



本期內容

CONTENT

日本福島 311 事件的回顧

1

2011 年 3 月 11 日，日本東北外海發生強震，隨後引發海嘯衝擊福島核電廠，造成部分反應爐核燃料熔毀和氫爆，大量的放射性物質釋放到大氣環境中，作者回顧此事件的後續發展與影響。

日本福島 311 事件後續放射性的處理

5

日本 311 福島核電廠事故有大量的放射性物質釋放到大氣環境中，這些放射性物質落到陸地、海面、植被和建築物表面。這些放射性核種的後續處理，是日本政府須面對的問題，311 事件終將會因放射性的妥善處理而落幕。

訓練班課程

9

公告本會各項訓練班開課時間

輻協新聞廣場

10

各項證照考試資訊、國內產官學界最新消息、以及近日全球輻防新聞 全球輻防新聞

IAEA 對設備物質解除管制新修訂介紹

13

含放射性的設備物質解除要能有足夠的安全度、足夠的保守度以及足夠的可信度，以保障工作人員及社會大眾的輻射安全。

GSG-18 用於設備物質解除管制的原則性與適用對象

16

IAEA 的 GSG-18 報告將設備物質的解除管制歸類為固體解除管制，作者說明報告中的 2 重點：原則性與適用對象並增添解釋，以利讀者瞭解並結合實務執行。

日本福島 311 事件的回顧

作者 陳拓榮

中山醫學大學醫學影像暨放射科學系

2011 年 3 月 11 日日本時間下午 2 點 46 分，日本東北外海發生 9.0 級的強震，地震持續近 6 分鐘，這是 1900 年以來日本有紀錄以來的最大強震[1]，和全球的第四大地震[1, 2]。地震規模相差一級表示外釋能量相差 32 倍，日本 311 地震釋放的能量約是台灣 921 地震(7.6 級)的 126 倍[3]。隨後引發致命的海嘯，在岩手縣觀察的浪高竟可達 40 公尺，海嘯能以時速 700 公里的速率擴散前進，可侵入陸地近 10 公里[1]。它不幸地導致近 20,000 人喪生，2,553 人失蹤[1]。

海嘯襲擊核電廠



圖一 海水灌入福島第一核電廠

本文將焦點轉向位於震央西南方 175 公里遠的福島第一核電廠(Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant)，地震前該電廠第 1 至 3 號反應爐機組正常發電，而第 4 至 6 號反應爐處於歲修停機(shut down)狀態[4]。福島第一核電廠設施感應到地震時，控制棒自動插入反應爐停止了核分裂運轉，同時啟動緊急發電機以冷卻爐心的燃料棒的衰變熱能[5]。但地震後的 41 分鐘，海嘯開始襲擊福島第一核電廠，它的堤防設計可防護最大 5.5 公尺高度的海浪沖擊[5]。但襲擊的海嘯浪最大竟高達 14 公尺。海嘯沖擊讓核電廠廠外電力和緊急發電機喪失功能，全廠停電導致反應爐的冷卻系統癱瘓[2]。

福島第一核電廠擁有 6 座沸水式(boiling water reactor, BWR)反應器機組，最大總發電功率 5,306 MW。另外，福島第二核電廠(Fukushima Daini Nuclear Power Plant)位於福島第一核電廠南方 12 公里，擁有 4 座反應器機組，最大總發電功率 4,400 MW。它們都歸屬於東京電力公司(the Tokyo Electric Power Company,



TEPCO)所有。因為他們都位於福島，所以有必要重申發生重大事故的是福島第一電廠，而福島第二核電廠雖然也遭受嚴重海嘯的襲擊，但因處置得宜，幸運躲過爐心熔毀、氫爆與嚴重的放射性物質外洩[6]。

最高級別核子事故

雖然反應爐控制棒作用中止了中子誘發²³⁵U 分裂，不再產生巨大的分裂核能。但爐心和用過燃料池(spent fuel pool)銻合金包裹的燃料棒，因核分裂運轉所累積的放射性核廢料等，仍會持續衰變，並釋出可觀的能量。

此時，福島第一核電廠的外部電力與內部備用電力均已被摧毀，無法向爐心和用過燃料池注入冷卻水。因燃料棒持續釋放輻射熱，且沒有冷卻系統的降溫，電廠內爐心和用過燃料池的水逐漸被蒸發，進而造成包裹燃料棒的銻合金溶毀破裂。高溫的燃料導致爐心熔毀，進而熔穿了壓力槽底部，也熔毀了控制棒插入孔和密封處[2]。

因為高溫 and 密閉的空間設計，產生高壓力的水蒸氣和大量的氫氣，最終導致氫爆。水或水蒸氣會與高溫的鎢護套，產生氫氣，其中氫氣的燃點僅 574 °C 在密閉的空間，氫氣和氧氣混合比例(濃度範圍，氫氣 4~75%，遇上氧氣 18~59%)，只要環境溫度大於氫氣燃點加上少許火花，就可能爆炸[7]。福島第一核電廠擁有 6 座反應爐機組，其中 1-3 號爐心熔毀，1、3、4 號氫氣爆炸，同時洩漏了大量放射性物質 (^{90}Sr 、 ^{131}I 、 ^{133}Xe 、 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 等) 到大氣環境[8]，約是 1986 年車諾比事故 (Chernobyl nuclear accident) 的外泄量的 10% [9]。

國際核事件等級 (International Nuclear Events Scale, INES)，由 IAEA

和經濟合作暨發展組織 (the Organization for Economic Co-operation and Development, OECD/NEA) 核能機構於 1990 年定義 [10]。INES 將核子事故的輕重程度，分成 7 級。雖然車諾比和福島核災，都被國際原子能總署 (International Atomic Energy Agency, IAEA) 歸類為 INES 最高等級的第 7 級重大事故 (major accident)[9]。但釋出的放射性物質和污染區面積，還是有些差距。福島事件的污染區面積 (1,700 km²) 約為車諾比事件 (29,400 km²) 的 6% [11]。另外，1979 年美國三哩島核電廠事故，被定義為 INES 的第 5 級。

對台、日和全球核能的影響

日本福島第一核電廠擁有 6 部沸水式

(BWR) 設計的機組，於 1979 運轉，功率 5,306 MW。而我國的核電廠計有：(一)核一電廠(BWR)，1979 年運轉，1,273 MW、(二)核二電廠(BWR)，1983 年運轉，1,970 MW、(三)核三電廠 (壓水式，PWR)，1985 年運轉，1,954 MW。目前核一 (停機時間 2019.7.15) 和核二 (2023.3.14) 均已停機，並展開除役作業計畫。而核三電廠 1 號反應爐預計於 2024.7.26 屆期，2 號爐於 2025.5.17 屆期停機。

目前全球核能發電占總發電量的 9% [12-14]。2022 年核能發電統計，全球運轉的總核電量為 2,610 TWh，核電量的前三名分別是美國 (772 TWh)、中國 (418 TWh)、法國 (297 TWh)。

表一 全球各國 1970-2022 核能發電量與運轉趨勢

發電量(TWh)(a)	年度							2022 核電廠數量(b)	
	1970	1980	1990	2000	2010	2012	2022	運轉	興建
國家									
美國	23	264	607	754	807	769	772	93	1
中國	0	0	0	17	75	98	418	54	21
法國	6	61	314	415	429	425	297	56	1
俄羅斯	NA	NA	118	122	159	166	226	37	6
韓國	0	3	53	104	142	144	169	25	3
加拿大	1	38	72	69	86	89	82	19	0
日本	5	83	195	306	278	15	52	33	2
英國	26	37	66	85	62	70	48	12	2
印度	1	2	6	16	23	33	46	19	8
德國	6	56	152	170	141	99	37	3(c)	0
台灣	0	8	33	39	42	40	24	2(d)	0
全球	79	712	2001	2507	2686	2403	2610	401	57

(a) reference [13]、(b) reference [15]、(c) reference [16]、(d) reference [17]

同年日本、南韓、和台灣的核電量分別為 52、169、24 TWh [22]。全球各國核能發展、發電與未來運轉興建數量，整理如表一 [13, 15–17]。

目前(2022)全球最大核發電量的國家是美國，它貢獻美國電力的 18%。中國核能電量位居第二，雖僅佔其全國發電量的 5%，從目前增建的核電廠數量，可預期中國核能電量比例將大幅增加。

311 事件發生在 2011 年，比較 2010 和 2012 年，日本和德國似乎是影響最大的國家，因為其核能佔比下降最大。截至 2022 年底，德國已無核發電。另外，韓國目前電力的 30%來自核能發電，未來會增加至 41%。而印度，2007 年的核能佔比約為 2.5%，政府預

計至 2050 年將增加到 25%。從上表數據顯示，全球核能發電從 2000 年到

2022 年，僅成長 4%。在 2010–012 年間(311 事件發生在 2011 年)，全球核能發電萎縮了 11%。核能發電的增減，除了 311 事件的影響，當然還受到政治和經濟等條件的左右。

台電公司因應為防止日本福島核子事故在台灣發生，也擬訂了「核能電廠機組斷然處置程序」指引。以模擬來自電廠外部嚴重的災害的衝擊，在可應用設備同時失效條件下，能提供核能電廠第一線人員判斷的準則，以保障國人的身家安全。此藉由國外核能事件，自我反省

檢視我國核電廠的應變措施，個人認為是值得嘉許的。

結論

2011 年 3 月 11 日，地球內部天然輻射熱外溢釋放，造成板塊錯動誘發日本外海 9 級強震和大海嘯。

海嘯衝擊福島核電廠，隨後的核燃料熔毀和氫爆，將大量的放射性物質釋放到大氣環境。隨著風吹和降雨，將這些放射性物質降落到不同的陸地、海面、植被(vegetation)和建築物表面。這些放射性核種的後續處理，是日本政府棘手且須面對的大問題。311 事件終將因輻射的問題與處理而落幕。只是何時落幕，漫漫長路。



參考文獻

1. https://en.wikipedia.org/wiki/2011_T%C5%8Dhoku_earthquake_and_tsunami, accessed 30 Nov 2023.
2. Radiation Health Management Division, Environmental Health Department, Minister's Secretariat, Ministry of the Environment, Government of Japan, BOOKLET to Provide Basic Information Regarding Health Effects of Radiation (3rd edition).
3. http://www.cie.org.tw/Nuclear/NuclearIssueDetail/46?ceic_id=5, accessed 30 Nov 2023.
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Fukushima_Daiichi_Nuclear_Power_Plant, accessed 30 Nov 2023.
5. http://itic.ioc-unesco.org/index.php?option=com_content&view=article&id=2202&Itemid=3292, accessed 30 Nov 2023.
6. https://en.wikipedia.org/wiki/Fukushima_Daini_Nuclear_Power_Plant, accessed 30 Nov 2023.
7. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978012812036100007X>, accessed 30 Nov 2023.
8. https://en.wikipedia.org/wiki/Fukushima_nuclear_accident#cite_ref-IAEA2015_9-6, accessed 30 Nov 2023.
9. Ain Sulaiman SN, Mohamed F, Ab Rahim AN, Radioactive release during nuclear accidents in Chernobyl and Fukushima, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 298 (2018) 012011 doi:10.1088/1757-899X/298/1/012011.

10. <https://www.iaea.org/resources/databases/international-nuclear-and-radiological-event-scale>, accessed 30 Nov 2023.
11. G. Steinhauser, A. Brandl, and T. E. Johnson, "Comparison of the Chernobyl and Fukushima Nuclear Accidents: A Review of the Environmental Impacts," *Sci. Total Environ.* 470-471, 800 (2014).
12. <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-prod-source-stacked>, accessed 30 Nov 2023.
13. <https://ourworldindata.org/nuclear-energy>, accessed 30 Nov 2023.
14. <https://www.statista.com/statistics/270367/share-of-nuclear-power-in-the-power-supply-of-selected-countries/>, accessed 30 Nov 2023.
15. https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_power_by_country, accessed 30 Nov 2023.
16. https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_power_in_Germany, accessed 30 Nov 2023.
17. https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_power_in_Taiwan, accessed 30 Nov 2023.

日本福島 311 事件後續放射性的處理

作者 陳拓榮

中山醫學大學醫學影像暨放射科學系

福島第一核電廠在 2011 年 12 月所有機組達到冷停(cold shutdown)狀態，迄今機組均處於穩定控制狀態[1]。對於此事故現場，日本政府以除役為最終處理方針，制定了近、中、長程計畫。短期(phase 1)計畫以 2 年時間，移除置放在用過燃料池的核燃料棒。中程(phase 2)，在 2021 年開始廠區核燃料碎片回收。長程(phase 3)計畫，完全的除役時間約在 2041–2051 年間[2]。為確保除役計畫的確實進行，除東京電力公司(執行方)外，也須受到日本政府核能監管委員會(NRA)和核損害賠償和除役促進公司(NDF)的審查與監督[1]。

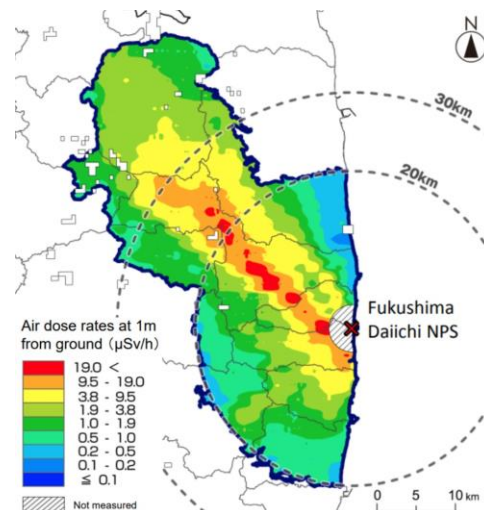
4 號機組和 3 號機組，分別於 2014 年 12 月和 2021 年 2 月完成了用過燃料池內所有燃料棒與組件的拆除。另外，由於 COVID-19 流行，導致相關設備的開發延遲，燃料碎片清除工作會推遲一年左右。拆除工程計劃首先在 2 號機組進行試行，隨後將分階段擴大規模[1]。

IAEA 扮演的角色

2021 年 4 月，日本宣布了關於處理福島第一核電廠儲存 ALPS (the Advanced Liquid Processing System)

處理水的基本策略，表明在通過國內監管部門批准的情況下，要將 ALPS 處理水排放到核電廠周圍海域的計畫。隨後，日本當局主動請求國際原子能機構(IAEA)為此行動背書。日本希望 IAEA 扮演公正客觀的第三者，審查和監測 ALPS 處理水排放相關的計劃和活動，確保此排放計畫是安全和公開透明的方式實施。而 IAEA 也同意扮演計畫審查、監督、現場海域取樣測量等工作執行的第三方。國際原子能總署於 2022 年 2 月 14 日至 18 日進行了第一次審查，並於 4 月 29 日發表了總結審查結果的報告[28]。個人覺得日本政府邀請 IAEA 當公正的第三方，非常的適當與可取。IAEA 成立了工作小組專門負責日本氚水排放計畫的相關事務，其專家組成成員來自英國、美國、中國、韓國、越南、澳洲、法國、俄羅斯、加拿大、阿根廷、和馬紹爾群島等 11 個國家[2]。包括中國和俄羅斯專家的此 IAEA 工作小組，評估且通過了氚水可排放的計畫，但此二國隨後卻又譴責日本氚水的排放，並禁止日本水產進口。

ALPS 處理後的氚水



在損毀的福島核電廠內，仍需不斷注入水以冷卻已熔毀的燃料，且因有雨水和地下水滲入反應爐，造成含有高濃度放射性物質的汙水持續產生與累積。ALPS 系統是一套可處理受污染水的設備，它可淨化(除氬和碳-14 外)的 60 種目標放射性物質，並達到符合監管排放標準的水平。它透過溶液沉澱處理和活性碳和吸附劑吸附等方法，過濾淨化放射性物質[1]。但因氬和氫是同位素，化學性質相同，難以透過 ALPS 和其他設備的處理去除。ALPS 系統雖無法去除碳-14，但碳-14 之活度濃度仍低於排放的豁免值，是可排放到環境中的。

日本政府於 2021 年 4 月 13 日將「ALPS 處理水」定義為除了氬以外的放射性核種，其餘放射性核種排放總活度是符合日本向環境排放水含有放射核種的法規。同時也宣布了將 ALPS 處理水排入海洋的操作策略，即經過 ALPS 處理的水，需用海水稀釋 100 倍以上，將其中的氬濃度降至 1500 Bq/L 以下，才能排入大海。



圖一 待處理的含放射性廢水(圖引用自 NRA)

活度濃度 1,500 Bq/L 是日本核電廠設施(NPS)依據氚濃度法規可排放的標準的 1/40，大約是世界衛生組織規定可飲用水中氚活度限值的 1/7。透過稀釋，將除氚以外的核種稀釋至環境可排放標準的 1%以下[1]。在使用 ALPS 和其他設備淨化後、稀釋前的 ALPS 處理水中，除氚外，還有 Cs-134、Cs-137、Co-60、Ru-106、Sb-125、Sr-90、I-129、Tc-99、C-14 等核種的存在，只是其濃度(活度)已低於法規要求的可排放的監管標準。東京電力公司自 2020 年 9 月起，由最新型的 ALPS 設備淨化測試結果顯示，除氚外的核種之總活度是法規排放值的 0.35 以下[1]。

氚水的排放

氚的半衰期 12.3 年，純 β 衰變，核能階差(ΔQ)為 18.6 keV，平均 β^- 能量為 5.7 keV [3]。銫-137 半衰期 30 年， β^- 衰變，核能階差(ΔQ)為 1,170 keV。單以核能階差(ΔQ)能量，銫-137 是氚的 63 倍。另外，氚在人體內的有效半衰期是 10-12 天；而銫-137 人體內的有效半衰期是 70 天[4]。簡言之，就是氚滯留

在人體內的時間較銫-137 短許多，滯留時間短相對造成傷害小。整體而言，氚造成的有效劑量(對應罹患致死癌症的風險)，較銫-137 小許多。以成人攝入放射核種 (ingestion of radionuclides) 而言， ^3H 、 ^{90}Sr 、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 、 ^{239}Pu 造成的約定有效劑量(committed effective dose)分別為 0.000018、0.028、0.022、0.013、0.25 Sv/Bq [2]，相當是 1 : 1,556 : 1,222 : 722 : 13,889。在氫爆後福島第一核電廠釋出包括了 ^3H 、 ^{90}Sr 、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 、 ^{239}Pu 等的放射性核種，氚水對人體不是無傷害，但傷害相對小許多。在 ICRP 的 119 號報告(表格 F.1.) 所列的 737 種核種中，活度 1 Bq 的造成人體的約定有效劑量， ^3H 排第 28 小，有 94% 的各式放射核種較 ^3H 大 [5]。

天然背景每年產生的氚活度估計有 1.48×10^5 TBq [6]，這相當是是日本計畫排放量 22 TBq 的 6700 倍。來自外太空的宇宙射線，與大氣層分子作用後產生大量的中子，此中子再與氮氣作用

可能產生氚或 ^{14}C ，氚經由雨水降落到地球表面。每年在日本下雨的天然雨水中，估計含有 220 TBq 的氚水[7]，這是日本福島第一核電廠計畫氚水的年排放活度的 10 倍。

各國核設施合法傾倒的氚水

除日本外，其它國家的核電廠或核燃料再處理廠也產生氚(氚水和氚氣)，各國根據其各自的法規標準，合法地將氚水排放到海洋、河流，或透過通風等將氚氣排放到大氣中。部分國家核電廠或核設施的氚水排放活度，整理如表二。在 311 事件的前一年，2010 年福島第一核電廠排放 2.2 TBq 的氚水和 1.5 TBq 的水蒸氣(氚氣)。其中氚水的排放(2.2 TBq)是日本計畫從 2023 年起每年排放最多 22 TBq 氚水入海的數字由來，即 10 倍 2010 年的氚水排放量[8]。

由上表知氚水的排放量，大致可歸類：核燃料再處置廠最高，接續大致為加壓重水式和壓水式反應爐，而沸水式反應爐最小。由 2023 年 5 月的世界核子協會(World Nuclear Association)公布的數據顯示，運轉中的反應爐共有 436 台機組，其中 70% 是壓水式，14% 沸水式，11% 加壓重水式，5% 其它型式 [13]。沸水式反應爐產生的氚水，雖遠小於壓水式反應爐，但其各國採用的反應爐運轉占比僅是壓水式反應爐的 1/5，這似乎表明氚水的產生量，應該不是決定核反應爐選擇的主要考量。

比 WHO 飲用水氚活度濃度還低的氚水排放作業標準，我們或許不必再擔憂日本氚水排放的危害。氚水的排放，以每年 22 TBq 的排放量評估，它將增加日本人平均天然輻射有效劑量(2.1 mSv) 的 $10^{-6} \sim 10^{-5}$ 。

表一 部份國家核反應爐或設施氬水排放量，由大而小整理[1,8-12]

國家	核電廠	排放量(TBq)	反應爐/設施	年度
法國	La Hague reprocessing plant	11400	SNFRP (a)	2018[35]
加拿大	Bruce A, B NPP (b)	756	PHWR (c)	2018 [35-36]
英國	Magnox reprocessing plant	423	SNFRP	2019 [35]
中國	秦山三號廠(浙江)	143	PWR (d)	2020 [34]
中國	陽江廠(廣東)	112	PWR	2021 [34]
韓國	月城廠(Wolseong NPP)	107	PHWR	2020 [35]
中國	寧德廠(福建)	102	PWR	2021 [34]
中國	紅沿河廠(遼寧)	90	PWR	2021 [34]
美國	Diablo Canyon NPP	82	PWR	2019 [35]
日本	川內核電廠(Sendai NPP)	55	PWR	2020 [37]
台灣	核三廠	32	PWR	2020 [38]
英國	Sizewell B NPP	28	PWR	2019 [37]
日本	福島第一核電廠	2.2	BWR (e)	2010 [37]
西班牙	Cofrentes NPP	0.9	BWR	2018 [37]
美國	Grand Gulf NPP	0.8	BWR	2019 [37]
台灣	核二廠	0.1	BWR	2020 [38]

(a) SNFRP: 用過核燃料再處置廠 (spent nuclear fuel reprocessing plant)

(b) NPP: 核電廠(nuclear power plant)

(c) PHWR: 加壓重水式 (pressurized heavy water reactor)

(d) PWR: 壓水式 (pressurized water reactor)

(e) BWR: 沸水式 (boiling water reactor)

為減少單次大量氬活度的排放，日本採用多次稀釋後分批的氬水排放[2]。日本發布於 2023 年 8 月 24 日開始氬水的排放，10 月 3 日發布第二次排放，11 月 20 日又發布第三次排放，我們心裡不免嘀咕這氬水一倒再倒，到底有完沒完啊？實際上，日本每批氬水排放期間約持續 17 天，每天排放約 470 公噸，計每批排放 7,800 公噸[14]。以目前每年最多 22 TBq 的排放量，評估需花 30 年的時間，才能完全消化完福島第一核電廠堆積的氬水。

結論

若日本能確實執行 ALPS 處理後的氬水排放，IAEA 也負責地扮演監督的角色，個人認為福島第一核電廠目前採用氬水的排放方式，是安全無虞的。進一步假設，如果台灣有量測到過量的氬水活度，應該也不能完全歸咎於是日本排放的氬水，因為台灣周遭核電廠排放更多的氬水。它會因雨水而滲入泥土，部分流入河流再進入海洋循環。日本福島附近：(一)海中的水質和海產魚鮮、(二)陸上種植農產品、畜牧肉類和加工

品等輻射質疑，焦點應該是長半衰期的 ^{90}Sr 和 ^{137}Cs 等放射性核種的檢測與處置，而非失焦於日本目前排放的氬水。2011 年日本 311 事件迄今(才)經過 12 年餘，它因輻射而緣(源)起，終將因輻射的問題與處理而落幕。只是福島核電廠完全除設計畫落在 2041-2051 年間，氬水也須未來 30 年的淨化與排放，所以何時落幕，還要一段時間長路。



參考文獻

1. Radiation Health Management Division, Environmental Health Department, Minister's Secretariat, Ministry of the Environment, Government of Japan, BOOKLET to Provide Basic Information Regarding Health Effects of Radiation (3rd edition).
2. <https://www.iaea.org/topics/response/fukushima-daiichi-nuclear-accident/fukushima-daiichi-alps-treated-water-discharge>, accessed 30 Nov 2023.
3. <https://ehs.umich.edu/wp-content/uploads/2016/04/Hydrogen-3.pdf>, accessed 30 Nov 2023.
4. <https://dec.alaska.gov/eh/radiation/half-lives-explained/>, accessed 30 Nov 2023.
5. ICRP 119, Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60, 2012.
6. <https://web.archive.org/web/20160303184224/http://www.physics.isu.edu/radinf/tritium.htm>, accessed 30 Nov 2023.
7. <https://www.iaea.org/topics/response/fukushima-daiichi-nuclear-accident/fukushima-daiichi-alps-treated-water-discharge/faq>, accessed 30 Nov 2023.
8. <https://japannews.yomiuri.co.jp/world/asia-pacific/20230623-118053/>, accessed 30 Nov 2023.
9. https://en.wikipedia.org/wiki/Template:Annual_discharge_of_tritium_from_nuclear_facilities
10. https://en.wikipedia.org/wiki/Bruce_Nuclear_Generating_Station, accessed 30 Nov 2023.
11. Source from Basic policy on handling of the ALPS treated water, Ministry of Economy, Trade and Industry, 202104_bp_briefing
12. 陳清江，福島核電廠排放氫的幾點迷思，輻射防護簡訊第 176 期。
13. <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/nuclear-power-reactors.aspx>, accessed 30 Nov 2023.
14. <https://www.fj.emb-japan.go.jp/jointad/nr/en/index.html>, accessed 30 Nov 2023.



訓練班課程(113 年度)

放射性物質或可發生游離
輻射設備操作人員研習班

A 組 36 小時-許可類

A1 高雄 文化大學推廣部

7 月 10 日~7 月 17 日

A2 新竹 帝國經貿大樓

8 月 05 日~8 月 09 日

B 組 18 小時-登記類

B4 台北 IEAT 會議中心

2 月 21 日~2 月 23 日

B5 台中 文化大學台中教育
教育中心

3 月 5 日~3 月 7 日

B6 新竹 帝國經貿大樓

3 月 19 日~3 月 21 日

B7 高雄 文化大學台中教育
教育中心

4 月 9 日~4 月 11 日

B8 台北 IEAT 會議中心

4 月 16 日~4 月 18 日

B9 新竹 帝國經貿大樓

5 月 7 日~5 月 9 日

輻射防護專業人員訓練班：
輻防員(108 小時) / 輻防師
(144 小時)

員 44 期

新竹 帝國經貿大樓

第一階段

113 年 7 月 1 日~7 月 5 日

第二階段

113 年 7 月 8 日~12 日

第三階段

113 年 7 月 22 日~26 日

第四階段

113 年 7 月 29 日~8 月 1 日

進階 25 期

新竹 帝國經貿大樓

第一階段

113 年 8 月 14 日~16 日

第二階段

113 年 8 月 19 日~21 日

輻射防護繼續教育訓練班
(3/6 小時)

高雄 科學工藝博物館南館

4 月 26 日(上午&下午)

6 月 27 日(上午&下午)

新竹 經濟部專研中心

4 月 30 日(上午&下午)

5 月 17 日(上午&下午)

台北 建國大樓

5 月 14 日(上午&下午)

7 月 3 日(上午&下午)

台中 文化大學推廣部

6 月 6 日(上午&下午)

7 月 30 日(上午&下午)

鋼鐵建材輻射偵檢人員
訓練班

鋼 1 高雄 文化大學推廣部

4 月 23~4 月 24 日

鋼 2 新竹 帝國經貿大樓

6 月 13~6 月 14 日

上課地點

台北

建國大樓：台北市館前路
28 號

新竹

帝國經貿大樓：新竹市光復
路二段 295 號 20 樓
經濟部專研中心：新竹市光
復路二段 3 號

台中

文化大學推廣部：台中市西
屯區台灣大道三段 658 號

高雄

國立科學工藝博物館-南館：
高雄市三民區九如一路
797 號
文化大學推廣部高雄教育
中心：高雄市前金區中正
四路 215 號 3 樓

課程安排問題，請聯絡本會，電話 (03) 572-2224
分機 313 李貞君 (繼續教育)；
315 邱靜宜 (鋼鐵建材、放射性物質與游離輻射設備)
傳真 (03) 572-2521315



輻防新聞廣場

最新證照考試日期與榜單

- ➔ 核能安全委員會 113 年第 1 次「輻射防護專業測驗」及「操作人員輻射安全證書測驗」公告及簡章。訊息連結

113 年第 1 次「輻射防護專業測驗」及「操作人員輻射安全證書測驗」，訂於 113 年 4 月 27 日舉行，報名日期為 113 年 2 月 5 日至 3 月 1 日，採網路報名，相關事項請點選下方→(相關連結)詳閱簡章。

相關連結：[輻防測驗](#)、[輻安測驗](#)

國內新聞

- ➔ 民視新聞網報導「福島核電廠排放廢水逾半年 中國禁水產進口重創日本經濟」。訊息連結

日本福島核電廠自去年 (2023 年) 8 月下旬，開始排放核處理水入海至今已經半年，隨著排放作業順利進行，東京電力更預計從今年 (2024 年) 開始，陸續拆除廠區內、原本用來貯存核廢水的大水槽。但中國為了抗議排放處理水，依舊禁止日本水產進口，對相關業者的影響也非同小可。

福島核電廠從去年 (2023 年) 8 月 24 日起，展開核處理水排放工程，預估到今年 (2024 年) 3 月底前，將排出約 3.1 噸經過稀釋的處理水。而東京電力進行檢測後，也宣布排放海域一帶的氬等輻射物質數值，遠低於國家制定的上限。隨著排放工作順利進行，東電也準備邁入下一階段。

NHK 記者：「這些貯水槽在 2024 年的年度計畫中，將進入拆除的步驟。」

目前核電廠區內有 1000 多座，用來貯存核廢水的巨大水槽，東京電力則計畫從今年春天起，陸續拆除 20 多座廢水已排空的水槽，象徵福島廢爐作業又邁進一步。

但即使日本不斷強調，排放核處理水安全無虞，中國為表抗議，仍在第一時間全面禁止日本水產進口，直接重創日本水產經濟，例如北海道這間水產加工公司，NHK 主播：「過去有約 70% 扇貝都是出口至中國，但現在也失去了主要通路，庫存有時甚至多到 4000 噸上下。」

為此除了有業者試圖將扇貝，改輸往東南亞的印尼等國、擴大外銷版圖，另外也有企業將目光轉向國內市場，利用電商等通路販售，並與餐飲業者合作，將扇貝製成冷凍披薩等食品。水產加工公司社長藪之賢次：「由於 3 月起又能收獲新一批的扇貝，我們也要努力開拓餐飲業方面的通路。」

福島核電廠的處理水排放作業，預估將長達 30 年上下，日本及東電如何在持續排放同時，確保整體環境不會受到影響，依舊是不可迴避的重要問題。

(發布日期 113 年 2 月 26 日)

- ➡ Yahoo!新聞報導「長庚醫院發現：質子治療可延長大型肝癌存活期、降低副作用」。 [訊息連結](#)

質子治療是被運用在癌症治療上的新趨勢，然而，對於腫瘤直徑大於 5 公分、或過去難以根治的大型肝癌，質子治療的實際治療成效都未曾有較大規模的研究。如今，長庚醫院經過長達 4 年的追蹤，發現質子治療不管在腫瘤的控制或是病人的存活期，都優於傳統 X 光放射治療超過兩倍以上，而且副作用也更少。

林口長庚醫院放射腫瘤科醫師謝承恩指出，放射線治療是利用具穿透力的高能量 X 光或質子等粒子束來殺死癌細胞，抑制腫瘤生長，在肝癌治療中扮演重要角色，特別對於侵犯血管或膽道、不適合手術或電燒治療的肝腫瘤，放射線治療是控制癌症的一大利器。其中，質子治療是目前最先進的放射治療技術之一，有別於傳統 X 光放射治療，質子會在抵達目標腫瘤後才大量釋放輻射能量，使病灶後方完全沒有輻射劑量，可以更精準地摧毀腫瘤並保護附近正常組織。

然而因質子治療仍屬新式的治療技術，對於腫瘤直徑大於 5 公分、過去難以根治的大型肝癌，質子治療的實際治療成效仍未有較大規模及長期追蹤的研究。林口長庚研究團隊因此針對在長庚接受質子或傳統 X 光放射治療的 159 位大型肝癌病患進行研究，從這些患者不同器官所接受到的輻射劑量進行分析。

結果發現，質子治療相較傳統 X 光放射治療，可以更安全地提高腫瘤的治療劑量，並大幅降低患者正常肝臟、消化道、心臟以及脾臟的暴露劑量。經過約 4 年的追蹤時間，接受質子治療的患者其兩年腫瘤局部控制率為 89%，優於傳統 X 光的 34%，而質子治療的中位數存活期為 19 個月，較傳統 X 光的 8 個月延長超過兩倍。此外，接受質子治療的患者，治療後發生肝衰竭、上消化道出血或嚴重淋巴球低下的機率顯著低於接受傳統 X 光的病患。

不過謝承恩也強調，雖然對於病況較為嚴重無法手術的大型肝癌，質子治療可提供較佳的治療成效，且大幅降低副作用發生機率，同時保留更多正常的肝臟體積，及減少腸胃道、脾臟等重要器官的傷害。然而質子治療仍有其局限性，對於肝硬化末期、多處腫瘤轉移的肝癌患者，並不適合質子治療。

他同時指出，由於此研究證實質子治療對於大型肝癌優異的治療成效，而過去實驗室研究發現放射治療搭配免疫治療可望活化患者免疫系統，改善病患癌症控制，目前林口長庚醫院針對無法手術的大型肝癌患者，進行質子治療合併癌自禦及癌患停免疫標靶藥物的臨床試驗，期望未來能進一步改善肝癌治療成果，嘉惠更多中晚期肝癌患者。

這項研究成果發表於 2023 年亞太粒子放射治療合作聯盟國際高峰會議，並獲刊於 2024 年 3 月 1 日放射腫瘤學界頂尖國際期刊「國際放射醫學、生物、物理期刊 (International Journal of Radiation Oncology,Biology,Physics)」，為國內癌症放射治療帶來突破性進展，也為過去無法手術的大型肝癌患者提供新希望。(發布日期 113 年 3 月 6 日)

- ➡ 中時新聞網報導「核電廠延役廢核團體連署護核安」。 [訊息連結](#)

今年是福島核災 13 周年，日本各地災區的遺屬等 11 日在地震發生時刻的下午 2 時 46 分一起默哀。同日，全國廢核行動平台也在立法院群賢樓舉行記者會，表達反對立委草率修法放寬老舊核電廠延役，指出修法應以安全為優先考量，並發動公民連署表達訴求。

針對立委近日提案修法，放寬老舊核電廠延役條件，全國廢核行動平台表示，強烈反對，更指出核電廠延役涉及重大核安風險，且核廢料問題仍無妥善解決方案，立委應將安全與民眾健康擺第一，而非為了政治利益草率修法。

台灣蠻野心足生態協會專職律師蔡雅滢表示，現行《核子反應器設施管制法》要求核電廠延役須經過主管機關審查，以確保安全。立委若草率修法取消換照審查期限規定，形同迫使核安會草率審查，使全民承受老舊核電廠的事故風險，可能將造成無法挽回的後果。

綠色公民行動聯盟祕書長崔愷欣指出，距離福島核災已 13 年，核災汙染仍是進行式，福島第一核電廠的清理和廢除工作進展緩慢，廠區內每天仍必須有 4 千人作業，日本政府對外宣稱 2 年內可將燃料棒移出，但實際上已延期 3 次，爐心熔毀的核燃料殘留物清除根本尚未開始，對外宣傳 40 年清除汙染廢爐的目標難以達成，她呼籲有關當局不要忘記福島的教訓。

2011 年發生的東日本大地震和福島核災已過去 13 年。日本首相岸田文雄在福島市舉行追悼儀式上表示，「震災的教訓不能被淡忘，應使之在應對能登半島地震等自然災害中發揮作用。」

當年福島第一核電廠發生史上罕見的核事故，但之後，包括清理核燃料熔塊在內的事後處理工作，基本上都未能按計畫進行，在 40 年之內完成廢核作業的計畫能否實現也令人擔憂。（發布日期 113 年 3 月 12 日）

自由時報報導「俄：烏襲札波羅熱電廠反應爐頂部 輻射水平無異常」。 [訊息連結](#)

俄羅斯在烏克蘭札波羅熱州扶植的政府指出，莫斯科控制的札波羅熱核電廠一座關閉反應爐的圍阻體頂部今天遭到烏克蘭攻擊擊中，不過當地輻射水平正常而且沒有造成嚴重毀損。

路透社報導，自從俄羅斯 2022 年對烏克蘭發動侵略攻勢以來，歐洲最大的札波羅熱核電廠 (Zaporizhzhia Nuclear Power Plant) 就被俄方占領。電廠被何種武器攻擊仍不得而知。廠方稍早前曾表示，遭到烏克蘭無人機攻擊。

派專家駐廠的國際原子能總署 (IAEA) 指出，已接獲俄羅斯營運的該電廠通知稱，一架無人機在場區引爆，相關訊息與國際原子能總署的觀察「一致」。

國際原子能總署署長葛羅西 (Rafael Grossi) 表示，雙方應該克制「危及核安」的行動。

該電廠有 6 座其中含有鈾 235 元素、蘇聯設計的 VVER-1000 壓水式反應爐，廠內也有用過核燃料。

據廠方表示，其中 1、2、5、6 號反應爐冷停機，3 號反應爐停機維修，4 號反應爐則處在所謂「熱停機」狀態。

廠方表示，烏克蘭武裝部隊「攻擊安置 6 號反應爐建築的圓頂」、「電廠和周遭地區的輻射水平沒有改變」。

路透社對於任何一方針對戰場上的說法暫時無法予以查證，烏克蘭尚未就此事置評。（發布日期 113 年 4 月 8 日）

IAEA 對設備物質解除管制 新修訂介紹

作者 徐世融

台灣電力股份有限公司核能後端營運處

前言

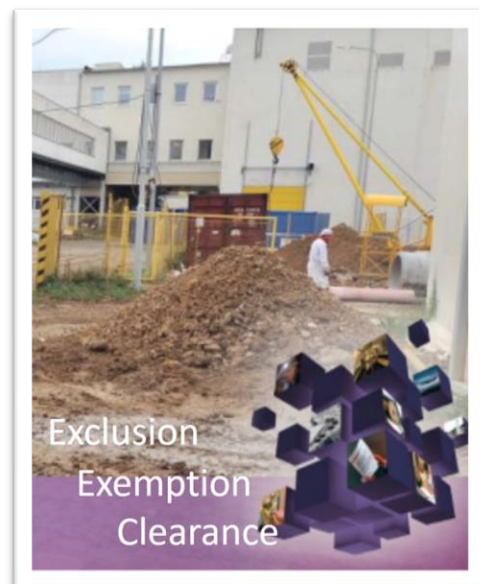
我國核能電廠逐步地邁向除役階段，其中核一廠於 108 年 7 月正式步入除役，除役作業如火如荼的進行當中。廠址除役最終的目的便是符合相關法規標準，將這塊土地以無條件使用外釋完成，還地於民。在這塊土地外釋之前，地上建物必須拆除完成。建物拆除前，內部的設備物質必須清空。因此，這些設備物質後續的應對處理方式，將會對除役成本造成顯著性的影響，也會是除役階段首要其衝面臨到的問題。設備物質能通過解除管制的比例越高，低放射性廢棄物處置的成本將越低，也能減少民眾對核能電廠產生放射性廢棄物後續處置疑慮，更能提高民眾對核電運轉系統的信心，因為這樣代表核能電廠運轉期間並沒有產生大量的放射性廢棄物。

如何證明設備物質通過解除管制標準？我們必需使用輻射儀器進行量測，確認比活度(含不確定度)低於標準值後始予通行。核能電廠除役作業與運轉時期相比，就輻射量測的目的與作業量方面具有相當大的差異，在世界各國除役經驗逐步累積之下，相關規範的制定及技術文件逐項建立，量測儀器方面也跟著需

求在進步(如原位伽馬能譜分析儀、伽馬能譜分析與成像系統等...)。過往電廠的量測方式主要以箱型偵檢器為主，量測比活度結果為 Bq/Kg 或 Bq/g。現今的問題在於除役與運轉時期相比，須應對大量拆除後廢棄物的量測需求，且箱型偵檢器有其腔體大小限制，若要求所有待測物均須符合腔體大小，則需花費大量的切割與時間成本。此外，待測物初始活度需低於多少，才值得採行對應的除污方式達成解除管制的目標。以上提及的項目都與成本有關，所以我們可以說除役作業的切割/除污/量測等規劃策略是一體的，均須經由最佳化程序評估，在時間、金錢、社會觀感的考量下取得平衡，方能使業者、管制單位及民眾三方面取得三贏的結果。

DS500 修訂案建立緣由

IAEA(國際原子能總署)於 2004 年發表 RS-G-1.7[1](排除、豁免與解除管制概念的應用)。本文包含了體污染活度解除管制的限值，這個限值是在年劑量 10 微西弗的前提下，選取不同核種對應最保守的曝露途徑，再經由適當的數值簡化而得。例如 Co-60 最保守曝露途徑為居住房屋情節 (residential



house)，以體外曝露直接輻射為主，推導結果為 30.9Bq/kg，經由近對數簡化(near logarithmic rounding)後，為 100Bq/kg。有關 RS-G-1.7 表列各種標準推導原理，可參考 Safety Reports No.44 號報告[2](排除、豁免及解除管制比活度標準推導)。我國一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法(民國 93 年 12 月 29 日)其附表一定活度或比活度以下放射性廢棄物之限值乃參考 RS-G-1.7 文件所訂定。IAEA 於 2014 年發表 GSR part 3[3](安全標準)文中提及解除管制標準(TABLE I.2 及 I.3)亦是引用 Safety Reports No.44 號報告結果。

近年來世界各會員國建議 IAEA 有關 RS-G-1.7 號文件需針對解除管制部分增添更多內容與細節。主因在於 RS-G-1.7 沒有包含建物解除管制指引，也沒有表面污染量測解除管制指引，對於除役電廠量測實務層面參考度可能不足。且經由相關國際會議討論以及諮詢會議的回饋，建議對於解除管制概念與應用，編寫一份新的安全指引。

表 1-DS500 修訂案各階段時程規劃

STEP 1: Preparing a DPP	July 2016
STEP 2: Approval of DPP by the Coordination Committee	September 2016
STEP 3: Approval of DPP by the relevant review Committees	November 2016
STEP 4: Approval of DPP by the CSS	November 2017
STEP 5: Preparing the draft	December 2017 - June 2019
STEP 6: Approval of draft by the Coordination Committee	August 2019
STEP 7: Approval by the relevant review Committees for submission to Member States for comments	November 2019
STEP 8: Soliciting comments by Member States	December 2019 – March 2020
STEP 9: Addressing comments by Member States	April 2020
STEP 10: Approval of the revised draft by the Coordination Committee Review in NS-SSCS	October 2020
STEP 11: Approval by the relevant review Committees	June 2021
STEP 12: Endorsement by the CSS	November 2021
STEP 13: Establishment by the Publications Committee and/or Board of Governors (for SF and SR only))	March 2022
STEP 14: Target publication date	August 2022



圖 1-RS-G-1.7 修訂案引動新編文獻

因此 IAEA 建立文件準備專案 DPP[4](Document Preparation Profile for DS500)·並於 2017 年 11 月針對解除管制部分核准起動 DS500 修訂計畫·豁免管制部分為 DS499 修訂計畫·兩份修訂案均預計 2022 年 8 月正式發行·相關時程詳見表 1。後續由於國際 Covid-19 疫情爆發導致各階段審核修訂時間順延·最終延後至 2023 年 10 月 16 日核准出版·並於台灣時間 2023 年 11 月 15 日在 IAEA 官方網站公告上線正式發行版本·編號並非 RS-G-1.7 的修訂版·而是 GSG-18[5](General Safety Guide,一般安全指引)·

同一時間也上線了 DS499 修訂案新編的 GSG-17[6]·內容為豁免管制方面的修訂。值得注意的是 DPP 文中提及·當新的指引發展完成後·現有的安全指引 RS-G-1.7 應被取代·也就是說 GSG-17 及 GSG-18 應取代 RS-G-1.7·如圖 1 所示。

結語

IAEA 此次解除管制文件修訂計畫歷經多道審查程序·世界各國意見回饋·多次會議討論等...·雖然在國際疫情蔓延的影響下導致修訂文件延後一年多才正式出版·但最終還是在設備物質解除管制的部分提供相當多的指引與建議。

我們可從這次 RS-G 1.7 號文件的修訂做法看出世界各國除役作業的需求已與往年不同·並非以舊的文獻更新·而是另編寫新的兩份指引取代舊版文獻·且章節篇幅與細節相較於舊版都增加許多。我國相關法規過去參考 RS-G 1.7 號文件訂定·建議管制機關與業者可考量跟進國際趨勢·將 GSG-17、GSG-18 內容更新至相關法規或管制層面規範·以確保除役作業設備物質的解除管制能有足夠的安全度·足夠的保守度以及足夠的可信度·以保障工作人員及社會大眾的輻射安全。



參考文獻

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of the Concepts of Exclusion,Exemption and Clearance, IAEA Safety Standards Series No.RS-G-1.7,2004/08.
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance, IAEA Safety Reports Series No.44,2005/04.
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources:International Basic Safety Standards, General Safety Requirements Part 3, IAEA Safety Standards No.GSR Part 3,2014/07.
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Document Preparation Profile (DS500),2017/5.
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of the Concept of Clearance, IAEA Safety Standards Series No.GSG-18,2013/11.
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of the Concept of Exemption, IAEA Safety Standards Series No.GSG-17,2013/11.

GSG-18 用於設備物質解除管制的原則性與適用對象

作者 徐世融

台灣電力股份有限公司核能後端營運處

有關設備物質的解除管制，GSG-18 將其歸類為固體解除管制，報告中還包含多達 63 項的說明，本文作者說明報告中的原則性與適用對象並增添解釋，以利讀者瞭解並可結合實務執行。

原則性

體污染解除管制標準(Bq/g)經常應用於整個體積均含有放射性核種的固體物質，例如被活化金屬組件、受污染土壤以及建物碎片。表面污染解除管制標準(Bq/cm²)另外還可以應用於表面受污染的固體物質。對核能電廠而言，除了受爐心中子活化影響區域以外，大多數金屬因其結構特性(孔隙率極低)，導致其受污染的方式應以表面污染沉積為主。

我們可以從儀器量測比活度的原理來探討思考，以下為箱型偵檢器校正範例：儀器使用前需要執行儀器效率校正，求得儀器效率；同時我們也必須針對待測物的幾何條件，執行射源幾何效率校正。例如我們預計採 100 公升的箱體做為待測物量測容器，這個容器將會裝填體污染的待測物(如圖 1 所示)，那我們

就會建立相同體積的體射源假體並調整密度，求得不同密度狀況下的射源幾何效率。最後再將儀器效率與射源幾何效率相乘，求得儀器反應，儀器整體效率校正程序完成。儀器實際執行的時候量測結果為計數值，將計數值除以儀器反應、量測時間、重量之後，可得換算後的比活度(如 Bq/g)。這時候如果我們將不是體污染的物質放進去箱型偵檢器執行量測，以體射源假體校正的幾何效率值回推比活度，這樣的結果會正確嗎？有鑑於此，IAEA 依照會員國建議，

發行 GSG-18 並劃分體污染與表面污染標準適用原則，體污染物質以量測體污染的儀器執行量測，表面污染物質以量測表面污染的儀器執行量測，就可以各自採用不同的體射源/面射源幾何效率，回推的比活度結果才屬合理。

適用對象

- (1).採用表面或體污染解除管制標準之固體物質
- (2).採均化以及有條件外釋(如熔煉處理)之固體物質



圖 1-箱型偵檢器量測裝填於容器中之待測物

IAEA Safety Standards
for protecting people and the environment

Application of the
Concept of Clearance

General Safety Guide
No. GSG-18





圖 2-對低程度污染金屬採熔煉法均化

原 RS-G-1.7 範疇僅有體污染解除管制標準，GSG-18 適用對象新增表面污染固體物質。此外，為對應國際間部分除役電廠設備物質除污方式，以熔煉法(如圖 2)將金屬物質污染程度均化(可將表面污染轉變為體污染)，並可搭配乾淨金屬混合。在這種特定條件允許下，污染物解除管制標準可先放大 10 倍，並加入 9 倍重量乾淨金屬混合熔煉，達成符合 1 倍標準之目標。

以混合與稀釋方式來處理均化，GSG-18 報告中有幾項原則特別提醒在執行上須要留意：

a. 不應刻意對待測物進行稀釋作業以滿足解除管制標準，這與非放射性物質的稀釋作業是不同的。不過在特殊與特定條件的前提下，監管機關可以允許稀釋作業的執行(如待熔煉物質)。

b. 執行除役作業或難以避免的物料處理程序時，待測物因而產生一些混合作用是可被接受的，只要目的並非刻意的稀釋核種濃度。舉例來說，以挖土機整治受污染土壤，挖出的土壤將由不同污染程度混合而成。

在這種情境下導致混合的結果，算是正常物料處理程序會發生的事。

c. 若發生難以防範的混合作用，或是確定污染分布並非均勻時，應該注意並確保後續的監測或取樣點具有合適的代表性。

d. 在特定允許的條件下，可先通過特定的解除管制標準後再與乾淨的物質一同混合。舉例來說，受污染的金屬在熔煉廠與乾淨的金屬一起熔煉。在這種條件下先通過解除管制的金屬，其依據特定的解除管制標準與金屬未來的目的有關。特定的解除管制標準可能還需搭配與乾淨物質混合的固定比例，用來推導特定解除管制標準。例如 Co-60 的解除管制標準為 0.1Bq/g，若我們確定待測物金屬通過解除管制後均會以重量 1:9 的比例與乾淨金屬混合，則特定解除管制標準可提升為 1Bq/g。採用特定條件的前提是業者需記錄通過特定解除管制物質的目的地，以作為待測物解除管制流程的追溯資訊。

🔍 參考文獻

[1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.7, 2004/08.

[2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements Part 3, IAEA Safety Standards No. GSR Part 3, 2014/07.

[3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of the Concept of Clearance, IAEA Safety Standards Series No. GSG-18, 2013/11.

發行人
張似璵

主編
劉代欽

執行編輯
林珏汶

編輯委員
尹學禮
江祥輝



出版單位

財團法人中華民國輻射防護協會

行政院新聞局 出版事業登記證
局版北市誌字 第柒伍零號

地址

30017 新竹市光復路二段 295 號 15 樓之 1

03-5722224 電話 | 03-5722521 傳真

01486683 統編

rpa.newsletter@gmail.com 電郵 | www.rpa.org.tw 網站