

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：TRR 及燃料循環實驗設施之除污除役再利用計畫

(原子能領域)

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：TRR 及燃料循環實驗設施之除污除役再利用計畫

主 持 人：謝榮春

審議編號：94-2001-14-06-00-00-45

計畫期間(全程)：91 年 01 月至 95 年 12 月

年度經費：174,249 仟元 全程經費規劃：762,544 仟元

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

一、計畫目的

本計畫係依據行政院原子能委員會施政目標、相關法規要求及本所實際需要而訂定，其依據說明如下：

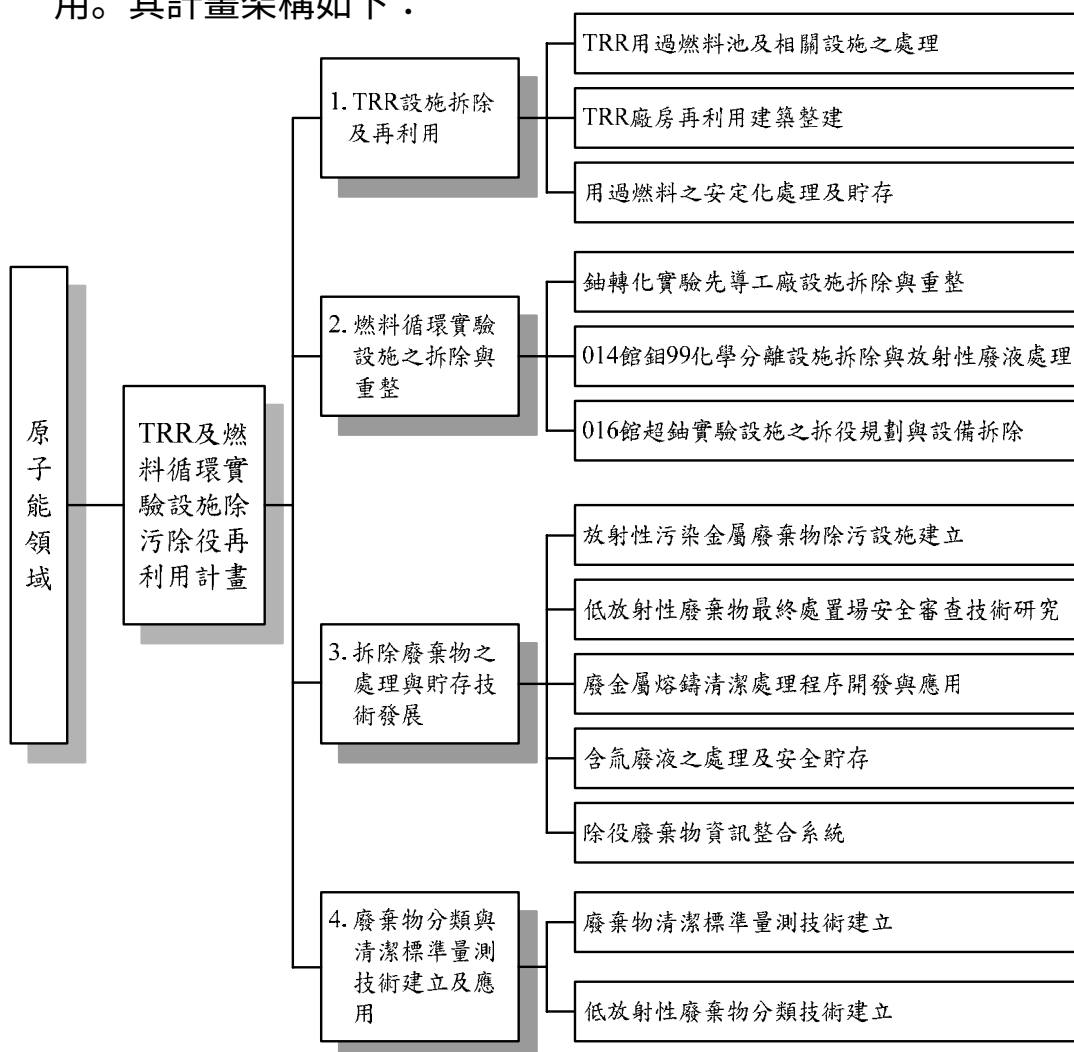
- (一) 依據全國原子能科技發展中長程計畫「放射性廢料科技發展次領域之規劃」而擬訂，以貯存、包裝與處置技術為導向之基礎應用研究，並參考歐、美、日等國家法規與相關技術經驗。
- (二) 行政院 91 年 12 月 25 日已公布之「放射性物料管理法」，第二章第十四條規定「核子原料、核子燃料生產或貯存設施永久停止運轉，其經營者應擬訂除役計畫，報請主管機關核准後實施」。
- (三) 行政院 92 年 1 月 30 日公布之「游離輻射防護法」第三十五條「放射性物質、可發生游離輻射設備之永久停止使用或其生產製造設施之永久停止運轉後六個月內，設施經營者應擬訂設施廢棄之清理計畫，報請主管機關核准後實施，應於永久停止運轉後三年內完成。」；同時亦是配合行政院之「非核家園」之政策宣示。
- (四) 行政院 77 年 9 月 8 日通過之「放射性廢料管理方針」策略要求：放射性廢棄物之處理、運送及貯存等應以目前可行技術為基礎，針對我國需要，繼續研究發展以確保安全。
- (五) 依據物管局 92 年 9 月公布「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」，衡量國內低放射性廢棄物產生、處理、貯存情形，並藉現代化量測儀器及相關技術，建立符合最終處置要求之廢棄物分類方法。

- (六) 依據 92 年元月 15 日公布之「核子反應器設施管制法」第二十三條規定「核子反應器設施之除役，經營者應檢附除役計畫，向主管機關提出申請，經審核於下列規定，發給除役許可後，始得為之」。
- (七) 依據 92 年元月 15 日公布之「核子反應器設施管制法」第二十一條第一項規定「核子反應器設施之除役，應採取拆除之方式，並在主管機關規定之期限內完成」。
- (八) 依據原能會於 92 年 8 月 27 日發布之「核子反應器設施管制法施行細則」第十六條規定「核子反應器設施之除役，應依本法第二十一條第一項規定，於取得主管機關核發之除役許可後二十五年內完成」。

計畫總目標為積極研發核設施除役拆除、除污減量、廢棄物安定化及貯存等技術，提昇除役作業規劃執行能力及一定比活度廢棄物檢測技術，並進行相關核設施拆除與重建，以達成廢棄物減量與安全貯存及設施拆除後之原廠房再利用之目標。

二、計畫架構

本計畫包含四個分項計畫：(一)TRR 設施拆除及再利用；(二)燃料循環實驗設施之拆除與重整；(三)拆除廢棄物之處理與貯存技術發展；(四)廢棄物分類與清潔標準量測技術建立及應用。其計畫架構如下：



三、主要內容

(一)TRR 設施拆除及再利用

1. 執行TRR燃料池及相關設施之處理，清除高放射性廢棄物，包括處理廢燃料套管屏蔽段444根及擠壓鋁套管4大籃、鈾粉收集18罐、池水水質淨化及取樣分析，以及016房通風過濾器拆除及廢棄物處理等。完成上述工作後，將可逐步增進該區輻射安全及環境保護目標。
2. 完成廢棄金屬除污設施運作所需公用設施工程包括配電系統、通風空調系統、機械吊車及捲揚機系統，達到TRR廠房設施再利用之目的。
3. 燃料安定化係開發適合本所環境TRR用過金屬燃料之處理程序，將現存於TRR燃料池內之金屬鈾燃料移出，於熱室內予以剪切成小段，再以高溫氧化成為安定之 U_3O_8 粉末，再將之安全包裝作乾式貯存。配合TRR燃料池之清理計畫可免除未來可能因燃料池破裂而造成環境的污染危害與社會衝擊。

(二)燃料循環實驗設施之拆除與重整

1. 執行本所036館區鈾轉化實驗先導廠(UCTPP)及其相關設施之拆除工作，以及有效整理核原(燃)料貯存空間，並妥善管理核物料，確實執行核子保防/保安計畫，以符合國際原子總署(IAEA)之要求。設備除役拆除後，原建物空間重新調整利用，供新領域研究開發之需。
2. 完成本所014館鉬-99分離實驗室研發設施程序設備拆除、熱室除污復原，與放射性廢棄物檢整、分類、運送及貯存等作業，並進行現存014館之18桶鉬99較高活度廢液之洩壓及貯存技術之建立，以改善暫存之安全設施，確保廢液桶能長期安全貯存。
3. 進行本所016館超鈾實驗設施之除役規劃與設備拆除，自行發展與配合國外除役專業公司除役技術，以完成016館超鈾設施之除役任務，主要工作包括兩個超鈾手套箱(Unit 20及Unit 21)與五個廢液貯存桶及其週邊相關設施之拆除、超鈾廢棄物之裝箱及除役區之除污與重整等，可防止因設施老化使放射性物質外洩，影響人員與環境之輻射安全。

(三)拆除廢棄物之處理與貯存技術發展

1. 建立每天處理2~3噸金屬廢棄物之除污方法及設施，包括機械式噴砂、化學及電化學除污與除污廢液回收設備等，另完成設計及建造適用於一定限值以下放射性廢棄物全

量快速比活度偵檢儀具，目標為 A,B 級分類($> 0.1 \text{ Bq/g}$ 比活度)標準篩選示範型隧道型偵測系統。對本所核設施除役廢棄物約 3,000 桶(1,050 公噸)，可有效達到 70%以上廢棄物減量及減低最終處置費用，其技術可應用於核電廠除役廢料之減量作業。

2. 蒐集國內外既有的數據，建立低放處置的基本概念，作為計畫發展評估模式技術之基礎；並將彙整分析低放射性廢棄物最終處置相關法規、我國低放廢棄物與包件基本特性分析、低放處置接收需求與檢整及重整需求分析、低放處置之場址安全性重要因素分析、低放處置工程障壁與參考處置系統設施規劃建造及運轉安全因素分析、廢棄物包件處置運送安全與環境影響評估安全因素分析、以及處置場封閉後長期安全評估模式技術等，以作為主管機關對於低放射性廢棄物最終處置場址安全審查技術基礎。
3. 完成本所現有金屬熔鑄減容設施之熔鑄清潔處理程序與廠內工作動線規劃，以及相關設備之安裝試車，以提昇產物符合清潔標準之良率，應用所開發出之程序處理極輕微污染之廢金屬，以減少廢金屬送進最終處置場之數量，及減低倉儲壓力及節省最終處置費；此外，亦加強爐體穿刺之預防及爐體壽命提昇，以保護人員安全並降低二次廢棄物量。最後亦規劃技術推廣，以供國內核設施運轉及未來除役拆廠之需求。
4. 將本所現存含 720 m^3 氫廢液妥善處理及安全儲存，分三年時程，完成含氫廢液之處理實驗設備建立與處理程序建立、015B 後槽區三座 200 m^3 老舊桶槽拆除與重新設計建造不鏽鋼桶槽、含氫廢液中 Cs-137、Sr-90 等核種之分離去除，及安全儲存於重新設計建造之不鏽鋼桶槽中，並以合乎法規要求標準之濃度管制與總量管制方式，逐年混合處理排放之，以確保含氫廢液中期安全儲存及管制排放之目標。
5. 建立除役資訊整合系統，整合本所核設施除役相關程序與資訊，有效管理追蹤核設施拆除作業相關所有活動，由拆除、處理、量測至最後儲存等資訊，以確保廢棄物處理可溯性與核能安全。同時並建置核能設施智慧型除役知識庫，協助爾後相關核設施在除役工作時程、經費預估、人員估算與人員訓練等工作規劃參考。

(四)廢棄物分類與清潔標準量測技術建立及應用

1. 規劃及籌設廢棄物解除管制實驗室, 使符合外釋限值之固體廢棄物, 得依法申請外釋, 有效達成廢棄物減量及資源再利用的目的。
2. 選購廢棄物解除管制實驗室所需篩選偵檢儀具, 針對本所相關核設施除役拆除時產生混凝土塊、金屬管件等不同固體廢棄物, 研究相關活度篩選偵檢儀具校正及量測技術, 建立標準量測方法及作業規範以符合量測品質要求。
3. 提升低放射性廢棄物整桶量測技術, 及建立小產源廢棄物相關難測核種比例因數, 得到完整廢料桶中核種資訊, 履行物管局頒「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」要求, 以符合最終處置場接收標準要求。

參、計畫經費與人力

一、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	
TRR 設施拆除及再利用	34,364 (流出 5,542)	23,427 (流入 5,542)	33,774	19,822	92.74%
燃料循環實驗設施之拆除與重整	26,510	2,996	24,140	2,996	91.97%
拆除廢棄物之處理與貯存技術發展	20,348 (流出 2,000)	39,505 (流入 2,000)	20,348	39,505	100%
廢棄物分類與清潔標準量測技術建立及應用	10,151 (流出 999)	16,948 (流入 999)	10,151	16,948	100%
合計	91,373 (流出 8,541)	82,876 (流入 8,541)	88,413	79,271	96.23%
93 年度保留數	1,858	27,400	1,858	27,400	100%
TRR 及燃料循環實驗設施之除污除役再利用計畫	203,507		196,942		96.77%

二、人力：

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： <u>73</u> 人 人月： <u>430.6</u> 人月	研究人員 人數： <u>68</u> 人 人月： <u>402.5</u> 人月	原因： 人員年中離職，提早退休及調職。 對計畫達成度影響： 以既有人力加班完成相關計畫之工作。
技術人員 人數： <u>119</u> 人 人月： <u>771.8</u> 人月	技術人員 人數： <u>122</u> 人 人月： <u>770.2</u> 人月	
支援人員 人數： <u>15</u> 人 人月： <u>103</u> 人月	支援人員 人數： <u>13</u> 人 人月： <u>76.8</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
博士 人數： <u>20</u> 人 人月： <u>93.2</u> 人月	博士 人數： <u>18</u> 人 人月： <u>83.3</u> 人月	原因： 人員年中離職，提早退休及調職。 對計畫達成度影響： 以既有人力加班完成相關計畫之工作。
碩士 人數： <u>30</u> 人 人月： <u>185.6</u> 人月	碩士 人數： <u>29</u> 人 人月： <u>178.8</u> 人月	
學士 人數： <u>17</u> 人 人月： <u>113.2</u> 人月	學士 人數： <u>15</u> 人 人月： <u>101.8</u> 人月	
其他 人數： <u>6</u> 人 人月： <u>38.6</u> 人月	其他 人數： <u>6</u> 人 人月： <u>38.6</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
研究員 人數： <u>12</u> 人 人月： <u>39.4</u> 人月 副研究員 人數： <u>28</u> 人 人月： <u>181.4</u> 人月 助理研究員 人數： <u>21</u> 人 人月： <u>143.2</u> 人月 研究助理 人數： <u>12</u> 人 人月： <u>66.6</u> 人月	研究員 人數： <u>11</u> 人 人月： <u>47</u> 人月 副研究員 人數： <u>26</u> 人 人月： <u>157.5</u> 人月 助理研究員 人數： <u>20</u> 人 人月： <u>133.8</u> 人月 研究助理 人數： <u>11</u> 人 人月： <u>64.2</u> 人月	原因： 人員年中離職，提早退休及調職。 對計畫達成度影響： 以既有人力加班完成相關計畫之工作。

研究人員專長領域	未來人力運用規劃
化工(19 人)、原子能工程(18 人)、電子電機(11 人)、機工械工程(8 人)、化學(5 人)、材料科技(5 人)、物理(2 人)、地球科學(2 人)、工業工程(2 人)、資訊科學(1 人)	未來人力將執行設施拆除、除污設施建立、處置場安全審查及廢棄解除管制之整合評估，各專長領域人員相互協調配合，完成設施拆除重整及廢棄物之處置。

肆、計畫已獲得之主要成就與成果量化(output)

一、期刊論文：

本年度共完成國內期刊論文發表 3 篇、國外期刊論文發表 2 篇 (其中 1 篇登載於 SCI 上)，研討會論文發表 5 篇。

二、博碩士培育

博士 1 人

三、研究報告

本年度計完成研究報告及技術手冊 95 篇。

- (一)相關論文提供最新放射性廢棄物解除管制動態及量測技術，為國內目前研究提供相關技術藍圖及指引；參與 NIST 海草核種活度標定計畫，結果發表於 ICRM 2005 會議，日後 NISR SRM 證書中引用標定機構名稱，可提升本所國際能見度及聲譽。
- (二)相關之技術手冊可提供老舊不適用核設施拆除重整，及拆除廢棄物處理計畫，於執行階段之工程參與人員作依據和參考，未來也可作為其他類似設施拆除或建造工程參考。

四、專利

本年度計完成專利申請 3 件；專利獲得 3 件。

(一)專利申請 3 件

- 1. 「水中超音波清洗機」(申請國家：美國)專利申請。
- 2. 「自動化入出庫系統」(申請國家：中華民國)專利申請。
- 3. 「含油性有機成分磁流體的製備與應用方法」(申請國家：中華民國)專利申請。

(二)專利獲得 3 件

- 1. 「非均勻固體物料之取樣方法與裝置」獲得歐盟發明專利
- 2. 「遠距離遙控主從式機械手裝置」，獲得中華民國專利。
- 3. 「水中超音波清洗機」，獲得中華民國專利。

五、技術活動

年度內舉辦 3 場研討說明會，「2005 年台灣原子能論壇-放射性廢棄物最終處置技術研討會」；低放射性廢棄物最終處置技術移轉第一階段工合計畫研討會；原能會例行記者會發佈新聞稿及簡報說明。使參與計畫工作同仁更熟悉處置安全法規、低放處置 FEPs、低放處置安全評估及程式運跑，及研發成功 SPO 降解劑應用於工業廢水水質淨化處理具有高效率、低成本及實用化優點等技術推廣。

六、增加就業

94 年度增加就業人數達 8 人。

七、技術服務

94 年度接受外界委託研究之技術服務案，實際收入共計 44,998 仟元，執行案件共 9 件明細如下：

- (一) 執行台電公司之「核一廠低放射性污染廢金屬減容處理工程」委託計畫案(92.04~95.03)，本年度實際收入 6,525 仟元。
- (二) 執行台電公司之「核三廠低放射性廢金屬減容處理工作」

- 委託計畫案(92.08~95.07)，本年度實際收入 4,450 仟元。
- (三) 執行台電公司之「我國用過核燃料長程處置潛在母岩特性調查與評估階段-發展初步功能安全評估技術(93 年度計畫)」委託計畫案(93.03~94.03)，本年度實際收入 19,110 仟元。
- (四) 執行台電公司之「核一、二廠回收廢水之總有機碳抑低與監測技術研究」委託計畫案(92.01~94.01)，本年度實際收入 6,000 仟元。
- (五) 執行台電公司之「核一廠放射性廢料固化系統改善研究」委託計畫案(93.07~95.07)，本年度實際收入 5,866 仟元。
- (六) 執行中國鋼鐵公司之「Cs-137 異常產物回收處理之輻安評估及處理程序研究技術服務」委託計畫案(93.04~94.10)，本年度實際收入 1,052 仟元。
- (七) 執行台電公司之「低放射性劣化固化體檢驗與肇因分析」委託計畫案(94.01~95.12)，本年度實際收入 1,995 仟元。
- (八) 針對我國低放射性廢棄物最終處置場興建計畫，已與中興工程顧問公司簽訂技術服務合約，委託本所執行「低放射性廢棄物最終處置場可行性安全評估」計畫，期程自 93.09 起至 96.08 止，全程經費共 25,000 仟元；本年度已完成國內低放射性廢棄物數量、型態及特性分析檢討，及四個可能候選替代場址初步安全評估等項工作報告(收入轉至 95 年度)。
- (九) 接受中華民國實驗室認證體系委託執行「中低強度核種分析能力試驗」，期程自 94.08 起至 95.06 止，全程經費共 200 仟元，此項技術可提升國內放射化學實驗室分析品質(收入轉至 95 年度)。

伍、評估主要成就及成果之價值與貢獻度 (outcome)

一、技術成就

- (一) 利用水下超音波清洗技術及切割技術，安全順利執行 TRR 燃料池中全部燃料棒套管含屏蔽段 444 支、擠壓鋁套管 4 大籃之清理作業，計 45 桶(約 1,225 支，5,994 公斤)。另完成燃料提籃等雜項廢棄物清理 28 桶，計 2,556 公斤，使原為 TRU 廢棄物經處理後成為一般低放射性廢棄物，減廢成效至為顯著，另外也完成鈾粉收集 18 罐使燃料池劑量率大為降低。
- (二) 執行 TRR 燃料池中高污染高輻射之廢棄物清理，完成水下超音波清洗機之設計及建造，解決屏蔽問題，在遂行合理抑低原則中，提出水下設超音波清洗器新技術申請，放射

性廢棄物貯存倉庫「自動化出庫系統」及放射性廢液之「含油性有機成分磁流體的製備與應用方法」專利也正申請中，已獲得三項專利，包括「非均勻固體物料之取樣方法與裝置」獲得歐盟發明專利，「遠距離遙控主從式機械手裝置」獲得中華民國專利，及「水中超音波清洗機」獲得中華民國專利，上述專利均有其實際應用價值。

- (三) 完成TRR用過燃料安定化技術開發，完成廢棄金屬除污設施運作所需公用設施工程包括配電系統、通風空調系統、機械吊車及捲揚機系統，達到TRR廠房設施再利用之目的。
- (四) 自行發展與配合國外除役專業公司除役技術，完成 016 館超鈾手套箱之拆除技術規劃，包括隔離帳篷、通風負壓系統、輻防儀器等之配置與佈建更新設計、檢驗測試，對後續進行 016 館大型超鈾實驗設施拆除做好萬全準備；完成 016 館超鈾實驗設施之設備拆除人員訓練，提升阿伐輻傷體內污染之正確認知、防護步驟、緊急醫護等能力，加強對後續實際執行拆除之信心與安心。
- (五) 完成比較我國與美國低放處置安全法規的異同，引進 NRC 驗證合格的 FRAMES、DUST、BLT-MS 及 FEHM 等程式，完成初步運算試算，建構淺層處置與坑道處置評估模式架構；同時進行我國低放處置安全因素－FEPs (features, events and processes) 初步篩選分析。並完成岩石裂隙水力特性試驗設施之測試、驗收工作，及操作程序書之編寫。
- (六) 建立除役資訊整合系統，整合本所核設施除役相關程序與資訊，有效管理追蹤核設施拆除作業相關所有活動，由拆除、處理、量測至最後儲存等資訊，以確保廢棄物處理可溯性與核能安全。同時並建置核能設施智慧型除役知識庫，協助爾後相關核設施在除役工作時程、經費預估、人員估算與人員訓練等工作規劃參考。
- (七) 完成設置『解除管制檢測系統，簡稱 CAS 系統』等相關量測系統，並實際針對所內外廢棄物進行測試，以擬定相關解除管制量測策略及作業流程，驗證廢棄物之污染程度確實低於外釋限值。

二、經濟效益

- (一) 安全之經濟效益：清理 TRR 燃料池內之高放射性廢棄物，執行拆除 036 館區鈾轉化實驗先導廠(UCTPP)及其相關設施，建立廢金屬除污設施及建造三座 200m³ 不銹鋼桶槽工程，由於各項工作均具有潛在的危險性，例如：水中

5 公尺深之清理作業、高輻射高污染拆除作業、高空裝設作業、重物吊運、切割之防火作業等，因此每天作業前之工具箱會議及工安危險性因素告知，非常重要，而且實施不定期之走動管理，使整個計畫執行達到安全之經濟效益，無發生工安及輻安意外事件。

(二) 廢棄物減容效益：

1. 完成 TRR 燃料池中全部燃料棒套管含屏蔽段 444 支、擠壓鋁套管 4 大籃之清理作業，計 45 桶(約 1,225 支, 5,994 公斤)，另完成燃料提籃等雜項廢棄物清理 28 桶，計 2,556 公斤，使原為 TRU 廢棄物經處理後成為一般低放射性廢棄物，減廢成效至為顯著，另外也完成鈾粉收集 18 罐使燃料池劑量率大為降低，經濟效益達 5,000 萬元。
2. 完成濕貯槽拆除水泥塊之去污檢整與偵檢作業 80 塊，重量約 930 噸，除有利後續外釋作業，且使放射性廢棄物貯存空間大為減少，經濟效益約 13,950 萬元。
3. 核設施除役金屬廢棄物之除污設施建立，對本所未來五年內核設施除役廢棄物約 3,000 桶(1,050 公噸)，將具有 75%以上之放射性污染金屬廢棄物減量效益，及減少最終處置費之成效，其技術可應用於核電廠除役廢棄物之減量作業，降低核設施除役成本。
4. 順利完成鈾轉化實驗先導工廠設施之拆除與淨空作業，並執行廢棄物檢整工作，拆除廢棄物約計 150 噸，其中約有 83.85%為擬似一定活度或比活度以下廢棄物，低放射性廢棄物只佔 16.15%，減量效果優異。獲得除污、拆除及廢棄物管理技術經驗，有利於核設施後續除役之執行。
5. 利用現有金屬熔鑄減容設施，建立最佳的作業流程及廠內工作動線，並整合各程序所需技術及人力，提昇熔鑄產物符合清潔標準之良率。以 TRR 除役廢鋁金屬 113 kg 之試熔處理，其最終減容比約為 9，大大的減輕倉貯壓力及表面污染之擴散，並減少污染金屬廢棄物送進最終處置場的數量，可節省龐大的最終處置費，技術可推廣國內核設施運轉及未來除役之需求。
6. 建立解除管制技術，除了達成廢棄物減量，同時能減輕管制成本及管理成本，但更重要的是對於資源仰賴進口比例相當高的國內市場，可以提供安全顧慮相當低且可以回收再利用之資源。

(三) 原場址空間再利用效益：執行本所 036 館區鈾轉化實驗先導廠(UCTPP)及其相關設施之拆除工作，以及有效整理核原(燃)料貯存空間，並妥善管理核物料，確實執行核子保

防/保安計畫，以符合國際原子總署(IAEA)之要求。設備除役拆除後，原建物場址約 900 平方公尺重新調整利用，供新領域研究開發之需，具有經濟價值。

三、社會影響

- (一) 有效收集燃料池鈾粉並清理各項廢棄物，減低污染擴散之威脅；在燃料池區輻射劑量高、工作空間狹小、水下作業操作困難度高、廢棄物數量且種類複雜之情形下，全年無工安、輻安意外事故，無造成社會不利的影響且有助本土執行核設施除役工程之信心。
- (二) 鈾轉化實驗先導工廠設施之拆除與淨空作業程序嚴謹，有效管控，在最可能發生輻安與工安意外之工作中，全年無工安、輻安意外事故，充分展現本所之技術水平，並在社會上建立起對執行輻射安全的成功說明案例。
- (三) 完成三座 200 m³ 不鏽鋼含氫廢液貯槽建造，及鈾 99 屏蔽桶廢液洩壓與取樣設備與作業場所建立，得以解決長期貯存之安全顧慮問題，避免輻射外釋之疑慮，防止輻射意外災害。
- (四) 建立放射性污染金屬廢棄物除污設施及熔鑄清潔處理程序，實際處理 TRR 及相關設施除役產生之放射性污染金屬廢棄物，達到放射性廢棄物減量及可安全解決大部份污染金屬之存放問題，降低社會大眾對輻射傷害之疑慮及環保衝突事件。
- (五) 本土低放處置安全評估技術之建立有助於處置工作之規劃與推動。確保民眾的環境輻射安全，消除社會大眾對於環境輻射安全的疑慮，並使處置場之設置對環境衝擊減至最低，進而建立國人對於低放射性廢棄物處置場安全營運的信心。
- (六) 透過有系統且完整之研究及檢測流程，評估相關廢棄物之危害風險程度，能提供公開化資訊以減低民眾疑慮，將有助於相關工作推展及執行。
- (七) 透過實驗室認證等外部品保系統可以提供具有公信力之分析數據，增進公眾對相關作法之接收度及信心。

四、其他效益

- (一) 計畫已獲得之主要成就與成果(output)
 - 1. 完成 TRR 廠房設施整建以配合建立廢棄金屬除污設施之需求，達到役後廠房再利用效益。
 - 2. 因應國際間核子保防之國際責任，與國際原子能總署(IAEA)共同協議並與美國國家實驗室(LANL)完成合作

開發用於 TRR 燃料安定化作業之核物料非破壞量測技術協議。TRR 燃料安定化處理作業乃得在善盡國際責任之環境下進行。

3. 完成 015L 館鉬-99 屏蔽桶廢液處理作業場所建立, 及 4 噸重之廢液桶作業大型負壓套手箱安裝, 進行清洗廢水及強酸廢液之洩壓與取樣作業;同時也完成屏蔽桶酸鹼廢液及有機廢液處理程序研擬, 達成廢棄物處理及安全貯存效益。
4. 完成 016 館超鈾實驗設施拆除資訊系統網站架設, 除了可以運用資訊化的方式輔助與記錄拆除作業活動資訊外, 並將保存拆除計畫過程中所得的知識與經驗, 以做技術傳承之文件管理資料。
5. 建立廢棄物分類技術已推展至台電蘭嶼貯存場檢整作業, 並針對檢整作業規劃及設計完整流程已確保檢整作業完成即能完成多數廢棄物桶之分類工作。
6. 參與國內 CNLA 認證體系相關能力試驗及參與美國 NEI/NIST 所舉辦之量測保證計畫, 確認及維持分析水平, 提供具有公信力之分析結果。

(二) 計畫主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome)

1. TRR 設施拆除及再利用

- (1) 完成 TRR 廠房消防設備更新工程, 包括火警偵檢器、排煙系統、消防箱及消防水管、CO₂ 噴灑系統、貯備水槽、緊急發電系統、廣播及警報系統等, 對火警具有最新的功能。
- (2) 切割之污水淨化及局部池水淨化收集, 包含:
 - A. 切割及清洗之污水導入鈾粉收集沈澱槽, 池面劑量率無異常升高, 抑低工作人員操作時間及吸收劑量。
 - B. 外套管係利用超音波及池水執行清洗, 節省廢水約 190 噸。
 - C. 池水每二週取樣分析一次, 池水採約 30 公升/分之速率持續淨化。
- (3) 其他廢棄物處理, 包含:
 - A. 完成 TRR 016 房不適用通風過濾器拆除作業及廢棄物檢整: 拆除廢棄物約 1,100 公斤, 檢整僅產生約 180 公斤可燃放射性廢棄物, 其餘 920 公斤經分析後以一般性廢棄物處理及廢棄物檢整。
 - B. 完成燃料池高輻射高污染區除污三次, 約 1,500m², 另完成 TRR 廠區約 1,700m² 之除污, 確保工作人員輻安及抑低污染擴散。

2. 燃料循環實驗設施之拆除與重整
 - (1) 拆除停用之燃料循環實驗設施及清理廢棄物，騰出的空間經除污、重整後可供新研究領域使用。
 - (2) 建立放射性金屬廢棄物除污設施及完成廢金屬熔鑄清潔處理程序開發與應用，可解決 TRR 及相關設施除役產生之污染金屬廢棄物問題，減少倉貯壓力，並可技術移轉應用於國內核電廠除役金屬廢棄物減量作業。
3. 拆除廢棄物之處理與貯存技術發展
 - (1) 建立處置場功能安全分析技術，可提供主管機關自主管制之技術支援，確保處置場運轉與環境安全。
 - (2) 支援原能會物管局完成「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」及「低放射性廢棄物最終處置場址準則草案」修訂意見研提，健全最終處置之管理機制。
 - (3) 完成除役知識管理系統雛型設計及 Web-based 除役廢棄物資訊整合系統網站架設，本系統效益為延伸除役計畫的實際經驗與資料，並預期運用雛型系統的資料結合相關推論技術發展出除役知識管理系統，作為日後相關系統建置參考。
4. 廢棄物分類與清潔標準量測技術建立及應用
 - (1) 相關檢測技術對於核設施除役或清理計畫產生大量廢棄物之解除管制作業提供高可靠度的作業方法及驗證過程等實際經驗，能有效達成廢棄物減量之成效。
 - (2) 廢棄物分類技術目前實際應用台電後端處執行蘭嶼貯存場低放射性廢棄物分類及計測工作，配合蘭嶼貯存場之檢整作業，提供完整分類資訊，未來待最終處置場設置後即可進行遷運作業。
 - (3) 透過實驗室認證等外部品保系統可以提供具有公信力之分析數據，增進公眾對廢棄物相關分析結果之接受度及信心。

陸、與相關計畫之配合

一、TRR 設施拆除及再利用

- (一) TRR 廠房再利用計畫，配合放射性廢棄金屬除污系統建立計畫需求，並在 TRR 現場多項除役工作同時進行之下，協調配合，完成廠房、供電工程、管線工程、通風空調工程、及機械設施工程。
- (二) 燃料安定化子項計畫之部分作業將與 TRR 用過燃料池及相關設施之處理子項計畫之作業一同在 TRR 用過燃料池中進行，屆時為避免工作上的互相干擾，適度的工作時程

與工作人力之調配，將是作業能否順利進行的主要因數之一。

二、燃料循環實驗設施之拆除與重整

- (一) 與三軍總醫院簽約建立人員銻污染醫護系統，完成醫師出國訓練、阿伐輻傷病房建立、輻傷處理醫療作業程序書、參與人力之阿伐射線輻射傷害緊急醫療處理講習及阿伐體內污染背景偵測之健檢簽約。
- (二) 036 館銻轉化實驗先導工廠設施之順利拆除與廢棄物貯存，有賴放射性廢棄物處理廠之協助，和保健物理人員嚴密之輻防管制。

三、拆除廢棄物之處理與貯存技術發展

- (一) 低放射性廢棄物最終處置場安全評估審查技術研究子項計畫配合經濟部工業局工業合作(ICP)計畫機制，由美國桑地雅國家實驗室(Sandia National Laboratory)順利引進低放射性廢棄物處置場安全評估相關程式與技術。
- (二) 污染金屬廢棄物除污設施計畫與 TRR 廠房整建計畫互相配合，已順利完成除污設施運作所需公用設施工程，包括配電系統、通風空調系統、機械吊車及捲揚機系統。

四、廢棄物分類與清潔標準量測技術建立及應用

- (一) 針對 TRR 濕貯槽拆除產生廢棄物，擬定外釋計畫書，並陳報主管機關物管局審查。
- (二) 針對廢金屬完成擬定作業流程及外釋計畫書。

柒、後續工作構想之重點

- 一. 積極執行 TRR 用過燃料池及相關設施之處理工作，及相關設施除役廢棄物檢整減量等作業，並就微功率反應器進行除役規劃；而工安輻安管制作業亦須落實，以遂行核安及工安法規之遵守與合理抑低原則。
- 二. 規劃並提出 ZPRL 停止運轉安全管理計畫書及 ZPRL 除役計畫書。
- 三. 積極執行 016 館超銻實驗設施 Unit 21 手套箱之切割、拆除、裝箱與運貯工作，及落實工安與輻安之措施與作為，並有效控管拆除廢棄物之分類與減量作業。
- 四. 污染金屬廢棄物除污設施各單元除污設備陸續建立完成，且週邊公共支援附屬設備也配合完成，進入設施全面之試運轉階段，以驗證系統整體功能與效果。
- 五. 積極建立低放處置場安全評估技術，以協助原能會審查處置場建造與運轉執照。技術服務方面未來除繼續應用在台電公司委託之用過核燃料長程處置計畫之外，也將參與低放射性廢棄物最終處

置場設計、建造、運轉等相關之安全評估工作。

捌、檢討與展望

- 一. 積極執行 TRR 用過燃料池 TRU 廢棄物清理、鈾粉收集及水泥塊檢整等作業，有效達成廢棄物減量目標。
- 二. 完成廠房整建之土建、電氣、管線、通風、機械吊車等工程，配合金屬除污設施建立之多項工程、及濕貯槽拆除工程在有限空間中同時進行，工程履約管理、介面協調、輻安工安等在同仁合作與努力下完成。
- 三. 對 IAEA 保防監察業務執行之協商是否順利完成將是燃料安定化工作能否順利進行的主要指標之一，再因計畫工作之挑戰性、複雜性及困難度均高。九十五年度準備執行之熱室內之設備安裝測試、安定化燃料粉末之包裝與運貯之演練及配合 IAEA 核子保防監察工作之準備等將是更艱困緊湊，需要參與之工作人員充分配合始能竟其功。
- 四. 繼 93 年度完成 014 館鉬 99 化學分離設施拆除後，036 館鈾轉化實驗先導工廠設施亦順利於本年度完成拆除與淨空，作業程序嚴謹，全年無工安、輻安意外事故，且有效管控執行廢棄物檢整工作，拆除廢棄物中約有 83.85% 為擬似一定活度或比活度以下廢棄物，低放射性廢棄物只有 16.15%。充分展現本所之技術水平，其經驗足供相關設施除役工作之借鏡。
- 五. 016 館超鈾實驗設施除役考量提昇整體之安全層級等因素，在各項配套俱備後，將進入實際執行切割、拆除、裝箱與運貯階段，必須加速進度之掌控，及加強落實工安與輻安之措施與作為。此外，對拆除廢棄物之分類與減量工作亦需嚴格控管。
- 六. 污染金屬廢棄物除污設施之各單元除污設備和週邊公共附屬設備已大致完成建置，即將進入全面試運轉階段，未來參與設施例行運轉操作人員需共同投入試車工作，以熟悉各單元間界面及操作方法，此外，亦應加強工安教育訓練，俾使日後之運轉安全順利。
- 七. 低放射性廢棄物最終處置場安全評估技術是一項我國目前最迫切之研發工作，且領域專長涵蓋極廣，未來除繼續精進研究外，同時整合國內相關領域學者專家之技術經驗，並加以彙整吸收及運用，方能有效提昇本項研究之技術水準，為我國放射性廢料最終處置技術之發展提供更多之貢獻。
- 八. 本年度在輻射作業區域執行之工作，包括燃料池鉛套管清理檢整，鈾粉收集等均達到顯著之廢棄物減量效益，同時在人員劑量未超過管制值及零災害情況下完成工作，都是同仁合作與努力之結果。

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：TRR 及燃料循環實驗設施之除污除役再利用計畫

主 持 人：謝榮春

審議編號(檔號)：94-2001-14-06-00-00-45

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. 計畫研發成果

- (一)期刊論文：本年度共完成國內期刊論文發表 3 篇、國外期刊論文發表 2 篇，(其中 1 篇登載於 SCI 上)，研討會論文發表 5 篇。
- (二)博碩士培育：博士 1 人
- (三)研究報告：本年度計完成研究報告及技術手冊 95 篇。
- (四)專 利：本年度計完成專利申請 3 件；專利獲得 3 件。
- (五)技術活動：年度內舉辦 3 場研討說明會，使參與計畫工作同仁更熟悉處置安全法規、低放處置 FEPs、低放處置安全評估及程式運跑，及研發成功 SPO 降解劑應用於工業廢水水質淨化處理具有高效率、低成本及實用化優點等技術推廣。
- (六)增加就業：94 年度增加就業人數達 8 人。
- (七)技術服務：94 年度接受外界委託研究之技術服務案，實際收入共計 44,998 仟元

二. 執行績效

(一)安全之經濟效益

- 1. 清理 TRR 燃料池內之高放射性廢棄物，執行拆除 036 館區鈾轉化實驗先導廠(UCTPP)及其相關設施，建立廢金屬除污設施及建造三座 200m³ 不銹鋼桶槽工程，全年無發生工安及輻安意外事件。
- 2. 完成 016 館超鈾手套箱之拆除技術規劃；並完成 016 館超鈾實驗設施之設備拆除人員訓練，提升阿伐輻傷體內污染之正確認知、防護步驟、緊急醫護等能力，加強對後續實際執行拆除之信心與安心。
- 3. 建立除役資訊整合系統，整合本所核設施除役相關程序與資訊，有效管理追蹤核設施拆除作業，以確保廢棄物處理可溯性

與核能安全。

4. 完成設置『解除管制檢測系統，簡稱 CAS 系統』等相關量測系統，並實際針對所內外廢棄物進行測試，以擬定相關解除管制量測策略及作業流程，驗證廢棄物之污染程度確實低於外釋限值。

(二)廢棄物減容效益：

1. 完成 TRR 燃料池中全部燃料棒套管含屏蔽段 444 支、擠壓鋁套管 4 大籃之清理作業，計 45 桶(約 1,225 支，5,994 公斤)。另完成燃料提籃等雜項廢棄物清理 28 桶，計 2,556 公斤，使原為 TRU 廢棄物經處理後成為一般低放射性廢棄物，減廢成效至為顯著，另外也完成鈾粉收集 18 罐使燃料池劑量率大為降低，經濟效益達 5,000 萬元。
2. 完成濕貯槽拆除水泥塊之去污檢整與偵檢作業 80 塊，重量約 930 噸，除有利後續外釋作業，且使放射性廢棄物貯存空間大為減少，經濟效益約 13,950 萬元。
3. 順利完成鈾轉化實驗先導工廠設施之拆除與淨空作業，並執行廢棄物檢整工作，拆除廢棄物約計 150 噸，其中約有 83.85%為擬似一定活度或比活度以下廢棄物，低放射性廢棄物只佔 16.15%，減量效果優異。獲得除污、拆除及廢棄物管理技術經驗，有利於核設施後續除役之執行。

(三)原場址空間再利用效益

執行本所 036 館區鈾轉化實驗先導廠(UCTPP)及其相關設施之拆除工作，以及有效整理核原(燃)料貯存空間，並妥善管理核物料，確實執行核子保防/保安計畫，以符合國際原子總署(IAEA)之要求。設備除役拆除後，原建物場址約 900 平方公尺重新調整利用，供新領域研究開發之需，具有經濟價值。

貳、計畫經費與人力運用(評估計畫資源使用之效益性)

一、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	
TRR 設施拆除及再利用	34,364 (流出 5,542)	23,427 (流入 5,542)	33,774	19,822	92.74%
燃料循環實驗設施之拆除與重整	26,510	2,996	24,140	2,996	91.97%
拆除廢棄物之處理與貯存技術發展	20,348 (流出 2,000)	39,505 (流入 2,000)	20,348	39,505	100%
廢棄物分類與清潔標準量測技術建立及應用	10,151 (流出 999)	16,948 (流入 999)	10,151	16,948	100%
合計	91,373 (流出 8,541)	82,876 (流入 8,541)	88,413	79,271	96.23%
93 年度保留數	1,858	27,400	1,858	27,400	100%
TRR 及燃料循環實驗設施之除污除役再利用計畫	203,507		196,942		96.77%

二、人力：

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： <u>73</u> 人 人月： <u>430.6</u> 人月 技術人員 人數： <u>119</u> 人 人月： <u>771.8</u> 人月 支援人員 人數： <u>15</u> 人 人月： <u>103</u> 人月	研究人員 人數： <u>68</u> 人 人月： <u>402.5</u> 人月 技術人員 人數： <u>122</u> 人 人月： <u>770.2</u> 人月 支援人員 人數： <u>13</u> 人 人月： <u>76.8</u> 人月	原因： 人員年中離職，提早退休及調職。 對計畫達成度影響： 以既有人力加班完成相關計畫之工作。

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
博士 人數： <u>20</u> 人 人月： <u>93.2</u> 人月 碩士 人數： <u>30</u> 人 人月： <u>185.6</u> 人月 學士 人數： <u>17</u> 人 人月： <u>113.2</u> 人月 其他 人數： <u>6</u> 人 人月： <u>38.6</u> 人月	博士 人數： <u>18</u> 人 人月： <u>83.3</u> 人月 碩士 人數： <u>29</u> 人 人月： <u>178.8</u> 人月 學士 人數： <u>15</u> 人 人月： <u>101.8</u> 人月 其他 人數： <u>6</u> 人 人月： <u>38.6</u> 人月	原因： 人員年中離職，提早退休及調職。 對計畫達成度影響： 以既有人力加班完成相關計畫之工作。

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
研究員 人數： <u>12</u> 人 人月： <u>39.4</u> 人月 副研究員 人數： <u>28</u> 人 人月： <u>181.4</u> 人月 助理研究員 人數： <u>21</u> 人 人月： <u>143.2</u> 人月 研究助理 人數： <u>12</u> 人 人月： <u>66.6</u> 人月	研究員 人數： <u>11</u> 人 人月： <u>47</u> 人月 副研究員 人數： <u>26</u> 人 人月： <u>157.5</u> 人月 助理研究員 人數： <u>20</u> 人 人月： <u>133.8</u> 人月 研究助理 人數： <u>11</u> 人 人月： <u>64.2</u> 人月	原因： 人員年中離職，提早退休及調職。 對計畫達成度影響： 以既有人力加班完成相關計畫之工作。

研究人員專長領域	未來人力運用規劃
化工(19 人)、原子能工程(18 人)、電子電機(11 人)、機工械工程(8 人)、化學(5 人)、材料科技(5 人)、物理(2 人)、地球科學(2 人)、工業工程(2 人)、資訊科學(1 人)	未來人力將執行設施拆除、除污設施建立、處置場安全審查及廢棄解除管制之整合評估，各專長領域人員相互協調配合，完成設施拆除重整及廢棄物之處置。

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；**5**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「優」。

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、國內目標尚未決定低放射性廢棄物處置場場址，核能研究所為國內低放射性廢棄物處置安全評估技術發展的單位，由於處置場依國情不同

具地域特色，國內有必要建立配合國內需求之置技術，應具體開發處置評估技術，減少對環境生態之衝擊，並邀國內外專家共同參與，成果應以英文報告表達送國際評審發表，以昭國際之支持與公信，並協助推動國內廢料處置之相關工作。

二、TRR 及燃料循環實驗設施之除污除役再利用計畫進度均有實質成果及論文發表，尚能符合進度。有關成果表示亦可考慮與國外相關技術發展比較，建立技術發展之里程表 (road map)。

三、TRR 除役污染金屬廢棄物熔融減容法中，可否考慮以鑄鐵或鑄鋼等移釋法，使其 ^{60}Co 之輻射劑量更低。

四、核研所在核廢棄物處理及處置技術之研發，似偏重於硬體和流程 (process)，在軟體方面似無顯著進展，例如在低放射性廢棄物最終處置和用過核子燃料最終處置之技術發展方面，已進行多年，但似僅在於引進國外軟體或模式之學習或修改。建議核研所整合多年來，在 TRR 除役及燃料循環設施除污除役計畫及在廢棄物處置計畫之技術發展經驗與成果，發展本土相關軟體技術。

伍、 績效評量： ☐優 ☒良 ☐可 ☐差 ☐劣

評估委員：喻冀平、李志浩、葉宗洸、曾四恭、李清山、黃金益、
周棟樑、蔡春進、江誠榮、朱瑾、吳乃立、連雙喜、
萬其超

評估時間：95 年 2 月 16 日