



2021

110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





行政院原子能委員會

核能研究所

Institute of Nuclear Energy Research

Atomic Energy Council, Executive Yuan

2021

110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111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

2021

110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 確保安全系統可靠度－核電廠耐震餘裕評估技術	10
3-1-2 深化核能電廠運轉安全－核三廠圍阻體再循環集水池濾網改善	12
3-1-3 確認多重屏障防護能力－核二廠預期暫態末急停整體性分析方法論	14
3-1-4 除役作業之防護罩－自動追蹤感知恆負壓隔離帳篷建置	16
3-1-5 啟動台灣研究用反應器(TRR)設施除役關鍵工作－TRR爐體上生物屏蔽拆解	18
3-1-6 核設施除役廠址再利用－核研所012館運轉執照變更及強化輻射防護	20
3-1-7 精進非破壞檢測效能－結合自動化與人工智慧判讀渦電流檢測訊號之技術應用	22
3-1-8 強化用過核子燃料貯存安全－沸水式核電廠用過核子燃料乾式貯存之完整性評估與檢驗技術	24
3-1-9 為核電廠除役把關－放射性廢棄物分類與關鍵放射性元素篩選	26

四、附錄	52
4-1 110年大事紀	53
4-2 110年取得之專利清單	55

3



一、序言

實現低碳社會及增進民生福祉— 與世界接軌之應用研發機構

行政院原子能委員會核能研究所（以下簡稱核研所）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，研發領域概分為（1）核安與核後端；（2）民生輻射應用；（3）綠能與系統整合。核研所致力於創新研發，搭配既有之系統整合能量，已累積可觀的可交易技術與專利，透過技術移轉、技術服務、合作開發等推廣作為，協助國內企業進行產品開發、創新製程及系統改善，均獲得良好成效。

在核安與核後端發展方面，核研所致力於核能設施運轉安全之研究，並發展核設施除役及放射性廢棄物處理與處置技術，期使核設施之運轉、除役、廢棄物管理等獲得良好執行成效；近期已成功開發大尺寸、低成本之低放射性廢棄物盛裝容器，順利技轉國內廠商，後續將推廣應用於國內核電廠除役工作；其次完成我國首次高放射性廢棄物處置初步安全論證報告，擠身世界高放處置技術領先行列。而有鑑於日本福島核子事故，亦已完成本土化之核電廠耐震餘裕評估技術，有效提升核電廠安全系統可靠度。



在民生輻射應用方面，因應COVID-19疫情期間國內進口核醫藥物短缺問題，核研所緊急投入增產「氯化亞鉈心臟造影劑」及「檸檬酸銻惡性腫瘤造影劑」等核醫藥物，110年供應逾6萬5千人次病患造影使用，較109年提高4萬人次服務量，確保國人就醫權益。此外也獲行政院核定於112年起執行70MeV中型迴旋加速器建置計畫，以持續開發核醫診療新藥相關研究，發展我國中子與質子科學於太空與半導體產業應用。另為預警日本福島含氚核廢水排放，核研所研提「國家

未來，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，成為與世界接軌之應用研發機構。

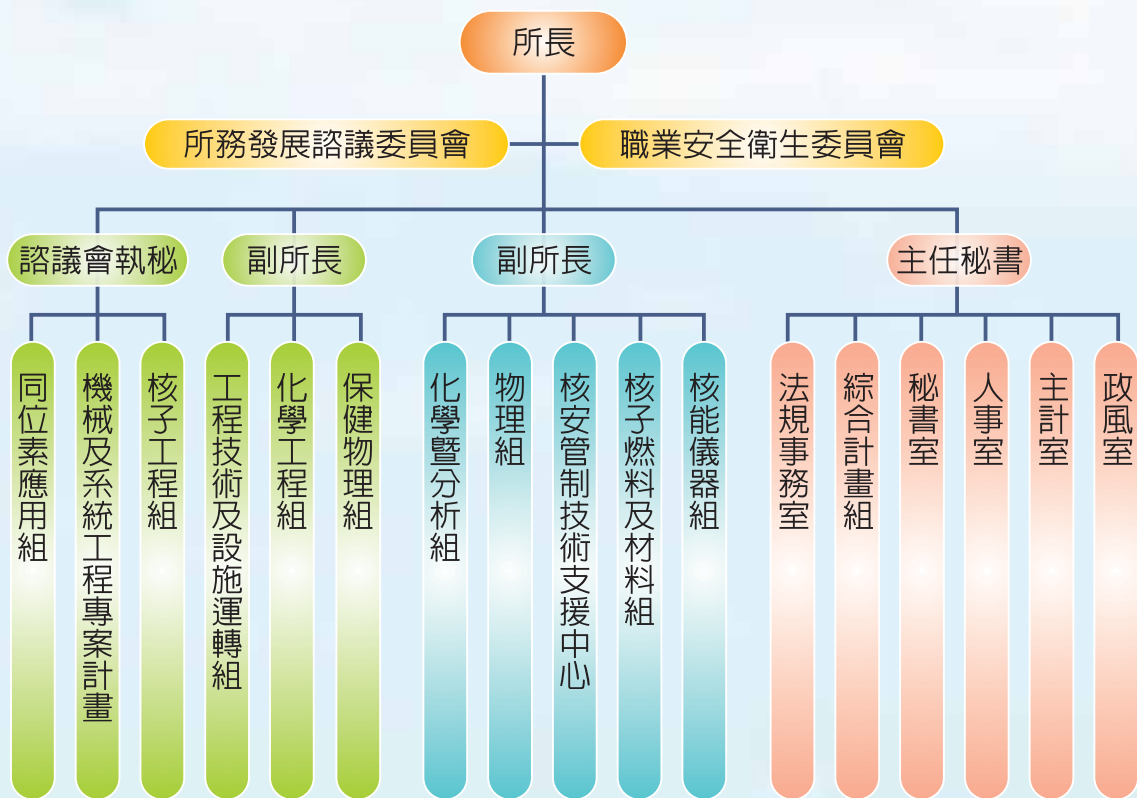
陳長邊





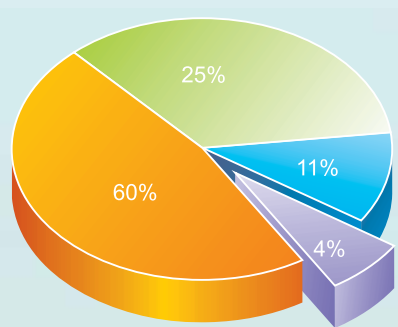
二、組織架構與經營現況

核能研究所組織架構圖



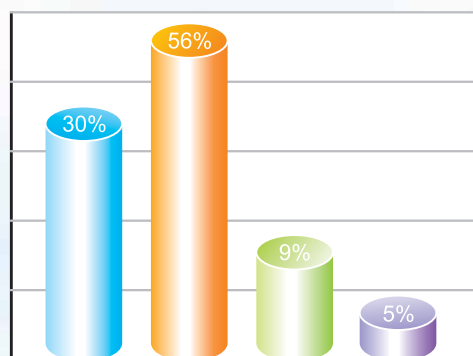
核能研究所110年人力與經費 (資料時間：110年12月)

110年度核研所編制人力分配



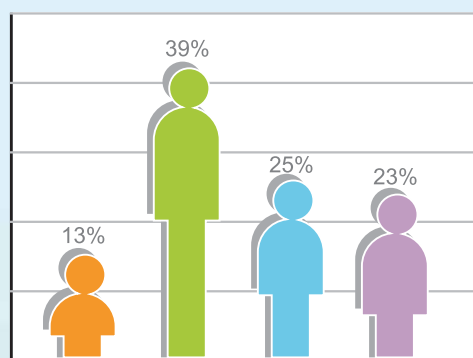
研究人員	486人 (60%)
技術員	204人 (25%)
行政人員	89人 (11%)
技工工友	29人 (4%)
全所編制內人員	808人

110年度研究人員學歷統計



博士	145人 (30%)
碩士	274人 (56%)
學士	41人 (9%)
專科	26人 (5%)
研究人員	486人

110年度研究人員職稱分類統計



研究員級	66人 (13%)
副研究員級	189人 (39%)
助理研究員級	120人 (25%)
研究助理	111人 (23%)
研究人員	486人

110年度經費支用概況

單位：千元

項次	決算數	百分比
一般行政	1,166,812	66.21%
計畫管理與設施維護	181,634	10.31%
科技研發計畫	281,464	15.97%
推廣技術應用	132,474	7.52%
合計	1,762,384	100.00%



三、研發與創新



3-1



核安與核後端

配合國家能源轉型與非核家園政策，我國三座核電廠規劃將陸續於107年至114年間運轉執照屆期後進入除役階段，核研所早年配合執行原子能技術應用研發任務所建置之研究用反應器等核設施，亦依法規正執行除役與清理任務。因此，核研所現階段在核能領域之研發主軸主要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，同時積極推廣核能安全技術於其他跨領域系統之應用。本(110)年度核安與核後端技術領域之重要研發成果摘錄如下：

- (一) 配合日本福島核子事故後之核電廠安全強化措施，核研所建立耐震餘裕評估技術(Seismic Margin Assessment, SMA)，應用於驗證安全系統原始設計之耐震餘裕是否足夠因應超越設計基準地震事件(Beyond Design Basis Seismic Event, BDBSE)，亦可篩選出系統中耐震能力較弱之設備，並制定資源利用最佳化之補強策略，提升核電廠安全系統可靠性。
- (二) 壓水式核能電廠(Pressurized Water Reactor, PWR)圍阻體內再循環集水池濾網，可能會於管路破裂之意外事故時，因冷卻水大量噴出所產生的碎屑所阻塞，為因應此核安管制安全議題，核研所執行完成核三廠圍阻體再循環集水池濾網改善計畫，包括圍阻體內部區域勘查及碎屑評估、濾網更換及濾網下游效應安全評估等三階段工作，以強化核三廠運轉安全。
- (三) 核研所建立「預期暫態未急停整體性分析方法論」並應用於核二廠安全評估，以極其嚴格的預期暫態未急停(Anticipated Transient Without Scram, ATWS)假設性事件進行分析，本方法論整合系統暫態分析、燃料棒破損評估、圍阻體分析、人員劑量分析及穩定性分析等五大安全分析技術，以確認核二廠多重屏障設計的安全防護能力。

- (四) 核研所開發完成一套可拆卸、移動式、自動追蹤感測負壓、具奈米塗層有高效除污功能之隔離帳篷，並應用於乏燃料套管地下貯存庫之除役作業執行實際驗證，有效防範作業期間之放射性污染外洩事件。未來可推廣應用於其他核設施除役或緊急意外事件之放射性除污作業，且相關設備能盡速除污並重複使用，以確保人員及環境輻射安全。
- (五) 「台灣研究用反應器 (TRR) 設施除役計畫」為目前核研所正執行中之重要任務，而 TRR 爐體拆解為本計畫關鍵之工作項目，拆解策略採「由上而下」、「由內而外」原則，其中上生物屏蔽為 TRR 爐體內部最上層組件，本年度已經完成該組件吊運切割及裝箱程序，順利驗證拆解工法並啟動 TRR 除役關鍵工作，累積之實務工程經驗可應用於未來核電廠除役工程。
- (六) 為提升低放射性廢棄物貯存設施之貯存容量與效能，核研所將原為「核子原 (燃) 料貯存設施運轉執照」之 012 館，在完成核物料清理後，依循「放射性物料管理法」進行耐震設計、輻射監測、操作監控等改善措施並申請執照變更，取得主管機關核發「放射性廢棄物貯存設施運轉執照」，大幅提升放射性廢棄物貯存容量以因應 TRR 除役需求，為除役廠址再利用之範例。
- (七) 核研所建置完成結合自動化與人工智慧判讀渦電流檢測訊號之非破壞檢測辨識系統，本系統應用人工智慧、自動化與非破壞檢測等跨領域技術整合，藉由人工智慧技術發展，提高非破壞檢測產業之附加價值，可快速、批次且準確判讀非破壞檢測訊號，大幅降低安全維護檢測所需之人力成本並提高經濟效益。
- (八) 用過核子燃料乾式貯存為國內核電廠除役中程階段之管理策略，核研所建立國內沸水式核電廠用過核子燃料乾式貯存之完整性評估與檢驗技術，並應用於核一廠及核二廠第一期乾貯計畫，確認所有待乾貯燃料滿足燃料棒護套與組件完整性 (Integrity) 之基本需求，確保後續乾式貯存及吊卸安全，並降低貯存後燃料再取出之安全疑慮，強化用過核子燃料安全管理。
- (九) 放射性廢棄物處理與處置是核電廠除役的重要課題，核研所採用美國核管會 NUREG/CR-3474、國際原子能總署 IAEA NW-T-1.18、TRS-389 及其相關指標性報告，並納入我國核電廠終期安全分析報告 (FSAR)、運轉期間廢棄物分析數據，以及爐心與生物屏蔽活化計算結果等資料，完成三座核電廠除役關鍵放射性元素篩選，以滿足輻射評估實際作業與輻防安全需求。

3-1-1

確保安全系統可靠度-核電廠耐震餘裕評估技術

鑑於日本福島核子事故，近年來核電廠對於超越設計基準地震事件 (Beyond Design Basis Seismic Event, BDBSE) 之因應能力為國際間相當重視的議題。核電廠設備之耐震設計一般以振動台測試進行驗證，然而因應 BDBSE 時，因為安全系統在設計階段已考量耐震餘裕，故直接將所有設備重新進行振動台測試並非有效率且經濟的作法。核研所建立適用於核電廠之耐震餘裕評估技術



(Seismic Margin Assessment, SMA)，除可驗證所評估安全系統原始設計之耐震餘裕是否足夠外，亦可篩選出系統中耐震能力較弱之設備，並制定資源利用最佳化之補強策略，進而有效率的提升核電廠安全系統可靠度。

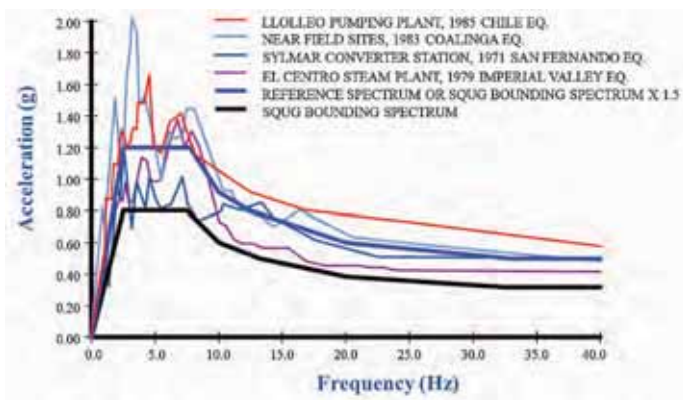


圖1. 地震反應譜資料庫(資料來源: SQUG, GIP-3A, 2001)

核研所建立之SMA技術整合設備既有耐震測試資料與業界經驗資料庫(地震反應譜資料庫如圖1所示)，可系統化檢核安全系統整體耐震能力(評估流程圖如圖2所示)，透過整合設備既有耐震測試資料與業界經驗資料庫，進行地震設備清單建立與地震現場巡查作業，可針對評估範圍中具高耐震特性設備進行定性篩濾評估(Screening Evaluation)，僅需針對未通過定性篩濾之設備計算其高信心低失效機率(High Confidence of Low Probability of Failure, HCLPF)耐震能力值，並針對耐震能力低於參考基準地震相關設備制定相應之補強策略。

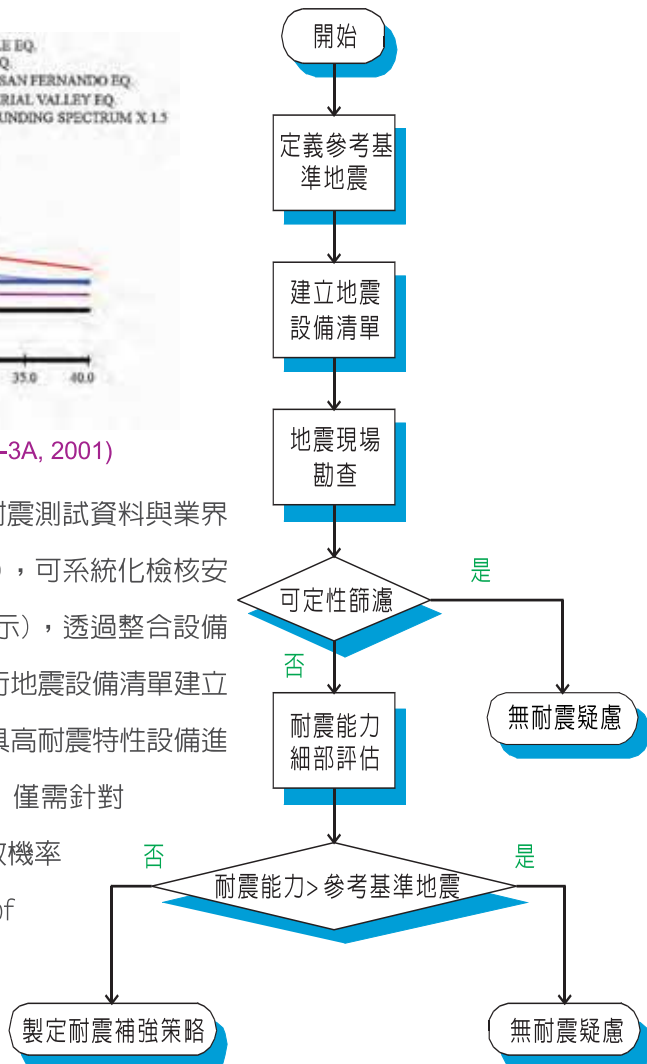


圖2. 耐震餘裕評估流程圖



圖3. 核二廠HIS備用電源相關設備

核研所執行完成核二廠HIS備用電源相關設備之耐震餘裕評估工作(評估表如圖4所示)，評估結果定義出電池組、柴油機本體、儲油槽與控制櫃為具潛在耐震疑慮的設備並提出相應之耐震補強建議，上述設備於耐震補強後，其耐震餘裕經驗證皆符合BDBSE之要求(評估範例如圖5所示)。相較於核二廠原先規劃大規模重新購置符合耐震需求相關設備而言，核研所透過SMA技術，已成功協助核二廠將資源更有效率的應用於提升整體HIS可靠度。

鑑於日本福島核電廠發生因強震造成氫氣爆炸之核子事故，原能會要求國內核電廠強化地震事故後防範圍阻體內氫氣爆炸之因應能力。氫氣點火系統(Hydrogen Ignition System, HIS)為核二廠圍阻體內易燃氣體控制之重要安全系統，然而支援其安全功能執行之備用電源相關設備(如圖3所示)在原始設計上非為耐震一級設計之設備，面臨BDBSE時，原始設計之耐震餘裕是否足夠將直接影響HIS執行安全功能的可靠度。

SCREENING EVALUATION WORK SHEET				
Plant Name :	Kuosheng NPP	Unit :	#1	
PART A. DESCRIPTION				
Equip. ID. No.			Equip. Class	Batteries and Racks
Equipment Description: HIS DG Batteries				
Equipment Location:	Bldg. DGB	Floor El. 0.0 ft	Room, Row/Col	
Manufacturer, Model, Etc. Yuasa				
Seismic Input Elevation DGB EL. 0.0 ft				
PART B. BATTERIES EVALUATION				
1. Are the batteries of good seismic design ?			Y	N
Lead-Antimony plates capacity			☒	☐
Batteries mountings (restraint, spacers...)			☐	☐
Side rails strength/stiffness			☐	☐
2. No other batteries concerns?			☒	☐
Are the batteries themselves screened out?			☐	☒
PART C. RACKS EVALUATION				
1. Are the racks of good seismic design?			Y	N
Lateral load resistance			☒	☐
Adjacent racks secured			☐	☐
Wood racks adequacy			☐	☐
2. No other racks concerns?			☒	☐
Are the racks themselves screened out?			☒	☐

圖4. 設備定性篩濾評估表

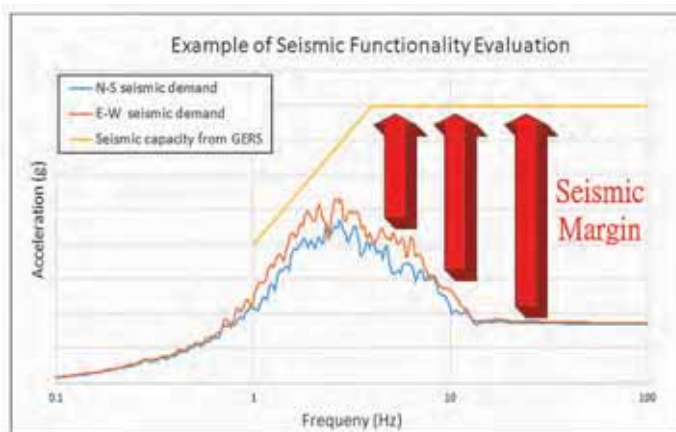


圖5. 設備耐震能力評估範例

核研所目前已成功協助核二廠提升整體HIS系統可靠度。未來除可擴大應用於國內其他運轉中核電廠之安全系統外，也可協助核電廠未來因應除役階段電廠組態改變下，針對需納入安全系統之既有非耐震一級設備，協助進行耐震餘裕驗證工作。

3-1-2

深化核電廠運轉安全 - 核三廠圍阻體再循環集水池濾網改善

美國核管會 (USNRC) 於1996年9月發布核能電廠一般安全議題 (Generic Safety Issue, GSI) GSI-191, 指出壓水式核能電廠 (Pressurized Water Reactor, PWR) 圍阻體內再循環集水池濾網, 可能會因管路破裂造成冷卻水大量噴出所產生的碎屑阻塞集水池濾網 (如圖1所示)。美國核管會



於2004年9月再發出通函 (General Letter, GL) GL 2004-02, 要求美國所有壓水式核電廠提出評估集水池濾網功能的改善計畫。我國原能會亦將濾網阻塞議題列為核管案件, 要求核三廠針對圍阻體內發生破管事故後, 產生的大量碎屑累積於濾網處, 影響機組正常運轉之疑慮, 需進行安全評估並妥善擬定改善措施。為強化電廠運轉安全, 核研所協助核三廠執行圍阻體再循環集水池濾網改善計畫, 本項計畫分三階段進行: 圍阻體內部區域勘查及碎屑評估為第一階段計畫, 濾網更換為第二階段計畫, 濾網下游效應評估則為第三階段計畫。

核三廠更換新濾網

核研所協助核三廠完成圍阻體再循環集水池濾網設計更新技術工作, 並稽核濾網製造和監督新濾網安裝。核三廠兩部機組分別於103年3月及104年4月順利完成新濾網安裝, 新安裝的濾網 (如圖2所示) 位於集水池上方, 每部機組所安裝的濾網總面積約為928 m² (9,988 ft²), 超過美國 Surry 電廠2號機所安裝的面積 (8,490 ft²), 因此, 核三廠新濾網設計已有足夠的安全餘裕, 足以面對未來發生的非預期嚴重事故。

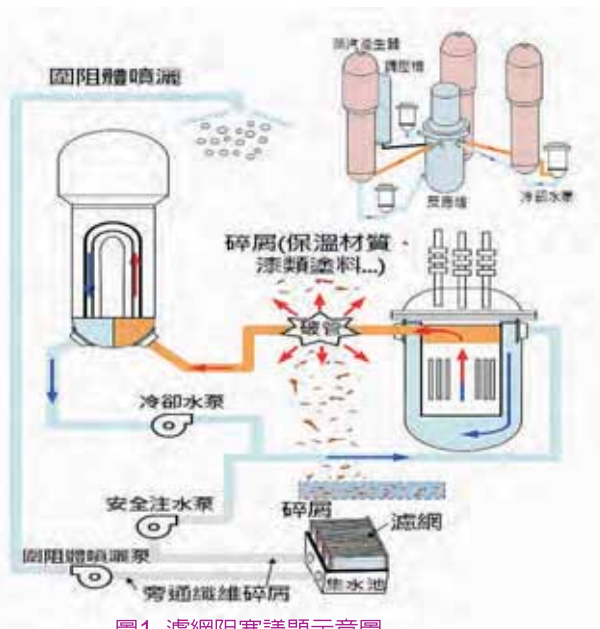


圖1. 濾網阻塞議題示意圖

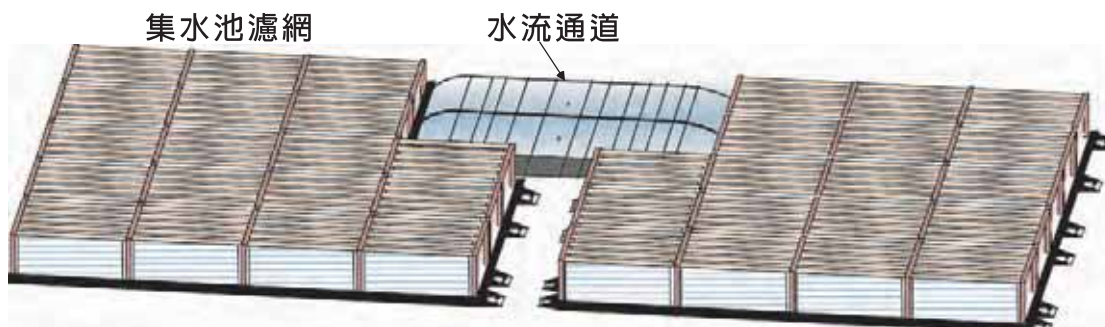


圖2. 核三廠圍阻體再循環集水池濾網

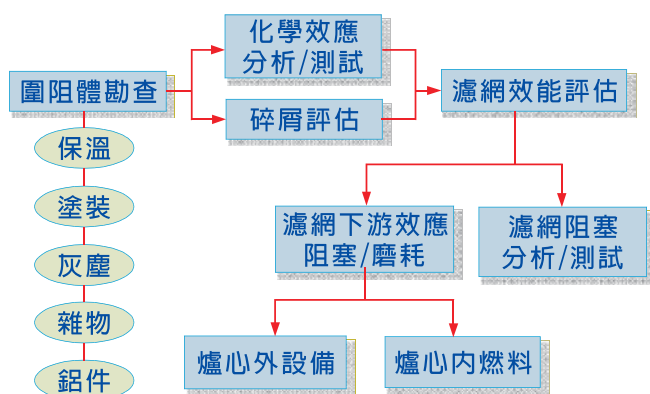
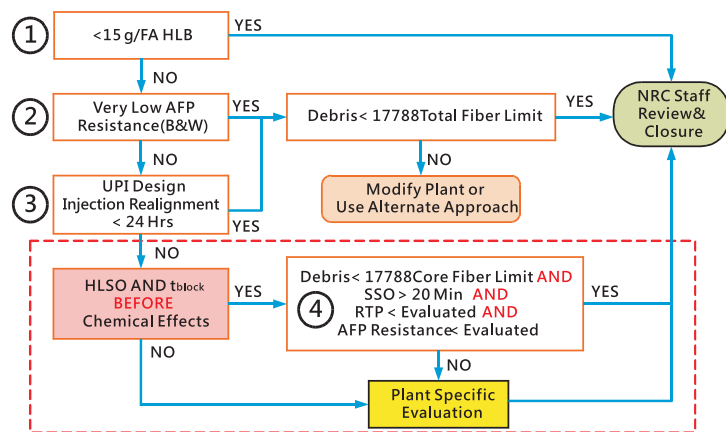


圖3. 評估範圍

濾網下游安全評估

核研所另執行核三廠濾網下游效應評估分析，評估包括爐心內及爐心外下游效應議題。已完成濾網至反應爐間安全注水節流閥的阻塞和磨耗評估，至於爐心內下游效應分析，包含計算流入爐心的纖維碎屑及在燃料護套上碎屑累積的最大厚度和最高溫度，經由濾網測試實驗及計算結果，流入爐心的纖維量超過規範限值，引起爐心通道阻塞現象的疑慮，此議題須依據美國核管會審查導則 (ML19228A011) (如圖5所示) 及業界規範進行爐心內燃料阻塞評估，確保機組在發生嚴重事故時仍可維持爐心燃料完整性，且無安全顧慮、無放射性物質外釋之風險，保障社會大眾安全。



核三廠爐心阻塞議題規劃

圖5. 核三廠爐心阻塞議題規劃

(資料來源：USNRC ML19228A011)

濾網上游安全評估

核研所協助核三廠完成濾網改善案第一及第二階段計畫事項(評估範圍如圖3所示)，包括圍阻體勘查、碎屑及化學效應評估分析、濾網效能評估和濾網技術規範、新濾網的測試和製造稽核及濾網改善文件審核，並執行新濾網安裝監督(濾網安裝現場如圖4所示)。確保核三廠安裝符合規範的濾網，在發生非預期嚴重事故下濾網能發揮應有功能，強化電廠運轉安全，降低電廠事故風險。此外，另規劃核三廠濾網改善議題最終解決方案。



圖4. 濾網安裝現場

核研所已成功協助核三廠回應管制單位濾網改善和評估電廠運轉安全議題之要求。核三廠已進行相關設備改善，並已安裝新濾網，確保核電廠在發生嚴重破管事故後，依然能維持爐心燃料完整性，提昇核能發電的安全性和維護電廠的安全運轉。目前核研所正協助核三廠規劃後續爐心阻塞改善方案，協助核三廠進行圍阻體濾網阻塞議題的結案工作，深化電廠核能安全、維護公眾健康和保障安全穩定的電力輸出。

3-1-3

確認多重屏障防護能力- 核二廠預期暫態未急停整體性分析方法論

為了防止放射性物質外釋，核二廠採取多重屏障 (Multibarrier) 的設計理念，由內到外包括陶瓷結構燃料丸、鈾合金燃料棒護套、20公分厚鋼板反應爐壓力槽、1.2~2公尺厚鋼筋混凝土的一次圍阻體、以及二次圍阻體 (如圖1所示)。核研所建立的「核二廠預期暫態未急停整體性分析方法論」即以極其嚴格的假設性事件－預期暫態未急停 (Anticipated Transient Without Scram, ATWS)，整合了系統暫態分析、燃料棒破損評估、圍阻體分析、人員劑量分析及穩定性分析等五大安全分析技術，來確認這些防護屏障的能力。



核二廠 (照片取自維基百科)

ATWS為假設電廠發生預期運轉事件 (Anticipated Operational Occurrence, AOO) 時，控制棒驅動系統因故無法完成急停功能，而AOO為核能電廠運轉年限中預期可能會發生一次或多次的事件。針對ATWS，核二廠配置了控制棒替代插入系統 (Alternate Rod Insertion, ARI)、再循環泵跳脫系統及備用硼液控制系統 (Standby Liquid Control System, SLCS) 以確保電廠有充分的能力應付ATWS事件。本分析方法結合五大安全分析技術對核二廠進行整體性分析，包括評估燃料棒護套所承受的最高溫度及氧化程度、計算燃料棒護套的破損機率、冷卻水邊界的完整性、圍阻體的完整性，以及在控制室、禁制區邊界 (Exclusion Area Boundary, EAB) 及低密度人口區 (Low Population Zone, LPZ) 人員的可能輻射劑量 (圖2所示為反應器圍阻體、控制室、EAB、LPZ的相對位置示意圖)，涵蓋多重屏障的各部分。分析過程中所採用的模式均以電廠實際的設計資料及運轉現況來建立，AOO及所引發的ATWS事件都依照美國核管會 (Nuclear Regulatory Commission, NRC) 所發布的法規來進行假設，各屏障的分析結果評估標準也都遵循美國核管會及美國機械工程師學會 (American Society of Mechanical Engineers, ASME) 所發布的法規進行。

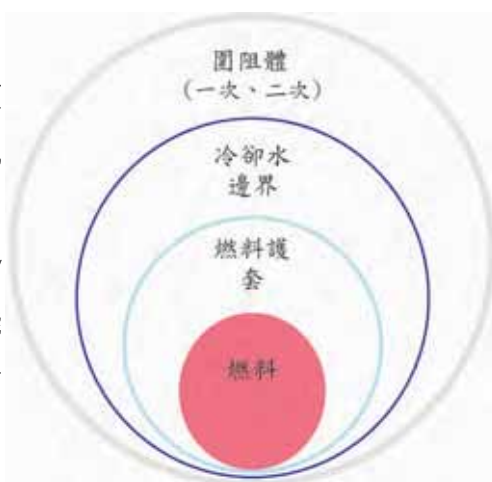


圖1. 多重屏障示意圖

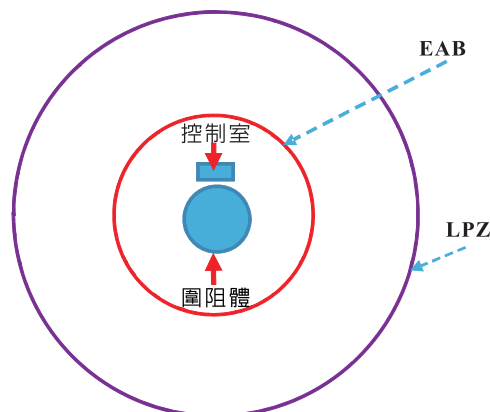


圖2. 反應器圍阻體、控制室、EAB、LPZ的相對位置示意圖

核二廠預期暫態未急停整體分析流程如圖3所示，在依照核二廠設計特性決定所要進行分析的AOO暫態及狀態點(即起始條件)後，在系統暫態部份，採用熱水流分析程式RETRAN-3D 進行分析，其他四部份均根據系統暫態分析的結果進行相關的分析。燃料棒護套破損數目評估主要分析工具是SIMULATE-3及SIMSAL程式集，GOTHIC程式用於圍阻體分析，RADTRAD程式用於人員劑量分析，穩定性分析則使用LAPUR程式，這是國內首度依照系統暫態分析結果評估燃料棒護套破損數目，並據以進行人員劑量分析的案例。

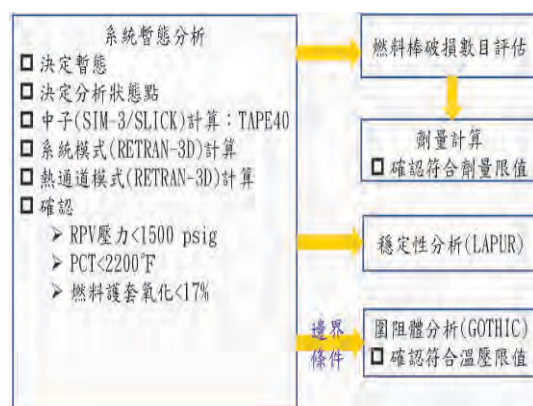


圖3. 核二廠ATWS整體分析流程

系統暫態分析主要目的在於確認ATWS事件發生時反應爐冷卻水壓力邊界 (Reactor Coolant Pressure Boundary, RCPB) 及燃料的完整性。分析結果顯示，最嚴重的核二廠ATWS事件為壓力調節器失效達最大輸出 (Pressure REGulator failure Open, PREGO) 暫態，在此暫態下，反應爐冷卻水系統 (Reactor Coolant System, RCS) 的最大壓力為1277 psig、燃料棒

護套最大溫度為2042°F、燃料棒護套局部氧化層厚度最大為護套厚度的4.4%，都在法規的限制值之內，表示核二廠的設備足以應付ATWS事件。分析結果也顯示，圍阻體所承受的壓力與溫度也都在限制值之內，表示圍阻體可維持預期功能，而所造成的劑量也符合法規的限制值要求，表1彙整核二廠ATWS分析結果。穩定性分析的目的是為了確認當發生ATWS事件過程中，是否會產生功率震盪，進而對燃料的完整性造成負面的影響，依據震盪衰減率 (Decay Ratio) 的

大小來判斷，若衰減率夠小，表示即使有震盪也會很快變小，因而不構成負面影響。計算結果顯示某些條件下震盪衰減率會超過0.8，表示發生ATWS事件時，有可能發生功率震盪的現象。

核二廠預期暫態未急停整體性分析方法有完整的假設、模式、評估方法及上、下游連貫的分析流程，足以提供ATWS暫態對電廠影響的量化評估。另一方面，目前的分析技術在穩定性分析上還是偏向定性分析，可進一步依據電廠所設置的功率不穩定性抑制系統建立分析模型，朝定量分析的技術邁進。

表1 核二廠ATWS分析結果

參數	分析結果			限值
	MSIVC	PREGO	TTWB	
RCS壓力峰值(psig)	1,273.00	1,276.96	1,221.66	1,500
燃料棒護套尖峰溫度(°F)	1877.44	2041.92	1682.39	2,200
燃料棒護套氧化厚度(%)	2.52	4.41	1.34	17
抑壓池溫度峰值(°F)	164.7	164.2	168.5	200
反應器廠房壓力峰值(psig)	3.58	2.88	3.73	15
反應器廠房溫度峰值(°F)	148	139.5	150.2	200
乾井溫度峰值(°F)	166.8	160.1	167.8	330
反應器廠房與乾井之壓差(psid)	0.50/-0.01	0.53/-0.01	0.5/-0.01	+21/-27.5
甲狀腺等價劑量	26.508	22.854	31.136	3,000
EAB人員劑量(mSv)	5.3044	4.5765	6.2273	250
甲狀腺等價劑量	38.931	33.758	45.566	3,000
LPZ人員劑量(mSv)	2.2989	1.9898	2.6937	250
甲狀腺等價劑量	17.456	15.141	20.428	300
控制室密封人員劑量(mSv)	0.65656	0.56864	0.76901	50
皮膚等價劑量	29.4791	25.5461	34.5168	300
總有效劑量	1.541	1.3357	1.804	50

3-1-4

除役作業之防護罩- 自動追蹤感知恆負壓隔離帳篷建置

核研所乏燃料套管地下貯存庫於民國69年8月建置，使用迄今已逾40年，配合TRR除役作業時程，規劃將此設施除役後再予利用。惟由於乏燃料套管地下貯存庫非屬密閉空間，除役期間作業可能產生空浮造成人員接收不必要之輻射劑量及污染現場環境等問題，及希望作業完畢後相關設備能盡速除污並重複使用等因素，核研所自行開發出一套可拆卸、移動式、自動追蹤感知負壓及具奈米塗層有高效除污功能之隔離帳篷。經實際作業（如圖1所示），作業期間現場恆控制於負壓值下而未曾發生過放射性污染外洩事件，可知本設備可確實有效阻隔空浮事件發生，精確性達100%；另因本設施具高疏水性與強自潔性的特性，除污期間無須使用過多水源，可減省後續放射性廢水產生和處理成本。每除污一次約可省下100公升廢水，符合放射性廢棄物減量效益。此外，因本設施具可拆卸移動式功能，當其他場所需進行相關除污作業時，例如當所外發生含放射性意外事件需進行緊急除污時，可機動性支援並重複使用，以提高民眾對核研所除污能力之信心。

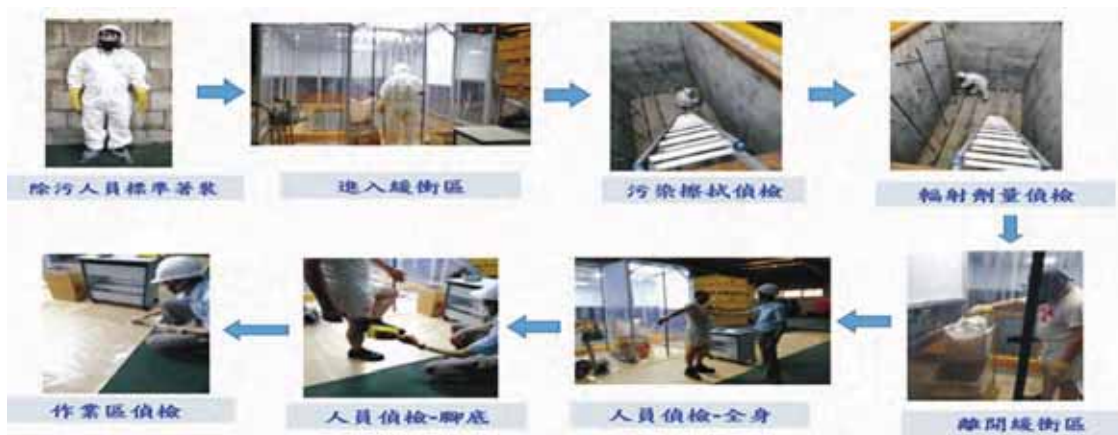


圖1. 現場除污作業情形

為確保除役期間放射性物質不外洩，帳篷內採負壓設計；為確保負壓情形穩定，不因人員進出或帳篷之氣密不足造成篷內壓差梯度分佈過於廣泛而影響負壓效果，另於帳篷前中後分別加設分支管路與壓差檢知器追蹤篷內壓力變化，並與變頻控制之馬達自動連動，當負壓有所變化時可自動調整至設定值，使負壓恆維持穩定狀況（如圖2所示）。本設施並特地委託廠商於內、外表層噴塗一層奈米塗層，利用奈米結構特性在帳篷表面產生一道超疏水、疏油自潔塗層而達到具有「蓮花效應」之高疏水性與強自潔性的特性，以達成可輕易完成除污之功能。



圖2. 功能設計說明

MEMO

Date . . .

3-1-5



啟動台灣研究用反應器(TRR) 設施除役關鍵工作- TRR爐體上生物屏蔽拆解



「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，除役範圍(如圖1所示)包含(1)附屬設施、燃料池、燃料乾貯場(DSP)、爐體、附屬廢棄物貯存及處理設施等。目前已完成附屬設施拆除、燃料池清理，正進行DSP清理及附屬放廢設施除役，RR爐體拆解為最後且最關鍵工作，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，包含上生物屏蔽、上熱屏蔽、反應槽及下熱屏蔽等，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。因上生物屏蔽為TRR爐體內部最上層組件，核研所已經完成吊運切割及裝箱等程序，順利啟動TRR除役關鍵工作之爐體拆解工程。

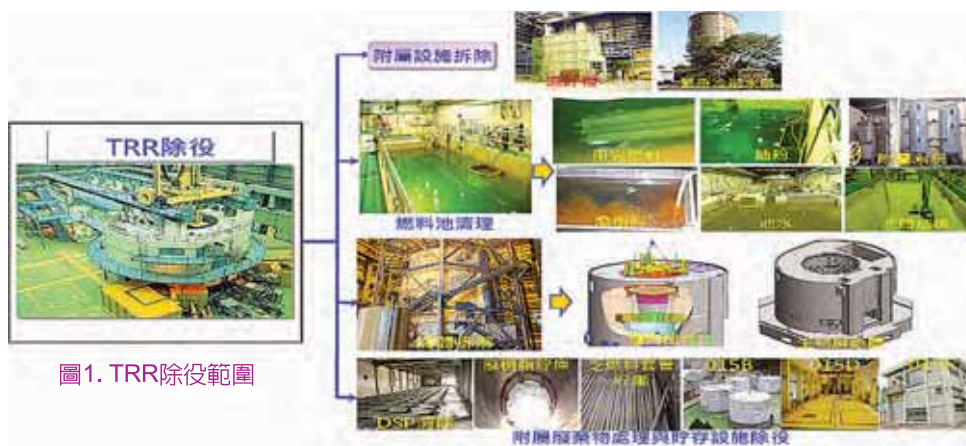


圖1. TRR除役範圍

TRR爐體貯存於074館拆裝廠房，其上部狀似圓柱體，下部為八角型體，最大寬度與總高度分別為14.2m與12.2m，整體總重量約為2,700噸。主要組件(如圖2所示)包含(1)上生物屏蔽(四層)、(2)上熱屏蔽(二層)、(3)環熱屏蔽、(4)反應槽、(5)旁熱屏蔽、(6)石墨反射體、(7)下熱屏蔽(三層)、(8)生物屏蔽體、(9)支撐架。上生物屏蔽為TRR爐體第一個拆解組件，其與爐體內表面距離極其微細，核研所自主發展吊運機具及監控系統，並建置切割設備及工法，克服現場環境限制及臨場問題，順利完成上生物屏蔽拆解及廢棄物處理工作，利於後續組件拆除。



圖2. TRR爐體主要組件

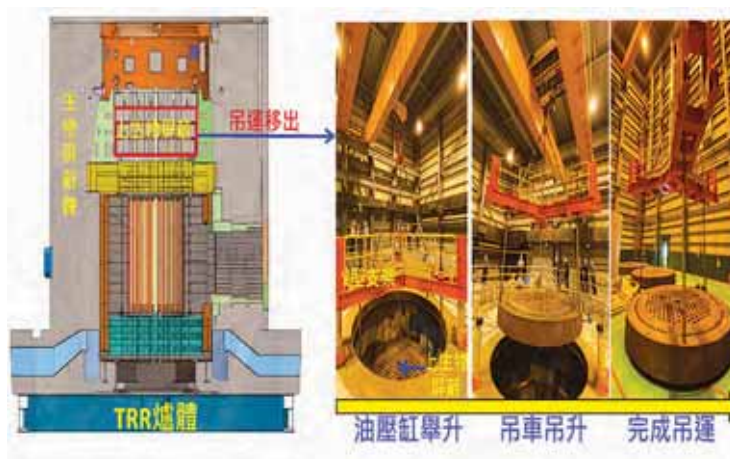


圖3. 上生物屏蔽吊出移出爐穴

吊運移出

上生物屏蔽與爐體內表面僅距離3.2mm, 核研所依原始圖說設計機具及建置程序, 自主發展Y型吊運機具, 經模擬測試驗證符合功能需求, 確保垂直吊出爐穴且避免碰撞, 並安裝監控系統, 監控吊運期間重量變化情形, 經由分層逐一吊運移出, 期間並由輻防人員全程量

測輻射變化情形, 順利完成上生物屏蔽吊運移出爐穴作業(如圖3所示)。

切割作業

上生物屏蔽經由污染擦拭偵檢, 表面有殘留非固著污染, 為避免切割過程產生空浮污染, 進而影響周圍環境及人員體內污染, 切割過程建置移動式隔離帳篷, 並架設空氣監測器, 以避免放射性污染擴散; 切割方式採上生物屏蔽(三層)上下堆疊方式, 以鑽石索鋸配合導輪控制方向, 並依廢棄物盛裝容器重量限制, 分六道切割線進行切割作業(如圖4所示), 順利完成三層切割分解(一層保留作屏蔽), 共產生36塊切割塊。



圖4. 上生物屏蔽切割作業



圖5. 上生物屏蔽裝箱作業

裝箱作業

上生物屏蔽切割件包裝作業(如圖5所示), 採用核研所自主開發之INER-LRW-C1低放射性廢棄物盛裝容器, 此容器已於109年1月取得主管機關使用許可, 具有尺寸大、成本低、貯存容積高等優勢, 可取代現有55加侖桶, 大幅減少廢棄物處理作業時效, 並可提升核研所現有貯庫貯存效益, 經順利完成包裝作業共計24箱, 已運送核研所貯庫安全貯存。

3-1-6

核設施除役廠址再利用- 核研所012館運轉執照變更及強化輻射防護

核研所早期所建置之多座核設施，已逐漸邁入除役階段，台灣研究用反應器 (TRR) 為核研所最大型之研究用反應器，隨著TRR除役作業陸續執行，包括正執行中之TRR爐體拆解相關工作，放射性廢棄物貯存容量需求大幅增加，為提升核研所低放射性廢棄物貯存設施之貯存容量與貯存效能，乃規劃除役設施運轉執照變更及再利用



作業。核研所012館(含延遲槽如圖1所示)原為「核子原(燃)料貯存設施運轉執照」，在完成館內核物料清理後，後續亦無核物料貯存需求，為使除役後廠址再利用，經依循「放射性物料管理法」相關規定，完成貯存設施改善措施，並撰擬最新版安全分析報告、設施運轉技術規範及意外事件應變計畫，向主管機關提出申請執照變更，順利取得「放射性廢棄物貯存設施運轉執照」(如圖2所示)，大幅提升本所放射性廢棄物貯存容量，並使TRR除役廢棄物安全貯存且符合法規要求。



圖1.核研所012館(含延遲槽)



圖2. 012館原運轉執照

核研所放射性廢棄物貯存庫包含一貯庫、二貯庫及三貯庫，其中一貯庫專供超C類廢棄物貯存用途，除尚須保留其他設施運轉或清理廢棄物貯存空間，目前二貯庫及三貯庫貯存空間尚餘二千多桶。TRR爐體拆解產生之廢棄物總計預估約4,300桶，依TRR除設計畫書規劃將貯存於012館及延遲槽，但因設施原為「核子原(燃)料貯存設施運轉執照」，不符「放射性物料管理法」規定，且TRR除役法定期限至118年3月，核研所須依除役時程規劃，逐步執行除役相關工作，因此為提升現有貯庫貯存容量以因應TRR除役需求，經與主管機關討論，乃依據「放射性物料管理法」相關規定(如圖3所示)，依程序完成將012館執照變更為「放射性廢棄物貯存設施運轉執照」。

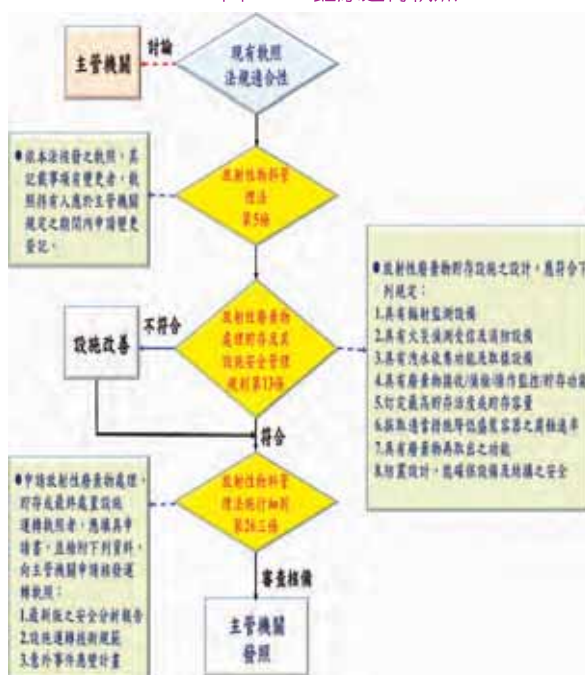


圖3. 執照變更流程



圖4. 放射性廢棄物貯存設施改善



圖5. 燃料池貯存區加設不銹鋼隔離鋼板

012館貯存庫為符合「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」之放射性廢棄物貯存設施設計規定，針對廠房耐震設計、輻射監測、操作監控等項目進行改善(如圖4所示)，並經主管機關檢查符合法規；另為避免廢棄物貯存期間，因殘餘放射性污染影響廢棄物貯存安全，造成污染擴散之虞，針對尚有輕微污染之燃料池貯存區域，進行池區加設隔離鋼板工程(如圖5所示)，藉由環境輻防改善措施，達成場址再利用目標。



圖6. 012館新運轉執照

012館為TRR除役相關設施之一，除役後場址有效再利用，作為TRR爐體拆解廢棄物貯存場所，有效提升核研所現有貯庫貯存效益，且TRR除役工作可依時程順利執行，並以現有設施運轉執照，依法規完成執照變更流程，順利取得主管機關核發新照(如圖6所示)，為國內放射性物料相關設施之首例，可提供核研所另有相同運轉執照設施(036A/K/U館、020館、016館)之借鏡，後續如有放射性廢棄物貯存需求，亦可參照本設施執行相關輻射改善措施及申請換照，可提升放射性廢棄物管理營運效能。

3-1-7

精進非破壞檢測效能- 結合自動化與人工智慧判讀渦電流檢測訊號之技術應用

核研所建置之結合自動化與人工智慧判讀渦電流檢測訊號系統，為進行跨領域（人工智慧、自動化與非破壞檢測技術）整合，藉著人工智慧技術之發展，提高非破壞檢測產業之附加價值。以現行電廠為例，大量的非破壞檢測訊號（如：渦電流），目前仍需具有相當經驗的檢測人員，花費冗長的時間進行判讀分析，人力與時間成本很高。而本系統使用人工智慧之技術，建立快速、批次且準確判讀各種非破壞檢測訊號的辨識系統，可大幅降低檢測期間安全維護所需之人力成本並提高其經濟效益。



核二廠渦電流管路檢測

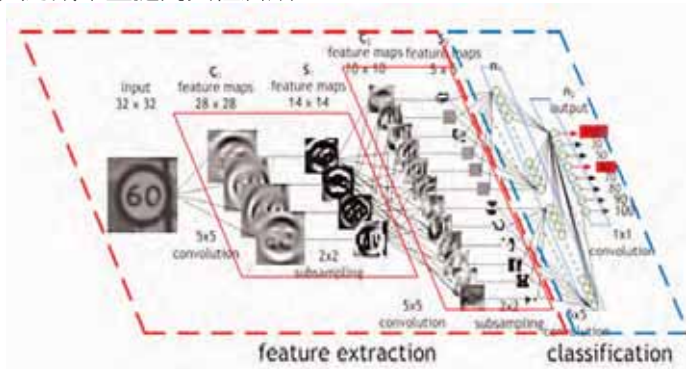


圖1. CNN 神經網路架構

(<https://developer.nvidia.com/discover/convolutional-neural-network>)



Python 程式撰寫

本研發成果為建置可辨識渦電流檢測訊號（瑕疵/非瑕疵）之AI神經網路（圖1），並結合全自動化操控原廠分析軟體之程式撰寫，以達到一鍵起始，即可全自動批次判讀上萬筆檢測圖資，乃至完成檢測結果整理並輸出為CSV檔的程式系統。本AI神經網路亦具備傳承檢測師判讀經驗與辨識訊號圖資深度學習之能力（圖2），且不須破解與影響原廠分析軟體之程式碼運作，對於訊號之瑕疵/非瑕疵之辨識率達99.9%。

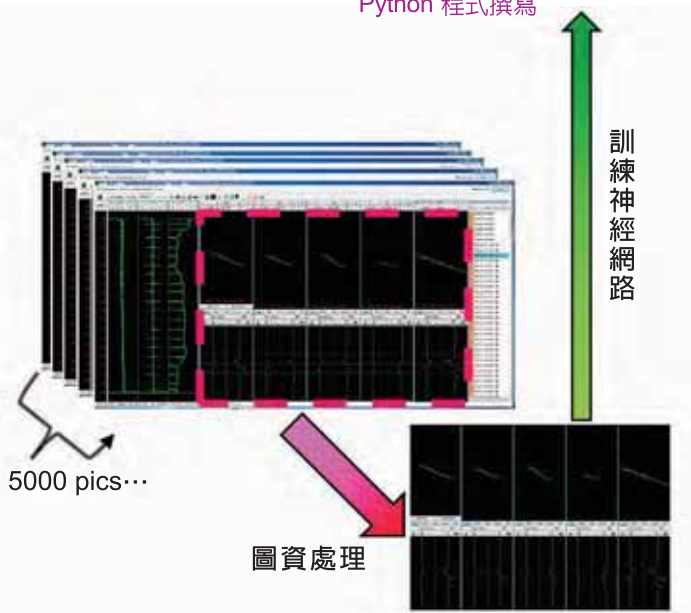


圖2. 核二廠渦電流瑕疵/非瑕疵訊號蒐集與AI神經網路訓練

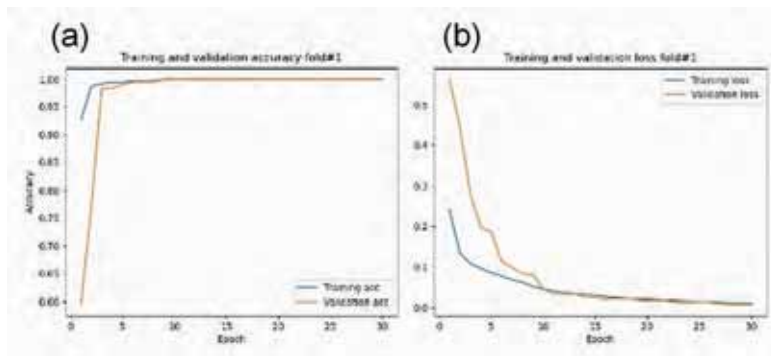


圖3. AI訓練與辨識結果: (a)訓練、(b)損失函數曲線

系統功能特性：

- CNN神經網路辨識渦電流檢測訊號準確率達99.9% (圖3、4)
- 全自動操控分析軟體(圖5)
- 自動化輸出辨識檢測結果
- 大幅取代電廠辨識人力

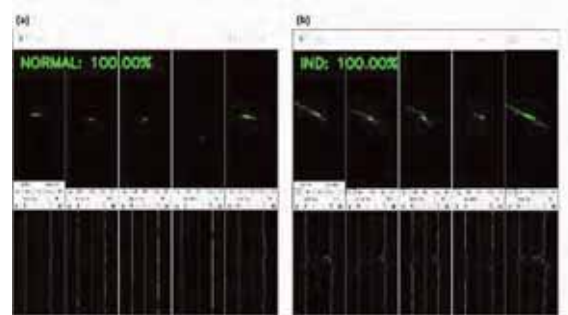


圖4. 人工智慧辨識瑕疵/非瑕疵訊號結果

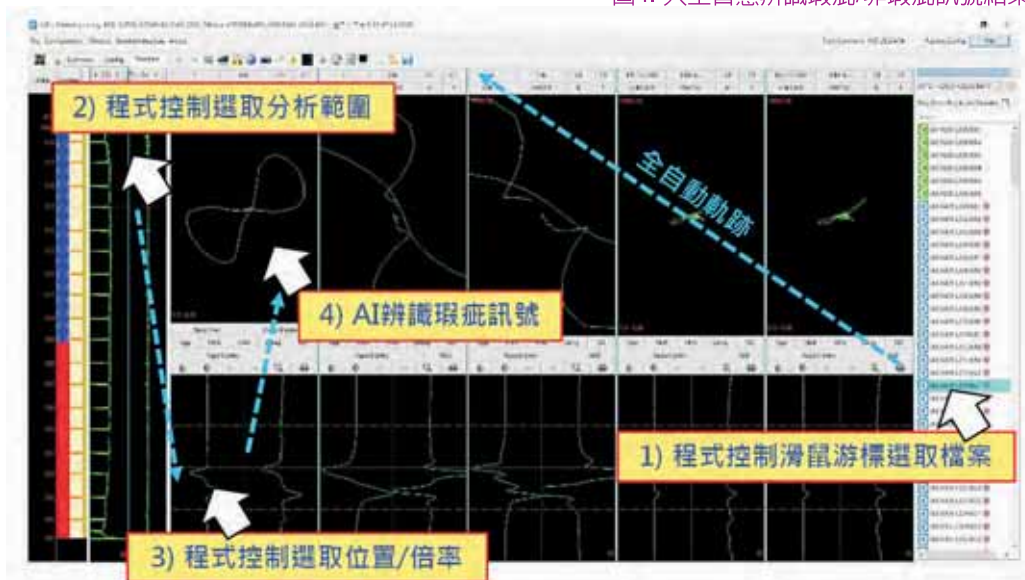


圖5. 結合自動化與人工智慧判讀渦電流檢測訊號之技術應用於渦電流分析軟體示意圖

本技術可進一步針對以AI對檢測訊號進行辨識技術的研發，依AI系統對非破壞檢測之人員判讀方式及訊號辨識之難易程度，由渦電流、AE、RT、傳統UT、Phased Array乃至目視檢測逐項發展。針對上述檢測法所得之信號對AI系統取得學習經驗與調校權重，所開發訓練成功的AI系統可推廣應用於除役階段之核電廠、運轉中之火力電廠、風機乃至各種工程檢測系統上之訊號判讀辨識。

3-1-8

強化用過核子燃料貯存安全-沸水式核電廠 用過核子燃料乾式貯存之完整性評估與檢驗技術

我國現行用過核子燃料管理策略係採取「近程以廠內水池式貯存(圖1)、中程採廠內乾式貯存、長程推動最終處置」，配合政府現階段非核家園政策之推動，國內核電廠逐步進入除役階段，用過核子燃料之乾式貯存實為階段性必要作為之一。



依據國際管制法規與乾式貯存運轉經驗，待運貯之用過核子燃料進行乾式貯存前應進行完整性評估，核研所因應台電公司需求，建立國內沸水式核電廠用過核子燃料乾式貯存之完整性評估與檢驗技術，確認所有待乾貯燃料滿足燃料棒護套與組件之完整性(Integrity)基本需求，確保後續用過核子燃料貯存及吊卸安全，並降低貯存後燃料再取出之安全疑慮。

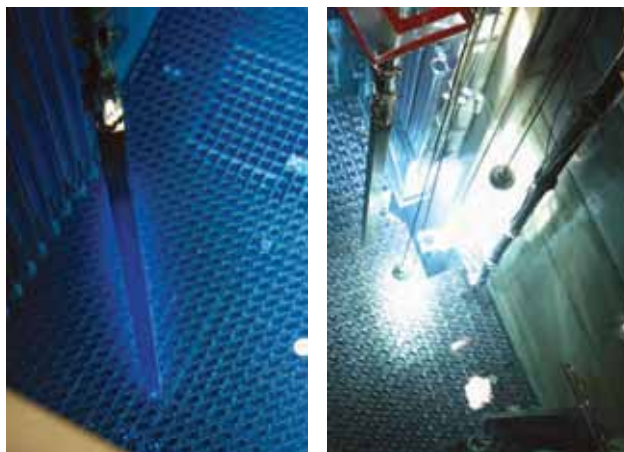


圖1. 沸水式核電廠用過燃料池

本技術首先參照國際完整性評估法規文件與美國ISG-1 Rev. 2之完整燃料鑑定程序，建立國內沸水式核電廠用過核子燃料完整性鑑識流程，確認每一束待運貯燃料均完成燃料設計、製造、爐心運轉、排氣監測及吊運紀錄等資料分析，並針對高燃耗燃料進行程式分析，確認爐心運轉後之護套材料特性符合法規限值，並滿足燃料完整性(Integrity)與可再取出(Retrievability)之兩項基本需求。

執行用過核子燃料額外抽樣檢驗作業，參照國際文件，選取適當比例的燃料進行完整性檢驗作業，可提升燃料完整性的信心度，包括用真空吸吸偵漏檢驗以確認燃料棒無破損(圖2)。



圖2. 用過核子燃料真空吸吸檢驗

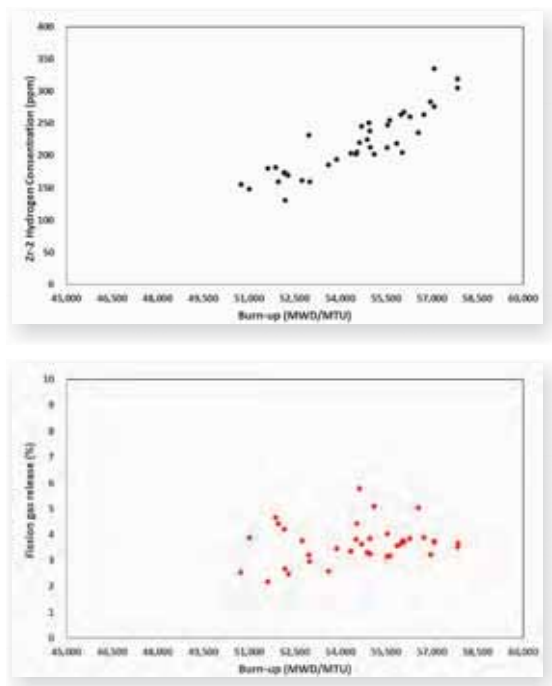


圖3. 沸水式核電廠高燃耗燃料程式分析結果

國內沸水式核電廠之燃料真空啜吸檢驗設備多為建廠時所建置，經過數十年使用，設備老舊且採傳統紙本記錄方式較不精準。核研所協助國內核電廠進行真空啜吸檢驗設備更新與技術精進，將主程序控制器改為數位方式，重新編寫控制軟體與偵測系統軟體，並同步更新流體環路管閥、配線及啜吸密封罐管閥，可更精準執行燃料真空啜吸偵測檢驗作業（圖4）。



圖4. 燃料真空啜吸檢驗主控制箱

核研所已成功協助台電公司核一廠及核二廠第一期，完成乾式貯存作業前之燃料完整性評估與檢驗計畫書，並取得管制單位核准。

因應各核電廠運轉特性，核研所將持續推廣本技術至核二廠二期及壓水式電廠（核三廠），以本土自主技術來執行用過核子燃料完整性評估與訂定乾式貯存檢驗計畫，期望順利協助核電廠除役工作之推動，並提升民衆對國內營運用過核子燃料安全處置之信心。

3-1-9

為核電廠除役安全把關- 放射性廢棄物分類與關鍵放射性元素篩選

核能發電於上世紀60 至90 年代蓬勃發展，然而歷經車諾比事故及福島事故後，民衆對核能發電的信任度降至低點，許多國家紛紛停止核電廠運轉。台灣現有三座核電廠的運轉執照於民國107 年至114 年相繼到期（表1）。因應我國非核家園政策，台電公司傾向不再延長執照並均已提送除役計畫。不再運轉的核電廠在執照到期後，於拆除期間將產生大量的廢棄物，其錯綜複雜的系統及人眼無法察覺的輻射污染，大大增加了核電廠除役的困難度。除役廢棄物的暫存與處置是核電廠除役的重要課題，其規劃十分依賴輻射評估，而放射性元素的篩選則是輻射評估的首要工作之一。由於每個放射性元素都需要耗費極大的人力及時間進行分析鑑定，如何在有限資源內、合理地最大程度納入關鍵放射性元素，已是各國核電廠除役的重要議題。

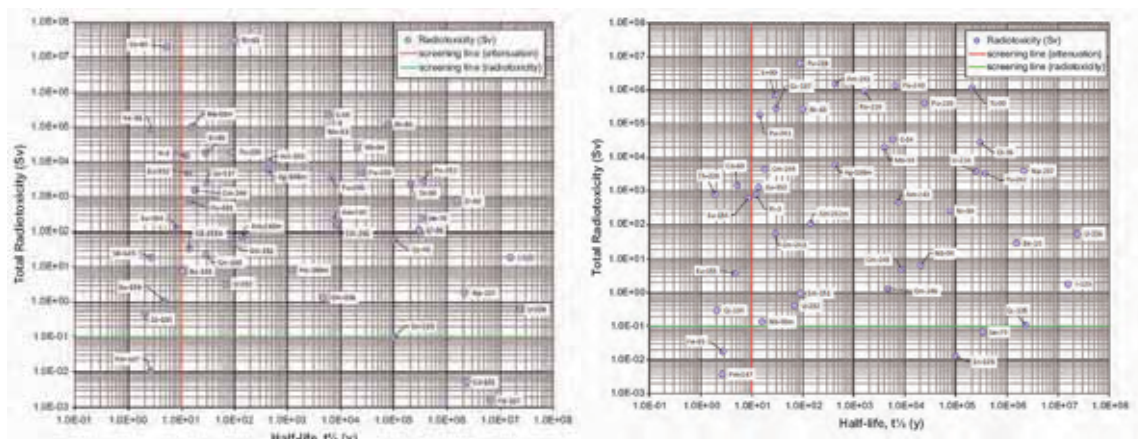


圖1. 放射性元素輻射毒性與半化期的關係（左：核子反應器，右：核子設施）*1

台灣的低放射性廢棄物最終處置法規是參考美國相關法規所制定，將低放射性廢棄物依據其所含放射性元素及活度，由低至高區分為A、B、C 及超C 四類，因輻射毒性與半化期成正比（圖1），故長半化期的放射性元素佔比越高其分類就越高，代表暫存或最終處置需要符合更高標準的要求。在低放射性廢棄物最終處置之下，另依據國際原子能總署的導則，制定解除管制的標準，以確保解除管制的廢棄物符合安全及環境的要求。核電廠除役廢棄物的相關作業需要同時滿足兩項法規的要求進行評估，關鍵放射性元素的篩選亦須同時考量兩項法規的標準。

表1. 台灣現有核電廠運轉執照期限

廠別	機組	停止運轉年限
核一廠	一號機	107年12月5日
	二號機	108年7月15日
核二廠	一號機	110年12月27日
	二號機	112年3月14日
核三廠	一號機	113年7月27日
	二號機	114年5月17日

*1 資料來源：SKB Report P-16-09, Screening of Radionuclides for Radionuclide and Dose Calculations, 2018

核電廠的放射性元素來源為反應器，包含爐心及生物屏蔽材料受中子照射後的活化產物（activation product）（圖2），以及燃料破損所產生的分裂產物（fission product）。爐心及生物屏蔽材料受中子照射已有成熟的活化評估程式，可計算出活化產物的關鍵放射性元素及活度；分裂產物則需蒐集彙整國際文獻的資料，並藉由我國核電廠運轉期間的例行檢測數據進行修正，以確保其活度量級符合我國電廠的狀態。針對不同來源的活度數據進行標準化（normalize）處理，並計算劑量貢獻後，以相對活度或相對劑量佔比達到 1/1000 以上作為篩選基準，選出關鍵放射性元素（圖4）。

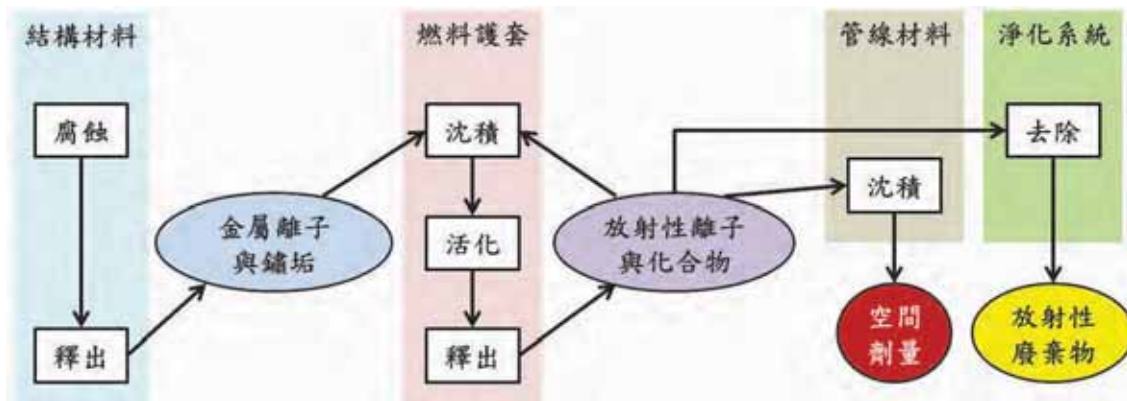


圖2. 活化產物的產生途徑

美國Zion 電廠等三座核電廠主要採用美國核管會發佈之NUREG/CR-3474報告及其他2 至3 份文獻數據作為篩選的起始資料，分別得到20 至27 個關鍵放射性元素（圖3）。本技術擴大起始資料的範圍，除前述報告外，另加入國際原子能總署發佈之IAEA NW-T-1.18、TRS-389 等8 份指標性報告；亦納入我國三座核電廠的終期安全分析報告（FSAR）、運轉期間廢棄物的分析數據，以及本所計算所得之爐心與生物屏蔽活化計算結果等本土資料，以提升評估基礎的完整性（圖4）。

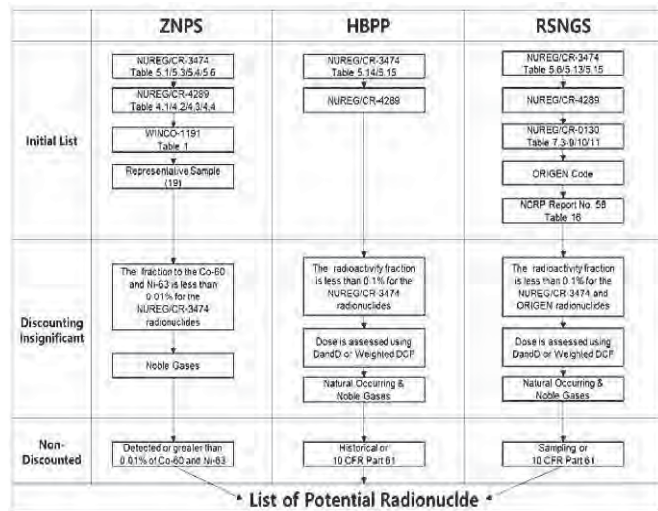


圖3. 國際文獻彙整美國電廠之篩選程序*2

利用本技術完成我國現有三座電廠之除役關鍵放射性元素篩選，結果為核一廠32 個、核二廠29 個、核三廠28 個關鍵放射性元素，適用範圍涵蓋廢棄物分類及解除管制，兼具合理保守性及作業可行性。相關結果已彙整提供台電公司參考，初步獲得認同。後續將持續配合核電廠除役不同情境調整，以滿足實際作業與輻射安全需求。



圖4. 核研所除役關鍵放射性元素篩選程序

*2 資料來源：Proposal for the List of Potential Radionuclides of Interest During NPP Site Characterization or Final Status Surveys, Nuclear Engineering and Technology, Nuclear Engineering and Technology, 2021

核研所所具有全國唯一30 MeV中型迴旋加速器，除用於新穎同位素與核醫藥物之研究發展外，也因應國人用藥需求，進行核醫藥物之生產製造。近2年，因COVID-19疫情導致國際航班不穩定，造成進口核醫藥物短缺，尤以心臟造影劑氯化亞鉈[鉈-201]藥物之影響最大。核研所立即擴大生產核醫藥物，及時解決鉈-201藥物需求的缺口。2021年（65272）較2020年（25740）提高四萬人次服務量，使病患獲得最佳臨床心肌灌注功能之診斷工具，並發揮本所穩定國內核醫藥物供應之社會責任。

動脈粥狀硬化可能導致心絞痛、心肌梗塞、猝死等致命疾病，為疾病早期診斷之需求，核研所積極進行具標靶血管病變部位CXCR4受體之化合物結構最佳化設計，並建立放射性同位素標記技術，獲得高敏感性與專一性之核醫藥物鎂-68-APD。以小鼠疾病模式驗證，鎂-68-APD對動脈病變部位之選擇性優於目前正在國外進行臨床試驗用藥鎂-68-Pentixafor 達5倍以上，未來可應用於全身性病變的造影診斷，亦可協助新藥開發之療效評估，極具應用潛力。

因應國際放射防護委員會建議眼球水晶體劑量之職業曝露限值下修，國內除了將修訂游離輻射安全標準外，核研所國家游離輻射標準實驗室建立眼球水晶體劑量計之劑量校正系統，並透過國家現有劑量追溯體系，以使準確評估眼球水晶體之接受劑量。此套校正系統對於使用透視攝影設備之介入性診療醫師或心導管醫師之眼球水晶體劑量高風險族群，可達進一步的輻射安全管理，守護輻射工作人員的健康。



核電廠之輻射安全議題受到媒體關注與國人重視，核研所整合AI人工智慧、環境感測、機器視覺及通訊技術，開發輻射偵測智慧載具，藉由搭載偵測設備，可替代人員執行輻射偵測工作，避免人員遭受輻射危害，確保輻射作業安全；本載具亦可搭載環境感測器，應用於危險廠房或高汙染區域，減少人員暴露於危險之環境，具商品化潛力。

3-2-1

維運全國唯一30MeV迴旋加速器- 疫情期間備援穩定供藥造福國人

核研所具有全國唯一30MeV迴旋加速器，高2公尺、寬3公尺，磁鐵重約45噸，周圍圍有2公尺厚的一般混凝土屏壁，能量為15~30百萬電子伏特，靶站最大電流為200微安培，可生產I-123、Tl-201、Ga-67及In-111等醫用放射性同位素，提供國內各研究單位、醫院等進行臨床試驗及醫學診斷。



國內短半衰期核醫藥物目前主要仰賴國外進口，自109年開始COVID-19疫情導致國際航班不穩定，造成進口藥物短缺。此時，核研所便發揮在地生產優勢，30MeV迴旋加速器暨核醫製藥中心立即緊急投入藥物生產，及時解決國內氯化亞鉈[鉈-201]藥物需求的缺口。

核研氯化亞鉈[鉈-201]注射劑產製

核研氯化亞鉈[鉈-201]注射劑利用其亞鉈離子(Tl^+)與鉀離子相似之生化性質，可被心肌攝取，其攝取量與冠狀動脈的血流成正比，可應用於心肌梗塞及缺氧功能性診斷，由加速器照射及生產鉛室化學分離純化後，再透過核醫製藥中心無菌無塵室製成核研氯化亞鉈[鉈-201]注射劑提供國人使用。相關製程與關鍵設施及設備如圖1及圖2。



圖1. 製藥程序與關鍵設施

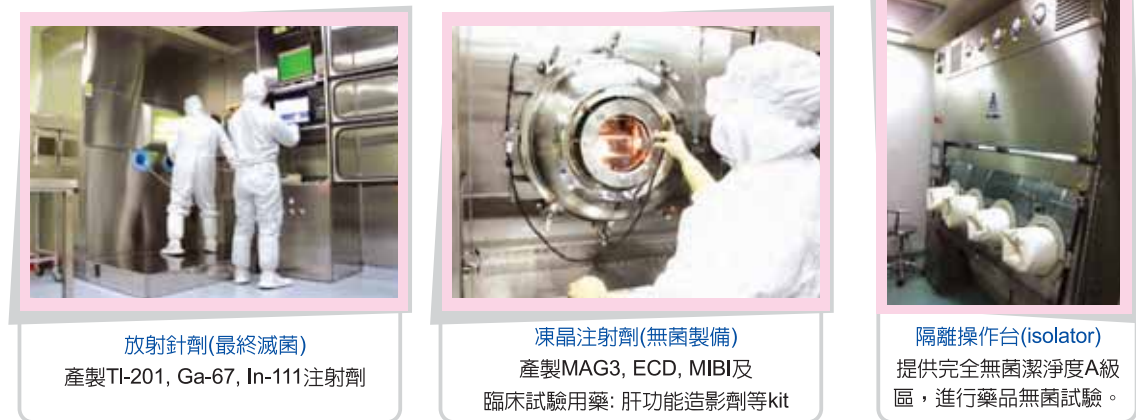


圖2. 無菌製劑核心設施

疫期間，緊急供應補充國內缺口

於國內 COVID-19 疫情其間 (109 年 4 月 20 日至 110 年 12 月 31 日) 合計生產供應約 226,100mCi，約提供 90,400 人次病患造影使用；其中自 110 年 1 月 1 日至 12 月 31 日已提供約 65,272 人次病患造影使用，使心臟病患服務人次由 109 年至 110 年增加約 4 萬人次的服務，以履行核研所之社會責任。

106 年-110 年服務人次及市佔率如圖 3。



圖3. 核研所鉅[鉅-201]注射劑服務人次及市佔率

運維管理，降低當機率

核研所 30MeV 迴旋加速器於民國 82 年營運，至今已超過 28 年，因應國內核醫藥物需求攀升，核研所強化運維管理，透過與核研所核子工程組跨組合作導入國內核能電廠常用的量化風險評估技術，協助迴旋加速器設備老化與可靠度問題，且於 110 年 3 月 18 日至 4 月 12 日期間，完成加速器重要組件-中央上襯墊 (liner) 老化維修，續再依量化風險評估結果規劃逐年編列爭取預算，進行中型迴旋加速器系統之精進與更新，使當機率由 109 年 22.7% 下降至 110 年之 10.7% (當機率=當機時數 935/全年時數 365*24)，有明顯改善。如圖 4 所示。

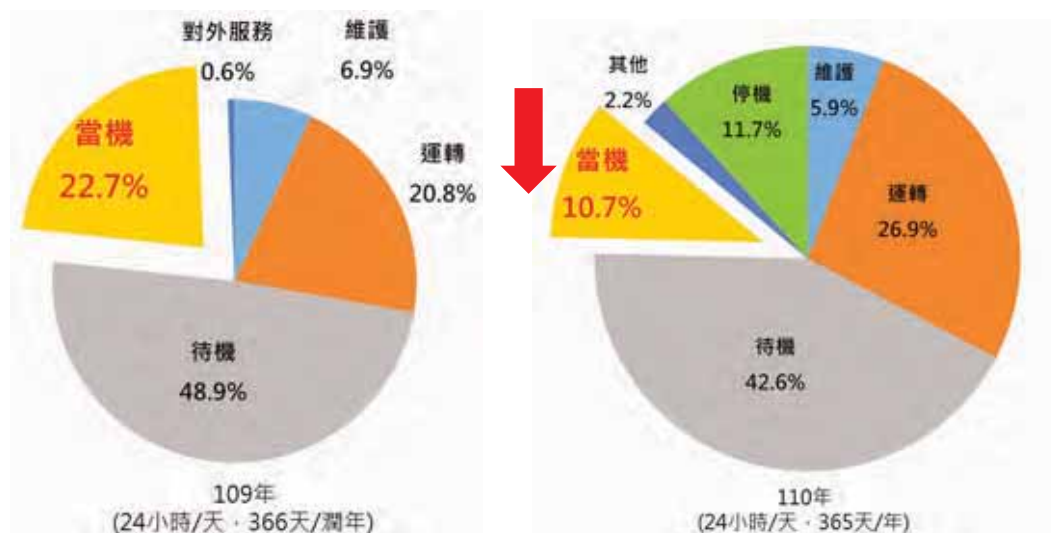


圖4. 109、110 年迴旋加速器運轉時數比例圖

未來展望

核研所目前已著手爭取 70MeV 迴旋加速器建置，主要為順應市場需求補足我國迴旋加速器之能量缺口，其可應用於太空元件耐輻檢測、擴展質子與中子前瞻材料應用、開發核醫診療新藥相關研究，以及與 30MeV 迴旋加速器相互備援穩定國內核醫藥物之生產供應滿足國人需求，帶動國內產業，進而提升台灣之全球競爭力。

3-2-2

心血管疾病的早期診斷與療後追蹤- 核研動脈粥狀硬化造影劑

代謝症候群(高血壓、高血糖、高血脂)會造成血管慢性發炎，引發動脈粥狀硬化病變(圖1)，導致造成缺血性心臟病(心肌梗塞)與中風，這病因占全世界人類十大死因的第一、二位。

動脈粥狀硬化早期無臨床症狀，待發生胸部悶痛...等不適症狀，則已為疾病晚期，為達早期發現、早期治療目的，並應用於健康食品及臨床用藥效用追蹤，開發非侵入性早期動脈粥狀硬化造影劑來針對心血管疾病進行診斷是全球所亟需。

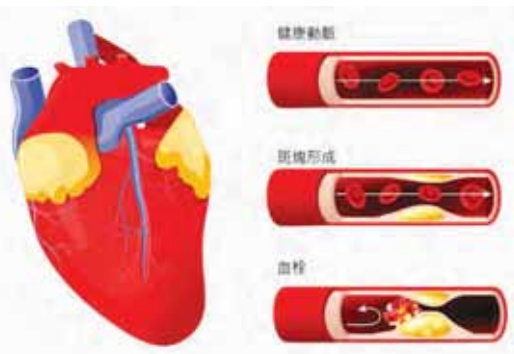


圖1. 動脈粥狀硬化示意圖

(<https://www.istockphoto.com/vector/atherosclerosis-stages-gm645060530-116966065>)

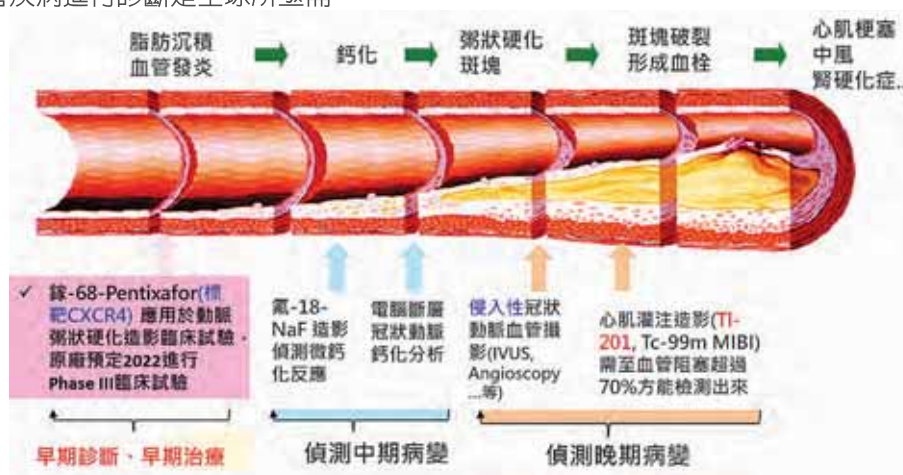


圖2. 動脈粥狀硬化病變過程及目前臨床使用現況

(本圖引自<https://www.intechopen.com/chapters/61578>並加以補充)

動脈粥狀硬化病因及臨床現況

動脈粥狀硬化病變由血管慢性發炎所造成，從早期的脂肪沉積、鈣化、斑塊出現及後期的血栓形成，最後導致產生致命的心肌梗塞與中風，目前臨床的影像技術(包含核醫藥物及血管攝影...等)，僅能偵測動脈粥狀硬化中、晚期的病變，其中，最常用的心肌灌注造影劑(如鈾-201、銨-99m-MIBI)僅適用於重度阻塞的心臟冠狀動脈診斷，且無法應用於全身性的病變診斷。(圖2)

文獻指出，於病變部位都會聚集可大量表現趨化因子C-X-C受體4型(CXCR4)的活化巨噬細胞(圖3)，透過可以標靶CXCR4藥物結構的最佳化設計，即可獲得具有敏感性與專一性均佳的核醫藥物，並可應用於全身性病變的造影診斷，改善現有臨床用藥的缺失，其中，肽類藥物銨-68-Pentixafor已於國際上進行人體臨床試驗中。

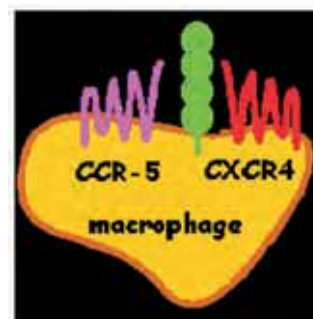


圖3. 巨噬細胞表面會大量表現CXCR4，透過標靶CXCR4核醫藥物的開發，可達到非侵入性早期診斷的效用。

(<https://www.thebodypro.com/article/hiv-1-env-chemokine-receptor-interactions-primary-human-macrophag>)

創新研發構想

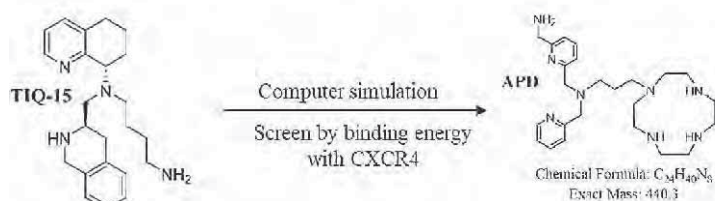


圖4. 核研所以CXCR4拮抗劑TIQ-15結構為基礎，透過電腦模擬技術，設計出全新動脈粥狀硬化核醫造影劑68鎵-APD，國內、外專利申請中。

研發成果

以動脈粥狀硬化模式小鼠進行PET造影，鎵-68-APD可在1小時內快速於動脈粥狀硬化病變部位產生藥物聚集，並可快速經由腎臟、膀胱排泄出體外，病變部位/背景比(TBR)= 17.68 ± 0.71 (n=3)，優於目前國際上正在進行人體臨床試驗用藥鎵-68-Pentixafor至少5倍以上；若與臨床用藥相比較，氟-18-FDG僅會在心肌產生大量藥物聚集，對於病變部位的診斷效果不理想；氟-18-NaF則僅適用於病變部位中、晚期產生鈣化後的造影診斷，故無法應用於罹病初期的檢查。(圖5)

鎵-68-APD影像也可有效判斷健康食品(鳳梨酵素)與臨床用藥(SGLT2i)的實際效用。(圖6)

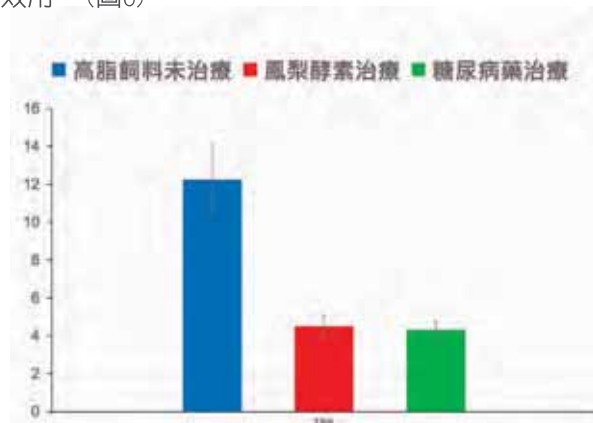


圖6. 鎵-68-APD可應用於健康食品(鳳梨酵素)與臨床用藥(糖尿病藥物SGLT2i)治療前、後效果評估，符合臨床需求。

核研所為開發小分子CXCR4核醫診斷藥物，透過電腦模擬技術，以CXCR4拮抗劑TIQ-15為基礎，設計出全新動脈粥狀硬化造影劑鎵-68-APD(圖4)，此化學結構專利已同時申請歐盟、美國、日本及台灣專利中，研發成果於2021年台灣核醫學年會口頭論文榮獲基礎組第一名(優異獎)。

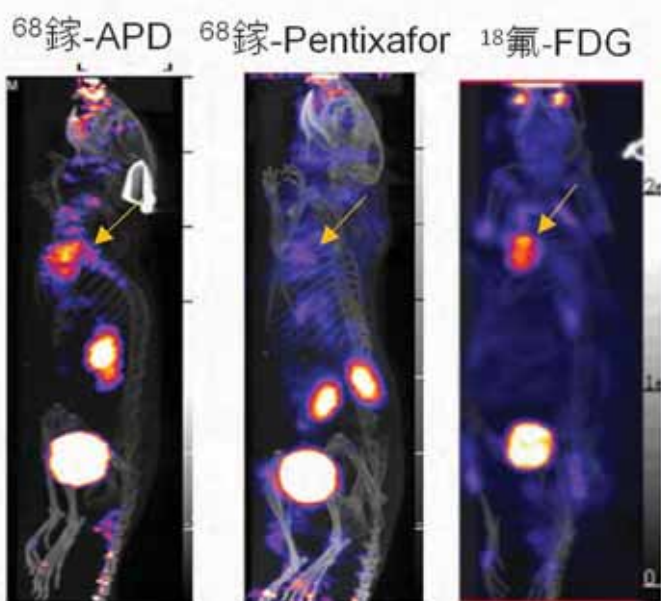


圖5. 以動脈粥狀硬化模式小鼠進行PET造影，鎵-68-APD明顯優於國際臨床試驗用藥 鎵-68-Pentixafor及臨床用藥氟-18-FDG。

未來之規劃、發展、期待

動脈粥狀硬化所導致的心肌梗塞與中風，造成全世界人類十大死因的第一、二位，但目前全世界並無適合的非侵入性造影技術可應用於動脈粥狀硬化的早期診斷。核研所自行透過電腦模擬開發設計的鎵-68-APD動脈粥狀硬化造影劑，對於動脈粥狀硬化的診斷結果遠優於國際臨床試驗用藥鎵-68-Pentixafor，且藥物分布及代謝都很快速，接受的輻射劑量極低，並可適用於健康食品與臨床用藥的療效評估，相信對於人體臨床應用極具發展潛力，未來市場需求可期。

3-2-3



輻射偵測智慧載具開發



自福島核電廠事故後，輻射安全議題更加受到媒體關注與國人重視，本研究藉由開發輻射偵測智慧載具，搭載各式偵測設備，可替代人員執行輻射偵測工作，避免人員遭受輻射危害；亦能運用於其他特殊場域之環境偵測，減少人員曝露於危險環境，找出安全撤離路徑，以確保輻射作業安全。

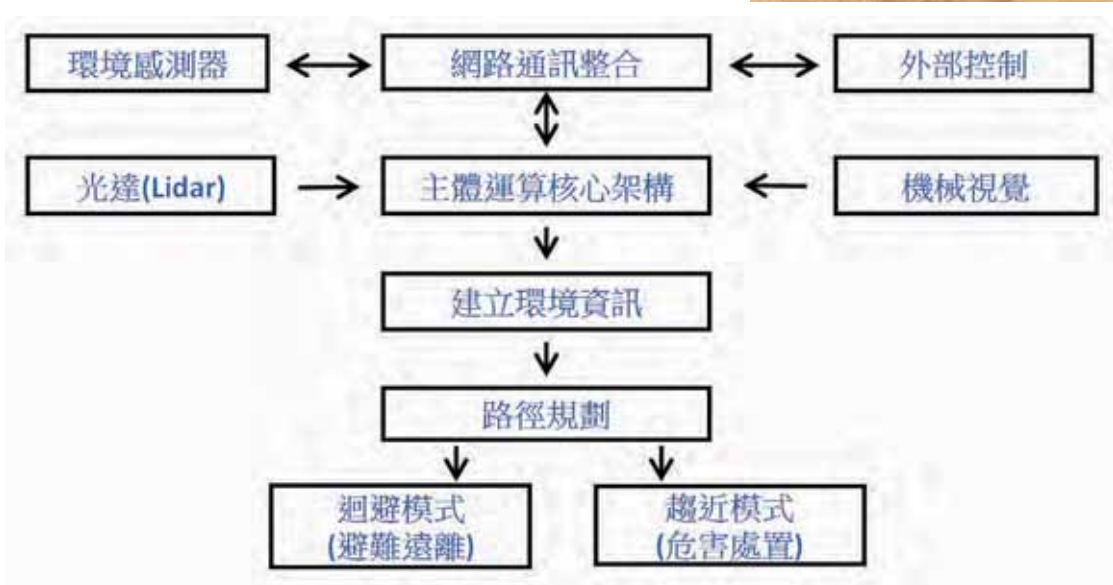


圖1. 系統架構流程圖

本研究整合AI人工智慧、環境感測、機器視覺及通訊技術(如圖1)，減少人員暴露於危險之環境。針對各種特殊場域，搭配對應的環境感測模組，結合3D地圖建模功能(如圖2)，將各種環境參數以空間分布圖方式呈現(如輻射、溫濕度、CO₂ 與PM2.5等)，可提供視覺化影像疊圖，以便人員即時精準判斷與決策；同時利用AI自動路徑規劃功能，預先偵測環境並引領人員以最佳路徑抵達汙染區進行危害處理，如緊急洩漏搶修；亦可利用其迴避能力，找出安全撤離路徑。

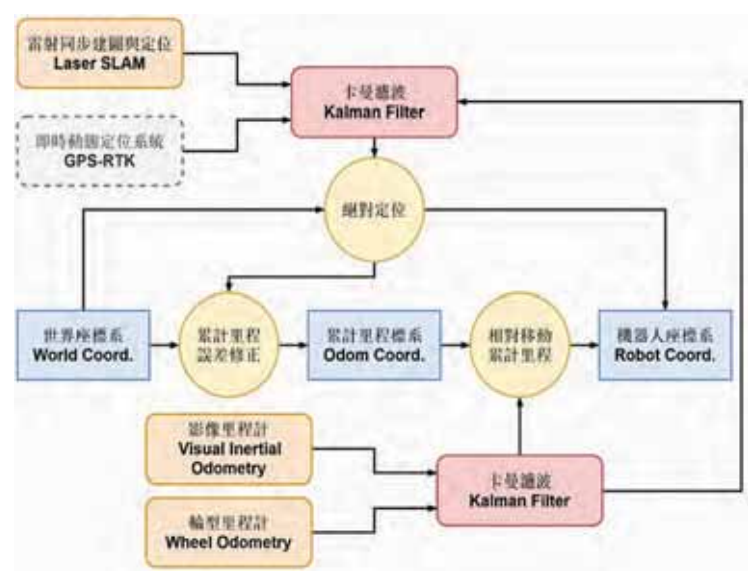


圖2. 多元測距感測器SLAM架構圖

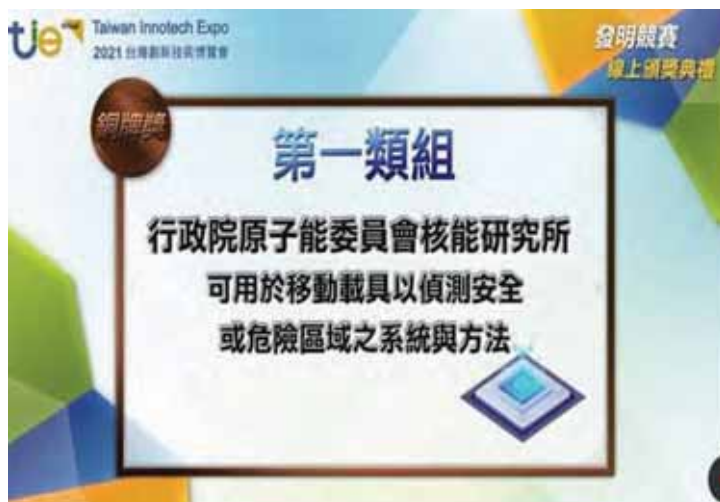


圖3. 2021 TIE發明競賽銅牌獎

輻射偵測智慧載具可用遠端設定藉由環境偵測資訊判斷此偵測現場屬安全或危害區域，同時具備即時作動、感知及溝通的功能，用以協助人類從事各種人力所不及或有安全疑慮之場域，諸如高危險輻射區域檢測、有害氣體偵測及人員搜救等作業(如圖4)，進而大幅提升多功能輻射偵測智慧載具的實用性。

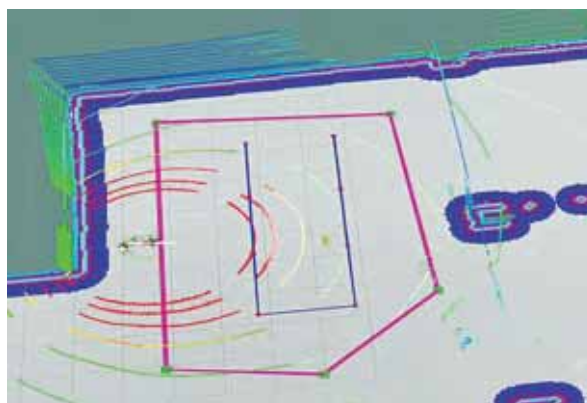


圖4. 載具環境資料偵蒐自動規劃展示



圖5. 低階放射物貯存廠偵測作業

本研究於110年已取得中華民國專利證書，將此系統實際應用於輻射偵測智慧載具，並展示於核研所低階放射物貯存廠偵測作業（如圖5）。此外，與台電核電廠接洽，將運用於輻射場域安全巡檢及電廠除役工作，亦可搭載各項環境感測器，用於危險廠房或或高汙染區域，具商品化潛力。近期積極參與各項展示，尋求技轉與授權契機，進而達成商品化目標。

3-2-4

解決國內核電廠除役難測核種標準追溯困境-量測技術建立與驗證

配合政府2025年非核家園政策，國內三座核電廠將陸續進行除役（核一廠：2019年、核二廠：2023年和核三廠：2025年），而在機組拆卸過程中，需進行難測核種射源強度評估，以利後續外釋作業。國內並無建立難測核種量測技術，業者無追溯標準可以依循。目前主要是以比例因素去做估算，唯在建立比例因素時，需實際進行量測，此時須有標準射源對儀器設備進行校正、測試或驗證。現今國內業者主要是從國外添購難測核種，並送往其他國家實驗室進行射源校正，達追溯目的，其費用10萬到40萬元間，時程約需要6個月至8個月。因應以上需求，難測核種量測技術建立後（已完成銥-90），可以大幅縮短時間與金錢，提升量測準確度，完整的以科技技術支持政府的輻防管制作為，保障民衆的輻射安全。



圖1. 液態閃爍計數器

液態閃爍計數器（圖1）主要分析以放射 β （或 α ）粒子為主的核種與超鈾元素核種，此類核種通常只釋出低能量或少量光子，而試樣通常需經複雜的化學前處理程序，將目標核種進行分離或提純後才能進行量測分析，因此，此類核種亦稱為難測核種，這些量測儀器的校正或測試，通常需使用與量測目的相同之核種，或粒子能量、核種質量範圍可涵蓋目的核種的標準源來校正，這些標準源亦需追溯至國家標準，然目前國家放射源活度標準，尚無法完全滿足此類難測核種的校正追溯需求，該核種強度標準建置主要係透過液態閃爍計數器，以CIEMAT/NIST方法（由西班牙標準實驗室和美國標準實驗室開發，國際上普遍應用於核種活度標準化）進行核種效率評估。

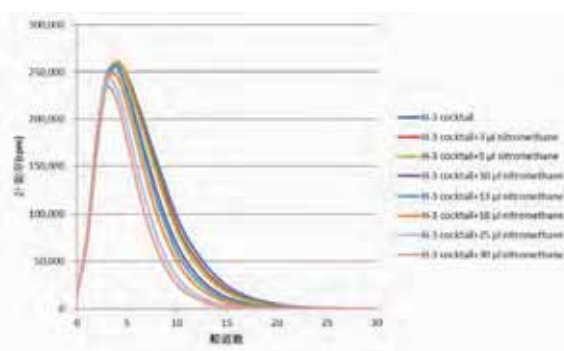


圖2. 氚-3能譜

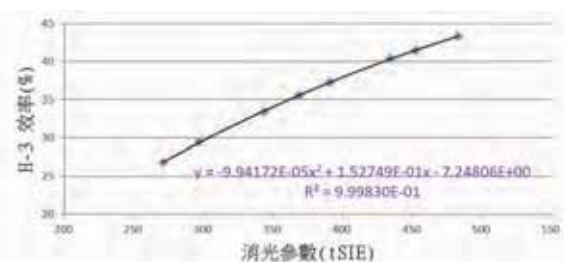


圖3. 氚-3消光曲線

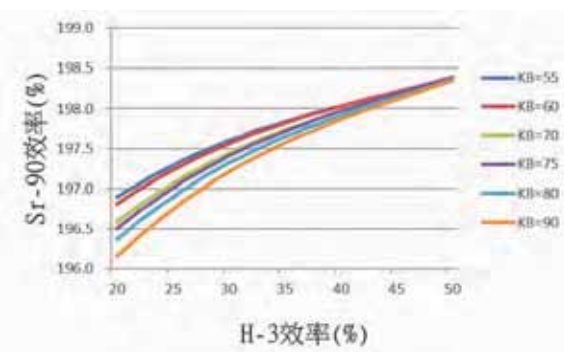


圖4. 氚-3和銥-90效率關係

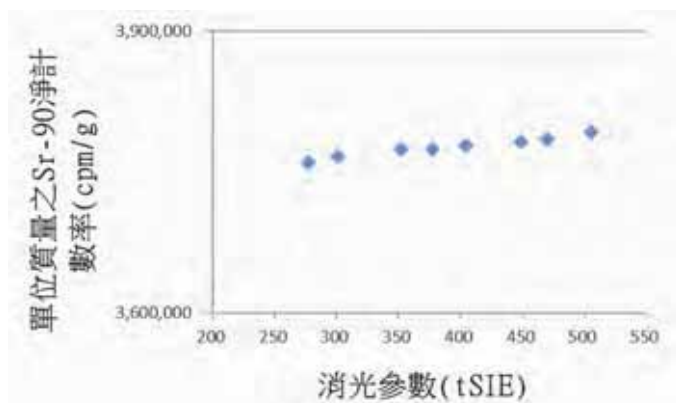


圖5. 鋇-90射源計數率

CIEMAT/NIST方法：(1)以氬-3作為示蹤劑(tracer)，圖2為在不同消光程度下，其能譜變化情形與消光曲線(圖3)、(2)以蒙地卡羅計算氬-3和待測核種(鋇-90)效率關係，如圖4、(3)圖5為於鋇-90射源內添加不等量的消光劑所得之計數率、(4)藉由圖3至圖5的連結，可得鋇-90射源效率和消光參數之關係(圖6)、(5)結合鋇-90計數率和效率可評估其比活度($31,815 \pm 158$ Bq/g)，量測標準不確定度從過去國外追溯標準3%降低至0.5%，有效提升其量測準確度。由於難測核種為數眾多，將考量國內需求，以最具迫切與優先性之核種進行核種活度標準化，俾使國內業者有其依循標準，並可提供液體射源活度量測之即時校正服務。

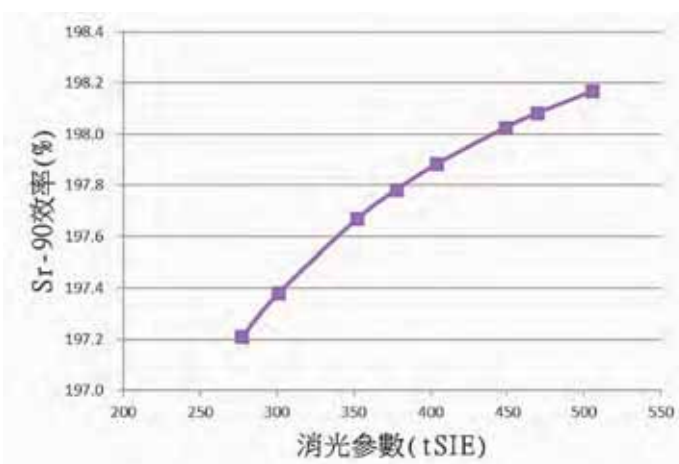


圖6. 鋇-90射源效率評估

本系統量測標準不確定度約為0.5%(國際趨勢約為1.5%)，並和美國實驗室(National Institute of Standards and Technology, NIST)進行雙邊比對驗證，確保量測結果的準確性與有效性， $INER/NIST=1.0008 \pm 0.55\%$ ，如表1，比對結果一致，差異小於量測標準不確定度，大幅提高活度量測之準確度，對外達國際等同，對內滿足國內需求，有效降低校正時間與金錢成本，並降低國人對於輻射之恐懼。

表1. 量測結果與比對驗證

INER	31,815	Bq/g	±	158	Bq/g
NIST(美國)	31,790	Bq/g	±	73	Bq/g
INER/NIST	1.0008		±	0.55	%

唯有具備量測追溯性的輻射量測設備，才能獲得兼具品質與一致性的量測結果，然在面對核能電廠除役的校正追溯需求上，目前的國家游離輻射計量標準，在放射源活度標準的提供上仍有不足，需持續的投入資源去精進與擴充以因應國內的需求，來確保各項量測結果的準確性與一致性。過去，國內並無相關標準可追溯，藉由本研發項目核電廠除役難測核種量測技術建立，現階段已完成鋇-90，未來將逐步標準化每一項難測核種，如碳-14、鎳-60和鐵-55，提供國內難測核種之校正服務與標準追溯，提升量測準確度，並積極落實2025年非核家園目標，加速除役過程，保障核電廠除役與國人生活環境的輻射安全。

3-2-5

眼球水晶體劑量之校正系統建置

國際放射防護委員會（ICRP）回顧近年之流行病學調查，建議修訂眼球水晶體劑量之職業曝露限值，從每年150 mSv之等價劑量，下修至五年平均20 mSv，並且單一年內不超過50 mSv之等價劑量（圖1（a））。國內除了將修訂游離輻射安全標準，以符合國際趨勢，尤其重要的是需發展與確保眼球水晶體劑量量測設備之準確性。核研所國家游離輻射標準實驗室（圖1（b））為此建立了眼球水晶體劑量計之劑量校正系統（圖1（c）（d）），並透過國家現有劑量追溯體系，達到眼球水晶體所接受劑量之準確評估。此套校正系統可作為新興輻防法規政策之技術配套措施，對外接軌國際，對內提供人員體外劑量評估實驗室其劑量追溯來源，提升劑量評估品質及準確性。特別是對於眼球水晶體劑量的高風險族群，可達進一步的輻射安全管理，守護輻射工作人員的健康。



圖1. (a) ICRP 118 報告封面、(b) 國家游離輻射標準實驗室及 (c) (d) 眼球水晶體劑量校正系統裝置圖

國內之輻射工作場所，如核電廠或是醫療院所，已使用配戴在人體軀幹之人員劑量佩章來評估所接受之劑量。然而，對於眼球劑量的高風險族群（如使用透視攝影設備之介入性診療醫師或心導管醫師）而言，使用專門之眼球水晶體劑量計（圖2），方能有效評估眼球所接受之劑量，而眼球水晶體劑量校正系統的功能正是確保所測得之劑量為準確且有意義的。人員劑量評估實驗室可將劑量計送至核研所，透過使用特定射質條件對劑量計進行照射，經由國家級度量標準量測出所接受之劑量，將該結果提供給人員劑量評估實驗室與他們自己的劑量評估系統進行比較，來達到精準評估眼球水晶體劑量之目的。

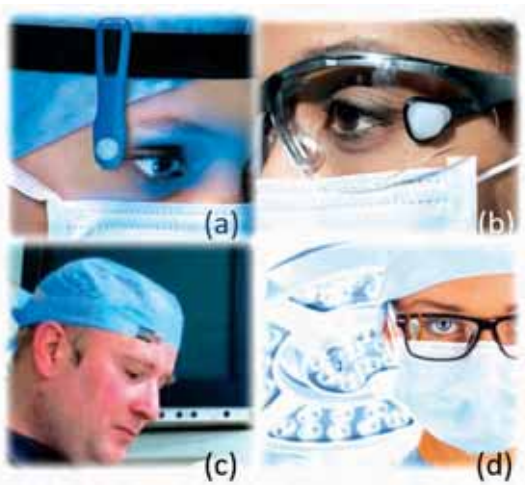


圖2. 國際現有商業化眼球水晶體劑量計 (a) EYE-D、(b) DOSIRIS、(c) Harshaw及 (d) LANDAUER，資料來源：2021年擷取自各廠牌官網

ISO規範 射質	附加過濾片			半值層		與規範 差異	3m 處標 準劑量率
	mm Sn	mm Cu	mm Al	mm Al	mm Cu	%	(Gy/s)
N-40		0.21	3.92	2.7 6		4.98	1.838E-06
N-60		0.6	3.92		0.24	1.19	1.613E-06
N-80		2.04	3.92		0.57	-2.04	9.653E-07
N-100		5.1	3.92		1.10	0.73	4.425E-07
N-120	1.04	5.1	3.92		1.72	2.99	4.886E-07
N-150	2.55		3.92		2.36	2.62	3.927E-06

圖3. 選定的ISO規範射質之參數及結果

與否，於校正系統使用之圓柱型水假體上方設計監測游離腔，以便量測每次照射時之劑量輸出值。

標準儀器進行眼球水晶體劑量測定使用空氣克馬作為其量測值，因此將應用規範之轉換因子將其轉換為眼球水晶體體外輻射監測使用之個人等效劑量 $H_p(3)$ （3），即將物理量轉換為作業量，用以估計法規規定之防護量（圖4）。所建置之校正射質半值層量測結果與規範差異小於5%，標準劑量率量測結果之不確定評估（ $k=2$ ）為0.92%，眼球水晶體劑量計之量測不確定度（ $k=2$ ）為4.2%，滿足國際規範所接受之誤差範圍。此外，也進行了劑量計特性研究（圖5），以了解不同實驗條件（如劑量計間距、X光管電壓及佩戴鉛眼鏡）對劑量計讀值的影響，供將來能力試驗參考。

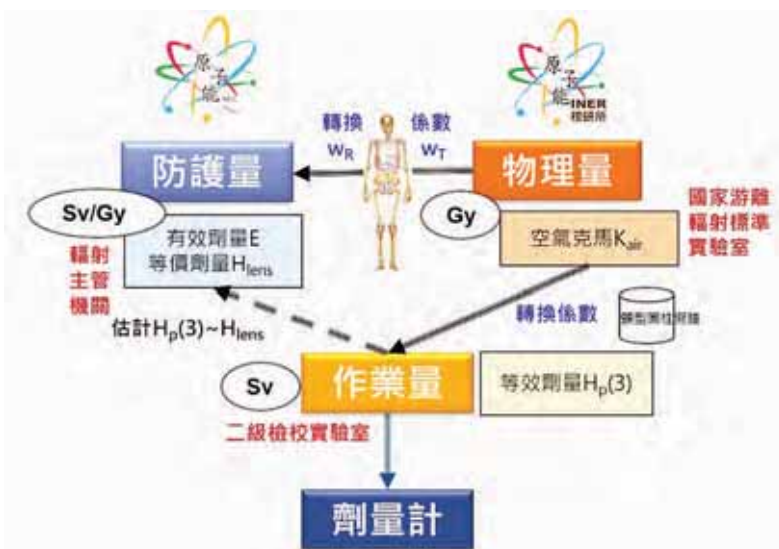


圖4. 防護量、物理量及作業量之關係圖



圖5. 不同劑量計間距及佩戴鉛眼鏡對照射結果影響之特性研究

為建立眼球水晶體劑量校正系統，國家游離輻射標準實驗室依據ISO 4037規範，透過量測半值層的方式，建置眼球水晶體劑量校正系統所使用之射質，並完成距離X光機3米處標準劑量率之標定（圖3），以準確估計照射所給予眼球水晶體劑量計之劑量值。同時，為驗證每次給予劑量計之劑量數值正確

眼球水晶體劑量校正系統在未來可提供國內至少5間眼球水晶體劑量評估實驗室照射服務，以及在劑量追溯與能力試驗中，扮演舉足輕重的角色，可有效提升眼球水晶體劑量之評估準確度，保障輻射工作人員安全。

3-3

綠能與系統整合

行政院原子能委員會核能研究所（以下簡稱：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。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年就職演說更宣示推動「六大核心戰略產業」，冀望讓臺灣成為未來全球經濟的關鍵力量。核研所身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，將有助於落實能源轉型的目標及提升競爭力。

本(2021)年度重點研發項目涵蓋節約能源、前瞻科研、再生能源、智慧電網、循環經濟等五大領域，其成果摘要說明如下：

（一）節約能源：電致變色玻璃能主動調控隔離光源及紅外光，為減緩溫室效應之節能利器；創新低成本量產技術可加速我國商品自主化生產，並推動進軍全球市場。

核研所團隊成功將電弧電漿應用於電致變色薄膜技術，並建置鍍製設備，搭配廠商電解質，研發出兼顧減少空調能耗與增加室內照明效果之產品；其透光率、紅外線阻隔率等指標皆符合商規標準。未來雙方會針對電致變色核心產品（如移動載具、綠建材等）進行布局，促成商品達到普及化，有助於連結產業鏈，擴大發展空間。

（二）前瞻科研：藉由聚光型電池之研發經驗，核研所布局於高效率太空用太陽電池與核心元件開發，提升太空產業關鍵組件之自製率，協助達成國家長程太空發展目標。

核研所值基於過去建立之聚光型III-V族多接面太陽電池製作自主核心技術，直接導入太空用太陽電池技術開發，並取得快速發展優勢。目前自製電池之最高轉換效率已達29% 以上，將持續提升量產太陽電池之平均效率達28% 以上；同步依循國際標準進行環境測試，通過驗證後，即可裝備於國產人造衛星之電力管理系統。

（三）再生能源：離岸風電為「六大核心戰略產業」的重點項目之一，而目前國際標準並未考量到極端環境條件；故核研所協助進行本土技術規範訂定，以完善國內標準。

核研所團隊進行國內外離岸風力機標準差異性比對，建置國內離岸風力機設計載重組合；依台灣地域性環境，協助制定離岸風力發電廠性能及安全要求。核研所引進最新的國際離岸風機設計標準IEC 61400-3-1，逐步建立離岸風機設計驗證的相關技術能力；並與法人團隊共同協助國內離岸風場專案驗證審查，推動產業技術提升。

(四) 智慧電網：隨著再生能源大量併網，其間歇性引致配電系統不穩定。核研所開發視覺化饋線調度管理平台與設備預知診斷系統，有助於台電及早因應與提出對策。

核研所開發智慧配電網路管理系統（iDNMS）技術，協助台電進行饋線快速復電，研發成果榮獲2021年全球百大科技研發獎與公務人員傑出貢獻獎殊榮；而用於微電網之電壓控制系統及方法可避免系統全黑，維護微電網穩定運轉，則獲得台灣創新技術博覽會（TIE）鉑金獎。另外，AI大數據監測與預知診斷系統實際安裝於台電變電所，進行監測與故障診斷，確實發現設備組件磨損，有助於強化安全運轉。

(五) 循環經濟：核研所開發海洋可分解塑膠生產技術，可兼顧解決微塑膠污染問題與享受低碳生活便利性，共同開創對環境永續著有貢獻之PHA綠色材料的藍海市場。

石化塑膠在人類生活中幾乎不可或缺，也成為地球環境的沉重負擔。生質塑膠「聚羧基脂肪酸酯 (PHAs)」具有生物可分解性，可用於替代石化塑膠，讓垃圾不再是海洋生物或環境的生存殺手。核研所透過平台及發酵技術的精進，建立多元化且高產率的 PHAs 關鍵生產技術，並強化產官學研的合作開發，提升工業應用之潛在機會。

總結言之，核研所深耕於新再生能源技術研發多年，多項領域的技術能力已和目前國際的標準相當，亦受到國內與國際肯定。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政策目標，以利達成碳中和長遠永續發展。



3-3-1

創新低成本電致變色玻璃量產技術

目前全球面臨暖化與能源短缺危機。人們大多數時間都在建築或交通工具內渡過，在住商建築物中，能源消耗以空調及供暖為主，所需能源約佔總能源的30%。其中電致變色玻璃能主動調控隔離光源及紅外光，達到室內溫度控制效果，可解決不斷惡化的溫室效應之節能利器。

核研所與台灣電致變色後視鏡產銷龍頭業者合作，以本所電弧電漿研發出新環保製程之快速電致變色薄膜技術結合業者膠固態電解質，雙方經5年合作研發，成功研發電致變色的快速鍍膜製程機台。研發電致變色玻璃產品具有可主動式調光-調整採光量與阻擋紅外線熱源，於2021年完成簽訂技術授權案，預計於今年移機至合作廠商量產設備，可加速我國電致變色商品本土化生產，並推動相關產品進軍全球百億市場。

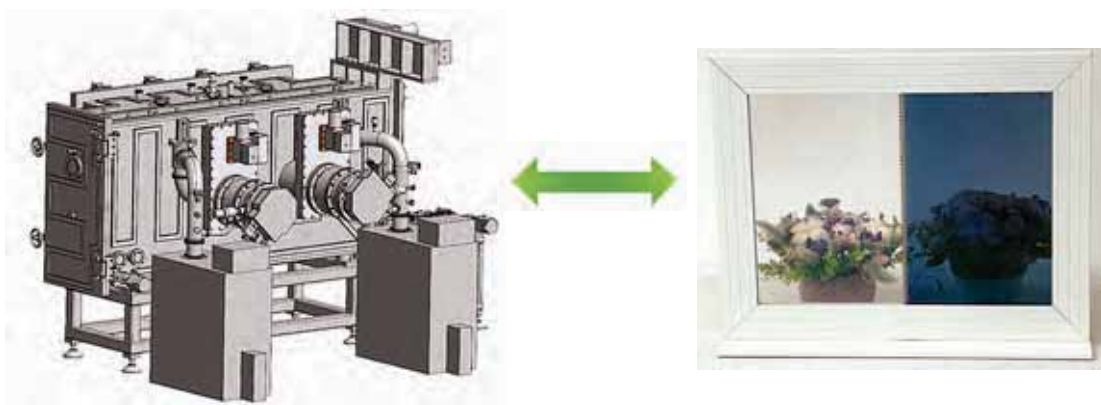


圖1. 核研所快速電致變色鍍膜機台:成功製備出電致變色節能窗玻璃(area: about $400 \times 300 \text{ mm}^2$)

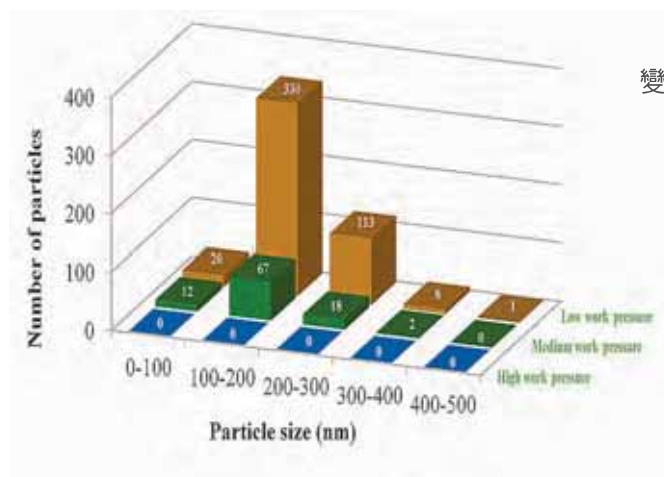


圖2. 電致變色薄膜表面之微粒尺寸

首次在國內成功將電弧電漿應用於電致變色薄膜技術:

1. 核研所技術團隊建立改良式電弧電漿源之關鍵特色，在於充分掌控電弧大電流(至少400安培)的放電機制並精確控制電弧點移動(至少大於200m/s)。
2. 運用不同工作氣壓比例，將微粒尺寸降至奈米等級，控制在100~200 nm間，抑制微粒產生，將微粒尺寸降至奈米等級。

核研所與廠商合作開發期間，獲得「Taiwan Innotech Expo 2021 Virtual」金牌獎及「2021年第18屆國家新創獎」，為本所與合作廠商爭取榮譽，獲得肯定。

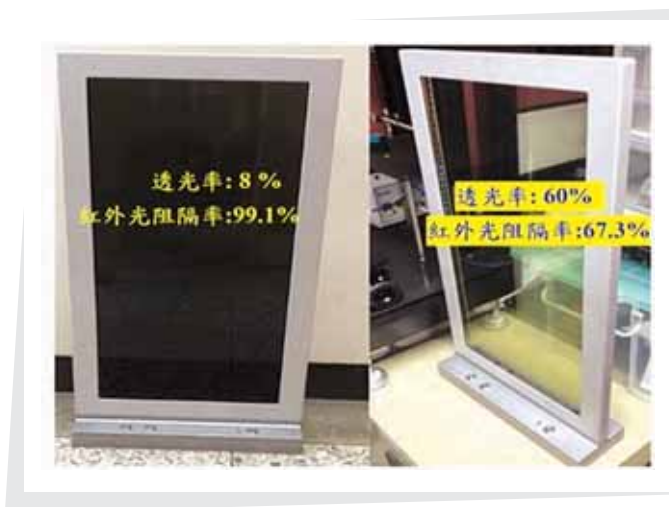


圖3. 共同合作開發電致變色天窗測試件(面積 $260 \times 550 \text{ mm}^2$)

以物理組團隊建置電弧電漿設備鍍製電致變色薄膜，並搭配廠商電解質製作。研發出可依不同電壓值，調控產品透光度及紅外線阻隔率。兼顧減少空調能耗與增加室內照明效果。

特性如下：

1. 上色時透光率8%，紅外線阻隔率99.1%。
2. 退色時透光率60%，紅外線阻隔率67.3%。
3. 在可見光波段，透光率變化為52%（ $\geq 50\%$ 為商規標準。）

透過核研所快速電致變色鍍膜機台，導入電致變色產品，可從五力面向來分析優勢部分

1. 成本面：機台設備成本低
 2. 生產面：機台生產速率快
 3. 合作面：與力○興公司合作佳
 4. 推廣面：新製程機台，推廣力強
 5. 消費面：取代目前單價高的問題
- 未來將促成電致變色商品達到普及化。

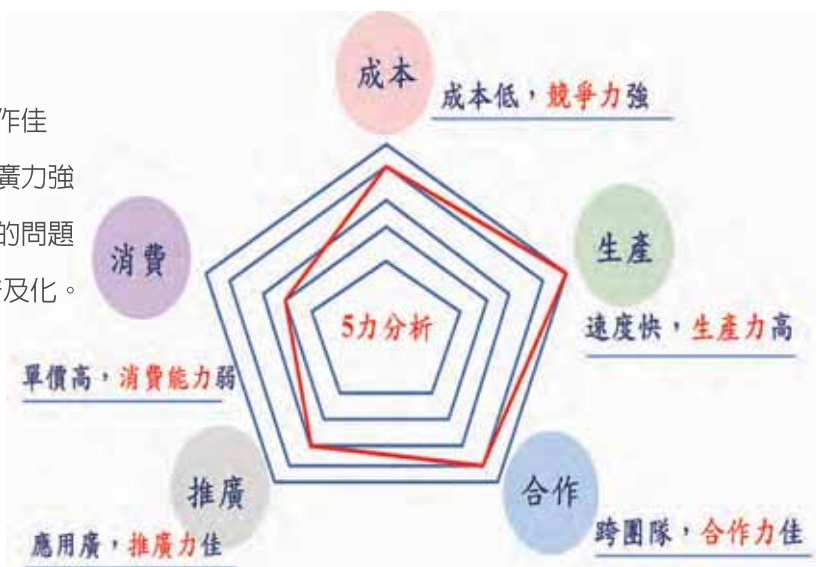


圖4. 從五力面向來分析產品

3-3-2

高效率太空用太陽電池 國家長程太空發展目標之核心電力元件

核研所於2003年起即投入聚光型III-V族多接面太陽電池製作技術研究，其技術應用於高聚光太陽能發電系統，迄今已累積達十餘年研發經驗，並於2009年完成當時亞洲首座MW級聚光型太陽能發電場域，另受光面積 0.3025 cm^2 之電池晶片於131倍地面光譜(AM1.5G)日照強度下其轉換效率達40.6%。在參與完第一期與第二期能源國家型科技計畫後，近年研發重點已朝向太空用太陽電池製作技術發展。



圖片來源：Compound Semiconductor官網

早期太空用太陽電池以矽晶太陽電池模組為主，然而矽晶模組受限於先天材料特性上的限制，導致效率無法持續提升且於太空高輻射環境下長期運作有較嚴重的衰退老化問題，而III-V族多接面太陽電池可克服上述矽晶太陽電池的缺點。由於核研所具有多年的相關研發經驗，因此成為國內首個以此材料進行太空用太陽電池製程技術開發之國家級研究機構。

核研所高效率太空用太陽電池的主要材料為III-V族化合物，在III-V族材料的磊晶技術中，最成熟也最普遍的製作方式為有機金屬化學氣相沉積法(Metal-organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD)。

核研所採用Aixtron公司所製造的AIX2800 G4商用量產機台，其反應腔體內最多可放置8吋晶圓5片或4吋晶圓15片或2吋晶圓60片，機台本體如圖1所示。



圖1. 外購AIX2800 G4 太陽電池磊晶系統

系統透過設定讓III-V族元素於不同時間、不同組合與不同流量進入反應腔體，並調整腔體溫度、載氣流量與時間區間等參數，依次完成太空用太陽電池磊晶片所需的各磊晶層製作。

接續採用黃光微影技術製作表面金屬電極，再經過晶圓切割後，自4吋晶圓可獲得兩片受光面積 30.18 cm^2 之太陽電池晶片，如圖2所示，此為目前應用於人造衛星上之主流電池尺寸。

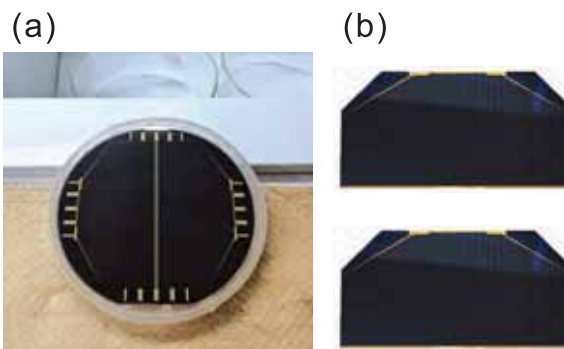


圖2. (A)4吋太陽電池晶圓、(b)切割後受光面積 30.18 cm^2 之太陽電池晶片

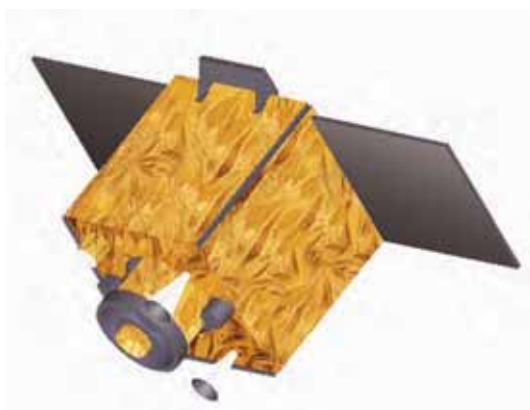


圖3. 福爾摩沙衛星八號(預計於2023~2026年，每年發射一枚衛星。)

圖片來源：太空中心官網

目前技術現況

受光面積 30.18cm^2 之單片太陽電池於一倍太空光譜(AM0)日照強度下，其最高轉換效率已達29%以上。

核研所自製電池同步依循國際測試標準ECSS-E-ST-20-08C進行環境測試，其目標為驗證電池之可靠度，確保電池有足夠之抗衰退能力以能於太空環境中長期運作。

此外核研所研究團隊持續提升太陽電池於量產時之平均效率達28%以上，以具備作為人造衛星電力供應之水準。



由於高效率太空用太陽電池主要應用於前瞻科研領域，國內產業鏈屬於萌芽階段。核研所身為國家型技術創新之研究機構，及早投入高效率太空用太陽電池技術開發；因太空用電池與聚光型電池主架構大致相同，藉超過十年之研發經驗將電池磊晶、電極製作等技術直接導入並取得快速發展優勢。

後續太空用太陽電池可連結至國家太空中心之福爾摩沙人造衛星，如圖3所示，讓國內擁有第一批自製國產太空用太陽電池。

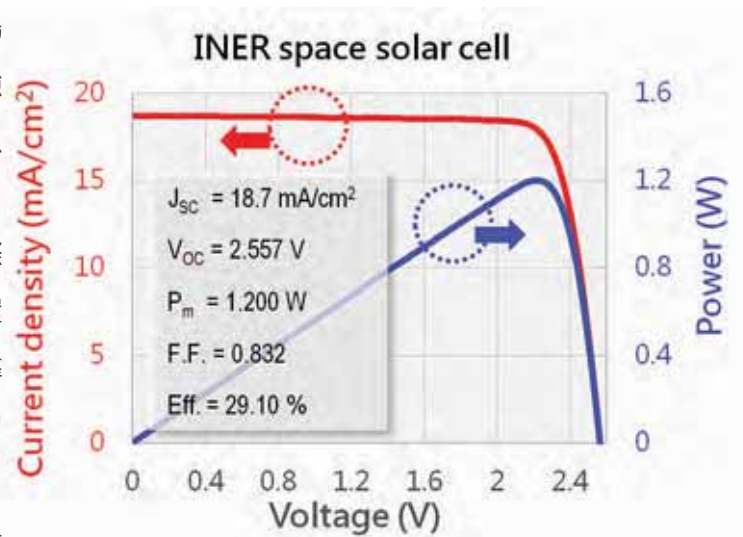


圖4. 太空用太陽電池之I-V與P-V曲線圖

未來展望

核研所自製之高效率太空用太陽電池於環境測試驗證通過後，即可裝備於國產人造衛星之電力管理系統。另外將延續拓展III-V族半導體磊晶技術，此技術不僅可布局於太空用太陽電池；藉其材料之高抗輻射、高電子遷移率、高崩潰電壓等特性亦可應用於人造衛星所需之通訊元件、功率元件，提升人造衛星之關鍵電子元件之壽命。

核研所冀望以既有技術加值應用於人造衛星之太陽電池與電子元件開發，提升太空產業關鍵組件之自製率，達成技術自主化目標。

3-3-3

生質能的“新藍海”—— 海洋可分解塑膠生產技術

告別石化塑膠—低碳生活的第一步

市面上琳瑯滿目的材料，八成以上是石化塑膠產品，該製品具有輕巧耐用、可塑性高、物美價廉的特性，已成為人類生活中不可或缺的一部分。而塑膠的足跡，從1945年以來，使用量不段攀升，並已開始沉積在化石紀錄中，這是繼青銅器時代、鐵器時代，未來歷史或許會將人類生活的年代命名為「塑膠時代」。而隨著這些塑膠毫無節制的一次性大量使用消耗，崩解為塑膠微粒後，進入食物鏈、水循環，散逸在自然環境需上百年才會分解，成為地球最大的負擔。有鑒於此，核研所開發海洋可分解生質塑膠生產技術，一來可以解決微塑膠污染的問題，二來又可享受塑膠帶來的便利生活。



(海上的塑膠冰山，資料來源：
<https://autoclean.tw/blog>)

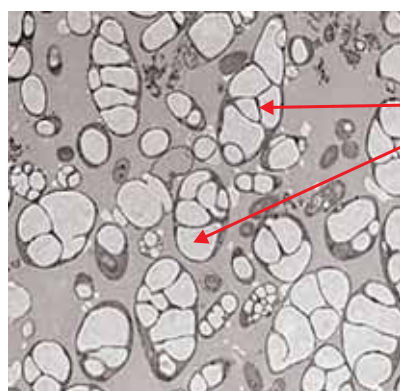


圖1. 微生物生產PHAs
(資料來源:Elhadi et al.,2016)

PHAs 可根據單體的碳原子數多寡去分類，其分子量多為 50,000–20,000,000 Da 不等。

n	R	PHAs	名稱	分類
n = 3	hydrogen	Poly(3-hydroxypropionate)	P3HP	3 羥基丙酸
	methyl	Poly(3-hydroxybutyrate)	P3HB	3 羥基丁酸
	ethyl	Poly(3-hydroxyvalerate)	P3HV	3 羥基戊酸
	propyl	Poly(3-hydroxyhexanoate)	P3HH	3 羥基己酸
	pentyl	Poly(3-hydroxyoctanoate)	P3HO	3 羥基辛酸
n = 4	hydrogen	Poly(4-hydroxybutyrate)	P4HB	4 羥基丁酸
	methyl	Poly(4-hydroxyvalerate)	P4HV	4 羥基戊酸
	ethyl	Poly(4-hydroxyhexanoate)	P4HH	4 羥基己酸
n = 5	hydrogen	Poly(5-hydroxypentanoate)	P5HV	5 羥基戊酸
	methyl	Poly(5-hydroxyhexanoate)	P5HH	5 羥基己酸
n = 6	hydrogen	Poly(6-hydroxyhexanoate)	P6HD	6 羥基己酸
	ethyl	Poly(6-hydroxyheptanoate)	P6HH	6 羥基庚酸

單體由3-5個碳原子組成
短鏈PHA (Short-chain-length: SCL)

單體由6-14個碳原子組成
中長鏈PHA (Medium-chain-length: MCL)

圖2. PHAs不同單體的組成
(資料來源:Pagliano et al.,2017)

歡迎海洋可分解塑膠PHAs的新世代

1. 「聚羥基脂肪酸酯 (PHAs)」為目前國際上少數被公認可以在海洋中自行分解的塑膠，由於 PHAs 由微生物合成 (如圖1)，以不溶於水的顆粒狀儲存於菌體，是蓄積在胞內的天然高分子聚合物，當微生物處於不利生長的环境時，便會分解 PHAs，當作體內的能量來源。
2. 種類多元，可由150種以上不同單體組成 (如圖2。)
3. 種類不同，材料的特性也不同。不過普遍來說，PHAs 具有良好的生物可分解性 (如圖3。)
4. PHA 具有高度生物相容性、良好的氣體阻隔性及良好的熱加工特性，可應用於包材及醫療器材，具有替代石化塑膠之潛力，讓廢棄塑膠不再是海洋生物的生存殺手。



圖3. PHAs具有生物可分解性-在堆肥環境84天內
崩解率達9成 (資料來源:Rawa G.Yousuf thesis of 2017)



圖4. 微型試驗廠及噸級發酵測試廠之設備

試不同微生物發酵條件，有效加速PHAs生產技術的研發及減少發酵的成本。同時搭配早期(2007年)建置的噸級發酵測試廠，將實驗室的發酵條件規模放大到噸級，更可無縫接軌實驗室的研發技術到工業界的量產製程，完善我國工業生技海洋可分解塑膠PHAs生產製程開發平台。

建立與國際水準同步之高產率 PHAs生產菌株

核研所針對全台生態系豐富或地理環境進行篩選，並建立具本土特色化PHAs關鍵生產菌株，例如鉤蟲貪銅菌(*Cupriavidus necator*)、嗜鹽古生菌(*Haloferax mediterranei*)、芽孢桿菌(*Bacillus* sp)、假單孢菌(*Pseudomonas* sp)等菌，各種菌株具有不同生長發酵特性及產生的不同PHAs種類。以貪銅菌為例，菌株培養72小時可達菌體濃度65.2g/L、PHA含量43.2%，PHA粗萃液濃度為28.16g/L(如圖5)，已和目前國際PHAs發酵粗萃液濃度20g/L以上的標準相當，透過平台及發酵技術的精進，建立多元化且高產率的PHAs關鍵生產菌株，提升工業應用之潛在機會。

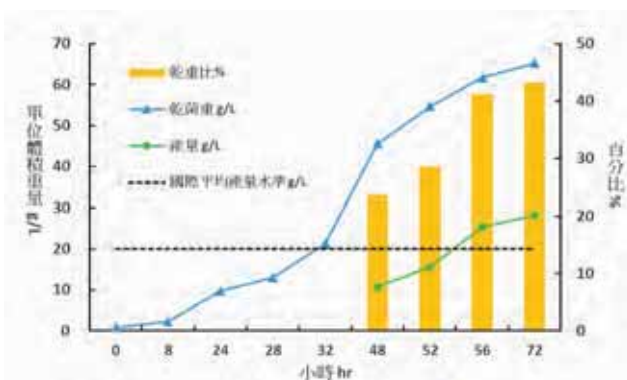


圖5. 貪銅菌生產PHAs之發酵結果



圖6. PHAs產品之開發應用

開創海洋可分解塑膠PHA的藍海市場

基於現階段國內PHAs基礎研究及應用PHAs作為產品製造的經驗非常有限，核研所和國內某知名石化公司合作開發，進行特殊碳源利用之PHAs潛力菌株篩選。另一方面，也將PHAs材料進行產品化試作測試，初期以純度90%以上的PHA原料，透過射出或押出方式，製成3D列印線材、化妝品盒子、花瓶等應用(如圖6)，純度愈高或種類特殊的PHA，應用價值愈高。未來將針對不同PHAs種類特性，開創多元化的商品，期能藉由產品實績提高產業投資發展的興趣，強化產官學研的合作，共同開創對環境永續有極大貢獻之PHA綠色材料的藍海市場。

3-3-4

智慧配電網路管理與變電設備預知診斷技術發展

近年來，隨著再生能源大量併網，其發電量之間歇性引致電壓波動及三相不平衡等配電系統不穩定的問題。而當饋線發生事故時，再生能源發電裝置將暫停供電，致使故障點下游於負載過大時難以進行轉供。為此，核研所開發配電饋線聯絡開關最佳配置策略平台，以藉由調整變電所內各饋線之聯絡開關啓閉狀態設定，均化饋線負載。以台電雲林區處變電所為例，該平台經模擬結果驗證，可均化區域饋線承載率，以避免部分饋線的下游健全區負載過大，進而促使故障轉供較為順利。



圖1. 狀態估測技術使用者介面與平台

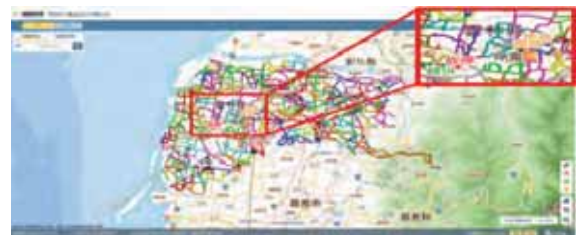


圖2. 視覺化饋線調度管理平台

在複雜的配電系統中，由於饋線主幹及分歧線的節點數量太多，若要掌握各節點的資訊，則須裝設許多量測設備，不僅成本提高，且大量數據在傳遞與彙整上，具有一定的難度。當再生能源占比逐漸提高時，且節點量測資料有限的情況下，勢必難以掌握再生能源發電所引起的電壓上升情形，進而影響用電品質。因此開發狀態估測技術，本技術可估測配電系統主幹與分歧線之發電狀態，並針對估測結果與現場量測值之誤差值比對；同時將估測結果顯示於地理圖資系統(如圖1)，以協助調度人員掌握分散式電源對於饋線變動之影響，檢視監測設備異常之定位。

配合行政院「智慧電網總體規劃方案」，落實快速復電系統(FDIR)計畫，因此，核研所結合

地理空間資訊與現場設備資訊，開發視覺化饋線調度管理平台(如圖2)，提供調度與搶修人員於故障時之即時視覺化訊息。本技術參考IEC 61968及IEC 61970國際標準，制定配電設備之共通資訊模型。並運用共通資訊模型之通用資料格式，建立電力監控及地理空間資訊整合，以降低配電圖面之饋線操作單線圖與現場設備間的誤差，確保其正確性及可操作性。同時，擴充饋線調度支援功能，可於視覺化饋線調度管理平台建立事件判斷警示，包括停電、故障、轉供、環路等，協助台電進行饋線快速復電。核研所自主開發之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(R&D 100 Awards)(如圖3)，科技研發實力受到國際肯定。該研發成果同時榮獲110年公務人員傑出貢獻獎團體獎殊榮(如圖4)。



圖3. 2021年R&D 100 Awards獎牌



圖4. 總統頒發2021年公務人員傑出貢獻獎團體獎合影

隨著能源轉型政策推行，大量分散式再生能源裝置容量占比的增加，電網將衍生電力系統不穩定與併接點電壓變化過大等問題；而微電網透過整合功率調節器、再生能源及既有負載，提供一電力品質改善解決方案。故開發用於微電網之電壓控制系統及方法(如圖5)，該技術包括一具備抑制啟動功能之功率調節器，透過所開發電力級開關切換控制策略，來抑低微電網於孤島運轉時，負載變壓器投入時所產生之啟動電流，並將其電流降低至功率調節器保護臨界電流值以下，避免功率調節器跳機造成系統全黑，維護微電網穩定運轉。此技術榮獲2021年台灣創新技術博覽會(TIE)發明競賽鉑金獎(如圖6)。



圖5. 用於微電網孤島模式之電壓控制系統應用情境



圖6. 2021年台灣創新技術博覽會(TIE)鉑金獎獎狀與獎座

電力變壓器是電力系統中重要的變電設備，其運轉的安全性與可靠性，直接關係到電力系統的穩定。變電設備由於運轉操作、使用年數及使用環境等影響，會逐年發生性能劣化，進而發生故障或事故。有鑑於此，核研所開發AI大數據監測與預知診斷系統，實際安裝於台電變電所，進行161kV供電變壓器在線狀態監測與故障診斷，包含：接地電流、冷卻系統、油中氣體、局部放電、本體振動與有載分接頭切換裝置(OLTC)等6個項目(如圖7)。例如，本研究開發OLTC切換裝置通用型故障診斷方法，可測得有載分接頭切換器頻譜訊號異常；經頻譜分析與實際勘查後，確實發現驅動裝置齒輪嚴重磨損(如圖8)，有助於變電所及早因應與提出對策。未來，本研究將擴及其他變電設備，並加入機器視覺與資產管理等技術，協助台電公司強化變電所安全運轉與維護管理。



圖7. 東林變電所161kV供電變壓器狀態監測平台

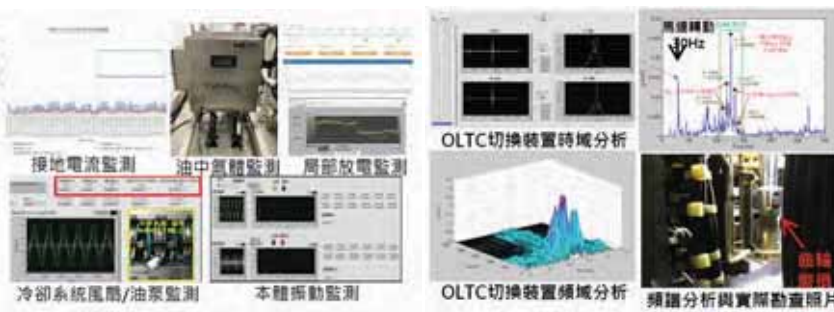


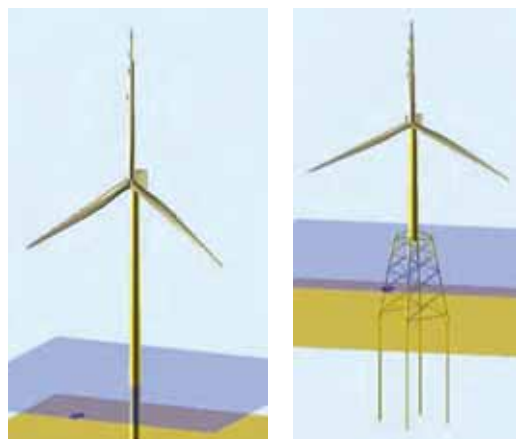
圖8. OLTC切換裝置通用型故障診斷

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、饋線連結性追蹤與運算功能、微電網緊急輔助調控決策系統、三相功率調節系統及變電設備組件運轉效能評估等技術，進而提升配電網路、分散式能源與變電設備的穩定運轉。

3-3-5

大型離岸風機系統 平行驗證及設計技術規範建置

我國首座離岸風場於2019年已順利完工，近年來國內外離岸風電開發商也陸續提出大型離岸風機系統，預計單支風機裝置容量將達14~15 MW；開發商從國外引進符合國際標準的離岸風機，並結合國內廠商共同打造出符合我國水域的支撐結構。然而，我國陸域風機遭受颱風侵襲而損毀的事件偶爾發生，再加上目前國際標準內並無完整考量到極端環境條件的設計需求；因此，核研所協助標準檢驗局進行離岸風電場址調查及設計本土技術規範訂定，以完善國內離岸風力機標準，藉以提高我國離岸風機的結構安全，並協助我國離岸風電政策的推動與產業技術提升。



支撐結構颱風設計載重狀況

設計代碼	DLC	風況	湍流	風機運轉方向	風速	風向	風機轉速	風機轉矩	風機轉矩係數	風機轉矩係數
10.1	EWM	$V_{ref} = V_{turb, ref}$	ESS	離位、多向	ECM	極端水位範圍	ULS	1.0		
10.2	EWM	$V_{ref} = V_{turb, ref}$	ESS	離位、多向	ECM	極端水位範圍	ULS	1.0		

地震設計載重狀況

設計代碼	DLC	風況	湍流	風機運轉方向	風速	風向	風機轉速	風機轉矩	風機轉矩係數	風機轉矩係數
9.1	NWP	$V_{ref} = V_t$	$H = H_d(V)$	同向、單向	NCM	正常水位範圍	ULS	1.0		
9.2	NWP	$V_{ref} = V_t$	$H = H_d(V)$	同向、單向	NCM	正常水位範圍	ULS	1.0		
9.3	NWP	$V_{ref} = V_t$	$H = H_d(V)$	同向、單向	NCM	正常水位範圍	ULS	1.0		
9.4	NWP	$V_{ref} = V_t$	$H = H_d(V)$	同向、單向	NCM	正常水位範圍	ULS	1.0		

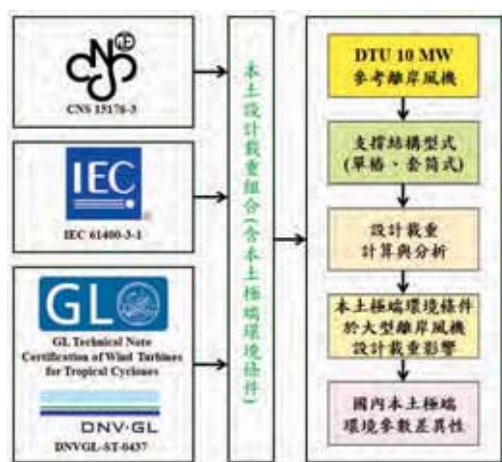


圖1. 國內外離岸風力機標準解析

圖2. 本土極端環境設計載重狀況

核研所進行國內外離岸風力機標準差異性比對(如圖1)，建置國內本土離岸風力機設計載重組合(如圖2)，並於2021年與台北科技大學等共同協助標準檢驗局訂定「離岸風電場址調查及設計技術規範(草案)」(如圖3)。依台灣本土環境，制定離岸風力發電廠性能及安全要求。



圖3. 離岸風電場址調查及設計技術規範(草案)

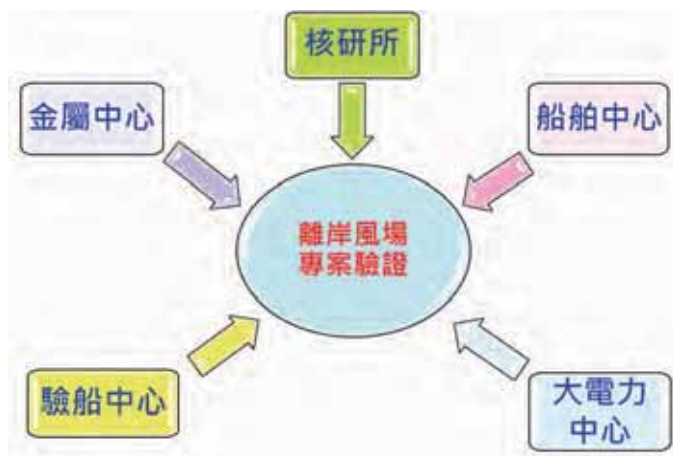


圖4. 離岸風場專案驗證審查團隊

核研所引進最新的國際離岸風機設計標準IEC 61400-3-1，並且應用歐盟國際合作計畫所使用的DTU 10 MW離岸風機為參考風機（如圖5），訂定符合規範之設計載重狀況，結合風力、海波浪、海流等環境條件，逐步建立本所離岸風機設計驗證的相關技術能力。

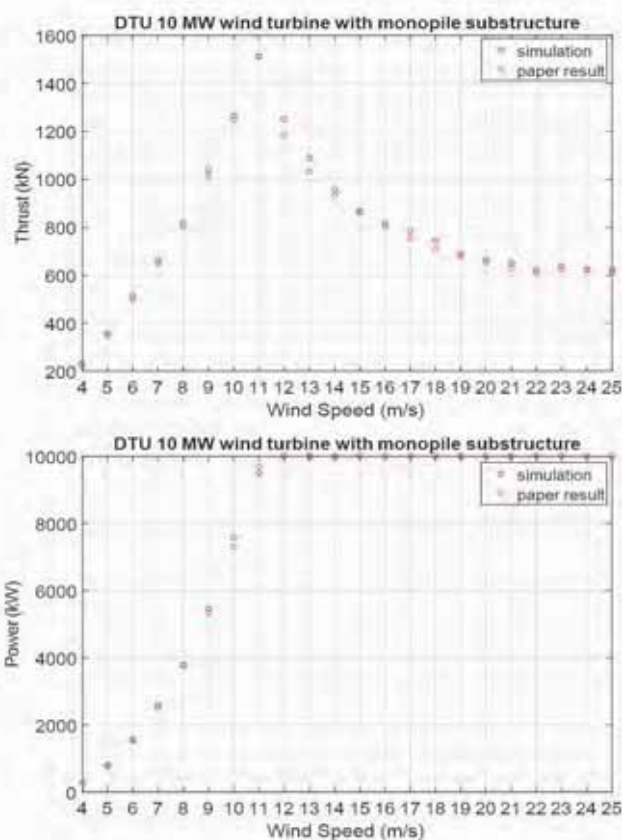


圖5. DTU 10 MW 風機發電特性

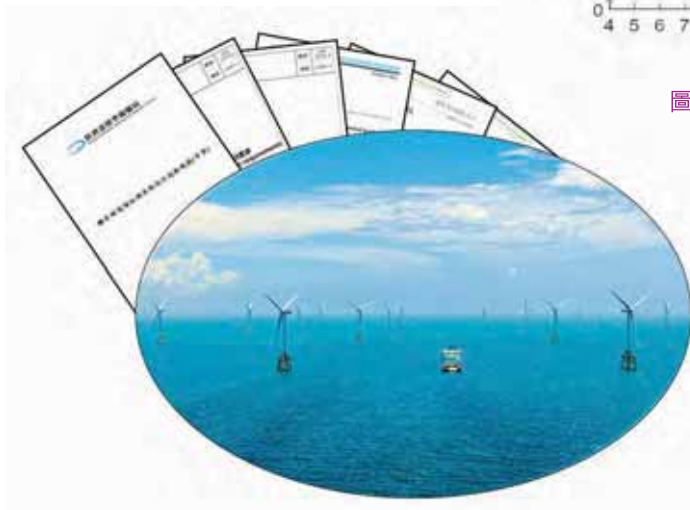


圖6. 國內本土離岸風場

核研所與金屬中心等法人團隊（如圖4）共同協助國內離岸風場專案驗證審查，目前進行沃旭大彰化西南/東南及CIP 彰芳一期、二期及西島2個風場的「設計基礎」技術審查。透過與國內法人機構合作及交流，更能提升本所離岸風機的工程技術。

國際上普遍採用之大型及離岸風機設計標準皆是針對歐洲風場特性所制訂，因此安全評估應加入颱風與地震環境等地域性條件，方能確認設計標準之區域適用性，提高我國離岸風場（如圖6）之可靠與安全性。核研所設計驗證評估技術務必逐步提升，以協助國內離岸風電設計技術規範建置與產業發展。



四、附錄

4-1



110年大事記



1月1日至12月31日 核研所因應疫情期間國內進口核醫藥物短缺問題，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，110年全年供應約65,500人次病患造影使用。

3月10日至3月11日 國際原子能總署 (IAEA) 保防官員至核研所進行TWL (036館) 查驗，檢查結果核物料料帳查驗相符。

3月12日 核研所5項綠能科技聯合研發計畫參加科技部於沙崙智慧綠能科學城舉辦之「Taiwan GET！國際論壇暨成果發表會」，其中核研所「區域配電網強韌性研究與技術發展」獲選為17項亮點計畫之一，並在簡報比賽中榮獲第一名。

4月9日 因應核研所與台灣翰○公司簽訂執行之「紐西蘭木片轉化乳酸之噸級測試」技術服務，紐西蘭貿易發展中心商務代表-Miss Tina Wilson 處長 (Director, New Zealand Trade Development Centre) 等至核研所參訪。

4月9日 核研所與國內最大的電致變色車用後視鏡產銷公司簽署「高密度電漿鍍製大面積變色薄膜技術」授權案，總簽約金達新台幣1,600萬元。

5月3日至5月14日 核研所辦理員工健康檢查，執行健檢單位為臺北醫學大學附設醫院，健檢對象除原能會、核研所及物管局同仁外，並由鄰近地區里長安排里民計82人參加。

9月16日至9月30日 核研所舉辦109年度「行政院原子能委員會委託研究計畫」成果發表會，因應COVID-19疫情，首次以視訊會議方式辦理，邀請產、學、研界合作夥伴參加，人數計171人。

10月20日 「2021台灣創新技術博覽會」發明競賽獎線上公布獲獎名單，核研所獲得2面鉑金、3面金牌、2面銀牌、3面銅牌，獲獎率約77%(遠高於大會平均獲獎率58%)。

10月22日 核研所主辦「110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。

10月22日 2021全球百大科技研發獎(R&D 100 Awards)公布獲獎名單，核研所以「智慧配電網路管理系統(iDNMS)」參賽且獲獎。

10月25日 財團法人生技醫療科技政策研究中心公布第18屆國家新創獎得獎名單，核研所榮獲2項「學研新創獎」及4項「2021年度續獎」。

11月24日至11月25日 國際原子能總署(IAEA)保防官員至核研所進行2021年核子保防例行檢查，檢查結果發現部分館舍平面圖(Floor Plan)與早期提報時略有差異，相關缺失將於111年之設計資訊問卷及補充議定書更新。

12月6日 衛福部公布110年「衛福部/經濟部藥物科技研究發展獎」得獎名單，核研所以「低劑量三維X光造影儀-Taiwan TomoDR」技術榮獲醫療器材類銀質獎。

12月14日 核研所「含再生能源之智慧配(微)電網研發團隊」榮獲110年全國公務人員傑出貢獻獎，得獎團隊赴銓敘部參加頒獎典禮，總統親臨致詞頒獎。



4-2

110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	張家豪 曾聖彬 倪于晴 曾繁斌	用於雙軸數位斷層合成造影系統的幾何校正方法及其系統	日本	發明	20210108	特許第6821839號	20200205	20400205
2	郭楊正 王淳安 袁碩甫 黃胤榮 郭家倫 黃文松	耐受木質纖維水解液之高旋光 L-乳酸生產菌株	馬來西亞	發明	20210120	MY-182357-A	20151117	20351117
3	詹德均 余玉正 薛天翔 柯典馥	反應性陰極電弧蒸鍍系統鍍製鋰化合物薄膜之裝置與方法	美國	發明	20210209	US10,916,800B2	20190107	20390107
4	賴文政 吳庭君 鄭恩凱 林冠廷 蘇煒年 黃金城	風機模擬器、浮動式風機載台組模擬裝置及浮動式風機載台設計方法	中華民國	發明	20210211	發明第I718554號	20210211	20390609
5	余慶聰 陳建宏 陳攻惠 郭煥廷	鎳基觸媒、其作為產氫反應的觸媒的用途、以及製造方法	中華民國	發明	20210211	發明第I718615號	20210211	20390807
6	林昆諒 王屏燕 王美惠	十七碳三烯烷基對苯二酚衍生物之合成方法	中華民國	發明	20210211	發明第I718699號	20210211	20391007
7	薛天翔 余玉正 蘇棋翎 詹德均	薄膜電池、薄膜電池製備方法與微小晶粒電極製備方法	美國	發明	20210216	US10,923,690B2	20180109	20390201
8	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	美國	發明	20210216	US10,920,742B2	20180726	20381225
9	張家豪 張淑君 曾繁斌 倪于晴	造影系統與造影方法	歐盟	發明	20210217	EP3476296B1	20180316	20380316
10	詹德均 余玉正 薛天翔 柯典馥	反應性陰極電弧蒸鍍系統鍍製鋰化合物薄膜之裝置與方法	中華民國	發明	20210221	發明第I719346號	20210221	20380917
11	施宇鴻 蔡翠玲 陳亮丞 蘇德晏	以掃描式電子顯微鏡暨能量散佈分析評估汙染物於完整岩石基質擴散之分析方法	中華民國	發明	20210221	發明第I719686號	20210221	20391024

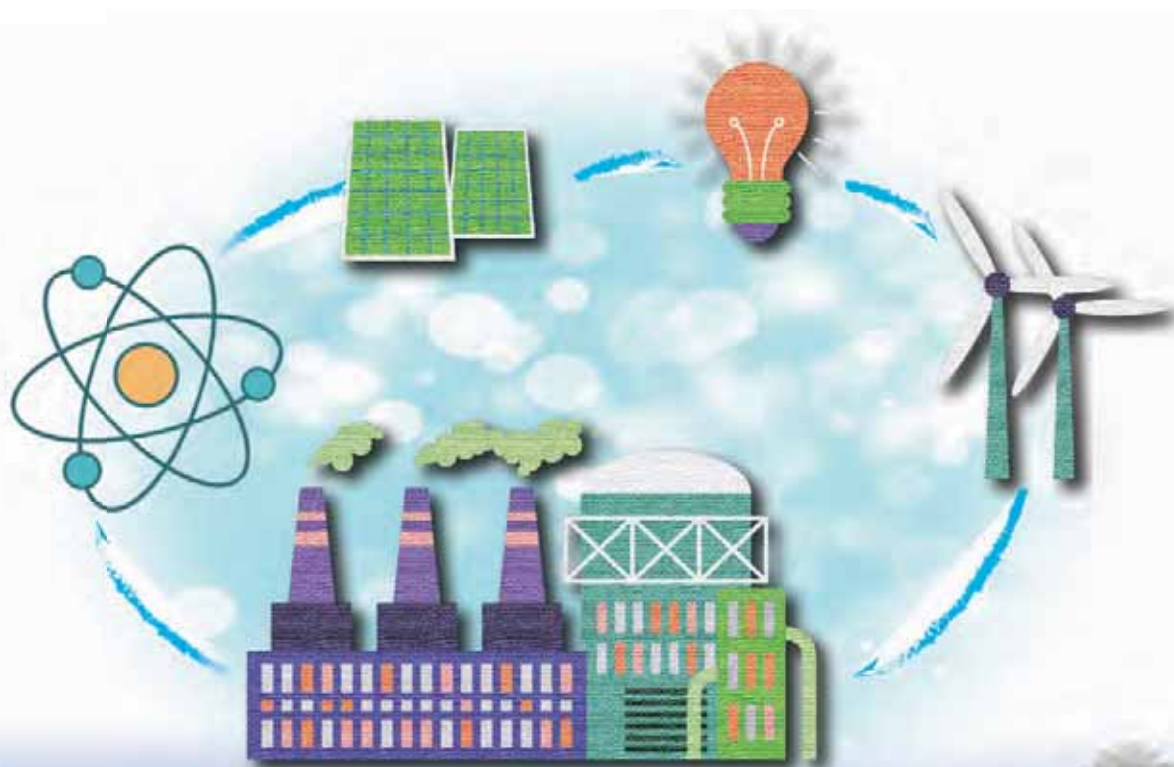
編號	創作人	專利中文名稱	國別	專利類型	證書日	證書號	專利起始日	屆滿日
12	莊鈺德 林建宏 胡譚心 鄒函文 魏華洲 許寧逸	鈦液流電池系統電解液電解復原方法	中華民國	發明	20210221	發明第I719692號	20210221	20391028
13	林武智 王美惠 于鴻文 林昆諒 江彥鋒 陳瑞宇	六聚乳糖NOTA衍生物、六聚乳糖正子肝受體造影劑的Ga-68放射標誌方法及六聚乳糖正子肝受體造影劑	美國	發明	20210223	US10,925,981B2	20181127	20390430
14	張家豪 曾聖彬 倪于晴 曾繁斌	用於雙軸數位斷層合成造影系統的幾何校正方法及其系統	美國	發明	20210223	US10,925,572B1	20200220	20400220
15	張 瑜 吳文卿	多巴胺正子造影劑標幟前驅物芳香環硼氧衍生物之製造方法	美國	發明	20210302	US10,934,314B1	20200817	20400817
16	劉秀雯 徐成芳 陳威希 張 瑜	2-[[2-[[[3-(4-氯苯基)-8-甲基-8-氮雜雙環[3.2.1]-辛-2-基]-甲基](2-巰基乙基)胺基]乙基]胺基]乙硫醇-[1R(外向-外向)]三鹽酸化物之純化方法	中華民國	發明	20210311	發明第I721449號	20210311	20390610
17	邱耀平 陳柏壯 吳耿東 簡瑞興	具共用結構之氯化反應器	美國	發明	20210316	US10,948,180B2	20190905	20390905
18	郭楊正 王淳安 袁碩甫 黃胤榮 郭家倫 黃文松	耐受木質纖維水解液之高旋光 L-乳酸生產菌株	印尼	發明	20210416	IDP000076243	20151118	20351118
19	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	中華民國	發明	20210421	發明第I725418號	20210421	20390423
20	李銘忻 陳夙容 陳明偉 黃永睿 羅世偉 李世瑛 羅盛男 莊程惠	多型態的乳癌診療神經阻滯藥物	中華民國	發明	20210501	發明第I726368號	20210501	20390728
21	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	中華民國	發明	20210521	發明第I728857號	20210521	20400706

徐勇演

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
22	林靖凱 程世偉 吳思翰 徐瑋鴻 林弘翔 鍾增光 程永能 李瑞益	固態氧化物電解電池測試裝置	日本	發明	20210524	特許第6888918號	20160331	20360331
23	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	中華民國	發明	20210601	發明第I729956號	20210601	20401027
24	余冬帝 鄭勝隆 李建洲	銲接填料前送維持裝置	中華民國	發明	20210621	發明第I731433號	20210621	20391011
25	林彥伯 鄭宗杰 馬志傑	電力網路系統及電力網路拓撲動態重組方法	中華民國	發明	20210621	發明第I731677號	20210621	20400511
26	陳佳欣 歐宗茂 陳文華 郭家倫 趙裕	耶式解脂酵母菌株、其用途及利用其產製多元燃料的方法	中華民國	發明	20210711	發明第I733269號	20210711	20391208
27	詹明峰 張耀升 陳文華 曾慶平 劉丁維	可提升纖維原料沼氣生成效率之解聚技術及其與厭氧消化之整合方法	中華民國	發明	20210721	發明第I734005號	20210721	20380530
28	陳鵬宇 張秉宏 黃志中	具有斜面切割功能之水下切割機	中華民國	發明	20210721	發明第I734638號	20210721	20401027
29	高俊廷 李奕德	用於微電網之電壓控制系統及方法	中華民國	發明	20210801	發明第I735062號	20210801	20391029
30	張志賢 陳夙容 李世瑛 李銘忻 陳明偉 馮俊方 黃永睿 羅盛男	一種新穎神經 Y(NPY)化合物及其衍生物與其放射線標註方法	美國	發明	20210803	US11,077,217B2	20181211	20381211
31	許寧逸 謝錦隆 林建宏 鄒函文 胡譚心 莊鈺德 蔡昶珊 陳巧雅	分散式液流電池儲能模組	美國	發明	20210803	US11,081,717B2	20191003	20391003
32	林昆諒 王屏燕 王美惠	十七碳三烯烷基對苯二酚衍生物之合成方法	美國	發明	20210803	US11,078,144B2	20191024	20391024
33	周聖圻 郭家倫	微生物萃取物之製備方法	中華民國	發明	20210811	發明第I736413號	20210811	20400907

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
34	劉玉章 呂永方 鍾人傑	具水分解產氫及二氧化碳還原轉化之裝置	中華民國	發明	20210901	發明第I737911號	20210831	20380520
35	孫士文	利用張量內積與重心之模式辨識進行冷卻水流量控制方法	中華民國	發明	20210901	發明第I738094號	20210901	20391022
36	張 瑜 吳文卿	多巴胺正子造影標識前驅物芳香環硼氧衍生物之製造方法	中華民國	發明	20210901	發明第I738101號	20210901	20391030
37	鍾翠芸 查厚錦 莊智閔 林華愷 胡哲誠 劉天成 馬維揚 曹正熙	具有圖案化電極之可透光有機太陽電池模組及其製造方法	中華民國	發明	20210911	發明第I739190號	20210911	20391029
38	李銘忻 羅世偉 羅盛男 李世瑛 陳夙容	製備放射標識藥物的套組及方法	中華民國	發明	20210911	發明第I739444號	20210911	20400525
39	陳俊亦 李岳穆 王娟瑜	壓力感應結構	中華民國	發明	20210921	發明第I740667號	20210921	20400929
40	孫士文	找出發電設備的最佳清理時間點之方法	中華民國	發明	20210921	發明第I740649號	20210921	20400916
41	林昆諒 王屏燕 王美惠	十七碳三烯烷基對苯二酚衍生物之合成方法	日本	發明	20211001	特許第6953494號	20191025	20391025
42	薛天翔 劉尚恩 王敏全 吳柏憲 張淑美	膠態電解質電池、阻燃導離子膠固態電解質薄膜及製作方法	中華民國	發明	20211011	發明第I742660號	20211011	20400513
43	倪于晴 梁鑫京	平面式腦功能用正子攝影裝置	中華民國	發明	20211011	發明第I742891號	20211011	20401022
44	王敏全 吳柏憲 劉尚恩	核殼粒子儲能方法、儲電層製造方法、量子電池及其製造方法	中華民國	發明	20211021	發明第I743861號	20211021	20400629
45	余慶聰 陳玟惠 陳建宏	重組觸媒、重組觸媒作為農林廢棄物裂解油重組產氫反應的觸媒的用途、產氫方法	中華民國	發明	20211101	發明第I745012號	20211101	20400805
46	李銘忻 張志賢 陳夙容 李世瑛 羅盛男 陳明偉 黃永睿 馮俊方 羅世偉 莊程惠	放射線標識長效型靶向性腫瘤藥物及其生產方法	中華民國	發明	20211111	發明第I745616號	20211111	20380909

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
47	李青雲 張 瑜 徐成芳	造影劑前驅物S-Bz-MAG3之製備方法	美國	發明	20211130	US11,186,609B2	20181011	20381011
48	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	中華民國	發明	20211201	發明第I748141號	20211201	20381125
49	陳佳欣 歐宗茂 郭家倫 趙 裕	燃油前驅物的產製方法	中華民國	發明	20211201	發明第I748198號	20211201	20390623
50	劉力源 沈勁彬 侯孟辰	基於粒子群演算法之微電網再生能源與儲能配比之建置系統、方法與電腦程式產品	中華民國	發明	20211201	發明I748650號	20211201	20400916
51	張明誠 羅彩月 彭正良 陳冠因	新式眼用凝膠及其製備方法	美國	發明	20211207	US11,191,718B2	20190813	20390813
52	李銘忻 鄭凱鴻 羅世偉	結合生理偵檢裝置監測心血管及腦部功能之系統和方法	美國	發明	20211221	US11,202,577B2	20191028	20391028





書 名：行政院原子能委員會核能研究所110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111年7月
創刊年月：中華民國82年6月
定 價：NT\$ 830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\$ 830元