

海陸域環境輻射調查與國民輻射劑量評估(1/4)

Environmental radioactivity survey of marine and coastal area and population dose assessment of Taiwan(1/4)

主管單位：行政院原子能委員會

執行單位：行政院原子能委員會輻射偵測中心

李明達 劉任哲 高薇喻 蔡文賢

Ming-Da Lee Ren-Jer Liu Wei-Yu Kao Wen-Hsien Tsai

洪明崎 徐明德

Ming-Chi Horng Ming-Te Hsu

摘要

日本福島事件後，民眾對於環境的輻射劑量與輻射對海域的影響更為關注。本計畫推動台灣海域輻射監測調查與國民輻射劑量評估，透過跨部會合作與參考國際文獻，先以海水、海生物及累積試樣(岸沙及海底沉積物等)為海洋主要分析樣品，並選擇銫-137 為調查分析之關鍵核種；另就國民輻射劑量主要來源，規劃重新調查。本計畫為 108 年-111 年為期 4 年的中長期計畫，106 年及 107 年為先期計畫，108 年起依先期計畫規劃內容執行，先充實台灣海域輻射背景調查資料，未來再建立台灣海域輻射背景資料庫，健全台灣海陸域環境輻射數據，進而能掌握日本福島核災事故及大陸沿岸核能電廠等放射性廢水排放對台灣海域影響及變化趨勢。108 年的國民輻射劑量評估則以醫療輻射先期建置為主，先蒐集八大類醫療輻射健保資料與建立評估軟體，並獲得室內外體外輻射劑量與氬氣及食品等體內劑量重新評估的初步結果。

關鍵詞：海陸域背景、監測、輻射劑量、氬氣、醫療輻射

Abstract

After Fukushima incident, more and more people care about the radiation around our living area and impact of ocean ecosystem. For the health of Taiwanese people, this project promotes Taiwan sea area radiation monitoring and population dose assessment and seeks cross-departmental cooperation.

After evaluation, seawater, marine organisms and cumulative samples (shore sand and seabed sediments) were used as the main analytical samples, and cesium-137 was selected as the key nuclear species for investigation and analysis. In 2017 to 2018, the plan was the early plan for the future medium

and long-term plan, and in 2019, it will be implemented according to the plan of the prior plan, hoping to enrich the radiation background investigation data in Taiwan's seas and establish a radiation background database in the future, improve the environmental radiation background of Taiwan's sea and land areas, and then grasp the trend of the impact of radioactive wastewater discharge from the Fukushima nuclear disaster and the nuclear power plant in China on Taiwan sea area to ensure radiation safety.

Population dose assessment mainly focuses on medical radiation dose contribution. Medical radiation sources are divided into 8 categories base on the National Health Insurance Research Database of Taiwan. Other radiation sources like external and internal radiation dose from terrestrial gamma, cosmic ray, foodstuff and radon are also preliminary reassessed.

Keywords : Sea area radiation background, monitoring, radon, radiation dose, medical radiation.

一、前言

原能會為我國輻射及核能安全的管制監督機關，負責核電廠、輻射作業場所及放射性廢棄物等之安全管制，保障民眾、環境及輻射工作人員之輻射安全。為了能讓民眾能夠瞭解環境輻射的現況，達到監測資訊透明化的目的，本計畫分為兩個分項計畫，分別為海陸域環境輻射調查與國民輻射劑量評估，逐年進行調查與評估，以能得到完整之環境輻射資訊。

二、研究方法

本計畫為4年期知中長程計畫，108年為第1期；其研究方法依兩個子項目分別說明。

2.1 海陸域環境輻射調查

本計畫係對台灣海域執行環境輻射背景調查的中長期計畫，目的主要為充實台灣海域長期輻射監測背景資料，未來建立台灣海域環境輻射背景資料庫，以利於比對核子意外事故發生時或日本福島事故後對台灣海域之影響情形，故監測核種以Cs-137為主。因台灣海域受黑潮洋流影響深遠，而黑潮洋流於夏、冬季節有明顯的差異，爰參考國際例行海洋監測頻次，例行監測以每季至每半年為原則，如例行監測結果異常，則增加其監測頻次至每季或每月。呈上，原能會參採國際原則及台灣海域洋流現況，離岸樣品於夏、冬2季取樣，沿岸樣品每季取樣；取樣分析內容以海水、海生物、海底沉積物及岸沙為主，分別由輻射偵測中心、海委會海巡署艦隊分署、農委會漁業署及委託海洋學術機構等不同取樣單位來提供。

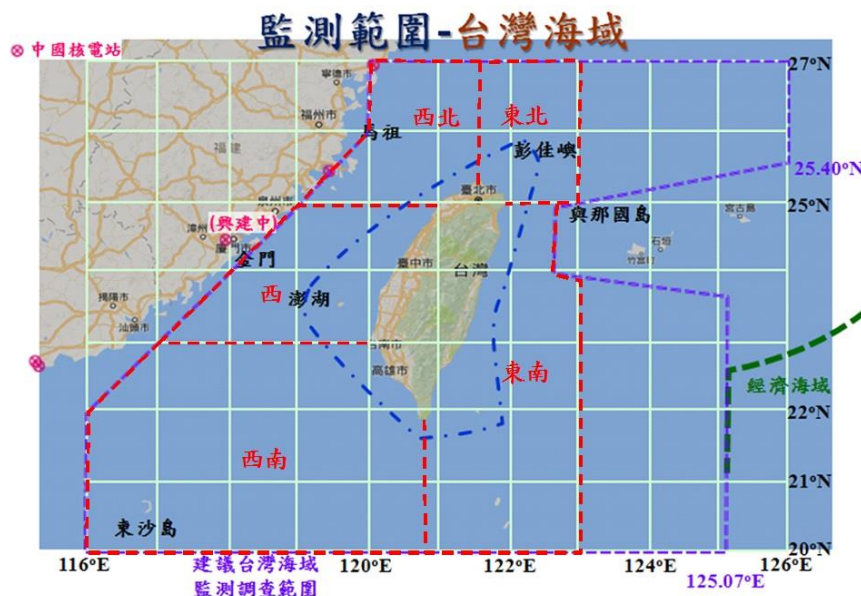


圖1 台灣海域背景輻射監測範圍

2.2 國民輻射劑量評估

國民輻射劑量來源眾多，經參考國際文獻與先期計畫評估後，包括美國國家輻

射防護與測量委員會(National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP)的分類方式以及過去所做的調查項次，分天然背景輻射、醫療輻射、消費性產品、產業活動以及職業暴露等五大類，重新進行國民輻射劑量的調查作業[1,2]。108年執行重點在於室內外宇宙輻射及地表輻射體外劑量評估、氡氣與食品飲水之體內輻射劑量的補充調查與再評估，以及醫療輻射調查健保資料庫的各類項人數分析，和相關軟硬體評估驗證方法的建置。

(1) 體外輻射劑量評估:體外輻射包括來自地表土壤、岩石的鈾系列、釷系列與鉀40釋出的加馬輻射，以及來自宇宙輻射的游離成分(主要來自高能的基本粒子渺子與中子劑量。過去輻射偵測中心已針對國內各處地表輻射進行量測，本年度彙整不同區域的量測數據，並做人口加權，以算出國民輻射劑量。

(2) 室內及室外的氡活度:民國104年至106年已委託義守大學對於國內住宅進行調查，共計累積279戶的量測結果[3]。過去的調查以住家客廳及臥室為主，沒有地下室使用空間量測之數據，因為地下空間一般通風較差，容易造成氡氣累積的狀況。故規劃進行地下空間量測，以確認相關劑量資訊。本年度調查重點在於地下空間的使用，如蘭嶼傳統住屋以及地下室營業場所等。

(3) 體內放射性核種:體內放射性核種主要來自食品與飲水，天然放射核種的鉀40是最重要的劑量來源，以及過去核爆落塵進入生態系中長半化期的核種，如銫137與銂90；108年度執行重點在於彙整近五年量測結果加以評估。

(4) 消費性產品:今年度的重點在於抽菸行為之劑量評估，工作重點包括蒐集吸菸人口習慣調查相關基本資料，結合輻射偵測中心過去香菸中鈾210分析調查結果，進行先期劑量評估。

(5) 醫療輻射劑量評估:本計畫需評估一般X光攝影、傳統透視攝影、介入性透視攝影、電腦斷層、乳房攝影、牙科攝影、核子醫學檢查與放射治療等8類(共43項)放射診斷醫療檢查之輻射劑量。108年度重點在於取得前述8大項在健保資料庫資料中的人數資料統計，並分階段完成取樣醫院檢查序列調查，以及建構劑量評估模型。

三、研究成果

3.1 海陸域環境輻射調查

本計畫採集台灣海域之海水、海生物以及沉積物(岸沙、河沙及海底沉積物)等樣品，由原能會輻射偵測中心負責分析樣品之放射性活度，並配合海洋物理模式、海洋化學等參數，探討台灣鄰近海域之輻射現況的影響因子，自106年至今之樣品分析結果顯示，目前台灣鄰近海域無輻射異常現象。

本計畫目標在臺灣海域執行海水、沉積物及海生物等取樣工作，以完成臺灣周遭海域輻射之基本背景調查。此外，本計畫將輔以海洋洋流、氣候、季節等資訊，以模式研判中國沿岸核電廠與福島核災排放之放射性物質漂流至臺灣鄰近海域之可能情形。

今年度重要成果包括:

(1) 108年度本計畫於台灣海域內執行取樣及分析作業，共計有海水167件、沉積物

(含岸沙、河沙及海底沉積物)88件及海產物178件，放射性分析測值彙整如表5.1，分析結果皆在環境背景變動範圍內，無輻射異常現象。

(2) 共發表研究成果1篇與國際交流演講1場。本計畫於108年5月14~17日「2019年海洋科學年會暨第十二屆海峽兩岸海洋科學研討會」發表計畫成果1篇，題目為：「台灣周遭福島事件產生之銫-137」。並於108年11月6日邀請日本放射性分析專家Tetsuo Yasutaka至原子能委員會輻射偵測中心(講題為Current situation of the concentration and monitoring technology for radio cesium in the environmental water in Japan)進行演講及分析技術交流。

本計畫之台灣海域輻射背景調查，包括海水、沉積物(岸沙、河砂及海底沉積物)、海生物之監測；參考鄰近各國之作法(包含不固定點採樣、沿岸調查、離島採樣)，並考量台灣現況，將台灣鄰近海域分為西北區、西區、西南區、東南區、東北區五個採樣區域，目標以了解台灣海域中人工放射性核種之時間與空間分佈範圍，以及受影響之層面，透過採集海水、沉積物及海生物樣品並分析其放射性核種活度，並積極追蹤人工放射性核種之來源，以健全台灣海域環境輻射背景全貌並建立追蹤鑑別人工放射性核種來源的能力。

表1 臺灣鄰近海域樣品加馬能譜分析結果

	海水 (Bq m ⁻³)	沉積物 (Bq kg ⁻¹)	海生物 (Bq kg ⁻¹)
Cs-134	-	-	-
Cs-137	0.68~2.20	0.06~0.88	MDA ~0.74

註：“-”表示小於最低可測活度(MDA，海水Cs-134 MDA=0.5 Bq m⁻³、沉積物Cs-134 MDA值為0.09 Bq kg⁻¹，海生物Cs-134 MDA=0.03Bq kg⁻¹，海生物Cs-137 MDA=0.04Bq kg⁻¹)。

3.2 國民輻射劑量評估

輻射偵測中心執行108年度國民輻射劑量評估計畫，包含天然游離輻射及醫療輻射，目前調查所得之天然游離輻射造成國民輻射劑量總計2.206毫西弗/年，醫療輻射劑量評估尚在進行中。初步結果摘錄如下：

(1) 宇宙射線：宇宙射線劑量包含中子宇宙射線及游離輻射成分，綜整27處不同海拔高度之量測結果，中子宇宙射線所造成國民每年人均有效劑量為0.069毫西弗/年，游離輻射成分所造成國民每年人均有效劑量為0.172 毫西弗/年，宇宙射線所造成國民輻射劑量為0.241毫西弗/年，占天然游離輻射之10.9%；後續規劃增加北部山區之量測，再將數據納入，以提高評估結果的代表性。

(2) 地表輻射：地表輻射包含戶外地表輻射及室內地表輻射，綜整421處戶外及50處室內的量測結果，地表輻射之年有效劑量為0.83毫西弗/年，占天然游離輻射之37.6%。後續將補強外島之調查量測，再納入現有數據重新評估。

(3) 氬氣：依據目前已完成之279處室內氬氣量測結果，國內住宅氬氣濃度平均每立方公尺19.3貝克，依國際輻射防護學會(ICRP)基於103號報告新公布之劑量轉換因子

[4]，換算年劑量為0.901毫西弗/年，占天然游離輻射之40.8%。由於國外資料顯示地下室較容易累積偏高的氡氣，而住宅調查數據以臥房及客廳為主，沒有地下室數據，因此今年度也對地下室空間進行調查，但考慮國人的活動特性，主要調查地點都是營業場所，共完成17處之地下室室內氡氣量測；調查結果顯示地下室空間氡氣濃度約為41貝克，高於住宅調查結果，但因營業空間占用因子較少，推估所導致之劑量應不致影響前述國民平均年劑量值。

(4) 體內放射性核種：考慮核種代表性，本計畫主要評估消費性食品吸入鉀40全身有效劑量等，計算出體內放射性核種所造成年均有效劑量為0.234毫西弗/年，占天然游離輻射之10.6%。後續擬探討鈾、鈾系列核種可能造成的體內劑量。

綜上，各來源占天然游離輻射劑量之貢獻比例如圖5.2.1。後續除再補充量測補強部分區域之數據外，也會持續探討其他人造核種的影響。

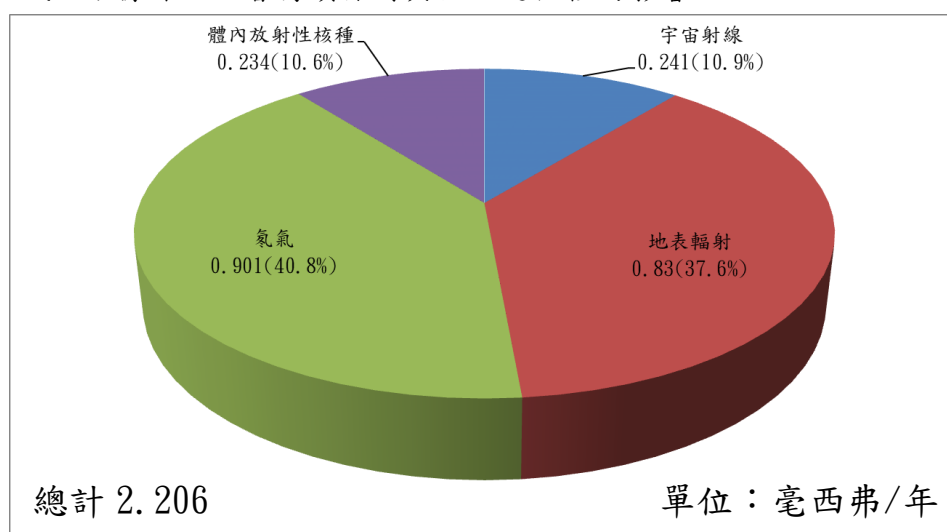


圖2 初步再評估天然游離輻射造成之國民輻射劑量

(5) 消費性產品：為完成吸菸行為之輻射劑量先期評估，本計畫參採衛生福利部國民健康署「國人吸菸行為調查」計畫之調查結果，包括抽菸人口比例(106年度男:26.4%，女:2.3%)，抽菸習慣(男:每天一包，女:每天半包)等。

輻射偵測中心於民國98年購買國內常見22種香菸品牌，分析其鈾210濃度範圍在每公斤16.44到24.17貝克。每根香菸重量約0.7克，換算每根香菸鈾210含量範圍在11.51到16.92毫貝克之間，平均為14毫貝克。假設鉛210與鈾210達平衡，基於ICRP第60號報告的現行劑量轉換因子，換算國人因吸菸平均年輻射劑量男性為0.119毫西弗，女性為0.006毫西弗，全體國民人口平均年劑量0.062毫西弗。

本計畫會再持續注意ICRP第103號報告劑量轉換因子之調整，持續關注吸菸習慣調查結果之趨勢，修正評估結果。

(6) 醫療輻射：

(a) 了解健保資料庫的人數取得與八大類子項對應：於108年4月取得衛生福利部人體試驗委員會核可同意本研究之進行，7月取得衛生福利資料科學中心健保資料庫使用同意。為對應本計畫的八大類醫療輻射分類，完成健保資料庫代碼整理，針對

健保資料庫資料編寫專用程式，分次於10月5日、10月25日、11月22日至健保資料庫進行資料庫數據收集。

(b) 醫療院所實地量測與調查：已完成2家取樣醫院的16個類別醫院次之前測與實測數據。取樣作業內容繁瑣，須完成包含：(i)整合並聯絡徵詢有意願合作的取樣醫院；(ii)拜訪取樣醫院辦理現場說明及場勘；(iii)預約取樣時間，以不影響臨床作業為原則；(iv)製作核醫藥物活度統計表及各類設備取樣表格；(v)現場量測不同設備之劑量顯示值…等不同階段的工作，方能使得實測取樣順利進行。整個取樣作業從聯絡醫院到完成1個類別醫院次的現場取樣約需5個月，執行難度高。本計畫108年度已完成16個類別醫院次的取樣資料收集，及取得9家醫院(包含2家已完成取樣的醫院)同意合作，實屬不易。

(c) 建構劑量評估模型：劑量評估模型建構流程如圖3，108年已完成心臟類介入性透視攝影檢查、非心臟類介入性透視攝影檢查、傳統透視攝影檢查、牙科攝影檢查劑量評估模型之建置。

(d) 學術產出與培養研究團隊：完成論文投稿1篇(題目為Occupational radiation dose to the eye lens of physicians from departments of interventional radiology)，養成1個合作團隊，技術報告1篇。

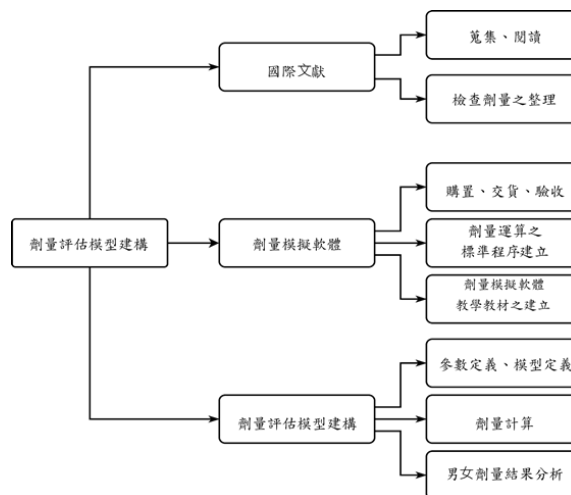


圖3 劑量評估模型建構流程

(7)食品中人造核種銥90輻射劑量先期評估:穩定銥是環境中常見的鹼土族元素。放射性銥包括半化期29.1年的銥90、半化期50.52天的銥89及半化期64.84天的銥85，都是自核工業開始發展後才出現在環境中，其來源可分為全球性落塵與設施區域性排放兩大類。輻射偵測中心民國104到108年五年期間針對市場上 10 大類主要消費食品取樣銥90分析結果，劑量轉換因子採用基於ICRP第60號報告的現行劑量模式，推算國人經由攝食銥90造成的年劑量為 2.64×10^{-4} 毫西弗，主要劑量來源為水果，其次是米與麵粉。相較於其他天然輻射核種所造成之體內輻射劑量如上述氡氣與吸菸之劑量，食品中的人造核種銥90所造成的劑量幾乎可忽略。

四、結論與建議

108年海陸域調查共完成海水試樣167件、海生物試樣178件以及沉積物試樣(岸沙、河砂及海底沉積物)88件，總計433件，上述試樣放射性分析結果皆遠低於法規規範標準，顯示台灣海域環境目前無輻射安全之疑慮。樣品數據進一步分析發現，台灣海域海水之銫137 (mBq/L)於水下100至200米處略高其他水層，但皆在背景變動範圍內。

國民輻射劑量調查本年度在氡氣、宇宙射線、地表輻射、吸菸行為與醫療輻射等項目上取得初步評估成果。氡氣體內劑量模式再評估，年劑量調整為0.901毫西弗；且完成地下室空間17處氡氣濃度量測。宇宙射線劑量為0.241 毫西弗/年。地表輻射包含戶外地表輻射及室內地表輻射，合計地表輻射之年有效劑量為0.83毫西弗/年。進行國內醫療輻射劑量評估，經衛福部人體試驗委員會同意，著手蒐集、分析健保資料庫資料；也完成了核子醫學藥物活度調查表，以及介入性透視攝影（心臟類）、介入性透視攝影（非心臟類）、傳統透視攝影、牙科攝影之初步劑量評估模型，並陸續運用在醫療輻射劑量調查及現場實測中，持續累積相關數據。引用衛福部國健署國人吸菸統計資料與過去菸草分析結果，完成吸菸行為國民輻射劑量之先期評估，推算國人吸菸平均年劑量0.06毫西弗。

透過今年度計畫執行之檢討，未來計畫之強化精進作業包括：

1. 海域調查後續擬針對銫137活度略高之魚類，以及東北、西南海域之深層海水加強取樣偵測。並參考委辦單位於108年12月11日完成「台灣海域未來中長程(109~111年)輻射監測調查計畫規劃書」調整監測內容。
2. 在陸域調查方面，擬再強化河川沖刷入海相關核種傳輸機制之取樣分析，已能更加有效掌握海域樣品輻射核種分布之來源與環境傳輸行徑。
3. 天然背景輻射調查部分，在地表與宇宙輻射劑量擬再補充外島與北部山區之量測數據；探討食品中天然核種鈾系列與釷系列之量測方法，另外，對食品中人造核種之分析能力也需再行補強。
4. 消費產品部分，包括吸菸、飛航宇宙輻射劑量及負離子產品量測等，占國民輻射劑量比例小，但為民眾關切議題，列為後續規劃重點，並持續與其他部會協調合作之事項。
5. 今年醫療輻射劑量評估為準備階段，後續持續進行資料蒐集與現場量測確認。

參考文獻

1. National Council on Radiation Protection and Measurements, Ionizing Radiation Exposure of the Population in the United States, NCRP Report No.160 (2009).
2. National Council on Radiation Protection and Measurements, Ionizing Radiation Exposure of the Population in the United States, NCRP Report No.93 (1987).
3. 陳清江，「台灣地區住宅氡氣活度擴大量測與劑量再評估」，義守大學 ISU106-GOV-07 (2017)
4. ICRP, Summary of ICRP Recommendations on Radon. ICRP ref 4836 -9756 -8598, January 26,(2018)