

九十五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：核設施除役與廢棄物貯存處置之發展
與應用

(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

九十五年度一千萬元以上政府科技計畫績效評估報告書

目錄

第一部份：(原子能委員會) 科技計畫成果績效評估報告

第二部分：科技計畫成果效益報告

(原子能委員會) 科技計畫成果績效評估報告

(95 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：核設施除役與廢棄物貯存處置之發展與應用

主 持 人：謝榮春

審議編號(檔號)：95-2001-14-03-00-00-00-45

執行單位：核能研究所

壹、計畫目標與執行內容是否符合。

本年度計畫目標與計畫規劃執行內容符合但進度稍有落後，其差異為：

- 一、TRR 燃料安定化處理作業試運轉工作，以預期為較完整之 LFC-1017 用過燃料棒燃料進行安定化處理作業之試運轉，然於啓封後，發現內容物已呈微粉狀，應屬鈾金屬嚴重腐蝕之產物，與核物料帳清冊所列有所差異，因涉及核子保防（IAEA safeguards）核物料帳之申報及管理，同時內容物之取出亦須設計製備適當之器具及撰擬作業程序書，需陳報澄清核物料更正申報作業方式及研訂更新作業程序，再繼續處理作業，預計熱測試工作延至 96 年第 1 季完成。
- 二、預期完成金屬除污設備 300 桶試運轉工作，因規劃熱試車核備程序未能充份掌握時程，至 10 月 5 日獲主管機關試運轉核備，10 月 15 日才積極展開熱試車，計完成進料 297 桶之檢整及除污，除污後共 204 桶，全部符合解除管制標準。雖未達成試運轉 300 桶目標，但試運轉結果足以作為申請運轉核備之依據，除污設備 96 年度將繼續運轉改善。

貳、計畫已獲得之主要成就與成果 (output) 滿意度。(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、著作權項數等績效指標)

技術創新之建立，應與國際其他類似單位已發展技術進行優勢比

較；若已建立部分本土技術為獨有技術及經驗，應積極申請專利。
成果應考慮在相關著名國際期刊上發表。

參、評估主要成就及成果之價值與貢獻度(impacts)。(學術、技術
創新、經濟效益、社會衝擊等影響面)

1. 學術或技術成就之評述：

量化評述：☐5 優 ☒4 良 ☐3 可 ☐2 差 ☐1 劣

質化評述：

核研所獨有之 TRR 燃料安定化程序及處理設備之建立技術，及發展本土之解除管制劑量評估技術等，經評審小組實地查證及討論結果，本項績效評定為「良」。

2. 經濟效益之評述：

量化評述：☐5 優 ☒4 良 ☐3 可 ☐2 差 ☐1 劣

質化評述：

廢棄物減廢及原場址空間再利用等，經評審小組實地查證及討論結果，本項績效評定為「良」。

3. 社會效益之評述

量化評述：☐5 優 ☒4 良 ☐3 可 ☐2 差 ☐1 劣

質化評述：

建置核設施除役管理資訊系統及建立放射性污染金屬廢棄物除污設施等，經評審小組實地查證及討論結果，本項績效評定為「良」。

4. 其它效益之評述：

量化評述：☐5 優 ☒4 良 ☐3 可 ☐2 差 ☐1 劣

質化評述：

TRR 及燃料循環實驗設施拆除與重整及廢棄物之處置與前置處理技術發展等，經評審小組實地查證及討論結果，本項績效評定為「良」。

肆、與相關計畫之配合程度。

一、016 館大型超鈾設備廢棄清理之有效執行，有賴工程組設計，專業投入進行盛裝容器、隔離帳篷、負壓通風系統之設計和保健物理人員嚴格管制，後續更需放射性廢棄物處理廠之協助與相關計畫之緊密配合。

二、TRR 用過燃料安定化工作，需要大量使用熱室設備與操作人力，執行過程中與燃材組緊密配合調度熱室資源之運用，後續更需要密切協調以完成燃料安定化工作。

三、除污設備之建立主要為減少核設施除役產生之金屬廢棄物，因此本計畫執行完成可實際解決除役產生之廢棄物問題，且廢棄物外釋計畫也因除污設備建立完成，更實際提高外釋比例。

伍、計畫經費及人力運用的適善性。

一、計畫經費

單位：千元

項目 會計科目	預算數	執行數	差異	評估說明
一、經常支出	83,340	83,340	0	良好。
1.人事費				
2.業務費	83,340	83,340	0	良好。
3.差旅費				
4.管理費				
5.營業稅				
小計	83,340	83,340	0	良好。
二、資本支出	79,489	79,489	0	良好。
小計	79,489	79,489	0	良好。
合計	162,829	162,829	0	執行情形良好。

二、人力運用

計畫工作結合機械、電子電機、化學、化工、工工、原子能、物理、化學、地球科學、土木水利、醫事技術、電信、管理科學、材料科技、環工、資訊軟體、及其它等各項專長領域人員，妥善發揮其專業技術能力，且相互協調配合，年度間雖有人員離職，提早退休及調差，但不影響整體計畫之運作。

陸、後續工作構想及重點之妥適度

- 一、TRR 濕貯槽拆除產生之混凝土塊外釋作業本年度可完成混凝土外釋作業程序書編輯與品保審核、前置準備、人員訓練及民眾溝通短片製作，96 年可執行外釋作業，混凝土塊預計委託砂石場處置供道路級配用，具資源回收再利用之經濟效用，並達降低倉貯之壓力。
- 二、031 館廢金屬外釋計畫於 95 年 10 月 31 日通過主管機關審查，具完整有效之整套放射性活度量測計畫為我國首度廢金屬外釋計畫之執行，96 年可執行外釋作業，外釋之廢金屬具資源回收再利用之經濟效用，並達降低倉貯之壓力。
- 三、TRR 燃料安定化處理已展開試運轉，爾後兩年將陸續處理現儲存於 TRR 燃料池中之金屬燃料，並將安定化之產物做適當包封後置於橫置暫貯護箱中貯存。暫貯護箱之使用許可申請為 96 年度之重點工作之一。
- 四、燃料循環處理設施拆除之後續工作，已進入實際執行設施之切割與拆除及相關廢液安全貯存之處理。因此，除人員訓練外，尚須加強工安與輻安之措施與認知。此外，對拆除廢棄物之分類與減量工作亦需嚴格控管。利用 016 館大型超鈾實驗設施除役成功之經驗，後續將規劃推動 020 館手套箱與 016 館超鈾污染桶槽、不適用之穿牆地下管線、鉛室實驗設施等之拆除與清理。
- 五、除污設備建立完成首要任務為適當運用，解決實際問題。因此後續工作為執行例行運轉，並繼續精進技術提升除污效能，擴展應用範圍。
- 六、規劃進行安全評估技術之國外案例驗證工作，確保所建立技術之可信度。同時將結合國內學術界進行處置坑道穩定性評估、回填材料工程特性研究、混凝土障壁與承裝容器之劣化模式與與使用壽命評估等研究，做為管制機關進行處置場安全審查作業之依據或參考。此外，並研究低放射性廢棄物處置場的劑量評估與環境輻射監測技術，以確保處置場運轉期間的輻射安全。

柒、綜合意見

- 一、本計畫之執行在除役方面，工安、輻安之充分落實，無任何意外發生，另執行前之教育訓練，使執行過程更加順暢，亦顯示成效之優異。
- 二、TRR 用過核燃料安定化之後續檢測技術值得提出相關研發方面及策略。
- 三、除役技術之成效，可考慮應用到其他領域之可行性。
- 四、超鈾元素處理之大型手套箱相關設備於拆除過程，步驟嚴謹。所累積之經驗，可藉由全程錄影紀錄，做為未來相關作業之依循參考。
- 五、使用 Q2-3D 量測技術處理廢棄物之有無污染，或低微污染之判定，方法過程精細，量測結果應具說服力，整體之計畫執行成果，值得肯定。

捌、總體績效評量：☐優☒良☐可☐差☐劣

計畫評估委員：李四海、喻冀平、單秋成、李振誥、林明雄、黃金益、陳渙東、陳志行 等八位

核設施除役與廢棄物貯存處置之發展與應用
科技計畫成果效益報告
(九十五年度)

主管機關：行政院原子能委員會

執行機關：核能研究所

科技計畫成果效益報告

(95 年度科技計畫經費一千萬元以上)

目錄

壹、基本資料：

貳、計畫目的、計畫架構與主要內容

參、計畫經費與人力

肆、計畫已獲得之主要成就與量化成果

伍、評估主要成就及成果之價值與貢獻度 (outcome)

陸、與相關計畫之配合

柒、後續工作構想之重點

捌、檢討與展望

壹、基本資料：

計畫名稱：核設施除役與廢棄物貯存處置之發展與應用

主 持 人：謝榮春

審議編號：95-2001-14-03-00-00-00-45

計畫期間(全程)：91 年 01 月至 95 年 12 月

年度經費：162,829 千元 全程經費規劃：702,073 千元

執行單位：核能研究所

貳、計畫目的、計畫架構與主要內容

一、計畫目的

核研所審慎執行停用核設施之拆除及更新工作，並逐步建立核設施除役、除污，廢棄物處理、處置及外釋技術，本計畫之總目標訂為：

- (一)審慎執行核研所核設施拆除與重整，達成解除管制及廠房再利用之目標。
- (二)積極研發放射性廢棄物檢整、除污減量、安定化處理、及安全貯存技術。
- (三)精進核設施除役規劃與執行能力。
- (四)建立國內低放處理處置之本土化技術。

二、計畫架構

為安全達成核研所核設施拆除再利用、建立國內廢棄物處理處置技術，本計畫整合各項目標並歸納為：

95 年本計畫工作重點包括核設施之拆除清理，拆除廢棄物之減量、外釋及處理處置。依照工作性質進一步分類整併，工作架構規劃如下表：

核設施除役與廢棄物貯存處置之發展與應用	工作項目	技術屬性
	1. TRR 及燃料循環實驗設施拆除與重整	
	1.1 TRR 燃料池及相關設施之處理	拆除重整
	1.2 TRR 燃料之安定化處理及貯存	拆除重整
	1.3 016 館超鈾實驗設施之除役規劃與設備拆除	拆除重整
	1.4 核設施及放射性廢棄物解除管制之實務整合與評估 技術建立	解除管制
	2. 廢棄物之處置與前置處理技術發展	
	2.1 放射性污染金屬廢棄物除污設施建立	前置處理
	2.2 低放射性廢棄物最終處置場安全審查技術研究	最終處置

三、 主要內容

95 年度主要工作目標：

(一)TRR 及燃料循環實驗設施拆除與重整

1. 執行 TRR 燃料池及相關設施之處理，清除高放射性廢棄物，主要工作包括：
 - (1) 處理樣品棒內外套管、燃料提籃及燃料架之清理，預計將約 5,000 公斤超 C 類廢棄物處理成低放射性廢棄物。
 - (2) 鈾粉收集 18 罐。
 - (3) 提出廢樹脂傳輸安全評估報告。
 - (4) 執行 ZPRL 停爐及除役規劃。
 - (5) 執行 TRR 大廳西側、地下室 016 及 023 房不適用風管拆除及廢棄物檢整，以及移爐與濕貯槽拆除產生之碎砂石及泥漿檢整等。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. 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。主要工作包括：

- (1) 完成安定化處理程序設備之建立
 - (2) 建立熱室內處理 TRR 燃料安定化的標準作業程序
 - (3) 完成熱室內安定化作業之切割、包封機具及運送貯存相關設施之設立
 - (4) 執行 TRR 燃料安定化處理程序熱測試。
3. 進行 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 館超鈾設施之拆除任務，主要工作包括：兩個大型超鈾手套箱（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，可防止因設施老化致放射性物質外洩，影響人員與環境之輻射安全。
4. 配合國內核設施除役之需求，建立核設施與放射性廢棄物解除管制技術，降低社會成本與負擔，以達促進資源充分應用之目的。主要工作包括：
- (1) 待解除管制核設施及放射性廢棄物之調查、分類與資訊整合技術建立
 - (2) 核設施及放射性廢棄物解除管制偵測技術建立
 - (3) 核設施及放射性廢棄物解除管制劑量評估技術建立
 - (4) 待解除管制核設施及放射性廢棄物作業計畫建立及整合測試
 - (5) 核設施及放射性廢棄物解除管制審查與量測追溯。

(二)廢棄物之處置與前置處理技術發展

1. 完成污染金屬除污設備達 300 桶污染金屬之除污試運轉，檢討試運轉績效，並完成試運轉報告撰寫。
2. 完成影響低放處置場安全之重要參數的敏感度分析。
3. 完成低放處置場環境輻射曝露途徑分析，及環境輻射自動監測儀器規劃。

4. 建立廢棄物包裝容器材質配方最適化分析技術。

參、計畫經費與人力

一、計畫經費(單位：千元)

會計科目 \ 項目		年度預算數(162,829)			備註	
		主管機關預算 (委託、補助)	自籌款	合計		
				金額		占總支出 經費%
一、經常支出		83,340		83,340	51.18	含業務費流出 13,787
1.人事費						
2.業務費		83,340		83,340	51.18	
3.差旅費						
4.管理費						
5.營業稅						
小計		83,340		83,340	51.18	
二、資本支出		79,489		79,489	48.82	含業務費流入 13,787
小計		79,489		79,489	48.82	
合計	金額	162,829		162,829	100	
	占年度總 經費%	100		100		

二、計畫人力

姓名	計畫職稱	投入人月數	學、經歷及專長	
謝榮春	研究員	6	學歷	碩士
			經歷	計畫主持人
			專長	化學工程類
陳鴻斌	副研究員	12	學歷	博士
			經歷	計畫主持人
			專長	電子電機工程類

姓名	計畫職稱	投入人月數	學、經歷及專長	
喬凌寰	副研究員	10	學 歷	學士
			經 歷	計畫主持人
			專 長	原子能工程
王嘉寶	研究員	8.4	學 歷	碩士
			經 歷	計畫主持人
			專 長	化學工程類
李中新	副研究員	8.4	學 歷	博士
			經 歷	計畫主持人
			專 長	原子能工程
施建樑	研究員	3	學 歷	碩士
			經 歷	計畫主持人
			專 長	原子能工程
黃慶村	研究員	4	學 歷	博士
			經 歷	計畫主持人
			專 長	化學工程類
魏聰揚	副研究員	9.6	學 歷	博士
			經 歷	計畫主持人
			專 長	化學工程類
張福麟	副研究員	4	學 歷	碩士
			經 歷	計畫主持人
			專 長	土木水利工程類

肆、計畫已獲得之主要成就與量化成果(output)

表一 科技計畫之績效指標

[illegible]

計畫類別 績效指標	1	2	3	4	5	6	7	8	9	99
	學術研究	創新前瞻	技術發展 (開發)	系統發展 (開發)	政策、法規、制度、規範、系統之規劃 (制訂)	研發環境建構 (改善)	人才培育 (訓練)	研究計劃管理	研究調查	其他
X 提高人民或業者收入										
P 創業育成										
Q 資訊服務										
R 增加就業			✓							
Y 資料庫										
Z 調查成果										
AA 決策依據										

表二 請依上表勾選合適計畫評估之項目填寫初級產出、效益及重大突破

	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
學術成就	A 論文	期刊論文國外 4 篇(皆登載於 SCI 上)，國內 4 篇，計 8 篇；會議論文國內計 14 篇。	研究成果論文發表在國內、外研討會及發表於重要期刊上，有助增進研發成果的可信度，及提供國內目前研究相關技術指引。	
	C 博碩士培育	碩士 2 人	1. 確認廢棄物混凝土包裝容器材料之最佳材料配比及其性能之研究，對研發高性能混凝土包裝容器之製造與耐久性之評估模式，深具學術價值與工程實用性。 2. 執行廢水處理新型光處媒研究之資料蒐集與實驗工作，減少除污廢水之產生。	

	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
	D 研究報告	110 篇	本計畫之性質較偏重在實際執行工程項目，主要藉以建立及累積除役技術與實務經驗，有利於後續核設施除役規劃與執行，傳承在除污/除役工作上的技術能力，增進除役作業與後端營運之安全性。相關研究報告，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，於規劃及執行階段之依據和參考，未來也可作為其他類似設施拆除或建造工程參考及供經驗回饋。	
	E 辦理學術活動	1. 2006 東亞放射性廢棄物管理論壇 2. Technology Transfer for Low-Level Radioactive Waste Final Disposal Phase I	1. 增進對東亞地區各國放射性廢棄物管理技術研發進展之瞭解，促進區域相互技術交流合作，並藉此推廣我國優異進展之技術。 2. 引進先進國家技術，提昇我國低放處置技術之安全評估、程式運跑與系統整合，及虛擬場址之假設案例模擬等能力。	

	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
技術創新	G 專利	1. 專利申請 7 件 2. 專利獲得 1 件	專利申請： - 活度量測之多密度校正裝置與校正方法：建立 7 種密度的體射源校正假體；可量測不同物質核廢棄物之 4 種混合或單獨核種之總加馬活度或比活度。 - 體射源校正假體及其量測與校正方法：提供核能研究所、醫院核醫部、台電核電廠及後端營運處之營運產生或除役的大量廢棄物總加馬活度量測。 - 全量固態廢棄物活度監測之進料裝置：提供準確度高及可多核種活度分析之校正方法，應用於核電廠及核醫院之大量廢棄物量測。 - 全量固態廢棄物活度監測之進料裝置：可大量減少放射性待貯存廢棄物，有效節省經費及減少社會公共成本浪費。 - 核廢棄物桶檢測程序之貯存桶上下棧板之作業方法，能安全有效操作一只棧板承載 6 桶廢棄物的作業方法。(申請國家為美國) - 同 5.。(申請國家為中華民國) - 一種可提高紅外線耳溫計解析度之裝置及使用該裝置之紅外線耳溫計：本發明生產成本低、有效拓展紅外線耳溫計解析度，可應用於熱電堆、焦電型等紅外線耳溫計等溫度量度裝置。 專利獲得： - 自動化入出庫系統能有效掌控廢棄物桶入出庫與翻堆之狀況，減少人工疏失及接觸廢棄物桶之劑量，可運用於核廢棄物或有害物質之管理，從來源至中間處理過程，以使貯存或最終去處均能有效掌控，確保公眾之安全。	
	S 技術服務	95 年度計畫項下相關技術執行接受外界委託研究之技術服務案計 11 項，實際收入共計 54,275 千元。	95 年度合計技術服務收入計 54,275 千元，並衍生增加 20 人就業。	
社會影響	R 增加就業	20 人	外聘專業支援人員 20 人就業	

伍、評估主要成就及成果之價值與貢獻度 (outcome)

一、學術成就或技術創新

(一)學術成就

1. 核設施除役管理資訊系統之建置，不但可提昇管理之效率，更可經由統計分析，深入檢討相關作業之優劣，提供經驗回饋於往後之相關作業中。
2. 掌握歐美日各國解除管制劑量評技術現況與發展趨勢，同時發展本土之解除管制劑量評估技術；藉建立之技術參與國際性研討會，進行學術與研究心得交流，擴展視野並提昇研發水準。
3. 金屬廢棄物除污設施建立以處理實際廢棄物為目標，技術論文以操作參考及技術傳承為目的。
4. 國內正積極進行的低放射性廢棄物最終處置工作，相關之研究成果可提供參考，將可協助主管機關對低放射性廢棄物處置設施之系統功能進行評估，對業主所提出之安全分析結果進行查驗與確認。
5. 本計畫之性質較偏重在實際執行工程項目，主要藉以建立及累積除役技術與實務經驗，有利於後續核設施除役規劃與執行，傳承在除污/除役工作上的技術能力，增進除役作業與後端營運之安全性。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。

(二)技術創新

1. 超 C 類廢棄物之降級方法：以水中之切割、清洗與烘乾、裝桶、運貯等程序；解決 TRR 燃料池超 C 類廢棄物之貯存問題，如燃料提籃、燃料架之清洗，有效達成廢棄物降級之目標。
2. TRR 燃料安定化程序及處理設備之建立為針對我國環境所開發，為本所獨有之技術。應用於處理目前儲存於 TRR 燃料池中之鈾金屬燃料，可消弭燃料池外滲之風險。
3. 用過除污劑之安定化處理方法：用過磷酸除污劑經濃縮提

濃後，利用自身聚合之特性及本所自行研發之水泥固化劑配方，可將其變成化學安定之固化體，且減容比高，經驗證實成效優異且減廢效果顯著。

4. 放射性廢金屬除污技術：包括化學、電化學及機械除污、廢棄物前置分類、除污劑回收與廢除污劑安定化處理等，可使金屬廢棄物達到減廢目標。
5. 防止污染擴散之技術：設計具有階梯負壓的防護帳篷，以有效隔離 α 污染控制於拆除作業區內，確保污染空浮不致擴散週遭環境。
6. 超鈾核設施拆除之輻射防護技術：設計三道人員進出室、二道大型之廢棄物移出室及四層防護衣(含境外供氣系統)著裝等，逐道逐層負壓隔離及降低污染層級，有效確保工作人員的輻射安全，使全程(28 工作天)拆除期間的工作人員均無發生體內外污染。
7. 超鈾廢棄物處理方法：確實規劃實施 TRU 廢棄物污染檢測與分類，減少廢棄物容積，節用一只廢棄物容器(約 5.7 m^3)
 - (1) 盡量採用原物體形狀包裹裝箱，減少過甚切割行為，節省工期及減少人員防護衣等污染物品之產生量。
 - (2) 盡量採用原物體形狀包裹裝箱，節省廢棄物小片物件重複包裹，可減少廢棄物總體積。
 - (3) 廢棄物採隔夜靜置及空浮空氣抽換方式，降低污染擴散機率。
8. 發展及建立之 3D 工程模擬技術：成功地應用於 Unit 21 手套箱拆除，同時陸續建立除役資訊管理系統，可有效提昇除役效率及達成技術傳承目標。
9. 已整合建立放射性廢棄物最終處置長期安全評估模組：包含源項與近場釋出、遠場傳輸，生物圈劑量評估及不確定性分析，可應用於國內採行淺地層或坑道處置之安全評估審查工作。
10. 活度量測之多密度體射源之量測與校正方法：補助原廢料活度量測儀器之簡易校正方法，特別發展符合本案極低活度之體射源量測，除可提升計測準確度外，亦可為未來發展整桶加馬量測系統之認證體系做準備。本技術亦已申請專利。
11. 核設施/廢棄物解除管制資訊系統：以本所各核設施除役及廢棄物外釋為基礎，建立整體之解除管制資訊管理體系架構，以做為相關資料、技術、文件保存之知識管理庫，有助於相關經驗之傳承。

12. 金屬廢棄物除污設施整體規劃，從分類至二次廢棄物處理，除污技術完整，除污劑回收再生不需蒸發濃縮，節省能源，用過廢棄除污劑固化處理，二次廢棄物少，固體物安定。
13. 確認廢棄物混凝土包裝容器材料之最佳材料配比及其性能之研究，對研發高性能混凝土包裝容器之製造與耐久性之評估模式，深具學術價值與工程實用性。

二、經濟效益

1. 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 016 館超鈾 Unit 21 手套箱，進行 2 次 TRR 燃料罐由 TRR 水池至熱室之運送實體模擬作業(dummy test)及 TRR 一根燃料棒(LFC-1017)運送至熱室 90 及送進熱室 91 切割開啟預備取出內裝之破損燃料等作業，全年無發生工安及輻安意外事件。

2. 廢棄物減廢效益：

- (1) 執行 TRR 燃料池樣品棒內外套管、燃料提籃及燃料架之清理，並執行 TRR 燃料池中超 C 類廢棄物之清理計 8,135 公斤(計 44 桶)，及鈾粉收集計 18 罐，將超 C 類廢棄物處理成低放射性廢棄物，具有減廢及降低輻射劑量之經濟效益達 4,500 萬元。
- (2) 完成 TRR 移爐與濕貯槽拆除產生之碎砂石 442 桶(約 139,424 公斤)之重裝、稱重及偵檢作業；完成泥漿 288 桶(約 81,839 公斤)之重裝、稱重作業。減少廢棄物桶數計 60 桶，經濟效益約 360 萬元。
- (3) 執行 016 館超鈾 UNIT 21 手套箱拆除，預定產生廢棄物約計 28.5m³ (5 箱)，經分類檢整及密實裝填，節省 5.7m³(1 箱)之容積，頗具減容效果，經濟效益約 285 萬元。
- (4) 完成 TRR 濕貯槽混凝土塊與廢金屬外釋計畫之編輯及主管機關審核，預計於明年開始執行後，可大量降低全所廢棄物倉庫之貯存壓力，以及促進可利用資源回收使用；並可帶動其他核設施(台電核一、二、三廠)之外釋計畫推動，其效益將是全面的。
- (5) 完成廢棄物放行作業計畫，同樣可使所內工程廢棄物/報廢品之外運及再利用。
- (6) 完成 012 館除污設備建立，本年度完成 204 桶金屬廢

棄物達解除管制標準，減少倉貯需求及最終處置費用，具有 918 萬元效益。

(7) 完成 012 館廢棄除污劑固化處理設備建立，未來每批廢棄除污劑約 2500 公升，固化後產生約 12 桶固化體。若採用德國 Poligrat Process 將產生約 8000 公斤乾粉，因此本所之減廢技術效益顯著。

3. 原場址空間再利用效益：

完成 016 館超鈾 Unit 21 手套箱拆除，原場址得重新調整再利用，具有經濟價值。

三、社會影響

1. 解決老舊核設施之安全問題，減少意外事件造成輻射外釋，可大幅減少放射性傷害發生機率及減少民眾疑慮與抗爭，提高政府公信力。
2. 可建立及累積核設施除役技術與經驗，有利於後續核設施除役規劃與執行，增進除役作業與後端營運之安全性，減少社會大眾對核設施除役之不必要顧慮。
3. 建置核設施除役管理資訊系統，可完整保存核設施除役於規劃、執行之資料，並精確掌握後續物料流向狀況，減少社會大眾對於放射性廢棄物及解除管制處理方式之疑慮。
4. 所內現存之放射性廢棄物屬於非放射性或一定活度或比活度以下廢棄物；建立解除管制相關技術，依據主管機關的要求，進行外釋計畫編撰及申請，不僅可大量節省廢棄物處置成本，外釋之廢棄物的再循環使用，可發揮資源再利用的經濟效益。
5. 建立放射性污染金屬廢棄物除污設施，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，減少最終處置量，降低社會大眾對輻射傷害之疑慮及環保衝突事件。
6. 研發的本土低放處置安全評估技術、高穩定性的工程障壁技術及環境輻射監測與評估技術提供處置工作之規劃與進行，將可對環境衝擊的減至最低。進而建立國人對於低放射性廢棄物處置場的營運信心，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。
7. 可建立待除役設施之核種與輻射強度之資料庫，有利於除役工法與放射性廢棄物處理及除役作業之輻防規劃，增進除役作業與後端營運之安全性，減少社會大眾對核設施除役作業之疑慮。
8. 可強化除役過程中施工人員的輻安及工安；進而避免因社

會大眾因除役工法不當所衍生的輻安事件及信心問題。

9. 012 館除污設備建立完成可落實除污減廢策略，提升輻設安全度並增加核設施運轉安全。進入例行運轉階段，可聘用專業支援人力操作運轉，增加就業機會。

四、其它效益

1. 計畫目標與執行內容相符；與相關計畫之協調配合度良好；計畫經費及人力之運用，在有限資源及人力、輻防法規限制下，根據計畫目標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率高、工作空間狹小、水下作業操作困難度高、廢棄物數量大且種類複雜之情形下，有效達到廢棄物減量效益，且全年無工安、輻安意外事故。
2. TRR 及燃料循環實驗設施拆除與重整
 - (1) 實際執行 TRR 燃料池超 C 類廢棄物、收集鈾粉及不適用設備拆除及廢棄物檢整等作業，有效達成廢棄物減量之目標，減低污染擴散之威脅，並抑低地區輻射背景。
 - (2) 拆除停用之 016 館 Unit 21 大型超鈾手套箱實驗設施及清理廢棄物，建立超鈾污染設施拆除整合技術，並騰出的空間經除污、重整後可供新研究領域使用。
 - (3) 完成與美國 LANL 合作開發燃料池中燃料棒物料量測儀器 SPCC 之建立，並完成一根 TRR 燃料棒(LFC-1017)經 SPCC 量測後，由燃料池取出移入熱室。已因應了國際間核子保防之國際責任，並得予配合 IAEA 國際核子保防作業順利執行，以達安全貯存目標。
 - (4) 將 TRR 之金屬鈾燃料經安定化處理轉化成安定之 U_3O_8 ，消弭儲存間可能發生激烈化學反應之風險，確保儲存安全，同時亦簡化將來核燃料最終處置設施建立時，不須為此批數量有限之金屬燃料另設額外之專屬設施，節省大量設置費用。
 - (5) 解除管制檢測技術之建立，對於核設施除役或清理計畫產生大量廢棄物之外釋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。
 - (6) 開發除役資訊管理系統，有效管理除役作業相關資訊，達成知識管理之初期目標，相關技術可應用未來核能電廠除役作業，爭取台電委託計畫。
 - (7) 放射化學實驗室通過全國認證基金會展延評鑑，取得展

延證書，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。

3. 廢棄物之處置與前置處理技術發展

- (1) 從除污效益分析，每桶廢棄物之處理成本(固定成本及操作成本)約 2 萬元。但每桶廢棄物最終處置費用保守估計至少 6 萬元，因此除污減廢之價值明確。
- (2) 除污技術及設備均為自行發展及國內廠商製造，未來技術移轉核能電廠使用，將對國內核能工業發展有所貢獻。
- (3) 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，確保處置場運轉安全與環境品質。

陸、與相關計畫之配合

- 一、016 館大型超鈾設備廢棄清理之有效執行，有賴工程組設計，專業投入進行盛裝容器、隔離帳篷、負壓通風系統之設計和保健物理人員嚴格管制，後續更需放射性廢棄物處理廠之協助與相關計畫之配合緊密。
- 二、TRR 用過燃料安定化工作，需要大量使用熱室設備與操作人力，執行過程中與燃材組緊密配合調度熱室資源之運用，後續更需要密切協調以完成燃料安定化工作。
- 三、除污設備之建立主要為減少核設施除役產生之金屬廢棄物，因此本計畫執行完成可實際解決除役產生之廢棄物問題，且廢棄物外釋計畫也因除污設備建立完成，更實際提高外釋比例。

柒、後續工作構想之重點

- 一、TRR 濕貯槽拆除產生之混凝土塊外釋作業本年度可完成混凝土外釋作業程序書編輯與品保審核、前置準備、人員訓練及民眾溝通短片製作，96 年可執行外釋作業，混凝土塊預計委託砂石場處置供道路給配用，具資源回收再利用之經濟效用，並達降低倉貯之壓力。
- 二、031 館廢金屬外釋計畫於 95.10.31 通過主管機關審查，具完整有效之整套放射性活度量測計畫為我國首度廢金屬外釋計畫之執行，96 年可執行外釋作業，外釋之廢金屬具資源回收再利用之經濟效用，並達降低倉貯之壓力。
- 三、TRR 燃料安定化處理已展開試運轉，爾後兩年將陸續處理現儲存於 TRR 燃料池中之金屬燃料，並將安定化之產物做適當包封後置於橫置暫貯護箱中貯存。暫貯護箱之使用許可申請為 96 年度之重點工作之一。
- 四、燃料循環處理設施拆除工作後續之工作已進入實際執行設施之切割與拆除及相關廢液安全貯存之處理工作，因此除人員訓練外，尚須加強工安與輻安之措施與認知。此外，對拆除廢棄物之分類與減量工作亦需嚴格控管。利用 016 館大型超鈾實驗設施除役成功之經驗，後續將規劃推動 020 館手套箱與 016 館超鈾污染桶槽、不適用之穿牆地下管線、鉛室實驗設施等之拆除與清理。
- 五、除污設備建立完成首要任務為適當運用，解決實際問題。因此後續工作為執行例行運轉，並繼續精進技術提昇除污效能，擴展應用範圍。
- 六、規劃進行安全評估技術之國外案例驗證工作，確保所建立技術之可信度。同時將結合國內學術界進行處置坑道穩定性評估、回填材料工程特性研究、混凝土障壁與承裝容器之劣化模式與使用壽命評估等研究，作為管制機關進行處置場安全審查作業之依據或參考。此外，並研究低放射性廢棄物處置場的劑量評估與環境

輻射監測技術，以確保處置場運轉期間的輻射安全。

捌、檢討與展望

- 一、持續執行 TRR 用過燃料池超 C 類廢棄物清理檢整及不適用設備拆除等作業，有效達成廢棄物減量目標。
- 二、TRR 燃料安定化產物將利用原有針對 TRR 用過燃料設計製作之水平護箱暫貯，因內容物為燃料安定化後之產物與原設計型態不同，主管機關要求對暫貯護箱之安全分析報告重新修訂。雖然安定化處理僅增加燃料之重量約 18%，但加上封裝之粉末內外罐及清潔罐後總重量會增加 50%~80%之間(視安定化產物之裝填密度而異)，需對暫貯護箱之結構重新評估，影響暫貯護箱之使用申請時間，本年度已經提出「TRR 用過燃料暫貯護箱安全分析報告修訂版」及「TRR 燃料安定化產物暫貯護箱作業計畫書」，將持續努力以獲得主管機關核備。
- 三、順利圓滿完成 016 館 Unit 21 大型超鈾手套箱實驗設施拆除及廢棄物清理，除了建立超鈾污染設施拆除工法技術與落實工安與輻安之措施與作為外，亦嚴格控管對拆除廢棄物之分類與減量工作，此等經驗將應用於日後對 Unit 20 大型手套箱實驗設施與大型桶槽等相關設施之拆除與清理。
- 四、本年度在輻射作業區域執行之工作，包括燃料池超 C 類廢棄物清理檢整，鈾粉收集、016 館 Unit 21 大型手套箱實驗設施拆除及廢棄物清理檢整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。
- 五、「台灣研究用反應器濕貯槽拆除產生之混凝土塊外釋計畫」與「廢金屬外釋計畫」獲主管機關審查通過。另外「廢棄物放作業計畫」目前於主管機關審查中，將據以審慎執行廢棄物外釋作業以大量

降低放射性廢棄物處置成本。

- 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完成建置，並從試運轉累積經驗，將持續運轉並提升整體系統效能，達到除污減廢之效益。
- 七、除污減廢要落實需廢棄物管理部門及相關廢棄物處理設備互相合作支援，因此須有一經常性之團隊運作，方可收事半功倍之效。
- 八、除污技術日新月異，在既有基礎上宜保持研發之能量，使技術隨日精進，降低成本並符合新廢棄物管理法規需求。
- 九、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專家學者之技術經驗，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，為我國放射性廢棄物最終處置工作之推動提供更多之貢獻。

填表人：謝榮春 聯絡電話：03-4711400 轉 3000 傳真電話：

主管：郭明朝