

輻射防護簡訊

第 168 期

出刊日期 111 年 4 月 15 日

本期內容

CONTENT

放射治療技術-立體定位放射治療介紹

1

立體定位放射治療應用於腦部腫瘤、以及無法進行手術的早期肺癌，或是病患因年紀或體力因素不適合手術者，利用此技術可得到很好的療效。立體定位放射治療 已成為一種通用策略，廣泛應用於許多不同類型和階段的癌症。作者以其工作經驗撰文分享讀者。

放射性議題：日本福島核廢水氚排放背景 Q&A

4

日本預定在 2023 年後將現存福島含氚廢水排入海中，引起國內輿論的關注並引發環保團體與漁民等的質疑。因此，作者以 Q&A 的方式說明此議題的一些重要概念，並整理有關數據來協助關心此議題的民眾了解，本期先就部分基礎數據提出說明。

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

放射性議題：日本福島核廢水氚排放規劃 Q&A

13

值此福島核災屆滿 10 年之際，東京電力公司估計儲水槽的 137 萬噸容量將在 2022 年達到極限，日本政府預定 2023 年後將現存含氚廢水以 22 兆貝克/年的總量排入海中。因此，作者以 Q&A 的方式，釐清說明此議題的一些重要概念，協助關心此議題的民眾了解福島核廢水排放可能對台灣水域造成的影響。本期就處理措施與排放規劃內容說明。

淺談核醫碘-131 應用與防護實務

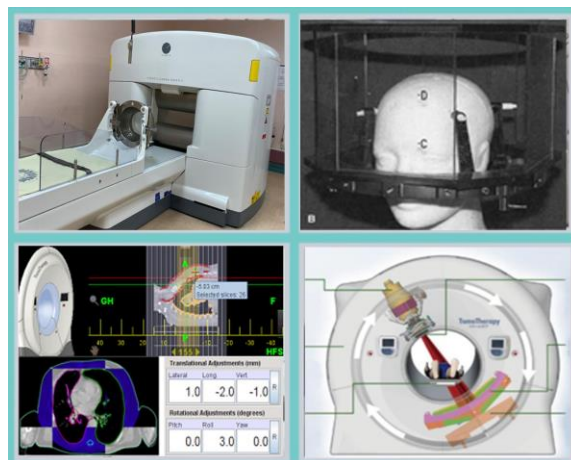
15

在甲狀腺癌之病例中，以乳突性甲狀腺癌與濾泡性甲狀腺癌最多，這兩種甲狀腺癌細胞均保有許多甲狀腺正常細胞之特性。若要研判術後有無發生轉移侵犯的病例，做法上會給予病人服用低劑量放射性碘 131。若發現患者體內有多處轉移，則治療方式可採高劑量之放射性同位素碘 131 治療。

放射治療技術-立體定位放射治療介紹

作者 鄭梅君

臺中榮民總醫院放射腫瘤部 醫學物理師



前言

放射治療的目的抑制或破壞增生細胞或症狀緩解，應用於治療良性瘤、惡性腫瘤或是緩解癌症轉移所造成轉移部位的壓迫阻塞引起的疼痛發炎等症狀。傳統放射治療的治療劑量以單次 1.8 至 2Gy (Gy, 戈雷為劑量單位)，視疾病種類與分期治療次數從 8 至 40 次，以分次劑量方式累積達到處方劑量，這樣不僅病灶處達到足夠劑量，周圍的正常組織也能在分次照射期間可以修復。立體定位放射手術(Stereotactic Radiosurgery)與立體定位放射治療(Stereotactic Radiotherapy)則針對直徑五公分以下的腫瘤，單次給予大於 5Gy 的劑量，以 1 至 5 次治療次數。利用單次高劑量

提高生物等效劑量 (Biological effective dose, BED)，提高對小體積病灶的大殺傷力。臨床療效已在腦轉移、肺轉移和肝轉移得到證實。

立體定位治療技術與儀器

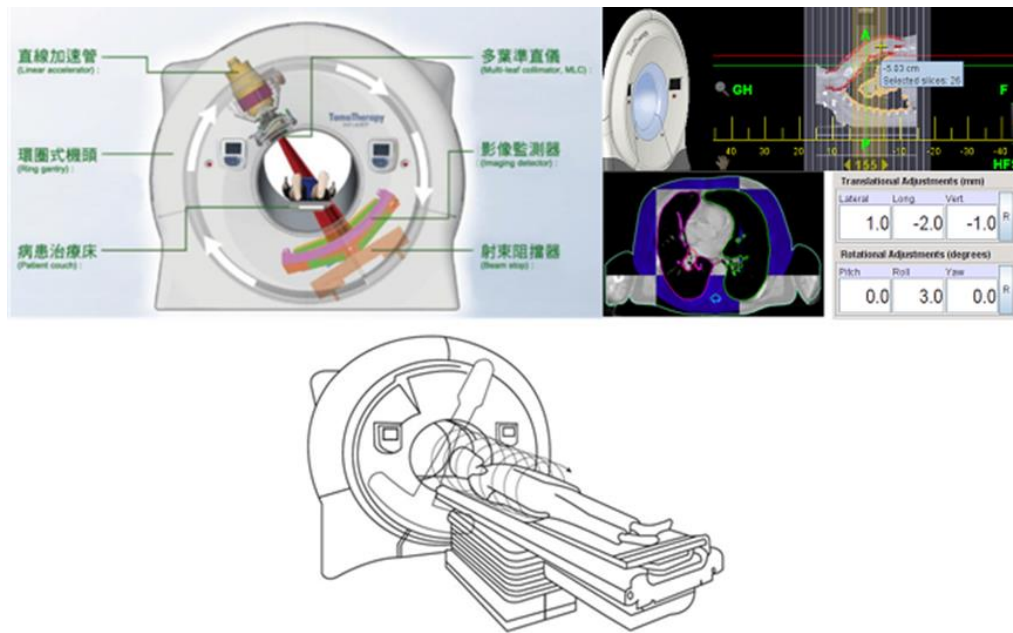
由於單次給予高劑量的技術，治療位置的精準度格外重要，如此才能將高劑量精準的照射到病灶部位。立體定位手術的技術以外科手術的概念採用單次大劑量的方式進行治療，治療前先於骨膜固定立體定位頭架，立體定位頭架提供三維座標系統，讓射束精準的照射病灶部位。設備有伽馬刀(Gamma Knife)以鈷六十射源之伽馬射線(γ -ray)和直線加速器系統光子刀。由於立體定位頭架它

屬於微侵入式，所以為一次療程的治療方式。

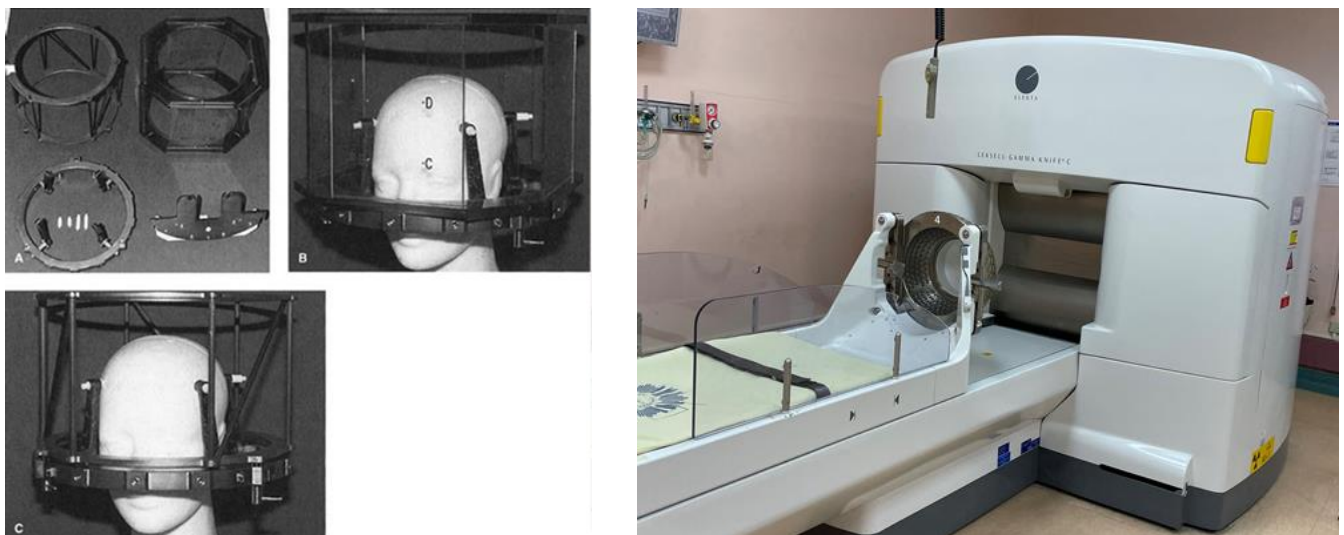
立體定位放射治療採用低分次療程，藉由製作治療部位的固定裝置或模具，提供治療位置的再現性和精準度。從頭頸部的部位，例如：頭頸部的面具與頭枕、到身體部位的真空墊等，提供病患治療期間位置的穩定度與準確性。設備有螺旋刀，或是真光刀新型的伽馬刀(ICON)可進行分次治療。

立體定位放射治療利用影像導引技術 (Image Guided Radiotherapy)來進行位置精準對位。

	治療次數	每次劑量	每次治療時間
立體定位放射手術	一次	大於 12Gy	1 至 2 小時
立體定放射治療	一般 3 至 5 次	大於 5Gy	5 分鐘至 1 小時
傳統放射治療	一般 10 至 35 次	1.8Gy 至 2Gy	5 至 10 分鐘



圖一 左上圖為螺旋刀設備構造圖。右上圖維影像導引技術主要可以協助接受治療的患者，不只是利用皮膚上的記號對位，更於每日正式治療錢透過例行掃描定位，來擷取當日最新之腫瘤與正常組織的影像，並評估腫瘤位置與預計治療範圍是否相符，而後利用機器的調整來確認每日治療的準確性。下圖箭頭為射束給予方式，在治療床前進的過程中透過直線加速管 360 度旋轉均勻的 X 光射線有效集中於腫瘤治療部位。



圖二 左圖 A:伽馬刀立體定位系統 B:血管造影定位器；和 C: CT 定位器。右圖為伽馬刀設備

	真光刀 Truebeam	螺旋刀 Tomotherapy	電腦刀 Cyberknife	加馬刀 Gamma Knife
適應症	頭部及身體	頭部及身體	頭部及身體	頭部 (ICON 可應用於身體)
治療時間	小於 5 分鐘	10 至 30 分鐘	20 分鐘至 60 分鐘	20 分鐘至 60 分鐘
影像導引技術	3D	3D	2D	傳統為 2D (ICON 為 3D)
(同步)呼吸調控技術	可視治療部位選擇搭配	無	可視治療部位選擇搭配	無
治療精確度	小於 1 毫米(mm)	小於 1 毫米(mm)	小於 1 毫米(mm)	小於 1 毫米(mm)
優點	3D 影像導引技術每次治療前可修正位置誤差、治療時間短。	3D 影像導引技術每次治療前可修正位置誤差。	可治療中定位取像可立即修正誤差。	治療位置固定及治療精準度高。
缺點	目前型號無搭配治療中取像功能。	目前型號無搭配治療中取像功能。	取像及非共平面小照野使治療時間較長。	隨核種衰退治療時間會增長。

影像導引技術的原理為利用所擷取治療部位的影像來與治療計畫影像進行影像對位，用以確定治療射束能準確照射治療位置。例如：電腦刀、螺旋刀或真光刀即是採用影像導引放射治療的方式來確認治療位置。

此外針對胸腔或腹部的病灶，因為呼吸橫膈膜上下移動所以病灶部位會隨呼吸移動。為了要精準治療病灶，一般來說有三種選擇，第一種方法，利用腹壓板在病人可容許的程度壓在病人橫膈膜附近，利用限制呼吸移動幅度的作法，可精準照射到病灶並減少照射體積。第二種為呼吸調控技術，利用紅外線設備偵測身體呼吸週期，選擇適當呼吸週期時，進行照射。第三種為影像追蹤技術，在電腦刀利用即時影像系統，影像上可區分出的病灶(例如肺癌)或是先置入的標記物，在治療期間間隔 20-60 秒取像以修正治療射束的位置，達到精準治療。

應用

立體定位放射手術和立體定位放射治療於腦部的應用由來已久，針對不適合手術的病例，利用此技術可得到很好的療效。動靜脈畸形俗稱血管瘤、三叉神經瘤、聽神經瘤、惡性腦瘤、轉移性腦瘤等。近年來針對無法進行手術的肝癌患者，進行立體定位放射治療，可提高生存期。以及無法進行手術的早期肺癌或是病患因年紀或體力頂因素不適合手術者，過去傳統放射治療結果不令人滿意，利用立體定位放射治療皆可得到很好的控制。

結論

立體定位放射治療已成為一種通用策略，廣泛應用於許多不同類型和階段的癌症。與任何形式的放射治療一樣，仔細關注患者選擇和品質保證對於立體定位放射治療的有效和安全實施至關重要。未來的進展將完善我們對立體定位放射治療

與其他抗癌療法的生物學機制和最佳整合的理解。

參考資料

1. Benedict SH, Yenice KM, Followill D, et al. Stereotactic body radiation therapy: the report of AAPM Task Group 101. Med Phys. (37),4078–4101, 2010.
2. Halperin, EC., Brady, LW., Wazer, DE., & Perez, CA. Chapter 16: Stereotactic Radiosurgery and Radiotherapy. Perez & Brady's principles and practice of radiation oncology. Lippincott Williams & Wilkins, 2013.
3. Khan FM., Gibbons JP. Chapter 21: Stereotactic Radiosurgery, Khan's the physics of radiation therapy. Lippincott Williams & Wilkins, 2014.

放射性議題：日本福島核廢水氚排放背景 Q&A

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 宣布，經過審慎評估，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鄰國的不滿，也引起國內社會輿論界的關注，引發環保團體與漁民等的質疑。

因此，作者擬以 Q&A 的方式，釐清說明此議題的一些重要概念，並整理有關數據來協助關心此議題的民眾，對福島核廢水排放可能對台灣水域造成的影響有進一步的了解。本期先就部分基礎

數據提出說明，後續將陸續刊登有關危害、評估方法、處理措施、排放計畫與管制措施等內容說明。

Q1: 福島核一廠含氚廢水來源為何?

A: 福島核一廠 6 座反應爐裡的 3 座爐心熔毀，為了讓反應爐內熔融核燃料保持在穩定狀態，必須持續注水冷卻，這些冷卻水加上流進反應爐的地下水及雨水等，形成含有超高濃度放射性物質的「污染水」，目前每天以 140 公噸的速度持續增加。

Q2: 含超高濃度放射性物質的污染水如何處理呢?

A: 2013 年開始，東電持續研發並利用從法國引進的多核種去除設備(ALPS)進行核廢水處理作業，能從污染水中除去氚以外的 62 個放射核種。

Q3: 擬排放廢水除了氚還有其它核種嗎?

A: 經 ALPS 進行處理的核廢水還須經過檢測，並經第三方認證後才稀釋至 1 5 0 0 貝克/升以下，排放至離岸一公里的深海中。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排放標準 6 0 0 0 貝克/升的 1/40，以及世界衛生組織建議的飲用水標準(10000 貝克/升)的 1/7。

Q4: 核反應器設施都會排放氚嗎?

A: 是的，全世界四百多部核設施都會排放氚，一部壓水式核反應器每年排放的氚就會大於 22 兆貝克。

Annual discharge of tritium from nuclear facilities^[17]

Location	Nuclear facility	Closest waters	Liquid (TBq)	Steam (TBq)	Total (TBq)	year
United Kingdom	Heysham nuclear power station B	Irish Sea	396	2.1	398	2019
United Kingdom	Sellafield reprocessing facility	Irish Sea	423	56	479	2019
Romania	Cernavodă Nuclear Power Plant Unit 1	Black Sea	140	152	292	2018
France	La Hague reprocessing plant	English Channel	11,400	60	11,460	2018
South Korea	Wolsong Nuclear Power Plant and others	Sea of Japan	211	154	365	2020 ^[18]
Taiwan	Maanshan Nuclear Power Plant	Luzon Strait	35	9.4	44	2015
China	Fuqing Nuclear Power Plant	Taiwan Strait	52	0.8	52	2020
China	Sanmen Nuclear Power Station	East China Sea	20	0.4	20	2020
Canada	Bruce Nuclear Generating Station A, B	Great Lakes	756	994	1,750	2018
Canada	Darlington Nuclear Generating Station	Great Lakes	220	210	430	2018
Canada	Pickering Nuclear Generating Station Units 1-4	Great Lakes	140	300	440	2015
United States	Diablo Canyon Power Plant Units 1, 2	Pacific Ocean	82	2.7	84	2019

加拿大重水式核電廠液態排放的氘高達 756 兆貝克/年，氣態排放的氘更高達 994 兆貝克/年，合計 1,750 兆貝克/年，法國的核燃料再處理廠液態排放的氘更高達 11,400 兆貝克/年，為福島核一廠含氘廢水排放每年 22 兆貝克的 518 倍，詳如 <https://en.wikipedia.org/wiki/Tritium>。

Q5: 地表環境中天然與人造氘含量有多少呢?

A: 地表環境中的氘有三大來源，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氘也可能釋放至環境中，生物科技以氘作為示蹤劑的研究與核子醫學的應用，也會釋放一部分的氘。

估計大氣中天然氘沉降至日本國土的量為 220 兆貝克/年，沉降至台灣地表的量為 20 兆貝克/年。

由以上地表環境中的氘來源案例與核反應器設施每年排放氘的活度與影響看來，地表環境中的氘來源主要為天然及核爆所產生，相較之下，福島核一廠擬排放含氘廢水 22 兆貝克/年造成的影響實屬微不足道。

地表環境中的氘來源案例與影響

來源	活度(兆貝克)	結果
天然存量 220 萬兆貝克	2,200,000	造成地表水氘背景活度約 0.12 貝克/升
核試爆釋放共 113 百萬 兆貝克，衰變至 2021 剩	2,160,000	造成地表水氘目前活度升高約 0.1 貝克/升，北半球高於南半球
日本青森縣六個所村燃料再處理廠 41。N 排放	1,800	對附近海域並無顯著影響
日本東海村原子力研究所 30 年排放	4,500	對附近海域並無顯著影響
311 事故當時氣態外釋估計 $3.4 \times 54\% = 1.84 \text{ PBq}$	1,840	僅在福島核一廠西南方向空氣中測得 1.5 貝克/升活度
311 事故當時液態外釋估計 $3.4 \times 46\% = 1.56 \text{ PBq}$	1,560	部分滲入土壤，隨地下水滲入海水，目前已經以鋼構牆隔絕
其中排入海水約 0.3(0.1-0.5)PBq	300	調查結果北太平洋西部表面海水中氘多在背景 0.1 貝克/升以下，僅北緯 38 度靠近福島電廠測得 0.24 貝克/升
福島核一廠擬排放含氘廢水 22 兆貝克/年	22	預估距排放口 1.5 公里海水氘濃度就低於 1 貝克/升



訓練班課程(111 年度)

放射性物質或可發生游離
輻射設備操作人員研習班

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

輻射防護繼續教育訓練班
(3/6 小時)

A 組 36 小時-許可類

A01 高雄 文化大學推廣部

1 月 18 日 ~ 1 月 25 日

A02 新竹 帝國經貿大樓

2 月 15 日 ~ 2 月 22 日

B 組 18 小時-登記類

B01 台中 文化大學推廣部

1 月 05 日 ~ 1 月 07 日

(取消)

B02 高雄 文化大學推廣部

1 月 12 日 ~ 1 月 14 日

B03 新竹 帝國經貿大樓

2 月 9 日 ~ 2 月 11 日

B04 台北 進出口同業工會

2 月 16 日 ~ 2 月 18 日

B05 台中 文化大學推廣部

3 月 9 日 ~ 3 月 11 日

B06 高雄 文化大學推廣部

3 月 16 日 ~ 3 月 18 日

B07 台北 進出口同業工會

3 月 29 日 ~ 3 月 31 日

員 39 期

新竹 帝國經貿大樓

第一階段

6 月 27 日 ~ 6 月 30 日

第二階段

7 月 4 日 ~ 7 月 8 日

第三階段

7 月 25 日 ~ 7 月 29 日

第四階段

8 月 1 日 ~ 8 月 4 日

台北 進出口同業工會

3 月 4 日 (上午&下午)

新竹 經濟部專研中心

3 月 17 日 (上午&下午)

高雄 科學工藝博物館南館

3 月 24 日 (上午&下午)

台中 文化大學推廣部

4 月 21 日 (上午&下午)

上課地點

台北

建國大樓：台北市館前路
28 號

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

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 19 日 ~ 4 月 20 日

鋼 2 新竹 帝國經貿大樓

9 月 15 日 ~ 9 月 16 日

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公布 111 年第 1 次輻射防護專業測驗與輻射安全證書測驗公告及簡章。

[訊息連結](#)

111 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 111 年 4 月 30 日舉行，報名日期為 111 年 2 月 14 日至 3 月 4 日，採網路報名，相關事項請點選下方→(相關連結)詳閱簡章。

附檔下載

- [相關連結](#)

(發布日期 111 年 1 月 18 日)

國內新聞

- ➔ TechNews 報導「力拚 5 年內啟用！日本投資建置第一座核融合發電廠」。(發布日期 111 年 2 月 19 日)。[訊息連結](#)

京都融合工程有限公司宣布，計劃建造日本第一座通過核融合發電的試驗工廠，目的是生產不含二氧化碳的能源。

京都融合工程有限公司是一家位於京都府宇治的新創企業，首席執行長尾貴史 (Taka Nagao) 表示，公司致力在未來 5 年內將工廠投入運轉，目前公司已經獲得部分資金，並開始進行設計。

該公司表示，除了一個可以產生熱能以生產少量電力的反應堆，這個實驗工廠還將配備一個熱交換器和渦輪機，發電能力預計可達幾十千瓦。

長尾貴史表示，雖然日本國內與國外都有實驗性反應堆，證實核融合發電的可行性，但在全球範圍內，真正發電的工廠很罕見。

京都大學成立的一家投資公司為這個項目提供部分資金，並在 2019 年由首席執行長尾貴史 (Taka Nagao) 和京都大學先進能源研究所教授小西智 (Satoshi Konishi) 領導。

京都融合工程有限公司將開發核融合反應堆設備，其中包括一個能夠有效收集反應堆，產生的溫度超過一億攝氏度熱量的關鍵設備，並計劃利用這家工廠為其設備研發收集數據。

為了給該項目投資數十億日元，該公司已經從投資基金中籌集 13 億日元，其中包括與國家支持的日本投資公司有關的基金，並打算從三菱日聯銀行 (MUFG) 等大型銀行借款。

這家公司未來將與日本政府和市政當局進行談判，以確定包括建置工廠地點在內的細節。

核融合發電是將原子核融合產生的能量轉化為電力。專家說，這與分裂反應的核能發電不同，核融合的過程被認為更安全，不會像現在的核電站那樣產生高度活躍的核廢料。

隨着美國新創聯邦融合系統公司去年獲得微軟聯合創始人比爾·蓋茨和 Google 的投資後，融合能源最近受到全球的關注。

日本政府還推動融合能源的研究和開發，作為可以應對全球變暖的一種獲取清潔能源的途徑，而日本計劃在不久的將來成立一個專家小組，加強對該領域的支持。（發布日期 111 年 2 月 19 日）。

- ➔ TechNews 報導「日明年擬排含氚核廢水，台觀察團最快 3 月赴日實勘」。 [訊息連結](#)

日本擬明年春天排放福島核電廠含氚核廢水，台灣積極籌組「專家觀察團」並與日方接洽，希望展開實地訪查；原能會表示，日本 3 月放寬入境限制，順利的話，最快 3 月觀察團可成行。

日本福島核電廠含氚核廢水規畫 2023 年春天排放入海，日本東京電力公司（Tepco）去年提出計劃建造海底隧道，將在距離岸邊約 1 公里近海的水下 12 公尺處，排放福島核電廠稀釋過的核廢水。

日本此舉引發國際關注，國際原子能總署（IAEA）專家調查團也於上週赴日，除了於福島第一核能發電廠實地了解含氚廢水的狀況，並和東京電力公司及日本政府相關省廳交換意見。

台灣則因非 IAEA 會員國，未能派專家參與前述調查團，因此自行籌組「專家觀察團」，積極與日方接洽；台灣專家觀察團原定去年底赴日，卻因 COVID-19 疫情升溫而延期。

原能會今天告訴《中央社》記者，台灣已經向日本表達訴求，希望 3 月放寬入境管制後，能夠盡早前往訪查；目前還在溝通階段，畢竟日本仍有疫情，雙方都很關注相關防疫措施，最快的話，有望在 3 月成行。

至於赴日天數與行程重點，原能會表示，考量疫情因素，天數會盡量精簡，行程重點則放在福島核電廠氚水相關設備狀況，也會與東京電力公司交換意見。

原能會表示，這次觀察團除了原能會，跨部會因應平台的相關部會成員也會加入，如漁業署、食藥署等；回台後，將盡快整理相關結果並適時對外說明。（發布日期 111 年 2 月 20 日）。

- ➔ 聯合新聞網報導「311 地震 11 週年-福島環境創造中心交流館說核災」。 [訊息連結](#)

311 東日本大地震將屆滿 11 週年，當年地震引發海嘯、發生核電廠輻射外洩事件，11 年來負面謠言不斷；「福島環境創造中心交流館」藉著影像、展示品及導覽等，讓外界更了解福島災後重建的情形。

隨著俄羅斯入侵烏克蘭，控制 1986 年發生核災的車諾比核電廠（Chernobyl），3 月 9 日傳出核電廠遺址供電已中斷，恐使輻射外洩的消息後，世人再度關注日本 311 地震後的災後復原議題。

記者 2 月底進入福島環境創造中心交流館，映入眼簾的是一座 360 度「環境創造劇場」，這座球型劇場播放福島美麗的大自然風光、豐富的人文與物產。

由於 2011 年 3 月 11 日福島地震，除了地震、海嘯侵襲、東京電力公司（東電）福島第一核電廠發生核災，福島蒙受許多負面謠傳之害，這座交流館的成立目的就是希望能讓包括孩童在內的民眾能正確了解輻射與環境問題，加深民眾對環境恢復與創造的認識。

福島環境創造中心交流館內分成 6 大區，包括福島 311 之後、福島環境的現況、輻射研究區、環境創造研究區、環境創造劇場、可觸摸的地球。

另外，館內還有世界地圖標示世界主要城市的輻射值，許多展示提供多語導覽服務，如果需導覽員，可請館內安排。

對於外界最關心的核災後，食品是否遭輻射污染的檢測結果等。導覽員也說，這幾年來，福島的糙米、山菜、菇類等農產品沒查出有超標案件，而且日本設定的檢測標準是歐美的 10 倍以上。

另外，館內特別設有「311 鐘」（電子鐘），標示著 311 震災後經過的時間。今年 2 月 21 日下午 2 時 46 分，螢幕上呈現「4000 00 00 00」的數字，亦即震災發生歷經 4000 個日子。

福島縣知事內堀雅雄今年 2 月 16 日接受日本公益財團法人對外新聞中心（FPCJ）之邀透過視訊演講時說，福島在 311 大震災面臨了強震、海嘯、核災及負面謠傳之害（日本稱風評被害）等複合性災害，歷經 11 年，現在面臨震災記憶風化（被遺忘）的問題。目前東京的電車內也可看到呼籲勿讓 311 記憶風化的廣告。

為避免震災記憶風化。記者進入館內參觀，對福島第一核電廠的模型留下深刻印象。

目前這座核電廠正在進行廢爐作業、福島縣各鄉鎮的輻射劑量、人口數的變化、福島災後重建情形等，可從位於福島縣田村郡三春町的福島縣環境創造中心交流館（Commutan Fukushima）了解。

女性導覽員說，2011 年 3 月 11 日，福島第一核電廠的 1、2、3 號機為了製造電力在運作中，4 號是處於定期檢查的停機狀態。當天下午 2 時 46 分發生規模 9.0 的強震後，所有基組進入自動停止運作的狀態，因為燃料的熱度很高須持續注水，以緊急電源進行注水作業冷卻爐心。

但強震發生的 40 分鐘後，第一波海嘯來襲，50 分鐘後第 2 波海嘯來襲，海嘯高度離海面約高 15 公尺，超乎想像。緊急用的電源喪失。3 月 12 日 1 號機、3 月 14 日 3 號機、15 日 4 號機陸續發生氫爆。

導覽員指著 2 號機模型的小洞說：「2 號機之所以沒發生氫爆，是因為一旁的 1 號機發生氫爆後的衝擊力道大，把 2 號機護體牆壁擊破一個洞，2 號機的氫氣散出，所以沒發生爆炸。」至於停機中的 4 號機爆炸的原因，導覽員說，因 3 號機氫爆時，氫氣沿著管線竄流至 4 號機。

導覽員說，館內有顯示板標示目前福島第一核電廠內有 3550 名員工在工作（2021 年 9 月時），員工最多的時候是 7400 人。目前整座核廠區的 4% 還處於輻射劑量高的情況，作業員需穿防護力較強的作業服，但廠區的 96% 地區輻射劑量低，穿一般作業服即可。

她還說，廢爐作業需要花 30 至 40 年的時間，因為輻射劑量相當高，增添作業的困難度，為了運用機器人等設備進行廢爐，研發這些設備需很多時間。

日本政府去年宣布規劃 2023 年春天要將福島第一核電廠含氫核廢水（日本稱處理水）排放入海，引起包括台灣、中國、韓國等國際社會關注。

福島第一核電廠 11 年前因爐心熔毀，為了避免燃料棒高溫融化，持續抽取海水冷卻燃料棒，然後將有輻汙的冷卻水泵送到大水槽內儲存，東電估計廠區可存放的水槽總量是 137 萬公噸，2022 年夏天將儲滿。

東電提出的解決方案是把這些廢水進行二次淨化，透過多核種去除設備（ALPS）大幅降低 63 種輻射物中的 62 種的濃度，最後無法去除的氚則是透過海水稀釋到法定排放標準的 1/40 水準後排放，所需時間約 30 年。東電去年提出計畫建造海底隧道，將在距離岸邊約 1 公里近海的水下 12 公尺處，排放稀釋過的核廢水。

國際原子能總署（IAEA）專家調查團今年 2 月中旬已到福島第一核能發電廠實地了解含氚廢水的狀況，預計調查報告 4 月前出爐。

駐日代表謝長廷 3 月 7 日對台灣駐日媒體表示，日本在正式排放前將提出更完整的報告，台灣一直與日方保持密切聯繫，並密切關注。（發布日期 111 年 3 月 10 日）

➔ 聯合新聞網報導「俄烏戰爭引發核危機-原能會：國內輻射監測值一切正常」。 [訊息連結](#)

俄羅斯侵略烏克蘭戰爭導致烏克蘭部分核子設施遭攻擊或占領，引發國際關注，原能會表示，將持續密切關注事件發展，目前烏克蘭境內於歐盟環境輻射監測網顯示，數據無明顯輻射異常現象，另外全台 63 座即時環境輻射監測值也正常，空氣取樣計讀結果均為背景值，國內環境輻射監測值一切正常。

原能會表示，烏克蘭境內於歐盟環境輻射監測網顯示數據無明顯輻射異常現象，周邊國家如俄羅斯、白俄羅斯、波蘭、斯洛伐克、匈牙利、羅馬尼亞、土耳其，目前環境輻射處於正常變動範圍。烏克蘭 3 月 13 日風場條件，整體風場轉為東北風，隨著高壓南下，西半部風向由東北風順轉為西北風。

針對車諾比核電廠現況，根據烏克蘭監管機關表示，車諾比核電廠自 3 月 9 日喪失外電供應後，工作人員仍努力搶修中，目前暫時由柴油發電機供應安全相關系統電源；俄羅斯於 3 月 12 日通知 IAEA，俄羅斯專家會於現場提供電力恢復的諮詢，並會與 IAEA 保持密切聯繫，確保核電廠安全。

扎波羅熱核電廠現況，俄羅斯於 3 月 4 日控制該核電廠，該廠訓練中心曾遭受攻擊但 6 部反應器機組未受影響，烏克蘭表示，該廠工作人員在俄羅斯軍隊的控制下繼續作業。俄羅斯 3 月 12 日告知 IAEA，在俄羅斯專家協助下，目前正執行各項確保核電廠安全運行的措施。

IAEA 證實，扎波羅熱核電廠的輻射監測數據傳送已恢復正常，但 IAEA 對於工作人員工作現況則表示，目前情況顯然違反了「操作人員必須能夠履行安全和保安職責，並有能力在沒有不當壓力的情況下作出決定」安全運作原則。

哈爾科夫物理與技術研究中心部分，位於哈爾科夫市（Kharkiv）研究用核設施雖受到攻擊，先前 IAEA 評估不致發生輻射危害。目前查證歐盟環境輻射監測網數據，哈爾科夫區環境輻射監測數據維持正常。

另外，烏克蘭其餘 4 座核電廠（含 15 部反應器機組）目前共 8 部機組正常運行，相關輻射監測數值仍維持正常。（發布日期 111 年 3 月 13 日）

- 聯合新聞網報導「福島核災後首見 現有過半日本人支持重啟核電」。 [訊息連結](#)

日經最新民調發現，超過半數的日本人現在支持重啟閒置的核子反應爐，這是 2011 年日本 311 大地震引發海嘯、導致福島第一核電廠發生核事故以來首見，此際正值電價飆漲，而東京日前破天荒收到缺電警告。

根據日經，大約 53% 的民眾說，如果能確保安全，應該重啟核能反應爐，高於認為應維持關閉的 38%。上次在去年 9 月進行類似民調時，支持重啟核能的比率是 44%。日經逾 10 年來固定每半年就此議題做一次民調。

(發布日期 111 年 3 月 28 日)

- 自由時報報導「俄軍不知核災區...車諾比員工曝：他們無防護穿越「輻射紅樹林」」。 [訊息連結](#)

俄軍入侵烏克蘭後，位於烏克蘭北方的車諾比核電廠 (Chernobyl Nuclear Power Plant) 也被俄軍占領，不過有核電廠員工透露，前來占領核電廠的俄軍沒有使用任何防輻射裝備，甚至駕駛裝甲車穿過一個名為「紅樹林」的高輻射區域。

根據《路透》報導，兩名核電廠工作人員透露，前來占領核電廠的車隊士兵並沒有防護衣等防輻射設備，更目睹了俄軍戰車與裝甲車直接駛過一個叫「紅樹林」的高輻射區域。

車諾比核電廠在 1986 年發生爆炸意外時，方圓數十平方公里區域內的松樹在吸收輻射後變成紅色，這塊松樹林也因此被稱做「紅樹林」，被認為已被輻射污染，是車諾比核電廠周邊受輻射污染最嚴重的地區，除了閒雜人等禁止入內，就連核電廠工作人員也不能前往紅樹林。

核電廠工作人員表示，俄軍裝甲車隊沿著一條廢棄道路通過紅樹林一帶，行駛途中揚起大量塵土，許多輻射安全感測器顯示超出安全標準。核電廠員工認為，這對俄軍士兵來說無疑是在自殺，他們吸入的放射性粉塵很有可能會在他們的身體內引起輻射反應。

核電廠員工提到，俄軍占領車諾比核電廠一週後，才有受過防輻射訓練的俄軍專家抵達現場，但這些「專家」也沒有穿戴防護裝備。核電廠員工透露，最令人擔憂的是當他和一些俄軍士兵交談時，問他們是否知道車諾比核災，但這些俄軍士兵都不清楚，他們也不知道自己究竟在什麼地區，只知道車諾比核電廠「這棟建築」是重要基礎設施。

俄軍車隊通過紅樹林時，車諾比核電廠代理總經理賽達 (Valery Seida) 並不在場，也沒有目睹此事，但他證實有目擊者告訴他俄軍通過紅樹林，工廠員工也有告訴俄軍應該小心輻射，「但他們就開車去他們想要去的任何地方」。

(發布日期 111 年 3 月 29 日)

- 聯合新聞網報導「IAEA：車諾比核電廠 3 週來首次輪班 將派團隊訪查」。 [訊息連結](#)

國際原子能總署署長葛羅西表示，烏克蘭今天通知總署，已輪替車諾比核電廠的工作人員，為過去 3 週來首度輪班。總署不久後將派任務小組到車諾比，協助電廠恢復正常運作。

路透社報導，國際原子能總署 (IAEA) 署長葛羅西 (Rafael Mariano Grossi) 聲明指出：「烏克蘭當局逐漸恢復對車諾比 (Chernobyl) 的調節控制，這是非常正面的消息，但很明顯，若要讓車諾比完全恢復正常，仍有很多工作要做。」

俄羅斯軍隊於 2 月 24 日入侵烏克蘭後不久，即占領基輔 (Kyiv) 北方這座已停用的核電廠；後來烏克蘭國家核電公司 (Energoatom) 於 4 月初表示，俄軍已經撤離車諾比，移往烏克蘭與白俄羅斯交界一帶。

在武裝衝突期間，署長葛羅西經常強調必須讓車諾比核電廠人員在無壓力下執行職務，並讓他們能夠返家休息，但過去一個半月來，許多工作人員無法回家。車諾比核電廠上一次輪班是在 3 月 20 日到 3 月 21 日，為自俄軍 2 月 24 日進入核電廠以來首次輪替工作人員。

原子能總署今天說，烏克蘭方面提供給總署更多資訊，說明核電廠輻射監控分析實驗室的受損情況，並指實驗室廠區「被毀，多件分析儀器不是被竊走，就是遭破壞，或是不能用」。

烏克蘭並通報，廠內的資訊暨通訊聯合中心也受損，輻射監控資料的自動傳輸功能無法使用。

葛羅西表示：「我會盡快率領總署任務小組赴車諾比，以進行當地輻射評估工作、恢復對核廠及核材料的遠端安全監管，並運送儀器設備。」

葛羅西說，他與烏克蘭正密切協商，以安排這趟訪查的時程，預期「很快」就會成行。(發布日期 111 年 4 月 11 日)

放射性議題：日本福島核廢水氚排放規劃 Q&A

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

在福島核災屆滿 10 年後，當地儲存的過濾廢水已經達到 125 萬噸，東京電力公司估計，儲水槽的 137 萬噸容量將在 2022 年達到極限，日本政府預定 2023 年後將現存福島核一廠含氚廢水以 22 兆貝克/年的總量排入海中。

因此，作者以 Q&A 的方式，釐清說明此議題的一些重要概念，協助關心此議題的民眾了解福島核廢水排放可能對台灣水域造成的影響。本期就處理措施與排放規劃內容說明。

Q1: 為何選擇液態排放呢？

A: 日本首相拍板將「核廢水」排放入海，主因核電廠腹地內的儲水槽數量已逼近極限，考量科學分析及國際慣例後做出決定。日本專家學者會議從 2016 年秋天以後，考量相關影響陸續進行探討，曾提出多種方式來處理核廢水。日本政府 2019 年 12 月 23 日公布專家學者會議報告書草案，共有 3 種合宜的處理方式，分別是稀釋後排入海洋、蒸發後排放進大氣及 2 種方式並用。稀釋後直接排放入海，是全世界 4 百多部核電機組普遍使用的方式，先稀釋到符合國

家規範標準後再排入海中；至於蒸發後排入大氣，則是將核廢水蒸發後透過排氣管將水蒸氣排放進大氣，但同樣必須符合國家排放標準。

<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/202104130193.aspx>

德國漢諾威萊布尼茲大學放射學教授施泰因豪森 (Georg Steinhauser) 認為，將冷卻水排入太平洋顯然是最佳而且最安全的方式。施泰因豪森 2013 年



曾經親自走訪福島禁區採集樣本，一年後成為福島大學客座教授。

施泰因豪森認為，鑒於當地是地震高風險地區，增加儲水槽並不是好辦法。他在接收德國之聲訪問時表示：「如果水槽漏水並滲入地下，少量的氚會在地下水層中擴散，而且不太會被稀釋。將冷卻水導入海中是對環境和人類最好而且最安全的做法。這是包括國際原子能總署(IAEA)和許多專家都建議的做法。」



圖一 福島廢水貯存槽

Q2: 如果將含氚廢水蒸發後排入大氣呢?

A: 將含氚廢水蒸發後排入大氣是位於內陸的核電機組普遍使用的方式，主要是避免汙染河川或湖泊，因為淡水是灌溉和飲用的水源。另外大氣的擴散速度快、範圍廣，而且可以利用原有的散熱水塔加熱蒸發。但是福島核一廠並無散熱水塔的設計，將會增加建塔成本和將水煮沸的能源，增加二氧化碳的排放量，而且更容易飄到鄰近國家，東電評估其造成輻射劑量比液態排放高數倍。若遇下雨，則可能因氚被沖洗至地面造成局部的汙染。將含氚廢水蒸發後排入大氣進入生態圈，更容易汙染環境而進入人體，如圖二。

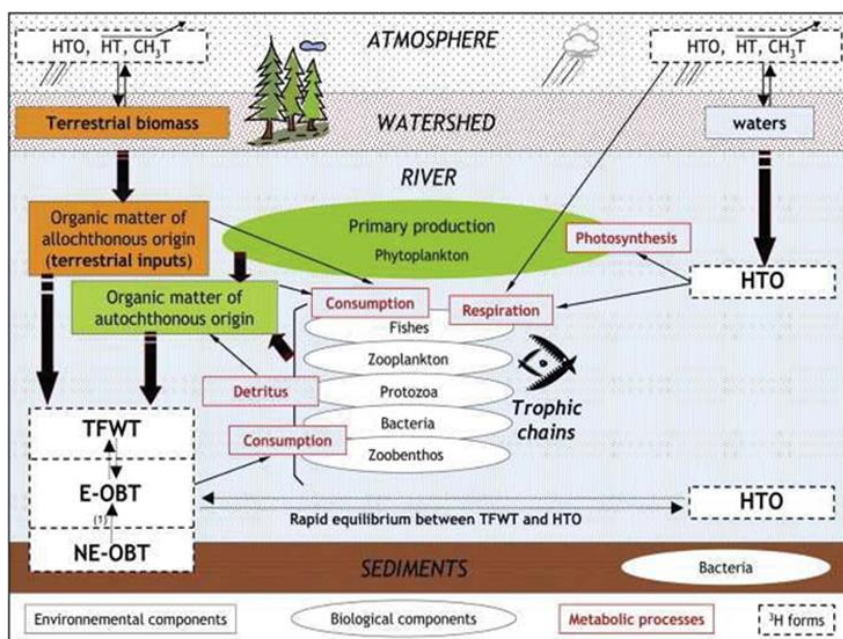
Q3: 日方事前有針對含氚廢水排放計畫和我國溝通嗎?

A: 外交部次長田中光於 2021/04/19 說，日方還沒宣布前，兩度派人進行說明，外交部表達嚴重關切；日方決定後，外交部也發文表達原能會的反對意見。不過以台日核能界歷年來緊密的交流關係，要取得日方氚廢水排放資訊將不會是困難的事。

Q4: 東京電力公司會將福島核廢水排放資料公開嗎?

A: 東京電力公司 2021/08/25 宣布，將設置汲取海水泵將廢水稀釋，確認稀釋後的廢水在排放時的氚濃度低於每公升 1,500 貝克。整體設施的運轉過程，若在稀釋狀況出現異常時，亦將立即關閉緊急阻斷閥，以停止相關汲水及排放

作業。未來將會擴大及強化相關的輻射監測作業，最新資訊也規劃建置網頁專區對外公佈。也擴大歡迎外界人士，如媒體記者及國外專家等到現場了解狀況，以強化資訊公開透明。同時，也會加強對利害關係人的溝通說明，降低因排放氚所衍生的負面評價。



圖二 大氣與地表水中 HTO 與 OBT 在生態圈的循環圖(IAEA)

淺談核醫碘-131 應用與防護實務

作者 俞長青

高雄榮民總醫院核子醫學科組長



根據統計，國人 40 歲以上約有 2 成會有甲狀腺結節，其中又以女性佔多數。因為甲狀腺結節沒有特別症狀，所以大部分都是在健康檢查時偶然發現，多數甲狀腺結節並不會對身體造成傷害，如果有顧慮或是需要，可以去新陳代謝科進一步檢查確認。一般而言，民眾可能發生甲狀腺結節比例雖高，但只有極少的部分為臨床上有意義之甲狀腺癌，所以甲狀腺結節並非甲狀腺癌。

在甲狀腺癌之病例中，則以乳突性甲狀腺癌最多，濾泡性甲狀腺癌為次，如表一。這兩種甲狀腺癌均屬分化較良好之癌症，也就是說他們的細胞分裂比較慢，且保有許多甲狀腺正常細胞之特性。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。若要研判術後，淋巴腺或軟組織有無侵犯的病例，做法上會給予病人服用低劑量放射性碘 131，遵循醫院指示依約定時程(通常數日後)，再進行全身掃描。若

甲狀腺癌細胞有轉移到身體其他部位，因為它攝取了放射性碘，此時便會在全身的掃描中顯影出來，如圖 1 與圖 2 所示。若患者體內有多處轉移，由於乳突性及濾泡性甲狀腺癌之分化較好，相對的化療之反應便較差，則目前最有效的治療方式是高劑量之放射性同位素碘 131 治療。所以放射性碘-131 對於甲狀腺癌的轉移診斷與後續治療都是扮演重要應用角色。

表一 甲狀腺癌的發生比例與治療存活率

甲狀腺癌分類	發生比例	10 年(5 年)存活率	
		一~三期	四期
乳突癌	70%~80%	90%~	50%
濾泡癌	15%	90%~	50%
髓質癌	< 5%	(80%~90%)	(25%)
未分化癌	1%~2%	(5%)*	

註：甲狀腺癌存活率雖高，但是若發生轉移則影響後續治療效果，仍須小心

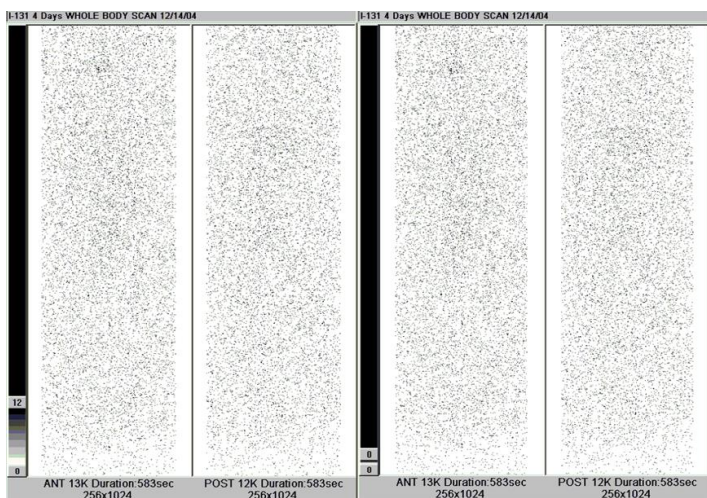


圖 1 ¹³¹I Whole Body Scan (碘-131 甲狀腺全身掃描-正常影像)

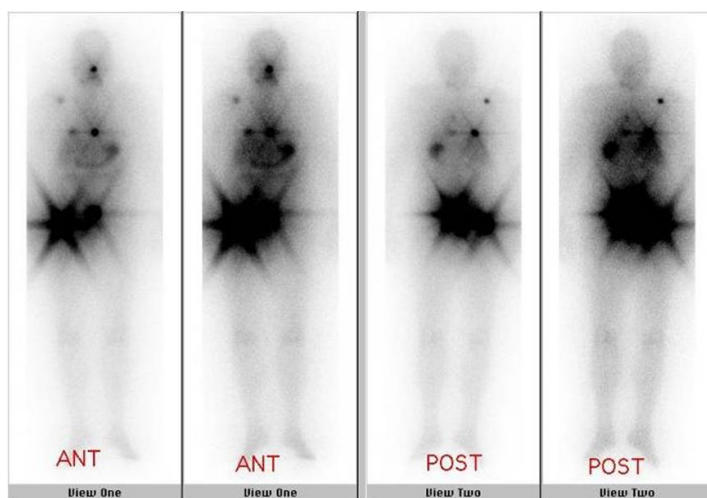


圖 2 Multiple Distant Metastases (碘-131 甲狀腺全身掃描-全身遠端轉移影像)

常聽聞接受放射性醫療的患者需要住院隔離，通常以放射性碘全身掃描診斷的患者是不需住院隔離，遵循醫院指示可以回家。至於接受放射碘治療的患者需在院隔離至合乎標準才可出院返家。那究竟接受多少放射性碘-131 的病患需受隔離限制呢？根據美國 NRC 之 10 CFR 35.75 「對於注射放射藥物病患之釋放限制」其規定為被施予患者之活度 < 30mCi 或距患者 1 米處 < 5 mrem/h (毫侖目/小時)即不受限制可出院。也就是治療活度超過 30mCi 的病人，必須

在醫院的輻射隔離病房接受治療，以避免使旁人接受輻射曝露。而國內目前也採此一措施。

為了提高放射性碘之治療效果，若是正在服用甲狀腺素之病例，往往會要求病人停用 4 至 6 週，此時體內內生性之促甲狀腺素 TSH 才會上升，身體在此情況下，所服用之同位素碘 131 才比較容易被癌細胞吸收，如此更可達到治療之效果。然而在此過程中，病人沒有服用甲狀腺素，可能會產生嚴重之甲狀腺機能低下、水腫、畏寒、心跳減緩、新陳

代謝率下降、月經不正常...等等不適之症狀。

患者若多喝水，24 小時約有 80% 以上的放射性碘可從尿液中排出。在一般情況下，放射性碘通常在患者體內 24 小時約有 75% 會隨排泄物、尿液、汗、唾液等排出體外。因此病房設置除了屏蔽考量外，也設有專屬的抽氣設備及衛生系統。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。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。

放射性同位素碘 131 對乳突性或濾泡性甲狀腺癌早期之遠端轉移可達很好的治療效果，上述注意事項都是以「合理抑低(ALARA)」原則為考量，希望在每一病患或醫療人員進入病房時能減少曝露。



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