



財團法人 中華民國輻射防護協會

輻射防護簡訊

第 163 期

出刊日期 110 年 6 月 15 日

本期內容

CONTENT

美國 NCRP 最新出版報告之研究議題簡介-II

1

本篇專題介紹美國國家輻射防護及量測委員會(NCRP)的二份報告，對各種曝露情況，敘述其輻射防護的最適化，確保從考量社會、經濟與環境特質的利益，註明危害並持續努力改善，提供了許多重要的資訊給保健物理、醫療應用、政府機關、作業人員與民眾等與輻射防護相關的人士參考。

核醫 ^{131}I 治療或檢查的注意事項與照護者的說明

4

對於甲狀腺癌的治療或是甲狀腺癌遠端轉移的診斷檢查， ^{131}I 都提供了重要的應用，作者從輻射安全的角度對 ^{131}I 病房與照護者有關的事項作介紹，期讓民眾對放射性藥物用於疾病診斷與治療，減少其對輻射的擔心。

訓練班課程

6

公告本會各項訓練班開課時間

輻協新聞廣場

7

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

氙的輻射特性與來源

11

日本政府於 2021/04/13 宣布，預定兩年後將現存福島核一廠含氙廢水排入海中，這一決議在國內也引起輿論的關注，作者在本文就氙的特性與來源作介紹。

氙的特性與防護-談日本含氙廢水排放

15

本篇內容介紹日本福島核一廠含氙廢水排放計劃，以及太平洋洋流對日本氙排放後續的影響，並進一步說明此含氙廢水排放對我國附近海域氙的放射性所造成影響

美國 NCRP 最新出版報告之 研究議題簡介-II

作者 施建樑

美洲保健物理學會臺灣總會 理事長



作者延續前期(第 162 期)簡訊對 NCRP 178 報告“對流行病學研究的推導器官劑量與其不確定度”摘要報告的內容重點分享，再整理 2 份美國國家輻射防護及量測委員會(NCRP)新出版的報告的概要以饗讀者。

NCRP 179 緊急應變劑量學的指引 (2017)

本報告連接經訓練和配置的輻射作業人員，與所有其他類別的應變人員(如那些在應變一件放射性或核子事件中，被考量為負責緊急作業的應變人員)，在劑量學方面的間隙。

NCRP 179 報告對緊急應變劑量計指引，以補充三份過去 NCRP 出版物所提供在規劃對放射性或核子恐怖事件的應變上。本報告提供在一件放射性或核子事件緊急階段時，自然積累與管控輻射劑量的指引如表一，並聚焦在回答下列關鍵問題：

- 應變人員如何以最小的劑量學資源做決策，以管控總劑量與相關風險？

- 在輻射曝露發生前，當無法給每一位應變人員發出劑量計時，如何給應變人員指定一劑量限值？
- 對於沒有被訓練為輻射作業人員，其法規架構為何？
- 緊急作業人員被定義為那些將被召集來協助一件放射性或核子事件應變的人員；大家均知緊急作業人員的職業，並不會例行地曝露在較背景水平顯著高的輻射中。緊急作業人員並非傳統的輻射作業人員(亦即那些他們的職業涵蓋有輻射曝露，且是職業輻射劑量監測與防護方案的一部分)。雖然職業安全與健康管理標準，需要對緊急作業人員進行監視，但沒有其他法規要求他們應被提供劑量計。

本報告對最適化與改變目的之現有設備，討論可量測的方法；以及提供能幫助緊急應變管理者與規劃者工具，以確定對一特定任務有最佳可用的設備。

NCRP 179 報告有甚麼新的？

解釋緊急應變作業人員與傳統職業輻射作業人員，有甚麼不同？

- 有限的人員劑量計與劑量率設備之優先分配指引；
- 對於某一組織或工作的族群(代表人)劑量指定概念之申請；
- 對預期與回顧的劑量決定，利用或改變目的所有可用放射性儀器的策略；
- 確保曝露管制與劑量最適化的指引，是根據最佳可用的量測；
- 由防護和可靠度兩者與補償的預期，對劑量指定替代方法之建議；
- 最低度紀錄保存的考量；以及規劃註明對回顧的體內與體外劑量再建構，事件前設備選擇與採購，以及最起碼的訓練單元。

表一 事件緊急階段時的方案指引

	最優	良/替代方案	最低/代理方案
射源特性	放射性核種組成、曝露率、活度濃度、空間分布	曝露率及射源距離	輻射源標示
位置	位置(x, y座標)自動記錄	已知位置/地區	一般地區或區域之描述
時間	獨立記錄日期與時間	可用的參加人員/班次表	個人再收集或對其他活動的相關性
期間	自動記錄的在該位置所耗正確時間	可用的班次表或相同者	個人再收集或對其他活動的相關性
活動/工作	表格/記錄工作或行動場景	工作或行動的一般描述	因欠缺直接資訊所根據的假設

NCRP 180 游離輻射曝露的管理：美國的輻射防護指引(2018)

因 NCRP 116 係於 1993 年出版，而現今在有關游離輻射生物效應的知識已大有進展，特別地是有關癌症方面。除外，癌症以外的健康效應如心血管疾病與白內障被視為新興的潛在重要且必需關切。有關建立倫理準則及它們在輻射防護應用的討論，未曾被在 NCRP 116 內介紹；更進一步的，日本福島核反應器事故及在美國核子或放射性事件潛在性，以及對游離輻射醫用造成的曝露群體的增加(特別的在電腦斷層掃描(computed tomography, CT)檢查、正子發射斷層掃描(positron emission tomography, PET)及核子醫藥過程)，已經使美國增加了對輻射防護指引重要性的體認。

在 2007 年，ICRP 出版了對於放射性防護體系的修正建議(ICRP 103)。緊接著，有一份在組織反應(亦稱確定效應(deterministic effects))之重要 ICRP

報告，包括有早期與慢性效應(ICRP 118 報告)，於 2012 年出版。當在美國輻射防護的目標與國際社會相同時，但仍有一些為達成這些目標不同的特定方法。NCRP 輻射防護對人類曝露的準則，目前表示為：正當性、防護最適化及數字防護準則(為個人劑量管理)。當對於某一特定曝露情況有一數字防護準則時，則首要目的為符合防護準則，接著防護的最適化應被應用。這些不同在本報告中，亦有所討論。

NCRP 宣布美國最新的輻射防護指引 NCRP 180 出版了；這份報告包括 NCRP 為輻射防護指導做出主動決策的建議；NCRP 的建議是美國在輻射防護計畫的基準。這份報告主要是提供給負責曝露於游離輻射個人健康的聯邦與州官署，以及那些負責保護非人類動植物遠離射源的官署；這份報告亦提供有用的資訊給保健物理師、醫療物理師、醫生及其他醫界專業

者、輻射安全官員、管理者、作業人員、民眾成員與媒體。

NCRP 180 報告給在所有曝露狀況下，整體的與一致的輻射防護，敘述防護全球應用的最適化，確保從考量社會、經濟與環境特質的利益，註明出所有危害，以及若有理由如此做的時候，就努力地持續改善。這份報告包括對個人劑量管理的數值準則，來提供對防護的一個適當的基準。建議的準則，受對射源的型式與知識、有沒有一件適當的輻射管控制計畫，以及在射源介入前是否該計畫已被建立所影響。

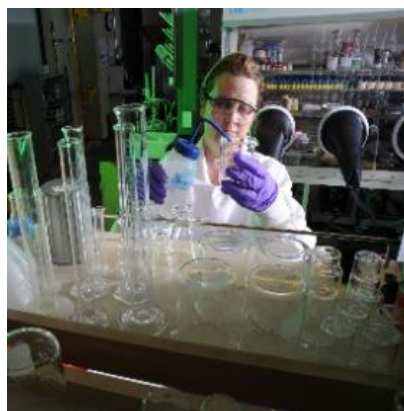
如圖 1 照片所示，表示某些在這份報告中討論過的輻射防護種類，包括醫用、作業人員安全與天然放射性物質；民眾安全包含敏感性群體；環境防護；緊急應變；以及研究與工業用。

本報告包括在過去 25 年新興的新題目，並建立在許多自前 NCRP 116 報告(1993 年)後，NCRP 頒布的各報告建議中。醫用曝露處理顯著地擴大，包括對病人、涵蓋照顧者與生物醫學研究志願參與者；緊急作業人員定義為一新的曝露種類，且 NCRP 建議他

們應與職業曝露人員或民眾防護分開處理。環境保護包括非人類動植物，而被涵蓋在建議中，以支持在國家環境保護法之決策。

除了游離輻射的人類生物效應知識外，倫理價值、利害關係人的保證及安全文化，被強調為給輻射防護的決

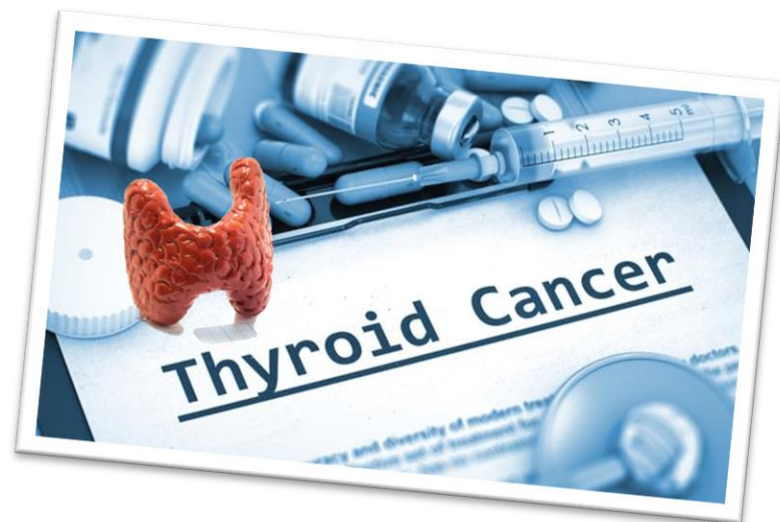
定與實踐。倫理價值支持在複雜情況下的決策；利害關係人為有關他們的輻射曝露管理及可持續與可合適決策的達成；以及一個強有力安全文化是有效輻射防護計畫的本質。



圖一 輻射防護指引所關注的輻射防護類別

核醫 ^{131}I 治療或檢查的注意事項 與照護者的說明

作者 俞長青
高雄榮民總醫院核子醫學科組長



前言

說到放射性同位素，民眾常容易聯想到核武、核能電廠事故，輻射鋼筋汙染...等，例如車諾比事件，至今已過35年仍留下不可抹滅的記憶，當地小孩經長期追蹤目前也已經証實因事故初始吸入碘(主要是 ^{131}I)致發生甲狀腺癌的比例增加許多。但同樣的放射性同位素如能善加利用，在造福人類例如醫學上，卻能對疾病之診斷與治療有莫大之貢獻。



圖一 放射性同位素的應用

我們來介紹放射性同位素碘-131 對乳突性及濾泡性甲狀腺癌診斷之重要性。癌細胞與正常細胞之不同是因在營養充足情況下，它會不斷地分裂與生長。更可怕的是癌細胞會順著淋巴液或血管到處亂竄，臨床上稱之為遠端轉移。就濾泡性甲狀腺癌而言，最可能發生轉移的部位是肺部與全身之骨骼。由於這兩種癌細胞會不斷分裂，但速度通常很慢，因此在轉移後，往往仍可控制很多年。病人在接受手術後一個月，對癒後較不好的病人如腫瘤 1.5 公分以上，45 歲以上，淋巴腺或軟組織有侵犯之病例，我們首先會給病人服用低劑量之放射性同位素碘 131。在 24 至 48 小時後，再作來全身掃描。若癌細胞轉移到身體其他部位，因為它攝取了放射性同位素碘，此時便會在全身的掃描中顯影出來。由於同位素攝影比x光敏感，往往在 X 光尚未看到有癌細胞轉移，同位素攝影就可以看出來了。要了解病人是否有遠端轉移，當然也可以用其

他攝影方法進一步加以証實，如電腦斷層攝影，核磁共振，正子射出斷層攝影。癌細胞轉移的治療可考慮手術、放射性同位素碘 131、體外電療或化學治療等方式。臨床上需依不同之病例採用不同之治療方式，且有時需幾種方式搭配使用。以期得到最大之治療效果與最小之副作用。

在核子醫學的幫助下，早發現、早治療以及精準醫療都將進一步得以實現。當需要診斷某些疾病時，核子醫學科醫生會將含有放射性的藥物經口服或注射到病人體內。應用核醫學診斷設備，可以清晰地看到這些放射性藥物在人體內的特異性分布，從而幫助醫生了解疾病發生或發展狀況，得到準確的診斷依據。例如分化性甲狀腺癌發病率比較高，分化性甲狀腺癌在治療上很重要的一個環節就是需要用到放射性同位素 ^{131}I (碘-131)，由於發病率比較高，對於核子醫學的需求也就明顯上升，這也是核子醫學快速發展的一個很重要的原因。



圖二 碘 131 治療隔離病房內配有視訊對談設備及專屬抽吸設備與衛生系統

I-131 病房的輻射安全考量

由於放射性碘在病患體內經過 24 小時約有 76% 的活性會隨排泄物、尿液、汗、唾液.....排出體外，因此病房設置除了屏蔽考量外，應設有專屬的抽氣設備及衛生系統，不可與其它病房共用。而病患尿液應收集貯存於放射性廢液槽待合於排放標準再行排放。在病房內地板應鋪以吸水紙、用具則以塑膠膜包裹，待下一病患住入再行更換。上述注意事項都是以合理抑低 (ALARA) 為考量，希望在每一病患或醫療人員進入病房時能減少曝露。在患者住院過程中常會詢問的問題有：「住院期間家人是否可來訪？」「出院後和人接觸是否有危險？」「住院中所使用的用品是否有放射性及可不可帶回家？」

國內目前具有放射碘治療隔離病房之醫院，在設備上均配有視訊及電話對講設備如圖二，因此訪客探訪較無輻射直接曝露的問題且親友的探視對於病患病情的幫助上應屬正面。若訪客有需要與病患直接接觸，則進入病房時須接受輻射防護師指導並需配帶個人劑量計，進入病房與病人距離應保持二公尺以上，且時間不超過一小時，孕婦和兒童不允許探視病人。而病患何時可出院？如病患家屬 <45 歲而 1 米曝露量率 <11mR/h(毫侖琴/小

時)即可外釋，而根據本院(高榮)的經驗除少數 200mCi(毫居里) I-131 病患外，大部分病患在 3 天後其 1 米處曝露量率均在 0.2-1.2mR/h(毫侖琴/小時)之間，遠低於法規限值，因此外釋毫無問題。病患在出院後，一般建議在一週內應與家屬保持 1-2 米以上距離，並分房睡覺，這些建議都是希望病患家屬可以減少不必要的曝露。

碘 131 治療隔離病房內配有視訊對談設備及專屬抽吸設備與衛生系統

核醫掃描患者的輻射劑量

- 單一正子掃描的全身劑量約為 5-10 毫西弗。目前多數的正子掃描斷層攝影皆配合診斷用的電腦斷層掃描 (PET/CT)，總劑量約在 20~30 毫西弗間。
- 前述電腦斷層掃描部分的劑量差異較大，有可能占總檢查劑量的 50%-80%，如果電腦斷層掃描 (CT) 使用篩檢用低劑量程序 (low dose protocol for screening test)，則電腦斷層掃描的劑量可能低於 5 毫西弗，使得總檢查劑量介於 10-15 毫西弗間。
- 建議病患在接受核醫檢查後，可以多喝水，將多餘的放射性同位素排出體外；雖然接受核醫檢查的病患對周遭人員輻射曝露的影響微小，

但核醫藥物注射後的初期應避免與嬰幼兒做近距離長時間的接觸。還有可能需注意的，在可能設有高敏感度的輻射偵檢器的公共場所，例如醫院的放射腫瘤科，垃圾掩埋場，機場...等處，用以防止恐怖行動或是偵測輻射異常物，核醫病患若剛做完檢查經過前述場地時，可能會引起警報作響。此時無須驚慌，只要告知警衛人員剛做完核醫的檢查，應可解除誤會。

核醫檢查陪伴家屬的輻射安全

一般陪伴核醫檢查病患的家屬或是醫院其他單位的醫護工作人員，接觸病患放射線的機會比起核醫工作人員要少的多，因此接觸病患所額外增加的輻射劑量，一年不至超過 0.1 毫西弗 (mSv)，可以忽略是不用擔心的。

雖然一些民眾有時仍會談「輻」色變，也對有關的檢查心存疑慮。其實核子醫學的各項檢查對人體的影響微乎其微，更遠小於帶給患者的好處。隨著核子醫學技術的發展，將會有越來越多的放射性藥物應用於疾病的診斷和治療中，讓更多的患者受益。因此，上述所談所介紹的措施，就算沒有完全這樣做，也不會因此遭受危害，病患或是陪伴的家屬也無須因此過於緊張，而病患對周遭人員所曝露的劑量也是在「安心」的範圍內。



訓練班課程(110 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

A3 高雄 文化大學推廣部

7 月 27 日~8 月 3 日

A4 新竹 帝國經貿大樓

8 月 3 日~8 月 10 日

B 組 18 小時-登記類

B8 台北 建國大樓

5 月 12 日~5 月 14 日

B9 高雄 文化大學推廣部

5 月 19 日~5 月 21 日

(取消)

B10 台中 文化大學推廣部

5 月 26 日~5 月 28 日

(取消)

B11 新竹 帝國經貿大樓

6 月 8 日~6 月 10 日

(延至 7 月 12~7 月 14 日)

B2 台北 建國大樓

7 月 7 日~7 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 38 期

新竹 帝國經貿大樓 (延期)

第一階段

7 月 19 日~23 日

第二階段

7 月 26 日~30 日

第三階段

8 月 11 日~13 日

第四階段

8 月 16 日~20 日

新竹 清華大學

5 月 11 日 (上午&下午)

高雄 科學工藝博物館南館

6 月 3 日 (上午&下午)

台北 建國大樓

6 月 17 日 (上午&下午)

(因新冠肺炎疫情影響，高
雄 - 6 月 3 日及台北 - 6 月
17 日場次於 6 月 17 日合辦
遠距教學)

台北 建國大樓

7 月 13 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 20~4 月 21 日

鋼 2 新竹 帝國經貿大樓

4 月 28~4 月 29 日

上課地點

台北

建國大樓：台北市館前路
28 號

新竹

經濟部專研中心：新竹市光
復路二段 3 號

帝國經貿大樓：新竹市光復
路二段 295 號 20 樓

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)；
314 林珣汶 (專業人員)；
315 邱靜宜 (鋼鐵建材、放射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

- ➔ 行政院原子能委員會「110 年第 1 次輻射防護專業測驗與輻射安全證書測驗及格人員名單」。 [訊息連結](#)

「110 年第 1 次輻射防護專業測驗與輻射安全證書測驗及格人員名單」已公布於本會網站，請點選下方(附檔下載)即可下載瀏覽。

相關連結：[附檔下載\(1\)](#) / [附檔下載\(2\)](#) (發布日期 110 年 6 月 7 日)

國內新聞

- ➔ ETtoday 新聞雲報導「經濟部：歷年台電核廢水無異常排放 輻射影響僅「法規限值的千分之一」訊息連結

日本政府決議 2 年後將稀釋過的福島核廢水排入太平洋，引發周邊國家不滿。駐日代表謝長廷舉證指台灣核電廠也有排放含氚的核廢水，原能會強調作法符合法規。經濟部報告則指出，台電各核電廠歷年放射性廢水排放及監測結果，均在正常狀態，而歷年放射性物質排放對民眾造成的輻射影響僅為法規限值的千分之一左右，遠低於天然輻射的環境輻射劑量。

立法院內政委員會 26 日排定海委會、原能會、經濟部等相關單位針對「日本擬排放福島核廢污水對國家海域環境安全之影響」進行專題報告。根據經濟部送抵立法院報告表示，各核能電廠每年對氚的排放管制，均遵照游離輻射防護安全標準進行監測與管制。

經濟部指出，檢視台電公司各核能電廠歷年放射性廢水排放及監測結果，均在正常狀態，無任何異常排放；且評估歷年放射性物質排放對民眾造成之輻射影響僅為「法規限值 (1 毫西弗/年) 之千分之一左右」，遠低於天然輻射的環境輻射劑量 (1.62 毫西弗/年) 。

日本對外表示 2023 年才會正式開始排放福島核能電廠輻射廢水，預計要 30 年後才排放完成。經濟部表示，針對可能受影響海域之鄰近國家，政府除已透過駐外單位，廣泛蒐集各駐在國政府及當地輿論反應外，並密切注意相關情勢的發展。政府將會與相關國家進行諮商，瞭解國際貿易規範之相應作法，積極採取保護國人生命健康的相關貿易措施。

經濟部表示，目前政府正進行能源轉型，未來核能電廠將如期除役，在核能電廠運轉期間，經濟部將持續督導台電公司做好核能安全管理，以確保供電穩定與民眾身體不受影響，此外，經濟部也會密切注意日本所採取的措施，並密切與鄰近國家諮商以為因應，以維護國民身體健康。(發布日期 110 年 4 月 25 日)

- 聯合新聞網報導「日排核廢水原能會月底公布近海域輻射監測結果」。 [訊息連結](#)

日本拍板福島核電廠輻射廢水兩年後排海，立法院內政委員會今邀請海委會副主委蔡清標等部會列席專案報告並備詢。蔡清標指出，未來會持續與原能會共同合作採樣及適時公布海域輻射監測結果，安定民心。

蔡清標指出，現階段海委會和原能會共同辦理輻射監測調查計畫，建立海域輻射背景值，自 2019 年起協助辦理海水 93 次及岸際沙土 20 次的取樣作業，今年計畫取樣 18 次海水及 12 次岸際沙土，預計 4 月底前完成 9 次海水及 6 次岸際沙土取樣，送原能會檢測。

海保署在去年 5 月及 10 月，提供台灣及離島近海海域計 18 個取樣監測點的水樣，總計取樣 36 件送原能會檢測。原能會輻射監測結果，預計於 4 月底在海保署 iOcean 海洋保育網中公布。

海委會表示，原能會核能研究所與海委會國家海洋研究院，合作研提「國家海域放射性物質環境輻射監測及安全評估整備計畫」，國家海洋研究院負責海洋擴散模式開發暨生態系統調查。

計畫內容包括日本福島核廢水傳輸擴散緊急應變模擬分析，依據海洋環境、排放情境，模擬福島含氚廢水的近、遠域以至大洋傳輸擴散情形、氚的衰變及抵達台灣海域的時間，資料供原能會及相關部會緊急應變。

同時，先期部署建置台灣北部海域核汙染浮標即時監測站一座，收集「含氚廢水排放前」海水背景輻射值。以及建立海域生態系核汙染現況基線資料，做為後續日本核汙染廢水排放後比對所需資料。蔡清標表示，將提供國際海洋法及國際協商機制等資料，以利與日本政府溝通及交涉。

蔡清標說，未來會持續加強與原能會、農委會等相關部會的橫向聯繫，以及時應處相關議題，確保周邊海域安全，降低台灣漁業的衝擊，確保民眾安全。

(發布日期 110 年 4 月 26 日)

- 行政院原子能委員會發布 110 年 4 月 28 日媒體報導「核二廠除役卡關台電告贏新北市府 侯友宜：守住安全、環保才是贏家」之回應說明。 [訊息連結](#)

有關 110 年 4 月 28 日媒體報導「核二廠除役卡關台電告贏新北市府 侯友宜：守住安全、環保才是贏家」，其中新北市府所關心核二廠排放議題，原能會基於輻射安全主管機關立場，謹說明如下：

一、核電廠放射性廢棄物處理上，因涉及民眾安全與環境保護，核電廠會以高規格嚴謹方式審慎處理，以確保環境安全，不會造成危害。台灣的核能電廠運轉，跟全世界所有電廠都一樣，在運轉維修過程中，或多或少都會產生放射性的廢水，但都會經過吸附、蒸餾、除礦等方式，去除放射性物質，儘可能回收處理。惟其中無法經過過濾和吸附處理的氚水與微量放射性物質，也會確認符合法規標準並即採取合理抑低措施後，才會排入海洋。原能會也會要求各核電廠針對排放廢水應予以分析，並於各排放口設置有輻射監測警報器，以確實掌握廢水排放濃度，原能會輻射偵測中心也會進行平行監測，檢測結果均符合法規標準。

二、有關新北市政府關心核二廠排放的廢水濃度是否符合法規標準？以核二廠 109 年放射性廢棄物排放結果為例，經由廢水排放之核種包含鈷-58 (2.0E+07 貝克)、鈷-60 (1.18E+08 貝克)、銻-137 (1.79E+07 貝克)、銻-138 (4.82E+05 貝克) 等，經台電公司評估，對民眾造成有效劑量 0.124 微西弗，僅約為民眾劑量限值 1 毫西弗的萬分之一，民眾亦可安心。原能會也會將國內核電廠放射性廢水排放資訊，在官網公開透明揭露，以供社會大眾查詢。

三、原能會本於全民的原能會施政理念，會以公開、透明、專業立場，嚴格監督核電廠執行各項安全作業，為民眾安全把關。(發布日期 110 年 4 月 28 日)

- ➔ 中時新聞網報導「政府耗龐大預算做含氬水監測 專家：不如從源頭做起」。[訊息連結](#)；原能會回應「有關 110 年 5 月 4 日媒體報導「政府耗龐大預算做含氬水監測專家：不如從源頭做起」乙文，原能會之回應說明」。[訊息連結](#)。

日本政府 4 月 13 日決議將福島第一核電廠的稀釋含氬處理水於 2 年後分批排入海，但讓人最擔心的莫過於處理水中含有氬之外的放射性核種，清華大學原科院院長李敏表示，氬水在經過海水稀釋後已經很難測出，與其花大錢做含氬水監測，不如台灣的技術人員到福島第一核電廠從儲水槽中取樣進行量測，並和日本提出的紀錄進行比對，「謝代表為了日本盡心盡力，相信他可以安排這件事。」

針對日本決議福島第一核電廠的含氬處理水排放，原能會提出相關應對計劃，即核研所與國海院共同研提「國家海域放射性物質環境輻射監測及安全評估整備計畫」來監測海洋中的輻射物質濃度；農委會也強調，若日本排放的含氬廢水確實造成台灣漁民權益受損，一定會向日本求償。

李敏指出，台灣與福島相距 2000 公里，福島電廠釋出的氬並不是走直線來台灣，而是隨著洋流走更長的距離，現在從台灣外海取海水樣品真的能夠量到什麼？況且海水本來就有氬，背景值約每升 0.4-1.2 貝克，台灣核電廠也會排放含氬處理水，就算量到的數值與背景值有差異，要怎麼能證明測量到的氬來自日本福島？

李敏解釋，與實際排放的氬濃度。排放水入了大海，海水稀釋後，就很難測出來了，能夠做的只能是測量海產的放數性核種的含量，如果要讓台灣人民安心，與其花大錢做事後的偵測，不如包括台灣技術人員的國外團體到福島第一核電廠自儲水槽取樣量測，並與日本提出的紀錄進行比對，韓國在日本宣布要排放廢水時，表達強烈的立場，但是後來的立場是如果排放的廢水符合國際的規範就可以接受，但台灣呢？謝代表為了日本盡心盡力，相信他也能安排。

他說，當測量樣品中的氬活度到多少時才能確定福島の氬「抵達」台灣？當測量到的氬活度值為多少時才能確定台灣漁民權益受損？另外，國際上有這種極低輻射劑量傷害求償的案例嗎？這些都是科學問題，不涉政治口水，政府既然要花大筆的鈔票做這些事，總該先預期結果吧？這些原能會的技術幕僚應該告訴大家。」(發布日期 110 年 5 月 4 日)

- ➔ 經濟日報報導「日核電廠事故 10 年 新加坡將解除福島食品限制」。[訊息連結](#)

日本福島核電廠事故發生至今逾 10 年。新加坡自去年 1 月有條件擴大放寬福島食品進口後，將進一步解除福島食品進口的限制，不再要求放射性物質檢查及食品原產地證明。

福島第一核電廠在 2011 年 311 大地震遭受海嘯侵襲後發生核子事故，隨後包括新加坡在內的許多國家紛紛禁止福島等核災區食品進口。近年有不少國家逐步放寬相關限制，新加坡自 2014 年起逐步放寬對包括福島在內等日本核災區食品的進口限制，並於 2020 年有條件擴大開放福島食品進口。

星國外交部並指出，目前福島進口到新加坡的食品須附上出口前的檢測證明及原產地證明，新加坡對此食品安全監測結果感到滿意，將解除這些限制。

新加坡食品局資料顯示，星國於 2020 年 1 月擴大開放福島食品進口，但條件包括須附上食品原產地證明及放射性物質檢查符合安全標準的證明。

據新加坡網路媒體慈母艦 (Mothership) 報導，2018 年日本食品進口僅占新加坡進口食品總量不到 1%。(發布日期 110 年 5 月 27 日)

➔ 財訊雜誌報導「比爾蓋茲新一代核電廠將誕生！坐落美國懷俄明州待退役煤電廠」。 [訊息連結](#)

微軟創辦人比爾蓋茲 (Bill Gates) 投資的新型核電廠將有去處，未來泰拉能源 (TerraPower) 與太平洋電力集團 (PacifiCorp) 的新一代核示範廠將坐落在美國懷俄明州待退役的燃煤發電廠。

新型鈉反應爐 (Sodium) 預計發電容量為 345 MW，搭配的熔鹽儲能可將多餘熱能儲存起來，在用電尖峰時提供 500 MW 發電額度。這種小型核反應爐採用的燃料跟傳統反應爐不同，被視為是一種關鍵的無碳技術，比風力發電和太陽能等間歇性能源更為重要，比爾蓋茲表示，新一代核示範廠的鈉反應爐和熔鹽儲能系統，比傳統核電廠更安全，成本也更低。

蓋茲的泰拉能源、以及股神巴菲特 (Warren Buffet) 波克夏海瑟威 (Berkshire Hathaway) 所持有的太平洋電力集團表示，將在年底前公佈鈉反應爐示範廠的確切地址。

懷俄明州是美國最大煤礦開採州，但隨著公用事業電力公司轉向使用更便宜與乾淨的天然氣發電，採礦大州盛況已不復從前，未來將有許多燃煤電廠面臨提早關閉命運，不過懷俄明州同時也是最大的鈾礦採礦地，這或許也是泰拉能源選擇此地的原因之一，除了鄰近礦山，更可透過既有的輸配線路傳送電力，並提供當地就業機會。

比爾蓋茲視訊表示，團隊認為鈉反應爐將改變能源產業的遊戲規則，懷俄明州在過去一世紀以來都是能源領導者，希望團隊在鈉反應爐的投資，可以幫助懷俄明州在未來幾十年內維持領導地位。

泰拉能源總裁兼執行長 Chris Levesque 表示，新型核電廠成本約數十億美元，其成本將由政府與企業平均分攤，建設則需要 7 年時間。泰拉能源 2020 年曾預估，工廠將耗資 10 億美元。

不過也有報告指出，核電專家警告新型反應爐燃料的濃縮比例比傳統電廠更高，連帶風險也可能更高，燃料供應鏈更容易被激進分子鎖定，而 Levesque 強調，因廢料大幅減少，新核電廠也讓核污染的風險下降。(發布日期 110 年 6 月 7 日)

氚的輻射特性與來源

作者 陳清江

義守大學醫學影像暨放射科學系 兼任副教授



前言

日本政府於 2021/04/13 周二宣布，經過審慎的評估後，預定兩年後將現存福島核一廠含氚廢水排入海中，這一決議立即引起當地漁民以及周邊鄰國的強烈不滿。在國內也掀起輿論界的關注，引發環保團體、漁民和在野黨的反對聲浪。

2011 年 3 月 11 日，日本東北地區發生 9 級強震以及伴隨而來的大海嘯，使得東京電力公司的福島第一核電廠嚴重受損，三部反應爐爐心融毀。為了冷卻反應爐心必須持續用冷水降溫。使用後的冷卻水被抽出進行處理後，大部份回收繼續作為冷卻用途，剩餘的廢水被儲存在 1000 多個儲水槽中。在福島核災事故的 10 年後，當地儲存的過濾廢水已經達到 125 萬噸，逼近儲存容量上限。估計容量 137 萬噸的儲水槽將在 2022 年達到極限。日本政府如今決定，目標在兩年後開始將福島含氚核廢水稀釋後排入海中。

氚的放射性

氚(Tritium)符號：T 或 ^3H ，亦稱超重氫，是氫的 3 個同位素之一，它會發生 β -衰變放出負電子與反微中子，蛻變成氦-3，釋放的負電子最大能量為 0.0186 MeV。它是能量最低的貝它放射核種，其物理半衰期為 12.3 年，生物半衰期只有 8-10 天。氚的化性和氫一樣，在環境中通常以 HTO 的化學型態存在。

氚是純 β 衰變核種，放出的高速電子射程很短，不會造成體外暴露，因此只有大量攝入氚才會對人體造成危害。在地球的自然界中，相較於一般的氫氣，自然界氚的含量極少，只占 10^{-18} ，又叫一個氚單位 (1TU = 0.118 Bq/L 水)

氚與氚之用途類似，都是製造氫彈的原料，氚還可做為不需電源、有自發光能力，供暗處識別用的氚燈管或夜光錶等自發光產品。

氚的來源

環境中的氚有三大來源，分別是宇宙射線產生，大氣層核爆釋放與核設施排放，另外以加速器生產工業用氚也可能釋放至環境中，生物科技以氚作為示蹤劑的研究與核子醫學的應用，也會釋放一部分的氚。

宇宙射線產生的氚

宇宙射線含有少量的高能中子，撞擊大氣層中的氮與氧會產生氚，其核反應機制為 $^{14}\text{N}(n, T)^{12}\text{C}$ ， $^{16}\text{O}(n, T)^{14}\text{N}$ 。另外由太陽宇宙射線直接入射的氚核也是自然界氚的主要來源，由外太空直接入射地球的氚核約為 0.16-0.20 個/平方公分·秒，在太陽閃光期可能增加兩倍。地球表面每年的氚產率約為 7.4×10^4 TBq，在平衡狀態下地球表面的氚儲存量為 9.6×10^5 TBq，分布在地表水、生物圈與大氣中，約 90% 存在地表水中，10% 存在平流層的水蒸氣中，以氫氣或甲烷形式存在的比例小於 0.2%。由宇宙射線產生的氚大部分以 HTO 的形式(99%)存在環境中，宇宙射線產生的主要放射性核種與分布參見表一。

表一 宇宙射線產生的主要放射性核種與分布

項目	放射性核種			
	氬	鉍 ⁷	碳 ¹⁴	鈉 ²²
半衰期	12.3年	56.3天	5730年	2.62年
每單位時間地表面積生成的原子數($m^2 \cdot s^{-1}$)				
對流層	840	270	11000	0.24
全大氣	2500	810	16000-25000	0.86
地球存在量(微克)	1300	37		0.4
地球存在量各場所占的百分比率 %				
同溫層	68	60	0.3	25
對流層	0.4	11	1.6	1.7
地表及生物圈	27	8	4	21
海面混合層	35	20	2.2	44
深海	30	0.2	92	8
海底沈積物			0.4	
地表大氣中放射活度(微貝克/立方米)		3000		0.3
地表水中放射活度(貝克/立方米)	200-900			
地上生物圈比活度(貝克/千克)			230	

表二. 歷年大氣層核爆所產生的氬評估

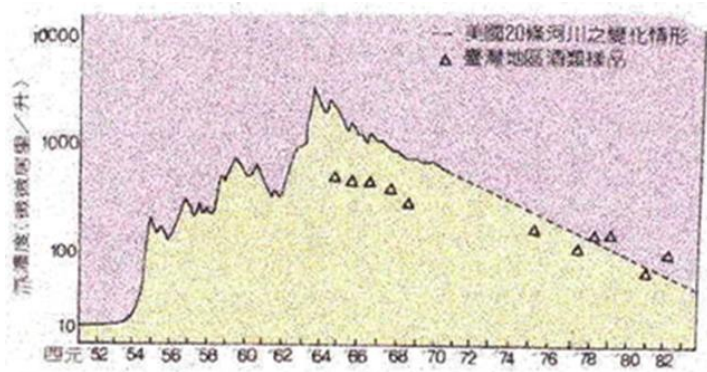
年代	原子彈 (百萬噸)	氫彈 (百萬噸)	氬 (百萬居里)
1945-51	0.71	0.05	0.55
1952-54	38	22	242
1955-56	13.1	14.9	163.9
1957-58	40	45	495
1959-60	0	3	35
1961	25	95	1045
1962	76	141	1551
累計		~300	~3100

核子試爆產生的氬

核子試爆產生的氬主要來自大氣層核爆，次要來源為地面核爆，地下核爆的氬可能汙染地下水，但不容易外釋到地表水中。由原子彈和氫彈核爆所產生的氬隨核分裂和核融合的威力而變，爆炸方式和爆炸場所的特性也會

影響氬的產率。氬的核分裂產率為 10^4 ，每百萬噸黃色炸藥(TNT)威力的核爆產生 1.4×10^{26} 次核分裂，可以產生 700 居里的氬，再加上各式中子活化產生的氬將達 20,000 居里。由核融合式的核爆所產生的氬遠多於核分裂式核爆，每百萬噸黃色炸藥(TNT)威力的氫彈爆

炸產生的氬高達 2 千萬居里。1963 年以前共有 520 次大氣層核爆，1352 次地下核爆，總共釋放 1.86×10^8 TBq 的氬。美國聯邦輻射委員會(FRC)統計歷年大氣層核爆所產生的氬如表二所示。



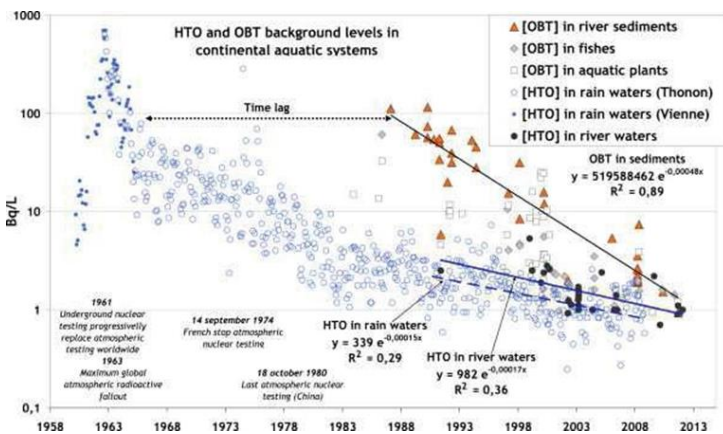
圖一 1963 年禁止大氣層核試爆條約生效前，地表水氚活度上升達千倍，之後約每 3.2 年降為一半。

大氣層核爆時產生大量氚注入同溫層，在同溫層的 HTO 滯留的平均時間約 1 - 2 年，再遷移回對流層，在對流層平均滯留約 26 日，再降至地表面或海面，其中一部分因蒸發再回到大氣中，如此長期在大氣圈至地表水及海洋間循環。1963 年禁止大氣層核試爆條約生效前，地球表面氚活度達最高值，隨後逐年降低，在 1963-1969 年間美國 20 條主要河川氚活度每 3.2 年降為一半，其變化如圖一所示。

在 1980 - 1982 年間空氣中水蒸氣的氚平均活度為 3.7 - 11.1 貝克/升，有季節性的變動亦與氣象條件有關。在北半球中緯度地區的氚活度最高，低緯度地區較低，南半球更低。每年春夏之交北緯 40-

46 度地區對流層與同溫層的氣流交換，形成春季尖峰現象，台灣位處北緯 23.5 度附近，春季尖峰現象比較不明顯。

地表水的氚大多以 HTO 的化學形式存在，也有少數會透過生物的吸收合成有機鍵結氚(OBT)，有不少調查研究顯示，有機鍵結的氚活度比較高，因此懷疑氚水在較高的營養水平下，會發生有機鍵結氚的生物濃縮效應。經過多年的研究證實，有機鍵結氚活度比較高的原因是它的新陳代謝速度比較慢，導致有數年的時間延遲。圖二是 2014 年在 Journal of Environmental Radioactivity 發表的論文，探討河川底泥、魚體和水生植物的有機鍵結氚活度，與雨水、河水中 HTO



圖二 河川底泥、魚體和水生植物的有機鍵結氚活度，與雨水、河水中 HTO 活度的關係。

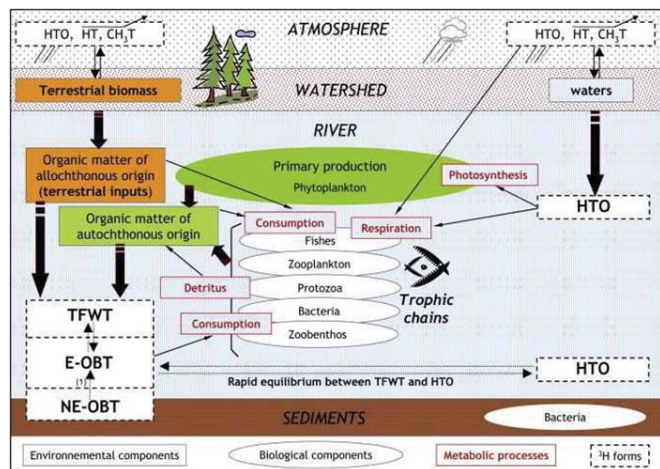
活度的關係，顯示河川底泥的有機鍵結氚 OBT 活度與雨水氚 HTO 有 20 年的時間延遲。

雖然一直有人懷疑氚的生物濃縮作用，應提高風險係數 2-3 倍，但是證據並不明確。ICRP 目前仍相信氚對人類造成的輻射劑量主要來自食用受污染的水而不是受污染的水產食品。

雨水、河水等地表水中 HTO 活度是不會累積的，透過大氣中水的蒸發與降雨循環，最後流入海洋而被稀釋，預期核爆產生的大量氚將在 2030 年降至天然背景的水平。氚在環境中的行為，大氣與地表水中 HTO 與 OBT 的循環如圖三所示。有機鍵結氚的議題未來仍需更多的證據，但這是個不容易得到確切結論的議題。

核反應器設施產生的氚

1959 年 Albenesius 首先證實氚可由核分裂反應產生，其分裂產率隨核種和中子能量而異，根據 Dubey 等人的研究報告，由鈾 235、233 和鈾 239 的分裂反應產生氚的產率 (fission yield) 在 0.68-1.75x10⁻⁴ 之間，若氚的分裂產率為 1x10⁻⁴，則一座功率為百萬千瓦熱量的反應器每天產生 13 居里的氚，由核分裂產生的氚大多儲存在燃料棒內，僅少部分滲透至冷卻劑中，因此由核分裂反應所產生的氚不易外釋至環境中。



圖三 氚在環境中的行為，大氣與地表水中 HTO 與 OBT 的循環圖

表三. 可能產生氚的中子活化反應方式與活化截面

反應方式	有效活化截面(邦)
$^2\text{H} (n,\gamma) \text{T}$	0.000316
$^3\text{He} (n,p)\text{T}$	3370
$^6\text{Li} (n, \alpha)\text{T}$	693
$^7\text{Li} (n,n\alpha) \text{T}$	0.0516
$^6\text{Be} (n, \alpha)\text{T}$	0.25
$^{10}\text{B} (n,\alpha) ^7\text{Li}$	3060
$^{10}\text{B} (n,2\alpha) \text{T}$	1.27
$^{12}\text{C} (n, \alpha) ^9\text{Be}$	0.0009
$^{14}\text{N} (n, \text{T}) ^{12}\text{C}$	0.44
$^{16}\text{O} (n, \text{T}) ^{14}\text{N}$	

註: 一邦等於 10^{-24} 平方公分

氚在反應器內也可由熱中子及快中子活化低原子序元素而生成。其生成反應如表三所示，中子活化反應所產生的氚較易隨冷卻劑外釋至環境中。

目前世界上的核能電廠以輕水式反應器(LWR)為主，估計每年由 LWR 反應器分裂反應所產生之氚約為 1.5~2.5 萬居里/百萬千瓦電力，使用鈾燃料所產生的氚約為此值的兩倍。其中約有 87% 存在燃料丸內，13% 存在鋳合金護套，僅 0.1~1% 外釋至冷卻劑中。壓水式反應器(PWR)的控制棒通常以銀、鈾、鎳的合金取代硼，其目的在減少硼因中子活化反應而產生大量的氚(參閱表三)，然而其一次冷卻劑以硼酸為初控棒，因此功率為百萬千瓦電力的壓水式反應器將因硼的中子活化反應而產生 700 居里/年的氚。此外，用來調整冷卻劑 PH 值的微量(2ppm)氫氧化鋰，將因鋰的中子活化反應而產生 18 居里/年的氚。

根據美國九座壓水式反應器和九座沸水式反應器的運轉經驗報告，氚的外釋皆採稀釋排放，對功率為一百萬千瓦電力的沸水式反應器而言，由燃料元件所洩漏的氚為 63 居里/年，與壓水式反應器由燃料元件外釋的氚大致相等，但壓水式反應器由中子活化反應而產生的氚高達 10 倍以上。因此同功率壓水式反應器每年排放的氚高達 830 居里，相當於沸水式反應器的 14 倍。亦即每天排放 2.27 居里的氚，因此壓水式反應器外釋氚的偵測是個引人注目的問題。

除了輕水式反應器以外，重水式反應器、快孳生反應器、專門生產氚的反應器和燃料再處理廠也會產生氚的外釋問題。

一部功率為一百萬千瓦的重水式反應器每年約產生 60 萬居里的氚，是沸水式反應器的 30 倍，這是由於中子活化重水中的氘而產生氚，每年外釋 0.1%。1990 年加拿大 Ontario 的重水式反應

器開始啟用氚減低設施(Tritium Reduction Facility, TRF)以減少高濃度氚的排放。

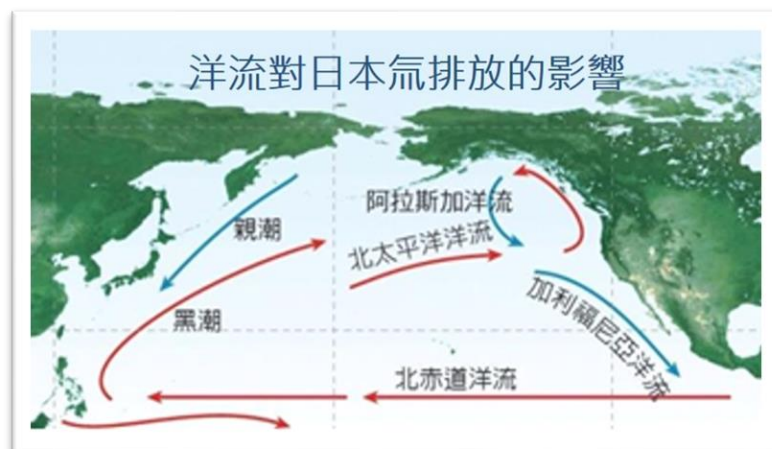
目前全世界有 460 部核能機組，根據 NCRP 62 號報告(Tritium in the environment, 1979.)的估計每年產生的氚約 27.5 百萬居里，氣態排放約 4 百萬居里/年，液態排放約 2.47 百萬居里/年，仍遠低於天然產生的氚 70 百萬居里/年。而在 1963 年由核子試爆所產生氚的累積量竟高達 3,100 百萬居里，由此可知人造氚的污染遠大於天然氚。雖然核能的開發與應用會導致氚的外釋，但與核爆所產生氚相比仍是小巫見大巫。

由國內 6 部核能機組的運轉經驗得知，四十餘年的運轉結果，核電廠周邊環境的氚並沒有顯著的升高，其它放射核種也鮮少被量測到，且皆遠低於天然背景輻射的水平。

氙的特性與防護-談日本含氙廢水排放

作者 陳清江

義守大學醫學影像暨放射科學系 兼任副教授



福島核一廠含氙廢水排放計畫介紹

目前福島核一廠含氙廢水被儲存在 1000 多個儲水槽中，在福島核災發生的 10 年後，當地儲存的過濾廢水已經達到 125 萬噸，逼近儲存容量上限。排放計畫方案 1. 將含氙廢水稀釋後，排入太平洋。

方案 2. 將含氙廢水加熱後使其蒸發入大氣中，使水蒸氣中的氙含量不超過每升 5 貝克，釋放入空氣中的放射性氙更難控制，而且可能隨風吹至遠方。

方案 3. 則是添購更多儲存槽，但是現場已經沒有空間可以增加儲存槽；或將污水排入地底深處，但最後還是會滲入大海。

日本政府強調，福島第一核電廠的核廢水在排放前會先經過稀釋，將濃度降低至日本國家標準的 1/40，以及世界衛生組織規定的飲用水標準 1/7。東京電力公司也表示，核污水經過多核種去除裝置 (Advanced Liquid Processing System, ALPS) 處理後，可以過濾掉 62 種放射核種，只有氙無法被去除。

若過濾後的數值仍然超標，則會重覆過濾程序。當氙被稀釋後緩慢排入海中，不會對人體或環境構成威脅，與核武器試驗殘留的成分相比，這只是很小的比例，而且很快就會被海洋稀釋到檢測標準(MDA)以下。日本在將核廢水排入大海前，會將放射性濃度稀釋至日本國家標準每升 60,000 貝克的 1/40 (1500 貝克/升)，這也符合國際排放標準。

截至 2021 年 3 月，核電廠區共存有 125 萬立方公尺的核廢水，經淨化系統處理後去除了放射性同位素 (除了氙)，符合當地排放至大海的標準。截至 2020 年 11 月，共有 27% 的經淨化廢水達到排放標準，其餘 73% 需要繼續淨化。然而，氙無法從水中分離。2019 年 10 月，水中的氙含量已達到約 856 TBq，平均濃度達每公升 0.73 MBq。專家認為，在一年時間內將廢水全部排放，當地人吸收的輻射劑量僅為 0.81 微西弗，而採取蒸發方法的輻射劑量為 1.2 微西弗。相較之下，日本人每年都會吸收 2100 微西弗的天然背景輻射劑量，其增加風險微乎其微。



圖 1. 福島核一廠的周邊佈滿 1000 多個核廢水儲槽，已經達到 125 萬噸。

表一 日本 311 事故釋放到大氣層和海洋中的碘-131 和銫-137 總量 (單位：貝克)

輻射源項	對象	期間	碘-131	銫-137
外釋	大氣層	3/12 至 5/1	2.0×10^{17}	1.3×10^{16}
	海洋	3/26 至 6/30	1.1×10^{16}	3.5×10^{15}
沉積	地表		7.4×10^{16}	5.8×10^{15}
	海洋		9.9×10^{16}	7.6×10^{15}
北太平洋總量(Gross supply to the North Pacific)			1.1×10^{17}	1.1×10^{16}

國際原子能總署認為估算數字準確，並建議須儘快制定核污水的處理計劃。儘管輻射劑量可忽略不計，日本委員會仍擔心污水會對當地經濟造成影響，特別是漁業和旅遊業。

福島核電廠 311 事故液態排放對台灣環境輻射造成之影響

2011 年 3 月福島第一核電廠因氫氣爆炸而嚴重受損，三部反應爐爐心融毀，為冷卻反應爐心的熱量，也曾經緊急排放大量的高強度輻射廢水，污染了周邊的海域，放射核種隨洋流漂向美加西岸，但經太平洋海水大量稀釋後，其濃度已經與低於 10 貝克/升。

日本(T. Kobayashi et al., 2013)估計，釋放到大氣層和海洋中的碘-131 和銫-137 總量列於表一，氙的外釋量則未評估。

日本福島地區外海剛好靠近北太平洋洋流親潮與黑潮交會處，也是重要漁場，冷熱兩股洋流交會後向東流向美加西岸，在 311 事件發生後，福島第一核電廠輻射污水流入海洋，影響範圍超過 5000 公里，這些放射性物質順著核電

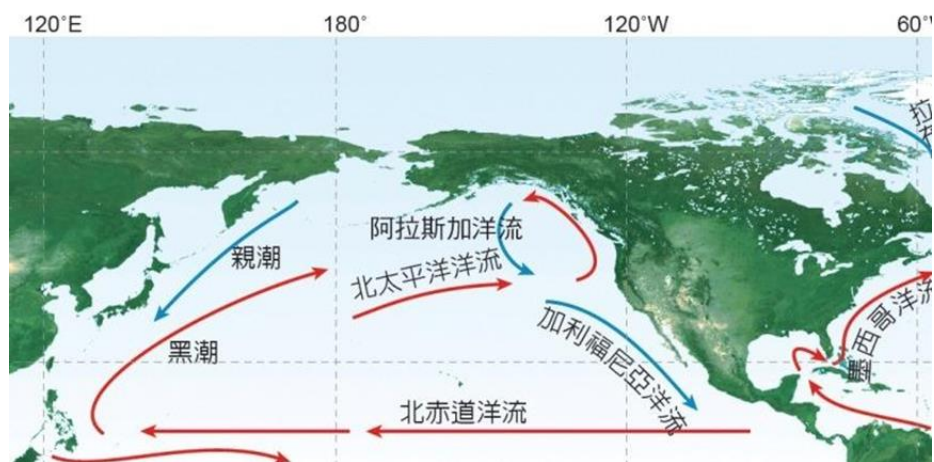


圖 2. 北太平洋主要洋流分佈圖(汪仔鰓等，2011)

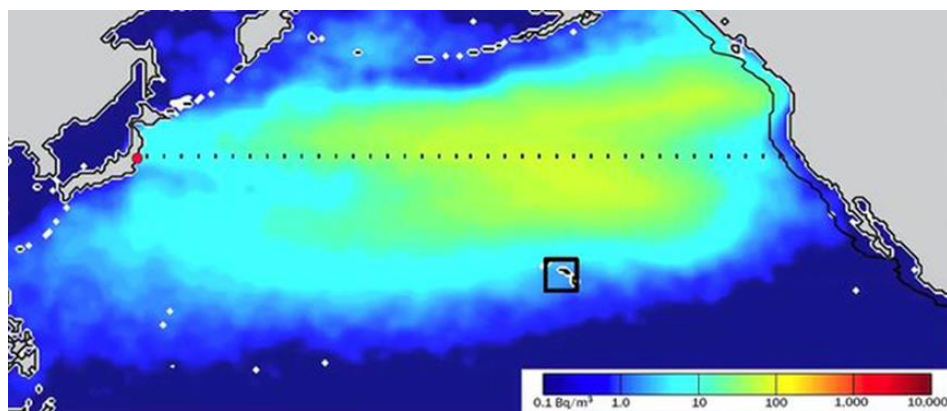


圖 3. 日本福島核災放射性污染北美地區海洋擴散示意圖(大公訓網，2014)

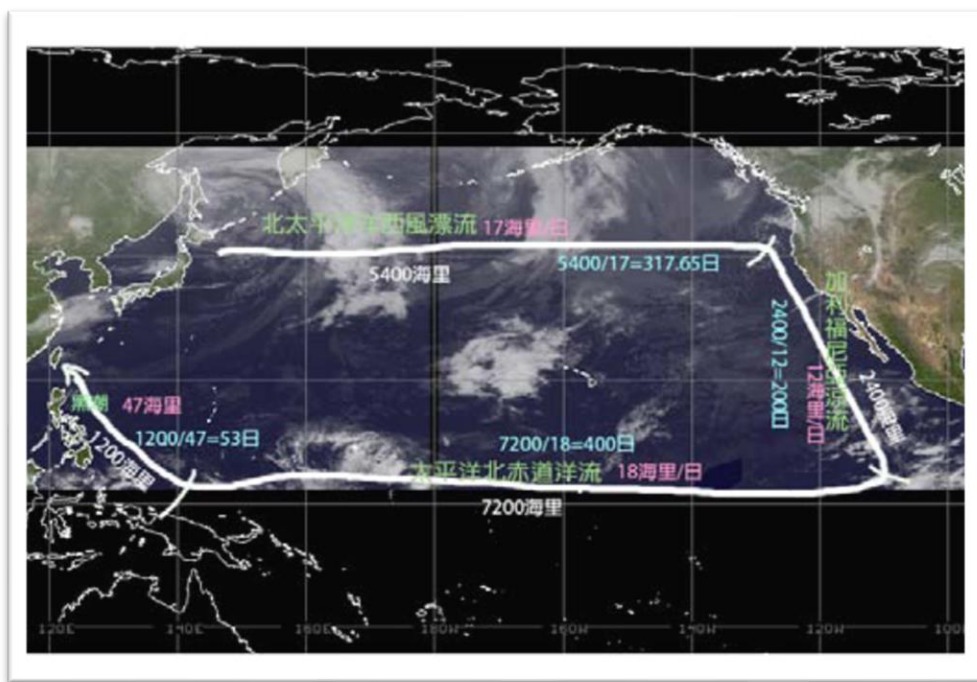


圖 4. 估計輻射物質隨著洋流擴散，漂流至台灣所需時間約為兩年又八個月。
(林宜璇等，2012)

廠沿岸流南下至水戶一帶後，才經黑潮帶往太平洋東岸方向，隨北太平洋環流循環。事故後在美加西岸有測得微量汙染核種鈾-137。

由於此次福島事故發生地點位於日本的東北地區海岸，距台灣大約 2200 公里，因此輻射海水要逆著黑潮表面洋流影響台灣並不容易，且隨著擴散的距離拉長，放射性碘-131 的半衰期僅短短的八天，會因活度衰減而不用顧慮，台灣位處太平洋西側邊陲地帶，推估受影響極微。

2014 年 2 月 24 日在夏威夷檀香山舉行的海洋科學會議上，來自美國伍茲霍爾海洋研究所 (Woods Hole Oceanographic Institution) 的科學家公布了福島核災對北美等地區的影響。由科學家對福島放射性元素的監控圖片如圖 3 所示，清楚顯示了從日本至北美地區海域，存在一大片受到福島核事故汙染擴散群。由北太平洋主要洋流分佈圖可以推測汙染核種的流向與分布。

圖 5 顯示，台灣東岸鈾-137 活度約在 0.001 貝克/升的水平。

假如福島核事故發生的季節在夏季，輻射污水流入海洋後，經由北太平洋洋流，流經加利福尼亞洋流，後隨著北赤道洋流回流到台灣。預估輻射物質回流到台灣的時間約為兩年又八個月(如圖 4 所示)(林宜璇等，2012)。

2014 年，我們收集近期海洋的放射性鈾-137 與氬活度數據來進行分析，包含事故發生前的海水以做比較，結果顯示放射性鈾-137 的活度皆低於儀器的最小可測值，於海水中僅測到微量氬的活度。由於氬水具有揮發性，會隨大氣和地表水之循環而擴散，而且核電廠例行排放也有氬核種，因此不容易判定其影響。若來自福島事故氣態排放氬最容易由雨水樣品測得，來自福島事故液態排放估計應於 2013 年 11 月以後出現，而且全部海域的氬均會升高；由台灣南北兩端核一、三廠表面海水氬數據看來(圖 5、圖 6)，都遠低於紀錄基準 10 貝

克/升，屬於正常變動範圍，且未出現各地點同時上升的現象，研判未受福島事故液態排放的影響。

未來福島核一廠含氬廢水排放可能對台灣造成的影響預估

由 2011 年 311 事故經驗顯示，當時未經處理直接排放的大量高活度核廢水，放射核種並沒有漂到台灣來。依歷年核三廠放射性物質排放年報，每年排放氣態氬約 1012 貝克(27 居里)，液態氬約 3.7×10^{13} 貝克(1000 居里)，經過大氣與海水的稀釋，環境中氬活度大部分還是小於 MDA(約 2 貝克/升)，因此預估未來福島核一廠含氬廢水排放不會對台灣造成影響。

未來福島核一廠含氬廢水排放前已經稀釋至 1500 貝克/升以下，經太平洋的擴散稀釋，將遠低於我國的紀錄基準 10 貝克/升以下，研判對台灣可能造成的環境影響極為微小，台灣現有的環境輻射監測機制，應足以應付可能的影響。若需加強監測，可以考慮比照 311 事故當時委由海巡署或漁民到附近漁場代為取樣以加強分析。也可以收集日本最新的海域偵測數據做為研判，決定是否增加取樣地點。

日本福島第一核電廠核災含氬廢水排放跨部會因應措施

為了因應未來福島核一廠含氬廢水排放可能對台灣造成的影響，原能會已經召集相關部會開了六次會議，審慎的決議：我國政府為了展現保障國內漁業及人民健康的決心，已組成跨部會因應平台，外交單位也持續協助蒐集訊息。原能會核研所、海委會國海院及交通部氣象局研提了「國家海域放射性物質環境輻射監測及安全評估整備計畫」，將整合安全評估技術，在短時間內迅速建立

台灣海域之預警系統，以跨部會整合解決具時效性的國家型任務；預計建置台灣海域放射性物質擴散預警系統、圖形化海域影響資訊公開平台，以期在充分準備下，建立核災含氚廢水在太平洋的擴散軌跡，提供預警分析與研訂短期必要監控之因應方針。

結論

氚是能量最低的貝它放射核種，在環境中很容易擴散稀釋，天然存在的氚活度很低，約一個氚單位(1TU= 0.118 Bq/L)，它對人體造成的劑量轉換因子也很低，因此容許排放活度相對偏高。

核子試爆曾經造成北半球環境中氚活度上升一千倍以上，目前已經降回天然水平，全世界有四百多部核能發電機組在運轉，也持續排放氚至大氣與水域中，但是環境中氚活度依然很低，日本福島第一核電廠311事故後曾經直接排放的大量高活度含氚廢水，並沒有漂到台灣來。未來福島核一廠含氚廢水排放，經太平洋的擴散稀釋，將遠低於我國環測規範的紀錄基準 10 貝克/升以下，海產物也不會有生物濃縮效應，政府也已經作超前佈署，民眾實在不必為此產生憂慮與恐慌。

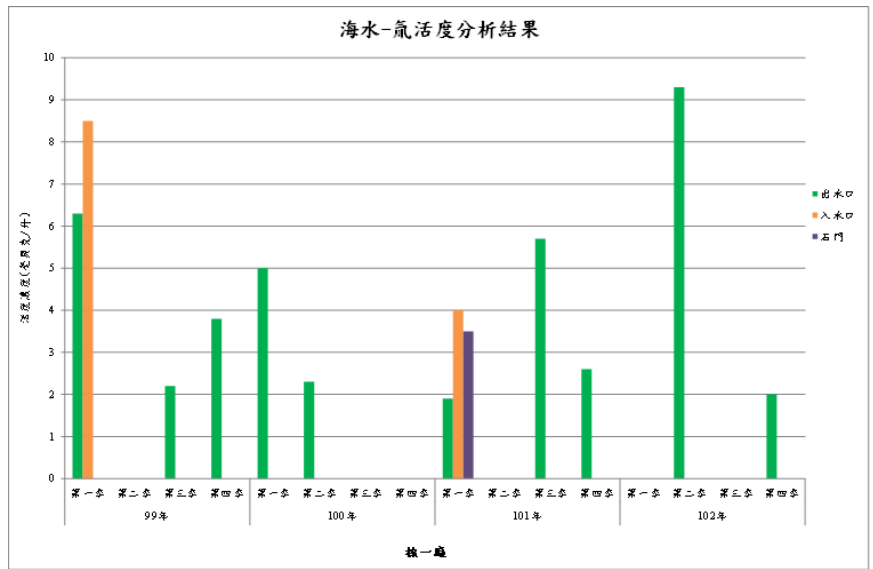


圖 5. 2000-2013 年核一廠海水中氚活度(毫貝克/升)

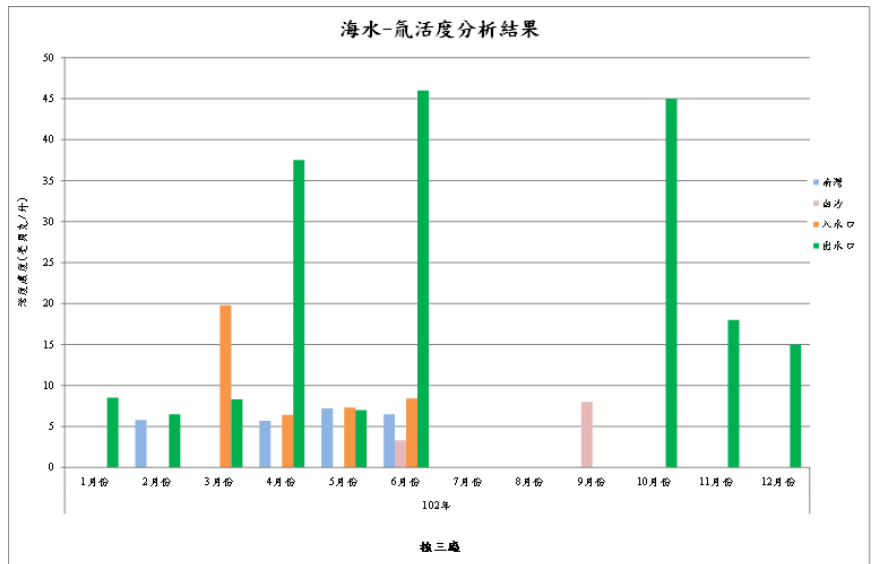


圖 6. 2013 年核能三廠海水中氚活度(毫貝克/升)

發行人
張似璵

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