

关于基于测量、评估对象核素修改的 辐射环境影响评估（建设阶段*）的再评估结果

2023年2月14日

TEPCO

东京电力控股株式会社

* 本报告的评估，将会根据释放入海相关计划的设计和应用的研讨进展、各方面的意见、IAEA专家的审查、基于第三方评估的交叉检查等得到的知识见解扩充，而及时进行修改。

概要

- 在2022年4月公布“关于ALPS处理水释放入海的辐射影响评估结果（设计阶段、修订版）”之后，我们根据本公司的研讨和工程进度、IAEA的审查以及与原子能规制委员会等的讨论，于2022年11月对评估进行了部分修改
- 在2022年11月的评估中，选定了30种核素作为ALPS处理水释放入海时的测量、评估对象核素，我们据此对源项进行了修改
- 根据其后原子能规制厅技术会议的讨论，选定测量、评估对象核素的思路发生了部分变更，将测量、评估对象核素定为29种核素，因此我们实施了再评估。此外，有关变更为29种核素，也接受了IAEA的审查。
(关于选定测量、评估对象核素的思路，详情请参考“有关ALPS处理水之处理的实施计划变更认可申请的部分补正【概要】”。)
- 此外，本次评估中，由于在测量、评估对象核素的选定中使用的是事故后12年、也即截至2023年3月之时的存量，据此我们对源项的核素构成进行了衰变校正，以达到截至2023年3月时的浓度
- 同时，也反映了2022年11月IAEA审查时指出的事项
- 关于辐射环境影响评估，剂量评估值大幅低于普通公众的剂量限度、剂量约束值、国际机构提倡的各物种规定值这一结论没有改变
 - 对人体的剂量评估值，与设计阶段的评估相比，相当于1/40~1/2左右
 - 对环境的剂量评估值，与设计阶段的评估相比，相当于1/100~1/30左右

关于本评估

- 关于基于政府的“基本方针”，根据本公司研讨的设备设计及应用进行释放时射线对人体与环境的影响，我们遵从国际上认可的方法（国际原子能机构（IAEA）安全标准文件、国际放射防护委员会（ICRP）的建议）确定了评估方法。
- 据此对辐射剂量进行评估的结果显示，大幅低于剂量限度、剂量目标值、以及国际组织提倡的各物种规定值，对人体及环境的影响极为轻微。
- 今后，我们将履行必要的程序以取得原子能规制委员会批准实施计划，同时，在开始释放入海之后，也会通过IAEA专家等的审查、各方面的意见与审查等，根据需要对评估进行修改。
- 此外，为消除国内外各方人士的担忧并获得理解，我们将保持高度透明，持续发布有关射线对人体及环境影响方面的科学信息。

为了确保普通人群和环境的安全，关于释放水中的氚和其他放射性物质的浓度，东京电力切实遵守以国际标准（IAEA安全标准文件和ICRP建议）为依据的日本国家规定标准、各种法令等。

1. 作为评估前提的释放方法
2. 评估方法
3. 评估结果
4. 参考

作为评估前提的释放方法

- 在释放前，针对ALPS处理水释放入海时列为测量、评估对象的29种核素以及氚进行测量、评估（包括第三方机构进行的测量、评估），确认净化效果已达到氚以外的核素告示浓度比总和*小于1。
- 氚的年释放量，应小于发生事故前的福岛第一核电站的释放管理目标值22万亿贝克勒尔。
- 在释放时，通过海水稀释至100倍以上，释放口的氚浓度应小于1,500贝克勒尔/升（Bq/L）。由此，氚以外的核素告示浓度比总和也被稀释至小于100分之1。
- 为了让释放水难以再次作为稀释用海水而被取回，将稀释后的ALPS处理水从距离电厂约1km的海底释放出去。
- 当在释放ALPS处理水时发生异常时，会迅速关闭紧急关断阀，同时停止ALPS处理水输送泵的工作，停止释放。

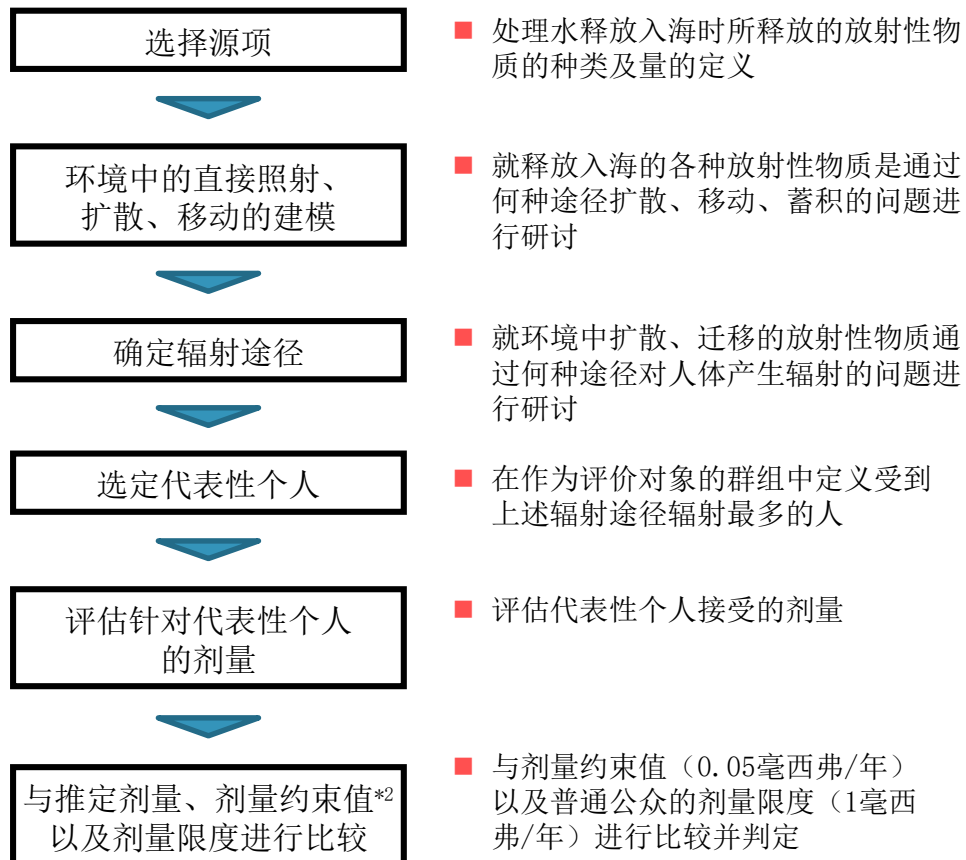
* 告示浓度比总和：当排水中含有数种放射性物质时，求出其与法令针对各核素设定的浓度限度值之间的比，然后合计得出。针对福岛第一核电站，法令规定排水口的告示浓度比总和不得超过1。关于本次计划的释放入海，对于氚以外的放射性物质，通过ALPS等进行处理，在稀释释放前的阶段使其告示浓度比总和小于1；对于氚的浓度，则通过100倍以上的海水稀释，使其达到告示浓度（小于60,000贝克勒尔/升）的40分之1的水平（1,500贝克勒尔/升）。由此，氚以外的放射性物质的浓度将远远低于告示浓度。

1. 作为评估前提的释放方法
2. 评估方法
3. 评估结果
4. 参考

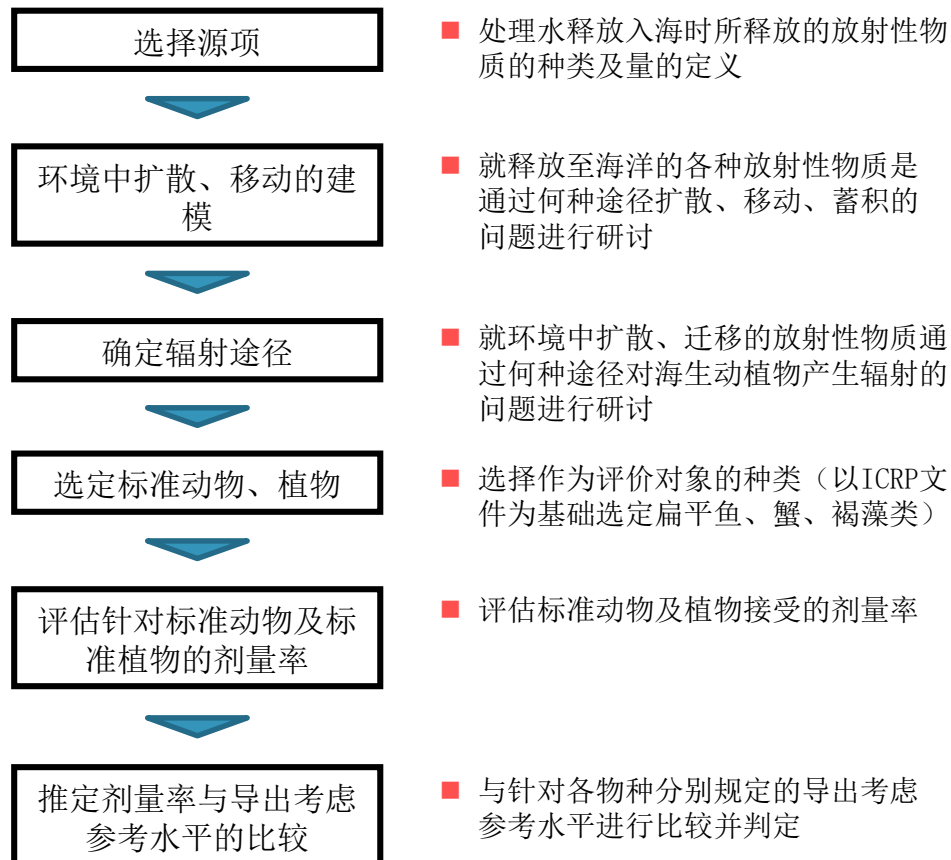
辐射环境影响评估的程序

遵从国际原子能机构（IAEA）的安全标准文件*1，根据以下程序进行了评估。

对人体的评估



关于环境保护（人以外的生物）的评估



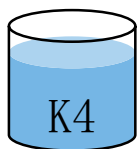
*1 IAEA GSG-9 “Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment”

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

*2 剂量约束值：在达到剂量限度之前，为了保证防护安全最优化，针对负责某些辐射作业或者设施的人员规定的数值。针对福岛第一核电站，原子能规制委员会在2022年2月16日的见解表示，核电站的剂量目标值（每年0.05毫西弗）与IAEA安全标准中的剂量约束值相当。

选择源项（所释放的放射性物质的种类与量）

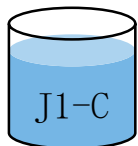
- 基于更加现实的设想观点，假定在实际的ALPS处理水当中，将分析、评价对象核素的实测值基本齐全的3个储槽群内的水，分别以海水稀释后，在释放期间中持续释放。
- 根据基于2022年12月原子能规制厅技术会议的讨论而选定的测量、评估对象核素（29种核素），选定了包括氚在内的30种核素作为源项。
- 对于没有各储槽群独立测量实绩的核素，则沿用其他储槽等的数据进行评估。
- 关于迄今为止未检出的放射性物质，假定包括在检测下限值中。
- 针对各储槽群的核素浓度，在事故后12年的2023年3月之时进行半衰期校正。



i. K4储槽群

氚浓度：约14万贝克勒尔/升

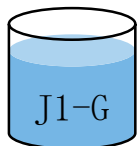
氚以外的29种核素的告示浓度比总和*：0.26



ii. J1-C储槽群

氚浓度：约72万贝克勒尔/升

氚以外的29种核素的告示浓度比总和：0.21



iii. J1-G储槽群

氚浓度：约24万贝克勒尔/升

氚以外的29种核素的告示浓度比总和：0.10

在任一情况下，都以

- 每年的氚释放量应控制在22万亿贝克勒尔的范围
- 稀释时应保证稀释后的氚浓度小于1,500贝克勒尔/升

为前提

*告示浓度比总和：当排水中含有数种放射性物质时，求出其与法令针对各核素设定的浓度限度值之间的比，然后合计得出。针对福岛第一核电站，法令规定排水口的告示浓度比总和不得超过1。关于本次计划的释放入海，对于氚以外的放射性物质，通过ALPS等进行处理，在稀释释放前的阶段使其告示浓度比总和小于1；对于氚的浓度，则通过100倍以上的海水稀释，使其达到告示浓度（小于60,000贝克勒尔/升）的40分之1的水平（1,500贝克勒尔/升）。由此，氚以外的放射性物质的浓度将远低于告示浓度。

【参考】与ALPS去除对象核素（62种核素）、碳14的比较

- 从2022年7月获得批准后，至本次的补正申请为止，有变更的核素如下所示。
- 另外，对于ALPS去除对象核素中未选定为测量、评估对象核素的核素，为了确认ALPS的去除性能，本公司也将持续实施自主测量。

测量、评估对象核素：29种核素（=24+5）

※：除了下表所示核素以外，也测量氚

C-14 碳	Y-90 钇	Cs-137 铯	U-238 铀	Cm-244 锔
Mn-54 锰	Tc-99 锝	Ce-144 铈	Np-237 镎	
Fe-55 铁	Ru-106 钌	Pm-147 钷	Pu-238 钚	
Co-60 钴	Sb-125 锑	Sm-151 钐	Pu-239 钚	
Ni-63 镍	Te-125m 碲	Eu-154 铕	Pu-240 钚	
Se-79 硒	I-129 碘	Eu-155 铕	Pu-241 钚	
Sr-90 锶	Cs-134 铯	U-234 铀	Am-241 镅	

在ALPS去除对象核素中，排除在测量、评估对象核素之外的核素： 39种核素（=13+10+16）

Fe-59 铁	Te-129m 碲	Co-58 钴	Te-123m 碲	Zn-65 锌	Ba-137m 钡	Cm-242 锔
Rb-86 铷	Cs-136 铯	Y-91 钇	Te-127 碲	Rh-106 铑	Pr-144 镨	<u>Cm-243</u> 锔
Sr-89 锶	Ba-140 钡	Nb-95 铌	Te-127m 碲	Ag-110m 银	Pr-144m 镨	
Ru-103 钌	Ce-141 铈	Sn-123 锡	Gd-153 钆	<u>Cd-113m</u> 镉	Pm-146 钷	
Rh-103m 铑	Pm-148 钷	Sb-124 锑	Tb-160 铽	Sn-119m 锡	Eu-152 铕	
Cd-115m 镉	Pm-148m 钷			Sn-126 锡	Am-242m 镅	
Te-129 碲				Cs-135 铯	Am-243 镅	

■：根据选定流程，出于慎重起见而追加的核素（5种核素）

■：存量减少，程序1中排除在选定对象外的核素（13种核素）

■：存量减少，程序3中排除在选定对象外的核素（10种核素）

■：根据实际情况重审了从核反应堆等向污染水迁移的状态，依据该结果在程序4、5中排除在选定对象外的核素（16种核素）

年都的任
小半一
于衰核
1期素

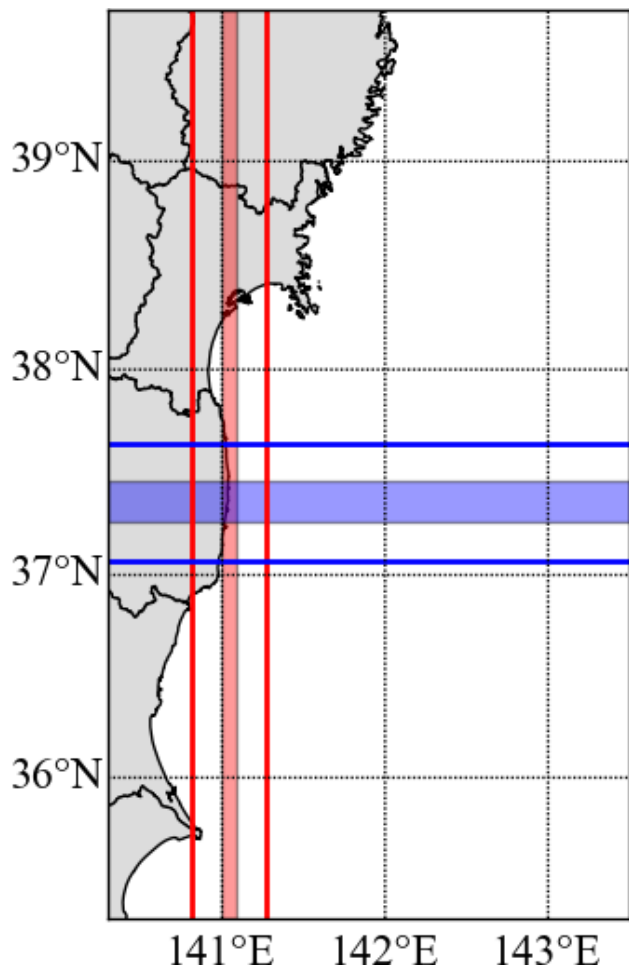
【参考】用于评估的储槽群的测量、评估对象核素与浓度

■ 针对所有核素的浓度，在事故后12年的2023年3月进行了半衰期校正。

	对象核素	告示浓度限度 (贝克勒尔/升)	基于K4储槽群的源项		基于J1-C储槽群的源项		基于J1-G储槽群的源项	
			处理水浓度 (贝克勒尔/升)	告示浓度比	处理水浓度 (贝克勒尔/升)	告示浓度比	处理水浓度 (贝克勒尔/升)	告示浓度比
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
			告示浓度比总和	2.6E-01	告示浓度比总和	2.1E-01	告示浓度比总和	1.0E-01

在环境中的扩散、迁移（海域中的扩散计算）

在针对福岛第一核电站事故后的海水中铯浓度的再现计算中，使用已确认过再现性的模型。而且是进行高分辨率计算，从而能够详细模拟核电站附近海域。



- 将区域海洋模型（Regional Ocean Modeling System:ROMS）适用于福岛海面
- 海域的流动数据
 - 使用对海表驱动力插补了气象厅短期气象预报数据的数据^[1]
 - 使用海洋再分析数据（JCOPE2^[2]）作为外海的边界条件以及数据同化*的原始数据，
- 模型范围：对北纬35.30~39.71度、东经140.30~143.50度（490km×270km）、核电站周边南北约22.5km×东西约8.4km的海域分阶段进行高分辨率处理
 - 分辨率（整体）：南北约925m x 东西约735m（约1km）、垂直方向30层
 - 分辨率（附近）：南北约185m x 东西约147m（约200m）、垂直方向30层（左图红色与蓝色线条交叉的海域）
- 气象、海象数据
 - 2014年与2019年共实施2年

*数据同化：在数值模拟中纳入实测数据的方法。也称为松弛逼近法

[1] 桥本 笃、平口 博丸、丰田 康嗣、中屋 耕，“伴随环境变暖的日本气候变化预测（之1）-气象预测、分析系统NuWFAS在长期气候预测中的应用-”，电力中央研究所报告，2010。

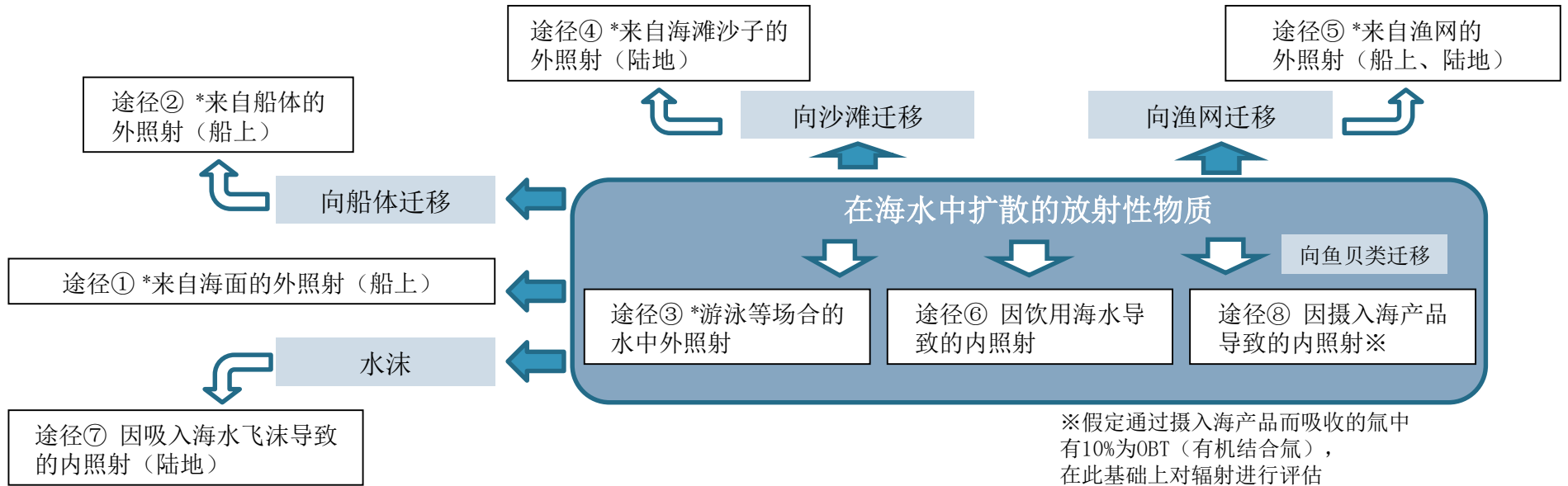
[2] Y. Miyazawa, R. Zhang, X. Guo, H. Tamura, D. Ambe, J.-S. Lee, A. Okuno, H. Yoshinari, T. Setou, and K. Komatsu, “Water mass variability in the western North Pacific detected in a 15-year eddy resolving ocean reanalysis,” 2009.

确定辐射途径（评估模型）

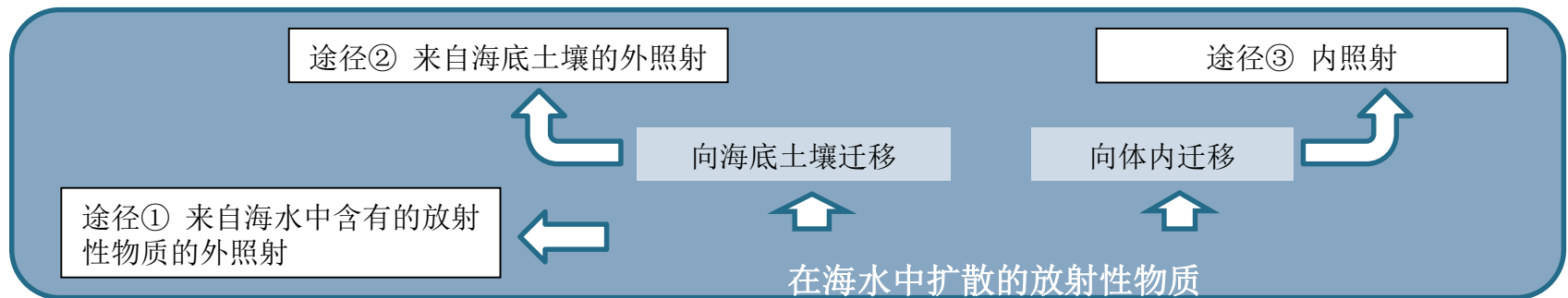
(1) 迁移途径及辐射途径（人的辐射）

■ 将IAEA安全标准文件、日本国内的事例等设定为参考（关于选定的经过等，刊登于附件VI“关于评估对象以外的迁移途径、辐射途径”）

※关于外照射，由于预计稀释后再释放放射性物质的影响小，因此仅将 γ 射线作为对象进行评估（*的途径）



(2) 迁移途径及辐射途径（动植物）



在环境中的扩散、迁移（计算评估用放射性物质的浓度）

- 全年均匀释放氙，利用年度的实际气象、海象数据计算海域的氙浓度。
- 计算核电站周边10km×10km的区域中氙的年平均浓度。
- 对于游泳等来自水中的外照射、来自海滩沙子的外照射、吸入海水导致的外照射、以及吸入海水飞沫导致的内照射，作为在海滩逗留时的辐射而修改评估地点。
- 关于其他辐射途径，在核电站周边10km×10km的区域实施评估。
 - 分别计算上层（来自海面、船体的外照射）、全层（来自渔网的外照射、因摄入海产品导致的内照射）、下层（动植物的辐射）。
 - 根据算出的氙浓度，通过释放量的比例计算，算出其他63种核素的浓度。
- 另外，为了把作为评估对象的海域范围所导致的结果不确定性也纳入评估，针对5km×5km的范围以及20km×10km的范围也实施辐射评估（刊登于附件XII“关于用于辐射评估的海水浓度评估范围所带来的影响”）。



在剂量评估中使用的海水浓度评估地点

出处：由东京电力控股株式会社根据地理院地图（电子国土Web）制作
<https://maps.gsi.go.jp/#13/37.422730/141.044970/&base=std&ls=std&isp=1&vs=c1j0h0k010u0t0z0r0s0m0f1>

※另外，关于氙以外的核素，也按在溶于海水的状态下发生扩散、迁移来评估。

代表性个人与标准动植物的设定

(1) 代表性个人（人的辐射）

- 关于生活习惯（外照射），根据“关于发电用轻水反应堆设施的安全审查中普通公众的剂量评估”进行设定。
 - 每年渔业作业时间120天（2,880小时），其中有80天（1,920小时）在渔网附近进行作业。
 - 每年在海岸逗留500小时，游泳96小时。
- 关于海产品的年摄入量（内照射），对基于最新食品摄入数据的平均摄入量以及多摄入鱼贝类的人的摄入量（平均+2 σ *）两种情况进行评估。

表6-1-13 平均摄入海产品的个人的摄入量（g/天）

（以厚生劳动省、2019年国民健康、营养调查[6]为标准进行设定）

	鱼类	无脊椎动物	海藻类
成年人	58	10	11
幼儿	29	5.1	5.3
婴儿	12	2.0	2.1

表6-1-14 多摄入海产品的个人的摄入量（g/天）

（以厚生劳动省、2019年国民健康、营养调查[6]为标准进行设定）

	鱼类	无脊椎动物	海藻类
成年人	190	62	52
幼儿	97	31	26
婴儿	39	12	10

(2) 标准动植物（环境保护）

在如ICRP Pub.136**所示的海洋环境中的标准动植物当中，选定标准扁平鱼、标准蟹、标准褐藻。

- 扁平鱼：周边海域广泛栖息着比目鱼、鲽鱼类，是重要的捕捞对象。
- 蟹：周边海域广泛栖息着细点圆趾蟹和三疣梭子蟹等。
- 褐藻类：周边海域广泛分布有微劳马尾藻和羽叶藻。

* σ ：标准偏差

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

针对代表性个人的剂量评估

外照射（途径①②③④⑤）

- 船舶移动或水中作业时因海水射线导致的辐射（途径①③）

辐射量 = 有效剂量换算系数 × 海水中的放射性物质浓度

- 因海水向船体、沙滩等迁移的放射性物质的射线导致的辐射（途径②④⑤）

辐射量 = 有效剂量换算系数 × 迁移系数 × 海水中的放射性物质浓度

- 关于有效剂量换算系数（表示人体受到各放射性物质1贝克勒尔/升的辐射时的放射剂量），使用核电退役措施工程环境影响手册*1规定的系数。
- 关于受到海水中含有的各放射性物质1贝克勒尔/升的辐射时，表示有多少放射性物质迁移至船体或沙滩等处的迁移系数，主要使用六所再处理工厂的批准认可文件*2规定的系数。仅沙滩迁移系数，使用原原子能安全委员会指针类*3规定的系数。

*1 “发电用核反应堆退役措施工程环境影响评估技术调查 一 环境影响评估参数调查研究（2006年度经济产业省委委托调查）附件核电退役措施工程环境影响评估手册”，（财团法人）电力中央研究所

*2 “六所事业所再处理业务指定申请书”，日本原燃服务株式会社

*3 “关于发电用轻水反应堆设施的安全审查中普通公众的剂量评估”，原子能安全委员会

针对代表性个人的剂量评估

内照射（途径⑥⑦⑧）

辐射量 = 有效剂量系数 × 摄入率

- 将游泳等中误饮海水时的摄入率设定为0.2升/小时（途径⑥）
- 在海滩上吸入海浪产生的水沫时的摄入率（途径⑦）

摄入率 = 海水中的放射性物质浓度 × 呼吸率 × 水沫的空气中浓度 ÷ 海水密度

- 呼吸率使用原原子能安全委员会指针类*1规定的系数。
- 关于水沫的空气中浓度，使用TECDOC-1759*2规定的系数。

- 关于摄入海产品的摄入率（途径⑧）

摄入率 = 海水中的放射性物质浓度 × 浓缩系数 × 海产品的年摄入量

- 关于有效剂量系数，使用IAEA GSR Part 3*3规定的数值。
- 关于浓缩系数，使用IAEA TRS No. 422*4规定的鱼类、无脊椎动物（鱿鱼、章鱼除外）、海藻的数值
- 不考虑海产品市场中的稀释、以及从采集到摄入为止的各放射性物质的衰变。
- 另外，关于海产品的摄入率，按鱼类、无脊椎动物（包括虾、蟹、鱿鱼、章鱼）、海藻进行分类计算。

*1 “关于发电用轻水反应堆设施的安全审查中普通公众的剂量评估”，原子能安全委员会

*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”

针对代表性个人的剂量评估

评估标准（外照射与内照射合计评估）

- 与普通公众的剂量限度 1 毫西弗/年进行比较。
- 2022年2月，原子能规制委员会的见解指出，作为确认辐射影响评估中的思路与评估的目标，0.05毫西弗/年（50微西弗/年）与IAEA安全标准中的剂量约束值相当，因此，我们将该值（0.05毫西弗/年）用作本评估的剂量约束值。

充实记载：关于氚以外的核素的迁移、蓄积的评估（第4章）

- 氚的年释放量，按上限值22万亿Bq进行评估。
- 通过7年的扩散模拟计算，确认到每年在海洋中的对流、扩散变动不大。
- 关于本来需要较长时间进行的放射性物质的迁移、浓缩，视为马上达到平衡状态进行评估。
 - 本评估虽然是1年的辐射评估，但是在针对经过长期释放后环境中蓄积了放射性物质的状态下进行的评估，可以认为，在释放期内不会受到比该评估更高的辐射。

针对标准动植物的剂量率评估

动植物

- 关于动植物，评估生长环境中的剂量率。
- 使用ICRP所示的标准动植物及剂量换算系数，通过下述计算公式计算。
- 关于外照射，考虑到来自海水的辐射与海底土壤的辐射。

内照射量 = 内部剂量换算系数 × 海水中的放射性物质浓度 × 浓度比（途径③）

外照射量 = 0.5 × 外部剂量换算系数 × 海水中的放射性物质浓度（途径①）

+ 0.5 × 外部剂量换算系数 × 海水中的放射性物质浓度 × 分配系数（途径②）

- 关于内部、外部的剂量换算系数，使用ICRP Pub. 136*¹ 及BiotaDC*²规定的数值。
- 关于浓度比，使用ICRP Pub. 114*³、IAEA TRS-479*⁴及TRS-422*⁵的浓缩系数规定的数值。
- 关于分配系数，使用IAEA TRS-422规定的数值（2.3.OCEAN MARGIN *K*_{ds}）。

评估标准

- 与ICRP在Pub. 124*⁶提出的导出考虑参考水平（DCRL）*⁷进行比较。

*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”

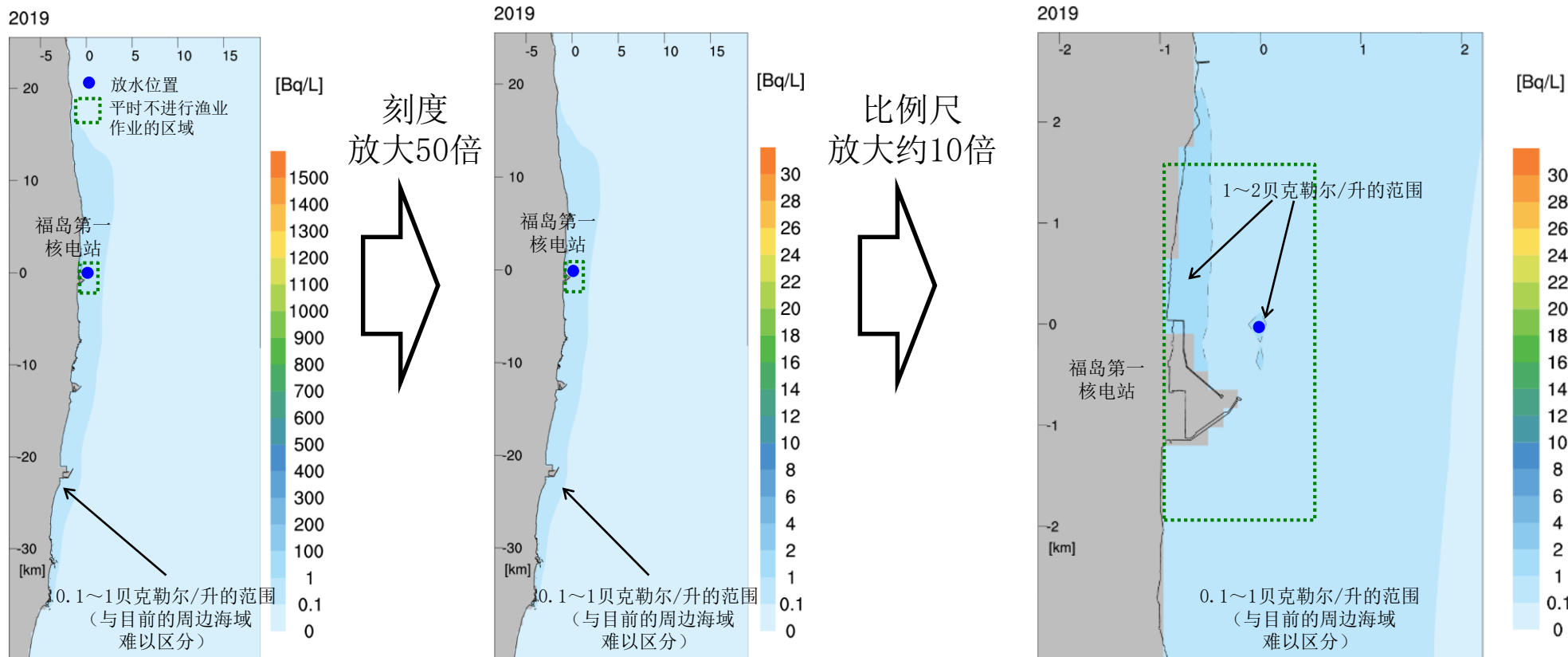
*7 导出考虑参考水平（Derived Consideration Reference Level, DCRL）：ICRP提出的针对各物种规定的一位数范围的剂量率范围。
如果超出该水平，则属于需要考虑影响的剂量率水平。

1. 作为评估前提的释放方法
2. 评估方法
3. 评估结果
4. 参考

海洋中扩散模拟结果

使用2019年的气象、海象数据进行评估的结果显示，浓度比目前周边海域海水所含的氚浓度（0.1~1贝克勒尔/升*）更高的范围（虚线内范围），仅限于核电站周边2~3km的范围。

※WHO饮用水指南10,000贝克勒尔/升的10万分之1~1万分之1



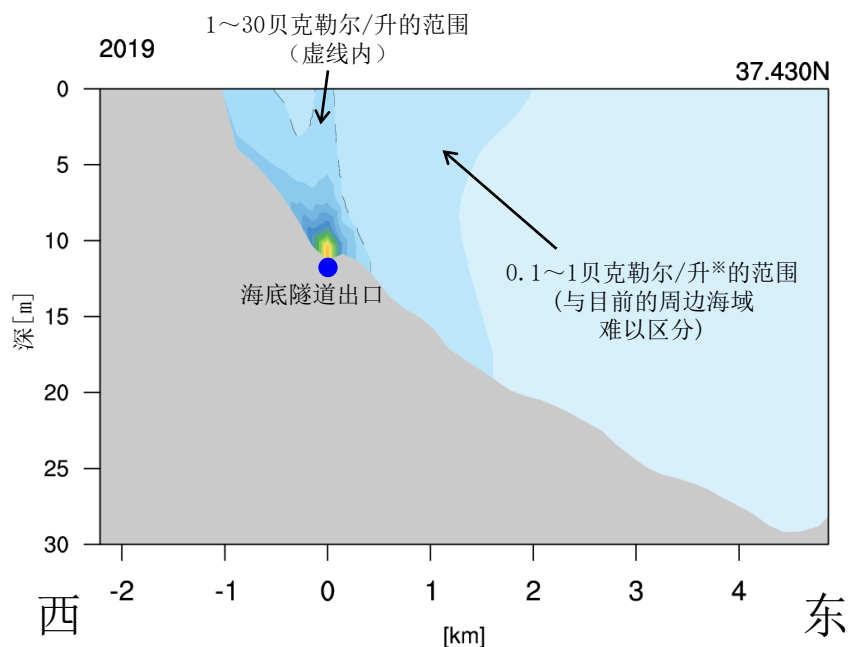
福岛县海面放大图
(根据最大刻度30贝克勒尔/升制图)

核电站周边放大图
(根据最大刻度30贝克勒尔/升制图)

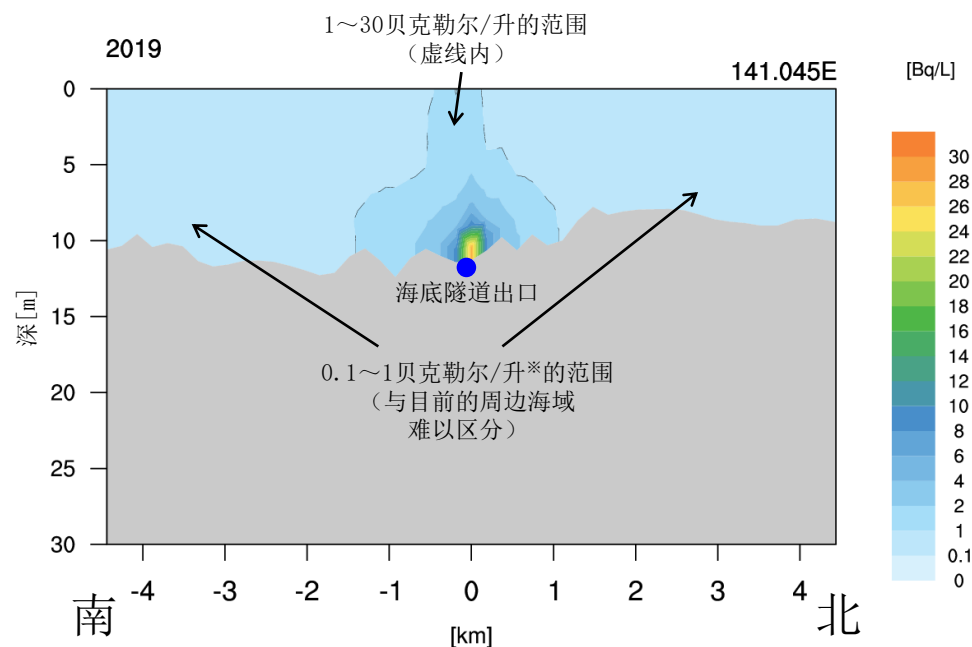
海洋中扩散模拟结果（隧道出口周边）

在扩散前的隧道出口周边，浓度迅速下降。

另外，大幅低于遵从ICRP建议制定的日本国内规制标准（6万贝克勒尔/升）以及WHO饮用水指南（1万贝克勒尔/升）。



隧道出口东西截面图
(根据最大刻度30 贝克勒尔/升制图)

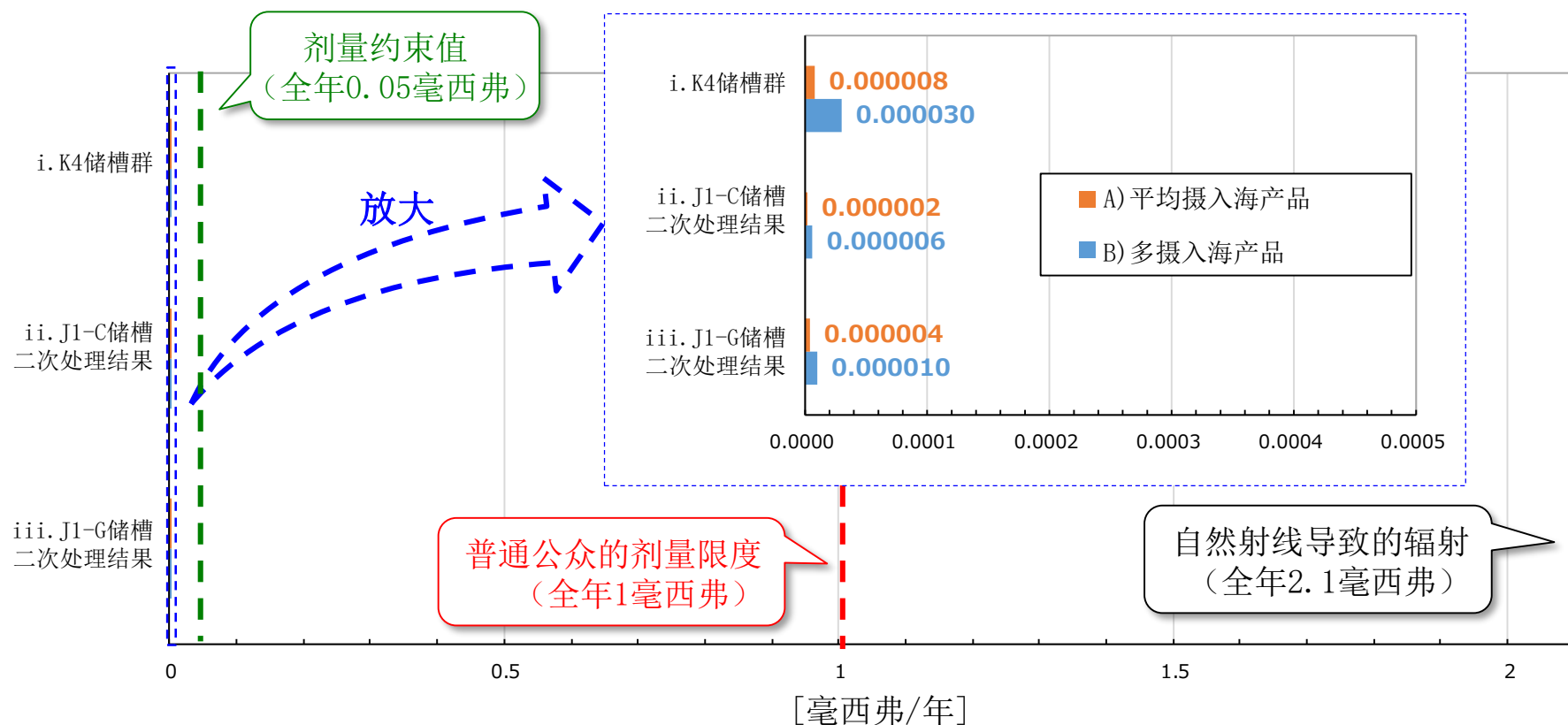


隧道出口南北截面图
(根据最大刻度30 贝克勒尔/升制图)

※WHO饮用水指南10,000 贝克勒尔/升的10万分之1~1万分之1

人的辐射评估结果（建设阶段）

- 为普通公众的剂量限度（全年1毫西弗）的50万分之1~约3万分之1；与相当于剂量约束值的日本国内核电站的剂量目标值（全年0.05毫西弗）相比，则约为其2万5千分之1~约1700分之1。



(注) 仅显示成年人的结果作为代表。关于从未检测到的未检出核素，该评估是假定其处于检测下限值而进行估算。另外，该评估是当前的结果，可能会根据今后的研讨进展、公司内外的审查结果等而更新评估。

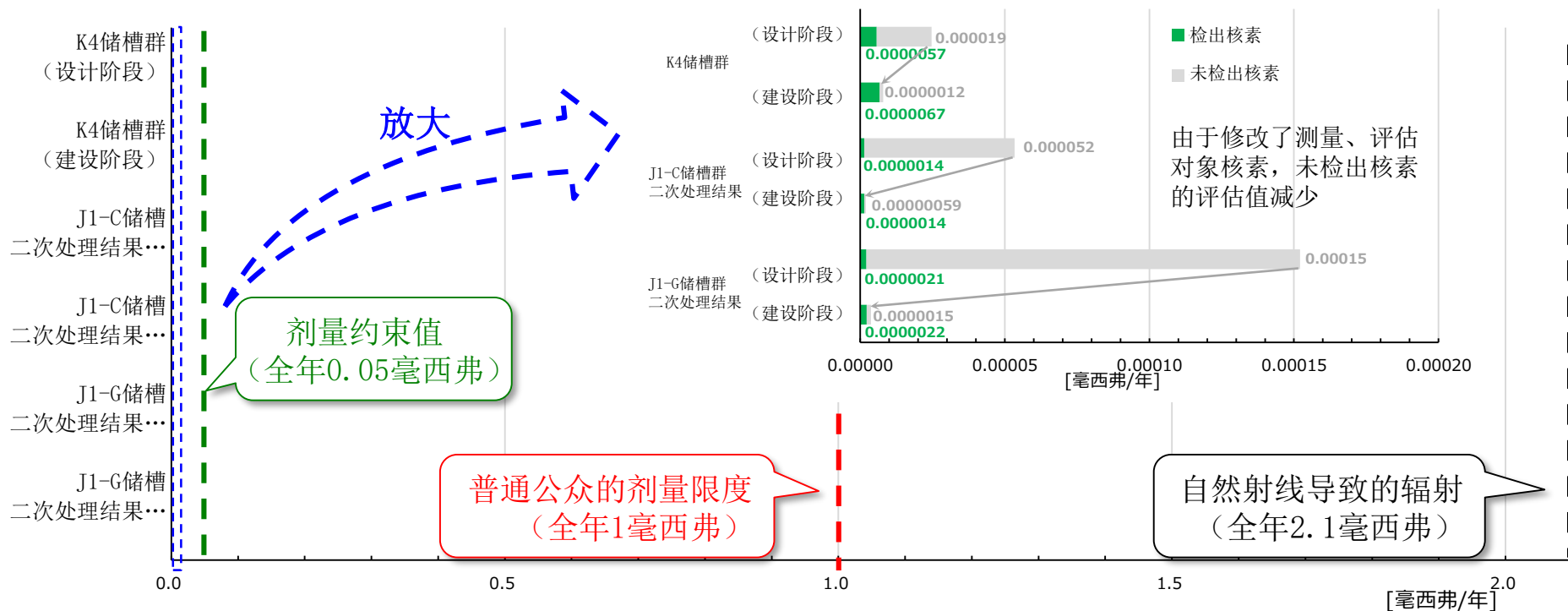
源项修改对评估值的影响

- 在设计阶段的评估中，“未检出核素”的贡献占据很大比重，而随着测量、评估对象核素的修改，变更为30种核素的源项之后，“未检出核素”的贡献降低，评估结果进一步下降。

✓ 今后，我们将通过每年大概进行一次低于通常情况的检测下限值的测量，努力掌握未检出核素的影响水平。

K4: 降低了检测下限值的详细分析
J1-C, J1-G: 可持续应用的检测下限值

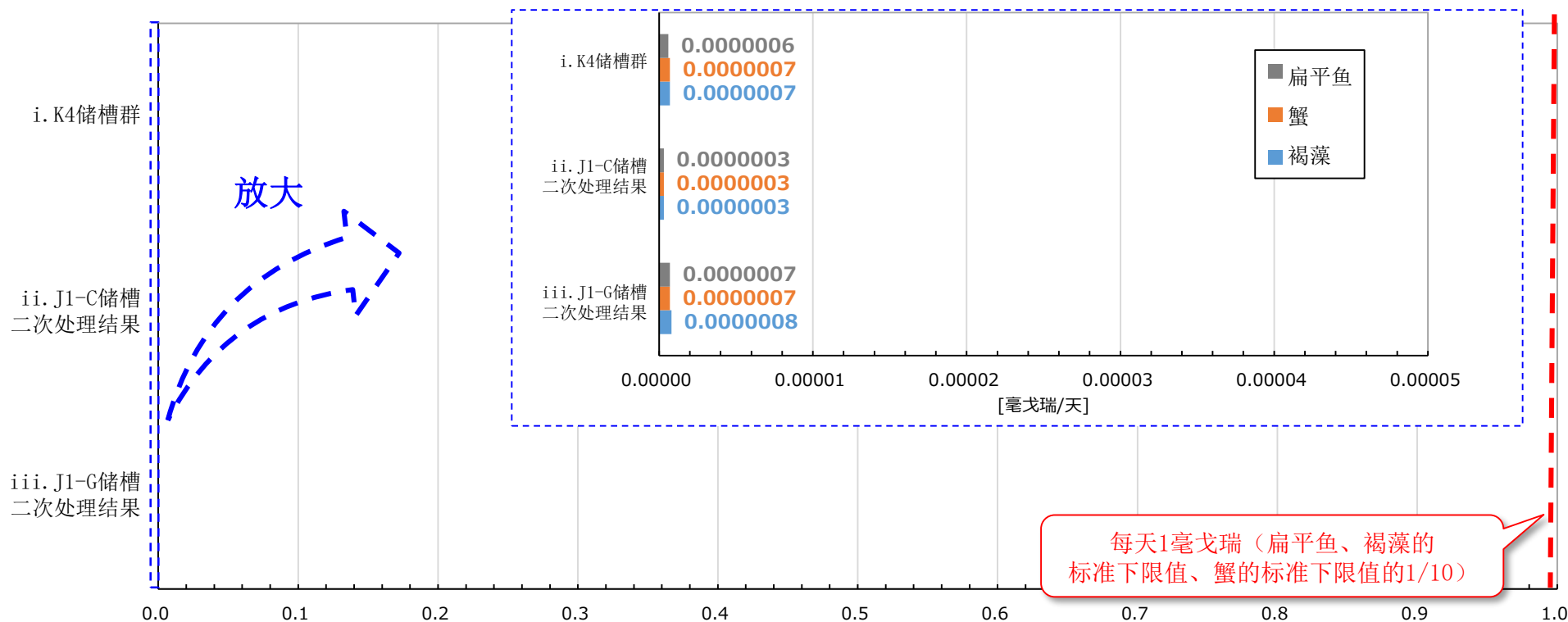
未检出核素在辐射中的贡献（平均摄入海产品时）



(注) 仅显示成年人的结果作为代表。另外，该评估是当前的结果，可能会根据今后的研讨进展、公司内外的审查结果等而更新评估。

动植物的辐射评估结果（建设阶段）

- 作为评估标准的导出考虑参考水平*相对于（扁平鱼1~10毫戈瑞**/天、蟹10~100毫戈瑞/天、褐藻1~10毫戈瑞/天）的下限值，约为其330万分之1~125万分之1（蟹约为3300万分之1~1250万分之1）。



（注）关于从未检测到的未检出核素，该评估是假定其处于检测下限值而进行估算。另外，该评估是当前的结果，可能会根据今后的研讨进展、公司内外的审查结果等而更新评估。

* 导出考虑参考水平（Derived Consideration Reference Level, DCRL）：ICRP提出的针对各物种规定的一位数范围的剂量率范围。

如果超出该水平，则属于需要考虑影响的剂量率水平。

** 戈瑞：表示物质吸收剂量（吸收的能量）的单位，西弗为表示人体受到射线影响大小的单位。

准确来说，西弗 = 修正系数 × 戈瑞，而γ射线、β射线几乎相同

潜在辐射的评估条件

- 如下表所示，作为可能会造成潜在辐射*的事态，我们选定了事例1：配管泄漏、事例2：储槽破损 这两种情况，基于设定的释放方案实施辐射评估。
- 迁移途径、辐射途径、代表性个人的特性基本与平时相同。

评估程序	建设阶段评估	设计阶段评估
选定方案	事例1：因配管泄漏导致1天 流出500m ³ 共持续20天 事例2：因储槽破损导致1天 流出30000m ³	同左
源项	基于实测值的源项 <u>（包括氙在内的30种核素）</u>	基于实测值的源项 <u>（包括氙在内的64种核素）</u>
迁移、辐射途径	与平时的辐射相同	同左
代表性个人	还会考虑到平时生活中在沙滩评估 地点的辐射、内照射	同左

*潜在辐射：虽然不能准确预测发生，但由于事故、或不确定的单一事态、或一系列的事态而可能发生的辐射（IAEA GSR Part3 para.1.20(a)）。

潜在辐射的评估结果

- 对有可能造成潜在辐射的两种方案进行评估，结果是大幅低于事故时的标准值5mSv*。

*mSv：毫西弗

评估条件	源项的核素组成	基于实测值的源项					
		i. K4储槽群		ii. J1-C储槽二次处理结果		iii. J1-G储槽二次处理结果	
		事例1	事例2	事例1	事例2	事例1	事例2
外照射 (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)
	船体	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)
	游泳时	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)
	海滩沙子	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)
	渔网	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)
内照射 (mSv*)	饮水	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)
	吸入飞沫	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)
	摄入海产品 (摄入多的情形)	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)
合计 (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)
事故时辐射的标准值：5mSv*							

【参考】辐射环境对人体的影响评估结果详情

*mSv: 毫西弗

评估条件	源项的核素组成	基于实测值的源项					
		i. K4储槽群		ii. J1-C储槽二次处理结果		iii. J1-G储槽二次处理结果	
		A:平均	B:多	A:平均	B:多	A:平均	B:多
外照射 (mSv*/年)	海面	4.6E-10 (6.5E-09)		1.7E-10 (1.7E-08)		3.7E-10 (4.7E-08)	
	船体	4.9E-10 (4.8E-09)		1.8E-10 (1.2E-08)		3.7E-10 (3.3E-08)	
	游泳时	3.2E-10 (4.5E-09)		1.2E-10 (1.2E-08)		2.5E-10 (3.2E-08)	
	海滩沙子	5.4E-07 (7.8E-06)		2.0E-07 (2.1E-05)		4.3E-07 (5.6E-05)	
	渔网	1.1E-07 (1.6E-06)		3.9E-08 (4.3E-06)		8.3E-08 (1.2E-05)	
内照射 (mSv*/年)	饮水	3.4E-07 (3.3E-07)		3.1E-07 (3.1E-07)		3.1E-07 (3.2E-07)	
	吸入飞沫	9.2E-08 (9.3E-08)		1.9E-07 (2.0E-07)		3.8E-07 (4.0E-07)	
	摄入海产品	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)
合计 (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)
普通公众的剂量限度: 1mSv*/年 相当于剂量约束值的日本国内核电站的剂量目标值: 0.05mSv*/年							

【参考】辐射环境对动植物的影响评估结果详情

*mGy: 毫戈瑞

() 内为设计阶段的值

评估事例	基于实测值的源项			
	i. K4储槽群	ii. J1-C储槽群	iii. J1-G储槽群	
辐射 (mGy*/天)	扁平鱼	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)

导出考虑参考水平 (DCRL)

扁平鱼: 1-10 mGy*/天

蟹: 10-100mGy*/天

褐藻: 1-10mGy*/天

1. 作为评估前提的释放方法
2. 评估方法
3. 评估结果
4. 参考

【参考】旨在确保安全的设备的总体概况

出处：由东京电力控股株式会社根据地理院地图（电子国土Web）制作
https://maps.gsi.go.jp/#13/37.422730/141.044970/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1_i0h0k010u0t0z0r0s0m0f1

二次处理设备（新设反渗透膜装置）

氚以外的核素告示浓度比总和
对“1~10”的处理途中水进行二次处理

二次处理设备（ALPS）

氚以外的核素告示浓度比总和
对“1以上”的处理途中水进行二次处理

测量、确认专用设备（K4储槽群）

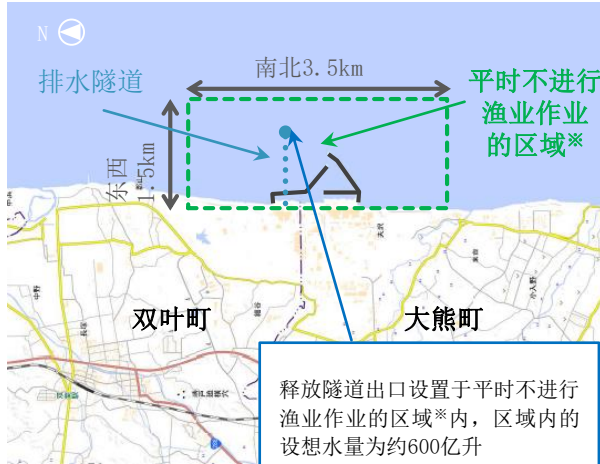
由3个群构成，分别负责接收、测量和确认、释放工序，
在测量、确认工序中，对经过循环、搅拌均匀的水进行采集并分析
(约1万m³×3群)

轮转循环

ALPS处理水输送泵

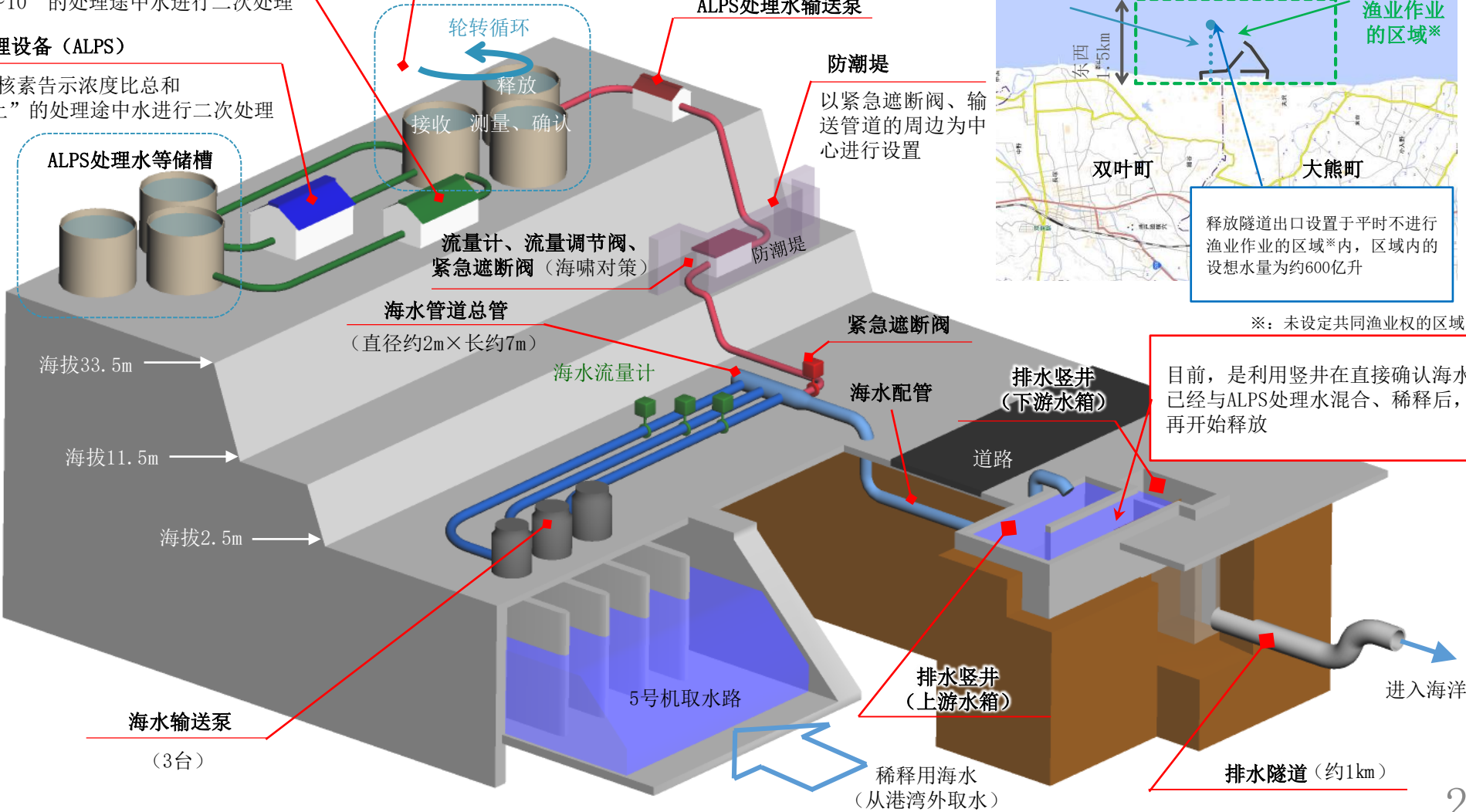
防潮堤

以紧急遮断阀、输送管道的周边为中心进行设置



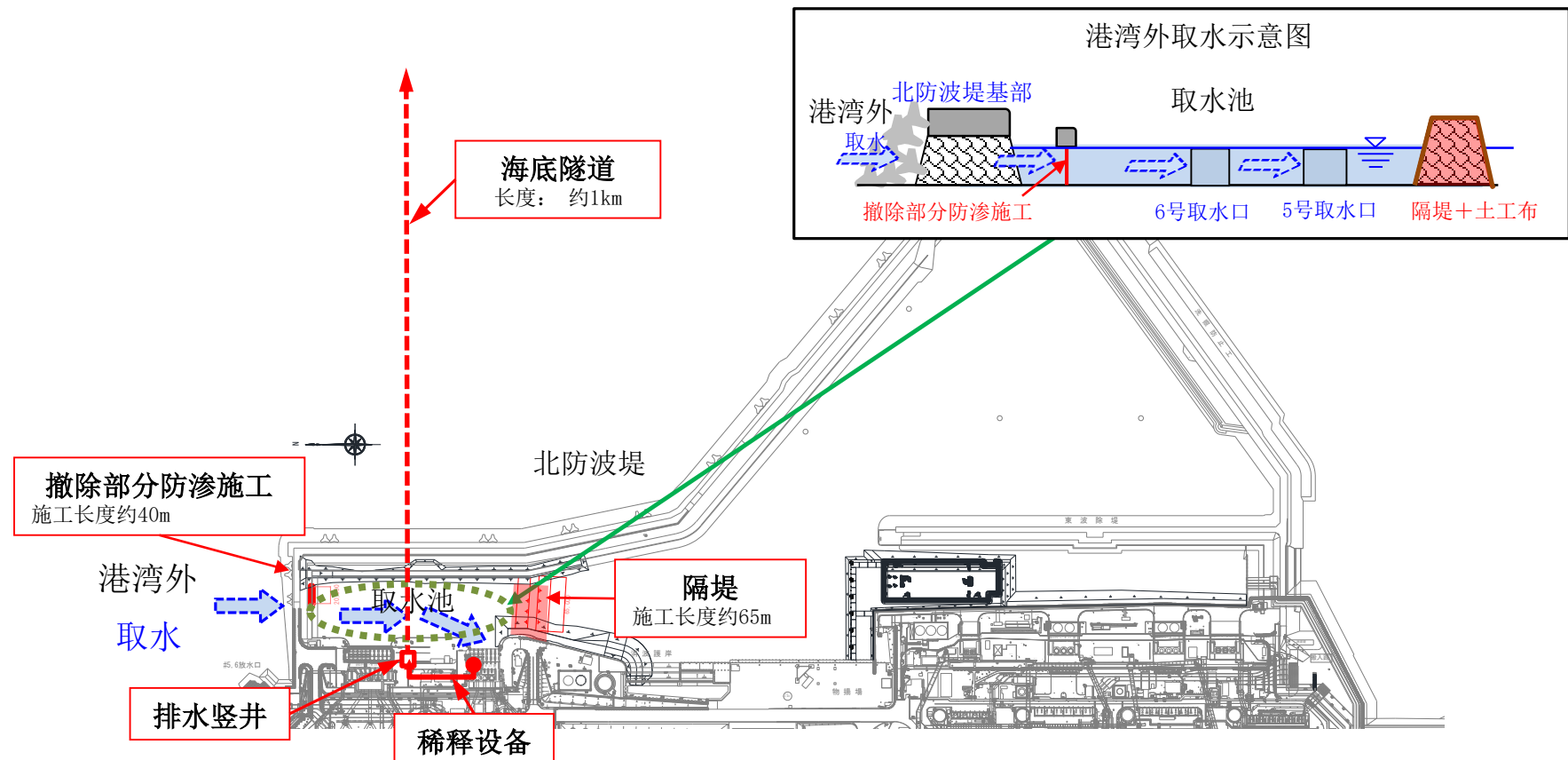
※：未设定共同渔业权的区域

目前，是利用竖井在直接确认海水已经与ALPS处理水混合、稀释后，再开始释放



【参考】港湾的设计

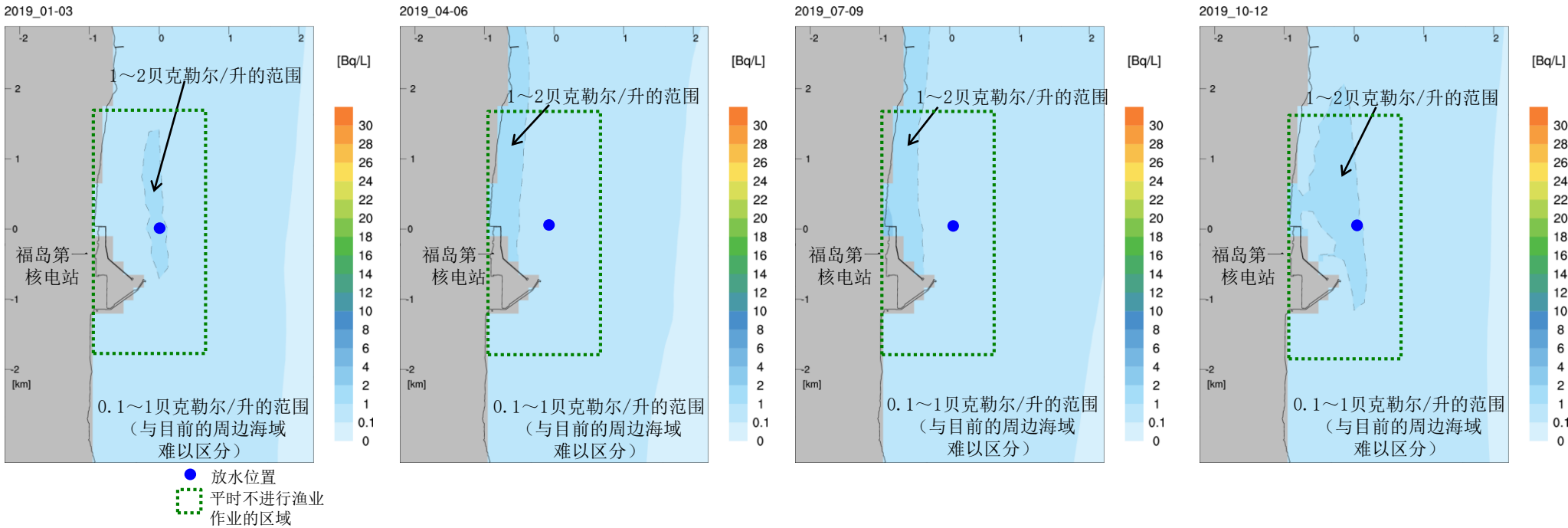
- 对北防波堤进行部分改造，取港湾外的海水作为稀释用水，通过隔堤与港湾内进行分离，以保证港湾内的海水不会与稀释用的海水直接混合。
- 设计为从距离海岸约1km的地方进行释放，从而使海水难以再循环（难以再次作为稀释用海水而被取回）。



【参考】海洋中扩散模拟结果（季节平均）

评估认为，浓度比目前周边海域海水所含的氚浓度（0.1~1贝克勒尔/升*）更高的范围（虚线内范围），即使是取季节平均数来看，也仅限于核电站周边。

※WHO饮用水指南10,000贝克勒尔/升的10万分之1~1万分之1



1-3月平均

4-6月平均

7-9月平均

10-12月平均

【参考】海洋中扩散模拟结果（扩散倾向）

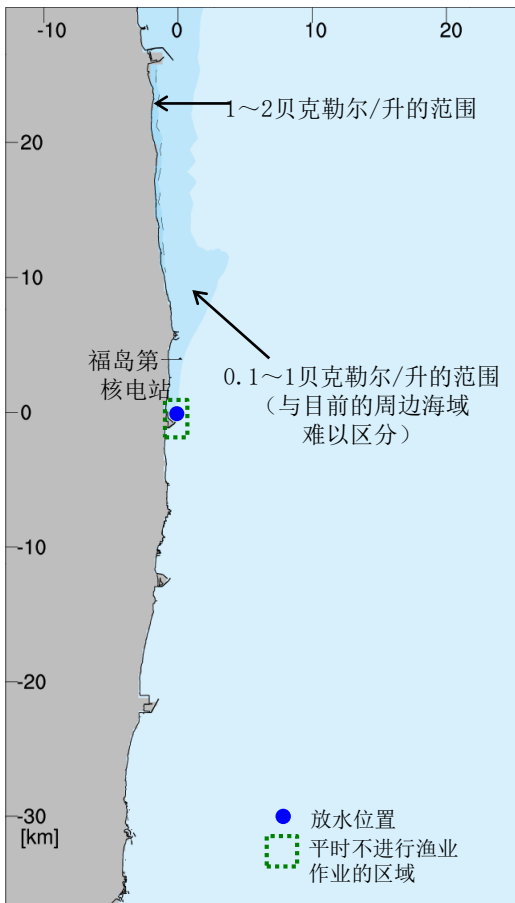
在模拟结果中，评估认为，浓度比目前周边海域海水所含的氚浓度（0.1~1贝克勒尔/升^{*}）更高的范围（超过1贝克勒尔/升的范围），即使是在扩散程度最大之日的情形下，也仅限于放出口南北30km左右的范围。

^{*}WHO饮用水指南10,000贝克勒尔/升的10万分之1~1万分之1

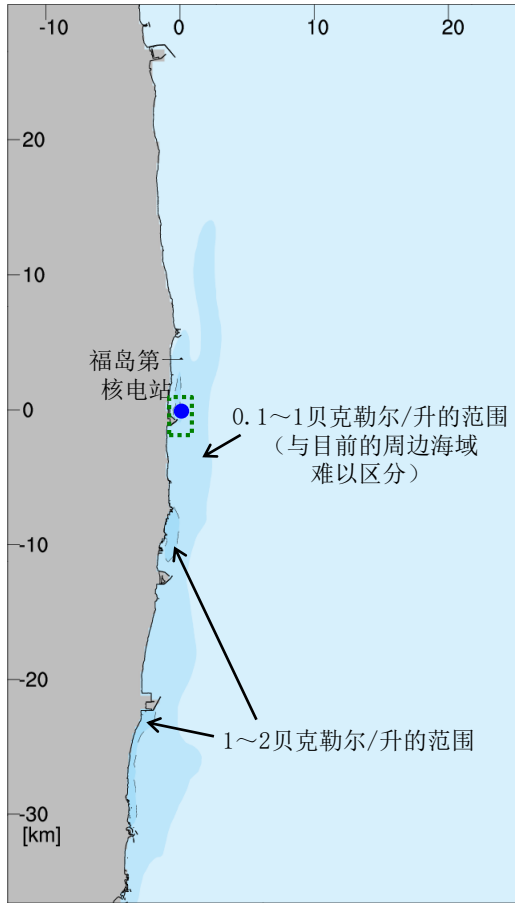
20190521

20190211

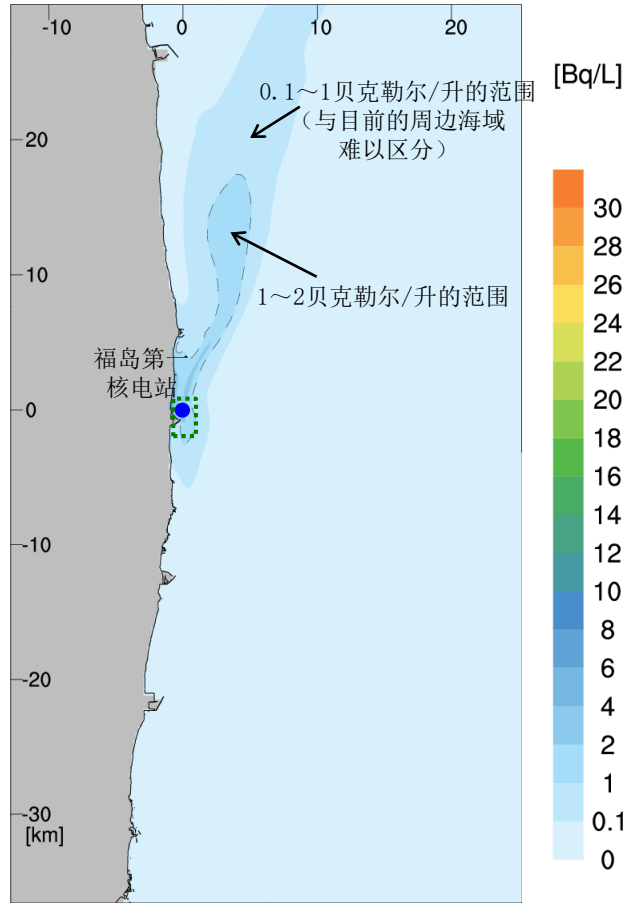
20190829



向北扩散最远的情形
(根据最大刻度30贝克勒尔/升制图)



向南扩散最远的情形
(根据最大刻度30贝克勒尔/升制图)



向东扩散最远的情形
(根据最大刻度30贝克勒尔/升制图)

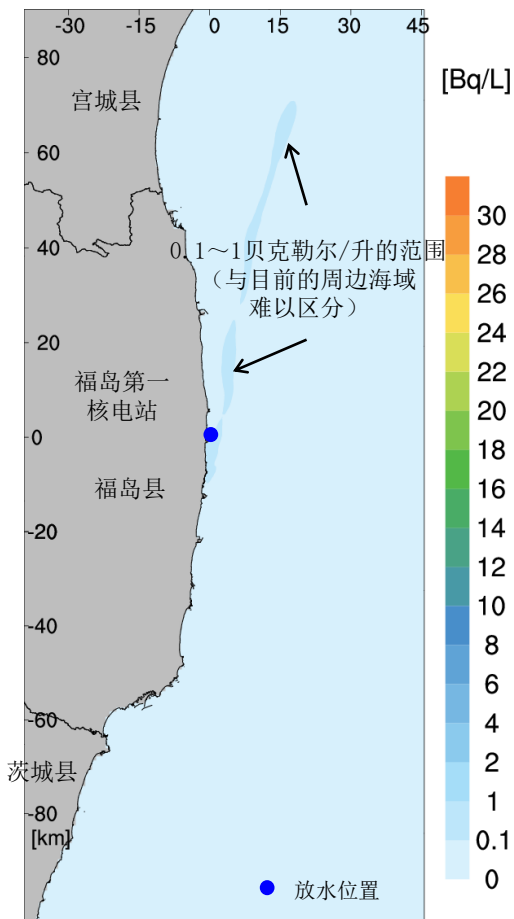
【参考】海洋中扩散模拟结果（扩散倾向）

并且在实测中，关于与目前周边海域海水所含的氚浓度（0.1~1贝克勒尔/升^{*}）无法区分的低浓度（超过0.1贝克勒尔/升的范围），在根据模拟结果对扩散程度最大之日的扩散范围进行确认时，观察到有如下倾向。
※WHO饮用水指南10,000贝克勒尔/升的10万分之1~1万分之1

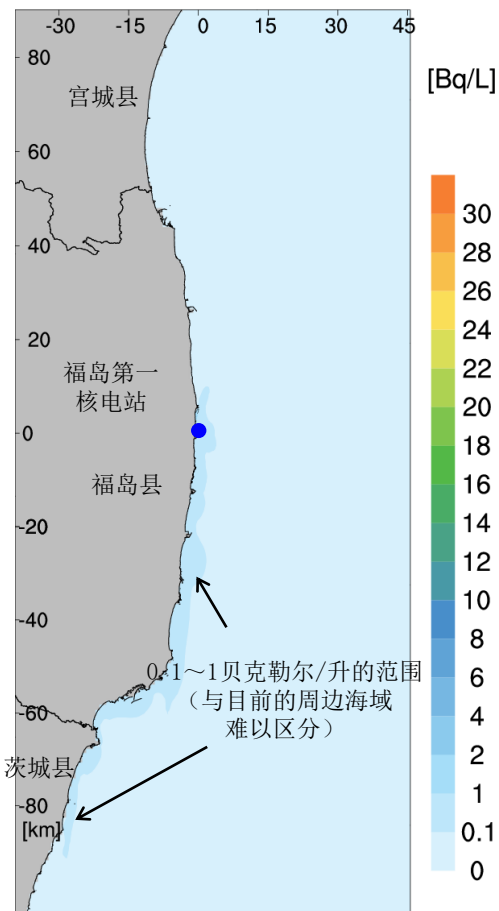
20190827

20191027

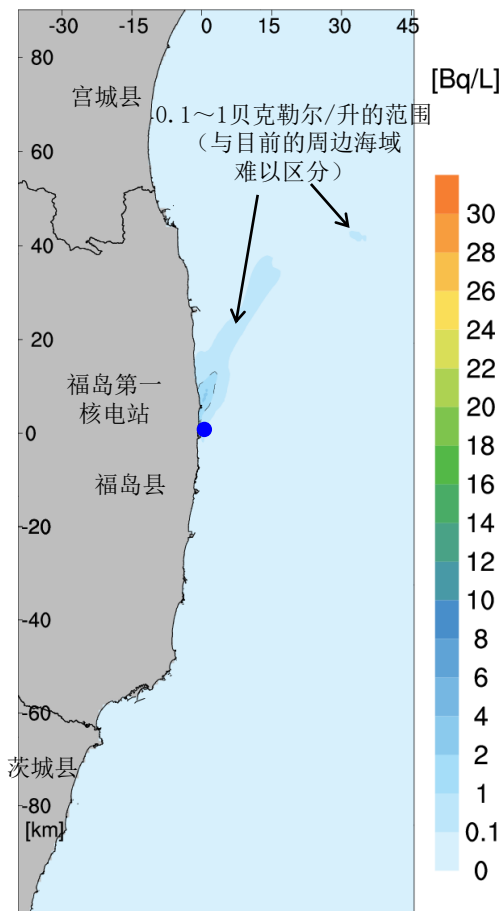
20190806



向北扩散最远的情形
(根据最大刻度30贝克勒尔/升制图)



向南扩散最远的情形
(根据最大刻度30贝克勒尔/升制图)



向东扩散最远的情形
(根据最大刻度30贝克勒尔/升制图)

【参考】考察不同的释放位置对扩散造成的影响

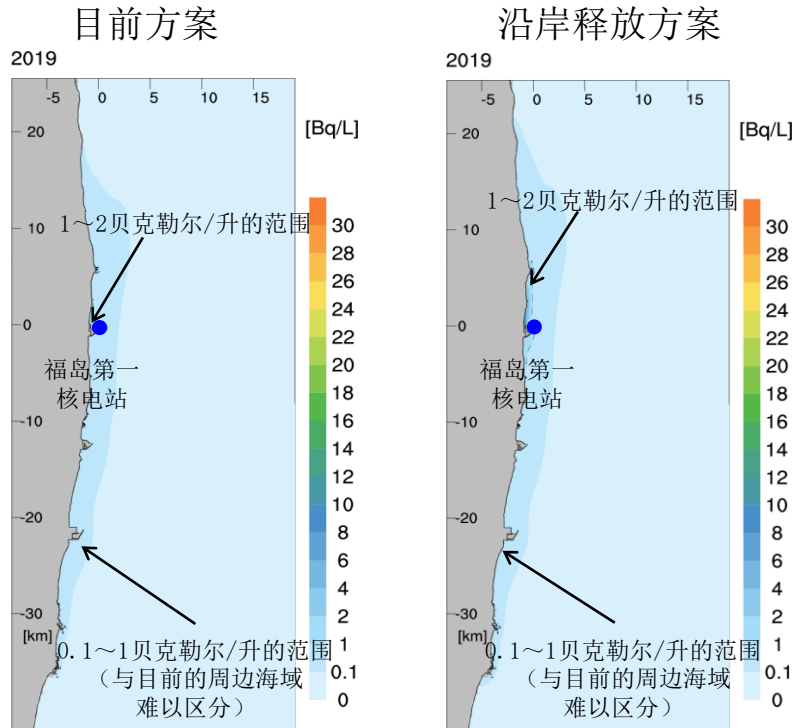
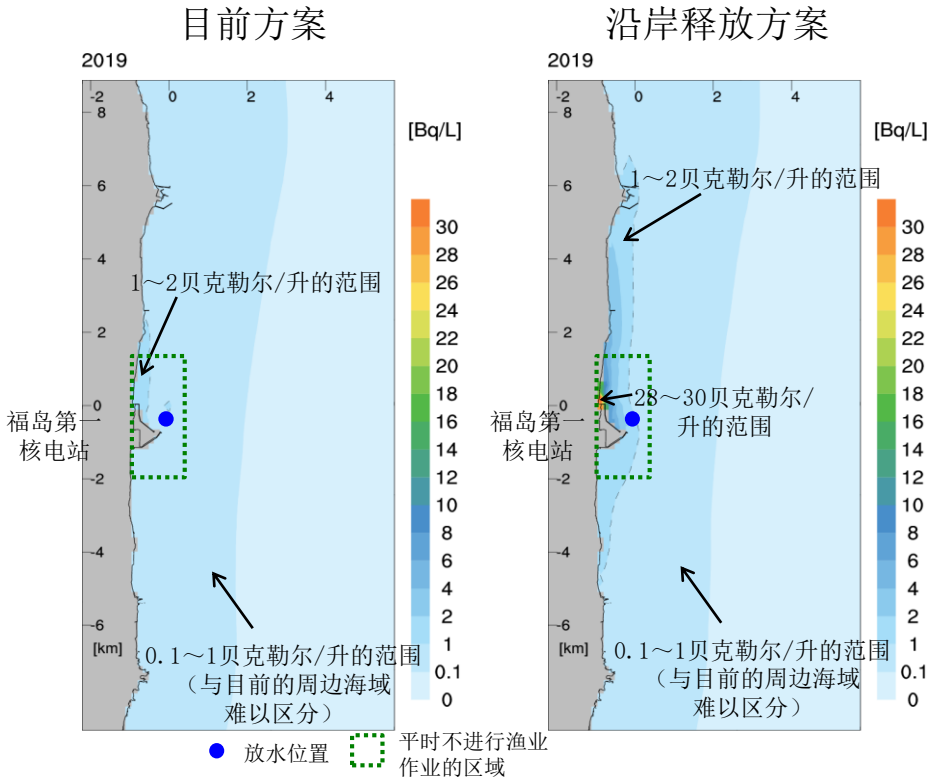
我们在根据本次计划进行扩散模拟的同时，还实施了设想释放位置为当前5、6号机放水口位置时的沿岸释放情形的模拟（但是，忽略由于取水位置引起的再循环）。

关于评估认为浓度比目前周边海域海水所含的氚浓度（0.1~1贝克勒尔/升*）更高的范围（虚线内范围），与沿岸释放时达到核电站周边6~7km的范围相比，目前方案（海底隧道）则仅限于2~3km的范围。

※WHO饮用水指南10,000贝克勒尔/升的10万分之1~1万分之1

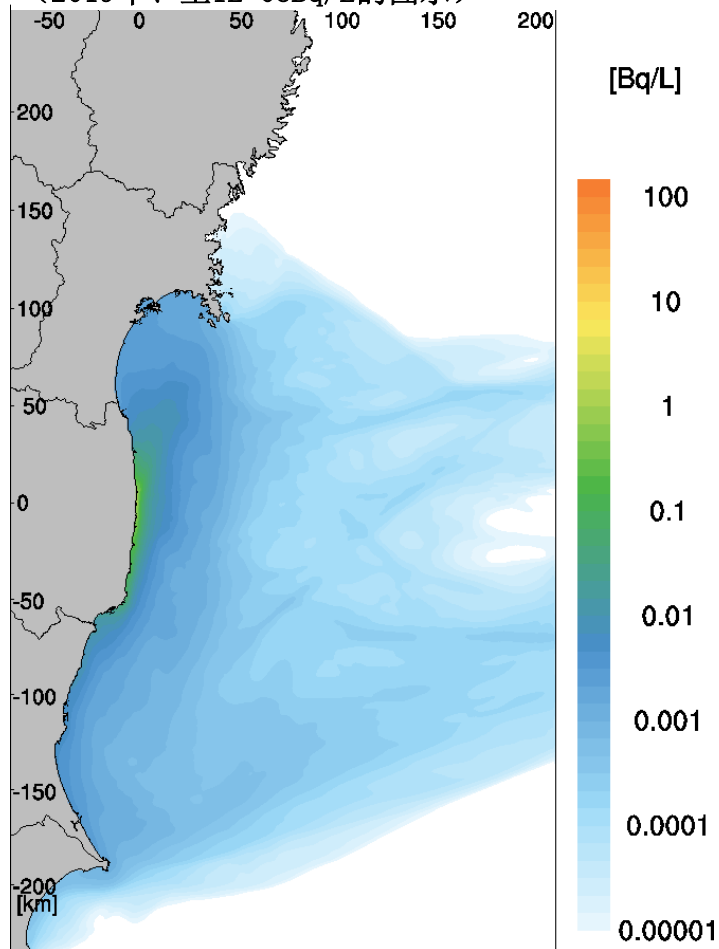
福岛县海面放大图

广域图



【参考】对于模拟计算区域外的影响

计算区域整体的年平均浓度分布图
(2019年、至 $1\text{E}-05\text{Bq/L}$ 的图示)



数字为距核电站的距离 [km]

- 关于使用2019年的气象海象数据计算的全区域的年平均浓度，至 $1\text{E}-05\text{Bq/L}$ 的图示结果如左图所示。
- 在计算范围边界中2014年~2020年的年平均浓度最大值如下表所示全部在东侧，为 $1.1\text{E}-04\sim 2.6\text{E}-04\text{Bq/L}$ ，与日本周边海域的海水中氚浓度（约 $1.0\text{E}-01\text{Bq/L}$ ）相比非常低。
- 对于根据核电站周边 $10\text{km}\times 10\text{km}$ 范围内的年平均浓度计算的辐射评估结果，不要说与普通公众的剂量限度 1mSv/年 相比，即使是与剂量约束值 0.05mSv/年 相比也非常低，根据该情况，由于计算区域的外侧浓度较之会更低，因此认为不需要评估辐射影响。

在各年的模型边界中（南北、东）的年平均浓度的最大值及位置

年	浓度 (Bq/L)	位置 (距核电站的距离)		
		东西	南北	距表层的深度
2014	$1.1\text{E}-04$	向东约218km	向南约162km	约9.0m
2015	$2.6\text{E}-04$	向东约218km	向南约102km	约0.6m
2016	$1.4\text{E}-04$	向东约218km	向南约6km	约5.5m
2017	$2.4\text{E}-04$	向东约218km	向南约30km	约9.0m
2018	$1.9\text{E}-04$	向东约218km	向南约97km	约0.6m
2019	$1.6\text{E}-04$	向东约218km	向南约68km	约1.7m
2020	$1.9\text{E}-04$	向东约218km	向南约25km	约1.7m

【参考】对人与环境的辐射影响评估的前提条件

- 氚释放量：全年22万亿贝克勒尔

评估事例	i. K4储槽群	ii. J1-C储槽 二次处理结果	iii. J1-G储槽 二次处理结果
氚浓度 [Bq/L]	14万	72万	24万
ALPS处理水全年 释放量[m ³ /年]	16万	3.1万	9.2万

- 考虑到在海洋中的对流、扩散，使用福岛第一核电站周边10km×10km圈内的平均海水浓度进行评估
 - ✓ 关于区域海洋模型“ROMS:Regional Ocean Modeling System”，由一般财团法人电力中央研究所使用适用于福岛海面的模型
- 把以下途径设定为辐射途径

对人的辐射影响评估	对环境的辐射影响评估
<ul style="list-style-type: none"> ✓来自海面的外照射 ✓来自船体的外照射 ✓游泳时的外照射 ✓来自海滩沙子的外照射 ✓来自渔网的外照射 ✓因饮用海水导致的内照射 ✓因吸入海水飞沫导致的内照射 ✓因摄入海产品导致的内照射 	<ul style="list-style-type: none"> ✓来自海水的外照射 ✓来自海底堆积物的外照射 ✓来自体内吸收放射性物质的内照射

【参考】对于IAEA主要审查结果的应对

IAEA审查的评论意见	本公司的应对
<p>关于评估对象核素中相对辐射影响大、半衰期长的碳14和碘129，在辐射环境影响评估报告中，应包括有关应实施怎样的辐射评估的讨论。</p>	<p>关于碳14和碘129，考虑到与已经释放至环境中的量相比较小等理由，从对地球的影响来说可以忽略，因此追加了仅对代表性个人进行评估的记载。（第4章(4)及(5)）</p>
<p>应明确记载，针对放射性核素在环境中的蓄积，东京电力通过假定海水与海底土壤之间处于平衡状态，进行着与数十年后的最高剂量状态同等的剂量预测。</p>	<p>已明确指出，通过假定海水与海底土壤之间处于平衡状态，在评估时已考虑到长期蓄积。（第4章(3)）</p>
<p>对于不需要设想只摄入在距离核电站3km的沙滩所捕获的海产品事例的理由，应更明确地记载。</p>	<p>虽然设想会在距离核电站3km的沙滩上通过钓鱼等得到渔获，但通过钓鱼等获取的鱼贝类只是全年摄入鱼贝类当中的极少一部分，同时本地点也位于列为摄入海产品辐射评估对象的10km×10km圈内，而且对所摄入的鱼贝类也已保守地设定为仅限在10km×10km圈内，因此记载为不需要评估。（第6章6-1-2(4)）</p>
<p>关于有机结合氚（OBT）在环境中的迁移以及与之相关的剂量评估，由于存在不确定性，因此应记载考虑到这一点的OBT影响和有关不确定性的评估结果。</p>	<p>已补记如下内容：环境中OBT的行为存在不确定性，另外，即使存在不确定性，氚导致的辐射在整体辐射评估值当中所占的比例也很小，对整体剂量评估的影响非常轻微。（第8章8-2-5及附件III）</p>
<p>为了评估对于模型区域外的影响，不仅应记载氚的浓度，还应记载碳14、碘129等对剂量影响大的核素在模型边界中的浓度。</p>	<p>补记了区域边界中碳14和碘129浓度的最大值，同时还补记了每项浓度与该海域的背景浓度相比都较小，不需要进一步实施包括外侧区域在内的模拟。（附件VII）</p>
<p>应进一步充实有关优化辐射防护的记载。</p>	<p>遵从IAEA SF-1、GSR Part3及GSG-9的形式，充实了有关优化防护的记载。（参考G）</p>