

原子能科技學術合作研究計畫

116 年度計畫研究領域及主題

一、核能安全科技 (N1)

研究建議 (建議期程)		研究方向	備註
編號	建議名稱		
1	核電廠除役階段離散放射性粒子滯留風險管制技術研究	核電廠廠址離散放射性粒子是一種活度相對較高、不溶於水的粒子，本質上是一個點射源，其來源可能為：燃料棒破損產生的用過核燃料粒子、反應器運轉期間活化金屬組件的磨損產物、活化金屬和混凝土進行切割活動時產生的碎屑。在核電廠進入除役，典型的殘留放射性是土壤、結構或地下水中的擴散性物質，一般會使用 RESRAD 等軟體以建立廠址模型並推導出管制濃度限值(DCGLs)，以證明廠址符合解除管制標準。然而 DCGLs 不適用於評估離散放射性粒子，且評估手冊 MARSSIM 中也未涉及對「點射源」的評估與偵檢，須就前述評估方式及作法先期研析，以掌握管制關鍵要項。 本研究重點以核電廠廠址滯留風險顯著性離散放射性粒子為對象，就國際經驗及相關技術資料進行蒐整及研析，以提供管制參考。	核安管制組 林子桀 02-22322166 tclin@nusc.gov.tw
2	關鍵因子對 MELCOR 程式模擬結果之影響	為模擬輕水式反應器在嚴重事故之熱水流現象，以及計算放射性分裂產物傳遞至外界環境之輻射源項，美國核管會委託桑迪亞國家實驗室 (SNL) 開發電廠嚴重事故分析程式 (MELCOR)，以對核電廠嚴重事故進行相關模擬分析。 本研究規劃以 MELCOR 程式模擬假想嚴重核子事故，例如電廠全黑事故、冷卻水流失事故，透過取樣與敏感度分析建立可信區間與主要影響因子排序，作為管制審查與事故管理決策之技術參考；研究過程亦可導入 AI 工具，輔助研究進行。研究重點如下（就以下多項主題，擇一或擇項進行研究）： 1. 量化初始及邊界條件：研析初始條件、邊界條件之設定，對於 MELCOR 程式分析結果之可能影響。 2. 輻射源項之不確定性：探討輻射源項分析假設的不確定性，及其對 MELCOR 模擬結果之影響。 3. 氫氣產生：探討氫氣產生模式設定對於 MELCOR 程式分析結果之影響性。 4. 圍阻體壓力：研析不同的圍阻體排氣壓力設定對於 MELCOR 程式分析結果差異。	核安管制組 陳彥甫 0222322140 yfchen@nusc.gov.tw

研究建議（建議期程）		研究方向	備註
編號	建議名稱		
		5. 失效時序:研析事故失效時序對於 MELCOR 程式分析結果之差異。	
3	輕水式小型模組化反應器設計技術內涵研究	隨著全球對能源轉型需求和減碳目標的日益重視，小型模組化反應器(SMR)因其固有安全性、模組化設計、批量生產潛力、以及部署靈活等特點受到關注。其中輕水式小型模組化反應器與傳統反應器設計概念較為接近，但在反應度、水化學控制及燃料形式等設計仍與過去傳統反應器有所不同。 本研究規劃以輕水式小型模組化反應器為研究對象，自管制角度，就其設計形式及技術內涵進行探討，並與傳統大型反應器安全管理之差異進行比較分析，提供管制機關參考。研究重點如下（就以下多項主題，擇一或擇項進行研究）： 1. 熱流特性：研析反應器熱源/冷卻區域溫差、幾何配置之流阻/熱阻大小及流體之紊流/層流特性等議題，就爐心冷卻水自然循環熱流行為及穩定性進行探討，並與傳統反應器進行比對，提供管制參考。 2. 水化學控制：研析反應器內部組件於特定的水化學環境，如不含硼酸之冷卻水，對於材料組件性能之影響，提供管制參考。 3. 中子毒物：研析反應器燃料初期之過剩反應度補償機制，藉由中子物理模擬分析反應度變化與功率分佈峰值，作為管制參考。 4. 燃料材料：研析新型耐事故之護套材料，如 FeCrAl 合金等，於反應器環境下的腐蝕劣化機制，或高頻率負載變化環境對於材料壽命影響，提供管制參考。 5. 設備材料：研析反應器設備組件所使用材料，於所處環境下可能出現之腐蝕情形、材料劣化機制或影響，提供管制參考。 6. 蒸汽產生：研析反應器可能採用之螺旋管式蒸汽產生器管內沸騰特性，如螺旋管之熱傳機制，包含單相熱對流、次冷態核沸騰與飽和核沸騰等現象，作為管制參考。 7. 數位儀控：研析反應器數位控制系統之管制與網路安全驗證、新技術與新標準的建立、遠端操作及監控技術等，就數位儀控管制方式及可能策略等進行彙整，作為管制參考。	核安管制組 賴誼謙 0222322155 iclai@nusc.gov.tw

研究建議（建議期程）		研究方向	備註
編號	建議名稱		
		8. 耐震設計：針對 SMR 設計可能採用之被動安全系統、地下化或沉浸式布置等特性進行探討，並與傳統核電廠進行比對，提供管制參考。 9. 人工智慧：探討各國如何利用生成式人工智慧技術，如數位雙生、機器學習及大數據分析技術，輔助反應器開發、優化工作排程及協助申照審查等，作為管制參考。	
4	輕水式小型模組化反應器嚴重事故管制技術分析研究	輕水式小型模組化反應器(Light-Water Small Modular Reactor, LWSMR)具較小尺寸之設計與較低的操作壓力特性。此種反應器利用冷、熱水密度不同造成的壓力差做為水流驅動力，不需要外加冷卻水泵，可避免電力驅動組件故障及外部冷卻水管路斷裂引起的意外事故，由於輕水式反應器設計有別於傳統大型輕水式反應器，嚴重事故分析方法勢必有所差異。 本研究重點係針對輕水式小型模組化反應器內部熱流狀態，研析冷卻水自然循環之分析模式，並探討反應器歷經嚴重事故時之暫態行為及分析方式，掌握其熱流模式及發生意外事故之可能演變過程及時序，提出管制要項，作為管制參考。	核安管制組 吳文雄 0222322131 whwu1127@nusc.gov.tw
5	國際微型反應器之設計發展及管制趨勢探討	為因應全球暖化及氣候變遷趨勢，近年國際核能產業積極發展微型模組化反應器(MMR)，具有造價便宜、方便安裝、靈活調度使用等特點，適合衛星城市、偏遠基地或工業聚落之基載電力或供熱應用。國際已有多個國家投入開發，部分設計採用熱管技術，如美國 eVinci 與日本 MoveLuX 之爐心皆採用液態金屬熱管技術，將熱量傳遞至發電端與安全系統，達到被動式循環與被動安全目的，其發展模式及設計概念與傳統方式有所不同，值得深入探討。 本計畫重點主要就目前準備提出設計認證或已完成設計雛形之微型反應器作為研究對象，探討其設計內涵或管制法規可能之發展方向，以掌握微型反應器發展趨勢脈絡及應用情形，提供管制參考。	核安管制組 余福豪 0222322122 yufuhao@nusc.gov.tw
6	新型反應器熱傳模式建立與事故暫態分析	為因應全球 2050 年淨零碳排目標，國際核能產業近年積極發展新型反應器，國際間已提出多種創新型態的反應器設計，目前已有高溫氣冷式、鈉冷式及熔鹽式反應器等不同設計，且其相關安全系統與衰變熱移除系統等皆因微小化設計而與現行商業化輕水式反應器有所不同，仍需	核安管制組 吳文雄 0222322131 whwu1127@nusc.gov.tw

研究建議（建議期程）		研究方向	備註
編號	建議名稱		
		持續關注發展情形。研究重點如下（高溫氣冷式、鈉冷式及熔鹽式反應器擇一，搭配下列主題，擇一或擇項進行研究）： 1. 針對新型反應器內部熱流狀態、熱傳方式等設計概念進行探討，提出管制建議。 2. 就新型反應器歷經意外事故時，探討暫態行為，就其嚴重事故分析、安全性等面向提出管制建議，作為管制機關參考。	
7	核融合技術前瞻應用之可能性探討	由於核融合係透過高壓力或高溫度將輕原子核融合成更重的原子核，同時釋放出巨大的能量，具有燃料幾乎取之不盡、核廢料半衰期短及不排放溫室氣體等優點，受到國際高度關注。目前研發主要聚焦於高溫環境下如何穩定控制電漿，可能方式包括磁約束融合，利用強大磁場限制電漿，如環狀托克馬克反應爐，以及慣性約束融合，使用高功率雷射瞬間壓縮燃料球等設計，但要達到商用仍需解決連續運轉、耐高溫材料開發及建立完整的燃料循環系統，仍需持續關注各國發展情形。研究重點如下（就以下主題，擇一或擇項進行研究）： 1. 針對各國發展核融合技術資料或文獻加以蒐集，並透過資料梳理與文獻回顧等方式，比較不同核融合設計內涵及差異性，以掌握核融合技術管制發展動態、應用方向及可行性。 2. 蒐集各種核融合技術之可行性指標，如能量淨增益(能量倍增因子)、高溫電漿維持時間及電漿物理參數(離子溫度、密度及磁場強度等)之表現，探討不同核融合技術未來發展之可行性。	核安管制組 施劍青 0222322154 jcshih@nusc.gov.tw
8	生成式人工智慧(AI)應用於核安管制業務之探討	隨著人工智慧(Artificial Intelligence, 以下簡稱 AI)技術逐步發展與進步，其應用服務亦趨廣泛，逐漸融入現代社會相關行業之運作。在核能安全管制專業領域，也逐漸發現國外核安管制機關善用生成式 AI 輔助核安管制業務之案例。 例如西班牙核能安全委員會(CSN)與私人企業、學研機構，針對 NRC ADAMS 資料庫之異常事件報告(LERs)，共同合作研發人工智慧專案系統，就關切議題蒐尋核電廠相關事件報告，進行經驗回饋，避免重複發生類似事件，提升核安。 此外，美國核能管制委員會(NRC)目前正推動生成式 AI 之應用，協助 NRC 人員更有效率地履行核安管制職責，以促進組織使命之達成；例	核安管制組 郭獻棠 0222322129 stguo@nusc.gov.tw

研究建議（建議期程）		研究方向	備註
編號	建議名稱		
		如透過生成式 AI 系統工具，協助安全審查、監督及其他管制業務之推動。 在符合 NRC 人工智慧策略計畫(NRC AI Strategic Plan)下，NRC 所推動之生成式 AI 應用案例，可提升決策能力、行政效率，強化管制監督、促進創新，並支持公眾對 NRC 的信心。 本計畫目標旨在探討生成式 AI 應用於核安管制業務之可行性，研究重點如下（以下擇一主題進行研究）： 1. 蒐集研析國外核安管制機關使用生成式 AI 輔助核安管制業務之案例，並探討生成式 AI 系統工具應用於核安會核安管制業務之可行性，提出具體可行之生成式 AI 應用方案，供核安會參採。 2. 針對核安會網站公布之核能電廠運轉人員測驗題庫或其他國外網站公布之相關資料庫，探討生成式 AI 之應用；例如透過生成式 AI 提出能對應受測者所需範圍及深度之核電廠運轉人員或管制人員訓練測驗試題，分析生成式 AI 產出試題之過程與結果，並與過去試題內容進行比較，探討生成式 AI 運用於核安管制相關測驗試題出題的潛力和限制。	
9	傳統核電廠數位化升級之關鍵數位資產資通安全管理先期研究	本研究執行內容須包含下列事項： 1. 蒐集研析核電廠數位化升級之資通安全管理趨勢：蒐集並研析核能先進國家核電廠重啟或延役案例(包含但不限於美國 Palisades 重啟、Diablo Canyon 延役等)之數位化升級，在關鍵數位資產資通安全之監管要求、強化措施及實務經驗。 2. 分析國際數位化工業儀控系統資通安全法規與技術指引：參考美國聯邦法規 10 CFR 73.54、NRC RG 5.71、IAEA NSS、NIST SP 800-82 及 IEC 62443 等國際規範，以及相關論壇、研討會或評析文件，分析其在核電廠數位化情境下，關鍵數位資產資通安全管理之要求與適用性。 3. 提出我國核電廠關鍵數位資產資通安全管理建議要項：綜整研究成果，提出我國核電廠於再運轉情境下數位化升級，關鍵數位資產資通安全管理之建議與重點要項，作為未來核能電廠關鍵數位資產資通安全監管政策、審查及視察作業調整之參考。	保安應變組 包家禎 0222322094 ccpao@nusc.gov.tw

研究建議（建議期程）		研究方向	備註
編號	建議名稱		
10	SMR 核子保安管制要項先期研究	本研究執行內容需包含下列事項： 1. 參考國際相關文獻資料，分析 SMR 在世界的核子保安監管趨勢。可參考資料如美國核能協會(NEI)之「Physical Security for Small Modular Reactors」、美國核管會(NRC)之「Guidance for Alternative Physical Security Requirements for Small Modular Reactors and Non-Light-Water Reactors」、國際原子能總署(IAEA)及世界核子保安協會(WINS)對於 SMR 的核子保安監管論壇、研討會或評析文件等。 2. 對比傳統核子反應器設施，研析我國未來引進 SMR 之可能核子保安威脅情境與脆弱性，進而提出 SMR 在設計、營運及除役階段之核子保安實體防護之分級與技術支援體系，並提出核子保安先期建議管制要項。	保安應變組 蔡易達 0222322294 yattsai@nusc.gov.tw

原子能科技學術合作研究計畫

116 年度計畫研究領域及主題

二、放射性物料安全科技 (N2)

研究主題(計畫期程)		主要研究內容	備註(聯絡人及聯絡方式)
編號	名稱		
1	除役廢棄物分類管制技術研究	- 蒐集與研析國際核電廠除役廢棄物放射性核種檢測技術。 - 研析國際核電廠廢棄物由拆除、分流、貯存與處置之流程管理。 - 研析除役廢棄物分流處理之量測行動基準建議。 - 研析國際除役核電廠放射性廢棄物種類、數量及劑量評估技術。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 王顯義 02-2232-2322 haohsi@nusc.gov.tw
2	放射性廢樹脂處理技術研究	- 蒐集國際最新放射性廢樹脂處理方法。 - 研析放射性廢樹脂安定化處理技術案例。 - 評估核電廠除役放射性廢樹脂安定化及減容效益。 - 提出放射性廢樹脂安定化技術管制要項建議。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 王錫勳 02-2232-2327 hhwang@nusc.gov.tw
3	放射性廢棄物貯存設施老化管理評估研究	- 蒐集國際組織或其他國家對放射性廢棄物貯存設施老化管理要求。 - 蒐集國際及我國放射性廢棄物貯存設施老化管理經驗。 - 建立國內放射性廢棄物貯存設施老化管理模式。 - 提出放射性廢棄物貯存設施老化管理之評估要項建議。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 蘇聖中 02-2232-2359 scsu0401@nusc.gov.tw
4	放射性廢棄物貯存設施廠房結構之非線性動力分析技術研究	- 研析具 RC 牆廠房結構之非線性動力行為。 - 研析非線性動力分析之分析程式、規範需求與接收標準。 - 探討 RC 牆外殼之耐震行為，研析破壞模式、分析設定與建立參考案例。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 蘇聖中 02-2232-2359 scsu0401@nusc.gov.tw
5	人工智慧技術於放射性廢棄物管理應用研究	- 蒐集國際人工智慧技術應用於放射性廢棄物管理之相關資訊。 - 研析人工智慧技術應用於放射性廢棄物管理技術。 - 研析人工智慧技術應用於放射性廢棄物管理法規。 - 提出適用我國放射性廢棄物管理之人工智慧應用技術。	核物料管制組 陳又新 02-2232-2362 yhchen@nusc.gov.tw

研究主題(計畫期程)		主要研究內容	備註(聯絡人及聯絡方式)
編號	名稱		
		※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	
6	低放射性廢棄物盛裝容器老化管理技術研究	1. 蒐集國際低放廢棄物盛裝容器之技術規範、檢測標準及失效案例。 2. 研析低放廢棄物盛裝容器老化管理策略。 3. 評估環境因子對低放廢棄物盛裝容器老化行為影響。 4. 建立低放廢棄物盛裝容器腐蝕動力學預測模型並提出優化建議。 5. 金屬或合金材料低放廢棄物盛裝容器防護技術研析。 6. 低放廢棄物盛裝容器抗蝕性能技術研析。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 王錫勳 02-2232-2327 hhwang@nusc.gov.tw
7	用過核子燃料特性與分析技術研究	1. 研析用過核子燃料燃耗等基本特性對乾式貯存安全評估之影響。 2. 建立用過核子燃料特性之簡化計算模型及使用者介面開發。 3. 建置用過核子燃料輻射源項與衰變熱分析計算方法，作為乾貯設施審查技術基礎。 4. 彙整國內用過核子燃料特性資料，研提本土化安全分析與審查參數建議。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 簡劭純 02-2232-2339 chiensc@nusc.gov.tw
8	高燃耗用過核子燃料乾式貯存安全管制技術研究	1. 蒐集並研析國際間高燃耗用過核子燃料乾式貯存之安全管制要求與法規趨勢。 2. 研析高燃耗燃料於長期乾式貯存條件下之材料劣化、燃料完整性與安全議題。 3. 分析高燃耗燃料裝載條件(燃耗、冷卻時間等)對乾貯系統熱流與結構安全之影響。 4. 研析用過核子燃料護套氫腐蝕後表面磨耗行為之影響。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 簡劭純 02-2232-2339 chiensc@nusc.gov.tw
9	破損用過核子燃料乾式貯存安全管制與材料劣化行為研究	1. 研析國際間破損用過核子燃料於乾式貯存之管制策略、處理原則及安全分析假設。 2. 研析破損燃料對乾貯密封鋼筒內部環境條件(濕度、腐蝕性等)之影響。 3. 探討破損燃料情境下密封鋼筒材料腐蝕劣化機制。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 簡劭純 02-2232-2339 chiensc@nusc.gov.tw
10	用過核子燃料室內乾貯設施安全評估與管制技術	1. 研析國際室內乾式貯存設施於營運階段之結構安全、建築配置及安全管制要求。 2. 比較室內與室外乾貯設施於安全評估假設、設計基準	核物料管制組 簡劭純 02-2232-2339

研究主題(計畫期程)		主要研究內容	備註(聯絡人及聯絡方式)
編號	名稱		
	研析	及管制重點之差異。 3. 研析地震、火災等外部事件對室內乾貯設施安全功能之影響。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	chiensc@nusc.gov.tw
11	用過核子燃料乾貯設施熱流分析與輻射屏蔽安全技術研究	1. 研析用過核子燃料衰變熱特性於乾式貯存系統之熱流分析方法與假設條件。 2. 分析不同通風條件下乾貯設施之熱移除能力與安全裕度。 3. 研析乾貯設施輻射屏蔽設計之安全分析方法與計算參數。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 簡劭純 02-2232-2339 chiensc@nusc.gov.tw
12	用過核子燃料乾貯設施維護監測與老化管理管制技術研究	1. 研析國際乾式貯存設施長期營運之老化管理策略、法規要求與實務經驗。 2. 研析密封鋼筒、護箱及相關結構物於長期使用下之老化機制與安全影響。 3. 探討非破壞檢測、狀態監測及自動化檢測技術於乾貯設施老化管理之應用。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 簡劭純 02-2232-2339 chiensc@nusc.gov.tw
13	國際高放處置地下研究實驗室現地應力測量技術研究	1. 蒐整與研析國際地下實驗室現地應力量測技術。 2. 探討國際地下實驗室現地應力量測之操作流程、資料判釋與應力反演方法。 3. 建立現地應力分析模型與參數驗證。 4. 研析材料異質性對誘發裂隙發展路徑之影響。 5. 研析地層弱面對應力分佈與誘發裂隙延伸之影響。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 葉斌 02-2232-2357 yehpin@nusc.gov.tw
14	放射性廢棄物處置設施緩衝材料分析技術研究	1. 研析低放處置設施緩衝與回填材料安全需求與設計概念。 2. 蒐集分析緩衝與回填材料重要材料特性與環境作用(水、力、化學、劣化)參數。 3. 進行緩衝與回填材料重要參數驗證與安全評估模擬。 4. 研析緩衝材料於地下水環境中質量損失。 5. 研析緩衝材料再飽和與乾縮行為。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 葉斌 02-2232-2357 yehpin@nusc.gov.tw

研究主題(計畫期程)		主要研究內容	備註(聯絡人及聯絡方式)
編號	名稱		
15	國際新型核子反應器放射性廢棄物安全管理研究	1. 蒐集國際新型核子反應器之放射性廢棄物特性資訊。 2. 研析國際新型核子反應器放射性廢棄物管理技術。 3. 蒐集與研析國際新型核子反應器放射性廢棄物之安全管理之法規與實務。 4. 研擬我國新型核子反應器放射性廢棄物安全管理要項與法規精進建議。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 曾曉菁 02-2232-2313 hchtseng@nusc.gov.tw
16	放射性廢棄物處置設施耐震設計研究	1. 放射性廢棄物處置設施耐震設計之設計地震波選定研析。 2. 國內處置設施設計地震加速度歷時研析。 3. 放射性廢棄物最終處置設施地震危害度分析。 4. 研提放射性廢棄物最終處置設施耐震設計安全管理要項與法規精進建議。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 葉斌 02-2232-2357 yehpin@nusc.gov.tw
17	用過核子燃料處置設施安全評估技術研究	1. 用過核子燃料最終處置的關鍵核種研析。 2. 用過核子燃料處置容器、處置孔、處置隧道及處置場之設計研析。 3. 進行處置容器、處置孔、處置隧道及處置場之核臨界安全評估。 4. 用過核子燃料最終處置場所需之工程參數與機率模型及可靠度研析。 5. 用過核子燃料最終處置場風險評估。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 陳俊斌 02-2232-2382 cpchen2@nusc.gov.tw
18	用過核子燃料處置廢棄物罐研究	1. 用過核子燃料最終處置廢棄物罐之設計考量。 2. 用過核子燃料最終處置廢棄物罐之材料特性考量。 3. 用過核子燃料最終處置廢棄物罐之抗腐蝕分析。 4. 用過核子燃料最終處置廢棄物罐之承載力分析。 5. 用過核子燃料最終處置廢棄物罐之核子臨界分析。 6. 用過核子燃料最終處置廢棄物罐之輻射劑量分析。 7. 用過核子燃料最終處置廢棄物罐之熱傳分析。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 葉斌 02-2232-2357 yehpin@nusc.gov.tw
19	用過核子燃料處置熱-水-力-化學耦合效應研究	1. 國際間用過核子燃料最終處置熱-水-力-化學耦合效應評估與不確定分析方法資訊蒐集與研析。 2. 建立用過核子燃料最終處置熱-水-力-化學耦合效應之評估模式及其模式驗證。 3. 建立用過核子燃料最終處置耦合效應之不確定性分析方法與分析結果說明。	核物料管制組 葉斌 02-2232-2357 yehpin@nusc.gov.tw

研究主題(計畫期程)		主要研究內容	備註(聯絡人及聯絡方式)
編號	名稱		
		4. 提出用過核子燃料最終處置耦合效應評估與不確定分析方法之審查重點或注意事項。 5. 最終處置系統岩體裂隙熱-水-力-化學耦合參數分析。 6. 最終處置系統岩體裂隙熱-水-力-化耦合數值模擬工具研究開發。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	
20	用過核子燃料處置生物圈生態系統描述模型研究	1. 國際間用過核子燃料最終處置生物圈生態系統描述模型資訊蒐集與研析。 2. 建立生態系統描述模型(含地景演化分析)及核種傳輸模式。 3. 設計與評估生物圈潛在曝露群體之輻射劑量。 4. 提出用過核子燃料最終處置生物圈生態系統描述模型之審查重點或注意事項建議。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 葉斌 02-2232-2357 yehpin@nusc.gov.tw
21	放射性廢棄物處置之長期安全評估場址外部作用研究	1. 研析全球氣候變遷情節對處置設施安全之影響。 2. 提出全球氣候變遷對最終處置設施安全評估的管制建議。 3. 古氣候與大尺度地質變化對處置設施之影響評估。 4. 古應力與現地應力場評估。 5. 未來的人類活動對處置設施之影響評估。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 謝正驥 02-2232-2314 cchsieh@nusc.gov.tw
22	放射性廢棄物處置天然類比國內可能案例評估研究	1. 蒐集並研析國際天然類比研究成果與案例。 2. 研析國內可能的天然類比研究地區資訊與相關之地質環境研究。 3. 彙整國內可能天然類比地區與核廢料處置安全相關之特性研究成果。 4. 提出以國內案例進行天然類比研究之要項建議。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 謝正驥 02-2232-2314 cchsieh@nusc.gov.tw
23	放射性廢棄物處置國際資訊研析	1. 放射性廢棄物最終處置國際合作現況資訊蒐集。 2. 針對所蒐集之放射性廢棄物最終處置國際合作現況資訊進行彙整分析。 3. 研析放射性廢棄物最終處置國際合作現況對我國放射性廢棄物最終處置作業之影響。 4. 針對我國放射性廢棄物最終處置提出國際合作之相關建議。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	核物料管制組 陳俊斌 02-2232-2382 cpchen2@nusc.gov.tw

原子能科技學術合作研究計畫

116 年度計畫研究領域及主題

三、輻射防護與放射醫學科技 (N3)

研究主題 (計畫期程)		主要研究內容	備註 (聯絡人及分機)
編號	名稱		
1	輻射防護劑量評估之建構與精進	就以下議題擇一進行研究： 1. 網格參考人假體模型技術開發與體內外劑量轉換係數分析研究(二年期，1/2)：為提升輻射劑量評估之精準度，國際放射防護委員會(ICRP)近年提出網格參考人假體(MRCP)，以克服體素參考人假體(VRCP)於微小組織(如皮膚、黏膜)及複雜幾何結構描述上的限制。因應 ICRP 最新發展技術，本研究建議以 ICRP 成人網格參考人假體進行研析，探討其建構格式、特徵與應用潛力，並利用蒙地卡羅模擬計算體外曝露各器官劑量轉換係數(116 年)。此外，進行體內曝露比吸收分率(SAF)模擬，評估網格假體相較傳統模型之精準度，並分析國人本土化建置之可行性與潛在劑量影響，作為未來法規與技術參考(117 年)。 2. 國際輻射單位與度量委員會(ICRU)新輻射作業量對國內劑量計與實務衝擊評估(二年期，1/2)：ICRU 95 報告(2020)提出新的輻射作業量(operational quantities)，從使用傳統的 ICRU 球體轉向人體假體進行定義，此轉變導致現有儀器量測/校正方法有高估或低估之虞。因此有蒐集、研析相關國際文獻與建議作法之必要，評估對國內輻射應用實務之劑量評估造成的衝擊與影響(116 年)，提出因應 ICRU 95 報告的具體作法建議及分階段導入策略與輻防管理建議(117 年)。 3. 新興核醫治療藥物體內外劑量評估技術與輻射安全管理實務研究：為因應核醫診療一體(Theranostics)之精準醫療趨勢，有必要探討核醫治療藥物對病人劑量(體內曝露)、工作人員與公眾劑量(體外曝露)之評估技術及其相應之輻射安全管理措施。本研究建議以臨床可行之輻射安全管理實務為導向，選取具新興發展或高度發展潛力之核醫治療藥物(例如：Lu-177-PSMA、Ac-225-PSMA、Cu-64-PSMA、At-211-PSMA 等)作為情境，可從放射藥物動力學、參考人假體模型、劑量評估	輻射防護組 呂雅萱¹ 02-22322358 yhlu@nusc.gov.tw 李博修² 02-22322210 bslee@nusc.gov.tw 梁詠慈³ 02-22322194 ytliang@nusc.gov.tw

研究主題（計畫期程）		主要研究內容	備註 (聯絡人及分機)
編號	名稱		
		方法學等面向進行探討，藉以發展核醫治療藥物體內/體外劑量評估技術，並研析本土化劑量評估關鍵參數，期能奠定我國核子醫學之輻射安全管制實務與技術。	
2	精進輻防管制規範與技術	就以下議題擇一進行研究： 1. 以輻射防護觀點研析核電廠運轉執照更新經驗：因應我國核管法第 6 條修正案於 114 年 5 月 13 日經立法院三讀通過，國內核電廠可能提出核電廠重啟再運轉方案，考量輻射防護管制實務需求，蒐集美、日核電廠等重啟案例，探討國際核電廠申請運轉執照更新過程之輻射防護管制可能關注議題，如屏蔽材料更換、技術運轉規範更新、集體劑量最適化等。 2. 輻射照射物件之活化評估與管制建議：使用中子、質子或重離子等高能量粒子輻射照射物件，有可能因為核反應而造成物件活化，導致物件被照射後具有放射性。為妥善管理前述具放射性之物件，擬藉由學術研究合作，蒐集並探討物件受到質子/重離子與中子輻照後可能引發的活化潛勢之國內外相關文獻(約佔 50%)，以瞭解物件活化程度，研究對象建議可包含但不限於放射性物質生產設施或加速器除役之零組件。另研蒐國外管制單位對於前述物件之管制規範，提出適用於我國輻照測試後物件的管制建議，以供輻防安全評估與管制措施參考(約佔 50%)。 3. 核設施或高能輻射設施永久停用後場址復原之國際規範、審查機制與案例研析：為因應國內核設施及高能輻射設施(如:30MeV 以上之迴旋加速器、同步輻射設施等)將面臨永久停止運轉後之場址管理需求，並確保土地或建物可安全回歸一般民眾無限制使用。透過本研究研析國際間相關國家之制度、法規與案例實務經驗。研究內容建議可包含設施經營者在核設施或高能輻射設施永久停用階段，為達成無條件外釋所需採取之輻射調查、除污、拆除、廢棄物管理、最終輻射偵檢(Final radiation survey)及文件化措施，以及主管機關在審查過程中所採用之評估原則、劑量或污染判定標準、審查程序與決策機制。期研究成果可作為我國建立相關指引、技術標準	輻射防護組 林駿丞¹ 02-22322206 cclin@nusc.gov.tw 蕭展之² 02-22322186 cchsiao@nusc.gov.tw 林士軒³ 02-22322224 shlin@nusc.gov.tw 梁詠慈⁴ 02-22322194 ytliang@nusc.gov.tw 梁詠慈⁵ 02-22322194 ytliang@nusc.gov.tw

研究主題（計畫期程）		主要研究內容	備註 (聯絡人及分機)
編號	名稱		
		及管理制度之參考。 4. 質子治療設施輻射醫療曝露品質保證標準法規建議研析：隨著國內質子治療需求之興起，本研究建議研析建立質子射束治療醫療曝露品保標準草案建議及其共通性品保作業程序，以作為本會品保法規精進之技術參考。 5. 輻射屏蔽設計智能輔助審查技術可行性研究(二年期，1/2)：為提升我國輻射安全評估審查效能與一致性，規劃研發輻射屏蔽設計智能輔助審查技術。本研究建議結合高精度蒙特卡羅模擬，彙整國內外屏蔽設計案例建置資料庫，訓練符合國際屏蔽設計建議及我國法規之人工智慧模型(116年)，並於後續導入實際場域驗證與系統優化(117年)，確認模型在實際場域情境下之適用性，進而評估其用於輔助輻射安全管制審查之可行性、適用範圍及後續擴充建議。	
3	輻射災害事件除污流程效能之實證評估與比較研究	放射性污染的除污為發生輻射災害時的重要應處項目，考量災時可能有大量傷患衝擊醫療量能，增加人員曝露風險，國際間逐漸意識以量化指標評估不同除污流程效能的重要性。 本研究建議整理國內外相關指引與文獻，歸納國際間常用於評估除污作業的核心指標，並結合實地演練與量化量測方法，實際評估驗證不同除污流程之效能，以提出一套簡單明確，且具可行性的除污流程效能評估指標，使應變單位及人員得以實際數據比較不同除污流程的效能與成本效益，作為政策制定及流程優化的依據。	保安應變組 黃為雍 02-22322346 wyhuang@nusc.gov.tw
4	環境輻射劑量評估調查與監測技術研究	就以下議題擇一進行研究： 1. 國內特殊環境氬氣輻射劑量評估調查：對國內特殊環境之氬氣活度濃度分布、劑量評估與曝露風險進行系統性研究，並分析工作人員及非工作人員曝露情境之輻射劑量差異，量化輻射曝露劑量，作為職業與公共輻射防護之科學依據，並提出降低氬氣活度濃度之建議方法。 2. 結合物理特徵之可解釋人工智慧(Explainable AI)於環境輻射預警之研究：近年已有大量人工智慧應用於輻射監測領域之研究，惟多數模型偏重數據驅動(data-driven)，當為追求預測準確度而引入多變量	輻射偵測中心 劉任哲¹ 07-3709206 #307 rjliu@nusc.gov.tw 李宇婕² 07-3709206 #122 yjkex@nusc.gov.tw

研究主題（計畫期程）		主要研究內容	備註 (聯絡人及分機)
編號	名稱		
		時，易導致模型難以反映物理因果關聯且可解釋性快速下降，故應探討建立整合風向、風速、地形等特徵之注意力機制預測模型，使模型可依據動態氣象條件與實際地表分布自動調節注意力權重分配，以合理解析輻射物質之擴散路徑並反映未來劑量率預測趨勢，並研析如何利用可解釋性 AI 技術量化不同特徵對於異常判定之貢獻度，確保模型符合物理邏輯。 3. 現行即時輻射監測站儀器之 RC 偏壓電路優化及前置放大器電路精進研究：面對逐年升高之境外核災及跨境輻射威脅，應強化現有環境即時輻射監測站在市電系統受損時能延長運作時間，以持續提供監測資訊供決策參考，並應在輻射污染事故之初期，迅速增加即時輻射監測能量、提供即時放射性核種變化監測資訊，以利提出預警。研究內容建議包含 RC 偏壓電路優化、前置放大器電路精進、輻射監測儀器小型化。	李明達³ 07-3709206#123 mtlee@nusc.gov.tw
5	環境放射性核種分析技術精進	就以下議題擇一進行研究： 1. 應用質譜法分析環境低活度長半化期核種研究：研搜國際長半化期核種分析最新技術，探討以質譜儀分析環境低活度長半化期核種含量之方法，以降低現行偵測極限並提升檢測效能，作為核電廠除役環境監測使用。 2. 開發環境中超鈾元素之綠色環保萃取材料研究：囿於超鈾元素為國際監控核試驗與核電廠事故關注項目，探討利用創新綠色環保材料吸附方法，提升超鈾元素於環境樣品中選擇性，並減少使用化學合成樹脂材料，降低對環境造成之二次污染，同步達到環境監測效能。 3. 建置鹼性膜(AEM)電解模組，用以濃縮海水中氚活度：因應氚核種為目前各國海域輻射監測關注重點，開發有別於傳統方法之鹼性膜電解法，降低材料成本，提升海水中氚核種檢測技術及效能，並尋找最優化之電解條件並模組化設備，應用於實際海水氚之檢測。	輻射偵測中心 劉郁禾 07-3709206#230 yh9921@nusc.gov.tw
6	碘-123 MIBG 臨床應用研究	就以下議題擇一進行研究： 1. 結合碘-123 MIBG 心交感神經影像與臉部表	輻射防護組 梁詠慈

研究主題（計畫期程）		主要研究內容	備註 (聯絡人及分機)
編號	名稱		
		情動態分析之人工智慧模型，用於巴金森病 (Parkinson's disease, PD) 與路易氏體失智症 (dementia with Lewy bodies, DLB) 之早期鑑別與退化風險預測研究：本研究以巴金森病 (PD) 與路易氏體失智症 (DLB) 為對象，因臉部表情動態變化可作為反映中樞-自律神經功能失衡之數位生物標記，且與心臟交感神經受損具有相關性。建議透過標準化臉部影像與碘-123 MIBG 心肌顯像資料蒐集與標註，運用人工智慧量化臉部微表情特徵，並整合 MIBG 定量指標，建立反映 brain-heart axis 功能狀態之多模態模型。研究成果期能提升 PD 與 DLB 早期鑑別診斷效能，並提供疾病分型與進展風險分層之客觀量化依據。 2. 碘-123 MIBG 與鎳-99m MIBI 於冠心病 (CAD) 及糖尿病自主神經病變之臨床研究：糖尿病與冠心病盛行率高，而自主神經退化常早於結構性心臟損傷。MIBG 可反映交感神經功能 (H/M ratio、washout)，MIBI 可偵測心肌灌流缺損，但高血壓、高血糖及高血脂亦可能影響交感神經與心肌灌流，然目前國內資料有限。本研究建議結合 MIBG 與 MIBI 分析 CAD/DM 病患之心臟功能變化，探討自主神經退化、灌流缺損、EF 與三高變項的關聯性，建立整合影像與代謝因子的心血管風險預測模型，作為後續心臟相關適應症申請之本土研究基礎。 3. 以多模態評估碘-123 MIBG 造影指標之病生理意義來促進其臨床應用-整合血液、生理訊號與腦部磁振造影之研究：碘-123 MIBG 造影之三大指標 (早期 H/M ratio、晚期 H/M ratio 與 Washout Rate) 被認為可反應正腎上腺素系統相關之交感神經系統變化，但其病生理意義、三者間關係及個別指標變化的解釋仍缺乏相關共識。當造影結果不易理解與詮釋時，會限制碘-123 MIBG 造影之研究與臨床應用。過去已有研究試圖運用其他量測正腎上腺素系統或交感神經系統的指標 (如利用血液正腎上腺素系統相關指標、心律變異度等生理量測指標與腦部磁振造影正腎上腺素系統相關指標等)，並也有初步的成果。但目前還缺乏併用此三大類不同指標，針對碘-123	02-22322194 ytliang@nusc.gov.tw

研究主題（計畫期程）		主要研究內容	備註 (聯絡人及分機)
編號	名稱		
		MIBG 造影三大指標之整合性研究。本研究建議以老年憂鬱症個案為研究族群，運用周邊的血液與生理量測指標，以及中樞的腦部磁振造影指標，深入探討碘-123 MIBG 造影三大造影指標之病生理意義。除了確立碘-123 MIBG 造影是連結周邊與中樞交感神經系統的關鍵樞紐，也能針對不同研究主題、建立適當的研究工具組套，以促進碘-123 MIBG 造影之臨床應用。 4. 碘-123 MIBG 心臟交感神經影像於心律不整立體定位放射治療之病灶精準定位與療效預測研究：立體定位放射治療(SBRT/STAR)為治療難治性心室頻脈之新興突破，然治療成效高度仰賴致心律不整基質之精準定位，現行以電生理疤痕為主之方法仍具侷限。I-123 MIBG 心臟交感神經影像可反映去神經化範圍，其缺損區常大於心肌梗塞區，具高度潛力作為惡性心律不整之功能性生物標記。本研究建議整合治療前 Tc-99m MIBI、I-123 MIBG SPECT/CT、心臟 CT/MRI 與電生理圖譜，評估 MIBG 缺損區與電生理疤痕之重疊性，以提升 SBRT 靶區規劃精準度；並透過治療後 MIBG 定量指標追蹤交感神經重塑與心律不整復發之關聯。預期建立多模態影像與 AI 輔助之放射治療規劃模式，拓展至猝死風險分層與預防性介入之臨床應用。	
7	核醫藥物影像驗證與輔助軟體開發	就以下議題擇一進行研究： 1. [鎩-68]多蕾克鎩正子造影(Ga-68 Dolacga PET scan)平台建立、影像分割及特徵分析：肝癌現仍居全國癌症死因第 2 位，每年仍有超過 7 千以上新診斷肝癌之患者。傳統電腦斷層影像分析雖能提供腫瘤結構資訊，但對肝臟至今仍無較為理想評估肝臟功能之檢測與追蹤方式。透過腫瘤內外 Ga-68 Dolacga PET 影像特徵、以及標準化攝取值(standard uptake value, SUV)的差異，建立肝臟分割與量化分析軟體與套件，以及設立彈性可調整之演算法與分析模組，有機會同時獲得腫瘤檢測與相關肝臟活性的重要訊息，得以全面肝臟實際健康狀況，並幫助醫師做最佳肝癌決策。 2. 運用[鎩-68]-APD 精準放射影像與人工智慧	輻射防護組 梁詠慈 02-22322194 ytliang@nusc.gov.tw

研究主題（計畫期程）		主要研究內容	備註 (聯絡人及分機)
編號	名稱		
		平台偵測免疫檢查點抑制劑誘導之心肌炎(二年期計畫，2/2)：本計畫為兩年期研究之第二年延續案，旨在解決癌症免疫檢查點抑制劑(Immune Checkpoint Inhibitors, ICIs)療法所伴隨之嚴重副作用、且臨床上難以早期偵測的心肌炎。我們將延續第一年成功建立之ICI心毒性小鼠模型，並證實心肌損傷組織高度表現 CXCR4 基因之基礎，本年度規劃運用特異性標靶顯影劑[68Ga]-APD 結合正子斷層造影(PET/CT)，進一步完成智慧化精準診斷平台的建置與驗證。 3. 應用[鎂-68]-APD 做全身血管照應評估動脈炎/動脈硬化的範圍與區域特性：動脈炎與動脈硬化為兒童與成人常見之後天性心臟疾病，亦為國人主要死因之一，臨床上亟需具備全身性與整合性之評估工具。本研究建議採用新開發之[鎂-68]-APD 造影，作為全身血管床炎症與動脈硬化之偵測平台，結合組織病理、血液生化指標及多種影像檢查，建立完整評估架構。研究分為三部分：首先以川崎病小鼠模式驗證[鎂-68]-APD 造影與病理變化之關聯；其次應用於不同年齡層成人及川崎病兒童之長期追蹤，分析其與既有臨床檢查工具之相關性；最後整合臨床大數據，開發人工智慧輔助判讀模型，以優化影像分析並推動臨床實用化。 4. F-18-Choline PET/CT 輔助之原發性副甲狀腺功能亢進精準手術之研究：F-18-Choline PET/CT 所提供之量化影像參數可呈現副甲狀腺病灶之代謝特性。本研究建議採回溯性合併前瞻性設計，納入影像定位不確定且接受手術治療之原發性副甲狀腺功能亢進病例，系統性蒐集 F-18-Choline PET/CT 之量化影像指標(如 SUVmax、腺體/甲狀腺比值)，並整合臨床、生化與傳統影像資料進行分析。透過統計方法，比較影像參數與病灶定位一致性、手術方式及術後生化變化之關聯，並分析不同影像策略之表現差異，以累積相關臨床影像資料。 5. 核醫腦灌注檢查與腦部 β-類澱粉蛋白沉積相關性研究：隨著針對腦部 β-類澱粉蛋白清除之單株抗體新藥陸續上市，阿茲海默症之早	

研究主題（計畫期程）		主要研究內容	備註 (聯絡人及分機)
編號	名稱		
		期且精準診斷日益重要。其中，類澱粉蛋白 PET 為關鍵功能性影像工具，然其高成本限制臨床普及。本研究旨在探討核醫腦灌注檢查與腦部 β -類澱粉蛋白沉積之相關性，評估其作為初階篩選工具之可行性。研究將收集至少 30 例疑似阿茲海默症初期病患之臨床資料，整合 MMSE、腦部灌注 SPECT、MRI 與 FBB-PET 影像，並利用本國自行開發之影像分析軟體進行腦區層級量化分析與相關性評估。預期可建立反映神經退化與類澱粉蛋白沉積之影像潛表徵，作為優化高齡失智患者核醫檢查選擇與臨床診斷流程之依據。	
8	新穎診療核醫藥物開發與臨床前研究	就以下議題擇一進行研究： 鎢 177-PSMA-617 結合 SBRT 的攝護腺癌前臨床研究：攝護腺癌是一種生長緩慢的男性腫瘤，因此建立前臨床小動物模式通常較為困難。本研究建議針對轉移性雄性素抗性攝護腺癌(mCRPC)，利用鎢 177-PSMA-617 進行治療已經獲得成功，本計畫將透過建立可即時追蹤攝護腺癌生長及治療反應的原位腫瘤模式，結合 EBRT，來提升鎢 177-PSMA-617 的治療療效；本研究計畫期望可用來驗證鎢 177-PSMA-617 結合 SBRT 的前臨床效果，提供臨床治療的契機。 F-18 AldoView 於原發性醛固酮增多症(PA)的臨床診斷效能評估：原發性醛固酮增多症(PA)係因腎上腺過度分泌醛固酮所致。由於醛固酮合成酶(CYP11B2)為合成醛固酮的關鍵酵素，且僅在 PA 病灶中高度表達，開發針對該酶的抑制劑作為「診療合一」核醫藥物，極具提升精準醫療之潛力。臨床上，區分「單側醛固酮分泌腺瘤(APA)」與「雙側腎上腺增生(IHA/BAH)」對於決定手術或藥物治療至關重要。F-18 AldoView 對 CYP11B2 具備高度專一性，相較於傳統電腦斷層(CT)，能更靈敏地偵測微小腺瘤，使其成為優異的造影生物標記(Imaging Biomarker)。本研究旨在利用 F-18 AldoView 之特性進行臨床前期造影研究，目標包括：建立標準化影像分析流程、評估其區分 APA 與 BAH 之準確度，並驗證對微小病灶的偵測靈敏度。預期將建立非侵入性之分型診斷新標準，以取代高難度且具侵	輻射防護組 梁詠慈 02-22322194 ytliang@nusc.gov.tw

研究主題（計畫期程）		主要研究內容	備註 (聯絡人及分機)
編號	名稱		
		入性的腎上腺靜脈採血(AVS)，進而提升 PA 患者之治癒率。 3. 正子影像導引之奈米放射診療平台與劑量分布研究：癌症的現行放射治療缺乏能同時兼具精準腫瘤定位與有效放射劑量傳遞的整合平台，而臨床常用的成像劑與治療劑多為分離系統，無法精準反映治療劑在體內的實際分布。本研究欲建構高比表面積、高螯合效率且可負載 Cu-64/Cu-67 的奈米 MOF 平台，應用於下腹部癌症標記與治療，並以肝癌跟胰臟癌為標的。評估輻射標記效率、放射化學穩定性與體液環境下金屬離子釋放行為。優化奈米材料表面修飾(PEGylation/抗體標定/腫瘤配體)以提升循環半衰期與腫瘤攝取效率。預期建立 PET 影像量化回饋之 Cu-64/Cu-67 theranostic 奈米 MOF 系統，同時完成體內動力學、腫瘤攝取與治療效益之整合評估，實現高效且可視化之腫瘤放射治療模式，並奠定其跨腫瘤類型的臨床前轉譯應用基礎。 4. 新一代銅-64/銅-67 螯合劑優化與 PSMA 預標靶診療放射藥物平台建立：銅-64 可與銅-67 形成具高度潛力之診療配對(theranostic pair)，為近年放射藥物研發的重要發展方向。然而，現有銅螯合劑在體內穩定性、放射標記效率及藥動學表現仍有侷限，影響其臨床應用潛力。本研究旨在開發新一代高穩定性、高標記效率之銅-64 專屬螯合劑，並結合預標靶(pretargeting)策略，以提升放射藥物之生體相容性、體內分布與腫瘤靶向能力。進一步以攝護腺癌關鍵標靶—前列腺特異性膜抗原(PSMA)—作為核心受體，建立具高腫瘤對正常組織累積比與優異藥動學特性的 PSMA 預標靶診療平台。預期可奠定銅-64/銅-67 診療配對放射藥物之關鍵技術基礎，並強化未來精準診斷與放射治療之轉譯與臨床應用潛力。 5. [F-18] MFBG PET 評估心臟交感神經重塑作為追蹤心衰竭進程與心律不整風險之臨床前影像生物標記：心臟交感神經功能失調被認為是心衰竭進展與致命性心律不整的重要致病機轉，然目前臨床上缺乏可於結構性心	

研究主題（計畫期程）		主要研究內容	備註 (聯絡人及分機)
編號	名稱		
		臟功能尚未明顯惡化前，即早期反映神經重塑與電氣不穩定性的影像指標。本研究建議利用[F-18]MFBG PET，系統性評估心衰竭不同階段中突觸前正腎上腺素再攝取與囊泡儲存功能之動態變化，並建立其與心律不整易感性之關聯。研究預計整合 HFpEF、Perp 與 tnnt2 基因突變等小鼠模型，透過動態 PET 量化心肌攝取、保留指數與洗脫速率，並結合心臟超音波、生物標記、交感神經分子表現及長時間心電圖監測。預期可驗證[F-18]MFBG 動力學參數作為獨立於收縮功能之外的早期心律不整與猝死風險影像生物標記，並建立具轉譯潛力之心衰竭風險分層與治療監測平台。 6. 硼中子捕獲治療(BNCT)於難治性或復發性轉移癌症的前臨床研究：目前硼中子捕獲治療(BNCT)在復發性頭頸癌與腦腫瘤已展現顯著療效，然而對於深層臟器(如復發性肝癌及胰臟癌)或由於解剖位置複雜而無法手術之末期癌症患者，仍面臨「含硼藥物累積率不均」及「中子束穿透深度限制」兩大挑戰。本研究建議透過分子影像量化深層腫瘤對含硼藥物的攝取與分布異質性(heterogeneity)，建立適用於難治性/末期癌症的前臨床研究，以及完成療效與安全性評估，作為後續臨床轉譯研究或申請「恩慈療法」之依據。 7. 硼中子藥物氟十八標幟之診斷治療同步藥劑開發：硼中子捕捉療法(BNCT)是一種針對腫瘤的選擇性放射治療，但傳統藥物體內分布難以精準掌握，限制了劑量個體化。將氟-18標幟結合含硼藥物，可實現診斷與治療同步，透過 PET 成像評估藥物在腫瘤及正常組織的累積，提供治療劑量優化依據。本研究旨在開發具有良好穩定性與生物相容性的 F-18 標幟硼藥物，評估其體內分布、藥代動力學及腫瘤選擇性累積，以建立藥物動態與治療效果之模型，支持 BNCT 個體化治療及臨床前藥物評估，加速診斷治療整合策略的臨床轉譯。	

原子能科技學術合作研究計畫

116 年度計畫研究領域及主題

四、跨域合作與風險溝通 (N4)

研究主題 (計畫期程)		主要研究內容	備註 (需求單位窗口)
編號	名稱		
1	原子能政策與法制之研究	就下列政策或法制議題擇一進行探討： 1. 原子能基本法制：就 311 日本福島核災後各國原子能法之修法趨勢，及近年我國能源政策、原子能科技發展及安全管理所進行之法制建議成果，針對我國原子能基本法制進行公眾諮詢及政策影響評估，並參採相關意見後納入原子能法修法考量，供主管機關於原子能法修正施行之事前預評估。(本研究議題需配合原子能法修正草案修法進度進行內容調整) 2. 核子損害賠償：研析近年國際核子損害賠償制度所涉及輻射源、除役中核電廠、放射性廢棄物處理、貯存及處置設施，或因應極端氣候災害所涉及補償制度等議題，以及因應核融合、小型模組化反應器等新興核能科技之修法趨勢及賠償制度，提供主管機關做為日後核子損賠償法修法之參考。 3. 核子保防法規：因應國際第四代、小型模組化反應器發展趨勢，探討歐盟、國際原子能總署就設計保防(Safeguard by Design)之修法趨勢及實踐，就國內核子保防體系所涉料帳管理、檢查作業、違反規定處理、權責分工以及我國現有簽署之三邊保防協定與補充議訂書所涉國內法規等議題，提出政策或法規修訂建議，做為檢視及精進我國相關核子保防法規之基礎。 4. 性別平等政策：蒐集國際間性別與核能議題之相關經驗，包括性別主流化工具之運用、培育產業女性人才、提升能源領域中的性別比例，以及推動性別友善及工作家庭平衡之職場政策，透過借鑒國外作法，如國際原子能總署女性核子保安倡議(WINSI)、瑪莉-居禮獎學金計畫、邁特納(Lise Meitner)計畫等，結合我國實務經驗，進一步深化運用，發展符合我國脈絡之政策或培訓教材，作為政府人員訓練教材及業務推動參考。	綜合規劃組 汪若晴¹ 02-2232-2080 jocwang@nusc.gov.tw 綜合規劃組 林歲士² 02-2232-2050 stan@nusc.gov.tw 綜合規劃組 黃立元³ 02-2232-2084 lyhuang@nusc.gov.tw 綜合規劃組 謝瑩貞⁴ 02-2232-2077 angela325@nusc.gov.tw

研究主題 (計畫期程)		主要研究內容	備註 (需求單位窗口)
編號	名稱		
		※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	
2	原子能新南向及中東歐政策研究	基於政府新南向及中東歐政策國家有關原子能科技民生應用發展現況，探討新南向或中東歐國家地緣關係、產業發展（涉及我國原子能民生應用較具優勢部分，如半導體、放射醫學、農業照射等）、法令規範及民情文化，盤點現行合作模式及交流管道，就資源共享、人才交流、跨國協同研究或教學、技術輸出及區域鏈結等面向，提出政府推動原子能科技新南向或中東歐國家合作交流之可行性方案或具體措施。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	綜合規劃組 謝瑩貞 02-2232-2077 angela325@nusc.gov.tw
3	原子能人才培育計畫	就下列議題擇一研究或推動： 1. 核電人才培育：因應國內核電廠除役、核廢料處理及新世代核電技術等需求，於大專院校開設核子工程、輻射防護、放射化學、結構耐震、數位儀控、人工智慧、電漿物理、材料科學等相關課程、學程或訓練，培育核電人才。 2. 前瞻科學人才：因應未來科學的高度發展，射束科學、電漿物理、加速器或核子反應器設施等的相關理論模擬、科學實驗、學程設計或教學活動，是為開發前瞻領域的重點項目，以及培育基礎科學與尖端科技人才，不可或缺的利器。研究範疇包括：射束與材料分析、量子糾纏、微型化造影儀器、光核反應、用過燃料池水下攝影、脈衝電源、電漿尾場加速器等。 3. 人文與科技互融：透過大專院校人文及社會學科、跨域教學與活動導入原子能相關議題(如核廢料鄰避設施及瑞典、芬蘭等國成功標竿)，探討政府原子能事務所涉科學論證、利弊分析、社會認知、價值判斷等，或引入導入藝術、設計及文化等思維，以促進科技與人文互融的方式，引領學生跨域思考及多元溝通，培育學生解決社會問題之能力及核心素養，並強化學生社會責任。 ※請於計畫書敘明透過計畫執行可培育人力及跨學科範疇，將執行後的成效予以具體地衡量及檢視，並說明藉由計畫執行可培育人才之核心素養、跨域整合能力、設施儀器操作經驗等質化指標。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	綜合規劃組 蔡宜宏^{1、2} 02-2232-2104 yhtsai@nusc.gov.tw 綜合規劃組 謝瑩貞³ 02-2232-2077 angela325@nusc.gov.tw

研究主題（計畫期程）		主要研究內容	備註 (需求單位窗口)
編號	名稱		
4	原子能科普教材之編撰、推廣暨應用成效研究	為強化推廣核災緊急應變民眾防護資訊，及面對核電廠除役、核廢料處理時在核安輻安的管制，需積極將原子能有關知識，且在考量性別、多元族群及分齡分眾之需求下，編撰成科普教材並實際推廣應用或融入學校資源開設課程，以提升全民原子能科普之素養並培育相關領域之人才，並使民眾了解核電廠除役及核廢料的問題，進而建立原子能有關公共事務的思維。本計畫研究內容可就以下議題擇一或二項進行研析與規劃： 1. 規劃運用數位科技，如虛擬與擴增實境技術(VR、AR)、人工智慧(AI)、手機或平板遊戲，製作原子能科普教材，以提供核電廠安全、核廢料處理、核事故民眾防護行動與輻射意外事件處理之知識或其他原子能民生應用有關之體驗等。 2. 配合 108 年課綱，以議題融入課程之設計理念，將原子能科普知識融入環境教育、海洋教育、科技教育、能源教育、防災教育或是性別平等教育等議題，並可運用影音或數位科技，製作適性分齡學習教材，包括影片、廣播節目、簡報或互動體驗等；亦可透過插圖、資訊視覺圖表類之媒材編撰桌上遊戲或書籍教材，透過簡單易懂與融入式的教學模式，俾增加教師運用於校園課程中，協助學生發現問題及習得原子能相關科普知識。 3. 以原子能科普知識為核心，結合自然科學、美術、閱讀及人文等跨領域課程，設計兼具趣味性與實用性的適齡化課堂實驗與手作課程，並進入校園或社區(如樂齡、新住民及原住民等)辦理實體科普推廣活動。透過動手實作與多元學習模式，提升其對原子能應用與安全議題的理解，並培養其科學素養。此外，針對推廣對象的學習成效或師生對活動的回饋進行評估與分析，作為本會未來設計標準化教案與擴大科普推廣活動的參考。	綜合規劃組 李英源 02-2232-2073 yyli@nusc.gov.tw

研究主題 (計畫期程)		主要研究內容	備註 (需求單位窗口)
編號	名稱		
5	原子能科技應用之風險溝通研究	研析國內外原子能科技民生應用所涉風險溝通及民意趨勢，作為政府民眾溝通策略之參考，就以下議題擇一進行研究： 1. 輻射照射應用於食品加工或基因改良之風險溝通研究。 2. 應用人工智慧輔助放射醫學診療之風險溝通研究。 3. 核融合、小型模組化反應器等新興核能科技之風險溝通研究。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	綜合規劃組 林歲士 02-2232-2050 stan@nusc.gov.tw
6	輻射照射技術於病媒、蟲害防治應用之技術發展	運用輻射照射技術開發或改進病媒、蟲害防治技術(例如昆蟲不孕技術)之研究，以達成控制、降低或防治由果蠅、飛蛾、采采蠅、蚊子、蒼蠅或節肢動物等所造成之疾病(如登革熱)、蟲害或農業損失其傳染、傳播、發生率或盛行率等。 ※請於計畫書敘明研究成果適用於本土病媒防治或農損效益。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	綜合規劃組 陳文亮 02-2232-2068 wlchen@nusc.gov.tw
7	原子能科技於重要產業應用之技術發展	運用原子能技術或設施於信賴產業、國家希望工程之技術發展，就以下議題擇一研究： 1. 半導體及人工智慧 (1)運用輻射或電漿技術於前瞻半導體製程或自主設備關鍵技術建立，研究範疇涉及次世代微影技術(beyond EUV)、蝕刻、離子佈植或材料合成技術、次世代半導體材料檢測技術等。 (2)研發輔助輻射作業之機器人，研究範疇涉及機器人輔助輻射作業之應用（包括機器人在高輻射劑量場域應具備之特性、遭遇問題和解決之道等）、提升機器人移動彈性（如管道、水下、爬行等）仿生技術、屏蔽環境下機器人通訊技術或遠端遙控人機介面、邊緣運算與多機器人協作開發等輻射場域作業之創新機器人研究。 (3)運用機器學習及數據分析輔助原子能科技應用研發，研究範疇涉及結合同位素科學用於氣候變遷評估、環境污染追蹤、水資源管理、作物營養管理及產源追溯，結合輻射應用科學於離子佈植、電漿應用等工業製程改善，結合放射醫學科技輔助病灶診斷及癌症精準治療，核融合電漿控制及穩定度開發等。 2. 次世代通訊及太空科技 (1)同位素電池研究。	綜合規劃組 何承軒¹ 02-2232-2082 chhe@nusc.gov.tw 綜合規劃組 林歲士²

研究主題 (計畫期程)		主要研究內容	備註 (需求單位窗口)
編號	名稱		
		(2)太陽電池電子束測試研究。 (3)電晶體單事件效應(SEE)或總游離劑量(TID)之電學模型及製程研究。 (4)因應晶片單事件效應(SEE)之數位系統設計。 (5)AI 晶片、高頻寬記憶體(HBM)輻射效應及抗輻射技術研究。 (6)抗輻射電子設計自動化(EDA)研究。 (7)矽光子(Silicon photonics)元件輻射效應及抗輻射技術研究。 3. 糧食安全及農業轉型：運用輻照技術於優化食品安全存量及健康等民生物資之技術發展，研究範疇涉及農糧保存、誘變育種、食品安全、抗逆境作物育種等輻射技術於農業及生命科學之研究。 4. 綠色成長與淨零轉型 (1)運用輻射改質、鍍膜製程或非破壞檢測技術於能源材料開發、缺陷檢測或碳封存技術之研究。 (2)開發適用於核融合反應器之低活化抗輻射材料。 ※請於計畫書敘明研究領域當前產業技術背景，以及研究成果預期效益。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	02-2232-2050 stan@nusc.gov.tw 綜合規劃組 謝瑩貞³ 02-2232-2077 angela325@nusc.gov.tw 綜合規劃組 陳建中⁴ 02-2232-2053 ccchan@nusc.gov.tw
8	輻射照射或同位素技術於民生及環境永續應用之研究	應用輻射照射或同位素示蹤及分析技術，就民生改善及環境永續以下議題進行研究： 1. 海水酸化、溫室氣體排放等氣候變遷影響評估及調適研究。 2. 作物營養管理及產地溯源研究。 3. 民生建築及工業管線滲漏及溯源研究。 4. 持久性有機污染物(POPs)處理之研究。 5. 其他有關環境永續、碳中和及氣候變遷調適研究。 ※計畫如需多年執行，請於計畫書敘明。	綜合規劃組 黃立元 02-2232-2084 lyhuang@nusc.gov.tw