」(計畫總經費新台幣

2,400 萬，93 年度經費 1500 萬)及「蘭嶼固化體品質驗證」(93 年度經費 98 萬)。

各項研究及技術服務，將本所電漿熔融技術研發成果充分發揮，積極開拓國內可能應用之市場。

伍、評估主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome)

(請以學術或技術成就、經濟效益、社會效益以及其它效益等項目詳述)

(一) 技術成就

1. 高功率電漿火炬測試中心主要發展關鍵性之電漿火炬系統，並建立測試技術與驗證體系。1,200 kw 以下之電漿火炬進行標準化與商業化規範之建立。1,200 kw 以上之電漿火炬，則依本所之已建立之技術提昇功率規格與製作技術，以因應較大規模電漿廠需要之高功率電漿火炬。長程目標為建立電漿火炬開發與測試平台，提供產業應用所需之各型電漿火炬，並發展出認證實驗室。
2. 電漿處理程序發展測試中心以建立處理能量 2 tpd 以上之程序開發測試系統，發展各類有害廢棄物處理程序為主。同時配合本所已有之設備，建立電漿焚化熔融程序驗證系統，處理能量 6 tpd 以上，提供工程驗證，建立廠型規模之基本設計。應用於處理程序中電漿爐之主要熱源即為電漿火炬測試中心所開發之電漿火炬。電漿焚化熔融處理程序的開發，以資源化與產業化為首要目標；進而精進為廢棄物轉化能源電漿處理程序之開發與驗證。
3. 電漿熔岩資源化發展測試中心係針對熔岩資源化產品製程 產品規範以及應用市場之研發。主要產品開發完全配合前項熔融處理程序所產生之熔岩之資源化應用，資源化產品達到工程化之品質認證標準。
4. 電漿熔融技術產業化應用平台積極進行國內市場調查及商業化規模之評估與規劃，擬訂產業化策略，並與國內專業製造廠商、工程公司、環保公司共同合作開發市場，進而組成策略聯盟，以降低生產成本提昇競爭力，並配合政府公共工程擬訂熔岩產品資源化應用，達到電漿技術商業化和產業化的目的。

(二) 經濟效益

1. 電漿熔融處理焚化爐灰渣不但將灰渣無害化，並達到減容之目的，進而資源化，免去掩埋場龐大的土地需求(平均每年需 40.7 公頃)。
2. 台灣地區大型焚化爐產生之灰渣，全面採用電漿熔融資源化處理，其電漿爐廠興建將產生 340 億的內需市場。另外，由國內代操作業者運轉電漿爐廠，預期每年處理之產值達 60 億元。
3. 焚化爐灰渣以電漿熔融資源化處理，無害之資源化熔岩產品，產生附加價值每年達 4 億元以上。
4. 發展電漿熔融技術本土化產業，增進環保技術，培養人才，促進環保產業升級，增加就業機會。電漿熔融技術本土化產業除了電漿焚化熔融廠之設計、建造、操作、維修等，尚包括電漿火炬製造、高壓直流供電器製造、電漿爐製造、污染防制設備製造等衛星產業。
5. 電漿熔融技術產業化後，更可擴展至其他有害工業廢棄物及醫療廢棄物之電漿熔融資源化處理，除可徹底解決事業廢棄物非法棄置事件層出不窮的問題，杜絕污染土壤或地下水，危及國人健康的事件發生，甚至其電漿爐廠興建將產生約 240 億的內需市場，預期每年處理之產值達 160 億元。

(三) 社會效益

1. 有助於解決國內環保問題，包括焚化爐灰渣、有害廢溶劑、重金屬污泥、醫療廢棄物、廢農藥殺蟲劑及有害工業廢棄物等。
2. 促進傳統產業技術能力升級，包括大電力電源供應產業、機械設計及加工產業、高溫耐火材料及高溫爐產業、廢氣處理產業及程序監控產業等。
3. 創造新興環保產業，包括電漿廢棄物處理、資源回收產業及電漿清潔製程產業。國內若能建立電漿商業化技術，發展相關環保產業，每年可創造數百億元市場，對經濟發展及提供就業機會定會有所助益。
4. 建立本土化技術對於人員訓練、維修、零組件製作、系統運轉等技術工作具完全自主性，有利於長期成本之降低。
5. 熔岩資源化可免除掩埋場之闢建，降低環境風險。

6. 電漿熔融技術提供高效率無害化的終極處理方法, 有助於環境安全保護, 提供人民安全、乾淨、健康的生活環境。

(四)其他

- 1.完成高功率電漿火炬測試中心選址、廠房整建工程發包作業、建築執照取得, 現已完成廠房興建及驗收, 目前進行申照作業中。
- 2.完成 10MVA/69KV 交流電力供應系統安裝及功能測試、驗收。
- 3.完成 5,000 KW 電流直流電源供應系統安裝與功能測試、驗收。
- 4.完成 10,000 sl/min 高壓空氣供應系統安裝與功能測試、驗收。
- 5.完成高壓蒸氣供應系統製造及安裝測試。
- 6.完成 100 千瓦非傳輸型蒸汽直流電漿火炬之細部設計、製造及初步功能測試。
- 7.完成 3,000 千瓦直流電漿火炬供氣系統採購及 3MW 非傳輸型電漿火炬之設計與製作。
- 8.完成 3,000 千瓦非傳輸型及傳輸型直流電漿火炬測試艙、廢氣降溫排放系統及操控系統之規劃設計。
- 9.完成 003B 6tpd 電漿熔融示範廠之建置, 並已進行相關程序驗證及運轉測試作業。
- 10.完成灰渣電漿熔融程序計算, 並完成電漿熔融程序廢氣處理系統質能平衡計算軟體之開發。
- 11.完成廢棄物轉化能源電漿處理之資料彙集成冊, 初步設計概念整合熱能回收及廢棄物處理系統之節能設計。
- 12.完成電漿熔岩水淬驗證系統之建置與功能測試。
- 13.完成熔岩資源化產品透水磚產品的製程分析, 探討最佳配比與製造溫度。
- 14.完成資源化產品(含香精瓶、天鵝等藝品、透水磚、壁磚等)製作及其相關特性測試與分析。另亦完成水淬熔岩製作微結晶材料之樣品特性分析。

- 15.完成 003B 6tpd 電漿熔融示範廠之建置，並已進行相關運轉測試規劃。後續將依運轉測試之結果進行修訂評估，以成為國內電漿熔融技術產業化之具體規範。
- 16.國內廠商先期投資參與計畫推動，已呈現多樣之對外合作成果：
 - (1)透過採購程序，與國內機械專業製造、設計廠商保碩公司，簽訂為期至 94 年度止之電漿火炬委製與維護合作。
 - (2)國內潔境環境工程公司派 4 員工程技術人力投入本所電漿熔融測試運轉工作，培訓國內電漿設施運轉技術專業人員。
 - (3)93 年 6 月 23 日與中船簽訂焚化爐灰渣電漿熔融資源化技術移轉案。
- 17.完成 93 年度委辦學術界「電漿熔岩資源化程序及產品之開發委託研究」計畫，已於 93 年 11 月交付期末報告，12 月完成審查及結案。
- 18.完成 1.2 MW 截波式直流電源供應器與 INER-1200T 直流電漿火炬連結測試，提昇效率至 95%以上，功力因素達 95%以上。
- 19.完成電漿熔融水淬系統運轉測試，並且產出水淬熔岩約 6500 公斤。
- 20.完成 018 館電漿火炬維修廠房建立，及電漿火炬維修硬體機制之設置。
- 21.完成水淬熔岩配料的應用測試評估及水淬熔岩透水磚的製作及性能測試。
- 22.完成 69KV/10MVA 交流電及 5MW 直流電源供應等兩項電力系統安裝及功能測試，並完成驗收、結報。
- 23.完成 100 KW 蒸氣直流電漿火炬性能測試。
- 24.69 KV/10 MVA 及 5MW 電力設施完成後，已成功完成與 3MW 非傳輸型電漿火炬之連線測試。

陸、與相關計畫之配合

各個分項計畫之工作重點為：「高功率電漿火炬測試中心」以發展關鍵性電漿火炬系統、建立標準化與商業化規範、建立測試技術與驗證實驗室為主；「電漿處理程序發展測試中心」以建立處理程序開發測試系統、發展各類有害廢棄物處理程序為主；「電漿熔岩資源化發展中心」以研發熔岩資源化產品製程、研訂產品規範及認證標準及調查與開發應用市場為主。「電漿熔融技術產業化應用平台」則以調查評估國內市場、擬訂產業化策略及結合國內相關業界組成策略聯盟為主，藉以共同開發市場並提昇競爭力、降低生產成本，達到電漿技術商業化和產業化的目標。

柒、後續工作構想之重點

高功率電漿火炬測試中心，於 93 及 94 年度發展關鍵性之 3 MW 直流電漿火炬系統，並建立測試技術與驗證平台。95 至 97 年度經由「高功率電漿火炬商業化技術發展」分項計畫之執行，發展 600 KW 蒸汽直流電漿火炬系統，做為電漿氣化發電應用的熱源；並建立電漿火炬高功率直流電漿火炬系統標準化工程技術及認證體系。長程目標為建立電漿火炬開發與測試平台，提供產業應用所需之各型電漿火炬，並發展出認證實驗室。

電漿處理程序發展測試中心於 93 及 94 年度，以建立處理能量 2 tpd 以上之程序開發測試系統，發展各類有害廢棄物處理程序為主。同時配合本所已有之設備，建立電漿焚化熔融程序驗證系統，處理能量 6 tpd 以上，提供工程驗證，建立廠型規模之基本設計。應用於處理程序中電漿爐之主要熱源，即為電漿火炬測試中心所開發之電漿火炬。95 至 97 年度經由「電漿熔融資源化技術發展與應用」分項計畫之執行，開發高科技產業電漿焚化熔融處理程序的開發，進行資源化產品的著色技術及建築輕骨材等高價值資源產品製程開發，及品質認證工作，以期創造高附加價值資源回收產業。

電漿熔岩資源化發展中心係針對熔岩資源化產品製程、產品規範以及應用市場之研發。93 及 94 年度配合前項熔融處理程序所產生之水淬熔岩，進

行透水磚及道路級配材料等資源化產品製程開發，並達到工程化之品質認證標準。

「有機廢棄物電漿轉化能源技術開發」分項計畫於 95 至 97 年度執行，主要在於有機廢棄物轉化能源電漿處理程序系統之開發與驗證，並將建立電漿氣化發電實驗系統，用以評量本項技術做為分散式電力供應系統的利基。

3 個發展測試中心再加上國內機械加工、高溫爐建造、機電儀控等專業能力，以建構產業技術/驗證平台及產業化平台。

捌、檢討與展望

電漿熔融是一項頗具發展潛力的高科技，核能研究所目前積極進行該項技術之研發並擬將其推廣應用於有害廢棄物之處理，期建立本土化之電漿處理廢棄物技術，有效解決國內有害事業廢棄物污染之公害問題，對於國內環保科技及產業技術均有長遠的正面影響，產業化應用發展前景可期。

本計畫第 1 年工作在各級長官之重視及鼎力支持下，所有計畫同仁均能自動自發、熱誠奉獻地參與工作，使得各項既定之階段性工作目標不論是工程設計、設備建立與測試、研究報告撰寫等皆能夠順利達成。但無可諱言的，由實驗室階段邁向工程驗證階段的過程中，必定會遭遇到各種充滿挑戰性與不可預期的狀況，在明年度的廣續計畫工作中，全體同仁勢必得全力以赴、克服萬難，務使本計畫能如期順利完成。

填表人：曾 錦 清 聯絡電話：(03)471-1400 轉 7422 FAX NO：(03)411-5617

原子能委員會科技計畫成果績效評估報告

(93 年度科技計畫經費一千萬元以上)
(由部會署聘請五位以上專家委員評估彙總)

計畫名稱：電漿焚化熔融處理有害廢棄物產業化應用與發展

主 持 人：曾 錦 清

審議編號(檔號)：93-2001-10-02-04-45

執行單位：核能研究所電漿熔融專案

壹、本計畫主要成就貢獻(評述計畫研發成果與執行績效)

電漿熔融是一項頗具發展潛力的應用科技，將可有效解決國內有害事業廢棄物污染之公害問題，對於國內環保科技及產業技術均有長遠的正面影響，產業化應用發展前景可期。電漿熔融技術處理成本較高，開發資源化技術將可創造高附加價值綠色產品，除可降低廢棄物處理淨成本外，並可提供永續經營的社會環境。

貳、計畫經費與人力運用(評估計畫資源使用之效益性)

本計畫預算經費數為 92,150 千元，實際支用（含結報數、預付數、政策指示流用數）89,205 千元，支用比率為 96.80%。資本門編列經費計 84,013 千元，實際支用 81,429 千元，支用比率為 96.92%。另相關研究人員在職級分佈及學歷專長分配皆屬適當，在質與量的控制方面亦相當良好。

參、評估主要成就及成果之績效 (outcome)

(評估主要成就及成果之價值與貢獻度)

(分就學術或技術成就、經濟效益、社會效益以及其它效益；

並以五等第評量 5 為優 4 為良 3 為可 2 為稍差 1 為劣)

☒學術或技術成就；☒經濟效益；☒社會效益；☒其它效益

一、學術或技術成就：

依核研所自評報告書中學術或技術成就敘述，並經評審小組實地審查及討論結果，本項績效「優」。

二、經濟效益：

依核研所自評報告書中經濟效益敘述，並經評審小組實地審查及討論結

果，本項績效「良」。

三、社會效益：

依核研所自評報告書中社會效益敘述，經評審小組實地審查及討論結果，本項績效「優」。

四、其它效益

依核研所自評報告書中其它敘述，經評審小組實地審查及討論結果，本項績效「良」。

肆、綜合意見

一、本計畫目前技術發展成果相當優秀，對於是否有經濟效益宜更進一步仔細評估，對於二次排放之「產品」是否合乎環保要求，可以繼續測試。

二、灰渣電漿熔融程序之開發，建議重點放在飛灰熔融程序，若能再降低成本，應為 1 項可行方法(低渣目前已進行分類再資源化應用)，並請比較飛灰熔融與飛灰固定化處理之優劣度及處理成本比數，用以研究其可行性。

三、水淬熔岩作為道路級配材之子題成本，為何變更為資源化產品之製作及特性測試，蘆薈香精瓶，天鵝等藝品，透水磚等。

四、在有機廢棄物處理方面宜進一步比較處理過程中釋放氣體種類(有毒成份)與傳統熱製程的差異應更清楚標定。

伍、績效評量：☒優 ☐良 ☐可 ☐差 ☐劣

評估委員：朱瑾、林清發、曾四恭、顏溪成、蘇肇章、吳乃立、李志浩、饒大衛等 8 位

評估時間：94 年 01 月 31 日