

多核種除去設備等處理水（ALPS處理水）海洋排放的 輻射影響評估結果（設計階段*）



2021年11月17日

*本報告書的評估結果將視海洋排放計畫的設計與運作相關研議進度、各界所提供的意見、IAEA專家的審查，及第三方評估結果的交叉比較所獲得的見解，逐步進行適當修正。

- 本公司依據日本政府發表的「基本方針」，採用具有國際公信力的手法（國際原子能委員會（IAEA）核能安全標準文件、國際輻射防護委員會（ICRP）建議）評估若以本公司目前計畫的設備設計及運作方式進行排放，將對人體及環境帶來何種輻射影響。
- 以上述手法進行評估後，其結果大幅低於輻射劑量限度、輻射劑量目標值，或國際機關針對不同物種所訂定的標準值，顯示排放對人體及環境所帶來的影響微乎其微。
- 今後，本公司將辦理必要手續以取得日本原子力規制委員會對實施計畫的核准，並根據IAEA專家等專業人士的審查及各方的意見與評論逐步修正評估結果。
- 此外，為消除國內外各界的疑慮，並增進各界對此議題的理解，本公司將秉持高度透明的原則，持續傳達排放對人體及環境所帶來的輻射影響相關科學資訊。

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氬與其他放射性物質濃度符合規定，以保障一般民眾與環境中其他生物的安全。

- 1 · 評估時作為假設前提的排放方式
- 2 · 評估方法
- 3 · 評估結果
- 4 · 參考資料

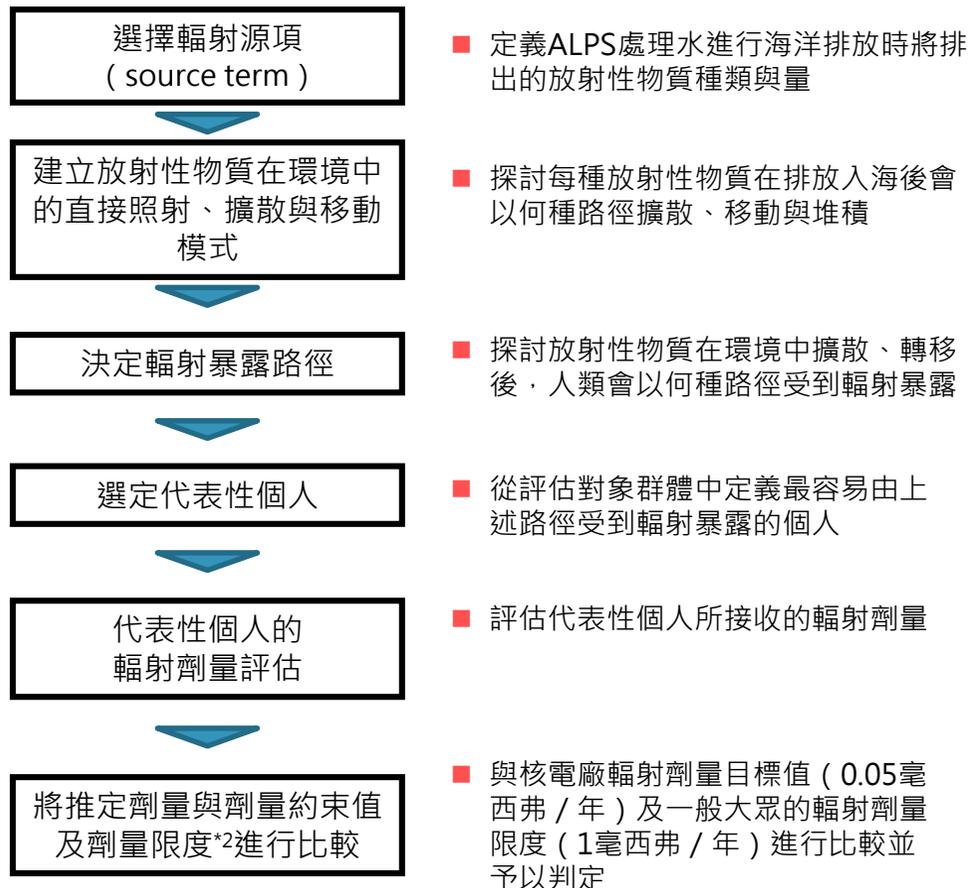
- 排放入海的ALPS處理水已經過淨化處理，水中所含的氚以外62種核種及碳-14的公告濃度比總和* 低於1
- 排放前對上述64種核種進行測定與評估（包括由第三方機構進行的測定與評估），確認所有核種經淨化處理後皆符合上述標準
- 氚的年排放量符合事故發生前福島第一核電廠的排放管理目標值，即低於22兆貝克
- 排放前先使用海水將ALPS處理水稀釋至100倍以上，使排放口的氚濃度低於1500貝克 / 公升（Bq/L）；氚以外的62種核種與碳-14在稀釋後的濃度亦降至公告濃度比總和的不到百分之一
- 為盡量避免稀釋後的ALPS處理水在排入海中後經海水循環而再次被抽取用於稀釋，從距離核電廠約1km的海底進行排放
- 若ALPS處理水的稀釋率或水質出現異常，則立即關閉緊急截水閥，並停下輸送幫浦，停止海洋排放

* 公告濃度比總和：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，即為公告濃度比總和。相關法令規定，福島第一核電廠排水口測得的公告濃度比總和不得超過1。本次所計畫的海洋排放方式是在排放前先將污水以ALPS等設備進行處理，使氚以外放射性物質的公告濃度比總和低於1，接著再以100倍以上的海水進行稀釋，使氚濃度降至公告濃度（低於60,000貝克 / 公升）的40分之一（1,500貝克 / 公升）左右。經上述處理後，氚以外放射性物質的濃度將大幅低於公告濃度。

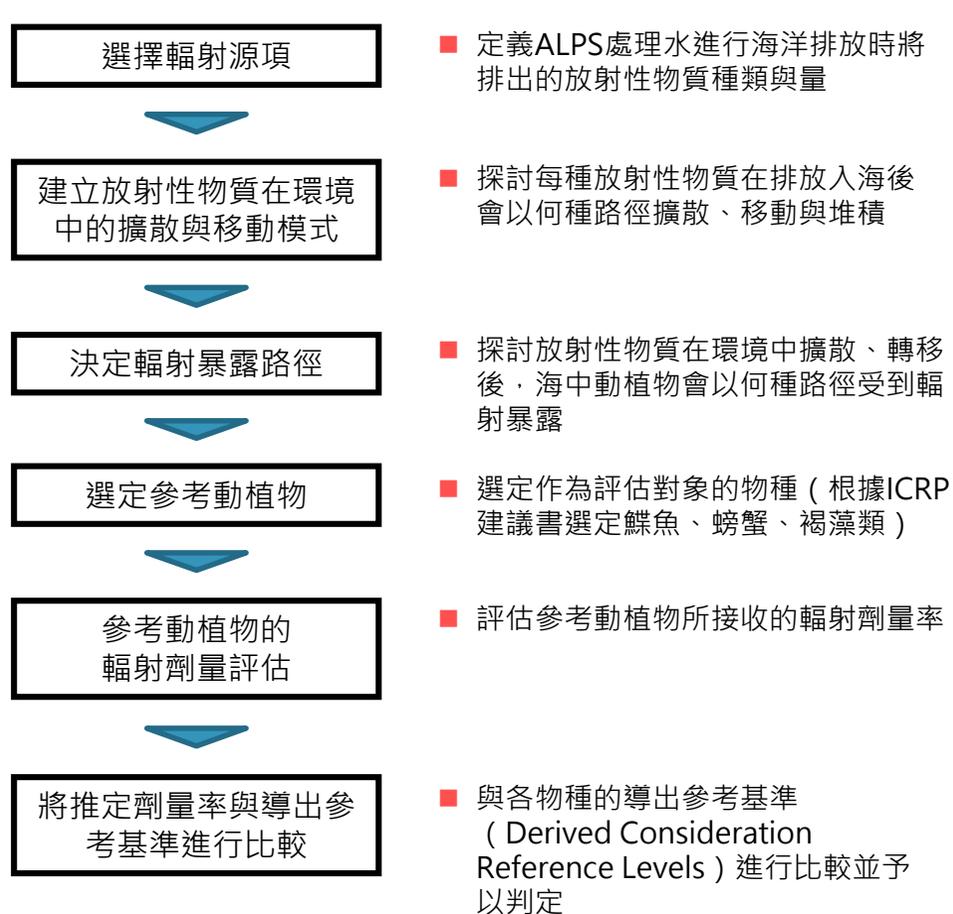
- 1 ・ 評估時作為假設前提的排放方式
- 2 ・ 評估方法**
- 3 ・ 評估結果
- 4 ・ 參考資料

依據國際原子能總署 (IAEA) 的核能安全標準文件*1，循以下步驟進行評估

對人體的評估



對環境防護 (人以外生物) 的評估



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

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

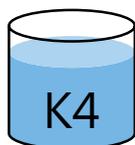
*2 劑量約束值：輻射劑量在達到劑量限度前，若超出劑量約束值，則該輻射相關作業或設施之負責人應推動防護及安全最佳化。日本並無法定的劑量約束值，因此是與核電廠的劑量目標值進行比較。

選擇輻射源項 (排出的放射性物質之種類與量) ①

①以64種核種的實測值作為輻射源項

從實際存放的ALPS處理水中選定64種核種皆有實測值的3個儲水槽群，假設每個儲水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。

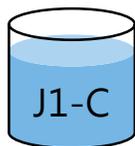
此外，亦假設至今從未檢出過的放射性物質在水中的含量為檢出下限值，另外進行評估。



①-1 K4儲水槽群

氚濃度：約19萬貝克 / 公升

氚以外放射性物質的公告濃度比總和*：0.29



①-2 J1-C儲水槽群

氚濃度：約82萬貝克 / 公升

氚以外放射性物質的公告濃度比總和：0.35



①-3 J1-G儲水槽群

氚濃度：約27萬貝克 / 公升

氚以外放射性物質的公告濃度比總和：0.22

兩種評估皆有下列假設前提：

- 氚的年排放量不超過22兆貝克
- 以海水稀釋後，氚濃度降至低於1,500貝克 / 公升

*公告濃度比總和：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，即為公告濃度比總和。相關法令規定，福島第一核電廠排水口測得的公告濃度比總和不得超過1。本次計畫的海洋排放方式是在排放前先將污水以ALPS等設備進行處理，使氚以外放射性物質的公告濃度比總和低於1，接著再以100倍以上的海水進行稀釋，使氚濃度降至公告濃度（低於60,000貝克 / 公升）的40分之一（1,500貝克 / 公升）左右。經上述處理後，氚以外放射性物質的濃度將大幅低於公告濃度。

②以假想的ALPS處理水作為輻射源項

假設ALPS處理水中僅含有輻射暴露影響相對較大的核種，且此種處理水會在排放期間內持續排出，並進行評估。此為極端保守的評估，此種處理水實際上不可能存在。

- 選定8種在評估人體輻射暴露時具重要性*的核種，並設定**運用管理值**（請參照次頁）
- 為取得最為保守的輻射劑量評估值，除上述8種核種外，再加入重要性居次的放射性物質（鋅-65），直至公告濃度比總和為1（鋅-65的公告濃度比：0.68）**
- 由於評估時的假設前提為氚的年排放量低於22兆貝克，而氚濃度越低，其他放射性物質的排放量就越大，因此為取得最為保守的評估值，將假想ALPS處理水的氚濃度設定為10萬貝克 / 公升，比至今為止所測得的最低氚濃度（約15萬貝克 / 公升）更低



② 假想ALPS處理水

氚濃度：10萬貝克 / 公升

氚以外放射性物質的公告濃度比總和：1.00

* 因容易在魚蝦貝類體內濃縮，當以同樣公告濃度比排放時，輻射暴露評估值容易較其他核種更大的放射性物質（請參照次頁）

**對人類以外的生物進行評估時，由於重要性最高的2種核種（鐵-59、錫-126）是運用管理對象核種，因此將此2種核種含量假設為運用管理值上限（公告濃度比：0.0025），並假設其餘不足公告濃度比總和1的部分全為輻射暴露影響力居次的鉅-148m（公告濃度比：0.9975）。

【參考】選定評估時具有重要性的放射性物質

- ALPS處理水的排放是以公告濃度比的總和作為管理基準。然而，即使公告濃度比相同，不同核種在環境中的行為卻各有差異。因此，在選定輻射暴露影響相對較大（超過0.001毫西弗/年）的8種核種後，為進一步降低其對環境的影響，將對這些核種另行設定新的運用管理值（※）。
- 其具體作法是假設水中僅含有該種核種，含量為公告濃度上限，並在評估時一併考量此種水經排放後在環境中的行為（主要考量在魚蝦蟹類體內的濃縮），再根據評估結果，從64種核種之中選定評估值最高的8種核種。以上述方式選定完成後，再假設ALPS處理水中含有上述8種核種，含量皆為運用管理值上限，且其餘不足公告濃度比總和1的部分全為輻射暴露影響居次的鋅-65，並以此種假想的處理水進行評估。

表 E - 3 假設各核種以公告濃度上限排放時的體內暴露評估結果（成人）
（將劑量超過0.001mSv/年的8種核種列為運用管理對象）

No.	對象核種	公告濃度限度 [貝克 / 公升]	因攝取海產物所接收的體內暴露劑量 (mSv/年)	備註
1	錫-126	2.0E+02	2.6E-02	運用管理對象
2	錫-123	4.0E+02	2.3E-02	運用管理對象
3	錫-119m	2.0E+03	1.9E-02	運用管理對象
4	鐵-59	4.0E+02	5.6E-03	運用管理對象
5	鎳-115m	3.0E+02	1.4E-03	運用管理對象
6	碳-14	2.0E+03	1.3E-03	運用管理對象
7	鎳-113m	4.0E+01	1.3E-03	運用管理對象
8	銀-110m	3.0E+02	1.0E-03	運用管理對象
9	鋅-65	2.0E+02	8.4E-04	
10	錳-54	1.0E+03	5.2E-04	
11	鈷-58	1.0E+03	2.5E-04	
12	鈷-60	2.0E+02	2.3E-04	
13	鎘-99	1.0E+03	2.1E-04	

※【運用管理值設定方式】

- 過去曾檢出過的核種：檢出值的最大值的2倍
- 過去未曾檢出過的核種：檢出下限值的最大值的1.2倍
- 選定的8種核種的公告濃度比總和為0.32

⇒ALPS處理水中的放射性物質含量若超過運用管理值，即使63種核種的公告濃度比總和小於1，仍必須進行二次處理，直至含量低於運用管理值

【參考】「②假想ALPS處理水」各核種濃度一覽表

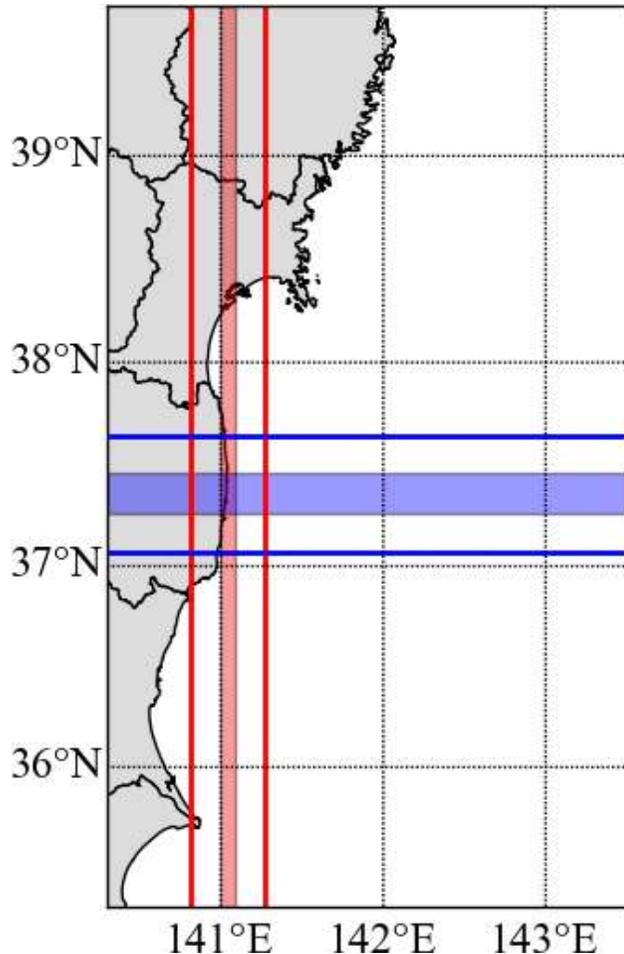
核種種類	公告濃度 [Bq/L]	最大值 [Bq/L]	運用管理值 [Bq/L]*	公告濃度比	備註
運用管理對象核種					8種核種的公告濃度比總和 0.32
未檢出核種					
鐵59 (約45日)	4.0E+02	<8.66E-02	2.0E-01	5.0E-04	
銀110m (約250日)	3.0E+02	<4.26E-02	6.0E-02	2.0E-04	
鎳113m (約15年)	4.0E+01	<8.55E-02	2.0E-01	5.0E-03	
鎳115m (45日)	3.0E+02	<2.70E+00	4.0E+00	1.3E-02	
錫119m (約290日)	2.0E+03	<4.24E+01	6.0E+01	3.0E-02	
錫123 (約130日)	4.0E+02	<6.59E+00	8.0E+00	2.0E-02	
錫126 (約10萬年)	2.0E+02	<2.92E-01	4.0E-01	2.0E-03	
檢出核種					
碳14 (約5700年)	2.0E+03	2.15E+02	5.0E+02	2.5E-01	
其他核種					鋅-65的公告濃度比總和 $1 - 0.32 = 0.68$ 鋅-65的濃度 $200[\text{Bq/L}] \times 0.68 = 136[\text{Bq/L}]$
鋅65 (約240日)	2.0E+02	-	- (評估時設定的濃度為 $1.4\text{E}+02$)	6.8E-01	
公告濃度比總和				1	

※運用管理值：未檢出核種設定為檢出下限值的1.2倍；檢出核種設定為檢出值的最大值的兩倍，取一位有效數字並無條件進位；其他核種並無運用管理值，故使用評估時設定的濃度

放射性物質在環境中的擴散與轉移 (海域擴散模擬)

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) 套用於福島縣近海
- 海域流動數據
 - 將內插了日本氣象廳短期氣象預測數據的數據^[1]用於計算海水表面的驅動力
 - 將海洋二次分析數據 (JCOPE2^[2]) 用於外海的邊界條件及數據同化*
- 模式範圍：階段性提高北緯35.30 ~ 39.71度、東經140.30 ~ 143.50度 (490km×270km)、核電廠周邊南北約22.5km×東西約8.4km海域的網格解析度
 - 解析度 (全體)：南北約925m x 東西約735m (約1km)、垂直方向30層
 - 解析度 (鄰近海域)：南北約185m x 東西約147m (約200m)、垂直方向30層 (左圖中紅色與藍色填充線交錯處的海域)
- 氣象與海象數據
 - 模擬時使用2014年及2019年兩年的數據

*數據同化：在數值模擬時混入實測數據的手法。又稱緩和法Nudging。

[1] 橋本 篤, 平口 博丸, 豊田 康嗣, 中屋 耕, < 全球暖化下的日本氣候變化預測 (其一) -將氣象預測與解析系統 NuWFAS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.

- 使用整年的實際氣象海象數據，計算氬在持續且均等排放一整年後，海域內的氬濃度
- 計算核電廠周邊10km×10km區域內的氬年平均濃度
- 分別計算上層（從海面受到體外暴露）、全層（在海中受到體外暴露、體內暴露）、下層（動植物的輻射暴露）的氬濃度
- 得出氬濃度後，再依據排放量的比例計算出其他63種核種的濃度



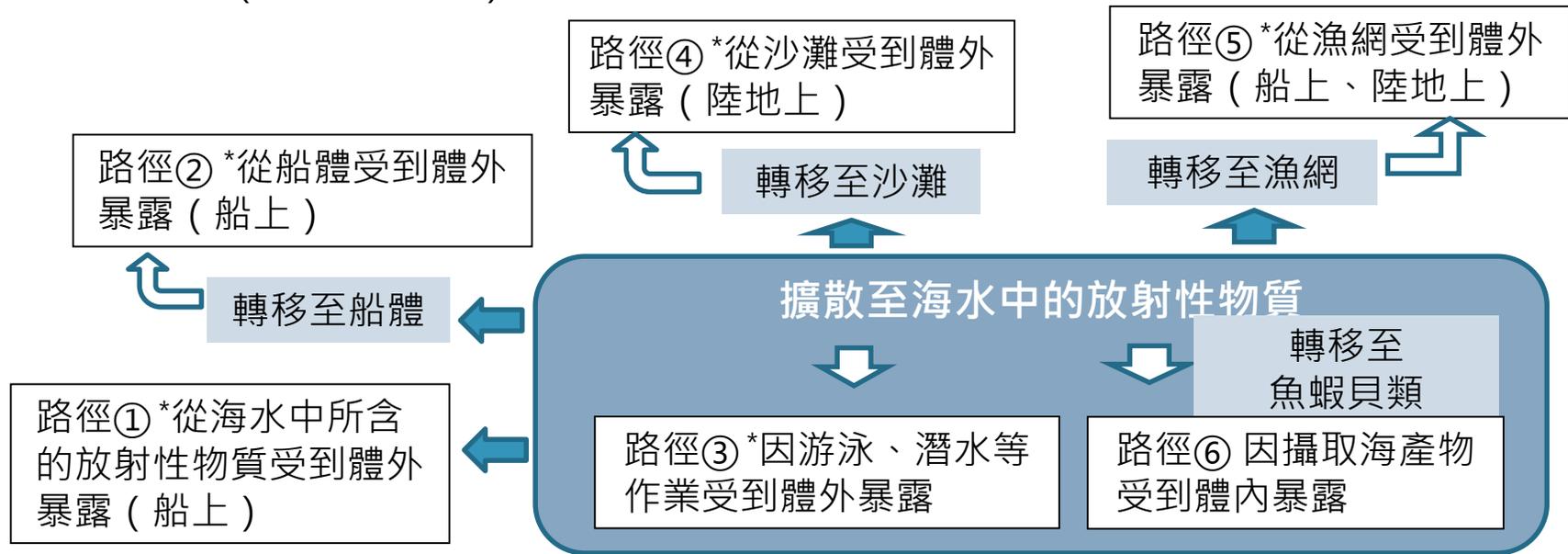
計算評估所需的海水中放射性物質濃度時所使用的區域圖

資料出處：東京電力公司根據日本國土地理院地圖（電子國土Web）繪製而成
<https://maps.gsi.go.jp/#13/37.422730/141.044970/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>

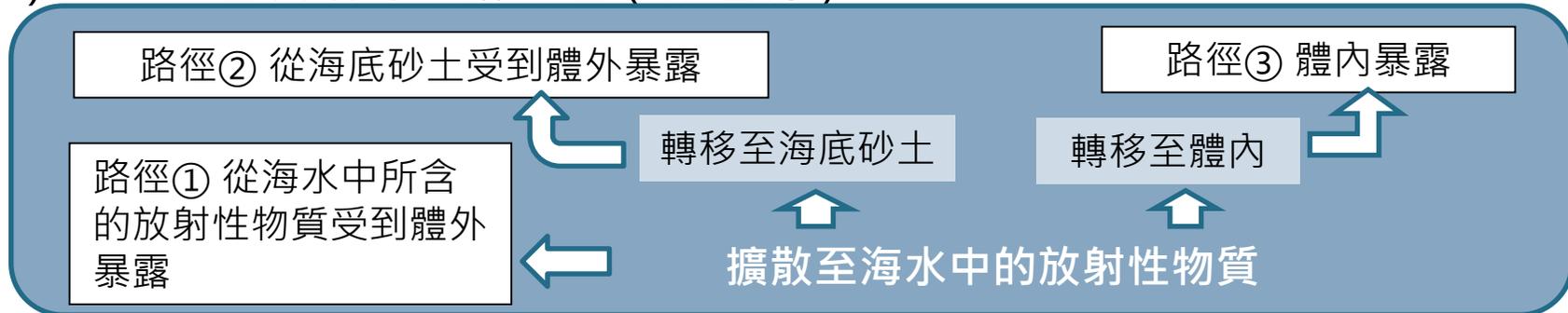
決定輻射暴露路徑 (評估模式)

(1) 轉移路徑及輻射暴露路徑 (人體輻射暴露)

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*的路徑)



(2) 轉移路徑及輻射暴露路徑 (動植物)



(1) 代表性個人 (人體輻射暴露)

- 其生活習慣 (體外暴露) 是依據《發電用輕水型核反應爐安全審查中的一般大眾輻射劑量評估》進行設定
 - 每年有120天 (2,880小時) 從事漁業活動，其中80天 (1,920小時) 在漁網附近作業
 - 每年有500小時待在海岸，有96小時在海中游泳
- 其海產物年攝取量 (體內暴露) 是從最新食品攝取資料中取「魚蝦貝類攝取量為平均水準者」及「魚蝦貝類攝取量較多者 (平均+2σ*) 」兩種進行評估

海產物攝取量為平均水平者
表 4 - 8 海產物を平均的に摂取する個人の摂取量 (g/日)

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

海產物攝取量較多者
表 4 - 9 海產物を多く摂取する個人の摂取量 (g/日)

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

(2) 參考動植物 (環境防護)

從ICRP Pub.136**揭示的海洋環境參考動植物中選定參考鯨魚、參考螃蟹、參考褐藻

- 鯨魚：核電廠周邊海域有許多比目魚、鯨魚類棲息，且為重要的漁獲魚種
- 螃蟹：核電廠周邊海域有許多細點圓趾蟹與三齒梭子蟹等蟹類棲息
- 褐藻類：核電廠周邊海域有馬尾藻類與海帶等褐藻類廣泛分佈

*σ：標準差

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

體外暴露（路徑①②③④⑤）

- 在搭乘船舶移動與進行水中作業時因海水中的輻射而受到暴露（路徑①③）

輻射暴露劑量 = 有效劑量換算係數 × 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暴露（路徑②④⑤）

輻射暴露劑量 = 有效劑量換算係數 × 轉移係數 × 海水中的放射性物質濃度

- 有效劑量換算係數意指人體從每1貝克 / 公升的不同放射性物質所接收到的輻射劑量。評估時使用《除役工作環境影響評估手冊》*1中所定的係數。
- 轉移係數意指海水中所含每1貝克 / 公升的不同放射性物質從海水轉移至船體或沙灘的多寡。評估時主要使用六之所再處理工廠的申請文件*2中所定的係數，唯沙灘的轉移係數另外使用日本原子力安全委員會（原子力規制委員會前身）相關準則*3中所定的係數

*1 《發電用核反應爐除役工作環境影響評估技術調查 — 環境影響評估參數調查研究（平成18年度經濟產業省委託調查）附件資料 除役工作環境影響評估手冊》・（財）電力中央研究所

*2 《六之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安全審查中的一般大眾輻射劑量評估》・日本原子力安全委員會

體內暴露（路徑⑥）

輻射暴露劑量 = 有效劑量係數 × 攝取率

攝取率 = 海水中的放射性物質濃度 × 濃縮係數 × 海產物年攝取量

- 有效劑量係數使用ICRP Pub. 72*¹中所定的數值
- 濃縮係數使用IAEA TRS No.422*²中所定的數值
- 評估時不考慮海產物在市場流通時受到的稀釋，及各種放射性物質的衰變
- 海產物評估對象包括魚類、無脊椎動物（烏賊、章魚除外）*³、海藻

評估基準（將體外暴露與體內暴露合計後進行評估）

- 與一般大眾的輻射劑量限度1毫西弗 / 年進行比較
- 日本並未導入劑量約束值*⁴，因此是與核電廠的劑量目標值0.05毫西弗 / 年進行比較

*1 ICRP Pub.72, "Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides; Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Doses Coefficients"

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

*3 使用ICRP Pub.72中的「軟體動物（烏賊、章魚除外）」資料集。

*4劑量約束值：輻射劑量在達到劑量限度前，若超出劑量約束值，則該輻射相關作業或設施之負責人應推動防護及安全最佳化。日本並無法定的劑量約束值。

動植物

- 動植物的輻射影響是以棲息環境中的輻射劑量率進行評估
- 使用ICRP所揭示的參考動植物及輻射劑量換算係數，以下列公式進行計算
- 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

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

體外暴露劑量 = 0.5 × 體外劑量換算係數 × 海水中的放射性物質濃度 (路徑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 (路徑②)

- 體內、體外的輻射劑量換算係數使用ICRP Pub. 136*¹ 及BiotaDC*²所定的數值
- 濃度比使用ICRP Pub. 114*³及IAEA TRS-422*⁴所定的濃縮係數
- 分配係數使用IAEA TRS-422所定的數值 (2.3.OCEAN MARGIN *Kds*)

評估基準

- 與ICRP在Pub.124*⁵中所揭示的導出參考基準 (DCRL) *⁶進行比較

*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.422, "Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment"

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

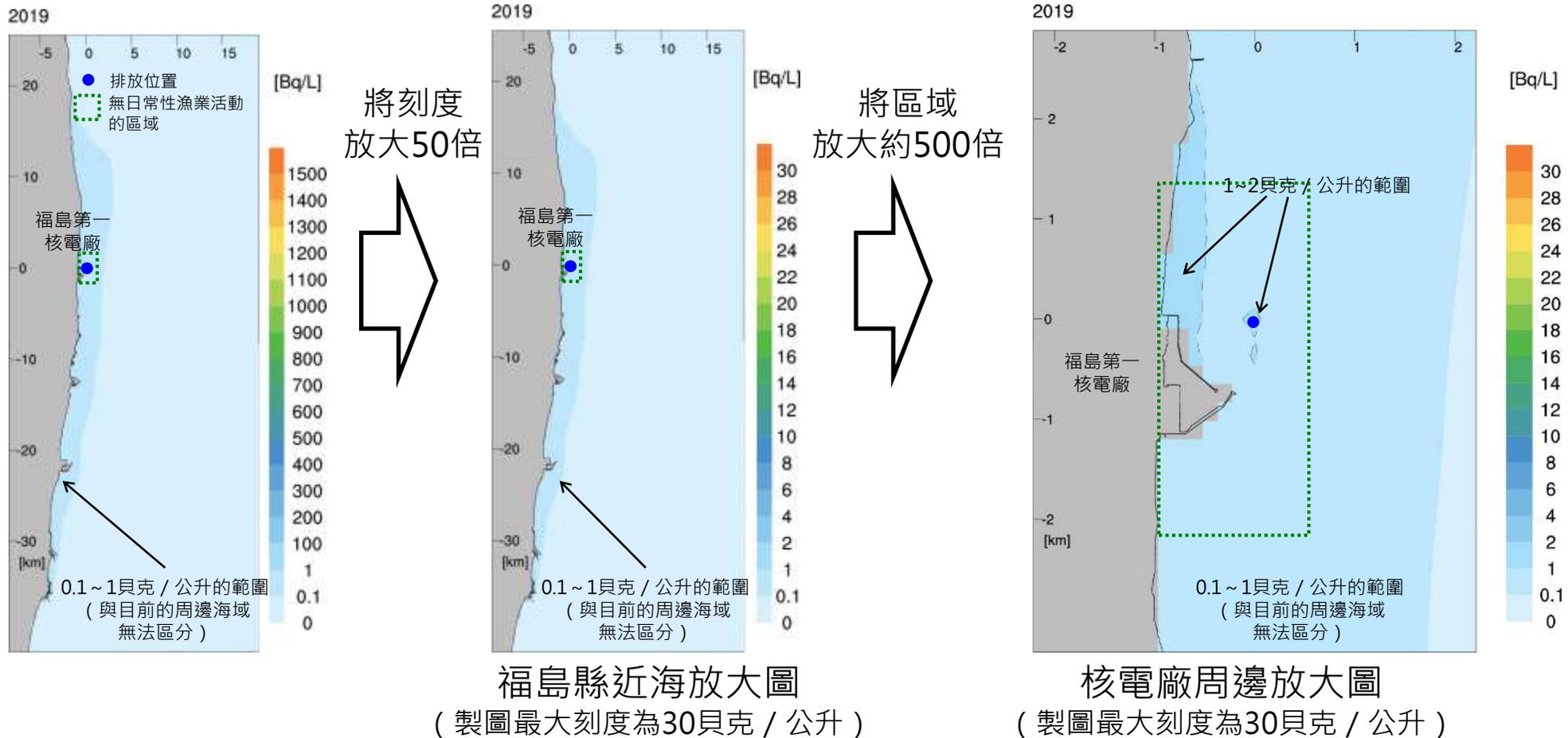
*6 導出參考基準 (Derived Consideration Reference Level, DCRL) : 由ICRP所提倡，並分別針對不同物種所訂定的輻射劑量率範圍，範圍內最小值與最大值相差10倍。若輻射劑量率超出此基準，則需要考慮其對生物體帶來的影響。

- 1 ・ 評估時作為假設前提的排放方式
- 2 ・ 評估方法
- 3 ・ 評估結果**
- 4 ・ 參考資料

海洋擴散模擬結果

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（虛線內側範圍）將僅限於核電廠周邊2~3km的區域內。

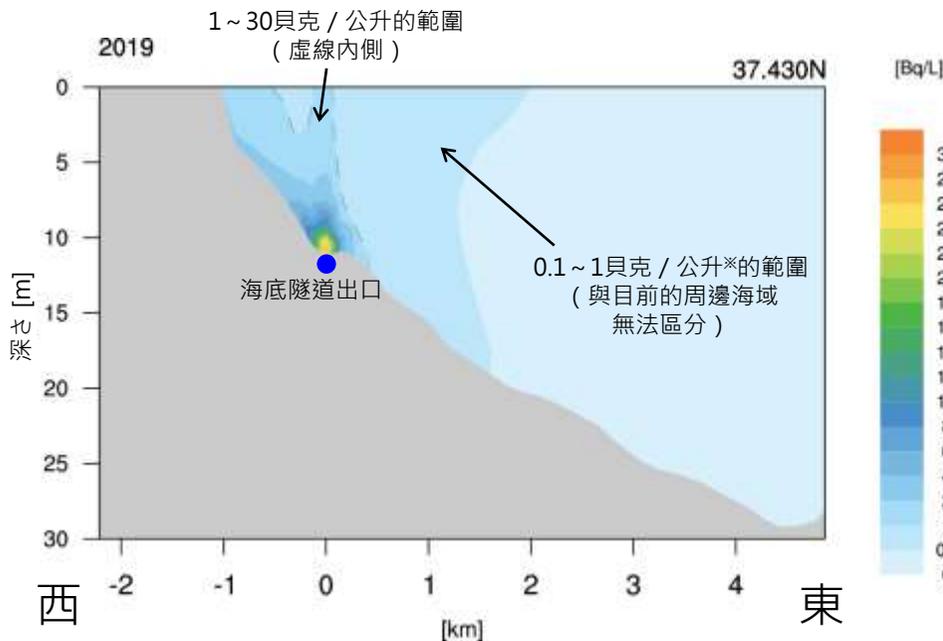
※ WHO飲用水準則10,000貝克/公升的十萬分之一~一萬分之一



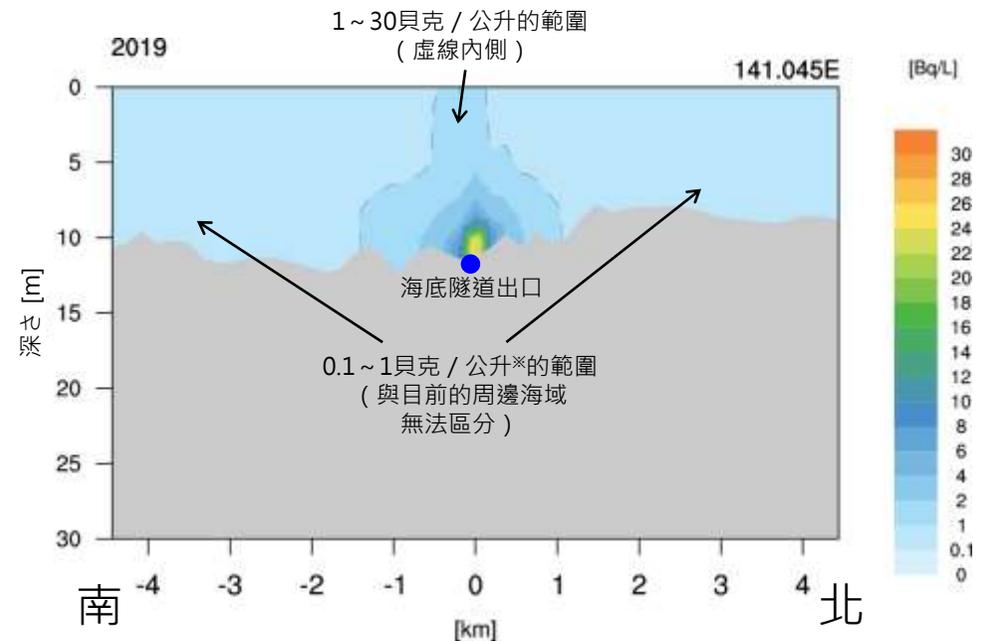
海洋擴散模擬結果 (海底隧道出口周邊)

開始擴散前，隧道出口正上方附近可見部分地點的濃度達到30貝克 / 公升左右，但其周邊的濃度則立即下降。

此外，隧道出口正上方附近出現的貝克 / 公升數值仍大幅低於日本依據ICRP建議制訂的國內管制標準 (6萬貝克 / 公升) 及WHO飲用水準則 (1萬貝克 / 公升)。



隧道出口東西向剖面圖
(製圖最大刻度為30貝克 / 公升)

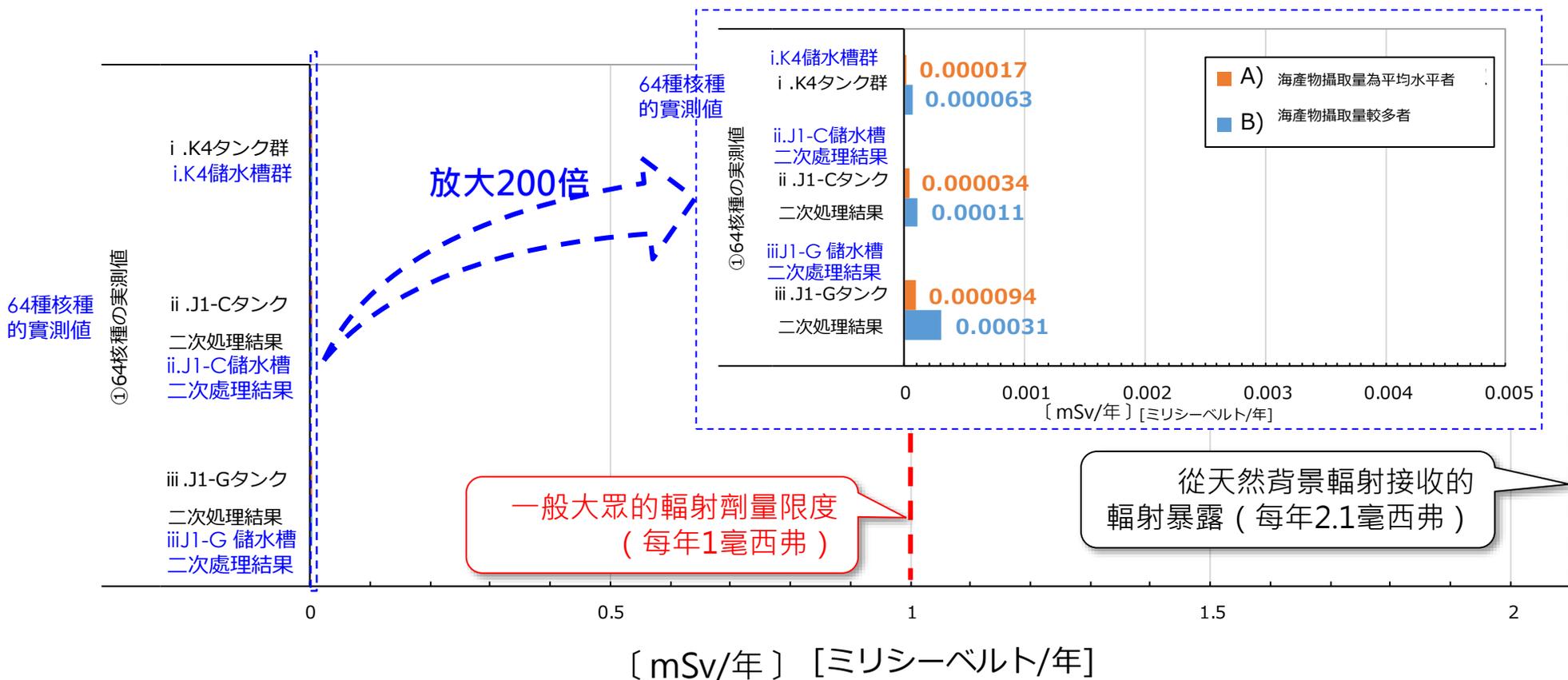


隧道出口南北向剖面圖
(製圖最大刻度為30貝克 / 公升)

※WHO飲用水準則10,000貝克 / 公升的十萬分之一 ~ 一萬分之一

人體輻射暴露評估結果 (設計階段、①以64種核種的實測值進行評估)

- ①以64種核種實測值進行的評估結果顯示，海產物攝取量為平均水準者 (相當於一般民眾) 所受到的輻射暴露約為一般大眾輻射劑量限度 (每年1毫西弗) 的6萬分之一~1萬分之一，以及人類從天然背景輻射受到的輻射暴露 (每年2.1毫西弗) 的12萬分之一~2萬分之一。



(注) 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。另外，此內容僅為現階段的暫定評估結果，今後可能視各項研議狀況及本公司內外的各方意見等進行修正。

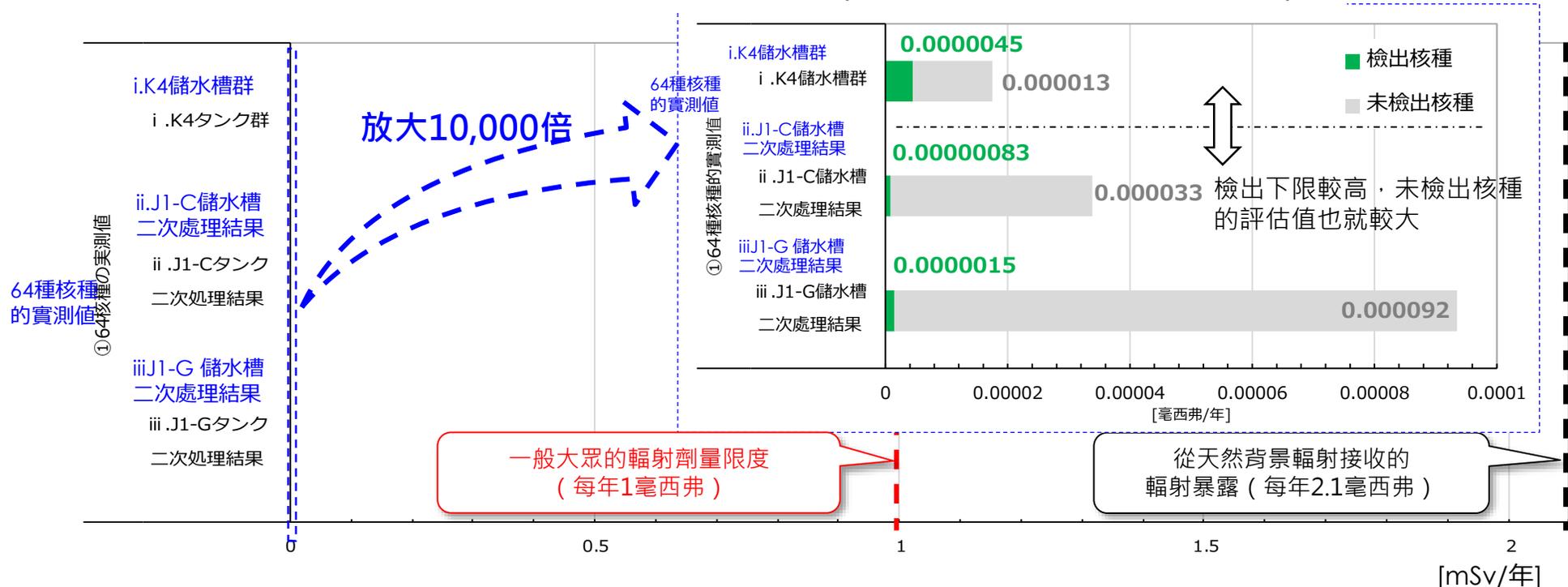
評估結果 (設計階段、①以實測值進行評估) 的未檢出核種相關探討

■ ①以64種核種實測值進行評估時，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。

✓ 未來將以每年約1次的頻率，採用較一般水準更低的檢出下限值進行測量，以確實掌握未檢出核種所帶來的影響

i .K4：以更低的檢出下限值進行詳細分析
ii .J1-C, iii .J1-G：可持續運用的檢出下限值

未檢出核種對輻射暴露劑量的影響 (海產物攝取量為平均水準者)

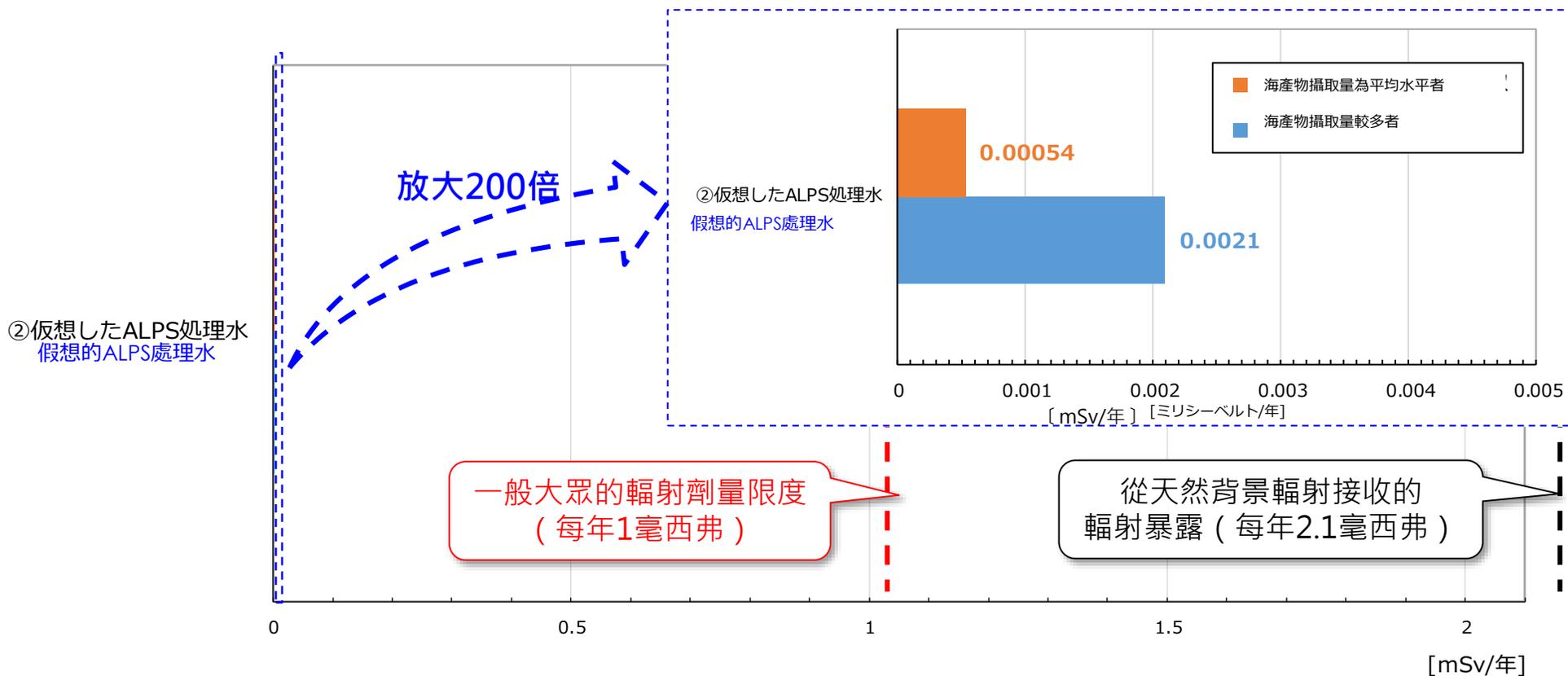


(注) 此處僅顯示成人的評估結果作為代表。另外，此內容僅為現階段的暫定評估結果，今後可能視各項研議狀況及本公司內外的各方意見等進行修正。

人體輻射暴露評估結果

(設計階段、②以假想ALPS處理水進行評估)

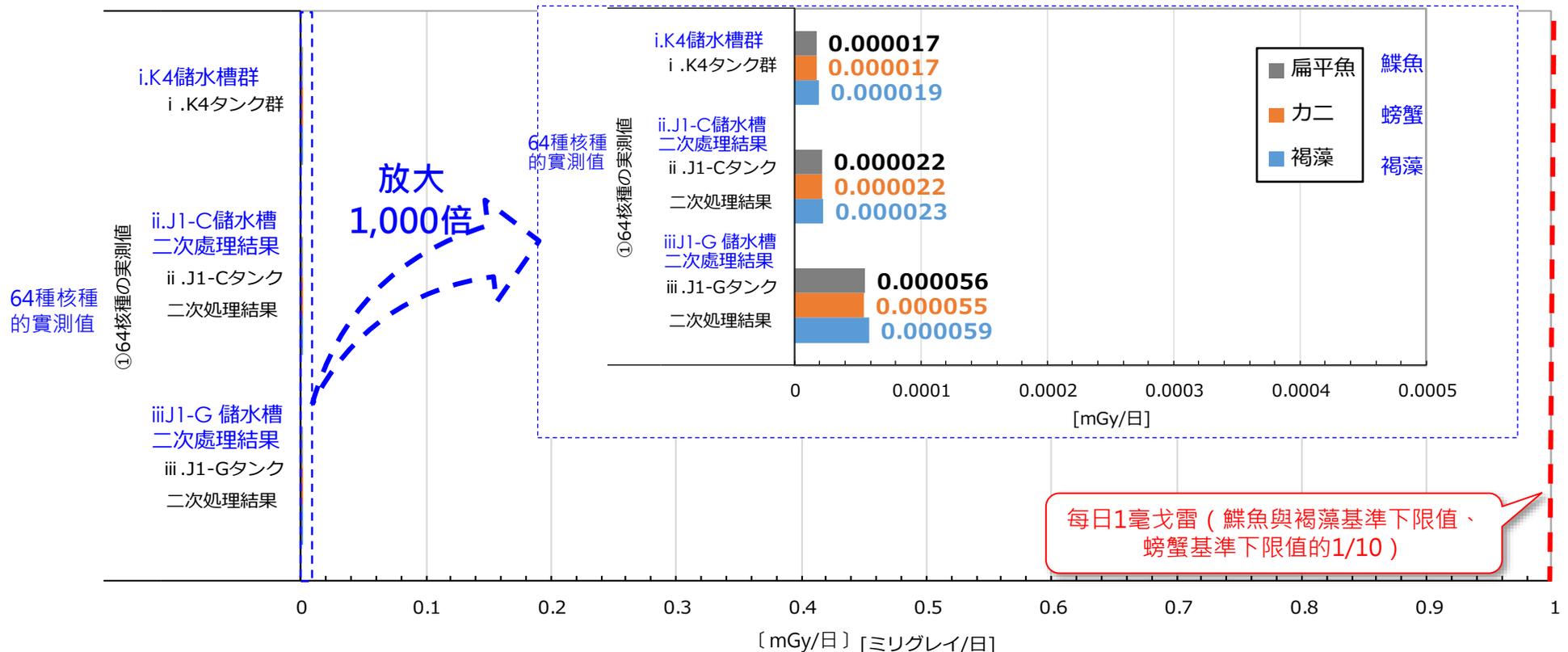
- ②即使假設ALPS處理水中僅含有輻射暴露影響相對較大的核種，進行極端保守的評估，其結果仍僅為一般大眾輻射劑量限度（每年1毫西弗）的2千分之一～5百分之一左右，以及人類從天然背景輻射受到的輻射暴露（每年2.1毫西弗）的4千分之一～千分之一左右。



(注) 此處僅顯示成人的評估結果作為代表。另外，此內容僅為現階段的暫定評估結果，今後可能視各項研議狀況及本公司內外的各方意見等進行修正。

動植物輻射暴露評估結果 (設計階段、①以64種核種的實測值進行評估)

- ①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* (鯉魚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6萬分之一~2萬分之一 (約為螃蟹基準下限值的60萬分之一~20萬分之一) 。



(注) 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。另外，此內容僅為現階段的暫定評估結果，今後可能視各項研議狀況及本公司內外的各方意見等進行修正。

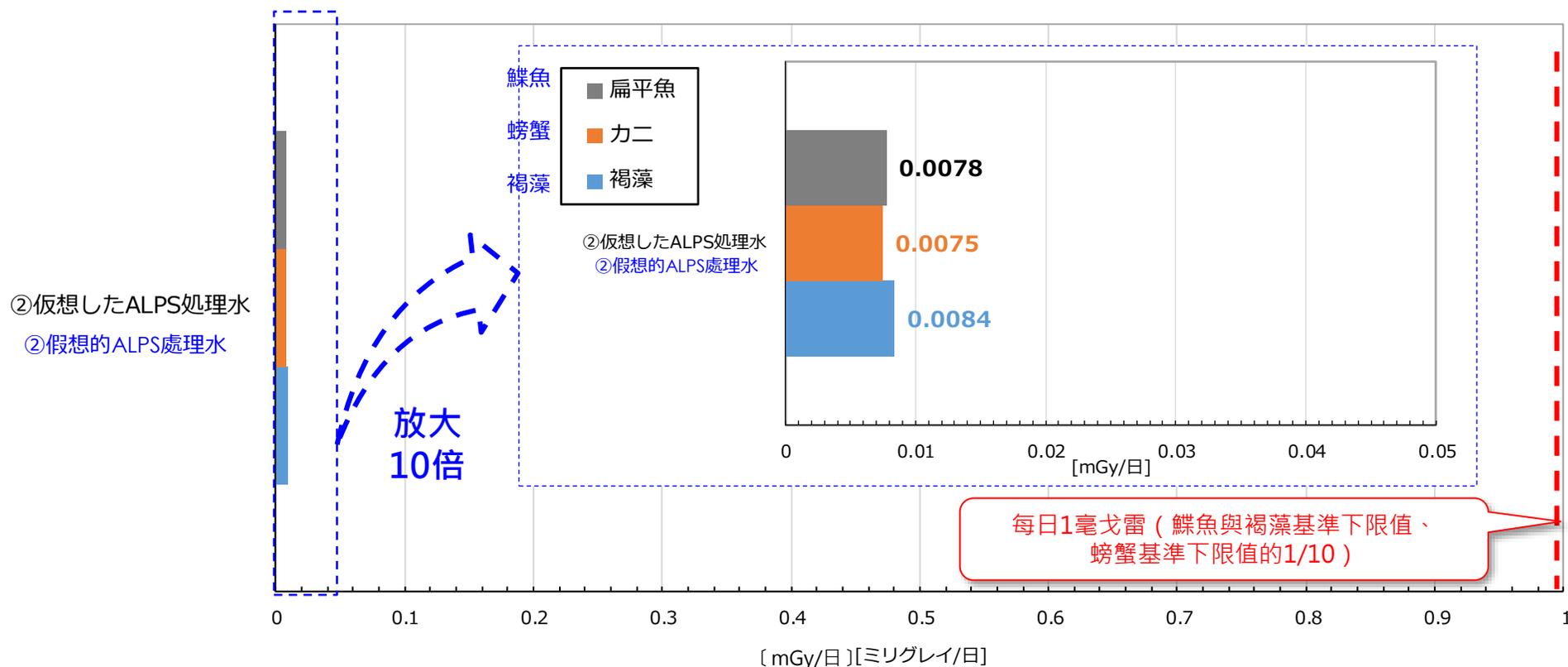
*導出參考基準 (Derived Consideration Reference Level, DCRL) : 由ICRP所提倡，並分別針對不同物種所訂定的輻射劑量率範圍，範圍內最小值與最大值相差10倍。若輻射劑量率超出此基準，則需要考慮其對生物體帶來的影響。

** 戈雷：用於表示物質所吸收的輻射劑量 (能量量) 的單位。西弗則用於表示人體所受到的輻射影響的大小。精確而論，西弗 = 修正係數 × 戈雷，不過用於伽瑪射線、貝他射線時，兩種單位幾乎同等。

動植物輻射暴露評估結果

(設計階段、②以假想ALPS處理水進行評估)

- ②即使假設ALPS處理水中僅含有輻射暴露影響相對較大的核種，進行極端保守的評估，其結果仍僅為評估時作為基準的導出參考基準* (鰈魚1~10毫戈雷 / 日、螃蟹10~100毫戈雷 / 日、褐藻1~10毫戈雷 / 日) 的130分之一~120分之一左右 (約為螃蟹基準1,300分之一~1,200分之一) 。



(注) 此內容僅為現階段的暫定評估結果，今後可能視各項研議狀況及本公司內外的各方意見等進行修正。

*導出參考基準 (Derived Consideration Reference Level, DCRL) : 由ICRP所提倡，並分別針對不同物種所訂定的輻射劑量率範圍，範圍內最小值與最大值相差10倍。若輻射劑量率超出此基準，則需要考慮其對生物體帶來的影響。

- 1 ・ 評估時作為假設前提的排放方式
- 2 ・ 評估方法
- 3 ・ 評估結果
- 4 ・ **參考資料**

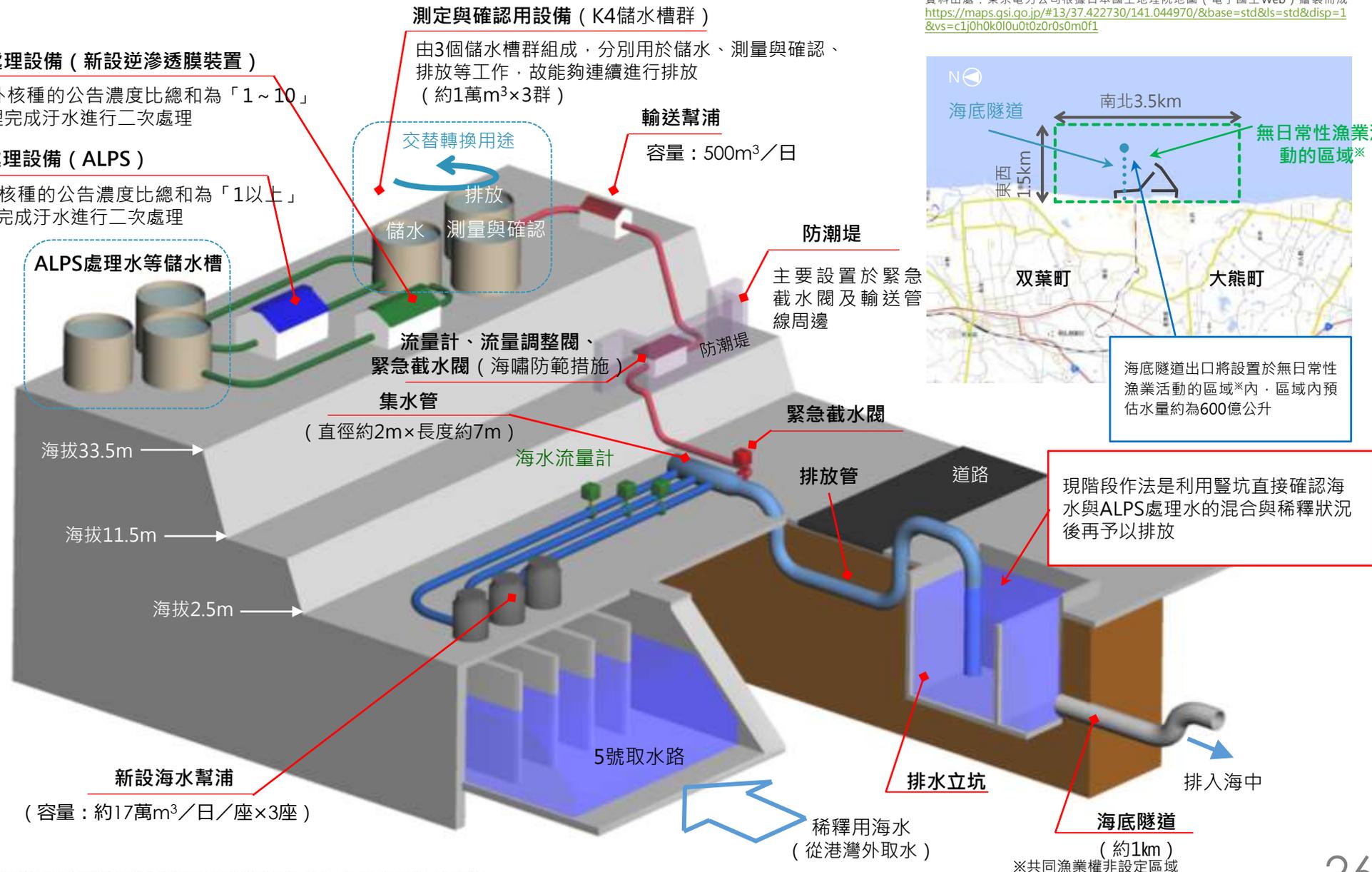
【參考】確保安全所需設備之全貌

資料出處：東京電力公司根據日本國土地理院地圖（電子國土Web）繪製而成
<https://maps.gsi.go.jp/#13/37.422730/141.044970/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>



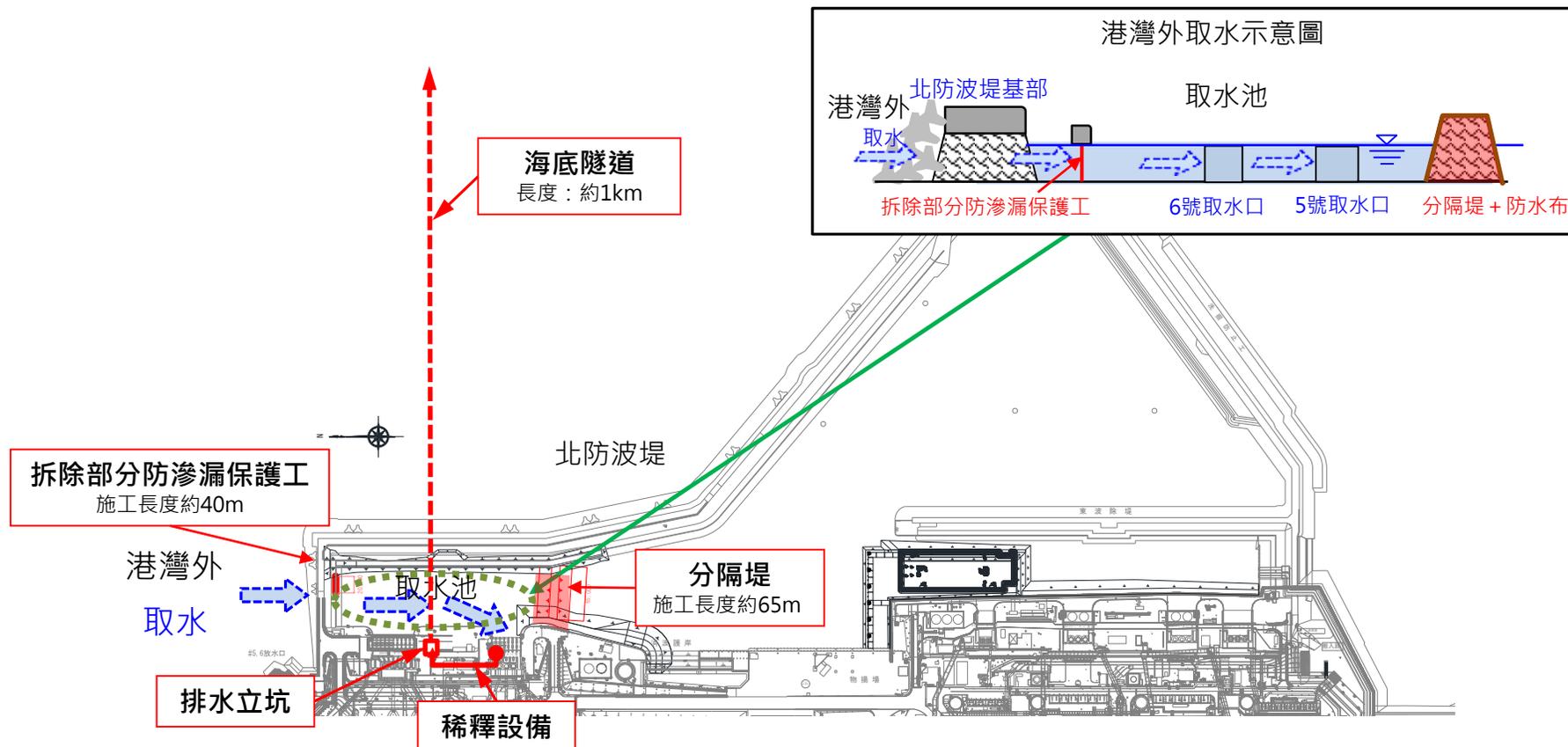
海底隧道出口將設置於無日常性漁業活動的區域*內。區域內預估水量約為600億公升

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



【參考】港灣設計

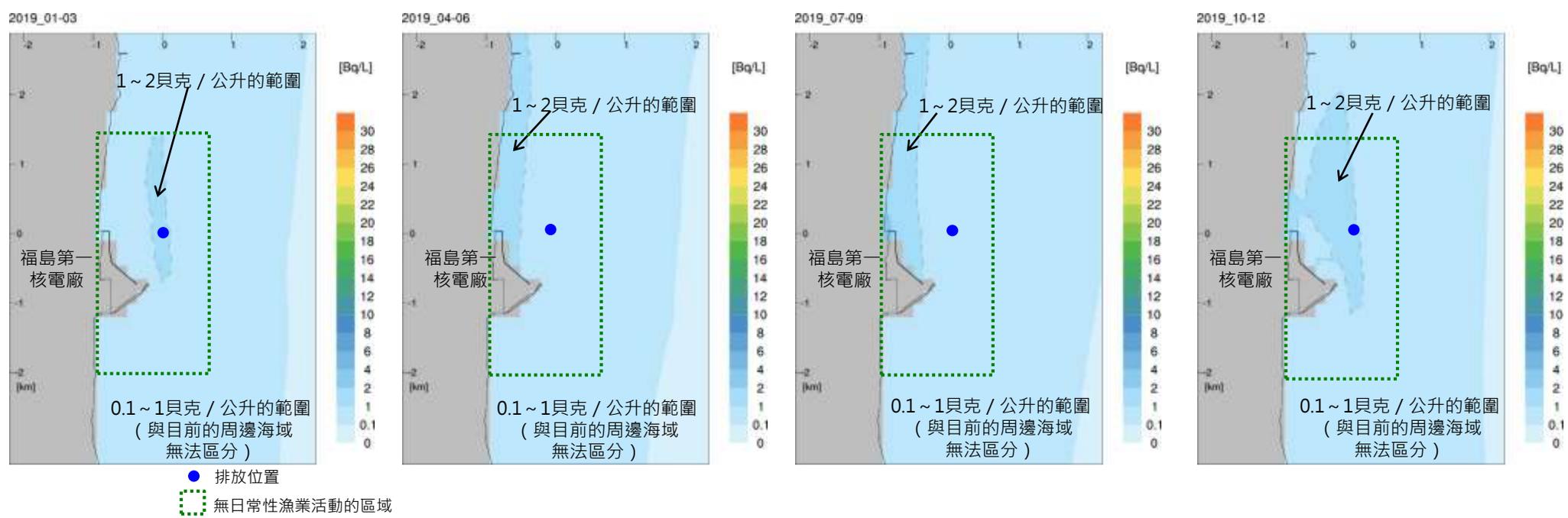
- 改造部分北防波堤，從港灣外抽取海水用於稀釋，並建造分隔堤將港灣內外隔開，避免港灣內的海水與稀釋用的海水直接混合。
- 在離岸約1km處排水的設計，使排入海中的水不易再與海水循環（不易再次被抽取用於稀釋）。
- 海底隧道的細節將在實施海上鑽探等調查後再行研議。



【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*) 的範圍 (虛線內側範圍) 亦僅限於核電廠周邊。

※WHO飲用水準則10,000貝克 / 公升的十萬分之一~一萬分之一



1~3月平均

4~6月平均

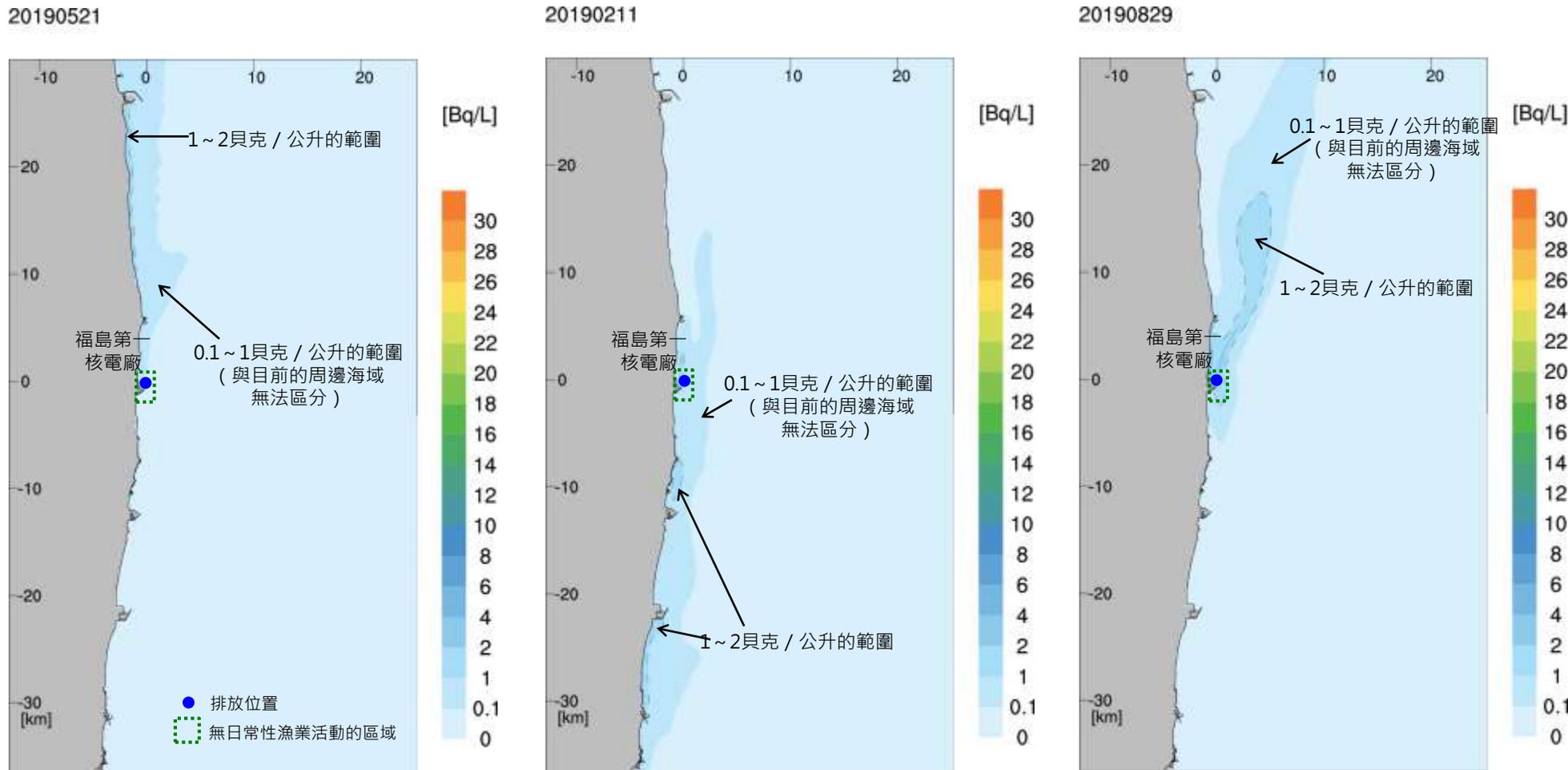
7~9月平均

10~12月平均

【參考】海洋擴散模擬結果 (擴散傾向)

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) 仍僅限於排放位置南北30km左右的範圍內。

※WHO飲用水準則10,000貝克 / 公升的十萬分之一~一萬分之一



向北擴散最廣的狀況
(製圖最大刻度為30貝克 / 公升)

向南擴散最廣的狀況
(製圖最大刻度為30貝克 / 公升)

向東擴散最廣的狀況
(製圖最大刻度為30貝克 / 公升)

【參考】海洋擴散模擬結果 (擴散傾向)

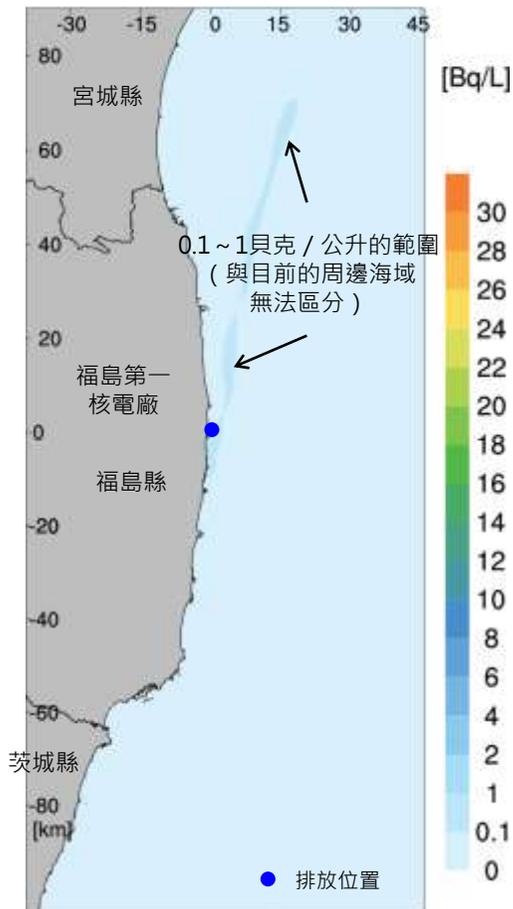
至於實測時無法與目前周邊海域海水中所含氚濃度 (0.1~1貝克 / 公升*) 進行區分的低濃度範圍 (超過0.1貝克 / 公升的範圍) , 在模擬結果中擴散最廣的日期之下, 可發現以下傾向。

※WHO飲用水準則10,000貝克 / 公升的十萬分之一~一萬分之一

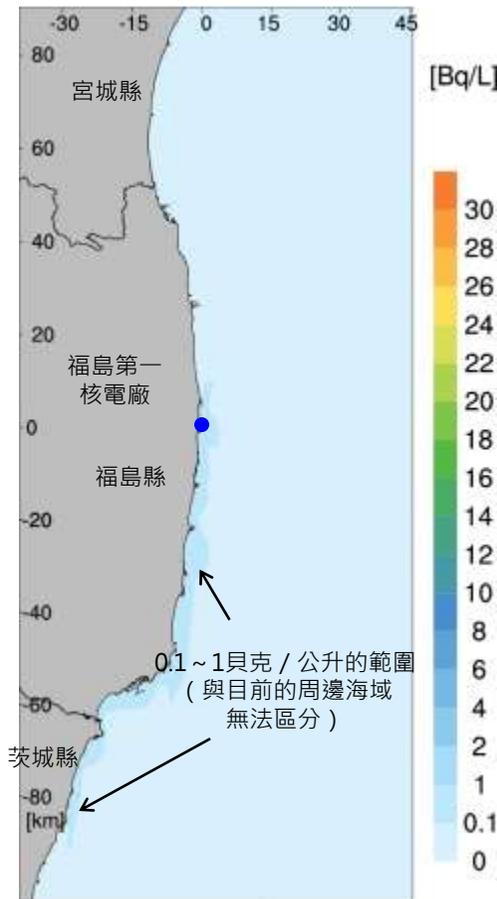
20190827

20191027

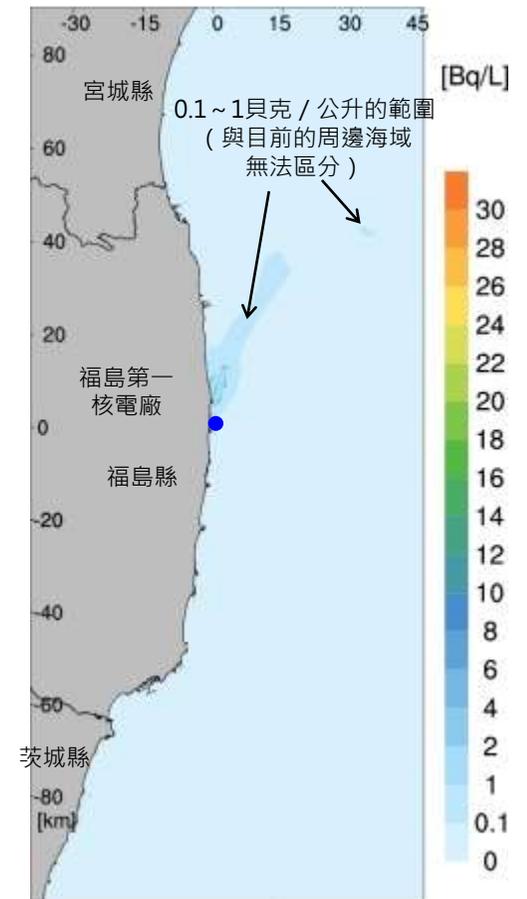
20190806



向北擴散最廣的狀況
(製圖最大刻度為30貝克 / 公升)



向南擴散最廣的狀況
(製圖最大刻度為30貝克 / 公升)



向東擴散最廣的狀況
(製圖最大刻度為30貝克 / 公升)

【參考】探討不同排放位置對擴散帶來的影響

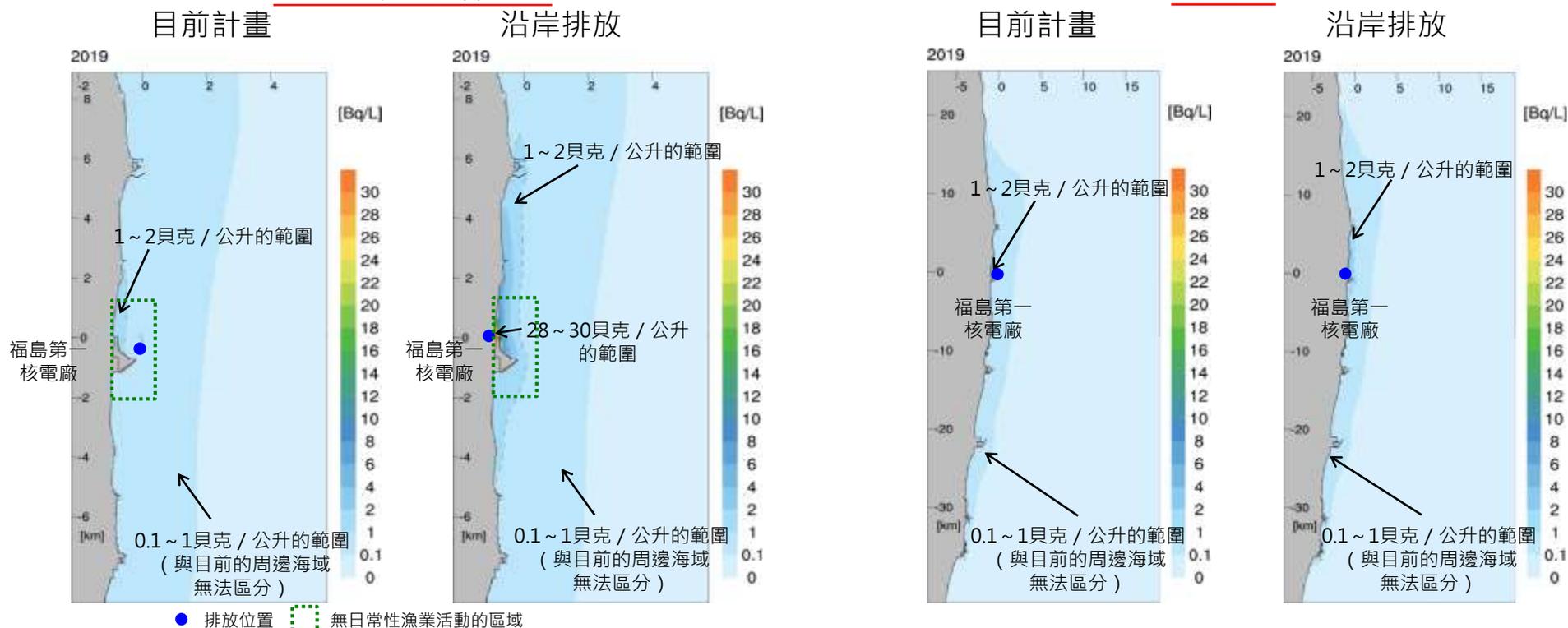
除了依據目前的排放計畫進行擴散模擬外，亦假設從目前5號、6號核反應爐的排水口位置進行沿岸排放，另外進行模擬（模擬時不考慮ALPS處理水排出後經海水循環而再次被取用的問題）。

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飲用水準則10,000貝克/公升的十萬分之一~一萬分之一

福島縣近海放大圖

廣域圖



【參考】對人體及環境的輻射影響評估假設前提

- 氚排放量：每年22兆貝克

評估情境	① i · K4儲水槽群	① ii · J1-C儲水槽 二次處理結果	① iii · J1-G儲水槽 二次處理結果	②假想ALPS處理水
氚濃度 [Bq/L]	19萬	82萬	27萬	10萬※
ALPS處理水 年排放量[m ³ /年]	12萬	2.7萬	8.1萬	22萬

※為了放大氚以外核種的輻射影響，評估時設定的氚濃度較至今為止所測得的最低氚濃度更低

- 考量放射性物質在海中的流動與擴散，使用福島第一核電廠周邊10km×10km範圍內的平均海水濃度進行評估
 - ✓ 評估時使用的模式是由一般財團法人電力中央研究所將區域海洋模式「ROMS:Regional Ocean Modeling System」套用於福島縣近海後所建立
- 將下列路徑設定為輻射暴露路徑

對人體的輻射影響評估	對環境的輻射影響評估
<ul style="list-style-type: none"> ✓從海面受到體外暴露 ✓從船體受到體外暴露 ✓於海中作業時受到體外暴露 ✓從沙灘受到體外暴露 ✓從漁網受到體外暴露 ✓因攝取海產物受到體內暴露 	<ul style="list-style-type: none"> ✓從海水受到體外暴露 ✓從海底沉積物受到體外暴露 ✓從攝取進入體內的放射性物質受到體內暴露

【參考】對人體的輻射影響詳細評估結果

評估條件	輻射源項的核種結構	①64種核種的實測值					
		i .K4儲水槽群		ii .J1-C儲水槽 二次處理結果		iii.J1-G儲水槽 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)	從海面接收	6.5E-09		1.7E-08		4.7E-08	
	從船體接收	5.2E-09		1.3E-08		3.4E-08	
	於海中作業時接收	2.8E-10		7.6E-10		2.0E-09	
	從沙灘接收	5.0E-07		1.3E-06		3.6E-06	
	從漁網接收	1.6E-06		4.3E-06		1.2E-05	
體內暴露 (mSv/年)		1.5E-05	6.1E-05	2.8E-05	1.1E-04	7.9E-05	3.0E-04
合計 (mSv/年)		1.7E-05	6.3E-05	3.4E-05	1.1E-04	9.4E-05	3.1E-04

一般大眾的輻射劑量限度：1mSv/年

日本國內核電廠的輻射劑量目標值（最佳化的目標）：0.05mSv/年

【參考】對動植物的輻射影響詳細評估結果

評估情境		(1) 以實測值作為輻射源項		
		i. K4儲水槽群	ii. J1-C儲水槽群	iii. J1-G儲水槽群
輻射暴露 (mGy*/日)	鰈魚	1.7E-05	2.2E-05	5.6E-05
	螃蟹	1.7E-05	2.2E-05	5.5E-05
	褐藻	1.9E-05	2.3E-05	5.9E-05
導出參考基準(DCRL) 鰈魚：1-10 mGy/日 螃蟹：10-100mGy/日 褐藻：1-10mGy/日				

*mGy：毫戈雷

【參考】輻射影響詳細評估結果 (②以假想ALPS處理水進行評估)

對人體的輻射影響評估結果

輻射暴露路徑		海產物攝取量	
		A:平均	B:較多
體外暴露 (mSv [*] /年)	從海面接收	1.8E-07	
	從船體接收	1.4E-07	
	於海中作業時接收	7.9E-09	
	從沙灘接收	1.4E-05	
	從漁網接收	4.5E-05	
體內暴露 (mSv/年)		4.8E-04	2.0E-03
合計 (mSv/年)		5.4E-04	2.1E-03
一般大眾的輻射劑量限度：1mSv/年 日本國內核電廠的輻射劑量目標值 (最佳化的目標)：0.05mSv/年			

*mSv：毫西弗

對環境的輻射影響評估結果

參考動植物	輻射暴露 (mGy [*] /日)
鰈魚	7.8E-03
螃蟹	7.5E-03
褐藻	8.4E-03
導出參考基準(DCRL) 鰈魚：1-10 mGy/日 螃蟹：10-100mGy/日 褐藻：1-10mGy/日	

*mGy：毫戈雷