

ISSN:1812-3295

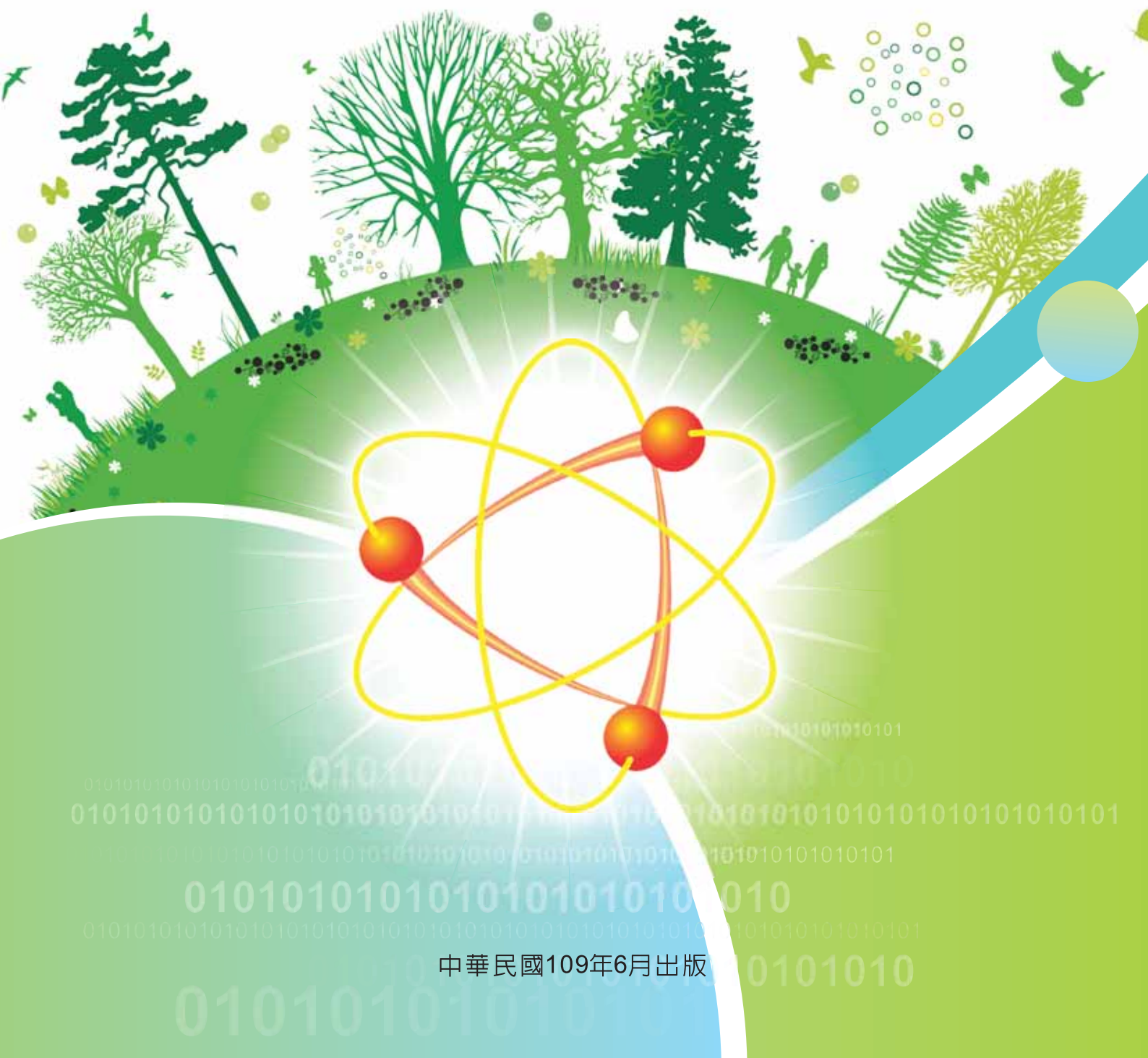


2019

108年年報

行政院原子能委員會
核能研究所

Institute of Nuclear Energy Research
Atomic Energy Council, Executive Yuan



中華民國109年6月出版



行政院原子能委員會
核能研究所

Institute of Nuclear Energy Research
Atomic Energy Council, Executive Yuan

2019 108年年報
Annual Report



行政院原子能委員會核能研究所 編印

中華民國109年6月出版



行政院原子能委員會 核能研究所

Institute of Nuclear Energy Research
Atomic Energy Council, Executive Yuan

2019 108年年報 Annual Report

目錄 Contents

一、序言	4
二、組織架構與經營現況	6
三、研發與創新	8
3-1 珍惜生命的價值 確保核能安全	9
3-1-1 提昇用過核子燃料核種存量的估算準確度- 結合三維運轉功率歷史的先進用過核子燃料核種分析技術	10
3-1-2 膨潤土礦物結構研究與在放廢處置的應用	12
3-1-3 核物料處理實務經驗與技術能力建立－完成TRR燃料池鈾粉清理	14
3-1-4 台灣研究用反應器(TRR)爐體反應槽拆解－水下圓盤鋸系統研發	16
3-1-5 用過核子燃料深層地質處置工程設計及安全評估技術	18
3-1-6 積層弧銲製造技術	20
3-1-7 堅固的外表下更要讓您安心-以機率破裂力學為核能電廠反應器壓力槽做健診	22

3-2 關懷生態的永續 致力環境與能源研發	24
3-2-1電弧電漿快速鍍膜技術應用於智慧變色天窗	26
3-2-2節能膜電漿鍍膜量產設備及頂級產品	28
3-2-3鈇液流電池創新隔離膜材料技術開發	30
3-2-4當微生物研究結合機械手臂與AI-淺談高通量菌株篩選技術	32
3-2-5雙流體化床間接式氣化爐技術開發	34
3-2-6多點能源，少點碳排-固態氧化物燃料電池發電技術	36
3-2-7含綠能之本土化先進配電管理系統	38

3-3 重視生活的品質 推動原子能民生應用	40
3-3-1雙標靶腫瘤缺氧造影劑之開發	42
3-3-2透視肝功能的革命性藥劑-核研多蕾克鎳肝功能造影劑	44
3-3-3負離子商品之輻射量測及評估模式建立	46
3-3-4讓"地"球"化"險為夷-以地球化學反應探討核種遷移的影響	48

四、附錄	50
4-1 108年大事紀	51
4-2 108年取得之專利清單	53

備註：核能研究所歷年出版年報均可至官網內資訊公開一年報項下(<https://www.iner.gov.tw>)瀏覽參考(亦可放大閱讀。)

一、序言

立足核安、前瞻綠能— 持續精進的「核能研究所」

行政院原子能委員會核能研究所（以下簡稱本所）成立於民國57年，是我國從事原子能科技的國家級研究機構，歷經半世紀的蛻變、成長，已經成為國內在原子能研究領域最完整的國家實驗室，也是國內唯一兼具原子能技術與綠能技術之系統整合專業研發機構，擁有豐碩的研發成果並獲得國內外獎項的肯定。

在核能技術應用方面，本所致力於研究核能設施停止運轉前後之設備安全，妥善規劃核能設施除役之程序與所需技術，並研擬放射性廢棄物中期貯存與最終處置等管理策略，期使核設施之運轉、除役、廢棄物管理等均獲得最適合之執行結果；近年來自主開發核設施除役相關技術，已完成台灣研究用反應器第一階段清理作業，成功完成燃料池內積貯廢棄物之清理及除污工作。108年8月本所主辦「核設施除役技術國際研討會」，邀請台電公司、工程顧問公司、國外相關領域專家與會，藉此結合相關產業投入除役相關工作，提升除役產業本土化能力，協助國內核能電廠之除役工作。

在原子能民生應用方面，本所持續投入核醫藥物與高階醫材研發工作，108年3月至5月，滿載生產核醫檢查用藥「氯化亞鉈（鉈-201）注射劑」及「檸檬酸銻（銻-67）注射劑」，以因應國外藥廠因生產不及造成國內嚴重缺藥之問題，2個月的期間提供約18,000位病患心臟造影使用。另外本所於



108年9月取得衛生福利部許可之「核研心交碘-123注射液劑」，為國內首次研發可用於偵測嗜鉻細胞瘤或神經母細胞瘤之放射性診斷用製劑，可提供國內醫院及病患以較低廉的價格取代國外進口製劑診斷使用。

在綠能科技方面，本所自民國91年起即投入相關項目的研發工作，除了在太陽光電、風力發電、生質能、智慧電網及節能等方面獲得豐碩之研發成果外，更積極將成果推廣至產業應用。例如本所考量未來大量再生能源併入配電饋線，將造成電力潮流、故障轉供等問題，與台電公司共同合作開發本土化先進配電管理系統與地理圖資整合技術，108年4月於台電雲林區處配電饋線調度中心進行功能測試，結果顯示能有效提高含綠能之配電饋線調度可靠度。

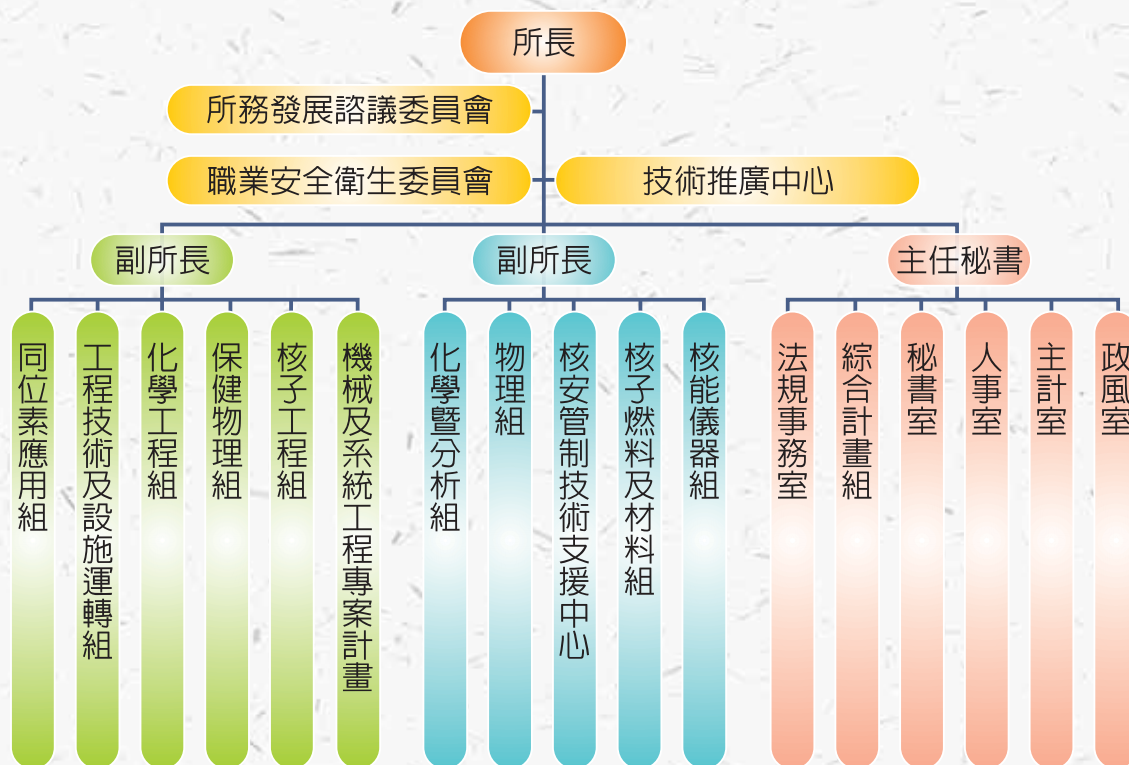
在推廣原子能科普教育方面，本所配合行政院原子能委員會於108年辦理3場「原子能科技科普展」，每場展出近20項原子能及綠能相關研發成果項目，將研發成果轉換為讓民眾能夠了解與親身體驗的活動，3個場次共吸引115,040人次參觀，成功培養民眾對原子能相關科技的認知，並產生更大的興趣。

本所成立至今已逾50年，面對外界環境的快速變化，未來仍有許多的競爭與挑戰，在固有發展的基礎上將積極調整組織發展的步伐，讓原子能科學研究能夠精益求精，努力達成提升國民健康與生活品質及維護環境安全的目標。

陳長晏

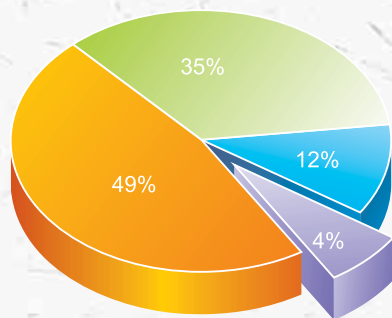
二、組織架構與經營現況

核能研究所組織架構圖



核能研究所108年人力與經費 (資料時間：108年12月)

108年度核研所編制人力分配



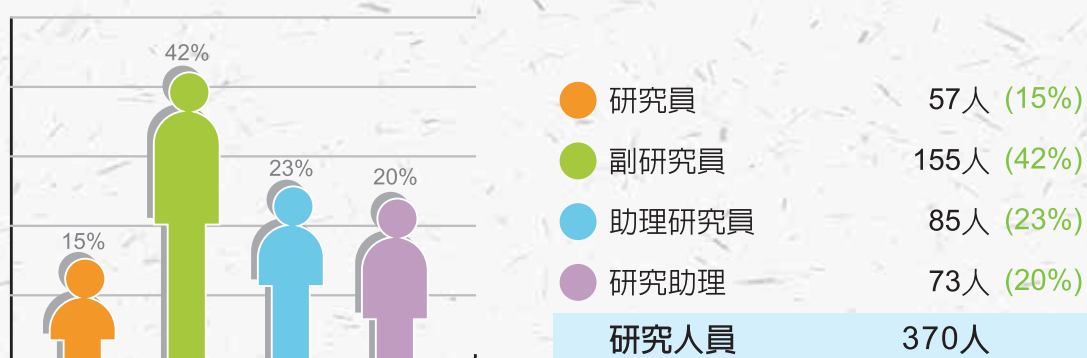
研究人員	370人 (49%)
技術員	264人 (35%)
行政人員	92人 (12%)
技工工友	34人 (4%)
全所編制內人員	760人



108年度研究人員學歷統計



108年度研究人員職稱分類統計



108年度經費支用概況

單位：千元

項次	決算數	百分比
一般行政	1,184,974	67.10%
科技計畫管考、設施運轉維護及安全	150,936	8.55%
科技研發計畫	330,516	18.72%
推廣技術應用	99,620	5.64%
合計	1,766,046	100.00%



三、研發與創新

3-1

正面對決核電除役與放廢處理 積極研發核後端技術

民國108年為台灣核能電廠除役元年，為落實2025非核家園政策，國內核能電廠將於40年運轉執照屆滿時，如期除役。台電公司核一廠兩部機組運轉執照分別於107年12月5日及108年7月15日屆滿正式停機，管制機關-行政院原子能委員會於108年7月12日核予除役許可，是台灣首座邁向除役階段的核電廠。

本所使命在確保核能與輻射安全，運用跨領域系統整合能力，創新原子能與永續能源科技，以實現低碳社會及增進民生福祉；期許成為全國最值得信賴的原子能研發機構，發展核安、輻安、核後端、民生輻射應用與永續能源等關鍵技術；擁有完整涵蓋核能安全之相關專業技術能力，調整研究重心與資源分配，滿足上級機關原能會「如期廢核」及「核廢處理」之兩大施政主軸，與全民共同面對核電廠除役及放射性廢棄物。

本(108)年度核安領域研發項目聚焦在核物料管理技術、除役核設施之清理、處置設施工程設計與安全分析，以及新型加法製造技術研發與引進機率破裂力學應用。年度重要研發則分述於後：

- 結合三維運轉功率歷史，提昇用過核子燃料核種存量估算準確度，提供核子燃料之營運管理、乾式貯存與最終處置規劃應用。
- 研究膨潤土結構及特性，測量分析回脹壓力及水力傳導係數，應用於放射性廢棄物處置設施之緩衝回填材料。
- 清理TRR燃料池鈾粉，開發水下吸取裝置及可撓性收集袋，建立鈾粉脫水、多重包裝運送、安定化程序及安全貯存…等核物料處理技術實務經驗與能力。
- 拆解TRR爐體反應槽，開發水下圓盤鋸機，完成對全尺寸仿體模擬切割測試，可用於未來國內核電廠除役爐心側板拆解工作。
- 組織研發團隊與完整技術布局，擔綱國內高放處置計畫之工程設計與安全評估的重要研發地位，描述場址特性，探討工程設計技術與本土化需求，精進安全評估水平與提升符合安全論證核心。
- 研發金屬3D列印之積層弧銲製造技術，結合機器手臂及自動銲機，實踐製造外型複雜之零件及產品，可以節省材料及前置準備時間…等，提供少量多樣的製造需求。
- 引進機率破裂力學，精進結構分析模組，可應用於電廠大修檢測評估效率提升與運轉維護策略建議，為核能電廠反應爐壓力槽做健診。

3-1-1

提昇用過核子燃料核種存量的估算準確度- 結合三維運轉功率歷史的先進用過核子燃料核種分析技術

處置設施須確保用過核子燃料長久保持在安全狀態。用過核子燃料裡的核種存量攸關衰變熱大小、臨界餘裕及輻射強度，是影響處置設施設計安全性的關鍵參數。隨著核燃料設計技術的精進，核子燃料從燃料棒根數、燃料棒長度、水棒、燃料匣等都有各種不同類型的設計，燃料束鈾濃縮度及燃耗也一直提高且核子燃料功率運轉歷程皆不相同，上述因素反應出用過核子燃料在處置上的複雜性，最終處置設施有必要精確地掌握用過核子燃料的特性。國際上常使用ORIGEN程式分析核子燃料核種特性，但受限於僅能輸入有限的用過核子燃料資訊，精確性較為不足，本研究引進結合三維運轉功率歷史的先進核種分析程式SNF (Spent Nuclear Fuel) 精準估算核種存量，可與ORIGEN相輔相成。

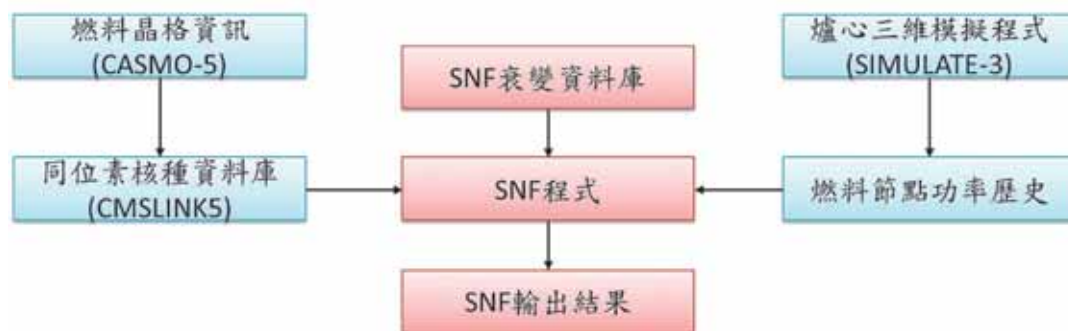
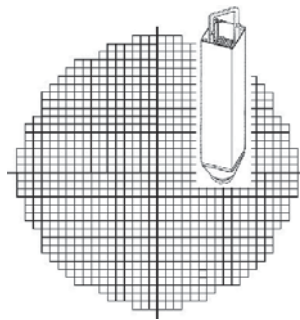


圖1. SNF程式計算流程及資料流

在計算用過核子燃料特性時，SNF程式能夠直接使用CASMO/SIMULATE程式執行爐心追隨計算後得到的詳細節點資訊(圖1)，達到資料使用的連貫與提升正確性。其一大特點是將三維爐心節點的功率歷史納入重要參數(圖2)，甚至可以細算到單根燃料棒的核種存量。SNF程式的核心計算方法是將所有同位素核種的資訊加總，而非使用經驗公式估算保守值，可根據燃料退出時的燃耗值、緩速劑密度歷史、控制棒歷史、燃料溫度歷史、硼酸歷史和功率歷史的節點分佈，重建每個軸向節點的核種初始濃度。此方面SNF也提供操作非常簡易的用過核子燃料核種分析方法。

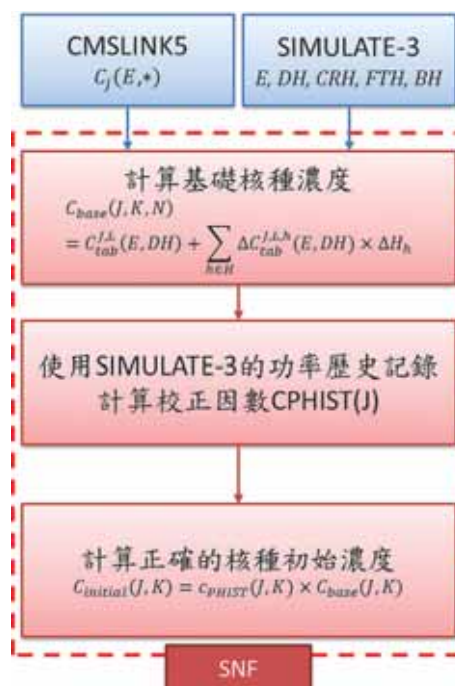


圖2. SNF程式的特色

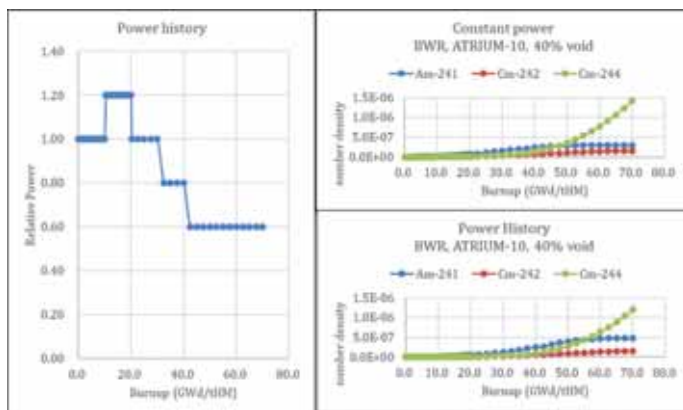


圖3. Am-241在恆定功率與變動功率條件下的差異

用過核子燃料內的核種種類眾多，無法以單一公式或參數來判斷其存量多寡。圖3為恆定功率與變動功率狀況下，核種存量在不同的結束燃耗點之變化，可看出Am-241與Cm-244的核種存量差異明顯，而Cm-242較不明顯。圖4為使用ORIGEN-ARP與SNF程式估算核電廠用過核子燃料的Am-241結果，顯示各燃料束的Am-241存量皆有明顯的差異。圖5比較SNF程式及美國NRC RG3.54修訂一版估算核電廠用過核子燃料在2055年的衰變熱分析結果，RG3.54修訂一版的結果較為保守。

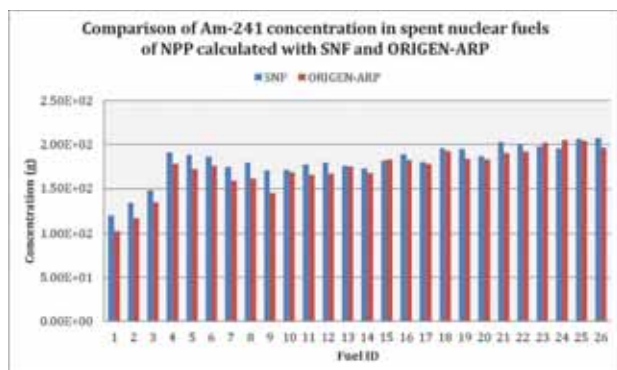


圖4. 以ORIGEN-ARP與SNF程式精確估算核電廠用過核子燃料的Am-241

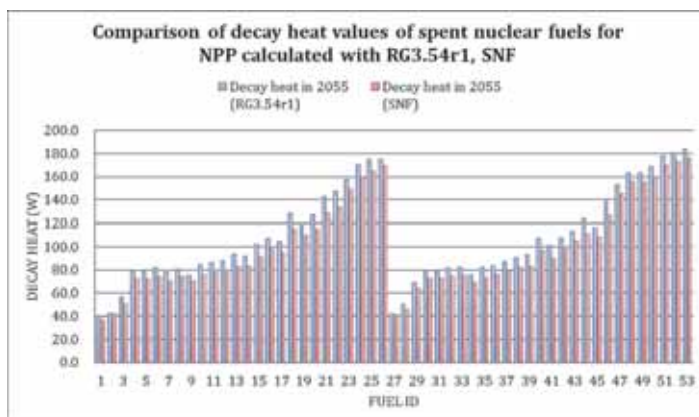


圖5. 以SNF與RG3.54 修訂一版計算核電廠用過核子燃料的衰變熱

美國的 Studsvik Scandpower 公司對 SNF 的同位素加總計算方法曾完整驗證，比較對象包括 U-235 和 Pu-239 樣品於輻射照射後在極短冷卻時間（2 至 14000 秒）的衰變熱測量、ANS 衰變熱標準，並於瑞典的 CLAB 設施中進行 BWR 和 PWR 燃料的衰變熱測量。考慮到量測有 2.5% 的不準度，而 SNF 的計算值與量測的差異一般都在 2% 以內，顯示 SNF 計算結果的精確性。

傳統上 ORIGEN 的核種存量分析較為保守，而 SNF 的精準估算能夠提供其有力的論證，與過往使用的 SCALE/ORIGEN 程式也能夠相互配合；在處置設施營運方面，提供個別燃料的精準估算值，讓工程設計與運轉人員了解安全餘裕的多寡。未來將逐步應用至核電廠所有用過核子燃料的計算，並開發用過核子燃料資訊資料庫，提供用過核子燃料之燃料管理、乾式貯存、最終處置計畫相關應用。

3-1-2

膨潤土礦物結構研究與在放廢處置的應用

膨潤土礦物材料可由片狀矽酸鹽結構組成，具有層狀的四面體及八面體晶體，層與層之間容許離子與水分子通過，具有黏土塑性、低滲透性、高比表面積、高反應性、高吸附性和高離子交換能力，且有高機械強度及耐高溫等特性，為高-低放射性廢棄物處置場設計採用，作為緩衝及回填材料應用。

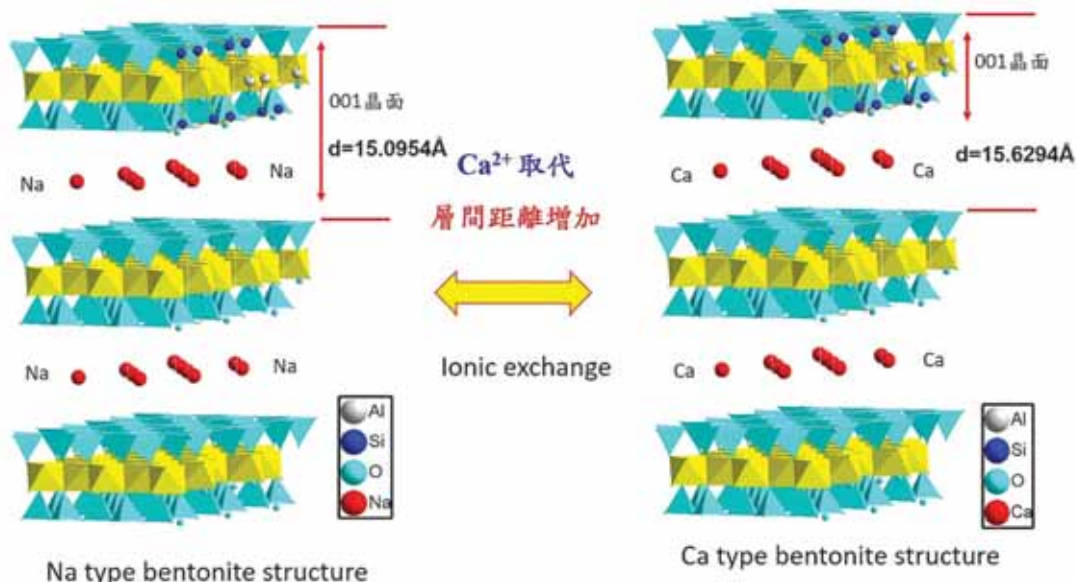
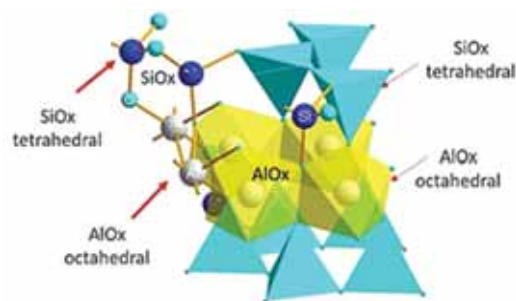


圖1. 鈉型膨潤土與鈣型膨潤土結構特性變化

如圖1 所示，膨潤土礦物主成分蒙脫石分子結構其[001]晶面的距離會隨中間層內離子與水的導入而變化造成膨脹或收縮之影響。例如圖1中左圖層間為 Na^+ 離子當隨著含有鈣離子水淋洗則隨著 Ca^{2+} 取代 Na^+ 離子層間距離會變大由 $15.0954\text{\AA}$ 變為 $15.6294\text{\AA}$ ，圖2其XRD小角度繞射訊號峰位置由 2θ 為 5.85 往小數值 5.65 位置移位變化。經由膨潤土礦物基礎特性研究分析，能獲得高、低放處置場緩衝及回填材料特性參數與品質鑑定品管技術應用。

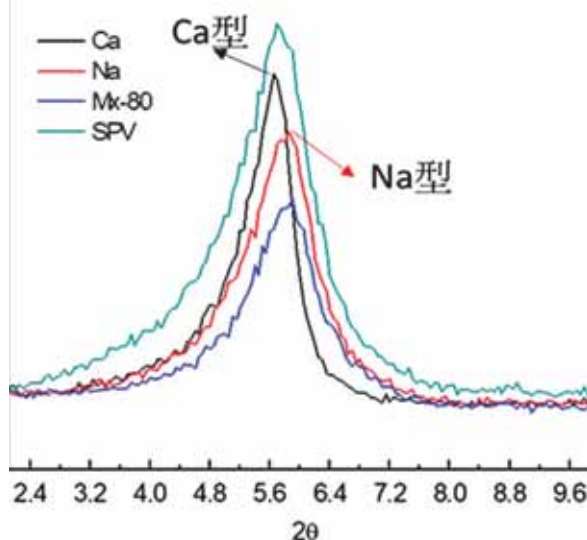


圖2. 膨潤土XRD小角度繞射分析

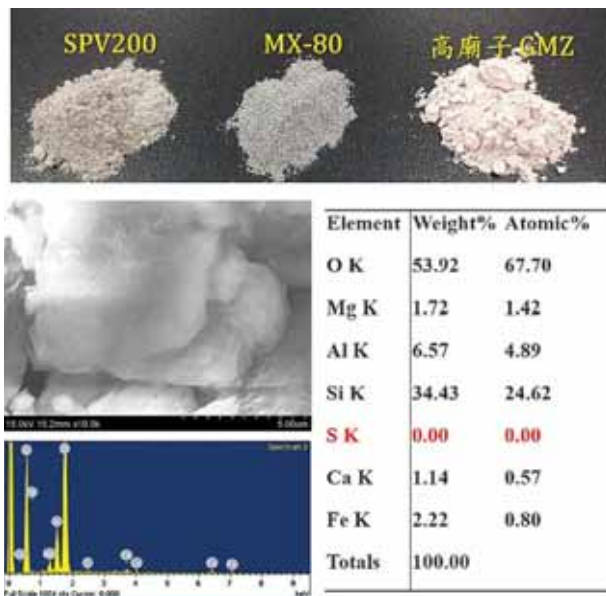


圖3. 膨潤土SEM/EDS 分析

此膨潤土層狀材料根據XRD繞射布拉格方程式 $2d\sin\theta=n\lambda$ 分析，001晶面特性峰可以鑑定是否為膨潤土材料，再根據層間距離研判是為鈉離子為主或鈣離子為主之膨潤土材料，可用於未來材料品管快速篩選之分析工具方法。另外由SEM/EDS分析其微觀影像及成分組成，如圖3所示成分中硫成分很低，低於EDS分析極限，可以作為品管篩選膨潤土中硫成分工具，以減低應用時之材料腐蝕效應。

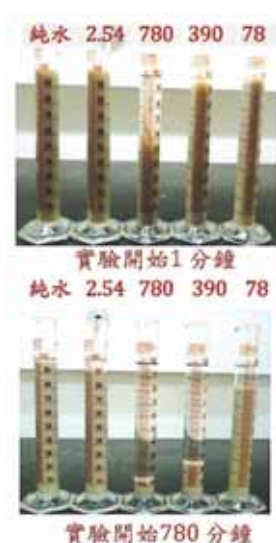


圖5. 不同離子強度水質對膨潤土膨脹之影響與中型膨潤土塊體展示模型

膨潤土特性研究回脹壓力與水力傳導係數，圖4為回脹壓力及水力傳導係數量測工具與分析結果。水中離子強度會對緩衝材料回脹壓力與水力傳導係數有很大影響。因此研究可提供高放緩衝回填材料應用時設計規範要求，例如緩衝材料設計使用密度條件與地下水水質條件應用等。

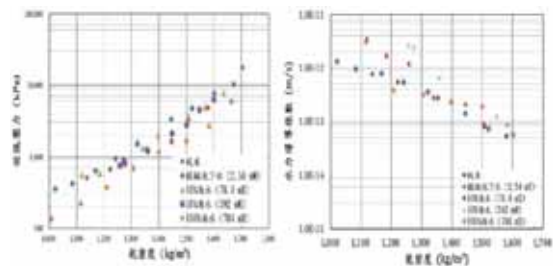
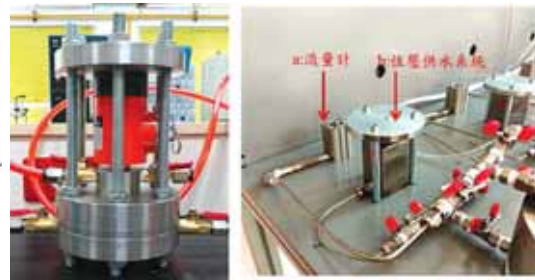


圖4. 回脹壓力及水力傳導係數量測分析

圖5為不同離子強度水質對膨潤土膨脹之影響與中型膨潤土塊體展示模型，氯化鈉離子濃度會對膨潤土回脹能力具很大影響。

未來研究規劃將聚焦提供高放計畫所需膨潤土研究、塊體設計製作與數值模擬運算等。

透過發展膨潤土礦物分析及試驗，以緩衝材料與回填材料之技術發展應用於高放處置場緩衝材料與回填材料設計及安全評估分析。

期望膨潤土特性研究及緩衝與回填材料設計與數值模擬運算，能提供用過核子燃料最終處置計畫，創造研究應用效益。

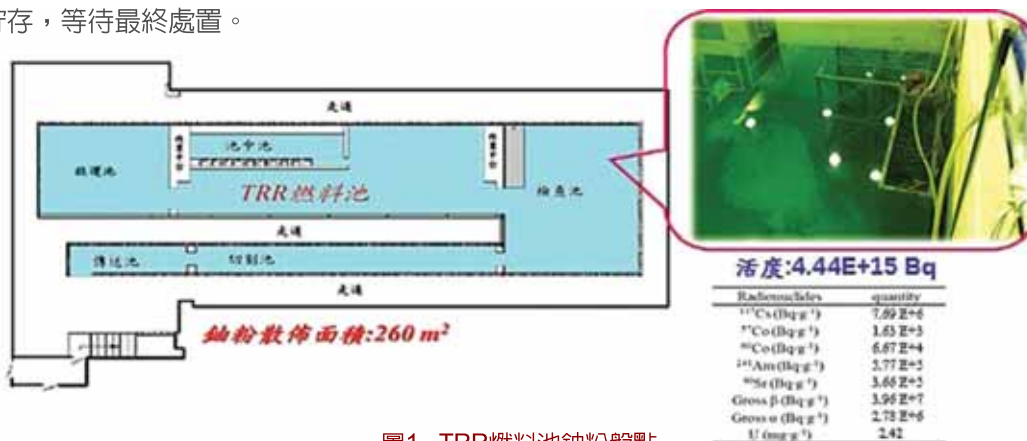
3-1-3

核物料處理實務經驗與技術能力建立—完成TRR燃料池鈾粉清理

依據主管機關核備之「台灣研究用反應器 (TRR) 設施除設計畫書」，燃料池清理作業屬於TRR除役第一階段工作，燃料池內之各類放射性廢棄物均須予以清理，以解除燃料池池水洩漏至環境之潛在風險。



貯放之破損燃料棒內鈾粉釋出沉積於燃料池池底，利用鈾粉重力自然沉降之特性，發展水下吸取裝置及可撓性收集袋，成功將逸散池底鈾粉集中裝罐。秉持「縱深防禦」及「ALARA」原則，逐步建立鈾粉脫水、多重包裝運送、安定化程序及安全貯存等核物料處理技術，並克服高輻射作業環境與水下處理空間限制…等困難，成功完成TRR燃料池內鈾粉清理，繼以安定化處理與安全中期貯存，等待最終處置。



池內清理

圖1. TRR燃料池鈾粉盤點

TRR經過長期運轉使用，在停役後燃料池池底沉積大量的污泥，散佈面積廣闊，加上池水深濃，處理困難。核研所創新操作裝置、研究最佳化操作條件，規劃後續高活度放射性廢棄物處理等各層面技術，整合技術並完成驗證，嚴格管控二次廢棄物產量。以簡化程序、安全操作為原則，開發自然沉澱收集法，利用水下吸取裝置及可撓性收集袋，創新「水底高放射性粉末之收集方法」、「可沉澱粉末物質收集罐及其使用方法」、均已取得專利，克服燃料池深度及池邊狹隘空間困難，提供水下高活度廢棄物處理最佳化工法，成功將逸散池底污泥集中收集，並經瀝乾脫水、加熱乾燥等處理，降低鈾粉殘留水份，以符合後續安定化程序及包裝運送條件。



圖2. 鈾粉池內清理流程



圖3. 鈾粉運送包裝

安定化處理及運貯

利用核研所具有屏蔽、負壓過濾及加熱處理功能之實驗室，作為鈾粉安定化場所，並與美國國家實驗室共同開發鈾粉安定化處理技術。採高溫燒結安定化及真空封裝程序，歷經設備建置、程序驗證及測試運轉，順利完成鈾粉安定化作業。並設計具運輸及屏蔽功能之運送鉛罐，及具屏蔽貯存及再取出功能之暫貯護箱，將安定化產物包裝，運送至暫貯護箱貯存，以滿足國際原子能總署 (IAEA) 存量查證需求。



圖5. 鈾粉安定化產物運貯

運送包裝

進行後續安定化作業時，運送具高輻射高污染之鈾粉，採「縱深防禦」設計，將鈾粉罐層層包裝。以密封袋、轉移鉛罐、鉛屏蔽容器及密封運送箱等包裝，計有二層屏蔽及三層過濾密封，符合運送標準，降低作業場所與工作人員的輻射劑量，減少包件運送危害風險，順利將鈾粉運送至安定化作業場所，確保環境輻射安全。



圖4. 鈾粉包裝運送安定化場所

符合TRR除役時程

源自TRR破損燃料棒洩出之鈾粉仍屬IAEA管制之核物料，為克服鈾粉高輻射強度因素，完成鈾粉取樣及核種成份放化分析，提供核物料料帳比對資料，瞭解安定化產物所含之銻鈾元素重量百分比，精確計算銻鈾同位素重量，後續將提供IAEA料帳檢查佐證資料，確認整體核物料處理流程能符合申報核物料管理規定。

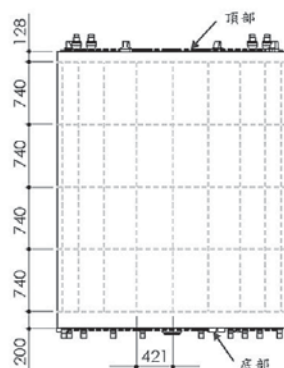
3-1-4

台灣研究用反應器 (TRR) 爐體反應槽拆解— 水下圓盤鋸系統研發

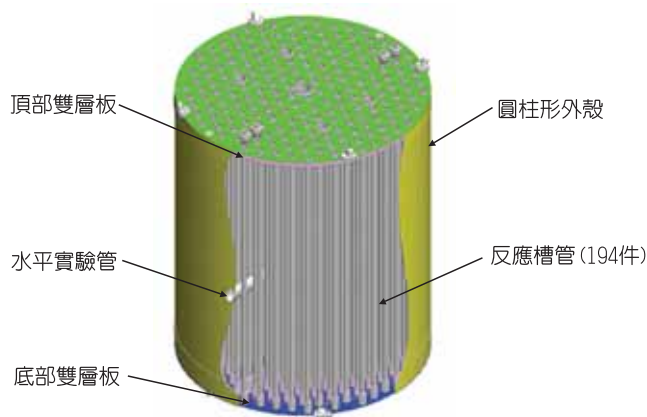
依據主管機關核備的「台灣研究用反應器 (TRR) 設施除役計畫書」，反應器爐體將於2021年開始拆除作業，部分爐內組件 (例如反應槽)，因中子照射活化，具有極高的放射性活度，為確保拆除作業人員與儀具的安全，相關組件擬進行水下拆解，然而國內缺乏高活度組件水下拆除的經驗，也無合適可直接用於水下切割的設備。

在已核備之「台灣研究用反應器 (TRR) 爐體廢棄物拆解計畫書」裡，反應槽的外殼規劃使用圓盤鋸進行水下切除。核研所自主研發之水下圓盤鋸機，並已於模擬切割水池中，完成對TRR反應槽全尺寸仿體的外殼模擬切割測試。

切割測試的結果顯示：開發之水下圓盤鋸機能符合未來TRR反應槽外殼拆解需求，確認設計的有效性。此外，本款圓盤鋸機的設計可經適當的修改，能應用於核能電廠爐心側板切割等相關工作，有助於未來國內核電廠除役工作。



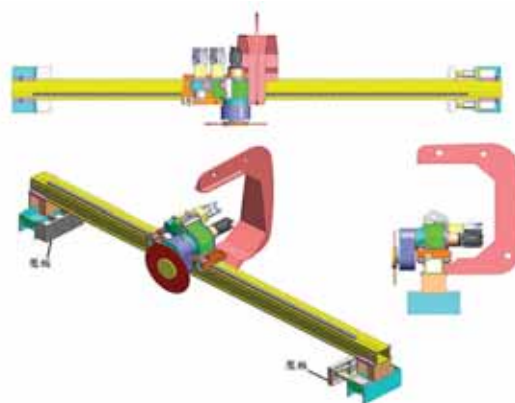
反應槽外殼的切割規畫



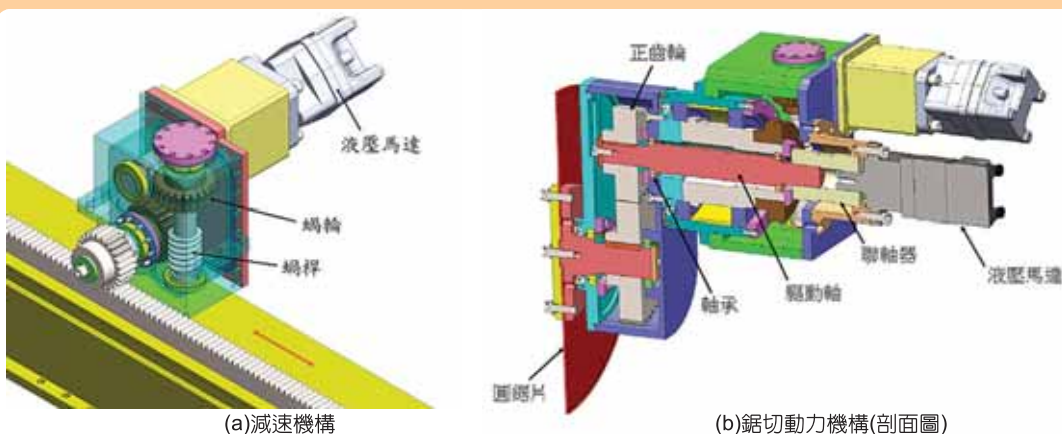
TRR反應槽(剖面圖)

核研所研發的水下圓盤鋸機組成包括：圓盤鋸機本體、液壓源及液壓控制設備。其中圓盤鋸機本體包含鋸片、搖臂、切割平台、驅動與控制單元。前背負式控制器用於控制圓盤鋸機切割與進給，有效控制反應槽外殼切割工作的執行。

圓盤鋸機採用蝸桿蝸輪減速機構，傳遞鋸切動力，及控制鋸切進給。為確保在水下作業時，傳動機構的相關機件不會因鏽蝕的發生而影響機件的運轉；選用不銹鋼材料製作，並利用油封及O型環等設計，防止與池水直接接觸；此外，採用水溶性乙二醇作為液壓動力傳輸媒介，免於萬一液壓傳動媒介洩漏所造成的汙染困擾。

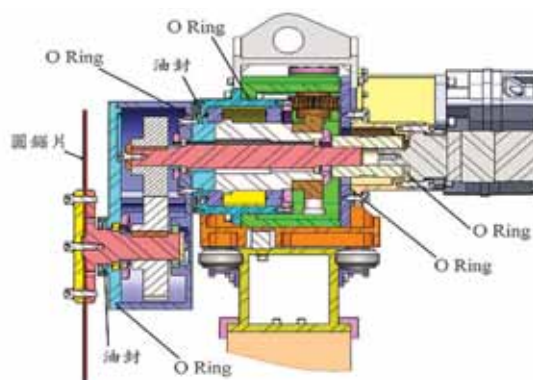


圓盤鋸機之數位模型圖



圓盤鋸之減速機構及鋸切動力機構模型圖

已於核研所模擬切割用水池中，對TRR反應槽全尺寸仿體外殼，完成數道的模擬切割測試，確認圓盤鋸機設計的有效性，切割測試的相關參數回饋設計，改善使用，有效增進切割的效率與安全。未來將進行結構設計優化，減輕組件的重量，增進可應用性。



圓盤鋸之防水密封元件安裝位置示意圖



圓盤鋸執行切割TRR反應槽仿體



在TRR反應槽仿體上完成兩道模擬切割



圓盤鋸在水下切割TRR反應槽仿體

開發的第一套可於水下切割高活度組件之圓盤鋸機，將用於TRR除役作業反應槽外殼切割。本款設計「切割圓筒型反應器爐體之水下圓盤鋸機及其方法」已向經濟部智慧財產局申請發明專利，申請案號：108137220。

3-1-5

用過核子燃料深層地質處置工程設計及安全評估技術

2019年主要亮點績效

-奠定本所高放專業團隊及技術布局-

我國處置計畫期程自2005年起至2055年。核研所在計畫發展過程中扮演了處置設施工程設計及安全評估技術研發的重要角色。計畫第一階段的重要里程碑既是完成「我國用過核子燃料最終處置技術可行性評估報告」(SNFD2017報告)，也需通過原能會於2018年的重要審查。於此同時，核研所也重新完成盤點進入處置計畫第二階段的技術需求，並且在2019年展開奠定安全論證基礎的準備。放眼於未來選址重要任務，核研所已有完整的團隊與技術布局。



- 計畫主持人由副所長擔任，採矩陣專案管理，並集結國內外專業機構與學術研究單位。
- 核研所內由4大功能組組長擔任協同計畫主持人，共7個功能組參與，統合70餘專業技術人力，由中階幹部擔任小組負責人，形成老中青管理與技術傳承架構。
- 創造主力年輕化的研究團隊，接棒解決國家重大任務。



核研所與外部專業機構組成的處置技術團隊

工程設計及安全評估不可或缺的場址特性描述

為能將場址特性、工程設計及安全評估妥適連結整合，2019年，參酌瑞典SKB公司的經驗，初步將場址描述模型SDM(Site Descriptive Model)納入發展需求。

成立SDM工作小組，作為技術推動分工與成效分享平台；發展場址調查技術與模型建置之應用；召開及參與國內外技術研討會議，增進技術交流與資訊更新機會；依據台電公司本期108-109計畫之區域特性調查技術精進項目，嘗試應用本所無人載具技術發展空中地球物理探測技術。



發展無人載具空中磁力探測技術

培育工程設計技術與本土化需求探討

引進瑞典KBS-3系統，進一步本土化過程中，需建立變更設計的能力。2019年，幾項技術發展，包括：

- (1) 廢棄物罐安全分析：建立妥善的核臨界分析技術，確保次臨界安全。建立抗圍壓安全分析技術，維持廢棄物罐內部空間。建立抗剪力安全分析技術。處置孔內在受到任何角度與位置的裂隙截切條件下，廢棄物罐應該保持完整。
- (2) 緩衝材料性能分析：提升緩衝材料壓實密度設計能力，維持阻水功能。建立支撐廢棄物罐性能分析技術，維持廢棄物罐於處置孔中心位置。建立回填材料性能分析技術，維持處置孔內部緩衝材料性能。
- (3) 處置設施配置技術研發：精進處置孔間距設計，解決熱議題，維持緩衝材料特性。進行裂隙截切之避孔設計，降低地震引致裂隙位移之危害機率。精進處置孔與隧道穩定性設計，分析裂隙入流量。

精進安全評估水平與提升符合安全論證核心

依據IAEA-SSG-23，逐步掌握安全論證核心及OECD/NEA之MeSA安全論證方法論。2019年，有幾項重要研發項目，包括：

- (1) FEPs影響範圍界定：建立FEPs資料庫，進行長期知識管理。邀請專家會議進行跨領域科學技術與需求討論；發展性能分析技術探討障壁系統的行為機制，並設計實驗進行驗證。
- (2) 參考演化與情節發展：由外部條件（板塊與氣候）衝擊及內部作用（障壁性能劣化），探討障壁各種圍阻性能的劣化可能性，訂定任何造成核種釋出的情節與後果，並以故事版（Story board）呈現，增進溝通效果。

- (3) 安全評估模式鏈發展：依FEPs及安全功能發展情節，進一步產生量化模式與數據盤點，完成模式串接上下游關係之建立。



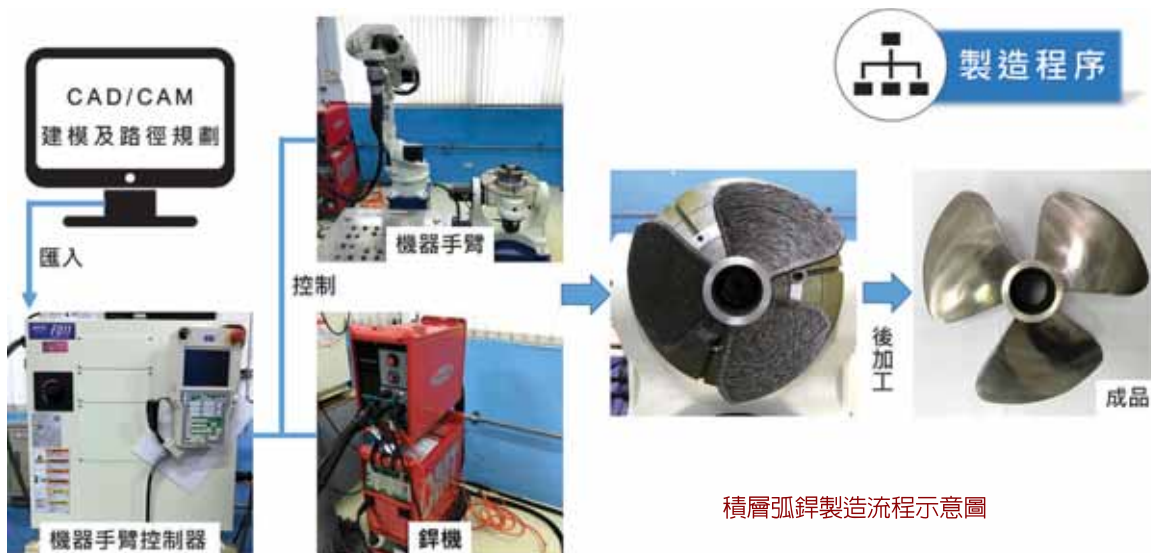
參考演化與情節發展之腐蝕議題(上)及地震議題(下)故事版

3-1-6

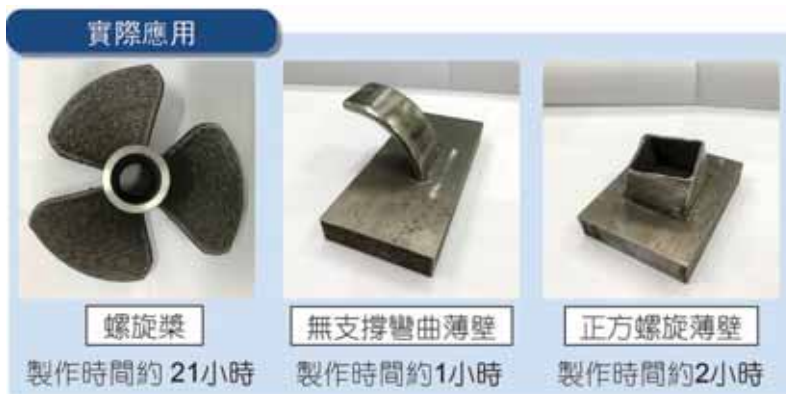
積層弧銲製造技術



積層弧銲製造 (WAAM: wire+arc additive manufacturing) 為金屬3D列印技術之一，藉由結合機器手臂及MIG自動銲機，實踐製造高強度及高外型複雜度之各式零件及產品，能節省材料及前置準備時間等製造成本，執行少量多樣的製造模式。製造過程運用CAD/CAM軟體繪製產品3D外型，並規劃輸出產品的銲接路徑，配合自行開發之堆銲及堆疊參數，實踐近似成型之積層製造，同時可搭配使用相關模擬分析軟體，評估成品製造過程之應力及應變變化及分佈，以利弱點監控，避免缺陷發生。在結合運用相關技術下，本技術可避免多道次銲接下所引入的應力及變形缺陷，並可以在機械性質符合相關規範要求下，於短時間內完成近似成型之產品，達成大幅降低製造成本。



積層弧銲製造為運用傳統弧銲之設備及銲材，整合在機器手臂或CNC機台上，用以進行逐層堆疊製造之技術。以下為其優點：適合大型零組件製做，堆疊效率高，能大大縮短製造時間、具六軸加工，相較於傳統的CNC製造，過程中可大幅減少人為更換刀具或工件方位時間，有助於減少人力成本、且為加法加工，能大幅減少材料浪費、同時，已具有ASTM相關規範可遵循，以確保產品品質。



製造各種零件所需要的時間

機械性質

	Materials	抗拉強度 (MPa)	降伏強度 (MPa)	延伸率 (%)
ASTM 規範值	304 Plate (ASTM A240 304)	515	205	40
	304L Plate (ASTM A240 304L)	485	170	40
	304H Casting (ASTM A351 CF8)	485	205	40
	F304 (Forge Product)	515	205	30
WAAM 鐸件測試值	308L (橫向)	544±2	308±8.5	46±3.6
	308L (縱向)	526±5.7	286±10.9	46±8.1



308L不鏽鋼WAAM製造之材料機械強度數據

WAAM技術實踐將電腦繪製的3D模型直接以金屬材質列印製造出來，且製造出來產品之機械強度與性能可符合一般工業規範，其他金屬積層製造技術則難以達到。

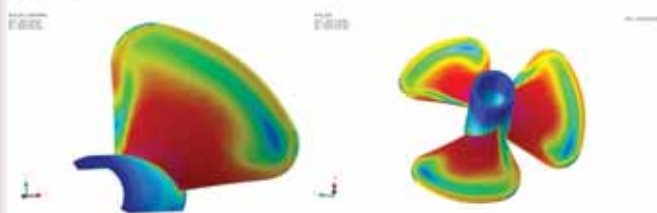
本技術能搭配模擬分析軟體可了解產品殘留應力、變形數據與趨勢，並做為評估產品使用效能與年限之依據，方便產品後續維護與監測。

與其他積層製造技術相比，積層弧鐸製造在生產環境上較無限制，可在大氣環境中操作，且熔填及製造效率高；與傳統加工相比，如航太業在製作高複雜度之組件，應用此技術，除可大幅降低材料成本，亦可在零件開發階段用於樣品或模型製作，縮短大量前置時間及費用，提升產品開發效率；與傳統開模製造相比，在未來少量多樣化的生產模式下，利用此技術，方能減少開模時間及成本，提高產品競爭力。



WAAM實現由3D圖檔直接輸出製造零件

WAAM模擬分析



WAAM配合模擬分析軟體輔助了解產品的各項數據如殘留應力、變形.....等

WAAM適合製作大型、少量、多樣化的客製化組件，因WAAM能大幅減少人力、模具、材料成本及交期時間，此特點對製造貴重金屬產業而言，其效益更加顯著。

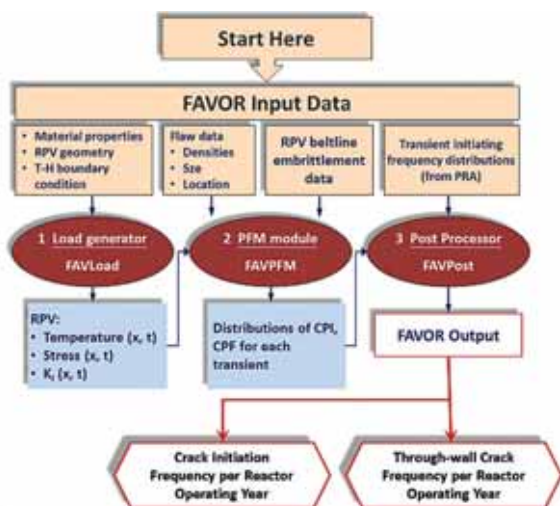
WAAM製造產品的機械強度與原生材料強度相近，可滿足一般工業標準之規範，且具有如ASTM等相關規範可遵循，可以確保產品品質。

3-1-7

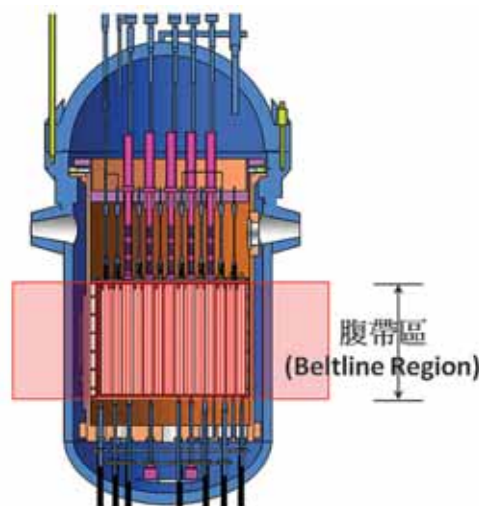
堅固的外表下更要讓您安心-以機率破裂力學為核能電廠反應器壓力槽做健診



反應器壓力槽 (Reactor Pressure Vessel, RPV) 為核能電廠最重要之壓力邊界組件，承受運轉時的高溫、高壓與高輻射等環境作用，需避免長期運轉引發之材料脆性破裂。核研所以機率破裂力學 (Probabilistic Fracture Mechanics, PFM) 分析技術評估反應器壓力槽結構的完整性，採用統計分布模型，模擬各項組件破裂影響變因 (包含環境、材料劣化與負載等)，再以隨機取樣方法執行多次破裂力學遞迴分析運算，可以模擬各種潛在變因，客觀評估反應器壓力槽之結構可靠度，所得之風險評估結果，可提供核能電廠運轉維護之依據與管制機關安全管制參考。



機率破裂力學分析程式FAVOR分析架構

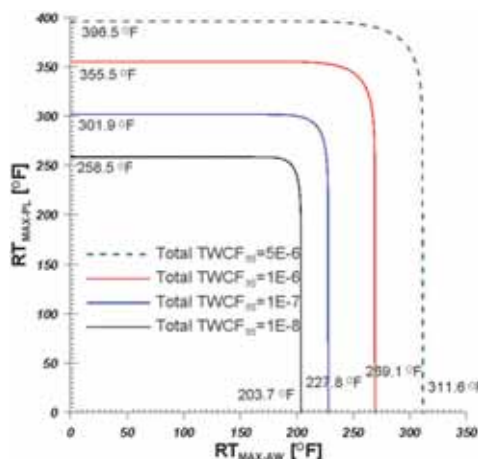


反應器壓力槽腹帶區示意圖

核能電廠反應器壓力槽為大型焊接結構高壓容器，其可靠性與安全性較一般鍋爐容器要求更高，須遵照法規，進行定期檢測與安全評估，以確保結構完整性。

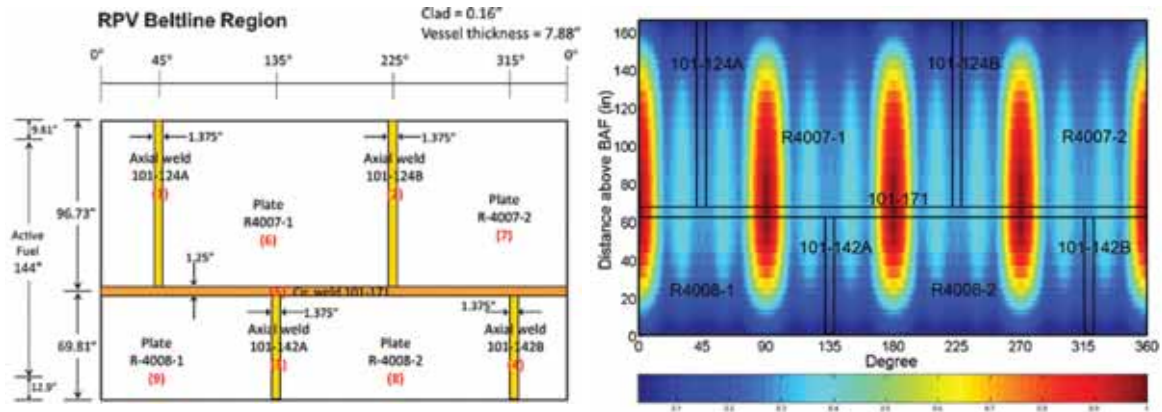
機率破裂力學分析技術為現今最主要的評估方式，用以評估反應器壓力槽於不同輻射脆化條件下，遭遇各種假象意外暫態下的破裂機率結果。美國核管會以風險告知 (Risk-informed) 概念，制定壓水式反應器壓力槽承受壓力熱震 (Pressurized Thermal Shock, PTS) 的管制法規，以及沸水式反應器壓力槽殼側焊道檢測範圍申請準則；此外亦用以作為運轉限度與爐壁潛在劣化的重要評估工具。

核研所引進美國橡樹嶺國家實驗室 (Oak Ridge National Laboratory, ORNL) 所開發之機率破裂力學分析程式FAVOR，針對反應爐壓力槽組成材料、輻射脆化、裂紋分布、假想暫態等進行最適化的模擬，分析潛在的破裂風險。



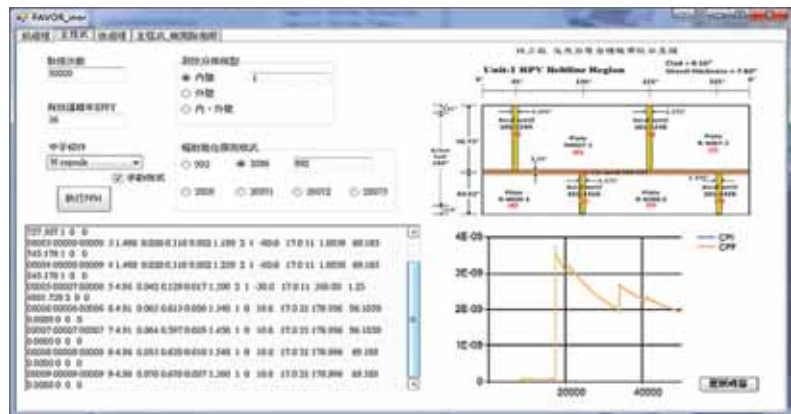
不同容許風險下爐壁材料 RT_{NDT} 限度制定

針對國內核能電廠，核研所已建立反應器壓力槽機率破裂力學FAVOR分析模型，並針對最具潛在威脅之BWR電廠低溫過壓 (Low-Temperature Over Pressure, LTOP) 事件與PWR電廠壓力熱震 (Pressurized Thermal Shock, PTS) 暫態進行分析。分析獲得之結果皆滿足美國核管會的容許風險目標，驗證國內核能電廠反應器壓力槽皆能維持足夠的結構可靠度。



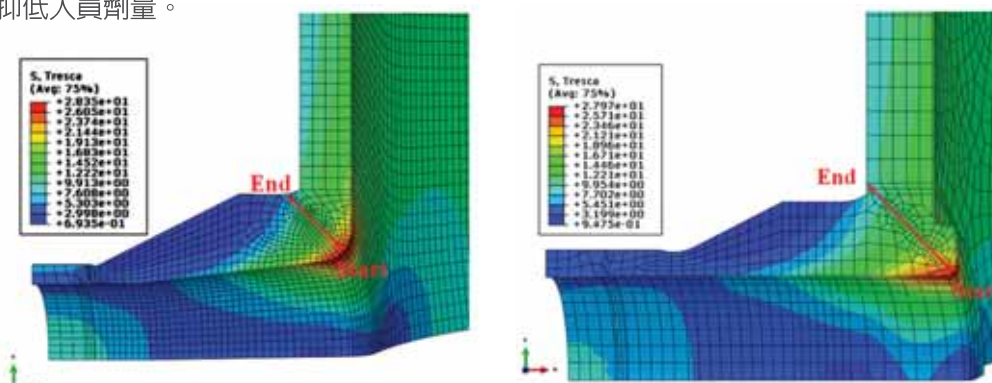
壓水式電廠反應器壓力槽腰帶區分析模型與中子照射強度分布

核研所透過相關研究計畫的執行，開發以FAVOR程式為運算核心，適用於國內電廠反應器壓力槽的分析視窗平台系統，整合所有國內反應器壓力槽分析參數以及國內外設計與意外事故資料，提供國內各核能電廠反應器壓力槽遭遇各項事故時之快速評估工具。



核研所開發之國內核能電廠反應器壓力槽機率破裂力學分析視窗系統

核研所將持續與國外技術單位合作交流，引進最新版FAVOR v16.1程式，持續精進分析技術，同時開發適用於反應爐管嘴 (Nozzle) 結構的分析模組，未來將可應用於反應爐壓力槽爐壁管嘴檢測範圍評估與運轉限度建議，並可適當地提出運轉維護策略，提升電廠大修檢測效率，節省時間金錢與抑低人員劑量。



壓水式電廠反應器壓力槽管嘴應力分析模型：(左) Inlet：(右) Outlet管嘴

3-2

環能領域

近年來，政府提出「能源轉型」政策，以「綠色創能」、「循環經濟」與「低碳環境」為核心，配合「五加二」旗艦計畫發展產業，積極推動落實能源轉型的目標。行政院原子能委員會核能研究所（以下簡稱：核研所）以國家實驗室之定位，支援國家能源政策之策略規劃，以開發多元化能源技術、推廣技術產業化為任務，並冀望帶動綠能產業發展以及提升競爭力。

核研所配合國家政策，多年來積極投入環境與能源科技領域之研究與發展，包含節能膜、太陽能發電、風能、生質物潛能之應用、潔淨能源轉換、鈎液流電池、固態氧化物燃料電池、智慧型電網等。本（108）年度重點研發成果摘要說明如下：

（一）**節能**：電漿鍍膜製程應用在智慧節能生活技術開發，提供未來綠色節能新產業之應用利基與發展方向，促進節能減碳與永續發展。核研所建造國內獨創之低成本大型電弧電漿鍍膜量產系統，開發綠色建築與高性能汽車應用之電致變色節能膜產品；研發團隊已掌握變色電極薄膜製程條件與穩定性技術，其薄膜可快速變色、可有效隔絕太陽光所造成的輻射熱與紫外線，大幅降低空調之耗能，裨益節能減碳。另外，核研所與台灣節能膜生產商合作，成功開發出獨步全球的卷對卷複合型電漿模組化鍍膜系統，完成一系列高效能節能膜產品生產製程開發，使節能膜產業升級。例如，頂級熱反射型節能膜之試量產產品G50通過經濟部工業局隔熱膜之「奈米標章產品驗證」，進而另將G50貼膜玻璃產品申請「節能玻璃綠建材標章認證」，目前正由主管機關審查中。

（二）**儲能**：為提高電網中再生能源的滲透率，可配置多元儲能單元組合，以獲得供電可靠性，而鈎液流電池預估為未來電網儲能系統的重要選項。核研所聚焦於研發國產化儲能系統技術，開發高穩定性關鍵材料，如隔離膜、電極及電解液等；例如，針對聚苯咪唑（PBI）膜進行改質，並與國際指標杜邦Nafion膜比較，其能量效率表現僅差2%左右，而價格預估為20%。因此，藉由發展低成本高效能材料及組件，降低全鈎液流電池儲能系統成本，將能提升國內液流電池儲能系統競爭力。

（三）**潔淨能源**：包含燃料電池、氣化技術等內容之高效率低排放（HELE）能源技術。

1. 固態氧化物燃料電池（Solid Oxide Fuel Cell, SOFC）：SOFC發電系統具高能源效率、低污染排放之特性，可降低二氧化碳排放，提供一穩定、具彈性、潔淨且高效率之能源選擇。核研所自製電漿噴塗金屬支撐電池單元（MSC），進行新型設計首例本土化千瓦級電池堆之組裝與測試。另外，低溫型MSC電池片測試結果顯示具有極佳的發電性能，陶瓷基板陽極支撐型專利幾何結構電池產品已完成小型試量產與效能

驗證，以YSZ為電解質之商化電池產品將提供KW級系統之先導實證，而燃料重組觸媒具抗碳沉積能力，使用壽命更長。核研所藉由技轉與合作，協助廠商建構國內自主技術SOFC產業鏈雛型，兼顧產業發展與環境保護、及創造雙贏之政策目標。

2. 氣化技術：氣化技術將含碳固態燃料轉化產生合成氣及熱能，不僅可用來產生電力作為潔淨能源供應，也可進一步製成化學品，契合綠色創能及循環經濟之主軸。核研所建立雙流體化床間接式氣化技術設計能量，其優點為採用純蒸汽作為氣化劑，因此合成氣可達近零氮組成、整體熱值提昇；目前完成百瓩級氣化爐熱模建置，並進行生質料源氣化反應測試，驗證雙流體化床氣化爐可連續穩定操作。核研所開發以氣化技術為基礎之能源供應系統，致力於碳源潔淨利用、減少碳排放及廢棄物能源化，同時追求更高的發電效率與供電彈性。

（四）**智慧電網**：智慧區域電網運用能源資通訊技術，發展能源驅動程式，進而有效提升大區域再生能源併入電網的滲透率，達成「智慧整合」目標。核研所與台電公司共同合作開發本土化先進配電管理系統(ADMS)，完成整合配電監控(SCADA)與地理圖資系統(GIS)，建構含綠能之本土化先進配電管理系統。該系統於108年4月在台電雲林區處上線運轉，有效管理配電系統300多條饋線及再生能源發電，減少用戶停電時間。目前成果已奠定後續穩定饋線電壓變動的重要基礎，藉以提高饋線上再生能源比例。希望藉由核研所技術突破，提升國內產業技術與創新產業應用，作為進軍東南亞電力市場之商業契機。

（五）**循環經濟**：全球致力發展循環經濟新模式，期透過能資源的再利用，達到永續發展及環境共生的願景，而生質物潛能之應用將有利於強化能資源自主能力的建構。核研所建置國內首創專用於工業生技領域之菌株開發高通量自動化平台設施，期加速工業生技菌株的開發效率，掌握工業生化製程中的關鍵技術；以生產生質塑膠聚乳酸(PLA)材料為例，短時間內經過篩選成功獲得馴化菌株，大幅提高乳酸產率。期藉由高通量菌株篩選設備之應用，提升產品菌株效能及降低開發成本，致力推動兼具環境永續發展之新興生質精煉產業。

總結言之，核研所深耕於新再生能源技術研發多年，多項領域已達到國際化的技術水準。展望未來，核研所將持續配合國家永續發展政策的推動，掌握自主性關鍵技術，發展清潔生產與環保技術、強化能資源循環體系；冀望達成潔淨減碳之政策目標，並加速綠能推廣及產業化。

3-2-1

電弧電漿快速鍍膜技術應用於智慧變色天窗



因應全球暖化效應，各國均重視節能減碳，其中智慧電致變色玻璃具備可調整採光量與阻擋紅外線熱源之功能，並降低空調與照明這兩種設備耗電的問題。此類元件可視為未來綠色節能市場上最重要的新技術之一，預計2025年有56億美元的商機規模。傳統電致變色元件之關鍵製程以磁控濺鍍方式為主，由於磁控濺鍍方式沉積速率過慢且鍍膜設備昂貴，以至於智慧車用天窗及豪華郵輪窗戶玻璃之價格居高不下，現今仍不普及於市場應用。

核研所近2~3年與台灣玻璃大廠共同合作，以核研所研發之新電漿技術鍍製變色薄膜，突破國外高單價電致變色元件之成本壁壘；該成果可為我國智慧窗相關產業提供解決方案，提升產業於國際間的能見度。預期可大幅降低成本，有利於綠色建築與高性能汽車應用普及化。

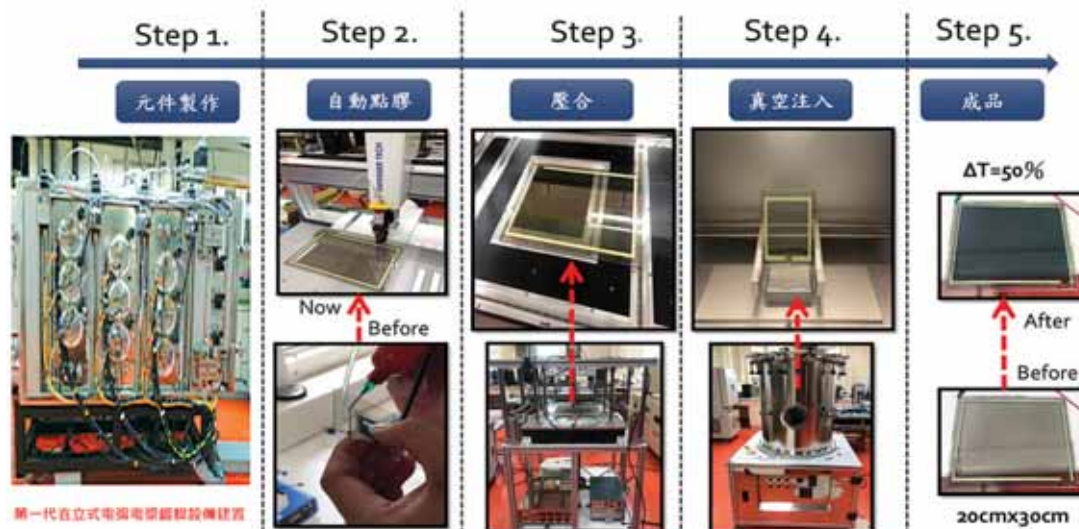


圖1. 整合電致變色商品技術開發：從上游電弧電漿源，中游特殊製程配方及封裝系統設備開發至下游電致變色成品產出。

本案建造國內獨創之低成本大型電弧電漿鍍膜系統，其設備成本為傳統磁控濺鍍1/3~1/2倍、鍍膜速率提高3~5倍、元件成本降低1/3倍，大幅提升產品之價格優勢。

與國內玻璃廠商共同研發低成本且快速變色元件。在上色時可隔絕太陽光所造成的93.8%輻射熱與95.3%紫外線，當元件回到透明時也能阻擋62.3%以上的熱紅外線。因此，大幅降低空調支出之耗能費用，有助於節省空調負擔，裨益節能減碳。



圖2. 上圖：自組研發智慧型電致變色膜
下圖：電致變色元件之原理



圖3. 獲獎獎狀。自左至右為：106年台北發明展銀牌獎與107年台北發明展銀牌獎

核研所運用高密度電漿源裝置，具有優異之特性：(1)沉積速率快、(2)高離化率之電漿、(3)附著性佳、(4)寬廣製程參數條件之優勢。研發團隊已掌握變色電極薄膜製程條件與穩定性技術，其薄膜特性具有多孔結構，有助於增加表面積比，可快速變色。



圖5. 汽車變色天窗

汽車變色天窗商機(不含售後市場)預測依據如下：各車廠每年3,000萬輛產能目標為基礎，而實際產能達成率為80%。假設未來其中5%的中高階車種配置變色天窗，平均每組變色天窗以單價US\$300估算，推估商機=3,000萬輛×80%×5%×US\$300=美金3.6億元/年

核研所於研發期間，榮獲106年台北國際發明暨交易技術展銀牌獎與107年台灣創新技術博覽會銀牌獎，為本所與爭取榮譽，獲得肯定。106~108年輔導廠商技術服務案：「大型商用金屬氧化物變色薄膜電極製備之關鍵技術評估案」，簽約金130萬元(宏益玻璃公司與力光興公司)，專利應用6件。核研所正努力進行技術轉移輔導國內廠商，製作出大型化電致變色薄膜之關鍵量產技術及設備開發。

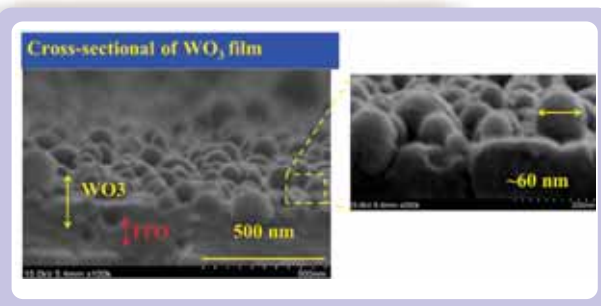
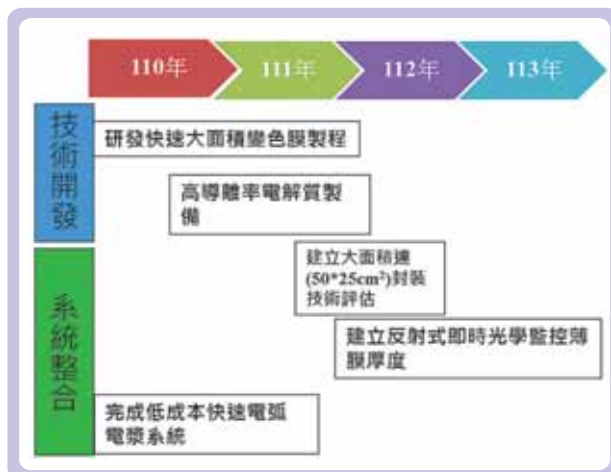


圖4. 運用電弧電漿沉積出適合離子進出之微結構(奈米球~60nm)



核研所發展電漿相關領域已有30年之經驗，並利用獨自研發之快速電弧技術製造高效率之能源薄膜，應用於商業產品評估。規劃以小量生產推廣，推動產業先期參與，以減少廠商初期投入成本，及加速正式導入大量生產之時程。

本案之願景為朝向我國能源政策的核心價值「綠色經濟」、「能源安全」、「環境永續」與「社會公平」四大面邁進，促進社會永續能源發展。

3-2-2

節能膜電漿鍍膜量產設備及頂級產品



為促進永續發展，節能減碳是我國重點政策之一。台灣地處亞熱帶，夏季空調用電負荷居高不下，有效的遮陽蔽蔭，例如節能膜（亦稱隔熱紙）貼窗，可幫助節省用電負擔。核研所與台灣最具規模之節能膜生產商合作，以核研所電漿專業研發出以電漿技術鍍製之新型頂級節能膜，利用熱輻射的反射，可同時兼具遮陽與採光；以彌補台灣在節能膜技術長久以來處於中低層次的不足，同時將國內節能膜性能提升至國際水準。雙方經4年合作研發，成功開發出獨步全球的卷對卷複合型電漿模組化鍍膜系統，並於108年8月完成交機試產。合作廠商於斗六工廠建立廠房，建置本鍍膜系統；預計於109年開始商業運轉，將生產台灣業界唯一的熱反射型節能膜系列頂級產品。

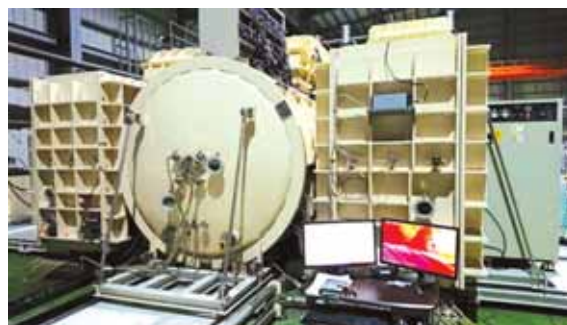


圖1. 合作廠商於斗六建置卷對卷複合型電漿模組化鍍膜系統。

左圖：機台建置中。右圖：建置完成

該卷對卷複合型電漿模組化鍍膜系統完全由國內自行研發，自立自主，而生產成本與國外類似產品相比只有其1/3，大幅提升產品之價格優勢。

頂級熱反射型節能膜為卷對卷複合型電漿模組化鍍膜系統之主力產品，其特點為利用太陽光的波動天性，以含銀的多層光學鍍膜加以控制太陽光在節能膜上的透射量、反射量；進而保持人眼視覺需要的七彩波段的透光量，並將不需要的熱輻射波段反射回室外。此特性可突破傳統塗佈節能膜既黑且發燙的缺點，達到既透明又隔熱的雙重效果；該類產品適合於車用、建築用，有助於節省空調負擔，裨益節能減碳。

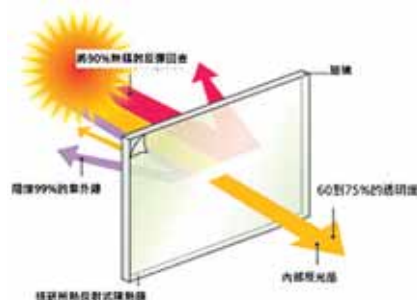


圖2. 上圖：頂級熱反射型節能膜，下圖：熱反射型節能膜原理



圖3. 獲獎獎狀。自左至右為：第14屆國家新創獎，汽車零配展銅牌獎，Create The Future競賽獎

頂級熱反射型節能膜利用光的干涉效應將太陽熱輻射反射至戶外，其關鍵為奈米光學鍍膜層。本產品於108年獲得工業局奈米標章認證，肯定本產品之奈米技術及獨特性能。

進而，合作團隊以核研所的薄膜光學計算技術，設計並實際生產可與高性能玻璃綠建材相匹配的節能膜款式G50；107年經電子檢驗中心測試，其貼膜玻璃即具有玻璃綠建材之性能規格。合作廠商於108年將G50與玻璃組合為膠合玻璃申請綠建材標章，目前正由主管機關審查中。

促進節能減碳，發展綠色科技，協助本土企業技術提升是核研所秉持之宗旨；期予未來能繼續推廣更多相關技術，為國人創造更美好環境。



圖4. 奈米標章使用證書

項目	受檢範圍	判定標準	標準	試驗法	其他
配材	1. 單層玻璃	總反射率Sc值	≥0.35	CNS 12381 ISO 9050 JIS R-3105	
	2. LOW-E玻璃	可見光反射率	≥0.25	CNS 12381 ISO 9050 JIS R-3105	
	3. 膠合玻璃	可見光反射率	≥0.5	CNS 12381 ISO 9050 JIS R-3105	
	4. 複層玻璃	可見光反射率	≥0.5	CNS 12381 ISO 9050 JIS R-3105	

圖5. 玻璃綠建材規格規定

中華民國電子檢驗中心
ELECTRONICS TESTING
CENTER, TAIWAN

TESTING REPORT

Page 1 of 11

測試報告

中華民國電子檢驗中心

ELECTRONICS TESTING
CENTER, TAIWAN

TESTING REPORT

Page 10 of 11

測試報告

中華民國電子檢驗中心
ELECTRONICS TESTING
CENTER, TAIWAN

TESTING REPORT

Page 10 of 11

一、測試樣品資訊：

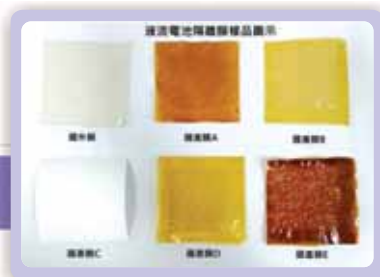
- 試件品名及規格：G50
- 試件尺寸：(長) 500 mm (寬) 500 mm (厚) 3mm
- 試件材質：(玻璃) 玻璃
- 試件規格：(ISO 9001) ≥ 300 mm (寬) × 500 mm (長) × 3 mm (厚)
- 測試樣品位置：(玻璃) 玻璃

四、玻璃測試結果 (Glass data)		
試驗項目	測試結果	備註
1. 可見光透射率 (380 nm ~ 780 nm) (Visible light transmittance)	58.3%	
2. 可見光反射率 (380 nm ~ 780 nm) (Visible light reflectance)	17.2%	
3. 日光透射率 (300 nm ~ 2500 nm) (Solar radiation transmittance)	18.5%	
4. 日光反射率 (300 nm ~ 2500 nm) (Solar radiation reflectance)	46.1%	
5. 太陽輻射係數 (Corrected emissivity)	$\epsilon_s = 0.333$ $\epsilon_s = 0.557$	ϵ_s ：朝室外側 ϵ_s ：朝室內側
6. 日光熱射熱係數 SHGC (Solar heat gain coefficient)	0.26	
7. 遮光係數 SC (Shading coefficient)	0.30	
8. 紫外線透射率 (300 nm ~ 380 nm) (UV transmittance)	0.0%	
9. CIE 色度指數 (380 nm ~ 680 nm) (CIE color index)	21.6%	
10. 色度指數 (380 nm ~ 400 nm) (CIE color index)	0.1%	
11. 熱阻係數 U (Thermal transmittance)	4.9% W/(m²K)	

圖6. 電子檢驗中心證實G50貼膜玻璃性能符合綠建材規格

3-2-3

鈦液流電池創新隔離膜材料技術開發



液流電池具有高安全性、使用壽命長、多數材料可循環利用或回收、具有高度環保性及永續發展、功率/能量可獨立設計之特點，目前預估為未來重要的電網儲能系統選項。隔離膜的功能是分離正負極電解液以防止電池發生自放電反應，同時允許電荷載體自由通過，保證正負兩極電荷平衡而構成電池回路，因此隔離膜為液流電池最重要的關鍵材料之一。本案針對液流電池系統成本進行分析評估，採用Nafion系列隔離膜為主要材料；但由於成本高導致液流電池系統造價高，進而影響其經濟競爭力。若能開發低成本且適當之國產隔離膜材料，一方面可以開發國產隔離膜產業，另一方面將能提升國內液流電池儲能系統競爭力。

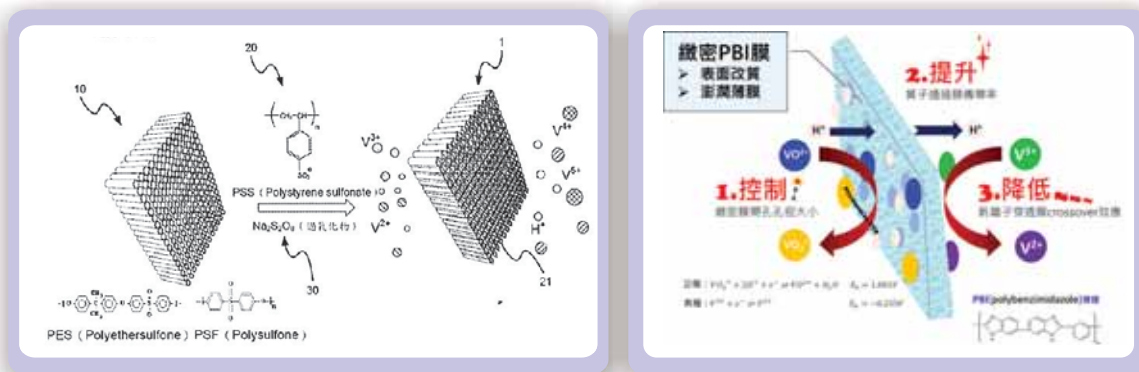


圖1. 特性不同隔離膜之改質技術

核研所積極與學術界及業界進行交流，研發有關隔離膜材料應用於液流電池技術，及尋求雙方合作機會。透過提供核研所不同基材與不同配方組成之隔離膜，如PBI、PSF、PES及PVDF等薄膜，進行物理化學性質分析、薄膜表面改質流程及單電池效能測試，以評估應用於液流電池隔離膜可行性與耐用性。其關鍵技術在於薄膜表面親水性質，可有效提升質子穿透率；另外，控制最佳孔徑大小可有效阻隔鈦離子滲透，以提升單電池效能。期望該技術可應用於大面積電池模組效能測試，取代價格昂貴杜邦Nafion膜，提升國產自製率，將可突破鈦液流電池關鍵材料研發進展。



圖2. 隔離膜特性及效能測試裝置

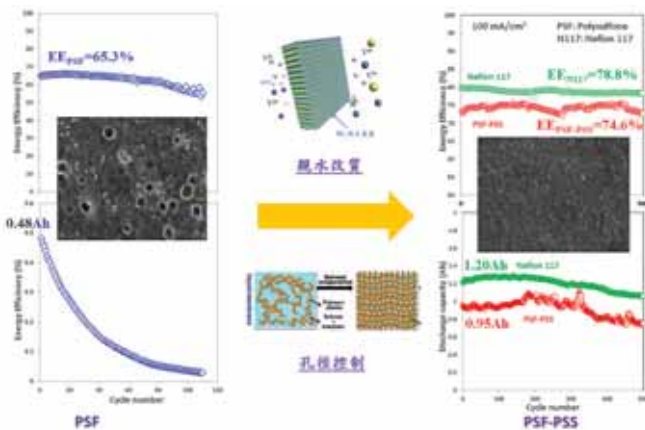


圖3. 低成本隔離膜之效能及穩定性

核研所研究不同性質與厚度聚苯咪唑 (PBI) 膜進行表面親水改質，以提升單電池效能表現，並與主要國際指標杜邦Nafion膜作比較。對於能量效率表現而言，國產PBI膜效能與Nafion膜僅差2%左右，表示對該膜的親水改質方法、孔徑控制、設定參數條件在進行單電池充放電測試效果是有不錯搭配與表現。從成本觀點切入，一般來說，國產膜價格預估為杜邦Nafion膜價格的20%；在價格相差甚大情況下，國產膜開發價值顯得頗為重要。若能針對該膜成份、組成配方及表面親水改質方法進行全面性改善與突破，除了能在研究發展更上一層樓之外，在購買隔離膜價格方面具有較大議價與比價彈性空間，相信在未來的國際市場國產聚苯咪唑膜有機會占有一席之地。

2025年再生能源政策目標：20%

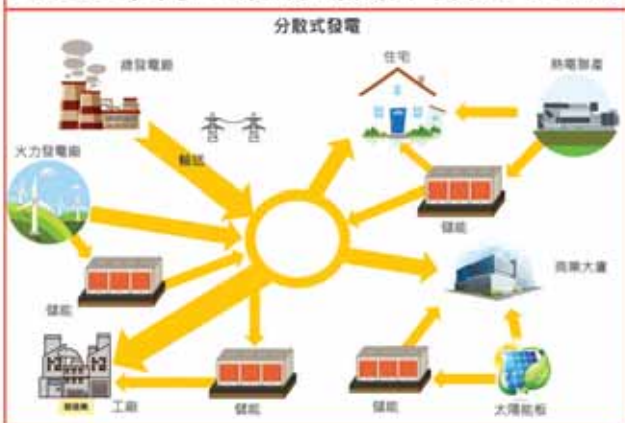


圖5. 2025年再生能源政策目標

核研所透過與國內燃料電池材料研發廠商合作，共同評估其隔離膜應用到液流電池之可行性；先前透過初步測試及評估，以現有製程設備生產隔離膜，並透過核研所處理改質、操作參數調控及實際效能測試。於107年度共同參與申請「南部科學園區研發精進產學合作計畫」，該公司須自行投入佔總計畫經費50%以上之研發經費，計畫已核定通過，執行期為107.6.1-108.5.31；期望藉由國內關鍵材料廠商的投入研發，並搭配核研所電池性能測試及放大評估，加速提升液流電池產業競爭力。本案以核研所技術「低成本隔離膜製法」參與台灣創新技術博覽會發明競賽，榮獲「無機化學、有機化學及高分子化學類組」銅牌獎，且獲得中華民國專利。

電流密度 (mA·cm ⁻²)	截止電壓 (V)範圍	有效面積 (cm ²)	Nafion 212 EE(%)	PBI(A1) EE(%)	PBI(A2) EE(%)	PBI(A3) EE(%)
120	0.7-1.60V	25	82.11	80.38	77.70	76.82

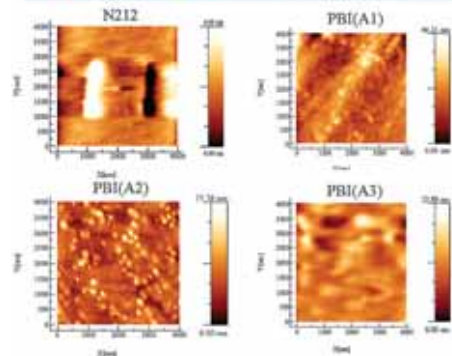


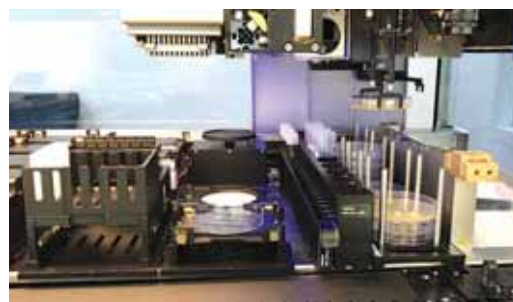
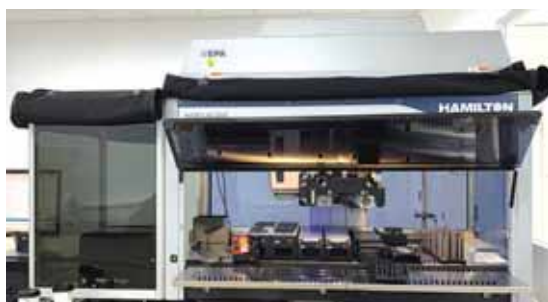
圖4. 薄膜效能表現與表面結構圖

國內訂定2025年擴大再生能源裝置目標，積極以節能、創能、儲能及智慧整合四大策略，提高自主能源比例；其中儲能系統可作為調節能量用途，是再生能源大規模應用不可缺少的重要系統。透過開發全國產材料鈦液流電池模組，並藉由推廣及應用於再生能源整合及智慧電網等分散式儲能系統運轉及管理技術，本案聚焦於開發國產儲能系統技術，支持政府擴展再生能源設置量及節能減碳政策目標。核研所開發高穩定性關鍵材料，如隔離膜、電極及電解液等，藉由材料組合及測試條件優化，達到高能量轉換效率及長運轉壽命。例如，開發適當之國產隔離膜材料，一方面可以開發國產隔離膜產業，另一方面將能提升國內液流電池儲能系統競爭力。

3-2-4

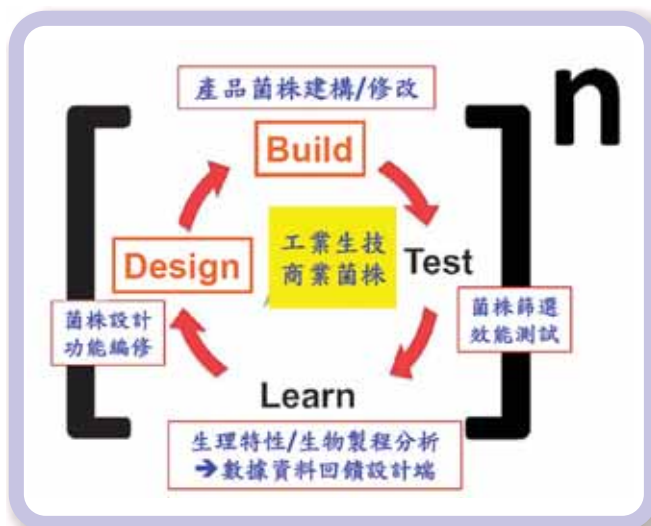
當微生物研究結合機械手臂與AI —淺談高通量菌株篩選技術

生活環境中充滿著千百種無法以肉眼看見，但卻與人類生活息息相關的微生物，例如細菌、藻類、真菌、黴菌、病毒等。這些微生物廣泛應用於醫療、農漁業、生物復育、發酵工業等各種產業。有許多食品、材料化學品、藥品甚至生物燃料等都是利用微生物而製造出來的。這種以微生物當細胞工廠，利用菌種體內酵素及特殊代謝路徑，替代傳統複雜的化工反應製程，進行工業發酵來生產各類產品稱為工業生技或是生質精煉產業。由於製程專一性高，產生的廢棄物量低，而製程反應多在常溫常壓環境下進行，亦能節約能源，在現今全球致力於環境永續發展前提下，生質精煉產業將是極具潛力且必然的應用發展方向。



核研所高通量菌株篩選系統設備外觀與其工作檯面

工業生技製程中最重要關鍵技術在於開發高效率產能的微生物菌株及酵素。除了近來基因體分析技術發展，加快對微生物生理特性了解，還有革命性基因編輯方法應用於菌株體內代謝途徑基因編輯，以利修改或建構高效率的產品生產菌株外，另一項重大改革就是導入以人工智慧技術輔助自動化機械手臂設施進行高通量標的菌株篩選。因此可以大幅降低產品菌株開發時程與成本，使得生質精煉產品應用範圍持續擴大，繼而帶動生物經濟產業發展。

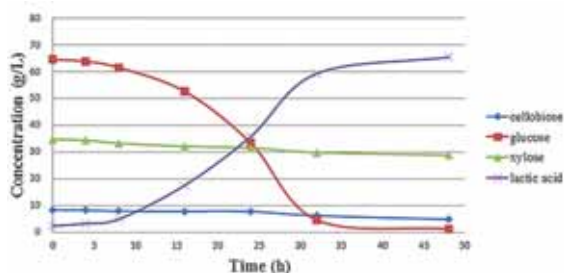


工業生技菌株開發策略之概念

有鑒於此，核研所參酌國外生質精煉產業、研究機構等之菌株開發流程及高通量自動化平台設施輔助應用，據此建置國內首創專用於工業生技領域之高通量自動化菌株開發平台。主要設備包括多通道機械手臂可執行大量、自動化、微量體積規模的處理，人工智慧輔助依據菌落性質進行自動化菌株挑選系統、機械手臂整合設備系統各功能模組間運作串聯，及資料儲存等自動化串接作業，以期加速工業生技菌株的開發效率。

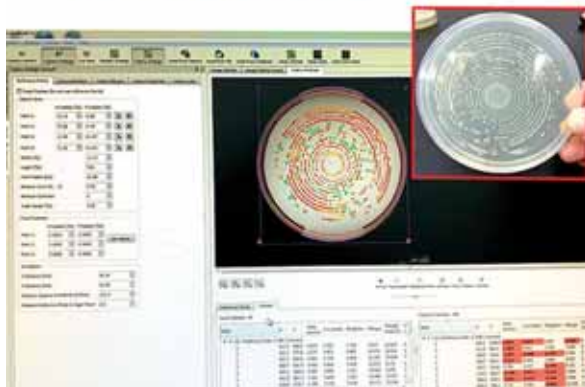
以產業實際應用實例比擬來瞭解高通量菌株篩選效益；例如，無論在初期產品雛型菌株建構，或是後續菌株修改或突變等方式改良發酵產能等，若採傳統人工化菌株建構以及人工挑選單一菌株等，一星期工作量最多僅能取得50~100株測試突變株，相對的利用高通量設施及人工智慧軟體輔助，每小時即可挑選高達300株獨立菌株進行測試，因此工作效率不僅提高數十倍，實驗過程中亦不容易出現人為失誤。

以核研所工業用乳酸生產菌株為例，目前常用於生產生質塑膠聚乳酸 (PLA) 材料，並多以澱粉為原料發酵生產乳酸；雖然菌株可以利用澱粉料源產出生成率90%以上，光學純度大於99%的工業用乳酸，但若利用纖維原料來源之含葡萄糖水解液為生產原料時，受限於纖維料源水解液中除了含有糖分外，尚有許多微量的發酵抑制物，而使乳酸生成率有不穩定甚至無法發酵的情形發生。為了改善菌株利用纖維水解液的效能，以提高乳酸產量，因此運用高通量菌株篩選設備輔助，以纖維水解液進行微量盤式規模之菌株自動化馴化篩選，期能篩選出能在水解液中維持穩定乳酸生成率的菌株。結果顯示，短時間內經過篩選超過500株單一菌株菌落後，成功獲得無論在纖維水解液料源利用率以及乳酸產率皆大幅提高的馴化菌株；同時以小型發酵槽放大發酵規模來驗證所篩選出之馴化菌株，亦獲得一致的乳酸高產率。



乳酸菌株成功利用纖維糖液生產工業用乳酸

• 菌落挑選先以鏡頭模組照相分析，電腦依據所設定之參數 (菌落大小、形狀、顏色..) 決定挑選



人工智慧輔助之菌落挑選

除了設備建置及技術開發有具體進展外，核研所亦同時與國內廠商完成合作意願書簽署，成功爭取與產業合作利用高通量菌株篩選設備，進行多種生質化學品之生產菌株開發。這些生質化學品作為重要的工業生產物料，可廣泛應用於化纖、橡膠、塗料、造紙、醫藥、農藥、輕工、食品、能源等多元市場應用。期藉由高通量菌株篩選設備之應用，提升產品菌株效能及降低開發成本，縮短生質化學品商業化進程；未來將持續與產業合作，致力推動兼具環境永續發展之新興生質精煉產業為目標。

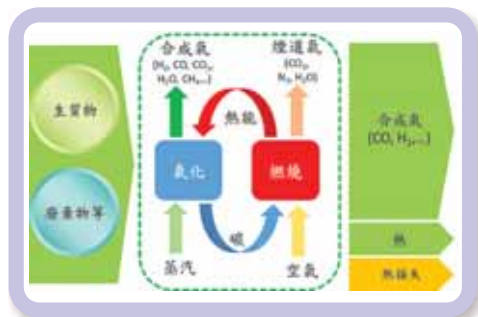
3-2-5

雙流體化床間接式氣化爐技術開發

為開發綠色創能及循環經濟為主軸之技術，核研所建立氣化技術為基礎之能源供應系統，將含碳固態燃料（包括煤、生質物、廢棄物等）經過氣化爐轉化產生合成氣及熱能；初步產生之合成氣經由淨化、分離等程序後獲得乾淨之合成氣，不僅可用來產生熱與電作為能源供應，也可進一步製成化學品。在氣化製程中重要單

元為氣化爐主體設備，為氣化技術的核心。核研所採用流體化床形式之氣化爐，建立間接式氣化技術設計能量，提供生質物為料源之雙流體化床氣化爐設備設計；並完成百瓩級氣化爐熱模建置，生質物可經由氣化爐轉化產生具價值之合成氣。雙流體化床氣化爐優點為採用純蒸汽作為氣化劑，因此合成氣可達零氮組成、整體熱值提升。本項技術亦可將廢棄物能源回收再利用，除可提高國內綠色能源供應，亦達到循環經濟之目的。

核研所建置了百瓩級雙流體化床氣化爐系統，其氣化爐本體設備由兩個流體化床反應器組成，分別為氣化反應器與燃燒反應器。含碳料源由氣化反應器進料，和氣體（水蒸氣、氧氣）互相混合，在高溫下發生氣化反應產生含合成氣之氣體產物。兩反應器間藉由內部的固體顆粒（床砂）形成一個循環迴路，但兩反應器之氣體則保持隔離不流通。未能完全反應之含碳物質會隨著床砂流至燃燒反應器，與反應器中的大量空氣發生燃燒反應。燃燒產生之熱將床砂加熱至高溫度，將燃燒區高熱的床砂流體化傳送回氣化區，以利進料繼續進行氣化反應。



雙流體化床氣化技術之概念圖



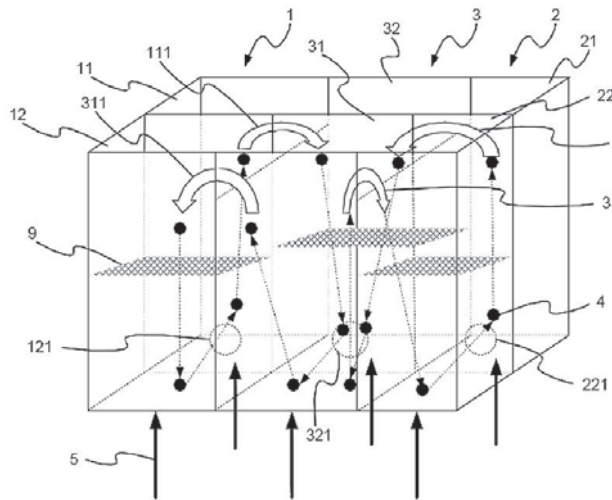
木質顆粒

活性碳

農業廢棄物



雙流體化床氣化爐實體照片

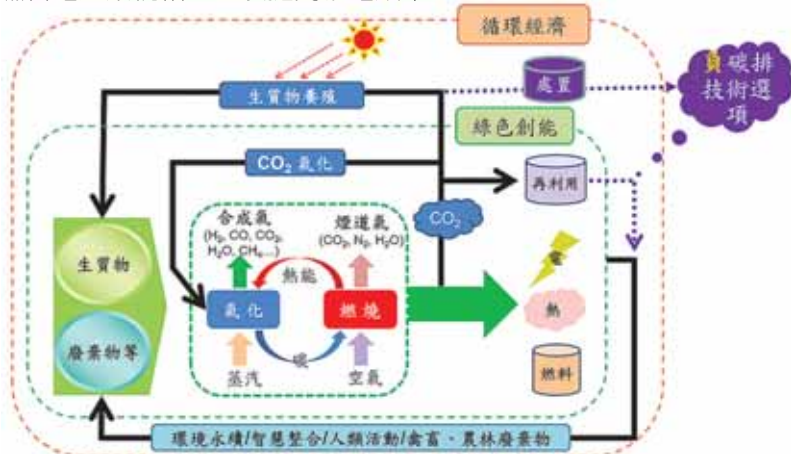


雙流體化床間接式反應器專利示意圖

進行生質料源氯化反應測試，氯化爐操作為氣泡床，燃燒爐操作為快速流體化床並進行燃燒反應提供熱源；驗證木質顆粒於雙床流體化氯化爐製程設備之操作參數，並對床砂流動性、輔助燃料之影響進行可行性測試。由數批次製程設備測試結果可知，雙流體化床氯化爐可連續穩定操作。氯化爐操作溫度達 700°C 有明顯的氯化反應發生並產生合成氣，氣體產物組成如右圖所示，包括： CO_2 -6.85%； CO -24.84%； H_2 -7.73%； CH_4 -9.72%。提高操作溫度將有利於氯化反應，使進料轉化率進一步提升。

核研所開發之氯化技術發展彈性進料、多元料源應用，致力於碳源潔淨利用、減少碳排放及廢棄物能源化，同時追求更高的發電效率與供電彈性：

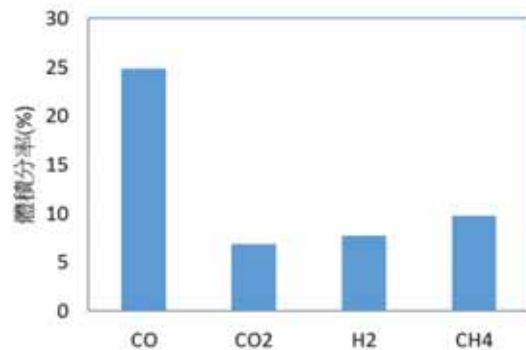
- (1) 持續開發潛在生質物與廢棄物之處理應用，提升綠能供應。
- (2) 與發電效率高之固態氧化物燃料電池系統結合，以提高發電效率。
- (3) 利用合成氣產製具多功能性之化學品如二甲醚，可作為化石原料替代，亦可作為能源載體，配合尖峰/離峰之用電需求，調整電力輸出，實現削峰填谷之效果。



熱化學轉換多元能源供應系統開發

相關專利佈局5案，2案已獲得，1案領證中。

1. 變徑流體化床反應器及再生反應系統，發明第I669155號。
2. 具共用結構之氯化反應器，107144843，申請中。
3. Gasification Reactor with Shared Partial Reactor, 16/561,151，申請中。
4. 一種具共用結構的化學迴路反應器，發明第I671492。
5. Chemical Looping Reactor with Shared Partial Reactor Vessels, US 16/561,166，領證中。



於 700°C 氯化產物氣體產物組成

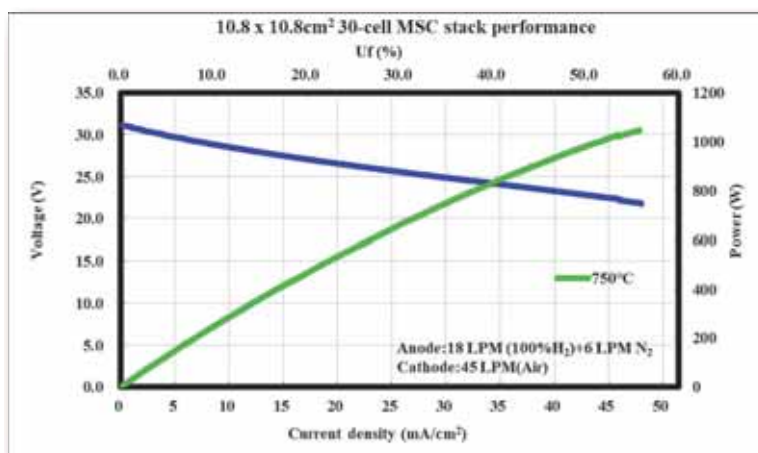
3-2-6

多點能源，少點碳排-固態氧化物燃料電池發電技術

核研所積極從事固態氧化物燃料電池 (SOFC) 技術之開發，已與產業界建立緊密合作關係，並將技術移轉國內廠商。在電池製作專利授權合約框架下，以加速國產電池片應用為目標，積極輔導金屬基板支撐型電池單元製作技術授權業者進行產品配方與量產製程改良作業，有效提升電池單元輸出功率。另協助業者以刮刀法製作玻璃粉末薄帶，做為電池堆密封材料，有利於電池堆自動化組裝製程之建立；經實際電池堆測試，驗證此封裝方式確實可行。核研所藉由技轉與合作，協助廠商建立相關技術能力，促進廠商投資進行原料採購及生產設備建置，有助於早日於國內建立完整產業鏈。



核研所自製MSC電池堆



電池堆效能特性曲線

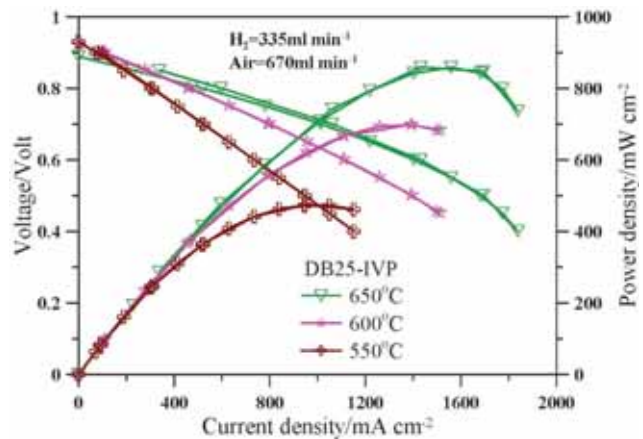
KW級新型電池堆

以核研所自製電漿噴塗金屬支撐電池單元 (MSC) 進行新型設計30片裝電池堆之組裝與測試。轉氫程序完成後進行拉電測試，電流輸出為48A時，此時達最高輸出功率1.046 kW，平均每片電池片功率輸出為34.8W，相對應的發電效率及燃料使用率分別為35.48%及55.78%。此為首例本土化千瓦級電池堆。



低溫型電漿噴塗金屬支撐固態氧化物 燃料電池

精進金屬支撐型固態氧化物燃料電池片於低溫應用之發電功率，單電池片 ($5 \times 5 \text{ cm}^2$) 在 0.6V 以及 650、600、550°C 下，功率輸出可達 842、667、441 mW/cm^2 。結果顯示，該類型電池片具有極佳的低溫發電性能。

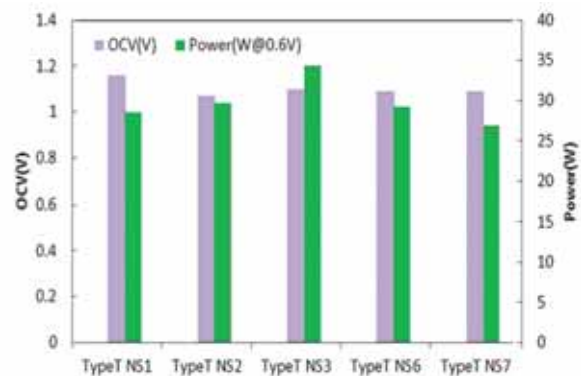
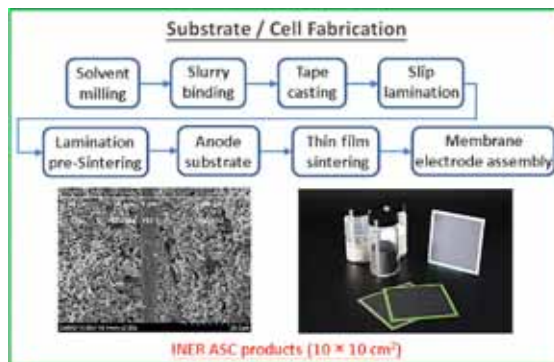


低溫型電漿噴塗金屬支撐電池片之測試結果

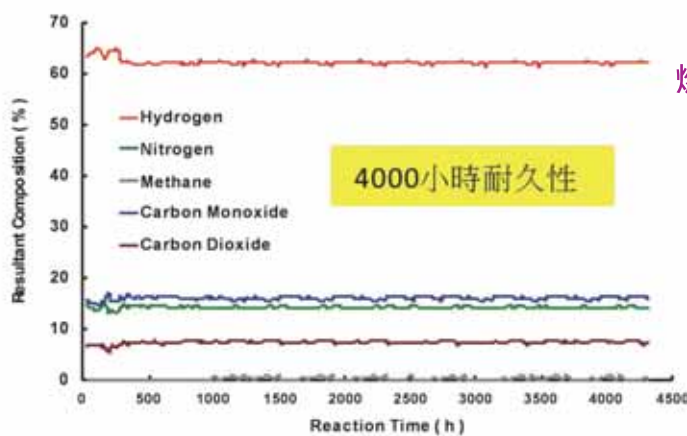
陶瓷基板陽極支撐型固態氧化物燃料電池

專利幾何結構電池產品 INER-SOFC-MEA™ (厚度約 450 μm) 已完成小型試量產與效能驗證，產品製程與效能具再現性與商化應用可行性。

以 YSZ 為電解質之商化電池產品於 800°C、0.6 V 時，功率約可達 25W 以上；多片裝電池堆組裝測試進行中，以提供 kW 級電池堆組裝與系統驗證之先導實證。



陶瓷基板陽極支撐型固態氧化物燃料電池商化製程與效能評析



燃料重組觸媒

- 於適當的反應條件下，具有高活性
- 表現出良好的抗碳沉積能力，使用壽命更長

獲獎

- 2019 全國氫能與燃料電池學術研討會海報論文競賽

最佳論文獎：【固態氧化物燃料電池堆連接板電漿噴塗保護層及接觸層之特性】

3-2-7

含綠能之本土化配電網絡管理系統

因應未來大量再生能源併入配電饋線，預期將造成雙向電力潮流、電力轉供等問題；且國內廠商之電力監控及地理圖資技術欠缺整合，無法有效提高再生能源資訊之應用彈性。因此，核研所與台電公司共同合作開發本土化配電網絡管理系統，以整合配電監控 (SCADA) 與地理圖資系統 (GIS)；並於108年4月在台電雲林區處上線運轉，有效管理配電系統300多條饋線及再生能源發電，減少用戶停電時間。



圖1. 本土化配電網絡管理系統

本案開發了配電圖資轉檔功能，可建立饋線再生能源資訊，與有效縮短轉檔時間，以確保配電網絡管理系統與現場設備運轉狀態的一致性，並掌握再生能源即時發電資訊。此轉檔功能可藉由配電饋線圖資管理系統 (DMMS)，自動建立配電系統單線圖及再生能源資訊，並於10分鐘內產生饋線控制單線圖；因此，可將現有一周轉檔兩次，提升至一日數次，有效提高饋線調度運轉可靠度。目前，SCADA已能呈現再生能源資訊，以輔助調度員強化管理再生能源及饋線之調度運轉。另外，GIS則可呈現饋線地理空間視覺化資訊，且具備與SCADA跨系統定位互動功能，達到不同系統間異質資料整合技術發展。



圖2. SCADA及GIS跨系統間互動定位功能

本案已完成本土化配電網絡管理系統之配電潮流分析程式與饋線調度平台整合，以實際饋線為例，當故障發生時，可自動執行故障區間判斷與隔離、上游復電(FDIR)；並提出下游轉供方案，包含：最高/最低電壓、線路損失、及裕度等資訊，提供調度員調度決策參考，以加速排除故障並恢復用戶供電。目前已完成台電區處11所變電站共計171條饋線的FDIR啟動邏輯驗證與功能測試，結果顯示功能皆正確；統計108年4月至12月已有35次成功判斷，並執行饋線故障偵測、隔離、與復電功能。



圖3. 配電潮流計算程式與饋線調度平台之整合

研發團隊已完成含再生能源之在線潮流計算功能開發，可使配電網絡管理系統估算配電饋線各端點電壓，掌握再生能源即時發電對於饋線之影響。此成果奠定後續穩定饋線電壓變動的重要基礎，藉以提高饋線上再生能源比例；展望未來，將進行高占比再生能源之饋線調度研究，以協助我國推動再生能源發電量於2025年達20%的能源政策目標。

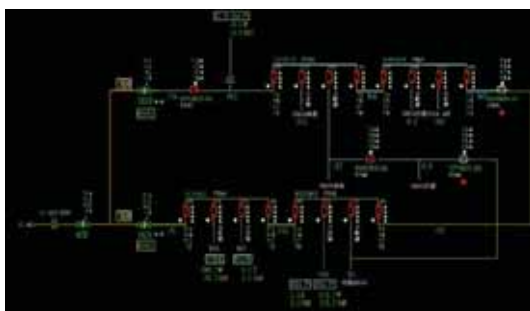


圖4. 分散式能源即時資訊之微電網饋線拓樸架構

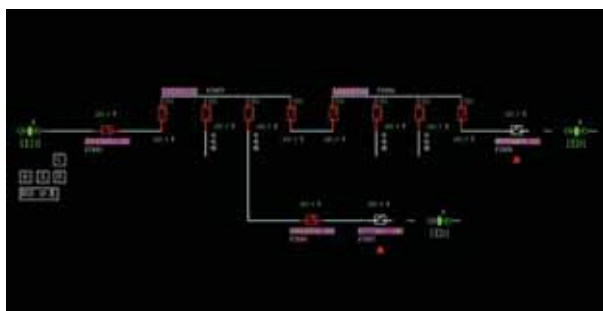


圖5. 具在線潮流計算功能之微電網饋線架構

因應未來大量再生能源併入配電饋線系統，核研所將持續開發含再生能源之分段饋線轉供技術、三相重組、動態協調設定、圖資故障定位與停電範圍顯示等應用功能；希望藉由核研所技術突破，進而提升本土產業技術與創新產業應用，作為進軍東南亞電力市場之商業契機。

3-3

重視生活的品質 推動原子能民生應用

伴隨著19世紀後期的工業革命與科技發展，從巨觀到微觀，原子能科學快速發展成為一門獨特的顯學。迄今，更結合現代科學技術如資訊技術、生物技術、奈米技術、新材料技術和環境技術等，真正落實在醫學、農業、工業、環保等領域，具體發展成各項創新技術與高品質產品，就如同空氣與水一般，緊緊扣合在你我的日常生活中。

本年度研究成果主要展現在新藥開發、公眾健康與環境勘探之重要議題。

自主創新藥物之重要成果，有兩項。第一項「腫瘤缺氧造影劑」：核研所設計CA9標的胜肽鏈結CA9結合化合物(磺胺類衍生物)，並標誌放射性同位素(銥-111)，成為腫瘤缺氧造影劑 (^{111}In -DOTA-CA9-AAZ)，以強化對標的位置(如：缺氧位置)的親和性。由腫瘤缺氧動物模式研究結果證實，雙標靶腫瘤缺氧造影劑顯著聚集於腫瘤部位，並經由生物分布試驗證實，藥物高度聚集在腫瘤部位，相對於肝臟、肌肉、血液及大腸的聚集程度，且雙標靶效果明顯優於單標靶藥物。

第二項「核研多蓄克鎂肝功能造影劑」：核研所與臺大醫院合作進行第一期(Phase I)人體臨床試驗，於108年2-8月期間，共收錄12例健康受試者進行試驗。根據受試者臨床試驗結果顯示，所有生化檢驗數據皆在健康參考值範圍內，藥物對肝臟受體具高度專一性，無任何不良反應事件通報，獲得其為高安全性藥物之佐證。本藥物為小分子類胜肽凍晶藥劑，容易純化與定性以及具有低背景值有助提高檢測靈敏度的優點。「核研多蓄克鎂肝功能造影劑」是全球第一項類胜肽肝功能造影劑。

攸關公眾健康議題之重要成果，有一項。107年08月，配合原能會處理民眾關切的負離子床墊逸散氫氣疑慮，核研所即時完成氫氣量測實驗室建置、負離子商品輻射量測作業標準程序書、各式商品之輻射量測與劑量評估模式與成立檢測技術服務聯絡窗口以及與食藥署和標檢局合作成立

檢測研究專案進行商品檢測。由檢測結果得知，許多親膚性商品之氫氣含量超過法令限值1毫西弗/年。基此，商品的輻射劑量評估須納入考量。未來將配合原能會進行負離子粉原料銷售業者調查與原料源頭管制，以確保本國民眾能安心使用含負離子等民生消費產品。

攸關環境安全議題之重要成果，有一項。在2025年非核家園的政策下，無論是營運中或除役後的電廠，用過核子燃料「深層地質處置」利用「多重障壁」來有效圍阻或遲滯核種的外釋與遷移，降低至可忽略的程度，是目前國際公認的可行方式。了解地球化學與核種遷移，除可提供完整水文化學資料外，更重要的是保護我們所生活的環境。核研所已建置國內唯一放射性核種遷移實驗室，以地球化學反應模擬核種遷移參數(放射性核種在地下擴散及遷移)，目前正處於發展初期，可預期的未來是強化安全評估之信心度。

本年度核研所展現豐碩的研究成果，交出一張漂亮的成績單。多年來，核研所透過原子能科技的微觀研究，在許多研究領域上，獨領風騷且扮演領航者角色。然而，由於環境的快速變化，我們面對許多的競爭與挑戰。如何讓原子能科學研究能夠精益求精，再次到達頂峰，來提升國民健康與生活品質以及維護環境安全，是每一位科研人才努力的目標與理想，更是核研所追求的核心價值、永續經營的願景與永遠不變的承諾。



3-3-1

雙標靶腫瘤缺氧造影劑之開發

未被滿足的醫療問題

目前腫瘤治療以手術、化學療法及放射療法為主，因為在許多腫瘤組織都會出現局部缺氧情形，在此缺氧的環境下，導致腫瘤對化學療法與放射療法產生抗性，並增加腫瘤轉移的風險及降低手術成功的機率。因此，精確的診斷腫瘤缺氧位置與程度，可提供醫師選擇正確的治療方式，亦可做療效評估，以提高治療成功率。目前許多腫瘤缺氧診斷藥物仍在臨床試驗階段，包括： ^{89}Zr -girentuximab、 ^{124}I -cG250，大多屬於單標靶抗體藥物，此類藥物在正常組織的清除速度慢，而干擾影像正常判讀。因此，核研所創新開發雙標靶腫瘤缺氧造影劑，不僅能使藥物快速到達腫瘤缺氧部位，並且降低正常組織的影像訊號，使醫師能做精準判讀，而降低錯誤治療方式的風險。

藥物設計概念

標靶藥物通常以抗體、胜肽片段或小分子抑制劑作為探針，將藥物攜帶至腫瘤部位進行診斷或治療。胜肽或小分子物質在動物體內的血液清除速率比抗體快，且能有效降低影像背景值干擾。此外，文獻報告指出，碳酸酐酶IX (carbonic anhydrase IX, CA9) 參與各種生理過程，包括：pH值調節、細胞貼附、增生、轉移，在腫瘤缺氧部位會大量表現，被認為是腫瘤缺氧的最佳生物標誌。因此，核研所研發團隊創新設計CA9靶向之雙標靶探針，結合CA9標的胜肽及CA9結合化合物(磺胺類衍生物)，並標誌放射性同位素(銨-111)，成為腫瘤缺氧造影劑 (^{111}In -DOTA-CA9-AAZ) (圖1)。這種多靶向的藥物更能提高對標的位置(如：缺氧位置)的親和性(圖2)。

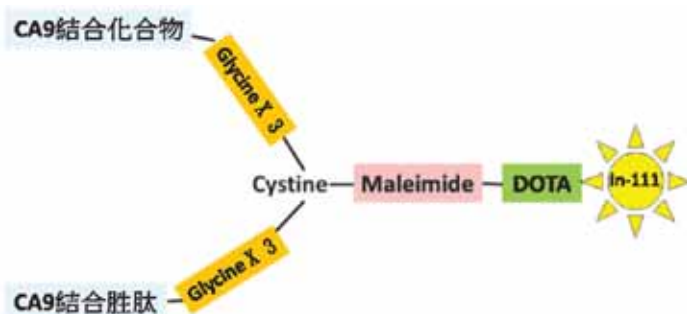


圖1. 雙標靶腫瘤缺氧造影劑構形示意圖

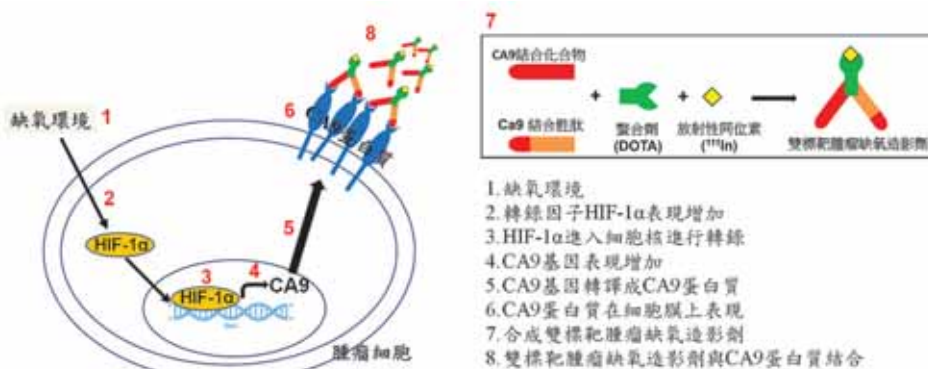


圖2. 雙標靶腫瘤缺氧造影劑標的流程

生物活體驗證與競爭分析

研究結果顯示，雙標靶腫瘤缺氧造影劑 (^{111}In -DOTA-CA9-AAZ) 在血清中具有高度穩定性，經過 144 小時仍有 90% 以上的放射化學純度 (圖3)。透過腫瘤缺氧動物模式證實， ^{111}In -DOTA-CA9-AAZ 顯著聚集於腫瘤部位 (圖4)，以及經生物分布試驗證實，藥物高度聚集在腫瘤部位，相對於肝臟、肌肉、血液及大腸的聚集程度，雙標靶效果明顯優於單標靶組別 (圖5)。我們將藥物與目前臨床常用的 ^{18}F -FMISO (黃金標準) 進行比較，核研所發展的雙標靶藥物在藥物靶向性、特異性、生物分布 (圖6)、穩定性等皆優於 ^{18}F -FMISO (表1)，對於影像解析度不足問題，隨著近幾年單光子斷層掃描技術發展已有明顯提升，已接近正子斷層掃描的水準。

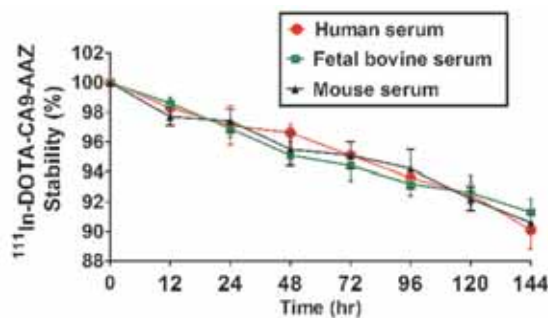


圖3. 造影劑的穩定性試驗

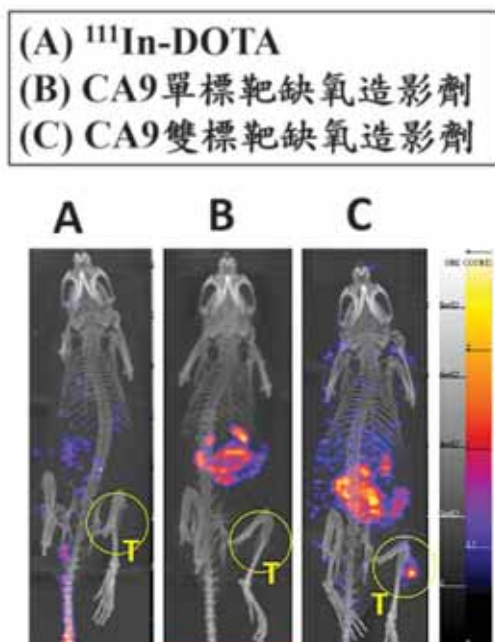


圖4. 造影劑的活體核醫造影分析

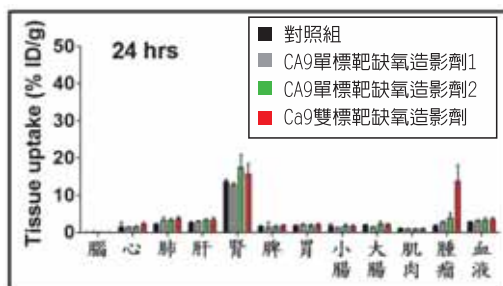


圖5. 造影劑的生物分布試驗

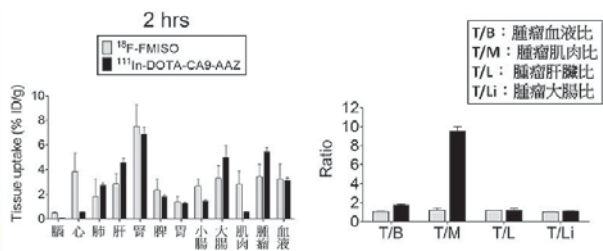


圖6. 雙標靶腫瘤缺氧造影劑與 ^{18}F -FMISO 之比較

表1. 雙標靶腫瘤缺氧造影劑與 ^{18}F -FMISO 比較表

	^{111}In -DOTA-CA9-AAZ	^{18}F -FMISO
訊號/雜訊比	高	低
靶向性	強	尚可
特異性	佳 (正常組織不聚集)	差 (正常組織會聚集)
生物分布	佳 (2 小時: >5%ID/g) (24 小時: >12%ID/g)	尚可 (2 小時: <3%ID/g)
探針穩定性	高 (凍乾保存)	低 (須立即使用)
探針應用性	高 (診斷或治療)	低 (診斷)
影像解析度	尚可	佳
全國設備數 ^a	131 台 (單光子斷層掃描儀)	56 台 (正子斷層掃描儀)
費用	較低	較高

a: 衛生福利部。107 年醫事機構現況及服務量統計分析。

未來發展與展望

經由體內外試驗結果證實，核研所研發團隊所開發的新穎雙標靶腫瘤缺氧造影劑可應用於各種腫瘤缺氧程度及部位之評估，具有臨床應用的發展潛力。未來將進行藥物的臨床前試驗，包括藥物動力學試驗及動物毒性試驗等，驗證藥物安全性，以期申請進入人體臨床試驗。此外，更可以雙標靶探針的概念，標誌治療性核種 (如: ^{177}Lu)，延伸發展雙標靶腫瘤缺氧治療劑。

3-3-2

透視肝功能的革命性藥劑-核研多蕾克鎂肝功能造影劑

未被滿足的醫療問題

肝臟宛如一個工廠，工廠須有工人才能運作，肝臟也需要有一定數量的肝實質細胞才能發揮肝臟功能，若太多肝細胞缺席，肝臟就會因為衰竭而必須關廠。無論在台灣、美國與全球，肝癌都是重大十大癌症死因（全球排名第四、美國排名第八、台灣排名第三），若有肝癌，一定要接受治療，因為不管是哪一個期別，只要沒治療，很快瀕臨死亡。治療策略包括切肝、換肝、射頻燒灼術、肝動脈栓塞化(放)療、系統性化療與最佳支持性療法。然而，無論選擇哪一項治療策略，都必須事前評估肝臟治療之肝衰竭的可能性，所以，唯有透過給予正確肝功能診斷資訊才能帶來適切治療，來確保治療後個體存活性，是治療策略擬定的最重要工作。



藥物設計概念

去唾液酸糖蛋白受體（Asialoglycoprotein receptor, ASGPR），是肝細胞膜的表面受體（圖1），負責血液糖蛋白的恆定，具有吸收、代謝與排除等功能，所以受體的數量可反應出肝細胞的功能。要知道肝受體的剩餘數量，一般作法是以在超音波導引下，進行肝穿刺取樣與組織切片檢查，但這個方法會有取樣誤差、再現性低以及不同病理判讀差異，且肝穿刺取樣會造成0.03%的死亡率、0.3%的嚴重不良反應以及30%受試者的疼痛。

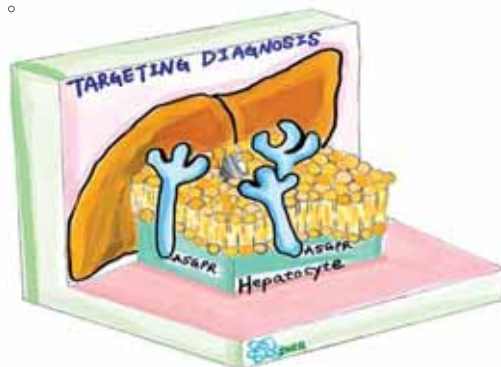


圖1. 去唾液酸糖蛋白受體（ASGPR）示意圖。該受體位於肝臟細胞膜表面，能夠與血中含特定糖的蛋白質進行結合。

核研所以分子影像技術平台之優勢，透過創新發展多聚乳糖標靶肝受體技術，完成肝臟功能造影藥劑的開發。經過長達6年的體內外試驗研究，我們證實非侵襲性肝受體造影技術可以實際反應出肝臟組織上的受體變化（Mol Pharmaceu 2018;15:4417-4425）

肝功能造影劑開發

在確定肝功能造影劑於生物體內的有效性後，我們接著進行優化肝功能造影劑、藥物穩定度試驗與動物正子斷層造影等試驗，以準備應用於人體臨床試驗。採取以凍晶製劑與放射性同位素鎂-68進行標誌合成。這種標誌策略，能夠讓藥物使用更為容易，而且讓無迴旋加速器的醫院也可以使用，對藥物的推廣很有幫助。

結果顯示，肝功能造影劑凍晶藥劑能夠獲得>95%標誌產率，能夠保存至少12個月以及具有良好的穩定度，動物正子斷層造影試驗，顯示肝功能造影劑能夠有效且專一性的積聚於肝臟（圖2）。

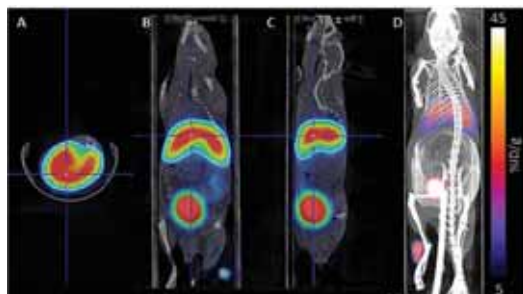


圖2. 肝功能造影劑動物正子斷層造影圖。A-C為各切面之斷層影像；D為3D立體呈現之影像。從影像能夠發現大部分藥物都積聚於肝臟，沒有吸收的藥物則經過腎臟排泄到膀胱。（J Label Compd Radiopharm. 2018; 61: 885-894）。

肝功能造影劑一期臨床試驗

核研多蓄克鎳肝功能造影劑（表1），獲核准於台大醫院執行臨床一期試驗，使用醫藥級鎳-68/鎳-68發生器及臨床正子斷層造影儀。可應用在肝殘存功能評估，作為臨床切肝與換肝治療之選擇策略依據。

於108年2-8月完成十二例受試者評估。所有受試者皆是通過篩檢之健康受試者，方得以進入臨床試驗，並需於造影當天前及造影後連續兩週，接受一連串理學檢查、心電圖檢查、心跳血壓脈搏等生命跡象檢查以及血液、生化、尿液等實驗室檢驗。

臨床試驗實驗結果顯示，所有生化檢驗數據皆在健康參考值範圍內，藥物高度專一性聚集在肝臟，且無任何不良反應事件通報，獲得其為高安全性藥物之佐證，是世界上第一個使用在人體的類胜肽肝功能造影劑（圖3）。

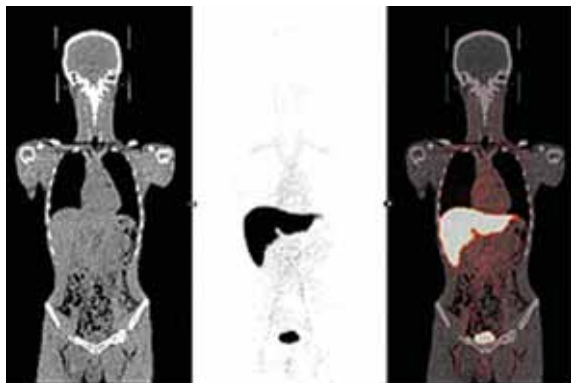


圖3.「核研多蓄克鎳肝受體造影劑」之臨床試驗造影結果，顯示藥物主要積聚於肝臟，其他器官沒有明顯吸收。

核研多蓄克鎳肝功能造影劑於102年榮獲第10屆國家新創獎，由於持續精進創新並有具體研發進程，因此於108年再度獲得「新創精進獎」（圖4）。

未來發展與展望

在完成一期臨床試驗後，我們可以確認肝功能造影劑在健康受試者的肝標靶性及藥物安全性。我們預計將會進行二期臨床試驗的申請，受試者會以需要肝臟移植的病患為對象，測試肝功能造影劑在病患的有效性。最終目標希望透過更多的肝臟疾病（如慢性肝病）研究，來確認高專一性的肝功能造影劑之診斷價值，明確訂定出核研多蓄克鎳肝功能造影劑之適應症。

表1. 核研多蓄克鎳前驅物及鎳68-核研多蓄克鎳造影劑之品管規格。

	檢驗項目	通過標準
核研多蓄克鎳前驅物	外觀	白色凍晶粉末
	封瓶完整性	無滲漏
	無菌試驗	無細菌生長
	細菌內毒素	<87.5 EU/毫升
調劑後鎳68-核研多蓄克鎳造影劑溶液	澄清度及顏色	澄清無色液體
	酸鹼值	4~5
	放射化學純度	≥90%
	無菌試驗	無細菌生長
	細菌內毒素	<87.5 EU/毫升

競爭優勢

目前國際只有以蛋白質為主體的肝功能造影劑（galactosyl serum albumin, GSA），由日本醫學物理株式會社（Nihon Medi-Physics Co., Ltd.）所開發，這種造影劑屬於生物製劑，但缺點是背景值高，製藥法規較繁複，每批次生產結構不恆定以及品管也較難控制。所以，只有日本於臨床使用，每年使用量約18,000劑。

相較於前述造影劑，核研多蓄克鎳肝受體造影劑為胜肽型架構，是以胜肽為主體，分子量僅3,000，容易純化與定性，以及具有背景值低，有助提高診斷靈敏度的優點，更具有競爭力。



圖4. 新創精進獎

3-3-3

負離子商品之輻射量測及評估模式建立



健康安全議題

107年5月南韓NSSC媒體揭露「……韓國Daijin Bed負離子床墊，含有超標天然放射性物質，引起民衆恐慌……」

同年8月核研所配合原能會該負離子床墊議題，即時完成氡氣量測實驗室建置、負離子商品輻射量測作業標準程序書及各式商品之輻射量測與劑量評估模式。成立含天然放射性物質商品氡氣檢測技術服務聯絡窗口，解決民衆疑惑及便民服務；接著與食藥署、標檢局合作成立市售商品之含天然放射性物質檢測研究專案，以保障一般民衆能安心使用含負離子等民生消費產品。



氡氣知多少？

氡氣是鈾系與釷系等天然放射性核種衰變所產生的具放射性氣體，一般負離子商品之負離子來源若是藉由添加天然礦石粉之方式去產生負離子，則須納入輻射劑量考量。人類若長時間吸入氡氣，其衰變時產生的 α 粒子的能量相當高，會造成肺部組織損害、細胞突變，可能導致肺癌。世界衛生組織認為氡氣是導致肺癌的第二大主要病因，僅次於吸菸因子。氡氣進入人體及曝露之途徑如圖1。

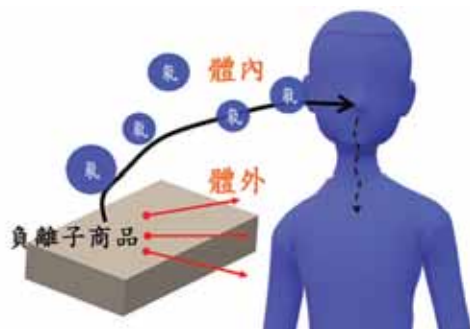


圖1. 氡氣進入人體及曝露途徑

氡氣及其子核種的活度濃度分析

核研所接收廠商與民衆的負離子商品，進行氡氣檢測及劑量評估，對外技術服務流程如圖2。有關氡氣及其子核種的活度濃度檢測分析，係以表面輻射劑量計AT-1121量測體外曝露劑量以及氡氣監測儀RAD7量測吸入體內的氡氣濃度。體內曝露評估係由模擬相關產品之使用情節及ICRP 115之劑量轉換因數、平衡係數與轉換係數，具體評估得之，並參考國內相關法規(如游離輻射防護法、天然放射性物質管理辦法)之管制規定，以判定產品其是否超標。負離子商品之輻射劑量評估模式如圖3。

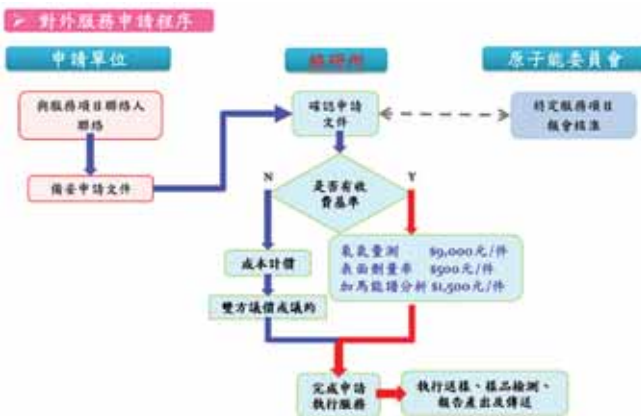


圖2. 氡氣量測實驗室對外技術服務流程圖



圖3. 負離子商品之輻射劑量評估模式

研究成果(一)

核研所檢測樣品來自於原能會抽驗及跨部會合作聯合稽查之負離子商品，包括寢具類商品，如床墊、棉被和枕頭及非寢具類之其他商品，如面膜、水杯、護具、坐墊等，計11種，負離子床墊量測之實況及樣品評估模式如圖4、圖5。所有商品之檢測結果如表1，結果顯示，許多親膚性商品的氡氣濃度超過法令限值1毫西弗/年。

表1. 11種負離子商品的氡氣活度濃度及劑量評估結果

商品種類	樣本數	超標數 (1 mSv/yr)	^{220}Rn 活度濃度 (Bq/m ³)	^{222}Rn 活度濃度 (Bq/m ³)	體內劑量 (mSv/yr)	體外劑量 (mSv/yr)
床墊	20	8	0-11550	18-215	0-78	0-0.5
棉被	14	3	4-986	7-60	0.01-7	0-1
枕頭	9	4	9-21760	7-89	0.07-144	0-0.1
面膜	4	3	11-19140	25-258	0.01-9	0-0.002
眼罩	2	2	100-2860	34-122	11-20	0.03-0.04
圍巾	1	1	175	17	4	0.11
地墊	1	1	93	11	2	0.5
披肩	1	1	372	21	10	0.2
護具	2	0	13-19	6-11	0.006-0.4	0-0.02
水杯	4	0	10-27	3-16	0-0.4	0-0.04
水壺	1	0	14	10	0.02	0



圖4. 負離子床墊量測之實況。分別依序為(a)核研所的氡氣量測實驗室、(b)以AT-1121量測床墊的表面輻射劑量、(c)以RAD7量測床墊所釋出的氡氣濃度

研究成果(二)

核研所除進行含天然放射性物質市售商品之檢測研究與服務外，也即時掌握國際有關此議題之探討及趨勢，相關研究成果已赴捷克於第五屆環境放射性國際研討會中論文發表。更重要的是，將配合原能會進行負離子粉原料銷售業者之調查，從源頭管制，真正落實輻射的應用能遵循正當化、最適化及限制化之管制目標。

寢具類

非寢具類

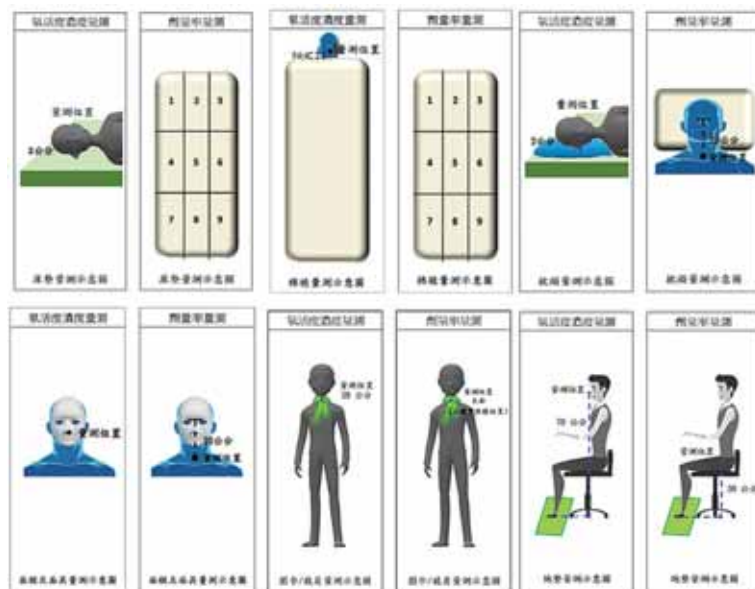


圖5. 樣品種類及評估模式

未來發展與展望

核研所將持續提供產業界、政府機關稽查之技術支援，並藉由即時之商品輻射劑量把關，來確保國人健康安全。包括 (1) 持續進行含天然放射性物質市售商品之輻射量測與劑量評估。(2) 收集國外有關氡氣之最新曝露評估參數，建立及更新含天然放射性物質商品之氡氣量測技術與標準作業程序。(3) 建立氡氣量測設備的標準校正系統及相關技術。(4) 建置天然放射性物質資訊整合網頁，以利民衆查詢及宣導輻防資訊。

3-3-4

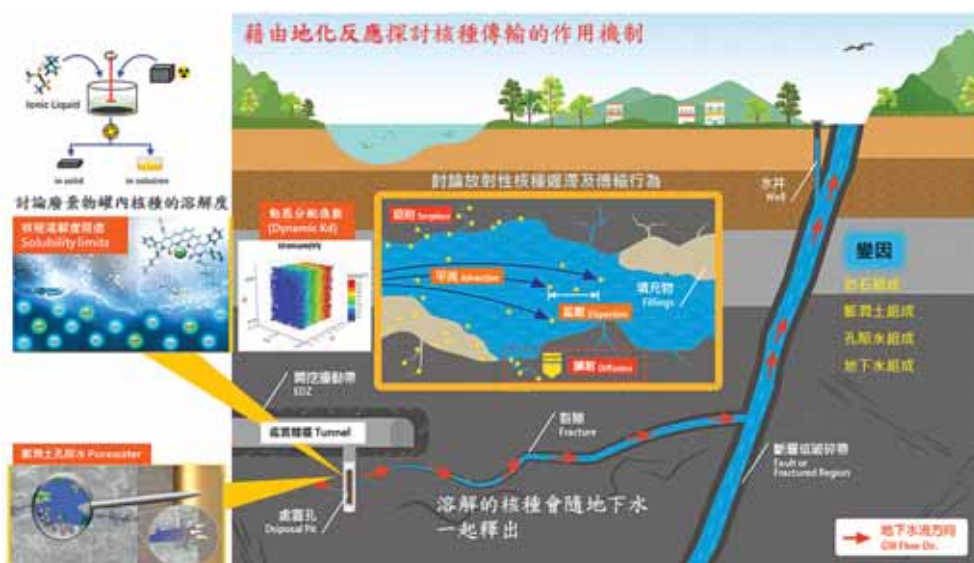
讓"地"球"化"險為夷— 以地球化學反應探討核種遷移的影響



環境安全議題

在2025年非核家園的政策下，無論是營運中或除役後的電廠，用過核子燃料之處置都是棘手之議題。深層地質處置為國際公認適於處置用過核子燃料之可行方式；所謂「深層地質處置」是利用深部潛在母岩的隔離阻絕特性，採用「多重障壁」的概念，將放射性廢棄物埋在深約300至1,000公尺的地下岩層中，再配合包封容器、緩衝回填材料等工程設施，藉由人工與天然障壁所形成的多重屏障系統，有效圍阻或遲滯核種的外釋與遷移，以換取足夠的時間，使放射性廢棄物的輻射強度在影響人類目前生活環境之前，已衰減至可忽略的程度。民衆對於用過核子燃料最終處置之最大的疑慮就是輻射外洩(放射性核種釋出)的疑慮與恐懼問題，而防止汙染外洩是最終處置的最重要的研究工作。

2015年起核研所於高放最終處置計畫中，建置國內唯一放射性核種遷移實驗室，完成關鍵核種遷移技術，但由於在處置的十萬年間地球環境變化，無法完全由實驗進行各種條件測試，因此，需藉助地球化學反應模擬核種遷移參數(放射性核種在地下擴散及遷移)，除建立核電廠除役階段所需相關核心技術外，需進一步建構完整水文化學資料，以保護我們所生活的環境，並強化安全評估之信心度。



核種遷移理論基礎 與特色

圖1為核種釋出途徑，包括當地下水入侵廢棄物罐內，用過核子燃料與地下水進行交互作用，而使放射性核種，如鈾(U)、鏷(Np)、鈾(Pu)、鋂(Am)、鈾(Pd)等核種，可能溶解於地下水中，核種溶解度之高低影響核種遷移量多寡，核種遷移量會影響地表環境的輻射安全。因此，放射性核種溶解度之最大極限值(solubility limits)，用來計算劑量貢獻是處置設施功能安全評估的重要工作項目之一。其中，核種的溶解度及核種於地質材料的分配係數之靈敏度測試，是影響輻射劑量評估的關鍵參數。圖2為地下水因接觸輻射源而分解產生過氧化氫(H_2O_2)、自由基($H\cdot$, $HO\cdot$, $HO_2\cdot$)、 OH^- 及 H_3O^+ 等氧化物，燃料表面也會溶解出放射性核種，為最終處置主要輻射污染來源。

圖1. 核種釋出途徑

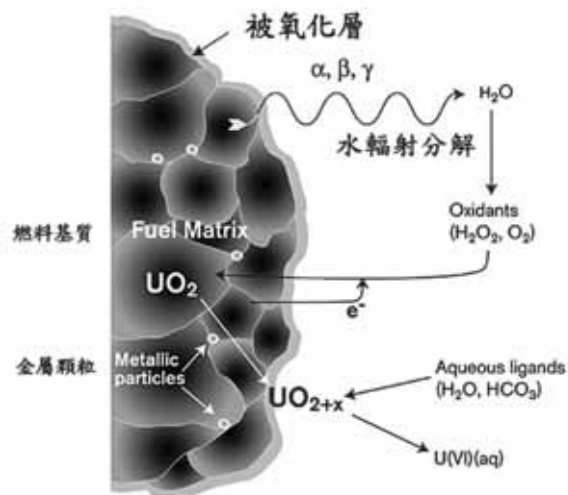


圖2. 燃料表面的溶解機制



放射性核種分配係數
(Distribution coefficients, K_d -values)

圖3. 放射性核種分配係數建立示意圖

研發成果(二)：核種氧化還原電位/酸鹼度評估

持續依據場址參考案例及演化條件，進行核種氧化還原電位/酸鹼度相圖製作與溶解度計算，並與國際文獻比對，如圖4所示，我們已建立核種與地質材料間的表面錯合及離子交換等本土地球化學反應之熱力學資料庫。最後，如圖5以本土水質條件，計算核種溶解度，並完成模擬核種在不同水化學環境下的阻隔核種擴散(遲滯)之評估。



圖5. 核種遷移參數評估示意圖

研發成果(一)：核種分配係數評估

當放射性核種離開深層地質處置設施後，溶解在水中的核種通過母岩的裂隙表面時，藉由擴散作用進到母岩基質中。用過核子燃料深層地質處置需要安全評估的期限長達100萬年，其環境條件隨著時間變化而變動，導致放射性核種吸附行為可能因此受到影響。放射性核種的吸附特性與場址地下水質條件有相關，由圖3可說明經由吸附實驗與地化反應模式評估，以取得影響核種擴散之關鍵參數-核種分配係數 (Distribution coefficients, K_d -values)。蒐集與建立國內外相關重要核種於緩衝材料及母岩間之吸附資料，如表面錯合及離子交換反應式，以地球化學電腦模式推估分配係數 (K_d 值)，並以批次吸附實驗驗證。

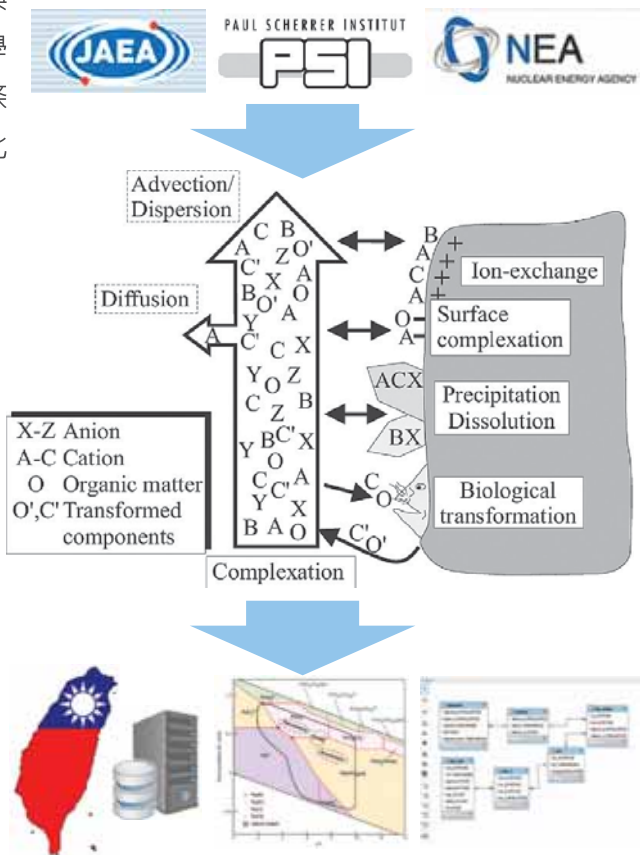


圖4. 本土熱力學資料庫建立

未來發展與展望

目前地球化學模式處於發展中階段，未來將以建置高放最終處置地球化學模式研發之核心技術為目標，進行核種於岩體裂隙及工程障壁之分配係數模式發展與實驗驗證，並建立處置場址內水-化耦合作用機制與溶質傳輸研究，以提供最終處置後續安全分析、廢棄物罐設計及整體性評估的參考。



四、附錄



4-1

108年年報大事記

1. 3月6日至3月8日

國際原子能總署 (IAEA) 保防官員4人至核研所進行2019年核子保防例行檢查，檢查結果均無異常。

2. 3月15至5月17日

核研所滿載生產核醫檢查用藥「氯化亞鉈 (鉈-201) 注射劑」及「檸檬酸鎂 (鎂-67) 注射劑」，以因應國外藥廠因生產不及造成國內嚴重缺藥之問題，總計2個月期間提供約18,000位病患造影使用。

3. 4月10日至4月11日

核研所派員參加日本東京舉辦之「第15屆臺日能源合作研討會」及提報「高效能重組產氫關鍵材料開發與系統建置」合作項目，並安排會見大陽日酸公司代表，就氫能相關技術交換意見。

4. 4月19日

核研所開發本土化先進配電管理系統 (ADMS) 與地理圖資整合技術 (GIS)，並於台電雲林區處配電饋線調度中心 (FDCC) 進行初步功能測試，測試結果顯示有效提高含綠能配電饋線操作可靠度。

5. 5月16日

核研所舉辦107年度「行政院原子能委員會委託研究計畫」成果發表會，邀請產、學、研界合作夥伴出席，參加人數計331人。

6. 5月27日至5月30日

國際原子能總署 (IAEA)、美國國家核安全管理局 (NNSA)、洛斯阿拉莫斯國家實驗室 (LANL) 及阿崗國家實驗室 (ANL) 專家共5人，至核研所檢查WBR燃料，及研商後續安定化作業程序等。

7. 7月24日至7月26日

核研所協助辦理「第三屆台日核能專家會議」，日方來台代表團人數共計26名，參加研討會人員約達100人，會後並參訪核一廠及核研所。

8.8月7日

核研所辦理「核設施除役技術國際研討會」，邀請台電公司、工程顧問公司、國外電廠除役公司及相關設備領域專家與會，以組成台灣核電廠未來除役工作所需之團隊為目標。

9.8月28日

核研所邀請日本保健物理學會會長甲斐倫明教授蒞所演講，並邀請立法委員吳焜裕博士、監察委員張武修博士等蒞臨指導，演講結束後相關貴賓並一同參訪核研所食品放射性檢測計測室。

10.9月4日

核研所研發之放射性診斷用製劑「核研心交碘-123注射液劑」獲衛生福利部許可發證。

11.9月26日至9月28日

核研所於「2019台北創新技術博覽會」獲得1面鉑金、1面金牌、1面銀牌、2面銅牌，共5個獎項。

12.11月8日

核研所完成台灣研究用反應器 (TRR) 燃料池鈾粉安定化相關作業，並將全部安定化產物 (12組貯存外罐) 由熱室運送至暫貯護箱貯放。

13.11月20日

核研所與國家實驗研究院國家太空中心簽署合作意願書 (MOU)，成為台灣發展太空計畫的合作夥伴之一。

14.12月6日

核研所於財團法人生技醫療科技政策研究中心主辦之第16屆國家新創獎中，榮獲1項「學研新創獎」及3項「2019年度續獎」，並於台北南港展覽館接受頒獎。



4-2

正面對決核電除役與放廢處理 積極研發核後端技術

編號	創作人	專利中文名稱	國別	申請日期	申請案號	發證日期	專利權號碼	專利權期間
1	黃振興, 蔡俊煌, 張鈞量, 莊謝宗揚, 楊昇府, 黃德榮, 吳明修, 林靖凱	透氣金屬基板、金屬支撐固態氧化物燃料電池及其製作方法	歐盟分割案	發明(Invention)	20190102	EP3220462B1	20160725	20360725
2	蔡雨利, 吳志宏, 侯杰利	用於光電元件之基板的剝離結構	歐盟	發明(Invention)	20190116	EP2562825B1	20110927	20310927
3	胡長良, 蕭憲明	高活度放射性廢液中中和吸附攪拌與過濾設備	中華民國	發明(Invention)	20190211	發明第I650771號	20190211	20370726
4	于鴻文, 林武智, 王美惠, 曾俊豪	多鏈醣複合物、放射性多鏈醣造影劑及其用途	中華民國	發明(Invention)	20190211	發明第I650138號	20190211	20370831
5	張振德, 陳柏聞, 沈家志, 詹德均, 吳錦裕, 王任遠, 曾院介(*), 白芸潔(*), 梁兆宇(*)	氣體感測裝置及其製作方法	中華民國	發明(Invention)	20190211	發明第I650553號	20190211	20371019
6	林冠廷, 鄭恩凱, 黃金城, 林彥廷	風機降噪裝置及應用其之風機	中華民國	發明(Invention)	20190211	發明第I650488號	20190211	20380624
7	游原昌, 徐獻星, 鄭宗杰, 李春林	可隨插即用之救災型再生能源微電網	中華民國	發明(Invention)	20190211	發明第I650917號	20190211	20380121
8	李恆毅, 郭柏修, 黃財富, 李瀨銘, 陳昱任	熱管除氣與封口之裝置與方法	中華民國	發明(Invention)	20190211	發明第I650192號	20190211	20380225
9	陳瑞宇, 江彥鋒, 王美惠, 王仁聰(*), 林武智	一種胺己基乳糖-異硫氰酸酯-苄基-1,4,7-氮雜環壬烷-1,4-二乙酸-羧酸鍵結物之合成方法	中華民國	發明(Invention)	20190211	發明第I650327號	20190211	20351224
10	溫良成, 沈錦昌, 高維欣	快速SOFC單元電池粉體加工以及薄膜電池片製程	中華民國	發明(Invention)	20190211	發明第I650898號	20190211	20361025
11	彭正良, 羅彩月, 施映霞	多功能探針及其用途	中華民國	發明(Invention)	20190211	發明第I650137號	20190211	20370831
12	莊淳宇, 鄭宗杰, 彭成俊, 楊麗臻	穿戴式操作員行為即時分類紀錄裝置及其方法	中華民國	發明(Invention)	20190211	發明第I650662號	20190211	20361025
13	許崇誠, 楊麗臻, 馬志傑	微電網多代理日前市場排程方法	中華民國	發明(Invention)	20190211	發明第I650728號	20190211	20361025
14	王美惠, 胡家宇(*), 翁茂琦, 陳俊宏, 楊浚泓, 于鴻文	含有放射性同位素氫的異脲衍生物製造劑、其製備方法及其用途	中華民國	發明(Invention)	20190211	發明第I650139號	20190211	20371010
15	張慧良, 許寧逸, 徐耀昇(*), 張榕修(*)	液流電池歧路電阻抑制裝置及其方法	美國	發明(Invention)	20190219	US10,211,476B2	20160711	20360711
16	劉哲宇, 張瑜, 徐成芳	造影劑前驅物之製備方法	中華民國	發明(Invention)	20190221	發明第I651097號	20190221	20361018
17	林弘翔, 程世偉, 鍾汶修, 吳思翹, 程永能, 李瑞益	平板型固態氧化物燃料電池堆單元及平板型固態氧化物燃料電池堆模組	美國	發明(Invention)	20190226	US10,218,013B2	20150102	20350102
18	林泰男, 郭任淵, 郭弘毅, 高維欣, 葉俊彥	具有陽極陣列式孔洞結構之燃料電池膜電極組的製備方法	日本	發明(Invention)	20190301	特許第486138號	20150218	20350218
19	陳文華, 顏豐裕, 陳信宏	木質纖維原料之木質素提取之方法	中華民國	發明(Invention)	20190311	發明第I653264號	20190311	20371121
20	莊禮環, 徐勇演, 陳文華	具螺旋式噴嘴之降膜式蒸發器	中華民國	發明(Invention)	20190311	發明第I653084號	20190311	20371127
21	張瑜, 徐成芳	NOTA衍生物之製備方法	中華民國	發明(Invention)	20190321	發明第I654182號	20190321	20371026
22	王淳安, 袁碩甫, 郭楊正, 許登傑, 郭家倫, 黃文松	一種利用高木質素纖維料源生產乳酸的方法	馬來西亞	發明(Invention)	20190321	MY-169346-A	20141231	20341231
23	郭弘毅, 林泰男, 郭任淵, 廖明威, 陳佑明, 葉俊彥, 高維欣	燃料電池之膜電極組結構及其製作方法	日本	發明(Invention)	20190329	特許第6502977號	20170224	20370224
24	吳祥寧, 梁鑫京	可辨識X光能量之影像偵測裝置	中華民國	發明(Invention)	20190401	發明第I655452號	20190401	20371023
25	李銘忻, 薛晴彥(*), 張瀚之, 馮俊方	一種新穎腦神經退化與腫瘤疾病之組織蛋白去乙酰化酶抑制劑PET造影化合物之標誌前驅物	中華民國	發明(Invention)	20190411	發明第I656126號	20190411	20370719
26	廖明威, 林泰男, 高維欣, 葉俊彥, 郭弘毅, 陳佑明	複合材料型氧傳輸膜及其製作方法	中華民國	發明(Invention)	20190411	發明第I656107號	20190411	20361011
27	王祖仁, 張偉芳	可旋轉式夾具台	美國	發明(Invention)	20190423	US10,267,707B2	20170907	20370907
28	郭弘毅, 林泰男, 郭任淵, 廖明威, 陳佑明, 葉俊彥, 高維欣	燃料電池之膜電極組結構及其製作方法	美國	發明(Invention)	20190507	US10,283,799B2	20170425	20370425



編號	創作人	專利中文名稱	國別	申請日期	申請案號	發證日期	專利權號碼	專利權期間
29	李銘忻, 邱淑珮, 張志賢, 李德偉	一種藥物濾膜風險性與完整性之自動化測試裝置及其方法	歐盟	發明(Invention)	20190508	EP2840379B1	20130813	20330813
30	王淳安, 周聖忻, 郭家倫	一種提高纖維分解酵素活性之生產方法	馬來西亞	發明(Invention)	20190516	MY-169843-A	20140822	20340822
31	黃君平, 李宜靜, 鍾東益	將離子交換樹脂氧化降解之方法及其裝置	中華民國	發明(Invention)	20190521	發明第I659781號	20190521	20370903
32	胡長良, 蕭惠明, 朱永騰, 潘本立(*), 曹國浩(*)	盛裝具輻射酸性廢液重砂屏蔽桶之洩壓與取樣裝置及其方法	中華民國	發明(Invention)	20190521	發明第I660368號	20190521	20381021
33	黃文祥, 吳志宏, 洪慧芬	以有機金屬化學氣相沉積法製作磷化銦鎵磊晶層的方法	美國	發明(Invention)	20190528	US10,304,678B1	20180319	20380319
34	李恆毅, 黃財富, 李瀨銘, 郭柏修, 陳昱任	利用紅外線熱影像檢測熱管品質之裝置與方法	美國	發明(Invention)	20190528	US10,302,379B1	20171227	20371227
35	許博文	風力發電機葉片及包含此風力發電機葉片的垂直軸風力發電機	中華民國	發明(Invention)	20190601	發明第I661122號	20190601	20371106
36	曾怡仁, 林敬修(*), 謝淑惠(*), 江勝祥(*)	碳化木之製備方法	中華民國	發明(Invention)	20190601	發明第I660827號	20190601	20380314
37	袁明程, 葉俊賢	管路放射性汙染之校正與測量方法及系統	中華民國	發明(Invention)	20190601	發明第I661212號	20190601	20380708
38	袁明程, 葉俊賢	管路放射性汙染之校正與測量方法及系統	美國	發明(Invention)	20190604	US10,310107B1	20180905	20380905
39	張家豪, 張淑君, 曾繁斌, 倪于晴	造影系統與造影方法	中華民國	發明(Invention)	20190611	發明第I661812號	20160611	20371023
40	郭弘毅, 林泰男, 郭任淵, 廖明威, 陳佑明, 葉俊彥, 高維欣	燃料電池之膜電極組結構及其製作方法	歐盟	發明(Invention)	20190612	EP3389127B1	20170413	20370413
41	施川豪, 楊凱翔, 張家瑞, 洪慧芬	紫外線發光二極體元件之封裝結構	日本	發明(Invention)	20190614	特許第6539690號	20170512	20370512
42	李青雲, 張瑜, 徐成芳	造影劑前驅物S-Bz-MAG3之製備方法	中華民國	發明(Invention)	20190621	發明第I663174號	20190621	20371010
43	張家豪, 張淑君, 曾繁斌, 倪于晴	造影系統與造影方法	日本	發明(Invention)	20190628	特許第6545864號	20180521	20380521
44	莊鈺德, 胡譚心, 林建宏, 魏華洲	鈉液流電池電容量回復方法	中華民國	發明(Invention)	20190701	發明第I664772號	20190701	20381112
45	陳柏聞, 張振德, 楊朋, 吳錦裕, 詹德均, 謝政昌, 蔡文發, 王敏全	電致變色裝置之製備方法	美國	發明(Invention)	20190706	US10,353,262B2	20170807	20370807
46	謝錦隆	複合型綠能路燈裝置	美國	發明(Invention)	20190709	US10,349,480B2	20171020	20371020
47	邱耀平, 陳柏壯, 林士強, 張軒華, 邱秀玫	進料槽裝置之結構	中華民國	發明(Invention)	20190711	發明第I665144號	20190711	20371228
48	林佳慧, 孫士文, 方淳毅(*)	具相對權重電力需量控制方法	中華民國	發明(Invention)	20190721	發明第I666607號	20190721	20380304
49	陳俊亦, 李岳穆, 洪慧芬	檢測太陽電池封裝之方法	美國	發明(Invention)	20190723	US10,361,656B1	20180109	20380316
50	李岳穆, 陳俊亦, 施川豪, 洪慧芬	太陽電池之電性檢測方法	美國	發明(Invention)	20190723	US10,361,655B2	20160907	20360907
51	曾怡仁, 江勝祥, 廖文珍, 謝淑惠(*), 蔣孝澈(*), 沈安婷, 蘇怡誠(*), 詹雅雯(*)	鉛碳接合之製作方法、鉛碳電極片之結構以及鉛碳電池之結構	美國	發明(Invention)	20190723	US10,361,420B2	20160906	20360906
52	吳宗道, 陳駿昇, 曾慶沛, 謝政昌	薄膜厚度量測方法及其系統	美國	發明(Invention)	20190730	US10,365,085	20171130	20371130
53	蘇棋翹, 郭昭延, 詹德均	全固態電池、混成結構固態電解質薄膜及製備方法	中華民國	發明(Invention)	20190801	發明第I667829號	20190801	20370724
54	徐聖權, 王敏全, 鄭寶堂, 陳毅修	降低金屬氧化物半導體之阻值的方法及其量子電池的製法	中華民國	發明(Invention)	20190801	發明第I667805號	20190801	20371012
55	林建宏, 楊銘乾(*), 魏華洲	具有低阻抗低滲透雙功能液流電池隔離膜製法	中華民國	發明(Invention)	20190811	發明第I668900號	20190811	20380117
56	吳思翰, 程世偉(*), 徐瑞鴻, 林靖凱, 林弘翔, 程永能, 李瑞益	高效率燃料電池發電模組	日本	發明(Invention)	20190816	特許第6571560號	20160303	20360303
57	吳晃昭, 黃崇豪, 楊峰正(*)	放射性切割件包裝方法	中華民國	發明(Invention)	20190821	發明第I669622號	20190821	20381202
58	洪毓翔, 黃崇豪, 陳湘鳳(*), 蔡博州(*)	圓柱狀和圓餅狀數位模型之模擬切割方法	中華民國	發明(Invention)	20190821	發明第I669616號	20190821	20380812
59	郭賢章, 梁國超	變徑流體化床反應器及再生反應系統	中華民國	發明(Invention)	20190821	發明第I669155號	20190821	20380927
60	李恆毅, 黃財富, 李瀨銘, 郭柏修, 陳昱任	利用紅外線熱影像檢測熱管品質之裝置與方法	中華民國	發明(Invention)	20190821	發明第I669502號	20190821	20371203
61	邱耀平, 陳柏壯, 吳耿東(*), 簡瑞興(*)	具共用結構之化學迴路反應器	中華民國	發明(Invention)	20190911	發明第I671492號	20190911	20381211

編號	創作人	專利中文名稱	國別	申請日期	申請案號	發證日期	專利權號碼	專利權期間
62	林武智, 王美惠, 于鴻文, 林昆諒, 江彥鋒(*), 陳瑞宇(*)	六聚乳糖NOTA衍生物、六聚乳糖正子肝受體造影劑的Ga-68放射標識方法及六聚乳糖正子肝受體造影劑	中華民國	發明(Invention)	20190911	發明第I671077號	20190911	20380508
63	林玉楚, 林彥廷, 蘇煒年, 黃金城	風力發電機葉片通用型夾具	中華民國	發明(Invention)	20190921	發明第I672438號	20190921	20380321
64	高俊廷, 羅國原	微電網、儲能系統與電壓補償方法	中華民國	發明(Invention)	20191001	發明第I673931號	20191001	20380304
65	于鴻文, 林武智, 王美惠, 曾俊豪	多鏈糖複合物、放射性多鏈糖造影劑及其用途	美國	發明(Invention)	20191008	US10,434,196B2	20180202	20380202
66	王任遠, 王敏全	電致變色元件及其製造方法	中華民國	發明(Invention)	20191011	發明第I674468號	20191011	20360908
67	林祐祥	量測驅動器閥裝置	中華民國	發明(Invention)	20191021	發明第I675194號	20191021	20380320
68	柯學超, 歐陽啓能, 李耀民, 余政融	核能級控制閥檢驗測試系統	美國	發明(Invention)	20191029	US10,460,846B2	20160926	20360926
69	楊昇府, 王多美, 徐啓振, 李恆毅	綠色環保除溼輪製作方法	中華民國	發明(Invention)	20191101	發明第I675812號	20191101	20380902
70	吳祥寧, 梁鑫京	可辨識X光能量之影像偵測裝置	美國	發明(Invention)	20191105	US10,466,369B2	20181024	20381024
71	黃君平, 李宜靜, 鍾東益	將離子交換樹脂氧化降解之方法及其裝置	美國	發明(Invention)	20191112	US10,475,544B1	20170918	20370918
72	涂瑋霖, 許登傑(*), 蔡仲隆(*), 郭家倫, 趙裕, 黃文松	嗜甲醇酵母菌轉殖株、其用途及利用其製作纖維水解酵素液之方法	中華民國	發明(Invention)	20191121	發明第I677575號	20191121	20380816
73	馬維揚, 莊智閔	導電銅膜之製備方法	中華民國	發明(Invention)	20191201	發明第I678430號	20191201	20380627
74	李銘忻, 薛晴彥(*), 張瀚之, 馮俊方	一種新穎腦神經退化與腫瘤疾病之組織蛋白去乙酰酶抑制劑PET造影化合物之標識前驅物	美國	發明(Invention)	20191217	US10,507,250B2	20170911	20370911



書 名：行政院原子能委員會核能研究所108年年報

編 著 者：行政院原子能委員會核能研究所

出版機關：行政院原子能委員會核能研究所

電 話：(02) 8231-7717 (03) 471-1400

地 址：32546 桃園市龍潭區佳安里文化路1000號

傳 真：(03) 471-1064

網 址：<http://www.iner.gov.tw/>

出版年月：中華民國109年6月

創刊年月：中華民國82年6月

定 價：NT\$ 720元

G P N：2008200098

I S S N：1812-3295 (平裝)

刊期頻率：年報

展售門市：● 國家書店松江門市 10485 台北市中山區松江路209號1樓

TEL: 02-25180207

● 五 南 文 化 廣 場 40642 台中市北屯區軍福七路600號

TEL: 04-24378010

◎ 本書同時登載於核能研究所網站之「出版品\年報」，網址為：<http://www.iner.gov.tw/>

◎ 本書保留所有權利。欲利用本書全部或部分內容者，須徵求著作財產人行政院原子能委員會核能研究所同意或書面授權。請洽行政院原子能委員會核能研究所，電話：03-4711400分機：3029。



Nuclear Energy



行政院原子能委員會
核能研究所

地址：桃園市龍潭區佳安里文化路1000號

電話：(02)8231-7717 · (03)471-1400

傳真：(03)471-1064

網址：<http://www.iner.gov.tw>

E-mail：iner@iner.gov.tw

ISSN 1812-329-5



GPN:2008200098

定價：NT\$ 720元