

出國報告（出國類別：考察）

我國因應福島第一核電廠 ALPS 處理水 排放案之赴日專家觀察團報告(第二次)

服務機關：行政院原子能委員會

單位：核能研究所

姓名職稱：徐獻星 副所長、蔡翠玲 副組長

袁明程 副組長、謝賢德 副組長

服務機關：行政院原子能委員會

單位：輻射防護處

姓名職稱：林貞絢 簡任技正

服務機關：行政院原子能委員會

單位：輻射偵測中心

姓名職稱：陳婉玲 組長

服務機關：行政院農業委員會

單位：漁業署

姓名職稱：陳思樺 副研究員、吳益愿 技士

出國期間：111 年 11 月 27 日至 12 月 1 日

報告日期：112 年 2 月 7 日

摘要

針對日本福島第一核電廠內之多核種除去設備處理水，日方簡稱「ALPS 處理水」，日本政府於 2021 年 4 月公布擬於 2023 年進行海洋排放，我國政府即表達反對立場，行政院原子能委員會也提出包括海洋監測數據分享、排放符合安全標準、及審查資訊公開等三項訴求。為掌握日方排放規劃及審查狀況，我國因此組成第一次專家觀察團，於 2022 年 3 月 23 日至 27 日赴日本福島第一核電廠，實地瞭解與 ALPS 處理水排放相關之設施與規劃，完成第一次訪日任務。

至今，日本福島第一核電廠已依據其排放規劃，陸續完成設備建置與程序建立，國際原子能總署(IAEA)與日本原子力規制委員會(NRA)也分別對其進行多次視察與審查。因此我國也在此階段，由行政院原子能委員會核能研究所、輻射防護處、輻射偵測中心、以及農委會漁業署成員組成第二次觀察團，依據行政院原子能委員會的三項訴求，以及第一次觀察團出國報告中所列，包括：1) 持續關注並確認福島第一核電廠 ALPS 處理水排放符合安全標準、2) 持續與日方以公開及比對的方式進行海洋監測技術與結果分享、及 3) 持續要求日本將資訊即時公開等重要項目，於 2022 年 11 月 27 日至 12 月 1 日第二次赴日，參訪福島漁會、福島第一核電廠、JAEA 第三方實驗室、日本分析中心(JCAC)、及海洋生物環境研究所(MERI)等，執行對日本福島第一核電廠現階段狀況的觀察任務。

本公差報告詳細記錄參訪及觀察過程，並與日方人員討論福島 ALPS 處理水排放相關的議題，如下所列：

持續關注並確認福島第一核電廠 ALPS 處理水排放符合安全標準

- (一) 觀察 ALPS 處理水排放設施建置現況
- (二) 觀察 ALPS 設備運作現況
- (三) 瞭解 ALPS 處理水用於海生物養殖現況
- (四) 瞭解 ALPS 處理水檢測之 JAEA 第三方實驗室作業現況
- (五) 與日本 JCAC 交流檢測技術與程序
- (六) 與日本 MERI 交流檢測技術與程序

持續與日方以公開及比對的方式進行海洋監測技術與結果分享

- (七) 瞭解日本之海域環境輻射監測作業執行現況
- (八) 瞭解日本福島當地漁港之漁獲物檢測機制與出貨規範
- (九) 瞭解日本福島當地漁民對 ALPS 處理水排放之意見與看法

持續要求日本將資訊即時公開

(十) 討論日本相關監管資訊與檢測數據之公開

觀察團於本次赴日本實地觀察與討論後，提出建議如下：

- (一) 持續追蹤日本 ALPS 設備及 ALPS 處理水監測狀況
- (二) 持續滾動精進我國海域輻射監測計畫
- (三) 持續掌握日方執行漁獲物監測結果，滾動精進我國魚體取樣規劃。
- (四) 持續精進電解濃縮技術
- (五) 持續完善生物氚檢測實驗室之品保系統
- (六) 持續與 JCAC 進行環境試樣放射性分析比對
- (七) 持續精進放射性物質海域擴散之海洋資訊平台

關鍵詞：福島第一核電廠、海洋監測、ALPS 處理水排放。

觀察團工作紀要

觀察團赴日期間，依預定行程及參訪重點，每日彙整「觀察團工作紀要」回報原能會，以供瞭解觀察團最新執行情形，如下說明：

(一)第一天

(11月27日；臺北→東京都→福島縣)

1. 我國專家觀察團依既定行程規劃啟程赴日，觀察團一行8人自臺北搭乘班機飛往東京，當日中午平安抵達東京。
2. 觀察團入境日本後隨即搭乘租用巴士前往福島縣，在傍晚抵達下榻旅館，為後續之行程進行準備。

(二)第二天

(11月28日；拜會福島漁會、實地參訪福島第一核電廠)

1. 觀察團在本日上午拜會「福島漁會」，以了解當地漁民對ALPS處理水排放的看法，並實地了解當地漁港進行輻射檢測的內容及機制。
2. 觀察團下午則赴東京電力福島第一核電廠，實地參訪包含多核種除去設備(Advanced Liquid Processing System, ALPS)相關設施、海洋生物飼育設施，以及日本原子能研究開發機構(Japan Atomic Energy Agency, JAEA)的大熊分析研究中心等地點，並聽取廠方人員說明排放設施興建工程進度，與交流相關技術議題。

(三)第三天

(11月29日；福島縣→千葉縣、參訪JCAC)

1. 觀察團本日前往「公益財團法人日本分析中心」(Japan Chemical Analysis Center, JCAC)參訪，並與該中心研究人員交流核種分析之技術議題。
2. 觀察團與JCAC人員交流內容，主要包括該中心協助環境省執行海域輻射監測計畫情形、實驗室認證系統及品保作業情形、各類放射性核種分析技術與流程，包括碳-14的分析前處理、感應耦合電漿質譜法(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, ICP-MS)與加速質譜法(Accelerator Mass Spectrometry, AMS)應用於超微量難測核種分析等技術，以及

與 IAEA 實驗室分析比對等相關議題。

(四)第四天

(11 月 30 日；參訪第三方實驗室、千葉縣→東京都)

1. 觀察團本日前往「公益財團法人海洋生物環境研究所」(Marine Ecology Research Institute, MERI)參訪，並與該所研究人員就海洋環境樣品檢測作業與技術相關議題交換意見。
2. 觀察團與「海洋生物環境研究所」交流之議題，主要包括該所協助水產廳執行海域監測計畫情形、福島縣及其他縣市之海洋環境與漁獲物取樣及放射性核種分析等作業，並參訪氚分析之電解濃縮裝置、檢測儀器等相關設備。

(五)第五天

(12 月 1 日；東京都→臺北)

1. 觀察團中午自東京搭機返回臺北，在下午平安返抵國門，並依我國中央流行疫情指揮中心之規定實施七日自主防疫。
2. 觀察團此行與「福島漁會」、「公益財團法人日本分析中心」以及「公益財團法人海洋生物環境研究所」等單位順利交流，並實地了解東京電力「福島第一核電廠」ALPS 處理水排放相關設施與設備，有助於我國掌握本案相關核種分析、取樣監測等技術議題。

目 次

一、目的	1
二、過程	4
(一) 出國行程	4
(二) 團員名單	6
(三) 啟程 (11 月 27 日).....	6
(四) 福島漁會參訪(11 月 28 日).....	6
1. 參訪過程	6
2. 雙邊交流與討論重點	10
(五) 福島第一核電廠參訪(11 月 28 日).....	11
1. 參訪過程	11
2. 雙邊交流與討論重點	18
(六) 公益財團法人日本分析中心參訪(11 月 29 日)	21
1. 參訪過程	21
2. 實驗室參訪	23
3. 雙邊交流與討論重點	32
(七) 公益財團法人海洋生物環境研究所參訪(11 月 30 日)	34
1. 參訪過程	34
2. 實驗室參訪	36
3. 雙邊交流與討論重點彙整如下	40
(八) 與日方窗口交流(11 月 30 日)	46
(九) 返國及自主健康管理(12 月 1 日)	47
三、心得與討論	48
(一) 觀察 ALPS 處理水排放設施建置現況	48
(二) 觀察 ALPS 設備運作現況	48
(三) 瞭解 ALPS 處理水用於海生物養殖現況	51
(四) 瞭解 ALPS 處理水檢測之 JAEA 第三方實驗室作業現況	52
(五) 與日本 JCAC 交流檢測技術與程序	53
(六) 與日本 MERI 交流檢測技術與程序	54
(七) 瞭解日本之海域環境輻射監測作業執行現況	59
(八) 瞭解日本福島當地漁港之漁獲物檢測機制與出貨規範	59
(九) 瞭解日本福島當地漁民對 ALPS 處理水排放之意見與看法	60

(十) 討論日本相關監管資訊與檢測數據之公開	60
四、建議事項	62
五、結論與未來工作	65
六、參考資料	68
七、觀察團掠影	69
補充資料一、東電公司變更 ALPS 處理水監測分析核種相關申請內容(東電於 11 月 14 日提出之 ALPS 變更申請資料) (Application for approval to amend the Implementation Plan Regarding the Handling of ALPS Treated Water [Overview])	73
補充資料二、東電公司於 11 月 28 日參訪時提供關於環境衝擊評估之報告(重點節錄)-Radiological Environmental Impact Assessment Regarding the Discharge of ALPS Treated Water into the Sea (Construction stage*)	89

表目錄

表 1、本次國外公差主要行程表	4
表 2、觀察團成員名單	6
表 3、MERI 與核研所環境試樣放射性核種分析實驗室程序書對照表	58

圖目錄

圖 1、福島漁會進行簡報	9
圖 2、我方陳述意見	9
圖 3、雙邊交流情形	9
圖 4、小名浜魚市場放射性分析檢查室	9
圖 5、小名浜魚市場放射性分析檢查室說明前處理方式	9
圖 6、參觀小名浜魚市場漁獲情形	9
圖 7、福島第一核電廠現場勘查行程	11
圖 8、福島第一核電廠內綠色鋪面道路(右側)	13
圖 9、觀察團實地觀察 1 至 4 號機組外圍區域	13
圖 10、觀察團觀測點之區域輻射偵檢器	13
圖 11、觀察團與廠方說明人員合照	13
圖 12、「增設 ALPS」設備廠房	14
圖 13、分析確認桶槽區(K4 桶槽區)	14
圖 14、廠方人員進行排放設施說明	16
圖 15、海底隧道工地入口	16
圖 16、海生物飼育中心飼養的比目魚	17
圖 17、海生物飼育中心人員說明以黑色布幕覆蓋之鮑魚飼養槽	17
圖 18、JAEA 大熊分析研究中心規劃的固體放射性廢棄物與 ALPS 處理水之樣品 處理流程	18
圖 19、觀察團與 JCAC 進行交流討論	21
圖 20、觀察團與 JCAC 人員合照	21
圖 21、JCAC 人員說明 ICP-MS 測定室功能	24
圖 22、JCAC 人員說明其 ICP-MS 儀器功能	24
圖 23、JCAC 的氚活度分析流程與目標	25
圖 24、JCAC 人員介紹化學實驗室	26
圖 25、JCAC 人員說明水樣氚的前處理方式	26
圖 26、JCAC 人員介紹低背景液態閃爍計數器(LSC)	27
圖 27、ALOKA 的低背景液體閃爍計數器(LSC)外觀	27
圖 28、JCAC 的銻活度分析流程與目標	28
圖 29、JCAC 人員說明阿伐核種分析流程	28
圖 30、JCAC 的銻-90 分析流程	29
圖 31、JCAC 執行各類環境樣品的銻-90 分析	29
圖 32、JCAC 人員說明銻-90 分析程序	30
圖 33、JCAC 人員介紹低背景比例計數器(LBC)	30
圖 34、JCAC 人員示範將處理後的樣品滴至樣品盤內	30
圖 35、JCAC 人員說明海水加馬核種分析作業	31
圖 36、JCAC 加馬核種分析之計測標準容器	31
圖 37、JCAC 人員說明其碳-14 分析前處理	32
圖 38、MERI 人員進行簡報說明	36

圖 39、觀察團與 MERI 人員合影	36
圖 40、MERI 人員進行樣品接收、清點、核對魚種	36
圖 41、MERI 人員進行魚體長度量測	37
圖 42、MERI 人員展示前處理後的魚體樣本	37
圖 43、MERI 容積 2 公升的馬林杯(左)及容積約 100 毫升計測罐	38
圖 44、MERI 的真空蒸餾設備	39
圖 45、MERI 人員說明其液態閃爍計數器	39
圖 46、MERI 的傳統鎳電極式氡濃縮裝置	40
圖 47、MERI 的固體聚合物電解質式氡濃縮裝置	40
圖 48、福島縣漁獲魚類放射性銫的分析狀況	41
圖 49、MERI 人員說明海水中氡濃度隨時間變化圖及其近似推定半衰期	42
圖 50、MERI 人員說明海底土壤中銫-137 濃度隨時間變化圖及其近似推定半衰期	42
圖 51、東電公司新修訂的核種選定流程及重新選定之 30 個核種	51

一、目的

針對日本東京電力公司(以下簡稱東電公司)福島第一核電廠廠區內之放射性廢水，日本政府於 2021 年 4 月公布基本方針，規劃將多核種除去設備(Advanced Liquid Processing System, ALPS)處理後之含氚廢水(日方簡稱 ALPS 處理水)排放於海洋。我國行政院原子能委員會(以下簡稱原能會)即以書面表達反對立場，並向日方提出包括海洋監測數據分享、ALPS 處理水排放符合安全標準確認、及日本核能管制單位的審查資訊公開等三項訴求。

針對此 ALPS 處理水排放，日本政府先前已與國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, 以下簡稱 IAEA)簽署審查授權，並接受 IAEA 專案任務小組之審查。我國非屬 IAEA 會員國，無法參與 IAEA 之活動，我國因此組成專家觀察團，已於 2022 年 3 月 23 日至 27 日第一次赴日本，至福島第一核電廠實地觀察其 ALPS 處理水之相關設施與未來排放規劃，於第一次專家觀察團出國報告中詳實記載。

原能會除於 3 月第一次赴日觀察外，亦於 9 月底派員赴奧地利參加第 66 屆 IAEA General Conference 會議，參與國際對日本福島第一核電廠 ALPS 處理水之專題討論，以蒐集 IAEA 專案任務小組之資訊。根據上述 IAEA 會議蒐集之資訊，我方瞭解日本 ALPS 處理水及福島周圍之環境試樣皆已送達 IAEA 所屬實驗室，刻正進行分析。現階段 IAEA 著重於第三方實驗室之驗證，IAEA 後續將公佈報告，說明 IAEA 之獨立取樣、分析、與數據驗證之結果。

另一方面，東電公司於 2021 年向日本原子力規制委員會(Nuclear Regulation Authority, 以下簡稱 NRA)提出之 ALPS 處理水排放相關設備建設的申請[1]，已於 2022 年 7 月 22 日取得 NRA 的核准，並預計於 2023 年春天之後實施海洋排放。後續，東電公司再於 2022 年 11 月 14 日提出 ALPS 處理水排放計畫變更[2]^{註記¹}，更新其環境影響衝擊評估之射源項，將原先 ALPS 處理水中的 62 個監測核種改為 30 個^{註記²}，因此，IAEA 專案小組於 2022 年 11 月再次赴日，討論有關監測核種選定與安全評估等議題，並實地參訪福島第一核電廠，視察包含海底隧道等排放設備之建置狀況等。

為掌握我國對日本 ALPS 處理水過濾與排放設施建置與作業現況，並瞭

註記¹ 詳見補充資料一：東電公司於 11 月 14 日提出之 ALPS 變更申請資料

註記² 詳見補充資料二：東電公司於 11 月 28 日參訪時提供關於環境衝擊評估之報告

解前述 IAEA 對 ALPS 處理水監測、安全評估、及環境試樣監測等關切之項目，因此我國也在此階段，由行政院原子能委員會核能研究所、輻射防護處、輻射偵測中心、以及農委會漁業署成員組成第二次觀察團，依據上述原能會的三項訴求，以及第一次觀察團出國報告中所列，包括：1) 持續關注並確認福島第一核電廠 ALPS 處理水排放符合安全標準、2) 持續與日方以公開及比對的方式進行海洋監測技術與結果分享、及 3) 持續要求日本將資訊即時公開等重要項目，於 2022 年 11 月 27 日至 12 月 1 日第二次赴日，參訪福島縣漁業協同組合連合會(以下簡稱福島漁會)、福島第一核電廠、JAEA 第三方實驗室、日本分析中心(JCAC)、及海洋生物環境研究所(MERI)等，執行對日本福島第一核電廠現階段狀況的觀察任務。

第二次專家觀察團由核能研究所徐獻星副所長擔任領隊，團員共計 9 員，於此行中先參訪福島漁會，實地瞭解福島地區漁民團體對處理水排放之看法及當地漁港輻射檢測的機制；再至福島第一核電廠瞭解其 ALPS 處理水之相關設施與未來排放規劃；並安排參訪相關放射性分析檢測實驗室，瞭解日方執行環境試樣之檢測方法、設備及執行現況。

本公差報告除詳細記錄參訪及觀察過程外，並與日方人員討論福島第一核電廠 ALPS 處理水排放相關的議題，如下所列：

持續關注並確認福島第一核電廠 ALPS 處理水排放符合安全標準

- (一) 觀察 ALPS 處理水排放設施建置現況
- (二) 觀察 ALPS 設備運作現況
- (三) 瞭解 ALPS 處理水用於海生物養殖現況
- (四) 瞭解 ALPS 處理水檢測之 JAEA 第三方實驗室作業現況
- (五) 與日本 JCAC 交流檢測技術與程序
- (六) 與日本 MERI 交流檢測技術與程序

持續與日方以公開及比對的方式進行海洋監測技術與結果分享

- (七) 瞭解日本之海域環境輻射監測作業執行現況
- (八) 瞭解日本福島當地漁港之漁獲物檢測機制與出貨規範
- (九) 瞭解日本福島當地漁民對 ALPS 處理水排放之意見與看法

持續要求日本將資訊即時公開

- (十) 討論日本相關監管資訊與檢測數據之公開

本公差報告最後提出建議，供國內相關單位查閱及參考。

二、過程

(一) 出國行程

此次行程共計 5 天，11 月 27 日由臺北松山機場飛往日本東京羽田機場，再搭乘租用巴士前往福島縣，當晚抵達當地旅館。11 月 28 日上午前往福島地區參訪漁民組織福島漁會，與代表進行討論交流；當日下午，再赴福島第一核能電廠，於廠區內實地觀察，包含 1 號機~4 號機外圍區域、多核種除去設備(ALPS)、K4 槽區、ALPS 處理水排放設施、海洋生物飼育設施，以及日本原子能研究開發機構(JAEA)大熊分析研究中心等地點。11 月 29 日，前往公益財團法人日本分析中心(JCAC)，進行交流。11 月 30 日，前往公益財團法人海洋生物環境研究所(MERI)，進行交流。12 月 1 日為觀察團返程，上午由日本東京羽田機場出發返國，下午抵達我國臺北松山機場。出國行程如表 1 所示：

表 1、本次國外公差主要行程表

日期	行程內容	備註
11/27(日)	去程：臺北→東京都→福島縣(長榮 BR192 航班) ● 0730 臺北松山機場出發 1115 抵達東京羽田機場 ● 下午：東京都→福島縣	宿福島縣
11/28(一)	● 上午：拜會「福島漁會」 參觀漁獲收樣、前處理區、及魚獲批發區 ● 下午：實地參訪福島第一核能發電廠 參訪 JAEA 大熊分析研究中心	宿福島縣
11/29(二)	● 上午：福島縣→千葉縣 ● 下午：參訪公益財團法人日本分析中心(JCAC)	宿千葉縣
11/30(三)	● 上午：參訪公益財團法人海洋生物環境研究所(MERI) ● 下午：千葉縣→東京都	宿東京都
12/1(四)	回程：東京都→臺北(長榮 BR191 航班) ● 1215 東京羽田機場出發 ● 1500 返抵臺北松山機場	

本次觀察團行程的重點主要參考 IAEA 於 2022 年 11 月赴日的關切議題及視察行程，如下所述：IAEA 於 11 月共赴日兩次，第一次為 11 月 7 至 14 日，為執行海域環境監測專案計畫 (Marine Monitoring: Confidence Building and Data Quality Assurance)，赴日進行福島第一核電廠鄰近區域之海水、漁獲物、沈積物之取樣，及視察福島當地魚市場的取樣作業，採集樣品將作為放射性分析檢測實驗室間比對之用；第二次為 11 月 14 日至 18 日，IAEA 專案任務小組針對東電公司所提出 ALPS 處理水的監測核種選定進行技術討論，並至福島第一核電廠進行實地視察。

(二) 團員名單

本次觀察團成員包含行政院原子能委員會 1 人、行政院原子能委員會核能研究所 4 人、行政院原子能委員會輻射偵測中心 1 人、行政院農業委員會漁業署 2 人，共 8 人由臺灣前往日本，以及我國駐日本代表處 1 人，觀察團成員共 9 員，名單詳如表 2。

表 2、觀察團成員名單

姓名	單位	職稱
徐獻星(領隊)	行政院原子能委員會核能研究所	副所長
袁明程	行政院原子能委員會核能研究所	保物組副組長
蔡翠玲	行政院原子能委員會核能研究所	化學組副組長
謝賢德	行政院原子能委員會核能研究所	化工組副組長
林貞絢	行政院原子能委員會	輻防處簡任技正
陳婉玲	行政院原子能委員會輻射偵測中心	環境偵測組組長
陳思樺	行政院農業委員會漁業署	漁政組副研究員
吳益愿	行政院農業委員會漁業署	養殖漁業組技士
周曉萍	臺北駐日經濟文化代表處(於東京參團)	二等秘書

(三) 啟程 (11 月 27 日)

觀察團 11 月 27 日依既定行程規劃啟程赴日，抵達日本羽田機場後，配合日本 COVID-19 防疫規定辦理通關程序，團員全數通過防疫檢查，並由臺北駐日經濟文化代表處周曉萍秘書陪同後續整體行程，晚間全體抵達住宿旅館準備本次行程資料。

(四) 福島漁會參訪(11 月 28 日)

觀察團於 11 月 28 日依既定行程，上午參訪福島漁會，其過程與討論議題說明如下。

1. 參訪過程

由於日本政府決定規劃將 ALPS 處理水排放海洋，引發臺灣漁民的擔憂及困擾，瞭解福島漁民對於本案的輿情，將有助於政府後續因應規劃，爰藉由此次交流機會，由漁業專家代表先行表達臺灣漁民的心聲與憂慮，

ALPS 處理水排放入海，恐導致臺灣魚價波動甚至下跌，將影響臺灣漁民生計。福島漁會對於 ALPS 處理水排放入海持反對立場，惟漁業活動終究需繼續，ALPS 處理水排放後將配合日本政府執行相對應的檢驗作業；至於福島漁會執行之檢驗(銻核種)，將持續執行。

觀察團拜會時，福島漁會先進行簡報，主題為「福島的『常磐海鮮』酷又帥」，後並實地參訪福島漁會所在地之小名浜魚市場，該市場為封閉空間，進場人員須戴帽及更換雨鞋，經洗手及泡鞋池消毒始得進入場內，接續由福島漁會同仁就其執行水產品(漁獲物與淡水產物)監測部分進行介紹。透過簡報交流及實地參訪，了解當地漁民對 ALPS 處理水排放的看法，當地漁港進行輻射檢測的內容及機制、出貨情形，並進行交流及實地參訪，重點說明如下，現場參訪照片如圖 1 至 6。

- (1) 為了確保福島漁港販售之水產品的安全，使消費者安心放心，福島漁會針對漁港捕獲的水產品建立檢測機制，並於漁港建置放射性分析檢查室。
- (2) 福島漁會之監測機制為每日針對補獲的所有類別的水產品都抽樣進行檢測，一週約檢測 150 件樣本，並以日本法規要求之一半（銻核種濃度 50 Bq/kg(貝克/公斤)以下)為出貨標準，檢測合格者將核發該魚種檢查證明書與檢查結果，作為出貨依據。若有檢測結果超過日本法規要求之四分之一者（銻核種濃度大於 25 Bq/kg），將請福島縣府進一步進行詳細檢測。經了解，目前福島漁會之監測結果，99%以上水產品均小於儀器最低可測值。
- (3) 當檢測結果超過 25 Bq/kg，將移交福島縣政府由縣所屬研究機構以純銻偵檢器檢測，若其結果超過 50 Bq/kg，福島漁會將通知福島縣全境主動停止該魚種的出貨；當檢測結果大於 100 Bq/kg，由國家(原子力災害對策本部)實施「出貨限制」，漁民可捕撈但不可進行該魚種的販賣，後續由福島縣政府(福島縣水產資源研究所)使用研究船進行「緊急監測」，加強該魚種的檢測，大量蒐集科學數據以

解除出貨限制。又，福島縣對於非出貨限制的對象魚種亦進行「緊急監測」檢測，每週大約檢測 150 個樣本。

(4) 福島漁會執行輻射檢驗的流程可分為三個步驟，包括前處理、進行檢驗及依檢驗結果出貨。

- a. 前處理：每個捕撈卸魚日，針對每個魚種至少採集一個以上檢體，去除表面髒污後，配合食用情形進行處理，如製成魚肉泥或魚片。
- b. 進行檢驗：前處理過的魚肉製品將送到檢查室進行檢驗。
- c. 依檢驗結果出貨：檢驗核可方可出貨，即銻核種濃度小於 25 Bq/kg，符合日本法規要求之四分之一以下者可以出貨，並核發每種魚種福島漁會的檢查證明書和檢查結果。(超過 25 Bq/kg 的魚種，若經福島縣詳細檢測確認為 50 Bq/kg 以下，可以出貨，若超過 50 Bq/kg 則主動停止出貨)

(5) 福島漁會於小名浜魚市場設置有放射性分析檢查室，配置 6 部碘化銻(CsI)偵檢器，以供監測。碘化銻偵檢器 6 部分別為 Cs1000 共 2 部、Cs100 共 4 部，其中 Cs1000 偵檢器，樣品可用魚片方式量測(樣品重量 500 克)，不須絞碎，計測時間為 3 分鐘，應用於大型魚種檢測；Cs100 偵檢器，則需 100 克絞碎樣品進行量測，計測時間為 30 至 40 分鐘，適用於小型魚種檢測。



圖 1、福島漁會進行簡報



圖 2、我方陳述意見



圖 3、雙邊交流情形



圖 4、小名浜魚市場放射性分析檢查室



圖 5、小名浜魚市場放射性分析檢查室
說明前處理方式



圖 6、參觀小名浜魚市場漁獲情形

2. 雙邊交流與討論重點

- (1) 我方提問：就網頁相關資料檢索了解小名浜魚市場現正全面運行中，請問漁獲外銷情況如何？

日方答覆：過去曾經向東南亞外銷，主要為鯖魚及沙丁魚等魚類，目前福島縣沿岸漁業之水產品尚未恢復外銷，現在漁獲量約恢復至 311 事故發生前 2 成左右。

- (2) 我方提問：有關福島漁會所做輻射檢測，如何選擇每日檢驗之漁獲物？以及檢驗所需時間為何？

日方答覆：現在主要針對到港漁船的漁獲物，漁船卸魚後，每一種魚類都會採集一個以上樣本進行檢驗；經前處理步驟後，依種類屬性不同，檢測所需時間最短 5 分鐘，最長 40 分鐘不等，另漁獲物均檢驗完成後才出貨。

- (3) 我方提問：請問有檢測超標的案例嗎？相關因應流程為何？

日方答覆：從未檢出異常結果(100 Bq/kg)，惟超過 25 Bq/kg 將送往福島縣政府的研究機構進行精密檢測，超過 50 Bq/kg 將主動停止出貨，倘超過 100 Bq/kg 國家將採取出貨限制。

- (4) 我方提問：出貨限制是禁止販售嗎？已禁止販售之水產品其如何採樣以解除出貨限制？

日方回覆：針對禁止販售之水產品未有禁捕，僅有禁售措施，出貨限制的目的是不讓消費者吃到超標水產品；針對解除出貨限制部分，係屬福島縣政府的權責，由福島縣政府的調查船進行捕撈，亦有與漁船業者配合採樣，以進行採樣檢驗等工作。

(五) 福島第一核電廠參訪(11月28日)

觀察團於11月28日依既定行程，下午參訪福島第一核電廠，其過程與討論議題說明如下。

1. 參訪過程

觀察團同仁乘坐租用巴士，先抵達福島第一核電廠廢爐資料館轉乘東電公司巴士。進入廠區後先於會議室聽取東京電力公司說明其採行有關ALPS處理水排放相關措施、環境輻射監測，介紹該公司於消除漁業風評影響之努力(日本稱「風評被害^{註記1}」)，另外日本原子能研究開發機構(Japan Atomic Energy Agency, JAEA)亦對其廠內建置中的大熊分析研究中心簡要說明[3]。經初步交流後，依電廠的管理程序，領取臨時入廠證，搭乘廠方準備的巴士進入電廠，並完成入廠前的全身計測(Whole Body Counting)，穿著安全帽等防護器具、配戴個人輻射劑量計，在廠方人員的帶領下，進行實地觀察。以乘車及步行方式依序走訪1號機至4號機組外圍區域、多核種除去設備(ALPS)與分析確認桶槽區(K4桶槽區)、ALPS處理水排放設施、海生物飼育中心，以及JAEA大熊分析研究中心，廠內現勘行程如圖7。

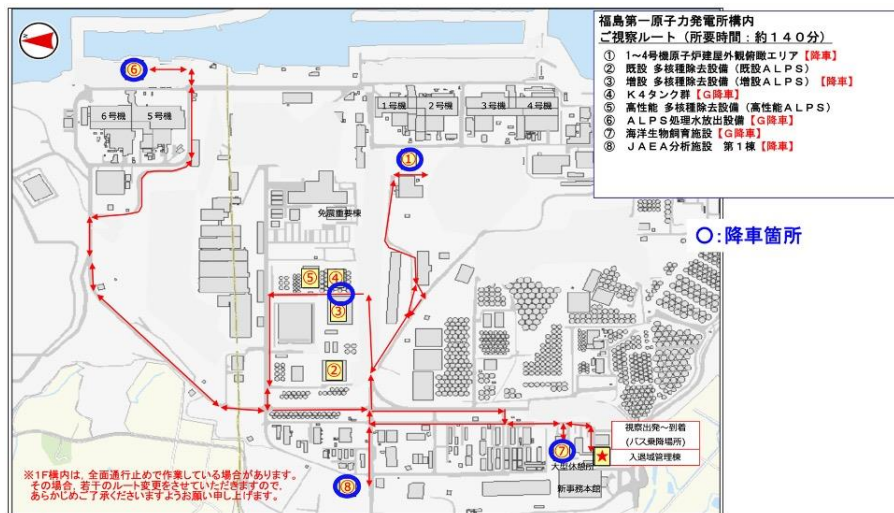


圖7、福島第一核電廠現場勘查行程

註記¹：指源於完全沒有根據的傳言，使得成為傳言焦點的人物或團體受到了經濟、名譽等損失，該詞自東日本大震災後開始流行。

過程中與廠方人員進行相關議題交流討論，以下依序說明。

(1) 1 號機至 4 號機組

觀察團在前往 1 號機至 4 號機組途中，廠方說明為了減少廠內的輻射污染，除執行除污作業，並進行路面鋪面工程，避免土壤中的放射物質飄散出來。進入廠區後，可看到兩側綠色鋪面的道路，廠方說明其為完成除污作業區域，行走於該道路無須穿著防護衣。

福島事故時，1 號機至 4 號機組為發生事故機組，目前 3 號與 4 號機組爐心的用過燃料池中均已無用過核燃料，其中 4 號機組於事故發生時正進行大修作業，因此爐心中並無燃料，事故當時所有的 1,535 束用過核燃料均在用過燃料池中，在 2014 年底，所有的用過核燃料都已被移出；而 3 號機組的用過核燃料共計 566 束，也在 2021 年 2 月全數取出。

另外 1 號與 2 號機組則尚在進行核燃料取出之前置準備作業，因反應器廠房中輻射劑量仍高，取出作業進行時，人員將不進入，由遠端操作機器執行取出作業。1 號機因氫爆致其反應器廠房受損，用過燃料池上有許多破損的瓦礫，在進行用過核燃料取出前需先將這些破損瓦礫清除，清除時並需注意可能產生的輻射污染，因此規劃清除前先建置上方的蓋子，避免清除過程中輻射污染粉塵飄散至環境中，目前規劃 2027 或 2028 年開始取出 1 號機之用過核燃料。而 2 號機則正在建置取出用過核燃料設施，預計建置完成後取出用過核燃料，預計在 2024 至 2026 年進行用過核燃料取出作業。該現場輻射劑量仍高，主要來自 1 號機組，依建置於觀察團觀測點之區域輻射偵檢器，顯示之環境輻射劑量率為 $67.8 \mu\text{Sv/h}$ (微西弗/小時)。

由於福島第一核電廠廠區有地下水流經，該區地下水豐沛，為減少地下水流入所導致的放射性污水產生量，並避免輻射污水流入海洋，廠方在 1 至 4 號機組旁，距離數公尺左右，建置凍土牆，圍繞 1 號機至 4 號機組周圍。利用 -35°C 之製冷劑，自地面往地下，每隔約 1 公尺處理設一條製冷劑(凍土管)，直到地下 30 公尺左右。

另外廠方在此區域安裝 45 處集水井，收集地下水，經分析檢測後排入海洋，減少地下水所增加的污水量。此集水井在福島事故前即已有設置，事故後，廠方再進行增設。由於地下水中也含有氚，經與漁業業者討論，排入海洋之收集地下水，以氚活度 1,500 Bq/L(貝克/每公升)為排放標準，所以後來日本政府政策所訂定之 ALPS 處理水海洋排放之氚活度限值也訂為每公升 1500 Bq/L。參訪照片如圖 8 至圖 11。



圖 8、福島第一核電廠內綠色鋪面道路 (右側)



圖 9、觀察團實地觀察 1 至 4 號機組外圍區域



圖 10、觀察團觀測點之區域輻射偵檢器



圖 11、觀察團與廠方說明人員合照

(2) 多核種除去設備 (ALPS) 與分析確認桶槽區 (K4 桶槽區)

本次觀察團參訪的多核種除去設備 (ALPS)，日方稱之為「增設 ALPS」。福島第一核電廠內目前共計有 3 套 ALPS 設備，名稱分別為「既設 ALPS」、

「增設 ALPS」與「高性能 ALPS」，3 套除污性能相近，目前主要用既設 ALPS 與增設 ALPS 進行事故機組之放射性污水淨化作業。既設 ALPS 與增設 ALPS 均有各 3 串淨化設備，每一串每天可以處理 250 立方公尺放射性污水，因為目前廠內每天產生的經過受損反應爐的放射性污水較少，因此每天僅運轉 1 串淨化設備來進行淨化處理。

在放射性污水進入 ALPS 淨化設備之前，會先利用前處理過濾器及共沉濾除水中的不溶解性物質、金屬離子與鈣離子，避免影響之後的放射性核種過濾效率。每串 ALPS 淨化設備目前設置 18 個吸附塔，用以吸附放射性物質。ALPS 設備製造商是東芝公司，但技術是來自美國的 EnergySolutions 公司。

在觀察團參訪的「增設 ALPS」設備廠房對面為分析確認桶槽區(K4 桶槽區)，該區桶槽容量共有 35,000 立方公尺，排放時會使用其中 30,000 立方公尺，以 3 組儲存槽分別進行接收、分析與排放作業，每組儲存槽共有 10,000 立方公尺。目前廠內儲存的放射性污水，有 70% 水中之放射性核種活度尚未達到排放標準，需進行二次處理。參訪團在本區所站的位置之環境輻射劑量約為 $0.3 \mu\text{Sv/h}$ 。現場參訪照片如圖 12、圖 13。



圖 12、「增設 ALPS」設備廠房



圖 13、分析確認桶槽區(K4 桶槽區)

(3) ALPS 處理水排放設施

ALPS 處理水排放設施是建在福島第一核電廠北側的 5、6 號機組鄰近區域，5、6 號機組於福島事故時並無發生事故狀況，該區不像南側之 1 至 4 號事故機組區域有放射性污染狀況，因此東電公司規劃由福島第一核電廠的北側(5 號機組處)進行海水取水，用於稀釋排放之 ALPS 處理水。為避免未來進行排放時，1 至 4 號事故機組區域的海水進到稀釋海水的取水口，因此正在建置 1 至 4 號機組與 5、6 號機組海域區域之間的阻斷設施，該設施約 70 公尺長，10 至 20 公尺寬。

依照東電公司的規劃，後續排放時，ALPS 處理水將由海拔 33.5 公尺高處的 K4 桶槽區，傳送至海拔 2.5 公尺處，與海水泵抽取的海水進行混合，在海岸邊的放水立坑中混合稀釋後，由海底隧道傳送至離岸 1 公里處排放至海洋。本次觀察團實際走訪建置中的放水立坑，觀察新建完成之 3 個外觀為藍色的海水泵、建置中的海水傳送管、海底隧道工地入口，與 11 月 18 日剛放置完畢，距離海岸 1 公里處之海底隧道的排放口。前述設備除放水立坑外，都是 3 月份觀察團考察之後新建之設備。

放水立坑分為上游水槽與下游水槽兩部分，其中正在建置中的上游水槽長 37 公尺、寬 18 公尺，總高度 7 公尺(深入地下 5 公尺)；而下游水槽比上游水槽更深，總高度為 18 公尺，並接到海底隧道的入口。目前總長度 1 公里之海底隧道已建置 730 公尺左右，將持續建置到海底隧道的出口，其直徑約為 3 公尺，內層為 18 公分之混凝土，以 6 個部件組成。廠方人員說明因海底隧道是建置在堅固的岩石層，因此挖掘建置的進度較慢，約每天 15 公尺。另為確保海底隧道的建置材料無遭受輻射污染，相關材料均需通過輻射量測後才會進入海底隧道的建置工地。現場參訪照片如圖 14、圖 15。



圖 14、廠方人員進行排放設施說明



圖 15、海底隧道工地入口

(4) 海生物飼育中心

有關福島第一核電廠中儲存的 ALPS 處理水海洋排放，大眾最關心的就是對海生物的影響。廠方人員表示，經由過去的科學研究顯示，氚對海生物的影響是非常小的，當地的居民與漁民也非常了解，但當地民眾擔心的是對漁業的風評影響，為證明 ALPS 處理水海洋排放對海洋生物並無影響，在普通海水中飼養的海生物與在排放的 ALPS 處理水中飼養的海生物是一樣的，以消彌漁業風評影響，因此東電公司建置海生物飼育中心，進行海生物飼育試驗。

此飼育試驗是由 2022 年 9 月開始進行，以普通海水與以海水稀釋之 ALPS 處理水（氚含量約 1,500 Bq/L），進行該區域特產品比目魚及鮑魚之飼養，觀察其生長狀況，未來並會進行魚體中氚活度的分析。目前以海水稀釋之 ALPS 處理水飼養的比目魚與鮑魚分別有 300 尾及 400 個。

試驗的比目魚是 2022 年春天出生的比目魚，經迄今 2 個月的試驗結果顯示，在稀釋之 ALPS 處理水中飼育的比目魚，其生長狀況與死亡率、發病率等，都與普通海水中飼養之比目魚相同。而鮑魚為夜間活動生物，因此現場可見廠方是以黑色布幕覆蓋鮑魚飼養槽。廠方並於飼養槽中安裝攝影器材，全天候 24 小時於東電公司官網連結 YouTube「東京電力福

島第一海洋生物飼育試驗現場攝影」直播飼育狀況，後續魚體中氚含量檢測結果也將公布於東電公司官網，供民眾了解。

廠方人員說明雖然部分飼育的海水為普通海水，但若其外釋，必須視為污染水，因此目前飼育使用的水為循環使用，相關飼育設備中也有去除排泄物的設備。現場參訪照片如圖 16、圖 17。

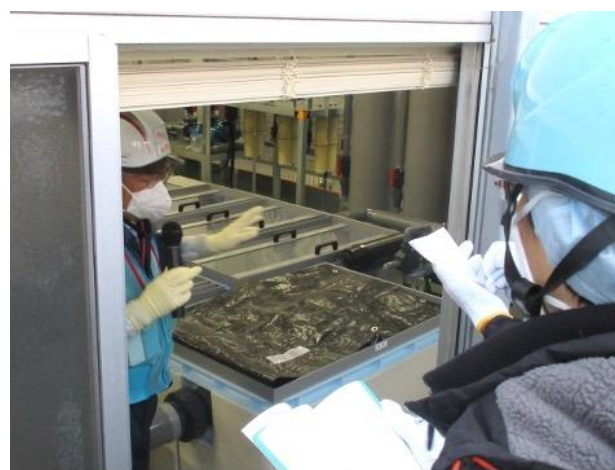


圖 16、海生物飼育中心飼養的比目魚

圖 17、海生物飼育中心人員說明以黑色布幕覆蓋之鮑魚飼養槽

(5) JAEA 大熊分析研究中心

本次觀察團參訪的 JAEA 大熊分析研究中心，其建築物在 2022 年 6 月建置完成，為一個三層樓的建築物。目前在試運作階段，主要進行福島第一核電廠中低劑量率固體廢棄物之放射性物質分析，即執行劑量率 1 Sv/h(西弗/小時)以下之固體放射性廢棄物分析，如瓦礫等，未來也將執行 ALPS 處理水的第三方驗證作業。

東京電力公司送來檢測的固體廢棄物樣品，在 1 樓接收後，將送到 2 樓進行前處理作業，前處理方式包含粉碎、溶解或分離處理，針對劑量率在 1 mSv/h(毫西弗/小時)到 1 Sv/h 的樣品，會送到密閉的房間中進行前處理；劑量率在 1 mSv/h 以下的樣品，則在抽氣櫃中進行前處理。處理完成後，會送到 3 樓進行分析，如圖 18。

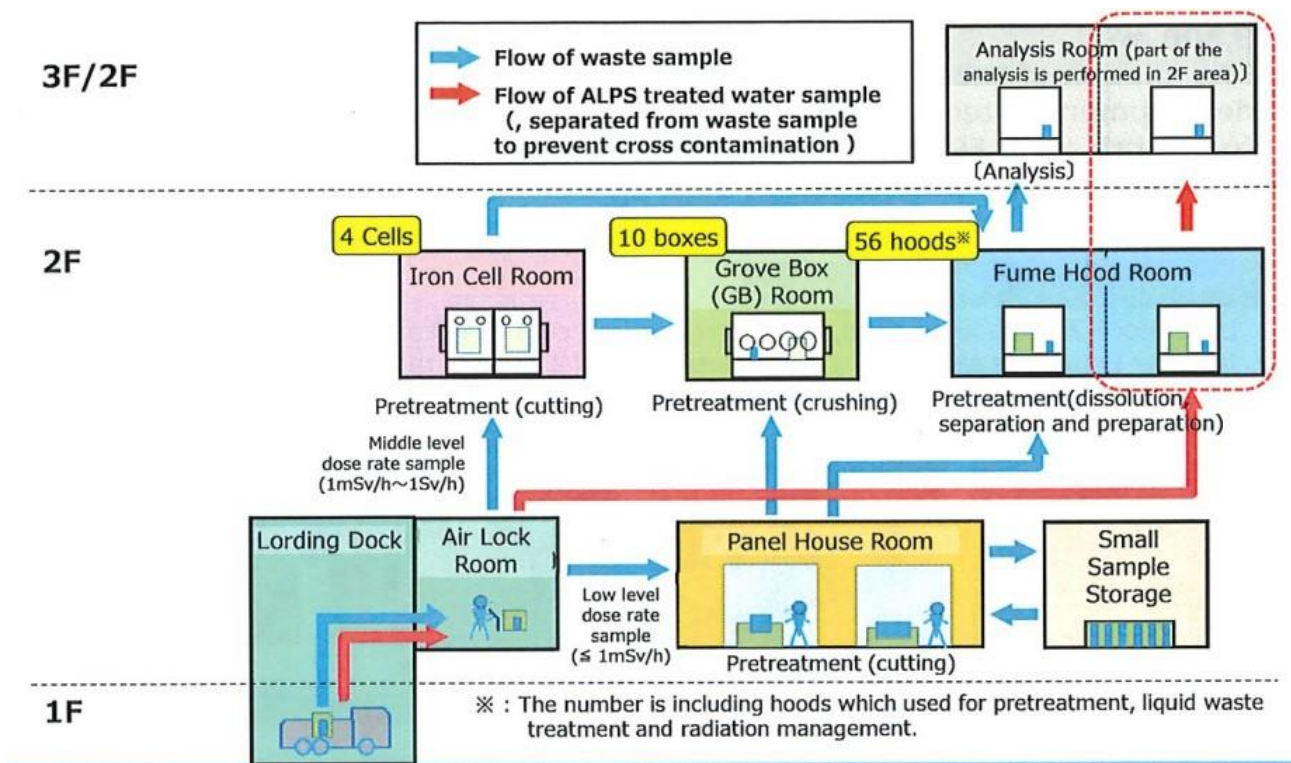


圖 18、JAEA 大熊分析研究中心規劃的固體放射性廢棄物與 ALPS 處理水之樣品處理流程

2. 雙邊交流與討論重點

(1) 我方提問：請問什麼是影響 ALPS 設備之過濾處理性能的主要原因，酸鹼值(pH)或其他因素嗎？

日方答覆：pH 是影響 ALPS 設備過濾處理性能的原因之一，但最主要影響的是鈣離子、金屬等化學元素。事故發生之時，大量海水因海嘯進入廠內，也帶來這些鈣離子、金屬等化學元素，因此在放射性污水進入 ALPS 淨化設備前，才會需要先以前處理過濾器濾除水中的金屬離子與鈣離子。

(2) 我方提問：請問常聽到的二次處理水，指的是什麼？

日方答覆：目前廠內儲存的放射性污水中有 70%尚未符合排放標準，這些都是已經過第一次 ALPS 設備處理，因此會再進行第二次 ALPS 設備處理，以符合法規的排放標準，這些就是二次處理水。再進一步解釋一下 ALPS 處理的歷史，2013 年我們導入

ALPS 設備時，當時廠區內儲存的放射性污水的放射性濃度高，造成廠內的環境輻射劑量較高，另外我們也擔心儲存的放射性污水若不慎外釋，會造成環境污染，因此為了儘快降低放射性污水中的放射性濃度，我們連續運轉 ALPS 設備，進行過濾處理。經過過去緊急的處理，在 2018 年時，已順利將廠內的環境輻射劑量降低到規劃目標 1mSv/y(毫西弗/年)。但前述 2013 至 2018 年期間，因為是緊急處理，處理後的水並沒有達到國家的排放標準，這段期間處理的水，佔目前儲存總量的 60%至 70%，因此我們會再進行二次處理。

- (3) 我方提問：因為用了第二次處理這樣的名詞，因此會想說會不會需要第三次、第四次？

日方答覆：依照目前 ALPS 設備的處理性能，經過第二次處理，應該是會滿足國家的排放標準。但如果經過二次處理，還無法符合國家的排放標準，我們會再進行第三次、第四次的處理，一直到符合國家的標準。

- (4) 我方提問：請問之前 2013 到 2018 年期間，ALPS 處理的成效較不好，但 2018 年之後至今，ALPS 處理的成效較好，請問主要的改變是什麼？

日方答覆：ALPS 處理設備結構其實都是一樣的，主要是處理時間的差異，因為處理的目的不同。2013 到 2018 年期間，我們以 ALPS 設備進行放射性污水過濾，主要目的是要降低廠區劑量，因此是在 ALPS 設備連續運轉的情況下持續進行過濾。ALPS 設備因為是由吸附塔組成，要達到良好的過濾效果，吸附塔於吸附一段期間後必須要確認吸附劑的劣化狀況，若已劣化則適時停止運轉，更新吸附劑。在之前緊急處理期間，我們採持續過濾的方式，因此過濾的效果比較不好。但現今我們以 ALPS 設備進行

放射性污水處理之主要目的是要進行海洋排放，因此會以較多的時間來進行過濾處理，以達符合國家的排放標準。

- (5) 我方提問：因海生物飼育試驗是因應風評影響的試驗，是否會考慮飼養其他物種？

日方答覆：目前我們初步飼養的是比目魚及鮑魚，累積飼養經驗後，未來會再考慮增加其他海生物。我們也已規劃未來要飼養海藻，在此中心內部的水槽中，也正在進行海藻飼育準備，包含裙帶菜、海苔等海藻類，因為藻類有季節性，目前規劃 2023 年春天開始飼養。

- (6) 我方提問：海生物飼育試驗有沒有預計會進行多久時間？

日方答覆：考量海水中的氚主要累積到比目魚的魚肉中，累積大約需要 1 年的時間，由魚體中再到海水中也需要 1 年的時間，因此初步規劃比目魚會飼養 2 至 3 年，之後再考量飼養其他魚類。

- (7) 我方提問：因為 2023 年春天就要排放 ALPS 處理水了，海生物飼育試驗趕得上排放的時程嗎？

日方答覆：依照過去科學研究顯示，魚體中氚的濃度大約半年可達到高點，因此在排放前，至少可以向大眾證明，約養殖半年後魚體中的氚就會達到高點，氚在魚體中的濃度不會增加，也就是氚不會濃縮，會與海水中的氚達到平衡。本飼育試驗主要是要向大眾證明，在稀釋的 ALPS 處理水中養殖的比目魚與一般海水中養殖的比目魚生長狀況是一樣的。

- (8) 我方提問：請問 JAEA 大熊分析研究中心與 3 月份觀察團參訪的化學分析棟有什麼不同？

日方答覆：3 月份觀察團參訪的化學分析棟為東電公司的設施，主要執行水樣的分析；而 JAEA 大熊分析研究中心為日本原子能研究開發機構(JAEA)的設施，目前主要執行固體廢棄物的分析。

(六) 公益財團法人日本分析中心參訪(11月29日)

觀察團於11月29日依既定行程，參訪公益財團法人日本分析中心(Japan Chemical Analysis Center, JCAC)。

1. 參訪過程

本次參訪，觀察團與該中心研究人員就其協助環境省執行海域輻射監測計畫情形、實驗室認證系統及品保作業、各種核種分析技術及相關議題，包括各類放射性核種活度監測、碳-14的分析前處理、感應耦合電漿質譜法(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, ICP-MS)與加速質譜法(Accelerator Mass Spectrometry, AMS)應用於超微量難測核種分析等進行交流討論，及檢測實驗室參訪。交流討論相關照片如圖19、20。



圖 19、觀察團與 JCAC 進行交流討論

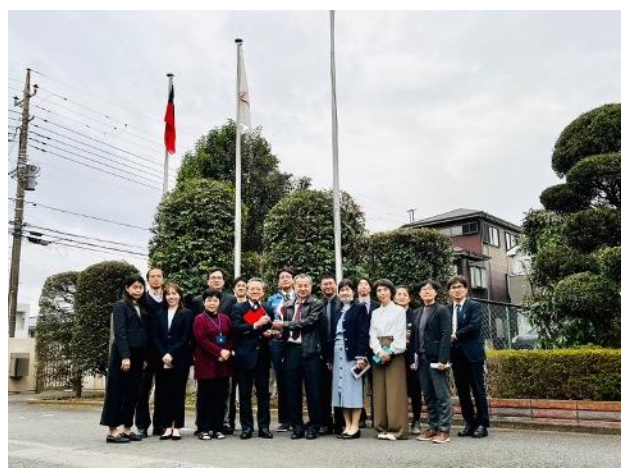


圖 20、觀察團與 JCAC 人員合照

該中心首先以簡報方式向觀察團介紹 JCAC，包括其設置目的、主要業務、資訊網站，以及所涉有關 ALPS 處理水排放相關業務，綜整如下：

- (1) 設置目的：JCAC 位於日本千葉縣稻毛區，成立於 1974 年，因當時各國核試驗之執行，因此日本政府決定要成立一個環境放射性分析檢驗的專責單位。該中心原為財團法人，自 2013 年 4 月日本政府公布施行公益財團法人法後更改為公益財團法人。

- (2) 主要業務：JCAC 為日本國內從事環境樣品(如海水、土壤、食品等)放射性活度分析與研究的專門機構，通過 ISO/IEC 17025 國際標準認證，另亦負責一般化學微量元素分析(如穩定同位素、運動員禁藥分析等)技術的發展，對外提供檢測服務。該中心主要接受政府與公益團體的委託，執行包括全日本環境放射性分析和測量調查、協助日本原子力規制廳建立國家標準放射性檢驗方法、辦理能力試驗及研習、推廣環境放射性分析相關資訊，包括國際交流與合作。為確保分析結果的可靠性，該中心定期參與 IAEA「環境放射性測量分析實驗室 (Analytical Laboratories for the Monitoring of Environmental Radioactivity, ALMERA)」網絡所辦理的能力試驗，如氫、銥-90 和銇-137，並被 IAEA 評為最佳表現實驗室。該中心亦與東亞鄰近國家，如臺灣、韓國與中國，進行相互比較分析活動，並與我國輻射偵測中心持續多年簽署技術交流合作備忘錄，透過實驗室間比對試驗、互訪，維持雙方友善合作。
- (3) 資訊網站：JCAC 負責日本環境放射活度與輻射資料庫[4]之維運管理，該資料庫收錄日本國內環境樣品的調查結果，並具有搜尋及以統計圖表呈現搜尋結果之功能。
- (4) 所涉有關 ALPS 處理水排放相關業務：JCAC 目前受日本環境省委託，執行海域輻射監測任務，取樣分析福島周邊海水及漁獲物，海水之分析核種為氫與 ALPS 處理水中 7 個主要核種，銇-134、銇-137、銥-90、鈷-60、銻-125、鈦-106、碘-129；漁獲物分析核種則為魚類的氫、碳-14，以及海藻類的碘-129，檢測結果提供環境省「ALPS 處理水海域監測專家會議」審查公布。該中心亦受環境省委託辦理前述專家會議之秘書工作，上一次專家會議於已 9 月 9 日召開完畢，下次召開時間為 12 月 14 日，會議均有現場直播。

2. 實驗室參訪

簡報結束後，接續參訪檢測實驗室，以下分別針對該中心之感應耦合電漿質譜儀(ICP-MS)測定室、化學實驗室、低背景液態閃爍計數器(LSC)測定室、阿伐(α)核種分析室、鋇核種分析室、低背景比例計數器(LBC)分析室、加馬分析室、放射化學實驗室，逐一說明。

- (1) 感應耦合電漿質譜儀(ICP-MS)測定室：該室具備三台 ICP-MS，分別為 Agilent Technologies 7700 與 8900 系列，以及 Thermo Scientific Element 2 高解析 ICP-MS，其最低偵測極限(Detection Limit)為 ppq (Parts-Per-Quadrillion, 千兆分之一, 10^{-15})等級。其中，7700 系列為四極柱(Quadrupole) ICP-MS，用來分析鈾、鈾與穩定同位素；8900 系列為兩段串聯的四極柱 ICP-MS/MS，主要用來分析鎔-99 與碘-129，並以與鎔-99 化學性質相同的銻穩定同位素，以及與碘-129 質量數接近之穩定同位素銻作為調機液(tuning solution)，進行儀器的效正與樣品之定量分析。而高解析的 ICP-MS，主要用來精確分析環境中極微量的銻-239 與銻-240 兩種放射性同位素，該台儀器並依日本國內規定僅專用於銻檢測，不做其他檢測。參訪照片如圖 21、22。



圖 21、JCAC 人員說明 ICP-MS 測定室
功能

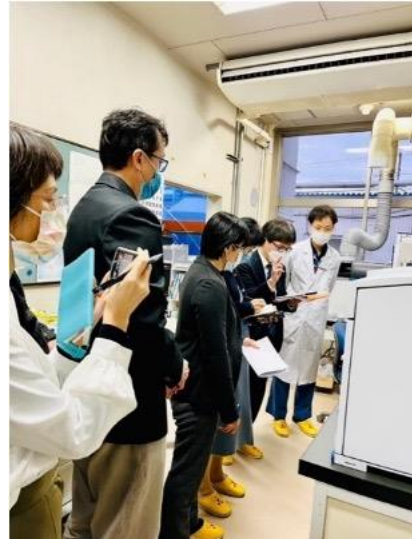
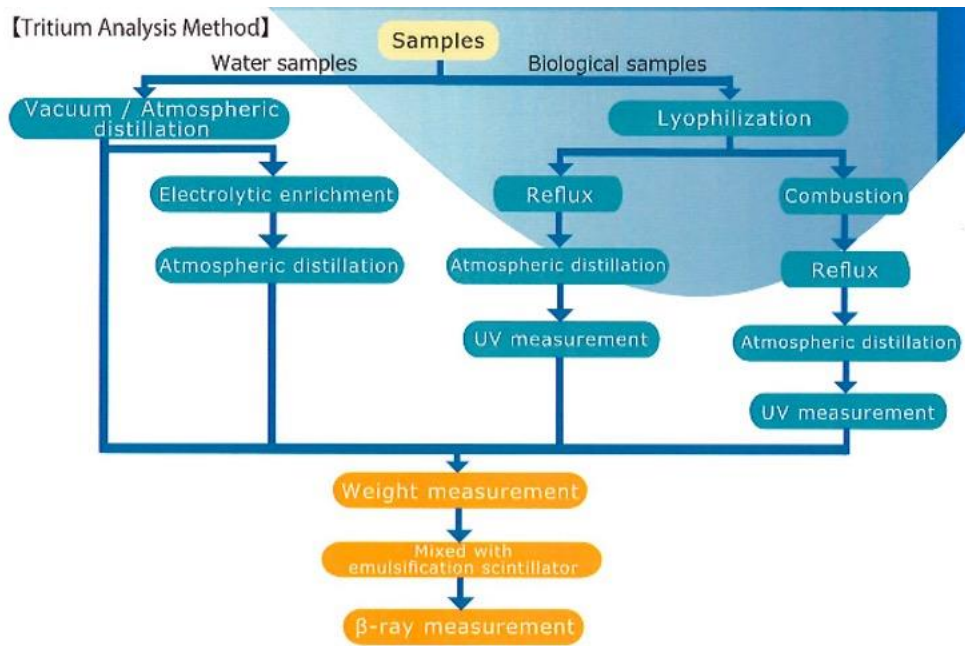


圖 22、JCAC 人員說明其 ICP-MS 儀器
功能

- (2) 化學實驗室：該室主要進行水樣氡與碳-14 的前處理。該中心人員說明海水氡的前處理方式，主要有常壓蒸餾法及減壓蒸餾法，前者適用體積量少的樣品，如體積 70 至 80 毫升，加熱溫度 170°C；後者適用體積量多的樣品，如體積 1 公升，透過加熱(約 55°C)、低壓的水分離過程，將樣品蒸餾並冷凝回收。減壓蒸餾法使用收集瓶之容量大，可去除雜質，處理速度快，約 30 分鐘至 1 小時內，即可將 0.1 公升的樣品全部蒸餾。樣品蒸餾後，加入乳化閃爍液 (Emulsification Scintillator)，以低背景液態閃爍計數器 (LSC) 度量氡活度。若水樣內的氡濃度非常低，亦可用電解濃縮方式進行前處理。該中心的氡活度分析流程與目標如圖 23，參訪照片如圖 24、圖 25。



Analytical Target Level

Samples		Amount	Time	Target level
Water sample		0.6L		0.4 Bq/L
Water sample (Electrolytic enrichment method)		1L		0.07 Bq/L
Biological samples	Tissue, free water tritium	1.5kg	500min.	0.4 Bq/L
	Organically bound tritium	1.5kg		0.4 Bq/L
	Organically bound tritium (non-exchange type)	1.5kg		0.4 Bq/L

圖 23、JCAC 的氚活度分析流程與目標



圖 24、JCAC 人員介紹化學實驗室



圖 25、JCAC 人員說明水樣氚的前處理方式

- (3) 低背景液態閃爍計數器(LSC)測定室:該室設置 ALOKA 的低背景液體閃爍計數器(Low Background Liquid Scintillation Counter, LSC) LB5 4 台及 LB7 2 台,以 100 毫升 Teflon (PFA)材質或 20 毫升玻璃材質計測瓶進行計測,計測時間 500 分鐘。氚與碳-14 的計測效率分別約為 30%與 70%。參訪照片如圖 26、圖 27。



圖 26、JCAC 人員介紹低背景液態閃爍計數器 (LSC)

圖 27、ALOKA 的低背景液體閃爍計數器 (LSC) 外觀

- (4) 阿伐 (α) 核種分析室：該室設置 64 台 ORTEC 矽面障半導體偵測器，偵測效率 25~30%、能量解析度 30~40 keV，分析項目包含鈾、錒、釷、鈾與鈾-210 等核種，每年分析約 500 個樣品，回收率以 50% 為基準，低於 50% 者須重新分析。環境樣品計測時間一般為 8 萬秒 (約 1 天)，但若樣品內的阿伐核種活度非常微量時，則需 2-4 倍時間。JCAC 以萃取、樹脂流洗等化學分析方法進行樣品純化，收集流洗溶液，再將溶液電鍍於不銹鋼片，以矽面障半導體偵檢器進行阿伐能譜分析與放射性活度量測。若欲進行鈾 (239 + 240) 各別核種之放射活度，因核種之放射型態相同，能量太接近，儀器解析度無法克服二者能譜波峰的重疊，因此需進一步將附著在不銹鋼片的溶液洗出，再以 ICP-MS 進行鈾-239 及鈾-240 的定量分析。該中心的鈾活度分析流程與目標如圖 28。參訪照片如圖 29。



Analytical Target Level

	Samples	Measurement time	Analytical target level
Soil	5.0 g (dried soil)	2.2 hour	0.04 Bq/kg(dried soil)
Seawater	100 L	2.2 hour	0.02 mBq/L

圖 28、JCAC 的銻活度分析流程與目標



圖 29、JCAC 人員說明阿伐核種分析流程

(5) 銥核種分析室：針對銥-90 核種分析，JCAC 先以碳酸鹽沉降二價金屬離子，上清液採磷鉬酸銨(AMP)化學濃縮法純化放射性銇-137，沉澱物中銥-90 採用離子交換法執行前處理，1 個樣品分離時間約 1 天，經純化後靜置 14 天，達到銥-90 與銇-90 的放射平衡，進行銥-90 與銇-90 分離步驟，以比例計數器(LBC)度量銇-90 的貝他活度，即可代表銥-90 的活度。該中心的銥-90 分析流程如圖 30、各類樣品之銥-90 最小可測值如圖 31。

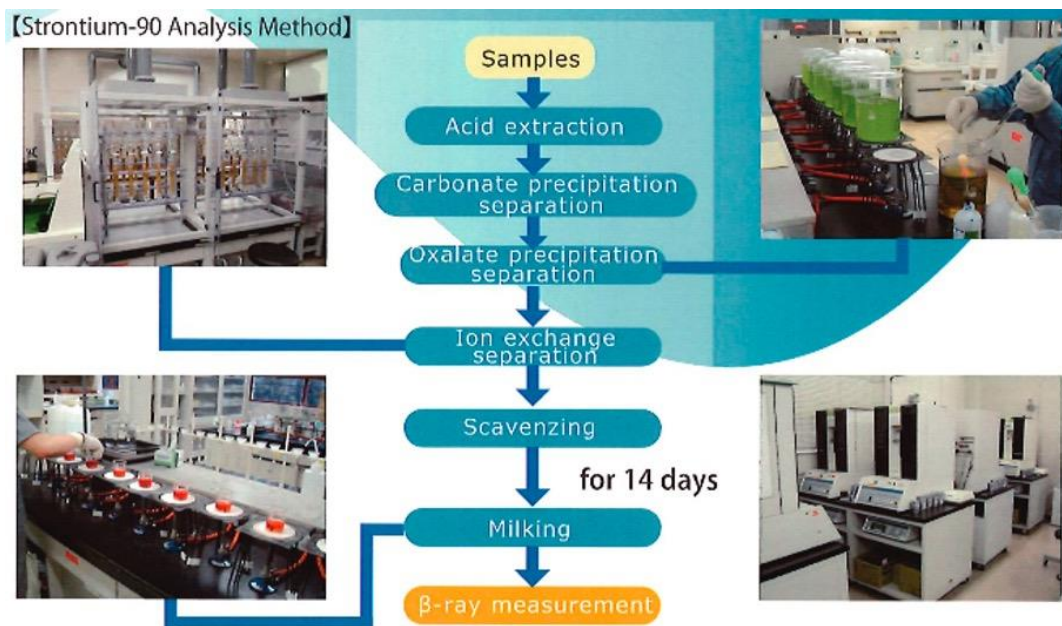


圖 30、JCAC 的銥-90 分析流程

試料	大氣 浮遊じん	降下物	陸水	土壤 海底土	海水	精米
単位	mBq/m ³	MBq/km ²	mBq/L	Bq/kg 乾土	mBq/L	Bq/kg 生
⁹⁰ Sr	0.004	0.07	0.4	0.4	2	0.04

試料	野菜類	茶		牛乳	粉乳	水産 生物
単位	Bq/kg 生	Bq/kg 製茶	Bq/kg 生	Bq/L	Bq/kg 粉乳	Bq/kg 生
⁹⁰ Sr	0.04	0.2	0.04	0.04	0.04	0.04

圖 31、JCAC 執行各類環境樣品的銥-90 分析

(6) 低背景比例計數器(LBC)分析室：該室設置 20 台低背景比例計數器 (Low Background Proportional Counter, LBC)，執行銻-90、總貝他等檢測，使用之計測盤為直徑 1 英吋不鏽鋼盤，每年分析約 1500 件樣品。相關參訪照片如圖 32 至圖 34。



圖 32、JCAC 人員說明銻-90 分析程序



圖 33、JCAC 人員介紹低背景比例計數器 (LBC)



圖 34、JCAC 人員示範將處理後的樣品滴至樣品盤內

(7) 加馬分析室：該室設置 25 台純鍺偵檢器，以 2 公升馬林杯或 100 毫升計測罐盛裝樣本進行量測。檢測海水中銫-134、銫-137，採 AMP 化學濃縮法處理後，以 100 毫升計測罐計測；檢測海水中的鈈-106、銻-125、鈷-60 等加馬核種，則以 2 公升馬林杯直接裝罐，計測約 8 萬秒。相關參訪照片如圖 35 至圖 36，圖 36 左側為 2 公升馬林杯、右側為 100 毫升計測罐(紅色圈圈處)。



圖 35、JCAC 人員說明海水加馬核種分析作業

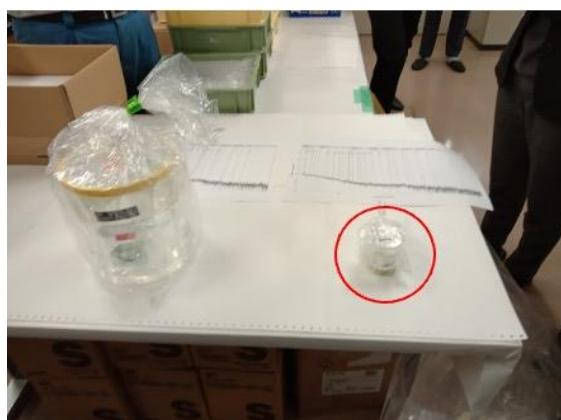


圖 36、JCAC 加馬核種分析之計測標準容器

(8) 放射化學分析室：JCAC 人員介紹其碳-14 分析前處理流程，以「加速質譜儀(AMS)用碳素前處理裝置」將樣品中碳-14 高溫燃燒，使之轉換為二氧化碳，添加氯化鈣再轉換為碳酸鈣(CaCO_3)沉澱，作為後續製程的前驅物(precursor)，後經磷酸分解及以鐵當作觸媒，使碳被還原轉換為石墨，再委託外部機構，如東京大學、JAEA，以加速器質譜(AMS)進行碳-14 量測。參訪照片如圖 37。

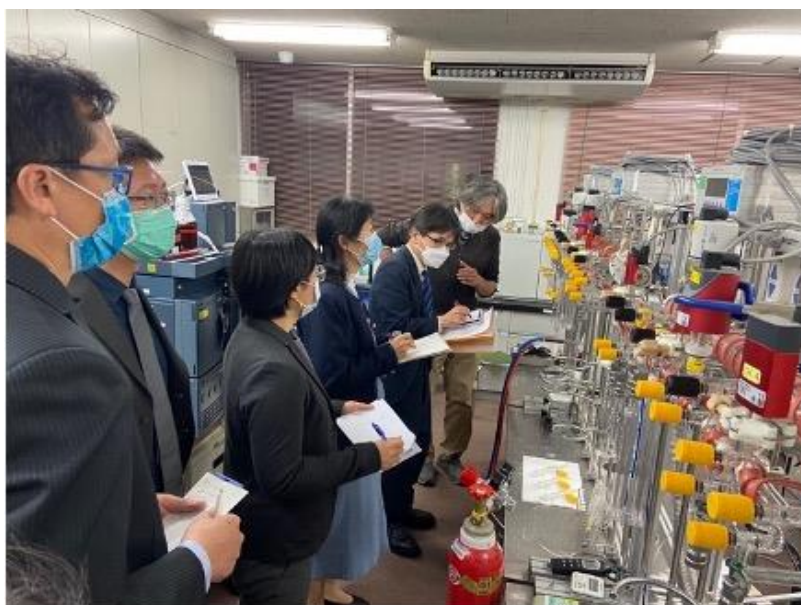


圖 37、JCAC 人員說明其碳-14 分析前處理

3. 雙邊交流與討論重點

- (1) 我方提問：剛剛簡報時有介紹 JCAC 的日本環境放射活度與輻射資料庫，這個資料庫看起來很豐富，分類也很細緻，請問資料庫內的數據都是 JCAC 的分析檢測數據，或是收集其他分析機構的檢測數據？

日方答覆：日本環境放射活度與輻射資料庫內的數據不僅有 JCAC 的分析數據，該平台是彙整日本各分析機構的數據。另外說明，此資料庫是原子力規制委員會(NRA)建置的，JCAC 是協助 NRA 營運此平台。

- (2) 我方提問：日本政府的海域輻射監測計畫中[5]，有涉及許多個單位，除東電公司，還有包括 NRA、環境省、水產廳、國土交通省、福島縣等政府機構，請問 JCAC 是僅協助環境省執行海域環境監測，還是也有協助其他政府機關進行監測？

日方答覆：目前直接委託 JCAC 執行環境輻射監測的政府機構是環境省，但我們執行的海域監測分析工作，也包含水產廳、NRA 等單位負責的內容，不過是由其他受水產廳、NRA 委託的

單位再委託我們 JCAC 執行，因為每個政府單位的競標時間、聯絡窗口都不一樣。我們是希望能有一個統一的單位來處理海域監測分析工作。環境省委託 JCAC 除執行的海域監測工作外，亦辦理的海域輻射監測專家會議。

- (3) 我方提問：請問由於 JCAC 執行許多檢測分析工作，若分析結果有超過法規規範，會怎麼處理？是否會通知相關的政府機關？

日方答覆：目前 JCAC 執行的分析結果，都沒有出現超過法規規範的情況，但如真的發生超過法規規範的情形，會通知送檢單位，不會通知政府單位。不過過去有發生過檢測的數據與過去的數據相比有異常的狀況，我們就會先找原因並進行複檢。因 JCAC 是公益財團法人機構，大部分都是執行政府單位委託的分析，如果是環境省委託的分析結果有異常的狀況，就會回報給環境省。

- (4) 我方提問：輻射偵測中心與 JCAC 間的交流與比對試驗，已有 35 年的歷史。比對試驗的樣品，過去是由輻射偵測中心提供包含臺灣的土壤、茶葉、海水、地下水等樣品，而 JCAC 提供日本海水樣品，作為比對試驗的試樣。2023 年比對試驗時，除海水外，JCAC 是否也能提供日本當地岸沙、漁獲物兩項樣品做為比對試樣？

日方答覆：JCAC 原則上非常歡迎這項提議，但在實際作業上，JCAC 還是必須依據政府的方針跟相關單位討論，取得同意。

- (5) 我方提問：日本除了 JCAC 以外，是否還有其他通過認證的環境樣品分析機構？

日方答覆：有，一般財團法人九州環境管理協會(九環協)與關西電力公司集團的 KANSO TECHNOS 股份有限公司，均獲得 ISO/IEC 17025 認證，也承攬 JCAC 樣品委託分析業務。後者做

該公司所屬各核能電廠的環境偵測的工作等之外，並執行比較分析計畫。

(6) 我方提問：請問 JCAC 與 JAEA 的差異？ JAEA 是否為 IAEA 的分部？

日方答覆：JAEA 為日本原子力研究開發機構，是日本唯一與核能相關的綜合性研究的國立研究機構，每年由國家編列研究預算；而本單位 JCAC 為公益財團法人，非國家提供經費，但必須為國家提供服務，藉由招標方式承攬政府相關計畫，獲得經費來源。JAEA 並非 IAEA 的分部，不論 JCAC 或 JAEA 這兩個單位，都是 IAEA 的合作夥伴。JCAC 參與 IAEA 的環境放射性測量分析實驗室(ALMERA)網絡，也會透過年度會議等進行量測分析議題討論。

(7) 我方提問：INER 為臺灣在游離輻射領域之活度建立國家標準的單位，請問日本的國家標準制定者為哪個單位？

日方答覆：在日本由 JCAC 接受文部科學省與原子力規制廳的委託制定標準化作業程序(「放射性檢測法系列」)，主管單位現在為原子力規制廳。

(七) 公益財團法人海洋生物環境研究所參訪(11月30日)

觀察團於 11 月 30 日依既定行程，參訪公益財團法人海洋生物環境研究所(Marine Ecology Research Institute, MERI)。

1. 參訪過程

MERI 人員首先向團員簡報其機構的主要工作內容，以及福島事件後，福島周邊海域及漁獲中銫-137 及氫歷年來的檢測結果。MERI 設立初期，是以發電廠冷卻水對海洋生物及其環境的影響進行研究，這些研究包括發電廠近海區域的魚類行為，以及水溫對魚類長期生長和行為的影響等，

在東日本大地震之後，MERI 開始研究受福島第一核電廠事故影響地區的海水、海洋沉積物以及魚類和貝類的輻射狀況

MERI 對日本海域的輻射調查，主要調查核種為鈉-137 及氙。此調查由 1983 年起就在核設施周邊海域開始進行，依據對福島、茨城與靜岡縣周邊海域的海底土壤取樣分析結果，在 2011 年之前，鈉-137 濃度約在 5 Bq/kg-dry(貝克/公斤-乾重)且濃度是逐年下降。福島事故後，福島縣與茨城縣等福島第一核電廠周邊海域海底土壤的鈉-137 濃度明顯上升，但例如較遠的靜岡縣周邊海域則無明顯變化。福島第一核電廠周邊海域海底土壤的鈉-137 平均濃度，在 2011 年 9 月開始進行監測時該月平均為 46 Bq/kg-dry，之後逐年下降，至 2022 年 1 月已降低至 9.1 Bq/kg-dry，近似推定半衰期約在 4 年左右。

海水的部分，在福島事故前，福島電廠周邊海域的海水鈉-137 平均濃度約 0.0016 Bq/L(貝克/公升)；事故初期，距電廠 30 km 海域，表層海水鈉-137 濃度最高約可達 186 Bq/L，之後迅速下降，至 2022 年 1 月鈉-137 濃度已降低至約 0.0014 Bq/L。這些監測結果都是公開的，可在 MERI 網站上取得。

另外，對海水中氙濃度的調查結果顯示，各核設施周邊海域的氙濃度，在 1991 年平均約在 0.3 Bq/L，且逐年下降，近似推定半衰期約在 8 年左右。這些監測結果都是公開的，可在 MERI 網站上取得。在簡報說明後，接續到實驗室進行參訪與交流討論，相關照片如圖 38、圖 39。



圖 38、MERI 人員進行簡報說明

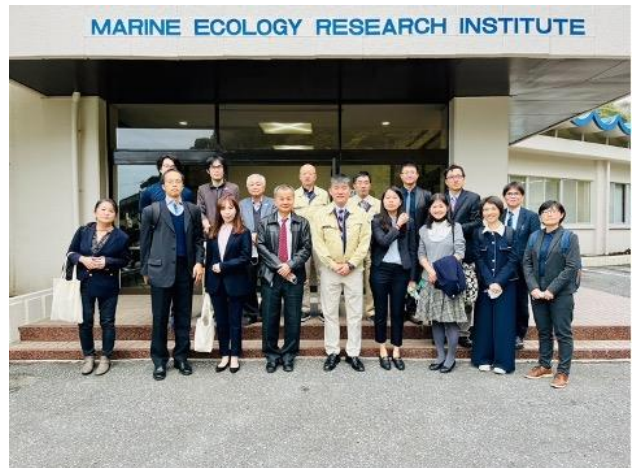


圖 39、觀察團與 MERI 人員合影

2. 實驗室參訪

以下說明參訪重點，包括樣品接收、前處理、銫-137 量測、漁獲物中氚濃度量測、海水中氚濃度量測等項目。

- (1) 樣品接收: MERI 接收由日本東部各地的漁會、魚市場及政府單位採集的樣品，主要分析樣品中的放射性銫，於 2022 年開始提供氚的分析。樣品的採集通常是以季節性或全年漁獲量大的魚產為主。漁獲樣品於接收後，會核對及確認數量與品種，如 MERI 工作人員依魚體外觀、鰭條位置及數量等，區分與確認花腹鯖及白腹鯖，同時記錄捕獲的經緯度座標與深度，完成登錄的漁獲，隨即送往前處理室。相關照片如圖 40。



圖 40、MERI 人員進行樣品接收、清點、核對魚種

(2) 前處理：在前處理室，對預計要分析放射性銫的魚體，首先進行清洗作業，去除魚體表面沾黏的海洋沉積物或懸浮物，避免這些沾黏物影響偵測結果；而對預計要分析氚的魚體，則以擦拭方式將魚體表面清潔並去除髒污，避免魚體表面的水及清洗用的水影響量測結果。之後進行魚體重量、長度的量測與記錄。完成紀錄後，即對魚體的可食用部分進行採樣，通常是肌肉部分，採下的魚肉若要測銫-137，則需對魚肉樣品再清洗一次，之後將魚肉經剁碎、裝罐與秤重後，送往實驗室進行計測。由於各類魚種的食用方式隨著魚體大小、各地方飲食習慣差異等因素而不盡相同，如真鱈除採樣肌肉部位外，另採取其肝臟等部位進行檢驗，惟主要採樣部位係水產品可食用的部位（肌肉），因此可食用部分由各地方政府定義，對可食用部分樣品的量，通常要求 2 kg 至 2.5 kg。而前處理所使用的刀、棧板等工具，於每一樣品處理後須立刻以自來水清洗，以免對下一個樣品造成污染，另由於淡水魚的放射性物質濃度可能較高，因此處理淡水魚和海水魚的工具是分開的兩套，清洗後的污水，則視為一般廢水處理。相關照片如圖 41、圖 42。



圖 41、MERI 人員進行魚體長度量測



圖 42、MERI 人員展示前處理後的魚體樣本

(3) 放射性銫量測：MERI 對漁獲中放射性銫濃度的量測，是使用高純度鍺 (HPGe) 偵檢器。剝碎的魚肉樣品在完成前處理後，會被放入容積 2L 的馬林杯，或容積約 100 mL 的計測罐中，之後再套上塑膠袋放入量測系統中偵測，如圖 43。套上塑膠袋之目的，是為防止量測系統不慎被樣品污染，偵測時間約 3,600 秒，對 2L 的馬林杯樣品其最低可測濃度約 0.3 Bq/kg 至 0.5 Bq/kg，對 100 mL 的計測罐樣品其最低可測濃度約 3 Bq/kg 至 5 Bq/kg。目前 MERI 有 1 部相對測效率 20%，及 2 部相對計測效率 40% 的 HPGe 偵測器系統，每日約可檢測 17 件樣品，一般約 2 至 3 天可產出量測報告。



圖 43、MERI 容積 2 公升的馬林杯(左)及容積約 100 毫升計測罐(右)

(4) 漁獲物中氚濃度量測：生物體中的氚，是以組織自由水氚(Tissue Free Water Tritium, TFWT)佔大部份和有機結合氚(Organically Bound Tritium, OBT)佔少量形式存在。MERI 對漁獲中氚濃度的量測，目前只偵測 TFWT，OBT 則是委託其他單位執行。剝碎的魚肉樣品，先以冷凍乾燥機在 -80°C 的條件下以 5 至 7 天的時間，萃取出魚肉組織中的水。之後將萃取出的水加入高錳酸鉀後加熱蒸餾，蒸餾的方式可用一般的常壓蒸餾，將水加熱至沸騰後再將水蒸汽凝結收集；或使用減壓蒸餾，此時加熱溫度只需約 50°C 。經蒸餾取得的純水取

50 mL 與 50 mL 的閃爍液混合後，置入低背景液體閃爍計數器 (LSC) 中量測，目前 MERI 有 2 部 Hitachi Aloka AccuFLEX LSC-LB7 型及 1 部 LB8 型低背景液體閃爍計數器，每個樣品量測時間約 500 分鐘，最低可測濃度約 0.4 Bq/kg。相關照片如圖 44、45。



圖 44、MERI 的減壓蒸餾設備



圖 45、MERI 人員說明其液態閃爍計數器

- (5) 海水中氡濃度量測：MERI 除對漁獲中的氡進行分析外，亦分析海水中的氡。經蒸餾海水後取得的純水，可先以電解方式將氡濃縮，MERI 有 2 部電解濃縮裝置，一部為傳統的鎳電極式氡濃縮裝置，另一部是採用固體聚合物電解質 (Solid polymer electrolyte, SPE) 式的氡濃縮裝置。其中傳統的鎳電極式氡濃縮裝置，須將電解槽置入約 5°C 的水槽中冷卻，而電解產生的氫、氧混合氣體需排出室外，並於室內裝設感測器，以免氫氣積存於室內產生氫爆危險，整個電解濃縮約需時 14 天。固體聚合物電解質 (SPE) 式的氡濃縮裝置，是於室溫下操作，於電解過程中，會將所產生的氫氣及氧氣分開，並分別排出室外，整個電解濃縮約需時 3 天。經電解濃縮後的水，其氡濃度約增加 5 至 10 倍，與閃爍液混合後，可以液態閃爍計數儀量測氡濃度。其量測時間、水樣量與閃爍液的量，與量測組織自由水氡時相同，但

對海水的最低可測濃度則因電解濃縮的緣故，可降低至約 0.05 Bq/L。
相關照片如圖 46、圖 47。



圖 46、MERI 的傳統鎳電極式氡濃縮裝置



圖 47、MERI 的固體聚合物電解質式氡濃縮裝置

3. 雙邊交流與討論重點彙整如下

(1) 我方提問：請問目前看到的檢測樣品(水產樣品)，都是水產廳委託執行，取樣的流程、送檢樣品則是由地方決定，請問是這樣的流程嗎？

日方答覆：是的，取樣監測計畫，是水產廳與該地方政府共同討論訂定；取樣的流程、送檢樣品主要是地方政府訂定的，樣品(水產品)是由漁會直接送來 MERI。

(2) 我方提問：請問只有除了福島漁會，其他地方的魚市場也有進行現場的輻射檢驗？

日方答覆：有，其他的縣市也有執行部分漁市場現場的輻射檢驗，例如宮城縣有執行，以及千葉縣有針對事故後有偵測到較

高輻射劑量的鱸魚做現場的輻射檢驗、青森縣的八戶港則針對真鱈有做輻射檢驗。

- (3) 我方提問：請問 2022 年日本水產廳出版的宣導品「需要了解的放射性物質檢查須知」中，可看到福島縣的魚類檢測數量，從 2018 年之後，有大幅下降的情況，如圖 48，請問是有什麼原因，或有政策的改變嗎？

日方答覆：2018 年之前，因為禁售(停止出貨)的魚類較多，為了解除禁售令(停止出貨限制)，必須要執行很多數量的檢測，因此檢測的數量較多，2018 年之後，許多魚類都解除禁售令(停止出貨限制)，因此檢測的數量就減少了。

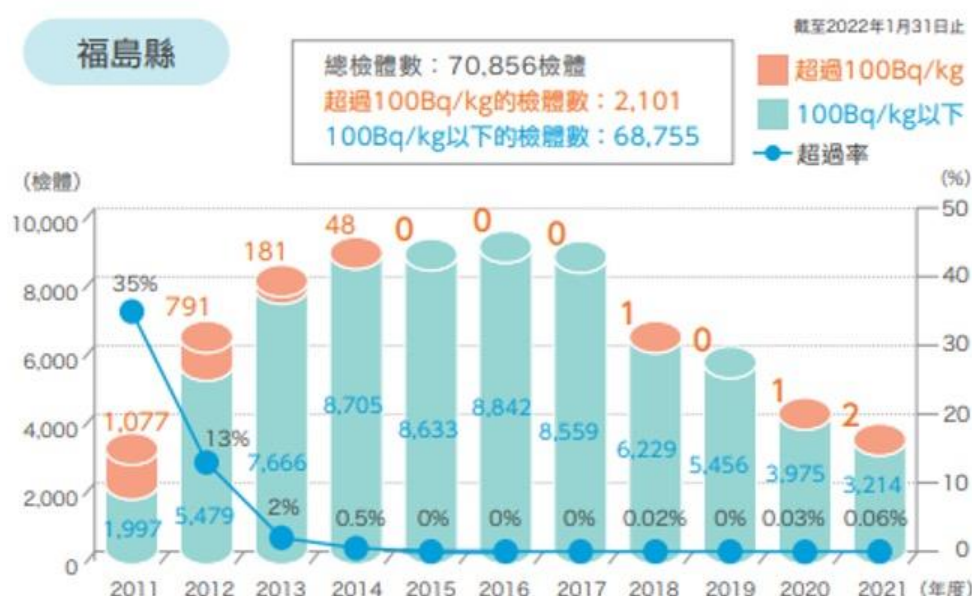


圖 48、福島縣漁獲魚類放射性銫的分析狀況

- (4) 我方提問：請問 2022 年日本水產廳出版的宣導品「需要了解的放射性物質檢查須知」第 9 頁，有提到與 IAEA 合作，而在實驗室的減壓濃縮機的接收瓶上，出現「IAEA-ILC」的字樣（ILC 為 Interlaboratory Comparison；實驗室間比對），請問 MERI 何時與 IAEA 進行實驗室分析比對？

日方答覆：與 IAEA-ILC 開始合作是在 2016 年開始，參與 ILC 水產品比對試驗的機構不是很多，這些機構有相近的技術水準。

而與 IAEA-ILC 在海水檢測相關的合作，是從 2018 年開始，參與海水相關的能力試驗則是 2017 年開始，比對試驗或能力試驗的檢測數據都是沒有問題的，相關的結果可以在 IAEA 或 NRA 網站上看到。

(5) 我方提問：我們了解氙及銫-137 的物理半衰期分別是 12.32 年及 30.08 年，但簡報內容中提到海水中所含氙放射性濃度的近似推定半衰期是 8 年、表層海底土壤中所含銫-137 放射性濃度的近似推定半衰期是 4 年，如圖 49、圖 50，能否再補充說明？

日方答覆：近似推定半衰期，是根據實際檢測數據所推算，綜合理論的物理半衰期、海水擴散等因素，對實際檢測數據所產生影響的結果。除氙本身物理半衰期的衰變外，氙向海洋深層擴散與遷移也是主要原因，綜合剛才說明的使海水氙濃度變化的各種因素，就造成了這裡所說的氙近似推定半衰期是 8 年的結果。

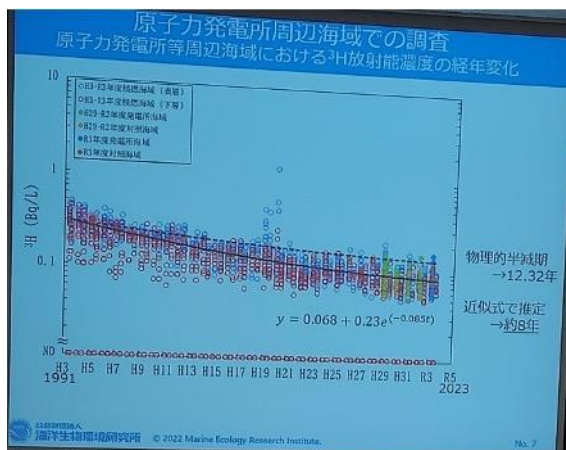


圖 49、MERI 人員說明海水中氙濃度隨時間變化圖及其近似推定半衰期

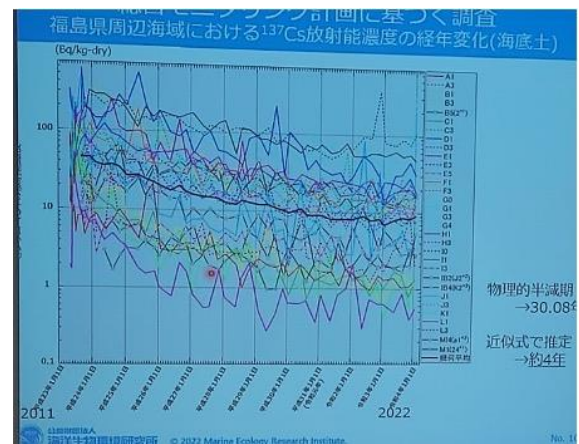


圖 50、MERI 人員說明海底土壤中銫-137 濃度隨時間變化圖及其近似推定半衰期

(6) 我方提問：這些監測取樣點是如何決定的？

日方答覆：這是根據綜合監測計畫的決定來執行，在福島事故初期，NRA 尚未成立，當時文部科學省與 MERI 共同對放射性污染的海洋擴散作了模擬評估，根據模擬的結果制定具代表性的監測點，但在事故 5 公里範圍內的海域，由於輻射劑量較高，MERI 在 2013 年後才開始調查監測。

(7) 我方提問：檢測數據有公開在網路上嗎？

日方答覆：有，水產品檢測結果發佈在水產廳網站上[6]，亦在 NRA 核准的網站公開。水產廳委託的放射性物質影響調查推進委託事業工作內容為：由於福島事故後放射性物質外流入海，一些漁獲品由海港檢測放射性物質已成為未來運營、出貨前的一個關鍵因素，MERI 將與相關省廳、都道府縣和相關組織合作，努力確保穩定供應安全的食品，因此，有必要進行漁獲品的放射性物質調查，並以東日本海域為中心進行放射性物質調查，重點為捕撈的迴游魚類，如鱈魚、比目魚、鯖魚等。

(8) 我方提問：對於輻射檢驗之魚種選擇邏輯為何？

日方答覆：魚種選擇由水產廳與業者及專家學者討論，按月以流入市場販賣量較大的魚種進行優先採樣；另魚市場之採樣工作則按各縣政府之方針執行，由縣政府於各魚市場進行採樣，部分縣政府之採樣魚種有公開在網路上供檢索。

(9) 我方提問：日本境內所捕獲之秋刀魚是屬公海海域所捕撈之秋刀魚，或是沿近海捕撈之秋刀魚？

日方答覆：檢驗之秋刀魚是日本經濟海域內所捕獲之秋刀魚。

(10) 我方提問：ALPS 處理水排放入海後，是否有規劃增加公海秋刀魚之採樣及檢測？

日方答覆：考量燃料費等因素，秋刀魚於公海之捕撈量極少，多數仍於沿近海海域所捕撈，現在秋刀魚已納入檢測對象。

(11)我方提問：海洋生物環境研究所所執行之輻射檢驗與福島漁會所執行之檢驗之差別為何？

日方答覆：福島漁會所執行之輻射檢測是每日針對漁船進港所捕獲之水產品實施監測，倘有檢測超過日本法規要求之四分之一（銻核種濃度大於 25 Bq/kg）則進一步送到專業檢測單位進行詳細檢測，而 MERI 則是每筆樣本皆進行詳細檢測。

(12)我方提問：執行相關檢測工作並保持資料公開透明，讓民眾安心是非常重要的，請問貴單位執行相關檢測工作是否將相關資料公告上網？是否有以鄰近國家常使用的語言文字呈現？

日方答覆：福島周邊海域之相關檢測資料會於 1 年後彙整公告上網。

(13)我方提問：依據日本環境省 2022 年 3 月 30 日公布之「海域綜合監測計畫之修訂版」，針對東日本(北海道-千葉縣)東太平洋側的水產品，其生物氙檢測件數規劃為每年 200 件，請問檢測數量、檢測物種、檢側頻率如何決定？

日方答覆：200 件的檢測，是水產廳委託 MERI 來執行的，檢測物種首先由 MERI 向水產廳提出建議，再經專家學者及縣政府共同研商討論，依據縣政府所提需求建議而訂定。在數量分配上，福島縣的數量是每年 80 件，而北海道、青森、宮城、茨城、千葉、岩手等縣是每年各 20 件。

(14)我方提問：2022 年初，因福島近海海域捕獲之許氏平鮎輻射超標，日本政府於 2 月 8 日要求福島縣禁售(停止出貨)該魚種，日本政府所訂定之水產品出貨限制(停止出貨限制)應如何解除？

日方答覆：被限制出貨之水產品需經約 3 至 6 個月，完成約 100 至 200 件樣本之檢測結果均合格，且小於日本法規要求之一半（銻核種濃度小於 50 Bq/kg），即解除限制出貨。不過許氏平

鮎因產量少，複驗之檢驗樣本取得不易，因此解除其出貨限制所需時間較長。

(15)我方提問：對於許氏平鮎輻射超標，有何看法？

日方答覆：許氏平鮎的超標，是相馬雙葉漁業協會檢測時發現的，許氏平鮎的迴游範圍較大，喜歡捕食沙丁魚等。福島周邊海域也有相當多的沙丁魚等，許氏平鮎可能在追逐沙丁魚等時，進入福島核電廠港灣內，暴露於海水中，導致許氏平鮎放射性濃度提高的狀況。

(16)我方提問：請問日本政府於魚市場或各單位檢測到輻射超標之通報流程為何？

日方答覆：當檢測到某種水產品超標時，首先會通知縣政府，由縣政府通報水產廳，並回收市場上所有的此種水產品。地方政府及水產廳會針對該類水產品進行出貨限制(即禁售)，受限制之該類水產品經約 3 至 6 個月，完成約 100 至 200 件樣品之檢測均合格，且小於日本法規要求之一半(銻核種濃度小於 50 Bq/kg)，則解除出貨限制。

(17)我方提問：這些檢測主要目的是要消除民眾疑慮，降低風評影響，這十餘年來經驗是否可與我們分享？這些數據如何傳達給民眾，是否有好的方法？

日方答覆：最主要的是提供民眾準確的結果，因此 MERI 依據 ISO/IEC 1702 的規定，作了品質管理等工作，這是非常重要的。福島事故初期，相同種類樣品的檢測結果變化很大，例如第 1 件樣品小於偵測低限值、第 2 件測得 100 Bq/kg、第 3 件 20 Bq/kg，縣政府人員經常質疑是否有樣品交叉污染的情況，我們是以標準程序(SOP)及品管紀錄，來向縣政府人員說明，檢測結果是沒有問題的。另外我們經常參加說明會活動，直接和民眾進行溝通。降低風評影響只靠 MERI 是不夠的，我們主要的作用是

以分析機構的角度去幫助水產廳、縣政府。未來 MERI 會依據水產廳的建議，由 MERI 自己開展向民眾溝通的工作，去訪問福島的小學、大學、零售商等，和民眾直接溝通。

（八）與日方窗口交流(11月30日)

在本次赴日行程中，觀察團趁與日方窗口交流之機會，分享本次考察的心得與建議，日方感謝且認同資訊共享非常重要，並表示未來會往此方向推動，因涉及多個單位，雖不敢保證推動之程度，但將努力彙整各部門資訊與網站，供民眾與各國方便瞭解，以避免風評影響。我方建議重點如下：

1. 本次首日參訪福島漁會小名浜魚市場，該魚市場乾淨新穎並落實人流管制、衛生管理及魚貨不落地等，也理解福島漁會於災害發生後所做之努力，瞭解日本政府對 ALPS 處理水排放入海所作之檢測工作，均係為避免日本方面發生風評影響。
2. 除了實地瞭解當地魚市場進行輻射檢測機制及出貨情形，以及福島地區漁民團體對 ALPS 處理水排放入海的看法，也適時表達臺灣漁民及民眾之憂慮，恐造成臺灣漁民生計及收益受到影響，期日本政府創立漁業永續相關新基金，其防止風評影響之補償對象可包含臺灣漁民。
3. 考量目前日本各政府單位都有針對 ALPS 處理水排放進行一些作業，但相關資料都散落在各自的官網，為利臺灣民眾瞭解日本政府所做之檢測，觀察團建議日方可整合相關檢測結果及評估資料，以鄰近國家常用之語言及文字進行公布，如繁體中文，並提供官方單一資訊窗口或統一的彙整平台，如臺灣 2022 年也建置了一個海域輻射監測等資訊傳遞的單一平台，持續以公開及比對的方式進行技術與結果分享，以確保對我國海域及漁獲不會產生不利影響或負面評價。

(九) 返國及自主健康管理(12月1日)

觀察團依 12 月 1 日既定行程規劃，自東京搭機返回臺北，並依我國中央流行疫情指揮中心之規定實施七日自主防疫。

三、心得與討論

此次觀察團在我國外交部及駐外單位努力下，以及日本對口單位支援協助下，順利成行。觀察團除赴日掌握日本福島第一核電廠之 ALPS 處理水及其排放設施建置現況，並參訪日方專業放射性分析檢測實驗室及當地魚市場，就臺灣所關心的議題，透過現場實地觀察，與相關專家、人員交流討論，針對各項關心議題，整理出以下心得與討論，分述如下：

（一）觀察 ALPS 處理水排放設施建置現況

觀察團於 2022 年 3 月參訪福島第一核電廠時，ALPS 處理水排放設施尚未全面進行建置，當時主要是放水立坑的初步建置。本次參訪已觀察到臨海區域之各項硬體設備已全面施工中，相關心得與討論如下：

1. ALPS 處理水排放設施各項硬體設備持續施工，考量施工安全性及後續運作時的維護性，放水立坑的上游水槽已作結構上的變更，調整為較寬、較淺的排水空間。除放水立坑的建置外，後續亦須注意海底隧道及排放口實際建置情形。
2. 東電公司已提出明確排水設施的建置排程，包含 K4 桶槽區之循環泵、攪拌設備、管路；海水傳輸泵、放水立坑、海底排水隧道、外海排放口等重要設備，前述所需之相關材料設計、位置地點、海上工程、海水堤防佈置等都有明確規劃與進展。依此進度雖比預計稍微落後，但東電將持續趕工施作，預計 2023 年第 1 季或第 2 季取得 NRA 核准後，以利排放作業進行。

（二）觀察 ALPS 設備運作現況

ALPS 處理水，依照日方說明，是指福島第一核電廠中之放射性污水經 ALPS 設備淨化處理，直到氬以外放射性物質的含量符合排放管制標準。淨化處理完成後，再使用海水加以稀釋至 100 倍以上，使氬濃度低於日本管制標準的 40 分之一後(1,500 Bq/L)再行排放，東電將氬年排放量訂為低於 22 兆貝克(TBq)，亦即低於事故發生前核反應爐正常

運作時的管理目標值。這道稀釋程序除了降低氙濃度，亦會使氙以外放射性物質的濃度下降，遠低於管制標準值。

依上所述說明可知，ALPS 設施為福島第一核電廠淨化處理放射性污水之重要設施，經 ALPS 設施處理之水會透過取樣分析，確認水中放射性物質的含量。觀察團於 2022 年 3 月參訪福島第一核電廠時，ALPS 設備即為重點瞭解項目，本次參訪亦與廠方人員討論 ALPS 設備運轉相關議題，另東電公司於 2022 年 11 月向 NRA 提出 ALPS 處理水監測分析核種之更新申請案，針對本申請案，日方於觀察團赴日前亦先行與我方交流申請內容，相關心得與討論如下：

1. 有關監測分析的核種，依照東電公司所提排放設備之申請書(設計階段)，共包含 64 個核種，為 ALPS 設備可以淨化處理的 62 個核種，以及 ALPS 設備無法淨化處理的氙與碳-14 兩個核種。觀察團 3 月第一次赴日考察時，即瞭解該 64 個核種之分析檢測方式為實際量測其中 42 個核種，另外 22 個核種則是利用比例關係計算推估，而比例關係來自電腦模擬計算所得。
2. 東電公司於 2022 年 11 月提出更新監測分析核種之申請，本次觀察團赴日前亦與日方交流東電公司新修訂的核種選定流程，如圖 51。依照東電公司的說明，係依據評估結果、過去量測結果，並考量核種特性，包括核種半衰期、化學特性等，排除短半衰期與放射性活度低於法規限值百分之一之核種，規劃將原先的 62 核種降為 30 個，如圖 53 左側紅框，並修改未來的監測計畫，其中鈾-234、鈾-238、硒-79、銻-237 等 4 個核種未原先 62 個核種當中，為本次分析後新增之核種。
3. 考量原先的 62 個核種是東電於 ALPS 系統建置初期(2013 年)選定，故於排放前，排放設施設計時，依據此 62 個核種進行設計、評估與取樣監測，以其完善其排放規劃；後依據實際取樣監測結果，並考量

核種的半衰期等特性，於目前排放設施建造階段，再次進行核種選定，依選定結果規劃將檢測核種降為 30 個，於實務上尚屬合理。

4. 前述之核種選定變更申請案仍在日本 NRA 審查當中，NRA 是否會同意東電之評估方法，尚待後續公布，且 IAEA 專案任務小組並已於 11 月再次赴日，討論是項變更。在此時間點觀察團仍就日方提供的資料及說明充分理解其分析方法，後續並將持續掌握 NRA 審查狀況及 IAEA 之審查建議。
5. 於 2022 年 7 至 8 月期間，福島第一核電廠曾發生定期檢查後重新啟動之 ALPS 設備，其處理完成之處理水採樣銻-90 活度超過日本排放標準之情形，東電公司在 9 月 15 日發布此超標訊息，原能會亦發布相關即時資訊說明，供民眾瞭解。後東電公司於 10 月 17 日發布調查原因及防止再發生之對策，原能會亦持續掌握。東電公司指出前述超標事件係因 ALPS 設施中吸附塔的酸鹼性改變所致，並提出防止再發生對策：精進定期檢查程序。
6. 依照本次觀察團赴日獲得之資訊，東電公司會確保排放之 ALPS 處理水符合日本法規規範，目前尚有 70% 水中放射性核種活度尚未達到排放標準，需進行二次處理，若二次處理無法達到法規要求，將進行第三、四次之處理，直到達到法規要求。針對 ALPS 設施之運作，後續將持續掌握東電公司的資訊及其源頭管制方式，並適時向民眾說明。

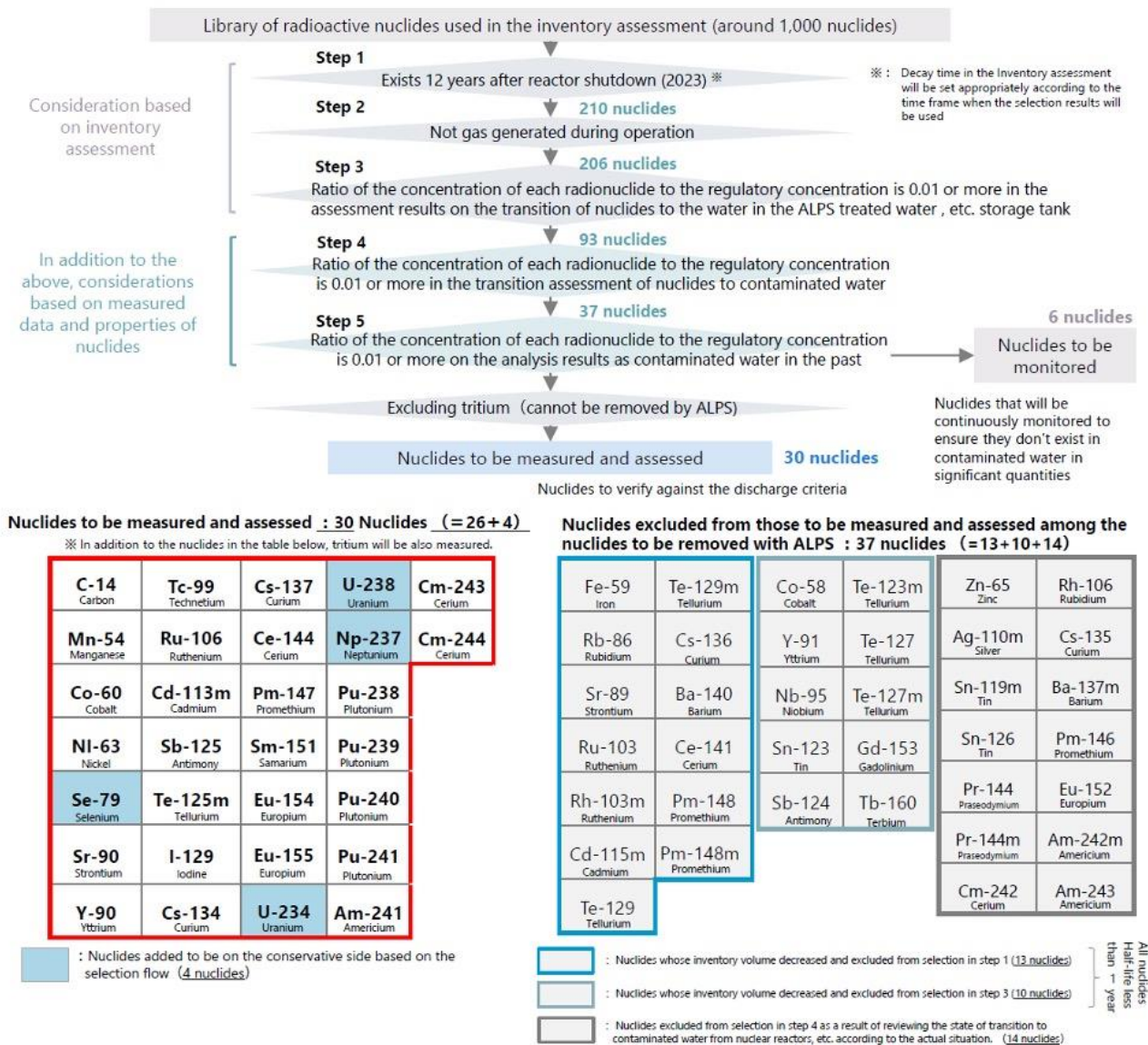


圖 51、東電公司新修訂的核種選定流程及重新選定之 30 個核種

(三) 瞭解 ALPS 處理水用於海生物養殖現況

東電公司從 2022 年秋天開始以 ALPS 處理水進行海生物養殖試驗，將長期養殖魚類、貝類及海藻等生物，以瞭解 ALPS 處理水對海生物之影響，本次觀察團亦安排參訪設置於福島第一核電廠中的海生物飼育中心，說明如下：

1. 福島當地民眾了解氬對海生物的影響非常小，但民眾擔心的是對漁業的影響，因此執行 ALPS 處理水之海生物養殖試驗，確有其必要性，藉由公開透明呈現實驗過程，及海生物中氬活度檢測結果，透

過科學數據向當地民眾及國際社會說明 ALPS 處理水排放對海洋生態之影響情形。

2. 因應日方排放 ALPS 處理水之規劃，我國已規劃於 2023 年起以 4 年期程執行「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」），跨部會合作進行海域全方位監測與各項因應作為，其中核能研究所將執行氚的生物代謝研究，並規劃挑選國人常食用之代表性漁獲物為養殖生物，以一般海水與含氚海水進行養殖。屆時，因選擇試驗之海生物係依我國海域環境與國人飲食習慣不同，雖與東電公司進行海生物飼育試驗之海生物不同，惟透過計畫之研究，除可了解我國漁獲物於含氚海水中生長情形，亦可對照瞭解東電之執行成果。

（四）瞭解 ALPS 處理水檢測之 JAEA 第三方實驗室作業現況

日本原子能研究開發機構(JAEA)大熊分析研究中心，其建築物在 2022 年 6 月始建置完成，目前在試運作階段，主要進行福島第一核電廠中低劑量率的固體廢棄物之放射性物質分析，相關心得與討論如下：

1. JAEA 為日本國立的原子能研究機構，專責核能與核燃料相關開發研究，亦為日本政府指定執行 ALPS 處理水排放前之第三方獨立分析驗證機構，預計於日本 2022 預算年度內（即 2022 年 4 月至 2023 年 3 月）開始執行 ALPS 處理水分析作業。
2. 本次觀察團到訪時該中心之 ALPS 處理水分析作業尚在準備階段，無法實際交流有關 ALPS 處理水分析檢測規劃與第三方驗證相關執行內容，另經檢視 JAEA 官網有關大熊分析研究中心之資訊，亦僅說明有關 ALPS 處理水分析的概略流程，包含前處理、量測、結果判斷。惟此檢測係 ALPS 處理水中放射性核種活度重要確認機制，未來宜持續追蹤此第三方驗證機制之運作規劃與其分析結果，以掌握日方源頭管理情形。

(五) 與日本 JCAC 交流檢測技術與程序

公益財團法人日本分析中心(JCAC)為日本國內從事環境樣品(如海水、土壤、食品等)放射性活度分析、測量與研究的專門機構，在日方排放 ALPS 處理水相關議題中，主要協助環境省執行海域環境輻射監測及辦理「ALPS 處理水海域監測專家會議」，JCAC 亦與原能會輻射偵測中心有 35 年的交流與比對試驗歷史，並持續進行合作。本次觀察團參訪，亦與其進行多項日方海域監測技術與議題之交流，相關心得與討論如下：

1. JCAC 已具備國際標準 ISO/IEC 17025 (測試實驗室認證)、ISO/IEC 17043 (能力試驗)、JCCS (校正服務業者登記)、ISO 9001 (品質管理系統)、ISO 14001 (環境管理系統)與 ISO/IEC 27001 (資訊安全管理系統)等品保認證與認定，亦參與 IAEA「環境放射性測量分析實驗室(ALMERA)」網絡所辦理的能力試驗，並被 IAEA 評為最佳表現實驗室，顯示 JCAC 為具有放射性分析檢測專業與品質保證之檢驗機構。ALMERA 網絡目前(2022 年 3 月)共計有 90 個國家 195 間機構參與，日本參與的實驗室共有 JCAC、筑波大學的放射性分析實驗室、福島大學的放射性分析研究所、國家環境研究所福島支部、國家農業和食品研究組織的農業輻射研究中心等 5 個單位。
2. 福島事故之後，IAEA 為協助日本政府確保其海域輻射監測之全面性、可性度與透明度，2014 年起開始執行「海域環境監測專案計畫(Marine Monitoring: Confidence Building and Data Quality Assurance)」，採集福島地區的海水、海底土壤、魚類等樣品，分送予 IAEA 的放射性分析檢測實驗室與日本的放射性分析檢測實驗室進行分析，分析結果並用於實驗室間比對。2021 年參與的實驗室除 IAEA 位於摩納哥的環境實驗室、日本的 10 間分析檢測實驗室(包含本次觀察團參訪的 JCAC 與 MERI)，亦加入 ALMERA 網絡之法國、德國、韓國共 3 間放射性分析檢測實驗室作為第三方驗證。最新 2021 年比

對結果顯示，參與分析之實驗室其分析結果都具有高度正確性與一致性，顯示日本參與海域輻射監測實驗室之分析檢測技術是與其他國際專業實驗室相當。

3. JCAC 為專門的分析檢測單位，配置完整的各類放射性核種之分析檢測設備，本次參訪亦與 JCAC 交流討論各項分析檢測技術與流程，JCAC 與我國主要執行放射性分析檢測之核能研究所與偵測中心，皆是使用高純度鉀偵檢器 (HPGe)，量測放射性銫或其他加馬放射核種，此類設備對加馬射線的能量解析度優良，具備分析複雜加馬能譜之能力。
4. JCAC 與我國輻射偵測中心已持續多年簽署技術交流合作備忘錄，透過實驗室間比對試驗、互訪，維持雙方友善合作，本次參訪過程中也觀察到 JCAC 重視工作環境的美化與清潔，以及工作環境現場管理之 5S (整理、整頓、清掃、清潔、素養) 精神。未來建議持續透過此合作機制，互相交流學習，確保雙方環境試樣放射性分析檢測品質。另外，透過與 JCAC 間的實驗室比對等合作，亦可瞭解掌握日方於海域輻射監測狀況。

(六) 與日本 MERI 交流檢測技術與程序

公益財團法人海洋生物環境研究所 (MERI) 從事水產物、海水等海洋相關樣品的放射性檢測，具有相當豐富的經驗，實驗室設施完善。在參訪 MERI 時，檢測的魚類樣品恰送達該單位，因此觀察團可現場目睹 MERI 人員由樣品接收至量測分析整體流程，透過雙方交流討論，亦有助了解日方對於漁獲物監測與管制的實際作業方式，相關心得與討論如下：

1. 根據 2022 年 3 月 30 日日本環境省公告之「綜合監測計畫」，日方就海洋生物之採樣海域、對象 (魚類或藻類)、核種、檢測頻度等均

有規劃在該計畫之附件、海域輻射監測之執行，MERI 主要協助水產廳依照前述計畫執行樣本分析。

2. 我國因應日方排放 ALPS 處理水之規劃，2023 年起執行之應對計畫，亦規劃由農委會漁業署、衛福部食藥署與核能研究所合作執行漁獲物之氚含量檢測。經本次觀察團參訪瞭解，日方針對漁獲物之採樣魚種，其採樣邏輯以市場販賣量較大的魚種列為優先採樣對象，此作法與漁業署之規劃類似。惟漁業署考量臺灣周邊沿近海漁獲種類豐富，漁獲生產量差異懸殊，爰規劃執行時，除將臺灣海域漁獲物依採樣地區，區分為北部、西部（含離島）、東部及南部外，更將各採樣地區之優勢物種，按月區分為「常態性物種」及「季節性物種」，綜合考量產量、區域性、季節性，以兼顧採樣物種之多樣性及產業代表性。
3. 本次參訪觀察到 MERI 人員在執行樣品接收時，工作人員會根據外觀、背鰭數量等性狀，或通過檢索魚種分類指南等方式，對樣品魚種進行鑑定，並註記魚種學名，以避免使用各地方別名造成誤解，此作法可方便政府機關後續對水產魚貨的管理作業。這類魚種鑑定的工作，涉及水產專業，在國內的放射性分析檢測實驗室並不常見，實驗室通常只依據送樣清單內容進行樣品核對，不涉及魚種鑑定的部分。
4. MERI 針對樣品前處理階段，主要參考日本文部科學省的放射性測量系列第 24 號「緊急加馬能譜分析樣品製備方法」來處理，較需注意的是，檢測的檢體是取「可食用部位來」進行分析，並視檢測目的，其前處理的方式略有不同，如要檢測銫-137，則樣品需經過清洗，去除樣品表面砂土，避免砂土中的銫-137 影響量測結果；檢測氚時，樣品則不得清洗，以免自來水中的氚與樣品中的氚產生稀釋或滲入等作用，改變了樣品中的氚濃度。為避免樣品間的交叉污染，不同樣品不得相互碰觸，前處理所使用的工具，於每一樣品處理後須即刻以自來水清洗，清洗後的污水視為一般廢水處理。經清洗剝碎的樣

品則裝入乾淨的夾鏈袋中，標示重量、品名等資訊後送往檢測。前述作業，與國內放射性分析檢測實驗室作法類似，唯在樣品剝碎時，國內部分實驗室可能使用食物調理機將樣品絞碎，製作出均勻度較好的檢體，以利後續的檢測作業，但食物調理機較不易清洗，在使用上需特別注意交叉污染問題。

5. MERI 針對銫-134 或銫-137 的檢測，主要參考日本文部科學省的放射性測量系列第 7 號「使用銻半導體檢測器的加馬射線能譜法」、厚生勞動省食品安全告示 0315 第 4 號「食品中放射性銫的檢查方法」，及厚生勞動省「緊急情況下食品放射性測量手冊」等，使用高純度銻(HPGe)偵檢器來進行，量測時間為 3,600 秒，其檢體容器有兩種：2 L 馬林杯及 100 mL 計測罐，這兩種容器可達到的最低可測濃度分別約為 0.3 Bq/kg 至 0.5 Bq/kg 及 3 Bq/kg 至 5 Bq/kg，可視送樣單位的需求做選擇，若使用 2 L 馬林杯則要求送樣單位提供 2.1 kg 以上的檢體，若使用 100 mL 計測罐則要求提供 300 g 以上的檢體。對銫-134 或銫-137 分析使用的設備、方法與國內實驗室大致相同，唯國內通常使用 1 L 馬林杯或 100 mL 計測罐，作為檢體容器，但對送檢單位其檢體重量的要求較為寬鬆，因此檢體在容器內的體積較為多變，使得檢測實驗室需針對不同體積的檢體，做出相對應的儀器校正曲線，無形中增加了實驗室運作與管理的複雜度。
6. MERI 對於生物氫的檢測，目前只量測組織自由水氫(TFWT)，有機結合氫(OBT)則是委託其他單位執行。由於生物氫樣品的前處理非常耗時，由樣品接收、剝碎、冷凍乾燥萃取出魚肉組織中的水，再將萃取出的水經蒸餾純化製成量測樣品後進行量測，預估整個作業時間約需 6-9 天。對照臺灣在生物氫的量測技術方面，透過跨部會合作執行的「國家海域放射性物質環境輻射監測及安全評估整備計畫」(以下簡稱「整備計畫」)，已在核能研究所建立相關技術，使用與 MERI 相同的冷凍乾燥技術，萃取出魚肉組織中的水進行 TFWT 的量測；另

外，核研所亦進一步建置氧化燃燒設備，可萃取出魚肉組織中的有機結合氚(OBT)進行分析。

7. 依照日本環境省公告之「綜合監測計畫」之海域輻射監測部分，對海水樣品氚含量分析之最低可測濃度，係採 0.4 Bq/L 及 0.1 Bq/L，而要達到 0.1 Bq/L，需借助氚水電解濃縮技術。MERI 在氚水電解濃縮技術發展上，首先自行研製鎳電擊式氚水電解濃縮設施，電解濃縮約需時 14 天，之後引進商品化的固體聚合物電解質式(SPE)的氚濃縮裝置，電解濃縮約需時 3 天，此兩套設備皆可將樣品中的氚濃度提高約 5-10 倍，進而將氚的最低可測濃度降低至約 0.05 Bq/L。比較此兩種氚水電解濃縮方法，採用鎳電擊式裝置，需先對水樣加入電解質後再進行電解濃縮，濃縮後的水樣再經酸鹼平衡、蒸餾等程序得到可用於量測的純水；而固體聚合物電解質式的濃縮裝置則不需於水樣中加入電解質，濃縮後的水樣處理程序較為簡單。氚水電解濃縮技術，是研究海水氚濃度背景值的必要裝置，我國在整備計畫的支持下，核能研究所已開始研製固體聚合物電解質式的氚濃縮裝置，其基本架構、氚的濃縮倍率與所需時間，大致與 MERI 使用的裝置相當。
8. MERI 是 ISO/IEC 1702 認證合格實驗室，已建立完整的品質系統與相關作業程序，MERI 人員認為，ISO/IEC 1702 認證，是證明實驗室品質與能力的重要指標，亦是對外溝通與眾民眾信任的基礎，並提供操作程序書清單，供觀察團參考。在臺灣，核能研究所的環境試樣放射性核種分析實驗室，負責國內大多數日本進口食品的檢測工作，亦是 ISO/IEC 1702 認證合格實驗室，爰比對 MERI 與核能研究所的作業程序書，結果顯示兩個單位有相當好的一致性，詳如表 3。

表3、MERI 與核研所環境試樣放射性核種分析實驗室程序書對照表

日本 MERI		我國核能研究所	
程序書 編號	程序書 名稱	程序書 編號	程序書 名稱
S1301-06	內部品質管理標準作業手順書 (內部質量管理標準作業程序書)	QP-019	品質管制作業程序書
S1601-05	試料管理及び設施・環境管理の標準作業手順書 (試樣管理及設備、環境管理之標準作業程序書)	QP-007 QP-020	實驗室環境設施管理程序書 試樣處理作業程序書
S1701-02	キャンベラ核データ編集標準作業手順書 (Canberra 核種資料庫編輯標準作業程序書)	EO-011	加馬能譜計測系統作業程序書
S1702-02	キャンベラ校正標準作業手順書 (Canberra 校正標準作業程序書)	EO-011	加馬能譜計測系統作業程序書
S1801-09	參照標準、標準物質及び測定儀器の管理標準作業手順書 (參考標準、參考物質和測量儀器管理標準作業程序書)	QP-010	儀器設備與參考物質作業程序書
S2201-03	試驗方法の導入前確認標準作業手順書 (試驗方法的導入前確認標準作業程序書)	QM-001	品質手冊 (第 10 章 方法的選用、查證與確證)
S2202-02	測定の不確かさの推定作業手順書 (量測不確定度估算標準作業程序書)	QP-017	不確定度評估程序
S2401-08	試料の受入・前處理標準作業手順書 (樣品接收和前處理標準作業程序書)	QP-004 QP-020	環測實驗室對外服務程序書 試樣處理作業程序書
S2402-06	放射性核種分析標準作業手順書 (放射性核種分析標準作業程序書)	EO-020	食品中放射性核種檢測作業程序書
S2403-01	液體窒素の補給標準作業手順書 (液態氮補充標準作業程序書)	EO-011	加馬能譜計測系統作業程序書
S2404-04	ゲルマニウム半導体検出器の保守管理標準作業手順書 (純鍺半導體偵檢器之保守管理標準作業程序書)	EO-011	加馬能譜計測系統作業程序書
S2501-01	簡易試驗結果報告標準作業手順書 (簡易試驗結果報告標準作業程序書)	QP-004	環測實驗室對外服務程序書

(七) 瞭解日本之海域環境輻射監測作業執行現況

為瞭解日本政府之海域環境輻射監測作業執行現況，本次觀察團拜訪受日本政府單位委託執行海水及漁獲物取樣分析之實驗室，針對取樣分析過程及檢測結果進行討論，相關心得與討論如下：

1. 日本政府相關單位(如：原子力規制委員會(NRA)、環境省、水產廳等)、地方政府(福島縣)及東電公司依據 2022 年 3 月修訂之「綜合監測計畫」執行海域環境輻射監測，本次觀察團實地參訪受日本環境省委託執行海水及漁獲物檢測之 JCAC，以及受水產廳委託檢測漁獲物之 MERI，兩單位均依循國際實驗室品質管理系統 ISO/IEC 17025 執行檢測工作，結果數據由環境省及水產廳分別公布[6][7]。
2. 經查 JCAC 協助 NRA 營運之「日本環境放射活度與輻射資料庫」中的環境輻射數據，顯示福島縣周邊海域近 5 年(2018 年至 2022 年)的海水銫-137 濃度約在 0.00028 Bq/L 至 0.45 Bq/L 之間，海水氚濃度變動範圍約在 0.042 Bq/L 至 2.2 Bq/L 之間。
3. 本次觀察團順道於福島縣海岸，採集岸邊表層海水樣品，並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 濃度約為 0.0045 Bq/L、氚濃度約為 1.6 Bq/L，皆在福島縣海域目前銫-137 及氚濃度的變動範圍內。

(八) 瞭解日本福島當地漁港之漁獲物檢測機制與出貨規範

為瞭解日本福島當地對漁獲物之檢測機制，本次觀察團安排參訪福島漁會，及其所在地之小名浜魚市場，為了確保所販售之水產品的安全，使消費者安心放心，福島漁會針對漁港捕獲的水產品建立出貨前的監測機制，並於漁港建置放射性分析檢查室，相關心得與討論如下：

1. 福島縣農林水產部水產課於其官方網站，已公布福島縣之監測作業，本次觀察團藉由與福島漁會之交流討論，瞭解福島漁會每日皆針對

所有進港的各類水產品實施放射性物質含量檢測，一週檢測約 150 件樣本。

2. 福島漁會訂定之出貨規範為日本法規要求的一半，即銻核種之含量小於 50 Bq/Kg 作為出貨與否之標準，檢測合格者將核發該魚種檢查證明書與檢查結果，作為出貨依據，若有檢測結果超過日本法規要求之四分之一者（銻核種含量大於 25 Bq/kg），將由福島縣進一步詳細檢測。
3. 我國衛生福利部所訂定之食品中原子塵與放射能污染容許量標準，針對銻核種濃度之管制規範與日本相同，銻核種含量限值為 100 Bq/kg，亦為國際上相對嚴格之標準。而漁業署在福島核災發生後，持續對我國洄游性魚類及北太平洋公海捕撈返台的秋刀魚進行魚體檢測，迄今共檢測約 3,000 件之銻-134 及銻-137，結果均小於衛生福利部所訂定之食品中放射性核種檢驗方法之儀器最低可測值，符合安全標準規定。

（九）瞭解日本福島當地漁民對 ALPS 處理水排放之意見與看法

由新聞報導得知日本全國漁業協同組合連合會（簡稱「全漁連」）多次聲明表達「全漁連」反對 ALPS 處理水排入海洋，爰觀察團亦透過本次參訪瞭解當地漁民的意見與看法：

1. 福島漁會於交流時表示，對於 ALPS 處理水排放入海持反對立場，惟漁業活動終究需繼續，ALPS 處理水排放後福島漁會將配合日本政府執行相對應的檢驗工作，也將持續執行檢驗。

（十）討論日本相關監管資訊與檢測數據之公開

針對 ALPS 處理水議題，日方多個單位均有設置相關資訊公開網站，如東電公司設有專屬的「ALPS 處理水入口網」；各政府單位，包括 NRA、環境省、水產廳等，亦在官網公布相關資訊；而福島縣政府架設「福島復興工作站」說明福島縣之水、食品等放射性物質檢查結果，以及「福

島縣輻射量測地圖」，彙整環境輻射劑量率與樣品放射性物質檢測結果；另外 JCAC 亦協助 NRA 營運「日本環境放射活度與輻射資料庫」，彙整日本各分析機構的檢測數據。有關監管資訊與檢測數據之資訊公開是我國政府相當重視的議題，針對資訊公開部分，觀察團也藉此赴日機會，與各參訪單位及日方窗口進行交流討論，相關心得與討論如下：

1. 為利臺灣民眾了解日本政府所公布有關 ALPS 處理水與海域輻射監測之相關訊息，爰觀察團建議日方將檢測結果及評估資料以鄰近國家常用之語言及文字進行公布，如繁體中文版。
2. 另外日方針對海水、水產品等項目皆有進行輻射監測，亦有針對核電廠除役及福島縣復興等各項資訊進行揭露，惟日方公布資料，分散於官方及民間單位之網站[8][9][10]，公布資料未有統一窗口，較不利民眾快速完整的掌握相關資訊。相較我國，已於整備計畫支持下，由核能研究所建置「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」，提供民眾有關日方排放 ALPS 處理水之單一資訊公開平台，彙整國內外相關資訊，以及我國海域輻射監測結果，以利我國民眾檢索及瞭解，爰觀察團並建議日方可建立單一平台。日方回應表示其認同資訊共享之重要性，因涉及之部會甚多，將思考彙整各部門資訊與網站，供民眾及各國民眾方便瞭解。

四、建議事項

針對以上各項議題之心得與討論，觀察團提出以下建議：

(一)持續追蹤日本 ALPS 設備及 ALPS 處理水監測狀況

目前福島第一核電廠中貯存的 ALPS 處理水，大約 70%須透過 ALPS 設備再處理，使水中除氬以外之放射性物質濃度符合日本法規限值，始得進行排放作業；排放時依日方規劃，並將以海水稀釋，使其排放時氬濃度低於 1,500 Bq/L，且每年的氬排放總量不超過事故前福島電廠正常運轉時的 22 兆貝克 (TBq)，透過前述海水稀釋，也將再降低排放之處理水中其他核種的濃度。

經由觀察團參訪及東電公司公布之資訊可知，東電公司持續精進 ALPS 設備操作程序，並將透過取樣檢測，監測確認 ALPS 處理水排放前，水中放射性核種的濃度；日本政府亦指定 JAEA 為 ALPS 處理水分析檢測之第三方獨立分析驗證機構。另外，東電公司刻正申請更新前述監測分析核種，由原先 62 種更新為 30 種，申請案刻正由 NRA 審查，IAEA 亦對此案進行審查與赴日訪視。

考量 ALPS 設備過濾處理狀況，以及 ALPS 處理水排放前取樣監測為日方排放 ALPS 處理水之源頭管制要項，在日方排放前後持續注意 ALPS 處理效能及再處理程序進度、瞭解 K4 槽區設置循環攪拌設備之運作情形，以確認 ALPS 處理水取樣之均勻性，另外並應持續了解 JAEA 執行 ALPS 處理第三方獨立驗證之規劃與進展、掌握 NRA 及 IAEA 對東電公司申請更新 ALPS 處理水監測分析核種之審查過程與結果，相關資訊並建議應適時公布予民眾瞭解。

(二)持續滾動精進我國海域輻射監測計畫

日本政府已陸續公布 ALPS 處理水排放前之海域監測結果，檢測結果未超過日本政府及國際規範所訂定之管制標準。而我國針對海域輻射監測，已由跨部會執行之整備計畫，建立海域氬含量之背景基線，並由輻射偵測中心依其訂定之海域監測計畫執行銻等其他核種之排放前監測。2023 年起海域氬含量監測延續整備計畫之成果，由跨部會執行之應對計畫進行監測，並與

排放前數據進行比較，而其他核種之監測亦由輻射偵測中心依其海域監測計畫執行。輻射偵測中心參考日本海域監測計畫，未來將持續關注排放後之監測結果及掌握日本政府針對 ALPS 處理水排放後之海域監測規劃，作為我國海域監測策略擬定與調整之參據。

(三)持續掌握日方執行漁獲物監測結果，滾動精進我國魚體取樣規劃

依照日本「綜合監測計畫」之海域輻射監測部分，水產廳、環境省與東電公司均有執行漁獲物的放射性分析檢測，本次觀察團參訪的福島漁會亦有執行監測，前述檢測結果各單位也會進行公布。我國漁業署在福島事故後亦持續進行魚體取樣監測，目前分析結果均無輻射異常狀況，未來除持續監測並宜持續掌握日方執行漁獲物的分析檢測結果，據以參考檢視我國取樣規劃與分析結果。

另外，為執行我國海域輻射監測，漁業署已訂定魚體取樣方式，2023年起並由應對計畫支持相關取樣檢測作業，考量我國沿近海漁獲種類多樣，漁獲生產量差異懸殊，為兼顧採樣物種之多樣性及產業代表性，爰我國沿近海漁獲物採樣，係以按月、按地區、區分常態物種及季節物種，依序取樣，依規劃的採樣件數，掌握我國沿近海漁獲的輻射狀況。

對照日本主要以產業規模作為採樣標的，於採樣件數有限之情況下，僅以產量代表採樣件數，可能排擠季節性魚種之採樣，爰建議我國先依前述漁業署規劃方式進行魚體取樣，並視執行狀況滾動調整精進。

(四)持續精進電解濃縮技術

氫水電解濃縮技術，是研究或監測日本排放 ALPS 處理水之海水氫濃度變化的必要技術，核研所已透過跨部會合作執行的整備計畫，初步建立此項技術之實驗裝置，已可將氫濃度提高約 5 至 10 倍。建議持續精進氫水電解濃縮技術，強化設備安全性與自動化之能力，提升我國海水氫濃度監測之技術能力，並將此技術及經驗與日方環境輻射檢測單位進行交流。

(五)持續完善生物氫檢測實驗室之品保系統

核能研究所從事食品、環境樣品等輻射檢測的實驗室，皆已取得國際標準 ISO/IEC 1702 認證。對新開發的生物氙檢測技術，已建立相關標準作業程序書，建議持續與 JCAC、MERI 進行品質管理、量測技術、認證經驗等方面之交流，參考日本大量的檢測經驗，完善我方實驗室品質系統與技術內涵。

(六)持續與 JCAC 進行環境試樣放射性分析比對

針對日本 ALPS 處理水排放作業，我國海域輻射監測為重點應對項目，建議輻射偵測中心與核能研究所除持續參與國內放射性分析檢測能力試驗、比對試驗，以及 IAEA 辦理之放射性分析檢測實驗室能力測試，確保放射性分析檢測技術能力品質，並建議輻射偵測中心與 JCAC 持續現行合作機制，辦理臺日雙方環境試樣放射性分析比較試驗，強化我方與日方在海域輻射監測的交流合作。

另亦建議核能研究所可延續本次觀察團交流作業，與 JCAC 亦建立技術交流、人員互訪作業，擴大我方與日方的放射性分析檢測交流合作。

(七)持續精進放射性物質海域擴散海洋資訊平台

因應日方規劃以海洋排放方式處置福島 ALPS 處理水，為提供我國民眾便利查詢使用與理解之單一資訊傳遞窗口，核能研究所透過整備計畫支持，已建置「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」，彙整國內外相關資訊，以及我國海域輻射監測結果，供民眾檢索與瞭解，並以科普圖卡及常見問題，協助解答民眾疑慮。

考量隨著日方規劃處理水海洋排放時間越來越近，我國民眾亦可能越發關注相關議題，建議持續精進國內的資訊公開，優化資訊公開平台與監測結果呈現方式，以助民眾可快速、方便取得正確資訊。

五、結論與未來工作

本次我國第二次組成專家觀察團赴日，透過現場觀察及臺日雙邊交流討論，掌握 ALPS 處理水的現況與管制措施，以及日方海域環境輻射監測狀況，針對各項議題經過觀察團充分討論，提出結論如下：

- (一) 觀察團本次赴日進一步實地瞭解福島第一核電廠之 ALPS 設施運作及處理水排放設施建置現況、海生物飼育設施運作現況，日方專業檢測實驗室 JAEA、JCAC 與 MERI 協助日本政府執行海域輻射監測計畫現況，以及於福島當地漁港實地瞭解漁獲物監測機制，並與福島當地漁民團體福島漁會進行意見交流，完成觀察任務。
- (二) 隨著日方 ALPS 處理水排放準備作業的進展，包括東電公司逐步建置排放設施、申請變更 ALPS 處理水監測分析核種與環境影響分析評估結果，以及日方海域輻射監測之擴大執行等，透過觀察團訪日與臺日雙方持續資訊交流，掌握日方最新資訊及發展，並可作為後續因應方案擬定與精進之參考。
- (三) 我國仍應持續關注日方有關 ALPS 處理水及漁獲物檢測相關資訊，以及日方執行漁獲物監測結果等，透過多元管道與日方保持交流，未來視日方排放設施建置進度、技術發展，或其他需求，再赴日實地瞭解，確認日方源頭管制狀況與排放安全，相關資訊並公開與我國民眾瞭解。

另外，依據觀察團赴日蒐集之相關訊息及提供之建議，彙整提出有關因應日方 ALPS 處理水排放之未來工作規劃如下：

- (一) 透過多管道與日方交流並掌握最新進展：目前我方與日方透過多元管道，經由台日雙方的窗口機關進行，包括配合外交體系辦理相關視訊會議、觀察團赴日實地參訪、資訊交流；與日方專業單位間的技術交流與合作；參與國際相關會議與國際資料收集等，未來持續與日方保持多元管道交流，掌握日方源頭管制狀況與 ALPS 處理水排放相關作業之最新進度，包括：日方監管單位執行 ALPS 處理水分析核種變更

之審查進度、JAEA 執行第三方監測之進展、東電公司建置排放設施之狀況、日方執行海域輻射監測結果、IAEA 之專案任務小組審查狀況以及日方執行漁獲物監測結果等。

- (二) 透過跨部會因應平台討論因應對策：針對日方規劃將 ALPS 處理水進行海洋排放，因涉及多個權責部會職掌，原能會已邀集相關部會建立跨部會因應平台及專案工作小組，定期進行開會討論，未來持續運作此跨部會因應平台，進行資訊分享與相關具體因應策略的研訂，保障我國海域環境及漁獲物之輻射安全。
- (三) 整合跨部會專業進行海域輻射監測與預報：目前透過整備計畫之執行，完成海域輻射基線初步調查、開發海域輻射擴散預報及示警技術，以及建置單一資訊窗口「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」等技術整備。未來延續整備計畫之成果，擴大整合跨部會專業能量，執行應對計畫，進行全方位的海域輻射監測，比對排放前後監測數據變化、建立監測資訊跨部會應對流程；開發海洋輻射外釋衝擊潛勢預報系統，於日本排放時提供預報分析；進行海域生態影響評估。透過跨部會的專業合作，以科學數據進行檢視，確保國人食品安全、守護漁業與海洋環境。
- (四) 精進放射性分析檢測技術與品質：目前主要執行我國海域樣品放射性分析檢測的單位為核能研究所與輻射偵測中心之專業實驗室，前述實驗室平時均透過參與國內外比對試驗、能力試驗等方式確保放射性分析檢測技術與品質。本次透過赴日實地參訪，與日方專業放射性分析檢測實驗室進行深入技術交流，未來除可持續深化及擴大與日方專業實驗室之交流，並可將相關經驗回饋於精進我方實驗室之分析技術與品質，具體工作包括：持續精進電解濃縮技術、持續與 JCAC 進行環境試樣放射性分析比對、配合檢測結果滾動式調整採樣邏輯及方式。
- (五) 落實資訊公開：日方 ALPS 處理水排放事件涉及北太平洋海域環境，我國為海島國家，國人、漁民團體均持續關注此事件，目前核能研究

所已建置本案相關資訊之單一傳遞窗口「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」，彙整國內外最新訊息與我國海域輻射監測結果。未來持續精進該資訊平台功能、擴充相關資訊與我國海域輻射監測結果，以透明、公開、專業方式，讓國人、漁民團體均得到正確的科學資訊，並對於政府的應對措施具有信心。

六、參考資料¹

1. 20220428 ALPS 處理水海洋排放之輻射影響評估結果(設計階段)(修訂版)
<https://www.tepco.co.jp/press/release/2022/pdf2/220428j0303.pdf>
2. 20231114 東電公司 ALPS 處理水排放計畫變更申請書
<https://www.tepco.co.jp/press/release/2022/pdf4/221114j0101.pdf>
3. JAEA 大熊分析研究中心
<https://fukushima.jaea.go.jp/okuma/>
4. 日本環境放射活度與輻射資料庫
<https://www.kankyo-hoshano.go.jp/>
5. 日本 綜合監測計畫
<https://radioactivity.nsr.go.jp/en/list/274/list-1.html>
6. 日本水產廳 漁產品放射性物質含量監測
<https://www.jfa.maff.go.jp/e/inspection/index.html>
7. 日本水產廳 需要了解的放射性物質檢查須知
<https://www.jfa.maff.go.jp/j/koho/saigai/attach/pdf/index-2.pdf>
8. 福島縣復興工作站
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal-zht/list427.html>
9. IAEA 福島第一核電廠 ALPS 處理水專區
<https://www.iaea.org/topics/response/fukushima-daiichi-nuclear-accident/fukushima-daiichi-treated-water-discharge>
10. 東電公司 處理水入口網
<https://www.tepco.co.jp/en/decommission/progress/watertreatment/index-e.html>
11. 日本環境放射活度與輻射資料庫
<https://www.kankyo-hoshano.go.jp/>

¹ 備註：參考資料之網址、網站文件資料，其瀏覽日期為 2022/12/30。

七、觀察團掠影

1. 第一天行程之掠影紀錄



附圖 1、原能會王主秘於松山機場與觀察團成員合影

2. 第二天行程之掠影紀錄



附圖 2、徐團長與福島縣漁會致詞



附圖 3、福島漁會人員展示魚類檢測樣品及樣品製備間之作業情形

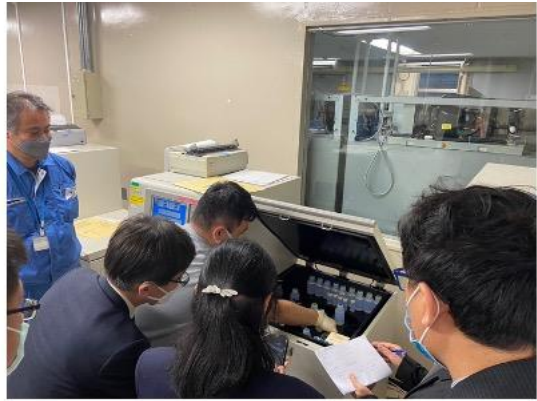
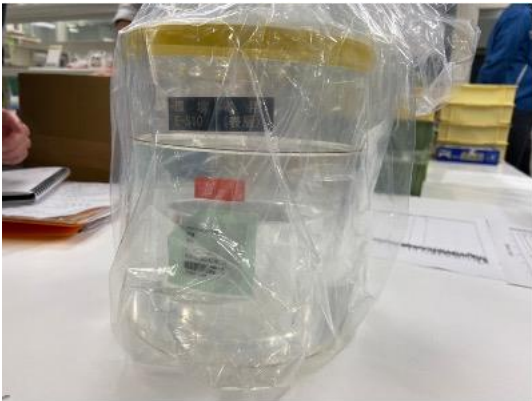


附圖 4、東電人員說明福島第一核電廠除役作業及團員視察排放設施建置之情形

3. 第三天行程之掠影紀錄



附圖 5、JCAC 致詞及介紹其實驗室運作情形



附圖 6、JCAC 人員展示表層海水樣品及實驗室分析檢測過程

4. 第四天行程之掠影紀錄



附圖 7、團員抵達 MERI 及與日方人員交流情形



附圖 8、待檢漁獲配送至 MERI 及團員觀摩 MERI 人員進行開箱初驗情形

補充資料一、東電公司變更 ALPS 處理水監測分析核種相關申請內容(東電於 11 月 14 日提出之 ALPS 變更申請資料) (Application for approval to amend the Implementation Plan Regarding the Handling of ALPS Treated Water [Overview])

資料來源：

TEPCO, Press Release : Submission of the "Application Documents for Approval to Amend the Implementation Plan for Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Specified Nuclear Facility" Regarding the Handling of ALPS Treated Water, November 14, 2022.

Attachment 2

**Application for approval to amend
the Implementation Plan Regarding
the Handling of ALPS Treated Water [Overview]**

TEPCO

November 14, 2022

Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc.

Introduction

TEPCO

- Following the Japanese government's Basic Policy announced in April 2021, TEPCO had been reviewed the details of the design and operation of ALPS treated water dilution/discharge facility and related facilities. In December 2021, TEPCO submitted the "Application Documents for Approval to Amend the Implementation Plan for Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Specified Nuclear Facility" for the basic design of ALPS treated water dilution/discharge facility and related facilities to the Nuclear Regulation Authority (NRA), and on July 22, 2022, these application documents were approved by the NRA.
- Today, on November 14th, we submitted the "Application Documents for Approval to Amend the Implementation Plan for Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Specified Nuclear Facility" to the NRA, with additional details/revisions on the organizational structure for operating, maintaining, and managing the ALPS treated water dilution/discharge facilities, nuclides to be measured/assessed to confirm that the ALPS treated water meets the discharge criteria before it is discharged into the sea, and the radiological environmental impact assessment results given the changes to the nuclides to be measured/assessed.
- We will continue to do our utmost to increase the understanding of people of Fukushima and domestic and international community regarding the handling of ALPS treated water as part of the decommissioning work, by focusing on our efforts to disseminate information based on scientific evidence to parties within and outside Japan in an easy-to-understand manner and taking every opportunity to listen to the concerns and opinions of the public and explain our approach and response.
- Furthermore, we will also work to build trust of people within and outside Japan, by disclosing the construction status of ALPS treated water dilution/discharge facilities, etc. as appropriate and responding sincerely to safety confirmation by municipalities and reviews by the International Atomic Energy Agency (IAEA) to secure objectivity and transparency.

1

1-1. Overview of the Implementation Plan



Partial revised points and contents to the implementation plan	Slide No.
Chapter III Security at the specified nuclear facility	
Part 1 / Part 2 Operations related to security	
Reflected changes in operation structure after the ALPS treated water dilution/discharge facility starts operation	5
Part 3 Supplementary explanation regarding security	
Selection of nuclides subject to measurement and assessment in order to confirm before discharging ALPS treated water into the sea that the ALPS treated water meets the discharge criteria (Sum of ratios of the concentration of each radionuclide to the regulatory concentration of each is less than one)	6~14
Reference material	
Response based on the "Basic Policy on handling of ALPS Treated Water at the Tokyo Electric Power Company Holdings' Fukushima Daiichi Nuclear Power Station"	
Radiological Environmental Impact Assessment report regarding the discharge of ALPS treated water into the sea (construction stage)	Attachment 3

2-1. Objective and ALPS Treated Water dilution/discharge facility and related facilities

Remain the original (partly updated)

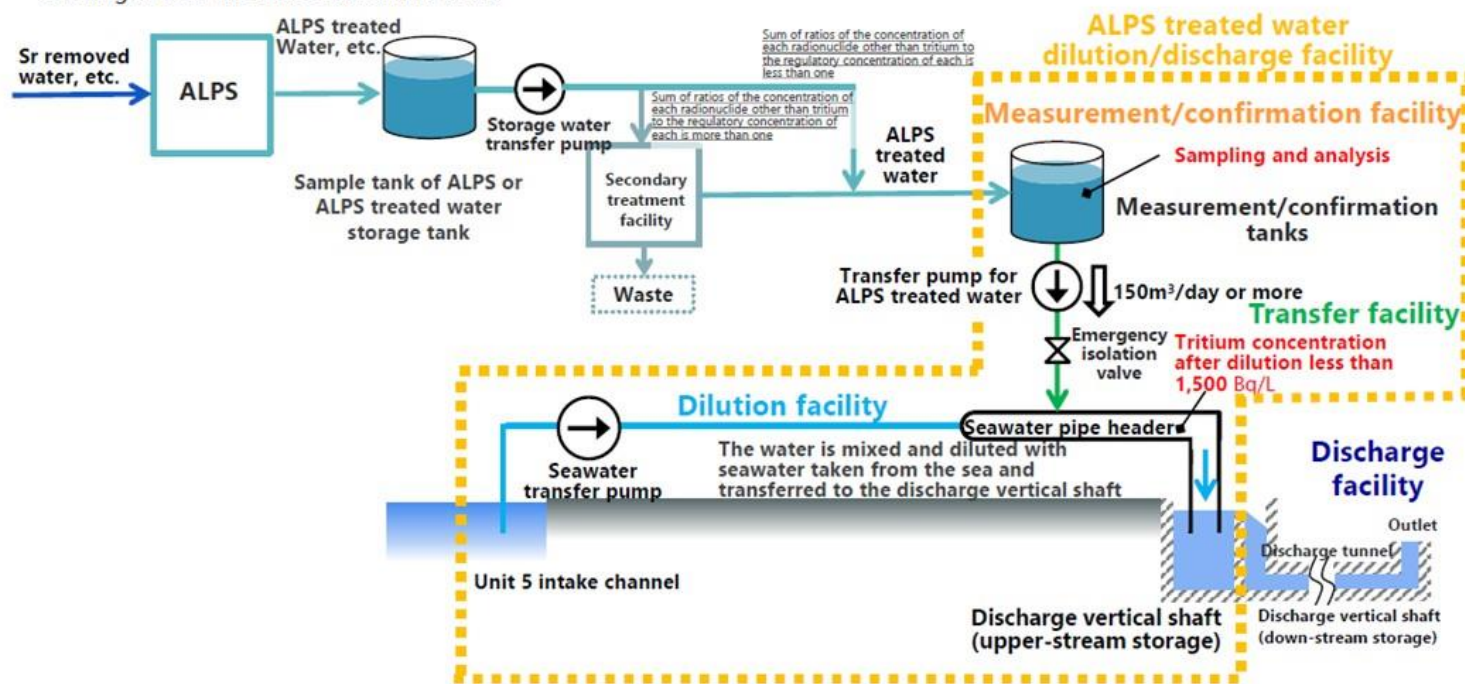
TEPCO

- Objective

Water which radioactive nuclides has been removed using ALPS until the radionuclide concentration is at a sufficiently low concentration, will be diluted with seawater and discharged into the sea after confirming that the water meets the regulatory requirements (water with the sum of ratios of legally required concentrations, excluding tritium, less than 1).

- Facility overview

In the measurement/confirmation facility, once the radionuclides in the water in the measurement/confirmation tank are uniformly dispersed, samples are taken and analyzed to confirm the water meets regulatory standards. The ALPS treated water is then transferred to the seawater pipe header using the transfer facility and mixed with the seawater taken from the Unit 5 intake channel using the dilution facility until the tritium concentration is below 1,500 Bq/L. This is then discharged using the discharge facility. At the discharge facility, the water will be discharged from the outlet 1km off the coast.



3

2-2. Overview of ALPS treated water dilution/discharge facility and related facilities



Secondary treatment facility (newly installed reverse osmosis membrane facility)

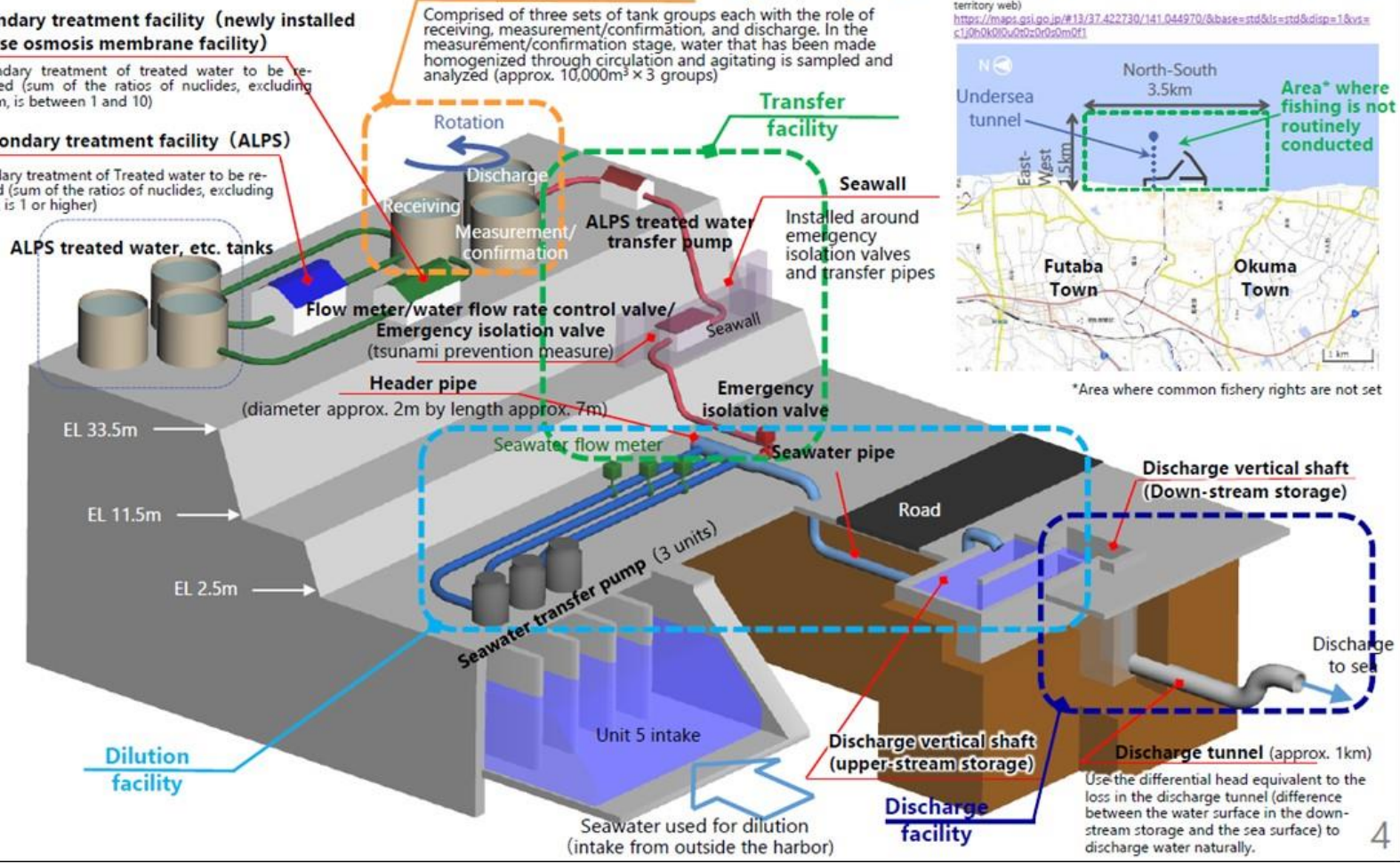
Secondary treatment of treated water to be re-purified (sum of the ratios of nuclides, excluding tritium, is between 1 and 10)

Secondary treatment facility (ALPS)

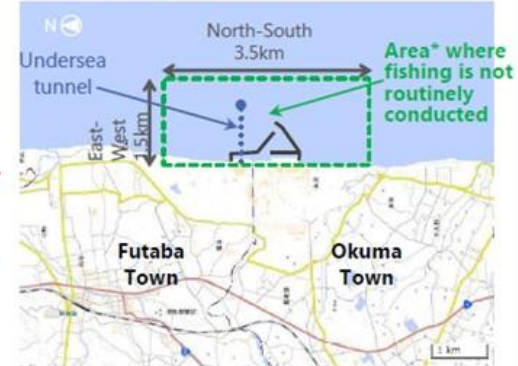
Secondary treatment of Treated water to be re-purified (sum of the ratios of nuclides, excluding tritium, is 1 or higher)

Measurement/confirmation facility (K4 tank group)

Comprised of three sets of tank groups each with the role of receiving, measurement/confirmation, and discharge. In the measurement/confirmation stage, water that has been made homogenized through circulation and agitating is sampled and analyzed (approx. 10,000m³ × 3 groups)



Source: Developed by Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. based on the map developed by the Geospatial Information Authority of Japan (electronic territory web)
<https://maps.gsi.go.jp/#13/37.422730/141.044970/&base=std&ls=std&disp=1&vst=c:150h0k00x0z0:0r0z0m0f1>



*Area where common fishery rights are not set

3-1. Major changes : organizational structure

- The ALPS Treated Water Program Department will continue to be in charge of planning and managing the project of facilities related to the discharge into the sea even after the ALPS treated water dilution/discharge facilities start operation. The Implementation Plan was updated to clarify the specific departments that would be in charge of maintenance management and operation management of equipment.

<u>Organization</u>	<u>Operations related to security (Updated)</u> Red letters: : Updated areas
ALPS Treated Water Program Department	Development of plans, management and operation methods for facilities related to sea discharge and the <u>operation plans of ALPS treated water dilution/discharge facilities</u>
Water Treatment Team, Operation Dept., Construction, Operation, and Maintenance Center	Operation management of contaminated water treatment facilities, buildings for storing stagnant water, ALPS, subdrain and other water treatment facilities, and the <u>ALPS treated water dilution/discharge facilities</u>
Storage Facilities G, Mechanical Engineering Dept., Construction, Operation, and Maintenance Center	Maintenance management of civil engineering equipment in contaminated water treatment facilities (storage facilities) and <u>mechanical equipment in ALPS treated water dilution/discharge facilities</u> Construction, installation, and maintenance management of contaminated water treatment facilities (ancillary facilities to storage facilities), and rainwater treatment facilities
Water Treatment Instrumentation G, Electrical, Instrumentation and Control Dept., Center for Construction, Operation, and Maintenance	Construction, installation, and maintenance management of instrumentation for contaminated water treatment facilities, buildings storing stagnant water, ALPS, subdrain and other water treatment facilities, oil treatment facilities, facilities to intake water inside the Unit 3 primary containment vessel, <u>ALPS treated water dilution/ discharge facilities</u>

The department in charge of works other than the above is as described in the current, approved version of the Implementation Plan. The following Groups will work on each of the tasks as appropriate.

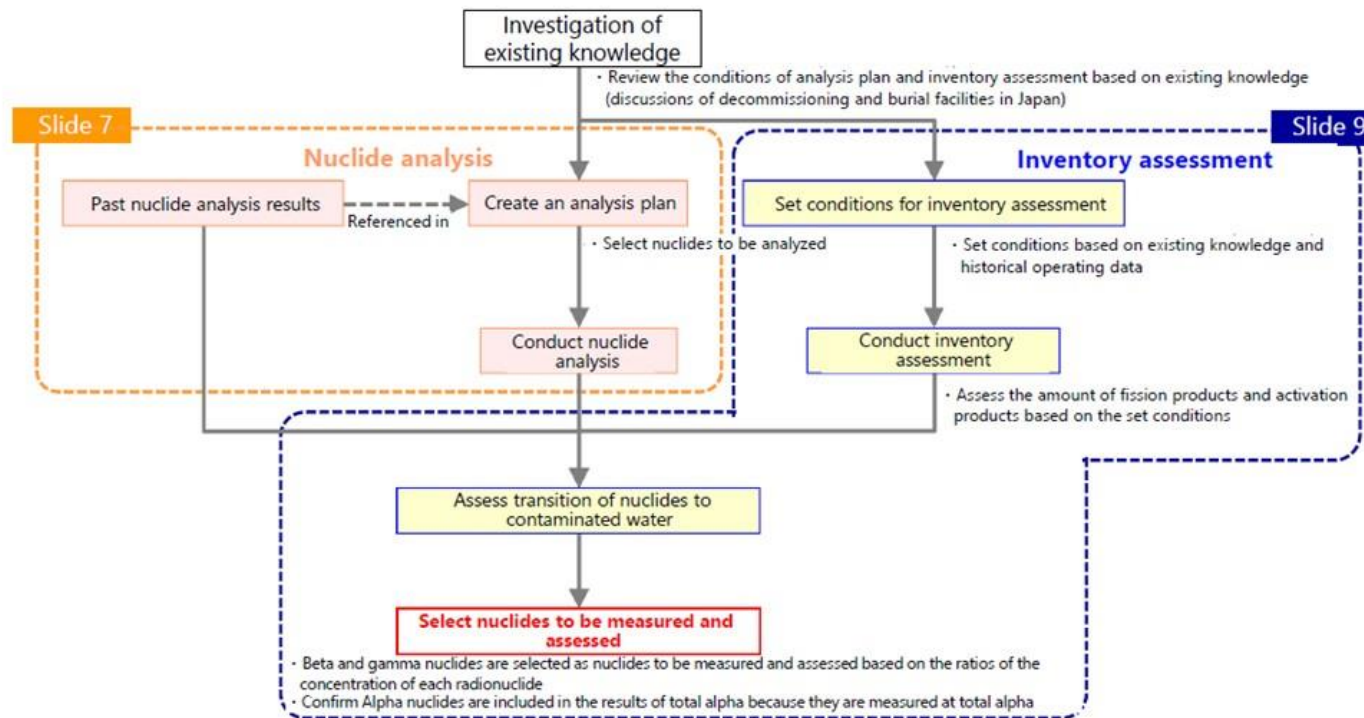
- E.g.)
- Maintenance management of electrical equipment: Electrical Equipment Maintenance G, Electrical, Instrumentation and Control Dept., Construction, Operation, and Maintenance Center
 - Maintenance management of civil engineering equipment: Civil Engineering Equipment G, Civil Engineering Dept., Construction, Operation, and Maintenance Center
 - Maintenance management of construction equipment: Construction Equipment Maintenance G, Construction Dept., Construction, Operation, and Maintenance Center
 - ALPS treated water analysis: Analysis and Assessment G, Radiation/Environment Dept., Emergency Preparedness/Radiation Control Center

3-2. Major changes : selection of nuclides to be measured and assessed

Remain the original (partly updated)

TEPCO

- Approach to selecting nuclides that could impact dose assessment in ALPS treated water
 - The existing approved Implementation Plan stated “the policy for **selecting nuclides subject to measurement and assessment with rigorous verification** to ensure that the **ALPS treated water meets the discharge criteria after it has been diluted before discharge** (sum of the ratios of the concentration of each radionuclide to the regulatory concentration of each, excluding tritium, in the ALPS treated water is less than 1) based on the knowledge in Japan on decommissioning and disposal facilities”. We have described our approach to the selection of nuclides based on the results of the verification this time.



Overview of the discussions of the selection of nuclides to be measured and assessed

6

3-3. Results of the additional nuclide analysis

- In the verification, analysis results in the past were assessed and additional analysis was conducted to see if the nuclides garnering attention in the research on decommissioning and burial facilities exist in significant quantities in the stagnant water, Sr removed water, ALPS treated water, etc.
- Results of this verification showed that **the nuclides (including α nuclides) garnering attention in the research on decommissioning and burial facilities were not detected in the ALPS treated water.***

※ : Below or equal to the 1/100 of the regulatory concentration and below the detection limit ; Uranium was detected in very small amounts of natural uranium in the environment

Nuclides measured in the past

Fission products: 56 nuclides

Rb-86 Rubidium	Sr-89 Strontium	Sr-90 Strontium	Y-90 Yttrium	Y-91 Yttrium	Nb-95 Niobium	Tc-99 Technetium
Ru-103 Ruthenium	Ru-106 Ruthenium	Rh-103m Rhodium	Rh-106 Rhodium	Ag-110m Silver	Cd-113m Cadmium	Cd-115m Cadmium
Sn-119m Tin	Sn-123 Tin	Sn-126 Tin	Sb-124 Antimony	Sb-125 Antimony	Te-123m Tellurium	Te-125m Tellurium
Te-127 Tellurium	Te-127m Tellurium	Te-129 Tellurium	Te-129m Tellurium	I-129 Iodine	Cs-134 Cesium	Cs-135 Cesium
Cs-136 Cesium	Cs-137 Cesium	Ba-137m Barium	Ba-140 Barium	Ce-141 Cerium	Ce-144 Cerium	Pr-144 Praseodymium
Pr-144m Praseodymium	Pm-146 Promethium	Pm-147 Promethium	Pm-148 Promethium	Pm-148m Promethium	Sm-151 Samarium	Eu-152 Europium
Eu-154 Europium	Eu-155 Europium	Gd-153 Gadolinium	Tb-160 Terbium	Pu-238 Plutonium	Pu-239 Plutonium	Pu-240 Plutonium
Pu-241 Plutonium	Am-241 Americium	Am-242m Americium	Am-243 Americium	Cm-242 Curium	Cm-243 Curium	Cm-244 Curium

Corrosion products:
6 nuclides

Mn-54 Manganese
Fe-59 Iron
Co-58 Cobalt
Co-60 Cobalt
Ni-63 Nickel
Zn-65 Zinc

Source : the 9th ALPS Treated Water Review Meeting materials

Nuclides other than those on the left: 2 nuclides

H-3 Tritium	C-14 Carbon
----------------	----------------

Nuclides other than the 64 nuclides: 20 nuclides

Cl-36 Chlorine	Ca-41 Calcium	Ni-59 Nickel
Se-79 Selenium	Nb-94 Niobium	Mo-99 Molybdenum
Tc-99m Technetium	Te-132 Tellurium	I-131 Iodine
I-132 Iodine	La-140 Lanthanum	U-233 Uranium
U-234 Uranium	U-235 Uranium	U-236 Uranium
U-238 Uranium	Np-237 Neptunium	Pu-242 Plutonium
Cm-245 Curium	Cm-246 Curium	

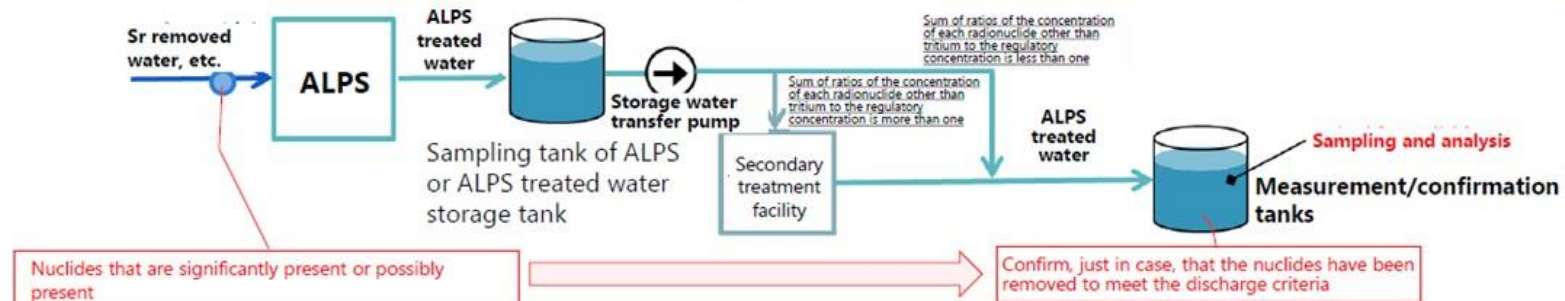
Nuclides selected based on the existing knowledge and additionally analyzed in this study this time (in addition to the nuclides below, alpha nuclides that could exist in significant quantities in stagnant water, Sr removed water, and ALPS treated water, etc. were also analyzed).

Fe-55 Iron	Ni-59 Nickel	Nb-93m Niobium	Mo-93 Molybdenum	Sn-121m Tin	Cl-36 Chlorine	Ca-41 Calcium	Zr-93 Zirconium	Ba-133 Barium	Se-79 Selenium	Pd-107 Palladium
----------------------	------------------------	--------------------------	----------------------------	-----------------------	--------------------------	-------------------------	---------------------------	-------------------------	--------------------------	----------------------------

[Reference] Approach to selecting nuclides to be measured and assessed

- In the ALPS treated water etc., there is no discrepancy that would suggest the presence of radionuclides other than the current 64 nuclides between total beta measurements and the sum of analysis results for radioactive concentration of 7 major nuclides* plus carbon-14 and technetium-99. Total alpha also remained undetectable.
 - ※ Major 7 nuclides : Cesium-134, Cesium-137, Strontium-90, Iodine-129, Cobalt-60, Antimony-125, Ruthenium-106 that were found in significant concentrations compared to the regulatory concentration limits in the analysis of the 62 nuclides in treated water conducted in the past.
- In addition to the above, as shown in the previous slide, results of individual analyses on nuclides other than the current 64 nuclides, that are garnering attention in decommissioning and burial facilities research, demonstrate that these nuclides did not exist in significant concentrations in ALPS treated water.
- Through these efforts, we were able to verify again that the ALPS nuclide removal function was performing as expected, and the nuclides that could exist in significant concentrations were the major 7 nuclides, Carbon-14, and Technetium-99.

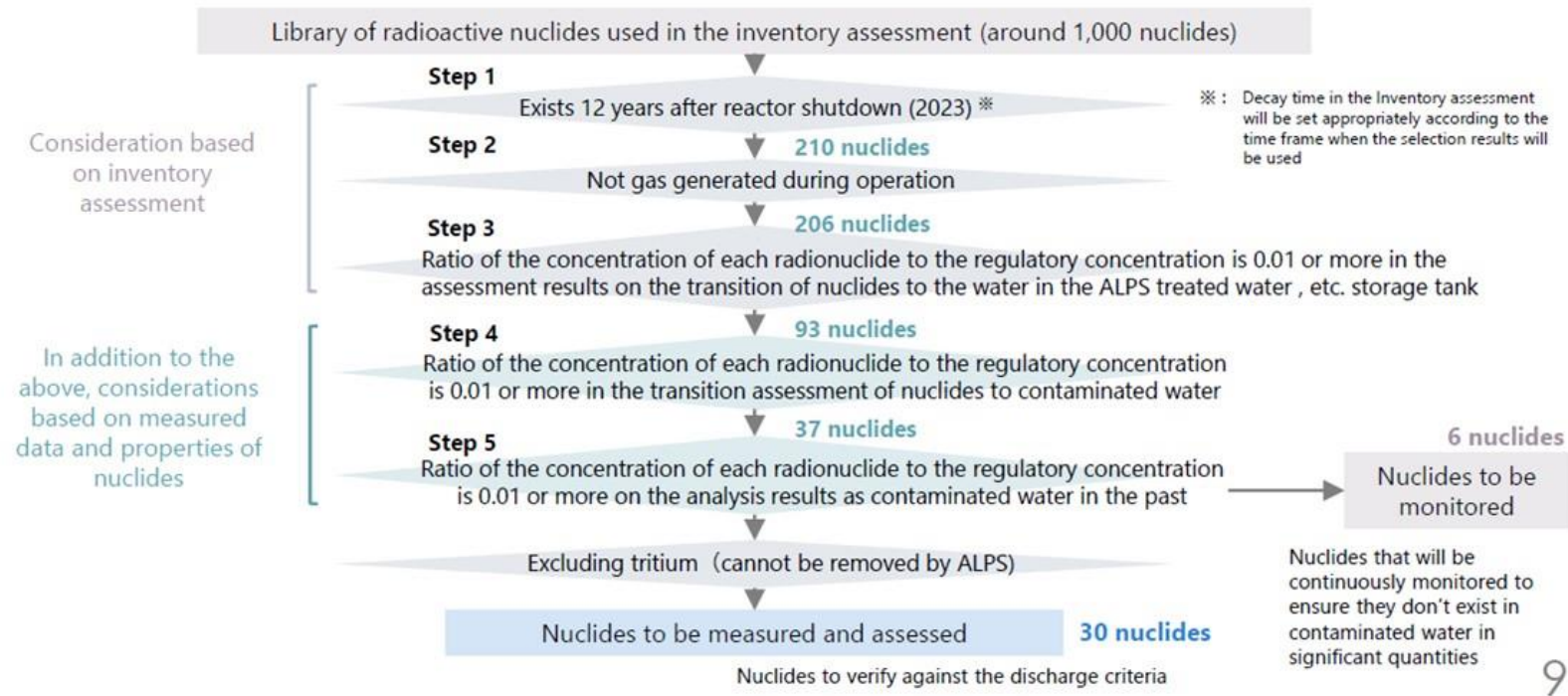
- Nevertheless, based on the discussions at previous review meetings related ALPS treated water and comments from the NRA and the IAEA, **nuclides to be measured and assessed are selected with a perspective of confirming, just in case, that nuclides that are significantly present or possibly present in significant concentrations in stagnant water, Sr removed water, etc. have been removed to meet the discharge criteria in the ALPS treated water to be discharged into the sea.**



3-4. Selection of nuclides to be measured and assessed through inventory assessment



- The nuclides to be measured and assessed were selected using the following process.
 - Regarding the following process, first, the nuclides that can realistically exist are selected considering the half-life of the nuclides based on the findings pointed by the IAEA and the NRA. Next, we conduct another desk study assuming* that all of the radioactive materials have been transferred to the ALPS treated water storage tanks. Furthermore, the assessment is based on the actual measured data of contaminated water and the properties of nuclides that we have accumulated over the past 12 years.
- * Assumption based on the fact that contaminated water has been continuously treated and stored in the tanks over the 12 years since the earthquake.



3-5. Selected nuclides to be measured and assessed

- **30 nuclides in the table below and tritium are the nuclides to be measured and assessed in discharging the ALPS treated water into the sea**, selected using the selection flow on the previous slide.
- These changes to the nuclides to be measured and assessed (4 nuclides were added and 37 removed from selection) will be reviewed by the NRA and the IAEA.

【Nuclides to be measured and assessed (30 nuclides)】

Before, during and after the discharge of ALPS treated water into the sea, we will confirm that the following nuclides meets the discharge criteria (sum of the ratios of the concentration of each radionuclide to the regulatory concentration of each is less than one).

※ In addition to the nuclides in the table below, tritium will be also measured.

C-14 Carbon	Y-90 Yttrium	I-129 Iodine	Eu-154 Europium	Pu-239 Plutonium
Mn-54 Manganese	Tc-99 Technetium	Cs-134 Cesium	Eu-155 Europium	Pu-240 Plutonium
Co-60 Cobalt	Ru-106 Ruthenium	Cs-137 Cesium	U-234 Uranium	Pu-241 Plutonium
Ni-63 Nickel	Cd-113m Cadmium	Ce-144 Cerium	U-238 Uranium	Am-241 Americium
Se-79 Selenium	Sb-125 Antimony	Pm-147 Promethium	Np-237 Neptunium	Cm-243 Curium
Sr-90 Strontium	Te-125m Tellurium	Sm-151 Samarium	Pu-238 Plutonium	Cm-244 Curium

Nuclides added to be on the conservative side based on the selection flow

3-6. Periodic confirmation of nuclides to be measured and assessed



- Although the nuclides to be measured and assessed on the previous page were selected after confirming the past analysis results, there is a possibility that the situation may change depending on the progress of future decommissioning work.
- If significant quantities of nuclides other than those to be measured and assessed (hereinafter referred to as "other nuclides") are found, the nuclides to be measured and assessed will be re-evaluated. Decay of radionuclides will be also reflected in the selection following process.
- These details will also be discussed during the future review by the NRA.

[Confirmation at each release]

Confirm that other nuclides in significant quantities are not found by measuring γ -rays with Ge semiconductor detectors, total alpha, and total beta.

[Confirmation of trend of radioactive concentration in contaminated water]

Confirm that the radioactive concentration of contaminated water after the central radioactive waste treatment facility is below or equal to the concentration confirmed in the past.

[Research and analysis]

In the research and analysis, if an event of concern is found in the above confirmation, we will research the presence of other nuclides. Even if there is no concern, we will research the presence of other nuclides by confirming that nuclides to be monitored in significant quantities are not found once a year in Sr removed water.

○ Nuclides to be monitored (6 nuclides)

Nuclides not detected in significant quantities in past analysis of contaminated and treated water but to be continuously confirmed.

Cl-36 Chlorine	Fe-55 Iron	Nb-93m Niobium	Nb-94 Niobium	Mo-93 Molybdenum	Ba-133 Barium
--------------------------	----------------------	--------------------------	-------------------------	----------------------------	-------------------------

[Reference] Comparison with nuclides to be removed with ALPS (62 nuclides) and carbon-14



- The nuclides that have been changed in this method are as follows.
- In previous measurements, (a) there is no discrepancy that would suggest the presence of Selenium-79 in total beta analysis of ALPS treated water, (b) Uranium-234, Uranium-238, and Neptunium-237 have not been detected by total alpha analysis in ALPS treated water, and (c) in this additional analysis, these nuclides were not detected. From the foregoing, these nuclides are not considered to be present in significant concentrations in ALPS treated water, though they will be measured and assessed voluntarily just in case.
- Among the nuclides subject to be removed by ALPS, **there is no possibility that the 37 nuclides that were not selected are present in the contaminated water. However, we will voluntarily measure them and confirm that their concentrations are below the detection limit prior to the discharge.**

Nuclides to be measured and assessed : 30 Nuclides (=26+4)

※ In addition to the nuclides in the table below, tritium will be also measured.

C-14 Carbon	Tc-99 Technetium	Cs-137 Cesium	U-238 Uranium	Cm-243 Curium
Mn-54 Manganese	Ru-106 Ruthenium	Ce-144 Cerium	Np-237 Neptunium	Cm-244 Curium
Co-60 Cobalt	Cd-113m Cadmium	Pm-147 Promethium	Pu-238 Plutonium	
Ni-63 Nickel	Sb-125 Antimony	Sm-151 Samarium	Pu-239 Plutonium	
Se-79 Selenium	Te-125m Tellurium	Eu-154 Europium	Pu-240 Plutonium	
Sr-90 Strontium	I-129 Iodine	Eu-155 Europium	Pu-241 Plutonium	
Y-90 Yttrium	Cs-134 Cesium	U-234 Uranium	Am-241 Americium	

■ : Nuclides added to be on the conservative side based on the selection flow (4 nuclides)

Nuclides excluded from those to be measured and assessed among the nuclides to be removed with ALPS : 37 nuclides (=13+10+14)

Fe-59 Iron	Te-129m Tellurium	Co-58 Cobalt	Te-123m Tellurium	Zn-65 Zinc	Rh-106 Rhodium
Rb-86 Rubidium	Cs-136 Cesium	Y-91 Yttrium	Te-127 Tellurium	Ag-110m Silver	Cs-135 Cesium
Sr-89 Strontium	Ba-140 Barium	Nb-95 Niobium	Te-127m Tellurium	Sn-119m Tin	Ba-137m Barium
Ru-103 Ruthenium	Ce-141 Cerium	Sn-123 Tin	Gd-153 Gadolinium	Sn-126 Tin	Pm-146 Promethium
Rh-103m Ruthenium	Pm-148 Promethium	Sb-124 Antimony	Tb-160 Terbium	Pr-144 Praseodymium	Eu-152 Europium
Cd-115m Cadmium	Pm-148m Promethium			Pr-144m Praseodymium	Am-242m Americium
Te-129 Tellurium				Cm-242 Curium	Am-243 Americium

■ : Nuclides whose inventory volume decreased and excluded from selection in step 1 (13 nuclides)

■ : Nuclides whose inventory volume decreased and excluded from selection in step 3 (10 nuclides)

■ : Nuclides excluded from selection in step 4 as a result of reviewing the state of transition to contaminated water from nuclear reactors, etc. according to the actual situation. (14 nuclides)

All nuclides
Half-life less
than 1 year

12

[Reference] Major issues in selecting nuclides to be Measured and assessed

- Major issues in selecting nuclides to be measured/evaluated are as follows:
 - The reason why the criteria for exclusion from the selection on the selection flow is 1/100 of the regulatory concentration of each nuclide
This criterion was established based on the assumption that the dose impact caused by the release of ALPS treated water into the sea is sufficiently small.

Example of procedure 3 (Evaluation of transfer of all the amount to ALPS treated water, etc. storage tanks)

$$\text{Concentration of nuclide } i = \frac{\text{Inventory amount of nuclide } i \text{ (Bq)} \div \text{Stored amount of ALPS treated water, etc. (m}^3\text{)}}{1.33 \text{ million m}^3 \text{ (estimated) as of Mar. 2023}} < \text{Regulatory concentration of nuclide } i \times 0.01 \text{ (Bq/m}^3\text{)}$$

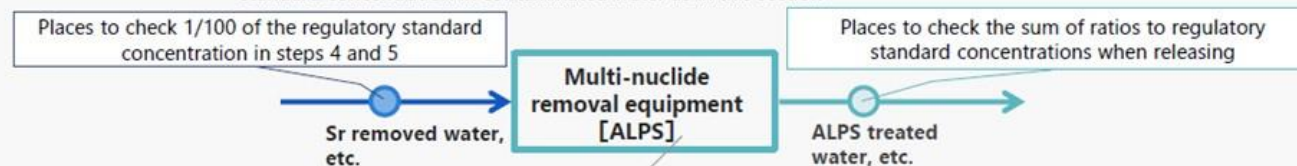
In Procedure 3, we evaluate the assumption that all the inventory generated in the reactor core has been transferred to the storage amount of ALPS treated water etc. to be stored as of March 2023. Considering the situation of the PCV internal investigation, etc. so far, we believe that it is a very conservative setting* that the entire amount of the generated inventory has been transferred to the tanks.

※The setting that the entire amount of the generated inventory was transferred to the tanks has more than 100 times more conservativeness in the concentration evaluation compared with the sampling results of contaminated water so far.

Example of procedure 4 and 5 (Concentration evaluation of contaminated water, Actual concentration of contaminated water)

In procedures 4 and 5, the concentration of contaminated water is assessed, and even if the figure is 1/100 of regulatory concentration at that point, the impact on the sum of ratios of the concentration of each radionuclide to the regulatory concentration, which is one and the discharge criteria, is small enough considering the subsequent removal with ALPS.

※ Nuclides to be removed by ALPS are set to target nuclides exceeding 1/100 of the regulatory standard concentration in contaminated water as in this section



It has the ability to remove 62 radioactive nuclides excluding tritium to below the regulatory standard concentration.

※ Having also the ability to remove particulate radionuclides and nuclides with similar properties such as isotopes of nuclides targeted for removal

3-7. Summary of the selection of nuclides to be measured and assessed other than tritium



- Based on the discussions at previous review meetings related to the ALPS treated water, first IAEA review report, and the requirements from the Fukushima Prefecture Technical Discussion Committee Report, TEPCO reverified thoroughly the nuclides to be confirmed before ALPS treated water is diluted and discharged into the environment.
- TEPCO has continued to measure radioactive materials in ALPS treated water. We confirm that nuclides other than the major 7 nuclides*, Carbon-14, and Technetium-99 do not exist in significant concentrations in ALPS treated water by total beta and total alpha measurements. Furthermore, additional analysis of nuclides selected based on existing knowledge detected no new nuclides (including alpha nuclides) in ALPS treated water.
- Given the above, regarding the nuclides to be measured and assessed before ALPS treated water is diluted and discharged, we selected 30 nuclides considering the nuclides may exist in significant concentrations in contaminated water before purified and treated by ALPS regardless of whether they are in the ALPS treated water or not.
- Among the 62 nuclides subject to be removed by ALPS, there is no possibility that the 37 nuclides that were not selected for measurement and assessment this time are significantly present in the contaminated water. However, we will voluntarily measure them and confirm that their concentrations are below the detection limit prior to the discharge from the viewpoint of suppressing adverse impacts of reputation.

※ Major 7 nuclides : Cesium-134, Cesium-137, Strontium-90, Iodine-129, Cobalt-60, Antimony-125, Ruthenium-106 that were found in significant concentrations compared to the regulatory concentration limits in the analysis of the 62 nuclides in treated water conducted in the past.

補充資料二、東電公司於 11 月 28 日參訪時提供關於環境衝擊
評估之報告 (重點節錄)-Radiological
Environmental Impact Assessment Regarding
the Discharge of ALPS Treated Water into
the Sea (Construction stage*)

資料來源：

TEPCO, Press Release: Submission of the "Application Documents for Approval to Amend the Implementation Plan for Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Specified Nuclear Facility" Regarding the Handling of ALPS Treated Water, November 14, 2022.

Radiological Environmental Impact Assessment Regarding the Discharge of ALPS Treated Water into the Sea (Construction stage*)

TEPCO

November 14, 2022

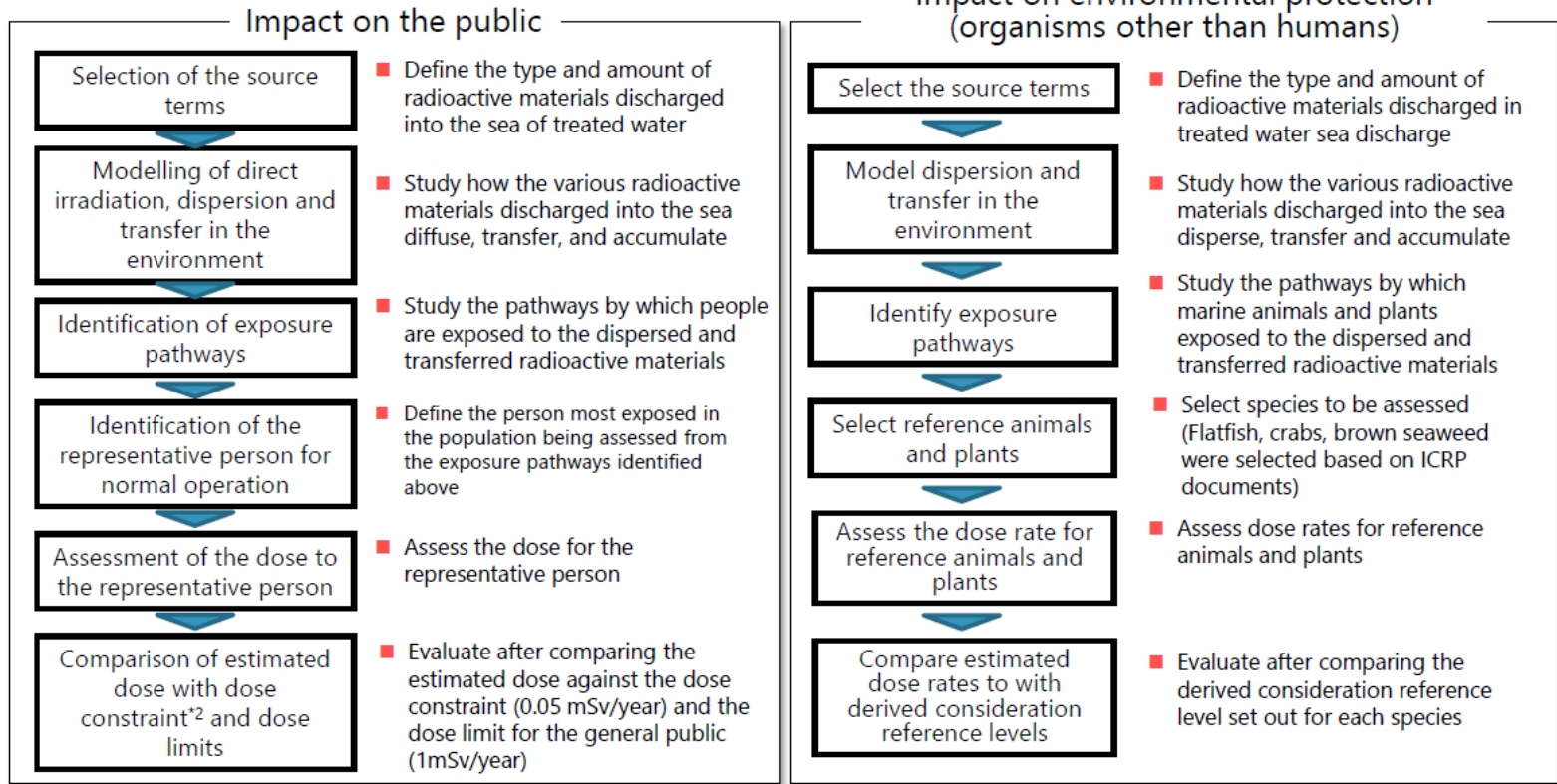
* The assessment in this report will be revised as appropriate based on progress in discussions around design and operation of plans regarding discharged into the sea, opinions from relevant parties, reviews by IAEA experts, and cross check assessments by third parties.

Overview of the Report

- After the Revised Radiological Impact Assessment Regarding the Discharge of ALPS Treated Water into the Sea (Design stage) was published in April 2022, the assessment results were reviewed based on our consideration and progress in construction, as well as the results of the IAEA review and discussions with the Nuclear Regulation Authority (NRA).
- In this assessment, the source terms were revised based on the selection of nuclides to be measured and assessed toward the discharge of the ALPS treated water into the sea.
- With regard to the radiological environmental impact assessment, the conclusion remains that assessment doses are significantly less than the dose limits for the general public, dose constraint, and the values specified by international organizations for each species.
 - Dose assessment value for the humans has dropped by 1/5th to 1/40th compared to the values at the design stage
 - Dose assessment value for the environment has dropped by 1/20th to 1/60th compared to the values at the design stage

Procedures for the radiological environmental impact assessment

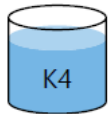
The radiological impact was assessed according to the following procedures based on the IAEA safety standards documents*1.



*1 IAEA GSG-9 "Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment"
IAEA GSG-10 "Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities"
*2 Dose constraint: A value lower than the dose limit, stipulated by the person responsible for radiation work or the radiation facility to optimize safety in physical protection. In regards to Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, the NRA issued the opinion on February 16, 2022 that the station dose target (0.05 mSv/year) was equivalent to the dose constraint in the IAEA Safety Standards

Selection of source terms (type and amount of radioactive material to be discharged)

- From the standpoint of more realistic assumptions, this assessment assumes that the ALPS treated water from the three tank groups for which we have almost all the measured values of nuclides to be measured and assessed will be diluted with seawater, then discharged continuously during the discharge period.
- In response to findings pointed by the NRA and the IAEA, 31 nuclides were selected for the source terms based on the results of re-selection of the nuclides to be measured and assessed toward the discharge of the treated water into the sea.
- Data from other tanks were used in assessment for nuclides that have not been measured for each tank group.
- Radioactive materials that have not been detected before are assumed to be included at their detection limit.



i. K4 tank group

Tritium concentration: approx. 190,000 Bq/L
Sum of ratios of the activity concentration of 30 nuclides other than tritium to the regulatory concentration* : 0.28



ii. J1-C tank group

Tritium concentration: approx. 820,000 Bq/L
Sum of ratios of the activity concentration of 30 nuclides other than tritium to the regulatory concentration* : 0.23



iii. J1-G tank group

Tritium concentration: approx. 270,000 Bq/L
Sum of ratios of the activity concentration of 30 nuclides other than tritium to the regulatory concentration* : 0.12

All scenarios assume that

- The amount of tritium in discharged treated water is less than 22 TBq per year
- The tritium concentration of the treated water after dilution is less than 1,500 Bq/L

* The sum of the ratios : When multiple types of radionuclides are contained in discharge water, the ratios of the concentration of each radionuclide to the regulatory concentration limit of each are calculated and then summed. The law stipulates that at Fukushima Daiichi, the sum of the ratios of radionuclides must be less than 1 at the outlet. In discharging ALPS treated water into the sea as planned this time, the water will be treated with ALPS and other equipment for the sum of the ratios of radionuclides other than tritium to be less than one and then diluted by 100 times or more with seawater before discharge until the tritium concentration is 1/40th (1,500 Bq/L) of the regulatory concentration limit of tritium (less than 60,000Bq/L). As a result, the concentrations of radionuclides other than tritium will be far below the regulatory concentration limit of each.

[Reference] Comparison with nuclides to be removed with ALPS (62 nuclides) and carbon-14



- The nuclides that have been changed in this method are as follows.
- In previous measurements, (a) there is no discrepancy that would suggest the presence of Selenium-79 in total beta analysis of ALPS treated water, (b) Uranium-234, Uranium-238, and Neptunium-237 have not been detected by total alpha analysis in ALPS treated water, and (c) in this additional analysis, these nuclides were not detected. From the foregoing, these nuclides are not considered to be present in significant concentrations in ALPS treated water, though they will be measured and assessed voluntarily just in case.
- Among the nuclides subject to be removed by ALPS, **there is no possibility that the 37 nuclides that were not selected are present in the contaminated water. However, we will voluntarily measure them and confirm that their concentrations are below the detection limit prior to the discharge.**

Nuclides to be measured and assessed : 30 Nuclides (=26+4)

※ In addition to the nuclides in the table below, tritium will be also measured.

C-14 Carbon	Tc-99 Technetium	Cs-137 Cesium	U-238 Uranium	Cm-243 Curium
Mn-54 Manganese	Ru-106 Ruthenium	Ce-144 Cerium	Np-237 Neptunium	Cm-244 Curium
Co-60 Cobalt	Cd-113m Cadmium	Pm-147 Promethium	Pu-238 Plutonium	
Ni-63 Nickel	Sb-125 Antimony	Sm-151 Samarium	Pu-239 Plutonium	
Se-79 Selenium	Te-125m Tellurium	Eu-154 Europium	Pu-240 Plutonium	
Sr-90 Strontium	I-129 Iodine	Eu-155 Europium	Pu-241 Plutonium	
Y-90 Yttrium	Cs-134 Cesium	U-234 Uranium	Am-241 Americium	

■ : Nuclides added to be on the conservative side based on the selection flow (4 nuclides)

Nuclides excluded from those to be measured and assessed among the nuclides to be removed with ALPS : 37 nuclides (=13+10+14)

Fe-59 Iron	Te-129m Tellurium	Co-58 Cobalt	Te-123m Tellurium	Zn-65 Zinc	Rh-106 Rubidium
Rb-86 Rubidium	Cs-136 Cesium	Y-91 Yttrium	Te-127 Tellurium	Ag-110m Silver	Cs-135 Cesium
Sr-89 Strontium	Ba-140 Barium	Nb-95 Niobium	Te-127m Tellurium	Sn-119m Tin	Ba-137m Barium
Ru-103 Ruthenium	Ce-141 Cerium	Sn-123 Tin	Gd-153 Gadolinium	Sn-126 Tin	Pm-146 Promethium
Rh-103m Ruthenium	Pm-148 Promethium	Sb-124 Antimony	Tb-160 Terbium	Pr-144 Praseodymium	Eu-152 Europium
Cd-115m Cadmium	Pm-148m Promethium			Pr-144m Praseodymium	Am-242m Americium
Te-129 Tellurium				Cm-242 Curium	Am-243 Americium

■ : Nuclides whose inventory volume decreased and excluded from selection in step 1 (13 nuclides)

■ : Nuclides whose inventory volume decreased and excluded from selection in step 3 (10 nuclides)

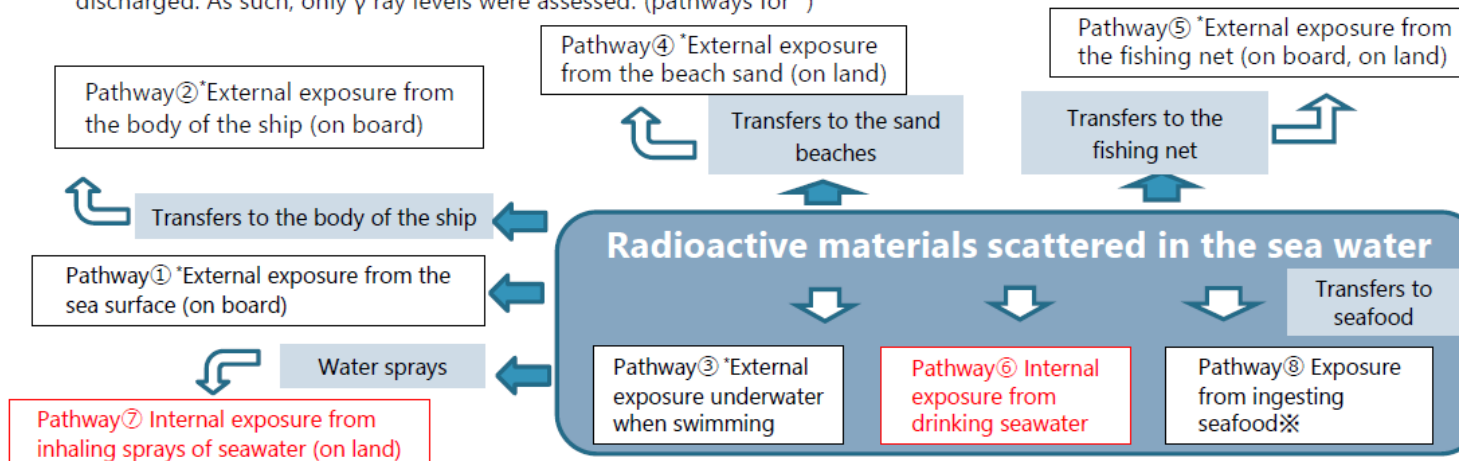
■ : Nuclides excluded from selection in step 4 as a result of reviewing the state of transition to contaminated water from nuclear reactors, etc. according to the actual situation. (14 nuclides)

All nuclides
Half-life less
than 1 year

Identifying the exposure pathways (assessment model)

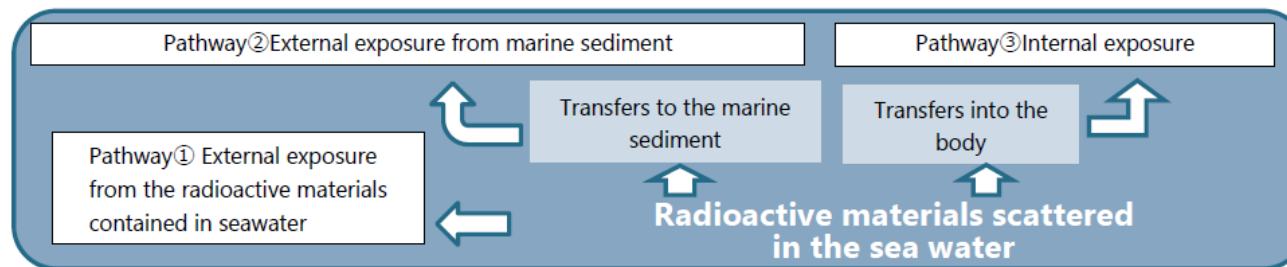
(1) Transfer and exposure pathways (human exposure)

- Pathways were set based on IAEA Safety Standards and domestic examples (See Attachment VI "Transfer and exposure pathways not subject to assessment" for how the pathways were selected)
 - ※ The impact of external exposure is expected to be minimal as the concentration of radioactive materials will be diluted and then discharged. As such, only γ ray levels were assessed. (pathways for *)



※Exposure was assessed assuming that 10% of the tritium ingested via seafood is organically bound tritium (OBT).

(2) Transfer and exposure pathways (plants and animals)



Dose assessment for representative individuals

External exposure (Pathway ①～⑤)

- Exposure due to radiation from the sea when moving by boat or working at sea (Pathway ① and ③)

Amount of exposure = Effective dose equivalent coefficient × Concentration of radioactive materials in the seawater

- Exposure due to radiation from the radioactive materials that have moved to the body of the ship or sand beaches from seawater (pathways②, ④ and ⑤)

Amount of exposure = Effective dose equivalent coefficient × Transfer coefficient × Concentration of radioactive materials in the seawater

- The effective dose equivalent coefficient that indicates the amount of radiation a person is exposed to from a 1 Bq/L concentration of radioactive material specified in the Handbook on Environmental Impact Assessment for Decommissioning Work^{*1} was used here
- The transfer coefficient that describes how much radioactive material transfers from the 1Bq/L concentration of radioactive material in the seawater to the body of the ship or sand beaches was mostly taken from the designated application for reprocessing businesses (Japan Nuclear Fuel Limited,1989)^{*2}. The sand beach transfer coefficient specified in the old Nuclear Safety Commission guidelines^{*3} was used here.

*1 "Survey on Environmental Impact Assessment Technology for Decommissioning of Commercial Reactors - Survey on Environmental Impact Assessment Parameters (FY2006 Survey Commissioned by Ministry of Economy, Trade and Industry) Appendix: Handbook on Environmental Impact Assessment for Decommissioning Work, Central Research Institute of Electric Power Industry

*2 "Application for designation of the Rokkasho Reprocessing Plant as a reprocessing business", Japan Nuclear Fuel Limited

*3 "Dose assessment for the general public in the safety assessment of light water reactor facilities for power generation" , Nuclear Safety Commission

Dose assessment for representative individuals

Internal exposure (Pathway⑥⑦⑧)

Amount of exposure = Effective dose coefficient × ingestion rate

- The rate at which a person ingests water when they accidentally drink seawater while swimming was set at 0.2 L/hour (Pathway⑥)
- The rate at which water sprays due to waves are inhaled at the beach was calculated using the formula below (Pathway ⑦)

*Ingestion rate = Concentration of radioactive materials in the seawater × breathing rate ×
concentration of water sprays in the air ÷ seawater density*

- The coefficient set out in the guidelines of the former Nuclear Safety Commission (NSC) is used for the breathing rate
- The coefficient set out in TECDOC-1759² is used for the concentration of water sprays in the air
- Ingestion rate regarding ingestion of seafood (Pathway⑧)

*Ingestion rate = Concentration of radioactive materials in seawater × concentration coefficient ×
amount of seafood ingested annually*

- The effective dose coefficient set out in IAEA GSR Part 3³ is used in calculations
- The concentration coefficient set out for fish, invertebrates (excluding squid and octopi), and seaweed in IAEA TRS No.422⁴ is used in calculations
- Dilution at the seafood market and attenuation of various radioactive materials from collection to ingestion is not considered
- Seafood is classified into the categories of fish, invertebrates (including shrimp, crab, squid and octopi), and seafood in calculating the ingestion rate of seafood

*1 Nuclear Safety Commission, "Dose Assessment for the General Public in Commercial Light-water Reactor Facilities Safety Review"

*2 IAEA-TECDOC-1759, "Determining the Suitability of Materials for Disposal at Sea under the London Convention 1972 and London Protocol 1996: A Radiological Assessment Procedure"

*3 IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, "Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards"

*4 IAEA Technical Report Series No.422, "Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment"

Dose assessment for representative individuals

Assessment standard (sum of external and internal exposure)

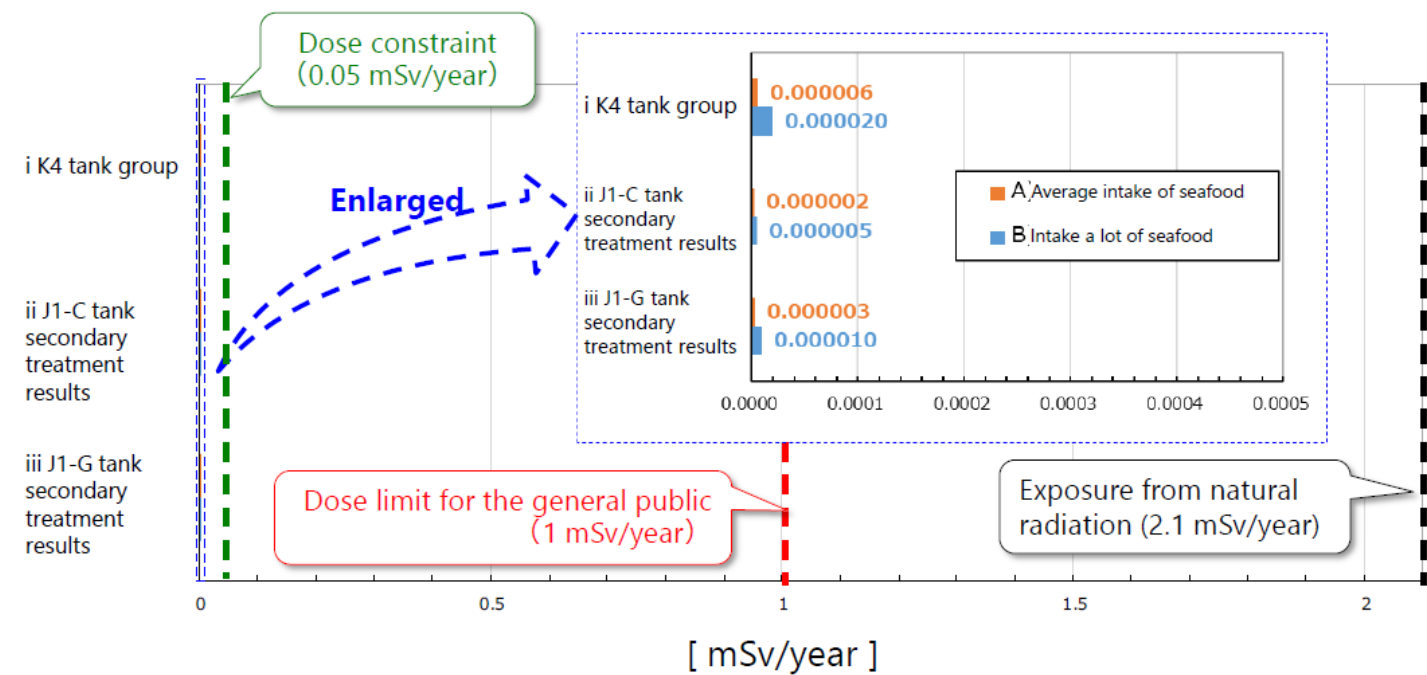
- The result was compared with 1mSv/year, the dose limit for the general public
- February 2022, the NRA issued opinions regarding its approach to and criteria for confirming the results of radiological impact assessments. In it they stated that the value of 0.05 mSv per year (50 μ Sv per year) can be considered equivalent to the dose constraint in the IAEA Safety Standards. In light of this, the value of 0.05 mSv per year as the dose constraint will be used in this assessment

Expanding on descriptions: Assessment of the transfer and accumulation of nuclides other than tritium (Chapter 4)

- Evaluated with the upper limit of the amount of tritium discharged annually (22 trillion Bq).
- It was confirmed in dispersion simulation over a 7-year period that fluctuations in advection and dispersion at sea across the years are small.
- Transfer and concentration of radioactive materials that in reality would take time are assumed to immediately reach their equilibrium.
 - This assessment, despite it being a one-year exposure assessment, assumes that the radioactive materials have already accumulated in the environment from discharge over a long period of time. Therefore, it is unlikely that actual dose exposure will exceed the results of this assessment at any point during the discharge period.

Human exposure assessment results (construction stage)

- 1/500,000 to 1/50,000 of the dose limit for the general public (1 mSv/year) and 1/25,000 to 1/2,500 of the dose target for Japanese nuclear power plants which is equivalent to the dose constraint (0.05 mSv/year)



(Note) This figure shows results for adults only. These are figures for adults only. This assessment assumed that nuclides that had never been detected before existed at the lower limit of detection. These are present results and may be updated according to future discussions and internal and external reviews.

Review of assessment for potential exposure

- The assessment on potential exposure has also been further declined due to the revision of the source term.
- The assessment results remain small compared to the 5 mSv which is standard at the time of the accident.

Evaluation Procedure	Design stage report	This Report
Scenario selection	Case 1 : Pipe rupture causes spillage of 500m ³ per day for 20 days Case 2 : Tank damage causes spillage of 30,000m ³ in one day	Case 1 : Pipe rupture causes spillage of 500m ³ per day for 20 days Case 2 : Tank damage causes spillage of 30,000m ³ in one day
Source term	Source term based on actual measurements	Source term based on actual measurements
Migration, exposure pathways	Same as normal exposure	Same as normal exposure
Representative Person	Exposure at sandy beach assessment point during normal life, internal exposure also considered	Exposure at sandy beach assessment point during normal life, internal exposure also considered
Assessment Results	Case 1 7E-04 to 6E-03mSv Case 2 4E-02 to 3E-01mSv	Case 1 2E-04 mSv Case 2 7E-03 to 1E-02mSv