

ISSN:1812-3295



2023

112年年報

國家原子能科技研究院

National Atomic Research Institute



中華民國113年7月出版

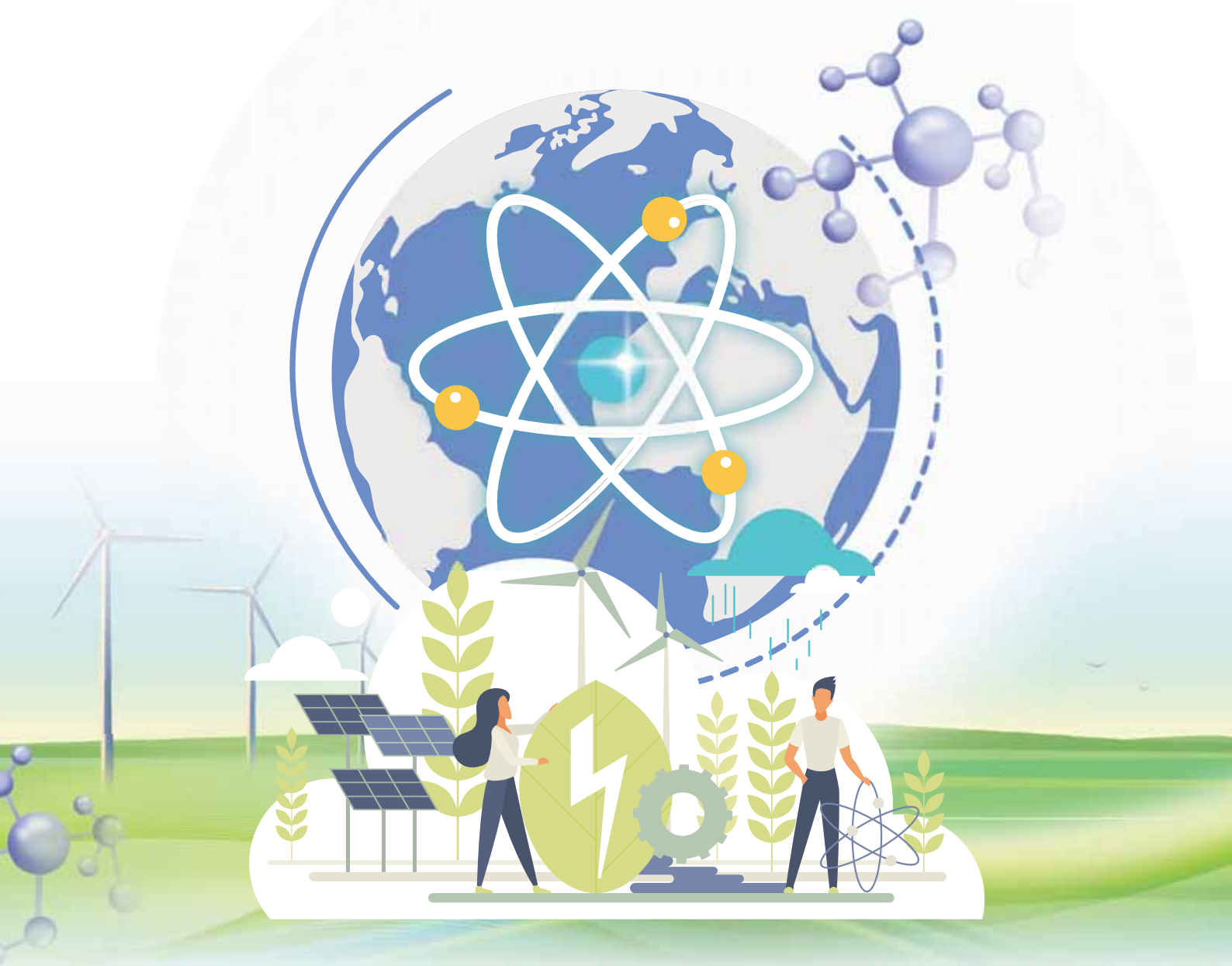


2023

112年年報

國家原子能科技研究院

National Atomic Research Institute



國家原子能科技研究院 編印

中華民國113年7月出版

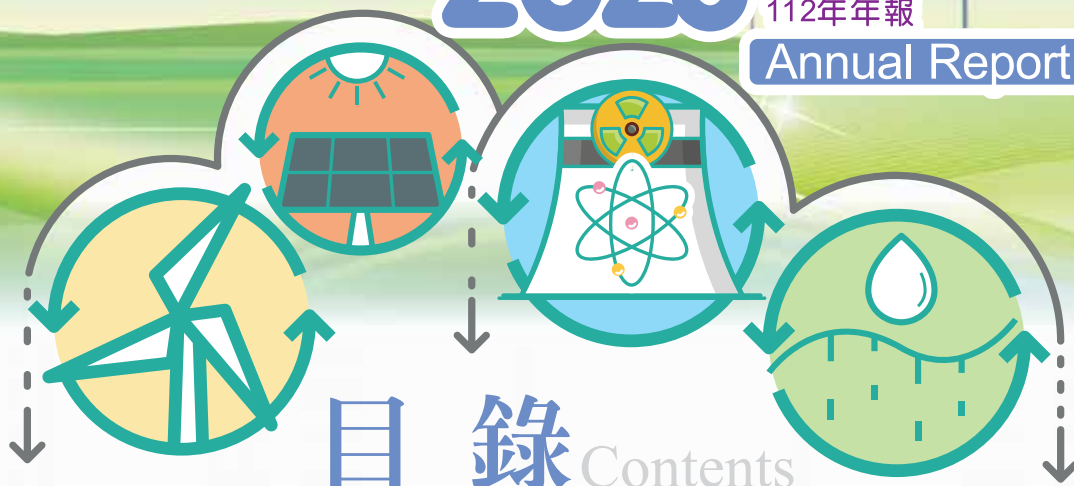


國家原子能科技研究院 National Atomic Research Institute

2023

112年年報

Annual Report



序言	4
董事長的話	5
院長的話	6
發展沿革	8
研發成果概述	10
核安與核後端	11
核醫製藥與民生輻射應用	14
新能源與跨領域系統整合	15
榮耀成果	18
全球百大科技研發獎	
2023 森林廢棄物轉高價值綠色化學品之負碳生質精煉技術(FixCarbon)	18
2022 低碳生產、低成本之創新電致變色玻璃量產技術	19
2021 智慧配電網路管理系統(iDNMS) 技術	20
台灣創新技術博覽會發明競賽鉑金獎	
2023 綠色環保除濕輪製作方法	21
2023 雙靶向碳酸酐酶第九型複合物及其造影劑	22
2022 配電饋線分區段轉供復電策略	23
2022 多鏈醣複合物、放射性多鏈醣造影劑及其用途	24
2021 多蓄克鎂肝功能造影劑	25
2021 用於微電網之電壓控制系統及方法	26
2020 腎功能及泌尿系統之診斷利器－造影劑前驅物 S-Bz-MAG ₃ 之製備方法	27
2020 含綠能之配電饋線轉供方法	28

研發與創新	30
核安與核後端	30
消彌發生超越設計基準地震之安全疑慮－用過核子燃料池完整性評估	30
大幅增加安全餘裕－核臨界安全分析導入燃耗額度技術於最終處置計畫	31
BWR高燃耗及受損燃料乾貯申照技術發展	32
用過核子燃料乾式貯存之模擬貯存監測檢驗與特性研究	33
地震引致廢棄物罐剪力破壞及其水流與傳輸多模式整合架構	34
TRR爐體之生物屏蔽體拆除技術開發與工程驗證	35
工程資訊管理系統開發－以DSP放射性廢棄物為例	36
智能化視覺應用於銲接品質檢測技術之發展	37
以量化風險評估(PRA)技術強化電網韌性 電網脆弱度與燃氣電廠可靠度之探討	38
台灣導入PRA技術40周年紀念國際研討會－開創量化風險評估新紀元	39
關鍵基礎設施之小型模組化高能量密度獨立供電系統技術研發	41
為食安把關－國原院生物氣檢測結果資訊公開與量能擴充	42
核醫製藥與民生輻射應用	43
緊湊型加速器中子源之開發與運用規劃	43
70 MeV迴旋加速器產製放射性同位素技術研究－醫藥級鈷-225的生產、純化與檢驗方法研究	44
多型態的乳癌診療神經肽藥物	45
X光成像創新利器－高精度三維多能階X光數位成像模擬技術	46
機器學習賦能－核醫影像標準化與精準失智影像判讀	47
太空電力來源－衛星用太陽電池元件	48
太空電子元件軟錯誤率測試系統研發	49
BIM 技術應用於70 MeV加速器廠館新建工程	50
新能源與跨領域系統整合	51
森林廢棄物之多元加值化應用技術－開創森林碳匯創新經營模式	51
kW級固態氧化物電解堆組裝及高效率產氫技術開發	52
新型30 kW風力機研發及實場域測試	53
經營現況	54
董監事名單	54
組織架構圖	54
人力資源	55
財務報表	56
112年大事紀	57

備註：國家原子能科技研究院歷年出版年報均可至官網資訊公開—出版品項下(<https://www.nari.org.tw>)瀏覽參考(亦可放大閱讀。)



序言



董事長的話

112年是一個轉型的開始，配合行政院組織改造，引領我國原子能科技發展超過半個世紀的核能研究所，於9月27日從附屬於原子能委員會（核能安全委員會前身）之公務機關，改制為受核能安全委員會監督之行政法人國家原子能科技研究院，並透過設置條例之立法，被具體賦予包含促進核能安全、輻射防護、原子能和平用途科技發展之重要任務。

改制為行政法人後，透過董事會之成立，導入治理概念及強調經營責任，不同以往之運作模式，有助於提升國原院之營運績效與服務品質，為我國原子能科技發展開創新的契機。此外，適度鬆綁人事及財務之規定，亦給予國原院執行業務時有較多彈性，使推動特定公共事務更具效率。

作為國內唯一和原子能領域相關的國家型研究機構，國原院除專注於核能安全及輻射應用之研發工作，並成功跨足核醫藥物、高階醫材及新能源科技等領域，已累積相當豐厚之基礎。由於原子能科技研究涵蓋的領域相當廣闊，隨著科技的不斷演進，我們可以預見原子能科技在能源、醫學、環境等面向的應用，將變得更加不可或缺，若能充分發揮國原院研發量能，有效整合既有資源，拓展更多新興應用，積極投入具競爭力之前瞻技術發展，培養專業人才協助國內產官學研界，並在國家科技發展之藍圖中扮演關鍵角色，必能使國原院能夠永續發展。

展望未來，期許國原院轉型順利，展現行政法人化之功能與效率，在全院同仁的努力下，於原子能科技相關領域取得更多突破與創新，並將成果推廣應用於民生和產業，為國人的生活帶來福祉，同時能夠成為我國科技發展的先驅，享譽國際的原子能科技研究院。

董事長 張欣



院長的話

112年9月27日，行政院原子能委員會核能研究所（簡稱核研所）結束了長達55年的歷史，並改制為行政法人國家原子能科技研究院（簡稱國原院）。這個重要的轉變不僅是對過去55年核能科技發展的見證，更是對未來原子能領域發展的一大里程碑。國原院承繼過往核研所建立的研發能量，不僅持續深耕核安、輻安、核後端與核醫研究領域，更積極開拓原子能科技於民生應用的潛力，成為全國最值得信賴及最具影響力的原子能科技研發機構。

全新面貌的國原院站在國家過往所建立的原子能科技發展的巨人肩膀上，秉持下列理念持續向前邁進。

(1) 國原院為應用科技研究單位，必須具備解決問題的能力，以成為國家乃至全球具影響力的機構為目標；112年獲行政院支持，開始執行70 MeV中型迴旋加速器建置計畫，將在4年內完成國家交付任務；成功爭取112-113年「淨零排放-電網韌性分析計畫」前瞻基礎建設計畫，規劃在5年內發展孤島運作的整合性能源系統。為開創新局，國原院也積極投入關鍵設施之量化風險評估(PRA)、小型模組化反應器、核融合、多元製氫、儲能、碳封存、海水提礦等新技術之研究，協助政府達成我國2050年淨零排放目標。

(2) 持續推動OKR(目標關鍵成果)制度，做最重要的事，藉以激勵新創；國原院在不斷進步下，近3年在國際參獎方面，持續獲得亮麗的成績，110年(電資所)和111年(物理所)連續獲得全球百大科技研發





(R&D 100) 獎後，化學所也於112年成功拿到此項殊榮，連續3年獲得R&D 100，在 OKR的制度推動下，將持續努力以獲得更好成績。

(3) 強化人才招募與培育；善用行政法人用人的彈性機制，招募優秀同仁及培訓優質同仁，並使其具備研發深度與國際視野，同時亦將設置績效獎勵機制，以落實國原院人才培育工作。

(4) 發揮行政法人優勢，再創高峰；國原院已走過55個年頭，成就了許多研發成果，並成為國原院組織改造的能量與資本；藉由組織改造的發展機會，我們會以企業創新的積極作為，力求進步，以共譜輝煌的百年樂章。

展望未來，在核能安全、核後端、核醫與民生輻射應用、新能源與系統整合方面，國原院將踏穩腳步，迎接挑戰、迎向更嶄新的未來。俗諺「一個人走得快，一群人走得遠」，國原院全體同仁將共同努力攜手並進，為百年經營開創更美好的未來。

院長 高梓木





發展沿革

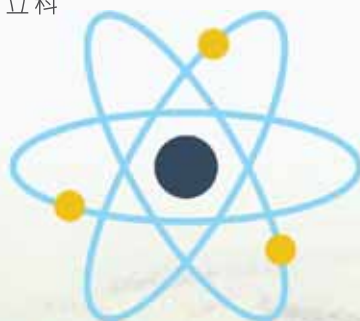
國家原子能科技研究院組織沿革

國家原子能
科技研究院成立

國家原子能
科技研究院

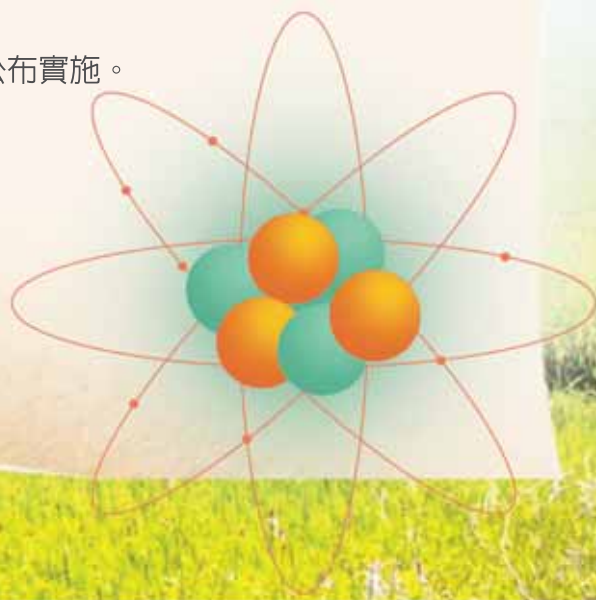
行政院
原子能委員會

國防部
中山科學研究院



國家原子能科技研究院成立

1. 國家原子能科技研究院前身為核能研究所，其成立籌備，是在民國55年1月25日由國防部向蔣總統簡報後，奉核定而展開規劃工作。
2. 民國57年5月9日總統令制定公布原子能法，該法第四條規定，原子能委員會（以下簡稱原能會）為推進原子能科學與技術之研究發展，開發原子能資源，擴大原子能在農業、工業、醫療上之應用，得設立研究機構。民國57年7月1日核能研究所正式成立，並委託中山科學研究院代為運作。
3. 民國62年7月6日原能會將核能研究所組織規程草案呈報行政院。8月29日行政院函覆原能會，准予核能研究所之組織規程修正備查。
4. 民國62年9月4日原能會公布核能研究所組織規程，並經原能會主任委員裁示以9月4日為所慶日。
5. 民國77年10月1日奉行政院核定，核能研究所歸建行政院原子能委員會。
6. 民國79年1月5日核能研究所組織條例奉總統公布實施。
7. 民國112年5月29日經立法院三讀，核能研究所改制為行政法人「國家原子能科技研究院」之設置條例獲得通過。
8. 民國112年6月21日本院條例奉總統公布實施。
9. 民國112年9月27日本院正式成立。



研發成果概述



核安與核後端

隨著國內核電廠逐漸進入除役階段，且國原院(前期為核研所)研究用反應器及其他核設施亦正執行除役與清理任務，國內現有之核後端工作將加緊執行；另外，配合再生能源興起，國內電力系統強韌性也廣為社會所期待。因此，國原院配合上述情勢演變與國家需要，加強在核安與核後端領域之研發，重點包括：含用過核子燃料乾貯與高放處置之安全評估技術、院內核設施拆除與輻射防護技術累積、以及放射性廢棄物儲存與管理技術最佳化等；在跨領域應用上，國原院也積極推廣量化風險評估技術於其他領域之應用與電力系統之強化；另外，因應日本福島電廠排放放射性處理水議題上，國原院也配合政府處理原則，積極應對。國原院(112)年度相關核安與核後端技術領域之重要研發成果摘錄如下：

- (一) 國原院針對核電廠用過核子燃料池(Spent Fuel Pool, SFP)的耐震完整性進行評估，以應對發生超越設計基準地震時的安全疑慮。這項評估是參考美國核管會在日本福島事故後提出的地震風險再評估要求所發展的，旨在透過耐震餘裕評估方法確定SFP在面臨強震時的安全性。透過結構和非結構分析的完整性檢核，本研究為我國核電廠提供了一套符合國際SFP完整性規範的評估方法。
- (二) 國原院開發的核臨界安全分析技術也應用於用過核子燃料的乾式貯存系統，透過結合燃耗額度模式和複雜的廢棄物罐幾何模式，大幅提升了廢棄物罐的核臨界安全餘裕。這項技術不僅提高了安全性，也將技術水平提升至國際標準。國原院在國內是唯一具備完整核臨界安全分析能力的單位，為我國用過核子燃料的核臨界安全提供全方位的解決方案。
- (三) 基於美國NAC International公司之UMS系統的技術與執照基礎，國原院成功完成了BWR高燃耗及受損燃料的執照修訂申請。透過與NAC公司的技術移轉和協作，國原院進行本土化改良，使INER-HPS系統能夠將原先只能貯存45 GWd/MTU之BWR用過燃料，提升至60 GWd/MTU，並能貯存受損燃料，另外，也成功將密封鋼筒材料加入316/316L鋼材，提升乾貯密封鋼筒的耐候性與抗腐蝕能力，於2021年通過美國核管會的審查，成為國內乾貯技術的首創成功案例，提升了本土乾貯系統的競爭力。



- (四) 國原院與台電公司合作，於用過核子燃料乾式貯存的模擬情況下，進行乾貯系統的監測檢驗與特性研究，旨在瞭解用過核子燃料在乾式貯存期間的特性與行為變化。研究使用了實際的用過核子燃料棒，模擬國內乾式貯存環境進行監測與加速實驗。透過特殊設計的貯存罐和熱室空間，先完成實驗前的燃料棒特性分析及全尺寸燃料棒的非破壞檢驗，再建立了國際首創的多項檢驗平台。此研究不僅可獲得用過核子燃料貯存特性的重要數據，也為未來乾式貯存執照更新提供有力證據。
- (五) 國原院開發了一套多模式整合架構應用於用過核子燃料的最終處置研究，旨在定量分析地震對放射性廢棄物罐的剪力破壞，以及地下水流動對放射性核種傳輸行為的影響。透過整合地震分析、廢棄物罐失效模式、以及地下水流動和傳輸模式，此架構能夠將廢棄物罐在地震作用下的剪力破壞位置和潛在的傳輸行為，以特徵化參數定量表達，此技術旨在應對台灣地震頻繁的環境，確保放射性廢棄物地質處置的性能和安全。
- (六) 針對台灣研究用反應器 (TRR) 的除役計畫，國原院自主開發了生物屏蔽體的拆除技術並進行了工程驗證。考慮到輻射特性和污染控制的需求，國原院自行開發拆解方法，選擇乾式鑽孔及乾式鑽石鏈鋸切割技術，進行生物屏蔽體的拆除，避免了傳統濕式切割可能造成的污染問題。此技術不僅有效提升了拆解效率，也是國內核設施使用乾式拆解工法的首例。
- (七) 國原院開發了一套工程資訊管理系統，專門針對TRR燃料乾貯場 (Dry Storage Pit, DSP) 的除役工程，以有效管理混凝土、土壤、以及燃料貯存孔等，於拆除後所產生的大量廢棄物。透過「作業現場管理APP」和「可連續進料及出料之輻射量測裝置」的整合，此系統能夠即時記錄和回饋大量廢棄物的量測數據，提升管理效率並確保作業流程的同步化。此外，此系統結合3D工程視覺輔助設計，能即時監控輻射防護情況、確保作業人員的安全、並有效降低人力和時程成本。
- (八) 國原院開發了一套智能化視覺，應用於銲接品質檢測技術，旨在提升銲接檢測的效率與準確性。透過結合2D和3D視覺感測器、人工智能 (AI)、以及自動化檢測技術，此系統克服了傳統目視檢測須依賴專業人力、速度慢、或主觀性判定結果等缺點。此外，國原院的技術還能量化瑕疵特徵，進行容許範圍內的統計分析，使其不僅能即時監控製程中的銲接質量，還能透過數據分析及記錄，提供肇因追蹤與預測性分析，進而預

防潛在問題。該技術無需改變既有製程條件，即可有效降低成本、提升良率及市場競爭力，有助於推動整體產業的升級與發展。

(九) 國原院推廣量化風險評估 (PRA) 技術，用以探討電網脆弱度和燃氣電廠的供電可靠度，以對應台灣先前曾發生的大規模停電事件，以及未來面臨的電力穩定度挑戰。國原院自1983年即開始發展PRA技術，應用於核電廠安全性分析，現在並將其推廣至電網和燃氣電廠，以增強國家關鍵基礎設施的韌性。國原院通過系統性分析，評估台灣電網和燃氣電廠的風險，包括電力潮流、危害、脆弱度等因素，以及進行燃氣電廠的內部事件先導案例分析和PRA建模。研究成果旨在提供電網改善措施的優先次序，增強電網韌性和提升供電可靠度。

(十) 慶祝台灣導入量化風險評估 (PRA) 技術40周年，國原院舉辦了國際研討會，重點在於反映PRA技術在核能和非核能產業的廣泛應用，以及其對國家安全、經濟發展、和社會福祉的貢獻。研討會涵蓋了PRA技術的全球重要性、最佳風險評估方法、人工智慧應用、以及面臨的挑戰與機會。

(十一) 國原院致力於開發小型模組化高能量密度獨立供電系統技術，旨在提升關鍵基礎設施的運作韌性和國家安全。考量電力設施的中斷可能對國家經濟、社會發展、以及其他關鍵基礎設施造成嚴重影響，此研究提出使用小型模組化反應器 (SMR) 結合汽電共生機組，以構建能在孤島模式下運作的獨立供電系統。這種系統能在區域電網供電不足或斷電時，提供內部穩定且獨立的電力供應，減少對外部電力或設備的依賴。長期目標是通過這種供電系統的建設，增強國家能源安全，並支援達成淨零排放目標。

(十二) 國原院自2021年7月起建立我國首間生物氬檢測實驗室，並於2022年8月揭牌，目的在於監測台灣鄰近海域以及遠洋經濟魚種的氬含量，評估日本福島電廠開始排放放射性處理水對海洋生態的影響。於2023年國原院與多個政府部門合作，已完成525件生物氬檢測，結果皆公布於核安會「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」，提供即時監測資訊給民眾。為確保食品輻射安全，國原院將持續擴充檢測量能並進行實驗室間比對試驗，以提升檢測品質的信心。



核醫製藥與民生輻射應用

國原院長期致力輻射於民生應用之技術開發，專注於核醫精準醫學之應用研究，開發新型核醫藥物、擴大核醫藥物的生產能及推廣輻射應用研究，以提供民眾核醫藥物於放射診療之需求。此外，國原院為因應民生應用之需求，於112年開始建置70 MeV中型迴旋加速器，引進新穎迴旋加速器技術，研製醫用診斷與治療之重點核醫藥物；發展太空輻射模擬試驗設施及質子量測標準技術，強化國內太空科技研究與產業發展；建立中子技術於半導體產業、航太工業、醫藥設計研究、原子能科技等領域之應用。112年度民生輻射應用領域之重要研發成果，摘要說明如下：

(一)核醫精準醫學應用之研究；主要成果包括：(1).開發多蓄克鎂肝功能造影劑，用於評估慢性肝炎與肝癌的嚴重程度，標誌產物對肝受體有高專一標靶特性，目前已完成第一、二期臨床試驗；(2).研發鏈糖複合物造影劑，能快速進入腫瘤細胞，提升腫瘤與周圍正常組織的訊號對比度，增加偵測效率；(3).開發可應用於放射性診斷治療與硼中子捕獲治療之多型態乳癌診療標靶藥物DOTA-ENPY，為具潛力之乳癌治療藥物；(4).研製腫瘤缺氧造影劑，擁有非侵入性、不引起免疫反應、減少肝臟吸收等特性，預期作為例行性臨床診斷工具，提升醫師對腫瘤缺氧程度判斷準確性；(5).精進腎功能泌尿系統診斷利器，造影劑前驅物S-Bz-MAG₃合成技術，提升製程總產率及純度，為更易於10克以上之擴量製程；(6).研究醫藥級鈾-225的生產、純化與檢驗方法，協助建置中之70 MeV迴旋加速器，為其生產鈾-225癌症標靶治療射源及後續處理預作準備。

(二)太空及半導體產業之應用；主要成果包括：(1).延伸國原院既有III-V族多接面太陽電池磊晶及電極製作技術，發展衛星用太陽電池元件，電池最高效率已達商業應用水準，且於112年台灣創新技術博覽會(TIE)獲大會評選為亮點技術；(2).建置國原院30 MeV質子射束，另結合國內醫療院所質子治療平台，可執行20-200 MeV電子元件軟錯誤率測試，提供國內太空產業測試需求；(3).利用既有生產同位素的30 MeV迴旋加速器，開發緊湊型加速器中子源，提供半導體晶片軟錯誤率測試及熱中子照像使用，並為建置中之70 MeV迴旋加速器，籌劃中子輻射於前瞻科研及民生產業之應用。

(三)醫療器材產品效能之提升；主要成果包括：開發一種機器學習方法的核醫影像處理程序，具核醫影像品質標準化、快速提供腦功能衰退與活躍資訊之優勢，可提升失智症判讀及診斷的準確度；(2).結合既有放射成像設備研發經驗與新式X光成像數值模擬技術，開發一套可生成高精度三維多能階X光模擬成像數據之模擬器，期能協助國內業者加速放射成像技術開發，以及建立虛擬臨床試驗相關程序。

新能源與跨領域系統整合

國原院延續核研所之研發量能，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。因應政府持續推動「能源轉型」、「產業創新旗艦計畫」、「六大核心戰略產業」及2022年公布的「臺灣2050淨零排放路徑及策略」，設定願景目標及採取相對應的轉型策略。國原院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。本院於2021-2023連續3年獲得全球百大的殊榮；連續4年榮獲台灣創新技術博覽會發明競賽白金獎及其他多項獎項。爰列舉數項綠能與系統整合領域研發計畫之具體成效，摘要如下：

- (一) 負碳生質精煉技術：運用纖維原料糖化製程、高通量菌株開發及新穎產品純化等創新技術，突破先前纖維原料運用的既有瓶頸，將纖維原料轉化為高經濟價值之生質產品，並使用製程剩餘物產生綠能，替代化石燃料提供電、熱需求，實現兼具負碳足跡及零廢棄物的綠色生產製程。因此，本技術實為提供突破性的解決方案，為全球首次驗證纖維原料成功生產生質化學品的潛力。(榮獲「2023年全球百大科技研發獎(R&D 100 Awards)」)。
- (二) 創新電致變色玻璃：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。(榮獲「2022年全球百大科技研發獎(R&D 100 Awards)」)。
- (三) 智慧配電網路管理系統技術：因應大量再生能源併入電網，透過微電網與配電系統的關鍵技術發展，研究團隊致力於發展自主式區域(微)電網技術，建構本土化配電網路管理系統，奠定我國微電網關鍵技術基礎。本系統整合配電監控、地理圖資系統、及配電潮流程式，具有智慧化轉供之效能。本系統已在台電雲林區處上線運轉，有效管理雲林縣全縣300多條饋線、700多MW再生能源併網發電及58萬用戶用電狀態。(榮獲「2021年全球百大科技研發獎(R&D 100 Awards)」)。
- (四) 綠色環保除溼輪製作：本技術開發綠色製程自煉鋁產業廢棄物提取鋁元素，製作成氫氧化鋁原料，輔以電漿精煉生產活性氧化鋁及氧化鋁；原料到產品完整研發除溼乾燥潔淨轉輪，建立本土化自製能力，落實節能減碳及經濟循環的效益。本項技術開發，已有技轉、技服及促進產業投資之實績；將持續市場推廣與促進國內除溼乾燥產業鏈升級，開創商機，促成經濟與環境永續雙贏。(榮獲「2023台灣創新技術博覽會發明競賽白金獎」)。



- (五) 配電饋線分區段轉供復電策略：開發含再生能源發電預估之配電饋線分區段轉供復電策略，有效解決都會區，饋線發生故障並進行轉供時，饋線裕度不足時所造成的過載跳脫。可根據再生能源裝置容量及其位置、溫度及照度、時間、及饋線資訊末端設備之電流與電壓值資訊，以潮流分析計算饋線的實際用電量，透過挑選適合之分段開關，拆解負載架構，做為轉供調度決策參考，加速排除故障，提高供電之穩定度。（榮獲「2022台灣創新技術博覽會發明競賽鉑金獎」）
- (六) 用於微電網之電壓控制系統及方法：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。本項技術開發，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，結合電力級開關設備，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，達到儲能轉換器功能加值的效益。（榮獲「2021台灣創新技術博覽會發明競賽鉑金獎」）
- (七) 含綠能之配電饋線轉供方法：開發具視覺化之配電饋線轉供方法，將配電網路開關投切、線路停電等動態，套疊於地圖上做呈現。系統可進行饋線故障偵測與區間判斷、隔離、上游復電與下游轉供等快速復電功能，並整合配電潮流計算方法，於轉供選擇條件納入饋線裕度、電壓與位置、及線路損失等重要資訊，提供饋線轉供建議方案，同時於饋線的停電範圍及故障區間可以不同顏色線段標記。透過轉供建議方案及視覺化之系統狀態，可直觀理解線路運轉資訊，清楚掌握饋線供/停電範圍與故障區間，加速調度決策及復電時間。（榮獲「2020台灣創新技術博覽會發明競賽鉑金獎」）
- (八) 森林廢棄物之多元加值化及經營模式：自然碳匯為達到淨零碳排目標的有效策略之一，藉由創新技術的突破，可應用於森林廢棄物之再利用及多元加值。藉由國原院長期累積的生質精煉核心技術，結合國內生技公司及國際夥伴，開創跨國森林碳匯創新經營模式，以建立低碳足跡之能資源生產技術、開拓國內新興生質精煉產業，同步達到減碳、加值化及環境永續經營之效益。

(九) 固態氧化物電解池及產氫技術：固態氧化物電解電池為一高效能電轉氣的裝置。國原院致力於建立本土化電解堆組裝技術及產氫測試、分析及優化技術，其成果可應用至可再生能源發電系統與儲能系統間之能源轉化。在產業推廣部分，與產業合作進行「SOEC共電解技術開發」委託研究、「高溫電性ASR量測技術」技術移轉、「固態氧化物電解電池技術發展現況分析與委託試驗工作」技術服務。在2023台灣創新技術博覽會發明競賽中，「燃料電池發電併聯電網整合裝置」及「一種金屬保護膜之組成及製備方法」兩項專利均獲得銅牌獎。

(十) 新型30 kW風力機研發及實場域測試：台灣的陸域風場以大型風力機為主，然而許多風況良好且適合安裝小型風力機的小面積風場仍待開發。本計畫結合國原院風力機技術部門、風力機開發公司、風場運維公司及風電吊裝運輸公司等合作夥伴，以建立國內完整的中小型風力機設計、製造及運維產業供應鏈，組建百分之百本土化技術團隊，打造本土商用型小型風力機之建置。未來，將持續推動分散式電廠的建置和運維產業，提供商業應用技術服務，以實現產業在地化的目標，並進一步推廣國際能源市場的應用。

綜言之，國原院深耕於新及再生能源技術研發，多項領域的技術能力已普獲國內及國際各界之肯定，並已有推廣至產業之實績。展望未來，國原院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。



榮耀成果

全球百大科技研發獎

森林廢棄物轉高價值綠色化學品之 負碳生質精煉技術(FixCarbon)



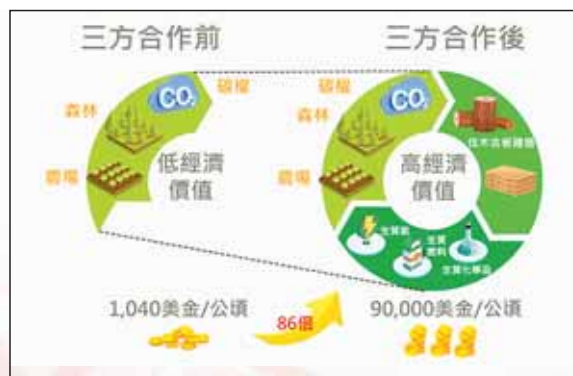
基於國原院與國內產業、紐西蘭產官單位成功地合作完成森林廢棄物加值化技術之運轉驗證，遂進一步共同以「森林廢棄物轉高價值綠色化學品之負碳生質精煉技術」為主題，勇奪「2023年全球百大科技研發獎(R&D 100 Awards)」。

本次獲獎之負碳生質精煉(FixCarbon)技術係運用纖維原料糖化製程、高通量菌株開發及新穎產品純化等創新技術，突破先前纖維原料運用的既有瓶頸，將纖維原料轉化為高經濟價值之生質產品，並使用製程剩餘物產生綠能，替代化石燃料提供電、熱需求，實現兼具負碳足跡及零廢棄物的綠色生產製程。因此，本技術實為提供突破性的解決方案，為全球首次驗證纖維原料成功生產生質化學品的潛力。

本次獲獎展現之重要價值係運用國原院負碳生質精煉技術，將可開創森林碳匯整合生質精煉的創新森林經營模式，據此促成與紐西蘭產業進行三方合作，成功驗證將紐西蘭合板廠剩餘之廢棄木片轉化為生質塑膠，其經濟產值可較單獨森林碳匯提升86倍，有效促進人造林永續經營，並解決現有產業鏈中的廢棄物問題，開創具革命性的生物循環技術價值鏈，不僅有助於減少溫室氣體排放，對抗氣候變遷之衝擊，並兼顧經濟成長、社會福祉和環境保護等多重效益，國原院將持續拓展此一研發成果，協助國內產業持續展現減碳作為、創新價值及自主生產韌性。



國原院榮獲2023 年全球百大科技研發獎領獎合影



國原院技術應用於紐西蘭森林碳匯加值案例

低碳生產、低成本 之創新電致變色玻璃量產技術



國原院以「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」美譽之稱的「2022 年全球百大科技研發獎 (R&D 100 Awards)」，所開發的電致變色節能窗產品，如圖1，具有下列優異特性：

- (1) 省電：只有在操作顏色變化時需耗能，且最大消耗功率僅2.5W。
- (2) 記憶效應佳：移除驅動電源4天後，顏色僅變化4%。
- (3) 隔熱效果佳：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) 可見光透光率變化大：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）。

各項性能均優於目前市場上領導品牌所生產之電致變色節能窗玻璃主流商品。

主要技術是以創新高密度電弧電漿源，如圖2，製作成可量產機台，成功提升電弧電漿鍍膜技術至奈米薄膜等級並開發出新穎奈米級多孔性材料，研製低耗能快速電致變色薄膜。此技術相較目前主流的濺鍍 (Sputtering) 製程，其製程速度可提升5至10倍之多，且消耗電量大幅減少至四分之一，符合綠色製造之低碳生產、低能耗、低汙染之條件，因此可大量減少溫室氣體排放，減緩地球暖化及環境日益嚴重汙染問題，兼顧經濟發展與環境保護。



圖1. 國原院開發電致變色節能窗

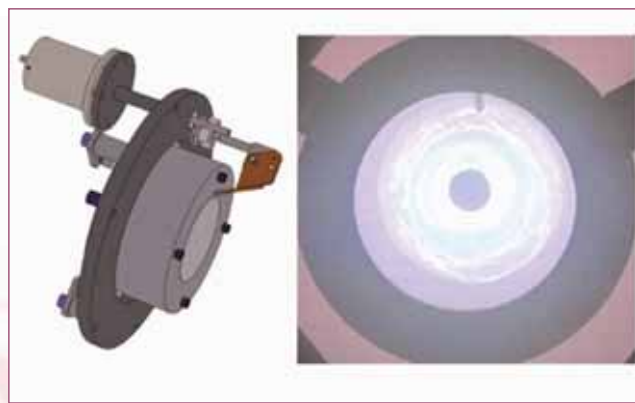


圖2. 創新高密度電弧電漿源



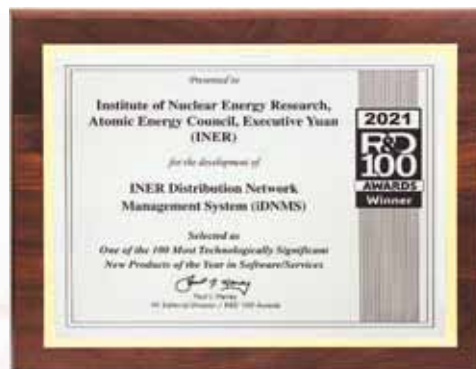
智慧配電網路管理系統(iDNMS)技術

近年來，政府提升再生能源與推動淨零排放的政策目標，為因應大量再生能源併入電網，急需開發有別於傳統電網的控制技術，透過微電網與配電系統的關鍵技術發展，管理再生能源的間歇性發電特性，強化電網韌性與效能。行政院於101年核定「智慧電網總體規劃方案」，國原院為智慧電網推動小組成員之一，研究團隊便即致力於發展自主式區域(微)電網技術，奠定我國微電網關鍵技術基礎。配合行政院於109年2月修訂版之滾動式檢討，研發團隊朝電網管理構面發展本土化配電網路管理系統，協助台電公司提高饋線調度運轉與管理再生能源能力。

本系統整合配電監控、地理圖資系統、及配電潮流程式。透過計算完的潮流計算結果，可於地理圖資系統呈現供電電流方向；於再生能源發電量上升造成電力逆向輸送時，亦可呈現相反供電方向，使調度人員能識別饋線上各區段之供電來源及掌握再生能源發電，提升系統使用之便利性。本系統之配電監控具有智慧化轉供，結合層級分析法作為權重因子基礎，調度人員可手動調整各種權重因子，其權重因子有轉供電流裕度、選擇轉供饋線隸屬主變電所、轉供後最高/最低電壓、轉供開關種類(手/自動)及線路損失等關鍵因子。本系統已在台電雲林區處上線運轉，有效管理雲林縣全縣300多條饋線、700多MW再生能源併網發電及58萬用戶用電狀態。



本系統於台電雲林區處上線運轉



R&D 100 Awards獎牌

台灣創新技術博覽會發明競賽鉅金獎

綠色環保除溼輪製作方法

tie 鉅金獎
2023

本技術開發綠色製程自煉鋁產業廢棄物提取鋁元素，製作成氫氧化鋁原料，輔以電漿精煉生產活性氧化鋁及氧化鋁，減少礦物開採，延長鋁材料生命週期，落實循環經濟及節能減碳。循環再生氫氧化鋁、活性氧化鋁及氧化鋁純度 $\geq 99.9\%$ ，除了可以直接販售外，並可依用途以專利技術進行加工，製作成節能吸附材料、環保除溼輪和蓄熱元件。綠色環保除溼輪系統整合乾燥除濕潔淨設備已經驗證可行，目前正在開發揮發性有機物吸脫附濃縮處理系統，有望可應用於空汙防制領域。此技術解決事業廢棄物處理難題，產業及人民皆有感，材料及其衍生性的產品、設備和系統販售，降低成本，再創新商機。

煉鋁爐渣純化提取氫氧化鋁（處理量100公斤/小時）、氧化鋁及活性氧化鋁吸附材料（純度 $>99.9\%$ ），延長鋁材料生命週期，減少礦物開採和二氧化碳排放，落實淨零碳排。原料到產品完整研發除溼乾燥潔淨轉輪，建立本土化自製能力（輪體直徑50公分、厚度40公分），進行節能吸附設備系統整合及場域測試驗證。提升設備能源效率20%，節省產業用電支出，循環材料及其衍生性產品、設備和系統販售，成本降低30%，再創新商機，經濟與環境永續雙贏。

以技術轉移（6件合計至少800萬）和技術服務（8件合計至少250萬）廠商為基礎，進行合作開發，由產業投入金額、人力和建置或擴充相關機具設備（促進投資至少6000萬元），包括除溼輪原料工廠，除溼輪生產工廠，除溼乾燥設備機械結構、電控系統、智慧控制、機電整合，供應鏈與上下游協力廠商連結已完成，進一步農業乾燥機烘乾設備（大蒜和香草莢）及其它除溼乾燥設備廠商合作，進行市場推廣與促進國內除溼乾燥產業鏈升級。



煉鋁爐渣提取氫氧化鋁反應



環保除溼輪成型燒結



整合系統場域驗證實測

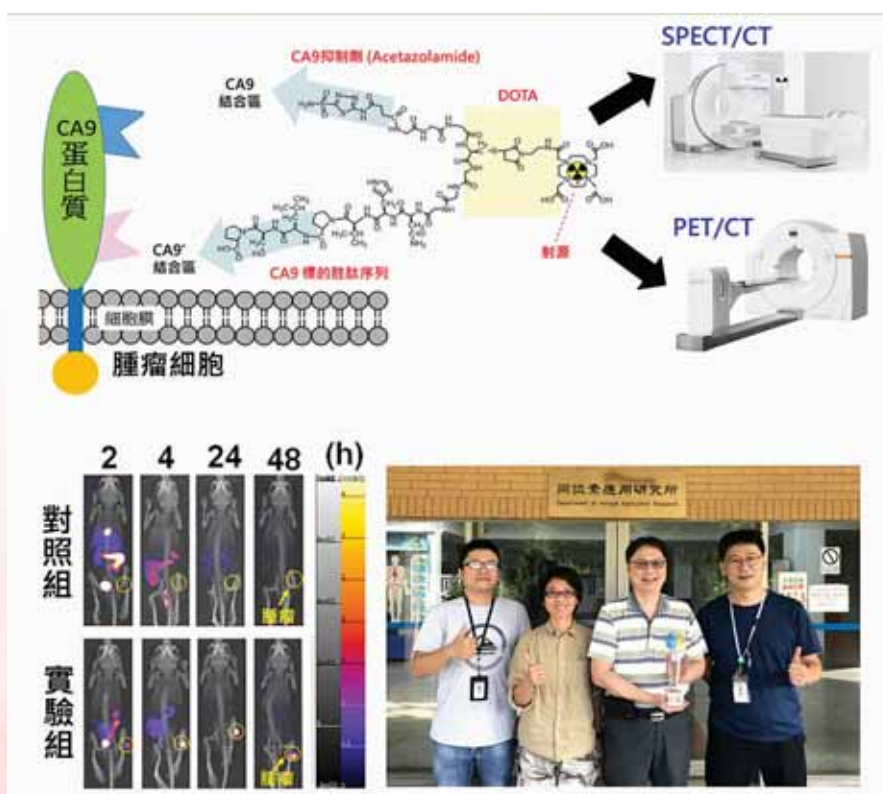


tie 鉑金獎
2023

雙靶向碳酸酐酶第九型複合物及造影劑

腫瘤缺氧的現象是導致放射療法或化學療法效果不佳的重要因素。若未能準確的評估腫瘤缺氧狀態，將錯過治療的黃金時期，造成患者病情惡化，增加醫療成本。現有的臨床診斷工具—極譜氧電極法，具有侵入性、人為操作誤差大及無法對深層器官（腦，肺，肝，腎或大腸）進行檢測等缺點。儘管目前臨床研究常以 $[^{18}\text{F}]$ MISO正子造影做為評估腫瘤缺氧程度的黃金標準，卻仍有腫瘤吸收藥物速率低、背景值高與再現性不佳等問題須克服。因此，國原院研發團隊以腫瘤缺氧生物標記（碳酸酐酶第九型蛋白質）為標的位置，並設計成雙靶向探針的構造，攜帶放射性核種，作為腫瘤缺氧造影劑。造影劑由靜脈注射經血液循環，以特異性辨識結合在腫瘤細胞表面，再以單光子電腦斷層掃描獲得腫瘤缺氧部位之影像。

國原院研究發展的腫瘤缺氧造影劑，結合非侵入性、可以直接運用在人類臨床試驗上、不引起免疫反應、減少肝臟吸收等特性，並具有低成本、合成步驟簡便、可再現性、腫瘤缺氧部位聚集高且親和力強、動物體內背景值低等優點，診斷效果優於 $[^{18}\text{F}]$ MISO，可取代極譜氧電極法作為例行性臨床診斷工具，提升醫師對腫瘤缺氧程度判斷的準確性，把握黃金治療時間，達到精準醫療的目的。此外，本藥物可用於治療前診斷缺氧程度、治療後的療效評估及後續追蹤腫瘤是否有復發或轉移到其他組織部位之情形，臨床應用上相當廣泛。





配電饋線分區段轉供復電策略

國內負載用電逐年增長，尤其都會區用電量較大，當饋線發生故障並進行轉供，若該區負載較重，且可轉供之饋線裕度不足時，將會造成聯絡饋線因超過負荷而跳脫，反而擴大停電的範圍，而面臨下游健全區的用戶無法恢復供電的窘境。同時近年再生能源產業蓬勃發展，未來將有大量再生能源併入配電饋線，若以饋線負載量作為轉供依據，可能導致饋線轉供後裕度不足及電壓過低之情形發生。因此，研究團隊提出含再生能源發電預估之配電饋線分區段轉供復電策略，以解決前述問題。

本系統開發含再生能源發電預估之配電饋線分區段轉供復電策略，根據再生能源裝置容量及其位置、溫度及照度、時間、及饋線資訊端末設備之電流與電壓值資訊，以潮流分析計算饋線的實際用電量，並以均化轉供後的各饋線負載率為目標，考量聯絡饋線的負載率及下游健全區的負載量與開關位置，當饋線發生故障時，下游健全區負載較重區域，能透過挑選適合之分段開關，拆解下游健全區的負載成不同的小區域負載，使轉供後的饋線承載率更加平均，利用兩條(含)以上饋線進行轉供，可供調度員作為轉供調度決策參考依據，加速排除故障並恢復下游用戶的供電。



(a) 饋線故障



(b) 進行分區段轉供
配電饋線分區段轉供案例



鉑金獎頒獎



tie 鉑金獎
2022

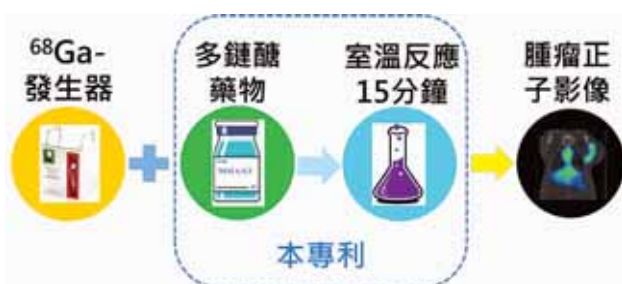
多鏈醣複合物、放射性多鏈醣造影劑及其用途

惡性腫瘤的問題關鍵是早期診斷及早期治療，如果能夠提早發現，很多癌症的癒後都很好。

[^{18}F]FDG為目前臨床上最常使用的PET癌症造影藥物，其缺點包括：(1)藥物製備煩瑣：需要使用迴旋加速器生產F-18。[^{18}F]FDG的製備需要經過多種反應步驟，合成時間長。(2)正常組織背景值高：生物體內有代謝葡萄糖的組織都會攝取[^{18}F]FDG，因為腦部及心臟會有很高的背景值，導致在這些器官及其週邊的腫瘤偵測不易。國原院針對以上情形，發明含有螯合劑(chelator)、連接基(linker)及多個醣分子，為利用大部分惡性腫瘤都有的高葡萄糖使用率的特性，使多鏈醣複合物造影劑能夠快速進入腫瘤細胞，提升腫瘤與週圍正常組織的訊號對比度，增加偵測效率。另外，本發明有別於[^{18}F]FDG，其分子明顯大於[^{18}F]FDG，並於正常腦部及心臟攝取明顯降低，因此在腦部及肺部會有較低的背景值，能夠提升腫瘤與週圍正常組織的訊號對比度。

本發明使用正子放射性同位素鎵-68(Ga-68)，是以發生器(generator)取得射源，使用上類似鎝-99m(Tc-99m)發生器，無需依賴迴旋加速器，藥物製備流程簡易。另外，本發明能夠以凍晶套組方式製備，透過鎵-68發生器的淘洗後，直接注入鎵-68，可於室溫下15分鐘完成快速標註，使用前無需進行藥物純化，臨床使用上十分方便，並且能夠降低藥物成本及減少操作人員輻射劑量。凍晶套組不含放射性物質，能夠長時間保存，可銷售至全球各國，大幅提升產品的使用方便性及推廣潛力。本發明除了能夠應用於惡性腫瘤之偵測，也能夠應用於癌症療效評估，以非侵入性方式評估治療方式的適當性，如發現治療效果不佳，就能夠立即改變治療方式或藥物，避免延誤治療時程。

創新價值



技術效益





多蕾克鎂肝功能造影劑

維持足夠肝功能，是肝病患者存活的決勝關鍵。由於肝臟實質細胞細胞膜表面的去唾液酸醣蛋白受體數量，在正常肝臟和肝病肝臟有很顯著的差異，因此透過去唾液酸醣蛋白受體造影術與多蕾克鎂肝功能造影劑，可以靈敏看出正常肝臟與肝病肝臟的造影差別。多蕾克鎂肝功能造影劑係指標誌上放射性同位素鎂-68的多聚乳糖，對肝臟細胞膜上的去唾液酸醣蛋白受體有絕佳的肝標靶特性，可以做為肝功能造影劑。此外，六聚乳糖能特異性結合到肝臟去唾液酸醣蛋白受體，除了接上放射性同位素可作為肝功能造影劑外，若接上干擾性核糖核酸將具有做為肝標靶核酸治療藥物之潛力。

多蕾克鎂肝功能造影劑可以評估慢性肝炎與肝癌的嚴重度。已完成第一、二期臨床試驗，證實其能夠更精確地觀察肝癌範圍，區分良性腫瘤與惡性腫瘤，以及評估肝臟功能。有絕佳肝標靶與高安全藥理特性，可輔助醫師做精準肝功能診斷。多蕾克鎂肝功能造影劑有全球專利佈局，已是醫藥級凍晶配方，只需將鎂-68加到凍晶瓶中，溶解靜置15分鐘，就可以作為正子造影使用。標誌產物對肝受體有高專一標靶特性，背景值低，靈敏度高，具有方便、快速、半衰期短、穩定性佳、可全球銷售等優勢。



tie 鉑金獎 2021

用於微電網之電壓控制系統及方法

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，微電網透過整合功率調節器、再生能源及既有負載，可提供一電力品質改善解決方案，然而當微電網運轉於孤島模式下，由儲能電力調控系統作為主要電源，若因負載用電需求投入負載變壓器時，受限於變壓器磁性材料之固有特性，瞬間將產生過大的啟動電流，導致儲能電力調控系統瞬間無法承受此電流，將造成儲能電力調控系統設備跳機，進而導致區域電網全黑。

國原院開發用於微電網之電壓控制系統及方法(如圖1)，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，結合電力級開關設備，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，達到儲能轉換器功能加值，其技術具產品創新性與成本競爭力，且榮獲2021年台灣創新技術博覽會(TIE)發明競賽鉑金獎(如圖2)。



圖1. 用於微電網孤島模式之電壓控制系統應用情境



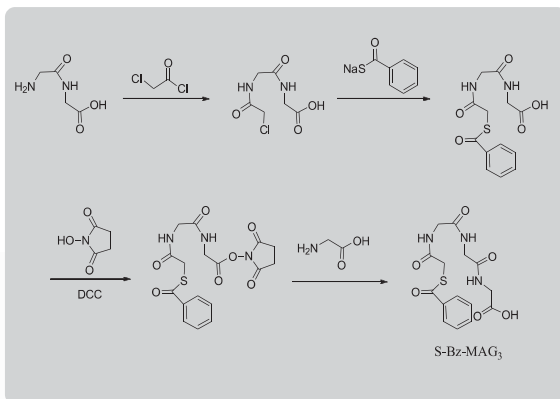
圖2. 2021年台灣創新技術博覽會(TIE) 鉑金獎獎狀與獎座



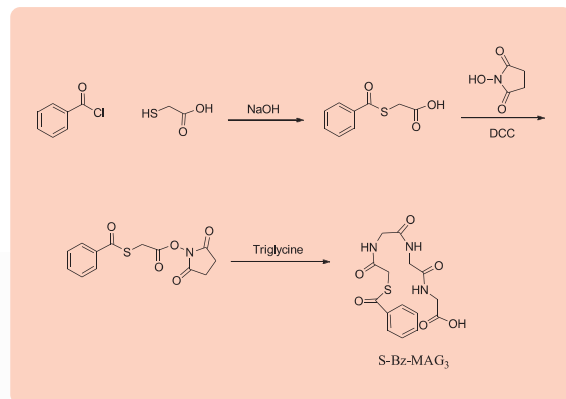
腎功能及泌尿系統之診斷利器- 造影劑前驅物S-Bz-MAG₃ 之製備方法

Tc-99m-MAG₃ 為專一性診斷有效腎血流量及腎小管功能造影劑，能精確掌握及分析腎臟分泌排泄的藥理特質，已成為全世界進行腎功能診斷時重要的核醫藥物。S-Bz-MAG₃作為腎功能造影劑的前驅物原料藥，其合成研發與技術不斷精進，促成Tc-99m-MAG₃的順利生產與核准上市，不僅使國內腎臟泌尿系統病患，獲得更精準及有效的醫療診斷服務，使國原院成為推動本土化核醫製藥產業的圭範。

國原院相關研發同仁將S-Bz-MAG₃合成途徑進行調整，由原先四步驟反應簡化為三步驟，其關鍵在於將結構中的三個胺基酸單元一次稼接完成，而非原製程的逐段稼接。改良後之製程總產率為64%，較舊製程總產率提昇了10-15%；產品純度更達到99%以上，相對熔點也因而提昇3-4°C，在產率及純度品質上均有長足的精進。且改良後製程之各步驟產物不需繁複的管柱層析純化，易於進行10公克級以上擴量製程，並已完成多批次的驗證生產，未來期許能將S-Bz-MAG₃原料藥擴量製程技術轉移給民間製藥產業，使國內腎臟泌尿系統病患，獲得更精準有效的醫療診斷服務。



S-Bz-MAG₃舊有製程(逐段稼接胺基酸單元)



S-Bz-MAG₃改良製程(一次稼接胺基酸單元)

	舊有製程 (逐段稼接個別胺基酸單元)	改良製程 (一次稼接所有胺基酸單元)
步驟	4	3
產率	51.16%	64%
熔點	195-196 °C	198-199 °C
純度	98%	99.3%



含綠能之配電饋線轉供方法

近年來隨著環境永續議題受到高度關注，綠能產業也隨之蓬勃發展，然風力、太陽能等再生能源之輸出功率受天候因素影響容易有大幅度變化的情形發生，造成供電品質的不穩定。配電饋線調度實務上，調度員主要以配電監控系統掌握饋線即時運轉狀態，但其僅以單線圖呈現饋線拓撲架構，缺乏地理圖面資訊，於饋線停電事故中，若調度員想參考地理圖面資訊輔助決策，須另以人工方式查找地圖，恐影響復電操作時間，故開發具視覺化之配電饋線轉供方法，可輔助調度員迅速掌握饋線故障位置及轉供調度決策參考依據，以達到快速復電之目標。

本系統透過資料視覺化技術，可將配電網路開關投切、線路停電等動態，套疊於地圖上作呈現。當饋線發生故障時，系統將進行饋線故障偵測與區間判斷、隔離、上游復電與下游轉供等快速復電功能，並整合配電潮流計算方法，於轉供選擇條件納入饋線裕度、電壓與位置、及線路損失等重要資訊，提供饋線轉供建議方案，同時於饋線的停電範圍及故障區間可以不同顏色線段標記。透過轉供建議方案及視覺化之系統狀態，調度員可直觀理解目前線路運轉資訊，清楚掌握饋線供/停電範圍與故障區間，加速調度決策及復電時間。



饋線停電範圍及故障區間



鉑金獎頒獎

Date .

榮耀成果

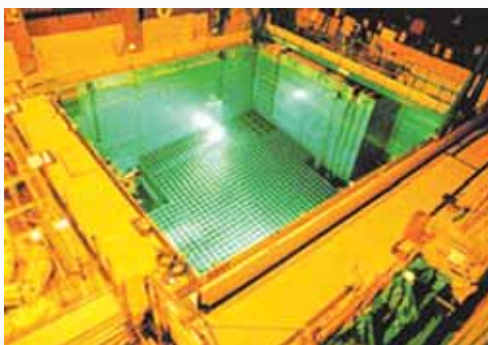
研發與創新

核安與核後端

消彌發生超越設計基準地震之安全疑慮- 用過核子燃料池完整性評估

本研究基於美國核管會(U.S. Nuclear Regulatory Commission, NRC)在福島事故後的地震風險再評估相關要求，發展應用於用過核子燃料池(Spent Fuel Pool, SFP)之地震完整性評估方法，進行耐震餘裕評估(Seismic Margin Assessment, SMA)；於地震新事證之危害分析結果條件下，檢視現有SFP結構設計下所衍生快速池水流失情節與其應變時間，以及是否可以滿足安全要求，依據NTTF 2.1 (Near-Term Task Force Recommendations 2.1)之規範，發展適合我國用過核子燃料池完整性評估之方法，討論超越設計基準地震之分析與接受準則，分析可能導致用過核子燃料池池水快速流失之議題。

整體而言，本項技術可確保我國用過核子燃料池完整性，藉由NTTF 2.1之要求，發展符合我國之檢核方法，逐步確認用過核子燃料池在面臨類似福島事故的情境下，可以確保強震後具有相當餘裕的救援時間，降低民眾對核安的疑慮。本研究分別使用結構分析與非結構分析，進行用過核子燃料池完整性檢核，其所建立之評估流程可以應用於機組運轉階段、以及除役過渡階段。由於我國核電廠將逐步邁入除役階段，相關安全管制與技術評估議題同等重要，目前本研究技術也應用於相關技服案件。



檢核項目	評估結果
SFP耐震餘裕	☑大於接受標準
用過核子燃料池穿越管孔失效	☑耐震一級
燃料傳送閘門失效	☑閘門材質為不鏽鋼
虹吸效應	☑管路設有虹吸破壞裝置
池水沸騰流失+池水振盪濺溢	☑大於72小時

用過核子燃料池示意圖及檢核項目

大幅增加安全餘裕—核臨界安全分析 導入燃耗額度技術於最終處置計畫

當中子撞擊重原子核時有可能使其分裂成兩個以上較輕的原子，並同時釋放出大量的能量和數個中子，進一步觸發周圍更多的核分裂反應，從而形成連鎖反應，如圖1。由於核分裂連鎖反應能夠產生巨大的能量，是商用核能發電的基礎，若無法控制這種反應，可能導致意外事故及災害，也就是所謂的「核臨界」事故。因此，掌握核分裂連鎖反應的安全性和控制方法對於使用核能技術的國家至關重要。

國原院於核臨界安全分析領域深耕十餘年，是國內唯一具備完整核臨界安全分析技術的單位。在核能安全政策下，核後端領域對於用過核子燃料的核臨界安全需求與日俱增，其中安全性更是民衆高度關注的議題。只要有用過核子燃料的地方就會有核臨界安全議題，國原院開發的核臨界安全分析技術能提供全方位解決方案，確保我國用過核子燃料的核臨界安全。

國原院開發之用過核子燃料核臨界安全分析技術已有廣泛的應用實績。核一廠一期乾式貯存系統之安全分析完全由國原院獨立執行，並獲得主管機關的認可。此外，在用過核子燃料池方面，也建立了關鍵性的燃耗額度分析技術，並在隨後的核二廠裝載池改裝案派上用場，協助核二廠及時解決用過核子燃料池不敷使用，機組須提前停機的窘境。

在高放最終處置計畫中，國原院首創結合燃耗額度模式及複雜的廢棄物罐幾何模式(如圖2)，並以十餘年下來累積的厚實技術能量與經驗，克服分析模式複雜度大幅增加及龐大計算資源需求的困難，將技術水平提升到國際水準。所創效益為：(1)大幅提升廢棄物罐之核臨界安全餘裕；(2)減少廢棄物罐使用數量及地下處置場面積，節省龐大建置經費。對於安全性及經濟效益都有重大貢獻。

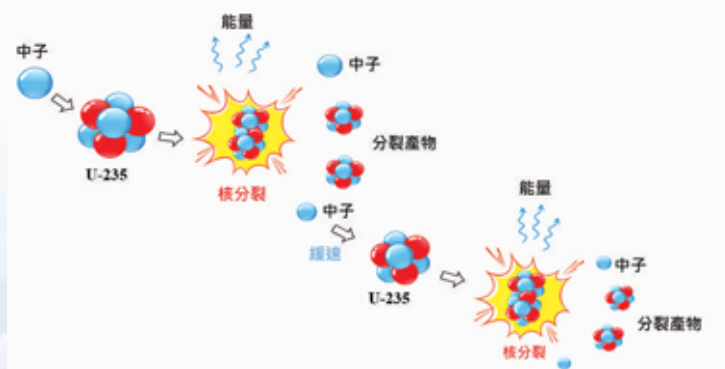


圖1. 核分裂連鎖反應



圖2. 蒙地卡羅方法中子物理行為追蹤

BWR高燃耗及受損燃料乾貯申照技術發展

國原院(前身為核研所)於94年8月引進美國NAC International公司的UMS (Universal Multipurpose Systems)系統，成功發展出INER-HPS (High Performance Systems)系統。但原經美國核管會(NRC)審查核可之NAC-UMS系統，其所核可BWR用過核燃料可允許之最大燃耗為45 Gwd/MTU，超過台電現有用過燃料之最大燃耗，且受損燃料尚未取得許可，另外，NAC-UMS系統中之密封鋼筒主要使用304/304L材料，並未涵蓋耐候抗腐蝕性的316/316L材料。因此國原院透過執行「BWR高燃耗及受損燃料乾貯申照技術發展」計畫，運用過去建立之分析、設計、品保、以及系統整合能力，依國內核電廠之特殊條件進行改良，建立本土化用過核子燃料乾式貯存技術，並參與NAC-UMS向美國核管會(NRC)申請執照變更修訂案，掌握申照與執照變更有關之關鍵技術。

NAC-UMS執照變更修訂案(Amendment 8)於110年9月24日已獲得美國核管會完成整體安全評估並正式發行(含符合證明書，如圖1所示)，而美國聯邦公報刊載執照變更修訂案於2021年10月19日正式生效，如圖2所示，使國原院之HPS系統可涵蓋BWR受損燃料及高燃耗燃料(至60 Gwd/MTU)乾式貯存之應用，為國內乾貯首創成功案例及增進本土乾貯系統之競爭力，已完備國內三座核能電廠執行核後端計畫所需要之高燃耗及受損燃料乾貯技術能力，未來將可推廣應用至國內核電廠之用過核子燃料乾貯作業。本計畫參加2021年5月國際精密機械與製造科技研討會(ICPMMT)，2篇論文於研討會中發表，並刊登於國際期刊(EI)。本計畫參加國原院舉辦之55週年研發成果暨業務創新競賽，榮獲「優等獎」之殊榮。

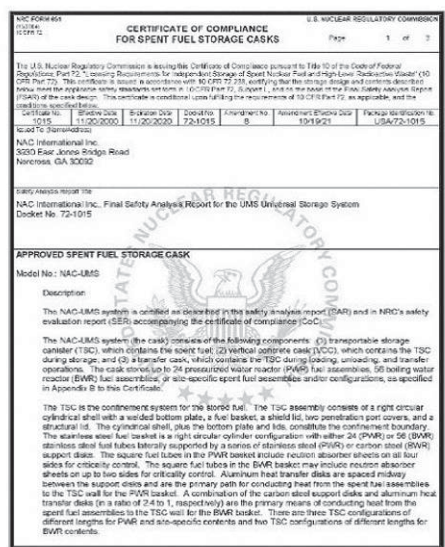


圖1. 美國核管會發行之符合證明書
(CoC No. 1015)



圖2. 美國聯邦公報刊載NAC-UMS執照變更修訂案正式生效

用過核子燃料乾式貯存之模擬貯存 監測檢驗與特性研究

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、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。

為掌握國內用過核子燃料於乾式貯存期間之貯存特性與行為變化，台電公司與國原院合作，以台電公司核一、二廠實際用過之核子燃料，針對不同燃料設計、供應廠家、以及燃耗值等參數進行研究，在國原院熱室內，以特殊設計之包封容器裝填照射後的全尺寸用過核子燃料棒，模擬國內乾式貯存內部環境，進行模擬貯存監測與加速實驗。

國原院已完成熱室內特殊設計貯存罐之安裝與測試、以及燃料棒貯存前特性分析；現正執行用過核子燃料乾式貯存之模擬貯存監測實驗，且因應非破壞檢驗之密集監測需求，完成「全尺寸燃料棒非破壞檢驗平台」之建置，此平台為國際首創，可同時執行多項檢驗，減少燃料檢驗時間及操作時對燃料之可能損傷，確保燃料完整與數據準確性。

國原院利用國內獨一之熱室執行BWR 燃料棒監測與特性研究，以本土自主技術協助台電公司，以定期監測與檢驗用過核燃料，以取得國內燃料貯存特性數據，進行程式分析應用驗證，用以推估燃料於長期貯存階段時之行為表現，並建立本土燃料數據資料庫，於未來乾貯執照更新時亦可當作有效的評估數據。貯存模擬罐可提供即時監控環境，快速提供相關之燃料特性數據，作為與民衆溝通之技術佐證，提升民衆對國內用過核子燃料安全處置之信心。



熱室安裝完成之特殊設計貯存罐



全尺寸燃料棒非破壞檢驗平台系統

地震引致廢棄物罐剪力破壞 及其水流與傳輸多模式整合架構

廢棄物罐內放射性核種傳輸行為的特徵化分析，是放射性廢棄物地質處置性能及安全評估的重要工作之一；我國地震頻繁，地震引致截切廢棄物罐之裂隙造成剪力位移，進一步致使廢棄物罐受到剪力破壞，則是我國處置議題中的重要挑戰。本研究首次提出一個模式整合架構，並串聯3個數值分析模式（圖1），包括：（1）地震引致裂隙發生剪力位移量、（2）廢棄物罐受裂隙截切及其剪力位移失效率（圖2）、（3）地下水流動及傳輸模式，完整地地震引致廢棄物罐剪力破壞之位置以及傳輸行為的特徵化分析。

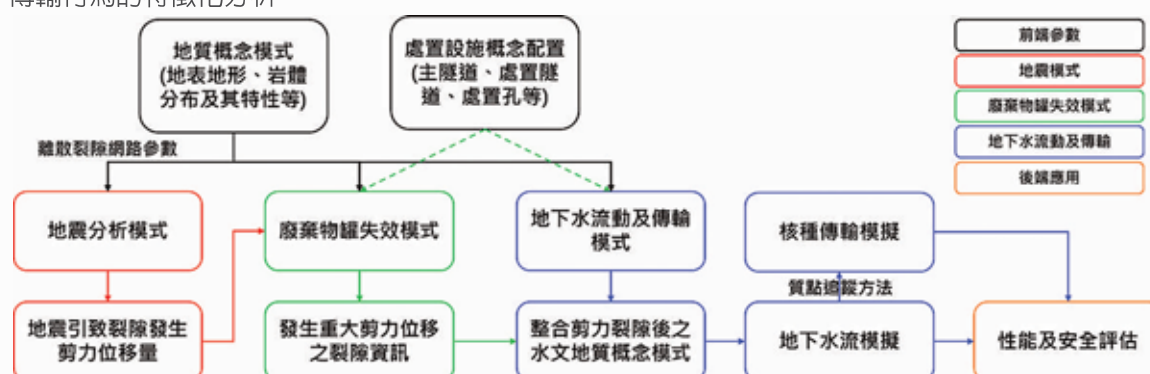


圖1. 地震引致廢棄物罐剪力破壞及其水流與傳輸多模式整合架構流程圖。本研究提出一整合前端參數(黑框)、地震分析模式(紅框)、廢棄物罐失效模式(綠框)、地下水流動及傳輸模式(藍框)及後端應用(橘框)之架構，完成進行地震對於廢棄物罐剪力議題之定量分析。

國原院承接台電公司用過核子燃料最終處置相關計畫，藉由參考國外處置先進國家(如瑞典、芬蘭等)之評估方式，獨步提出串聯3個數值分析模式的整合模式，以應對我國地震頻繁之現象及可能對處置設施造成的影響，並特徵化分析潛在的地下水流動及傳輸行為(圖3)，提供處置計畫在性能及安全評估所需。

本研究可協助我國處置計畫的技術推動及可行性的評估，同時擔任串聯前端(如地質調查、地質概念模式)及後端(如性能評估、安全論證)之重要角色，先期成果已投稿相關重要期刊並獲接受與刊登，後續亦將推廣至國外爭取技術服務。

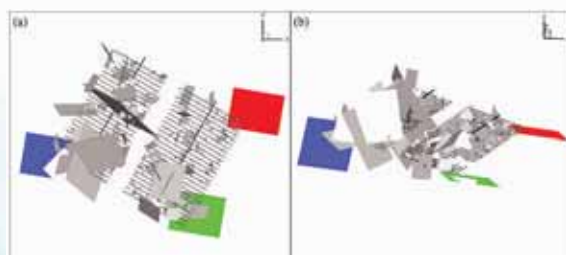


圖2. 裂隙截切廢棄物罐特徵化並計算潛在破壞廢棄物罐之位置(紅、綠、藍共3片裂隙)。(a)俯視圖；(b)立體圖。

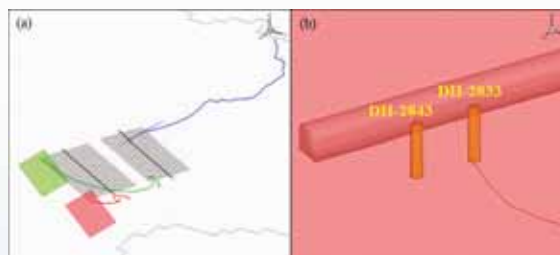


圖3. 核種由廢棄物罐傳輸結果特徵化(以紅色裂隙為例，破壞廢棄物罐)，(a)傳輸結果；(b)紅色裂隙局部圖。

Yu, Y.-C.; Chen, C.-J.; Chung, C.-C.; Ni, C.-F.; Lee, I.-H.; Wu, Y.-C.; Lin, T.-Y. A Multimodel Framework for Quantifying Flow and Advective Transport Controlled by Earthquake-Induced Canister Failures in a Reference Case for Radioactive Waste Geological Disposal. *Energies* 2023, 16, 5081. <https://doi.org/10.3390/en16135081>

TRR爐體之生物屏蔽體 拆除技術開發與工程驗證



因應台灣研究用反應器 (TRR) 設施除役計畫，依照111年9月23日主管機關核備「台灣研究用反應器 (TRR) 爐體廢棄物拆解計畫書 (第2版)」之規劃，執行TRR爐體廢棄物拆解。在國際除役經驗中，TRR相同類型反應器並無前例可循，因此需自主開發拆解工法與工程規劃，建立除役自主能力。

TRR爐體廢棄物主要分為爐體內部組件及生物屏蔽體。爐內組件及生物屏蔽體於拆除過程中，因吊運相互干涉影響，因此生物屏蔽體拆除作業無法一次完成，需分為三期進行(圖1)。

依據TRR爐體的輻射特性調查結果，部分混凝土有活化情況，為避免空浮擴散疑慮，未採用傳統破碎敲除的拆解方法，而使用能切割整塊混凝土的鑽孔機加上鑽石鏈鋸作業技術，考量污染可能滲入多孔性的混凝土中，也未採用業界常用加水冷卻的濕式切割技術，而使用乾式切割方法。

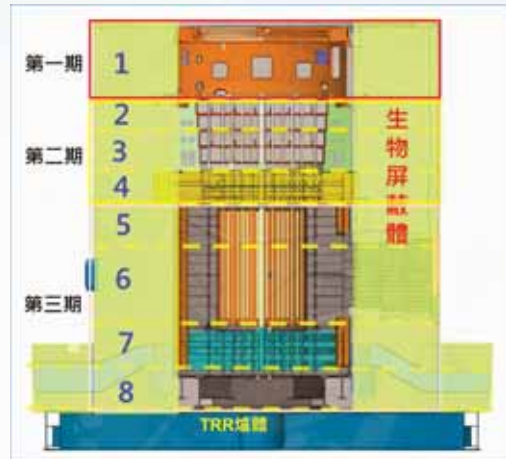


圖1. 生物屏蔽體拆除工程分期

基於上述考量，國原院採用國內少有的乾式鑽孔及鑽石鏈鋸切割技術，使用拆解工法如圖2，實際作業時，配合現場狀況及技術改良，克服乾式鑽孔的效率不佳的問題。本技術開發及工程驗證應用，為國內核設施第一個採用乾式鑽孔及鑽石鏈鋸拆解工法的應用實績(圖3)。

此拆解工程係國原院自主規劃，再交由專業技師設計，由國內廠商進行施作，使技術在地化及產業本土化，進而扶持成立國家核設施除役團隊，協助未來國內核設施的除役工作。

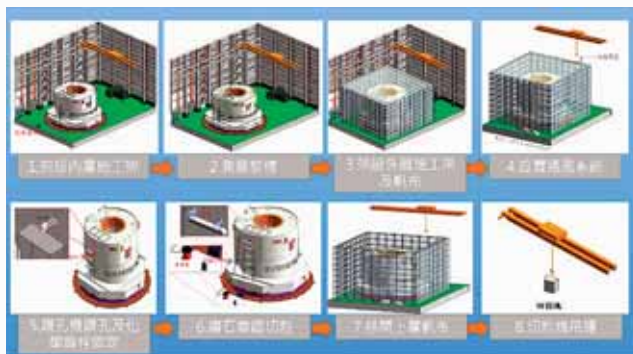


圖2. 生物屏蔽體乾式拆除工法



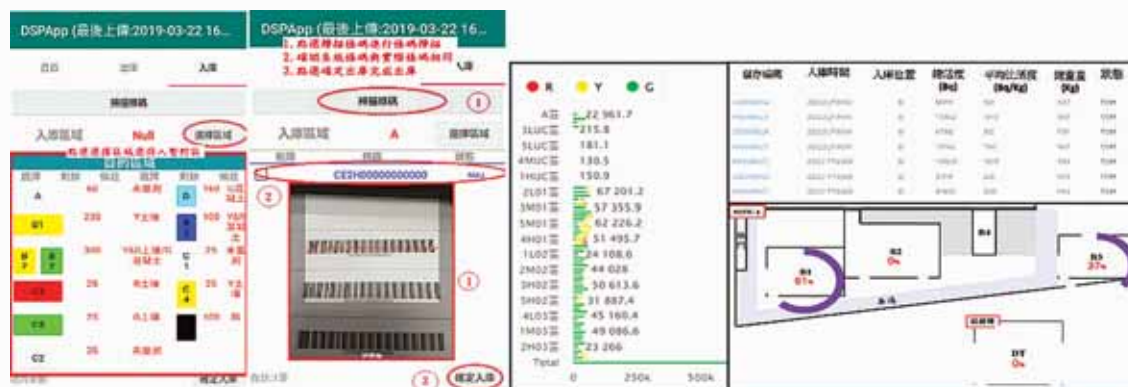
圖3. 生物屏蔽體拆除工程實績

工程資訊管理系統開發- 以DSP放射性廢棄物為例

TRR燃料乾貯場(Dry Storage Pit, 簡稱DSP)清除為TRR除役主要工作。DSP之混凝土、土壤、貯存孔數量龐大,需耗費大量人力、時程,且廢棄物量測分類作業產出的大量數據資料,本院設計一套資訊系統進行管理。將複雜之紀錄化繁為簡,方便管理者管控工程進度並提升作業效率。

為與現場作業同步,本院開發於行動裝置上可使用之「作業現場管理APP」,配合作業進行記錄各項變化。並整合國原院自主研發之「可連續進料及出料之輻射量測裝置」,將大量廢棄物的量測數據即時回饋予管理者。

本系統可與現場「區域輻射監測器」、「門禁系統」、以及「人員劑量筆」等裝置連結,能即時反應輻防人員現況,落實輻射防護管制規定、確保作業人員安全。另外,結合3D工程視覺輔助設計呈現量測統計資料,為國內首例。



現場管理APP、放射性廢棄物分類統計表、履歷及進度追蹤

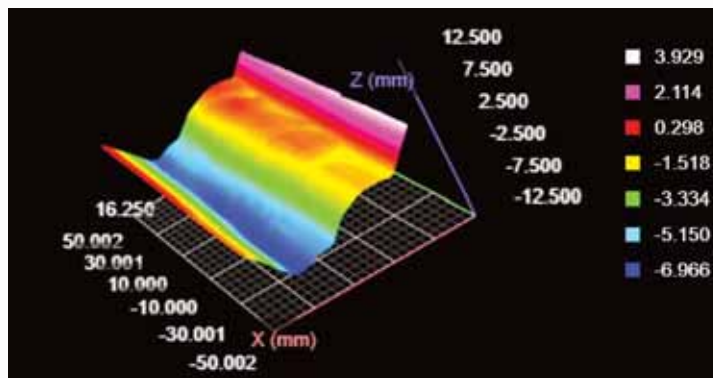


現場輻防管制即時監控與3D工程視覺輔助設計

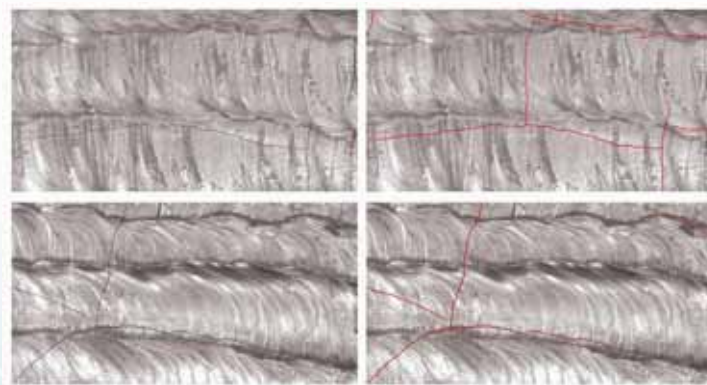
智能化視覺應用於銲接品質檢測技術之發展

依據國內鋼結構銲道目視檢測(Visual Testing, VT)標準(CNS 13021)，銲接件不允許有任何裂縫、滲透不足(Incomplete Penetration)、熔合不良(incomplete fusion)、搭疊(Overlap)、或銲道未填滿等瑕疵；但氣孔(Porosity)、銲冠、銲蝕(Undercut)、腳長及喉深不足則有其容許範圍。傳統的目視檢測需仰賴專業人力，然因檢測速度慢、疲勞導致之檢測差異性、以及因人而異的判定結果等因素，加上無法精確紀錄瑕疵而導致難以追蹤，且無法長時間配合連續製程作業，因此造成工程延宕及成本耗費等議題。近年來，隨著機具自動化、光學感測器、以及計算機視覺演算的快速發展，國原院積極進行相關技術整合，以期提升國內銲接檢測技術。

國原院依銲接瑕疵等特徵屬性，分別採用2D與3D視覺感測器進行資料擷取，並搭配AI及自動化檢測技術，克服上述傳統目視檢測之瓶頸外，相較於業界常見之定性化檢測，國原院已開發瑕疵特徵量化技術，並可進行容許範圍之統計分析。本技術可於製程中進行即時監控，適時改善作業參數；全程數據分析與記錄，以利進行肇因回溯；搭配相關參數進行大數據分析，藉由預測性分析(Predictive analytics)以防範於未然。採用本技術，可在不需改變既有製程條件下，有效降低成本並提升良率，促進整體產業升級。



銲道輪廓點雲圖



(a)取樣原圖 (b)檢測標示
銲道表面微細瑕疵檢測



以量化風險評估(PRA)技術強化電網韌性 - 電網脆弱度與燃氣電廠供電可靠度之探討

我國近年遭逢數起大規模停電事件，且未來再生能源占比增加與極端氣候對電網之挑戰勢必更加嚴峻，因此不容忽視電網與能源供應設施之風險控管。

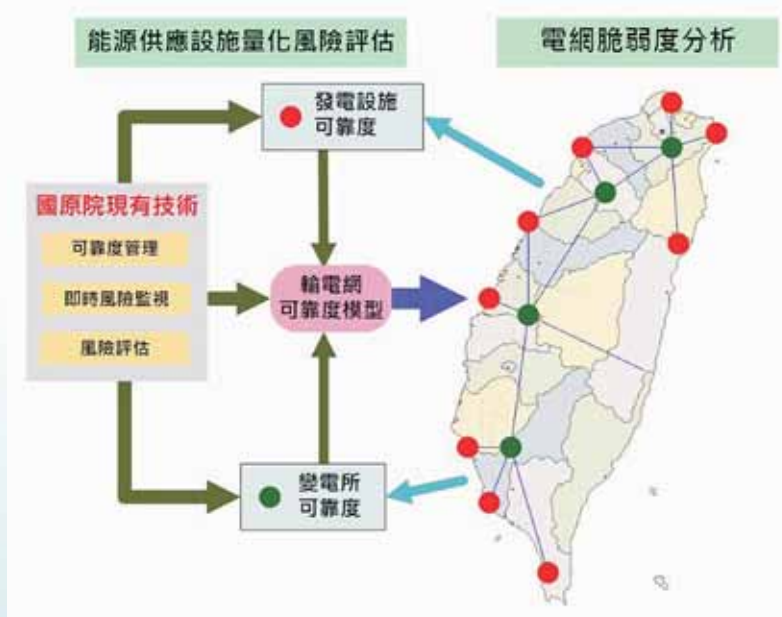
國原院自民國72年起即發展量化風險評估(Probabilistic Risk Assessment, PRA)技術，至今已歷40年。國原院除了在核能業界有極為顯著的貢獻外，近年來亦將PRA技術廣泛應用至非核能產業，藉以強化國家關鍵基礎設施之韌性。

以民國112年將PRA技術應用至電網與燃氣電廠之計畫為例，係透過系統性科學方法評估電網與燃氣電廠之弱點，強化風險管控及提升韌性，有助國家淨零排放政策推行與穩定國家供電可靠度。

國原院於民國112~114年執行前瞻計畫「淨零排放-電網韌性分析」，評估架構如下圖，其分析模式納入台灣全島發電廠與35座超高壓變電所等設施，完成電網脆弱度與重要度之評估程序與燃氣電廠之PRA模式建立。

於電網分析方面，則整合電力潮流、危害、脆弱度、以及暴險等風險因子之影響，並以發電廠與變電所為節點完成電網風險建模，以探討節點失效對整體電網風險的影響程度與其重要度；研究成果可做為風險辨識與擬定強化電網改善措施之優先次序判斷，有助於提升電網韌性。

於燃氣電廠量化風險評估方面，則完成內部事件之先導案例分析與PRA建模，探討主發電系統(氣渦輪機、蒸汽輪機、熱回收鍋爐與其他)及支援系統可能造成跳機之成因，現階段已完成系統分析與故障樹分析，用以檢視系統及設備潛在弱點，確認與辨識後果嚴重之危害項目及重要設施，研究成果可強化電廠營運管理，提升供電可靠度。



「淨零排放-電網韌性分析」前瞻計畫之評估架構

台灣導入PRA技術40周年紀念國際研討會- 開創量化風險評估新紀元

國原院(改制前為核研所)於民國72年開始發展量化風險評估(Probabilistic Risk Assessment, PRA)技術，歷經40年發展與精進，PRA研究已深根於台灣各專業領域和學術界，並於核能業界有極為顯著的貢獻。近年來在首任院長高梓木博士的推動下，已將PRA技術擴大應用至非核能產業，如石化產業、關鍵基礎設施保護、迴旋加速器運轉與維護、液化天然氣接收槽、以及台電電網上。另外，也在航太工業及軌道系統等國家關鍵基礎設施，以風險管控方法，預先排除可能的危害因子，強化設施韌性，從而促進整體經濟發展、維護國家安全和提升全民福祉。



圖1. 邀請函

國原院已經成功舉辦過5次國際風險評估研討會，112年是PRA技術導入國內第40周年，為深化技術量能及持續彰顯對國家之貢獻，國原院於112年12月13日舉辦「台灣導入風險評估技術40周年紀念國際研討會-開創量化風險評估新紀元」(圖1)，並以視訊方式供國內外相關單位參與。高院長特別邀請美國麻省理工學院榮譽教授暨前美國核管會委員George Apostolakis教授、前原能會主委夏德鈺博士、法國巴黎礦業大學與義大利米蘭科技大學Enrico Zio教授、香港理工大學Vincent Ho教授等國際重磅學者與專家進行五場次專題演講，以及國內相關單位貴賓蒞臨會場和致詞(圖2)，計有國土辦、國科會、職安署、災防辦、工研院、台電公司、清大、台灣高鐵、英商貝泰公司等百餘位產官學研各界先進參加，齊聚一堂探討PRA技術發展與應用及風險評估新紀元議題。



圖2. 高梓木院長與貴賓合影



圖3. 專題討論貴賓



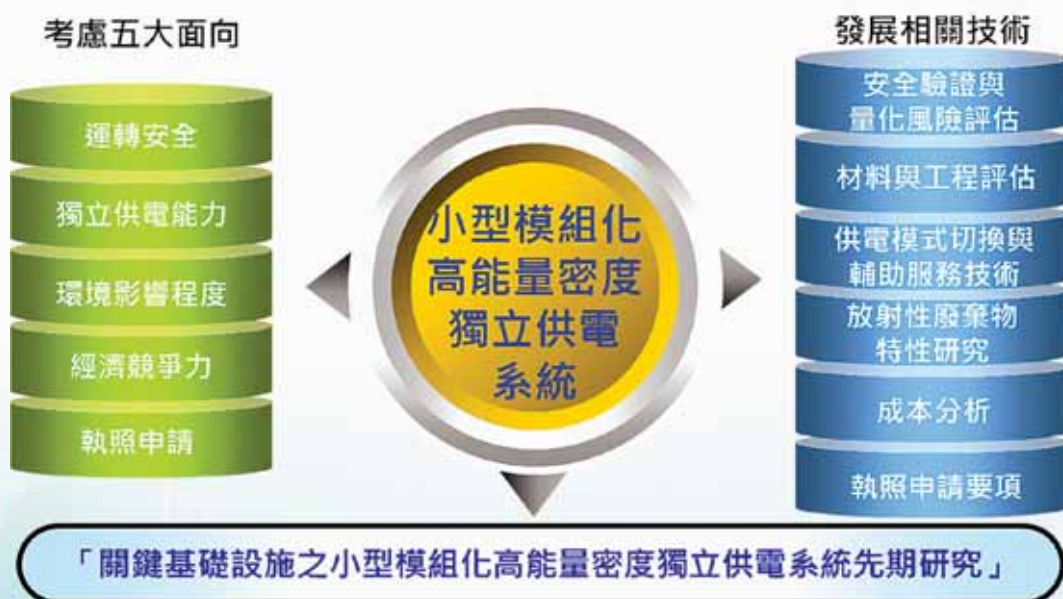
此研討會重點涵蓋PRA技術對全球工程科學永續發展的重要性，包括四項主要目標：（一）針對個別產業討論最適合採用的風險評估技術、（二）探索人工智慧對工業韌性及永續發展風險評估之應用、（三）關注大眾運輸系統監控之整合風險管理議題、以及（四）風險評估新紀元面臨的挑戰與機會。專題討論（圖3）包括美國風險評估和風險告知決策制定的進展、台灣應用風險評估技術強化核電廠安全之經驗、評估關鍵基礎設施韌性及系統風險、整合風險管理以增進軌道安全監測，以及應用人工智慧加強設施系統安全。國原院發展PRA技術並推展至各關鍵產業，配合國家整體經濟發展和能源政策，強化國家關鍵基礎設施之安全與韌性，對國家貢獻卓著。國原院很榮幸舉辦此國際研討會，不僅繼續深化PRA技術在國內的發展，並紀念湯烺孫博士，感謝湯博士在40年前將PRA技術導入台灣，開啓台灣風險評估領域的契機與發展。



關鍵基礎設施之小型模組化高能量密度獨立供電系統技術研發

電力供應良窳直接影響國家經濟和社會發展，乃至國家安全。電力設施為關鍵基礎設施，其供電韌性也影響其他關鍵基礎設施的正常運作，是關鍵基礎設施之母，若其功能失效，可能產生連鎖反應，危及其他設施之運作。行政院國家關鍵基礎設施安全防護指導綱要中指出，「應建立對策計畫，設法減緩設施功能中斷影響，提升政府及社會功能的持續運作能力，進而保障人民生命財產與福祉，維護國土安全與國家安全」。不論在平時或國際局勢緊張時，具有孤島運轉能力的分散式小型獨立供電設施，有助於健全國家關鍵基礎設施運作韌性，尤其國際局勢緊張將影響發電燃料的供應，具有高能量密度的供電系統，所需燃料體積小，可貯存長期運轉所需的燃料，不受國際動盪影響燃料的供應，可確保國家關鍵基礎設施持續運作能力，維護國家安全。

國原院規劃以小型模組化反應器 (Small Modular Reactor, SMR) 搭配汽電共生機組以組成「小型模組化高能量密度獨立供電系統」，透過功率調節系統在區域電網供電不足時，依據輔助服務需求，支援區域電網運作，讓區域電網穩定供電並提升電力品質，在區域電網因故障無法供電時，小型模組獨立供電系統能透過功率調節系統對斷電之區域供電，毋須外部之電力或設備的支援，因其可運作於「孤島模式」及「平時併網模式」，適合作為國安設施及關鍵基礎設施的供電配置。長遠而言，以SMR建構供電系統可以增進國家能源安全，並協助國家達成淨零排放的目標。如下圖所示，國原院從五大面向著手，規劃進行先期研究，協助我國發展「小型模組化高能量密度獨立供電系統」之相關技術，以期未來能增進關鍵基礎設施的運作韌性。



為食安把關-國原院生物氚檢測結果 資訊公開與量能擴充

國原院自110年7月起開始著手建置我國第一間生物氚檢測實驗室，並於111年8月正式揭牌成立，且逐步擴充檢測量能，112年6月已擴充檢測量能至每年500件，成立目的在於執行台灣鄰近海域洄游魚類、生態樣本、以及重點遠洋經濟魚種之氚含量調查，以評估日本福島電廠長期排放放射性處理水對生態之影響。

112年配合衛福部食藥署、農業部漁業署、農業部水試所、以及海委會國海院，進行日本福島電廠排放前後我國日本輸入水產動物及藻類、台灣沿岸漁獲物、以及海域生態樣本之氚含量檢測，共計完成525件重點洄游魚及邊境抽驗之生物氚檢測，包含農業部漁業署臺灣近海漁場248件及北太平洋秋刀魚漁場33件、衛福部食藥署邊境輸入水產食品與藻類100件、以及海委會國海院海生中心臺灣海域生態樣本144件，檢測結果每週二彙整公布於核安會與國原院共同建置「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」之「跨部會輻射監測整合儀表板」，以科普化方式向民眾傳遞即時監測資訊。

因應日本於112年8月24日開始排放福島第一核電廠含氚處理水，國原院藉由協助各部會執行各類水產品氚含量檢測分析，以科學證據確保民眾食用水產品之輻射安全，另將依照行政院112年9月27日核定之「生物氚檢測量能提升專案實施計畫」，持續擴充生物氚檢測量能並辦理國內實驗室間比對試驗，以取得TAF相關檢測認證，提升國人對檢測品質之信心。

 農業部漁業署	 衛福部食藥署	 海委會國海院
臺灣周邊海域經濟漁獲 及北太平洋秋刀魚	邊境輸入 水產動物及藻類	臺灣海域沿岸 生態採集樣本
281件	100件	144件
		

生物氚檢測量能提升
(200→500件/年)



核醫製藥與民生輻射應用

緊湊型加速器中子源之開發與運用規劃

中子與同步輻射光是解析自然界物質微結構的兩種重要工具，兩者在材料檢測上具有互補性。其中，中子為電中性且穿透力強，可取得原子核資訊而有較高的散射分析準確性；另外，中子具有磁矩而可用於檢測磁性材料等特性，是磁材料、化學變化動態過程、軟物質及含氫等低原子序材料研究的利器，對於先進材料和製程技術開發至關重要。

我國已在國內建置同步輻射光源並服務廣大用戶，並在國外與澳洲核子科學技術組織 (ANSTO) 合作建造冷三軸光譜儀，為台灣研究人員預留的中子束實驗時間，但受限國內欠缺中子散射實驗設施，致中子人才培育與訓練、業界材料研究及製程開發等在中子儀器的國內使用需求仍無法落實。

目前世界各國極力發展加速器式中子源，相較於研究用反應器，此類中子源具有低核子保防敏感度、可用於醫療設施、低建造費用、可彈性佈署及擴展儀器效能，並具有可再提昇 (upgrade) 中子源設施規格及性能等優點。國原院運用現有生產醫療用同位素的 30 MeV 迴旋加速器，開發緊湊型加速器中子源，已開始執行晶片軟錯誤率測試及熱中子影像的使用評估。並新建 70 MeV 迴旋加速器，除用以穩定同位素生產外，更積極擴展中子散射的運用。

透過與國內外中子領域專家的交流討論，國原院已確立國內中子散射儀器需求種類、人員訓練及設施管理等特性要求。未來國原院將積極建立國際合作管道，用以執行儀器建置與營運所需的技術交流與人才培訓，期望得以提供國內工業和學術應用所需的中子服務，協助國家培訓尖端中子人才，並在氫能及淨零碳排等重大政策推動中扮演中要角色，以促進國內經濟發展並厚植國力。



會議通知



會議與會人員大合照

台灣中子科學國際諮詢會議

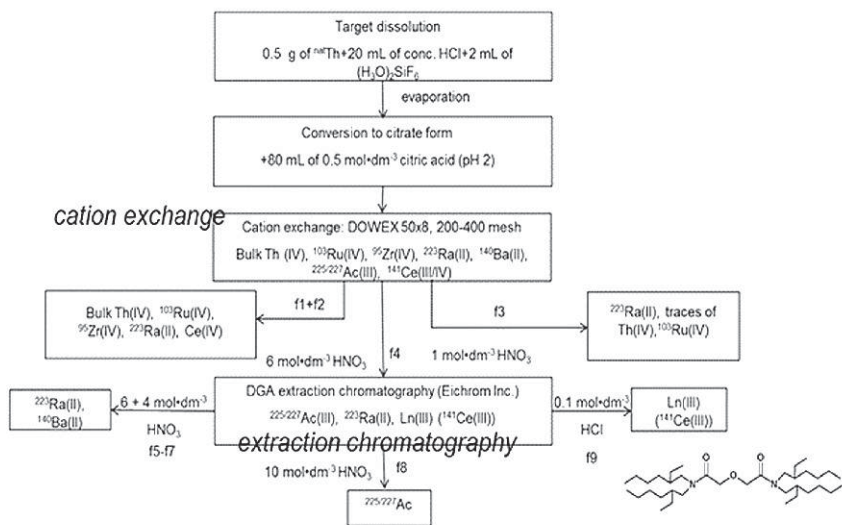
70 MeV迴旋加速器產製放射性同位素技術研究 -醫藥級鈾-225的生產、純化與檢驗方法研究

國原院執行「70 MeV中型迴旋加速器建置計畫」，將建置新型70 MeV加速器並生產核醫藥物級鈾(Ac)-225同位素，應用於標靶癌症治療核醫藥物研究開發。鈾-225可釋出阿伐輻射核種，對腫瘤細胞具高毒殺效應。國際上許多國家級研究機構競相利用各式加速器方法生產醫藥級鈾-225同位素。本研究彙整相關文獻，對鈾-225的醫藥應用、生產方法、品管項目與標準、分離純化得鈾-225並移除其他雜質同位素程序、檢驗分析成品品質之技術詳加討論，為加速器建置完成後順利產出醫藥級鈾-225同位素於癌症標靶治療應用之準備。

利用加速器高能質子照射鈷-232靶材，獲得鈾-225，靶材成本較低。結合離子交換層析、螯合劑萃取層析技術，分離移除雜質離子核種。再以alpha能譜分析儀、gamma能譜分析儀、感應耦合電漿質譜儀或光譜儀等儀器測定鈾-225核種活度、純度、雜質核種活度、含量及鑑定等品管檢驗，期使鈾-225符合醫藥品質要求及保障用藥安全。



美國國立橡樹嶺實驗室所
產製的醫藥級鈾-225成品



鈷-232經加速器質子照射後分離移除雜質核種，純化取得鈾-225程序。

執行單位：Los Alamos National Laboratory

*出處：Radchenko, V.; et al. J. Chromatography A, 1380 (6) 55-63 (2015).

多型態乳癌診療神經胜肽藥物

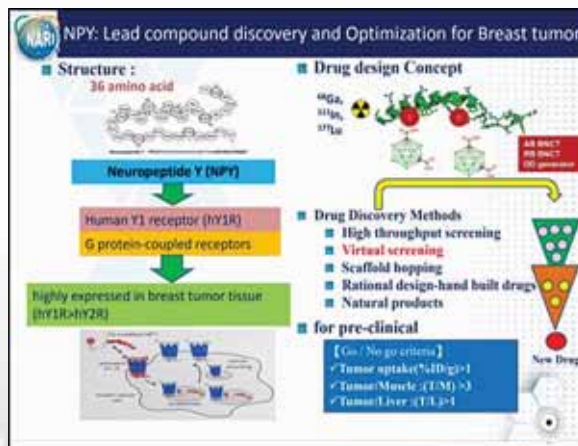
惡性腫瘤為十大死因之首，尤其癌症末期治療副作用高且臨床用藥上具有其限制，以 BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) 與質子治療搭配傳統放化療，可彌補多重復發性癌症缺口，具有治療優勢。BNCT 為利用中子與藥物中的硼-10 產生核反應，以近距離 (5-9 μm) 釋放 α 粒子和 ^7Li 反冲粒子摧毀腫瘤細胞。

本發明針對致死率高的三陰性乳癌，以 PRRT (Peptide Receptor Radionuclide Therapy) 原則，開發多型態的乳癌診療神經胜肽衍生物，可用於伴同式診療 (CDx) 與進行硼中子捕獲治療，為不想開刀的乳腺癌患者 (原位與轉移) 提供另一種靶向性治療方式，以降低乳癌死亡率。

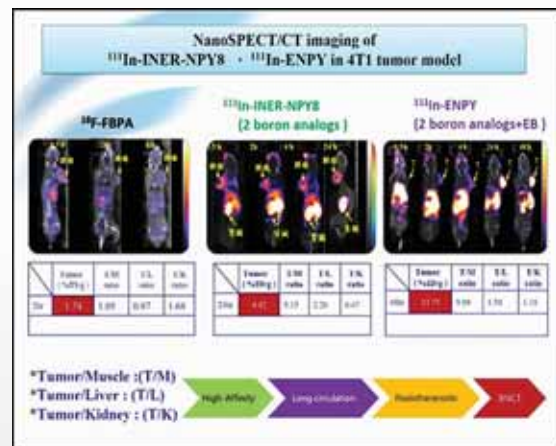
本發明之診療性神經胜肽藥物的優勢在於含硼藥物於腫瘤處高度蓄積，腫瘤與正常組織的比率 (T/M) 高於目前習知的 BNCT 藥物，高專一性，可減少藥物給予劑量，已與數個研究單位進行技術合作。

目前 BNCT 治療主要以 GBM、黑色素瘤和頭頸癌治療應用，臨床上常用 BPA 與 BSH 藥物，然而 BPA 代謝快，必須持續給藥維持血中濃度。國內自主開發可應用於放射性診斷治療 (PRRT) 與硼中子捕獲治療 (BNCT) 之多型態乳癌診療標靶藥物 DOTA-ENPY，其結構設計為 (1) 乳癌靶向性神經胜肽 NPY 衍生物、(2) 金屬螯合劑、(3) 白蛋白親合物、(4) 連結基及 (5) 含硼分子 BSH 類似物，經矩陣式藥物篩選與動物造影結果分析，藥物可於血液中長效循環，專一性高、可降低使用劑量效果。此外，臨床前動物影像評估，藥物經 48 hr 於 4T1 腫瘤蓄積量為 BNCT 藥物的 10 倍，T/M 值可達 5 倍，為具潛力之乳癌治療藥物，

本發明藥物結構設計也可用於其他診治療型 BNCT 標靶藥物開發，作為個人化醫療新利器。本發明之 DOTA-ENPY 標靶藥物亦可選擇性標誌不同種放射性同位素，佐以正子 (PET) 或單光子 (SPECT) 造影作為伴同式 (CDx) 標靶藥物，也有應用於硼中子捕獲治療的潛力。



NPY 先導藥物優化與篩選機制



NanoSPECT/CT 於 4T1 動物腫瘤模式影像比對
(尾靜脈注射 ^{111}In -ENPY, ^{111}In -INER-NPY8 藥物)

X光成像創新利器 - 高精度三維多能階X光數位成像模擬技術

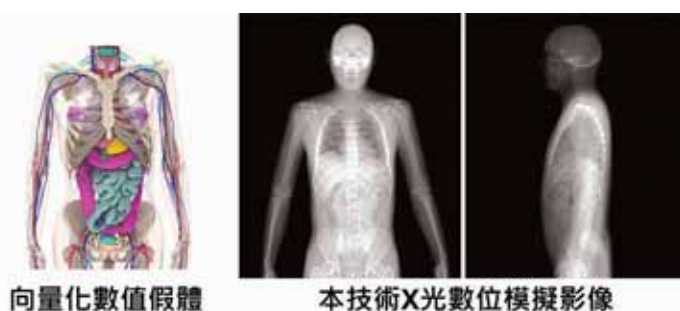
臨床試驗為實證醫療器材產品效能與安全性之關鍵程序。傳統臨床試驗往往受限於相關倫理規範而不易招募足夠受試者，試驗程序亦需大規模經費支持，且數據缺乏真值比較基準，極度仰賴臨床專科醫師診斷意見，這些綜合因素可能導致試驗期程冗長而延後產品上市時程。近年來，美國食品藥物管理局 (FDA) 對於醫材法規管制發展方向，逐漸朝向縮短醫材開發驗證時間、降低開發成本、提升受測者安全性目標前進。策略之一是採用電腦程式模擬造影系統、受測者與成像物理作用等現象，稱之為虛擬臨床試驗 (Virtual clinical trial, VCT)，並已核准數件使用模擬數據進行虛擬臨床試驗的X光成像相關技術之醫材。因此，國原院結合過去放射成像設備研發經驗與新式X光成像數值模擬技術能量，開發一套可生成高精度三維多能階X光模擬成像數據之模擬器，短中期目標希望可協助國內業者加速放射成像相關技術開發，長期目標希望可協助我國建立虛擬臨床試驗相關程序。

本技術由成像模擬器與數值假體兩大部份所組成，為虛擬臨床試驗流程之關鍵程序。其數據具真值比對基準，能突破傳統臨床試驗限制，具有可縮短醫材開發驗證時間、降低試驗成本及提升受試者安全性等優勢。本技術之創新性為整合多項核心子技術，包括(1) 成像模擬器部分，整合解析式光子作用模式軟體運算加速技術與GPU硬體運算加速技術，運算速度可提升3個數量級以上達秒等級，能克服傳統三維X光成像模擬方法運算時間較長的問題，並結合國原院開發之多能階X光成像模擬技術，提供更豐富多元成像數據，可供新式X光成像技術開發驗證之用；(2) 數值假體部分，支援目前主流之各式數值假體型式(如：數學假體、體素假體與向量化假體等)，並可依應用需求設計假體構造與材質，符合高彈性度應用開發需求。

本技術相關成果已發表於國際SCI期刊並獲得多項國內外專利，應用面亦可擴及醫用/工業用X光成像設備開發，協助系統效能先期評估與後期參數最佳化，可縮短開發時程與減少硬體建置成本，具市場潛力。



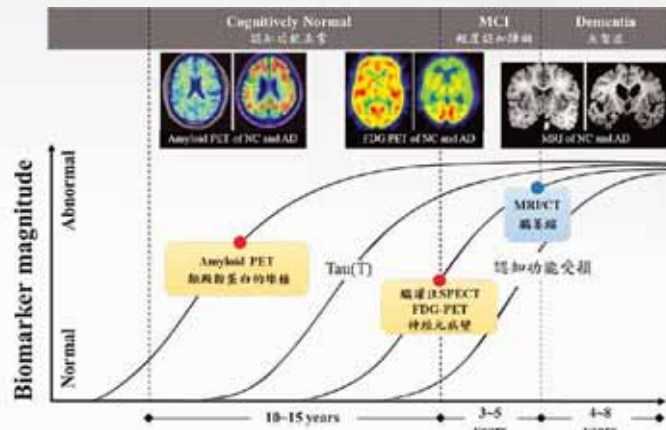
傳統臨床試驗與虛擬臨床試驗流程圖



三維多能階X光數位成像模擬結果

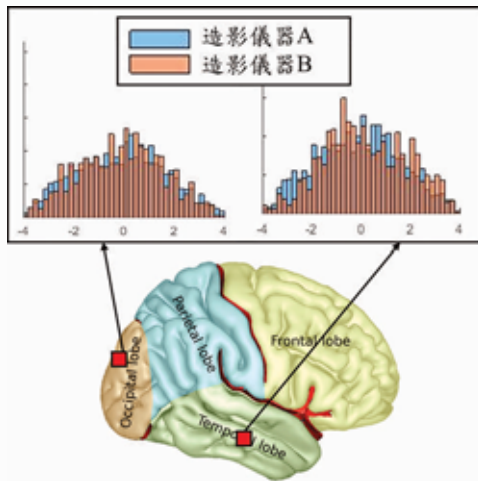
機器學習賦能— 核醫影像標準化與精準失智影像判讀

台灣面臨高齡化社會的挑戰，失智症已成為不可忽視的社會議題。臨床常用之磁共振造影(MRI)及電腦斷層造影(CT)，當檢測到腦部結構性萎縮時，常已達認知功能受損階段。為能在輕度認知功能障礙階段或更早期診斷出腦部異常，核醫分子影像(SPECT或PET)為最有效靈敏的檢測利器之一。



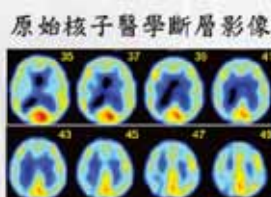
失智症通常已發生腦萎縮(藍處點)，而核醫影像(紅點處)可更早(6~15年前)、更精確發現腦部異常。

核醫影像判讀仰賴核醫專科醫師主觀經驗，且缺乏跨院、跨廠牌儀器之影像判斷標準，可能導致出現「相同疾病卻得到不同影像和不同診斷結果」，因此，處理影像達成標準化判讀水準，乃是核醫成像技術的重要議題。國原院專利技術(發明第I701679號)為一種基於機器學習方法的核醫影像處理程序，具有核醫影像品質標準化、快速提供腦功能衰退與活躍資訊兩項優勢，可望解決上述問題。



核醫影像品質標準化結果顯示不同醫院、不同儀器，校正後健康腦影像的統計平均值、標準差一致。

此專利技術特色為(1)以易於實現的軟體演算法達成影像標準化處理，僅需少量影像，即能處理跨院、跨廠牌設備之核醫影像，有利國人專屬之失智症核醫影像腦功能衰退比較基準建立。該方法相較於習用假體實驗方法更經濟且易於新數據的相容與資料庫的擴增；(2)符合數據真實分布快速提供腦功能衰退、活躍資訊，將病患的核醫影像轉換為異常腦功能影像，有助於核醫科及神經內科醫師更客觀判讀與診斷。此項專利技術榮獲2023台灣創新技術博覽會專利發明競賽金牌獎。



改良版標準分數
演算法



採用專利技術演算，可將核醫影像轉換為異常腦功能影像。

專利證書與金牌獎座

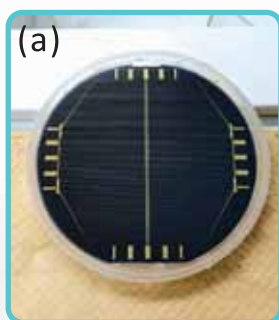
太空電力來源-衛星用太陽電池元件

人造衛星之電力主要是由太陽電池提供，若太陽電池採用III/V族化合物半導體為主材料，則具備能量密度高、薄型輕量化及高輻射阻抗等優勢，在太空應用上比起矽晶太陽電池有更佳的優勢。

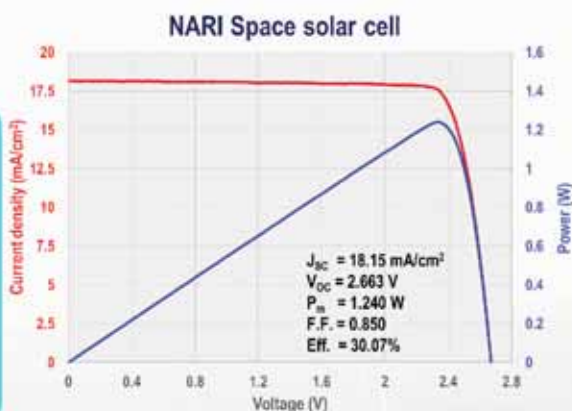
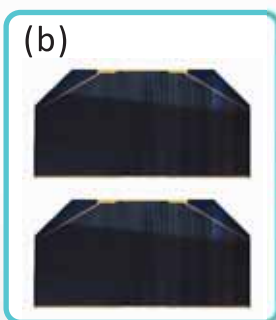
國原院長期致力於創新技術之研發，投入聚光型III-V族多接面太陽電池技術已有十餘年，累積相當可觀之研發經驗。近年配合政府「國家太空科技發展長程計畫」政策，將國原院之III-V族多接面太陽電池磊晶、電極製作等技術延伸，開發出高效率人造衛星用太陽電池，為國內首個以此材料進行人造衛星用太陽電池製程技術開發之國家級研究機構。此技術是以有機金屬化學氣相沉積法(Metal-organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD)進行III-V族多接面太陽電池磊晶，搭配黃光微影技術製作金屬電極，最後切割成面積 30.18 cm^2 之太陽電池晶片。此為商用衛星太陽電池之主流尺寸。

此受光面積 30.18 cm^2 之太陽電池於太空光譜(AM0)日照強度下，最高效率超過30%，已達到商業應用之基本要求(商售電池效率為28%-32%)。國原院自製之電池亦同步依循國際測試標準ECSS-E-ST-20-08C進行輻射環境耐久度驗證，可確保電池在衛星使用期程內保有優異之性能。本技術於112年台灣創新技術博覽會(TIE)獲大會評選為15件亮點技術之一。

太空太陽電池為前瞻科研領域，國內產業鏈屬於萌芽階段，國原院以既有技術加值應用於人造衛星之太陽電池開發，提升太空產業關鍵組件之自製率。完成之人造衛星用太陽電池以應用於福爾摩沙衛星為首要目標，成為國內首次進入實際太空環境驗證之自製太陽電池，促使太空科技產業於國內生根茁壯，達成技術自主化目標。



(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

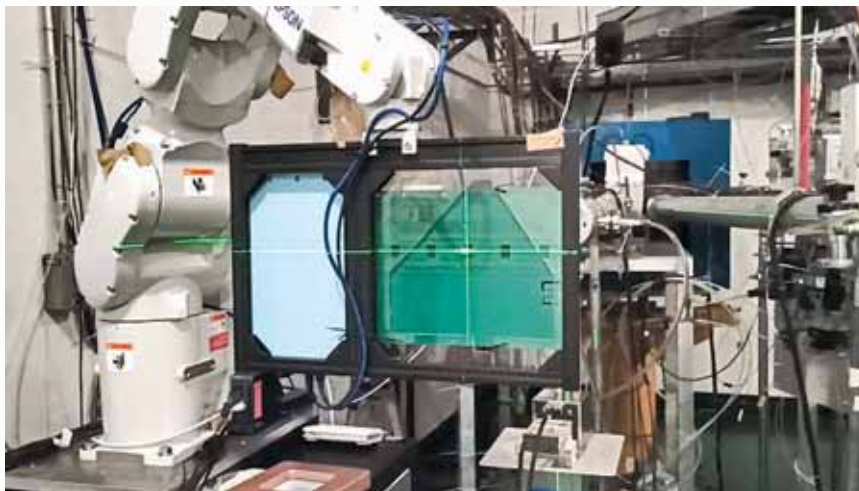


受光面積 30.18 cm^2 之人造衛星用高效率太陽電池元件之IV與PV曲線圖

太空電子元件軟錯誤率測試系統研發

面對嚴峻的太空環境，抗輻射電子元件是太空科技的核心組件，僅有少數國家與廠商掌握關鍵技術能量。太空領域已關注到電子元件經輻射引發的單事件效應危害，隨著半導體製程演進與積體電路線寬縮小，電子元件更容易受高能粒子的影響。近年來抗輻射及高可靠度的電子產品市場快速成長，各式電子元件廣泛應用在太空、航空、軍事、醫療及核能的設備，依據MarketsandMarkets的2024年抗輻射電子市場調查報告書指出，抗輻射電子市場規模預計將從2024年的17億美元成長到2029年的21億美元。國內廠商積極搶攻抗輻射電子元件市場，對於輻射驗測需求也日益增長。

國原院配合我國太空產業發展政策，加入「臺灣太空輻射環境驗測聯盟」，提供30 MeV以下質子照射環境，執行太空元件輻射驗證與篩選測試服務。另參考ESCC 25100規範研發太空電子元件軟錯誤率測試系統，並結合國原院迴旋加速器及國內現有醫療院所質子治療平台，可進行20-200 MeV電子元件軟錯誤率測試，強化國內太空輻射環境驗證技術，支援國內太空產業發展。



30 MeV迴旋加速器平台實測應用



軟錯誤率測試系統控制介面開發

成果應用

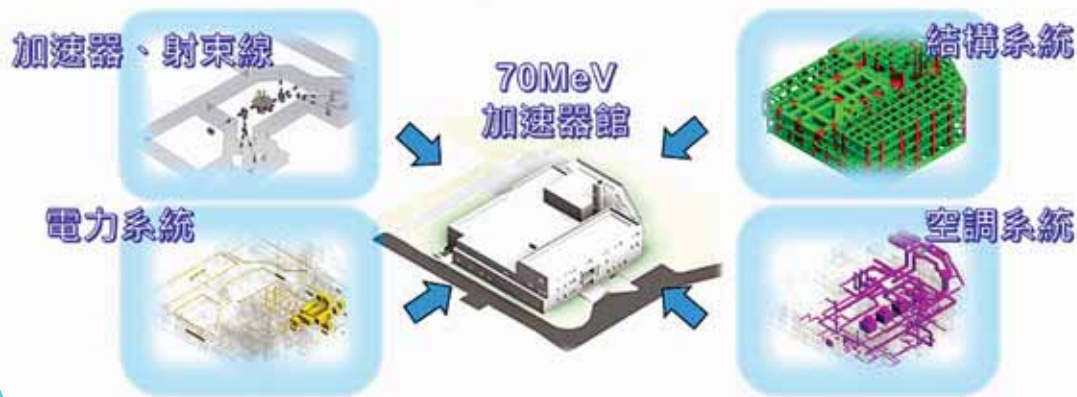
國原院自行研發軟錯誤率測試系統，可應用於電子元件軟錯誤率測試技術服務，相關技術成果已支援國內業界執行衛星電子元件驗證技術服務，112年總計4件。

BIM 技術應用於70 MeV加速器廠館新建工程

扣合國家六大核心戰略產業中有關臺灣精準健康、國防及民生戰略產業的佈局，以及配合行政院及核安會年度施政目標與策略，開發精準診療藥物穩定國內核醫藥物供需，並推廣原子能科技創新，培育跨域人才、逐步建立原子能關鍵技術，促進產業加值。為符合上述政府科技發展政策指示，我國有必要建置一座兼具核醫製藥與原子能科學應用之中型迴旋加速器，因此國原院向行政院爭取「國家中子與質子科學應用研究：70 MeV中型迴旋加速器建置計畫」，於110年10月21日獲行政院核定。本計畫著重於研製醫用重要放射性同位素，提供國內核醫藥物需求。並可進行中子、質子科學應用研究，推廣於半導體業、航太工業等領域，以完善國內太空科技研究與產業發展所需基礎設施，提升我國重要科技與產業技術之國際競爭力。

考量70 MeV中型迴旋加速器館新建工程(以下簡稱新建工程)涉及加速器系統及其相關設備與廠用系統(包含結構、電氣、空調、給排水、消防)介面之複雜性，以及輻射防護安全之相關要求，國原院導入建築資訊建模(Building Information Modeling, BIM)，BIM技術係透過電腦於虛擬空間中模擬實際工程的一種技術，應用於協助建築生命週期，包含規劃、設計、施工、營運與維護等各階段工作之管理。國原院運用BIM技術，結合科研需求與專業設計單位技術能量，透過參數化3D繪圖技術，輔助建築物與迴旋加速器系統及其相關設備之介面整合，並檢討建築結構、電力、空調、消防等多項系統之設計衝突，完成廠館新建工程設計，後續將於施工階段輔以先進之電腦科技與3D圖像化視覺技術，確保廠館如期如質建置完成，提升國內核醫藥物與原子科學發展能量。

BIM模型技術應用



應用BIM技術整合加速器與建築各項系統介面

新能源與跨領域系統整合

森林廢棄物之多元加值化應用技術- 開創森林碳匯創新經營模式

因應全球暖化趨勢，利用自然碳匯已被視為達到淨零碳排目標的有效策略。碳匯係指自然界中可用於固定與吸收儲存二氧化碳之載體，以海洋、土壤與森林為主要來源，尤其森林碳匯係指森林從大氣層吸收二氧化碳並將其儲存於樹木、灌木叢、根系等不同部位，相對於海洋、土壤碳匯，現階段更具有技術成熟與成本效益之優勢，惟自然碳匯效益之彰顯尚須仰賴於創新技術的突破與應用，如僅依存現有經營模式，將難以在有經濟效益下達成淨零碳排目標。

紐西蘭林木資源豐沛，木材加工產業興盛，惟過程中衍生可觀之森林廢棄物，目前多以掩埋、焚化進行處置，不僅對環境與生態產生負面影響，也難以展現經濟效益，故紐方積極尋求可行之森林廢棄物再利用模式，期能於廢棄物去化之同時達到減碳、加值化效益。

有鑒於此，國原院與國內翰森應用生技股份有限公司 (Inspira) 以及紐西蘭 NZ Bio-forestry 公司完成多方合作，以紐西蘭輻射松 (Pinus radiata) 為標的，基於全木利用策略，開發森林廢棄物多元加值化技術，進而開創森林碳匯創新經營模式，於達成減碳成效之同時，最大化森林碳匯效益。

本次國際合作之技術研發預期將可展現以下成果效益：

- 一、建立低碳足跡之能資源生產技術：以國原院之前處理、酵素水解糖化、乳酸發酵等核心生質精煉技術，成功將合板加工衍生之低價值廢棄木材轉化為高價值之生物可分解材料，前處理衍生產物同時具有作為木顆粒燃料之潛力，協助產業降低國際碳定價發展之衝擊。
- 二、深化國際連結/技術接軌國際：與紐方建立合作關係，建立國際交流管道，促進國際連結，將可協助國內產業建立低碳足跡能資源之進口替代來源，進而增加產業營運之韌性。
- 三、開創森林碳匯創新經營模式：藉由合板加工與生質精煉產品之附加價值，輔以森林碳匯，有效提升單位面積林地衍生之經濟效益，將可作為國內產業未來經營森林碳匯之借鏡，並同開創新興生質精煉產業。

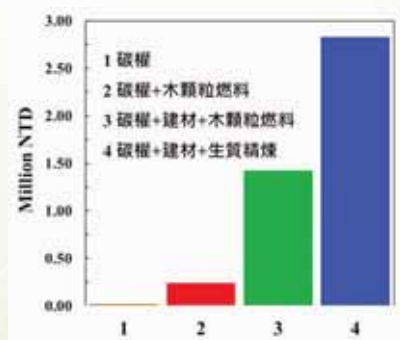
紐西蘭輻射松



森林廢棄物新穎去化模式



不同森林碳匯經營之獲利評估



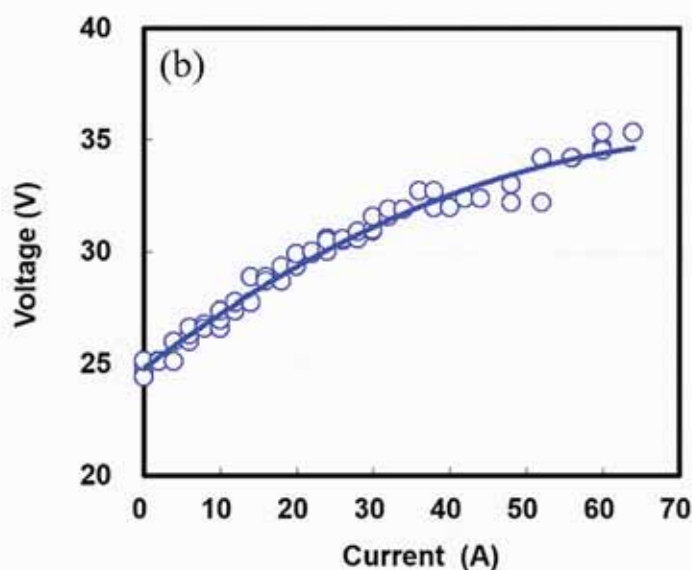
KW級固態氧化物電解堆組裝及高效率產氫技術開發

固態氧化物電解電池 (Solid oxide electrolysis cells, SOECs) 是一種可以將可再生能源產生的電能高效轉化為燃料氣體的電轉氣裝置，具有優於其他常見電解技術的能量轉化效率。國原院致力於建立本土化kW級SOEC電解堆組裝技術並進行產氫測試及其效能提升，以固態氧化物電解片進行高溫水電解產氫研究，探討SOEC電轉氣技術的可行性及優化操作參數，成果可做為可再生能源（風能、太陽能等）發電系統與儲能系統間之轉化技術，未來可擴展至大規模產氫技術的開發及應用。

電解產氫實驗採用商規陽極支撐型電解片，組裝成三十片裝電解堆，並於操作溫度750°C進行測試。測試結果如圖所示，圖 (a) 與圖 (b) 分別為組裝後之電解堆，以及SOEC操作模式下之電流-電壓 (I-V) 曲線。當電流拉載至64A時 (529mA/cm²)，電解電壓約35.3V，此時產氫量可達14.61LPM (0.88m³/h)，產氫效率估計約71.2%，後續將逐步提升產氫效率。相關專利「燃料電池發電併聯電網整合裝置」及「一種金屬保護膜之組成及製備方法」獲得2023台灣創新技術博覽會發明競賽銅牌獎。並與產業界合作，進行「SOEC共電解技術開發」委託研究計畫、「高溫電性ASR量測技術」技術移轉案、「固態氧化物電解電池技術發展現況分析與委託試驗工作」技術服務案。



SOEC電解堆實體外觀

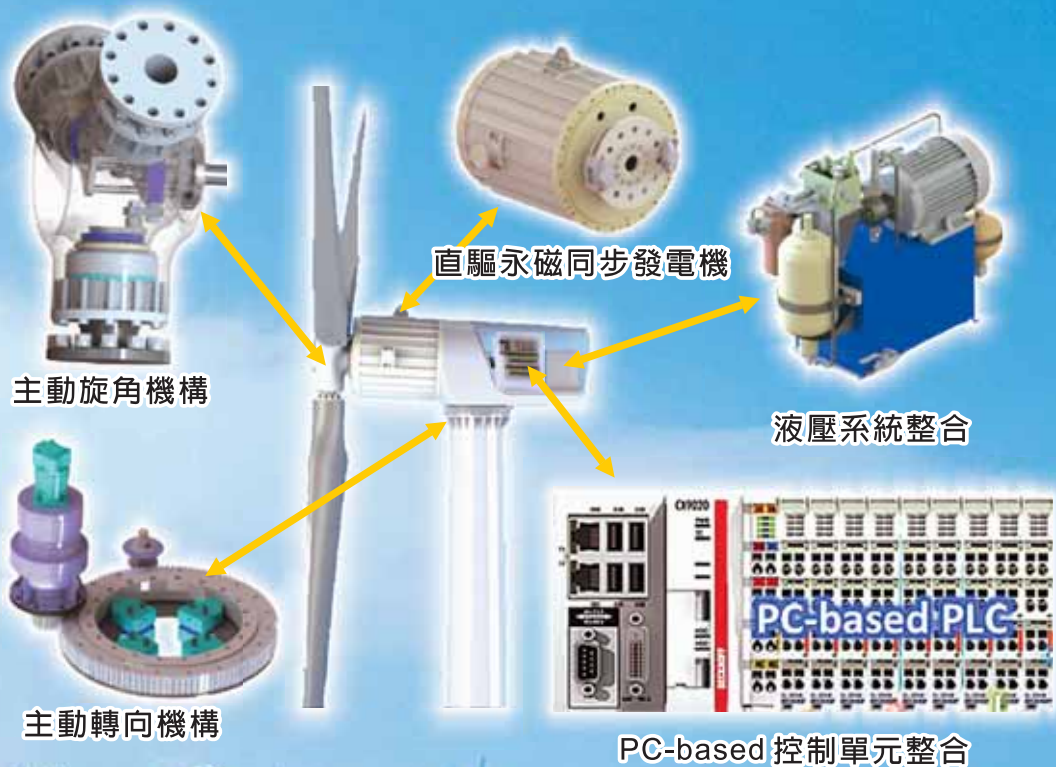


SOEC電解堆操作電流-電壓變化曲線

新型30 kW風力機研發及實場域測試

台灣的陸域風場主要以大型風力機為主，然而許多風況良好且適合安裝小型風力機的小面積風場尚未被充分開發。此外，30 kW以下小型風力機併網躉購費率仍有可觀的利基，故此等級風力機仍具有充足的開發潛力。國原院協助國內風力機廠商針對國原院25 kW風力機進行升級，研發完成新型30 kW風力機，進一步提高系統效能並進行實場域測試。

本計畫結合國原院風力機技術部門、風力機開發公司、風場運維公司及風電吊裝運輸公司等合作夥伴，建立國內完整的中小型風力機設計、製造及運維產業供應鏈，組建百分之百本土化技術團隊，打造本土商用型小型風力機。未來，我們將推動分散式電廠的建置和運維產業，提供商業應用技術服務，以實現產業在地化的目標，並進一步推廣國際能源市場的應用。





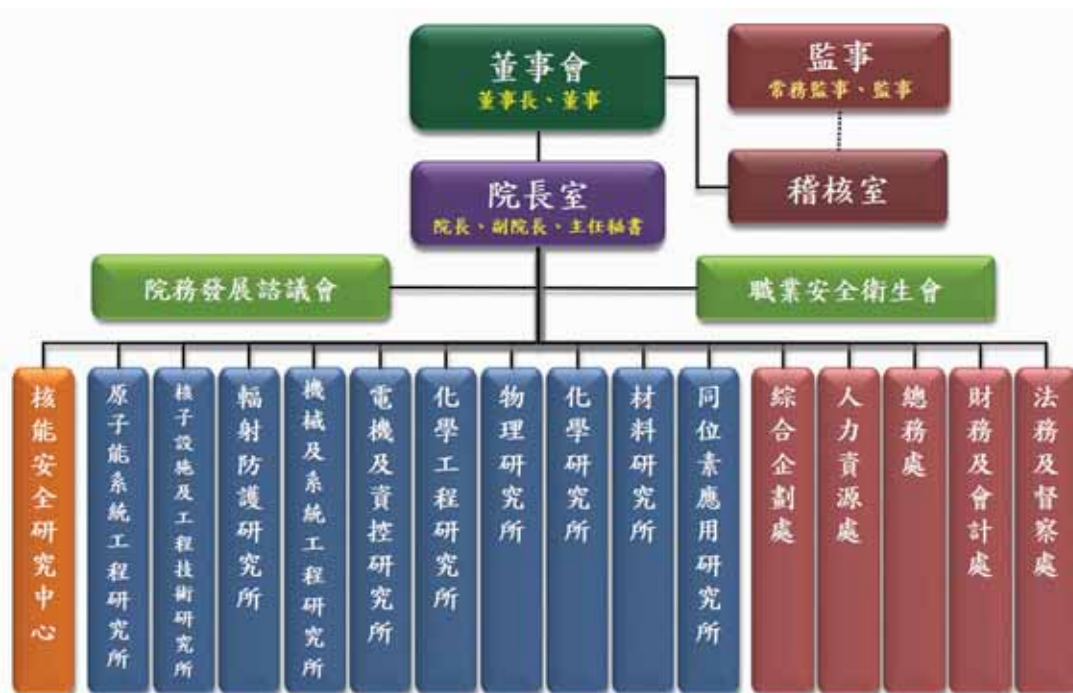
經營現況

董監事名單

(資料時間113/6/1)

董 事 長	張欣
董 事	游振偉、李志鵬、黃佑民、吳秀梅、邱秋瑩 劉沿汝、陳明真、高淑芬、吳宗信、林法正
常務監事	李佳航
監 事	何雲英、莊弘鈺

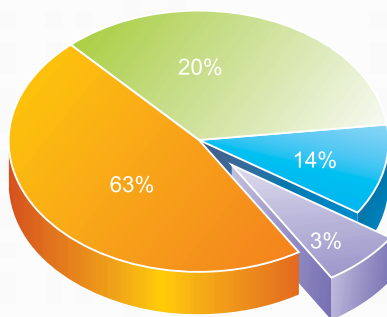
組織架構圖



人力資源

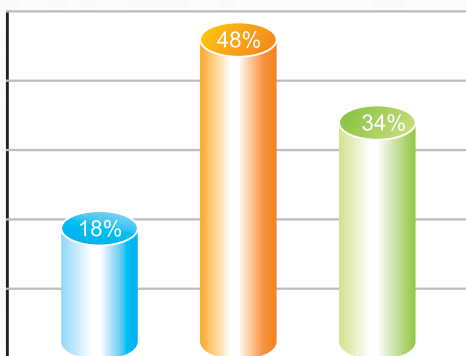
(資料時間：113年5月)

員工人數786人 / 平均年齡46歲



研究人員	495人 (63%)
技術員	159人 (20%)
行政人員	110人 (14%)
技工工友	22人 (3%)

學歷



博士	143人 (18%)
碩士	377人 (48%)
學士(含以下)	266人 (34%)



財務報表

收支營運表

(單位:NT)

科目	112年度 (2023)
收入	
業務收入	783,834,868
業務外收入	475,384
收入合計	784,310,252
支出	
業務成本與費用	734,465,062
業務外費用	225,411
支出合計	734,690,473
稅前本期賸餘(短絀)	49,619,779
所得稅費用(利益)	9,923,956
本期賸餘(短絀)	39,695,823

平衡表

(單位:NT)

科目	112年度 (2023)
資產	
流動資產	866,453,235
不動產、廠房及設備	1,076,284,089
無形資產	165,435,208
其他資產	1,760,979,645
資產合計	3,869,152,177
負債	
流動負債	595,619,927
其他負債	3,227,194,084
負債合計	3,822,814,011
淨值	
公積	6,642,343
累積餘絀	39,695,823
淨值合計	46,338,166
負債及淨值合計	3,869,152,177

112年大事紀

(核研所1/1-9/26、國原院9/27-12/31)

1/6 核研所積彭講座邀請前副總統呂秀蓮以「台灣的困境與前途」為題進行演講，呂前副總統演講後並參訪核研所食品放射性檢測及生物氬等實驗室。

3/28 核研所陳所長出席簽署國家太空中心主導之「台灣太空輻射環境驗測聯盟」新約簽約儀式，核研所負責以迴旋加速器進行輻射劑量累積效應測試，協助我國壯大太空電子元件輻射驗測能量。

4/13 加拿大聯邦眾議院外交及國防事務訪問團與外交部駐加官員共14人至核研所參訪高放射性實驗室及電漿研發等設施，並進行座談交流。

4/19-21 「2023年台法輻射防護與核能安全交流會議」在台舉行，核研所徐副所長擔任2天會議主持人，法國輻射防護暨核能安全研究所（IRSN）於4月21日參訪核研所多項實驗室設施並進行座談交流。

5/10 紐西蘭商工代表處(NZCIO)商務代表Tina Wilson偕同紐西蘭BioForestry、Tupu Angitu、New Zealand Forest Managers及翰森公司林董事長等共14人到核研所參訪，主要參訪項目為生質精煉技術。

5/24 核研所舉辦111年度「行政院原子能委員會委託研究計畫」成果發表會，參與計畫共49項並分6場次辦理，邀請產、學、研各界計273人參加。

5/29 立法院第10屆第7會期第13次會議，三讀通過核能安全委員會組織法及國家原子能科技研究院設置條例。

6/5 桃園市政府環境保護局呂明錡副局長，陪同桃園市議會陳治文、王仙蓮、黃敬平、于北辰、凌濤等5位議員暨服務處秘書，共30人至核研所就低放射性廢棄物貯存現況進行座談及設施參訪。

6/29 工程會核定核研所「70MeV中型迴旋加速器館新建工程」基本設計報告

7/22 核研所於台北科技大學舉辦「2023核醫藥物與分子影像發展應用研討會」，涵蓋8場專題演講，出席總人數計220人(包含實體出席100人及線上出席120人)。



8/21 行政院張景森政務委員率行政院能源及減碳辦公室、農業部、經濟部、國科會、海委會、環保署等部會官員至核研所參訪9項重要研發設施。

8/24 核研所以「森林廢棄物轉高價值綠色化學品之負碳生質精煉技術(FixCarbon Technology: Carbon-Negative Bioplastics from Afforestation)榮獲2023全球百大科技研發獎(R&D 100 Awards)」，核研所已連續3年獲獎。

8/25 核研所積彭講座邀請中央研究院翁啓惠院士以「醣科學在精準醫學的進展(Glycoscience in Development of Precision Medicine)」為題進行演講，翁院士演講後並參訪核研所核醫製藥中心等4項設施。

8/31 行政院陳建仁院長聽取核研所陳所長簡報「國家原子能科技研究院(以下簡稱國原院)定位與未來發展」，陳院長針對未來國原院進行包含「請各相關部會主動規劃適合的研發項目給國原院，以發揮研發資源及系統整合量能，並提出具前瞻性的國家研發關鍵議題。」等四點提示。

8/31 核研所以「軟性可透光有機太陽能電池模組之設計與低碳溶液印刷量產製程」技術榮獲國科會「2023未來科技獎」。

9/5 核研所於台北市IEAT 國際會議中心舉辦「2023年生質能源淨零碳排技術應用研討會」，涵蓋5場專題演講，出席總人數計53人。

9/5-8 核研所舉辦「112年台灣中子科學國際諮詢會議」，邀請美國NIST、ORNL、日本RIKEN、英國ISIS等5位國外知名中子設施專家，及國內台積電、中鋼公司、同步輻射中心、中央大學、清華大學等專家學者共同研討座談，整場會議共計50人參加。

9/27 核研所改制為我國第11個行政法人「國家原子能科技研究院」(國原院)，首任董事長為核能安全委員會(核安會)副主任委員張欣博士。

10/12 國原院舉辦「2023核後端論壇暨技術研討會」，邀請台電公司、學界、產業界等專家學者共102人與會，以組成台灣核電廠未來除役工作所需之團隊為目標。

10/14 「2023台灣創新技術博覽會」發明競賽獎，國原院獲得2面鉑金、4面金牌、3面銀牌、6面銅牌，共15面獎牌為本屆最大贏家，為唯一連續4年獲得雙鉑金(含以上)的單位。

10/17 紐西蘭商工辦事處(NZCIO)及紐西蘭亞洲基金會由 Tina Wilson (Director of NZCIO Trade Development Centre) 帶隊(共19位外賓)，至國原院進行座談與實驗室參訪。

10/25 財團法人生技醫療科技政策研究中心公告第20屆國家新創獎得獎名單，國原院榮獲2項「學研新創獎」。

11/6 國原院召開第一次董監事會議，通過了包含10項相關規章和營運文件的決議，同時通過由高梓木博士擔任院長，並送核安會備查。

11/8 高梓木博士就任國原院首任院長

11/19-24 第34屆中日工程技術研討會在台舉行，國原院提報「放射性核種於海水中擴散模式評估及海生物中氚活度分析技術」議題，日本及國內專家學者於11月21日至國原院進行學術研討與實驗室參訪。

11/21 國原院舉行揭牌典禮，核安會主任委員陳東陽、中科院院長張忠誠、國原院董監事、核安會、中華民國核醫學會、清華大學等貴賓一同參與揭牌儀式，共襄盛舉。

12/4-5 2023年「台美民用核能合作會議」在台舉行，國原院發表一場專題簡報，主題為 Overview of the Research Programs at NARI and Future Prospects)，並參與會議各分組討論。

12/13 國原院舉辦「台灣導入PRA技術40周年紀念國際研討會-開創量化風險評估紀元」，院長高梓木博士邀請美國麻省理工學院榮譽教授暨前美國核能管制委員會委員 George Apostolakis教授、前行政院原子能委員會主任委員夏德鈺博士、法國巴黎礦業大學與義大利米蘭科技大學 Enrico Zio教授、香港理工大學 Vincent Ho教授等量化風險評估 (Probabilistic Risk Assessment, PRA)技術國際專家學者進行五場次專題演講。

12/26 核安會「第12屆原子能安全績優獎」，國原院榮獲1項團體獎及1項個人獎入圍；「112年度放射性物料安全營運績優暨研究發展傑出貢獻獎」，國原院榮獲3項團體獎及3項個人獎，2個獎項於核安會3樓大禮堂舉行頒獎典禮。



書 名：國家原子能科技研究院112年年報
編 著 者：國家原子能科技研究院
出版機關：國家原子能科技研究院
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.nari.org.tw>

出版年月：中華民國113年7月

創刊年月：中華民國113年7月

定 價：NT\$ 870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

◎ 本書同時登載於國家原子能科技研究院網站之「出版品\年報」，網址為：<http://www.nari.org.tw>

◎ 本書保留所有權利。欲利用本書全部或部分內容者，須徵求著作財產人同意或書面授權。

請洽電話：03-4711400分機：3029。



國家原子能科技研究院

National Atomic Research Institute

地址：桃園市龍潭區佳安里文化路1000號

電話：(03)471-1400

傳真：(03)471-1064

網址：<http://www.nari.org.tw>

E-mail：nari@nari.org.tw

ISSN 1812-329-5



9 771812 329009

GPN:2008200098

定價：NT\$ 870元