

ISSN:1812-3295

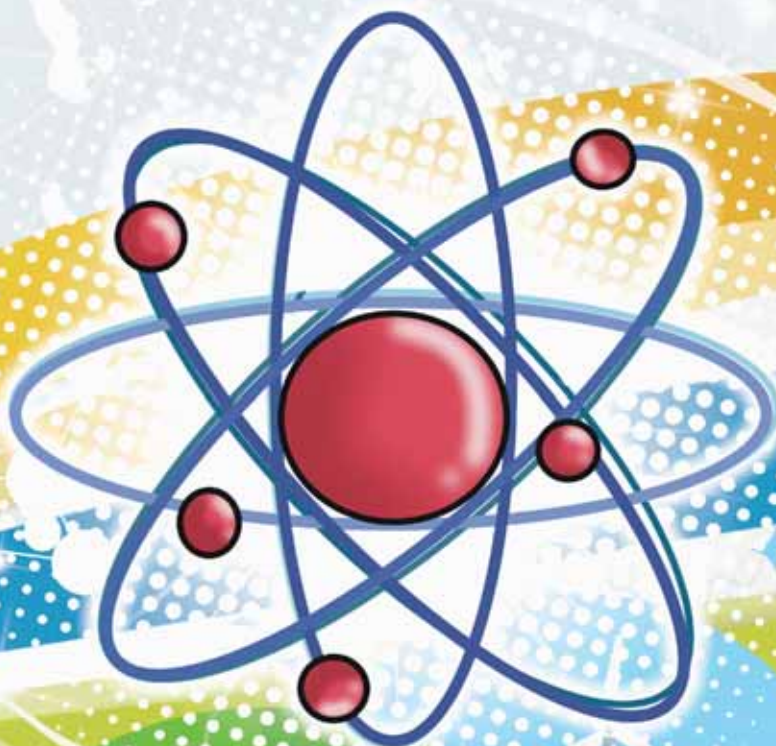


2022

111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112年7月出版

2022

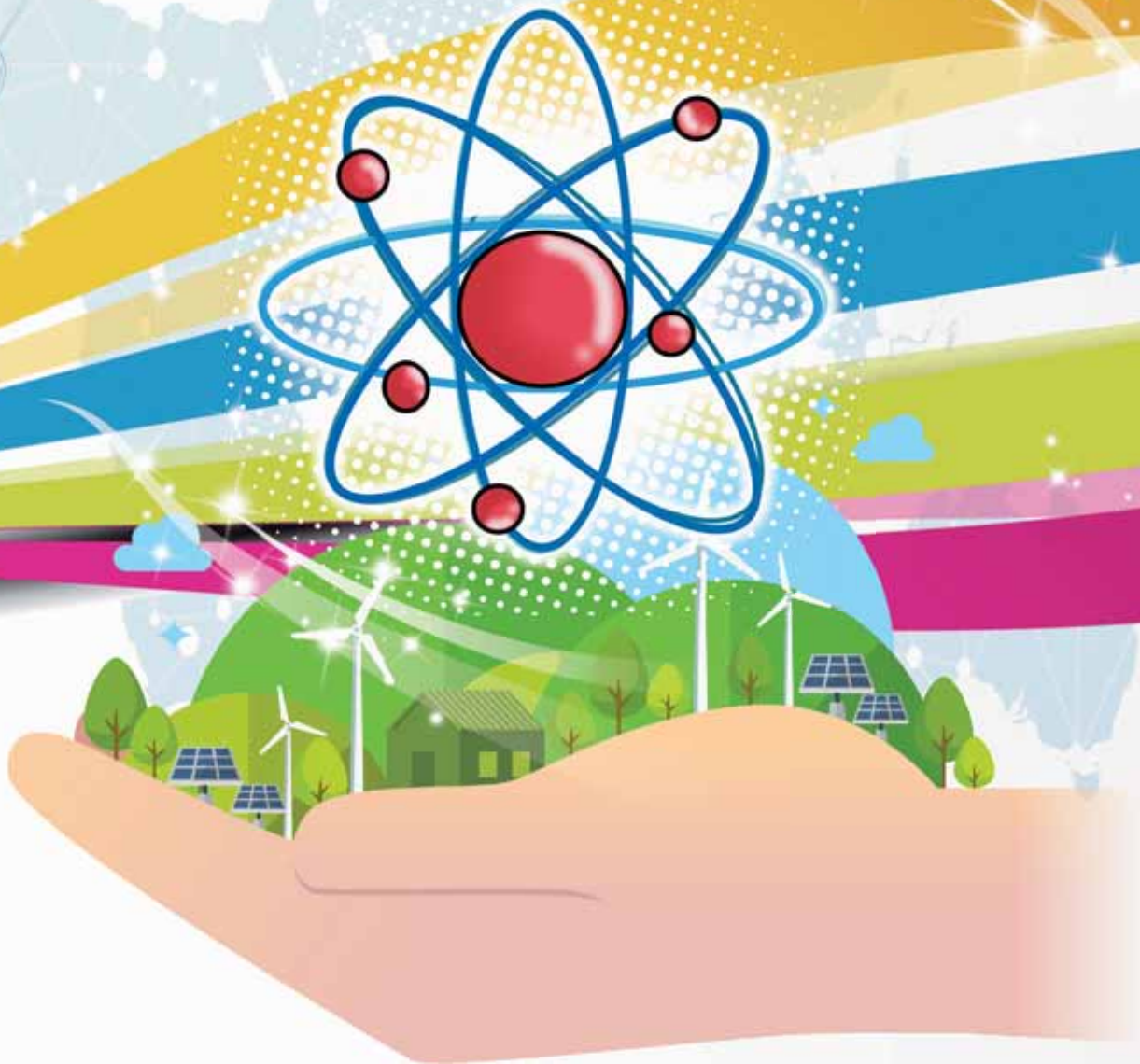
111年年報

Annual Report



行政院原子能委員會 核能研究所

Institute of Nuclear Energy Research
Atomic Energy Council, Executive Yuan



行政院原子能委員會核能研究所 編印

中華民國112年7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

2022 111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 核安與核後端	8
3-1-1 確保核能電廠停機除役之安全-用過核子燃料池嚴重事故後果評估	10
3-1-2 尋找最佳組合節省巨額費用-整合中期貯存與最終處置作業之用過核子燃料貯存容器裝載配置技術	12
3-1-3 克服TRR除役難關-自主開發TRR爐體上熱屏蔽穿越管切割技術	14
3-1-4 發展高輻射核設施除役技術-自主研发水下切割技術與工法	16
3-1-5 爐管健康隨時診-火力電廠鍋爐爐管健康監測及評估系統	18
3-1-6 核電廠除役核種活度測量~實驗室能力比對	20

3-2 核醫製藥與民生輻射應用	22
3-2-1 人工智慧守衛高齡照護-應用AI精進老年失智診斷用核醫藥物前驅物及標準品之製程	24
3-2-2 交感神經功能診斷利器「核研心交碘-123注射劑」	26
3-2-3 肝病嚴重度判讀新解方:「核研多蓄克鎳肝功能造影劑」 榮獲「2022國家藥物科技研究發展獎」藥品類最高榮譽金質獎	28
3-2-4 守護海域輻射安全－開發生物氣檢測技術及海流擴散預警系統	30
3-3 新能源與跨領域系統整合	32
3-3-1 核研所以創新電致變色玻璃技術榮獲2022年全球百大科技研發獎	34
3-3-2 感應耦合電漿裂解除役太陽光電模組材料全循環	36
3-3-3 智慧電網管理與大數據診斷技術發展	38
3-3-4 完全詮釋農電共生-可透光軟性有機太陽電池模組	40
3-3-5 淨零排放優選技術-固態氧化物電解電池產氫	42
3-3-6 CO ₂ 碳酸化再利用技術發展與系統建置	44
3-3-7 DTU 10 MW浮動風機縮尺模型試驗之系統建置與驗證	46
四、附錄	48
4-1 111年大事紀	49
4-2 111年取得之專利清單	51

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





一、序言

成爲全國最值得信賴的原子能研發機構

行政院原子能委員會核能研究所（簡稱核研所）成立於民國57年，為我國原子能與輻射應用的專責研究機構，歷經55年的蛻變與成長，以核安、核後端、核醫製藥與民生輻射應用、新能源與跨領域系統整合等為發展主軸，除致力於前瞻創新的研究外，亦積極推廣研發成果於民生及產業應用；111年在全體同仁共同努力下，核研所各項研發均獲得豐碩的成果。

在核安與核後端發展方面，現階段以核電廠安全分析、用過核子燃料安全貯存評估、核設施除役拆除與清理、放射性廢棄物處理與處置等為發展重點，著力於建立各項自主關鍵技術，以配合我國核電廠除役進程之需求。在核融合熱門議題上，國科會已於112年3月核定「磁約束高溫電漿研究」計畫，核研所將與國內電漿專家聯手於4年內完成國內首套小型托克馬克研究裝置，進行電漿核融合關鍵技術研究，奠基核融合技術與培育人才。此外，核研所有40年核能電廠量化風險評估經驗，其成果除應用於多種供電及天然氣儲存設施之風險評估與可靠度分析外，亦開始拓展運用於強化電網韌性之評估，這些技術可對國內能源設施業者提供配套方案，協助改善電網韌性。



在民生輻射應用方面，於經濟部科技專案計畫經費支持下，已陸續建置「碳十四藥物代謝平台」、「分子影像暨放射藥理平台」及「GLP放射毒理實驗室」，並積極研發「長效型攝護腺癌醫標靶治療藥物」、「放射栓塞肝癌治療藥物」及全球第一個肝標靶醣胜肽之肝功能檢驗凍晶型藥劑－「核研多蕾克鎂肝功能造影劑」。此外核研所獲行政院支

持，112年起執行70MeV中型迴旋加速器建置計畫，未來作為我國開發核醫診療新藥相關研究、擴展我國中子與質子材料應用、拓展衛星與半導體檢測技術等之重要設施。另外，因應日本政府將福島第一核電廠的含氚處理水排放至海洋，核研所於111年8月成立我國首間生物氚檢測實驗室，以及建置「放射性物質海域擴散海洋資訊平台（TW-ORIS）」，可提供民衆查詢我國周邊海域放射性物質相關資訊。

在綠能與系統整合方面，著重於創能、儲能、節能及系統整合技術開發，不僅獲得豐碩成果並技術移轉民間廠商。自105年到111年已簽約38件技術移轉案，包含液流電池、太陽電池、固態氧化物燃料電池、生質沼氣、智慧電網……等技術項目，簽約金合計近1億3千萬元。另辦理「綠能發配電智慧管理與效能提升技術發展計畫」及成功爭取「淨零排放-電網韌性分析計畫（112-114年度）」前瞻基礎建設計畫，協助政府發展我國2050淨零排放科技。

為增進專利技術能見度及與產業界合作機會，核研所積極參與國內外新創技術比賽與相關展覽，繼2021年以「智慧配電網路管理系統（iDNMS）技術」奪得「2021年全球百大科技研發獎」後，再度以「低碳生產、低成本之創新電致變色玻璃量產（IDIMPT）技術」獲得「2022年全球百大科技研發獎」。而在「2022年台灣創新技術博覽會」中，核研所相關專利亦獲得15項大獎佳績，包含2項最高榮譽鉑金獎與3項金獎，是全國唯一連續3年獲2項鉑金獎單位。

配合行政院組織改造，核研所將轉型為行政法人「國家原子能科技研究院」，因應法人化的進程，核研所也將聚焦於法人化的經營策略。展望未來，無論在核能安全、輻射防護、核後端技術、原子能民生應用、2050淨零排放、前瞻科技等議題上，核研所將踏穩腳步迎向各種挑戰、迎接嶄新的未來，實現低碳社會及增進民生福祉，成為全國最值得信賴的原子能研發機構。

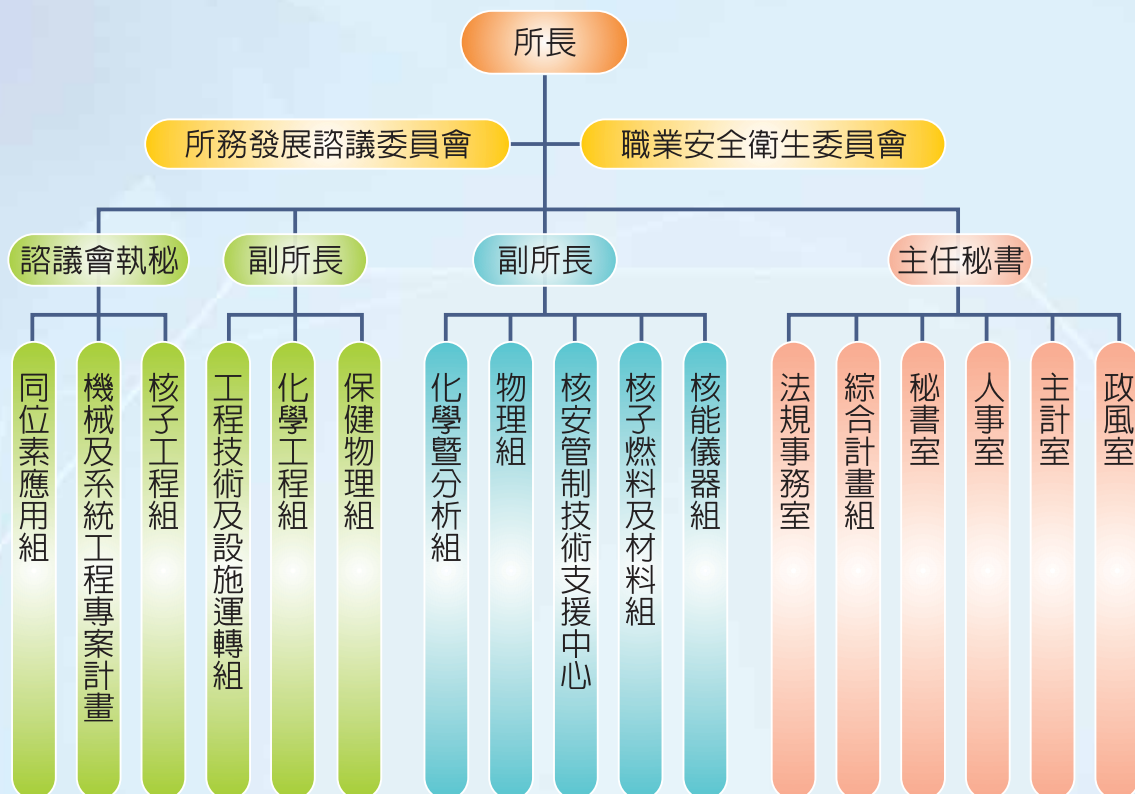
所長

陳長晏



二、組織架構與經營現況

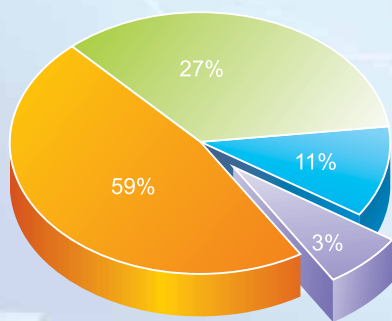
核能研究所組織架構圖



核能研究所111年人力與經費

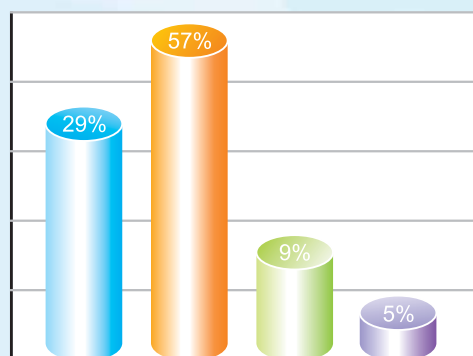
(資料時間：111年12月)

111年度核研所編制人力分配



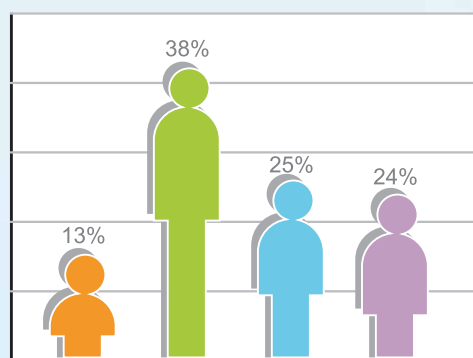
研究人員	486人 (59%)
技術員	219人 (27%)
行政人員	93人 (11%)
技工工友	25人 (3%)
全所編制內人員	823人

111年度研究人員學歷統計



● 博士	140人 (29%)
● 碩士	277人 (57%)
● 學士	42人 (9%)
● 專科	27人 (5%)
研究人員	486人

111年度研究人員職稱分類統計



● 研究員級	63人 (13%)
● 副研究員級	184人 (38%)
● 助理研究員級	119人 (25%)
● 研究助理	120人 (24%)
研究人員	486人

111年度經費支用概況

單位：千元

項次	決算數	百分比
一般行政	1,150,873	72.30%
計畫管理維運及成果應用	216,130	13.58%
核能科技研發計畫	221,843	13.94%
一般建築及設備	3,057	0.19%
合計	1,591,903	100.00%



三、研發與創新

3-1

核安與核後端

隨著國家能源轉型與非核家園政策的落實，我國現有核電廠將在運轉執照陸續屆期後，於114年全數進入除役階段。核研所早年配合原子能技術應用研發任務所建置之研究用反應器及其他核設施，亦正依法規執行除役與清理任務。核研所因應時勢與國家需求，現階段在核能領域之研發重點包括核電廠安全分析技術應用、用過核子燃料安全貯存評估技術、核設施除役拆除與清理及放射性廢棄物處理與處置技術發展，以維護核能安全及輻射安全，並積極推廣核能安全技術於其他跨領域系統之應用。本(111)年度核安與核後端技術領域之重要研發成果摘錄如下：

- (一) 為確保核電廠除役過程用過核子燃料的安全，核研所首次整合熱水流建模與廠外劑量分析程式，計算PWR機組用過核子燃料池(Spent Fuel Pool, SFP)假想嚴重事故案例之後果。分析探討燃料池鋼襯不同位置失效而導致池水流失的熱水流現象與輻射源項(Source Term)等，並實際考量廠址16方位人口分布，進行公眾罹癌致死的健康效應風險值計算。
- (二) 因應未來國內三座核能電廠的用過核子燃料最終處置需求，核研所開發用過核子燃料最佳化配置分析技術，可以協助台電公司在規劃乾式貯存筒的燃料配置時，同時兼顧到最終處置階段廢棄物罐的燃料裝載需求，進行最佳化整合設計，決定合適的處置場大小規模，兼顧安全功能與經濟效益。
- (三) 台灣研究反應器拆除作業進行至上熱屏蔽，此處輻射强度高不易拆除，為TRR 除役關鍵困境。核研所利用自主開發可遠距離操控之氣動往復鋸，並配合液壓剪設備，工作人員以遙控方式操作拆除機具，順利完成拆除，符合輻射安全「合理抑低」原則，並使TRR除役工作可依規劃時程持續進行。

- (四) 水下切割技術在完成核設施除役的過程中扮演重要角色，核研所依據TRR爐體廢棄物拆解需求，陸續開發並建置溼式切割水槽、水下切割平台，持續完善水下帶鋸機等機具設計。核研所預計將於112年底完成上熱屏蔽的切割作業，致力於法規期限內完成台灣研究用反應器 (TRR) 爐體廢棄物拆解作業。
- (五) 核研所開發火力電廠鍋爐爐管健康監測及評估系統，針對爐管過熱潛變機制，擷取即時運轉數據，搭配電廠歲修期間之檢測與換管相關參數，可藉由運算評估爐管健康狀況。該系統將可降低機組故障率及爐管異常檢修時間，並預期可有效降低鍋爐破管不可用率 (EUF) 指標，穩定國內電廠供電來源。
- (六) 因應核電廠除役產生大量放射性廢棄物之處理需求，核研所於110年起，整合國內中、低活度化學分析實驗室資源，進行除役難測核種分析實驗室間能力比對研究，藉此計畫協助國內實驗室建立除役關注核種分析之能力。本年度有兩座國內放射實驗室完成首次難測核種實驗室間能力比對，精進國內放射化學分析技術。

3-1-1

確保核能電廠停機除役之安全- 用過核子燃料池嚴重事故後果評估

日本福島事故後引發核工業界對用過核子燃料池 (Spent Fuel Pool, SFP) 安全的疑慮，美國核管會因應用過核子燃料池安全性議題，於2014發佈了NUREG-2161報告，探討用過核子燃料池在超越設計基準地震事件下，結構的完整性與潛在池水流失情節衍生放射性物質外釋對公眾健康的風險。原能會要求台電公司參考此技術報告方法論，進行相關風險評估。本研究已實質進行核三廠用過核子燃料池超越設計基準事故風險評估案例應用，有助福島事故後核能管制相關議題的釐清與釋疑。



圖片來源：核三廠用過核子燃料池

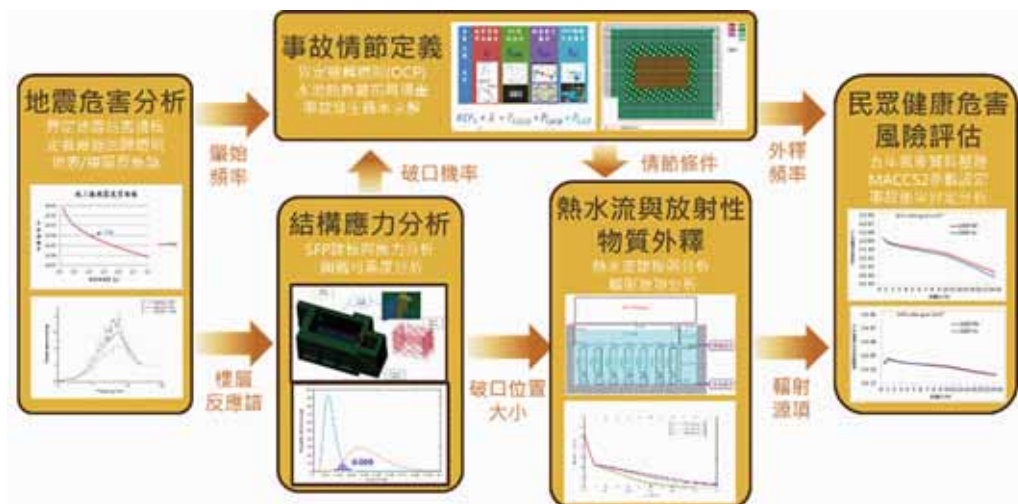


圖1. 用過核子燃料池超越設計基準事故後果分析流程

本研究為國內首次整合嚴重事故分析程式MELCOR與廠外劑量分析程式MACCS2，執行熱水流建模計算與後果評估之分析案例。本研究以MELCOR發展PWR機組用過核子燃料池 (SFP) 的熱水流分析技術，其中納入歷史燃耗燃料活性、衰變熱、SFP組件材料特性與載重，與最大熱負載配置進行建模，分析探討鋼襯不同位置破損導致池水流失的熱水流現象，包括水位變化、熱傳遞機制、銹水反應、組件溫升與輻射源項 (Source Term) 等。本研究再根據輻射源項分析結果，以MACCS2納入廠址近五年的大氣條件，也實際考量廠址周邊16方位人口分布，完成民眾罹癌致死的健康效應風險值計算。



圖2. 案例廠址16方位人口分布圖

圖片來源：
核能一、二、三廠緊急應變計畫區內民眾防護措施分析及規劃檢修正報告

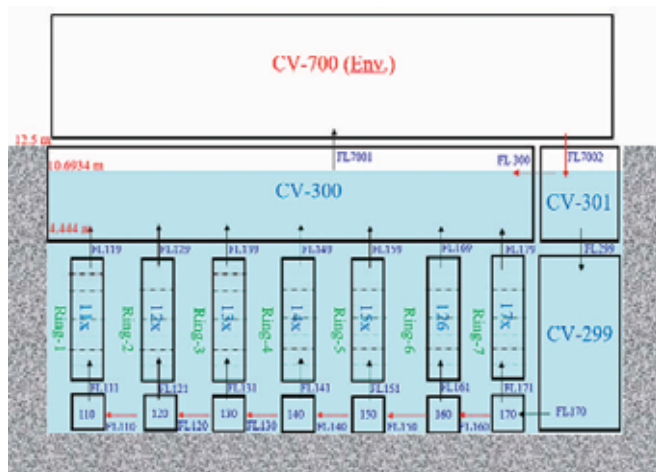


圖3. 用過核子燃料池熱水流分析模式示意圖

本研究基於美國核管會NUREG-2161報告有關沸水式反應器 (BWR) 超越設計基準事故後果分析方法，其中涉及SFP熱水流分析與放射性物質外釋後果評估的技術，考量BWR與壓水式反應器 (PWR) 設計與材料的差異性，重新發展適用國內PWR SFP的分析參數條件，可反應核三廠SFP熱水流現象，並獲得嚴重事故分裂產物外釋環境的相關資訊，作為下游劑量分析程式MACCS2界定公眾風險的輸入依據。

分析假設SFP發生鋼襯裂隙破口，導致池水部分流失或排空情節且保守未考量救援條件。結果顯示，對現行緊急應變計畫區8公里範圍內的個人，潛在罹癌致死風險預估為每年 1.0×10^{-8} 左右，此比美國核管會定義的定量健康目標值 2.0×10^{-6} (1/年) 低約2個數量級。因此用過核子燃料池於正常運轉週期間發生超越設計基準嚴重事故，並導致放射性核種外釋，進而造成個體罹癌致死的風險甚低。

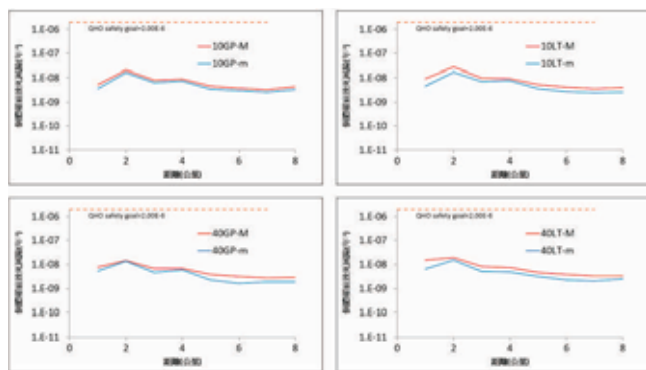


圖5. 潛在罹癌致死風險與距離關係

核研所深耕相關技術要項已具多年實務經驗，過往主要應用於運轉中核能電廠，協助電廠提升運維效能與強化安全。近年來在政府非核家園能源政策下，我國核電廠陸續達到運轉年限，逐步邁入除役階段，核電廠用過核子燃料的安全管制成為核電廠除役首要課題。對於用過核子燃料池相關安全議題，核研所責無旁貸，與時俱進根據國外成熟技術輔以國內現況條件，協助台電公司進行用過核子燃料處置相關議題評估，使電廠在運轉或除役階段之用過核子燃料都符合法規要求，確保公眾安全，使國人安心。



圖4. 放射性核種外釋傳播機制與現象

圖片來源：
美國聖迪亞國家實驗室 (SNL) MACCS2簡報資料

國內核能電廠逐步邁入除役階段，政府嚴格要求核電廠之運轉與除役機組之用過核子燃料，須依「放射性廢料管理方針」進行相關處置。目前國內用過核子燃料皆貯放在電廠內之用過核子燃料池內，等待下一階段移出水池進行乾式貯存。國內核能電廠之用過核子燃料池在可見的未來，仍是用過核子燃料貯存管理的第一線，因此本項目發展之各項技術要項，未來可提供電力公司在相關安全評估之重要技術基礎。

3-1-2

尋找最佳組合節省巨額費用－ 整合中期貯存與最終處置作業之用過 核子燃料貯存容器裝載配置技術

我國的用過核子燃料(以下簡稱燃料)自核能電廠的反應爐退出後，會先存放在廠內用過核子燃料水池中冷卻一段時間，之後移入中期貯存設施的乾式貯存筒，進行約40年之貯存，待2055年最終處置場完工啓用後，再轉移燃料至廢棄物罐以進行最終處置。國際間公認「深層地質處置」是最為成熟可行的一種最終處置方式。將燃料配合金屬廢棄物罐、緩衝與回填材料等埋在深約500公尺的穩定地質環境中，藉由人工與天然環境所形成的多重障壁系統，能有效圍阻或遲滯放射性核種的外釋與遷移，讓用過核子燃料所含放射性物質在到達人類生活圈之前，其輻射強度已衰減至可忽略的程度。



其中做為緩衝材料的膨潤土，溫度不能超過 100°C ，當數千罐廢棄物罐放在地下500公尺一起對岩層加熱，假如岩層的初始溫度高、散熱慢，岩層能夠承受廢棄物罐的熱負載就越低，因此就需要拉大處置孔與處置孔的距離(以下簡稱處置孔間距)，膨潤土的溫度才不會超過 100°C ，以維持其圍阻與遲滯的功能。處置孔間距直接影響處置隧道的長度和最終處置場的大小，處置孔間距愈大，所需花費的工程經費就愈高。

我國的岩層具有地溫較高散熱較慢的特性，在此嚴苛的地質條件下，透過調控廢棄物罐的熱負載，以縮短處置孔間距，同時維持膨潤土的圍阻與遲滯功能，可節省巨額的工程經費，也是最省時省力的作法。而調控廢棄物罐熱負載的方式，是經由規劃設計其所裝填的燃料配置來達成。

本技術為用過核子燃料中期貯存與最終處置之兩種貯存容器－乾式貯存筒與廢棄物罐的燃料裝載整合配置技術，可以設定乾式貯存筒的燃料配置、每次開啓幾罐乾式貯存筒和每年裝載幾罐廢棄物罐，模擬燃料從乾式貯存筒轉移到廢棄物罐的燃料裝載作業，並採用模擬退火法搜尋可能的廢棄物罐燃料配置，使得每一乾式貯存筒的燃料轉移至廢棄物罐時，各廢棄物罐的熱負載愈接近愈好，模擬完成後會輸出所有廢棄物罐的燃料配置及其熱負載。



圖1. 深層地質處置、廢棄物罐、膨潤土與處置孔間距示意圖

用過核子燃料衰變熱計算與乾貯筒內燃料配置

依據美國核管會RG3.54修訂2版執行燃料衰變熱功率計算，設定乾式貯存筒之燃料配置邏輯，並依據所建立的乾式貯存筒之發熱量，初估廢棄物罐的熱負載限值。本項流程方塊的輸入資料為用過核子燃料的運轉週期、燃耗、鈾重、鈾235濃縮度以及處置時間，輸出資料為乾式貯存筒的燃料配置與所有燃料的衰變熱功率。

廢棄物罐內用過核子燃料配置

開啓一罐乾式貯存筒，將所貯存的燃料逐一放入廢棄物罐內，若第1罐廢棄物罐的熱負載超過初估的限值，則放入第2罐廢棄物罐，以此類推。完成後檢查所使用的廢棄物罐中，若未填滿燃料的罐數超過1罐，則執行模擬退火法機制，重新產生所有廢棄物罐的燃料配置，直到未填滿燃料的罐數只剩1罐或0罐。本項流程方塊的輸入資料為被開啓的乾式貯存筒之燃料配置，輸出資料為各廢棄物罐的燃料配置。

邏輯判斷

判斷下列5個流程參數是否達成：(1) 所開啓的乾式貯存筒，是否已完成其廢棄物罐的燃料配置；(2) 所開啓的乾式貯存筒，是否已是最後一罐；(3) 是否可替換其他未開啓的乾式貯存筒，進行廢棄物罐燃料配置；(4) 年度裝載廢棄物罐的數量，是否已達成；(5) 廢棄物罐熱負載限值的搜尋，是否結束。

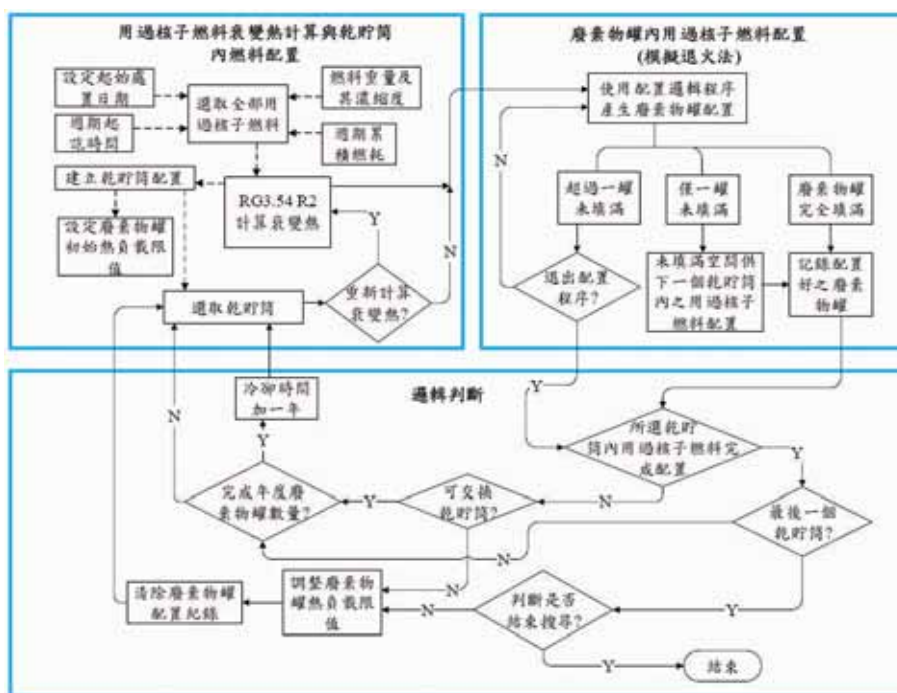


圖2. 兩種貯存容器用過核子燃料裝載整合配置技術流程

國內三座核能電廠的用過核子燃料將陸續進入中期貯存階段，本項技術可以協助台電公司在規劃乾式貯存筒的燃料配置時，同時兼顧到最終處置階段廢棄物罐的燃料裝載需求，以避免日後發生部分廢棄物罐無法裝滿燃料的問題。而對兩種貯存容器的燃料配置進行最佳化整合設計，可以在兼顧安全功能與經濟效益的前提下，決定合適的處置場大小規模，提供台電公司選址時的參考依據。

3-1-3

克服TRR除役難關- 自主開發TRR爐體上熱屏蔽穿越管切割技術

「台灣研究用反應器 (TRR) 設施除役計畫」已於民國93年4月經主管機關核准在案，除役期限為118年3月。TRR爐體(如圖1所示)拆解為最關鍵工作，其主要結構(如圖2所示)包含上生物屏蔽、上熱屏蔽、旁熱屏蔽、石墨反射體、反應槽及下熱屏蔽等可移動組件，及爐體外圍生物屏蔽體(含環熱屏蔽)，拆解策略將採「由上而下」、「由內而外」原則，因此須先針對爐體內部可移動組件拆解移出，再配合爐體外部生物屏蔽體分層拆解，逐步執行TRR爐體拆解作業。核研所已於110年完成TRR爐體內最上層組件即上生物屏蔽拆解，因第二層組件上熱屏蔽上方有穿越管連接至生物屏蔽體，必須拆除始可繼續拆解作業，但因此處輻射强度高不易拆除，為TRR 除役關鍵難題。



圖1. TRR爐體

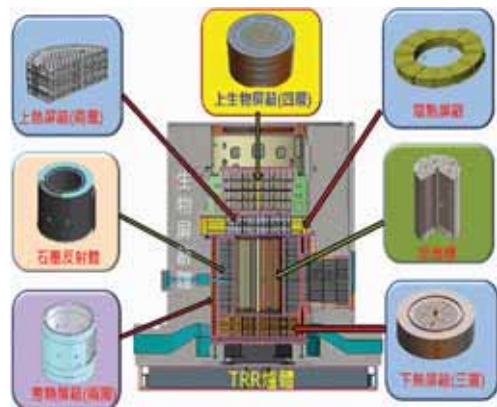


圖2. TRR爐體主要結構

TRR爐體上熱屏蔽穿越管連接上熱屏蔽A層與B層，部分延伸至生物屏蔽體中(如圖3所示)。由於位於活化組件(上熱屏蔽)上方，現場輻射強度較高，最高處之輻射劑量率達50 mSv/h，考量人員輻射防護及劑量管控，工作人員無法以現有常用之切割機具靠近執行切除作業，因此，核研所利用多年除役經驗及技術能力，自主開發可遠距離操控之氣動往復鋸，並配合液壓剪設備，工作人員於距離切割位置4 m之爐頂(輻射劑量率約40 μ Sv/h)，以遙控方式操作拆除機具，克服現場高輻射限制及臨場問題，順利完成上熱屏蔽穿越管拆除，使TRR除役工作可依規劃時程持續進行，並且符合「游離輻射防護安全標準」之「合理抑低」原則。



圖3. TRR爐體上熱屏蔽穿越管

程持續進行，並且符合「游離輻射防護安全標準」之「合理抑低」原則。

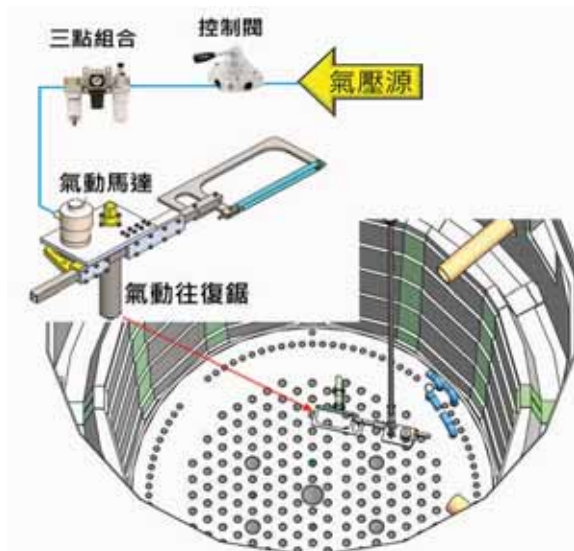


圖4. 氣動往復鋸切割工法

作業機具製作

液壓剪設備包含液壓剪及液壓系統，最大剪切壓力500 bar、最大剪切直徑18公分。氣動往復鋸係藉由高壓氣體旋轉運動，帶動鋸弓做往復運動，並由工作人員輔助施加旋轉力，旋轉切除範圍介於直徑82~19公分範圍間。上述機具皆設計配合延長桿深入爐內作業，經由採購製作(如圖5所示)，經以樣品進行模擬測試，順利完成切除或剪除作業，符合設計功能需求。



圖6. 上生物屏蔽穿越管切割作業

技術工法規劃

上熱屏蔽穿越管管徑12公分，盤繞於上熱屏蔽與生物屏蔽體間，為使後續爐內組件拆解移出，移出路徑障礙物須移除，因此規劃爐內圓形空間內管路移除即可，生物屏蔽體內管路配合拆解一併移出。規劃拆除機具包含自行設計之氣動往復鋸(如圖4所示)及液壓剪設備，以氣動往復鋸切除上熱屏蔽上方大部分管路，再以液壓剪剪除剩餘突出於移出空間路徑之管頭，拆除廢棄物則以液壓剪直接抓取裝箱。工作人員全程遠距操作，可確保輻射作業安全。



圖5. 作業機具

拆除作業

工作人員位於爐頂執行拆除作業(如圖6所示)，將氣動往復鋸安裝至原燃料棒孔洞中，操作旋轉往復鋸切除周圍上生物屏蔽穿越管，再以液壓剪深入上熱物屏蔽上方及生物屏蔽體周圍，剪除剩餘管接頭，最後將廢棄物夾取裝箱，順利完成所有拆除作業(如圖7所示)。工作人員共計三人，工作六小時總集體劑量為25 $\mu\text{Sv-man}$ ，大幅減少人員接受劑量，經主管機關檢查，輻安工安達零缺失。



圖7. 完成上生物屏蔽穿越管拆除

3-1-4

發展高輻射核設施除役技術-
自主研發水下切割技術與工法

依據國際經驗顯示，核設施除役作業會面對一系列複雜的工作，而反應器內部高活度零組件的拆解、移除和最後包裝，無論是在技術、輻射防護和計畫管理等各方面都是重大的挑戰。核研所的台灣研究用反應器 (TRR) 爐體，已於民國 91 年整體切割以廢棄物形式存放於 074 館拆裝廠房，並於民國 93 年取得除役許可，於 110 年開始執行拆除作業。此外，國內六座核子反應爐運轉執照已陸續到期並進入除役階段，如何將反應器爐體活化組件取出、切割並完成包裝，是拆解作業中面對的困難課題。為了降低在切割作業中人員所接收的輻射劑量，相關作業多考慮水下遠距操作。因此，發展與建立相關水下切割技術與方法，將是能否順利完成核設施除役的重要因素。

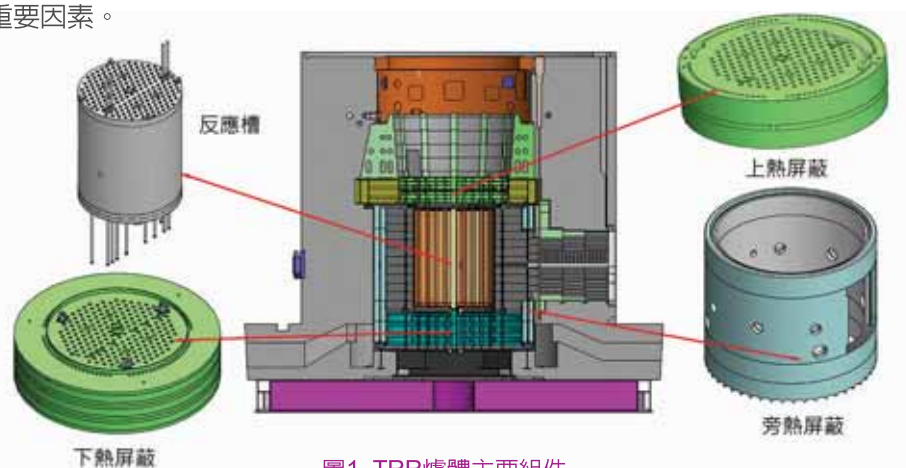


圖1. TRR爐體主要組件

水下切割作業方式主要可區分為熱切割及機械切割，依據國外核設施除役經驗，目前主要均為機械切割，以避免面臨二次廢棄物處理問題。核研所 TRR 爐體廢棄物中，因輻射劑量率及結構問題，須於水下切割的組件有上熱屏蔽（二層）、反應槽、旁熱屏蔽及下熱屏蔽（三層），如圖1。經考量組件幾何尺寸與盛裝容器尺寸及盛裝容器荷重等因素，TRR 爐體廢棄物切割需要開發水下切割平台、水下帶鋸機、反應槽翻轉支架及水下圓盤鋸等機具，如圖2。帶鋸機主要應用於上熱屏蔽及下熱屏蔽；而圓盤鋸主要使用於反應槽及旁熱屏蔽。

序次	1	2	3
組件	上、下熱屏蔽	反應槽	旁熱屏蔽
形狀	圓餅型	圓桶型	圓環型
3D 模型			
使用機具設備評估			
	多用途水下切割整合平台 + 帶鋸機	側盤鋸	多用途水下切割整合平台 + 圓盤鋸

圖2. TRR爐體組件使用機具設備評估



圖3. 水下切割整合工作平台組成

水下圓盤鋸應用於切割截面厚度小於0.18m之爐內組件，如旁熱屏蔽及反應槽。核研所依原始圖說及切割程序，自主發展可於水下使用之液壓圓盤鋸；並進行模擬測試（圖4）。測試結果顯示圓盤鋸可以順利完成鑄鐵試塊水平及垂直切割。為了避免未來維修時人員水下作業，作業平台與切割機具間設計有快拆機構，方便將機具自水下方吊起維護（圖4）。

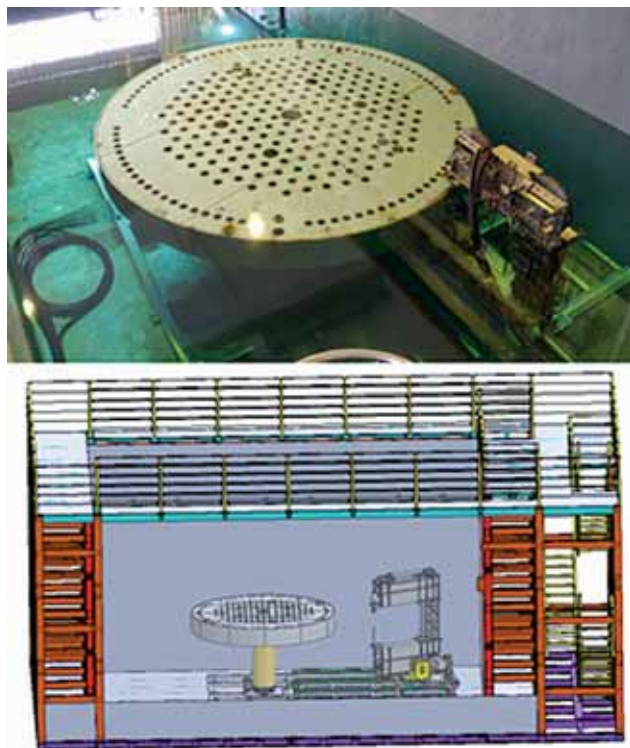


圖5. 水下帶鋸機整合

水下切割技術在順利完成核設施除役的過程裡扮演重要角色，核研所依據TRR爐體廢棄物拆解需求，陸續開發建置溼式切割水槽、水下切割平台，並持續完善水下機具設計，致力於法規期限內完成爐體廢棄物拆解作業。展望未來，期盼以TRR爐體拆解積累的水下切割技術經驗，推廣至國內核電廠反應器內部的高活度零組件拆解，厚實國內核能除役產業。

水下切割整合工作平台系統主要功能為調整組件及切割工具之相對位置，控制切割機具切割參數。平台由運動機構、控制單元及油壓所組成，如圖3所示。當TRR爐內組件，如上熱屏蔽，吊掛至切割平台後，可控制運動機構夾持，並旋轉至預定切割位置。工作平台容許整合不同拆解機具，如圓盤鋸或帶鋸機，並由控制單元控制其切割起始點、切割終點及切割進給等相關切割參數。



圖4. 水下圓盤鋸模擬測試

如圖5所示，水下帶鋸機設計用於切割截面厚度小於0.6m之物體。上熱屏蔽為一圓餅狀物體，其切割截面厚度為0.43m，將選用水下帶鋸機進行切割。核研所依據上熱屏蔽3D模型及盛裝容器限制，開發水下帶鋸機，如圖5。預期112年中前完成實體模型切割測試，並於112年底前完成上熱屏蔽實際切割，以符合TRR爐體廢棄物拆解計畫書時程需求。

3-1-5

爐管健康隨時診- 火力電廠鍋爐爐管健康監測及評估系統

依據2025年能源占比規劃，火力發電將成為我國最重要的電力供給之一，故如何穩定電廠運轉與管理至關重要。依據國外經驗，鍋爐破管已被評定為燃煤電廠非預期停機之主要原因，占比超過80%。而破管肇因之一的過熱潛變機制，為現今仍需克服與技術精進重點。因此，核研所開發火力電廠鍋爐爐管健康監測及評估系統，針對爐管過熱潛變機制，擷取即時運轉數據，搭配電廠歲修期間之檢測與換管相關參數，可計算與評估爐管健康狀況。該系統將可降低機組故障率及爐管異常檢修時間，並預期可有效降低鍋爐破管不可用率(EUF)指標，穩定國內電廠供電來源。

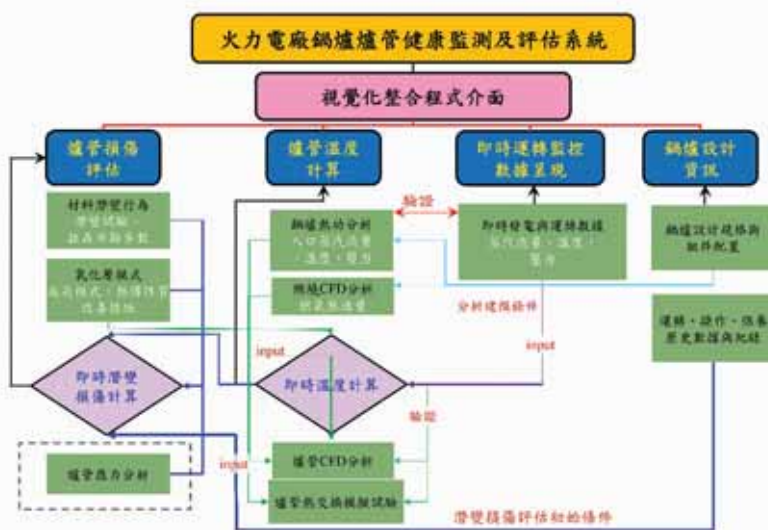


圖1. 爐管即時監測技術架構

鍋爐內運作首先藉由燃燒煤粉，產生高溫煙氣(Flue gas)流動，加熱過熱器爐管內之飽和蒸汽(Saturated steam) (如圖2)。由於鍋爐內高溫嚴苛環境，無法透過任何感測器量測環境參數，如：流量、溫度以及熱能等，為爐管評估系統面臨的最大挑戰。因此藉由特定爐管模型之計算流體力學技術(Computational fluid dynamics, CFD)，針對燃煤鍋爐之燃燒與熱流進行分析。主要分為兩部分，一為鍋爐燃燒分析，模擬煤粉燃燒過程中，鍋爐內煙氣流量、溫度以及熱通量等參數；第二部分為爐管與蒸汽流固耦合分析，透過各種運轉負載模擬，計算爐管負載參數，如溫度及壓力分布變化。本技術用以後續爐管溫度、壓力計算程式開發之校正與驗證。

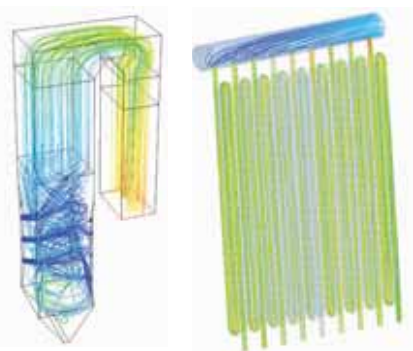


圖2. 鍋爐燃燒及爐管、蒸汽熱交換流固耦合CFD分析

火力電廠鍋爐爐管健康監測及評估系統開發技術架構(如圖1)。主要開發技術包含四個面向，如鍋爐爐管模型建置、歷史資料庫與即時運轉數據運用、即時爐管溫度、壓力及壽命計算程式開發，以及爐管損傷監測系統開發。當所有技術整合完成，將提供更友善、視覺化監測中心，提供運轉值班人員或是資深工程師更直接地判斷爐管健康度狀況，下達更精確地工程指令，提升運轉穩定性。

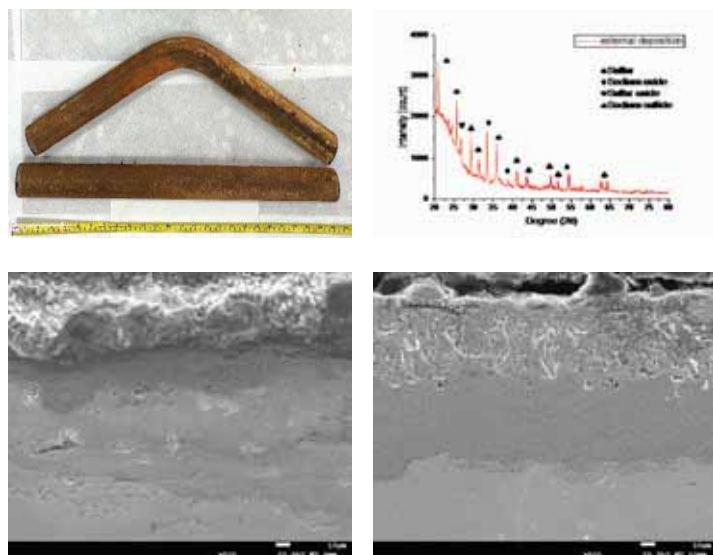


圖3. 爐管樣品材料熱重分析與金相分析

爐管運轉評估中，若僅是透過CFD模擬溫度與壓力分析，需耗費大量電腦運算資源及評估時間，無法達到即時診斷效果。因此本系統需額外開發爐管數值計算程式，整合至監控系統中，達到快速即時評估的效益。本爐管數值計算方法論於民國111年11月1日起獲得中華民國專利證書發明第I782765號「熱交換管的溫度分布之評估方法」（如圖4）。主要概念為評估爐管的溫度分布狀態，利用鍋爐上層隔間之感測器系統，可獲得爐管出入口相關運轉參數，如：溫度、壓力及流量等。該專利使用兩個不同的評估方式進行爐管計算評估，接著比較兩種方式之評估結果進行交互驗證，最後以實際出口處的溫度感測器進行最後誤差修正數值計算結果，達到快速之數值計算程式開發。

為充分探究實際爐膛內爐管劣化程度與情況，本研究針對已運轉多年之爐管切管樣品進行材料金相 (Metallographic analysis) 及氧化物分析 (如圖3)。圖3左上圖為實際高溫爐管樣品，包含直管與彎管樣品。透過熱重儀分析 (Thermogravimetric analysis, TGA)，發現附著沉積物包含硫、鈉、氧等化合物，如右上圖所示。另外透過金相分析如圖3下兩圖 (分別為爐管外側與內側)，為其氧化層截面圖，可以發現氧化層厚度為約為100 μm 。



圖4. 中華民國專利證書「熱交換管的溫度分布之評估方法」



圖5. 火力電廠鍋爐爐管運轉監測系統雛形

火力電廠鍋爐爐管健康監測及評估系統雛形 (如圖5) 預期可降低燃煤電廠鍋爐破管事故並提升運轉穩定度。本系統同時可提供歲修換管建議策略，降低維修成本。也因為國內自主開發，特別適用於國內電廠運轉環境。因此除技術可不受制國外廠商外，亦可在經濟有效的方式下，增加系統可維護度。

3-1-6

核電廠除役核種活度測量-實驗室能力比對

我國核能電廠已於107年年底正式邁入除役，隨著電廠除役作業的開展，放射性廢棄物的處理是重要的課題。為使除役作業安全執行，必需具備放射性核種分析技術，分析所得不同種類放射性廢棄物的核種(如圖1)組成及活度，可作為電廠除役作業施工工法、工作人員輻射防護及放射性廢棄物分類之重要依據。目前國內中、低活度放射性化學分析實驗室，正面臨新核種分析技術建立及既有核種分析技術尚未獲得專業機構認證之雙重考驗，因此核研所於110年起，整合國內中、低活度化學分析實驗室資源，進行除役難測核種分析實驗室間能力比對研究(如圖2)，藉此計畫協助國內實驗室成為具備電廠除役關注核種分析能力之認證實驗室。

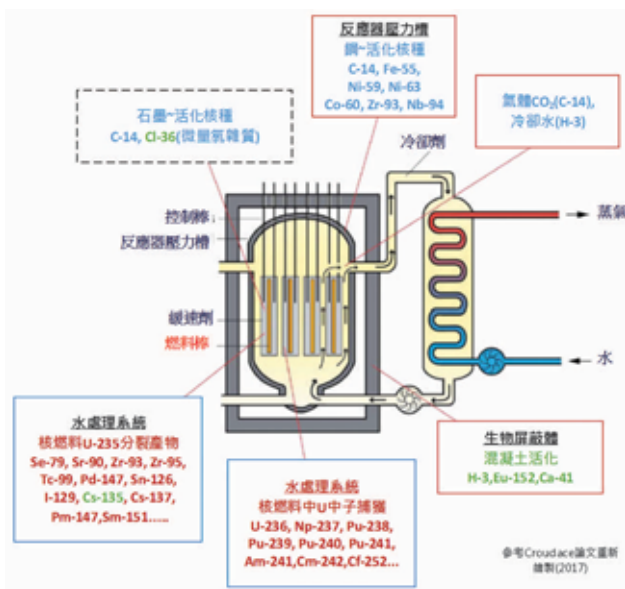


圖1. 核電廠除役作業放射性核種來源

實驗室能力比對第一步 比對樣品製作

實驗室之間能力比對的第一步工作是比對樣品之製作(如圖3)。本計畫研究之樣品基質種類有金屬、樹脂、混凝土及土壤4種，依其性質選用適當的前處理方法使其均質化及穩定化，並依核種特性添加於均勻化基質中。配置完成之樣品為確定測試件中核種均勻度，以微量活度鈷-60/銻-137加入樣品中，混合均勻之後，再予分樣封裝，利用純銻偵檢器量測分裝後試樣中鈷-60/銻-137活度，測得之活度以one-way ANOVA 統計檢定(F/P values)決定比對樣品之均勻度。



圖2. 實驗室間能力比對執行流程

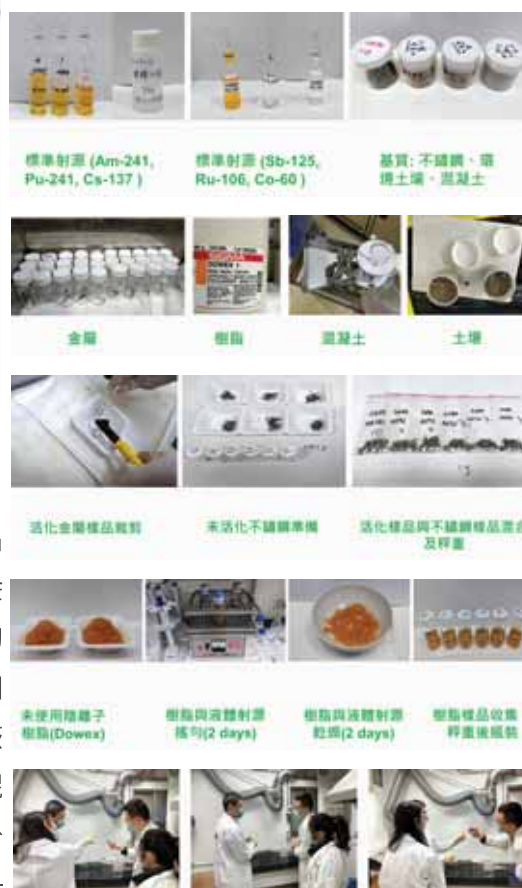


圖3. 實驗室間能力比對樣品製作及品質查核

實驗室能力比對第二步 難測核種分析技術開發

放射性核種分析大致可分為易測核種與難測核種。易測核種之測試件不須經過前處理程序，可直接以加馬能譜分析儀計測核種種類及活度。難測核種則須將測試件純化分離後透過如加馬能譜分析、液態閃爍計數儀、阿法能譜分析儀或質譜儀分析及定量。因應國內核電廠除役作業關注難測核種分析要求，本次比對實驗室同時建立鈹-10、氯-36、鎳-59、銈-94/93m、銻-93、鉬-93、銻-106、銀-108m、鎘-113m、碘-129、銻-135等難測核種分析技術(如圖4、圖5與圖6)。



圖4. 銻-59核種分析技術開發



圖5. 碘-129核種分析技術開發

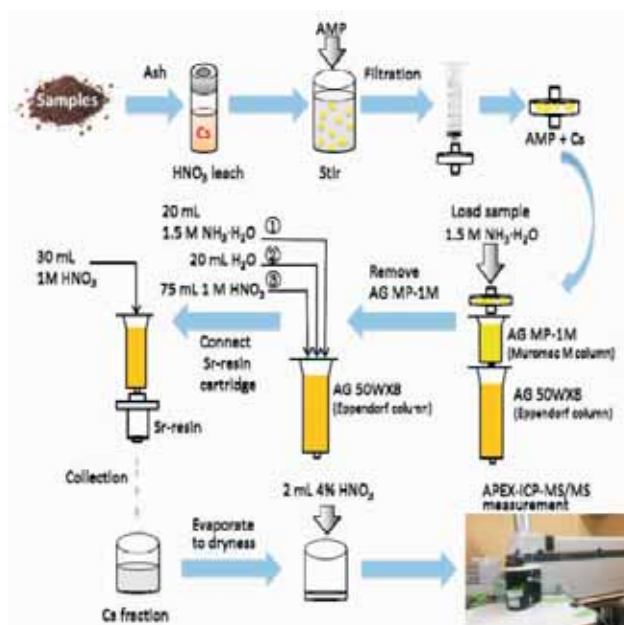


圖6. 銻-135核種分析技術開發

實驗室能力比對第三步 樣品分析數據比對

本次能力比對以國內參與三家實驗室分析值之平均值為參考值為 A_s ，參考值之量測標準不確定度為 u_s 。參與放射試驗室A、參與放射試驗室B及核能研究所放射化學分析實驗室各自量測值為 A_t ，量測標準不確定度為 μ_t ；依各實驗室量測數據分別計算量測比值(A_t/A_s)及商數值(ζ)(如圖7與圖8)。



圖7. 能力比對結果(比值)

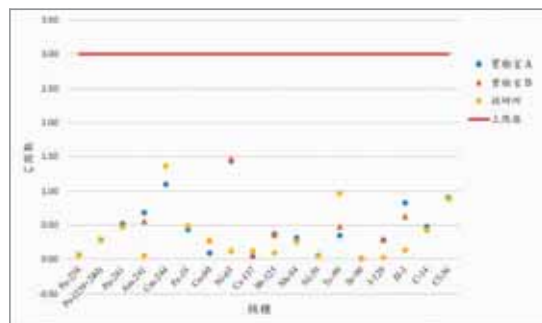


圖8. 能力比對結果(商數)

根據財團法人全國認證基金會發行「能力試驗活動要求」(TAF-CNLA-R05(9))及「測試領域中低強度核種技術規範」(TAF-CNLA-T10(3))要求，本次難測核種分析實驗室間能力比對活動，國內放射試驗室A及核能研究所放射化學分析實驗室參加測試項目銻-238、銻-(239+240)、銻-241、銻-241、銻-242、銻-244、銻-55、銻-60、銻-63、銻-137、銻-125、銻-134、銻-94、銻-59、銻-99、銻-90、銻-129、銻-3、銻-14、銻-36核種分析，總計20個核種分析測試能力通過。國內放射試驗室B參加測試項目為銻-241、銻-60、銻-63、銻-137、銻-125、銻-134、銻-99、銻-129、銻-3核種分析，總計9個核種分析測試能力通過，完成國內首次難測核種實驗室間能力比對，精進國內放射化學分析技術。

3-2

核醫製藥與民生輻射應用

(一) 發展核醫製藥與應用人工智慧，確保國人健康。

核能研究所(核研所)本著原子能科技服務民生之使命，積極從事原子能科技於生物醫學領域之應用與研究，其台灣唯一之30 MeV中型迴旋加速器，可以產製多種醫用放射性同位素，並設有符合PIC/S GMP規範的核醫製藥中心，開發與研製核醫藥物，供應臨床診療應用。近年來因應高齡化社會的來臨及國際發展趨勢，積極開發疾病診療需求之各項核醫藥物。「核研心交碘-123注射劑」已提供國內各大醫院進行臨床試驗合作研究，並進一步建立「核研心交碘-123 注射劑之創新自動化研製技術」；「核研多蓄克鎂肝功能造影劑」是全球第一個胜肽型肝功能造影劑，擁有全球專利佈局合計超過20張的專利，目前已在進行臨床二期試驗，其影像可看到較精準的肝癌範圍，分辨良性與惡性腫瘤，並可做肝功能定量，有望成為切肝手術之單一檢驗。「AI人工智慧系統」針對化學逆合成分析，應用於生產與研發的核醫藥物前驅物及標誌比對用標準品，並進行製程改良，將可全面提供高品質核醫藥物與提升研究量能以造福國人。

（二）發展生物氚檢測技術及海流擴散預警系統，守護海域輻射安全

日本政府拍板定案於112年開始將福島含氚處理水排放至太平洋，核研所透過跨部會整合，成立「國家海域放射性物質環境監測及安全評估整備計畫」，以主動災害防護觀點進行應變整備工作，其成果包含：(1) 建立公開透明的資訊整合平台，可同時顯示排放事件的趨勢預測、水產檢測及海水分析結果、漁場影響等；(2) 建立前瞻海洋擴散預警系統，提前預警分析福島含氚處理水排放的輻射影響趨勢；(3) 發展生物氚檢測技術。未來將持續整合跨部會專業，發展先進科學技術，解決民衆疑慮，達到安定民心，以守護海域輻射安全。



3-2-1

人工智慧守衛高齡照護-應用AI精進老年失智診斷用核醫藥物前驅物及標準品之製程

化學逆合成分析是一種規劃目標化合物分子合成的技術，在此類分析中，目標化合物分子先以搜尋樹透過遞迴分析，逐步拆解分子至結構更單純的前驅物，直到得到之分子是便宜可購買到的。AI人工智慧系統針對化學逆合成分析，使用深度類神經網路(Deep neural network)模型配合蒙特卡羅搜尋樹(Monte Carlo tree search, MCTS)，簡稱 3N-MCTS，由其建立之化學反應與基本分子資料庫，提出目標化合物分子逆合成的建議方案，附帶由起始化合物逐步合成得目標化合物中，各步驟的數個反應建議作法，每個作法均有專利或文獻依據，具備一定程度的準確度。



綜上所述，從建立深度神經網路及搜尋引擎、到供AI學習的專利化學反應資料庫、化合物之專屬指紋及編碼資料庫，整合成AI深度學習模型，再由此模型運用AI化學逆合成方式，對所內生產及研發的前驅物及標在準品，進行製程創新及改良。

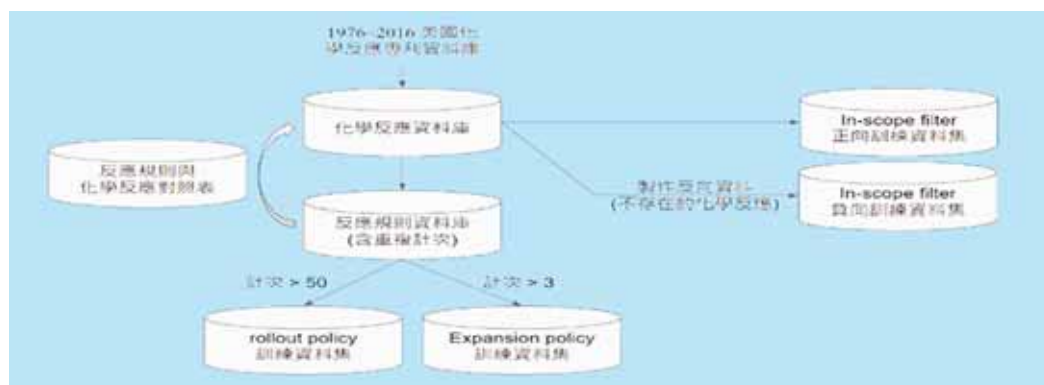


圖1. AI化學逆合成分析深度學習模型

AI逆合成研究之綜合成果，應用於核研所生產與研發的核醫藥物標誌同位素前的前驅物及標誌時比對用的標準品、兩大類化合物之製程改良。以相關3N-MCTS類神經網路及GCN模型衍生之化學逆合成技術、對目標化合物分子結構進行多方向的拆解，而每一種拆解都附有資料庫提供之相對接合或官能基轉換等反應，這些反應範例都是源自於近年來各專利或學術期刊合成內容。先前可有效解決的例子，包含克服神經母細胞瘤造影劑標誌前驅物MIBGHS擴量製程瓶頸，找尋腎功能檢測造影劑標誌前驅物S-Bz-MAG₃再結晶溶劑種類及優化條件，建立腦血流灌注造影劑標誌前驅物ECD安全新製程。

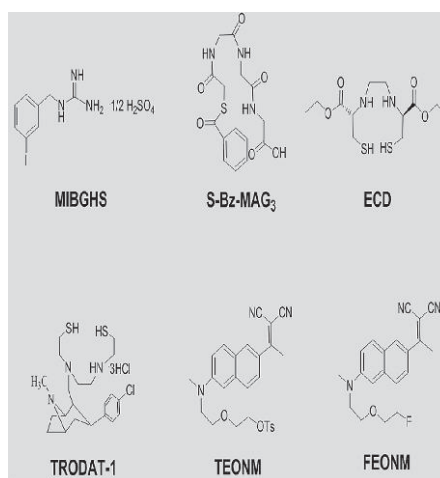


圖2. 核研所生產與研發的前驅物及標準品

因應全球社會高齡化的趨勢，巴金森症及阿茲海默症為老年人嚴重的中樞神經疾病，開發相關診斷藥物對於老年人的健康福祉相當重要。核研所亦運用前述AI逆合成研究之經驗，製備出高產率效益及純度品質的前驅物TRODAT-1(應用於巴金森症診斷)、前驅物TEONM及標準品FEONM(應用於阿茲海默症診斷)，將可為核研所在老年疾病診斷之核醫藥物研發上，開拓一個嶄新的方向。

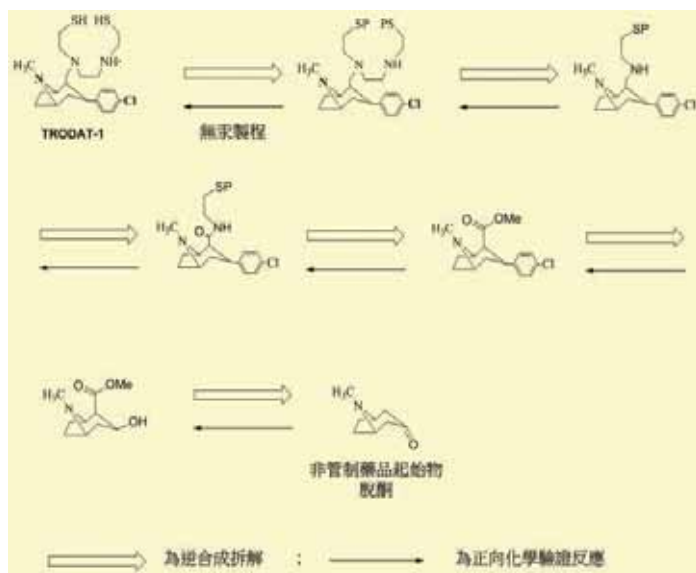


圖3. TRODAT-1之AI化學逆合成分析與驗證反應規劃

首先針對核研所於105年技轉之巴金森症診斷造影劑原料藥TRODAT-1，嘗試以AI化學逆合成規劃其新製程，並對新製程的關鍵步驟實施化學驗證。AI建議的TRODAT-1新製程有兩大亮點，首先為使用非管制藥品脫酮，取代替管制藥品鹽酸古柯鹼作為製程起始物，且脫酮每公克的價格僅為鹽酸古柯鹼的三分之一；再來本AI建議的新製程，亦針對TRODAT-1原有製程成品常產生汞超標問題有所因應，提出了無汞製程的規劃及化學驗證。

再以AI化學逆合成應用於阿茲海默症診斷造影劑標記前驅物TEONM及標準品FEONM之製程上，AI化學逆合成建議的TEONM及FEONM製程有四項特色，(1) 起始物為已含主體雙苯環結構可購買之化合物，(2) 先引進左下方支鏈結構，(3) 再引進右上方官能團，(4) 前驅物及標準品可在同一製程第五及第六步驟先後合成。

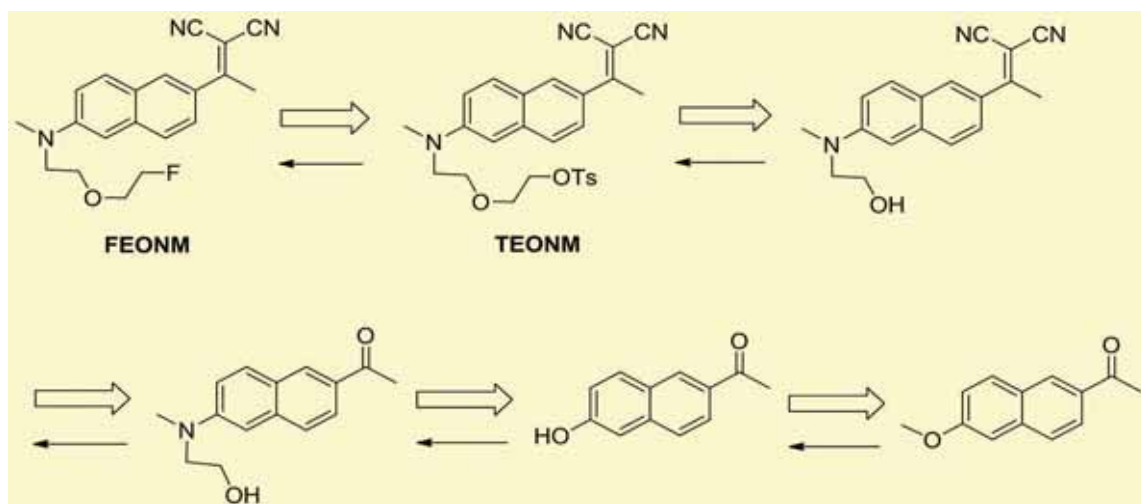


圖4. TEONM及FEONM之AI化學逆合成分析與驗證反應規劃

因應高齡化社會的來臨，預防老年長者失智風險，核研所引入AI方式，改善及研製相關巴金森症及阿茲海默症診斷用核醫藥物之前驅物及標準品，提升合成產率、品質及診斷顯影之靈敏、正確性，為核醫藥物相關研究盡一份心力，未來將更將建立擴量生產及供應模式，對外界相關醫院或藥廠等單位，進行技服或技轉作業。

3-2-2

交感神經功能診斷利器「核研心交碘-123注射劑」

核研心交碘-123注射劑背景簡介

「核研心交碘-123注射劑」(INER MIBG ^{123}I Injection) 之有效成分為Meta-iodobenzylguanidine (簡稱MIBG) 其化學結構類似於交感神經傳遞物正腎上腺素(norepinephrine)，已被證實在交感神經分布的組織有高吸收率(例如心臟、唾液腺及腫瘤)，特別是神經源起及神經內分泌源起的腫瘤。碘標誌之MIBG(碘-123-MIBG) 已被應用於嗜鉻細胞瘤、及神經母細胞瘤等癌症的診斷及療效評估。近年來，碘-123-MIBG應用於心臟交感神經功能之診斷漸受重視，可應用於預測潛在的心律失常及評估心衰竭高危險群病患，提供臨床治療決策之重要資訊。許多研究也指出碘-123-MIBG對於路易氏體失智症或巴金森症等腦神經退化疾病提供臨床診斷資訊，做為鑑別診斷之利器。



核研心交碘-123注射劑 (衛部藥製字第R00037號)

- (1) 嗜鉻細胞瘤(Pheochromocytoma)和神經母細胞瘤(Neuroblastoma)
用於偵測嗜鉻細胞瘤或神經母細胞瘤之原發病灶或轉移病灶，以作為其他診斷檢查的輔助使用
- (2) 鬱血性心臟衰竭(Congestive Heart Failure)
藉由心臟與縱膈(Heart to Mediastinum, H/M)放射性攝取比值，評估心臟交感神經功能



圖1.「核研心交碘-123注射劑」所獲之藥品許可證(衛部藥製字第R00037號)



圖2.「核研心交碘-123注射劑」合成系統與操作介面

核研心交碘-123注射劑研製技術與發展歷程

核研所具有台灣唯一能生產碘-123之30 MeV中型迴旋加速器，可以產製多種醫用放射性同位素，並設有符合PIC/S GMP規範的核醫製藥中心，開發與研製核醫藥物，供應臨床診療應用。為研製國內首創之碘-123-MIBG注射劑，核研所建立放射性碘標誌研製技術，並開發出合成系統，可由電腦控制自動/半自動化操作（如圖2），提高產物品質一致性，生產品質優良之核醫製劑供應臨床使用，本合成系統已獲得中華民國、日本及美國的專利。核研所也應用合成系統，建立化學、製造與管制(CMC)等技術性文件，申請藥品查驗登記，並於108年順利取得「核研心交碘-123注射劑」藥品許可證（衛部藥製字第R00037號）。考量中南部醫院需求，為提升藥品使用之有效期限，經歷原物料重新入庫檢驗、製程測試、與人員訓練後，完成連續三批次「核研心交碘-123注射劑」製程確效合併經時安定性試驗，各項品管檢驗皆合格，已於111年經衛福部審查核准變更本藥品之有效期限至10小時，並已例行供應各需求醫院進行臨床試驗使用。

核研心交碘-123注射劑研發團隊以「核研心交碘-123 注射劑之創新自動化研製技術」，獲得衛福部/經濟部共同主辦的「2022國家藥物科技研究發展獎」之製造技術類銅質獎。另外，以「交感神經功能診斷利器-核研心交碘-123注射劑」，榮獲財團法人生技醫療科技政策研究中心主辦的第十九屆國家新創獎（學研新創獎）（如圖3）。現階段穩定供應「核研心交碘-123注射劑」予各醫院進行學術臨床試驗，執行核醫心臟與腦神經方面研究。未來，待完成建置符合PIC/S GMP規範的第一條無菌製備示範生產線暨相關製藥設施，及新自動化合成「核研心交碘-123 注射劑」系統，核研所將可全面提供高品質核醫藥物與提升研究量能。



圖3. 111年「核研心交碘-123 注射劑」所獲獎項

3-2-3

肝病嚴重度判讀新解方： 「核研多蕾克鎂肝功能造影劑」榮獲「2022國家 藥物科技研究發展獎」藥品類最高榮譽金質獎

WHO Globocan 2018統計，全球和亞洲人口未來肝癌仍將持續上升成長64%，而且台灣每年仍有超過13,000人死於肝病，但國際欠缺準確定量肝功能的工具，核研所開發新穎肝受體正子造影術突破傳統肝功能檢驗的限制。傳統抽血肝功能檢查在慢性肝炎變化不明顯，但肝受體正子造影術可以靈敏看出慢性肝炎嚴重度的變化；傳統肝纖維化病理染色法可看到纖維化，卻很難評估是否有細胞再生與代償現象，但透過肝受體的免疫組織染色與肝受體正子造影術可以評估肝病的嚴重度；現行臨床造影與血清氫氫綠滯留術無法評估慢性肝炎的嚴重度，但肝受體造影術可以；雖然台灣每年有超過13,000人死於肝病，但也有人因為適切治療生命得以展延，可見肝病防治的決勝關鍵就在正確診斷與適切治療。全世界有1/10有慢性肝炎，台灣則是1/5有慢性肝炎，如果在慢性肝炎階段就能注意健康確保維持足夠肝功能，就能有效減少進入末期必須切肝或肝臟移植的社會成本與風險。

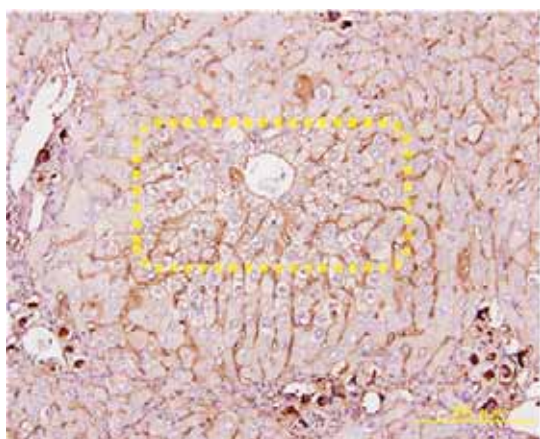
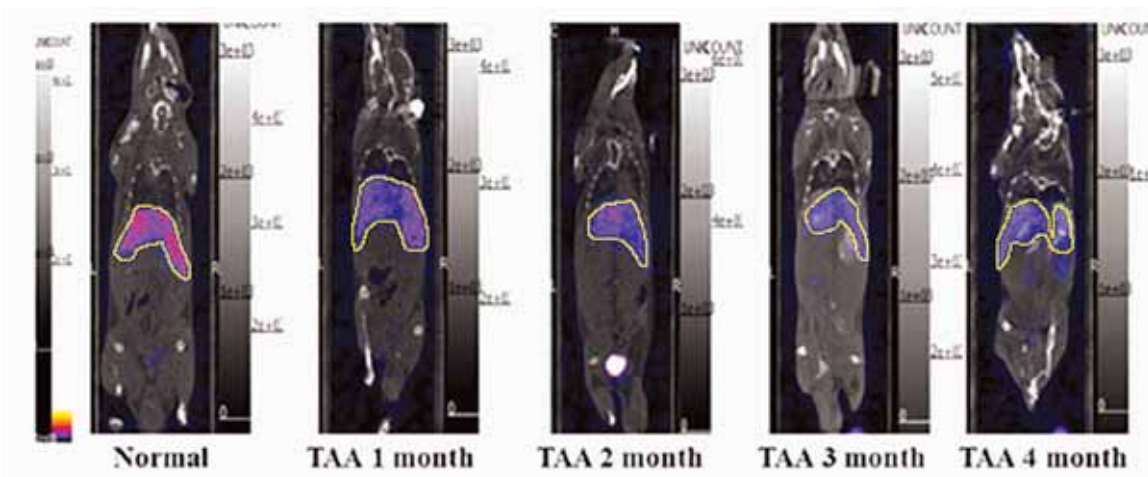


圖1. 上圖:以慢性藥物(硫乙醯胺, thioacetamide, 簡稱TAA)誘發慢性肝炎1, 2, 3, 4個月的動物模式進行肝受體造影術。結果顯示肝受體正子造影技術可活體判讀出慢性肝炎嚴重度。於本試驗中，若以慢性藥物-硫乙醯胺誘發慢性肝炎越久，肝受體造影數值就越低。左圖:以慢性藥物-硫乙醯胺誘發慢性肝炎4個月的動物模式，進行肝受體免疫組織染色，肝臟在血管周圍(如右圖黃方框內範圍)有很多小肝臟細胞新生。這個結果顯示評估肝受體的存活含量確實可以有效評估肝臟的實際狀況。(更多詳細的研究結果已發表於Mol. Pharmaceutics 2018, 15, 4417-4425.)



圖2. 核研多蓄克鎂肝功能造影劑榮獲由經濟部與衛生福利部合辦之2022國家藥物科技研究發展獎藥品類最高榮譽金質獎(藥品類僅一名)

核研多蓄克鎂肝功能造影劑是全球第一個胜肽型肝功能造影劑，有全球專利佈局合計超過20張的專利。可看到較精準的肝癌範圍；可分辨良性與惡性腫瘤；並可做肝功能定量，有望成為切肝手術之單一檢驗。近年榮獲2022年

國家藥物科技研究發展獎藥品類唯一金質獎(如圖2)、2021台灣創新技術博覽會鉑金獎、109年國家發明創作獎發明獎銀牌、以及2020-2022年連續三年國家新創精進獎。

超音波的檢驗技術可以診斷肝癌，但不能用來定量肝功能，且肝癌檢驗的特異性和檢出率與操作人員的經驗有很大的關係，不但會受到脂肪肝、腹水等干擾，且深層組織不適用。電腦斷層掃描術只能作肝容積測量，由於慢性肝炎的肝功能分布不平均，此時以電腦斷層掃描術來測定肝功能就會造成很大的不準確度。靛氰綠(indocyanine green, ICG)是會被肝臟完全清除的染劑，因此可以透過靜脈注射靛氰綠，評估靛氰綠血清滯留比率來反推肝臟清除功能，但在慢性肝炎族群缺乏診斷的價值，因為慢性肝炎個體多有黃疸，而靛氰綠會受到黃疸干擾。由於90%肝癌有肝纖維化，且有肝纖維化的病患黃疸的機率很高，使得靛氰綠血清滯留術檢查其實只能適用低於10%的肝癌族群。核研所以硫乙醯胺併用2-乙酰胺基芴誘發之慢性肝炎鼠，進行活體肝受體造影術與靛氰綠滯留術的比較，結果顯示以肝受體造影技術比傳統靛氰綠滯留術更容易靈敏看出慢性肝炎嚴重度的差異(如圖3)，將有助改變現行臨床肝癌之診療決策。

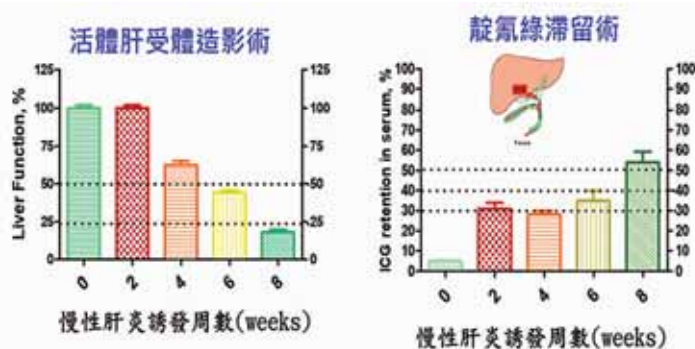


圖3. 以硫乙醯胺併用2-乙酰胺基芴誘發慢性肝炎鼠做試驗，核研所開發的肝受體造影技術比傳統靛氰綠滯留術更容易靈敏看出誘發慢性肝炎2,4,6,8周的差異。

得高安全性之佐證，迄今已於肝癌切肝族群完成25例二期臨床試驗，結果可清楚顯示肝癌範圍，也可顯示肝功能。112年我們將進一步運用切肝手術所獲得之肝癌周邊組織進行慢性肝炎嚴重度之評估，取得肝受體造影可用以評估臨床慢性肝炎嚴重度之佐證。

傳統電腦掃描(CT)肝容積估算

殘餘肝功能體積的技術，需在肝臟體積與功能相當的前提下，但若肝臟受損(如纖維化、脂肪變性或膽汁淤積)的患者，臨床上就不容易正確評估殘肝功能。核研多蓄克鎂肝功能造影劑已於臨床一、二期試驗獲

3-2-4

守護海域輻射安全- 開發生物氚檢測技術及海流擴散預警系統

日本政府拍板定案於112年開始將福島含氚處理水排放至太平洋，造成鄰近國家嚴陣以待，尤其關切對於水產漁業造成之衝擊。為此，核研所透過跨部會整合，成立「國家海域放射性物質環境監測及安全評估整備計畫」，以主動災害防護的觀點進行應變整備工作，其研究成果包含：(1) 建立公開透明的資訊整合平台供民眾即時查詢，可同時顯示排放事件的趨勢預測、水產檢測、海水分析、漁場影響等，降低日本排放福島處理水事件對我國漁業的損害衝擊，並達到安定民心的效果；(2) 結合海流趨勢預測與生態調查建立前瞻海洋輻射預警系統，可提前預警分析福島含氚處理水排放的影響趨勢；(3) 發展生物氚檢測技術，進行沿岸生態取樣分析，取得背景基線數據，確保海域輻射安全。

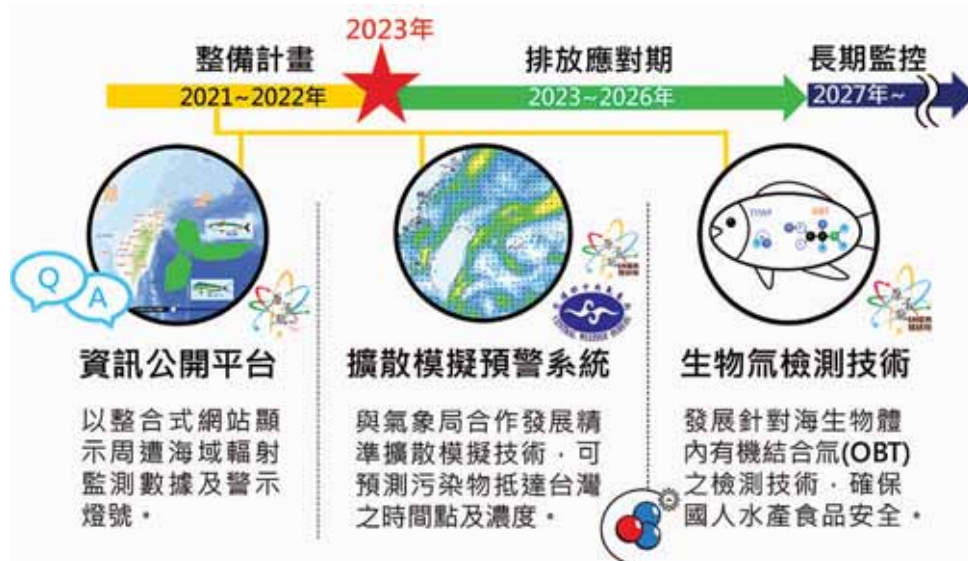


圖1. 因應福島氚水排放之技術整備規劃

核研所建立放射性物質海域擴散海洋資訊平台TW-ORIS，本網站以圖像化方式呈現台灣海域之輻射監測及擴散預報示警等結果。此些公開資訊作為計畫成果彙整與展示工具，將複雜的技術細節以精簡的圖像化成果顯示，並疊合重要經濟漁場，公開給社會大眾，以達到資訊公開透明化之目的。本平台公開的專業資訊共有以下幾類：

(1) 海水氚背景調查數據；(2) 魚類生物氚調查數據；(3) 海洋擴散模擬預警；(4) 國際海域輻射資料庫。



圖2. 放射性物質海域擴散海洋資訊平台介面
TW-ORIS (<https://tworis.aec.gov.tw/>)

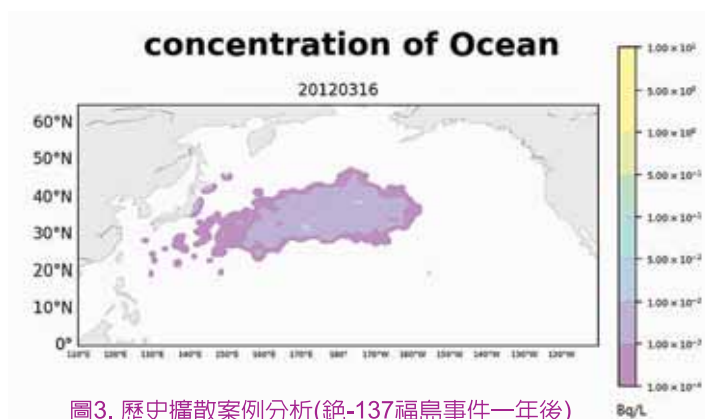


圖3. 歷史擴散案例分析(銻-137福島事件一年後)

大致污染物仍延黑潮向東前往美國西岸，並累積於東太平洋的海洋垃圾帶，對台灣影響較小。

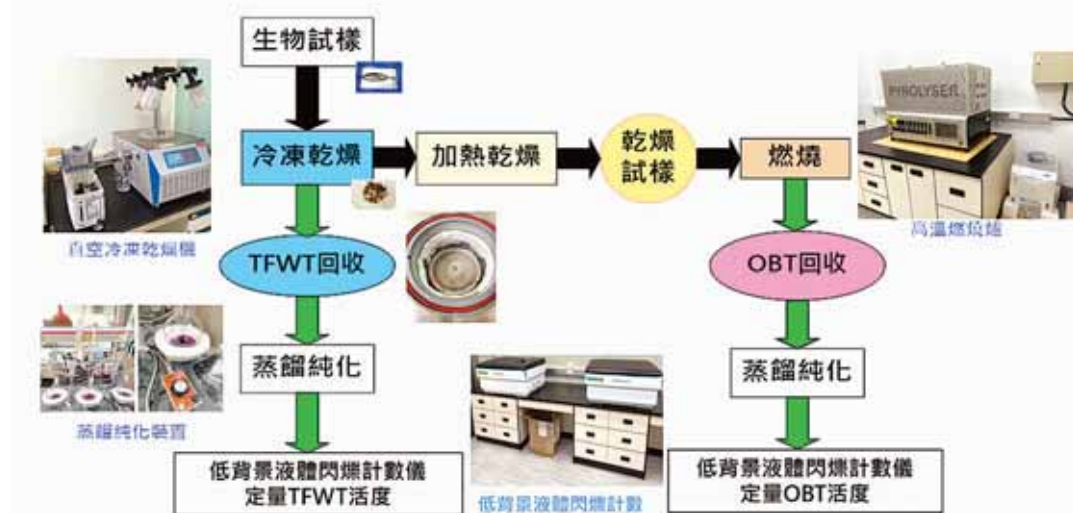


圖4. 核研所建立之生物氣檢測分析流程

由於先前我國尚未建立海域氚檢測技術，核研所藉由本計畫建立我國第一間「生物氚檢測實驗室」，除可提供外界相關檢測技術服務外，亦可提供鄰近海域生態輻射背景數據基線，作為日本排放含氚處理水後，評估海域生態輻射影響之重要參考數據。生物體內的氚分為組織內自由水氚(Tissue Free Water Tritium)，簡稱為TFWT，其可經由冷凍乾燥或蒸發等方法，將組織內的水分子去除並收集，進而分析氚活度；另外一種為環境中含氚水分子經由生物體攝食後進行新陳代謝模式，與有機體碳或氮原子具有共價鍵結，此種氚型式稱為有機結合氚(Organically Bound Tritium)，簡稱為OBT，其需經由高溫燃燒爐裂解共價鍵，將有機物氧化燃燒為二氧化碳與水分子，再藉由冷凝循環系統將水分子收集，進行氚活度分析，如圖4。

在第一階段完成後，核研所擴大邀集國海院、氣象局、食藥署、漁業署、水試所，以112至115年共四年期「國家海域放射性物質擴散預警及安全評估應對計畫」執行海域輻射監測、開發海洋輻射外釋衝擊潛勢預報系統、進行海域生態影響評估、建立跨部會應對流程，扣合守護漁業、確保食安、災防預警、海洋永續四大主軸，整合跨部會專業，持續發展先進科學技術，解決民眾疑慮。



3-3-1

新能源與跨領域系統整合

核研所配合國家政策，積極投入環境與能源科技領域之研究與發展。政府自2016年起推動「能源轉型」政策與「五加二」產業創新旗艦計畫；總統在2020年就職演說宣示推動「六大核心戰略產業」，冀望臺灣成為未來全球經濟的關鍵力量；2022年政府公布了「臺灣2050淨零排放路徑及策略」，揭櫫我國因應全球暖化、永續社會經營，設定願景目標及採取相對應的轉型策略。核研所為國家級專業研發機構，致力於支援政府能源政策之策略規劃，開發多元化技術並推廣產業化應用，以助於落實能源轉型的目標及提升國家之競爭力。爰就本（2022）年度，列舉數項綠能與系統整合領域研發計畫之具體成效，摘要說明如下：

- （一）**創新電致變色玻璃**：核研所以具有前瞻且可量產之低碳生產方式，研發獨創全球之高密度電弧電漿源及其量產製程設備，開發主動調控隔離光源及紅外光之電致變色玻璃，取代目前業界採用的濺鍍製程，所開發的新穎奈米級多孔性薄膜，已應用於快速電致變色節能窗商品。本年度以「低碳生產、低成本之創新電致變色玻璃量產技術」勇奪素有「科技產業奧斯卡獎」美譽的「2022全球百大科技研發獎」。
- （二）**太陽光電模組材料循環**：本研究針對太陽光電模組不同組件之特性，開發創新循環再利用模式，發展精煉循環技術，包含：提煉純化銅和銀等有價金屬、利用高溫熔融噴吹抽絲製作玻璃纖維原物料，並開發模組封裝材料感應耦合電漿無氧熱裂解技術，收集碳物料，進行後續穩定化處理再利用。本研究可填補國內光電產業循環經濟之技術缺口，落實循環經濟之產業化，建構光電半導體產業永續經營成長之規範。
- （三）**智慧電網管理與診斷**：為強化國內電網韌性，紓緩未來大量再生能源併入電網時，因不穩定及不易預測等特性，所可能導致的電壓波動或三相不平衡等課題，核研所持續開發饋線開關操作序列策略、動態保護決策技術、微電網緊急輔助調控決策系統、變電所損傷診斷與預知維護資產管理等技術，提升配電網路、分散式能源與變電設備的穩定運轉。目前，核研所開發的MW級微電網系統可有效整合分散式電源，並經台電電力交易平台認證，為國內首座合格之MW級微電網系統。本年度以「配電饋線分區段轉供復電策略」專利技術，榮獲2022年台灣創新技術博覽會發明競賽白金獎。
- （四）**農電共生-可透光軟性有機太陽電池模組**：有機太陽電池(OPV)具有低成本、可於大氣環境下以溶液製程加工、質量輕盈、可撓性、可透光性，以及易於大面積塗佈等優點，使其成為備受期待的綠色能源。相較於傳統厚重、不具可撓性且不透光的矽晶模組而言，可透光軟性OPV模組在應用上擁有高度的競爭優勢，其可應用在建物整合太陽能、智慧窗以及農業溫室等。為了評析模組的效能，核研所與農委會農試所共同執行「商用有機太陽電池模組開發暨溫室應用與場域測試驗證」產學計畫，驗證模組具

有高穩定性與優異的電性表現，獲得國科會「111年度產學計畫成果發表暨績效考評會」海報競賽A類特優獎。此外，「用於軟性有機太陽電池模組的封裝結構其及方法」專利技術，亦榮獲2022年台灣創新技術博覽會發明競賽銅牌獎。

（五）淨零排放優選技術-固態氧化物電解電池：核研所長期致力於固態氧化物電池技術之開發及應用，研發項目涵蓋關鍵組件電池單元、封裝材料、電池堆、觸媒材料、熱工元件及發電系統整合作業，藉由與國內產業之連結，期能促進產業技術升級，提高能源使用效率，以助於國家節能減碳目標之達成。目前所開發之中溫型電池單元，組裝成電池堆模組經發電及電解產氫測試，顯示具有良好的能源轉換效能。本年度以「玻璃陶瓷密封薄帶製作與應用方法」及「硬焊材料組成物及其製造方法」等兩項專利技術，分別榮獲2022年台灣創新技術博覽會發明競賽金牌及銀牌獎。

（六）二氧化碳之碳酸化再利用及系統建置：隨著溫室氣體的大量排放造成全球暖化及極端氣候的衝擊，各種觀察指向其主因為短期間二氧化碳排放過量所致。本計畫利用氫氧化鈉鹼液捕獲二氧化碳轉化為礦化產物碳酸氫鈉，具有低碳足跡、環境友善、減少前處理成本、以及溫和操作參數等優勢。藉由實驗型系統裝置之測試驗證，顯示本項碳酸化程序為一可資應用的再利用及負碳排技術。目前透過與台糖公司的合作，擬於台南善化廠蔗渣蒸氣鍋爐場域評估碳酸化程序的可行性，以提供微藻養殖產製生質燃料及提高產品附加價值，並為後續二氧化碳捕獲與碳酸化應用商業化規模放大的基石。

（七）浮動風機模型試驗之系統建置與驗證：因應國際離岸風場開發朝向大型化、大水深與浮動式發展趨勢，我國已啟動浮動式離岸風機之法規研擬、基礎建設與工程技術之規劃與推動。為協助國內海事工程團隊建立浮動載台工程技術，核研所建置浮動風機縮尺測試平台，提供開發商進行浮動載台模型設計與驗證之試驗服務。縮尺風機是應用Software-in-the-loop (SIL) 技術架構，達到可程式化執行10-15 MW風機規格之縮尺試驗，提昇試驗設計彈性與降低模型製作成本。所開發之浮動風機載重模擬器已取得中華民國專利，並應用於協助財團法人船舶暨海洋產業研發中心進行半潛式浮動載台「德塔浮臺」水槽縮尺試驗，提升浮動載台設計、測試與驗證之能力，縮短風場開發週期，有助於國內浮動風機產業供應鏈之建構。

綜言之，核研所深耕於新及再生能源技術研發，多項領域的技術能力已達國際水平，聲譽受到國內與國際之肯定。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，邁向「2050年淨零排放」情境；冀望落實潔淨低碳之能源政策，以利達成國家碳中和及永續發展之目標。



3-3-1

核研所以創新電致變色玻璃技術 榮獲2022年全球百大科技研發獎

核能研究所以「低碳生產、低成本之創新電致變色玻璃量產(IDIMPT)技術」勇奪素有「科技產業奧斯卡獎」美譽的「2022年全球百大科技研發獎」，與美國麻省理工學院、林肯實驗室等世界頂尖研究機構並駕齊驅，同獲國際大獎殊榮，躍登國際舞台。為因應我國及世界各國的「2050年淨零排放」趨勢，核研所落實能源轉型，以具有前瞻且可量產之綠色製造低碳生產方式，研發獨創全球之高密度電弧電漿源（圖1左）及其量產製程設備，取代目前業界採用的濺鍍(sputtering)製程，開發出新穎奈米級多孔性薄膜（圖1右），並應用於快速電致變色節能窗產品。同時，生產成本也因低電力消耗的製程技術而降低，使商品更具親民價格進而提升市場競爭力，能解決目前電致變色節能窗產品因高單價無法普及的問題。另外，運用本技術開發出的電致變色節能窗，除操控省電外，更具有隔絕紅外線熱源的能力，在有效減少空調能源消耗之時，能同時保有室內採光需求，從生產製程到產品使用皆友善生態環境，達到產品與生態共榮。

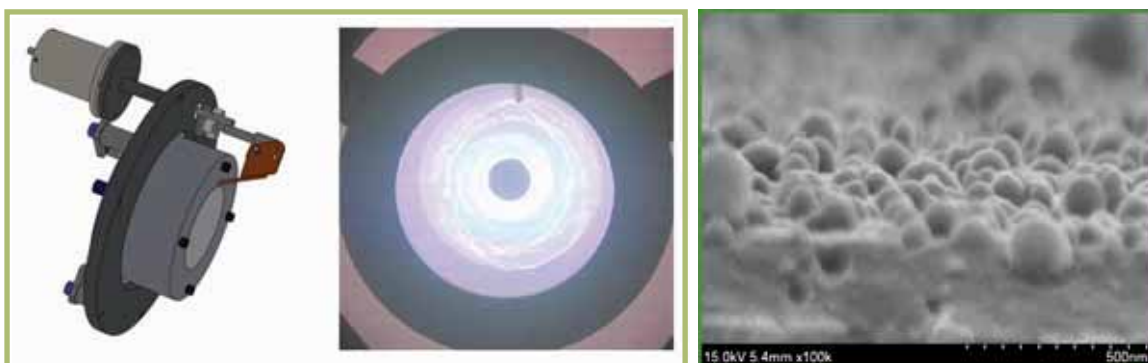


圖1.（左）創新電弧電漿源技術；（右）奈米級多孔性薄膜

運用核研所獨創的高密度電弧電漿源技術開發的快速電致變色量產機台（圖2），相較於目前國外大廠所使用的濺鍍技術，製程速度可提升5至10倍，且生產的奈米級多孔性薄膜材料使電致變色窗的持色率（斷電後顏色維持時間）提升4倍之多，目前已成功完成技術轉移，可望推動此技術在地生產電致變色窗並降低產品成本以利普及，並進一步擴展產能進軍全球百億市場。



圖2. 低成本量產電致變色快速鍍膜製程機台

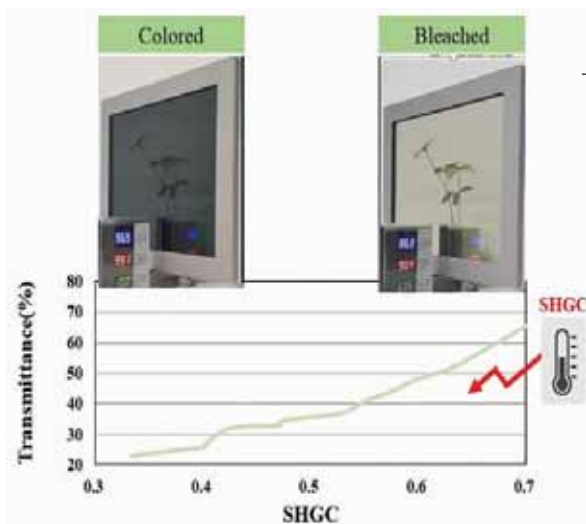


圖3. 可調控SHGC值之電致變色玻璃*SHGC：
太陽能得熱係數

此採用友善環境的綠色製程技術，相較目前業界使用的技術，在生產過程中可減少75%的電力消耗，估算每天可降低5.7萬噸的二氧化碳排放當量；生產出的電致變色節能窗產品能有效減少建築物空調能耗，每房間每天可降低10kWh電力，若能普及推廣，每天可減少5萬噸的二氧化碳排放當量。

參考資料：

1. Wang, N., et. al., GLife cycle carbon emission modelling of coal-fired power, Energy, 2018, 12, 841-852.
2. Yao, J., Electricity Consumption and Temperature, IMF Working Paper, 2021

此技術所生產之電致變色節能窗產品，具有下列優異特性：

1. 元件能耗低：只有在操作顏色變化時需耗能，且最大功率僅2.5W。
2. 記憶效應佳：移除驅動電源4天後，顏色僅變化4%。
3. 隔熱效果好：有效隔絕太陽光所造成高紅外線輻射熱與紫外線傷害，上色狀態紅外線阻隔率達99.1%，退色狀態紅外線阻隔率亦有67.3%。
4. 光學變化大：上色時透光率8%，退色時透光率60%，透光率變化達52%（ $\geq 50\%$ 商規標準）。

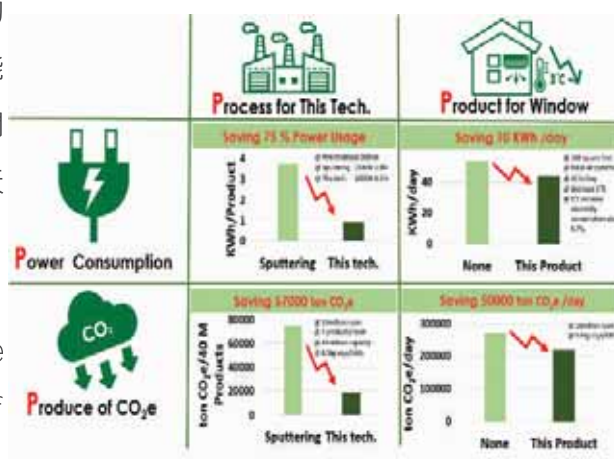


圖4. 運用本技術生產之節能減碳效益評估示意圖

全球百大科技研發獎每年由眾多參賽作品中挑選100件可代表該年創新技術且具備商品化潛力的作品，其中含括如分析、資訊、材料等多項類別，核研所此次以自家技術獲得機械暨材料類獎項，並於11月17日受主辦單位研發世界（R&D World）邀請出席2022年百大科技研發獎頒獎典禮，本屆頒獎地點在聖地牙哥（Coronado Island Marriott Resort & Spa），由計畫主持人陳柏聞博士代表出席現場上台領獎。

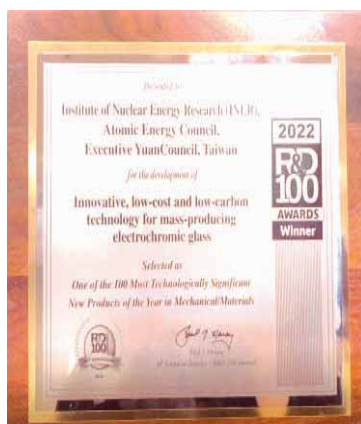


圖5. 核能研究所榮獲2022年全球百大科技研發獎

3-3-2

感應耦合電漿裂解除役
太陽光電模組材料全循環

因應全球暖化及永續社會經營，政府已設定願景並採取一系列的轉型策略，其中提高再生能源的占比為達成目標的必要選項。在政策支持及業界積極推動下，太陽光電設置量持續快速成長；不過，伴隨而來後續廢棄模組之處置，將成為亟待解決之議題。根據行政院環境保護署概估，所需處理之模組量於120年將超過1萬公噸，至132年超過10萬公噸。為使太陽光電模組能有效循環再利用，降低掩埋及不當棄置對環境造成的衝擊，本研究開發創新循環再利用模式，針對太陽光電模組不同組件之特性，發展精煉循環技術，包含：提煉純化銅和銀等有價金屬、玻璃基板則利用高溫熔融噴吹抽絲製作玻璃纖維原物料，並開發模組封裝材料(Ethylene vinyl acetate, EVA) 感應耦合電漿無氧熱裂解技術，收集碳物料，有利後續穩定化處理再利用。本研究可填補國內光電產業循環經濟之技術缺口，使其發展無後顧之憂，建構光電半導體產業永續經營成長之規範。

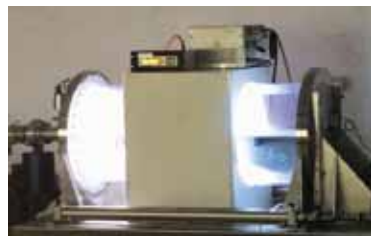


圖1. 研究架構

開發感應耦合電漿熱裂解技術，針對經拆除鋁框和接線盒背板後的廢棄太陽光電模組，置入感應耦合電漿熱裂解反應系統，以高能量熱源直接加熱，熱效率高，可有效裂解太陽光電模組的封裝材料醋酸乙烯酯聚合物及塑膠背板，各材料如銅鍍帶金屬條、玻璃及碳因此分層，再藉由機械式分選，收集各物料，純化及精煉回收有價金屬，熔融玻璃利用噴吹抽絲技術製作成玻璃纖維原物料，EVA被熱裂解收集碳物料。本技術利基點為，EVA及塑膠背板裂解產生碳物料、玻璃熔融噴吹製作纖維、貴金屬高溫精煉，太陽光電模組全循環再利用，同時無氮氧化物、硫氧化物、懸浮微粒空氣污染物處理問題與無污水處理問題。

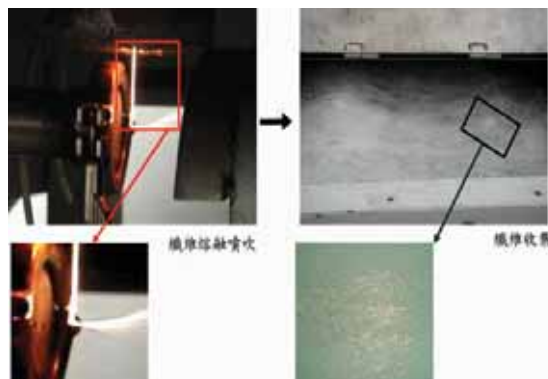


圖2. 玻璃纖維熔融噴吹過程



圖3. 太陽光電模組熱裂解處理後樣態

110年和111年分別促成核研所與瑁育環保有限公司『太陽光電模組材料全循環應用可行性評估』技術服務和『電漿熱裂解太陽光電模組材料全循環應用模廠建置可行性評估』技術授權，合計金額新台幣150萬元。藉由與產業之技術授權及合作，促成技術升級、提昇技術廣度、產品多樣性與跨領域結合，有助於環保及光電產業循環經濟之永續發展。在雙方的合作框架下，該公司積極投入建置太陽光電模組拆解、破碎和分選設備，投資總金額已達300萬元。

表1. 廢棄太陽光電模組處理技術比較

處理技術	特點	缺點
破碎 + 分選 (機械法)	無專利問題 技術門檻低 玻璃回收率95% 矽回收率81% 銀回收率50%	回收率低 銀回收處理困難 廢棄物體積量大 回收物僅能最低階運用
高溫熱處理 (熱處理法)	廢棄物減容 玻璃回收率高(99%) 電池片與Ribbon可分離、塑膠類完全移除	燃燒產生大量廢氣 NO_x 、 SO_x 含氟背板燃燒有氫氟酸產生疑慮 玻璃遭污染僅能低階運用需要人工分選
逐層分離手法 (機械法)	全物理性強制分離 玻璃回收率高(99%) 背板各別移除	矽與金屬後續回收困難 玻璃表面損傷無法直接再使用
濕式回收處理 (化學處理法)	溶劑處理EVA膨潤或溶解 強酸處理有價金屬溶出回收	溶劑揮發 職安和工安問題 產生污水處理問題
本計畫所提感應耦合 電漿無氧熱裂解技術 (熱處理法)	無 NO_x 、 SO_x 等空氣污染物處理問題 無污水處理問題 可收集還原碳物料進一步再利用 精煉純化有價金屬及製作成玻璃纖維原物料 熱源集中於待處理物料，直接加熱熱效率高	建置成本較傳統間接加熱方式昂貴 技術能量高、操作及維護人員需求素質高 需經費及時間投入系統整合驗證無法立即 整廠輸出



圖4. 精煉回收有價金屬

本研究將進一步放大2倍感應耦合電漿熱裂解處理面積，並持續系統參數優化精進驗證，完成感應耦合電漿熱裂解連續(Inline)自動化製程建置，可連續處理單片光電模組，完成建立除役太陽光電模組全循環所需關鍵技術及最後一哩路，同時促進技術轉移及商業化運轉測試。本技術可填補國內光電產業循環經濟之技術缺口，使無後顧之憂，建構光電半導體產業永續經營成長之規範，將有助核研所落實循環經濟研究成果之產業化，促使技術紮根民間企業，並降低廢棄物對環境造成的衝擊。

3-3-3

智慧電網管理與大數據診斷技術發展

配合國家政策目標，未來大量再生能源併入電網時，因再生能源不穩定及不易預測等特性，易引起電壓波動升降或三相不平衡等問題。因此，核研所開發饋線開關操作序列策略平台(圖1)，於每一開關切換步驟中，採先投入饋線常開之聯絡開關，再開啓饋線環路之常閉開關，可避免用戶停電，並計算各饋線三相負載及再生能源裝置容量等變動資訊，供調度人員進行開關調整之演練。以台電變電所為例，可降低饋線三相負載最大變動率，確保饋線開關操作與調度之可靠。另以「配電饋線分區段轉供復電策略」專利技術，榮獲2022年台灣創新技術博覽會(TIE)發明競賽鉑金獎(圖2)。



圖1. 饋線開關操作序列策略平台



圖2. 2022年台灣創新技術博覽會(TIE) 鉑金獎獎狀與獎座

配合政府的政策推動，併網的分散式電源數量逐年增加，在包含多分散式電源的電力系統中，若發生故障，其故障電流的來源，已由傳統的單一饋線源頭，變為多點產生故障電流，對於故障電流分析、甚至後續保護協調設計造成困難。故開發一套考慮分散式電源的配電系統故障電流計算程式，可針對使用者選定之饋線編號、故障位置、故障類型等資料，計算各節點之故障電壓、故障電流，並整合於顯示於地理空間資訊平台，以視覺化方式顯示饋線源頭與分散式電源所提供之故障電流，及各節點故障電壓，以作為未來開發饋線保護協調策略之依據。



圖3. 縮小故障區間(縮為黃色)

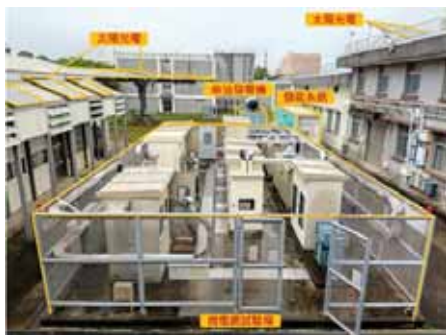


圖4. Mw級微電網系統場域圖

核研所整合圖形結構與雙向追蹤方式，追蹤地理空間資料表之幾何資訊，可將饋線各線段間座標點計算成線段長度，並與配電圖資資料庫交互參照及驗證，建立資料庫設備參數。應用饋線故障區間連結性追蹤運算技術，分析具通訊之故障指示器(FCI)運轉資訊，建立FCI之過電流標記邏輯，以輔助縮小故障區間。以圖3為例，故障區間由原本之粉紅色與黃色區域，縮小為黃色區域。

因應未來大量再生能源併網，其發電間歇特性將影響電力系統供電可靠性，微電網可透過電力輔助服務與配電網共同協作，協助配電系統達成用電之供需平衡，維持電力系統穩定。核研所建置國內首座Mw級微電網系統(圖4)，其分散式電源包含100kW太陽能發電、三台65kW微渦輪機、750kW柴油機、500kW儲能系統、及250kW混合式實虛功率補償調節系統，並建立微電網能源協調分配管理系統，藉以提升微電網與再生能源之即時調度能力。

核研所依據微電網系統各發電機組之反應與持續時間特性，開發能源協調分配技術(圖5)，並與台電調度處合作，以需量反應方式執行即時備轉輔助服務，可於接收電力交易平台調度命令後，反應時間1分鐘內組合分散式電源輸出1MW以上功率，提供全所用電達33%，且持續1小時以上(圖6)。有別於傳統以單一發電資源提供電力輔助服務方式，核研所MW級微電網系統有效整合分散式電源，成為國內首座經由台電電力交易平台認證合格之MW級微電網系統。



圖5. MW級微電網能源協調分配管理系統

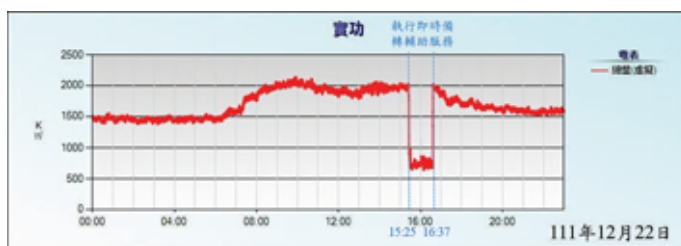


圖6. 核研所執行即時備轉輔助服務之69kV端用電趨勢圖

大量再生能源併入電網後，其間歇性與不確定性將造成電力潮流動態變動，使變電所內之輸、配變電設備，隨時處於能量頻繁變動的狀態，增加非預期停電事故之潛在風險。因此，核研所針對變壓器開發即時狀態監測與大數據資料分析技術，建置運轉基線模型，包括：局部放電、冷卻系統、本體振動、接地電流、熱點溫度、有載分接頭切換器、及油中氣體分析等項目，並已實際安裝於台電東林變電所，進行200MVA供電變壓器運轉效能評估與智慧診斷(圖7)，即時監測設備劣化狀態以及早進行預警，降低非預期停機事件之發生。

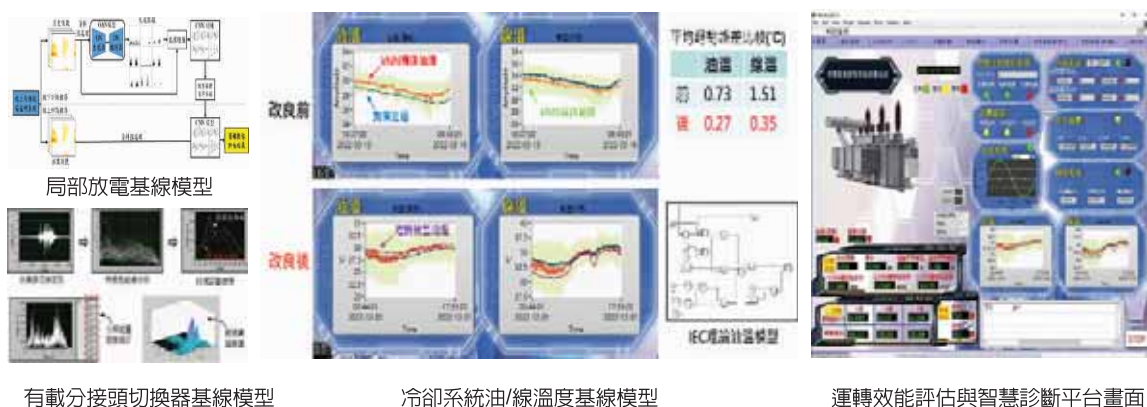


圖7. 200MVA供電變壓器運轉效能評估與智慧診斷平台

因應國內強化電網韌性目標，核研所將持續開發饋線開關操作序列策略、動態保護決策技術、微電網緊急輔助調控決策系統、變電所損傷診斷與預知維護資產管理等技術，進而提升配電網路、分散式能源與變電設備的穩定運轉。

3-3-4

完全詮釋農電共生- 可透光軟性有機太陽電池模組

有機太陽電池 (OPV) 具有低成本、可於大氣環境下以溶液製程加工、質量輕盈、可撓性、可透光性，以及易於大面積塗佈等優點，使其成為備受期待的綠色能源。近年來，非富勒烯受體材料被廣泛地使用在塊狀異質接面的有機太陽電池當中，已將最新發表出的OPV的效率推高至18.22%。然而，從小面積元件至大面積模組因放大面積所造成的效率損失仍然為OPV能否進行商業量產的關鍵因素。另外，由不透光模組轉換為可透光模組時，其所造成的效率損失對於商業應用的影響極鉅，模組的效率與光穿透度為一種權衡效應，而其中牽涉了許多複雜的問題，故在同時考量放大面積及提升光穿透度的前提進行大面積可透光模組的優化將是一大挑戰，也是全世界正在面臨的議題。



圖1. 展現可透光特性之軟性有機太陽電池模組

相較於傳統的不透光模組而言，可透光模組的可透光性使其在應用上擁有高度的競爭優勢，其可應用在建物整合太陽能、智慧窗以及農業溫室等。為了研究這些OPV模組的穩定性與電性表現，核研所於台中農試所建造的一個隧道型溫室之弧形屋頂上進行戶外場域測試，隧道型溫室的兩端為南北方向，模組安裝在隧道型溫室的彎曲屋頂，約為70度向東的徑向分佈。根據測試結果，核研所製作的可透光軟性OPV模組獲得了 T_{80} 壽命>200天的良好成果。與所有已報導出具有類似高光電轉換效率的軟性模組或電池相比（初始光電轉換效率>4%），核研所發表的可透光軟性OPV模組，其戶外穩定性是最佳的。

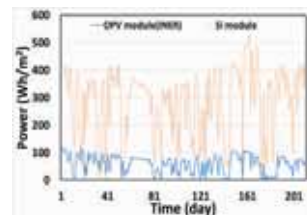


圖2. (a)南北向之隧道型溫室(b)模組貼合於弧形屋頂(c)串聯之模組於兩側金屬電極端點處相接固定(d)OPV與矽晶太陽電池之逐日發電情形

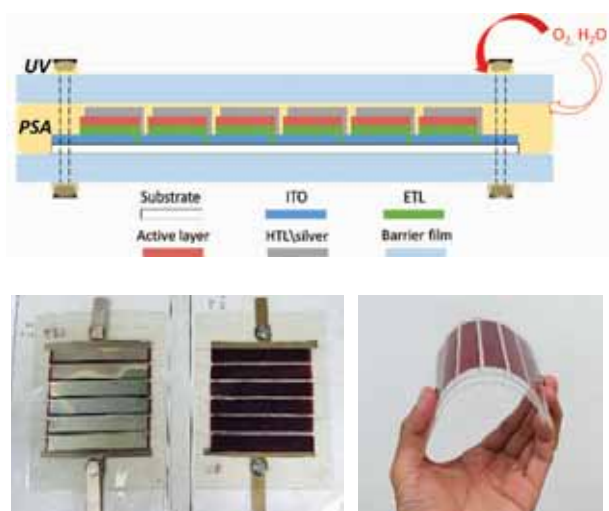


圖3. 軟性OPV模組封裝剖面示意及實體圖

根據文獻對於大面積軟性模組（發電面積>5平方公分）的統計，模組光電轉換效率與發電面積之間大致呈現反比關係。半透明模組的效率值幾乎都低於5%，而核研所的可透光模組效率在軟性可透光模組中為最高。根據本研究之經驗，隨著模組發電面積（串聯電池的數量或電池長度）增加到100或數百平方公分，模組的效率值只略有下降。可以預測，在優化工業化卷整卷塗佈技術並進行溫度/濕度控制（結晶品質控制）的條件下，可透光軟性模組在進一步擴展尺寸後（>1000平方公分），其效能可望進一步提升。

核研所開創溶液印刷製程之大面積軟性可透光有機太陽電池模組量產製程技術，並成功開發多項具商業應用競爭力之模組量產關鍵技術，包括(1)連續性卷對卷之軟性模組量產技術，(2)創新之可透光模組技術，(3)低成本之軟性模組封裝技術，(4)空氣環境中，使用無毒之環保溶劑，

核研所參加111年台灣創新技術博覽會發明競賽，以「用於軟性有機太陽電池模組的封裝結構其及方法」之作品榮獲銅牌獎，該封裝方法不但可應用於在台中農所試進行場域測試的可透光軟性模組上，更可應用於封裝適合於室內環境下使用之軟性OPV模組，進而與儲能裝置結合進行混合供電。另外，核研所共同執行之「商用有機太陽電池模組開發暨溫室應用與場域測試驗證」產學計畫，驗證模組具有高穩定性與優異的電性表現，獲得國科會「111年度產學計畫成果發表暨績效考評會」海報競賽A類特優獎。

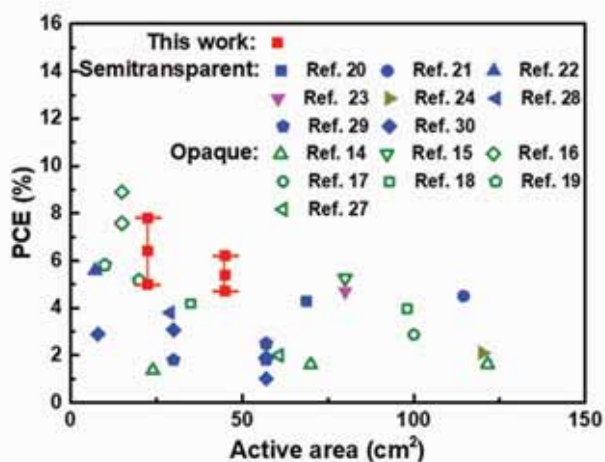


圖4. 軟性模組效率與發電面積關聯圖，以及核研所之研究成果

(5) 模組高穩定度與可靠度，(6) 可靠與充分之壽命加速測試與戶外場域測試，確保商品化品質等。核研所將做為推手，加速有機太陽電池模組相關產品的問世，以期形成產研學一條龍式的產業鏈脈絡，深植本土化產業的基石，增加產業的競爭力。



圖5. 核研所為本土化產業奠基，與產研學一條龍脈絡關係圖

3-3-5

淨零排放優選技術- 固態氧化物電解電池產氫

核研所致力於固態氧化物電池(SOC)技術之開發及應用，研發項目涵蓋電池單元、封裝材料、電池堆、觸媒材料、熱工元件及發電系統整合作業。藉由與國內產業之連結，促進產業技術升級，提高能源使用效率，以助於國家節能減碳目標之達成。現階段已開發國內全自製創新型金屬支撐型電池堆。因應淨零排碳的全球發展趨勢，國內需提昇再生能源的占比，並藉由與儲能設施之互相搭配，以達成能源轉型的標的。固態氧化物電解池(SOEC)具有優異的能源轉換效率，藉由電轉氣，可將離峰的電力儲存為化學能，提高電力調度之彈性。目前金屬支撐型電解堆搭配自行開發之硬焊合金填料做為封裝材料，性能進行測試精進。核研所將持續SOC技術之研發及應用，期能有助於國內新興綠能產業之萌芽。

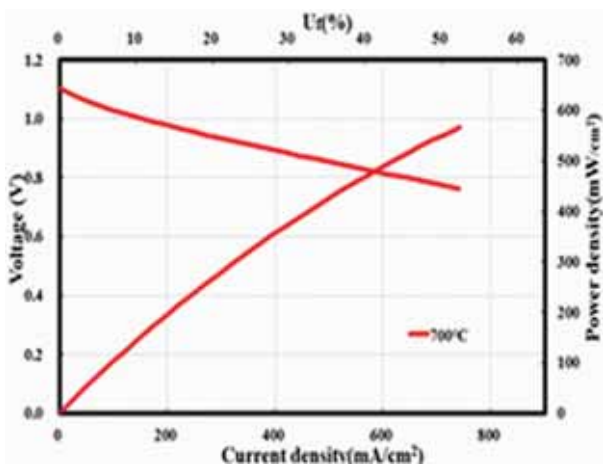


圖1. 大面積電漿噴塗金屬支撐電池片之測試效能

中溫型電漿噴塗金屬支撐型固態氧化物電池(MSC)

精進金屬支撐型固態氧化物燃料電池於中溫應用之發電功率及產氫效率，單電池片(10 cm×10 cm)於操作溫度700 °C及電壓0.8 V之條件，開路電壓(OCV)達1.103V、功率輸出可達41.6 W (513.58 mW/cm²)；於操作溫度750 °C及電解電流40 A之條件，電解水產氫量0.3 L/min、產氫效率達74 %，結果顯示核研所研發之中溫型電漿噴塗金屬支撐固態氧化物燃料電池具有優異的發電性能。

新型金屬支撐型電解堆

在電池片製作專利授權合約框架下，積極協助業者進行量產陽極基板刮帶與商業化電池片製作及後續之效能驗證評估。並與國內連接板及保護層噴塗業者合作，設計製作新型電池堆連接板，用於組裝MSC電解堆，以及建立電解堆測試平台。自製5片裝MSC電池堆之組裝與測試，該電池堆可進行發電及水電解產氫，並可擴展至更大規模產氫系統建構。



圖2. 核研所自製5片裝MSC電解堆

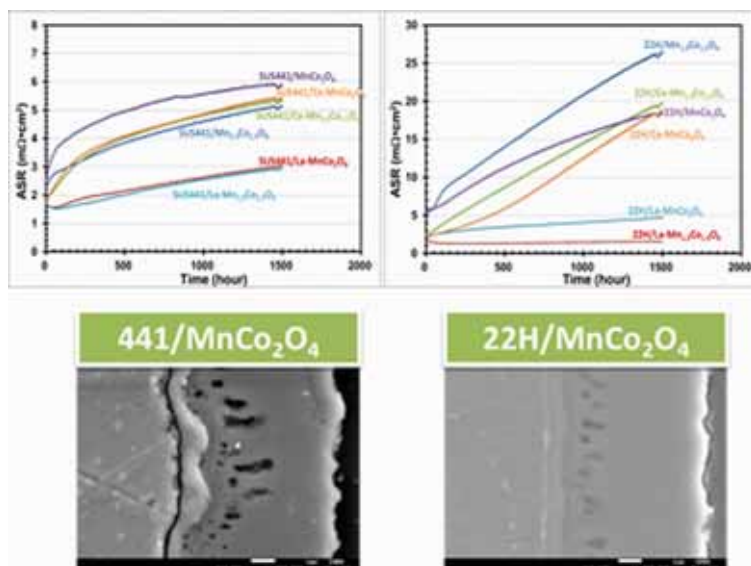


圖3. 鍍膜金屬連接板高溫ASR演變及試樣橫截面微結構

層鍍膜，經高溫抗氧化、高溫面積比電阻等試驗驗證，所開發之保護膜可披覆於低成本之不銹鋼基材料，亦可獲得高抗氧化及高電導，以及提升使用耐久性。

關鍵組件技術開發-硬焊封裝材料

核研所開發新穎之Ag-Ge-Si三元合金，藉由改變組成比例，其熱膨脹性質可介於7.4-18.5 ppm/°C。適合並成功應用於金屬支撐型固態氧化物燃料電池堆組之封接材料，可提供接點於高溫運轉所需之氣密性。藉由穩定之封接界面，電池堆模組得以長時間進行逆反應水電解產氫，作為再生能源（太陽能、風能）之儲（氫）能調節裝置。其他應用範疇亦包括熱交換器、反應爐體、引擎零組件、電子封裝組件、電子元件散熱基板、模具、切削刀具等同質或異質接合件產品開發上。相關專利「硬焊材料組成物及其製造方法」獲得2022台灣創新技術博覽會發明競賽銀牌獎。

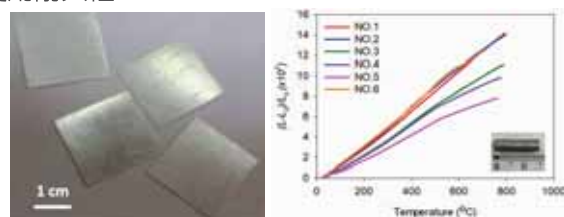


圖4. 硬鐸封裝材料及其熱膨脹曲線與洩漏率測試



圖5. 玻璃陶瓷密封薄帶應用於電池堆封裝

關鍵組件技術開發-玻璃陶瓷密封薄帶

核研所應用刮刀成型技術，成功開發特定配方之玻璃陶瓷薄帶，應用於固態氧化物燃料電池堆組之封接材料，有效提升電池堆封裝之良率並降低洩漏風險，薄帶量產更利於商化應用。相關專利「玻璃陶瓷密封薄帶製作與應用方法」獲得2022台灣創新技術博覽會發明競賽金牌獎。

3-3-6

CO₂碳酸化再利用技術發展與系統建置

隨著過多溫室氣體的排放造成地球環境遭遇各種問題，如急遽氣候變遷、海平面上升等，各種觀察均指向全球暖化的原因為大氣中溫室氣體二氧化碳(CO₂)過量所造成。本計畫利用NaOH鹼液捕獲CO₂轉化為礦化產物碳酸氫鈉(NaHCO₃)，相較於競爭的碳捕獲技術，具有更低的碳足跡，對環境友善、減少前處理成本優點，以及更溫和的操作參數等優點。

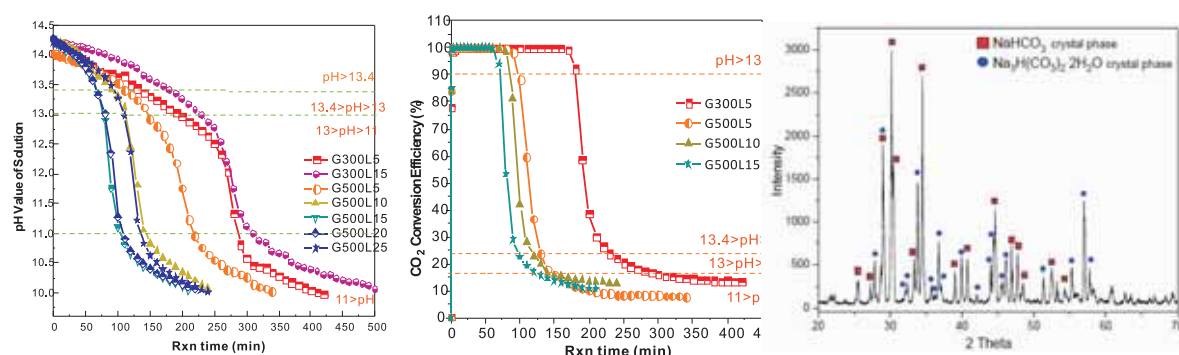
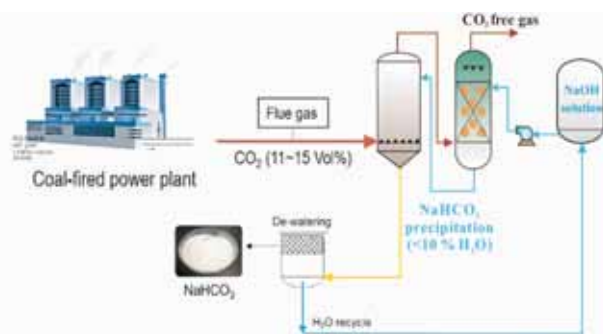


圖1. 實驗型二氧化碳碳酸化測試結果 (a) 碳酸化床溶液pH 值曲線 (b) 二氧化碳轉化率 (c) 碳酸氫鈉產物X光繞射圖譜

實驗型二氧化碳碳酸化測試裝置用以測試CO₂捕獲的操作參數(溶液pH、CO₂氣體流速、NaOH溶液濃度)(參考圖1)。實驗中模擬二氧化碳煙道氣(體積百分比14%)從填充床底部進料，流經串接氣泡床頂部排出，而NaOH溶液則從氣泡床頂部進入，以逆向流動方式與二氧化碳反應生成碳酸氫鈉，氣泡床的碳酸氫鈉泥漿經脫水與乾燥後的固體，藉由X光繞射圖譜鑑定分析，證實為碳酸氫鈉(參考圖1(c))。透過實驗型碳酸化裝置確定二氧化碳碳酸化的最適操作參數，產生的碳酸氫鈉純度高於80%，而CO₂總轉化率則大於90%，上述實驗結果將提供先導型二氧化碳碳酸化程序建置與操作的重要資訊。



圖2. 實驗型二氧化碳碳酸化測試裝置



圖3. 場域測試位置：台糖善化廠鍋爐煙道氣出口

就碳酸化程序的潛在降低碳排而言，本計畫以碳酸化再利用進行生命週期分析，對於產製碳酸氫鈉程序的碳足跡為基礎，與傳統Solvay程序比較，產製1噸的碳酸氫鈉，Solvay程序會有1.69噸的二氧化碳排放，而本程序則可減排0.52噸的二氧化碳，二者有淨2.2噸的二氧化碳減排差異。上述結果顯示碳酸化程序為一可資應用的再利用及負碳排技術。

先導型碳酸化程序建構成易於移動與組裝的架台型式的場域測試平台，提供各種煙道氣氣源產製碳酸氫鈉結晶測試與差異性評析（參考表1）。透過先導型碳酸化程序場域測試，煙道氣中二氧化碳的捕獲率高達90%，相當於每天可捕獲9.5公斤的二氧化碳的處理量；產物碳酸氫鈉的產製約15.5公斤。透過本項實驗型二氧化碳碳酸化補碳程序，將可用於驗證商業化示範規模的可行性及推廣作業（參考表4）。

核研所將透過與台糖公司的合作協議，於台南善化廠蔗渣蒸氣鍋爐場域評估碳酸化程序的可行性，協助本程序特性與系統最佳化建立（參考圖3），利用該廠鍋爐煙道氣分流作為二氧化碳之氣源，以提供微藻養殖產製生質燃料或附加價值產品，降低二氧化碳排放對環境之衝擊。藉由先導型碳酸化程序的場域測試收集更多資訊，完備各種設備煙道氣的特性與模式驗證，程序模擬精進後擴大於商業化規模的二氧化碳捕獲與碳酸化應用。

表1. 各種來源煙道氣組成

Composition	Incinerator	Taisugar boiler	INER boiler
Temperature (°C)	145	135	133
CO ₂ (%)	5~15	14.3	13.8
O ₂ (%)	9~15	8.5	6.7
NO _x (ppm)	---	130	40.2
SO _x (ppm)	---	24	1.2
H ₂ O(%)	20	18.2	11.79
Particulate (mg/Nm ³)	4~30	25	2.3

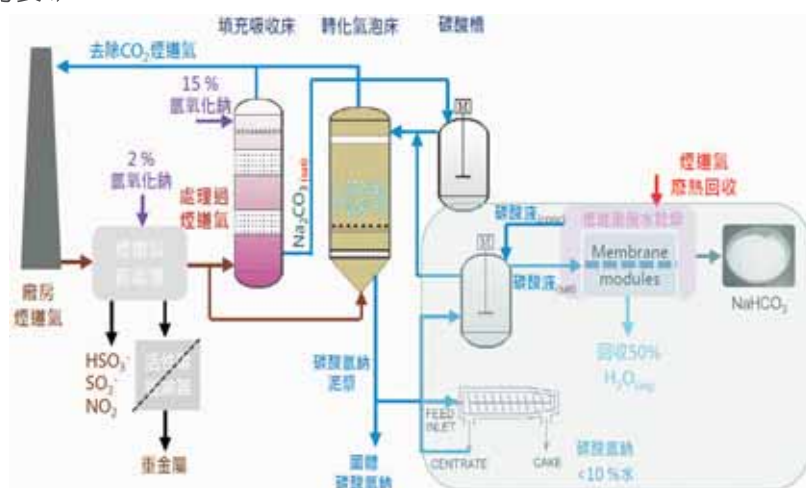


圖4. 二氧化碳再利用程序規劃

3-3-7

DTU 10 MW浮動風機縮尺
模型試驗之系統建置與驗證

隨著各國離岸風場開發趨勢朝向大型化、大水深與浮動式發展。我國經濟部能源局於2022年8月召開浮動式風場示範規劃說明會議，以推動浮動式離岸風機之法規研擬、基礎建設與工程技術發展。為協助國內海事工程團隊建立浮動載台工程技術，核研所建置浮動風機縮尺測試平台(如圖1)，提供開發商進行浮動載台模型設計與驗證之試驗服務。

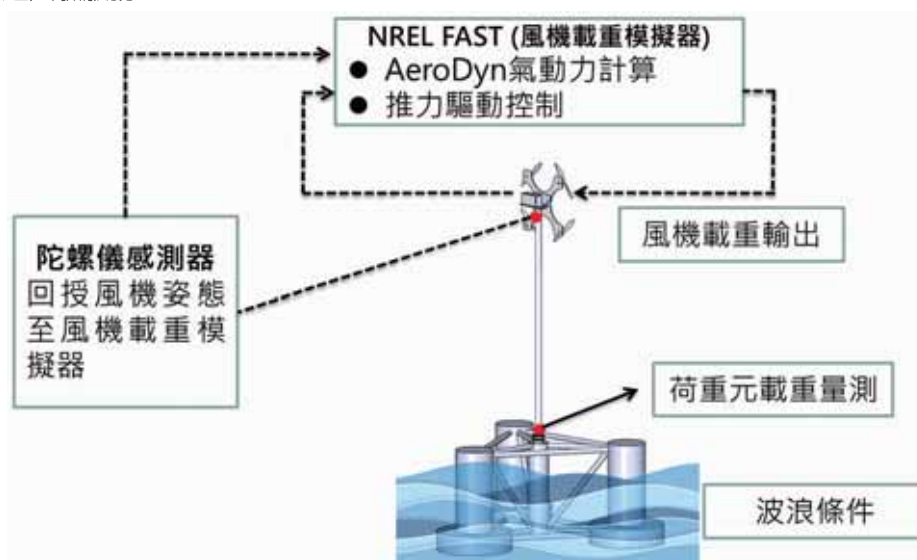
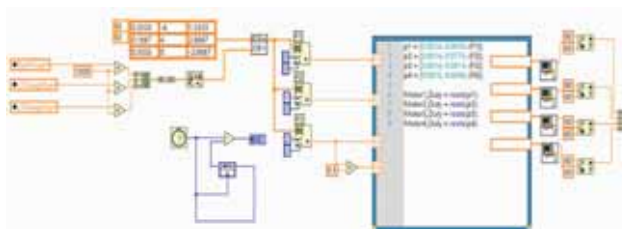


圖1. 浮動風機縮尺模型試驗平台架構

縮尺風機是應用Software-in-the-loop (SIL) 技術架構，達到可程式化執行10-15MW風機規格之縮尺試驗方法，有助於試驗設計彈性化與降低模型製作成本。根據試驗中之風機姿態與波浪條件，可即時更新風向入射角與重新計算氣動力，並可同時模擬離岸風機推力、彎矩與扭矩之氣動力載重，實現水動力、氣動力與結構動力之多物理耦合測試。



試驗系統採用美商國家儀器(National Instruments, NI)嵌入式控制儀器與LabVIEW人機介面工程軟體(如圖2)，整合陀螺儀訊號與氣動推力控制系統至NREL FAST離岸風機動態載重計算軟體，使其具備正常運轉與停機情境之試驗功能。

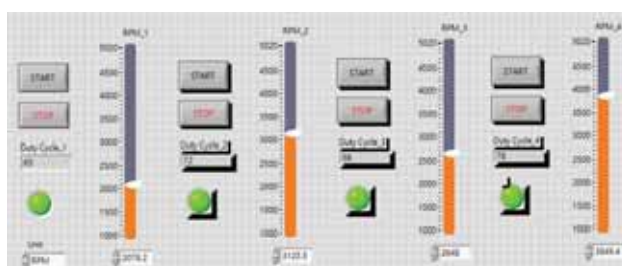


圖2. LabVIEW人機介面整合



圖3. DTU 10 MW浮動風機水槽縮尺試驗

縮尺試驗是根據福祿數相似定律 (Froude scaling law) 進行模型縮尺模型製作。為了驗證縮尺模型之正確性，針對浮動載台重要的運動方向 (起伏heave、縱搖pitch與橫搖roll) 進行結果比對 (如圖4)。

由歷時比對結果驗證運動特性相當吻合，並透過傅立葉轉換 (FFT) 計算出自由衰減週期，得到實驗與模擬誤差皆在5 %以內 (如表1)，顯示縮尺模型在垂直位移、前後搖擺與左右搖擺之運動表現，皆有相當良好的吻合度。

表1. 自由衰減週期比對結果

DOFs	Experimental period (s)	Simulation period (s)	Difference (%)
Heave	22.021	21.057	4.38
Pitch	34.905	34.524	1.09
Roll	33.466	33.333	0.4

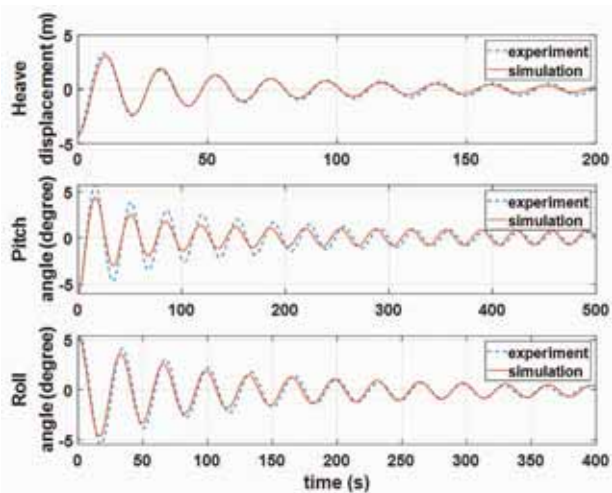


圖4. DTU 10 MW浮動風機自由衰減試驗比對

根據能源局2022年研擬中的「浮動式離岸風力發電示範計畫草案」規劃，單一示範風場設置6至12座浮動載台，總計不超過三件示範風場開發案。

隨著離岸風機大型化，對於新型浮台的開發計畫也隨之增加 (如圖5)。浮動風機縮尺測試平台不僅可提供浮台的設計與評估服務，數位與程式化的風機模擬器，亦可縮短風場開發週期。

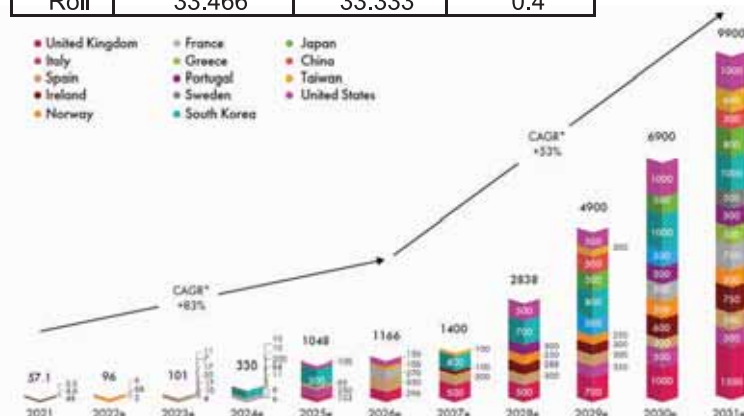


圖5. 全球2021年後之新設置浮動風機裝置容量與規劃
(資料來源:GWEC, 29 June 2022)



四、附錄

4-1

111年大事記

- 01/01-12/31 因應COVID-19疫情期間國內進口核醫藥物短缺問題，核研所緊急投入生產「氯化亞鉈(鉈-201)注射劑」及「檸檬酸鎂(鎂-67)注射劑」核醫藥物，111年全年供應約75,800人次病患造影使用。
- 02/11 行政院蘇院長視察核研所食品放射性檢測實驗室檢測作業。
- 03/23-03/27 核研所徐副所長率領「日本氙水排放觀察團」至日本考察，與日方專家進行技術討論，實地參訪福島電廠含氙處理水排放及儲存之設施，藉此取得氙水排放事件之關鍵資訊，供國內應對之參考。
- 04/07 核研所與印度旁遮普省(Punjab)能源發展署(PEDA)與科學及能源機構(PSCST)，完成異地簽署三方合作備忘錄，同意透過生質精煉技術的產業化應用，解決旁遮普省空氣汙染問題，同時開發潔淨能源及綠色產品。
- 04/18-05/06 核研所辦理員工健康檢查，檢查對象除原能會、核研所及物管局同仁外，並由鄰近地區里長安排里民參加。
- 06/12 核研所於台大集思會議中心辦理「2022年核醫藥物分子影像發展應用研討會」，採現場與網路視訊同步舉行，出席總人數為680人。
- 06/23、06/27-07/01 以視訊方式辦理110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、研各界參加，8場次共計289人。
- 08/03 核研所積彭講座邀請前副總統時任中央研究院基因體研究中心陳建仁院士主講「COVID-19大流行與疫後堅韌再造」，陳院士於演講後參訪核研所核醫製藥中心及綠能研發成果展示室。
- 08/22 2022全球百大科技研發獎(R&D 100 Awards)公布獲獎名單，核研所以「低碳生產、低成本之創新電致變色玻璃量產(IDIMPT)技術」參賽且獲獎。

- 08/25 核研所於台大集思會議中心辦理「福島第一核電廠含氚廢水排放之輻射擴散模擬與量測技術國際研討會」，採現場與網路視訊同步舉行，現場共計11個單位、122位人員參加。
- 08/26 核研所辦理「111年核設施除役技術國際研討會」，邀請台電公司、學界、產業界等專家學者與會，以組成台灣核電廠未來除役工作所需之團隊為目標。
- 08/31 核研所生物氚檢測實驗室正式揭牌成立，預計每年可達500件檢測量能。
- 10/14 「2022台灣創新技術博覽會」發明競賽獎公布獲獎名單，核研所獲得2面鉑金、3面金牌、5面銀牌及5面銅牌。
- 10/21 國際原子能總署(IAEA) Mohamed Lamari處長等4名官員至核研所參訪，參訪地點為TWC-(020館熱室)、TWL-(036館A/K/U 中央貯存庫)及所區內部周圍。
- 10/27 紐西蘭商工辦事處(NZCIO)政務代表Mark Pearson及商務代表Tina Wilson等人，與紐西蘭廠商BioForestry、翰○應用生技公司至核研所參訪，據以作為後續持續協助台紐合作案，加速推動發展木片循環經濟產業。
- 11/02 核研所以「氫燃料電池車」項目參加經濟部智慧財產局「2022年產業專利分析與布局競賽」，榮獲第一名。
- 11/10 財團法人生技醫療科技政策研究中心公布第19屆國家新創獎得獎名單，核研所榮獲2項「學研新創獎」。
- 11/29 核研所「Dolacga核研多蓄克鎳肝功能造影劑」以藥物科技研究發展獎勵辦法，參加衛福部與經濟部共同主辦之「藥物科技研究發展獎」，榮獲「藥品類」金質獎。

4-2

111年取得專利清單

編號	創作人	專利中文名稱	國別	專利類型	證書日	證書號	專利起始日	屆滿日
1	薛天翔 劉尚恩 王敏全 吳柏憲 張淑美	膠固態電解質電池、阻燃導離子 膠固態電解質薄膜及製作方法	日本	發明	111.01.06	特許第7004485號	20200624	20400624
2	方正豪 蔡雨利 楊雪慧 吳志宏 洪慧芬	磊晶於異質基板之結構及其製備 方法	美國	發明	111.01.25	US11,232,950B2	20191101	20391101
3	李銘忻 鄭凱鴻 羅盛男 羅世偉 黃永睿 陳振宗	阿茲海默症微管相關蛋白質Tau 之造影化合物及其前驅物	中華民國	發明	111.02.11	發明第I755048號	20220211	20400902
4	杜衍宏 黃立元 陳振宗 羅彩月 樊修秀 林武智	[F-18] FEONM之高壓純化方法	美國	發明	111.02.15	US11,247,947B2	20190130	20390130
5	莊鈺德 林建宏 胡譚心 鄒函文 魏華洲 許寧逸	鈎液流電池系統電解液電解復原 方法	美國	發明	111.02.15	US11,251,452B2	20200108	20400108
6	莊方慈 李瑞益 詹振晏	燃料電池發電併聯電網整合裝置	中華民國	發明	111.02.21	發明第I755807號	20220221	20290804
7	楊昇府 王多美 陳俊良 李恆毅	吸附式乾燥除濕機台	中華民國	發明	111.02.21	發明第I755824號	20220221	20400820
8	陳信宏 林羿村 黃鈞鎂 邱秀玫 郭家倫	新穎的回收生質塑膠再聚方法	中華民國	發明	111.02.21	發明第I755879號	20220221	20401027
9	王怡勛 陳志豪 張添昌 楊慶威	減少設施面積並強化耐震之用過 核子燃料乾式貯存護箱單元設計 裝置	中華民國	發明	111.02.21	發明第I755898號	20220221	20400929
10	陳俊良 黃財富 李恆毅 陳昱任 簡光勳 楊昇府	具除水功能之廢熱回收裝置	中華民國	發明	111.02.21	發明第I755911號	20220221	20401027

編號	創作人	專利中文名稱	國別	專利類型	證書日	證書號	專利起始日	屆滿日
11	黃信憲 黃崇豪	一種擴增實境應用於遠端作業裝置與方法	中華民國	發明	111.02.21	發明第I755912號	20220221	20401019
12	莊方慈 李瑞益 詹振受	燃料電池發電併聯電網整合裝置	美國	發明	111.02.22	US11,258,263B1	20210303	20410303
13	李恆毅 黃財富 楊昇府 郭柏修 陳昱任 李灝銘 王多美	高效率除濕輪	美國	發明	111.03.01	US11260345B2	20191211	20391211
14	鄭恩凱 吳東昇 林冠廷 蘇煒年 黃金城	風力機電能轉換器測試系統及風力機電能轉換器測試方法	中華民國	發明	111.03.01	發明第I756722號	20220301	20400820
15	彭正球 張添昌 許銘曉	盛裝容器之吊具	中華民國	發明	111.03.01	發明第I756790號	20220301	20400628
16	王敏全 葉宥麟 黎禹辰 蔡丁貴 詹德均	電化學元件、其製作方法以及作為電池部件的用途、以及包含此電化學元件的電化學裝置	美國	發明	111.03.15	US11,276,851B2	20190703	20390703
17	李灝銘 張愛堂 林廷諭 蘇偉誠 陳孝輝	中子產生方法及中子產生器	中華民國	發明	111.03.21	發明第I758921號	20220321	20401026
18	施川豪 葉彥顯 楊凱翔	太陽能電池之量測裝置	中華民國	發明	111.04.01	發明第I759872號	20220401	20400920
19	莊禮璟 林國明 鍾人傑 謝賢德	矽鋁氧複合物作為放射性磷酸除污廢液的固化劑的用途以及放射性磷酸除污廢液之處理方法	中華民國	發明	111.04.11	發明第I760749號	20220411	20400517
20	黃俊源 蘇黛萍 李景婷 鄭勝隆	控制熔池及熱影響區溫度的銲接製程	中華民國	發明	111.04.21	發明第I761714號	20220421	20391017
21	謝和諱 倪于晴	核醫影像處理方法	美國	發明	111.04.26	US11,311,261B2	20190610	20390610
22	古鴻賢 許寧逸 謝錦隆 胡譚心 陳巧雅	液流電池電量量測方法與量測系統裝置	美國	發明	111.05.10	US11,327,117B2	20200908	20400908
23	張明誠 羅彩月 彭正良 陳冠因	新式眼用凝膠及其製備方法	中華民國	發明	111.05.11	發明第I763991號	20220511	20390501

編號	創作人	專利中文名稱	國別	專利類型	證書日	證書號	專利起始日	屆滿日
24	林士軒 表明程 黃玟吉 武及蘭	用於核設施除役的自動污染偵檢設備	中華民國	發明	111.05.11	發明第I764674號	20220511	20410413
25	官孝勳 羅彩月 廖澤蓉 彭正良 林昆諒	雙靶向碳酸酐酶第九型複合物及其造影劑	中華民國	發明	111.05.21	發明第I765195號	20220521	20391121
26	林泰男 吳思翰 吳宜靜 韓受坊 高維欣 郭弘毅 葉俊修 程永能 李瑞益	玻璃陶瓷密封薄帶製作與應用方法	美國	發明	111.05.31	US11,349,135B2	20200803	20400803
27	許寧逸 古鴻賢 陳巧雅	超薄液流電池用電極製程	中華民國	發明	111.06.01	發明第I766307號	20220601	20400705
28	許寧逸 古鴻賢 林漢洲 陳巧雅	液流電池碳表面電極優化方法	中華民國	發明	111.06.01	發明第I766800號	20220601	20410902
29	陳孟忻 楊雪慧 張峻嶺	雷射二極體反射器及其製備方法	中華民國	發明	111.06.11	發明第I767344號	20220611	20400928
30	姜政綸 蔡佳豪 李奕德 劉力源	配電饋線分區段轉供復電策略	中華民國	發明	111.06.11	發明第I767864號	20220611	20411102
31	蔡丁貴 葉有麟 王敏全	摻雜型金屬氧化物薄膜的製作方法	中華民國	發明	111.06.21	發明第I768256號	20220621	20391028
32	黃宏承 李政達 陳俊亦	智慧復健步道裝置	中華民國	發明	111.06.21	發明第I769116號	20220621	20411209
33	曾繁斌 倪于晴 林文彬	腦功能影像數據擴增方法	美國	發明	111.06.28	US11,369,268B2	20200528	20410204
34	李銘忻 羅世偉 羅盛男 李世瑛 陳夙容	製備放射標誌藥物的套組及方法	美國	發明	111.06.28	US11,369,702B2	20200627	20410106
35	劉永慶 陳恩仕 謝政昌	具抗濕功能的陽光控制膜及其製造方法	美國	發明	111.06.28	US11,370,701B2	20210701	20410701

編號	創作人	專利中文名稱	國別	專利類型	證書日	證書號	專利起始日	屆滿日
36	李恆毅 黃財富 楊昇府 郭柏修 陳昱任 李灝銘 王多美	高效率除濕輪	中華民國	發明	111.07.11	發明第I770442號	20220711	20391125
37	蔡雨利 方正豪 吳志宏	磷化鈮虛擬基板結構及其製備方法	中華民國	發明	111.07.11	發明第I771140號	20220711	20410927
38	王慎思 姜政綸 李奕德	三相不平衡區域電網之併聯策略	中華民國	發明	111.07.11	發明第I771196號	20220711	20410803
39	張鈞量 蔡俊煌 楊昌祥 傅正允 王敏全 薛天翔	電漿噴塗鋰離子正極膜層製作方法	中華民國	發明	111.07.21	發明第I772176號	20220721	20410908
40	王 蔚 陳文華 詹明峰	利用沼渣製備高比表面積生物炭基金屬離子吸附劑之方法	中華民國	發明	111.08.01	發明第I772919號	20220801	20401020
41	李青雲 張 瑜	非放射性標準品 β -CFT之製備方法	中華民國	發明	111.08.01	發明第I772928號	20220801	20401011
42	黃鈞鎡 陳信宏 詹明峰 郭家倫	沼氣生產方法	中華民國	發明	111.08.01	發明第I773074號	20220801	20410104
43	林建宏 劉定宇 莊毅慈 魏華洲 許寧逸	含有氧化石墨烯之混摻薄膜製法	中華民國	發明	111.08.21	發明第I775056號	20220821	20400305
44	梁智超 卓憲和 陳俊良 簡光勳 王多美	碳化矽材料純化循環再利用之方法	中華民國	發明	111.08.21	發明第I775612號	20220821	20410916
45	劉玉章 朱家德 郭賢章 林忠永 鍾人傑	複合雙功能氫化觸媒用於二氧化碳減排之製作方法	中華民國	發明	111.08.21	發明第I775625號	20220821	20410928
46	張家豪 倪于晴 曾聖彬	用於雙能量X光成像系統之有效原子序計算方法	中華民國	發明	111.09.01	發明第I776443號	20220901	20410325
47	李青雲 張 瑜	非放射性標準品 β -CFT之製備方法	美國	發明	111.10.11	US11,466,002B2	20210408	20410408
48	梁鑫京 鄭承翰	平面式加馬成像探頭位置訊號處理方法	中華民國	發明	111.10.11	發明第I780853號	20221011	20410804
49	夏建忠 葉忠興 彭正良 陳俊堂	複合物、造影劑及治療與CXCR4接受體相關疾病的用途	中華民國	發明	111.10.21	發明第I781469號	20221021	20401026

編號	創作人	專利中文名稱	國別	專利類型	證書日	證書號	專利起始日	屆滿日
50	彭正球 張添昌	盛裝容器吊具	中華民國	發明	111.10.21	發明第I781773號	20221021	20410927
51	周宜欣 沈錦昌	放射性廢棄保溫材高溫減容處理方法	中華民國	發明	111.10.21	發明第I781774號	20221021	20410926
52	林書睿 張敬信 周雄偉	熱交換管的溫度分佈之評估方法	中華民國	發明	111.11.01	發明第I782765號	20221101	20411021
53	李銘忻 黃亮勳 羅世偉 鄭凱鴻 王利民	一種新穎神經纖維糾結微管相關蛋白質Tau造影化合物、其製備方法及用途	中華民國	發明	111.11.01	發明第I782769號	20221101	20411027
54	許怡儒 姜欣辰 鍾正邦 顏駿凱 李伯修	應用於核能發電廠除役之人工智慧系統及其分析方法	中華民國	發明	111.11.01	發明第I782771號	20221101	20411027
55	簡光勳 陳俊良 王多美 楊昇府	太陽光電模組電漿熱裂解回收裝置	中華民國	發明	111.11.11	發明第I783429號	20221111	20410405
56	葉偉增 陳鵬宇 黃志中	水下翻轉大型圓筒狀物之傾轉裝置及其傾轉方法	中華民國	發明	111.11.11	發明第I783630號	20221111	20410815
57	朱孝凱 黃鈞鎔 郭家倫	聚羧基脂肪酸酯生產及廢水處理方法	中華民國	發明	111.11.21	發明第I784617號	20221121	20410711
58	查厚錦 宋運明 鍾翠芸 莊智閔 劉天成 胡哲誠 張藝騰 馬維揚 曹正熙	用於軟性有機太陽電池模組的封裝結構及其封裝方法	中華民國	發明	111.11.21	發明第I784672號	20221121	20410817



MEMO

Date . . .

MEMO

Date . . .

MEMO

Date . . .

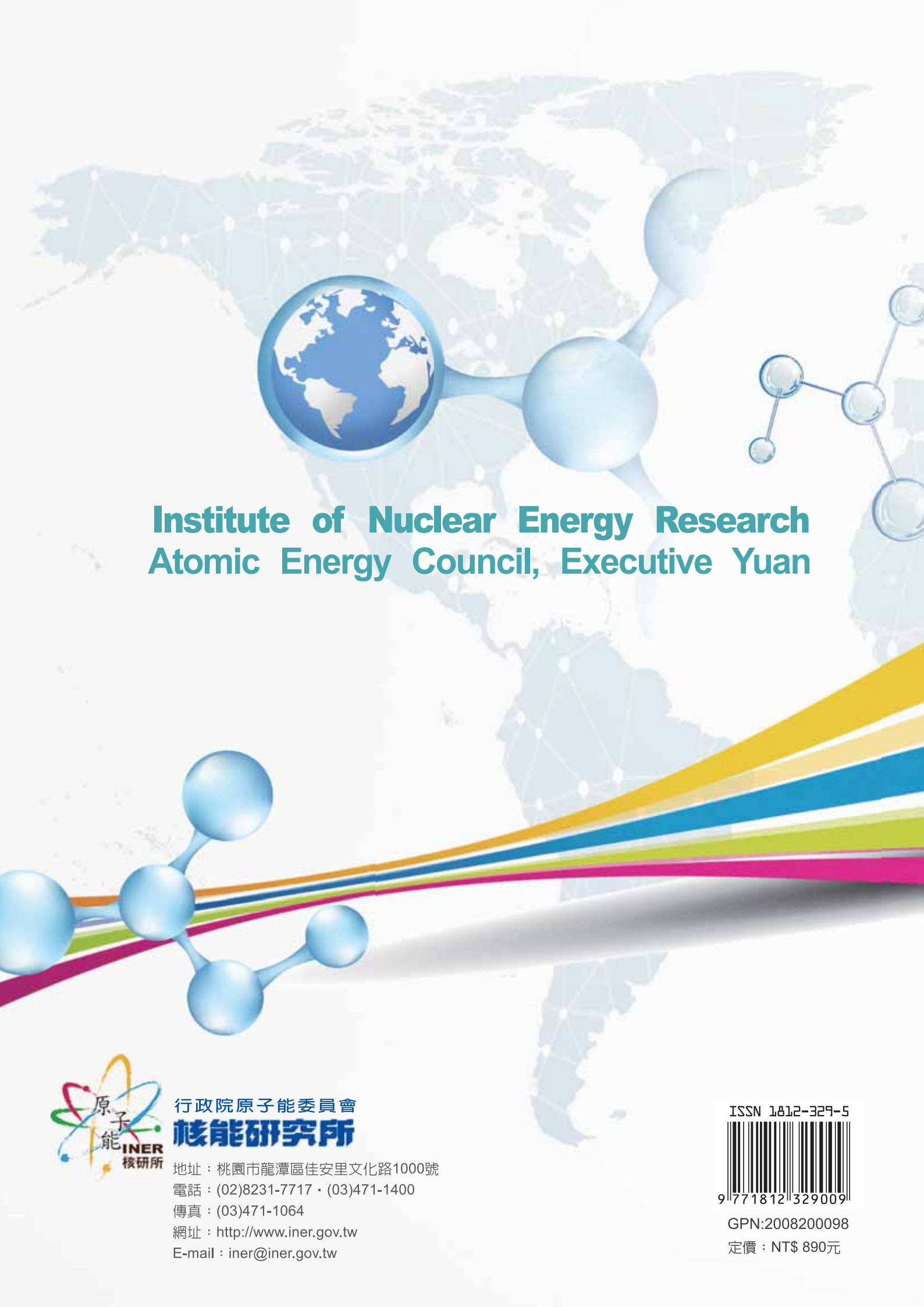
MEMO

Date . . .



書 名：行政院原子能委員會核能研究所111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112年7月
創刊年月：中華民國82年6月
定 價：NT\$ 890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。



Institute of Nuclear Energy Research Atomic Energy Council, Executive Yuan



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\$ 890元