

福島海域顆粒傳輸擴散系統釋放源參數化模組開發與結果分析

王啓竑¹ 鄭皓宇¹ 于嘉順¹ 曾慧婷² 鄧仁星²

¹西灣海環科技股份有限公司 ²中央氣象署海象氣候組

摘 要

福島第一核電廠含氚廢水自2023年8月起持續排放入海，為掌握其於西北太平洋之傳輸擴散趨勢，本團隊已建置福島海域三維海流作業化預報系統（CWA-OCM-FH）並搭配拉格朗日粒子追蹤模組進行每日例行預報。惟現行系統對釋放源之處理採簡化假設，將粒子以無初速條件置於海底排放口，未能反映實際排放時因液面壓差形成之近場噴流行為；此小尺度流場若未納入考量，將低估核種垂直浮升至水表面之數量，進而影響遠場濃度預報之準確性。本研究據此發展釋放源參數化模組，以大小尺度介接方式將近域計算流體力學（CFD）噴流流場整合至大尺度粒子擴散系統：近域流場由國家原子能科技研究院針對背景流速0、0.5、1.0及1.5 m/s等條件進行小尺度模擬（水平範圍200 m×200 m、水深12 m、噴流口初速0.467 m/s），據以建立「位置—流速」迴歸函數，並隨遠域背景流向進行座標軸旋轉，使粒子追蹤模組得以取用更符合實際之近場三維流速。理想案例比對顯示：無背景流時噴流主導粒子垂直上升並於表層向四周擴散；弱背景流（0.1 m/s）時抵達表層之粒子數明顯降低；強背景流（0.5 m/s）時粒子迅速脫離噴流影響範圍，證實水平位移量級較垂直位移大約1至2個數量級，若未介接小尺度流場將系統性低估表層濃度。針對介接後計算效能瓶頸，本研究為優化作業化執行速度，進一步以「預先讀取（pre-load）」策略優化模組運作邏輯，將海流場資料改為啟動前一次性讀取並預先完成排放口位置之時序插值，消除每一時間步驟之全場讀取、垂直層位計算與空間插值開銷，使小規模案例（30顆、3小時）模擬時間由15小時縮短至1.5小時、作業化規模案例（1,920顆、8天）由40天縮短至4天，效能提升約10倍。本模組持續進行測試分析，未來將階段性以類作業化平行測試，待結果合理且執行效率可達作業化需求後，將正式納入每日作業化預報排程，以提升我國對福島含氚廢水海洋擴散預警之近源描述能力。

關鍵字：福島含氚廢水、拉格朗日粒子追蹤、釋放源參數化、大小尺度介接、CFD噴流