

# 113 年度政府科技發展計畫 績效報告 (D006)

計畫名稱：國家海域放射性物質擴散預警及安全評估應對計畫(2/4)

執行期間：

全程：自 112 年 1 月 1 日至 115 年 12 月 31 日止

本期：自 113 年 1 月 1 日至 113 年 12 月 31 日止

主管機關：核能安全委員會

執行機關：核能安全委員會、國家原子能科技研究院、輻射偵測中心；農業部水產試驗所、漁業署；衛生福利部食品藥物管理署；交通部中央氣象署；國家海洋研究院

(執行機關請列單位或機構，如司、處、局、所或法人等)

## 113 年度政府科技發展計畫審查意見辦理情形表

| 序號 | 審查意見                                                                                                                                   | 辦理情形    |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1  | 本計畫規劃排放源頭掌握、強化各類監測、相關海域之擴散預報、監測結果資訊公開等 4 面向執行，並分工到不同行政單位進行負責，分工與對應權責清楚，且分配適當經費，各子計畫均能順利執行，達成 113 年度設定之工作項目及預定目標，且有部分作業已超過預定目標量，執行效果優良。 | 謝謝委員肯定。 |
| 2  | 本計畫預算數為 92,320 千元，實支數為 92,120 千元，結餘數為 200 千元，中間計畫執行，流用小部分經常門經費到資本門。整體經費總執行率仍達 100%，且各子計畫均能依照規劃項目執行，妥適度為優。                              | 謝謝委員肯定。 |
| 3  | 本計畫在學術成就(論文)、學術成就(研究報告)、社會影響(資料庫)等績效指標，其對應產出均高達 1.6-2 倍之達成率，成果為佳。                                                                      | 謝謝委員肯定。 |
| 4  | 一、 本計畫成果在學術上貢獻卓著，不僅提供國際福島廢水排放影響評估之重要資訊，並對放射性核種在氣象，海洋等自然環境中的擴散專題性評估作了詳細研究，及培育國內海洋研究人                                                    | 謝謝委員肯定。 |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |         |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|   | <p>才並發展相關技術。</p> <p>二、 本計畫共計發表6篇學術論文、2篇為國際期刊論文，及4篇為研討會論文，主題涵蓋海域放射性物質排放事件分析、洋流模擬技術等項目，符合計畫主要預定目標之研究方向。</p>                                                                                                                                                                                                                 |         |
| 5 | <p>一、 本計畫成果豐碩，在學術上不僅提供國際福島廢水排放評估重要資訊、培育海洋研究人才，更在技術創新上領先全球，建立海流及放射性物質擴散預警系統，有效監測並預測廢水排放影響。</p> <p>二、 本計畫建置海流模式與放射性物質海洋傳輸擴散模式，對台灣鄰近太平洋海域進行洋流擴散與放射性物質濃度之7天例行性預報，為新創之預報技術發展。另建置研發生物氚分析方法並協助食藥署公開食品中氚之檢驗方法，亦為本計畫之新創技術發展，達成關鍵目標之監測與檢驗效能之提昇。</p> <p>三、 將各種氣象，洋流擴散評估，取樣偵測，建立新的相關實驗室，增購實驗室儀器，建立並進行氚核種度量認證等技術，定期貼於新建立的資訊平台上供國人取</p> | 謝謝委員肯定。 |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                |         |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|   | 閱，將資訊透明化。                                                                                                                                                                                                                                                      |         |
| 6 | <p>一、 本計畫旨在監測福島含氚廢水排放對台灣漁業及周邊海域之影響，透過科學數據降低對漁業之衝擊，並建立海洋輻射意外事故應變系統，強化災防預警，以降低海洋經濟損失，目前監測結果顯示對我國漁業經濟尚無影響。</p> <p>二、 本計畫因應日本核廢水排放，建置海水、漁獲、進口食品之核安檢驗與監測系統，釐清上述各檢驗對象無核安問題，提供漁業海產的食安保證，對應 110 至 112 年間，我國近海與沿岸漁業漁產值持續上升，對守護漁業、降低漁業的風評影響獲致良好成果，預期可有效促進現在與未來之經濟發展。</p> | 謝謝委員肯定。 |



|   |                                                                                                                                                                                                                                                        |         |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 7 | <p>一、 本計畫透過跨部會合作，執行海域及漁產監測、建立預警系統並公開資訊，以確保食安、完善應對準備，降低民眾對日本含氚廢水排放的疑慮，對我國自產或進口漁業產品的食安卓有貢獻，解除民眾疑慮。</p> <p>二、 本計畫所建置之檢驗與監測作業，執行海水、漁產、環境生態樣品及日本進口食品之取樣檢測，可穩定人民對食品安全之信心，促進產業發展，有助社會福祉提升。另海洋擴散模式與台灣周遭海域之例行性預報與監測作業，提供監測之公開訊息，有助人民對政府保護環境安全之信心，建立良性之社會影響。</p> | 謝謝委員肯定。 |
| 8 | <p>一、 透過國際交流、參與及合作，本計畫不僅提升臺灣相關技術資訊至國際水準，更建立全球首創之小尺度擴散模型，有效監測並預測廢水排放影響，同時強化源頭管制，確保排放符合國際標準，提升臺灣於國際能見度。</p> <p>二、 本計畫已建立台灣與日本於放射性物質排放、海洋擴散模式等技術發展之國際合作，在此合作項目之下，</p>                                                                                     | 謝謝委員肯定。 |

|    |                                                                                                                                         |         |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|    | <p>亦提供對應科技人才之訓練與培育，獲致良好效果。</p> <p>三、 本計畫成功的跨部會合作，各憑專長分工合作，完成本年度計畫項目。此成果足以推動國際合作，提升國家在世界的能見度。</p>                                        |         |
| 9  | <p>本計畫團隊將持續精進我國海域放射性物質擴散預警及安全評估能力，並因應中國核電發展快速之潛在風險，與相關單位合作建立更完善之監測預警網絡，以確保我國海域安全。</p>                                                   | 謝謝委員肯定。 |
| 10 | <p>本計畫為 112 至 115 年期間之持續性計畫，已建置之監測、檢驗與預報作業將在後續計畫中持續執行，維護台灣之核安與食品安全。另因應中國東南沿岸核能廠普設問題，未來計畫將建置台灣海峽之洋流擴散模式，對中國核能廠之相關排放進行監測，具有重要性，妥適度為佳。</p> | 謝謝委員支持。 |
| 11 | <p>本計畫規劃再擴大監測與評估的海域範圍，繼續合作持續監控一段時間，確有必要。</p>                                                                                            | 謝謝委員支持。 |

|    |                                                                                                                                                                                     |         |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 12 | <p>本計畫成果豐碩，不僅在學術上提供國際福島廢水排放評估重要資訊、培育海洋研究人才，更在技術創新上領先全球，建立海流及放射性物質擴散預警系統，有效監測並預測廢水排放影響。此外，計畫亦兼顧經濟與社會效益，監測結果顯示對我國漁業經濟尚無影響，並透過跨部會合作確保食安、降低民眾疑慮。同時，計畫也提升臺灣於國際能見度，強化源頭管制，確保排放符合國際標準。</p> | 謝謝委員肯定。 |
| 13 | <p>本計畫強調對日本核廢水排放進行放射性物質濃度與洋流擴散之監測與預報，把關台灣鄰近海水、漁產、環境生態及日本進口食品之核安與食安，並藉由公開資訊，提供監測結果，有效穩定民心，避免不必要恐慌，對穩定經濟發展、強化社會福祉均有良好貢獻，為其主要任務，且執行效果良好，是為優點。</p>                                      | 謝謝委員肯定。 |
| 14 | <p>參與計畫單位已發揮各自專長，合作完成 113 年度計畫項目，達成任務，成效極佳。</p>                                                                                                                                     | 謝謝委員肯定。 |

|    |                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15 | <p>建議可將公開資訊之連結網址，分別建置於各項子計畫執行單位之網址首頁，提升本計畫之觸及率，並擴大本計畫執行成果之傳播範圍。</p> | <p>謝謝委員的建議，子計畫執行單位已依業務職掌，將相關連結置於部會網站，以提升觸及率，並對不同受眾進行推廣。例如:食藥署與漁業署網站皆有設置連結至「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」及「跨部會輻射監測整合儀表板」，方便民眾查詢。此外，資訊平台亦透過發布歷年成果報告、會議資訊、各式說明圖卡並搭配網站 QR code，進一步提升資訊可及性，方便民眾查詢並能即時獲取相關訊息。</p> <p>相關網站連結如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 漁業署：<br/><a href="https://www.fa.gov.tw/view.php?theme=Radiation_zone&amp;subtheme=&amp;id=349">https://www.fa.gov.tw/view.php?theme=Radiation_zone&amp;subtheme=&amp;id=349</a></li> <li>2. 食藥署：<br/><a href="https://www.fda.gov.tw/TC/site.aspx?sid=4341&amp;r=403073435">https://www.fda.gov.tw/TC/site.aspx?sid=4341&amp;r=403073435</a></li> </ol> |
|----|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

# 目 錄

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 【113 年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】 ..... | 10  |
| 壹、總目標(系統填寫).....                      | 12  |
| 一、緣起.....                             | 12  |
| 二、總目標及其達成情形.....                      | 15  |
| 三、主要工作項目推動具體成果(請填寫累積成果).....          | 26  |
| 貳、經費執行情形.....                         | 29  |
| 一、全程經費(由系統加總).....                    | 29  |
| 二、年度經費(由系統填寫).....                    | 30  |
| 1.經費支用說明.....                         | 31  |
| 2.經費實際支用與原規劃差異說明.....                 | 31  |
| 參、成果之價值與貢獻度（請上傳累積成果） .....            | 34  |
| 肆、檢討與展望（請上傳累積成果） .....                | 38  |
| 一、計畫執行困難與因應對策 .....                   | 38  |
| 二、計畫執行可改善事項或後續可精進處 .....              | 38  |
| 伍、其他補充資料（請上傳累積成果） .....               | 40  |
| 一、跨部會協調或與相關計畫之配合 .....                | 40  |
| 二、大型科學儀器使用效益及共用分享機制說明 .....           | 40  |
| 三、其他補充說明(分段上傳).....                   | 40  |
| 附錄、細部計畫.....                          | 282 |
| 一、全程架構及經費.....                        | 282 |
| 二、年度執行摘要.....                         | 285 |
| 附表、佐證資料表.....                         | 295 |

# 【113年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |         |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 審議編號                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |         |
| 計畫名稱                      | 國家海域放射性物質擴散預警及安全評估應對計畫(2/4)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |         |
| 主管機關                      | 核能安全委員會                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |         |
| 執行機關                      | 核能安全委員會、國家原子能科技研究院、輻射偵測中心；農業部水產試驗所、漁業署；衛生福利部食品藥物管理署；交通部中央氣象署；海洋委員會國家海洋研究院                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |         |
| 計畫類別                      | <input checked="" type="checkbox"/> 政策計畫 <input type="checkbox"/> 一般計畫 <input type="checkbox"/> 基礎研究                                                                                                                                                                                                                                                                                   |         |
| 重點政策項目                    | <input type="checkbox"/> 數位經濟與服務業科技創新 <input type="checkbox"/> 亞洲·矽谷 <input type="checkbox"/> 智慧機械<br><input type="checkbox"/> 綠能產業 <input type="checkbox"/> 生醫產業 <input type="checkbox"/> 國防產業<br><input type="checkbox"/> 新農業 <input type="checkbox"/> 循環經濟圈 <input type="checkbox"/> 晶片設計與半導體前瞻科技<br><input type="checkbox"/> 文化創意產業科技創新 <input checked="" type="checkbox"/> 其他環境科技 |         |
| 全程期間                      | 115 年 1 月 1 日 至 115 年 12 月 31 日                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |         |
| 資源投入<br>(以前年度為決算數，系統自動帶入) | 年度                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 經費(千元)  |
|                           | 112                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 102,690 |
|                           | 113                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 92,320  |
|                           | 114                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 108,696 |
|                           | 115                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 127,378 |
|                           | 合計                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 431,084 |
| 計畫摘要                      | (系統帶入，不可修改)<br>本計畫主要解決民眾關切之日本福島含氚處理水排放議題，以 112 至 115 年共 4 年期發展應對技術，執行全方位海域輻射監測、開發海洋輻射外釋衝擊潛勢預報系統、進行海域生態影響評估、建立跨部會應對流程，扣合守護漁業、確保食安、災防預警、海洋永續四大主軸，整合跨部會專業，以科學證據確保民眾輻射安全、解決民眾疑慮，落實資訊公開，目標如下：<br>一、透過臺灣周遭海域海水、洄游魚取樣分析之全方位監測，守護臺灣漁業風評，建立海水氚連續輻射監測技術及跨部會應對流程。<br>二、建立抽驗及氚核種檢測程序，了解國人食用進口水產動物及藻類中放射性核種氚之健康風險，確保食用安全。                                                                           |         |

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                         |              |      |                   |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|-------------------|
|       | <p>三、開發擴大至臺灣海峽之放射性物質衝擊潛勢分析及預報示警系統，建立海洋放射性物質外釋應對機制，確保臺灣民眾之安全。</p> <p>四、調查含氚處理水排放前後之沿近岸生態系，評估其對臺灣周遭海域之生態影響，完備海洋生態資料庫，促進海洋永續發展。</p> <p>本計畫由四個子項計畫「海域重要漁場水質與洄游魚種輻射安全評估研究」、「日本含氚處理水排放對水產動物類及藻類劑量安全與風險研究」、「海域放射性物質排放事件例行化預報及異常排放示警處理研究」、「海洋輻射沿近岸生態系輻射影響採樣調查」分進合擊，跨部會合作辦理。</p> |              |      |                   |
| 計畫連絡人 | 姓名                                                                                                                                                                                                                                                                      | 林士軒          | 職稱   | 技士                |
|       | 服務機關                                                                                                                                                                                                                                                                    | 核能安全委員會      |      |                   |
|       | 電話                                                                                                                                                                                                                                                                      | 02-2232-2224 | 電子郵件 | shlin@nusc.gov.tw |

## 壹、總目標

### 一、緣起

日本於 2011 年 3 月 11 日發生福島第一核電廠核災事件，時隔 10 年，2021 年 4 月日本政府宣告福島第一核電廠所儲存經多核種去除設備 (Advanced Liquid Processing System, ALPS) 處理之含氚廢水擬於 2023 年排放，再度引起包括臺灣在內的諸多國家警覺，我國政府正視及研究福島含氚廢水排放所可能引發的民生、生態和經濟的短期和長期效應，行政院迅速指示由核安會成立跨部會因應平台，掌握日本動態並提出因應對策，降低可能對民眾、環境的傷害或損失。

日本政府業已於 2023 年 8 月 24 日正式排放含氚廢水入海，至 2024 年年底，已排放共計 10 批次，排放含氚廢水總體積約 78,231 立方公尺，氚總活度約 15.2 兆貝克。為此，面對可能的環境衝擊，本計畫以輻射偵測網、資訊研判與預警系統作為技術發展主軸，並透過資訊公開與即時揭露之策略，提供資訊予政府跨部會因應平台，發揮其橫向協調整合功能，針對各民生衝擊的關鍵議題，提供相關輻射標準或準則以及作業流程，降低對漁業產值衝擊，以及建立民生水產品食用安全與信心；同時亦進行海域環境水質監測，防治海洋污染，維護海域環境，達到生態永續。

本計畫於 112 年度順利完成排放初期之重要應對工作及技術研發項目，包含：與衛福部、農業部、海委會跨部會合作強化輻射監測作為，檢測海水氚 466 件、海生物氚 551 件、海生物銻 3073 件(含漁獲物、日本輸臺水產品、生態樣本)，並透過「跨部會輻射監測整合儀表板」向民眾公布，安定民心。同時，與氣象署合作開發氚廢水擴散濃度動態模擬分析系統，於 112 年 8 月正式排放後，依據實際排放情形即時提供未來七天海洋氚濃度擴散預報，每日顯示氚水可能之擴散資訊，確認臺灣海域之輻射安全。在排放開始的第一年，即刻以「嚴密監測」及「即時預報」兩大面向，搭配即時之資訊傳遞系統，讓臺灣漁業及食安未受到該事件造成之風評影響，以利未來長達數十年



之因應工作。

而 113 年度延伸排放後之應對作為，持續依照計畫規劃執行，以掌握排放後之現況及技術發展，滾動精進，相關工作項目包含：(1)持續進行臺灣鄰近海域海水及重點洄游魚類放射性物質監測，針對排放後的海水及魚類進行全方位監測，將延伸背景基線值調查的概念，配合採樣、輻射檢測等量能盤點，逐步建立轉變為配合排放時程持續進行的例行性監測技術(每季度、每年)，以及建立變化異常指標與跨部會應對流程；(2)進行臺灣鄰近海洋及輸臺水產動物類及藻類放射性核種氙之監測，另透過氙的代謝研究、養殖實驗，提供各相關主管機關了解及政策執行面之參考；(3)持續營運例行作業化之預報系統，並擴大模擬應用範圍至臺灣海峽，仿照沙塵暴預警的概念，隨時監控可能對臺灣海域所造成之影響；(4)臺灣沿岸海洋生態輻射背景和食物鏈累積評估，透過海域生態調查及評估報告，提出年度報告，確保我國沿岸海洋環境之生態永續發展。

檢視截至目前最新的排放批次-第 10 批次，其排放總體積約 7,800 立方公尺，依據東電公司於公布之分析結果顯示，其氙以外的核種濃度與法規限值的比值總和為 0.083，符合小於 1 的判定值。另東電公司委託的第三方實驗室株式會社化研及日本政府委託的 JAEA 大熊分析研究中心分析結果分別為 0.082 與 0.084。依交通部氣象署最新的海流擴散預報顯示，前 10 批次的含氙廢水隨著洋流往東擴散，以可能影響臺灣的洋流傳輸路徑區分 5 大預報區域，日本本州東部海域、黑潮延伸流東區、關島西北方海域、沖繩群島周圍海域、臺灣周圍海域之最新預報結果顯示，未來七天海水氙濃度均低於儀器最小可測值。氣象署將持續依第 7 批次之實際排放狀況，進行含氙廢水排放後之擴散可能路徑分析。核安會持續透過跨部會合作進行我國海域輻射監測，自 106 年開始至 113 年度，累積完成海水、海生物(含漁獲)、岸沙(含海底泥)等各式海域樣本，共計 12,354 件樣本之分析，分析結果皆無輻射異常。113 年度完成 4,616 件樣本分析，分析結果均無輻射異常。核安會與國

原院亦整合各項資訊於「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」，落實資訊公開，每週定期更新「跨部會輻射監測整合儀表板」以及「一週擴散預報概述」，並提供與 IAEA 同步監控之「國際監測資訊即時看」，提供民眾一次掌握輻射安全資訊。

本計畫 113 年度的期末研究成果，依據主要研究架構將分述於以下各章節，包括子項計畫一：海域重要漁場水質與洄游魚種輻射安全評估研究、子項計畫二：日本含氚廢水排放對水產動物類及藻類劑量安全與風險研究、子項計畫三：海域放射性物質排放事件例行化預報及異常排放示警處理研究以及子項計畫四：海洋輻射沿岸生態系核污染採樣調查。

## 二、總目標及其達成情形

1. 全程總目標：請在此依照計畫書簡要敘明計畫總目標，亦即總計畫之在期程內規劃達成的成果。

全程總目標：本計畫的總目標為配合政府資訊公開策略，針對日本含氚廢水排放發展應對技術，執行全方位海域輻射監測、開發國際海洋輻射外釋應對及預報系統、並進行海域生態影響評估，確保國人食品安全及守護漁業風評。

2. 分年目標與達成情形：請填寫為達成上述計畫總目標，各年度計畫分年目標及其達成情形。

| 年度             | 目標<br>(當年度由系統帶入，<br>不可修改)                                                                                                                            | 預期關鍵成果<br>(當年度由系統帶入，<br>不可修改)                                                                           | 年度計畫目標達成情形(含重大<br>效益)                                                                                                                                                                                  |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 第一年<br>(112 年) | 【目標 1】完成年度之海水、浮游動物及漁獲物取樣工作，海水送偵測中心檢測氚，其他樣本由國家原子能科技研究院或第三方實驗室進行放射性核種濃度分析，提供科學監測數據，以供相關部會採行因應作為之依據；依照日方公布數據，進行關鍵群體及關鍵曝露途徑之劑量分析工作，完建置氚活度濃度之偵測設備 1 套及驗證。 | 【目標 1 關鍵成果 1】取得臺灣海域海水樣品至少 320 件並完成氚含量分析，產出年度臺灣海域海水氚輻射分析與評估報告 1 份。<br><br>【目標 1 關鍵成果 2】完成至少 240 件漁獲物氚檢測。 | 【目標 1 關鍵成果 1】本年度已完成海水取樣分析 442 件，包含水試所 62 測站之海水取樣 241 件，輻射偵測中心台灣沿近岸之海水氚取樣 140 件以及北太平洋漁場海域海水取樣 41 件。另依據檢測分析結果完成 112 年度臺灣海域海水氚輻射分析與評估報告 1 份。<br><br>【目標 1 關鍵成果 2】已完成臺灣沿近海漁場 248 件及北太平洋秋刀魚漁場 33 件之生物氚調查分析。 |

|  |                                                                                     |                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                 |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                                                                     | <p>【目標 1 關鍵成果 3】依照 IAEA 相關核種傳輸分析建議報告，完成氚水排放之關鍵曝露途徑及關鍵群體研析報告 1 份。</p> <p>【目標 1 關鍵成果 4】完成模擬無機氚水之活度濃度偵測試驗，其最小可測值低於 1,000 Bq/L。</p> | <p>【目標 1 關鍵成果 3】參考 IAEA GSG-10 報告，完成 1 份核設施與活動對海洋環境影響評估研究報告。並根據日本 2022 年環境影響評估報告，進行境外海洋輻射事件劑量安全評估之代表人選訂原則。</p> <p>【目標 1 關鍵成果 4】已經完成水體中氚活度濃度連續監測之自動化流程與規劃，並進行海水樣品水質中雜質干擾之問題探討，主要陽離子：鈉、鎂、鉀、鈣，主要陰離子：氯離子、硫酸根離子。</p> |
|  | <p>【目標 2】充分掌握各國對於氚在生物體內之毒性研究進度，並瞭解輸入水產動物類及藻類中放射性核種氚監測值，同時建置人工養殖場，篩選代表性海水生物養殖標的。</p> | <p>【目標 2 關鍵成果 1】完成至少 100 件邊境輸入水產動物類及藻類中放射性核種氚檢測。</p> <p>【目標 2 關鍵成果 2】完成人工養殖場建置及代表性海水生物評估。</p>                                   | <p>【目標 2 關鍵成果 1】完成日本進口水產動物類及藻類 100 件之抽樣，並執行氚檢測分析。檢測結果亦公開於跨部會輻射監測整合儀表板及相關連結。</p> <p>【目標 2 關鍵成果 2】完成建置室內養殖場及空調通風系統，投水試運轉。並完成代表性</p>                                                                               |

|  |                                                                      |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                       |
|--|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                                                      |                                                                                                                                             | <p>海水生物之種類評估(中/小型魚(黃錫鯛)、甲殼類(白蝦)、貝類(九孔螺)、藻類(菊花心種龍鬚菜(紅藻))，並持續進行黃錫鯛、龍鬚菜(紅藻)生態缸之飼養條件及水質環境之數據紀錄，維持黃錫鯛、龍鬚菜現有生存率。</p>                                                                                                        |
|  | <p>【目標3】確保福島核電廠含氚廢水海洋傳輸擴散預報作業化系統正常作業，同時發展日本沿岸3D地形之小尺度計算流體力學模擬研究。</p> | <p>【目標3 關鍵成果1】福島核電廠含氚處理水海洋傳輸擴散預報作業化系統正式上線作業。</p> <p>【目標3 關鍵成果2】完成海流模式與放射性物質海洋傳輸擴散模式校驗系統開發建置。</p> <p>【目標3 關鍵成果3】進行日本沿岸地形3D模式建立，並蒐集日本放流形式</p> | <p>【目標3 關鍵成果1】中央氣象署執行每日例行作業化擴散預警系統運行，並新增7天擴散預報功能，於8月24日日本正式排放含氚處理水後已經正式上線該7天擴散預報功能。</p> <p>【目標3 關鍵成果2】。以MODARIA案例進行大尺度SCHISM模式放射性物質海域擴散結果驗證比對測試，取得沉降、生物代謝等核種傳輸參數並回饋至擴散預報系統。</p> <p>【目標3 關鍵成果3】依據東京電力公司發表之ROMS之氚水排</p> |

|  |  |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <p>之 3D 化模組資料。</p> <p>【目標 3 關鍵成果 4】舉行資訊公開傳遞討論會議至少 3 場，提升資訊傳遞之觸及率並提前妥善規劃。透過科普展覽進行日本福島含氚廢水排放說明，並設計新媒體圖卡或文宣品 3 份、影片 1 支，實體及網路加總至少提升相關資訊之觸及率 20000 人次。</p> | <p>放模型，開發 FLOW3D 程式進行排放口周緣地區之中小尺度擴散模型，且持續運轉分層模型，目前已完成沿岸區域案例運轉模擬，並透過 10km x 10km 監測範圍內之汙染物年平均計算結果 (0.1369 Bq/L)，與日方 ROMS 計算結果 (0.056 Bq/L) 相近且趨勢一致。</p> <p>【目標 3 關鍵成果 4】國原院 TW-ORIS 平台首頁於 6 月 19 日上線精進版，提供民眾更清楚之資訊。亦於資訊平台之網頁中納入 30 張科普化圖卡、Q&amp;A 資料、3 支影片，另於 112 年 4 月 30 日至 5 月 1 日於花蓮縣立花崗國中舉辦「原子 go 探險趣」+「行動科教館」科普展，透過互動體驗的方式輕鬆了解原子能科技的知識與應用。而為因應日本於 8 月 24 日開始排放含氚處理</p> |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                       |                                                         |                                                                    |                                                                                                                                          |
|-----------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |                                                         |                                                                    | <p>水，即時於資訊平台之網頁中納入跨部會輻射監測整合儀表板、一週擴散預報概述、日本東電排放即時資訊（連接至IAEA網站）。資訊平台於112年三月起召開資訊公開協調討論會議共計11場，並依照團隊協調成果，於5月19日正式上線營運，截至目前瀏覽人次已超過15萬餘人。</p> |
|                       | <p>【目標4】持續進行臺灣東北部、東部、東南部以及西南部海域等6個生態系採樣點調查。</p>         | <p>【目標4 關鍵成果1】建立臺灣海域沿岸生態核污染採樣調查方法，並完成沿岸生態系代表性生物物種採樣調查年度報告至少1份。</p> | <p>【目標4 關鍵成果1】於3月、5月、8月及11月份分別完成石門、龍洞與磯崎等3個生態系及宜蘭大溪、屏東東港與台東成功等3個漁港第一季、第二季、第三季及第四季生物樣本採樣及鑑種作業。並完成沿岸生態系代表性生物物種採樣調查報告。</p>                  |
| <p>第二年<br/>(113年)</p> | <p>【目標1】完成年度之海水、浮游動物及漁獲物取樣工作，海水送偵測中心檢測氚，其他樣本由國家原子能科</p> | <p>【目標1 關鍵成果1】取得臺灣海域海水樣品至少320件並完成氚含量分析，產出年度臺灣海域海水氚輻射分</p>          | <p>【目標1 關鍵成果1】完成海水樣品取樣及氚含量分析437件及彙整113年臺灣海域海水氚輻射分析與</p>                                                                                  |

|  |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>技研究院或第三方實驗室進行放射性核種濃度分析，提供科學監測數據，以供相關部會採行因應作為之依據；依照關鍵群體及關鍵曝露途徑之劑量分析結果定出對應活度濃度之關鍵海域安全限值，並完成建置水質處理設備 1 套及水樣處理試驗。</p> | <p>析與評估報告 1 份。</p> <p>【目標 1 關鍵成果 2】完成至少 300 件漁獲物氚檢測。</p> <p>【目標 1 關鍵成果 3】依照關鍵群體及關鍵曝露途徑之劑量分析結果完成對應 1mSv/y 之劑量轉換研析報告 1 份，並建議監測「異常指標」。</p> <p>【目標 1 關鍵成果 4】為建置海水中可運作之連續氚監測系統，完成水質純化處理試驗，使純化後水質純度符合需求(導電度低於 50 <math>\mu</math>S/cm)。</p> | <p>評估報告 1 份結果。</p> <p>【目標 1 關鍵成果 2】完成 528 件漁獲物氚檢測，檢測結果皆小於 MDA，無輻射異常。</p> <p>【目標 1 關鍵成果 3】針對海洋監測常見氚、銫-134、銫-137 及銥-90 核種，推導核種於海水中之活度濃度建議值作為監測異常指標，當此核種於海水中之活度濃度達建議值時，其造成個人於所有曝露途徑下之最大有效劑量會達到法定個人有效劑量 1 mSv/a 之劑量限度。</p> <p>【目標 1 關鍵成果 4】建立批次自動系統，完成設計機械手臂輔助液體樣品輸送及系統整合，亦使純化後水質純度符合需求(導電度低於 50 <math>\mu</math> S / c m )。</p> |
|  | <p>【目標 2】持續瞭解輸入水產動物類及藻類中放射性核種氚監測值，並以含氚核種海水養殖海</p>                                                                    | <p>【目標 2 關鍵成果 1】完成至少 100 件邊境輸入水產動物類及藻類中放射性核種氚檢測。</p>                                                                                                                                                                                  | <p>【目標 2 關鍵成果 1】完成 300 件邊境輸入水產動物類及藻類中放射性核種氚檢測(含</p>                                                                                                                                                                                                                                                                          |



|  |                                                                   |                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                    |
|--|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>水生物，評估有機氚累積活度及各種影響因子；建立海水生物取樣放射性活度分析技術。</p>                    | <p>【目標 2 關鍵成果 2】完成養殖之海水生物有機氚累積活度及各種影響因子，並進行海水生物取樣及其放射性活度分析。</p>                                                                                   | <p>生物氚量能擴充計畫)，分析進度為 100%，檢測結果皆小於 MDA，無輻射異常。</p> <p>【目標 2 關鍵成果 2】進行魚類及藻類累積試驗，並完成海水生物養殖規模擴增及養殖設備維護；亦完成魚類生物氚 TFWT 的累積、代謝試驗取樣及分析，並持續進行藻類的累積試驗。</p>                                                     |
|  | <p>【目標 3】透過國際合作驗證海流預報作業系統結果的可信度，提供每天的例行化預報結果，同時發展小尺度劑量流體擴散模式。</p> | <p>【目標 3 關鍵成果 1】強化放射性物質海洋傳輸擴散模式以完善該放射性物質衝擊潛勢分析及示警系統。</p> <p>【目標 3 關鍵成果 2】福島核電廠含氚處理水海洋傳輸擴散預報作業化系統運維、趨勢統計分析與海流預報作業化系統的年度校驗分析。</p> <p>【目標 3 關鍵成果</p> | <p>【目標 3 關鍵成果 1】強化放射性物質海洋傳輸擴散模式以完善該放射性物質衝擊潛勢分析及示警系統，並完成臺灣海峽洋流擴散模式 2 年歷史案例運跑。</p> <p>【目標 3 關鍵成果 2】含氚處理水擴散預報模式皆正常產出，擴散結果透過每週更新之一週擴散預報概述，提供擴散趨勢分析，已完成海流模式與放射性物質海洋傳輸擴散模式校驗系統及分析。</p> <p>【目標 3 關鍵成果</p> |

|                                                                                                                |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                | <p>3】結合日本放流形式及地形，運跑初步小尺度計算流體力學模式沿岸放流案例 1 個。</p> <p>【目標 3 關鍵成果 4】以氫水排放議題參與或舉行至少 1 場科普展覽，並設計新媒體圖卡、影片，實體及網路加總至少提升相關資訊之觸及率 20000 人次/年。</p> | <p>3】依據日本實際排放及監測資料，完成日本含氫廢水排放案例比對，並完成研究報告及完成部分噴流案例計算。</p> <p>【目標 3 關鍵成果 4】已經於 113 年 4 月 13 日(六)，於雲林縣古坑鄉綠色隧道驛站舉辦「核安總動員科技樂無限」原子能科技科普展，以及於 10 月 5~6 日於新竹縣立體育館再次舉辦原子能科技科普展。113 年度單年瀏覽人次為 25 萬餘人，表現遠超預期。</p> |
| <p>【目標 4】本子項配合前子項（子項 3）擴散預報模式模擬結果，持續針對最早可能受影響的區域，持續進行臺灣東北部、東部、東南部以及西南部海域等 6 個生態系採樣點調查，並進行生物樣本之食物鏈食性位階查詢探討。</p> | <p>【目標 4 關鍵成果 1】完成臺灣海域沿岸生態系代表性生物物種採樣調查年度報告至少 1 份及完成生物樣本於食物鏈中食性位階查詢結果。</p>                                                              | <p>【目標 4 關鍵成果 1】國海院完成石門、龍洞及磯崎等 3 個生態系及宜蘭大溪、屏東東港與台東成功等 3 個漁港 4 季之沿岸生態系代表性生物物種採樣、分析、鑑種，食性位階分析。並完成沿岸生態系代表性生物物種採樣調查報告。144 件生物樣本生物氫的檢測結果皆小於</p>                                                              |

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |            |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------|
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  | MDA，無輻射異常。 |
| 第三年<br>(114 年) | <p>【目標 1】完成年度之海水、浮游動物及漁獲物取樣工作，海水送偵測中心檢測氚，其他樣本由國家原子能科技研究院或第三方實驗室進行放射性核種濃度分析，提供科學監測數據，以供相關部會採行因應作為之依據；依照計畫之資訊傳遞評估指標滾動修正，並依照劑量評估結果定出境外海洋輻射事件之跨部會對應標準流程，並完成建置氚活度濃度之連續監測系統 1 套及含氚淡水試樣活度濃度驗證。</p> <p>【目標 2】持續瞭解輸入水產動物類及藻類中放射性核種氚監測值，並以不同無機氚活度海水評估海水生物體內之有機氚累積活度及其影響因子；建立現場與實驗室低微放射性量測技術。</p> |  |            |

|                        |                                                                                                                                                                                |  |  |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|                        | <p>【目標 3】強化放射性物質海洋傳輸擴散模式及精進海流作業模式，發展小尺度/大尺度介接系統。</p> <p>【目標 4】本子項配合前子項（子項 3）擴散預報模式模擬結果，持續針對最早可能受影響的區域，持續進行臺灣東北部、東部、東南部以及西南部海域等 6 個生態系採樣點調查，並依照生物樣本於食物鏈之食性位階，進行生物累積效應關聯性探討。</p> |  |  |
| <p>第四年<br/>(115 年)</p> | <p>【目標 1】完成年度之海水、浮游動物及漁獲物取樣工作，海水送偵測中心檢測氚，其他樣本由國家原子能科技研究院或第三方實驗室進行放射性核種濃度分析，提供科學監測數據，以供相關部會採行因應作為之依據；依照計畫之資訊傳遞評估指標滾動修正。透過假想案例測試境外海洋輻射事件之跨部會對應標準流程，並依照</p>                       |  |  |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>各部會之反饋調整內容，並完成含氡海水試樣活度濃度驗證。</p> <p>【目標 2】瞭解國人食用水產動物類及藻類放射性核種氡之健康風險危害情形，並建立海水水質對生物體劑量累積及有機氡濃度變化趨勢模型，推估海水生物受輻射之影響。</p> <p>【目標 3】完善放射性物質衝擊潛勢分析及示警系統，建立擁有小尺度前端項的精準擴散預報及示警例行化系統。</p> <p>【目標 4】本子項配合前子項（子項 3）擴散預報模式模擬結果，持續針對最早可能受影響的區域，持續進行臺灣東北部、東部、東南部以及西南部海域等 6 個生態系採樣點調查，並綜整先前研究成果，進行生態系衝擊評估。</p> |  |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

註：年度計畫目標達成情形（含重大效益）請依目標簡要說明進展或重要成果。若有未達成、未完全達成或其他需要說明或圖示之處，請於下方填寫。

說明：

### 三、 主要工作項目推動具體成果(請填寫累積成果)

主要工作項目成果條列如下：

1. 完成海水樣品取樣及氡含量分析 437 件及彙整 113 年臺灣海域海水氡輻射分析與評估報告 1 份結果。
2. 完成 528 件漁獲物氡檢測，檢測結果皆小於 MDA，無輻射異常。
3. 完成境外海洋輻射事件之各年齡群體內與體外曝露途徑劑量評估。
4. 建立批次自動系統，完成設計機械手臂輔助液體樣品輸送及系統整合，亦使純化後水質純度符合需求(導電度低於 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )。
5. 完成 300 件邊境輸入水產動物類及藻類中放射性核種氡檢測(含 200 件生物氡量能擴充計畫)，分析進度為 100%。
6. 進行魚類及藻類累積試驗，並完成海水生物養殖規模擴增及養殖設備維護；亦完成魚類生物氡 TFWT 的累積、代謝試驗取樣及分析，持續進行藻類的累積試驗。
7. 強化放射性物質海洋傳輸擴散模式以完善該放射性物質衝擊潛勢分析及示警系統，並完成臺灣海峽洋流擴散模式 2 年歷史案例運跑。
8. 含氡處理水擴散預報模式皆正常產出，擴散結果透過每週更新之一週擴散預報概述，提供擴散趨勢分析，已完成海流模式與放射性物質海洋傳輸擴散模式校驗系統及分析。
9. 依據日本實際排放及監測資料，完成日本含氡廢水排放案例比對，並完成研究報告及完成部分噴流案例計算。
10. 已經於 113 年 4 月 13 日(六)，於雲林縣古坑鄉綠色隧道驛站舉辦「核安總動員科技樂無限」原子能科技科普展，以及於 10 月 5~6 日於新竹縣立體育館再次舉辦原子能科技科普展。113 年度單年瀏覽人次為 25 萬餘人，表現遠超預期。
11. 國海院完成石門、龍洞及磯崎等 3 個生態系及宜蘭大溪、屏東東港與台東成功等 3 個漁港 4 季之沿岸生態系代表性生物物種採樣、分

析、鑑種，食性位階分析。144 件生物樣本生物氚的檢測結果皆小於 MDA，無輻射異常。

其整體之成果分類綜整如下：

#### **強化監測：**

1. 開發生物氚檢測技術、建立國內第一家生物氚檢測實驗室、精進水樣氚分析檢測技術、辦理生物氚實驗室間能力比對試驗，並建立跨部會合作海域輻射監測機制，系統化執行我國全方位海域輻射監測，完成包括臺灣周圍海域、近海及遠洋漁場、邊境輸入水產品等大範圍的海水、漁獲物、水產食品、海域生態樣品之氚含量分析檢測，112 年與 113 年分別完成 4270 件與 4616 件海域各式樣本分析，並於 114 年規劃執行 4756 件取樣分析，為我國海域環境、國人食魚安全把關。
2. 在生物代謝研究方面，本計畫成立國內首間海水氚及生物氚養殖試驗場，透過氚水養殖實驗顯示，本土代表性魚種黃錫鯛攝入海水中氚核種之無機氚濃度(TFWT)會於 1 天內達成平衡，與海水中的氚濃度比例約為 0.9，為延伸至未來國內漁產代謝參數之建立與應用，打下基礎。

#### **源頭掌握：**

1. 嚴密掌握日本源頭排放資訊，於 112 年 10 月底透過第九屆台日核能管制資訊交流會議第四次赴日本福島實地掌握現況及於 113 年 5 月籌組跨部會專家觀察團第五度赴日，並分別於 113 年 1 月、7 月與 8 月與日方召開視訊交流會議，自 110 年起共累計 23 次，以掌握日本源頭排放與監測規劃等最新資訊。此外，核安會亦依日本排放作業及時發布「我國因應日本含氚廢水排放配套措施進度說明」(截至 114 年 1 月共發布 28 則)，將相關資訊公開於核安會官網及「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」，讓民眾可即時掌握最新資訊。

2. 透過與日本相關機構的交流，掌握對福島含氚廢水廢水排放的即時動態。藉由源頭掌握監督日本的排放程序，確保其符合國際標準，並即時更新相關數據和訊息，以便迅速採取應對措施。

#### **擴散預報：**

1. 於 112 年 8 月 24 日日本排放開始同步啟動「每日預報」，仿照天氣預報與沙塵暴預警方式，依據日本實際排放狀況，提供未來 7 天之擴散預報，並依海流實際擴散方向，由日本福島至臺灣海域選定 5 大關注區域，提供日本排放含氚廢水於北太平洋海域的濃度分佈與評估最大氚濃度值，供民眾預為掌握日本排放對臺灣海域可能的擴散影響。
2. 透過先進的海洋擴散模型和氣象預報系統，建立即時預報和示警機制，確保對放射性物質擴散的準確預測，以降低對我國漁業和海洋環境的潛在影響。

#### **資訊公開：**

1. 建立了透明的資訊公開平台「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」，作為日本含氚廢水排放資訊正確傳遞的重要窗口，時時更新監測數據和擴散預報，並針對網站操作面持續進行優化，親民友善呈現更多資訊，落實資訊公開，並持續精進。於 112 年新增快捷功能：「跨部會輻射監測整合儀表板」每週更新供民眾一次掌握海水、漁獲物與日本輸入食品之輻射監測結果；「一週擴散預報概述」向民眾摘述未來一週海流狀況、日本含氚廢水整體擴散趨勢與對我國海域的影響；「國際監測資訊即時看」整合 IAEA 對日本排放作業的即時監控資訊，與國際同步掌握日本最新排放狀況；另資訊平台於 113 年新增 107 點歷史趨勢功能，方便民眾快速瞭解各海水監測點位最新分析結果與監測結果的變動趨勢。



## 貳、經費執行情形

### 一、 全程經費(由系統加總)

單位：千元；%

| 總預算數<br>(A) |            |            | 總實支數<br>(B) | 總節餘數<br>(C) | 總執行數<br>(D=B+C)  | 達成率(%)<br>(E=D/A)   |              |
|-------------|------------|------------|-------------|-------------|------------------|---------------------|--------------|
| 447,326     |            |            |             |             |                  |                     |              |
| 各年度         | 預算數<br>(F) | 實支數<br>(G) | 節餘數<br>(H)  | 保留數<br>(I)  | 年度執行數<br>(J=G+H) | 年度達成率(%)<br>(K=J/F) | 決算數<br>(G+I) |
| 112         | 102,690    | 102,465    | 225         | 0           | 102,690          | 100                 | 102,465      |
| 113         | 92,320     | 92,120     | 200         | 0           | 92,320           | 100                 | 92,120       |
| 114         | 124,938    |            |             |             |                  |                     |              |
| 115         | 127,378    |            |             |             |                  |                     |              |

## 二、 年度經費(由系統填寫)

單位：千元；%

|           | 113 年度     |            |            |               |        |              | 備註 |
|-----------|------------|------------|------------|---------------|--------|--------------|----|
|           | 預算數<br>(a) | 初編決算數      |            |               | 節餘數(e) | 執行率<br>(d/a) |    |
|           |            | 實支數<br>(b) | 保留數<br>(c) | 合計<br>(d=b+c) |        |              |    |
| 總計        | 92,320     | 92,120     | 0          | 92,120        | 200    | 99.78%       |    |
| 一、經常門小計   | 53,779     | 52,698     | 0          | 52,698        | 200    | 97.99%       |    |
| (1)人事費    | 3,058      | 3,058      | 0          | 3,058         | 0      | 100.00%      |    |
| (2)材料費    | 13,182     | 12,401     | 0          | 12,401        | 11     | 94.08%       |    |
| (3)其他經常支出 | 37,539     | 37,239     | 0          | 37,239        | 189    | 99.20%       |    |
| 二、資本門小計   | 38,541     | 39,422     | 0          | 39,422        | 0      | 102.29%      |    |
| (1)土地建築   | 0          | 0          | 0          | 0             | 0      | 0            |    |
| (2)儀器設備   | 18,141     | 18,542     | 0          | 18,542        | 0      | 102.21%      |    |
| (3)其他資本支出 | 20,400     | 20,880     | 0          | 20,880        | 0      | 102.35%      |    |

註：

1. 初編決算數：因績效報告書繳交時，審計機關尚未審定 113 年度決算，故請填列機關初編決算數。
2. 實支數：係指工作實際已執行且實際支付之款項，不包含暫付數。
3. 保留數：係指因發生權責關係經核准保留於以後年度繼續支付之經費。
4. 預算數：原則填寫法定預算數，如立法院尚未通過總預算，則填寫預算案數。
5. 執行率：係指決算數佔預算數之比例

6. 節餘數：係指執行政府節約措施、辦理招標、匯率變動或工程完工，致經費節餘未辦理保留者。

## 1. 經費支用說明

(請簡扼說明各項經費支用用途，例如有高額其他經費支出，宜說明其用途；或就資本門說明所採購項目及目的等。)

詳如下一頁的資本門主要採購之設備或儀具之使用情形表格內容所示。

經費支用，年累計分配數為 92,320 千元(經常門分配 53,779 千元、資本門 38,541 千元)，年分配經費執行率及年計畫經費執行率都分別為經常門 98.0%、資本門 102.3%；總體計畫之年度經費執行率為 100%。

## 2. 經費實際支用與原規劃差異說明

(如有執行率偏低、保留數偏高、經資門流用比例偏高等情形，均請說明。)

經常門與資本門間之流用主要係中央氣象署應執行計畫所需，逐年開發、建置及擴充軟體系統，流用 568 千元至資本門，購置相應資訊硬體設備以維持足量的運算資源。另輻射偵測中心因氬分析實驗需求，添購氬前處理分析用電子分析天平、生物氬分析用冷凍櫃、恆溫烘箱、真空顯示器，並汰換實驗室用吊櫃、工作桌及系統櫃等，以利實驗室運作，故流用 313 千元至資本門。。

補充說明資本門主要採購之設備或儀具，及其使用情形，如下表：

| 設備或儀具名稱           | 採購金額<br>(千元) | 使用情形                        | 機關名稱       |
|-------------------|--------------|-----------------------------|------------|
| 廢海水處理系統           | 1,170        | 用於海水養殖，以完成氘在生物體內之代謝研究       | 國家原子能科技研究院 |
| 015F 館在線式不斷電系統    | 1,390        | 用於海水養殖，以完成氘在生物體內之代謝研究       |            |
| 小型自動化機械手臂含編程及系統整合 | 1,100        | 用於水體中氘活度濃度之批次自動監測           |            |
| 超低背景液體閃爍計數器       | 7,050        | 用於氘核種檢測                     |            |
| 海域擴散海洋資訊平台網頁精進    | 1,520        | 用於放射性物質海洋擴散例行作業化系統整合        |            |
| 液體閃爍計電源供應器        | 170          | 用於氘核種檢測                     | 輻射偵測中心     |
| 自動化定時定量液體連續採樣器    | 470          | 取樣設備之一                      |            |
| 冷凍乾燥設備            | 250          | 用於樣本前處理設備之一                 |            |
| 真空顯示器、恆溫烘箱        | 111          | 用於樣本前處理設備之一                 |            |
| 電子分析天平、生物氘分析用冷凍櫃  | 57           | 用於樣本前處理設備之一                 |            |
| 手提式水質測定器          | 139          | 用於計畫中生態系調查採樣過程中之環境因子偵測及記錄用。 | 國家海洋研究院    |
| 液相/氣相二氧化碳濃度計      | 88           | 用於計畫中生態系調查採樣過程中之環境因子偵測及記錄用。 |            |
| 高精準定溫烘箱           | 139          | 用於相關器具清洗後烘乾用。               |            |
| 球磨均質機             | 405          | 用於計畫中生物樣本前處理。               |            |

|                    |        |                                                                                         |       |
|--------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 均質粉碎機              | 212    | 用於計畫中生物樣本前處理。                                                                           |       |
| 資訊硬體費用             | 865    | 預報作業相關資訊硬體                                                                              | 中央氣象署 |
| 海洋傳輸擴散自動化作業之程式系統開發 | 16,703 | 用於精進福島核電廠放射性廢水海洋傳輸擴散預報作業化系統、海流模式相關模組開發建置、放射性物質海洋傳輸擴散模式相關模組開發建置、放射性物質衝擊潛勢分析及示警系統相關模組開發建置 |       |

## 參、成果之價值與貢獻度（請上傳累積成果）

（請說明計畫執行至今所達成之主要成果之價值與貢獻，亦即請填寫起始年累積至今之主要成就及成果之價值與貢獻度。）

### 一、學術成就(科技基礎研究)

1. 本項計畫之海域生態系調查結果，極具研究發表之潛力，亦可向國際傳達福島含氚廢水排放對於我陸域國土鄰近海域的海水和生物核輻射背景值在氚水排放前後的變化。相關資料可除向國際展示，亦可進一步協助國際原子能總署（IAEA）在評估全球輻射影響的同時獲得更完整的資訊。
2. 本項計畫之洋流模擬技術、生物氚檢測技術、氚連續監測、生態養殖等項目，國內皆為重要且新穎的技術發展，具有一定的學術價值，透過與學術單位的合作持續發展技術，為國內學術研究與人才培育持續注入量能。
3. 本項計畫執行透過與學界單位之研究，強化各項工作之人才培育，如農業部漁業署之採樣、衛福部之採樣及風險溝通等皆由該部會委由學術單位合作執行，並以專業團隊之角度回饋至例行的工作項目當中。
4. 本計畫成立國內首間海水氚及生物氚養殖試驗場，透過氚水養殖實驗顯示，魚體內攝入海水中氚核種之無機氚濃度(TFWT)會於 1 天內達成平衡，與海水中的氚濃度比例約為 0.9，為延伸至未來國內漁產代謝參數之建立與應用，打下基礎。

### 二、技術創新(科技技術創新)

1. 完成海流模式與放射性物質海洋傳輸擴散模式校驗系統，並開發每日例行作業化擴散預警系統，顯示關注區域的七天濃度預報結果，為環太平洋含氚廢水排放影響的國家中，首先提出相關模擬分析技術，並於日本 112 年 8 月 24 日正式排放後正式上線。

2. 本計畫研發生物氚分析方法並協助食藥署公開食品中氚之檢驗方法，進而輔導國內其他實驗室建置國內生物氚檢測實驗室，提升整體生物氚檢測量能至每年 2000 件以上，並完成生物氚能力比對試驗，各實驗室均通過比對試驗要求，可提供具有品質之生物檢測服務，共同守護海域水產食品安全。

### 三、經濟效益(經濟產業促進)

1. 守護漁業、降低漁業的風評影響：本計畫規劃於子項一海域重要漁場水質與洄游魚種輻射安全評估研究中，進行臺灣海域水體輻射濃度安全監測、水產漁業及海域輻射安全、國際海洋污染緊急應變機制研究。於進行臺灣周邊海域測點海水取樣與放射性核種分析，可有效監控日方排放福島含氚廢水造成之漁場、漁產品影響，以科學數據降低對漁業之衝擊。
2. 海洋輻射意外事故應變技術發展，強化災防預警，降低海洋經濟損失：本計畫子項三建置之海洋放射性物質擴散預警系統不單只針對日本含氚廢水排放事件，未來對中國沿岸核電廠的可能放射性物質排放事件或國際間任何的海釋放射性物質污染擴散皆可延伸技術價值，建置應變能力，提升災害應對之量能，進一步降低海洋經濟損失。
3. 根據我國漁業署公開之漁業統計年報顯示，110 年、111 年、112 年之遠洋、近海與沿岸漁業漁產值總計分別為 45,741,595 千元、48,645,953 千元與 52,550,749 千元，顯示自日本政府於 110 年宣布 2 年後將採海洋排放方式處置福島第一核電廠儲存之含氚廢水，對我國漁業經濟未造成影響。本計畫將持續透過跨部會合作嚴密監控，持續執行海水與漁獲之取樣監測，以降低對我國漁業的風評影響。

### 四、社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)

1. 確保食安、落實「食安五環」政策：行政院自 105 年起即陸續推動「食安五環」重大政策至今，確保國人健康。藉由本計畫子項一進行漁獲物

氚檢測、子項二建立抽驗及氚核種檢測程序，進行水產動物類及藻類氚核種監測，以確保食品安全。

2. 精進放射性物質海洋擴散衝擊潛勢每日預警，完善應對整備：本計畫承續前期計畫建置之大區域流場之衝擊潛勢分析技術，於本計畫子項三海域放射性物質排放事件例行化預報及異常排放示警處理研究中，建立預報作業化系統，於資訊公開平台之網頁中提供每日預警，以供國內包含核安會、農業部、經濟部等各相關部會可及早因應，同時針對災害應變之人員編制、資源盤點做出準備，提升應變人員之處置時間，強化應變人員之訓練。
3. 日本含氚廢水排放與政府應對相關之資訊公開，解決民眾疑慮：以民眾需求出發，透過科普展覽與社群媒體等多元管道公開日本含氚廢水排放與政府應對相關資訊。我國海域監測結果的資訊公開，係依部會職掌分工執行。海水監測結果，由核安會彙整並公開於「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」，漁獲監測結果由漁業署公開於其官網之「水產檢驗」項下之「輻射專區」，日本進口水產食品監測結果由食藥署公開於其官網之「日本食品管理工作專區」項下之「最新食品輻射監測專區」。漁業署及食藥署於其官網專頁公開之內容包含採樣日期、採樣漁港、樣品名稱(如鬼頭刀、鯖魚等)，檢測核種與含量等資訊。為利民眾可快速查詢前述食品與樣本之監測結果，並於「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」建置「漁產監測」與「日本進口食品」之快捷專區，方便民眾連結瀏覽。並於資訊平台建置每週更新之「跨部會輻射監測整合儀表板」，方便民眾一次掌握海水、漁獲與日本進口食品之監測結果。以進一步降低民眾對於福島含氚廢水排放的恐慌及食用安全疑慮。
4. 本計畫由核安會與衛福部、農業部、海委會的跨部會合作，強化輻射監測作業，執行海水、漁產、環境生態樣品及日本進口食品之取樣檢測。112 年與 113 年分別完成 4270 件與 4616 件海域各式樣本分析，並於 114



年規劃執行 4756 件取樣分析。未來亦將持續進行漁產及海水監測，並將監測結果與日本排放前建立的背景資料庫進行比對分析，據以滾動調整監測計畫。這些監測活動不僅保證了食品和环境的安全，還增強了公眾對政府應對措施的信心。

#### **五、其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導等)**

1. 本計畫持續透過國際資訊交流、參與國際研討會以及與日本政府、東京電力公司、大學學者互相交流等，提升臺灣相關技術、資訊與國際等同，亦同時提升臺灣於國際間的能見度。特別是本計畫之中小尺度擴散模型其依據東京電力公司之 ROMS 氬水排放模型，開發 FLOW3D 程式進行排放口周緣地區之中小尺度擴散模型；該模型使用之邊界條件如地形網格等，皆透過與日本東電研之國際合作方式進行。
2. 通過與日本政府及相關國際機構的聯繫和協作，確保對福島含氬廢水廢水排放的動態掌握。源頭管制措施包括監督日本的排放程序，確保其符合國際標準，並即時更新相關數據和信息，以便迅速採取應對措施。
3. 另為提升本計畫之國際學術代表性，於 113 年 5 月由共組跨部會專家團前往日本，拜訪擴散模擬之專家學者，達成後續合作交流之共識，並針對本計畫的例行化預報模式、海氣耦合系統進行深入探討，讓台灣的海洋模式發展更推向國際。

## 肆、檢討與展望（請上傳累積成果）

### 一、計畫執行困難與因應對策

### 二、計畫執行可改善事項或後續可精進處

本計畫之亮點及重大突破如下表所述。

| 成果面向 | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 計畫亮點 | <p><b><u>舉辦國內首次生物氚檢測實驗室能力比對：</u></b><br/>為確保全國生物氚檢測實驗室的檢測水準及品質，國原院於今(113) 年 5 月舉辦國內首次生物氚檢測實驗室間能力比對試驗，依據國原院生物氚檢測作業期間常見試樣型態，選定魚類做為本年度實驗室間比對試驗樣品，並依據食藥署公開之食品中氚之檢驗方法，針對魚體中的組織自由水氚(TFWT)進行氚活度的檢測及含水率分析，測試各實驗室執行生物氚檢驗之方法靈敏度與準確度，此次能力試驗共計四家實驗室參加，皆通過能力比對試驗要求，各實驗室並後續可並依此向 TAF 提出認證申請。</p> <p><b><u>建立國內第一間海水氚及生物氚養殖試驗場：</u></b><br/>為評估水產動物類及藻類中有機氚累積活度及各種影響因子，國原院以含氚核種海水來養殖海水生物，已經於 6 月 5 日進行養殖場之海水生物投氚作業，藉以觀察海水生物有機氚累積活度及各種影響因子。並於 6 月 20 日進行國原院海水氚及生物氚試驗場啟用典禮，俾共同為國內漁獲及食品做安全把關。</p> <p><b><u>TW-ORIS 海域擴散海洋資訊平台全新改版上線：</u></b><br/>整合新網站設計概念，保留含氚廢水重要之跨部會整合儀表板等重點功能，TW-ORIS 網站於 113 年 8 月全新改版上線，透過互動式網站、RWD(回應式網頁設計 Responsive Web Design)動態顯示等功能，強化網站資訊導覽，方便民眾快速取得資訊，並透過完善之後台權限分級管理，讓各部會直接參與網站之資料更新作業，提升網站更新效能，降低錯誤率，強化權責分配及管理。</p> |
| 其他成果 | <p><b><u>參與科普展覽推廣計畫成果：</u></b><br/>已於 113 年 4 月 13 日(六)，於雲林縣古坑鄉綠色隧道驛站舉辦「核安總動員科技樂無限」原子能科技科普展，參與展出並推廣海洋資訊平台。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 重大突破 | <p><b><u>因應各界關注議題，將本計畫之擴散模組擴大應用至臺灣海峽：</u></b><br/>因應未來臺灣周遭國家核電廠排放模擬需求，已建置粒子多點布放功能，及進行多點釋放模擬測試。並完善臺灣周圍海域網格、進行臺灣海峽洋流擴散模式 2 年歷史案例運跑，以假想排放情況初步判斷臺灣海峽海流</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

而本計畫成果為 112~115 年國家海域放射性物質擴散預警及安全評估應對計畫中程科技發展計畫之第 2 年，後續將依中程綱要科技發展計畫之計畫規劃持續並隨著研究成果隨時進行精進與調整。例如，本年度亦將研發之擴散預警技術嘗試初步擴展至臺灣海峽。而隨著海域計畫分階段建置的專業技術，將規劃於 116~119 年研擬規劃國家海域放射性物質污染監控韌性網，主要係因中國擴展核電速度太快，可能在安全和監管上出現漏洞，且由於其政治環境和資訊不透明，外界難以得知安全是否達標及對監管機構的獨立性產生疑慮；此中國大陸核電廠之海洋擴散議題，受到民眾及立院委員關切。故本計畫團隊將進行跨域專業合作持續監控，藉由前瞻科研來建立防禦韌性網。

## **伍、其他補充資料**（請上傳累積成果）

### **一、跨部會協調或與相關計畫之配合**

本計畫由核安會與衛福部、農業部、海委會的跨部會合作，強化輻射監測作業，執行海水、漁產、環境生態樣品及日本輸臺水產品進口食品之取樣檢測。113 年度已進行臺灣海域海水樣品之 437 件採樣及海水氚檢測工作；完成 528 件漁獲物(臺灣沿近海 387 件、遠洋秋刀魚 91 件、遠洋鮪鰭鯊 30 件、浮游動物 20 件)氚收樣及檢測工作(含生物氚量能擴充計畫)。跨部會間每月進行進度管理會議進行計畫進度及預算之管考並彼此業務間之協調，以確保計畫執行上精準無誤；未來亦將持續進行漁產及海水監測，並將監測結果與日本排放前建立的背景資料庫進行比對分析，據以滾動調整監測計畫。這些監測活動不僅保證了食品和環境的安全，還增強了公眾對政府應對措施的信心。

### **二、大型科學儀器使用效益及共用分享機制說明**

(本計畫若有編列經費購買、維運之大型科學儀器，請簡述經常性作業名稱、儀器用途、實際使用情形、使用效益...等。)

### **三、其他補充說明**(分段上傳)

本計畫為因應日本福島核能電廠以 ALPS 處理後含氚廢水之排放，基於政府應對日本排放作業所採取的四配套措施，從源頭管制、強化監測、擴散預報、資訊公開等面向進行技術開發，相關成果及應用討論將分別於以下章節述明。

## **計畫執行成果**

### **子項計畫一：海域重要漁場水質與洄游魚種輻射安全評估研究**

#### **【子項計畫一/研究計畫一：臺灣海域海水取樣及氚分析作業】**

研究計畫一為臺灣海域海水取樣及氚分析作業，考量臺灣地理位置、洋流流

向、海域分布、沿岸近海遠洋與深層分布之監測資料及實驗室分析量能等相關因素，偵測中心於臺灣周邊海域擇定具代表性 107 個監測點，並執行 414 件海水樣品之氡分析，另於北太平洋公海海域取樣 23 件海水樣品進行氡分析，全年總計 437 件，取樣件數及負責單位詳如表 1-1。取樣位置及頻次如表 1-2 至表 1-6 及圖 1-1，說明如下：

1. **沿岸漁港：**為我國沿岸及漁港取樣點，包含高雄西子灣、嘉義東石漁港、彰化王功漁港、新竹南寮漁港、基隆八斗子漁港、宜蘭南方澳漁港、花蓮港、臺東成功漁港、臺東大武漁港等，共計 9 點，目的為監測臺灣本島沿岸漁港海水輻射量。
2. **臺灣南北端沿岸：**為我國南北核電廠周圍地區沿岸取樣點，包含石門、野柳、金山、南灣、白沙及 3 個核電廠之進水口與出水口等，共計 11 點，目的為監測核電廠周圍地區沿岸海水輻射量。
3. **離島沿岸：**為我國離島地區沿岸取樣點，包含東引、南竿、金門、澎湖、東沙、南沙等，共計 6 點，由海洋委員會海巡署協助取樣，目的為監測臺灣西側海域海水輻射量。
4. **臺灣周圍漁場：**為農業部水產試驗所執行臺灣周邊海域漁場環境監測之 62 個固定測站，取樣點分布於臺灣本島四周，由水產試驗所協助取樣，目的為監測臺灣周圍漁場海水輻射量。
5. **近海海域：**為臺灣及離島近海海域取樣點，包含龜山島、臺灣東北角外海、旗津、核三廠出水口右側、主要溪流出海口外 4 海浬及離島海域等 18 點，由海洋委員會海洋保育署協助取樣，目的為監測臺灣近海海域海水輻射量。
6. **黑潮海域：**為黑潮主流及支流流經區域之取樣點，包含臺灣東北外海 1 點，由海洋委員會海巡署協助取樣表層海水，另由臺灣周圍漁場 62 點中選定貢寮龍洞外海、小琉球外海及蘭嶼外海等 3 個代表點位，由農業部水產試驗所協助取樣表層及深層海水，目的為監測黑潮主流及支流海水輻射量。

表 1-1 113 年海水氚執行件數統計。

| 單位      | 計畫件數               | 執行件數 |
|---------|--------------------|------|
| 輻射偵測中心  | 86 <sup>註 1</sup>  | 106  |
| 海委會海巡署  | 13                 | 13   |
| 海委會海保署  | 36                 | 37   |
| 農業部水試所  | 220 <sup>註 2</sup> | 233  |
| 農業部漁業署  | 12                 | 23   |
| 國研院海洋中心 | 0                  | 25   |
| 合計      | 367                | 437  |

註 1：臺灣南北端海域 44 件、沿岸 9 大漁港 36 件及黑潮海域 6 件(中心委託水試所取樣)

註 2：農業部水試所加強監測 220 件。因水試所試驗船船期延期，上半年只能以租用漁船代替。

表 1-2 沿岸 9 大漁港及臺灣南北端海域之監測點及座標表(輻射偵測中心)

| 海域           | 編號   | 位置       | 經度       | 緯度      | 取樣深度 | 監測頻次 |
|--------------|------|----------|----------|---------|------|------|
| 臺灣南北<br>端海域  | R-11 | 核一廠入水口   | 121.6061 | 25.2824 | 表層   | 1/季  |
|              | R-12 | 核一廠出水口右側 | 121.5916 | 25.2910 | 表層   | 1/季  |
|              | R-13 | 石門       | 121.5679 | 25.2952 | 表層   | 1/季  |
|              | R-14 | 核二廠入水口   | 121.6789 | 25.2021 | 表層   | 1/季  |
|              | R-15 | 核二廠出水口右側 | 121.6617 | 25.2077 | 表層   | 1/季  |
|              | R-16 | 金山海水浴場   | 121.6467 | 25.2302 | 表層   | 1/季  |
|              | R-17 | 野柳       | 121.6929 | 25.2031 | 表層   | 1/季  |
|              | R-18 | 核三廠入水口   | 120.7537 | 21.9557 | 表層   | 1/季  |
|              | R-19 | 核三廠出水口右側 | 120.7449 | 21.9325 | 表層   | 1/季  |
|              | R-10 | 白沙       | 120.7195 | 21.9395 | 表層   | 1/季  |
|              | R-20 | 南灣       | 120.7664 | 21.9590 | 表層   | 1/季  |
| 沿岸 9 大<br>漁港 | R-1  | 高雄西子灣    | 120.2682 | 22.6175 | 表層   | 1/季  |
|              | R-2  | 嘉義東石漁港   | 120.1382 | 23.4530 | 表層   | 1/季  |
|              | R-3  | 彰化王功漁港   | 120.3239 | 23.9720 | 表層   | 1/季  |
|              | R-4  | 新竹南寮漁港   | 120.9245 | 24.8475 | 表層   | 1/季  |
|              | R-5  | 基隆八斗子漁港  | 121.7915 | 25.1446 | 表層   | 1/季  |
|              | R-6  | 宜蘭南方澳漁港  | 121.8684 | 24.5820 | 表層   | 1/季  |
|              | R-7  | 花蓮港      | 121.6244 | 23.9812 | 表層   | 1/季  |
|              | R-8  | 臺東成功漁港   | 121.4030 | 23.1595 | 表層   | 1/季  |
|              | R-9  | 臺東大武漁港   | 120.8971 | 22.3351 | 表層   | 1/季  |

- 備註： 1.取樣點座標僅供建議定位用，實際以取樣時的座標為準。  
2.表層為水下 0~5 公尺。  
3.避免隔月採為原則。

表 1-3 西側離島海域監測點及座標表(海委會海巡署)

| 海域         | 編號  | 位置   | 經度       | 緯度      | 取樣深度 | 監測頻次 |
|------------|-----|------|----------|---------|------|------|
| 西側離島<br>海域 | C-1 | 東沙   | 116.7000 | 20.8000 | 表層   | 1/半年 |
|            | C-2 | 南沙   | 114.2000 | 10.4000 | 表層   | 1/半年 |
|            | C-3 | 金門   | 118.5000 | 24.4000 | 表層   | 1/半年 |
|            | C-4 | 澎湖   | 119.7000 | 23.4300 | 表層   | 1/半年 |
|            | C-5 | 東引   | 120.6400 | 26.4700 | 表層   | 1/半年 |
|            | C-6 | 南竿   | 119.8700 | 26.0400 | 表層   | 1/半年 |
| 黑潮海域       | C-7 | 東北外海 | 124.0000 | 25.1333 | 表層   | 1/年  |

- 備註：1.取樣點座標僅供建議定位用，實際以取樣時的座標為準。  
2.表層為水下 0~5 公尺。  
3.採樣頻次為上半年及下半年各取樣 1 次，避免隔月採為原則。

表 1-4 臺灣及離島近海海域監測點及座標表(海委會海保署)

| 海域                | 編號   | 位置           | 經度        | 緯度       | 取樣深度 | 監測頻次 |
|-------------------|------|--------------|-----------|----------|------|------|
| 臺灣及離<br>島近海海<br>域 | O-1  | 龜山島          | 121.94341 | 24.82801 | 表層   | 1/半年 |
|                   | O-2  | 核四預定地外海      | 121.93877 | 25.04538 | 表層   | 1/半年 |
|                   | O-3  | 淡水河口外 4 海浬處  | 121.37085 | 25.20752 | 表層   | 1/半年 |
|                   | O-4  | 和平溪口外 4 海浬處  | 121.83391 | 24.29811 | 表層   | 1/半年 |
|                   | O-5  | 金門本島東側沿海     | 118.47518 | 24.43933 | 表層   | 1/半年 |
|                   | O-6  | 北竿東部沿海       | 120.01842 | 26.23645 | 表層   | 1/半年 |
|                   | O-7  | 東引北部沿海       | 120.47943 | 26.3951  | 表層   | 1/半年 |
|                   | O-8  | 客雅溪河口外 4 海浬處 | 120.83262 | 24.8063  | 表層   | 1/半年 |
|                   | O-9  | 大肚溪口外 4 海浬   | 120.42518 | 24.20855 | 表層   | 1/半年 |
|                   | O-10 | 濁水溪口外 4 海浬   | 120.18257 | 23.86615 | 表層   | 1/半年 |
|                   | O-11 | 朴子溪口外 4 海浬   | 120.06542 | 23.43424 | 表層   | 1/半年 |
|                   | O-12 | 二仁溪口外 4 海浬   | 120.11448 | 22.91065 | 表層   | 1/半年 |
|                   | O-13 | 旗津           | 120.26271 | 22.58792 | 表層   | 1/半年 |
|                   | O-14 | 高屏溪口外 4 海浬   | 120.39269 | 22.41375 | 表層   | 1/半年 |

|  |      |            |           |          |    |      |
|--|------|------------|-----------|----------|----|------|
|  | O-15 | 核三廠出水口右側   | 120.75636 | 21.92546 | 表層 | 1/半年 |
|  | O-16 | 卑南溪口外 4 海裡 | 121.23079 | 22.75099 | 表層 | 1/半年 |
|  | O-17 | 吉貝海域       | 191.61561 | 23.7339  | 表層 | 1/半年 |
|  | O-18 | 七美海域       | 191.41767 | 23.19011 | 表層 | 1/半年 |

備註：1.取樣點座標僅供建議定位用，實際以取樣時的座標為準。

2.表層為水下 0~5 公尺。

3.表層海水採樣頻次為上半年及下半年各取樣 1 次，避免隔月採為原則。

表 1-5 黑潮海域監測點及座標表(農業部水試所)

| 海域   | 編號    | 位置     | 經度       | 緯度      | 取樣深度 | 監測頻次 |
|------|-------|--------|----------|---------|------|------|
| 黑潮海域 | ST-61 | 貢寮龍洞外海 | 122.5000 | 25.5000 | 深層   | 1/半年 |
|      | ST-31 | 小琉球外海  | 120.0000 | 22.0000 | 深層   | 1/半年 |
|      | ST-17 | 蘭嶼外海   | 122.0000 | 22.2500 | 深層   | 1/半年 |

備註：1.取樣點座標僅供建議定位用，實際以取樣時的座標為準。

2.深層為水下 200~400 公尺。

3.採樣頻次為上半年及下半年各取樣 1 次，避免隔月採為原則。

表 1-6 臺灣外海海水監測點及座標表(農業部水試所)

| 編號    | 經度     | 緯度    | 取樣深度 | 監測頻次 |
|-------|--------|-------|------|------|
| ST-1  | 122    | 24.9  | 表層   | 1/季  |
| ST-2  | 122.5  | 25    | 表層   | 1/季  |
| ST-3  | 123    | 25    | 表層   | 1/季  |
| ST-4  | 122.48 | 24.5  | 表層   | 1/季  |
| ST-5  | 122    | 24.5  | 表層   | 1/季  |
| ST-6  | 121.7  | 24    | 表層   | 1/季  |
| ST-7  | 122    | 23.75 | 表層   | 1/季  |
| ST-8  | 122.5  | 23.75 | 表層   | 1/季  |
| ST-9  | 123    | 23.75 | 表層   | 1/季  |
| ST-10 | 123    | 23    | 表層   | 1/季  |
| ST-11 | 122.5  | 23    | 表層   | 1/季  |
| ST-12 | 122    | 23    | 表層   | 1/季  |
| ST-13 | 121.5  | 23    | 表層   | 1/季  |
| ST-14 | 121.2  | 22.7  | 表層   | 1/季  |
| ST-15 | 121    | 22.25 | 表層   | 1/季  |
| ST-16 | 121.5  | 22.25 | 表層   | 1/季  |



|       |         |       |    |     |
|-------|---------|-------|----|-----|
| ST-17 | 122     | 22.25 | 表層 | 1/季 |
| ST-18 | 122.5   | 22.25 | 表層 | 1/季 |
| ST-19 | 123     | 22.25 | 表層 | 1/季 |
| ST-20 | 123     | 21.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-21 | 122.5   | 21.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-22 | 122     | 21.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-23 | 121.5   | 21.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-24 | 121     | 21.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-25 | 120.5   | 21.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-26 | 120     | 21.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-27 | 119.5   | 21.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-28 | 119     | 21.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-29 | 119     | 22    | 表層 | 1/季 |
| ST-30 | 119.5   | 22    | 表層 | 1/季 |
| ST-31 | 120     | 22    | 表層 | 1/季 |
| ST-32 | 120.5   | 22    | 表層 | 1/季 |
| ST-33 | 120.3   | 22.4  | 表層 | 1/季 |
| ST-34 | 120     | 22.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-35 | 119.5   | 22.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-36 | 119     | 22.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-37 | 119     | 23    | 表層 | 1/季 |
| ST-38 | 119.5   | 23    | 表層 | 1/季 |
| ST-39 | 120     | 23    | 表層 | 1/季 |
| ST-40 | 120     | 23.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-41 | 119.5   | 23.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-42 | 119     | 23.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-43 | 119.017 | 24    | 表層 | 1/季 |
| ST-44 | 119.5   | 24    | 表層 | 1/季 |
| ST-45 | 120     | 24    | 表層 | 1/季 |
| ST-46 | 120.5   | 24.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-47 | 120     | 24.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-48 | 119.517 | 24.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-49 | 120.017 | 25    | 表層 | 1/季 |
| ST-50 | 120.5   | 25    | 表層 | 1/季 |
| ST-51 | 121     | 25    | 表層 | 1/季 |
| ST-52 | 120.517 | 25.5  | 表層 | 1/季 |
| ST-53 | 121.017 | 26    | 表層 | 1/季 |
| ST-54 | 121     | 25.5  | 表層 | 1/季 |

|       |       |      |    |     |
|-------|-------|------|----|-----|
| ST-55 | 121.5 | 25.5 | 表層 | 1/季 |
| ST-56 | 121.5 | 26   | 表層 | 1/季 |
| ST-57 | 122   | 26   | 表層 | 1/季 |
| ST-58 | 122.5 | 26   | 表層 | 1/季 |
| ST-59 | 123   | 26   | 表層 | 1/季 |
| ST-60 | 123   | 25.5 | 表層 | 1/季 |
| ST-61 | 122.5 | 25.5 | 表層 | 1/季 |
| ST-62 | 122   | 25.5 | 表層 | 1/季 |

備註：1.取樣點座標僅供建議定位用，實際以取樣時的座標為準。

2.表層為水下 0~5 公尺。

3.考量出海期間倘遇海象不佳，為確保航行安全可能調整或放棄部分測站。

4.ST-17、ST-31、ST-61 為黑潮海域取樣監測點。

5. 113 年上半年係因水試所試驗船船期延期，上半年只能以租用漁船代替，並將監測點由 62 點調整為 15 點，分為 5 大區海域各 3 點，分別為東北部：ST-1、ST-61、ST-62，東南部：ST-13、ST-14、ST-15，西南部：ST-33、ST-34、ST-39，西部：ST-40、ST-41、ST-42，西北部：ST-51、ST-54、ST-55。

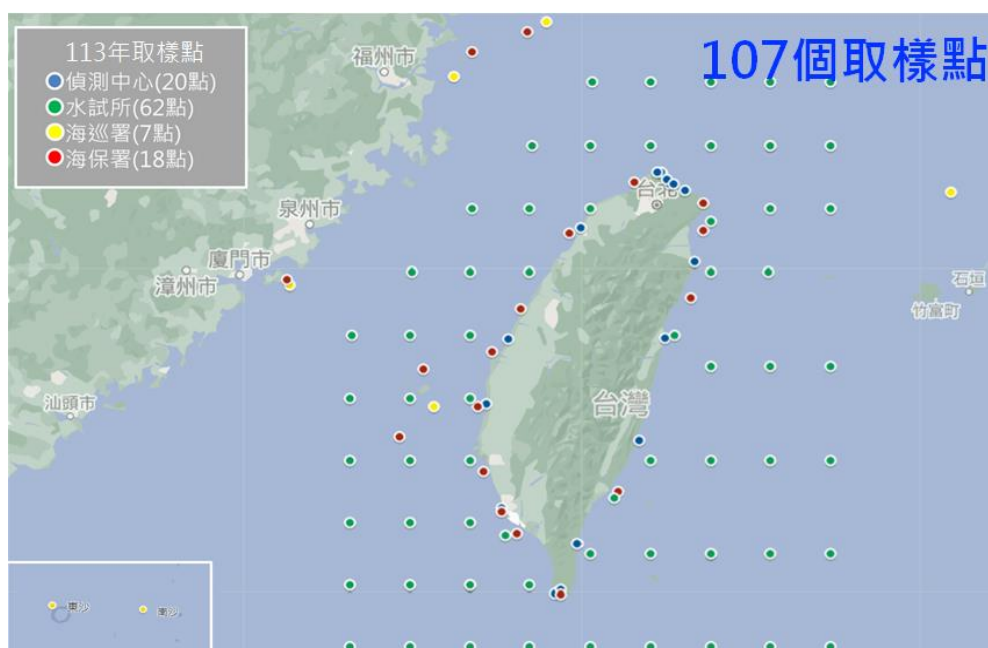


圖 1-1 輻射偵測中心、海巡署、水試所及海保署取樣位置圖

綜上，113 年執行臺灣鄰近海域取樣分析海水氡輻射，總計 437 件，執行率為 119%。分析結果均小於最低可測值(2 貝克/公升)，遠低於我國環境輻射監測規範中氡之調查基準(1,100 貝克/公升)。另依洋流流向擇部分點位加測銻-137、鋇-90 及其他加馬核種等共計 105 件次，分析結果尚無異常情形。

### 【子項計畫一/研究計畫二：重點洄游魚類取樣及氡分析作業】

針對洄游魚類取樣及氡分析作業項目，已於 111 年建立國內第一間生物氡實驗室，並由國原院與漁業署合作進行臺灣沿岸、遠洋之魚類生物氡檢測，並於前(112)年度協助衛福部食藥署建立食品中氡之檢驗方法(TFDAO0045.00)，同時也輔導高雄市政府衛生局與核安會輻射偵測中心建立生物氡檢測實驗室，今年度持續進行生物氡檢測量能的擴充、檢測技術持續精進、辦理生物氡能力比對試驗、並進行生物氡 TAF 增列認證申請，相關成果如下：

**生物氡檢測量能擴充：**因應日本於前 (112) 年 8 月 24 日排放福島核電廠含氡廢水後，各部會增加檢測需求，故國原院擴充生物氡檢驗設備並配合食藥署公開之兩階段「食品中氡之檢驗方法」(圖 1-2)，進而提升國原院生物氡檢測量能，由原 111 年每年 200 件提升至 112 年每年 500 件，更於今年 6 月擴充至每年 1,400 件(圖 1-3)，其中 113 年擴充設備包含：超低背景液態閃爍計數器(圖 1-4) 由 4 台擴充至 5 台、歧管式冷凍真空乾燥機(圖 1-5) 由 6 台擴充至 8 台，另同時擴增檢測實驗室空間(圖 1-6)；再者，國原院協助衛福部食藥署研擬全國一致之兩階段「食品中氡之檢驗方法」，大幅縮短檢測時間，組織自由水氡檢測時間由 7 個工作天縮短為 3 個工作天，並將此法送至衛福部食藥署進行審查，食藥署並已於 112 年 12 月 26 日公開前述建議方法(TFDAO0045.00)，供國內實驗室檢測依循。同時，國原院亦輔導核安會輻射偵測中心及高雄市政府衛生局建立生物氡檢測實驗室，兩間實驗室皆在 113 年 6 月正式揭牌啟用(圖 1-7)，使全國生物氡檢測量能提升至每年 2,000 件以上。

**生物氡能力比對試驗：**為確保全國生物氡檢測實驗室的檢測水準及品質，國

原院於今(113) 年 5 月舉辦國內首次生物氚檢測實驗室間能力比對試驗(表 1-7 及圖 1-8)，依據國原院生物氚檢測作業期間常見試樣型態，選定魚類做為本年度實驗室間比對試驗樣品，並依據食藥署公開之食品中氚之檢驗方法，針對魚體中的組織自由水氚(TFWT)進行氚活度的檢測及含水率分析，測試各實驗室執行生物氚檢驗之方法靈敏度與準確度，評估各實驗室是否具備執行生物氚檢測技術能力，並依據 ISO 17043 採用  $E_n$  值判定是否通過本測試， $|E_n| \leq 1.0$  表示滿意實驗室的檢測結果，亦即檢測值與標準值具一致性； $|E_n| \geq 1.0$  表示對檢測結果不滿意，亦即檢測值與標準值間存在顯著差距。在氚活度檢測中，使用 QC 樣品及覆水後的生物樣品進行測試；含水率分析則是使用整條鮮魚來進行(圖 1-9)。本次能力試驗共計四間實驗室參加，分別為國原院、核安會輻射偵測中心、高雄市政府衛生局及臺灣電力公司放射試驗室，不按前述先後次序，分別給以 A~D 之英文字母代碼。參與實驗室使用食藥署公開檢驗方法(冷凍乾燥)或實驗室自行開發方法(加熱蒸餾)，魚體中氚(TFWT)活度比對結果相較標準值，相對偏差在-8.1%至 2.9%範圍之間(圖 1-10)；魚體中含水率比對結果相較參考值，相對偏差在-3.8%至 5.7%範圍之間(圖 1-11)，所有 4 家參加測試實驗室的分析結果，其 $|E_n|$ 值均 $<1$ ，詳如表 1-8 及 1-9，皆通過比對試驗的要求。

**生物氚 TAF 增列認證申請：**為確保量測結果符合國際規範，提升民眾對檢測品質之信心，國原院「環境試樣放射性核種分析實驗室」於 113 年 8 月 2 日向全國認證基金會(TAF)提出生物氚增列認證申請，並於同年 10 月 23 日及 11 月 15 日進行現場實作訪查、評鑑及總結會議(圖 1-12)。

**海生物樣本氚含量檢測結果：**因應 113 年 6 月提升之生物氚檢測量能，擴大漁獲物監測，配合衛福部食藥署、農業部漁業署、農業部水試所及海委會國海院之採樣規劃，並依據衛福部食藥署公開之食品中氚之檢驗方法進行日本排放含氚廢水後我國日本輸入水產動物及藻類、臺灣沿近岸漁獲物、海域生態樣本之氚含量檢測，113 年度共計完成 972 件重點洄游魚及邊境抽驗之生物氚檢測，包含農業部漁業署臺灣近海漁場 387 件、北太平洋秋刀魚漁場之鮪旗鯊 30 件及秋刀

魚 91 件、衛福部食藥署日本輸臺水產品 300 件、國海院海生中心臺灣海域生態樣本 144 件、農業部水試所 5 大區浮游動物 20 件，其檢測結果皆小於 MDA，未發現顯著異常，詳如表 1-10。

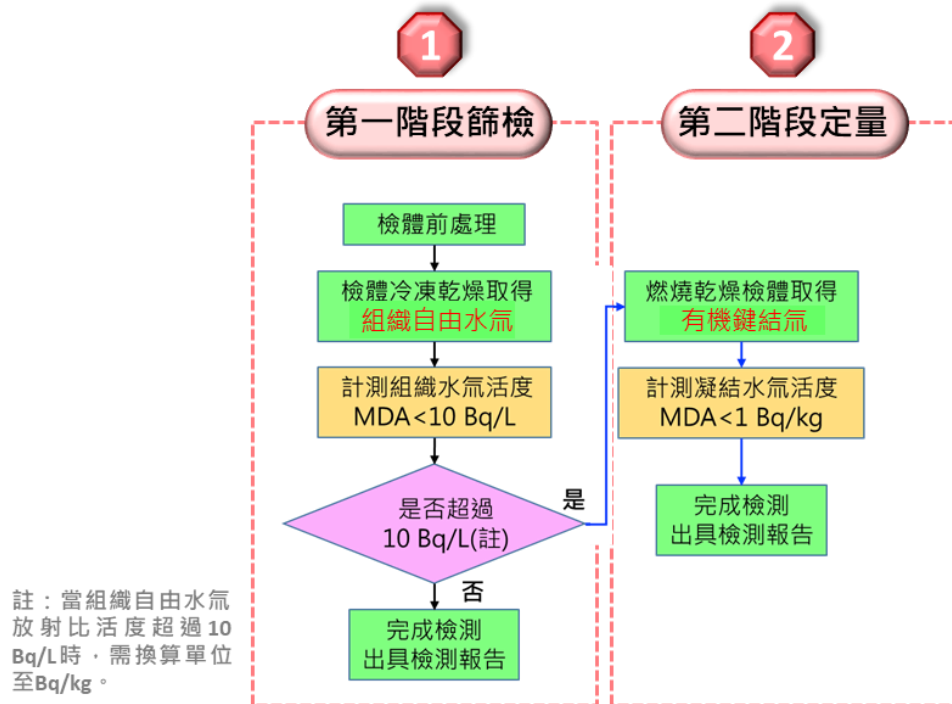


圖 1-2 食品中氡之檢驗方法(TFDAO0045.00)

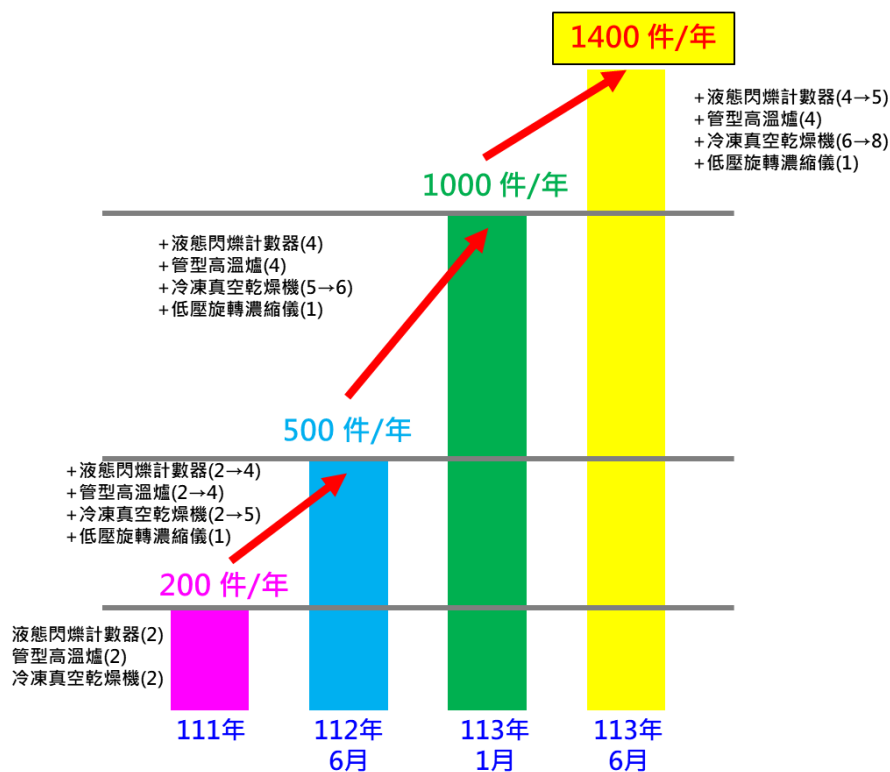


圖 1-3 國原院生物氡檢測量能

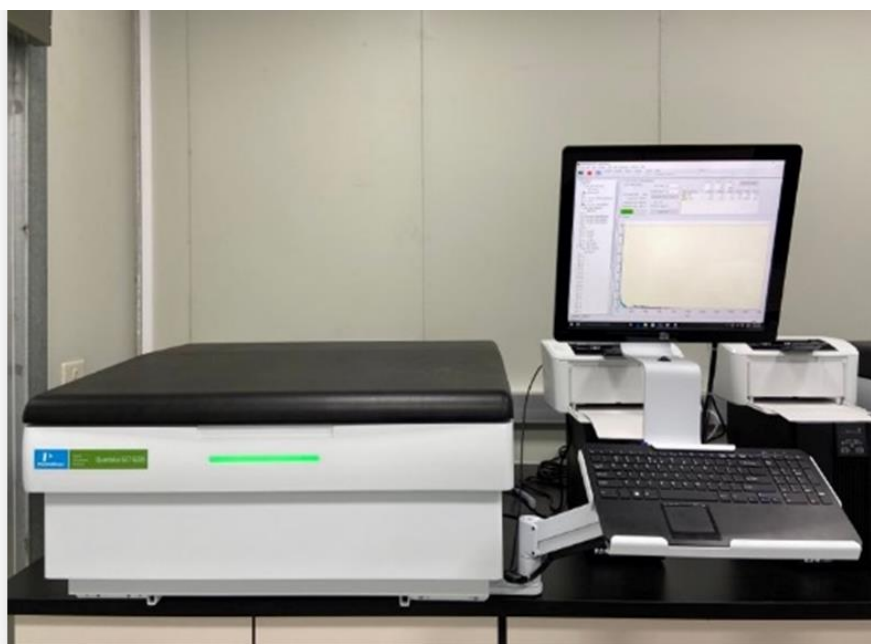


圖 1-4 超低背景液態閃爍計數器



圖 1-5 岐管式冷凍真空乾燥機



圖 1-6 生物氙檢測實驗室空間擴增



圖 1-7 生物氙檢測實驗室揭牌儀式(a)核安會輻射偵測中心(b)高雄市政府衛生局。



表 1-7 113 年生物氙能力試驗計畫工作時間表

| 時間                | 工作內容                            |
|-------------------|---------------------------------|
| 報名期間              | 113 年 1 月 2 日 ~ 113 年 1 月 31 日  |
| 113 年生物氙能力比對試驗說明會 | 113 年 4 月 25 日                  |
| 測試樣品比對與結果回報       | 113 年 5 月 2 日 ~ 113 年 5 月 17 日  |
| 測試比對結果說明會         | 113 年 5 月 23 日                  |
| 正式樣品比對與結果回報       | 113 年 5 月 27 日 ~ 113 年 6 月 14 日 |
| 比對試驗結果總結說明會       | 113 年 6 月 20 日                  |



圖 1-8 113 年生物氙能力試驗說明會

(a)

國家原子能科技研究院送樣紀錄表

國家原子能科技研究院送樣紀錄表

國家原子能科技研究院送樣紀錄表

國家原子能科技研究院送樣紀錄表

收樣單位:台灣電力股份有限公司 放射實驗室  
計畫名稱: 113 年生物氚分析比對試驗

| 試樣名稱      | 試樣量       | 樣品前處理特別說明 |
|-----------|-----------|-----------|
| 比對樣-魚樣-01 | 700g      | 生鮮樣品冷藏    |
| QC-01     | 500g      | 常溫        |
| 鮮魚-01     | 一條(1441g) | 生鮮樣品冷藏    |
| 比對樣-魚樣-03 | 700g      | 生鮮樣品冷藏    |
| QC-03     | 500g      | 常溫        |
| 鮮魚-03     | 一條(1297g) | 生鮮樣品冷藏    |

備註:  
1. 本送樣紀錄表請簽收後掃描以電子檔回傳, 或取得樣品後簽收繳交給交貨人員。  
2. 請各單位於 113 年 6 月 14 日前將分析結果彙整寄給國家原子能科技研究院, 感謝合作。  
3. 2024 年 5 月 25 日, 添加的標準射源活度推算到所設定的參考日期  
本院聯絡人員: 蘇志寬  
連絡電話: 03-4711400#7970  
電子郵件: hwt.sai@mori.org.tw

簽收人: 吳志強

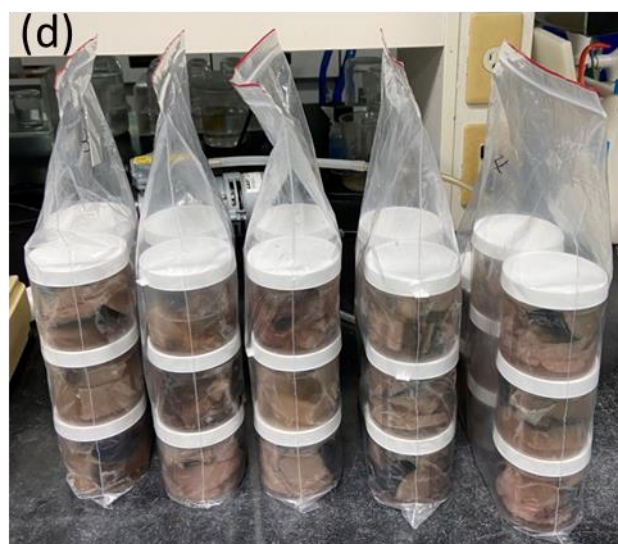


圖 1-9 113 年生物氚能力試驗之試驗樣品(a)樣品簽收單(b)QC 樣品(c)生物樣品  
(d)鮮魚

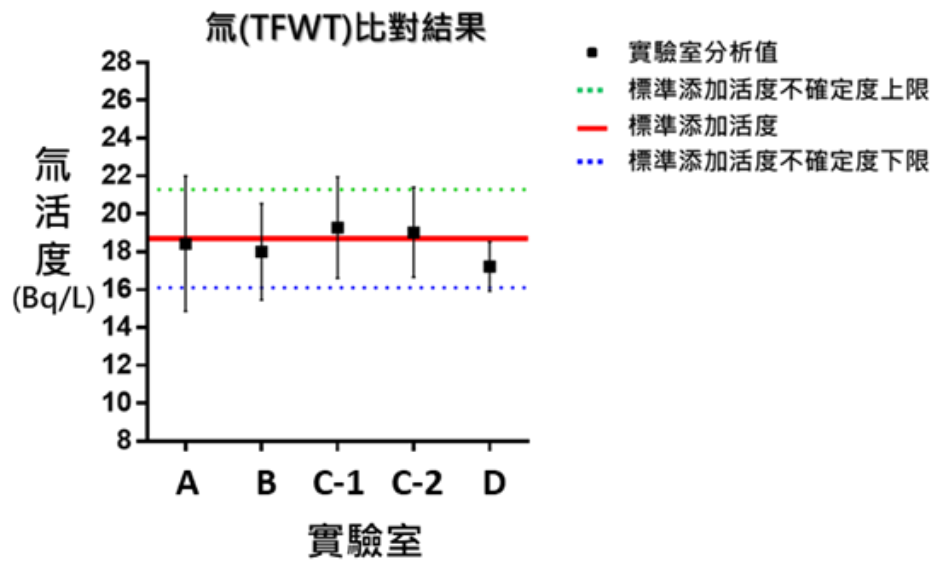


圖 1-10 113 年生物氚能力試驗之體中氚(TFWT)活度比對結果

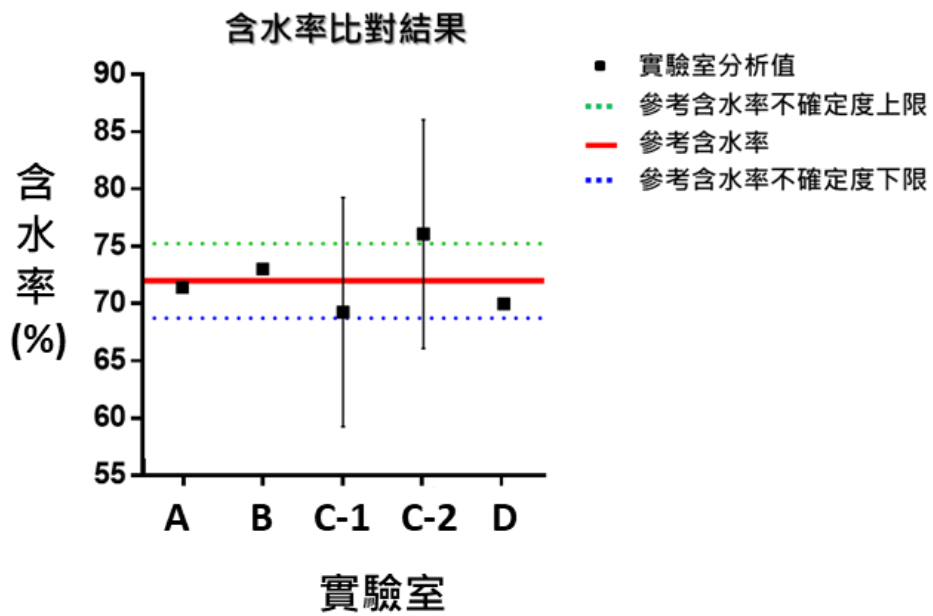


圖 1-11 113 年生物氚能力試驗之魚體中含水率比對結果

表 1-8 113 年生物氚能力試驗比對結果-魚體中氚(TFWT)活度比對

| 氚(TFWT)活度標準值                  |                                                   |                                               |      |                          |
|-------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|
| 項目                            | <sup>3</sup> H(TFWT)添加活度,<br><i>V<sub>S</sub></i> | 標準不確定度( <i>k</i> =1),<br><i>u<sub>S</sub></i> | AMDA |                          |
| 活度(Bq/L)                      | 18.7                                              | 1.3                                           | 6.0  |                          |
| 各實驗室氚(TFWT)活度測試結果評估 (單位：Bq/L) |                                                   |                                               |      |                          |
| 實驗室<br>項目                     | 量測值( <i>V<sub>A</sub></i> )                       | 不確定度( <i>k</i> =1),<br><i>u<sub>A</sub></i>   | MDA  | <i>E<sub>n</sub></i> 註 1 |
| A                             | 18.43                                             | 1.79                                          | 3.53 | -0.07                    |
| B                             | 18                                                | 1.27                                          | 1.53 | -0.20                    |
| C(冷凍乾燥法)                      | 19.28                                             | 1.34                                          | 5.25 | 0.15                     |
| C(加熱法)                        | 19.03                                             | 1.19                                          | 4.84 | 0.08                     |
| D                             | 17.22                                             | 0.65                                          | 0.93 | -0.52                    |

註 1： $E_n = (V_A - V_S) / \sqrt{(U_A^2 + U_S^2)}$ ， $V_A$ ：實驗室分析活度； $V_S$ ：標準添加活度； $U_A$ ：實驗室分析活度的擴充不確定度( $k=2$ )； $U_S$ ：標準添加活度的擴充不確定度( $k=2$ )。

表 1-9 113 年生物氚能力試驗比對結果-魚體中含水率比對。

| 魚體中含水率參考值               |            |                             |                        |
|-------------------------|------------|-----------------------------|------------------------|
| 項目                      |            | 鯉魚含水率, $V_S$                | 標準不確定度( $k=1$ ), $U_S$ |
| 數值(%)                   |            | 71.98                       | 1.63                   |
| 各實驗室魚體中含水率測試結果評估 (單位：%) |            |                             |                        |
| 實驗室<br>項目               | 含水率, $V_A$ | 含水率不確定度<br>( $k=1$ ), $U_A$ | $E_n$ 註 2              |
| A                       | 71.40      | 0.02                        | -0.18                  |
| B                       | 73.00      | 0.02                        | 0.31                   |
| C(冷凍乾燥法)                | 69.24      | 5.00                        | -0.26                  |
| C(加熱法)                  | 76.06      | 5.00                        | 0.39                   |
| D                       | 69.98      | 0.09                        | -0.61                  |

註 2： $E_n = (V_A - V_S) / \sqrt{(U_A^2 + U_S^2)}$ ， $V_A$ ：實驗室含水率； $V_S$ ：含水率參考值； $U_A$ ：實驗室含水率擴充不確定度( $k=2$ )； $U_S$ ：含水率參考值擴充不確定度( $k=2$ )。



圖 1-12 生物氬檢測實驗室 TAF 評鑑(a)10 月 23 日現場評鑑(b)10 月 23 日實  
做評鑑(c)11 月 15 日總結會議

表 1-10 113 年海域輻射監測統計

| 類別  | 核種 | 取樣位置        | 取樣單位 | 分析單位     | 提報規劃年度<br>件次 | 追加數量<br>(件次) | 接收取樣數量<br>(件數) | 完成分析數量<br>(件次) | TFWT<br>分析結果                    | 分析結果單位               | 備註    |
|-----|----|-------------|------|----------|--------------|--------------|----------------|----------------|---------------------------------|----------------------|-------|
| 海生物 | 氡  | 近海漁場        | 漁業署  | 國原院      | 300          | 7            | 307            | 307            | <MDA (10) <sup>(1)</sup>        | Bq/L                 |       |
|     |    |             |      | 高雄市政府衛生局 | 80           | 0            | 80             | 80             | <MDA (10)                       |                      |       |
|     |    | 北太平洋秋刀魚漁場   | 漁業署  | 國原院      | 30           | 0            | 30             | 30             | <MDA (10)                       |                      | 鮪旗鯊   |
|     |    |             |      | 輻射偵測中心   | 90           | 1            | 91             | 91             | <MDA (10)                       |                      | 秋刀魚   |
|     |    | 5 大區(浮游動物)  | 水試所  | 國原院      | 20           | 0            | 20             | 20             | <MDA (0.79)                     | Bq/kg <sup>(2)</sup> | 5 件/季 |
|     |    | 邊境輸入水產食品與藻類 | 食藥署  | 國原院      | 208          | 0            | 208            | 208            | <MDA (10)                       | Bq/L                 |       |
|     |    |             |      | 高雄市政府衛生局 | 92           | 0            | 92             | 92             | <MDA (10)                       |                      |       |
|     |    | 臺灣海域生態樣本    | 國海院  | 國原院      | 144          | 0            | 144            | 144            | <MDA (0.28~0.32) <sup>(3)</sup> | Bq/kg                |       |
|     |    | 海生物氡總計      |      |          | 964          | 8            | 972            | 972            | -                               | -                    | -     |

附註：(1) 依衛生福利部食品藥物管理署 112 年 12 月 26 日公開「食品中氡之檢驗方法 (TFDAO0045.00)」建議檢驗方法，第一階段篩檢之 MDA(<10 Bq/L)要求。

(2) 單位 Bq/L 乘上物種含水率即為 Bq/kg。

(3) 每個物種間有不同的含水率，故經計算後會有不同的 MDA 值。



### 【子項計畫一/研究計畫三：境外海洋輻射事件劑量安全評估研究】

1. 進行核種於沉積物/海水中的濃度變化與核種於生物體中/水體中濃度變化研究，並撰寫「海洋環境中生物體的分配係數及濃縮係數研究報告」。報告參考國際原子能總署發表之報告 TRS-422 報告，說明分配係數(以下簡稱  $K_d$ )的概念與濃縮係數(以下簡稱 CFs)的概念，並說明 IAEA 對  $K_d$  與 CFs 在不同情況下的建議值。其中，CFs 是指相對周圍海水濃度下，生物組織中元素或放射性核種的量。因此，CFs 為境外海洋輻射對臺灣代表人之攝入海產劑量的重要評估參數，評估的重要核種氚、銫、銂之 CFs 值如表 1-11 所示。

表 1-11 核種氚、銫、銂之 IAEA 濃縮係數建議值。

| 核種     | 濃縮係數((Bq/kg)/(Bq/L)) |       |    |
|--------|----------------------|-------|----|
|        | 魚                    | 無脊椎動物 | 海藻 |
| H-3    | 1                    | 1     | 1  |
| Cs-134 | 100                  | 60    | 50 |
| Cs-137 | 100                  | 60    | 50 |
| Sr-90  | 3                    | 10    | 10 |

2. 112 年之研究成果已說明境外海洋輻射事件發生後，臺灣代表人可能受到曝露的曝露途徑，如表 1-12 所示。113 年之年度目標為推導境外海洋輻射之常測核種之海水活度濃度許可的建議值，係指當此核種於海水中之活度濃度達建議值時，其造成個人於所有曝露途徑下之最大有效劑量會達到法定個人有效劑量每年 1 毫西弗之劑量限度。推導公式如下，推導流程如圖 1-13 所示。常測核種共 4 種，為：H-3、Cs-134、Cs-137、Sr-90，為推導核種之海水活度濃度建議值，核種之海水活度濃度皆以 1 Bq/L 進行曝露途徑劑量計算。

活度濃度建議值

= 法定個人有效劑量限度(1 mSv/a)

×  $\frac{\text{核種之單位海水初始活度}(1 \text{ Bq/L})}{\text{核種單位活度濃度造成個人於所有曝露途徑下之最大年有效劑量}(\text{ mSv/a})}$

表 1-12 境外海洋輻射事件發生後，臺灣代表人可能受到曝露的曝露途徑

| 曝露來源 | 曝露途徑 | 說明                        |
|------|------|---------------------------|
| 體外曝露 | 海面曝露 | 海上工作時從海面受到的體外曝露。          |
|      | 船體曝露 | 海上工作時附著在船體的放射性物質造成的體外曝露。  |
|      | 游泳曝露 | 游泳和水下工作時受到的體外曝露。          |
|      | 海灘曝露 | 在海灘停留時，受海灘沙子照射的體外曝露。      |
|      | 漁網曝露 | 附著在漁網上的放射性物質造成的體外曝露。      |
| 體內曝露 | 誤飲海水 | 游泳時不小心喝到污染海水所造成的體內曝露。     |
|      | 吸入浪花 | 海灘逗留時吸到海水浪花產生的噴霧所造成的體內曝露。 |
|      | 攝入海產 | 攝入被海水中放射性物質污染的海產所造成的體內曝露。 |



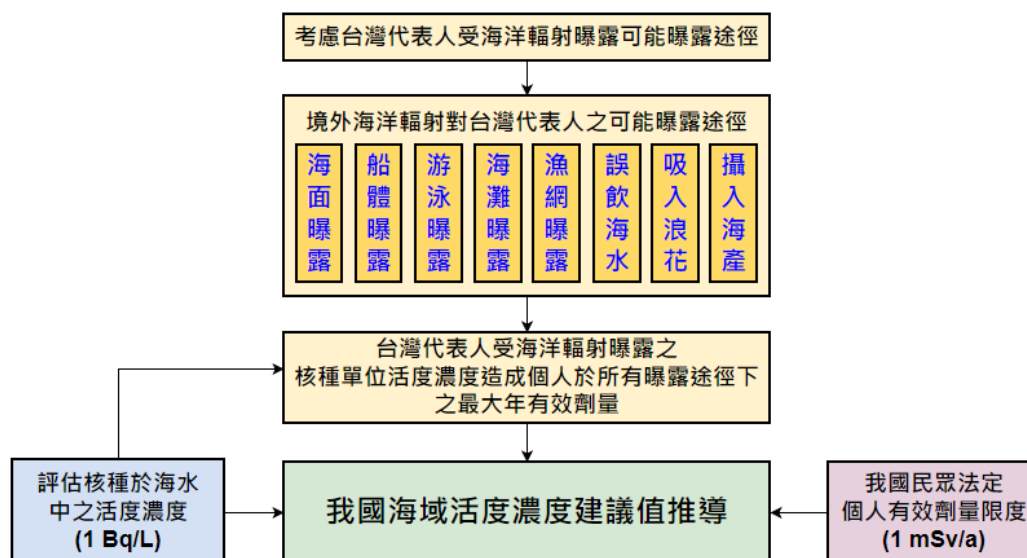


圖 1-13 境外海洋輻射之常測核種之海水活度濃度許可的建議值推導流程

3. 執行體外曝露途徑之劑量轉換係數推導與劑量評估模式建立，評估流程如圖 1-14 所示。體外曝露途徑之劑量評估模式分別敘述如第 4 點至第 8 點。

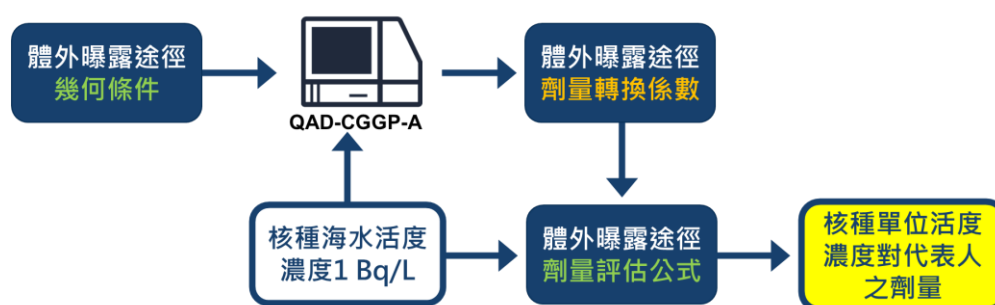


圖 1-14：體外曝露途徑之劑量評估流程

4. 執行海面曝露途徑之模式建立與劑量評估。海面曝露途徑之評估公式與參數如下：

$$D_1 = \sum_i (K_1)_i \cdot (x_1)_i \cdot t_1$$

其中，

|           |                                                            |
|-----------|------------------------------------------------------------|
| $(K_1)_i$ | 為海面放射性核種 $i$ 的 $\gamma$ 射線造成有效劑量之劑量轉換係數 ((mSv/hr)/(Bq/L))； |
|-----------|------------------------------------------------------------|

|           |                          |
|-----------|--------------------------|
| $(x_1)_i$ | 為海水中放射性核種 $i$ 的濃度(Bq/L)； |
| $t_1$     | 為每年曝露時間(hr/a)。           |

海面曝露途徑評估模式之幾何模型如圖 1-15 所示。利用此幾何模型結合簡單屏蔽運算程式 QAD-CGMP-A，可計算海面的放射性核種  $i$  的  $\gamma$  射線之有效劑量轉換係數 $(K_1)_i$ ，計算流程如圖 1-14 所示，計算海面曝露途徑之劑量轉換係數如表 1-13 所示。

評估海面曝露途徑假設只有成人出海捕魚，因此所用年曝露時間係根據臺灣代表人的特徵設定，採平均捕魚時間且適用於成人年齡群，其他年齡群之平均捕魚時間假設為 0 hr/a，該代表人特徵參數為 112 年計畫成果，如表 1-14 所示。

為推導海水輻射事件之核種海水活度濃度建議值，因此各核種以單位海水活度濃度 1 Bq/L 進行計算，評估結果如表 1-15 所示。

表 1-13：評估海面曝露途徑所使用之劑量轉換係數((mSv/hr)/(Bq/L))

| 核種     | 海面曝露途徑之劑量轉換係數((mSv/hr)/(Bq/L)) |
|--------|--------------------------------|
| H-3    | 3.38E-37                       |
| Cs-134 | 1.48E-10                       |
| Cs-137 | 1.39E-10                       |
| Sr-90  | 1.59E-07                       |

表 1-14：臺灣代表人之平均捕魚時間

| 參數       | 參數值                    |
|----------|------------------------|
| 成人平均捕魚時間 | 90 day/a (2,160 hr/yr) |

表 1-15 以核種活度濃度為 1 Bq/L 所計算之海面曝露途徑之劑量評估結果  
(mSv/a)

| 年齡群  | H-3      | Cs-134   | Cs-137   | Sr-90    |
|------|----------|----------|----------|----------|
| 嬰兒   | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 1 歲  | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 5 歲  | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 10 歲 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 15 歲 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 成人   | 7.30E-34 | 3.19E-07 | 3.01E-07 | 3.43E-04 |

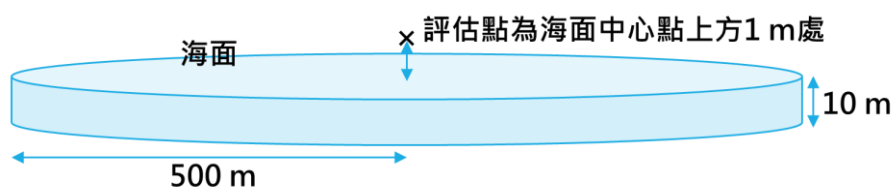


圖 1-15 海面曝露途徑評估模式

5. 執行船體曝露途徑之模式建立與劑量評估。船體曝露途徑之評估公式與參數如下：

$$D_2 = \sum_i (K_2)_i \cdot (S_2)_i \cdot t_2$$

$$(S_2)_i = (F_2)_i \cdot (x_2)_i$$

其中，

|           |                                                                        |
|-----------|------------------------------------------------------------------------|
| $(K_2)_i$ | 為附著在船體上的放射性核種 i 的 $\gamma$ 射線有效劑量轉換係數 ((mSv/hr)/(Bq/m <sup>2</sup> ))； |
| $(S_2)_i$ | 為附著在船體上的放射性核種 i 的表面污染活度(Bq/m <sup>2</sup> )；                           |
| $t_2$     | 年曝露時間(hr/yr)；                                                          |
| $(F_2)_i$ | 為放射性核種 i 從海洋轉移至船體的轉移係數((Bq/m <sup>2</sup> )/(Bq/L))；                   |
| $(x_2)_i$ | 為評估點的海水放射性核種 i 的濃度(Bq/L)。                                              |

船體曝露途徑評估模式之幾何模型如圖 1-16 所示。利用此幾何模型結合簡

單屏蔽運算程式 QAD-CGPP-A，可計算附著在船體上的核種  $i$  的  $\gamma$  射線有效劑量轉換係數  $(K_2)_i$ ，計算流程如圖 1-14 所示，計算船體曝露途徑之劑量轉換係數如表 1-16 所示。

放射性核種  $i$  從海洋轉移至船體的轉移係數  $(F_2)_i$ ，係參考日本 TEPCO 所發表之 RIA 報告，並將值設定為  $100 \text{ (Bq/m}^2\text{)/(Bq/L)}$ 。

評估船體曝露途徑假設只有成人出海捕魚，所用年曝露時間如表 1-14 所示，其他年齡群之平均捕魚時間假設為  $0 \text{ hr/a}$ ，該代表人特徵參數為 112 年計畫成果。

為推導海水輻射事件之核種海水活度濃度建議值，因此各核種以單位海水活度濃度  $1 \text{ Bq/L}$  進行計算，評估結果如表 1-17 所示。

表 1-16 評估船體曝露途徑所使用之劑量轉換係數  $((\text{mSv/hr})/(\text{Bq/m}^2))$

| 核種     | 船體曝露途徑之劑量轉換係數 $((\text{mSv/hr})/(\text{Bq/m}^2))$ |
|--------|---------------------------------------------------|
| H-3    | $5.90\text{E-}27$                                 |
| Cs-134 | $9.50\text{E-}10$                                 |
| Cs-137 | $8.97\text{E-}10$                                 |
| Sr-90  | $1.02\text{E-}09$                                 |

表 1-17 以核種活度濃度為  $1 \text{ Bq/L}$  所計算之船體曝露途徑之劑量評估結果  $(\text{mSv/a})$

| 年齡群  | H-3               | Cs-134            | Cs-137            | Sr-90             |
|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 嬰兒   | $0.00\text{E+}00$ | $0.00\text{E+}00$ | $0.00\text{E+}00$ | $0.00\text{E+}00$ |
| 1 歲  | $0.00\text{E+}00$ | $0.00\text{E+}00$ | $0.00\text{E+}00$ | $0.00\text{E+}00$ |
| 5 歲  | $0.00\text{E+}00$ | $0.00\text{E+}00$ | $0.00\text{E+}00$ | $0.00\text{E+}00$ |
| 10 歲 | $0.00\text{E+}00$ | $0.00\text{E+}00$ | $0.00\text{E+}00$ | $0.00\text{E+}00$ |
| 15 歲 | $0.00\text{E+}00$ | $0.00\text{E+}00$ | $0.00\text{E+}00$ | $0.00\text{E+}00$ |
| 成人   | $1.27\text{E-}21$ | $2.05\text{E-}04$ | $1.94\text{E-}04$ | $2.21\text{E-}04$ |

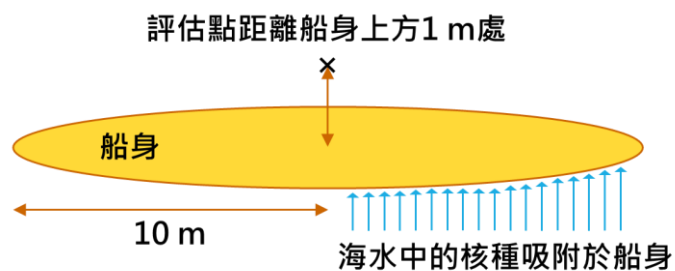


圖 1-16 船體曝露途徑評估模式

6. 執行游泳曝露途徑之模式建立與劑量評估。游泳曝露途徑之評估公式與參數如下：

$$D_3 = \sum_i (K_3)_i \cdot (x_3)_i \cdot t_3$$

其中，

|           |                                                          |
|-----------|----------------------------------------------------------|
| $(K_3)_i$ | 為海水中的放射性核種 $i$ 的 $\gamma$ 射線之有效劑量轉換係數 ((mSv/hr)/(Bq/L))； |
| $(x_3)_i$ | 海水放射性核種 $i$ 的濃度(Bq/L)；                                   |
| $t_3$     | 年曝露時間(hr/yr)。                                            |

游泳曝露途徑評估模式之幾何模型如圖 1-17 所示。利用此幾何模型結合簡單屏蔽運算程式 QAD-CGMP-A，可計算海水中核種  $i$  的  $\gamma$  射線有效劑量轉換係數 $(K_3)_i$ ，計算流程如圖 1-14 所示，計算出之游泳曝露途徑劑量轉換係數如表 1-18 所示。

評估所用年曝露時間係根據臺灣代表人的特徵設定，採平均游泳時間，該代表人特徵參數為 112 年計畫成果，如表 1-19 所示。

為推導海水輻射事件之核種海水活度濃度建議值，因此各核種以單位海水活度濃度 1 Bq/L 進行計算，評估結果如表 1-20 所示。

表 1-18 評估游泳曝露途徑之劑量轉換係數((mSv/hr)/(Bq/L))

| 核種     | 游泳曝露途徑之劑量轉換係數((mSv/hr)/(Bq/L)) |
|--------|--------------------------------|
| H-3    | 3.75E-37                       |
| Cs-134 | 3.21E-16                       |
| Cs-137 | 1.29E-16                       |
| Sr-90  | 3.82E-13                       |

表 1-19 臺灣代表人平均游泳時間

| 評估年齡群      | 嬰兒   | 1 歲   | 5 歲   | 10 歲   | 15 歲   | 成人     |
|------------|------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 年游泳時間(h/a) | 0.00 | 51.31 | 77.31 | 186.33 | 208.00 | 290.33 |

資料來源：核電廠周圍居民調查參數

表 1-20 以核種活度濃度為 1 Bq/L 所計算之游泳曝露途徑之劑量評估結果  
(mSv/a)

| 年齡群  | H-3      | Cs-134   | Cs-137   | Sr-90    |
|------|----------|----------|----------|----------|
| 嬰兒   | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 1 歲  | 1.92E-35 | 1.65E-11 | 6.62E-12 | 1.96E-11 |
| 5 歲  | 2.90E-35 | 2.48E-11 | 9.98E-12 | 2.96E-11 |
| 10 歲 | 6.99E-35 | 5.98E-11 | 2.40E-11 | 7.12E-11 |
| 15 歲 | 7.80E-35 | 6.67E-11 | 2.68E-11 | 7.95E-11 |
| 成人   | 1.09E-34 | 9.31E-11 | 3.75E-11 | 1.11E-10 |

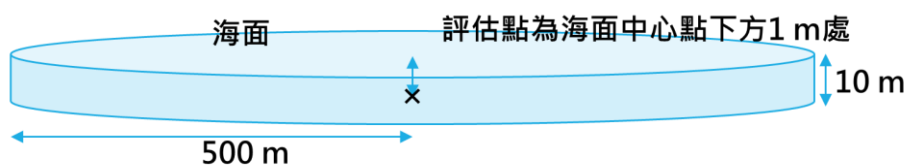


圖 1-17 游泳曝露途徑評估模式

7. 執行海灘曝露途徑之模式建立與劑量評估。海灘曝露途徑之評估公式與參數如下：

$$D_4 = \sum_i (K_4)_i \cdot (x_4)_i \cdot (F_4)_i \cdot t_4$$

其中，

|           |                                                           |
|-----------|-----------------------------------------------------------|
| $(K_4)_i$ | 為海灘沙子的放射性核種 $i$ 的 $\gamma$ 射線之有效劑量轉換係數((mSv/hr)/(Bq/kg))； |
| $(x_4)_i$ | 海水放射性核種 $i$ 的濃度(Bq/L)；                                    |
| $(F_4)_i$ | 為放射性核種 $i$ 從海水轉移到沙灘的轉移係數((Bq/kg)/(Bq/L))；                 |
| $t_4$     | 年曝露時間(hr/yr)。                                             |

海灘沙子造成人員體外曝露的評估模式幾何模型如圖 1-18 所示。利用此幾何模型結合簡單屏蔽運算程式 QAD-CGPP-A，可計算海灘沙子的放射性核種的  $\gamma$  射線有效劑量轉換係數 $(K_4)_i$ ，計算結果如所示。

放射性核種  $i$  從海水轉移到沙灘的轉移係數 $(F_4)_i$ ，係參考日本 TEPCO 所發表之 RIA 報告，將值設定為 1,000 ((Bq/kg)/(Bq/L))。

評估所用年曝露時間係根據臺灣代表人的特徵設定，採平均海灘停留時間，該代表人特徵參數為 112 年計畫成果，如表 1-22 所示。

為推導海水輻射事件之核種海水活度濃度建議值，因此各核種以單位海水活度濃度 1 Bq/L 進行計算，評估結果如表 1-23 所示。

表 1-21：評估海灘曝露途徑之劑量轉換係數((mSv/hr)/(Bq/kg))

| 核種     | 海灘曝露途徑之劑量轉換係數((mSv/hr)/(Bq/kg)) |
|--------|---------------------------------|
| H-3    | 2.87E-22                        |
| Cs-134 | 1.73E-07                        |
| Cs-137 | 1.64E-07                        |
| Sr-90  | 1.85E-07                        |

表 1-22 臺灣代表人平均海灘停留時間

| 評估年齡群      | 嬰兒   | 1 歲   | 5 歲    | 10 歲   | 15 歲   | 成人     |
|------------|------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 年游泳時間(h/a) | 0.00 | 44.05 | 173.51 | 175.07 | 199.33 | 273.00 |

資料來源：核電廠周圍居民調查參數

表 1-23：以核種活度濃度為 1 Bq/L 所計算之海灘曝露途徑之劑量評估結果  
(mSv/a)

| 年齡群  | H-3      | Cs-134   | Cs-137   | Sr-90    |
|------|----------|----------|----------|----------|
| 嬰兒   | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 1 歲  | 1.64E-18 | 1.15E-05 | 1.08E-05 | 6.53E-06 |
| 5 歲  | 4.98E-17 | 3.01E-02 | 2.85E-02 | 3.22E-02 |
| 10 歲 | 5.02E-17 | 3.04E-02 | 2.87E-02 | 3.25E-02 |
| 15 歲 | 5.72E-17 | 3.46E-02 | 3.27E-02 | 3.70E-02 |
| 成人   | 7.84E-17 | 4.74E-02 | 4.48E-02 | 5.06E-02 |

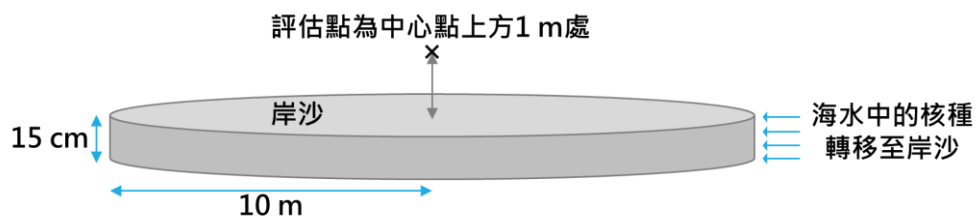


圖 1-18 海灘曝露途徑評估模式

8. 執行漁網曝露途徑之模式建立與劑量評估。漁網曝露途徑之評估公式與參數如下：

$$D_5 = \sum_i (K_5)_i \cdot (S_5)_i \cdot t_5$$

$$(S_5)_i = (F_5)_i \cdot (x_5)_i$$

其中，

$(K_5)_i$  為漁網上的放射性核種  $i$  的  $\gamma$  射線之有效劑量轉換係數  
((mSv/hr)/(Bq/kg))



|           |                                          |
|-----------|------------------------------------------|
| $(S_5)_i$ | 漁網上的放射性核種 $i$ 的濃度(Bq/kg)                 |
| $t_4$     | 年曝露時間(hr/yr)                             |
| $(F_5)_i$ | 為放射性核種 $i$ 從海水轉移到漁網的轉移係數((Bq/kg)/(Bq/L)) |
| $(x_5)_i$ | 為使用漁網海域的放射性核種 $i$ 在海水中的濃度(Bq/L)          |

漁網上的核種造成工作人員體外曝露的評估模式幾何模型如圖 1-19 所示。利用此幾何模型結合簡單屏蔽運算程式 QAD-CGGP-A，可計算漁網上的放射性核種的  $\gamma$  射線有效劑量轉換係數 $(K_5)_i$ ，計算結果如所示。

放射性核種  $i$  從海水轉移到漁網的轉移係數 $(F_5)_i$ ，係參考日本 TEPCO 所發表之 RIA 報告，假設除氬以外的所有核種轉移至漁網時皆處於平衡狀態，其從海水遷移至漁網之轉移係數設定為 4,000 ((Bq/kg)/(Bq/L))。

評估漁網曝露途徑假設只有成人出海捕魚，所用年曝露時間如表 1-25 所示，其他年齡群之平均使用漁網時間假設為 0 hr/a，該代表人特徵參數為 112 年計畫成果。

為推導海水輻射事件之核種海水活度濃度建議值，因此各核種以單位海水活度濃度 1 Bq/L 進行計算，評估結果如表 1-26 所示。

表 1-24 評估漁網曝露途徑所使用之劑量轉換係數((mSv/hr)/(Bq/kg))

| 核種     | 漁網曝露途徑之劑量轉換係數((mSv/hr)/(Bq/kg)) |
|--------|---------------------------------|
| H-3    | 1.74E-18                        |
| Cs-134 | 8.04E-10                        |
| Cs-137 | 7.64E-10                        |
| Sr-90  | 8.58E-10                        |

表 1-25 臺灣代表人之平均使用漁網的時間

| 參數          | 參數值                     |
|-------------|-------------------------|
| 成人平均使用漁網的時間 | 90 day/yr (2,160 hr/yr) |

表 1-26 以核種活度濃度為 1 Bq/L 所計算之漁網曝露途徑之劑量評估結果  
(mSv/a)

| 年齡群  | H-3      | Cs-134   | Cs-137   | Sr-90    |
|------|----------|----------|----------|----------|
| 嬰兒   | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 1 歲  | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 5 歲  | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 10 歲 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 15 歲 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 成人   | 1.50E-11 | 6.94E-03 | 6.60E-03 | 7.41E-03 |

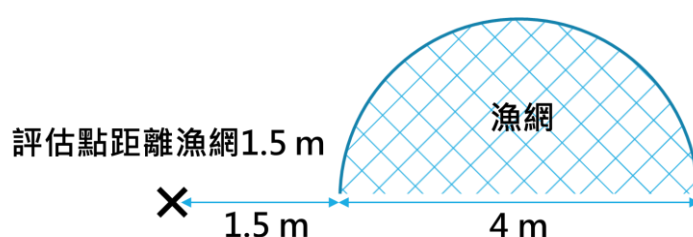


圖 1-19：漁網曝露途徑評估模式

9. 執行攝入海產之曝露途徑之模式建立。攝入劑量之評估公式與參數如下：

$$D_8 = \sum_k \sum_i (K_F^{50})_i \cdot H_{ki}$$

$$H_{ki} = 365 \cdot 10^{-3} \cdot x_i \cdot (CF)_{ki} \cdot F_k \cdot W_k \cdot f_{ki}$$

其中，

|                |                                               |
|----------------|-----------------------------------------------|
| $(K_F^{50})_i$ | 為攝入放射性核種 i 之有效劑量轉換係數((mSv)/(Bq))；             |
| $H_{ki}$       | 吃海產時，放射性核種 i 的年攝入率(Bq/year)；                  |
| $x_i$          | 放射性核種 i 在海水中的濃度。                              |
| $(CF)_{ki}$    | 為海產 k 中放射性核種 i 的濃縮係數((Bq/kg)/(Bq/L))(表 1-11)； |
| $F_k$          | 受放射性物質污染的海產品比例的稀釋係數(以下簡稱「市場稀釋」)；              |
| $W_k$          | 海產 k 的攝入量(g/day)；                             |
| $f_{ki}$       | 海產 k 從捕獲到被攝入，放射性核種 i 的衰減比值；                   |

|                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------|
| $365 \cdot 10^{-3}$ 天與年、kg 與 g 的單位換算(365 days/year, $10^{-3}$ kg/g)。 |
|----------------------------------------------------------------------|

對於攝入劑量的有效劑量轉換係數 $(K_F^{50})_i$ ，採用國際放射防護委員會(International Commission on Radiological Protection, ICRP)第 72 號報告中的 Table A.1. 中所列的攝入劑量轉換係數。因氙在生物體中分為有機氙與無機氙，在寬廣海域的生物體中，兩者佔比分別約為 20%與 80%，日本 TEPCO 所發表之 RIA 報告，將有機氙與無機氙的攝入劑量轉換係數分別乘上各自於生物體中的佔比，計算出氙的攝入劑量轉換係數。所使用之攝入劑量轉換係數如表 1-27 所示。

為了評估的保守性，將市場稀釋係數 $F_k$ 與海產從捕獲到被攝入過程中，核種的衰減比值 $f_{ki}$ ，皆設定為 1，意即忽略因其他產區的海產在市場分銷過程中必然出現的市場稀釋，也忽略從捕撈海產到被攝入期間的核種衰變。

攝食資料取自國家攝食資料庫，因國家攝食資料庫年齡群與 ICRP-72 報告資料庫年齡群分類不同，因此對應年齡群資料整理如表 1-28。攝食資料整理如表 1-29。

計算攝入海產曝露途徑所使用之射源項，假設每個核種的海水活度濃度皆為 1 Bq/L 進行攝入海產曝露途徑的劑量計算，以提供做為後續核種活度濃度建議值之推導依據。攝入海產曝露途徑的劑量計算結果如表 1-30 所示。不同年齡群之攝入海產途徑之劑量結果的差異，取決於攝食量與攝入劑量轉換係數，其中嬰兒的 4 個核種之攝入劑量轉換係數普遍比其他年齡群高，因此嬰兒在攝入污染海產時所產生的劑量也相對較高。

表 1-27 評估攝入海產途徑所使用之攝入劑量轉換係數((mSv)/(Bq))

| 核種     | 嬰兒       | 1 歲      | 5 歲      | 10 歲     | 15 歲     | 成人       |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| H-3    | 8.40E-08 | 6.77E-08 | 4.16E-08 | 3.10E-08 | 2.36E-08 | 2.37E-08 |
| Cs-134 | 2.58E-05 | 1.32E-05 | 1.41E-05 | 1.90E-05 | 1.92E-05 | 1.92E-05 |
| Cs-137 | 2.11E-05 | 9.69E-06 | 1.01E-05 | 1.34E-05 | 1.36E-05 | 1.36E-05 |
| Sr-90  | 2.27E-04 | 4.69E-05 | 5.97E-05 | 7.89E-05 | 2.77E-05 | 2.77E-05 |

表 1-28 ICRP-72 報告與國家攝食資料庫之年齡群對應整理

| 資料來源       | 年齡群   |       |       |        |         |         |
|------------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|
| ICRP-72 報告 | 嬰兒    | 1 歲   | 5 歲   | 10 歲   | 15 歲    | 成人      |
| 國家攝食資料庫    | 0~3 歲 | 0~3 歲 | 3~6 歲 | 6~12 歲 | 12~16 歲 | 19~65 歲 |

表 1-29 攝入平均海產量(單位：kg/yr/人)

| 年齡群  | 魚類    | 無脊椎動物 | 海藻   |
|------|-------|-------|------|
| 嬰兒   | 13.99 | 9.31  | 4.95 |
| 1 歲  | 13.99 | 9.31  | 4.95 |
| 5 歲  | 16.39 | 11.76 | 5.64 |
| 10 歲 | 22.69 | 13.37 | 5.79 |
| 15 歲 | 25.69 | 16.88 | 5.64 |
| 成人   | 28.68 | 17.49 | 8.28 |

表 1-30 以核種活度濃度為 1 Bq/L 所計算之攝入海產曝露途徑之劑量評估  
結果(mSv/a)

| 年齡群  | H-3      | Cs-134   | Cs-137   | Sr-90    |
|------|----------|----------|----------|----------|
| 嬰兒   | 2.37E-06 | 5.69E-02 | 4.64E-02 | 4.19E-02 |
| 1 歲  | 1.91E-06 | 2.91E-02 | 2.14E-02 | 8.65E-03 |
| 5 歲  | 1.41E-06 | 3.46E-02 | 2.54E-02 | 1.05E-02 |
| 10 歲 | 1.30E-06 | 4.74E-02 | 3.41E-02 | 1.55E-02 |
| 15 歲 | 1.14E-06 | 7.33E-02 | 5.17E-02 | 2.39E-02 |
| 成人   | 1.29E-06 | 8.33E-02 | 5.87E-02 | 9.51E-03 |

10. 完成誤飲海水曝露途徑之模式建立與劑量評估。誤飲海水曝露途徑劑量評估公式與參數說明如下。

$$D_6 = \sum_i t_6 \cdot Hs \cdot (x_6)_i \cdot (K_F^{50})_i$$

其中，

|                |                                  |
|----------------|----------------------------------|
| $t_6$          | 為年游泳時間(hr/year)                  |
| $Hs$           | 為游泳時的海水攝入量，各年齡群皆保守設定為 0.2 L/hr   |
| $(x_6)_i$      | 放射性核種 i 在海水中的濃度(Bq/L)            |
| $(K_F^{50})_i$ | 為攝入放射性核種 i 之有效劑量轉換係數((mSv)/(Bq)) |

對於攝入劑量的有效劑量轉換係數  $(K_F^{50})_i$ ，採用國際放射防護委員會 (International Commission on Radiological Protection, ICRP) 第 72 號報告中的 Table A.1. 中所列的攝入劑量轉換係數。與攝入海產途徑不同，因誤飲海水途徑假設游泳時直接喝到海水，因此假設喝入海水中所含的氚為無機氚，因此誤飲海水曝露途徑評估所使用之氚的攝入劑量轉換係數採用無機氚之攝入劑量轉換係數。誤飲海水曝露途徑所使用的攝入劑量轉換係數如表 1-31 所示。

評估所用年游泳的曝露時間如表 1-19 所示。為推導海水輻射事件之核種海水活度濃度建議值，因此各核種以單位海水活度濃度 1 Bq/L 進行計算，評估結果如表 1-32 所示。

表 1-31 評估誤飲海水曝露途徑所使用之攝入劑量轉換係數((mSv)/(Bq))

| 核種     | 嬰兒       | 1 歲      | 5 歲      | 10 歲     | 15 歲     | 成人       |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| H-3    | 7.53E-08 | 5.51E-08 | 3.39E-08 | 2.45E-08 | 1.91E-08 | 1.92E-08 |
| Cs-134 | 2.58E-05 | 1.57E-05 | 1.32E-05 | 1.41E-05 | 1.90E-05 | 1.92E-05 |
| Cs-137 | 2.11E-05 | 1.24E-05 | 9.69E-06 | 1.01E-05 | 1.34E-05 | 1.36E-05 |
| Sr-90  | 2.27E-04 | 7.24E-05 | 4.69E-05 | 5.97E-05 | 7.89E-05 | 2.77E-05 |

表 1-32 以核種活度濃度為 1 Bq/L 所計算之誤飲海水曝露途徑之劑量評估  
結果(mSv/a)

| 年齡群  | H-3      | Cs-134   | Cs-137   | Sr-90    |
|------|----------|----------|----------|----------|
| 嬰兒   | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 1 歲  | 5.66E-07 | 1.62E-04 | 1.27E-04 | 7.43E-04 |
| 5 歲  | 5.24E-07 | 2.04E-04 | 1.50E-04 | 7.24E-04 |
| 10 歲 | 9.13E-07 | 5.25E-04 | 3.78E-04 | 2.23E-03 |
| 15 歲 | 7.95E-07 | 7.89E-04 | 5.56E-04 | 3.28E-03 |
| 成人   | 1.11E-06 | 1.12E-03 | 7.87E-04 | 1.61E-03 |

11. 完成吸入海水浪花曝露途徑之模式建立與劑量評估。吸入海水浪花曝露途徑劑量評估公式與參數說明如下。

$$D_7 = 10^3 \cdot \sum_i t_7 \cdot R_s \cdot \frac{C_s}{\rho_w} (x_7)_i \cdot (K_h^{50})_i$$

其中，

|                 |                                                                                         |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| $t_7$           | 為年停留在海灘的時間(hr/yr)；                                                                      |
| $H_s$           | 為呼吸率(m <sup>3</sup> /hr)；                                                               |
| $C_s$           | 為海水噴霧的空氣濃度(kg/m <sup>3</sup> )，採用 TECDOC-1759 的推薦值 10 <sup>-2</sup> kg/m <sup>3</sup> ； |
| $\rho_w$        | 為海水的密度，採用 1.0E+03 kg/m <sup>3</sup> ；                                                   |
| $(x_7)_i$       | 放射性核種 i 在海水中的濃度(Bq/L)；                                                                  |
| $(K_F^{50})_i$  | 為吸入放射性核種 i 之有效劑量轉換係數((mSv)/(Bq))；                                                       |
| 10 <sup>3</sup> | 為單位轉換係數(10 <sup>3</sup> L/m <sup>3</sup> )                                              |

對於吸入劑量的有效劑量轉換係數  $(K_F^{50})_i$ ，採用國際放射防護委員會 (International Commission on Radiological Protection, ICRP) 第 72 號報告中的 Table A.2. 中所列的吸入劑量轉換係數，如表 1-33 所示。

根據我國游離輻射防護安全標準之附表三，成年人在輕微體力之活動下，呼

吸率約為 1.2 m<sup>3</sup>/h。參考日本東電含氚處理水排放入海之輻射影響評估報告所提供之嬰兒、兒童與成人呼吸率的比值，再以臺灣成人呼吸率回推其他年齡群的呼吸率。以日本嬰兒呼吸率回推臺灣代表人 1 歲以下之呼吸率、日本兒童呼吸率回推臺灣代表人 5 歲至 15 歲之呼吸率，回推後之呼吸率整理如表 1-34 所示。表 1-35 為吸入海水浪花之劑量評估結果。

表 1-33 評估吸入浪花曝露途徑所使用之吸入劑量轉換係數((mSv)/(Bq))

| 核種     | 嬰兒       | 1 歲      | 5 歲      | 10 歲     | 15 歲     | 成人       |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| H-3    | 1.14E-06 | 1.03E-06 | 6.27E-07 | 3.73E-07 | 2.78E-07 | 2.62E-07 |
| Cs-134 | 6.96E-05 | 6.31E-05 | 4.15E-05 | 2.80E-05 | 2.32E-05 | 2.04E-05 |
| Cs-137 | 1.10E-04 | 1.03E-04 | 6.95E-05 | 4.74E-05 | 4.12E-05 | 3.92E-05 |
| Sr-90  | 4.14E-04 | 3.94E-04 | 2.69E-04 | 1.83E-04 | 1.60E-04 | 1.57E-04 |

表 1-34 評估吸入海水浪花之劑量所使用之各年齡群的呼吸率(m<sup>3</sup>/h)

| 評估年齡群                  | 嬰兒    | 1 歲   | 5 歲   | 10 歲  | 15 歲  | 成人  |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 呼吸率(m <sup>3</sup> /h) | 0.154 | 0.154 | 0.471 | 0.471 | 0.471 | 1.2 |

表 1-35 以核種活度濃度為 1 Bq/L 所計算之吸入海水浪花之劑量評估結果  
(mSv/a)

| 年齡群  | H-3      | Cs-134   | Cs-137   | Sr-90    |
|------|----------|----------|----------|----------|
| 嬰兒   | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| 1 歲  | 7.00E-08 | 4.28E-06 | 6.97E-06 | 2.67E-05 |
| 5 歲  | 5.13E-07 | 3.39E-05 | 5.68E-05 | 2.20E-04 |
| 10 歲 | 3.08E-07 | 2.31E-05 | 3.91E-05 | 1.51E-04 |
| 15 歲 | 2.61E-07 | 2.17E-05 | 3.87E-05 | 1.50E-04 |
| 成人   | 8.59E-07 | 6.69E-05 | 1.28E-04 | 5.14E-04 |

12. 完成境外海洋輻射事件之各年齡群體內與體外曝露途徑劑量評估(如表 1-36)與核種海水活度濃度建議值推導,推導流程如圖 1-13 所示。並參考 IAEA 推導外釋標準的進位法則,利用近似對數進位法(near logarithmic rounding approach)取得各核種的活度濃度建議值,即當數值在 $3.16 \times 10^n$ 與 $3.16 \times 10^{n+1}$ 之間時,取 $10^{n+1}$ 。推導出之核種海水活度濃度與利用近似對數進位法進位後之建議值,如表 1-37 所示。因目前國際上並無針對海水中的核種提出相關的建議值,因此本研究推導出核種之海水活度濃度建議值旨在當海水輻射事故發生或周圍鄰近國家沿海發生核子事故,導致可能影響海洋環境時,可快速應對,藉由海水中的核種活度濃度是否達到建議值上限,以評估該海水輻射事故是否會影響我國周圍海域之輻射安全,進而影響我國國民之經濟與健康。

表 1-36 以核種活度濃度為 1 Bq/L 所計算之曝露總劑量(mSv/a)

| 年齡群  | 曝露總劑量(mSv/a) |
|------|--------------|
| 嬰兒   | 1.45E-01     |
| 1 歲  | 6.02E-02     |
| 5 歲  | 1.63E-01     |
| 10 歲 | 1.92E-01     |
| 15 歲 | 2.58E-01     |
| 成人   | 3.21E-01     |

表 1-37 推導出之核種海水活度濃度與建議值

| 核種     | 推導出之海水活度濃度(Bq/L) | 海水活度濃度建議值(Bq/L) |
|--------|------------------|-----------------|
| H-3    | 306,604          | 100,000         |
| Cs-134 | 7.2              | 10              |
| Cs-137 | 9.0              | 10              |
| Sr-90  | 14.2             | 10              |



#### 【子項計畫一/研究計畫四：水體中氡活度濃度之批次自動監測技術建立】

因氡的 $\beta$ 放射粒子能量弱，傳輸距離短，水中微量氡活度濃度分析方法中，常用方法之一為液體閃爍計數法(LSC, Liquid Scintillation Counter)，將樣品與閃爍劑混合，偵測閃爍劑產生之螢光訊號以分析氡活度濃度；當分析樣品為海水時，高濃度之離子將干擾螢光訊號，影響偵檢結果，因此海水樣品需進行前處理，純化以去除干擾之溶質。作為試驗研究參考標準，由海洋科學國際公司(Ocean Scientific International)提供，國際海洋物理科學協會(International Association for Physical Science of the Ocean, IAPSO)認可之標準海水(standard seawater)配製組成，其鹽度約為 3.5 wt%；濃度較高之離子中，氯離子濃度為 19,354 ppm；鈉離子濃度為 10,770 ppm；硫酸根離子濃度為 2,712 ppm；鎂離子濃度為 1,290 ppm；鈣離子濃度為 412 ppm；鉀離子濃度為 399 ppm。

研究計畫考慮批次自動系統規劃，建立海水水質純化系統，使用多薄膜過濾方法進行海水純化，以配合自動化進樣設計。設備使用純化過濾器串接方法進行水質處理，由數組過濾器及不同單元串聯組成，設備示意圖如圖 1-20 所示；設備照片如圖 1-21 所示。設備使用之過濾器包括：

1. 5  $\mu\text{m}$  聚丙烯濾芯過濾器：PP 材質原料高溫成形之濾芯，過濾對象為尺寸大於 5  $\mu\text{m}$  之懸浮顆粒，包括泥沙及鐵鏽等；
2. 活性碳過濾器：使用活性碳與水中的化學物質發生氧化還原反應並吸附以去除，過濾對象包括亞硝酸鹽、硫化氫及重金屬物質等；
3. 1  $\mu\text{m}$  聚丙烯濾芯過濾器：PP 材質原料高溫成形之濾芯，過濾對象為尺寸大於 1  $\mu\text{m}$  之懸浮顆粒，包括泥沙及鐵鏽等；
4. 逆滲透型精密過濾器：孔徑達 0.0001  $\mu\text{m}$  之 RO 逆滲透管柱，可濾除水中的有機物及鹽離子，而含濾除物質之高鹽度水將透過管線排出多重過濾系統；

5. 離子交換設備：4 組離子交換樹脂管柱，藉由離子交換濾除矽酸鹽等殘餘鹽類及降低總有機碳含量，無法再生，需定期更換；
6. UV 紫外線淨水器：透過 UV 紫外線光將水進行淨化消毒。過濾系統間、RO 逆滲透管柱前端設置流量控制定量泵浦及壓力緩衝槽，以提供 RO 逆滲透管柱必要之水壓及輸出完成淨化程序之純化水。

設備使用合成海水(電導率 30,000-50,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )及真實海水進行水質純化處理試驗，記錄出流水樣電導度，計算脫鹽率。試驗結果可得純化水平均電導度為 13.7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ；平均脫鹽率則為 99.88%，結果顯示純化後水質純度符合批次自動系統建立需求(導電度低於 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )。

為分析水質純化系統對氡水偵檢的干擾，以真實海水之純化水作為水樣背景，使用已建置之自動液態閃爍計數儀 Hidex 300 SL 進行偵檢極限測試，研究參考環境部，環境檢驗方法偵測極限測定指引，及核能安全委員會環境輻射監測規範，環境試樣放射性分析及能譜分析最小可測量值評估方法，規劃測試方法，計算最小可測量值(MDA)，分析偵檢誤差。研究以 7 組空白背景(無氡樣品水樣)分析，計算平均數值作為空白背景(blank)量測數值，分析偵檢極限；此外，使用 7 組分析標準添加樣品，以純化水進行標準添加，預期配置氡活度濃度為 300 Bq/L，進行添加後的樣品分析，計算偵檢誤差。本次測試使用之純化水電導度為 2.56  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，計測時間 1800 秒；分析結果如表 1-38 及表 1-39 所示。

依據測試結果，計算系統偵檢極限可得，計測時間 1800 秒之 MDA 為 24.1 Bq/L，符合應對計畫建立之海水氡活度濃度預警綠色燈號需求(低於 100 Bq/L)；標準添加氡之樣品偵檢分析可得平均氡活度濃度為 299 Bq/L、標準偏差值為 7.18 Bq/L，與預期之添加氡活度濃度差異不大。

海水水質純化系統採取薄膜過濾系統配合吸附及離子交換樹脂使用，以連續處理水質純化；因海水中高鹽類濃度影響，過濾器內之過濾薄膜耗損、離子交換樹脂吸附飽和將影響出流純化水，需要更換離子交換樹脂與過濾薄膜以確保水

質，故後續項目包含持續測試系統出流，精進純化設備以減少耗材更換頻率，完成水體中氚活度濃度之批次自動監測技術使命。研究計畫規劃於 114 年完成建置可長時間自動監測目標水體之系統，完成監測系統 72 小時以上批次自動分析測試；於 115 年以臺灣本島沿海場域進行現地測試。研究技術可應用於預備輻射意外事件應變，強化國家輻災應變量能。

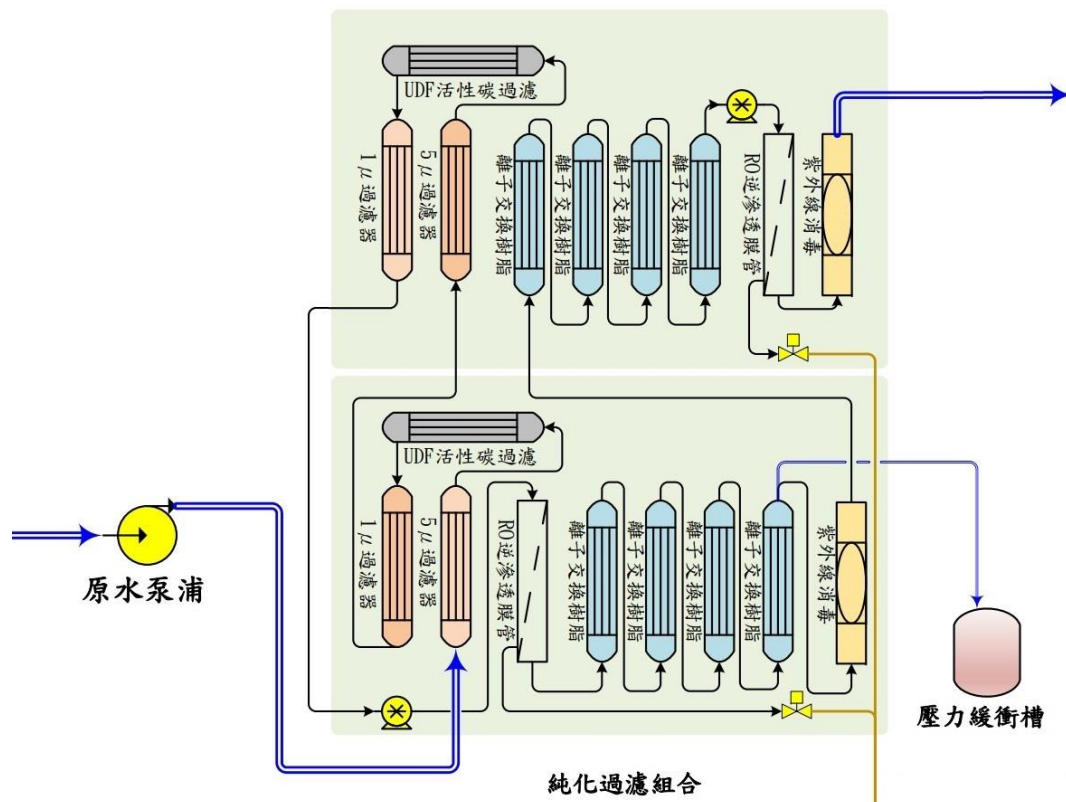


圖 1-20 海水水質純化系統過濾組合示意圖



圖 1-21 海水水質純化系統設備照片

表 1-38 MDA 計算之空白樣品(Blank)量測數值

| 樣品編號          | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 平均值  |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 分析結果<br>(cpm) | 16.2 | 16.3 | 15.9 | 16.6 | 16.1 | 17.3 | 17.2 | 16.5 |
| 分析結果<br>(dpm) | 64.8 | 65.2 | 63.6 | 66.4 | 64.4 | 69.2 | 68.8 | 66.1 |

表 1-39 標準添加樣品分析結果

| 樣品編號               | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7     | 平均     |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| 分析結果<br>(cpm)      | 60.56  | 62.57  | 62.31  | 61.18  | 60.16  | 60.09  | 62.30 | 61.31  |
| 分析結果<br>(dpm)      | 242.24 | 250.28 | 249.24 | 244.72 | 240.64 | 240.36 | 249.2 | 245.24 |
| 計算氡活度濃度<br>(Bq/L)  | 294    | 307    | 305    | 298    | 291    | 290    | 305   | 299    |
| 計算氡活度濃度之標準偏差(Bq/L) |        |        |        |        |        |        |       | 7.18   |

## 子項計畫二：日本含氚處理水排放對水產動物類及藻類劑量安全與風險研究

### 【子項計畫二/研究計畫一：魚類及藻類邊境輸入檢測及氚健康風險評估】

1. 113 年執行對日本輸臺水產品及藻類，抽樣檢驗放射性核種氚 300 件，包含底棲性(例如章魚、貝類等)、固著性(例如牡蠣、海帶等)、游泳性(例如沙丁魚、秋刀魚、鯖魚等)及河海洄游性(例如鮭魚等)，源自日本北海道、熊本縣、沖繩縣、長崎縣、兵庫縣、福岡縣、香川縣、宮城縣等都道府縣，皆未檢出氚。
2. 113 年蒐集國際間之研究動態(包括公眾意見、政府機關之相關管理規範等)，並將其彙集蒐集之成果，製作風險溝通之文案。

表 2-1 日本輸臺水產品生物氚含量檢測情形

| 檢驗核種 | 全年件數 | 完成件數 | 分析進度 |
|------|------|------|------|
| 氚    | 300  | 300  | 100% |

### 【子項計畫二/研究計畫二：魚類有機氚/無機氚代謝研究】

本計畫針對海水生物於海水氚濃度約 1500 Bq/L 之體內有機氚濃度之累積及代謝試驗，獲得氚核種遷移係數，透過代表性魚類及藻類之含氚海水養殖，海水及海水生物體之氚核種標準化分析及其頻率確立，完成生物氚健康風險研析，做為相關放射性核種食品法規修訂之評估依據。

113 年度工作項目依各季度分別為：(1) 完成代表性魚類之活體採購及飼養，氚射源(HTO)購買及室內養殖場周邊設備建置及購買。(2) 進行魚類代謝及累積試驗，取樣及分析及藻類設備擴增及其他設備建置及購買。(3) 完成室內人工養殖場不斷電系統建置，進行藻類代謝及累積試驗取樣及分析；並持續進行魚類累積試驗。(4) 完成甲殼類及貝類設備擴增及其他設備建置及購買。並持續進行魚

類及藻類累積試驗；並以甲殼類及貝類進行含氚海水養殖測試。

至 113 年 12 月止已完成：(1) 完成氚射源(HTO)購買 2 公升，其活度濃度為  $7.4 \times 10^8$  Bq/L，(2) 國原院 015F 館室內庫板隔間安裝，避免氚射源因蒸散影響控制組水質，造成控制組環境受到影響，故將試驗區及控制區進行區隔，以確保數據之可靠性。(3) 進行海水生物(中/小型魚(黃錫鯛)採購及養殖，經過對水、對溫、殺菌(寄生蟲)等處理後，因除適應不良及受傷導致魚隻死亡，存活率約 85%，補足試驗所需之數量後，再無魚隻死亡，黃錫鯛成魚生長狀況穩定，並已向國原院 IACUC 團隊提出「動物實驗申請表」，動物實驗照護委員會規定之作業相關 SOP 及表單已制定，將依照規定之 SOP 進行魚類試驗。(4) 進行海水生物(黃錫鯛)含氚養殖，並進行代謝及累積試驗取樣，目前已完成一批次代謝試驗取樣，檢測魚體組織內自由水氚(Tissue Free Water Tritium, TFWT)之氚活度，探討魚體生活在含一定氚濃度下之 TFWT 與水中濃度之關係，以及放回乾淨之環境下(無氚濃度的環境)魚體中 TFWT 代謝之關係，其分析結果顯示魚類體內 TFWT 約在 24 小時內將達成平衡，與水中氚濃度比值約為 0.9，放回乾淨之環境下，魚體中 TFWT 亦約在 24 小時內將體內之氚排出，並與外界濃度達成平衡；而累積試驗已取 8 個樣品，已累積約 6 個月的時間，樣品結果分析中，檢測魚體內有機鍵結氚(Organic Bounded Tritium, OBT)之氚活度，探討魚體經過生理作用後所累積在魚體中之氚濃度。(5) 進行海水生物(菊花龍種龍鬚菜)含氚養殖，並進行代謝及累積試驗取樣，目前已完成一批次代謝試驗取樣，檢測藻類 TFWT 之氚活度，探討藻類生活在含一定氚濃度下之 TFWT 與水中濃度之關係，以及放回乾淨之環境下藻類中 TFWT 代謝之關係，其分析結果待分析中；而累積試驗已取 5 個樣品，已累積約 1 個月的時間，後續將檢測藻類 OBT 之氚活度，探討藻類經過生理作用後所累積在體內中之氚濃度。(6) 進行海水生物(九孔鮑)含氚養殖，飼養近 2 個月迄今，活體死亡率已降低，但因目前試驗區正持續執行魚類及藻類試驗，預計 114 年執行九孔鮑含氚養殖試驗。。

## 動物實驗申請表

「實驗動物照護及使用委員會審議時，應優先建議使用非活體動物替代方式，相關替代方案請參考動物保護資訊網/我想了解專區/實驗動物/動物實驗替代方案」  
(網址 <https://animal.coa.gov.tw/Frontend/Know/ExperimentAnimal#tab7>)。」

「本表請留存於本機構實驗動物照護及使用委員會備查，毋須報送農業部；惟如使用猿猴、犬、貓進行科學應用時，應提供審核通過之申請表影本列為年度監督報告之附件。」

一、計畫主持人：蓋憲明 職稱：副研究員 聯絡電話：5627

申請人名稱：楊智翔 職稱：技術員 聯絡電話：5614

二、單位：化學工程所 實驗地點：化學工程所 015F 館

三、計畫/課程/試驗名稱：魚類有機質/無機質代謝研究

類型：☐1. 基礎研究 ☒2. 應用研究 ☐3. 產品上市前測試 ☐4. 教學訓練

☐5. 製造生物製劑 ☐6. 其他：(請說明)

種類：☐1. 醫學研究 ☐2. 農業研究 ☐3. 藥物及疫苗(含中草藥) ☐4. 健康食品

☐5. 食品 ☐6. 毒、化學品 ☐7. 醫療器材 ☐8. 農藥 ☐9. 動物用(藥物及疫苗)

☐10. 動物保健品、飼料添加物 ☐11. (含藥)化妝品 ☒12. 其他：環境研究

四、經費來源：☐1. 農業部 ☐2. 衛生福利部 ☐3. 國科會 ☐4. 教育部 ☐5. 環境部  
☒6. 其他：中央計畫

五、執行期限：113 年 01 月 至 113 年 12 月 (請填寫起訖年月)

圖 2-1 動物實驗申請書

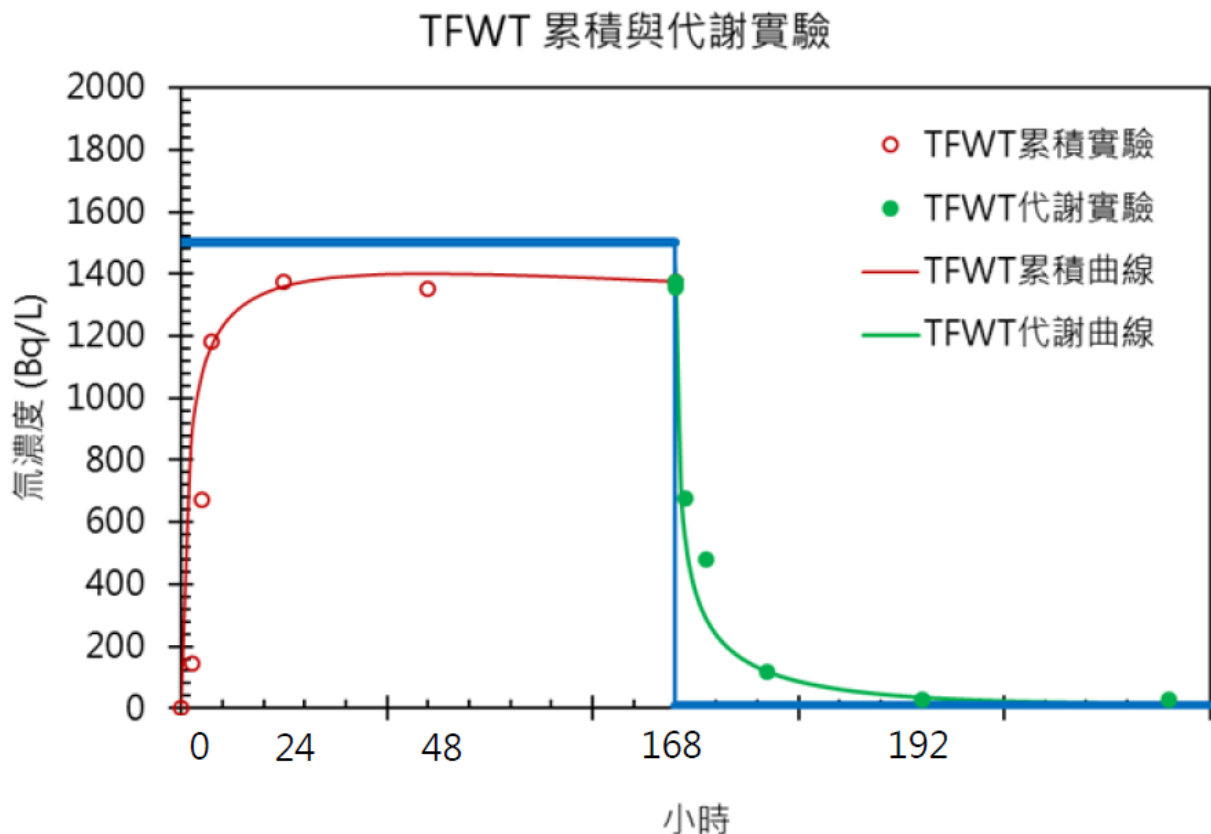


圖 2-2 魚類 TFWT 生物試驗結果

### 子項計畫三：海域放射性物質排放事件例行化預報及異常排放示警處理研究

#### 【子項計畫三/研究計畫一：擴散模式精進及擴增臺灣海峽預報模組】

為了解臺灣周遭海域之氚背景值，及氚隨洋流之擴散狀況，以建立臺灣海域氚水濃度背景值，因此本研究針對各核電廠的氚水排放，開發多點釋放功能，設計 1 套可模擬同時排放其氚水粒子的流程，以利執行氚水背景值的模擬分析。多點釋放粒子初始分布檔建置流程圖如圖 3-1a 所示，透過排放位置與深度、排放起始時間與結束時間、排放間隔等設定，建置多點釋放粒子初始檔，因粒子隨著時間增加會逐漸增加粒子排放數量，為解決粒子因數量增加而計算量倍增的問題，開發粒子擴散模擬平行計算系統，其流程圖如圖 3-1b 所呈現，將上一步得到的多點粒子分布初始檔透過平均切割方式，將大量粒子分配至多個核心上執行計算，藉此可讓粒子擴散模擬系統可多點釋放，同時也避免因粒子數量增加而增加大量的計算時間。圖 3-2 為將核二廠與核三廠作為多點釋放模擬範例，4 張圖依序為模擬 1 週至 4 週的粒子分布圖，由圖可知核二廠釋放的粒子隨著潮汐往東北海域擴散後，進入黑潮後迅速往北移動；同時核三廠釋放的粒子隨著潮汐在南灣東西擺盪後，大部分粒子進入東部的黑潮主流迅速往北移動，而少部分粒子往西南海域前進，由結果呈現多點釋放功能可正常且穩定運作。



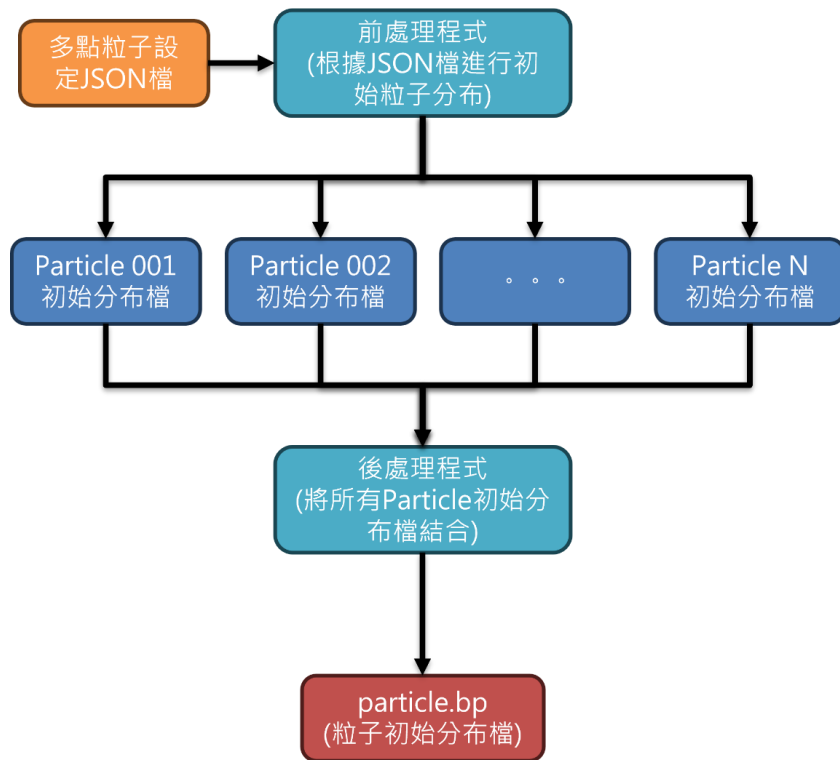


圖 3-1a 多點釋放粒子初始分布檔建置流程圖

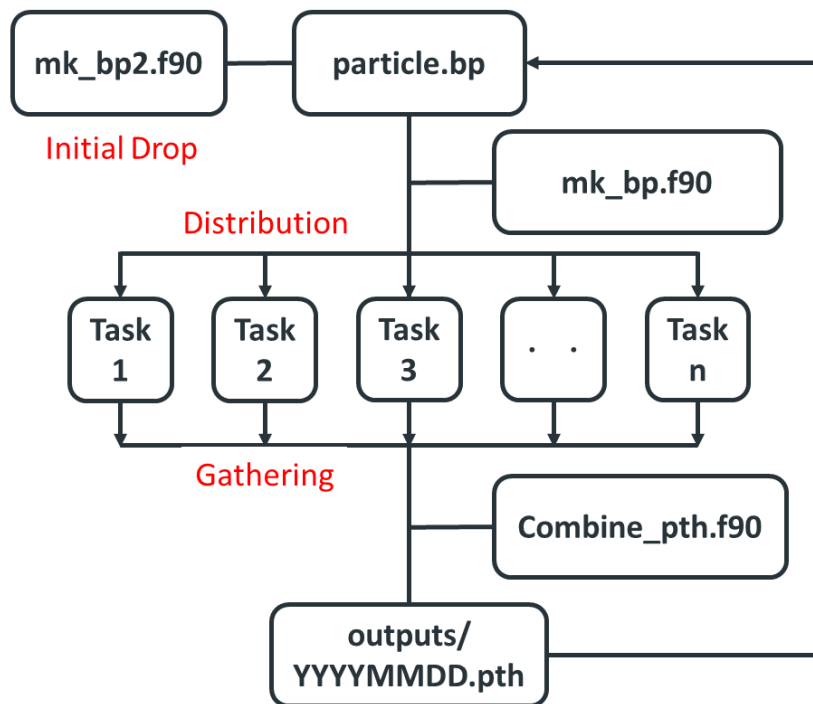


圖 3-1b 粒子擴散模擬流程圖

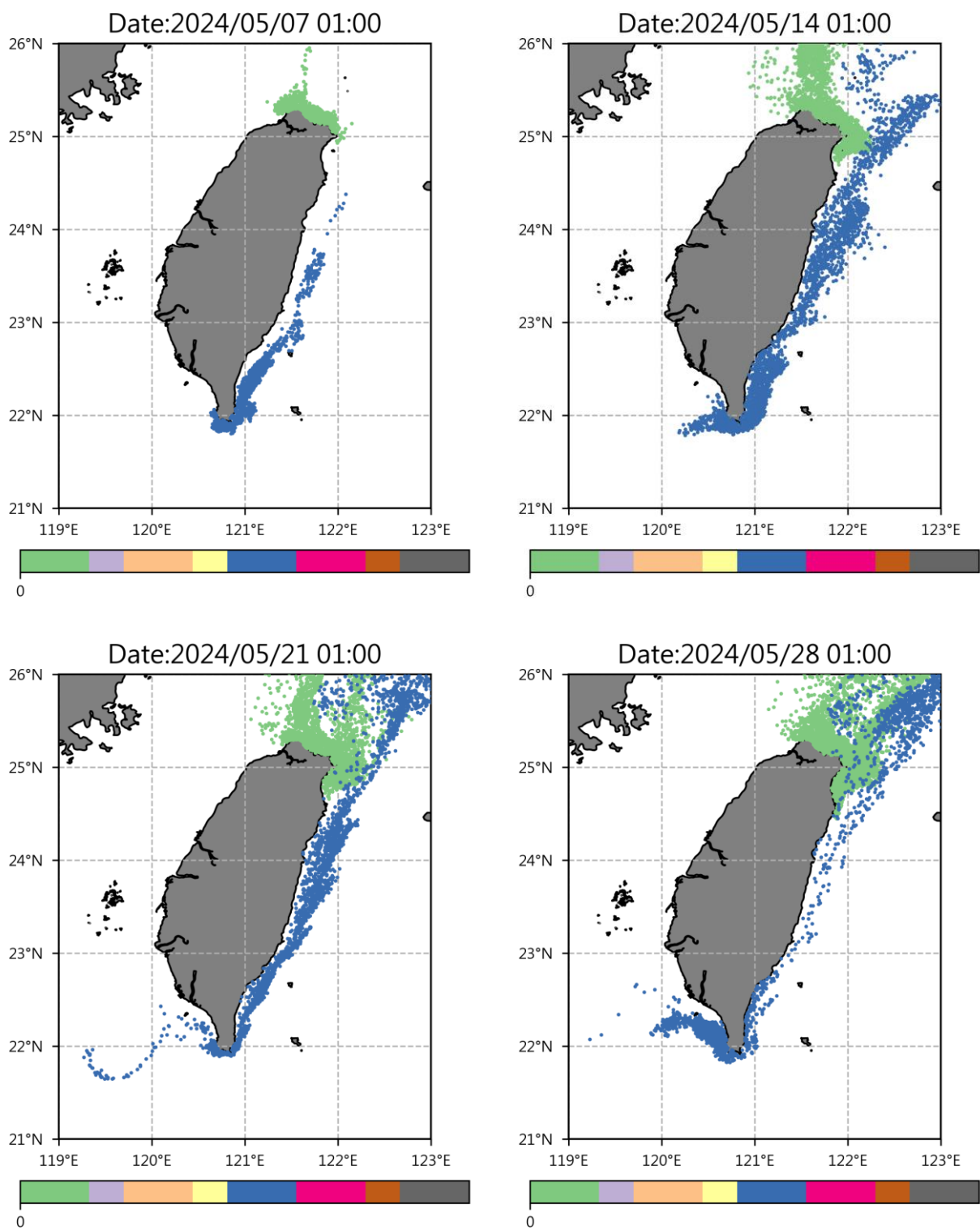


圖 3-2 多點釋放模擬示意圖（左上為模擬 1 週結果，右上為模擬 2 週結果，左下為模擬 3 週結果，右下為模擬 3 週結果）

## 擴散模式精進\_排放口擴散濃度網格加密與監測點數值比對

至 2024 年 6 月 4 日共有 6 批次的氚廢水排放完畢，如圖 3-3 在放射性物質海域擴散海洋資訊平台的整理，含氚廢水於稀釋前之氚濃度大約 13~19 萬貝克/公升，總累積排氚量達 7.4 兆貝克，而本系統亦在日本福島氚廢水 2023 年 8 月 24 日排放開始，自動化放射性物質海洋擴散模擬作業系統上線，而本系統開發的初衷為針對臺灣周圍海域的海水氚濃度變化進行模擬，因此以整體大範圍的計算作為考量，所設置之擴散濃度網格解析度為 0.25 度（約 25 公里），另外，日本氚廢水排放的計畫預計長達 30-40 年，累積模擬的排放粒子數多寡亦是系統所考量因素之一，因此每天排放之顆粒設置為 240 顆，也就是每小時 10 顆的顆粒來代表每小時 14,000 立方公尺流量的含氚廢水，換算成每個顆粒之初始半徑大約為 15 公尺，對於排放口的結構（圖 3-4 左）而言，排放口的半徑僅為 1.25 公尺，導致系統中模擬含氚廢水初始影響範圍過大，加上上述網格解析度之設置，在排放口周圍監測多位在其半徑 3 公里（圖 3-6）內，以目前系統解析度與粒子數是難以呈現出受海流影響導致的濃度分布變化。由目前日本福島的氚廢水排放策略下，僅排放口的附近能測得海水氚濃度數值，欲證實本系統在擴散濃度上可信度，在計算濃度的方式上必然需要做些改變，並能維持本系統設計初衷。圖 3-4 右則是呈現本系統精進之概念，將每個顆粒時間  $t$  與時間  $t+1$  兩者之間的位置線性內插了 50 個位置，將每個顆粒所代表的影響體積亦分為 50 等分，令其影響半徑減小為 1.89 m，較為符合排放口的大小，並以 0.0025 度之解析度計算排放口周圍 3-5 公里範圍內的濃度分布，圖 3-5 左為目前作業化版本，在排放口附近是看不到濃度分布的變化，與擴散趨勢，圖 3-5 右則為精進過後的研究版本，兩者同為 2023 年 9 月 11 日之濃度分布，可顯著看到擴散趨勢以及濃度大小之差異，目前作業化版本其最高值為  $5 \times 10^{-3}$  貝克/公升，研究版本則可達  $10^{-1}$  貝克/公升，相差 20 倍。以下前 2 批次排放期間作為時間的切分，挑選幾個監測資料較多的日子如表 3-2、表 3-3，進行濃度趨勢比較。

第 1 批次的比對如圖 3-7，8 月 25 日觀察到的峰值在排放口的東邊，而模擬的濃度趨勢向北移動。8 月 29 日觀察到的傳輸趨勢大致向西南，而模式結果顯示趨勢向南。模型預測的最大值在每公升 5 到 10 貝克之間，這與觀察到的最大值大致相同。8 月 30 日，觀察到的和模擬的傳輸方向大致相似，濃度的稀釋率沒有顯著差異。9 月 3 日的觀察數據沒有顯示明顯的傳輸方向，但模型模式顯示傳輸方向為東南。9 月 10 日，在排放停止後，結果顯示觀察到的濃度和模式預測的濃度均在 0.1 到 0.5 貝克/公升的範圍內。

第 2 次的比對如圖 3-8。10 月 8 日，觀察到的和模擬的傳輸趨勢有所不同，模擬顯示含氫廢水是離岸傳輸，而監測數值顯示在沿海附近有較高的濃度值。10 月 10 日，模擬結果在監測點 T-2 低 1 個數量級。10 月 12 日，2 組監測數據的大小區間大致與該區域之模擬結果相似。10 月 15 日，其結果與 10 月 8 日的結果相似。10 月 16 日和 17 日，由於監測數據相對有限，監測點 T-2 的模擬值約低 1 個數量級，然而，極值的大小與監測值沒有顯著差異，這表明模式可能有較快的稀釋速率或其他影響沿海觀察結果的因素。10 月 22 日，當排放停止時，模擬值與監測數值相當或略低。

儘管目前精進後的模式能捕捉到氫水傳輸的一些趨勢，並且極值的量值與監測相當，但透過與監測數值比對的過程可知在使用模式結果時，必須了解模式中未包含背景值之限制。首先，模型中從高濃度到低濃度的下降速度很快，可能是模式計算的擴散速度過快，也可能是模式計算未包括背景值，導致數值快速下降。其次，實際情況中，在海岸線會有濃度累積，但這一方面未在模型計算中考慮，可能與沿海地區地下水的持續排放，導致的濃度貢獻。後續將持續對其餘各批次進行與第 1 和第 2 批次相同之擴散校驗分析。



圖 3-3 由放射性物質海域擴散海洋資訊平台（網址：

<https://tworis.nusc.gov.tw/>）所統整之日本福島核電廠各批次含氚廢水排放資訊

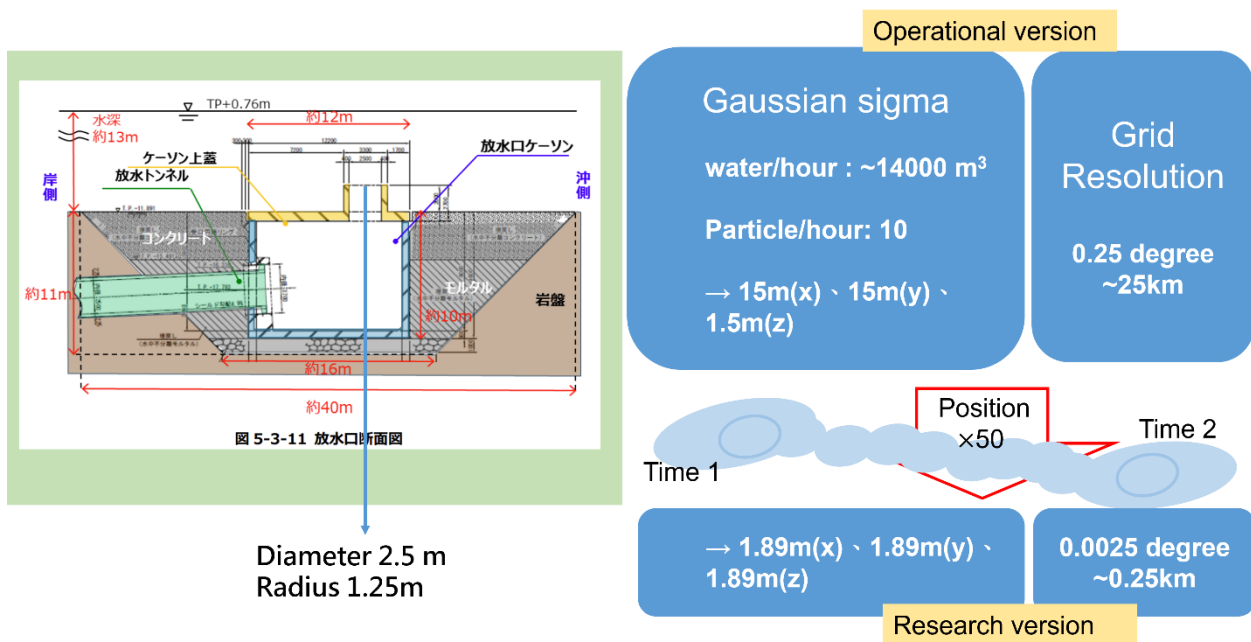


圖 3-4 根據日本福島排放口構造進行擴散模擬計算之精進

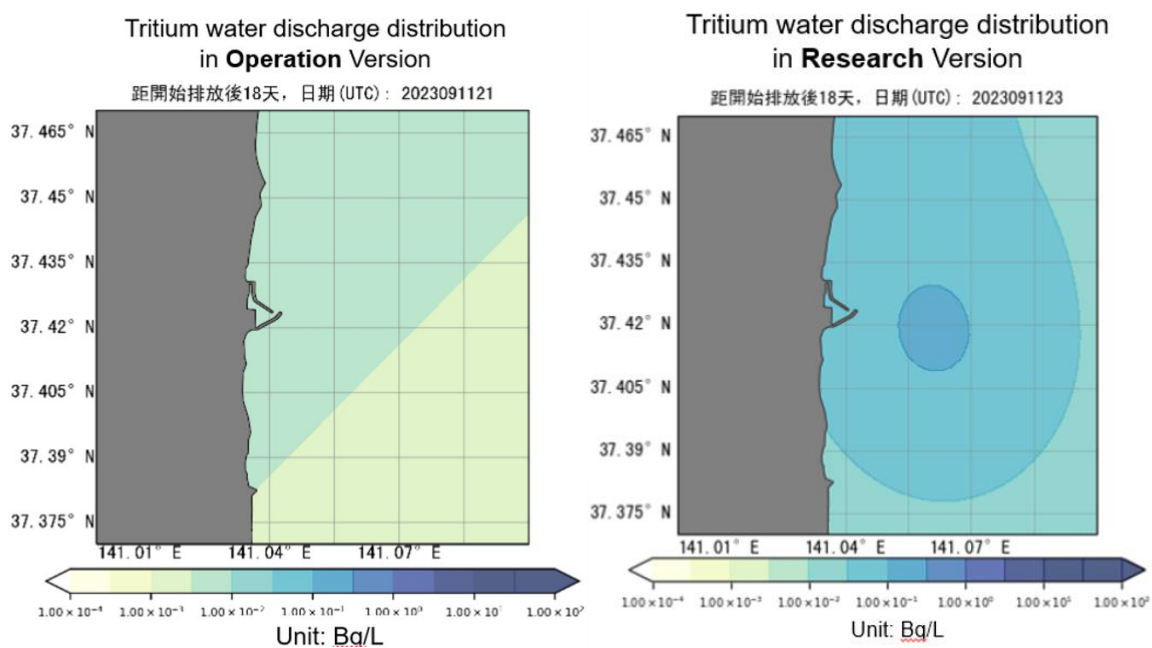


圖 3-5 例行化作業版本與研究版本之濃度擴散模擬差異

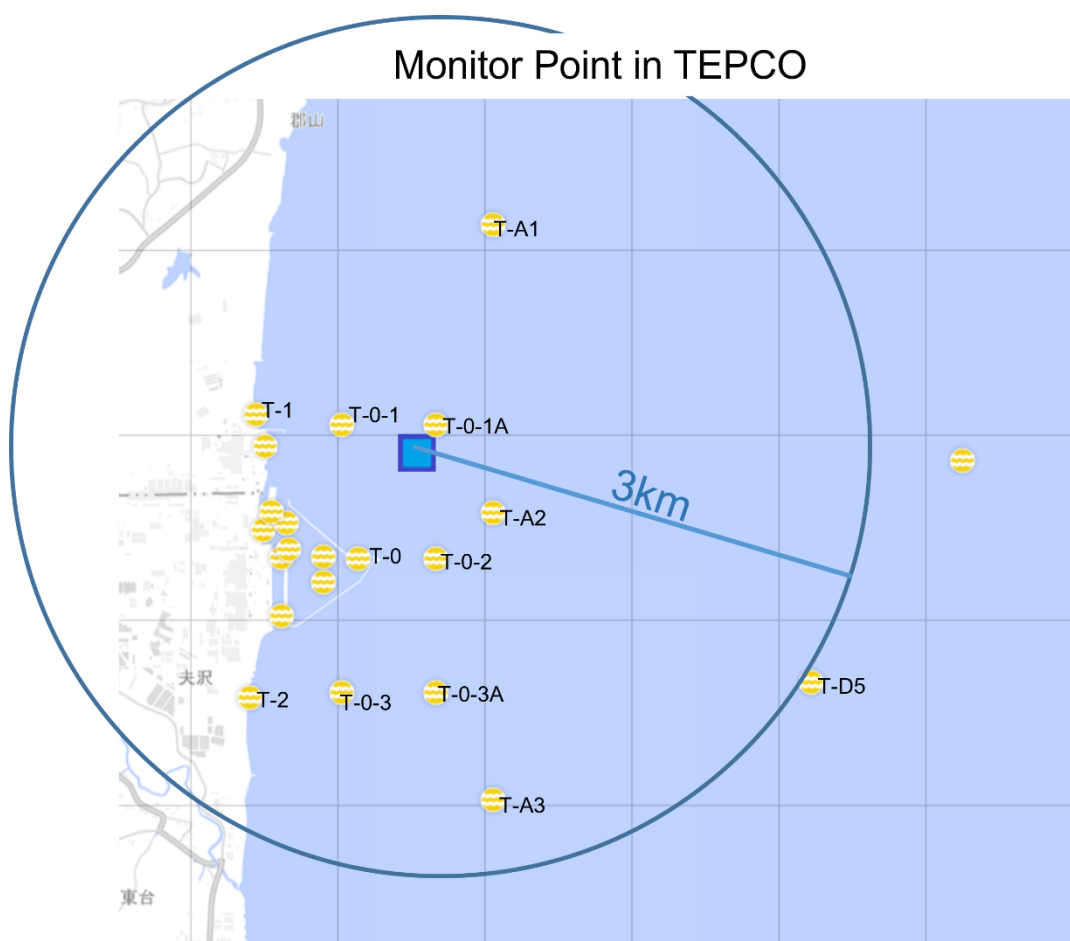


圖 3-6 日本福島電廠氚廢水排放口（圖中方型標示）周圍濃度監測點分布

表 3-2 第 1 批次排放期間距排放口 3 公里內各監測點之量測數值（單位：Bq/公升）

|       | T-1  | T-2  | T-0  | T-0-1 | T-0-1A | T-0-2 | T-0-3 | T-0-3A | T-A1  | T-A2  | T-A3 | T-D9 | T-5   | T-S3 | T-S4  | T-S8  | T-D5 |
|-------|------|------|------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|------|
| 08/25 | 0.97 | 1.1  |      | 0.66  | 0.087  | 0.92  | 0.14  |        | 0.13  | 0.065 |      |      |       |      |       |       |      |
| 08/29 | 1.0  | 1.3  | 1.1  |       | 0.43   | 1.4   |       |        | 1.1   | 1.5   | 1.1  | 0.2  | 0.077 |      |       |       |      |
| 08/30 |      |      |      |       | 10     |       |       |        |       |       |      |      |       | 0.07 | 0.073 | 0.062 | 0.59 |
| 09/03 | 0.68 | 0.9  | 0.93 |       |        | 0.74  |       |        | 1.1   | 0.88  | 0.82 |      |       |      |       |       |      |
| 09/10 | 0.21 | 0.24 | 0.39 | 0.1   | 0.12   | 0.13  | 0.16  | 0.1    | 0.078 | 0.097 | 0.16 |      |       |      |       | 0.098 |      |

表 3-3 第 2 批次排放期間距排放口 3 公里內各監測點之量測數值（單位：Bq/公升）

|       | T-1 | T-2  | T-3  | T-0  | T-0-1 | T-0-1A | T-0-2 | T-0-3 | T-0-3A | T-A1 | T-A2 | T-A3 | T-5   | T-6  | T-S5 | T-S7 | T-S8  |
|-------|-----|------|------|------|-------|--------|-------|-------|--------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|
| 10/08 | 0.4 | 0.77 |      | 0.94 | 1.4   | 12     | 0.13  | 0.15  |        | 0.13 | 0.25 |      |       |      |      |      | 0.065 |
| 10/10 |     | 0.94 | 0.29 |      |       |        |       |       |        |      |      |      |       | 0.11 |      |      |       |
| 10/12 |     |      |      |      |       | 11     |       |       |        |      |      |      | 0.078 |      |      |      | 0.065 |
| 10/15 | 4.3 | 0.66 |      | 1.3  | 1.0   | 16     | 1.2   | 1.0   | 0.74   | 0.5  | 0.56 | 0.8  |       | 0.81 |      |      |       |
| 10/16 |     | 0.66 |      |      |       |        |       |       |        |      |      |      |       |      | 0.11 | 0.11 |       |
| 10/17 |     | 1.7  |      |      |       |        | 8.9   |       |        |      |      |      |       |      |      |      |       |
| 10/22 | 1.3 | 0.8  |      | 1.2  | 1.3   | 0.7    | 0.4   | 1.0   |        | 0.37 |      |      |       |      |      |      |       |

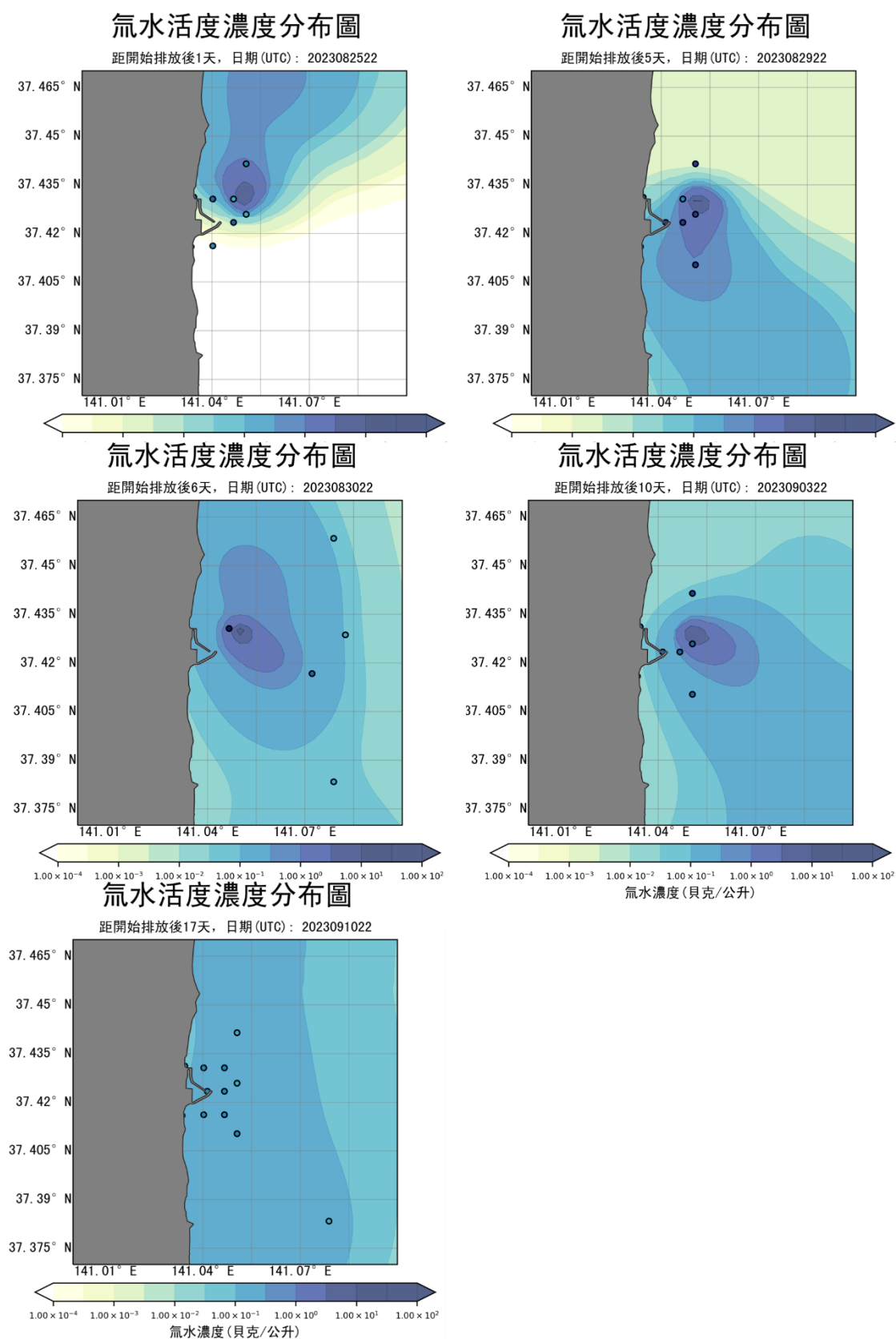


圖 3-7 第 1 批次排放期間模擬含氚廢水擴散濃度分布與測站監測數值(與模擬數值區間之色階表示)



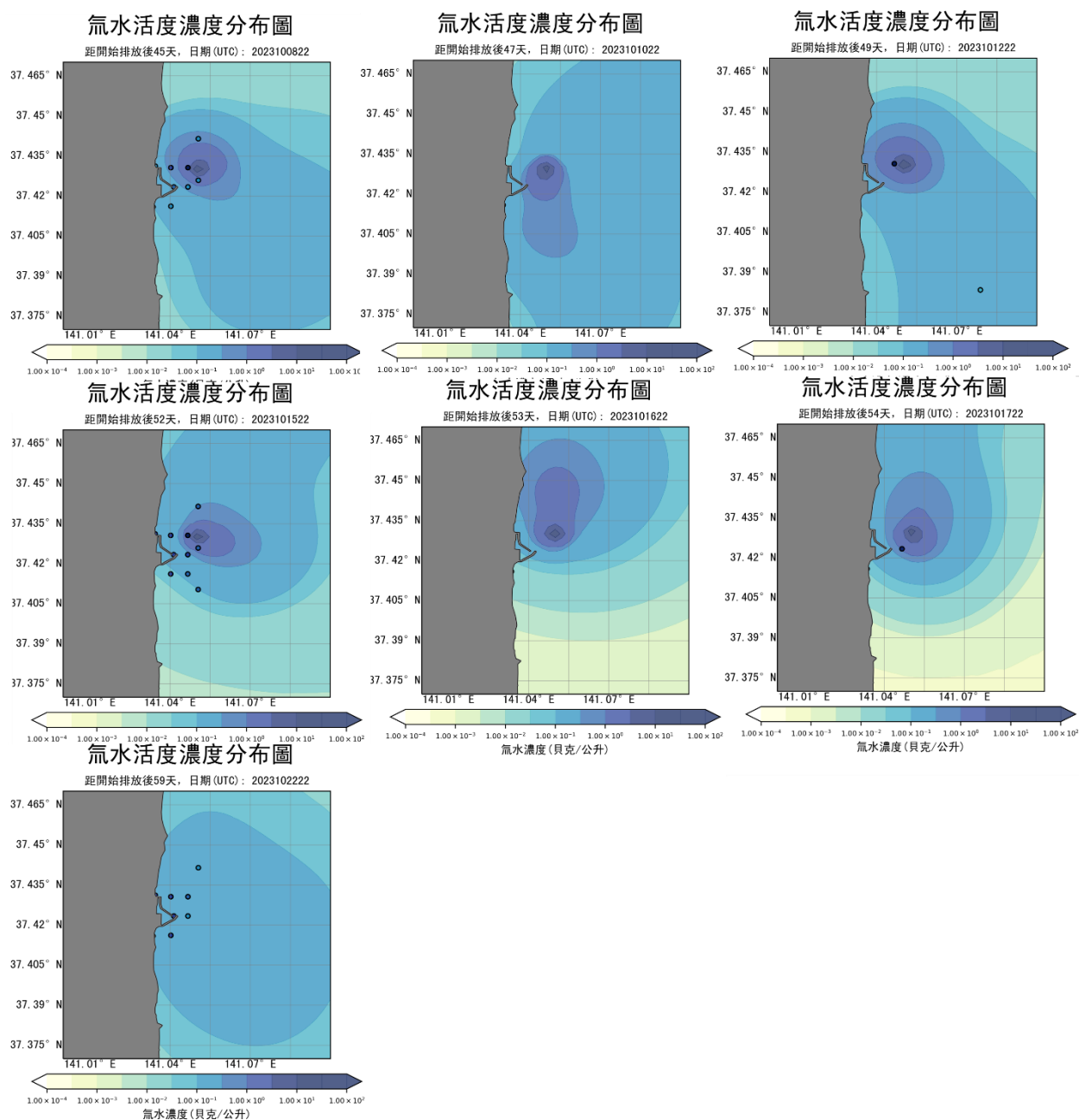


圖 3-8 第 2 批次排放期間模擬含氚廢水擴散濃度分布與測站監測數值(與模擬數值區間之色階表示)。

## 擴散模式精進\_海洋生物對於放射性物質傳輸過程影響文獻研搜

現有研究報告稱，福島核廢水中已檢測到  $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  和  $^{131}\text{I}$  等 60 多種放射性物質(Buesseler 2020)。放射性物質釋放到海洋後，隨著時間的推移，其中一部分沉積在福島附近的海底，隨後透過食物鏈轉移到海洋浮游生物和動物身上。另一部分則經由洋流和海魚的洄遊行為擴散到其他海域(Madigan et al. 2012; Alava and Gobas 2016; Zhou et al., 2024)。

在放射性物質向外海域擴散的過程（圖 3-9）中，會發生稀釋作用，魚體的生長和放射性物質的衰變，可以降低放射性活度，最終外海域的放射性輻射量便降低。儘管如此，部分具有較長半化期的放射性物質（如  $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  等），微量的放射性物質所產生的輻射也可能憑藉魚類等洄游生物被引入其他海區的食物網並長期存在(Fisher et al., 2013; Horiguchi et al. 2018)。

海洋魚類主要透過攝食來累積放射性物質，這在底棲魚類中表現得尤為明顯，在食物鏈中位於較高層級的魚類會表現出「延遲積累(delayed accumulation)」(Johansen et al., 2014; Horiguchi et al. 2018)。此外，攝食和代謝較高的魚類通常會累積更多的放射性物質(Takagi et al. 2015)。

不同種類的放射性物質在海洋中的遷移也不同。 $^{90}\text{Sr}$  在垂直分佈上能夠滲入到一定的深度，並最終埋沒於深底泥土中。 $\text{Sr}$  的化學性質與  $\text{Ca}$  相似，極易沉積於貝類的外殼、魚類的鱗片與骨骼中。 $^{134}\text{Cs}$  和  $^{137}\text{Cs}$  與沉積物的親和力較高，容易從沉積物重新進入食物鏈，因此底棲生物的  $^{137}\text{Cs}$  活性濃度顯著高於其他魚類(Horiguchi et al. 2018; de With et al., 2021)。

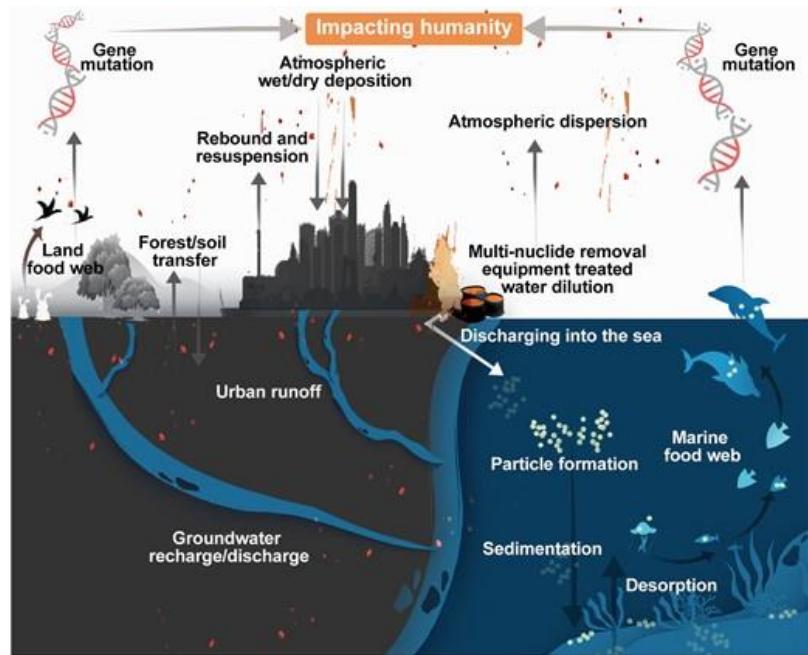
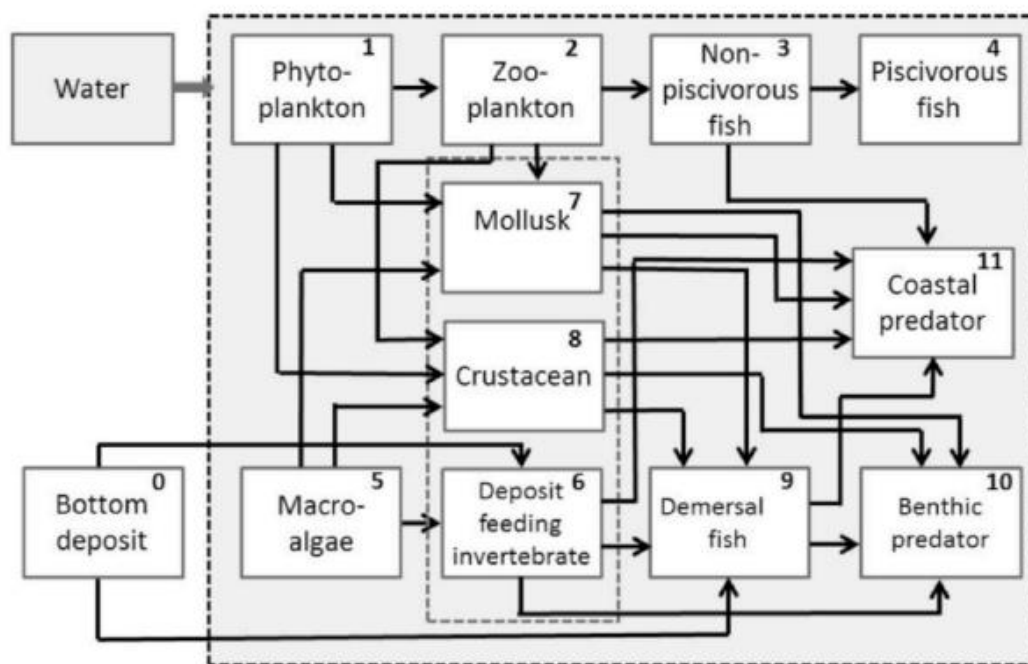


圖 3-9 放射性物質會長時間保留在土壤中，並且可以透過雨水進入地下水，最終進入海洋(圖左)。與陸地放射性物質相比，在海洋福島核廢水中存在的放射性元素可以透過洋流更快擴散(圖右)。

在模式模擬的部分，POSEIDON-R 模式主要用於模擬放射性物質在海洋環境中的行為(傳輸和分佈)，整合生物的代謝功能和食物鏈結構，並考慮到食物鏈之間的能量流動(圖 3-10)，了解放射性物質對海洋生態系統中的潛在影響。

de With et al.(2021)應用此模式評估福島核電廠事故期間及之後，釋放的 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$  和  $^{137}\text{Cs}$  對海洋生物的影響。其將位於福島核電廠排放區域的沿海區域(4-4 公里)及周邊區域(15-30 公里)獲得的 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$  和  $^{137}\text{Cs}$  的模擬結果與測量數據進行比較。

結果顯示模擬結果與測量數據大體一致，儘管 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{131}\text{I}$  需要更多的測量數據支持。此外在事故後，放射性物質穩定下降至不會對海洋生物產生有害影響。針對無機氚(HTO)和有機氚(OBT)，在海洋生物中存在一些 OBT，但氚的劑量率仍然較低。



**Fig. 1.** Biological compartments with corresponding numbers and radionuclide transfer (arrows) for extended dynamic food chain. Compartments within the dashed rectangle also exchange directly with the surrounding water.

圖 3-10 生物食物鏈之間的能量流動關聯圖

此外，此模式也有應用於其他區域，例如：Bezhenar et al. (2019)評估 1945-2020 年間地中海和黑海中  $^{137}\text{Cs}$  的分佈。Maderich et al.(2021)重建 1945 年至 2020 年間北大西洋和北極海洋的  $^{137}\text{Cs}$  污染。

## 擴散模式精進\_放射性物質於海洋中沉積過程之技術開發

2021 年 8 月日本政府宣布 311 福島核電廠事件產生的核污染廢水因儲存槽將滿載，因此將在 2023 年採取海洋放流的方式排放。根據報告所載，2014 年每日產出量為  $540 \text{ m}^3/\text{day}$ ，2020 年每日產出量為  $140 \text{ m}^3/\text{day}$ ，預計到 2025 年每日產出量會低於  $100 \text{ m}^3/\text{day}$ 。目前的儲存量為  $1.265 \times 10^6 \text{ m}^3$ ，而總容量為  $1.370 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。這些受污染的水體必須透過 ALPS 處理(其處理流程圖如圖 3-11 所示)，將核污染水體中的放射性核種去除或降低放射性污染物的濃度，才能進一步的排放 (TEPCO, 2021) (如表 3-4)。

表 3-4 APLS 處理排放濃度以及兩者之比值(TEPCO, 2021)

| 放射性物質種類<br>(半化期)     | 日本排放限值<br>(Bq/L) | 處理後排放濃度<br>(Bq/L)    | 與日本排放限值<br>之比例        |
|----------------------|------------------|----------------------|-----------------------|
| H-3 (約 12 年)         | $6 \times 10^4$  | $1.5 \times 10^3$    | $2.50 \times 10^{-2}$ |
| C-14 (約 5,700 年)     | $2 \times 10^3$  | $5.0 \times 10^2$    | $2.50 \times 10^{-1}$ |
| Fe-59 (約 44 天)       | $4 \times 10^2$  | $2.0 \times 10^{-1}$ | $5.00 \times 10^{-4}$ |
| Ag-110m (約 250 天)    | $3 \times 10^2$  | $6.0 \times 10^{-2}$ | $2.00 \times 10^{-4}$ |
| Cd-113m (約 14 年)     | $4 \times 10^1$  | $2.0 \times 10^{-1}$ | $5.00 \times 10^{-3}$ |
| Cd-115m (約 45 天)     | $3 \times 10^2$  | $4.0 \times 10^0$    | $1.33 \times 10^{-1}$ |
| Sn-119m (約 290 天)    | $2 \times 10^3$  | $6.0 \times 10^1$    | $3.00 \times 10^{-2}$ |
| Sn-123 (約 130 天)     | $4 \times 10^2$  | $8.0 \times 10^0$    | $2.00 \times 10^{-2}$ |
| Sn-126 (約 230,000 年) | $2 \times 10^2$  | $4.0 \times 10^1$    | $2.00 \times 10^{-3}$ |

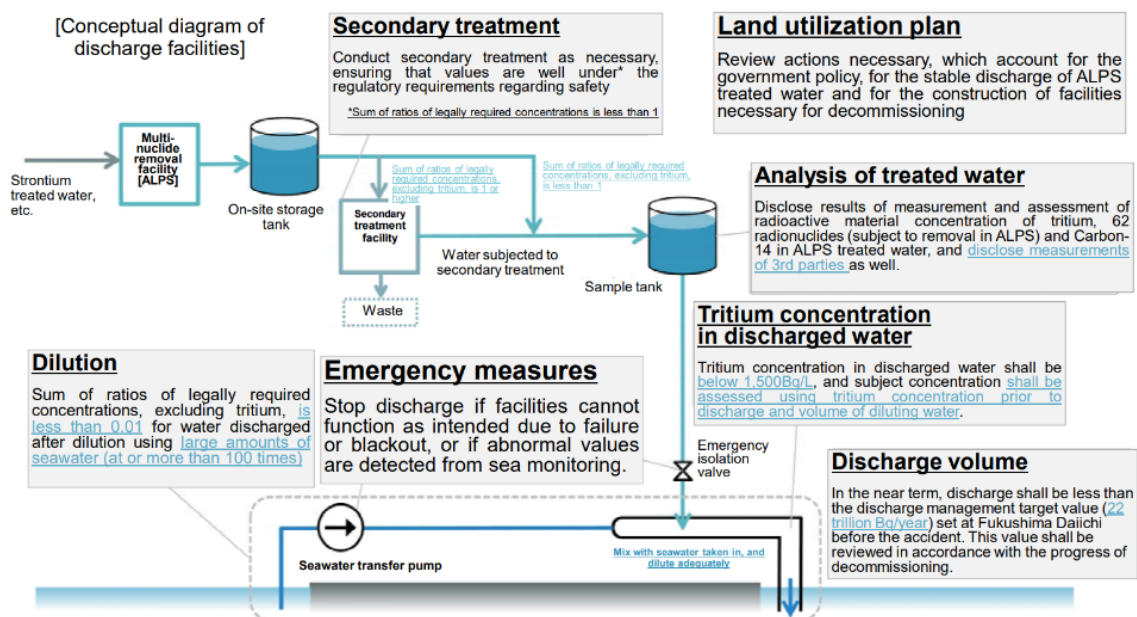


圖 3-11 核污染廢水排放處理流程(TEPCO, 2021)

其中， $^3\text{H}$  為水溶性特性，其排放後會與海水體融為一體，因此可視為水體，而  $^{137}\text{Cs}$  在水體中則有 2 種型態，分別為「粒子態」以及「溶解態」(Brovchenko et al., 2022)。粒子態的  $^{137}\text{Cs}$  常會與沉積物結合，因此會有沈積物的傳輸特性，如：沉降(Settling)、再懸浮(Resuspension)等特性，其傳輸及擴散之方式也與  $^3\text{H}$

不盡相同，故本計畫預計透過文獻蒐集，瞭解將開發放射性核種與沉積物之間的相互作用，增進放射性核種於海洋傳輸擴散表現。

Periáñez(2005)透過三維水動力方程式，結合斜壓項以及一方程紊流模式，針對法國隆河 4 種不同粒徑之懸浮沉積物傳輸運動進行研究（研究範圍及懸浮沉積物特性詳見

表 3-5 及圖 3-12），同時，研究還納入懸浮沉積物傳輸方程式的影響，包含粒子的平流、擴散及沉降過程，相關方程式如下所示：

$$\begin{aligned} \frac{\partial m_i}{\partial t} + u \frac{\partial m_i}{\partial x} + v \frac{\partial m_i}{\partial y} + (w - w_{s,i}) \frac{\partial m_i}{\partial z} \\ = A \left( \frac{\partial^2 m_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 m_i}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K \frac{\partial m_i}{\partial z} \right) \end{aligned} \quad \text{式 (5)}$$

其中， $m_i$ 為粒徑尺寸  $i$  的沉積物濃度； $w_{s,i}$ 為  $i$  粒徑尺寸粒子的沉降速度； $A$  與  $K$  分別為水平與垂直渦流黏性係數。而  $w_{s,i}$  沉降速度為根據斯托克斯定律(Stokes's law)所得出方程式，該方程式如下，其中  $\rho$  與  $D_i$  各別代表懸浮沉積物的密度與粒徑； $\nu$  為水的運動黏度：

$$w_{s,i} = \frac{\rho - \rho_w}{\rho_w} \frac{g D_i^2}{18\nu} \quad \text{式 (6)}$$

表 3-5 懸浮沉積物相關特性對照表（來源：Periáñez, 2005）

| Average partical size ( $\mu m$ ) | Class name | $w_s$ (m/s)          | $m$ (mg/L) |
|-----------------------------------|------------|----------------------|------------|
| 3                                 | Clay       | $7.8 \times 10^{-6}$ | 11.5       |
| 7                                 | Clay       | $4.2 \times 10^{-5}$ | 9.5        |
| 20                                | Silt       | $3.5 \times 10^{-4}$ | 3.5        |
| 40                                | Silt       | $4.0 \times 10^{-3}$ | 3.5        |

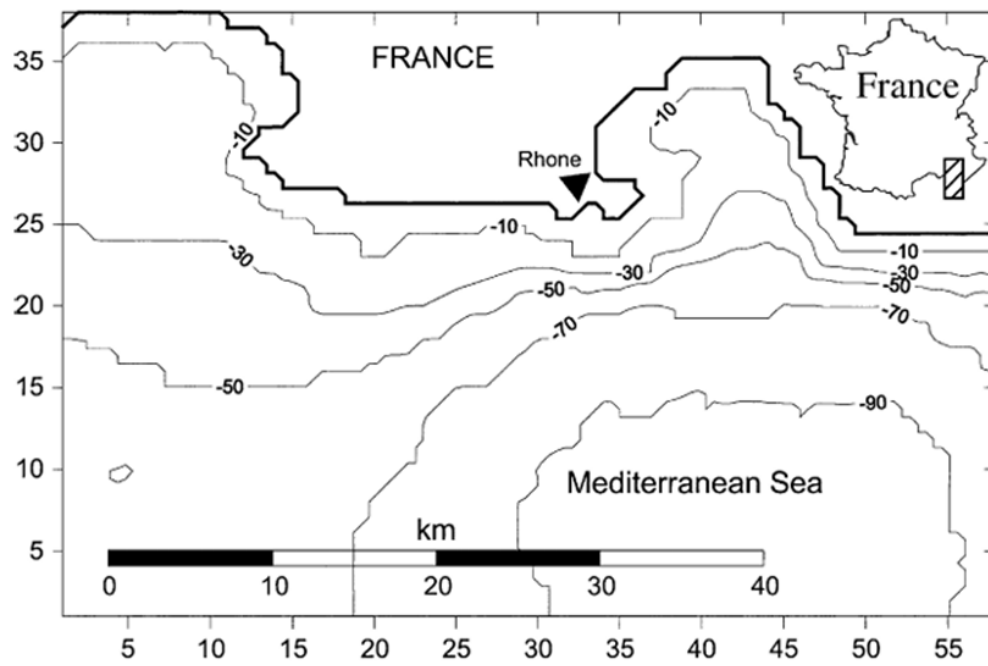


圖 3-12 模式模擬範圍(Periáñez, 2005)



模式結果顯示，計算出的流速、鹽度及顆粒分布與觀測結果趨勢相似。研究進一步指出，河口附近之高沉積速率主要與粗顆粒的快速下沉特性相關；同時發現，細顆粒沉積物(3  $\mu\text{m}$ 、7  $\mu\text{m}$ )在表層海域的傳輸分布範圍最廣、傳輸距離最遠，且濃度最高。此外，此研究還模擬了河流中放射性核種之傳輸過程，結果顯示，超過 60% 的  $^{137}\text{Cs}$  與 90% 的  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$  吸附於表層懸浮顆粒物上，尤以最小顆粒 (3  $\mu\text{m}$ , Clay) 最為顯著，證實其為放射性核種（如  $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{239,240}\text{Pu}$ ）傳輸的主要載體。

Kamidaira et al. (2021) 模擬 311 核災發生後的放射性物質擴散狀況，採用 ROMS 模型計算海流狀況，並結合沉積物傳輸方程式，模擬  $^{137}\text{Cs}$  之擴散過程，該研究假設海水中懸浮沉積物由不同粒徑之顆粒所組成（研究範圍及懸浮沉積物特性詳見

表 3-6 及圖 3-13），不同粒徑之顆粒( $j=1, 2, \dots, N$ )隨時間變化的傳輸方程式如下所示：

$$w_{s,i} = \frac{\rho - \rho_w}{\rho_w} \frac{g D_i^2}{18\nu} \quad \text{式 (7)}$$

表 3-6 懸浮沉積物相關特性對照表（來源：Kamidaira et al., 2021）

| Class name | $d_j(\mu\text{m})$ | $\rho_{s,j} \text{ (kg/m}^3\text{)}$ | $w_s \text{ (mm/s)}$ |
|------------|--------------------|--------------------------------------|----------------------|
| Sand       | 125                | 2650                                 | 9.4                  |
| Silt       | 24                 | 2650                                 | 0.4                  |
| Clay       | 4                  | 2650                                 | 0.1                  |

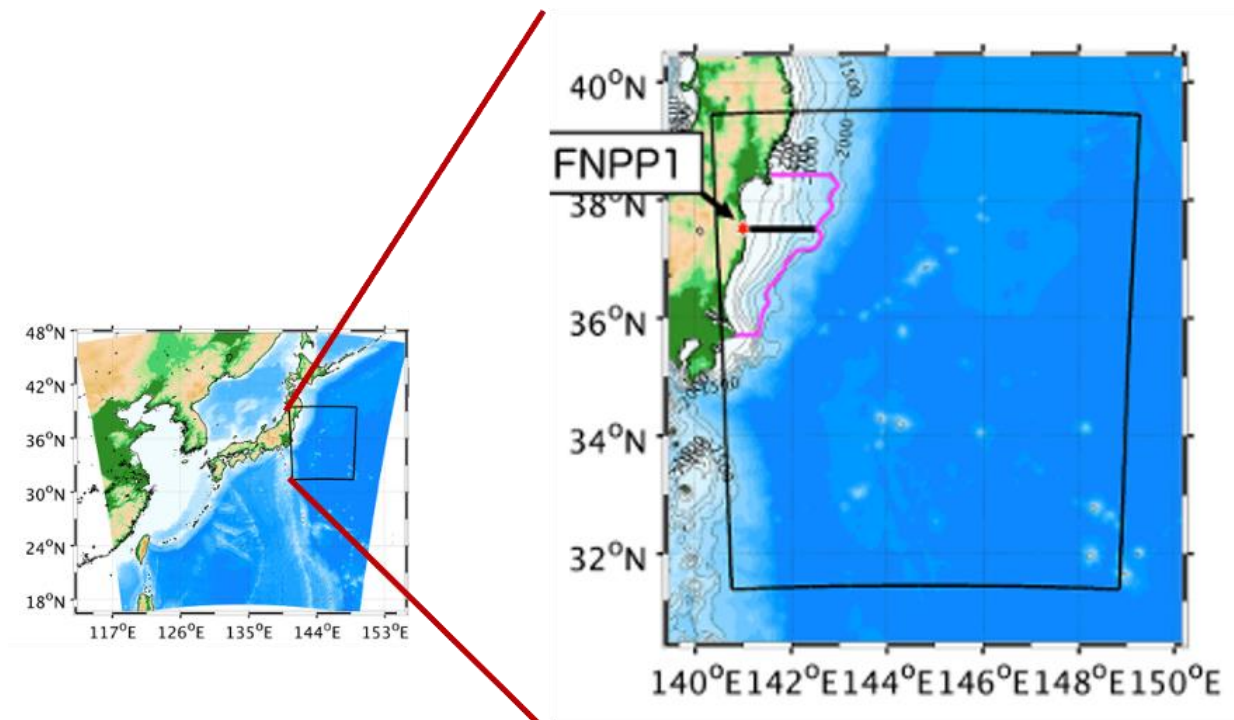


圖 3-13 模式模擬範圍(Kamidaira et al., 2021)

研究表明，事故發生數月後，超過 90%之沉積放射性物質集中於沿岸海域的海床沉積物中。分析指出，「波浪作用」及「近岸流速」是導致海床沉積物再懸浮的重要因素。此外，不同粒徑顆粒對  $^{137}\text{Cs}$  的吸附能力存在顯著差異，其中以黏土顆粒對  $^{137}\text{Cs}$  的吸附效果最為顯著。進一步研究顯示，截至 2011 年 6 月，福島沿岸沉積物中的  $^{137}\text{Cs}$  主要來源於溶解相態的吸附；而在 2011 年 6 月後，海床沉積物因「再懸浮」以及「解吸作用」，逐漸成為釋放  $^{137}\text{Cs}$  至海水之主要來源。

Brovchenko et al. (2022) 利用 SCHISM「波浪-環流耦合模式」，結合「沉積物傳輸模型」以及「放射性核種傳輸模型」，針對渤海、黃海及東海的 4 座核電廠（三門、韓光、紅沿河、臺灣核二廠）放射性核種排放進行擴散模型的開發（研究範圍及懸浮沉積物特性詳見

表 3-7 及圖 3-14)。研究重點包括「懸浮沉積物濃度、侵蝕、沉積過程」及「 $^{137}\text{Cs}$  的擴散過程」，其中，在沉積物傳輸模式中，考慮了 5 種不同粒徑大小的黏性(cohesive)與非黏性(non-cohesive)沉積物對傳輸過程的影響。相關傳輸方程式如下所示，其中， $t$  為時間； $z$  為方向向上的縱軸； $\vec{u}$  為  $U, V, W$  方向之速度； $i$  為不同粒徑大小之沉積物； $C_{p,i}$  為粒徑  $i$  的懸浮沉積物濃度( $\text{kg/m}^3$ )； $W_{p,i}$  為粒徑  $i$  的沉降速度( $\text{m/s}$ )； $v_T$  與  $K_H$  分別為垂直與水平方向渦流擴散係數( $\text{m}^2/\text{s}$ )； $\vec{\nabla}_H$  為水平方向運算子：

$$\frac{\partial C_{p,i}}{\partial t} + \vec{u} \vec{\nabla} C_{p,i} = W_{p,i} \frac{\partial C_{p,i}}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} v_T \frac{\partial C_{p,i}}{\partial z} + \vec{\nabla}_H K_H \vec{\nabla}_H C_{p,i} \quad \text{式 (8)}$$

表 3-7 懸浮沉積物相關特性對照表（來源：Brovchenko et al., 2022）

| Size Class  | i | $d_i(\mu m)$ | $\rho_{s,i}(kg/m^3)$ |
|-------------|---|--------------|----------------------|
| Clay        | 0 | 3            | 2300                 |
| Fine silt   | 1 | 10           | 2650                 |
| Coarse silt | 2 | 31           | 2650                 |
| Fine sand   | 3 | 125          | 2650                 |
| Coarse sand | 4 | 500          | 2650                 |

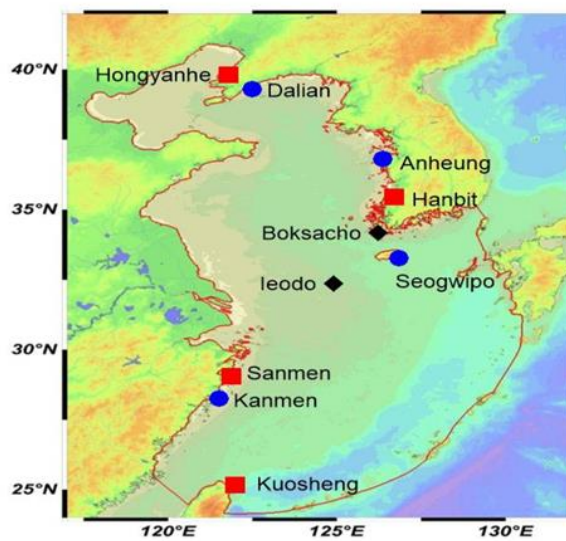


圖 3-14 模式模擬範圍(Brovchenko et al., 2022)

因放射性核種會以絮凝現象隨著黏性沉積物進行沉降，故計算黏性沉積物之沉降速度方程式如下，其中， $W_f$ 為黏性沉積物沉降速度； $\rho_s$ 為黏性沉積物之乾密度； $D_f$ 為黏性沉積物尺寸大小，而黏性沉積物的雷諾數(Re)則為 $W_f D_f \nu^{-1}$ ；F為分形維度(fractal dimension)：

$$W_{p,0} = W_f = \frac{(\rho_s - \rho_w)g}{18\rho_w\nu_M} d_0^{3-F} \frac{D_f^{F-1}}{1 + 0.15Re^{0.687}} \quad \text{式 (9)}$$

根據釋放擴散模擬結果顯示，渤海、黃海及東海 4 個核電廠（包括三門、韓光、紅沿河核電廠）的  $^{137}\text{Cs}$  擴散過程與 2011 年福島核災事故後太平洋沿岸的釋放過程存在顯著差異。在福島核災事故中，懸浮顆粒物的成分僅佔 2%，而在

三門、韓光、紅沿河等核電廠的釋放模擬中，底部沉積物中的  $^{137}\text{Cs}$  高達 40% 來自溶解相，懸浮成分佔其中的 20%。此外，研究指出，來自河川的陸源沉積物中，細顆粒（如：Clay 以及 Fine silt）佔比較大，特別是在三門、韓光、紅沿河等核電廠附近的淺水區，強風與潮流引發的侵蝕現象對懸浮顆粒在潮汐海域中的傳輸有著至關重要的作用。

根據上述文獻，沉降速度為沉積物傳輸擴散過程中的關鍵因素，並且與粒子粒徑與密度密切相關。特別是黏土顆粒(Clay)，由於其較小的粒徑與較高的比重，顯示出顯著的沉降特性，且與放射性核種（如  $^{137}\text{Cs}$ ）的吸附有著明顯的關聯。因此，為了更準確地描述沉降過程，本團隊採用 Periañez(2005)所提出之沉降速度公式，並針對黏土顆粒進行粒子與沉積物間相互影響的分析，通過將沉降速度納入原有的粒子傳輸擴散計算中，從而更精確地預測放射性物質之傳輸行為，如將式 3 加入上述黏土顆粒沉降速度後如下式， $W_{\text{Settling}}$  為沉積物沉降速度，採用

表 3-6 中黏土顆粒沉降速度每秒下降 0.1 mm 進行測試，其結果如圖 3-15 至圖 3-18 所呈現，當加入沉降速度後顆粒因此容易沉降到底部，而底部水平流場較小，因此許多顆粒較易排放後沉降於排放點附近的底床，而無加入沉降速度之模擬結果則呈現較廣的分布，兩者結果差異大，因此未來模擬核種其特性容易與水中沉積物結合時（如文獻所提之銻 137），應加入沉積物沉降速度之特性，可獲得更準確之模擬結果。

$$Z^{n+1} = Z^n + (W + V_Y + \frac{\partial K_z}{\partial z} + W_{\text{Settling}})\Delta t + R\sqrt{6K_z\Delta t} \quad \text{式 (10)}$$

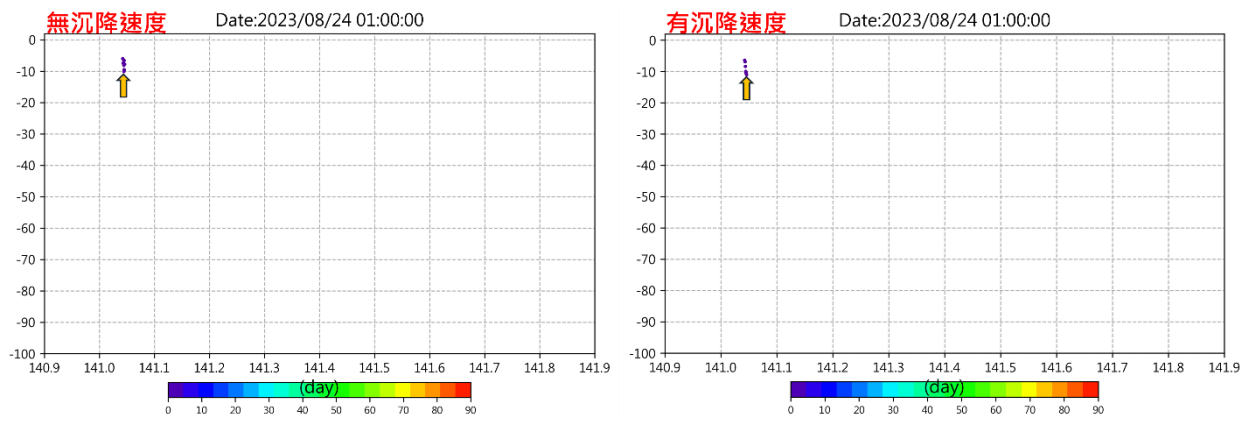


圖 3-15 加入沉降速度後模擬分布圖（排放 1 小時候，左圖為無沉降速度，右圖為有沉降速度）

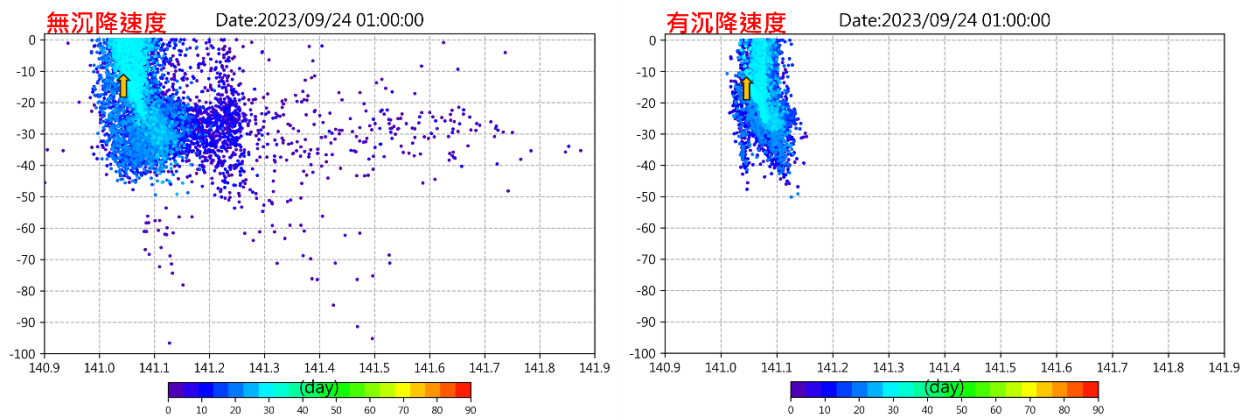


圖 3-16 加入沉降速度後模擬分布圖（排放 30 天後，左圖為無沉降速度，右圖為有沉降速度）

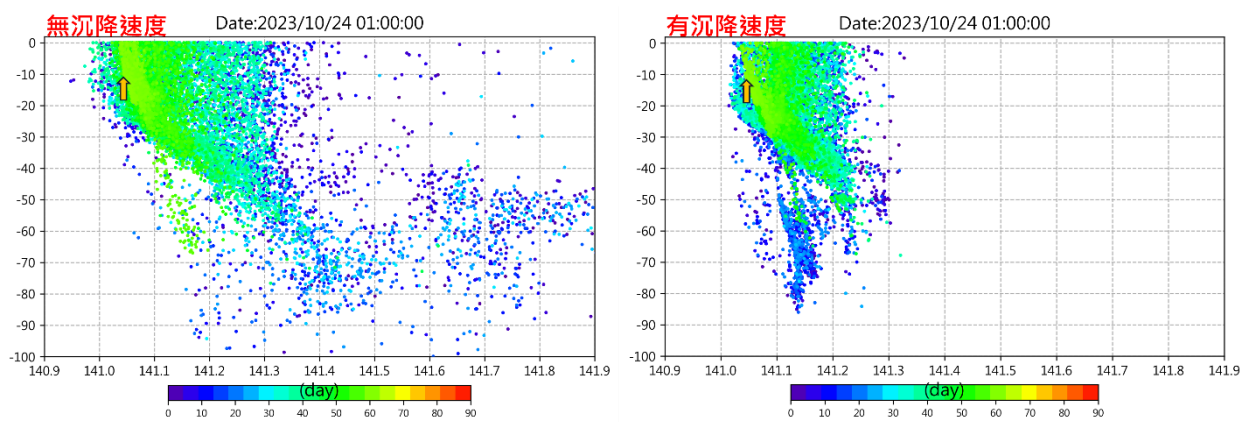


圖 3-17 加入沉降速度後模擬分布圖（排放 60 天後，左圖為無沉降速度，右圖為有沉降速度）

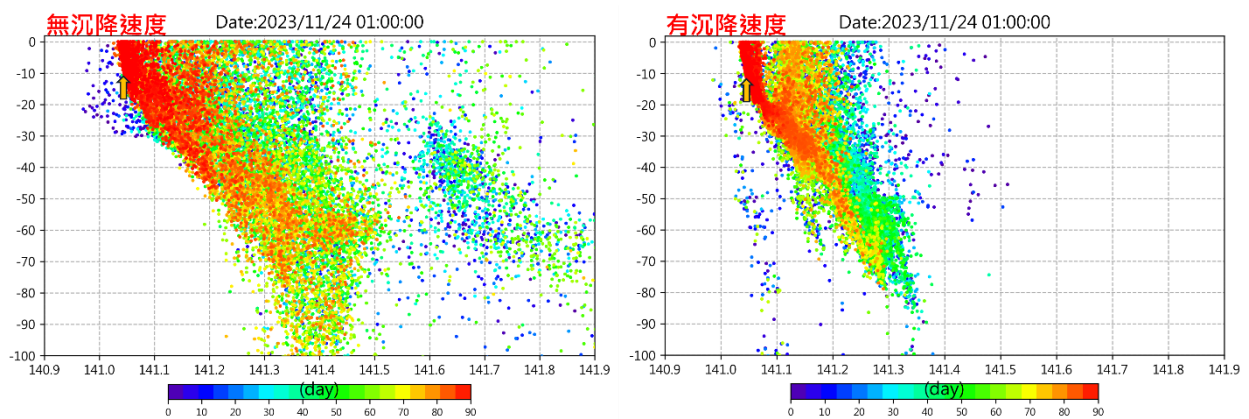


圖 3-18 加入沉降速度後模擬分布圖（排放 90 天後，左圖為無沉降速度，右圖為有沉降速度）



## 擴散模式精進\_大尺度/小尺度介接初步研究

在目前含氫廢水海洋擴散模擬執行設定中，對於污染放射源排放的方式，為簡化的概念，從無初速於排放口開始連續排放，係指放射污染粒子，持續以無初速條件擺置於海底的排放口位置，然而實際日方排放時，在海底 10 米左右深度排放口，因液面壓力差所產生的推力，使得污染源在排放口具有初速的狀態下排出，故將排放口放射污染粒子設定為以特定初速排出，並考慮此推力對粒子移動後續的影響，應更符合實際含氫廢水自排放口排出的行為。

前述的排放口排出行為，是相對短暫且局部細微的流體移動情況，對於既有的海洋擴散模擬而言，現行處理的程序屬大尺度角度，來推估放射污染粒子於相對長的時間下，伴隨背景洋流移動的結果，而排放口噴流現象是小尺度的表現，兩者之間若以直接洋流控制方程組來求互動的海流三維速度場數值解，實質上困難且費時，因此大小尺度海流介接，擬以參數化法形式來設計進行。

參數法的設計方向，目標著眼於小尺度噴流對於背景海流垂直速度的疊加量，小尺度的具體特徵展現，及如何獲取小尺度噴流垂直速度值，擬透過 CFD 流體模式來重現，起初的模擬設定，初始條件為靜止的背景流場，即沒有海流速度的背景場下模擬，排放口位於水下 10.5 m 處，排放初速為 +0.467 m/s，水平網格間距為 1.5 m，垂直分層共 12 層，分層間距為 0.9~1 m，非固定值，現有的 1 組 CFD 模擬結果，如圖 3-19，從圖中數值可見，垂直速度最大值+0.67 m/s，位於排放口正上方水深 6.8 m 處，垂直速度從排放口逐漸加速至最大值後，又逐漸向上減速至海表面為 0 m/s，而垂直速度在各層水平的變化，從分層中心點（排放口正上方），水平各方向往外的變化，主要集中在半徑 4 公尺內，可見 CFD 模擬結果中噴流的影響在垂直方向上比水平方向更顯著。

由於 CFD 的初始條件，目前暫以 1 組結果進行技術之開發與測試，其結果尚未能涵蓋不同背景海流場條件的應用，因此僅能先依此組結果，以資料庫形式，來介接到大尺度顆粒軌跡模式中測試，參數法後續期望透過包含時間、背景場水

平流速、排放口深度、排放口初速、特徵軸線等變數，搭配亂數作為垂直速度變量的參數化函數。待透過更多不同 CFD 初始條件的模擬結果，來歸納設計參數化法的算式內容。

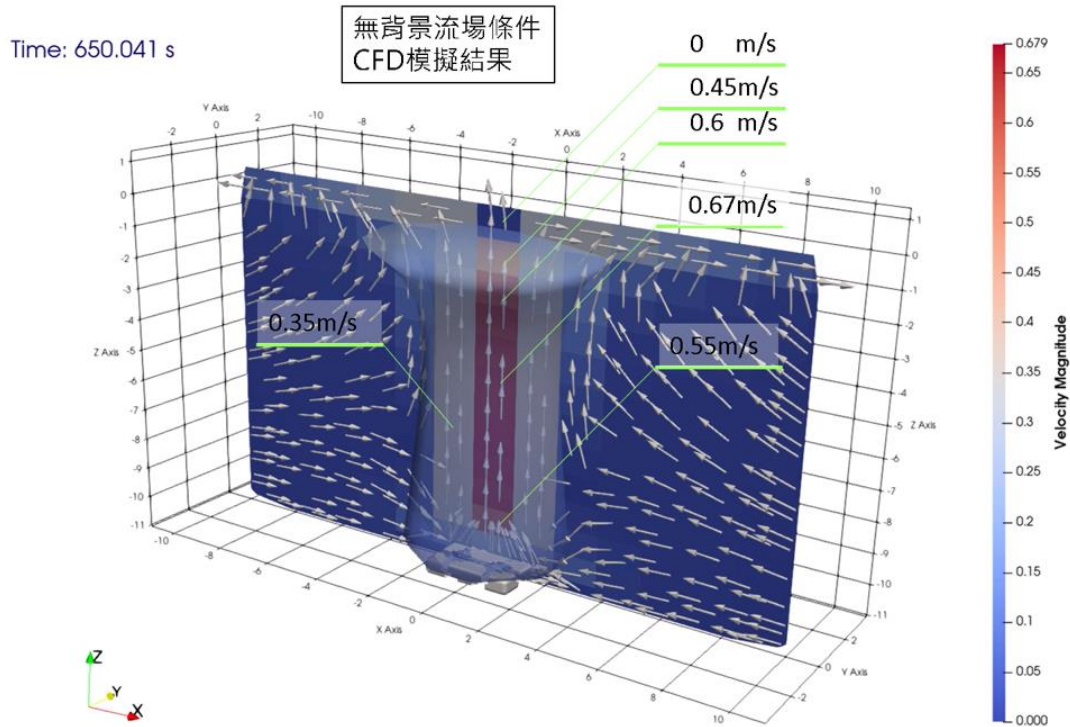


圖 3-19 CFD 模擬結果之垂直速度剖面分布圖，模擬初始條件為無背景流場，10.5m 水深處，一垂直向上初速 0.467m/s 噴流，從開始至 650 秒後的海流場，色階為垂直速度，箭頭為海流剖面流向。

大尺度擴散模式採用 SCHISM 模式群組中的 Lagrangian Particle tracking 模組進行顆粒軌跡追蹤模擬，由於放射性物質多會與顆粒物質結合，故可以將本計畫目標物視為群組顆粒各自獨立追蹤，以各顆粒質點位置描述於流場中之運動狀況，最後由流場運動狀況計算出下一個時間步顆粒位置，可應用於各種物質的傳輸擴散，如船難洩油污擴散、海洋垃圾漂流等。顆粒軌跡追蹤模組除能以向前(Forward)預測顆粒未來的路徑，亦可以向後(Backward)回溯推算顆粒可能的來源位置(Nahum & Seifert, 2006)。

$$Z^{n+1} = Z^n + (U + W_x + \frac{\partial K_x}{\partial x})\Delta t + R\sqrt{6K_x\Delta t} \quad \text{式 (1)}$$

$$Y^{n+1} = Y^n + (V + W_y + \frac{\partial K_y}{\partial y})\Delta t + R\sqrt{6K_y\Delta t} \quad \text{式 (2)}$$

$$Z^{n+1} = Z^n + (W + V_z + \frac{\partial K_z}{\partial z})\Delta t + R\sqrt{6K_z\Delta t} \quad \text{式 (3)}$$

(U, V, W)是加權後的流速在卡式座標(x, y, z)中的流速值；n 為當前時間步，n+1 為下一個時間步； $\Delta t$  是時間步長的間距；R 為-1 ~ 1 的隨機數； $K_x$ 、 $K_y$ 及 $K_z$ 分別是 x, y, z 方向的紊流擴散係數； $W_x$ 及 $W_y$ 為 x 和 y 方向的风驅動速度(wind dragging speeds)，水平擴散對於顆粒軌跡模擬為重要影響因子。在 SCHISM 的顆粒軌跡模擬可納入擴散係數的影響，如在公式中的 $R\sqrt{6K_z\Delta t}$ 其中 K 為擴散係數， $\Delta t$  為時間步長，R 為-1 至 1 之間的隨機亂數。因此，本計畫透過測試水平擴散係數，進行參數化分析，調整適合在西北太平洋中使用之擴散係數及計算方式。

顆粒軌跡模擬之擴散係數計算可分為 2 種，分別為：

#### 1. 定值水平擴散係數

計算方式為 $v_H = H_c * dt$ ，其中 $H_c$ 為水平擴散係數，參數建議範圍於 0.1~10 之間；dt 為時間步長。

#### 2. Smagorinsky 水平擴散係數

透過給定之擴散係數進行計算。計算方式為 $v_H = C_{m0} * (h_x * h_y) * D_T$ ，其中 $C_{m0}$ 代表 Smagorinsky 黏滯係數，通常介於 0.1~0.2 之間(Blasco et al., 2008)； $h_x$ 及 $h_y$ 分別為水平離散化的大小； $D_T$  為應變張量速度的大小(the magnitude of the velocity of strain tensor)，表示為 $D_T = \sqrt{dudx^2 + dvdy^2 + 0.5 * (dudy + dvdx)^2}$ 。

本計畫以這 2 種計算方式進行測試，在定值水平擴散係數的測試中，隨著擴散係數增加，顆粒散佈距離越分散，亦表示離散程度越高（每一顆粒距離顆粒團中心之距離偏差為離散程度）。故可觀察到，當定值水平擴散係數為 0 時，可測試顆粒軌跡模擬是否異常，如結果圖 3-21 顯示，每一顆粒皆在同一點上，且離散程度為 0。隨後當隨離散程度增加，顆粒分佈也越來越分散，離散程度亦增加。

圖 3-20 至圖 3-21 為本團隊進行定值水平擴散係數與 Smagorinsky 的離散測試分析圖，並將兩者進行比對分析，發現 Smagorinsky 水平擴散係數中，當  $C_{m0}$ （黏滯係數）增加時，顆粒表現越分散，如圖 3-22 所示。然而，因 Smagorinsky 之擴散程度超出對於氬水擴散之預期，故本計畫決定採用定值水平擴散係數 2 作為顆粒軌跡擴散之設定。

為了精進顆粒模式，將大尺度與小尺度模式所提供的流場進行整合，由式 1 至式 3 展示當使用大尺度模式時顆粒擴散模擬公式採用的流場為 x、y 與 z 方向流速，同時引入由小尺度模式在無背景流場下所設定得到的流場資訊，其噴流口之初始噴流速度為  $0.467 \text{ ms}^{-1}$ ，由圖可了解整體流場分布之狀況，透過其流速分布建立 1 個位置與流速相關之函式，並將其垂直流速加入大尺度流場中，如下式所呈現  $W_{CFD}$  為由小尺度理想流場分布函數所得垂直流速，以  $dt$  為 1 秒進行模擬其結果如圖 3-26 至圖 3-31 擴散分布，可發現有無介接小尺度垂直流場對於顆粒分布差異大，而介接後的顆粒分布明顯由噴射口更快接近表面，且分布較為無介接小尺度垂直流速廣，藉此可得到更接近實際狀況的顆粒模擬結果。

$$Z^{n+1} = Z^n + (W + V_Y + \frac{\partial K_z}{\partial z} + W_{CFD})\Delta t + R\sqrt{6K_z\Delta t} \quad \text{式 (4)}$$

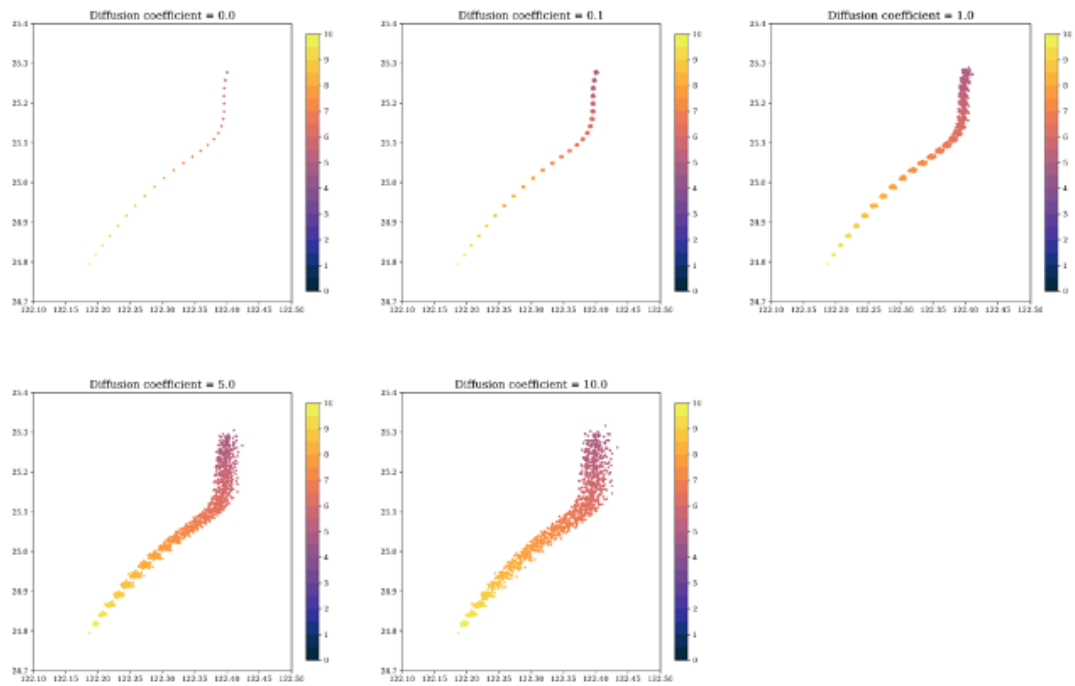


圖 3-20 定值水平擴散係數模擬測試示意圖

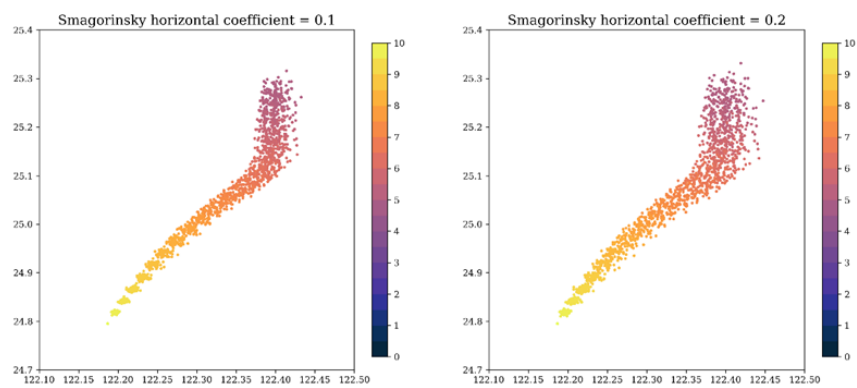


圖 3-21 Smagorinsky 水平擴散係數模擬測試示意圖

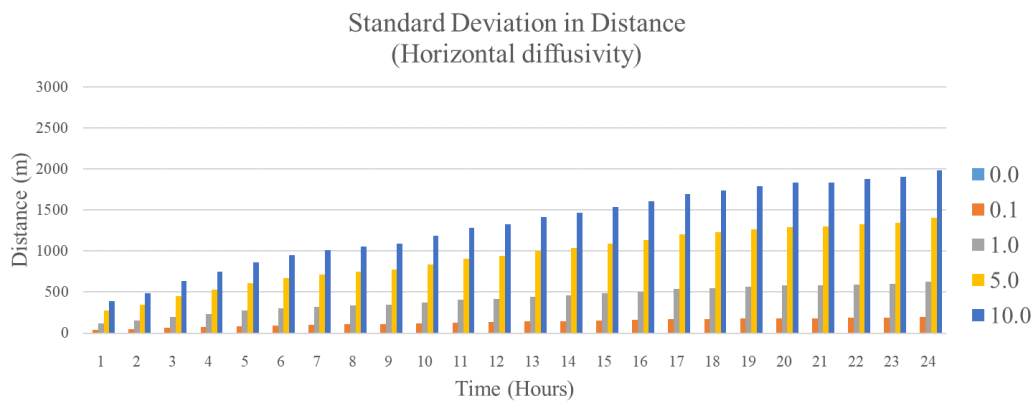


圖 3-22 定值水平擴散係數模擬測試離散度分布圖

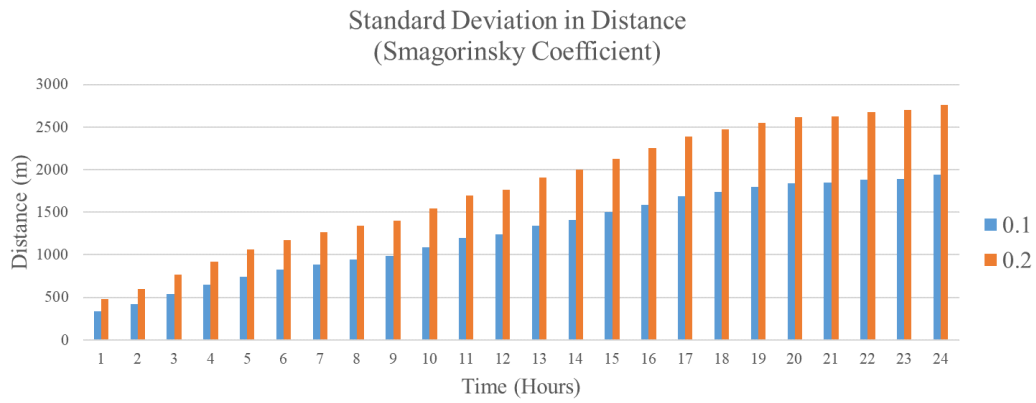


圖 3-23 Smagorinsky 水平擴散係數模擬測試離散度分布圖

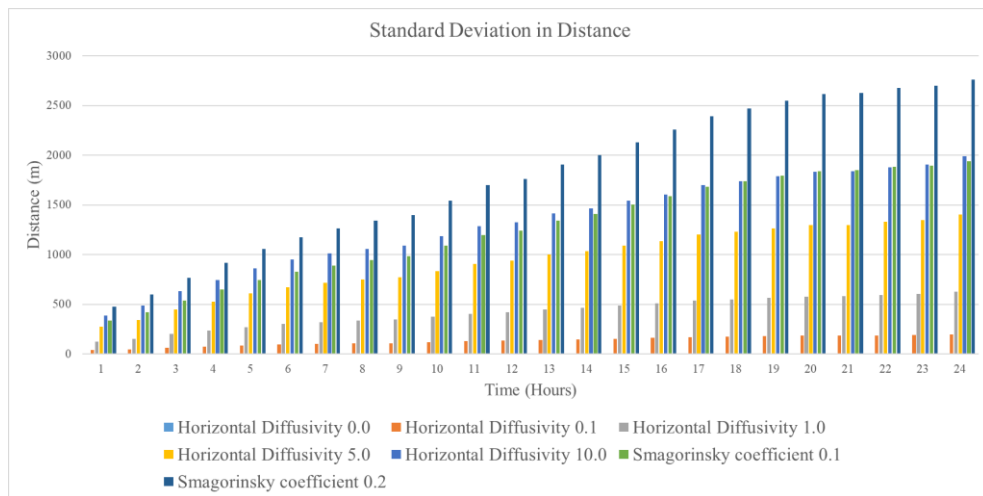


圖 3-24 定值與 Smagorinsky 水平擴散係數模擬綜合測試離散度分布比較圖

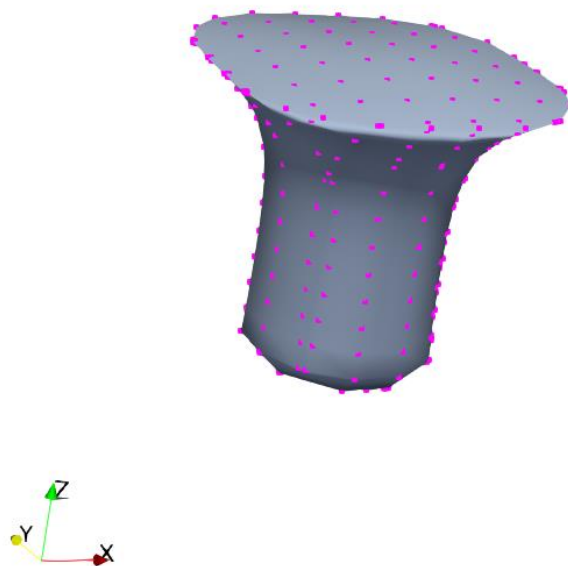


圖 3-25 小尺度無背景流場下噴射濃度分布圖

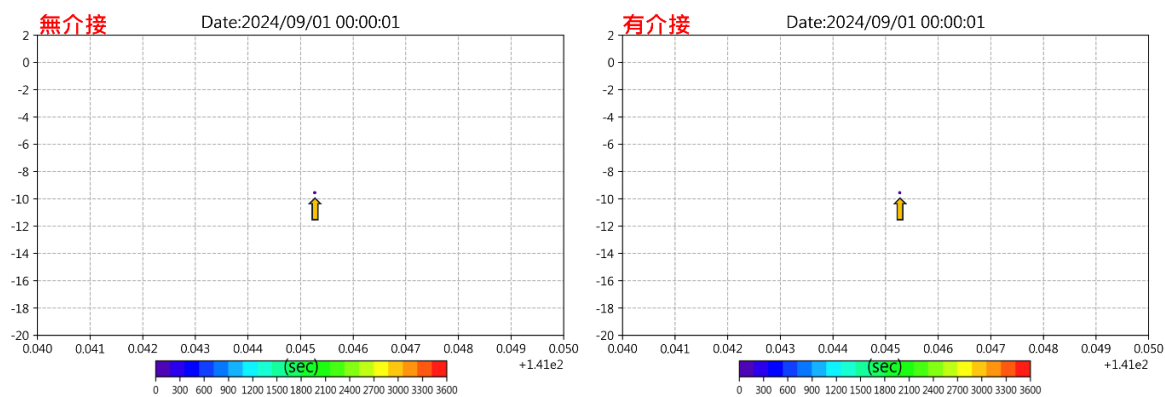


圖 3-26 大小尺度介接顆粒模擬分布圖（ $t=0$ ，左為無介接，右為有介接）

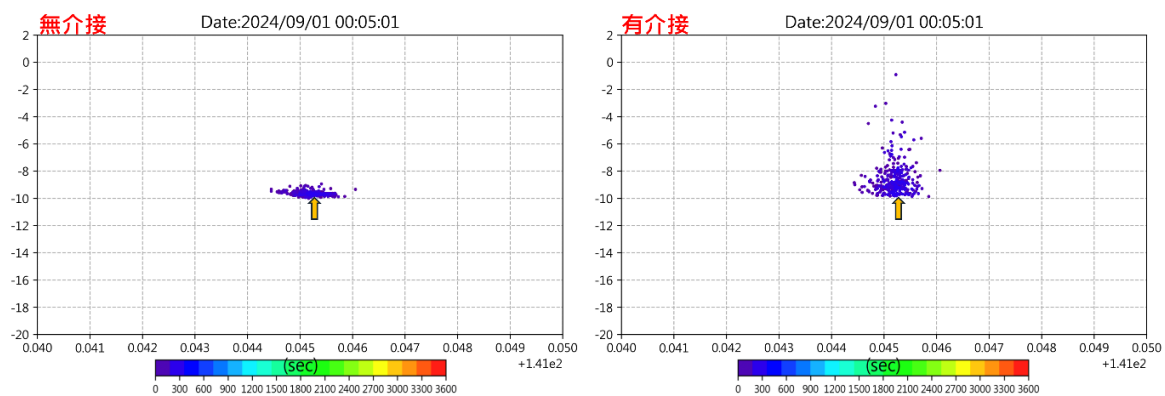


圖 3-27 大小尺度介接顆粒模擬分布圖（ $t=300$ ，左為無介接，右為有介接）

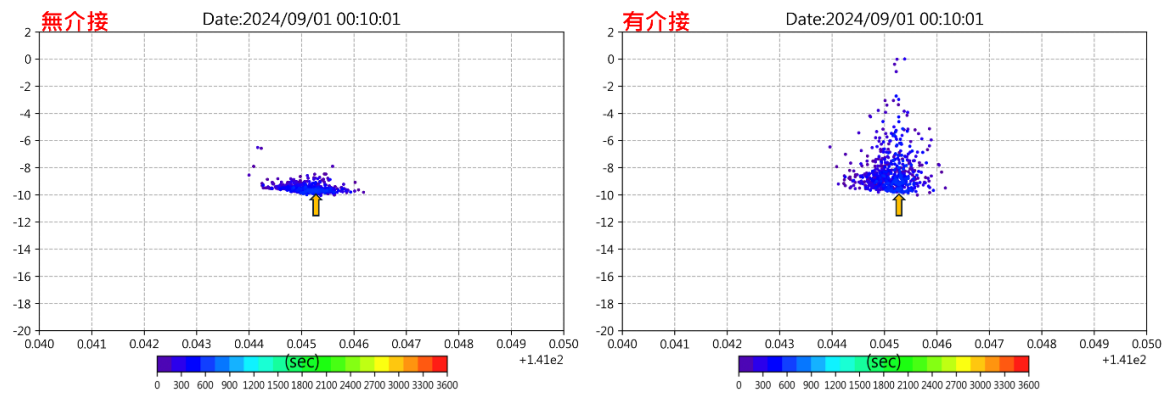


圖 3-28 大小尺度介接顆粒模擬分布圖（ $t=600$ ，左為無介接，右為有介接）



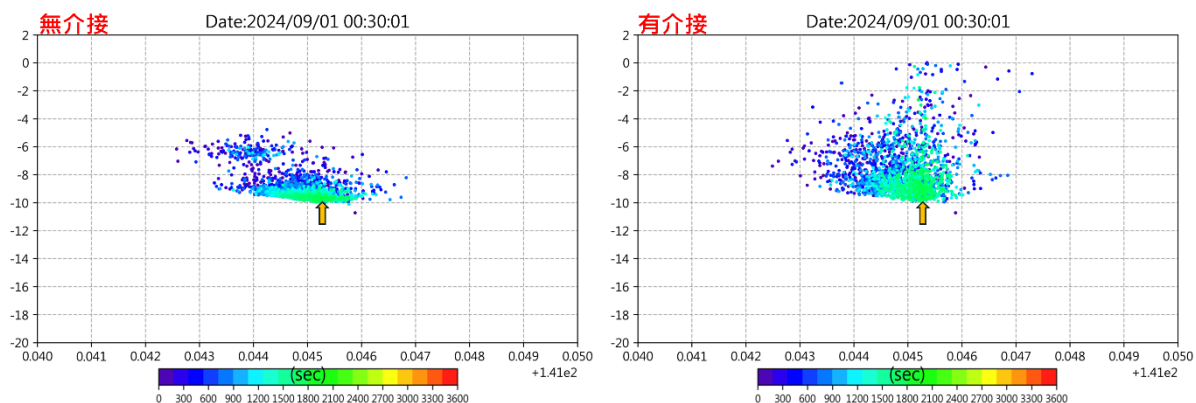


圖 3-29 大小尺度介接顆粒模擬分布圖（ $t=1800$ ，左為無介接，右為有介接）

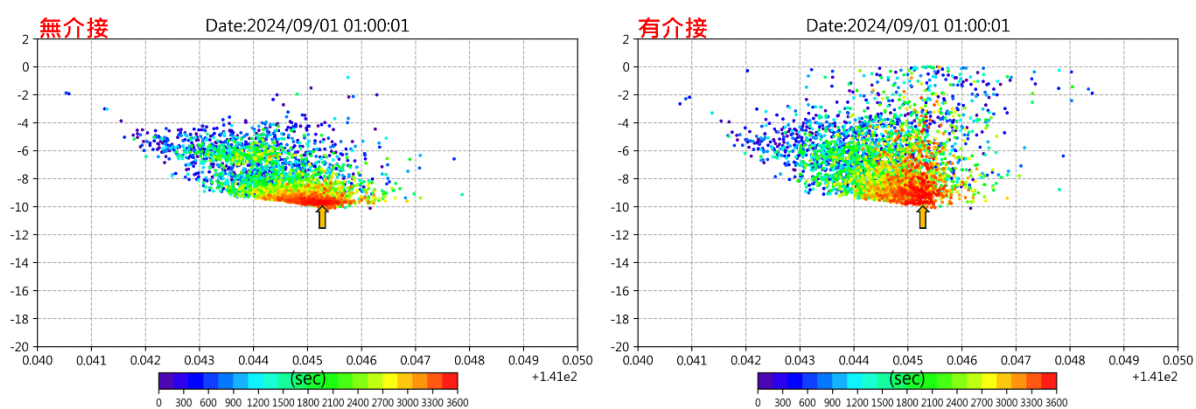


圖 3-30 大小尺度介接顆粒模擬分布圖（ $t=3600$ ，左為無介接，右為有介接）

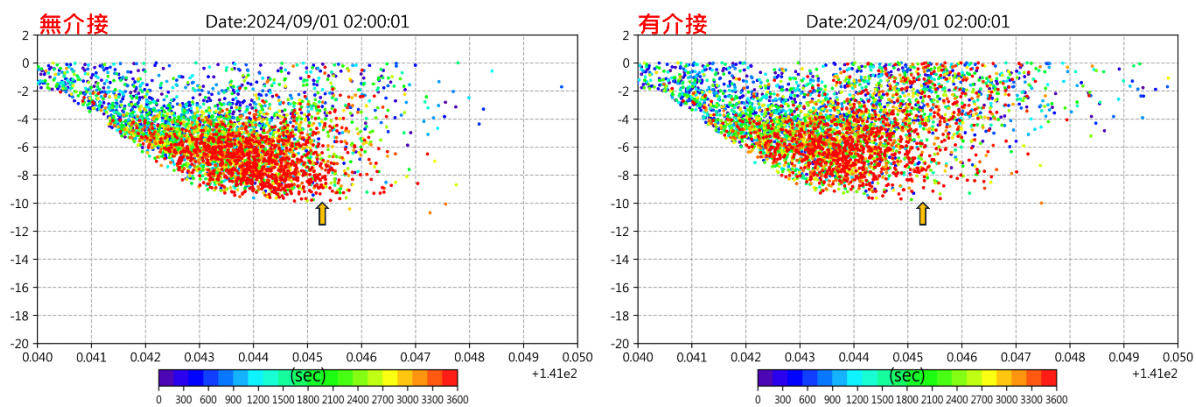


圖 3-31 大小尺度介接顆粒模擬分布圖（ $t=7200$ ，左為無介接，右為有介接）



## 擴增臺灣海峽預報模組\_臺灣周遭海域之沿岸網格加密

本子計畫持續精進氡水粒子擴散傳輸模擬的技術，其為每日執行 1 次的自動作業化預報系統，會先執行 CWA-OCM-FH 海流模式，完成後將海流流場提供給輻射核種擴散計算，在粒子傳輸擴散模式中，粒子的傳輸主要受到海流影響，為了解福島核電廠放射性廢水海洋傳輸擴散預報作業化系統與海流模式的合理性及準確性，進行潮位、海流、海溫等資料校驗系統開發建置，預計以觀測資料與海流模式進行校驗，持續精進海流模式。

本年度此子計畫蒐集亞太地區之核設施之位置，如圖 3-2，並選定 2 處核電廠，進行近岸地形及網格的細化精進，成果如圖 3-33 和圖 3-34，此將有助於建置臺灣海峽洋流擴散模式歷史模擬案例。精進後網格更符合實際岸線變化，且網格解析度更高，藉此能得到更佳沿岸海流時空變化模擬結果。

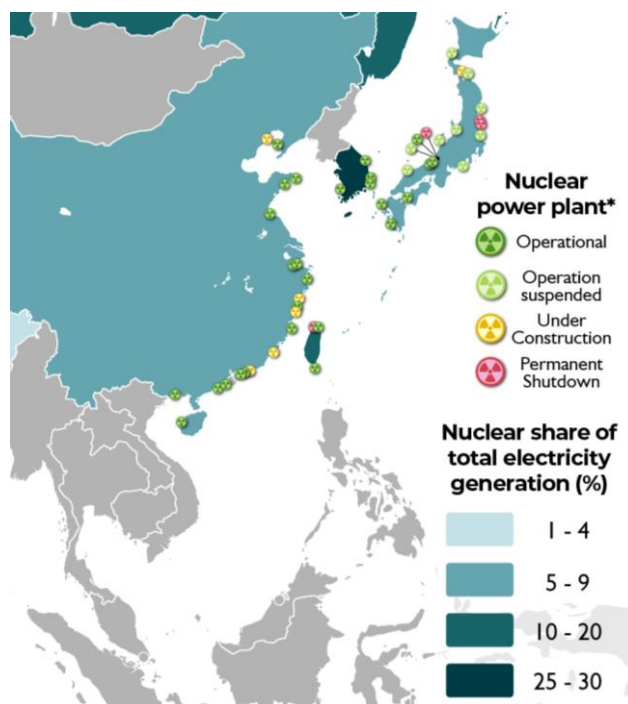


圖 3-32 亞太地區核電廠分布示意圖（來源：

<https://landgeist.com/2022/08/19/nuclear-energy-in-asia/>）

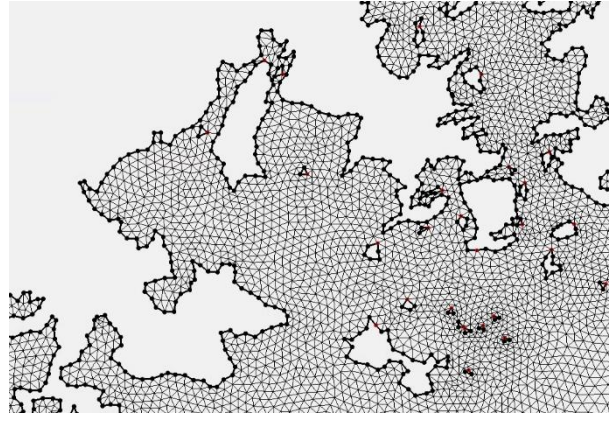
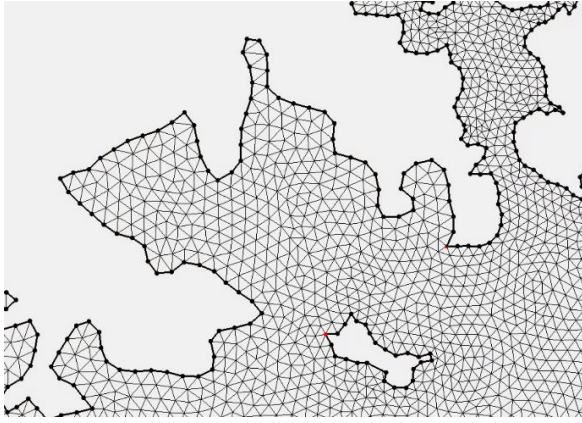


圖 3-33 核電廠岸線及網格圖細化示意圖

(左圖為目前版本，右圖為精進後版本)

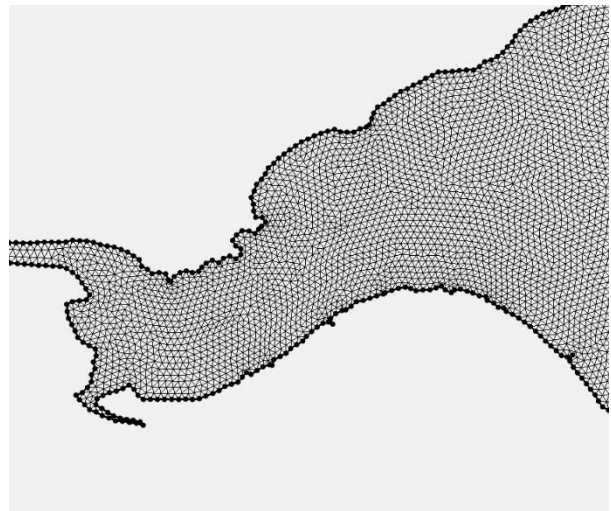
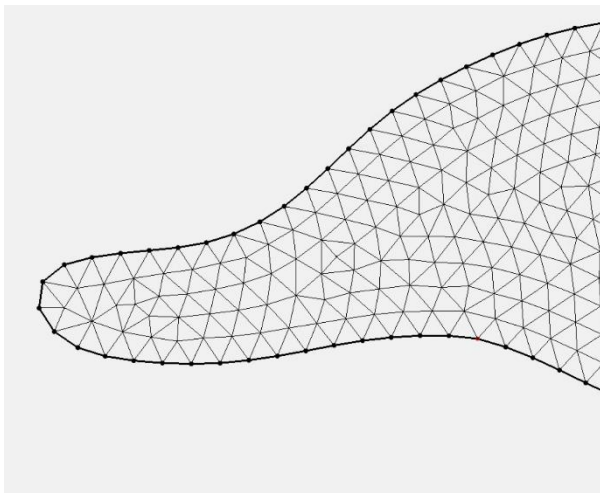


圖 3-34 核電廠岸線及網格圖細化示意圖

(左圖為目前版本，右圖為精進後版本)

## 【子項計畫三/研究計畫二：放射性物質海洋擴散例行作業化系統整合及營運】

### 放射性物質海洋擴散例行作業化系統說明

CWA-OCM-FH 作業化海流模式擴大將延續中央氣象署作業化海流模式發展，原有已完成建置臺灣周遭海域海流模式，網格水平網格計算範圍北至北緯 46 度，南至北緯 4 度，西至東經 105 度，東至東經 147 度（參見圖 3-35），包含南海、日本海與西北太平洋，其包含臺灣本島、金門、馬祖、澎湖、小琉球、龜山島、綠島、蘭嶼、東沙群島與南沙群島，為因應福島海域輻射廢水排放影響將範圍擴大至東經 180 度及北緯 46 度，涵蓋整個黑潮主要範圍外，且包含西太平洋環流區域，簡稱(CWA-OCM-FH)，其實際範圍參見圖 3-35 橘線範圍，其也符合 CWA-WRF 最大範圍。

為能夠繪製更符合福島核電廠周邊海域岸線，本子計畫利用 Google Earth 進行細部岸線描繪（參見圖 3-36 所示），因此在水深較深的區域，網格設計較疏，在近岸或水深變化複雜的區域，網格面積則設計較密，將近岸地形解析度設為約 1 公里，離岸越遠將逐漸放疏網格。因背景場採用 HYCOM 全球海洋模式資料，故外海解析度將放疏至與 HYCOM 模式相近之解析度約為 1/12 度，除了增加計算速率，同時也能清楚解析近岸區流場時空變化。

為了使用氣象署最新氣象場進行海流模式作業化計算，每日 0 時執行的氣象 1 日分析場及 4 日預報場於下午 16:00 前完成計算，海流模式接續於 16:30 開始進行 6 日分析場與 4 日預報場計算，9 日的海流模式計算約耗時 3 至 3.5 小時，預計於 20:00 前完成所有的模式計算；而為了提供更長的預報資料予以相關單位進行規劃及使用，同時考慮到現有計算資源與邊界驅動力資料，5 至 7 日的海流預報資料將使用 CWA-OCM-FH 潮汐模式及 HYCOM 海流模式的流場進行結合提供，而 HYCOM 每日預報於下午 16:00 開始提供 7 日的每 3 小時預報資料，預計 HYCOM 下載排程將於晚上 23:00 前完成所有資料下載，20:30 開始進行

CWA-OCM-FH 及 HYCOM 海流模式結果檔的後處理，並且同時啟顆粒模擬作業，預計於 23:00 前完成後處理產品，將模擬結果提供使用者進行應用，完整的流程圖如圖 3-37 所示，目前顆粒擴散 1 日分析場與 7 日預報場產品已作業化，並持續優化整備中，預計配合日本氾廢水排放時程同時進行顆粒重新布放設定。

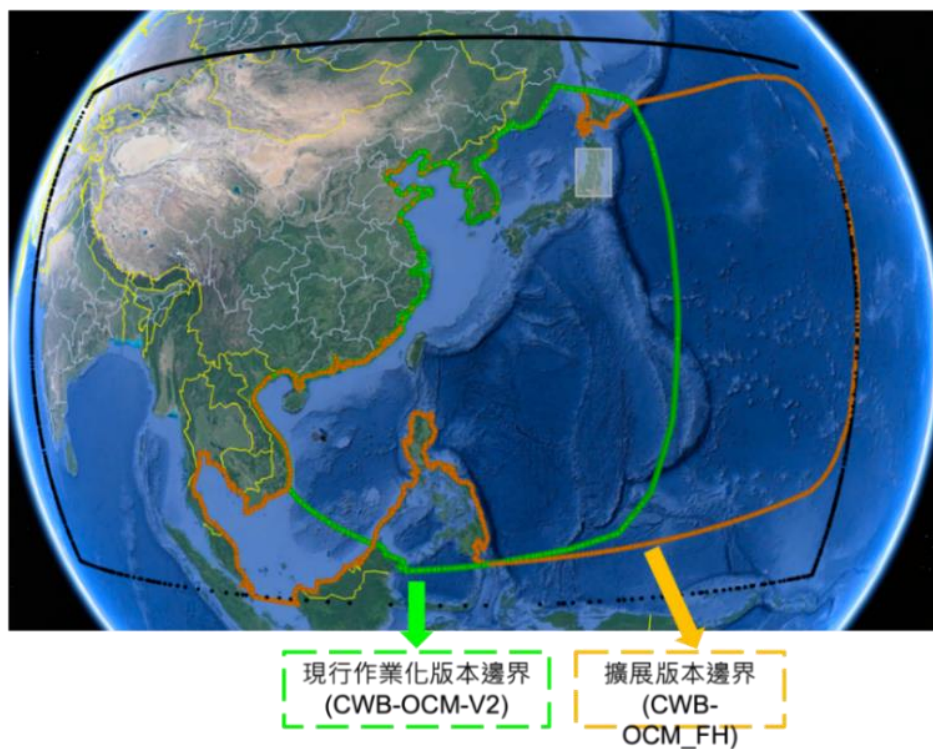


圖 3-35 CWA-OCM-FH 模式網格擴展後之範圍

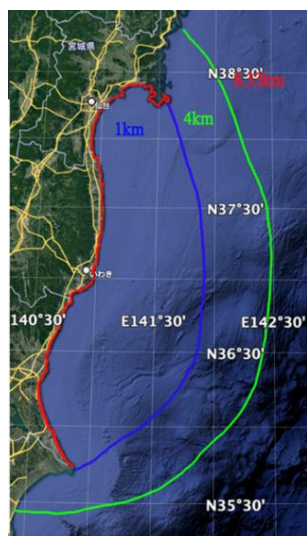


圖 3-36 福島範圍網格解析度分布圖



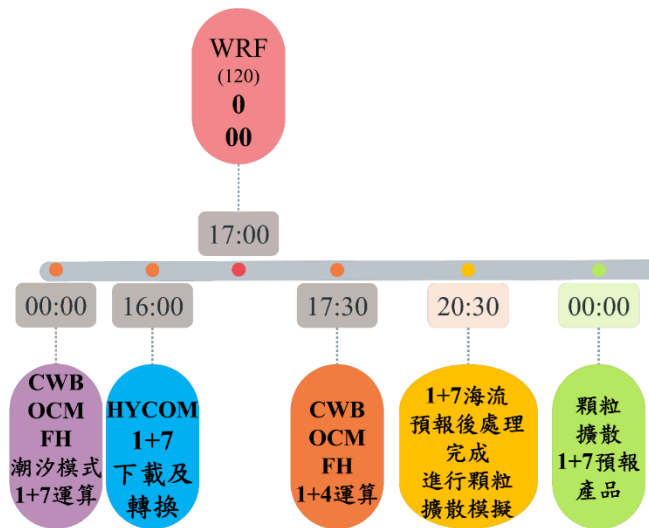


圖 3-37 CWA-OCM-FH 預報作業系統時程圖

在粒子傳輸擴散模式中，粒子運動狀況主要受到海流影響，為了解福島核電廠放射性廢水海洋傳輸擴散預報作業化系統與海流模式的合理性及準確性，本子計畫將進行潮位、流場、海溫等資料校驗系統開發建置，以觀測資料與海流模式進行校驗，持續精進海流模式。

網格化濃度計算作業化主要接續粒子軌跡模式，由各個顆粒逐時的位置變化配合上每個時間含氚廢水的濃度進行網格化計算，亦即每個顆粒所代表的氚之活度皆不同，而模式計算所需之含氚廢水的排出總量與活度總量資料來自於東京電力公司「處理水入口網站」之稀釋、排水設備的情況（圖 3-38），分別取得網站之處理水排放量、稀釋海水泵抽取量及實際排出濃度，如圖 3-40 所示，共有 3 種資料格式為 CSV 之檔案，系統每日自動化取得逐時資訊導入模式之中，令擴散預報結果更具實際活度濃度變化之影響。自 2023 年 8 月 24 日日本福島核電廠正式開始排放氚廢水以來，至 11 月 4 日為止，共有 10 個批次的排放，系統每日皆能正常產出未來 7 天預報，而藉由一週擴散預報概述（圖 3-40）對於最新的排放狀態，海流變化及擴散結果都有簡單的描述，排放至今在福島沿岸之氚廢水大致受到黑潮與潮汐影響，在南北往復移動後，大致受黑潮影響會持續往北移動後，進入黑潮延伸流區域往東進入到北太平洋洋流區，然而整體以濃度

$10^{-7}$  貝克每公升的範圍而言，已到達西經 177.8 度，往南最遠至北緯 20.9 度，但對於臺灣周圍海域之範圍而言，仍未受到任何影響。另外，亦持續營運一週擴散預報圖文之更新，因自動化工具初步開發完成，將資訊轉為網頁讀取格式，呈現在網頁介面上（圖 3-41），更新前僅須透過人力簡單審核即可發布，節省人工判讀與截圖工作，並可增加更新頻率，由每週 1 次提升至每日更新。

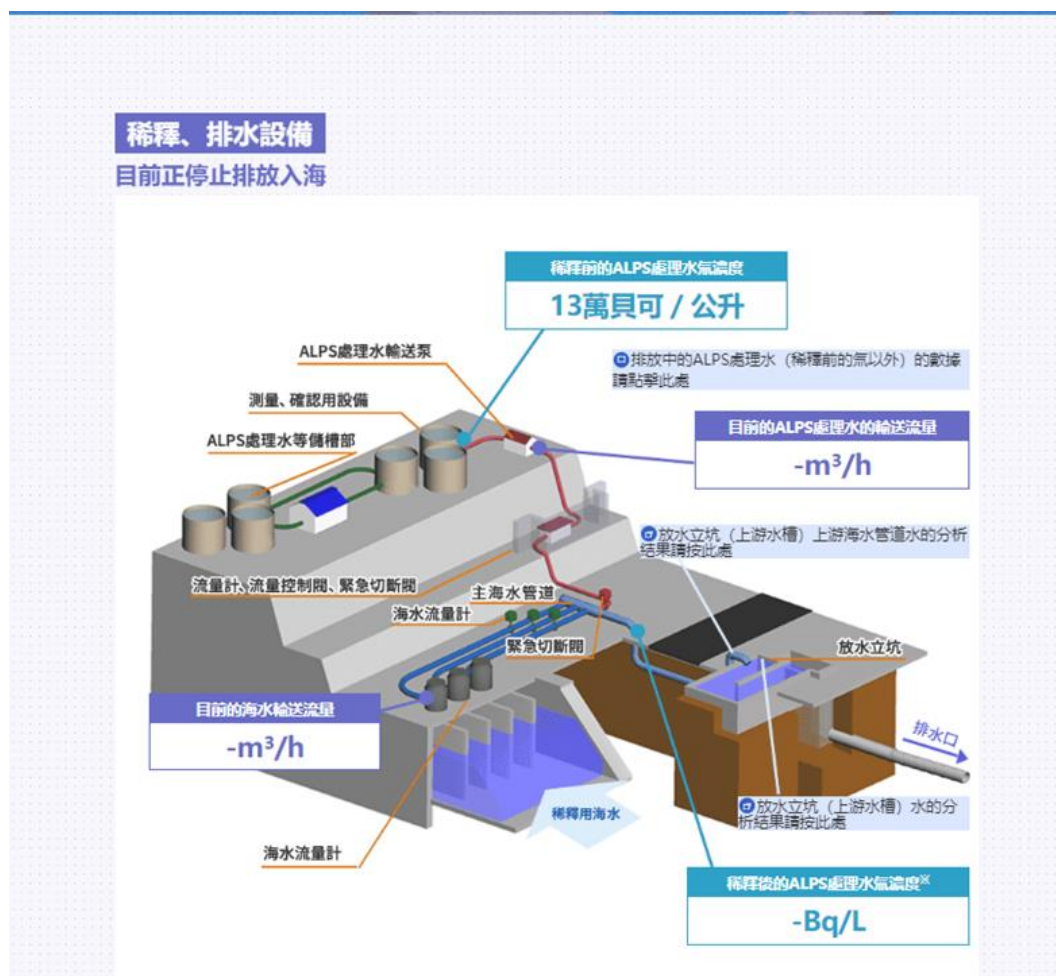


圖 3-38 東京電力公司「處理水入口網站」之稀釋、排水設備的情況（資料來源：<https://www.tepco.co.jp/zh-hk/decommission/progress/watertreatment/dischargefacility/index-hk.html>）

**discharge volume of treated water**

| Date     | Time  | ALPZ treated water transfer | ALPZ treated water total | ALPZ treated water total | ALPZ treated water total | ALPZ treated water total | ALPZ treated water total | ALPZ treated water total |
|----------|-------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 2023/5/4 | 00:00 | 0                           | 0                        | 0                        | 0                        | 1                        | 0                        | Shipped                  |
| 2023/5/4 | 01:00 | 0                           | 0                        | 0                        | 0                        | 1                        | 0                        | Shipped                  |
| 2023/5/4 | 02:00 | 0                           | 0                        | 0                        | 0                        | 1                        | 0                        | Shipped                  |
| 2023/5/4 | 03:00 | 0                           | 0                        | 0                        | 0                        | 1                        | 0                        | Shipped                  |
| 2023/5/4 | 04:00 | 0                           | 0                        | 0                        | 0                        | 1                        | 0                        | Shipped                  |
| 2023/5/4 | 05:00 | 0                           | 0                        | 0                        | 0                        | 1                        | 0                        | Shipped                  |
| 2023/5/4 | 06:00 | 0                           | 0                        | 0                        | 0                        | 1                        | 0                        | Shipped                  |
| 2023/5/4 | 07:00 | 0                           | 0                        | 0                        | 0                        | 1                        | 0                        | Shipped                  |
| 2023/5/4 | 08:00 | 0                           | 0                        | 0                        | 0                        | 1                        | 0                        | Shipped                  |
| 2023/5/4 | 09:00 | 0                           | 0                        | 0                        | 0                        | 1                        | 0                        | Shipped                  |
| 2023/5/4 | 10:00 | 0                           | 0                        | 0                        | 0                        | 1                        | 0                        | Shipped                  |
| 2023/5/4 | 11:00 | 0                           | 0                        | 0                        | 0                        | 1                        | 0                        | Shipped                  |
| 2023/5/4 | 12:00 | 0                           | 0                        | 0                        | 0                        | 1                        | 0                        | Shipped                  |
| 2023/5/4 | 13:00 | 0                           | 0                        | 0                        | 0                        | 1                        | 0                        | Shipped                  |
| 2023/5/4 | 14:00 | 0                           | 0                        | 0                        | 0                        | 1                        | 0                        | Shipped                  |
| 2023/5/4 | 15:00 | 18.96                       | 18.96                    | 0                        | 0                        | 12                       | 0                        | Is operation             |
| 2023/5/4 | 16:00 | 18.96                       | 18.96                    | 0                        | 0                        | 31                       | 0                        | Is operation             |
| 2023/5/4 | 17:00 | 18.96                       | 18.96                    | 0                        | 0                        | 30                       | 0                        | Is operation             |
| 2023/5/4 | 18:00 | 19.02                       | 19.02                    | 0                        | 0                        | 49                       | 0                        | Is operation             |
| 2023/5/4 | 19:00 | 19.09                       | 19.12                    | 0                        | 0                        | 88                       | 0                        | Is operation             |
| 2023/5/4 | 20:00 | 19.07                       | 19.08                    | 0                        | 0                        | 107                      | 0                        | Is operation             |
| 2023/5/4 | 21:00 | 18.92                       | 18.95                    | 0                        | 0                        | 135                      | 0                        | Is operation             |
| 2023/5/4 | 22:00 | 18.96                       | 19                       | 0                        | 0                        | 145                      | 0                        | Is operation             |
| 2023/5/4 | 23:00 | 18.95                       | 18.96                    | 0                        | 0                        | 144                      | 0                        | Is operation             |

**discharge volume of seawater**

| Date     | Time  | Seawater | Seawater | Seawater | Seawater | Seawater     | Seawater     | Seawater |
|----------|-------|----------|----------|----------|----------|--------------|--------------|----------|
| 2023/5/4 | 00:00 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0            | 0            | Shipped  |
| 2023/5/4 | 01:00 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0            | 0            | Shipped  |
| 2023/5/4 | 02:00 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0            | 0            | Shipped  |
| 2023/5/4 | 03:00 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0            | 0            | Shipped  |
| 2023/5/4 | 04:00 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0            | 0            | Shipped  |
| 2023/5/4 | 05:00 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0            | 0            | Shipped  |
| 2023/5/4 | 06:00 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0            | 0            | Shipped  |
| 2023/5/4 | 07:00 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0            | 0            | Shipped  |
| 2023/5/4 | 08:00 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0            | 0            | Shipped  |
| 2023/5/4 | 09:00 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0            | 0            | Shipped  |
| 2023/5/4 | 10:00 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0            | 0            | Shipped  |
| 2023/5/4 | 11:00 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0            | 0            | Shipped  |
| 2023/5/4 | 12:00 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0            | 0            | Shipped  |
| 2023/5/4 | 13:00 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0            | 0            | Shipped  |
| 2023/5/4 | 14:00 | 7604     | 7615     | 0        | 0        | Is operation | Is operation | Shipped  |
| 2023/5/4 | 15:00 | 7551     | 7573     | 0        | 0        | Is operation | Is operation | Shipped  |
| 2023/5/4 | 16:00 | 7652     | 7646     | 0        | 0        | Is operation | Is operation | Shipped  |
| 2023/5/4 | 17:00 | 7636     | 7594     | 0        | 0        | Is operation | Is operation | Shipped  |
| 2023/5/4 | 18:00 | 7643     | 7620     | 0        | 0        | Is operation | Is operation | Shipped  |
| 2023/5/4 | 19:00 | 7600     | 7641     | 0        | 0        | Is operation | Is operation | Shipped  |
| 2023/5/4 | 20:00 | 7593     | 7613     | 0        | 0        | Is operation | Is operation | Shipped  |
| 2023/5/4 | 21:00 | 7656     | 7626     | 0        | 0        | Is operation | Is operation | Shipped  |
| 2023/5/4 | 22:00 | 7655     | 7600     | 0        | 0        | Is operation | Is operation | Shipped  |

**discharge concentration of treated water**

| Date     | Time  | Concentration | Concentration | Concentration | Concentration | Concentration | Concentration | Concentration |
|----------|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 2023/5/4 | 00:00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | Shipped       |
| 2023/5/4 | 01:00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | Shipped       |
| 2023/5/4 | 02:00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | Shipped       |
| 2023/5/4 | 03:00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | Shipped       |
| 2023/5/4 | 04:00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | Shipped       |
| 2023/5/4 | 05:00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | Shipped       |
| 2023/5/4 | 06:00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | Shipped       |
| 2023/5/4 | 07:00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | Shipped       |
| 2023/5/4 | 08:00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | Shipped       |
| 2023/5/4 | 09:00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | Shipped       |
| 2023/5/4 | 10:00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | Shipped       |
| 2023/5/4 | 11:00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | Shipped       |
| 2023/5/4 | 12:00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | Shipped       |
| 2023/5/4 | 13:00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | Shipped       |
| 2023/5/4 | 14:00 | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | Shipped       |
| 2023/5/4 | 15:00 | 207           | 2145          | 0             | 0             | Is operation  | Is operation  | Shipped       |
| 2023/5/4 | 16:00 | 207           | 2145          | 0             | 0             | Is operation  | Is operation  | Shipped       |
| 2023/5/4 | 17:00 | 206           | 2145          | 0             | 0             | Is operation  | Is operation  | Shipped       |
| 2023/5/4 | 18:00 | 206           | 2145          | 0             | 0             | Is operation  | Is operation  | Shipped       |
| 2023/5/4 | 19:00 | 207           | 2145          | 0             | 0             | Is operation  | Is operation  | Shipped       |
| 2023/5/4 | 20:00 | 206           | 2145          | 0             | 0             | Is operation  | Is operation  | Shipped       |
| 2023/5/4 | 21:00 | 205           | 2145          | 0             | 0             | Is operation  | Is operation  | Shipped       |
| 2023/5/4 | 22:00 | 206           | 2145          | 0             | 0             | Is operation  | Is operation  | Shipped       |
| 2023/5/4 | 23:00 | 207           | 2145          | 0             | 0             | Is operation  | Is operation  | Shipped       |

圖 3-39 由處理水入口網站取得之每日逐時排出氫廢水之濃度相關資訊檔案示意圖

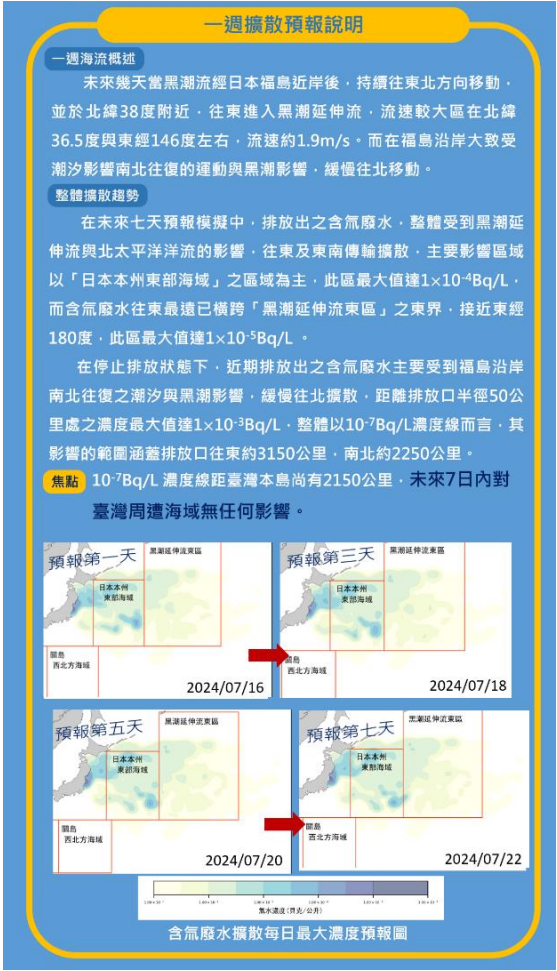
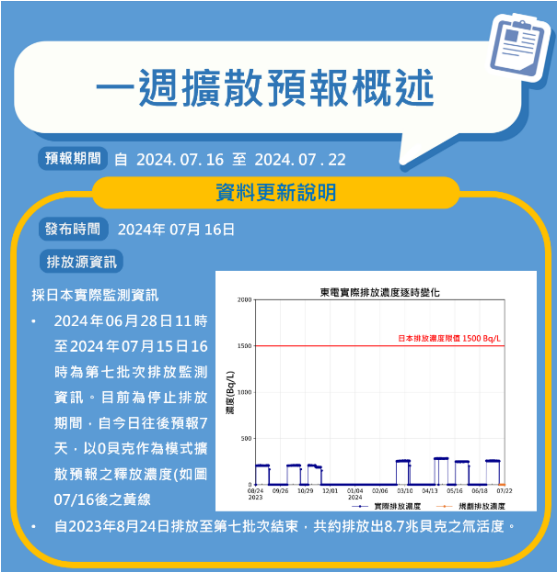


圖 3-40 將每日擴散模式的結果透過一週擴散預報概述呈現，利用圖文對照的方式，令資訊能有效傳達



## 資料更新說明

### 釋放源資訊

發布時間：2024-11-29

最新排放批次資訊：

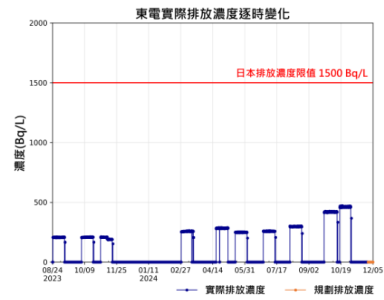
- 2024年10月17日11時至2024年11月04日12時為第10批次排放監測資訊。
- 目前為停止排放期間。

系統預報排放資訊：

- 預報時間起迄：2024-11-29~2024-12-05
- 規畫排放濃度：自此往後預報7天，以0貝克每公升作為模式擴散預報之釋放濃度(如圖11/29後之黃線)。

自2023年08月24日排放至第10批次結束，共約排放出15.6兆貝克之氚活度。

註:採日本實際監測資訊。



## 一週擴散預報說明

### 一週海流概述

未來幾天當黑潮流經日本福島近岸後，轉向向東北方移動，並於北緯40.4度順時針往南形成一渦旋，在北緯36度後轉往北北東，海流流向持續往東，並進入黑潮延伸流，流速約2.2m/s，海流流向往東南東。而在福島沿岸大致受潮汐南北往復的運動與黑潮影響，緩慢往北移動。

### 一週擴散概述

在未來七天預報模擬中，排放出之含氚廢水，整體受到黑潮延伸流的影響，往整體向東傳輸擴散，主要影響區域以「日本本州東部海域」為主此區最大值達 $1 \times 10^{-5}$  Bq/L，含氚處理水往東最遠已橫跨「黑潮延伸流東區」之東界，此區最大值達 $1 \times 10^{-5}$  Bq/L。而含氚廢水亦受到中尺度渦流影響，在「關島西北方海域」之東北角有一小區域濃度最大值達 $1 \times 10^{-6}$  Bq/L。另外，以 $10^{-7}$  Bq/L濃度線而言，往東最遠大約至西經177.8度，往南最遠至北緯20.9度。

在停止排放的狀態下，近期排放出之含氚廢水主要受到福島沿岸南北往復之潮汐影響，緩慢往北擴散，距離排放口半徑50公里處之濃度最大值達 $1 \times 10^{-3}$  Bq/L，整體以 $10^{-7}$  Bq/L濃度線而言，其影響範圍涵蓋排放口往東約3578公里，南北約3051公里。

### 焦點

$10^{-7}$  Bq/L濃度線距台灣本島尚有1941公里，未來7日內對臺灣周邊海域無任何影響。

### 含氚廢水擴散每日最大濃度預報圖

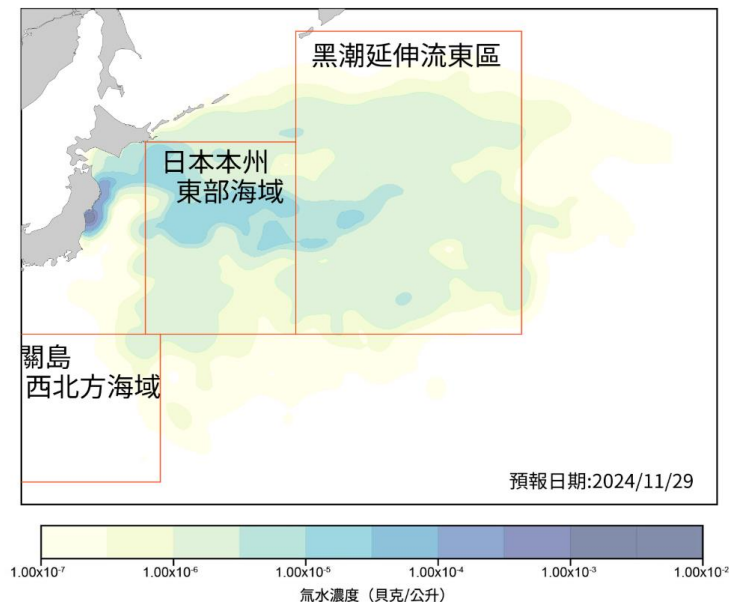


圖 3-41 一週擴散預報概述圖文網頁版更新

## 海流與擴散模式校驗系統說明與結果分析

本計畫在海流校驗系統中的量化指標預計使用皮爾遜積差相關係數 (coefficient of correlation, R 值)、決定係數(coefficient of determination,  $R^2$ )以及均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)。皮爾遜積差相關係數是由 Karl Pearson 於 1895 年提出，是量化統計中常用的一種統計公式，用來描述 2 個變數之間的關係強度和方向。相關係數通常表示為一個數值，當相關係數為 1 時，表示 2 個變數呈現正向完美線性關係；當相關係數為 0 時，表示 2 個變數之間沒有線性關係，如表 3-9 所示。當模式資料與實際觀測資料相關係數越接近 1，即表示模式資料數據越符合真實情形數據(Pearson, 1895)，該公式為下：

$$R = \frac{\sum(X_i - X)(Y_i - Y)}{\sqrt{\sum(X_i - X)^2} \sqrt{\sum(Y_i - Y)^2}} \quad \text{式 (2)}$$

其中  $X_i$  為實際值， $X$  為實際值平均， $Y_i$  為預測值， $Y$  為預測值平均。

表 3-8 相關係數大小與意義（來源：邱皓正，2010）

| 係數範圍（絕對值）   | 變相相關程度 |
|-------------|--------|
| 1.00        | 完全相關   |
| 0.70 至 0.99 | 高度相關   |
| 0.40 至 0.69 | 中度相關   |
| 0.10 至 0.39 | 低度相關   |
| 0.10 以下     | 微弱或無相關 |

$R^2$  又稱決定係數是一個介於 0 和 1 之間的值，用於表示迴歸模型對於被解釋變數的變異性解釋程度。 $R^2$  用於衡量迴歸模型預測值與實際觀測值之間的差異，越接近 1 表示模型能夠很好地解釋被解釋變數的變異性，越接近 0 則表示模型的解釋能力較差，其公式如下：

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(X_i - Y_i)^2}{\sum(X_i - \bar{X})^2} \quad \text{式 (3)}$$

其中 $X_i$ 為實際值， $\bar{X}$ 為實際值平均， $Y_i$ 為預測值。均方根誤差(RMSE)為評估預測值和實際值之間差異的統計指標，通常用於比較預測值的準確性。在海洋資料中，RMSE用於比較數值模式結果和實際觀測值之間的差異。當RMSE的值越小，表示數值模式的結果越接近真實數據，反之則表示數值模式結果與實際觀測結果不符合，計算公式如下：

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Y_i - X_i)^2}{N}} \quad \text{式 (4)}$$

其中 $X_i$ 為實際值， $Y_i$ 為預測值， $N$ 為個數。

## 潮位校驗

本子計畫預計蒐集日本與臺灣海洋潮位測站觀測資料，引入定點測站每月進行連續潮位時序資料校驗比對，因海流模式基礎理論是由伯努力定理所衍伸的連續方程式及動量方程式進行演算（如式 4 連續方程式與式 5 動量方程式），其透過  $h$ （海面高度變化）及  $u$  和  $v$ （流速變化）進行海洋水動力物理現象的模擬計算，由圖 3-42 可知  $h$  變化會影響到周遭  $u$  和  $v$  的變化，而  $u$  和  $v$  變化又會影響到其他格點的  $h$  變化，故若可以準確模擬潮位變化，流場變化的準確度就會準確模擬，因為兩者是有互相影響，另外潮位站觀測資料也為全世界大量設置且資料較為完整的海洋觀測資料，故採用潮位資料進行校驗為可信且穩定的方法之一，以下說明使用日本與臺灣海洋潮位測站觀測資料。

$$\nabla u + \frac{\partial \eta}{\partial t} + \nabla \int_{-h}^{\eta} u dz = 0 \quad \text{式 (4)}$$

$$\frac{Du}{Dt} = F - g \nabla \eta + \frac{\partial}{\partial z} \left( v \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad \text{式 (5)}$$

日本潮位觀測資料使用的是日本海上保安廳海洋情報部（Hydrographic and

Oceanographic Department，以下稱 JHOD）之潮位觀測紀錄，如圖 3-43 所示。JHOD 提供日本沿岸與日本群島 7 天歷史潮位資料與當天即時潮位時序資料，各站觀測潮位紀錄為每 5 分鐘記錄一筆資料即時更新，潮位記錄單位為公分。但該資料僅在網站上公開展示並無歷史資料，故本子計畫每日定期進行網頁資訊下載，建立各個潮位站對應編號，每小時下載更新後資訊，將其整理後並儲存於潮位資訊資料庫，以便後續潮位校驗分析。而臺灣潮位站則採用龍洞、成功、後壁湖及小琉球 4 個測站資料進行比對，如圖 3-44。

目前已進行日本與臺灣各潮位測站 2023 年 12 月至 2024 年 5 月之潮位比對，如

### 表 3-9 與

表 3-10 所示，Ayukawa 潮位站為福島第一核電廠北側最近潮位站，而 Onahama 潮位站為福島第一核電廠南側最近之潮位站，由結果可知在此段時間中，2 站之均方根誤差 RMSE 僅為 13 公分，表示在最大 2 公尺潮差的測站位置其海流模式與實際觀測誤差約為百分之十以內差異甚小，而 2 測站之相關係數  $R$  與  $R^2$  值資料也具有高於 0.85 以上的高度相關性，此段時間中模式資料較接近真實海洋潮位狀況；而臺灣測站的結果呈現，RMSE 都低於 13 公分，且  $R$  與  $R^2$  表現大部分都在 0.85 以上，故代表模式整體在日本與臺灣海域都表現良好。由圖 3-45 呈現日本福島核電廠北邊與南邊潮位站比對結果圖，紅線為 RMSE，藍線為  $R$ ，綠線為  $R^2$ ，內容呈現此 2 測站長期變化 RMSE 都小於 13 公分以下，且評估指標都高於 0.85 以上，而圖 3-46 為臺灣東岸近太平洋側的龍洞與成功測站比對結果呈現，RMSE 皆約為 10 公分，而除了龍洞在 1 月時因 RMSE 有略微上升 2 公分外，其他相關係數皆高於 0.85，因此由此結果呈現模式預報中水動力機制的準確度與可信度，未來仍持續進行潮位相關校驗。

表 3-9 日本各潮位校驗結果表

| 測站名稱        | RMSE  | R     | R <sup>2</sup> |
|-------------|-------|-------|----------------|
| Miyako      | 0.127 | 0.873 | 0.872          |
| Ayukawa     | 0.13  | 0.877 | 0.876          |
| Onahama     | 0.131 | 0.861 | 0.86           |
| Mera        | 0.132 | 0.876 | 0.873          |
| Omaezaki    | 0.129 | 0.911 | 0.892          |
| Kushimoto   | 0.147 | 0.898 | 0.881          |
| Kochi       | 0.178 | 0.855 | 0.845          |
| Tanegashima | 0.173 | 0.903 | 0.867          |
| Chichijima  | 0.136 | 0.792 | 0.789          |
| Naha        | 0.228 | 0.81  | 0.75           |
| Yonaguni    | 0.117 | 0.936 | 0.924          |

表 3-10 臺灣各潮位校驗結果表

| 測站名稱       | RMSE  | R     | R <sup>2</sup> |
|------------|-------|-------|----------------|
| Houbihu    | 0.131 | 0.944 | 0.84           |
| Longdong   | 0.1   | 0.895 | 0.872          |
| Chenggong  | 0.091 | 0.953 | 0.953          |
| XiaoLiuqiu | 0.095 | 0.892 | 0.868          |

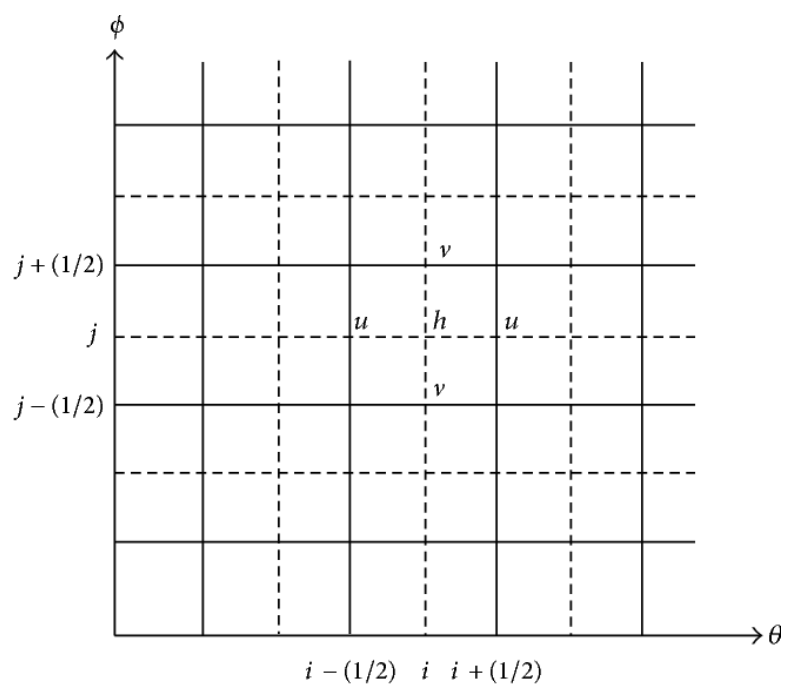


圖 3-42 物理變數於網格空間上的分布圖

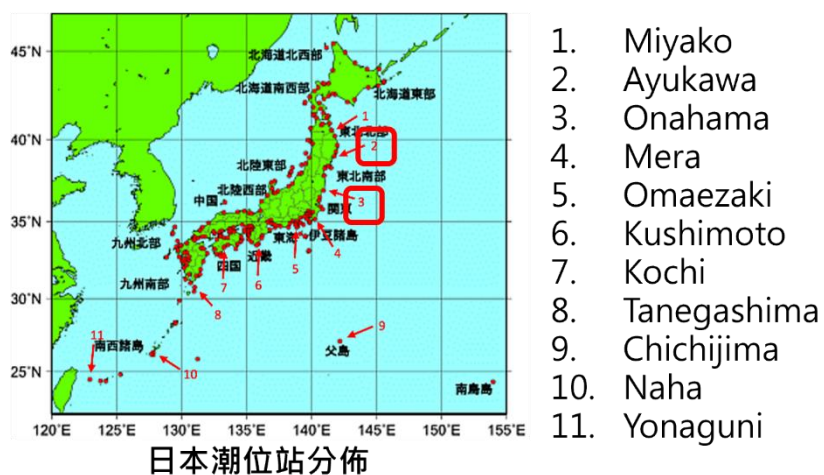


圖 3-43 JHOD 日本各地觀測潮位站(<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/jhd-E.html>)



圖 3-44 臺灣觀測潮位站（取用龍洞、成功、後壁湖及小琉球）

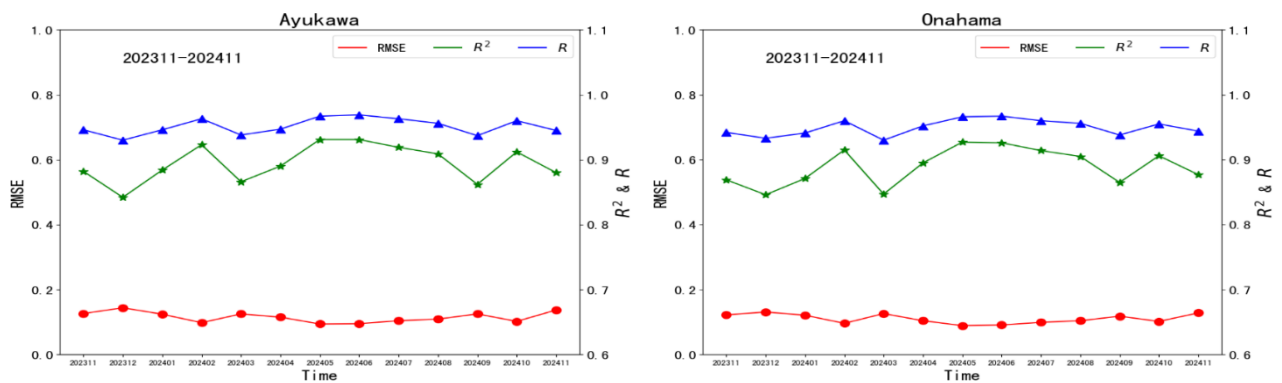


圖 3-45 日本福島核電廠北邊與南邊潮位站（Ayukawa 與 Onahama）紅線為 RMSE，藍線為  $R$ ，綠線為  $R^2$

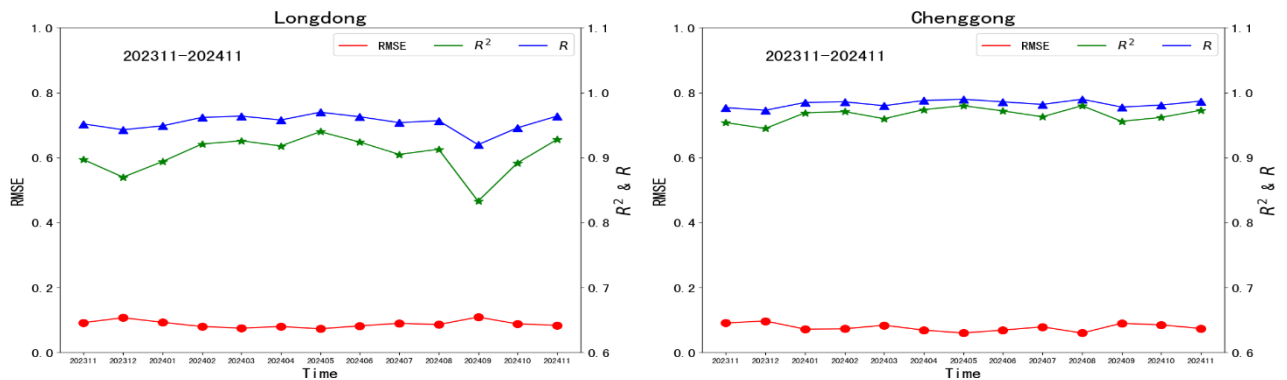


圖 3-46 臺灣東岸北邊與南邊潮位站（Longdong 與 Chenggong）紅線為 RMSE，藍線為  $R$ ，綠線為  $R^2$



## AVISO 地轉流校驗

粒子擴散最主要驅動力是使用 CWA-OCM-FH 海流模式的海流預報資料，一般流場校驗使用的資料採用某一區域的船測資料，定點的 ADCP 流速資料，或平面的衛星資料進行海流校驗，此 2 種資料成本巨大且多為機密資料，相較於前二者資料會受到較多的限制而無法取得外，衛星資料則是可以提供定期及穩定的校驗資料，因此本計畫採用 AVISO (Archiving, Validation, and Interpretation of Satellite Oceanographic data) 地表高度衛星資料進行校驗，其地轉流是由衛星觀測所提供的海洋地表高度資料進行分析計算而來的。這些資料來自於全球海洋衛星定位系統，例如法國國家太空研究中心(CNES)運行的 Jason、Topex/Poseidon、Jason-1、Jason-2、Jason-3 及 Envisat 等衛星。這些衛星傳送雷達脈衝到地球表面，通過衛星接收器接收返回的信號，根據信號的時間延遲來計算海洋地表高度，藉由內插法，將其空間解析度內插為 0.25 度，時間解析度為日平均資料，而 AVISO 地轉流是透過衛星觀測所提供之海洋地表高度數據，經過潮汐模式和其他干擾的處理，進行計算和解釋得來的，雖然反演過程可能產生其他誤差來源，但對於海洋觀測數據過於稀少的問題，更提供了精進及優化模式準確性的方向。

本子計畫透過 AVISO 衛星觀測資料進行海流模式校驗比對，其資料範圍涵蓋全球海表面，可提供大尺度範圍海流校驗，雖然解析度較粗且經過反演與實際觀測資料有所差異，但可以提供足夠的資料對模式的定性分析，因此根據不同海流特性分為如圖 3-47 紅框的黑潮延伸流及藍框的中尺度渦流區，黑潮延伸流為黑潮經日本沿岸轉向向東傳輸的主要海流，其為福島核電廠排放粒子移動的主要驅動之一，而中尺度渦流區域則為粒子往南移動進入此區，因此區沒有顯著的方向性及海流，大部分粒子會在此區域內緩慢移動，某部分粒子往南移動至黑潮主要流區時，則迅速被黑潮帶入臺灣沿岸區域這 2 個區域都是主導粒子擴散的行為，因此流場校驗會分別進行此 2 個區域的表面海流校驗分析，藉此了解模式與實際海流的差異或相似處。

由圖 3-48 至圖 3-59 為 2023 年 12 月至 2023 年 5 月每個月的表面海流差異圖，紅色代表模式值較 AVISO 地轉流強的區域，藍色代表模式較 AVISO 地轉流弱的區域，由圖可知黑潮延伸流區域呈現紅藍相間的顏色分布，代表此區域黑潮延伸流有顯著的流速強度區，但比對時可能因此流速強度區稍微偏差時會導致此顏色分布，而中尺度渦流區紅藍顏色都較淡，表示此區域模式與地轉流差異較小，但此區海流強度也較無顯著強度，由圖 3-60 與圖 3-61 展示此 2 個區域的長期盒鬚圖變化，可由圖可得知黑潮延伸流區域海流 RMSE 可達  $0.3 \text{ ms}^{-1}$ ，進入 4 月後太平洋短期系統增加，其 RMSE 也逐漸上升而  $R$  與  $R^2$  同時下降；中尺度渦流區域在時間上變化與黑潮延伸流區域有相同趨勢，雖然在 RMSE 上中尺度渦流只有  $0.1 \text{ ms}^{-1}$  遠低於黑潮延伸流區域，但此區也因為沒有顯著海流方向及強度，觀測值本身變異度小，導致模式與觀測值差異佔比上升，反而導致  $R^2$  呈現較黑潮延伸流區域更低，尤其此區域也為颱風路徑熱區，因此容易造成有較大的差異，如 5 月的艾維尼颱風。

透過 AVISO 衛星資料反演的地轉流資料一對一比對，雖然可量化模式與觀測間的差異，卻無法將黑潮延伸流或中尺度渦流區域是否有明顯差異或相似程度清楚描述，故本子計畫蒐集相關文獻，尋找適合進行此 2 個區域的特性評估指標。為了進行區域的特性分析採用渦動動能(EKE, Eddy Kinetic Energy)進行區域海洋表面流場的渦動所具有的動能如圖 3-62 所表示，如式 6 與式 7 呈現代表由於不同溫度、密度、壓力或速度差異導致流體運動的非均勻性，EKE 常透過不同尺度呈現，如小尺度的紊流至大尺度的渦旋(Kido et al., 2023)，適合此處用來描述黑潮延伸流與中尺度渦流區域特性，其計算架構與流程如圖 3-63，為了分析其長期變化區域，採用異常相關係數(ACC, Anomaly Correlation Coefficient)進行 EKE 長期變化的分析，ACC 可進行模式預報異常與實際觀測異常之間的相關性(Kido et al., 2023)，有助於評估預報模式長期的準確度與可靠度，其公式如式 8 所計算得到的 ACC 值代表幾種情境，ACC 為 1 代表模式預測與實際觀測完全一致，沒有任何誤差；ACC 為 0 代表測值與觀測值之間存在負線性關係，

渦流動能 ACC 計算架構如圖 3-64。由渦流動能計算結果呈現如圖 3-65 與圖 3-66 呈現 OCM-FH 與 AVISO 各自的渦流動能圖，可看到較為明顯的強度為黑潮與黑潮延伸流區域，中尺度渦流區已經被濾掉，而由圖 3-67 差異呈現兩者主要差異在黑潮延伸流位置與強度，若以長期 ACC 時序變化呈現 OCM-FH 與 HYCOM 此 2 種模式與 AVISO 衛星資料比對，如圖 3-68 黑潮延伸流區與圖 3-69 中尺度渦流區，黑潮延伸流兩者呈現相同趨勢差異不大，而中尺度渦流區 OCM-FH 則略低，但其表現在長期 RMSE、R 與  $R^2$  時序表現上皆可得到相同的趨勢，因此未來仍採用此三者的長期趨勢比對，如有特別針對渦流動能進行分析再增加其比對相關內容。

$$EKE = \frac{1}{2} (u_g'^2 + v_g'^2) \quad \text{式 (6)}$$

$$u_g = -\frac{g}{f} \frac{\partial h}{\partial y} \quad v_g = \frac{g}{f} \frac{\partial h}{\partial x} \quad f = \text{Coriolis parameter} \quad \text{式 (7)}$$

$$ACC(t, m) = \frac{\sum_{\alpha=1}^N (F'_{\alpha}(t, m) \times O'_{\alpha}(t, m))}{\sqrt{\sum_{\alpha=1}^N (F'_{\alpha}(t, m)^2 \times O'_{\alpha}(t, m)^2)}} \quad \text{式 (8)}$$

$F'$  為預測值與平均預測值的差異

$O'$  為觀測值與平均觀測值的差異

$m$  為起始月份， $t$  為經過時長

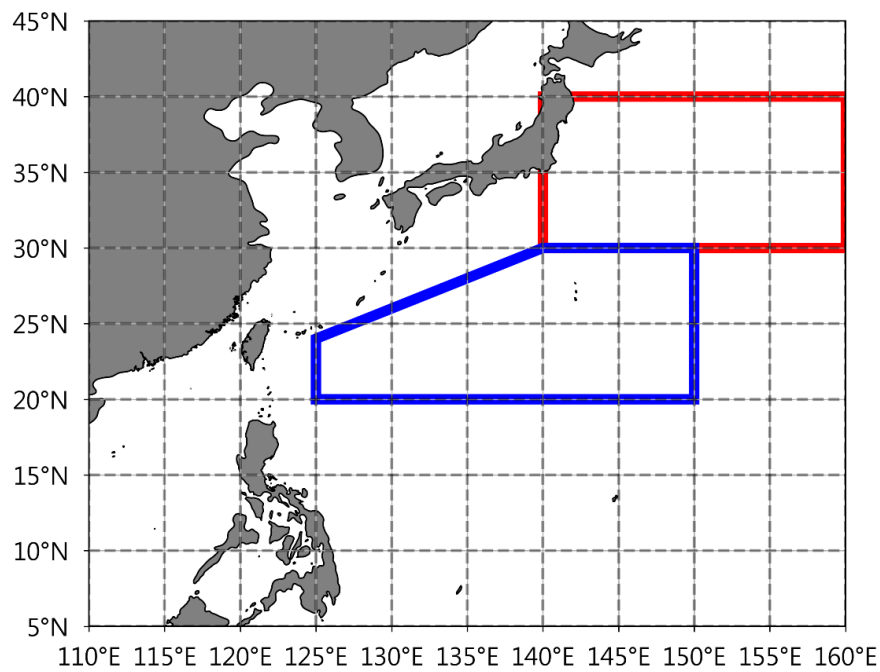


圖 3-47 黑潮延伸流（紅框）與中尺度渦流（藍框）區域

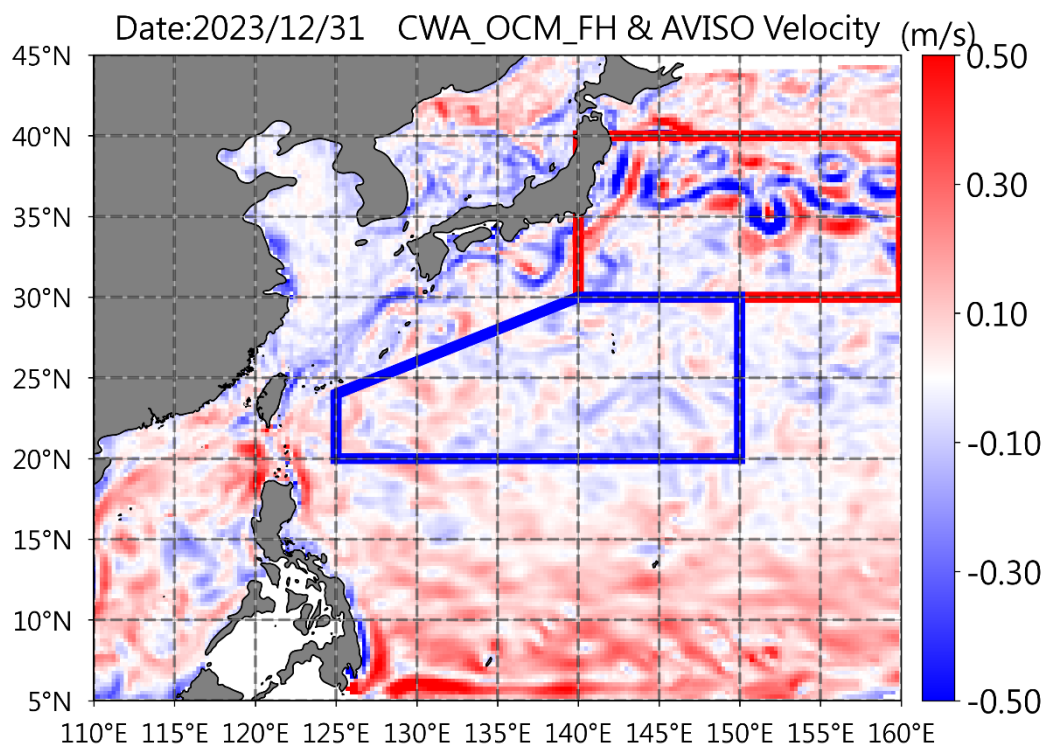


圖 3-48 2023 年 12 月表面海流月平均差異圖

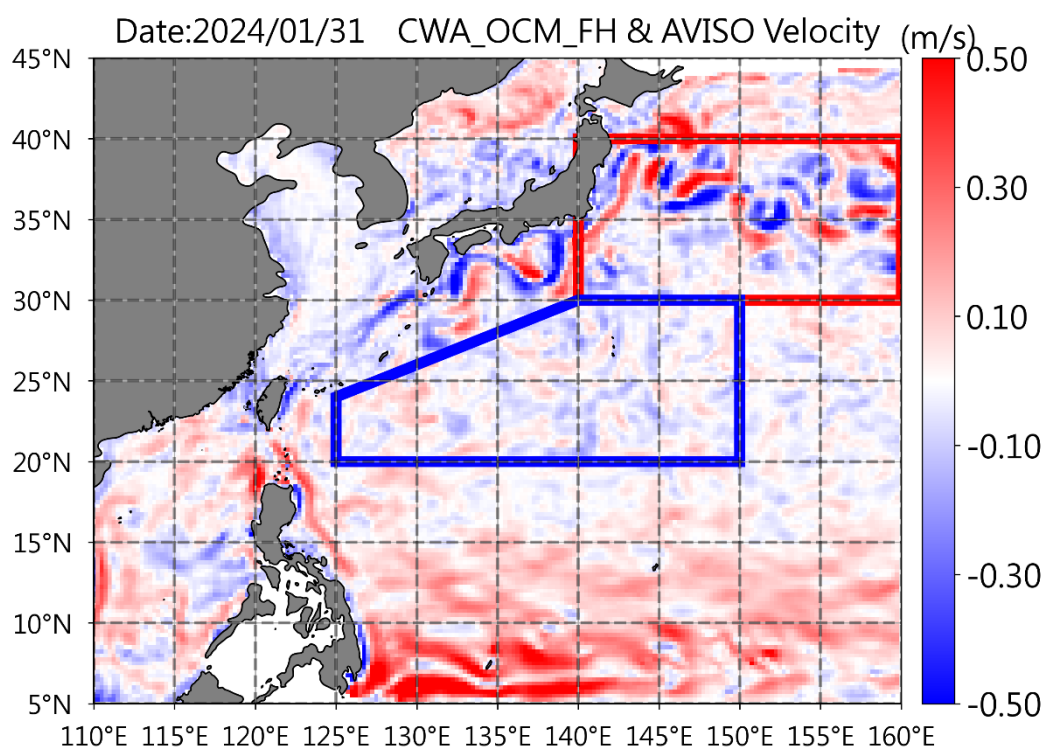


圖 3-49 2024 年 1 月表面海流月平均差異圖

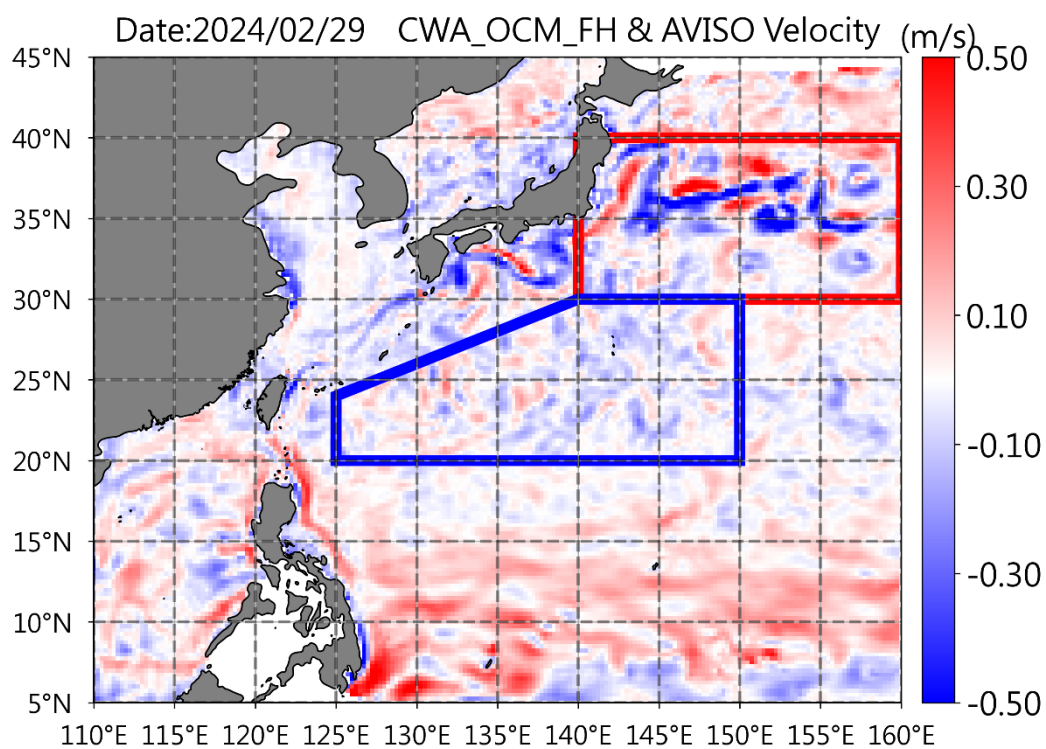


圖 3-50 2024 年 2 月表面海流月平均差異圖



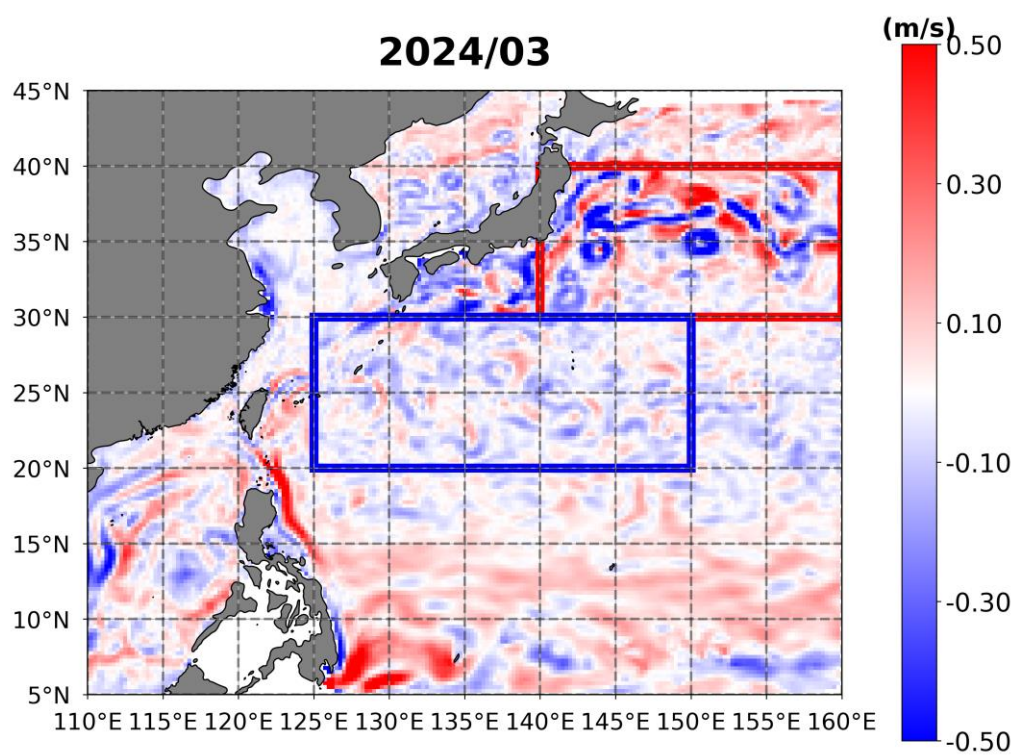


圖 3-51 2024 年 3 月表面海流月平均差異圖

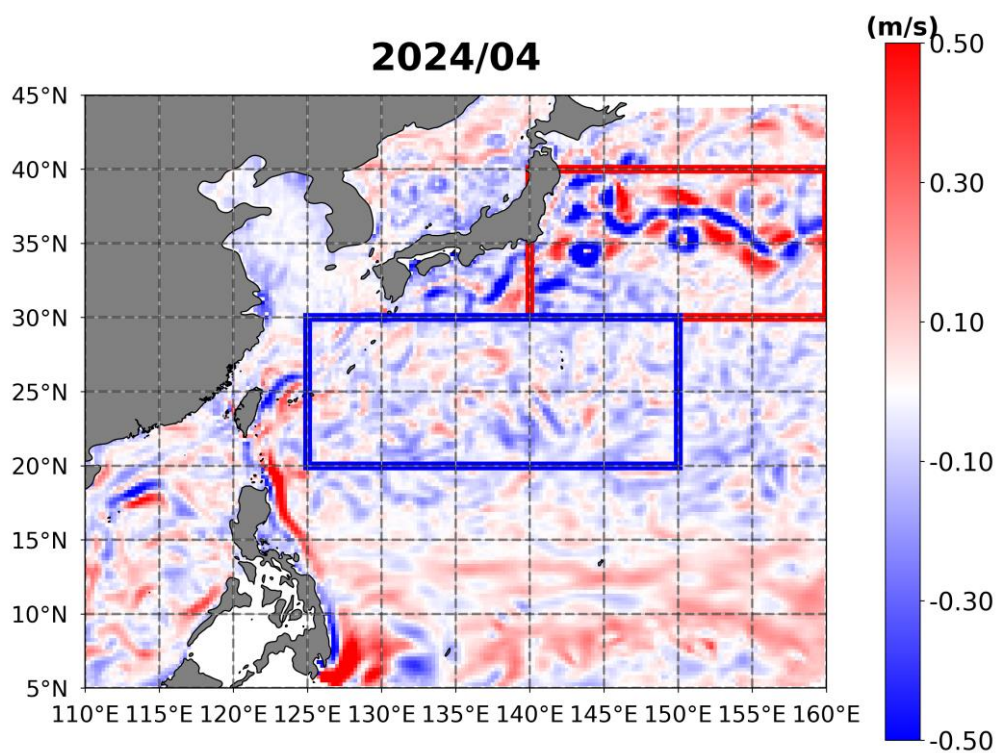


圖 3-52 2024 年 4 月表面海流月平均差異圖

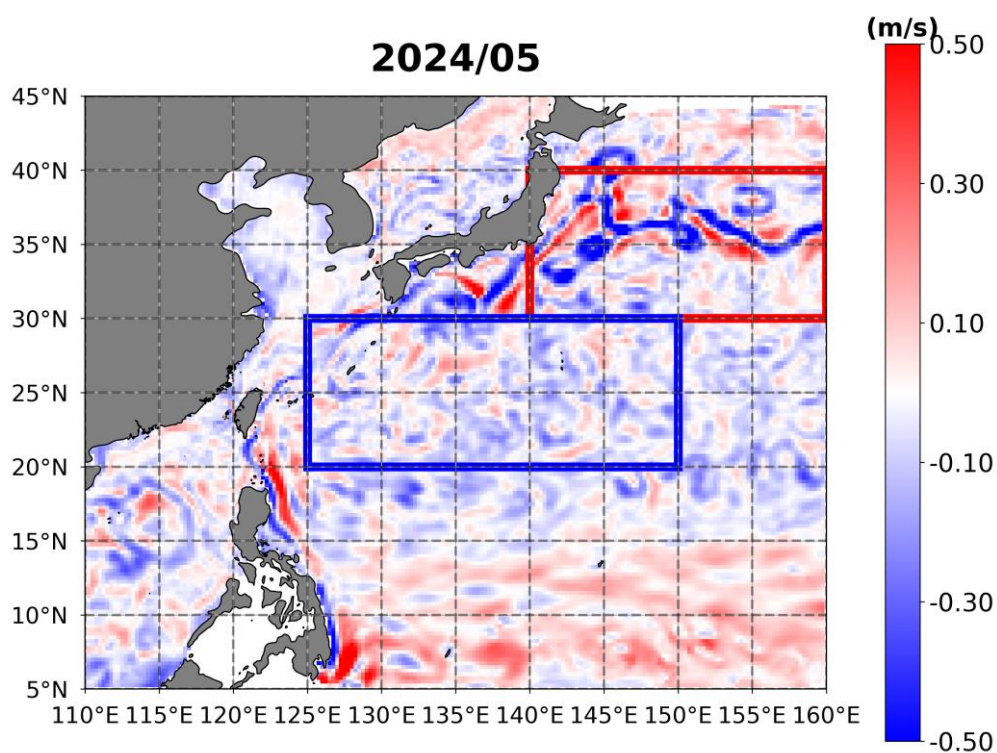


圖 3-53 2024 年 5 月表面海流月平均差異圖

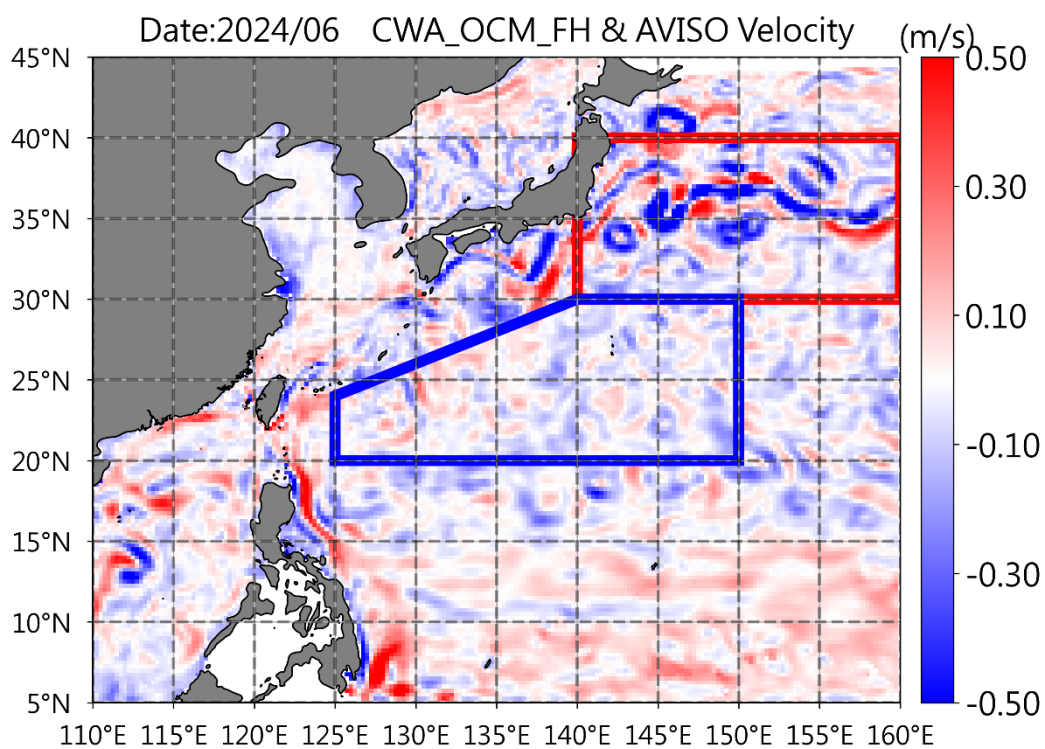


圖 3-54 2024 年 6 月表面海流月平均差異圖

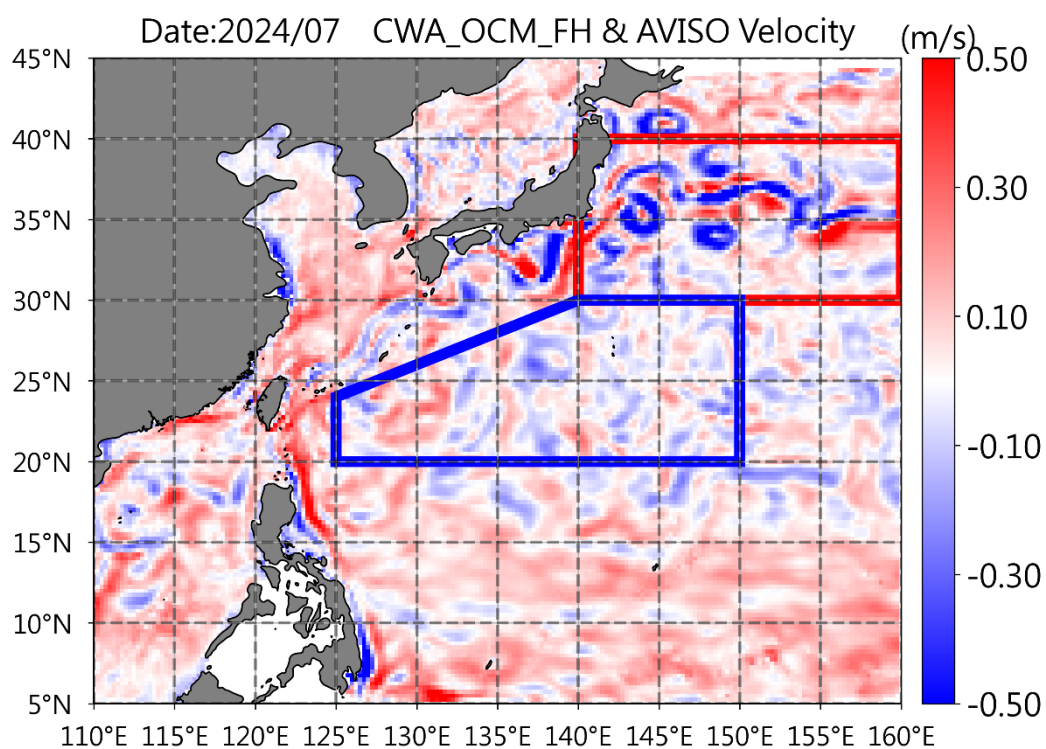


圖 3-55 2024 年 7 月表面海流月平均差異圖

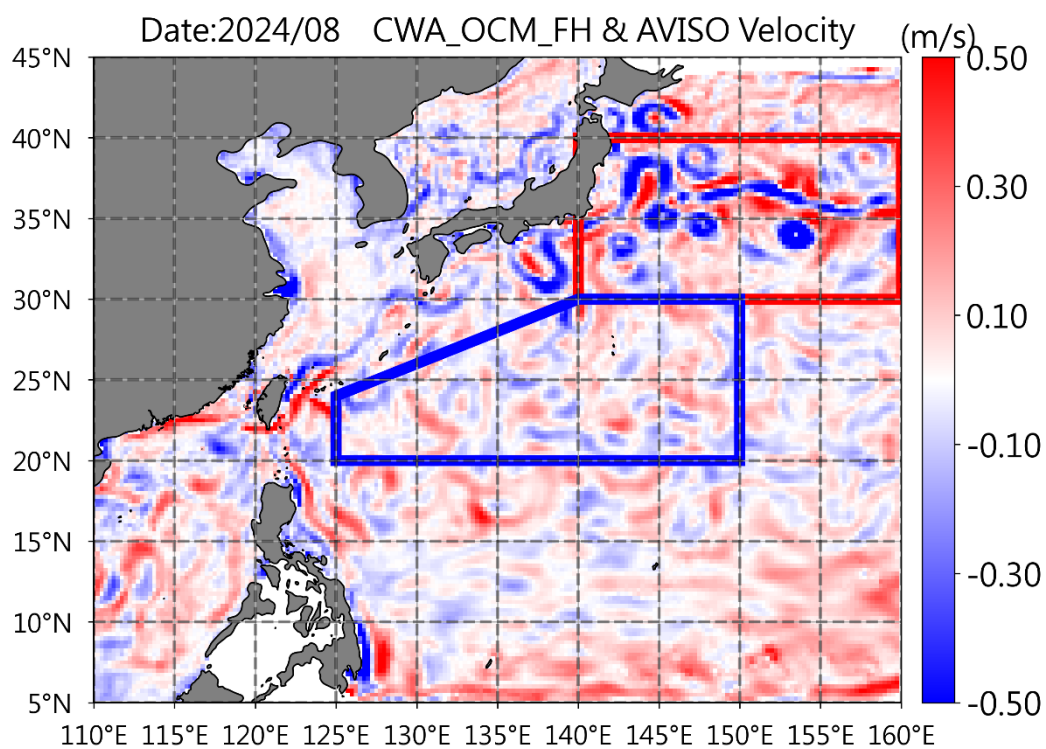


圖 3-56 2024 年 8 月表面海流月平均差異圖



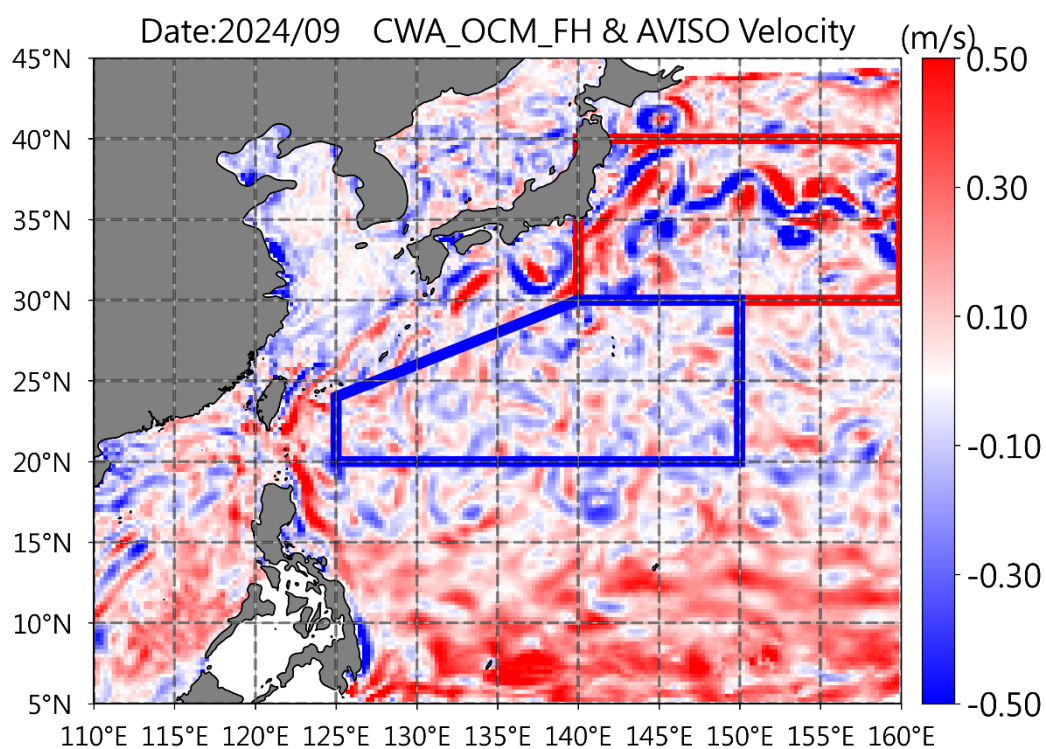


圖 3-57 2024 年 9 月表面海流月平均差異圖

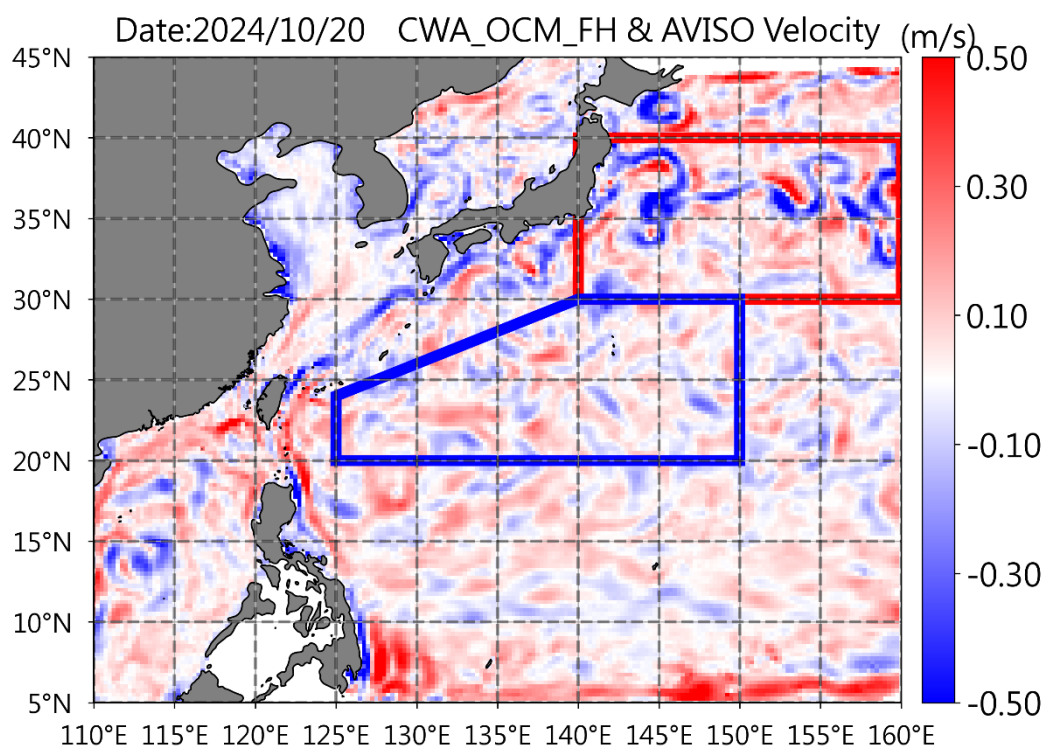


圖 3-58 2024 年 10 月表面海流月平均差異圖

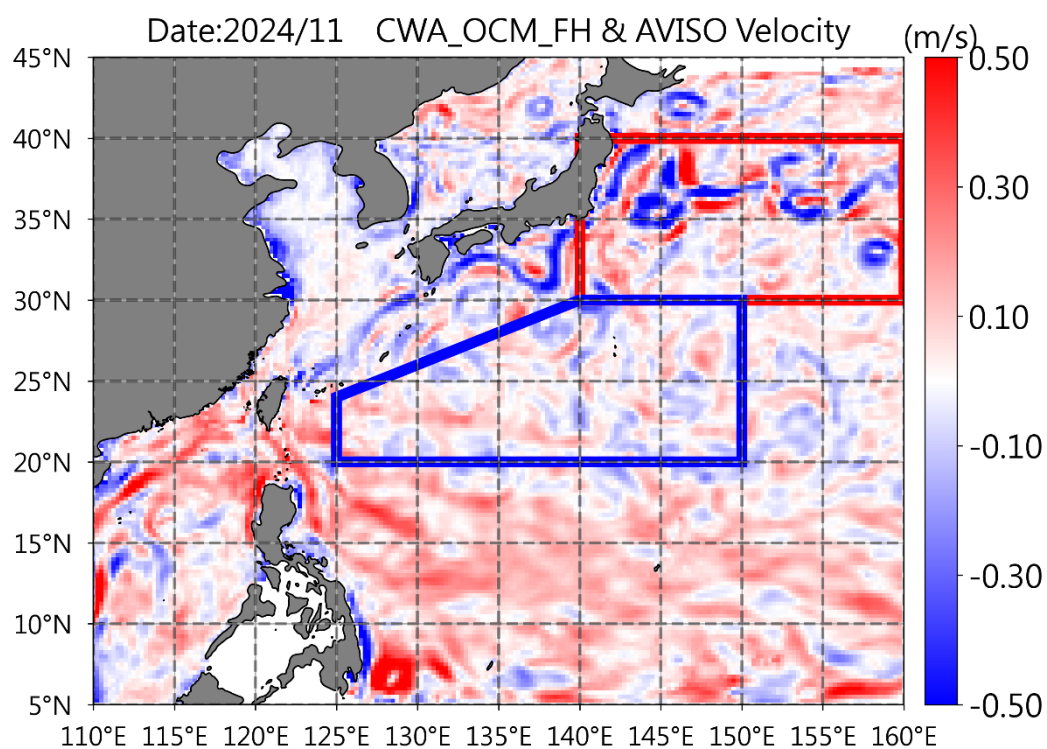


圖 3-59 2024 年 11 月表面海流月平均差異圖

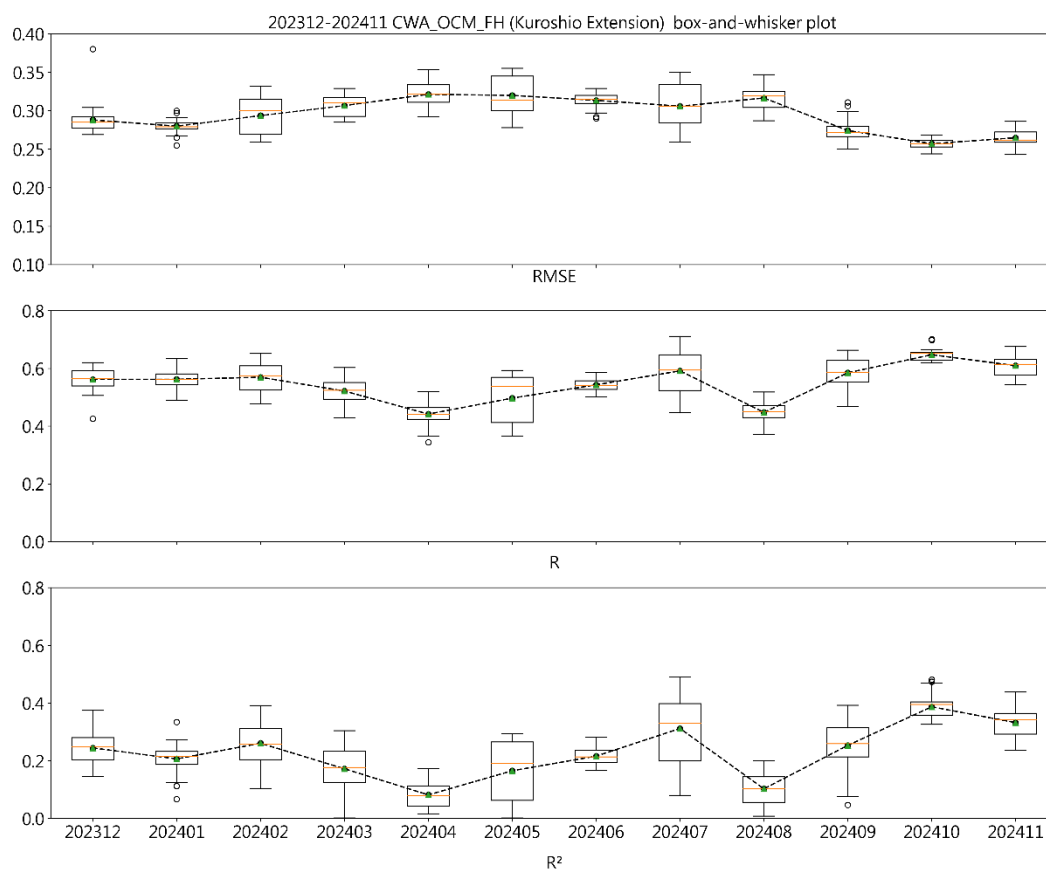


圖 3-60 黑潮延伸流區 2023 年 12 月至 2024 年 11 月表面海流校驗盒鬚圖

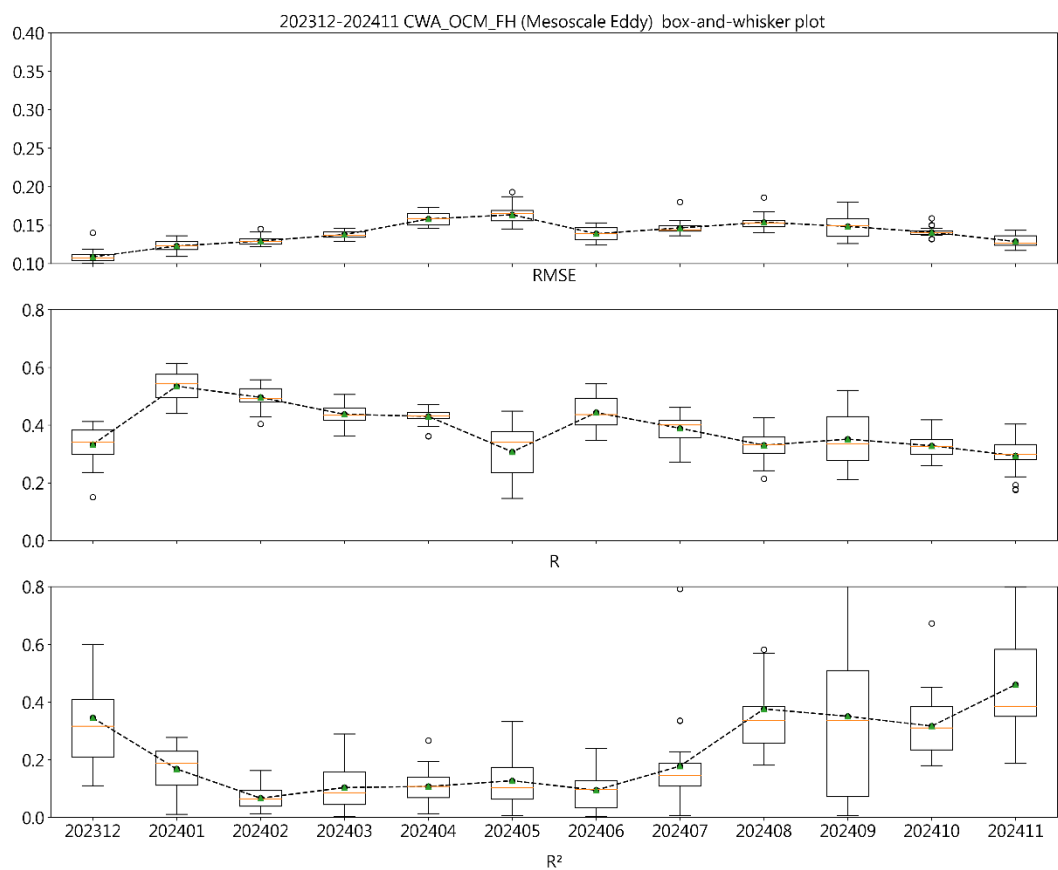


圖 3-61 中尺度渦流區 2023 年 12 月至 2024 年 11 月表面海流校驗盒鬚圖

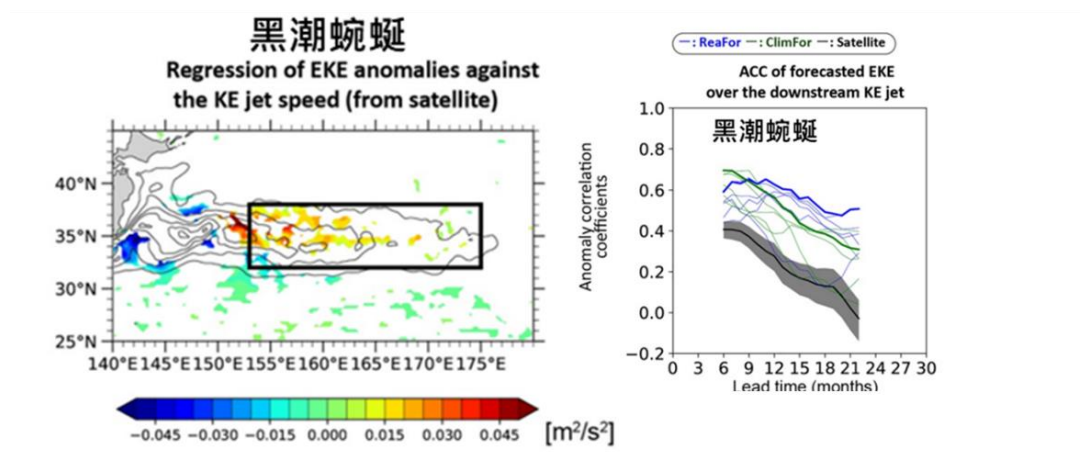


圖 3-62 黑潮延伸之渦動動能圖與長期異常相關係數圖

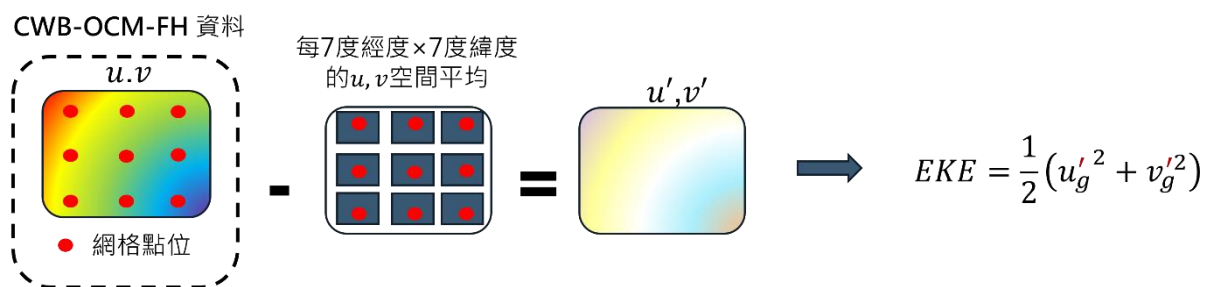


圖 3-63 渦流動能計算架構及流程圖

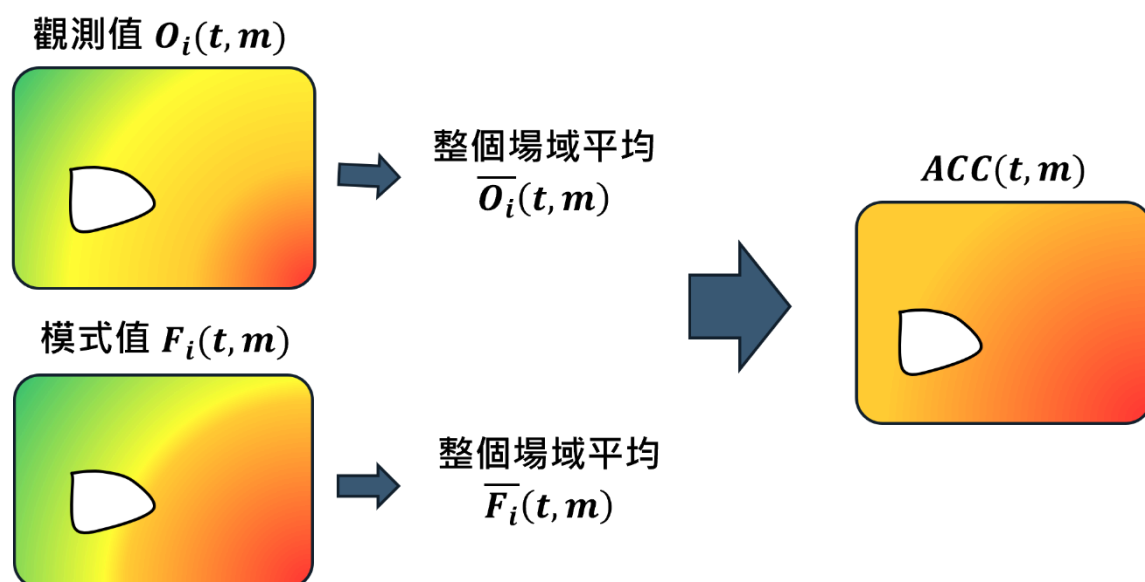


圖 3-64 渦流動能 ACC 計算架構及流程圖

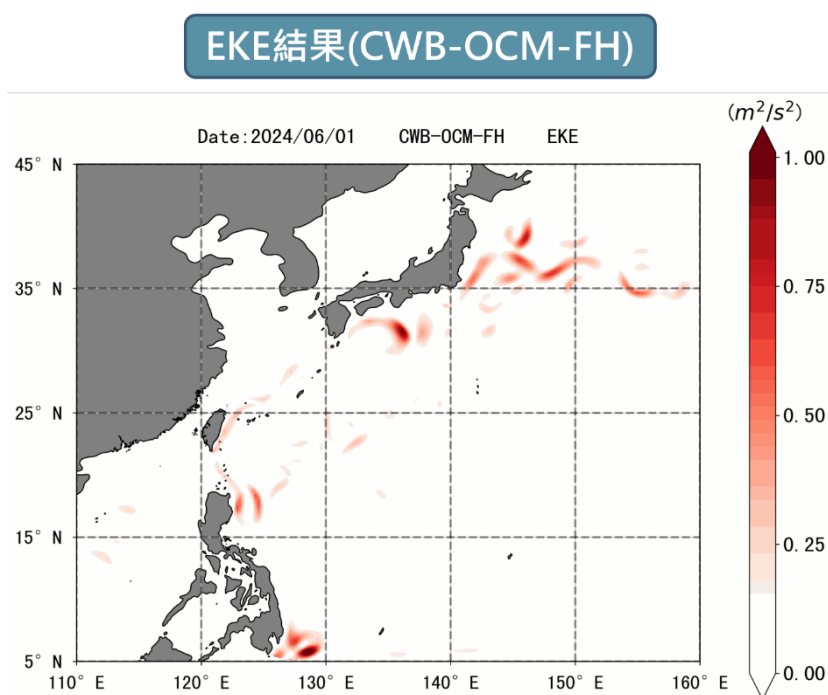


圖 3-65 CWA-OCM-FH 渦流動能圖

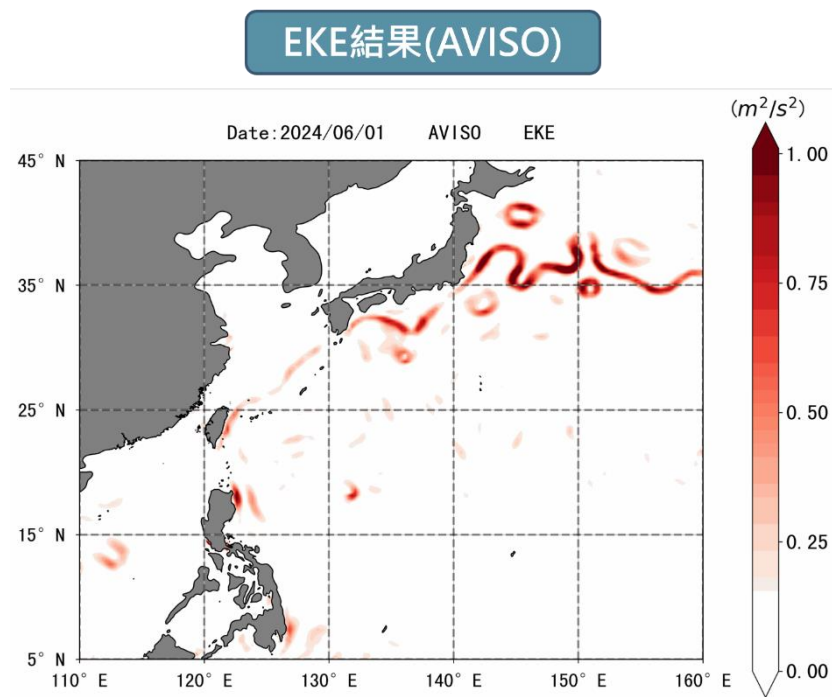


圖 3-66 AVISO 渦流動能圖

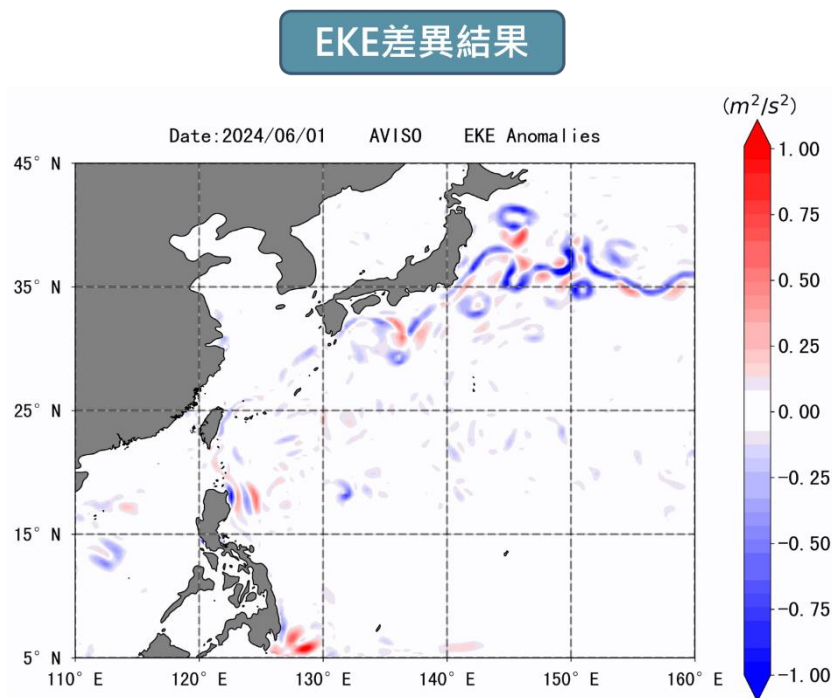


圖 3-67 CWA-OCM-FH 與 AVISO 渦流動能差異圖

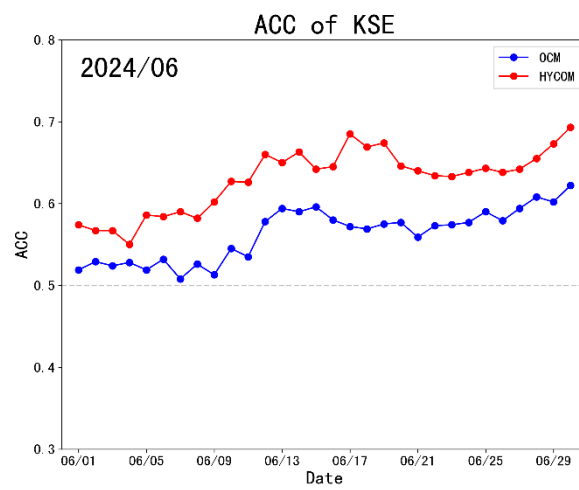


圖 3-68 黑潮延伸流區渦流動能 ACC 時序圖

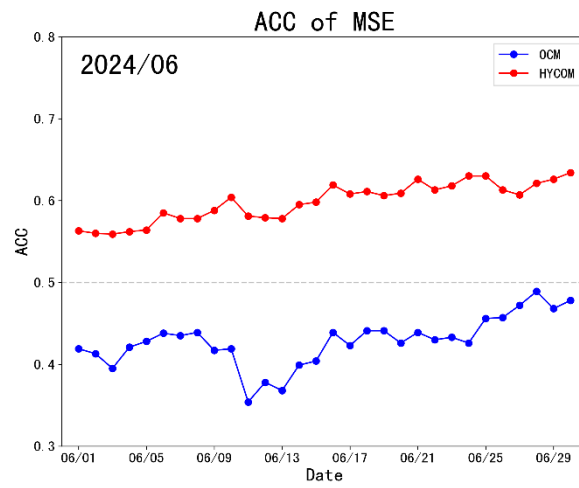


圖 3-69 中尺度渦流區渦流動能 ACC 時序圖

## GHR SST 海溫校驗

在潮位、海流等校驗後，因海溫可透過位新資料快速取得大範圍之監測結果，故也為海象模式之校驗重要依據。

高解析海面溫度小組(GHR SST)為一使用衛星資料進行海面溫度解析之跨國團體，其原始資料源自美國國家海洋暨大氣總署 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)底下噴射推進實驗室(NASA Jet Propulsion Laboratory, JPL)的衛星資料，使用多種感測器蒐集海表層溫度，經衛星傳輸後，再通過丹麥氣象研究所(DMI)使用全球 0.05 度網格，以最佳內插法(OI)計算出每日高解析度海表面溫度(GHR SST)，資料時間由 2013 年 4 月 30 日開始至今，並以 NetCDF 格式做儲存。該資料由多顆衛星所觀測夜間 GHR SST L2P 表層海面溫度及海表層下溫度所計算而得，由於物體表面皆會對外產生不同波段之輻射能，稱為黑體輻射，由海面發射輻射波段大多表現於長波波段，故藉由量測紅外輻射能可轉換得出海溫；除了衛星資料外，也會納入船測、浮標與定點測站海溫資料進行內插，最後將提供無縫式海表溫度產品。其所提供資料包括全球短期、中期、長期之海表面溫度資料，並經由後續品管網格化後可得全球海表溫分布圖。

圖 3-70 至圖 3-75 呈現 2023 年 12 月至 2024 年 5 月每個月模式與 GHR SST 觀測海溫月平均差異圖，12 月至 3 月間整體海溫差異表現相似，呈現北方模式預報高估而南方低估的趨勢，但整體差異 RMSE 都在 1 度內，季節更迭東北季風轉弱後，南方滯留鋒與颱風開始影響大氣狀況，而這 2 個系統因雲層較厚容易造成衛星資料的遺漏，同時大氣預報模式結果也比較容易與觀測資料偏差，因此 4 月與 5 月的 RMSE 上升 1.1 至 1.2 度，同時也影響到 R 與  $R^2$  變化趨勢，此兩者也由 0.95 下降至 0.9，尤其是  $R^2$  下降趨勢更為明顯，由圖 3-82 呈現長期分析盒鬚圖，海溫差異皆在 1.2 度以下，而東北季風期模式海溫預報結果與觀測值差異小，進入梅雨季後整體變化受氣象影響較多，故模式比對結果差異較大，除此之外 R 大部分時間都位於 0.97 以上，而  $R^2$  則高於 0.90，藉此可了解模式預報

的準確性與穩定度，未來每個月仍持續進行表面海溫校驗分析，除了能確保模式作業化預報的結果，同時也能提供未來模式更新的參考資料來源。

圖 3-76 至圖 3-81 呈現 2024 年 6 月至 11 月每個月模式與 GHRST 觀測海溫月平均差異圖，其中，於 8 月至 11 月期間有多個颱風（8 月有瑪麗亞、山神、悟空、安比、雲雀、珊珊；9 月有魔羯、貝碧佳、葡萄桑、燕子；10 月有山陀兒、潭美、康芮；11 月有銀杏、桔梗、天兔、萬宜）形成並影響其周遭之海溫，為了避免短期天氣系統影響校驗之結果，本團隊將颱風影響期間（8/8-8/29、9/4-9/8、9/14-9/16、9/19-9/20、9/27-10/4、10/22-10/23、10/25-11/2、11/6-11/9、11/12-11/17）去除，再進行校驗分析。另外，本團隊於 7 月份進行模式輸入之氣象場參數修正（如向下長波與短波輻射量），因此於 7 月份前後之模式結果修正許多，RMSE 由 1.8 度下降至 0.7 度。根據圖中結果顯示，2024 年 6 月至 11 月模式之海溫整體較觀測值(GHRST)低，其中，於臺灣東北角區域、中國沿岸、黃海區域尤為明顯，因區域地形變化大，導致在計算時出現產生湧升流自然現象，將底層溫度較低之海水大上海表面，造成模式水溫較低結果，而在高緯度區域，如日本海、東太平洋則有高估情況發生。

圖 3-82 呈現長期分析盒鬚圖，由圖中結果可以發現，撇除颱風系統之影響，海溫 RMSE 皆介於 0.5 至 1 度之間，相關係數（ $R$  及  $R^2$ ）分別介於 0.95 至 1 以及 0.85 至 0.95 之間，並且由於去除短期氣象系統之影響，盒鬚圖長期之走勢平穩，變化皆於 0.5 至 1 之間，藉此可了解在無短期氣象系統之影響下，模式預報的準確性與穩定度，未來每個月仍持續進行表面海溫校驗分析，除了能確保模式作業化預報的結果，同時也能提供未來模式更新的參考資料來源。



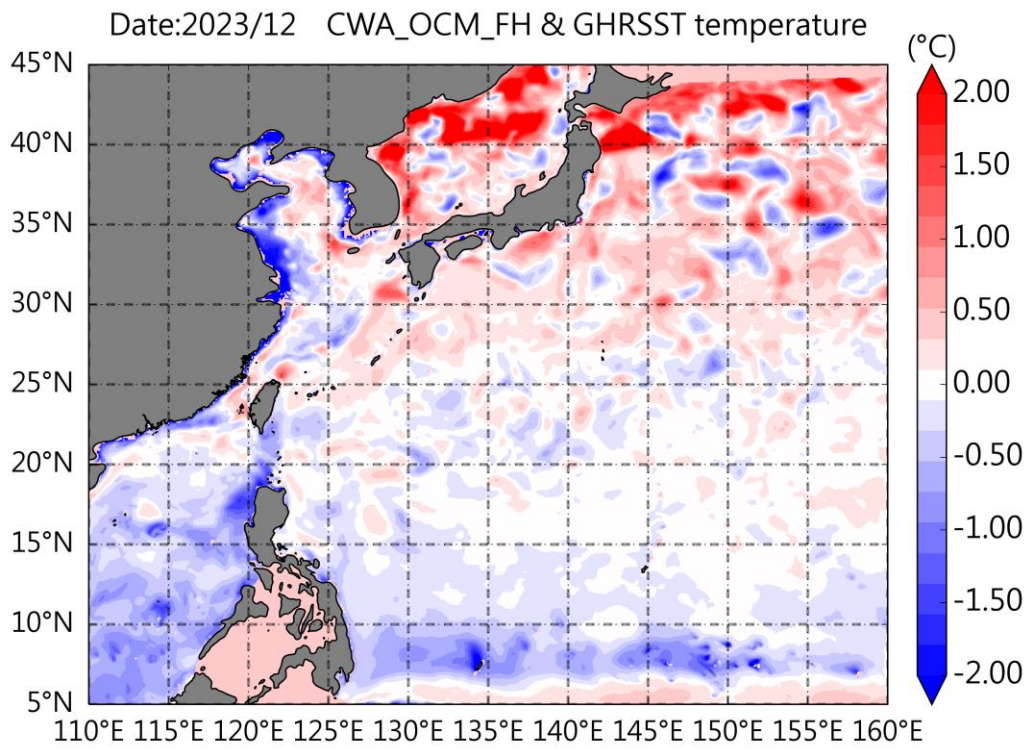


圖 3-70 2023 年 12 月表面海溫月平均差異圖

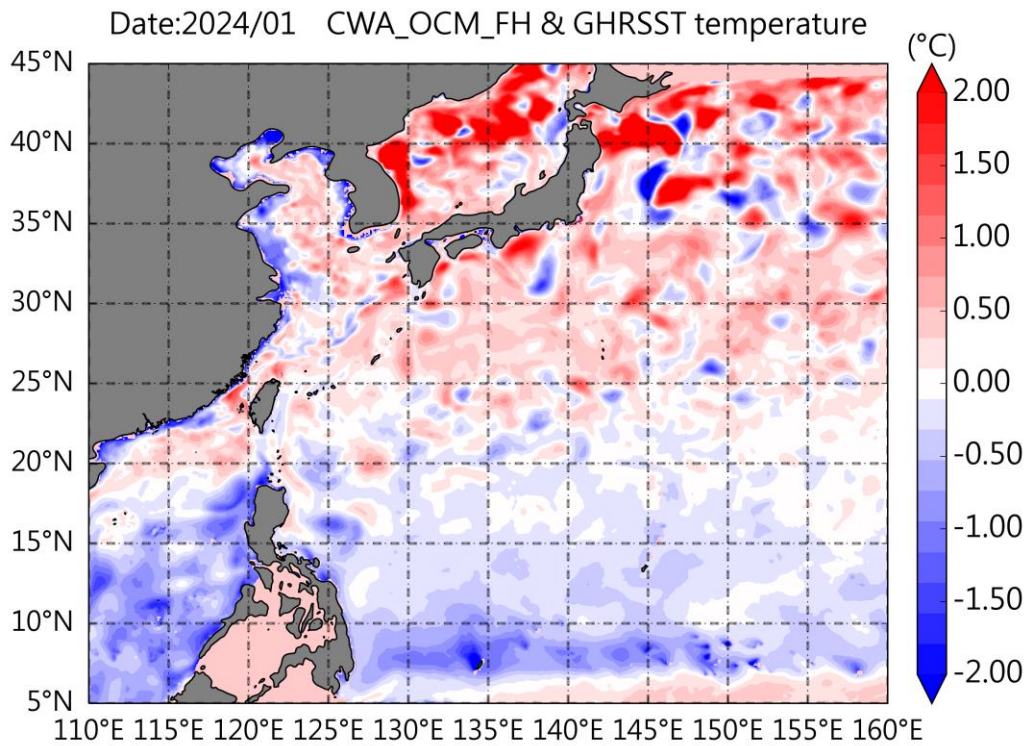


圖 3-71 2024 年 1 月表面海溫月平均差異圖

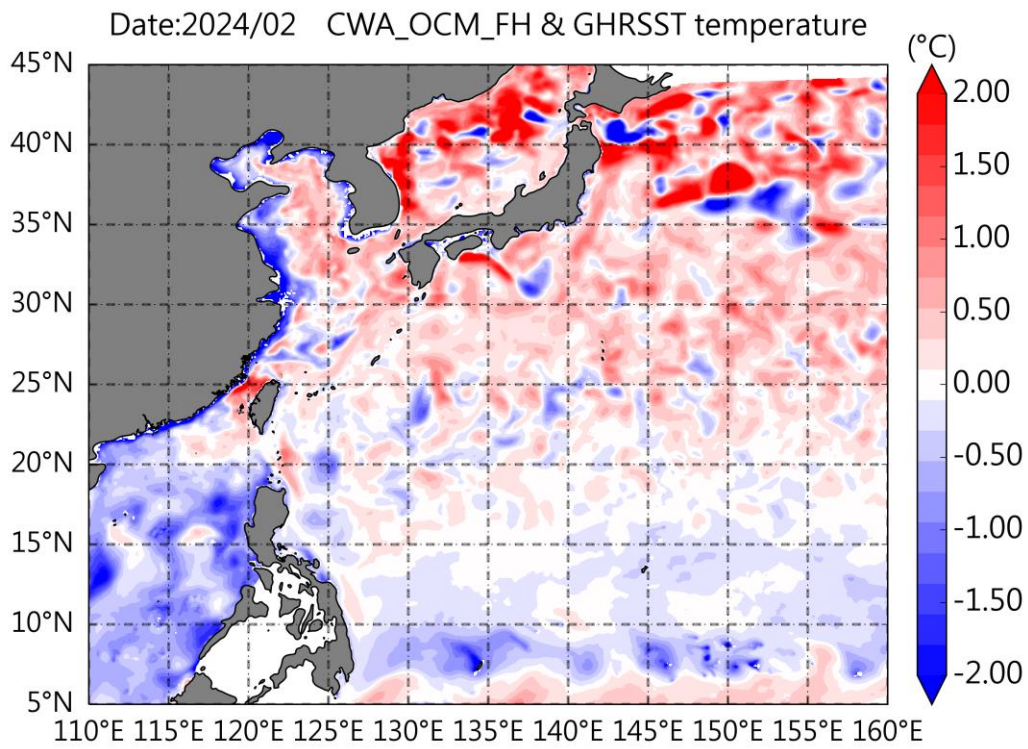


圖 3-72 2024 年 2 月表面海溫月平均差異圖

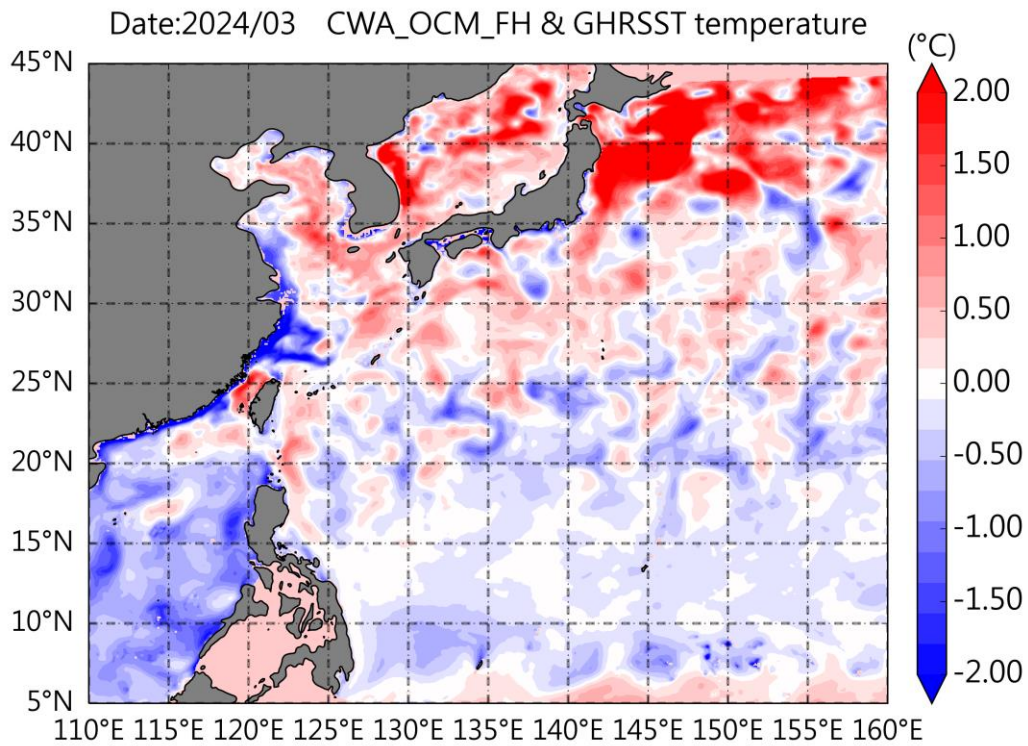


圖 3-73 2024 年 3 月表面海溫月平均差異圖



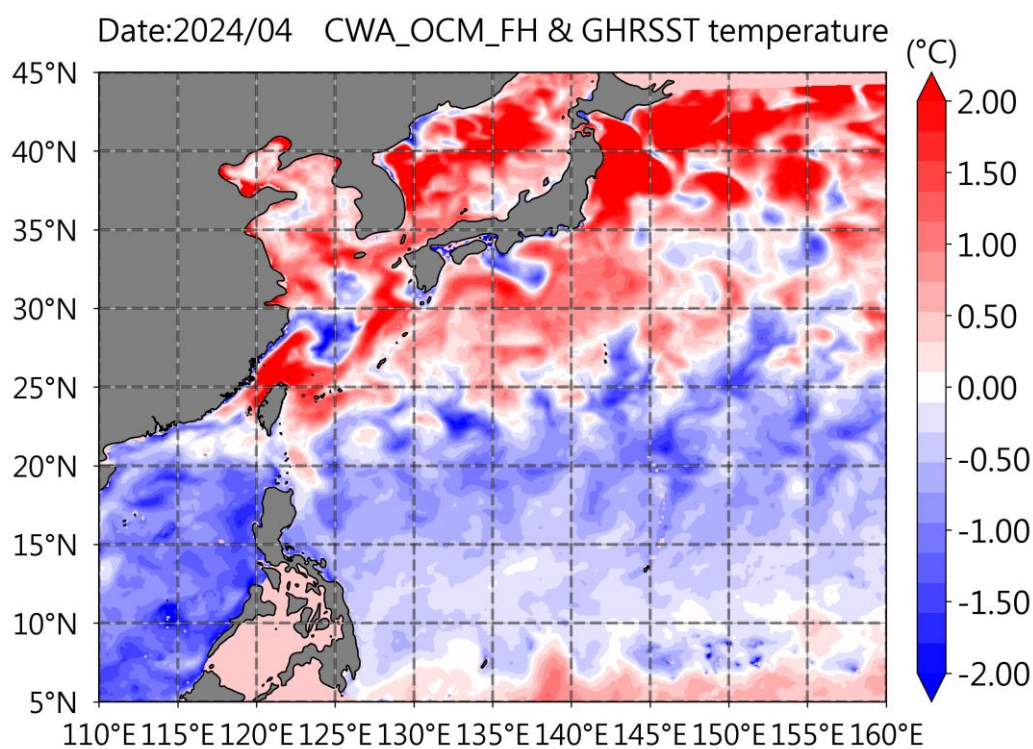


圖 3-74 2024 年 4 月表面海溫月平均差異圖

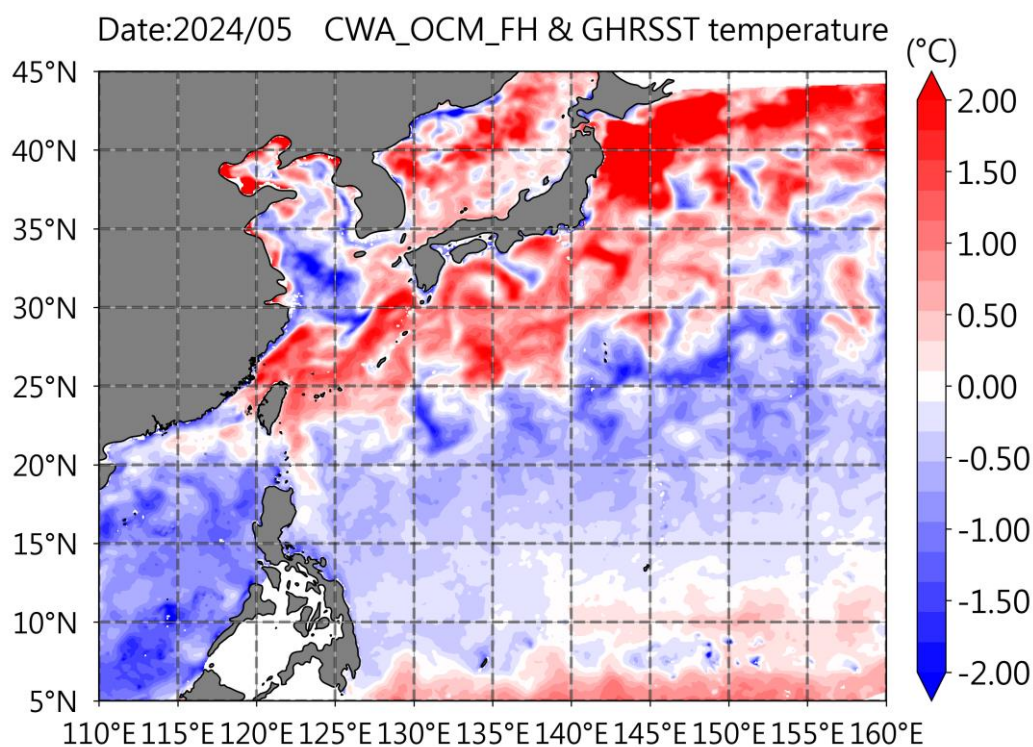


圖 3-75 2024 年 5 月表面海溫月平均差異圖

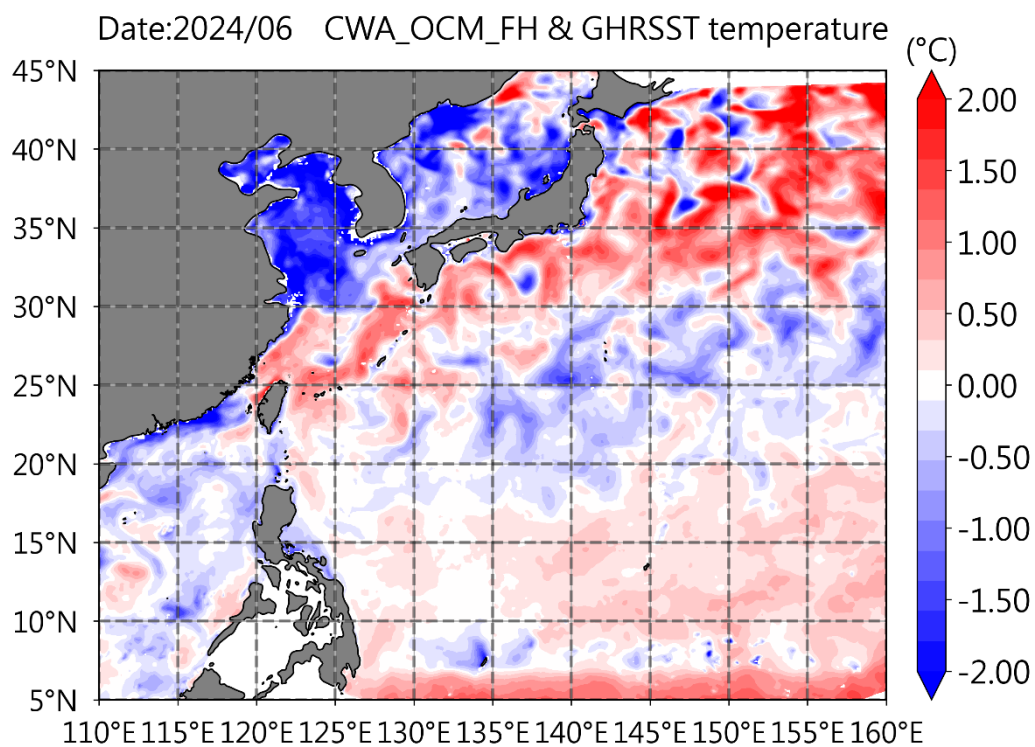


圖 3-76 2024 年 6 月表面海溫月平均差異圖

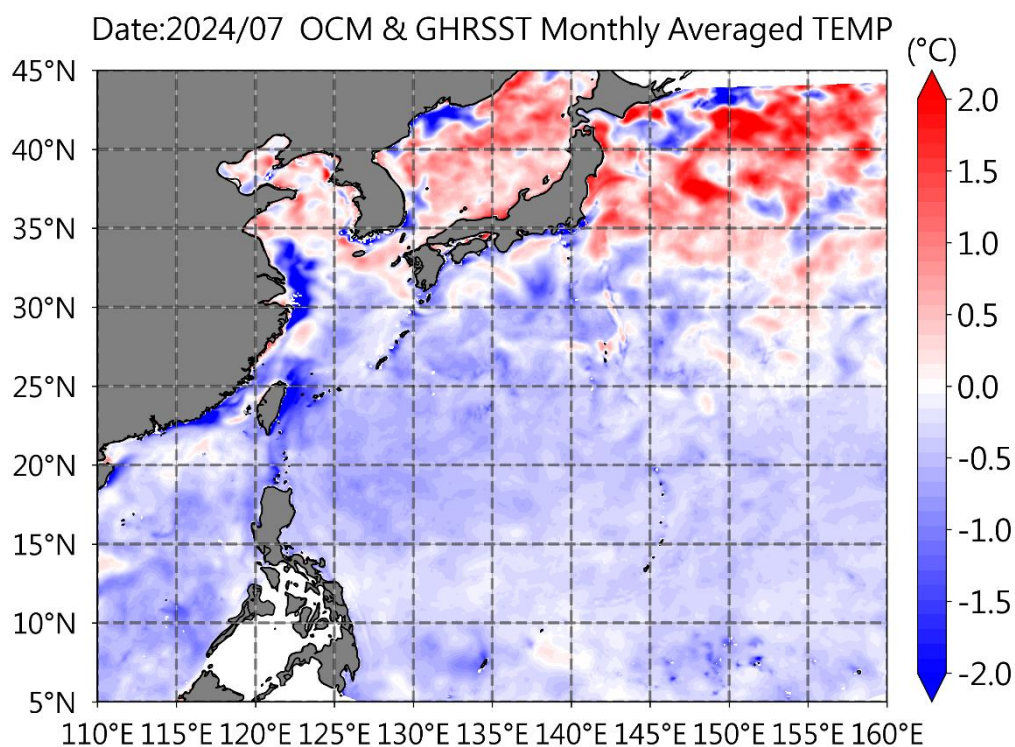


圖 3-77 2024 年 7 月表面海溫月平均差異圖



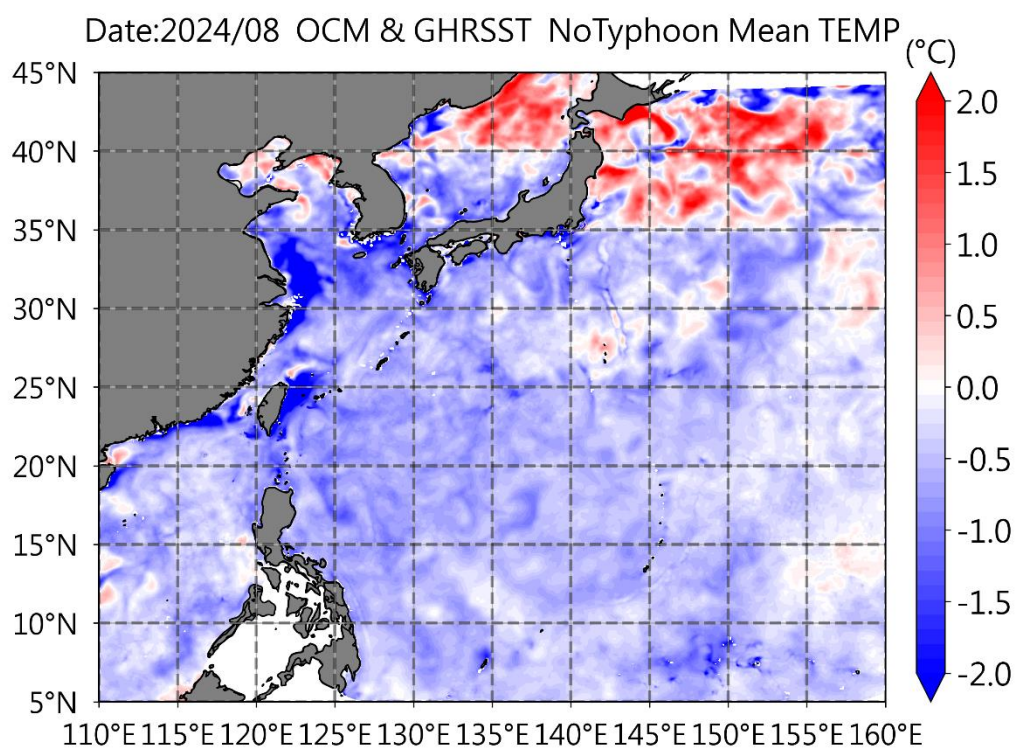


圖 3-78 2024 年 8 月表面海溫月平均差異圖

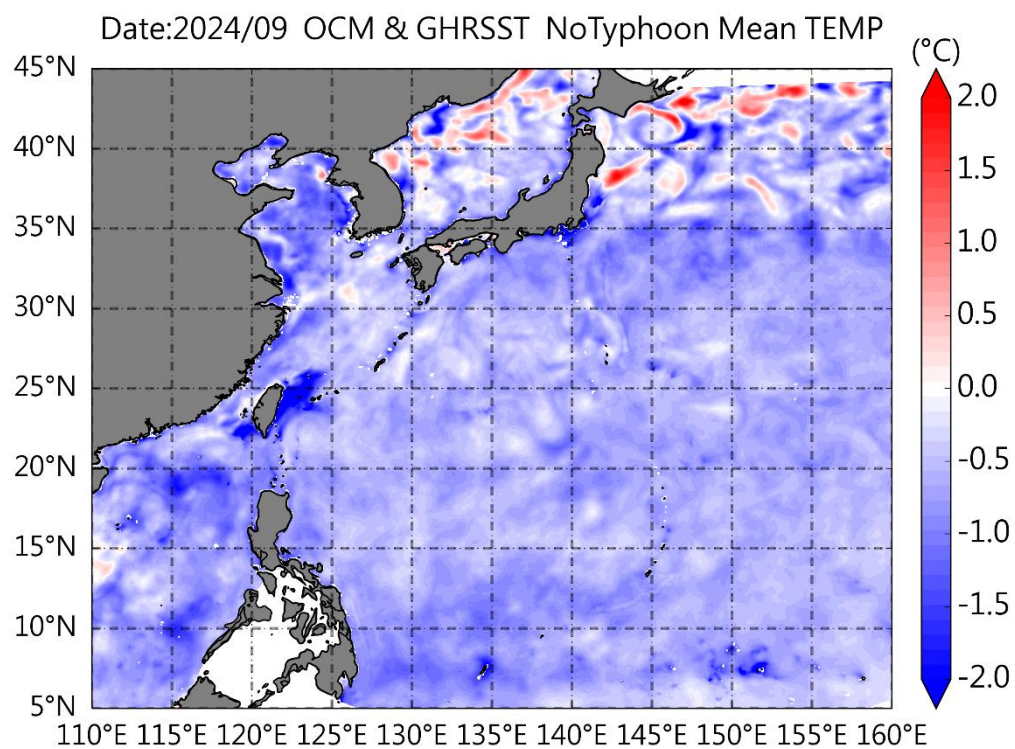


圖 3-79 2024 年 9 月表面海溫月平均差異圖

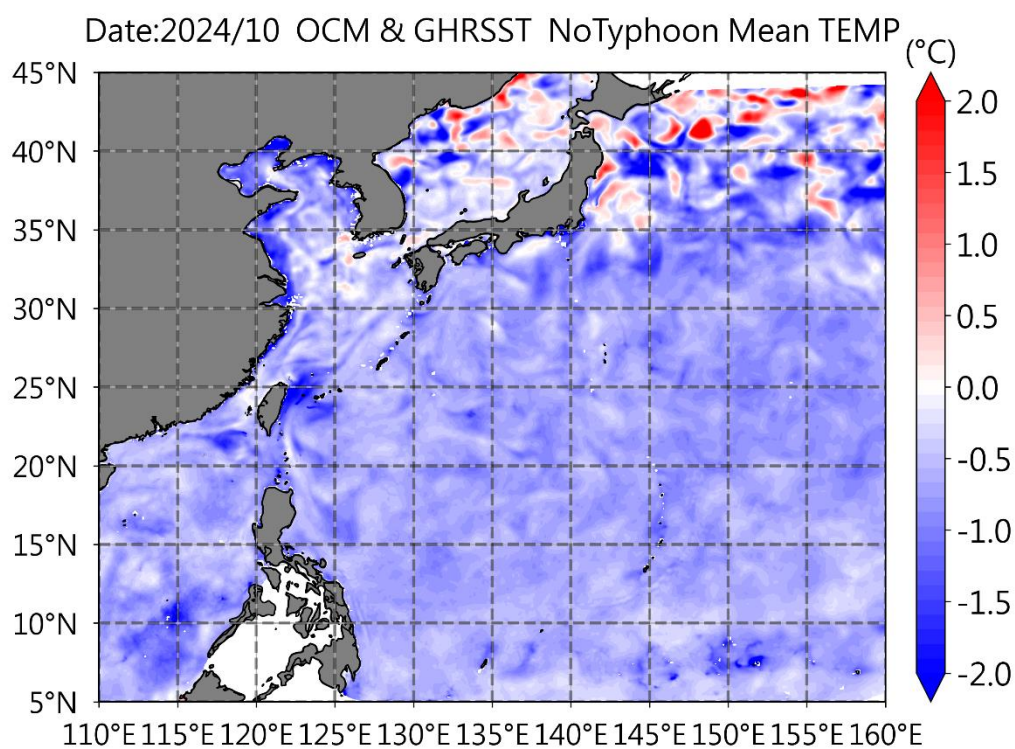


圖 3-80 2024 年 10 月表面海溫月平均差異圖

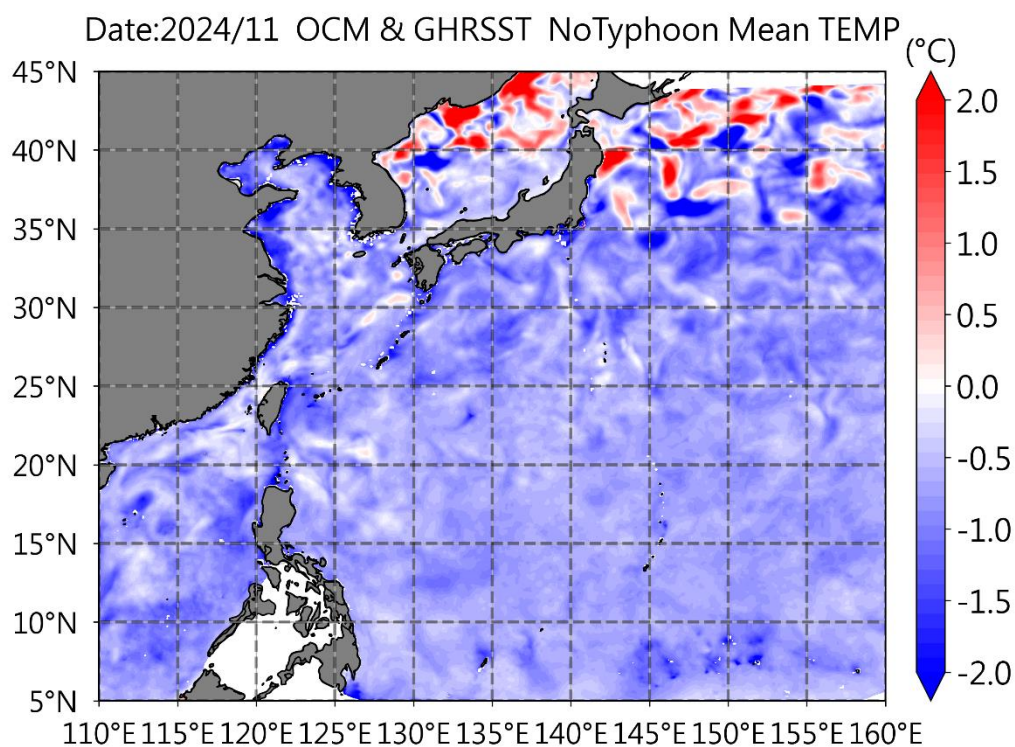


圖 3-81 2024 年 11 月表面海溫月平均差異圖

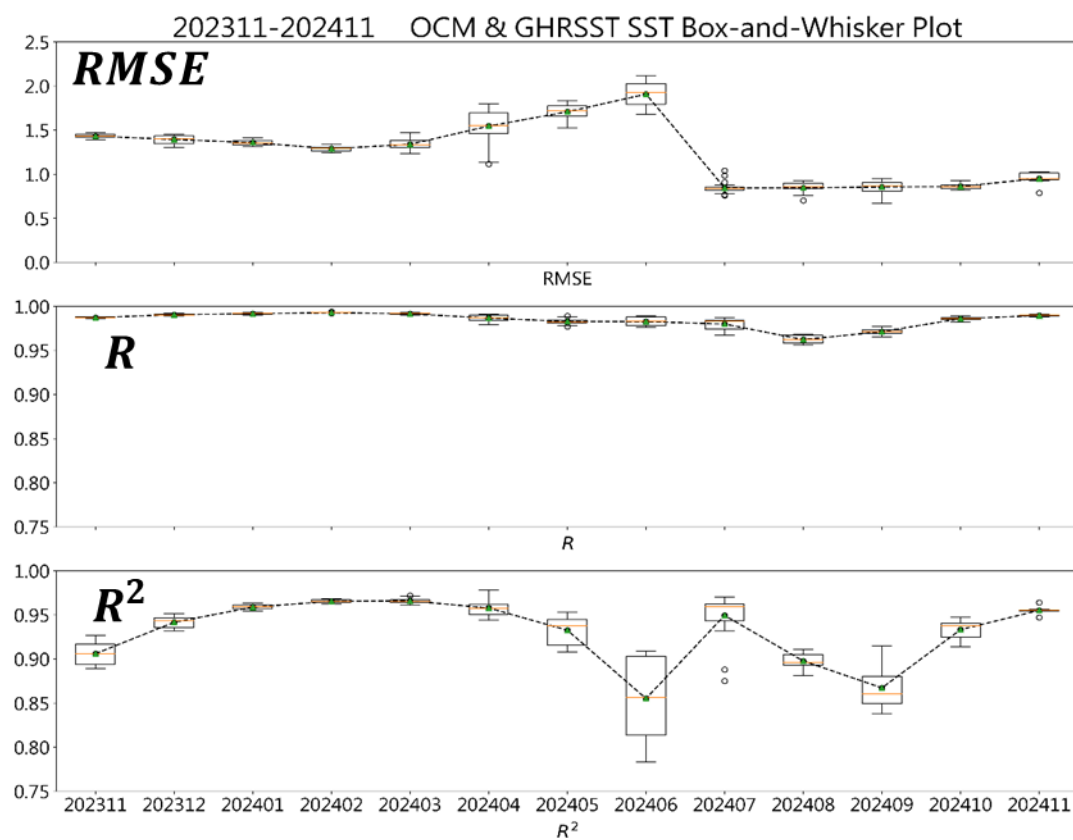


圖 3-82 2023 年 12 月至 2024 年 11 月表面海溫校驗盒鬚圖

## 放射性物質海洋擴散預報系統校驗系統雛型上線

為了取得海水監測資料，進入東電監測網頁每日下載監測資料。依照氣象署所提供模式預報總共有 31 個監測點，代號與對應到的測站如表 3-11 所示：

表 3-11 東電海水監測站對應表

| 監測地區     | 檔案名稱               | 測站代號   | 代號 |
|----------|--------------------|--------|----|
| 港灣內      | Seawater_10_1.csv  | T-0    | 3  |
|          | Seawater_10_2.csv  | T-1    | 1  |
|          | Seawater_10_3.csv  | T-2    | 2  |
|          | Seawater_10_4.csv  | T-0-1  | 4  |
|          | Seawater_10_5.csv  | T-0-1A | 5  |
|          | Seawater_10_6.csv  | T-0-2  | 6  |
|          | Seawater_10_7.csv  | T-0-3  | 7  |
|          | Seawater_10_8.csv  | T-0-3A | 8  |
|          | Seawater_10_9.csv  | T-A1   | 9  |
|          | Seawater_10_10.csv | T-A2   | 10 |
|          | Seawater_10_11.csv | T-A3   | 11 |
| 20km 內_1 | Seawater_10_12.csv | T-3    | 12 |
|          | Seawater_10_13.csv | T-6    | 14 |
|          | Seawater_10_14.csv | T-D1   | 17 |
|          | Seawater_10_15.csv | T-D5   | 18 |
|          | Seawater_10_16.csv | T-D9   | 19 |
|          | Seawater_10_17.csv | T-5    | 20 |
|          | Seawater_10_18.csv | T-4    | 13 |
|          | Seawater_10_19.csv | T-14   | 15 |
|          | Seawater_10_20.csv | T-11   | 16 |
| 20km 內_3 | Seawater_10_21.csv | T-S8   | 27 |
|          | Seawater_10_22.csv | T-S1   | 21 |
|          | Seawater_10_23.csv | T-S2   | 22 |
|          | Seawater_10_24.csv | T-S3   | 23 |
|          | Seawater_10_25.csv | T-S4   | 24 |
|          | Seawater_10_26.csv | T-S5   | 25 |
|          | Seawater_10_27.csv | T-S7   | 26 |
|          | Seawater_10_28.csv | T-B1   | 28 |

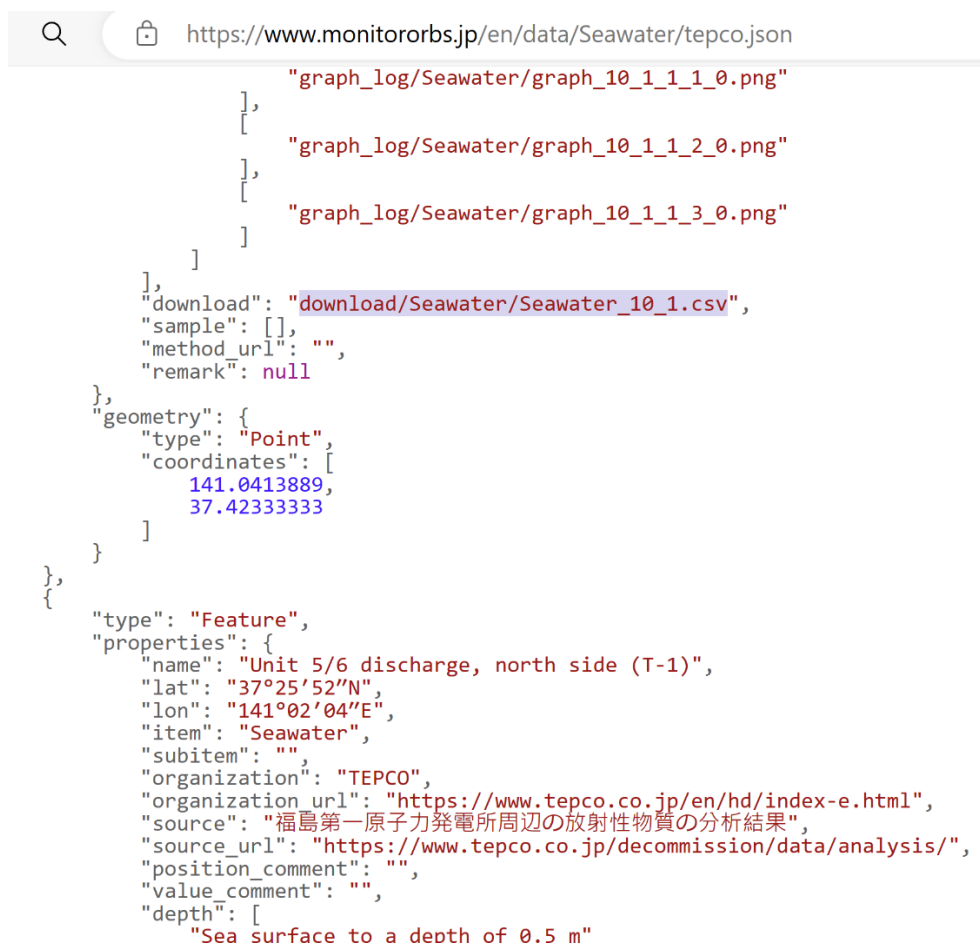


|  |                    |      |    |
|--|--------------------|------|----|
|  | Seawater_10_29.csv | T-B2 | 29 |
|  | Seawater_10_30.csv | T-B3 | 30 |
|  | Seawater_10_31.csv | T-B4 | 31 |

目前使用的 31 個測站皆為 TEPCO 所屬站，進入東電海域監測地圖，從網頁找到描述 TEPCO 資料的的 json 檔

<https://www.monitororbs.jp/en/data/Seawater/tepco.json>，如

圖 3-83 所示找到個測站每日監測 csv 檔案，下載到 /pj/tri/data/archive\_data/download/ORBS/ 路徑下。



```
    "graph_log/Seawater/graph_10_1_1_1_0.png"
  ],
  [
    "graph_log/Seawater/graph_10_1_1_2_0.png"
  ],
  [
    "graph_log/Seawater/graph_10_1_1_3_0.png"
  ]
],
"download": "download/Seawater/Seawater_10_1.csv",
"sample": [],
"method_url": "",
"remark": null
},
"geometry": {
  "type": "Point",
  "coordinates": [
    141.0413889,
    37.42333333
  ]
}
},
{
  "type": "Feature",
  "properties": {
    "name": "Unit 5/6 discharge, north side (T-1)",
    "lat": "37°25'52"N",
    "lon": "141°02'04"E",
    "item": "Seawater",
    "subitem": "",
    "organization": "TEPCO",
    "organization_url": "https://www.tepco.co.jp/en/hd/index-e.html",
    "source": "福島第一原子力発電所周辺の放射性物質の分析結果",
    "source_url": "https://www.tepco.co.jp/decommission/data/analysis/",
    "position_comment": "",
    "value_comment": "",
    "depth": [
      "Sea surface to a depth of 0.5 m"
    ]
  }
}
```

圖 3-83 描述 TEPCO 資料的的 json 檔案

海水監測站位置如圖 3-84 所示，依照該位置資訊製作網頁選單。

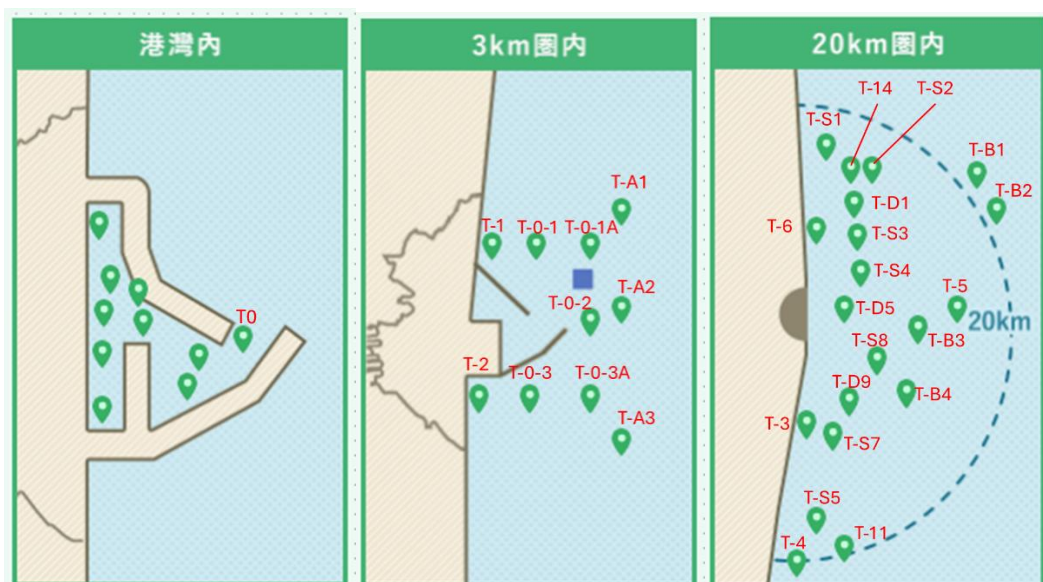


圖 3-84 海水監測點位置圖

模式預報資料每日皆會產生 8 個檔案，分別代表當天分析資料的 anl.pth、前 1 天預報 1 天後資料的 f01.pth、前 2 天預報 2 天後資料的 f02.pth.....、前 7 天預報 7 天後資料的 f07.pth，將每日不同預報時間的資料串接成 8 條時序圖呈現在測站的模式圖中。透過比較監測點的觀測資料與模式時序圖可以判斷模擬結果與觀測之間的差異。

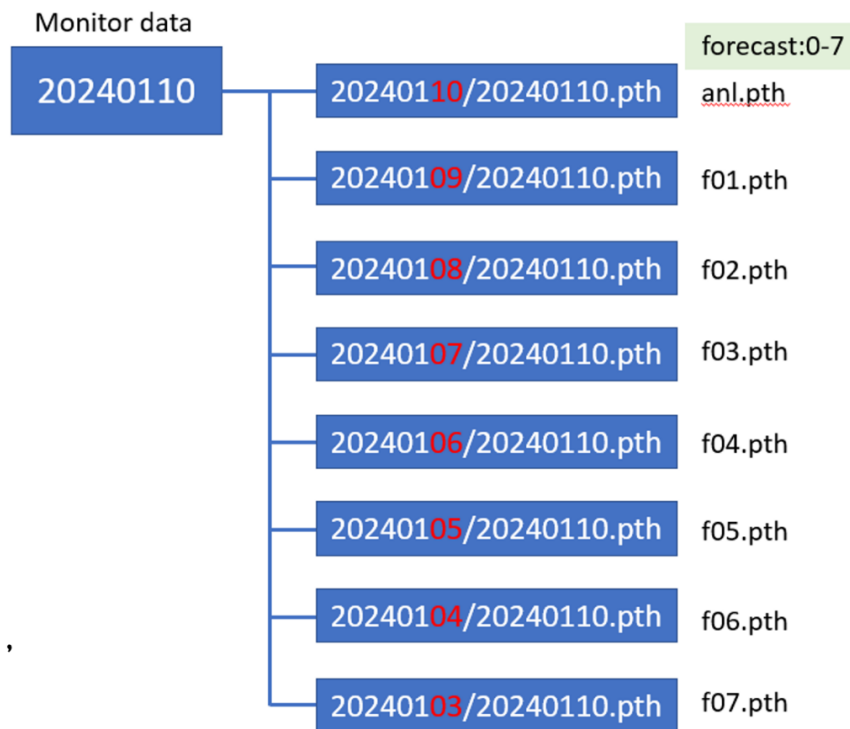


圖 3-85 模式預報資料規則

實際畫面可以從校驗網頁查看，在左側選單選擇 Water Treatment 即可進入海水監測校驗頁面，頁面左側為監測站的位置圖，滑鼠游標移到圖釘上會顯示該地點的監測站名稱，點選後即會展開右方的時序圖。地圖的範圍共有港灣內、3 km 圈內、20 km 圈內 3 種，可以透過頁面上方的頁籤切換。時序圖共分成上下 2 個部分，上圖為測站實際的監測資料，用顏色區分不同核種的濃度；下圖則是模式預報資料，不同顏色表示不同預報時段。時序圖畫面的顏色可以從右側的圖說開啟/關閉，避免太多線段干擾資料的判讀；下方時間軸預設一次顯示 3 個月，使用選單切換不同年份區間，拉動時間軸可以改變顯示的時間長度與區間。

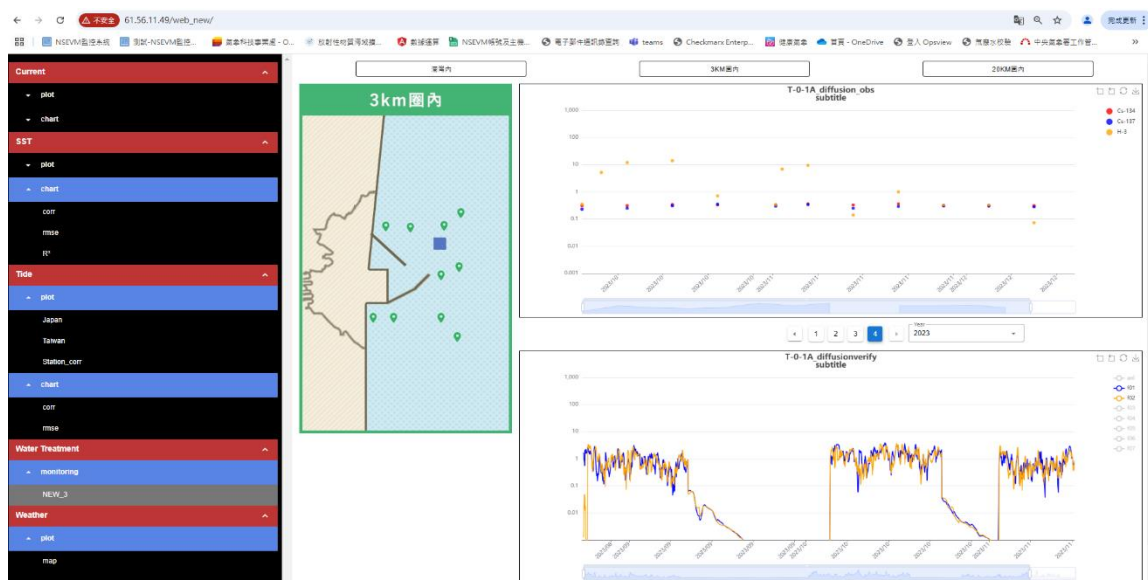


圖 3-86 海水監測校驗頁時序圖

## 天氣圖資頁面

每日下載東亞地區天氣圖與預報圖，並排顯示在網頁上。目前使用的預報資料與層場如表 3-12 所示：

表 3-12 東電海水監測站對應表

| 檔案名稱樣式                                    | 模式   | 層場                            |
|-------------------------------------------|------|-------------------------------|
| 20240616-0000-FI04.png                    | 觀測   | 地面天氣圖                         |
| NCEP_NAGRID_D1_024_24061500_B62A01X2B.gif | NCEP | 12 小時累積<br>雨量+地面氣<br>壓場+10m 風 |
| WWW_WRF_D1_024_24061500_B62A01.gif        | WRF  | 3 小時累積雨<br>量+地面氣壓<br>場        |
| WWW_WRF_D1_024_24061500_DR2.gif           | WRF  | 850hpa 風場                     |

使用建構檔控制每日要呈現的檔案，4 張圖並排示意圖可參考圖 3-87。

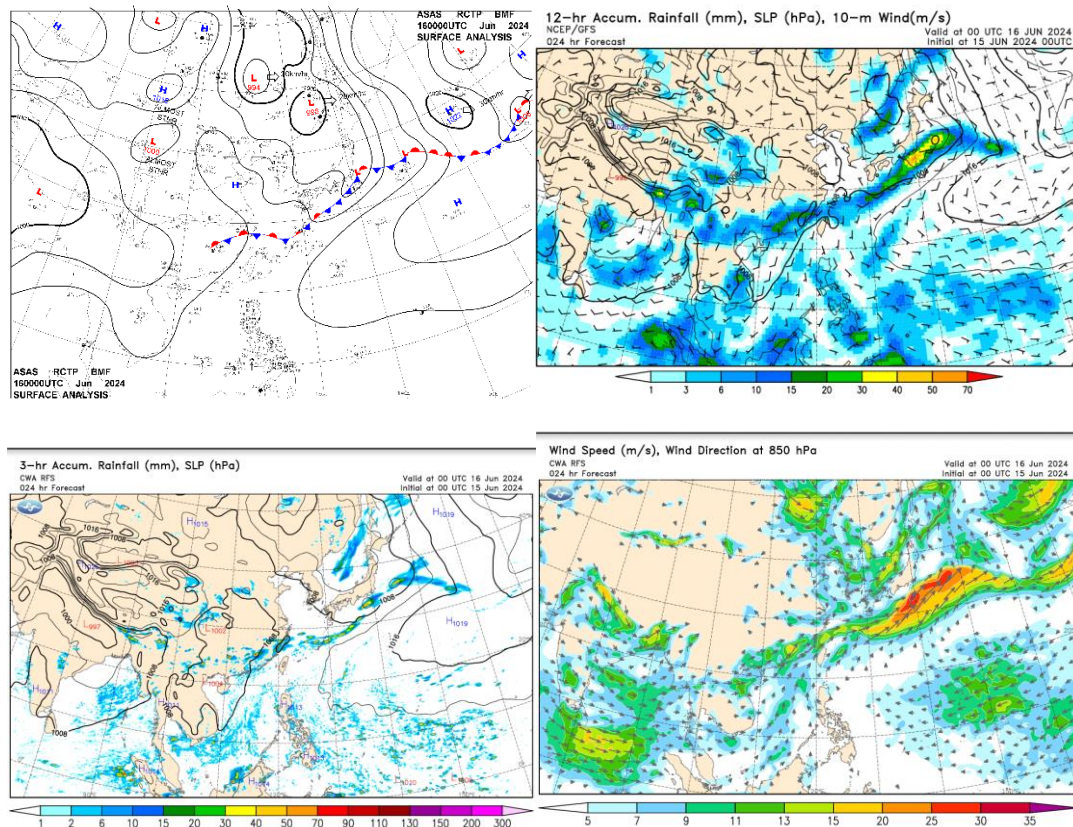


圖 3-87 圖資產品並排圖

實際畫面從校驗網頁左側的 Weather 進入，4 張並排圖由左上、右上、左下、右下分別是地面天氣圖、NCEP 12 小時累積雨量 + 地面氣壓場 + 10 m 風、WRF 3 小時累積雨量+地面氣壓場與 WRF 850hpa 風場圖，每日於氣象署網頁抓取圖檔更新。網頁頁面上方有下拉式選單，都過選單可以切換到指定日期，使用者也可以直接點擊選單左右兩側的箭頭切換到前 1 天或後 1 天。



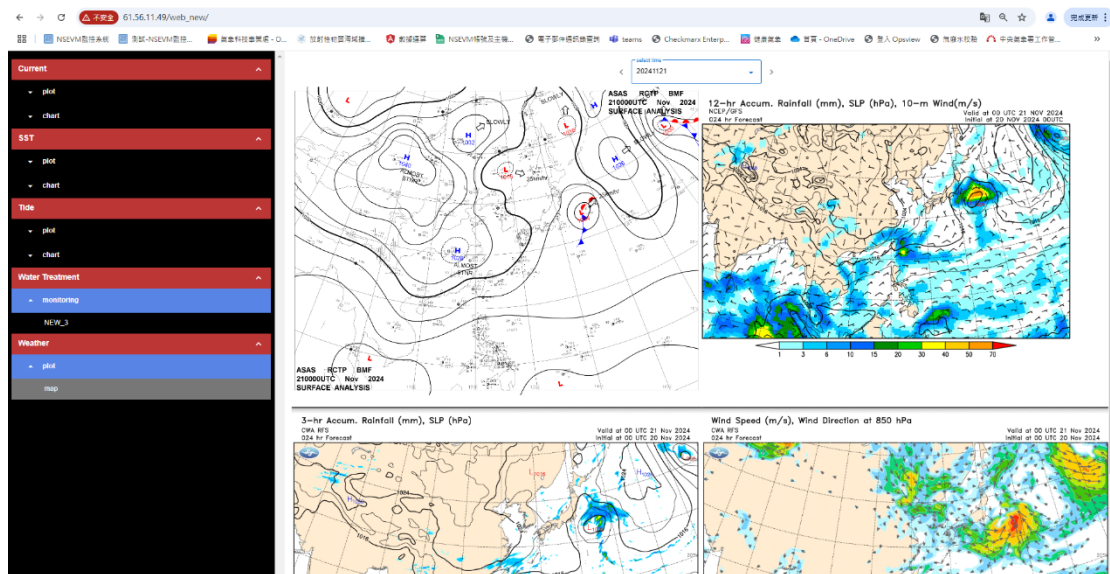


圖 3-88 天氣圖資頁面

### 監測點之觀測數值與模擬數值比對

本報告分析了福島第一核電廠外海觀測採樣點（T-0-1A、T-0-1、T-A1、T-1、T-0-2、T-A2、T-2、T-0-3、T-0-3A、T-A3）的氚濃度觀測數據以及模式對氚濃度的模擬能力，其觀測數據之採樣點位如圖 3-89 所示。由於圖資量大，因此選擇排放口附近的觀測站(T-0-1A)進行詳細分析，並探討氚的濃度變化及模式模擬的準確性，至於其他觀測採樣點，僅挑選濃度超過 10 Bq/L 的時間點進行模式比較。選擇濃度超過 10 Bq/L 作為基準，是因為檢測單位為加快結果產出，又考量儀器靈敏度，而將氚濃度的檢測極限值設定為 10 Bq/L。

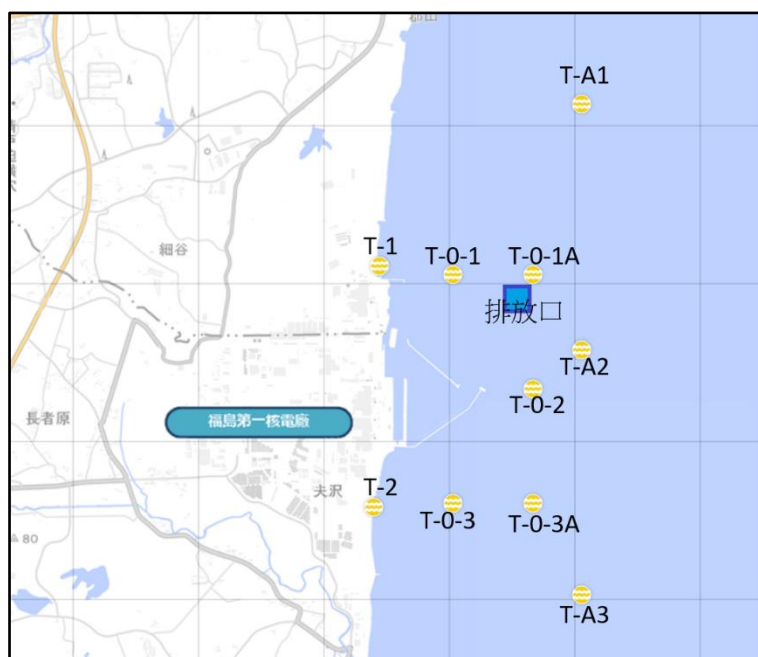


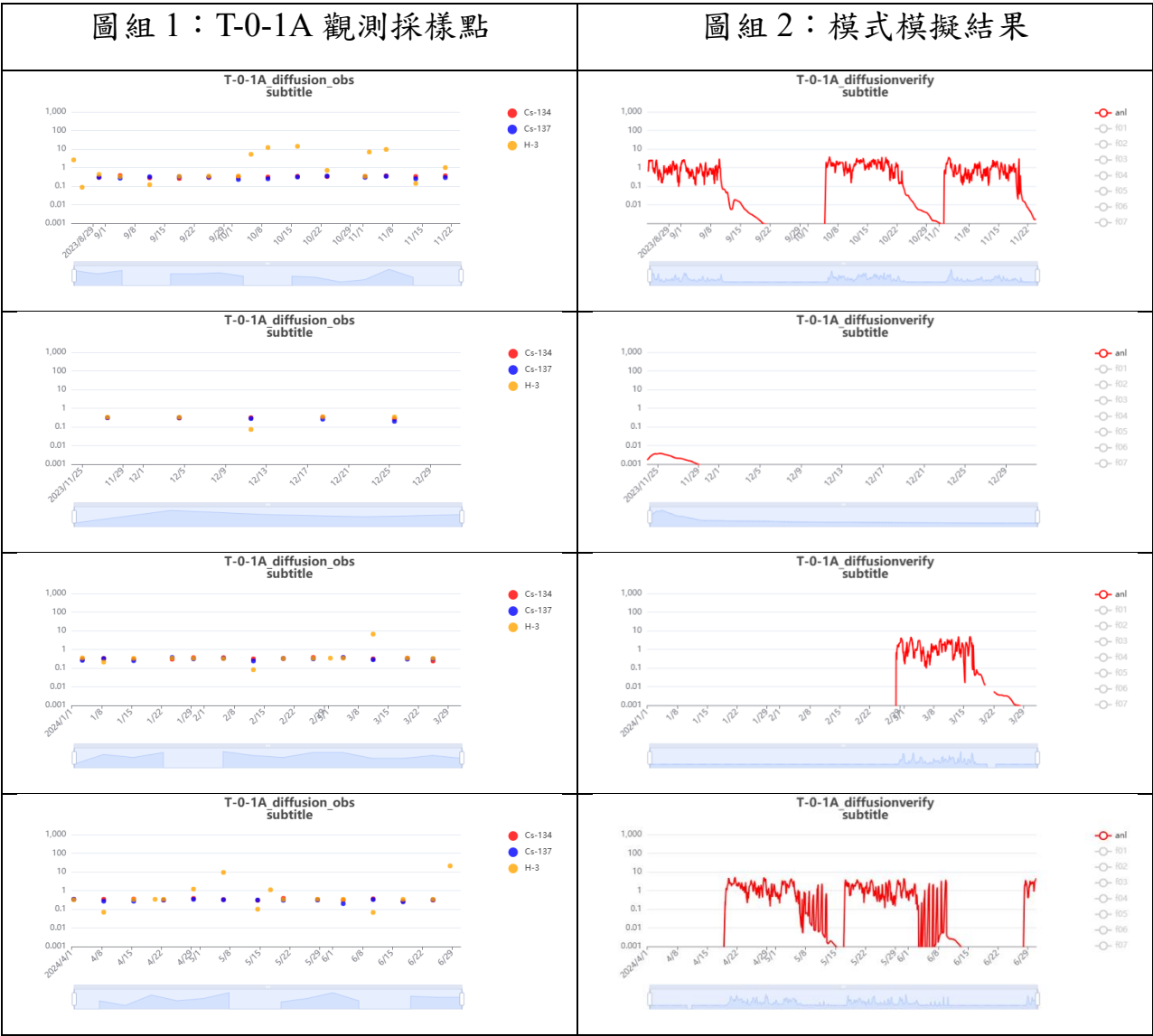
圖 3-89 含氚廢水排放口及觀測採樣點位示意圖。以 T-0-1A 為最接近排放口的觀測採樣點；其他採樣點大致可以分成 4 塊，分別是位於排放口北邊的 T-0-1 和 T-1；北邊較遠的 T-A1；南邊 T-0-2 和 T-A2；南邊較遠的 T-2、T-0-3、T-0-3A 和 T-A3，共 10 個觀測採樣點位。

表 3-14 中的圖組 1 和圖組 2 分別為 T-0-1A 的含氚廢水觀測濃度和模式模擬結果，由於 T-0-1A 測站點位在排放口附近，因此該站點的氚濃度受到排放事件的影響較為顯著。從圖組 1 中可以看到在一般情況下，氚濃度約介於 0.1~1 Bq/L 之間，而在排放事件期間濃度會上升，部分時段甚至接近或超過 10 Bq/L，例如：2023 年 10/9、10/16、11/2、11/6 和 2024 年 3/11、5/6、6/28、10/28。其中，2024 年 10/28 的觀測值達到 50 Bq/L（圖組 1 紅框）。在模式模擬結果（圖組 2）中，氚濃度呈現明顯的波動變化，模擬濃度會隨著排放時間結束逐漸下降，顯示出排放與擴散過程的特徵。然而，模式模擬濃度大多位於 0.1~10 Bq/L 的範圍內，與實際觀測值相比，模式對於較高濃度的排放事件有低估的情形，例如：2024 年 10/28 的排放事件中，觀測值為 50 Bq/L，而模擬值僅為 10 Bq/L。此外，模式模擬的氚濃度衰減速度與觀測值存在一定差異，觀測資料顯示排放事件後，



氚濃度的下降速度略慢於模式結果。而在非排放期間，如 2023 年 11 月-2024 年 2 月，觀測資料顯示氚濃度維持在 0.1~1 Bq/L，但模式模擬值則低於 0.001 Bq/L。

表 3-13 左邊欄位為圖組 1，右邊欄位為圖組 2。圖組 1 為 T-0-1A 測站的放射性物質濃度值，圖組 2 為模式模擬 T-0-1A 測站的氚濃度值。時間皆為 2023 年 7 月-2024 年 11 月，紅色為 Cs-134，藍色為 Cs-137，黃色為氚。單位皆為 Bq/L。



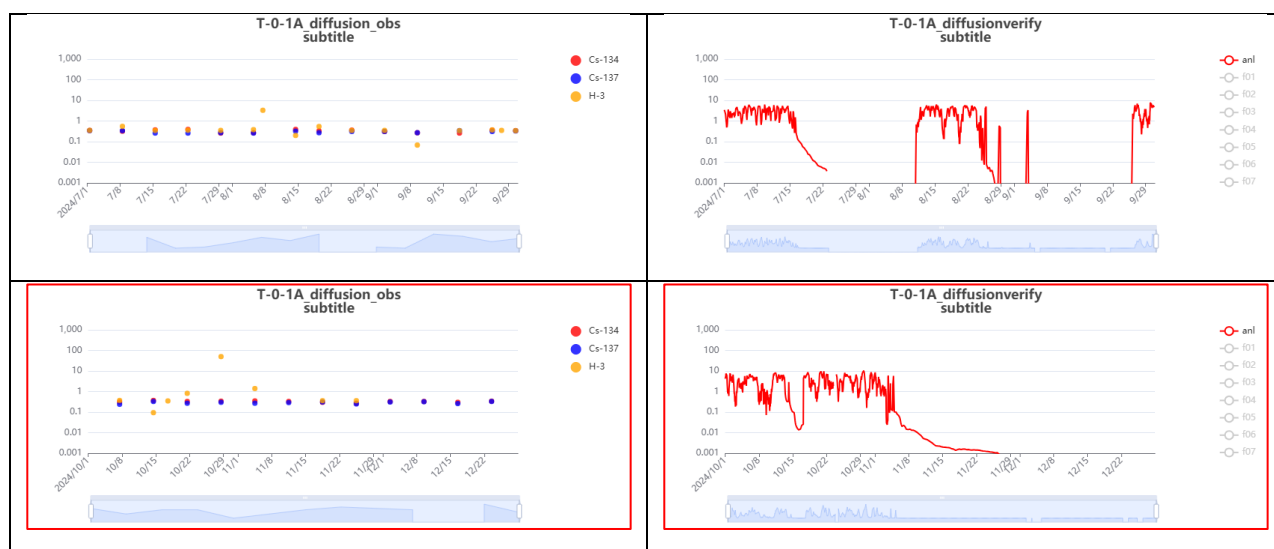


表 3-14 中的圖組 3 與圖組 4 分別為採樣點位 T-0-1 和 T-0-2 的觀測數值和模式模擬結果，此 2 個採樣點位分別在排放口的北邊與南邊，從模式模擬結果來看，模式對排放濃度的掌握呈現低估的情形，且在排放後，模式模擬的濃度大約在 1 個月便可降至 0.01 Bq/L 以下，若是 2 個排放時間相近，亦會反應在濃度降低的時間延長上，例如圖組 3 的 10/21 和 10/28 的 2 個觀測樣數據分別為 6 和 3 Bq/L，而模式則為 1.8 和 0.3 Bq/L。

表 3-15 左邊欄位為圖組 3，時間為 2024 年 10-12 月；右邊欄位為圖組 4，時間為 2024 年 7-9 月。上列為觀測採樣點數據，下列為模式模擬結果。

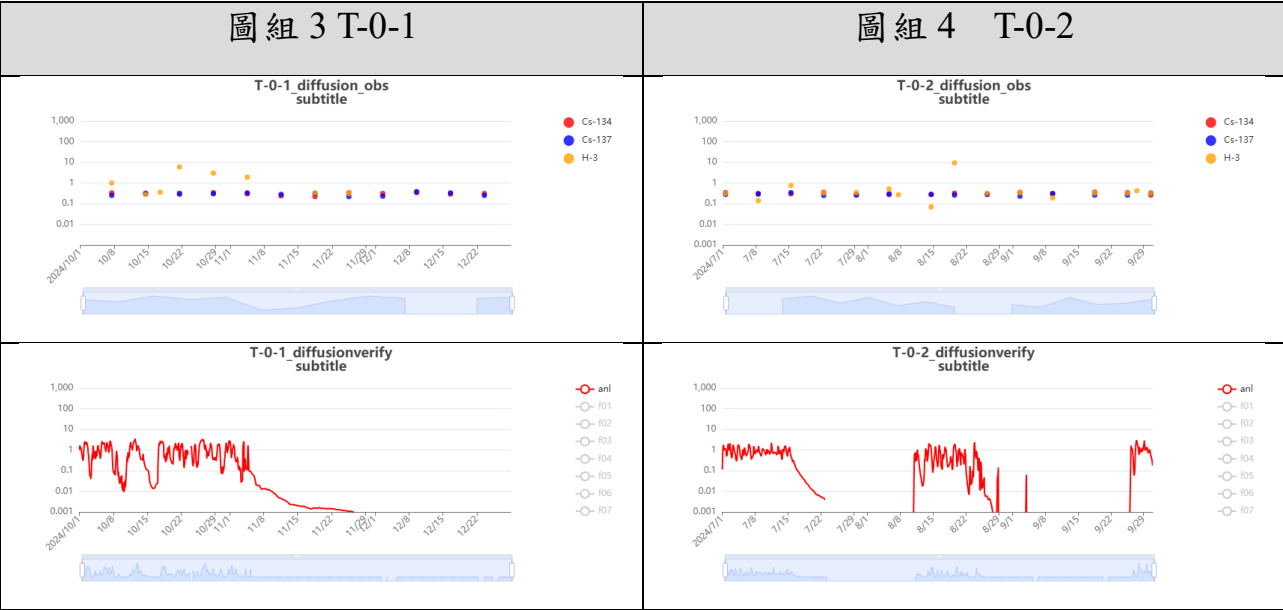
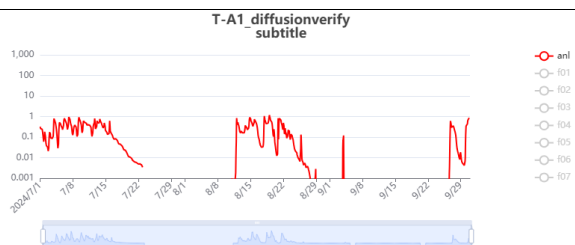
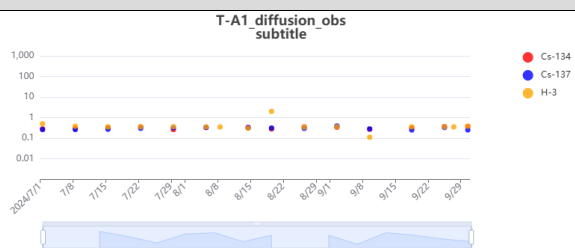


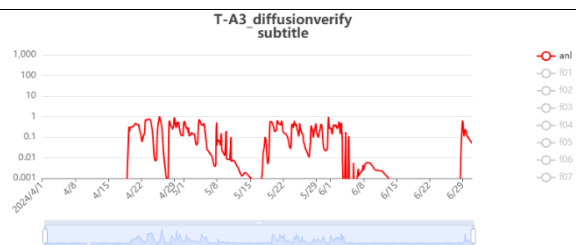
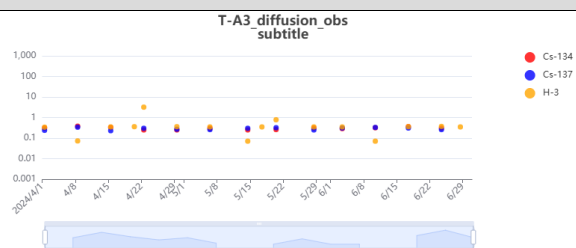
表 3-16 中的圖組 5 與圖組 6 分別為採樣點位 T-A1 和 T-A3 的觀測數值和模式模擬結果，此 2 個採樣點位分別在排放口的北邊與南邊較遠的地方，相較於 T-0-1A，濃度相對較低，例如圖組 6 的 4/22 觀測樣數據分別為 3.2 Bq/L，而模式則為 0.1 Bq/L，此模式模擬結果亦呈現低估的情形。

表 3-16 左邊欄位為圖組 5，時間為 2024 年 7-9 月；右邊欄位為圖組 6，時間為 2024 年 4-7 月。上列為觀測採樣點數據，下列為模式模擬結果。

圖組 5：T-A1



圖組 6：T-A3



## TW-ORIS 放射性物質海域擴散海洋資訊平台

因應日本核廢水排放問題，我國已結合國家原子能科技研究院(以下簡稱本院)與中央氣象署(以下簡稱氣象署)之專業，發展放射性物質衝擊潛勢區域以及海水、海生物輻射採樣監測顯示功能，完成科學數據處理與資料視覺化與地圖化之技術開發，並建置「放射性物質海域擴散海洋資訊平台(TW-ORIS)」，提升科學數據圖像化功能，建立後台維護人員管理功能，也增加最新資訊發布的豐富度。(如圖 3-87)



圖 3-87 原 TW-ORIS 網站

為強化網站資訊傳遞的正確性及易讀性，增加平台管理者維護時的便利性，提升網頁豐富度及民眾可操作性，平台於 113 年度重新改版，以整合性的資訊介面，提供日本排放輻射廢水之即時資訊、跨部會工作、濃度預報、專業檢測技術等內容，協助政府機關擬定因應措施與決策，新版網頁於 113 年 8 月 3 日上線，提供完整之資訊查詢服務及民眾友善功能。(圖 3-88)



圖 3-88 本計畫建置之新版 TW-ORIS 網站

改版工作項目：(1)放射性物質海域擴散海洋資訊平台網站設計改版；(2)新增「擴散預報概述」展示頁面，自動化接收並呈現相關資訊；(3)強化數據資料處理與後台管理功能



圖 3-89 擴散預報概述展示頁面





圖 3-90 決議進行改版之首頁版型



## 首頁版型設計面向：

本次系統建置係以原(TW-ORIS)網站功能為主，並調整整體呈現之主要選單內容，讓每一個單元頁均得置於主要功能選單下，使用者可以在網站中任意點選瀏覽，不必回到首頁選擇。網站可分為前台與後台，前台是一般民眾可透過網路瀏覽的內容，後台則是而要帳號與密碼進入，供管理者上傳資料或管理網站內容的控制頁。

### 前端首頁

網頁前端介面分為六個區塊：頂部 header、主選單、中央區 banner、提示內容、網站地圖區塊及底部 footer。



圖 3-91 前端首頁區塊分部

## 頂部 header

Header 位於平台最上方，包含：標題 logo、快速連結、調整字級功能及搜尋功能。



圖 3-92 首頁頂部 header

## 標題 logo

左側為平台的標題 logo，點擊可回首頁。平台營運初期採試行版樣式，於試行期間結束後會移除試行版字樣。



圖 3-93 平台標題 logo

## 快速連結

點擊連結可前往網站內部的首頁、網站地圖頁，或開啟網站外部新分頁，包含核安會網站、核安會的 FB 輻務小站、核安會的核安 e 點通 app 下載頁。



圖 3-94 快速連結

## 調整字級功能

可調整頁面字體大小，分為大、中、小三個級距。預設為「中」。



圖 3-95 字級調整功能

## 搜尋功能

點擊放大鏡按鈕跳出搜尋框，輸入關鍵字進行全站搜尋。再次點擊按鈕可關

閉搜尋框。



圖 3-96 全站搜尋功能

## 主選單

主選單位於 header 下方，將鼠標移至主選單文字上，即可顯示次選單。點擊次選單即進入該選單頁面。



圖 3-97 主選單及次選單

## 網頁 banner

Banner(橫幅廣告)位於主選單下方，輪播網站主要推廣的廣告圖片。



圖 3-98 網頁 banner

## 提示內容

此區塊位於首頁 banner 下方，以重點概念首頁重要內容或即時訊息呈現頁面的主要內容。



圖 3-99 提示內容

## 網站地圖區塊

此區塊位於主要內容下方，點擊後展開網站地圖區塊，再次點擊可收合區塊。點擊連結可前往該頁面。



圖 3-100 網站地圖收合狀態





圖 3-101 網站地圖展開狀態

## 底部 footer

Footer 位於網站最底部，左側包含網站基本資訊、網站建議使用版本、資料開放宣告及資訊安全政策連結，右側包含人數計數器及 top 按鈕。點擊 top 按鈕可快速回到網頁頂端。



圖 3-102 底部 footer

## 網站功能圖

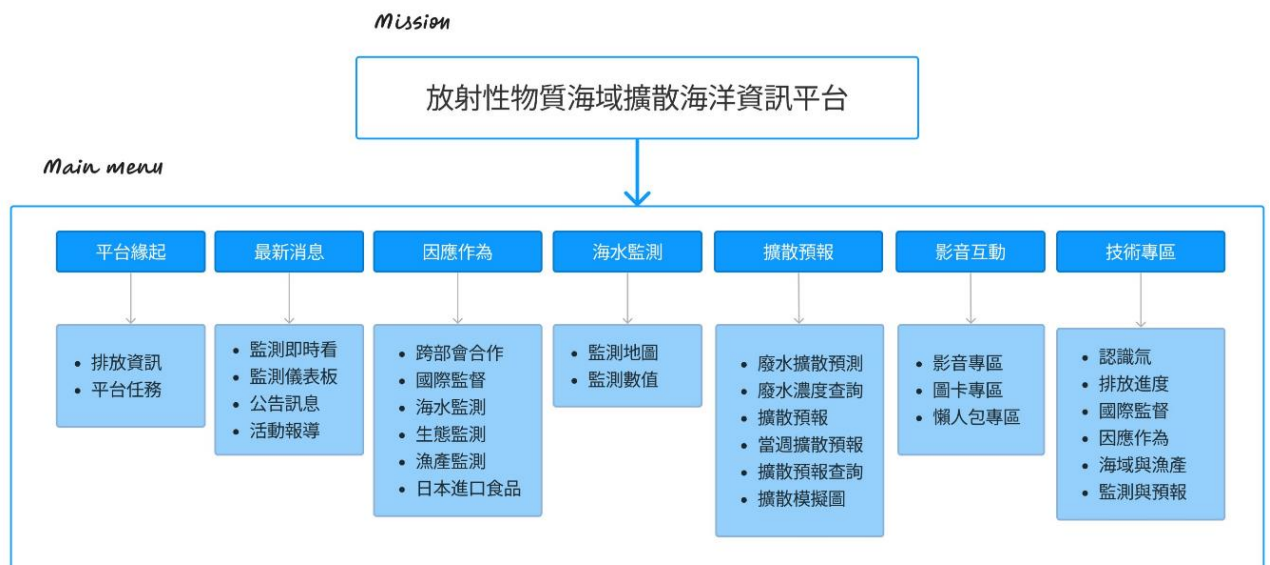


圖 3-103 新網站平台之網站功能圖

表 3-18 新網站平台之網站架構說明

| NO | 第一層  | 第二層     | 說明                                                       |
|----|------|---------|----------------------------------------------------------|
| 1  | 平台緣起 | 排放資訊    | 日本排放核廢水之起因、作業方式與期程。                                      |
|    |      | 平台任務    | 網站緣起及期望達成之目標。                                            |
| 2  | 最新消息 | 監測即時看   | 國際監測日本排放輻射廢水的數值。                                         |
|    |      | 監測儀表板   | 列出各單位檢測項目及數值，由後端管理者更新數值。                                 |
|    |      | 公告訊息    | 系統管理者發布的公告及活動訊息。                                         |
|    |      | 活動報導    | 與平台主題相關之各次活動與紀錄。                                         |
| 3  | 因應作為 | 跨部會合作   | 跨部會因應會議的運作機制、會議資料、科技計畫、專家觀察團等內容及附加檔案。                    |
|    |      | 國際監督    | 國際 IAEA 監督的作業方式。                                         |
|    |      | 海水監測    | 海水監測之作業方式、監測結果、監測位置、輻射監測調查報告等內容。                         |
|    |      | 生態監測    | 生態監測之作業方式、監測結果等內容，海洋研究院提供。                               |
|    |      | 漁產監測    | 超連結至漁業署水產檢驗下的輻射專區。                                       |
|    |      | 日本輸臺水產品 | 超連結至食藥署食品輻射監測專區。                                         |
| 4  | 海水監測 | 監測地圖    | 顯示臺灣地圖上可選海域、取樣單位、核種、時間區間進行篩選，設定條件後可見各監測點座標，選擇座標則可出現圖表說明。 |
|    |      | 監測數值    | 各期海水輻射監測數值的檔案列表。                                         |
| 5  | 擴散預測 | 廢水擴散預測  | 當週擴散預測圖以及 7 日預測燈號，並可使用日期區間查詢過期擴散圖；點選海域可放大擴散圖。            |
|    |      | 廢水濃度查詢  | 選擇日期、海域，可顯示該日、該海域廢水濃度值及燈號。                               |
|    |      | 擴散預報    | 原頁面擴散預報說明。                                               |
|    |      | 當週擴散預報  | 當週的擴散預報資料，包含排放源說明、海流概述、整體擴散趨勢、濃度擴散圖等內容。                  |
|    |      | 擴散預報查詢  | 輸入日期，查詢歷次的一週擴散預報。                                        |
|    |      | 擴散模擬圖   | 含氬廢水排放歷史洋流模擬擴散圖。                                         |
| 6  | 影音互動 | 影音專區    | 各部會檢測作業與輻射專業說明影片。                                        |
|    |      | 圖卡專區    | 平臺現有之專業圖卡說明。                                             |
|    |      | 懶人包專區   | 政策解說的圖文懶人包。                                              |

|   |      |       |                               |
|---|------|-------|-------------------------------|
| 7 | 技術專區 | 認識氚   | 收錄關於氚的問答內容。                   |
|   |      | 排放進度  | 日本為何排放輻射廢水及計畫。                |
|   |      | 國際監督  | 國際組織進行何種監督及監測成效               |
|   |      | 因應作為  | 我國政府對日本排放輻射廢水立場及因應作為。         |
|   |      | 海域與漁產 | 我國週遭海域及漁產受輻射影響說明。             |
|   |      | 監測與預報 | 目前已建立輻射廢水的監測與預報機制及其運作原理。      |
| 8 |      | 其他次選項 | 網站地圖、相關連結、資訊安全政策、資料開放宣告、機關資料。 |

### 安全監測快捷專區

此區塊包含三個連結，可分別前往「一週擴散預報概述」、「跨部會整合儀表板」、「國際資訊即時看」頁面。右方燈號為「國際資訊即時看」內【日本含氚廢水排放】的即時監測。

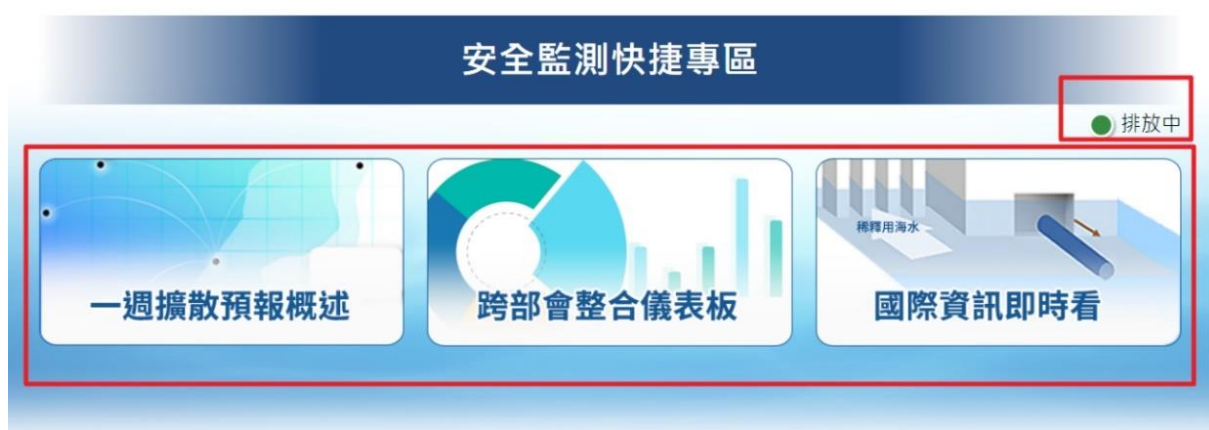


圖 3-104 安全監測快捷專區

### 安全監測燈號

左側為臺灣的「海水輻射監測燈號」，右側為日本及附近區域的「福島含氚廢水濃度預報燈號」，點擊不同海域可前往相關頁面查看詳細資訊。地圖右上角的燈號隨監測數值做切換，依區塊下方的說明分為三種模式。



## 安全監測燈號

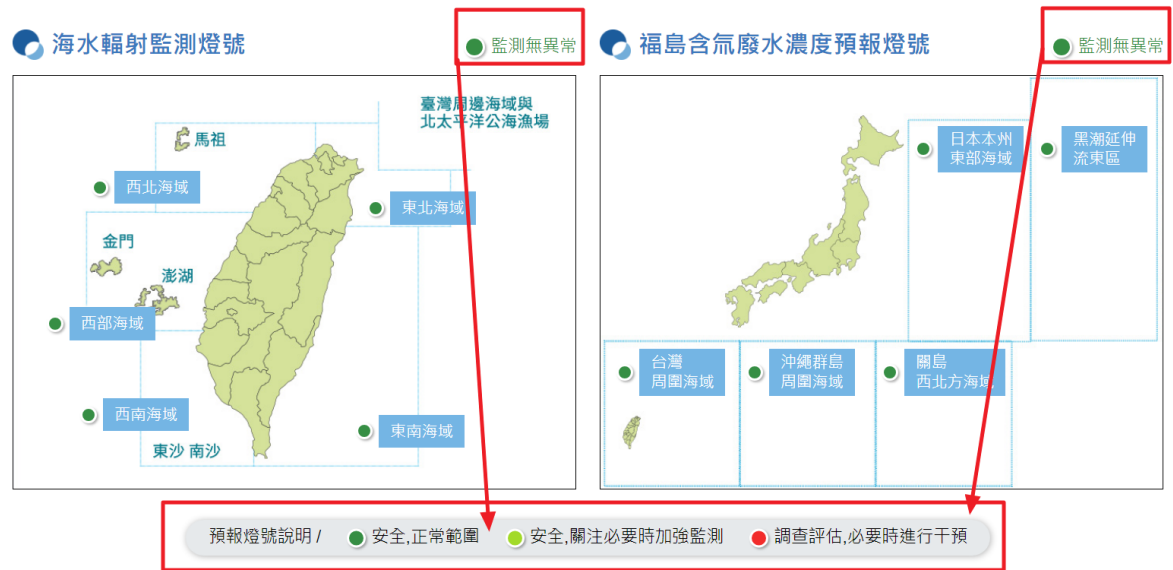


圖 3-105 安全監測燈號

## 因應作為

此區塊選單包含八個連結，點擊後可前往相對應頁面。



圖 3-106 因應作為

## 技術專區

上方為「Q & A」區塊，點擊後前往「技術專區」頁面。下方為「國原院生物氫檢測實驗室」的 youtube 影片，可直接點擊縮圖進行 youtube 影片的相關操作。



圖 3-107 技術專區

## 最新消息

左側為置頂的最新消息，包含消息標題、部分內容及發佈日期，並分為「置頂圖片」或「置頂文字」兩種顯示樣式；點擊標題可前往該消息頁面。



圖 3-108 最新消息圖片樣式置頂



圖 3-109 最新消息文字樣式置頂

右側為「公告訊息」及「活動報導」列表，包含最新的訊息及活動資訊，點擊標題後可前往相對應頁面；可於頁籤間做類別切換；點擊「更多」可前往該類別頁面。



圖 3-110 公告訊息及活動報導列表

## 相關連結

此區為網站外部的相關連結，點擊後前往該連結的新分頁。左右兩側的箭頭按鈕可滑動連結列表。



圖 3-111 相關連結

## 監測即時看

圖文說明頁，以圖片呈現日本含氫廢水排放的即時監測狀況，包含排放狀態及批次分析結果，並提供過去的排放批次列表。



圖 3-112 監測即時看頁面

## 監測儀表板

以圖片呈現各單位的檢測項目及數值，包含「核安會、海委會、農業部」的「臺灣周邊海域海水輻射安全燈號」、「農業部漁業署」的「漁獲物」採樣監測、及「衛福部食藥署」的「日本輸入食品輻射監測」。



圖 3-113 監測儀表板

## 監測地圖

結合 google map 提供地圖動態圖像化功能，可於上方過濾條件選擇海域、檢測單位、分析核種及查詢日期後，在地圖上呈現符合的取樣點位，點選該點位則可展開該點的監測相關資訊，包含取樣位置、取樣單位、分析核種為氚或銫以及歷史趨勢。





圖 3-114 具有條件篩選功能的海水監測功能畫面

## 監測數值

各期監測數據列表，排序由新至舊，供關鍵字搜尋及檔案下載功能。

放射性物質海域擴散海洋資訊平台  
OCEAN RADIOACTIVE INFORMATION SYSTEM

平台緣起 最新消息 因應作為 海水監測 擴散預測 影音互動 知識學堂

關鍵字搜尋

請輸入關鍵字

| 序號 | 日期         | 標題             | 格式  |
|----|------------|----------------|-----|
| 1  | 2024-06-20 | 海水107點監測數值0617 | PDF |
| 2  | 2024-06-14 | 海水107點監測數值0611 | PDF |
| 3  | 2024-06-07 | 海水107點監測數值0603 | PDF |
| 4  | 2024-05-31 | 海水107點監測數值0527 | PDF |
| 5  | 2024-05-24 | 海水107點監測數值0520 | PDF |
| 6  | 2024-05-17 | 海水107點監測數值0513 | PDF |
| 7  | 2024-05-10 | 海水107點監測數值0506 | PDF |
| 8  | 2024-05-03 | 海水107點監測數值0429 | PDF |
| 9  | 2024-04-26 | 海水107點監測數值0422 | PDF |
| 10 | 2024-04-22 | 海水107點監測數值0415 | PDF |

檔案下載

網站地圖

本平台由國家原子能科技研究院與核能安全委員會合作製作與維護  
聯絡電話：(03)471-1400x7985 傳真號碼：mshg@nri.org.tw  
建議使用 Google Chrome 87、Firefox 84、Microsoft Edge 87 以上  
資料開放宣告 / 資訊安全政策

今日人數：24 / 累積人數：12,643

圖 3-115 監測數值頁具檔案下載功能

## 擴散預測

### 廢水擴散預測

圖表說明頁，於選擇海域、取樣區間後，得到對應的一週擴散預測圖，並提供該週的每日預報表及相關說明。





圖 3-116 具圖表的廢水擴散預測頁

## 網站瀏覽人次

圖 3-117 為 TW-ORIS 網站瀏覽人次統計，其瀏覽人次穩定成長，至 113 年 12 月底總人次達 45 萬餘人，113 年度單年瀏覽人次為 25 萬餘人，表現遠超預期，符合本網站傳遞資訊之目標。同時，因本平台與新聞效應息息相關，可看出部分月份的人數增長變化，如 112 年八月正式開始排放，造成瀏覽人數遽增，同時 113 年七月至八月，為網站年度改版作業，新增部分功能，亦增加網站之瀏覽人次成長效益。

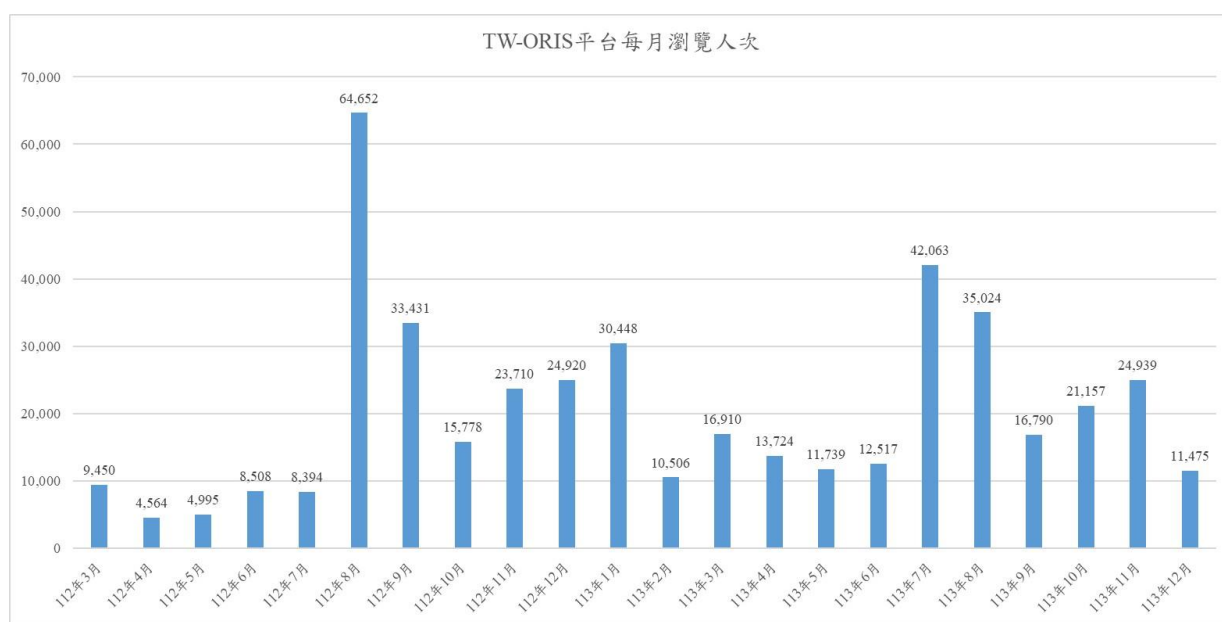


圖 3-117 TW-ORIS 網站每月瀏覽人次

## 舉辦「核安總動員 科技樂無限」科普展覽

為進一步強化含氚廢水排放事件之社會溝通，推廣專業檢驗技術及資訊公開平台網站，核安會於 113 年 4 月 13 日(六)雲林縣古坑鄉綠色隧道驛站舉辦「核安總動員科技樂無限」原子能科技科普展，參與展出並推廣海洋資訊平台，透過氚水維基-檢驗方法大解密等科普互動遊戲，推廣放射系物質檢驗方法，讓民眾對於含氚廢水之資訊更為了解，從活動走入民眾生活。



圖 3-118 雲林科普展宣傳海報



圖 3-119 科普展現場國原院人員介紹氫水檢測方法及網站

### 舉辦跨部會合作伙伴之教育訓練及網站意見回饋蒐集

為進一步強化含氫廢水排放事件之社會溝通提資訊傳遞成效，TW-ORIS 設有妥善之操作後台，並透過權限分級將各項操控功能釋出給關聯部會，如：食藥

署、漁業署關聯之「跨部會整合儀表板」；氣象署關聯之「七天擴散預報概述」；國海院關聯之「生態監測」頁面等，如表 3-19，並於 113 年 11 月完成各部會之操作教育訓練，預計 114 年 1 月正式開始由各部會執行各項功能，強化資料正確性及上傳效率，確保符合網站資訊傳遞之目標。圖 3-120 至 3-122 為教育訓練剪影。

同時，因應本網站於 113 年至 114 年，將分批透過「特定受眾之意見回饋」及「非特定受眾之意見回饋」，結合社會科學及民眾溝通之相關統計資料，已主動式調查方式進行網站資訊傳遞功能優化工作，故於 113 年度向上述合作部會發放使用意見調查表，以取得各部會業務關聯之特定受眾回饋資料，其表格設定如表 3-20，並預計於年底完成資訊蒐集，並整理回饋至 114 年之相關工作，以持續精進網站。

表 3-19 各單位於 TW-ORIS 網站之功能分工

| 單位  | 開通功能                                                                     |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|
| 核安會 | 帳號開通功能<br>最新消息、儀表板<br>懶人包、圖卡、影音專區<br>因應作為、常見問題<br>儀表板/海水採樣監測<br>儀表板/審核機制 |
| 食藥署 | 帳號開通功能<br>儀表板/食品輻射監測                                                     |
| 漁業署 | 帳號開通功能<br>儀表板/漁獲物監測                                                      |
| 氣象署 | 帳號開通功能<br>一週擴散概述                                                         |
| 國海院 | 帳號開通功能<br>因應作為/生態監測                                                      |



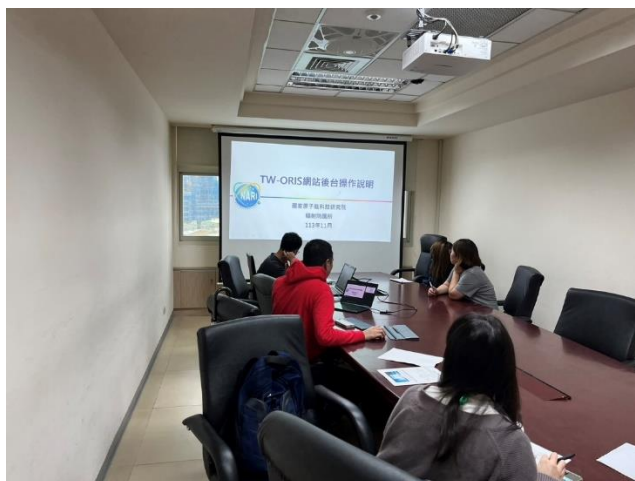


圖 3-120 國原院至各部會向網站負責人員進行操作教育訓練-1



圖 3-121 國原院至各部會向網站負責人員進行操作教育訓練-2



圖 3-122 國原院至各部會向網站負責人員進行操作教育訓練-3

表 3-20 TW-ORIS 網站意見回饋單(提供給合作部會)

|                                                                                                                                                              |      |     |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|----------|
| 緣由：TW-ORIS 網站為國家海域計畫整合跨部會含氬廢水相關資訊之整合性網站，其規劃於 113~115 年持續進行民眾使用者意見調查及精進方案研究，惠請參與該網站之各部會提供寶貴之建議，供營運單位做為未來網站精進之參考。                                              |      |     |          |
| 填寫單位                                                                                                                                                         | 填寫日期 | 聯絡人 | 聯絡人信箱及電話 |
|                                                                                                                                                              |      |     |          |
| 1. 請問您所屬之單位基於業務職掌與本網站關聯之相關功能為何？                                                                                                                              |      |     |          |
|                                                                                                                                                              |      |     |          |
| 2. 承上，請問對於該功能之呈現是否有任何精進之建議？                                                                                                                                  |      |     |          |
|                                                                                                                                                              |      |     |          |
| 3. 請問您所屬之單位是否曾向民眾推廣本網站？如有，其方式為何？                                                                                                                             |      |     |          |
|                                                                                                                                                              |      |     |          |
| 4. 承上，請問是否於推廣階段收到民眾對於本網站之意見回饋？如有，其內容為何？                                                                                                                      |      |     |          |
|                                                                                                                                                              |      |     |          |
| 5. 請問您對於本網站未來規劃中之功能，基於您業務職掌之推廣需求，認為有其必要性？                                                                                                                    |      |     |          |
| <input type="checkbox"/> 增加英文版(或其他語言： ) <input type="checkbox"/> 增加網站意見回饋頁面<br><input type="checkbox"/> 增加專業海域輻射數據資料庫供民眾下載<br><input type="checkbox"/> 其他建議： |      |     |          |
| 6. 其他綜合建議                                                                                                                                                    |      |     |          |
|                                                                                                                                                              |      |     |          |

註：本意見回饋單僅供國家原子能科技研究院 TW-ORIS 營運團隊基於網站民眾溝通策略、改版之相關研究及未來規劃做為參考，非關最後本網站營運之政策決策，請盡量提供寶貴建議，共同精進網站內容。

### 【子項計畫三/研究計畫三：放射性物質排放之 CFD 沿岸放流模式建立】

#### 大尺度 CFD 模式

本年度工作項目規劃以輻防所開發之海洋擴散評估程式，結合國原院與氣象署合作開發之大氣擴散評估程式(A2CDOSE)既有技術，可評估不同設想情境下放射性物質排放於海洋的濃度分布與擴散情況。藉由開發大氣沉降資料處理方法，可整合(1)放射性物質排放至大氣後再沉降至海面上，以及(2)直接排放入海洋等途徑，建立多時序、多批次之跨尺度海氣耦合之海洋擴散評估程式，此程式可應用於未來在核安演習時評估工作小組在受影響海域進行輻射偵測路線之最佳化選擇。A2CDOSE 程式結合 SCHISM 海洋擴散模擬，可提供多時序、多批次的射源項條件，來更貼近模擬事故從初期到中期，放射性物質外釋後對於周遭海域的傳輸擴散情況，並將相關程序步驟以程式串接，節省處理資料之時間與人力成本，建立結合了放射性物質海氣耦合之海洋擴散評估程式，程式架構流程圖如圖 3-123 所示。

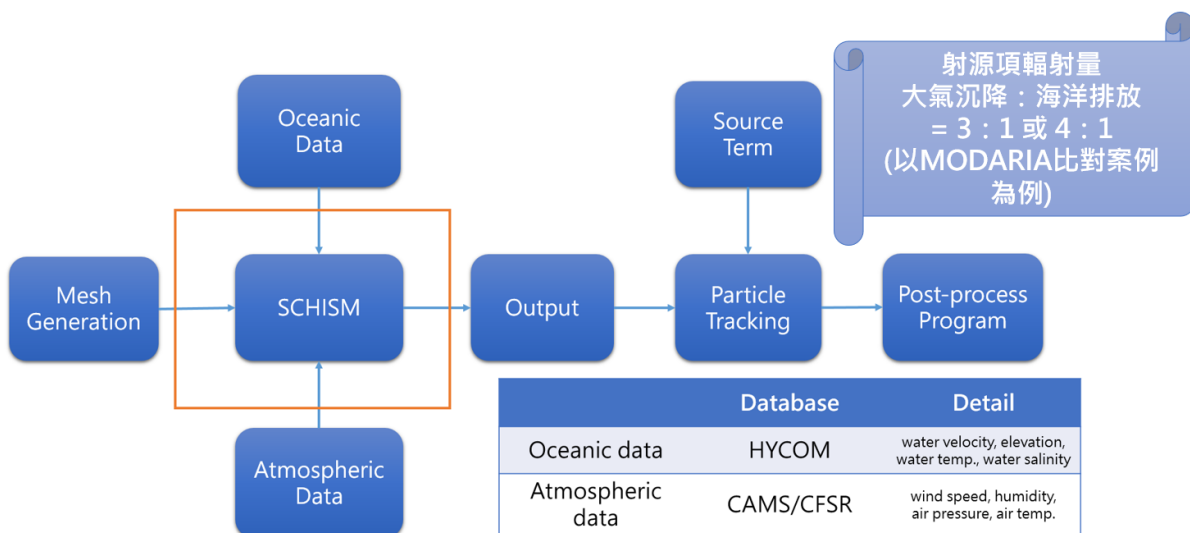


圖 3-123 海氣耦合架構流程圖



為了取得不同時序放射性核種大氣沉降數據資料，將利用國原院與氣象署合作開發之大氣擴散劑量評估程式 A2CDOSE 作為多時序大氣沉降濃度分布來源，其程式介面如圖 3-124。在 A2CDOSE 程式中可設定不同放射性核種擴散率與匯入未來 7 天的預報風場，藉此推估未來 7 天放射性核種隨大氣擴散後再沉降至海面上之大氣沉降濃度分布。藉由自主開發之大氣沉降資料處理方法，我們將大氣沉降之濃度分布進一步轉換成 SCHISM 顆粒擴散模組計算所需之初始顆粒數量，透過每個顆粒所對應的輻射劑量進行轉換，將大氣沉降之貢獻與 SCHISM 海洋直接排放之射源項加以整合，再匯入 SCHISM 進行三維海流計算模式運跑，得到核種於海域隨時間擴散傳輸的情況。

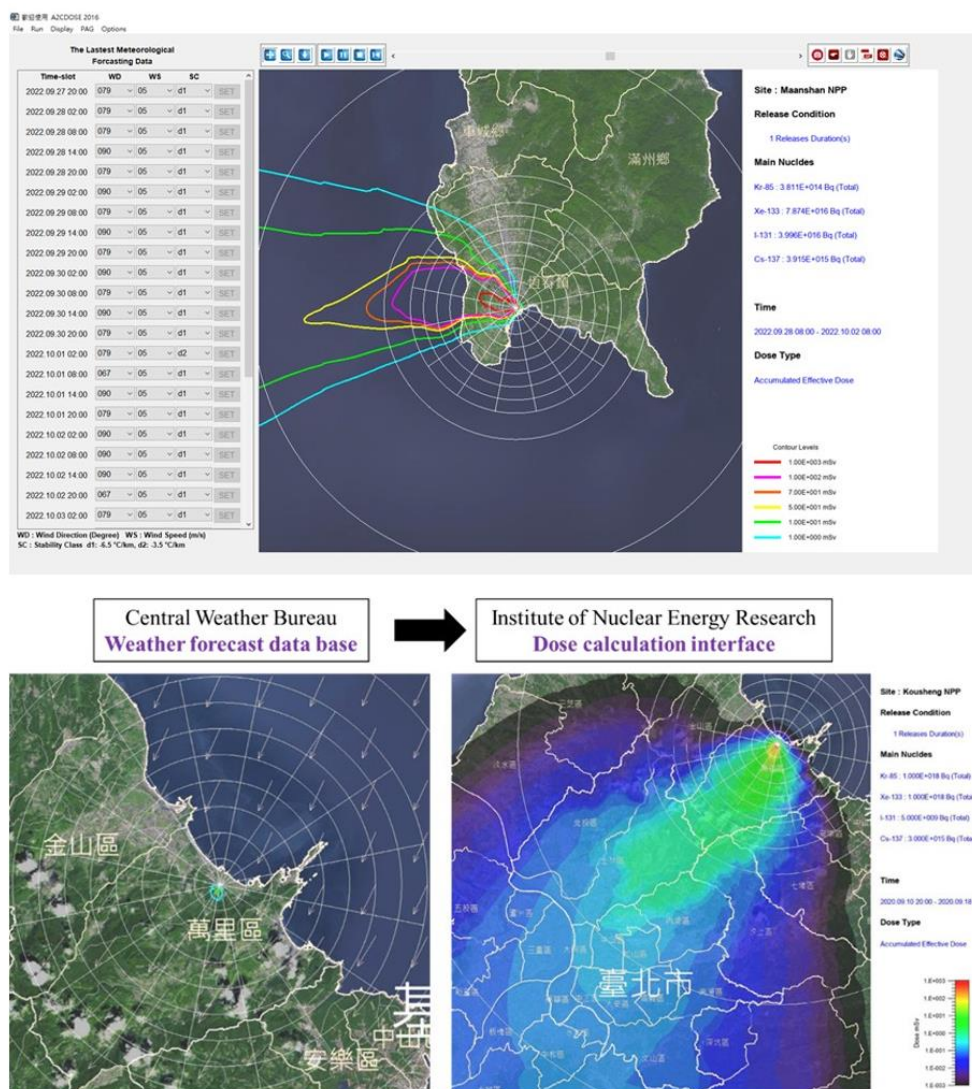


圖 3-124 大氣擴散劑量評估程式 A2CDOSE

為了測試本技術之可行性，我們以本年度核一廠核安演習作為假想案例，假設核一廠於 2024 年 8 月 16 日發生了放射性物質外釋事故，大量放射性物質排放至大氣與海洋，為了探討放射性物質外釋後於臺灣周圍海域傳輸情況，我們以臺灣本島為主體向周圍海域延伸，設定網格範圍為東經 114.5 至 139.5 度及北緯 15 至 33.5 度作為探討的範圍，邊界解析度設定為 20 公里，臺灣沿岸解析度設定為 3 公里，並加密核一廠與核二廠周圍網格，解析度為 200 公尺，如圖 3-125 所示。

在氣象資料匯入部分，由於無法取得未來(2024 年 8 月)的氣象資料，故我們利用 2023 年同時期的氣象資料做為近似，利用 SCHISM 三維海流模式自 2023 年 8 月 15 日計算至一個月後(9 月 15 日)，運跑後 1 日(8 月 16 日)與運跑後 5 日(8 月 20 日)之表面海流流場結果如圖 3-126，在模式運跑 5 日後在紅色箭頭所標示處可明顯看出黑潮主流向北的流動方向，其流速與方位與實際情況一致，證實本案例的氣象場資料匯入應無太大問題。圖 3-127 為將運跑 21 小時後的表面海溫結果與 HYCOM 的表面海溫互相比對，可得到趨勢一致的表面海溫分布，也再次說明了海流模式運跑時所建置的網格及氣象場條件之正確性。

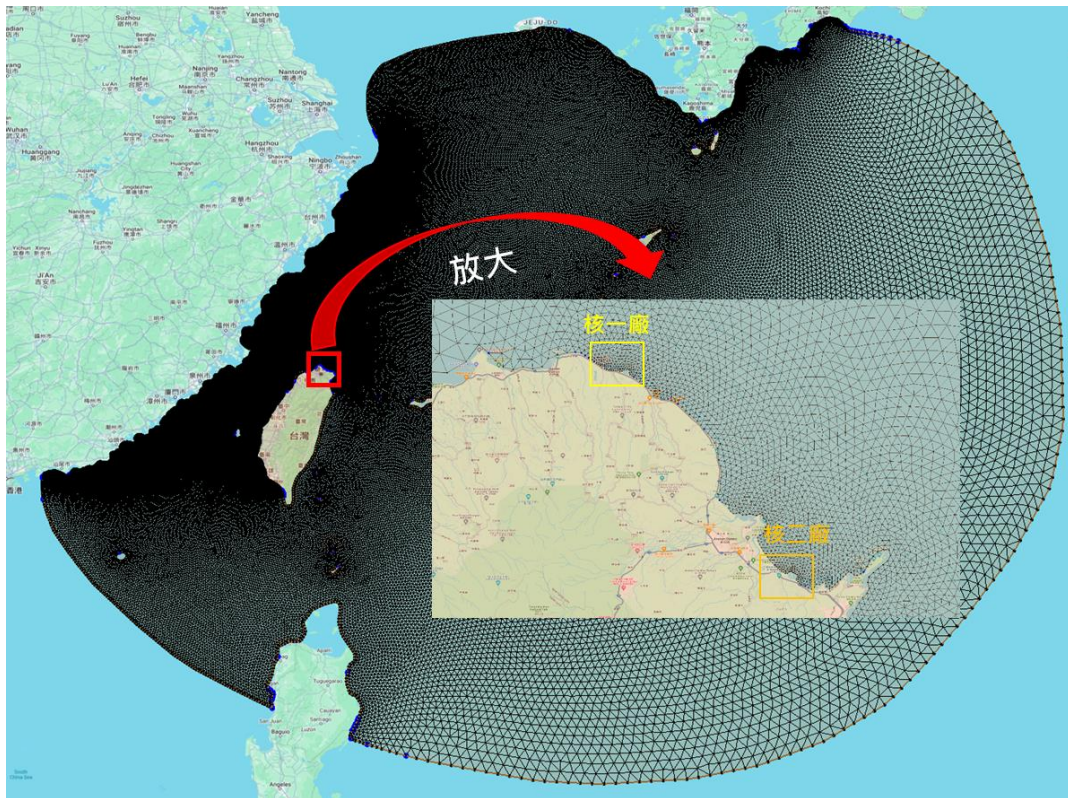


圖 3-125 核一廠假想案例之網格建置



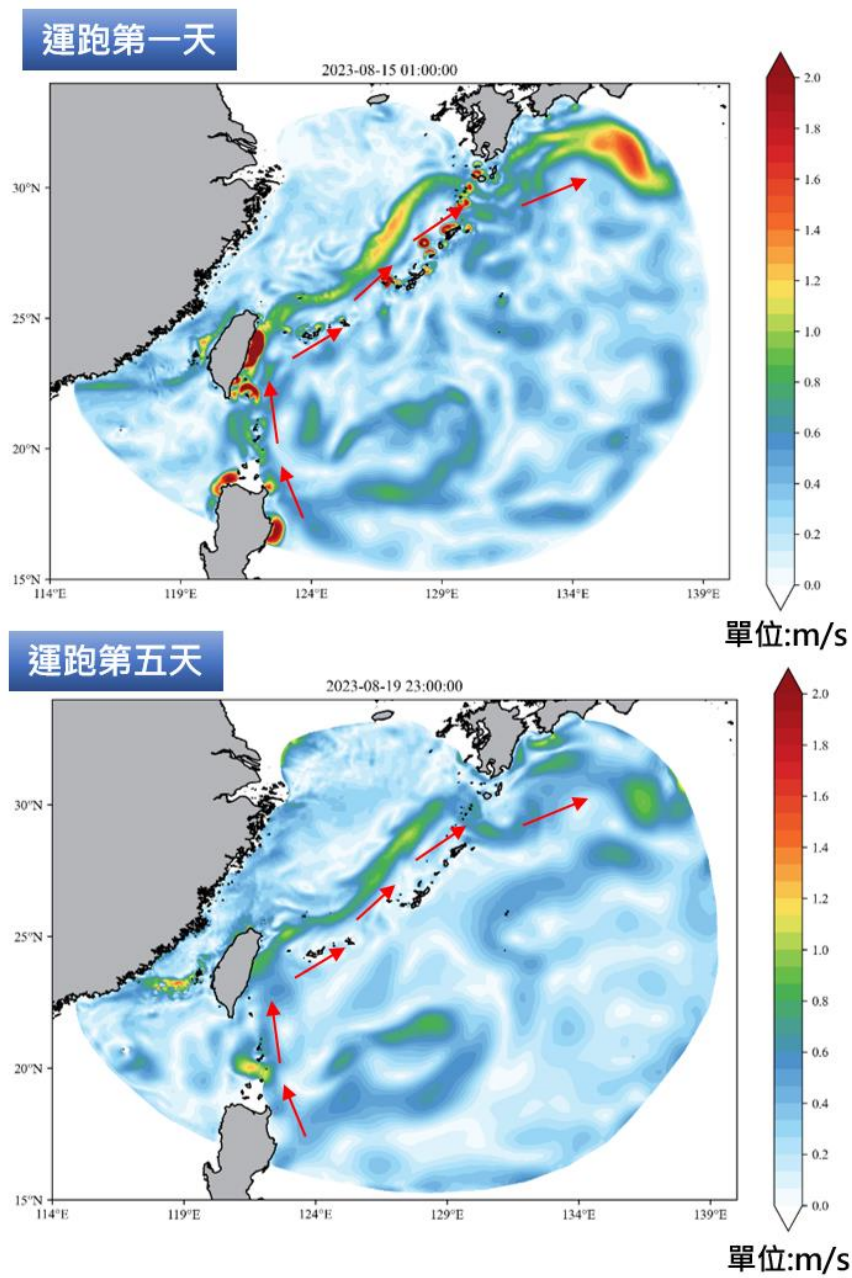


圖 3-126 運跑 5 日後表面海流流速變化

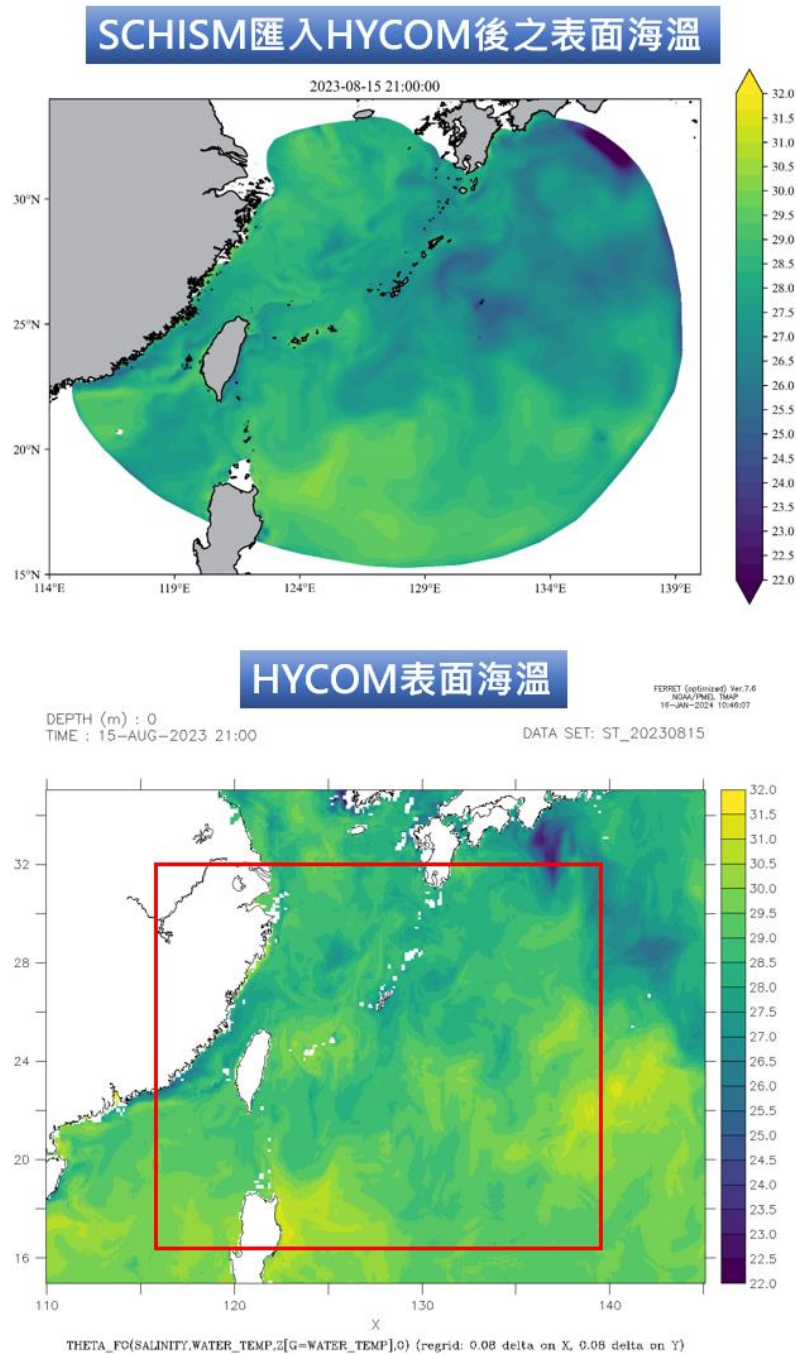


圖 3-127 運跑 21 小時後表面海溫比對

由於 A2CDOSE 的輸出檔案為 netCDF 格式，將放射性核種大氣沉降的經緯度、表面沉降濃度以多維矩陣形式儲存，無法將數據資料直接匯入到 SCHISM 耦合之顆粒擴散模組中，須自行將資料格式轉換成適合 SCHISM 的格式才能進行案例運跑。為了達成上述目的，本團隊開發了大氣沉降資料處理方法用以處理 A2CDOSE 檔案，其原理為讀取 A2CDOSE 大氣沉降資料網格經緯度與對應表面

沉降濃度，利用 Python 程式擷取後轉換成顆粒經緯度與每個顆粒初始的輻射劑量初始閾值，同時排除沉降到陸地上的顆粒，以及避免顆粒過於集中於同一位置導致顆粒擴散時太過集中，並利用隨機函數讓顆粒隨機散布於初始位置，其概念說明如圖 3-128，最後轉換成顆粒擴散模組的顆粒初始檔案，可進一步與海洋排放之射源項檔案結合。

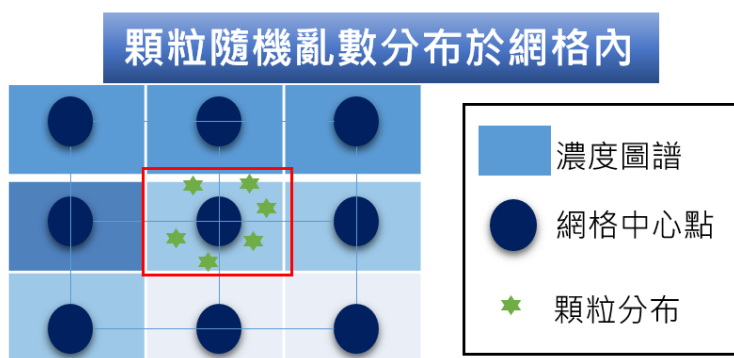


圖 3-128 將顆粒隨機分布於初始位置周圍說明

SCHISM 顆粒模式是利用大量粒子的遷移來模擬放射性物質水團擴散之情況，當粒子數越多可越貼近真實情況，但同時也需消耗更多的運算及資料存取資源，考量到投放顆粒數目對於模擬大氣沉降濃度的準確性與計算平台運算資源分配最佳化，我們透過在資料轉換時設定顆粒輻射劑量數閾值之方式來進行效率靈敏度分析，其中顆粒閾值越高表示越少的顆粒與越低的擴散濃度解析度，有著較快的運算與後處理繪圖時間，但會得到較不準確的結果。藉由顆粒閾值之靈敏度分析得到最適合目前計算平台之閾值設定，其測試結果如圖 3-129，發現當選擇顆粒閾值為  $10^{10}$  Bq 時，在考量運跑顆粒擴散模式與處理定網格濃度繪圖輸出是最適合目前的情況。

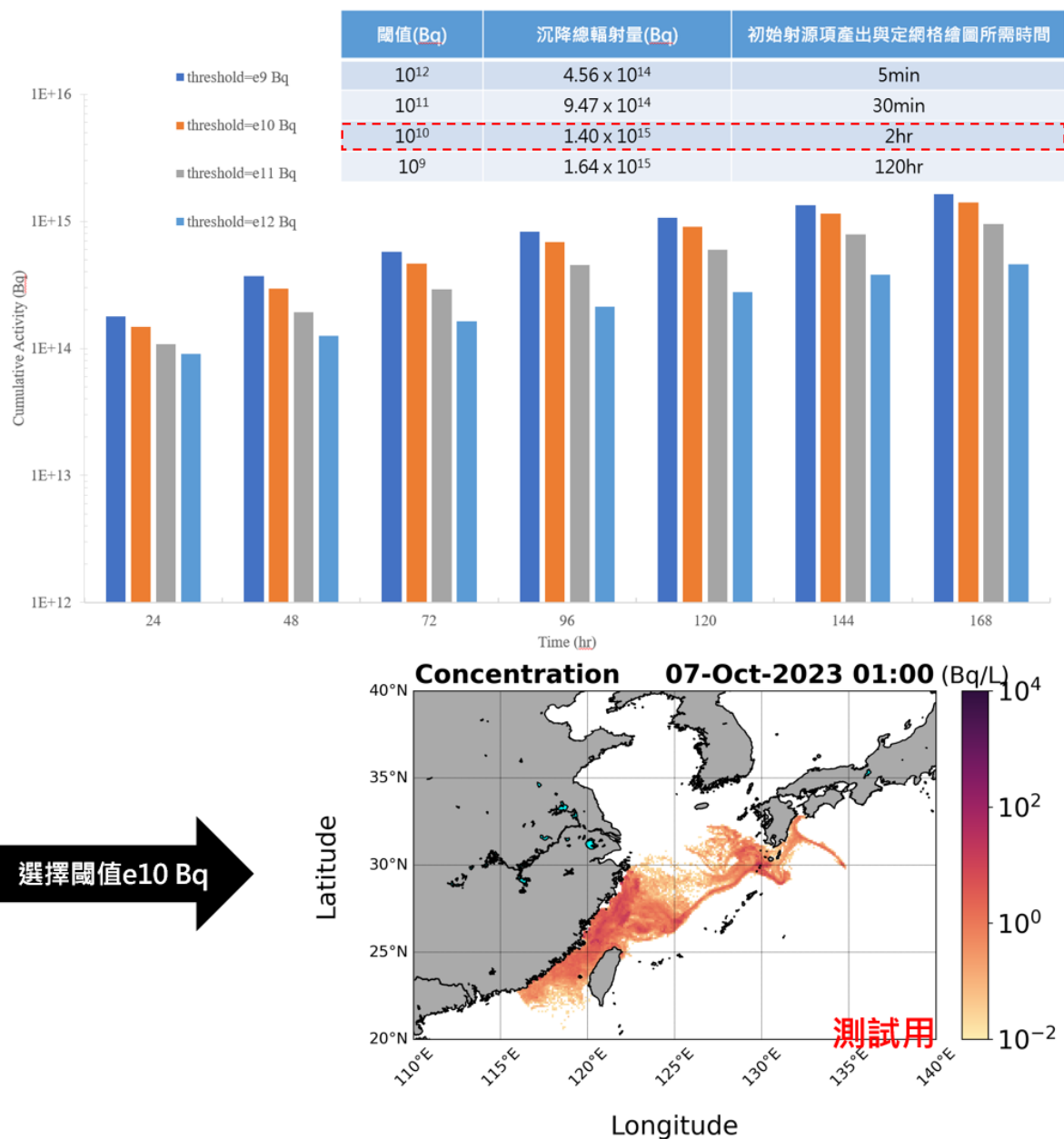


圖 3-129 顆粒閾值測試與定網格濃度繪圖輸出

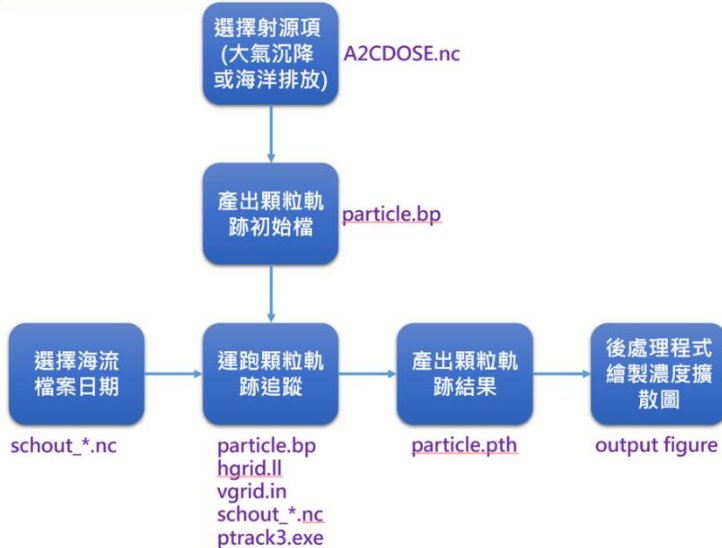
在完成了大氣沉降資料處理方法後，SCHISM 海洋擴散評估程式就可以同時進行海洋與大氣放射性物質外釋之擴散模擬，但為了讓此程式能夠容易讓使用者操作，本團隊開發了便於操作的使用者介面，並將所有程式整合在同一資料夾並在單一平台運行，如圖 3-130。在使用者介面中，使用者可以選擇想要模擬的案例與設定海洋或大氣沉降排放批次與排放時間，最後再選擇案例釋放總活度與顆粒數目後得到顆粒位置之初始檔，再運跑顆粒擴散模式後繪圖輸出濃度擴散趨勢圖，其結果可提供核安演習工作小組在放射性物質外釋事件發生時，評



估受輻射影響之海域與海上輻射偵測路線的優先選擇。

### 跨尺度海氣耦合海洋擴散評估程式

#### 程式使用流程說明



#### 使用者介面



#### 濃度擴散圖(測試)

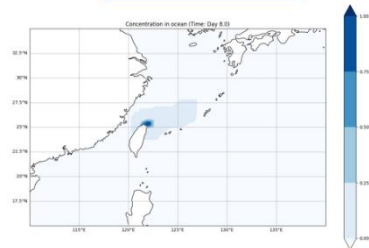


圖 3-130 海氣耦合海洋擴散評估程式使用流程說明

另一項為精進現有 SCHISM 內建模組之計算方法，利用開發大氣沉降資料處理方法，將 SCHISM 內建顆粒軌跡追蹤模式加入核電廠大氣沉降射源項，並使用潮位校驗工具來驗證 SCHISM 計算海流模式之可靠度，以及透過沉積物傳輸與生物攝食效應的國際文獻研析，嘗試將上述效應加入顆粒軌跡追蹤模式，並以簡單參數模型進行功能測試。

藉由假想臺灣核一廠於 2023 年 8 月 16 日 0 時發生銫-137 外釋事件，進行以下功能測試：

- 運跑顆粒軌跡追蹤模式加入核電廠放射性物質大氣沉降射源項之功能。
- 利用潮位校驗工具驗證 SCHISH 所運跑海流模式之可靠性。
- 使用定網格計算濃度擴散時加入沉積物傳輸與生物攝食效應的影響參

數來初步探討對銻-137 擴散時活度濃度變化趨勢。

### 案例網格建置

本案例建置包含臺灣海域為主體之水平網格，其範圍涵蓋東經105度至136度，北緯14度至33度，共有11萬個節點與22萬個元素如圖3-131、圖3-132，案例海底地形如圖3-133，以及利用CFL (Courant–Friedrichs–Lewy Condition)條件測試網格合理性，結果呈現所有網格皆為紅色如圖3-15，表示所有網格皆為合理狀態，圖3-135與圖3-136可看到臺灣整體海岸解析度為1公里，可清楚看到北部海岸與南灣海岸之岸線變化，而垂直分層採用LSC<sup>2</sup>網格並分割48層，可有效率解析垂直地形影響。

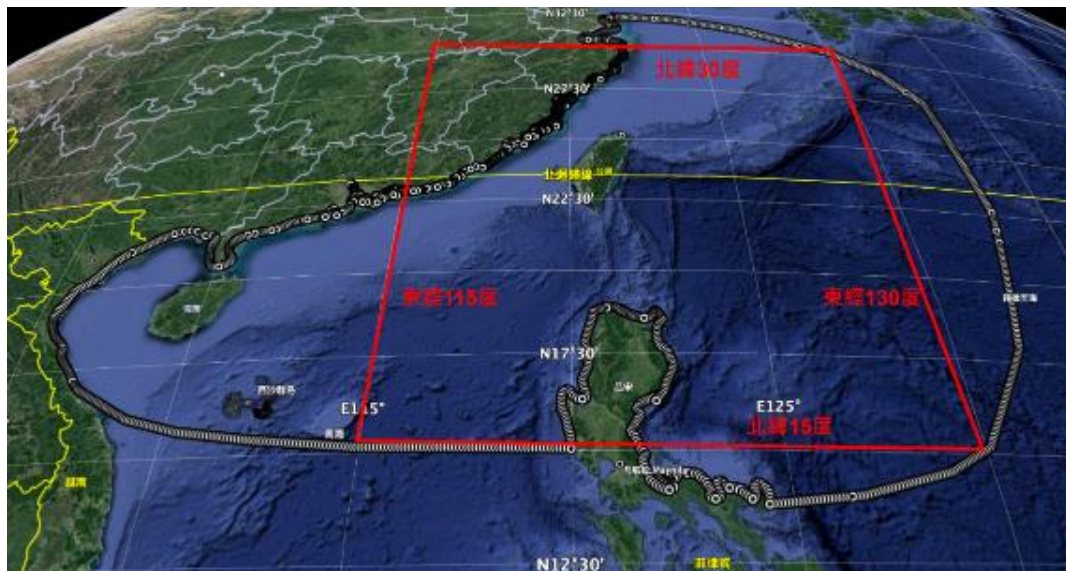


圖 3-131 案例水平網格建置範圍



圖 3-132 案例水平網格

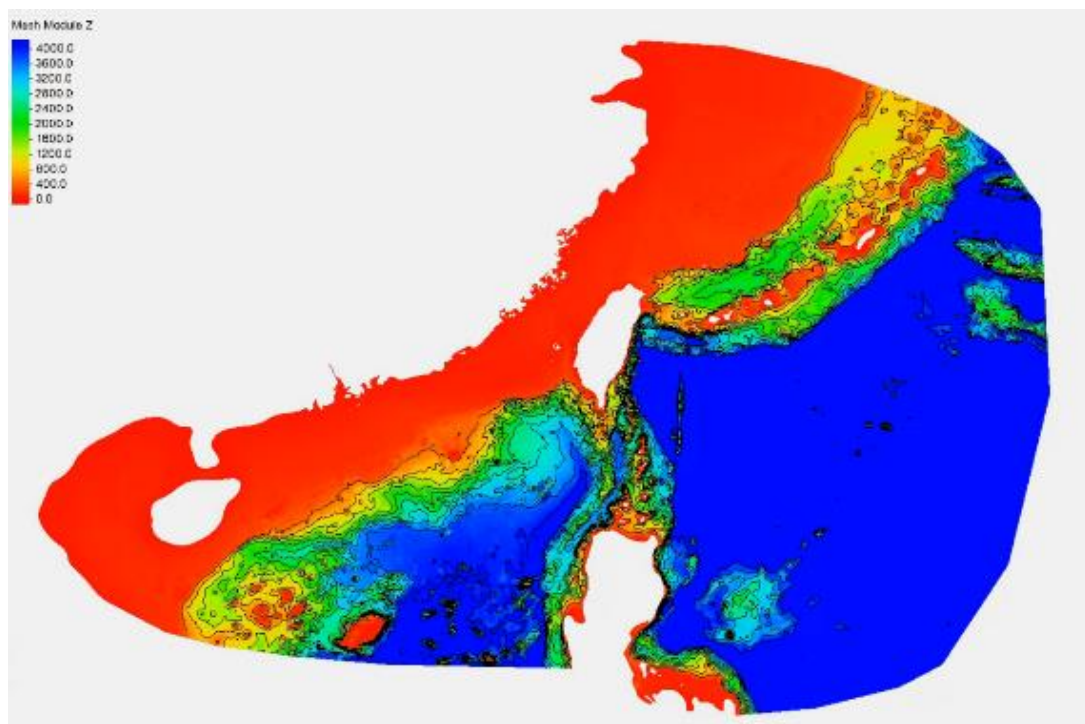


圖 3-133 案例網格海底地形



圖 3-134 案例水平網格 CFL 測試結果

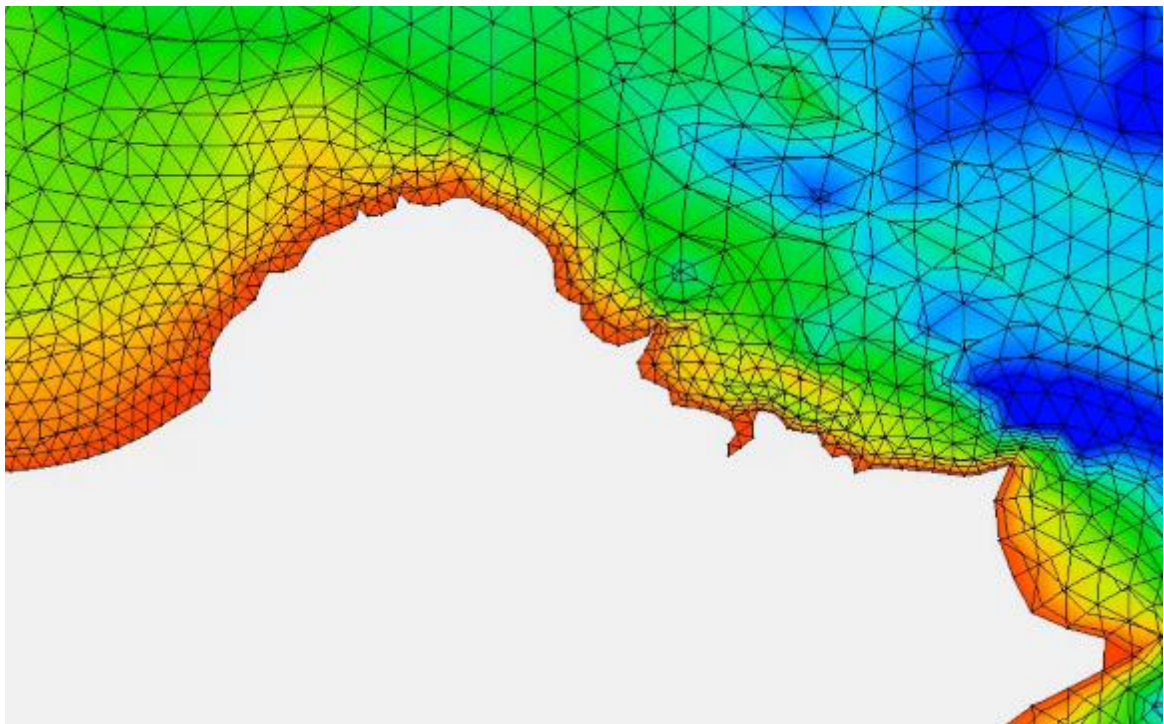


圖 3-135 案例水平網格中臺灣北部岸線



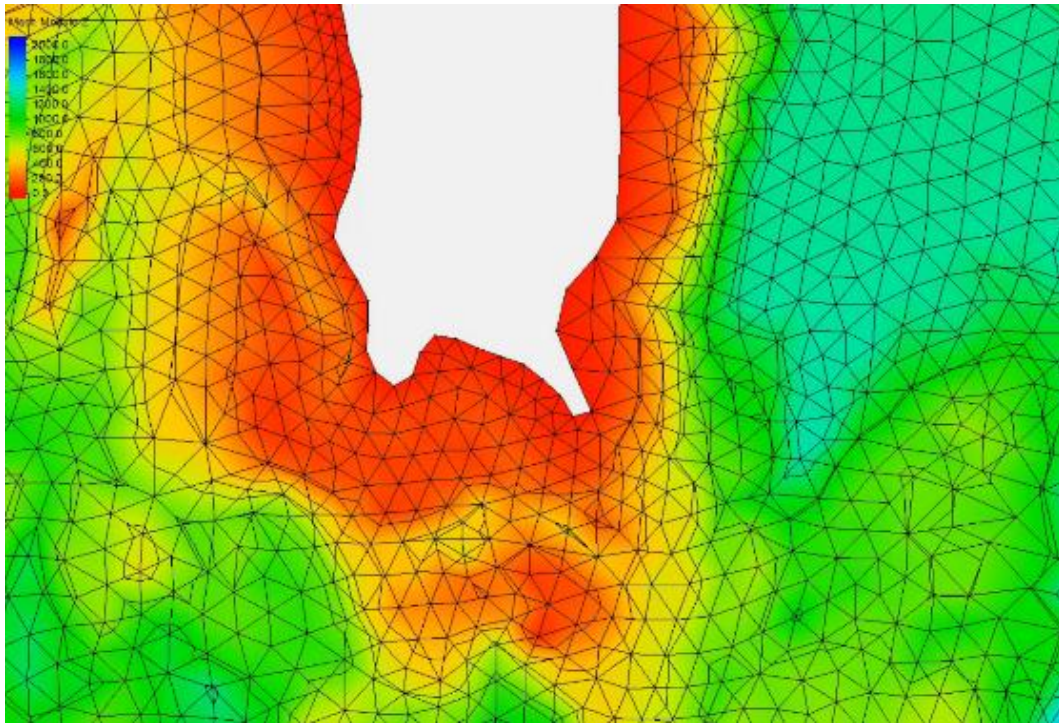


圖 3-136 案例水平網格中臺灣南灣岸線

本案例所匯入 SCHISM 程式之氣象場與其來源整理如表 3-21，讓使用者可以依照氣象場來源找到對應的資料庫數據。

表 3-21 匯入之氣象場資料庫與來源說明

|     | 潮汐場            | 海流場   | 風場   |
|-----|----------------|-------|------|
| 資料庫 | AVISO(FES2014) | HYCOM | WRF  |
| 來源  | CNES           | GODAE | NCAR |

### 加入核電廠放射性物質大氣沉降射源項之功能

為了能在運跑顆粒軌跡追蹤模式時加入大氣沉降的輻射劑量貢獻，藉由輻防所與中央氣象署合作開發 A2CDOSE 大氣擴散分析程式，作為大氣擴散提供輻射貢獻之來源，同時開發放射性物質大氣沉降資料處理方法 makeParticleInitialFileFromSurfConc\_ptrack3f.py，使用此方法資料處理方法將放射性物質大氣沉降於海洋表面之濃度分布轉換為顆粒軌跡追蹤模式之顆粒軌跡初始檔案，用以探討核電廠發生單一洩漏事件時，因大氣擴散傳輸所造成的輻射

擴散情況。

A2CDOSE 程式輸出檔案中有不同解析度分組資料，解析度有 250 公尺、500 公尺與 2 公里等三組資料，沉降之海洋表面濃度變數名稱為 surf\_conc，其濃度單位為貝克/平方公尺，為了將大氣沉降之濃度轉換至海流模式網格上，轉換前會先將濃度乘上每個大氣模式的網格面積後得到網格總活度，再依據使用者設定參數進行顆粒隨機分布，其整體轉換流程與顆粒位置分布示意圖如圖 3-317、圖 3-138。

利用上述之大氣沉降資料處理方法完成資料內容轉換後，讓 SCHISM 耦合顆粒軌跡追蹤模式時增加大氣沉降射源項的輻射劑量貢獻，提供多種射源情境選擇。

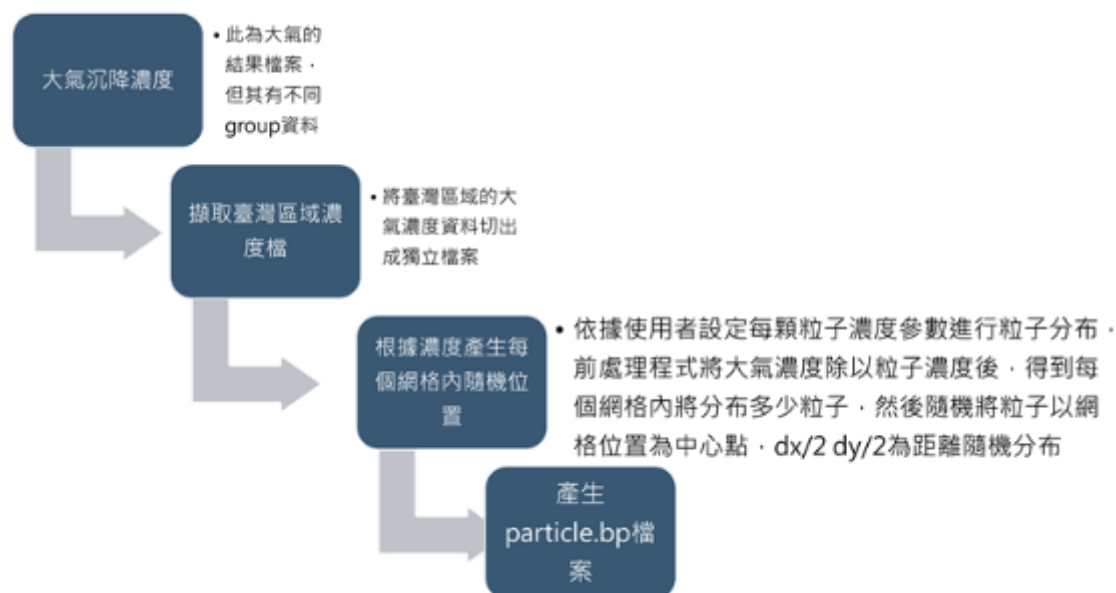


圖 3-137 大氣沉降轉入海洋表面顆粒初始位置流程圖

粒子隨機分布於網格內

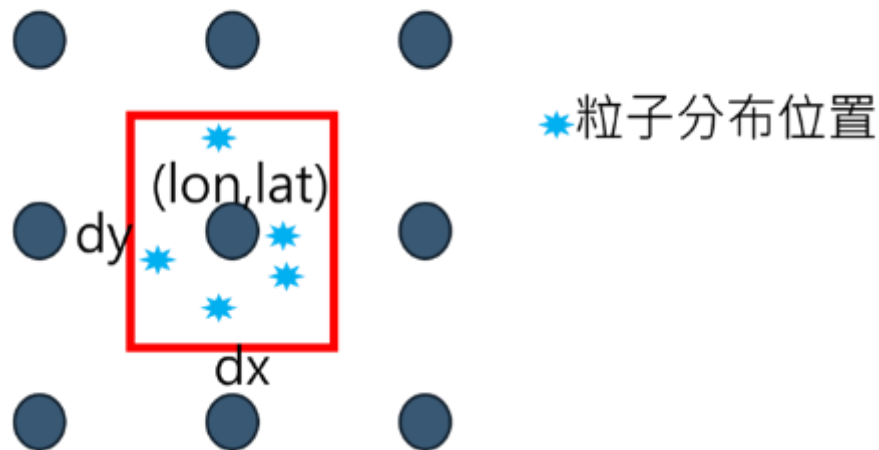


圖 3-138 大氣沉降轉入海洋表面顆粒位置分布示意圖

本案例假想臺灣核一廠於2023年8月16日0時發生銫-137外釋事件進行測試，假設銫-137大氣擴散率為 $7.21 \times 10^9$  貝克/秒，擴散空間範圍為東經117.7度至123.4度，北緯21.8至26.6度，7天後大氣中銫-137總活度約為 $4.36 \times 10^{15}$  貝克，沉降到海面上的濃度分布如圖3-139。

使用大氣沉降資料處理方法將沉降濃度分布轉換為顆粒軌跡追蹤模式之顆粒初始檔後，運跑顆粒軌跡追蹤模式30天(2023年8月16日0時至2023年9月15日0時)，利用顆粒輻射劑量之閾值來調整投放顆粒數目如表3-2，發現顆粒閾值愈低，顆粒總數愈多，沉降總活度就愈接近實際的沉降總量，但所須運算資料量愈多，導致處理時間愈長。



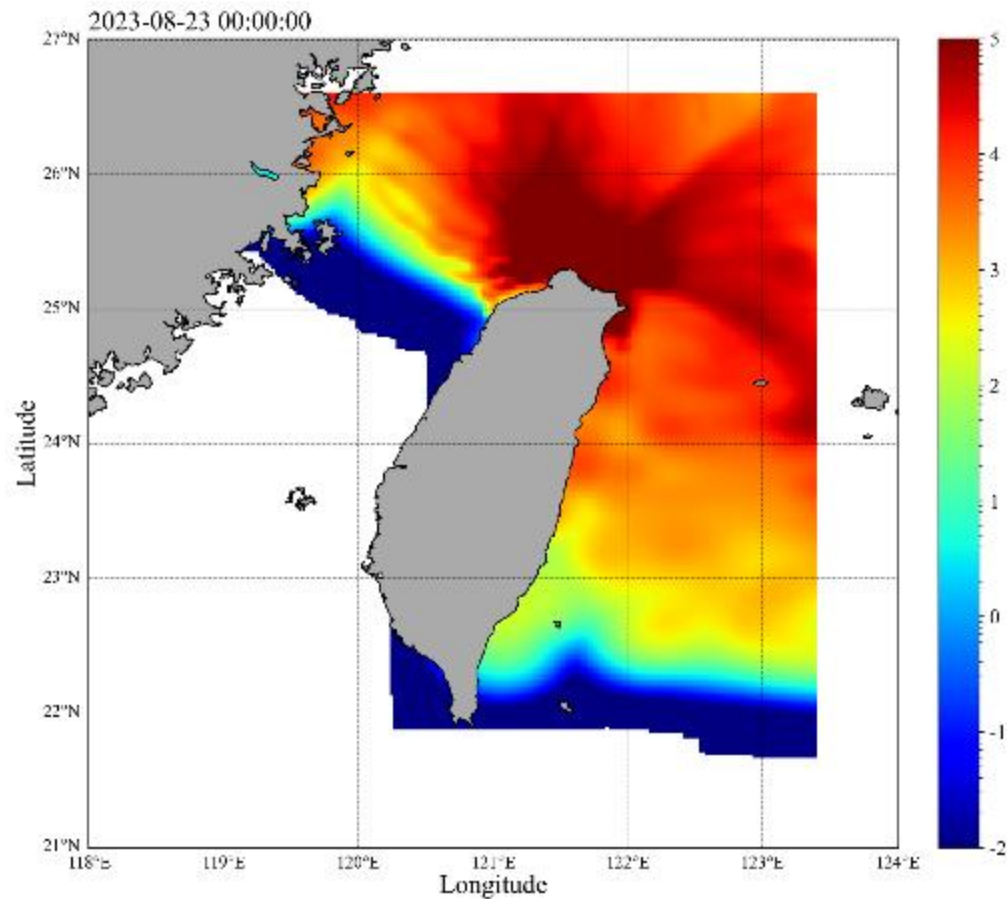


圖 3-139 核一廠假想案例於 2023 年 8 月 23 日藉由大氣沉降至海洋之鈉-137 累積濃度分布(單位:貝克/平方公尺，對數坐標)

表 3-22 顆粒閾值設定

| 閾值(貝克)    | 顆粒總數(顆) | 沉降總活度(貝克)             | 計算時間(小時) |
|-----------|---------|-----------------------|----------|
| $10^{12}$ | 442     | $4.42 \times 10^{14}$ | 0.08     |
| $10^{11}$ | 9,246   | $9.24 \times 10^{14}$ | 0.16     |
| $10^{10}$ | 138,436 | $1.38 \times 10^{15}$ | 2.5      |

接著繪製不同顆粒閾值擴散第 1 天、第 7 天、第 14 天與第 30 天的顆粒軌跡如圖 3-140、圖 3-141、圖 3-142，發現擴散第 1 天顆粒尚未離開核一廠海域周圍，其分布會如同初始沉降濃度分布，分散在核一廠海域附近，顆粒總數量愈多就愈接近濃度分布，表示大氣沉降的射源貢獻能夠確實加入到顆粒軌跡追蹤模式中運行。

但若顆粒總數量太少，如閾值  $10^{12}$  貝克，其顆粒總數量為 442 顆，在擴散第

14 天與第 30 天就幾乎看不到顆粒的位置，以及閾值  $10^{11}$  貝克，其顆粒總數量為 9246 顆，雖然可呈現顆粒擴散的趨勢，但無法呈現細節變化，因此為呈現顆粒擴散趨勢，並同時考量運算效率，建議將每次投放顆粒總數設定為 10 萬到 20 萬顆之間。

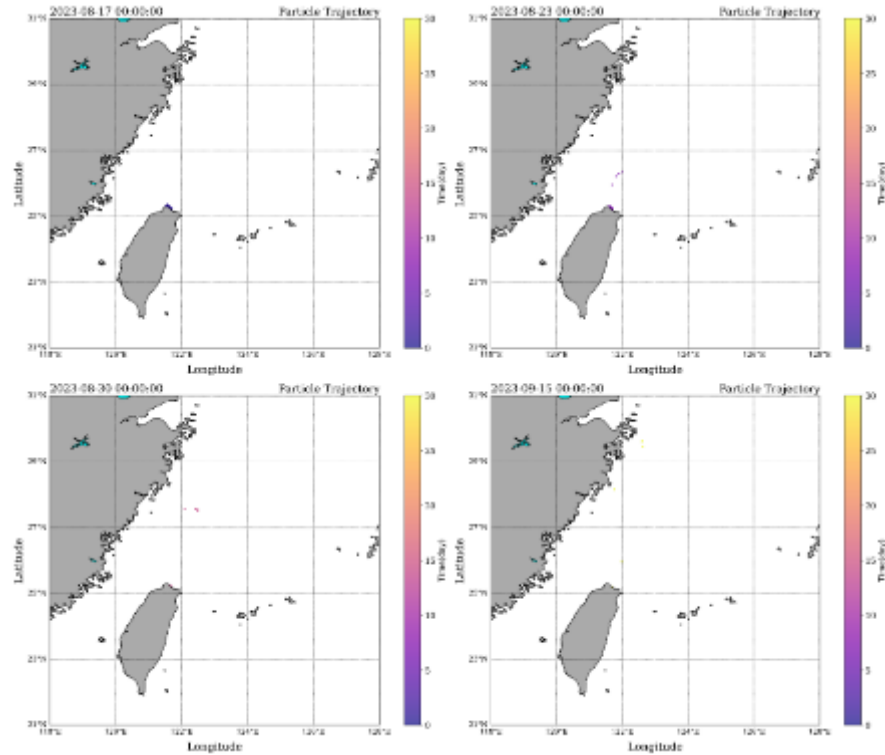


圖 3-40 閾值  $10^{12}$  貝克擴散 1 天、7 天、14 天與 30 天顆粒軌跡

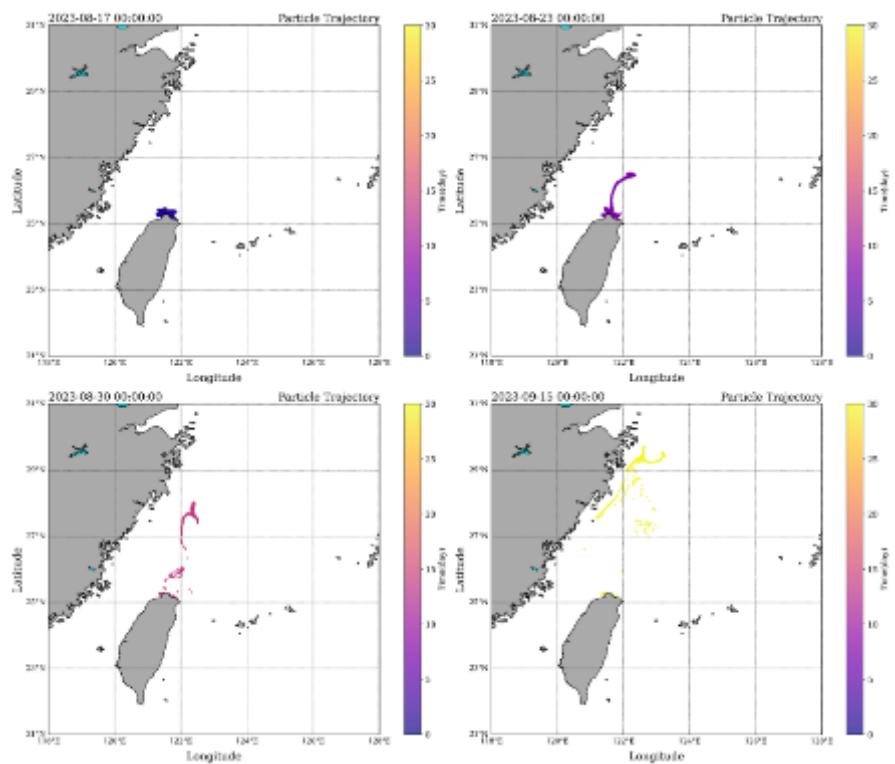


圖 3-141 閾值  $10^{11}$  貝克擴散 1 天、7 天、14 天與 30 天顆粒軌跡

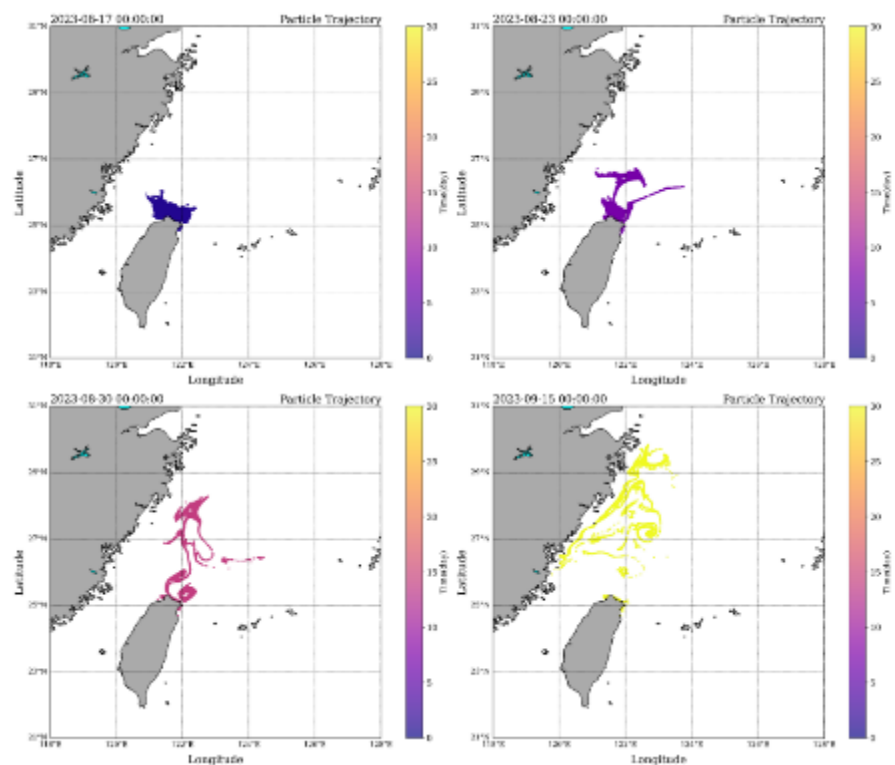


圖 3-142 閾值  $10^{10}$  貝克擴散 1 天、7 天、14 天與 30 天顆粒軌跡

### 說明潮位校驗原理與提供比較 SCHISM 計算結果與觀測值差異之校驗工具

海流模式基礎理論是由伯努力定理所衍伸的連續方程式及動量方程式進行守恆計算，其透過 $h$  (海面高度變化)及 $u$ 和 $v$  (流速變化)進行海洋水動力物理現象的模擬計算，由圖3-143可知 $h$ 變化會影響到周遭 $u$ 和 $v$ 的變化，而 $u$ 和 $v$ 變化又會影響到其他格點的 $h$ 變化，故若可以準確模擬潮位變化，流場變化的準確度就會準確模擬，因為兩者是有互相影響關係，其中流速會受到水位梯度變化演算而來，因此沿海潮差較大的地區(例如臺灣台中測站)影響流場就會較大，而潮位站數量眾多，也是海洋資料中最易獲得的觀測資料之一。

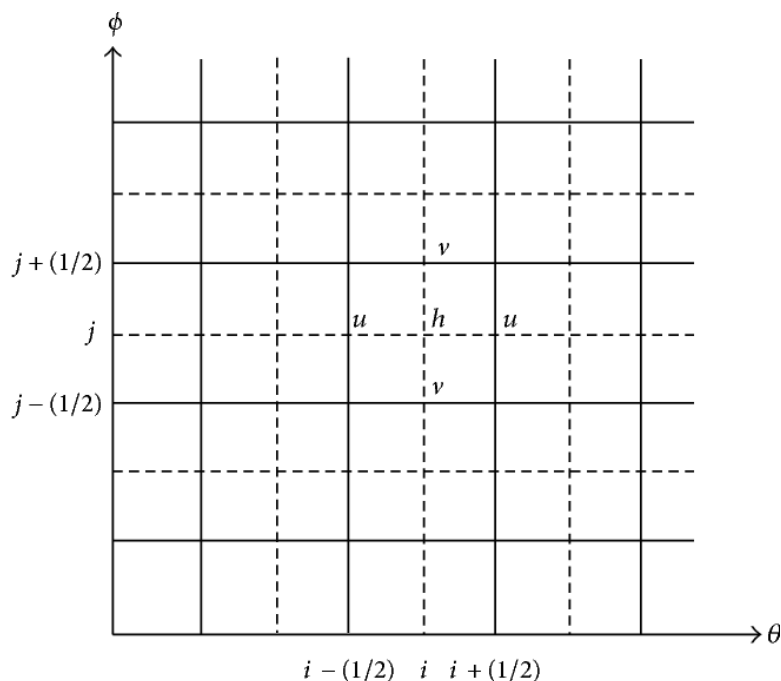


圖 3-143 海流模式網格示意圖

潮位資料可以由中央氣象署的開放資料網頁進行下載，其連結如 <https://safesee.cwb.gov.tw/V2/>，其為開放資料，涵蓋波浪浮標資料、潮位觀測資料、天文潮預報資料、波浪模式預報資料、海流模式預報資料，更新頻率為每日一次。

而下載的潮位資料原始格式不容易進行處理，故需前置處理利用資料轉成每六分鐘一筆的時序資料filterSingleCWBTideStationDataV2.py將其格式轉為6分鐘

一筆的時序資料，而模式資料為三維的資料，但點位不一定與觀測站點重疊，故需透過前置程式transferSCHout2TideStation\_v1.py將模式資料內插至測站點位，藉此已有觀測與模式相同點位的潮位資料後，透過plotTideTimeSerise\_Taiwan\_month\_v1.py進行RMSE、R與 $R^2$ 的計算，潮位校驗系統流程圖與時序比對圖如圖3-144、圖3-145所示。

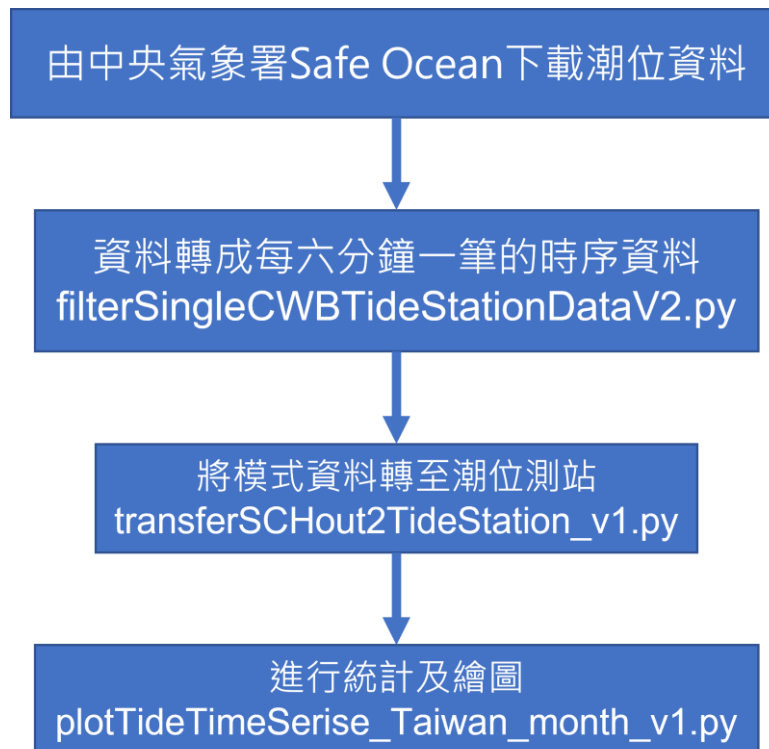


圖 3-144 潮位校驗系統流程圖

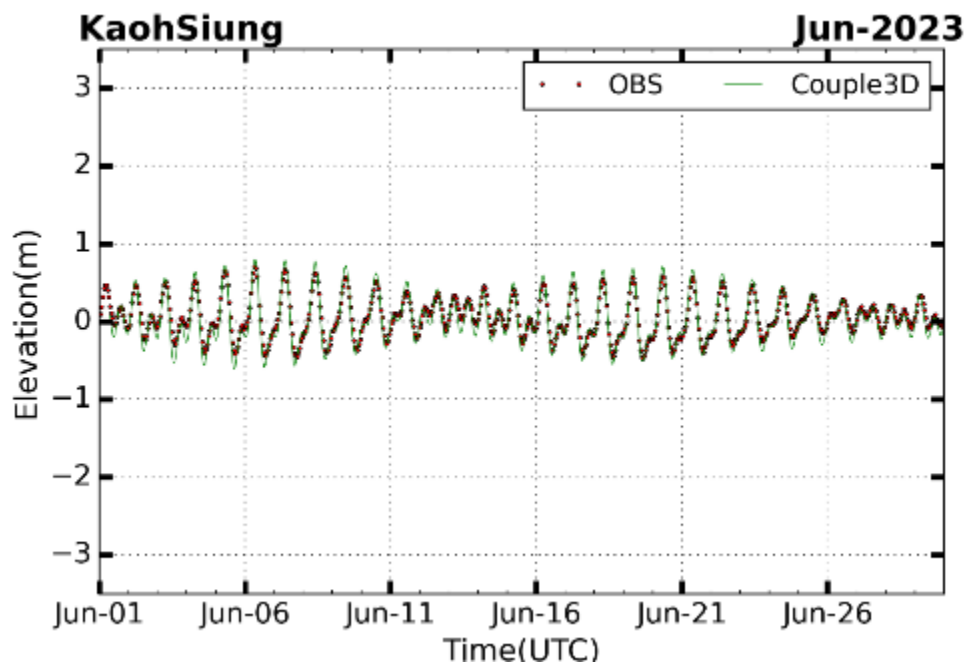


圖 3-145 高雄港潮位時序比對圖

本案例選擇高雄觀測站(東經120.3830度，北緯22.3533度)2023年9月的觀測值與SCHISM所計算的2023年9月海高資料比較，但因高雄觀測站位於高雄港內，本案例所建置之網格沒有將高雄港周圍海域的網格加密，只能取靠近高雄港的節點35286(東經120.2343度，北緯22.5645度)作為潮位校驗測試的點位，此節點與高雄觀測站相距約28公里，比較的結果如圖3-146，雖然潮位高度的誤差仍大，但整體變化趨勢接近，顯示潮位校驗工具確實可以將觀測站的監測數據與SCHISM所計算的海高相互比較後繪圖，若往後需要更精準的比較，可將高雄港周圍海域的網格加密後，再進行更為詳細的校驗測試。

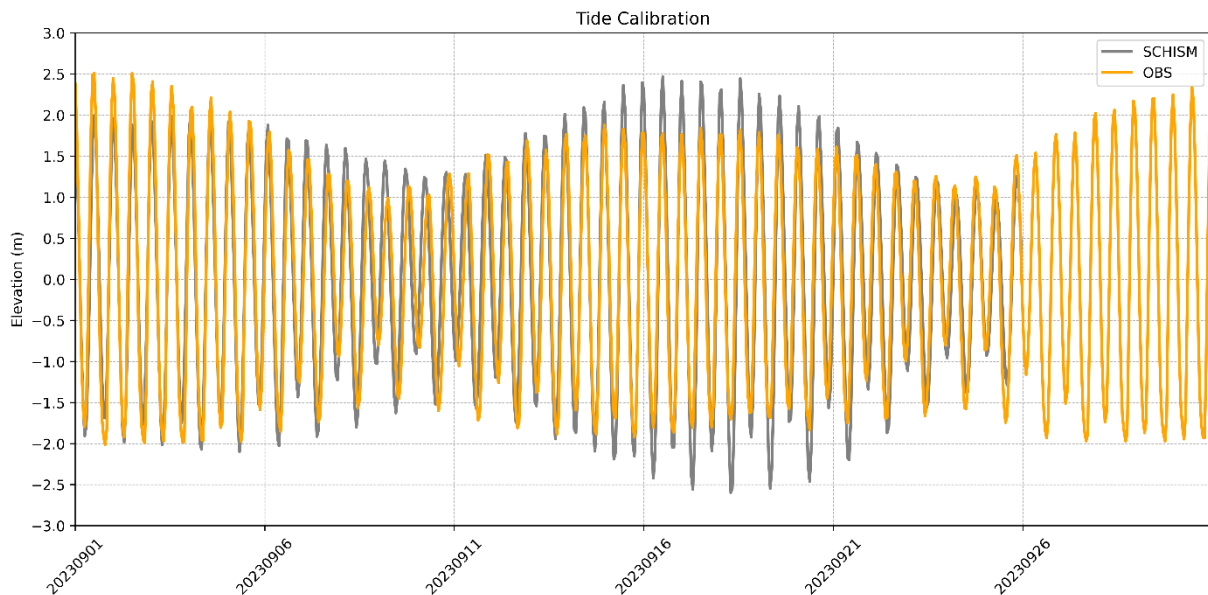


圖 3-146 觀測值與 SCHISM 所計算海高比較圖

### 沉積物吸附、沉降與生物攝食效應之國際文獻研析與加入 SCHISM 內建顆粒軌跡追蹤模式之可行性說明

為了評估在顆粒擴散模式中加入沉積物傳輸與生物攝食效應之可行性，蒐集相關國際文獻進行探討，以下內容為所蒐集文獻整理。

Periáñez et al. [6]等人透過不同海流模式的流場資料進行放射性核種擴散模擬結果差異比對，而海洋擴散模式分為兩部分，一者純粹為海流模式提供的流場資料，此部分因各海流模式間除邊界驅動力及初始場稍有不同外，純粹以流場驅動後的結果差異不大，而各模式都涵蓋了對流項及紊流的動力機制。

為更進一步模擬真實核種擴散的實際狀況，本篇團隊模擬案例時透過兩種核種進行模擬，第一種核種為完全保守的放射性核種，不須考慮半化期及其他機制；第二種為銫-137 福島核電廠事件中主要排放至自然水體的放射性核種，加入放射性衰變的機制，並將核種擴散時會與懸浮物及底床沉積物產生交互作用，如吸附及脫附等作用，同時也進行生物攝食行為對於核種的消去影響文獻的回顧。

案例進行模擬時，主要模擬約 60 日的擴散情境，並與觀測資料進行比對，放射性核種源頭約每秒 1,000,000 貝克，核種模擬時參數部分大部分固定，但因



銻-137 有考慮到與懸浮沉積物及底床沉積物相互的機制，故其假設底床沉積物為均勻分布，沉積物顆粒以粒徑 10 微米為主，底床與水體交互作用的沉積物厚度為 10 公釐。

其中銻-137 核種主要來源有福島核災中反應爐周圍氫爆後核種經由大氣沉降機制進行模擬(採用 LADAS 及 WSPEEDI-II 兩種模式)，進入海洋的初始資料，另一種來源則是直接由核電廠排入海洋中，經由不同海流資料及機制進行模擬後，經比較後以 JCOPE2 模式所得的擴散模擬結果最佳，雖然模式間參數設定差異影響小，而銻-137 經擴散後會在沿海地區形成一個帶狀分布的區域，直接由核電廠污水排入海洋中的核種，會隨著親潮往南傳送，但遇黑潮後會直接由其往太平洋中央區域傳輸，而與沉積物交互的影響區域主要以近岸帶狀區域為主。

Periáñez et al. (2019)[7]等人延伸 2015 年文獻持續進行模擬探討福島核災對於海洋的影響，而此篇模擬時長由 60 日增加至 2 年，並加入由 LADAS 及 WSPEEDI-II 兩種模式計算後的大氣沉降機制進入海洋的初始場，其由模式計算後所得到 2011 年 3 月 15 日的初始場，另外也加入每立方公尺 1.5 貝克做為海洋輻射活度濃度背景場，另一部分是由福島事件發生後直接透過污水排入海洋，透過日本東京電力公司提供的觀測數據可知，福島核災後第一年直接排入海洋之輻射活度，使用此監測資料作為核電廠直接排入海洋的污水輻射活度濃度量。

而在放射性核種的消去項則增加生物攝食模式(Biological Uptake Model, BUM)進行計算，其攝食模式系統主要考慮四種生物浮游植物(phytoplankton)、浮游動物(zooplankton)、非食魚性魚類(non-piscivorous fish)與食魚性魚類(piscivorous fish)，而比對項目將銻-137 模擬結果與三個不同水深(20 公尺、20-460 公尺與 460 公尺)、底床泥沙及生物部分進行比對，而且採用區域平均進行比對，可避免單點觀測資料不足造成比對上差異大的問題。

在水體污染程度部分，藉由分區討論其底層沉積物污染程度，其污染程度並非與距離成反比，因為就採樣資料分析呈現距離核電廠小於 100 公里的污染程度反而較遠於 100 公里距離範圍較小。生物污染部分，浮游動物非零初始值是

因為吸取水體中的環境背景值，而非食魚類與食魚類吸收銈-137 濃度與水體中濃度趨勢一致，但會有延遲的情形。

另一篇文獻 Kamidaira et al.[8]利用 ROMS (Regional Ocean Modeling System) 模擬在日本福島核災發生後的海流狀況，並利用擴散方程式模擬銈-137 放射性物質的擴散，該研究放射性核種傳輸方式如圖 3-28，其擴散方程式如下：

$$\frac{\partial C_d}{\partial t} + \frac{\partial(u_i C_d)}{\partial x_i} - \frac{\partial}{\partial x_i} (K_i \frac{\partial C_d}{\partial x_i}) = \sum_{j=1}^N (-k_{1,j}^m C_d + k_2 C_{s,j}) - \lambda C_d + S_d \quad \text{式 5}$$

其中  $C_d$  表示放射性核種濃度； $u_i$  為水平流速； $x_i$  為網格解析度； $K_i$  為渦流擴散係數； $k_1$ 、 $k_2$  為被沉積物吸收及釋放之動力係數； $C_{s,j}$  為不同顆粒大小(j)吸收之放射性核種濃度； $S_d$  為系統外部輸入或削減之量( $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3} \text{s}^{-1}$ )； $\lambda$  為核衰變常數( $\text{s}^{-1}$ )。

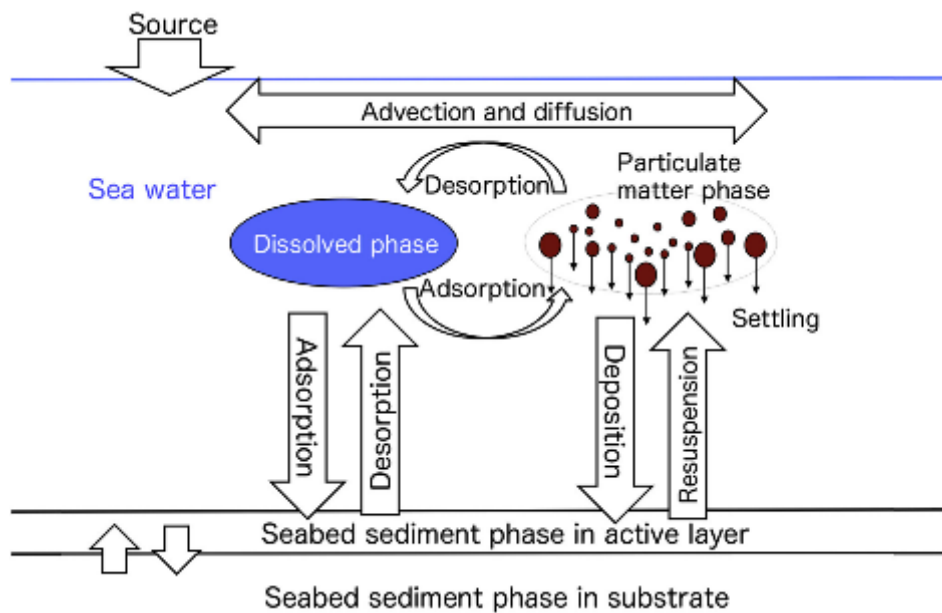


圖 3-147 放射性核種傳輸方式示意圖

而河口及近岸為沉積物傳輸活動最為活躍區域，「河口」泛指河川與海洋交會處，河口及其周圍地區是陸地到海洋的過渡地帶。Pritchard[9]提出的「河口」定義目前最為廣泛採用：「河口為一半封閉性的海岸水體，它可自由與開放海洋連接；在它之內的海水會被內陸排出的淡水所稀釋，其稀釋的程度是可被量測

的」。河口海岸環境具有豐富的生態資源，供應食物、水資源和利用，這個地區的沉積物中含有豐富的有機物質，使得河口海岸環境孕育成為最具生產力、最為敏感的生態環境[10]。河口海岸環境在人類文明史上也佔有相當重要的地位，80%以上的主要城市都位於河口海岸地區，如台北，上海，漢堡，安特衛普，鹿特丹，倫敦，紐約等。

沉積物從上游河川被帶入下游河口海岸海域中，由於河口海岸地區的水動力週期(時間)尺度不同，如潮汐週期為半日或全日潮、波浪週期為秒、風暴潮週期為幾天甚至一星期以上，使得沉積物受不同的水動力週期而有短期、長期與季節性的變動。

放射性核種擴散整體動力模擬分為兩部分進行計算，通過使用流體動力學計算海流動態如流速、流向，並藉由長期觀測資料對其進行校驗，以驗證其可靠性，而不同的放射性核種會與懸浮沉積物結合、沈降或再懸浮等不受海流作用情況，評估其擴散效應。兩者結合計算後，即可模擬顆粒於海洋中軌跡及分佈。

在河口海岸環境中，部分的沉積物受到水動力作用下，顆粒間彼此碰撞，進行聚集與破碎的絮凝機制(flocculation)。部分的有機物質提供河口生態系統自營性與異營性初級生產者所需的營養來源。這些懸浮在水層中的顆粒亦會與有機體因代謝或死亡分解所產生的碎屑聚集成大型的聚集物，當聚集物大到受重力的影響會沉降堆積至底床(沉積作用，sedimentation)，若底床沉積物不斷的受到上層新沉積物的堆積壓密作用，將繼續成為更密實的底床(成岩作用，diagenesis)[11]。然而，當底床受到水動力所引致強紊流剪力的侵蝕作用(erosion)或生物擾動(bioturbation)時，底床沉積顆粒將再次懸浮(resuspension)與擴散(diffusion)至水層中。

這些再懸浮顆粒含有提供生產者所需的有機物質，可再次被生物吸收利用或繼續與其他懸浮顆粒進行絮凝作用。由此可知，沉積物的動力機制是一個隨著時間-空間演變的動態系統如圖 3-148。因沉積物整體動力機制複雜且包含物理與化學相關等互動性，考慮實際應用面上的可執行性，對於沉積物初步應探討其因

重力而產生的沉降(Settling)與因波浪或潮流所產生的底床剪應力導致的再懸浮(Resuspending)兩種物理機制，藉此可應用於較易與沉積物結合的放射性核種於海洋中動力循環機制。

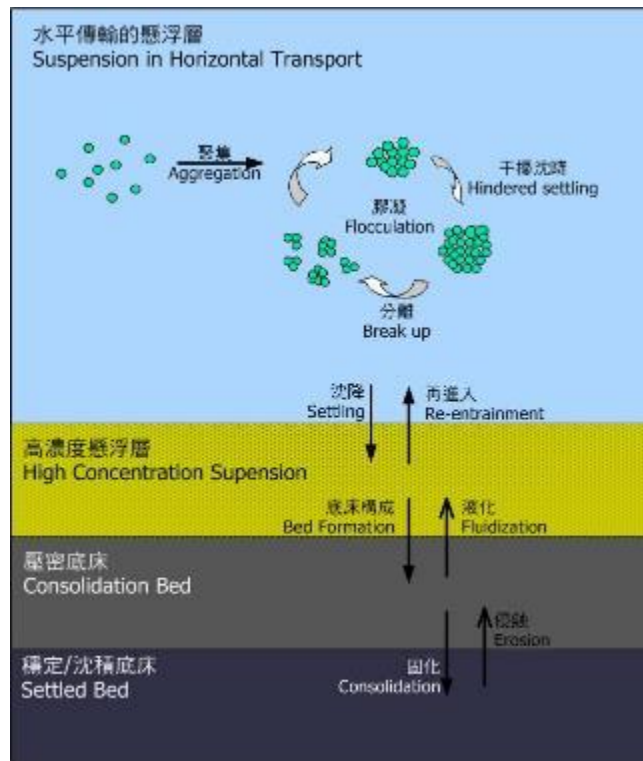


圖 3-148 懸浮顆粒物質絮凝機制從水中至底床的傳輸過程

由於沉積物傳輸與生物攝食效應相對複雜，不容易直接加入到顆粒軌跡追蹤模式進行後續計算，初步將以濃度變化項的形式加入到濃度計算，使用固定參數之設定來呈現生物攝食與沉積物傳輸對於放射性物質濃度傳輸的影響。

本案例將顆粒閾值設定為  $10^{10}$  貝克，並固定網格範圍緯度與經度各 0.1 度與深度 5 公尺，統計進入固定網格內的顆粒數量後計算網格總活度，再除以區域體積轉換成活度濃度繪圖，由於每個顆粒初始帶有  $10^{10}$  貝克的活度，會經由半化期、沉積物傳輸與生物攝食改變其活度，因此設定對應的參數來呈現其變化，其計算公式如下：

$$A_i = A_0 \times 2^{-\left(\frac{t}{t_{1/2}}\right)} \times e^{-(k+C_{ingest})t} \times e^{C_{sediment}t} \quad \text{式 2}$$

其中 $A_0$ 、 $A_i$ 為初始活度與經過時間步長 $t$ 後的活度； $t_{1/2}$ 為放射核種半化期； $k$ 為消去常數； $C_{ingest}$ 為生物攝食影響常數； $C_{sediment}$ 為沉積物傳輸影響常數，正為增加，負為減少。

以表3-23之參數設定來進行定網格濃度計算，比較在固定點位如東經121.3度、北緯25.2度，加入沉積物傳輸與生物攝食效應前後的濃度變化之差異，其結果如圖3-149所示，可發現導致濃度趨勢上升或下降的主因為沉積物傳輸影響常數的設定，說明可藉由常數參數之設定來初步計算沉積物傳輸與生物攝食效應之影響。

表 3-23 銫-137 濃度計算之參數設定

| 參數                       | 設定值           |
|--------------------------|---------------|
| 半化期 $t_{1/2}$            | 264289.2 (小時) |
| 消去常數 $k$                 | 0.01          |
| 生物攝食影響常數 $C_{ingest}$    | 0.005         |
| 沉積物傳輸影響常數 $C_{sediment}$ | 0.002, -0.002 |

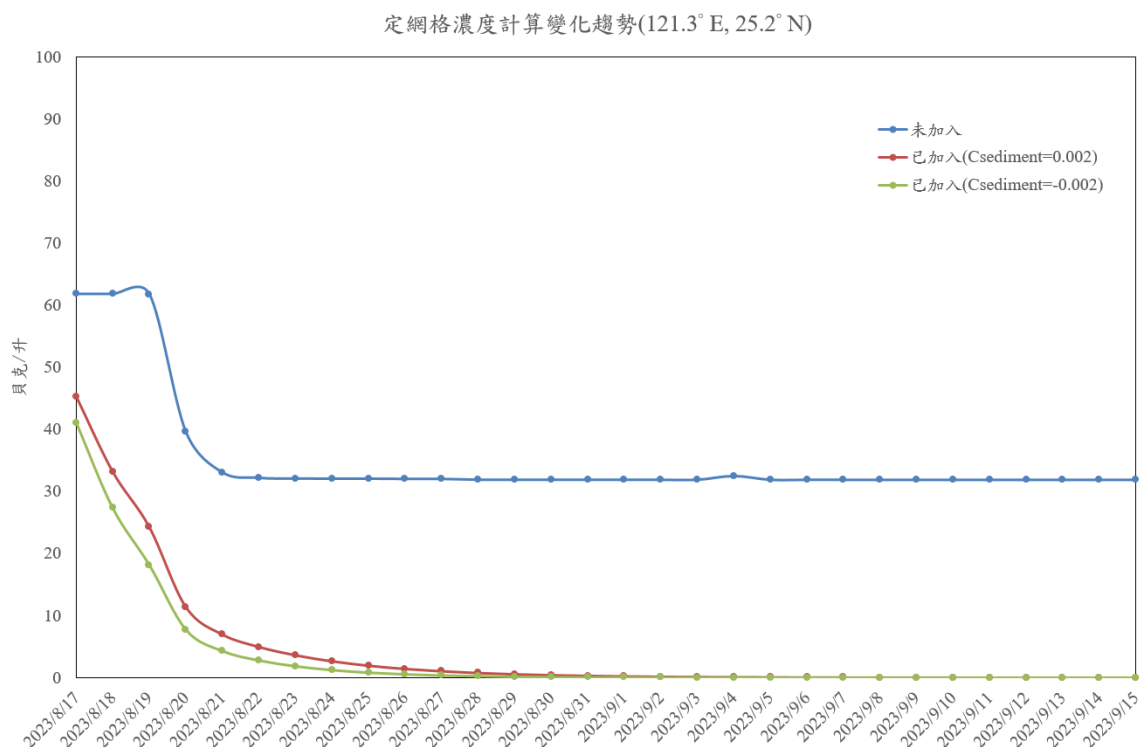


圖 3-149 定網格濃度計算變化趨勢圖

### 中小尺度 CFD 模式

因應日本福島第一核電廠事故所產生核廢水之排放需求，日本於 112 年 8 月 24 日中午開始執行第一批含氚廢水的海洋排放作業，排放時間共計 19 天，排放總體積為 7788 m<sup>3</sup>，氚總活度則為  $1.1 \times 10^6$  Bq，根據東電公司分析結果顯示，排放水中氚濃度約為 206 Bq/L，排放率則在 4.2 m<sup>3</sup>/s 左右；為分析排放口周圍流場之含氚廢水濃度歷時變化，本研究使用納維爾-史托克方程式解算三維空間之流場，並透過對流-擴散方程式描述含氚廢水之傳輸過程以及其濃度分布，但由於本研究分析範圍共 200 m<sup>2</sup>，又本研究之洋流資料係下載自混合座標海洋模型 (HYbrid Coordinate Ocean Model, HYCOM)，其空間解析度在 180°E 至 -180°W 之間為 0.08° (約 9 km)，而 80°S 至 90°N 之間則為 0.04° (約 4 km)，因此在本研究分析範圍內並無 HYCOM 洋流資料可供使用，因此本研究使用淺水波方程式預先解算了大範圍的流場資訊，並輸出特定區域之流場和海平面高度等資料，以作

為含氫廢水分析案例之洋流邊界條件，另外津旨大輔博士提供了本研究所需的高解析度海底地形分析資料，協助本研究在分析工作中取得更趨近實際情況之分析成果，未來亦將與津旨博士共同討論本研究之計算結果且持續精進數值模型。本研究執行含氫廢水分析案例，並且透過東京電力公司監測點 T-0-1A 之採樣分析結果對數值模型進行了驗證，同時對含氫廢水濃度分布以及洋流速度場之相關性進行了討論，此外為了瞭解含氫廢水濃度在垂直方向的分布狀態，本研究輸出了特定位置和時間下，不同深度的洋流速度場、渦度以及紊流強度等分析結果，並探討這些物理現象與含氫廢水濃度之間的關係。

為探討含氫廢水經由排放口進入海洋後的擴散以及其在洋流作用影響下的行為，本研究以含氫廢水排放口為中心，建立分析範圍  $200\text{ m}^2$  之計算案例，計算域內之流場變化係透過 Navier-Stokes 方程式求解，另外為驗證計算結果的合理性，本研究根據東京電力公司監測點 T-0-1A 之採樣結果進行相關驗證工作。分析案例之計算域係以排放口之經緯度座標  $37.429^\circ\text{N}$  和  $141.046^\circ\text{E}$  為中心，分別向四個方向各延伸  $100\text{ m}$  來建立  $200\text{ m} \times 200\text{ m}$  的正方形區域，因此在平面座標系統(EPSSG 3857)的描述下，東-西向分析範圍介於  $15701104\text{ m}$  到  $15701304\text{ m}$  之間，南-北向則介於  $4499108\text{ m}$  到  $4499308\text{ m}$  之間，而高度方向則設定為  $-13\text{ m}$  至  $6.5\text{ m}$  之間，等高線圖繪製成果顯示此區域之海底地形呈現西南側較深而東北向較淺之趨勢，但整體而言海底地形之深度變化並不顯著，如圖 3-150 所示。另外，在此範圍內涵蓋了東京電力公司之監測點 T-0-1A，其經緯度座標分別為  $37.431^\circ\text{N}$  和  $141.047^\circ\text{E}$ ，採樣深度則為海平面以下  $0.5\text{ m}$ ，因此本研究將以此監測點之採樣數據作為分析案例計算結果驗證之依據。



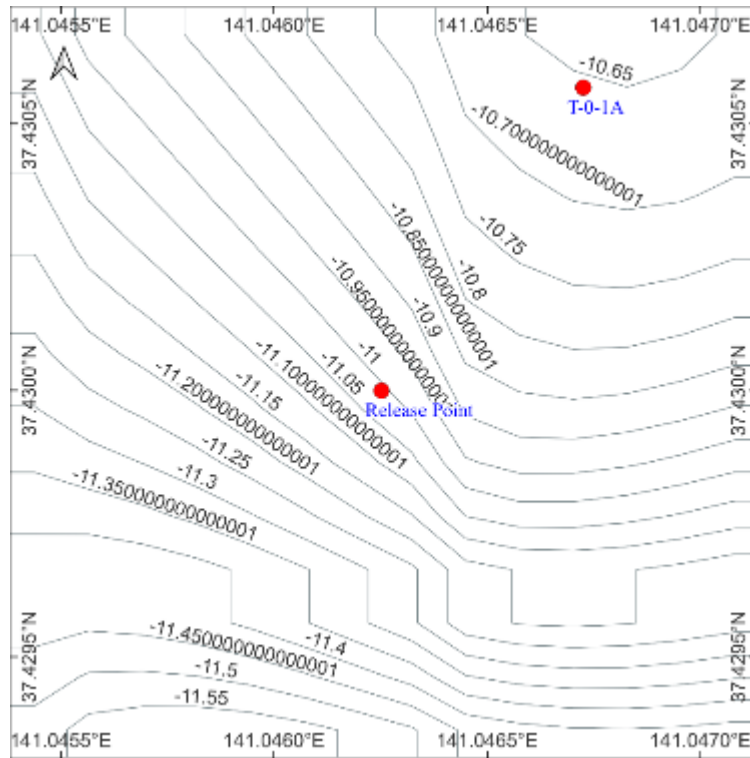


圖 3-150、含氡廢水排放分析範圍等高線圖

由於 HYCOM 洋流資料庫在空間解析度上之限制，在本分析案例中之計算域邊界處並無海流及海高資料可供下載，因此本研究在執行含氡廢水分析案例運跑前，需先另外建立較大範圍之分析案例，並以 HYCOM 洋流及海高歷時資料作為邊界條件輸入，考量計算成本，本研究使用淺水波方程式解算計算域內特定位置之洋流歷時變化，最後作為含氡廢水分析案例之邊界條件依據，根據大範圍分析案例的洋流歷時變化計算結果所繪製的東、西、南、北側洋流極座標圖如圖 3-151 至圖 3-153 所示，從圖中可以看出本研究含氡廢水分析案例在 112 年 8 月 24 日到 9 月 14 日期間洋流主要是呈現往北微東的方向流動，其中最大值介於 3 m/s 至 4 m/s 之間，次之則是南微西方向的洋流，但其大小則小於 1 m/s；另外 112 年 10 月 5 日到 10 月 24 日期間的洋流同樣呈現北微東和南微西的方向流動，但洋流動量較小，最大流速介於 2 m/s 到 3 m/s 之間，且大部分小於 1 m/s；最後在 112 年 11 月 2 日到 11 月 20 日期間之洋流方向與之前相同，最顯著的差異則為洋流大小，其最大可達 6 m/s。

在數值模型的設定方面，本研究不同批次的含氫廢水排放分析案例皆使用相同的邊界條件設定，東、西、南側採用速度邊界條件並指定自由液面高度，北側則採用壓力邊界條件且指定自由液面高度，最後在計算域上方以及下方則使用對稱邊界條件。

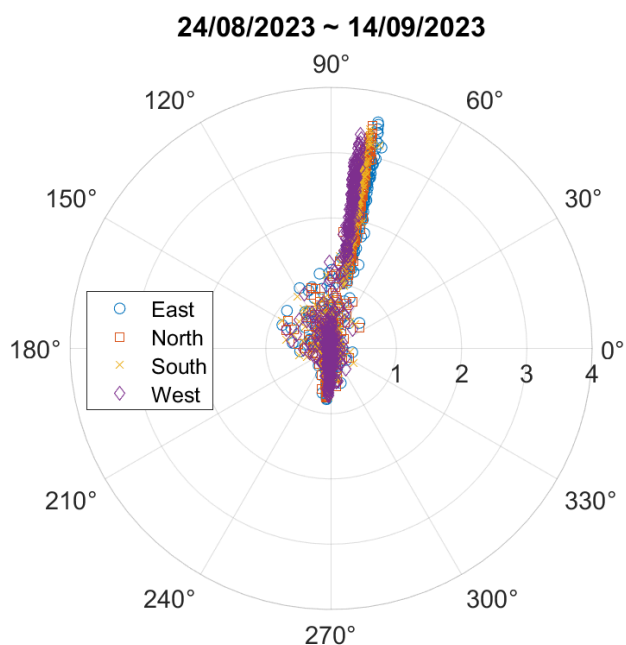


圖 3-151、2023/08/24 至 2023/09/14 洋流計算結果極座標圖

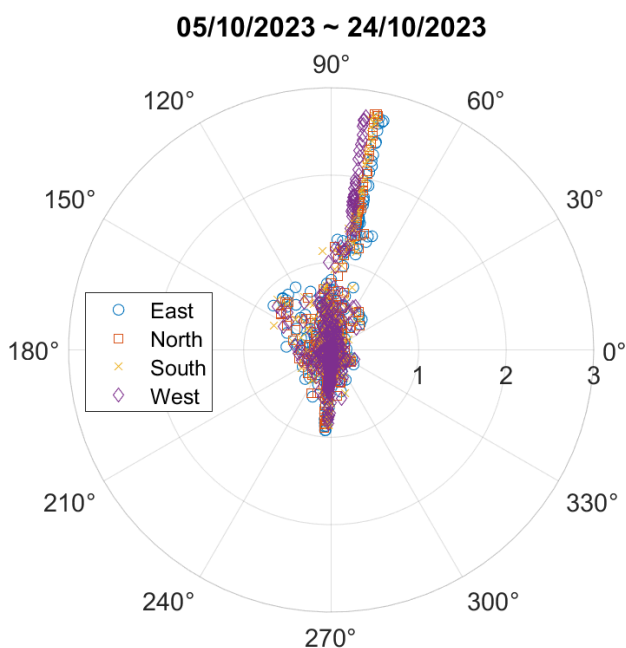


圖 3-152、2023/10/05 至 2023/10/24 洋流計算結果極座標圖

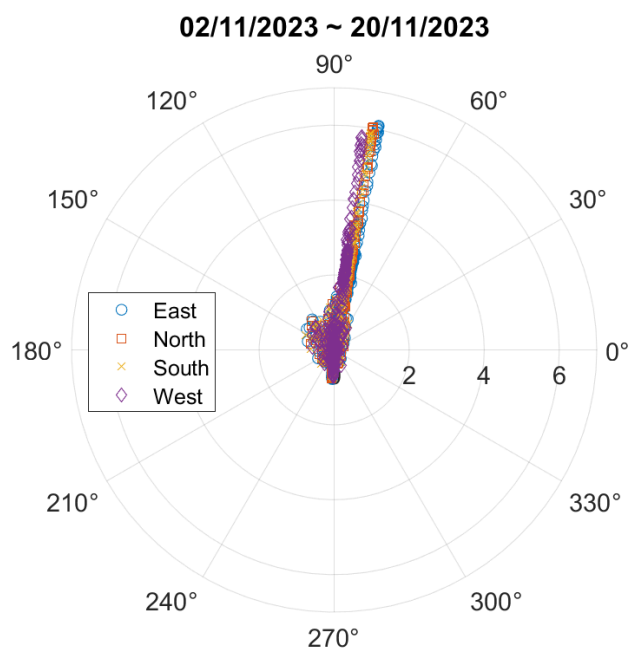


圖 3-153、2023/11/02 至 2023/11/20 洋流計算結果極座標圖

此外本研究使用正交網格對計算域進行空間離散工作，其中  $x$  和  $y$  方向網格解析度  $\Delta x$  以及  $\Delta y$  皆為  $1.5\text{ m}$ ，另外考慮自由液面初始位置對時間積分法解算過程穩定性的影響， $z$  方向之網格劃分為三個區域，分別是  $-13\text{ m}$  至  $-0.5\text{ m}$ 、 $-0.5\text{ m}$  至  $0.5\text{ m}$  以及  $0.5\text{ m}$  至  $6.5\text{ m}$ ，各區域之網格解析度則分別為  $\Delta z_1 = \Delta z_2 = 0.75\text{ m}$  以及  $\Delta z_3 = 2\text{ m}$ ；此外針對排放口幾何部分，則進行了網格加密工作以提高該區域之網格解析度，此部分之網格解析度為  $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0.125\text{ m}$ ，整體計算網格繪製成果如圖 3-154 所示，圖 3-155 則分別繪製了  $xz$  平面( $y=0$ )以及  $yz$  平面( $x=0$ )的網格劃分結果，因使用相同解析度進行劃分，故結果不變，在自由液面附近以及以下部分解析度較高，其他部分則是為了避免壓力-速度場解算過程中的異常所導致求解器無法收斂所預留的空間，因此並不需要給予太密的計算網格，依據上述網格配置， $X$ - $Y$  方向網格最大比為 1， $Y$ - $Z$  方向最大網格比為 3， $X$ - $Z$  方向之最大網格比同樣為 3，符合分析軟體網格比例限制要求，故本研究分析案例之網格設置應屬合理，最後所使用之計算網格總數為 456368。

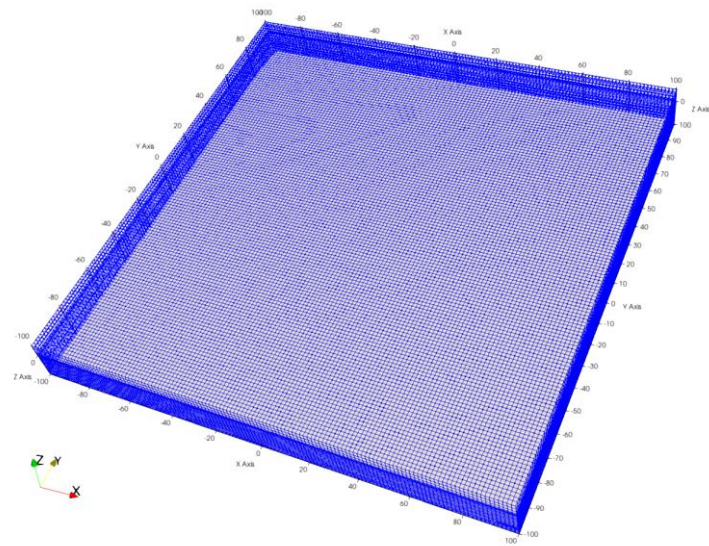


圖 3-154、含氫廢水排放分析案例計算網格

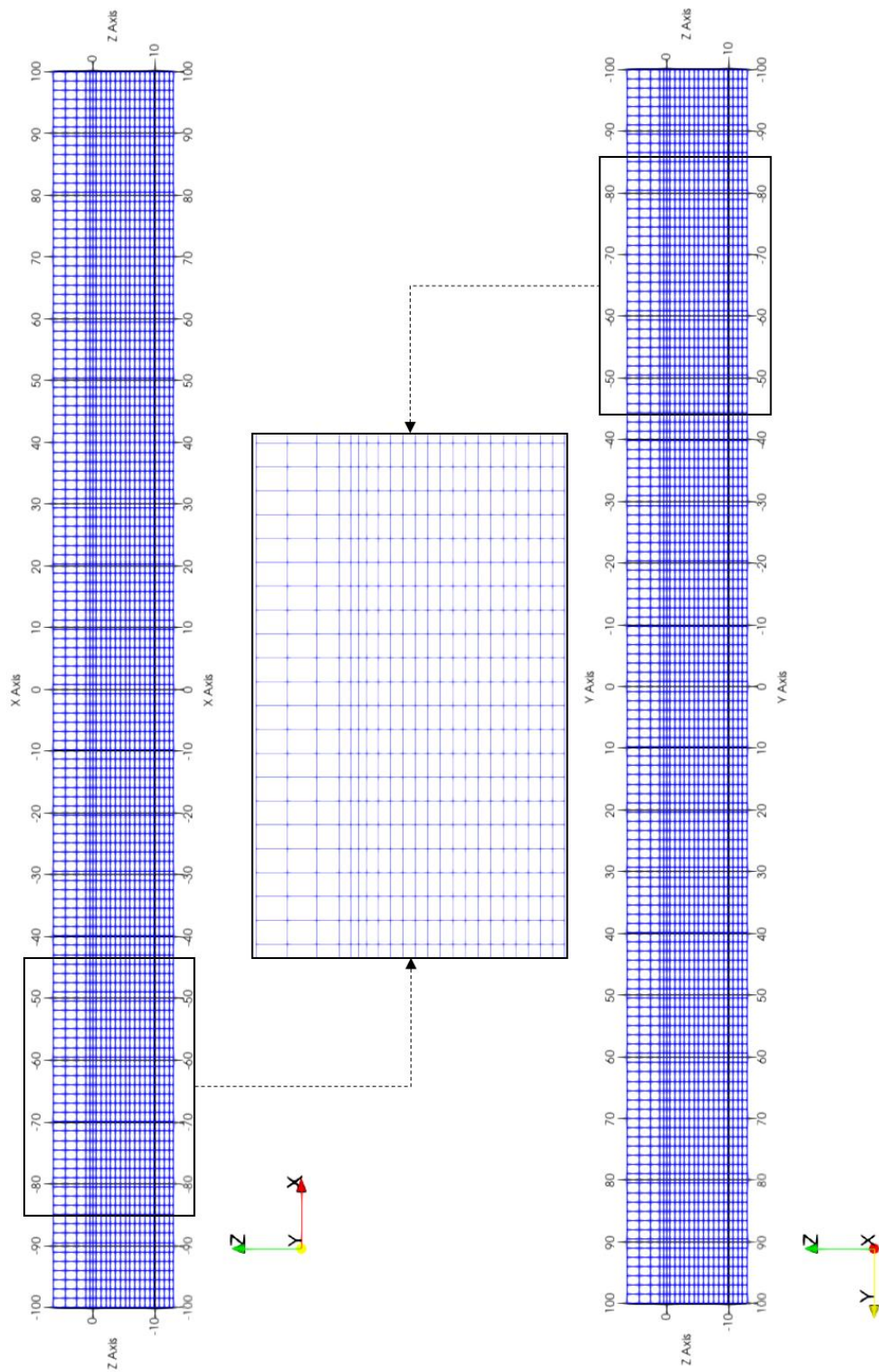


圖 3-155、含氫廢水排放分析案例計算網格(xz 及 yz 平面)



第一批含氚廢水排放案例在監測點 T-0-1A 的含氚廢水濃度歷時變化模擬結果與採樣結果之比較繪於圖 3-156 之中，從比較結果可以發現，數值模式捕捉到監測點位置的含氚廢水濃度在時間域內之變化，但考量洋流條件、海底地形解析度、計算域空間離散程度以及數值方法所帶來的不確定性，模擬結果可能與實際情況存在一定程度的差異，但其峰值出現的位置皆在採樣時間附近，因此做為預測污染物進入海洋後的分布型態以及其濃度之歷時變化，本研究之分析結果仍具參考價值。

第二批含氚廢水排放案例之數值分析與採樣結果比較則繪於圖 3-157 中，從比較結果可以看出數值分析成果較第一批分析案例的計算結果準確，其中含氚廢水濃度的峰值在時間域中出現的時間以及大小皆與採樣結果有較好的驗證，本研究認為這是因為此案例的洋流方向在時間域的變化解算結果與實際情況較為符合所致，儘管作為長時間內含氚廢水濃度分布變化趨勢之判斷，些微的時間差仍可以被接受。

最後第三批分析案例之含氚廢水濃度歷時變化與監測點採樣結果之比較結果分別如圖 3-158 所示，與前兩批次的比較結果類似，數值模式可以作為含氚廢水濃度在時間域內的趨勢變化預測工具。

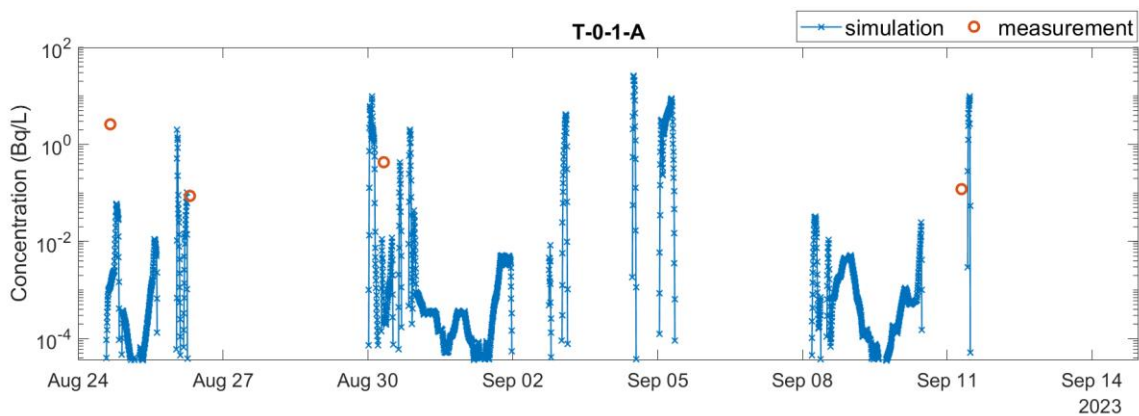


圖 3-156、氚濃度計算結果及監測資料比較(2023/8/24 至 2023/9/14)

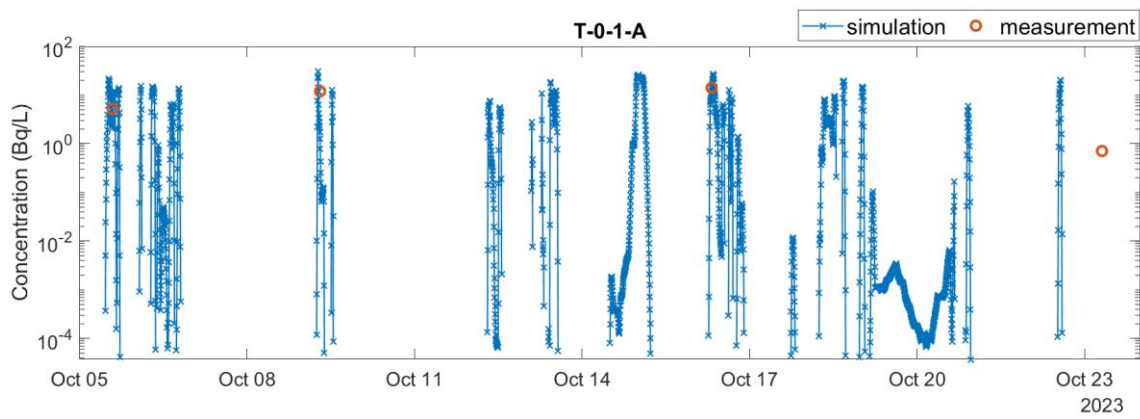


圖 3-157、氡濃度計算結果及監測資料比較(2023/10/05 至 2023/10/24)

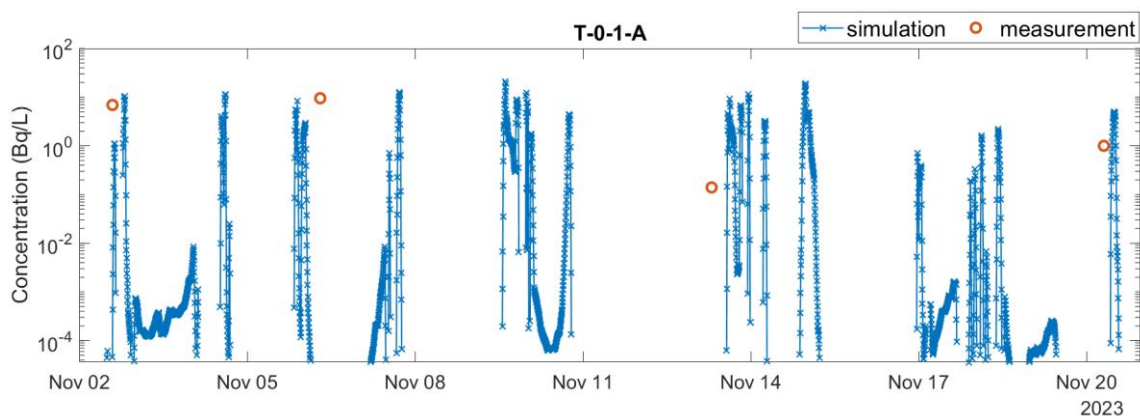


圖 3-158、氡濃度計算結果及監測資料比較(2023/11/02 至 2023/11/20)

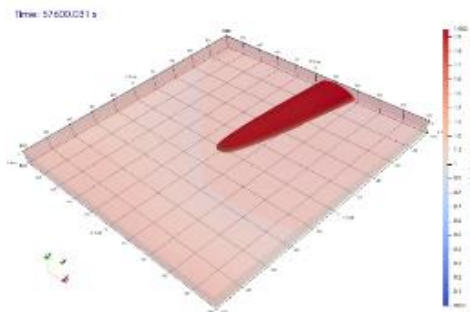
為進一步了解含氡廢水排放後之流動以及濃度分布變化，第一批含氡廢水排放案例在不同時刻的含氡廢水濃度  $0.356 \text{ Bq/L}$  等值面(isosurface)以及計算域內速度場分析結果，分別繪於圖 3-159 至圖 3-162 中，此外，為便於觀察含氡廢水與監測點 T-0-1A 之相對位置關係，本研究將其標示於圖中並以紅點表示，而繪圖資料之時間解析度則為 1 小時。首先觀察 8 月 24 日 16:00 之計算結果可以發現含氡廢水以及洋流主要是往北微東方向流動，且整體而言流速皆大於  $1 \text{ m/s}$ ，另外含氡廢水呈現甜筒狀分布，而大部分集中在海底附近，且越靠近海平面其濃度越低，除此之外，觀察圖 3-159(a)含氡廢水與監測點相對位置可以發現，此時的監測點在含氡廢水濃度的等值面附近但並未被包含在其中，這表示本研究數值模型能夠預測含氡廢水排放後之濃度變化趨勢，但考量到計算過程中的不確



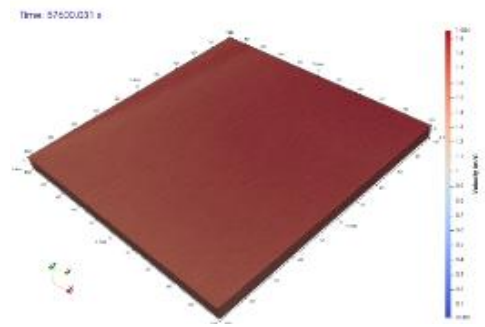
定性，模擬結果與實際情況仍存在一定程度的差異；而 8 月 26 日 7:00 時的含氚廢水濃度及洋流計算結果則有些許變化，首先含氚廢水的流動方向依然由洋流主導，但兩者皆以北微西的方向流動，而含氚廢水濃度之等值面則稍微往自由液面移動，且在計算域邊界處的寬度從 8 月 24 日 16:00 的小於 40 m 增加至 45 m 左右，但整體而言其形狀變化並不顯著，另外觀察速度場可以發現含氚廢水等值面在自由液面處之流速較小，這是因為含氚廢水濃度等值面形狀的變化以及其流速大小基本上是洋流動能和含氚廢水垂直排放動能交互作用下的結果，當洋流流速較快時，其動能越大，此時含氚廢水在排放後隨即被海水帶離排放口，其濃度等值面難以向自由液面處發展，且形狀亦較纖細；另外圖 3-161 中的 8 月 30 日 8:00 之含氚廢水濃度等值面與洋流速度場則與 8 月 24 日之分析結果類似，但其流速稍大，含氚廢水同樣是往北微東方向流動，且監測點 T-0-1A 亦在濃度等值面(0.356 Bq/L)之外；最後 9 月 11 日 7:00 之分析結果如圖 3-162 所示，由於此時段之排放水氚濃度為 0，且稍早排出之含氚廢水已傳輸至計算域邊界之外，因此在此時刻並無含氚廢水存在於計算域內，而流場狀態則是洋流與排放水之間交互作用的結果，假設此時排放口含氚廢水濃度不等於 0，則可以推論其排放後的含氚廢水濃度分布範圍將較前幾個計算結果還廣，在計算域邊界處的寬度將高達 130 m 左右，並且在中間可能存在少部分的迴流，這是因為對流作用是影響溶質分布狀態的主因所致。

除含氚廢水之分布及洋流計算結果之外，本研究分別將不同時刻分析所得之含氚廢水濃度剖面與監測點關係繪於圖 3-165 至圖 3-168 中，基本上在排放口附近的含氚廢水濃度最高，且其濃度與排放口之距離呈反比，而與等值面之距離呈正比關係，觀察 8 月 24 日以及 8 月 30 日之監測點位置與含氚廢水濃度關係亦可發現監測點在含氚廢水濃度等值面邊緣處，因此計算所得之含氚廢水濃度較實際量測值低，但其排放後於海洋中的傳輸現象與實際相符；另外在 8 月 26 日 7:00 的分析結果顯示，含氚廢水往北微西的方向流動，因此在監測點位置處之含氚廢水濃度計算結果為 0，而在 9 月 11 日 7:00，計算域不存在含氚廢水，因

此其濃度亦為 0，但從圖 3-154 仍可以看出本研究同樣捕捉到了含氫廢水排放後在時間域內之傳輸變化趨勢。

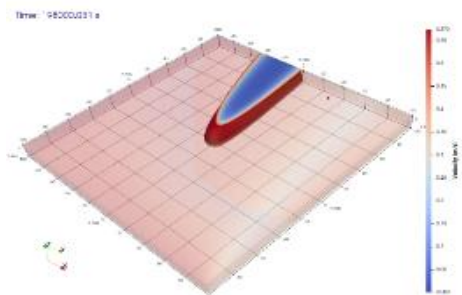


(a)

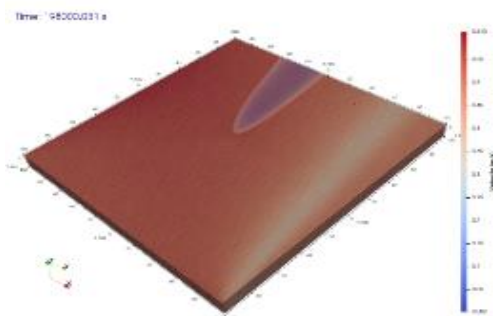


(b)

圖 3-159、第一批含氫廢水分析案例 8 月 24 日 16:00 之含氫廢水分布(a)與速度場(b)計算結果

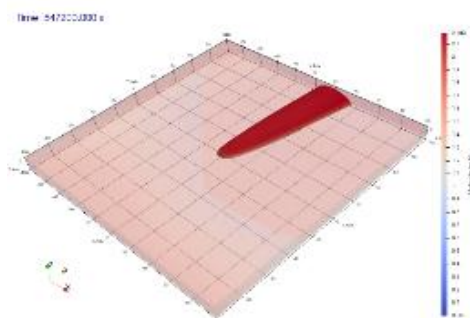


(a)

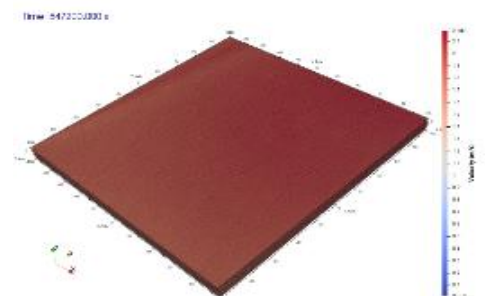


(b)

圖 3-160、第一批含氫廢水分析案例 8 月 26 日 07:00 之含氫廢水分布(a)與速度場(b)計算結果

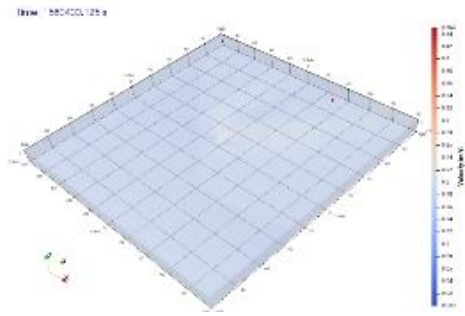


(a)

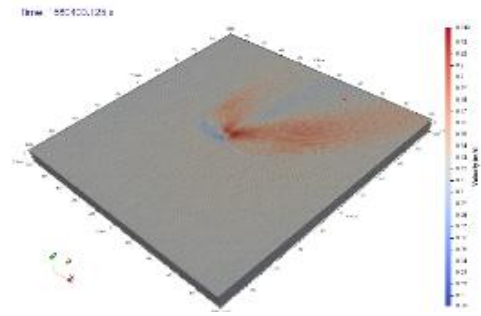


(b)

圖 3-161、第一批含氫廢水分析案例 8 月 30 日 08:00 之含氫廢水分布(a)與速度場(b)計算結果

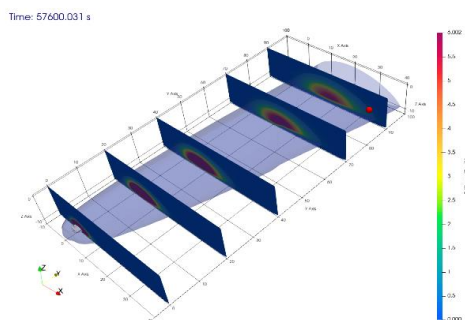


(a)

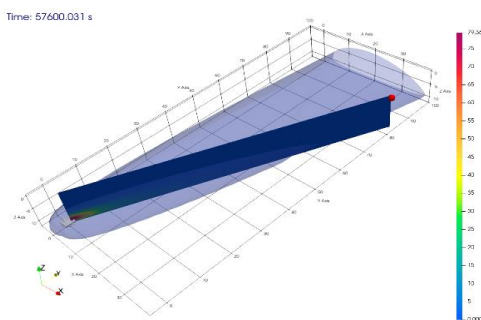


(b)

圖 3-162、第一批含氫廢水分析案例 9 月 11 日 07:00 之含氫廢水分布(a)與速度場(b)計算結果

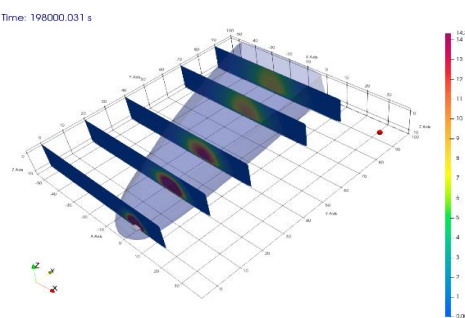


(a)

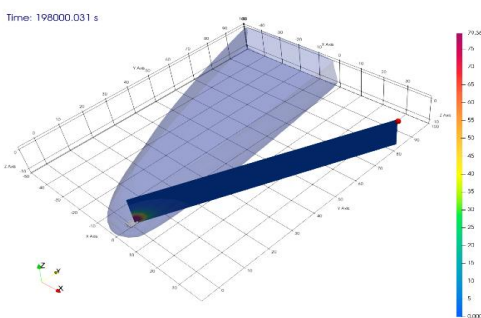


(b)

圖 3-163、第一批含氫廢水分析案例 8 月 24 日 16:00 之含氫廢水濃度分布剖面(a)與排放口至監測點濃度剖面(b)計算結果



(a)



(b)

圖 3-164、第一批含氫廢水分析案例 8 月 26 日 07:00 之含氫廢水濃度分布剖面(a)與排放口至監測點濃度剖面(b)計算結果

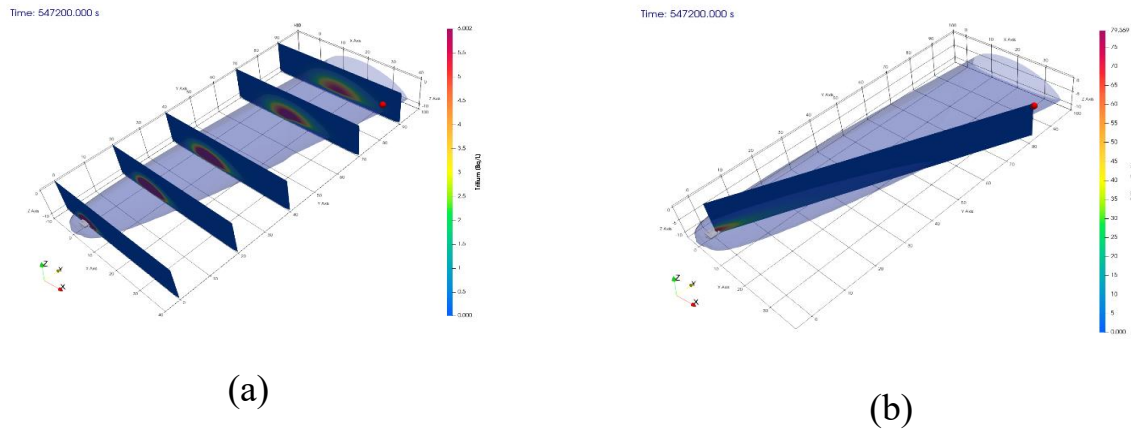


圖 3-165、第一批含氡廢水分析案例 8 月 30 日 08:00 之含氡廢水濃度分布剖面  
(a)與排放口至監測點濃度剖面(b)計算結果

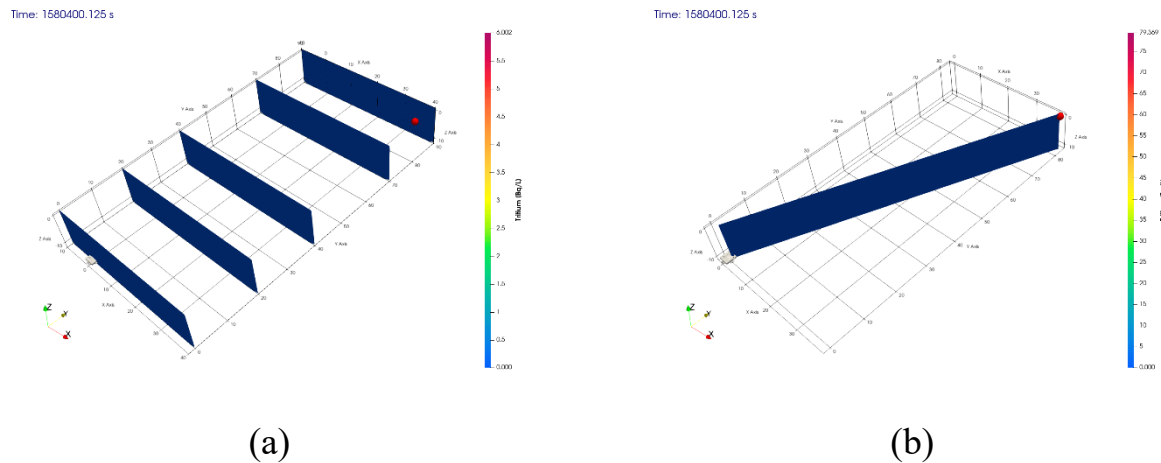
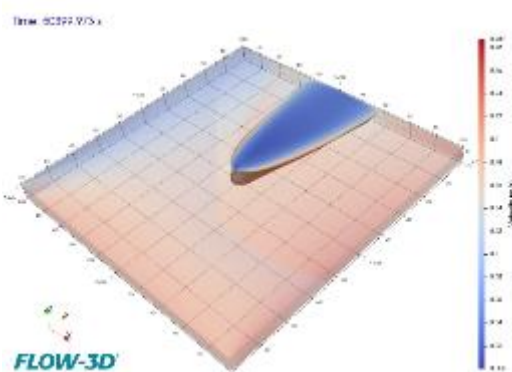


圖 3-166、第一批含氡廢水分析案例 9 月 11 日 07:00 之含氡廢水濃度分布剖面  
(a)與排放口至監測點濃度剖面(b)計算結果

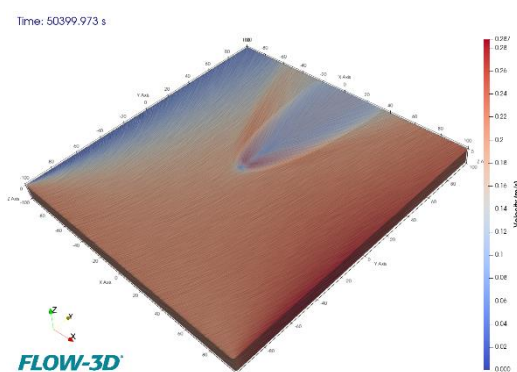
第二批含氡廢水排放案例在不同時刻的含氡廢水濃度等值面以及洋流速度場分析結果分別如 3-167 至圖 3-170 所示，其中含氡廢水濃度等值面同樣為 0.356 Bq/L，首先與第一批含氡廢水案例分析結果比較後可以發現，當洋流之流速變小後，此時從排放口排出之含氡廢水將能夠傳輸至自由液面處，因此第二批含氡廢水排放案例之含氡廢水分布狀態與第一批分析案例間存在顯著差異。其中 10 月 5 日 14:00 和 10 月 9 日 7:00 之含氡廢水濃度分布計算結果類似，其濃度等值面皆呈現底部窄上面寬的船體形狀分布，且都是幾乎朝正北方向流動，在計算域邊

界處的寬度則介於 60 m 至 65 m 之間，這也反應出了流速較小的洋流特性，因為含氫廢水在邊界處的寬度大小與洋流流速成反比關係，另外速度場的分析結果則存在一些差異，這主要是洋流邊界條件的不同所導致，但基本上沒有對含氫廢水分布的計算結果造成顯著影響；另外從 10 月 16 日 8:00 的計算結果中可以發現，當洋流流速驟降時，大部分的含氫廢水將滯留在排放口附近，但其傳輸行為仍由對流作用主導，當洋流狀態改變時，含氫廢水濃度等值面將隨之變動；最後 10 月 23 日 7:00 的計算結果與第一批分析案例在 9 月 11 日 7:00 相同，排放水之氫濃度為 0，因此計算域內並無含氫廢水存在。

圖 3-171 至圖 3-174 則分別是第二批含氫廢水分析案例在不同時間下的含氫廢水濃度剖面與監測點關係圖，觀察 10 月 5 日、9 日以及 16 日之計算結果可以得到相同的結論，分析區域內的流場是邊界條件與排放水共同作用下的結果，不論洋流如何變化，含氫廢水濃度主要是由洋流的對流效應所主導，另外從 10 月 5 日以及 10 月 9 日的監測點與濃度關係可以看到，監測點位置皆在含氫廢水濃度等值面邊緣處，但 10 月 5 日更為靠近，因此案例分析所得之含氫廢水濃度計算結果與取樣結果間的差異較小，分別是 6.1907 Bq/L、5.2 Bq/L 以及 1.2838 Bq/L、12 Bq/L，而 10 月 16 日時監測點則在濃度等值面內部，故含氫廢水濃度之解算結果較高，為 10.6188 Bq/L，而取樣結果則為 14 Bq/L，最後在 10 月 23 日由於計算域內不存在含氫廢水，因此解算結果為 0 Bq/L，取樣結果則為 0.71 Bq/L。



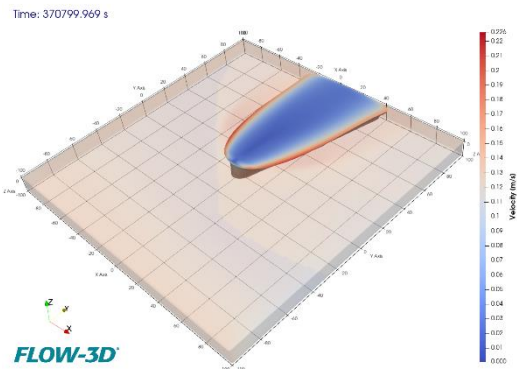
(a)



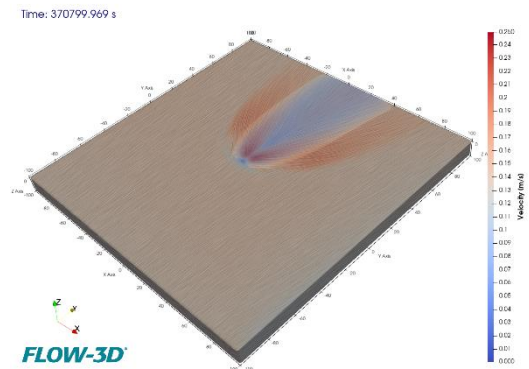
(b)

圖 3-167、第二批含氫廢水分析案例 10 月 5 日 14:00 之含氫廢水分布(a)與速度場(b)計算結果



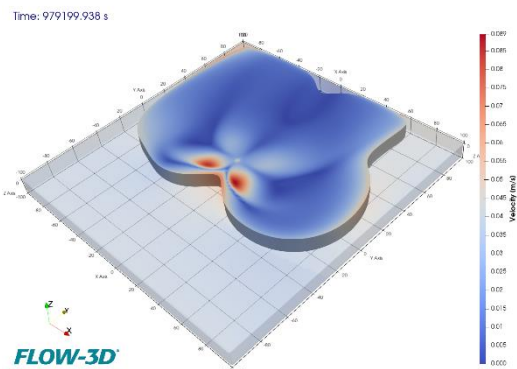


(a)

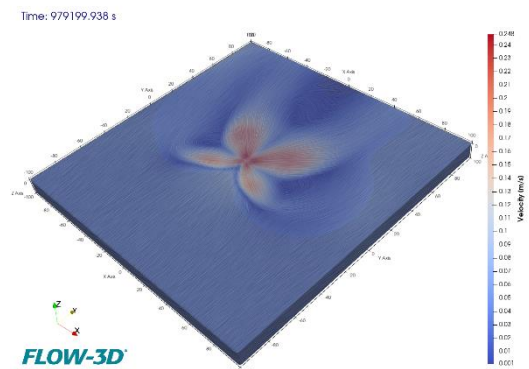


(b)

圖 3-168、第二批含氙廢水分析案例 10 月 9 日 07:00 之含氙廢水分布(a)與速度場(b)計算結果

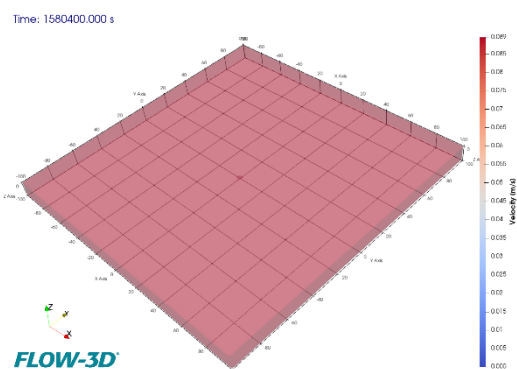


(a)



(b)

圖 3-169、第二批含氙廢水分析案例 10 月 16 日 08:00 之含氙廢水分布(a)與速度場(b)計算結果



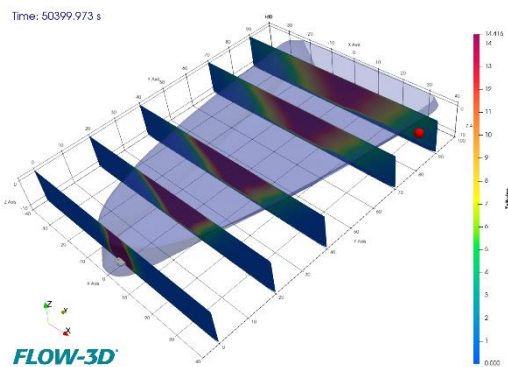
(a)



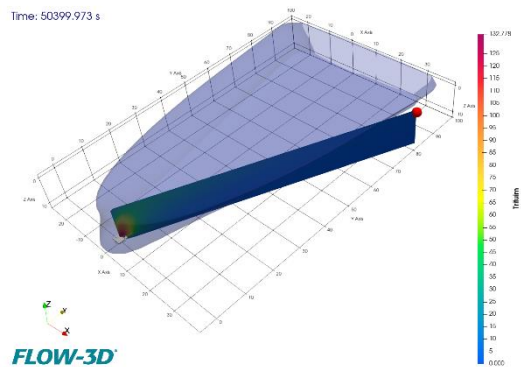
(b)

圖 3-170、第二批含氙廢水分析案例 10 月 23 日 07:00 之含氙廢水分布(a)與速度場(b)計算結果



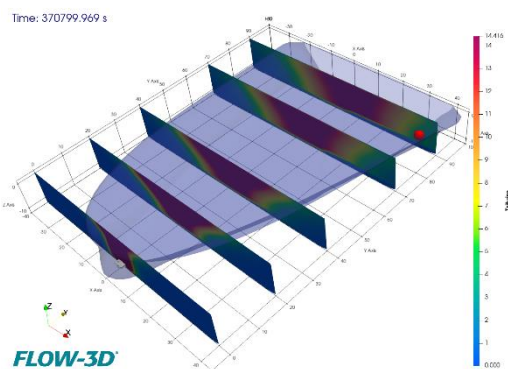


(a)

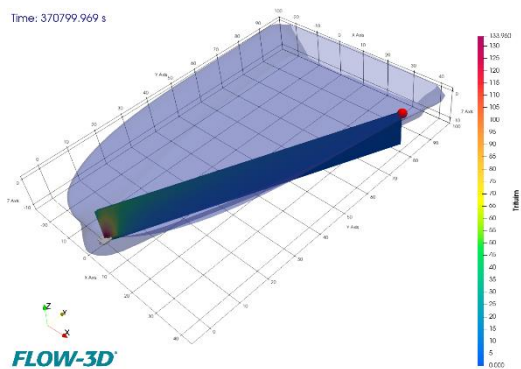


(b)

圖 3-171、第二批含氚廢水分析案例 10 月 5 日 14:00 之含氚廢水濃度分布剖面 (a)與排放口至監測點濃度剖面(b)計算結果

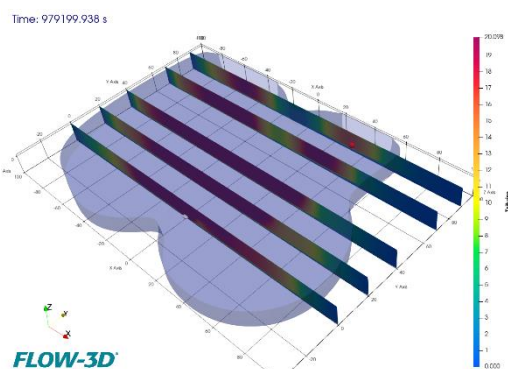


(a)

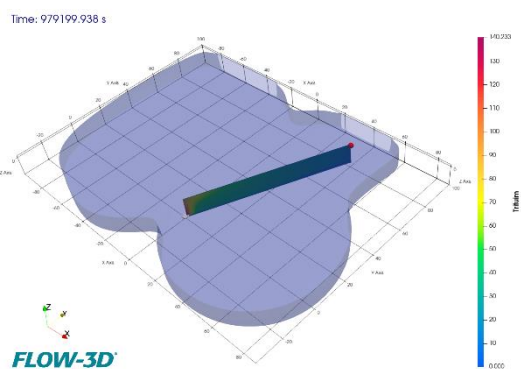


(b)

圖 3-172、第二批含氚廢水分析案例 10 月 9 日 07:00 之含氚廢水濃度分布剖面 (a)與排放口至監測點濃度剖面(b)計算結果



(a)



(b)

圖 3-173、第二批含氚廢水分析案例 10 月 16 日 08:00 之含氚廢水濃度分布剖面 (a)與排放口至監測點濃度剖面(b)計算結果

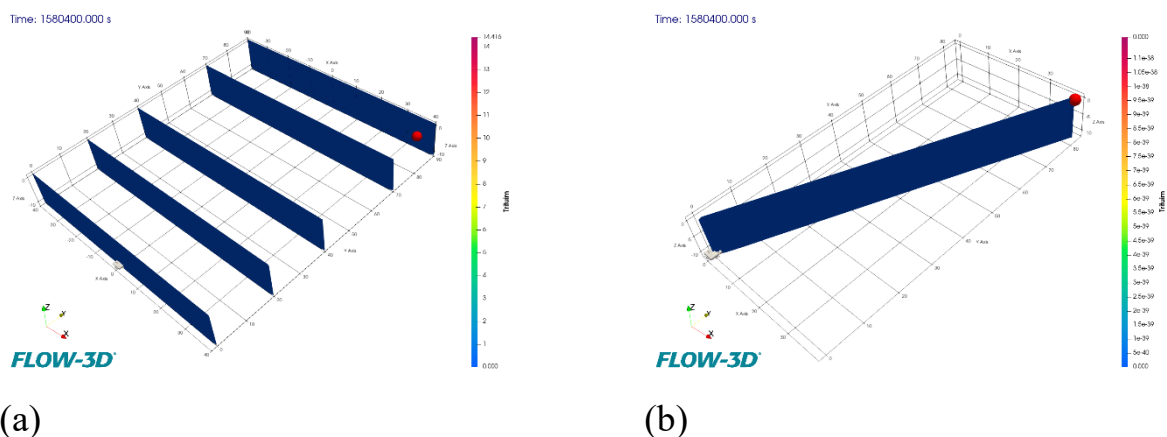


圖 3-174、第二批含氙廢水分析案例 10 月 23 日 07:00 之含氙廢水濃度分布剖面(a)與排放口至監測點濃度剖面(b)計算結果

最後第三批含氙廢水排放案例之含氙廢水濃度等值面分布與洋流速度場分布分別如圖 1-175 至圖 3-178 所示，根據計算結果顯示，11 月 2 日 14:00 計算域內之平均洋流流速約為 0.15 m/s，此時含氙廢水濃度等值面朝北微西方向流動，且呈現底部較窄而自由液面處較寬之分布型態，而在計算域邊界處之寬度則介於 65 m 至 80 m 之間，另外由於此時的洋流動能相對其它時刻(例如 11 月 6 日 7:00)而言較小，因此自排放口排出之含氙廢水動能足夠使其發展到自由液面處，故此時才能夠從速度場計算結果觀察到該區域之流速與其他區域之差異；但是當洋流流速增加後，自排放口排出之含氙廢水濃度等值面分布將受到限制，如圖所示，此時計算域內之平均洋流流速約為 4 m/s 左右，在較大的洋流動能影響下，含氙廢水無法發展至自由液面附近，僅能沿著海床附近流動，且此時濃度等值面呈現流線型分布，在離開計算域邊界處之寬度約為 1 m 上下，同時在強勁的洋流作用下，從自由液面的速度場計算結果無法觀察到含氙廢水速度場之分布位置，同樣是因為含氙廢水並未傳輸至海平面所致；隨著洋流不斷地變化，含氙廢水濃度等值面不論其流動方向或在垂直方向上的分布亦隨之改變，根據圖 在 11 月 13 日 7:00 的分析結果顯示，含氙廢水朝南微西方向流動，且此時平均洋流流速約為 0.28 m/s，介於 11 月 2 日的 0.15 m/s 以及 11 月 6 日的 4 m/s 之間，因此此時含氙廢水濃度等值面之外型同樣介於兩者之間，從水平面觀察可以發現其

厚度大於 11 月 6 日 7:00，且小於 11 月 2 日 14:00 之分析結果，在計算域邊界處之寬度約 20 m，另外此時洋流動能大於 11 月 2 日 14:00 的流況，故從排放口排出之含氫廢水動能相對而言較低，排放的含氫廢水較不易傳輸到海平面附近，導致其濃度等值面呈現下寬上窄的分布型態，但含氫廢水仍然傳輸至自由液面，因此從海平面的速度場計算結果同樣可以觀察到該處的速度場與洋流速度場之差異；最後在 11 月 20 日 7:00 由於並未排放含氫廢水，因此計算結果顯示此時不存在含氫廢水，如圖 3-178 所示。

含氫廢水濃度分布係洋流與含氫廢水排放動能交互作用下的結果，分析結果顯示，在交互作用後的洋流流況主導了含氫廢水整體分布型態，而因濃度梯度引起的擴散作用則需透過更多案例測試才能確認其對分析結果的影響程度，但本研究採用固定擴散係數進行案例分析，根據目前之參數計算所得不同時刻下之含氫廢水濃度分布與監測點位置關係分別繪於圖 3-179 至圖 3-182，可以看出各時刻下的含氫廢水濃度等值面邊緣皆與監測點有一定的距離，因此計算結果顯示這些時間點的監測點位置之含氫廢水濃度分析結果趨近於零，其中 11 月 2 日、11 月 6 日以及 11 月 13 日之分析結果分別為  $4.57\text{e-}05$  Bq/L、0 Bq/L 以及 0 Bq/L，另外由於 11 月 20 日未排放含氫廢水，故計算結果為 0 Bq/L。

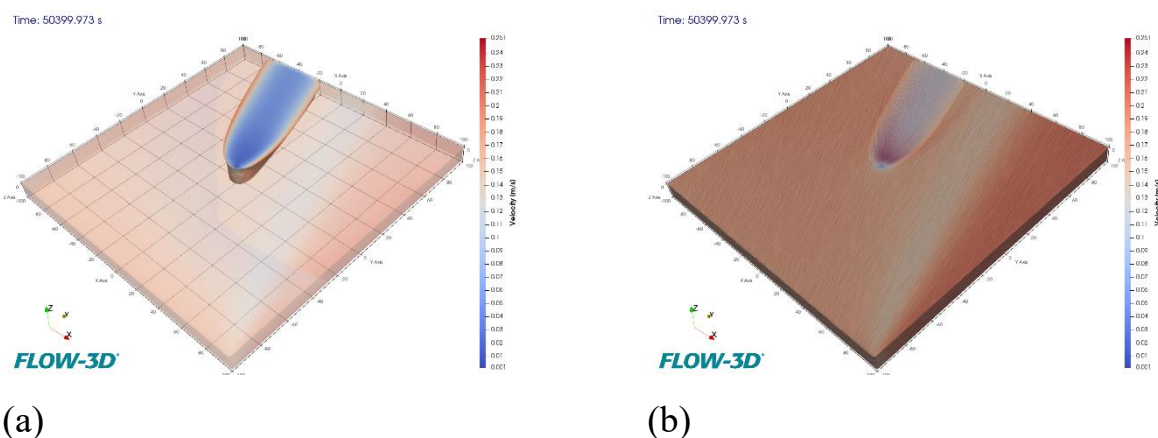
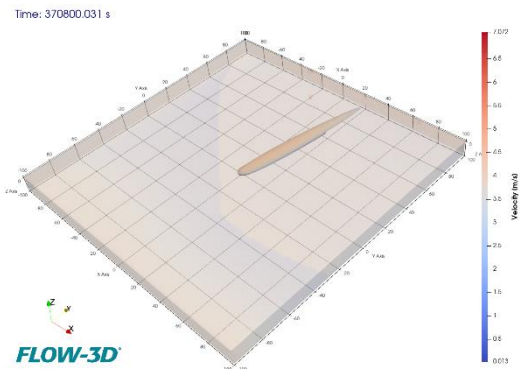


圖 3-175、第三批含氫廢水分析案例 11 月 2 日 14:00 之含氫廢水分布(a)與速度場(b)計算結果

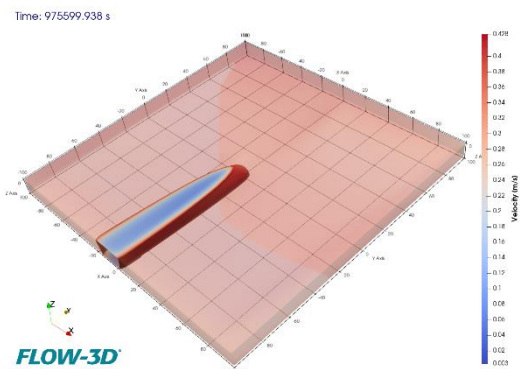


(a)



(b)

圖 3-176、第三批含氙廢水分析案例 11 月 6 日 07:00 之含氙廢水分布(a)與速度場(b)計算結果

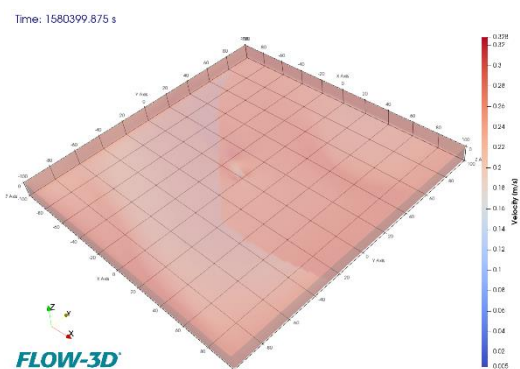


(a)

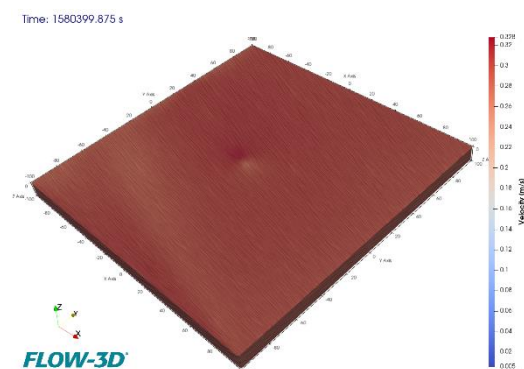


(b)

圖 3-177、第三批含氙廢水分析案例 11 月 13 日 07:00 之含氙廢水分布(a)與速度場(b)計算結果



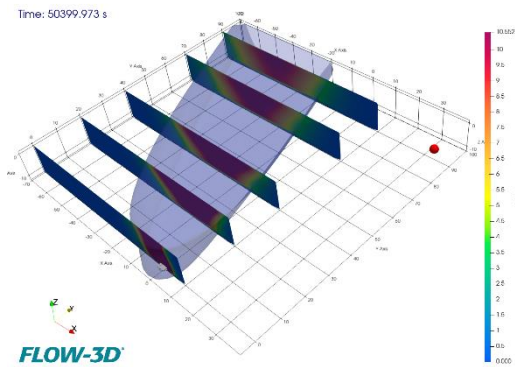
(a)



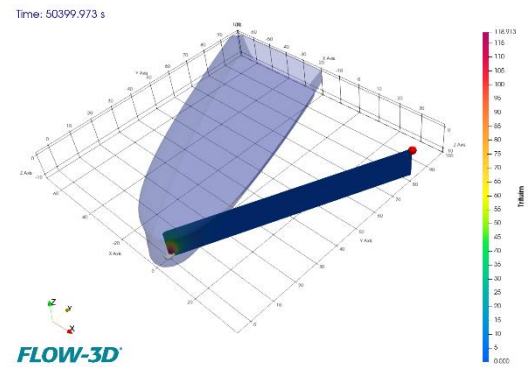
(b)

圖 3-178、第三批含氙廢水分析案例 11 月 20 日 07:00 之含氙廢水分布(a)與速度場(b)計算結果



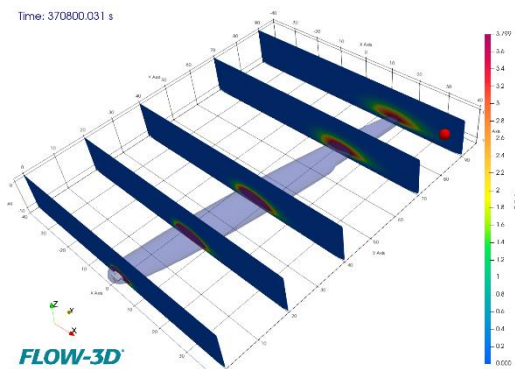


(a)

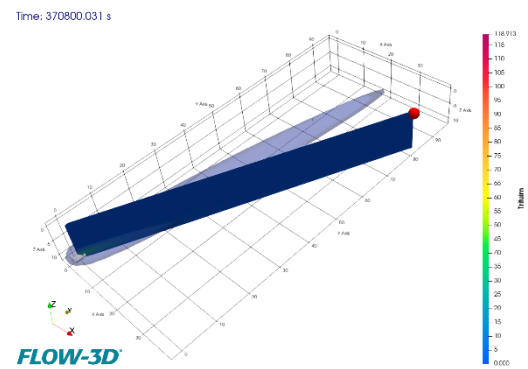


(b)

圖 3-179、第三批含氫廢水分析案例 11 月 2 日 14:00 之含氫廢水濃度分布剖面 (a)與排放口至監測點濃度剖面(b)計算結果

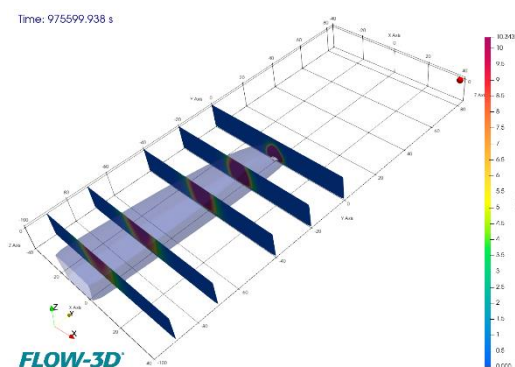


(a)

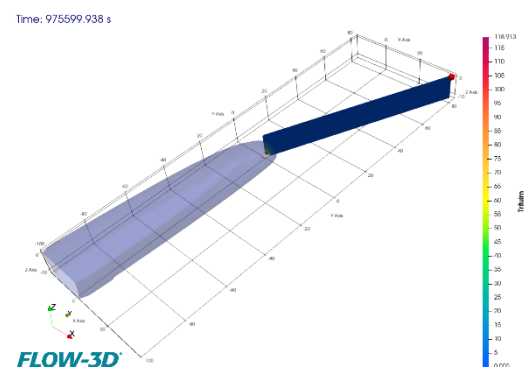


(b)

圖 3-180、第三批含氫廢水分析案例 11 月 6 日 07:00 之含氫廢水濃度分布剖面 (a)與排放口至監測點濃度剖面(b)計算結果

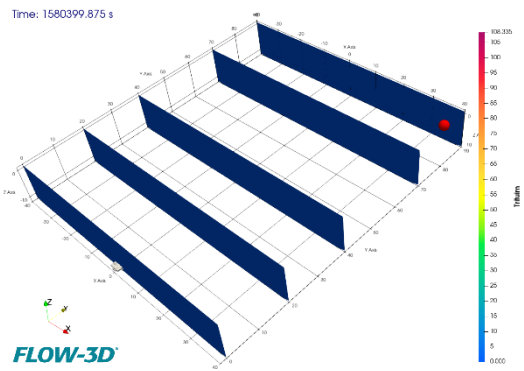


(a)

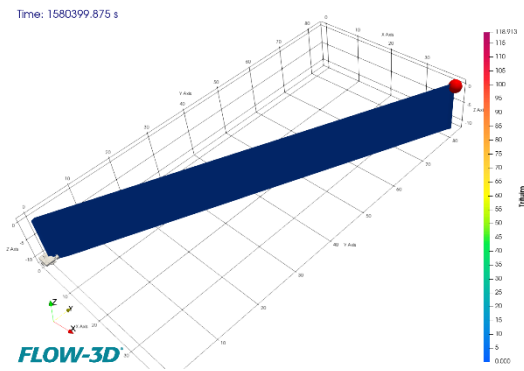


(b)

圖 3-181、第三批含氫廢水分析案例 11 月 13 日 07:00 之含氫廢水濃度分布剖面 (a)與排放口至監測點濃度剖面(b)計算結果



(a)



(b)

圖 3-182、第三批含氚廢水分析案例 11 月 20 日 07:00 之含氚廢水濃度分布剖面(a)與排放口至監測點濃度剖面(b)計算結果

含氚廢水在時間、空間中的分布是由流速、渦度、邊界層厚度以及紊流強度等因素共同作用下所得到的結果，基本上無法透過單一物理量來完全解釋其分布的成因，尤其是在三維系統中，除了水平方向上的傳輸之外，垂直方向的對流以及擴散效果亦將影響含氚廢水的分布狀態，但綜觀本研究之計算結果可以發現，從排放口排出之含氚廢水與海水交互作用下的對流結果主導了含氚廢水濃度的分布狀態，而分子擴散以及紊流擴散作用之影響則次之。

圖 3-183 至圖 3-186 為監測點 T-0-1A 位置在 ALPS 廢水排放期間，不同深度下的速度場、渦度場、紊流強度以及含氚廢水濃度之關係，其中圖 3-187 至圖 3-190 為第一批次排放，而圖 3-191 至圖 3-194 以及圖 3-195 至圖 3-198 則分別為第二批和第三批次之排放。從速度場分析結果可以發現洋流隨時間不斷變化，此外相較於水平面內的流動( $u, v$  方向)，垂直方向( $w$  方向)的流動速度非常小，此結果表明在為節省計算機資源的前提下，使用淺水波方程式便足以合理的描述洋流行為，另外觀察不同深度下的速度場則可發現，整體而言邊界層厚度約為 3 m 左右，但由於流場不斷變化，因此在某些時刻下的速度場並非呈現指數型態之分布。渦度表現了流場的轉動特性，與各方向速度場之變化有直接關係，根據各批次的分析結果顯示在不同時刻下的洋流大致上呈現南-北方向的流動，因此繞東-西軸( $u$  方向)之渦度計算結果較大，另外比較圖 3-106 至圖 3-

109 可以知道隨著速度場在垂直方向的變化越趨劇烈，進而導致不對稱流場的發展，最後使得流體開始產生渦旋，因此一般而言在邊界層厚度範圍內有較大的渦度之外，自由液面處亦可能出現較大的渦流區域。另外在紊流強度較高之區域，由於流場擾動程度較為劇烈，因此容易使得含氫廢水與此區域內之海水混合，相反地，在低紊流強度區域內由於擾動較不明顯，流場相對穩定，故該區域之含氫廢水較不易與海水混合，同時觀察各批次計算結果可以發現若該位置存在含氫廢水，則含氫廢水濃度基本上將與紊流強度成正相關，因此，若能夠根據經驗快速判別分析範圍內紊流強度較高之區域，則可以在排放前初步了解含氫廢水濃度之分布狀態，亦可作為環境監測工作之監測點設置參考。



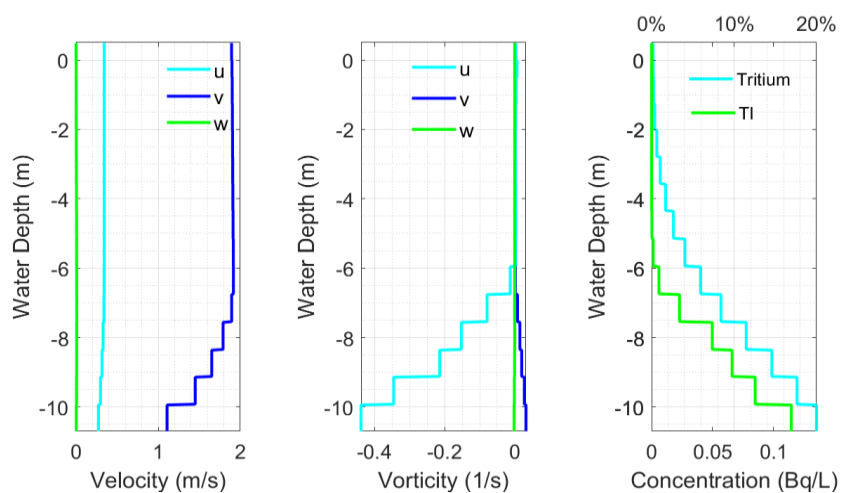


圖 3-183、監測點 T-0-1A 之分析結果(112 年 8 月 24 日 16:00)

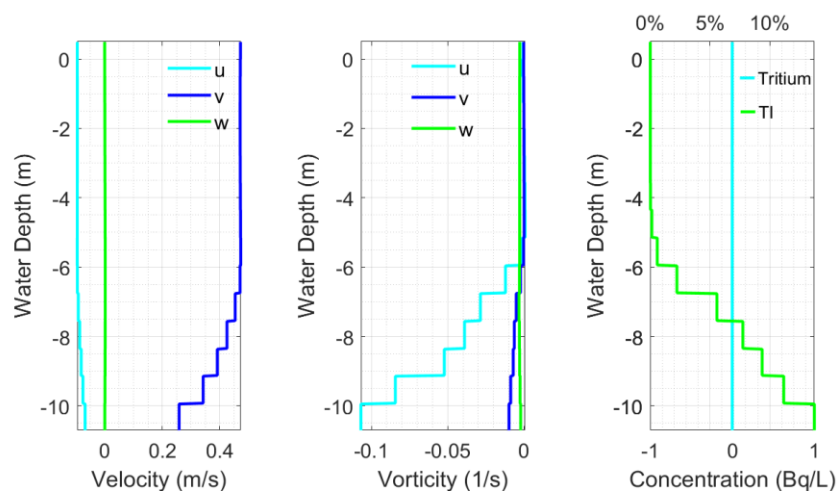


圖 3-184、監測點 T-0-1A 之分析結果(112 年 8 月 26 日 07:00)

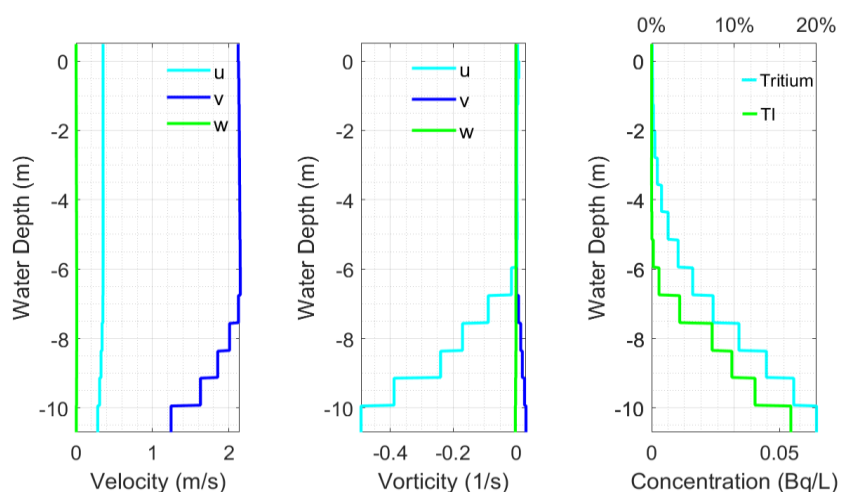


圖 3-185、監測點 T-0-1A 之分析結果(112 年 8 月 30 日 08:00)

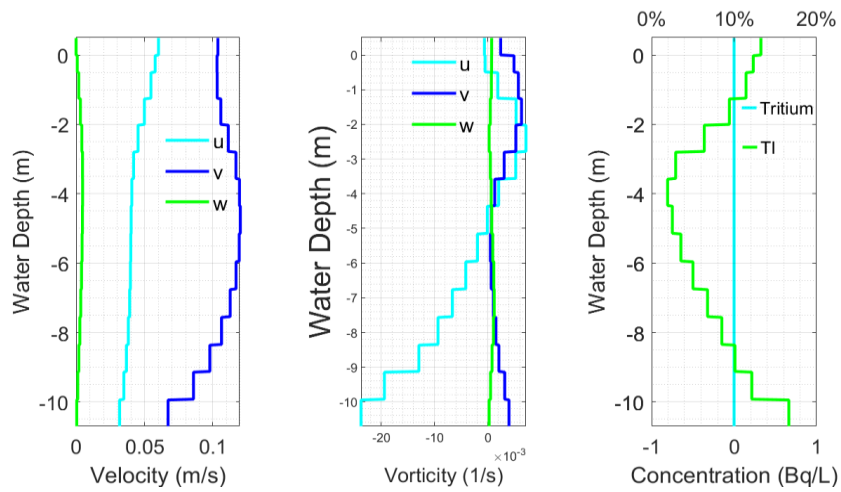


圖 3-186、監測點 T-0-1A 之分析結果(112 年 9 月 11 日 07:00)

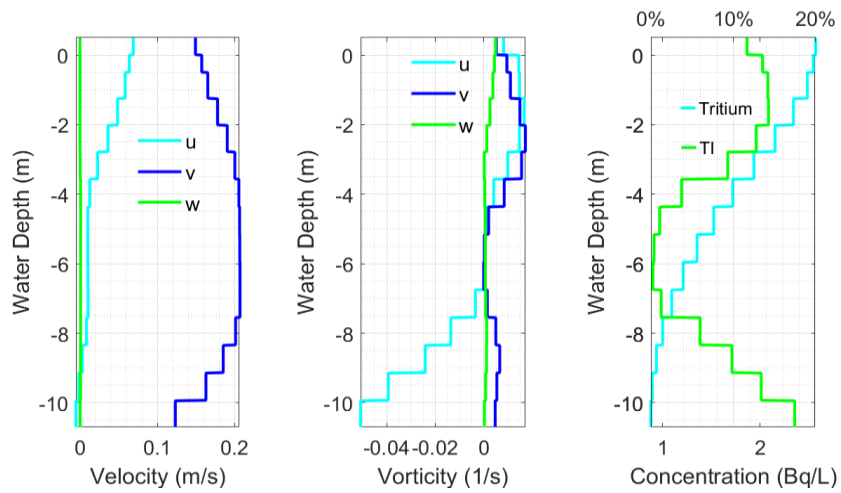


圖 3-187、監測點 T-0-1A 之分析結果(112 年 10 月 5 日 14:00)

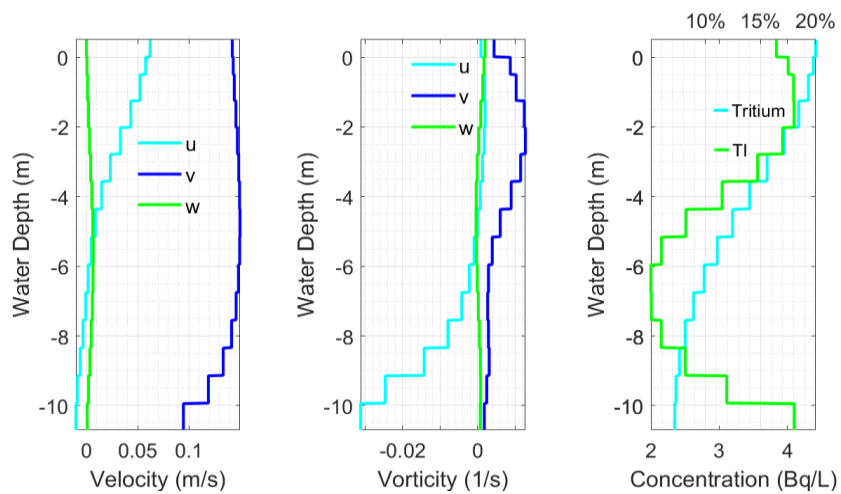


圖 3-188、監測點 T-0-1A 之分析結果(112 年 10 月 9 日 07:00)

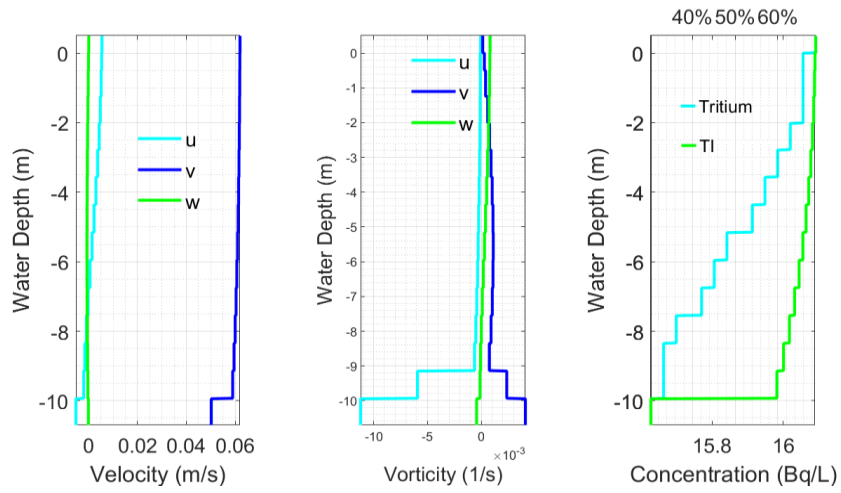


圖 3-189、監測點 T-0-1A 之分析結果(112 年 10 月 16 日 08:00)

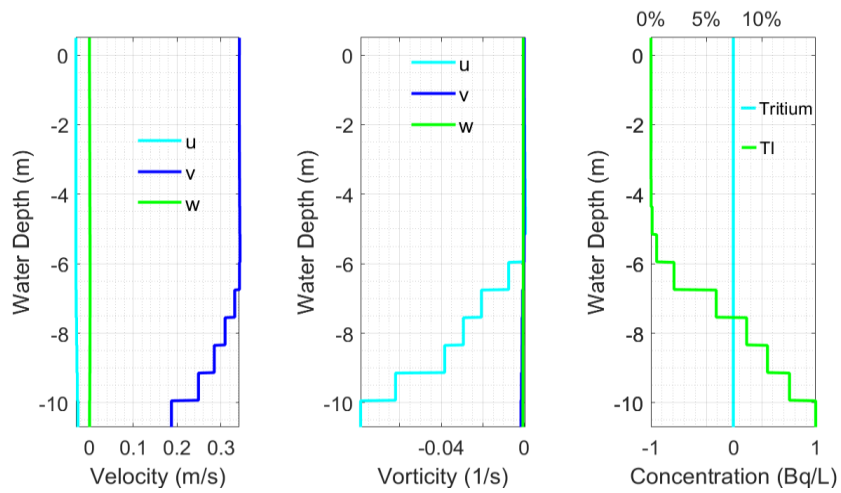


圖 3-190、監測點 T-0-1A 之分析結果(112 年 10 月 23 日 07:00)

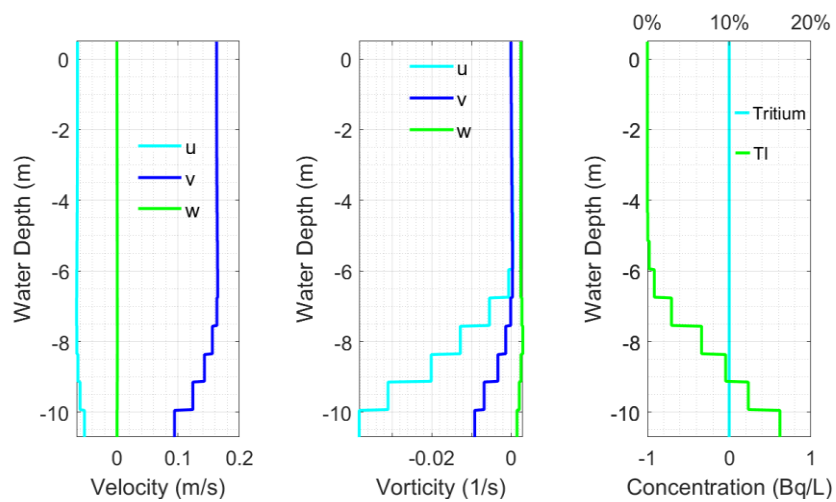


圖 3-191、監測點 T-0-1A 之分析結果(112 年 11 月 2 日 14:00)

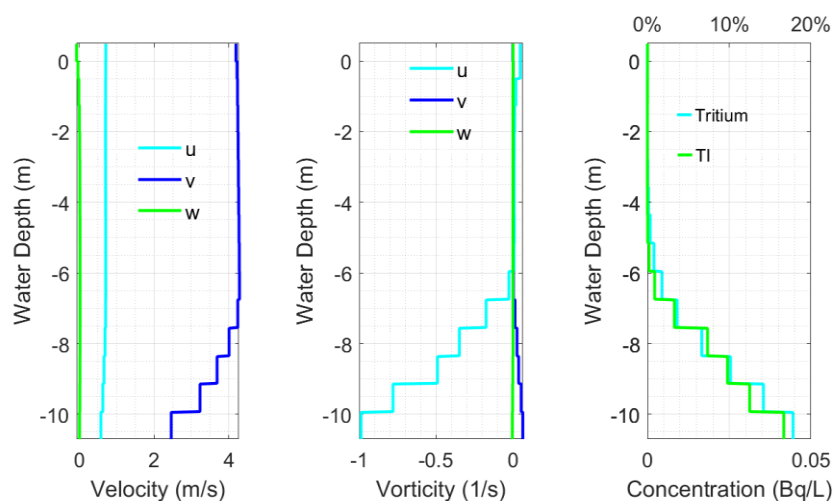


圖 3-192、監測點 T-0-1A 之分析結果(112 年 11 月 6 日 07:00)

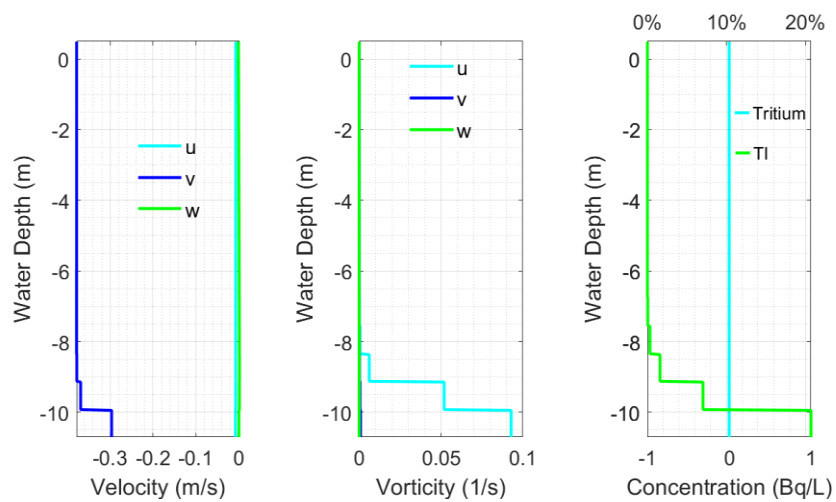


圖 3-193、監測點 T-0-1A 之分析結果(112 年 11 月 13 日 07:00)

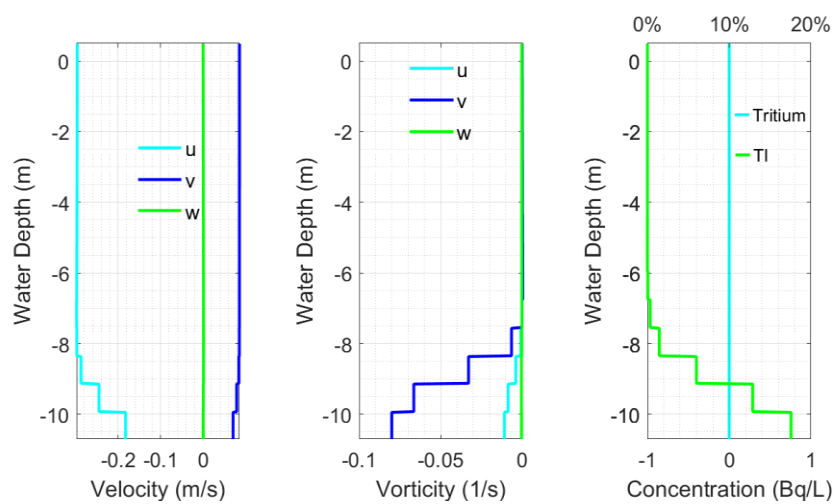


圖 3-194、監測點 T-0-1A 之分析結果(112 年 11 月 20 日 07:00)

## 子項計畫四：海洋輻射沿岸生態系核污染採樣調查

### 【子項計畫四/研究計畫一：海洋輻射沿岸生態系核污染採樣調查】

本（113）年度計畫延續去（112）年應對計畫，針對臺灣海域沿岸生態系代表性生物物種採樣調查，並於日本 112 年 8 月 24 日進行含氚廢水排放後，持續透過海洋輻射沿岸生態系輻射影響採樣調查，並持續對臺灣東北部（石門、龍洞、宜蘭大溪）、東部（花蓮）、東南部（臺東成功）以及西南部（屏東東港）海域各代表性物種持續進行海域生物體輻射監測。針對前述六個點位海域生物進行調查採樣與監測比對，確認我國沿岸生態是否受日本福島含氚廢水的入侵影響及其對海域生態系的衝擊，導致對環境生態甚至對國人健康的影響。

本計畫除了於生態系，包含東北部岸際：石門（藻礁）、龍洞（岩礁）及花蓮（礫石、沙灘）；東部沿岸：宜蘭大溪、臺東成功及西南部沿岸：屏東東港（食物鏈傳遞），進行調查採樣後將物種樣品交由國原院進行分析檢驗外，對於食物鏈生態系的漁港樣本，進行食性位階查詢，再藉由各樣本的食性位階資料，推估輻射物質於臺灣沿岸生態系中可能的流佈狀態。

本計畫的調查採樣方式如下：

1. 於臺灣東北部（石門、龍洞及宜蘭大溪）沿岸海域、東部（花蓮）沿岸海域、東南部（臺東成功）沿岸海域及西南部（屏東東港）沿岸海域（如圖 4-1），分別進行潮間帶生態系與漁港食物鏈生態系採集，並依各區生態系特性，採取相對應之季節具代表性物種，前述 3 個生態系之樣點，針對藻類採取 2 種各 1 公斤，甲殼類、軟體動物及魚類分別採集 2 種各 300 公克；對於 3 個漁港食物鏈生態系則分別採集 2 種小型魚類與 2 種中型魚類各 2 公斤樣本，交由國原院進行分析檢驗。
2. 於臺灣東北部（石門、龍洞及宜蘭大溪）沿岸海域、東部（花蓮）沿岸海域、東南部（臺東成功）沿岸海域及西南部（屏東東港）沿岸海域（如圖 4-1），分別進行潮間帶生態系與漁港食物鏈生態系採集，並依

各區生態系特性，採取相對應之季節具代表性物種，前述 3 個生態系之樣點，針對藻類採取 2 種各 1 公斤，甲殼類、軟體動物及魚類分別採集 2 種各 300 公克；對於 3 個漁港食物鏈生態系則分別採集 2 種小型魚類與 2 種中型魚類各 2 公斤樣本，交由國原院進行分析檢驗。

3. 本計畫自 113 年第 1 季（01~03 月）開始，經 113 年第 2 季（04~06 月）至 113 年第 3 季（07~09 月）為止，國海院已完成 3 季次臺灣沿近岸生態系生物樣本採樣工作，完成 3 處漁港及 3 處沿近岸生物採集。本次採集漁港魚類（以非經濟性為主）小型計 24 公斤、中型計 24 公斤及生態系生物，藻類計 12 公斤、甲殼類計 3.6 公斤、軟體動物計 3.6 公斤、魚類 3.6 公斤，交由國原院進行分析。
4. 本(113)年度生態系樣本採樣共計 96 組樣本(3 個樣點\*4 類\*2 種 \*4 季)；漁港樣本共計 48 組樣本（3 個樣點\*2 類\*2 種 \*4 季），詳如表 4-1、表 4-2 及樣本採樣紀錄，結果目前並未發現輻射異常。另本計畫將歷年來生物樣本銻-137 檢測結果與其食性位階進行作圖，結果如圖 4-2 顯示銻-137 的測值高低與生物物種之食性位階尚無明確之關聯性；生物樣本氡的檢測結果與其食性位階進行作圖，其結果如圖 4-3，生物樣本的氡測值與物種食性位階亦未發現其關聯性，推測其原因可能為日本含氡廢水自 112 年 8 月開始排放至今，尚未影響臺灣沿岸之生態系，未來將持續進行相關調查監測，以確保我國沿近岸生態系之永續及民眾的安全。



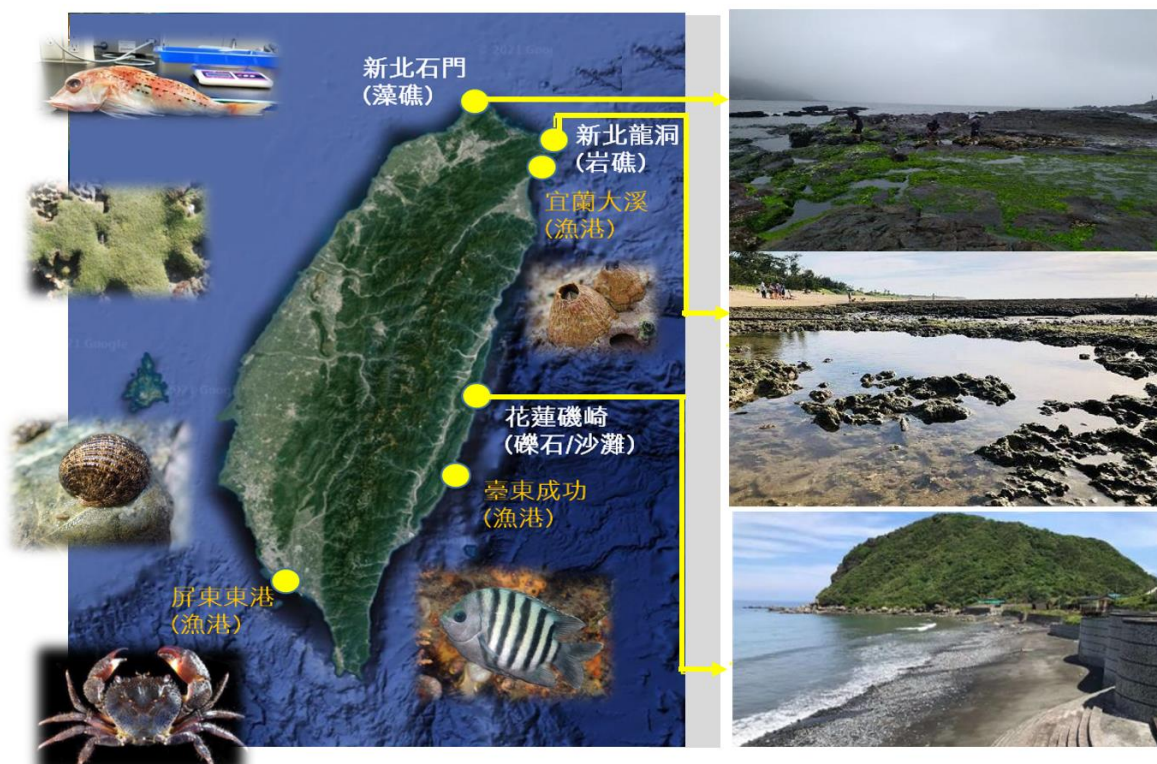


圖 4-1. 臺灣沿近岸生態系生物樣本採集站點

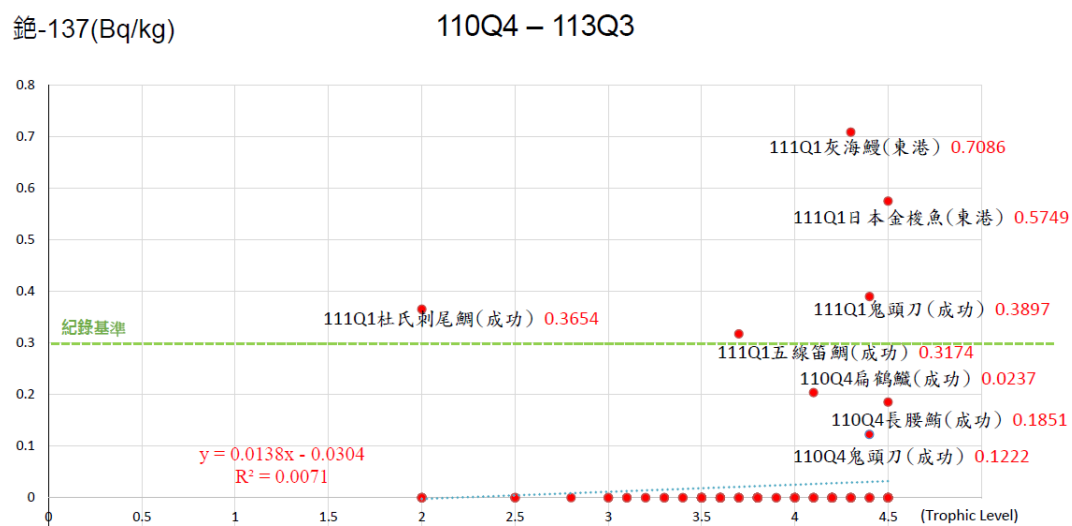


圖 4-2. 銻-137 分析結果與食性位階關聯性

有機結合氚氣活度(Bq/kg)

110Q4 – 113Q3

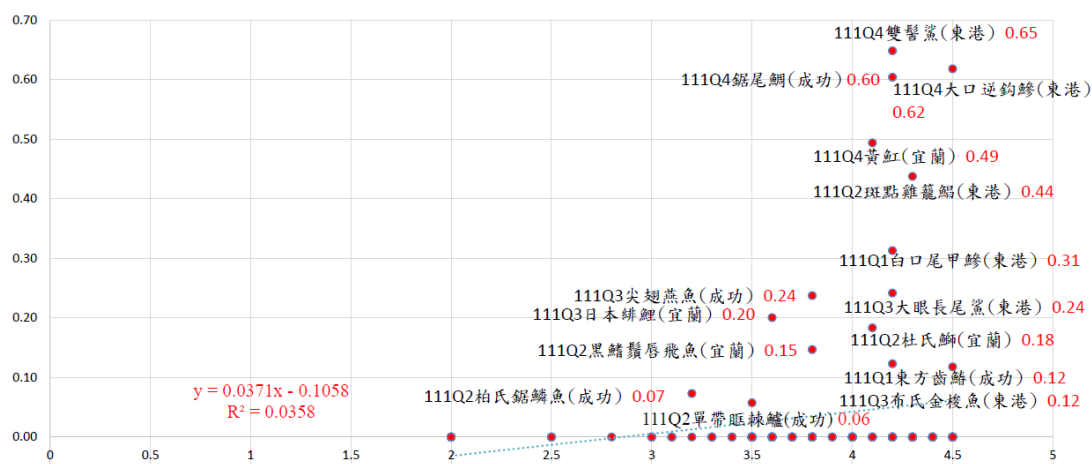


圖 4-3. 氚分析結果與食性位階關聯性

表 4-1. 臺灣沿近岸生態系生物採樣及分析結果

|                |             | 石門                            | 龍洞                      | 磯崎                      | 大溪        | 成功        | 東港        |
|----------------|-------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 113 年<br>第 1 季 | 採樣日期        | 113.03.06                     | 113.02.29               | 113.03.27               | 113.01.26 | 113.01.23 | 113.02.02 |
|                | 採樣數量        | 8                             | 8                       | 8                       | 4         | 4         | 4         |
|                | 送樣日期        | 113.03.28                     |                         |                         |           |           |           |
|                | 銫-137       | <MDA (0.09~0.29 Bq/kg) (均未超標) |                         |                         |           |           |           |
|                | 銫-134       | <MDA (0.07~0.24 Bq/kg) (無異常)  |                         |                         |           |           |           |
|                | 生物氚<br>TFWT | <MDA (0.28~0.32 Bq/kg) (無異常)  |                         |                         |           |           |           |
| 113 年<br>第 2 季 | 採樣日期        | 113.05.20~<br>113.06.11       | 113.05.20~<br>113.06.11 | 113.05.20~<br>113.06.18 | 113.07.30 | 113.07.16 | 113.05.17 |
|                | 採樣數量        | 8                             | 8                       | 8                       | 4         | 4         | 4         |
|                | 送樣日期        | 113.07.02                     |                         |                         |           |           |           |
|                | 銫-137       | <MDA(0.09~0.29 Bq/kg) (均未超標)  |                         |                         |           |           |           |
|                | 銫-134       | <MDA(0.08~0.27 Bq/kg) (無異常)   |                         |                         |           |           |           |
|                | 生物氚         | <MDA(0.10~0.44 Bq/kg) (無異常)   |                         |                         |           |           |           |
| 113 年<br>第 3 季 | 採樣日期        | 113.07.19                     | 113.07.19               | 113.08.06               | 113.05.20 | 113.04.16 | 113.08.01 |
|                | 採樣數量        | 8                             | 8                       | 8                       | 4         | 4         | 4         |
|                | 送樣日期        | 113.09.11                     |                         |                         |           |           |           |
|                | 銫-137       | <MDA (0.09~0.29 Bq/kg) (均未超標) |                         |                         |           |           |           |

|                |       |                              |           |           |           |           |           |
|----------------|-------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                | 銫-134 | <MDA (0.07~0.29 Bq/kg) (無異常) |           |           |           |           |           |
|                | 生物氫   | <MDA (0.06~0.38 Bq/kg) (無異常) |           |           |           |           |           |
| 113 年<br>第 4 季 | 採樣日期  | 113.10.18                    | 113.10.18 | 113.10.14 | 113.10.01 | 113.11.13 | 113.10.18 |
|                | 採樣數量  | 8                            | 8         | 8         | 4         | 4         | 4         |
|                | 送樣日期  | 113.11.08                    |           |           |           |           |           |
|                | 銫-137 | <MDA (均未超標)                  |           |           |           |           |           |
|                | 銫-134 | <MDA (無異常)                   |           |           |           |           |           |
|                | 生物氫   | <MDA (無異常)                   |           |           |           |           |           |

\*MDA 為試樣之放射性分析及能譜分析，最小可測量值 (Minimum Detectable Amount, MDA)，括弧內之數值代表該季所有生物樣本之 MDA 值包含之範圍。

\*生物氫包含組織自由水氫和有機鍵結氫。

\*目前我國尚無生物氫容許量標準，本計畫為進行生物氫含量背景基線調查研究，檢測結果係與先前蒐集背景基線數據進行比較，以判斷是否有無異常。

\*依據核安會「環境試樣放射性分析之預警措施基準」農漁產品之銫-137 之紀錄基準為 0.3 Bq/kg，調查基準為 74 Bq/kg。

表 4-2. 生態系食物鏈生物樣本食性位階查詢結果

| 113 年第一季                     |                                |                                               |                                                                                    |                                     |
|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 屏東東港                         |                                |                                               |                                                                                    |                                     |
| 名稱                           | 雙髻鯊                            | 黃鰭鮪                                           | 日本竹莢魚                                                                              | 印度側帶小公魚                             |
| 學名                           | <u><i>Sphyrna mokarran</i></u> | <u><i>Thunnus albacares</i></u>               | <u><i>Trachurus japonicus</i></u>                                                  | <u><i>Stolephorus indicus</i></u>   |
| 食性位階<br>Diet (Trophic Level) | nekton (4.3)                   | zooplankton (3.7、3.8)<br>nekton (4.2、4.4、4.5) |                                                                                    | zooplankton (3.1、3.4、3.6)           |
| Food items                   |                                |                                               | zooplankton<br>other plank.<br>invertebrates<br>n.a./other plank.<br>invertebrates |                                     |
| 台東成功                         |                                |                                               |                                                                                    |                                     |
| 名稱                           | 東方齒鰱                           | 青嘴龍占魚                                         | 南海帶魚                                                                               | 杜氏刺尾鯛                               |
| 學名                           | <u><i>Sarda orientalis</i></u> | <u><i>Lethrinus nebulosus</i></u>             | <u><i>Trichiurus nanhaiensis</i></u>                                               | <u><i>Acanthurus dussumieri</i></u> |
| 食性位階<br>Diet (Trophic Level) |                                | zoobenthos (3.5、3.6)<br>nekton (4.4)          |                                                                                    | plants (2.0)                        |
| Food items                   | nekton<br>finfish<br>bony fish |                                               |                                                                                    |                                     |
| 宜蘭大溪                         |                                |                                               |                                                                                    |                                     |
| 名稱                           | 星貂鯊                            | 長腰鮪                                           | 黑角魚                                                                                | 日本金梭魚                               |
| 學名                           | <u><i>Mustelus manazo</i></u>  | <u><i>Thunnus tonggol</i></u>                 | <u><i>Chelidonichthys spinosus</i></u>                                             | <u><i>Sphyrna japonica</i></u>      |
| 食性位階<br>Diet (Trophic Level) | zoobenthos (3.5~3.8)           | nekton (4.5)                                  | zoobenthos (3.9)                                                                   |                                     |
| Food items                   |                                |                                               |                                                                                    | nekton<br>finfish<br>bony fish      |

| 113 年第二季                     |                            |                                                              |                                                              |                                                                                 |
|------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 屏東東港                         |                            |                                                              |                                                              |                                                                                 |
| 名稱                           | 日本糯鰻                       | 斑條金梭魚                                                        | 尖棘角魚                                                         | 曳絲鑽嘴魚                                                                           |
| 學名                           | <u>Conger japonicus</u>    | <u>Sphyraena jello</u>                                       | <u>Pterygotrigla hemisticta</u>                              | <u>Gerres filamentosus</u>                                                      |
| 食性位階<br>Diet (Trophic Level) |                            | nekton (4.5)                                                 |                                                              | zoobenthos (3.3)                                                                |
| Food items                   | Nekton finfish bony fish   |                                                              | nekton finfish<br>n.a./other finfish                         |                                                                                 |
| 台東成功                         |                            |                                                              |                                                              |                                                                                 |
| 名稱                           | 鬼頭刀                        | 暗點胡椒鯛                                                        | 鱷型叉尾鶴鱗                                                       | 扁花鰹                                                                             |
| 學名                           | <u>Coryphaena hippurus</u> | <u>Plectorhinchus picus</u>                                  | <u>Tylosurus crocodilus crocodilus</u>                       | <u>Auxis thazard thazard</u>                                                    |
| 食性位階<br>Diet (Trophic Level) | nekton (4.4、4.5)           |                                                              | zoobenthos (3.6)<br>nekton (4.4、4.5)                         | nekton (4.2、4.3、4.5)                                                            |
| Food items                   |                            | zoobenthos<br>benth. crust.<br>n.a./other benth. crustaceans |                                                              |                                                                                 |
| 宜蘭大溪                         |                            |                                                              |                                                              |                                                                                 |
| 名稱                           | 虱目魚                        | 布氏金梭魚                                                        | 赤鯨                                                           | 黑鰭鬚唇飛魚                                                                          |
| 學名                           | <u>Chanos chanos</u>       | <u>Sphyraena putnamae</u>                                    | <u>Evynnis tumifrons</u>                                     | <u>Cheilopogon cyanopterus</u>                                                  |
| 食性位階<br>Diet (Trophic Level) | phytoplankton (2.0)        | nekton (4.5)                                                 |                                                              |                                                                                 |
| Food items                   |                            |                                                              | zoobenthos<br>benth. crust.<br>n.a./other benth. crustaceans | zooplankton<br>other plank.<br>invertebrates<br>n.a./other plank. invertebrates |
| 113 年第三季                     |                            |                                                              |                                                              |                                                                                 |
| 屏東東港                         |                            |                                                              |                                                              |                                                                                 |
| 名稱                           | 大口逆鈎鱗                      | 斑點雞籠鰔                                                        | 銀雞魚                                                          | 深海狐鯊                                                                            |

|                              |                                      |                                |                                                                                   |                                 |
|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 學名                           | <u>Scomberoides commersonnianus</u>  | <u>Drepane punctata</u>        | <u>Pomadasys argenteus</u>                                                        | <u>Alopias superciliosus</u>    |
| 食性位階<br>Diet (Trophic Level) | nekton (4.5)                         |                                | zoobenthos (3.5)                                                                  | nekton (4.2、4.5)                |
| Food items                   |                                      | detritus<br>detritus<br>debris |                                                                                   |                                 |
| 台東成功                         |                                      |                                |                                                                                   |                                 |
| 名稱                           | 真烏魴                                  | 六帶鰆                            | 眼眶魚                                                                               | 五線笛鯛                            |
| 學名                           | <u>Eumegistus illustris</u>          | <u>Caranx sexfasciatus</u>     | <u>Mene maculata</u>                                                              | <u>Lutjanus quinquelineatus</u> |
| 食性位階<br>Diet (Trophic Level) |                                      | nekton (4.5)                   |                                                                                   | zoobenthos (3.7)                |
| Food items                   | nekton<br>finfish<br>bony fish       |                                | zoobenthos<br>other benth.<br>Invertebrates<br>n.a./other benth.<br>invertebrates |                                 |
| 宜蘭大溪                         |                                      |                                |                                                                                   |                                 |
| 名稱                           | 青嘴龍占魚                                | 杜氏刺尾鯛                          | 灰海鰻                                                                               | 內爾褶囊海鯨                          |
| 學名                           | <u>Lethrinus nebulosus</u>           | <u>Acanthurus dussumieri</u>   | <u>Muraenesox cinereus</u>                                                        | <u>Plicofollis nella</u>        |
| 食性位階<br>Diet (Trophic Level) | zoobenthos (3.5、3.6)<br>nekton (4.4) | macroalgae (2.0)               |                                                                                   |                                 |
| Food items                   |                                      |                                | zoobenthos<br>other benth.<br>invertebrates<br>n.a./other benth.<br>invertebrates |                                 |
| 113 年第四季                     |                                      |                                |                                                                                   |                                 |
| 屏東東港                         |                                      |                                |                                                                                   |                                 |
| 名稱                           | 路易氏雙髻鯊                               | 深海狐鯊                           | 黑魷                                                                                | 大眼金梭魚                           |
| 學名                           | <u>Sphyrna lewini</u>                | <u>Alopias superciliosus</u>   | <u>Atrubucca nibe</u>                                                             | <u>Sphyrna forsteri</u>         |

|                              |                                                                                    |                                |                                               |                                                             |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 食性位階<br>Diet (Trophic Level) | nekton<br>(4.0、4.1、4.3、4.5)                                                        | nekton (4.2、4.5)               |                                               | nekton (4.4、4.5)                                            |
| Food items                   |                                                                                    |                                | zoobenthos<br>benth. crust.<br>crabs          |                                                             |
| 台東成功                         |                                                                                    |                                |                                               |                                                             |
| 名稱                           | 布氏金梭魚                                                                              | 鬼頭刀                            | 鋸尾鯛                                           | 杜氏刺尾鯛                                                       |
| 學名                           | <u>Sphyraena putnamae</u>                                                          | <u>Coryphaena hipporus</u>     | <u>Prionurus scalprum</u>                     | <u>Acanthurus dussumieri</u>                                |
| 食性位階<br>Diet (Trophic Level) | nekton (4.5)                                                                       | nekton (4.4、4.5)               |                                               | macroalgae (2.0)                                            |
| Food items                   |                                                                                    |                                | plants<br>other plants<br>benthic algae/weeds |                                                             |
| 宜蘭大溪                         |                                                                                    |                                |                                               |                                                             |
| 名稱                           | 鳶鰱                                                                                 | 大頭白姑魚                          | 領圓鰺                                           | 鰱                                                           |
| 學名                           | <u>Triso dermopterus</u>                                                           | <u>Pennahia macrocephalus</u>  | <u>Decapterus macarellus</u>                  | <u>Mugil cephalus</u>                                       |
| 食性位階<br>Diet (Trophic Level) |                                                                                    |                                | zooplankton (3.4)<br>zoobenthos (4.5)         | plants (2.0、2.2)<br>zooplankton (2.9、3.0)<br>detritus (3.0) |
| Food items                   | zooplankton<br>other plank.<br>invertebrates<br>n.a./other plank.<br>invertebrates | nekton<br>finfish<br>bony fish |                                               |                                                             |

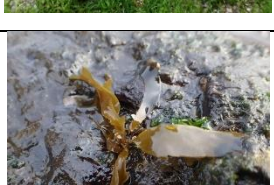
\*表中食性位階資料來源為 FishBase 資料庫，括弧內的數字代表該魚種的食性位階(Trophic Level)。



# 沿岸生態系採集紀錄

## 113 年第一季 生物樣本採樣列表

| 地點   | 名稱                                        | 總重量 (g) | 照片                                                                                    |
|------|-------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 屏東東港 | 雙髻鯊<br>( <i>Sphyrna mokarran</i> )        | 3439    |    |
| 屏東東港 | 黃鰭鮪<br>( <i>Thunnus albacares</i> )       | 2791    |    |
| 屏東東港 | 日本竹筴魚<br>( <i>Trachurus japonicus</i> )   | 2127    |   |
| 屏東東港 | 印度側帶小公魚<br>( <i>Stolephorus indicus</i> ) | 1884    |  |
| 臺東成功 | 東方齒鯊<br>( <i>Sarda orientalis</i> )       | 2790    |  |
| 臺東成功 | 青嘴龍占魚<br>( <i>Lethrinus nebulosus</i> )   | 2900    |  |
| 臺東成功 | 南海帶魚<br>( <i>Trichiurus nanhaiensis</i> ) | 3205    |  |
| 臺東成功 | 杜氏刺尾鯛<br>( <i>Acanthurus dussumieri</i> ) | 3682    |  |

|      |                                            |      |                                                                                       |
|------|--------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 宜蘭大溪 | 星貂鯊<br>( <i>Mustelus manazo</i> )          | 2915 |    |
| 宜蘭大溪 | 長腰鮪<br>( <i>Thunnus tonggol</i> )          | 2722 |    |
| 宜蘭大溪 | 黑角魚<br>( <i>Chelidonichthys spinosus</i> ) | 3174 |    |
| 宜蘭大溪 | 日本金梭魚<br>( <i>Sphyraena japonica</i> )     | 2771 |    |
| 藻類   |                                            |      |                                                                                       |
| 石門   | 墊狀剛毛藻<br>( <i>Cladophora prolifera</i> )   | 1000 |  |
| 石門   | 石蓴<br>( <i>Ulva lactuca</i> )              | 1000 |  |
| 龍洞   | 澣苔<br>( <i>Ulva prolifera</i> )            | 1000 |  |
| 龍洞   | 小海帶<br>( <i>Petalonia binghamiae</i> )     | 1000 |  |

|      |                                            |      |                                                                                       |
|------|--------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 磯崎   | 松藻 sp<br>( <i>Codium</i> sp)               | 1000 |    |
| 磯崎   | 葡枝馬尾藻<br>( <i>Sargassum polycystum</i> )   | 1000 |    |
| 軟體動物 |                                            |      |                                                                                       |
| 石門   | 黑瘤海蜷<br>( <i>Batillaria sordid</i> )       | 303  |    |
| 石門   | 黑齒牡蠣<br>( <i>Saccostrea scyphophilla</i> ) | 316  |    |
| 龍洞   | 黑瘤海蜷<br>( <i>Batillaria sordid</i> )       | 320  |   |
| 龍洞   | 黑齒牡蠣<br>( <i>Saccostrea scyphophilla</i> ) | 400  |  |
| 磯崎   | 大駝石鰲<br>( <i>Liolophura japonica</i> )     | 338  |  |
| 磯崎   | 黑齒牡蠣<br>( <i>Saccostrea scyphophilla</i> ) | 330  |  |
| 魚類   |                                            |      |                                                                                       |

|      |                                          |       |                                                                                       |
|------|------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 石門   | 白星笛鯛<br>( <i>Lutjanus stellatus</i> )    | 505.9 |    |
| 石門   | 青石斑<br>( <i>Epinephelus awoara</i> )     | 315.5 |    |
| 龍洞   | 花腹鯖<br>( <i>Scomber australasicus</i> )  | 304.5 |    |
| 龍洞   | 無斑圓鰺<br>( <i>Decapterus kurroides</i> )  | 506.7 |    |
| 磯崎   | 火斑笛鯛<br>( <i>Lutjanus fulviflamma</i> )  | 329   |   |
| 磯崎   | 斑點帶石斑魚 ( <i>Epinephelus coioides</i> )   | 635   |  |
| 節肢動物 |                                          |       |                                                                                       |
| 石門   | 達氏短槳蟹<br>( <i>Thalamita danae</i> )      | 305   |  |
| 石門   | 兇猛酋婦蟹<br>( <i>Eriphia ferox</i> )        | 302   |  |
| 龍洞   | 美麗笠藤壺<br>( <i>Tetraclita formosana</i> ) | 310   |  |

|    |                                              |     |                                                                                     |
|----|----------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 龍洞 | 黑潮笠藤壺<br>( <i>Tetraclita kuroshioensis</i> ) | 312 |  |
| 磯崎 | 美麗笠藤壺<br>( <i>Tetraclita formosana</i> )     | 310 |  |
| 磯崎 | 黑潮笠藤壺<br>( <i>Tetraclita kuroshioensis</i> ) | 305 |  |



113 年第二季 生物樣本採樣列表

| 地點   | 名稱                                                   | 總重量 (g) | 照片                                                                                    |
|------|------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 屏東東港 | 日本糯鰻<br>( <i>Conger japonicus</i> )                  | 3040    |    |
| 屏東東港 | 斑條金梭魚<br>( <i>Sphyraena jello</i> )                  | 2623    |    |
| 屏東東港 | 尖棘角魚<br>( <i>Pterygotrigla hemisticta</i> )          | 2433    |    |
| 屏東東港 | 曳絲鑽嘴魚<br>( <i>Gerres filamentosus</i> )              | 2391    |  |
| 臺東成功 | 鬼頭刀<br>( <i>Coryphaena hippurus</i> )                | 3115    |  |
| 臺東成功 | 暗點胡椒鯛<br>( <i>Plectorhinchus picus</i> )             | 3377    |  |
| 臺東成功 | 鱷型叉尾鶴鱗<br>( <i>Tylosurus crocodilus crocodilus</i> ) | 3397    |  |

|      |                                              |      |                                                                                       |
|------|----------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 臺東成功 | 扁花鰹<br>( <i>Auxis thazard thazard</i> )      | 5648 |    |
| 宜蘭大溪 | 虱目魚<br>( <i>Chanos chanos</i> )              | 3100 |    |
| 宜蘭大溪 | 布氏金梭魚<br>( <i>Sphyræna putnamae</i> )        | 3050 |    |
| 宜蘭大溪 | 赤鯨<br>( <i>Eyynn timerons</i> )              | 3889 |   |
| 宜蘭大溪 | 黑鰭鬚唇飛魚<br>( <i>Cheilopogon cyanopterus</i> ) | 3737 |  |
| 藻類   |                                              |      |                                                                                       |
| 石門   | 石蓴<br>( <i>Ulva lactuca</i> )                | 1000 |  |
| 石門   | 冬青葉馬尾藻<br>( <i>Sargassum ilicifolium</i> )   | 1000 |  |
| 龍洞   | 刺邊龍鬚菜<br>( <i>Gracilaria spinulosa</i> )     | 1000 |  |



|      |                                            |       |                                                                                       |
|------|--------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 龍洞   | 張氏龍鬚菜<br>( <i>Gracilaria changii</i> )     | 1000  |    |
| 磯崎   | 樊氏凝花菜<br>( <i>Gelidiella fanii</i> )       | 1000  |    |
| 磯崎   | 小毛孢藻<br>( <i>Chnoospora minima</i> )       | 1000  |    |
| 軟體動物 |                                            |       |                                                                                       |
| 石門   | 黑瘤海蜷<br>( <i>Batillaria sordida</i> )      | 331.5 |   |
| 石門   | 黑齒牡蠣<br>( <i>Saccostrea scyphophilla</i> ) | 342.8 |  |
| 龍洞   | 黑瘤海蜷<br>( <i>Batillaria sordida</i> )      | 359.8 |  |
| 龍洞   | 黑齒牡蠣<br>( <i>Saccostrea scyphophilla</i> ) | 427   |  |
| 磯崎   | 漁舟蜆螺<br>( <i>Nerita albicilla</i> )        | 361.3 |  |

|      |                                            |       |                                                                                       |
|------|--------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 磯崎   | 黑齒牡蠣<br>( <i>Saccostrea scyphophilla</i> ) | 494.7 |    |
| 魚類   |                                            |       |                                                                                       |
| 石門   | 大鱗龜鯪<br>( <i>Planiliza macrolepis</i> )    | 317.6 |    |
| 石門   | 瓜子蠟<br>( <i>Girella punctata</i> )         | 372.8 |    |
| 龍洞   | 黃背牙鯛<br>( <i>Dentex hypselosomus</i> )     | 332.3 |   |
| 龍洞   | 褐臭肚魚<br>( <i>Siganus fuscescens</i> )      | 449   |  |
| 磯崎   | 烏尾鯆<br>( <i>Caesio caerulaurea</i> )       | 583.7 |  |
| 磯崎   | 灰糯鰻<br>( <i>Conger cinereus</i> )          | 352.9 |  |
| 節肢動物 |                                            |       |                                                                                       |
| 石門   | 達氏短槳蟹<br>( <i>Thalamita danae</i> )        | 304   |  |

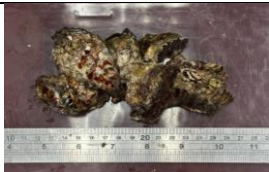
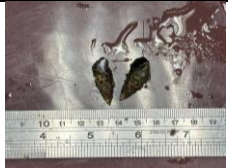
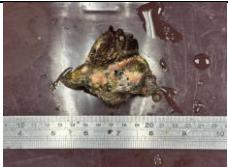
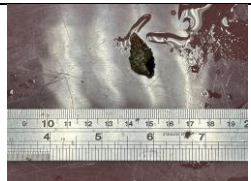
|    |                                              |     |                                                                                      |
|----|----------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 石門 | 兇猛酋婦蟹<br>( <i>Eriphia ferox</i> )            | 307 |   |
| 龍洞 | 美麗笠藤壺<br>( <i>Tetraclita formosana</i> )     | 325 |   |
| 龍洞 | 黑潮笠藤壺<br>( <i>Tetraclita kuroshioensis</i> ) | 320 |   |
| 磯崎 | 美麗笠藤壺<br>( <i>Tetraclita formosana</i> )     | 315 |   |
| 磯崎 | 黑潮笠藤壺<br>( <i>Tetraclita kuroshioensis</i> ) | 310 |  |

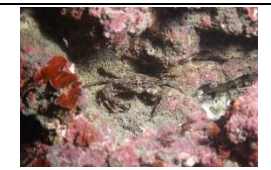
113 年第三季 生物樣本採樣列表

| 地點   | 名稱                                               | 總重量 (g) | 照片                                                                                    |
|------|--------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 屏東東港 | 大口逆鈎鯨<br>( <i>Scomberoides commersonnianus</i> ) | 2456    |    |
| 屏東東港 | 斑點雞籠鰺<br>( <i>Drepane punctata</i> )             | 2205    |    |
| 屏東東港 | 銀雞魚<br>( <i>Pomadasys argenteus</i> )            | 2476    |    |
| 屏東東港 | 深海狐鯊<br>( <i>Alopias superciliosus</i> )         | 3524    |   |
| 台東成功 | 真烏魴<br>( <i>Eumegistus illustris</i> )           | 2650    |  |
| 台東成功 | 六帶鯙<br>( <i>Caranx sexfasciatus</i> )            | 2327    |  |
| 台東成功 | 眼眶魚<br>( <i>Mene maculata</i> )                  | 2196    |  |
| 台東成功 | 五線笛鯛<br>( <i>Lutjanus quinquelineatus</i> )      | 2056    |  |

|      |                                            |      |                                                                                       |
|------|--------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 宜蘭大溪 | 青嘴龍占魚<br>( <i>Lethrinus nebulosus</i> )    | 3084 |    |
| 宜蘭大溪 | 杜氏刺尾鯛<br>( <i>Acanthurus dussumieri</i> )  | 2499 |    |
| 宜蘭大溪 | 灰海鰻<br>( <i>Muraenesox cinereus</i> )      | 2650 |    |
| 宜蘭大溪 | 內爾褶囊海鯰<br>( <i>Plicofollis nella</i> )     | 3129 |    |
| 藻類   |                                            |      |                                                                                       |
| 石門   | 指枝藻<br>( <i>Valoniopsis pachynema</i> )    | 1000 |  |
| 石門   | 冬青葉馬尾藻<br>( <i>Sargassum ilicifolium</i> ) | 1000 |  |
| 龍洞   | 張氏龍鬚菜<br>( <i>Gracilaria changii</i> )     | 1000 |  |
| 龍洞   | 大野石蓴<br>( <i>Ulva ohnoi</i> )              | 1000 |  |



|      |                                            |       |                                                                                       |
|------|--------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 磯崎   | 松藻 sp.<br>( <i>Codium edule</i> )          | 1000  |    |
| 磯崎   | 螺旋硬毛藻<br>( <i>Chaetomorpha spiralis</i> )  | 1000  |    |
| 軟體動物 |                                            |       |                                                                                       |
| 石門   | 黑瘤海蜷<br>( <i>Batillaria sordida</i> )      | 318.8 |    |
| 石門   | 黑齒牡蠣<br>( <i>Saccostrea scyphophilla</i> ) | 451   |   |
| 龍洞   | 黑瘤海蜷<br>( <i>Batillaria sordida</i> )      | 361   |  |
| 龍洞   | 黑齒牡蠣<br>( <i>Saccostrea scyphophilla</i> ) | 460   |  |
| 磯崎   | 黑瘤海蜷<br>( <i>Batillaria sordida</i> )      | 321.3 |  |
| 磯崎   | 黑齒牡蠣<br>( <i>Saccostrea scyphophilla</i> ) | 421.1 |  |
| 魚類   |                                            |       |                                                                                       |

|      |                                                |       |                                                                                       |
|------|------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 石門   | 大鱗龜鯪<br>( <i>Planiliza macrolepis</i> )        | 318.8 |    |
| 石門   | 黃棘魚<br>( <i>Acanthopagrus latus</i> )          | 582.1 |    |
| 龍洞   | 杜氏刺尾鯛<br>( <i>Acanthurus dussumieri</i> )      | 555.5 |    |
| 龍洞   | 黃棘魚<br>( <i>Acanthopagrus latus</i> )          | 616   |    |
| 磯崎   | 紅鰓龍占魚<br>( <i>Lethrinus rubrioperculatus</i> ) | 640   |  |
| 磯崎   | 絲鰭姬鯛<br>( <i>Pristipomoides filamentosus</i> ) | 560   |  |
| 節肢動物 |                                                |       |                                                                                       |
| 石門   | 達氏短槳蟹<br>( <i>Thalamita danae</i> )            | 304   |  |
| 石門   | 兇猛酋婦蟹<br>( <i>Eriphia ferox</i> )              | 303   |  |

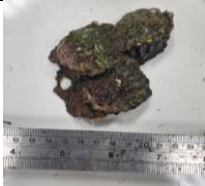
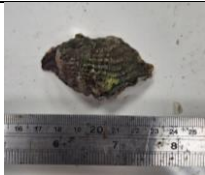
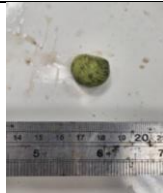
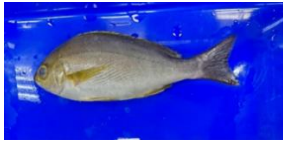


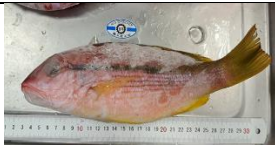
|    |                                              |     |                                                                                     |
|----|----------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 龍洞 | 美麗笠藤壺<br>( <i>Tetraclita formosana</i> )     | 310 |  |
| 龍洞 | 黑潮笠藤壺<br>( <i>Tetraclita kuroshioensis</i> ) | 303 |  |
| 磯崎 | 美麗笠藤壺<br>( <i>Tetraclita formosana</i> )     | 317 |  |
| 磯崎 | 黑潮笠藤壺<br>( <i>Tetraclita kuroshioensis</i> ) | 319 |  |

113 年第四季 生物樣本採樣列表

| 地點   | 名稱                                         | 總重量 (g) | 照片                                                                                    |
|------|--------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 屏東東港 | 路易氏雙髻鯊<br>( <i>Sphyrna lewini</i> )        | 2310    |    |
| 屏東東港 | 深海狐鯊<br>( <i>Alopias superciliosus</i> )   | 6750    |    |
| 屏東東港 | 斑點雞籠鰺<br>( <i>Drepane punctata</i> )       | 2214    |    |
| 屏東東港 | 石川粗鰭魚<br>( <i>Trachipterus ishikawae</i> ) | 3753    |   |
| 臺東成功 | 鬼頭刀<br>( <i>Coryphaena hipporus</i> )      | 1748    |  |
| 臺東成功 | 鋸尾鯛<br>( <i>Prionurus scalprum</i> )       | 1886    |  |
| 臺東成功 | 六棘鼻魚<br>( <i>Naso hexacanthus</i> )        | 2451    |  |
| 臺東成功 | 杜氏刺尾鯛<br>( <i>Acanthurus dussumieri</i> )  | 2035    |  |
| 宜蘭大溪 | 鳶繪<br>( <i>Triso dermopterus</i> )         | 2239    |  |

|      |                                            |      |                                                                                       |
|------|--------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 宜蘭大溪 | 鯔<br>( <i>Mugil cephalus</i> )             | 2444 |    |
| 宜蘭大溪 | 大頭白姑魚<br>( <i>Pennahia macrocephalus</i> ) | 2363 |    |
| 宜蘭大溪 | 領圓鰺<br>( <i>Decapterus macarellus</i> )    | 2328 |    |
| 藻類   |                                            |      |                                                                                       |
| 石門   | 指枝藻<br>( <i>Valoniopsis pachynema</i> )    | 1028 |    |
| 石門   | 巢沙菜<br>( <i>Hypnea pannosa</i> )           | 1087 |   |
| 龍洞   | 浒苔<br>( <i>Ulva prolifera</i> )            | 1580 |  |
| 龍洞   | 大野石蓴<br>( <i>Ulva ohnoi</i> )              | 1000 |  |
| 磯崎   | 凹頂藻的一種<br>( <i>Laurencia</i> sp.)          | 1000 |  |

|      |                                               |       |                                                                                       |
|------|-----------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 磯崎   | 有柄圈扇藻<br>( <i>zonaria stipitata</i> )         | 1000  |    |
| 軟體動物 |                                               |       |                                                                                       |
| 石門   | 黑瘤海蜷<br>( <i>Batillaria sordida</i> )         | 475.9 |    |
| 石門   | 黑齒牡蠣<br>( <i>Saccostrea scyphophilla</i> )    | 620   |    |
| 龍洞   | 黑瘤海蜷<br>( <i>Batillaria sordida</i> )         | 500.9 |   |
| 龍洞   | 黑齒牡蠣<br>( <i>Saccostrea scyphophilla</i> )    | 710   |  |
| 磯崎   | 漁舟蜃螺<br>( <i>Nerita albicilla</i> )           | 369.1 |  |
| 磯崎   | 黑齒牡蠣<br>( <i>Saccostrea scyphophilla</i> )    | 535.3 |  |
| 魚類   |                                               |       |                                                                                       |
| 石門   | 三線磯鱸<br>( <i>Parapristipoma trilineatum</i> ) | 531   |  |

|      |                                              |       |                                                                                       |
|------|----------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 石門   | 褐臭肚<br>( <i>Siganus fuscescens</i> )         | 459   |    |
| 龍洞   | 金帶細鯨<br>( <i>Selaroides leptolepis</i> )     | 643.0 |    |
| 龍洞   | 褐臭肚<br>( <i>Siganus fuscescens</i> )         | 434   |    |
| 磯崎   | 稻氏笛鯛<br>( <i>Lutjanus ophuysenii</i> )       | 371   |    |
| 磯崎   | 黃背牙鯛<br>( <i>Dentex hypselosomus</i> )       | 620   |   |
| 節肢動物 |                                              |       |                                                                                       |
| 石門   | 達氏短槳蟹<br>( <i>Thalamita danae</i> )          | 315   |  |
| 石門   | 兇猛酋婦蟹<br>( <i>Eriphia ferox</i> )            | 310   |  |
| 龍洞   | 美麗笠藤壺<br>( <i>Tetraclita formosana</i> )     | 305   |  |
| 龍洞   | 黑潮笠藤壺<br>( <i>Tetraclita kuroshioensis</i> ) | 308   |  |

|    |                                     |     |                                                                                     |
|----|-------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 磯崎 | 美麗笠藤壺<br>(Tetraclita formosana)     | 310 |  |
| 磯崎 | 黑潮笠藤壺<br>(Tetraclita kuroshioensis) | 320 |  |



## 結論

本計畫為因應日本福島核能電廠以 ALPS 處理後含氚廢水之排放，基於政府應對日本排放作業所採取的四配套措施，從源頭管制、強化監測、擴散預報、資訊公開等面向進行技術開發，其相關成果及應用討論之細節皆於前述章節提及，而其整體之成果如下：

### 源頭掌握：

本計畫於 113 年 5 月籌組跨部會專家團赴日本交流，此為因應日本排放含氚廢水議題之第五次實地參訪，透過與日方交流討論及實地走訪電廠內 ALPS(多核種除去設備)與稀釋排放設備，掌握目前排放作業狀況、異常控制機制、海域監測計畫，了解國際原子能總署(IAEA)駐廠監督與專案小組審查動態，並與日方專家交流放射性物質海洋擴散模擬及檢測分析技術。透過上述交流，確保掌握日方排放的重要資訊，同時將上述最新源頭資訊回饋至各分項計畫中，確保計畫執行方向與時俱進，並能及時滾動調整，及時採取應對措施。

### 強化監測(子項計畫一/二/四成果)：

本計畫由核安會與衛福部、農業部、海委會的跨部會合作，強化輻射監測作業，執行海水、漁產、環境生態樣品及日本輸臺水產品之取樣檢測。迄今為止，已進行臺灣海域海水樣品之 437 件採樣，完成 437 件海水氚檢測工作；進行 528 件漁獲物氚收樣(臺灣沿近海 387 件、遠洋秋刀魚 91 件、遠洋鮪鰭鯊 30 件、浮游動物 20 件)，完成 528 件漁獲物生物氚(臺灣沿近海 387 件、遠洋秋刀魚 48 件、遠洋鮪鰭鯊 30 件、浮游動物 20 件)的檢測工作；進行 144 件臺灣海域生態樣本取樣及生物氚、銫分析；上述樣品檢測結果均無輻射異常。未來亦將持續進行漁產及海水監測，並將監測結果與日本排放前建立的背景資料庫進行比對分析，據以滾動調整監測計畫。這些監測活動不僅保證了食品和環境的安全，還增強了公眾對政府應對措施的信心。同時，今年度亦輔導國內其他實驗室建置國內生物氚檢測實驗室，提升整體生物氚檢測量能至每年 2000 件以上，並完成生物氚能力



比對試驗，各實驗室均通過比對試驗要求，可提供具有品質之生物檢測服務，共同守護海域水產食品安全。

在生物代謝研究方面，本計畫成立國內首間海水氚及生物氚養殖試驗場，透過氚水養殖實驗顯示，魚體內攝入海水中氚核種之無機氚濃度(TFWT)會於 1 天內達成平衡，與海水中的氚濃度比例約為 0.9，為延伸至未來國內漁產代謝參數之建立與應用，打下基礎。

#### **擴散預報(子項計畫三成果)：**

利用先進的海洋擴散模型和氣象預報系統，建立了即時預報和示警機制，確保對放射性物質擴散的準確預測。這不僅有助於降低對我國漁業和海洋環境的潛在影響，還為政府和公眾提供了可靠的決策支持。同時，本計畫在充分利用計畫資源解決民眾關切議題的前提下，將福島含氚廢水之擴散預報模式擴大應用至臺灣海峽，進行臺灣海峽洋流擴散模式歷史模擬案例評估，展現政府科技發展應用於民眾關切議題之成效，透過專業學術研討成果推動國內技術發展，亦符合民眾期待。最後，為提升本計畫之國際學術代表性，於 5 月由共組專家觀察團前往日本，拜訪擴散模擬之專家學者，達成後續合作交流之共識，並針對本計畫的例行化預報模式、海耦合系統進行深入探討，讓臺灣的海洋模式發展更推向國際。

#### **資訊公開(子項計畫三成果)：**

建立透明的信息公開平台，時時更新監測數據和擴散預報，並針對網站操作面持續進行優化，親民友善呈現更多資訊，同時由核安會、漁業署、食藥署分工持續營運「跨部會輻射監測整合儀表板」、核安會與氣象署合作「一週擴散預報概述等資訊」，除展現跨部會合作成果外，也因專業分工整合，確保民眾能夠及時獲取準確、清晰的信息，提升了對政府應對措施的信任度和支持度。

這些努力不僅展示了跨部會協作和專業技術整合的成果，也同時在學術科研角度逐步推進，秉持專業立場、掌握科技研發脈絡，為未來持續監測和應對措施的實施奠定了堅實的基礎，同時，也將延續前述計畫的各項工作，從技術面持續延伸至未來之長期監控計畫，建置完善之臺灣海域放射性物質防禦韌性網，隨

著相關技術的進一步發展和應用，臺灣將能在未來數十年中，更有效地保護國民健康、維護海洋生態環境，並穩定漁業經濟的持續發展。

## 附錄、細部計畫

### 一、全程架構及經費

| 年度                                       |          | 112 年度<br>決算數 | 113 年度<br>決算數（執行率） | 114 年度<br>預算數<br>(行政院版預算數) | 115 年度<br>申請數 | 備註 |
|------------------------------------------|----------|---------------|--------------------|----------------------------|---------------|----|
| 項目                                       |          |               |                    |                            |               |    |
| 科技計畫總計                                   |          | 102,465       | 92,120 (99.78%)    | 108,696                    | 127,378       |    |
| 國家海域放射性物質擴散預警及安全評估應對計畫(2/4)-核安會、國原院、偵測中心 | 小計       | 54,590        | 44,169 (99.64%)    | 54,788                     | 67,779        |    |
|                                          | (一)經常支出  | 27,598        | 23,315 (98.02%)    | 39,225                     | 52,991        |    |
|                                          | 1.人事費    | 0             | 0 ( )              | 0                          | 0             |    |
|                                          | 2.材料費    | 4,625         | 5,966 (92.97%)     | 10,662                     | 10,955        |    |
|                                          | 3.其他經常支出 | 22,973        | 17,349 (99.88%)    | 28,603                     | 42,036        |    |
|                                          | (二)資本支出  | 26,992        | 20,854 (101.52%)   | 15,523                     | 14,788        |    |
|                                          | 1.土地建築   | 0             | 0 ( )              | 0                          | 0             |    |
|                                          | 2.儀器設備   | 24,201        | 17,542 (101.59%)   | 14,283                     | 8,855         |    |
|                                          | 3.其他資本支出 | 2,791         | 3,312 (101.19%)    | 1,240                      | 5,933         |    |
| 國家海域放射性物質擴散預警及安全評估應對計畫(2/4)(水試所、漁業署)     | 小計       | 16,718        | 16,425 (99.75%)    | 19,644                     | 20,817        |    |
|                                          | (一)經常支出  | 16,718        | 16,425 (99.75%)    | 19,644                     | 20,817        |    |
|                                          | 1.人事費    | 455           | 558 (100.00%)      | 3,000                      | 1,550         |    |
|                                          | 2.材料費    | 3,401         | 3,435 (99.68%)     | 1,000                      | 4,275         |    |
|                                          | 3.其他經常支出 | 12,862        | 12,432 (99.76%)    | 15,644                     | 14,992        |    |

|                                  |          |        |                  |        |        |  |
|----------------------------------|----------|--------|------------------|--------|--------|--|
|                                  | (二)資本支出  | 0      | 0 ( )            | 0      | 0      |  |
|                                  | 1.土地建築   | 0      | 0 ( )            | 0      | 0      |  |
|                                  | 2.儀器設備   | 0      | 0 ( )            | 0      | 0      |  |
|                                  | 3.其他資本支出 | 0      | 0 ( )            | 0      | 0      |  |
| 國家海域放射性物質擴散預警及安全評估應對計畫(2/4)(食藥署) | 小計       | 1,779  | 2,386 (100.00%)  | 2,538  | 2,200  |  |
|                                  | (一)經常支出  | 1,779  | 2,386 (100.00%)  | 2,538  | 2,200  |  |
|                                  | 1.人事費    | 0      | 0 ( )            | 0      | 0      |  |
|                                  | 2.材料費    | 0      | 0 ( )            | 0      | 0      |  |
|                                  | 3.其他經常支出 | 1779   | 2,386 (100.00%)  | 2,538  | 2,200  |  |
|                                  | (二)資本支出  | 0      | 0 ( )            | 0      | 0      |  |
|                                  | 1.土地建築   | 0      | 0 ( )            | 0      | 0      |  |
|                                  | 2.儀器設備   | 0      | 0 ( )            | 0      | 0      |  |
|                                  | 3.其他資本支出 | 0      | 0 ( )            | 0      | 0      |  |
| 國家海域放射性物質擴散預警及安全評估應對計畫(2/4)(交通部) | 小計       | 19,741 | 19,581 (100.00%) | 21,194 | 24,582 |  |
|                                  | (一)經常支出  | 2,146  | 2,013 (77.99%)   | 3,994  | 4,582  |  |
|                                  | 1.人事費    | 0      | 0 ( )            | 0      | 0      |  |
|                                  | 2.材料費    | 0      | 0 ( )            | 0      | 0      |  |
|                                  | 3.其他經常支出 | 2,146  | 2,013 (77.99%)   | 3,994  | 4,582  |  |
|                                  | (二)資本支出  | 17,595 | 17,568 (103.34%) | 17,200 | 20,000 |  |
|                                  | 1.土地建築   | 0      | 0 ( )            | 0      | 0      |  |

|                                  |          |        |                  |        |        |  |
|----------------------------------|----------|--------|------------------|--------|--------|--|
|                                  | 2.儀器設備   | 2,065  | 0 ( )            | 2,000  | 0      |  |
|                                  | 3.其他資本支出 | 15,530 | 17,568 (103.34%) | 15,200 | 20,000 |  |
| 國家海域放射性物質擴散預警及安全評估應對計畫(2/4)(國海院) | 小計       | 9,637  | 9,559 (100.00%)  | 10,532 | 12,000 |  |
|                                  | (一)經常支出  | 8,387  | 8,559 (100.00%)  | 10,332 | 11,800 |  |
|                                  | 1.人事費    | 1,400  | 2,500 (100.00%)  | 2,200  | 2,500  |  |
|                                  | 2.材料費    | 3,550  | 3,000 (100.00%)  | 4,000  | 4,800  |  |
|                                  | 3.其他經常支出 | 3,437  | 3,059 (100.00%)  | 4,132  | 4,500  |  |
|                                  | (二)資本支出  | 1,250  | 1,000 (100.00%)  | 200    | 200    |  |
|                                  | 1.土地建築   | 0      | 0 ( )            | 0      | 0      |  |
|                                  | 2.儀器設備   | 1,250  | 1,000 (100.00%)  | 200    | 200    |  |
|                                  | 3.其他資本支出 | 0      | 0 ( )            | 0      | 0      |  |

## 二、年度執行摘要

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |           |                  |                                               |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|------------------|-----------------------------------------------|
| 細部計畫 1  | 國家海域放射性物質擴散<br>預警及安全評估應對計畫<br>(2/4)-核安會、國原院、偵<br>測中心                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 計畫屬性       | 環境永續與社會發展 | 執行機關             | 核能安全委員會,行政法人國家原子<br>能科技研究院,核能安全委員會輻射<br>偵測中心, |
| 重點描述    | <p>針對日本福島事故含氚處理水排放後，廣泛進行臺灣海域海水、漁產採樣及氚檢測作業，以評估其水質、漁產之影響性及安全性，且搭配相關海洋放射性物質外釋應變技術之開發，應對於未來所有未知的海域輻射事件，強化部會整合應對之量能。</p> <p>本計畫之主要目的：</p> <p>一、透過臺灣周遭海域海水採樣分析之全方位監測，建立長期且例行化之海水輻射監測量能，守護臺灣漁業之風評；</p> <p>二、建立水產動物類及藻類抽驗及氚核種檢測程序，了解國人食用水產動物類及藻類中放射性核種氚之健康風險，確保食品安全，讓國人食的安心；</p> <p>三、開發擴大至臺灣海峽之放射性物質衝擊潛勢分析及預報示警系統，建立海洋放射性物質外釋應對機制，確保臺灣民眾之輻射安全；</p> <p>四、調查日方排放含氚處理水前、後之沿岸生態系及輻射影響，評估其對臺灣周遭海域之生態影響，完備海洋生態資料庫，促進海洋永續發展。</p> |            |           |                  |                                               |
| 預算數（千元） | 決算數（千元）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 執行率<br>（％） | 節餘數（千元）   | 總人力（人年）<br>實際／規劃 |                                               |
| 44,328  | 44,169                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 99.64%     | 159       | 32.0/0.0         |                                               |
| 其他資源投入  | 無                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |           |                  |                                               |

| 預期關鍵成果                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 關鍵成果達成情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 主要成果使用者/服務對象/合作對象   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <p>涉及科技計畫層級之預期關鍵成果：</p> <p>1-1:取得臺灣海域海水樣品至少 320 件並完成氡含量分析，產出年度臺灣海域海水氡輻射分析與評估報告 1 份。</p> <p>1-2:完成至少 300 件漁獲物氡檢測。</p> <p>1-3:依照關鍵群體及關鍵曝露途徑之劑量分析結果完成對應 1mSv/y 之劑量轉換研析報告 1 份，並建議監測「異常指標」。</p> <p>1-4:為建置海水中可運作之連續氡監測系統，完成水質純化處理試驗，使純化後水質純度符合需求(導電度低於 50 <math>\mu</math>S/cm)。</p> <p>2-1:完成至少 100 件邊境輸入水產動物類及藻類中放射性核種氡檢測。</p> <p>2-2:完成養殖之海水生物有機氡累積活度及各種影響因子，並進行海水生物取樣及其放射性活度分析。</p> <p>3-1:強化放射性物質海洋傳輸擴散模式以完善該放射性物質衝擊潛勢分析及示警系統。</p> <p>3-2:福島核電廠含氡處理水海洋傳輸擴散預報作業化系統運維、趨勢統計分析與海流預報作業化系統的年度校驗分析。</p> <p>3-3:結合日本放流形式及地形，運籌初步小尺度計算流體力學模式沿岸放流案例 1 個。</p> <p>3-4:以氡水排放議題參與或舉行至少 1 場科普展覽，</p> | <p>【目標 1 關鍵成果 1】完成海水樣品取樣及氡含量分析 437 件及彙整 113 年臺灣海域海水氡輻射分析與評估報告 1 份結果。</p> <p>【目標 1 關鍵成果 2】完成 528 件漁獲物氡檢測，檢測結果皆小於 MDA，無輻射異常。</p> <p>【目標 1 關鍵成果 3】針對海洋監測常見氡、銫-134、銫-137 及銩-90 核種，推導核種於海水中之活度濃度建議值作為監測異常指標，當此核種於海水中之活度濃度達建議值時，其造成個人於所有曝露途徑下之最大有效劑量會達到法定個人有效劑量 1 mSv/a 之劑量限度。</p> <p>【目標 1 關鍵成果 4】建立批次自動系統，完成設計機械手臂輔助液體樣品輸送及系統整合，亦使純化後水質純度符合需求(導電度低於 50 <math>\mu</math>S/cm)。</p> <p>【目標 2 關鍵成果 1】完成 300 件邊境輸入水產動物類及藻類中放射性核種氡檢測(含生物氡量能擴充計畫)，分析進度為 100%，檢測結果皆小於 MDA，</p> | <p>核安會、國原院、偵測中心</p> |



|                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>並設計新媒體圖卡、影片，實體及網路加總至少提升相關資訊之觸及率 20000 人次/年。</p> <p>細部計畫預期關鍵成果說明：</p> <p>無</p> | <p>無輻射異常。</p> <p>【目標 2 關鍵成果 2】進行魚類及藻類累積試驗，並完成海水生物養殖規模擴增及養殖設備維護；亦完成魚類生物氚 TFWT 的累積、代謝試驗取樣及分析，藻類的累積試驗進行中。</p> <p>【目標 3 關鍵成果 1】強化放射性物質海洋傳輸擴散模式以完善該放射性物質衝擊潛勢分析及示警系統，並完成臺灣海峽洋流擴散模式 2 年歷史案例運跑。</p> <p>【目標 3 關鍵成果 2】含氚處理水擴散預報模式皆正常產出，擴散結果透過每週更新之一週擴散預報概述，提供擴散趨勢分析，已完成海流模式與放射性物質海洋傳輸擴散模式校驗系統及分析。</p> <p>【目標 3 關鍵成果 3】依據日本實際排放及監測資料，完成日本含氚廢水排放案例比對，並完成研究報告及完成部分噴流案例計算。</p> <p>【目標 3 關鍵成果 4】已經於 113 年 4 月 13 日(六)，於雲林縣古坑鄉綠色隧道驛站舉辦「核安總動員科技樂無限」原子能科技科普展，以及於 10 月 5~6 日於新竹縣立體育館再次舉辦原子能科</p> |  |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

|           |   |                                   |  |
|-----------|---|-----------------------------------|--|
|           |   | 技科普展。113 年度單年瀏覽人次為 25 萬餘人，表現遠超預期。 |  |
| 遭遇困難與因應對策 | 無 |                                   |  |

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |           |                  |                  |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|------------------|------------------|
| 細部計畫 2  | 國家海域放射性物質擴散預警及安全評估應對計畫(2/4)(水試所、漁業署)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 計畫屬性   | 環境永續與社會發展 | 執行機關             | 農業部漁業署,農業部水產試驗所, |
| 重點描述    | <p>針對日本福島事故含氚處理水排放後，廣泛進行臺灣海域海水、漁產採樣及氚檢測作業，以評估其水質、漁產之影響性及安全性，且搭配相關海洋放射性物質外釋應變技術之開發，應對於未來所有未知的海域輻射事件，強化部會整合應對之量能。</p> <p>本計畫之主要目的：</p> <p>一、透過臺灣周遭海域海水採樣分析之全方位監測，建立長期且例行化之海水輻射監測量能，守護臺灣漁業之風評；</p> <p>二、建立水產動物類及藻類抽驗及氚核種檢測程序，了解國人食用水產動物類及藻類中放射性核種氚之健康風險，確保食品安全，讓國人食的安心；</p> <p>三、開發擴大至臺灣海峽之放射性物質衝擊潛勢分析及預報示警系統，建立海洋放射性物質外釋應對機制，確保臺灣民眾之輻射安全；</p> <p>四、調查日方排放含氚處理水前、後之沿近岸生態系及輻射影響，評估其對臺灣周遭海域之生態影響，完備海洋生態資料庫，促進海洋永續發展。</p> |        |           |                  |                  |
| 預算數（千元） | 決算數（千元）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 執行率（%） | 節餘數（千元）   | 總人力（人年）<br>實際／規劃 |                  |
| 16,466  | 16,425                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 99.75% | 41        | 10.0/0.0         |                  |

| 其他資源投入                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 無 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 預期關鍵成果                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   | 關鍵成果達成情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 主要成果使用者/服務對象/合作對象 |
| <p>涉及科技計畫層級之預期關鍵成果：</p> <p>1-1:取得臺灣海域海水樣品至少 320 件並完成氡含量分析，產出年度臺灣海域海水氡輻射分析與評估報告 1 份。</p> <p>1-2:完成至少 300 件漁獲物氡檢測。</p> <p>1-3:依照關鍵群體及關鍵曝露途徑之劑量分析結果完成對應 1mSv/y 之劑量轉換研析報告 1 份，並建議監測「異常指標」。</p> <p>1-4:為建置海水中可運作之連續氡監測系統，完成水質純化處理試驗，使純化後水質純度符合需求(導電度低於 50 <math>\mu</math>S/cm)。</p> <p>細部計畫預期關鍵成果說明：</p> <p>無</p> |   | <p>【目標 1 關鍵成果 1】完成海水樣品取樣及氡含量分析 437 件及彙整 113 年臺灣海域海水氡輻射分析與評估報告 1 份結果。</p> <p>【目標 1 關鍵成果 2】完成 528 件漁獲物氡檢測，檢測結果皆小於 MDA，無輻射異常。</p> <p>【目標 1 關鍵成果 3】針對海洋監測常見氡、銫-134、銫-137 及銥-90 核種，推導核種於海水中之活度濃度建議值作為監測異常指標，當此核種於海水中之活度濃度達建議值時，其造成個人於所有曝露途徑下之最大有效劑量會達到法定個人有效劑量 1 mSv/a 之劑量限度。</p> <p>【目標 1 關鍵成果 4】建立批次自動系統，完成設計機械手臂輔助液體樣品輸送及系統整合，亦使純化後水質純度符合需求(導電度低於 50 <math>\mu</math>S/cm)。</p> | 農業部漁業署、農業部水產試驗所   |

|           |   |
|-----------|---|
| 遭遇困難與因應對策 | 無 |
|-----------|---|

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |           |                  |               |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|------------------|---------------|
| 細部計畫 3  | 國家海域放射性物質擴散<br>預警及安全評估應對計畫<br>(2/4)(食藥署)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 計畫屬性       | 環境永續與社會發展 | 執行機關             | 衛生福利部食品藥物管理署, |
| 重點描述    | <p>針對日本福島事故含氚處理水排放後，廣泛進行臺灣海域海水、漁產採樣及氚檢測作業，以評估其水質、漁產之影響性及安全性，且搭配相關海洋放射性物質外釋應變技術之開發，應對於未來所有未知的海域輻射事件，強化部會整合應對之量能。</p> <p>本計畫之主要目的：</p> <p>一、透過臺灣周遭海域海水採樣分析之全方位監測，建立長期且例行化之海水輻射監測量能，守護臺灣漁業之風評；</p> <p>二、建立水產動物類及藻類抽驗及氚核種檢測程序，了解國人食用水產動物類及藻類中放射性核種氚之健康風險，確保食品安全，讓國人食的安心；</p> <p>三、開發擴大至臺灣海峽之放射性物質衝擊潛勢分析及預報示警系統，建立海洋放射性物質外釋應對機制，確保臺灣民眾之輻射安全；</p> <p>四、調查日方排放含氚處理水前、後之沿岸生態系及輻射影響，評估其對臺灣周遭海域之生態影響，完備海洋生態資料庫，促進海洋永續發展。</p> |            |           |                  |               |
| 預算數（千元） | 決算數（千元）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 執行率<br>（％） | 節餘數（千元）   | 總人力（人年）<br>實際／規劃 |               |
| 2,386   | 2,386                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 100.00%    | 0         | 3.0/0.0          |               |
| 其他資源投入  | 無                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |           |                  |               |

| 預期關鍵成果                                                                                                                                                   |   | 關鍵成果達成情形                                                                                                                                                                                 | 主要成果使用者/服務對象/合作對象 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <p>涉及科技計畫層級之預期關鍵成果：</p> <p>2-1:完成至少 100 件邊境輸入水產動物類及藻類中放射性核種氚檢測。</p> <p>2-2:完成養殖之海水生物有機氚累積活度及各種影響因子，並進行海水生物取樣及其放射性活度分析。</p> <p>細部計畫預期關鍵成果說明：</p> <p>無</p> |   | <p>【目標 2 關鍵成果 1】完成 300 件邊境輸入水產動物類及藻類中放射性核種氚檢測(含生物氚量能擴充計畫)，分析進度為 100%，檢測結果皆小於 MDA，無輻射異常。</p> <p>【目標 2 關鍵成果 2】進行魚類及藻類累積試驗，並完成海水生物養殖規模擴增及養殖設備維護；亦完成魚類生物氚 TFWT 的累積、代謝試驗取樣及分析，藻類的累積試驗進行中。</p> | 衛生福利部食品藥物管理署      |
| 遭遇困難與因應對策                                                                                                                                                | 無 |                                                                                                                                                                                          |                   |

|        |                                                                                                                                      |      |           |      |           |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|------|-----------|
| 細部計畫 4 | 國家海域放射性物質擴散預警及安全評估應對計畫(2/4)(交通部)                                                                                                     | 計畫屬性 | 環境永續與社會發展 | 執行機關 | 交通部中央氣象署， |
| 重點描述   | <p>針對日本福島事故含氚處理水排放後，廣泛進行臺灣海域海水、漁產採樣及氚檢測作業，以評估其水質、漁產之影響性及安全性，且搭配相關海洋放射性物質外釋應變技術之開發，應對於未來所有未知的海域輻射事件，強化部會整合應對之量能。</p> <p>本計畫之主要目的：</p> |      |           |      |           |

|                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                 |         |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------|
|                                                                                                                                                                                                                            | <p>一、透過臺灣周遭海域海水採樣分析之全方位監測，建立長期且例行化之海水輻射監測量能，守護臺灣漁業之風評；</p> <p>二、建立水產動物類及藻類抽驗及氚核種檢測程序，了解國人食用水產動物類及藻類中放射性核種氚之健康風險，確保食品安全，讓國人食的安心；</p> <p>三、開發擴大至臺灣海峽之放射性物質衝擊潛勢分析及預報示警系統，建立海洋放射性物質外釋應對機制，確保臺灣民眾之輻射安全；</p> <p>四、調查日方排放含氚處理水前、後之沿近岸生態系及輻射影響，評估其對臺灣周遭海域之生態影響，完備海洋生態資料庫，促進海洋永續發展。</p> |                                                                                                                                                                 |         |                   |
| 預算數（千元）                                                                                                                                                                                                                    | 決算數（千元）                                                                                                                                                                                                                                                                        | 執行率（%）                                                                                                                                                          | 節餘數（千元） | 總人力（人年）<br>實際／規劃  |
| 19,581                                                                                                                                                                                                                     | 19,581                                                                                                                                                                                                                                                                         | 100.00%                                                                                                                                                         | 0       | 12.0/0.0          |
| 其他資源投入                                                                                                                                                                                                                     | 無                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                 |         |                   |
| 預期關鍵成果                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                | 關鍵成果達成情形                                                                                                                                                        |         | 主要成果使用者/服務對象/合作對象 |
| <p>涉及科技計畫層級之預期關鍵成果：</p> <p>3-1:強化放射性物質海洋傳輸擴散模式以完善該放射性物質衝擊潛勢分析及示警系統。</p> <p>3-2:福島核電廠含氚處理水海洋傳輸擴散預報作業化系統運維、趨勢統計分析與海流預報作業化系統的年度校驗分析。</p> <p>3-3:結合日本放流形式及地形，運跑初步小尺度計算流體力學模式沿岸放流案例 1 個。</p> <p>3-4:以氚水排放議題參與或舉行至少 1 場科普展覽，</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                | <p>【目標 3 關鍵成果 1】強化放射性物質海洋傳輸擴散模式以完善該放射性物質衝擊潛勢分析及示警系統，並完成臺灣海峽洋流擴散模式 2 年歷史案例運跑。</p> <p>【目標 3 關鍵成果 2】含氚處理水擴散預報模式皆正常產出，擴散結果透過每週更新之一週擴散預報概述，提供擴散趨勢分析，已完成海流模式與放射性物</p> |         | 交通部中央氣象署          |

|                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                             |  |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>並設計新媒體圖卡、影片，實體及網路加總至少提升相關資訊之觸及率 20000 人次/年。</p> <p>細部計畫預期關鍵成果說明：</p> <p>無</p> | <p>質海洋傳輸擴散模式校驗系統及分析。</p> <p>【目標 3 關鍵成果 3】依據日本實際排放及監測資料，完成日本含氫廢水排放案例比對，並完成研究報告及完成部分噴流案例計算。</p> <p>【目標 3 關鍵成果 4】已經於 113 年 4 月 13 日(六)，於雲林縣古坑鄉綠色隧道驛站舉辦「核安總動員科技樂無限」原子能科技科普展，以及於 10 月 5~6 日於新竹縣立體育館再次舉辦原子能科技科普展。113 年度單年瀏覽人次為 25 萬餘人，表現遠超預期。</p> |  |
| <p>遭遇困難與因應對策</p>                                                                 | <p>無</p>                                                                                                                                                                                                                                    |  |

| 細部計畫 5      | 國家海域放射性物質擴散預警及安全評估應對計畫(2/4)(國海院)                                                                                                                                                                | 計畫屬性 | 環境永續與社會發展 | 執行機關 | 國家海洋研究院, |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|------|----------|
| <p>重點描述</p> | <p>針對日本福島事故含氫處理水排放後，廣泛進行臺灣海域海水、漁產採樣及氫檢測作業，以評估其水質、漁產之影響性及安全性，且搭配相關海洋放射性物質外釋應變技術之開發，應對於未來所有未知的海域輻射事件，強化部會整合應對之量能。</p> <p>本計畫之主要目的：</p> <p>一、透過臺灣周遭海域海水採樣分析之全方位監測，建立長期且例行化之海水輻射監測量能，守護臺灣漁業之風評；</p> |      |           |      |          |



|                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                          |         |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------|
|                                                                                                          | 二、建立水產動物類及藻類抽驗及氚核種檢測程序，了解國人食用水產動物類及藻類中放射性核種氚之健康風險，確保食品安全，讓國人食的安心；<br>三、開發擴大至臺灣海峽之放射性物質衝擊潛勢分析及預報示警系統，建立海洋放射性物質外釋應對機制，確保臺灣民眾之輻射安全；<br>四、調查日方排放含氚處理水前、後之沿近岸生態系及輻射影響，評估其對臺灣周遭海域之生態影響，完備海洋生態資料庫，促進海洋永續發展。 |                                                                                                                          |         |                   |
| 預算數（千元）                                                                                                  | 決算數（千元）                                                                                                                                                                                              | 執行率（％）                                                                                                                   | 節餘數（千元） | 總人力（人年）<br>實際／規劃  |
| 9,559                                                                                                    | 9,559                                                                                                                                                                                                | 100.00%                                                                                                                  | 0       | 6.0/0.0           |
| 其他資源投入                                                                                                   | 無                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                          |         |                   |
| 預期關鍵成果                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                      | 關鍵成果達成情形                                                                                                                 |         | 主要成果使用者/服務對象/合作對象 |
| 涉及科技計畫層級之預期關鍵成果：<br>4-1:完成臺灣海域沿近岸生態系代表性生物物種採樣調查年度報告至少 1 份及完成生物樣本於食物鏈中食性位階查詢結果。<br><br>細部計畫預期關鍵成果說明：<br>無 |                                                                                                                                                                                                      | 【目標 4 關鍵成果 1】國海院完成石門、龍洞及磯崎等 3 個生態系及宜蘭大溪、屏東東港與台東成功等 3 個漁港 4 季之沿岸生態系代表性生物物種採樣、分析、鑑種，食性位階分析。144 件生物樣本生物氚的檢測結果皆小於 MDA，無輻射異常。 |         | 國家海洋研究院           |
| 遭遇困難與因應對策                                                                                                | 無                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                          |         |                   |

## 附表、佐證資料表

(請選擇合適之佐證資料表填寫，超過 1 筆請自行插入列繼續填寫，未使用之指標資料表請刪除。)

### 【A 論文】

| 題名                                                                                                                                                | 作者                                      | 發表處及日期                                                      | 文獻類別  | 被引用次數 | 成果歸屬                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------|-------|-----------------------------|
| SCHISM 程式及 A2CDOSE 海氣耦合分析於核電廠事故之應用                                                                                                                | 黃培傑, 蔣宇, 楊子毅                            | 113 年第 38 屆天氣預報與分析研討會, 2024                                 | A-2-1 |       | 海域放射性物質排放事件例行化預報及異常排放示警處理研究 |
| Assessment of the Fukutoku-Okanoba pumice rafts dispersion model using the daily collection data from nuclear power plants seawater intake system | Yu Chiang, Pei-Chieh Huang, Zi-Yi Yang  | Nuclear Engineering and Design                              | A-1-2 |       | 海域放射性物質排放事件例行化預報及異常排放示警處理研究 |
| A quick parameter configuration tool for SCHISM's ocean dispersion simulation of radioactive materials                                            | Zi-Yi Yang, Pei-Chieh Huang, Yu Chiang, | International Journal of Environmental Analytical Chemistry | A-1-2 |       | 海域放射性物質排放事件例行化預報及異常排放示警處理研究 |
| 放射性物質海洋擴散模式初步校驗分析                                                                                                                                 | 曾慧婷、鄧仁星                                 | 113 年第 38 屆天氣分析與預報研討會                                       | A-2-1 |       | 海域放射性物質排放事件例                |

|                                   |                                         |                                                |       |  |                                                     |
|-----------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|-------|--|-----------------------------------------------------|
|                                   |                                         |                                                |       |  | 行化預報<br>及異常排<br>放示警處<br>理研究                         |
| CWA-OCM-FH 福島<br>擴增範圍海流模式<br>校驗分析 | 王啓竑、于<br>嘉順、曾慧<br>婷、鄧仁星                 | 113 年第 38 屆天<br>氣分析與預報研<br>討會                  | A-2-1 |  | 海域放射<br>性物質排<br>放事件例<br>行化預報<br>及異常排<br>放示警處<br>理研究 |
| 日本福島核電廠放<br>射性物質擴散模擬<br>與分析       | 王啓竑、正<br>皓宇、東佳<br>穎、于嘉<br>順、曾慧<br>婷、鄧仁星 | 第 46 屆海洋工程<br>研討會暨國際海<br>洋能源論壇<br>(2024/11/22) | A-2-1 |  | 海域放射<br>性物質排<br>放事件例<br>行化預報<br>及異常排<br>放示警處<br>理研究 |
|                                   |                                         |                                                |       |  |                                                     |

文獻類別：A-1 期刊論文 A-1-1 國內(篇) A-1-2 國外(篇) 、A-2 研討會論文 A-2-1 國內(篇)

A-2-2 國外(篇) A-3 專書論文 A-3-1 國內(篇) A-3-2 國外(篇)

### 【B 合作團隊(計畫)養成表】

| 團隊(計畫)名稱       | 合作對象                | 合作模式 | 團隊<br>(計畫)<br>性質 | 成立時間(西元年) | 成果歸屬                         |
|----------------|---------------------|------|------------------|-----------|------------------------------|
| 海水取樣及氬<br>分析團隊 | 水試所、海巡署、<br>海保署、漁業署 | B    | A                | 2021      | 海域重要<br>漁場水質<br>與洄游魚<br>種輻射安 |

|  |  |  |  |  |       |
|--|--|--|--|--|-------|
|  |  |  |  |  | 全評估研究 |
|--|--|--|--|--|-------|

註：合作模式分成 A 機構內跨領域合作、B 跨機構合作、C 跨國合作；團隊(計畫)性質分成 A 形成合作團隊或合作計畫、B 形成研究中心、C 形成實驗室、D 簽訂協議；成果歸屬請填細部計畫名稱。

### 【C 博碩士人才培育表】

| 姓名  | 學歷        | 機構名稱                | 聯絡方式(地址/電話/MAIL)                                                             |
|-----|-----------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 周立進 | 碩士(博士候選人) | 國家海洋研究院/海洋生態及保育研究中心 | 地址：高雄市前鎮區成功二路 25 號 5 樓之 8<br>電話：07-3382097#263508<br>MAIL：choulc@namr.gov.tw |
| 許世霖 | 碩士(博士候選人) | 國家海洋研究院/海洋生態及保育研究中心 | 地址：高雄市前鎮區成功二路 25 號 5 樓之 8<br>電話：07-3382097#263510<br>MAIL：hsuab@namr.gov.tw  |

學歷：博士碩士學士

### 【D1 研究報告表】

| 報告名稱                   | 作者姓名 | 出版年(西元年) | 是否被採納 | 成果歸屬                  |
|------------------------|------|----------|-------|-----------------------|
| 食品中氚之檢驗方法              | 黃珏吉  | 2024     | C     | 海域重要漁場水質與洄游魚種輻射安全評估研究 |
| 海洋環境中生物體的分配係數及濃度因子研究報告 | 陳懿璿  | 2024     | C     | 海域重要漁場水質與洄游魚種輻射安全評估研究 |

|                                   |         |      |   |                             |
|-----------------------------------|---------|------|---|-----------------------------|
| 我國因應日本含氚廢水排放之漁產輻射監測               | 林洺秀     | 2024 | C | 海域重要漁場水質與洄游魚種輻射安全評估研究       |
| 含氚海水養殖水生物之實驗動物照護規劃                | 楊智翔     | 2024 | C | 日本含氚處理水排放對水產動物類及藻類劑量安全與風險研究 |
| 015F 館除役完成後利用於含氚海水養殖實驗之輻射影響評估     | 廖子權     | 2024 | C | 日本含氚處理水排放對水產動物類及藻類劑量安全與風險研究 |
| 113 年生物氚分析比對試驗                    | 衛宛君     | 2024 | C | 海域重要漁場水質與洄游魚種輻射安全評估研究       |
| 日本含氚處理水排放劑量評估之關鍵曝露途徑及台灣代表人特徵研析報告  | 陳懿璿,陳韋新 | 2024 | C | 海域重要漁場水質與洄游魚種輻射安全評估研究       |
| 國家海域放射性物質擴散預警及安全評估應對計畫專家赴日觀察及技術參訪 | 蔣宇      | 2024 | C | 海域放射性物質排放事件例行化預報及異常排放示警處理研究 |
| SCHISM 程式及 A2CDOSE 海氣耦合分析         | 黃培傑     | 2024 | C | 海域放射性物質排放事件例行化預報及異          |

|                     |     |      |   |                             |
|---------------------|-----|------|---|-----------------------------|
| 於核電廠事故之應用           |     |      |   | 常排放示警處理研究                   |
| 生物氚生態調查結果           | 蔡惠雯 | 2024 | C | 海域重要漁場水質與洄游魚種輻射安全評估研究       |
| 精進 SCHISM 內建模組之計算方法 | 黃培傑 | 2024 | C | 海域放射性物質排放事件例行化預報及異常排放示警處理研究 |
| 洋流模式複合座標域資料橋接法      | 邱佳聖 | 2024 | C | 海域放射性物質排放事件例行化預報及異常排放示警處理研究 |
| 日本 ALPS 處理水排放案例研究   | 邱佳聖 | 2024 | C | 海域放射性物質排放事件例行化預報及異常排放示警處理研究 |

註：是否被採納分成 A 院級採納、B 部會署級採納、C 單位內採納、D 存參；成果歸屬請填細部計畫名稱。

【E 辦理學術活動表】

| 學術活動名稱                          | 性質 | 論文數 | 參與人數 | 活動時間 | 辦理單位               | 成果歸屬                        |
|---------------------------------|----|-----|------|------|--------------------|-----------------------------|
| 113 年日本服第一核電廠排放含氚處理水之我國漁業因應策略會議 | A  | 0   | 30   | 8 小時 | 財團法人中華民國對外漁業合作發展協會 | 海域放射性物質排放事件例行化預報及異常排放示警處理研究 |

註：性質分成 A 國內研討會、B 國際研討會、C 兩岸研討會

【H 技術報告檢驗方法表】

| 技術或檢驗方法名稱                                     | 性質 | 作者姓名 | 出版年(西元年) | 出版單位 | 成果歸屬                        |
|-----------------------------------------------|----|------|----------|------|-----------------------------|
| 食品中氚的處理作業程序書                                  | B  | 蔡惠雯  | 2024     | 國原院  | 海域重要漁場水質與洄游魚種輻射安全評估研究       |
| 生物氚分析試驗之生物樣品前處理方式精進                           | A  | 廖佩俞  | 2024     | 國原院  | 海域重要漁場水質與洄游魚種輻射安全評估研究       |
| TW-ORIS 平台網站管理系統及操作優化專案                       | A  | 黃文沂  | 2024     | 國原院  | 海域放射性物質排放事件例行化預報及異常排放示警處理研究 |
| TW-ORIS 放射性物質海域擴散海洋資訊平台管理及操作手冊-113 年 8 月改版後適用 | A  | 黃文沂  | 2024     | 國原院  | 海域放射性物質排放事件例行化預報及異常排放示警處理研究 |
| 海水水質純化系統操作程序書                                 | A  | 李思偉  | 2024     | 國原院  | 海域重要漁場水質與洄游魚種輻射安全評估研究       |
| 海水氚及生物氚試驗場維護及操作程序規範                           | A  | 廖子權  | 2024     | 國原院  | 日本含氚處理水排放對水產動物類及藻類劑量安全與風險研究 |

註：性質分成 A 技術報告、B 檢驗方法



**[I1 辦理技術活動表]**

| 技術活動名稱                                           | 活動性質 | 活動屬性 | 舉辦日期     | 人數 | 成果歸屬                                    |
|--------------------------------------------------|------|------|----------|----|-----------------------------------------|
| 福島氚廢水<br>海洋傳輸擴<br>散分析及預<br>報作業系統<br>教育訓練         | A    | A    | 20240916 | 3  | 海域放射性物質<br>排放事件例行化<br>預報及異常排放<br>示警處理研究 |
| 113 年國家<br>海域放射性<br>物質擴散預<br>警及安全評<br>估技術研討<br>會 | A    | A    | 20241212 | 80 | 海域放射性物質<br>排放事件例行化<br>預報及異常排放<br>示警處理研究 |

註：性質分成 A 技術研討會、B 競賽活動、C 技術說明會或推廣活動、D 其他；屬性分成 A 國內技術活動、B 國際技術活動；成果歸屬請填細部計畫名稱。

**【R 增加就業表】**

| 廠商名稱          | 廠商統一編號   | 增加員工人數 | 增加之年度 | 成果歸屬                                  |
|---------------|----------|--------|-------|---------------------------------------|
| 得士派資產管理股份有限公司 | 53909987 | 2      | 113   | 海域重要漁<br>場水質與洄<br>游魚種輻射<br>安全評估研<br>究 |
| 國立臺灣海洋大學      | 00501503 | 4      | 113   | 海洋輻射沿<br>近岸生態系<br>輻射影響採<br>樣調查        |
| 鴻達資源開發事業有限公司  | 54729793 | 1      | 113   | 海洋輻射沿<br>近岸生態系                        |

|  |  |  |  |              |
|--|--|--|--|--------------|
|  |  |  |  | 輻射影響採<br>樣調查 |
|--|--|--|--|--------------|

註：成果歸屬請填細部計畫名稱。

### 【Y 資訊平台資料庫表】

| 資訊平台/資料庫名稱            | 內容描述         | 類別        | 資料筆數 | 成果歸屬                        |
|-----------------------|--------------|-----------|------|-----------------------------|
| 政府資料開放平台/臺灣海域輻射調查資料   | 臺灣海域輻射調查資料   | Numerical | 4203 | 海域重要漁場水質與洄游魚種輻射安全評估研究       |
| 政府資料開放平台/臺灣海域放射性調查數據庫 | 臺灣海域放射性調查數據庫 | Numerical | 180  | 海域放射性物質排放事件例行化預報及異常排放示警處理研究 |

註：類別分成 Bibliography、Numerical、Factual、Multimedia、Text；成果歸屬請填細部計畫名稱。

### 【Z 調查成果】

| 調查成果名稱          | 內容描述                                          | 調查面積/筆數/物種數等                                              | 達成率  | 成果歸屬              |
|-----------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------|-------------------|
| 臺灣東部沿岸生態系輻射基線調查 | 沿近岸生態系 4 季的季節性生物調查採樣，並將樣本送國原院進行銻-137 和生物氫檢測分析 | 完成臺灣東部沿岸 7 個點生態調查，4 季次共計 144 件生物樣本採集，並送國原院檢測分析銻-137 和生物氫。 | 100% | 海洋輻射沿岸生態系輻射影響採樣調查 |
| 臺灣周邊海域漁場海水及浮游動  | 臺灣周邊海域每年 4 季海水及動浮(含子稚魚)                       | 完成臺灣周邊海域 62 個站點，4 季次共 226 個                               | 100% | 海域重要漁場水質          |

|                         |                                                                               |                               |      |                             |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------|-----------------------------|
| 物放射性物質調查                | 採樣，並將樣本送至偵測中心及國原院進行核種檢測分析。                                                    | 樣本採集送驗。                       |      | 與洄游魚種輻射安全評估研究               |
| 臺灣海域海水氡輻射分析與評估報告        | 調查及監測我國周圍海域環境海水氡輻射量。                                                          | 取得臺灣海域海水樣品至少 320 件以上並完成氡含量分析。 | 100% | 海域重要漁場水質與洄游魚種輻射安全評估研究       |
| 含氡廢水排放後之食品安全影響研析及風險溝通   | 蒐集國際間之研究動態，包括公眾意見、政府機關之相關管理規範等。<br>彙整年度資料蒐集成果，提出風險溝通之重點，並製作文案(投稿文章、衛教文宣、懶人包)。 | 製作風險溝通文案 1 份                  | 100% | 日本含氡處理水排放對水產動物類及藻類劑量安全與風險研究 |
| 輸入水產動物類及藻類中放射性核種氡檢測分析調查 | 針對輸入水產動物類及藻類中放射性核種氡抽樣及檢測分析                                                    | 300 件                         | 100% | 日本含氡處理水排放對水產動物類及藻類劑量安全與風險研究 |