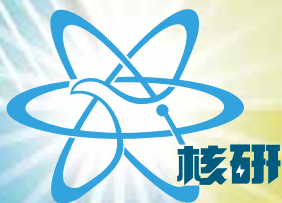


2016 105年年報

Annual Report



行政院原子能委員會

核能研究所

Institute of Nuclear Energy Research

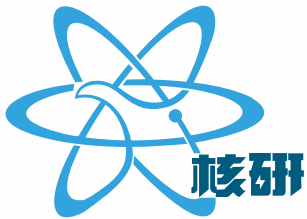
Atomic Energy Council, Executive Yuan



中華民國 106 年 7 月 出版



2016 105年 年報
Annual Report



行政院原子能委員會

核能研究所

Institute of Nuclear Energy Research
Atomic Energy Council, Executive Yuan

行政院原子能委員會核能研究所 編印

中華民國106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

一、序言	4
二、組織架構與經營現況	6
三、研發與創新	8
3-1 珍惜生命的價值 確保核能安全	9
1 如何確認核能電廠是安全的？核電廠嚴重事故二階安全度評估技術建立與應用	10
2 核能電廠設備環境合格驗證之熱與輻射參數訂定及分析技術建立	12
3 BWR 核燃料晶格設計自動化技術	14
4 運用地工離心機於液化土層之群樁試驗與分析	16
5 用過核子燃料最終處置之工程障壁熱－力耦合數值模擬	18
6 開發貯槽銲接製程整合技術－增進石化業生產效益與安全	19
7 建立國內除役技術能力及實務經驗－核研所 TRR 除役計畫規劃與執行	21
8 核電廠除役堅實的後盾－3D 工程模擬技術發展及應用	23
9 用過核子燃料處置之生物圈劑量評估	25
10 用過核子燃料最終處置參考案例安全評估方法建立	27
11 含多裂紋之圓筒殼狀結構焊道快速安全評估法	29
12 默默的核安守護者－地震平台測試實驗室	31
13 貯存期間用過核子燃料乾式貯存容器密封邊界完整性之檢測技術	33

Contents



3-2 關懷生態的永續 致力環境與能源研發 35

1 結合 LED 產業優勢之低碳微型聚光太陽能模組	37
2 透明態具紅外線阻擋功用的電致變色節能玻璃	38
3 工業節能廢熱回收熱管技術的開發	40
4 核研所全鈾液流電池儲能系統關鍵技術	42
5 對抗全球暖化，挖掘減碳金礦 -- 二氧化碳捕獲技術	44
6 生質精煉生根台灣，新創產業斬露曙光	46
7 日進料 30 噸木片纖維乳酸純化製程設計	48
8 以固態氧化物燃料電池建構電力供應新模式	50
9 高分子太陽電池模組技術開發	52
10 綠能科技新利器，使再生能源效用極大化的微電網技術	54
11 風起雲湧，與國內產業攜手共同促進風機系統本土化發展	56
12 能源安全資訊網，我國能源安全的警示器	58
13 全球 CGE 模型 EPPA-TAIWAN 建置	60

3-3 重視生活的品質 推動輻射醫學與檢測應用 62

1 三鏈半乳胺糖之肝膽造影研究	63
2 50mCi 級鎔 (Ga) -68 核種發生器研製	65
3 多功能腫瘤影像診治探針之應用研究	67
4 精準診斷新時代來臨，低劑量三維 X 光機 – Taiwan TomoDR 使病灶無所遁形	69
5 TomoDR 有限角度 3D 成像技術	71
6 放射造影儀專屬軟體加速技術	73
7 建立 X 光診斷之醫用探測器劑量面積乘積儀原型機	75

四、附錄 78

1 105 年榮譽報導與大事紀	79
2 105 年取得之專利清單	82



持續精進的「核能研究所」—— 積極研發、扶植產業 立足核安、前瞻綠能

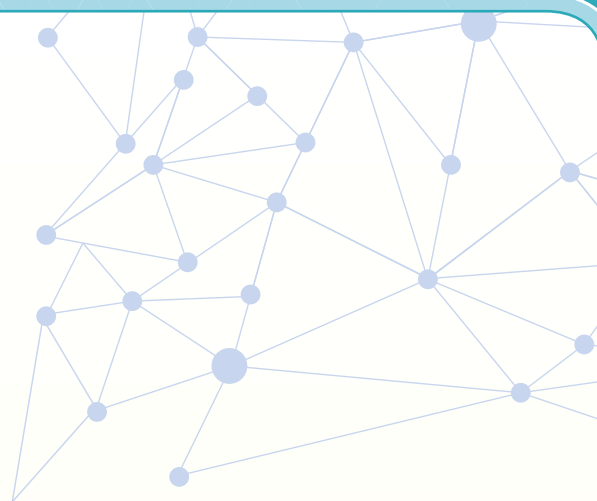


行政院原子能委員會核能研究所（以下簡稱本所）成立於民國57年，是我國從事原子能科技的國家級研究機構，經過轉型調整，運用固有的原子能與輻射應用等堅實研究基礎與系統整合專業能力，拓展核醫藥物與高階醫材的研發，並擴大投入綠色能源技術的研發與能源經濟策略的研究，成為國內能源與核醫專業研發機構，擁有豐碩的研發成果並獲得國內外獎項的肯定。



本所自民國91年起投入新能源與再生能源技術的研發，除了在太陽光電、風力發電、生質能、智慧電網及環境節能等方面均獲致豐碩之研發成果外，更積極將研發成果推廣至產業應用。105年3月及7月本所將自行研發之「金屬支撐型固態氧化物燃料電池單元製作技術」及「固態氧化物燃料電池堆技術」分別授權國內相關業者，協助產業建立從固態氧化物燃料電池單元至電池堆製作的完整產能，進而建構完整產業鏈，以做為開拓全球市場的基石。另105年11月將本所研發之生質精煉製程技術授權國內廠家，該公司規劃在本所的協助下，於台灣嘉南平原擇址建置一座纖維酒精全製程工廠，原料以契作100公頃之狼尾草為主，生產目標為日產3公噸木寡糖及3000公升高純度酒精，期依此模式使我國成為亞太地區掌握生質能源技術優勢的示範重鎮，並落實生質能源新創產業在地化的願景。

為了推廣及展現本所研發成果，本所積極參加國際性



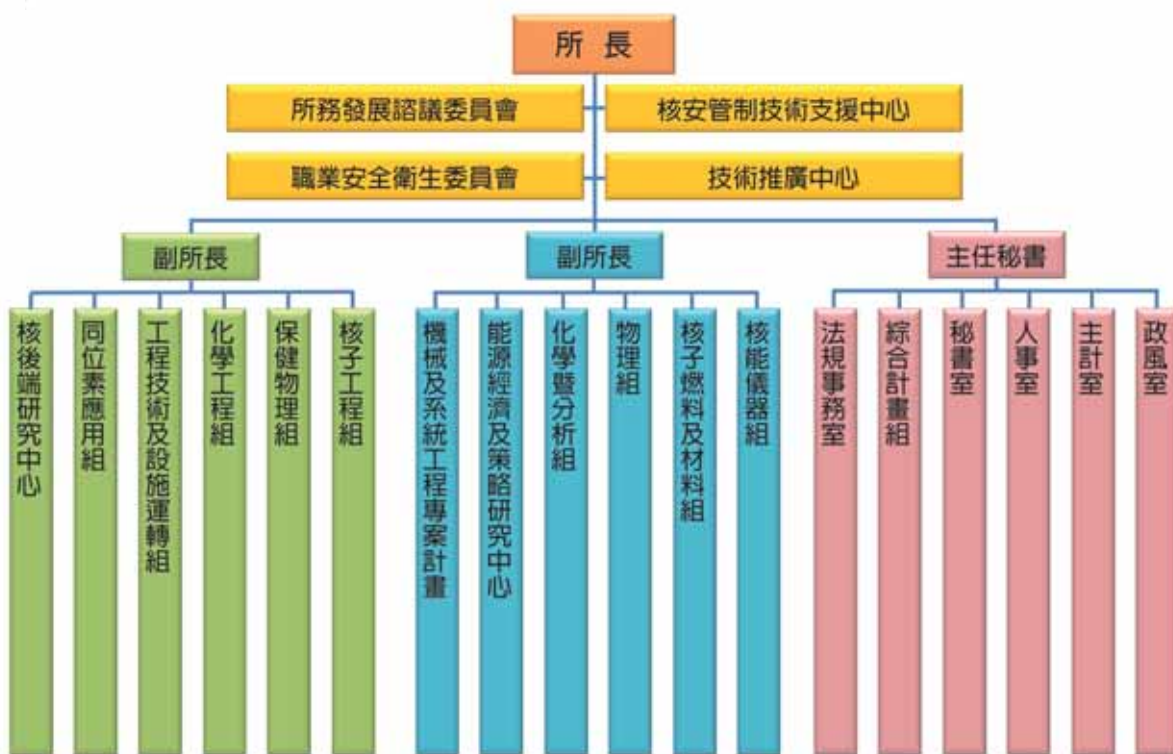
的專利發明展及國家新創獎。105年9月舉辦之台北國際發明暨技術交易展，本所有1項專利技術獲得代表最高榮譽之鉑金獎，另獲得7項金牌、4面銀牌及8面銅牌，共計20項技術獲獎；105年10月舉辦之IENA德國紐倫堡國際發明展，本所報名二項專利技術參加，均獲得金牌獎的肯定。另本所兩項技術產品獲得社團法人國家生技醫療產業策進會主辦之105年第13屆國家新創獎。而本所電漿技術於節能膜應用開發團隊，則榮獲105年公務人員傑出貢獻獎團體獎殊榮。

除了核能安全與綠能科技外，本所亦全心投入核醫藥物與高階醫材研發工作，迄今擁有16張藥品許可證及2張醫療器材許可證，並通過PIC/S GMP符合性評鑑，為國內唯一具規模且合法供應核醫藥物之政府機構，產製核醫藥物與國際品質標準同步，供應服務國內50餘家醫院，每年提供逾15萬人次病患使用。

綠能科技為政府五大科技產業創新研發計畫之一，本所為國內唯一兼具核能安全、核後端技術與綠能技術之系統整合專業研發機構，並累積相當之能源技術能力與能源策略研析經驗，本所期許成為全面的能源技術與策略發展之政府研究機構，發展核後端技術以完善處理「非核家園」之國家政策目標，共同為「針對國家的能源安全、環境保護、國民健康，成為能夠提供完整的策略與技術解決方案之研發機構」的願景而努力。

馬殷邦

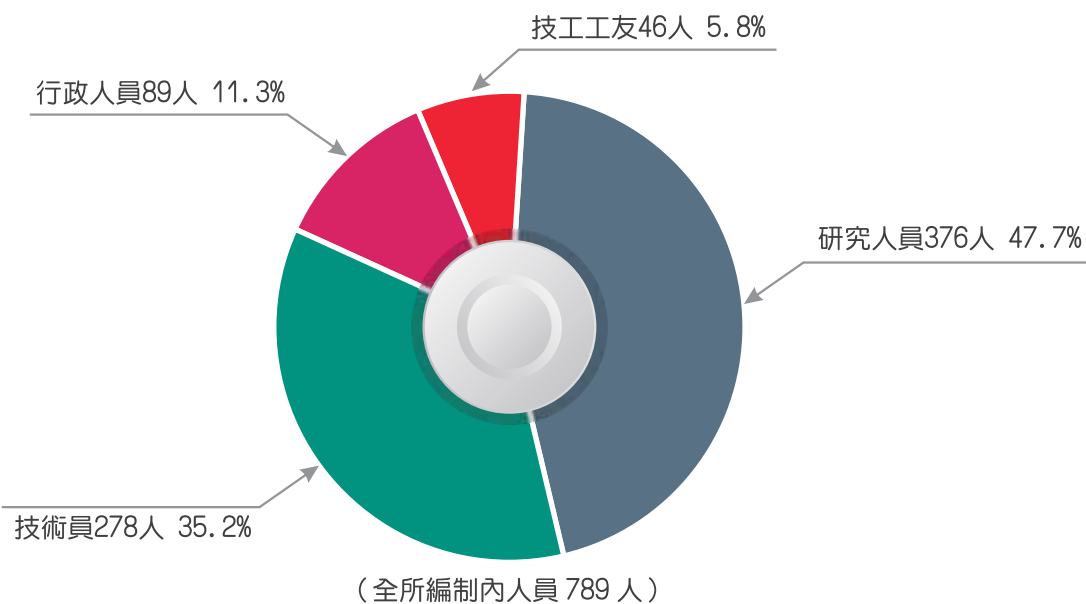
核能研究所組織架構圖



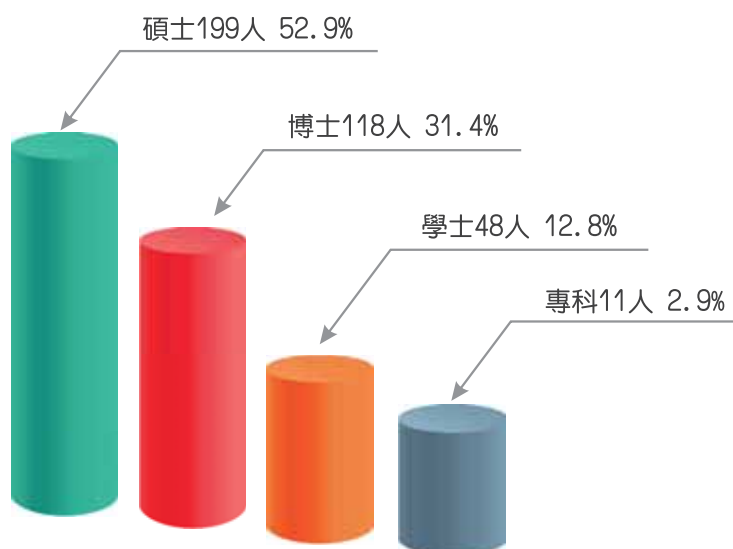
核能研究所105年人力與經費

■ (資料時間：105年12月)

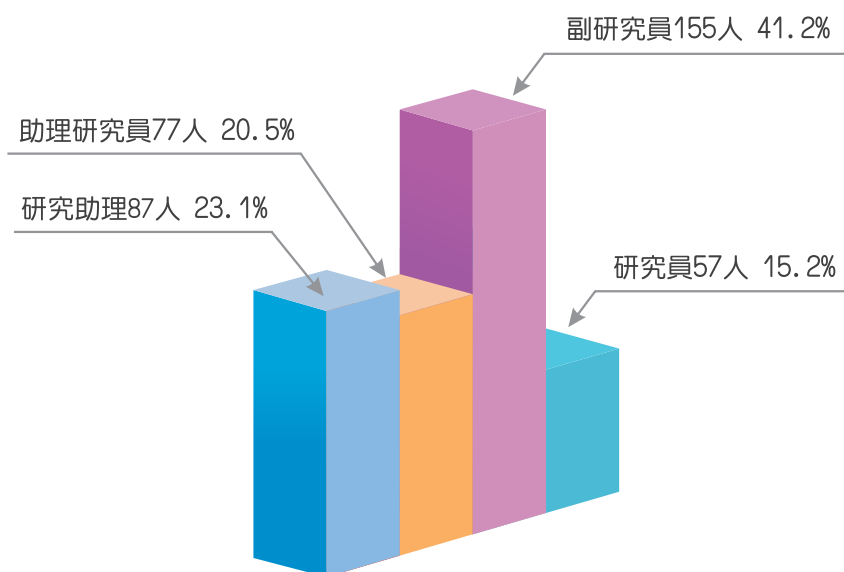
105年度核研所編制人力分配圖



105年度研究人員學歷統計圖



105年度研究人員職稱分類統計圖



105年度經費支用概況

單位：千元

項次	決算數	百分比
一般行政	1,155,953	54.2%
科技計畫管考、設施運轉維護及安全	182,874	8.6%
科技研發計畫	659,748	30.9%
推廣技術應用	134,791	6.3%
合計	2,133,366	100.00%



研發與創新

Events of the Year



3-1

引言-珍惜生命的價值 確保核能安全

發展綠色能源，緩和溫室氣體效應，並逐步達成非核家園，是政府能源政策追求的目標。在達成非核家園的過程中，如何保護核能設施停止運轉前後之設備安全，妥善規劃設施除役之程序與所需技術，研擬放射性廢棄物中期貯存與最終處置等管理策略，使核設施之運轉、除役、廢棄物管理等均獲得最適執行結果，此乃達成能源政策目標之關鍵。因此，核研所105年度在核能電廠運轉安全、桶槽焊接技術改善與洩漏檢測技術創新、核設施除役相關技術開發與驗證、用過核子燃料最終處置安全評估技術建立等相關課題均有深入探討與成果呈現。

在核能電廠運轉安全維護上，核研所積極發展核電廠嚴重事故二階(level-2)安全評估技術，以更新的射源項資料，適當的提昇安全防禦深度，並準確預估緊急應變範圍；建立沸水式反應器核燃料晶格自動化技術，縮短核燃料晶格最適化設計所需計算時間。在核能電廠設備維護上，核研所重新檢討核電廠設備合格驗證之熱與輻射參數訂定，在嚴格的評估下，合理的修正參數值訂定，促進設備更新的即時性及經濟性；運用地工離心機探討群樁土層液化現象，預測地震影響可能引起的破壞，使海嘯牆的設計更堅固安全，相關技術也強化離岸風機群樁設計之穩定度與安全性；完成含多裂紋之圓筒殼狀結構焊道快速安全評估法開發，藉由視窗化程式，在符合法規安全要求條件下，可迅速評估龜裂焊道之安全性，對運轉維護方面極具效益；另開發桶槽焊接整合技術，利用改良型氣體鎢極電弧銲接製程及雷射銲接製成，減少晶界鉬元素偏析，並縮短銲接時間，除提供核能設施應用外，亦積極推廣於石化工業上使用；地震平台測試實驗室是默默的核安守護者，亦一直保持進步，為核能設備維護品質把關。

在核後端除役技術發展上，台灣研究用反應器除設計畫規劃與執行，以實務驗證技術可行性，建立本土性技術能力；發展3D工程模擬技術，以有效降低核設施除役時工作人員輻射劑量、施工風險及除役成本；開發貯存期間用過核子燃料乾式貯存容器密封邊界完整性之檢測技術，在不影響乾式貯存系統貯存安全性及在可接受的測試時間與成本之情況下，能有效地判別密封鋼筒密封邊界是否存在著因腐蝕而產生的損壞，可儘早處理已有洩漏的密封鋼筒，避免所貯存的用過核子燃料護套發生損壞及放射性物質的洩漏，確保民衆的安全。

在用過核子燃料最終處置技術發展上，核研所以台灣地質調查結果為參考案例，建立處置安全評估技術與分析流程，結合科學理論基礎，建構安全評估情節，量化風險數值，並藉由敏感度分析，規劃未來精進研究方向；開發用過核子燃料最終處置之工程障壁熱-力耦合數值模擬技術，瞭解工程障壁隨時間演化之可能性，增強設計考量，保護處置場之完整性；另針對台灣本土的環境特有條件，構建一個適合的生物圈概念模型，用以模擬及評估各種情境下，處置場長期假設可能釋出之放射性核種對於關鍵群體所造成的劑量，以作為我國未來場址設立時，工程設計及安全評估所需之基礎。

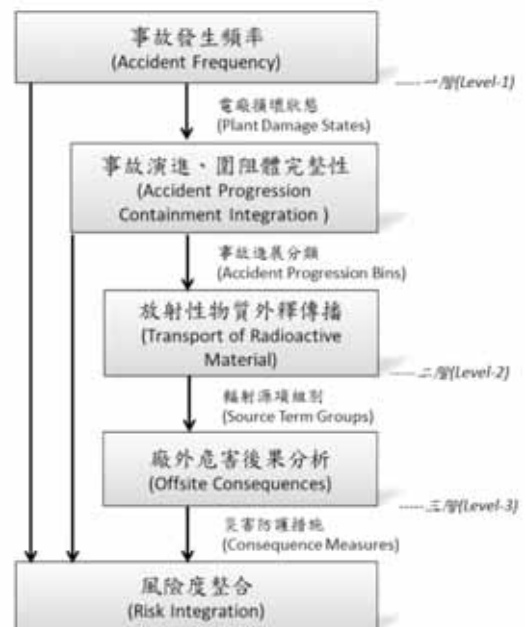
3-1-1

如何確認核能電廠是安全的？ 核電廠嚴重事故二階安全度評估技術建立與應用

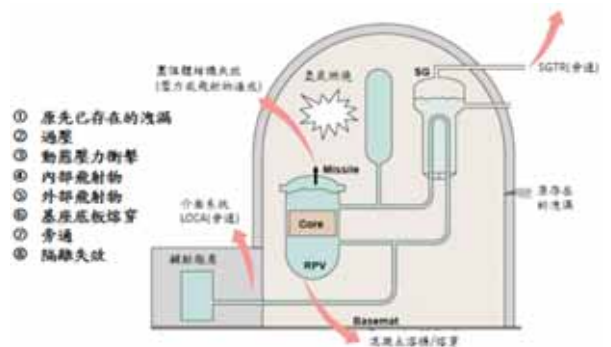
核能發電利用鈾原子核分裂反應引發質能轉換所伴生的熱，將水轉化成水蒸汽以推動汽機，汽機再帶動共軸之發電機，透過線圈切割磁場而產生電力。伴隨核分裂反應所產生的分裂產物及超鈾元素均為放射性物質，會持續釋出放射線，即使核反應器停機也仍具有很高的放射性強度。核子事故發生機率雖然很低，但若不幸發生且繼續惡化讓這些放射性物質釋放到外界環境中，就可能對電廠附近環境與居民健康帶來衝擊與危害。因此核能電廠在設計、建造與運轉上均以防止放射性物質外釋為首要安全目標，而核能電廠安全度評估即作為確保上述安全目標的技術與工具。

核能電廠完整的安全度評估依事故演進情節概分成三個階層，分別為一階(Level-1)的反應器冷卻水系統(Reactor Coolant System, RCS)分析、二階(Level-2)的圍阻體完整性及輻射源項(Source Term)分析，以及三階(Level-3)的災害後果(Consequences)分析。一階分析的目的在尋找造成爐心熔損事故序列及其發生頻率，利用事件樹(Event Tree)與故障樹(Fault tree)方法分析肇始事件發生後電廠的反應處置。所謂肇始事件是指會造成電廠急停或引起安全系統動作的事件，可分為廠內事件(Internal event)及廠外事件(External event)，前者是指電廠內部本身系統故障所引起的肇始事件；後者則指地震、海嘯等外部事件所引起的肇始事件。一般來說，廠外事件發生時，最嚴重情況會造成多項安全系統同時喪失功能，對核能電廠事故救援形成更嚴峻的挑戰。

核能電廠採深度防禦的設計，即使爐心在事故中熔損，只要圍阻體保持完整，仍可有效防止放射性物質的外釋，因此二階(Level-2)納入圍阻體完整性及輻射源項分析，前者必須知道嚴重事故情節對圍阻體可能帶來負荷之失效現象與機制，了解圍阻體可能的失效模式並估算其失效機率；後者則考量一旦圍阻體失效造成輻射源項外釋，則需分析估算各類外釋輻射源項的特性，包括種類、外釋頻率、外釋規模、外釋起迄時間，外釋位置(高程)等，作為後續應變與分析的參考指標。三階分析的主體為分析放射性物質在大氣中傳播與擴散的模式，推估事故後果的影響程度，通常此模式的建立需要電廠廠址周邊地形、氣象條件，人口分布與社會經濟等資料。

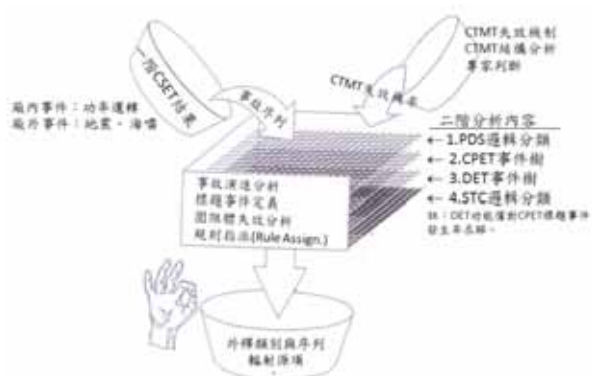


完整(Full scope)安全度評估架構

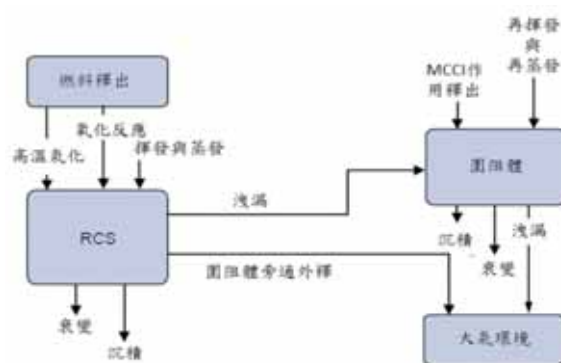


嚴重事故下造成圍阻體失效的現象示意圖

二階安全度評估流程係由重新審視經納入圍阻體系統事件樹(Containment System Event Tree, CSET)救援可用性分析之一階爐心熔損事故序列開始，由於不同事故序列意味著核能電廠在爐心熔損後處於不同的劣化狀態，換言之即代表核能電廠因為爐心熔損而導致其壓力槽與圍阻體損壞的狀況。為了簡化事故序列數目與後續圍阻體失效分析的繁複程度，透過建立電廠損壞狀態(Plant Damage State, PDS)邏輯分類圖，依圍阻體系統可用性的失敗/成功與否作為PDS分類準則，將事故序列再作適當的分類，分類後的每個類別即代表特定的電廠損壞狀態。每一類電廠損壞狀態對嚴重事故的物理現象、圍阻體負荷與可能喪失功能的機制與時序亦有所不同。在特定的電廠損壞狀態下，某一物理現象是否一定會發生，以及發生後是否一定會造成圍阻體喪失功能，均沒有確切答案，其原因可能是我們對嚴重事故現象的知識尚不完整，也可能是因為對現象發生時的邊界及初始條件無法正確掌握。圍阻體現象事件樹(Containment Phenomenological Event Tree, CPET)即是用來考慮導致圍阻體失效物理現象發生的不確定性，經過CPET分析後，同一電廠損壞狀態會呈現不同的事故演進途徑，便可獲得嚴重事故發生後，圍阻體喪失完整性的機制、時序與其機率。如果圍阻體失效時序較晚，則放射性物質外釋的時間相對也越晚，短半衰期的放射性物質均已衰變，其外釋後果的危害性便降低。因此依據PDS與CPET分析所得的不同事故演進途徑與序列特性，可再予以界定組合成所謂的源項類別(Source Term Categories, STCs)，每一類別的輻射源項特性均極為相似，例如影響外釋時間、高度、能量及其存量大小等。輻射源項從生成到外釋的遷移過程涉及許多複雜的物理及化學現象，因此必須應用電腦程式予以模擬計算，本所目前使用的以現有工業界發展的MAAP5為主，藉以獲得放射性物質外釋到大氣環境的規模大小等相關輻射源項數據資料。



嚴重事故之二階安全度評估示意圖



分裂核種釋出途徑

2011年3月11日發生於日本福島第一核能電廠的核災事故，證明了超越設計基準事故的複合式災難(如地震+海嘯事件)可能發生的事實，而讓世界各國興起重新發展建立Level-2 PRA的興趣與需求。福島事故後，核能研究所與台電公司合作進行緊急應變計畫區(EPZ)更新檢討與輻射劑量分析，重新建立完整的二階PRA與嚴重事故自主分析能力，並藉此完成105年的EPZ範圍重新界定。此項能力與相關品保系統建立，將使EPZ定期檢討工作更為落實與周延，決策過程也更具科學根據與透明。由日本福島事故的慘痛經驗可知，核能電廠面對嚴重事故風險管理實為一項不可忽視的課題，而核能電廠完整安全度評估分析結果正可提供電廠遂行相關設計改善、事故救援、緊急疏散的重要評估與可行性決策的參考。

3-1-2

核能電廠設備環境驗證之熱與輻射參數訂定及分析技術建立

台電公司核二廠於檢討及評估設備環境驗證(Environmental Qualification, EQ)時，發現終期安全分析報告(Final Safety Analysis Report, FSAR)所定義的輔機廠房內電氣及儀控設備環境參數條件似乎過於保守嚴苛，可能造成採購困難並因而構成安全議題，特委請本所研究並提出解決方案。

本所結合先進熱流分析程式及輻射劑量分析程式，加上自行開發之計算模式，進行設計基準事故條件下輔機廠房內溫度、壓力、濕度等熱參數反應，同時計算設備接受的輻射劑量，結果證明事故後的輔機廠房內熱及輻射參數可歸為溫和條件，有足夠之餘裕放寬，據此，可有效解決電氣盤面無法符合EQ參數條件之問題。



輔機廠房內緊要安全電氣盤面



輔機廠房內事故後氫氣濃度偵測儀器

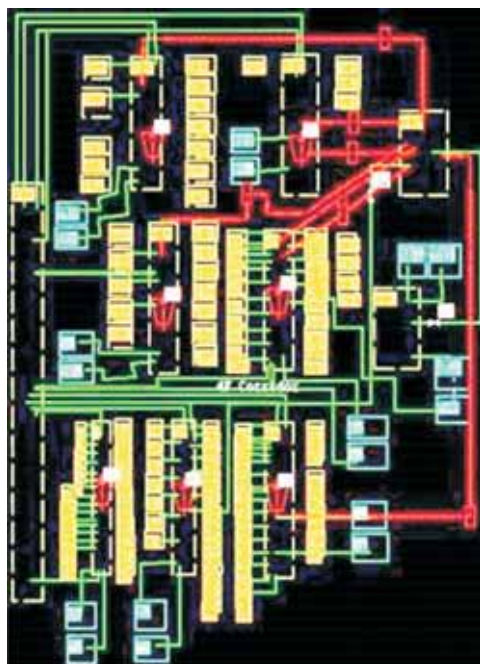
核能電廠在發生事故時，須靠安全系統與設備執行補水、降溫及降壓等緩抑功能，使機組回復至安全狀態，然而這些設備本身亦處在高溫高壓或高輻射嚴苛的環境中，如何確保設備可承受事故環境條件而不失效，是電廠設計與運轉需考慮的重要項目，也就是所謂的設備環境驗證(EQ)議題。

在熱分析方面，使用RELAP5程式，建立高能管路斷管熱流分析模式計算沖放質能條件，並使用GOTHIC程式計算各隔間與走廊熱參數反應，包括壓力、溫度、相對濕度等。

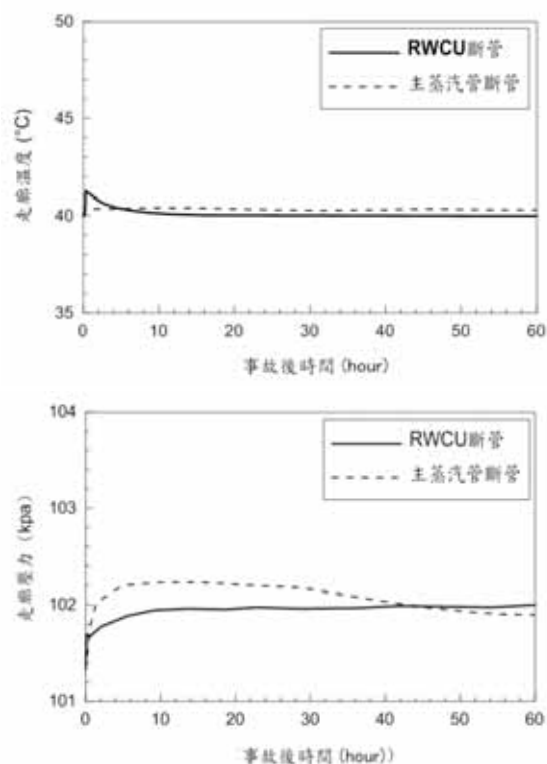
在輻射分析方面，採用美國核管會及我國原能會接受之ORIGEN2、RADTRAD及ARCON96程式，分別計算爐心活度盤存量、輻射物質傳輸與移除及大氣擴散因子，最後使用本所自行開發之有限輻射雲劑量分析模式，計算安全有關電氣與儀控設備區的事故劑量。



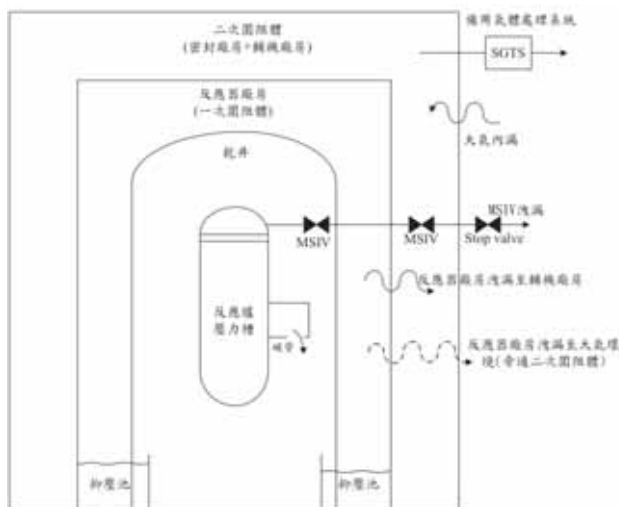
輔機廠房穿越區實地勘察



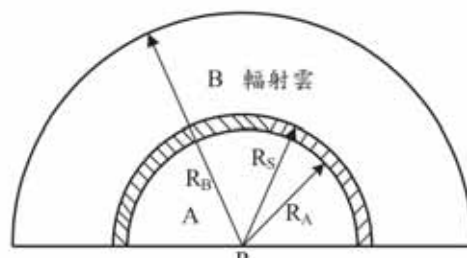
GOTHIC 輔機廠房節點圖



GOTHIC 計算之輔機廠房溫度與壓力反應



DBA放射性活度傳輸與移除路徑



有限輻射雲模式

分析結果顯示，事故後的輔機廠房內安全有關電氣及儀控設備區之溫度上升幅度小於5°C，而事故輻射劑量值低於設備損壞門檻 (1.0×10^4 rads)，依據10 CFR 50.49，可歸為溫和條件。據此，有足夠之餘裕放寬FSAR訂定之EQ規範值，有效解決電氣與儀控設備無法符合EQ 熱與輻射參數條件之問題。

本方法與技術在國內屬創新，可持續研究，完成一套完整之高能管路次隔間分析及設備輻射劑量分析技術，擴展應用層面至其他廠房或管路系統之EQ熱與輻射計算。本技術不僅增進電廠運轉安全，且有實質之經濟效益。

3-1-3

BWR核燃料晶格設計自動化技術

美國北卡大學的Turinsky教授在一篇論文中把BWR核燃料營運最佳化的問題視為一決策(decision-making)問題，對應的決策空間(decision space)可達 10^{100} 個離散決策(discrete decision)，每一決策代表不同的核燃料束晶格設計或爐心燃料佈局設計。由於此最佳化問題過於複雜且在計算上非常耗時，因此在以往的研究中通常只針對問題的一部份個別進行最佳化。此最佳化問題可切割成核燃料晶格設計最佳化、單一週期爐心燃料佈局最佳化、平衡週期燃料佈局最佳化、多週期燃料佈局最佳化等。本研究乃針對其中BWR核燃料晶格設計的最佳化問題，提出一套可行的技術，此技術可以快速的完成一個BWR核燃料晶格的設計，所設計的晶格具有優質的表現。從完成一個晶格設計所需的時間及設計品質而言，此技術不但可行而且具有很高的應用價值。

1,2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2.59	3.32	4.01	4.01	4.44	4.44	4.44	4.01	3.32	2.59
2	3.32	4.70	4.70	4.95	4.95	4.70	4.95	4.70	4.70	3.32
3	4.01	4.70	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.70	4.01
4	4.01	4.95	4.95	4.70	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.44
5	4.44	4.95	4.95	4.95				4.95	4.70	4.44
6	4.44	4.70	4.95	4.95				4.95	4.95	4.44
7	4.44	4.95	4.95	4.95				4.70	4.95	4.44
8	4.01	4.70	4.95	4.95	4.95	4.95	4.70	4.95	4.70	4.01
9	3.32	4.70	4.70	4.95	4.70	4.95	4.95	4.70	4.95	3.32
10	2.59	3.32	4.01	4.44	4.44	4.44	4.44	4.01	3.32	2.59

Fuel pin with 6% Gd

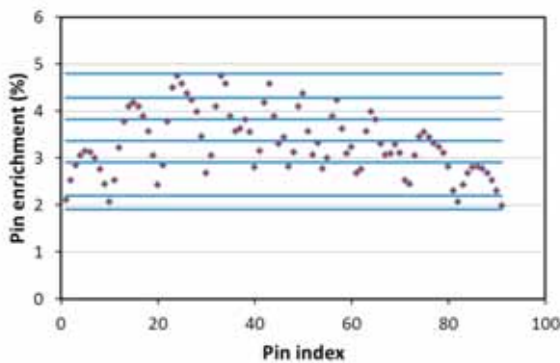


圖1 濃縮度分群示意圖

設計一個BWR核燃料晶格的基本概念是依照燃料棒所在位置中子緩和作用的程度來給予不同大小的濃縮度，藉由燃料棒濃縮度在晶格中的適當分布，使局部功率峰值(local peaking factor, LPF)或F-eff最小化。本項自動化技術的研究，發展出濃縮度群峰值均一化晶格設計方法，從功率或F-eff分布平坦的理想濃縮度分布開始，藉由濃縮度分群與利用濃縮度群峰值均一化的概念以決定燃料棒濃縮度及晶格內之濃縮度分布。在濃縮度群峰值均一化的過程中，同時將各項晶格設計準則納入考量，以獲得具有實際應用價值且局部功率或F-eff峰值較佳的晶格設計。

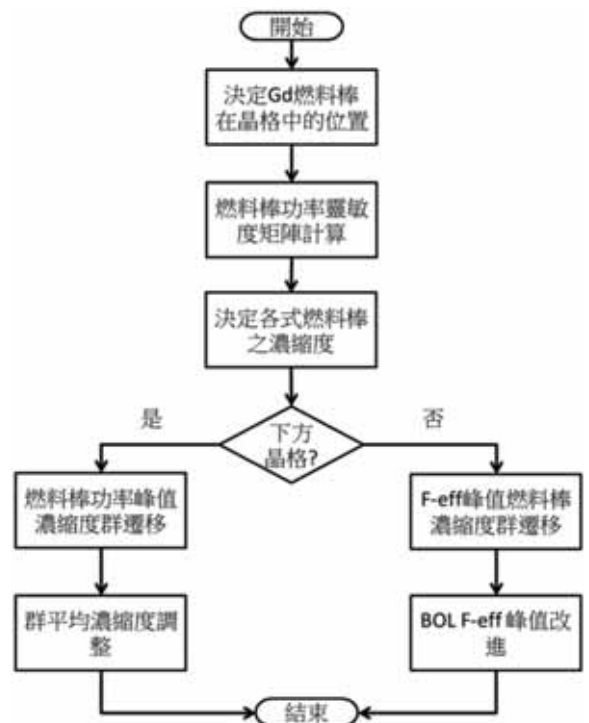


圖2 晶格設計自動化系統執行流程

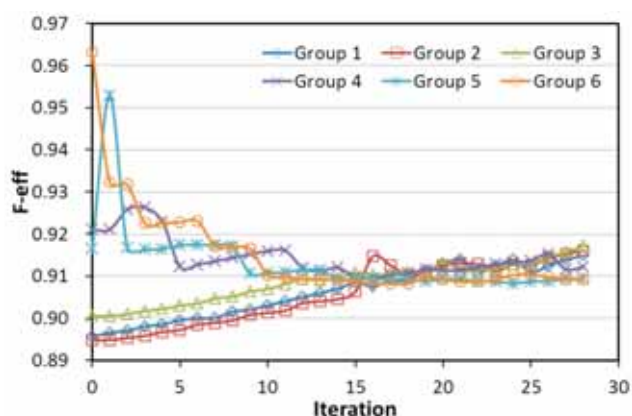


圖3 最佳化過程中各濃縮度群之F-eff

與參考設計比較，燃料束下半部晶格在需要較佳LPF表現的燃耗點(0-15 GWD/MTU)，以本技術所設計的晶格具有較低的LPF(如圖4所示)；燃料束上半部晶格在需要較佳F-eff表現的燃耗點(~10 GWD/MTU)，以本技術所設計的晶格具有較低的F-eff(如圖5所示)。國際上其它學者使用塔布搜尋法(tabu search)或蟻群演算法(ant colony algorithm)完成一個晶格的最佳化設計需要約1500次的晶格計算，而以本技術完成一個晶格的最佳化設計僅需不到40次的晶格計算。相較之下，本技術大幅提升了晶格設計最佳化的計算效率。

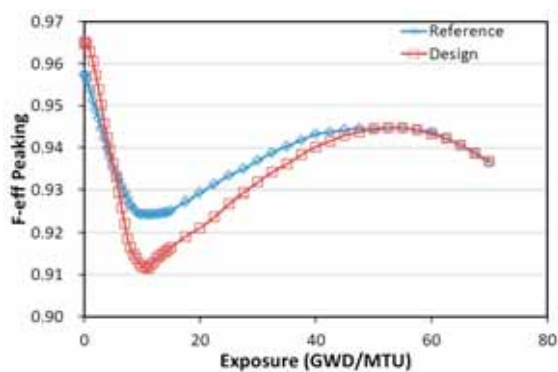


圖5 最佳解與參考解的F-eff比較

國際上對於BWR核燃料晶格設計最佳化的研究大致可以分成兩類，一類使用數學方法(mathematical method)尋求最佳解，另一類則使用啟發式演算法(heuristic algorithm)搜尋最佳的晶格設計。相較於這兩類的方法，濃縮度群峰值均一化晶格設計方法具有的優點為(1)簡單且可行性高，(2)完成一個優質晶格設計所需的時間較短，(3)可針對LPF或F-eff重要的燃耗點個別予以最佳化。

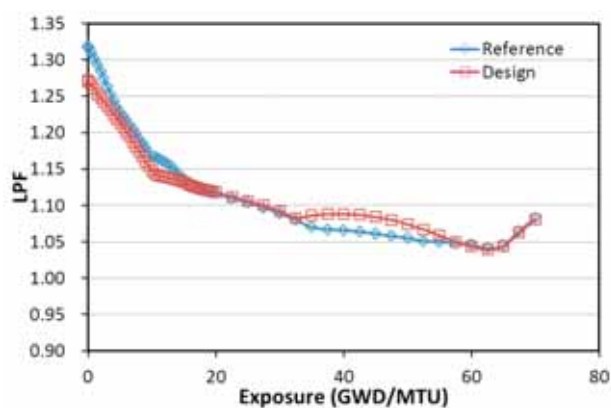


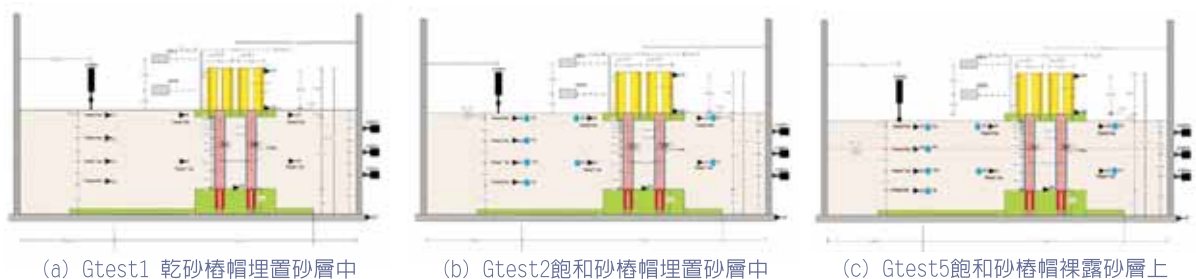
圖4 最佳解與參考解的LPF比較

晶格設計的進一步最佳化可考慮使用兩種不同的鈎濃度(Gd concentration)或兩種不同鈾濃縮度的鈎棒。晶格設計僅為BWR爐心設計其中的一環，完整的爐心設計尚包括核燃料束軸向中子設計、單一週期爐心佈局設計及多週期爐心佈局設計等。核燃料束軸向中子設計自動化技術是下一階段的发展重點，然後是整合晶格設計技術與軸向中子設計技術以建立完整的核燃料束中子設計自動化技術。

3-1-4

運用地工離心機於液化土層之群樁試驗與分析

離岸風機、海嘯牆均須採用樁基礎，地震時引發的土層液化則是致命傷，本研究採用測試與分析方法提供設計者參考資料，針對樁基礎在軟弱地盤應用的地震可能災害提供解決方案。群樁基礎的試驗驗證方式藉由離心模型振動台試驗完成，透過埋置於不同深度土層的加速度計、孔隙水壓計，研究土層在地震的液化行為、及樁基礎耐震能力，再進一步以研究資料進行群樁基礎受震時樁與土壤間的互制行為分析。此試驗驗證模式，可實際觀測樁基礎在液化土層的受震過程，提供民眾眼見為憑、易於理解的資訊。



(a) Gtest1 乾砂樁帽埋置砂層中

(b) Gtest2飽和砂樁帽埋置砂層中

(c) Gtest5飽和砂樁帽裸露砂層上

為直接觀測群樁基礎在地震引致土層液化的承載能力，將群樁基礎以離心試驗技術，建立縮尺模型配置，為考慮樁帽位置及建立對照組，共有三組測試如圖1，Gtest1：乾砂樁帽埋置砂層中；Gtest2：飽和砂樁帽埋置砂層中；以及Gtest5：飽和砂樁帽裸露砂層上。離心機以每步10g的速度加速，直到達到80g的離心加速度後，振動台則以用一維正弦波輸入震動。使用平均粒徑為0.19mm的細石英砂製備均勻的砂土層。加速度計安裝在砂層和樁頭質量塊中，以測量振動期間的加速度變化。

每個試體首先利用前期計畫所發展之預振技術(pre-shaking)，進行地盤調查(剪力波速剖面量測)及地盤及群樁基礎的自然頻率探測。然後每個試體分別進行不同的地震事件(不同地震加速度振幅，振幅大小由小至大，逐步增大)的模擬，本文在試驗Gtest1，Gtest3和Gtest5中選擇輸入運動PGA約0.3g的地震事件(S6)，並記錄各個感測器的反應歷時，包括不同高程處的加速度歷時、超額孔隙水壓力歷時、地表沉陷歷時與樁身不同深度黏貼應變計之電壓訊號。每次地震事件完畢，等到試體內部超額孔隙水壓力消散完畢後，才再施加接續的地震事件。

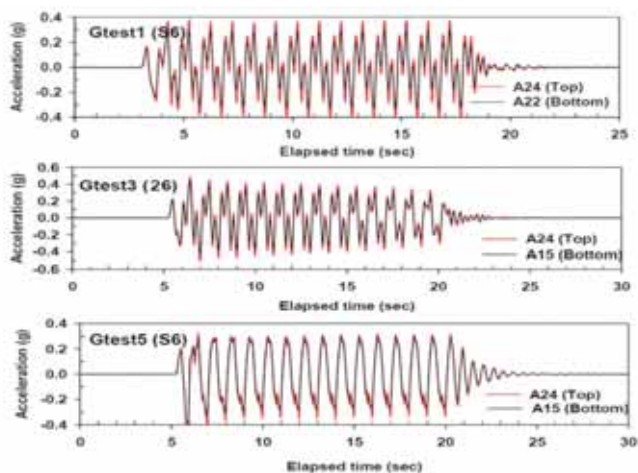


圖 2. 三組試驗的樁頭與基盤加速度歷時圖(Gtest1, Gtest2 and Gtest5)

為了解液化發生對於鄰近結構物的沉陷影響，進行數次不同最大加速度的地震測試，如圖3所示，Gtest1, Gtest2和Gtest5的沉陷量和最大震動加速度振幅之間的關係。Gtest1 為乾砂，受震時沒有液化現象發生故沉陷量與加速度僅微幅相關，而Gtest2和Gtest5為飽和砂的試體，故液化程度隨震動的加速度增加，造成明顯的沉陷發生，符合土壤力學理論預期。

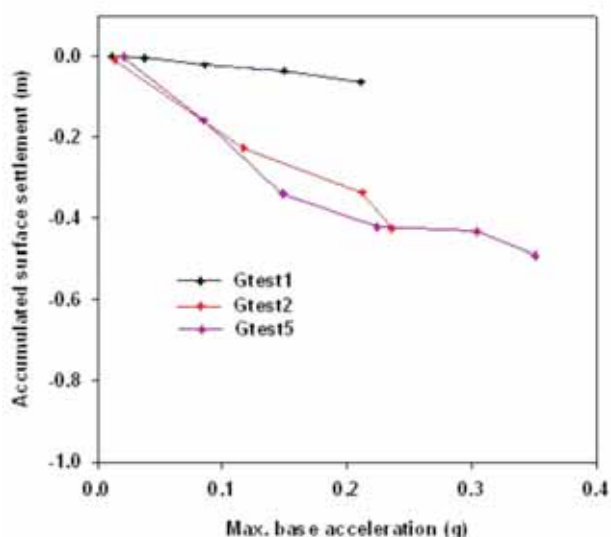


圖3. Gtest1, Gtest2 and Gtest5 試驗沉陷量與最大加速度之關係

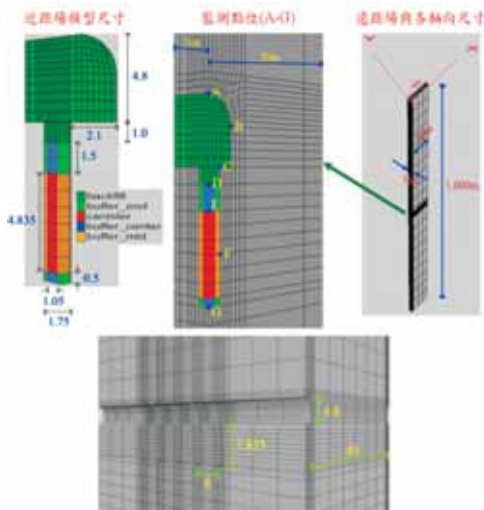
綜整試驗結果顯示，群樁於液化時的耐震能力，可藉由此測試方法預測，測試結果亦可用於驗證從數值模擬導出的結果。對更為複雜的群樁結構，除修改此試驗條件可再進行地震時的結構行為、液化導致地表變形等現象的嚴重性評估，也可結合數值模擬工具，進行更精準的量化評估，有助於樁基礎結構安全的確認，降低民衆對於地震災害的隱憂。

3-1-5

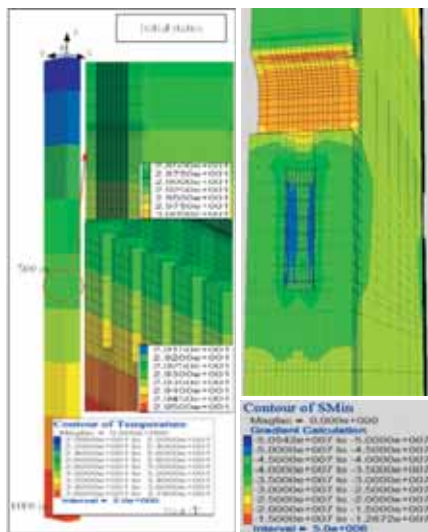
用過核子燃料最終處置之工程障壁熱-力耦合數值模擬

本研究藉由FLAC3D(Fast Lagrangian Analysis Continua)數值分析軟體應用有限差分法，以三維幾何模型模擬在多處置孔情況下工程障壁受熱效應(如圖一)作用下之反應機制(熱-力學耦合)，探討處置場營運期間緩衝材料再飽和前之溫度場與應力場，提供管制機關對國內用過核子燃料最終處置場安全分析審查作業之參考依據，及提升民眾對高放射性廢棄物處置之安全感。

本研究發展之三維數值模型(如圖二)經熱-力學耦合模擬並與國際案例分析比較(如圖六)，結果甚為接近，驗證所建立模式之有效性。



圖二：本土數值模型設計



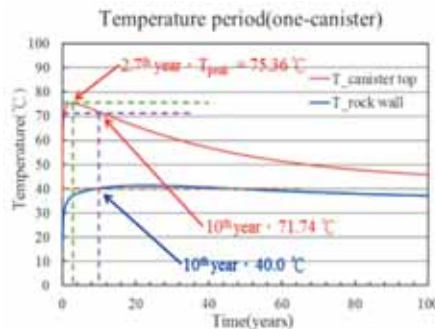
圖三：初始力平衡(含地溫梯度)與處置16年後之應力場分布

溫度(如圖四)：緩衝材料在處置後第15年達到最高溫度93.4 °C，處置孔壁在處置後第58年達到最高溫度74.2 °C。

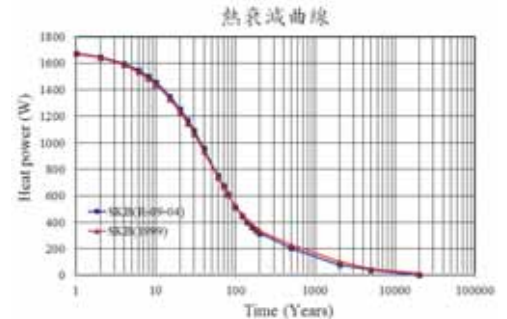
應力(如圖三)：近場圍岩最大壓力50.5 MPa發生在處置後第16年，位於處置孔側壁，與溫度極值發生時間大致相同，最大張力發生在隧道頂拱處約0.035 MPa。

位移(如圖五)：近場之最大位移量約7 mm，顯示近場岩體仍處於彈性穩定狀態。

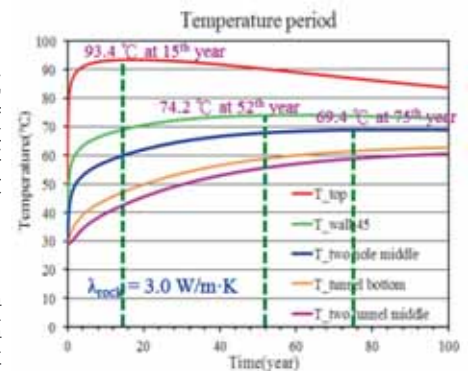
	INER	SKB
圍岩溫度(°C)	71.74	71.263
孔壁溫度(°C)	40.00	39.003
發生時間(年)	10	10



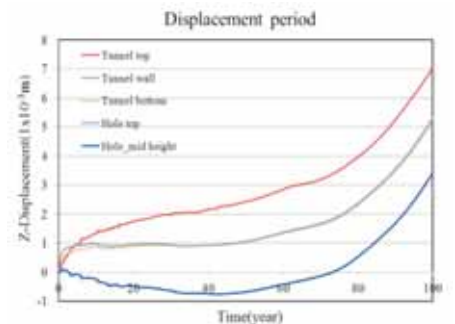
圖六：與SKB之單罐溫度分布比對



圖一：廢棄物罐之衰變熱曲線



圖四：溫度歷時



圖五：位移歷時

地下水對熱傳及應力的影響相當重要，且緩衝與回填材料於處置期間均有再飽和過程，未來將持續發展處置場之熱-水-力學耦合分析，以了解工程障壁於熱效應作用下之反應機制。

3-1-6

開發貯槽銲接製程整合技術
—增進石化業生產效益與安全

石化業用酸液貯存槽之材料強度，除機械性能外，尚須顧及其耐蝕性能。依照使用環境的腐蝕特性，貯存槽重要組件材料均採用高耐蝕性能的2205雙相不銹鋼或Hastelloy C-276，雖然此兩種材料的抗蝕能力較沃斯田鐵系不銹鋼優良，但在此腐蝕環境下，使用壽命仍然偏低。而化工廠為串連式的連續生產，其中任一貯存槽發生破裂而洩漏，則需停止全部產線，以進行安檢及修護，造成重大的經濟損失及工安疑慮。貯存槽洩漏常發生於銲道熱影響區，主要的肇因為傳統銲接製程引入的敏化現象及高銲接殘留應力，致使組件發生應力腐蝕所致。



銲道周邊洩漏出之液體已有大面積結晶現象



銲道周邊大面積洩漏痕跡

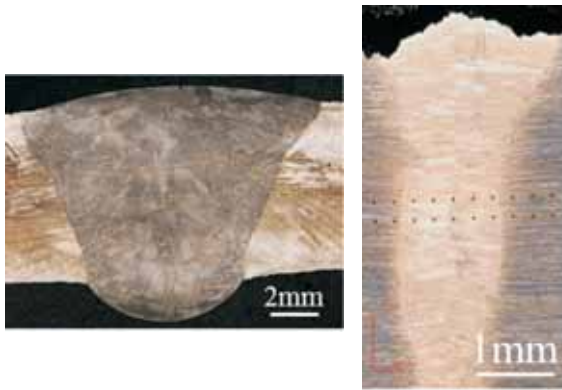
銲接母材為2205雙相不銹鋼與C-276鎳基合金板材，填料分別使用ER2209與ERNiCrMo-4，以自動式氬銲及CO₂雷射為銲接製程，改變銲接保護氣體成份及氬銲脈衝頻率，藉此探討銲接製程、銲接保護氣體及氬銲脈衝頻率對此兩種材料銲道的影響。



自動式氬銲接系統



高功率雷射銲接系統

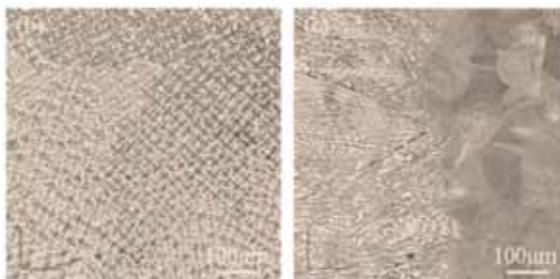


(左) 氬鐸鐸道 (右) 雷射鐸道

肥粒鐵量測結果如圖所示。氣體鐸極電弧鐸接 (GTAW) 與雷射鐸接 (LBW) 於保護氣體內添加些許氮氣有助於鐸道內沃斯田鐵相形成。並可大幅地提高肥粒鐵與沃斯田鐵相變之溫度。故氬鐸鐸道內肥粒鐵與沃斯田鐵比例 (F/A) 由62/38改變至35/65；雷射鐸道內之F/A比值則是由65/35變為54/46。

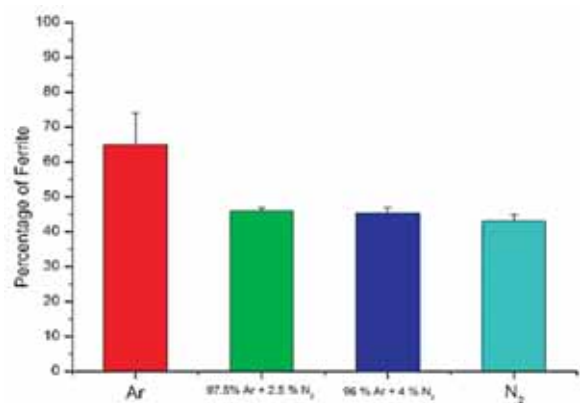


C276母材



(左) C276鐸道 (右) C276鐸道與母材交界

傳統氣體鐸極電弧鐸接技術 (GTAW)，除了鐸前需開槽外，還須以多道次堆疊完成鐸接程序，此方法相較於單道次就可完成鐸接之雷射鐸接製程更加耗費時間及成本，且研究過程發現，兩種製程對於鐸後冷卻速率也有明顯的差異，雷射鐸接所導入之熱量較小，鐸後冷卻的過程中，可快速通過脆性相生成之溫度區間，但氣體鐸極電弧鐸接技術則需以脈衝之模式，降低鐸接入熱量，以避免鐸道與熱影響區產生脆性相，影響材料其耐蝕性質與使用壽命。



改善保護氣體對於2205雷射鐸件的影響

核研所目前正開發貯槽鐸接製程整合技術，預期可降低有害相析出於2205鐸件。另一方面，提升鐸道內沃斯田鐵之比例，減少肥粒鐵形成，以提升其抗腐蝕性質。

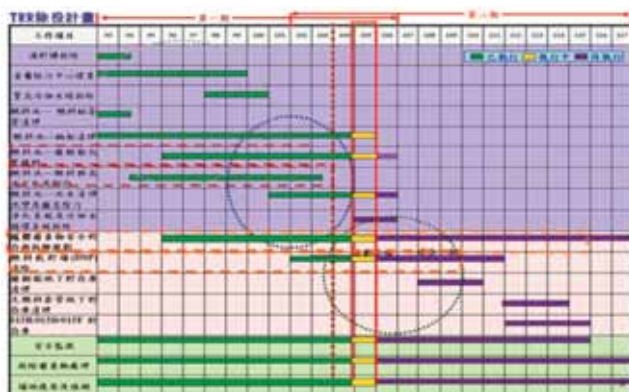
C-276板材使用改良後的氣體鐸極電弧鐸接技術與雷射鐸接製程，可降低C-276鐸件次晶界上Mo元素偏析，降低TCP脆性相 (P相與 μ 相) 形成之機率。

透過製程改良及精實的人員訓練，進一步縮短施工作業時間，完成貯槽鐸接製程整合技術，提升本土石化貯槽組件自製與維修能力，適時提供國內石化業生產效益與增進運轉安全。

3-1-7

建立國內除役技術能力及實務經驗－
核研所TRR除役計畫規劃與執行

「台灣研究用反應器 (TRR) 設施除役計畫書」於93年奉原子能委員會核定，並依規定時程進行除役作業；TRR設施除役分為二個時期執行，第一期(93年至106年)為執行附屬設施拆除、燃料池清理及留用系統改善與安全管理；第二期(102年至117年)為燃料乾貯場 (DSP) 清理及附屬廢棄物貯存設施之除役；除此之外，反應器爐體亦已整體移至拆裝廠房內成為放射性廢棄物，進行安全管理並規劃拆解。計畫目前已成功完成第一期主要工作，包含濕貯槽拆除、緊急冷卻水塔拆除及燃料池內用過燃料、廢射源、廢樹脂、池底污泥及雜項廢棄物等積貯廢棄物清理，並完成燃料池池水處理。核研所以自主開發核設施除役相關技術，展現除役實務經驗及能力。



TRR除役時程



TRR爐體廢棄物安全管理

濕貯槽、緊急冷卻水塔拆除

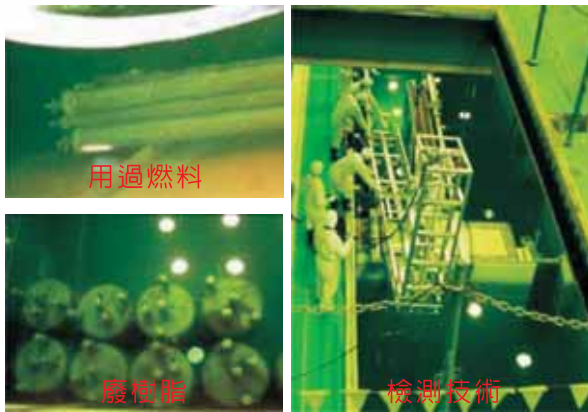
濕貯槽為TRR用過燃料暫時貯存場所，緊急冷卻水塔為爐體運轉備用設備，均為鋼筋混凝土結構；拆除前已先進行輻射特性調查，並將內部污染部分清除，確保拆除作業輻射安全；核研所依據廢棄物特性及分類處理規定，並配合現場環境空間，建置拆除設備及流程，包含鑽石索鋸及鑽孔機等切割設備、切割工法及廢棄物包裝程序。作業時，依核研所對輻安、工安及環安等相關管制規定，審慎執行，並配合後續廢棄物處理作業，將鋼筋混凝土結構分層分塊切割解體，鋼筋及混凝土廢棄物分開處理；完成濕貯槽原址清理復原後，建置金屬除污設施再利用；緊急水塔原址屬場外環境，已清理到無污染綠地，釋出再使用。



濕貯槽拆除



緊急冷卻水塔拆除



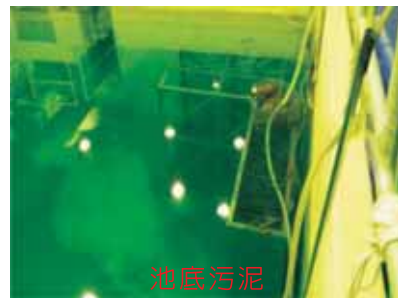
池內廢棄物清理

燃料池貯存廢棄物清理

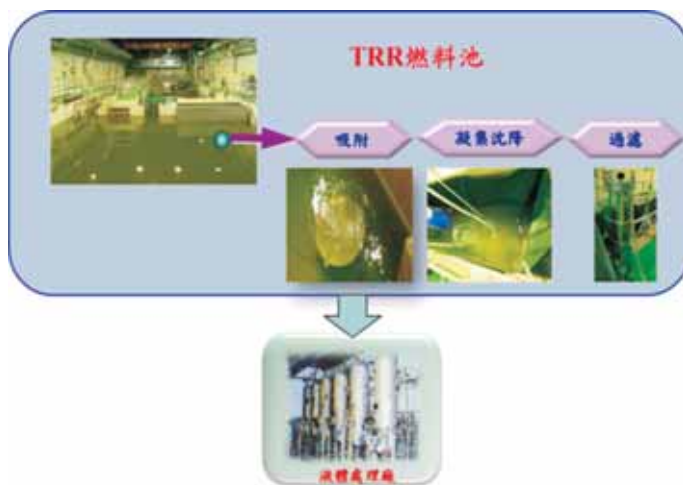
TRR燃料池內暫貯廢棄物，主要為用過燃料及外套管、廢射源、廢樹脂等。核研所針對廢棄物輻射特性及現場環境條件，建立水下處理技術、乾燥、包裝及運送等技術，同時開發盛裝容器並取得國內使用許可；其中包含用過燃料安定化處理程序，透過台美核能合作平台，與美國國家實驗室共同開發建立核物料檢測技術。利用上述相關技術，配合工法程序建立，完成廢棄物清理，移出燃料池及安全貯存，並符合TRR除役時程規劃。

池底污泥清理

燃料池經過長期運轉使用，導致池底沉積大量污泥，因散佈面積廣且池水深度深，處理困難。核研所以簡化程序、操作安全為原則，開發自然沉澱法收集，利用水下吸取裝置及可撈性收集袋，克服燃料池深度及池邊有限空間因素，成功將逸散池底污泥收集，並依據核研所固體廢棄物接收相關規定，建立除水與多重包裝程序，成功將污泥集中、乾燥、裝罐移出燃料池，以利後續燃料池池水處理。



污泥清理



池水處理

燃料池池水處理

TRR燃料池池水為提供燃料池屏蔽及冷卻功能，經長期運轉作業，水質混雜污濁，規劃先於燃料池內初步處理後，再送核研所液體廠作後續排放處理。經由核研所自主開發池水淨化技術處理，包含離子吸附、過濾、凝集沉降等技術，並嚴控二次廢棄物產量及評估處理效率。經現場測試驗證、技術改良及訂定操作程序最佳化後，成功將全部池水處理並達到符合核研所液體廢棄物接收標準後，池水移出燃料池並送液體廠處理。

3-1-8

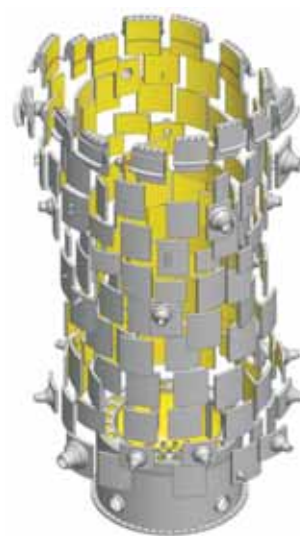
核電廠除役堅實的後盾－
3D工程模擬技術之發展及應用

工程模擬技術是以電腦3D數位模型作為基礎，發展出各種領域的應用，其中也包括核電廠除役工程。3D數位模型是將原本的2D設計圖面加以轉換，以立體的方式呈現設施之建築結構、管線系統及各種組件設備，有助於瞭解現場實際狀況，並減少憑空想像所造成的誤解。常見的3D工程模擬技術在核電廠除役方面的應用包括：拆除切割程序、廢棄物包裝、廢棄物盤點估算、輻射環境呈現及人員教育訓練等。



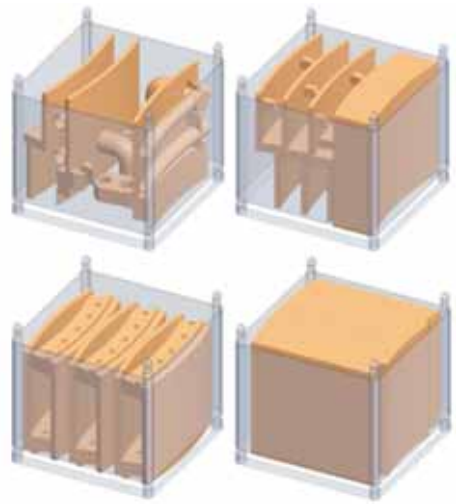
核電廠3D模型(剖面視圖)

在拆除切割作業模擬方面，以反應器壓力槽及其內部組件為例，由於這些組件結構複雜且具有高輻射強度，因此在進行拆除切割作業前，必須進行縝密的評估與模擬。運用3D模型可確切描繪出反應器壓力槽各個組件的幾何外型、相對位置及空間限制等資訊，並據以規劃拆除順序，以及選擇拆除切割的工法及機具。至於大型組件需要配合廢棄物容器的尺寸進行切割，因此，利用大型組件的3D模型，可以針對包裝容器的限制條件來規劃出切割路徑。當3D模型應用於切割路徑規劃時，可協助計算切割的總長度及總面積，這些資訊將有助於評估工作時數、工作人員劑量及刀具更換頻率等。



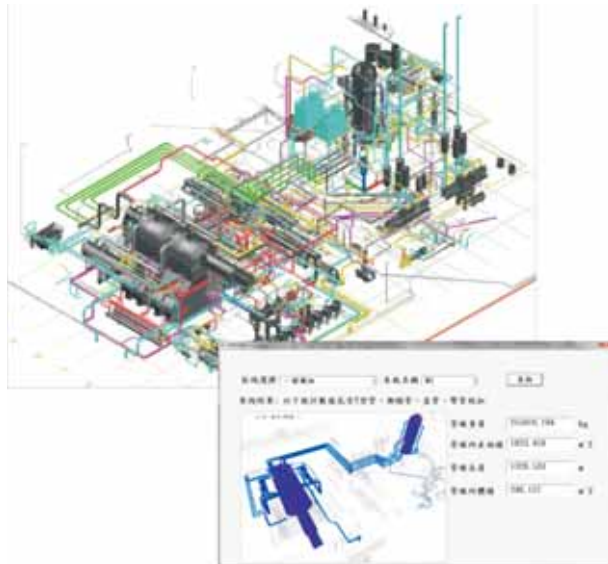
反應器壓力槽切割規劃

在廢棄物包裝模擬方面，當大型組件完成切割規劃後，可以產生各個切割件之3D模型，並藉以模擬切割件在容器內的堆疊狀態，若能適當的調整堆疊方式，進而提升切割件的包裝效率，將可減少廢棄物容器的使用數量。若後續加入切割件的活度、編號等屬性，將有助於容器輻射劑量之估算，以及廢棄物生產履歷之追蹤，而這些廢棄物管理所必要之資訊，都可以在切割包裝之前，透過3D模型來完成先期規劃。



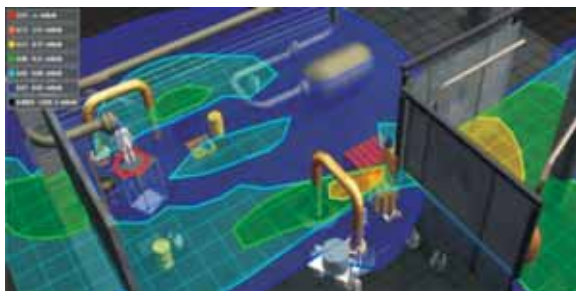
爐心側板切割件包裝模擬

在廢棄物盤點估算方面，傳統的盤點作業是依據2D設計圖面及文件紀錄進行統計彙整，往往會耗費大量人力與時間，並且精確性不佳。當管線系統及建築物的3D模型建構完成後，依據3D模型的特性，可輕易地統計出各類管線的長度及重量，以及建物結構之體積、重量及地板面積等數據，並且大幅減少統計過程的人為誤差。



除役廢棄物盤點

在輻射環境呈現及人員教育訓練方面，有鑑於核電廠的輻射特性，將廠房結構、管線系統及設備等3D模型結合輻射偵檢數據，採不同色塊顯現不同的輻射強度，若能配合虛擬實境技術的發展，將可用於人員教育訓練，在工作執行前先讓人員熟悉現場環境，預先規劃工作內容，以期減少人員在輻射環境下的曝露。



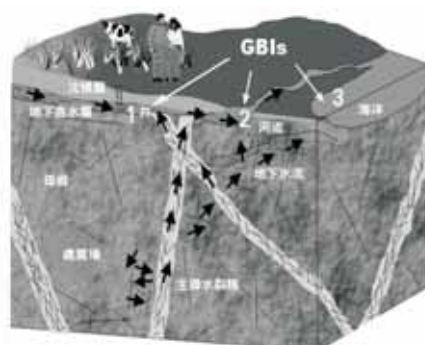
廠址輻射偵檢之色塊顯現應用

3D工程模擬應用於核電廠除役工程的最大目標，是期望能有效降低人員輻射劑量、工作風險及除役成本。核研所將持續研究核電廠除役之工程技術，配合未來國內核能電廠除役工程之需求，建立本土化除役技術能力，在確保核電廠除役作業安全為前提下，為3D工程模擬技術開拓更寬廣的應用。

3-1-9

用過核子燃料處置之生物圈劑量評估

本研究係採用IAEA於BIOMASS計畫主題所發展的參考生物圈概念，並依據未來環境與人類生活方式合理評估輻射曝露可能造成之影響。此外，亦將就生物圈劑量評估所需之相關設定集進行調查，並運用AMBER程式進行情境模擬，藉此評估不同曝露群體可能接受之曝露劑量。



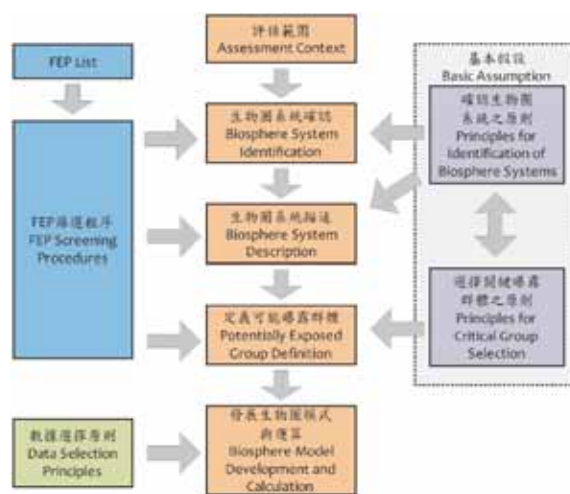
我國核研所（Institute of Nuclear Energy Research, INER）自1986年初以來，就開始針對用過核子燃料（Spent Fuel, SF）的安全處置作業，建立長期研發計畫。在參考了世界各國所開發的高放廢棄物處置系統之後，我國決議採用類似於的瑞典KBS-3概念來發展屬於台灣本土的用過核子燃料處置計畫。

本研究的目標並非我國用過核子燃料處置場址的選定，而是針對台灣本土的特有條件，構建一個適合的生物圈概念模型。通過此模型來模擬及評估各種情境下，處置場長期釋出之放射性核種對於關鍵群體所造成的劑量，並以此資訊作為我國未來場址設立時，其安全評估所需之基礎。

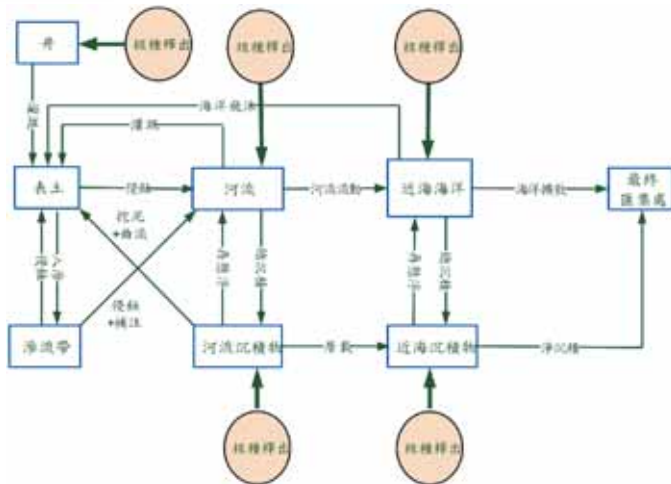
由於用過核子燃料處置的安全性評估時程相當長，規模長達百萬年之久，也因此要準確預測當時生活於處置場場址附近的人類，其行為和生活方式是相當困難的事情。為了解決這個問題，BIOMASS計畫中提供了一個完整的程序規劃，並藉由導入關鍵性的概念與數值模型，進而發展出相對應之生物圈概念模型以及系統性方法。

BIOMASS所採用的參考生物圈概念流程，其首要工作為評估範圍（Assessment Context）的定義。接著對未來環境及人類生活方式進行描述，以彙整為生物圈系統及潛在曝露群體。一旦完成上述步驟，即可考量IAEA BIOMOVs II之生物圈特徵、事件與交互作用機制（Features, Events, Processes, FEPs）列表建置，進行生物圈劑量評估。

由於BIOMOVs II的FEP列表僅涵蓋內陸區域，故結合日本H12與BIOMOVs II之生物圈FEP資料為基礎，開發屬於台灣（島嶼型）的生物圈FEP資料庫。



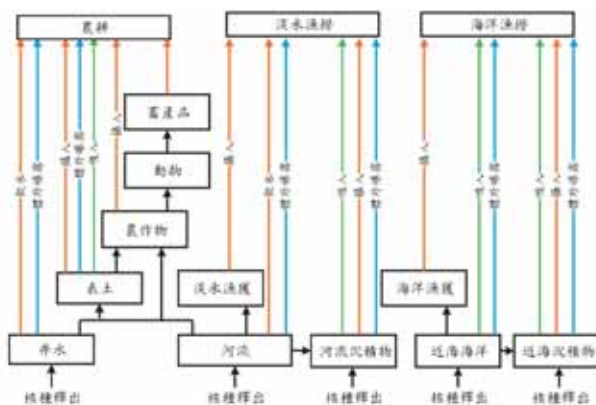
圖一、參考生物圈概念模型發展流程



圖二、生物圈評估中使用之概念模型

之後再利用交互作用矩陣，透過了解核種傳輸作用機制，完成台灣在封閉後與當代環境條件相似階段與冰河氣候階段生物圈概念模型之建置。

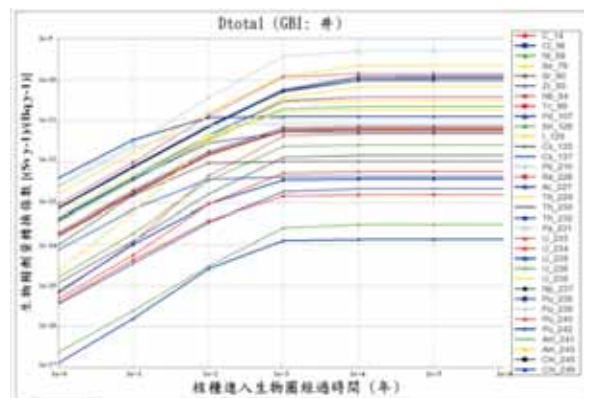
如圖二中所示，此概念模型中共包含了5個核種可能釋出至遠場與生物圈交界面（GBI），此外，在進行假設時，考量各種可能情況，而選出3種關鍵曝露群體（農耕、淡水漁撈與海洋漁撈）及其可能接受之曝露途徑（如圖三所示）。



圖三、封閉後與當代環境條件相似階段及冰河氣候階段的可能曝露途徑示意圖

一般而言，生物圈中核種經常出現在遠場終點或地下水最終排放點，也就是發生在GBI的位置。在本報告中將選擇井水作為生物圈評估的參考案例。在計算生物圈中的核種運輸時，在到達穩定狀態的生物圈劑量前，將假設關鍵核種保持每年1貝克的速率釋放至環境中。

在估算母體核種的BDCF將考量所有子核種的衰變和生長情況來進行計算，如圖四所示，在核種穿透地圈達到最高值後，其劑量率將幾乎保持恆定。因此，將以此恆定值作為生物圈劑量轉換係數（BDCF），計算出關鍵曝露群體之年有效劑量。



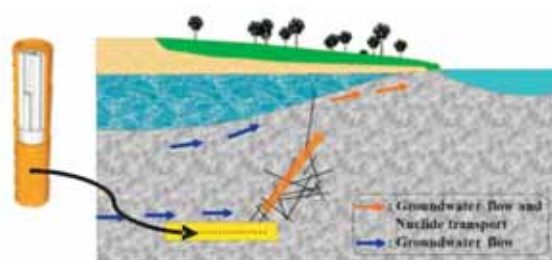
圖四、34個核種之BDCFs隨時間變化（GBI：井，封閉後及當代環境條件相似階段）

本研究採用IAEA於BIOMASS計畫主題，並利用FEPs列表與交互作用矩陣選定關鍵曝露群體和途徑，完成臺灣本土生物圈概念模式建構與生物圈中核素轉移和運輸的初步評估，同時亦運用AMBER程式進行模型建構，來評估不同曝露群體所接受之曝露劑量，並完成有關生物圈劑量評估所需設定集的調查。

3-1-10

用過核子燃料最終處置參考案例安全評估方法建立

為處置用過核子燃料，我國目前根據最終處置計畫推動高放射性廢棄物 (High level waste, HLW) 之最終處置，該計畫全程分為5個階段，而現階段為第一階段「潛在處置母岩特性調查與評估階段」，此階段任務的2個主要目標為：(1) 完成我國潛在處置母岩特性調查與評估及(2) 建立潛在處置母岩功能/安全評估技術；目前係針對參考案例建立用過核子燃料最終處置之安全評估技術，據以評估處置設施封閉後對關鍵群體造成之風險是否符合法規要求。



參考案例係參考瑞典KBS-3之垂直處置方法，將放射性廢棄物置入銅罐(copper canister)中，並置於地下500公尺深處之花崗岩體中，以達到將用過核子燃料隔離、圍阻及遲滯之效果。



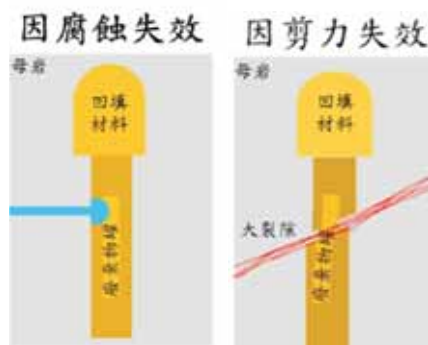
用過核子燃料最終處置計畫推動時程

情節發展分為主要情節及干擾情節，在主要情節建置技術又分為基本案例及變異案例；基本案例係根據處置設施之內部及外部條件，在百萬年的尺度下，廢棄物罐最可能因(1) 腐蝕作用及(2) 剪力作用而失效，將評估此兩種情節之發生可能性，以及建立核種釋出途徑分析技術，據以掌握對關鍵群體之劑量風險；變異案例為透過合理範圍之參數與假設條件變動，評估其風險，並探討參數之不確定性。

在干擾情節方面，分成自然因子及人為因子，重新考慮屬於極小機率或是需獨力分析之特徵、事件及作用(Features, Events and Processes, FEPs)，可輔以強化安全評估之健全性。



在廢棄物罐圍阻分析方面，於腐蝕情節中，建立評估廢棄物罐周圍緩衝材料被地下水侵蝕之時間，當地下水與廢棄物罐銅殼接觸後開始腐蝕，並評估各廢棄物罐腐蝕至厚度為0所需時間；於剪力情節中，廢棄物罐可能因地震而誘發其周圍岩體之裂隙錯動而失效，建立廢棄物罐受剪力作用之評估技術，以此計算因地震剪力而失效之廢棄物罐數量。



廢棄物罐破壞情節

在核種傳輸與劑量分析方面，利用GoldSim軟體搭配核種傳輸模組，建立腐蝕及剪力兩種情節。在模擬技術發展上，結合核子燃料盤存量、核子燃料釋出機制、廢棄物罐失效模式、緩衝材料區塊及母岩裂隙傳輸參數，並整合生物圈模式，以系統整合方式，建立處置設施對關鍵群體劑量風險之評估技術。



以GoldSim建立安全評估模式，並整合生物圈模式

在國際技術交流方面，於民國105年五月赴瑞典斯德哥爾摩與核子燃料及核廢料管理公司SKB之專家進行技術交流，獲得許多技術回饋及建議。核研所安全評估團隊與瑞典SKB進行參考案例分析比較，取得相當相當一致的趨勢，在此專家給予本所安全評估團隊相當的肯定，並對於處置技術發展提供許多建議，為此番行程相當重要之收穫。



赴瑞典斯德哥爾摩與核子燃料及核廢料管理公司SKB之專家進行技術交流

核研所安全評估團隊具體建立用過核子燃料處置安全評估技術與分析流程，結合科學理論基礎，建構安全評估情節，量化風險數值，並藉由敏感度分析，規劃精進研究方向。不斷厚植核後端處置技術，為推動非核家園國家政策而努力。

3-1-11

含多裂紋之圓筒殼狀結構焊道快速安全評估法

爐心側板是位於反應爐內，屬核電廠重要安全組件之一。結構為圍繞著爐心之不鏽鋼圓筒殼，其安全與結構完整性必須符合ASME B&PV Codes, Section XI 法規以及USNRC 發行之GL 94-03導則，相關內容主要是要求電廠須針對爐心側板進行檢測、評估、陳報等作業，藉此確保爐內組件結構完整性，以維護電廠運轉安全。然而，ASME法規提供之公式，在應用條件及計算流程上相當複雜繁瑣，不利爭取時效。故藉由視窗化程式開發(圖1)，可方便工程師依據檢測數據，以及側板各水平焊道於不同服役條件承受之應力，在符合法規安全要求條件下，迅速評估龜裂焊道之安全性，對運轉維護方面極具效益。

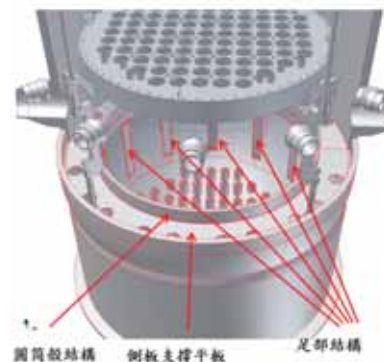


圖1：爐心側板評估程式(左)與爐心側板支撐自動建模程式(右)

此程式在輸入選項上搭配了自動篩選功能，由於在應用法規相關公式時，對於其使用限制條件上亦須經過繁瑣計算，同時也容易導致錯誤，故藉由程式篩選直接縮短大量判斷時間，也確保計算結果的正確性。此外，針對此圓筒殼狀結構的爐心側板支撐(Core Shroud Support)，同樣亦開發了直接建立有限元素法分析模型的視窗程式(圖1)，完整涵蓋了整體組件由上至下的安全評估。

配合國內BWR電廠之設計參數，此程式僅需依據檢測的發現輸入劣化資訊，就可以迅速建立國內各核電廠龜裂側板、支撐結構數值分析及計算模型(圖2)，並進行安全評估，計算結構安全餘裕。

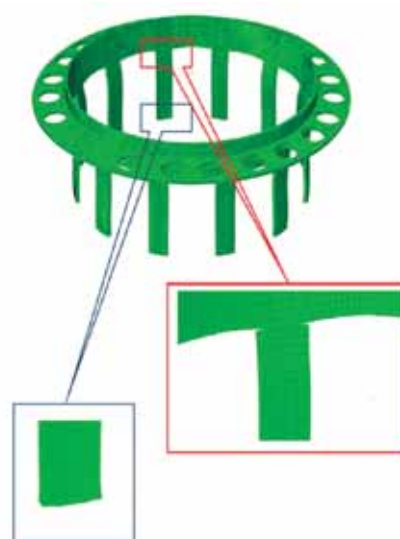


圖2：爐心側板支撐模型

序號	運轉條件	法規公式計算結果		視窗軟體分析結果	
		評估應力 (psi)	安全因子	評估應力 (psi)	安全因子
H1	正常	40615.97	84.40	40618	84.4030
H2	異常	47364.17	99.07	47364	99.0720
H3	緊急	16823.13	29.51	16824	29.5120
H4	故障	9450.39	5.83	9451.6	5.8300
H5	正常	17271.49	12.91	17265	12.9050
H6A	異常	5477.44	4.41	5461.3	4.3993
H6B	緊急	2279.74	1.61	2265.2	1.6006
H7	故障	2355.64	0.72	2341.2	0.7152

表1：法規及視窗程式驗證

本程式的開發與應用主要配合國內核電廠使用所需。國外曾於多年前開發類似DOS以及WIN95版本的裂紋評估軟體，但目前已無更進一步之版本。

另外，在數值分析模型方面，國外採用對稱結構（僅能計算對稱裂紋），而本程式所建立的全域分析模型，可配合實際裂紋分布，完整呈現組件狀況（圖3），更具實用性及準確性（圖4）。

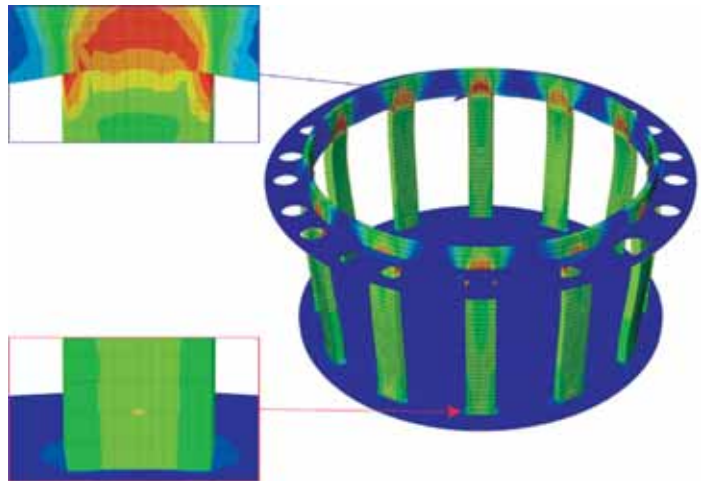


圖3：程式自動建立全域分析模型

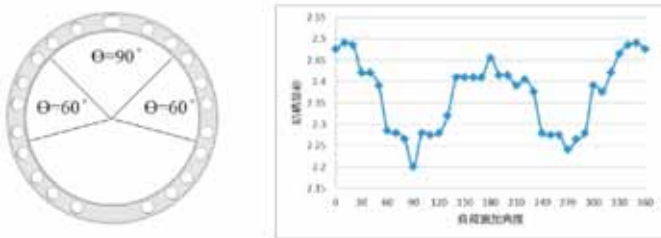


圖4：分析模型驗證

本評估程式在開發階段，已多次配合電廠進行多方驗證（表1），繼而並協助電廠進行多次的安全審查作業。在創新方面，整合法規評估與有限元素法數值分析，對電廠在爐內重要組件安全評估方面，具有極大效益。

在技術移轉方面，結合先前配合電廠評估經驗，已完成多次之審查及程式評估說明，藉此彰顯本程式的應用性，對國內核電廠在運轉維護上獲得重視，亦被認可其具有提升效益之能量。

未來程式的精進將擴充更多模組，例如疲勞及應力腐蝕等裂紋成長計算，以提供核電廠在下次大修週期檢測時的預測裂紋成長評估，提升程式適用性。在引用法規評估方面，將增補法規改版後的内容敘述，以符合核電廠法規引用版本需求。本程式開發的精隨為考量核電廠在繁雜的含裂紋爐心側板組件安全評估工作上，更迅速作業，將公式篩選、預測值計算以及數值模型建立等程序，短時間一氣呵成！

3-1-12

默默的核安守護者－ 地震平台測試實驗室



核能電廠要安全運轉，首先須確認安全設備的品質合格，所謂工欲善必先利其器。設備組件品質的保證，產品出廠後的試驗是相當重要的一個環節，核電廠要在地震來襲時安全無虞，就需要透過耐震測試來驗證安全設備的抗震能力，以確保地震中及地震後，仍能執行其設計預定的安全功能。

設備耐震測是一件需要專業知識、經驗與縝密規劃、謹慎行動的團隊工作，核能研究所地震平台測試實驗室22年的穩健成長運作，為核安守護無愧的貢獻一己之力。

地震平台測試實驗室簡介

1990年代美國核能工業衰退，許多廠商不再生產核能級產品，解決方法係將商業級產品以檢證方法驗證為核能同級品，以便核電廠維修時更換核能級組件。有鑑於此，核研所於民國82年開始著手規劃興建地震平台測試實驗室。

地震平台測試實驗室於民國84年建置完成，用以驗證核電廠中小型機械、儀控及電氣核能同級品替換件之耐震能力，於同年獲得原能會頒發核能同級品零組件檢證機構證書，並於民國92年通過全國認證基金會評鑑認可，接受業界委託執行伺服器、網路地板及機櫃等耐震驗證工作。除設備之耐震測試外，本實驗室也進行(1)設備結構評估與分析，及針對各種中小型結構體或設備進行模態測試，以獲取結構模態等相關參數。(2)利用SASSI進行核電廠重要廠房模型之建構與土壤結構互制分析。



管制法規

要蓋一棟新房子，需要請建築師設計，並遵照建築技術規則規劃；國內核電廠要換零組件也需要委託地震平台測試實驗室依據驗證規範進行評估與測試，耐震要求是依據台電公司在安全分析報告書中，所承諾引用美國核能法規及相關規範來驗證設備之安全性與可靠性。核能電廠內的安全相關設備是否能在強烈地震來襲時，完整無缺不受損害保持其功能，可預先依照核能規範來測試驗證設備的耐震能力。核能組件的耐震要求，除確保結構完整性外，亦包括其功能性；也就是說若組件須在地震中及／或地震後執行某種安全功能的動作，則在耐震測試過程中／後尚須驗證其執行安全功能的動作能力。

我國核能零組件耐震測試所依據之工業規範主要為IEEE Std. 344, “IEEE Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations,” 1975/1987，並搭配其他特殊要求規範。

工作流程

實驗室工作流程(如圖1)。當電廠或廠商洽詢耐震驗證相關事項時，雙方工作人員進行細節討論及現場勘查，並進行耐震測試前置作業，包括地震平台控制軟體資料設定，依據現場安裝狀態製作夾具等多項工作；在測試中模擬核電廠現場安裝狀態，將零組件固定於夾具上再連接於地震平台(如圖2、3)，執行驗證法規要求的測試項目，進行零組件功能量測。例如針對核電廠安全系統使用之電子卡片，測試中提供 20V 或 24V 觸發訊號給電子卡片，再監測被觸發訊號是否連續，用以判斷電子卡片是否正常運轉。

完成法規要求之測試項目後，由實驗室同仁撰寫耐震驗證報告，內容包括：電廠安裝狀態、夾具形式、測試反應譜、測試過程及結果。



圖1：地震平台測試實驗室工作流程



圖2：核二廠電氣機櫃內電子卡片現場安裝記錄

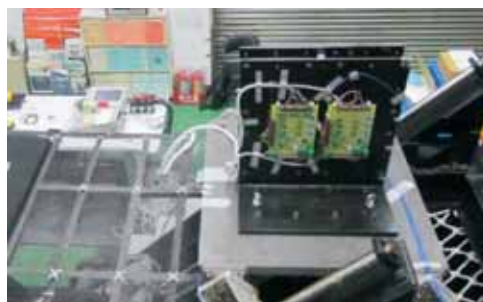


圖3：地震平台測試模擬現場安裝之電子卡片



加速規絕緣基座



可旋轉式夾具

專利

104年獲得「加速規絕緣基座」中華民國專利，發明第I510785號。

105年申請「可旋轉式夾具」中華民國專利，申請案號105140122。

核安外的社會貢獻-提昇效率、節省公帑、創造就業

核研所安全評估團隊具體建立用過核子燃料處置安全評估技術與分析流程，結合科學理論基礎，建構安全評估情節，量化風險數值，並藉由敏感度分析，規劃精進研究方向。不斷厚植核後端處置技術，為推動非核家園國家政策而努力。

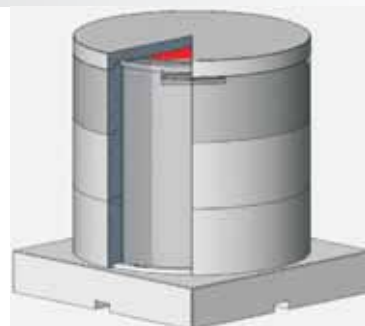
結論

實驗室可以精準的保證核能同級品零組件運用在核電廠的適用性，為核電廠核能同級品零組件安全把關，省時、省錢、安全可靠。

3-1-13

貯存期間用過核子燃料乾式 貯存容器密封邊界完整性之檢測技術

經長時間的貯存使用，密封鋼筒密封邊界可能因銲道應力腐蝕而發生損壞，影響貯存安全性。實際使用時，由於密封鋼筒係貯存在混凝土護箱內，且貯存高輻射的用過核子燃料，局限空間與高輻射環境致使一般業界常用的非破壞性檢測方式，無法應用在檢驗密封鋼筒密封邊界是否存在著因腐蝕而產生的損壞，用過核子燃料長期貯存安全性受到質疑。



本技術可在不影響乾式貯存系統貯存安全性及在可接受的測試時間與成本之情況下，能有效地判別密封鋼筒密封邊界是否存在著因腐蝕而產生的損壞。藉由適當的測試間隔，管制單位與業者得以確認密封鋼筒密封邊界的完整性，或提早發現密封鋼筒密封邊界已因腐蝕而發生洩漏，儘早處理產生洩漏的密封鋼筒，避免所貯存的用過核子燃料護套發生損壞及放射性物質的洩漏，確保民衆的安全。

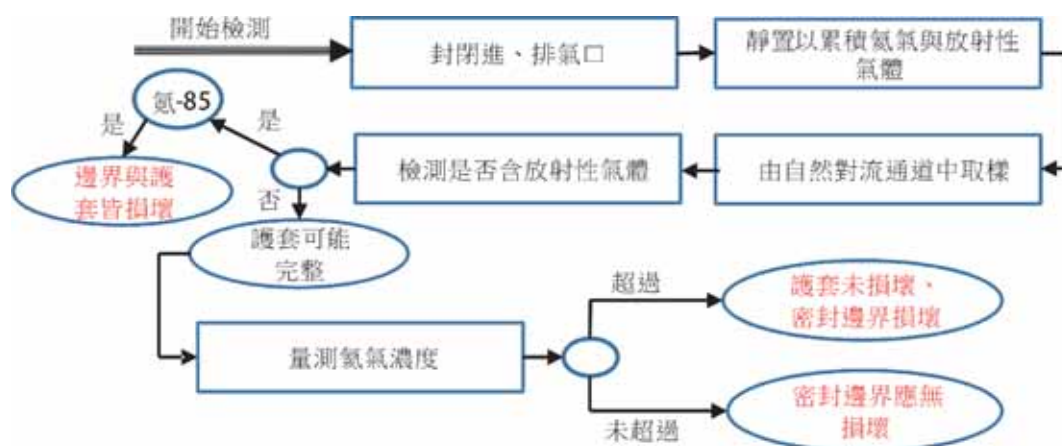


圖1 檢測流程圖

乾式貯存系統主要是利用自然對流的方式，將密封鋼筒內產生的衰變熱散逸到自然環境中。本技術利用人為方式，阻斷乾式貯存系統的自然對流，令密封鋼筒的溫度升高，而使得鋼筒內的壓力高於環境的壓力。如密封鋼筒密封邊界已發生損壞，充填於密封鋼筒內的氦氣或存在於燃料束內的放射性氣體，將由密封邊界損壞處漏出並累積在該自然對流通道中。藉由取樣及檢測該自然對流通道中氣體的氦氣濃度是否明顯高於自然環境背景值或是否存在有放射性物質，作為判定密封鋼筒密封邊界是否發生損壞的依據。檢測流程如圖1所示，圖2所示為如何阻斷乾式貯存系統自然對流。



圖2 阻斷乾式貯存系統的自然對流



圖3 專利資料

本技術可在4小時的檢測時間內，有效地檢測出應力腐蝕對密封鋼筒密封邊界所造成的損壞，既使在乾式貯存系統已運轉120年後，依然無損本技術的有效性。圖4所示為在不同的使用時間與筒內氬氣殘餘量下的氬氣檢測濃度(ppm)，以說明本技術的有效性。

目前業界常使用的超音波檢測無法在密封鋼筒貯存條件下，針對鐸道進行有效且全面的檢測，而目前其他研究單位所提出的音速檢測或溫差檢測，無法應用在密封邊界發生損壞的初期。所以本技術在應用上遠優於目前常用與其他研究單位所提出的方法。

為驗證本技術的有效性，在2014年利用INER-HPS系統執行驗證測試，檢測結果如圖5所示，證明本技術的有效性。

產品名稱：VCC頂部氬氣濃度
申請廠商：核能研究所
送樣日期：2014年10月07日
測試日期：2014年10月14日
測試結果：

測試項目	測試方法	測試結果	檢測極限	單位
氬氣(He)	本測試以氣相層析儀5890檢測	32	10	ppmv

圖5 驗證測試結果

依美國核管會的研究資料說明，目前還沒有決定性之檢測技術可以直接判定密封鋼筒密封邊界的完整性。本技術提供快速、經濟且結果明確的檢測，可為管制單位與核工業界認可與採用，除具有每年約1億元新台幣的商業價值外，對於用過核子燃料安全貯存議題也有一定的貢獻。

本技術目前已申請我國與美國專利，並於2017年3月1日獲得我國專利核可，證書號：I 572854。本技術另獲得本所2016年研發成果競賽佳作獎。專利相關資料如圖3所示。

	貯存時間(年)						
鋼筒內殘餘氬氣量(%)		20	40	60	80	100	120
	100	32.60	27.70	21.47	19.58	17.91	16.47
	80	27.12	23.20	18.22	16.71	15.36	14.21
	60	21.64	18.70	14.96	13.83	12.82	11.96
	40	16.16	14.20	11.71	10.95	10.28	9.71
	20	10.68	9.70	8.45	8.08	7.74	7.45

圖4 取樣氣體預估氬氣濃度

本技術已證明其有效性，未來將精進其測試設置時間，由目前的約1小時縮短到10分鐘以內。另將持續與乾貯系統廠家及管制機關溝通，促使採用本技術作為判斷長期貯存期間乾式貯存系統密封鋼筒密封邊界完整性的方法，確保乾式貯存系統的貯存安全性。

3-2

引言-關懷生態的永續 致力環境與能源研發

能源與環境二者密不可分，已成國際間共同重視，並相互影響，需聯繫合作的議題。這些議題不僅與國家的未來、民衆的福祉緊密相關，也對我國在國際社會的競爭力，以及擔任世界公民的責任與角色，有深刻關聯。本所長期致力於原子能科技民生應用之研究發展，將能源技術開發與環境生態的維繫，追求二者平衡作為核心發展的理念，這些年已經呈現努力的成果。

過去的一年，我們的進展包括：

在節能技術方面，本所引入銀金屬摻雜的透明導電膜在電致變色節能玻璃結構中。所發展的變色節能玻璃展示了先前未實現的光開關行為，將可動態控制太陽輻射通過窗戶的透射率，進一步獲得高效節能的效益，可降低建築物能耗達20%。本所更進一步整合無線控制的功能，可藉由手機無線控制軟體直接微調建築物中電致變色玻璃的狀態，應用於智慧節能建築。因此，可隨環境的天候情況，動態調整電致變色玻璃狀態，維持室內光線情境的穩定，提供更舒適的居家及工作環境。

在減碳綠能技術方面，本所已設計不同千瓦級之CO₂捕獲系統，不斷地致力於研發可供應各種使用端之CO₂捕獲程序。更於105年度首次現地應用於廢塑料產業中所產生之廢氣碳捕獲（氣流中CO₂含量約10-40%），CO₂移除率達到90%的國際指標。本所將CO₂捕獲減碳技術結合國內廠商，針對煤、生質物、有機廢棄物裂解過程中所產生廢氣進行二氧化碳捕獲，且將裂解所產生之燃氣藉由觸媒轉化或純化分離生產具產業價值之合成氣。將二氧化碳捕獲技術實際導入有機廢棄物再利用產業，其資源可重覆循環再利用效率能進一步增加，對於環境永續發展有正面效益。

另外，本所在生質精煉研發成果中，纖維酒精及乳酸技術皆已達國際領先水準，目前本所已與國內產業簽訂技術授權合約，預定在嘉南平原建置國內第一座生質精煉廠，落實生質精煉新創產業在地化願景，同時配合在東南亞區域專利佈局，促成國內成立新創公司，規劃南進東協發展纖維生質精煉產業。此外，本所生質精煉技術中的解聚製程及其多元化應用，亦榮獲第13屆國家新創獎學研新創獎，顯示所發展之生質精煉技術確實具有創新貢獻與競爭實力。

在電力控管技術方面，本所持續發展自主式區域（微）電網技術，105年運用微電網技術協助台灣電力股份有限公司、澎湖縣政府等單位，規劃建置智慧微型電網，包括：（1）技轉智慧能源管理控制技術予健格股份有限公司，與台電公司合作於新北市烏來福山社區建置「防災型微型電網」；（2）與大同股份有限公司合作於烏來區公所建置「18kW防災型微電網」；（3）與中興電工機械股份有限公司合作於澎湖縣東吉嶼建置「離島微型電網」。105年研發團隊開發之【串接式儲能系統】研發專利技術，榮獲2016台北國際發明展『金牌獎』及本所105年所慶「研發成果展示暨業務創新競賽」優等獎。團隊投稿於第37屆電力工程研討會之「微電網彈性恢復控制設計及可靠度分析」論文，榮獲「優秀論文獎」。

另外鑒於國內目前尚無針對能源安全及風險領域之公開性的演算工具，為補足國內於能源資訊領域揭露之完整性，本所已建置我國能源安全資訊網，提供可線上操作的能源安全演算平

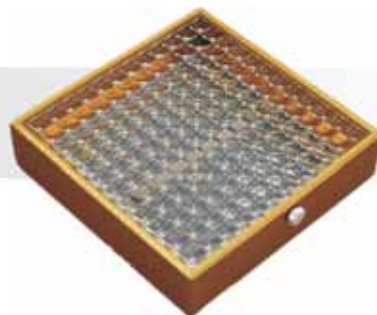
台供國內相關領域專業人士或欲了解能源安全議題者使用。能源安全資訊網特點為可並提供彈性的指標組合與權重分配功能，讓使用者可自行定義與建立屬於自己的能源安全評估指標。能源安全資訊網中已建置我國重要能源、經濟、環境重要數據，並定期更新，未來其分析成果配合能源模型、經濟模型與社會意向調查結果，可提供我國能源經濟發展策略建議。

除建置能源安全資訊網外，本所自105年開始與國際具公信力之全球CGE模型之開發單位：美國麻省理工學院全球變遷中心(The MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change)合作，共同開發第一個適用於分析台灣能源及GHG減量議題之模型：Economic Projection and Policy Analysis (EPPA) – Taiwan，透過共同開發的過程，培育國內少數國際CGE模型開發人力資源，建立我國與國際知名研究單位長期的互惠合作基礎。

聯合國提出的永續發展目標(SDGs, Sustainable Development Goals)，已為影響人類未來的永續性，訂出應致力突破的方向。其中多項與能源及環境息息相關，解決這些問題是國際趨勢，也是各國需要努力的重點。作為國家能源研究單位，本所有責任掌握國際趨勢，協助我們國家，參與並與國際同步地解決這些共同且迫切的問題。



3-2-1

結合LED產業優勢之
低碳微型聚光太陽能模組

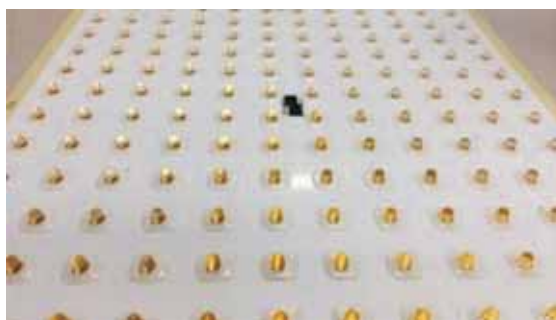
微型聚光模組結合LED之產業聚落

有鑒於全球暖化與空氣汙染日益嚴重，再生能源已成為能源發展的重點。而太陽光電乃是最重要之再生能源選項之一。

核能研究所長久以來致力聚光型III-V族太陽能發電技術研發，現階段利用零組件改良和用料減量，開發出低碳微型聚光太陽能(CPV)模組，能有效地達到模組輕量化，且降低運輸與系統建置的成本。同時導入自動化LED封裝製程，建立量產產線，以實現高產能、高重複性與高可靠度之三高效益。憑藉台灣世界級之LED產業規模與成熟的製造技術，落實降低微型CPV模組之生產成本與碳足跡的目的。

開發出之低碳微型CPV模組於室內光電轉換效率可達35.15%、聚光倍率達1100倍、光學角度容忍度達 $\pm 0.7^\circ$ 度。同時，生命週期內碳足跡僅約24.47g/kWh，為各式太陽光電模組中最低。

目前低碳微型CPV模組之能源回收期約0.5年，約是矽晶太陽能平板的一半，且模組成本控管於約0.6USD/W，預期不久的將來即可與傳統矽晶產品競爭。



具高度自動化封裝之太陽電池接收器

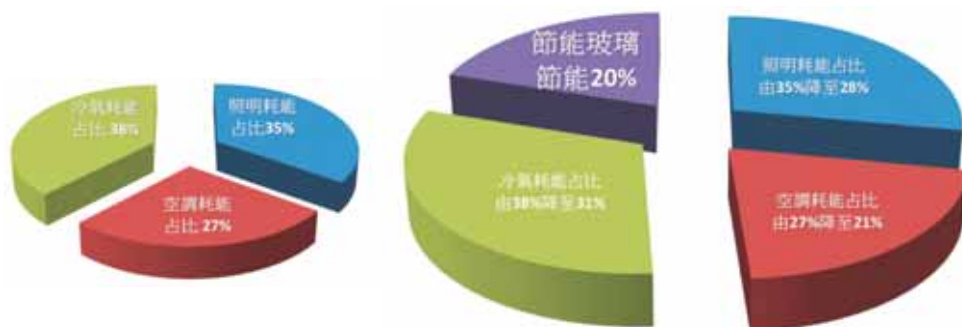
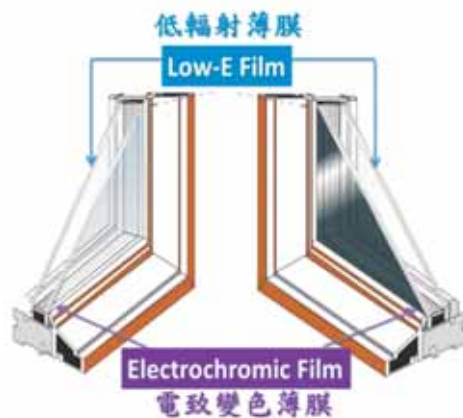
本團隊積極進行產業推廣，冀能協助台灣發展本土CPV產業聚落，並提供LED產業新的契機，以提昇國內能源自主性與創造就業機會。

- 本技術衍生出四項發明專利，其中兩件亦獲得美國發明專利。
- 本技術獲105年台北國際發明展金牌獎之肯定。

3-2-2

透明態具紅外線阻擋功用的電致變色節能玻璃

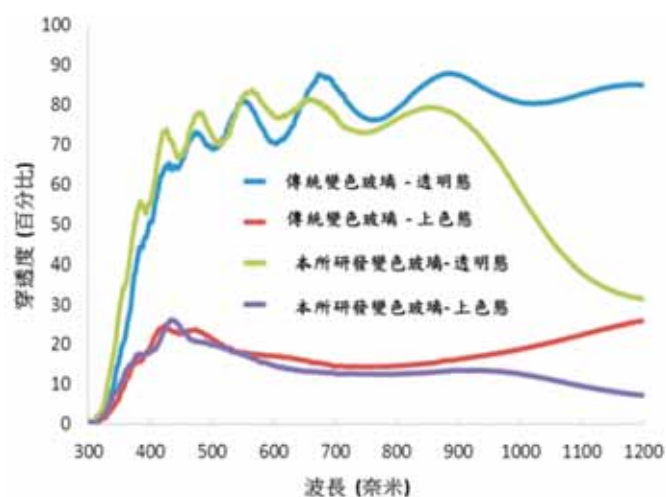
提高建築物的能源使用效率是目前能源型態轉型到以再生能源為主體的一個重要方式。而電致變色節能智能窗的引入，將可藉由動態調節太陽能光熱通量，有效降低建築物能源消耗。根據研究顯示，一棟使用電致變色玻璃為門窗的建築物，可降低其尖峰用電時的能源消耗達20%，更進一步增加了新建築從建築物規劃設計著手，即可縮減建築物所需的空調與照明系統大小的調整程度。



電致變色玻璃可降低建築物能耗達20%

根據過去電致變色節能玻璃的研究，玻璃穿透光譜的選擇性——即可見光和近紅外輻射的獨立調控，被認為是用來減少建築物內部所需照明及調節熱能的關鍵因素。

基於上述的紅外線阻隔概念，研究團隊引入銀金屬摻雜的透明導電膜在電致變色節能玻璃結構中。所開發之電致變色節能玻璃在可見光區之調控，穿透度範圍在81.9%至17.5%之間；近紅外光區穿透度則可於38%至9.5%間調控。所發展的變色節能玻璃展示了先前未實現的光開關行為，將可動態控制太陽輻射通過窗戶的透射率，進一步獲得高效節能的效益。

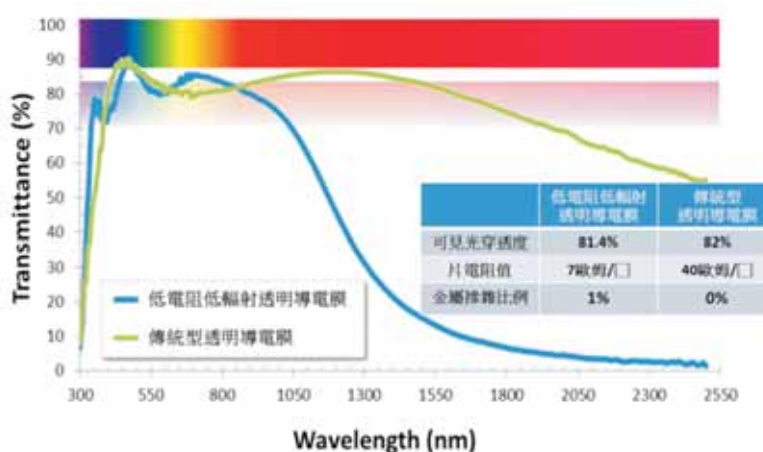


核研所研發變色玻璃於透明態具紅外線阻擋能力

結構	SHGC	可見光穿透度 (550nm)			紅外光穿透度 (1100nm)		
		上色	透明	穿透度變化	上色	透明	穿透度變化
傳統變色玻璃	0.82 0.27	18.0%	80.6%	62.6%	22.5%	82.7%	60.2%
本所研發變色玻璃	0.61 0.26	17.5%	81.9%	63.4%	9.5%	38.0%	28.4%

本所研發之變色玻璃與傳統變色玻璃特性比較表

同時兼具高穿透度與低電阻值特性的紅外線阻隔型透明導電膜，更進一步提供電致變色節能玻璃大面積低耗能操作的可能。藉由整合紅外線阻隔型透明導電膜進入全固態型電致變色元件結構中，可更進一步提升電致變色玻璃的節能特性，即使在透明態，仍具紅外線阻擋的功能，增加實用的價值。



低電阻低輻射透明導電膜與傳統透明導電膜特性比較

無線控制app程式 無線藍芽控制模組



未來智慧節能建築用無線控制節能窗示意圖

而針對智慧節能建築的應用，團隊更進一步整合無線控制的功能，可藉由手機無線控制軟體直接微調建築物中電致變色玻璃的狀態，應用於智慧節能建築。因此，可隨環境的天候情況，動態調整電致變色玻璃狀態，維持室內光線情境的穩定，提供更舒適的居家及工作環境。

3-2-3

工業節能廢熱回收熱管技術的開發

根據台經院調查各行業工業廢熱(Waste Heat)的統計資料，其數量相當於約一百六十六萬公秉油當量，其中150~300° 佔總量46%，具有回收價值，而低於150° 佔總量40%，不易回收且有露點腐蝕問題，大部分為工業鍋爐排放的煙氣。為此，核研所提出智慧熱管(Heat Pipe)餘熱回收節能系統，針對我國現有的焚化爐和鍋爐等設備300° C以下低階餘熱回收所面臨的現實問題，發展緻密型、高效率、耐腐蝕、防堵灰、智慧型熱管理系統的本土化餘熱回收系統，以落實產業節能減碳的具體作為。



	化工業	金屬基本工業	非金屬礦業	食品業	紡織業	造紙業	電機業	其他	合計	
溫度150度以下	401,939	21,006	111,153	7,038	31,707	34,603	50,015	2,966	660,428	40%
溫度151-200度	159,198	35,723	28,773	42,441	21,807	85,413	20,714	3,574	397,643	46%
溫度201-250度	55,721	4,150	113,933	7,483	-	-	1,697	806	183,789	
溫度251-300度	10,909	150,159	-	-	-	-	-	32,626	193,693	
溫度301-400度	0	94,847	-	-	-	-	-	-	94,847	
溫度400度以上	9,106	119,209	-	-	-	-	-	1,275	129,590	
產業別小計	636,874	425,094	253,859	56,962	53,514	120,016	72,425	41,247	1,659,990	
產業間廢熱占比	38.4%	25.6%	15.3%	3.4%	3.2%	7.2%	4.4%	2.5%	100.00%	

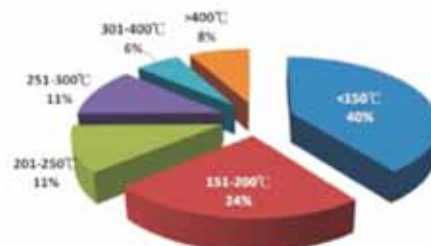
(單位: 公秉油當量)

*資料來源: 「區域能源整合調查與策略建議」
· 台經院, 民國100年

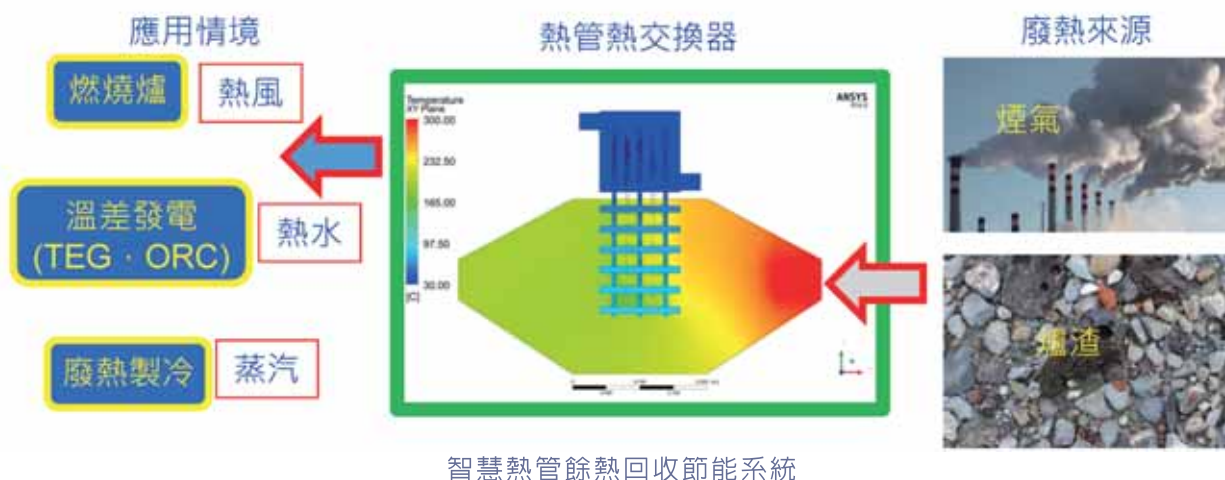
台灣不同溫度範圍內工業廢熱量統計

核研所研究團隊發展的高效率的熱管熱回收技術，以SUS316為殼體材料，以去離子水(Deionized Water)為工作流體，在熱管外層披覆電漿耐腐蝕鍍膜，加強對露點腐蝕的防護，降低腐蝕電流，延長使用壽命，內壁施以奈米孔洞塗層，增加毛細回流動力和強化蒸發端表面沸騰性能，熱阻(Thermal Resistance)可低至0.07 K/W，等效導熱係數(Equivalent Thermal Conductivity)比良好導熱體銅優將近380倍，達到熱傳係數(Heat Transfer Coefficient)> 19 kW/(m²· K)，傳熱通量(Heat Flux)> 190 kW/m²，優於工業標準。

- 150~300°C佔工業廢熱量的46%
→具回收再利用之價值
- <150°C佔工業廢熱量的40%
→不易回收、腐蝕問題

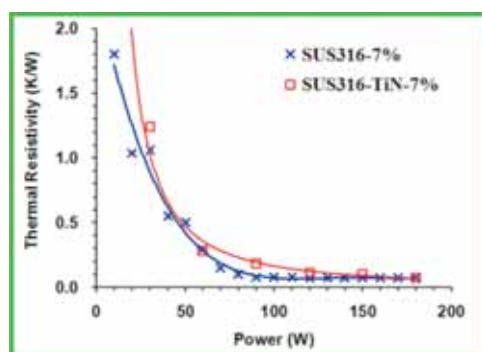


不同溫度範圍內工業廢熱量占比



智慧熱管餘熱回收節能系統

本團隊開發熱管熱交換器擷取大量的工業廢熱，再有效利用廢熱預熱燃燒爐空氣，或產生熱水，供應熱電模組 (Thermoelectric Generator, TEG) 和有機朗肯循環系統 (Organic Rankine Cycle, ORC) 溫差發電，或產生低壓蒸汽，供應吸收式冰水機 (Absorption Refrigerator) 熱能驅動製造冰水。廢熱製冷技術應用於廢塑料裂解系統節能改善，不需額外電力，能有效利用廢熱來製造冷凝器所需的冰水，降低油氣冷凝的溫度，直接提升產能。評估結果可有效提升至少 10% 的產能，一年內可回收設備投資成本。



熱管和性能曲線



熱管熱交換器和測試平台

未來規劃

1. 精進智慧熱管餘熱回收節能關鍵技術。
2. 廢熱回收熱管熱交換器技術實域驗證測試。
3. 發展廢熱製冷技術，製冷溫度 7~12 °C。
4. 發展微膠囊相變儲熱建材技術。
5. 研發電漿驅動技術提升空氣熱傳之高效主動控制型空氣熱交換技術。
6. 開發節能環保高效低溫乾燥技術。

3-2-4

開發液流電池關鍵技術 建立分散式儲能國產化能量

化石燃料等作為發電來源碳排放造成致使溫室效應日益嚴重，未來能源結構將逐步朝向太陽能、風能與潮汐能等可再生能源，由於可再生能源本身不穩定性與間歇性特質，搭配儲能技術可使其穩定輸出電能。

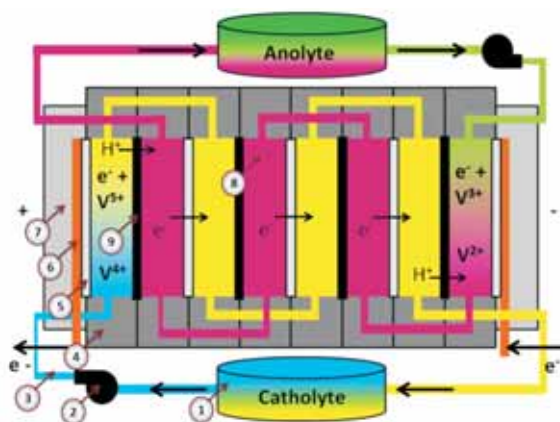
全鈦液流電池具有成為未來電網儲能應用的重要特質，包含使用不同價態之鈦離子作為正負極電解液，消除一般電池因相異元素混合交互感染，所致電池性能失效。深度充放電操作表現更是優越，意味著它的劣化速率較慢，可長時間穩定操作。另以電解液輸入電池堆，具有容易控制系統溫度，即使快速高功率充放電也不會產生過熱等問題。全鈦液流電池系統之儲能容量，由電解液的容積與鈦離子濃度決定，輸出功率則取決於電極的面積，由於兩者可以獨立設計，使系統具有設計靈活度大而且受設置場地限制小之優勢。除此之外，經電解液之離子價態，精準監控電池之電容量及充放電狀況。總而言之，全鈦液流電池結構簡單，且具高安全性與維護簡易，使其成為具備未來電網儲能應用之潛力技術。



圖 1. 核研所之全鈦液流電池研發進展

目前研發以提升全鈦液流電池之功率密度及降低電池堆建置成本為目標，主要聚焦於優質電極、隔離膜、電解液等關鍵組件開發。經由改善電池堆與模組系統的設計與提升電池效率，有效提升其經濟應用性。

此外，降低關鍵材料成本及提升耐用性，包括使用低成本的多孔膜並進行改質提升效能，以及採用電容量回復技術，使長時間運轉後電容量衰退情形再次回復，達到降低電池運轉均化成本效果之低成本隔離膜正在開發中，並很快將可應用於全鈦液流電池。



全鈦液流電池示意圖

(Li et al., Adv. Energy Mater. 1,394-400,2011)

結合原子轉移自由基聚合技術(ATRP)，將帶有 SO_3^- 磺酸根的親水高分子 polystyrene sulfonate (PSS)與polyethersulfone (PES)等低成本多孔性薄膜進行反應，使得 SO_3^- 親水基團生長在多孔性薄膜的表面以及孔洞中，增加親水性與導電性，可改善低成本多孔性薄膜無法充放電問題。以親水性改質的PES多孔性薄膜為例，其成本約為傳統使用Nafion膜的1/10，改質後能量效率接近Nafion的90%，後續除持續優化多孔膜特性及組成，並將驗證長期耐用性及放大應用至電池模組之效能，降低儲能成本。

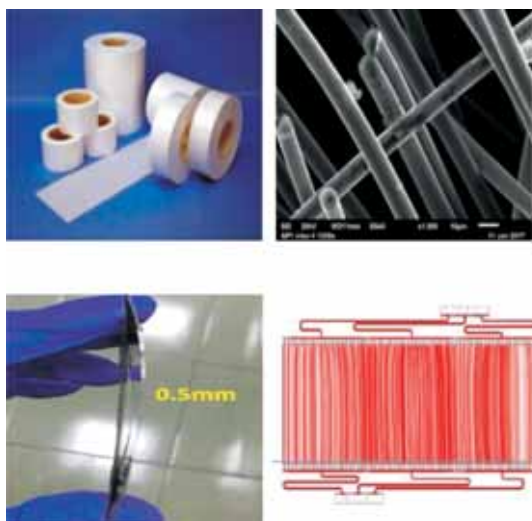


圖3. 優質化材料驗證及電池模組設計

為開創臺灣儲能產業新契機、凝聚產、官、學、研之經驗及技術能量，核能研究所與經濟部能源局共同舉辦「2016液流電池技術發展論壇」、產業技術交流會等，特別邀請台電公司、台灣科技大學、鼎佳能源等多位國內專家及業界代表與會，探討國內液流電池技術發展現況及產業發展趨勢。國內業者對未來政府再生能源政策下，儲能扮演的重要性需要有更多的資源投入及政策支持，在目前沙崙綠能科學城的規劃中，即以產業化目標為前提，結合技術研發成果與國內產業，共同開發高比例國產化液流電池儲能系統，以支持大規模再生能源發展目標並開拓國內自主儲能產業。

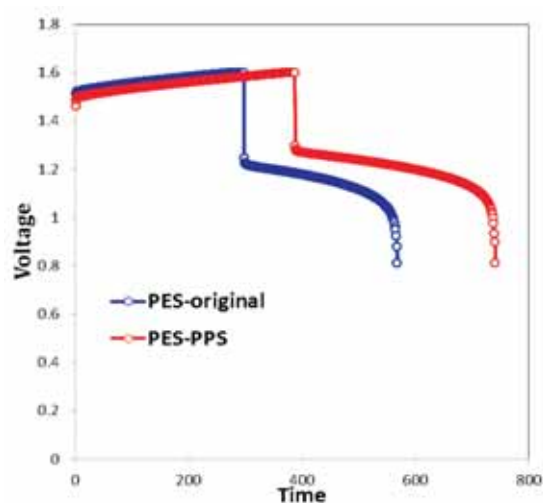


圖4. 低成本PES膜改質充放電曲線圖

藉由不同規模的測試載具開發及設計，目前就部分優質材料如電極已應用到大尺寸的測試載具，驗證其效能確實能大幅提升電池模組功率密度，降低成本。相關測試載具除研發用途，亦提供國內廠商先期測試及評估產品效能之合作空間。

除了研發優質關鍵材料及組件外，液流電池儲能系統的開發必然以模組化設計為方向，其中已掌握核心單元-電池模組所需材料組合、電池組設計及製造等工藝，同時透過完整的周邊監控與管理，提供不同應用情境差異所需運轉模式及控制邏輯，發揮儲能系統功能。

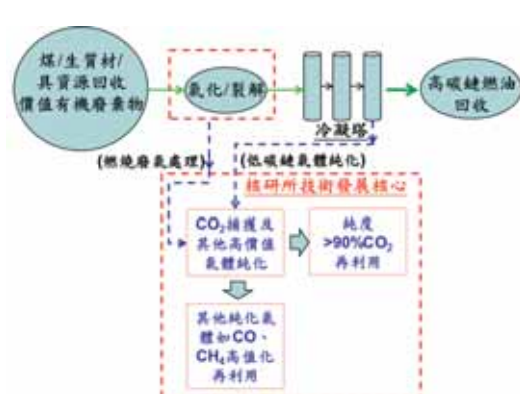


圖5. 2016液流電池技術發展論壇

3-2-5

對抗全球暖化，挖掘減碳金礦-
二氧化碳捕獲技術


在十八世紀工業革命之後，大氣中二氧化碳濃度持續增加，溫室效應早已是人類共同需面對的問題，如何有效減少大氣二氧化碳濃度，成為全球努力的目標。目前政府全力推動創新綠能科技，除發展替代性能源外(風能、太陽能、氫能等)，減碳與碳循環利用也是綠能科技開發中極為重要的一環。減碳與碳循環所形成之低碳循環概念具調適氣候變遷、溫室氣體減量、廢棄物減量與資源回收再利用等特點，對於開發綠色能源，建立創新經濟產業鏈有著顯著優點。核研所近期將CO₂捕獲減碳技術結合國內廠商，針對煤、生質物、有機廢棄物裂解過程中所產生廢氣進行二氧化碳捕獲，且將裂解所產生之燃氣藉由觸媒轉化或純化分離生產具產業價值之合成氣。將二氧化碳捕獲技術實際導入有機廢棄物再利用產業，其資源可重覆循環再利用效率能進一步增加，對於環境永續發展有正面效益。

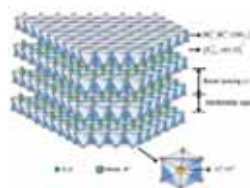


碳循環再利用高值化之示意圖



本所主導之產學研減碳與碳循環策略聯盟

核研所研發團隊針對CO₂捕獲技術開發出可簡易大量製備之共沉澱技術，合成出具高度離子分散性之特殊鈣/鎂/鋁奈米層狀結構捕碳劑。此型態結構捕碳劑進行CO₂捕獲循環可得到優異的穩定性，此為碳捕獲程序最需要的(在此所稱之穩定性係指捕獲劑於CO₂吸附/脫附循環中其性能維持情況)。此外研發團隊更進一步地設計不同kW級之CO₂捕獲系統，不斷地致力於研發可供各種使用端之CO₂捕獲程序。更於105年度首次現地應用於廢塑料產業中所產生之廢氣碳捕獲(氣流中CO₂含量約10-40%)，CO₂移除率達到90%的國際指標。CO₂捕獲技術逐步地衍生CO₂轉化並創造出產業價值之低碳循環經濟，經數年耕耘已逐漸展現研發成果。



工程製造技術



碳捕獲系統

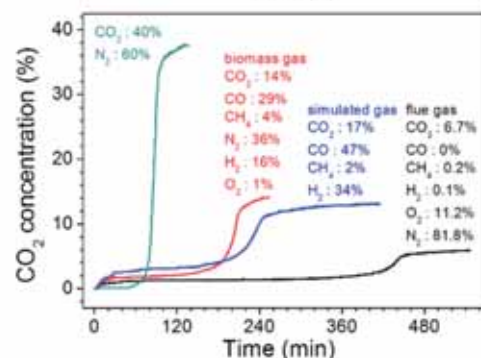
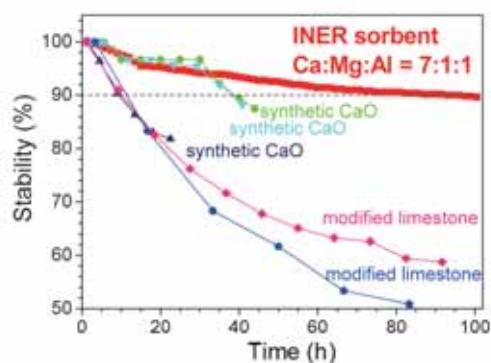
本所開發之捕碳劑公斤級量化系統
與碳捕獲程序平台



本所減碳技術獲得國內外專利與獎狀一覽

本團隊研發之鈣/鎂/鋁奈米層狀結構捕碳劑，具有碳捕獲循環迴路之高度穩定性，優於國際間開發之鈣系列捕碳劑。在碳捕獲長時間100小時循環測試中，研發團隊開發之捕碳劑可維持90%以上性能達100小時以上，其他鈣系捕碳劑則無法維持長時間捕獲循環，會產生快速衰退現象。此鈣/鎂/鋁奈米層狀結構捕碳劑可有效解決捕獲/再生間所造成結構崩解問題，具備長效且穩定特性。另外，本所近來致力於推廣減碳技術於產業界，將捕碳劑結合反應器實際應用於生質物氣化合成氣、模擬合成氣以及燃燒尾氣等環境下之CO₂捕獲，由右圖顯示，可幾乎完全移除不同環境中之CO₂。

本團隊針對減碳綠能技術已耕耘數年，除了相當多篇的國際學術論文外，並擁有國內外數項專利包含CO₂捕獲材料合成、捕獲材料量化製備、CO₂捕獲反應器設計等相關技術。此外，於2012年度台北國際發明交易展中獲得銀牌獎的肯定，並在「2015減碳策略之低碳技術實踐國際夥伴會議」－減碳技術論文成果展中被評為優良作品。



鈣/鎂/鋁奈米層狀結構捕碳劑之優異穩定性與高CO₂移除能力



核研所CO₂捕獲發展時程規劃

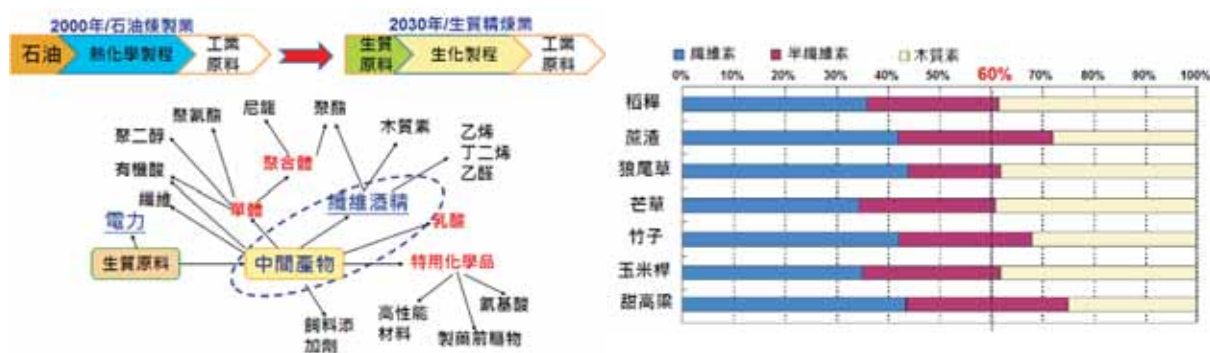
目前研發團隊正積極與產業互動，與國內相關環保企業等進行合作，執行技術服務案、產學合作案與先期技術移轉。並協助輔導廠商申請經濟部能源局業界能專計畫，進行「二氧化碳捕獲、封存與再利用技術」研發。核研所將協助廠商建立捕碳模組原型，規劃以該廠工業氣體測試做為推廣依據，期能將本項技術轉移與應用於國內外使用燃煤或燃氣鍋爐等產業。

3-2-6

生質精煉生根台灣， 新創產業顯現曙光

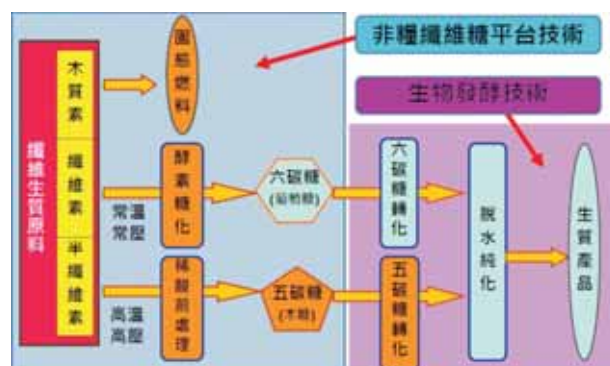


近年來在全球氣候變遷的衝擊下，全球重要經濟體已陸續倡議推動生物經濟(Bioeconomy)的發展，期藉由充分利用綠色製程和再生資源，改善人類生存環境並促進永續發展。由於生質精煉(Biorefinery)係利用可反覆耕種所得的植物組成為原料，用於替代石油煉製產業，生產具有相似用途的燃料、電力、化學品、食品等不同類型的生質產品，進而展現降低石油依賴及減少溫室氣體排放的效益，因此被視為推動生物經濟發展的核心工業。基於稻稈、蔗渣、狼尾草、木材剩餘物等非糧食類的生質原料與陽光、風力一般，為國內少數可自主掌握的天然資源，且不會有與人爭糧的疑慮，因此應妥善利用，使其發揮最大效益。在兼顧能源、環保及經濟效益的原則下，近年來核研所持續致力於非糧生質精煉技術之研發，目前已有具體成果，並據此協助國內發展生質精煉新創產業。



生質精煉設計理念及代表性非糧纖維原料

本所研發團隊生質精煉技術係採用反應較為溫和的化學及生化製程，其典型處理流程係先以稀酸催化解聚及酵素水解技術，破壞纖維原料的堅韌結構，並將纖維原料中的纖維素及半纖維素，分別解聚為葡萄糖及木糖等兩種單糖，再利用特定的基因重組發酵菌株，結合發酵及脫水純化技術，將單糖轉化為生質酒精、乳酸、脂肪酸及木糖等具有不同應用的生質燃料或生質化學品，至於剩餘的木質素組成則可用於燃燒發電或進一步用於生產副產品，因此可視為一種充分利用纖維原料組成的綠色生產技術。



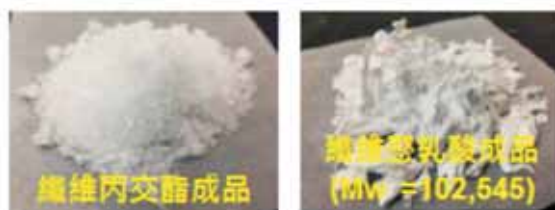
核研所生質精煉技術流程圖



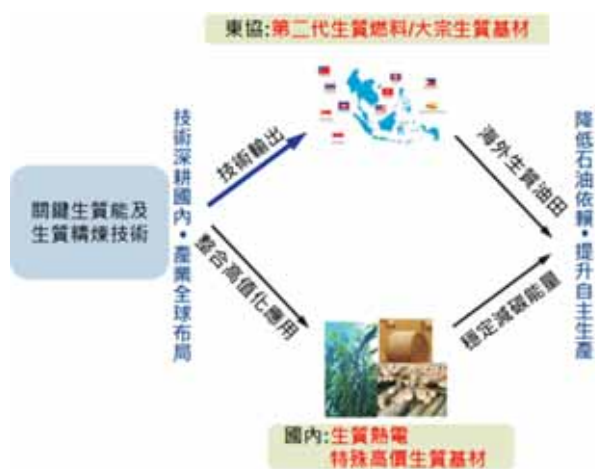
核研所生質精煉團隊成員
於第13屆國家新創獎現場留影

目前研發團隊生質精煉研發成果中，纖維酒精及乳酸技術皆已達國際領先水準，例如已運用試量產級生質精煉測試廠，建立纖維乳酸量產製程，其生產之L型及D型纖維乳酸的生成率及旋光度分別可達90%及99%以上，已達商業應用水準，同時亦建立丙交酯及分子量10萬以上的高分子聚乳酸合成技術，協助國內建立不同規格聚乳酸之自主生產技術，據此可提升國內聚乳酸生質塑膠產業的競爭力。

目前本所已與國內產業簽訂技術授權合約，預定在嘉南平原建置國內第一座生質精煉廠，落實生質精煉新創產業在地化願景，同時配合在東南亞區域專利佈局，促成國內成立新創公司，規劃南進東協發展纖維生質精煉產業。此外，本所生質精煉技術中的解聚製程及其多元化應用，亦榮獲第13屆國家新創獎學研新創獎，顯示所發展之生質精煉技術確實具有創新貢獻與競爭實力。



纖維聚乳酸製程之半成品及成品外觀



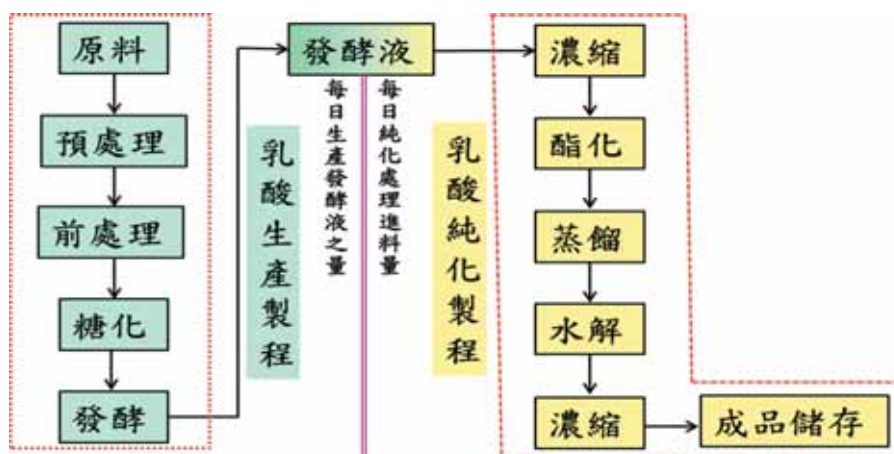
核研所生質精煉產業推動芻議

基於生質精煉技術已進入技轉階段，因此除了持續以國內優先但不為限制的原則推動產業化發展外，後續將致力於協助國內建置生質精煉驗證廠，開啓在地發展綠色新創產業之曙光，同時亦規畫結合政府新南向政策，協助國內產業進軍東協地區參與生質精煉廠之建置，藉以增進國內產業於生質精煉領域之實績與發展新市場的機會，進一步落實技術產業化及國際化之願景。

3-2-7

日進料30噸木片纖維
乳酸純化製程設計


為因應全球暖化議題並降低經濟發展對化石原料依賴程度，發展生質精鍊產業，利用可反覆種植與收穫的生質原料取代石油資源，是維持社會永續發展可採取的有效手段。目前產生生質化學品的原料以澱粉及蔗糖為主，難免有與人爭糧的疑慮，核研所乃積極投入非食用型木質纖維為原料之生質化學品研發。乳酸廣見於生物新陳代謝及運動過程，在化妝品、食品等工業被廣泛使用。以乳酸為單體產製之聚乳酸塑膠具有優良機械加工性及生物可降解性，也被用於包裝材料，以取代萬年不腐的石化聚合物。研發團隊的纖維乳酸製程已在實驗室階段獲得豐碩的成果，為加速研發成果商業化的腳步，遂進行每日處理30噸木片之乳酸先導廠設計工作，使乳酸製造程序能具體展現於有意願投入纖維乳酸行業的廠商眼前。



纖維乳酸生產流程

木質纖維原料產生生質化學品需經前處理及解聚糖化步驟，方能從原料中取得可發酵的糖份，且除了葡萄糖外，在可發酵糖分中尚包括以木糖為主要組成的五碳糖，因此，生產流程及產品精鍊都相對複雜。應用於聚乳酸製程所需的乳酸單體濃度約需80-88%，因此需移除乳酸發酵液之水分及微量不純物質，以提高乳酸濃度及品質，選用何種純化分離技術，不但對乳酸品質有關鍵性影響，亦左右生產成本高低。傳統乳酸製程以沉澱法作為乳酸純化分離的手段，雖然製程簡單、能耗低，但會產生石膏副產物。若直接在木質纖維原料生產乳酸製程採用沈澱法，因木質素固形物、解聚副產物、植物本身所含鹽類等複雜不純物，實無法在程序中有效移除，因此，本所發展了乳酸酯化-蒸餾-水解之純化分離程序，能以低成本有效移除雜質，產製聚合級乳酸。


纖維原料與傳統澱粉、蔗糖
產生生質化學品之流程比較
(來源：核研所化學組)

酯化反應：

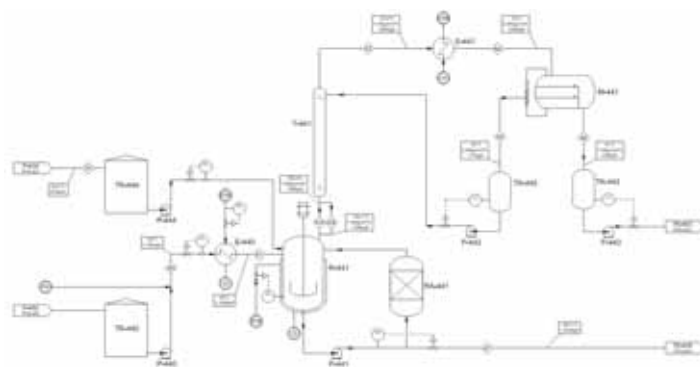
$$\text{Lactic acid} + \text{Alkyl alcohol} = \text{Alkyl lactate} + \text{Water}$$
水解反應：

$$\text{Alky lactate} + \text{Water} = \text{Lactic acid} + \text{Alkyl alcohol}$$

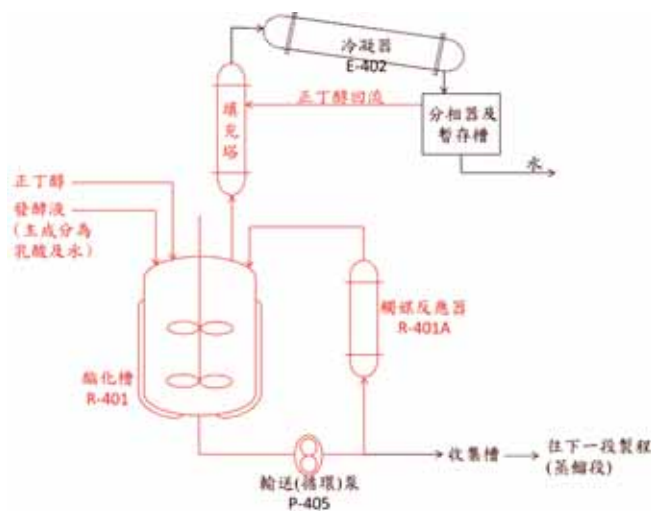
乳酸之酯化與水解

工業化乳酸生產在發酵過程中常添加碳酸鈣來控制發酵槽酸度，再以硫酸酸解移除鈣離子，其次經過濾、濃縮、純化製成不同濃度的乳酸產品。本所採用氨水作為酸度調整劑，於發酵液濃縮製程中加熱脫氨，回收再利用，以免生成大量固體石膏副產物。接著利用酯化-水解之反應，藉由乳酸酯的蒸餾，可有效分離乳酸發酵液之雜質，且可避免熱敏感性乳酸分子在高溫條件下發生聚合或分解反應，提高乳酸回收率。再者，以蒸餾方式在反應期間移除特定產物（水或醇），改變反應的平衡濃度分布，以提高轉化率。目前團隊選用正丁醇進行酯化反應對粗乳酸中之乳酸成分先進行酯化反應，酯化所得之乳酸酯再進行水解反應，以獲取高純度之乳酸產物（>90%）。

研發團隊利用化工程序技術及系統整合能力，結合國內相關生化專業研究機構，自2005年開始進行纖維酒精生產技術的開發，2007年完成每批次進料10公斤之纖維轉化酒精單元程序測試系統建置，2010年完成日進料一噸之量產測試系統之建置，展開量產技術之示範運轉及推廣，並於2016年受到馬來西亞台商青睞，簽訂技術授權合約。



乳酸正丁酯水解槽示意圖



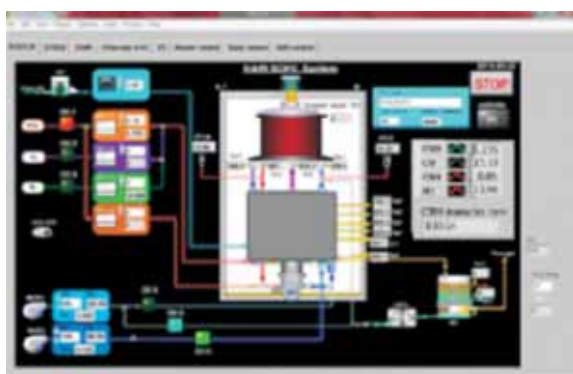
乳酸-正丁醇酯反應槽示意圖

目前纖維乳酸研發的驅動力主要源於聚乳酸塑膠用量高速成長，國內相關產業除了需要大量聚合級的乳酸原料之外，開發新的聚乳酸製程，也是支持產業繼續成長，維持進步的作法。因此，本所研發團隊將持續朝聚乳酸製程開發邁進，並結合製程的改善，擴大與延伸專業化之應用，以落實研發成果的支持國內產業發展的目的。

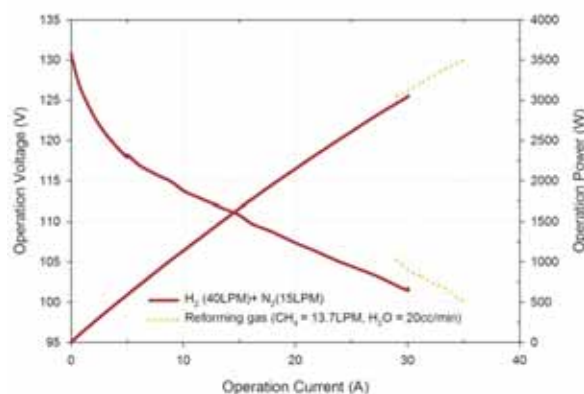
3-2-8

以固態氧化物燃料電池建構電力供應新模式

核研所發展之固態氧化物燃料電池(SOFC)技術，正積極與國內業界進行合作開發、技術授權、技術移轉等產業平台建構事宜，扶植國內業者建立關鍵核心技術，朝向產業發展，包括：(1) SOFC電池單元技轉，目前業者已能生產商業化之電池單元；(2) SOFC發電系統技術授權國內兩家企業體，於業者廠區建立發電系統以進行相關驗證測試；(3) 電池堆組裝及封裝材料技術已與業者簽約進行技轉中；(4) 金屬支撐型固態氧化物燃料電池片之生產已與國內業者簽約進行技術移轉與專利授權。



3 kW SOFC 系統人機介面



3 kW SOFC 系統性能

SOFC發電系統：

研發團隊開發中之3kW SOFC發電系統，系統升溫及性能初步測試，於陽極側甲烷流量在13.7 LPM及陰極側空氣在200 LPM時，測試結果顯示：電池堆表面溫度及陰陽極入口溫度皆在700°C以上，符合系統運作之環境需求，電池堆輸出功率約3.5kW以上，燃料使用率約58%，系統發電效率大於40%。

SOFC發電系統	電功率(kW)	電效率(%)	體積(cm ³)
核研所	3	≥ 40	65×65×188
Solid Power-BlueGEN	1.5	60	60×66×101
Hexis-Galileo	1	30~35	62×56×160

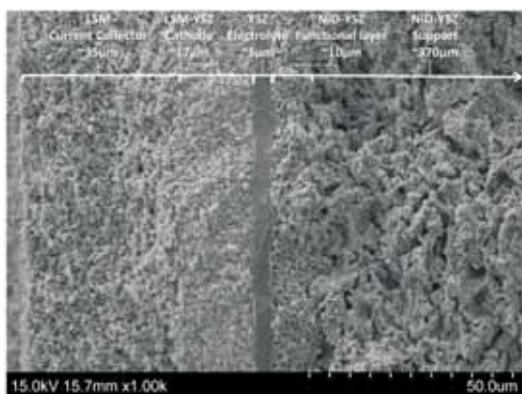
國際間SOFC 系統性能比較

電漿噴塗金屬支撐固態氧化物燃料電池：

本所研發之 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 金屬支撐型固態氧化物燃料電池單元，具有快速啟動與抗氧化還原特性，發電功率可達 510 mW/cm^2 (@ 700°C)，電池衰退率僅約 $1\%/ \text{hr}$ 。本技術已成功技轉國內廠商，將可加速SOFC發電技術普及化。



電漿噴塗金屬支撐固態氧化物燃料電池單元



陶瓷基板支撐型YSZ系列電池單元微觀結構

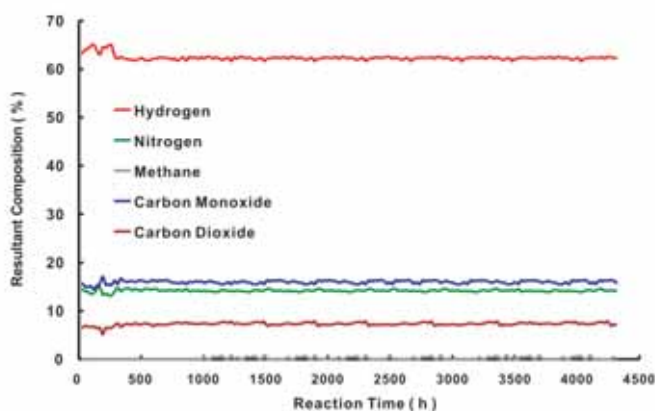
陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池：

(1) 導入高強度陶瓷氧化物與小尺寸金屬氧化物於陽極陶金結構，可維持電極基板強度、電池產品厚度薄化與增加均勻散布之電極孔隙率。

(2) 優化電極組成與材料最佳化，發電效能有效提升；YSZ系列電池單元，效能提升至 771 mW/cm^2 (@ 800°C)。

燃料重組奈米觸媒：

- (1) 耐久性大於4000小時。
- (2) 天然氣轉化率大於95%。
- (3) 熱穩定性 1000°C 以上。
- (4) 觸媒載體表面鉑和氧化鈣相互作用抑制鉑燒結成形。
- (5) 創新奈米觸媒設計除維持高表面積並可避免結晶態金屬遷移和聚集。



甲烷經重組觸媒反應後之重組氣體成分

獲獎：

- 2016台北國際發明暨技術交易展：

金牌獎：(1)【具有陽極陣列式孔洞結構之燃料電池膜電極組的製備方法】

(2)【用於固態氧化物燃料電池之高透氣多孔基板及其製作方法】

(3)【甲烷重組產氫觸媒載體之製備方法】

銅牌獎：(1)【平板型固態氧化物燃料電池堆單元及平板型固態氧化物燃料電池堆模組】

(2)【保護固態氧化物燃料電池金屬連接板之膜層生成方法】

- 2016德國紐倫堡國際發明展：金牌獎【固態氧化物燃料電池及其製作方法】

- 第13屆國家新創獎：學研新創獎【電漿噴塗金屬支撐型固態氧化物燃料電池片製備技術】

3-2-9

高分子太陽電池模組技術開發

替代性再生能源的崛起，舉凡風力、水力、地熱、潮汐、生質能及太陽能等，不僅提供了人類在能源使用上的多元性選擇，同時也紓緩了化石能源所帶來的生態浩劫及地球暖化危機。其中，太陽能因其不受地域限制的優勢，一躍成為最具競爭潛力的再生能源之一。核研所致力於大面積高分子塑膠太陽電池模組技術開發，技術水平已與國際水準同步。有別於傳統無機太陽能電池，高分子太陽能電池，因其質地輕盈、可透光、耐彎折、可印刷性、低成本，以及在室內弱光環境下擁有高光電轉換效率的特性，不但可輕易地結合於與人體貼近的智慧穿戴式電子產品，例如智慧手錶、藍牙耳機、google眼鏡等，甚至可取代一次性電池而成功地應用在低功耗的室內居家電子產品上，包括近來被熱烈討論的物聯網感測器元件，均為高分子太陽電池模組可發揮功能之處。

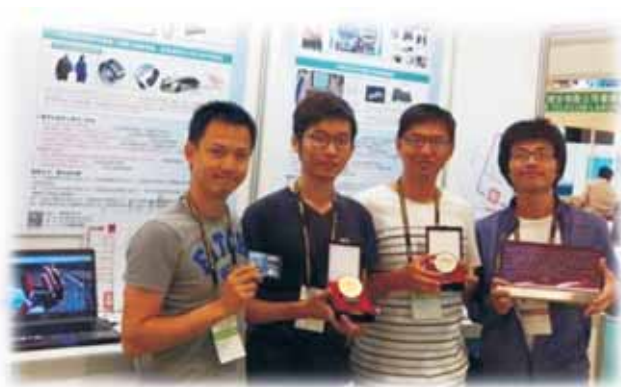


掌握替代性再生能源的脈動：
高分子太陽電池

較短的能源回收期(Energy Pay-Back Time, EPBT)為高分子太陽電池技術的一大利基，因此核研所於高分子太陽電池模組技術開發的策略上，採用低耗能的非真空全溶液印刷塗佈製程，舉凡噴墨印刷、超音波噴塗、網版印刷以及片對片/卷對卷狹縫塗佈製程等，均為核研所獨立開發之本土化製程技術。高分子太陽電池模組可製備於軟性基材上，更可根據應用端的需求剪裁成任何形狀，另外，室內弱光下的高光電轉換效率更讓應用端的觸角伸向室內，高度拓展了高分子太陽電池於各種情境下的實用性。



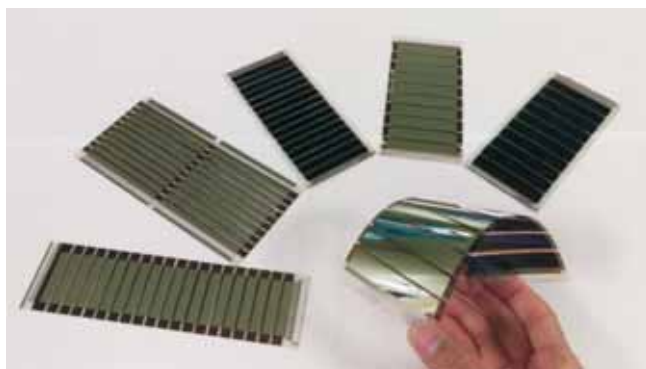
低耗能全溶液印刷塗佈製程：卷對卷連續式狹縫塗佈製程



105年台北國際發明暨技術交易展:銀牌獎

研發團隊參加105年台北國際發明暨技術交易展，以「軟性微型發電/儲能模組」之作品榮獲銀牌獎，其中微型模組已成功地整合於「宏通數碼公司」所發行的智慧顯示卡上，不但可於戶外直接驅動該顯示模組，亦能在室內環境下與儲能裝置結合進行混合供電，目前團隊正積極進行材料及耐候性測試。該智慧卡每年約有8,000萬美元的產值，加速促成高分子太陽電池產品的問世，對於相關產業而言，具有指標性的意義。

由於高分子太陽電池模組可根據應用端產品規格而具有設計上的高度靈活性，利用材料的選擇、尺寸的變化，以及電路串並聯的規劃等，均可達到客製化的需求。微型模組（結合於宏碼數碼公司的智慧顯示卡，模組面積 4.8 cm^2 ），最高效率可達6.4%(文獻中， 4 cm^2 模組，最高效率則為7.4%)。另外，在大面積模組的開發上，則是利用24個大面積元件($1\times 7\text{ cm}^2$)進行12個元件串聯，及2排並聯的設計，最高效率可達5.04%(文獻中未有相近尺寸的模組發表)，大面積模組的製作可檢驗本所在大面積塗佈製程上的能力，證實技術水準已可與量產製程接軌。



量產塗佈技術的開端：大面積模組驗證



為本土化產業奠基：產研學一條龍脈絡

核研所為國內唯一具有量產製程與模組化能力的中游國家學術研究機關，我們不僅向上整合學術界及材料開發商，促其進行新穎高效率高分子材料的設計，亦同時將量產製程技術推廣至下游產業界，輔助其進行量產製程的生產線開發。核研所將扮演重要的推手，加速高分子太陽電池模組相關產品的問世，以期形成產研學一條龍式的產業鏈脈絡，深植本土化產業的基石，增加產業的競爭力。

3-2-10

綠能科技新利器 使再生能源效用極大化的微電網技術

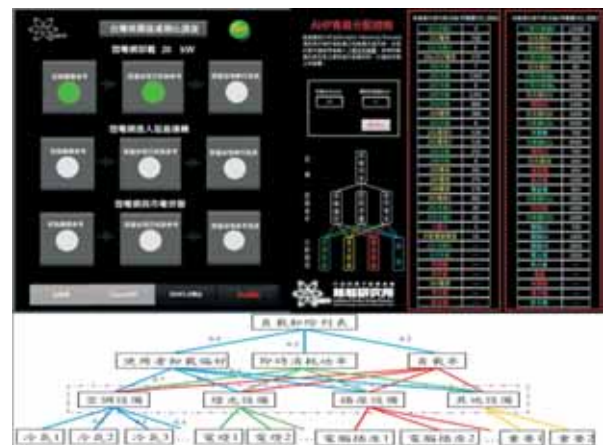


自主式分散型區域電力控管是核研所積極發展的技術，以提昇區域電網容納再生能源之能力，可透過技術移轉作為，扶持國內專業廠商開拓國內外商機。105年核研所團隊運用微電網技術協助台灣電力股份有限公司、澎湖縣政府等單位，規劃建置智慧微型電網，包括：(1)技轉智慧能源管理控制技術予健格股份有限公司，與台電公司合作於新北市烏來福山社區建置「防災型微型電網」；(2)與大同股份有限公司合作於烏來區公所建置「18kW防災型微電網」；(3)與中興電機機械股份有限公司合作於澎湖縣東吉嶼建置「離島微型電網」。105年研發團隊開發之【串接式儲能系統】研發專利技術，榮獲2016台北國際發明展『金牌獎』及本所105年所慶「研發成果展示暨業務創新競賽」優等獎。團隊投稿於第37屆電力工程研討會之「微電網彈性恢復控制設計及可靠度分析」論文，榮獲「優秀論文獎」。



核能研究所微型電網實證場域

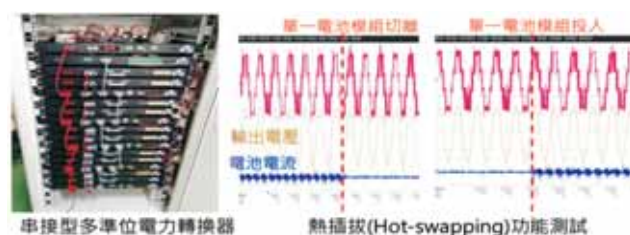
在分散型電力系統及智慧控制技術發展方面：完成國內首座微電網高壓監控主站及台電FDCS平台之類比調度功能建置與測試。完成層級分析法(AHP)為基礎之EMS卸載策略開發，依據負載之使用者卸載偏好、即時消耗功率、負載使用率，動態排列卸載之優先順序；當收到台電下達之卸載命令時，依序卸載，直到卸載量滿足命令需求，並達成微電網需量卸載達50kW以上。完成儲能系統虛功率補償調控模組之介面開發，並已完成進行168小時之微電網電壓動態補償實測，實測結果顯示微電網電壓閃爍 ΔV_{10} 為0.242%，電力品質符合IEEE 519之電壓閃爍規範。


以層級分析法(AHP)為基礎之
EMS卸載策略技術開發

在分散型能源電子技術發展方面：完成百瓩級靜態開關系統建置，經多次實測靜態開關動作時間皆約為5ms，具備可精準控制及快速反應的特性，同時完成微電網內進行連續運轉、逆送電力與孤島模式切換等情境試驗。另外，完成串接型多準位轉換器之熱插拔 (Hot-Swapping) 功能驗證，在獨立運轉模式或市電併聯模式下，當單一電池模組於故障、拔除或接上等情況下，系統不須停機，仍維持穩定電壓或電流輸出，大幅增加儲能轉換器供電穩定度。



百kW級靜態開關系統建置



串接型多準位轉換器研製

在分散型能源多代理人整合平台技術發展方面：針對本所微電網架構，結合多代理人系統通訊控制技術，完成具有4個區域的電力調度系統，包括3個微電網內部實體區域，及1個彙整3區域電力資訊之微電網區域 (Zone 0)。完成以具競價交易制度與電力調度排程為基礎的微電網電力交易模擬平台，並配合微電網控制器，以模擬微電網內日前電力交易與排程，電力交易流程包括需量公告、供電設備投標、時間電價公告、用戶投標、排程公告、即時運轉、結算等階段。於微電網電力供需與交易控管展示系統，完成具備10秒級決策反應之電力供需整合管理平台開發。



電力交易模擬平台



即時運轉介面

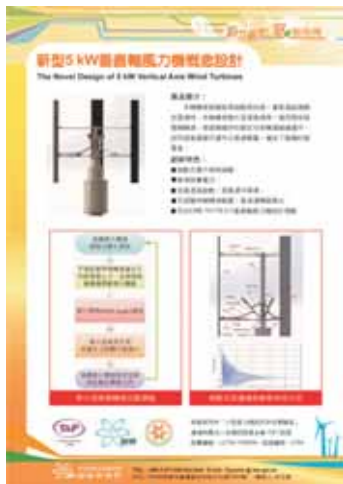
自主式分散型區域電力控管技術將持續發展，完成龍潭微型電網實證場域建置，加強關鍵技術之推廣工作，與國內電力系統相關廠商攜手合作，配合地方政府單位或台電之規劃需求，協助建置實際場域如澎湖桶盤、虎井等地區微型電網，提昇微型電網容納再生能源滲透率達40%以上，達成節能減碳效益，以展現本所微電網技術發展成果與能量，並期未來能夠成功協助國內廠商拓展海外市場。

3-2-11

風起雲湧

核研所攜手國內產業建置風機系統本土化技術

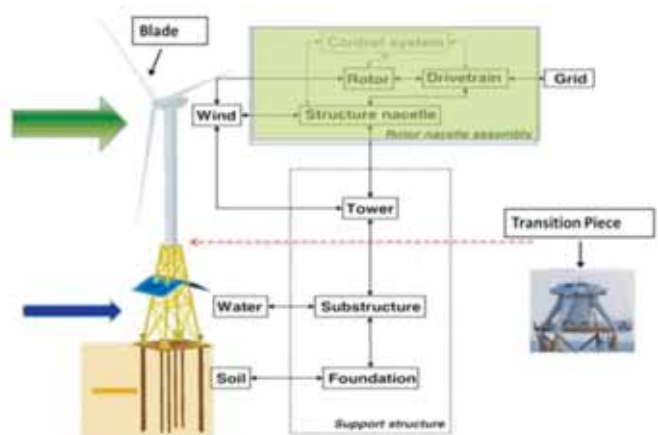
本所過去的風機研發主要以小風機技術建立為主，經歷400W、25kW及150kW的中小型風機研製，是目前國內唯一具有設計及系統整合技術能力的國家級研究實驗室。為因應科技部能源國家型科技計畫之離岸風力主軸計畫，核研所也積極參與，目前主要負責離岸風機及支撐結構設計驗證與工程技術研發，以協助離岸風電工程技術本土化。



「小型垂直軸風力發電機被動式葉片傾角調變裝置」獲頒金牌獎

以「小型垂直軸風力發電機被動式葉片傾角調變裝置」專利，參加2016台北國際發明暨技術交易展(競賽區)獲頒金牌獎。該裝置於低風速時，葉片呈現正傾角，此時扭轉力矩變大，使風機容易啟動與加速；若風速超過額定風速時，該裝置使葉片呈現負傾角，使得扭轉力矩變小，進而降低發電機轉速，使風機維持在額定功率轉速繼續運作，因而提高風機可運作之風速範圍，進而增加風機的發電量。

核研所與中鋼成立產學合作計畫並獲科技部補助，進行離岸風機衍架支撐結構工程技術開發。與永傳能源公司簽訂技術合作意願書，進行離岸風機及支撐結構設計驗證技術交流。藉由產學研相互合作，透過技術研發，協助國內建置兼顧效率、安全與可靠的離岸風場。



離岸風機與支撐結構整合結構系統



核研所與經濟部標檢局共同主辦
「IEA Task 27 2016」國際會議

核研所與經濟部標檢局共同主辦IEA Task 27 2016當中，計畫成員報告台灣垂直軸風機(VAWT)簡易負載設計技術，展示台灣小型風力機產業環境建構及技術發展能量，除提高台灣小型風力機國際知名度、能見度及帶動產業發展效益外，並行銷台灣與促進國際技術交流合作與互動。我國中小型風力機的設計驗證及測試能量，相關經驗可做為國內離岸風電發展檢測驗證與設計的借鏡，對台灣未來10年風機產業發展將帶來重大的影響。

以150 kW第2代風機之成果協助中鋼建置先期風機系統分析技術，以及零組件選配工程計算技術，並逐步延伸應用至大型及離岸風機系統。研發團隊與中鋼公司藉由現場實地交流與討論第二代150 kW風力發電系統(INER-P150II)之建置過程，協助中鋼公司建立風機實務經驗、風機運轉、維護保養與零件更換等技術能力，對於參與台電離岸風場EPC案等專案，可提升風機之選用、風機佈置、施工運維與風機採購作業等執行能力。



核研所同仁至中鋼公司進行技術交流

國內小型風力機產業處於起步發展階段，目前仍欠缺5~10 kW級距之商用風力機產品。因此，小型風力機在發電機設計，以及機構安全設計等仍需投入研發資源，配合中小型風機工程技術研發分項計畫之執行，預期將能滿足目前技術缺口，逐步朝向中大型化發展，提升本土產業技術能量與競爭力。

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，技術先進國家如美國仍由船務局(ABS)針對美國颶風環境對於離岸風機安全性影響進行評估。因此本計畫針對本土颶風與地震環境進行風機安全性影響評估與驗證，將能確認設計標準之本土適用性，有助於提升本土離岸風機之可靠與安全性。

此外，所建立之風機故障診斷技術，可用於評估風機系統設計與運轉的穩定性以及發生故障後的肇因分析，尤其在主要轉動元件發生故障的早期就能由系統產生預警，進行及時且妥適的處理，對於可靠度需求及運維成本皆遠高於陸域之離岸風機更為重要，此技術之建立可作為後續於我國離岸風場風機於本土化環境參數下資料蒐集與分析之參考，對於我國發展離岸示範風場之建立將有重大助益。

3-2-12 能源安全資訊網-我國能源安全的警示器

鑒於國內目前尚無針對能源安全及風險領域之公開性的演算工具，為補足國內於能源資訊領域揭露之完整性，核能研究所能經策略中心根據：(1)清晰明確、(2)本土資訊與(3)利於國際比較等原則，建置三套能源安全指標演算系統與所需資料，再以此三套指標建置我國能源安全資訊網，提供可線上操作的能源安全演算平台供國內相關領域專業人士或欲了解能源安全議題者使用。能源安全資訊網特點為可並提供彈性的指標組合與權重分配功能，讓使用者可自行定義與建立屬於自己的能源安全評估指標。



核能研究所
能源經濟及策略研究中心
Center of Energy Economics and Strategy Research

本中心蒐集國際知名組織所建置的27套能源相關指標，並依指標複雜程度先分類成初階(8套)指標群、中階(10套)指標群及進階(9套)指標群，再以「命名與涵義是否符合能源安全」、「是否提供詳細計算流程或指標說明」、「台灣是否有統計資料」等3條件進行指標初篩。只有Asia Pacific Energy Research Centre(APERC)與Asia-Pacific Economic Cooperation(APEC)兩套初階指標；Economic Research Institute for ASEAN and East Asia(ERIA)與我國能源局兩套中階指標；U.S. Chamber of Commerce(USCC)國際版與International Energy Agency(IEA)兩套進階指標同時滿足三篩選條件。最後，再依專家意見選擇APEC、我國能源局及USCC國際版等三套指標分別作為能源安全資訊網的低階、中階及進階的代表指標，並進行EXCEL演算系統的建置。三套能源安全指標各具特點，可於不同需求下進行能源安全評估。

三套能源安全指標之比較

指標	初階: APEC指標	中階: 能源局指標	進階: USCC指標
優點	➢ 計算流程簡單且所需資料較少 ➢ 快速反映能源供給對於能源安全之影響	➢ 為本土化指標 ➢ 資料取得容易	➢ 有計算流程及各指標權重分配 ➢ 有各國分析結果可供比較
缺點	➢ 無法反映其他層面對於能源安全之影響 ➢ 無權重分配	➢ 只呈現資料 ➢ 無計算流程 ➢ 無權重分配	➢ 計算所需資料繁多 ➢ 使用者須具備能源及經濟相關知識

再以此三套指標建置我國能源安全資訊網，提供可線上操作的能源安全演算平台供國內相關領域專業人士或欲了解能源安全議題者使用，並提供彈性的指標組合與權重分配功能，讓使用者可從以上三套指標中自行重組屬於自己的能源安全評估指標。能源安全資訊網亦同時完成我國1990至2014年指標運算所需的數據並建立資料庫供演算系統進行計算之用，同時可提供線上進行檢索或下載。能源安全資訊網(開放系統)相關資訊與操作流程說明如下：

能源安全資訊網使用時，可依個人需求勾選指標，再進行各指標之權重設定，並輸入分析期程，經分析後可將結果對照我國能經活動進行判讀，作為未來策略建議之參考。

以下將採用USCC指標中的「天然氣進口曝險」作為能源安全資訊網的操作範例：

Step1: 進入指標系統建立，選擇「天然氣進口曝險」，點選下一步即可。

Step2: 設定權重(總計需為100%)、資料期程(欲檢視之期程與基準年)、基準分數。

Step3: 獲得分析結果(如圖所示)。



能源安全資訊網分析流程

分析結果呈現(以天然氣曝險為例)



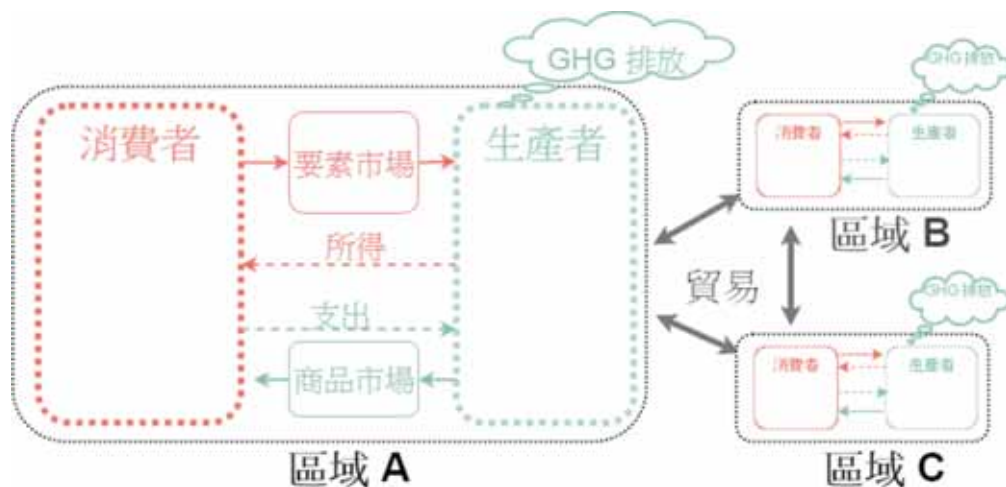
天然氣曝險分析結果

能源安全資訊網中已建置我國重要能源、經濟、環境重要數據，並定期更新，未來其分析成果配合能源模型、經濟模型與社會意向調查結果，可提供我國能源經濟發展策略建議。



3-2-13 全球CGE模型EPPA-Taiwan建置

台灣高度依賴進出口貿易，且對進口化石燃料之依存度也相當高，有近98%的能源供給來自國外。因此不論是台灣本身的溫室氣體(Greenhouse Gas, GHG)減量政策，或是國際上其它國家的減量行動，都可能透過貿易效果而對台灣經濟產生重大影響。而全球可計算一般均衡(Global Computable General Equilibrium, CGE)模型除可描述區域內要素市場和商品市場中的交易行為，亦可描述跨國產業間的互動關係(如圖所示)，相當適合用來分析跨國污染的相應策略，如碳洩漏等議題。在國際溫室氣體減量趨勢下，發展一個可對台灣能源使用行為作較細緻刻畫之跨國CGE模型勢在必行，但國內尚缺乏此類工具，開發此類工具之人力亦相當稀少。因此核研所自105年開始與國際具公信力之全球CGE模型之開發單位：美國麻省理工學院全球變遷中心(The MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, 以下簡稱MIT JP)合作，共同開發第一個適用於分析台灣能源及GHG減量議題之模型：Economic Projection and Policy Analysis (EPPA) - Taiwan。



EPPA-Taiwan模型周流圖

EPPA-Taiwan 的模型建置過程、模型中的經濟行為函數設計及參數設定等，皆參考已發展成熟且具公信力的標準MIT EPPA模型。因此EPPA-Taiwan承襲了MIT EPPA 模型之優點，例如對能源及電力部門有相當細緻的設計、可分析二氧化碳以外的GHG排放議題等。此外EPPA-Taiwan所需之全球經濟資料，採用國際廣受使用的GTAP (Global Trade Analysis Project)資料庫，並參照GTAP9inGAMS模型之資料編制方法產生EPPA-Taiwan所需之資料，因此相較於許多CGE模型，EPPA-Taiwan在前置資料處理方面保留很大的彈性，讓使用者依照其欲分析的議題調整區域別或產業別。

建置及運維全球CGE模型是相當耗時費力的工作，核研所建置策略乃採用共同開發（Joint Development）之方式，取代較省時的技術移轉，透過派員至MIT JP進行移地研究，並完成一系列跨國的訓練課程、實作演練，累積CGE模型開發之能力，也與MIT研究員共同克服了一些既有MIT 標準EPPA模型使用者遇到的問題（例如不易調整分析區域及產業別、調整後參數給定工作相當繁雜等），目的即在於使未來核研所對於EPPA-Taiwan模型的運維、開發成本可大幅降低。同時透過共同開發的過程，培育國內少數國際CGE模型開發人力資源，建立我國與國際知名研究單位長期的互惠合作基礎。



MIT來台教育訓練及研發團隊赴
MIT移地研究期間合影

目前國內分析台灣CO₂減量政策多集中在應用單國CGE模型，由於單國模型對國際貿易並未有細緻的設定，因此不易對貿易流向的改變進行探討，進而難以分析碳洩漏等與貿易習習相關之議題。例如台灣單獨施行CO₂減量政策下，對全球CO₂排放之影響為何？是否如預期般的有效？下圖即列示了EPPA-Taiwan的模擬結果，台灣CO₂排放量約占全球總排放量的1%，但在台灣單獨施行極端的減量行動下（排碳量減少90%），排放量高的產品移往其它國家生產，全球總排碳量僅減少約0.4%，減量效果僅不到預期的一半。量化分析此類有關碳洩露的議題即是EPPA-Taiwan的重要應用。



台灣單獨施行CO₂減量政策下之全球排放量

未來EPPA-Taiwan 將再導入動態調整機制，另外也將加入可能取代既有能源技術，但目前因成本偏高而無法進入市場的後進技術(Backstop Technology)，將可對我國及國際的減量政策作更細緻的模擬。此外，由於CGE模型經常因為參數眾多且透明度低而受到質疑，因此提升EPPA-Taiwan的透明度也是本所力求之長期目標，除了透過公開發表模型相關說明及研究成果外，未來亦期透過研發團隊及MIT共同釋出一公開版EPPA-Taiwan，讓外部研究人員也可應用此工具，進一步據此作為策略規劃的討論基礎，以提升外界對EPPA-Taiwan之接受度及信任程度。

3-3

引言-重視生活的品質 推動輻射醫學與檢測應用

核能研究所開發輻射應用科技已有約40多年的歷史，這些年來輻射應用科技已深入民間，無法與民生分開。如注射針筒、香辛料的輻射滅菌，發泡材的聚合照射，電線外皮的耐候輻射及X光的醫療應用。癌症的輻射治療及核子醫學的體內偵檢等等，近日更隨著現代科學技術如電腦科技、分子生物科技、半導體科技、新材料技術和環境技術等的突飛猛進，輻射應用的領域也進入了嶄新的世代，如PET、SPECT和MRI、CT結合，再加上電子影像的3D TOMO技術，已讓體內非侵入式的影像偵檢技術可以清楚地讓醫護人員看見體內病灶的立體結構，協助顯微手術、精準治療的進行。輻射聚合、交連、接枝技術也產生了相當多的民生產品，如抗風排汗保暖及耐洗的功能性紡織品，耐候抗熱的汽車輪胎、及室內無毒的聚合裝潢材料，所以輻射應用在醫農工領域等國民經濟重要議題，已經是不可或缺的科技。

核研所已具有成熟完整之生技醫藥產業發展價值鏈，包括從藥物探索、先導藥物最佳化、臨床前試驗、人體臨床試驗（IND）、查驗登記（NDA）、PIC/S GMP產製作業（包括原料與藥物）到商品化與技術移轉等。並已有PET、microCT及相關三維X光開發軟硬體之成熟經驗。核研所近年在參考世界「精準醫療，個人化醫療」趨勢後，將核醫醫學及影像作為選擇的優先研發項目。

多巴胺轉運體造影劑（Tc-99m TRODAT-1）於西元2005取得本國藥品許可證，並已達到製藥工業PIC/S GMP全球化標準以及主原料藥製程已突破瓶頸達到10倍產量，除供應國內學術與醫學界持續進行各項研究，享譽國際且成為注目焦點外，更成功供應銷售國內外市場。2016年更技轉廠商，希望藉由產業界全球行銷通路佈局，進軍高競爭性之全球生醫市場。

核研所除了已進行多年phase 0的銻-188 liposome外，正處於臨床試驗申請階段或查驗登記階段之核醫藥物，共計二項。第一項「核研銻必妥（銻-188）注射劑（銻-188-MN-16ET/Lipiodol injection）」，第二項「核研醫碘靈注射劑（碘-123 MIBG injection）」。近年來，核研醫碘靈注射劑（碘-123 MIBG）應用於心臟交感神經功能診斷漸受國際重視。本所目前已取得衛生福利部之碘-123-MIBG製劑應用於神經外胚層腫瘤及心臟交感神經功能診斷之免臨床實驗許可（FDA藥字第1030051654號函），希望能通過查驗登記審查以快速取得藥品許可證，未來以朝向技轉於產業界為目標。

2016年全球核醫影像設備整體市場約可達8億美金（相當於240億台幣），本所醫材研究發展主專注於提升醫學影像品質、減輕輻射劑量以及提升射源量測準確度等三類。本次報告有多篇相關本所開發的低劑量三維X光機即Taiwan TOMO DR的報告，具體的詳述本儀器開發上的特點，以期能技轉國內廠商。

在核子醫學領域上，核研所在新藥開發上，也進行了一系列的研究發展計畫，本次年報也有幾篇相關報告，如肝膽造影之半乳糖藥物開發研究、多功能腫瘤影像診治探針研發及Ga-68發生器開發等等，這些將是核研所未來幾年努力的項目。

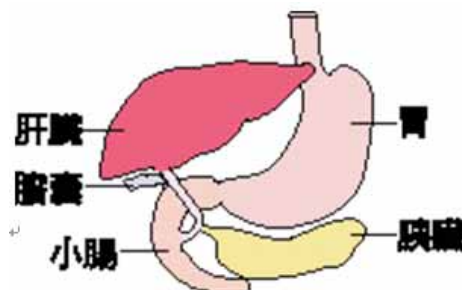
輻射應用領域近年來為配合「精準醫療，個人化醫療」趨勢，並提升我國生技醫藥與核醫產業之技術水準的目的。透過共同合作來整合生技醫藥領域，逐步落實成果產業化與商品化，以佈局高競爭性之全球生醫市場，使台灣生技醫藥研製水準擠身國際之列。並以創造與實踐原子能應用於民生用途為永續經營的目標。

3-3-1

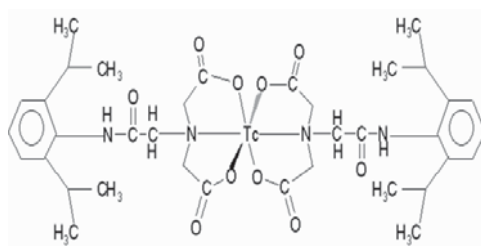
三鏈半乳胺醣之肝膽造影研究

新生兒膽道閉鎖危險性極高，如不經手術治療，在兩歲前會死亡。據統計，台灣地區每年約有120名膽道閉鎖嬰兒出生，但是能掌握時機作手術者僅達1/3，換言之新生兒膽道閉鎖死亡率高的最主要原因是因為未及時發現，因此正確的診斷技術非常重要。

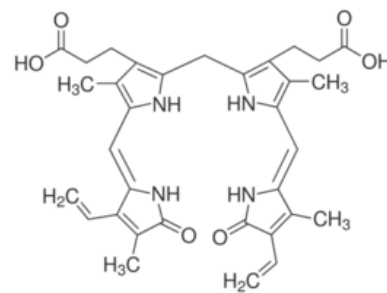
然而膽道阻塞與肝炎臨床症狀十分接近，不容易診斷，且治療策略不同。及早發現膽道阻塞實施正確治療，可以避免病患發生肝癌以及因肝衰竭死亡的機會。目前國內沒有供應膽道掃描用造影劑，而國外臨床常用之Tc-99m-DISIDA，它是膽紅素的類似物，可以在膽囊聚積，常用於評估膽囊管是否暢通，用以早期診斷出小兒膽道閉鎖不全，但因為Tc-99m DISIDA在體內的吸收路徑會受黃疸抑制，不適用於肝功能差的病患；為此核研所特別針對肝功能差的病患，開發三鏈半乳胺醣，係利用肝臟特有的去唾液酸醣蛋白受體，在體內代謝很快，膽道是否閉鎖很容易可於15分鐘內觀察到。本檢驗技術與藥劑配方已有中華民國與美國專利，2016年獲得台北國際發明展銅牌獎。



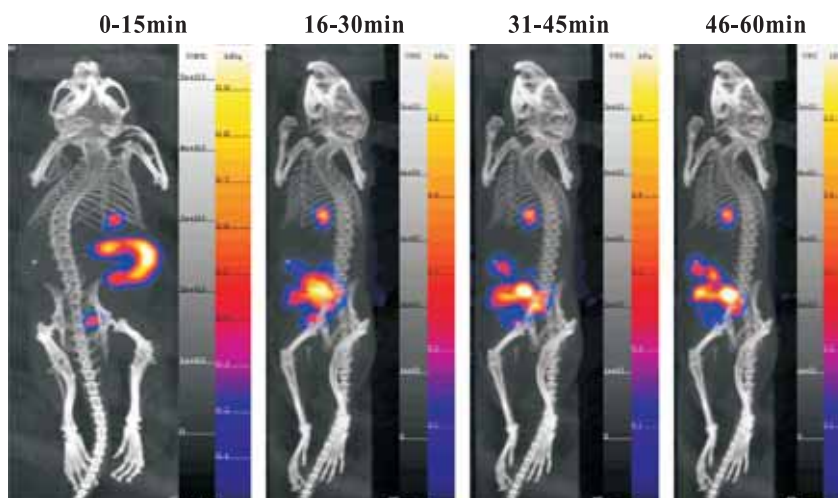
傳統的膽道掃描用造影劑 Tc-99m-DISIDA，結構和黃疸的膽色素太像，會受高黃疸干擾，不適用於肝功能差的病患。



圖一、Tc-99m DISIDA的結構圖

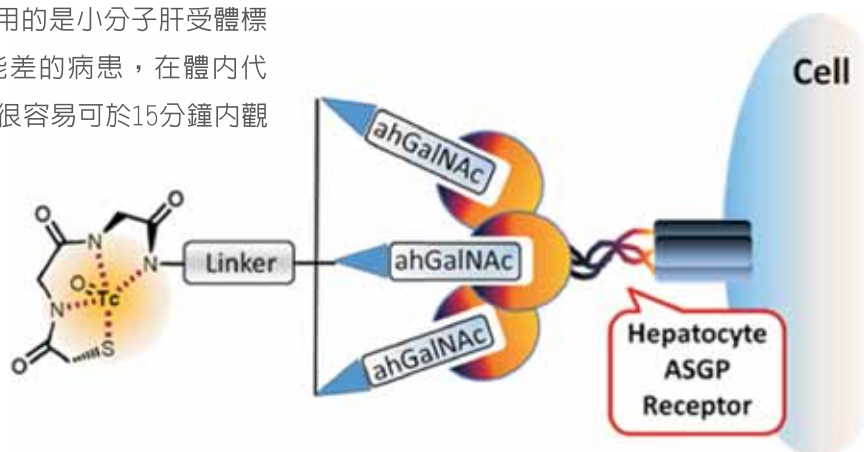


圖二、黃疸的膽色素結構圖

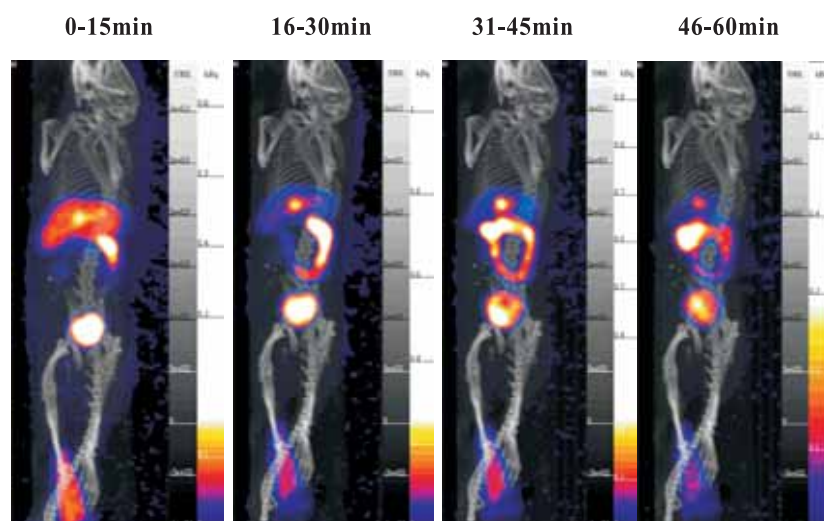


圖三、Tc-99m DISIDA在小鼠體內的動態造影圖

三聚半乳糖糖，採用的是小分子肝受體標靶策略，適用於肝功能差的病患，在體內代謝很快，膽道是否閉鎖很容易可於15分鐘內觀察到。



圖四、三鏈半乳糖糖的藥物結構示意圖



圖五、三鏈半乳糖糖在小鼠體內和肝臟受體結合後的動態造影圖

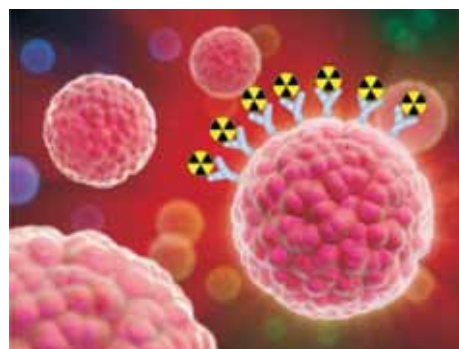
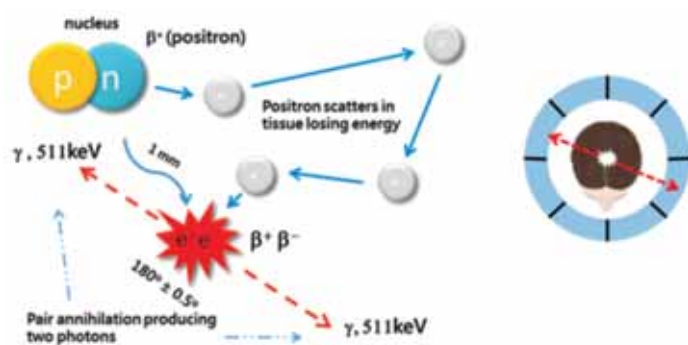


核研所所開發的三鏈半乳糖糖擁有美國與中華民國專利以及台北國際發明展銅牌獎，未來透過技術授權，完成相關臨床前試驗與臨床驗證，可以用來快速觀察藥物經膽道是否暢通。

3-3-2

50mCi級銻(Ga)-68核種發生器研製

銻-68放射性同位素產生裝置及其方法是利用有機樹脂(含有葡萄糖胺基團的離子交換樹脂)及其對銻-68與銻-68的選擇吸附性能力,以產生銻-68核種,同時配合使用檸檬酸鹽流洗液,使得反應的過程中不會產生金屬離子廢液,有效降低環境污染的潛在威脅。與習知技術相較,依據本發明之銻-68放射性同位素產生裝置及其方法是以有機離子交換樹脂取代氧化鋁或氧化錫等無機吸附材料,因而得以產生檸檬酸鹽形式的銻-68放射性同位素,不僅符合環保概念及法規,更重要的是得到的銻-68/銻-68純度比率極高,可直接與標幟溶液混合後使用。另外,利用後續的轉換管柱,可將檸檬酸鹽形式的銻-68放射性同位素轉變為通用的氯化鹽形式,避免因為產物與慣用標準不合,造成使用者的困擾。再者,本發明裝置結構簡單、操作簡便,易於配置在各式醫療院所或研究機構,從而提供民眾更佳的核醫臨床診療,增加社會福祉。



臨床應用範例(以PET為例)

當添加的檸檬酸鹽洗脫液的量足夠時,例如10ml, 0.1或0.2M檸檬酸鹽洗脫液或該洗脫液在特定pH值(pH 9)可以執行高水平的銻-68淘析速率(至少接近50%)。這證明檸檬酸鹽洗脫劑確實從產生塔中的填充樹脂中解吸銻-68放射性同位素。更重要的是,在淘析過程中,銻-68放射性同位素的淘析速率相當低,這表明用銻-68放射性同位素與銻-68放射性同位素的比率提高。這證明溶液中所含的銻-68放射性同位素的純度相當高。以0.2M檸檬酸洗脫液10ml為例,其銻-68淘析率為 4.5×10^{-3} %。相反,銻-68放射性同位素的淘析速率高達70%。

50 mCi Ga-68 generator	
Test parameter	Specification
Activitive (mCi)	50
Content (%)	< 60
Radionuclidic purity (%)	< 1.0×10^{-3} %
pH	1.0

銻-68發生器技術規格



中華民國 & 美國專利

銻-68/鎵-68核種產生器仍存在部分缺點，例如若核種產生器是以氧化鋁為吸附管吸附銻-68，子核種鎵-68就必須使用螯合劑EDTA進行淘洗。如此一來，所產生的鎵-68-EDTA是結構相當穩定的錯化物，使得後續必需要透過複雜的手續方能將鎵-68轉化成核醫藥物。在此過程中，通常會因為鎵-68半衰期短，而導致劑量大量耗損在轉化過程。又，當核種產生器的吸附管為氧化錫材質時，則必需利用1N的鹽酸溶液淘洗子核種鎵-68，再經過中和反應後方能使用。但在此種方式中，又難以避免無機鹽類被鹽酸溶液溶解帶出，造成環境污染及破壞。

因此，如何開發一種高產率且低污染的鎵-68放射性同位素產生裝置，且此放射性同位素產生裝置更具有構造簡單、使用容易的特性，能減少醫療院所或研究單位的負擔及成本開銷，已成為重要課題之一。

本發明之鎵-68放射性同位素產生裝置能透過簡單的裝置結構，簡易地得到高純度的檸檬酸鹽形式的鎵-68放射性同位素，其為一種對於環境的潛在威脅較低的有機化合物，並且可立即供核醫相關技術應用，簡化醫療診斷的準備程序。然而，當本發明之鎵-68放射性同位素產生裝置進一步設置其他構件時，更可形成一能獨立將穩定存在的銻-69轉換為可核醫療使用之鎵-68溶液的裝置，具有相當高的實用性。

	INER	Cyclotron & Co Ltd.	Eckert & Ziegler IPL	Eckert & Ziegler IPL	Eckert & Ziegler IPL	LDL B. Holland B.V.	Isotope Technology & Consulting
Origin	Taiwan	Russia	Germany	Germany	Germany	South Africa	Germany
Resin	TiO ₂	TiO ₂	TiO ₂	TiO ₂	TiO ₂	SnO ₂	Organic Material
Eluent	0.1 M HCl	0.1 M HCl	0.1 M HCl	0.1 M HCl	0.1 M HCl	0.6 M HCl	0.05 M HCl
Elution Yield	66-73 %	60-75 %	70-75 %	70 %	95 %	80 %	> 80 %
Break-through	<10 ⁻⁴ %	<10 ⁻⁴ %	<10 ⁻⁴ %	<10 ⁻⁴ %	<10 ⁻⁴ %	<10 ⁻⁴ %	<10 ⁻⁴ %

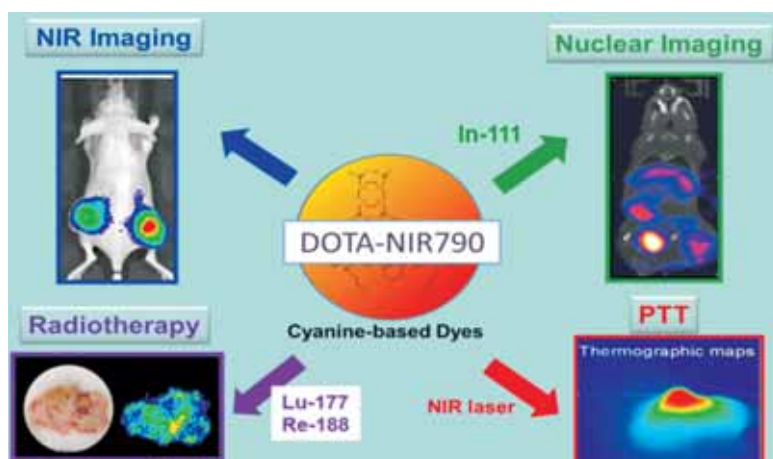
與市售Ga-68發生器評比

鎵-68由於半衰期短，能量強，主要用於製備核醫藥物臨床診斷之正子造影劑，2009 SNM 美國核醫年會與2009 EANM 歐洲核醫年會評定為最具潛力之放射性核種。利用核研所中型迴旋加速器成功研製之鎵(Ga)-68/銻(Ge)-68發生器，可用以研製多項診斷用鎵-68-DOTA-Octreotide等核醫藥物，可供應國內各大醫院臨床應用與學術研究標誌。未來經由專利授權形式與業界協同合作，提升本所之智慧資本。

3-3-3

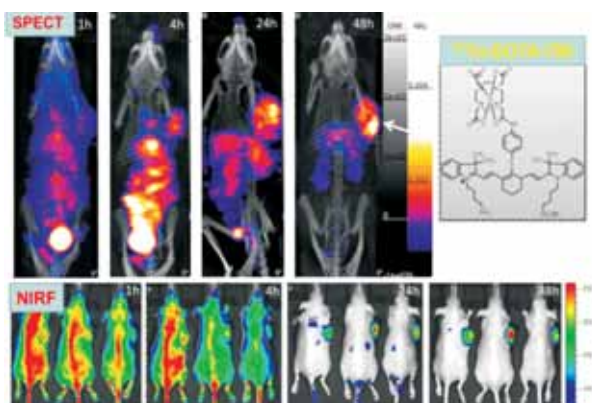
多功能腫瘤影像診治探針之應用研究

本計畫所設計之多功能腫瘤影像診斷與治療探針是以花菁染料為主體，作為近紅外螢光腫瘤造影劑，同時可將其標誌放射性同位素，以單光子射出電腦斷層(SPECT)造影來監測藥物傳輸與活體內分佈的狀況，藉此可合併近紅外螢光與核醫影像來早期診斷癌症，提升深層腫瘤的診斷靈敏度。可藉由更換整合端配位子來達到多選擇性標誌放射性同位素的特性，可採用In-111、Tc-99m等切入SPECT核醫診斷，造影，或以Ga-68、Cu-64等切入PET核醫診斷造影市場，更可以標誌Lu-177、Y-90、Re-188等同位素搶食癌症體內放射治療的市場。另外，本探針更可藉由其染料主體所具備光熱特性達到癌症光熱治療的目的(如圖一)。本探針可提供癌症患者更多有效診斷與治療用藥之選擇，並創造製藥產業的產值，提升我國製藥的競爭力。



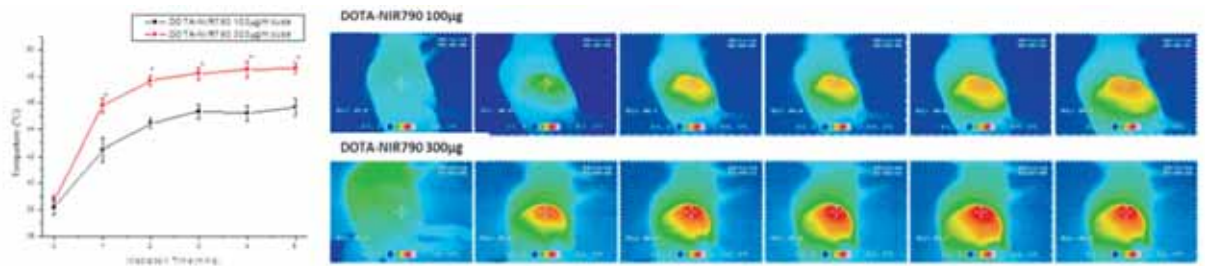
圖一、多功能腫瘤影像診治探針(DOTA-NIR790)發展淺力。

經動物實驗證實，多功能腫瘤影像診治探針(DOTA-NIR790)可以有效標的累積於腫瘤。藉由同位素標誌可進行單光子電腦斷層掃描(SPECT/CT)，更可利用探針本體之螢光進行近紅外螢光造影(NIRF)，達到腫瘤診斷的目的。(圖二)經由單光子電腦斷層掃描與近紅外螢光(NIRF)造影比較，單光子電腦斷層掃描對於深層腫瘤組織分布情況有較高的偵測能力；而近紅外螢光(NIRF)造影則在表淺性腫瘤呈現較佳的腫瘤標的性影像，兩者各有所長，搭配使用可提升腫瘤診斷之準確度。

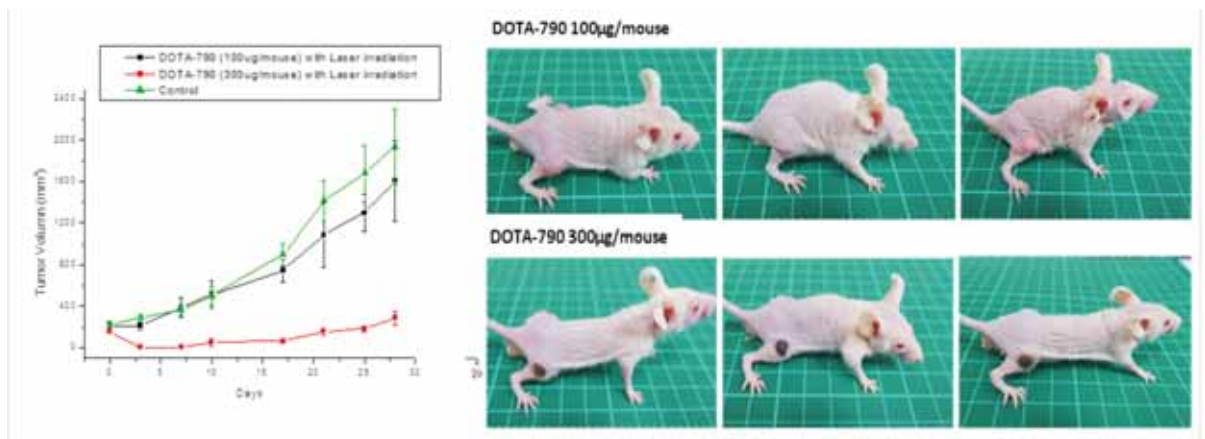


圖二、多功能腫瘤影像診治探針標誌銻-111(^{111}In -DOTA-NIR790)於腫瘤小鼠的單光子電腦斷層掃描(SPECT/CT)與近紅外螢光造影(NIRF)。

多功能腫瘤探針分子應用於腫瘤光熱治療，經波長808nm ($1.5\text{W}/\text{cm}^2$) 雷射照射後，以熱顯儀影像擷取影像，並量測照光過程的腫瘤溫度(圖三)。結果顯示，照光5分鐘後能有效提升腫瘤溫度到達約 48.6°C 。如圖四，腫瘤生長結果也顯示，此光熱效應所造成的腫瘤溫度提升，能有效燒灼腫瘤，造成照光處腫瘤組織的結痂。相對於對照組，給予探針分子(DOTA-NIR790)，腫瘤經雷射照射後，能有效抑制腫瘤生長。



圖三、多功能腫瘤影像診治療探針(DOTA-NIR790)之光熱特性，照光過程之腫瘤溫度量測與熱顯儀影像。



圖四、多功能腫瘤影像診治療探針(DOTA-NIR790)之腫瘤光熱治療效果。

計畫所研發的多功能腫瘤診治探針，為單一探針分子同時具有近紅外螢光與核子醫學影像之腫瘤診斷能力，與腫瘤光熱治療(Photothermal Therapy)或同位素標的放射治療能力。此多功能腫瘤診斷與治療探針是以近紅外螢光染劑為主體，利用此類染劑對於癌細胞的選擇性累積達到腫瘤標的特性，故對各類臟器腫瘤均能作標的性診斷與治療。本多功能腫瘤診治探針，可整合多種放射性同位素，例如可標誌In-111、Lu-177、Cu-64等進行腫瘤SPECT造影，標誌Ga-68、Cu-64等進行PET造影，或銻合釐(Gd)進行MRI造影，更可以標誌治療用同位素Lu-177、Y-90等進行腫瘤放射近接治療。另外，此探針具有獨特近紅外光波段的光學特性，可作為近紅外螢光腫瘤造影與腫瘤標的性的光熱治療。

3-3-4

精準診斷新時代來臨，低劑量三維X光機 —Taiwan TomoDR使病灶無所遁形



圖一、低劑量三維X光機—Taiwan TomoDR

核能研究所發展尖端原子能科技，投入與民衆健康息息相關的醫用輻射領域，開發新時代低劑量三維(Three Dimension, 3D)X光機(Taiwan TomoDR, 如圖一)，以數位斷層合成(Digital tomosynthesis)造影系統有效解決傳統X光數位放射攝影(Digital Radiography, DR)二維(Two Dimension, 2D)影像組織器官重疊問題，呈現相近電腦斷層掃描(Computed Tomography, CT)之診斷影像品質，使病灶一覽無遺。

數位斷層合成為目前國際放射醫學造影之重要發展技術之一，Taiwan TomoDR應用此技術搭配研究團隊自行開發三項重要新技術：(1)可由各種不同方向進行掃描；(2)針對患部最佳化照射條件；(3)創新3D快速影像重建專利技術，提供最佳放射診斷影像品質，同時降低病患所接受之輻射劑量，縮短整體造影流程。

Taiwan TomoDR VS 傳統X光放射攝影 (DR)

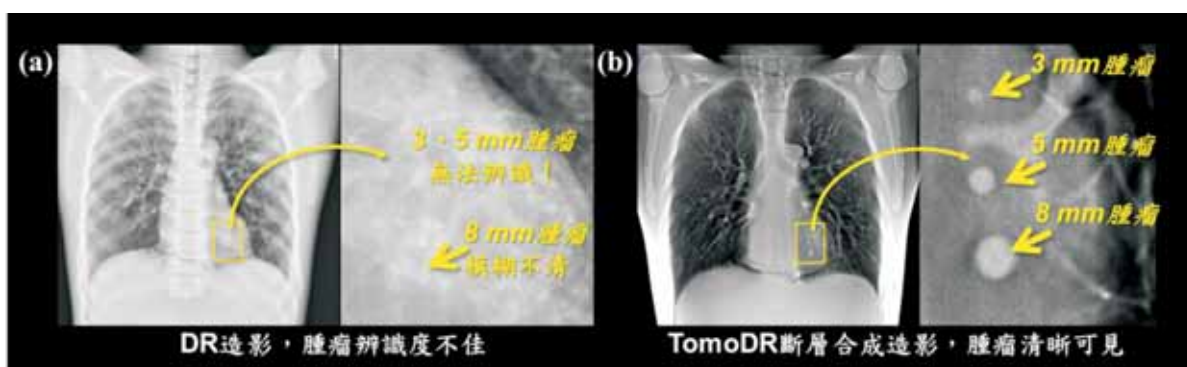
目前在醫院常以數位X光放射攝影(以下簡稱DR)作為第一線放射診斷檢查X光造影設備，病人所接受的輻射劑量低(胸腔檢查約0.02至0.1毫西弗*)，儀器價格及病人檢查費用相對便宜。然而，DR僅能提供2D X光影像，器官組織會重疊在影像上，造成微小病灶不容易被辨別。另一種常見的X光造影設備為電腦斷層掃描儀(以下簡稱CT)，常用於第二線進階檢查之造影設備，CT掃描可以提供高解析度的3D影像品質，得到身體各切面影像資訊，惟病人所接受之輻射劑量高(胸腔檢查約7毫西弗*)，可能增加輻射致癌風險，且儀器造價與病人檢查費用昂貴(表一)。

	傳統X光數位攝影 (Digital Radiography, DR)	電腦斷層掃描 (Computed Tomography, CT)
影像資訊	二維 (2D)	三維 (3D)
組織器官重疊問題	有	無
輻射劑量	低	高
儀器價格	低	高
檢查費用	低	高

表一、放射診斷造影設備比較表

Taiwan TomoDR造影儀介於DR與CT掃描間，儀器價格與DR儀近似，其影像能提供不同深度資訊之3D斷層合成影像，解決2D影像器官組織重疊的問題，改善微小病灶辨別能力，提高放射診斷影像品質，Taiwan TomoDR具備取代DR造影設備之能力，成為新的第一線放射診斷檢查的角色

Taiwan TomoDR之影像解析度與微小病灶偵測能力皆優於DR影像，如圖二，將腫瘤模擬物質嵌入胸腔假體模擬病人進行胸腔X光檢查。Taiwan TomoDR之影像解析度優於DR影像，其斷層合成影像具不同深度之3D影像資訊，小至3 mm大小之腫瘤皆能清楚辨別，DR影像則受限於器官組織重疊影響，造成腫瘤辨識度不佳。



圖二、Taiwan TomoDR與DR造影之胸腔假體影像品質比較

Taiwan TomoDR除了提供微小病灶之優異的診斷品質，對於身體細小骨骼之辨別，也能提供優異的解析度，從手部假體之X光影像實驗結果顯示(圖三)，Taiwan TomoDR可以清楚辨別每個細小的腕骨，透過兩張不同深度之重建影像，可以清楚分辨近側之豆狀骨、三角骨及遠側的頭狀骨與鈎骨等，DR影像因骨頭相互重疊，影像上無法清楚分辨組成腕骨之各個骨頭。



圖三、Taiwan TomoDR與DR造影之手部腕骨影像品質比較

未來展望

Taiwan TomoDR具備DR與CT兩者優點，提供優異的影像解析度與診斷影像品質，提供醫師更多影像診斷資訊，提高診斷品質，優異的造影設備與系統，可應用至不同臨床檢查目的，如胸腔、頭頸部、骨科、急診造影等多項應用，病人接受的輻射劑量低，減少輻射致癌風險，可望取代DR，成為第一線國民健康診斷的健康守護者。

參考資料：

*Mettler FA Jr, Huda W, Yoshizumi TT, Mahesh M (2008) Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog 1. Radiology 248:254. doi: 10.1148/radiol.2481071451

3-3-5

TomoDR有限角度3D成像技術

為了解決電腦斷層造影(CT)過程中接收的高劑量($\sim 7\text{mSv}$)，並改善傳統2D造影時器官組織重疊造成誤診之風險，核能研究所設計開發TomoDR專屬之有限角度3D成像軟體技術，只需要比傳統2D X光($\sim 0.02\text{mSv}$)微高的劑量，就能用小角度造影資訊重建出類CT影像。傳統上為達到低劑量之目標，選用小角度進行少量拍攝時，成像上會衍生出許多的假影，造成診斷困難。低劑量有限角度3D成像技術克服此難題，可應用於第一線篩檢及病灶追蹤，除有效降低輻射劑量，亦提供醫生及病患完善的醫學影像資訊。

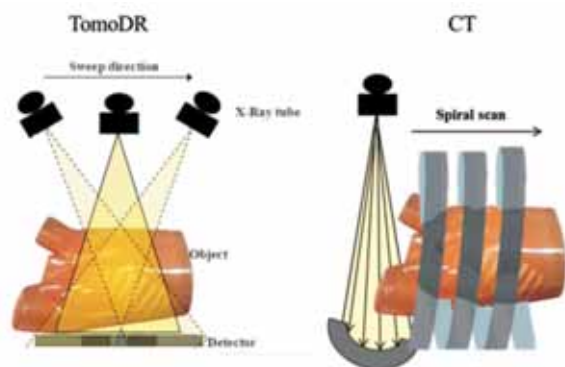


圖1.小角度造影與電腦斷層掃描示意圖

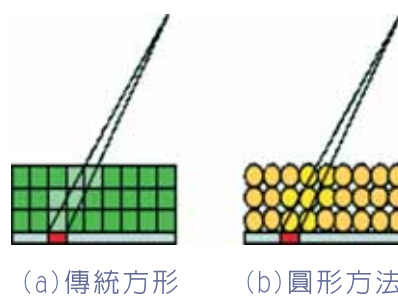


圖2.三維成像投影方法

TomoDR的小角度範圍與CT明顯不同，CT拍攝超過180度，而小角度掃描只使用30~40度的資訊進行拍攝與計算(如圖1)，投影範圍與張數的限制形成低劑量演算法過程之瓶頸。因此結合創新「三維成像投影方法」，運用圓形在不同角度等向特性(如圖2(b))，提升3D影像演算效率。

若僅有單方向掃描資訊將影響影像的深度分布，造成與掃描方向平行之器官與血管輪廓不清晰(如圖3(a)為頭腳向結果)；本技術提供多軸掃描成像功能，能組合不同掃描方向之資訊，讓不同走向的器官輪廓皆能有效呈現，如圖3(b)可觀察到其他走向之輪廓。

為了逐步降低劑量，而在相同掃描範圍下使用更少的拍攝張數，將會在邊緣形成假影；因此核研所開發「偵檢器邊緣假影抑低演算法」來改善(如圖4)。

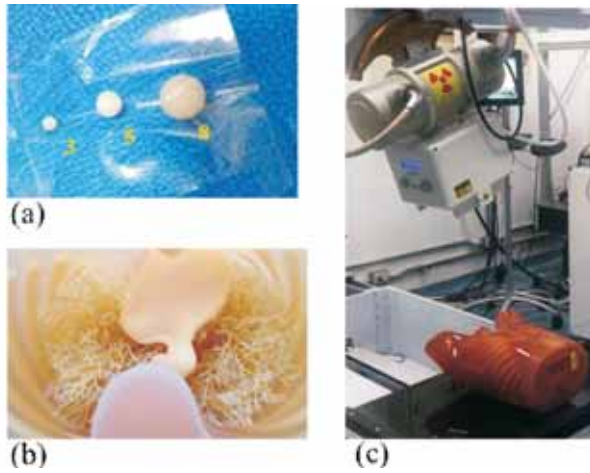
TomoDR有限角度3D成像軟體技術結合上述多種軟體技術，提升低劑量醫學診斷之靈敏度。



(a)頭腳向造影 (b)多軸造影
圖3.多軸重建成果



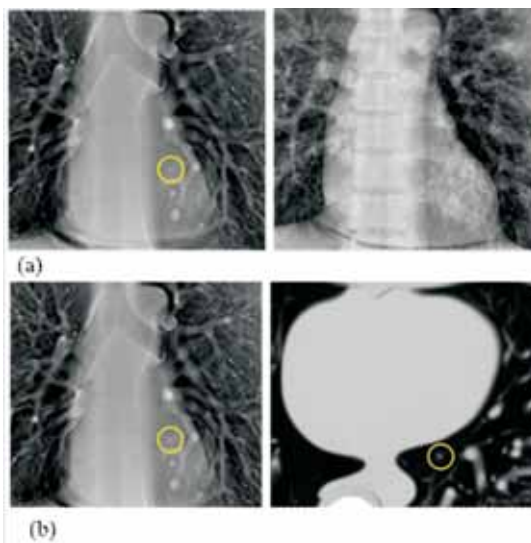
(a)邊緣假影 (b)假影抑低後
圖4.偵檢器邊緣假影抑低演算法



(a) 均勻腫瘤假體(直徑3、5、8mm)
(b) 擬人胸腔假體內部置放腫瘤假體
(c) TomoDR造影實驗
圖5. 擬人胸腔假體實驗

以擬人胸腔假體與均勻腫瘤假體為測試目標，腫瘤假體置放於擬人胸腔假體中(如圖5)，相關實驗同時也進行臨床2DX光與電腦斷層造影。從圖6能觀察出有限角度3D成像軟體軟體可以解決2D造影時器官重疊之困擾(3mm尺寸腫瘤不易辨識)，並能重建出類CT造影的切面影像，清楚分辨3mm尺寸腫瘤。

此外，圖7為重疊之易骨裂位置，包含前胸之劍突、肋骨前緣；肋骨側緣、椎間盤；靠背側的肋骨與肩胛骨皆能於TomoDR有限角度3D成像技術的不同切面中清楚觀察。



(a) 低劑量3D影像與2D造影比較
(b) 低劑量3D影像與CT造影比較
圖6. 臨床機台實驗比較測試

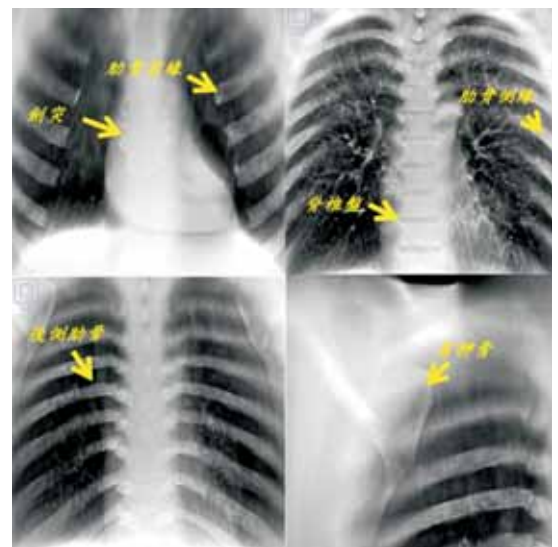


圖7 不同深度器官之成果

TomoDR有限角度3D成像軟體產生之影像，具有影像均勻度高、假影成分低以及運算效能高的優勢，該低劑量的影像性能受國內外醫學影像專家及醫學研究人員肯定。本技術有前瞻性與未來發展性，符合增進人民福祉之目標。

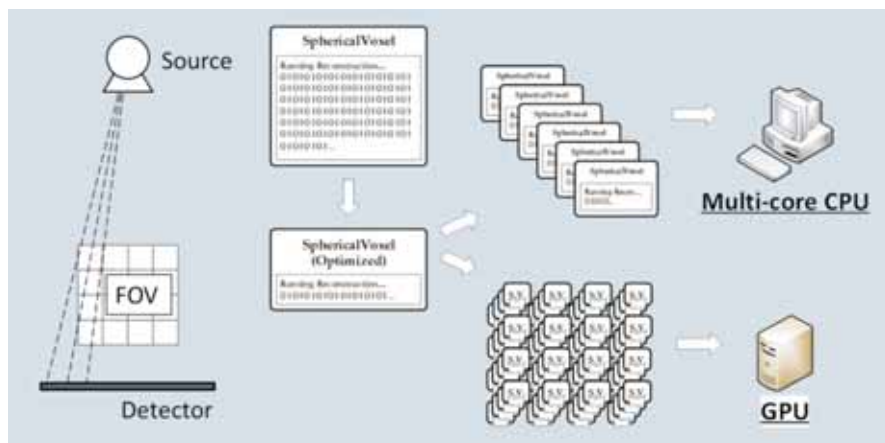
3-3-6

放射造影儀專屬軟體加速技術

為了解決電腦斷層造影(CT)過程中接收的高劑量($\sim 7\text{mSv}$)，並改善傳統2D造影時器官組織重疊造成誤診之風險，核能研究所設計開發TomoDR專屬之有限角度3D成像軟體技術，只需要比傳統2D X光($\sim 0.02\text{mSv}$)微高的劑量，就能用小角度造影資訊重建出類CT影像。

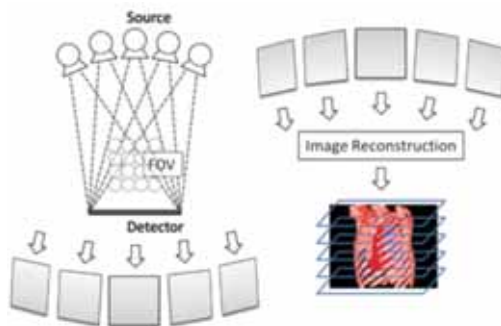
傳統上為達到低劑量之目標，選用小角度進行少量拍

攝時，成像上會衍生出許多的假影，造成診斷困難。低劑量有限角度3D成像技術克服此難題，可應用於第一線篩檢及病灶追蹤，除有效降低輻射劑量，亦提供醫生及病患完善的醫學影像資訊。



圖一、重建演算法平行加速示意

醫學影像處理為高度仰賴電腦運算能力的應用，因其大維度陣列導致的大量計算，非常適合平行運算。於先前核研所針對斜角式正子造影系統影像重建平行化加速的經驗下，透過分析與研究X光有限角度造影系重建演算法，處理演算相依部份，並解決因平行化而記憶體容量不足之問題，使該影像重建演算法適應大量平行化運算。透過大量平行化搭配GPU加速運算，使核研所開發之X光有限角度造影系統影像重建達成低成本高效能的重建運算能力，更加有利於該系統商品化的競爭力提昇。

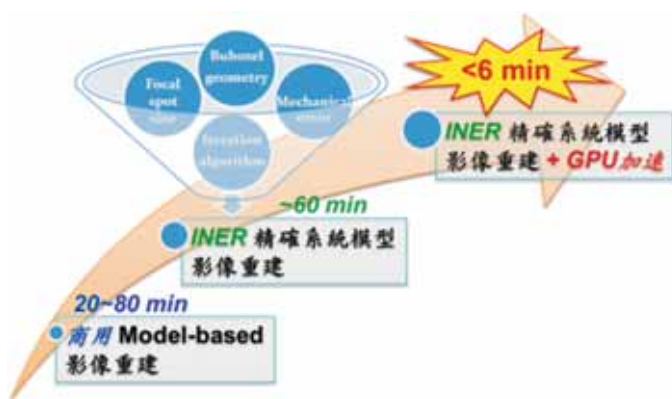


圖二、有限角度造影與重建示意



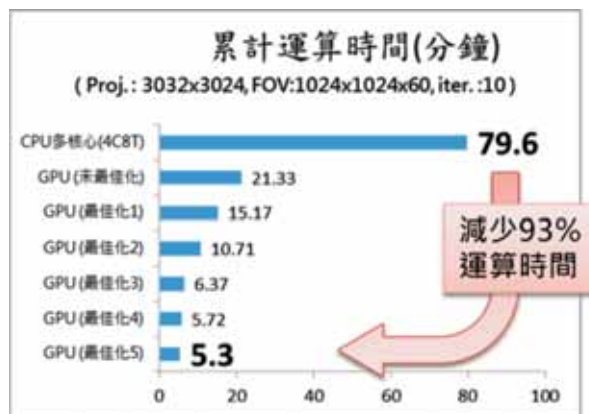
圖三、GPU平行運算伺服器

將X光有限角度造影系統影像重建的大量運算負載以平行化方式進行加速，實作出多核心CPU模式與大量平行化GPU模式，其中，後者並經過數次的最佳化調校。使用胸腔假體實驗數據進行重建演算實測，結果顯示，10次迭代運算時間可降低至6分鐘內，相較於現有商用Model-based影像重建之運算時間明顯減少，有效使運算時間縮短到臨床可接受範圍內。另外，以成本與效能的考量，透過操作GPU達成大量平行化運算，可有效降低運算硬體的成本而保有高度的運算能力。



圖五、透過專屬加速技術達成精確與快速的效果

本加速技術之目標為在使用精確系統模型前提下，將核研所開發之X光有限角度造影系統影像重建運算時間縮短至與目前商用系統影像重建時間相當甚至更短。然而，醫學影像處理通常不單只需倚賴運算能力，通常也需要大量的記憶體來儲存原始資料與運算暫存的資料，所以除了將演算法平行化，尚需考慮有限的記憶體對演算法實作面與運算效能的影響。而演算法平行化後針對運算硬體特性的最佳化調校也是重要的課題之一。



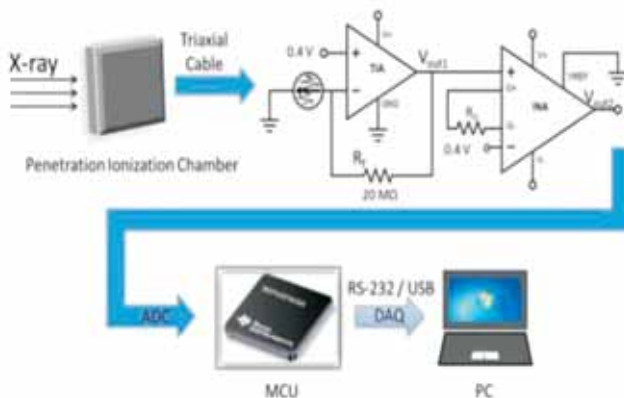
圖四、專屬軟體加速技術可大幅減少運算時間

透過演算法專屬平行化加速大幅減少重建演算時間，使得重建影像能達成低成本高精確的要求，且能在合理的時間內完成。可使運算時間在臨床上不再成為主要考量因素，除了可以減少造影與影像檢視之間的等待時間外，也可專注於其他新技術的應用。在研究上，也可再針對其他重建校正模型，如衰減、穿透校正等進行精進或加速，使影像品質在合理的運算時間內獲得再進一步的提昇。

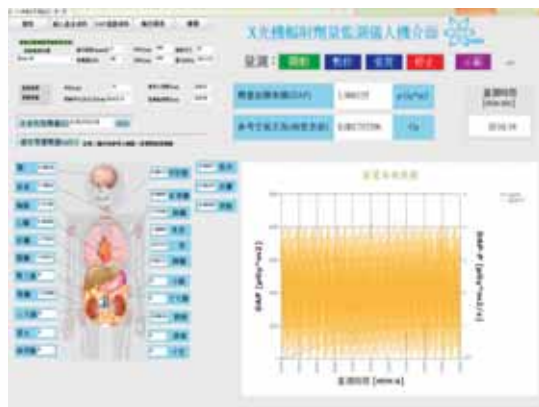
3-3-7

建立X光診斷之醫用探測器劑量面積乘積儀原型機

國內擁有雄厚之資訊與通訊科技 (ICT) 產業基礎，目前已有多家廠商投入X光影像產業之研發，如X光管組件、影像感測板、醫學影像存檔與通訊系統等。然國內傳統產業轉型初期，廠商對輻射度量、劑量評估等技術仍經驗不足。核研所開發的劑量面積乘積儀(Dose Area Product meter, DAP meter)是X光影像系統之必要關鍵組件，可即時評估民衆接受X光診斷時的輻射劑量，填補國內相關技術之缺口，扶植技術自主性之產品。



計讀儀原型機電子電路設計圖

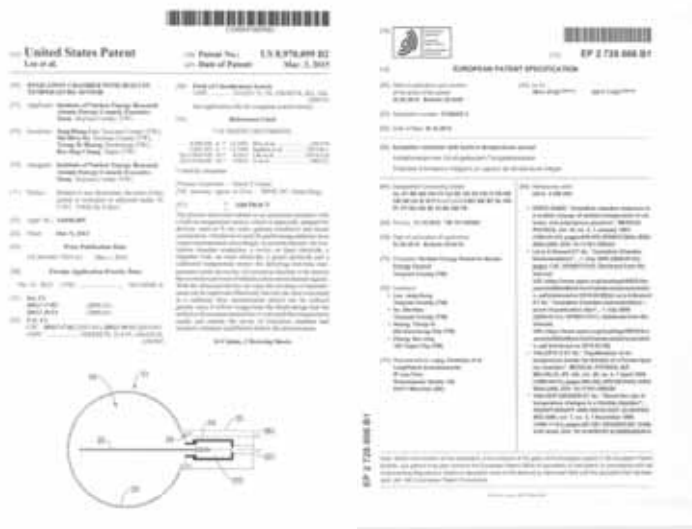


人機介面原型機

核研所開發的劑量面積乘積儀包含穿透式游離腔、計讀儀、人機介面三個部分。其中，穿透式游離腔採透明設計，使X光及可見光均能輕易穿透，避免游離腔結構出現在X光影像上。此外，並開發出雙通道游離腔設計，可同時量測劑量面積乘積及入射劑量(entrance dose)。計讀儀方面，配合游離腔可量測皮安培(pA)等級之微小電流，並將電子訊號轉為輻射劑量，即時顯示輻射劑量率及累積劑量。人機介面除了設計讓使用者可於遠端電腦上控制計讀儀外，亦搭配劑量評估的功能，其內建轉換因子資料庫，可將劑量面積乘積量測結果轉換為器官等價劑量(equivalent dose)及全身有效劑量(effective dose)，供醫師或放射師參考。



雙通道穿透式游離腔原型機



「內建溫度感應器之空氣游離腔」
美國專利證書(圖左)、歐盟專利證書(圖右)

核研所開發的劑量面積乘積儀均根據國際電工委員會(IEC)規範設計，包括IEC 60580劑量面積乘積儀、IEC 60601-1醫電安規與IEC 60601-1-2電磁相容性和IEC 62304軟體確效等。由於目前各國政府對於醫療器材大多是以IEC規範作為標準，因此技轉廠商接手後，將可迅速達成各國政府要求並申請上市。

與其他國際知名廠商相比，雖然國內起步較晚，但擁有多項創新設計，如包覆式電極結構、內建溫度感應器等，有效提升量測性能。此外，中文化的人機介面設計，可讓國人在操作上更為便利，且有利於搶佔中國大陸的龐大市場。



核研所預計可開發的家族系列產品

核研所未來將配合技轉廠商產品化需求，對原型機進行優化，使其達到更佳的功能性、安全性、便利性與操作直覺性，並使外觀符合人性化美學。另一方面，人機介面劑量評估的部分，將開發不同人種之劑量轉換因子資料庫，以因應各國國情，提升商業競爭力。此外，並將陸續開發家族系列產品，如X光機自動曝露控制偵測器、放射治療或放射診斷用的各種型式游離腔等。

MEMO

Date . . .



附錄

Events of the Year



4-1

105年榮譽報導與大事紀

1. 核研所配合台電公司防災型微電網系統建置，技轉「發電預測及能源管理技術」予健格科技股份有限公司，並協同於新北市烏來區福山國小建置防災型微電網系統，該系統於106年1月18日舉辦啓動典禮，為全台首座防災型微電網系統，可供應當地防災中心用電及供給基本民生、消防等緊急用電長達14天，有效改善當地風災用電問題。

2. 核研所「金屬支撐型固態氧化物燃料電池單元製作技術」，於105年3月1日授權漢泰科技股份有限公司，為固態氧化物燃料電池研發工作繼陶瓷支撐型電池單元技轉九豪公司後，另一產業效益之進展。

3. 核研所與核醫學會、台北榮總、秀傳醫院等單位，於105年3月11日共同主辦「第五屆台灣核醫心臟國際學術研討會」，討論心臟相關之核醫應用及MIBG之應用。

4. 核研所於105年3月14日至15日舉辦「風機可靠度及應用技術研討會」，邀請丹麥Aalborg University Prof. Sorensen擔任講座，與會人員包含台電、中鋼、東元等國內主要投入風機研發之單位約40人，對於增進離岸風機技術交流，提昇國內相關技術能力有實質之助益。

5. 第12屆臺日能源合作研討會105年4月21日至22日於台北舉行，核研所研提「固態氧化物燃料電池之耐久性試驗與劣化機制評估及固態氧化物電解電池材料研製及特性研究」及「離岸風機設計驗證技術」等2則合作提案。

6. 核研所與標檢局於105年4月25日至27日在台北共同舉辦IEA Wind Task 27工作會議，包括西班牙、美國、丹麥、義大利等多位國內外專家進行報告與討論，主題涵蓋小風機產業與政策發展概況、小風機設計評估、七股風機測試場檢測驗證成果說明等。透過本次會議，成功展示台灣小風機的技術能量及檢證測試環境，並實質促進國際交流合作與互動。

7. 核研所於105年5月25日辦理「105年度核能同級品耐震驗證研討會」，邀集產學研相關機構，針對國內外核能級零組件同級品，進行核能級耐震檢測及驗證技術之交流，同時展現核研所過去20年來建置核能級地震平台之技術能力及相關業務介紹，計有產學研機構外賓82人及核研所同仁約40人參與。

8. 核研所於105年6月15日至17日邀請美國能源部民用放射性廢棄物管理局(OCRWM)、阿岡國家實驗室(ANL)、美國西南研究院(SwRI)等單位專家蒞所，進行SNFD2017報告技術研討，計有產學研界及核研所共約50位參加。

9. 核研所於105年7月20日在桃園市舉辦SOFC電池堆技術技轉九豪精密陶瓷公司簽約儀式，為建構完整產業鏈之重要一環。

10. 「美洲核能協會中華民國總會暨中華民國核能學會婦女委員會105年聯合年會」於105年8月11日在核研所舉行，計有約120位各界會員與會。

11. 核研所於105年8月19日舉辦「48週年所慶及親子活動」，除所慶大會外，尚包括開放所區參觀、研發成果展示、親子趣味活動、親子市集及電影欣賞等，參加人員除員工及眷屬外，同時邀請退離人員參加，獲熱情回應，為歷年最多參加人數。

12. 內政部105年8月31日公告，核研所研發替代役男燃材組張瑋辰先生及物理組黃德榮先生，分別榮獲104年度績優-非民間產業組第1名及第8名(全國共約1萬2千名役男)，同時核研所亦獲得非民間產業組用人單位第2名(全國共約900個單位)。

13. 核研所提報參加財政部國有財產署之公用財產104年度活化運用績效評選，財政部105年9月8日通知，核研所榮獲公務預算機關組第1名。

14. 2016年台北國際發明暨技術交易展於105年9月29日至10月1日舉辦，核研所榮獲20個獎項，包括1鉑金、7金、4銀及8銅。

15. 2016年德國紐倫堡國際發明展於105年10月29日至11月1日舉辦，核研所參賽2項均榮獲金牌獎，分別為「固態氧化物燃料電池及其製作方法」與「薄膜電池結構及其製造方法」。

16. 核研所與海威公司於105年11月17日在台北舉辦生質精煉製程技術授權記者會，第二期能源國家型計畫楊執行長亦到場致詞及見證本所生質技術移轉之成果。

17.核研所於105年11月22日舉辦「離岸風機及支撐結構工程技術研討會」，邀請德國斯圖加特大學風能研究中心、中鋼公司、成功大學等外賓專題演講，與會產官學研各界總計約50人參加。

18.核研所電漿技術於節能膜應用開發團隊，榮獲105年公務人員傑出貢獻獎團體獎殊榮，考試院於12月14日在該院主持表揚大會，並由蔡總統親自頒獎。

19.核研所「電漿噴塗金屬支撐型固態氧化物燃料電池片製備技術」與「可多元化應用之纖維生質物解聚糖化技術」兩項技術產品，獲得社團法人國家生技醫療產業策進會主辦之第13屆國家新創獎，並於105年12月22日舉行頒獎。

20.原能會於105年12月23日頒發「105年度放射性物料安全營運績優暨研究發展傑出貢獻獎」，核研所共有2項團體(工程組「TRR燃料池鈾泥清理團隊」及燃材組「放射性物料熱室檢驗技術研發團隊」)及1項個人獲獎。



4-2

105年取得之專利清單

功能組	創作人	專利名稱	國別	種類	申請日期	申請案號	發證日期	專利權號碼	專利權期間
同位素組	馬國興 黃文盛 陳家杰 沈立漢	雙同位素核醫造影方法	中華民國	發明	99.04.15	099111774	105.02.11	發明第1520715號	105.02.11-119.04.14
物理組	詹德均 劉國辰 江毅霖	有機電激發光元件之封裝方法及其結構	中華民國	發明	99.10.21	099135931	105.04.21	發明第1531276號	105.04.21-119.10.20
保物組	方新發 陳英鑒	具極端風速預測功能之風能預報方法	美國	發明	100.06.16(103.07.30)	13/161,828(14/447,094)	105.01.05	US9,230,219B2	103.07.30-120.10.03
同位素組	傅孟鈞 陳冠因 陳家杰	固體材料表面官能基定量方法	歐盟	發明	100.09.13	EP11181166.7	105.03.02	EP2570384B1	100.09.13-120.09.13
保物組	李綉偉 蔡源順	具有通風透氣功能之防護衣	中華民國	發明	100.10.12	100137012	105.06.11	發明第1537025號	105.06.11-120.10.11
機械系統	吳善融 蘇煒年	風力發電機之故障偵測判斷方法	美國	發明	100.10.25	13/280,365	105.04.19	US9,316,207B2	100.10.25-120.10.25
同位素組	游佳瑜 李德偉 陳夙容 陳亮丞 林建宏 (倪孝強)	一種製備銻-188或銻-186人類血清白蛋白微球體之方法及套件與該套件之使用方法	中華民國	發明	100.12.30	100149875	105.06.21	發明第1538690號	105.06.21-120.12.29
物理組	黃振興 蔡俊煌 余任豐 張鈞量 林君孟 程世偉	一種用於固態氧化物燃料電池之雙層陽極-金屬基板結構及其製作方法	歐盟	發明	101.01.26	EP12152766.7	105.10.26	EP2621006B2	101.01.26-121.01.26
物理組	李恆毅 楊峻璋 張世澤 黃財富 李瀟銘 曾錦清	同時散熱及發電之快速熱傳裝置	中華民國	發明	101.06.15	101121429	105.07.21	發明第1543703號	105.07.21-121.06.14
同位素組	施俊名 黃永睿 吳裕隆 李世瑛 張剛璋 陳家杰	評估血腦障壁通透性所用套組	中華民國	發明	101.06.22	101122564	105.03.11	發明第1525313號	105.03.11-121.06.21
化工組	李文成 魏聰揚 甘金相 王詩涵 梁明在 杜佳族 吳裕文 李彥勳	奈米銅基觸媒之製備方法	中華民國	發明	101.06.26	101122894	105.07.21	發明第1542410號	105.07.21-121.06.25
同位素組	游佳瑜 李德偉 陳夙容 陳亮丞 林建宏	一種製備銻-188或銻-186人類血清白蛋白微球體之方法及套件與該套件之使用方法	美國	發明	101.06.29	13/538,105	105.03.29	US9,295,740B2	101.06.29-123.05.26
保物組	曾繁斌 蔡典修 詹美齡	一種三維束束覓跡的投影方法	美國	發明	102.09.16	14/027,631	105.02.16	US9,259,193B2	102.09.16-123.05.28
同位素組	張家榮 周瑋綱 楊安水 廖美秀 沈立漢	碘-123-IBZM核醫藥物自動化合成系統	歐盟	發明	101.09.28	EP12186743.6	105.02.24	EP2712856B1	101.09.28-121.09.28

功能組	創作人	專利名稱	國別	種類	申請日期	申請案號	發證日期	專利權號碼	專利權期間
化學組	許寧逸 邱顯都 林素賢 曾華源 黃婉敏 張原銘 李瑞益 鄭俊材	具高溫穩定性之奈米孔道天然氣重組觸媒擔體改質方法	美國	發明	101.10.23	13/657,999	105.02.16	US9,259,727B2	101.10.23-121.10.23
化學組	陳文華 蔡培元 羅慶瑞 黃建憲 陳盛燮 徐勇演	連續處理纖維原料之裝置	中華民國	發明	101.10.24	101139381	105.11.21	發明第I558814號	105.11.21-121.10.23
機械系統	吳善融 蘇煒年	主動式風力發電機塔減震裝置	中華民國	發明	101.10.29	101140008	105.08.11	發明第I545256號	105.08.11-121.10.28
物理組	李恆毅 李堅雄	多功能太陽能熱電共生系統	中華民國	發明	101.10.29	101140009	105.08.11	發明第I545257號	105.08.11-121.10.28
化學組	陳文華 徐勇演 張榮興	由氣流中分離粘性物體之旋風分離裝置	中華民國	發明	101.10.30	101140216	105.03.11	發明第I524942號	105.03.11-121.10.29
化學組	王嘉寶 周聖忻 周德珍 李澤民 蘇翔延 周祥蕙 許媛婷 潘郁蓉	一種提高微藻生長效能之方法	中華民國	發明	101.10.31	101140254	105.06.11	發明第I537384號	105.06.11-121.10.30
同位素組	王美惠 于鴻文 郭家偉 簡傳益 王屏燕 王仁聰 林武智	新穎膽道掃描用造影劑及其製備方法	中華民國	發明	101.12.28(102.10.29)	101150985(102139109)	105.10.11	發明第I553017號	105.10.11-122.10.28
燃材組	洪文堂 黃正男 羅世坤 譚學怡 丁桓展 賴振坡	固態氧化物燃料電池熱工元件整合裝置	美國	發明	102.03.15	13/833,314	105.08.16	US9,419,296B2	102.03.15-122.03.15
同位素組	陳俊穎 傅孟鈞 蔡青彥 林峰輝 陳冠因 劉家菁	游離輻射改質之奈米碳載體應用於檢測技術	中華民國	發明	102.04.02	102111980	105.10.21	發明第I554760號	105.10.21-122.04.01
同位素組	陳俊穎 傅孟鈞 林峰輝 陳冠因 劉家菁	以游離輻射製備檢驗試劑載體之方法	中華民國	發明	102.04.02	102111981	105.07.11	發明第I541505號	105.07.11-122.04.01
同位素組	王美惠 林武智 簡傳益 于鴻文 李玲子 李遠川	一種定量肝殘餘功能的檢驗方法與其新穎肝受體造影檢驗藥劑	美國	發明	102.04.08	13/858,213	105.08.09	US9,409,939B2	102.04.08-122.04.08
化工組	李文成 甘金相 梁明在 林智雄 吳裕文	磚塊及混凝土塊除污方法	中華民國	發明	102.04.15	102113371	105.06.11	發明第I537067號	105.06.11-122.04.14
化工組	趙 裕 邱進立 陳清奎 洪文堂	可以防止產生積碳的重組器	美國	發明	102.04.24	13/869,192	105.04.19	US9,314,762B2	102.04.24-122.04.24
化工組	甘金相 李文成 魏聰揚	放射性廢酸液之回收方法	中華民國	發明	102.04.26	102115004	105.03.11	發明第I525048號	105.03.11-122.04.25



功能組	創作人	專利名稱	國別	種類	申請日期	申請案號	發證日期	專利權號碼	專利權期間
化工組	林國明 鍾人傑 廖啓宏 莊禮環 陶鈞德	吸附劑製作方法	中華民國	發明	102.04.26	102115005	105.12.21	發明第1562827號	105.12.21-122.04.25
化學組	陳文華 蔡培元 羅慶瑞 黃建憲 陳盛燮 徐勇演	連續處理纖維原料之裝置	美國	發明	102.05.08	13/889.662	105.03.15	US9,284,382B2	102.05.08-122.05.08
同位素組	邱淑珮 李銘忻 張志賢 李德偉	一種銻-188-微脂體自動化合成方法及其裝置	歐盟	發明	102.05.13	EP13167400.4	105.10.12	EP2803653B1	102.05.13-125.05.13
工程組	張國源 陳仲衡	高輻射強度廢棄物之乾燥方法及其裝置	中華民國	發明	102.05.24	102118355	105.12.11	發明第1562166號	105.12.11-123.05.23
工程組	黃君平 黃志中	一種水池淨化處理方法及其裝置	中華民國	發明	102.05.30	102119050	106.01.01	發明第1564461號	106.01.01-122.05.29
化學組	劉秀雯 張瑜 徐成芳 林聖倫 江宗憲 林智遠	缺氧組織造影劑前驅物BANI、其造影劑及其製備方法	中華民國	發明	102.05.31	102119272	105.07.01	發明第1539965號	105.07.01-122.05.30
同位素組	李銘忻 謝昕翀	一種製作核子醫學腫瘤造影劑銻-68-DOTATATE 的自動化合成裝置及其方法	美國	發明	102.06.13	13/916.599	105.02.23	US9,266,084B2	102.06.13-122.06.13
物理組	陳信良 謝政昌 林登連 杜彥錚 艾啓峰 楊明忠	產生均勻大面積高頻電漿之方法	美國	發明	102.06.20	13/921.301	105.05.31	US9,355,821B2	102.06.20-122.12.13
燃材組	蘇郁涵 趙建昌 馬維揚 楊村農 藍山明	矽晶太陽能電池之金屬電極圖案化之製備方法	中華民國	發明	102.07.04	102124048	105.02.21	發明第1523243號	105.02.21-122.07.03
化工組	梁明在 林智雄 吳裕文 甘金相 李文成	海水中鉍離子之去除方法	中華民國	發明	102.07.04	102124092	105.04.11	發明第1529136號	105.04.11-122.07.03
同位素組	陳俊穎 傅孟鈞 蔡青彥 林峰輝 陳冠因 劉家菁	游離輻射改質之奈米碳載體應用於檢測技術	日本	發明	102.07.09	2013-143157	105.07.08	特許第5964277號	102.07.09-122.07.09
物理組	李岳穆 辛華煜 施圳豪 梁逸平 洪慧芬	加熱裝置之結構	中華民國	發明	102.07.25	102126765	105.02.21	發明第1523069號	105.02.21-122.07.24
同位素組	程俊嘉 官孝勳	奈米金與二乙烯三胺五乙酸之鍵結方法	美國	發明	102.08.13	13/965.328	105.01.19	US9,238,082B2	102.08.13-122.08.13
保物組	謝和諱 詹美齡 蔡典修	X光投影成像裝置	歐盟	發明	102.08.23	EP13181626.6	105.11.16	EP2732766B1	102.08.23-122.08.23
工程組	賴硯農 李肅暉 黃崇豪 張政元 古松志	降低運算負荷的影像追蹤方法	中華民國	發明	102.09.02	102131485	105.02.11	發明第1520896號	105.02.11-122.09.01
燃材組	黃裕清 查厚錦 徐凡軒 周承威 盧德翰 林永德 莊智閔 陳長盈 曹正熙	製備大面積有機太陽能電池之方法	美國	發明	102.10.02	14/044,051	105.02.23	US9,269,904B2	102.10.02-122.10.02

功能組	創作人	專利名稱	國別	種類	申請日期	申請案號	發證日期	專利權號碼	專利權期間
化學組	邱耀平 陳一順 李書哲 陳柏壯	應用於流動式顆粒床之混合式加熱裝置	中華民國	發明	102.10.04	102135955	105.02.21	發明第I522173號	105.02.21-122.10.03
同位素組	李銘忻	連結核醫藥物自動合成裝置之微型熱室即時影像控制裝置及其方法	美國	發明	102.10.09	14/049,228	105.03.01	US9,277,192B2	102.10.09-122.10.09
保物組	李振弘 蘇水華 黃增德 張栢菁	內建溫度感應器之空氣游離腔裝置	歐盟	發明	102.10.10	EP13188087.4	105.06.22	EP2728606B1	102.10.10-122.10.10
同位素組	張良宇 羅彩月 江秉芳 王化民 施映霞	用以攜載放射性同位素之生物分解性載體及含其之套組	中華民國	發明	102.10.11	102136780	105.01.01	發明第I515010號	105.01.01-122.10.10.
燃材組	余冬帝 程永能 楊嘉智	熱回收儲存裝置	美國	發明	102.10.11	14/051,465	105.06.21	US9,372,035B2	102.10.11-122.10.11
物理組	李恆毅 蔡孟昌 黃財富	逆流熱虹吸向下傳熱裝置	中華民國	發明	102.10.25	102138818	105.09.11	發明第I548854號	105.09.11-122.10.24
燃材組	黃裕清 周承威 查厚錦 盧德翹 莊智閔 林永德 陳長盈 曹正熙	反式大面積有機太陽能電池之製作方法	中華民國	發明	102.10.28	102138970	105.04.11	發明第I529990號	105.04.11-122.10.27
保物組	詹美齡 蔡典修 謝和諱	斷層掃描裝置	中華民國	發明	102.10.28	102138976	105.02.21	發明第I522088號	2016.02.21-2033.10.27
化學組	陳柏壯 邱耀平 陳炎洲 許文震 簡瑞興 林昱劭	可回收反應熱之薄膜反應裝置	中華民國	發明	102.10.30	102139368	105.02.21	發明第I522171號	105.02.21-122.10.29
化學組	王淳安 周聖忻 郭家倫	一種提高纖維分解酵素活性之生產方法	中華民國	發明	102.10.31	102139476	105.04.21	發明第I530562號	105.04.21-122.10.30
工程組	賴硯農 李肅偉 黃崇豪 張政元 古松志	降低運算負荷的影像追蹤方法	美國	發明	102.11.26	14/089,762	105.03.08	US9,278,832B2	102.11.26-122.11.26
物理組	李岳穆 施川豪 梁逸平 辛華煜 洪慧芬	太陽能接收器球透鏡封裝之方法及其結構	中華民國	發明	102.11.29	102143619	105.02.21	發明第I523250號	105.02.21-122.11.28
燃材組	曾怡仁 曹正熙	侷限金屬奈米粒子結構及其形成方法	美國	發明	102.12.03	14/094,997	105.05.10	US9,333,489B2	102.12.03-122.12.03
同位素組	陳夙容 林建宏 李德偉 張志賢	製備人類血清白蛋白微球體之方法	中華民國	發明	102.12.24	102148010	105.02.11	發明第I520748號	105.02.11-122.12.25
同位素組	王美惠 于鴻文 簡傳益 王屏燕 林武智 林昆諒 王仁聰	新穎膽道掃描用造影劑及其製備方法	美國	發明	102.12.30	14/143,602	105.01.05	US9,226,982B2	102.12.30-122.12.30
物理組	徐偉修 王敏全 詹德均	具皺褶結構之光學薄膜元件的製備方法	中華民國	發明	103.01.07	103100546	105.03.21	發明第I527247號	105.03.21-123.01.06
化學組	劉秀雯 張瑜 徐成芳	肝癌治療劑標幟前驅物及其製造方法	中華民國	發明	103.03.26	103111173	105.06.01	發明第I535690號	105.06.01-123.03.25



功能組	創作人	專利名稱	國別	種類	申請日期	申請案號	發證日期	專利權號碼	專利權期間
燃材組	吳思翰 程世偉 林弘翔 程永能 李瑞益	燃料電池用平板型重組器	中華民國	發明	103.04.11	103113460	105.02.11	發明第1521782號	105.02.11-123.04.10
物理組	梁國超 李灝銘 陳孝輝 葉鳳梅 王多美 黃孟涵 張烈誌 曾錦清	汽油組成油品產製製程	中華民國	發明	103.04.17	103114098	105.05.01	發明第1531643號	105.05.01-123.04.16
同位素組	林武智 樊修秀 杜衍宏 黃立元 陳振宗	Tau蛋白造影藥物化合物	中華民國	發明	103.04.17	103114099	105.05.11	發明第1532499號	105.05.11-123.04.16
化工組	江勝偉 簡光勳 鍾人傑 黃士哲 廖啓宏 林國明	吸附劑之造粒方法及該方法所製得之吸附劑顆粒	日本	發明	103.04.21	2014-87664	105.05.13	特許第5934738號	103.04.21-123.04.21
化學組	陳柏壯 邱耀平 陳炎洲 許文震 簡瑞與 林昱劭	可回收反應熱之薄膜反應裝置	美國	發明	103.04.29	14/264.417	105.09.13	US9,440,215B2	103.04.29-123.04.29
化學組	許寧逸 張原銘 陳冠翔 魏華洲 王丞浩 黃婉敏	高功率密度液流電池用之電極製造方法	美國	發明	103.05.01	14/266.945	105.08.23	US9,425,463B2	103.05.01-123.05.01
化學組	許寧逸 李瀛生 陳冠翔 魏華洲	超音波檢測液流電池充電狀態裝置	美國	發明	103.05.01	14/266.947	105.08.02	US9,406,962B2	103.05.01-123.05.01
化學組	劉秀雯 張瑜 徐成芳	肝癌治療劑標幟前驅物及其製造方法	美國	發明	103.05.08	14/272.682	105.07.05	US9,382,202B1	103.05.08-123.09.12
核後端中心	程貴仁 楊玉堂 李學源	用於存放用過核子燃料乾式貯存容器之直立式混凝土護箱	中華民國	發明	103.05.26	103118333	105.04.11	發明第1529742號	105.04.11-123.05.25
工程組	李鼎輝 賴硯農 黃崇豪 張政元 古松志	三維天車系統之適應模糊滑動影像追蹤控制裝置	中華民國	發明	103.05.28	103118705	105.10.21	發明第1554463號	105.10.21-123.05.27
機械系統	徐耀東 (許怡儒)	利用切片取樣評估電纜老劣化之方法	美國	發明	103.06.06	14/297.794	105.07.19	US9,395,279B2	103.06.06-124.01.27
化學組	劉秀雯 張瑜 徐成芳	具雙官能基之化合物及其製造方法	中華民國	發明	103.06.16	103120764	105.02.01	發明第1519516號	105.02.01-123.06.15
燃材組	黃裕清 盧德翰 查厚錦 周承威 莊智閔 林永德 陳長盈 曹正熙	有機薄膜太陽電池之串聯模組及其製作方法	中華民國	發明	103.06.25	103121800	105.09.21	發明第1550928號	105.09.21-123.06.24
物理組	洪慧芬 施圳豪 李岳穆 梁逸平 辛華煜	具有二次光學元件之太陽能接收器之封裝方法	中華民國	發明	103.07.01	103122629	105.07.01	發明第1540745號	105.07.01-123.06.30
物理組	李岳穆 施圳豪 梁逸平 辛華煜 洪慧芬	二次光學元件之封裝方法	中華民國	發明	103.07.07	103123282	105.07.01	發明第1540746號	105.07.01-123.07.06

功能組	創作人	專利名稱	國別	種類	申請日期	申請案號	發證日期	專利權號碼	專利權期間
燃材組	馬維揚 趙建昌 陳冠霖 楊村農	具有摻雜矽或硼原子之鋁金屬電極之製備方法	美國	發明	103.07.14	14/330,048	105.01.26	US9,245,758B2	103.07.14-123.07.14
化工組	胡長良 蕭憲明	取出重砂屏蔽桶Mo-99放射性廢液之裝置	中華民國	發明	103.07.29	103125915	105.03.11	發明第I525640號	105.03.11-123.07.28
化學組	劉秀雯 張瑜 徐成芳	具雙官能基之化合物及其製造方法	美國	發明	103.07.29	14/445,183	105.01.05	US9,227,931B1	103.07.29-123.07.29
化學組	余慶聰 鄭涵文 林慧美 蕭述三	含層狀碳酸鹽除汞劑製造方法	美國	發明	103.08.04	14/450,413	105.04.12	US9,309,127B2	103.08.04-123.08.04
物理組	李岳穆 施圳豪 梁逸平 辛華煌 洪慧芬	二次光學元件之封裝方法	美國	發明	103.08.05	14/451,516	105.07.05	US9,381,726B2	103.08.05-124.01.06
化工組	江勝偉 簡光勳 鍾人傑 黃士哲 廖啓宏 林國明	吸附劑之造粒方法及該方法所製得之吸附劑顆粒	美國	發明	103.08.07	14/454,448	105.08.09	US9,409,147B2	103.08.07-124.03.05
化學組	余慶聰 陳文雄 郭煥廷	含鈣鋁碳酸鹽中高溫捕碳劑造粒製造方法	美國	發明	103.08.26	14/468,498	105.03.15	US9,283,538B1	103.08.26-123.08.26
同位素組	謝宗志 陳冠因 陳俊穎	自動化檢測儀器	中華民國	發明	103.08.27	103129612	105.02.11	發明第I521208號	105.02.11-123.08.26
化學組	王淳安 周聖忻 郭家倫	一種提高纖維分解酵素活性之生產方法	美國	發明	103.08.28	14/471,080	105.03.29	US9,297,001B2	103.08.28-123.08.28
物理組	許婉莉 龍宜島	高聚光型太陽光發電系統遮蔽模擬方法	美國	發明	103.09.10	14/482,088	105.11.15	US9,494,672B2	103.09.10-123.09.10
同位素組	林武智 杜定賢 李偉銘 李銘忻	輻射敏感型共聚物之奈米藥物載體的製備方法	中華民國	發明	103.09.11	103131276	105.06.21	發明第I538691號	105.06.21-123.09.10
機械系統	杜炫德 鍾正邦 許怡儒 歐陽啓能	一種三維方向之避震裝置	美國	發明	103.09.11	14/483,267	105.07.19	US9,394,967B2	103.09.11-123.09.11
化學組	黃孟涵 許寧逸 周宜欣 邱顯都 林素賢 曾華源 李瑞益	燃料重組蜂巢觸媒反應裝置	中華民國	發明	103.09.12	103131670	105.07.11	發明第I541192號	105.07.11-123.09.11
物理組	謝政昌 林登連 陳恩仕 蔡文發 艾啓峰	真空鍍膜裝置	中華民國	發明	103.09.16	103131945	105.08.11	發明第I545215號	105.08.11-123.09.15
化工組	胡長良 蕭憲明	Mo-99放射性廢液之處理方法	中華民國	發明	103.10.02	103134482	105.06.11	發明第I537981號	105.06.11-123.10.01
物理組	薛天翔 蘇棋翹 詹德均 余玉正 鄭元瑞	薄膜電池結構及其製作方法	美國	發明	103.10.02	14/505,249	105.10.18	US9,472,826B2	103.10.02-123.11.21
物理組	張世澤 林維新 吳錦裕 謝政昌	沉積鋁錫氧化物之控制方法	中華民國	發明	103.10.03	103134597	105.02.11	發明第I521080號	105.02.11-123.10.02
保物組	詹美齡 曾聖彬	一種三維造影掃描系統	中華民國	發明	103.10.07	103134914	105.05.01	發明第I531356號	105.05.01-123.10.06
物理組	詹德均 羅仕守 賴威勛 徐偉修	製備具週期奈米銀岔支狀結構之光捕捉層的方法	中華民國	發明	103.10.07	103134916	105.12.11	發明第I561462號	105.12.11-123.10.06



功能組	創作人	專利名稱	國別	種類	申請日期	申請案號	發證日期	專利權號碼	專利權期間
機械系統	徐渝昌 (余政融)	閥桿受力感測器夾持與輔助對正裝置	中華民國	發明	103.10.15	103135753	105.10.01	發明第1551850號	105.10.01-123.10.14
化學組	許寧逸 周宜欣 江恒璋 張原銘 陳冠翔 陳裕君 魏華洲	直接電化學氧化提升液流電池碳氫效能之方法	中華民國	發明	103.10.20	103136208	105.11.01	發明第1556501號	105.11.01-123.10.19
保物組	曾聖彬 朱明禮 詹美齡	一種放射偵檢信號之處理方法	美國	發明	103.10.20	14/518.120	105.03.15	US9,285,486B2	103.10.20-123.10.20
化學組	吳欣潔 蘇德晏 林宗儀 蔡翠玲 蔡弘毅	超鈾元素之自動萃取分析方法	中華民國	發明	103.10.21	103136327	105.08.01	發明第1543939號	105.08.01-123.10.20
同位素組	林武智 杜定賢 李偉銘 李銘忻	輻射敏感型共聚物之奈米藥物載體的製備方法	美國	發明	103.10.24	14/522.583	105.10.18	US9,468,608B2	103.10.24-123.10.24
化學組	陳文華 徐勇演 顏豐裕 黃文松	連續式高效能纖維生質原料混酸裝置	中華民國	發明	103.10.23	103136722	105.03.21	發明第1526452號	105.03.21-123.10.22
物理組	楊昌翰 王敏全 詹德均	一種全固態電致變色元件的製造方法	中華民國	發明	103.10.24	103136828	105.09.21	發明第1550331號	105.09.21-123.10.23
物理組	黃振興 蔡俊煌 張鈞量 莊謝宗揚 楊昇府 黃德榮 程世偉	用於固態氧化物燃料電池之高透氣多孔基板及其製作方法	中華民國	發明	103.10.30	103137641	105.02.01	發明第1520425號	105.02.01-123.10.29
化工組	莊禮環 廖啓宏 鍾人傑 林國明 江勝偉 簡光勳 蔡文啓 胡哲誠	放射性核種顆粒化之無機吸附劑的製備方法	美國	發明	103.10.30	14/527.941	105.11.01	US9,480,965B2	103.10.30-123.10.30
同位素組	邱淑珮 林伯憲 林亮廷 李易展 李德偉 黃峰連 羅建苗	製備放射標靶藥物的套件及放射標靶藥物之製造方法	日本	發明	103.10.30	2014-221607	105.06.24	特許第5956533號	103.10.30-123.10.30
化學組	王淳安 袁碩甫 郭楊正 許登傑 郭家倫 黃文松	一種利用高木質素纖維料源生產乳酸的方法	中華民國	發明	103.10.31	103137729	105.03.21	發明第1526540號	105.03.21-123.10.30
化學組	王世民 李昆達 曾偉志 王大明 黃鈞鎂 郭家倫 邱垂煥 陳文華 黃文松	纖維乳酸發酵液之乳酸分離純化方法	中華民國	發明	103.10.31	103137730	105.02.21	發明第1522343號	105.02.21-123.10.30
機械系統	林玉楚 蘇煒年 洪聖智	小型垂直軸風力發電機被動式葉片傾角調變裝置	中華民國	發明	103.10.31	103137866	105.10.21	發明第1554682號	105.10.21-123.10.30
物理組	蘇郁涵 馬維揚 楊村農 李政達	半導體元件及其電鍍電極之圖案化形成方法	中華民國	發明	103.11.04	103138163	105.07.01	發明第1540749號	105.07.01-123.11.03

功能組	創作人	專利名稱	國別	種類	申請日期	申請案號	發證日期	專利權號碼	專利權期間
同位素組	林武智 于鴻文 陳俊宏 陳維廷 曾凱元 薛晴珍 邱晉宏 黃雅瑤 何忠惠 王美惠	5-18氟-2'-脫氧胞苷之製備方法及其用途	中華民國	發明	103.11.25	103140828	105.04.11	發明第I529153號	104.04.11-123.11.24
化學組	邱耀平 許弘德 陳柏壯 吳耿東	內通式流體化床循環速率之控制方法	中華民國	發明	103.12.12	103143401	105.08.01	發明第I544180號	105.08.01-123.12.11
物理組	薛天翔 蘇棋翹 詹德均 余玉正 鄭元瑞	薄膜電池結構及其製作方法	日本	發明	104.01.16	2015-001009	105.12.02	特許第6050392號	104.01.16-124.01.06
核儀組	謝錦隆 黃淑玲 蔡子駿 薛銘偉 陳美玲	高效率半鈾液流儲能電池	中華民國	發明	104.01.19	104101728	105.03.11	發明第I525891號	105.03.11-124.01.18
物理組	詹德均 羅仕守 賴威勛 徐偉修	製備具週期奈米銀岔支狀結構之光捕捉層的方法	美國	發明	104.02.03	14/612,948	105.11.15	US9,496,444B2	104.02.03-124.02.03
化學組	黃孟涵 許寧逸 周宜欣 邱顯都 林素賢 曾華源 李瑞益	燃料重組蜂巢觸媒反應裝置	美國	發明	104.02.05	14/614,683	105.09.06	US9,433,911B2	104.02.05-124.02.05
化工組	呂永方 謝錦隆 許中耀	多功能整合型液流電池模組	中華民國	發明	104.02.25	104106116	105.03.11	發明第I525890號	105.03.11-124.02.24
燃材組	張瑋辰 馬維揚 陳冠霖 翁岩維 鍾承桓 楊村農 曹正熙 黃裕清	抗氧化導電銅墨水及其製備方法	中華民國	發明	104.03.23	104109246	105.10.01	發明第I551656號	105.10.01-124.03.22
化工組	劉玉章 呂永方 曾育貞 蔡文啓 鍾人傑	X射線屏蔽材料之製備方法	中華民國	發明	104.05.29	104117468	105.10.01	發明第I552164號	105.10.01-124.05.28
物理組	侯杰利 吳志宏	可調變光伏電致變色裝置	中華民國	發明	104.06.02	104117725	105.06.11	發明第I537659號	105.06.11-124.06.01
化學組	邱耀平 陳柏壯 黃游瑩 吳耿東 簡郁展	用以分離、純化二氧化碳之碳氫燃料反應器	中華民國	發明	104.06.09	104118673	105.10.21	發明第I554331號	105.10.21-124.06.08
物理組	黃文祥 吳志宏	混合型漸變緩衝層磊晶成長之方法	中華民國	發明	104.06.12	104119004	105.07.11	發明第I541374號	105.07.11-134.06.11
物理組	李岳穆 洪慧芬 施川豪 簡豪廷 簡克任	太陽電池元件之封裝方法及其結構	中華民國	發明	104.07.21	104123527	105.10.11	發明第I553896號	105.10.11-124.07.20
化學組	黃孟涵 周宜欣 許寧逸 李瑞益 黃文松	甲烷重組產氫觸媒載體之製備方法	中華民國	發明	104.07.22	104123788	105.07.01	發明第I539996號	105.07.01-124.07.21



四、附錄

功能組	創作人	專利名稱	國別	種類	申請日期	申請案號	發證日期	專利權號碼	專利權期間
同位素組	黃立元 杜衍宏 陳振宗	[F-18] FEONM 製程	中華民國	發明	104.07.17	104123345	105.07.11	發明第I541222號	105.07.11-124.07.16
化工組	溫良成 高維欣 莊禮環	複合材料合成裝置及其方法	中華民國	發明	104.07.29	104124583	105.12.11	發明第I561495號	105.12.11-124.07.29
化工組	莊禮環 廖啓宏 鍾人傑 林國明 江勝偉 簡光勳 蔡文啓 胡哲誠	放射性核種顆粒化之無機吸附劑的製備方法	日本	發明	104.08.04	2015-153824	105.12.16	特許第6059306號	104.08.04-124.08.04
化學組	蔡嘉東 張瑜 盧桂林 徐成芳	長烷基四整有機配位 H_3 -MN-16Bn、其前驅物及其製備方法	中華民國	發明	104.09.25	104131958	105.09.21	發明第I549935號	105.09.21-124.09.24
物理組	黃振興 張鈞量 蔡俊煌 程世偉 粘勝輝 莊誌銘	高穩定高效率固態氧化物燃料電池陽極結構及其製造方法	美國	發明	104.10.05	14/874,753	105.11.15	US9,496,559B2	104.10.05-124.10.05
核儀組	何元祥 李奕德 張永瑞	微電網能源管理即時調度方法	中華民國	發明	104.10.16	104134134	105.11.21	發明I559250號	105.11.21-124.10.15
核儀組	詹振受 陳昌國 李奕德	分散式頻率偵測及防止微電網全黑控制器	中華民國	發明	104.10.22	104134748	105.09.21	發明第I550999號	105.09.21-124.10.21
燃材組	林靖凱 程世偉 吳思翰 徐璋鴻 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	中華民國	發明	104.10.23	104134765	105.11.21	發明第I559610號	105.11.21-124.10.22
燃材組	吳思翰 程世偉 徐璋鴻 林靖凱 林弘翔 程永能 李瑞益	高效率燃料電池發電模組	中華民國	發明	104.10.23	104134766	105.11.21	發明第I559609號	105.11.21-124.10.22
化學組	羅慶瑞 徐勇演 鄭祥龍 陳文華	纖維生質物料連續定量分配方法與裝置	中華民國	發明	104.10.26	104135158	105.11.21	發明第I558635號	105.11.21-124.10.25
保物組	曾繁斌 詹美齡	三維成像的投影方法	日本	發明	104.10.26	2015-209705	105.09.30	特許第6014738號	104.10.26-124.10.26
核儀組	鄭金展 羅國原 劉力源 施受甫 蔡明志	串接式儲能系統	中華民國	發明	104.10.27	104135182	105.12.01	發明第I560970號	105.12.01-124.10.26
同位素組	陳柏溶 翁茂琦 王美惠 夏建忠	高分子、熱敏感載體及其用途	中華民國	發明	104.10.30	104135781	105.12.01	發明第I560211號	105.12.01-124.10.29
物理組	黃振興 蔡俊煌 張鈞量 莊謝宗揚 楊昇府 黃德榮 吳明修 林靖凱	透氣金屬基板、金屬支撐固態氧化物燃料電池及其製作方法	中華民國	發明	104.11.03	104136183	105.11.21	發明第I558568號	105.11.21-124.11.02

功能組	創作人	專利名稱	國別	種類	申請日期	申請案號	發證日期	專利權號碼	專利權期間
燃材組	查厚錦 黃裕清 莊智閔 盧德翰 余政霖 顏嘉德 林永德 陳長盈 曹正熙	有機太陽能電池之製作方法	美國	發明	104.12.30	14/984.851	105.08.09	US9,412,959B1	104.12.30-124.12.30
化工組	江勝偉 徐兆楨 簡光勳 林國明 鍾人傑	環保水泥及其製法	中華民國	發明	105.03.11	105107597	105.12.21	發明第I562974號	105.12.21-125.03.10
機械系統	林玉楚 林彥廷	垂直軸風力發電機可變葉片傾角機構	中華民國	發明	105.05.18	105115254	105.12.11	發明第I561730號	105.12.11-125.05.18





Date . . .

MEMO

Date

四、附錄



Date . . .

MEMO

Date . . .

Handwriting practice area with horizontal dashed lines.



書 名：行政院原子能委員會核能研究所105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106年7月

創刊年月：中華民國82年6月

定 價：NT\$ 1000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内容者，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。



E-mail : iner@iner.gov.tw

定價：NT\$ 1000元

