

關於處置東京電力公司 (TEPCO) 福島第一核電廠 (FDNPS) ALPS (多核種除去設備) 處理水的基本方針

- 一 2021年4月日本政府確立東京電力福島第一核能發電廠的ALPS處理水排放入海之方針。東京電力公司今後將依據此基本方針進行相關作業，擬定海洋排放相關詳細計畫及必要設備等設置之規畫，以取得原子力規制委員會的許可。
- 二 獲得原子力規制委員會許可後，才真正執行海洋排放。經由此過程到真正執行海洋排放，約需時2年。
- 三 為確保公眾及周邊環境的安全，海洋排放是在遵守東京電力公司依循國際放射防護委員會 (ICRP*) 之建議所訂定管制標準的前提下進行，符合國際慣例。
- 四 日本做為肩負國際社會責任的一員，至今亦透過提供IAEA資訊及多次向各國駐日機構說明等，積極向國際社會高度透明地提供資訊，今後也將持續依此方式提供資訊。

*ICRP (International Commission on Radiological Protection)

國際放射防護委員會 (ICRP) 成立於1928年，這是一個為了避免人們遭受輻射危害，會從專家角度提出有關「輻射防護」建議的國際組織。其建議成為世界各國制定法令法規的基準。ICRP於1990年提出的建議中指出，一般情況下「公眾曝露」的曝露劑量「應符合『一年當中低於1毫西弗』的標準」。

關於處置東京電力公司 (TEPCO) 福島第一核電廠 (FDNPS) ALPS (多核種除去設備) 處理水的基本方針 (概要)

1 兼顧復興與除役

(1) 基本思維

○災區復興雖有進展，但當地農林水產業的風評仍受影響。

→ 日本政府有責任站在主導位置推動復興與再生。

○為逐步推動復興與再生，必須在「兼顧復興與除役」的基礎原則下有計畫地推動核電廠除役程序，而ALPS處理水的處置方式亦是其中一環。

○未來取出核燃料碎片時將需要廣大空間，然而目前核電廠腹地幾乎被儲水槽占滿，若不改善此一狀況，將影響後續除役工作的進行。當地居民亦指出大量的儲水槽不僅是對當地產業風評造成負面影響的因素之一，更可能帶來老舊、災害風險等問題。

→ 日本政府有必要及早決定方針。

(2) 基本方針之決策過程

○各方專家經過為時超過六年的討論，於2020年2月彙整出報告書。

- 針對5種技術上可行的處置方式進行研議後，研判「海洋排放最具可行性」。

- 針對長期存放，專家認為「儲水槽的增設空間有限」

- 針對氚的分離技術，專家認為「目前並無能夠立即實用化的技術」

→ 國際原子能總署 (IAEA) 對此結論給予正面評價，認為其「具有科學根據」。

→ 經參考上述專家報告書並廣泛聽取各方意見後決定此基本方針。

[參考資料1]

・什麼是ALPS處理水？

・什麼是氚？

・汙染水和ALPS處理水的差異

・除役所面臨的課題 / 福島第一核電廠腹地的運用

・抑制汙染水的產生量 / 儲水槽內所儲液體的狀況

・氚的去除技術

關於處置東京電力公司 (TEPCO) 福島第一核電廠 (FDNPS) ALPS (多核種除去設備) 處理水的基本方針 (概要)

2 ALPS處理水之處置方式

- 考量國內已有排放經驗，且能確實進行監測，故決定採取海洋排放之方式。
→ IAEA亦對此給予正面評價，認為「是目前日常性實施的方式，具技術可行性」。
- 實際執行排放時，將遵守依據國際標準所制定的日本國內管制標準 (氚核種濃度等)，並確保周邊區域居民與環境的安全。
- 未來亦將持續負起身為國際社會一員的責任，積極提供高透明度的資訊。

[參考資料2]

- ALPS處理水海洋排放帶來的影響
- 海洋排放帶來的額外輻射影響
- 海洋排放的擴散模擬
- 氚的年排放量 ~ 與外國之比較 ~
- 亞洲鄰近國家與地區之案例
- 國內外核能設施等氚的年排放量

關於處置東京電力公司 (TEPCO) 福島第一核電廠 (FDNPS) ALPS (多核種除去設備) 處理水的基本方針 (概要)

3 ALPS處理水海洋排放之具體作法

· 日本政府要求東京電力以兩年後開始執行排放為目標，著手進行福島第一核電廠腹地內ALPS處理水的海洋排放準備事宜。

(1) 「將負面風評降至最低的排放方式」

①氬：

- 濃度：稀釋至管制標準值的40分之一 (WHO飲用水標準的約7分之一) 。
- ※與過去以來已進行海洋排放的核電廠汲水井 (sub-drain) 排水濃度同等級
- 總量：低於事故發生前的管理目標值 (每年22兆貝克)。

②其他核種：進行二次處理，直至濃度低於管制標準值。其後再進行大幅稀釋，以達到上述氬濃度條件。
→ 使核種濃度大幅低於管制標準值，以確保安全性，並減少負面風評。

(2) 「徹底執行海洋監測」

- 將加強排放前後的監測，並邀請當地政府及農林水產業者等相關人士共同參加。
- 在IAEA的協助下，向日本國內及國際社會傳達高度客觀、高度透明的資訊。

[參考資料3]

- 儲水槽內所含的氬水量
- ALPS處理水的處置方式 ~ 海洋排放 ~
- 氬：濃度及排放量的限制
- 氬以外核種的淨化處理
- 海洋排放所需設備的設計與運用
- 今後預定流程

參考資料1

- 什麼是ALPS處理水？
- 什麼是氚？
- 汙染水和ALPS處理水的差異
- 除役所面臨的課題 / 福島第一核電廠腹地的運用
- 抑制汙染水的產生量 / 儲水槽內所儲液體的狀況
- 氚的去除技術

什麼是ALPS處理水？

- 對核電廠事故後持續產生的含放射性物質污染水進行淨化處理，將氬以外的放射性物質淨化至管制標準值以下的水即為「ALPS處理水」。
- 核電廠腹地內的儲水槽已超過1,000座，空間相當吃緊，極可能壓迫到除役工作所需的作業空間，影響後續除役工作的進行。

雨水 / 地下水、核燃料碎片冷卻水

核反應爐
機房

放射性
物質

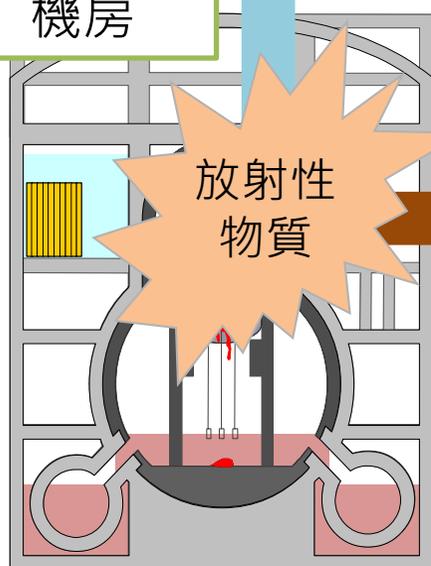
污染水

多種除去設備
(ALPS) 等

將氬以外的放射性物質淨化至
低於管制標準

ALPS
處理水

儲水槽



什麼是氚？

- 氚是氫的同位素，廣泛存在於雨水、海水、自來水、人體內與自然界之中。
- 會發出極微量的輻射，但僅一張紙的厚度就能阻擋。即使進入人體也不會堆積在體內，而會與水分一起被排出體外。
- 因其性質與氫相似，故非常難以將氚單獨分離出來並去除。



自來水

~1貝克/公升



雨水（日本）

220兆貝克/年



人體

數十貝克

汙染水和ALPS處理水的差異

◇ 「汙染水」與「ALPS處理水」大有不同。

- 核反應爐機房每日排放出因接觸核燃料碎片而含有高濃度放射性物質的水，即為「汙染水」。
- 對汙染水進行淨化處理，將氬以外的放射性物質去除至管制標準值以下的水即為「ALPS處理水」。

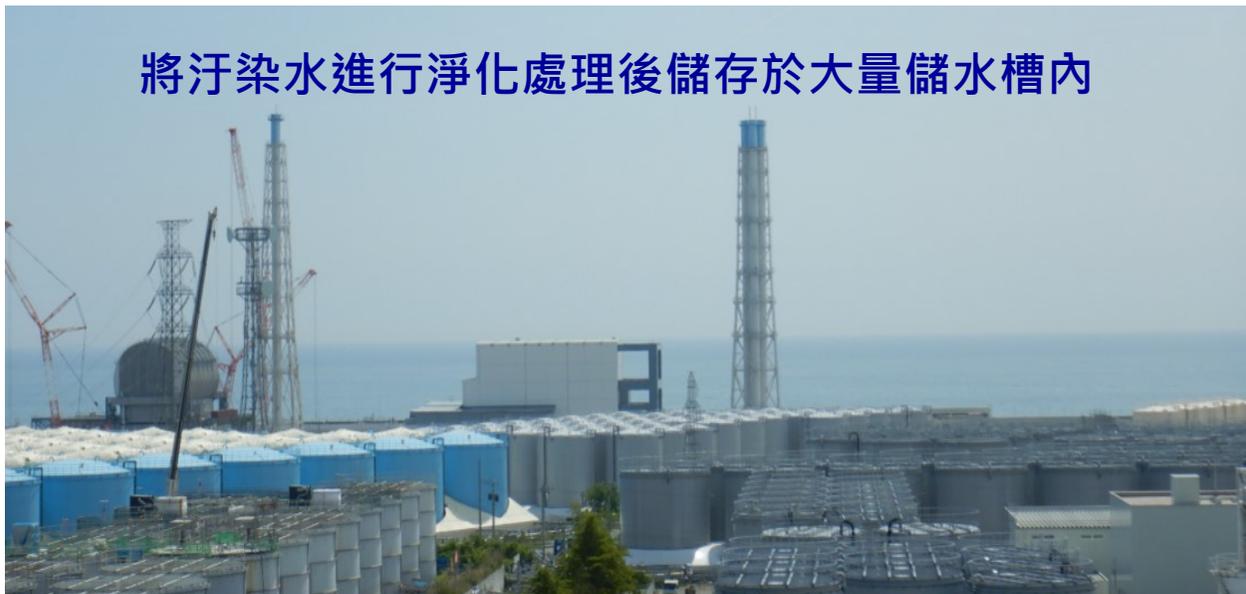
將汙染水淨化為ALPS處理水之流程



除役所面臨的課題（污染水的處置、儲水槽不斷增加）

- 福島第一核電廠會因地下水和雨水接觸核反應爐機房內的放射性物質，或因核燃料碎片（因融化而散落的核燃料）的冷卻水滯留在機房內而產生污染水。目前的處置方式是將污染水進行淨化處理，並儲存於腹地內的儲水槽中。
- 儲水槽數量已超過1000座，佔去核電廠腹地內的廣大空間。

將污染水進行淨化處理後儲存於大量儲水槽內



福島第一核電廠腹地內
儲水槽的儲存狀況
(2021年3月資料)

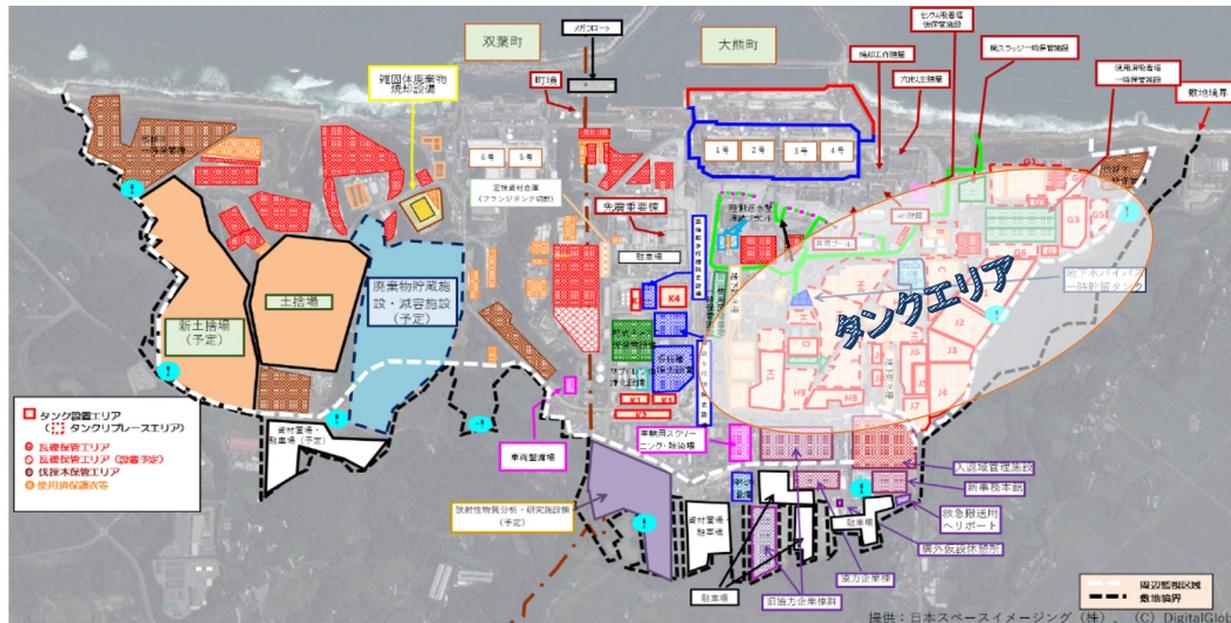
| | |
|-------------------|----------|
| 儲水槽儲存量 | 約125萬噸 |
| 儲水槽容量 (2020年底) | 約137萬噸 |
| 處理水增加量 | 每年約5~6萬噸 |

福島第一核電廠腹地的運用

- 為了順利進行取出燃料碎片等後續作業，必須充分運用核電廠腹地。
- 雖能透過法蘭盤（flange）型儲水槽的解體及廢棄物的處理，在腹地內騰出一定空間的土地，但要推動除役工作，仍有必要將儲水槽區內的儲水槽解體，將土地做為不同用途使用。

（推動後續除役工作所需的設施參考例）

- 用過核燃料取出後的暫時保管設施
- 核燃料碎片取出作業所需的維修保養設施
- 相關作業廢棄物的保管設施
- 核燃料碎片與輻射廢棄物的相關研究設施
- 確保作業員作業安全所需的設施 等
- 核燃料碎片取出後的暫時保管設施
- 核燃料碎片取出作業的模型訓練設施
- 各類樣本的分析設施
- 廢棄物回收設施

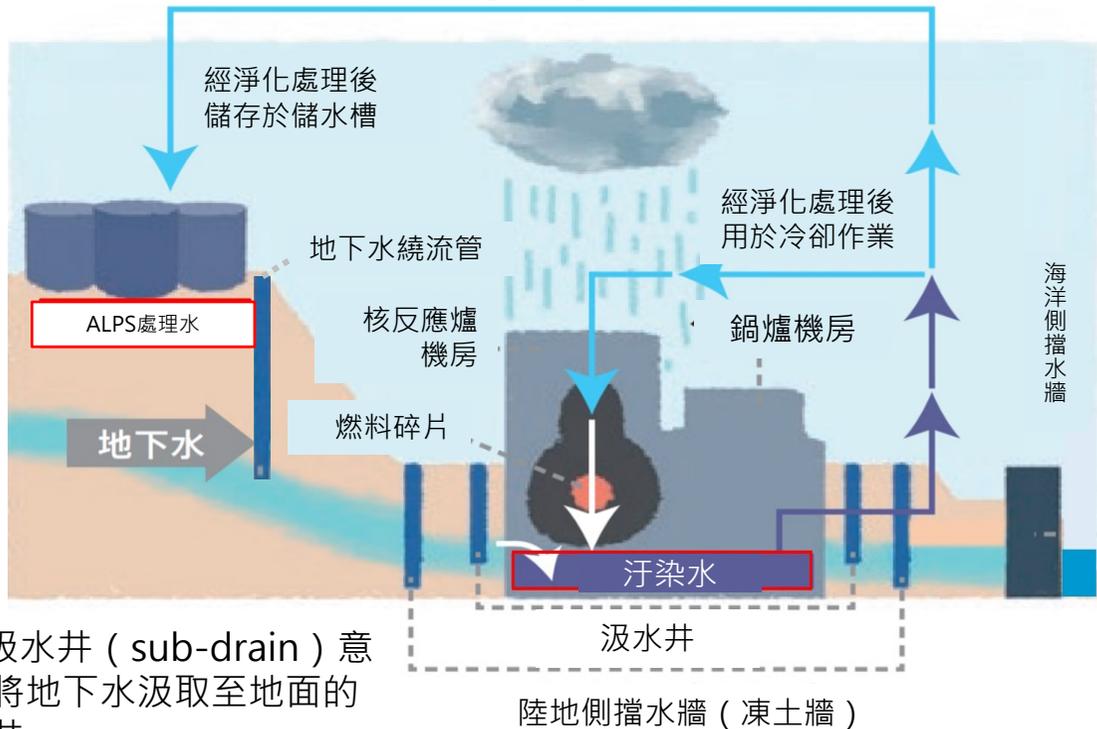


【補足事項】
○本配置図は、現状（2017年9月）の敷地の利用状況と現段階の利用計画に基づき作成。
○また、将来の廃炉作業の進捗に応じて、施設の設置・廃止が必要となることから、適宜計画の見直しを実施。

抑制污染水的產生量

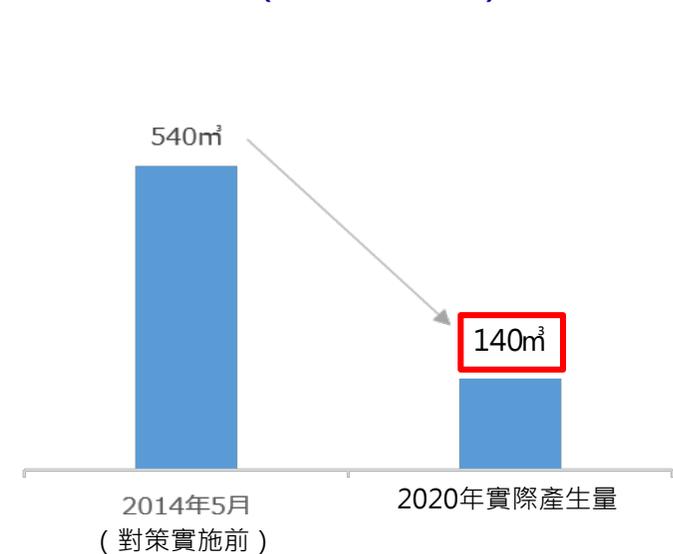
- 地下水和雨水接觸核反應爐機房內堆積的放射性物質，或核燃料碎片的冷卻水滯留在機房內，即會產生污染水。
- 目前透過將污染水淨化後重複用於注水冷卻，及凍土牆和汲水井等對策，污染水的產生量已確實減少。
- 然而，即使能夠抑制污染水的產生量，只要核燃料碎片的注水冷卻作業持續進行，或雨水和地下水持續滲入機房內，就會持續產生污染水。

產生污染水的機制



※汲水井 (sub-drain) 意指將地下水汲取至地面的水井

污染水產生量已有所減少 (日產生量)

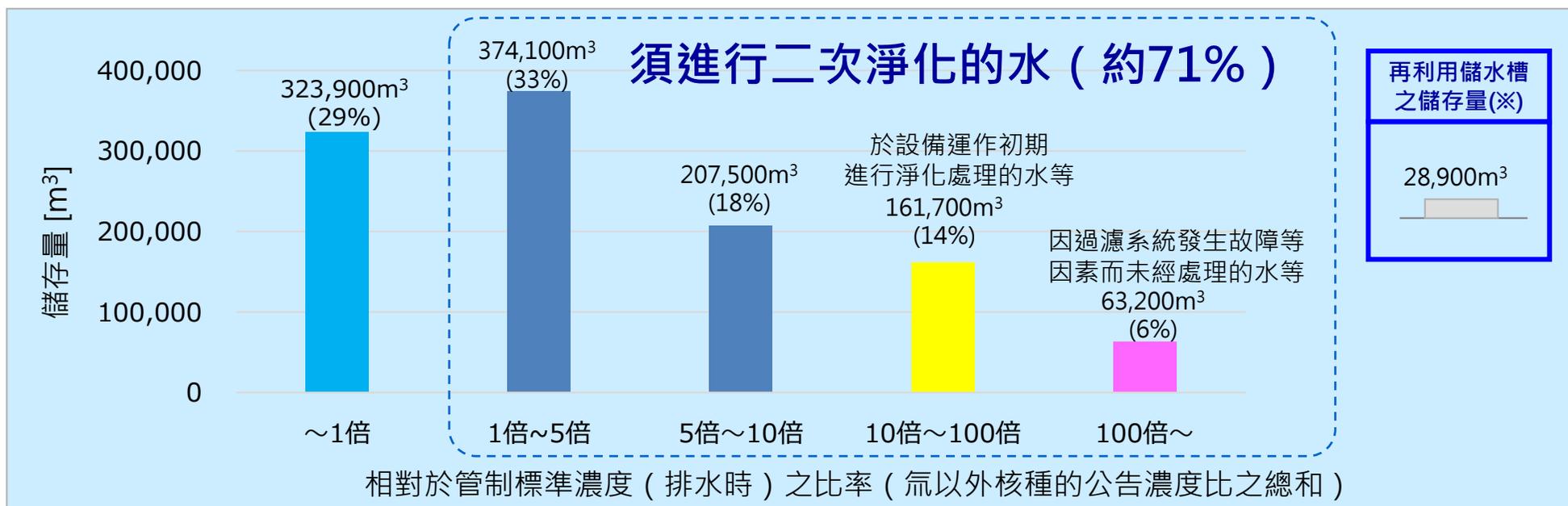


儲水槽內所儲液體的狀況

- 根據2020年12月資料，儲水槽內所儲存的水約有7成，除氬以外亦殘留超出管制標準值的放射性物質。（將會在排放前對水中的放射性物質再次進行淨化處理。）

此類處理水有部分是在ALPS導入初期，淨化設備性能較差且過濾系統發生故障時所處理；另有部分是因事故發生後，為急速降低腹地內的儲水對腹地外造成的輻射影響（腹地邊界輻射劑量），故進行淨化處理時以能夠大量處理為優先，而使水內殘留較多的放射性物質。近兩年來所儲存的處理水，放射性物質含量全都在標準值以下。

儲水槽內所儲液體的狀況（2020年12月資料）



氙的去除技術

- 氙水與水具有相同性質，因此非常難以去除。
- 根據日本國家實證事業（2014～2016年，共投入約30億日圓）實證結果等，專家研判目前並無能夠立即實用化的技術可用於分離ALPS處理水中的氙。
- 國際原子能總署（IAEA）亦認為，若考量ALPS處理水的濃度與量（低濃度、大量），目前並無已知的解方可用於分離其中的氙。

【目前已實用化之分離技術與ALPS處理水濃度之比較】

| | 氙水進行分離前的濃度 (萬貝克/公升) | 分離後的濃度 (萬貝克/公升) |
|--------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 現有的氙技術案例 (加拿大：達林頓(Darlington)核電廠) | 40,000,000 ~ 130,000,000 | 1,000,000 ~ 3,500,000 |
| 現有的氙技術案例 (日本：普賢重水精製裝置) | 10,000,000 | 400 |
| ALPS處理水 | 約73 ※儲水槽內的平均氙濃度 | 6 ※管制標準值 |

○目前在其他設施內實際使用的氙分離技術，是用於處理「濃度高」、「處理量少」的氙水，與ALPS處理水的狀況完全不同，故無法直接套用。

○分離技術並非將氙與水完全分離，而是將氙水分離為「高濃度氙水」與「低濃度氙水」。

→ 分離後的「高濃度氙水」保管方式、未來處置方式及「低濃度氙水」處置方式仍會成為問題。

日本政府將持續關注最新技術發展動向，若未來出現可實用化的技術，將會積極採用。

2021年5月～9月 公開招募可從ALPS處理水中分離出氙的實用性技術。

參考資料2

- ALPS處理水海洋排放帶來的影響
- 海洋排放帶來的額外輻射影響
- 海洋排放的擴散模擬
- 氚的年排放量 ~ 與外國之比較 ~
- 亞洲鄰近國家與地區之案例
- 國內外核能設施等氚的年排放量

ALPS處理水海洋排放帶來的影響

- 若將ALPS處理水排放入海，每年所帶來的輻射影響將低於日本人從自然環境中接收的輻射劑量的十萬分之一，極其微量。

每年從自然環境中
接收的輻射劑量

2 · 1 毫西弗

十萬分之一

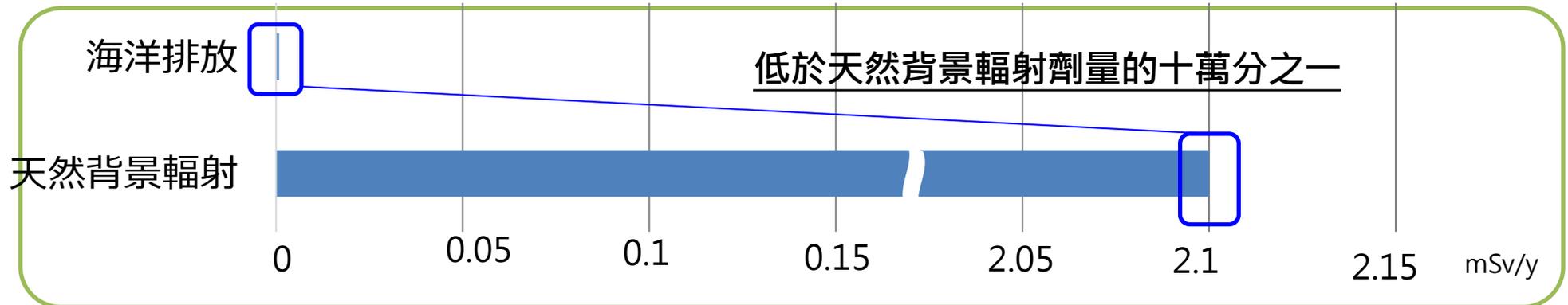
處理水排放入海
每年所帶來的輻射影響

0.0000018 ~
0.0000207 毫西弗

海洋排放帶來的額外輻射影響

- 根據試算，若依據基本方針，將ALPS處理水充分稀釋後排放入海，即使將氬以外的核種一併計入，對鄰近居民帶來的額外輻射影響仍將低於日本人每年從自然環境中接收的輻射劑量的十萬分之一。

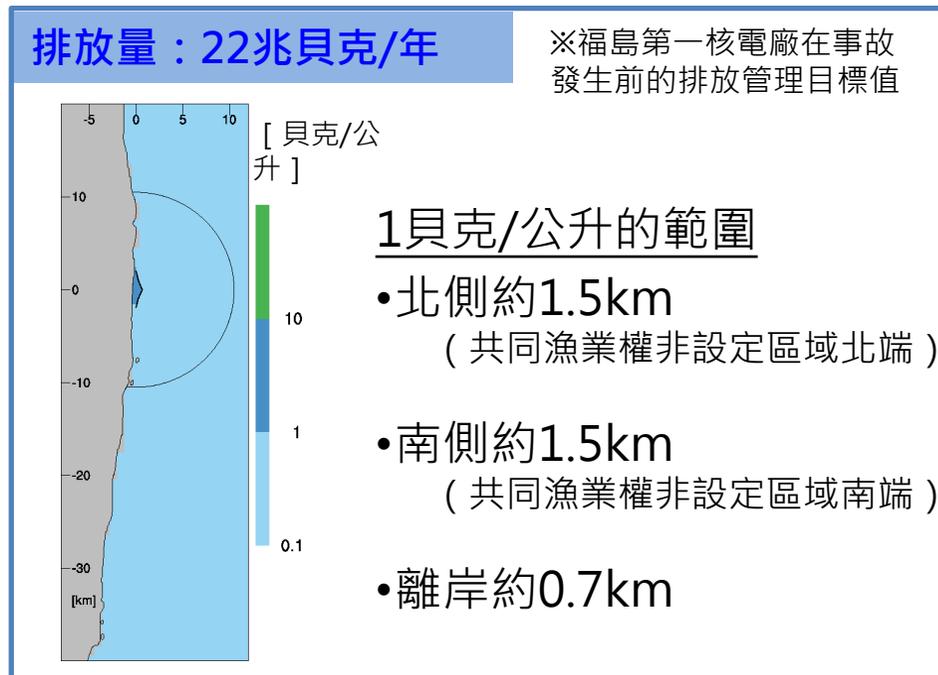
將處理水（22兆貝克）排放入海帶來的輻射影響試算
與天然背景輻射的輻射影響之比較



※此數據是根據聯合國輻射影響科學委員會（UNSCEAR）所提供之計算手法進行試算而成
（將ALPS小組委員會報告書之結論依排放量進行修正）

海洋排放的擴散模擬

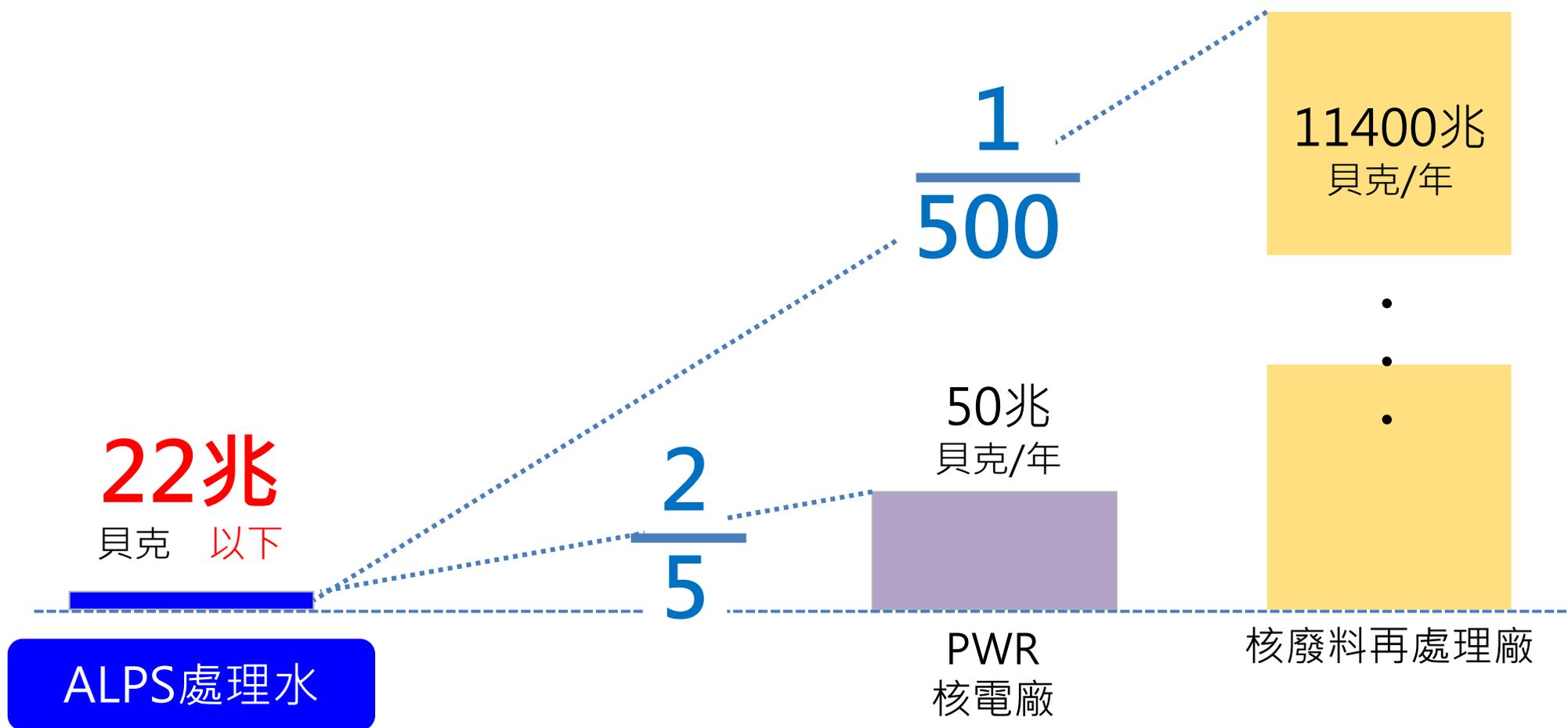
- 東京電力已進行海洋排放的擴散模擬。
- 由於處理水排放入海後會立即在海中擴散，因此若假設每年排放22兆貝克的氙，放射性物質濃度超過背景輻射準位（約為管制標準值的一萬分之一）的海域將僅限於排放處的鄰近區域。



值得注意的是，即使有部分區域放射性物質濃度超過背景輻射準位（0.5～1貝克/公升），其數值仍遠低於WHO所定的飲用水標準值（10,000貝克/公升）。

氙的年排放量 ~ 與外國之比較 ~

- 每年排放的氙總量將低於22兆貝克（事故發生前的管理目標）。
- 此一排放量低於許多國內外核電廠及核能設施的排放量。

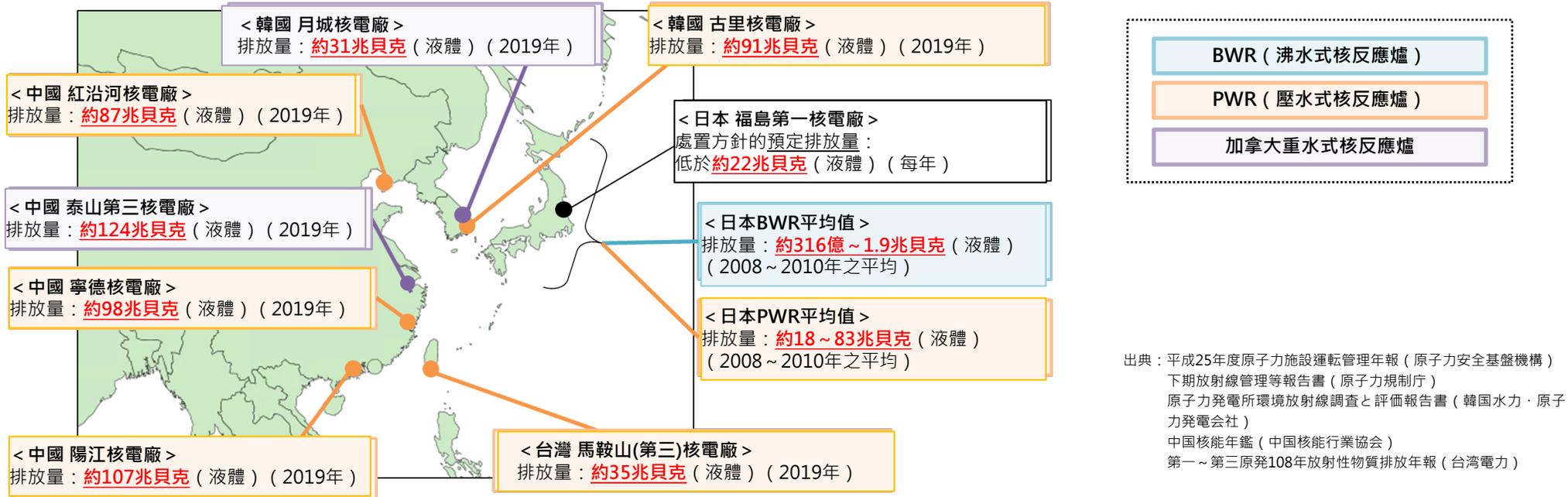


氙的年排放量 ~ 亞洲鄰近國家與地區之案例 ~

2021年5月10日更新

- 國內外的核電廠及核廢料再處理廠亦是在遵守各國家或地區法令的前提下，將氙以液體廢棄物形式排入海洋或河川，或透過換氣方式排入大氣中。

※《防止傾倒廢棄物等物質污染海洋公約 (London Convention)》明文禁止透過船舶載送等方式將廢棄物排放入海。



< 日本、韓國、中國核能設施的氙年排放量 >

單位：兆貝克

| 年※ | 日本總量 | 韓國總量 | 中國總量 |
|------|------|------|------|
| 2010 | 370 | 295 | 215 |
| 2018 | 110 | 202 | 832 |
| 2019 | 175 | 205 | 907 |

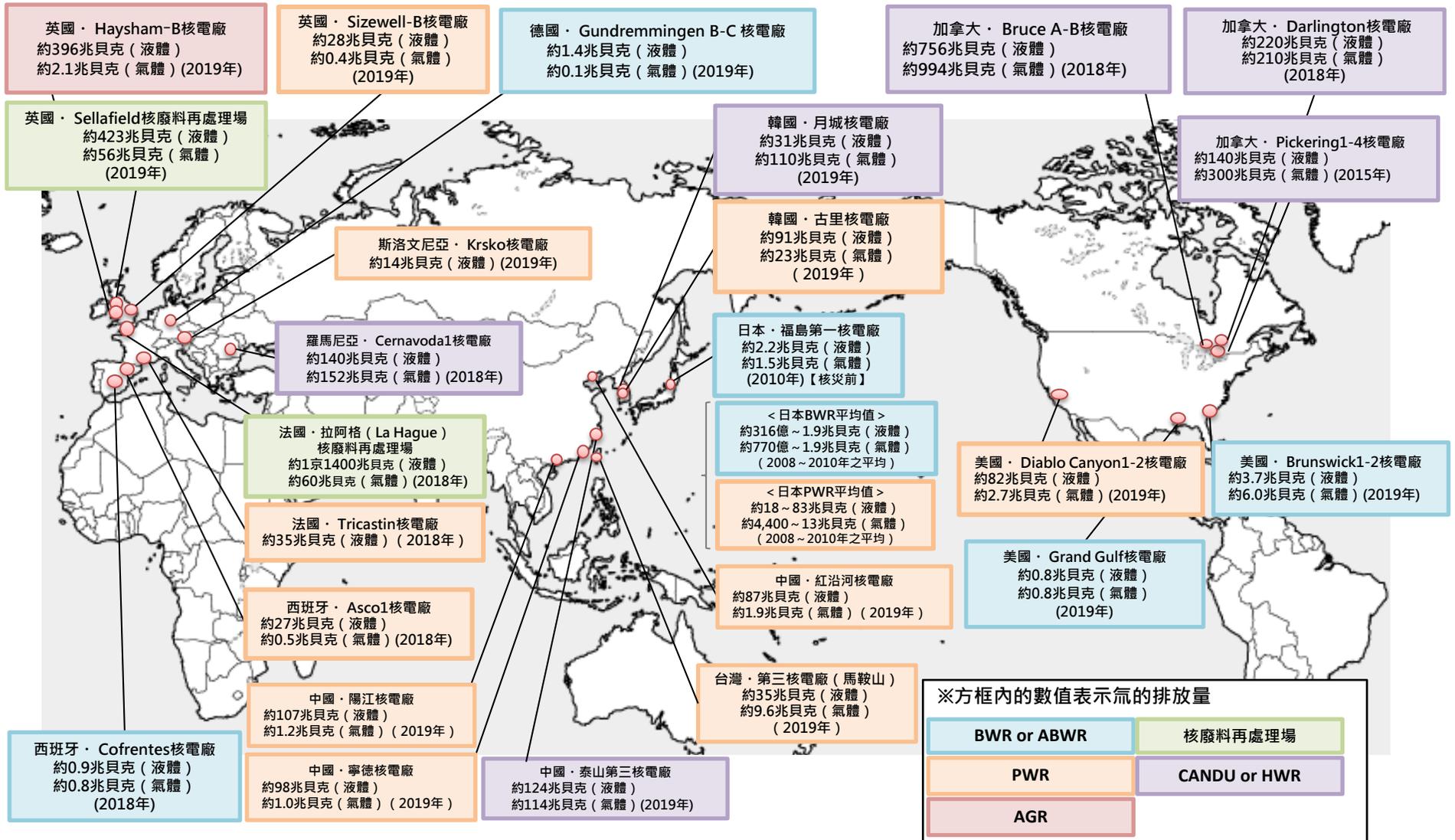
※日本數據統計期間為4月~隔年3月(年度)，韓國與中國則為1月~12月。

2021年6月

國內外核能設施等氚的年排放量

➤ 氚在國內外的核電廠、再處理場，也是在遵守各國法令的前提下，作為液體廢棄物排放至海洋、河川等，或是蒸發後排放至大氣中。

※防止傾倒廢棄物等物質污染海洋公約 (London Convention) 明文禁止透過船舶載送等方式將廢棄物排放入海。



<參考> 1兆貝克=約0.019公克 (氚水 Tritiated water)

Source : UK : Radioactivity in Food and the Environment, 2019
 Canada : Canadian National Report for the Convention on Nuclear Safety
 France : Tritium White paper
 Other countries : Prepared from reports published by electricity providers in various countries and regions.

參考資料3

- 儲水槽內所含的氚水量
- ALPS處理水的處置方式 ~ 海洋排放 ~
- 氚：濃度及排放量的限制
- 氚以外核種的淨化處理
- 海洋排放所需設備的設計與運用
- 今後預定流程

儲水槽內所含的氚水量

- 1,000座儲水槽內所儲存的水量相當於「一座東京巨蛋」。
- 其中所含的氚水量極少，僅相當於「一大匙」。

儲水槽儲存量

125萬 噸

= 一座東京巨蛋

槽內所含的
氚水量

15 公克

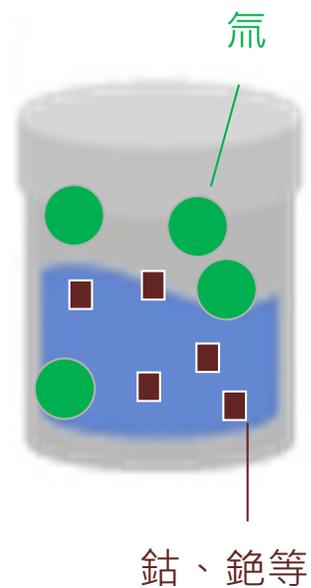
= 一大匙



ALPS處理水的處置方式 ~ 海洋排放 ~

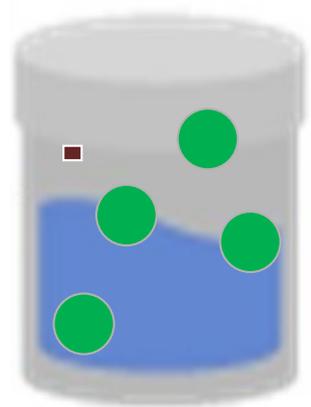
- 透過①氚以外核種的二次淨化、②以海水稀釋氚濃度之方式，將處理水內含的放射性物質濃度降至大幅低於管制標準。
- 此外，處理水將從福島第一核電廠腹地內排放入海，並監測排放前後的狀況（由國際機構等第三方進行評估與驗證）。

儲水槽總儲水量
(= 125萬噸)
中7成的水



一
再次進行淨化處理

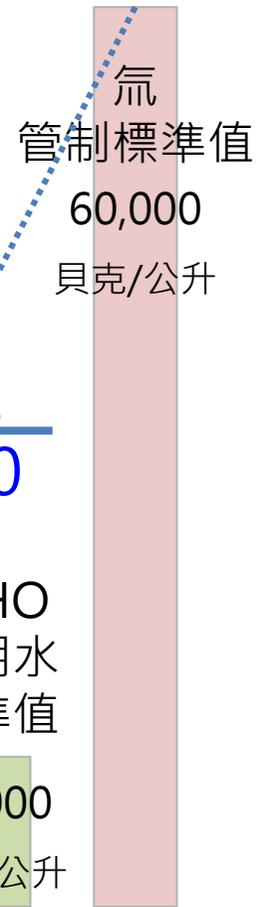
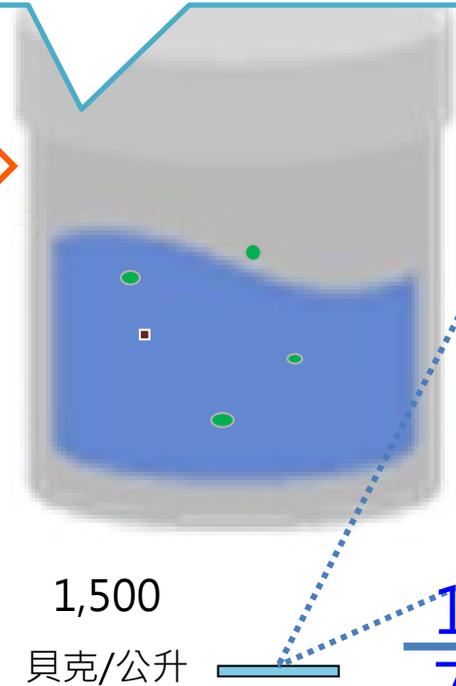
將氚以外的核種
充分淨化至
管制標準值以下



二
以海水大幅稀釋

再將其稀釋至**100倍以上**，

- 將氚濃度降至低於**1,500**貝克/公升
- 將氚以外的核種降至管制標準值的**0.01**以下



氙：濃度及排放量的限制

- ALPS處理水排放入海的氙，濃度及排放量皆不會超過日本國內核電廠目前為止的實際排放數值。
- 因此，能確保周邊環境及農林水產業產品與現今同樣安全。



- 排放時的氙濃度將遵循福島第一核電廠汲水井的排放目標值：
低於1,500貝克 / 公升 (※)
※ 排水時濃度標準值遠低於管制標準值及WHO飲用水準則所定標準值。
- 氙的年排放量將遵循事故發生前福島第一核電廠的排放管理值：
每年不超過22兆貝克

【氙濃度相關標準值與排放目標值】

| | 氙濃度 |
|-------------|--------------|
| 濃度標準 (排放目標) | 1,500 貝克/公升 |
| 法令公告濃度 | 60,000 貝克/公升 |
| WHO飲用水水質準則 | 10,000 貝克/公升 |

【核能設施的含氙液體排放量】

| | 氙總量 |
|----------------------------|-----------------|
| 福島第一核電廠的 排放管理值 (事故前) | 22兆貝克 / 年 |
| 日本國內的沸水式核電廠 (2010年度平均值) | 約0.7兆貝克 / 年 |
| 日本國內的壓水式核電廠 (2010年度平均值) | 約45兆貝克 / 年 |
| 古里核電廠 (韓國、2018年) | 約50兆貝克 / 年 |
| 拉阿格核廢料再處理廠 (法國、2018年) | 約1京1,400兆貝克 / 年 |

氙以外核種的淨化處理

- 放射性物質的存在本身並非問題，重點在於將其抑制在不對人體與環境造成影響的水準（管制標準值）之下。
- 管制標準的判斷方式無論發生事故的核反應爐或一般核反應爐，皆是將所有核種的輻射影響合計計算。（不以核種種類或數量判斷，而是將其換算為對人體的影響，並以合計值進行判斷）
- 儲水槽內儲水總量（共125萬噸）的7成水中含有超出管制標準值的氙以外核種。排放前會再次使用ALPS對其進行淨化處理，將氙以外核種降至管制標準值以下。

儲水槽內儲水總量 = 1 2 5 萬噸

3 成：氙以外的核種
已淨化處理完畢

7 成：水中殘留的氙以外核種 超出管制標準值

※近兩年半以來進行淨化處理的水皆未超出管制標準值。

氙以外核種參考例

（參考）二次淨化性能實驗前後的比較案例

（資料出處：多核種除去設備等處理水的二次處理性能確認實驗狀況 東京電力 2020.12.24）

| | |
|----------------------------|--------|
| 一般核反應爐及事故核反應爐 排水中均驗出的核種 | 鈷、錳等 |
| 在事故核反應爐及再處理廠驗 出的核種 | 銫、銩、碘等 |

| 核種名稱 | 以管制標準值為1時的比較值 | |
|-----------|---------------|--------|
| | 二次淨化前 | 二次淨化後 |
| 鈷60 | 0.18 | 0.0017 |
| 色137 | 6.7 | 0.0021 |
| 銩90 | 2155 | 0.0012 |
| 碘129 | 3.3 | 0.13 |
| 氙以外核種的合計值 | 2 4 0 6 | 0.35 |

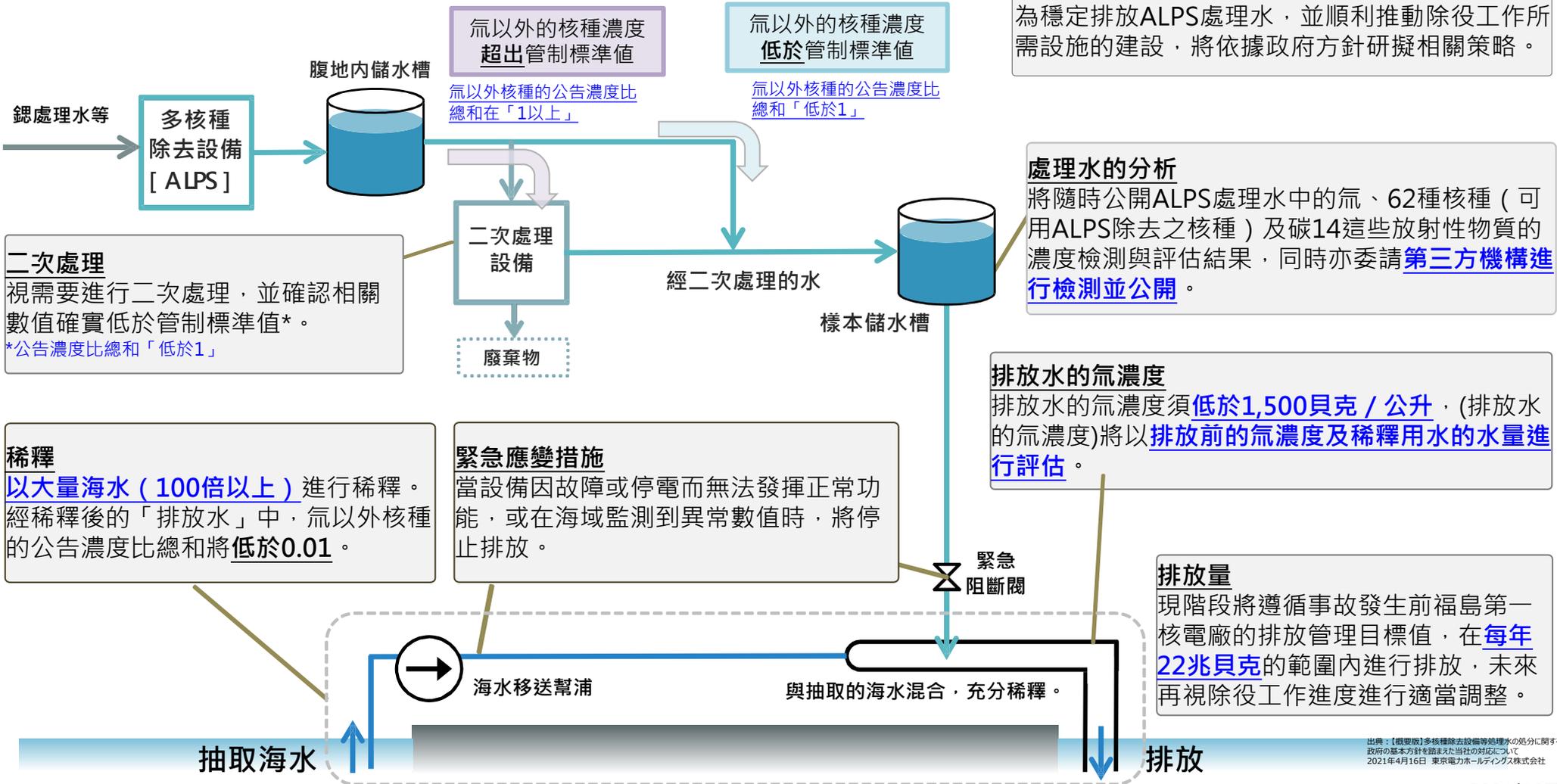
包括事故核反應爐特有的核種在內都將再次進行淨化處理。待確認氙以外核種的輻射影響合計值降至管制標準值以下後，會將其加以稀釋為100倍以上再進行排放。

會再加以稀釋，將此數值降至百分之一以下。
（稀釋後的氙以外核種合計值為0.0035以下。）

海洋排放所需設備的設計與運用

為確實執行政府方針，東京電力公司將針對ALPS處理水海洋排放所需設備等的設計及運用研擬計畫，並進行相關準備工作，以取得原子力規制委員會的核可。

[海洋排放設備概念圖]



出典：【概要版】多核種除去設備等處理水の処分に関する政府の基本方針を踏まえた当社の対応について
2021年4月16日 東京電力ホールディングス株式会社

今後預定流程

