

RMC-111-315Rev2

核設施周圍環境輻射調查
與民眾劑量評估
(112 年 8 月修正版)



核能安全委員會輻射偵測中心

112 年 8 月

核設施周圍環境輻射調查與民眾劑量評估

摘要

國民輻射劑量評估需考量民眾生活中可能輻射來源及我國特性，本研究參考美國輻射防護與度量委員會(NCRP)第 160 號報告作法，將其分成背景輻射、醫療輻射、消費性產品、產業活動以及職業曝露等五大類；其中，核設施因運轉而使周圍居民接受到輻射曝露之情形屬產業活動之分類。行政院原子能委員會輻射偵測中心(以下簡稱本中心)於 87 年進行第一次國民輻射劑量評估，與當時的狀況相比，雖然核能一廠目前已無發電進入除役過渡階段，但考量核燃料仍置於反應器壓力槽內，仍適用運轉中核能電廠之管制規定，故本報告評估之核設施包括：核能一廠、核能二廠、核能三廠、清華大學研究用反應器、核能研究所、台電公司蘭嶼低放貯存場等，共計 6 座核設施，為確認現行核設施周圍環境變化對民眾之影響，本中心更新並評估關鍵群體因核設施所造成的國民輻射劑量。

本研究採用各項核設施之氣體、液體排放放射性物質結果對民眾造成之輻射劑量進行評估，核能電廠周圍關鍵群體年集體有效劑量(S)為 0.00917 人-西弗/年，其他核設施量測結果均小於儀器偵檢低限，其造成之劑量可忽略，綜上，推估產業活動-核設施所造成的國民輻射劑量(E_{Taiwan})為 3.9×10^{-7} 毫西弗/年。

The Investigation of Environmental Radiation around Nuclear Facilities and the Assessment of Population Radiation Doses in Taiwan

Abstract

The assessment of public radiation doses must consider potential radiation sources in people's daily lives and the characteristics of our country. This study refers to the methodology from the National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) Report No. 160 in the United States, dividing the sources into five categories: background radiation, medical radiation, consumer products, industrial activities, and occupational exposure. Among them, the radiation exposure to residents around nuclear facilities due to operations falls under the category of industrial activities.

The RMC conducted the first population radiation dose assessment in 1998. Compared to the situation at that time, although the First Nuclear Power Plant has ceased power generation and entered the decommissioning transition phase, since nuclear fuel is still stored in the reactor pressure vessel, it remains subject to the regulatory requirements for operational nuclear power plants. Therefore, the nuclear facilities evaluated in this report include: the First, Second, and Third Nuclear Power Plants, Tsing Hua University research reactor, the Institute of

Nuclear Energy Research, and the Taiwan Power Company Lanyu low-level radioactive waste storage site, totaling six nuclear facilities. To confirm the impact of environmental changes around current nuclear facilities on the public, the RMC updated and assessed the public radiation dose from these facilities. This study evaluated the radiation dose to the public from the release of radioactive substances in gaseous and liquid forms from various nuclear facilities. The annual collective effective dose (S) for critical groups around nuclear power plants was 0.00917 man-Sv/year. The measurement results from other nuclear facilities were below the detection limits of the instruments, and the resulting doses were negligible. In summary, the estimated public radiation dose from industrial activities related to nuclear facilities (E_{Taiwan}) is 3.9×10^{-7} mSv/year.

名詞定義

1. S:集體有效劑量(Annual collective effective dose)

指特定群體曝露於某輻射源，所受有效劑量之總和，亦即為該特定輻射源曝露之人數與該受曝露群組平均有效劑量之乘積，其單位為人-西弗(man-Sv)。

2. E_{EXP} :個人年有效劑量(Average annual Effective dose)

意指曝露族群之平均年有效劑量，又稱個人平均年有效劑量。此劑量為法規上所稱之約定有效劑量，指各組織或器官之約定等價劑量與組織加權因數乘積之和，其單位為西弗(Sv)或毫西弗(mSv)。

3. $E_{\text{population}}$:總族群之平均有效劑量(Effective dose per individual in the population)

意指總族群之平均年有效劑量，計算方式為集體有效劑量除以總群體數，其單位為毫西弗(mSv)或微西弗(μSv)。

4. E_{JP} :日本全體國民之平均年有效劑量(Effective dose per individual per year in Japan)

計算方式為日本每年之集體有效劑量除以日本人口數，以毫西弗(mSv)或微西弗(μSv)表示。

5. E_{Taiwan} :台灣全體國民之平均年有效劑量(Effective dose per individual per year in Taiwan)

計算方式為台灣每年之集體有效劑量除以台灣人口數，以毫西弗(mSv)或微西弗(μSv)表示；亦即台灣之國民輻射劑量。

目錄

一、 前言	1
二、 文獻回顧	3
(一) 美國	3
(二) 日本	6
(三) 聯合國原子能輻射效應科學委員會(UNSCEAR)	7
(四) 輻射偵測中心(87 年)	8
三、 劑量評估方法	9
(一) 核能電廠(核能一廠、核能二廠、核能三廠)	9
1. 放射性廢氣之劑量評估方法	11
2. 放射性廢水之劑量評估方法	13
(二) 清華大學研究用反應器	15
(三) 核能研究所	16
(四) 台電公司蘭嶼低放貯存場	16
四、 劑量評估結果與分析	17
(一) 核能一廠	17
(二) 核能二廠	20
(三) 核能三廠	23
(四) 清華大學研究用反應器	27
(五) 核能研究所	29

(六) 台電公司蘭嶼低放貯存場.....	31
五、 國民輻射劑量評估	33
(一) 我國之國民輻射劑量.....	33
(二) 與輻射偵測中心(87 年)評估結果比較.....	34
(三) 與其他國家之比較.....	36
六、 結論	37
七、 參考資料.....	38
附錄一	42
附錄二 偵測中心 110 年清華大學環境輻射監測結果	54
附錄三 清華大學 110 年清華大學環境輻射監測結果	55
附錄四 偵測中心 110 年核能研究所環境輻射監測結果	56
附錄五 核研所 110 年核能研究所場所外環境輻射監測結果	57
附錄六 偵測中心 110 年蘭嶼低放貯存場環境輻射監測結果	58
附錄七 台電 110 年蘭嶼低放貯存場環境輻射監測結果	59
附錄、審查意見對照表	60

圖目錄

圖 1 美國境內能源部核設施分布情形	5
圖 2 核一廠歷年放射性廢氣排放造成關鍵群體有效劑量趨勢圖	19
圖 3 核一廠歷年放射性廢水排放造成關鍵群體有效劑量趨勢圖	19
圖 4 核二廠歷年放射性廢氣排放造成關鍵群體有效劑量趨勢圖	22
圖 5 核二廠歷年放射性廢水排放造成關鍵群體有效劑量趨勢圖	22
圖 6 核三廠歷年放射性廢氣排放造成關鍵群體有效劑量趨勢圖	25
圖 7 核三廠歷年放射性廢水排放造成關鍵群體有效劑量趨勢圖	25

表目錄

表 1 NCRP 160 報告之核能電廠運營行為造成周圍民眾輻射曝露結果	4
表 2 日本核設施之民眾輻射曝露結果	7
表 3 全球報告之核能電廠運營行為造成周圍民眾輻射曝露結果	8
表 4 偵測中心 87 年核設施周圍民眾輻射曝露結果	9
表 5 台灣核能電廠設備概況	10
表 6 台灣核能電廠放射性廢氣排放曝露途徑	13
表 7 台灣核能電廠放射性廢水排放曝露途徑	15
表 8 核能一廠之個人年有效劑量(E_{EXP})與集體有效劑量(S)評估結果	18
表 9 核能二廠之個人年有效劑量(E_{EXP})與集體有效劑量(S)評估結果	21
表 10 核能三廠之個人年有效劑量(E_{EXP})與集體有效劑量(S)評估結果	24
表 11 核能一廠、核能二廠、核能三廠之集體有效劑量(S)評估結果	26
表 12 本中心針對核設施周圍民眾個人劑量評估結果	28
表 13 清華大學針對核設施周圍民眾個人劑量評估結果	29
表 14 核研所針對核設施周圍民眾個人劑量評估結果	31
表 15 台電針對蘭嶼低放貯存場周圍民眾個人劑量評估結果	33

表 16 台灣核設施造成集體有效劑量與國民輻射劑量評估結果	34
表 17 台灣核設施造成之集體有效劑量(S)	35
表 18 台灣核設施造成之國民輻射劑量(E_{Taiwan}).....	35
表 19 國際文獻之核設施集體有效劑量(S)	36

核設施周圍環境輻射調查與民眾劑量評估

一、前言

本計畫執行之核設施周圍環境輻射調查與民眾輻射曝露劑量評估，係為了解現行的各項核設施造成之劑量情況，並作為國民輻射劑量評估之依據。依我國「游離輻射防護法」第 19 條規定「主管機關應選定適當場所，設置輻射監測設施及採樣，從事環境輻射監測，並公開監測結果」；另依據游離輻射防護安全標準第 13 條規定「設施經營者於規劃、設計及進行輻射作業時，對一般人造成之劑量，應符合第 12 條一般人年劑量限度之規定」，且設施經營者得以下列兩款之一方式證明其輻射作業符合第 12 條之規定：一、依附表三或模式計算關鍵群體中個人所接受之劑量，確認一般人所接受之劑量符合前條劑量限度。二、輻射工作場所排放含放射性物質之廢氣或廢水，造成邊界之空氣中及水中之放射性核種年平均濃度不超過附表四之二規定，且對輻射工作場所外地區中一般人體外曝露造成之劑量，於一小時內不超過零點零二毫西弗，一年內不超過零點五毫西弗。在現行的輻射防護體系下，核設施運營是受到嚴謹管控的，且符合相關法規規範。

國民輻射劑量需考量民眾生活中可能輻射來源及我國特性，行政院原子能委員會輻射偵測中心(以下簡稱本中心)參考美國輻射防護與度量委員會 (National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP)第 160 號報告【1】作法，將其分成背景輻射、醫療輻射、消費性產品、產業活動以及職業曝露等五大類；其中，核設施因運轉而使周圍居民接受到輻射曝露之情形屬產業活動之分類。本中心於民國 87 年進行第一次國民輻射劑量評估【2】，與當時的狀況相比，核能一廠目前雖已無發電進入除役過渡階段，然因核燃料仍

置於反應器壓力槽內，仍適用運轉中核能電廠之管制規定，故現有核設施包括：核能一廠、核能二廠、核能三廠、清華大學研究用反應器、核能研究所、台電公司蘭嶼低放貯存場等，共計 6 座核設施，為確認現行核設施周圍環境變化對民眾之影響，本中心重新評估，以更新並評估關鍵群體因核設施所造成的國民輻射劑量。

二、 文獻回顧

(一) 美國

依據美國輻射防護與度量委員會(NCRP)2009年出版的NCRP 第160號報告，其中第六章是有關核設施周圍環境輻射劑量評估。一般核設施運行釋放放射性氣體與液體及核設施發射的加馬輻射，在美國所頒布的管制規範中，要求放射性核種釋放與直接輻射曝露需控制於相當低的狀況下才可釋出，目標是將核設施廠界以外的個人輻射劑量限制在天然輻射源劑量的一小部分。以一間發電量產出 0.8 GWe (百萬瓩)的美國核能電廠來說，其評估關鍵群體為針對距電廠 80 公里範圍內的區域人口，且在評估輻射時必需考慮整個核燃料原料開採至電力生產之過程，任何可能因核能電廠產生之輻射曝露情境都需要被納入，整個過程包括：鈾礦開採(mining)、提煉(milling)、鈾轉化(conversion)、鈾濃縮(enrichment)、製造(fabrication)、電力生產、低放貯存(low-level waste storage)、運輸過程等。於核能電廠運營行為之整個過程中，附近關鍵群體皆納入該劑量評估範圍。美國核能電廠運營行為造成周圍民眾輻射曝露評估結果如表 1，採礦所造成之集體有效劑量(S)為 0.94 人-西弗/年，為最高劑量來源，占整體運營行為的 69 %；次之為核燃料提煉所造成之集體有效劑量(S)為 0.25 人-西弗/年，占整體運營行為的 18 %，整體運營行為所造成之集體有效劑量(S)合計為 1.36 人-西弗/年。此為單一發電量為 0.8 GWe 的核能電廠狀況，經 2006 年美國統計結果顯示，境內共有 104 部核電機組，以此結果進行推估，其 104 部核電機組所造成周圍民眾輻射曝露之集體有效劑量(S)為 153 人-西弗/年。

核能電廠以外之其他核設施主要由美國能源部(Department of

Energy, 簡稱 DOE)所管轄，包含：運作場所(辦公室)、實驗室、核武清運場所等，分布如圖 1。來自 DOE 列管之設施所產生之輻射曝露是相當低的，所以無法以直接量測的方式進行劑量計算，故使用大氣擴散程式預測空氣流動並搭配劑量計算軟體的方式，進行核設施周圍民眾之劑量計算。以核設施為中心延伸 80 公里的區域，假設條件參數為：(1) 民眾攝食食物為該區域內所產出或生長；(2) 民眾於該年度皆居住在此區域範圍。NCRP 第 160 號報告估算自 1990 年到 2004 年期間的情況，美國核能電廠以外核設施之集體有效劑量(S)為 1.6 人-西弗/年。

表 1 美國之核能電廠運營行為造成周圍民眾輻射曝露結果

設施		集體有效劑量(S) (人-西弗/年)	備註
採礦(mining)		0.94	
提煉(milling)		0.25	
鈾轉化(conversion)		0.0003	
鈾濃縮(enrichment)		0.0001	
製造(fabrication)		0.00004	
核能電廠		0.048	1980 年統計結果 (共計 47 部機組)
低放貯存廠 (low-level waste storage)		-	無數據評估
運輸	無事件 (incident-free)	0.071	不包括除役廢棄物
	事故 (accidents)	0.054	
合計		1.36	0.8 GWe/年
總計		153	104 部(計 90 GWe/年)核電 機組估算結果(2006 年)

*資料來源：NCRP 第 160 號報告，2009。

(二) 日本

日本公益財團法人原子力安全研究協會(Nuclear Safety Research Association, NSRA)接受日本環境省委託執行日本國民輻射劑量評估作業，分別在 1992 年、2011 年及 2020 年【3】評估「日本生活環境放射線(国民線量の算定)」。其中，2020 年發行的第三版納入 2011 年發生福島第一核能電廠事故造成之環境污染影響，呈現核子事故發生 10 年後，日本國民輻射劑量重新評估之結果。日本現有之核設施分類包含：核能電廠、放射性廢棄物貯存廠、研究用反應器、加速器、氙-85 監測等，共分為 5 大類。日本是以核能電廠周圍民眾之個人年有效劑量呈現評估結果，第二版之國民輻射劑量評估報告是在日本福島事故發生前，核能約占日本電力之 30 %，核設施周圍民眾個人年有效劑量(E_{EXP})結果為 1.0×10^{-4} 毫西弗/年，後因 2011 年 3 月東日本大地震導致福島核災，核能電廠皆自主關閉或被迫暫停營運，經重新評估安全性後，截至 2023 年 1 月計有 10 個反應爐正常營運發電，2022 年第 3 版之核設施周圍民眾輻射曝露結果如表 2。日本核設施對日本民眾輻射曝露主要來源為氙-85，其對一般日本民眾之平均年有效劑量，亦即日本之國民輻射劑量(E_{JP})評估結果為 1.0×10^{-4} 毫西弗/年；次之為核能電廠，所致國民輻射劑量(E_{JP})評估結果為 5.8×10^{-5} 毫西弗/年；放射性廢棄物貯存廠之國民輻射劑量(E_{JP})評估結果為 1.6×10^{-5} 毫西弗/年；其餘核設施之有效劑量極低皆約為 0，核設施對日本國民造成之個人年有效劑量(E_{JP})合計為 1.7×10^{-4} 毫西弗/年。

表 2 日本核設施之民眾輻射曝露結果

分類	日本之國民輻射劑量(E_{JP}) (毫西弗/年)
核能電廠	5.8×10^{-5}
放射性廢棄物貯存廠	1.6×10^{-5}
研究用反應器	$\doteq 0$
加速器	$\doteq 0$
氙-85 監測(核燃料再處理廠)	1.0×10^{-4}
合計	1.7×10^{-4}

註 1：氙-85 主要來自核分裂產生之放射性核種，氙-85 為核燃料再處理過程產生之，半衰期 10.7 年，經環境流佈進入環境中；依 UNSCEAR 2000 【4】指出目前會產生氙-85 的核燃料再處理廠在歐洲、日本等國家。故依日本國內設置氙-85 之監測站結果評估其國民輻射劑量。

註 2：資料來源-2020 年生活環境放射線(國民線量の算定)-第三版(本研究整理)

(三) 聯合國原子能輻射效應科學委員會(UNSCEAR)

依據聯合國原子能輻射效應科學委員會 UNSCEAR 2008 年出版的 UNSCEAR 2008 報告【5】，其中附件 B 第六章是有關核設施周圍環境輻射劑量評估。原子能輻射效應科學委員會定期收集各國核能電廠營運所釋放之放射性物質，以全球平均每年發電量產出 278 GWe 為基礎，考量任何可能因核能電廠產生之輻射曝露情境，其過程包括：鈾礦開採、提煉、鈾轉化與鈾濃縮、製造、電力生產(放射性氣體與液體排放)、核燃料再處理(放射性氣體與液體排放)、運輸過程等。在 UNSCEAR 2008 報告中，納入 1998 年至 2002 年期間的數據進行了評估如表 3，評估全球核能電廠運營所造成周圍民眾輻射曝露之平均集體有效劑量(S)為 200 人-西弗/年。

表 3 全球報告之核能電廠運營行為造成周圍民眾輻射曝露結果

設施	集體有效劑量(S) (人-西弗/年)
採礦	52.82
提煉	2.224
鈾轉化與濃縮	11.12
製造	0.834
核能電廠	75.06
再處理	30.3
運輸	<27.8
合計	200

*資料來源：UNSCEAR 2008 年報告，2008。

(四) 輻射偵測中心(87 年)

本中心於民國 87 年執行第一次國民輻射劑量評估，其中包含核設施周圍民眾輻射曝露，當時分成核能電廠(核能一廠、核能二廠、核能三廠)、放射性廢棄物貯存廠(低放貯存場)、研究用反應器(清華大學研究用反應器、核能研究所)、加速器等，共計分成四類，7 座核設施做評估，採用各項核設施之氣體、液體排放放射性物質結果對民眾造成之輻射劑量進行評估，評估結果如表 4。其主要來源為核能電廠，計算之集體有效劑量(S)為 0.19 人-西弗/年；次之為清華大學研究用反應器，集體有效劑(S)量為 0.0003 人-西弗/年；其他核設施(核能研究所、低放貯存場、加速器)評估結果幾乎微乎其微，故可忽略。87 年核設施周圍民眾輻射曝露集體有效劑量(S)計算國民輻射劑量(E_{Taiwan})，評估結果為 8.5×10^{-7} 毫西弗/年，約占當時整體國民劑量之 $3.48 \times 10^{-5} \%$ ，劑量貢獻相對小。

表 4 偵測中心 87 年核設施周圍民眾輻射曝露結果

分類	集體有效劑量(S) (人-西弗/年)
核能電廠	0.19
放射性廢棄物貯存廠	≐0
研究用反應器	0.0003
加速器	≐0
合計	0.1903

(本研究整理)

三、劑量評估方法

本研究針對我國現有的核設施，包括：核能一廠、核能二廠、核能三廠、清華大學研究用反應器、核能研究所、台電公司蘭嶼低放貯存場等，共計 6 座核設施。有關加速器部分，因現行台灣核設施環境監測計畫中並無加速器，且民國 87 年調查評估結果劑量為 0，故本次核設施評估項目將去除加速器不計；另外，本次評估係針對國內現有核設施進行探討，因台灣目前並無核燃料再處理廠，故不將氪-85(Kr-85)納入本次評估項目。針對居住於核設施周圍的環境進行輻射強度調查，並評估可能造成核設施附近居民(關鍵群體)所受輻射曝露劑量做探究，以推算核設施周圍之環境輻射造成之國民輻射劑量。以下分別就各種核設施之評估方式進行說明：

(一) 核能電廠(核能一廠、核能二廠、核能三廠)

台灣計有三座核能電廠，其設施概況如表 5，目前僅有二座運轉中之核能電廠，共四部機組，分別為設立於新北市萬里區(國聖電廠，又稱第二核能發電廠)與屏東縣恆春鎮(馬鞍山電廠，又稱第三核能發

電廠)，但核能二廠 1 號機已停止運轉。另第一核能發電廠(位於新北市石門區)已於 108 年 7 月 16 日進入除役階段，二部機組均已停止運轉，但因核燃料仍置於反應器壓力槽內，仍適用運轉中核能電廠之管制規定。

表 5 台灣核能電廠設備概況

設備概況	核能一廠		核能二廠		核能三廠	
	1 號機	2 號機	1 號機	2 號機	1 號機	2 號機
爐型	沸水式	沸水式	沸水式	沸水式	壓水式	壓水式
裝置容量 (MWe)	636	636	985	985	951	951
商轉日期	67.12.06	68.7.16	70.12.28	72.3.15	73.7.27	74.5.18
現況	進入除役階段			正常 運轉	正常 運轉	正常 運轉

資料來源：原能會網站(本研究整理)

正常運轉的核能電廠會例行排放微量放射性氣體及液體廢料到環境中，所排放的氣體包含：放射性惰性氣體、碘及粒子狀放射性物質；液體排放包含氫及其他放射性物質等。因核能電廠釋放放射性物質之方式是以氣體與液體作傳播途徑，故核能電廠周圍民眾輻射曝露之劑量評估需考量體外曝露與體內曝露(吸入與嚥入)，本研究將採用民國 106 至 110 年台灣電力公司「放射性物質排放報告」【6-20】，針對我國核能一廠、核能二廠、核能三廠等電廠進行相關數據彙整與計算。該報告係行政院原子能委員會作為管制機關管制核能電廠廠界之放射性廢氣、廢水之排放，要求設施經營者(台電公司)各核能電廠均定期實施取樣、分析、記錄與統計，持續監控放射性廢氣、廢水排放，並依實際排放量，定期評估民眾接受之輻射劑量，以確保放射性廢氣、

廢水排放造成之廠外民眾輻射劑量符合法規限值（0.5 毫西弗/年）。

上述，「放射性物質排放報告」採用之劑量評估方法，係依行政院原子能委員會於民國 79 年 1 月 8 日會輻字第 0183 號函發布之核能電廠環境輻射劑量設計規範要求，分別對放射性廢氣及廢水排放途徑影響的關鍵群體進行輻射劑量評估，上述報告皆經原能會審查通過並公開予公眾知悉。

1. 放射性廢氣之劑量評估方法

依各電廠取得全年度氣象資料，利用美國核管會認可之大氣擴散程式（XOQDOQ-82）(*註 1)計算放射性廢氣排放後，經由大氣擴散至環境中的空氣及地面沈積濃度分佈；放射性廢氣排放評估項目包含分裂及活化氣體排放(Ar-41、Kr-87、Kr-88、Xe-131m、Xe-133、Xe-133m、Xe-135、Xe-135m、Xe-138)、碘(I-131、I-133、I-135)、微粒(Ag-110m、Ba-La-14、Co-60、Cs-137、Cs-134、Mn-54、Sr-89、Sr-90)、氫、氬-13 等。

接著，針對電廠周圍居民生活環境與飲食習慣進行調查，民國 104 年至 107 年之「放射性物質排放報告」採用委託世新大學完成之民國 103 年「台灣南北部地區居民生活習慣與飲食調查習慣調查」數據；民國 108 年至 110 年亦採用委託世新大學 107 年「台灣南北部地區居民生活習慣與飲食調查習慣調查」數據，評估調查項目包含：呼吸量、農作物(葉菜、根菜、稻米、水果、雜糧、茶葉)、奶類、肉類等，民眾劑量評估使用量因子如附錄一。各電廠依曝露途徑分為體外曝露及體內曝露，如表 6；核能一廠、核能二廠因廠區鄰近，其居民生活習慣較接近，選擇直接曝露、地表輻射、呼吸、農作物、肉類食用等；核能三廠考量當地農牧生產(有奶類之生產)情形，選擇直接曝露、地

表輻射、呼吸、農作物、肉類及奶類食用等符合當地居民生活習慣之關鍵曝露途徑進行輻射劑量評估。調查結果以第 97.5 百分位數做關鍵群體之使用量因子；以平均值為評估集體劑量之使用量因子。另亦考量當地農牧產物產銷情形對上述使用量因子予以適當修正。

最後，依年度放射性廢氣排放狀況，由台電公司委託核能研究所發展之廢氣排放劑量評估程式（GASWIN）(*註 2)計算各方位空氣及地面沉積濃度最大位置之各年齡群經由各關鍵曝露途徑的劑量貢獻總和，並取其數值最大者為假設性關鍵群體之年輻射劑量。

*註 1：XOQDOQ-82 為大氣擴散模擬程式，依美國核管會法規指引 RG 1.111 方法，作為各核能電廠例行運轉放射性氣體擴散濃度分佈之計算工具。【21】

*註 2：GASWIN(氣體)程式計算原理源自 GASPAR-II(氣體)，而 GASPAR-II(氣體)為經美國核管會核准並廣為各國使用之程式，其計算原理皆係依據美國核管會(NRC)之法規指引 1.109 (RG 1.109)之劑量評估模式所建立；GASWIN(氣體)僅劑量轉換因數修改採用現行游離輻射防護安全標準之規定(即符合 ICRP-60 模式之劑量轉換因數)。【22】

表 6 台灣核能電廠放射性廢氣排放曝露途徑

廠區分類	放射性廢氣曝露途徑	
	體外曝露	體內曝露
核能一廠	• 直接曝露 • 地表輻射	• 呼吸 • 農作物食用 • 肉類食用
核能二廠	• 直接曝露 • 地表輻射	• 呼吸 • 農作物食用 • 肉類食用
核能三廠	• 直接曝露 • 地表輻射	• 呼吸 • 農作物食用 • 肉類食用 • 奶類食用

(本研究整理)

2. 放射性廢水之劑量評估方法

依放射性廢水之劑量評估需求，對電廠周圍居民生活環境與飲食習慣進行調查，民國 104 年至 107 年之放射性物質排放報告採用委託世新大學完成之民國 103 年「台灣南北部地區居民生活習慣與飲食調查習慣調查」數據；民國 108 年至 110 年亦採用委託世新大學 107 年「台灣南北部地區居民生活習慣與飲食調查習慣調查」數據。評估調查項目包含：魚類、無脊類、海菜之攝食，以及沙灘遊憩、游泳、划船等活動，民眾劑量評估使用量因子如附錄一。各電廠之曝露途徑如表 7；核一廠、核二廠、核三廠之放射性廢水皆排放至大海，與農田灌溉與飲水水源無關，故已剔除農田灌溉、飲水等不存在的輻射影響途徑；活動造成體外曝露的部分，因核能一廠出水口附近的石門海水浴場已停止開放，且金山活動中心僅有少數玩帆船的民眾，帆船部分亦採忽略不計，故選擇之曝露途徑為魚類、無脊椎類、海藻之攝食與

沙灘遊憩及游泳之直接曝露等；核二廠、核三廠選擇之曝露途徑相同，皆使用魚類、無脊椎類、海藻之攝食與沙灘遊憩、游泳、划船之直接曝露等，符合當地居民生活習慣之關鍵曝露途徑進行輻射劑量評估。調查結果以第 97.5 百分位數做關鍵群體之使用量因子；以平均值為評估集體劑量之使用量因子。另亦考量當地漁獲產銷情形對上述使用量因子予以適當修正。

最後，依年度放射性廢水排放狀況，由台電公司委託核能研究所發展之廢水排放劑量評估程式（LQWIN）(*註)，保守計算出水口位置各年齡群經由各可能關鍵曝露途徑的劑量貢獻總和，並取其數值最大者為假設性關鍵群體之年輻射劑量。

*註：LQWIN(液體)程式計算原理源自 LADTAP-II(液體)，而 LADTAP-II(液體)為經美國核管會核准並廣為各國使用之程式，其計算原理皆係依據美國核管會(NRC)之法規指引 1.109 (RG 1.109)之劑量評估模式所建立；LQWIN(液體)僅劑量轉換因數修改採用現行游離輻射防護安全標準之規定(即符合 ICRP-60 模式之劑量轉換因數)。**【22】**

表 7 台灣核能電廠放射性廢水排放曝露途徑

廠區分類	放射性廢水曝露途徑	
	體外曝露	體內曝露
核能一廠	• 沙灘遊憩 • 游泳	• 攝食魚類 • 攝食無脊椎類 • 攝食海菜
核能二廠	• 沙灘遊憩 • 游泳 • 划船	• 攝食魚類 • 攝食無脊椎類 • 攝食海菜
核能三廠	• 沙灘遊憩 • 游泳 • 划船	• 攝食魚類 • 攝食無脊椎類 • 攝食海菜

(本研究整理)

(二) 清華大學研究用反應器

清華大學位於新竹市，其核設施為水池式反應器（Tsing Hua Open-pool Reactor，簡稱 THOR），係美國 General Atomics（GA）公司設計，平時運轉功率約為 1.2~1.7 MW，可隨需求提昇至最高功率 2 MW，每年約運轉 200 個工作天；用於實驗上比例約佔總運轉小時一半。THOR 不僅可進行反應器物理、化學及工程方面之基本研究與教學外，還能應用於醫療、工業及農業方面，亦能製造多種放射性同位素（如：碘-131）提供國內各大醫院使用【23】。

本研究採用本中心「臺灣地區核設施 110 年環境輻射監測年報」【24】與「110 年國立清華大學環境輻射監測季報」（第一季~第四季）【25-28】之核設施周圍民眾個人劑量評估結果，劑量評估方法依據行政院原子能委員會民國 98 年 11 月 11 日修正公布「環境輻射監測規範」，由熱發光劑量計監測累積劑量及環境試樣放射性含量分析結果，評估體外及體內劑量。

(三) 核能研究所

核能研究所(以下簡稱核研所)位於桃園市龍潭區，為行政院原子能委員會下轄之政府單位，是我國核能相關實驗室的研究機構，其研究設施包括放射性同位素生產、照射廠、低放射性廢料儲存處理研究、高放射性實驗、粒子加速器研究等研究用設施。

本研究採用本中心「臺灣地區核設施 110 年環境輻射監測年報」【24】與「110 年核能研究所場所外環境輻射監測報告書」【29-31】之核設施周圍民眾個人劑量評估結果，劑量評估方法依據行政院原子能委員會 98 年 11 月 11 日修正公布「環境輻射監測規範」，由熱發光劑量計監測累積劑量及環境試樣放射性含量分析結果，評估體外及體內劑量。

(四) 台電公司蘭嶼低放貯存場

低放貯存場位於蘭嶼的東南角，自民國 71 年 5 月開始接收全國低強度放射性物料之貯存。低放貯存場採用本中心「臺灣地區核設施 110 年環境輻射監測年報」【24】與「低放貯存場 110 年環境輻射監測報告」【33】之核設施周圍民眾個人劑量評估結果。劑量評估方法依據行政院原子能委員會民國 98 年 11 月 11 日修正公布「環境輻射監測規範」，由熱發光劑量計監測累積劑量及環境試樣放射性含量分析結果，評估體外及體內劑量。

四、劑量評估結果與分析

(一) 核能一廠

彙整核能一廠民國 106 年至 110 年度之「放射性物質排放年報」評估結果，如表 8。核能一廠民國 107 年至 110 年無放射性氣體排放，故一、二號機造成之關鍵群體年有效劑量為 0，106 年放射性氣體排放造成之個人年有效劑量(E_{EXP})總和(一號機+二號機)為 5.74×10^{-4} 微西弗；106 年至 110 放射性液體排放造成之關鍵群體個人年有效劑量(E_{EXP})總和分別為 1.57×10^{-2} 、 8.48×10^{-3} 、 7.21×10^{-3} 、 8.04×10^{-3} 、 3.77×10^{-2} 微西弗，其評估結果均遠低於「核能電廠環境劑量設計規範」之法規設計限值(惰性氣體造成廠界任一民眾有效劑量不超過 50 微西弗/年/機組，如圖 2；放射性廢水造成任一民眾有效劑量不超過 30 微西弗/年/機組，如圖 3)

核能一廠集體有效劑量(S)評估方式，則係以劑量評估程式計算一號機、二號機排放放射性廢氣、廢水造成半徑 50 公里範圍之民眾集體有效劑量(S)，其評估結果彙整如表 8。106 年至 110 放射性廢氣造成之集體有效劑量(S)總和(一號機+二號機)分別為 8.27×10^{-4} 、 2.35×10^{-4} 、 3.27×10^{-4} 、 4.53×10^{-4} 、 3.28×10^{-3} 人-西弗/年；106 年至 110 放射性廢液造成之集體有效劑量(S)總和分別為 8.66×10^{-4} 、 2.04×10^{-4} 、 1.54×10^{-4} 、 1.45×10^{-4} 、 1.17×10^{-3} 人-西弗/年。

表 8 核能一廠之個人年有效劑量(E_{Exp})與集體有效劑量(S)評估結果

廠別		核能一廠							
有效劑量/集體有效劑量		關鍵群體個人年有效劑量(E_{Exp}) (微西弗/年)				集體有效劑量(S) (人-西弗/年)			
項目		廢氣 (I)	廢氣 (II)	廢水 (I)	廢水 (II)	廢氣 (I)	廢氣 (II)	廢水 (I)	廢水 (II)
106	劑量	2.87×10^{-4}	2.87×10^{-4}	8.70×10^{-3}	6.95×10^{-3}	3.29×10^{-4}	4.98×10^{-4}	4.89×10^{-4}	3.77×10^{-4}
	總和	5.74×10^{-4}		1.57×10^{-2}		8.27×10^{-4}		8.66×10^{-4}	
107	劑量	0	0	2.11×10^{-3}	6.37×10^{-3}	7.78×10^{-5}	1.57×10^{-4}	8.69×10^{-5}	1.17×10^{-4}
	總和	0		8.48×10^{-3}		2.35×10^{-4}		2.04×10^{-4}	
108	劑量	0	0	4.52×10^{-3}	2.69×10^{-3}	9.86×10^{-5}	2.28×10^{-4}	7.31×10^{-5}	8.12×10^{-5}
	總和	0		7.21×10^{-3}		3.27×10^{-4}		1.54×10^{-4}	
109	劑量	0	0	1.97×10^{-3}	6.07×10^{-3}	1.16×10^{-4}	3.37×10^{-4}	5.93×10^{-5}	8.52×10^{-5}
	總和	0		8.04×10^{-3}		4.53×10^{-4}		1.45×10^{-4}	
110	劑量	0	0	1.89×10^{-2}	1.88×10^{-2}	8.54×10^{-5}	2.43×10^{-4}	5.81×10^{-4}	5.89×10^{-4}
	總和	0		3.77×10^{-2}		3.28×10^{-4}		1.17×10^{-3}	

註：

1. 關鍵群體個人年有效劑量(E_{Exp})、集體有效劑量(S)結果均採用核能一廠民國 106 年至 110 年度之「放射性物質排放年報」。
2. I 係指核能一廠 1 號機； II 係指核能一廠 2 號機。
3. 本研究整理。

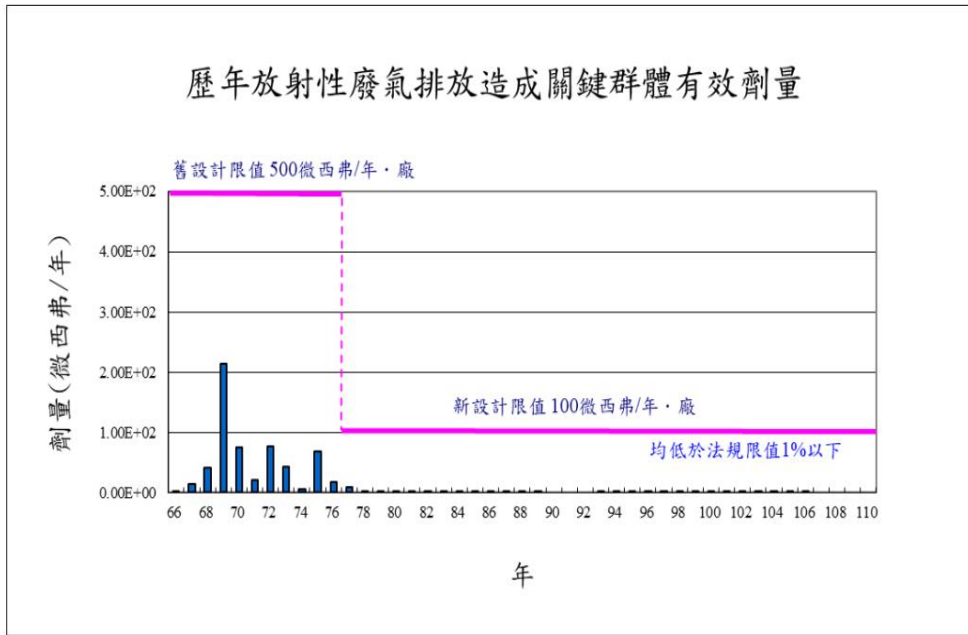


圖 2 核一廠歷年放射性廢氣排放造成關鍵群體個人年有效劑量(E_{EXP})
趨勢圖

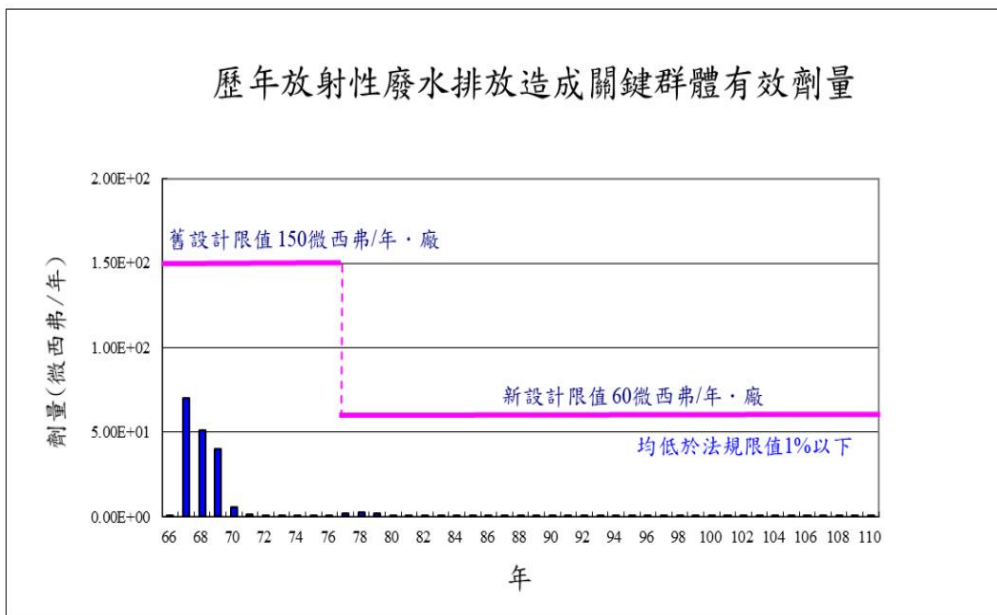


圖 3 核一廠歷年放射性廢水排放造成關鍵群體個人年有效劑量(E_{EXP})
趨勢圖

(二) 核能二廠

核能二廠部分，同樣是彙整民國 106 年至 110 年度之「放射性物質排放年報」評估結果，如表 9。核能二廠民國 106 年至 110 年放射性氣體排放造成之關鍵群體個人年有效劑量(E_{EXP})總和(一號機+二號機)分別為 3.06、13.00、5.73、4.00、3.42 微西弗；民國 106 年至 110 放射性液體排放造成之個人年有效劑量(E_{EXP})總和分別為 2.04×10^{-1} 、 9.49×10^{-2} 、 5.34×10^{-2} 、 1.24×10^{-1} 、 5.38×10^{-2} 微西弗，其評估結果均遠低於「核能電廠環境劑量設計規範」之法規設計限值(惰性氣體造成廠界任一民眾有效劑量不超過 50 微西弗/年/機組，如圖 4；放射性廢水造成任一民眾有效劑量不超過 30 微西弗/年/機組，如圖 5)

核能二廠集體有效劑量(S)評估方式如同核能一廠，係以劑量評估程式計算一號機、二號機排放放射性廢氣、廢水造成半徑 50 公里範圍民眾之劑量，其評估結果彙整如表 9。106 年至 110 年放射性廢氣造成之集體有效劑量(S)總和(一號機+二號機)分別為 6.58×10^{-3} 、 1.24×10^{-2} 、 5.89×10^{-3} 、 6.05×10^{-3} 、 3.84×10^{-3} 人-西弗/年；106 年至 110 放射性廢液造成之集體有效劑量(S)總和分別為 2.7×10^{-3} 、 1.03×10^{-3} 、 5.25×10^{-4} 、 1.18×10^{-3} 、 9.23×10^{-4} 人-西弗/年。

表 9 核能二廠之個人年有效劑量(E_{EXP})與集體有效劑量(S)評估結果

廠別		核能二廠					
有效劑量/集體有效劑量		關鍵群體個人年有效劑量(E_{Exp}) (微西弗/年)			集體有效劑量(S) (人-西弗/年)		
項目		廢氣 (I)	廢氣 (II)	廢水 (I+II)	廢氣 (I)	廢氣 (II)	廢水 (I+II)
106	劑量	3.06	0	2.04×10^{-1}	6.37×10^{-3}	2.10×10^{-4}	2.7×10^{-3}
	總和	3.06		2.04×10^{-1}	6.58×10^{-3}		2.7×10^{-3}
107	劑量	12.9	5.66×10^{-2}	9.49×10^{-2}	1.17×10^{-2}	7.04×10^{-4}	1.03×10^{-3}
	總和	13.00		9.49×10^{-2}	1.24×10^{-2}		1.03×10^{-3}
108	劑量	5.68	5.12×10^{-2}	5.34×10^{-2}	4.99×10^{-3}	8.98×10^{-4}	5.25×10^{-4}
	總和	5.73		5.34×10^{-2}	5.89×10^{-3}		5.25×10^{-4}
109	劑量	3.97	2.86×10^{-2}	1.24×10^{-1}	4.91×10^{-3}	1.14×10^{-3}	1.18×10^{-3}
	總和	4.00		1.24×10^{-1}	6.05×10^{-3}		1.18×10^{-3}
110	劑量	3.36	5.79×10^{-2}	5.38×10^{-2}	2.55×10^{-3}	1.29×10^{-3}	9.23×10^{-4}
	總和	3.42		5.38×10^{-2}	3.84×10^{-3}		9.23×10^{-4}

註：

1. 關鍵群體個人年有效劑量(E_{Exp})、集體有效劑量(S)結果均採用核能二廠民國 106 年至 110 年度之「放射性物質排放年報」。
2. I 係指核能二廠 1 號機； II 係指核能二廠 2 號機。
3. 本研究整理。

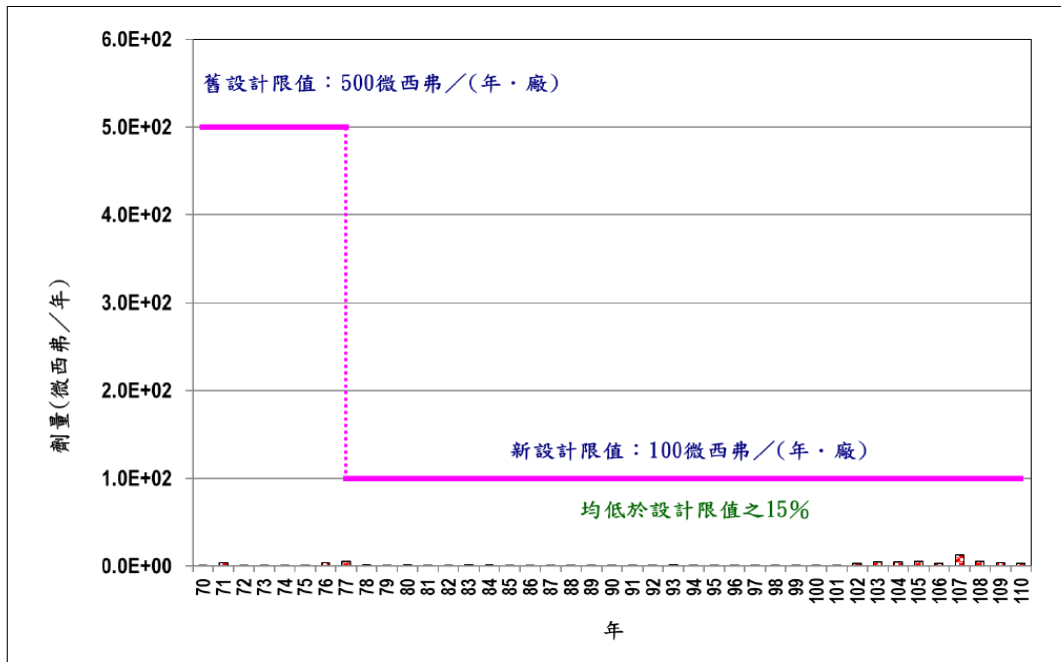


圖 4 核二廠歷年放射性廢氣排放造成關鍵群體個人年有效劑量(E_{EXP})趨勢圖

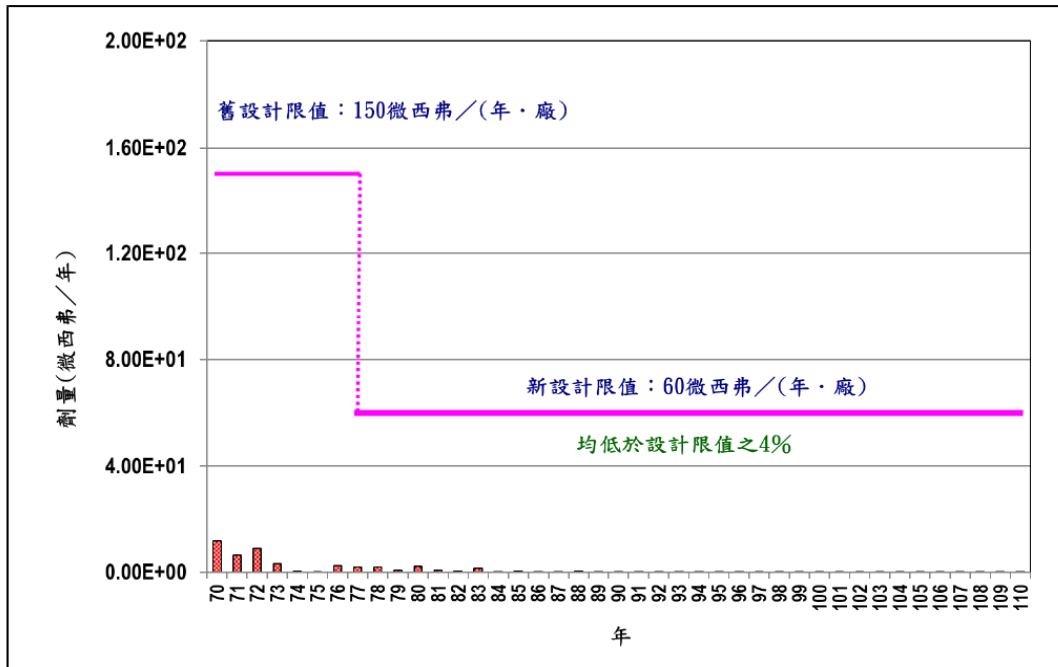


圖 5 核二廠歷年放射性廢水排放造成關鍵群體個人年有效劑量(E_{EXP})趨勢圖

(三) 核能三廠

核能三廠部分，彙整民國 106 年至 110 年度之「放射性物質排放年報」評估結果，如表 10。核能三廠民國 106 年至 110 年放射性氣體排放造成之個人年有效劑量(E_{EXP})總和(一號機+二號機)分別為 1.50×10^{-1} 、 2.67×10^{-1} 、 3.19×10^{-1} 、 2.99×10^{-1} 、 2.65×10^{-1} 微西弗；民國 106 年至 110 年放射性液體排放造成之個人年有效劑量(E_{EXP})總和分別為 5.06×10^{-3} 、 5.39×10^{-3} 、 1.38×10^{-3} 、 1.27×10^{-3} 、 1.48×10^{-3} 微西弗，其評估結果均遠低於「核能電廠環境劑量設計規範」之法規設計限值(惰性氣體造成廠界任一民眾有效劑量不超過 50 微西弗/年/機組，如圖 6；放射性廢水造成任一民眾有效劑量不超過 30 微西弗/年/機組，如圖 7)

核能三廠集體有效劑量(S)評估方式與核能一廠、二廠相同，係以劑量評估程式計算一號機、二號機排放放射性廢氣、廢水造成半徑 50 公里範圍民眾之劑量，其評估結果彙整如表 10。民國 106 年至 110 年放射性廢氣造成之集體有效劑量(S)總和(一號機+二號機)分別為 2.22×10^{-4} 、 2.36×10^{-4} 、 2.90×10^{-4} 、 1.94×10^{-4} 、 3.84×10^{-4} 人-西弗/年；106 年至 110 年放射性廢液造成之集體有效劑量(S)總和分別為 1.14×10^{-5} 、 1.21×10^{-5} 、 6.67×10^{-6} 、 6.16×10^{-6} 、 7.20×10^{-6} 人-西弗/年。

表 10 核能三廠之個人年有效劑量(E_{EXP})與集體有效劑量(S)評估結果

廠別		核能三廠					
有效劑量/集體有效劑量		關鍵群體個人年有效劑量(E_{Exp}) (微西弗/年)			集體有效劑量(S) (人-西弗/年)		
項目		廢氣 (I)	廢氣 (II)	廢水 (I+II)	廢氣 (I)	廢氣 (II)	廢水 (I+II)
106	劑量	8.70×10^{-2}	6.32×10^{-2}	5.06×10^{-3}	1.26×10^{-4}	9.63×10^{-5}	1.14×10^{-5}
	總和	1.50×10^{-1}		5.06×10^{-3}	2.22×10^{-4}		1.14×10^{-5}
107	劑量	1.27×10^{-1}	1.40×10^{-1}	5.39×10^{-3}	1.13×10^{-4}	1.23×10^{-4}	1.21×10^{-5}
	總和	2.67×10^{-1}		5.39×10^{-3}	2.36×10^{-4}		1.21×10^{-5}
108	劑量	1.68×10^{-1}	1.51×10^{-1}	1.38×10^{-3}	1.26×10^{-4}	1.64×10^{-4}	6.67×10^{-6}
	總和	3.19×10^{-1}		1.38×10^{-3}	2.90×10^{-4}		6.67×10^{-6}
109	劑量	1.73×10^{-1}	1.26×10^{-1}	1.27×10^{-3}	9.86×10^{-5}	9.51×10^{-5}	6.16×10^{-6}
	總和	2.99×10^{-1}		1.27×10^{-3}	1.94×10^{-4}		6.16×10^{-6}
110	劑量	1.34×10^{-1}	1.31×10^{-1}	1.48×10^{-3}	1.78×10^{-4}	2.06×10^{-4}	7.20×10^{-6}
	總和	2.65×10^{-1}		1.48×10^{-3}	3.84×10^{-4}		7.20×10^{-6}

註：

1. 關鍵群體個人年有效劑量(E_{Exp})、集體有效劑量(S)結果均採用核能三廠民國 106 年至 110 年度之「放射性物質排放年報」。
2. I 係指核能三廠 1 號機； II 係指核能三廠 2 號機。
3. 本研究整理。

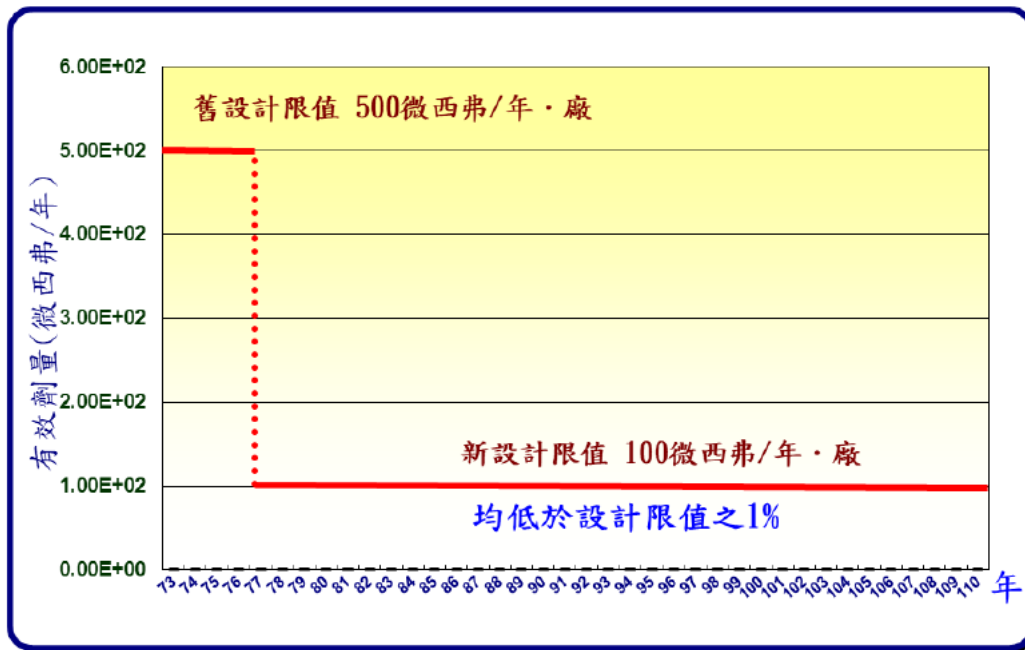


圖 6 核三廠歷年放射性廢氣排放造成關鍵群體個人年有效劑量(E_{EXP})趨勢圖

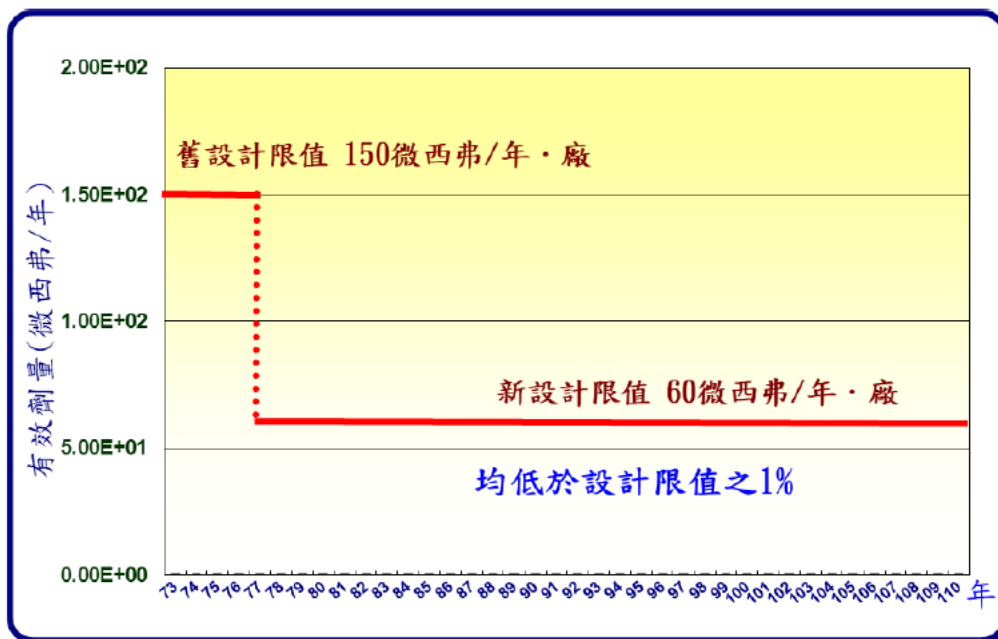


圖 7 核三廠歷年放射性廢水排放造成關鍵群體個人年有效劑量(E_{EXP})趨勢圖

綜整核能一廠、核能二廠、核能三廠民國 106 年至 110 年之放射性排放廢氣、廢水評估集體有效劑量(S)之結果，彙整如表 11。各年度 3 個核能電廠之氣體排放集體有效劑量(S)加總結果分別為 7.63×10^{-3} 、 1.29×10^{-2} 、 6.50×10^{-3} 、 6.70×10^{-3} 、 4.55×10^{-3} 人-西弗/年，平均值為 7.65×10^{-3} 人-西弗/年；液體排放集體有效劑量(S)加總結果分別為 2.22×10^{-3} 、 1.25×10^{-3} 、 6.86×10^{-4} 、 1.33×10^{-3} 、 2.10×10^{-3} 人-西弗/年，平均值為 1.52×10^{-3} 人-西弗/年，將氣體、液體排放集體有效劑量(S)結果相加，即可獲得核能電廠近 5 年之集體有效劑量(S)，平均值為 0.00917 人-西弗/年。

表 11 核能一廠、核能二廠、核能三廠之集體有效劑量(S)評估結果

型 式		沸水式		壓水式	小 計	歷 年 平 均	總集體有效 劑量(S)* (人-西弗/年)
廠 別		核能一廠	核能二廠	核能三廠			
氣體 集體 有效 劑量 (人-西 弗/年)	106	8.27×10 ⁻⁴	6.58×10 ⁻³	2.22×10 ⁻⁴	7.63×10 ⁻³	7.65×10 ⁻³	9.17×10 ⁻³
	107	2.35×10 ⁻⁴	1.24×10 ⁻²	2.36×10 ⁻⁴	1.29×10 ⁻²		
	108	3.27×10 ⁻⁴	5.89×10 ⁻³	2.90×10 ⁻⁴	6.50×10 ⁻³		
	109	4.53×10 ⁻⁴	6.05×10 ⁻³	1.94×10 ⁻⁴	6.70×10 ⁻³		
	110	3.28×10 ⁻⁴	3.84×10 ⁻³	3.84×10 ⁻⁴	4.55×10 ⁻³		
液體 集體 有效 劑量 (人-西 弗/年)	106	8.66×10 ⁻⁴	1.35×10 ⁻³	5.68×10 ⁻⁶	2.22×10 ⁻³	1.52×10 ⁻³	
	107	2.04×10 ⁻⁴	1.03×10 ⁻³	1.21×10 ⁻⁵	1.25×10 ⁻³		
	108	1.54×10 ⁻⁴	5.25×10 ⁻⁴	6.67×10 ⁻⁶	6.86×10 ⁻⁴		
	109	1.45×10 ⁻⁴	1.18×10 ⁻³	6.16×10 ⁻⁶	1.33×10 ⁻³		
	110	1.17×10 ⁻³	9.23×10 ⁻⁴	7.20×10 ⁻⁶	2.10×10 ⁻³		

*註：

1. 總集體有效劑量=氣體集體有效劑量(106-110 年平均)+液體集體有效劑量(106-110 年平均)。
2. 本研究整理。

(四) 清華大學研究用反應器

本中心「臺灣地區核設施 110 年環境輻射監測年報」【24】，針對清華大學執行之環境監測作業項目包括：直接輻射監測，液態與氣態排放途徑的各類環境試樣採樣分析，分析結果如附錄二。經檢視該設施周圍歷年來環境監測結果顯示，環境加馬直接輻射劑量率在 0.047-0.076 微西弗/小時之間，均在自然背景輻射(0.2 微西弗/小時)變動範圍內。環境試樣放射性分析主要以水樣及生物試樣分析結果，在核反應器周圍採取飲用水、地下水及河川水進行總貝他活度計測、氡活度分析與銫之加馬核種分析，結果均在自然背景變動範圍。生物試樣在植物及農畜產物等部分試樣分析銫-137 人造放射性核種，其活度皆小於最小可測活度。依本中心「臺灣地區核設施 110 年環境輻射監測年報」【24】之核設施周圍民眾個人劑量評估結果如表 12，清華大學對關鍵群體之有效劑量與約定有效劑量結果小於 0.001 毫西弗，造成周圍民眾劑量應極低微，其劑量可忽略。

另參採「110 年國立清華大學環境輻射監測季報」(第一季~第四季)【25-28】，由清華大學針對周圍環境進行之輻射監測，環境監測作業項目包括：直接輻射監測，液態與氣態排放途徑的各類環境試樣採樣分析，分析結果如附錄三。檢視該設施民國 110 年度環境監測結果顯示，環境加馬直接輻射劑量率在 0.047-0.075 微西弗/小時之間，均在自然背景輻射(0.2 微西弗/小時)變動範圍內。環境試樣放射性分析主要以水樣及生物試樣分析結果，在核反應器周圍採取飲用水、地下水及河川水進行總貝他活度計測、氡活度分析，結果均在自然背景變動範圍。生物試樣在植物及農畜產物等部分試樣分析銫-137 人造放射性核種，其活度皆小於最小可測活度。依清華大學「110 年國立清

華大學環境輻射監測季報」(第一季~第四季)【25-28】之核設施周圍民眾個人劑量評估結果如表 13，清華大學對關鍵群體之有效劑量與約定有效劑量結果小於 0.001 毫西弗，造成周圍民眾劑量應極低微，其劑量可忽略。集體有效劑量為有效劑量與約定有效劑量乘上關鍵群體人數合計結果，因評估有效劑量與約定有效劑量結果極低，可忽略，故集體有效劑量不予計算。

表 12 本中心針對核設施周圍民眾個人劑量評估結果

單位：毫西弗／年

曝露途徑	有效劑量			約定有效劑量				合計
	TLD	地表	岸沙	空浮微粒	飲水	農畜產物	海產物	
清華大學	*	-	/	-	/	-	/	-
核能研究所	*	-	-	-	/	-	-	-
台電公司蘭嶼 低放貯存場	*	-	-	-	/	-	-	-

註：

1. “*”表示低於 TLD 偵測低限 0.05 毫西弗／年。
2. “-”表示小於 0.001 毫西弗。
3. “/”表示未分析（評估）。
4. 約定有效劑量評估係考慮 50 年的劑量積存。
5. 有效劑量的推算與評估，係參考「環境輻射監測規範」之附件四「體外及體內劑量評估方法」。
6. 原報告有列出核爆影響，因核爆影響屬既存曝露，不在本研究考量範圍，故不予列出。
7. 資料來源：臺灣地區核設施 110 年環境輻射監測年報。

表 13 清華大學針對核設施周圍民眾個人劑量評估結果

單位：毫西弗／年

曝露途徑	體外曝露			體內曝露			
	TLD	地表	岸沙	空浮微粒	飲水	農畜產物	海產物
清華大學	<MDA	-	*	-	*	-	*

註：

1. TLD 評估 0.05 毫西弗/年或 0.025 毫西弗/季，則註記小於 MDA。
2. 各曝露途徑的有效劑量低於 0.001 毫西弗(<0.001 毫西弗)者，僅註記「-」，並加註「未達評估標準」。
3. 凡經評估所得最大個人劑量之設站地點，在計畫書中未規劃執行該項試樣(表示無此曝露途徑)者，即於表格中直接標示「*」，並註明「最大個人劑量的地點無此曝露途徑」。
4. 原報告有列出核爆影響，因核爆影響屬既存曝露，不在本研究考量範圍，故不予列出。
5. 資料來源：110 年國立清華大學環境輻射監測季報」(第一季~第四季)

(五) 核能研究所

本中心「臺灣地區核設施 110 年環境輻射監測年報」【24】，針對核研所執行之環境監測作業項目包括：直接輻射監測，液態與氣態排放途徑的各類環境試樣採樣分析，分析結果如附錄四。經檢視該設施周圍歷年來環境監測結果顯示，環境加馬直接輻射劑量率在 0.043-0.091 微西弗/小時之間，均在自然背景輻射(0.2 微西弗/小時)變動範圍內。環境試樣放射性分析主要以水樣及生物試樣分析結果，在核反應器周圍採取飲用水、地下水及河川水進行總貝他活度計測、氡活度分析與銫之加馬核種分析，結果均在自然背景變動範圍。生物試樣在植物及農畜產物等部分試樣分析銫-137 人造放射性核種，其活度皆小於最小可測活度。依本中心「臺灣地區核設施 110 年環境輻射監測年報」【24】之核設施周圍民眾個人劑量評估結果如表 12，核研所對關鍵群體之有效劑量與約定有效劑量結果小於 0.001 毫西弗，造成

周圍民眾劑量應極低微，其劑量可忽略。

另參採「110 年核能研究所場所外環境輻射監測報告書」【29-32】，由核研所針對周圍環境進行之輻射監測，環境監測作業項目包括：直接輻射監測，液態與氣態排放途徑的各類環境試樣採樣分析，分析結果如附錄五。檢視該設施民國 110 年度環境監測結果顯示，環境加馬直接輻射劑量率在 0.042-0.094 微西弗/小時之間，均在自然背景輻射 (0.2 微西弗/小時) 變動範圍內。環境試樣放射性分析主要以水樣及生物試樣分析結果，在核反應器周圍採取飲用水、地下水及河川水進行總貝他活度計測、氚活度分析與銫-137 之加馬核種分析，結果均在自然背景變動範圍。生物試樣在植物及農畜產物等部分試樣分析銫-137 人造放射性核種，其活度皆小於最小可測活度。依核研所「110 年核能研究所場所外環境輻射監測報告書」【29-32】之核設施周圍民眾個人劑量評估結果如表 14，核研所對關鍵群體之有效劑量與約定有效劑量結果小於 0.001 毫西弗，造成周圍民眾劑量應極低微，其劑量可忽略。集體有效劑量為有效劑量與約定有效劑量乘上關鍵群體人數合計結果，因評估有效劑量與約定有效劑量結果極低，可忽略，故集體有效劑量不予計算。

表 14 核研所針對核設施周圍民眾個人劑量評估結果

單位：毫西弗／年

曝露途徑	有效劑量			約定有效劑量				合計
	TLD	地表	岸沙	空浮微粒	飲水	農畜產物	海產物	
核能研究所	*	-	/	-	-	-	/	-

註：

1. “*”表示小於 TLD 偵測低限 (0.025 毫西弗/季)。
2. “-”表示小於 0.001 毫西弗。
3. “/”表示未分析 (評估)。
4. 體內約定有效劑量評估係考慮 50 年的劑量積存。
5. 有效劑量的推算與評估請參考「環境輻射監測規範」中附件四「體外及體內劑量評估方法」與「核能研究所 110 年環境輻射監測計畫」。
6. 原報告有列出核爆影響，因核爆影響屬既存曝露，不在本研究考量範圍，故不予列出。
7. 資料來源：核能研究所場所外環境輻射監測報告書(110 年 1 月至 12 月)

(六) 台電公司蘭嶼低放貯存場

本中心「臺灣地區核設施 110 年環境輻射監測年報」【24】，作業項目包括：直接輻射監測，液態與氣態排放途徑的各類環境試樣採樣分析等，分析結果如附錄六。蘭嶼地區實施之環境輻射偵測作業，包含：設置 13 個熱發光劑量計進行直接輻射度量(1 年四季，共 52 個分析結果)，定期採取飲水、海水、土壤、草樣、岸沙及農漁產品等環境試樣，進行放射性核種分析。經檢視設施周圍歷年來之環境監測結果，環境加馬直接輻射劑量率在 0.023-0.061 微西弗/小時之間，均在自然背景輻射(0.2 微西弗/小時)變動範圍內。環境試樣放射性分析主要以水樣及生物試樣分析結果，在台電公司蘭嶼低放貯存場周圍採取飲用水、地下水及河川水進行總貝他活度計測、氚活度分析與銫之加馬核種分析，結果均在自然背景變動範圍。生物試樣在植物及農畜產

物等部分試樣分析銫-137 人造放射性核種，其活度皆小於最小可測活度。依本中心「臺灣地區核設施 110 年環境輻射監測年報」【24】之核設施周圍民眾個人劑量評估結果如表 12，低放貯存場對關鍵群體之有效劑量與約定有效劑量結果小於 0.001 毫西弗，造成周圍民眾劑量應極低微，其劑量可忽略。

另參採台電公司「低放貯存場 110 年環境輻射監測報告」【33】，由台灣電力股份有限公司放射試驗室針對周圍環境執行之輻射監測，環境監測作業項目包括：直接輻射監測，液態與氣態排放途徑的各類環境試樣採樣分析，分析結果如附錄七。檢視該設施民國 110 年度環境監測結果顯示，環境加馬直接輻射劑量率在 0.017~0.035 微西弗/小時(熱發光劑量計)之間，均在自然背景輻射(0.2 微西弗/小時)變動範圍內。環境試樣放射性分析主要以水樣及生物試樣分析結果，在台電公司蘭嶼低放貯存場周圍採取飲用水、地下水及河川水進行總貝他活度計測、氡活度分析、鋇與銫等特殊核種分析，結果均在自然背景變動範圍。生物試樣在植物及農畜產物等部分試樣分析銫-137 與銥-90 人造放射性核種，其活度皆小於最小可測活度。依台電公司「低放貯存場 110 年環境輻射監測報告」【33】之核設施周圍民眾個人劑量評估結果如表 15，台電公司蘭嶼低放貯存場對關鍵群體之有效劑量與約定有效劑量結果小於 0.001 毫西弗，其造成周圍民眾劑量極低微，其劑量可忽略。集體有效劑量(S)為有效劑量與約定有效劑量乘上關鍵群體人數之總和，因評估有效劑量與約定有效劑量結果極低，可忽略，故台電公司蘭嶼低放貯存場之集體有效劑量不予計算。

表 15 蘭嶼低放貯存場周圍民眾個人劑量評估結果

單位：毫西弗／年

曝露途徑	體外曝露			體內曝露				合計
	TLD	地表	岸沙	空浮微粒	飲水	農畜產物	海產物	
低放貯存場	-	-	-	-	-	-	-	-

註：

1. “-” 表示小於 0.001 毫西弗。
2. “/” 表示未分析（評估）。
3. 原報告有列出核爆影響，因核爆影響屬既存曝露，不在本研究考量範圍，故不予列出。
4. 資料來源：低放貯存場 110 年環境輻射監測報告(110 年 1 月至 12 月)，台灣電力公司。

五、 國民輻射劑量評估

(一) 我國之國民輻射劑量

為計算核設施之國民輻射劑量，總人數係採用內政部戶政司【34】民國 104 年至民國 110 年之全台人口數統計，資料取其平均作為總人口數，為 23,533,103 人。核設施整體之集體有效劑量(S)部分，將國內 6 座核設施之集體有效劑量(S)加總而來，數據彙整如表 16；核能電廠為 0.00917 人-西弗/年，其餘核設施(清華大學研究用反應器、核能研究所、低放貯存場)之集體有效劑量(S)因劑量極低，故不予評估，故核設施合計之集體有效劑量(S)為 0.00917 人-西弗/年。將集體有效劑量(S)之合計結果除以總人口數，即可獲得核設施周圍環境輻射造成國人之平均年有效劑量(E_{Taiwan})，亦即國民輻射劑量；核能電廠之國民輻射劑量(E_{Taiwan})分別為 3.9×10^{-7} 毫西弗/年，其餘核設施之國民輻射劑量因劑量極低，故不予評估，核設施之國民輻射劑量(E_{Taiwan})為

3.9×10^{-7} 毫西弗/年。

表 16 台灣核設施造成集體有效劑量與國民輻射劑量評估結果

(本研究整理)

分類	111 年版	
	集體有效劑量(S) (人-西弗/年)	國民輻射劑量(E_{Taiwan}) (毫西弗/年)
核能電廠*	0.00917	3.9×10^{-7}
清華大學研究用反應器	-	-
核能研究所	-	-
低放貯存場	-	-
合計	0.00917	3.9×10^{-7}

註：*表示其核能電廠包含核能一廠、核能二廠、核能三廠

(二) 與輻射偵測中心(87 年)評估結果比較

與本中心民國 87 年國民輻射劑量評估報告之核設施周圍民眾輻射曝露結果相比，台灣核設施關鍵群體集體有效劑量(S)評估結果如表 17，87 年版與 111 年版之核能電廠集體有效劑量(S)分別為 0.19 與 0.00917 人-西弗/年；其餘核設施之劑量均極低，可忽略。台灣核設施之國民輻射劑量(E_{Taiwan})結果 87 年版與 111 年版分別為 8.5×10^{-7} 與 3.9×10^{-7} 毫西弗/年，111 年版劑量評估結果較低，除了與核能一廠無發電進入除役過渡階段有關外，加上我國有效落實對核設施之管理(民國 77 年以前限值較高)，有效降低關鍵群體之輻射曝露，使得整體核設施之國民輻射劑量評估結果降低。

表 17 台灣核設施造成之集體有效劑量(S)

單位：人-西弗

分類	111 年版	87 年版
核能電廠*	0.00917 ^a	0.19 ^c
清華大學研究用反應器	- ^b	- ^d
核能研究所	- ^b	- ^d
低放貯存場	- ^b	- ^e
加速器	-	- ^d
合計	0.00917	0.19

註：

1. -表示劑量極低，可忽略。
2. *表示其核能電廠包含核能一廠、核能二廠、核能三廠。
3. a 評估年分為 106~110 年；b 評估年分為 110 年(經查 106~110 年數據皆小於 0.001 毫西弗或最小可測活度，劑量極低，可忽略，故以 110 年代表之)；c 評估年分為 84~85 年；d 評估年分為 86 年；e 評估年分為 85 年。

表 18 台灣核設施造成之國民輻射劑量(E_{Taiwan})

單位：毫西弗/年

分類	111 年版	87 年版
核能電廠*	3.9×10^{-7} ^a	8.5×10^{-7} ^c
清華大學研究用反應器	- ^b	- ^d
核能研究所	- ^b	- ^d
低放貯存場	- ^b	- ^e
加速器	-	- ^d
合計	3.9×10^{-7}	8.5×10^{-7}

註：

1. *表示其核能電廠包含核能一廠、核能二廠、核能三廠。
2. -表示劑量極低，可忽略。
3. a 評估年分為 106~110 年；b 評估年分為 110 年(經查 106~110 年數據皆小於 0.001 毫西弗或最小可測活度，劑量極低，可忽略，故以 110 年代表之)；c 評估年分為 84~85 年；d 評估年分為 86 年；e 評估年分為 85 年。

(三) 與其他國家之比較

與國際現況相比，彙整美國 NCRP 第 160 號報告、日本生活環境放射線(国民線量の算定) 第 3 版、UNSCEAR 2008 報告等國際文獻之核設施周圍民眾集體有效劑量(S)評估結果如表 18，於各文獻中皆提及核能電廠運營所造成周圍民眾曝露劑量結果占整體核設施評估之大宗，由表 18 可發現於核能電廠製造與生產中，採礦為劑量貢獻相對大的部分，因台灣本身無鈾礦等天然資源，故我國核能發電所使用之核燃料來源仰賴國外進口，因此並無鈾礦開採、濃縮、轉化等前處理流程，且政府落實對核設施之管理，有效降低關鍵群體之輻射曝露，故集體有效劑量(S)評估結果為各國最低(0.00917 人-西弗/年)。

表 19 國際文獻之核設施集體有效劑量(S)

單位：人-西弗

分類	台灣 (111 年版)	NCRP 160	日本	UNSCEAR (2008)
核能電廠製造與生產				
採礦	-	105.75	-	52.82
提煉	-	28.13	-	2.224
鈾轉化	-	0.034	-	11.12
鈾濃縮	-	0.011	-	
製造	-	0.005	-	0.834
核能電廠	0.00917	5.40	/	75.06
再處理	-	-	-	30.3
低放貯存廠	-	-	/	-
運輸	-	14.06	/	<27.8
合計	0.00917	153	10	200
研究用反應器				
研究用反應器	-	1.6	/	/
其他	-		12*	/
總計	0.00917	154.6	22	/

註：

1. /表示未取得原報告數據。
2. -表示未評估該項目。
3. *為氬-85 監測，主要來自核燃料再處理廠排放。
4. 本研究整理；資料來源：美國 NCRP 第 160 號報告(2009)、日本生活環境放射線(国民線量の算定)-第三版(2020)、UNSCEAR 2008 年報告(2008)。

六、 結論

- (一) 本研究針對核能一廠、核能二廠、核能三廠、清華大學研究用反應器、核能研究所、低放貯存場等，共計 6 座核設施，進行調查與劑量評估，推估核設施周圍民眾所接受到之輻射曝露造成的國民輻射劑量(E_{Taiwan})約為 3.9×10^{-7} 毫西弗/年。
- (二) 核設施運營與放射性物質排放(包含分裂及活化氣體/液體排放、碘、微粒、氫、氮-13 等)因法規管制，設施經營者需進行環境輻射監測與定期排查、檢視，所以對周圍民眾輻射曝露造成劑量貢獻相對小。
- (三) 本研究採用各項核設施之監測數據，其中清華大學研究用反應器、核能研究所、低放貯存場、加速器等設施，因劑量極低可忽略，惟仍建議持續追蹤各類核設施監測報告，適時更新劑量評估結果。
- (四) 本研究參採數據係近期之監測數據，未來電廠陸續進入除役階段，勢必會對核設施之劑量評估結果造成影響，建議持續追蹤各類核設施的排放狀況，適時更新本技術報告評估的事項。

七、 參考資料

- 【1】 Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States. NCRP REPORT No.160.
- 【2】 行政院原子能委員會輻射偵測中心，國民輻射劑量之評估研究報告，行政院原子能委員會輻射偵測中心， 87 年 6 月。
- 【3】 生活環境放射線編集委員会，生活環境放射線(国民線量の算定) 第 3 版，令和 2 年(2020 年) 11 月。
- 【4】 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation., Sources of ionizing radiation, 2000.
- 【5】 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation., Sources and Effects of Ionizing Radiation, 2008.
- 【6】 台灣電力公司核能發電處，核一廠 106 年放射性物質排放年報，107 年。
- 【7】 台灣電力公司核能發電處，核二廠 106 年放射性物質排放年報，107 年。
- 【8】 台灣電力公司核能發電處，核三廠 106 年放射性物質排放年報，107 年。
- 【9】 台灣電力公司核能發電處，核一廠 107 年放射性物質排放年報，108 年。
- 【10】 台灣電力公司核能發電處，核二廠 107 年放射性物質排放年報，108 年。
- 【11】 台灣電力公司核能發電處，核三廠 107 年放射性物質排放年報，108 年。

- 【12】台灣電力公司核能發電處，核一廠 108 年放射性物質排放年報，109 年。
- 【13】台灣電力公司核能發電處，核二廠 108 年放射性物質排放年報，109 年。
- 【14】台灣電力公司核能發電處，核三廠 108 年放射性物質排放年報，109 年。
- 【15】台灣電力公司核能發電處，核一廠 109 年放射性物質排放年報，110 年。
- 【16】台灣電力公司核能發電處，核二廠 109 年放射性物質排放年報，110 年。
- 【17】台灣電力公司核能發電處，核三廠 109 年放射性物質排放年報，110 年。
- 【18】台灣電力公司核能發電處，核一廠 110 年放射性物質排放年報，111 年。
- 【19】台灣電力公司核能發電處，核二廠 110 年放射性物質排放年報，111 年。
- 【20】台灣電力公司核能發電處，核三廠 110 年放射性物質排放年報，111 年。
- 【21】台灣電力公司，龍門電廠大氣擴散模式與氣象系統評估與研究，101 年，11 月。
- 【22】台灣電力公司，輻射劑量評估及輻射防護措施。
file:///D:/Users/koth/Downloads/%E7%AC%AC10%E7%AB%A
0-%E8%BC%BB%E5%B0%84%E5%8A%91%E9%87%8F%E8

%A9%95%E4%BC%B0%E5%8F%8A%E8%BC%BB%E5%B0%84%E9%98%B2%E8%AD%B7%E6%8E%AA%E6%96%BD.pdf.

- 【23】 行政院原子能委員會核能管制處，「國立清華大學水池式反應器運轉執照更新安全分析報告」安全評估報告，110 年 2 月。
- 【24】 行政院原子能委員會輻射偵測中心，臺灣地區核設施 110 年環境輻射監測年報，111 年 3 月。
- 【25】 原子科學技術發展中心，國立清華大學環境輻射監測季報(110 年第 1 季)，110 年 5 月。
- 【26】 原子科學技術發展中心，國立清華大學環境輻射監測季報(110 年第 2 季)，110 年 8 月。
- 【27】 原子科學技術發展中心，國立清華大學環境輻射監測季報(110 年第 3 季)，110 年 11 月。
- 【28】 原子科學技術發展中心，國立清華大學環境輻射監測季報(110 年第 4 季)，111 年 2 月。
- 【29】 行政院原子能委員會核能研究所，核能研究所場所外環境輻射監測報告書(期間 110 年 1 月至 110 年 3 月)，110 年 5 月。
- 【30】 行政院原子能委員會核能研究所，核能研究所場所外環境輻射監測報告書(期間 110 年 4 月至 110 年 6 月)，110 年 8 月。
- 【31】 行政院原子能委員會核能研究所，核能研究所場所外環境輻射監測報告書(期間 110 年 7 月至 110 年 9 月)，110 年 11 月。
- 【32】 行政院原子能委員會核能研究所，核能研究所場所外環境輻射監測報告書(期間 110 年 10 月至 110 年 12 月)，111 年 2 月。

【33】台灣電力股份有限公司，低放貯存場 110 年環境輻射監測報告，
111 年 2 月。

【34】內政部移民署全球資訊網。https://ris.gov.tw/app/portal/346

附錄一

核一廠廢氣排放途徑民眾劑量評估使用量因子(適用期間為民國 103 至 107 年)

	關鍵群體 (97.5 th 百分位數)						民眾 (平均值)					
年齡群	≤1 歲	1-2 歲	2-7 歲	7-12 歲	12-17 歲	>17 歲	≤1 歲	1-2 歲	2-7 歲	7-12 歲	12-17 歲	>17 歲
呼吸量 (m ³ /y)	1400	1400	3700	3700	8000	8000	1400	1400	3700	3700	8000	8000
農作物 (公斤/年)	33.18	80.63	119.40	140.85	173.53	230.99	14.06	29.14	43.50	60.08	67.57	79.84
葉菜 (公斤/年)	23.99	48.61	56.1	72.88	104.06	125.51	9.58	16.16	22.82	34.53	39.56	44.42
奶類 (公升/年)	394.63	278.44	282.9	168.38	129.14	141.84	97.49	87.09	64.21	43.4	41.93	30.96
肉類 (公斤/年)	8.07	28.88	43.42	49.51	55.95	65.9	5.12	10.24	18.21	24.9	27.07	27.74

註：

1. 原始數據為 102 年委託世新大學完成之「台灣南北部居民生活環境與飲食習慣調查」。
2. 依上述調查，葉菜、根菜、水果、稻米、肉類及奶類之當地產量未達自給自足，故依環境輻射監測規範中附件四「體外及體內劑量評估方法」，評估此等食物攝取之約定有效劑量時，另須考量市場稀釋因子進行修正。核一廠 30 公里範圍內無畜牧業發展，奶類市場稀釋因子取為 0.0，其餘由當地農牧產品的產銷情形，葉菜、根莖菜、稻米、水果、雜糧、茶葉及肉類之市場稀釋因子分別取為 0.3、0.543、0.217、0.045、0.680、0.143 及 0.018。
3. 農作物係採 RG 1.109, table E-4、table E-5 建議為 22%水果攝取量、54%蔬菜（包括葉菜、根菜及茶葉）及 24%穀類（包括稻米與雜糧）之加總。
4. 本表空氣呼吸量引用自美國 R.G. 1.109。
5. 調查結果以第 97.5 百分位數做關鍵群體之使用量因子；以平均值為評估集體劑量之使用量因子。

核一廠廢氣排放途徑民眾劑量評估使用量因子(適用期間為民國 108 至 112 年)

	關鍵群體 (97.5 th 百分位數)						民眾 (平均值)					
年齡群	>17 歲	12-17 歲	7-12 歲	2-7 歲	1-2 歲	≤1 歲	>17 歲	12-17 歲	7-12 歲	2-7 歲	1-2 歲	≤1 歲
呼 吸 量 (m ³ /y)	8000	8000	3700	3700	1400	1400	8000	8000	3700	3700	1400	1400
農 作 物 (公斤/年)	221.36	168.68	136.40	124.92	85.38	52.00	85.99	73.07	61.84	48.95	38.60	13.82
葉 菜 (公斤/年)	111.58	84.62	67.8	53.68	40.74	26.33	47.19	40.52	34.04	23.86	20.41	6.24
奶 類 (公升/年)	266.31	181.27	285.9	350.41	352.16	444.95	40.55	20.8	45.43	103.4	140.8	160.18
肉 類 (公斤/年)	70.76	63.93	56.35	55.92	34.8	25.96	31.07	33.33	27.69	23.85	15.71	4.6

註：

1. 原始數據為民國 106 年委託世新大學完成之「台灣南北部地區居民生活環境與飲食習慣調查」，適用期間為民國 108 年至民國 112 年。
2. 依上述調查，葉菜、根菜、水果、稻米、雜糧、茶葉、肉類及奶類之當地產量未達自給自足，故依環境輻射監測規範中附件四「體外及體內劑量評估方法」，評估此等食物攝取之約定有效劑量時，另須考量市場稀釋修正因子進行修正。核一廠 10 公里範圍內無畜牧業發展，奶類市場稀釋修正因子取為 0.0，其餘由當地農牧產品的產銷情形，葉菜、根菜、稻米、水果、雜糧、茶葉及肉類之市場稀釋因子分別取為 0.544、0.790、0.327、0.331、0.922、0.486 及 0.014。
3. 農作物係採 RG 1.109, table E-4、table E-5 建議為 22%水果攝取量、54%蔬菜（包括葉菜、根菜及茶葉）及 24%穀類（包括稻米與雜糧）之加總。
4. 本表空氣呼吸量引用自美國 R.G. 1.109。
5. 調查結果以第 97.5 百分位數做關鍵群體之使用量因子；以平均值為評估集體劑量之使用量因子。

核二廠廢氣排放途徑民眾劑量評估使用量因子(適用期間為民國 103 至 107 年)

	關鍵群體 (97.5 th 百分位數)						民眾 (平均值)					
年齡群	≤1 歲	1-2 歲	2-7 歲	7-12 歲	12-17 歲	>17 歲	≤1 歲	1-2 歲	2-7 歲	7-12 歲	12-17 歲	>17 歲
呼 吸 量 (m ³ /y)	1400	1400	3700	3700	8000	8000	1400	1400	3700	3700	8000	8000
農 作 物 (公斤/年)	37.16	85.68	116.02	150.71	175.53	186.92	12.48	31.18	53.09	65.01	77.11	81.18
葉 菜 (公斤/年)	20.04	55.59	76.9	94.9	116.36	125.06	7.23	18.82	34.33	43.16	52.83	53.49
奶 類 (公升/年)	300.09	274.72	193.56	107.98	105.1	102.83	102.47	76.93	45.33	28.44	27.84	24.1
肉 類 (公斤/年)	7.46	20.78	34.13	45.69	54.69	53.17	3.46	7.76	16.35	21.07	24.82	22.78

註：

1. 原始數據為 102 年委託世新大學完成之「台灣南北部居民生活環境與飲食習慣調查」。
2. 依上述調查，葉菜、根菜、水果、稻米、肉類及奶類之當地產量未達自給自足，故依環境輻射監測規範中附件四「體外及體內劑量評估方法」，評估此等食物攝取之約定有效劑量時，另須考量市場稀釋因子進行修正。核一廠 30 公里範圍內無畜牧業發展，奶類市場稀釋因子取為 0.0，其餘由當地農牧產品的產銷情形，葉菜、根莖菜、稻米、水果、雜糧、茶葉及肉類之市場稀釋因子分別取為 0.3、0.543、0.217、0.045、0.680、0.143 及 0.018。
3. 農作物係採 RG 1.109, table E-4、table E-5 建議為 22%水果攝取量、54%蔬菜（包括葉菜、根菜及茶葉）及 24%穀類（包括稻米與雜糧）之加總。
4. 本表空氣呼吸量引用自美國 R.G. 1.109。
5. 調查結果以第 97.5 百分位數做關鍵群體之使用量因子；以平均值為評估集體劑量之使用量因子。

核二廠廢氣排放途徑民眾劑量評估使用量因子(適用期間為民國 108 至 112 年)

	關鍵群體 (97.5 th 百分位數)						民眾 (平均值)					
年齡群	>17 歲	12-17 歲	7-12 歲	2-7 歲	1-2 歲	≤1 歲	>17 歲	12-17 歲	7-12 歲	2-7 歲	1-2 歲	≤1 歲
呼 吸 量 (m ³ /y)	8000	8000	3700	3700	1400	1400	8000	8000	3700	3700	1400	1400
農 作 物 (公斤/年)	227.57	173.29	139.69	116.79	88.06	38.36	74.28	59.97	49.82	37.12	26.32	7.89
葉 菜 (公斤/年)	132.95	112.05	83.39	68.68	46.33	17.32	46.2	39.12	31.8	22.17	14.1	3.2
奶 類 (公升/年)	165.5	151.86	176.75	303.65	465.18	585.67	28.83	33.97	39.19	74.72	133.37	146.79
肉 類 (公斤/年)	70.07	77.43	59.74	34.37	20.74	7.82	23.45	24.39	19.78	11.91	6.22	1.05

註：

1. 原始數據為民國 106 年委託世新大學完成之「台灣南北部地區居民生活環境與飲食習慣調查」，適用期間為民國 108 年至民國 112 年。
2. 依上述調查，葉菜、根菜、水果、稻米、雜糧、茶葉、肉類及奶類之當地產量未達自給自足，故依環境輻射監測規範中附件四「體外及體內劑量評估方法」，評估此等食物攝取之約定有效劑量時，另須考量市場稀釋修正因子進行修正。核一廠 10 公里範圍內無畜牧業發展，奶類市場稀釋修正因子取為 0.0，其餘由當地農牧產品的產銷情形，葉菜、根菜、稻米、水果、雜糧、茶葉及肉類之市場稀釋因子分別取為 0.544、0.790、0.327、0.331、0.922、0.486 及 0.014。
3. 農作物係採 RG 1.109, table E-4、table E-5 建議為 22%水果攝取量、54%蔬菜（包括葉菜、根菜及茶葉）及 24%穀類（包括稻米與雜糧）之加總。
4. 本表空氣呼吸量引用自美國 R.G. 1.109。
5. 調查結果以第 97.5 百分位數做關鍵群體之使用量因子；以平均值為評估集體劑量之使用量因子。

核三廠廢氣排放途徑民眾劑量評估使用量因子(適用期間為民國 103 至 107 年)

	關鍵群體 (97.5 th 百分位數)						民眾 (平均值)					
年齡群	≤1 歲	1-2 歲	2-7 歲	7-12 歲	12-17 歲	>17 歲	≤1 歲	1-2 歲	2-7 歲	7-12 歲	12-17 歲	>17 歲
呼 吸 量 (m ³ /y)	1400	1400	3700	3700	8000	8000	1400	1400	3700	3700	8000	8000
農 作 物 (公斤/年)	35.21	76.62	100.33	137.16	165.01	208.71	9.45	26.05	40.20	54.14	64.71	74.76
葉 菜 (公斤/年)	22.00	59.73	63.90	96.20	108.39	137.72	6.60	16.39	25.43	37.54	45.16	49.93
奶 類 (公升/年)	338.33	256.59	335.15	277.42	289.23	344.34	130.56	126.15	107.45	95.56	99.41	96.24
肉 類 (公斤/年)	8.01	24.22	34.87	49.45	63.32	56.30	3.18	8.01	13.55	19.47	22.95	20.24

註：

1. 原始數據為民國 103 年獲核備之「台灣南北部居民生活環境與飲食習慣調查報告」。
2. 農作物係採 RG 1.109, table E-4、table E-5 建議為 22%水果攝取量、54%蔬菜（包括葉菜、根菜及茶葉）及 24%穀類（包括稻米與雜糧）之加總。
3. 依上述調查，葉菜、根菜、水果、稻米、肉類及奶類之當地產量未達自給自足，故依環境輻射監測規範中附件四「體外及體內劑量評估方法」，評估此等食物攝取之約定有效劑量時，另須考量市場稀釋因子進行修正。核三廠 30 公里範圍內無畜牧業發產，奶類市場稀釋因子取為 0.0，其餘由當地農牧產品的產銷情形，葉菜、根菜、稻米、水果、雜糧、茶葉及肉類之市場稀釋因子分別取為 0.019、0.239、0.255、0.351、0.346、0.0 及 0.496。
4. 本表空氣呼吸量引用自美國 R.G.1.109。
5. 調查結果以第 97.5 百分位數做關鍵群體之使用量因子；以平均值為評估集體劑量之使用量因子。

核三廠廢氣排放途徑民眾劑量評估使用量因子(適用期間為民國 108 至 112 年)

	關鍵群體 (97.5 th 百分位數)						民眾 (平均值)					
年齡群	>17 歲	12-17 歲	7-12 歲	2-7 歲	1-2 歲	≤1 歲	>17 歲	12-17 歲	7-12 歲	2-7 歲	1-2 歲	≤1 歲
呼 吸 量 (m ³ /y)	8000	8000	3700	3700	1400	1400	8000	8000	3700	3700	1400	1400
農 作 物 (公斤/年)	130.56	114.81	97.74	68.81	47.40	18.09	71.79	62.81	52.01	40.75	25.77	8.82
葉 菜 (公斤/年)	88.01	75.13	60.59	36.14	31.02	11.84	47.25	42.92	35.06	26.43	16.38	6.29
奶 類 (公升/年)	137.16	198.38	128.5	166.88	244.69	309.6	88.74	90.07	80.71	103.25	122.59	148.78
肉 類 (公斤/年)	37.97	38.3	33.99	24.67	16.26	7.97	20.15	22.15	18.42	13.73	8	3.06

註：

1. 原始數據為民國 106 年委託世新大學完成之「台灣南北部地區居民生活環境與飲食習慣調查」，適用期間為民國 108 年至民國 112 年。
2. 依上述調查，葉菜、根菜、水果、稻米、雜糧、茶葉、肉類及奶類之當地產量未達自給自足，故依環境輻射監測規範中附件四「體外及體內劑量評估方法」，評估此等食物攝取之約定有效劑量時，另須考量市場稀釋修正因子進行修正。核一廠 10 公里範圍內無畜牧業發展，奶類市場稀釋修正因子取為 0.0，其餘由當地農牧產品的產銷情形，葉菜、根菜、稻米、水果、雜糧、茶葉及肉類之市場稀釋因子分別取為 0.544、0.790、0.327、0.331、0.922、0.486 及 0.014。
3. 農作物係採 RG 1.109, table E-4、table E-5 建議為 22%水果攝取量、54%蔬菜（包括葉菜、根菜及茶葉）及 24%穀類（包括稻米與雜糧）之加總。
4. 本表空氣呼吸量引用自美國 R.G. 1.109。
5. 調查結果以第 97.5 百分位數做關鍵群體之使用量因子；以平均值為評估集體劑量之使用量因子。

核一廠廢水排放途徑民眾劑量評估使用量因子(適用期間為民國 103 至 107 年)

	關鍵群體 (97.5 th 百分位數)						民眾 (平均值)					
年齡群	≤1 歲	1-2 歲	2-7 歲	7-12 歲	12-17 歲	>17 歲	≤1 歲	1-2 歲	2-7 歲	7-12 歲	12-17 歲	>17 歲
魚類 (公斤/年)	10.37	22.9	39.51	53.41	72.45	64.29	4.8	7.92	14.13	19.85	23.53	25.09
無脊椎類 (公斤/年)	4.26	5.98	17.4	20.08	22.01	23.51	1.82	2.16	6.67	9.03	9.42	9.55
海菜 (公斤/年)	3.13	3.21	7.79	10.35	10.42	10.96	1.1	1.15	2.62	4.2	3.67	3.79
沙灘停留 (小時/年)	0	0	52	52	78	856.0	0	0	30.33	37.56	39	53.19
游泳 (小時/年)	0	0	0	26	74.1	150.8	0	0	0	26	74.10	150.8
划船 (小時/年)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

註：

1. 原始數據為 102 年委託世新大學完成之「台灣南北部居民生活環境與飲食習慣調查」。
2. 依上述調查，魚類及海菜之當地產量未達自給自足，故依環境輻射監測規範中附件四「體外及體內劑量評估方法」，評估此等食物攝取之約定有效劑量時，另須考量市場稀釋因子進行修正，魚類、無脊椎及海菜之市場稀釋因子分別取為 0.231、0.002 及 0.004。
3. 沙灘停留：關鍵群體使用量因子，>17 歲年齡層為沙灘從業人員 97.5th 百分位數，其他年齡層則選擇居民沙灘停留時間分佈之 97.5th 百分位數。
4. 游泳：關鍵群體使用量因子均為居民游泳時間分佈之 97.5th 百分位數；民眾平均使用量因子，取居民游泳時間之平均值。
5. 划船：本次調查居民及民眾均無從事划船活動。

核一廠廢水排放途徑民眾劑量評估使用量因子(適用期間為民國 108 至 112 年)

	關鍵群體 (97.5 th 百分位數)						民眾 (平均值)					
年齡群	>17 歲	12-17 歲	7-12 歲	2-7 歲	1-2 歲	≤1 歲	>17 歲	12-17 歲	7-12 歲	2-7 歲	1-2 歲	≤1 歲
魚類 (公斤/年)	76	63.88	65.03	61.92	37.34	11.64	24.89	23.53	21.13	17.35	10.08	1.96
無脊椎類 (公斤/年)	37.83	33.75	30.78	30.5	14.45	3.79	13.08	14.36	11.47	10.03	5.13	0.6
海菜 (公斤/年)	12.36	11.53	11.68	8.65	4.44	1.46	4.01	3.89	3.7	2.77	1.58	0.26
沙灘停留 (小時/年)	1,536	156	156	156	0	0	1536	32.95	31.39	30	0	0
游泳 (小時/年)	208	156	156	0	0	0	31.81	29.64	23.11	0	0	0
划船 (小時/年)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

註：

1. 原始數據為民國 106 年委託世新大學完成之「台灣南北部地區居民生活環境與飲食習慣調查」，適用期間為民國 108 年至民國 112 年。
2. 依上述調查，魚類、無脊椎類及海菜之當地產量未達自給自足，故依環境輻射監測規範中附件四「體外及體內劑量評估方法」，評估此等食物攝取之約定有效劑量時，另須考量市場稀釋因子進行修正，魚類、無脊椎及海菜之市場稀釋修正因子分別取為 0.561、0.205 及 0.023。
3. 沙灘停留：關鍵群體使用量因子，>17 歲年齡層取沙灘從業人員，其他年齡層則取居民沙灘停留時間分佈之 97.5th 百分位數；民眾平均使用量因子，>17 歲年齡層取沙灘從業人員，其他年齡層取居民沙灘停留時間之平均值。
4. 游泳：關鍵群體使用量因子，皆取居民游泳時間分佈之 97.5th 百分位數；民眾平均使用量因子，取居民游泳時間之平均值。
5. 划船：於本次調查核一廠八公里範圍內未發現有居民或遊客從事划船活動，亦未發現划船相關業者。

核二廠廢水排放途徑民眾劑量評估使用量因子(適用期間為民國 103 至 107 年)

	關鍵群體 (97.5 th 百分位數)						民眾 (平均值)					
年齡群	≤1 歲	1-2 歲	2-7 歲	7-12 歲	12-17 歲	>17 歲	≤1 歲	1-2 歲	2-7 歲	7-12 歲	12-17 歲	>17 歲
魚類 (公斤/年)	9.03	32.77	44.38	55.93	63.94	70.85	4.13	11.00	19.62	25.28	28.82	28.39
無脊椎類 (公斤/年)	4.00	10.22	15.92	23.94	28.60	26.54	1.75	3.86	6.94	8.93	10.84	10.02
海菜 (公斤/年)	3.38	5.80	10.16	13.30	16.21	16.31	1.18	2.24	4.00	4.88	5.81	5.85
沙灘停留 (小時/年)	0	0	97.50	87.10	130.00	1820.00	0	0	60.67	57.78	72.04	92.19
游泳 (小時/年)	0	0	254.15	260.00	546.00	1820.00	0	0	136.50	110.50	178.65	76.16
划船 (小時/年)	0	0	0	208.00	208.00	416.00	0	0	0	208.00	124.80	108.95

註：

1. 原始數據為 102 年委託世新大學完成之「台灣南北部居民生活環境與飲食習慣調查」。
2. 依上述調查，魚類及海菜之當地產量未達自給自足，故依環境輻射監測規範中附件四「體外及體內劑量評估方法」，評估此等食物攝取之約定有效劑量時，另須考量市場稀釋因子進行修正，魚類、無脊椎及海菜之市場稀釋因子分別取為 0.231、0.002 及 0.004。
3. 沙灘停留：關鍵群體使用量因子，>17 歲年齡層為沙灘從業人員 97.5th 百分位數，其他年齡層則選擇居民沙灘停留時間分佈之 97.5th 百分位數。
4. 游泳：關鍵群體使用量因子均為居民游泳時間分佈之 97.5th 百分位數；民眾平均使用量因子，取居民游泳時間之平均值。
5. 划船：本次調查居民及民眾均無從事划船活動。

核二廠廢水排放途徑民眾劑量評估使用量因子(適用期間為民國 108 至 112 年)

	關鍵群體 (97.5 th 百分位數)						民眾 (平均值)					
年齡群	>17 歲	12-17 歲	7-12 歲	2-7 歲	1-2 歲	≤1 歲	>17 歲	12-17 歲	7-12 歲	2-7 歲	1-2 歲	≤1 歲
魚類 (公斤/年)	67.15	65.75	47.23	35.99	25.41	10.79	22.37	21.49	16.8	11.67	6.95	1.68
無脊椎類 (公斤/年)	35.16	32.89	26.71	18.02	13.93	4.92	10.86	10.61	8.89	5.35	2.96	0.63
海菜 (公斤/年)	18.14	16.06	14.83	12.52	10.17	4.44	5.5	4.9	4.49	4.07	2.42	0.48
沙灘停留 (小時/年)	1,548	234	234	234	0	0	70.68	66.46	38.30	35.30	0	0
游泳 (小時/年)	1,560	260	247	78	0	0	67.10	38.08	36.82	0.23	0	0
划船 (小時/年)	52	52	52	0	0	0	0.24	0.13	0.07	0	0	0

註：

1. 原始數據為民國 106 年委託世新大學完成之「台灣南北部地區居民生活環境與飲食習慣調查」，適用期間為民國 108 年至民國 112 年。
2. 依上述調查，魚類、無脊椎類及海菜之當地產量未達自給自足，故依環境輻射監測規範中附件四「體外及體內劑量評估方法」，評估此等食物攝取之約定有效劑量時，另須考量市場稀釋因子進行修正，魚類、無脊椎及海菜之市場稀釋修正因子分別取為 0.561、0.205 及 0.023。
3. 沙灘停留：關鍵群體使用量因子，>17 歲年齡層取沙灘從業人員，其他年齡層則取居民沙灘停留時間分佈之 97.5th 百分位數；民眾平均使用量因子，>17 歲年齡層取沙灘從業人員，其他年齡層取居民沙灘停留時間之平均值。
4. 游泳：關鍵群體使用量因子，皆取居民游泳時間分佈之 97.5th 百分位數；民眾平均使用量因子，取居民游泳時間之平均值。
5. 划船：於本次調查核一廠八公里範圍內未發現有居民或遊客從事划船活動，亦未發現划船相關業者。

核三廠廢水排放途徑民眾劑量評估使用量因子(適用期間為民國 103 至 107 年)

	關鍵群體 (97.5 th 百分位數)						民眾 (平均值)					
年齡群	≤1 歲	1-2 歲	2-7 歲	7-12 歲	12-17 歲	>17 歲	≤1 歲	1-2 歲	2-7 歲	7-12 歲	12-17 歲	>17 歲
魚類 (公斤/年)	6.41	19.17	26.56	58.17	59.54	57.56	4.64	7.48	12.34	17	18.81	20.06
無脊椎類 (公斤/年)	5.53	9.84	19.1	23.93	27.54	27.43	2.33	2.65	5.31	6.84	8.09	7.52
海菜 (公斤/年)	4.4	5.19	9.82	10.23	15.71	18.92	1.78	1.93	3.46	3.49	4.93	5.02
沙灘停留 (小時/年)	0	76.70	306.80	400.40	260	2496	0	60.67	114.28	132.94	135.84	130.56
游泳 (小時/年)	0	77.35	193.7	156.0	318.5	2714	0	65.00	104.00	104.00	133.25	153.88
划船 (小時/年)	0	52	52	0	0	2496	0	52	52	0	0	287.63

註：

1. 原始數據為民國 103 年獲核備之「台灣南北部居民生活環境與飲食習慣調查報告」。
2. 依上述調查，魚類及海菜之當地產量均未達自給自足，故依環境輻射監測規範中附件四「體外及體內劑量評估方法」，評估此等食物攝取之約定有效劑量時，另須考量市場稀釋因子進行修正。魚類、無脊椎類及海菜之市場稀釋因子分別為 0.231、0.002 及 0.004。
3. 沙灘停留；游泳及划船：關鍵群體使用量因子，>17 歲年齡層為從業人員，其它年齡層則選擇居民時間分佈之 97.5th 百分位數；民眾平均使用量因子，則取居民時間之平均值。

核三廠廢水排放途徑民眾劑量評估使用量因子(適用期間為民國 108 至 112 年)

	關鍵群體 (97.5 th 百分位數)						民眾 (平均值)					
年齡群	>17 歲	12-17 歲	7-12 歲	2-7 歲	1-2 歲	≤1 歲	>17 歲	12-17 歲	7-12 歲	2-7 歲	1-2 歲	≤1 歲
魚類 (公斤/年)	77.63	66.28	61.43	41.96	26.79	13.11	39.34	34.53	31.24	21.57	12.56	4.62
無脊椎類 (公斤/年)	29.25	31.64	24.22	18.74	11.54	8.05	13.27	15.02	11.38	7.95	4.68	2.22
海菜 (公斤/年)	25.61	24.71	18.84	12.36	8.01	4.69	11.24	10.15	8.71	5.93	3.2	1.26
沙灘停留 (小時/年)	3,068	367.5	367.52	300.54	200.83	0	2999.63	154.57	114.2	89.39	64.41	0
游泳 (小時/年)	2,808	312	270.4	312	153.92	0	2107.73	110.12	73.41	65.13	46.25	0
划船 (小時/年)	2,600	287.56	244.4	192.4	192.4	0	2396.95	124.80	104	72.80	72.80	0

註：

1. 原始數據為民國 106 年委託世新大學完成之「台灣南北部地區居民生活環境與飲食習慣調查」，適用期間為民國 108 年至民國 112 年。
2. 依上述調查，魚類、無脊椎類及海菜之當地產量未達自給自足，故依環境輻射監測規範中附件四「體外及體內劑量評估方法」，評估此等食物攝取之約定有效劑量時，另須考量市場稀釋因子進行修正，魚類、無脊椎及海菜之市場稀釋因子分別取為 0.096、0.001 及 0.002。
3. 沙灘停留：關鍵群體使用量因子，>17 歲年齡層為沙灘從業人員，其他年齡層則選擇遊客沙灘停留時間分佈之 97.5th 百分位數；民眾平均使用量因子，亦取遊客沙灘停留時間之平均值。
4. 游泳：關鍵群體使用量因子，>17 歲年齡層為游泳從業人員，1-2 歲年齡層為居民，其他年齡層則選擇遊客游泳時間分佈之 97.5th 百分位數；民眾平均使用量因子，>17 歲年齡層為游泳從業人員，1-2 歲及 2-7 歲年齡層為居民，其他年齡層則選擇遊客游泳時間之平均值。
5. 划船：關鍵群體使用量因子，>17 歲年齡層為游泳從業人員，12-17 歲年齡層為居民，其他年齡層選擇遊客划船時間分佈之 97.5th 百分位數；民眾平均使用量因子選取方式亦同。

附錄二 偵測中心 110 年清華大學環境輻射監測結果

(資料來源：臺灣地區核設施 110 年環境輻射監測年報 p.8 表 5)

監測 作業	監測 類別	監測 項目	分析 數量	監測結果 摘要	調查 基準	單 位
直接 輻射	熱發光 劑量計 (TLD)	輻射劑量率	46	0.047~0.076	1	微西弗/時
落塵 試樣	空浮 微粒	總貝他 (月平均)	51	< MDA~0.56	90	毫貝克/立方公尺
		加馬能譜 (銻-137)	4	< MDA	740	毫貝克/立方公尺
	落塵	加馬能譜 (銻-137)	12	< MDA	/	貝克/平方公尺·月
環境 試樣	植物	加馬能譜 (銻-137)	8	< MDA	74	貝克/仟克·鮮重
	水樣	總阿伐	4	< MDA	/	貝克/升
		總貝他	4	0.037~0.069	1	貝克/升
		氡	6	< MDA~2	1,100	貝克/升
		加馬能譜 (銻-137)	10	< MDA	2	貝克/升
	農畜 產物	加馬能譜 (銻-137)	3	< MDA	74	貝克/仟克·鮮重
	土壤	加馬能譜 (銻-137)	4	< MDA~0.7	740	貝克/仟克·乾重
	湖底泥	加馬能譜 (銻-137)	4	< MDA~2.2	740	貝克/仟克·乾重
		合 計	156			

註：

1. < MDA 表示樣品輻射含量小於儀器最低可測量值。
2. “/”表示環境試樣放射性分析預警措施未訂定調查基準值。

附錄三 清華大學 110 年清華大學環境輻射監測結果

(資料來源：國立清華大學環境輻射監測報告第一季~第四季季報 p.2 表 1)

監測 作業	監測 類別	監測 項目	監測結果 摘要	調查 基準	單 位
直接 輻射	熱發光 劑量計 (TLD)	輻射劑量率	0.047~0.075	1	微西弗/時
落塵 試樣	空浮 微粒	總貝他 (月平均)	< MDA~1.77	90	毫貝克/立方公尺
		加馬能譜 (I-131)	< MDA~2.1	740	毫貝克/立方公尺
	落塵	加馬能譜 (鈹-7)	< MDA~0.39	/	貝克/平方公尺·日
環境 試樣	植物	加馬能譜 (銻-137)	< MDA	74	貝克/仟克·鮮重
	水樣	總貝他	0.02~0.25	1	貝克/升
		氡	< MDA	1,100	貝克/升
		加馬能譜 (銻-137)	< MDA	2	貝克/升
	農畜 產物	加馬能譜 (銻-137)	< MDA	74	貝克/仟克·鮮重
	土壤 (底泥)	加馬能譜 (銻-137)	< MDA	740	貝克/仟克·乾重

註：

1. < MDA 表示樣品輻射含量小於儀器最低可測量值。
2. “/”表示環境試樣放射性分析預警措施未訂定調查基準值。

附錄四 偵測中心 110 年核能研究所環境輻射監測結果
(資料來源：臺灣地區核設施 110 年環境輻射監測年報 p.7 表 4)

監測 作業	監測 類別	監測 項目	分析 數量	監測結果 摘要	調查 基準	單 位
直接 輻射	熱發光 劑量計 (TLD)	輻射劑量率	48	0.043~0.091	1	微西弗/時
落塵 試樣	空浮 微粒	總貝他 (月平均)	51	0.21~1.14	90	毫貝克/立方公尺
		加馬能譜 (銻-137)	4	< MDA	740	毫貝克/立方公尺
	落塵	加馬能譜 (銻-137)	12	< MDA	/	貝克/平方公尺·月
環境 試樣	植物	加馬能譜 (銻-137)	4	< MDA	74	貝克/仟克·鮮重
	水樣	總阿伐	4	< MDA	/	貝克/升
		總貝他	8	0.020~0.060	1	貝克/升
		氚	8	< MDA	1,100	貝克/升
		加馬能譜 (銻-137)	12	< MDA	2	貝克/升
	農畜 產物	加馬能譜 (銻-137)	3	< MDA	74	貝克/仟克·鮮重
	土壤	加馬能譜 (銻-137)	6	< MDA~1.3	740	貝克/仟克·乾重
	河沙	加馬能譜 (銻-137)	2	< MDA	20	貝克/仟克·乾重
		合 計	162			

註：

1. < MDA 表示樣品輻射含量小於儀器最低可測量值。
2. “/”表示環境試樣放射性分析預警措施未訂定調查基準值。

附錄五 核研所110年核能研究所場所外環境輻射監測結果

(資料來源：核研所場所外環境輻射監測110年第一季~第四季季報p.5表1-2)

監測作業	監測類別	監測項目	分析數量	監測結果摘要	調查基準	單位
直接輻射	熱發光劑量計(TLD)	輻射劑量率	87	0.042~0.094	1	微西弗/時
直接輻射	高壓游離腔	輻射劑量率	48	0.03~0.17	1	微西弗/時
落塵試樣	空浮微粒	總貝他(月平均)	208	0.02~6.13	90	毫貝克/立方公尺
		加馬能譜(銻-137)	12	< MDA	740	毫貝克/立方公尺
		碘-131	112	< MDA	/	毫貝克/立方公尺
	落塵	總貝他(月平均)	12	< MDA~0.63	/	貝克/平方公尺·月
		加馬能譜(銻-137)	4	< MDA	/	貝克/平方公尺·月
環境試樣	水樣	總阿伐	134	< MDA	/	貝克/升
		總貝他	41	< MDA ~0.352	1	貝克/升
		氚	134	< MDA	1,100	貝克/升
		加馬能譜(銻-137)	8	< MDA	2	貝克/升
	滲流水	總貝他	12	0.56~0.99	1	貝克/升
	草樣	加馬能譜(銻-137)	4	< MDA ~0.88	74	貝克/仟克·鮮重
	農畜產物	加馬能譜(銻-137)	12	< MDA	74	貝克/仟克·鮮重
	土壤	加馬能譜(銻-137)	14	< MDA~102	740	貝克/仟克·乾重
	底泥	加馬能譜(銻-137)	8	< MDA~91.4	740	貝克/仟克·乾重
	龍柏葉	加馬能譜(銻-137)	4	< MDA	74	貝克/仟克·乾重
		合計	854			

註：

1. < MDA 表示樣品輻射含量小於儀器最低可測量值。
2. “/”表示環境試樣放射性分析預警措施未訂定調查基準值。

附錄六 偵測中心 110 年蘭嶼低放貯存場環境輻射監測結果

(資料來源：臺灣地區核設施 110 年環境輻射監測年報 p.9 表 6)

監測 作業	監測 類別	監測 項目	分析 數量	監測結果 摘要	調查 基準	單 位
直接 輻射	熱發光 劑量計 (TLD)	輻射劑量率	52	0.023~0.061	1	微西弗/時
落塵 試樣	空浮 微粒	總貝他 (月平均)	50	< MDA~0.52	90	毫貝克/立方公尺
		加馬能譜 (銻-137)	4	< MDA	740	毫貝克/立方公尺
	落塵	加馬能譜 (銻-137)	11	< MDA	/	貝克/平方公尺·月
環境 試樣	植物	加馬能譜 (銻-137)	18 ^{±3}	< MDA	74	貝克/仟克·鮮重
	水樣	總阿伐	16	< MDA	/	貝克/升
		總貝他	16	< MDA~0.094	1	貝克/升
		氡	8	< MDA	1,100	貝克/升
		加馬能譜 (銻-137)	36 ^{±3}	< MDA	2	貝克/升
	農畜 產物	加馬能譜 (銻-137)	4	< MDA	74	貝克/仟克·鮮重
	海產物	加馬能譜 (銻-137)	5	< MDA	74	貝克/仟克·鮮重
	土壤	加馬能譜 (銻-137)	24 ^{±3}	< MDA~5.5	740	貝克/仟克·乾重
	岸沙	加馬能譜 (銻-137)	23	< MDA~0.9	20	貝克/仟克·乾重
		合 計	267			

註：

1. < MDA 表示樣品輻射含量小於儀器最低可測量值。
2. “/”表示環境試樣放射性分析預警措施未訂定調查基準值。
3. 包含蘭嶼平行監測草樣 6 件、水樣 6 件及土壤 12 件試樣放射性分析。

附錄七 台電 110 年蘭嶼低放貯存場環境輻射監測結果

(資料來源：低放貯存場 110 年環境輻射監測報告 p.32 表 18)

監測類別 (單位)	監測項目	監測結果	檢討分析
熱發光劑量計 (毫西弗/年)	累積劑量	0.147~0.306	正常
直接輻射 (環境級手提蓋革監測儀) (微西弗/小時)	輻射劑量率	0.03~0.04	正常
直接輻射 (高壓游離腔) (微西弗/小時)	輻射劑量率	0.0357~0.0816	正常
空氣微粒 (毫貝克/立方公尺)	總貝他	< MDA~1.09	正常
	加馬核種 (銻-137)	< MDA	正常
環境水樣 (貝克/公升)	氚	< MDA	正常
	加馬核種 (銻-137)	< MDA	正常
陸域生物 (貝克/公斤・鮮重)	銻-90	-	正常
	加馬核種 (鈷-60) (銻-134) (銻-137)	< MDA < MDA < MDA	正常
海域生物 (貝克/公斤・鮮重)	加馬核種 (銻-137)	< MDA	正常
	銻-90	-	正常
指標生物(海域) (貝克/公斤・鮮重)	加馬核種 (銻-137)	< MDA	正常
土壤(沉積物) (貝克/公斤・乾重)	加馬核種 (鈷-60) (銻-137)	< MDA < MDA~3.6	正常
岸砂(沉積物) (貝克/公斤・乾重)	加馬核種 (銻-137)	< MDA	正常

註：

1. < MDA 表示樣品輻射含量小於儀器最低可測量值。
2. “-”表示依本年環境輻射監測項目，不須執行該分析作業。

附錄、審查意見對照表

一、 施建樑委員

項次	建議修正內容	意見回復與修正說明
1	<u>p. 1 一、</u> 2.根據原能會網頁：”國民輻射劑量評估的各項輻射源可分為天然輻射、放射性落塵、職業暴露、醫用輻射、雜項射源及核設施共六項射源。天然輻射及放射性落塵二項接受曝露人口較均勻，以台灣地區數據推算每一國民之輻射劑量。其他輻射射源接受曝露人口比較不均勻；需先求得集體有效劑量後，再除以最近台灣人口數後，藉以估算台灣地區生活環境中各項輻射源造成每一國民的輻射劑量。”建議在前言裡，對國民輻射劑量評估的定義加以說明，以上請參考。	感謝委員意見；已將國民輻射劑量定義說明放置於本報告名詞定義處。
2	<u>p. 2 二、(一)</u> ”依據美國 2006 年...”→”依據美國輻射防護與度量委員會 (National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP)2006 年...”	感謝委員意見；已完成修正。(p.3)
3	<u>p. 2,3 二、(一)</u> 1.104 座核能電廠→104 部核電機組 2.表 1 內共計 47 個電廠→47 部機組(0.8 GWe/年)。104 座(計 90 GWe/年)核電廠→104 部(計 90 GWe/年)核電機組。	感謝委員意見；已完成修正。(p.3-p.4)
4	<u>p. 5 二、(二)</u> ”...計有 15 座電廠 33 個反應爐正常運轉...”→經查 2022 年 12 月 3 日之 IAEA PRIS 日本核電廠運轉資訊，目前日本正常運轉(Operational)的核電機組共有 17 部，另有 16 部機組則處於 Suspended Operation 狀態。	感謝委員意見；已完成修正。(p.6)
5	<u>p. 5 二、(二)</u> 1.有關日本核設施合計有效劑量為 1.7×10^{-4} 毫西弗/年，是指日本核設施的國民輻射劑量嗎？	1.7×10^{-4} 毫西弗/年為日本核設施(核電廠、放射性廢棄物貯存場、研究用反應器、加速器、氬-85 監測等)關鍵群體個人年有效劑量加總結

項次	建議修正內容	意見回復與修正說明
		果。(p.6 表 2)
6	<u>p. 3, 7 二、(一)</u> 為何美國與我國核能電廠的集體有效劑量(0.048、0.19 人-西弗/年)，有如此大的差異呢？	0.048 人-西弗/年為美國針對單一發電量為 0.8GWe 的核能電廠評估結果；0.19 人-西弗/年為我國評估全台核能電廠(核一廠、核二廠、核三廠)之結果。(p.4 表 1)
7	<u>p. 5 三、(一) 1</u> "...108 至 112 年則採用 107 年「台灣南部地區...」→112 年？，另請註明 107 年調查報告是由何機構完成	感謝委員意見；已完成修正。(p.10)
8	<u>p. 9,11 三、(一)</u> 大氣擴散程式 XOQDOQ-82、廢氣排放劑量評估程式 GASWIN，以及廢液排放劑量評估程式 LQWIN；建議加註其簡要說明，以及其所參用的 NRC RG 法規。	感謝委員意見；已完成修正。(p.11、p.13)
9	<u>p. 14 四、(一)</u> 為何核一廠 110 年廢液、氣排放劑量均比過去幾年高呢？	核一廠目前為除役階段，雖無氣體排放，但在除役、設備拆除過程，仍會產生劑量，造成劑量有突然較高之情形。

二、 尹學禮委員

項次	建議修正內容	意見回復與修正說明
1	p.3 二、(一) 報告中說明美國能源部管轄之相關實驗室情形，並指出相關設施產生之輻射曝露是相當低的，無法直接量測進行劑量計算。有關此點，建議是否能再確認相關資料係來自NCRP-160 號報告？因為美國的各國家實驗室有些正在做清除作業，造成人員的劑量應該會有一些。	感謝委員意見；本報告關鍵群體評估對象為一般民眾；因清除作業造成人員劑量部分為針對從業人員，應分類於職業曝露。 經查 NCRP-160 號報告，擷取內容如下： 6.3 U.S. Department of Energy Installations 6.3.2 Sources of Data and Estimaties “Offsite radation exposures from DOE nuclear and radiological sites are typically very low and cannot be determined by direct....”
2	p. 5 三、(二) L#17, 報告中說明...日本核設施周圍民眾輻射曝露主要來源為 Kr-85。請問原報告中有無說明此核設施之性質為何？因為我國之各核能電廠氣體排放，多為 Kr-87, Kr-88 及 Ar-41 等核種，並未見 Kr-85。	氬-85 主要來自核分裂產生之放射性核種，氬-85 為核燃料再處理過程產生之，半衰期 10.7 年，經環境流佈進入環境中；依 UNSCEAR2000【4】指出目前會產生氬-85 的核燃料再處理廠都在歐洲、日本等國家。故依日本國內設置氬-85 之監測站結果評估其國民輻射劑量。(p.7 表 2 註 1) 本次評估係針對國內現有核設施進行探討，因台灣目前並無該類設施(Kr-85)，故不納入本次評估項目。(p.8)

項次	建議修正內容	意見回復與修正說明
3	p. 8 三、(一) 表 4 中之輸出功率(萬)，是否應為輸出功率(電力，萬千瓦)? 或亦可直接改寫為裝置容量(MWE)，而欄位內數值調整例如核一廠各機組為 636。	感謝委員意見；已完成修正，詳見修正報告 p.9。
4	p. 28 四、(七) 表 15 及表 16 之標題為...設施關鍵群體集體有效劑量...，是否應修正為為...設施集體有效劑量...?或...設施造成集體有效劑量...?	感謝委員意見；已完成修正。(p.31-p.32)
5	綜合意見 1．報告中各核電廠之劑量評估，係參考核電廠放射性物質排放年報之資訊，有包括關鍵群體之個人劑量以及集體劑量之評估。參考表 7，表 8，及表 9 之內容，與各核電廠該年度之劑量評估結果，請再澄清氣體劑量之評估是否僅包括惰性氣體排放造成之影響？若是如此，則據以評估之集體儘量未能包括其他核種之體內與體外劑量影響，對評估總體民眾之有效劑量與國民劑量或有偏低的顧慮。 2．報告第 6 章與國際文獻評估結果比較，其中說明我國集體有效劑量評估結果較各國比較為最低，則或有評估不完整或偏低之顧慮，建議文句需做調整。而結論部分亦應說明評估氣體劑量是否僅包括惰性氣體之影響。	1.2.本報告參採 106 至 110 年台灣電力公司「放射性物質排放報告」，經確認放射性廢氣評估項目包含分裂及活化氣體排放 (Ar-41、Kr-87、Kr-88、Xe-133、Xe-138... 等)、碘 (I-131、I-133、I-135)、微粒 (Ag-110m、Ba-La-14、Co-60、Cs-137、Cs-134、Mn-54、Sr-89、Sr-90)、氚、氦-13 等；補充詳如報告 p.10、p.35。

三、 李境和委員

項次	建議修正內容	意見回復與修正說明
1	<u>摘要</u> 本研究...，核能電廠周為關鍵群體集體有效劑量為 0.00917 西弗/年，清華大學...集體有效劑量為 0.000278 西弗/年...。 意見：集體有效劑量之單位，不是「西弗/年」。且此處是「年」集體有效劑量。 建議修正：本研究...，核能電廠周為關鍵群體年集體有效劑量為 0.00917 人-西弗/年，清華大學...年集體有效劑量為 0.000278 人-西弗/年...。	感謝委員意見；已完成修正。(摘要)
2	<u>一 (1)</u> ...另依據游離輻射防護安全標準第 13 條規定「設施經營者...應符合前條之規定」...。 意見：本報告並無游離輻射防護安全標準第 12 條之條文，所以上述之「前條」不易了解。 建議修正：...另依據游離輻射防護安全標準第 13 條規定，設施經營者...應符合第 12 條一般人年劑量限度之規定」...。	感謝委員意見；已完成修正。(p.1)
3	<u>一 (1)</u> ...且設施經營者需以「依附表三或模式...，確認一般人所接受之劑量符合前條劑量限度」或「輻射工作場所排放...輻射工作場所外...，於一小時內不超過零點零二毫西弗，一年內不超過零點五毫西弗」兩款方法，擇一方式證明其輻射作業符合游離輻射防護安全標準第 13 條規定。 意見： 1. 本報告並無游離輻射防護安全標準第 12 條之條文，所以上述之「前條」不易了解。 2. 「擇一方式」是「一小時內不超過零點零二毫西弗」，「一年內不超過零點五毫西弗」中只要一項滿足即可？建議將 13 條第 2 項照	感謝委員意見；已完成修正。(p.1)

項次	建議修正內容	意見回復與修正說明
	列，以避免誤解。 建議修正：...且設施經營者得以下列兩款之一方式證明其輻射作業符合第 12 條之規定： 一、依附表三或模式計算關鍵群體中個人所接受之劑量，確認一般人所接受之劑量符合前條劑量限度。二、輻射工作場所排放含放射性物質之廢氣或廢水，造成邊界之空氣中及水中之放射性核種年平均濃度不超過附表四之二規定，且對輻射工作場所外地區中一般人體外曝露造成之劑量，於一小時內不超過〇〇二毫西弗，一年內不超過〇·五毫西弗。	
4	<u>二(二)(5)</u> ...考量關鍵群體人數(126,706,000)，轉化...，占整體集體有效劑量之 0.0038%。 意見：「整體集體有效劑量」代表甚麼？語意不清。 建議修正：將「考量關鍵群體人數(126,706,000)，轉化...，占整體集體有效劑量之 0.0038%。」刪除。	感謝委員意見；已完成修正。(p.6)
5	<u>三(一)(7)</u> 台灣計有三座能電廠，...，目前僅有二座運轉中之核能電廠，共四部機組，...。 意見：上述，易使人認為有四部機組運轉中。 建議修正：台灣計有三座能電廠，...，目前僅有二座運轉中之核能電廠，共四部機組，但核能二廠 1 號機已停止運轉，...。	感謝委員意見；已完成修正。(p.8)
6	<u>三(一)(8)</u> 正常運轉的核能電廠...考量體外曝露與體內曝露(吸入與攝入)... 意見：攝入(intake)包含吸入(inhalation)與嚥入(ingestion)。 建議修正：正常運轉的核能電廠...考量體外曝露與體內曝露(吸入與嚥入)...	感謝委員意見；已完成修正。(p.9)

項次	建議修正內容	意見回復與修正說明
7	三(一)(8) 正常運轉的核能電廠...以確保放射性廢氣、廢液排放...符合法規限值(1 毫西弗/年)。 意見：依「核能電廠環境輻射劑量設計規範」內「輻射劑量設計限值」中第二點「每一核能電廠廠址的輻射劑量設計限值」之規定：任一核能電廠廠址，不論有多少部輕水式核反應器機組，及其他附屬設施，其所造成廠界外非限制區域中，任一民眾的年有效劑量評估值總和，每年不得超過 50 毫侖目 (0.5 毫西弗/年·廠址)。故上述括號內 1 毫西弗/年，會有爭議。 建議修正：正常運轉的核能電廠...以確保放射性廢氣、廢液排放...符合法規限值(0.5 毫西弗/年)。	感謝委員意見；已完成修正。(p.9)
8	三(一) 1(9) 接著，...調查結果以第 97.5 百分位數做關鍵群體之使用量因子；以平均值為評估集體劑量之使用量因子。另亦考量當地農牧產物產銷情形，對上述使用量因子予以是當修正。 意見：1. 調查結果以第 97.5 百分位數，這是甚麼意思？ 2. 附錄一中各表內，並未說明「平均值」。 3. 「考量當地農牧產物產銷情形，對上述使用量因子予以是當修正」，如何適當修正？ 4. 由於語意不清，無法「建議修正」。	1.調查結果以第 97.5 百分位數，為取大於平均值加兩倍標準差 ($X + 2S$) 之食用量的平均值為該調查項目、該年齡層之最大值。區間範圍包括兩個端點，是為信賴區間之上下限，使用第 97.5 百分位數之用意在於該數為 95%信賴區間之上限值。國際間之飲食習慣調查常以第 97.5 百分位數做為飲食消耗量之重要依據，並且與英國之食品標準局 (Food Standard Agency, FSA) 使用的全國統計方法是一致的 (CEFAS, 2003)。
9	三(一) 2(11) ...核二廠、核三廠...調查結果以第 97.5 百分位數做關鍵群體之使用量因子；以平均值為評估集體劑量之使用量因子。另亦考量當地漁獲產銷情形對上述使用量因子予以是當修正。 意見： 1. 調查結果以第 97.5 百分位數，這是甚麼意思？ 2. 附錄一中各表內，並未說明「平均值」。 3. 「考量當地漁獲產銷情形，對上述使用量	2.調查結果以第 97.5 百分位數做關鍵群體之使用量因子；以平均值為評估集體劑量之使用量因子；已將上述文字標註於附錄一。
		3.本報告參採 106 至 110 年台灣電力公司「放射性物質排放報告」，該報

項次	建議修正內容	意見回復與修正說明
	因子予以是當修正」，如何適當修正？ 4. 由於語意不清，無法「建議修正」。	告未針對修正方法進行說明，目前尚無法取得適當的說明資料。
10	<u>三(二)(12)</u> THOR 所產生...，再轉送至放射性廢液處置場貯存，...必須經過該處置場的輻防人員...。 意見： 1. 在放射性物料管理法第 4 條第 1 項第五款「最終處置：指放射性廢棄物之永久隔離處置。」 2. 清華大學應沒有「處置場」，應只是「暫存場」。 建議修正：THOR 所產生...，再轉送至放射性廢液暫存場貯存，...必須經過該暫存場的輻防人員...。	感謝委員意見；已完成修正。(該文字說明已刪除)
11	<u>表 7、表 8、表 9 (18)、(21)</u> 各表中，關鍵群體有效劑量(μSv)、集體有效劑量(人-Sv/年)。 意見： 1. 此處應是年有效劑量。 2. 單位不宜中英文夾雜。 建議修正：關鍵群體年有效劑量(微西弗/年)、年集體有效劑量(人-西弗/年)。	感謝委員意見；已完成全面檢視並修正。(p.20 表 7、表 8、p.23 表 9)
12	<u>表 7、表 8 (18)</u> 意見： 1. 在 106 年，關鍵群體有效劑量(廢氣及廢水)，核一廠遠小於核二廠，好幾千倍？ 2. 在 106 年，集體有效劑量(廢氣及廢水)，核一廠卻只略小於核二廠？ 3. 表 7 中，核一廠於 107 年~110 年，廢氣產生的關鍵群體有效劑量皆為 0，為何還有集體有效劑量？	1、2 本報告參採 106 至 110 年台灣電力公司「放射性物質排放報告」【4-18】，僅針對我國核能一廠、核能二廠、核能三廠等電廠進行相關數據彙整與計算。 3.核一廠目前為除役階段，雖無氣體排放，但在除役、設備拆除過程，仍會產生劑量，造成劑量有突然較高之情

項次	建議修正內容	意見回復與修正說明
		形。
13	<u>四(四)、(五) (22~24)</u> 意見： 1. 清華大學，對民眾年平均有效劑量為 6.96×10^{-4} mSv/人-年；集體有效劑量為 0.000278 人-西弗/年。 2. 核能研究所，對民眾劑量應極低微，其劑量可忽略。 3. 核能研究所之輻射作業量應遠多於清華大學，這樣的劑量評估，可能有失公平。	感謝委員意見； 1. 已刪除。 3. 經評估清華大學部分改參採「臺灣地區核設施 110 年環境輻射監測年報」、清華大學「110 年國立清華大學環境輻射監測季報」(第一季~第四季)數據，內容已更新，詳如報告內文。(p.24-26)
14	<u>四(六) (26)</u> 另參採...環境加馬直接輻射劑量率在 0.000147~0.000306 微西弗/小時...。 意見： 1. 環境加馬直接輻射劑量率不可能這麼低！也沒有儀器可以度量出。 2. 是不是單位弄錯了。	感謝委員意見；經確認為單位換算有誤，已修正為 0.017~0.035 微西弗/小時。(p.29)

四、 陳清江委員

項次	建議修正內容	意見回復與修正說明
1	摘要 核能電廠周圍關鍵群體集體有效劑量為 0.00917 人-西弗/年,清華大學研究用反應器周圍關鍵群體集體有效劑量為 0.000278 人-西弗/年,其它核設施量測結果均小於儀器偵檢低限,其造成之劑量可忽略,綜上,推估產業活動-核設施所造成的國民輻射劑量為 4.02×10^{-10} 西弗/人·年。	感謝委員意見；已完成修正。(摘要)
2	P.3 L10 何謂：核種都是以最危險的方式釋出？	感謝委員意見；已將該段文字刪除。(p.4)
3	表 2. 有效劑量 (毫西弗 /年)? /依第五頁文意: 可能是關鍵群體集體有效劑量 (人·毫西弗 / 年) 註 1：氬-85 主要來自核燃料經照射產生之放射性物質?/ 氬-85 主要來自核分裂產生之放射核種 氬-85 如何量?可能是氬氣干擾所致!	感謝委員意見；已完成修正。 氬-85 補充如下； 氬-85 主要來自核分裂產生之放射性核種，氬-85 為核燃料再處理過程產生之，半衰期 10.7 年，經環境流佈進入環境中；依 UNSCEAR2000【4】指出目前會產生氬-85 的核燃料再處理廠都在歐洲、日本等國家。故依日本國內設置氬-85 之監測站結果評估其國民輻射劑量。(p.7 表 2 註 1) 本次評估係針對國內現有核設施進行探討，因台灣目前並無該類設施(Kr-85)，故不納入本次評估項目。(p.8)
4	P.12 L22 運轉 200 天為何是 1000 小時？	感謝委員意見；經「國立清華大學水池式反應器運轉執照更新安全分析報告」安全評估報告確認，數字無誤。

項次	建議修正內容	意見回復與修正說明
5	<u>P.18. 表 7.8.9.</u> 核能一廠劑量有效劑量與集體有效劑量 評估結果/核能一廠有效劑量與集體有效劑量 評估結果	感謝委員意見；已完成修正。(p.20 表 7、表 8、p.23 表 9)
6	<u>P.26 L22</u> 示，環境加馬直接輻射劑量率在 0.000147~0.000306 微西弗 /小時 /為何那麼 低?	感謝委員意見；經確認為單位換算有誤，已修正為 0.0017~0.0035 微西弗/小時。(p.29)

五、 魯經邦委員

項次	建議修正內容	意見回復與修正說明
1	<u>綜合意見</u> 本報告中所稱「蘭嶼貯存場」台電公司已 於 107 年 6 月更名為「低放貯存場」，建請更 正或加註。	感謝委員意見；已修正。(如 p.2，其餘皆已 取代方式完成修改)
2	<u>P.32-33 參考資料 4-18</u> 台電核能電廠的放射性物質排放報告的 彙整單位應為核能發電處，「核能發電安全處」 為民國 78-82 年間的組織名稱，建請更正。	感謝委員意見；已修正。(p.36-37 參考資料 4-18)

六、 原能會(輻射防護處)

項次	建議修正內容	意見回復與修正說明
1	<u>p.12</u> (1)「...採用 110 年行政院原子能委員會核能管制處之「國立清華大學水池式反應器運轉執照更新安全分析報告」[19]數據...」應更正為「國立清華大學水池式反應器運轉執照更新安全分析報告」安全評估報告」。 (2)文中提及「...並參考美國 NRC Regulatory Guide 1.111 之放射性物質排放擴散分析，假定放射性氣體是繞著煙羽的中心軸呈高斯常態分布，且大氣溫度穩定度及風速決定污染物順風方向的大氣散佈特性，另保守假設 THOR 運轉時，一般人員皆在評估區域內活動，以在各評估 THOR 煙囪周圍 250 公尺範圍內位置經由煙囪排放所造成之氬-41 活度與劑量。...」，請澄清此段說明是否引用自參考文獻[19]。	(1)、(2)已刪除。 數據改參採偵測中心「臺灣地區核設施 110 年環境輻射監測年報」、「國立清華大學環境輻射監測季報」(110 年第 1 季~第 1 季)之文獻。(p.24-26)
2	<u>p.16、p.18</u> (1)文中提及「...106 年至 110 放射性液體排放造成之劑量總和分別為 1.02×10^{-1}、9.49×10^{-2}、5.34×10^{-2}、1.24×10^{-1}、5.38×10^{-2} 微西弗...」，106 年數據為核二廠平均一部機組的劑量，請更正為兩部機組的劑量。 (2)文中提及「...106 年至 110 放射性液體排放造成之集體有效劑量總和分別為 1.35×10^{-3}、1.03×10^{-3}、5.25×10^{-4}、1.18×10^{-3}、9.23×10^{-4} 人-西弗/年...」，106 年數據為核二廠平均一部機組的集體劑量，請更正為兩部機組的劑量。 請併同修正表 8。	經確認 106 年放射性液體排放數據為核二廠平均一部機組的劑量，已將數值修正為兩部機組的劑量。(p.18、p.20 表 8)
3	<u>p.19、p.21</u> (1)文中提及「...106 年至 110 放射性液體排放造成之劑量總和分別為 2.53×10^{-3}、5.39×10^{-3}、1.38×10^{-3}、1.27×10^{-3}、1.48×10^{-3} 微西弗...」，106 年數據為核三廠平均一部機組的劑量，請更正為兩部機組的劑量。 (2)文中提及「...106 年至 110 放射性液體排放造成之集體有效劑量總和分別為 5.68×10^{-6}、1.21×10^{-5}、6.67×10^{-6}、6.16×10^{-6}、	經確認 106 年放射性液體排放數據為核三廠平均一部機組的劑量，已將數值修正為兩部機組的劑量。(p.21、p.23 表 9)

項次	建議修正內容	意見回復與修正說明
	7.20×10^{-6} 人-西弗/年...」, 106 年數據為核三廠平均一部機組的劑量, 請更正為兩部機組的劑量。 請併同修正表 9。	
4	<u>p.22</u> (1)文中提及「...即可獲得核能電廠近 6 年之集體有效劑量...」請再確認為 5 或 6 年。	已修正。(p.24)