

九十四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

科技計畫成果效益報告

(94 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：94-2001-10-05-00-00-45

計畫期間(全程)：93.1.1～94.12.31

年度經費：117,805 千元 全程經費規劃：209,955 千元

執行單位：行政院原子能委員會核能研究所

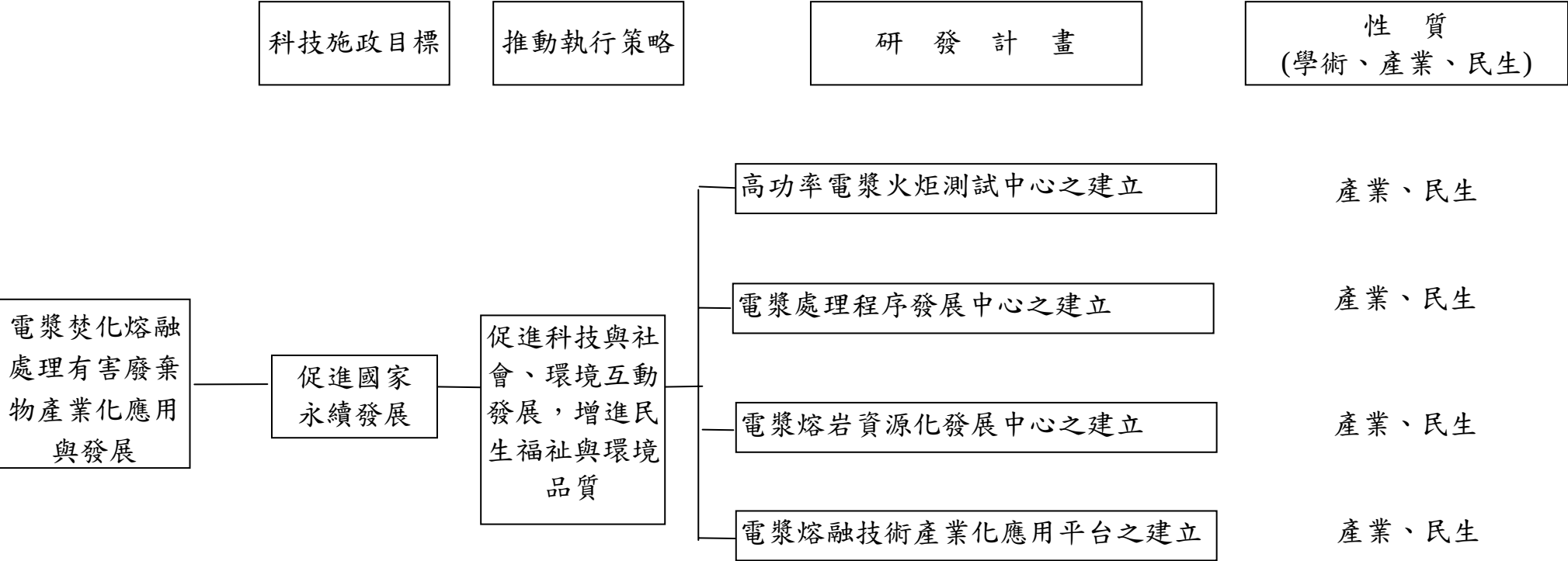
貳、計畫目的、計畫架構與主要內容

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，並建立有機廢棄物電漿轉化能源技術，提供分散式能源/電力供應的技術能量。而電漿核心技術之發展，於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和能源應用領域。

本計畫執行全程(93 年—94 年)的主要工作內容為：(1) 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；發展高功率電漿火炬商業化技

術、電漿熔融資源化技術及有機廢棄物電漿轉化能源技術。(2) 發展 3,000 KW 非傳輸型/傳輸型直流電漿火炬商業應用系統。(3) 開發電漿焚化熔融程序開發試驗和驗證系統，發展不可燃性有害廢棄物電漿熔融處理程序技術、可燃性廢棄物電漿氣化程序技術和熔漿水淬技術。(4) 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。(5) 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。

計畫政策架構圖如下：



參、計畫經費與人力

計畫經費：

單位：千元

計畫名稱	預算數		實際支用數		執行率
	經常門	資本門	經常門	資本門	
高功率電漿火炬測試中心之建立	9,449	32,530	9,449	32,530	100%
電漿處理程序發展中心之建立	11,854	40,000	11,854	32,644 (不含應付未付數 3,987 千元)	85.81%
電漿熔岩資源化發展中心之建立	7,971	12,000	7,971	11,381	96.90%
電漿熔融技術產業化應用平台之建立	4,001		4,001		100%
合計	33,275	84,530	33,275	76,555 (不含應付未付數 3,987 千元)	93.23%
93 年度保留數	360	2,585	360	2,585	100%
電漿焚化熔融處理有害廢棄物產業化應用與發展	120,750		112,775		93.40%

人 力：

預定投入計畫人力	實際投入計畫人力	差異分析
<u>研究人員</u> 人數： <u>36</u> 人 人月： <u>156.5</u> 人月	<u>研究人員</u> 人數： <u>36</u> 人 人月： <u>177.1</u> 人月	<u>原因：</u> 加強投入人力參與比重
<u>技術人員</u> 人數： <u>37</u> 人 人月： <u>111.8</u> 人月	<u>技術人員</u> 人數： <u>38</u> 人 人月： <u>169.4</u> 人月	<u>對計畫達成度影響：</u> 加速計畫進展及問題解決能力
<u>支援人員</u> 人數： <u>6</u> 人 人月： <u>29.8</u> 人月	<u>支援人員</u> 人數： <u>6</u> 人 人月： <u>29.8</u> 人月	

研究人員學歷分布		
預定投入計畫人力	實際投入計畫人力	差異分析
<u>博士</u> 人數： <u>8</u> 人 人月： <u>71.2</u> 人月	<u>博士</u> 人數： <u>8</u> 人 人月： <u>71.2</u> 人月	無
<u>碩士</u> 人數： <u>17</u> 人 人月： <u>149.4</u> 人月	<u>碩士</u> 人數： <u>17</u> 人 人月： <u>149.4</u> 人月	
<u>學士</u> 人數： <u>10</u> 人 人月： <u>93.6</u> 人月	<u>學士</u> 人數： <u>10</u> 人 人月： <u>93.6</u> 人月	
<u>其他</u> 人數： <u>45</u> 人 人月： <u>347.8</u> 人月	<u>其他</u> 人數： <u>45</u> 人 人月： <u>347.8</u> 人月	

研究人員級職分布		
預定投入計畫人力	實際投入計畫人力	差異分析
<u>研究員</u> 人數：5 人 人月：40.8 人月 <u>副研究員</u> 人數：12 人 人月：90.6 人月 <u>助理研究員</u> 人數：10 人 人月：78.6 人月 <u>研究助理</u> 人數：4 人 人月：38.4 人月	<u>研究員</u> 人數：5 人 人月：40.8 人月 <u>副研究員</u> 人數：12 人 人月：90.6 人月 <u>助理研究員</u> 人數：10 人 人月：78.6 人月 <u>研究助理</u> 人數：4 人 人月：38.4 人月	無 無

研究人員專長領域	未來人力運用規劃
物理、電機、電子、電力、機械、 化工、環工、環保、工安、土木、 材料、應材、計畫管理、儀控電 力及商業推廣等學有專精之人 員。	1.電漿火炬、零組件及相關機具設 計、繪圖。 2.電漿火炬、電漿熔融系統熱流分析。 3.電漿熔融程序設備設計、繪圖。 4.機械設備結構分析。 5.熔岩資源化材料開發與分析。 6.廢棄物處理程序及特性分析。

肆、計畫已獲得之主要成就與成果量化(output)

一、主要成就如下：

1. 完成 3MW 傳輸及非傳輸型電漿火炬之設計製造，將電漿火炬發展技術由 1.2MW 成功提升至 3MW，已符合科技先進國家之商業應用水準。
2. 電漿焚化熔融 6tpd 全系統驗證測試，總計熔融處理 66 公噸焚化灰渣，並產生 47 公噸高品質水淬熔岩，處理效果良好並具資源化潛力。
3. 成功試製多項熔岩資源化之建材級成品，並完成水淬熔岩之示範道路試鋪。
4. 技轉中船公司已實際展開對其工程及技術人員之電漿爐系統運轉訓練，進一步奠定電漿熔融技術產業發展之基礎。完成中船公司技轉期中報告撰寫及技轉金申請作業。
5. 獲得(1)我國核發三項專利：「直流電漿火炬轉弧裝置」、「熔漿之冷卻輸送裝置」、「電漿熔融爐進料系統」；(2)美國核發一項專利：「Switching Device for Mode Transition of DC Plasma Torches」。
6. 本計畫提報「電漿岩化技術建立我國環保及資源化產業」建議案，參與行政院各機關建立參與及建議制度評審，先獲得原能會評審為『優等獎』。後參加行政院複審，再獲行政院核定為『科技類榮譽獎』。

二、主要成果量化如下：

1. 獲得我國核發三項專利及美國核發一項專利，另向美國申請二項專利中。
2. 完成研究報告 35 篇

3. 完成國內期刊論文 2 篇、國內研討會論文 6 篇、國外研討會論文 2 篇。
4. 委託研究收入 1,479 萬元
5. 中船技轉簽約金 200 萬元，本年度支付 60 萬元。
6. 展示會 2 場【2005 台北國際環保暨能源展（94.6.23～94.6.26）、2005 台北國際發明暨技術交易展覽會（94.9.29～94.10.2）】。

伍、評估主要成就及成果之價值與貢獻度 (outcome)

一、學術或技術成就

與台北科技大學資源系、海洋大學材料所、中央大學環工所、元智大學機械系、台灣大學環工系、交通大學電機與控制工程系及中原大學機械系等多位教授合作研究，開發電漿火炬電力供應技術、電漿火炬理論模擬技術、電漿氯化程序技術、熔岩資源化技術等，並培養碩、博班學生，發表研討會論文及期刊論文。

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、污染防治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. 我國國民所得提高，無害化一次處理廢棄物之環保意識抬頭，國內市場已漸漸浮現，預估相關之電漿熔爐及待處理廢棄物年產值約有二百多億元，應藉此時機整合國內產官學資源，營建本土市場，當可創造極具產值與就業機會之環保產業。
2. 電漿岩化技術結合廢棄物氣化發電後，在環保、能源、經濟上有優勢，作為下一代垃圾處理廠的機會很高。電漿岩化為有害廢棄物最適處理方案，符合污染物排放法規要求，業界已有共識及需求，並且是未來達成“零廢棄物”目標的最可能途徑。
3. 發展我國電漿環保產業，可以促進關連產業（大電流供電設施、高溫爐及耐火材製造、污染防治、儀控及機械製造等）發展及升級，形成產業價值鏈。

陸、與相關計畫之配合

各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

95 年度繼續於電漿熔融、電漿轉化與清潔製程三方面發展與應用；其中電漿熔融技術後續發展包括：(1)設計製作 600 kW 蒸氣火炬系統，並為已研製完成的高功率火炬建立模擬平台與量測系統；(2)建立多孔性輕質熔岩產品之資源回收再利用程序與設備，評估、規劃岩礦纖維與電子產業廢棄物有價金屬之回收程序；(3)建立電漿氣化實驗系統。後續計畫將結合熔融、氣化、發電技術，發展下一代廢棄物轉為永續能源的設施，以對永續環境保護之推展有所貢獻。後續計畫之推動能延續一系列國家資源投入之研發成果，並持續開發且實質效益環保產業化應用，促進民生福祉與高品質社會環境，故妥適性極佳。

捌、檢討與展望

一、電漿熔融技術係以電漿火炬所產生的高溫、高密度電漿為熱源，將廢棄物中之可燃物質及不可燃物質在同一系統有效處理，達到減容、去毒、固化、發電、能源再生及資源化等多重目的，是具有無害化及高附加價值的環保應用技術。若能獲得政府支持進行產業化發展，將可扶植本土之高科技環保產業生根，免除國外再次壟斷我國環保市場，並可具體解決國內數量龐大之事業廢棄物處理難題，建立永續發展的生活環境。

二、本計畫積極表明具有高度意願承接我國焚化爐灰渣電漿熔融資源回

收示範廠興建之規劃與執行任務，已落實本土技術產業化之計畫宗旨。

三、資源化產品的技術目前都仰賴產業，處於被動，須化為主動，建立自主的實驗室，研發資源化產品技術。

四、計畫與合作廠商的資源化研發試製產品，實際上市需要大量的水淬熔岩，目前亟需熔岩製造廠，政府應協助產業設置之。另評估電漿熔融處理焚化灰渣，應以飛灰＋底灰篩分後的剩料為主，而且應儘可能降低成本或提昇資源化產品價值，使淨處理成本小於 3 元/kg。

原子能委員會科技計畫成果績效評估報告

(94 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)：94-2001-10-05-00-00-45

執行單位：行政院原子能委員會核能研究所

壹、本計畫主要成就貢獻(評述計畫研發成果與執行績效)

- 一、完成 3MW 傳輸及非傳輸型電漿火炬之設計製造，將電漿火炬發展技術由 1.2MW 成功提升至 3MW，已符合科技先進國家之商業應用水準。
- 二、電漿焚化熔融 6tpd 全系統驗證測試，總計熔融處理 66 公噸焚化灰渣，並產生 47 公噸高品質水淬熔岩，處理效果良好並具資源化潛力。
- 三、成功試製多項熔岩資源化之建材級成品，並完成水淬熔岩之示範道路試鋪。
- 四、技轉中船公司已實際展開對其工程及技術人員之電漿爐系統運轉訓練，進一步奠定電漿熔融技術產業發展之基礎。完成中船公司技轉期中報告撰寫及技轉金申請作業。
- 五、獲得(1)我國核發三項專利：「直流電漿火炬轉弧裝置」、「熔漿之冷卻輸送裝置」、「電漿熔融爐進料系統」；(2)美國核發一項專利：「Switching Device for Mode Transition of DC Plasma Torches」。
- 六、本計畫提報「電漿岩化技術建立我國環保及資源化產業」建議案，參與行政院各機關建立參與及建議制度評審，先獲得原能會評審為『優等獎』。後參加行政院複審，再獲行政院核定為『科技類榮譽獎』。

貳、計畫經費與人力運用(評估計畫資源使用之效益性)

計畫經費：(以計畫分項內容分述資本門與經常門金額運用評估)

單位：千元

計畫名稱	預算數		實際支用數		執行率
	經常門	資本門	經常門	資本門	
高功率電漿火炬測試中心之建立	9,449	32,530	9,449	32,530	100%
電漿處理程序發展中心之建立	11,854	40,000	11,854	32,644 (不含應付未付數 3,987 千元)	85.81%
電漿熔岩資源化發展中心之建立	7,971	12,000	7,971	11,381	96.9%
電漿熔融技術產業化應用平台之建立	4,001		4,001		100%
合計	33,275	84,530	33,275	76,555 (不含應付未付數 3,987 千元)	93.23%
93 年度保留數	360	2,585	360	2,585	100%
電漿焚化熔融處理有害廢棄物產業化應用與發展	120,750		112,775		93.40%

人 力：(以計畫之人年、專長、學歷與年資評估)

預定投入計畫人力	實際投入計畫人力	差異分析
研究人員 人數：36 人 人月：156.5 人月	研究人員 人數：36 人 人月：177.1 人月	原因： 加強投入人力參與比重
技術人員 人數：37 人 人月：111.8 人月	技術人員 人數：38 人 人月：169.4 人月	對計畫達成度影響： 加速計畫進展及問題解決能力
支援人員 人數：6 人 人月：29.8 人月	支援人員 人數：6 人 人月：29.8 人月	

研究人員專長領域	未來人力運用規劃
物理、電機、電子、電力、機械、 化工、環工、環保、工安、土木、 材料、應材、計畫管理、儀控電 力及商業推廣等學有專精之人 員。	1.電漿火炬、零組件及相關機具設 計、繪圖。 2.電漿火炬、電漿熔融系統熱流分析。 3.電漿熔融程序設備設計、繪圖。 4.機械設備結構分析。 5.熔岩資源化材料開發與分析。 6.廢棄物處理程序及特性分析。

參、計畫主要成就與成果之績效 (outcome)

(評估主要成就及成果之價值與貢獻度)

(分就學術及技術成就、經濟效益、社會效益、及其他效益；並以五等第評量 5 為優 4 為良 3 為可 2 為稍差 1 為劣)

4學術或技術成就；**4**經濟效益；**4**社會效益；**4**其它效益

1. 學術或技術成就之評述：

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

2. 經濟效益之評述：

依核研所自評報告書中經濟效益敘述，並經評審小組實地查證及討論結果，本項績效「良」。

3. 社會效益之評述：

依核研所自評報告書中社會效益敘述，並經評審小組實地查證及討論結果，本項績效「良」。

4. 其它效益之評述：

依核研所自評報告書中其它效益敘述，並經評審小組實地查證及討論結果，本項績效「良」。

肆、 綜合意見

- 一、本計畫獲得多項專利，應再加強技術移轉或推廣國外廠商，結合其他現有的國內外廠商，使電漿技術得以有效落實於商業應用。
- 二、與中船等公司建立合作約定，進行技術移轉，次作為未來電漿熔融產業化發展基礎。
- 三、應注意產業之需求，與現行的經濟可行之技術作評估，再擬訂研究題目及計畫，以免計畫成果無法應用及推廣，或成效不彰。
- 四、電漿火炬用於生產奈米粉體是一個可行之方向，值得研發。
- 五、本計畫所獲得許多專利、經驗與技術，應加強推廣至國外廠商，以落實於商業應用。
- 六、電漿火炬開發，核研所已累積相當經驗與能量，除廢棄物處理外，以電漿火炬處理有機廢棄物及生質能應用，可能為未來發展重點。
- 七、電漿焚化處理技術仍屬較先進製程技術。現階段經濟效益較不容易達成，但該技術實有其前瞻性，為值得持續補助的技術，未來的經濟效益會漸入佳境。
- 八、可以考慮先專攻在某一應用市場的推展，與醫院合作處理醫療廢棄物，應該是一不錯的起點，其中 “清淨” 因素重於 “成本” 考量。

伍、 績效評量： ☐優☒良☐可☐差☐劣

評估委員：萬其超、顏溪成、朱瑾、蔡春進、江誠榮、蘇肇章、
周棟樑、吳乃立、連雙喜、李清山

評估時間：95 年 2 月 16 日