



# 目 錄

【104 年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】 .....	3
【104 年度績效自評意見暨回復說明(D007)】 .....	4
第一部分(系統填寫).....	10
壹、 目的、架構與主要內容 .....	11
一、 目的與預期成效 .....	11
(一) 目的 .....	11
(二) 預期成效 .....	11
(三) 實際達成與原預期差異說明 .....	11
二、 架構 .....	12
三、 主要內容 .....	13
(一) 內容 .....	13
(二) 實際執行與原規劃差異說明 .....	14
貳、 經費與人力執行情形 .....	15
一、 經費執行情形 .....	15
(一) 經資門經費表 (E005) .....	15
(二) 經費支用說明 .....	16
(三) 經費實際支用與原規劃差異說明 .....	16
二、 計畫人力運用情形 .....	17
(一) 計畫人力結構 (E004) .....	17
(二) 人力實際進用與原規劃差異說明 .....	18
參、 已獲得之主要成果與重大突破(含量化 output) (E003) (系統填寫).....	19

## 【104 年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】

審議編號	104-2001-02-04-02				
計畫名稱	核能技術及後端處理之安全強化研究(1/4)				
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(組改後為核能安全委員會)				
計畫主持人	姓名	王重德	職稱	副處長	
	服務機關	行政院原子能委會			
	電話	02-2232-2041	電子郵件	cdwang@aec.gov.tw	
計畫類別	新興一般計畫				
計畫群組及比重	環境科技 30%；工程科技 70%				
執行期間	104 年 01 月 01 日至 104 年 12 月 31 日				
全程期間	104 年 01 月 01 日至 107 年 12 月 31 日				
全程計畫 資源投入 (104 年度以前 請填決算數)	年度	經費(千元)	人力(人/年)		
	104	44,639	47.50		
	105	48,871	50.00		
	106	50,397	56.75		
	107	50,096	56.75		
	合計	194,003	211.00		
當年度 經費投入 明細 (請填決算數)	104 年度	人事費	0	土地建築	0
		材料費	19,922	儀器設備	8,977
		其他經常支出	15,740	其他資本支出	0
		經常門小計	35,662	資本門小計	8,977
		經費小計(千元)			44,639
計畫連絡人	姓名	蘇健友	職稱	技佐	
	服務機關	行政院原子能委員會			
	電話	02-2232-1901	電子郵件	cysu@aec.gov.tw	

# 【104 年度績效自評意見暨回復說明(D007)】

計畫名稱：核能技術及後端處置之安全強化研究

績效自評審查委員：吳文方、張似璫、饒大衛、陳建源

序號	審查意見	回復說明
<b>壹、執行之內容與原計畫目標符合程度(自評評等： 8 )</b> 9-10：超越計畫原訂目標。 8：達成計畫原訂目標。 7：大致與原計畫目標相符。 1-6：未達原訂目標。		
1-1	整體而言，本計畫執行進度稍有延誤，顯示計畫管控有改善空間，但大致依原規劃方向進行，計畫完成後應可達成計畫原訂目標。	謝謝審查委員的肯定，由於 104 年為本計畫第一年，執行進度稍有延誤，後續將積極改善計畫控管。
1-2	因國內核能發電生態與政策這兩年已有所變化，未來政策更可能有進一步的調整，本計畫各主軸及分項計畫未來是否需要因應調整將是一個大問題，執行單位宜在核能安全的考量下，理性思考未來可能的調整。	謝謝審查委員的建議，本計畫為四年的中程計畫，104 年為第一年計畫，而 106 年度因應政策其執行內容有部分調整，原規劃進步型反應器部分之研究已配合修正。此外，也強化除役之研究。未來仍針對各主軸及分項計畫內容稍作調整，以符合現況所需。
<b>貳、計畫經費及人力運用之妥適度(自評評等： 8 )</b> 9-10：與原規劃一致。 7-8：與原規劃大致相符，差異處經機關說明後可以接受。 1-6：與原規劃不盡相符，且計畫經費、人力與工作無法匹配。		
2-1	本報告呈現的是 4 年計畫第 1 年的執行績效，整體執行的情況良好，因為品質要求，慎選執行單位，簽約時間較晚，計畫期限至今(105)年 7 月，保留數較多應屬合理。	謝謝審查委員的肯定。

2-2	人力規劃與原計畫一致，其中因應需求略做內部調整，增加副研究員級的人力取代部分助研員級及助理級，展現人力調整的機動性，相信會對計畫執行品質有所助益。	謝謝審查委員的建議。
<p><b>參、已獲得之主要成果(重大突破)與成果滿意度(自評評等： 8 )</b></p> <p>9-10：達成原訂 KPI，且獲得成果績效超越原計畫預期。</p> <p>8：達成原訂 KPI，且獲得成果績效與原計畫預期相符。</p> <p>7：大致達成計畫原訂 KPI 與預期效益。</p> <p>1-6：未達成計畫原訂 KPI 與預期效益。</p>		
3-1	計畫雖尚未完成但執行成果豐碩，超過原訂目標：包括論文、合作團隊養成、培育及延攬人才、研究報告、辦理學術活動、參與技術活動等項目，誠屬可貴。	謝謝審查委員的肯定。
3-2	建議績效報告應提供論文、合作團隊(計畫)、培育及延攬人才、研究報告等清單，作為達成原訂 KPI 之佐證，並強化說明成果效益部分。	謝謝審查委員的建議，已增加佐證資料表以強化說明成果效益部分。
<p><b>肆、評估主要成就及成果之價值與貢獻度(自評評等： 8 )</b></p> <p>9-10：超越原計畫預期效益。</p> <p>8：與原計畫預期效益相符。</p> <p>7：大致與原計畫預期效益相符。</p> <p>1-6：未達成原計畫預期效益。</p>		
4-1	本計畫計分三個研究主軸，在核能安全部分，透過深入探討與完整分析，強化輕水式反應器的安全及關鍵系統與組件的維護管理，並透過對斷然處置措施及嚴重事故舒緩決策應用	謝謝審查委員的肯定。

	於我國輕水式反應器的深入分析，為國內運轉中之核能電廠相關安全設施改進提供具體建議，強化電廠工作人員事故處理能力，提升核安管制效能，有助於未來電廠管理階層制訂標準處理程序，亦有助於強化管制機關的核安管制能量，提升國人對核電廠運轉安全的瞭解度與信心。	
4-2	本計畫吸引超過原訂目標數量的碩博士研究生參與，加上與美國普度大學進行跨國合作（安排博碩士進行學術交流），對國際交流及碩博士等高階人才培養具有實質的助益。	謝謝審查委員的肯定。
4-3	建議應提出如何利用研究成果提升國人對核電廠運轉安全的瞭解度與信心，減少國人對核電之疑慮之策略與作法，以落實本研究計畫的社會影響。	謝謝審查委員的建議，計畫研究成果將會適度提送給管制單位作為強化核電廠運轉安全之參據。此外，所獲得研究成果亦會公布於網站上公開，並適度轉化為庶民語言，以提供適當資訊增進民眾瞭解。
4-4	建議追蹤所培育之人才是否實際投入相關工作，做為未來培育工作的參考。	謝謝審查委員的建議，將會建立一套人才培育追蹤機制，來瞭解人才培育的成效。
<p><b>伍、跨部會協調或與相關計畫之配合程度(自評評等： 8 )</b></p> <p>10：認同機關所提計畫執行無須跨部會協調，且不須與其他計畫配合。</p> <p>9-10：跨部會協調或與相關計畫之配合情形良好。</p> <p>7-8：跨部會協調或與相關計畫之配合情形尚屬良好。</p> <p>1-6：跨部會協調或與相關計畫之配合情形仍待加強。</p>		
5-1	計畫在規劃階段已考慮部會職掌分工及區隔性，執行內容基	謝謝審查委員的肯定。

	本上並未涉及部會間協調。	
5-2	績效報告除分項計畫五「核電廠除役安全審查技術之研究」的規劃已與其他相關計畫做出區隔，著重於以管制單位之技術需求為重點，然而其他分項計畫並未提出說明。請就整體需求說明各計畫間的分工，確保滿足所有需求。	謝謝審查委員的提醒，分項計畫五以強調管制單位需求為重點。分項計畫四為人才培育及國際合作，此為國內面臨的問題，核一廠面臨除役即將展開，而國內迄今並無相關經驗，故藉由分項計畫四培育相關人才，以因應國內未來除役工作展開後所需，然分項計畫四亦培養部分基礎研究人才，充實管制縱深。分項計畫一至三雖大部分偏向技術研究或是安全分析，但此都直接或間接與管制有關，實難歸類何者為管制單位技術需求為重點，何者為基礎研究，未來會在報告中嘗試說明，敬請委員諒察。
5-3	執行期間除內部密集的技術討論外，亦積極參與其他計畫所舉辦的研討會/座談會，增進相關計畫的互通和互動，有助於妥善利用國內有限資源，整體提升國內的安全技術水準。	謝謝審查委員的肯定。
<p><b>陸、後續工作構想及重點之妥適度(自評評等： 8 )</b></p> <p>9-10：後續工作構想良好；屆期計畫成果之後續推廣措施良好。</p> <p>7-8：後續工作構想尚屬良好；屆期計畫之後續推廣措施尚屬良好。</p> <p>1-6：後續工作構想有待加強；未規劃適當之屆期計畫後續推廣措施。</p>		
6-1	後續工作規劃構想良好，亦訂出明確之目標。若能進一步整合各分項計畫，分項計畫中的各子研究主題也應整合，必能提升本研究的貢獻。	謝謝審查委員的肯定。
6-2	績效報告中分別陳述各分項計畫之(執行)「檢討與展望」，但	謝謝審查委員的建議，未來分項計畫工作項目會配合國際重大管制

	對未來分項計畫工作項目建議宜參考國際重大管制議題與時俱進適度修訂，並因應國內現有及未來可能面臨之核能政策變化，思考各子計畫如何調整計畫執行方向與內容。	議題與時俱盡適當修訂，也會因應國內現有及未來可能面臨之核能政策變化調整各子計畫執行方向與內容。
<b>柒、總體績效評量暨綜合意見 (自評評等： 8 )</b>		
(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)		
7-1	本年度計畫屬 4 年計畫的第 1 年，執行迄今整體績效優良，達成年度計畫目標，與預期效益相符。	謝謝審查委員的肯定。
7-2	計畫分核能安全、前瞻核能安全技術及人才培育和核電廠除役三大研究主軸，除了在技術面向上精進期能增進核能安全外，計畫肩負了重要的政策性使命，就是與國際接軌加強人才培育，預期透過 4 年的持續努力一定有階段性的效益，因此最重要的是，給予穩定的經費持續支持。	謝謝審查委員的肯定。
7-3	原計畫書所提背景資訊在近兩年中已有所變化，本計畫各主軸及分項計畫未來是否需因應調整將是一個大問題，執行單位宜在核能安全考量下，理性思考未來可能的調整。	謝謝審查委員的建議，本計畫為 4 年的中程計畫，104 年為第一年計畫，後續三年將會考量近年國內核能發電生態與政策因素，針對各主軸及分項計畫內容稍作調整，以符合現況所需。
7-4	本計畫五分項計畫所包含的內容過廣，且皆委外、由執行單位以外的學校教授主持，計畫執行進度與成果既不易控管，也不易彙整，建議應確實執行	謝謝審查委員的建議，本會將加強執行核實審查機制。

	核實審查機制。	
7-5	建議本計畫未來可就研究成果如何用淺顯的內容及平易近人的表達方式對外展示或說明進行探討，擴大計畫成果的擴散效益，為核能相關專業知識的親民及普及化盡一分心力。	謝謝審查委員的建議。

## 第一部分(系統填寫)

# 壹、目的、架構與主要內容

(填寫說明：計畫目的、架構、內容之呈現方式應與原綱要計畫書一致，如實際執行與原規劃有差異或變更，應予說明)

## 一、目的與預期成效

### (一) 目的

本計畫因應日本福島核能事故新增重要核能安全議題之研究，將有助於核電廠之安全管制，除役與放射性廢料長期處置之研究，對目前國內核電廠即將面臨之除役作業，有刻不容緩之壓力。而不論核能安全或除役作業之管制均有大量管制人才與傳承之需求。

### (二) 預期成效

分項計畫一：強化未來龍門電廠的運轉安全及關鍵系統與組件的維護管理，並透過對斷然處置措施及嚴重事故舒緩決策應用於龍門電廠的深入分析，有助於核電廠營運者制訂標準處理程序，亦有助於管制機關的核安管制。再者，透過本計畫的人才培育，可彌補嚴重的專業人員斷層現象。

分項計畫二：藉由本計畫之成果，可提供國內現有核能電廠加裝圍阻體排氣與過濾系統之參考，提高其有效性。核安管制機構亦可藉此研究，防範圍阻體過壓失效與消除氫爆之安全威脅。

分項計畫三：由此研究成果，核安管制機構可評估事故後用過燃料池之救援措施的合適性，加強用過燃料池的運轉安全之分析技術。

分項計畫四：對未來核能機組進行前瞻之基礎研究，除可與核能先進國進行國際交流合作外，同時培育核能安全專業技術人才，充實我國核能安全相關機構所需人才。

分項計畫五：因應民國 107 年後國內各核能機組將陸續除役，本研究計畫，可健全核電廠除役主管機構相關技術規範與審查能力，以順利遂行整備國內各核能電廠除役計畫之安全審查與執行作業。

### (三) 實際達成與原預期差異說明

計畫主持人賴尚煜已於 105 年 12 月退休，故更換計畫主持人與計畫聯絡人。

## 二、架構

細部計畫		子項計畫		主持人	共同主持人	執行機關	說明
名稱	預算數/ (決算數) (千元)	名稱	預算數/ (決算數) (千元)				
核能技術及後端處理之安全強化研究	44,639	一、進步型反應器運轉安全強化及事故情況下安全保障之研發	10,282	葉宗洸	施純寬、陳紹文、李進得、周懷樸、王美雅、馮玉明	國立清華大學	
		二、核電廠圍阻體嚴重事故安全分析	5,331	許文勝		國立清華大學	
		三、用過燃料池冷卻能力安全分析精進	6,395	白寶實	王仲容、許政行、翁輝竹	國立清華大學、中原大學	
		四、前瞻核能安全技術研究暨國際合作	15,085	施純寬	許榮鈞、薛燕婉、馮玉明、潘欽、歐陽汎怡、黃爾文、開物、開執中、張惠東、陳清江	國立清華大學、國立交通大學、國立臺灣海洋大學、國立臺北大學、義守大學	
		五、核電廠除役安全審查技術之研究	7,546	鄭維申	裴晉哲吳裕文	國立清華大學、義守大學	

### 三、主要內容

#### (一) 內容

本核能技術及後端處置之安全強化研究，規劃四年期計畫（104-107年），區分為三個研究主軸，共有五個分項計畫，如圖 1 所示：

- (1) 核能安全:包括進步型反應器運轉安全強化及事故情況下安全保障之研發；核電廠圍阻體嚴重事故安全分析及用過燃料池冷卻能力安全分析精進。
- (2) 前瞻核能安全技術與人才培育:前瞻核能安全技術研究暨國際合作。
- (3) 核電廠除役:核電廠除役安全審查技術之研究。



圖 1 本核能技術及後端處置之安全強化研究之架構圖。

#### 1.核能安全：共三個分項計畫

##### (1)進步型反應器運轉安全強化及事故情況下安全保障之研發：

本分項計畫主要針對國內興建中之核能四廠進步型反應器 (ABWR)未來之運轉安全及事故緊急處置等，研擬了五個子項研究主題，包括優質之運轉水化學及組件完整性管控；嚴重事故監測，分類，及紓緩決策輔助系統之研發；遭受地震對運轉安全與熱流穩定性之影響研究；斷然處置措施爐心安全及審查技術研究；反應器爐槽高壓熱震問題之實驗與分析精進。透過本分項計畫的深入探討與完整分析，期能提升國內龍門核四廠的未來運轉安全及終極性反應器安全保障，並

可作為進步型反應器未來核安管制與反應器安全諮詢之參考。

- (2) 核電廠圍阻體嚴重事故安全分析: 本分項計畫將對核能一廠(MARK I 型)、二廠(MARK III 型)及三廠(乾式圍阻體)分別進行圍阻體過濾及排氣之深度分析, 確認電廠圍阻體加裝排氣與過濾系統, 於事故時防制圍阻體過壓失效與消弭氫氣累積之有效性, 及對事故後反應器安全性之影響, 能提供國內運轉中之核能電廠, 核安管制之參考。
- (3) 用過燃料池冷卻能力安全分析精進: 本分項計畫預期建立一套可詳細探討燃料池熱水流現象與燃料完整性之分析技術, 藉由此研究之執行與相關量化分析結果, 將有助於更進一步瞭解燃料池失水事故情況以及現行 NEI 06-12 冷卻對事故救援措施的合適性。

**2. 前瞻核能安全技術與人才培育:** 本分項計畫擬進行前瞻核能安全技術研究暨國際合作, 主要針對先進核能安全之整體技術進行前瞻性研究評估, 涵蓋爐心物理、熱流安全及結構材料三大領域之研究。目標為藉由先進核能安全技術及結構材料之設計, 以確保無爐心融毀事故、無需緊急應變計畫、減少放射性廢棄物產量、防範核武擴散與降低發電成本。亦將與歐、美、日、中等核能先進國家進行國際合作, 共同研究開發前瞻核能安全技術, 提升我國在此一領域的研發能力與國際地位, 同時培育核能專業技術人才, 為我國提供安全零事故之核能發電發展策略。

**3. 核電廠除役:** 本分項計畫擬進行核電廠除役之關鍵審查技術探討, 以彙整重要審查要項與接受準則, 建立核電廠除役作業管制實務所需之安全管制技術, 以加強核電廠除役計畫之安全審查能力, 提升除役作業安全, 降低除役所造成之環境風險。鑑於拆廠勢必產生大量放射性廢棄物, 衍生民眾對輻射安全的疑慮, 目前亟需未雨綢繆, 並及早進行除役放射性廢棄物安全管制之相關研究, 提升除役與放射性廢棄物安全管制的公信力與民眾接受度, 本研究計畫, 可健全核電廠除役主管機構相關技術規範與審查能力, 以順利遂行整備國內各核能電廠除役計畫之安全審查與執行作業。

**(二) 實際執行與原規劃差異說明: 無**

## 貳、經費與人力執行情形

### 一、經費執行情形

#### (一) 經資門經費表 (E005)

單位：千元；%

	104 年度					105 年度 預算數	106 年度 申請數	備註
	預算數 (a)	初編決算數			執行率 (d/a)			
		實支數 (b)	保留數 (c)	合計 (d=b+c)				
總計	44,639	22,924	19,189	42,113	94.34%	48,871	50,397	
一、經常門小計	35,662	17,545	17,462	35,007	98.16%	45,777	42,214	
(1)人事費	0	0	0	0	0	0	0	
(2)材料費	19,922	9,801	9,755	19,556	98.16%	22,018	20,304	
(3)其他經常支出	15,740	7,744	7,707	15,451	98.16%	23,759	21,910	
二、資本門小計	8,977	5,379	1,727	7,106	79.16%	3,094	8,183	
(1)土地建築	0	0	0	0	0	0	0	
(2)儀器設備	8,977	5,379	1,727	7,106	79.16%	3,094	8,183	
(3)其他資本支出	0	0	0	0	0	0	0	

## **(二) 經費支用說明**

(填寫說明：請簡扼說明各項經費支用用途，例如有高額其他經費支出，宜說明其用途；或就資本門說明所採購項目及目的等。)

本年度經費中，資本門主要用於採購多效能平行運算工作站、高溫加熱模組、電化學分析儀等其他儀器設備，以進行各分項計畫相關技術研究需求；經常門則用於採購實驗室相關耗材及試片，以及通訊費、一般事務費、國內外差旅費、臨時人員薪資等其他費用支出。

## **(三) 經費實際支用與原規劃差異說明**

(填寫說明：如有執行率偏低、保留數偏高、經資門流用比例偏高等情形，均請說明。)

由於分項計畫一~四計畫於 104 年 7 月透過公開招標與公開評選程序，遴選優秀學術單位與專業研究機構一計畫合約執行，契約期間至 105 年 7 月，故保留數偏高。

## 二、計畫人力運用情形

### (一) 計畫人力結構 (E004)

(填寫說明：線上填寫計畫人力結構時，須依細部計畫、子項計畫逐項填寫原訂人力、實際人力，差異值則由系統自動計算產生。)

計畫名稱	執行情形	104 年度							105 年度 總人力 (預算數)	106 年度 總人力 (申請數)
		研究員 級	副研究 員級	助理研究員 級	助理級	技術 人員	其他	總人力 (人年)		
一、進步型反應器運轉安全強化及事故情況下安全保障之研發	原訂	2.5	1	3.5	15	0	0	22	15.5	17.75
	實際	2.5	1	3.5	15	0	0	22	—	—
	差異	0	0	0	0	0	0	0	—	—
二、核電廠圍阻體嚴重事故安全分析	原訂	0.25	0.25	0	5.25	0	0	5.75	5.25	5.75
	實際	0.25	0.25	0	5.25	0	0	5.75	—	—
	差異	0	0	0	0	0	0	0	—	—
三、用過燃料池冷卻能力安全分析精進	原訂	0.75	0	3	2.75	0	0	6.5	5.75	6.5
	實際	0.75	0	3	2.75	0	0	6.5	—	—
	差異	0	0	0	0	0	0	0	—	—
四、前瞻核能安全技術研究暨國際合作	原訂	1	0.25	2	3	0	0	6.25	17.5	19.75
	實際	1	0.25	2	3	0	0	6.25	—	—
	差異	0	0	0	0	0	0	0	—	—
五、核電廠除役	原訂	1.25	1.25	2	2	0.5	0	7	6	7

安全審查技術之研發	實際	1.2	2.7	1.5	1	0.5	0	6.9	—	—
	差異	-0.05	+1.45	-0.5	-1	0	0	0	—	—

- 研究員級：研究員、教授、主治醫師、簡任技正等，若非以上職稱則相當於博士滿3年、或碩士滿6年、或學士滿9年以上之研究經驗者。
- 副研究員級：副研究員、副教授、助理教授、總醫師、薦任技正，若非以上職稱則相當於博士、或碩士滿3年、或學士滿6年以上之研究經驗者。
- 助理研究員：助理研究員、講師、住院醫師、技士，若非以上職稱則相當於碩士、或學士滿3年以上之研究經驗者。
- 助理級：研究助理、助教、實習醫師，若非以上職稱則相當於學士、或專科滿3年以上之研究經驗者。
- 技術人員：指目前在研究人員之監督下從事與研究發展有關之技術性工作。
- 其他：指在研究發展執行部門參與研究發展有關之事務性及雜項工作者，如人事、會計、秘書、事務人員及維修、機電人員等。

## (二) 人力實際進用與原規劃差異說明

分項計畫五「核電廠除役安全審查技術之研究」本(104)年度共投入 6.9 人年人力，與原訂規劃人力大致相符。但在人力結構方面由於受委託執行研究計畫的學校，參與的副教授級研究人員增加，故略有變動。

### 參、已獲得之主要成果與重大突破(含量化 output) (E003) (系統填寫)

屬性	績效指標類別	績效指標項目		104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值				
學術成就 (科技基礎研究)	A. 論文	期刊論文	國內(篇)	1	0	0	本計畫之執行成果共發表國內外研討會論文 34 篇、國內期刊 1 篇與國際著名期刊 10 篇，合計共 45 篇。本計畫之執行成果豐碩、已遠超原訂 20 篇之目標，此外國際期刊 10 篇皆為 SCI 論文，顯示本研究質量俱精。		
			國外(篇)	10	4	4			
		研討會論文	國內(篇)	10	0	4			
			國外(篇)	24	12	12			
		專書論文	國內(篇)	0	0	0			
			國外(篇)	0	0	0			
	B. 合作團隊 (計畫)養成	機構內跨領域合作團隊(計畫)數		7	8	7	7	本計畫之執行共組成 12 個研究團隊，其中跨國合作部份主要與美國普度大學合作，擇選優秀博碩士進行學術交流，故本研究對人才之培養與國際交流有實質的助益。	
		跨機構合作團隊(計畫)數		2	3	2	2		
		跨國合作團隊(計畫)數		1	1	1	1		
		簽訂合作協議數		0	0	0	0		
形成研究中心數		0	0	0	0				
形成實驗室數									
學術成就 (科技)	C. 培育及延攬 人才	博士培育/訓人數		4	12	4	4	本計畫之執行共有 67 名博碩士投入，已遠超原訂 20 名之目標。本計畫鼓勵研究新秀加入，將研究成果發表於國內外研討會與國內外著名期刊。並進行跨國合作，擇選優秀博碩	
		碩士培育/訓人數		16	47	16	16		
		學士培育/訓人數		5	8	5	5		
		學程或課程培訓人數							
		延攬科研人才數							

屬性	績效指標類別	績效指標項目		104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值				
基礎研究 ( )		國際學生/學者交換人數						士進行學術交流，為國內核能產業提供優秀人力以及高級研究人才。	
		培育/訓後取得證照人數							
	D1.研究報告	研究報告篇數		5	13	4	5	本計畫共產生 13 份研究報告，優於原訂目標值。	
	D2.臨床試驗	新藥臨床試驗件數							
		醫療器材臨床試驗件數							
	E.辦理學術活動	<u>國內</u> 學術會議、研討會、論壇次數		0	3	0	0	本計畫執行的上半年度已辦理 1 場國際學術研討會及「核設施除役技術研討會」、「2015 核能電廠除役審查及管制研討會」、「104 年核設施除役技術研討會」等 3 場國內研討會。	
		<u>國際</u> 學術會議、研討會、論壇次數		0	1	0	2		
		<u>雙邊</u> 學術會議、研討會、論壇次數							
		出版論文集數量							
	F.形成課程/教材/手冊/軟體	形成課程件數							
製作教材件數									
製作手冊件數									
自由軟體授權釋出教材件數									
其他									
技術創新 ( )	G.智慧財產	申請中	<u>國內</u>	發明專利(件)	0	1	1		
				新型/新式樣(件)	0	0	0		
				商標(件)	0	0	0		
				品種(件)	0	0	0		

屬性	績效指標類別	績效指標項目		104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值				
科技技術創新 ( )		國外	發明專利(件)	0	0	0	0		
			新型/新式樣(件)		0	0			
			商標(件)		0	0			
			品種(件)		0	0			
		已獲准 國內	發明專利(件)	0	0	0	0		
			新型/新式樣(件)		0	0			
			商標(件)		0	0			
			品種(件)		0	0			
		國外	發明專利(件)	0	0	0	0		
			新型/新式樣(件)		0	0			
			商標(件)		0	0			
			品種(件)		0	0			
		著作/出版品	國內(件)	0	0	0	0		
			國外(件)	0	0	0	0		
		與其他機構或廠商合作智財件數		0	0	0	0		
技術創新 ( ) 科技	H.技術報告及檢驗方法	新技術開發或技術升級開發之技術報告篇數		0	0	0			
		新檢驗方法數		0	0	0			
	I1. 辦理技術活動	辦理技術研討會場次		0	2	0	0	分項計畫五辦理委託研究計畫期中與期末查訪技術研討會。促	
		辦理技術說明會或推廣活動場次							

屬性	績效指標類別	績效指標項目		104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值				
技術創新 (		辦理競賽活動場次						進各合作單位之技術交流。	
	I2. 參與技術活動	發表於國內外技術活動(包含技術研討會、技術說明會、競賽活動等)場次		0	25	0	0	本計畫之相關研究人員，共參與 25 場相關研討會。	
	J1. 技轉與智財授權	技轉(含先期技術) <u>國內</u> 廠商或機構	件數	0	0	1	1		
			金額(千元)	0	0	0	0		
		技轉(含先期技術) <u>國外</u> 廠商或機構	件數	0	0	0	0		
			金額(千元)	0	0	0	0		
		專利授權 <u>國內</u> 廠商或機構	件數	0	0	0	0		
			金額(千元)	0	0	0	0		
		專利授權 <u>國外</u> 廠商或機構	件數	0	0	0	0		
			金額(千元)	0	0	0	0		
自由軟體授權件數	0	0	0	0					
其他(不含專利)授權	件數	0	0	0	0				
	金額(千元)	0	0	0	0				
技術創新 ( 科	J2. 技術輸入	引進技術件數							
		引進技術經費(千元)							
	S1. 技術服務 (含委託案及工業服務)	技術服務件數		0	0	0	0		
		技術服務家數		0	0	0	0		

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度 目標值	106 年度 目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂 目標值	實際 達成值				
技 術 創 新 (		技術服務金額(千元)	0	0	0	0		
	S2. 科研設施 建置及服務	設施建置項數						
		設施運轉穩定度(%)						
		設施運轉運轉效率(%)						
		設施服務項目數						
		設施使用人次						
		設施服務件數						
		設施服務時數						
		設施服務收入						
	其他							
經 濟 效 益 (	L. 促成投資	促成廠商投資件數	0	0	0	0		
		促成生產投資金額(千元)	0	0	0	0		
		促成研發投資金額(千元)	0	0	0	0		
		促成新創事業投資金額(千元)	0	0	0	0		

屬性	績效指標類別	績效指標項目		104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破	
		原訂目標值	實際達成值							
經濟產業促進)		促成產值提升或新創事業所推出新產品產值(千元)		0	0	0	0			
	M. 創新產業或模式建立	成立營運總部數								
		衍生公司家數								
		建立產業發展環境、體系或營運模式件數								
		參與產業發展環境、體系或營運模式之產業團體數								
		促成企業聯盟家數								
		創新模式衍生新產品上市項數								
		促成產值提升或創新模式衍生新產品產值(千元)								
	N. 協助提升我國產業全球地位	建立國際品牌或排名提升								
		相關產業產品產值世界排名提升								
促成國際互惠合作件數										
促進國際廠商在台採購(千元)										
經濟效益	O. 共通/檢測技術服務及輔導	輔導廠商或產業團體技術或品質提升、技術標準認證、	件數							
			廠商家數							

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值				
(經濟產業促進)		實驗室認證、申請與執行主導性新產品及關鍵性零組件等	廠商配合款(千元)					
		技術、作業準則等教育訓練人次						
		提供國家級校正服務件數						
	P.創業育成	新公司或衍生公司家數						
	T.促成與學界或產業團體合作研究	媒合與推廣活動辦理次數						
		促成合作研究件數						
		廠商研究配合款金額(千元)						
		合作研究產品上市項數						
	U.促成智財權資金融通	輔導診斷家數						
		案源媒合家數						
		協助廠商取得融資家數						
		協助廠商取得融資金額(千元)						
	AC.減少災害損失	開發災害防治技術與產品數						
		建立示範區域或環境觀測平台數						
		建築或橋梁補強數						
		輔導廠商建立安全相關生產或驗證機制之件數						
		預估降低環境危害風險或成本(千元)						

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值				
	其他							
社會影響	AB. 科技知識普及	科普知識推廣與宣導次數						
		科普知識推廣與宣導觸達人數						
		新聞刊登或媒體宣傳數量						
	Q. 資訊服務	設立網站數						
		提供客服件數						
		知識或資訊擴散(觸達)人次						
		開放資料(Open Data)項數						
		提供共用服務或應用服務項目數						
		線上申辦服務數						
	R. 增加就業	廠商增聘人數						
社會影響	W. 提升公共服務	旅行時間節省(換算為貨幣價值, 千元)						
		運輸耗能節省金額(千元)						
		減少二氧化碳排放量(公噸)						

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破	
			原訂目標值	實際達成值					
	提升	X. 提高人民或業者收入	受益人數						
			增加收入(千元)						
		XY. 人權及性別平等促進	人權、弱勢族群或性別平等促進活動場次						
			活動參與人數						
		其他							
	環境安全永續	V. 提高能源利用率及綠能開發	技術或產品之能源效率提升百分比(%)						
			技術/產品達成綠色設計件數						
			減少二氧化碳排放量(公噸)						
			提升新能源及再生能源產出量						
		Z. 調查成果	調查筆數						
調查圖幅數									
調查面積									
影像資料筆數									
調查物種數									
其他									
其他	K. 規範/標準或政策/法規	參與制訂政府或產業技術規範/標準件數							

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值				
效益 (科技政策管理及其他)	草案制訂	參與制訂之政策或法規草案件數						
		草案被採納或認可通過件數						
		草案公告實施或發表件數						
	Y. 資訊平台與資料庫	新建資訊平台或資料庫數						
		更新資訊平台功能項目						
		更新或新增資料庫資料筆數						
		資訊平台或資料庫使用人次						
	AA. 決策依據	新建或整合流程數						
		提供政策建議或重大統計訊息數						
		政策建議被採納數						
		決策支援系統及其反應加速時間(%)						
	其他							

### 104 年度計畫績效指標實際達成與原訂目標差異說明：

本計畫研究成果非常豐碩、質量俱精，博碩士研究生踴躍投入，積極進行專業人才培育，目前執行成果均已遠超原訂目標。

## 第二部分目錄

壹、 主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome).....	2
一、 學術成就(科技基礎研究).....	2
二、 技術創新(科技技術創新).....	8
三、 經濟效益(經濟產業促進).....	17
四、 社會影響(社會福祉提升、環境保護安全).....	18
五、 其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推 動輔導等).....	20
貳、 跨部會協調或與相關計畫之配合.....	23
參、 檢討與展望.....	23

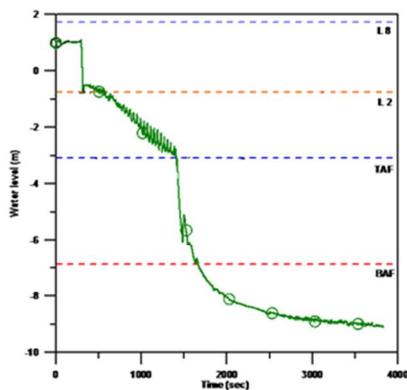
# 壹、主要成就及成果之價值與貢獻度 (outcome)

(填寫說明：請說明計畫所達成之主要成就與成果，以及其價值與貢獻度；若綱要計畫為多年期計畫，請填寫起始年累積至今之主要成就及成果之價值與貢獻度。)

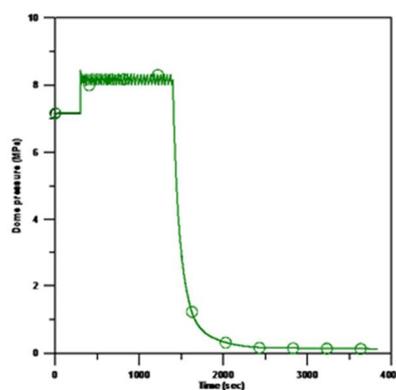
## 一、學術成就(科技基礎研究)

### 分項計畫一：進步型反應器運轉安全強化及事故情況下安全保障之研發

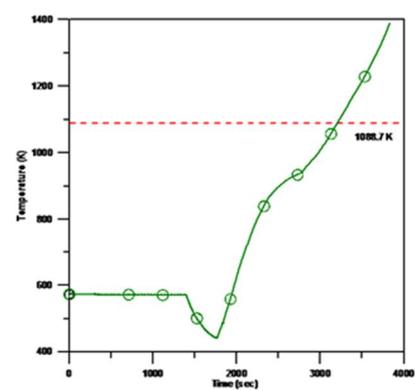
1. 發表論文: 期刊論文 5 篇、會議論文 12 篇。
2. 5 個研究團隊養成，建立斷然處置措施研究團隊、熱水力與核能安全研究團隊、事故分類及舒緩決策輔助系統研究團隊、核電廠水化學暨材料腐蝕研究團隊及 CFD 模式與應用研究團隊。
3. 建立國內龍門電廠熱水流分析模式，並模擬龍門電廠發生類似福島災變且處於長期喪失交流電情況下，探討龍門電廠狀況及事故處理與預防。在分析電廠長期喪失交流電事故下的成功準則是爐心不發生損毀，處理應變過程中需避免爐心受到損害，避免爐心損毀依據反應器型式有不同的準則。研究成果已獲國際會議肯定並刊登其研究成果。



龍門電廠模擬類福島事故之水位圖

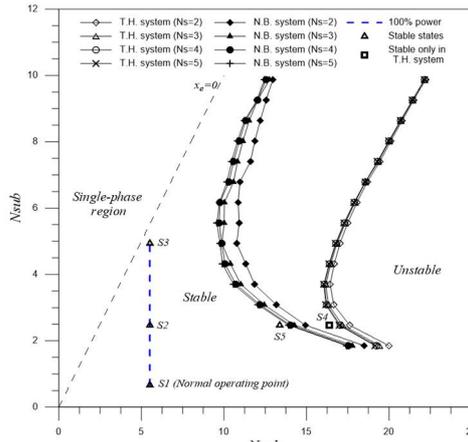


龍門電廠模擬類福島事故之壓力圖



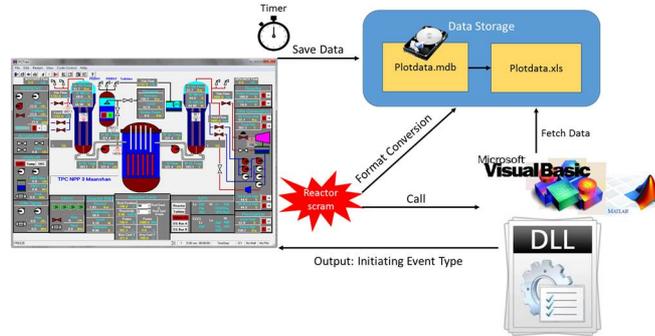
龍門電廠模擬類福島事故之爐心護套溫度圖

4. 建立理論模式與分析能力及建立之絕熱振動實驗能力，並蒐集國內外相關之研究資料與成果，以分析進步型沸水式反應器遭受可能的地震對運轉安全與熱流穩定性之影響研究。



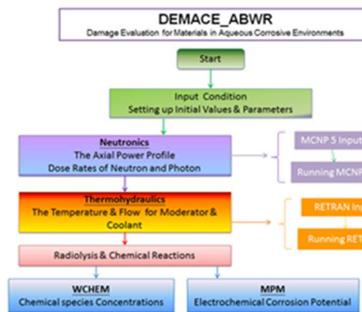
節點數(Ns)對純熱流(T.H.)與中子耦合熱流(N.B.)穩定性邊界的影響

5. 採用多面向智能運算技術，以擷取出電廠監測參數背後所隱含的資訊，並將其用於電廠監控與事故的診斷，是目前的相關研究的趨勢。本研究即扣住此一趨勢，期以建構出一專屬於台灣核電廠的事故辨識及預警系統。

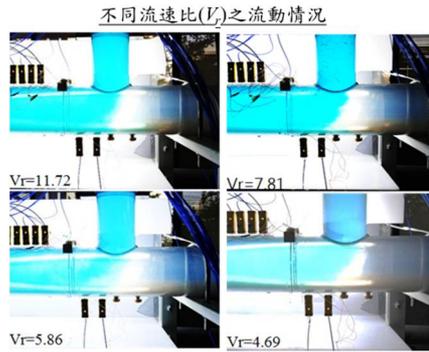


6. 建立水化學分析技術及適用材料之腐蝕行為研究，強化自主分析能力，提升常態運轉安全。

### 水化學模擬基本架構



7. 透過實驗及模擬方法來研究 T 型管內冷熱流體混合現象，可瞭解熱震發生之原因及物理機制，研發出預防熱震發生之方法及作為。



### 分項計畫二：核電廠圍阻體嚴重事故安全分析

1. 論文：完成國際期刊及研討會論文各 1 篇。
2. 合作團隊(計畫)養成：與中原大學成立研究團隊，定期針對 MECORE 等電腦模擬之建模、參數輸入及運算等方面相互討論與技術分享。
3. 參與技術活動：赴日本參加 AOSFST-10th 研討會，與國際學者進行學術交流分享。

### 分項計畫三：用過燃料池冷卻能力安全分析精進

1. 應用計畫之相關成果，整理與撰寫成 4 篇國際研討會論文。
2. 藉由此計畫的資源，養成用過燃料池安全分析之研究團隊，精進國內核電廠用過燃料池之分析技術。

### 分項計畫四：前瞻核能安全技術與人才培育

1. 前瞻中子物理安全技術應用計畫之相關成果，整理與撰寫成 3 篇國際研討會論文。藉由此計畫的資源，養成爐心中子物理計算平台與應用之研究團隊，以精進國內中子物理的關鍵知識與經驗，有利於人才培育與計畫長遠目標的完成。

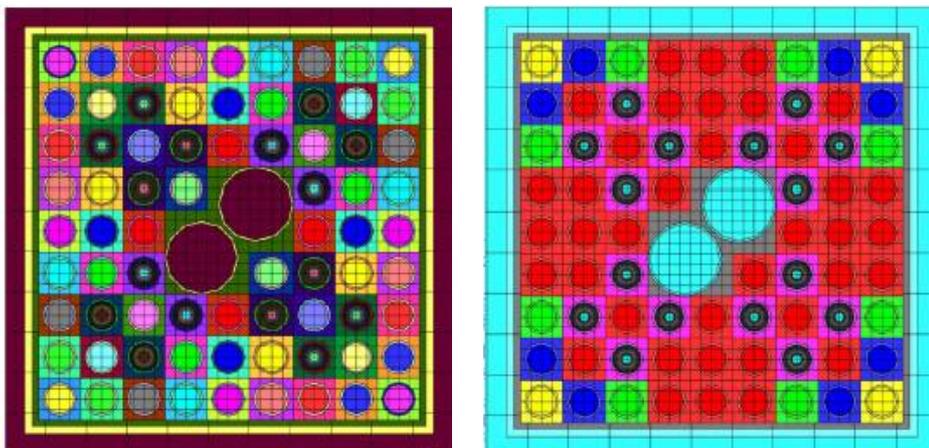


圖 4.1.1 計算模型示意圖(左:Pin-by-pin 模型; 右:Avg. 模型)



2. 在熱流實驗環路與 CFD 分析研究方面，彙整與撰寫計畫之相關 CFD 分析研究成果，投稿且發表了 2 篇國際期刊論文。並藉由此計畫的資源，養成 CFD 模式與應用之研究團隊，並將實驗與 CFD 分析方法進行驗證比對，並精進國內核電廠 CFD 應用於雙相流之分析技術。

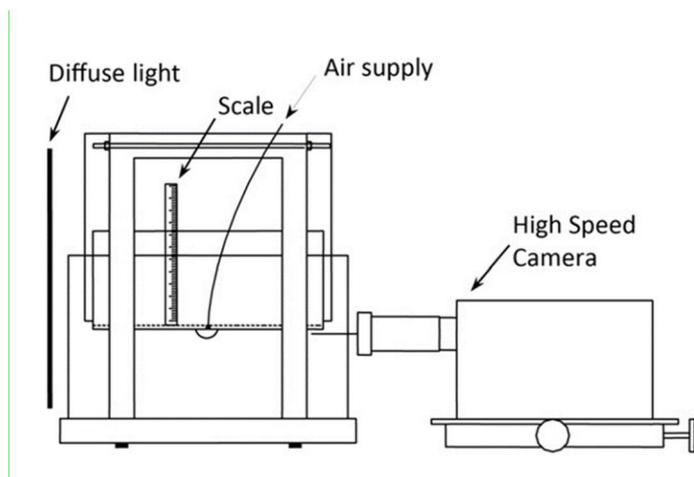


圖 4.2.1 氣泡成長實驗架構

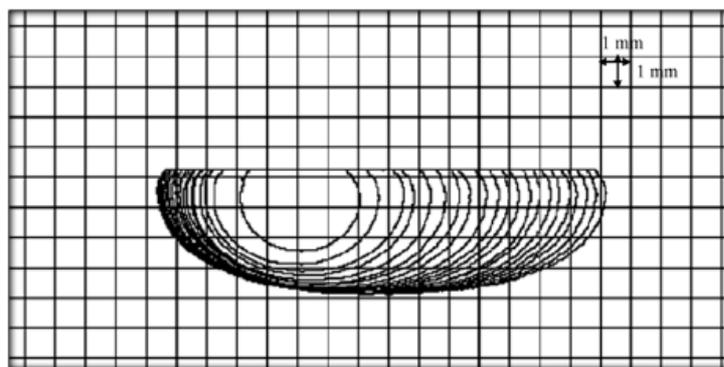


圖 4.2.2 氣泡成長過程

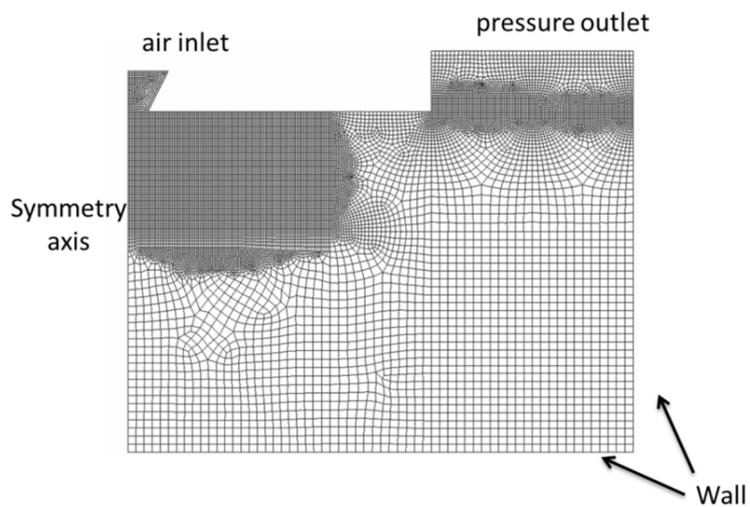


圖 4.2.3 網格與邊界條件

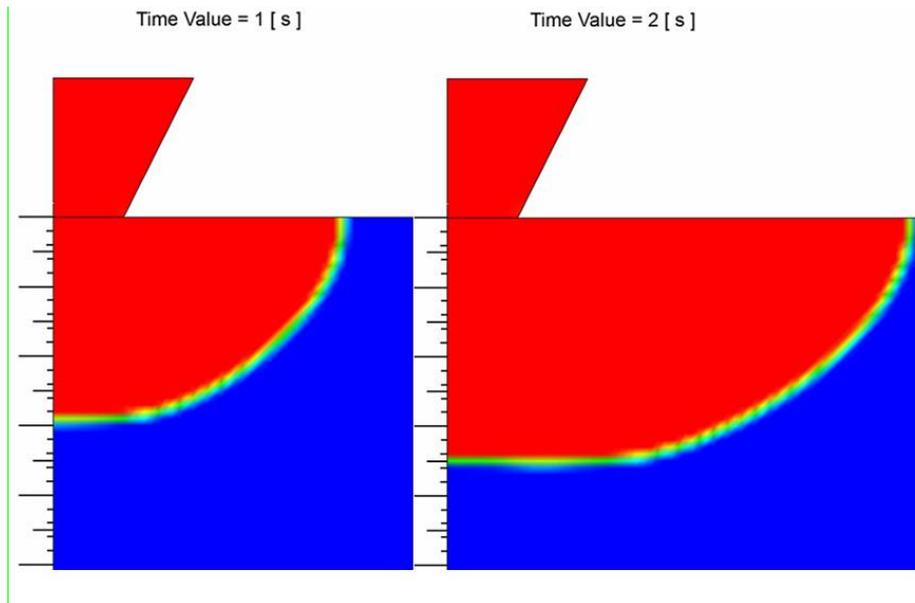


圖 4.2.4 數值模擬氣泡的成長

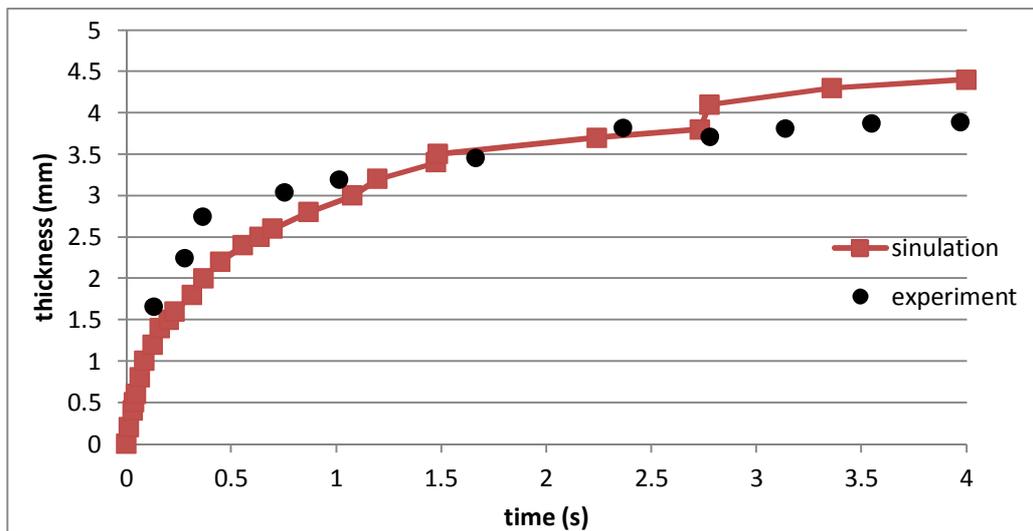
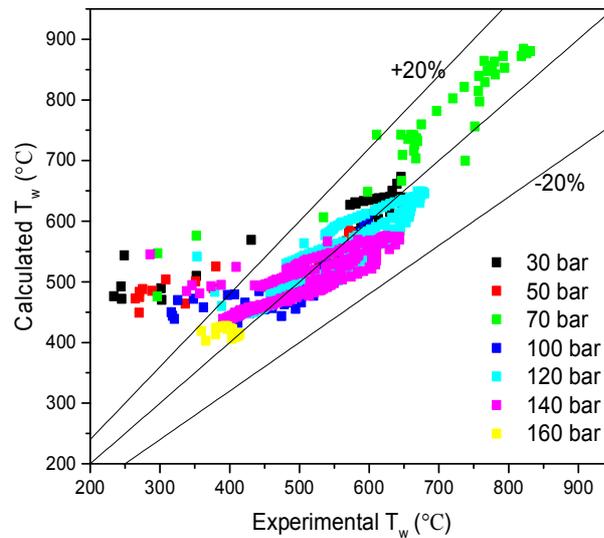


圖 4.2.5 模擬氣泡的成長

3. 在熔融物質模擬緊急爐心冷卻系統之熱流研究方面，研究冷卻水流失事故初期的現象進行理論分析，建構一個適用於後乾化區之一維物理模型，可計算於不同質量通率、熱通率、壓力之下的介面熱傳量與熱不平衡現象，提升對於後乾化熱傳模式的理解。此模型可於大流動範圍下成功預測與分析，90%的文獻實驗壁溫數據可以由本模式預測於±20%的誤差中。此分析結果已發表並收錄於國際會議論文(NURETH-16)中。
4. 前瞻核能材料安全性評估分析應用計畫之相關成果，整理與撰寫成 5 篇國際與 1 篇國內期刊論文、4 篇國際與 3 篇國內研討會論文並籌備 1 場國內研討會。藉由此計畫的資源，養成了電子顯微鏡、鍍膜、離子輻照、金屬腐蝕、高溫氧化、材料機械性質量測之研究團隊，以精進國內材料分析技術。獲 Scientific Reports 之邀擔任 Editorial Board Member；獲美國 TMS SMD Young。

5. 下圖模式預測與文獻中數據( Bennett 等人[18], Becker 等人[15]) )之總比較(已發表並收錄於國際會議論文(NURETH-16)中。)



6. 本分項計畫四除了在前瞻核能技術應用上成果豐富外，在法制上對於日本後福島時代全球核安管制法制之發展新趨勢也有所研究，完成研究報告 1 篇及 2 場次研討會。藉由考察國際間對於福島核災後的核能法制現況，彙整日本及法國核能政策的經驗，期許我國核能安全立法與政策的訂定，能在符合科學精神的同時也兼顧民眾期許。
7. 另外對於國際間住宅氬氣活度量測與劑量評估調查研究，完成研究報告 1 篇及出國報告 1 篇，除了實際量測台灣地區室內住家氬氣並評估對國民造成的輻射劑量，並蒐集分析先進國家對於氬氣活度的調查研究與立法管制資訊。赴國外參加氬氣研究相關研討會或參訪研究機構，以了解最新資訊及尋求合作交流機會。

#### 分項計畫五：核電廠除役安全審查技術之研究

1. 完成 7 份研究報告及研討會論文 3 篇。
2. 提出除役計畫審查重點，可供審查人員與管制單位在進行除役計畫審查時之參考，研究報告亦編纂成電子書對外發布，在學術上之發展可達不錯的成果。

## 二、技術創新(科技技術創新)

### 分項計畫一：進步型反應器運轉安全強化及事故情況下安全保障之研發

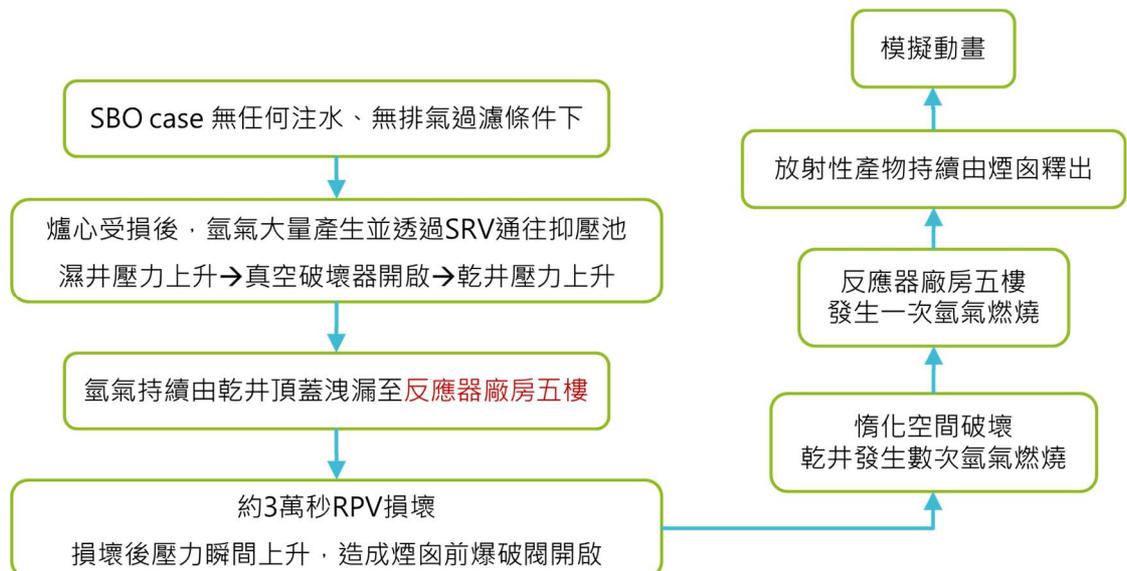
1. 參與國外研討會，共三場。本計畫為了持續發展相關技術，汲取相關經驗與技術，計畫研究人員積極參與國外會議，並進行技術交流。計畫人員參加 2015 年在美國芝加哥舉行之 NURETH-16 國際會議、美國華盛頓特區舉行之美國核能學會年會及在奧地利格拉茲舉行之 EUROCORR 會議，同時於會中發表論文，並與參加會議之專家學者進行交流。

2. 利用三種核能電廠系統安全分析程式 TRACE、RELAP5、MAAP 建立國內龍門電廠熱水流分析模式，並模擬龍門電廠發生長期喪失交流電事故下，探討不同分析模式評估結果與系統程式差異之比較。探討三種核能電廠系統安全分析程式在龍門電廠發生長期喪失交流電事故下之差異性，有助於電廠單位及管制單位評估與審查之依據。研究成果已獲國際會議肯定並刊登其研究成果。
3. 採用外加作用力方法，考慮地震加速度對雙相流系統造成之影響。並整合之前所開發的中子熱流耦合單一沸騰通道模式，以探討外部垂直加速度對系統非線性暫態行為的影響。
4. 非同以往，需透過經驗知識來選定監測參數供辨識系統使用，我們採用的手法是儘可能地納入越多參數，再透過智能運算技術來刪減其中多餘的資訊，已獲致最佳的辨識績效。
5. 建立 ABWR 水化學分析及適用材料之腐蝕行為研究，提升自主研究能力。
6. 建立壓水式核能電廠事故情況下，因壓熱震現象導致核能安全疑慮所建立之 T 型管實驗環路，於後續工作上將可提供 CFD 方法進行模擬分析，以驗證自主性實驗成果。

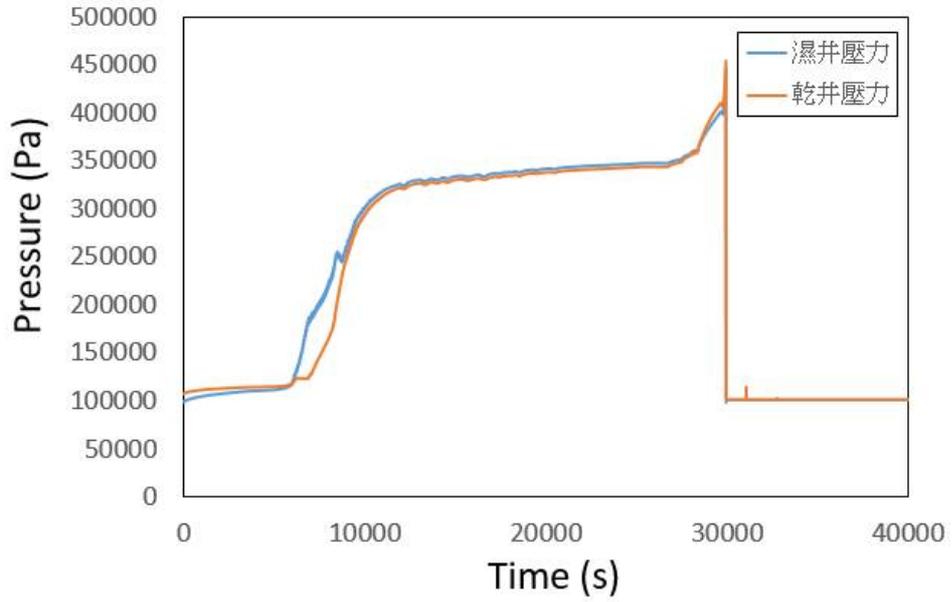
## 分項計畫二：核電廠圍阻體嚴重事故安全分析

1. 建立核一廠嚴重事故圍阻體內氫氣產生率之 MELCOR 分析技術。

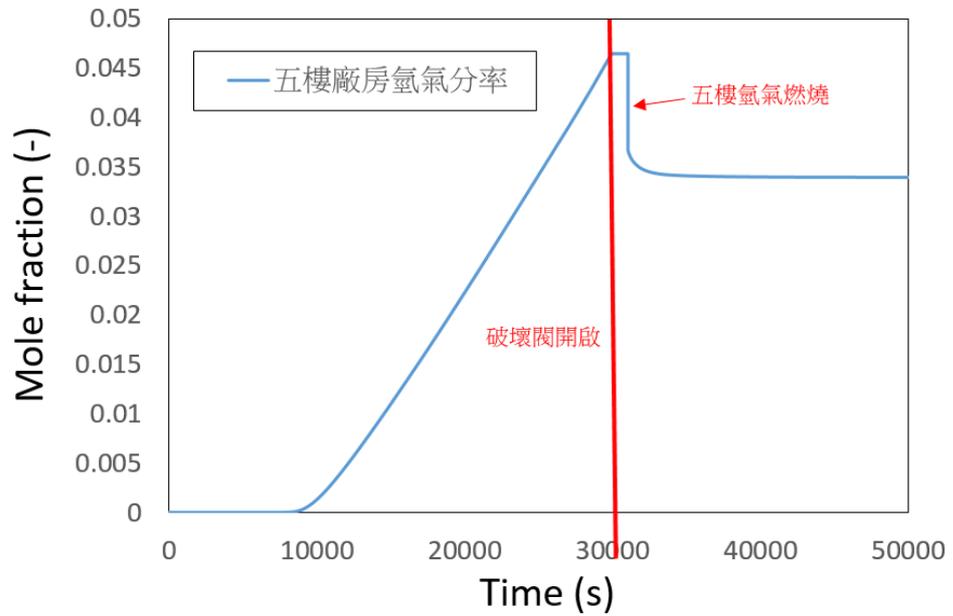
### ■ 分析流程



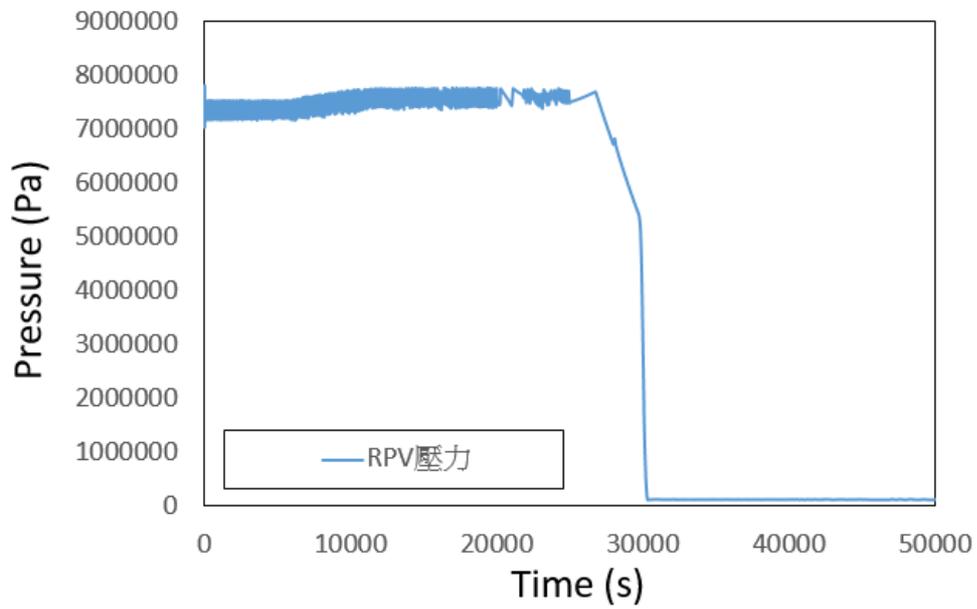
- 爐心受損後，氫氣大量產生並透過 SRV 通往抑壓池  
(濕井壓力上升→真空破壞器開啟→乾井壓力上升)



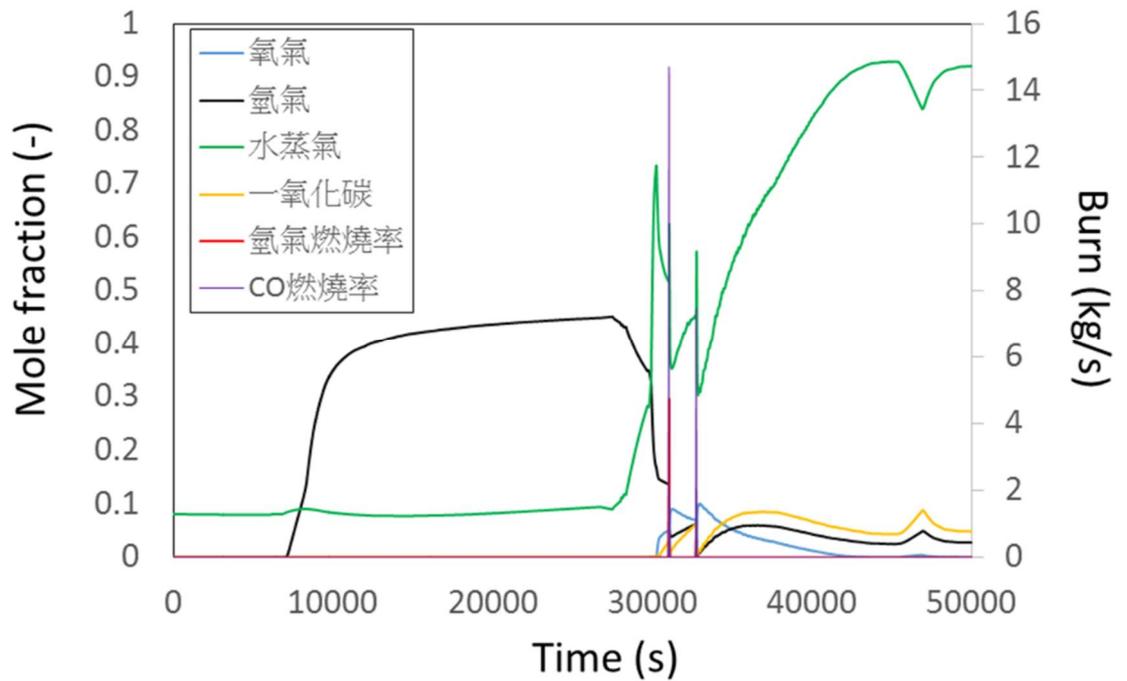
- 氫氣持續由乾井頂蓋洩漏至反應器廠房五樓



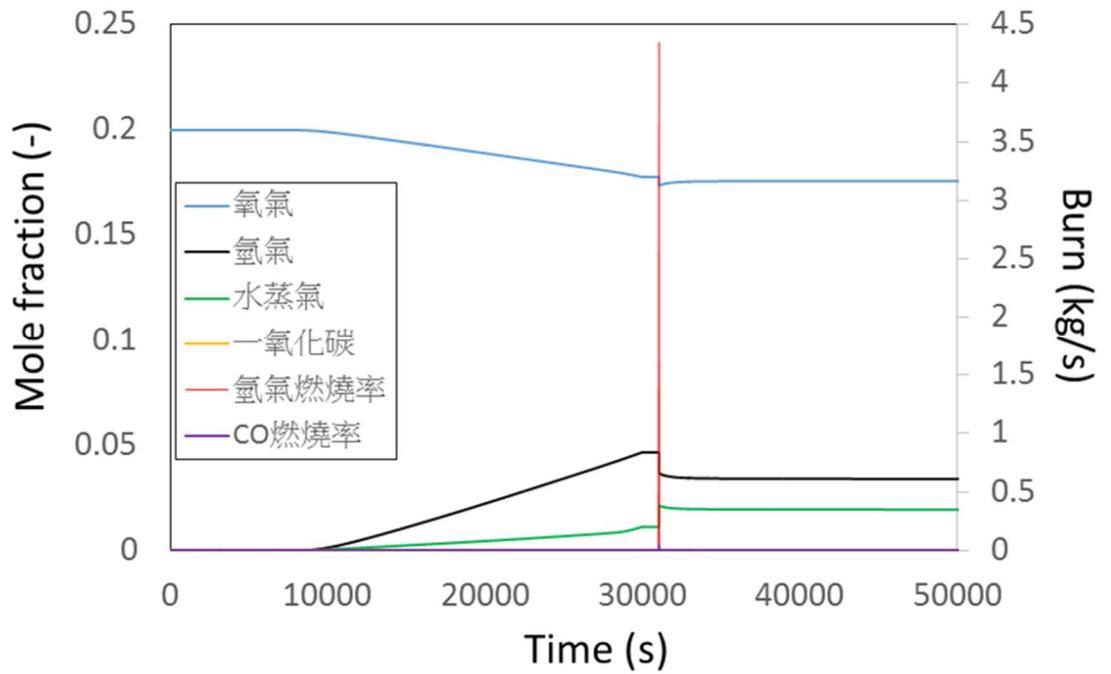
- 約 3 萬秒 RPV 損壞，損壞後壓力瞬間上升，造成煙囪前爆破閥開啟



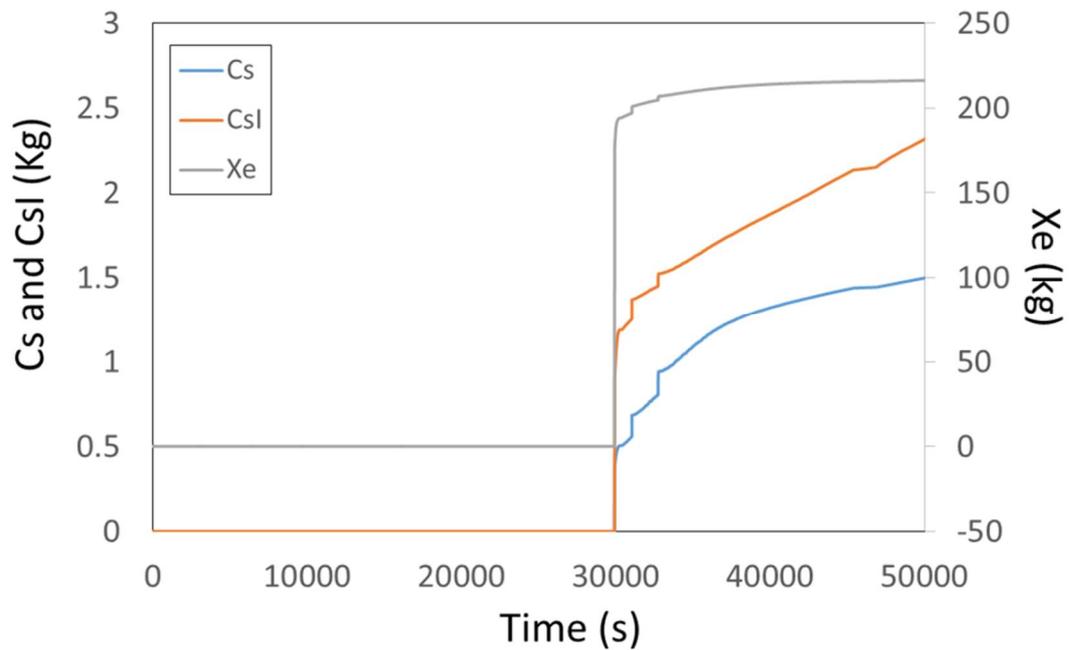
- 惰化空間破壞，乾井發生數次氫氣燃燒



■ 反應器廠房五樓發生一次氫氣燃燒



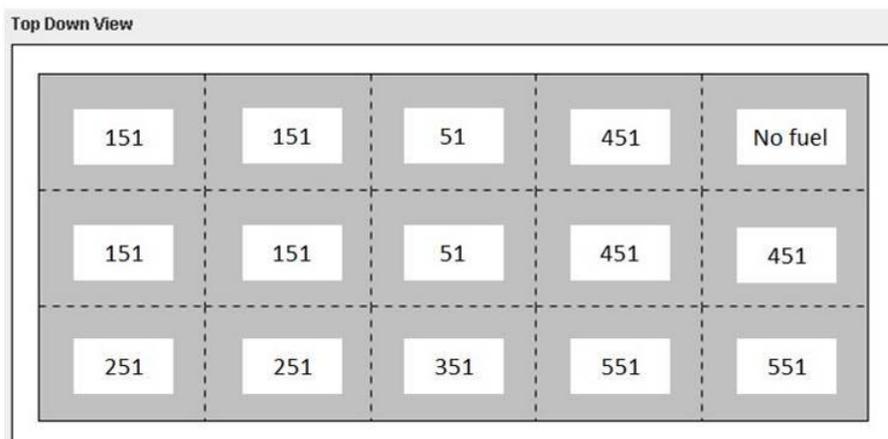
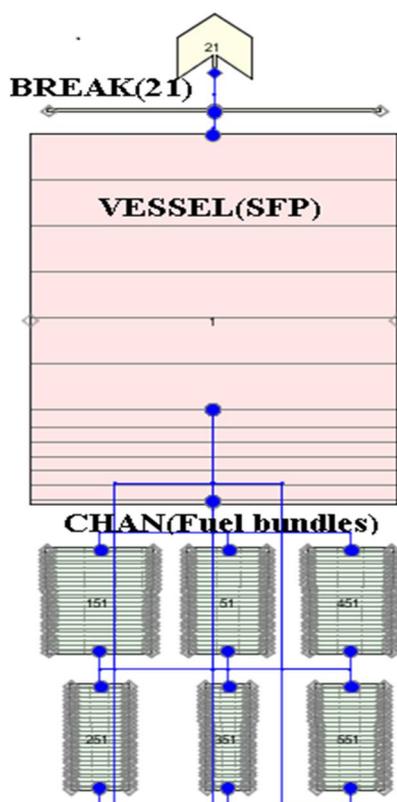
■ 放射性產物持續由煙囪釋出



2. 以 FLACS 及 GOTHIC 分析技術，建立核一廠圍阻體內氫氣擴散以及 FCVS、PAR 除氫模式。
3. 以 FLACS 分析技術建立核一廠圍阻體嚴重事故氫氣爆炸破壞分析模式。

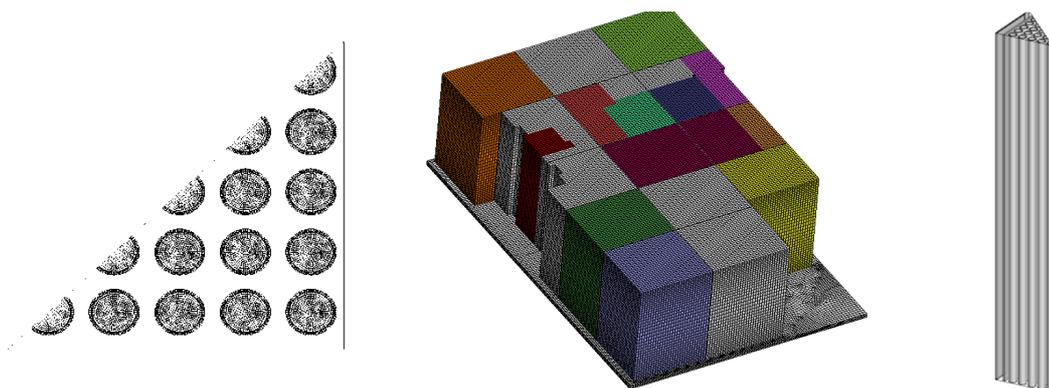
### 分項計畫三：用過燃料池冷卻能力安全分析精進

1. 建立核一廠用過燃料池的熱水流現象與燃料完整性之 TRACE、CFD、FRAPCON、FRAPTRAN、MAAP 與 MELCOR 分析技術。
2. 完成核一廠用過燃料池之 TRACE、CFD、FRAPCON、FRAPTRAN、MAAP 與 MELCOR 分析模式，可作為應用於核電廠燃料池的相關暫態分析與研究之基礎。  
已建立的模式圖，如下所示：

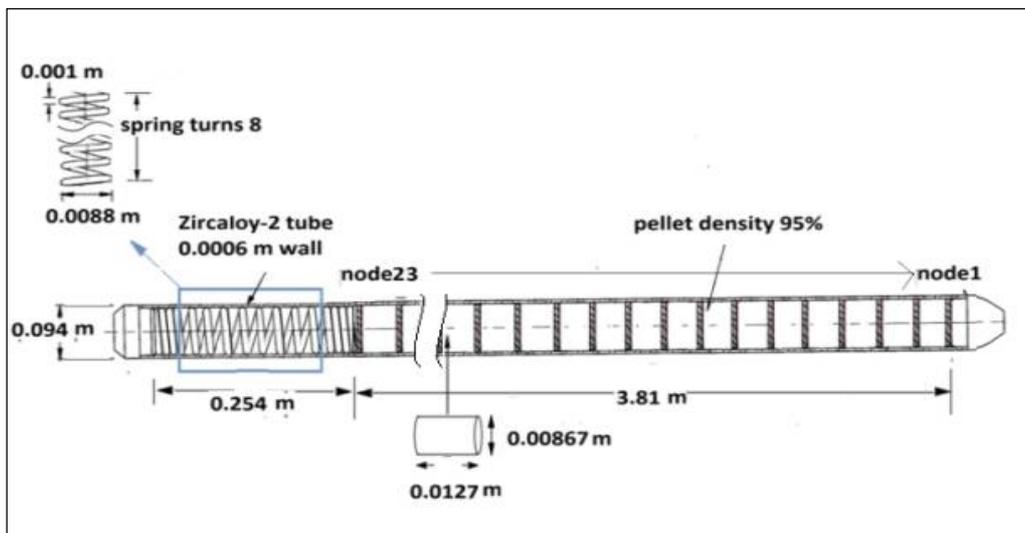


Channel No.	Power fraction (%)	Fuel bundles
151	4.88	988
51	80.9	563
451	1.92	620
251	10.18	310
351	0.66	179
551	1.44	416

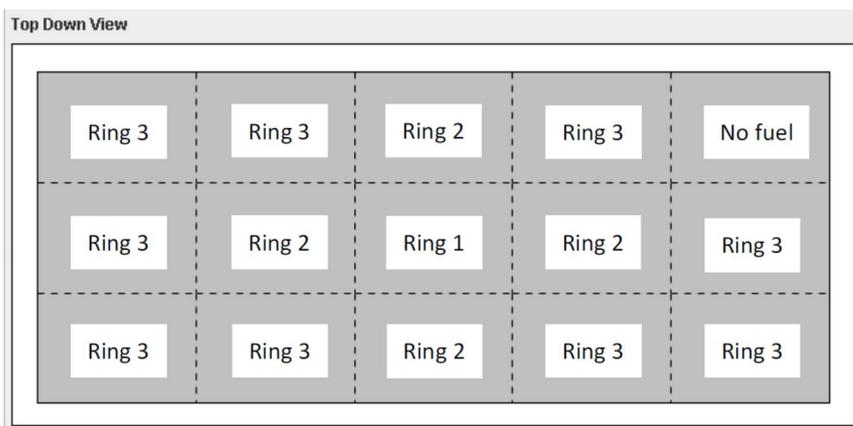
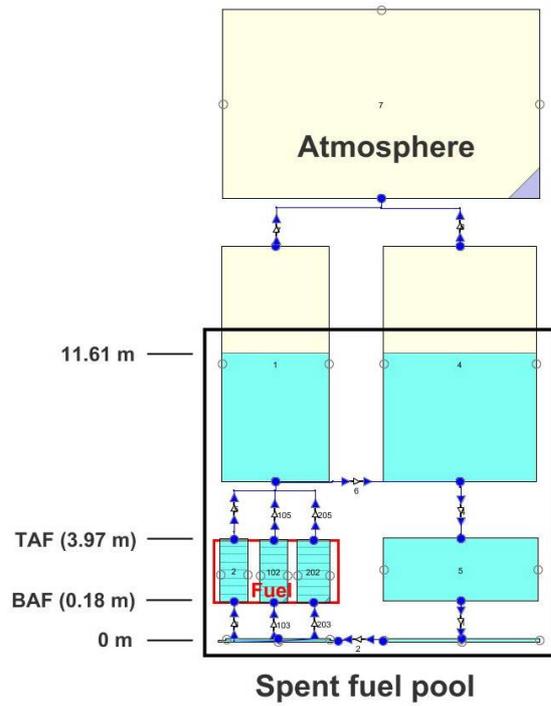
**Fig. 1 TRACE model of spent fuel pool**



**Fig.2 CFD Model of Spent Fuel Pool.**



**Fig. 3 Fuel Rod Model of FRAPTRAN.**



MELCOR area	Power fraction (%)	Fuel bundles
Ring 1	49.67	353
Ring 2	34.35	862
Ring 3	15.98	1861

Fig. 4 MELCOR Model of Spent Fuel Pool.

#### 分項計畫四：前瞻核能安全技術與人才培育

1. 前瞻中子物理安全技術研究方面，建立通用型決定論法全爐心中子物理計算方法與工具，以利核能領域的長期發展。
2. 在熱流實驗環路與 CFD 分析研究方面，以國際性重要實驗比對目前數值模型對於

向下汽泡成長的可靠度，並根據不同的成長速度、不同表面張力的水溶液來進行計算分析，經比對後可以發現數值模擬的結果與實驗成果之趨勢相符。

3. 在熔融物質模擬緊急爐心冷卻系統之熱流研究方面，本研究之後乾化模型提出一個修正蒸氣與液滴之間熱傳的經驗公式，加入 Eckert number 以考慮摩擦效應。實驗方面，本研究模擬燃料棒熔毀並落入爐心底部殘餘冷卻水時，熔融物質淬冷時的物理現象。本研究的第一年評估用硝酸鹽進行模擬的可行性，實驗的結果顯示，熔融硝酸鹽於淬冷時先呈顆粒狀再溶於水，如下圖，因此評估並不適合模擬熔融物質。

	淬冷液容量(ml)		
	50	100	300
入水面 瞬間			
入水後 1 秒			
入水後 2 秒			

圖.不同冷卻水容對熔融鹽淬冷過程的影響(紅色箭頭表示為落水處)

前瞻核能材料安全性評估分析研究方面，建立電子顯微鏡、鍍膜、離子輻照、金屬腐蝕、高溫氧化、材料機械性質量測之技術。

4. 在國際合作上，法制方面日本福島核災後，各國家均開始檢討核電政策以及相關法令之調整與立法。本研究計畫將參酌各國之規範，透過赴國外考察、邀請國外學者來臺與之研討會交流，就我國現行法制提出一些值得參考之建議。
5. 在氡氣調查上，除了實際量測台灣地區室內住家氡氣對國民造成的輻射劑量，並提出最佳化的氡氣輻射防護與改善方法建議，並赴國外參加放射化學分析相關研習及實驗操作，由 HERCA(歐洲輻射防護主管機關總部)主辦之「工作場所的氡氣專家會議(HERCA Workshop on RADON IN WORKPLACES)」，簡稱為 HERCA2 Workshop，以了解最新技術資訊及尋求合作交流機會。

## 分項計畫五：核電廠除役安全審查技術之研究

1. 計算分析方法可引入作為審查驗證之佐證工具與備案，且可根據計算分析的成果彙整成一重要之資料庫，也能夠較為整體且有系統地了解核能電廠除役之相關安全分析之課題，並可藉此提出適合於國內發展的作法
2. 除役核電廠廠址特性調查，深入分析比較 MARSSIM 與 EURSSEM 中所提出的建議與規範，藉此提出更適合於國內發展的作法。
3. 使用成本較低之 3 吋碘化鈉偵檢器取代昂貴的偵檢系統，也可量測解除管制之低放射性廢棄物所含微量 Co-60 和 Cs-137 核種。
4. 蒐集分析各國相關的除役廢棄物的各種處理技術資訊，並分析優缺點，提出各種不同階段可能使用的技術，產生的相關除污及處理方法，提供技術比較。
5. 探討超 C 類除役廢棄物處理之經驗，可作為未來除役時對超 C 類除役廢棄物處理之參考。

## 三、經濟效益(經濟產業促進)

### 分項計畫一：進步型反應器運轉安全強化及事故情況下安全保障之研發

1. 透過本計畫的深入探討與完整分析，期能提升國內輕水式反應器安全保障，為國內運轉中之核能電廠相關安全設施改進提供具體建議，強化電廠工作人員事故處理教育，提升核安管制效率，將有助於確保核能安全，穩定國內經濟發展。
2. 本研究成果可提升核電廠之安全操作與管理，確保核能電廠安全運行，確保內電力穩定供應，可確保電力與相關用電產業之穩定運作，促使國內經濟穩定與成長。
3. 在工業 4.0 的世代，工廠或製造智慧化是一大重點，憑藉著前世代 e 化所累積的運轉數據，搭配本研究所建構的相關演算法，亦可利於產業生產過程中的故障辨識及預警。
4. 強化壓水式核能電廠因事故產生之壓熱震現象分析技術，對於增進運轉安全或是管制作業的完整性皆有實質之助益。
5. 計畫如順利執行將可達成預期成效，可為國內建立輕水式電廠之分析技術，減少依賴國外的技術，降低研發與委託成本。

### 分項計畫二：核電廠圍阻體嚴重事故安全分析

為保證 FCVS 及 PAR 能在嚴重事故時有效除氫，在安裝之前必須先針對電廠特有的圍阻體型式及各種不同的嚴重事故發展情境進行評估。以日本核電廠為例，安裝一個 FCVS 從評估、審查到實作約耗時 3~5 年時間，所投入的時間及人力成本非常高。反觀國內情況，在 FCVS 及 PAR 的分析技術上已經起步較晚，若非高度依賴國外廠家，便需增加時間成本。本計畫之研究成果，不僅可減少管制單位從事審查所需的人力及時間，亦能降低電廠對國外廠家的依賴，節省內部審查時間及研發成本。

### 分項計畫三：用過燃料池冷卻能力安全分析精進

強化核一廠用過燃料池之分析技術，對於增進運轉安全或是管制作業的完整性皆有實質助益。

### 分項計畫四：前瞻核能安全技術與人才培育

1. 前瞻中子物理安全技術研究 104 年通用型計算方法的建立有利於與 105 年自行開發程式的結合，及未來與熱流分析程式連結，以建立完整爐心設計的技術能力平台，與國際接軌。
2. 強化雙相流模式與數值方法於 CFD 之分析方法與技術上，對於模擬之準確性與保守度皆有實質之助益，並有利於後續核能安全之應用發展。
3. 材料為眾多工業之母，先進核能材料的研究即分析方法的發展，除了應用在核能產業外，半導體、航太和傳統金屬工業等，皆需要了解其使用材料的性質。不同的材料分析技術的發展，亦是提升諸多產業的基礎。

### 分項計畫五：核電廠除役安全審查技術之研究

1. 對除役計畫進行最有效率之審核，並提出各重要項目中最佳之審查技術以及最適合本土使用之技術建議。
2. 提高中子活化研究分析計算的精確度，提升取樣技術與分析方法的靈敏度，使除役工作的廢棄物總量和費用可大幅度降低。
3. 可更有效率地執行除役作業審查工作，有助於核電廠的除役作業能夠更順利及周延地執行，可避免除役作業時程延宕而造成資源浪費。
4. 使除役作業之大型物件與管狀物體之量測與分析技術符合國際水準，避免輻射污染廢棄物因量測錯誤而不慎外釋，並可減少低放射性廢棄物的體積與重量，節省處置成本。
5. 分析各國的經驗，可以作為未來核能電廠除役及主管機關進行審查的參考，針對可能的缺點審視其應對方式及處理計畫，可以降低污染的風險，及資源的浪費。

## 四、社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)

### 分項計畫一：進步型反應器運轉安全強化及事故情況下安全保障之研發

1. 透過深入探討與完整分析，強化輕水式反應器的安全及關鍵系統與組件的維護管理，並透過對斷然處置措施及嚴重事故舒緩決策應用於我國輕水式反應器的深入分析，為國內運轉中之核能電廠相關安全設施改進提供具體建議，強化電廠工作人員事故處理教育，提升核安管制效率，有助於未來電廠管理階層制訂標準處理程序，亦有助於管制機關的核安管制，提昇國人對核電廠運轉安全的瞭解度與信心。

2. 可提升核電廠之安全操作與管理，除了可確保核能電廠安全，更可提升國家社會對於能源安全之信心，促使國內社會與經濟之穩定進步與工商業之進步，政府得以更專注於提升社會福祉。此外，核能本身為非常乾淨之能源，幾乎零碳排放，對於環境保護安全有絕對的貢獻。
3. 強化核能電廠因事故產生之壓熱震現象分析技術，對於增進運轉安全或是管制作業的完整性皆有實質之助益。

## 分項計畫二：核電廠圍阻體嚴重事故安全分析

本研究吸取日本 311 核災經驗，探討國內核電廠氫氣爆炸對圍阻體完整性衝擊及危害影響程度分析，藉以提供國內核能電廠強化其圍阻體耐壓強度及評估氫氣爆炸之危害影響，以提升核能安全。萬一發生嚴重事故時，亦能防止氫氣爆炸，保持圍阻體的完整性，有效降低放射性物質外釋，減低對民眾傷害到最小限度，確保安全安心的生活環境。

## 分項計畫三：用過燃料池冷卻能力安全分析精進

精進核一廠用過燃料池之安全分析能力，可提升國內核電廠之安全，減少國人對核電安全之疑慮。

## 分項計畫四：前瞻核能安全技術與人才培育

1. 前瞻中子物理安全技術研究方面，發展爐心中子安全分析所需之計算工具，並透過國際合作，藉由一系列的測試與開發累積經驗，對於核反應器的爐心安全分析有所助益。
2. 在熱流實驗環路與 CFD 分析研究方面，精進雙相流模式與數值方法於 CFD 之分析方法與技術能力，可提升 CFD 在雙相流領域之計算能力與準確性，並可增加國內核電廠之安全與保守度評估，以降低國內民眾對核電安全之疑慮。
3. 在熔融物質模擬緊急爐心冷卻系統之熱流研究方面，本研究針對核電廠災害發生時的理論分析可增進了解核電廠事故時的熱傳機制與爐心狀況，增進安全評估能力；另一方面，觀察並探究高溫熔融物質落入爐心底部的空乏區或殘餘冷卻水之模擬實驗，可更進一步了解嚴重核事故時燃料棒熔毀於冷卻水中的淬冷現象，提供災害應變措施決策參考，提升核能安全。
4. 前瞻核能材料安全性評估分析研究方面，前瞻核能材料安全性評估分析，除了解核能材料之性質外，更提供下一代核能電廠使用材料之研究資料，提升國內外已運轉及下一世代核電廠之安全。擔任 Nature Publication Group 旗下 Scientific Reports 期刊的編輯，可藉由審稿與編輯推進研究先進合金的國際進展；獲美國 TMS 學會的獎項可推廣國內相關研究活動，例如：推廣將於清大舉辦的第一屆國際

高熵合金研討會。

5. 提出最佳化的氡氣輻射防護與改善方法建議，並赴國外參加放射化學分析相關研習及實驗操作，由 HERCA(歐洲輻射防護主管機關總部)主辦之「工作場所的氡氣專家會議(HERCA Workshop on RADON IN WORKPLACES)」，簡稱為 HERCA2 Workshop，以了解最新技術資訊及尋求合作交流機會。

### **分項計畫五：核電廠除役安全審查技術之研究**

1. 核電廠除役時，大部分的結構及設備都將被拆除，在整個核電廠的建築中，使用了數以百噸計的混凝土，當除役工作開始進行，大量的混凝土將成為廢棄物，由於混凝土廢棄物的數量相當龐大，如何處理混凝土廢棄物，是一項值得重視的工作，大部分不具有放射性的混凝土，可以一般廢棄物掩埋處理或回收。
2. 使民眾瞭解政府對於核電廠除役的務實態度，可有效緩和民眾在核能爭議上長久處於對立的局勢。
3. 藉由研究報告的公開，民眾可以理解管制機關對除設計畫審查的嚴謹態度，對核能電廠相關議題的態度可以變得更為客觀。
4. 放射性廢棄物處理的技術，在符合相關法規及安全性的原則下，須考慮公眾及社會的接受性，對社會及環境的衝擊降到最低，達到最佳的廢棄物處理效果。
5. 研究成果將會對除役審查工作執行有所助益，透過透明公開之資訊，可以減少社會對相關議題之疑慮，亦有助於對超 C 類低放射性廢棄物管理相關技術之信任。

## **五、其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導等)**

### **分項計畫一：進步型反應器運轉安全強化及事故情況下安全保障之研發**

1. 以本研究之成果作為核能安全主管機關的決策依據。
2. 可培育核子工程相關人才，本計畫共培育了博士生 4 位、以及碩士生 16 位。透過本計畫的人才培育，可彌補嚴重的專業人員斷層現象。
3. 本研究培育的人才，可立即投入數據運用及分析的相關領域，這與產業未來的走向(工業 4.0)，緊緊相扣。
4. 未來持續積極進行中，對於國家社會培養永續能源與安全人才不遺餘力，這些人才未來都將投入國內外能源與核能相關產業，推動國家社會的能源永續。

### **分項計畫二：核電廠圍阻體嚴重事故安全分析**

日本對核電廠重啟動已擬定一套嚴格的新法規，稱為「新規制基準」，其中 FCVS 的設置是屬於該法規的要求項目；而 PAR 的設置則屬非強制性要求，可依電廠實際狀

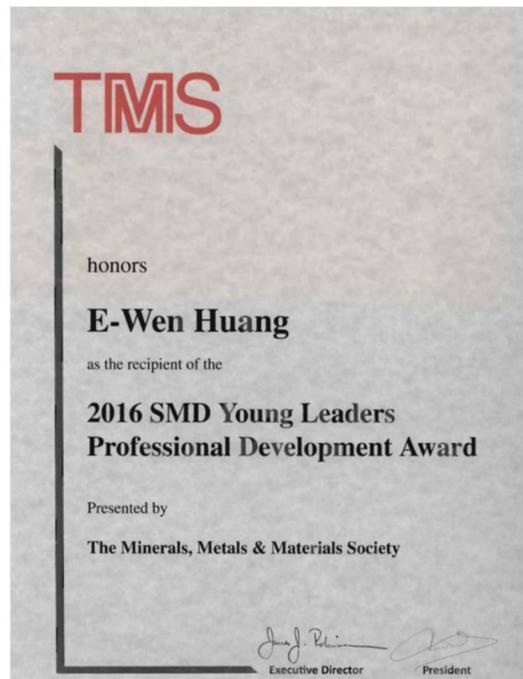
況設計。目前國內核能法規並未明文要求設置此二項設備，因此，電廠與管制單位在評估上述設備的效益上，觀點未必一致。本計畫的研究成果可促進瞭解此類除氫設備在嚴重事故時的效用，於將來修訂相關法規時，提供客觀可信的參考依據。

### 分項計畫三：用過燃料池冷卻能力安全分析精進

共培育 3 位博士生，為國內核能產業提供優秀人力以及高級研究人才。

### 分項計畫四：前瞻核能安全技術與人才培育

1. 前瞻中子物理安全技術方面，共培育 6 位碩士生與 1 位大學生，為國內核能產業提供優秀人力以及高級研究人才。
2. 前瞻熱流實驗環路測試與安全分析方面，計有 1 位博士生、6 位碩士生參與研究，其中博士生將前往美國普度大學進行為期 6 個月之學術交流，1 位學生赴芝加哥出席 NURETH-16 發表本研究的成果，故本研究對人才之培養與國際交流有實質的助益。
3. 前瞻核能材料安全性評估分析方面，共培育 2 位博士生與 14 位碩士生，為國內核能及材料產業提供優秀人力以及高級研究人才。獲選擔任同步輻射中心用戶執行委員會副主席；獲選擔任同步輻射中心中子用戶執行委員會副主席，以推動輔導先進光源的應用與國際合作。
4. 以本計畫培育之工程相關人才獲得國際與國內獎項的肯定:如下圖(a)之振鋒企業論文獎與(b) The Minerals, Metals & Materials Society (TMS) Young Leaders Professional Development Award。可更深化國際學術合作並培育出一流人才，以補充產業未來的專業人員。



5. 在法制方面，對於日本後福島時代全球核安管制法制之發展新趨勢，參酌各國核能政策的經驗，透過邀請國外學者來臺與之研討會交流，就我國現行法制提出一些值得參考之建議。

#### **分項計畫五：核電廠除役安全審查技術之研究**

1. 計畫之執行有助於管制機關在未來擬定安全審查相關之評估作業、審查導則與管制策略之外，也可讓管制機關審視目前國內在除役法規上是否仍有不足或需修改之處。
2. 藉由研究過程除了可培訓未來除役計畫相關的審查人力之外，也可使這些參與計畫的學生熟悉除役安全分析相關知識、中子活化研究與審查技術、除役廠址特性調查作業的程序與規範、除役核能電廠拆除和除污技術等，無形中也強化學生在核能技術、反應器工程、輻射安全、放射性廢棄物處置、以及保健物理等方面的專業知識。
3. 計畫執行所取得的相關經驗與資料，不但能提供未來審查人員最好的參考資料，進行有效率的審查，並可提出各重要項目中最佳之技術以及最適合本土使用之技術採用建議，使核電廠除役能順利執行。

## 貳、跨部會協調或與相關計畫之配合

(填寫說明：請說明本計畫是否與其他科技發展計畫相關連，其分工與合作之配合情形為何；如相關連計畫為其他機關所執行，請說明協調機制及運作情形是否良好；計畫審議階段如委員特別提出須區隔計畫差異性並強化分工合作、強化與其他機關合作者，建議強化說明配合情形；如計畫與其他計畫、其他機關無相關連，亦請簡扼說明該計畫業務屬性可獨立執行。)

分項計畫五「核電廠除役安全審查技術之研究」的研究範疇界定於核電廠除役相關的管制技術研發。目前國內相關的研究計畫另有本局主辦的「精進放射性物料安全管制技術發展」政府科技發展計畫(101-104年)、科技部的原子能科技學術合作研究計畫、以及台電的核一廠除役計畫等。分項計畫五「核電廠除役安全審查技術之研究」的規劃已與其他相關計畫做出區隔，著重於以管制單位之技術需求為重點。

分項計畫五「核電廠除役安全審查技術之研究」執行期間除內部各子項研究間有密集的技术討論外，亦積極參與外部計畫如台電公司所舉辦的研討會/座談會，以促進對於彼此進度的瞭解。藉以妥善利用國內的有限資源，整體提昇國內的安全技術水準。

## 參、檢討與展望

(填寫說明：請檢討計畫執行可改善事項或後續可精進處，並說明後續工作構想重點與未來展望等；屆期計畫請強化說明後續是否有下期計畫、計畫轉型或整併、納入機關例行性業務、或其他推廣計畫成果效益之作為等。)

### 分項計畫一：進步型反應器運轉安全強化及事故情況下安全保障之研發

1. 本分項計畫工作進度按照預定表執行，透過分項子計畫的深入探討與完整分析，獲致具實用價值之研發成果，對於輕水式電廠的安全運轉、效率提升，及終極性反應器安全保障等方面做出具體貢獻。且研究成果豐碩(發表一篇國際期刊及三篇國際研討會論文)，並培育了國內核工專業人才(兩名博士生、一名碩士生)。
2. 本研究專注於進步型沸水式反應器遭受地震對運轉安全與熱流穩定性之影響研究，其學術成就、技術創新、經濟效益、社會影響、人才培育等之影響已於前段簡述，對於國家社會能源安全與永續發展積極努力不遺餘力。目前為計畫執行之期中階段，尚有部份工作尚未完成持續進行中，本研究將持續積極進行，以達到計畫設定之各項目標。
3. 本計畫尚處於先前規劃的第一年工作，接下來我們將針對不同的子題(如：特徵擷取演算法、感測器選定演算法、系統 FPGA 布建)進行深入探討，期能強化辨識系

統的實效性。

4. 本計畫均依原規劃進度順利執行中，目前完成的部分包含 ABWR 主冷卻水迴路的建立與區域劃分、爐心區域中子與加馬射線輻射劑量率再分析、爐心區域之冷卻水密度與溫度之分布計算。ABWR 數值分析程式用以計算輻射分解效應下水化學變化的 DEMACE 程式，也已完成模擬程式，並與日本 K7 電廠現場測量值比對，求出校正係數，後續將持續進行溶氫、溶氧及過氧化氫濃度的分析，並計算出主冷卻水迴路各個區域的組件材料的電化學腐蝕電位。目前完成主循環迴路系統的測試、316L SS 慢應變速率拉伸實驗試棒之預長氧化膜，並完成固溶退火處理的試棒在溶氧下的測試，現正進行敏化處理的試棒在溶氧環境的慢速拉伸試驗。
5. 目前已完成之 90 度向下流動之 T 型管實驗，並持續執行不同流動方向與操作條件，未來可提供 CFD 方法進行模擬分析與驗證，所獲得之成果將可作為國內核電廠之參考。本研究之相關分析數據與成果，投稿於國際研討會論文，目前共完成 2 篇國際研討會論文，成果豐碩。藉由此計畫的資源共培育 1 位博士生與 3 位碩士生，為國內核能產業提供優秀人力以及高級研究人才。

## 分項計畫二：核電廠圍阻體嚴重事故安全分析

國內核能電廠的圍阻體包含 BWR MARK I、MARK III 以及 PWR LARGE DRY 等型式，本計畫在第一年度針對 BWR 的 MARK I 圍阻體研究，已有相當程度之成果，預期於第一年度期末，將對被動圍阻體洩壓過濾系統(Filtered Containment Venting System, FCVS)系統及被動式氫氣再結合器(Passive Autocatalytic Recombiner, PAR)在嚴重事故中的效用，完成深度評估；而在 PWR 方面，其 FCVS 及 PAR 的使用上，以及與電廠系統的連動對核能安全的影響，與 BWR 仍有相當大的差異，因此，需要藉由後續的研究計畫作更深入之瞭解，以完整涵蓋國內核電廠的圍阻體型式，提供核能管制單位及電廠更全面之參考。

## 分項計畫三：用過燃料池冷卻能力安全分析精進

1. 將計畫之相關分析數據與成果，投稿於國際 SCI、EI 期刊與研討會論文，目前共完成 4 篇國際研討會論文，成果豐碩。
2. 藉由此計畫的資源共培育 3 位博士生，為國內核能產業提供優秀人力以及高級研究人才。
3. 目前已完成之 TRACE、CFD、FRAPCON、FRAPTRAN、MAAP 與 MELCOR 的核一廠用過燃料池分析模式，未來可應用於其它暫態的分析及作為核 2~4 廠的模式建立之參考。

## 分項計畫四：前瞻核能安全技術與人才培育

### 前瞻中子物理安全技術方面：

1. 將本研究之相關分析數據與成果，投稿於國際研討會論文，目前共完成 3 篇國際研討會論文，成果豐碩。
2. 藉由此計畫的資源共培育 6 位碩士生與 1 位大學生，為國內核能產業提供優秀人力以及高級研究人才。
3. 完成之燃料組件晶格驗證計算，所得數據結果落於 JAERI 研究團隊所發表的計算節之間，可判斷本研究使用此模型所獲結果之合理性。並完成一系列晶格計算的參數靈敏度探討，對於 TRITON 處理燃料晶格的臨界問題、燃耗計算和截面產生已十分有信心。
4. 已完成 GenPMAXS 作為銜接晶格程式和爐心計算程式 PARCS 的轉檔介面程式的測試，但對於截面銜接處理仍於發展階段，尚需透過人工反覆處理。另外透過不同方法之 Dancoff Factor 計算的探討，所得結果有所差異，顯示 Dancoff Factor 之重要性，而使用修正後之 Dancoff Factor 亦有助於多能群中子截面計算的改善。
5. 將於 2 月底邀請國外學者來台，舉辦學術研討會，未來期待透過更多的國際交流，互相學習，提升國內核能研究能力。

### 前瞻熱流實驗環路測試與安全分析方面：

1. 在熱流實驗環路與 CFD 分析研究部分，透過對現有數值模型建立並在標準條件下與實驗的驗證，我們將可以得到以下的結論。現有的數值模型可以完整地重現氣泡生長的過程及現有數值模型會高估最終的氣膜厚度。影響氣泡的成長的參數有空氣注入的流量、接觸角以及表面張力。目前數值模型驗證還未包括這些參數的分析。未來工作將會囊括空氣流量、接觸角、表面張力的分析，以其了解這些參數對於氣泡成長的影響，並找出模擬模型高估最終氣膜厚度的原因，並修正參數。
2. 藉由此計畫的資源，養成了 CFD 模式與應用之研究團隊，以精進國內核電廠 CFD 於雙相流應用之分析技術。本研究之相關分析數據與成果，投稿於國際研討會論文，目前共完成 2 篇國際期刊論文。
3. 在熔融物質模擬緊急爐心冷卻系統之熱流研究部分，燃料棒熔毀前的後乾化模式分析與精進方面，預計將於本年度完成過渡沸騰模式之完整分析並投稿至國際期刊；未來可拓展現有一維模型至三維模型，著重探討瀾散流中液滴傳熱對於熱不平衡現象之影響。

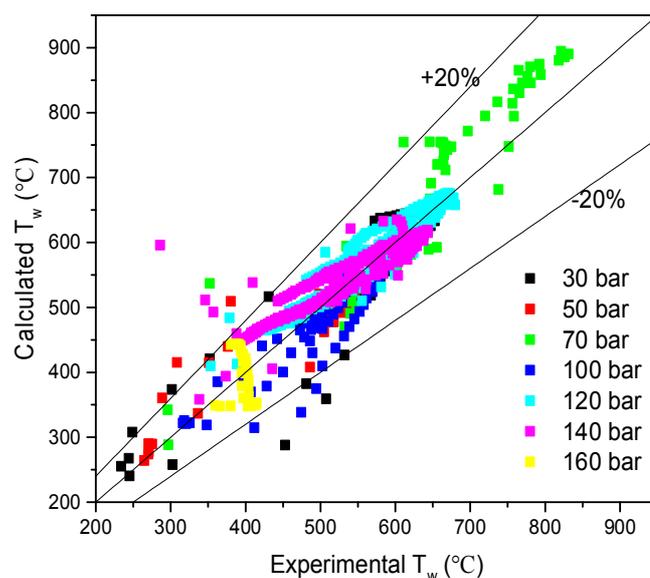


圖. 考慮過渡沸騰後模式預測與文獻中數據(Bennett 等人[18], Becker 等人[15])之總比較

4. 高溫熔融物質淬冷之研究方面，目前是以手持錫爐加熱硝酸鹽(加熱至約 350°C)，但因硝酸鹽易溶解於水中，不適合進行此實驗，將改以熔融金屬做為模擬物質。本團隊預計以銅磷合金焊條(銅 95%、磷 5%，熔點約 800°C)進行初步淬冷研究；但因攝影時間極短難以捕捉影像，現已積極設計合適的加熱管及高速攝影機啟動程式的作動設計，以利實驗過程的定位及加熱時間之操作。同時，配合本實驗是新架設的高溫加熱爐(最高可加熱至 1500°C)，可望觀察到更細部更準確的高溫物質淬冷的沸騰現象。將來實驗可能逐一測試不同的高溫熔融物質，並更換不同的淬冷液體，例如：海水、硼酸溶液等，以持續觀察其淬冷現象之不同，以增進對核電廠冷卻水流失爐心熔毀事故的了解。

#### 前瞻核能材料安全性評估分析方面：

##### 一、爐心材料

##### (一) 碳化矽材料受輻照後之缺陷分析

1. 碳化矽於高能離子、中子輻照下，微結構隨溫度演變之情形，大抵已於前人研究中被確認，但各缺陷的精確結構，仍有待進一步探討。各類缺陷所導致之膨脹效應(Swelling)。不同種類的缺陷形態，對於碳化矽的膨脹有不同程度的影響，碳化矽在輻照溫度 1000°C 以下之缺陷，是目前電子顯微鏡無法清楚拍攝解釋的。因此，其缺陷造成的膨脹效應之機制亦是尚未解決的問題。
2. 清華大學加速器組之串級式加速器(9SDH)，用於重離子佈值，探討輻射損傷

時多需仰賴 9SDH 佈值重離子方便達到損傷劑量，但 9SDH 重離子佈值設備中的 90 度磁鐵，其電源供應器中的溫度補償二極體損壞，但為軍規用品並未能在市面買到，因此使 90 度磁鐵不穩，使串級式加速器可使用的 beam time 降低，雖有解決辦法，但因需花不少經費，故過去一直無法進行維修，若未來計畫有必要用到 9SDH 的實驗時，計畫應當有更多補助用於維修保養此設備。

## **(二)新型核能級石墨於極高溫氧化環境下之熱氧化現象研究**

1. 未來實驗上可以在高溫流量上做些改變，觀察不同流量下，氧化反應隨著溫度變化的趨勢是否不同。
2. 目前已有國際文獻提出，在核能級石墨外披覆一層碳化矽材料，避免其內部石墨之氧化情形。這是未來值得研究的方向。

## **二、熱交換管材料**

### **(一)熱交換管材料腐蝕行為**

1. 未來可做更長時間之腐蝕實驗，確認長時間下各合金的表現是否與短時間有差異。
2. 由於未來反應器在運轉與停機中會有多次升降溫，可進行多次氧化循環之實驗，確定多次循環對於合金之影響。

### **(二)不銹鋼經異種銲接後在含有腐蝕的環境下之氧化行為研究**

本計畫尚須找出適當之異種銲接參數外，同時亦會評估銲接後試片的應力腐蝕特性。

## **三、先進材料應用於燃料護套的研究與評估**

### **(一)以先進光源研究電廠相關結構材料**

本計畫已經完成即時機械性能設備驗收與試運轉。同時已煉製高熵合金及已完成實驗與評估，且完成研究報告與論文撰寫與投稿。

### **(二)燃料護套的研究與評估**

本計畫成功在 350°C，15.17MPa 的高溫高壓下，透過鍍上氮化鉻的方式隔絕純鈾試片與氧氣的反應，提供另一個保護燃料護套可行的方式。未來可在更高溫更長久的時間下，研究鍍氮化鉻薄膜對於鈾金屬的保護極限，以及氮化鉻在氧化之後是否還有辦法減緩鈾金屬的氧化。

## 分項計畫五：核電廠除役安全審查技術之研究

分項計畫五「核電廠除役安全審查技術之研究」在本(104)年度為四年期程的第一年，依計畫目標規劃，著重於國外核能先進國家新知的資訊蒐集分析與實用技術的引進。年度研發工作經公開招標評選，擇優委託清華大學與義守大學協助執行。研發重點以核能電廠除役之安全管制需求為主，包含國外最新技術資訊的蒐整分析、國內可行的管制技術評估、與安全管制要項的研議等。研究成果豐碩，符合計畫預期目標。具體成果為完成下列 7 篇研究報告：

- 1.核能電廠除役作業安全分析之審查技術研究
- 2.核電廠生物屏蔽體及管件活化分析之審查技術研究
- 3.除役核電廠廠址特性與環境輻射分析之審查技術研究
- 4.核能電廠除役計畫拆除與除污研究之審查驗證研究
- 5.除役作業時低放射性廢棄物解除管制量測之審查技術研究
- 6.核能設施除役產生之放射性廢棄物處理管制技術研究
- 7.除役超 C 類低放射性廢棄物包裝容器、貯存及運送之審查技術研究

國內尚無核能電廠的除役經驗，無論是設施經營者或管制機關，均應秉持兼容並蓄的精神來吸收新知以厚實基礎，以全方位、多樣化、國際化等格局來規劃及執行未來國內核電廠的除役作業，除應盡力完成核電廠除役的目標及確保民眾的健康與安全之外，也應力求務實及創新，並應自許可達成環境資源永續傳承的願景。

# 附件

## 佐證資料表

### 【A 論文】

中文/英文題名	作者	發表年度 (西元年)	文獻 類別	重要期 刊資料 庫簡稱	引用 情形	獲獎 情形	獎項 名稱	論文出處	科研設施用 戶 發表論文	備註
“The Impact of Vertical Vibration on the Nonlinear Behaviors of Multiple Parallel Boiling Channels,”	J. D. Lee*, C. Pan and S. W. Chen	2015	F			N		16th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermalhydraulics (NURETH-16), Chicago, USA	N	
“The effect of external vertical acceleration on the dynamic behaviors of a single nuclear-coupled boiling channel,”	J. D., Lee*, S. W., Chen and C., Pan	投稿中	D	SCI				Nuclear Energy and Design, 2016		
The ultimate response guideline simulation and analysis by using TRACE for Lungmen ABWR nuclear power plant	Hao-Tzu Lin, Shu-Ming Yang, Jong-Rong Wang, Shao-Wen Chen, Chunkuan Shih,	2015	D	SCI				KERNTECHNIK Vol. 80, pp. 214-231, 2015. (SCI)		
"Modeling and Analyses of Boiling and Capillary Limitations for Micro Channel Wick Structures"	S.W. Chen, F.C. Liu, T.Y. Wang, W.K. Lin, J.R. Wang, H.T. Lin, J.D. Lee, J.J. Peir,	2015	D	SCI				Journal of Mechanics (SCIE, Accepted)		

	C. Shih,								
"System assessment of an FPGA-based RPS for ABWR nuclear power plant,"	Jun-Jen Lu, Teng-Chieh Hsu, Hwai-Pwu Chou,	2015	D	SCI				Progress in Nuclear Energy 85 (2015) 44-55. (SCI)	
"Evaluation of an FPGA-based fuzzy logic control of feed-water for ABWR under automatic power regulating,"	Jun-Jen Lu, Hsuan-Han Huang, Hwai-Pwu Chou	2015	D	SCI				Progress in Nuclear Energy 79 (2015) 22-31. (SCI)	
"The Effectiveness of Hydrogen Water Chemistry on Corrosion Mitigation in an Advanced Boiling Water Reactor,"	Mei-Ya Wang and Tsung-Kuang Yeh	2015	D	SCI				Nuclear Science and Engineering, 180, 335-340 (2015). (SCI)	
The Analysis of TRACE/FRAPTRAN in Ultimate Response Guideline for Lungmen ABWR Nuclear Power Plant,	J. R. Wang, H. T. Lin, Y.T. Lee, A. L. Ho, S. W. Chen, and C. Shih	2015	F					NURETH-16 Hyatt Regency Chicago	
MAIN STEAM LINE BREAK ANALYSIS FOR LUNG MEN ABWR,	Ai-Ling Ho, Chunkuan Shih, Shao-Wen Chen, Jong-Rong Wang, Hao-Tzu Lin	2015	F					TopFuel 2015 in Zurich, Switzerland	
THE SBO ANALYSIS WITH URG PROCEDURE FOR LUNG MEN ABWR USING	Y.T. Li, S. W. Chen, J. R. Wang, C. Shih	2015	F					2015 ANS Winter Meeting, Washington, DC Marriott Wardman Park	

TRACE/FRAPTRAN CODES, ANS-15563									
“A Study in the Effect of Vertical Acceleration on the Nonlinear Dynamics of Multiple Nuclear-Coupled Boiling Channels,”	J. D. Lee*, C. Pan and S. W. Chen	2015	F					2015 International Workshop on Heat Transfer Advances for Energy Conservation and Pollution Control (IWHT 2015) Taipei, Taiwan	
The Impact of Vertical Vibration on the Nonlinear Behaviors of Multiple Parallel Boiling Channels,”	J. D. Lee*, C. Pan and S. W. Chen	2015.	F					16th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermalhydraulics (NURETH-16) “ Chicago, USA,	
"Nonlinear analysis of a single nuclear-coupled boiling channel with two-phase forced flows"	Y.G. Lin, J.D. Lee, S.W. Chen, T.Y. Chen	2015	F					3rd International Workshop on Heat Transfer Advances for Energy Conservation and Pollution Control (IWHT-2015) Taipei, Taiwan	
"Visualization Study of Wispy Annular Flow in Vertical Pipe"	M.L. Chai, S.Y. Liu, F.J. Kuo, M.S. Lin, S.W. Chen, B.S. Pei	2015	F					3rd International Workshop on Heat Transfer Advances for Energy Conservation and Pollution Control (IWHT-2015) Taipei, Taiwan	
"Visualization Study of High	F.J. Kuo, M.L.	2015	F					3rd International Workshop	

Flow Rate Churn Flow in a Vertical Pipe"	Chai, M.S. Lin, S.W. Chen, W.K. Lin, J.R. Wang, C. Shih, B.S. Pei							on Heat Transfer Advances for Energy Conservation and Pollution Control (IWHT-2015) Taipei, Taiwan		
"Experiment of Heat Transfer Enhancement by Ultrasonic Vibration"	F.C. Liu, S.W. Chen, J.R. Wang, W.K. Lin, C. Shih, J.D. Lee, J.J. Peir, B.S. Pei	2015	F					3rd International Workshop on Heat Transfer Advances for Energy Conservation and Pollution Control (IWHT-2015) Taipei, Taiwan		
"Identification of Transition Boundary of the Churn and Annular Flows in a Circular Tube Using Multi-range Differential Pressure and Conductivity Signals"	S.Y. Liu, M.S. Lin, T.Y. Wang, S.W. Chen, B.S. Pei	2015	F					3rd International Workshop on Heat Transfer Advances for Energy Conservation and Pollution Control (IWHT-2015) Taipei, Taiwan		
Investigations on Hot/Cold Flow Mixing Characteristics of Mixing Tee and Numerical Simulation Validation,	Ho-Meng Wu, Chih-Hung Lin*, Yuh-Ming Ferng	2015	E					32th CSME Conference Kaohsiung, Taiwan		
Modeling on T- junction of Pressurized Thermal Shock Application with Different Turbulence models and Experimental Study	Kun-Yan Lin, Chih-Hung Lin*, Yuh-Ming Ferng,	2015	E					32th CSME Conference Kaohsiung, Taiwan		

Fuel Rod Uncertainty Analysis of Chinshan NPP spent fuel pool by TRACE and FRAPTRAN/DAKOTA/SNAP	Li, W. Y.; Wang, J. R.; Lin, W. K.; Chang, H. C.; Lin, H. T.; Chen, S. W.; Shih, C.	13 - 17 September 2015						TopFuel 2015, in Zurich, Switzerland		
UNCERTAINTY ANALYSIS FOR CHINSHAN BWR/4 SPENT FUEL POOL SEVERE ACCIDENT BY MELCOR2.1/SNAP AND DAKOTA	Chiang, Y.; Wang, J.-R.; Lin, H.-T.; Chen, S.-W.; Shih, C.; Li, W.-Y.	13 - 17 September 2015						TopFuel 2015, in Zurich, Switzerland		
METHODOLOGY USING MELCOR2.1/ SNAP TO ESTABLISH AN SBO MODEL OF CHINSHAN BWR/4 NUCLEAR POWER PLANT	Yu Chiang, Jong-Rong Wang, Hao-Tzu Lin, Shao-Wen Chen and Chunkuan Shih	August 30-September 4, 2015						NURETH 16 Hyatt Regency Chicago		
核一廠用過燃料池之 TRACE/FRAPTRAN/SNAP 模式建立	王仲容、林浩慈、陳雄智、陳紹文、施純寬	中華民國一百零四年十二月十一、十二日						中國機械工程學會第三十二屆全國學術研討會		
Dynamic Strain Evolution around a Crack Tip under Steady- and Overloaded-Fatigue Conditions, Metals	S.-Y. Lee, E-W. Huang, W. Woo, C. Yoon, S.-G. Yoon							accepted: Manuscript ID: metals-99821		
Fatigue induced deformation and thermodynamics evolution	E-W. Huang, C.-K. Chang, P. K. Liaw, T.-R. Sui							under review		

in a nano particle strengthened nickel base superalloy, Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures									
Using In-situ Neutron Diffraction to Investigate the Plastic Zone Size during Fatigue-crack Propagation Subjected to Overload Effect	E-W. Huang, S.-Y. Lee, S.-G. Yoon, W. Woo, K.-W. Lee, T.-R. Suei							Journal of Visualized Experiments (major revision)	
Structure and Hardness Characterizations for Phase Transformation Study of Al-Cu Alloys during Non-isothermal Precipitation	E-W. Huang, C.-S. Tsao, M.-H. Wen, T.-Y. Kuo, C.-J. Su, Y.-H. Liao							金屬熱處理學刊 (under review)	
The Ultimate Response Guideline Simulation and Analysis By Using MECLOR2.1/SNAP for Chinshan BWR/4 Nuclear Power Plant.	Yu Chiang, Jong-Rong Wang, Ting-Yi Wang, Hao-Tzu Lin, Te-Chuan Wang, Wen-Sheng Hsu, Jyh-Tong Teng, Shao-Wen Chen, Chunkuan Shih	2016	F					International Congress on Advances in Nuclear Power Plants(ICAPP 2016)	
Development of a hydrogen diffusion gothic model of MARK III-containment	H. Zhen-Yu, H. Yu-Kai Huang, H. Wen-Sheng, Yen-Shu Chen and P. Bau-Shei	2015	D					KERNTECHNIK (SCI)	
Development of a Post-dryout	Yu-Jou Wang, Chin Pan	30 August-4						16th International Topical Meeting on Nuclear Reactor	

Heat Transfer Model		September						Thermallydraulics (NURETH-16), Chicago, USA		
The Effects of Subcooling on Quenching of a Vertical Brass Cylinder with Heating Power.	Y.H. Ho, M.X. Ho and Chin Pan	June 28-July 02						ASME 2015 Power & Energy San Diego, United State.		
核電廠生物屏蔽體及管件活化分析之審查技術研究	裴晉哲 劉千田	2015	A		C	N		2015年3月18~19日原子能委員會主辦的核設施除役技術研討會 核一廠除役規劃與管理現況 28頁	N	
Low Temperature Selective Catalytic Oxidation of Ammonia Waste Gas From the Resin Treatment by the Copper-Based Catalyst	Shih-Han Wang*, Jia-Cu Du, Yan-Xun Li, Yuh-Wern Wu, Ming-Tsai Liang	2015	F		C	N		3rd International Workshop on Heat Transfer Advances for Energy Conservation and Pollution Control October 16-19, 2015, Taipei, Taiwan, pp.56	N	
Safety Assessment on the accidents of spent fuel pool during decommissions	Shou Kong Wang	2015	F		C	N		3rd International Workshop on Heat Transfer Advances for Energy Conservation and Pollution Control October 16-19, 2015, Taipei, Taiwan, pp. 13.	N	

註：

1. 如已投稿尚未發表，請於發表年填寫「投稿中」。
2. **文獻類別**：A 國內一般期刊論文、B 國內重要期刊論文、C 國外一般期刊論文、D 國外重要期刊論文、E 國內研討會論文、F 國際研討會論文、G 國內專書論文、H 國外專書論文。
3. **重要期刊資料庫簡稱**：如「文獻類別」選 B、D，則本欄位必填，例如 SCI、SSCI、EI、AHCI、TSSCI 等。
4. **引用情形**：A 被論文引用、B 被專利引用、C 未被引用。
5. **獲獎情形**：Y 有獲獎、N 否。
6. **獎項名稱**：如「獲獎情形」為 Y，則本欄位必填。
7. **科研設施用戶發表論文**：Y 是、N 否。

**【B 合作團隊(計畫)養成】**

團隊/計畫、研究中心、實驗室、協議名稱	團隊所屬機構	合作 模式	團隊 性質	成立時間 (西元年)	合作 國家	合作 對象	合作 內容	備註
斷然處置措施研究團隊	清華大學	A	A					
熱水力與核能安全研究團隊	清華大學	A	A					
事故分類及舒緩決策輔助系統研究團隊	清華大學	A	A					
核電廠水化學暨材料腐蝕研究團隊	清華大學	A	A					
CFD 模式與應用研究團隊	清華大學	A	A					
核電廠圍阻體安全研究團隊	清華大學	B	A					
燃料池安全與嚴重事故分析團隊	清華大學	B	A					

前瞻中子物理安全技術研究團隊	清華大學	A	A					
前瞻熱流實驗環路測試與安全分析研究團隊	清華大學	C	A					
前瞻核能材料安全性評估分析研究團隊	清華大學	B	A					
先進雷射及原子能應用實驗室	清華大學原科中心	A	A	2015		清大光電所	雷射技術交流	
核能廢棄物處理團隊	義守大學	A	A	2015		義守大學跨院系合作	從事核能廢棄物處相關研究	

註：

1. **合作模式**：A 機構內跨領域合作、B 跨機構合作、C 跨國合作。
2. **團隊性質**：A 合作團隊或合作計畫、B 研究中心、C 實驗室、D 簽訂協議。
3. **合作國家**：如「合作模式」為 C，則本欄位必填。

**【C 培育及延攬人才】**

姓名	學歷	參與性質	機構名稱	指導教授	參與培訓課程名稱	取得證照	證照名稱	國際交換國家	備註
何愛玲	A	A	清華大學	施純寬					龍門電廠建模與模擬分析

楊書明	A	A	清華大學	施純寬					龍門電廠斷然處置模擬 分析
李育澤	B	A	清華大學	施純寬					福島事故資料收集研究 與龍門電廠程式模擬
林明松	A	A	清華大學	陳紹文					實驗設計
林郁格	B	A	清華大學	陳紹文					模擬分析
劉芳琴	B	A	清華大學	陳紹文					實驗設計
蔡明倫	B	A	清華大學	陳紹文					模擬分析
郭封均	B	A	清華大學	陳紹文					實驗設計
王亭懿	B	A	清華大學	陳紹文					模擬分析

黃俊富	B	A	清華大學	陳紹文					模擬分析
盧俊仁	A	A	清華大學						核電廠預期暫態未及停緩 和系統設計
黃健倫	B	A	清華大學						核電廠事故預警及辨識 之研究
邱彥鈞	B	A	清華大學						核電廠安全度評估方法 研究
林廷翰	B	A	清華大學						事故資料庫建置及電廠 參數特徵擷取
陳光佑	B	A	清華大學						機率神經網路分類器研 究及建置
謝明劭	B	A	清華大學						電廠模擬器與辨識系統 整合
何泉漢	B	A	清華大學	葉宗洸					執行 SSRT 實驗

張志宇	B	A	清華大學	馮玉明					執行T型管環路系統之運轉與實驗數據分析
康景翔	B	A	清華大學	馮玉明					協助執行T型管系統之架設、實驗與數據蒐集
黃品鈞	B	A	清華大學	馮玉明					協助執行T型管實驗數據處理與分析比對
李宛芸	A	A	清華大學						負責 TRACE 核一燃料池之系統程式分析、FRAPCON 與 FRAPTRAN 燃料護套應力分析之相關工作
辜郁庭	A	A	清華大學						負責 CFD 模式建立與局部分析之相關工作
蔣宇	A	A	清華大學						嚴重事故分組研究之相關工作
隋宗叡	B	A	交通大學	黃爾文					學習製備高熵合金，並使用同步輻射光源進行 XRD 繞射研究，主要使用在測量熱膨脹係數
陳翊閔	B	A	交通大學	黃爾文					煉製高熵合金進行研究、測量熱膨脹，使用同

									步輻射光源進行實驗。另外也協助本計畫招標小型拉伸機，並學習拉伸機的使用，以在本計畫的研究發揮功用
陳仕珉	B	A	交通大學	黃爾文					研究鐵基合金之材料性質，運用萬能拉伸機測量其 Strain、UTS、YS 等機械性質，並使用同步輻射光源得繞射圖譜，藉由 CMWP 等軟體分析微結構
張宇祐	B	A	清華大學	潘欽					熔融物質於冷卻水之淬冷模擬研究
王予柔	B	A	清華大學	潘欽					燃料棒熔毀前的後乾化熱流分析
徐仲彥	B	A	清華大學	馮玉明 林志宏					
王俊仁	B	A	清華大學	馮玉明 林志宏					
王振安	C	A	清華大學	梁正宏					

吳尚謙	A	A	清華大學	梁正宏					
林宇捷	A	A	清華大學	蔣安忠					
李宛臻	C	A	義守大學	吳裕文 陳清江					
鄭尚愷	C	A	義守大學	吳裕文 陳清江					
杜佳簇	C	A	義守大學	王詩涵					
周韋均	B	A	義守大學	劉文仁					
謝佳倩	B	A	義守大學	劉文仁					
鐘明宏	B	A	義守大學	劉文仁					
劉金明	C	A	義守大學	劉文仁					
王詩瑜	C	A	義守大學	劉明樓					
陳美惠	C	A	義守大學	王曉剛					

註：

1. **學歷**：A 博士(含博士生)、B 碩士(含碩士生)、C 學士(含學士生)。
2. **參與性質**：A 參與計畫、B 學程通過、C 培訓課程通過、D 國際學生/學者交換、E 延攬人才。
3. **指導教授**：如「參與性質」為 A、B，則本欄位必填。
4. **參與培訓課程名稱**：如「參與性質」為 B、C，則本欄位必填。
5. **取得證照**：如「參與性質」為 C，則本欄位必填，Y 是、N 否。
6. **證照名稱**：如「取得證照」為 Y，則本欄位必填。
7. **國際交換國家**：如「參與性質」為 D，則本欄位必填，A 美國、B 歐洲、C 其他。

#### 【D1 研究報告】

報告名稱	作者姓名	出版年 (西元年)	出版單位	採納 代碼	備註
核能技術及後端處置之安全強化研究計畫期中報告	葉宗洸、許文勝、白寶實、施純寬、周懷樸、馮玉明、陳紹文、王美雅、李進得、王仲容、許政行、翁輝竹、許榮鈞、薛燕婉、潘 欽、歐陽汎怡、開執中、開 物、黃爾文	2016	清華大學 海洋大學 交通大學	C	
後福島時代全球核安管制法制之發展新趨勢	張惠東	2015	臺北大學	C	

國內住宅氡氣活度量測與劑量評估研究	陳清江	2015	義守大學	C	
核能電廠除役作業安全分析之審查技術研究	林志宏、徐仲彥、王俊仁	2015	原能會	C	
核電廠生物屏蔽體及管件活化分析之審查技術研究	裴晉哲	2015	原能會	C	
除役核電廠廠址特性與環境輻射分析之審查技術研究	趙得勝、王振安、吳尚謙、梁正宏	2015	原能會	C	
核能電廠除役計畫拆除與除污研究之審查驗證研究	蔣安忠、白寶實、林宇捷	2015	原能會	C	
除役作業時低放射性廢棄物解除管制量測之審查技術研究	吳裕文、陳清江	2015	原能會	C	
核能設施除役產生之放射性廢棄物處理管制技術研究	王詩涵、黃美利	2015	原能會	C	
除役超C類低放射性廢棄物包裝容器、貯存及運送之審查技術研究	王曉剛、劉文仁、劉明樓	2015	原能會	C	

註：採納代碼:A 院級採納、B 部會署級採納、C 單位內採納、D 存參。

【E 學術活動】

研討會名稱	性質	舉辦日期 (起)	舉辦日期 (迄)	主辦單位	備註
核設施除役技術研討會	A	2015/03/18	2015/03/19	原能會	
2015 核能電廠除役審查及管制研討會	A	2015/08/26	2015/08/27	原能會	
104 年核設施除役技術研討會	A	2015/09/30	2015/09/30	原能會	

註：性質:A 國內學術研討會、B 國際學術研討會、C 兩岸學術研討會。

【I1 辦理技術活動】

技術/競賽活動名稱	性質	屬性	舉辦日期 (起)	舉辦日期 (迄)	主辦單位	舉辦地點	備註
期中查訪技術研討會	A	A	2015/06/30	2015/06/30	原能會	清華大學	
期末查訪技術研討會	A	A	2015/12/09	2015/12/09	原能會	原能會	

註：性質：A 技術研討會、B 競賽活動、技術說明會或推廣活動、D 其他。

屬性：A 國內活動、B 國際活動。