

出國報告(出國類別：開會)

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

服務機關：核能安全委員會

姓名職稱：李綺思組長、林貞絢簡任技正、林士軒技佐

服務機關：核能安全委員會輻射偵測中心

姓名職稱：林品均技士

服務機關：國家原子能科技研究院

姓名職稱：蔣宇副研究員、楊智翔技術員

服務機關：交通部中央氣象署

姓名職稱：鄧仁星研究員、曾慧婷副研究員

派赴國家：日本

出國期間：113年5月8日至113年5月15日

報告日期：113年7月23日

摘要

為實地掌握日本福島第一核電廠執行ALPS處理水海洋排放最新狀況，並與日方專家交流放射性物質海域擴散模擬及檢測分析技術，核能安全委員會及輻射偵測中心、國家原子能科技研究院、交通部中央氣象署，共同組成跨部會專家團，於5月8日至15日赴日本交流，並於5月14日參訪福島第一核電廠。本次為針對日本福島第一核電廠ALPS處理水海洋排放議題之第5次實地參訪，我國專家團實際赴東京電力公司本部與福島第一核電廠進行交流，透過與日方交流討論及實地走訪電廠內海生物飼育中心與稀釋排放設備等，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)駐廠安全性確認與專案小組審查動態，並交流放射性核種分析檢測技術。我國專家團亦藉交流機會，說明我方重視日本排放議題，並請日方妥善海洋排放管理與異常處置，確保排放安全。

此外，國家原子能科技研究院與交通部中央氣象署已共同合作開發放射性物質海域擴散預報系統，整合例行化海象預報作業資源，以日本實際排放狀況，每日進行未來7天ALPS處理水之擴散路徑與氬濃度模擬分析，提供每日預報。因應海域擴散模擬為複雜之科研議題，為持續精進相關的科學研究基礎及例行預報工程作業，本次我國專家團藉與日本筑波大學、電力中央研究所之交流機會，對該內容進行詳細探討與經驗分享，並建立臺日雙方專家持續交流之聯繫管道，以助持續發展國內海域擴散模擬相關技術、培育人才，接軌國際。

本次我國專家觀察團實地交流參訪，掌握福島第一核電廠ALPS 處理水海洋排放作業之源頭資訊，及IAEA 安全性確認近況，另與日方專家進行放射性物質海域擴散模擬與分析檢測技術交流，有助我國持續精進海域擴散預報與放射性物質檢測分析作業。相關交流成果，未來可透過跨部會合作之國家海域放射性物質擴散預警及安全評估應對計畫，運用於相關輻射監測與擴散預報等技術之開發精進。

目錄

壹、前言.....	1
貳、行程.....	2
參、工作紀要.....	3
肆、心得與建議.....	49

表目錄

表 1、應對計畫專家赴日觀察及技術參訪行程簡表.....	2
表 2、東電公司2024會計年度各批次排放資訊.....	15
表 3、ALPS處理水展示樣品放射性核種活度.....	43

圖目錄

圖 1、我國專家團與筑波大學交流放射性物質海域擴散之技術.....	6
圖 2、我國專家團及日方專家於筑波大學合影.....	7
圖 3、國原院與氣象署研究團隊發展海洋/大氣擴散模式耦合分析技術之流程(設計階段).....	7
圖 4、國原院與氣象署研究團隊以小尺度程式Flow-3D進行出水口之擴散模擬示意圖.....	8
圖 5、日方專家提供的放射性物質整合性資料庫計畫「ERAN Database」.....	8
圖 6、氣象防災監控中心.....	11
圖 7、地震火山監控中心.....	11
圖 8、我國專家團體驗地震預警系統運作方式說明之互動教具.....	12
圖 9、氣象科學館展示之風向風速計及乾濕計.....	12
圖 10、東電公司於福島第一核電廠3公里範圍內之10個監測點.....	14
圖 11、區域海洋模擬系統(ROMS)模擬範圍.....	18
圖 12、112年9月3日中午12點(第一批次排放期間)，擴散計算結果與監測結果圖.....	19
圖 13、112年10月16日上午8點(第二批次排放期間)，擴散計算結果與監測結果圖.....	19
圖 14、112年11月20日上午8點(第三批次排放期間)，擴散計算結果與監測結果圖.....	20
圖 15、我國專家團及日方專家於電中研合影.....	27
圖 16、我國專家團與日方專家交流海洋擴散模擬之技術.....	27
圖 17、氣象署簡報分享模式運算結果.....	28
圖 18、電中研之大型海嘯模擬設施.....	28
圖 19、我國專家團參訪電中研之風洞實驗室.....	29
圖 20、氣象署研究團隊使用浮標進行CWA-OCM-FH模式校驗示意圖.....	29
圖 21、廠內現勘路線圖.....	31
圖 22、藍色水槽使用一般海水飼養.....	33
圖 23、黃色水槽使用稀釋的ALPS處理水.....	33
圖 24、比目魚、鮑魚與海藻體內TFWT隨時間的濃度變化.....	34

圖 25、比目魚體內 OB _T 隨時間的濃度變化.....	35
圖 26、觀測點區域之輻射劑量率.....	36
圖 27、觀察團成員於1至4號機組前合影.....	36
圖 28、1號反應爐機組現況.....	36
圖 29、2號反應爐機組現況.....	36
圖 30、3號反應爐機組現況.....	36
圖 31、4號反應爐機組現況.....	36
圖 32、汲水井.....	37
圖 33、K4桶槽區.....	38
圖 34、K4桶槽區A、B、C組運作方式	38
圖 35、桶槽周圍的混凝土內牆與外牆.....	39
圖 36、東電公司於1至4號機組前方港灣設置網子，避免魚類游出.....	40
圖 37、過氧化氫注入設備位置示意圖.....	41
圖 38、盾構機刀面.....	42
圖 39、岸邊所保留被海嘯破壞的桶槽.....	42
圖 40、日本消防廳本所防災館以吉祥物強化推廣效能.....	47
圖 41、防災演練操作室.....	48
圖 42、小型地震土壤液化展示模型.....	48

壹、前言

因應日本福島第一核電廠多核種去除設備處理水(ALPS處理水)海洋排放作業，政府已組成跨部會因應平台定期開會討論，並以掌握日本排放源頭資訊、進行海域擴散每日預報、強化海域輻射監測、落實資訊公開等4項因應措施，為我國海域環境與民眾安全及權益把關。為支持前述各項因應措施執行之技術與資源，行政院專案審議核定112至115年4年期之「國家海域放射性物質擴散預警及安全評估應對計畫」(以下簡稱應對計畫)，由核能安全委員會及所屬輻射偵測中心、農業部漁業署及水試所、衛福部食藥署、交通部中央氣象署、海委會國海院、國家原子能科技研究院，共計5個部會、8個單位共同合作執行，完善各項因應作業。

日本於去(112)年8月24日開始進行ALPS處理水的海洋排放作業，依照日本東京電力公司(以下簡稱東電公司)估算，以日本政府訂定的排放方針，每年排放氫活度不超過22兆貝克來評估，需要排放30年或以上。為實地掌握日本福島第一核電廠執行ALPS處理水海洋排放最新狀況，核安會已於111年3月、11月，112年6月，三度籌組跨部會專家觀察團赴日執行ALPS處理水排放前的實地觀察任務；112年11月亦於第9屆台日核能管制資訊交流會議後，第4次赴福島第一核電廠掌握排放後最新狀況。

本次為針對日本福島第一核電廠ALPS處理水海洋排放議題之第5次實地參訪，透過與日方交流討論及實地走訪電廠內海生物飼育中心與稀釋排放設備等，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)駐廠安全性確認與專案小組審查動態，並交流放射性核種分析檢測技術。我國專家團亦藉交流機會，說明我方重視日本排放議題，並請日方妥善海洋排放管理與異常處置，確保排放安全。

另外，為持續精進放射性物質海域擴散模擬分析與預報技術，並與筑波大學之放射・同位素地球研究中心，及電力中央研究所之專家團隊進行交流，討論包含擴散預警、大氣沉降耦合模式、跨尺度介接技術、劑量評估等專業技術議題。

本次實地參訪，有利我國掌握福島第一核電廠ALPS處理水海洋排放作業之源頭資訊，及IAEA安全性確認近況，使我國相關因應作業得以遂行。另與日方專家進行放射性物質海洋擴散模擬與分析檢測技術交流，亦有助我國持續精進海洋擴散預報系統、強化放射性物質檢測分析作業，接軌國際專業技術，為我國海域及民眾輻射安全把關。

貳、行程

此次行程共計8天，專家團成員包含核能安全委員會3人、核能安全委員會輻射偵測中心1人、國家原子能科技研究院2人、交通部中央氣象署及中山大學專家4人、駐日代表處1人，共計11人。專家團一行於5月8日抵達日本，5月9日與筑波大學進行海域擴散模擬評估技術交流，5月10日參訪日本氣象廳，5月11、12日進行資料整理、討論。5月13日核安會團隊與東京電力公司進行交流討論，下午由東京前往福島，5月14日前往福島第一核電廠，實地觀察掌握ALPS處理水排放最新狀況。另外，5月13日氣象署團隊則與電力中央研究所針對擴散模擬與劑量評估議題進行交流討論，5月14日參訪東京消防廳本所防災館及海洋科學博物館。專家團於5月15日結束訪日行程，行程詳如表1。

表 1、應對計畫專家赴日觀察及技術參訪行程簡表

日期	行程內容	地點
5/8 (三)	路程：台北→東京	東京
5/9 (四)	● 與筑波大學進行技術交流	東京
5/10 (五)	● 日本氣象廳參訪	東京
5/11 (六)	資料整理、討論	東京
5/12 (日)	資料整理、討論	東京
5/13 (一)	● 與東京電力公司進行意見交流 ● 與電力中央研究所進行技術交流	東京
5/14 (二)	● 福島第一核電廠ALPS處理水設施參訪 ● 東京消防廳本所防災館、東京海洋大學參訪	福島 東京
5/15 (三)	路程：東京→台北	-

參、工作紀要

一、與筑波大學進行技術交流 (5月9日)

本日專家團拜訪筑波大學，與其放射·同位素地球研究中心之專家學者，針對放射性物質海域擴散之技術發展進行討論與資訊交流。筑波大學位於東京近郊，緊鄰日本宇宙航空研發機構 Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)，為科學技術發展之頂尖學府。交流討論後的校園參訪，在校史室中可看到該校相關的多位諾貝爾化學、物理獎得主的介紹與相關文物展覽，也看到筑波大學在學術專業、人才培育近世紀的努力。交流參訪照片如圖1、2所示。

(一) 議題交流

1. 大氣/海洋擴散模式耦合分析技術

- (1) 考量核子事故發生後，若有放射性物質外釋，可能透過海洋或大氣方式排放，而海洋與大氣之間亦有交換作用，國原院與氣象署研究團隊正研發大氣/海洋擴散耦合技術(如圖3)，藉由本次與日方專家交流的機會，說明我方目前研究方向。
- (2) 日方專家肯定我方研究團隊相關之模式技術發展方向，並提供未來研究進行模式校驗之建議。

2. 大小尺度模式介接

- (1) 現行「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」所提供的每日擴散預報，係使用SCHISM程式作為主要擴散分析模式之主要工具，屬大尺度洋流擴散計算。針對日本福島第一核電廠離岸約1公里處的海底隧道出水口，以此大尺度的洋流擴散模式計算，容易忽略部分垂直擴散情況，為此，國原院及氣象署研究團隊正透過可解算三維Navier-Stokes equations(納維爾-斯托克斯方程式)之小尺度程式「Flow-3D」進行出水口區域範圍的擴散計算(如圖4)，另亦將「季節參數化」整合至大尺度擴散模式當中，以期精進出水口之計算。
- (2) 日方專家認同對於海底隧道出水口，適宜以小尺度程式進行模擬分析，並分享其團隊正透過類似的計算流體力學(CFD)軟體進行出水口的擴散計算，及分享其相關之參數設定。

3. 模式校驗及數據處理

- (1) 日方專家分享其針對ALPS處理水排放之模擬分析結果，及有關潮位校驗、放射

性物質監測資料庫，及福島電廠週邊海域之輻射監測結果整理。

- (2)日方專家分享由筑波大學、福島大學等單位共同執行之資料庫計畫「ERAN project」(Environmental Radioactivity Research Network Center) (如圖5)，該資料庫平台提供有關環境中放射性物質與環境動態，具備詳盡的資料數據及參考資料來源，對於專業科學研發、期刊論文引用可提供實質助益。

(二) 問題與討論

1. 我方提問：針對目前臺灣發展的大氣/海洋擴散模式耦合分析技術，方法論與建置上沒有問題，但目前缺乏相對的數據進行驗證，只能透過IAEA的Modelling and Data for Radiological Impact Assessments(MODARIA)計畫所發表的SCI文獻上取得2011年福島事故的部分大氣擴散數據集，進行初步比對，請問是否有對於模式驗證部分的建議？

日方答覆：筑波大學的團隊非實際參與MODARIA計畫之團隊，但有認識發表福島事故後大氣擴散源項之專家，後續可協助聯繫，以助臺灣取得完整大氣擴散源項，輔以海洋監測數據，就可進行模式驗證，未來雙方也可針對研究結果持續交流分享，共同精進。

2. 我方提問：目前臺灣的擴散分析模式與日方使用的區域海洋模擬系統 Regional Ocean Modeling System(ROMS) 模式的主要差異是潮汐的考量，ROMS模式不使用潮汐資訊，但由ROMS分析結果仍與潮位監測數據比對結果看來，有良好的對應，請問是否能提供使用的潮位監測數據，讓臺灣的SCHISM模式進行平行運算(Code Cross-walk)，藉此判斷該區域的海流及潮汐效應之影響，強化沿近岸物理模式之計算？

日方答覆：確實日方團隊使用的ROMS模式以及海氣象數據庫並未考量潮汐影響，但該模式在比對上判斷海流實質較為穩定，後續會提供相關資料給臺灣團隊做為運算的參考，也期待計算完成之後的回饋分享。

3. 我方提問：目前使用Flow-3D程式進行小尺度模式計算，並在之後進行大小尺度模式之介接，請問以日方的經驗，可否分享對於大小尺度模式分析與介接之相關建議。

日方答覆：目前筑波大學團隊針對排放口共進行了數個不同噴流流速、水平海流流速之案例分析，由分析結果發現，因ALPS處理水排放口是在水深12公尺的海底，若水平海流流速加大時，排放水會加速擴散並集中向水流方向移動，甚或不會移動

至海水表層，其擴散現象的垂直速度，與大尺度海流模式的分析結果可能有很大的差異。相反的話，若水平海流流速較小，排放水濃度相對較高的位置可能集中在海表面的流速變化處，此現象是值得關注的；至於相關現象要如何正確反映至現行的大尺度模式，以及其參數化的連結，仍要進行後續研究及比對驗證才可以確認，故也很期待臺灣團隊以Flow-3D進行類似的研究後，雙方進行結果比對的工作。

4. 我方提問：關於 EARN 平台的數據使用，請問它的運作方式為何，是否有日本周遭更多的輻射監測數據？

日方答覆：EARN計畫為筑波大學、福島大學等機構共同開發，主要是向重要期刊作者蒐集使用的數據，並進行資料統整，供外界使用，舉例來說IAEA的海洋監測資料庫 Marine Radioactivity Information System(MARIS) 中，關於日本的輻射監測數據，就是由 EARN 這個平台提供。

5. 我方提問：目前ALPS處理水排放前的海水稀釋作業是透過5號機的機組取水口進行海水抽取，請問是否有機會因為港口內的輻射累積或海水循環，造成福島第一核電廠港灣內的放射性物質被帶向1公里遠的出水口？

日方答覆：目前福島第一核電廠設置了隔絕設施將ALPS處理水排放的稀釋海水取水口(第5、6號機組側)與其他機組(1至4號機組側)的港灣進行了隔離，照理不會有所詢的情形發生。

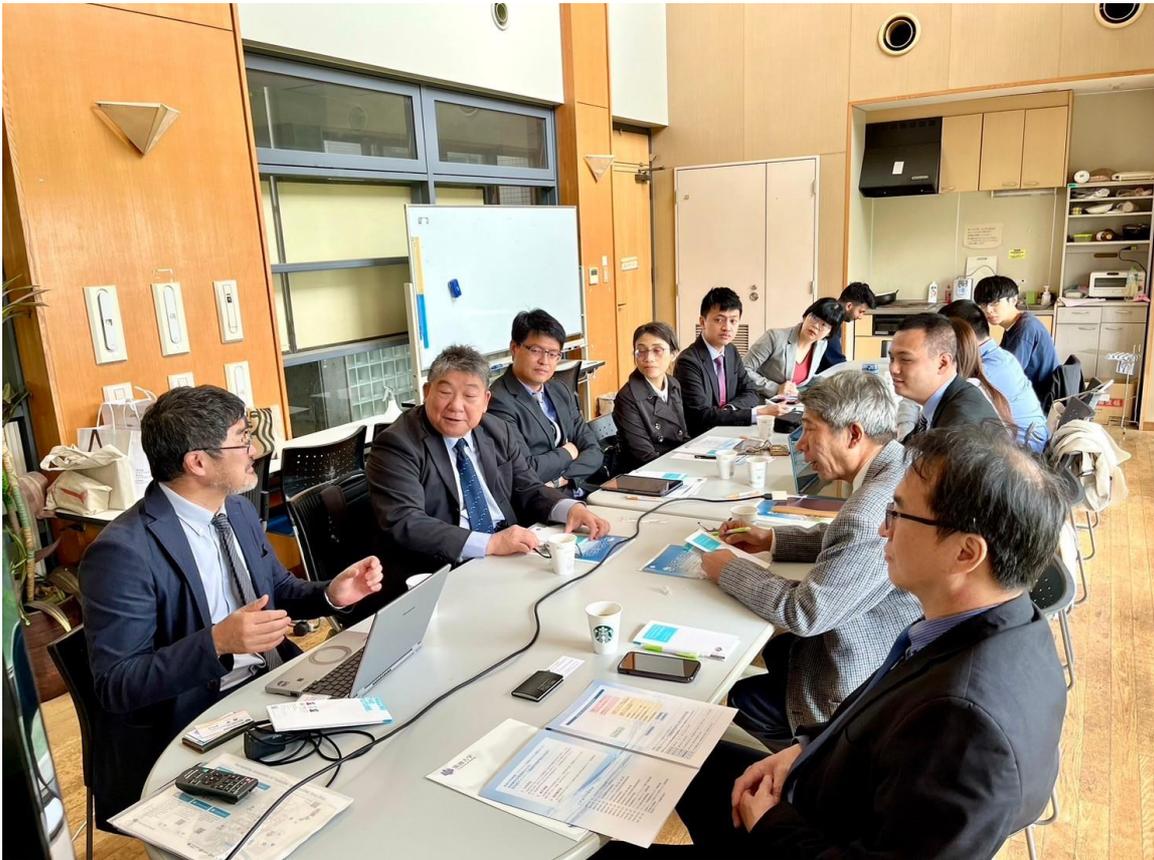


圖 1、我國專家團與筑波大學交流放射性物質海域擴散之技術



圖 2、我國專家團及日方專家於筑波大學合影

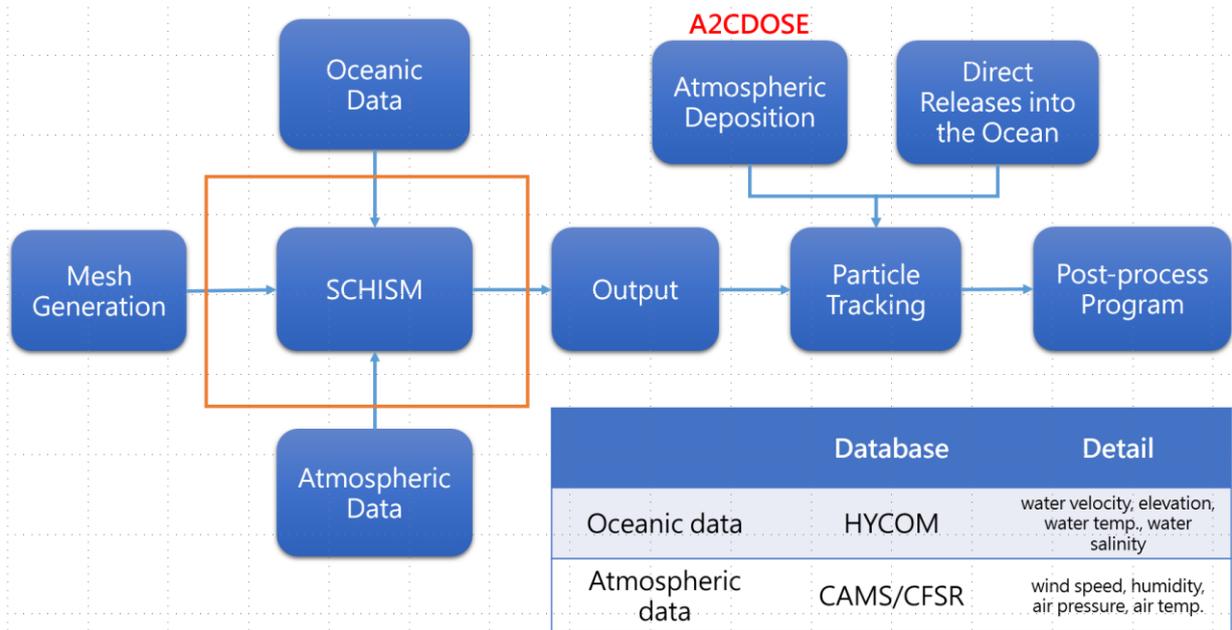


圖 3、國原院與氣象署研究團隊發展海洋/大氣擴散模式耦合分析技術之流程(設計階段)

Time: 2119.968 s

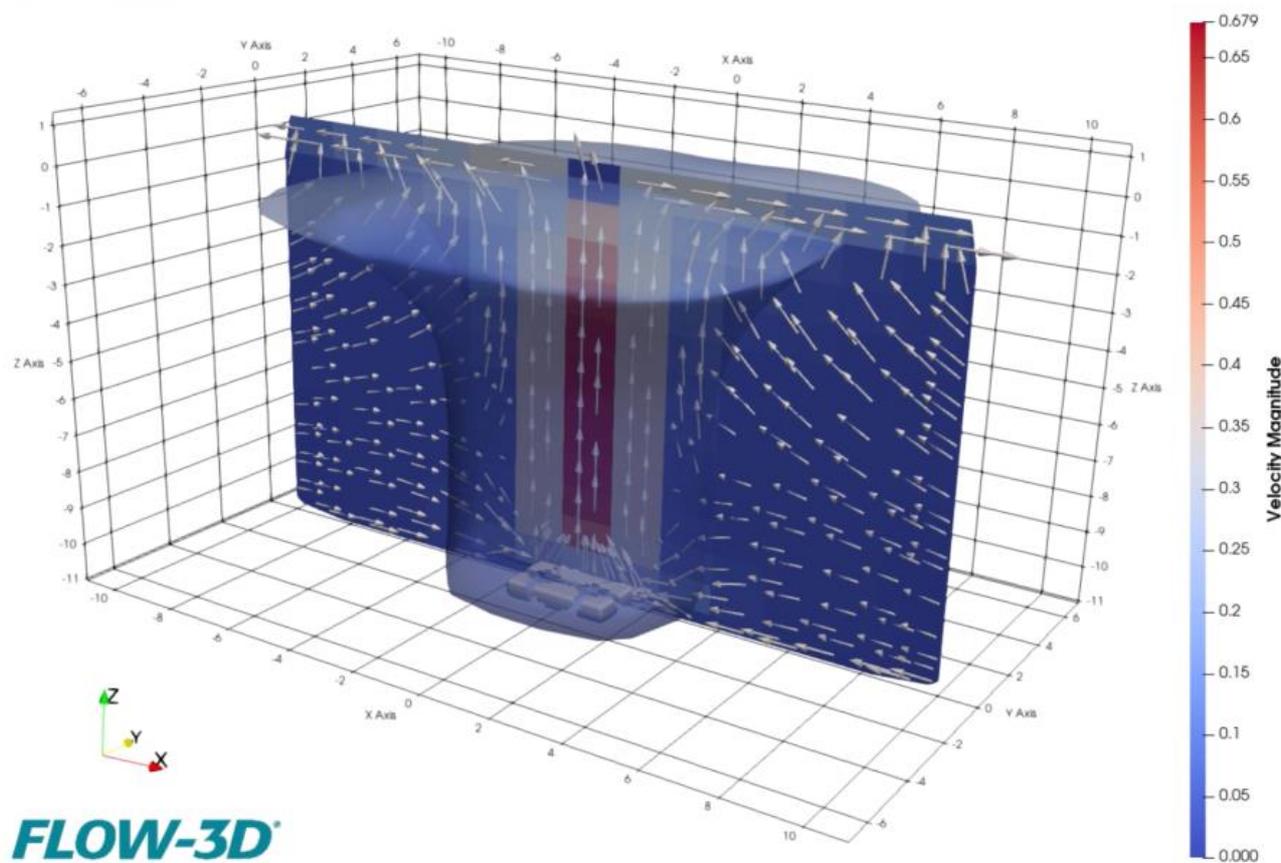


圖 4、國原院與氣象署研究團隊以小尺度程式Flow-3D進行出水口之擴散模擬示意圖

ERAN Database
in Environmental Radioactivity and Environmental Dynamics
management by CRIES, Univ. of Tsukuba.

ERAN Database in Environmental Radioactivity and Environmental Dynamics

Management by CRIES at University of Tsukuba

You are free to share and adapt the data which were downloaded from this site or were retrieved through search function of this site when you give appropriate credit following Creative Commons Attribution 4.0 International License.

ENTER Our Sample Archive Database **ENTER Our Main Database** **ENTER ERAN Database for IAEA RAS 5084**

圖 5、日方專家提供的放射性物質整合性資料庫計畫「ERAN Database」

二、日本氣象廳參訪(5月10日)

本日專家團拜訪日本國土交通省氣象廳管轄的氣象科學館，了解日本災害防救及氣象預報工作。日本氣象廳的職掌與我國中央氣象署類似，擔負氣象預報、觀測、災害監測等工作，透過本次導覽參訪其位於氣象廳本部一般對外公開之主要監控中心，包含氣象防災監控中心及地震火山監控中心，實際觀察其工作流程及各崗位工作配置，另並參訪其氣象科學館，瞭解日本對於氣象科學的科普推廣。

(一) 參訪內容

1. **氣象防災監控中心**：氣象防災監控中心(如圖6)主要負責天氣預報的製作和防災訊息的發佈。工作人員解析來自氣象衛星和地面觀測設備的數據，製作短期和長期天氣預報，並發佈有關颱風、大雨、暴風等氣象災害的警報和注意報，及時通知公眾。為了達到這些目標，氣象廳使用了先進的氣象模型進行數據分析和預測，並配備多種現代化的觀測和通信設備，確保訊息的快速傳遞和處理。
2. **地震火山監控中心**：地震火山監控中心(如圖7)負責監測日本全國的地震和火山活動，並運作早期預警系統。該中心隨時監測地震儀的數據，在地震發生時迅速收集訊息，確定震源和規模，並在預測地震可能引發海嘯時，立即發佈海嘯警報，呼籲居民避難。該中心亦透過火山口的即時衛星影像監測火山活動，以便於任何特殊情況下發佈火山噴發警報或疏散建議，並關注火山灰對航空活動的影響。
3. **氣象科學館**：氣象科學館為氣象廳附屬之展示中心，透過互動教具說明包含龍捲風、地震(如圖8)、海嘯等天氣狀況與預警系統之運作方式，並展示雨量計、乾濕計(如圖9)等各式氣象監控設備，進行氣象科學的科普知識推廣。

(二) 問題與討論

1. 我方提問：關於地震監測方面，臺灣於4月3日發生芮氏規模超過7的花蓮地震，請問類似的情況日本氣象廳也會即時監測到嗎？

日方答覆：會的，雖然距離日本的監測站點較遠，但像沖繩區域的監測站也會即時回傳資料，不過因為地震發生點超出日本監測站之範圍，必須透過外插得到預測規模，準度會相對較差；因日本氣象廳與其他國家的氣象單位也有數據分享機制，因

此等到之後收到各國提供的數據進行交叉計算後，才能得到較精準的結果。

2. 我方提問：請問日本國土範圍廣，所有的氣象預報資料都是透過氣象廳於東京的監測中心發布嗎？

日方答覆：日本各地的氣象資料都會傳送到監控中心這邊，但各地的氣象預報仍是由地方的氣象廳發布，這邊主要還是針對東京近郊進行預報發布。

3. 我方提問：請問在地震/火山監測方面，除了衛星資料外會透過程式進行火山灰的擴散及分布預測嗎？

日方答覆：監控中心主要先透過衛星影像判定是否發生異常覆蓋情形，並交由其他單位進行擴散分析的工作。



圖 6、氣象防災監控中心

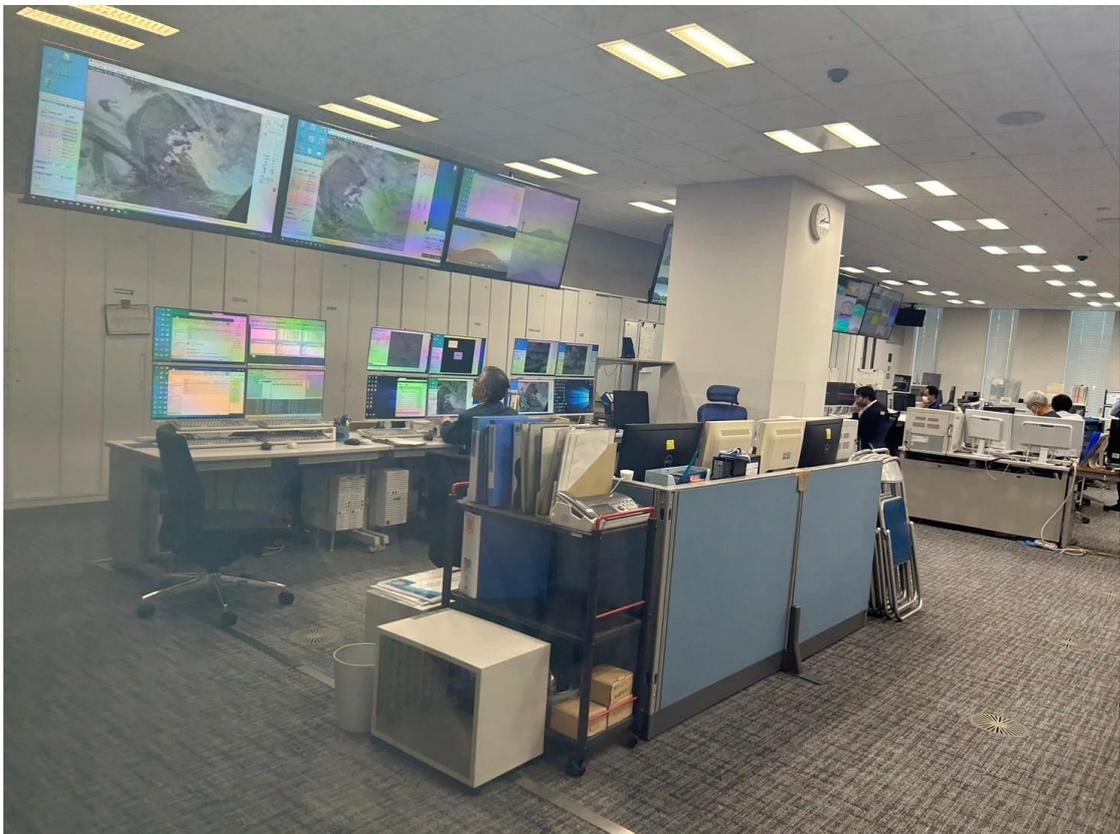


圖 7、地震火山監控中心



圖 8、我國專家團體驗地震預警系統運作方式說明之互動教具



圖 9、氣象科學館展示之風向風速計及乾濕計

三、與東京電力公司進行意見交流(5月13日)

我國專家團因應本日起與日方交流議題、對象、地點之不同，分成核安會團隊與氣象署團隊，分別進行交流參訪。本日專家團之核安會團隊依既定行程，與東電公司進行 ALPS 處理水海洋排放相關議題交流，並表達我國對日本海洋排放作業的高度關心。此次交流，由東電公司先針對專家團關心之海域輻射監測狀況、年度排放計畫、IAEA 進行安全性確認的狀況、海水監測分析流程及品管方式、ALPS 處理水排放之擴散模擬、增設 ALPS 管道清洗作業時發生的工作人員身體污染等議題進行說明及討論，內容綜整如下：

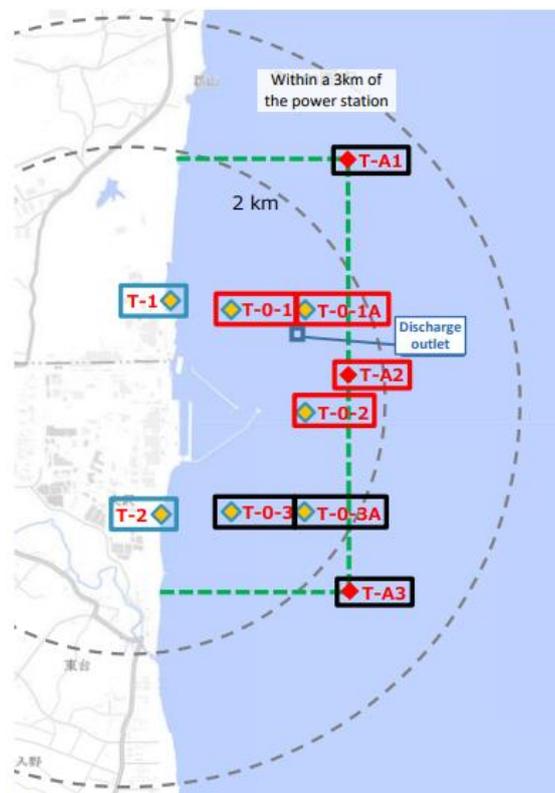
(一) 議題交流

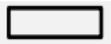
1. 海域輻射監測狀況

針對 ALPS 處理水海洋排放之海域監測，東電公司依照日本政府的「綜合監測計畫」，在排放口附近(距核電廠半徑3公里範圍內)設置 10 個監測點，以及在核電廠前方 3 至 10 公里範圍內設置 4 個監測點，定期採集海水，進行海水氚、銫等多核種分析。其中海水氚每週一次以最小可測量值 (Minimum Detectable Amount, MDA) 0.4 貝克/公升 (Bq/L) 進行分析，每月一次以 MDA 0.1 Bq/L 進行分析，稱之為「一般檢測」。自 112 年 8 月 24 日排放開始，東電公司為快速確認排放之 ALPS 處理水離開排放口後的擴散狀況是否如預期，針對前述監測點增加取樣頻率，並以 MDA 10 Bq/L 進行海水氚的快速分析，稱之為「快速檢測」。快速檢測結果並與其訂定之排放口附近的海水氚指標(停止排放判斷標準)進行比對，即 3 公里內海水氚快速檢測結果若達 350 Bq/L 展開調查、達 700 Bq/L 停止排放；3 至 10 公里範圍內海水氚快速檢測結果若達 20 Bq/L 展開調查、達 30 Bq/L 停止排放。

自 112 年 8 月 20 日起至 12 月 25 日止(第一批次至第三批次 ALPS 處理水排放完成)，東電公司針對福島第一核電廠 3 公里內 10 個監測點，每日進行海水氚快速檢測。東電公司依據前述檢測結果決定，自 112 年 12 月 26 日起，針對 3 公里內 10 個監測點，修改海水氚快速檢測頻率為：排放口周圍 4 個監測點(距排放口 600 公尺內，T-0-1、T-0-1A、T-A2、T-0-2)，自排放開始至排放結束後一週內，每日進行海水氚監測；其餘時間每週

進行海水氚監測。另外6個監測點，排放開始至排放結束後一週內，每週2次進行海水氚監測；其餘時間每月進行海水氚監測，彙整如圖10所示。東電公司並說明目前排放迄今之監測結果均無輻射異常狀況。



	位於排放口周圍的 4 個監測點(距排放口 600 公尺內)，紅色標註 	其他 6 個監測點，藍色、黑色標註  
排放期間與排放結束一週內	快速檢測 ^{註1} ：每日 一般檢測 ^{註2} ：每週	快速檢測：每週 2 次 一般檢測：每週
非排放期間(不包括排放結束一週內)	快速檢測：每週 一般檢測：每週	快速檢測：每月 一般檢測：每週

註1：快速檢測之MDA為10 Bq/L，用於快速確認排放之ALPS處理水離開排放口後的擴散狀況是否如預期。

註2：一般檢測之最小可測值為0.4 Bq/L(每週一次之分析)與0.1 Bq/L(每月一次之分析)。

註3：如因天氣狀況不佳而造成連續三天無法取樣，將在第三天於鄰近岸邊的 T-1 與 T-2 取樣進行氚快速檢測。

圖 10、東電公司於福島第一核電廠3公里範圍內之10個監測點

2. 年度排放計畫

東電公司說明其2024會計年度(即2024(113)年4月至2025(114)年3月)的排放計畫，預計進行7次排放作業，每次排放約7,800噸ALPS處理水，排放總量約為54,600噸，氚年度排放總量約為14兆貝克，各批次排放資訊彙整如表2所示。東電公司說明制定排放計畫時除參考之前的排放計畫，確保排放水中氚以外放射性核種濃度符合法規標準(各放射性核種濃度與其法規濃度限値之比的總和小於1)，另外並會考慮以下議題：

- (1) 排放初期將優先排放預計不需要經二次處理的儲存水。
- (2) 考量到在排放過程中，東電公司需要將ALPS處理水轉移到K4桶槽區進行取樣量測確認，因此將優先排放靠近K4桶槽區的儲存桶槽中的水。
- (3) 原則優先排放氚濃度較低的水，另亦考慮未來新產生的污染水中之氚濃度、污染水產生量，以及土地利用。

另外，東電公司補充說明，每年的1月將會公布當年度排放的初步方案，3月底將公布最終方案。

表 2、東電公司2024會計年度各批次排放資訊

批次	排放期間	排放體積	氚總活度
第五批次(2024會計年度第1次)	2024年4月19日至5月7日	7,750噸	1.5兆貝克
第六批次(2024會計年度第2次)	2024年5月17日至6月4日	7,740噸	1.4兆貝克
第七批次(2024會計年度第3次)	2024年6月28日至7月16日	7,800噸	1.3兆貝克
第八批次(2024會計年度第4次)	2024年7至8月	7,800噸	1.7兆貝克
第九批次(2024會計年度第5次)	2024年8至9月	7,800噸	2.4兆貝克
第十批次(2024會計年度第6次)	2024年9至10月	7,800噸	2.7兆貝克
第十一批次(2024會計年度第7次)	2025年3月	7,800噸	3兆貝克

3. IAEA 進行安全性確認的狀況

東電公司說明 IAEA 針對 ALPS 處理水海洋排放議題近期狀況，包含 IAEA 組成之國際專家小組於開始排放後迄今共赴日本福島第一核電廠執行 2 次安全相關事項審查，以及發布有關 ALPS 處理水樣本與海域環境樣本檢測之實驗室間比對報告。

IAEA 組成之國際專家小組於 112 年 10 月 24 日至 27 日赴福島第一核電廠進行開始排放後首次的安全性審查，並於 113 年 1 月 30 日對外公布審查結果報告。報告指稱，透過對審查與福島第一核電廠內的觀察，確認排放作業符合排放實施計畫與相關國際安全標準，沒有發現任何未符合國際安全標準的情事，因此 IAEA 可以重申其於排放前 112 年 7 月 4 日所發布的總結報告之基本結論。另外，113 年 4 月 23 日至 26 日，IAEA 國際專家小組，赴日執行開始排放後第二次安全性審查，審查期間並赴福島第一核電廠，檢視廢水儲存槽、移送泵、緊急隔離閥、海水稀釋管路與放水立坑等設施，並檢查提供 IAEA 即時監測網頁數據的輻射偵檢器與流速偵測器，相關的審查結果將公布於後續的報告中。

IAEA 為驗證日本執行 ALPS 處理水排放相關取樣分析之技術能力與品質，辦理 ALPS 處理水樣本的實驗室間分析比對，以及福島周圍海域環境樣本之實驗室間分析比對作業。其中，IAEA 於 113 年 1 月 30 日公布 ALPS 處理水樣本第二次實驗室比對結果報告，比對樣本為開始排放前 111 年 10 月取樣之 ALPS 處理水樣本，參與分析比對的實驗室共計有日本東電公司、IAEA 實驗室，與第三方檢測實驗室「韓國原子力安全技術院 (Korea Institute of Nuclear Safety, KINS)」(亦為 IAEA 環境放射性測量分析實驗室 Analytical Laboratories for the Monitoring of Environmental Radioactivity, ALMERA 成員)。報告顯示，參與比對的實驗室均具有良好的分析檢測能力，亦沒有檢測出其他額外、尚未列入評估的核種，比對結果也證實東電公司具有可正確分析檢測 ALPS 處理水的技術能力，東電公司亦採行適當的檢測方法與程序進行分析。

另外，IAEA 於 113 年 1 月 30 日亦公布福島周圍海域環境樣本之實驗室間分析比對結果報告，為針對 ALPS 處理水排放之海域環境樣本檢測之第一次實驗室間比對，比對樣本為排放前 111 年 11 月取樣的海水、沉積物、漁獲等，共計有 8 個實驗室參與比對，包括日本包含東電公司、公益財團法人日本分析中心 (Japan Chemical Analysis Center, JCAC) 在內的共 6 個檢測實驗室、IAEA 實驗室，以及第三方檢測實驗室韓國 KINS。報告顯示，各參與實驗室都可提供可靠且可比較的分析結果，日本從環境採樣到實驗室檢測，都具有高水準與能力，並建議未來可持續辦理相關實驗室間比對。

IAEA於開始排放後的 112 年 10 月亦已赴日本福島地區進行大規模環境取樣，採取的海域環境樣本目前刻正由各檢測實驗室進行檢測，及由IAEA進行檢測結果分析中，相關的比對結果將公布於後續的報告中。

4. 海水監測分析流程及品管方式

東電公司說明其執行海水氚一般檢測、快速檢測之分析方法，與品管方式。針對海水氚一般檢測主要採每週一次以蒸餾方式處理海水樣本並進行分析，海水樣本經蒸餾數個小時後，加入閃爍液並靜置 1 個晚上後，再以低背景液態閃爍計數器、MDA 0.4 Bq/L 進行計測，計測所需時間約 700 分鐘內。另自 112 年 6 月起每月一次增加執行以電解濃縮方式處理並進行分析的海水氚檢測作業，其 MDA 可降低至 0.1 Bq/L，有利後續與擴散模擬分析結果進行比對。

另海水氚快速檢測因目的在快速確認排放之 ALPS 處理水離開排放口後的擴散狀況是否如預期，並與海水氚擴散狀況的異常指標限值比對，雖然一樣需蒸餾即靜置，但在低背景液態閃爍計數器的計測上，採用較高的 MDA 10 Bq/L，計測所需時間約為 3 分鐘，因此可於隔日即取得分析數據。

品管作業係實驗室透過日常檢查，確保分析檢測作業及設備的穩定，進而確保分析結果的品質。目前海水氚檢測實驗室品管方式與一般品管作業相同，均每週針對背景、效率進行確認。針對效率的檢查，係在相同條件下測量標準輻射源，所獲得的數值需在可接受的範圍之內，另外效率確認時亦需考慮標準輻射源的活度衰變。針對背景的检查，係在相同條件下測量空白試樣，獲得的數值需在可接受的範圍之內。

5. ALPS處理水排放之擴散模擬

東電公司為驗證海洋擴散模擬應用於輻射環境影響評估之有效性，已依據實際氚排放量，結合氣象及洋流數據進行氚擴散模擬分析，並與海水氚監測結果進行比對。目前完成第一批次至第三批次排放期間(第一批次為112年8月24日至9月11日、第二批次為112年10月5日至10月23日、第三批次為112年11月2日至11月20日)的擴散模擬分析，分析結果並與海水監測數據進行初步比對，方法如下：

- (1) 選擇比對之監測點：比對排放口附近(距核電廠半徑3公里範圍內)10個監測點，與核電廠前方10公里範圍內4個監測點。前述部分監測點於排放期間有量測到氚濃度增加之情形。
- (2) 以一般檢測結果進行比對：考量檢測結果的不確定性，採用前述監測點的一般檢

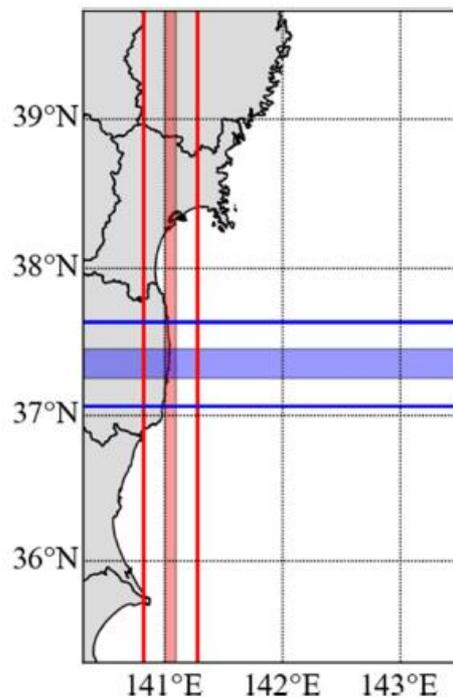
測結果與擴散模擬分析結果比對。

- (3) 比對重點為變動趨勢的一致性：此比對著重在驗證擴散模擬之有效性，確認擴散評估結果是否能呈現與海水監測結果一致之變動趨勢，而非比較數值之差異。

東電公司使用 ROMS 進行氚的擴散模擬分析。ROMS亦為福島事故後，東電進行海水中銫濃度擴散分析之評估模式，海水銫的模擬分析結果前已通過驗證。針對本案模擬分析資訊如下：

- (1) 使用排放期間之氣象與海象實際數據。
- (2) 模擬範圍自北緯35.30至39.71度、東經140.30至143.50度，整體範圍含括南北向490公里×東西向270公里，如圖11所示，全區解析度約為1平方公里(1公里×1公里)。
- (3) 排放口附近範圍則採較高解析度，南北向22.5公里×東西向8.4公里範圍內的解析度則約為0.04平方公里(0.2公里×0.2公里)。海平面往下之垂直方向則分為30層進行分析。

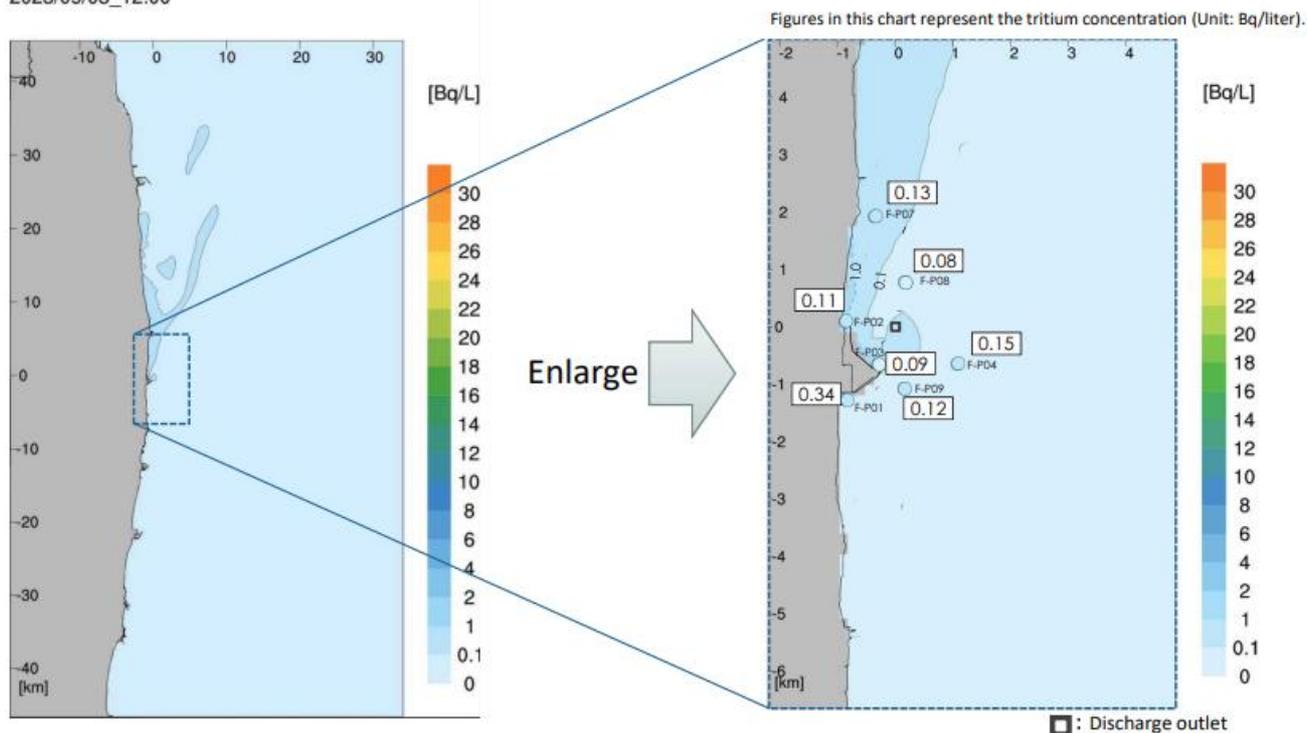
東電公司說明用來與模擬分析結果比較的監測數據來源除東電力公司，亦包含其他單位，如環境省、原子力規制委員會和福島縣政府等的監測數據。透過比較第一次至第三次排放過程中擴散模擬所顯示的擴散趨勢，與在福島第一核電廠附近的海水氚監測結果，發現總體趨勢是一致的，如圖12至14。



圖片來源：東電公司官網

圖 11、區域海洋模擬系統(ROMS)模擬範圍

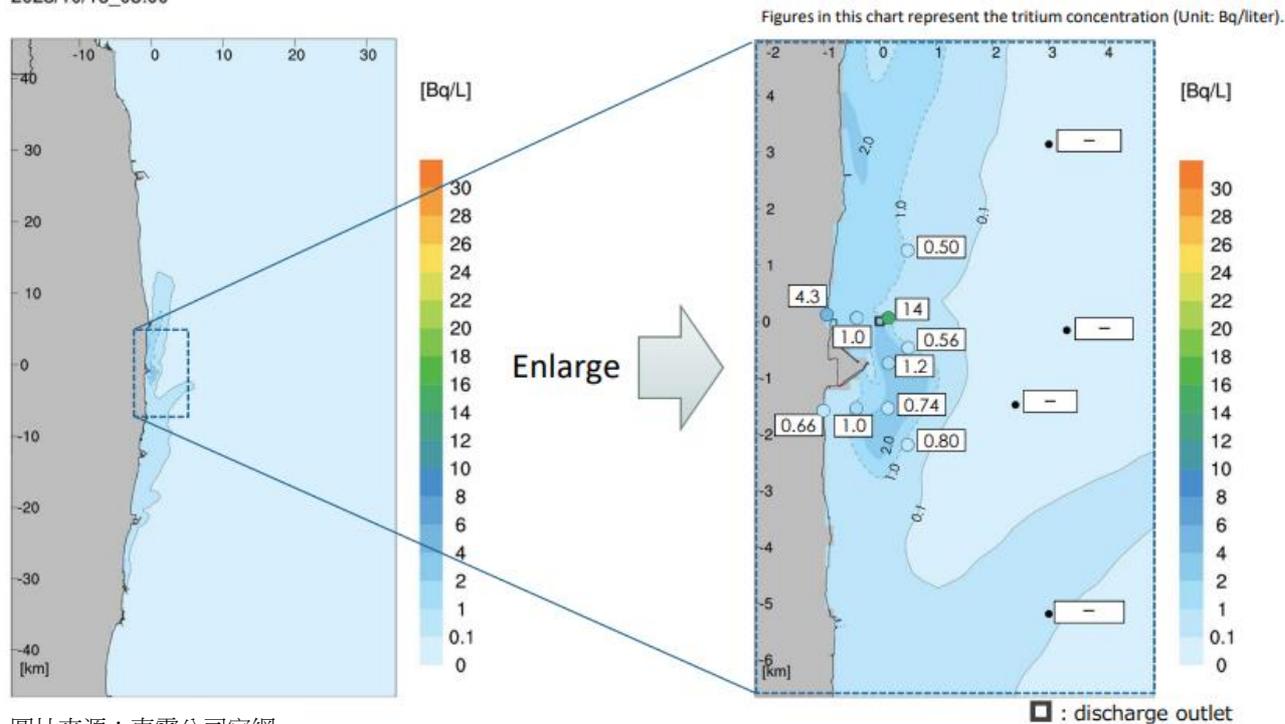
2023/09/03_12:00



圖片來源：東電公司官網

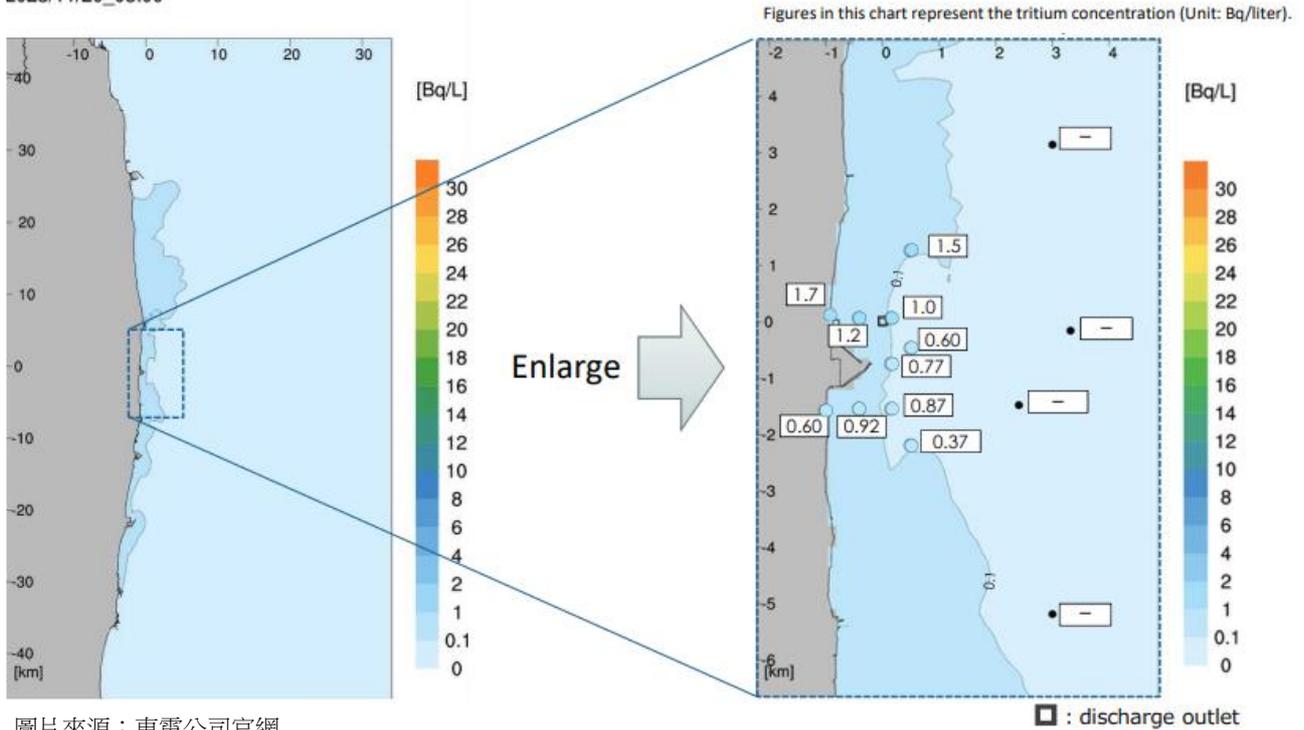
圖 12、112年9月3日中午12點(第一批次排放期間)，擴散計算結果與監測結果圖(○表示監測濃度；●表示在此時間內未進行監測；模擬之濃度結果為底圖顏色)

2023/10/16_08:00



圖片來源：東電公司官網

圖 13、112年10月16日上午8點(第二批次排放期間)，擴散計算結果與監測結果圖(○表示監測濃度；●表示在此時間內未進行監測；模擬之濃度結果為底圖顏色)



圖片來源：東電公司官網

圖 14、112年11月20日上午8點(第三批排放期間)，擴散計算結果與監測結果圖(○表示監測濃度；●表示在此時間內未進行監測；模擬之濃度結果為底圖顏色)

6. 增設ALPS管道清洗作業時發生的工作人員身體污染

事件概述

112年10月25日10時30分左右，東電公司之承包商東芝能源系統公司，在進行檢修停機的「增設ALPS」的管道(B系列)內的清洗作業時，連接桶槽的臨時軟管脫落，導致兩名正在附近作業的承包商工作人員(A和B)被清洗廢液噴濺。上述工作人員A雖立刻將脫落的軟管重新與桶槽連接，但其佩戴的個人劑量計已發出警報。

考量附近參與同一作業的其他工作人員可能受到污染，於是在廠內的急診室(ER)進行污染測定。結果顯示，在現場的五名工作人員中，四名有污染情形，包括兩名被清洗廢液噴濺的工作人員(A和B)及兩名負責清理噴濺水的工作人員(D和E)，另一名工作人員(C)則沒有污染情況。

污染測定完畢後，針對受污染的四名工作人員(A、B、D、E)立即開始進行除污處理，其中兩名負責清理噴濺水的工作人員(D、E)順利完成除污作業，而另兩名被清洗廢液噴濺的工作人員(A、B)，儘管污染程度有所降低，仍較高於污染管制區之標準(4 Bq/cm²)，因此東電公司將其送往福島縣立醫科大學附設醫院進行後續處置。

根據醫院急診醫師的診斷，未發現該兩名工作人員(A、B)有液體引起的灼傷，判斷因輻射導致灼傷的可能性較低。經過後續住院治療，兩名工作人員(A、B)於10月28日出院。另外，對現場的五名工作人員進行的鼻腔檢測結果亦確認並無將放射性物質吸入體內的情況。根據承包商東芝能源系統公司後續提交的報告顯示，就醫的兩名工作人員(A、B)的健康狀況無問題，污染部位的皮膚也未發現異常。

發生原因

承包商東芝能源系統公司於10月24日和25日以硝酸清潔增設ALPS的管道中的碳酸鹽，由於管道內積聚的碳酸鹽與清潔液(硝酸)產生的氣體快速排出，導致連接的臨時軟管從桶槽彈出，使清洗的廢液飛散，造成在附近工作的兩名工作人員(A、B)受到污染。而進行廢液清理和協助脫下防護衣的兩名工作人員(D、E)則是在清理時或脫下防護衣時受到污染。

檢討與改善措施

東電公司說明，經事後檢討，本事件的發生除有因閥門操作不當，導致管路阻塞，管道內氣體積聚狀況，在管理面上，依規定兩名工作人員(A、B)不能接近清洗的桶槽，而接近桶槽的工作人員應依規定穿防護衣，因此兩名工作人員有違反規定情況。後續東電公司針對設備面與管理面進行改善，以下分別說明：

(1) 設備面：

- 嚴格禁止自行執行調整閥門開度的操作(可在該閥門上標示警示牌等)。
- 若發生與正常或預期情況不符的事件，應立即中止作業，並進行包含風險評估在內的討論協商。
- 在臨時軟管和桶槽連接處設置固定裝置。槽罐頂部的連接處使用接頭，防止臨時軟管脫落。

(2) 管理面：

- 東電公司參與現場作業並直接監督承包商，透過現場視察和記錄來確認承包商的執行情況。
- 改善溝通管道，使承包商能直接向東電公司提供資訊。

(二) 問題與討論

1. 我方提問：目前福島第一核電廠儲存廢水中 35% 為已符合排放標準之「ALPS處理水」，其餘65%為尚需 ALPS 系統過濾處理的「處理途中水」，且目前電廠內仍持續產生廢水，也需要再經過ALPS系統處理，請問東電公司如何確保ALPS系統運作效能？

日方答覆：東電公司過去已執行 ALPS 系統性能驗證，驗證結果顯示ALPS系統確實可過濾淨化廢水中放射性核種，為確保 ALPS 系統效能，並訂有維運計畫進行ALPS系統維護作業，另外在ALPS系統出口處，並會對經 ALPS 系統過濾處理後之水取樣檢測，以實際檢測結果，確認水中放射性核種含量。

2. 我方提問：日前是否仍以2051年為目標，完成 ALPS 處理水海洋排放作業？

日方答覆：是的，目前仍以2051會計年度為為目標，主要考量是；(1) 福島第一核電廠的除役作業時程是以2051會計年度為完成目標，因此在ALPS處理水的海洋排放，也希望能充分運用這個時程，若要提早完成排放作業，則須增加每年的排放量，東電公司會考量年度的排放量、風評影響、與排放後可釋出原廢水儲存桶槽的土地空間(因應興建除役所需設備需求)，訂定年度排放計畫。(2) 由於 ALPS 處理水中主要含有氚核種，氚的半化期為12.3年，在廠內儲存的時間越久，水中氚的活度就越低，可降低對環境可能的影響。

3. 我方提問：每批次排放前，新聞中會看到「東電公司將在海象條件允許下，開始進行海洋排放作業」，請問何謂海象條件允許？

日方答覆：針對海象條件允許下才開始進行海洋排放作業，指的是第一次排放，即去(112)年8月24日開始之第一批排放作業。因第一批次排放開始後，當天東電公司就立刻執行海水樣本的採樣檢測作業，若有大浪等海象狀況不佳情形，則當天就無法執行採樣作業，因此第一批次排放前有海象條件允許之規定。第二批次開始之後的排放作業，就無海象條件允許之規定，排放期間，東電公司會進行海水採樣檢測作業，但若遇海象不佳，當天就不會進行採樣。

4. 我方提問：東電公司已完成第一批次至第三批次 ALPS 處理水排放期間海水氚之擴散模擬分析結果與取樣監測結果之比較作業，請問後續是否會持續進行比較作業，例如今年度 7 批次排放作業？模擬分析的結果是會應用於劑量評估作業嗎？

日方答覆：今年度是否會執行每批次排放期間的擴散模擬分析與取樣監測結果之比較，尚在評估中，尚未確定。東電公司在 ALPS 處理水開始排放前有完成輻射影響評估作業與劑量計算，當時是以1年的排放狀況進行評估，非批次排放評估，主要

是要確認排放作業不會造成海水中氚濃度會有突然增加的狀況。輻射影響評估(劑量評估)作業會持續進行，目前執行的批次排放之擴散模擬評估結果，後續也會納入應用。

5. 我方提問：依據去(112)年 12 月 21 日東電公司發布「ALPS處理水排放狀況更新說明」，東電公司使用不同情節估算每年的氚排放總量，以評估於2051會計年度能完成排放的可行性。依據情節A、B評估結果，2024 至 2028會計年度預計排放氚總量為每年18~20兆貝克，惟今(113)年 1 月 25 日記者會發布今年度之排放計畫，預計排放之氚總量為14兆貝克，小於預計排放量，請問目前排放是否會依照模擬的結果進行規劃？

日方答覆：此模擬結果是 110年 8 月進行的，其中情節A是假設核電廠設施內還有氚的情況去預估氚總量，情節B是根據現況調整預估氚總量，依目前的現況看來是比較接近情節B的假設。情節評估結果會依據每年的實際排放狀況去做更新，例如 2024會計年度的排放是依據 2023 會計年度實際排放氚總量 5 兆貝克進行規劃，也會考慮桶槽拆除狀況去規劃當年度的排放計畫，不會完全依照當初的模擬結果進行排放規劃。

6. 我方提問：有關海水氚檢測程序，一般檢測之靜置時間為1個晚上，快速檢測採用的方法，靜置時間是否有縮短？

日方答覆：快速檢測靜置時間仍為 1 個晚上，若靜置時間時間過短，容易有誤訊號產生，進而影響數據的正確性。而海水氚檢測採電解濃縮方式時，因 MDA 更低，為確保數據準確性，前處理中蒸餾的時間與靜置的時間均會增加，蒸餾的時間會從數個小時增加至 3 天左右，靜置時間從 1 天也增加至 7 天(約 1 週)。

7. 我方提問：海水氚一般檢測作業，處理完畢的樣本放入液態閃爍計數器檢測前，會將樣本與閃爍液，以 1 比 1 比例混合。在快速檢測作業中混合比例是否有調整？

日方答覆：一般檢測，係以50mL的蒸餾後樣品添加50mL閃爍液(Ultima Gold LLT)，置於100mL的塑膠容器進行計測。一般來說，混合比例係依據所使用的液態閃爍計數器和測量容器略有不同。目前快速檢測採用之混合比例維持1 比 1，並未變動。

8. 我方提問：一般檢測，品管方式為每週進行1次背景、效率量測，快速檢測的品管方式是否有調整？

日方答覆：目前快速檢測之品管方式與一般檢測相同。

本日與東電公司進行意見交流後，核安會團隊於當日下午前往福島，以利隔日赴福島

第一核電廠參訪。路程中，順道於福島周邊海域採集表層海水樣品，回臺進行海水氚及放射性銫的濃度分析，分析結果顯示銫-137活度為 0.0089 Bq/L、氚活度為0.16 Bq/L，皆在福島縣海域目前海水銫-137及氚濃度變動範圍。

四、與電力中央研究所進行技術交流(5月13日)

本日專家團之氣象署團隊依既定行程，與日前拜訪的筑波大學專家學者共同赴千葉縣電力中央研究所(以下簡稱「電中研」)(如圖15)，與該所執行海洋擴散模擬之研究團隊進行交流討論(如圖16)，並由氣象署簡報說明我國開發之放射性物質海域擴散模式現況(如圖17)，包括模式校驗、作業化運行、ALPS處理水排放案例比對等，雙方並進行交流討論與技術分享。會後並參訪電中研的大型海嘯模擬設施(如圖18)及風洞實驗室(如圖19)，瞭解該所執行之核電廠海嘯防範及電力設施大氣擴散實驗等，有助豐富各項與海洋及大氣相關之研究。

另為強化海氣象預報模式之國際合作，今日亦向參加討論之筑波大學專家學者洽談派遣訪問學者之可能性，日方學者表示歡迎臺灣有興趣的專家循相關管道赴日，共同精進海氣象模式之技術，也期許臺日雙方可以持續維持友好交流。

(一) 議題交流

1. 3D海流模式之發展及校驗比對

- (1)氣象署團隊針對目前進行放射性物質海域擴散預報使用之海流模式CWA-OCM-FH進行報告，分享模式的運算流程、範圍、邊界條件等資訊，並以 112 至 113 年潮位、海流之校驗結果進行說明，與日方專家交流。(如圖20)
- (2)日方專家肯定臺灣於模式例行作業化之設計，並針對模式校驗比對方式提出建議，後續日方專家將提供更多日本的海氣象資料，供我方持續進行模式之比對工作。

2. 福島含氚廢水批次排放結果比對

- (1)氣象署團隊報告針對福島第一核電廠周圍監測點進行監測結果研蒐，並和現行擴散分析模式之分析結果進行比對，比對結果亦供進一步精進現行分析模式，包含規劃調整擴散水團之尺寸，以因應排放口附近之初始擴散情形，獲日方專家之肯定。
- (2)日方專家表示日本東岸的河流系統豐富，在福島第一核電廠南北有數個較大之河口，可能會因為粒子在河口跟海水的交互作用，影響到模擬分析與檢測之結果。日方研究團隊正在進行類似的比對研究，相關結果未來也樂意與我方專家分享。

(二) 問題與討論

1. 我方提問：未來臺灣有規劃進行放射性物質擴散模式之精進，包含沿近岸顆粒沉降模擬等，請問有相關經驗可以分享嗎？

日方答覆：日本與臺灣在沿近岸模擬上有一些較大的差異，主要是河口帶給海洋的效應不太一樣，因為日本的河流較大，河口會使放射性物質濃度變化影響到後續的海洋計算，如：銻-137等水溶性的放射性物質，會因為河口鹽度變化造成集中沉降於河口交流處，反而在大海中仍多以溶解態存在，這方面的模擬較複雜，建議透過一些實驗數據進行對比後，再想辦法加入模式當中。

2. 我方提問：接續前一題提到的河流放射性物質模擬，請問實驗數據是如何取得的？

日方答覆：基本上是在河道中設置雷射裝置，透過穿透度等數據，判斷顆粒於河水中的溶解情形，並搭配水質檢測得出詳細的結果。

3. 我方提問：過去電中研的專家曾與臺灣進行過技術交流，討論「生態代謝模式」之議題，考量該專家已退休，但臺灣仍持續關注此模擬，請問日方是否仍有相關專家可以接續進行討論？

日方答覆：基本上目前仍有年輕團隊在探討此議題，但生態模式包含的效應過於複雜，仍然只能透過簡單/獨立的實驗或模式取得部分的結果，若要帶入大洋模式中計算，仍有許多其他因素須妥善考量。

4. 我方提問：因臺灣持續關注擴散模式之發展及國際合作，請問未來是否可透過合作備忘錄 (MOU) 之簽訂，讓雙方維持穩定之技術交流，將海洋、大氣之擴散模擬持續精進，互助互利？

日方答覆：非常樂意，若有希望進行短期的人員交流等，可以透過相關管道赴日，以學術交流之名義與筑波大學聯繫，也是一個可以嘗試的管道，建議臺灣可以先提供相關之共同研究規劃，雙方再來持續洽談。



圖 15、我國專家團及日方專家於電中研合影

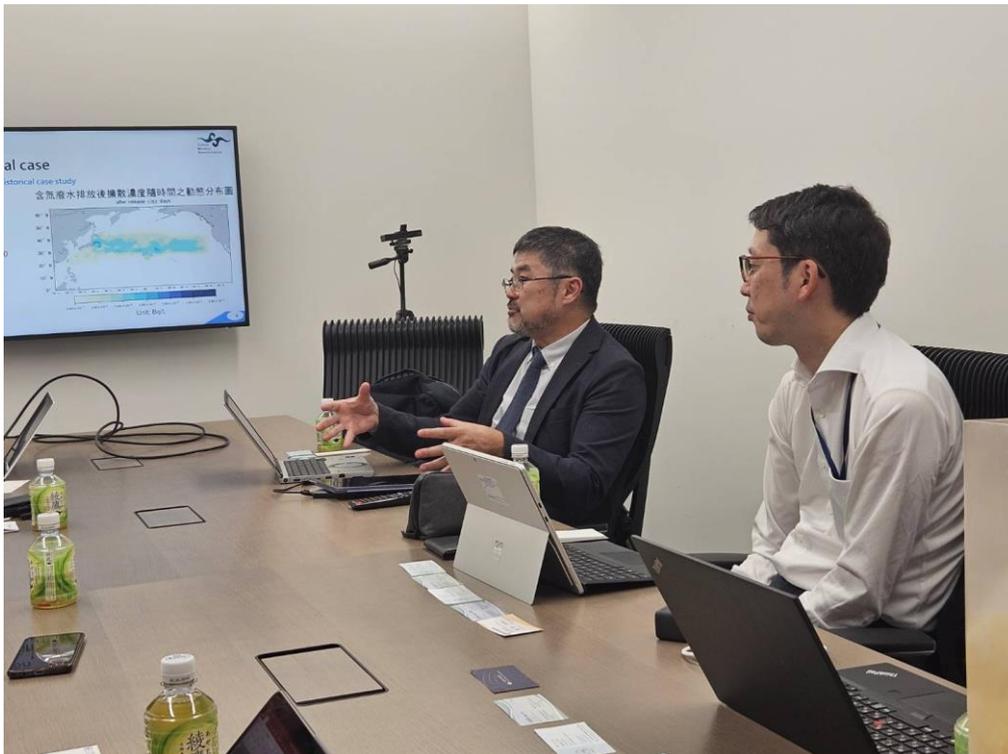


圖 16、我國專家團與日方專家交流海洋擴散模擬之技術



圖 17、氣象署簡報分享模式運算結果

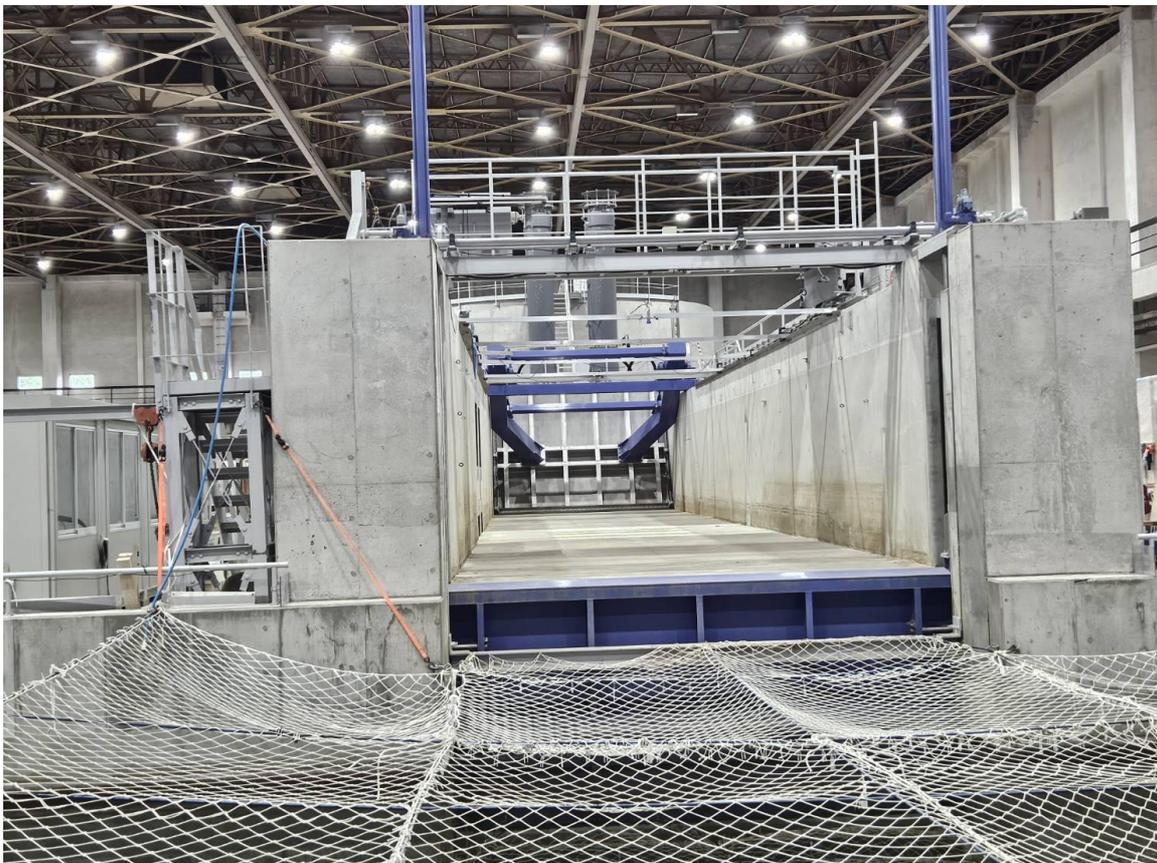


圖 18、電中研之大型海嘯模擬設施



圖 19、我國專家團參訪電中研之風洞實驗室

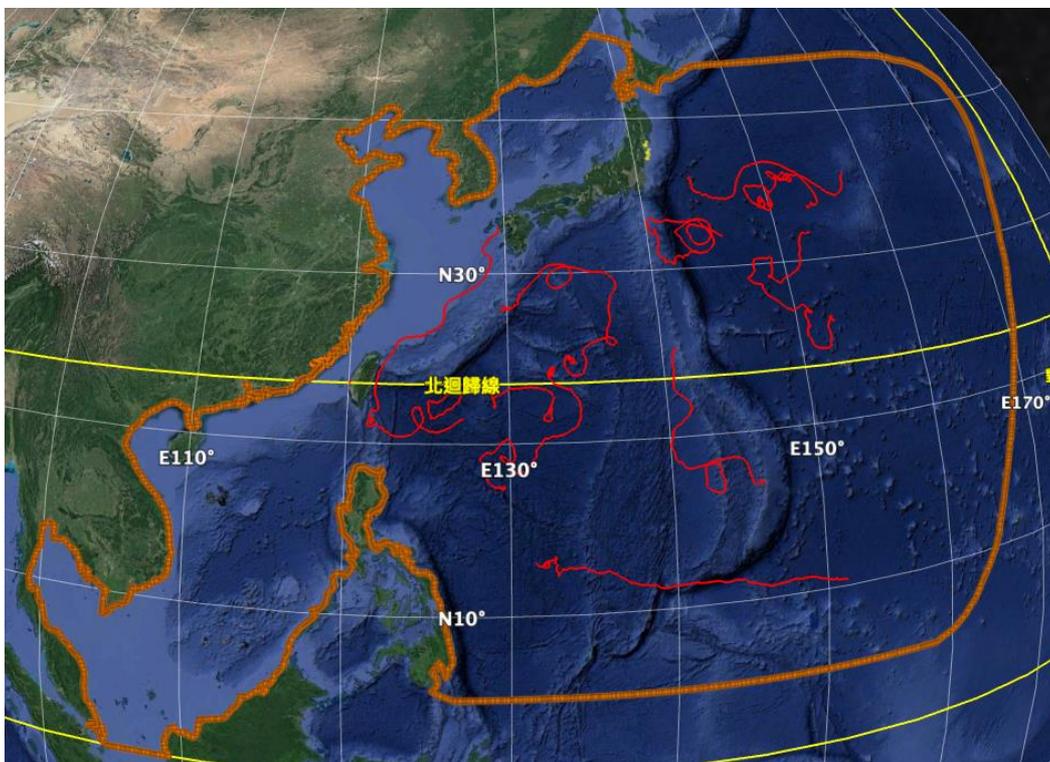


圖 20、氣象署研究團隊使用浮標進行CWA-OCM-FH模式校驗示意圖

五、福島第一核電廠ALPS處理水設施參訪(5月14日)

本日專家團之核安會團隊依既定行程，參訪福島第一核電廠，實地了解海生物飼育現況、1至4號反應爐機組除役現況、稀釋排放設施、排放監控流程與異常狀況時之緊急處理方式，過程中，雙方針對ALPS處理水排放、生物氙養殖試驗、港灣魚類防治措施等議題進行討論。參訪前後的交流會議中，東電公司並針對本會關心之異常控制機制進行說明，包括今年3月因地震暫停排放之處理、4月因廠區作業不慎致電力中斷暫停止排放之處理、K4桶槽區部分儲存槽內部發現腐蝕現象之處理等。

(一) 行程概述

核安會團隊搭乘租用巴士，先抵達東京電力廢爐資料館，由東電公司播放影片說明福島第一核電廠除役最新狀況，影片包含1至3號機組事故後照片與截至今(113)年3月最新之除役現況、污染廢水產生過程及福島第一核電廠採取的各項改善措施，包括建造凍土牆、汲水井、鋪設灰漿、加強排水工程等，以減少滲入受損反應爐的雨水與地下水量，目前電廠每天產生的污染廢水已由事故初期每天540立方公尺減少到目前每天80立方公尺。另外，影片並呈現ALPS處理水稀釋排放設備之建造過程、廢水儲存桶槽區、及IAEA監督作業等。

結束廢爐資料館的說明後，轉乘東電公司之巴士到福島第一核電廠，先於會議室聽取東電公司簡要說明1號機至4號機組除役作業最新狀況，並以影片方式向我方說明兩組緊急阻斷閥的啟動原理與過程。兩組緊急阻斷閥分別位於ALPS處理水傳送管線的上游側與下游側，上游側的緊急阻斷閥是電動式，使用馬達來啟動與關閉閥門，啟動後約10秒鐘可關閉閥門；下游側的緊急阻斷閥是氣動式，啟動後約2秒可以關閉閥門。兩組緊急阻斷閥皆各有另一個備用裝置，意即福島第一核電廠共有4個緊急阻斷閥。另外東電公司也用影片方式呈現緊急阻斷閥啟動時，中央監控室的系統監控畫面，當緊急阻斷閥啟動時，監控畫面的閥門圖示會呈現綠色，表示閥門關閉，一般情況下則呈現紅色，表示閥門打開。

最後，東電公司說明今日規劃的實地現勘地點，包括海生物飼育中心、1至4號機組觀察平台、廠內的三組ALPS設施(既設ALPS、增設ALPS、高性能ALPS)、K4桶槽區、5號與6號機組觀察平台、稀釋排放設施、乾式貯存桶暫存設施，及ALPS處理水樣品展示區。其中海生物飼育中心、1至4號機組觀察平台、5號與6號機組觀察平台及

ALPS處理水樣品展示區有下車現勘，其餘設施係由東電公司人員於車上或鄰近現勘地點進行說明(路線如圖21)。

核安會團隊進行廠內現勘前，依循東電公司的程序，核對護照、完成入廠證申請確認與領取作業，完成入廠前全身計測，穿著入廠背心，配戴個人輻射劑量計，搭乘廠方巴士進入廠區，走訪現勘地點。現勘完成後，先脫除入場背心，確認個人輻射劑量計偵測結果，完成出廠前全身計測，再回到會議室進行交流討論。

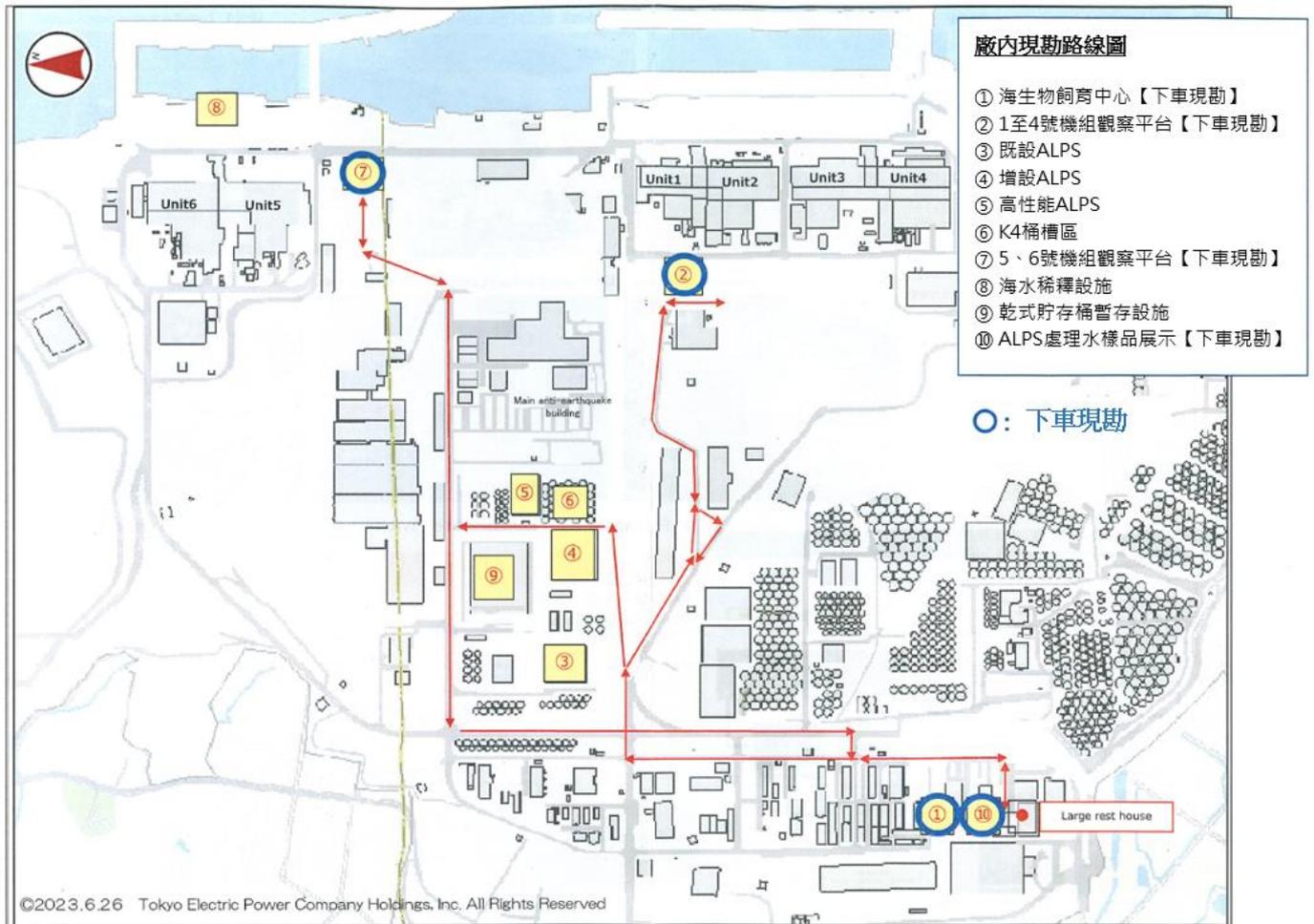


圖 21、廠內現勘路線圖

(一) 廠內現勘紀要

1. 海生物飼育中心

東電公司於福島第一核電廠內建置海生物飼育中心之目的，主要是因應當地民眾擔心 ALPS 處理水排放會對漁業造成風評影響，為證明 ALPS 處理水海洋排放對海洋生物並無影響，因此藉由海生物飼育試驗，對福島縣居民及漁民進行溝通，以降低風評損害。該中心因使用海水稀釋的ALPS處理水進行海生物養殖，因此設置在輻射管制

區內，飼養的海生物為福島當地代表性魚類、貝類、藻類等海生物，包含比目魚、鮑魚與海藻。飼養過程除 24 小時直播公開，供民眾隨時觀看，以瞭解海生物生長飼育的狀況，另並進行海生物體內氚含量分析試驗。

海生物飼育中心內配置藍色水槽與黃色水槽，以養殖海生物，如圖22、23所示，兩種水槽各有一個備用水槽。其中藍色水槽使用普通海水，黃色水槽則添加用海水稀釋的ALPS處理水，水中氚濃度介於1,300至1,400貝克/公升(Bq/L)。飼養用的海水會循環使用，因此水槽周邊設有過濾池，以過濾海洋生物的排泄物。

該中心的海生物體內氚含量分析，係分別進行組織自由水氚(Tissue free water tritium, TFWT) 與有機結合氚(Organically bound tritium, OBT) 的分析，試驗內容可分成「攝入試驗」與「排出試驗」。「攝入試驗」透過將黃色水槽中，以海水稀釋的ALPS 處理水飼養的海生物，於不同時間點進行生物體中氚濃度量測，以瞭解生物體內氚濃度的變化趨勢，及生物體內氚濃度與環境中氚濃度的關係。「排出試驗」則是將以海水稀釋的 ALPS 處理水飼養的海生物，其體內氚濃度與環境中氚濃度達到平衡後，再移到普通海水中養殖，於不同時間點進行生物體中氚濃度量測，以瞭解生物體內氚濃度的變化趨勢，瞭解生物體內氚的代謝狀況。以下分別就東電公司目前針對比目魚、鮑魚與海藻的試驗結果進行說明：

比目魚的 TFWT 分析試驗

比目魚於一般海水及稀釋ALPS 處理水兩種環境下之存活率皆在9成以上，魚體重量及長度沒有太大差異且活力相似。養殖在ALPS 處理水稀釋後之排放水，氚濃度約為1,300 Bq/L，由魚體內 TFWT 濃度檢測結果顯示，魚體內 TFWT 濃度會與環境中氚濃度達到平衡，大約為養殖水中氚濃度之8成，不會超出水中之氚濃度。另外，將飼養在含氚的環境中之魚類轉移至一般海水環境中飼養後，在短時間內 (24小時內)，魚體內的 TFWT 濃度會快速降低，接近養殖於一般海水中的魚體內 TFWT 的含量。

鮑魚的 TFWT 分析試驗

在含氚濃度下飼養的鮑魚(貝類)，在極短的時間內，鮑魚體內 TFWT濃度與環境中的氚就可達到平衡，相較於比目魚，鮑魚體內的 TFWT 濃度會更接近於養殖水中的氚濃度。若將飼養在含氚的環境中之鮑魚轉移至一般海水環境中飼養，會在極短時間內 (1小時內)，鮑魚體內的TFWT氚濃度會迅速降低，接近養殖於一般海水的鮑魚體內的 TFWT 含量。

海藻的 TFWT 分析試驗

在含氚環境下飼養的海藻，在極短的時間內，藻類體內 TFWT 濃度與環境中的氚就可達到平衡，檢測結果顯示，藻類體內 TFWT 濃度不會超過養殖水中氚濃度，大約為養殖水中氚濃度之9成。若將飼養在含氚環境中之藻類轉移至一般海水環境中飼養，海藻體內的 TFWT 濃度會在短時間內(約1小時)就降低並接近於一般海水的數值。

綜上所述，針對海生物的 TFWT 試驗顯示，海生物體內的 TFWT 濃度不會超過其生活環境中的氚濃度。當海生物體內 TFWT 濃度與環境中的氚達到平衡後，若將海生物移回一般海水中飼育，海生物體內的 TFWT 濃度會隨時間減少，亦會再與一般海水環境達到平衡，如圖24所示。

比目魚的 OBT 分析試驗

目前東電公司亦有針對比目魚進行OBT的分析試驗，初步結果顯示，養殖於氚環境下的比目魚，其魚體內 OBT 濃度會隨時間逐步上升，經過長時間 (1年以上)氚環境飼育，魚體內之OBT 濃度約為水體中之氚濃度的 20%以下，遠小於養殖水中之氚濃度，如圖25所示。東電公司後續將持續進行分析，完成 OBT 的排出試驗。



圖 22、藍色水槽使用一般海水飼養

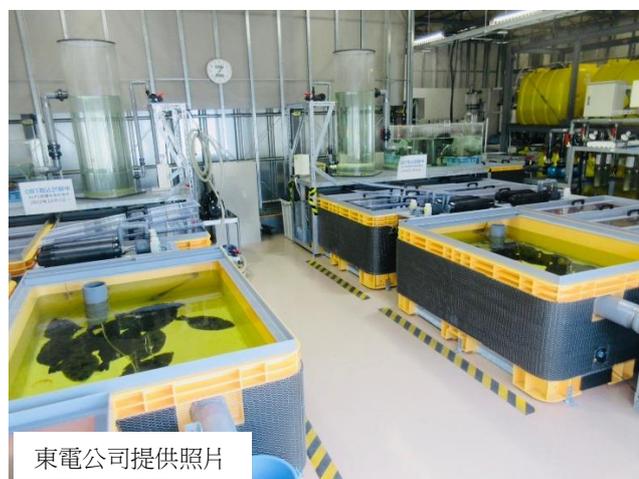
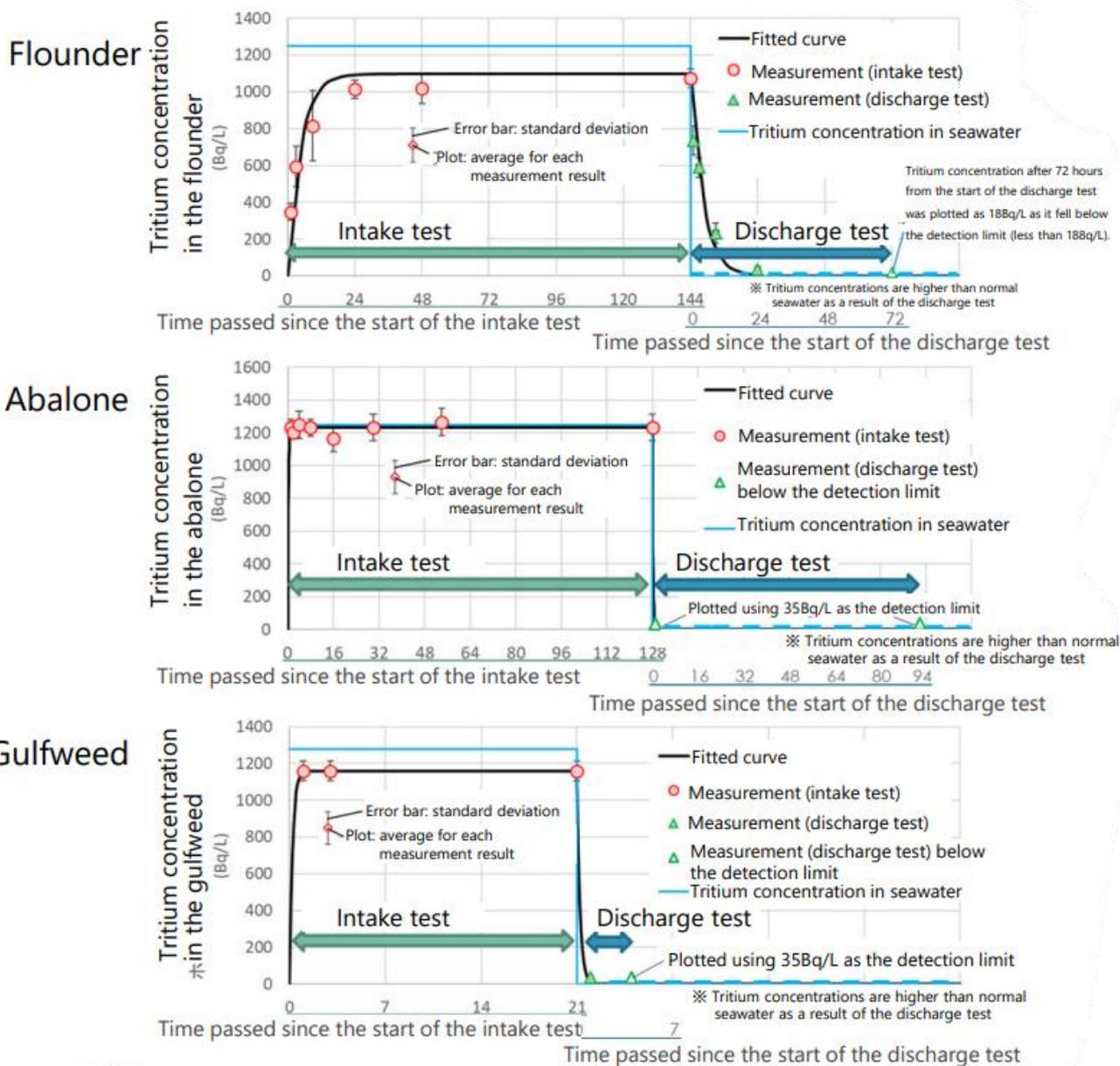


圖 23、黃色水槽使用稀釋的ALPS處理水

Tritium concentration of less than 1,500Bq/L



圖片來源：東電公司官網

圖 24、比目魚、鮑魚與海藻體內 TFWT 隨時間的濃度變化

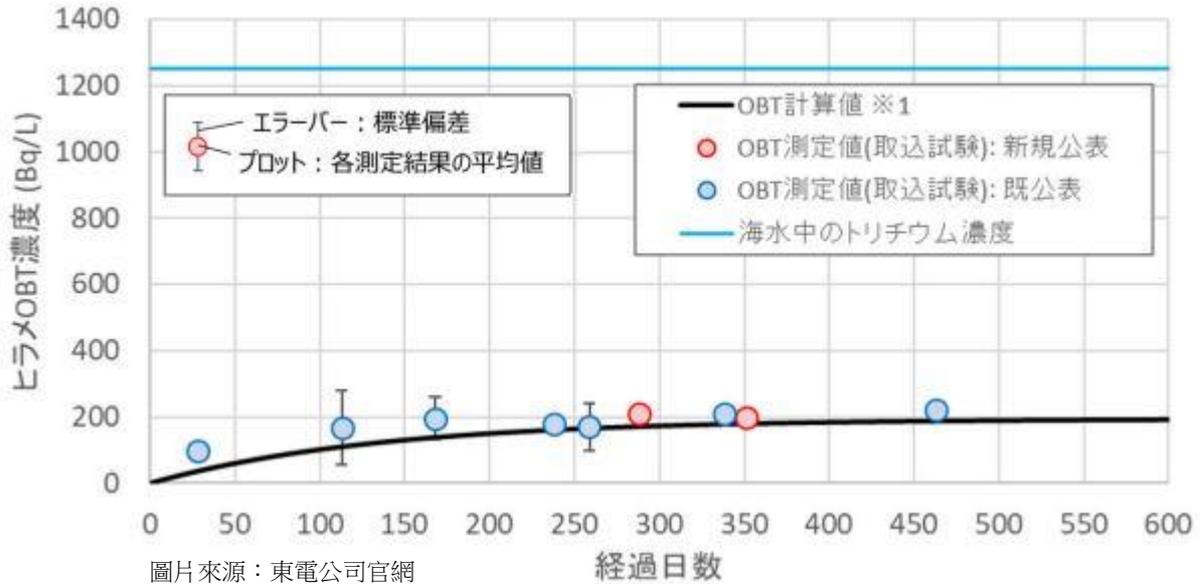


圖 25、比目魚體內 OBT 隨時間的濃度變化

2. 1至4號機組

核安會團隊搭乘廠方巴士前往 1 至 4 號機組觀察平台，聽取東電公司說明機組目前的除役狀況、污染水減量的作業等，該處環境輻射劑量率為 57.7 微西弗/小時 ($\mu\text{Sv/h}$)，如圖 26、27 所示。1 至 4 號機組目前除役狀況為 1 號機自 2021 年 9 月開始興建大型的建築物保護套 (cover)，目前正規劃進行瓦礫碎片的清理，再將用過核燃料取出；2 號機在事故發生時，並無發生氫爆，產生之混凝土碎片較少，目前在反應器廠房南側建造燃料清除室，用以準備取出用過核燃料及核燃料碎片，此將為第一個取出核燃料碎片的機組；3 號機組的用過核燃料取出作業已於 2021 年 2 月 28 日完成，目前也在規劃取出核燃料碎片；4 號機組的用過核燃料取出作業已於 2014 年 12 月 22 日完成，如圖 28~31。

東電公司為減少放射性污水產生量，進行多項措施，包括在 1 至 4 號機組周圍埋設了地下管線，注入 -30°C 的冷媒，形成總長約 1.5 公里的凍土牆 (ice wall)，以減少地下水流入反應器廠房。另外，在機組外圍區域亦設置 45 個汲水井，透過汲水井 (如圖 32) 抽取地下水，減少地下水流入反應器廠房，抽取之地下水經過進行分析確認水中的氚濃度小於設定的排放基準 1,500 Bq/L 後，再行排入海洋。



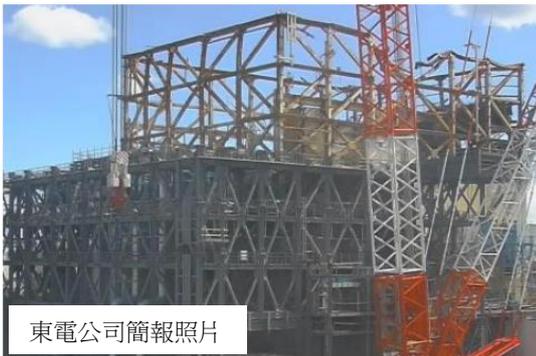
東電公司提供照片

圖 26、觀測點區域之輻射劑量率



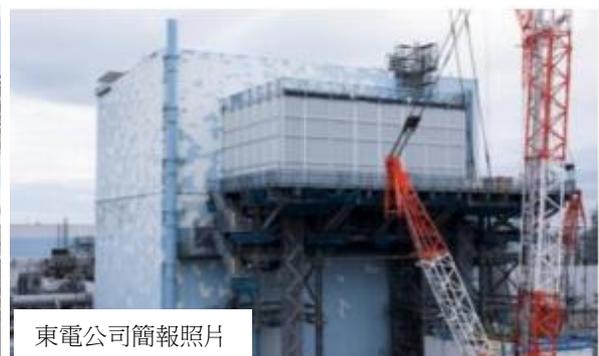
東電公司提供照片

圖 27、觀察團成員於1至4號機組前合影



東電公司簡報照片

圖 28、1號反應爐機組現況



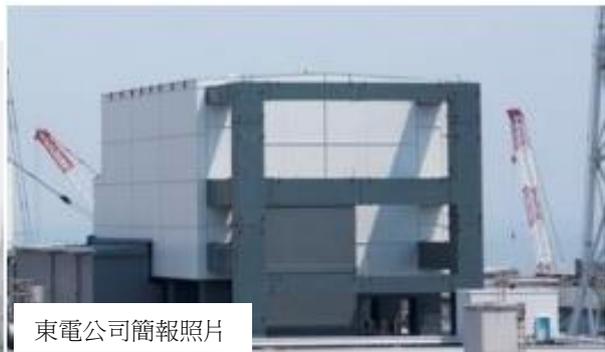
東電公司簡報照片

圖 29、2號反應爐機組現況



東電公司簡報照片

圖 30、3號反應爐機組現況



東電公司簡報照片

圖 31、4號反應爐機組現況



圖 32、汲水井

3. 多核種去除設施(ALPS)

福島第一核電廠內有三套ALPS系統：既設ALPS(Existing Advanced Liquid Processing System)、增設ALPS(Additional Advanced Liquid Processing System)、高性能ALPS(High-performance Advanced Liquid Processing System)，既設與增設ALPS結構相同，每天可處理 750立方公尺污染水，高性能ALPS每天可處理 500 立方公尺污染水。東電公司說明，由於目前每天產生的污染水已降低至80立方公尺，故高性能ALPS目前暫停使用，一般是使用既設ALPS或增設ALPS其中一套設備。

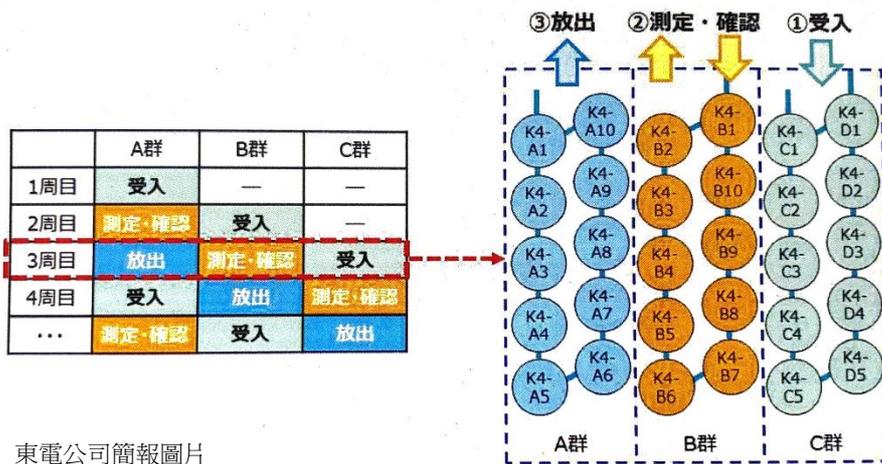
4. K4桶槽區(分析確認桶槽區)

K4桶槽區共計有35個桶槽，分成A、B、C三組，每組有10個桶槽，另有5個為一般廢水儲存桶槽，每個桶槽容量皆為 1,000 立方公尺(噸)，如圖33。A、B、C三組分別輪流執行接收、量測與排放的任務，如圖34所示。每個桶槽中均設置一個攪拌葉片，每組 10 個桶槽之間則以管路相聯通(如圖34)，在取樣分析前會透過循環泵讓桶槽中的水連續循環 6 天，使ALPS處理水均勻混合後再進行取樣作業。另外，在現勘路線中亦經過其他的廢水儲存槽，東電公司並說明，在儲存槽周圍皆設有混凝土牆，分為內牆與外牆，如圖35，以防止桶槽中的水洩漏，另外也會在牆上蓋上白色塑膠布，防止雨水滲入。



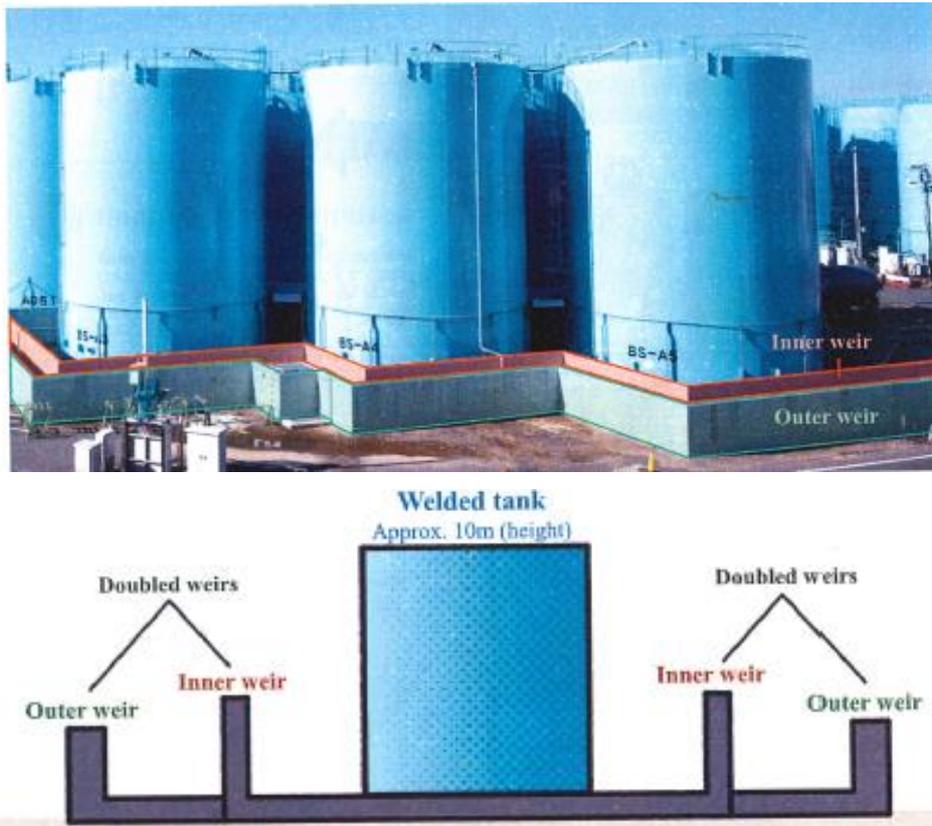
東電公司提供照片

圖 33、K4桶槽區



東電公司簡報圖片

圖 34、K4桶槽區A、B、C組運作方式



東電公司簡報圖片

圖 35、桶槽周圍的混凝土內牆與外牆

5. ALPS處理水稀釋與排放相關設施

核安會團隊乘坐廠方巴士至港灣邊的 5 號與 6 號機組觀察平台，該平台鄰近 ALPS 處理水稀釋與排放設施，可看到海水傳送管線。由於第 1~4 號機組前方港灣的放射性濃度較高，而稀釋 ALPS 處理水之海水取水口位於 5 號機組的海水入水口，為避免 5 號機組處的海水與事故機組(第 1~4 號機)間的海水互相流通，東電公司已於港灣中設置阻斷設施，阻隔第 1~4 號機與 5、6 號機組之間。另外，1~4 號機組前方港灣的放射性濃度較高，為避免港灣中的魚類游出，東電公司於港灣內設置網子，如圖 36，並於放射性濃度最高處設置柵欄。

ALPS 處理水排放的海底隧道長 1 公里、內徑 2.6 公尺，排放口尺寸為 3 公尺(長)×3 公尺(寬)×2 公尺(高)，為防止海洋生物附著在稀釋排放設施上，東電公司已規劃向 5 號機組海水入水口注入過氧化氫¹(H₂O₂)，注入濃度約 1.2 至 2.3 mg/L，並隨季節調整。由於

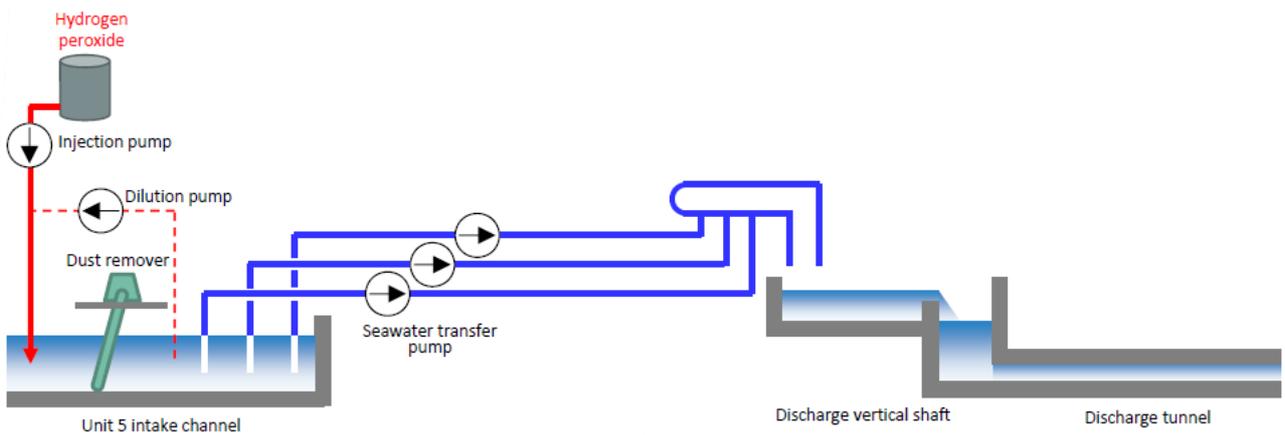
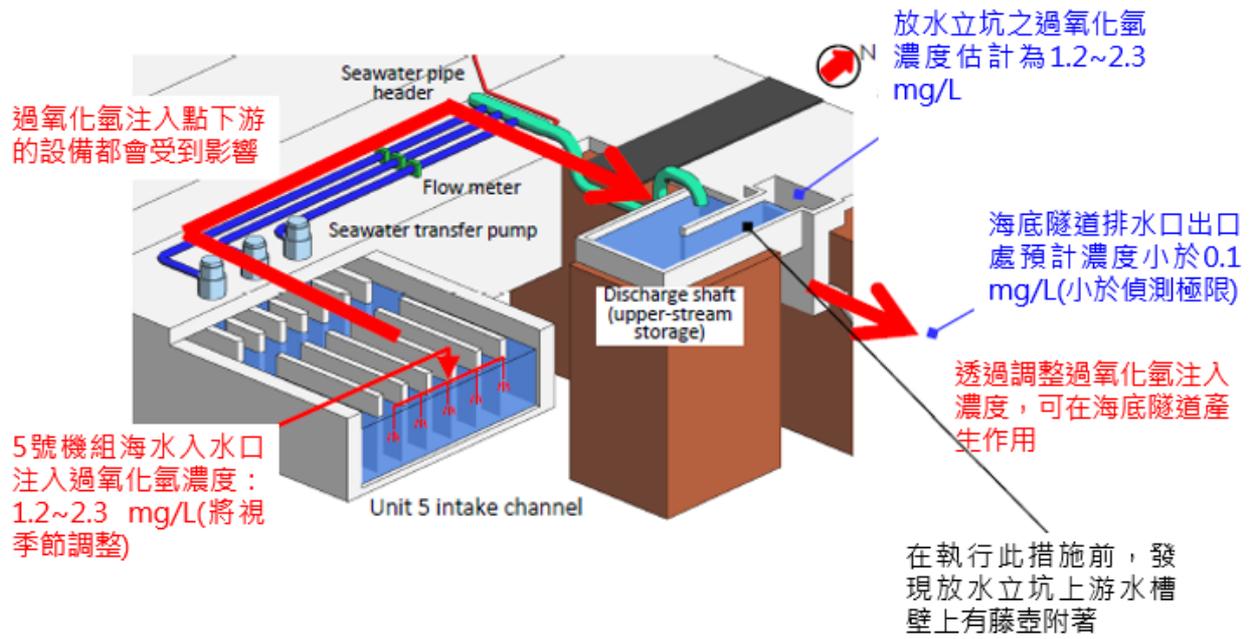
¹ H₂O₂ 為醫用/家用常用之消毒劑、漂白劑，H₂O₂ 可被海中微生物分解成 H₂O 與氧。在日本 311 大地震前，為防止貝類附著在 5 號機循環泵上，也曾使用 H₂O₂ 防止其附著。

海水輸送泵、輸送管、放水立坑的上游水槽、下游水槽及海底隧道都位於海水入水口下游，如圖37，因此，藉由注入過氧化氫可避免海洋生物附著在這些設備上。此注入計畫於 2024 年第二季開始試運轉，隨後約每月調查一次稀釋排放設施上之生物附著狀況，並在下游處調查過氧化氫的殘留濃度(在海底隧道排水口出口處預計濃度小於0.1 mg/L，小於偵測極限)。

東電公司已於 1~4 號機組前新建堤防，高度約 4.5 至6.5公尺，厚度約 5 公尺，可防止約 15 公尺的海嘯，避免海嘯淹沒建築物導致污染水增加，造成除役工作延後的風險。另外，東電公司於該平台處並展示用於挖掘海底排放隧道的盾構機(全斷面隧道鑽掘機)之部分刀面，及一段海底排放隧道的模型，如圖38所示。於該平台上亦可看到海岸邊保留的一個被海嘯破壞的桶槽，如圖39所示，目的是提醒後人了解海嘯的破壞力。



圖 36、東電公司於1至4號機組前方港灣設置網子，避免魚類游出



東電公司簡報圖片

圖 37、過氧化氫注入設備位置示意圖



圖 38、盾構機刀面



圖 39、岸邊所保留被海嘯破壞的桶槽

6. ALPS處理水樣品展示區

在現勘活動結束、離開管制區前，經過一個 ALPS 處理水樣品展示區，係東電公

可以實際量測 ALPS 處理水樣品及日本岩盤浴所使用之鑄珠之方式，向民眾進行輻射科普知識之說明。該ALPS處理水展示樣品裝於普通寶特瓶中，外觀透明清澈，東電公司說明此樣品中氚活度為366,200 Bq/L、銫-137與銈-90活度則均為未檢出，而該樣品於ALPS處理前銫-137與銈-90活度如表3所示。

表 3、ALPS處理水展示樣品放射性核種活度

單位：Bq/L

	銫-137	銈-90
處理前污染水	26,080,000	8,578,000
ALPS 處理水 ^註	未檢出	未檢出

註：分析日期為2022.05.20

(二) 問題與討論

1. 我方提問：請問以一般海水養殖與海水稀釋之 ALPS 處理水養殖的這兩個區域之間是否有隔間，或區分通風系統？如何防止交叉污染？

日方答覆：這兩個區域之間沒有隔間，通風系統也沒有區分，但為防止交叉污染，操作的用具、工作人員的鞋子、手套等都會分開，防護的裝備也不同。

2. 我方提問：目前僅看到貝類及藻類之 TFWT 試驗結果，有規劃進行相關的 OBT 試驗嗎？

日方答覆：東電公司考量海生物試驗的目的係為安定民心，與學術研究不同，且食用海生物中魚類為最大食用量，亦為海生物中食物鏈之上位。另外在生物體中的氚含量分析上，貝類因重量小，而取得一次 OBT 分析檢測數值需一定樣品重量，若進行貝類的 OBT 試驗得犧牲大量貝類。而藻類在室內人工養殖不易，同樣為不造成不必要的藻類生命浪費，目前暫不考慮進行貝類及藻類之 OBT 試驗。

3. 我方提問：續上題，是否日後會進行其它核種(如：銫、碘等)生物試驗？

日方答覆：經ALPS處理後，除了氚，其他的放射性核種濃度在排放前都已經取樣檢測，確認達排放標準。另外透過抽取海水進行稀釋，又使排放水中其他核種濃度再稀釋100倍以上，因此無以其它核種進行生物試驗之必要性。

4. 我方提問：在進行TFWT測試中，魚類的取樣時間較有依曲線規劃進行，但貝類及

藻類取樣時間大多集中在短時間內，而後又拉長取樣時間，不同於魚類採樣時間的規律現象，是有什麼考慮？

日方答覆：根據文獻指出，貝類及藻類與魚類生物體不同，無法有效的調節滲透壓，因此水體會很快的進入貝類及藻類體內並達成平衡，因此在進行貝類及藻類之TFWT試驗時，在實驗初期取樣時間才較密集，以瞭解氬在貝類及藻類體內達到平衡的時間，而魚類甚至人類體內有可調節滲透壓的功能，所以在平衡時會需要較長的時間，大約需要24小時以上。

5. 我方提問：今(113)年3月發生因地震暫停ALPS處理水海洋排放作業、4月因廠區作業不慎致電力中斷暫停排放作業，請問這兩個暫停排放事件是否是透過自動或手動啟動緊急阻斷閥？

日方答覆：這兩個暫停排放事件都不是透過啟動緊急阻斷閥。3月15日福島地區發生5弱級以上地震，由於東電公司已承諾福島第一核電廠周圍4個町的地方政府，若發生5弱級以上地震，將暫停排放作業，因此地震發生後，由ALPS處理水排放作業的領班依程序停止排放作業。4月電廠內進行更換地下配電線的作業時，不慎挖斷一條外部電源線，造成電源系統A喪失(停電)，致攪拌、輸送設備停止運轉，因此暫停ALPS處理水海洋排放作業。雖然電源系統A喪失，仍有電源系統B可使用，但為確保安全，並不會自動切換，而是要先完成稀釋排放設備檢查後，才可再行啟動。

6. 我方提問：前述3月及4月暫時停止排放事件，停止後東電公司主要以什麼方式進行檢查確認？檢查所需的時間約多久？

日方答覆：主要透過目視方式檢查，4月電力中斷後，約花費6.5小時完成檢查作業；3月地震是發生在3月15日的零時(半夜)，約花費12小時完成檢查作業。

7. 我方提問：由於緊急阻斷閥1與2分別位在不同位置，請問若啟動緊急阻斷閥，是閥1與閥2都會同時啟動嗎？

日方答覆：是的，啟動緊急阻斷閥後，啟動訊號會同時送至緊急阻斷閥1與閥2，避免其中一個阻斷閥失效。東電公司有做過安全評估，若啟動緊急阻斷閥後發現下游處的閥2未順利啟動，閥1與閥2之間的ALPS處理水量為2立方公尺，對海洋環境應無輻射安全影響。

8. 我方提問：請問緊急阻斷閥自動啟動的條件為何？

日方答覆：緊急阻斷閥自動啟動的條件包含以下六種情況，分別為：海水輸送泵發生故障、海水流量計發生故障、ALPS處理水流量計故障、ALPS處理水輸送管線上安裝的輻射偵檢器偵測結果異常、緊急阻斷閥電源發生故障。

9. 我方提問：請問日前發現 K4-E 桶槽群的部分桶槽內部出現腐蝕現象，請問目前的處理狀況？K4 桶槽群是否是一同一批製作的？後續的檢查頻率？

日方答覆：K4 桶槽區共有 35 個桶槽，其中 30 個分成A、B、C 三組，輪流進行接收、攪拌與取樣檢測、排放作業，另外 5 個 E 組桶槽，是廢水儲存桶槽。K4-E 組桶槽是在今年3、4月進行檢查時發現有腐蝕狀況，但不會影響桶槽結構的強韌度，不會有儲存水洩漏的風險，目前處理狀況是正對K4-E桶槽腐蝕部分進行研磨、修補，完成後儲存桶槽會繼續使用。K4 桶槽區的 35 個桶槽約是一起製作的，後續也會持續檢查，如今年度的排放計畫已規劃 10 月份完成第十批次(2024會計年度第6批次)海洋排放作業後，將進行 K4-B 組桶槽群全面檢查。

10. 我方提問：請問海底隧道出口處，怎麼防止魚類進入？針對海底隧道，是否有相關維護計畫？

日方答覆：海底隧道出口為一個長、寬、高分別為3、3、2公尺的洞口，魚類進入的概率低，另也有評估過，如果隧道內側附著10公分的貝殼，海地隧道的流量仍不會受影響。針對海地隧道的維護計畫，之前已利用水底攝影機，完成自下游水槽起 100公尺範圍內隧道內部的檢查，無異常狀況；為防止海水管路、上下游水槽、海地隧道內側發生貝類附著狀況，本月開始會由海水入水口注入過氧化氫，透過過氧化氫，防止海生物附著。

11. 我方提問：請問如何將各儲存桶槽中儲存的廢水傳送到 K4 桶槽區，以進行分析檢測與排放作業？

日方答覆：主要有 2 種傳送方式，靠近 K4 桶槽區，例如 K3、K1 區的儲存桶，利用臨時安裝的輸送管傳送；遠離 K4 桶槽區，例如 J9、J4 區的儲存桶，則會先利用固定管線傳送至 ALPS 系統，再傳送到 K4 桶槽區。每個儲存桶，都有建置傳送到 ALPS 系統的固定管線。

12. 我方提問：據了解，今年度將會開始拆除一些排放完畢的儲存桶槽。請問拆除完之後的桶槽會怎麼處理？

日方答覆：東電公司預計會逐步拆除排放完畢的儲存桶槽，拆除完的桶槽會切成碎

片，放到貨櫃中，暫存在電廠內。東電公司預計在廠內建置金屬回收利用設施，將金屬熔化後再利用。目前尚未開始進行桶槽的拆除作業，今年預計執行 J8、J9 區的桶槽拆除作業，該區域後續將建置除役所需之取出燃料設備。J9 區桶槽中的廢水，已規劃於第六、七批次排放，而 J8 區的桶槽中的廢水，則將透過淨化處理，作為爐心的冷卻水使用。J8 區的桶槽中的廢水原本也是規劃經過分析確認後進行海洋排放，但因目前電廠內每日廢水產生量減少，原先利用這些產生的廢水淨化處理後作為爐心冷卻水使用，因冷卻水量不足，因此後來決定不排放 J8 區的桶槽中的廢水，而是轉作爐心的冷卻水使用。

13. 我方提問：一般核電廠在除役期間，會持續進行周圍環境輻射監測，確保環境的輻射安全，因此想瞭解東電公司對於福島第一核電廠環境監測的現況與未來規劃？另據瞭解，日本綜合監測計畫在今(113)年3月有進行了修正，其中海域監測部分亦有調整，請問東電公司執行的內容是否有調整？

日方答覆：先說明日本核電廠周圍環境的監測是由當地地方政府執行，因此在事故前福島第一核電廠周邊的環境監測是由福島縣政府執行並公布監測結果，東電公司加入日本綜合監測計畫，執行海域監測，是屬於福島事故後的加強監測作為。另有關3月綜合監測計畫中海域監測的調整，東電公司的實際執行內容，例如執行的項目、頻次，並無調整，但有一項檢測更改呈現的位置，由表格內移到表格的註解。

14. 我方提問：IAEA就ALPS處理水已進行兩次實驗室比對並公布比對結果，另也就福島第一核電廠周邊海水和魚類樣品進行實驗室間比對。在IAEA於112年7月4日發布的總結報告中有提及未來會進行輻射工作人員輻射防護的實驗室間比對，包含全身體外曝露、四肢體外曝露與放射性核種攝入的劑量測定，請問目前執行進度為何？

日方答覆：目前IAEA尚未告知相關執行細節。

六、東京消防廳本所防災館、海洋科學博物館參訪(5月14日)

本日氣象署團隊參訪日本消防廳本所防災館及海洋科學博物館，透過防災館參訪瞭解日本執行防災宣導內容，並體驗互動式、科普化各類防災教具，學習日方的展項設計、實際體驗等內容。團隊亦聚焦於洪水、地震、海嘯等天然災害議題，更深入了解日本於各項災害防治作為。另外，透過東京海洋大學科學博物館參訪，瞭解海洋生物以及海洋地質、海洋物理、海洋工程等各類海洋科學，以及相關調查研究方式等，團隊並聚焦於海洋保育之發展及未來展望相關內容。相關參訪照片如圖40至42。



圖 40、日本消防廳本所防災館以吉祥物強化推廣效能



圖 41、防災演練操作室



圖 42、小型地震土壤液化展示模型

肆、心得與建議

本次為針對日本福島第一核電廠ALPS處理水海洋排放議題之第5次實地參訪，我國專家團除前往福島第一核電廠實地瞭解掌握ALPS處理水排放作業最新狀況，並與日本放射性物質海域擴散模擬評估專家進行技術交流，針對各項議題，整理出以下心得與建議，分述如下：

一、排放安全標準與ALPS處理效能

依照日本的排放實施計畫，ALPS 處理水排放前須進行取樣分析，量測水中69種放射性核種，包含依照日本管制機關原子力規制委員會(NRA)核定必須要檢測的30種核種，及東電公司自主檢測的39種核種，確認除氬以外核種均符合法規標準後才進行排放。針對無法以 ALPS 過濾處理的氬，日本以抽取海水稀釋方式，使排放水中氬濃度符合日本政府訂定的排放基本方針，小於1,500 Bq/L，即日本氬排放法規標準的四分之一，再透過海底隧道排放。由於排放作業評估將持續到除役措施結束，因此對於排放作業是否符合相關安全標準及ALPS處理效能，一直為國內關心議題。

透過本次交流，日方說明東電公司已制定 ALPS 系統維運計畫，進行 ALPS 系統的維護作業，並透過在 ALPS 系統出口處進行取樣驗證，確認處理水中放射性核種含量，以實際量測數據，確認 ALPS 處理效能。另透過 IAEA 的審查報告與相關資訊發佈，亦顯示日本的排放作業符合國際安全標準。建議我國仍應持續掌握日本排放源頭最新資訊，確認日方源頭管制狀況與排放安全，並適時公開相關訊息，供民眾瞭解。

二、異常控制機制

有關 ALPS 處理水排放之異常控制，為確保排放作業在各種突發情況下仍能確保輻射安全之重要議題。透過本次交流機會，更進一步瞭解福島第一核電廠 ALPS 處理水排放緊急阻斷閥的作用機制，與排放時的異常控制機制。東電公司亦向我方說明今年 3 月因地震、4 月因廠區作業不慎致電力中斷而暫停ALPS處理水海洋排放作業的事件與相關處置作為。在這兩次事件中，排放作業都是透過人工停止，並且在事件發生後進行了檢查與確認，才再度啟動排放作業，以確保排放安全。

東電公司也說明緊急阻斷閥自動啟動的條件包含以下六種情況，分別為：海水輸送泵發生故障、海水流量計發生故障、ALPS處理水流量計故障、ALPS處理水輸送管線上安裝的輻射偵檢器偵測結果異常、緊急阻斷閥電源發生故障。此現場資訊將有助我國了解東電公司在面對現

場突發事件時所採取的應對措施。

三、海域監測

針對 ALPS 處理水海洋排放，國人最關心的就是對海洋的影響，國內已透過跨部會因應平台，以及應對計畫的推動，執行各項海域樣本的取樣監測，自106年開始至今(截至113年6月30日)，已累積完成海水、海生物(含漁獲)、岸沙(含海底泥)等各式海域樣本，共計 9,624 件樣本之分析，分析結果皆無輻射異常，且排放前後之檢測結果亦無明顯差異。

本次我國專家團藉由赴日交流的機會，掌握日本政府執行海域監測的最新狀況，如東電公司自去(112)年12月26日起，調整 3 公里內 10 個監測點的海水氚快速監測頻率。另外針對海水氚分析方法，本次亦與日方專家交流有關海水樣品的前處理、計測作業、品管作業之流程與技術細節。因應日本ALPS處理水海洋排放為長期作業，建議我國持續掌握日本政府的海域監測計畫及執行之海域監測結果，並與日方相關專家與檢測實驗室建立技術交流管道，透過相互拜訪、研討會及實驗室間比對等交流活動，進行技術探討與經驗分享，相關資訊並可回饋於跨部會海域輻射監測作業，深化我國海域輻射監測整體面向與品質。

四、擴散模擬與輻射影響評估

因應日本 ALPS 處理水排放作業，政府自 109 年起組成跨部會因應平台，國原院與氣象署即密切合作發展海洋擴散模擬之相關技術，於排放前以10年歷史洋流資料進行日本 ALPS 處理水排放作業之擴散模擬分析，預先掌握日本排放作業對我國海域環境的可能影響；排放起同步啟動放射性物質海域擴散預報作業，每日提供未來 7 天日本排放水的擴散模擬分析，另外，透過應對計畫的推動，持續強化擴散模擬分析之技術，並陸續舉辦台日技術交流會議、國際研討會等，與美國、日本等國際專家共同討論分享相關之技術及國際趨勢，以專業科研之角度，在守護安全的同時讓技術發展接軌國際。

本次赴日實地參訪，透過與日本研究放射性物質擴散模擬之專家學者進行交流，對於國原院、氣象署發展中的技術「大氣/海洋擴散模式耦合分析技術」、「大小尺度模式介接」，以及「模式校驗及數據處理」等議題，進行充分的討論，亦獲得與日方專家相關經驗分享與技術發展建議，對應對計畫之推動執行實有助益。建議未來持續進行相關專業研究交流、資訊交換，以奠定相關技術領域長遠良善之國際技術交流基礎，提升臺灣科研之前瞻性。

五、資訊公開作業

針對日本 ALPS 處理水排放作業，東電公司建立處理水入口網站，公布年度排放計畫、排放資訊、監測結果與即時資訊等，此外，原子力規制委員會(NRA)、水產廳等中央政府、福島縣等地方政府也會將其執行之海域監測結果公布於其對外網頁，供其民眾與國際瞭解。本次專家團藉由赴日交流機會，進一步掌握日方年度排放計畫之訂定考量與相關資訊公開規劃，如每年1月東電公司將公布當年度排放計畫草案、3月底將公布最終方案等。

我國亦關注本案資訊的正確公開，並已於建置「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」(以下簡稱資訊平台)，彙整提供政府掌握之日本排放源頭資訊，以及跨部會執行之海域輻射監測資料、擴散預報結果、IAEA國際監督資訊等。建議未來持續滾動更新資訊平台內容，維護精進資訊平台的功能、強化操作友善性，以更貼近民眾需求的方式落實資訊公開，傳達正確資訊。

六、生物氚養殖試驗

本次專家團拜訪福島第一核電廠中的海生物飼育設施，瞭解東電公司之海生物飼育狀況，並針對其生物氚檢測試驗與目前成果進行討論，依據日方的試驗結果顯示，生物體內主要的氚，即 TFWT，會與養殖環境中的氚達到平衡，不會有累積現象。而由東電公司已執行養殖 1 年以上比目魚的 OBT 分析試驗，初步結果亦顯示魚體中 OBT 濃度與養殖環境水中氚的濃度比值均小於0.2，與國際研究成果相符。

因應日本 ALPS 處理水是透過海洋排放的方式處置，而我國為四面環海的海島國家，漁獲海產豐富，民眾關心水產食品之食用安全，另亦關注海域環境與海洋生態的永續發展。因此透過應對計畫的推動，國原院已建置生物氚試驗養殖場，透過養殖本土化代表性海生物，如黃錫鯛、龍鬚菜等，進行生物氚分析試驗，探討本土海生物氚代謝狀況，相關科研數據累積，亦可供未來建立相關代謝評估模型參數使用。建議後續持續蒐集掌握東電公司養殖試驗最新狀況與結果，除有助我國養殖試驗之執行，雙方之試驗數據亦可進行交流比對。

參考文獻

- [1] ALPS處理水海域監測訊息(<https://shorisui-monitoring.env.go.jp/>)
- [2] 綜合海域監測瀏覽系統(<https://www.monitororbs.jp/index.html>)
- [3] 東電公司處理水入口網站 - 海洋生物養殖試驗 (<https://www.tepco.co.jp/zh-tw/decommission/progress/watertreatment/breedingtest/index-cn.html>)
- [4] IAEA 新聞稿 (<https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/iaea-confirms-third-batch-of-alps-treated-water-released-today-has-tritium-level-far-below-japans-operational-limit>)
- [5] IAEA新聞稿(<https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/japans-alps-treated-water-release-is-progressing-as-planned-iaea-task-force-says>)
- [6] IAEA獨立取樣分析報告(https://www.iaea.org/sites/default/files/2023-11-01_iaea_analysis_-_k4-a_report.pdf)
- [7] IAEA總結報告(https://www.iaea.org/sites/default/files/iaea_comprehensive_alps_report.pdf)
- [8] Yuichi Onda, Keisuke Taniguchi, Kazuya Yoshimura, Hiroaki Kato, Junko Takahashi, Yoshifumi Wakiyama, Frederic Coppin & Hugh Smith, “Radionuclides from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in terrestrial systems,” Nature Reviews Earth & Environment volume 1, pages644–660 (2020).
- [9] Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Status of Progress of the Marine Organisms Rearing Test，東電公司，2023年5月25日。
- [10] ALPS Treated Water Discharge Status Update，東電公司，2023年12月21日。
- [11] ALPS Treated Water Discharge Status Update，東電公司，2024年1月25日。
- [12] ALPS Treated Water Discharge Status Update，東電公司，2024年3月28日。