

出國報告（出國類別：其他）

美國核能管制委員會核電廠機率式水
災危害評估(PFHA)研究研討會
（視訊報告）

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：吳東岳副研究員

派赴國家：台灣，中華民國

出國期間：112年3月21日至25日

報告日期：112年5月18日

摘要

2023 年美東時間 3 月 21 日至 24 日，美國核能管制委員會(USNRC)核能管制研究署(RES)舉辦了第 8 屆年度「NRC 機率式水災危害評估(PFHA)研究研討會」。演講者主要包括 NRC 人員和技術支援承包商，以及來自美國聯邦機構、工業界、學術界和其他國內和國際組織的參與者。該研討會的目的包括：(1)向 NRC 內部的利益關係者、聯邦合作機構、業界和公眾，告知並徵求有關 RES 正在進行的 PFHA 研究的反饋資訊，(2)向內部和外部利益關係者告知 RES 與聯邦機構、電力研究所(EPRI)和法國核能安全及輻射防護研究所(IRSN)的研究合作計畫，以及(3)提供一個論壇來介紹和討論美國國內和國際上值得注意的 PFHA 相關研究活動。演講重點主要介紹水災危害評估、防洪/減災和水災風險評估等方面的當前研究活動、近期成果以及未來研究方向的展望。由於 COVID-19 疫情影響，本屆會議採實體及線上會議併行方式辦理；其中，實體會議則於美國馬里蘭州洛克維爾(Rockville)郡的 USNRC 總部舉行，線上會議則是透過視訊軟體進行。我方參加者本次係在台灣以線上方式參加該會議，因此本報告主要說明本次研討會重要主題演講內容，並針對目前國際上 PFHA 研究進展進行摘要說明，以做為我國核電廠水災相關核能管制研究技術之參考。

目次

| | |
|----------------|--------|
| 摘要..... | i |
| 目次..... | ii |
| 壹、 目的..... | - 1 - |
| 貳、 出國行程..... | - 2 - |
| 參、 過程紀要..... | - 4 - |
| 肆、 心得與建議 | - 18 - |
| 附件 會議議程 | - 19 - |

壹、目的

美國核能管制委員會(USNRC)核能管制研究署(Office of Nuclear Regulatory Research, RES)進行了許多年的機率式水災危害評估(Probabilistic Flood Hazard Assessment, PFHA)研究計畫，以強化其對核電廠廠外水災危害評估及水災安全影響的風險告知(risk-informed)及績效基準(performance-based)的管制方法。USNRC RES 發起這項研究計畫原是為了回應 NRC 人員體認到因缺乏核電廠 PFHA 的評估導則，導致 NRC 人員和核設施持照者在實際管制與工程應用中，需使用較保守的定論式水災危害評估(Deterministic Flood Hazard Assessment, DFHA)方法。此外 NRC 認為他們在風險告知及績效基準管制架構中還欠缺了水災危害風險評估和水災事件後果影響的計畫項目。USNRC RES 的 PFHA 研究計畫雖已明確訂出了計畫目標、研究主題和具體研究主題，然而在進行技術基礎研究、先導研究和導則制定的同時，USNRC RES 每年亦會舉辦 PFHA 研究研討會，以交流研究成果、評估計畫進展、收集反饋並規劃未來活動。研討會的參與人員匯集了來自 USNRC RES 人員、技術支援承包商、聯邦機構和國際合作者，以及業界和公眾代表。

本次「NRC 機率式水災危害評估(PFHA)研究研討會」為第 8 屆年度會議，參加該研討會的主要目的，在於觀察目前 NRC 機率式水災危害評估(PFHA)研究計畫的最新進展，並對該會議重要技術議題進行了解，以做為我國水災相關核能管制研究技術之參考。

貳、出國行程

第 8 屆年度「NRC 機率式水災危害評估(PFHA)研究研討會」於 2023 年 3 月 21~24 日(美東時間)召開。本次會議因考量 COVID-19 疫情，主辦單位採實體及線上會議併行方式辦理；其中，實體會議則於美國馬里蘭州洛克維爾(Rockville)郡的 USNRC 總部舉行，線上會議則是透過視訊軟體進行。

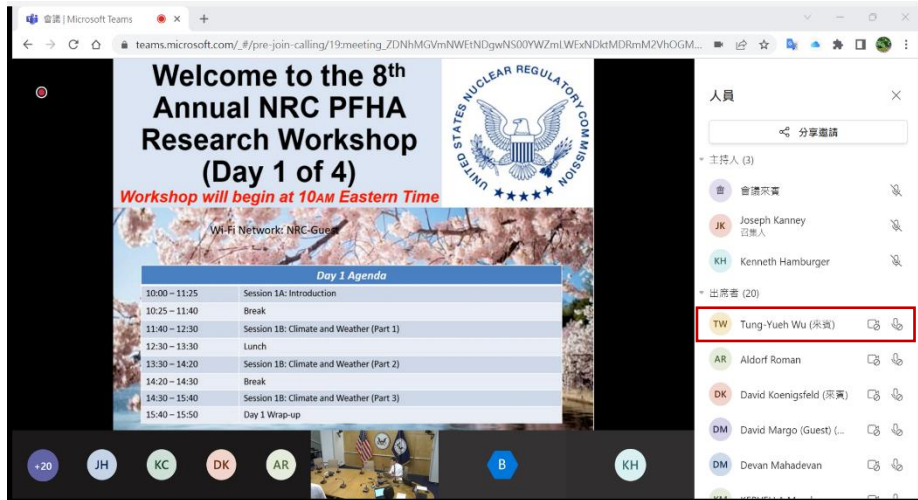


圖 1：第 8 屆 NRC PFHA 研討會視訊會議開場

本次計畫執行係僅在台灣以線上方式參加該會議(如圖 1 紅框)，因美東時間比台灣的時間晚了 12 小時，因此會議舉行橫跨台灣時間 3 月 21 日晚上至 3 月 25 日凌晨，相關會議主題如下表所示，詳細議程詳見附件。

| 3 月 21 日 10:00 ~ 15:50 (美東時間) 3 月 21 日 22:00 ~ 3 月 22 日 3:50 (台灣時間) | | |
|--|---------------|----------------------------|
| 會議主題 | 會議時間 (美東時間) | 主持人/單位 |
| 1A：開場介紹 | 10:00 ~ 11:25 | Joseph Kanney, NRC/RES |
| 1B：氣候與氣象 | 11:40 ~ 15:40 | Elena Yegorova, NRC/RES |
| 3 月 22 日 10:00 ~ 16:40 (美東時間) 3 月 22 日 22:00 ~ 3 月 23 日 4:40 (台灣時間) | | |
| 會議主題 | 會議時間 (美東時間) | 主持人/單位 |

| | | |
|---|-------------|------------------------|
| 2A：降雨 | 10:00~12:35 | Joseph Kanney, NRC/RES |
| 2B：河流水災 | 13:30~16:30 | Joseph Kanney, NRC/RES |
| 3月23日 10:00 ~ 15:55 (美東時間) 3月23日 22:00 ~ 3月24日 3:55 (台灣時間) | | |
| 3A：計畫成果海報展示 | 10:00~12:10 | Thomas Aird, NRC/RES |
| 3B：沿海水災 | 13:10~15:45 | Joseph Kanney, NRC/RES |
| 3月24日 10:00 ~ 15:10 (美東時間) 3月24日 22:00 ~ 3月25日 3:10 (台灣時間) | | |
| 4A：運轉經驗 | 10:00~11:15 | Thomas Aird, NRC/RES |
| 4B：總結議題 | 11:20~14:50 | Thomas Aird, NRC/RES |

參、過程紀要

本次「NRC 機率式水災危害評估(PFHA)研究研討會」總共為期四天，每天各有兩大主題，扣除開幕、閉幕及討論議程，四天下來共計有 41 場簡報，報告內容涉及氣候和降雨，場址、河流和沿海水災，水災模擬架構，廠外水災機率風險評估，其他廠外災害，以及廠外事件運轉經驗等相關議題，相關議程與報告題目如附件。以下分別就每天兩大主題的重要內容進行摘要說明。



圖 2：USNRC 核能管制研究署 Ray Furstenau 署長開幕致詞

第 1 天 (美東時間 3 月 21 日)

■ 主題 1A：開場介紹

首先由 USNRC 的核能管制研究署 Ray Furstenau 署長做簡單的開幕致詞，如圖 2。接著由 USNRC 的 RES 人員(Thomas Aird)介紹 NRC PFHA 研究計畫的進展。USNRC PFHA 研究計畫共分為三個階段：(1)技術基礎研究階段，(2)先導研究，以及(3)導則開發階段。其中第一階段已告完成，計畫內容包括：氣候與降雨研究、致災機制，水災模擬的統計與機率處理，水災防護特徵與程序的可靠度，水災模擬架構，以及自然災害資訊摘要紀錄。第二階段計畫內容包括：局部降雨水災、河川水災，及沿海水災等研究計畫子項。其中，前兩子項已經完成，沿海水災研究則尚在進行。

至於第三階段的導則開發計畫，尚在進行中。計畫執行過程所遭遇的關鍵性挑戰主要在危害度評估與易損性評估(Fragility Analysis)。危害度評估較棘手的議題包括：年超越機率的範圍、多重致災機制、不確定性的特徵與估算；而易損性評估面臨的挑戰則是在防洪設施與程序的可靠度資訊不多，以及瀕危效應(cliff-edge effect)下的易損性評估。有關 PFHA 導則初稿將會在 2023 會計年度開放給公眾提供意見，而基於公眾意見的修訂版將在 2024 會計年度公布。

接著由美國聯邦緊急事務管理總署(Federal Emergency Management Agency, FEMA)簡報他們所發展的一套軟體 RAPT (Resilience Analysis and Planning Tool)。RAPT 是一個免費的 GIS (Geographic Information System)網絡地圖，允許用戶檢查人口普查數據、基礎設施位置和災害之間的相互作用。RAPT 可協助用戶可視化和分析有關其社區的數據，以告知防災韌性、應變和復原操作。簡報中提到核電持照者和相關的廠外應變組織則可以從 RAPT 的韌性分析和規劃工具中受益，因為人們越來越關注緊急事件管理中的公平性，包括來自聯邦、州和地方政府、公用事業公司和災難支援組織的支援需求，也可以更了解設施周圍地區的社群和人口統計數據。

主題 1A 的最後由韓國原子能研究所(KAERI)的 Minkyu Kim 主席報告經濟合作暨發展組織核能署(Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency, OECD/NEA)的核設施安全委員會(The Committee on the Safety of Nuclear Installations, CSNI)的廠外事件工作小組(Working Group on External Events, WGEV)。2011 年福島事故引發了對發生率低但後果嚴重的廠外自然危害事件的許多討論。OECD/NEA 核設施安全委員會(CSNI)成立了 WGEV 以解決這些問題並確認哪些事件可透過國際合作中受益。WGEV 是由一個專家論壇所組成，用於交流成員國廠外事件的資訊和經驗，從而促進有效且高效的專家網絡合作。WGEV 目前已經完成了許多國際合作工作，如：惡劣天氣和風暴潮、外部災害篩選的檢視方法、河流水災，包括：核電廠的危害評估和保護、防洪措施的概念和定義、為驗證廠外事件風險評估的危害頻率和強度所做的基準演習。此外，WGEV 目前正在針對強風和

龍捲風開展多項活動，包括：核設施的災害評估和保護、綜合外部災害、自然災害評估中的不確定性、不確定性來源和處理不確定性的方法以及局部強降雨。

■ 主題 1B：氣候與氣象

本項主題首先由美國全球變遷研究計畫(The U.S. Global Change Research Program, USGCRP)執行長 Mike Kuperberg 博士報告 USGCRP 計畫，該計畫最早是在 1989 年由美國總統所發起並由國會所授權的一項聯邦計劃，旨在協調 14 個聯邦部會的研究和投資案，以了解形塑全球環境的人類及天然力量，以及其對社會的影響。2021 會計年度的預算約為 33 億美金。USGCRP 成立目的在促進聯邦成員機構之間的協作與合作，進而強化對不斷變化的地球環境系統的理解，並最大限度地提高美國聯邦對全球環境變化研究的效率。

接著由美國國家海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)的 William Sweet 博士以 A Coastal Flood Regime Shift Is on the Horizon 為題說明海平面上升的嚴重性。根據該簡報資料，在過去 100 年，美國海岸線的海平面共上升了約 1 英尺，而近五十年來上升速度仍在加速中。在美國本土，未來 30 年海平面仍可能會持續上升 1 英尺。根據聯合國政府間全球氣候變遷專門委員會(The Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) IPCC AR6 報告所述，未來溫室氣體若持續高排放且加上各地冰帽的流失，在 2100 年前全球平均海平面上升到達 6.5 英尺(2 公尺)的可能性相當高。此外，這個過程也會伴隨著強降雨、強颶及地下水水位上升等複合災害效應。

下一場報告內容則有關美國沿海未來海平面預測研究工作，這部分主要是由國家航空暨太空總署(National Aeronautics and Space Administration, NASA)噴射推進實驗室(Jet Propulsion Laboratory, JPL)及南佛羅里達等三所大學合作進行，講員為來自 JPL 的 Benjamin Hamlington 博士。該團隊指出，隨著記錄長度的增加，加上短期變化對測量趨勢影響的降低，透過衛星海平面高度計的測量資料，可提供做為近期海平面上升機率之評估輸入資料。該研究團隊使用由衛星高度計網絡(network)所建立的海平面網格測量值與潮位儀觀測結果相結合，以推估從現在到 2050 年美國海岸線

的海平面上升觀測軌跡。這些軌跡則可用於產生 2050 年海平面上升的估計值，隨後與模型預測進行比較。研究結果發現，透過衛星觀測的海平面軌跡會接近或高於最近研究報告中所採較高端模型所預測的值。

接著兩場簡報則分別由 NOAA 國家氣象服務中心(National Weather Service, NWS)及太平洋西北國家實驗室報告(Pacific Northwest National Laboratory, PNNL)。NOAA 簡報人員(Mark Fresch)對 2022 年 12 月下旬至 2023 年 1 月中旬美國西海岸大氣河流(atmospheric river)的預報方法。報告中說明從 2022 年 12 月下旬到 2023 年 1 月中旬，一系列大氣河流對加州強降雨和水災影響。此外他也介紹 NOAA 的氣象服務如何預測這些大氣河流，並說明他們於預測和傳達預期降雨訊息的相關影響與挑戰。

PNNL 簡報人員(L. Ruby Leung)則針對美國西部寒冷季風風暴加劇的相關研究進行簡報，他表示冬季風暴已造成美國西部數十億美元的經濟損失。由於全球氣候模型目前對單一風暴結構的影響仍未解決，因此確定單一氣象事件及其結構如何隨著暖化而變化還沒有處理得很好。簡報中使用區域風暴模擬來調查氣候變化對美國西部冬季風暴的影響。該簡報顯示，在高碳排放情境下，預計到本世紀中葉，該地區前 20%的冬季風暴的降雨量將增加 40%，對該地區基礎設施的設計基準將會有一定的影響。

主題 1B 的最後，由 NOAA 的國家環境資訊中心(National Centers for Environmental Information, NCEI)的人員(Adam Smith)報告 NOAA NCEI 最新發布的 2022 年上億美元的災損失報告。該報告說明美國在 2022 年大部分地區又再度承受代價高昂的災害和極端事件。在 2022 年，美國共經歷了 18 次獨立的天氣和氣候災害，損失至少 10 億美元。這個災害次數使得 2022 年與 2017 年和 2011 年並列成為歷年所發生的十億美元等級災害數量為第三高的一年，僅次於 2020 年的 22 起和 2021 年的 20 起。2022 年災害總成本也位居第三（僅次於 2017 年和 2005 年），成本至少為 1650 億美元。在過去七年（2016 年至 2022 年）中，有 122 起單獨的數十

億美元的災害已造成至少 5,000 人死亡，造成的損失超過 1 兆美元。成本驅動因素之一是美國在過去六年中有五年受到 4 級或 5 級颶風的影響。

第 2 天 (美東時間 3 月 22 日)

■ 主題 2A：降雨(Precipitations)

本項主題首先由 NOAA 人員(Kelly Mahoney)簡報 NOAA 對未來可能最大降雨 (probable maximum precipitation, PMP)資料庫和計算方法的最新研究。NOAA 最近在美國國會的支持下，對 PMP 估算與方法進行研究、開發並更新。在這個過程中，NOAA 首先請其所支持的國家科學院、工程院和醫學院(National Academies of Science, Engineering, and Medicine, NASEM)為其提供資訊，以檢視目前迫切的問題、需求和現代科學能力。該項研究目前正在進行中，簡報中說明了該計畫的目標、過程和預期結果。NOAA 本身也已積極開展研究，以優化數據集(data set)在極端降雨估計分析。其中包括定量降雨估計(Quantitative Precipitation Estimation, QPE)、定量降雨預報(Quantitative Precipitation Forecast, QPF)和基於數值模擬的天氣預報(Numerical Weather Prediction, NWP)等數據集，並探索產生成新數據集的方法。本次演講重點介紹了他們的初期成果，並評價 NOAA QPE 數據集的優缺點，特別是在複雜地形和有限觀測點的地區。簡報中還重點介紹 NOAA 高解析度預報模型的 QPF 運算技術能力。

接著由加州大學洛杉磯分校的博士生 Emilie Tarouilly，報告「以大氣模型提高可能最大降雨(PMP)可信度的可行性」。由氣象學上 PMP 所導致的水災，經常被用於作為核電廠等重要結構的防洪設計基準。過去 PMP 是根據水文氣象報告(Hydrometeorological Report, HMR)的導則，通過縮放(外推)從嚴重的歷史暴雨中所獲得的「降雨深度-面積-持續時間」的關係所估算出來的。在過去十年來，科學界已經利用數值天氣預報模型來預測因溼度增加所導致的降雨分析演算架構。雖然在這些基於數值模型的方法中，結合當前對降雨過程的理解代表著一個重大的進展。儘管如此，透過數值模型所得到的 PMP 仍需基於許多假設。報告指出數值天氣預報模型

能夠重新評估這些假設，並進行情境分析，在可靠最大化風暴方面發展以物理為基準的導則。此外，由於使用數值模型工具帶來了模型不確定性，所用的情境包括了不同的模型設置和參數變化，用以表徵不確定性。簡報中以加州的某河流域為例，嘗試確定控制降雨效率的風暴關鍵屬性。報告最後強調為了考慮不確定性，PMP 最好以一組值呈現，而不是單一值。

接著兩場簡報分別由亞利桑那大學的 Giuseppe Mascaro 及威斯康辛大學麥迪遜分校的 Yuan Liu 分別報告「通過表徵時空相關結構和邊際分佈提高短期降雨隨機建模的可靠性」及「密西西比河流域下游的隨機設計風暴序列」兩個議題。這兩個議題皆涉及降雨的隨機模擬。由於小於 24 小時的持續短時間降雨的真實時空隨機模擬(space-time stochastic simulation)可為水災災害評估提供關鍵性的支援，Giuseppe Mascaro 通過提高對時空相關大氣結構和短期降雨的邊際分佈進行表徵和建模，以提高時空模擬的準確性。該工作將有助於生成更真實的隨機降雨模型和驗證含對流的大氣模型。

另一場簡報「密西西比河流域下游的隨機設計風暴序列」，該研究在解決傳統單變量降雨頻率分析的主要局限性，包括難以整合來自相關大氣變量的資訊以及水災相關的區域極端事件的頻率。該報告提出了一種基於暴雨追蹤和大氣水氣平衡的極端降雨頻率估算的新方法，並使用這種方法估算了密西西比盆地及其五個主要次流域的暴雨區域的降雨頻率和 2 至 72 小時的持續時間。所估計的降雨分佈與參考數據相當吻合，該方法可以估計任意暴雨持續的時間和區域降雨頻率，並可作為描述流域內主要風暴的深度-面積-持續時間關係的替代方法。

主題 1A 的最後一場則由 NOAA 國家氣象局水資源預測辦公室(Office of Water Prediction, OWP)的氣象學家 M. St. Laurent 報告 NOAA Atlas 14 國家降雨頻率標準的更新(NOAA Atlas 15)。NOAA OWP 曾製作了一份權威性的降雨頻率估計圖集，作為 NOAA Atlas 14 「美國降雨頻率圖集」的一冊，這些估計值發佈在降雨頻率數據服務器上的交互式地圖介面上(interactive map interface)。Atlas 14 圖集的估算是美國聯邦、州和地方法規進行的各種設計和規劃活動所根據的業界標準，用於設計雨水管理和

交通基礎設施，制定洪泛區和流域管理的設計考慮因素，並執行水庫和防洪工程的水文研究。這些更新的降雨頻率估計將被稱為「NOAA Atlas 15」，並分兩冊呈現。第一冊將採用一致性的方法來解釋歷史觀測的時間趨勢，第二冊將使用未來氣候預測來為第一冊生成調整因子。此次新更新預計將(1)發展無縫空間全國性分析(seamless spatial national analysis)，(2)取代當前基於歷史數據的 Atlas 14 估計，(3)添加新產品功能以考慮未來降雨資訊，和(4)通過新的網站可視化和數據服務，以增強服務功能。

■ 主題 2B：河流水災(Riverine Flooding)

本項主題共分六個場次，前三場聚焦於水災模擬，後三場則聚焦於古水災分析(Paleo-flooding analysis, PFA)。相關會議觀察重點簡要說明如下：

水災模擬方面，首先由 NOAA 的國家氣象局水資源預測辦公室(OWP)的氣象學家 D. Wright 報告如何使用新一代水資源建模架構降低機率式水災頻率分析的障礙。對降雨、土壤含水、積雪和其他水文過程的聯合作用進行建模可以改善水災頻率估算的精確度，並對控制此類水災的物理水文過程組合提供見解。然而，這種基於過程的水災頻率分析方法的複雜性超出了許多人的專業知識和資源範圍。NOAA 目前正在開發一個開源(open source)工作流程和蒙地卡羅模擬系統，該系統結合了 NOAA OWP 的 NextGen Water Modeling Framework 和威斯康辛大學麥迪遜分校的 RainyDay 降雨分析系統。它將利用 NextGen 的水力結構、模型選擇、校準和相互比較工具，以及威斯康辛大學高性能計算硬體資源。該計畫目標包括擴展用於水災頻率研究和實踐的基於過程的水文建模的可用性、可靠性和可重複性。接著由田納西科技大學的 K. Kelson 報告愛達荷國家實驗室(Idaho National Laboratory, INL)的關鍵結構物局部強降雨和河流水災 PFHA 的量化不確定。

另一方面，RIT 研究所(Research Triangle Institute)也正在對 INL 的關鍵結構物進行機率式水災危害分析(PFHA)，以了解是否能滿足能源部(Department of Energy, DOE)的設施設計標準。DOE 將水災災害分為兩類：河流水災和局部強降雨(Local Intensive Precipitation, LIP)水災。RTI 根據結構物在 INL 中的位置，考慮了這兩種水

災機制以及其相關的偶然和認知不確定性。所有結構物，無論位置如何，都針對局部強降雨(LIP)事件的水災進行評估。位於河流旁邊的結構物則納入河流水災。LIP 和河流水災評估的不確定性來源包括：降雨頻率特徵、上游堤防破口、水文模型參數、曼寧表面粗糙度和涵洞堵塞等。報告中將隨機事件水災模型(Stochastic Event Flood Model, SEFM)、水文工程中心(Hydrologic Engineering Center, HEC)的水文建模系統(Hydrologic Modeling System, HMS)和河流分析系統(River Analysis System, RAS)模型結合使用，以對感興趣的結構物進行隨機模擬並繪製水文危害曲線，並描述水災頻率計算的不確定性。

在古水災研究方面，首先由田納西孟菲斯大學的 Lisa Davis 介紹古水災水文分析，並對田納西河流域的極端水災風險提出他們的見解。在許多流量記錄中，極端水災可能沒有得到充分體現。定量古水災水文(Quantitative Paleo-flood Hydrologic, QPH)技術可以可靠地估計過去極端水災的時間和強度。把古水災水文數據納入水災頻率分析可以大大降低低年超越機率水災分析的不確定性。由於許多沖積扇區的河流靠近主要的人口中心和河流基礎設施，因此迫切需要更新水災頻率分析。與單獨使用儀器記錄的評估相比，古水災分析可包含更廣泛的水文氣候系統。簡報中討論作者用於開發田納西河古水災水文數據的 QPH 方法的幾項進展，這些數據已應用於與田納西河谷管理局合作進行的機率式水災危害評估。

接著由田納西孟菲斯大學的 Ray Lombardi 報告一種將基於沉積物的水災記錄整合到水災頻率模型中的新方法。基礎設施（例如大壩和河堤）的機率式水災風險評估越來越多使用古水災水文數據（即過去水災的地貌和植物學證據）。統計程序將古水災數據納入水災頻率分析(Flood Frequency Analyses, FFA)，可作為水災機率分佈範圍的約束。由於河流的水文地貌複雜性各不相同，這會使參數的選擇與應用變得複雜。作者使用以前的研究案例研究重新審視了這些概念，以檢查定義 FFA 關鍵閾值的挑戰和潛在替代方案。

主題 2B 最後由美國陸軍工兵團(U.S. Army Corps of Engineers, USACE)的 Keith Kelson 報告如何使用古水災分析(Paleo-Flood Analysis, PFA)來改善大壩安全風險評

估的水文負荷(hydrologic loading)。USACE 自 2015 年，開始利用 PFA 分析的結果，來減少 USACE 進行大壩安全風險評估的水文負荷組成部分的不確定性。他們認為，假如能在基於風險的決策架構內得到支持，則層次分析方法可以通過越來越詳細的分析來減少不確定性。由 Keith Kelson 的報告來看，分析共有三個層次。第 1 層工作是為了解決流域 PFA 的可行性，並建議採取行動以最大程度減少初始水文負荷估算中的不確定性。第 2 層 PFA 涉及地質和水力分析的綜合計畫，以識別和描述限制長期古水災年代學的古階段指標(paleo stage indicators, PSI)和非超越界限(Non-exceedance bounds, NEB)。通常包括沉積物的地質和地貌特徵，用以識別歷史和史前記錄中的特定水災事件並確定其日期，並結合詳細的水力模型來表徵洪峰水災的強度。第 3 層工作是解決特定的技術問題，重點是對驅動水文負荷的參數的特定不確定性進行描述。USACE 已將 PFA 成功應用於許多大壩安全風險評估計畫，包括俄勒岡州威拉米特河、北達科他州和南達科他州密蘇里河以及加州莫哈韋河等項目。目前 USACE 至少有 5 個河流的流域正在進行 PFA 分析。簡報表明，總體而言這些 PFA 分析通過提高信心和減少水文負荷的不確定性，為 USACE 的大壩安全風險評估提升了價值。

第 3 天 (美東時間 3 月 23 日)

■ 主題 3A：計畫成果海報展示(Posters)

NRC 每年都會透過研究計畫贊助或提供獎學金給學校或研究單位進行水災相關研究。主題 3A 主要目的在提供接受 NRC 計畫贊助或獎學金的人員，透過海報簡要說明相關研究成果。考量線上參與人員，同時也透過視訊軟體簡要說明研究成果。本項主題共有七個簡報場次，本報告就三個與核電廠直接相關的三個場次進行摘要說明。

來自馬里蘭大學的 Joy Shen 介紹了一種混合機率風險評估(PRA)方法，通過貝氏網絡和蒙特卡羅模擬進行了強化，以評估核電廠的外部水災風險。傳統的 PRA 工具受到二元制組件狀態假設、系統、結構和組件(SSC)獨立性假設以及時間靜態處理

的限制。作者認為這些限制可能會掩蓋重大漏洞並降低模型準確性。這些限制與外部水災 PRA 特別相關，外部水災是一種空間和時間相關的災害，對核電廠具有不同的影響。因此需要研究混合式 PRA 方法來開發一個架構，該框架利用傳統和新的 PRA 工具來克服這些限制。這些新工具通過結合多個組件狀態、SSC 依賴性和時間依賴性對部分損壞狀態進行建模，從而解決了傳統 PRA 的局限性。

來自韓國 KAERI 的 Beom-Jin Kim 簡報了他們考量暴潮的核電廠水災危害度曲線研究。由於氣候變遷，最近襲擊韓國的颱風強度正在增加。2020 年 8 月至 2020 年 9 月共發生 8 次颱風，並因暴雨造成水災災害。由於韓國的核電廠位在海岸附近，因此，有必要確認核電廠可能因颱風而發生的外部危害風險，並需要通過外部危害的風險分析來評估核電廠的安全性。為此過去已針對核電廠附近的海岸繪製了風暴潮引起的機率波高危害度曲線並計算溢流效應。並根據結果，在核電廠廠址進行了二維水災分析，並根據重現期通過二維水災分析對水災深度進行機率計算。根據分析的水災深度，估計並呈現了風暴潮引起的水災危害度曲線。該研究成果有望成為核電廠廠址防水災設計以及局地強降雨和風暴潮等綜合災害所引起的各種防洪措施規劃的依據。

來自馬里蘭大學的 Kaveh Faraji Najarkolaie，簡報了颶風預測和持續時間相關的不確定性評估，以做為核電站的機率風險評估提供資訊。颶風可能會對風暴路徑沿線的基礎設施造成破壞。關鍵基礎設施，例如核電廠，通常會採取行動來防止颶風事件的影響。因此，關鍵基礎設施的機率風險評估需要有關可用於採取行動的預警時間，以及風暴的持續時間的相關資訊。簡報中說明了一項進行中的研究的最新進展，該研究側重於與暴露於颶風事件的核電廠機率風險評估相關的時間不確定性。透過美國國家颶風中心(NHC)跟踪颶風特徵，並為未來 120 小時內的風暴位置和特徵生成預報。作者使用了 NHC 數據庫收集有關觀測和預測的颶風路徑的資訊來估計颶風將影響受風暴影響區域內的位置的持續時間。這將有助於了解基礎設施受颶風產生的風影響的持續時間。

■ 主題 3B：沿海水災(Coastal Flooding)

來自韓國 KAERI 的 Byunghyun Kim 簡報複雜災害下核電廠的溢淹模擬。最近由於氣候變化，全球颱風和 LIP 的強度和頻率都在增加，韓國也不例外。2020 年 7 月 23 日，韓國釜山出現每小時 83 毫米的大雨。此外，最高潮位升至基準面上(Datum Level, DL) 176 cm，遠超現有約最高潮位 DL 46 cm 的記錄值。該研究的目的是通過二維水災分析，在風暴潮和局部大雨等複雜災害條件下，為系統性的防災計畫提供數據基礎。根據氣候變化導致風暴潮和 LIP 同時發生且頻率和強度增加的情況，估算核電廠場址外部流入量，通過二維水災計算淹水深度和流速，將這些作為邊界條件進行建模。根據 EurOtop(2018)手冊計算了核電廠場地受風暴潮影響的溯上和溢頂量。估計的溢流量被用作生成 3 公尺解析度網格的二維水災溢淹模型的流入邊界條件。以萬年一遇、持續 5 小時的複雜災害做為分析最大水災深度。該研究目的是希望協助防災、減災的決策分析。

來自土耳其能源與天然資源部的 Gorkem Gungor 報告土耳其 PFHA 的研究現況。目前土耳其也有進行風險評估相關研究，以分析地震、火山和水災危害對生命和財產安全的金融風險為主。然而，據 Gorkem Gungor 表示，土耳其的核設施的機率水災危害評估尚未考慮氣候變化的影響。因此簡報的第一部分說明如何使用貝氏推論對潛在核電廠場址進行水災危害評估以作為評估示範。第二部分，則通過關注與氣候變化相關的不確定性來進行極值分析以推斷危害度曲線。

美國陸軍工兵團(USACE)的 Meredith L. Carr 報告他們在機率式沿海複合水災危害分析的先導研究。風暴潮和海浪所引起的沿海水災經常會因同時發生的天氣事件而加劇，例如極端風暴帶來的降雨，包括相關的逕流和河流水災。USACE 工程研發中心的沿海和水力學實驗室(USACE/ERDC/CHL)為 USNRC 執行沿海水災的機率式水災危害評估(PFHA)的先導研究，簡報中展示了在德州 Neches 河流域的一個假想核電廠位置的廠外水災中的 PFHA 應用。複合水災危害的特徵，包括：風暴潮、天文潮汐、波浪、降雨和同時發生的河流水災，以及相關的不確定性。為了充分應對沿海的風暴風險是有其必要性的。USACE 的報告採用了聯合機率模型(jointed probabilistic model)的機率式沿海危害分析(Probabilistic Coastal Hazard Analysis,

PCHA)架構來量化沿海風暴災害，包括：風暴氣候學特徵、高解析度、高保真度數值大氣、流體動力學和波浪建模，以及大氣作用的先進聯合機率分析，以製定風暴危害曲線和不確定性。該複合機率建模方法使用基於物理的參數化熱帶氣旋降雨 (tropical cyclone rainfall, TCR)模型結合降雨。結果證明美國陸軍工兵團 ERDC/CHL 的 PCHA 可作為沿海複合水災危害分析的工具。

第 4 天 (美東時間 3 月 24 日)

■ 主題 4A：運轉經驗(Operational Experiences)

首先由 USNRC 的 John Hanna 報告廠外危害 FLEX 策略的 PRA 模式。美國 NRC 有一套 Level-1 PRA 的模型，稱為 SPAR(standardized plant analysis risk)模型，也是 NRC 用於執行風險評估的分析工具。繼日本 311 福島事件之後，NRC 向所有正在運轉的商用反應器持照業者發出管制命令，並要求提出減災策略，也就是 FLEX。SPAR 模型現在已納入 FLEX 設備、策略、程序等。該簡報首先簡要概述 FLEX 策略，描述 PRA 中 FLEX 建模時所面臨的挑戰，以及對減災策略的定性與定量的影響。

接著，由 USNRC 的 Dave Werkheiser 報告他們的視察發現：「Millstone 核電廠無法驗證 2 號機的水災後復原時間」。在 NRC 設計基準小組視察的後續檢查中，NRC 視察員發現從設計基準水災事件（最大可能颶風）中恢復所需的明顯時間與業者所訂的程序書不一致，且對水災事件發生時，也不符合預期的水災溢淹和衰退時間。簡報中除了簡短的背景資訊外，還討論檢查/重新檢查極端天氣策略的重要性；質疑持照者的水災防護策略的可行性和/或可靠性；當在分析具有挑戰性的情境時，視察員和分析人員共同評估實際操作和理論要素，具有相同的重要性。

最後，由 NRC 的 Daniel Mills 報告 2022 年發生在 Davis-Besse 核電廠的 Erie 湖水移動(Seiche)所帶來的影響。Davis-Besse 核電廠係依靠 Erie 湖的水源來供應其最終熱沉。2022 年 12 月 23 至 25 日，Erie 湖經歷了一場由大風引起的湖水移動，導致該湖西南盆地的水位處於歷史最低水平。由於湖水位較低，Davis-Besse 最終熱沉取

水低於電廠運轉技術規範要求。在與持照者討論並考慮相關風險後，NRC 允許其繼續運轉。

■ 主題 4B：總結議題

第四天會議的對後一個主題(4B)對多項議題進行報告，以下就核能相關重要議題進行摘要說明。

USNRC 的 Rajiv Prasad 簡報了他們在核電廠局部強降雨的 PFHA 的先導研究。他們曾在現有的核電廠進行一項先導性研究，目的是開發 LIP PFHA 方法論，並希望得到有助於提高核電廠安全性的相關見解。USNRC 的方法係利用確定性動態水力模型的水文輸入參數的統計特性來估算水災危害，並透過選定並使用為後福島水災再評估而開發的現有核電廠 LIP 水災模型來執行。首先須執行敏感度分析，用以了解水災模型預測對輸入、模型參數和廠區配置的敏感度。該方法對隨機變量（即降雨深度和相關風暴特徵）使用分層式的抽樣方法，但該研究範圍並不包括執行特定地點的降雨頻率分析。相反的，其機率降雨特徵則是從美國 NOAA 的降雨頻率數據服務器所下載得到的。認知變量(epistemic variable)則是從可涵蓋合理值範圍的均勻離散分佈中採樣得到的。LIP 水災模型的模擬是透過在 FLO-2D™平台中進行的(註：FLO-2D™是一種使用美國太平洋西北國家實驗室的高性能計算機集電腦的二維水災演算模型)。對所預測到的水災參數進行後處理，就可以在對核電廠安全重要相關的位置進一步建置水災危害度曲線。該研究表明，可以利用現有的核電廠水災模型以統計動態方法執行 LIP PFHA 分析。但是，NRC 人員還是建議應使用場址特有的降雨頻率分析來檢核並驗證 PFHA 的分析結果。

韓國原子能研究院(KAERI)的 Minkyu Kim 主席報告韓國核電廠極端廠外危害風險評估研究活動。簡報指出，韓國也已經受到全球氣候變遷影響。核能雖然被認為是降低氣候變化速度的一個很好的替代方案，但在短期內不可能通過大幅增加核電廠的數量來減少碳排放。在現實中，隨著氣候變化，外部災害的強度和頻率越來越高，使得保障核電廠安全變得更加緊迫。為此，韓國政府啟動了一項為期五年的研究計劃，以提高運轉中核電廠的安全性。該項目由韓國原子能研究院領軍，共有 7 所

大學和 3 家公司參與。該研究計劃分為三個部分：第一個主題是極端/綜合外部危害評估，第二個主題是核電廠和安全相關基礎設施系統的風險評估，最後一個主題是在考慮氣候變化的極端/外部危害方面提高韓國在核電廠的安全性。為了進行外部危害評估，他們將開發針對極端/組合外部事件的模擬和危害評估方法。針對核電廠極端/外部危害的風險評估，將開發針對外部危害的易損性評估方法和機率式安全評估方法。針對外部危害的安全強化發展，將根據危害進展情境和 SSCs 安全強化方法和示範技術，制定最佳的風險緩解和管理策略。

美國電力工程研究院(EPRI)的 Marko Randelovic 報告了 EPRI 與西屋公司所合作開發的廠外水災 PRA 的導則最新進展。EPRI 目前正在製定適用於核能業界的廠外水災 PRA 導則。該導則建立了一個處理廠外水災危害範圍的結構化架構，並提供了背景材料和範例供 PRA 分析人員使用。具體來說，該導則可在以下方面對 PRA 分析人員有所助益：(1)定義和描述廠外水災危害，考慮事件和各廠特定的問題。(2)估算廠外水災危害頻率。(3)為易受水災影響的系統、結構和組件(SSC)制定廠外水災易損性曲線。(4)廠外水災事件樹的準備。目前 EPRI 正在製定導則以符合 ASME/ANS PRA 標準的要求。為了便於理解，以簡單的範例應用程序說明其與機率式水災危害評估(PFHA)的接口，將水災分析解析為特徵事件頻率以及各種 PRA 水災事件樹的開發和整體量化過程。該導則還包括針對與水災相關的組合/相關危害的潛在篩選方法。

肆、心得與建議

- 一、本屆研討會因受 COVID-19 疫情影響故採實體與線上會議併行方式召開，惟線上會議或有訊號不穩、現場會議資訊不易即時取得，亦無法充分與講員及與會人員做技術議題之溝通交流等缺點，因此建議未來視疫情情況，可優先考量派員參加現場實體會議。
- 二、USNRC 與 EPRI 的水災危害度評估及機率式風險評估的相關研究已進行多年，相關導則的開發也進入收尾階段，建議持續追蹤相關資訊之進展，以了解最新國際趨勢。
- 三、機率式水災危害與風險評估所涉及的學科內容相當廣泛，建議未來規劃相關研究計畫時，除適度考量我國核電廠場址狀況之外，亦可參考 USNRC PFHA 計畫成果及相關導則，以深化並提升我國核電廠之水災危害與風險評估相關管制技術量能。
- 四、機率式水災危害評估與水災防護結構易損性分析為機率式水災風險評估的兩大基石，有鑑於全球氣候變遷與海平面上升已經是明顯趨勢，建議應持續投入相關研究資源，完備水災風險評估之研究，以做為未來相關管制單位決策分析之參考。

附件 會議議程

8th Annual Probabilistic Flood Hazard Assessment Research Workshop

March 21-24, 2023 (Hybrid)

- NRC HQ, One White Flint North
11555 Rockville Pike, Rockville, MD 20852
- MS Teams (see daily MS Teams links)

Daily Start time: 10:00AM Eastern Time

FINAL AGENDA

Day 1 (March 21, 2023)

Microsoft Teams Meeting (Day 1 Only):

Join on your computer or mobile app [Click here to join the meeting](#)

Meeting ID: 218 614 965 332, Passcode: WCaCfm

Or call in (audio only) +1 301-576-2978, United States, Silver Spring

Phone Conference ID: 571 058 582# [Find a local number](#)

Session 1A: Introduction

Session Chair: Joseph Kanney, NRC/RES

| | | | |
|------|---------------|---|---|
| 1A-0 | 10:00 - 10:10 | Meeting and Webinar Logistics | <i>Kenneth Hamburger*, NRC/RES</i> |
| 1A-1 | 10:10 - 10:20 | Opening Remarks | <i>Ray Furstenau*, Director, NRC Office of Research</i> |
| 1A-2 | 10:20 - 10:35 | NRC PFHA Research Program Update | <i>Tom Aird*, NRC/RES</i> |
| 1A-3 | 10:35 - 11:00 | Presentation and Training: Resilience Analysis and Planning Tool (RAPT) | <i>Karen Marsh, Benjamin Rance, Scott Mahlik*; Federal Emergency Management Agency (FEMA)</i> |
| 1A-4 | 11:00 - 11:25 | Committee on the Safety of Nuclear Installations (CSNI) Working Group on External Events (WGEV) | <i>Minkyu, Kim*, Korea Atomic Energy Research Institute, Division of Structural and Seismic Safety (WGEV Chair)</i> |
| | 11:25 - 11:40 | Break | |

Session 1B: Climate and Weather

Session Chair: Elena Yegorova, NRC/RES

| | | | |
|------|---------------|---|---|
| 1B-1 | 11:40 - 12:05 | Overview of the U.S. Global Change Research Program | <i>Michael Kuperberg*, Executive Director, U.S. Global Research Program</i> |
| 1B-2 | 12:05 - 12:30 | A Coastal Flood Regime Shift Is on the Horizon | <i>William Sweet*, NOAA National Ocean Service</i> |
| | 12:30 - 13:30 | Lunch | |

8th Annual Probabilistic Flood Hazard Assessment Research Workshop

March 21-24, 2023 (Hybrid)

- NRC HQ, One White Flint North
11555 Rockville Pike, Rockville, MD 20852
- MS Teams (see daily MS Teams links)

Daily Start time: 10:00AM Eastern Time

| | | | |
|------|---------------|---|---|
| 1B-3 | 13:30 - 13:55 | Observation-based Trajectory of Future Sea Level for the Coastal United States Tracks Near High-end Model Projections | Benjamin Hamlington* ¹ , Don Chambers ² , Thomas Frederikse ¹ , Soenke Dangendorf ³ , Severine Fournier ¹ , Brett Buzzanga ^{1,2} , R. Steven Nerem ⁴ ; ¹ NASA Jet Propulsion Laboratory, ² University of South Florida, ³ Tulane University, ⁴ University of Colorado, Boulder |
| 1B-4 | 13:55 - 14:20 | National Weather Service Forecasts for the late December 2022 to mid-January 2023 West Coast Atmospheric Rivers | Mark Fresch* ¹ , Alex Lamers* ² ; ¹ NOAA National Weather Service Office of Water Prediction, ² NOAA National Weather Service Weather Prediction Center |
| | 14:20 - 14:30 | Break | |
| 1B-5 | 14:30 - 14:55 | Sharpening of cold-season storms over the western United States | Xiaodong Chen, L. Ruby Leung*, Yang Gao, Ying Liu, Mark Wigmosta; Pacific Northwest National Laboratory |
| 1B-6 | 14:55 - 15:20 | 2022 U.S. Billion-dollar Weather and Climate Disasters Analysis and Tools | Adam Smith*, NOAA National Centers for Environmental Information (NCEI) |
| 1B-7 | 15:20 - 15:40 | Climate and Weather Panel Discussion | All Presenters |
| 1C | 15:40 - 15:50 | Day 1 Wrap-up | |

8th Annual Probabilistic Flood Hazard Assessment Research Workshop

March 21-24, 2023 (Hybrid)

- NRC HQ, One White Flint North
11555 Rockville Pike, Rockville, MD 20852
- MS Teams (see daily MS Teams links)

Daily Start time: 10:00AM Eastern Time

Day 2 (March 22, 2023)

Microsoft Teams Meeting (Day 2 Only):

Join on your computer, mobile app [Click here to join the meeting](#)

Meeting ID: 286 717 123 379, Passcode: rwjkqn

Or call in (audio only) +1 301-576-2978 United States, Silver Spring

Phone Conference ID: 885 416 85# , [Find a local number](#)

Session 2A: Precipitation

Session Chair: Joseph Kanney, NRC/RES

| | | | |
|------|---------------|---|--|
| 2A-1 | 10:00 - 10:25 | NOAA's Exploration of Future Probable Maximum Precipitation Datasets and Methods | Kelly Mahoney* ¹ , Janice Bytheway ² , Diana Stovern ² , James Correia ³ , Sarah Trojniak ³ , Ben Moore ¹ ; ¹ NOAA Physical Sciences Laboratory (PSL), ² NOAA PSL/University of Colorado Boulder & Cooperative Institute for Earth System Research and Data Science (CIERSDS), ³ University of Colorado Boulder & CIERSDS, NOAA/NWS/Weather Prediction Center |
| 2A-2 | 10:25 - 10:50 | The "Perfect Storm": Can Atmospheric Models Improve Confidence in Probable Maximum Precipitation (PMP)? | Emilie Tarouilly*, University of California, Los Angeles |
| 2A-3 | 10:50 - 11:15 | Improving the Reliability of Stochastic Modeling of Short-Duration Precipitation by Characterizing Spatiotemporal Correlation Structure and Marginal Distribution | Giuseppe Mascaro* ¹ , Simon Papalexio ² , Daniel Wright ³ ; ¹ Arizona State University, ² University of Calgary, ³ University of Wisconsin-Madison |
| | 11:15 - 11:25 | Break | |
| 2A-4 | 11:25 - 11:50 | Stochastic Design Storm Sequence in the Lower Mississippi River Basin | Yuan Liu*, Daniel Wright; University of Wisconsin-Madison |

8th Annual Probabilistic Flood Hazard Assessment Research Workshop

March 21-24, 2023 (Hybrid)

- NRC HQ, One White Flint North
11555 Rockville Pike, Rockville, MD 20852
- MS Teams (see daily MS Teams links)

Daily Start time: 10:00AM Eastern Time

| | | | |
|------|---------------|--|--|
| 2A-5 | 11:50 - 12:15 | An Update to the NOAA Atlas 14 National Precipitation Frequency Standard | Michael St Laurent*, Sandra Palovic, Carl Trypaluk, Dale Unruh, Fernando Salas; NOAA National Weather Service Office of Water Prediction |
| 2A-6 | 12:15 - 12:35 | Precipitation Panel Discussion | All Presenters |
| | 12:35 - 13:30 | Lunch | |

Session 2B: Riverine Flooding

Session Chair: Joseph Kanney, NRC/RES

| | | | |
|------|---------------|---|--|
| 2B-1 | 13:30 - 13:55 | Lowering the Barriers to Process-Based Probabilistic Flood Frequency Analysis using the NextGen Water Modeling Framework | Daniel, Wright* ¹ , Ankita Pradhan ¹ , Mohammad Sadegh Abbasian ¹ , Benjamin Fitzgerald ¹ , Gary Aaron ¹ , Fred Ogdan ² , Mathew Williamson ² ; ¹ University of Wisconsin-Madison, ² NOAA National Water Service Office of Water Prediction |
| 2B-2 | 13:55 - 14:20 | Towards the Development of a High-Resolution Historical Flood Inundation Reanalysis Dataset for the Conterminous United States | Sudershan Gangrade* ¹ , Ganesh Ghimire ¹ , Shih-Chieh Kao ¹ , Mario Morales-Hernandez ² , Michael Kelleher ¹ , Alfred Kalyanapu ³ ; ¹ Oak Ridge National Laboratory, ² University of Zaragoza (Spain), ³ Tennessee Technological University |
| 2B-3 | 14:20 - 14:45 | Quantifying Uncertainty for Local Intense Precipitation and Riverine Flooding PFHA at Critical Structures on the Idaho National Labs Property | Ryan Johnson* ¹ , Shaun Carney ¹ , Paul Micheletty ¹ , Debbie Martin ¹ , Bruce Barker ² ; ¹ RTI International, ² MGS Engineering |
| | 14:45 - 14:55 | Break | |
| 2B-4 | 14:55 - 15:20 | Back to the Future: Paleoflood Hydrologic Analyses Provide Insights into Extreme Flood Risk in the Tennessee River Basin | Lisa Davis* ¹ , Ray Lombardi ² , Matthew Gage ¹ ; ¹ University of Alabama, ² University of Memphis |
| 2B-5 | 15:20 - 15:45 | Testing New Approaches to Integrating Sediment-Based Flood Records into Flood Frequency Models | Ray Lombardi* ¹ , Lisa Davis ² , Tessa Harden ^{3,4} , John F. England, Jr. ⁵ ; ¹ University of Memphis, ² University of Alabama, ³ Thomas College, ⁴ U.S. Geological Survey, |



8th Annual Probabilistic Flood Hazard Assessment Research Workshop

March 21-24, 2023 (Hybrid)

- NRC HQ, One White Flint North
11555 Rockville Pike, Rockville, MD 20852
- MS Teams (see daily MS Teams links)

Daily Start time: 10:00AM Eastern Time

⁵U.S. Army Corps of Engineers, Risk Management Center

| | | | |
|------|---------------|--|---|
| 2B-6 | 15:45 - 16:10 | Using Paleoflood Analyses to Improve Hydrologic Loading for USACE Dam Safety Risk Assessments: A Nationwide Approach | Keith Kelson* ¹ , Justin Pearce ² , Amy LeFebvre ² , Ryan Clark ³ , Bryan Freymuth ⁴ , Nathan Williams ⁵ , John England ² ; ¹ US Army Corps of Engineers (USACE), South Pacific Division Dam Safety Production Center, ² USACE Risk Management Center, ³ USACE Dam Safety Modification Mandatory Center of Expertise, ⁴ USACE Northwest Division Risk Cadre, ⁵ USACE Lakes and Rivers Division Risk Cadre |
| 2B-7 | 16:10 - 16:30 | Riverine Flooding Panel Discussion | All Presenters |
| 2C | 16:30 - 16:40 | Day 2 Wrap-up | |

8th Annual Probabilistic Flood Hazard Assessment Research Workshop

March 21-24, 2023 (Hybrid)

- NRC HQ, One White Flint North
11555 Rockville Pike, Rockville, MD 20852
- MS Teams (see daily MS Teams links)

Daily Start time: 10:00AM Eastern Time

Day 3 (March 23, 2023)

Microsoft Teams Meeting (Day 3 Only):

Join on your computer, mobile app [Click here to join the meeting](#)

Meeting ID: 258 582 721 449, Passcode: ctfMpy

Or call in (audio only) +1 301-576-2978 United States, Silver Spring

Phone Conference ID: 154 053 736# , [Find a local number](#)

Session 3A: Posters

Session Chair: Thomas Aird, NRC/RES

| | | | |
|------|---------------|---|--|
| 3A-1 | 10:00 - 10:15 | Identifying and Cataloging Major Storm Events from Gridded Quantitative Precipitation Estimates for use in Stochastic Storm Transposition | Alyssa Dietrich*, Eric King, Seth Lawler; Dewberry |
| 3A-2 | 10:15 - 10:30 | A Bayesian Network and Monte Carlo Simulation PRA Approach for External Flood Probabilistic Risk Assessments at Nuclear Power Plants | Joy Shen*, Michelle Bensi, Mohammad Modarres; University of Maryland, College Park |
| 3A-3 | 10:30 - 10:45 | Probabilistic Compound Flood Hazard Assessment Using Two-Sided Conditional Sampling | Somayeh Mohammadi* ¹ , Ahmed Nasr ² , Muthukumar Narayanaswamy ¹ , Celso Ferreira ¹ , Arslaan Khalid ¹ ; ¹ Michael Baker International Inc, ² University of Central Florida |
| 3A-4 | 10:45 - 11:00 | Estimation of Probabilistic Flood Hazard Curve at the NPP Site Considering Storm Surge | Beom-Jin Kim*, Minkyu, Kim; Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI) |
| 3A-5 | 11:00 - 11:15 | Compound Flood Risk Assessment of the Coastal Watersheds of Long Island and Long Island Sound in Connecticut and New York | Liv Herdman*, Robert Welk, Robin Glas, Salme Cook, Kristina Masterson; U.S. Geological Survey New York Water Science Center |
| | 11:15 - 11:25 | Break | |

8th Annual Probabilistic Flood Hazard Assessment Research Workshop

March 21-24, 2023 (Hybrid)

- NRC HQ, One White Flint North
11555 Rockville Pike, Rockville, MD 20852
- MS Teams (see daily MS Teams links)

Daily Start time: 10:00AM Eastern Time

| | | | |
|------|---------------|---|--|
| 3A-6 | 11:25 - 11:40 | Steps Toward Extensions of Existing Probabilistic Coastal Hazard Analysis for Coastal Compound Flood Analysis Leveraging Bayesian Networks | Ziyue Liu* ¹ , Michelle Bensi ¹ , Meredith Carr ² , Norberto Nadal-Caraballo ² , Madison Yawn ² , Luke Aucoin ² ; ¹ University of Maryland, College Park, ² U.S. Army Corps of Engineers, Engineer R&D Center, Coastal & Hydraulics Laboratory |
| 3A-7 | 11:40 - 11:55 | Assessing Uncertainty Associated with Hurricane Predictions and Duration to Inform Probabilistic Risk Assessments for Nuclear Power Plants | Kaveh Faraji Najarkolaie*, Michelle Bensi; University of Maryland, College Park |
| 3A-8 | 11:55 - 12:10 | Assessment of Uncertainty Associated with the Development of Intensity Duration Frequency Curves under Changing Climate for the State of Maryland | Azin Al Kajbaf* ¹ , Michelle Bensi ² , Kaye Brubaker ² ; ¹ Johns Hopkins University, ² University of Maryland, College Park |
| | 12:10 - 13:10 | Lunch | |

Session 3B: Coastal Flooding

Session Chair: Joseph Kanney, NRC/RES

| | | | |
|------|---------------|--|---|
| 3B-1 | 13:10 - 13:35 | Flood Inundation Modelling on Nuclear Power Plant Site due to Complex Disasters | Byunghyun Kim* ¹ , Jaewan Yoo, Beomjin Kim ² , Minkyu Kim ² ; ¹ Kyungpook National University, ² Korea Atomic Energy Research Institute |
| 3B-2 | 13:35 - 14:00 | Probabilistic Flood Hazard Assessment for a Coastal Nuclear Power Plant Using Climate Change Projections | Gorkem Gungor*, Zeynep Arslan; Ministry of Energy and Natural Resources, Turkey |
| 3B-3 | 14:00 - 14:25 | Probabilistic Coastal Compound Flood Hazard Analysis Pilot Study | Victor M. Gonzalez ¹ , Meredith L. Carr* ¹ , Luke Aucoin ¹ , T. Chris Massey ¹ , Ning Lin ² , Dazhi Xi ² , Norberto C. Nadal Caraballo ¹ , Karlie Wellls ¹ ; ¹ U.S. Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center, Coastal and |

8th Annual Probabilistic Flood Hazard Assessment Research Workshop

March 21-24, 2023 (Hybrid)

- NRC HQ, One White Flint North
11555 Rockville Pike, Rockville, MD 20852
- MS Teams (see daily MS Teams links)

Daily Start time: 10:00AM Eastern Time

Hydraulics Laboratory, ²Princeton University

| | | | |
|------|---------------|---|--|
| | 14:25 - 14:35 | Break | |
| 3B-4 | 14:35 - 15:00 | HEC-RAS Modeling Framework and Lessons Learned from Coastal Flooding PFHA Pilot Study: Coupling and Automation of HEC-HMS and ADCIRC Outputs to 2D HEC-RAS Model Using Python | Kathleen Harris*, Chase Hamilton, Weleska Echevarria-Doyle, Meredith Carr, Victor Gonzales Nieves; U.S. Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center, Coastal and Hydraulics Laboratory |
| 3B-5 | 15:00 - 15:25 | An Overview of a Multi-Agency Modeling Effort to Quantify Future Conditions in the Great Lakes | Margaret Owensby* ¹ , T. Chris Massey ¹ , Robert Jensen ¹ , Norberto Nadal-Caraballo ¹ , Madison Yawn ¹ , David Bucaro ² , Johnna Potthoff ² , Kaitlyn McClain ² ; ¹ U.S. Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center, Coastal and Hydraulics Laboratory, ² U.S. Army Corps of Engineers, Chicago District |
| 3B-6 | 15:25 - 15:45 | Coastal Flooding Panel Discussion | All Presenters |
| 3C | 15:45 - 15:55 | Day 3 Wrap-up | |

8th Annual Probabilistic Flood Hazard Assessment Research Workshop

March 21-24, 2023 (Hybrid)

- NRC HQ, One White Flint North
11555 Rockville Pike, Rockville, MD 20852
- MS Teams (see daily MS Teams links)

Daily Start time: 10:00AM Eastern Time

Day 4 (March 24, 2023)

Microsoft Teams Meeting (Day 4 Only):

Join on your computer or mobile app [Click here to join the meeting](#)

Meeting ID: 265 935 448 471, Passcode: vczg63

Or call in (audio only) +1 301-576-2978 United States, Silver Spring

Phone Conference ID: 231 644 916# [Find a local number](#)

Session 4A: Operational Experience

Session Chair: Tom Aird, NRC/RES

| | | | |
|------|---------------|---|--|
| 4A-1 | 10:00 - 10:20 | PRA Modeling the FLEX Strategies for External Hazards | John Hanna*, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Office of Nuclear Reactor Regulation |
| 4A-2 | 10:20 - 10:40 | Failure to Verify Flood Restoration Times at Millstone Unit 2 | Dave Werkheiser*, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Region 1 |
| 4A-3 | 10:40 - 11:00 | Impact of the 2022 Lake Erie Seiche the Davis-Besse Nuclear Power Station | Daniel Mills* ¹ , Russ Cassara ¹ , John Hanna ² ; ¹ U.S. Nuclear Regulatory Commission, Davis Bessie Resident Inspector, ² U.S. Nuclear Regulatory Commission, Office of Nuclear Reactor Regulation |
| 4A-5 | 11:00 - 11:15 | Operational Experience Panel Discussion | All Presenters |
| | 11:15 - 11:25 | Break | |

Session 4B: Wrapping Up

Session Chair: Tom Aird, NRC/RES

| | | | |
|------|---------------|--|--|
| 4B-1 | 11:25 - 11:50 | On Fuzzy-Systems Modeling of Pondered Infiltration, as Analogue to Flooding, in Fractured-Porous Subsurface Media | Boris Faybishenko*; Lawrence Berkeley National Laboratory |
| | 11:50 - 13:00 | Lunch | |
| | 13:00 - 13:25 | Probabilistic Flood Hazard Assessment for Local Intense Precipitation at Nuclear Power Plant Sites – A Pilot Study | Rajiv Prasad* ¹ , Arun Veeramany ¹ , Rajesh K. Singh ¹ , Joseph Kanney ² ; ¹ Pacific Northwest National Laboratory, ² U.S. Nuclear Regulatory Commission |

8th Annual Probabilistic Flood Hazard Assessment Research Workshop

March 21-24, 2023 (Hybrid)

- NRC HQ, One White Flint North
11555 Rockville Pike, Rockville, MD 20852
- MS Teams (see daily MS Teams links)

Daily Start time: 10:00AM Eastern Time

| | | | |
|----|---------------|--|--|
| | 13:25 - 13:50 | Research Activities on Extreme External Hazard Risk Assessment of Korean NPP | Minkyu Kim*, Daegi, Hahm; Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI) |
| | 13:50 - 14:00 | Break | |
| | 14:00 - 14:25 | External Flooding PRA Guidance | Marko Randelovic* ¹ , Raymond Schneider* ² ; ¹ Electric Power Research Institute, ² Westinghouse Company |
| | 14:25 - 14:50 | A Proposal for Paradigm Shift in Hydrological Ensemble Predictions: From Parameter Inference to Probabilistic Error Estimation | Vinh Ngoc Tran* ¹ , Valeriy Y. Ivanov ¹ , Donghui Xu ¹ , Jongho Kim ² ; ¹ University of Michigan, ² University of Ulsan, South Korea |
| 4D | 14:50 - 15:10 | Workshop Wrap-up Discussion | |