

# 關於修改多核種去除設備等處理水（ALPS處理水）的 海洋排放相關的輻射影響評估結果（設計階段\*）

**TEPCO**

---

2022年4月28日

\* 本報告書的評估係透過海洋排放相關的計劃之設計・運用相關的討論進度、來自各界的意見、IAEA的專家進行的評估、根據第三者評估的交叉核對等・擴充見解・適當地重新檢視。

# 修改的概要

- 2021年11月公布「ALPS處理水的海洋排放相關的輻射影響評估結果（設計階段）」後，基於本公司的討論進度、透過募集意見，收到來自日本國內外的意見、IAEA的職員及國際專家進行的評估、和原子力規制委員會的討論等，重新檢視、修改部分評估如下
- 輻射影響評估的結論為大幅低於一般公眾的劑量限度和劑量約束值\*、國際機關所提倡的按照各生物種所制定的值，這在修改前後並沒有改變

章節	主要變更點
執行摘要	新增摘要
評估的概要	反映第1~10章的變更內容
1.背景	新增ALPS處理水等產生的背景資訊
2.討論ALPS處理水的處理	新增ALPS處理水的處理相關的討論過程
3.實施評估的目的	無變更
4.評估的想法	請參閱下一頁「評估相關的主要變更點」
5.ALPS處理水等的水質和排放方法	反映討論進度（實施計劃・審查會等）
6.人（公眾）的防護相關的評估	請參閱下一頁「評估相關的主要變更點」
7.環境防護相關的評估	定位從參考資料變更為正文
8.評估相關的不確實性相關的考察	請參閱下一頁「評估相關的主要變更點」
9.伴隨ALPS處理水的海洋排放而實施的監控	新增討論進度（審查會・綜合監控計劃等）
10.總結	反映評估相關的變更內容

## 評估相關的主要變更點

- 這次的修改由於新加輻射暴露途徑等，對人的劑量評估值微增，但是相較於劑量約束值，影響極為輕微，此結論在修改前後不變
- 2022年2月，參考原子力規制委員會確認輻射影響評估時的想法和評估，接受日本國內的核能發電廠的劑量目標值（一年0.05毫西弗）相當於IAEA安全標準中的劑量約束值之見解，將此值（一年0.05毫西弗）作為本評估中的劑量約束值使用
- 在攝取海產品造成的體內暴露的評估方面，假設攝取的氚的10%為有機結合型氚（OBT）
- 針對本報告書的評估中，放射性物質的累積相關的假設（平衡狀態），充實記載內容
- 在人的防護相關的評估方面，針對源項（排放的放射性物質的種類和量）、暴露途徑和用於評估的部分海水中放射性物質濃度，重新檢視評估
- 載明經過擴散模擬，發現計算區域邊境的濃度遠低於海水中氚濃度
- 透過潛在暴露相關的評估，從配管洩漏、從儲存槽洩漏這2種情境，重新檢視，確認低於事故時的標準（5毫西弗）
- 針對本報告書評估結果的不確實性進行考察，評估結果為源項中的核種組成，以及魚貝類的濃縮係數等變化係數的不確實性高

## 關於本評估

- 基於政府的「基本方針」，遵照本公司討論的設備設計及運用，針對排放的情況下，輻射對人及環境的影響，遵從國際認知的方法（國際原子能總署（IAEA）安全標準文件、國際放射防護委員會（ICRP）建議），制定了評估的方法。
- 遵從該方法評估之後，發現大幅低於劑量限度、劑量目標值，以及國際機關所提倡，按照各生物種所制定的值，對人及環境的影響極為輕微。
- 今後為了取得原子力規制委員會的實施計劃許可，亦在進行必要手續的同時，透過IAEA的專家等的評估、來自各界的意見和評估等，重新檢視評估。
- 此外，為了消除日本國內外人們的擔憂並增進各界對此議題的理解，持續高度透明地發送輻射對人及環境的影響相關的科學資訊。

東京電力將確實遵守依據國際標準（IAEA核能安全標準文件與ICRP建議）所制定的日本國內管制標準及各項法令，確保向外排放的水中所含的氚與其他放射性物質濃度符合規定，以保障一般民眾與環境的安全。

- 1 · 評估時作為假設前提的排放方式
- 2 · 評估的方法
- 3 · 評估的結果
- 4 · 其他變更點
- 5 · 參考

## 評估時作為假設前提的排放方式

- 排放的ALPS處理水係淨化至氚以外的62核種及碳14的告示濃度比總和\* 未達 1
- 排放前，測量・評估所有64核種（包含第三者機關進行的測量・評估），確認如同上述淨化
- 氚的年排放量未達事故前的福島第一核能發電廠的排放管理目標值22兆貝克
- 排放時，透過海水稀釋成100倍以上，使排出口的氚濃度未達1,500貝克/公升 (Bq/L)。氚以外的62核種及碳14的告示濃度比總和藉此亦稀釋成未達100分之1
- 為盡量避免稀釋後的ALPS處理水在排入海中後經海水循環而再次被抽取用於稀釋，從距離核電廠約1km的海底進行排放
- 若ALPS處理水的稀釋率或水質發生異常，迅速關閉緊急截水閥的同時，停止ALPS處理水的輸送幫浦，停止排放

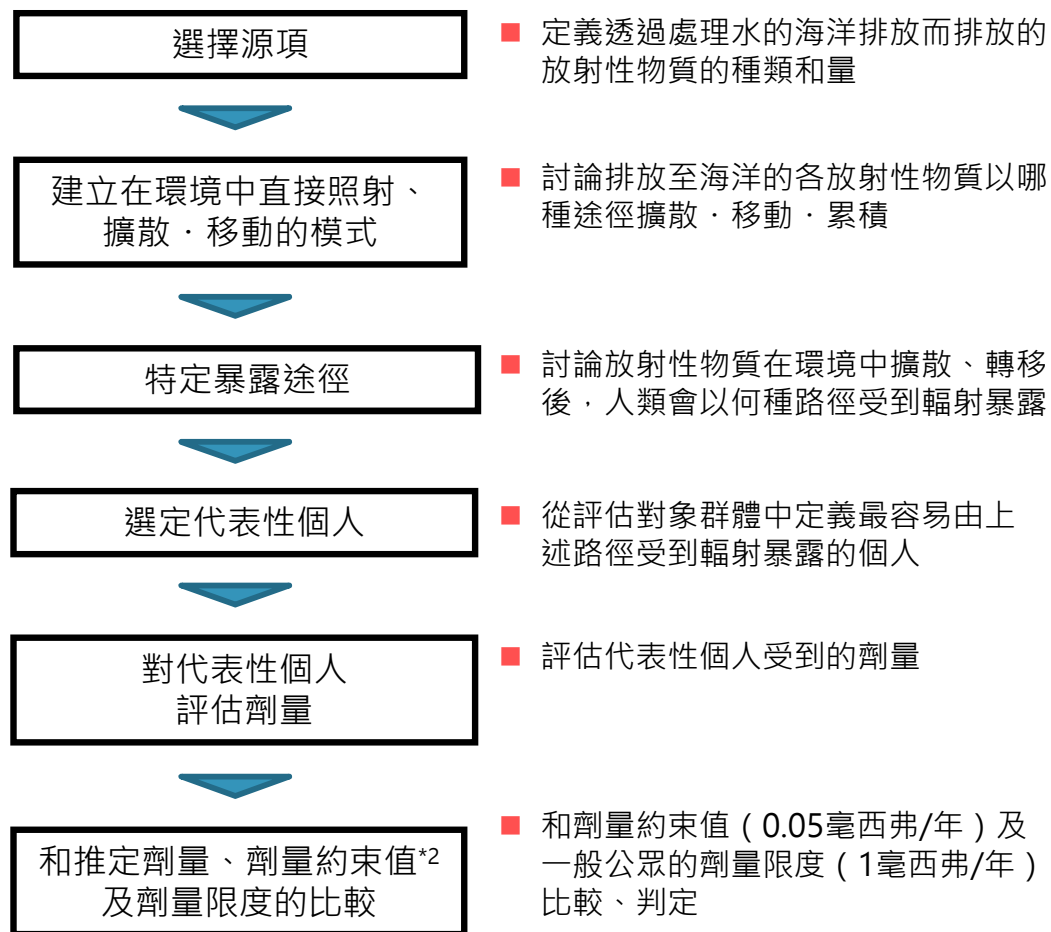
\* 告示濃度比總和：當排水中含有多種放射性物質，分別求出每種核種佔法定公告濃度上限的比率並加總，即為告示濃度比總和。法令規定福島第一核能發電廠的告示濃度比總和在排水口不得超過1。進行這次計劃的海洋排放時，氚以外的放射性物質為了在稀釋排放前的階段，告示濃度比總和未達1，透過ALPS等進行處理，氚濃度以100倍以上的海水，稀釋至告示濃度（未達60,000貝克/公升）的40分之1的水準（1,500貝克/公升）。氚以外的放射性物質濃度藉此遠低於告示濃度。

- 1 · 評估時作為假設前提的排放方式
- 2 · 評估的方法
- 3 · 評估的結果
- 4 · 其他變更點
- 5 · 參考

# 輻射影響評估的步驟

遵從國際原子能總署 ( IAEA ) 的安全標準文件\*1，以下列步驟評估

## 對人的評估



## 環境防護 ( 人以外的生物 ) 相關的評估



\*1 IAEA GSG-9 "Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment"

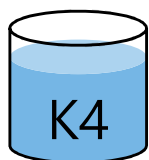
IAEA GSG-10 "Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities"

\*2 劑量約束值：到達劑量限度前，對某輻射作業或設施負責者為了防護安全最佳化而制定的數值。福島第一核能發電廠於2022年2月16日，從原子力規制委員會獲得見解，核能發電廠的劑量目標值 ( 一年0.05毫西弗 ) 相當於IAEA安全標準中的劑量約束值。



## 選擇源項 ( 排放的放射性物質的種類和量 )

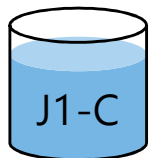
- 基於更加實際假設的觀點，從實際存放的ALPS處理水中選定64種核種皆有實測值的3個儲存槽群，假設每個儲存槽群中的水經海水稀釋後會在整個排放期間內持續排出，並進行評估。
- 亦假設至今從未檢出過的放射性物質在水中的含量為檢出下限值，進行評估。
- 2021年11月，以本報告中設定的「以假想的ALPS處理水作為源項」進行評估的結果，其為假設為僅包含對暴露的影響相對大的核種之過高評估，因此沒有和其他評估結果並列記載，記載為參考C「關於運用管理值和假想ALPS處理水的暴露評估結果」



### i. K4儲存槽群

氬濃度：約19萬貝克/公升

氬以外的放射性物質的告示濃度比總和\*：0.29



### ii. J1-C儲存槽群

氬濃度：約82萬貝克/公升

氬以外的放射性物質的告示濃度比總和\*：0.35



### iii. J1-G儲存槽群

氬濃度：約27萬貝克/公升

氬以外的放射性物質的告示濃度比總和\*：0.22

無論哪個案例，

- 一年的氬排放量皆在22兆貝克的範圍內，進行排放
- 以稀釋成稀釋後的氬濃度未達1,500貝克/公升

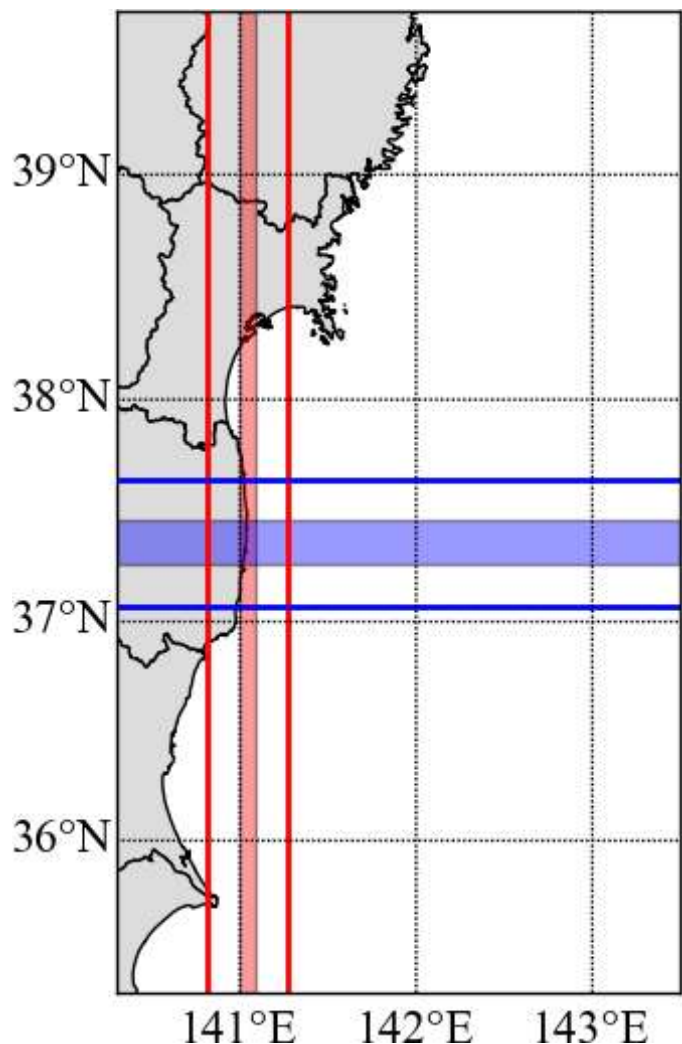
為前提

\*告示濃度比總和：當排水中含有多種放射性物質，分別求出每種核種佔法定公告濃度上限的比率並加總，即為告示濃度比總和。法令規定福島第一核能發電廠的告示濃度比總和在排水口不得超過1。進行這次計劃的海洋排放時，氬以外的放射性物質為了在稀釋排放前的階段，告示濃度比總和未達1，透過ALPS等進行處理，氬濃度以100倍以上的海水，稀釋至告示濃度（未達60,000貝克/公升）的40分之1的水準（1,500貝克/公升）。氬以外的放射性物質濃度藉此遠低於告示濃度。

## 在環境中擴散・移動（計算海域中的擴散）

模擬時使用的模式經用於福島第一核電廠事故發生後海水中放射性銫濃度的重現計算後，已驗證其具有足夠再現性。

此外，亦將核電廠鄰近海域的網格解析度提高，以便進行更詳細的模擬。



- 將區域海洋模式（Regional Ocean Modeling System: ROMS）套用於福島外海
- 海域的流動數據
  - 將內插了日本氣象廳短期氣象預測數據的數據<sup>[1]</sup>用於計算海水表面的驅動力
  - 將海洋二次分析數據（JCOPE2<sup>[2]</sup>）用於外海的邊界條件及數據同化\*
- 模式範圍：將北緯35.30～39.71度、東經140.30～143.50度（490km×270km）、發電廠周邊南北約22.5km×東西約8.4km的海域・階段地高解析度化
  - 解析度（整體）：南北約925m x 東西約735m（約1km）、鉛直方向30層
  - 解析度（附近）：南北約185m x 東西約147m（約200m）、鉛直方向30層（左圖的紅色和藍色剖面線交叉的海域）
- 氣象・海象數據
  - 模擬時使用2014年及2019年兩年的數據

\*數據同化：將實測數據納入數值模擬的方法。亦稱為緩和法（Nudging）。

[1] 橋本 篤, 平口 博丸, 豐田 康嗣, 中屋 耕, “預測日本因暖化的氣候變化（其1）—氣象預測・解析系統NuWFAS適用於長期氣候預測—,” 電力中央研究所報告, 2010.

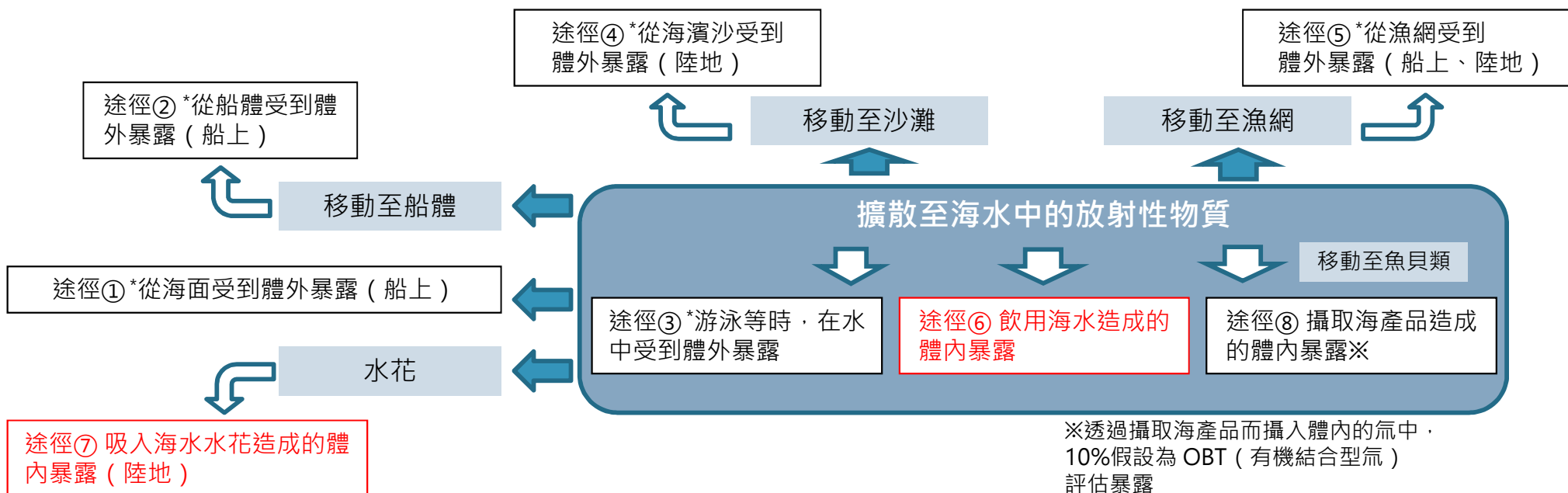
[2] Y.Miyazawa, R.Zhang, X.Guo, H.Tamura, D.Ambe, J.-S.Lee, A.Okuno, H.Yoshinari, T.Setou, and K.Komatsu,, “Water mass variability in the western North Pacific detected in a 15-year eddy resolving ocean reanalysis,” 2009.

# 特定暴露途徑（評估模式）

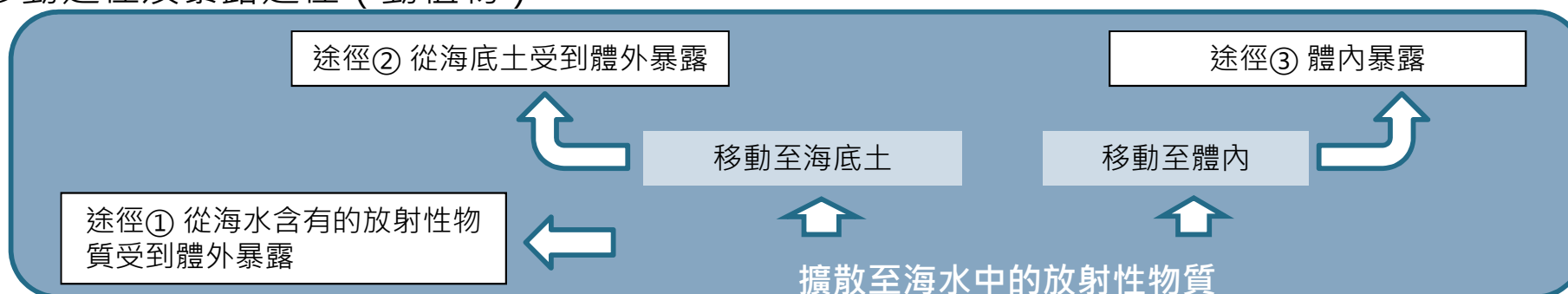
## （1）移動途徑及暴露途徑（人的暴露）

- 參考IAEA安全標準文件和日本國內的案例等設定（選定的過程等，刊載於附加VI「關於非評估對象的移動途徑、暴露途徑」）

※評估體外暴露時，由於放射性物質會經稀釋後再行排放，預計影響將會極小，因此僅將伽瑪射線列為評估對象（標註\*的途徑）



## （2）移動途徑及暴露途徑（動植物）



# 在環境中擴散・移動（計算出評估用放射性物質濃度）

- 使用整年的實際氣象海象數據，計算氙在持續且均等排放一整年後，海域內的氙濃度
- 在發電廠周邊 10km×10km 的區域，計算出氙的年平均濃度
- 將游泳等時，從水中受到的體外暴露、從海濱沙受到的體外暴露、飲用海水造成的體內暴露，以及吸入海水水花造成的體內暴露，視為留在沙灘時的暴露，重新檢視評估地點
- 關於其他暴露途徑，在發電廠周邊 10km×10km 的區域，實施評估
  - 分別計算上層（從海面、船體受到體外暴露）、全層（從漁網受到體外暴露、攝取海產品造成的體內暴露）、下層（動植物的暴露）
  - 得出氙濃度後，再依據排放量的比例計算出其他63核種的濃度
- 此外，為了評估作為評估對象的海域範圍造成的結果不確實性，亦針對5km×5km的範圍及20km×10km的範圍，實施暴露評估（刊載於附檔XII「關於用於暴露評估的海水濃度評估範圍造成的影響」）



## 用於劑量評估的 海水濃度評估地點

資料來源：東京電力控股株式會社依據地理院地圖（電子國土網站）製作  
<https://maps.gsi.go.jp/#13/37.422730/141.044970/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>

※此外，關於氙以外的核種，亦評估為在溶於海水的狀態下擴散・移動。

# 設定代表性個人及參考動植物

## (1) 代表性個人 (人的暴露)

- 生活習慣 (體外暴露) 依「發電用輕水型核反應爐設施安全審查中的一般公眾劑量評估」設定
  - 一年從事漁業活動120天 (2,880小時) , 其中80天 (1,920小時) 在漁網附近進行作業
  - 一年留在海岸500小時, 游泳96小時
- 海產品年攝取量 (體內暴露) 基於最新的食品攝取數據, 評估平均攝取量和大量攝取魚貝類者的攝取量 (平均+2 $\sigma$ \*) 這2種

表6-1-13 平均攝取海產品的個人攝取量(g/天)  
(依據厚生勞動省・2019年國民健康・營養調查[6]設定)

	魚類	無脊椎動物	海藻類
成人	58	10	11
幼兒	29	5.1	5.3
嬰兒	12	2.0	2.1

表6-1-14 大量攝取海產品的個人的攝取量(g/天)  
(依據厚生勞動省・2019年國民健康・營養調查[6]設定)

	魚類	無脊椎動物	海藻類
成人	190	62	52
幼兒	97	31	26
嬰兒	39	12	10

## (2) 參考動植物 (環境防護)

從在ICRP Pub.136\*\*揭示的海洋環境中的參考動植物, 選定參考扁平魚、參考螃蟹、參考褐藻

- 扁平魚：比目魚・鰈魚廣泛棲息於周邊海域, 為重要檢驗作業對象魚
- 螃蟹：細點圓趾蟹和三疣梭子蟹等廣泛棲息於周邊海域
- 褐藻類：微勞馬尾藻和荒布廣泛分布於周邊海域

\* $\sigma$  : 標準差

\*\* ICRP Pub.136 "Dose Coefficients for Non-human Biota Environmentally Exposed to Radiation"

# 對代表性個人的劑量評估

## 體外暴露（途徑①②③④⑤）

- 乘坐船舶移動和水中作業時，從海水的輻射造成的暴露（途徑①③）

暴露量 = 實效劑量換算係數 × 海水中的放射性物質濃度

- 因海水轉移至船體或沙灘的放射性物質而受到輻射暴露（途徑②④⑤）

暴露量 = 實效劑量換算係數 × 移動係數 × 海水中的放射性物質濃度

- 顯示人從各放射性物質1貝克/公升受到的輻射量之實效劑量換算係數，使用廢止措施工程環境影響手冊\*1規定的係數
- 顯示從海水中含有的各放射性物質1貝克/公升，多少放射性物質移動至船體和沙灘等的移動係數，主要使用六所再處理工廠的許認可文件\*2規定的係數。僅沙灘移動係數使用舊原子能安全委員會指南類\*3規定的係數

\*1 「發電用核反應爐廢止措施工程環境影響評估技術調查 — 環境影響評估參數調查研究（2006年度經濟產業省委託調查）附加資料廢止措施工程環境影響評估手冊」，（財）電力中央研究所

\*2 「六所事業所再處理事業指定申請書」，日本原燃服務株式會社

\*3 「發電用輕水型核反應爐設施安全審查中的一般公眾劑量評估」，原子能安全委員會

# 對代表性個人的劑量評估

## 體內暴露（途徑⑥⑦⑧）

暴露量 = 實效劑量係數 × 攝取率

- 游泳時等，不小心喝下海水的情況下，攝取率設定為0.2公升/小時（途徑⑥）
- 在海濱吸入海浪激起的水花的情況下的攝取率（途徑⑦）

攝取率 = 海水中的放射性物質濃度 × 呼吸率 × 水花的空氣中濃度 ÷ 海水密度

- 呼吸率使用舊原子能安全委員會指南類\*1規定的係數
- 水花的空氣中濃度使用TECDOC-1759\*2規定的係數

- 攝取海產品相關的攝取率（途徑⑧）

攝取率 = 海水中的放射性物質濃度 × 濃縮係數 × 海產品年攝取量

- 實效劑量係數使用IAEA GSR Part 3\*3規定的值
- 濃縮係數使用IAEA TRS No.422\*4規定的魚類、無脊椎動物（花枝、章魚除外）、海藻的值
- 不考量海產品在市場受到的稀釋，以及從捕撈到攝取期間各放射性物質的衰變
- 此外，海產品的攝取率按照魚類、無脊椎動物（包含蝦子、螃蟹、花枝、章魚）、海藻，分類計算出

\*1 「發電用輕水型核反應爐設施安全審查中的一般公眾劑量評估」，原子能安全委員會

\*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"

# 對代表性個人的劑量評估

## 評估標準（以體外暴露和體內暴露的合計評估）

- 和一般公眾的劑量限度 1 毫西弗/年比較
- 2022年2月，參考原子力規制委員會確認輻射影響評估時的想法和評估，接受0.05毫西弗/年（50微西弗/年）相當於IAEA安全標準中的劑量約束值之見解，將此值（0.05毫西弗/年）作為本評估的劑量約束值使用

### 充實記載內容：關於評估氬以外的核種的移動、累積（第4章）

- 氬的年排放量以上限值22兆Bq評估
- 透過模擬計算7年的擴散，確認每年在海洋中移動、擴散的變動小
- 原本要花時間進行的放射性物質移動、濃縮，評估為立刻達到平衡狀態
  - 本評估為1年的暴露評估，但是透過長期間排放，變成在放射性物質於環境中累積的狀態下評估，因此整個排放期間內的暴露應該不可能比此更高



# 對參考動植物的劑量率評估

## 動植物

- 針對動植物，評估棲息環境中的劑量率
- 使用ICRP揭示的參考動植物及劑量換算係數，以下列算式計算
- 計算體外暴露時亦一併考慮從海水及海底砂土所接收的輻射暴露

體內暴露量 = 體內劑量換算係數 × 海水中的放射性物質濃度 × 濃度比 ( 途徑③ )

體外暴露量 = 0.5 × 體外劑量換算係數 × 海水中的放射性物質濃度 ( 途徑① )

+ 0.5 × 體外劑量換算係數 × 海水中的放射性物質濃度 × 分配係數 ( 途徑② )

- 體內、體外的劑量換算係數使用ICRP Pub. 136<sup>\*1</sup> 及BiotaDC<sup>\*2</sup>規定的值
- 濃度比使用ICRP Pub. 114<sup>\*3</sup>、IAEA TRS-479<sup>\*4</sup>及TRS-422<sup>\*5</sup>的濃縮係數規定的值
- 分配係數使用IAEA TRS-422規定的值 ( 2.3.OCEAN MARGIN *K<sub>ds</sub>* )

## 評估標準

- 和ICRP在Pub.124<sup>\*6</sup>揭示的導出參考基準 ( DCRL ) <sup>\*7</sup>比較

\*1 ICRP Pub.136, "Dose Coefficients for Non-human Biota Environmentally Exposed to Radiation"

\*2 ICRP BiotaDC Program v.1.5.1 (<http://biotadc.icrp.org/>)

\*3 ICRP Pub.114, "Environmental Protection: Transfer Parameters for Reference Animals and Plants"

\*4 IAEA Technical Report Series No.479, "Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer to Wildlife"

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

\*6 ICRP Pub.124 "Protection of the Environment under Different Exposure Situations"

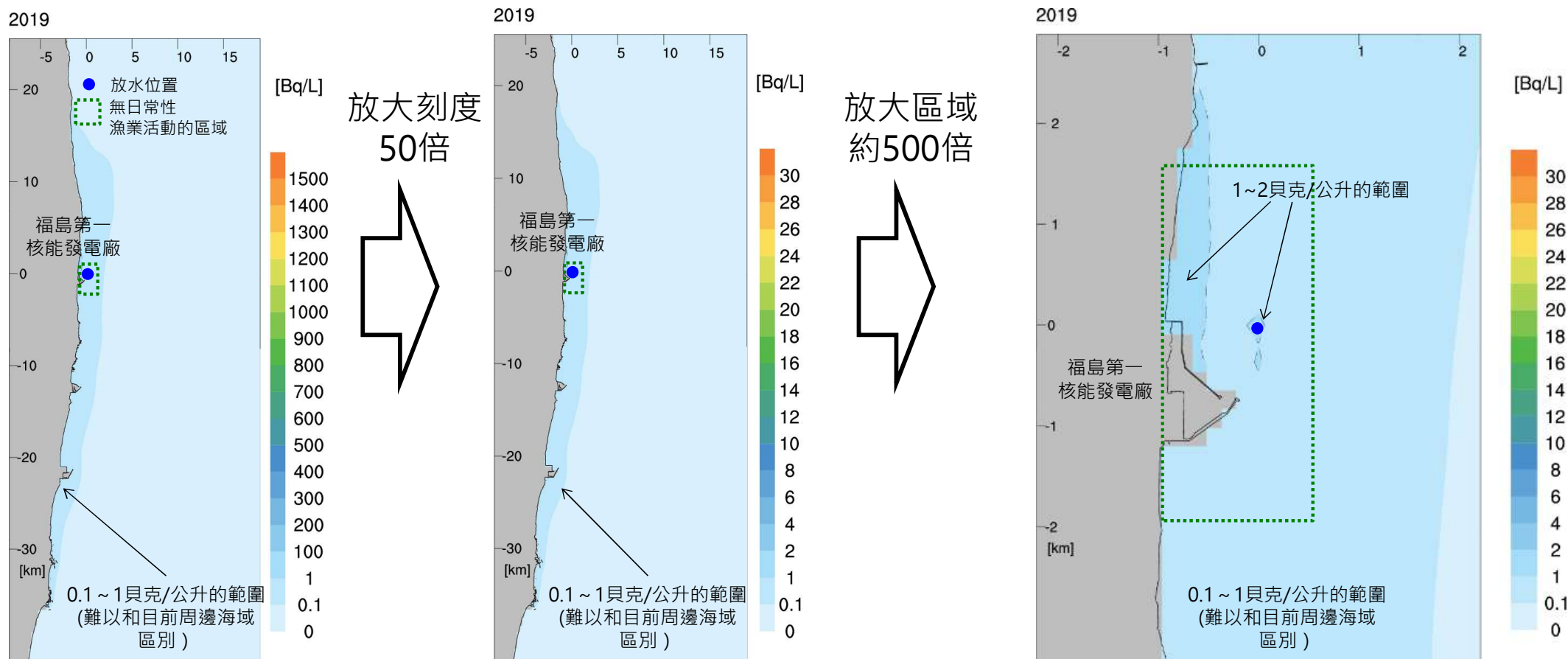
\*7 導出參考基準 ( Derived Consideration Reference Level, DCRL ) : ICRP所提倡，按照各生物種所制定的劑量率範圍，範圍內最小值和最大值相差10倍。超過它的情況下，必須考量到影響的劑量率基準。

- 1 · 評估時作為假設前提的排放方式
- 2 · 評估的方法
- 3 · 評估的結果
- 4 · 其他變更點
- 5 · 參考

# 海洋中的擴散模擬結果

使用2019年的氣象與海象數據進行評估後，其結果顯示氚濃度高於目前周邊海域海水中氚濃度 (0.1~1貝克/公升\*) 的範圍 (虛線內側的範圍)，僅止於發電廠周邊2~3km的範圍

※WHO飲用水指南10,000貝克/公升的10萬分之1~1萬分之1



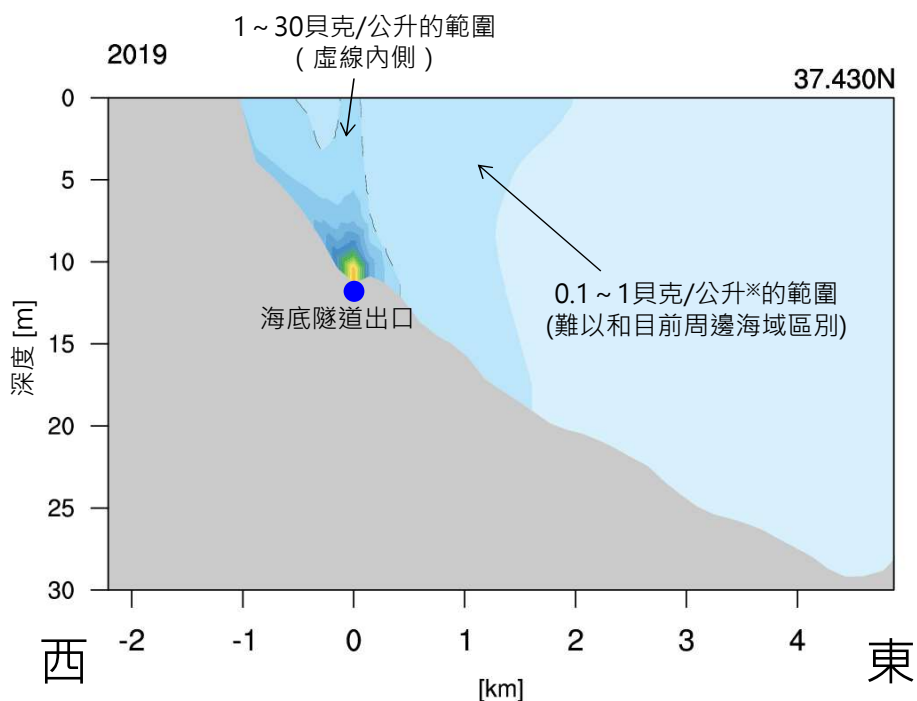
福島縣外海放大圖  
(以最大刻度30貝克/公升製圖)

發電廠周邊放大圖  
(以最大刻度30貝克/公升製圖)

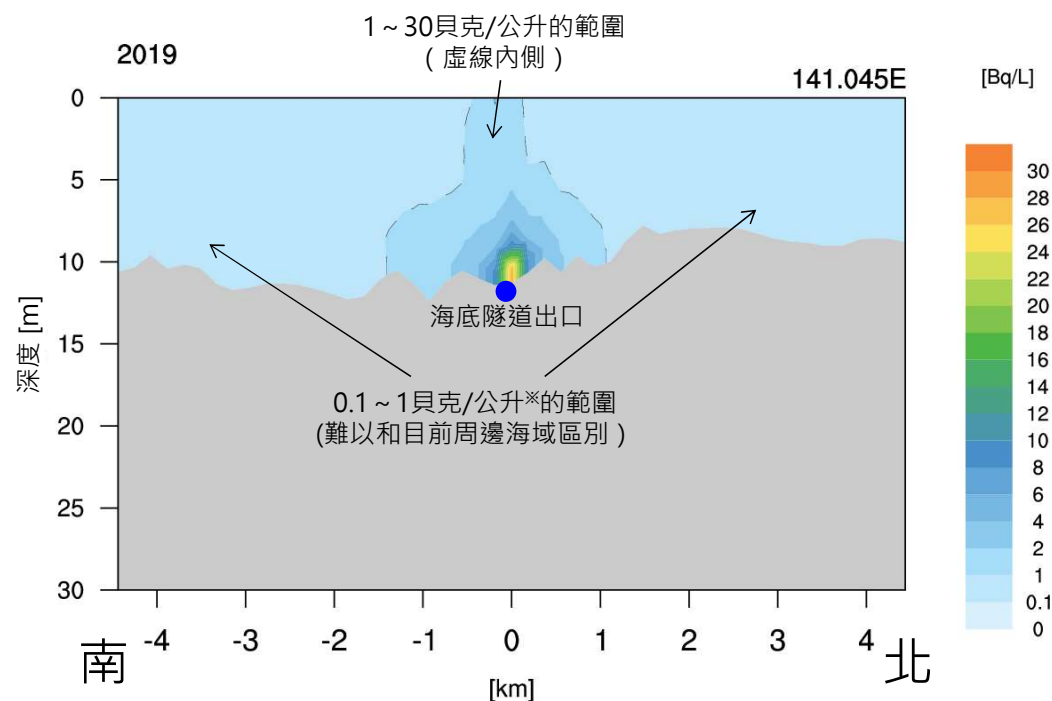
# 海洋中的擴散模擬結果 ( 隧道出口周邊 )

擴散前，濃度在隧道出口的周邊迅速降低

此外，大幅低於按照ICRP建議所制定日本國內管制標準 ( 6萬貝克/公升 ) 和WHO飲用水指南 ( 1萬貝克/公升 )



隧道出口東西剖面圖  
( 以最大刻度30貝克/公升製圖 )

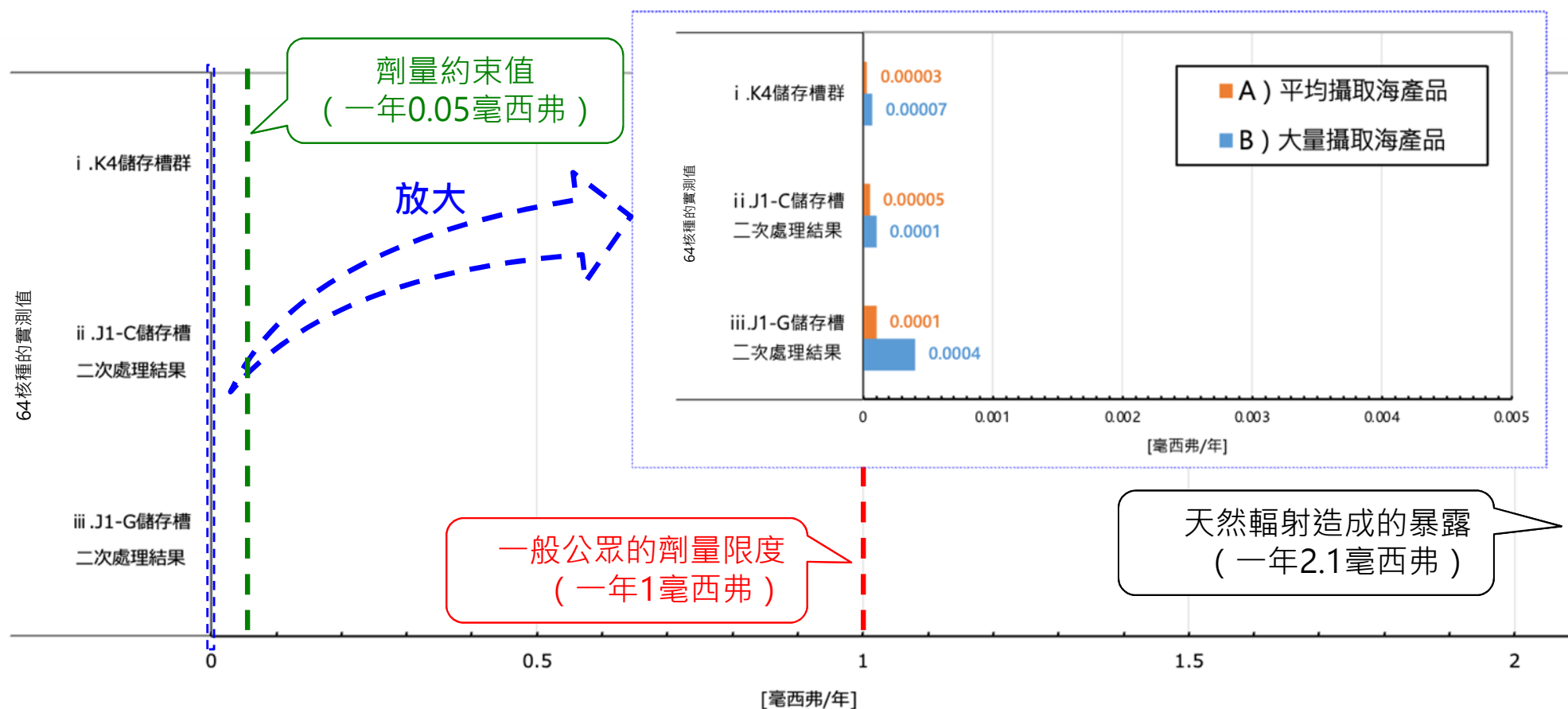


隧道出口南北剖面圖  
( 以最大刻度30貝克/公升製圖 )

※WHO飲用水指南10,000貝克/公升的10萬分之1 ~ 1萬分之1

# 對人的暴露評估結果 (設計階段，根據64核種的實測值進行評估)

- 根據64核種的實測值進行評估結果約為一般公眾的劑量限度 (一年1毫西弗) 的3萬分之1 ~ 3000分之1，以及相當於劑量約束值的日本國內核能發電廠劑量目標值 (一年0.05毫西弗) 的2000分之1 ~ 100分之1



(註) 此處僅顯示成人的評估結果作為代表。此評估是假設過去從未檢出的核種含量為檢出下限值並進行試算。此外，此評估為截至目前為止的結果，依照今後的討論進度和公司內外的評估結果等，可能更新評估。

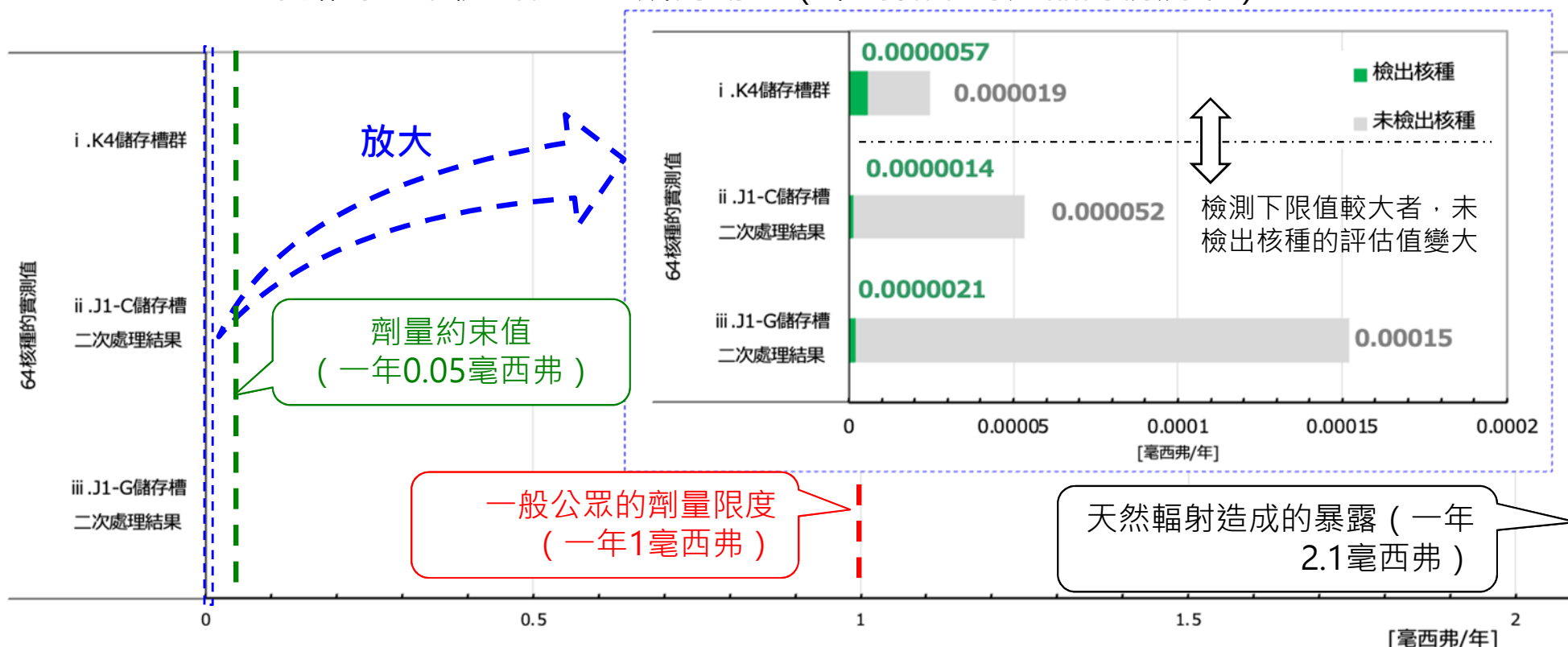
# 評估結果 (設計階段、根據實測值的評估) 的未檢出核種相關的考察

- 在根據64核種的實測值進行評估時，由於假設在過去的分析評估中從未檢出的「未檢出核種」含量為檢出下限值，因此評估結果的輻射劑量大部分是由「未檢出核種」而來，可推測實際的評估結果應會更低。

✓ 今後將根據比平常更低的檢測下限值，一年進行測量1次左右，努力掌握未檢出核種造成的影響水準

i .K4:降低檢測下限值的詳細分析  
ii .J1-C,iii .J1-G:能夠持續運用的檢測下限值

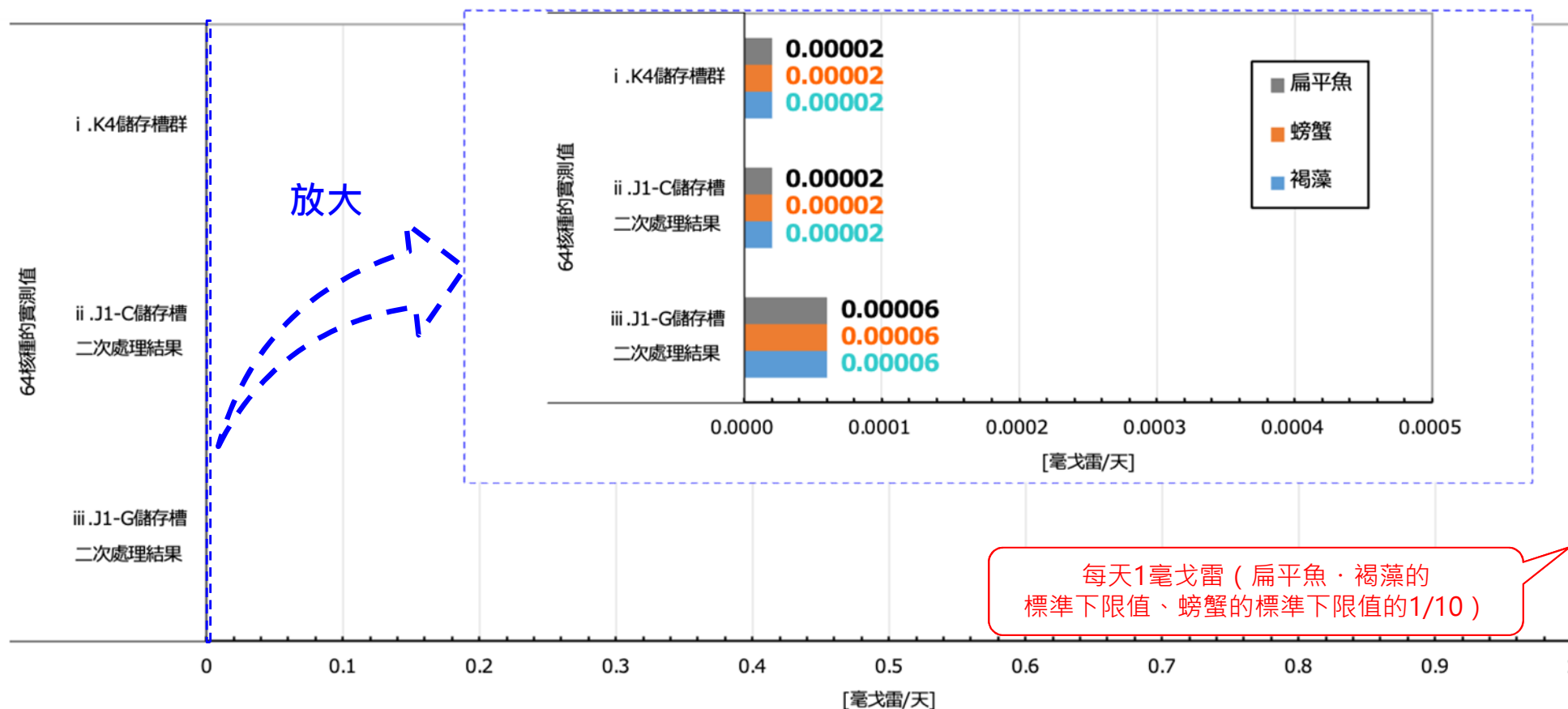
暴露時，未檢出核種造成的劑量 (平均攝取海產品的情況下)



(註) 此處僅顯示成人的評估結果作為代表。此外，此評估為截至目前為止的結果，依照今後的討論進度和公司內外的評估結果等，可能更新評估。

# 動植物的暴露評估結果 (設計階段、根據64核種的實測值的評估)

- 以64種核種實測值進行的評估結果約為評估時作為基準的導出參考基準\* (扁平魚1~10毫戈雷\*\* / 日、螃蟹10~100毫戈雷 / 日、褐藻1~10毫戈雷 / 日) 下限值的5萬分之一~2萬分之一 (約為螃蟹基準下限值的50萬分之一~20萬分之一)。



(註) 此評估是假設過去從未檢出的核種含量為檢出下限值並進行試算。此外，此評估為截至目前為止的結果，依照今後的討論進度和公司內外的評估結果等，可能更新評估。

\* 導出參考基準 (Derived Consideration Reference Level, DCRL) : ICRP所提倡，按照各生物種所制定的劑量率範圍，範圍內最小值和最大值相差10倍。超過它的情況下，必須考量到影響的劑量率基準。

\*\* 戈雷：顯示物質的吸收劑量 (吸收的能量量) 的單位，西弗為顯示人體受到的輻射造成的影響大小的單位。

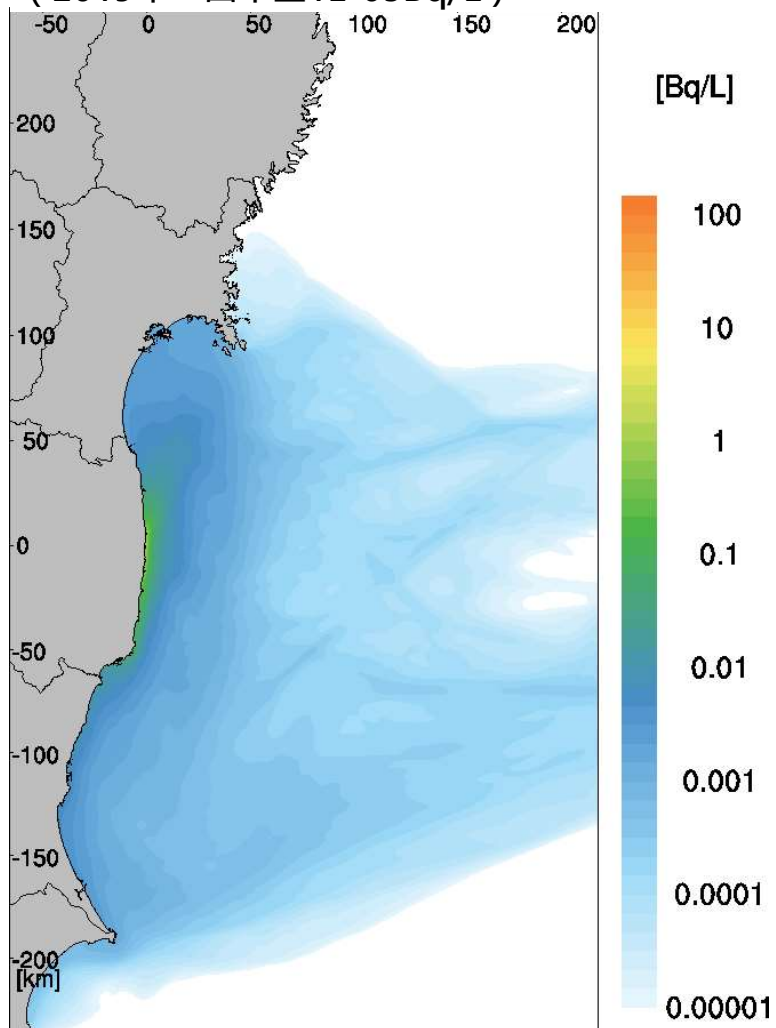
正確而言，西弗 = 修正係數 × 戈雷，但是用於γ射線、β射線時，幾乎相等

- 1 · 評估時作為假設前提的排放方式
- 2 · 評估的方法
- 3 · 評估的結果
- 4 · 其他變更點
- 5 · 參考



# 其他變更點 ( 對模擬的計算區域外的影響 )

整個計算區域的年平均濃度分布圖  
( 2019年, 圖示至 $1E-05$ Bq/L )



數字為自發電廠起算的距離[km]

- 關於以2019年的氣象海象數據計算的全域年平均濃度，圖示至 $1E-05$ Bq/L的結果如左圖所示。
- 計算範圍的邊境中，2014年~2020年的年平均濃度最大值如下表所示，全在東側，為 $1.1E-04 \sim 2.6E-04$ Bq/L，相較於日本周邊海域中的海水中氚濃度（約 $1.0E-01$ Bq/L），十分低。
- 從發電廠周邊 $10\text{km} \times 10\text{km}$ 的範圍的年平均濃度計算的暴露評估結果大幅低於一般公眾的劑量限度 $1 \text{ mSv/年}$ 自不待言，亦低於劑量約束值 $0.05 \text{ mSv/年}$ ，如果基於此結果，計算區域的外側將低於上述濃度，因此不必評估輻射影響。

各年的模式邊境 ( 南北、東西 ) 中的年平均濃度最大值和位置

年	濃度 ( Bq/L )	位置 ( 距離為自發電廠起算的距離 )		
		東西	南北	自表層起算的深度
2014	$1.1E-04$	往東約218km	往南約162km	約9.0m
2015	$2.6E-04$	往東約218km	往南約102km	約0.6m
2016	$1.4E-04$	往東約218km	往南約6km	約5.5m
2017	$2.4E-04$	往東約218km	往南約30km	約9.0m
2018	$1.9E-04$	往東約218km	往南約97km	約0.6m
2019	$1.6E-04$	往東約218km	往南約68km	約1.7m
2020	$1.9E-04$	往東約218km	往南約25km	約1.7m

## 其他變更點 (重新檢視潛在暴露相關的評估)

- 潛在暴露相關的評估在修改前作為參考評估，但在原子力規制委員會針對ALPS處理水的處理，進行實施計劃相關的審查會議論中，獲得諸多意見，像是選定考量到設備的情境、使用實際的源項、移動途徑、暴露途徑的網羅性等，因此重新檢視評估方法如下表，記載於正文。
- 儘管因重新檢視情境的選定，流出量和暴露途徑變更，評估值變大，但是小於事故時的標準 5 mSv這個結果不變。

評估步驟	修改前報告書	本報告書
選定情境	因配管斷裂，ALPS處理水1天流出5000m <sup>3</sup>	案例1：因配管斷裂，以1天500m <sup>3</sup> 的速度，流出20天 案例2：因儲存槽破損，以1天30000m <sup>3</sup> 的速度流出
源項	全為Te-127	以實測值作為源項
移動、暴露途徑	僅從海表面受到體外暴露	和平常的暴露相同
代表性個人	在距離排水口1km地點進行作業中	亦考量到平常生活中，在沙灘評估地點暴露、體內暴露
評估結果	7.3E-05mSv	案例1 7E-04 ~ 5E-03mSv 案例2 4E-02 ~ 2E-01mSv

## 其他變更點 ( 考量到不確實性 )

- IAEA的GSG-10在輻射影響評估中，要求針對數據的不一致和不確實性進行考量。
- 修改前的報告書，於卷末闡述不確實性，並作為參考資料。
- 在本報告書，基於原子力規制委員會針對ALPS處理水的處理，進行實施計劃相關的審查會議論，針對更多的參數和條件，亦使用參數調查的方法，嘗試詳細的評估。
- 不確實性較大者，像是源項的核種組成、魚貝類的濃縮係數等移動係數，但是暴露評估的結果相較於劑量限度 1 mSv/年和劑量約束值0.05mSv/年，十分小，應該不會損及評估的穩健性。

- 1 · 評估時作為假設前提的排放方式
- 2 · 評估的方法
- 3 · 評估的結果
- 4 · 其他變更點
- 5 · 參考

# 【參考】用來確保安全的設備全貌

資料來源：東京電力控股株式會社依據地理院地圖（電子國土網站）製作  
<https://maps.gsi.go.jp/#13/37.422730/141.044970/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>

## 二次處理設備（新設逆滲透膜裝置）

二次處理氙以外的核種的告示濃度比總和為「1~10」的未處理完成水

## 二次處理設備（ALPS）

二次處理氙以外的核種的告示濃度比總和為「1以上」的未處理完成水

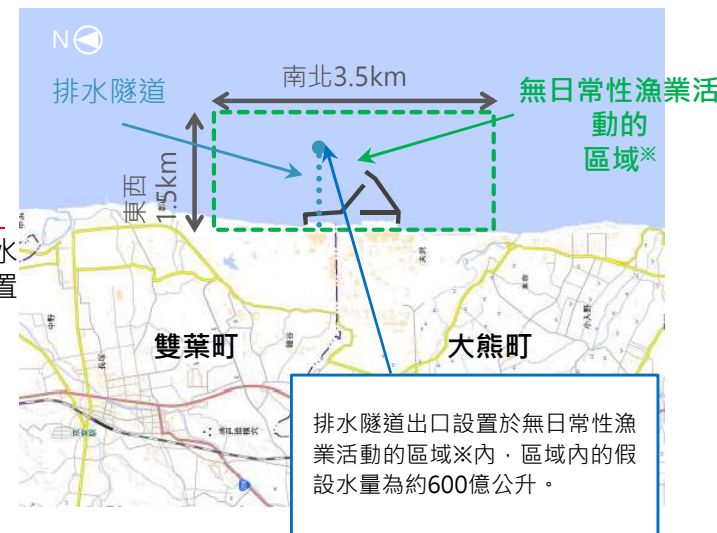
## 測量・確認用設備（K4儲存槽群）

由3群構成，分別負責收容、測量・確認、排放工序，在測量・確認工序中，透過循環・攪拌，採集均質化的水進行分析（約1萬m<sup>3</sup>×3群）

## ALPS處理水輸送幫浦

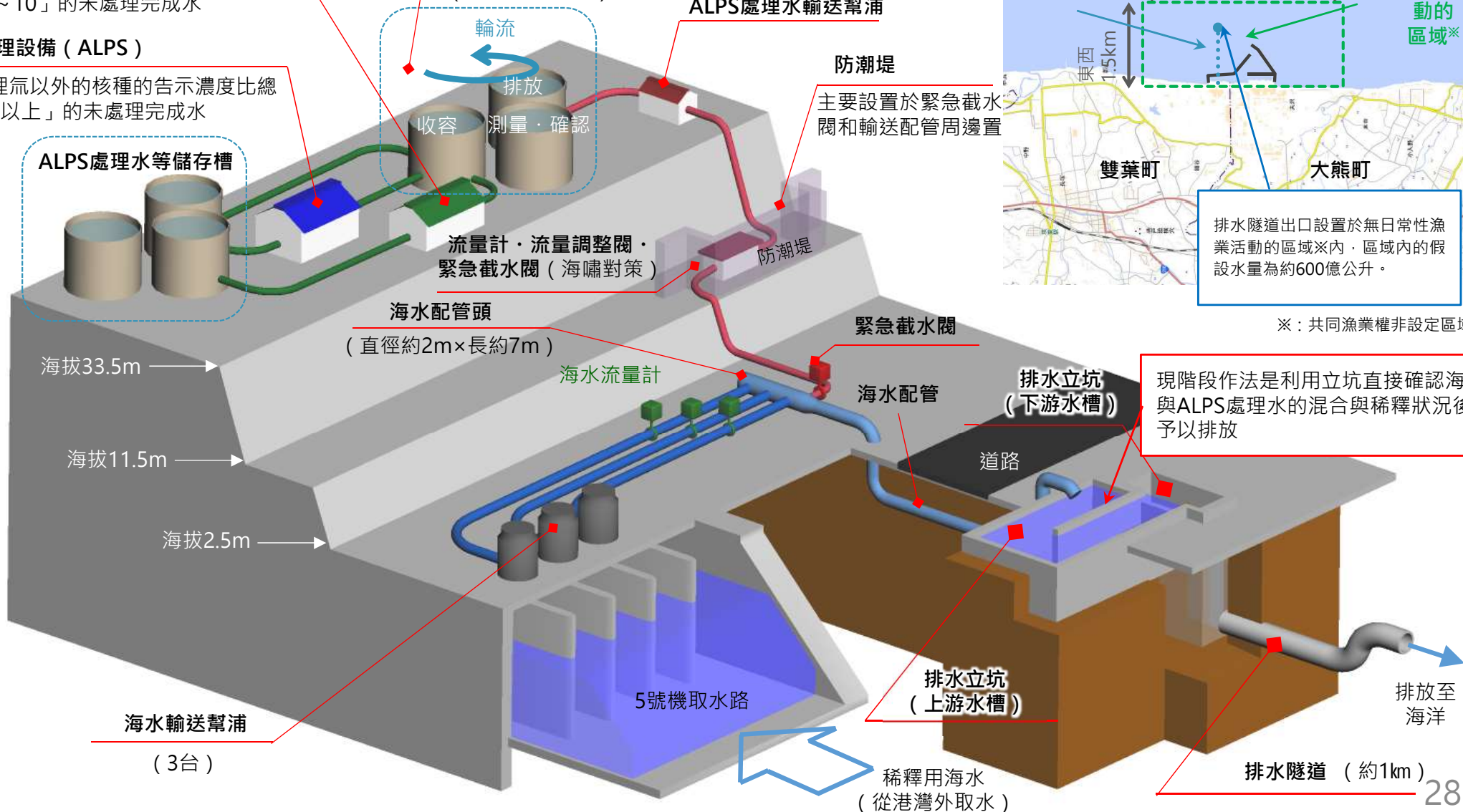
## 防潮堤

主要設置於緊急截水閥和輸送配管周邊置



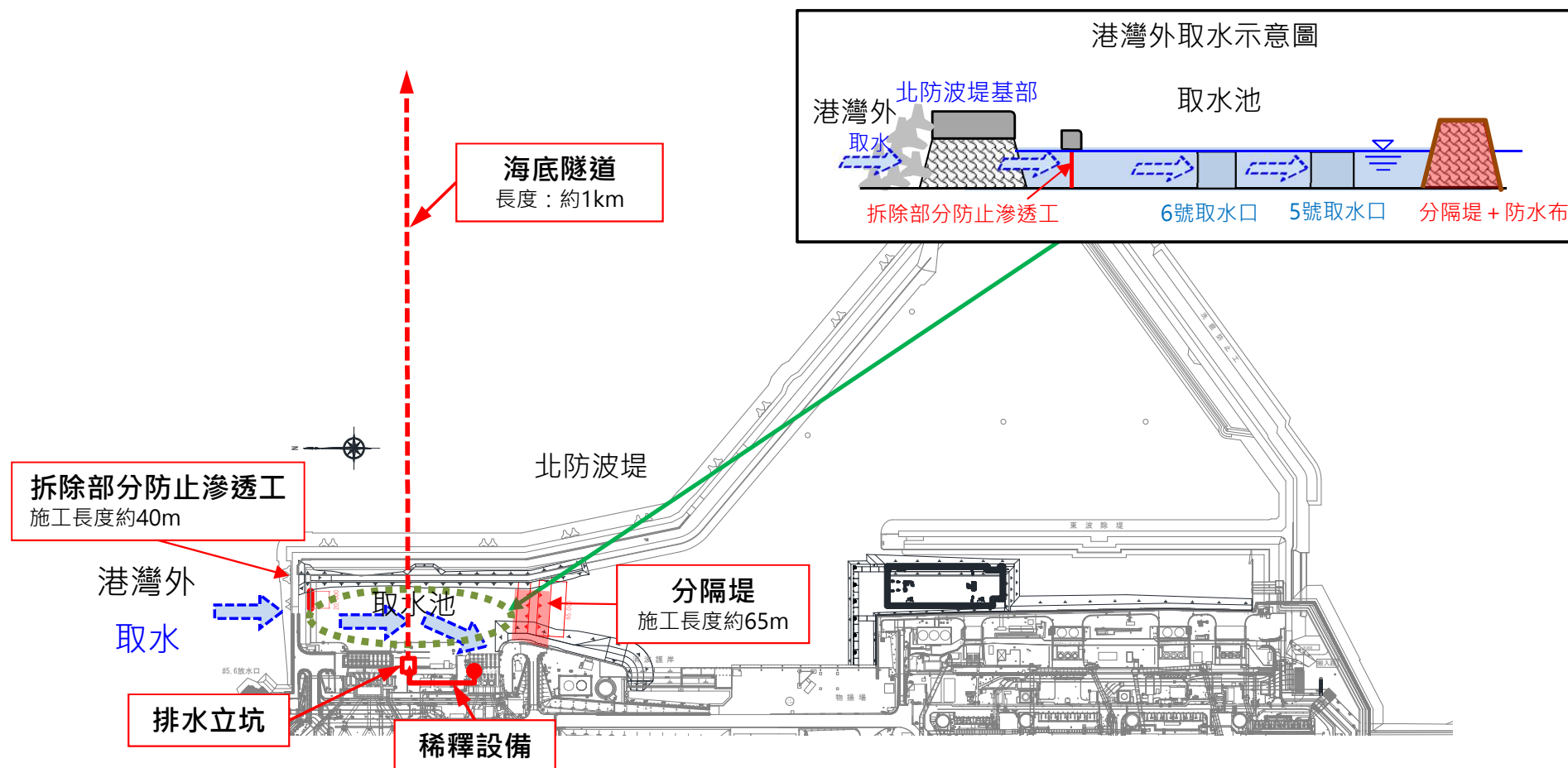
※：共同漁業權非設定區域

現階段作法是利用立坑直接確認海水與ALPS處理水的混合與稀釋狀況後再予以排放



## 【參考】港灣的設計

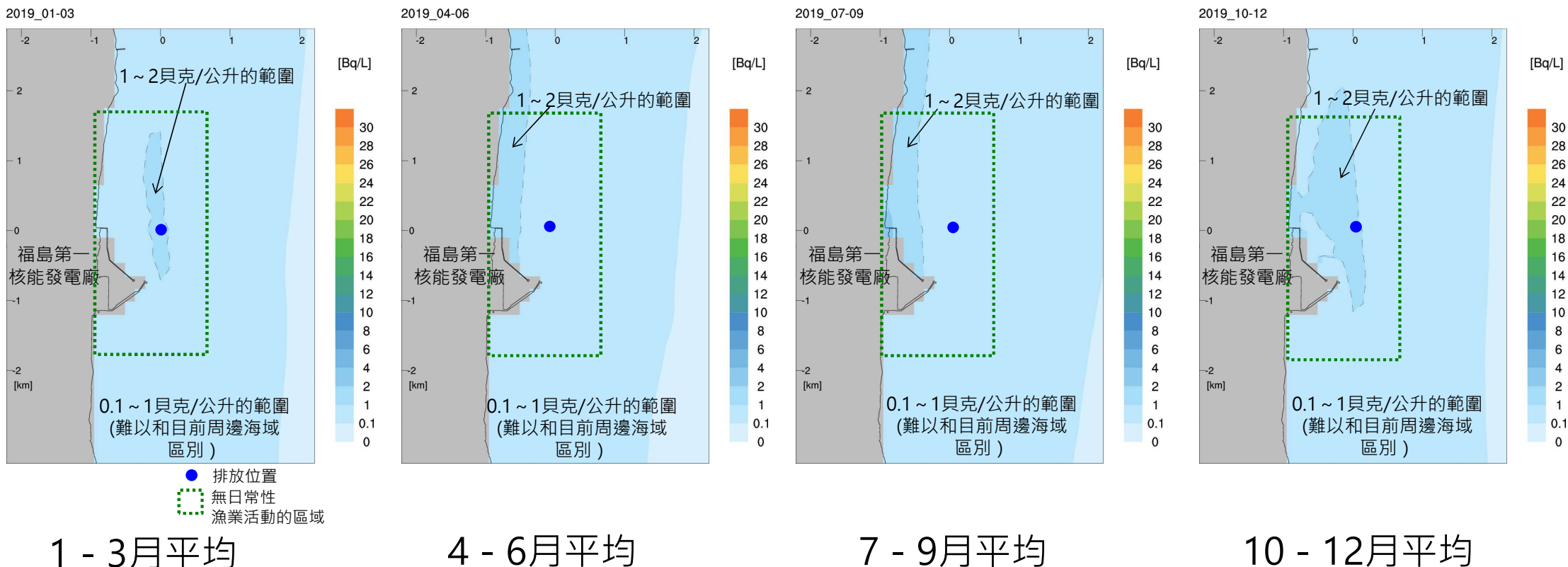
- 改造北防波堤的一部分，將港灣外的海水作為稀釋用取水，以分隔堤隔開港灣內外，避免港灣內的海水和稀釋用的海水直接混合。
- 在離岸約1km處排水的設計，使排入海中的水不易再與海水循環（不易再次被抽取用於稀釋）。
- 海底隧道的細節將在實施海上鑽探等調查後再行研議。



# 【參考】海洋中的擴散模擬結果 (季節平均)

即使以季節平均來看，氚濃度高於目前周邊海域海水中氚濃度 (0.1 ~ 1貝克 / 公升<sup>\*</sup>) 的範圍 (虛線內側範圍)，亦僅止於發電廠周邊。

※WHO飲用水指南10,000貝克/公升的10萬分之1 ~ 1萬分之1



# 【參考】海洋中的擴散模擬結果 (擴散趨勢)

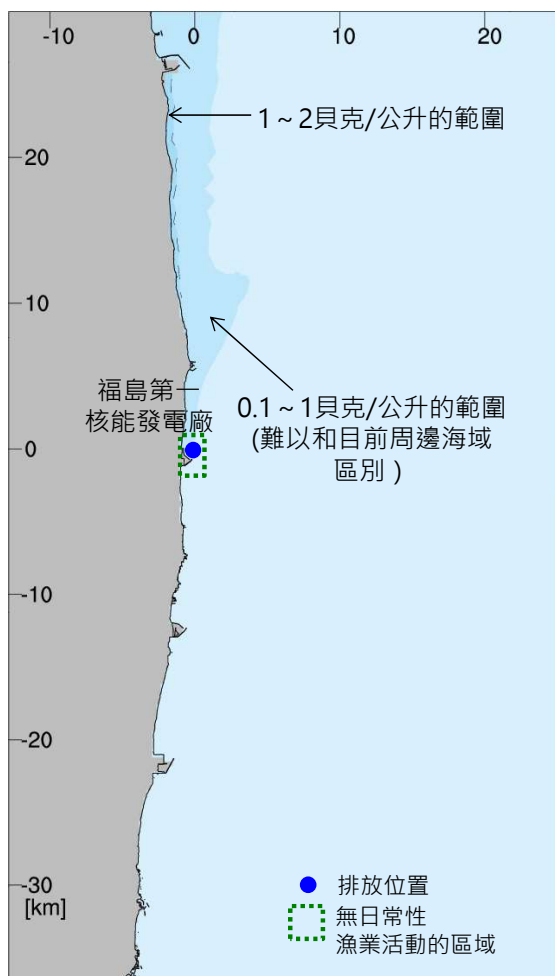
在模擬結果中，即使在擴散最廣的日期之下，氚濃度高於目前周邊海域海水中氚濃度 (0.1~1貝克/公升※) 的範圍 (超過1貝克/公升的範圍)，亦僅止於排出口的南北30km左右的範圍。

※WHO飲用水指南10,000貝克/公升的10萬分之1~1萬分之1

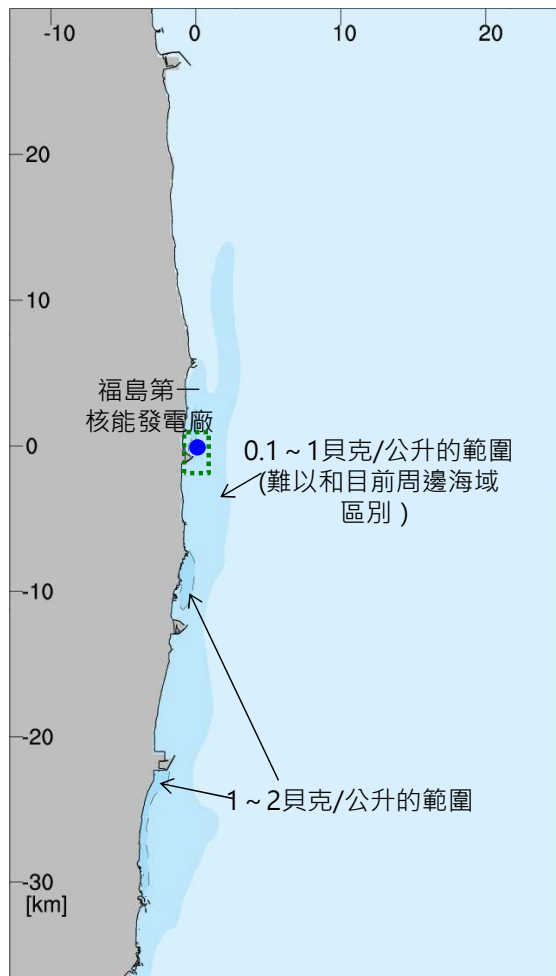
20190521

20190211

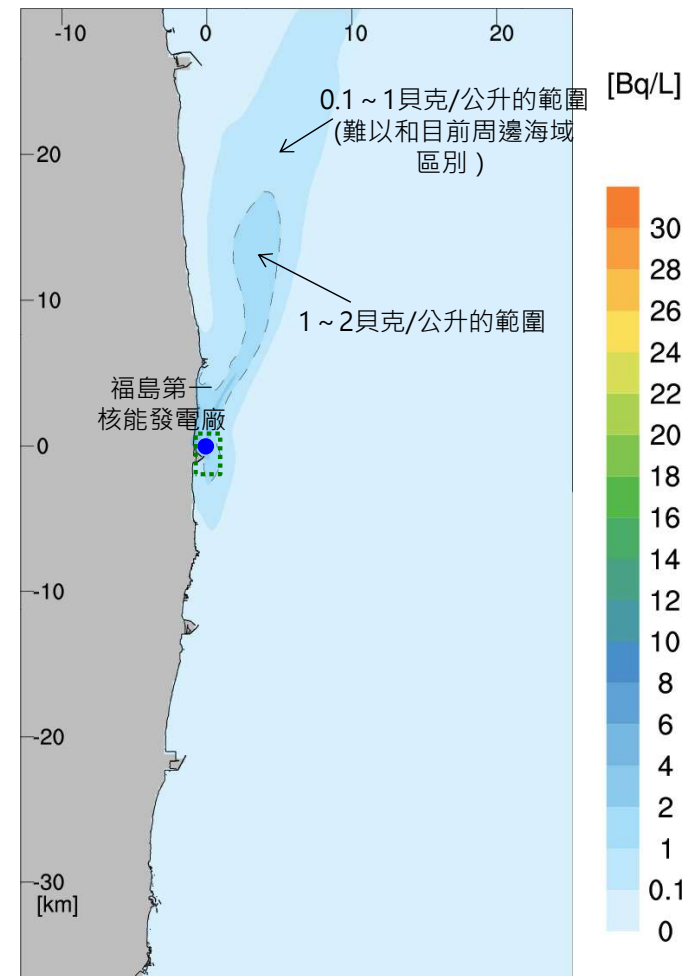
20190829



往北擴散最廣的情況  
(以最大刻度30貝克/公升製圖)



往南擴散最廣的情況  
(以最大刻度30貝克/公升製圖)



往東擴散最廣的情況  
(以最大刻度30貝克/公升製圖)



# 【參考】海洋中的擴散模擬結果 (擴散趨勢)

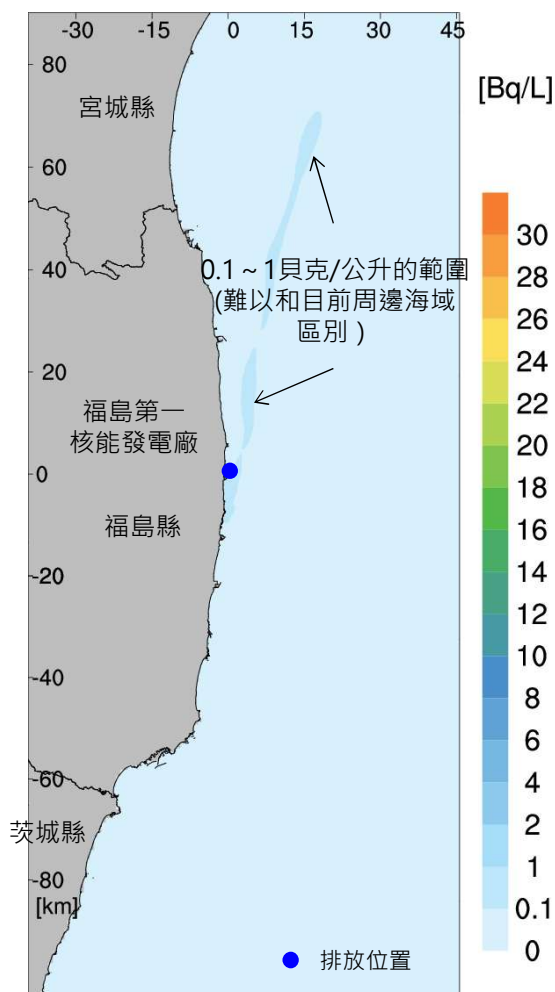
至於實測時無法與目前周邊海域海水中所含氚濃度 (0.1~1貝克/公升\*) 進行區分的低濃度範圍 (超過0.1貝克/公升的範圍)，從模擬結果中確認擴散最廣之日的擴散範圍，亦可看出下列趨勢。

※WHO飲用水指南10,000貝克/公升的10萬分之1~1萬分之1

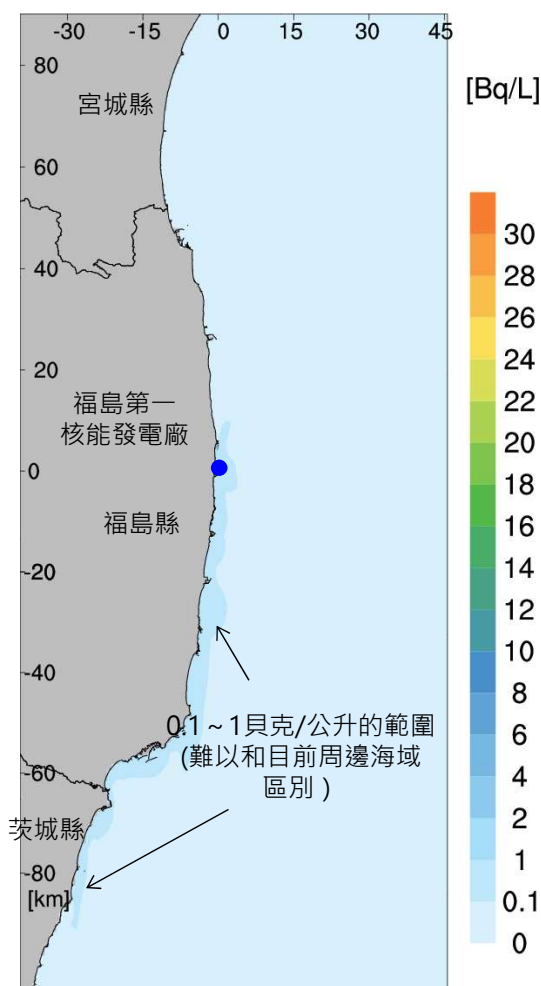
20190827

20191027

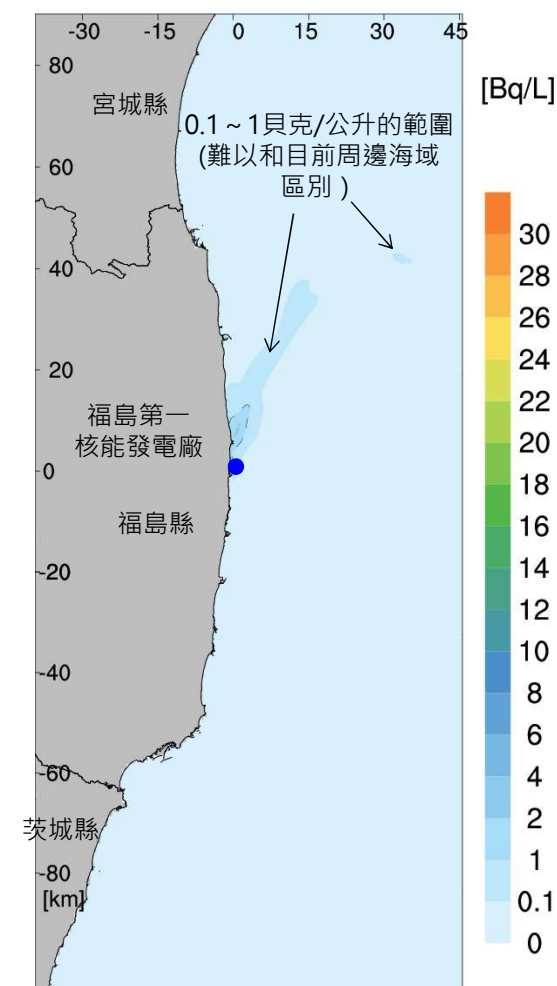
20190806



往北擴散最廣的情況  
(以最大刻度30貝克/公升製圖)



往南擴散最廣的情況  
(以最大刻度30貝克/公升製圖)



往東擴散最廣的情況  
(以最大刻度30貝克/公升製圖)

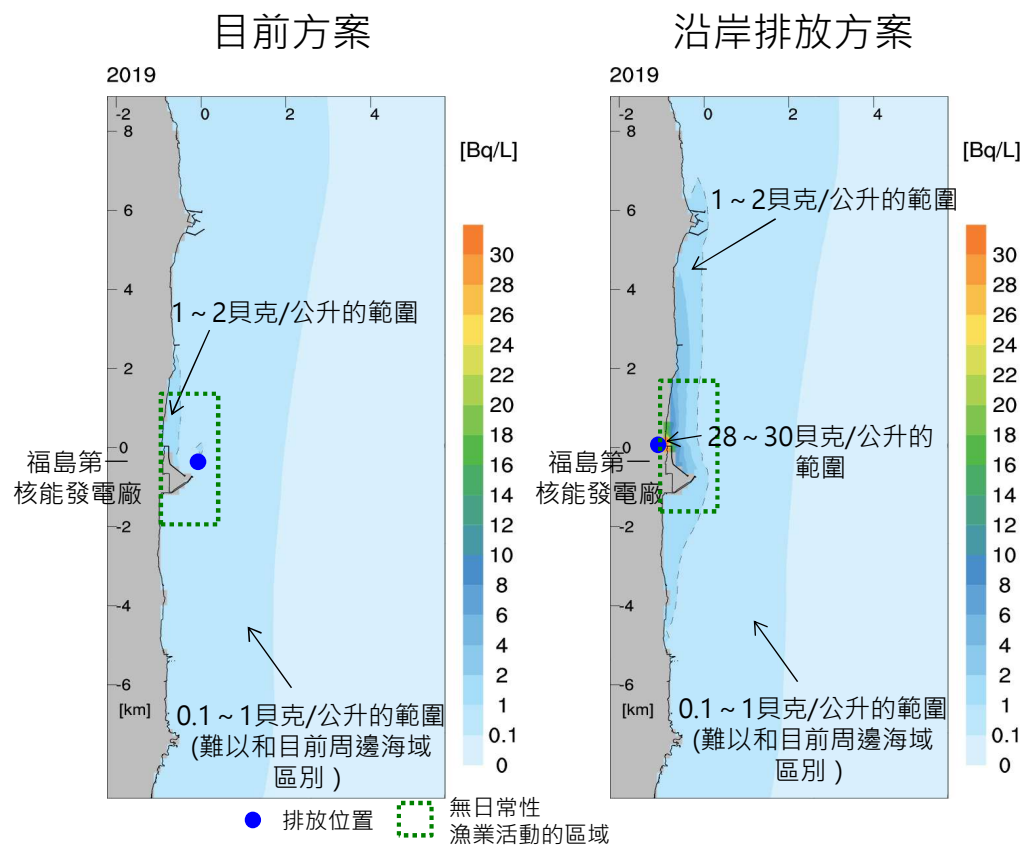
## 【參考】考察排放位置的差異對擴散的影響

除了按照這次計劃進行擴散模擬外，亦假設從目前5號、6號核反應爐的排水口位置進行沿岸排放，另外進行模擬（模擬時不考慮ALPS處理水排出後經海水循環而再次被取用的問題）。

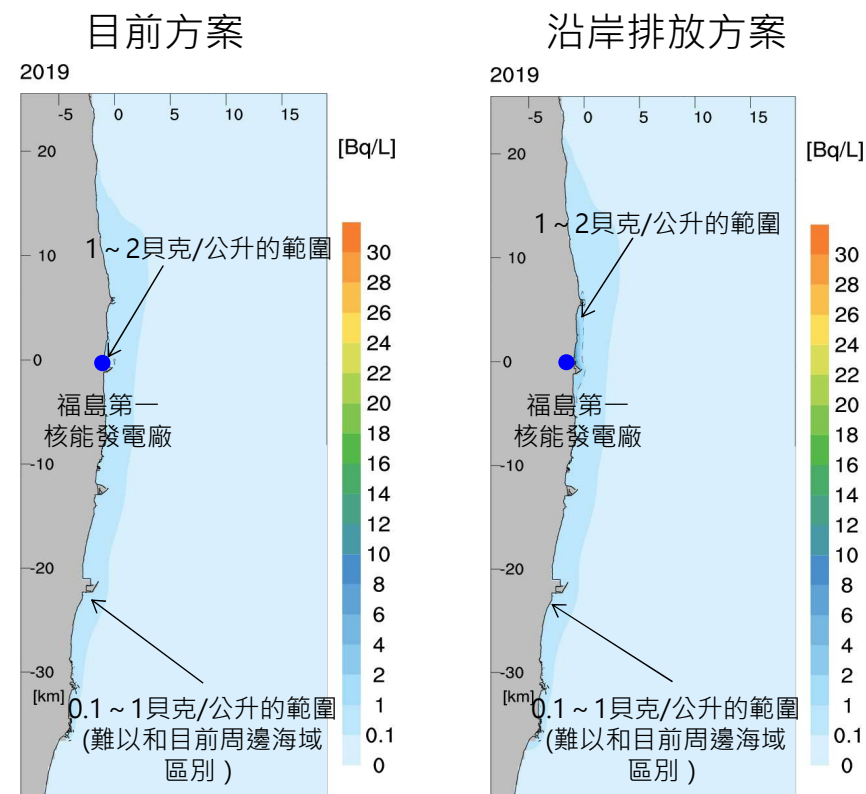
模擬結果顯示若進行沿岸排放，氚濃度高於目前周邊海域海水中氚濃度（0.1~1貝克/公升※）的範圍（虛線內側範圍）為核電廠周邊6~7km的區域。相較之下，目前計畫的排放位置（海底隧道）則僅限於2~3km的區域內。

※WHO飲用水指南10,000貝克/公升的10萬分之1~1萬分之1

### 福島縣外海放大圖



### 廣域圖



## 【參考】對人及環境的輻射影響評估的前提條件

- 氚排放量：一年22兆貝克

評估案例	i · K4儲存槽群	ii · J1-C儲存槽 二次處理結果	iii · J1-G儲存槽 二次處理結果
氚濃度 [Bq/L]	19萬	82萬	27萬
ALPS處理水 年排放量[m <sup>3</sup> /年]	12萬	2.7萬	8.1萬

- 考量到在海洋的移動・擴散，使用福島第一核能發電廠周邊10km×10km範圍內的平均海水濃度進行評估
  - ✓ 使用一般財團法人電力中央研究所將區域海洋模式 ( Regional Ocean Modeling System: ROMS ) 套用於福島外海的模式
- 將下列途徑設定為暴露途徑

對人的輻射影響評估	對環境的輻射影響評估
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓從海面受到體外暴露</li> <li>✓從船體受到體外暴露</li> <li>✓游泳時受到體外暴露</li> <li>✓從海濱沙受到體外暴露</li> <li>✓從漁網受到體外暴露</li> <li>✓飲用海水造成的體內暴露</li> <li>✓吸入海水水花造成的體內暴露</li> <li>✓攝取海產品造成的體內暴露</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓從海水受到體外暴露</li> <li>✓從海底堆積物受到體外暴露</li> <li>✓從攝入體內的放射性物質受到體內暴露</li> </ul>

## 【參考】對人的輻射影響評估結果詳情

評估條件	源項的核種組成	以實測值作為源項					
		i .K4儲存槽群		ii .J1-C儲存槽二次處理結果		iii .J1-G儲存槽二次處理結果	
		A:平均	B:較多	A:平均	B:較多	A:平均	B:較多
體外暴露 ( mSv*/年 )	海面	6.5E-09 ( 6.5E-09 )		1.7E-08 ( 1.7E-08 )		4.7E-08 ( 4.7E-08 )	
	船體	4.8E-09 ( 5.2E-09 )		1.2E-08 ( 1.3E-08 )		3.3E-08 ( 3.4E-08 )	
	游泳時	4.5E-09 ( 2.8E-10 )		1.2E-08 ( 7.6E-10 )		3.2E-08 ( 2.0E-09 )	
	海濱沙	7.8E-06 ( 5.0E-07 )		2.1E-05 ( 1.3E-06 )		5.6E-05 ( 3.6E-06 )	
	漁網	1.6E-06 ( 1.6E-06 )		4.3E-06 ( 4.3E-06 )		1.2E-05 ( 1.2E-05 )	
體內暴露 ( mSv/年 )	飲水	3.3E-07 ( - )		3.1E-07 ( - )		3.2E-07 ( - )	
	吸入水花	9.3E-08 ( - )		2.0E-07 ( - )		4.0E-07 ( - )	
	攝取海產品	1.5E-05 ( 1.5E-05 )	6.1E-05 ( 6.1E-05 )	2.8E-05 ( 2.8E-05 )	1.1E-04 ( 1.1E-04 )	7.9E-05 ( 7.9E-05 )	3.0E-04 ( 3.0E-04 )
合計 ( mSv/年 )		3E-05 ( 1.7E-05 )	7E-05 ( 6.3E-05 )	5E-05 ( 3.4E-05 )	1E-04 ( 1.1E-04 )	1E-04 ( 9.4E-05 )	4E-04 ( 3.1E-04 )
一般公眾的劑量限度：1mSv/年 相當於劑量約束值的日本國內核能發電廠的劑量目標值：0.05mSv/年							

## 【參考】動植物的輻射影響評估結果詳情

評估 案例		以實測值作為 源項		
		i. K4儲存槽群	ii. J1-C儲存槽群	iii. J1-G儲存槽群
暴露 (mGy*/天)	扁平魚	2E-05 ( 1.7E-05 )	2E-05 ( 2.2E-05 )	6E-05 ( 5.6E-05 )
	螃蟹	2E-05 ( 1.7E-05 )	2E-05 ( 2.2E-05 )	6E-05 ( 5.5E-05 )
	褐藻	2E-05 ( 1.9E-05 )	2E-05 ( 2.3E-05 )	6E-05 ( 5.9E-05 )
導出參考基準(DCRL)				
扁平魚：1-10 mGy/天      螃蟹：10-100mGy/天      褐藻：1-10mGy/天				

\*mGy：毫戈雷

## 【參考】募集對輻射影響評估報告書的意見與回應

- 去年11月公布本報告書的同時，為了進一步充實報告書的內容，實施了意見募集。
  - 募集期間：2021年11月18日上午0點至2021年12月18日上午0點的1個月  
(以上皆為日本時間)
  - 參加方法：僅須於本公司網頁的參加表格輸入
  - 使用語言：日文及英文
  
- 參加意見數量：共414筆(包含疑似系統問題造成的14筆重複留言)
  - 以日文參加：395筆，以英文參加：19筆
  
- 募集意見的反映狀況
  - 新增・重新檢視評估(新增評估條件等) : 9筆
  - 記載充實化(新增記載評估條件等) : 32筆
  - 記載適當化(修正誤植等) : 5筆
  
- ➡ 本公司對收到的代表性意見的回覆，請參閱下一頁

# 【參考】對輻射影響評估報告書的主要反映事項

	反映內容的具體例子
<p>新增・重新檢視評估</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 新增暴露途徑（游泳時飲水及吸入海水水花）</li> <li>■ 重新檢視潛在暴露評估方法</li> <li>■ 考量到有機結合型氚的影響</li> <li>■ 已排放至環境的放射性物質造成的影響</li> <li>■ 考察在模式邊境的具體濃度在模式外造成的影響</li> <li>■ 用於評估的海水濃度相關的案例研究</li> </ul>
<p>記載充實化</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 新增選定處理方法的過程相關的章節及參考</li> <li>■ 新增在環境中的核種累積相關的記載</li> <li>■ 補記在模擬使用的模式及評估條件</li> <li>■ 反映公布報告書之後的討論及原子力規制廳進行的審查進度</li> <li>■ 轉載目前為止公布的文件記載資訊（考察排放期間等）</li> <li>■ 輻射以外的環境影響相關的評估結果</li> <li>■ 補記監控相關的記載</li> </ul>
<p>記載適當化</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 重新檢視難以理解的表達方式</li> <li>■ 改善英譯版的翻譯品質（預定今後公開）</li> <li>■ 修正誤植</li> </ul>