

# 政府科技計畫績效評估報告

計畫名稱：核反應器結構與組件行為研究

執行期間：自 102 年 1 月 至 102 年 12 月

執行單位：行政院原子能委員會核能研究所

執行經費：5,605 仟元

---

---

(環境科技群組)(能源領域)

性質：

研究型

非研究型(人才培育、國際合作、法規訂定、產業輔導及推動)

評估委員：吳文芳、周懷樸、楊昭義、周光暉

主管機關：行政院原子能委員會

中華民國 103 年 3 月 \_\_\_ 日

## 目錄

壹、執行之內容與原計畫目標符合程度 (20%) _____	3
貳、已獲得之主要成就(重大突破)與成果滿意度(30%)_____	3
參、評估主要成就及成果之價值與貢獻度 (30%) _____	4
一、學術成就之評述(科技基礎研究)(權重 10%) .....	4
二、技術創新成就之評述(科技整合創新)(權重 5%) .....	5
三、經濟效益之評述(產業經濟發展)(權重 3%) .....	5
四、社會影響之評述(民生社會發展、環境安全永續)(權重 7%) .....	6
五、其它效益之評述(科技政策管理及其它)(權重 5%) .....	7
肆、與相關計畫之配合程度 (5%) _____	7
伍、計畫經費及人力運用的適善性 (10%) _____	7
陸、後續工作構想及重點之妥適度 (5%) _____	8
柒、產業發展及跨部會協調指標 .....	8
捌、綜合意見 .....	8
玖、總體績效評量(高者為優)： .....	9
壹拾、計畫評估委員(請簽名) _____	9

# 政府科技計畫績效評估報告

## 第一部份：科技計畫成果績效評估報告

請依下列重點與比重評量：

- 1.執行之內容與原計畫目標符合程度 (20%)
- 2.已獲得之主要成就與成果(outputs) 滿意度 (30%)
- 3.評估主要成就及成果之價值與貢獻度(outcomes/impacts)(30%)
- 4.與相關計畫之配合程度 (5%)
- 5.計畫經費及人力運用的適善性(10%)
- 6.後續工作構想及重點之妥適度(5%)

### 壹、執行之內容與原計畫目標符合程度 (20%) \_\_\_\_\_

請問本計畫之執行是否符合原計畫之目標？程度為何？若有差異，其重點為何？

本計畫實際執行工作所達成之成果，符合年度原預期目標。

評等分數：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

註：(10:極優 9:優 8:良 7:可 6:尚可 5:普通 4:略差 3:差 2:極差 1:劣)

### 貳、已獲得之主要成就(重大突破)與成果滿意度 (30%)\_\_\_\_\_

計畫執行後其達成之重要成果為何？與原列之 KPI 與成果績效預期成效是否一致？若有差異，有無說明？其說明是否合理並予採計？

- 1.本計畫年度重要成果包含：①建立核能一級結構與重要組件的 3D 有限元素應力分析技術；②完成以全三維的有限元素建模，進行核電廠反應器廠房的土壤結構互制(SSI)地震(應力)分析；③完成銦-4 合金護套經退火再結晶熱處理後，在不同氫含量下的破壞韌性研究；以及④自行設計開發碘蒸氣產生器，以供銦合金護套碘應力腐蝕拉伸試驗使用。
- 2.核能組件三維應力分析研究為一有系統且多項結構安全性檢核之關鍵性分析技術；此分析程序可延伸推廣至各項重要設備的結構強度計算，諸如乾式貯存設備、風機以及太陽能等設備，精確掌握其結構完整性，以維護組件的預期功能。
- 3.建構核電廠反應器廠房的地震分析能力，提升本土自主的相關技術能

- 力，並能掌握國外顧問公司相關分析的正確性，對於技術的提昇及核能地震安全，均有潛在但重要的影響。
4. 本計畫已獲得的主要成就較偏重於學術論著的發表與研究報告，又試驗設備的設計開發及分析技術精進，應屬技術創新的成就。另因應日本 311 大地震所作結構耐震安全相關研究也有一些成果產出。
  5. 原訂達成 KPI 的預期成效大致符合。原訂績效指標包括論文 2 篇、研究報告 3 篇、碩博士培育 1 員，實際產出則為 SCI 論文 2 篇、研究報告 5 篇、碩博士培育 0 員，至於博碩士生未有培育，對於造成此差異之說明「因研究生招生情形不如預期，但不影響計畫執行」，尚可接受。

評等分數：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

## 參、評估主要成就及成果之價值與貢獻度 (30%) \_\_\_\_\_

請依計畫成果效益報告中該計畫各項成就之權重做下述之評量，如報告中未列權重，請委員建議評量之權重，並加以評述

### 一、學術成就之評述(科技基礎研究)(權重 10%)

#### 量化成果評述：

1. 年度內論文發表 (SCI 學術期刊) 2 篇、研究報告產出 5 篇，皆等於或超出原訂 KPI 值，至於博碩士生未有培育，但不影響計畫執行
2. 本計畫年度主要學術成就包括三維有限元素結構分析、電廠土壤結構互制之地震分析、Zircaloy-4 合金護套經過退火再結晶處理(recrystallization annealed, RXA)之破壞韌性探討、鋳合金護套碘應力腐蝕劣化行為評估、鋳合金護套在空氣環境與水氣環境下之氧化行為探討等相關研究成果。

#### 質化成果評述：

1. 建立以三維有限元素分析方法對核能組件進行應力分析技術，可較二維方法更精確計算出結構之應力狀態。
2. 進行鋳合金護套碘應力腐蝕劣化行為研究，發現：在相同測試條件下，經充氫 300 wppm H 的鋳合金材料比未充氫的材料，其劣化程度更為加劇。
3. 現有氫化物對高燃耗燃料鋳合金護套機械性質影響數據極為有限，因會影響燃料運轉績效，且用過核子燃料乾式貯存行為分析也有迫切需求；

- 相關數據將有助提升學術地位，且對核能業界有直接貢獻。
4. 本計畫年度經費 5,605,000 元，前述學術產出應屬妥適。

評等分數：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

## 二、技術創新成就之評述(科技整合創新)(權重 5%)

### 量化成果評述：

成果效益報告提到年度成就包括「提升本所對核能機械組件之設計研發能力」、「完成均質非平行土層的地震影響分析」、「鋁合金護套碘應力腐蝕拉伸試驗所使用的碘蒸氣產生器乃為自行設計開發的技術」、「新建置之熱重分析儀對護套劣化實驗建立先進能力」等，但並未呈現特別量化成果，亦無專利申請

### 質化成果評述：

1. 本計畫技術創新成就包括：(1)對於核能一級組件之結構設計，應用三維有限元素分析方法進行應力分析，(2)自行設計開發鋁合金護套碘應力腐蝕拉伸試驗所使用的碘蒸氣產生器，俾可進行鋁合金護套之腐蝕劣化行為評估(3)在土壤結構互制分析的獨立驗證地震分析上，以全三維的有限元素建模是首次應用在台灣核電廠的土壤結構互制地震分析。
2. 提供現有核電廠依據新標準及新技術執行耐震安全評估與結構完整性評估之參考。
3. 提供新一代核電廠的設計地震評估與反應器設計分析技術之最新發展；及核燃料不同升載運轉策略績效評估及氫化物對鋁合金護套機械性質影響評估。

評等分數：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

## 三、經濟效益之評述(產業經濟發展)(權重 3%)

### 量化成果評述：

各項研究有潛在的經濟效益，例如建立核反應器廠房地震分析及快速完成龐大自由度的 SSI 地震分析之能力，將可節省強震下的地震安全分析時

間，經濟效益可觀，畢竟一座核能電廠減少停機一天，就相當於節省數千萬元之發電損失。

#### 質化成果評述：

- 1.所建立的核能電廠 SSI 三維地震分析與核能組件 3D 應力分析技術，可提升國內核能組件之設計、研發與自製能力。
- 2.所建立分析探討用過燃料行為及乾式貯存燃料完整性之技術能力，可以提供用過燃料貯存性質相關技術資訊，協助用過燃料貯存桶的設計與相關諮詢，有助於國內用過燃料乾式貯存產業的建立與推行。
- 3.研究成果對於促進國內產業經濟發展之效益有限，但所開發的分析技術若能實際解決核電廠的問題，節省仰賴國外技術引進之龐大費用，仍有其經濟價值。

評等分數：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

#### 四、社會影響之評述(民生社會發展、環境安全永續)(權重 7%)

##### 量化成果評述：

「減少民眾對核電廠設計安全性的疑慮」、「可確保地震來襲之電廠結構安全增加對於民眾的公信力」、「提供核能產業及國人對於用過燃料棒貯存相關安全資訊，消除社會大眾對於用過燃料貯存與管理之安全疑慮，有助於國內用過核子燃料乾式貯存計畫推行」、「對環境之永續經營亦能有所貢獻」等可被接受，但宜自忖是否及如何真正藉由執行成果作為政府與民眾風險溝通的依據。

##### 質化成果評述：

- 1.所建立能快速且精確地對核能電廠反應器廠房進行 3D 結構地震分析能力，可確保強震下的國內核能電廠結構安全，增加民眾信心。
- 2.所建立評估用過燃料行為及乾式貯存燃料完整性之技術能力，可協助消除民眾對於用過燃料貯存之安全疑慮，有助於國內用過核子燃料乾式貯存計畫推行；另外，核電廠組件的結構強度分析，有助於減少民眾對於

核電之地震安全疑慮、增加民眾對於政府之信心。

評等分數：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

### 五、其它效益之評述(科技政策管理及其它)(權重 5%)

計畫執行後除既定之成果效益外，有無非直接之其它成果？若有請重點摘錄。

量化成果評述：

參加多項技術研討會、發表研究成果，促進國際交流

質化成果評述：

- 1.所建立之核能組件三維應力分析技術，可應用於其他產業重要設備的結構強度分析，有助於提昇國內工業界的機械組件設計與製造能力。
- 2.在用過燃料鋳合金護套氧化行為上的研究成果，曾在第二屆亞洲鋳合金會議上發表並獲得日本 NFD 與 JAEA 人員之重視。
- 3.相關技術用於支援原能會，提供管制單位進行必要的獨立驗證分析能力。

評等分數：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

### 肆、與相關計畫之配合程度 (5%) \_\_\_\_\_

「參與美國電力研究所(Electric Power Research Institute)之核燃料工業第 6 期研究計畫(Nuclear Fuel Industry Research Program, NFIR-6)」、「本所完成之試片，現在正於美國 Idaho National Laboratory 之研究反應器 Advance Test Reactor 進行照射」、「配合 NFIR-6 執行進度，派員參加 NFIR 計畫第 64 屆指導委員會會議」皆值得肯定，對未來研發計畫擬定，以及參與乾式貯存工作皆有重大效益。

評等分數：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

### 伍、計畫經費及人力運用的適善性 (10%) \_\_\_\_\_

(評估計畫資源使用之合理性)

本計畫執行之經費、人力與工作匹配，與原計畫之規劃是否一致，若有差異，其重點為何？其說明是否能予接受？

本計畫年度經費編列與支用均屬恰當，人力與工作匹配亦合宜，整體而言，計畫執行情形良好。

評等分數：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

### 陸、後續工作構想及重點之妥適度 (5%) \_\_\_\_\_

本計畫之執行時間是否合適？或太早？太晚？如何改進？

1. 執行時間合適，本計畫評估分析技術對於目前運轉中之核電廠及興建之核四廠相關安全管制工作，有實質的助益。
2. 後續工作構想及重點妥適，但並未規劃未來擬繼續推動之研究計畫與內容。

評等分數：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

### 柒、產業發展及跨部會協調指標

本計劃有無產業發展及跨部會協調相關指標？並對有該指標且有差異或尚未考量該指標者提供建議或加以評述。

### 捌、綜合意見

1. 本計畫兩個分項計畫所分別建立的核能電廠 SSI 三維地震分析與核能組件 3D 應力分析技術，及分析探討用過燃料行為及乾式貯存燃料完整性之技術能力，對於確保國內核能電廠在地震時之運轉安全及用過燃料在乾式貯存時之貯存安全均甚重要，效益可期。
2. 依據成果效益報告評估，本計畫執行符合原計畫目標，執行成果良好，但執行機關宜思考如何讓政府透過其執行成果與民眾溝通，以利政策之推動。
3. 本計畫所從事的研究項目，不管是核電廠反應器及組件結構之負荷分析，或是高燃耗燃料爐心行為分析等，都是原能會核安管制相當會倚重的評估技術。四年期計畫的分項工作雖因組改因素略作調整，但整體研究成果未來不僅可提供安全管制的參考依據，對於減少民眾對核電使用安全的疑慮亦有助益，值得肯定。

4. 建議本計畫應持續參與 NFIR-6 國際合作計畫，吸取國外先進的研發技術，在高燃耗用過核子燃料乾式貯存之相關評估與應用，仍有可以發揮的空間。
5. 日本福島事故之後，確保核能安全成為人民關注的事項，核能組件三維應力分析流程及結構強度安全檢核步驟，不但可提供管制單位管制核電廠安全之依據，未來更可應用於重要核能設備結構完整性的檢核與驗證，對核安具有貢獻。
6. 高燃耗用過核子燃料乾式貯存為目前國際上關切的議題，目前在設計、運轉或安全上
7. 以原則性的敘述居多，未來應加強高燃耗燃料運轉與貯存相關研究，並與國際研究計畫合作交流。

### 玖、總體績效評量(高者為優)：

評等分數：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

壹拾、計畫評估委員：吳文芳、周懷樸、楊昭義、周光暉