

根據測量、評估對象核種的重新檢視， 有關輻射環境影響評估（建設階段*）的再評估結果

2023年2月14日

TEPCO

東京電力控股株式會社

* 本報告的評估是根據有關海洋排放計劃的設計、運用的檢討進展、各方意見、IAEA專家的審查、第三者評估的交叉檢查等所得的擴展見解，進行適當的重新檢視。

概要

- 於2022年4月公布「有關ALPS處理水海洋排放的輻射影響評估結果（設計階段、修訂版）」後，並於2022年11月根據本公司的檢討、工程進展、IAEA的審查及與原子能管制委員會的討論等，重新檢視部分評估。
- 於2022年11月的評估中，根據選定作為排放ALPS處理水到海洋時的測量、評估對象核種的30種核種，重新檢視輻射源項。
- 其後，根據原子能規制廳技術會議中的討論，變更測量、評估對象核種選定的部分考量，選出29種核種為測量、評估對象核種並進行再評估。另外，變更為29種核種一事亦會受到IAEA的審查。
(有關測量、評估對象核種選定的考量之詳細，可參考「有關ALPS處理水之處理實施計劃變更批准申請書之部分修改【概要】」)
- 此外，在本次評估中，由於使用了事故後12年截至2023年3月的存在量以選定測量、評估對象核種，因此對輻射源項的核種組成進行了衰減修正，使其濃度變為截至2023年3月的濃度。
- 同時，我們也反映了2022年11月IAEA審查時的指摘事項。
- 關於輻射環境影響評估，劑量評估值已經比一般公眾劑量限度、劑量拘束值、國際機構提倡按不同生物物種規定的數值大幅下降，此結論並無改變。
 - 對人的輻射評估值與設計階段比較為約1/40 ~ 1/2
 - 對環境的輻射評估值與設計階段比較為約1/100 ~ 1/30

關於本評估

- 根據政府的「基本方針」，有關本公司依照檢討過的設備設計及運用進行排放時，對人及環境的輻射影響，均跟隨國際認可的方法（國際原子能機構（IAEA）安全標準文件、國際放射防護委員會（ICRP）勸告）訂定評估手法。
- 遵循此做法評估輻射劑量，結果遠低於劑量限度和劑量目標值，及國際機構提倡按不同生物物種規定的數值，證明對人及環境的影響極為輕微。
- 今後，在向原子能管制委員會取得實施計劃的批准進行必要手續的同時，就算是在開始海洋排放之後，我們也將透過IAEA專家等審查、各方意見及審查等，進行必要的重新檢視。
- 此外，我們將繼續以高度透明的方式發布有關輻射對人及環境影響的科學資訊，以消除日本國內外大眾的擔憂及促進理解。

為確保普羅大眾及環境安全，東京電力會確實遵守根據國際標準（IAEA安全標準文件及ICRP的勸告）所制定有關排放水中的氬及其他放射性物質濃度的日本國家規定標準及各種法例等。

- 1 · 以評估作為前提的排放方法
- 2 · 評估方法
- 3 · 評估結果
- 4 · 參考

以評估作為前提的排放方法

- 排放前，對排放ALPS處理水到海洋時的測量、評估對象29種核種及氚進行測量、評估（包括第三方機構進行的測定、評估），確認除氚以外的核種告示濃度比總和*淨化至低於1。
- 氚的年排放量低於事故前福島第一核電廠排放管理目標值的22兆貝可。
- 排放時，以海水稀釋100倍以上，令排放口的氚濃度低於1,500貝可 / 公升（Bq/L）。如此一來，除氚以外的核種告示濃度比總和亦會稀釋至低於100分之1。
- 為了讓排放水難以再被取得用作稀釋用海水，稀釋後的ALPS處理水會在發電廠近海約1公里的海底排放。
- 排放ALPS處理水時若出現異常，除迅速關閉緊急切斷閥，亦會停止ALPS處理水輸送泵的運作以停止排放。

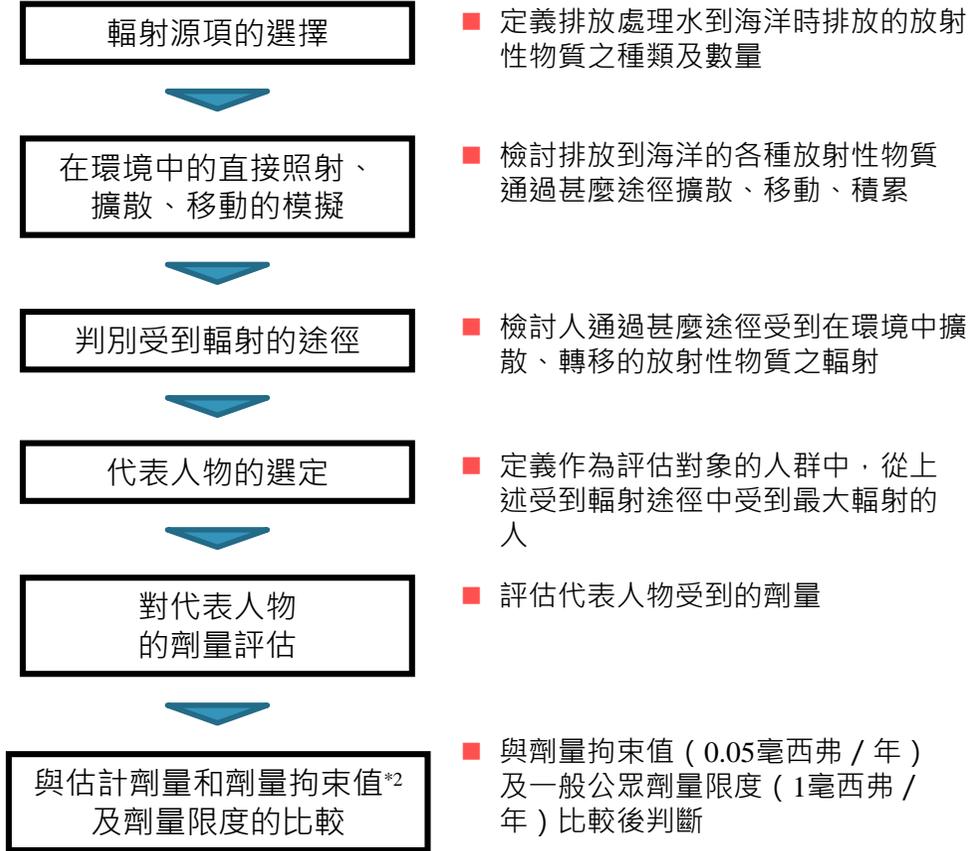
* 告示濃度比總和：排放中含有多種放射性物質時，計算每種核種的濃度與法定限度的比值並相加。法例訂定在福島第一核電廠的排水口告示濃度比總和不得超過1。今次計劃的海洋排放，除氚以外的放射性物質在稀釋排放前經過ALPS等處理，使告示濃度比總和低於1，而氚濃度則以100倍以上的海水稀釋，直至達到告示濃度（低於60,000貝可 / 公升）40分之1的水平（1500貝可 / 公升）。如此一來，除氚以外的放射性物質的濃度將遠低於告示濃度。

- 1 . 以評估作為前提的排放方法
- 2 . 評估方法**
- 3 . 評估結果
- 4 . 參考

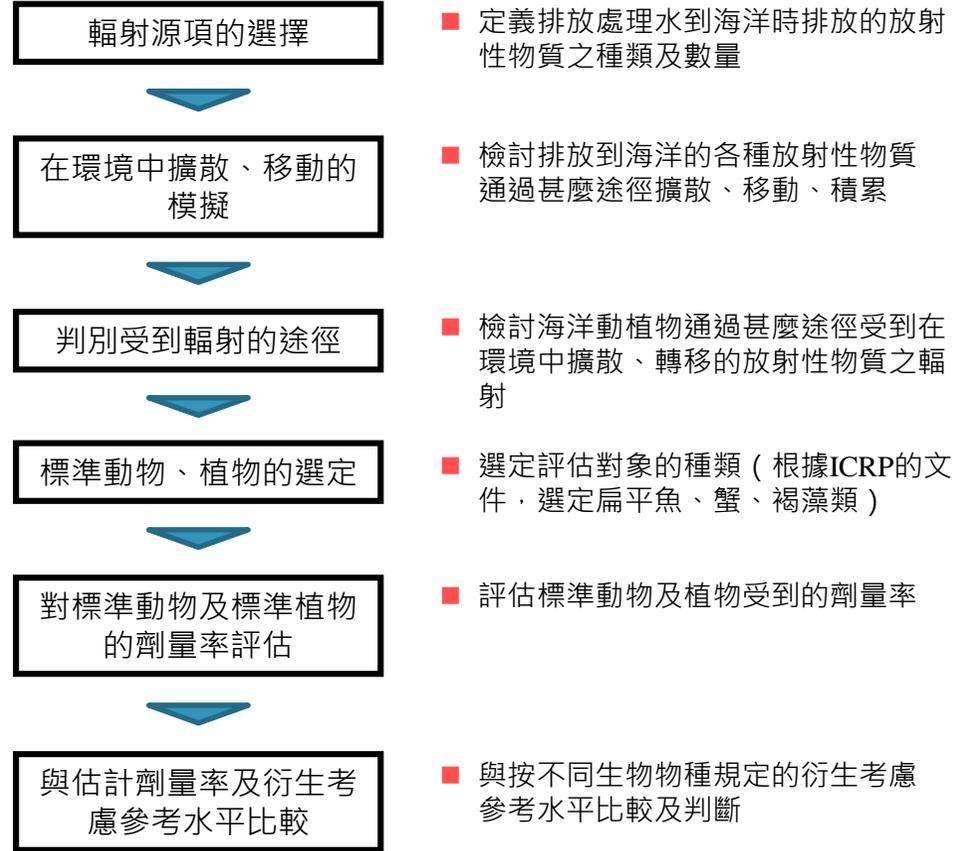
輻射環境影響評估的流程

根據國際原子能機構 (IAEA) 的安全標準文件*1，對以下流程進行了評估。

對人的評估



有關環境防護 (人以外的生物) 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 劑量拘束值：達到劑量限度前，由負責某輻射工作或設施的人員為改善防護安全而訂定的數值。原子能管制委員會於2022年2月16日，向福島第一核電廠提出核電廠的劑量目標值 (全年0.05毫西弗) 與IAEA安全標準劑量拘束值相當的意見。

輻射源項 (被排放的放射性物質的種類及數量) 的選擇

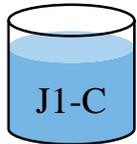
- 從更現實的預計角度出發，假設實際的ALPS處理水中，幾乎儲存了分析、評估對象核種的實測值3組儲槽群，裡面的水分別以海水稀釋後，在排放期間不斷排放。
- 以根據2022年12月原子能規制廳的技術會議討論而選定的測量、評估對象核種 (29種核種) 為基礎，選定了包括氬的30種核種作為輻射源項。
- 在不同儲槽群中沒有測量數據的核種，將以其他儲槽等的數據進行評估。
- 至今沒有被檢驗出來的放射性物質，亦假設包括在檢驗下限數值中。
- 在事故後12年截至2023年3月時，將各個儲槽群的核種濃度進行半衰期校正。



i. K4儲槽群

氬濃度：約14萬貝可 / 公升

除氬以外的29種核種的告示濃度比總和*：0.26



ii. J1-C儲槽群

氬濃度：約72萬貝可 / 公升

除氬以外的29種核種的告示濃度比總和：0.21



iii. J1-G儲槽群

氬濃度：約24萬貝可 / 公升

除氬以外的29種核種的告示濃度比總和：0.10

在任何情況下，

- 全年氬的釋放量要在22兆貝可範圍內
- 將氬濃度稀釋至低於1,500貝可 / 公升

以此作為前提

*告示濃度比總和：排放中含有多種放射性物質時，計算每種核種的濃度與法定限度的比值並相加。法例訂定在福島第一核電廠的排水口告示濃度比總和不得超過1。今次計劃的海洋排放，除氬以外的放射性物質在稀釋排放前經過ALPS等處理，因此告示濃度比總和低於1，而氬濃度則以100倍以上的海水稀釋，直至達到告示濃度（低於60,000貝可 / 公升）40分之1的水平（1,500貝可 / 公升）。如此一來，除氬以外的放射性物質的濃度將遠低於告示濃度。

【參考】與ALPS去除對象核種（62種核種）、碳-14的比較

- 在2022年7月獲批准後，於本次補充申請中變更了的核種為以下所述。
- 另外，ALPS去除對象核種中，為了確認ALPS的去除性能，我們將繼續主動對排除在測量、評估對象核種外的核種進行測量。

測量、評估對象核種：29種核種（=24+5）

※：除下列的核種外，亦會測量氫

C-14 碳	Y-90 鈾	Cs-137 銫	U-238 鈾	Cm-244 鈾
Mn-54 錳	Tc-99 錳	Ce-144 鈰	Np-237 鈾	
Fe-55 鐵	Ru-106 鈷	Pm-147 鉍	Pu-238 鈾	
Co-60 鈷	Sb-125 銻	Sm-151 釷	Pu-239 鈾	
Ni-63 鎳	Te-125m 碲	Eu-154 鈾	Pu-240 鈾	
Se-79 硒	I-129 碘	Eu-155 鈾	Pu-241 鈾	
Sr-90 鈾	Cs-134 銫	U-234 鈾	Am-241 鈾	

ALPS去除對象核種中，排除在測量、評估對象核種外的核種：39種核種（=13+10+16）

Fe-59 鐵	Te-129m 碲	Co-58 鈷	Te-123m 碲	Zn-65 鋅	Ba-137m 鋇	Cm-242 鈾
Rb-86 鉀	Cs-136 銫	Y-91 鈾	Te-127 碲	Rh-106 鉑	Pr-144 釷	Cm-243 鈾
Sr-89 鈾	Ba-140 鋇	Nb-95 鈮	Te-127m 碲	Ag-110m 銀	Pr-144m 釷	
Ru-103 鈷	Ce-141 鈰	Sn-123 錫	Gd-153 釷	Cd-113m 鎘	Pm-146 鉍	
Rh-103m 鉑	Pm-148 鉍	Sb-124 銻	Tb-160 鉕	Sn-119m 錫	Eu-152 鈾	
Cd-115m 鎘	Pm-148m 鉍			Sn-126 錫	Am-242m 鈾	
Te-129 碲				Cs-135 銫	Am-243 鈾	

：根據選定程序，以防萬一追加的核種（5種核種）

：存在量減少，在流程1中已排除的核種（13種核種）

：存在量減少，在流程3中排除的核種（10種核種）

：根據實際情況重新檢視從核反應堆中轉移到污染水的狀態，在流程4、5中排除的核種（16種核種）

半核各
於衰種個
1期的
年均

【參考】在評估中使用的儲槽群之測量、評估對象核種及濃度 **TEPCO**

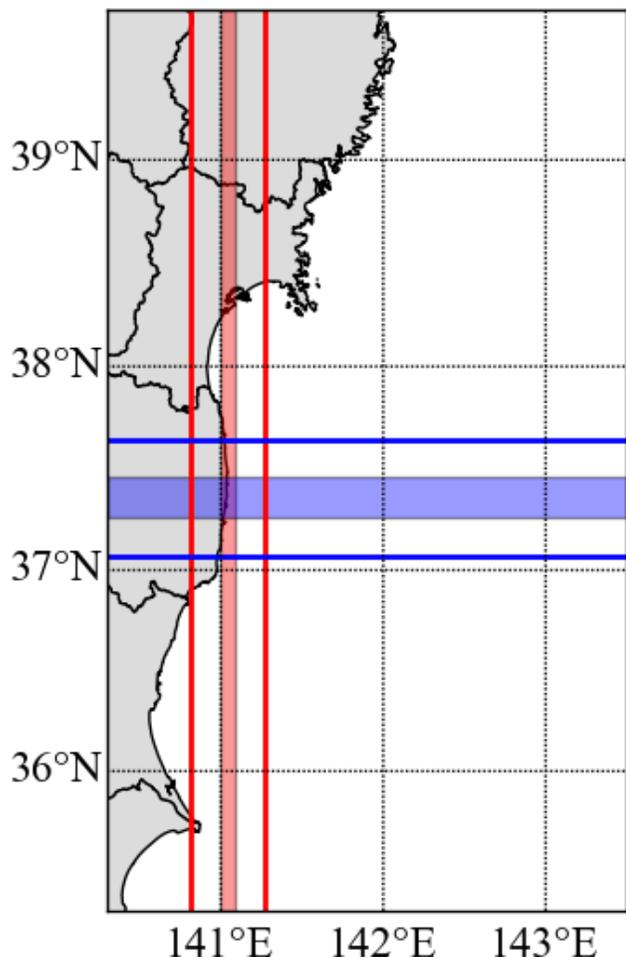
- 在事故後12年截至2023年3月時，將全部核種的濃度進行半衰期校正。

	對象核種	告示濃度限度 (貝可/公升)	K4儲槽的輻射源項		J1-C儲槽的輻射源項		J1-G儲槽的輻射源項	
			處理水濃度 (貝可/公升)	告示濃度比	處理水濃度 (貝可/公升)	告示濃度比	處理水濃度 (貝可/公升)	告示濃度比
1	H-3	6.0E+04	1.4E+05		7.2E+05		2.4E+05	
2	C-14	2.0E+03	1.5E+01	7.5E-03	1.8E+01	9.0E-03	1.6E+01	8.0E-03
3	Mn-54	1.0E+03	8.5E-05	8.5E-08	5.3E-03	5.3E-06	5.4E-03	5.4E-06
4	Fe-55	2.0E+03	2.1E+00	1.1E-03	2.4E+00	1.2E-03	2.4E+00	1.2E-03
5	Co-60	2.0E+02	2.2E-01	1.1E-03	2.4E-01	1.2E-03	1.7E-01	8.5E-04
6	Ni-63	6.0E+03	2.1E+00	3.5E-04	8.3E+00	1.4E-03	8.7E+00	1.5E-03
7	Se-79	2.0E+02	1.5E+00	7.5E-03	1.5E+00	7.5E-03	1.5E+00	7.5E-03
8	Sr-90	3.0E+01	1.9E-01	6.3E-03	3.4E-02	1.1E-03	3.0E-02	1.0E-03
9	Y-90	3.0E+02	1.9E-01	6.3E-04	3.4E-02	1.1E-04	3.0E-02	1.0E-04
10	Tc-99	1.0E+03	7.0E-01	7.0E-04	1.2E+00	1.2E-03	1.3E+00	1.3E-03
11	Ru-106	1.0E+02	4.2E-02	4.2E-04	2.7E-01	2.7E-03	9.4E-02	9.4E-04
12	Sb-125	8.0E+02	8.6E-02	1.1E-04	1.2E-01	1.5E-04	7.5E-02	9.4E-05
13	Te-125m	9.0E+02	8.6E-02	9.6E-05	1.2E-01	1.3E-04	7.5E-02	8.3E-05
14	I-129	9.0E+00	2.1E+00	2.3E-01	1.2E+00	1.3E-01	3.3E-01	3.7E-02
15	Cs-134	6.0E+01	7.4E-03	1.2E-04	3.3E-02	5.5E-04	3.0E-02	5.0E-04
16	Cs-137	9.0E+01	3.7E-01	4.1E-03	1.7E-01	1.9E-03	3.1E-01	3.4E-03
17	Ce-144	2.0E+02	5.3E-04	2.7E-06	6.4E-02	3.2E-04	6.5E-02	3.3E-04
18	Pm-147	3.0E+03	4.5E-02	1.5E-05	4.2E-01	1.4E-04	3.8E-01	1.3E-04
19	Sm-151	8.0E+03	8.6E-04	1.1E-07	1.1E-02	1.4E-06	9.8E-03	1.2E-06
20	Eu-154	4.0E+02	7.8E-03	2.0E-05	9.4E-02	2.4E-04	8.4E-02	2.1E-04
21	Eu-155	3.0E+03	1.5E-02	5.0E-06	2.4E-01	8.0E-05	1.2E-01	4.0E-05
22	U-234	2.0E+01	6.3E-04	3.2E-05	3.2E-02	1.6E-03	2.8E-02	1.4E-03
23	U-238	2.0E+01	6.3E-04	3.2E-05	3.2E-02	1.6E-03	2.8E-02	1.4E-03
24	Np-237	9.0E+00	6.3E-04	7.0E-05	3.2E-02	3.6E-03	2.8E-02	3.1E-03
25	Pu-238	4.0E+00	6.0E-04	1.5E-04	3.2E-02	8.0E-03	2.7E-02	6.8E-03
26	Pu-239	4.0E+00	6.3E-04	1.6E-04	3.2E-02	8.0E-03	2.8E-02	7.0E-03
27	Pu-240	4.0E+00	6.3E-04	1.6E-04	3.2E-02	8.0E-03	2.8E-02	7.0E-03
28	Pu-241	2.0E+02	2.2E-02	1.1E-04	1.1E+00	5.5E-03	8.9E-01	4.5E-03
29	Am-241	5.0E+00	6.2E-04	1.2E-04	3.2E-02	6.4E-03	2.8E-02	5.6E-03
30	Cm-244	7.0E+00	5.1E-04	7.3E-05	3.0E-02	4.3E-03	2.6E-02	3.7E-03
			告示濃度比總和	2.6E-01	告示濃度比總和	2.1E-01	告示濃度比總和	1.0E-01

在環境中擴散、轉移 (對海域擴散進行計算)

在福島第一核電廠事故後海水銫濃度的重現計算中，使用了確認重現性的模型。

另外，提高解像度及計算，以詳細模擬發電廠附近海域。



- 將區域海洋模型 (Regional Ocean Modeling System: ROMS) 應用於福島海域
- 海域流動數據
 - 使用加插在海洋表面驅動力中氣象廳短期氣象預測的數據^[1]
 - 作為外海邊界條件及數據同化*的原數據，使用海洋再分析數據 (JCOPE2^[2])
- 模型範圍：將北緯35.30 ~ 39.71度、東經140.30 ~ 143.50度 (490公里×270公里)、發電廠周圍南北約22.5公里×東西約8.4公里的海域逐步提高解像度
 - 解像度 (整體)：南北約925米 x 東西約735米 (約1公里)、垂直方向30層
 - 解像度 (附近)：南北約185米 x 東西約147米 (約200米)、垂直方向30層 (左圖紅色及藍色影線交差的海域)
- 氣象、海象數據
 - 2014年及2019年兩年數據

*數據同化：在數值模擬中引入實測數據的方法。亦稱為輕推法。

[1] 橋本 篤, 平口 博丸, 豐田 康嗣, 中屋 耕, 《全球暖化導致的日本氣候變化預測 (其1) - 氣象預測、分析系統 NuWFAS的長期氣候預測應用》，電力中央研究所報告, 2010.

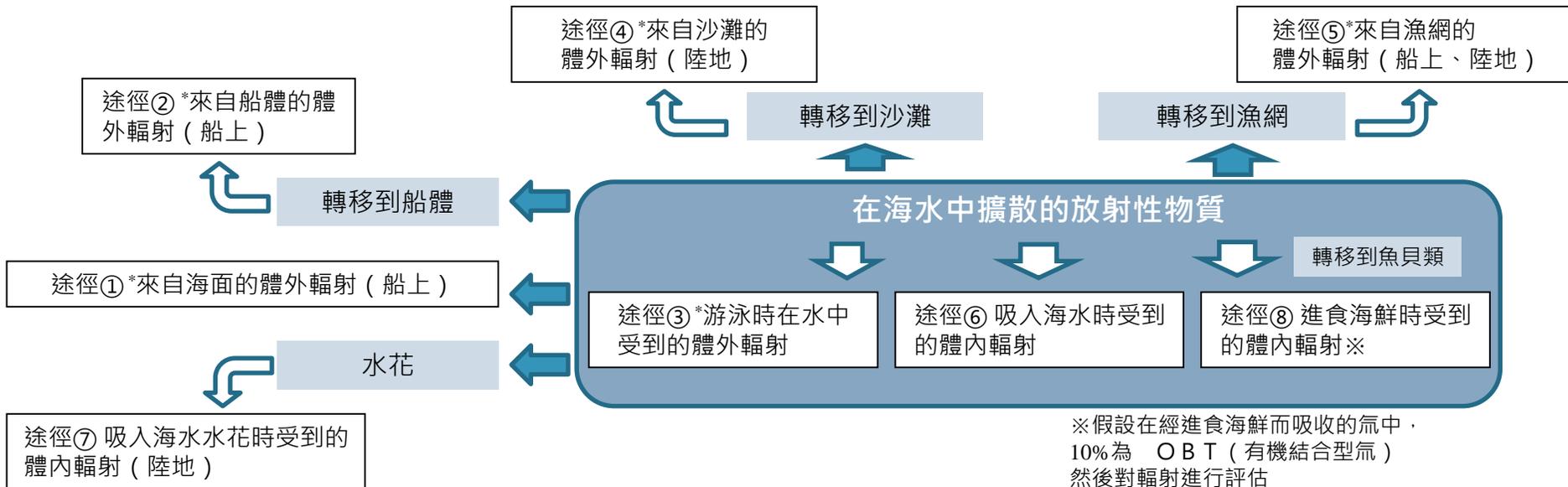
[2] Y.Miyazawa, R.Zhang, X.Guo, H.Tamura, D.Ambe, J.-S.Lee, A.Okuno, H.Yoshinari, T.Setou, and K.Komatsu, "Water mass variability in the western North Pacific detected in a 15-year eddy resolving ocean reanalysis," 2009.

判別受到輻射的途徑 (評估模型)

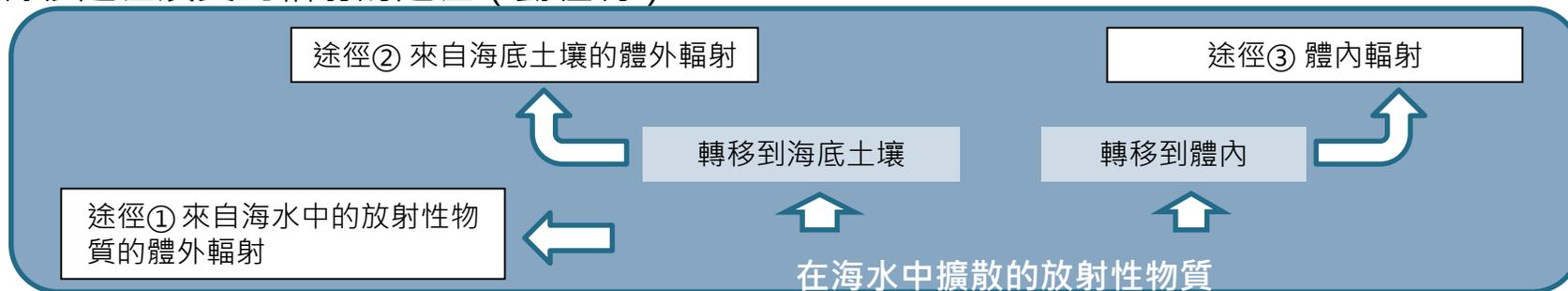
(1) 轉移途徑及受到輻射的途徑 (人受到輻射)

■ 參考IAEA安全標準文件及日本國內的事例等進行設定 (選定的經緯等在附件VI 「有關評估對象以外的轉移途徑、受到輻射的途徑」上列載)

※體外輻射・由於預計排放已稀釋放射性物質的影響很小・因此只對γ射線進行評估 (*的途徑)



(2) 轉移途徑及受到輻射的途徑 (動植物)



在環境中擴散、轉移 (對評估用放射性物質濃度進行計算)

- 將氙在一年內平均排放，並以全年的實際氣象、海象數據，計算海域的氙濃度。
- 在發電廠周圍10公里×10公里的區域，計算全年的氙平均濃度。
- 在游泳時來自水中的體外輻射、來自沙灘的體外輻射、因飲用海水導致的體內輻射以及因吸入海水水花導致的體內輻射方面，重新檢視了逗留在沙灘時的輻射評估地點。
- 關於受到輻射的其他途徑，將在發電廠周圍10公里×10公里的區域進行評估。
 - 分別計算上層（來自海面、船體的體外輻射）、全層（來自漁網的體外輻射、進食海鮮所受到的體內輻射）、下層（動植物受到的輻射）。
 - 從計算出來的氙濃度，根據排放量比例計算，計算其他63種核種的濃度。
- 另外，為針對作為評估對象的海域範圍導致的結果不確定性進行評估，亦在5公里×5公里範圍及20公里×10公里範圍內進行輻射評估（列載於附件XII「有關輻射評估中使用的海水濃度評估範圍導致的影響」）



在劑量評估中所使用 海水濃度的評估地點

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

※此外，對氙以外的核種評估為以溶解到海水中的狀態擴散、轉移。

代表人物及標準動植物的設定

(1) 代表人物的 (人體輻射)

- 生活習慣 (體外輻射) 根據「有關發電用輕水型核反應堆的安全審查之一般公眾的劑量評估」設定。
 - 全年120日 (2,880小時) 從事漁業，當中80日 (1,920小時) 在漁網附近工作。
 - 全年在海岸逗留500小時，游泳96小時。
- 根據最新食品攝取數據，全年海鮮攝取量 (體內輻射) 分為平均攝取量及較多進食魚貝類的人的攝取量 (平均+2σ*) 的2種評估。

圖表6-1-13 平均地進食海鮮的個人攝取量 (克 / 日)

(以厚生勞動省的令和元年日本國民健康、營養調查為準[6]而設定)

	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

圖表6-1-14 進食較多海鮮的個人攝取量 (克 / 日)

(以厚生勞動省的令和元年日本國民健康、營養調查作為標準[6]而設定)

	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) 標準動植物 (環境防護)

從ICRP Pub.136**所示的海洋環境中的標準動植物，選定標準扁平魚、標準蟹、標準褐藻。

- 扁平魚：周邊海域中有左口魚、鰈魚類廣泛地棲息，為重要的操作對象魚。
- 蟹：周邊海域中有細點圓趾蟹及三疣梭子蟹等廣泛地棲息。
- 褐藻類：周邊海域中有馬尾藻及黑藻廣泛分布。

*σ：標準差

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

對代表人物的劑量評估

體外輻射（途徑①②③④⑤）

- 船舶移動及在水中工作時來自海水的放射線導致的輻射（途徑①③）

輻射量 = 有效劑量換算係數 × 海水中的放射性物質濃度

- 從海水轉移到船體及沙灘等的放射性物質所釋放的放射線導致的輻射（途徑②④⑤）

輻射量 = 有效劑量換算係數 × 轉移係數 × 海水中的放射性物質濃度

- 表示人從各放射性物質1貝可 / 公升受到的放射線量之有效劑量換算係數，使用了廢止措施工程環境影響手冊*1所訂定的係數。
- 表示從海水中各放射性物質1貝可 / 公升中有多少放射性物質轉移到船體及沙灘等的轉移係數，主要使用了六個再處理工廠的許可文件*2中所訂定的係數。只有沙灘轉移係數使用了舊原子能安全委員會準則*3所訂定的係數。

*1 「發電用核反應堆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）附件資料廢止指施工程環境影響評估手冊」 - （財）電力中央研究所

*2 「六個事業所再處理事業指定申請書」 - 日本原燃服務株式會社

*3 「有關發電用輕水型核反應堆的安全審查之一般公眾的劑量評估」 - 原子能安全委員會

對代表人物的劑量評估

體內輻射 (途徑⑥⑦⑧)

輻射劑量 = 有效劑量系數 × 攝取率

- 在游泳時等，誤喝了海水時的攝取率設定為0.2公升 / 小時 (途徑⑥)
- 在沙灘吸入海浪水花時的攝取率 (途徑⑦)

攝取率 = 海水中的放射性物質濃度 × 呼吸率 × 水花在空氣中的濃度 ÷ 海水密度

- 呼吸率使用了舊原子能安全委員會準則*1所訂定的係數。
- 水花在空氣中的濃度使用了TECDOC-1759*2所訂定的係數。

- 與進食海鮮有關的攝取率 (途徑⑧)

攝取率 = 海水中的放射性物質濃度 × 濃縮系數 × 全年海鮮攝取量

- 有效劑量系數使用了IAEA GSR Part 3*3所訂定的數值。
- 濃縮系數使用了IAEA TRS No.422*4所訂定的魚類、無脊椎動物 (魷魚、八爪魚除外)、海藻的數值
- 不考慮在海產市場的稀釋及各放射性物質從採集到攝取的衰減。
- 另外，海鮮的攝取率是按魚類、無脊椎動物 (包括蝦、蟹、魷魚、八爪魚)、海藻分類計算。

*1 「有關發電用輕水型核反應堆的安全審查之一般公眾的劑量評估」 - 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"

對代表人物的劑量評估

評估標準（將體外輻射及體內輻射相加並進行評估）

- 與一般公眾劑量限度 1 毫西弗 / 年比較。
- 2022年2月原子能管制委員會表示，作為確認放射性影響評估的考量及評估標準的 0.05毫西弗 / 年（50微西弗 / 年），相當於IAEA安全標準劑量拘束值，因此我們將該數值（0.05毫西弗 / 年）作為本評估中的劑量拘束值。

完善描述：關於除氬以外的核種轉移、積累的評估（4章）

- 氬的全年排放量按上限值22兆貝可進行評估。
- 在7年來的海洋擴散模擬計算中，確認每年海洋中的轉移、擴散變動較小。
- 評估中指出，原本耗時較長的放射性物質的轉移、濃縮即時達到平衡狀態。
 - 本評估雖為1年內的輻射評估，然而由於長時間的排放，本評估處於放射性物質已在環境中積累的狀態，可認為在排放期間裡都不會有超出此劑量的輻射。

對標準動植物的劑量率評估

動植物

- 對動植物棲息環境的劑量率進行評估。
- 使用ICRP提出的標準動植物及劑量換算係數，並以以下算式計算。
- 體外輻射方面，將考慮來自海水及海底土壤的輻射。

體內輻射量 = 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)

體外輻射量 = 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了ICRP Pub. 136*¹ 及BiotaDC*²所訂定的數值。
- 濃度比使用了ICRP Pub. 114*³、IAEA TRS-479*⁴及TRS-422*⁵的濃縮系數所訂定的數值。
- 分配係數使用了IAEA TRS-422所訂定的數值 (2.3.OCEAN MARGIN *K*ds)。

評估標準

- 與ICRP在Pub.124*⁶中提出的衍生考慮參考水平 (DCRL) *⁷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"

*5 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"

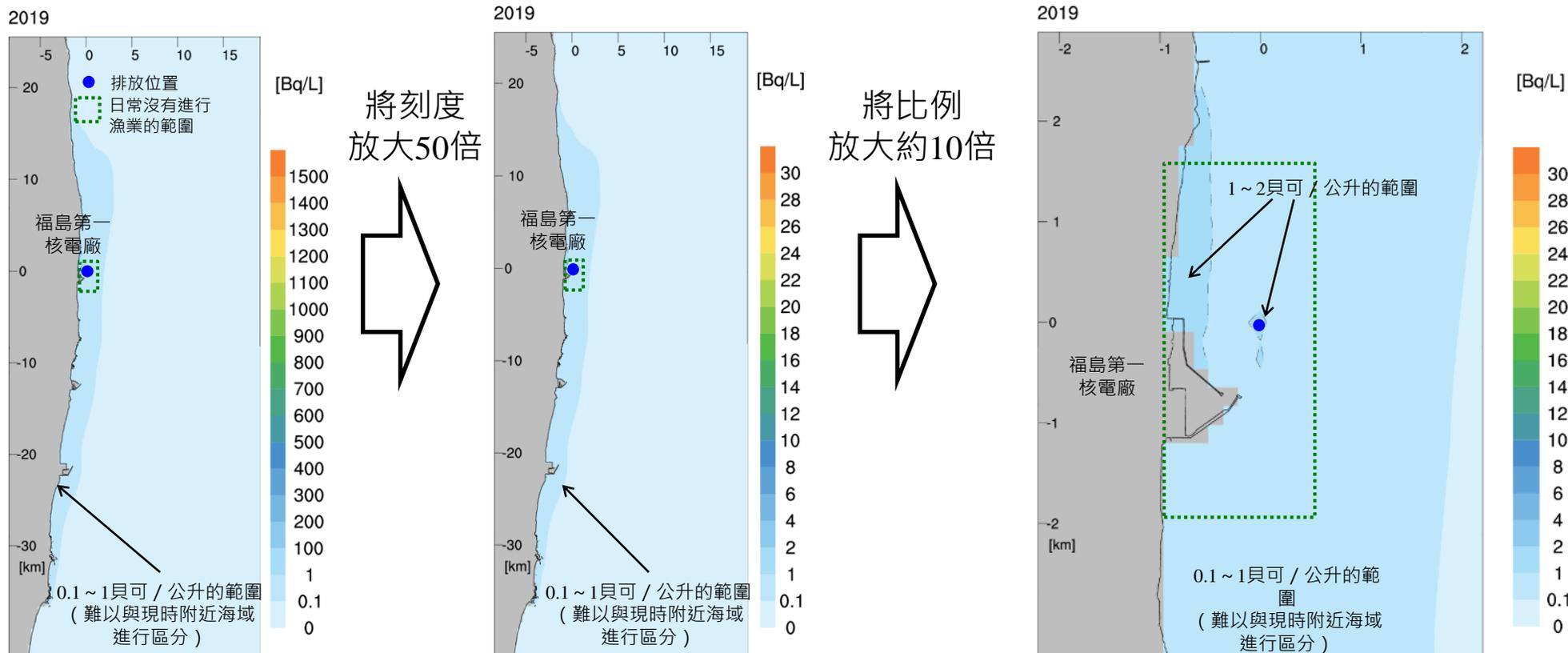
*7 衍生考慮參考水平 (Derived Consideration Reference Level, DCRL) : ICRP所提倡按不同生物物種規定的範圍為1位數的劑量率範圍。超出這範圍時，必須考慮其影響的劑量率水平。

- 1 · 以評估作為前提的排放方法
- 2 · 評估方法
- 3 · 評估結果**
- 4 · 參考

海洋擴散模擬結果

根據使用了2019年的氣象、海象數據的評估結果，相比於現時周邊海域海水所含的氚濃度 (0.1 ~ 1貝可 / 公升*)，評估為濃度較高的範圍 (虛線內側範圍) 只限於發電廠周圍2 ~ 3公里的範圍。

※ WHO飲用水指南10,000貝可 / 公升的10萬分之1 ~ 1萬分之1



將刻度
放大50倍

將比例
放大約10倍

福島縣海域放大圖

(以最大刻度30貝可 / 公升製圖)

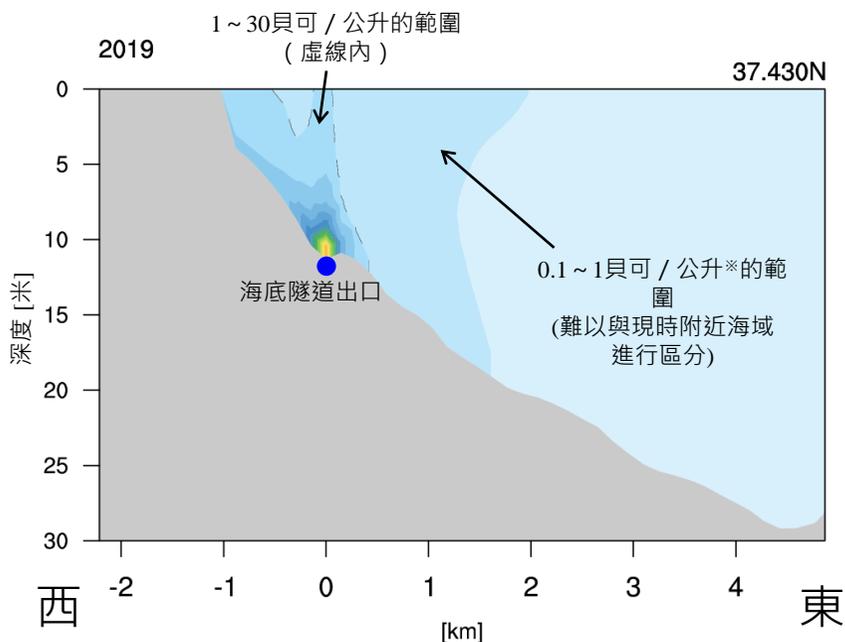
發電廠周圍放大圖

(以最大刻度30貝可 / 公升製圖)

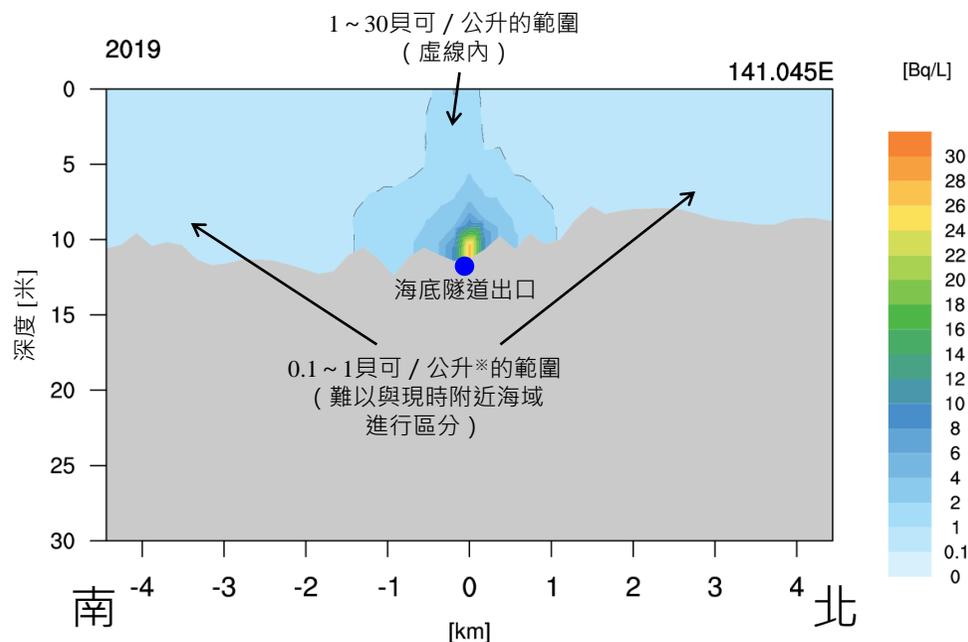
海洋擴散模擬結果 (隧道出口周圍)

擴散前，隧道出口周圍的濃度迅速下降。

另外，濃度遠低於根據ICRP的勸告所訂定的日本國內規定標準 (6萬貝可 / 公升) 及WHO 飲用水指南 (1萬貝可 / 公升) 。



隧道出口東西截面圖
(以最大刻度30貝可 / 公升製圖)

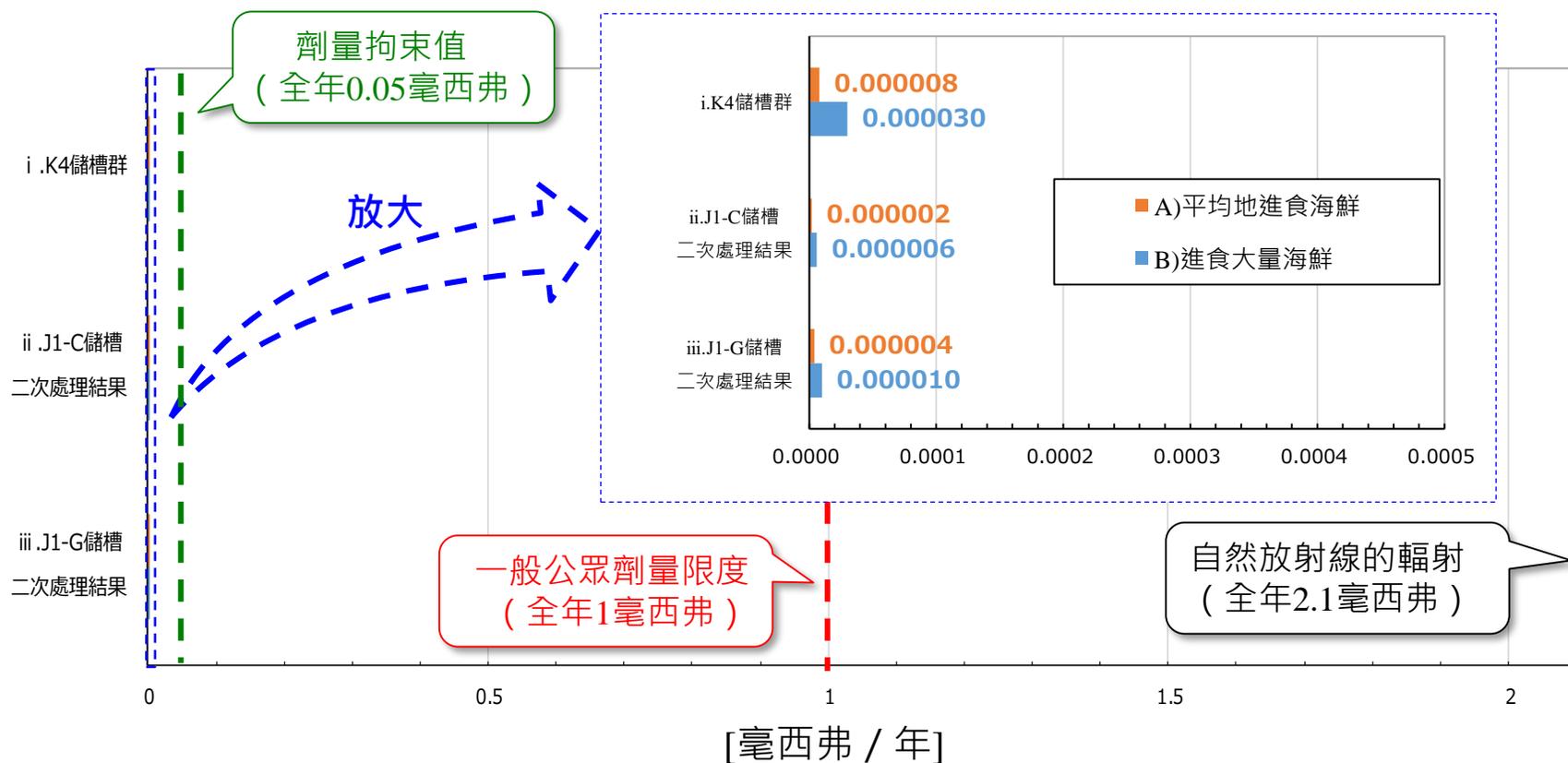


隧道出口南北截面圖
(以最大刻度30貝可 / 公升製圖)

※WHO飲用水指南10,000貝可 / 公升的10萬分之1 ~ 1萬分之1

人所受到的輻射評估結果 (建設階段)

- 一般公眾的劑量限度 (全年1毫西弗) 的50萬分之1 ~ 約3萬分之1, 與劑量拘束值相當的日本國內核電廠劑量目標值 (全年0.05毫西弗) 比較為2萬5千分之1 ~ 約1700分之1。



(注) 只表示成人的結果作為代表。本評估假設了即使至今從未被檢驗出來的未檢驗核種也存在於檢驗下限數值中並進行計算的結果。此外, 本評估只是現階段的成果, 今後將根據檢討進展及公司內外的審查結果等更新評估。

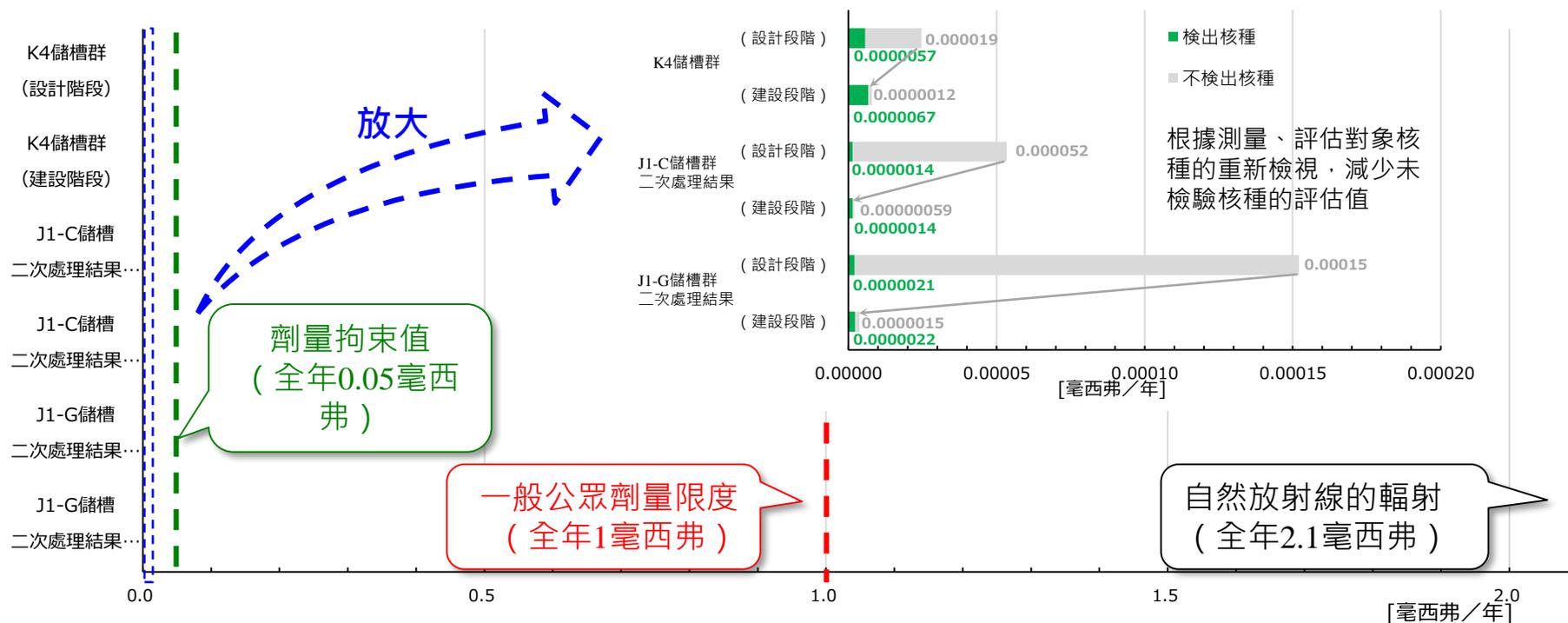
重新檢視輻射源項後對評估值的影響

- 在設計階段的評估中，雖然大部分結果都是針對「未檢驗核種」，由於要重新檢視測量、評估對象核種並變更30種核種的輻射源項，因此「未檢驗核種」的貢獻減少，評估結果會更低。

✓ 今後將會每年對比平常更低的檢驗下限值進行1次測量，致力掌握未檢驗核種的影響程度。

K4:降低檢驗下限值的詳細分析
J1-C, J1-G:可持續運用的檢驗下限值

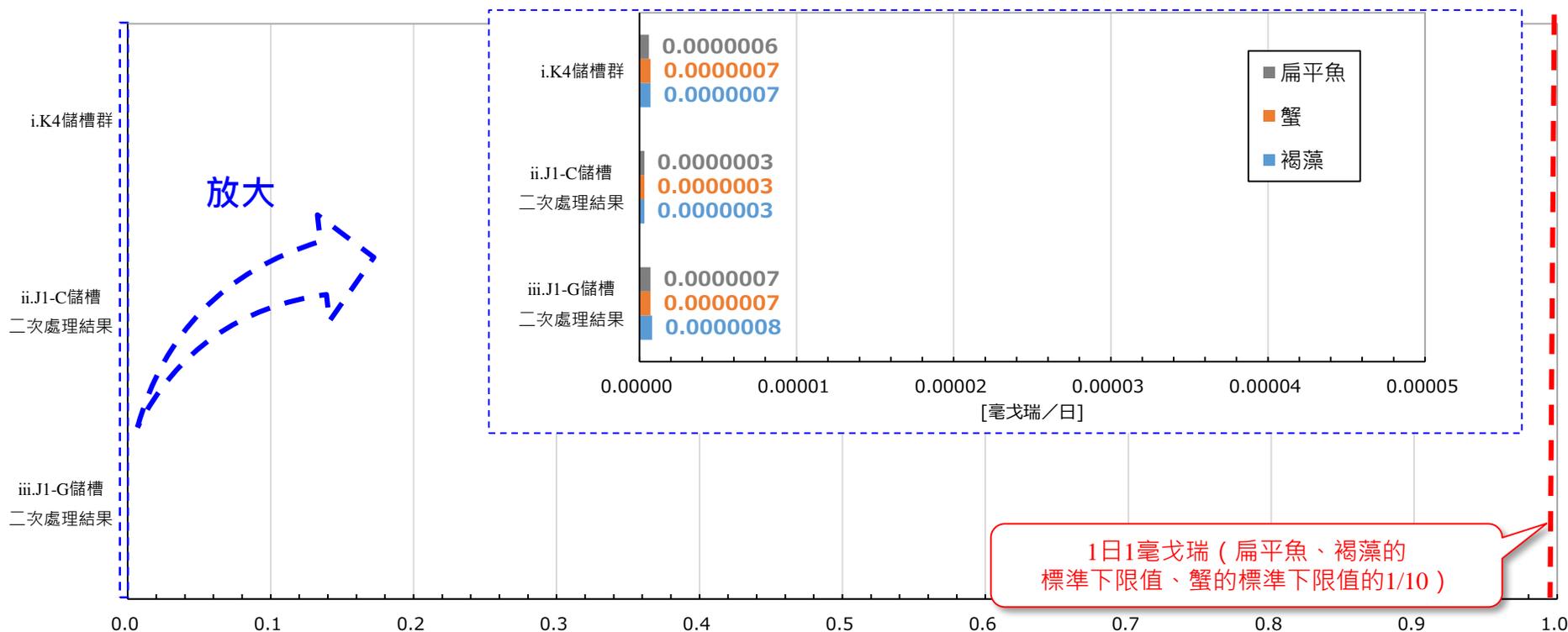
未檢驗核種對輻射的貢獻 (平均地進食海鮮時)



(注) 只表示成人的結果作為代表。此外，本評估只是現階段的成果，今後將根據檢討進展及公司內外的審查結果等更新評估。

動植物的輻射評估結果 (建設階段)

- 相對於評估標準衍生考慮參考水平* (扁平魚1~10毫戈瑞** / 日、蟹10~100 毫戈瑞 / 日、褐藻1~10 毫戈瑞 / 日) 的下限值約330萬分之1~125萬分之1 (蟹為約3300萬分之1~約1250萬分之1)。



(注) 本評估假設了即使至今從未被檢驗出來的未檢驗核種也存在於檢驗下限數值中並進行計算的結果。此外，本評估只是現階段的成果，今後將根據檢討進展及公司內外的審查結果等更新評估。

* 衍生考慮參考水平 (Derived Consideration Reference Level, DCRL) : ICRP所提倡按不同生物物種規定範圍為1位數的劑量率範圍。超出這範圍時，必須考慮其影響的劑量率水平。

** 毫戈瑞：表示物質吸收劑量 (所吸收能量的量) 的單位西弗，為表示人體受到放射線後有多大影響的單位。正確為西弗=修正係數×毫戈瑞，但在γ射線、β射線中幾乎相同

潛在輻射的評估條件

- 如圖表所述，選定作為可能有潛在輻射*現象的個案1：管道洩漏、個案2：儲槽損毀的兩個個案，根據已設定好的排放情景進行輻射評估。
- 轉移途徑、輻射途徑、代表人物的特性基本上與平常時一樣。

評估流程	建設階段評估	設計階段評估
情景選定	個案1：管道洩漏導致1日 流出500m ³ 的水，持續20日 個案2：因儲槽損毀，1日 流出30000m ³ 的水	同左
輻射源項	根據實測值的輻射源項 (包括氙的30種核種)	根據實測值的輻射源項 (包括氙的64種核種)
轉移、輻射途徑	與平時的輻射相同	同左
代表人物	在日常生活中沙灘評估地點的輻射，亦 會考慮體內輻射	同左

*潛在輻射：雖然並非預測上確實會發生的事，但可能由於事故或無法確定的單一現象或一連串現象而產生的輻射 (IAEA GSR Part3 para.1.20(a))

潛在輻射的評估結果

- 對可能有潛在輻射的兩個情景進行評估，結果遠低於事故時的標準值5mSv*。

*mSv：毫西弗

	輻射源項的核種組成	根據實測值的輻射源項					
		i.K4儲槽群		ii.J1-C儲槽二次處理結果		iii.J1-G儲槽二次處理結果	
		個案1	個案2	個案1	個案2	個案1	個案2
體外輻射 (mSv*)	海面	1.8E-09 (3.5E-08)	8.8E-08 (1.7E-06)	3.5E-09 (4.0E-07)	1.7E-07 (1.9E-05)	2.5E-09 (3.6E-07)	1.2E-07 (1.7E-05)
	船體	1.9E-09 (2.5E-08)	9.4E-08 (1.2E-06)	3.6E-09 (2.8E-07)	1.7E-07 (1.4E-05)	2.5E-09 (2.5E-07)	1.2E-07 (1.2E-05)
	游泳中	1.7E-10 (3.3E-09)	8.3E-09 (1.6E-07)	3.3E-10 (3.8E-08)	1.6E-08 (1.8E-06)	2.3E-10 (3.4E-10)	1.1E-08 (1.6E-06)
	沙灘	2.9E-07 (5.8E-06)	1.4E-05 (2.8E-04)	5.6E-07 (6.7E-05)	2.7E-05 (3.2E-03)	4.0E-07 (5.9E-05)	1.9E-05 (2.8E-03)
	漁網	8.9E-07 (1.5E-05)	4.3E-05 (8.9E-04)	1.7E-06 (2.1E-04)	8.3E-05 (1.0E-02)	1.2E-06 (1.9E-04)	5.8E-05 (9.1E-03)
體內輻射 (mSv*)	吸入海水	1.8E-07 (2.4E-07)	8.7E-06 (1.2E-05)	8.7E-07 (9.9E-07)	4.1E-05 (4.7E-05)	2.9E-07 (3.3E-07)	1.4E-05 (1.6E-05)
	吸入水花	5.0E-08 (6.9E-08)	2.4E-06 (3.3E-06)	5.4E-07 (6.4E-07)	2.6E-05 (3.1E-05)	3.5E-07 (4.2E-07)	1.7E-05 (2.0E-05)
	進食海鮮 (進食較多時)	2.6E-04 (7.1E-04)	1.3E-02 (3.4E-02)	2.4E-04 (5.4E-03)	1.2E-02 (2.6E-01)	1.6E-04 (4.9E-03)	7.8E-03 (2.4E-01)
總值 (mSv*)		3E-04 (7E-04)	1E-02 (4E-02)	2E-04 (6E-03)	1E-02 (3E-01)	2E-04 (5E-03)	8E-03 (2E-01)

事故時輻射的標準值：5mSv*

【參考】對人的放射線環境影響評估結果

*mSv：毫西弗

評估條件	輻射源項的核種組成	根據實測值的輻射源項 () 內為設計階段中的數值					
		i.K4儲槽群		ii.J1-C儲槽 二次處理結果		iii.J1-G儲槽 二次處理結果	
		A:平均	B:較多	A:平均	B:較多	A:平均	B:較多
體外輻射 (mSv* / 年)	海面	4.6E-10 (6.5E-09)		1.7E-10 (1.7E-08)		3.7E-10 (4.7E-08)	
	船體	4.9E-10 (4.8E-09)		1.8E-10 (1.2E-08)		3.7E-10 (3.3E-08)	
	游泳中	3.2E-10 (4.5E-09)		1.2E-10 (1.2E-08)		2.5E-10 (3.2E-08)	
	沙灘	5.4E-07 (7.8E-06)		2.0E-07 (2.1E-05)		4.3E-07 (5.6E-05)	
	漁網	1.1E-07 (1.6E-06)		3.9E-08 (4.3E-06)		8.3E-08 (1.2E-05)	
體內輻射 (mSv* / 年)	吸入海水	3.4E-07 (3.3E-07)		3.1E-07 (3.1E-07)		3.1E-07 (3.2E-07)	
	吸入水花	9.2E-08 (9.3E-08)		1.9E-07 (2.0E-07)		3.8E-07 (4.0E-07)	
	進食海鮮	6.9E-06 (1.5E-05)	3.1E-05 (6.1E-05)	1.2E-06 (2.8E-05)	5.5E-06 (1.1E-04)	2.6E-06 (7.9E-05)	1.1E-05 (3.0E-04)
總值 (mSv* / 年)		8E-06 (3E-05)	3E-05 (7E-05)	2E-06 (5E-05)	6E-06 (1E-04)	4E-06 (1E-04)	1E-05 (4E-04)
<p>一般公眾劑量限度：1mSv* / 年 與劑量拘束值相當的日本國內核電廠劑量目標值：0.05mSv*/年</p>							

【參考】動植物的放射線環境影響評估結果

*mGy：毫戈瑞

() 內為設計階段中的數值

評估個案		根據實測值的輻射源項		
		i. K4儲槽群	ii. J1-C儲槽群	iii. J1-G儲槽群
輻射 (mGy* / 日)	扁平魚	6E-07 (2E-05)	3E-07 (2E-05)	7E-07 (6E-05)
	蟹	7E-07 (2E-05)	3E-07 (2E-05)	7E-07 (6E-05)
	褐藻	7E-07 (2E-05)	3E-07 (2E-05)	8E-07 (6E-05)

衍生考慮參考水平(DCRL)

扁平魚：1-10mGy* / 日

蟹：10-100mGy* / 日

褐藻：1-10mGy* / 日

- 1 · 以評估作為前提的排放方法
- 2 · 評估方法
- 3 · 評估結果
- 4 · **參考**

【參考】為確保設備安全之整體圖像

資料來源：東京電力控股株式會社根據地理院地圖（電子國土網頁）而創建
<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）

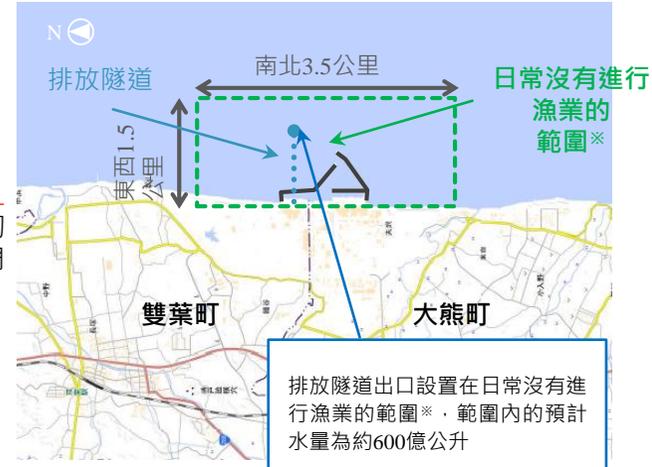
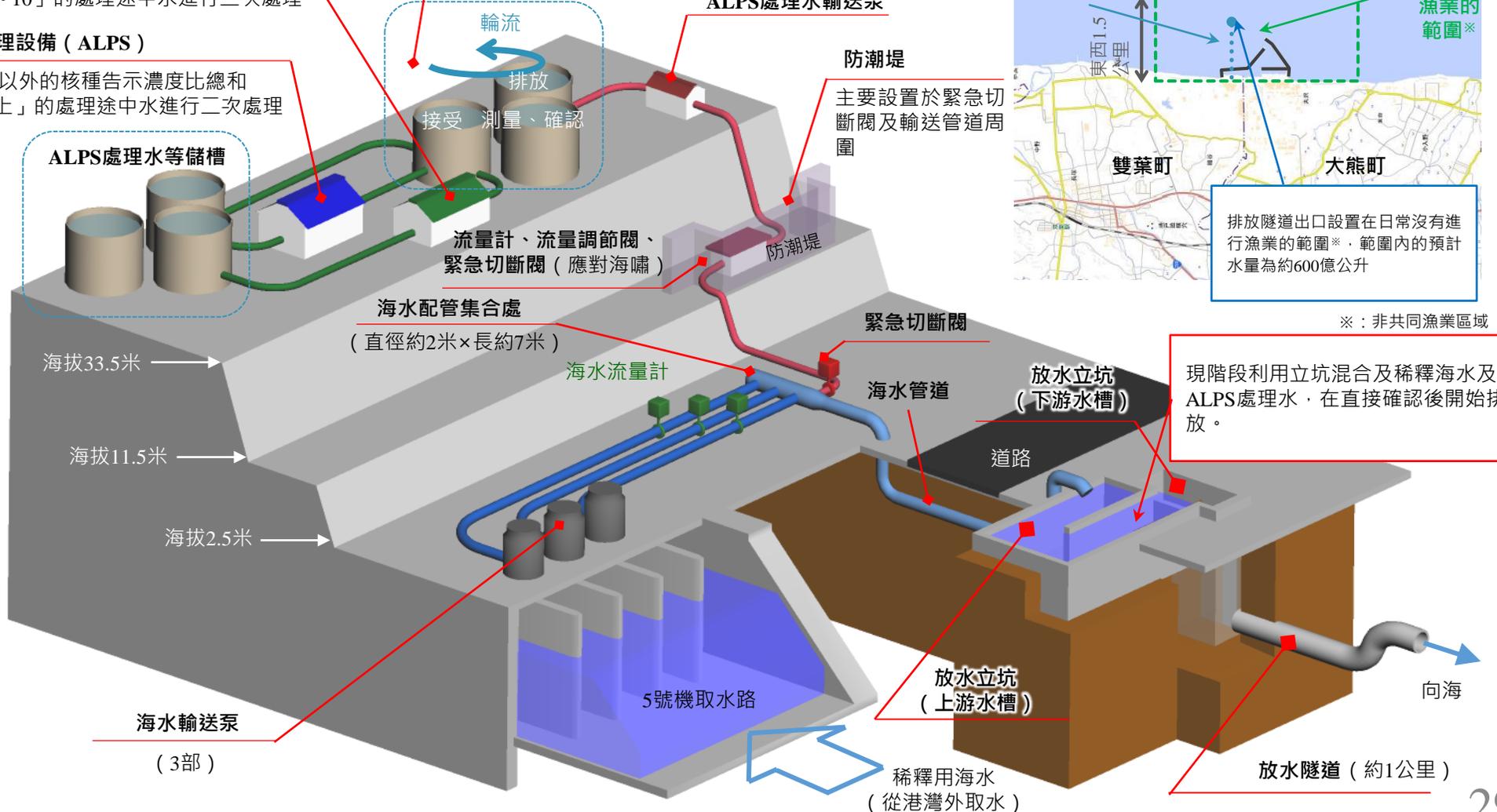
除氬以外的核種告示濃度比總和將「1~10」的處理途中水進行二次處理

二次處理設備（ALPS）

除氬以外的核種告示濃度比總和將「1以上」的處理途中水進行二次處理

測量、確認用設備（K4儲槽群）

由3部所構成，分別負責接受、測量、確認、排放工程，而在測量與確認工程中，會採集經循環、攪拌後均化的水進行分析（約1萬m³×3部）

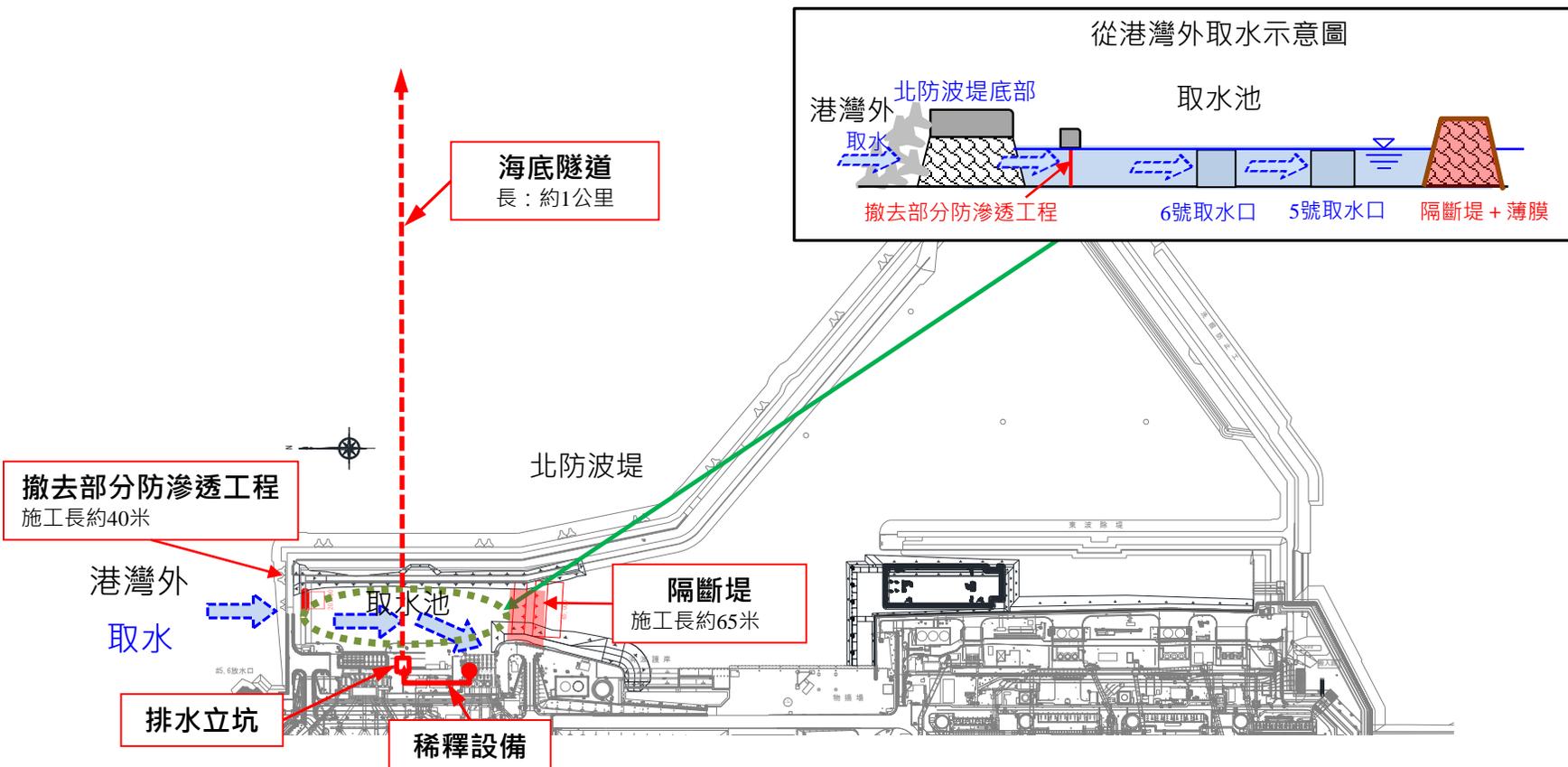


*：非共同漁業區域

現階段利用立坑混合及稀釋海水及ALPS處理水，在直接確認後開始排放。

【參考】港灣的設計

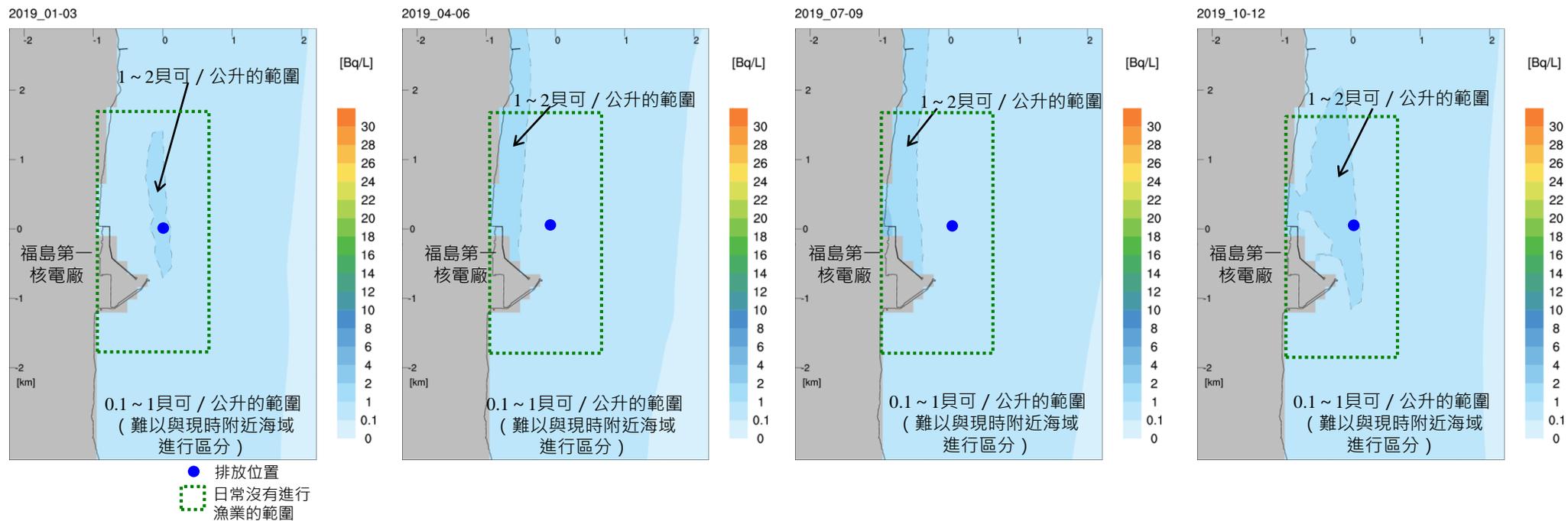
- 改造部分北防波堤，在港灣外提取稀釋用海水，透過以隔斷堤與港灣內分開，避免港灣內的海水與稀釋用海水直接混合。
- 透過離沿岸約1公里的地方進行排放，令海水難以再循環（難以再被取得用作稀釋用海水）。



【參考】海洋擴散模擬結果 (季度平均)

即使取用季度平均值，相比現時周邊海域海水所含的氚濃度 (0.1 ~ 1貝可 / 公升*)，評估為濃度較高的範圍 (虛線內側範圍) 只限於發電廠周圍。

* WHO飲用水指南10,000貝可 / 公升的10萬分之1 ~ 1萬分之1



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)

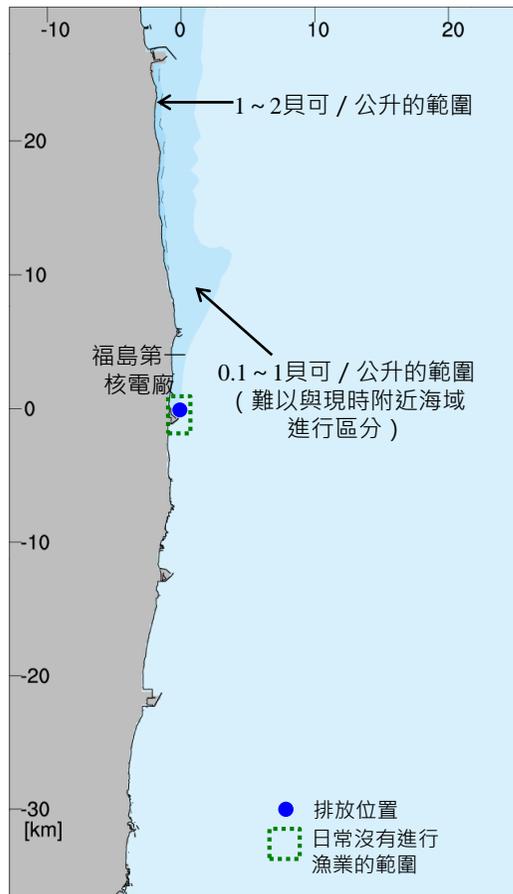
在模擬結果中，即使評估為濃度比現時周邊海域海水所含的氚濃度 (0.1~1貝可 / 公升*) 較高的範圍 (超過1貝可 / 公升的範圍) 擴散到最遠之時，也只停留於排放口南北約30公里的範圍。

* WHO飲用水指南10,000貝可 / 公升的10萬分之1~1萬分之1

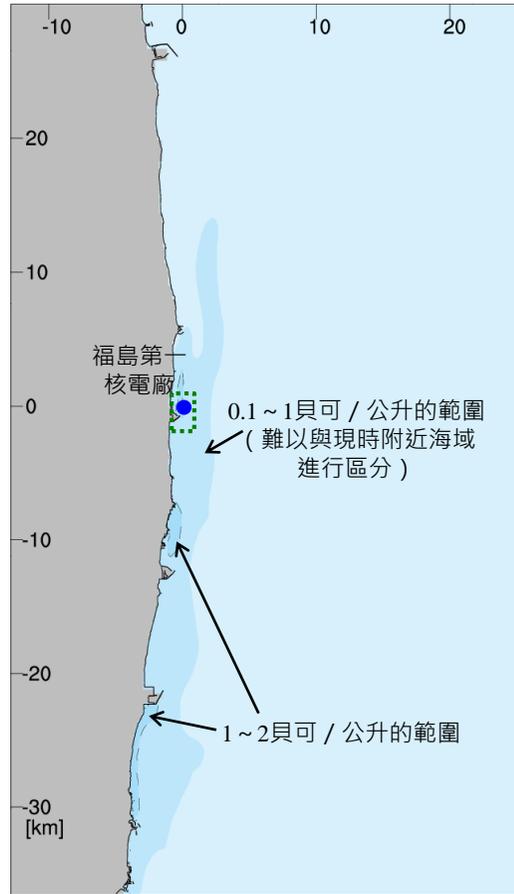
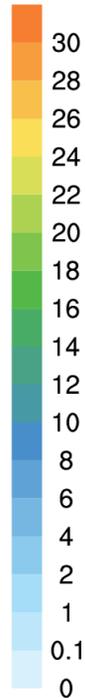
20190521

20190211

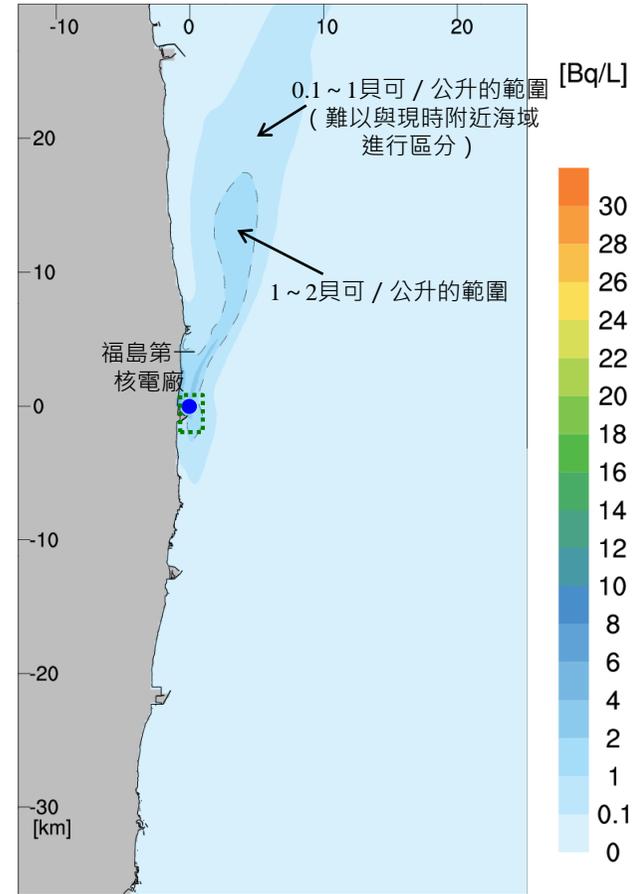
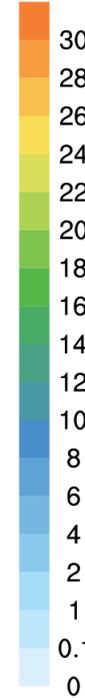
20190829



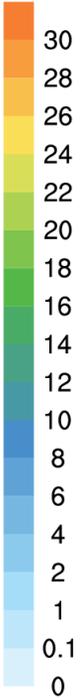
[Bq/L]



[Bq/L]



[Bq/L]



向最北擴散時
(以最大刻度30貝可 / 公升製圖)

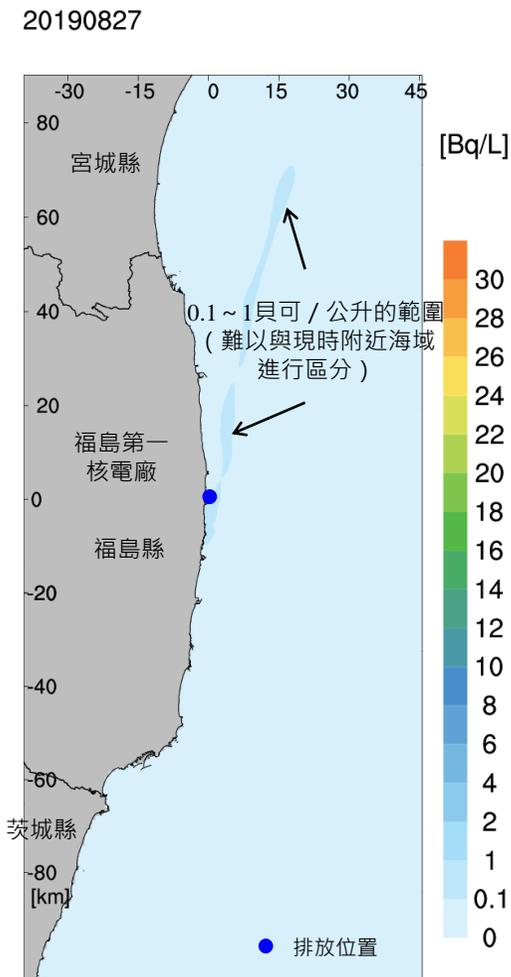
向最南擴散時
(以最大刻度30貝可 / 公升製圖)

向最東擴散時
(以最大刻度30貝可 / 公升製圖)

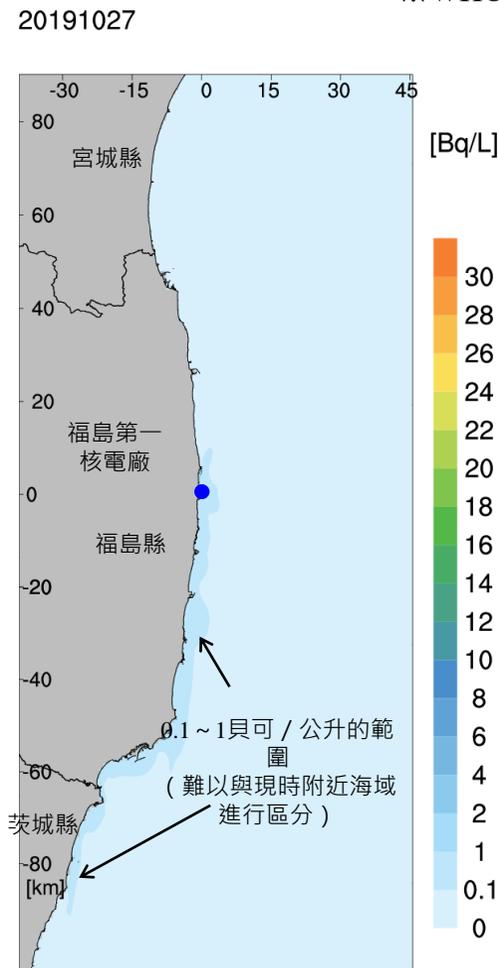
【參考】海洋擴散模擬結果 (擴散傾向)

此外，關於在實測中無法與現時周邊海域海水所含的氚濃度 (0.1~1貝可 / 公升*) 進行區別的低濃度 (超過0.1貝可 / 公升的範圍)，確認模擬結果中擴散到最遠之時的擴散範圍後，發現以下傾向。

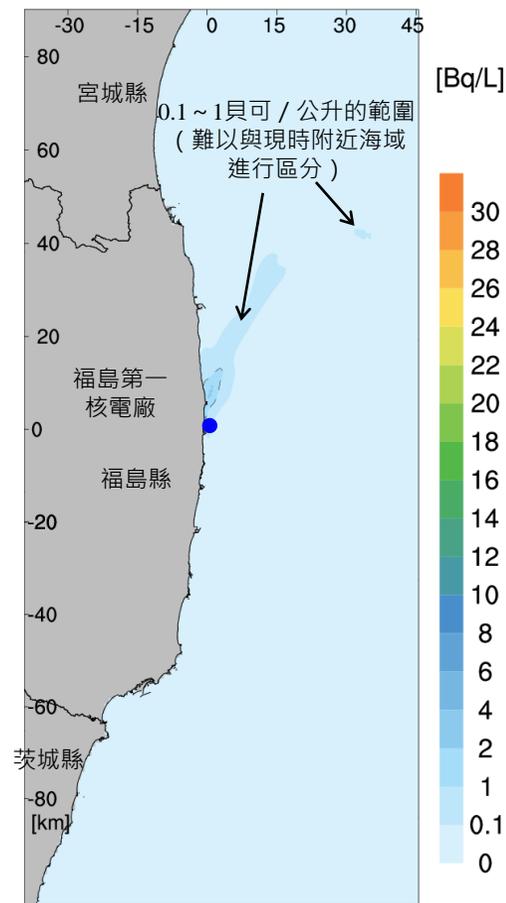
* WHO飲用水指南10,000貝可 / 公升的10萬分之1~1萬分之1
20190806



向最北擴散時
(以最大刻度30貝可 / 公升製圖)



向最南擴散時
(以最大刻度30貝可 / 公升製圖)



向最東擴散時
(以最大刻度30貝可 / 公升製圖)

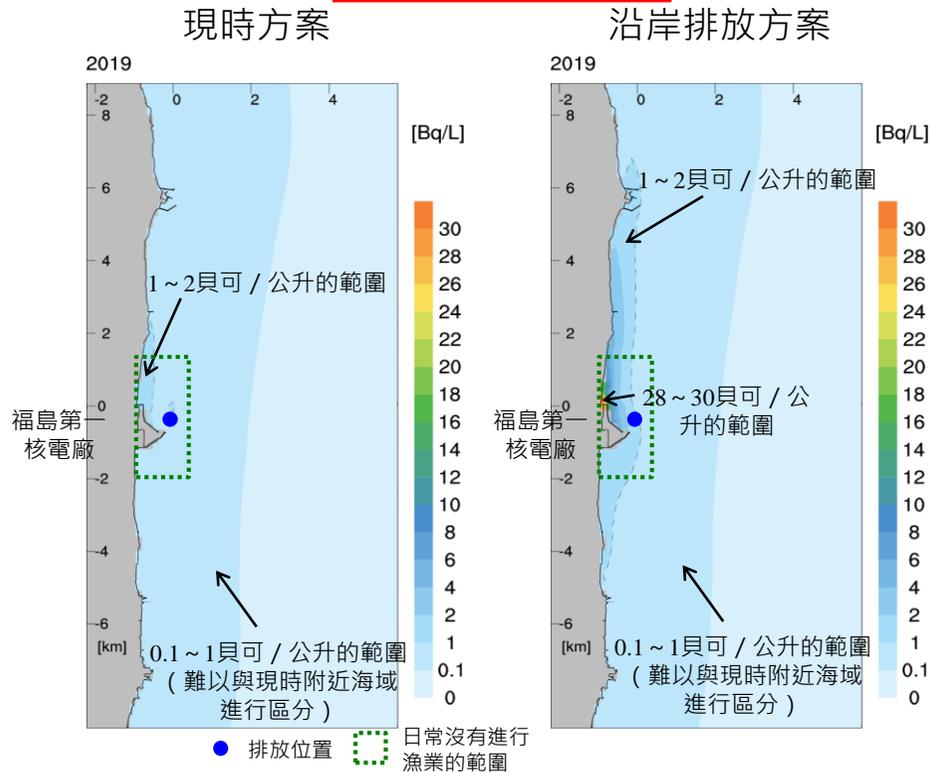
【參考】根據不同的排放位置，對擴散之影響的考察

在按本次計劃進行擴散模擬的同時，亦假設了將現時5、6號機排放口位置作為排放位置以進行沿岸排放的情形，並對其進行模擬（但忽略了取水位置的再循環）。

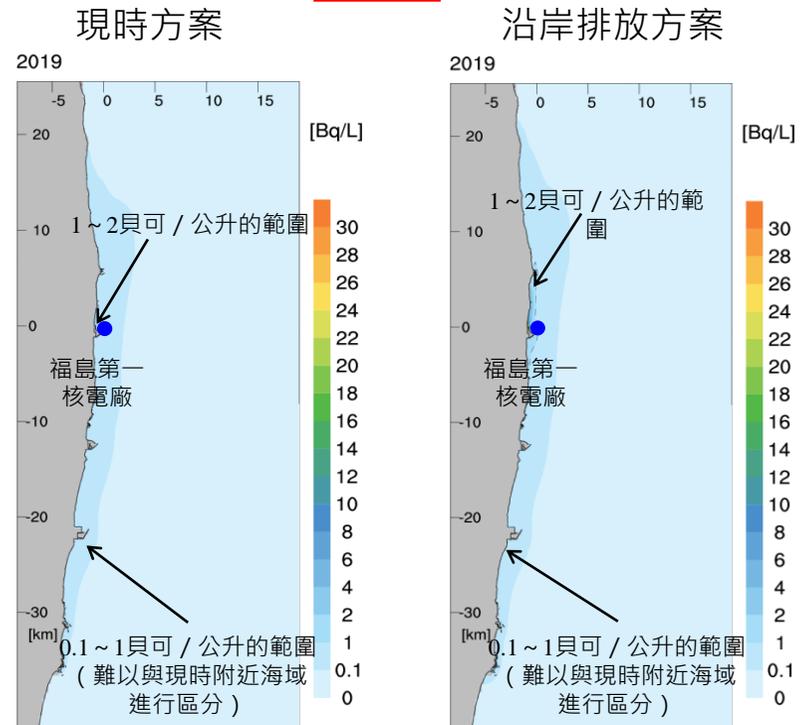
相比於現時周邊海域海水所含的氚濃度（0.1~1貝可/公升*），評估為濃度較高的範圍（虛線內側範圍）相對於沿岸排放時發電廠周圍6~7公里的範圍，現時方案（海底隧道）只限於2~3公里的範圍。

*WHO飲用水指南10,000貝可/公升的10萬分之1~1萬分之1

福島縣海域放大圖

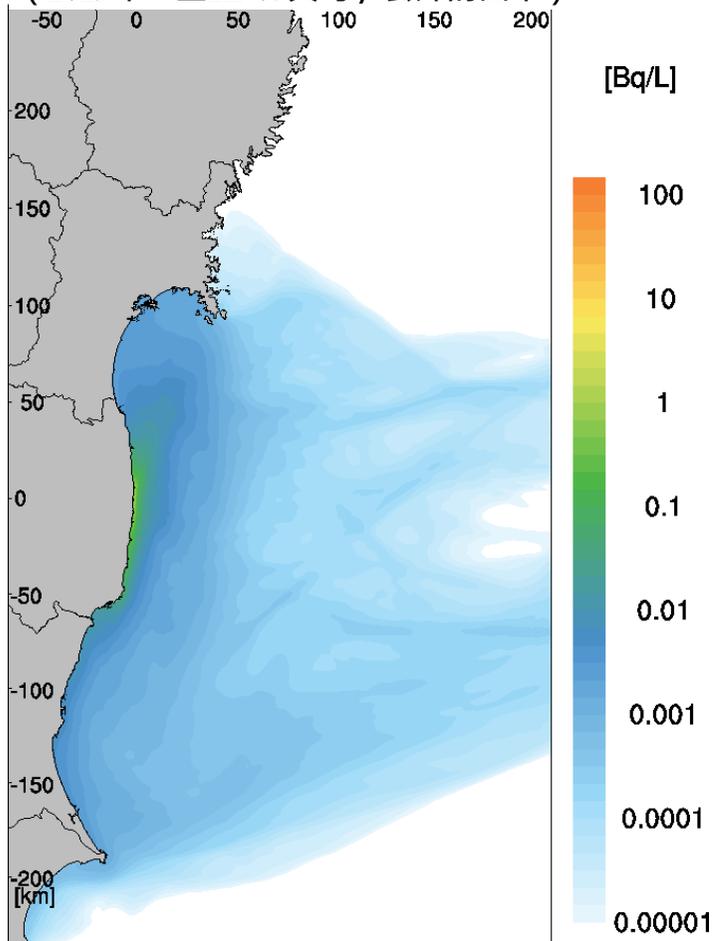


廣域圖



【參考】對模擬的計算區域外的影響

計算整體區域全年平均濃度分布圖
(2019年、至1E-05貝可 / 公升的圖示)



數字為從核電廠起的距離[公里]

- 關於以2019年的氣象海象數據而計算出的整體區域全年平均濃度，左圖表示了至1E-05貝可 / 公升的圖示結果。
- 2014年~2020年為止計算範圍邊界全年平均濃度的最大值如下表所示，全在東側，為1.1E-04~2.6E-04貝可 / 公升，比日本周邊海域的海水中氚濃度（約1.0E-01貝可 / 公升）充分地低。
- 根據發電廠周圍10公里×10公里範圍的全年平均濃度而計算的評估結果顯示，不但低於一般公眾劑量限度1毫西弗 / 年，更遠低於劑量拘束值0.05毫西弗 / 年，由於計算區域外的濃度更低，認為沒有必要評估放射線的影響。

各年的模型邊界（南北、東）全年平均濃度的最大值及位置

年	濃度（貝可 / 公升）	位置（距離為從核電廠起的距離）		
		東西	南北	從表層起的深度
2014	1.1E-04	向東約218公里	向南約162公里	約9.0米
2015	2.6E-04	向東約218公里	向南約102公里	約0.6米
2016	1.4E-04	向東約218公里	向南約6公里	約5.5米
2017	2.4E-04	向東約218公里	向南約30公里	約9.0米
2018	1.9E-04	向東約218公里	向南約97公里	約0.6米
2019	1.6E-04	向東約218公里	向南約68公里	約1.7米
2020	1.9E-04	向東約218公里	向南約25公里	約1.7米

【參考】對人及環境的放射線影響評估的前提條件

- 氚排放量：全年22兆貝可

評估個案	i · K4儲槽群	ii · J1-C儲槽 二次處理結果	iii · J1-G儲槽 二次處理結果
氚濃度 [貝可 / 公升]	<u>14萬</u>	<u>72萬</u>	<u>24萬</u>
一年ALPS處理水 排放量[m ³ /年]	<u>16萬</u>	<u>3.1萬</u>	<u>9.2萬</u>

- 考慮到海洋中的轉移、擴散，採用福島第一核電廠周圍10公里×10公里範圍內的平均海水濃度進行評估
 - ✓ 一般財團法人 電力中央研究所將區域海洋模型「ROMS:Regional Ocean Modeling System」應用於福島海洋模型
- 關於輻射途徑，設定為以下途徑

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"> ✓來自海面的體外輻射 ✓來自船體的體外輻射 ✓游泳時受到的體外輻射 ✓來自沙灘的體外輻射 ✓來自漁網的體外輻射 ✓吸入海水時受到的體內輻射 ✓吸入海水水花時受到的體內輻射 ✓進食海鮮時受到的體內輻射 	<ul style="list-style-type: none"> ✓來自海水的體外輻射 ✓來自海底沉積物的體外輻射 ✓放射性物質進入體內的體內輻射

【參考】就主要IAEA審查結果作出的應對

IAEA 審查中的評語	本公司的應對
關於評估對象核種中相對輻射影響較大且半衰期較長的碳-14及碘-129，放射線環境影響評估報告包括了對應進行哪種輻射評估的討論。	由於碳-14及碘-129對比已排放到環境中的量較少，對地球的影響可以無視，因此追加記述了只對代表人物進行評估的見解。(第4章(4)及(5))
關於環境中放射性核種的積累，根據東京電力假設海水及海底土壤的平衡狀態，明確記述了數十年後劑量最高的狀態及同等劑量的預測。	透過假設海水及海底土壤的平衡狀態，明確化考慮了長期積累的評估。(第4章(3))
明確記述為何沒有必要假設只進食在離發電廠3公里的沙灘地點捕獲的海鮮之個案。	雖然假設了在離發電廠3公里的沙灘地點進行釣魚等，但由釣魚等所捕獲的魚貝類只佔了全年進食魚貝類數量的一小部分，此地點亦在因進食海鮮受到輻射的評估對象10公里×10公里的範圍內，已有只進食10公里×10公里內的魚貝類的保守設定，因此記述為不必評估。(第6章6-1-2(4))
有機結合型氙(OBT)在環境中的轉移及與其有關的劑量評估中有不確定性，因此記述了考慮該點後有關OBT的影響及不確定性的評估結果。	追記環境中OBT的行為存在不確定性，且即使存在不確定性，氙輻射只佔整體輻射評估值較小比例，因此有對整體劑量評估的影響非常輕微的見解。(第8章8-2-5及附件III)
為評估對模型區域外的影響，記述了不只氙濃度，還有碳-14及碘-129等對劑量影響較大的核種的模型邊界濃度。	追記區域邊界的碳-14及碘-129濃度的最大值的同時，任何濃度都比該海域的背景小，因此不需要包括外側區域的模擬的見解。(附件VII)
完善了有關放射線防護最佳化的記述。	完善有關按照IAEA SF-1、GSR Part3及GSG-9的防護最佳化記述。(參考G)