



輻射防護簡訊

第 182 期

出刊日期 113 年 8 月 15 日

本期內容

CONTENT

設備與物質之體污染解除管制標準-GSR Part 3 摘述

1

在核電廠除役過程中若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，除能減少民眾對核能電廠產生放射性廢棄物後續處置的疑慮，更能提高民眾對核電運轉系統的信心。

CR-39 固態核軌跡底片應用於飛航高度下宇宙輻射量測的可行性

3

作者研究評估利用 CR-39 核軌跡底片測量航空中宇宙輻射的可行性，將研究發現彙整介紹予讀者。

訓練班課程

11

公告本會各項訓練班開課時間

輻協新聞廣場

12

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

體污染解除管制標準評估模型的保守度

17

核電廠除役外釋管制標準評估的保守度是一重要事項，作者對 IAEA 於 2023 年公告發行新版本 GSG-18 與 GSG-17 用以取代 RS-G-1.7 文件所用的體污染評估模型保守度說明。

福島核電廠外釋銫在北太平洋的海洋分佈與傳輸

19

在洋流、潮汐和渦流的作用下，多數福島第一核電廠外釋的放射核種在日本附近的沿海水域中迅速混合和稀釋，受污染的羽流隨親潮和黑潮交會後向北太平洋東岸推進。

設備與物質之體污染解除管制標準 -GSR Part 3 摘述

徐世融

台灣電力股份有限公司 核能一廠



核電廠除役最終的目的便是在符合相關法規標準下，將廠址土地以無條件使用外釋完成，還地於民，而廠址上的設備物質後續的處理方式，將會對除役成本有顯著的影響，若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，除能減少民眾對核能電廠產生放射性廢棄物後續處置的疑慮，更能提高民眾對核電運轉系統的信心。

國際原子能總署(IAEA)於 2014 年所出版的安全標準 GSR Part 3 附表中對受放射性污染或是活化的建物組件有其解除管制標準，作者本文摘述介紹其中適用於固體物質解除管制的部分。

體污染解除管制標準

(1).GSR PART 3 TABLE I.2 及 I.3 表列人造與天然核種解除管制標準，適用於固體物質如受污染或被中子活化建物/組件以及受污染土壤。圖 1 為國外核能電廠除役作業拆除乾井內被中子活化建物範例。

(2).GSR PART 3 TABLE I.2 各核種標準推導原理可見 Safety Reports No.44 號報告，包含多種情節假設及曝露途徑如直接輻射、吸入、直接攝入(如直接飲用水)、間接攝入(如食用以污染水灌溉的農作物)等等...由以下假設為前提，計算不同情節多種曝露途徑結果，並選取最保守值作為標準：

(a) 較合理較可能發生的情節以年有效劑量 10 微西弗作為限值。

(b) 低機率發生的情節以年有效劑量 1 毫西弗以及皮膚等價劑量 50 毫西弗作為限值。

各核種導出比活度標準再經由近對數數值簡化 (near logarithmic rounding)，將結果簡化為 10 的 n 次方。雖然情節與曝露途徑的假設無法保證計算結果是高度準確的，但經由比對簡化後的結果，仍可確認以 10 微西弗為標準之數量級為多少。

(3).TABLE I.2 人造核種解除管制標準可適用於物質被焚燒，因為推導標準時有包含焚燒情節。此外，還包含了

可能增加物質其放射性濃度的假設情節。

(4).TABLE I.2 不可適用於食物、飲用水、動物飼料或任何用於食物、飼料之原物料。此外也不合適用於非常大量的物質，例如開挖出的大量土壤。因為劑量評估模型包含了稀釋因子，對於非常大量的物質並不適用。在這種特殊狀況下，應該額外建立特定的劑量評估模型，推導特定應用條件下的解除管制標準。

(5).TABLE I.2 表列超過 250 個人造核種。未包含的人造核種可參照 Safety Reports No.44 號報告假設的評估模型推導解除管制標準，也可以參考其他國家管制單位訂定標準。

(6).有關天然核種解除管制標準並非由劑量評估模型推導而得。TABLE I.3 表列天然核種管制標準，是以實務調查的方式來決定的。藉由調查全世界環境蘊含天然核種物質的比活度，決定天然核種濃度分布範圍。這套標準適合用在鈾系、釷系及鉀-40 天然核種。

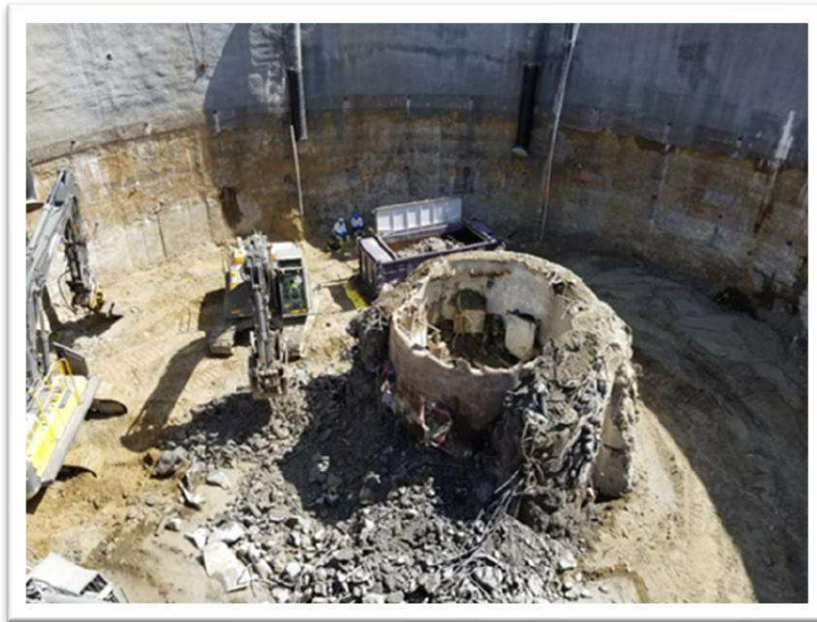


圖 1-拆除被中子活化建物(乾井)

其他天然核種(例如鉀-87、釷-138、鈾-147、鐳-176)的解除管制標準也可以採取同樣實務調查的方式來訂立。

(7).由於 Safety Reports No.44 號報告假設的情節是依據核子設施、粒子加速器或研究單位可能遇到的情節而建立(例如對物質採運送、交易、再使用及處置)，因此曝露開始前將會有一段核種的衰變時間，依不同情節而有所不同且至少 1 天以上。因此對於非常短半化期的核種(數小時或更短)而言，這份報告的模型並不適用來推導標

準，除非不包含曝露開始前的衰變時間。

替代方案兩案如下：

1.(a)以 Safety Reports No.44 號報告假設的情節推導，但模型修改為直接處理，不包含衰變及等待時間。

(b)查 Table I.1 豁免管制標準值，因為此標準包含短半化期核種而解除管制標準無。

(c)由(a)與(b)的結果，選取較小值作為解除管制標準。

2.若是能避免這些短半化期核種直接被處理，或是先貯存於貯存庫數天/週再處理，如此一來這些短半化期核種應可忽略。

(8).若能保證解除管制後的物質會直接處理，無顯著的衰變時間，則 Table I.1 表列之豁免管制標準可適用於解除管制，因為與 Table I.2 假設模型僅差別在於處理前的衰變與等待時間，且豁免與解除管制依據的年劑量限值是不同的。

🔍 參考文獻

[1] 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.

[2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance, IAEA Safety Reports Series No.44,2005/04.

CR-39 固態核軌跡底片應用於飛航高度下宇宙輻射量測的可行性

作者 林佳盈

國立清華大學 核子工程與科學研究所



摘要

本研究評估利用 CR-39 核軌跡底片測量航空中宇宙輻射的可行性。實驗發現化學蝕刻時間影響核軌跡數，儲存溫度影響底片靈敏度，並證實底片對加馬射線的最低偵測能力，且成功進行機上輻射量測，建立使用底片的標準作業程式。

前言

根據國際放射防護委員會 (ICRP) 第 103 號報告指出，機組人員長期曝露於宇宙輻射屬於職業性曝露，因此他們的年度個人劑量應控管於在 20 mSv 以下 [ICRP, 2007]。此外，根據美國輻射防護與度量委員會 (NCRP) 第 160 號報告，在 2006 年，機組人員所受的飛航劑量占所有職業性曝露的 38%，僅略少於最高的醫療人員 [NCRP, 2007]。根據美國聯邦飛行管理局 (FAA) 的建議，飛機機員的平均有效劑量應為每年 20 毫西弗，單一年不得超過 50 毫西弗 [FAA, 2014]。女性機員在報告懷孕後，胎兒的等效劑量限制為每年 1 毫西弗，單月不得超過 0.5 毫西弗。為了與國際接軌，台灣

近年來開始關注機組人員長期曝露於宇宙輻射的議題。雖然至今台灣的核能安全委員會尚未將機組人員納入職業性曝露的報告範圍，但有望在不久的將來制定相應的個人劑量限制，並對機組人員進行相關訓練教育。因此，本研究的主要目的在於尋找最適合用於飛航劑量個人監測的偵測器，並確定實施上機量測前的最佳準備程式。

CR-39 底片是一種被動式偵測器，因其小體積、無需供電、成本低廉，且結構類似於人體組織，因此特別適合於飛航高度的宇宙射線輻射監測。其具有高耐磨性、透明度和化學品抗性等特点，可準確紀錄和繪製遊離輻射

源的軌跡。透過 CR-39 底片，可以直觀推算至人體組織所受的輻射劑量，使其成為飛航輻射監測的優選工具。

中子對物質可能引起彈性散射、非彈性散射和吸收作用，其中吸收作用最為關注。中子吸收是指中子被原子核吸收的過程，導致核反應、散射或其他粒子的發射。隨著輻射的線性能量轉移增加，核軌跡也會相應增大。蝕刻溶液只有當帶電粒子的軌跡達到表面時才會侵蝕，因此蝕刻速率受時間、溶液濃度等因素影響。實驗顯示，底片蝕刻前後的重量差異與蝕刻時間呈現良好相關性 ($R^2 = 0.977$)，可用來預估蝕刻後的損失。這表明在室溫下蝕刻可達到恆定速率。



Element	Atomic no.	Fraction by weight
H	1	0.066
C	6	0.526
O	8	0.408

圖 1：左圖顯示了由 Intercast Europe Co. 製造的 CR-39 底片，其尺寸為 $2.5 \times 2.5 \times 0.15 \text{ cm}^3$ 。右圖顯示了 CR-39 中各個化學元素的占比。

CR-39 底片在應用於飛航劑量測量測前，需要確認儲存溫度條件、適合模擬飛航輻射的輻射場或射源、化學蝕刻、光學掃描、實驗數據收集與分析等步驟。這些步驟對最終核軌跡數量收集具有重要影響，因此本研究致力於找出適合用於飛航環境的最佳條件。

本研究前兩個實驗旨在探索在不同蝕刻時間下對 CR-39 底片收集到的核軌跡之影響。我們使用了國立清華大學 THOR-BNCT 的中子源，將 CR-39 底片貼在一個均勻的 PMMA 校正用假體上，在 1.7MW 和 6 小時的條件下進行照射，如圖 5 所示。而蝕刻時間分別設定為 28、36、48、96、144、192、240 和 288 小時。

實驗結果顯示隨著蝕刻時間增加，核軌跡的數量呈現線性增加的趨勢。隨著蝕刻時間的增加，核軌跡的大小也隨之增加，表明蝕刻時間越長，底片浸泡越久，厚度受侵蝕的程度越深，將原本未到達表面的輻射軌跡也顯現出來。這證實了蝕刻時間在使用 CR-39 底片中的重要性。兩次實驗中 48 小時的蝕刻時間結果顯示，每平方公分約有 3700 個核軌跡，展現了良好的重複性，進一步驗證了 CR-39 底片的可靠性，同時也證明瞭在室溫下進行蝕刻的可行性。

為了找到最合適的蝕刻時間，即最高效且軌跡清晰可見的時間，我們比較了不同時間觀察到的軌跡，如圖 4-7 所示。為了保持公平，我們選擇了每個實驗組中間的底片進行觀察，即圖 4-2 中紅框所示。我們觀察到，在 48 小時的蝕刻時間下，核軌跡已足夠清晰可見且能夠與背景區分開，因此我們後續的實驗都將以 48 小時作為蝕刻

時間。然而，當蝕刻時間延長至 288 小時時，CR-39 本身出現了一些結構性損傷，因此，不建議在室溫下對 CR-39 底片使用 10M NaOH 進行如此長時間的蝕刻。

第三個實驗研究了 CR-39 底片在不同的預存儲和後存儲條件下的影響。使用 BNCT 進行了六小時的中子輻射，包括參考組和四個不同存儲條件的實驗組。

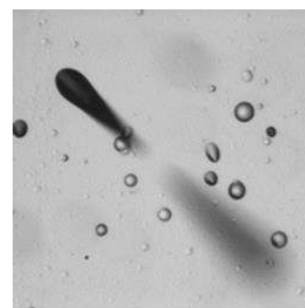
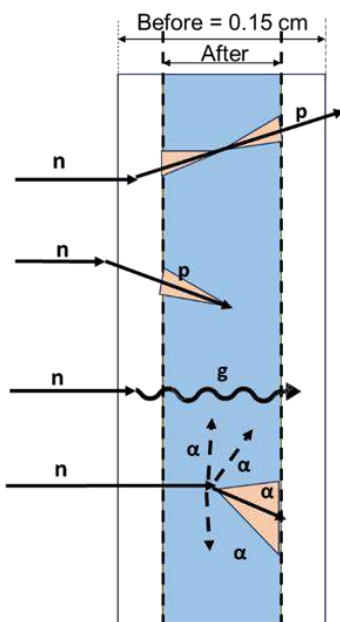


圖 2：CR-39 與輻射作用的剖面示意圖，直線為底片原先厚度 (0.15 cm)，虛線為蝕刻厚度，穿越蝕刻後厚度的輻射軌跡可被觀察成核軌跡。

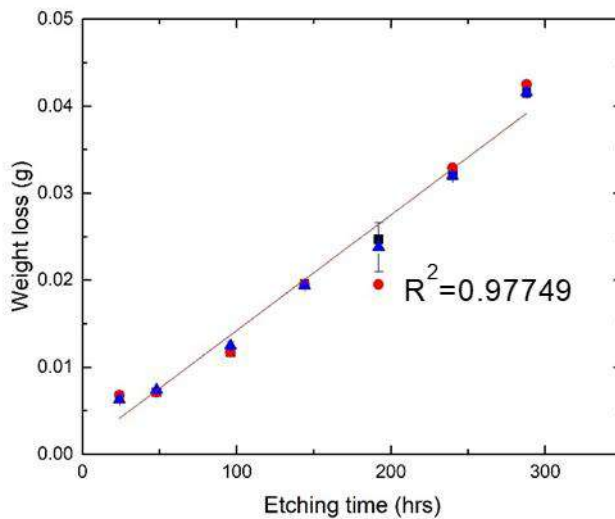


圖 3：圖表顯示為在不同時間點下，所測得三片底片的蝕刻重量差及其誤差值。結果顯示隨著蝕刻時間增加，CR-39 底片的重量損失越多，因此可用此方式定量蝕刻效率。

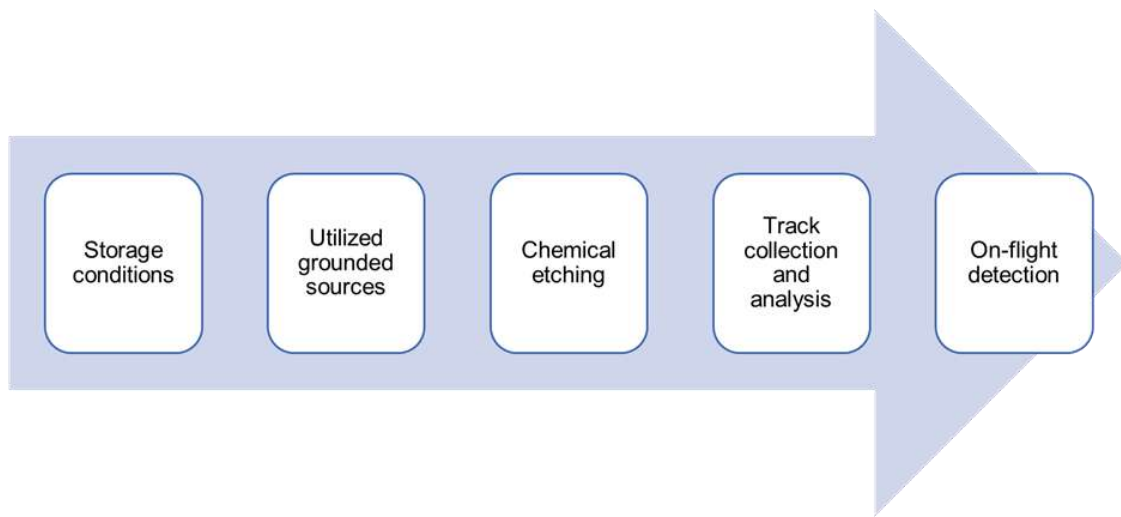


圖 4：使用 CR-39 底片的流程圖。

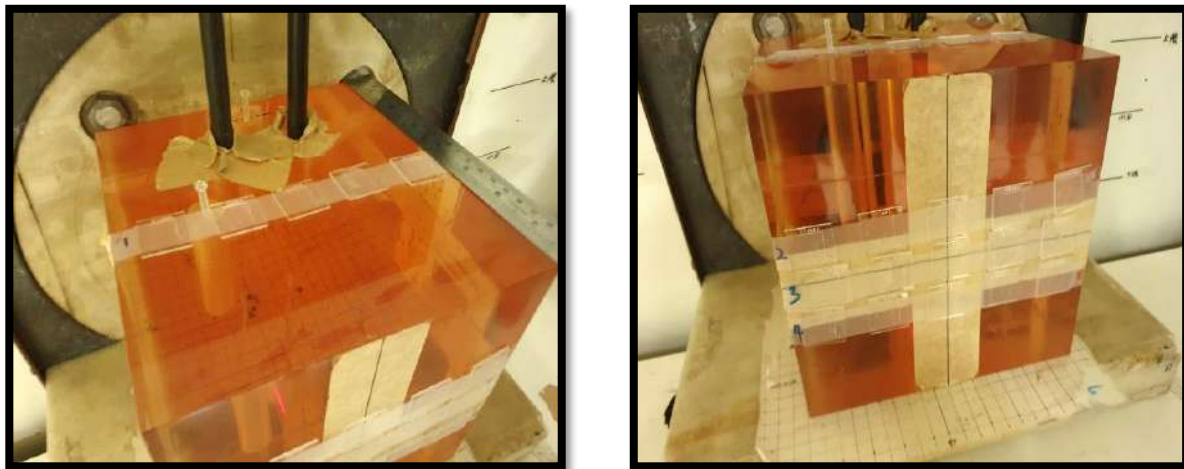
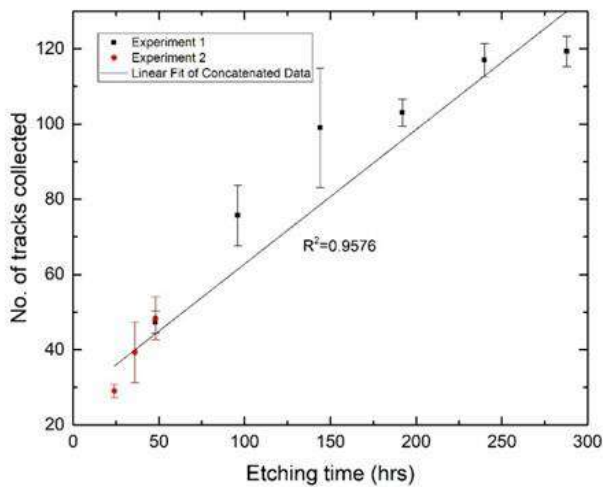


圖 5：THOR-BNCT 照射 CR-39 底片的實驗擺設。



Etching time (hrs)	No. of tracks per frame	No. of tracks per cm ²	
24	29±1.7	2265.6	Experiment 2
36	39.3±8.1	3072.7	
48	48.3±5.7	3773.4	
48	47.3±2.9	3697.9	Experiment 1
96	75.7±8.1	5911.5	
144	99.0±15.9	7734.4	
192	103.0±3.6	8046.9	
240	117.0±4.4	9140.6	
288	119.3±4.0	9322.9	

圖 6：蝕刻時間與所收集之核軌跡數量之間的關係。

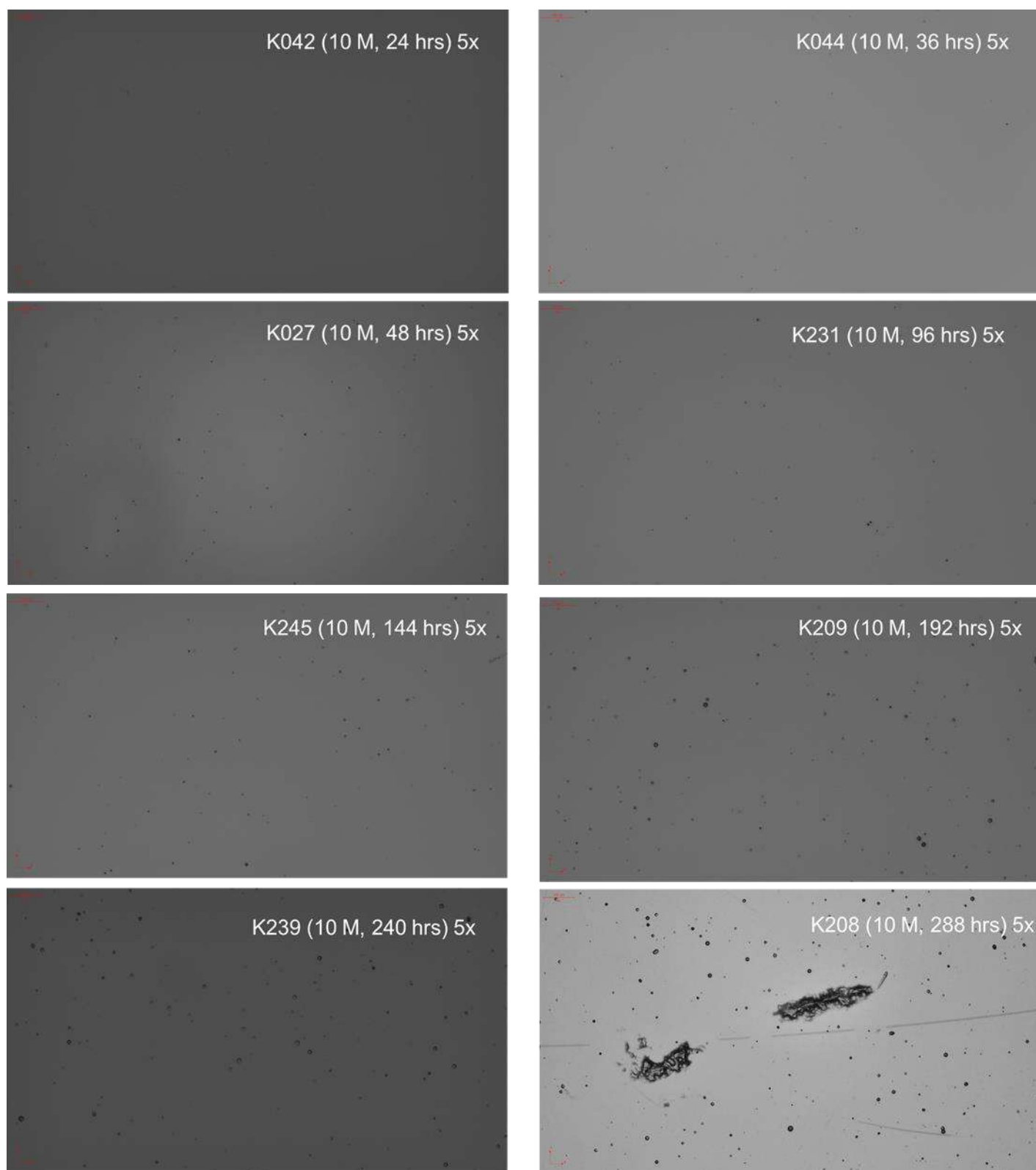


圖 7：各個蝕刻時間下，所觀察到的 50x (10x 目鏡；5x 物鏡) 倍率顯微鏡下核軌跡影像。

	CR-39 serial number	No. of tracks / image	No. of tracks / cm ²
Group 1	K006	43.56 ± 11.35	3403.13 ± 886.72
	K004	48.04 ± 10.76	3753.13 ± 840.63
	K031	46.52 ± 12.30	3634.38 ± 960.94
Group 2	K012	46.26 ± 11.64	3614.06 ± 909.38
	K038	44.75 ± 7.43	3496.09 ± 580.47
	K037	41.30 ± 10.62	3226.56 ± 829.69
Group 3	K022	42.80 ± 19.12	3343.75 ± 1493.75
	K033	48.56 ± 20.11	3793.75 ± 1571.09
	K039	45.30 ± 22.22	3329.06 ± 1735.94
Group 4	K049	41.08 ± 7.57	3209.92 ± 591.69
	K045	43.43 ± 8.73	3393.34 ± 682.23
	K050	41.48 ± 9.42	3240.49 ± 735.47
Group 5	K003	40.82 ± 10.02	3189.54 ± 782.55
	K028	42.04 ± 11.13	3284.65 ± 869.80
	K034	40.61 ± 11.28	3172.56 ± 880.97

圖 8：儲存條件實驗下，各實驗組的底片平均每張影像和每平方公分所偵測的核軌跡數。

Neutron source	Result (pSv/s)	SD (%)	H*(10) (μSv)	Tracks no. /H*(10) (#/cm ² μSv)
Thermal	1.21E+04	0.36	4.37E+00	
Epithermal	4.31E+05	0.17	1.55E+02	
Fast	1.66E+05	0.09	5.96E+01	
		Total:	2.19E+02	15.46 ± 4.39

圖 9：MCNP 模擬之各能量中子在照射 6 分鐘所貢獻之 H*(10) 結果，以及將每平方公分之核軌跡數規一化到總 H*(10) 的參考值。

結果顯示，存儲條件會影響 CR-39 探測器的性能和特性，提供了寶貴的資訊。實驗結果表明，各組平均每張影像可觀察到約 40 個核軌跡，且最高值通常出現在中子源位於中間的底片上。在預存儲方面，室溫條件下的標準差相對較大，可能是由於存儲時的

fading 和 ageing 導致的雜質和靈敏度降低。然而，如果覆蓋範圍足夠大且時間不超過 14 天，則理論上不會受到影響。建議在飛機上照射前後盡可能保持在冷溫度下。五組的平均每張影像數據約為 44 顆，即每平方公分約為 3300 顆，可作為參考值。

本研究使用 MCNP 模擬軟件以及公式 $H^*(10) (\mu\text{Sv}) = \text{Flux} \times \text{Surface Tally Result} \times \text{DCF} \times \text{exposure time}$ ，來計算到達貼有 CR-39 底片之 PMMA 假體遠端表面的環境劑量當量 $H^*(10)$ 。類比結果顯示，超熱中子對劑量的貢獻最大，而熱中子最小。

	No. of gamma rays, ΔN	CR-39 serial number	Average	SD	Net count	Normalized to # gamma ray
Co-60 Irradiated (5 min)	1.74E+06	K307	0.870	1.100	0.051	2.91E-08
		K309	0.826	0.717		
		K312	0.870	0.869		
Co-60 irradiated (48 hrs)	1.00E+09	K326	1.347	1.071	0.499	4.98E-10
		K332	1.261	1.176		
Background		K310	0.826	0.937		
		K330	0.783	0.951		

圖 10：分別照射 5 分鐘和 48 小時之總累積之伽馬射線通量，及各底片所偵測軌道之平均數和誤差。

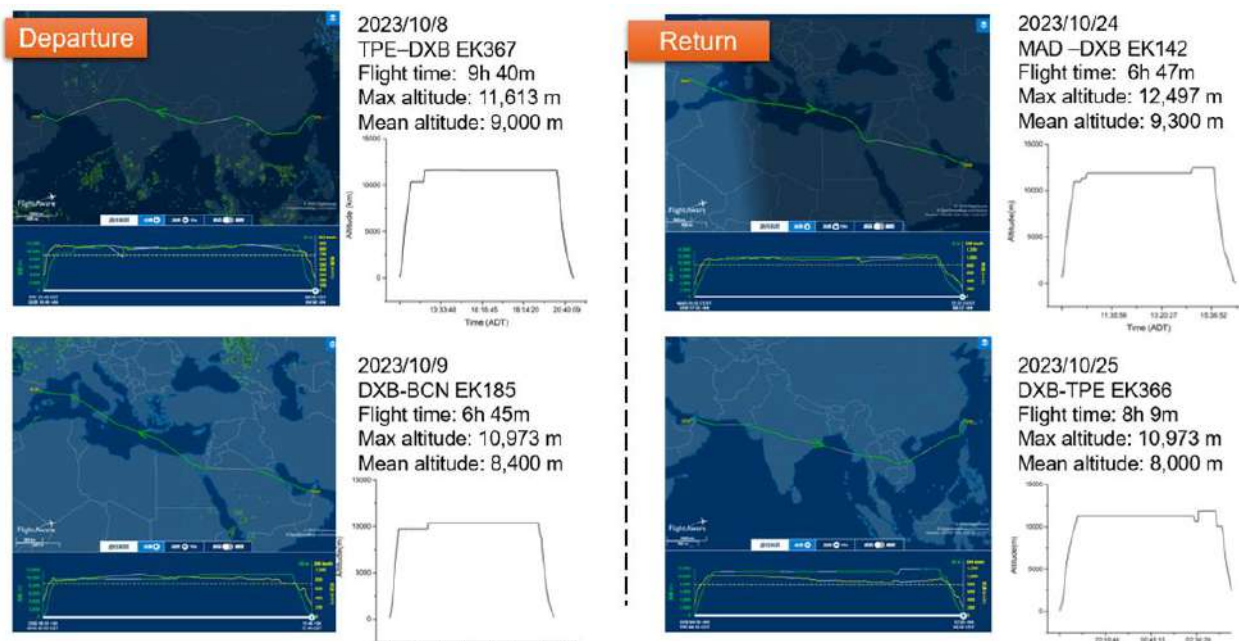


圖 11：由 FlightAware 提供之各航班的航程示意圖，以及各航班之飛行資訊。

根據這些結果，所得到的參考值約為 $15.46 \pm 4.39 \text{ cm}^2/\mu\text{Sv}$ 。

第四次實驗旨在驗證 CR-39 不適用於伽馬射線檢測，並確保實驗資料不受伽馬射線影響。我們使用鈷-60 γ 源進行照射，與 5 片 CR-39 底片重疊，另外 2 片用於背景測量。其中 3 片底片照射 5 分鐘，另外 2 片照射 48 小時，以便比較觀察到的軌跡。結果顯示，經過背景減去後的淨計數甚至不到 1，並且隨著時間增加，來自背景輻射的核軌跡數會增加。即使經過 48 小時的

照射，仍然觀察不到任何淨計數軌跡，因此 CR-39 底片對伽馬射線的最低檢測限值已確定為 10^9 伽馬射線。

我們在飛往巴賽隆納的航班上進行了輻射劑量的測量，該航班的總飛行時間約為 32 小時，平均海拔約為 9000 米。我們使用了由我們實驗室開發的 NTHU Flight Dose Calculator，該工具基於複雜的 FLUKA 大氣層宇宙射線二次粒子模擬結果構建而成。目前，我們主將 NTHU Flight Dose Calculator 的結果與 EURODOS-

2012-03 報告的比較，該報告介紹了來自不同國家和實驗室的 11 個飛行劑量評估程式的比較。隨後，我們將利用從 FDC 劑量計算工具獲得的結果，與在所有四個航班路線上部署的 CR-39 底片收集的核軌跡進行比較。飛機上照射的兩片 CR-39 底片結果分別為每張影像 $12.36 \pm 8.1 \text{ frame}^{-1}$ 和 $10.28 \pm 3.62 \text{ frame}^{-1}$ ，顯示了底片在收集飛行劑量時形成核軌跡的可行性。然後，我們將結果歸一化為 FDC 計算的飛行劑量，並分別考慮總輻射、高 LET 和中子的劑量進行比較。

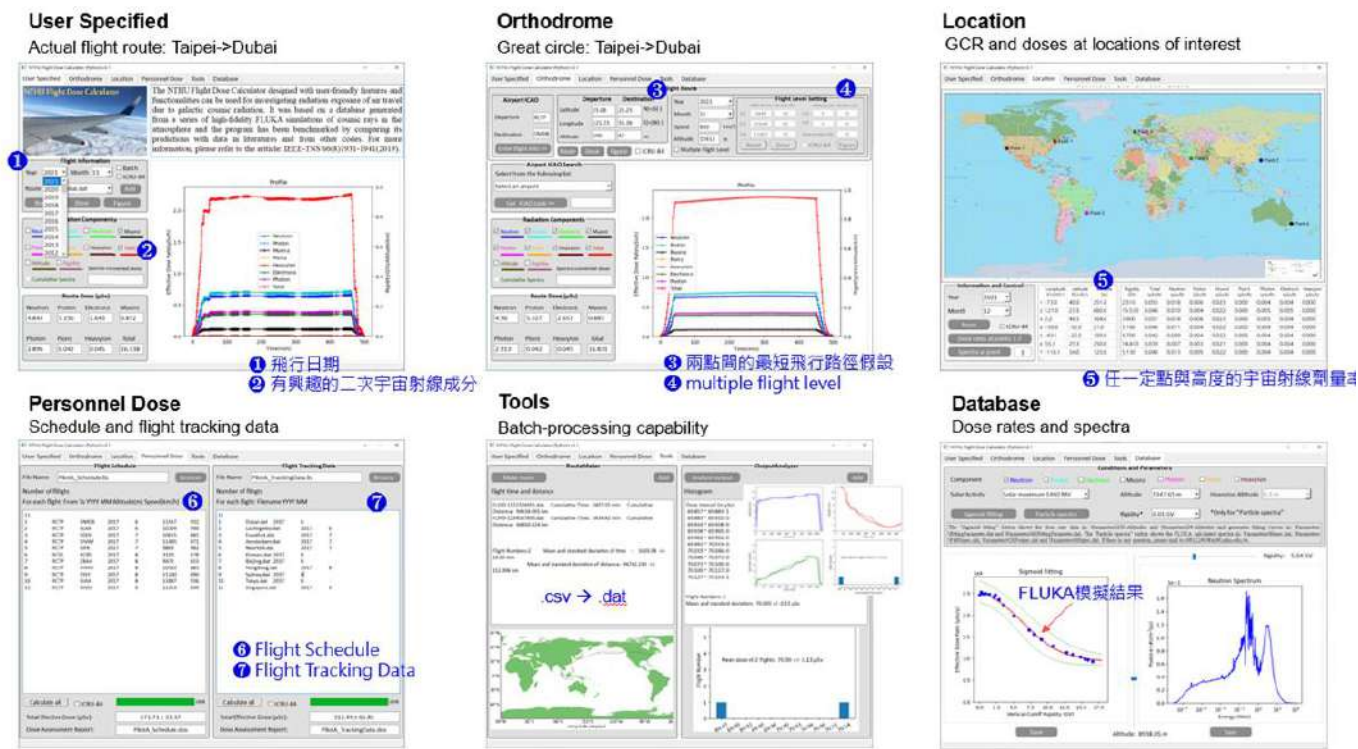


圖 12 : NTHU Flight Dose Calculator 的使用者圖形介面和主要功能介紹。[Yang et al., 2019]

Unit: μSv	EK367	EK142	EK185	EK366	Total
neutron	4.851	6.465	5.388	4.133	20.837
proton	2.508	7.344	5.454	4.257	19.563
electron	2.598	2.685	2.033	2.116	9.432
muon	0.868	0.878	0.788	0.767	3.301
photon	2.849	2.921	2.328	2.378	10.476
pion	0.041	0.04	0.031	0.033	0.145
heavy ion	0.044	0.085	0.023	0.025	0.177
total	16.458	20.418	16.045	13.709	66.63

圖 13 : NTHU Flight Dose Calculator 所計算之各航班各輻射所貢獻之飛行劑量。

以找出哪一個更合理。結果顯示，僅考慮中子的劑量參考值與先前的 THOR-BNCT 實驗相比較高，這表明在飛行高度下，CR-39 底片可能檢測到除中子貢獻以外的帶電粒子。因此，僅使用 THOR BNCT 作為輻射校正場可能不足夠。

結論

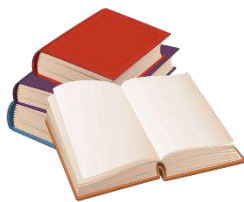
CR-39 底片作為輻射偵檢器十分考驗操作者的經驗以及操作能力，多個步驟根據實驗結果和討論，我們得出了以下結論。首先，在室溫下蝕刻 48 小時是最佳的蝕刻時間，這可使核軌跡

的大小計算可行且雜質區域清晰可分。蝕刻時間過長，如 288 小時，可能導致過度蝕刻和結構損傷，因此應避免使用過長的蝕刻時間。其次，後存儲 (post-storage) 對 CR-39 的影響較小，經過化學蝕刻後便可存放在室溫下。

預存儲 (pre-storage) 的結果則是顯示了最好在未進行輻射照射時都保存在冷溫度下，但 14 天的室溫下預存儲結果顯示如果在光學掃描時取樣足夠，則收集的軌跡數量仍將與參考組相同，因此對於機上測量並不是一個大問題。此外，CR-39 已被證明能夠在足夠長的飛行行程上檢測到宇宙輻射，即使在室溫下蝕刻也都能觀察到。最後，Cf-252 實驗中存在一些不確定性，需要進行進一步的實驗來加以澄清。這項研究為 CR-39 在航空高度的輻射監測提供了重要的參考和優化建議，並對未來相關研究提供了有價值的指導。

參考文獻

1. Federal Aviation Administration Advisory Circular. "In-Flight Radiation Exposure" . Federal Aviation Administration, 2014. https://www.faa.gov/air_traffic/by_the_numbers/
2. ICRP publication 103. "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection." Annals of the ICRP vol. 37,2-4 (2007): 1-332. doi:10.1016/j.icrp.2007.10.003
3. NCRP publication 160. National Council on Radiation Protection and Measurements. "Ionizing radiation exposure of the population of the United States." Bethesda, MD: NCRP; Report No. 160; 2009.
4. Z. Y. Yang, P. C. Lai and R. J. Sheu. "Update and New Features of NTHU Flight Dose Calculator: A Tool for Estimating Aviation Route Doses and Cumulative Spectra of Cosmic Rays in Atmosphere." IEEE Transactions on Nuclear Science 2019 Vol. 66 Issue 8 Pages 1931-1941



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

A4 新竹 帝國經貿大樓
8 月 5 日~8 月 9 日

B 組 18 小時-登記類

B13 台北 進出口同業公會
7 月 6 日~7 月 7 日

B14 新竹 帝國經貿大樓
7 月 16 日~7 月 18 日

B15 台中 文化大學推廣部
7 月 23 日~7 月 25 日

B16 高雄 文化大學推廣部
8 月 13 日~8 月 15 日

B17 台北 進出口同業公會
8 月 20 日~8 月 22 日

B18 新竹 帝國經貿大樓
9 月 10 日~9 月 12 日

B19 台中 文化大學推廣部
9 月 24 日~9 月 26 日

B20 台北 進出口同業公會
10 月 1 日~10 月 3 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~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 26 日~8 月 01
日

進階 25 期

新竹 帝國經貿大樓
第一階段
8 月 14 日~8 月 16 日

第二階段
8 月 19 日~8 月 21 日

輻射防護繼續教育訓練班
(3/6 小時)

台中 文化大學推廣部

7 月 30 日(上午&下午)

新竹 經濟部專研中心

8 月 27 日(上午&下午)

高雄 科學工藝博物館南館

8 月 8 日(上午&下午)

台北 進出口同業公會

9 月 4 日(上午&下午)

新竹 經濟部專研中心

8 月 27 日(上午&下午)

鋼鐵建材輻射偵檢人員訓
練班

鋼 2 新竹 帝國經貿大樓

6 月 13 日~6 月 14 日

上課地點

台北

進出口同業公會：台北市中
山區松江路 350 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

- Nownews 報導「不怕吃到輻射水產！全台衛生局首間「生物氚分析實驗室」高市揭牌」。[訊息連結](#)

日本福島核電廠長期排放含氚處理水，對我國海域及漁業所造成影響，需仰賴科學檢測數據進行相關評估。核能安全委員會特報行政院核准，與地方政府攜手合作，建置地方衛生局第一間生物氚分析實驗室，高市衛生局今（25）日舉行生物氚分析實驗室揭牌儀式，將針對水產品進行輻射安全監測。

高市衛生局長黃志中今日舉行「生物氚分析實驗室」揭牌啟用，並邀請食藥署南區管理中心蔡佳芬副主任、核能安全委員會王重德主任秘書、國家原子能科技研究院葛復光主任秘書、林智鴻議員、多位議員及立委代表、本府海洋局黃維裕專委、衛生局團隊及本市食品安全實驗室策略聯盟成員等出席。

衛生局長黃志中與會中表示，因應日本 2023 年 8 月 24 日排放福島核電廠事故含氚處理水事件，更引發各國對於周邊海域水產品、漁獲物等攝食風險的高度關注。高雄市作為海洋首都及漁業重鎮，高市府衛生局積極爭取中央補助經費，由核能安全委員會、衛生福利部食品藥物管理署、行政法人國家原子能科技研究院統籌及輔導，本市已購置「液態閃爍計數儀」，培訓檢驗分析人員，建置全臺地方衛生局第一間「生物氚分析實驗室」，日後將配合中央及市府規劃，投入我國生物氚安全監測，擴充本市檢驗量能，增進市民對食品安全之信心。

黃志中進一步說明，為確保輸入食品輻射安全，高雄市日前已購置「純鍍偵檢器搭配加馬能譜儀」，以專業檢驗人力操作精密儀器，嚴格檢測食品中放射性核種(碘-131、銫-134、銫-137)，並通過衛生福利部食品藥物管理署認證成為中央指定檢驗專責局，除檢測本市檢體外，更協助台中市、台南市、宜蘭縣、新竹縣、雲林縣、嘉義縣市、屏東縣、金門縣、連江縣等縣市送驗市售抽樣食品。自 111 年起至 113 年 6 月 24 日檢驗共計 1978 件，其中水產品 238 件，檢驗(碘-131、銫-134、銫-137)結果均符合規定。

高市衛生局稱將持續加強市售水產品查驗，並結合生物氬檢測以持續精進檢驗量能，配合中央及本市抽驗計畫，執行水產漁獲物生物氬安全監測，作為日本排放含氬處理水後，評估我國海域生態輻射影響之重要參考依據。未來也會加強促進中央地方資源整合及技術交流機制，以全方位把關食品輻射安全，實現「檢驗用心、杜絕黑心、食在雄安心」之目標，持續為民眾「食」的安全把關。

(發布日期 113 年 6 月 25 日)

- ➔ 中時新聞網報導「義大利不再反核 新能源計畫納入 10% 核電」。 [訊息連結](#)

義大利環境與能源安全部長弗拉丁(Gilberto Pichetto Fratin)表示，月底發給歐盟審查的新能源和氣候計畫 (PNIEC) 中，將包括核能發電，這意味著持續 30 多年的義大利的非核家園政策確定落幕。

義大利安莎通訊社(ANSA)報導，弗拉丁表示，為了符合歐盟的減碳標準，內閣決定將核能納入選項，目標是到了 2030 年代時，義大利的電力至少有 10~11% 來自核能發電。

弗拉丁繼續說，現政府正在對該計畫進行最後修改，「我現在也在參與」，並將在月底前，將其發送給歐盟。

義大利是歐洲最早經營核電廠的國家，早在 1963 年就有核電廠開始運轉，全盛時期有 4 部機組，分別是 1 部試驗型氣冷式、2 部沸水式與 1 部壓水式，總發電量為 1423 百萬瓦。然而 1986 年蘇聯車諾比核子災難之後，義大利引發了關於核能的大辯論，並於 1987 年 11 月舉行核電存廢公投，選民選擇了廢除核電，使得義大利政府於 1988 年決定逐步淘汰現有核電廠，於 1990 年所有機組都被關閉。

2011 年義大利再次舉行核電公投，投票率為 54.79%，其中 94% 的票數反對使用核電，導致義大利再次取消核電重啟計畫。

(發布日期 113 年 6 月 25 日)

- ➔ 自由時報報導「健康網」照骨齡免憂輻射 醫：劑量超低=1 次牙科全口 X 光」。 [訊息連結](#)

一般來說，手腕 X 光片的輻射劑量大約在 0.001 毫西弗 (mSv) 到 0.01 毫西弗之間。

陳菁兒提到，輻射除了一般生活上的各類應用之外，在我們的生活環境中，也存在著天然背景輻射，包括來自宇宙射線、地球岩石、建築材料和人體體內因自然存在，或呼吸飲食攝入人體的放射性核種輻射。依照台灣核能安全委員會的資料，台灣地區每人每年接受的天然背景輻射，劑量約為 1.6 毫西弗，相當於數百次手腕 X 光片的輻射劑量。

輻射量比搭機往返美國 1 趟低

為了讓這個數字更具體，她將手腕 X 光片的輻射劑量，與日常生活中的輻射來源，以及常見檢查的輻射劑量進行比較。

- 1 次左手骨齡 X 光攝影劑量：0.01 毫西弗。
- 1 次牙科全口 X 光攝影劑量：0.01 毫西弗。
- 1 次胸部 X 光攝影劑量：0.02 毫西弗。
- 1 次頭部斷層掃描攝影劑量：2 毫西弗。
- 台北搭飛機往返美國西岸 1 趟劑量：0.09 到 0.14 毫西弗。

未進入青春期每年照 1 次

骨齡檢查的頻率，依照每個孩子的成長情況而有所不同。陳菁兒表示，一般來說，如果孩子的生長發育正常，沒有明顯的生長問題，且未進入青春期，一般不需要頻繁地進行骨齡檢查。通常，每年 1 次的檢查就足夠了。

如果孩子有生長或發育異常，例如生長遲緩、性早熟或其他內分泌問題，可能會建議每 3 到 6 個月進行 1 次骨齡檢查，以便及時發現問題，並採取適當的治療措施。或是正在進行相關治療中的孩子，也可能會較密切追蹤骨齡以評估治療效果。

陳菁兒總結，照骨齡非侵入性，輻射量極低，X 光暴露時間只有幾秒鐘，左手掌也沒有重要器官，基本上相當安全。規則依照醫師建議、回診追蹤很重要。因為骨齡只是生長評估的其中一個項目，其他像是成長的速度，青春期發育，生活作息及營養攝取等都是評估要點，建議至門診追蹤，才能更全面的評估孩子成長。

(發布日期 113 年 7 月 10 日)

➔ 公視新聞網報導「核三廠 1 號機週六除役 學者：夜間備轉容量是關鍵」。 [訊息連結](#)

核三廠 1 號機在本週六就要停機，除役環評通過後正式進入除役階段。台電表示已備妥新能源，民營豐德電廠 3 號機接力供電。不過即將進入夏季用電尖峰，有學者示警，夜間備轉容量才是關鍵，認為台電的估計過度樂觀，應重新檢視能源轉換期的供電問題。

運轉 40 年的核三廠 1 號機，6 月中旬開始每日功率遞減、緩慢降載，即將在本週六停機。台電已規劃豐德新機組替代，估計加入再生能源以及歲修機組回歸，日間尖峰備轉容量率維持在 10% 以上沒有問題、夜間也會有約 7%。

台電發言人蔡志孟說，「台電公司就今年、明年來看，我們整個機組退役的同時，新增的機組的容量都會大於退役的機組。」

根據能源署統計，回顧去 (2023) 年總發電 2823 億度，以燃煤 42.2% 占比最高，核能則是 6.3%；核三廠 1 號機停止運轉後，核能供電占比來到 3%。

面對能源轉換期，雖然台電強調做好布局因應，但仍有學者示警，高估夜間備轉容量有缺電風險。

中央大學管理講座教授梁啟源指出，「今年上半年夜間備轉容量就有三分之一的天數，是低於所謂供電無虞的 10%。」

在野黨也計畫修《核安法》為核電延役解套，核安會表示，依現行法規，核電廠運轉執照期滿若繼續，必須在執照屆滿前 5 年到 15 年申請換發執照，核三廠已超過申請時限，就算修法鬆綁，還是要重啟安全評估。

核安會簡任技正何恭旻回應，「假使修法通過，事實上在運轉執照屆期的時候，機組還是要先停止運轉，核電廠它要運轉，安全一定是最重要的考量。」

核安會在去年 4 月已經完成核三廠除役計畫審查作業，1 號機在本週六停機後，需進行燃料移出爐心、安全設備等相關作業，後續在除役環評通過後，核安會才會依法核發除役許可。(發布日期 113 年 7 月 22 日)

聯合新聞網報導「童子賢成減碳先鋒！7 成先進國家用核能 籲台不落人後」。 [訊息連結](#)

反核人士在氣候變遷委員會召開前夕抨擊核能是非主流能源，和碩 (4938) 董事長童子賢認為這是觀念迷霧，全球 32 個經濟強國中，包括美中日德共 22 國已經或即將啟用核能，新加坡 7 月也與美國簽署核能合作備忘錄，說明對先進國家而言，核能是一種主要能源，台灣面對氣候變遷應不落人後，要爭取國際尊敬而不是被瞧不起。

根據綠色和平組織統計，2023 年全球百大製造業中，綠能使用比率前 10 強中，和碩排名第六，綠電比達 19%，更是台灣大型製造業中綠電使用率最高企業，比台積電 (2330) 10% 及鴻海 (2317) 8% 都要高，顯示童子賢追求零碳電力的積極度。

總統賴清德 8 日主持氣候變遷委員會時表示，面對氣候變遷課題是多選題而不是是非題，意指面對溫室效應問題應務實提出對策，童子賢也在會中發表核綠共存看法，但會後他婉拒了媒體訪問。

童子賢一向主張台灣應該積極面對氣候變遷議題，並以核綠共存對策，解決台灣碳排問題，童子賢曾表示，台灣排碳比偏高，不計算核電則零碳排發電比率僅 10.5%，亦即近 9 成發電為排碳能源，落後國際標準太多，他指出，台灣碳排一大半來自台電，其餘包括工業生產、交通運輸等，後者可用政策引導換購電動車，發電方式則需找到對策。

反核陣營訴求 200 多國僅 30 幾個國家有核電，故斥核能是非主流能源，童子賢認為這是觀念迷霧待解，全球經濟發展 32 強國中，有 20 國已有核電，義大利跟波蘭也宣布規劃核電，換言之 22 國 (近 7 成) 先進國家都將核能作為主要能源，因為核電可以穩定供電提供基載，又不排碳，而新加坡也已跟美國簽署民用核能合作備忘錄。

童子賢也罕見為氣候議題嚴詞呼籲：在全球都關心氣候變遷議題之際，台灣不要落後，國際經貿是引擎，驅動台灣經濟，台灣無法獨善其身，應積極扮演地球村的好公民，要爭取國際尊敬，而不要被國際社會瞧不起，要掌握主動，不要陷入被動。

呼應「多選題」之說，他也喊話應繼續支持氫能發電、地熱發電、潮汐發電與火力發電的脫碳技術的研究，希望新能源新技術能貢獻給更多的不排碳發電，同時更應重視台電人才，台電近年流失很多人才，恐不利落實政府政策。

童子賢過去就是知名環保企業家，過去他就率先主張拒吃魚翅，同時自帶保溫瓶，每天帶自己沖泡的黑咖啡品嚐，不喝瓶裝水或手搖飲，同時他也開始使用電子支付，減少交易單據，更大力支持在地小農，減少進口食品產生的碳足跡，如今他更將眼光望向氣候變遷，呼籲台灣應積極評估減碳對策，核綠共存（黃金組合 433）就是他提出的最佳能源配比建議。（發布日期 113 年 8 月 8 日）

體污染解除管制標準評估模型的保守度

徐世融

台灣電力股份有限公司 核能一廠

IAEA Safety Standards	IAEA Safety Standards <small>for protecting people and the environment</small>
Application of the Concept of Exemption	Application of the Concept of Clearance
General Safety Guide No. GSG-17	General Safety Guide No. GSG-18
 IAEA 2023/11	 IAEA 2023/11

前言

我國核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。廠址除役最終的目的便是在符合相關法規標準，將這塊土地以無條件使用外釋完成。在土地外釋之前，地上建物必須拆除完成，若拆除的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，更能提高民眾對核電運轉系統的信心。

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)，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。因此，外釋管制標準評估的保守度是一重要事項，我國一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法其附表一定活度或比活度以下放射性廢棄物之限值也是參考 RS-G-1.7 文件所訂定。有關 IAEA 於 2023 年 11 月 15 日公告發行版本，GSG-18^[2](General Safety Guide, 一般安全指引)與 GSG-17^[3]取代 RS-G-1.7 的體污染評估模型保守度說明如下。

體污染解除管制標準其評估模型的保守度

(1).有關體污染解除管制評估模型，刻意的包含許多保守性假設，無論是曝露途徑或是相關參數均有相當的保守度，例如：

(a) 對於低機率發生的情節，採用極限假設：

- i. 曝露時間(每年 8760 小時完整曝露，以及工作者年工時 1800 小時)
- ii. 稀釋因子(採用 1，意即無稀釋)
- iii. 處理前衰變以及情節期間衰變(處理前衰變時間為 1 天，情節期間衰變為 0 天，意即核種在曝露開始後不會活度衰變)
- iv. 列入不利的曝露條件(涵蓋各種水曝露途徑)

(b) 有關地下水途徑相關設定及參數，多數採用保守假設：

- i. 所有物質內的核種均可遷移
- ii. 核種 K_d 值(分布係數)引用相關文獻保守值

iii. 取水井位置距離污染源非常短，這將顯著減少核種衰變的時間。

(c) 有關人體表面受污染的曝露途徑，劑量係數(皮膚表面密度)選擇 $4\text{mg}/\text{cm}^2$ ，實際上污染大多發生於手部(表面密度較高)，選擇較低的表面密度將導致較高的劑量。

(2).整體評估結果該如何限制保守度，做法如下：

(a) 以兩套情境分別計算結果。一套為較高機率發生的現實情境，以個人年有效劑量 10 微西弗作為限值；另一套為低發生率情境，以個人年有效劑量 1 毫西弗作為限值。低發生率情境假設的參數較現實情境保守，這樣的做法符合 GSR Part 3 I.10 及 I.11 項相關規範。

(b) 工作人員與民眾接受曝露的情境，是假設各曝露途徑(如體外曝露與吸入)同時發生，受曝劑量必須相加。這樣的計算方式較為保守，若是採個別曝露途徑計算將較不保守。

(3).尚有其他理由可說明解除管制標準具有保守度：

(a) 使用分數和法則 (summation rule、或稱值一法則) 並假設同時有多

個核種存在，情節包含多道曝露途徑，在本質上是相當保守的。因為不同核種對參考人主要貢獻的途徑不一定相同。另一套較不保守的作法是先找出各核種主要貢獻途徑後推導出該核種標準，再以此標準執行分數和法則。

(b) 子核種的劑量貢獻與母核種一併考量計算，且最大化假設子核種比例。解除管制後需考量評估時間長達 100 年，將稍微高估劑量評估結果。

(4).實務上採用解除管制標準時需理解在推導標準時已加入保守度考量。推導結果已有足夠的保守度基礎而非過度保守。評估模型本身已有足夠保守度，應避免未來加上更高保守程度的假設。對於特殊的案件或是國家管制機關的要求則應列入考量。

(5).採用解除管制標準時應理解其模型保守度的緣由並據以實施對應量測，例如用於量測較大均化面積或重量的待測物。

我國相關法規過去參考 RS-G 1.7 號文件訂定，為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，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, Application of the Concept of Clearance, IAEA Safety Standards Series No. GSG-18, 2013/11.

[3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of the Concept of Exemption, IAEA Safety Standards Series No. GSG-17, 2013/11.

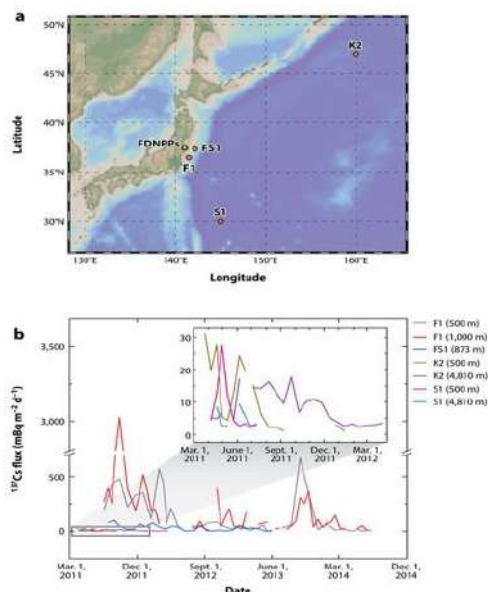
福島核電廠外釋銫在北太平洋的海洋分佈與傳輸

陳清江

義守大學醫學影像暨放射科學系 兼任副教授

2011 年以前，由於大氣層核武試驗，北太平洋及其邊緣海表層水中的 ^{137}Cs 活度為 $1\text{--}2\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ 。2011 年 3 月，緊鄰福島第一核電廠(FDNPP)場地的地表水中到 2012 年初 ^{137}Cs 水平迅速增加，到 4 月初已高達 $6,800\text{ 萬 Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ，從 2013 年到 2015 年大約為 $1,000\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

2011 年 3 月之後的研究巡航船的時間序列測量，以及對北美西海岸採樣的公民科學家的貢獻提供了越來越多的 FDNPP 相關數據，這些數據正在由 IAEA 國際原子能總署進行整理。鑑於 Cs 極易溶解，在公海的海洋顆粒中發現的 ^{137}Cs 和 ^{134}Cs 不到 1%，其隨後在海洋環境中的擴散主要受物理海洋過程控制，至少在十年時間尺度上如此。因



此來自大氣落塵和直接排放的銫預計將遵循海洋傳輸和混合路徑。

然而，一小部分落塵透過大氣風力更快地穿過北太平洋和全球其它地區，導致在一些遙遠的海洋區域和許多遙遠的大氣採樣站，可檢測到較低 FDNPP 外釋的 Cs 活度。在洋流、潮汐力和渦流的影響下，大多數 FDNPP 衍生的放射核種在日本附近的沿海水域中迅速混合和稀釋，受污染的羽流主要隨向南流動的親潮洋流到水戶市附近和更強的向北和向東流動的黑潮洋流交會後，FDNPP 羽流向東推進(圖 1)洋洋流在接近北美時，分成向北流動的阿拉斯加洋流和向南流動的加州洋流。羽流前緣的運動顯示，直到 2012 年 3 月，平均傳播速度為 $7\text{ km}\cdot\text{d}^{-1}(8\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1})$ ，從 2012 年 3 月到 2014 年 8 月，平均傳播速度為 $3\text{ km}\cdot\text{d}^{-1}(3.5\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1})$ 。

北太平洋環流

海洋流分佈情形

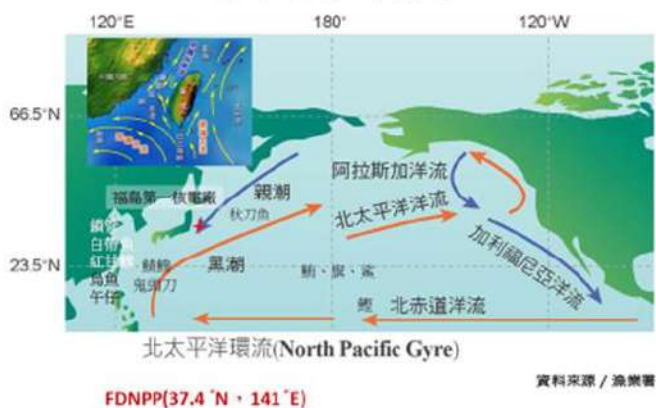


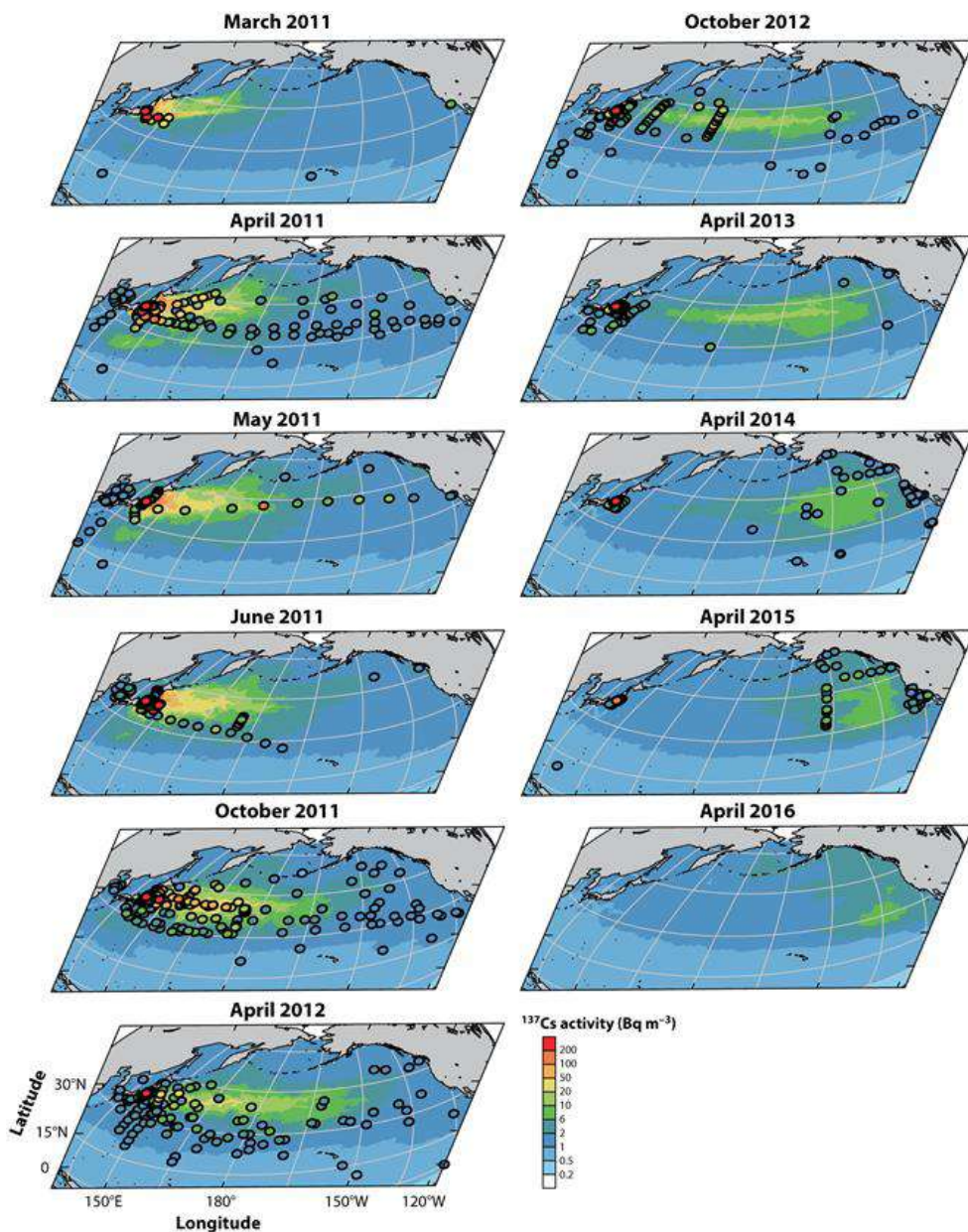
圖 1 北太平洋環流(漁業署資料)

2013年6月，透過加拿大大陸棚¹³⁴Cs和¹³⁷Cs的測量，記錄了源自FDNPP的放射核種抵達北美西海岸。到2014年2月，¹³⁷Cs訊號在整個150m上層增加至 $2\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ，使與大氣核武試驗的放射性落塵背景相關的訊號增加了一倍。這些活度隨著時間的推移持續增加，2014年北太平洋東部近海¹³⁷Cs值接近 $6\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ，2015年接近 $10\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ，位於夏威夷以北約2,000公里處。

FDNPP Cs首次抵達北美海岸線是由公民科學家於2015年2月在加拿大不列顛哥倫比亞省檢測到的，其特徵是¹³⁷Cs為 $(6.1\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3})$ ，¹³⁴Cs為 $5.0\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ；此1.1的差異是在最初FDNPP發布之前該地點的背景¹³⁷Cs。

到2015年，在北緯25°-55°稍高於背景輻射的活度中均檢測到了FDNPP釋放的銫。在整個太平洋的大部分地區，FDNPP羽流在水體上部100-150m處快速混合，並且只是更緩慢地開始滲透到中間水深。一個重要的例外是FDNPP Cs在各種太平洋模式水域中的地下傳輸，這些模式水域是透過冬季冷卻和浮力損失形成的，導致水柱深處水文特性的混合和均質化。

觀察結果顯示，模式水形成和俯衝代表了FDNPP衍生的Cs在1年時間尺度上傳輸到海洋內部的有效途徑。海洋環流預測模型均顯示，2013-2014年期間，擴大和稀釋的FDNPP放射性銫羽流將抵達北太平洋東部。其中一些模擬還預測2015年至2017年北美沿海水



R Buesseler K, et al. 2017. Annu. Rev. Mar. Sci. 9:173-203

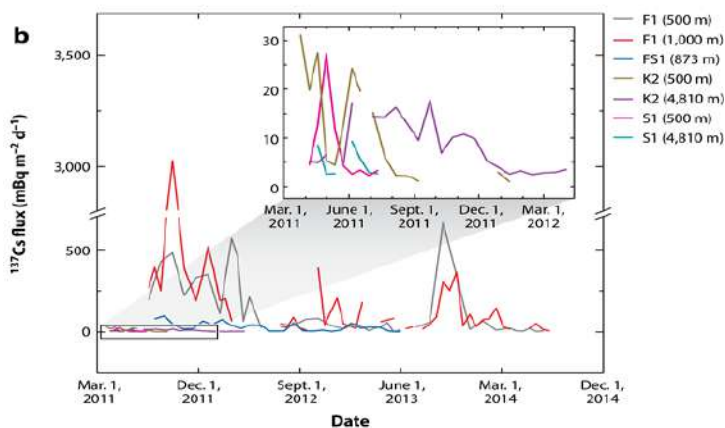
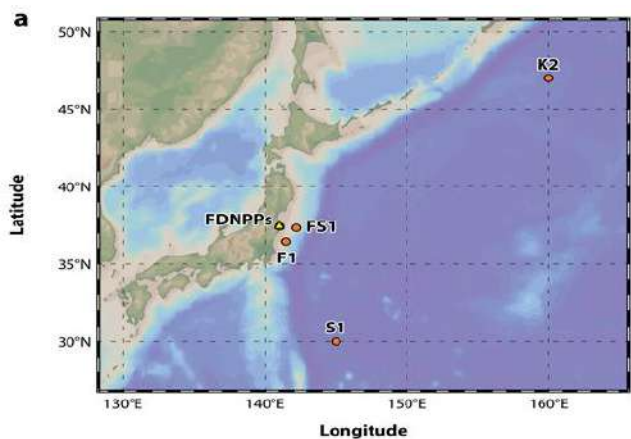
圖 2. 地表海水中測得的¹³⁷Cs活度時間序列預測情況

域的¹³⁷Cs活度最高可達 $1-3\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ，然後到2020年逐漸下降至 $1\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ 的水平。

儘管經驗結果和模型結果之間存在這些差異，但FDNPP衍生的¹³⁷Cs活度可能會在2015年至2016年達到最大

值，具體取決於地點，然後到2020年下降至與大氣核武試驗相關的背景水平約 $1-2\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

只有一小部分FDNPP衍生的放射銫與可能積聚在海底的有機物顆粒和黏土顆粒有關。



Buesseler K, et al. 2017.
Annu. Rev. Mar. Sci. 9:173–203

圖 3a 福島第一核電廠和 F1、FS1、K2 和 S1 時間序列沉積物收集器位置。

圖 3b 下沉顆粒中 ^{137}Cs 的時間序列通量，透過四個位置 and 不同深度的沉積物捕集

2011 年 3 月日本附近海域已設置了時間序列沉積物捕集器，在兩個地點收集樣本：亞北極環流中的 K2 (北緯 47° ，東經 160°) 和 S1 在亞熱帶 (30°N ， 145°E) 圖 3a。這兩個地點都在 500 和 4,810 m 處部署了陷阱，距離 FDNPP 地點相當遠：K2 位於東北 1,875 公里，S1 位於東南 950 公里，K2 和 S1 的水深分別為 5,200 m 和 5,800 m。

這些調查得到下列幾個發現：

1. 在首次釋放後不久就檢測到距離 FDNPP 如此遠的 Cs 訊號，顯示存在大氣落塵 Cs 來源，因為洋流不可能如此快速地將 Cs 從 FDNPP 攜帶到這些地點。
2. Cs 到達時間在 500m 和 4,810 m 之間的差異可以估計超過 180 md^{-1} 的顆粒 Cs 下沉速率。沉積物捕集器數據顯示，最初幾個月後銻通量和下沉速率均顯著降低，在 500 m 處通量下降更

快，2012 年下沉速率下降至 $50\text{--}70\text{ m}\cdot\text{d}^{-1}$ 。

3. 在 FS1，Cs 的通量可以透過與季節性浮游生物繁殖相關的水柱活度和垂直清除來預測。F1 處較高的質量通量與下沉顆粒上較高的 ^{137}Cs 特異性活性 (高達 $1.8\text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$) 結合，導致 ^{137}Cs 通量是 FS1 處的 10 倍以上，幾乎是 K2 處的 100 倍和 S1 ($3,000\text{ mBq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$)。

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
劉代欽
蔡惠予
魯經邦



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