

國內輻射工作人員劑量評定機構 管制技術精進

受委託單位：國立陽明大學

研究主持人：許世明

研究期程：中華民國 109 年決標日至 109 年 12 月

研究經費：新臺幣 79.4 萬元

行政院原子能委員會委託研究

中華民國 109 年 12 月

(本報告內容純係作者個人之觀點，不應引申為本機關之意見)

目 錄

中文摘要	1
Abstract	2
壹、計畫緣起與目的	3
一、研究背景	3
二、文獻探討	4
三、國內法規	14
四、研究目的	16
五、研究重要性	17
貳、研究方法與過程	18
一、定期會議	18
二、訪查人員訓練	20
A. 相關法規	20
B. 劑量計運作原理	21
C. 國內機構運作現況	23
三、訪查項目	24
A. 書面資料調查	24
B. 現場訪查	29
C. 盲樣測試	29
D. 測試結果之呈現	34
E. 進階樣本統計	35
四、意見彙整	35
參、主要發現與結論	36
一、書面資料	36
二、現場訪查	41
三、盲樣測試	43
四、進階樣本統計	45
五、意見彙整	46
六、結論與精進建議	47
肆、參考文獻	48
伍、附件	
附件 1-1 提報前討論會-簽到單	51
附件 1-2 提報前討論會-簡報	52
附件 2-1 訪查訓練-議程	57
附件 2-2 訪查訓練-簽到單	59
附件 3-1 訪查前會議-議程	61
附件 3-2 訪查前會議-簽到單	62
附件 3-3 訪查前會議-簡報	64

附件 4-1 期中會議-議程.....	68
附件 4-2 期中會議-簽到單.....	69
附件 4-3 期中會議-簡報.....	71
附件 5-1 期末會議-議程.....	76
附件 5-2 期末會議-簽到單.....	77
附件 5-3 期末會議-簡報.....	79
附件 6 成果發表 Poster.....	83

中文摘要

目的：執行適當之個人輻射劑量監測，以確保輻射工作人員職業曝露達到合理抑低之原則。國內輻射工作人員劑量評定機構，在人員劑量計的校正管理方面有所不同，本研究針對各評定機構，進行臨場訪視及佩章隨機盲樣測試，並評估管制技術精進之模式。

研究方法：本研究訪查國內 8 間人員劑量評定機構，包含業務與佩章資訊之書面問卷，由研究人員前往各機構進行訪察與樣本隨機抽選。國家游離輻射標準實驗室進行所取樣之佩章照射後，回送佩章至原機構，並進行其照射劑量值判讀。本計畫進行 TAF 規範中第 I 類及第 II 類之類別允差值(L^2)評估，並透過統計分析，評估樣本使用年度及計讀紀錄對劑量偏差之影響趨勢。

結果：國內 8 間人員劑量評定機構皆符合 TAF 品質認證。現役佩章群使用年度有過半超過 10 年。盲樣測試結果，第 I 類及第 II 類之能力評估(L^2)分別為 0.002~0.013 及 0.002~0.071。劑量偏差之統計檢定，在相異使用年度及計讀紀錄皆無達到顯著水準($p>0.05$)。

結論：本研究結果顯示，國內人員劑量評定機構符合 TAF 品質認證，各單位對劑量異常事件，皆有遵循通報流程與明確記錄備查。本計畫之小型盲樣測試，可做為測試各機構常規能力試驗之穩定性，確保該機構計測品質。

關鍵字：盲樣測試、劑量佩章、個人劑量監測、機構間評比

Abstract

Aim : Individual monitoring is necessary for radiation staffs to make sure the radiation exposures that they received were allowed in ALARA principle. However, personal dosimetry laboratories in Taiwan follow their own calibration management of personal dosimeters. In this study, we executed the on-site visit and blind test for personnel dosimeters quality performance for evaluation on quality control management improvement.

Material & Method : We survey 8 personal dosimetry laboratories in Taiwan, including a questionnaire for business information and inspect with random sample selection. The samples would be sent to standard laboratory for irradiation and sent back to their own facilities for radiation dose conversion. Only category I and II listed in TAF were performed in this study, and we investigate the tolerance level (L^2) from reported data. Also, we perform statistical analyses for dose deviation which would be influenced or not by usage year and reading history.

Result : Eight personal dosimeters laboratories held the qualifications of TAF certification, and half of the on-duty badges were over 10 years. The blind test showed that the L^2 for category I and II were 0.002~0.013 and 0.002~0.071, respectively. The results of statistical analyses, there were no significant difference ($p>0.05$) between dose deviation and influence by usage year or reading history.

Conclusion : Personal dosimetry laboratories in Taiwan were all held the qualifications of TAF certification. For abnormal events, each facility followed the notification process with records keeping. We also recommended that the blind test can provide the routine performance test for checking management quality of dosimetry laboratories.

Keyword : blind test, dosimetry badge, individual monitoring, intercomparison

壹、計畫緣起與目的

一、研究背景

自 19 世紀末 X 光的發現後，科學家們開啟放射科學領域的大門，於 20 世紀蓬勃發展，涵蓋醫療、民生能源及武器開發…等應用。輻射對人體的傷害亦陸續被發現。相關輻射工作人員，若沒有確切監測與防護，將導致潛在輻射健康危害，故輻射偵檢器與人員劑量計的需求應運而生。隨著數十年來的研究及改良，人員劑量計已有足夠之性能與繁多之種類，包含膠片劑量計、熱發光劑量計、玻璃劑量計、及光激發光劑量計。人員劑量監測須符合良好的規範，包括技術需求、管理需求與法律需求等三方面條件。

人員劑量計的技術需求，需對工作區域中可能存在的輻射(光子、中子)有良好之反應，且不易受環境因素的影響。其劑量訊號於累積開始到測讀期間不致有大量損失，甚至在混合型態輻射場中，有對應之鑑別評估能力。人員劑量計的靈敏度應涵蓋廣域之劑量範圍，美國核能管制委員會(Nuclear Regulatory Commission, NRC)規定，適用其一個月之劑量計之最低限劑量需小於 300 μGy ；而上限應以人員遭受意外事件，所接收之最大可能劑量為原則，通常不小於 10 Gy。

人員劑量計的管理，其個人資訊需易於識別，且具備適當之大小及重量，以便佩戴而不影響人員操作，劑量數據測讀亦要符合快速確實的結果。透過人員劑量計的使用法律規範，可得知該輻射工作地區之輻防規劃，是否符合合理

抑低(as low as reasonably achievable, ALARA)的原則，為輻射人員提供輻射防護安全之保證，並提供輻射劑量與病理學之間的統計分析參考數據[1]。

二、文獻探討

個人劑量監測的發展，可追溯到 1920 年代(圖 1.)，隨著國際輻射單位與度量委員會(International Commission on Radiation Units and Measurements, ICRU)及國際放射防護委員會(International Commission on Radiological Protection, ICRP)成立，當時僅提出容許劑量(tolerance dose)的概念作為代表[2]。隨後各組織逐步建立輻射度量的量化定義與技術基礎，對於個人劑量評估須考量到的轉換因子相較謹慎。至 1970 年代 ICRP 第 26 號報告發布[3]，方能確立現今國際間通用標準單位之定義，如吸收劑量(absorb dose)、等價劑量(equivalent dose)及個人等效劑量(personal dose equivalent)等概念。

劑量監測工具所使用材料，需具備對輻射產生相應質變(例：物理、化學)的能力，甚至僅可能響應於特定類型的輻射場。以下為人員輻射劑量計常見之種類：

膠片佩章(film badge)：1920 年代開始使用，主體為輻射軟片，與輻射作用後軟片中的感光度乳劑，會產生深淺變化影響其透光程度，透過光密度值進行劑量轉換。膠片劑量感應限度可從 100 mSv 到 10 Sv，然而膠片佩章易受外來光源之敏感性，且僅能一次性使用等限制，但在單次輻射照射下可重覆計讀，現今已較少使用[4]。

熱發光劑量計(thermoluminescent dosimeter, TLD)：自 1950 年代開始發展，為目前主流使用之佩章類型，熱發光為部分磷光體材料的物理特徵，當其接收游離輻射時，能量以暫穩態形式儲存晶體內部，計讀時透過加熱使其放出光訊號，訊號量的多寡取決於所接受之輻射劑量，以氟化鋰(LiF)材質而言，劑量感應限度可從 100 μ Sv 到 5Sv，且具備人體組織等效性及重複使用能力[4]。

光激發光劑量計(optically stimulated luminescent dosimeter, OSLD)：發展於 1980 年代，以三氧化二鋁(Al_2O_3)做為材質。其與游離輻射作用後儲存能量原理類似於 TLD，但計讀方面是採用特定波長之光源刺激晶體並產生光訊號，致使其重複計讀特性。OSLD 即使在 1cGy 至 20 Gy 範圍可維持穩定劑量反應，且受消光效應影響較 TLD 輕微[5]。

玻璃劑量計(glass dosimeter, GD)：於 1960 年代提出之技術，但在 1990 後才逐步有成熟發展，劑量計主體是由銀活化磷酸鹽玻璃所製成，接受輻射能量後形成螢光中心的結構，透過特定紫外光源 337.1 nm 激發，並放出可見橘光(600-700 nm)訊號，亦同 OSLD 可重複計讀。GD 的耐受劑量可從 10 μ Gy 至 500 Gy，故在環境及人員監測，甚至在醫療級輻射皆有其度量應用[6]。

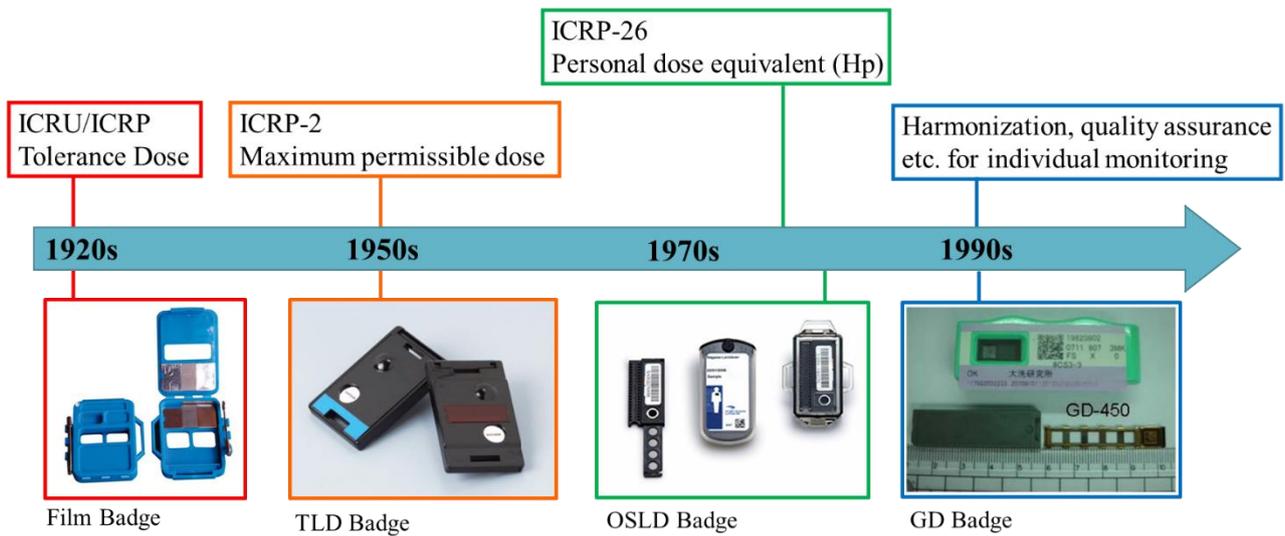


圖 1. 個人劑量監測之研究沿革與量測工具技術發展的年代對應[2,6]。

隨著輻射相關產業需求增加，對於工作人員之輻射防護監控一直都是被重視的議題，產業端將會委託提供技術之相關機構，以協助對環境及個人劑量之監測紀錄。而個人劑量監測之完整性需透過各評定機構全面管理，包括：

基本管理—評定機構自身需釐清劑量評估業務運作流程，以英國 Health and Safety Executive (HSE) 為例，其所提出之考量如下[7]：

- 建立劑量評定系統書面程序，包含劑量計性能評定指標的採用模式。
- 進行人員訓練並保留其紀錄，以確保員工能充分理解該職責運作正當性。
- 嚴格管理人員劑量計的發放和收回，確保所有劑量計能從產業端及時歸還。
- 產業端應遵守規範而未達成時，評定機構應採取明確的措施。

實作執行—需依照工作場所性質有對應劑量評估設置，並宣導劑量計配戴方式與時機的理解，參考建議如下列舉：

- 對於受評估對象之輻射工作內容進行風險分級區分(低、中、高)[7]。

- 定期確保可能低於劑量測量閾值的輻射場域，以代表性監測取代個別監測模式[7]。
- 在使用放射性物質或設備時，輻射工作人員均應始終佩戴劑量計，其位置應於會接收大量輻射劑量之部位(頸部至腰間)[8]。
- 個人劑量計不能轉讓給他人使用，且無使用狀態時需妥善保存於非輻射工作地點，以預防非職業曝露干擾[8]。
- 如果發生超出監測水平情況，請立即為各監測點更換劑量計，並尋找導致意外劑量的來源[7]。

紀錄保存—評定機構有義務確實紀錄人員劑量資料並回報給產業端，而保存劑量紀錄則有以下考量[4]：

- 證明產業端工作人員職業曝露符合法規要求，保持在合理可達到的最低水平，並且未超出劑量限制。
- 各期紀錄可比較評估對象之輻射場穩定性趨勢，如劑量增加時可提醒產業端對設備老化狀態進行檢查。
- 如果工作人員在以後的生活中患上與輻射有關的疾病，職業曝露歷史可為產業端提供長期的醫學和法律佐證，以及為流行病學和其他有關電離輻射的生物學效應提供研究數據。

於前述基本管理方面，因測讀結果與真實劑量之間可信度有待商榷，故各機構內需對使用劑量計建立性能評定指標，而相異機構間亦需透過統一性之技術規範，以協調不同系統之間是否皆具備類似的效能表現。就本研究主題之人

員劑量計，自 1990 年代開始逐步出現對品保制訂與機構間評比的相關文獻探討 [2]。人員劑量計能力評估技術規範參考於表 1. 所列舉[9,10]，基本對於測試射質類別與評估統計模式有明確敘述，世界各地對於機構間評比各有對應主導單位。

歐洲方面以 European Dosimetry Group (EURADOS) 統籌執行相關計畫 [11-15]，自 2000 年代開始有大規模之評定機構常規調查，包含各國所採用之規範狀況、測試回報類別(表 2.)及鑑定參數標準(圖 2.)[12,13]，其一研究統計了 2008 至 2014 年之定期試驗實行成果，對各年間之不合格比率趨勢進行統計(表 3.)[14]。

表 1. 人員劑量計能力評估相關規範[10]。

報告代碼	標題
ISO/IEC 17025	General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (1999)
ISO 14146	Radiological protection — Criteria and performance limits for the periodic evaluation of dosimetry services (1999)
ANSI/HPS N13.11	Personal Dosimetry Performance-Criteria for Testing (2009)
ANSI/HPS N13.32	Performance Testing of Extremity Dosimeters (2008)

表 2. EURADOS 各國常規測試回報項目與評估劑量參數[12]。

Code	Measurement quantity to be reported by the service for			Routine use of correction factors* according to work-place conditions	Corrections for special circumstances
	photons	neutrons	betas		
A	$H_X[H_p(10), H_p(0.07)]^{(a1)}$	$H_p(10)^{(a1)}$	$H_p(0.07)^{(a1)}$	For neutrons only Dependent on type of dosimeter and service (e.g. sometimes for neutrons)	No
B	$H_p(10), H_s$	$H_p(10)$	$H_p(10), H_s$		—
CH	$H_p(10)$ and $H_p(0.07)$	$H_p(10)$	$H_p(0.07)$	No	Yes, if dose above annual limit
D	H_X	\hat{H} , (dose equivalent ceiling)	—	Photons: no Neutrons: yes, 4 areas of use	Yes, if monthly dose above 1/10 of annual limit
DK	$H_p(10)$ and $H_p(0.07)$	$H_p(10)$	$H_p(0.07)$	No	Yes, if dose above a relevant dose limit ^(dk)
E	$H_p(10)$ and $H_p(0.07)$ for low energy photons	$H_p(10)$	$H_p(0.07)$	Photons: no Neutrons: sometimes ^(e1)	Only in case of exceeding the dose limits ^(e2)
EL	$H_p(10)$	$H_p(10)$	—	No	No
F	$H_{MADE}[H_p(10)]^{(f1)}$	$H_{MADE}[H_p(10)]^{(f1)}$	$[H_p(0.07)]^{(f2)}$	Photons: no Neutrons: yes ^(f3)	Yes, if dose above 1/10 of dose limit ^(f4)
FIN	$H_p(10)$	$H_p(10)$	$H_p(0.07)$	No	If the measured dose in near the dose limits
I	Air kerma K_a or dose in tissue, $D_t^{(i)}$	H_{MADE}	$D_t(0.07)$	None	No
IRL	$H_p(10)$	$H_p(10)$	$H_p(0.07)$	No	No
L	$H_p(10)$ and $H_p(0.07)$	—	$H_p(0.07)$	No	If monthly dose is above 1 mSv ^(l1)
NL	$H_p(10)$	$H_p(10)$	$H_p(0.07)$	No	On request and after official authorisation
P	$H_p(10)^{(p)}$	—	—	No	No
S	$H_p(10)$	$H_p(10)$	$H_p(0.07)$	Yes	—
UK	$H_p(10)$ or $H_p(0.07)$, reported as an assessment of H_E , or dose equivalent to the skin ^{(uk1)(uk2)}	$H_p(10)$, reported as an assessment of H_E ^(uk1)	$H_p(10)$ or $H_p(0.07)$, reported as an assessment of H_E , or dose equivalent to the skin ^{(uk1)(uk2)}	Photons: sometimes Neutrons: yes ^(uk3)	Yes, if dose above a relevant dose limit ^(uk4)

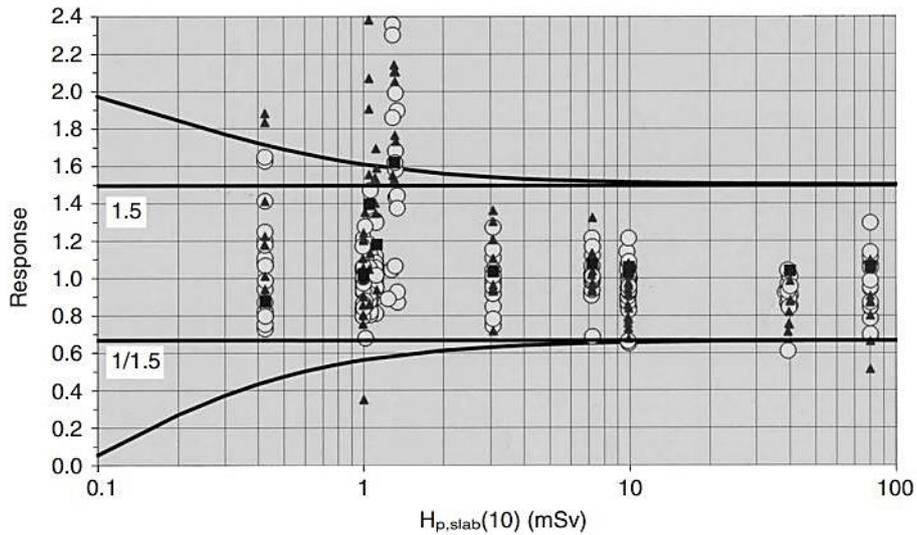


圖 2. 參與 EURADOS 之各機構劑量反應分布，上下限以 ICRP-60/75 提出的 trumpet curve 作定義[13]。

表 3. EURADOS 對評定機構定期能力試驗之超過規範對象比例[14]。

IC	Quality		TLD (%)	Film (%)	OSL ^a (%)	Other (%)	All (%)	
2008	X-ray	N60	2	35		0	7	
		N60/45°	8	50		8	15	
		N150/45°	4	20		0	7	
	Gamma	S-Cs	3	15		0	5	
		S-Co	7	20		0	8	
	Mixed	N60/S-Cs	0	45		0	7	
		S-Cs/N60	5	20		0	7	
	All		4	25		1	7	
	2010	X-ray	N40/30°	10	4	0	0	8
			W110/45°	2	17	0	0	4
Gamma		S-Cs	4	1	0	0	3	
		S-Co	8	19	0	0	8	
Mixed		N40/S-Cs	7	8	19	0	8	
		W250/S-Cs	2	15	0	0	4	
All			5	9	2	0	5	
2012		X-ray	N60	8	4	5	0	6
			N60/60°	14	25	0	0	13
		Gamma	S-Cs	4	0	0	0	3
	S-Co		8	0	3	5	6	
	All		8	4	2	3	6	
2014	X-ray	RQR7	5	8	0	10	5	
		W-80	6	8	0	0	5	
		W-80/60°	8	25	0	5	9	
		W-150	5	17	0	0	5	
	Gamma	S-Cs	2	14	0	2	3	
		S-Co	5	24	0	0	6	
	All		4	17	0	2	5	

亞太地區由國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)協助各參與國之個人劑量監測執行狀況調查[16]，包含評定機構市占率、劑量計使用類型、校正作業射質類型(表 4.)及照射劑量偏差評估(圖 3.)[17]。

表 4. 亞太地區機構間評比所採用之照射類別[17]。

Category	1995	1996
1	X-rays ISO Wide Spectrum Series 60 kV (45 keV)	X-rays ISO Wide Spectrum Series 60 kV (45 keV) + 200 kV (134 keV)
2	X-rays ISO Wide Spectrum Series 200 kV (134 keV)	X-rays ISO Wide Spectrum Series 60 kV (45 keV) + ⁶⁰ Co gamma rays
3	⁶⁰ Co gamma rays	X-rays ISO High Air Kerma Rate Series 30 kV (19.7 keV)
4	¹³⁷ Cs gamma rays	X-rays ISO Wide Spectrum Series 110 kV (79 keV) (Non-perpendicular - 60°)
5	X-rays ISO High Air Kerma Rate Series 30 kV (19.7 keV)	¹³⁷ Cs gamma rays (Low Dose ≈ 0.3 mSv)
6	X-rays ISO Wide Spectrum Series 110 kV (79 keV)	⁶⁰ Co gamma rays (High Dose ≈ 20 mSv)

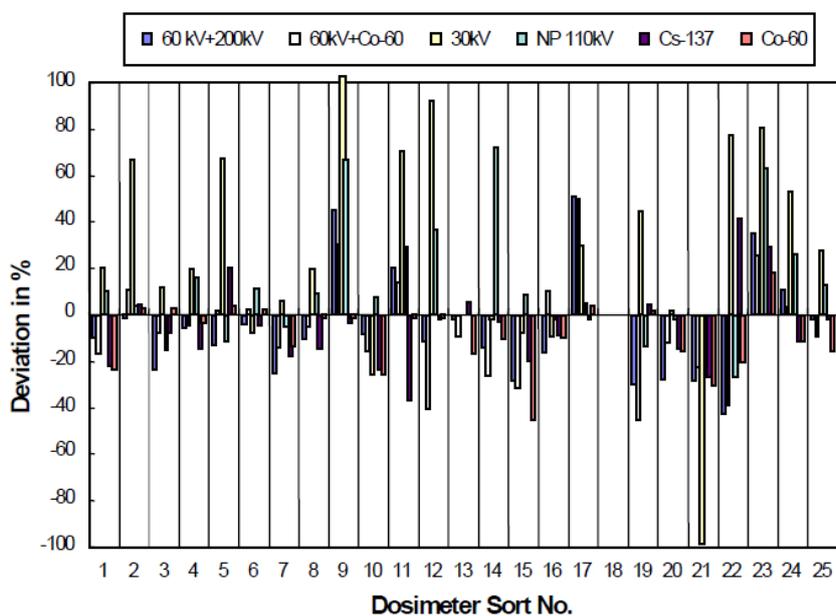


圖 3. 亞太地區各國劑量評定機構間對人員劑量計劑量偏差比較[17]。

美國方面則是於 1970 年代針對例行性測試議題進行研討，於 1983 出版個人劑量計能力評估規範(ANSI/HPS N13.11)[18,19]，能力指標建立在樣本之歧異

度(bias)、標準差(standard deviation)及允差(tolerance level)三者間的關係式(詳見本報告第參-三-C.部分)，而後基於劑量模擬結果與參加機構執行成本實際考量，陸續進行規範內容之增減修訂(表 5.)。

表 5. ANSI/HPS N13.11 於(A)1983 年版與(B)2001 年版之內容比較[18]。

(A) N13.11 - 1983			(B) N13.11 - 2001		
Category	Source	Range	Category	Source	Range
I. Accidents, low-energy photons	150 kV medium filtered	10–500 rad	I. Accidents, A. General	150 kV medium filtered or ¹³⁷ Cs	0.1–5 Gy
II. Accidents, high-energy photons	¹³⁷ Cs	10–500 rad	B. high-energy photons	¹³⁷ Cs 150 kV medium filtered	0.1–5 Gy
III. Low-energy photons	6 NBS techniques (30–150 kVp)	0.03–10 rem	C. low-energy photons		
IV. High-energy photons	¹³⁷ Cs	0.03–10 rem	II. Photons A. General	70+ NIST and ISO techniques (30–300 kVp), angles for $E > 70$ keV	0.3–100 mSv
V. Beta	⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y	0.15–10 rem	B. High energy	$E > 500$ keV,	0.3–100 mSv
VI. Photon mixtures	30–150 kVp + ¹³⁷ Cs	0.05–5 rem	C. Medium energy	angles $E > 70$ keV,	
VII. Mixtures, photons and betas	⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y + ¹³⁷ Cs	0.2–5 rem	D. Narrow spectrum	angles NS20, NS80, $E > 500$ keV, angles for $E > 70$ keV	
VIII. Mixtures, neutrons and high-energy photons	²⁵² Cf (D ₂ O moderated)	0.15–5 rem	III. Beta, A. General	⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y or ²⁰⁴ Tl, ⁸⁵ Kr, ⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y	1.5–100 mSv
			B. High Energy		
			C. Low Energy	²⁰⁴ Tl, ⁸⁵ Kr	1.5–100 mSv
			IV. Photon mixtures	30–300 kVp + $E > 500$ keV	0.6–100 mSv
			V. Mixtures, photons and betas	⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y, ²⁰⁴ Tl, ⁸⁵ Kr + ¹³⁷ Cs	2–100 mSv
			VI. Mixtures, neutrons and high-energy photons	²⁵² Cf (moderated) ²⁵² Cf (unmoderated)	1.5–50 mSv

國內現行採用財團法人全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)發布之《測試領域人員體外劑量評估技術規範》(TAF-CNLA-T08) [20]，大致沿用最新 ANSI/HPS N13.11-2009 內容作為參考[21]，整體流程會先讓各評定機構交送樣本至核能研究所之國家標準實驗室(National Radiation Standard

Laboratory of the Institute of Nuclear Energy Research, NRSL/INER)執行規範列舉的照射項目，再回送至原機構計讀並回報劑量，以進行評估計算(圖 4)。以每3年一期模式於2010年開始至2019年已實施3次全面性試驗(圖 5)。而在新版能力試驗有作更動之部分(射質、角度照射)對國內使用劑量計系統之實作分析，亦透過蒙地卡羅模擬(Monte Carlo, MC)驗證其物理特性影響(表 6)，截至目前能力測試結果呈現出國內評定機構皆具備通過規範水平[22]。

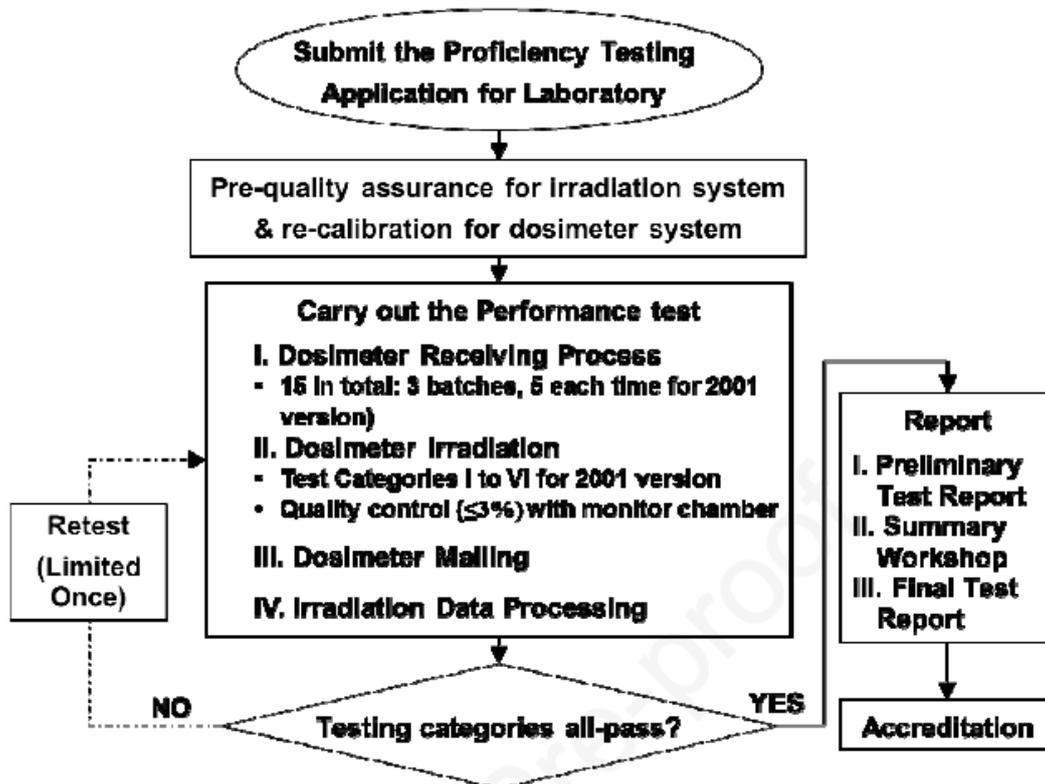


圖 4. 國內年度人員劑量計之能力試驗執行流程[22]。

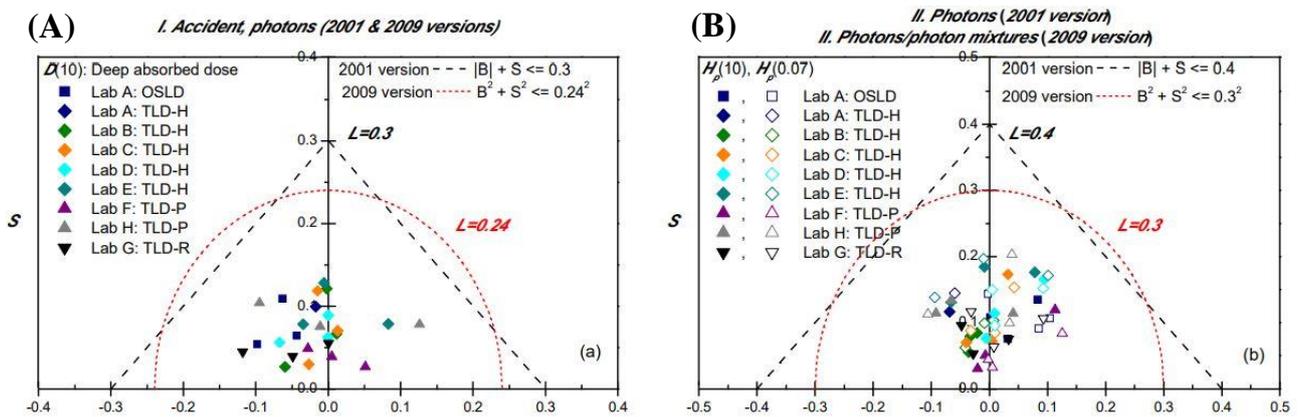


圖 5.對國內 8 間機構進行最新(N13.11-2009)與前版(N13.11-2001)之能力測試結果進行一致性分析。(A)事故級光子、(B)一般光子[22]。

表 6.照射劑量、計讀劑量與 MC 模擬劑量於相異角度或射質狀況之比較結果[22]。

Source	Delivered dose	TLD measured dose		Monte Carlo calculated dose		H_{meas}/H_{calc} ratio
	H_p (mSv)	H_{meas} (mSv)	Diff%*	H_{calc} (mSv)	Diff%*	
^{137}Cs (0 degree)	28.7	30.4	5.9	27.6	-3.8	1.10
^{137}Cs (40 degree)	5.0	5.4	7.8	4.9	-2.6	1.11
^{137}Cs (-40 degree)	5.0	5.4	7.4	4.8	-4.0	1.12
^{137}Cs (60 degree)	7.0	8.6	22.4	6.8	-3.1	1.26
^{137}Cs (-60 degree)	7.0	7.5	7.4	6.9	-2.2	1.10
M100	33.4	37.9	13.5	35.2	5.5	1.08
M150	11.3	12.2	7.3	11.5	1.8	1.05

* Diff%=(H_{meas} or $H_{calc}-H_p$)/ H_p

三、國內法規

國內輻射工作總從業人數達 5 萬 3 千餘人，且逐年有增加的趨勢，以醫用及非醫用（核子能源、工業…等）之輻射工作人員為主[1]，依據 ICRP 第 26 號報告之建議[3]，工作人員之年劑量有可能超過劑量限值的十分之三，必須要有人員劑量監測。我國《游離輻射防護法》第 15 條中亦有明文敘述[23]：“為確保輻射工作人員所受職業曝露不超過劑量限度並合理抑低，雇主應對輻射工作人員實施個別劑量監測。但經評估輻射作業對輻射工作人員一年之曝露不可能超

過劑量限度之一定比例者，得以作業環境監測或個別劑量抽樣監測代之。雇主對輻射工作人員實施劑量監測結果，應依主管機關之規定記錄、保存、告知當事人。主管機關為統計、分析輻射工作人員劑量，得自行或委託有關機關(構)、學校或團體設置人員劑量資料庫。”

我國對人員體外輻射劑量評定業務由《人員輻射劑量評定機構認可及管理辦法》所規範[24]。包含機關(構)、學校或團體，現今國內已有 8 間機構，提供人員劑量評定的服務(表 7.)。各機構依照管理辦法列載之條目，包含具備主管機關(行政院原子能委員會)核准之營運許可證明，人員配置、設備品管及記錄保存上，皆有對應之設立標準。

表 7.國內現行人員劑量監測服務機構。

機構名稱	機構性質
行政院原子能委員會核能研究所	機關(構)
台灣電力公司放射試驗室	機關(構)
台電放射試驗室核二工作隊	機關(構)
台電放射試驗室核三工作隊	機關(構)
國家同步輻射研究中心	機關(構)
國立清華大學人員劑量實驗室	學校
財團法人中華民國輻射防護協會	團體
貝克西弗股份有限公司	團體

劑量計之不確定性應使用標準輻射照射進行抽樣檢測，定期確認其劑量反應是否仍在允許誤差範圍，倘若於非測試期間發生劑量異常事件，為確保各單位是否可維持應有能力水準，此部份可透過第三方團體，建立及時盲樣測試(blind test)及其對應之標準限度，並由訪查人員進行樣本測試之執行，而後將訪查抽樣之結果回報至各參與機構，若有超過規範之問題發生，可進一步連絡該單位進行技術上之檢討並再執行修正測試。如此以維持全國劑量計品質保證的標準。

四、研究目的

核子設施之許可除役期間，將有各機關之大量輻射工作人員參與，為確保輻射工作人員所受職業曝露之合理抑低，應對輻射工作人員實施個別劑量監測。可透過全面定期訪查進行即時追蹤，得知國內評定機構所使用人員劑量計之不確定性。本研究進行下列各項工作：

1. 舉辦人員劑量評定機構管制精進作業會議；
2. 訪查人員訓練；
3. 進行個人加馬劑量佩章盲樣測試；
4. 訪查劑量評定機構之品管作業。

本研究確保輻射工作人員健康，並提升國內輻射工作人員劑量監測品質，研析國際劑量評定機構管理制度、研究及精進，劑量監測服務機構之個人加馬劑量佩章評定作業、並調查國內人員劑量評定機構計讀品質差異，提出對評定機構管制精進技術建議等，供主管機關進行核子反應器設施除役管制之作業參

考。

五、研究重要性

國內人員劑量評定服務機構於核子設施、學校及民間單位皆有登記設立(包含：台電放射試驗室、台電放射試驗室核二工作隊、台電放射試驗室核三工作隊、核能研究所、貝克西弗、財團法人中華民國輻射防護協會、國立清華大學、國家同步輻射研究中心)，即使業務執行上符合主管機關公告，但各評定機構在劑量計的校正管理方面各有異同，使得劑量回報結果之不確定度難以進行統一追蹤。此時若能透過第三方執行一致化檢驗，將可精進劑量測量的品質評估。

本研究針對國內現有人員劑量評定服務單位，進行全面性的品管驗證實務。在業務方面，將檢查其營業資格認可、人員配置合理性、劑量計原廠資訊及劑量紀錄報告之留存。設備方面，則進行該單位持有之放射性儀器的許可證查核，及所使用之個人劑量徽章之不確定性評估。由工作人員取得劑量評定機構所提供的劑量計，搭配本研究擬定之國家標準輻射場(加馬射線)照射流程，照射後請機構計讀回報轉換之輻射劑量，統計其結果是否與參考規範的許可範圍。將依本計畫之研究結果，向主管機關提出輻射工作人員劑量評定機構管制技術作業之建議。

貳、研究方法與過程

本研究精進國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術。在業務部份，檢檢視其營業資格認可、人員配置的資格及量測資料紀錄之留存。設備方面則進行該單位持有之放射性儀器的許可證查核；而機構使用之個人劑量徽章品管部分，將輔以現有國內外規範的建議，由計畫訪查人員執行盲樣測試，每次每機構現場隨機抽取 28 只個人加馬劑量徽章(含 TLD 及 OSLD)，送至國家游離輻射標準實驗室輻射照射場，照射特定設計的光子輻射劑量，再送回該劑量評定機構計測；最後將提出對評定機構管制精進建議，供主管機關管制作業參考。

一、定期會議

由計畫主持人及原能會共同召集 8 間機構之與會代表，進行會議討論，預計安排訪查前、期中及期末三次會議。由主管機關發文協助通知各機構參與作業會議，及受訪查單位應配合訪查事項等通知書函...等。

計畫期程三次會議如下所示：

- 訪查前會議：說明本案緣由、訪查計畫及評定標準、受查訪劑量評定機構應提供之資料，例如：業務資訊、人員配置及劑量計資訊、記錄保存及校正儀器，並蒐集受訪查單位之意見。(會議現況見圖 6.)
- 期中會議：說明第一階段個人加馬劑量徽章盲樣測試結果，針對測試結果不合格機構，再次取盲樣測試。(會議現況見圖 7.)
- 期末會議：說明全體訪查及盲樣測試結果，蒐集並研析各劑量評定機構對該

計畫之反饋。(會議現況見圖 8.)

§會議現況

訪查前會議 (2020.07.30, 原能會)



圖 6. 訪查前會議現場狀況。

期中會議 (2020.09.30, 原能會)



圖 7. 期中會議現場狀況。

期末會議 (2020.10.27, 原能會)



圖 8. 期末會議現場狀況。

二、訪查人員訓練

實際訪查前規劃並執行訪查訓練，使工作人員了解訪查目的、訪查項目、訪查結果之紀錄，並具備足夠專業知能，於訪查時能判別相關資料之合理性，例如：主管機關核准之營運認可證明、人員配置、設備品管、記錄保存...等，以分析歸納訪查結果，供主管機關參考(訓練現況見圖 9、圖 10)。

訓練內容如下：

A. 相關法規

- 基本法條：《游離輻射防護法》第 15 條、《人員輻射劑量評定機構認可及管理辦法》及《放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理辦法》。
- 劑量評估技術：以 TAF《測試領域人員體外劑量評估技術規範》所列舉之評定方式為主要參考。

§人員訓練現況



圖 9. 訪查人員訓練現場狀況。(2020.07.24, 陽明大學)



圖 10. 訪查人員訓練現場狀況。(2020.07.26, 陽明大學)

B. 劑量計運作原理

TLD(圖 11.A)及 OSLD(圖 11.B)皆為固態晶體物質，且作用原理相近[25]。曝露於游離輻射時，輻射與晶體內部價帶電子作用，將其激發至傳導帶，部分會被外加雜質形成之電子陷阱捕獲，而暫存於介穩態晶體內(圖 12.A)，TLD/OSLD 在經過至當之加熱/光源刺激後，介穩態之電子遞升至傳導帶，與電動複合產生可見光(圖 12.B)，TLD/OSLD 總發光量與所接受之輻射劑量成正比。且每種 TLD 因材質比例上的不同，對於計讀溫度的設定皆有所差異。

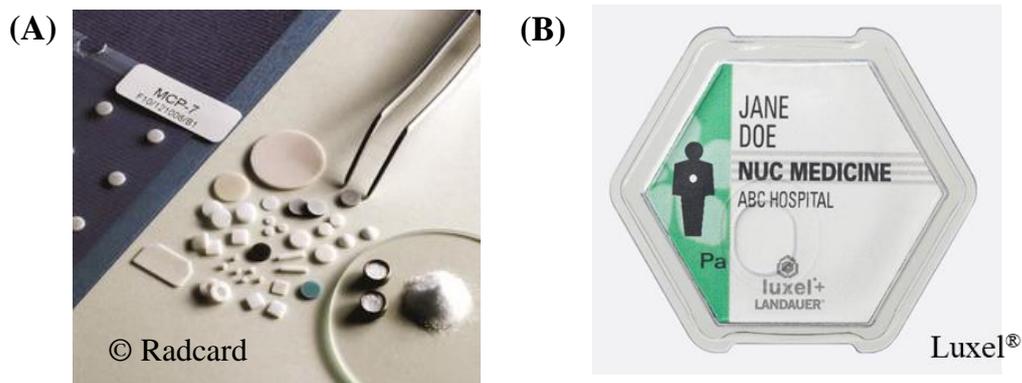


圖 11. (A)各種類型之 TLD，包含晶片、圓盤及粉末型、(B)OSLD。

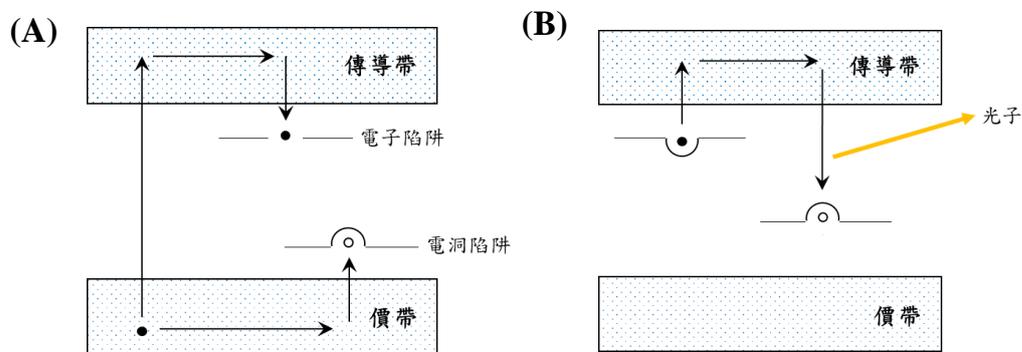


圖 12. TLD/OSLD 能階變化示意圖。(A)受游離輻射照射狀態、(B)計讀狀態[5, 25]。

TLD 及 OSLD 皆具備高輻射靈敏度及廣域的劑量偵測範圍，以及高可塑性及回火後重複使用的特點。相異處為 OSLD 於計讀後可保留原本的訊號儲存，但 TLD 因其計讀後訊號即消失，無法再次複查，故在記錄管理上，每次度量結果皆要建立完整備份資料紀錄與品保程序，以供後續追蹤人員劑量準確性之參考[1,25]。

C. 國內機構運作現況

國內現有 8 間評定機構提供人員劑量評定服務，其名稱及使用之佩章劑量計類型如表 8.所示。

表 8. 國內現行人員劑量監測服務機構。

機構名稱	佩章類型
行政院原子能委員會核能研究所	TLD
台灣電力公司放射試驗室	TLD
台電放射試驗室核二工作隊	TLD
台電放射試驗室核三工作隊	TLD
國家同步輻射研究中心	TLD
國立清華大學人員劑量實驗室	OSLD
財團法人中華民國輻射防護協會	TLD
貝克西弗股份有限公司	TLD

三、訪查項目

A. 書面資料調查

由訪查單位對各機構發送問卷進行資料填寫，問卷會以 Google 表單形式進行設計(圖 13.)，方便各對象在完成回答時將結果回傳至訪查人員端，並以 Excel 檔案格式進行資料輸出統整。填寫問卷者僅能閱讀問卷及回答問題，並無閱覽全體資料權限，資料僅能由本計畫表單設計者才能閱覽。

The image shows a Google Form with a teal header. The title is '國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進'. Below the title is a paragraph of text: '本研究將確保輻射工作人員健康，並提升國內輻射工作人員劑量監測品質，研析國際劑量評定機構管理制度、研究及精進，劑量監測服務機構之個人加馬劑量徽章評定作業，並調查國內人員劑量評定機構計讀品質差異，提出對評定機構管制精進技術建議等，供主管機關進行核子反應器設施除役管制之作業參考。' The form is divided into sections. The first section is 'Part 1. 業務資訊' with a sub-header '此部份針對各機構之業務執行資格進行詢問。'. It contains three questions: '機構名稱' with a text input field labeled '您的回答'; '認可證證號' with a text input field labeled '您的回答'; and '認可證有效日期' with a date input field labeled '日期' and '年 / 月 / 日'.

圖 13. Google 表單樣式(僅部分示意)。

書面問卷由多部分組成，各部分對應之問題如下：

Part 1. 業務資訊—此部份針對各機構之業務執行資格進行詢問。須回答內容如下：

- 機構名稱
- 認可證證號
- 認可證有效日期

§評定標準

業務調查項目與對應的評定標準，如表 9.所示。認可證書樣式，如圖 14.所示。

表 9. 業務認可查核之項目與規範標準[24]。

項目	規範標準
1. 認可證	經主管機關申請審查合格後發給，有效期限為三年。
2. 換發認可證	期限屆滿前三個月，申請人得填具申請書，向主管機關申請
3. 認可證於有效期限內遺失、 毀損或記載事項變更	事實發生之日起三十日內，填具申請書，向主管機關申請補發或換發

此表依據《人員輻射劑量評定機構認可及管理辦法》列載之項目而定。



圖 14. 人員輻射劑量評定機構認可證書樣本。

Part 2. 人員配置及劑量計-此部份針對各機構於人員配置及使用佩章資訊進行

詢問。須回答內容如下：

- 實驗室負責人姓名與其相關學歷
- 報告簽署人姓名與其相關學歷
- 品質負責人姓名與其相關學歷
- 佩章使用人數
- 使用佩章之廠牌、生產地、現役使用總數、使用年度數量
- 佩章劑量計之型號、適用輻射範圍
- 佩章計讀設備之廠牌、型號、購置年份

§評定標準

人員配置及劑量計資訊對應的評定標準參考，如表 10.所示。

表 10. 人員配置及使用器材之查核之項目與規範標準[24]。

項目	規範
1. 實驗室負責人、報告簽署人、品質負責人	備有其學經歷及業務相關訓練證明文件，並檢附定期在職訓練證明。
2. 劑量計資訊	材質、設計、適用範圍與計讀設備之型式及評定方法。

此表依據《人員輻射劑量評定機構認可及管理辦法》列載之項目而定。

Part 3. 紀錄保存—此部份針對各機構於人員佩章劑量紀錄之執行措施進行詢問。須回答內容如下：

- 紀錄保存方式及安全性
- 人員劑量報表格式及通知方式
- 劑量評定結果為異常事件次數及處置
- 近五年劑量統計年報情形

§評定標準

紀錄保存對應的評定標準參考，如表 11.所示。

表 11. 評定機構所提出記錄之查核項目與規範標準[18]。

項目	規範標準
1. 人員劑量紀錄	每年三月底前，應向主管機關提報上一年之人員劑量紀錄統計符合該機構所提出之紀錄安全保存方式、劑量報告格式及通知方式
2. 評定結果超過游離輻射防護安全標準工作人員之劑量限度時	應於二小時內通知劑量計之委託單位，同時報告主管機關。
3. 人員劑量紀錄更正之各項文件	應報經主管機關核定後為之。
4. 主管機關於必要時派員檢查	得要求其提供相關證明文件及資料，機構不得規避、妨礙或拒絕。
5. 評定機構停止經營	於停止經營之三個月前，應通知主管機關。停止經營前，並應將人員劑量紀錄及紀錄更正之各項文件，送交主管機關。

此表依據《人員輻射劑量評定機構認可及管理辦法》列載之項目而定。

Part 4. 原能會能力試驗資訊—此部份針對各機構此部份針對各機構接受主管機

關查訪及 TAF 認證取得狀況進行詢問。須回答項目如下：

- TAF 認證紀錄
- 近 3 年內 AEC 查訪通過紀錄及建議處置

§評定標準

現役運作中之評定機構應通過 TAF 能力試驗的規範標準，且應適時接受主

管機關所舉行之人員劑量評定業務檢查。

B. 現場訪查

依據 TAF-CNLA-T08 《測試領域人員體外劑量評估技術規範》，所列載之設施與環境條件[14]。劑量評估實驗室應有適當之設施與環境，可執行認可之劑量評估作業。這些設施和環境包括：

- 適當之工作空間。
- 適當之屏蔽，可防止不必要之輻射。
- 溫濕度等環境控制設施。
- 適當之安全與防火系統。
- 適當之空間可貯存必要的文件、設備及材料。
- 人員劑量計。
- 人員劑量計之計讀儀與相關附屬設備。

上述內容將由訪查人員抵達機構現場時，請評定機構派員配合執行各現場訪查項目之目視檢查及環境設備拍照記錄留存。如有門禁管制之機構，需於到訪前先協助申請使訪查人員進入。

C. 盲樣測試

由主管機關協助發函訪查作業通知後，訪查人員至劑量評定機構執行樣本抽選。從各機構之現役使用佩章群中，隨機抽取個人加馬劑量佩章

(TLD/OSLD)，樣本個數為單一照射點對應 6 只及背景片 1 只，計 2 個照射點及備用 2 組，共 28 只個人加馬劑量佩章。包裝時將分成 4 組(圖 15.)，並於最後印上訪查人員及受訪單位之代表章作封存(圖 16.)。

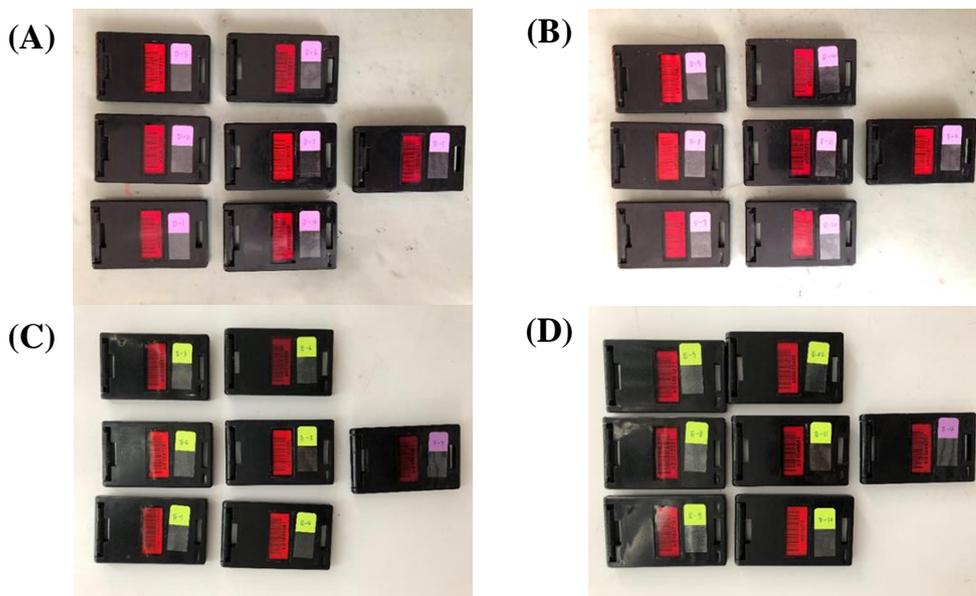


圖 15. 樣本分裝成 4 組：(A)照射組-1、(B) 照射組-2、(C)備用組-1 及(D)備用組-2，1 組包含照射片 6 只與背景片 1 只。



圖 16. 最終包裝時需附上訪查人員及受訪單位之封存章。

樣本抽選後，由訪查人員先運送暫置於陽明大學儲存空間，待完成所有評定機構之佩章收集後，一併送置國家游離輻射標準實驗室輻射照射場照射(圖 17.)。本研究僅以加馬輻射環境進行探討，在輻射場曝照情況，參考 ANSI 及 TAF 規範之整合，如表 12.及表 13.所示。對應其條件劑量限度內任取 2 個劑量點作照射。盲樣測試所照射之輻射劑量事先並不會告知各機構。



圖 17. 樣本依照國家游離輻射標準實驗室流程進行照射。

表 12. ANSI/TAF 加馬射線(第 I 類)測試項目與其對應之劑量限度[20]。

測試類別	射源種類	測試輻射劑量範圍
I. 事故級光子		
A. 一般(B、C 擇一)	M150 或 ^{137}Cs	0.05 to 5 Gy
B. 高能量光子	^{137}Cs	
C. 低能量光子	M150	

表 13. ANSI/TAF 加馬射線(第 II 類)測試項目與其對應之劑量限度[20]。

測試類別	射源種類	測試輻射劑量範圍
II. 光子/光子混合場		
A. 一般	33 NIST and ISO techniques (30-300 kVp)	
B. 高能量	E > 500 keV	0.5 to 50mSv
C. 低能量	E > 70 keV	
D. 鈾專用	能最佳模擬鈾環境之能譜	

§環境資料紀錄

本計畫預計將佩章周圍之環境因子列入觀察項目之一，作為樣本接收輻射訊號量之備考資訊。訪查人員會於樣本抽選、運送及照射時，逐次記錄各階段現場設備所監測之環境因子參數，並進行拍照留存。本計畫斟酌參考之參數項目如表 14.所示。

表 14. 環境因子紀錄項目[20]。

影響量	參考條件	標準測試條件
環境溫度	22°C	20°C 至 24°C
環境濕度	50 %	25% 至 75%
氣壓	101.3 kPa	76 kPa 至 106 kPa
輻射背景	周圍等效劑量率: $H^*(10) \leq 0.1 \mu\text{Sv/h}$	周圍等效劑量率: $H^*(10) \leq 0.25 \mu\text{Sv/h}$

此表中之參考條件、標準測試條件為照射測試場合下之建議值。

§ 樣本回送機構

本照射後之樣本將由訪查人員統一郵寄歸還至原屬評定機構，協助進行測讀與輻射劑量轉換，結果由各機構之完整報告形式呈現，而後回報其結果至本計畫訪查人員。本計畫建議樣本抵達機構與劑量報告回覆之歷經時間，以不超過 3 天為原則。

§ 樣本結果評估

訪查人員將各機構對樣本之計讀劑量與測試照射劑量進行比對，本計畫評估方式採用 ANSI/TAF 所制定之能力商數(P_i)值分析。 P_i 值之計算如式 1. 所示：

$$P_i = [H_i' - H_i] / H_i \quad (\text{式 1.})$$

H_i' 是由輻防機構計讀回報的輻射劑量， H_i 是訪查人員在標準實驗室給予之預設輻射劑量。

每個樣本之 P_i 值再被用於計算歧異度(bias, B)，B 值由式 2. 所示：

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad (\text{式 2.})$$

將樣本 P_i 值與 B 值用於計算標準差(standard deviation, S)，S 值由式 3. 所示：

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - B)^2}{n - 1}} \quad (\text{式 3.})$$

對受測試類別於適當測試深度之能力表現是否為可接受，以下列式 4. 評定：

$$B^2 + S^2 \leq L^2 \quad (\text{式 4.})$$

其中 L 為允差(tolerance level)，第 I 類事故級的 L 值定為 0.24，第 II 類光子 L 值定為 0.3。

D. 測試結果之呈現

訪查人員將各業務單位之第一階段盲測資料整理公布於期中會議，屆時並不直接以機構名稱，而是以隨機代號型式(A~H)進行結果呈現。

針對第一階段中，有未通過本計畫評估標準之機構對象，訪查單位會另行通知其進行第二階段盲樣測試，並將結果排定於期末會議中報告。

E. 進階樣本統計

本研究將依據樣本使用年度分類，個別評估能力測試差值與使用年度之關聯性，另外以各單位提供之樣本計讀歷程，進行計讀次數分布統計，及其相對於樣本劑量偏差之顯著性分析。統計檢定方式套用 One-way ANOVA 進行變異數比對。

四、意見彙整

對於各單位之細部狀況以及本研究之建議，同書面資料以 Google 表單方式回饋給訪查人員進行統整。包含以下項目：

- 第一類、第二類(深淺部)佩章劑量修正之說明
- 對定期會議安排的建議 (時間、地點、次數或其他方面)
- 對本計畫書面及現場訪查作業的建議
- 對本計畫盲樣測試作法及標準的建議
- 對本計畫的其他建議

參、主要發現與結論

一、書面資料

Part 1. 業務資訊

各單位之業務認可資訊於表 15.所示，包含認可字號及認可證期限，所有單位皆處於服務生效狀態中。

表 15. 國內各評定機構與對應之認可字號及證書效期。

單位名稱	認可字號	證書效期
原子能委員會核能研究所	輻計字第 00001 號	109.1.1~111.12.31
台灣電力股份有限公司放射試驗室 (室本部)	輻計字第 00002 號	109.6.15~112.6.14
台灣電力股份有限公司放射試驗室 (核二工作隊)	輻計字第 00004 號	107.1.31~110.1.30
台灣電力股份有限公司放射試驗室 (核三工作隊)	輻計字第 00005 號	109.6.15~112.6.14
貝克西弗股份有限公司	輻計字第 00006 號	109.6.30~112.6.29
財團法人中華民國輻射防護協會	輻計字第 00007 號	109.6.1~112.5.31
國立清華大學	輻計字第 00008 號	107.1.1~109.12.31
財團法人國家同步輻射研究中心		

Part 2. 人員配置及劑量計

各單位之實驗室負責人、報告簽署人與品質負責人對應的學經歷統計，如圖 18.所示。三種職稱皆以碩士以上(含博士)學歷人士為主要擔當：實驗室負責人佔 75%；報告簽署人佔 72.5%；品質負責人佔 75%，全體平均 74.1%。而大學以上則是佔全體平均 92.5%，反映出國內在劑量評定技術人員任用上，以法規規定之相關教育訓練資格為原則。

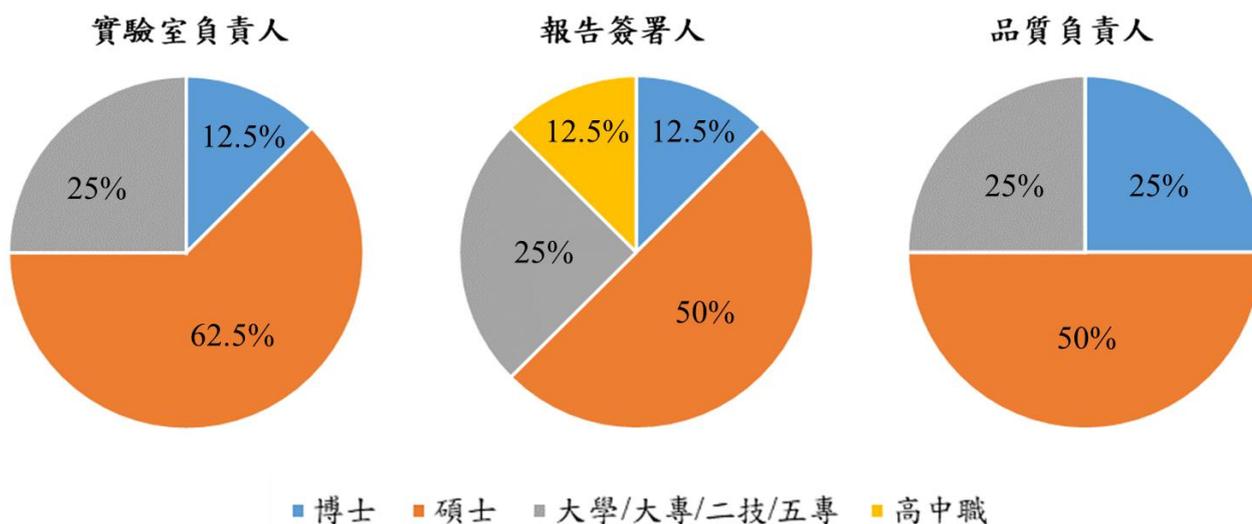


圖 18. 實驗室負責人、報告簽署人與品質負責人對應之學經歷人數比例。

國內機構所使用的劑量佩章系統，如表 16.所示。有半數單位採用 Thermo Scientific Harshaw 8814 款式，其餘包含 Panasonic UD-802、RADOS Whole Body 及 Landauer UD-874A，而國內佩章仍以 TLD 為主流使用。各系統之佩章外觀如圖 19.所示。各單位對應使用之佩章計讀儀，如表 17.所示，單一機構至少備有 2 台以上的機器使用，各別採用之廠牌型號外觀，如圖 20.所示。

表 16. 國內機構所使用的劑量佩章資訊。

廠牌	型號	產地	材質	使用單位數
Thermo Scientific	Harshaw 8814	美國	TLD	4
Panasonic	UD-802	美國/日本	TLD	2
RADOS	Whole Body	德國	TLD	1
Landauer	UD-874A	美國	OSLD	1

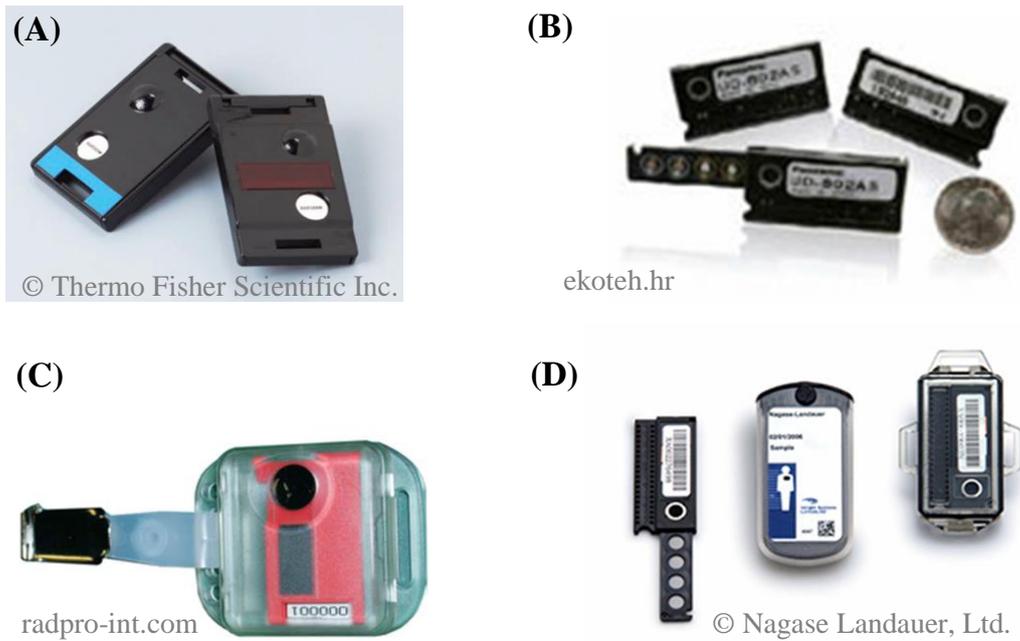


圖 19. 各系統之劑量佩章。(A)Thermo Scientific Harshaw 8814、(B)Panasonic UD-802、(C) RADOS Whole Body 及(D)Landauer UD-874A。

表 17. 國內機構所使用的佩章計讀儀資訊。

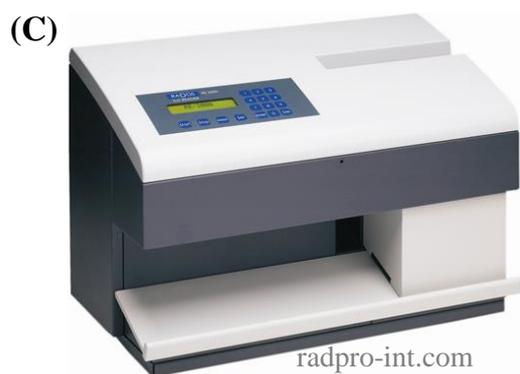
廠牌	型號	使用單位數	台數
Harshaw TLD	6600 PLUS	3	5
	8800 PLUS	2	4
Panasonic	UD-716	2	4
	UD-7900M	1	3
RADOS	RE-2000	1	2
Landauer	Reader 200	1	2



© Thermo Fisher Scientific Inc.



© Thermo Fisher Scientific Inc.



radpro-int.com



ekotech.hr



docplayer.net



© Nagase Landauer, Ltd.

圖 20. 各系統型號之計讀儀。(A)Thermo Scientific 6600 PLUS、(B)Thermo Scientific 8800 PLUS、(C)RADOS RE-2000、(D)Panasonic UD-716、(E)Panasonic UD-7900M 及(F)Landauer Reader 200。

調查統計各單位使用佩章之年度(圖 21.)，以 5 年、10 年、15 年及 15 年以上進行分區，統計各區間佩章所佔比例。9 成以上的佩章使用年度超過 5 年，超過 15 年的佩章佔了 1/4 的數量。佩章總數為 163,743 個；服務人數為 51,227~52,597 人/月，對照主管機關發布之數據為 53723 人/月[26]，顯示各單位所提供資料之可信度。

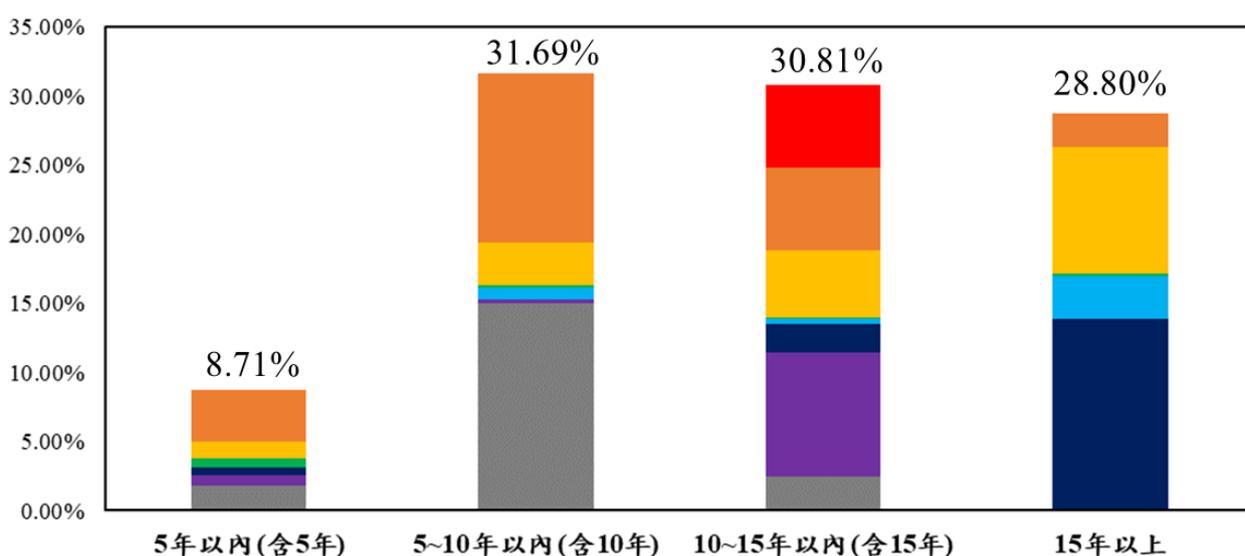


圖 21. 全國佩章對應各使用年度區間之數量比例。

Part 3. 紀錄保存

各單位對人員劑量紀錄之保存與通報方式，如表 18.所示。逾半數的單位採用兩種模式進行，而現今的計讀儀數據，上可透過電腦傳輸計讀數據，以建立數據庫，對此建議在資料備份上各單位需備有安全防護對策。

表 18. 記錄保存及通報方式與對應之採用單位數。(單位：間)

型式	紀錄保存	紀錄通報方式
紙本	1	4
電子	1	--
兩者皆是	6	4

Part 4. 原能會能力試驗資訊

所有單位皆符合 TAF 認證之實驗室資格，而近五年人員劑量異常通報事件共 43 次，其中以假性劑量為居多類型，其餘個案包括劑量紀錄缺漏、更正報告格式、佩章性能不合格。主管機關最近一次例行檢查時程分別於 2020 (1 間)、2019 (1 間)、2018 (1 間)、2016 (4 間)執行，僅 1 間尚未受訪。

二、現場訪查

訪查人員於各劑量評定單位現場檢視實驗室之環境(圖 22.)，包含適當工作空間、佩章儲放與文件備存管理、安全防火系統及環境因子監測。所有受訪單位皆符合 TAF 規範之正常運作條件，而在適當屏蔽部分，採用 survey meter 進行作業空間內 3 處之劑量率(例：佩章存放處、計讀儀或資料處理室)量測作驗證，如表 19.所示。



圖 22. 現場訪查實拍範例。(A)工作空間、(B)佩章儲放空間、(C)安全防火系統及(D)文件備存空間。

表 19. 各單位作業空間內 3 處之劑量率。(單位： $\mu\text{Sv/hr}$)

單位代號	1	2	3	Avg.
A	0.09	0.10	0.11	0.10
B	0.07	0.06	0.08	0.07
C	0.07	0.09	0.10	0.09
D	0.09	0.10	0.08	0.09
E	0.11	0.14	0.11	0.12
F	0.13	0.13	0.10	0.12
G	0.08	0.11	0.10	0.10
H	0.07	0.08	0.08	0.08

三、盲樣測試

本研究分為第 I 類及第 II 類輻射場之個別測試，各單位對應之評定結果以代號方式列於表 20. 至表 22. 所示。第 I 類是以 Cs-137 為射質，照射劑量 0.3 Gy，能力評估之 L 值為 0.24 ($L^2=0.056$)，所有單位於 B^2+S^2 之鑑定皆為通過狀態。

表 20. 第 I 類劑量盲樣測試評估結果。(L²=0.056)

單位代號	B	S	B ² +S ²	檢定狀態
A	-0.080	0.013	0.007	PASS
B	-0.043	0.011	0.002	PASS
C	-0.028	0.061	0.004	PASS
D	-0.084	0.013	0.007	PASS
E	0.050	0.049	0.005	PASS
F	0.059	0.016	0.004	PASS
G	0.108	0.037	0.013	PASS
H	-0.080	0.034	0.008	PASS

第 II 類以 M150 為射質，照射劑量 30 mSv，能力評估之 L 值為 0.3 ($L^2=0.09$)，此類別包含深部及淺部劑量之鑑定，所有單位於 B^2+S^2 之鑑定皆為通過狀態。然而第 II 類之允差表現較第 I 類整體有增加趨勢，是因低劑量範圍較易受環境背景訊號擾動；再者，淺部劑量係由深部劑量推算獲得，故過程中之不確定度致使 B^2+S^2 值較深部劑量而增加。

表 21. 第 II 類於深部劑量盲樣測試評估結果。(L²=0.09)

單位代號	B	S	B ² +S ²	檢定狀態
A	0.167	0.014	0.028	PASS
B	0.167	0.043	0.030	PASS
C	-0.018	0.040	0.002	PASS
D	0.123	0.038	0.017	PASS
E	0.136	0.085	0.026	PASS
F	0.095	0.028	0.010	PASS
G	0.167	0.063	0.032	PASS
H	0.072	0.118	0.019	PASS

表 22. 第 II 類於淺部劑量盲樣測試評估結果。(L²=0.09)

單位代號	B	S	B ² +S ²	檢定狀態
A	0.266	0.015	0.071	PASS
B	0.184	0.023	0.034	PASS
C	-0.008	0.041	0.002	PASS
D	0.239	0.032	0.058	PASS
E	0.196	0.039	0.040	PASS
F	0.095	0.028	0.010	PASS
G	0.157	0.075	0.030	PASS
H	0.109	0.026	0.028	PASS

四、進階樣本統計

將樣本劑量偏差(回報劑量減去實照劑量再除以實照劑量所得之比例)以 One-way ANOVA 檢定第 I 類及第 II 類內各使用年度分群之變異數差異性。以顯著水準在 $p < 0.05$ 條件下，對於使用年度分群與佩章劑量偏差並無達到顯著差異性。由此結果可推得現役佩章群即使在使用年度在各有差異的狀況下，其能力表現仍屬常態範圍內。

針對各計讀次數群別對劑量偏差之差異性並不顯著，推斷是因各單位已受 TAF 認證需求執行定期校正程序，先行將不符合標準的佩章淘汰，故現役佩章群內即使使用紀錄各有異同，於性能上也應當具備符合常態容許值內之劑量反應。

五、意見彙整

1. 第一類、第二類(深淺部)佩章劑量修正之說明

⇒各機構對佩章劑量轉換之過程概要於圖 23.所示，其中消光效應之修正方式因應劑量計類型有相異做法。

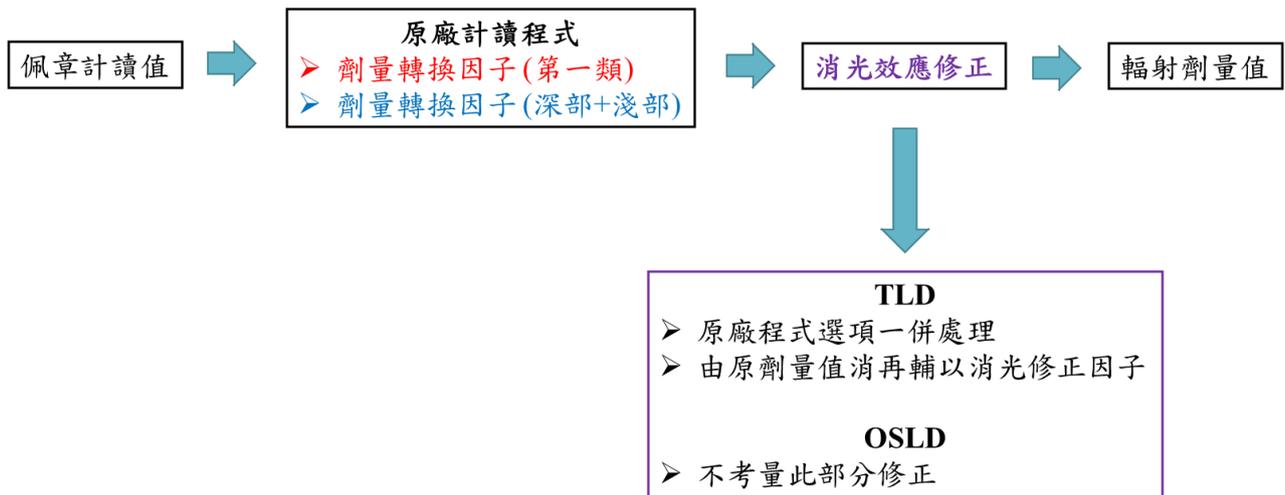


圖 23. 佩章劑量轉換修正統整流程圖。

2. 對定期會議安排的建議 (時間、地點、次數或其他方面)

⇒部分機構反應於上班時間即可，地點依當時需求，另外建議配合 TAF 每 3 年舉辦一次。

3. 對本計畫書面及現場訪查作業的建議

⇒此部份各機構皆表態全力配合。

4. 對本計畫盲樣測試作法及標準的建議

⇒部分機構反應避免測試第一類，以避免佩章損耗，儘量以考 2~4 類為主。

5. 對本計畫的其他建議

⇒各機構皆表態全力配合。

六、結論與精進建議

依據本研究調查結果，國內人員佩章具備足夠數量支援現役輻射工作人員監測業務，且透過此次訪視，8間評定機構之實驗室配置皆符合主管機關管理規範及 TAF 品質認證，各單位對劑量異常事件皆有遵循通報流程與明確記錄備查。本研究盲樣測試，顯示各單位皆符合能力測試之通過標準。而對樣本進行進階統計結果，樣本佩章使用年度及計讀次數相對於劑量誤差，基於各單位對自有佩章進行定期校正，於此無顯著影響的結果。

§評定機構管制精進建議

1. 現行 TAF 舉辦之定期佩章能力試驗結果具指標意義，建議管制機關促使劑量評定單位繼續參與。
2. 於 TAF 試驗之週期內(3 年)，或是評定機構發生異常劑量事件時，建議可安排如本計畫模式之小型盲樣測試進行即時性能力評估，確保該機構品質管理水準。
3. 對於劑量佩章於各劑量範圍能力驗證，第 I 類劑量建議以 TAF 定期試驗結果作代表，第 II 及第 III 類等，則可用盲樣測試作為補充驗證
4. 建議各單位針對計讀次數較多(100 次以上)的佩章，建立較嚴格的校正管制觀察(例：回火殘餘訊號、ECF/ECC 變動趨勢)，以及時確保劑量計材質穩定性變化。
5. 對於劑量紀錄缺失事件，評定機構應確實調查一切原由，例如與佩章使用端的溝通誤解或是佩章遺失所導致，並明確記錄案發狀況回報主管機關。

肆、參考文獻

1. 財團法人中華民國輻射防護協會編, 游離輻射防護彙萃第四版. 第七章大洋實業社. (2003)
2. Christian Wernli. A SHORT HISTORY AND CRITICAL REVIEW OF INDIVIDUAL MONITORING. Radiat Prot Dosimetry. 170:4-7.(2016)
3. International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 26. Recommendations of the ICRP. (1977)
4. International Atomic Energy Agency. PRACTICAL RADIATION TECHNICAL MANUAL - INDIVIDIAL MONITORING. Vienna. (2004)
5. Malthez ALMC et al. Characterization and Performance Tests of a New OSL/TL Personal Dosimeter for Individual Monitoring. Radiat Prot Dosimetry. 182:258-265. (2018)
6. Huang et al. Radio-Photoluminescence Glass Dosimeter (RPLGD). DOI: 10.5772/23710. (2011)
7. Rogers et al. UK guidance on the management of personal dosimetry systems for healthcare staff working at multiple organizations. Br J Radiol. DOI: 10.1259/bjr.20170363. (2017)
8. Food and Agriculture Organization. Atomic Energy Licensing (Basic Safety Radiation Protection) Regulations. Malaysia. (2010)
9. Fantuzzi et al. IMPLEMENTATION OF STANDARDS FOR INDIVIDUAL MONITORING IN EUROPE. Radiat Prot Dosimetry. 112(1):3-44. (2004)
10. Chumak et al. Current Status of Individual Dosemetric Monitoring in Ukraine. Radiat Prot Dosimetry. 170:117-21. (2016)
11. Bartlett et al. Harmonisation and dosimetric quality assurance in individual monitoring for external radiation. Radiat Prot Dosimetry. 96:27-33. (2001)

12. Ambrosiet al. PROCEDURES FOR ROUTINE INDIVIDUAL DOSEASSESSMENT OF EXTERNAL RADIATION WITHIN EUCOUNTRIES AND SWITZERLAND — STATUS OFHARMONISATION ON 1 APRIL 1999. *RadiatProt Dosimetry*. 89:7-51. (2001)
13. Stadtmann et al. EURADOS TRIAL PERFORMANCE TEST FOR PHOTONDOSIMETRY. *Radiat Prot Dosimetry*. 96:159-165. (2001)
14. Figel et al. EURADOS INTERCOMPARISONS ON WHOLE-BODY DOSEMETERS FOR PHOTONS FROM 2008 TO 2014. *Radiat Prot Dosimetry*. 170:113-6. (2016)
15. Clairand et al. EURADOS 2016 INTERCOMPARISON EXERCISE OF EYE LENS DOSEMETERS. *Radiat Prot Dosimetry*. 182:317-322. (2018)
16. MURAKAMI et al. Results of the IAEA/RCA Personal Dosimeter Intercomparison in the Asian and Pacific Region, *Radiat Prot Dosimetry*. 54:19-23. (1994)
17. Tsujimura et al. IAEA/RCA Personal Dosimetry Intercomparison in Asian and Pacific Region during the Years of 1990-2004. The Second Asian and Oceanic Congress for Radiation Protection (AOCR-2). Beijing, China. (2006)
18. C.G.Soaes. History of Personal Dosimetry Performance Testing in the United States. *Radiat Prot Dosimetry*. 125:9-14. (2007)
19. American National Standards Institute, Personnel Dosimetry Performance – Criteria for Testing, in ANSI/HPS N13.11-1983. New York. (1983)
20. 財團法人全國認證基金會, TAF-CNLA-T08 測試領域人員體外劑量評估技術規範第四版. 新竹市. (2019)
21. American National Standards Institute, Personnel Dosimetry Performance – Criteria for Testing, in ANSI/HPS N13.11-2009. New York. (2009)

22. Lin et al. Proficiency Testing and Dose Comparison for External Personnel Dosimeters Evaluation in Taiwan. Radiat Meas. DOI:10.1016/j.radmeas.2020.106345. (2020)
23. 行政院原子能委員會, 游離輻射防護法. 台北市. (2002)
24. 行政院原子能委員會, 人員輻射劑量評定機構認可及管理辦法. 台北市. (2002)
25. Kry et al. AAPM TG 191: Clinical use of luminescent dosimeters: TLDs and OSLDs. Med. Phys. 47:e19-e51. (2020)
26. 行政院原子能委員會, 全國輻射從業人員劑量資料統計年報(民國 108 年). 台北市. (2020)

行政院原子能委員會 出席人員記錄

會議名稱 SUBJECT : 「國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進」訪查計畫提報前討論會

時間 DATE : 109年07月07日(星期二)

地點 LOCATION : 原能會

姓名 NAME 單位 ORGANIZATION 職務 TITLE

高思敏 原能會 副處長

鄭永富 AEC 科長

董謙輝 AEC 技士

邱三平 AEC 技士

許明 YMU 教授

馮真如 YMU 研究生

王昱傑 YMU 研究生

訪查計畫 提報前討論會

2020/07/07

1

討論項目

- 計畫執行規劃(背景、目的、內容)
- 計畫期程規劃
- 討論事項

2

計畫背景

3

- 國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進委託研究案於109年6月3日決標
- 執行期程至**109年12月15日**

4

計畫目的

5

- 為確保輻射工作人員所受職業曝露之合理抑低，應對輻射工作人員實施個別劑量監測，可透過全面定期訪查進行即時追蹤，得知國內評定機構所使用人員劑量計之不確定性。
- 本研究將進行下列各項工作：
 1. 舉辦3次人員劑量評定機構管制精進作業會議；
 2. 訪查人員訓練；
 3. 進行個人加劑量徽章盲樣測試；
 4. 訪查劑量評定機構之品管作業。
- 研析並調查國內人員劑量評定機構計讀品質差異，提出對評定機構管制精進技術建議等，供主管機關進行核子反應器設施除役管制之作業參考。

6



A. 訪查人員訓練

- 實際訪查前規劃並執行訪查訓練，使工作人員了解訪查目的、訪查項目、訪查結果之紀錄，並具備足夠專業知能，於訪查時能判別相關資料之合理性。預期訓練內容如下：

A-1. 相關法規

- 基本法條：**《游離輻射防護法》第15條、《人員輻射劑量評定機構認可及管理辦法》及《放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理辦法》。**劑量評估技術：**以TAF《測試領域人員體外劑量評估技術規範》所列舉之評定方式為主要參考。

A-2. 劑量計運作原理

A-3. 國內機構運作現況

A-4. 訪查計畫項目

B. 定期會議

- 由主管機關發文協助通知各機構參與作業會議，及受訪查單位應配合訪查事項等通知書函...等。

- 訪查前會議：**說明本案緣由、訪查計畫及評定標準、受查訪劑量評定機構應提供之資料，例如：**業務資訊、人員配置及劑量計資訊、記錄保存及校正儀器**，並蒐集受訪查單位之意見。
- 期中會議：**說明第一階段個人加馬劑量徽章百樣測試結果，針對測試結果不合格機構，再次取百樣測試。
- 期末會議：**全體訪查及百樣測試結果，蒐集並研析各劑量評定機構對該計畫之反饋。

C. 訪查項目

C-1. 書面資料調查 (受查訪劑量評定機構應提供之資料)

由訪查單位對各機構發送問卷進行資料填寫，問卷會以Google表單形式進行設計，方便各對象在完成回答時將結果回傳至訪查人員端，並以Excel檔案格式進行資料輸出統整。



Part 1. 業務資訊 - 此部份針對各機構之業務執行資格進行詢問。

- 機構名稱
- 認可證號碼
- 認可證有效日期

項目	規範標準
1. 認可證	經主管機關申請審查合格後發給，有效期限為三年。
2. 換發認可證	期限屆滿前三個月，申請人得撰具申請書，向主管機關申請
3. 認可證於有效期限內遺失、毀損或記載事項變更	事實發生之日起三十日內，撰具申請書，向主管機關申請補發或換發

Part 2. 人員配置及劑量計 - 此部份針對各機構於人員配置及使用徽章資訊進行詢問。

- 實驗室負責人姓名與其相關學歷(學/碩/博)
- 報告簽署人姓名與其相關學歷
- 品質負責人姓名與其相關學歷
- 徽章使用人數
- 使用徽章之廠牌、生產地、使用時間、現役總數
- 徽章劑量計之型號、適用輻射範圍
- 徽章計讀設備之廠牌、型號、購置年份

項目	規範
1. 實驗室負責人、報告簽署人、品質負責人	備有其學歷及業務相關訓練證明文件，並檢附定期在職訓練證明。
2. 劑量計資訊	材質、設計、適用範圍與計讀設備之型式及評定方法。

13

Part 3. 紀錄保存 - 此部份針對各機構於人員徽章劑量紀錄之執行措施進行詢問。

- 紀錄保存方式及安全性
- 人員劑量報表格式及通知方式
- 劑量評定結果為異常事件次數及處理
- 劑量統計年報情形 (近五年)

評定標準	規範標準
1. 人員劑量紀錄	每年三月底前，應向主管機關提報上一一年之人員劑量紀錄統計符合該機構所提出之紀錄安全保存方式、劑量報表格式及通知方式。
2. 評定結果超過離輻射防護安全標準工作人員之劑量限度時	應於二小時內通知劑量計之委託單位，同時報告主管機關。
3. 人員劑量紀錄更正之各項文件	應報給主管機關核定後為之。
4. 主管機關於必要時派員檢查	應妥善提供相關證明文件及資料，機構不得規避、妨礙及拒絕。
5. 評定機構停止經營	於停止經營之三個月前，應通知主管機關，停止經營前，並應將人員劑量紀錄及紀錄更正之各項文件，送交主管機關。

14

Part 4. 原能會能力試驗資訊 - 此部份針對各機構接受主管機關查訪狀況進行詢問。

- TAF認證紀錄
- AEC查訪通過紀錄 (近7次時間)
- 校正用設備名稱
- 許可證號
- 證照期限
- 環境偵檢儀器校正負責單位
- 近三次偵檢儀器校正報告日期



登記許可證



校正報告
(每年一次)

15

C-2. 現場訪查 (AEC協助訪查)

- 依據TAF所載之設施與環境條件，劑量評估實驗室應有適當之設施與環境，可執行認可之劑量評估作業，這些設施和環境包括：
 - 適當之工作空間。
 - 適當之屏蔽，可防止不必要之輻射。
 - 溫濕度等環境控制設施。
 - 適當之安全與防火系統。
 - 適當之空間可貯存必要的文件、設備及材料。
 - 人員劑量計。
 - 人員劑量計之計讀儀與相關附屬設備。

16

C-3. 盲樣測試

- 由**主管機關協助發函訪查作業通知**，訪查人員將至劑量評定機構(包含：台電放射試驗室、台電放射試驗室核二工作隊、台電放射試驗室核三工作隊、核能研究所、貝克西弗、財團法人中華民國輻射防護協會、國立清華大學、國家同步輻射研究中心)

C-3.1. 樣本抽選

- 從各機構之**現役使用徽章群**中，隨機抽取個人加馬劑量徽章(TLD/OSLD)，樣本個數為**單一照射點對應6只及背景片2只，計2個照射點共16只個人加馬劑量徽章。**

17

C-3.2. 樣本運送

- 樣本抽選後，由訪查人員將樣本裝在計畫**專用箱**內，該箱外殼為一鉛製手提箱(見下圖)。
- 各評定機構之劑量配章收集後暫置於**陽明大學儲存空間**，待完成所有評定機構之配章收集後，一併送至國家游離輻射標準實驗室輻射照射場照射。



18

C-3.3. 樣本照射測試

- 樣本由訪查人員統一運送至照射場為國家游離輻射標準實驗室進行照射。於此，本計畫僅以加馬輻射環境進行探討，在輻射場曝照情況，參考ANSI及TAF規範之整合，如下表所示。

測試類別	射源種類	測試輻射劑量範圍
I. 事故級光子		
A. 一般(B、C釋一)	M150 或 ¹³⁷ Cs	
B. 高能量光子	¹³⁷ Cs	0.05 to 5 Gy
C. 低能量光子	M150	

- 對應其條件劑量限度內任取2個劑量點作照射（此原則參照SGS檢驗模式）。**盲樣測試所照射之輻射劑量並不會告知各機構。**

C-3.4. 環境資料紀錄

- 作為樣本接收輻射劑量之備考資訊，訪查人員會於**樣本抽選、運送及照射**時，逐次記錄各階段現場設備所監測之環境因子參數，並進行拍照留存。本計畫對參考之參數項目如下表所示。

影響量	參考條件	標準測試條件
環境溫度	22 °C	20 °C 至 24 °C
環境濕度	50 %	25% 至 75%
氣壓	101.3 kPa	76 kPa至106 kPa
輻射背景	周圍等效劑量率: $H^*(10) \leq 0.1 \mu\text{Sv/h}$	周圍等效劑量率: $H^*(10) \leq 0.25 \mu\text{Sv/h}$

此表中之參考條件，標準測試條件為照射測試場合下之建議值。

C-3.5. 樣本回送機構

- 照射後之樣本將由訪查人員統一**開箱**歸還至原屬評定機構，協助進行測讀與輻射劑量轉換，結果由各機構之**完整報告**形式呈現，而後回報其結果至本計畫訪查人員。
- 本計畫建議樣本抵達機構與劑量報告回覆之歷經時間，以**不超過3天**為原則。並建立回函機制以確認各機構執行。

§樣本結果評估 (三方案)

- 訪查人員將各機構對樣本之計讀劑量與測試照射劑量進行比對，本計畫評估方式採用ANSI/TAF所制定之**能力指數(P)**分析。P值之計算如下所示：

$$P_i = [H_i' - H_i] / H_i$$

H_i' 是由輻射機構計讀回報的輻射劑量， H_i 是訪查人員在標準實驗室給予之預設輻射劑量。

方案一

照原ANSI/TAF之評定方式，每個樣本之P值再被用於計算歧異度(bias, B)，B值由下式所示：

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

將樣本P值與B值用於計算標準差(standard deviation, S)，S值由下式所示：

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - B)^2}{n - 1}}$$

對受測試類別於適當測試深度之能力表現是否為可接受，以下列公式評定：

$$B^2 + S^2 \leq I^2$$

C-4. 測試結果之呈現

- 訪查人員將各業務單位之第一階段盲測資料整理公布於期中會議，屆時並不直接以機構名稱，而是以**隨機代號型式(A-I)**進行結果呈現。
- 針對第一階段中，如有未通過本計畫評估標準之機構對象，將與管制機關溝通後，通知另行第二階段盲樣測試，並將結果排定於期末會議報告。

計畫期程規劃

日期及工作項目列表

項目	日期(預定)
訪查計畫提報前討論會(AEC)	7/7
提報訪查計畫(包含：訪查項目、受查訪劑量評定機構應提供之資料、評定標準、訪查人員訓練規劃、個人加馬劑量佩章百張測試規劃及測試結果判定標準)、「政府研究資訊系統(GRB)」之抽登報檢核證資料收據或發票	7/15前
訪查前會議資料準備	7/16-7/26
訪查前會議發函(提供AEC日期、議程、簡報檔)	7/22
人員劑量評定機構管制精進作業會議：訪查前會議(AEC)	7/28
發函會議紀錄(會議結論、訪查日期、配合事項...)	7/31
寄送劑量評定機構之品管作業問卷	8/4
訪查機構品管作業&佩章抽樣：A-H機構	8/10-8/28

項目	日期(預定)
測試樣本運送至標準實驗室照射(AEC協助)	8/31
照射後樣本回送原屬機構計讀	9/7-9/11
各機構提供計讀結果報告	9/14-9/18
各機構回報樣本劑量之評定指標評估	9/16-9/22
第一階段百測結果彙整	9/17-9/25
期中會議資料準備	9/21-9/27
百測及品管訪查結果討論預備會(AEC)	9/22
期中會議開會通知發函(提供AEC日期、議程、簡報檔)	9/22
人員劑量評定機構管制精進作業會議：期中會議(AEC)	9/29
發函會議紀錄(會議結論、訪查日期、配合事項...)	10/5
預定第二階段佩章抽樣訪查(1-4)	10/7-10/14

項目	日期(預定)
預定第二階段樣本運送至標準實驗室照射	10/16
預定第二階段照射後樣本回送原屬機構計讀	10/19-10/23
第二階段百測結果彙整	10/20-10/25
期末會議資料準備	10/21-10/27
百測及品管訪查結果討論預備會(AEC)	10/23
期末會議開會通知發函(提供AEC日期、議程、簡報檔)	10/21
人員劑量評定機構管制精進作業會議：期末會議(AEC)	10/28
發函會議紀錄(提供AEC會議結論)	10/30
提送期末成果報告初稿	11/6
完成修訂並提送正式報告	11/16-11/27
於GRB完成研究計畫期末報告摘要填報、相關佐證資料上傳等事宜、收據或發票、論文一篇(草稿)	11/30-12/15

討論事項

需請訪查機構配合事項：

- 出席訪查會議
- 書面google表單資料填寫
- 陽明大學訪查人員至受訪單位之門禁申請
- 訪查時受訪單位派員引導及協助訪查
- 配合提供百張測試配票隨機抽取
- 配合於時間內完成計測並提供結果

請原能會協助事項：

- 經考量陽明大學未具管制公權力，過程中各家業者可能未能完全配合訪查工作，祈請原能會能以主管機關身分協助出席會議及之後的訪查，惟相關訪查工作仍由陽明大學執行。

**國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進
訪查人員訓練 議程**

日期：109 年 7 月 24 日

地點：國立陽明大學 生醫工程館 4 樓 458 教室

時 間	行 程	備 註
14:30-16:30	TAF 規範執行經驗 – 朱健豪老 師	
16:30-16:40	中場休息	
16:40-18:40	相關法規 – 許世明老師	
18:40	散會	

國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進
訪查人員訓練 議程

日期：109 年 7 月 26 日

地點：國立陽明大學 生醫工程館 1 樓 134 教室

時 間	行 程	備 註
13:30-15:30	劑量計(TLD/OSLD)運作原理 – 許芳裕老師	
15:30	散會	

國立陽明大學 出席人員記錄

活動名稱 SUBJECT : 「國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進」訪查
人員訓練-1

時間 DATE : 109年07月24日(星期五)

地點 LOCATION : 生醫工程館 4F 458 教室

姓名 NAME 單位 ORGANIZATION 職務 TITLE

朱建勇	核能研究所	副研究員
-----	-------	------

許世明	YMU	教授
-----	-----	----

馮真如	YMU	研究生
-----	-----	-----

連可宇	YMU	研究生
-----	-----	-----

詹婕婷	YMU	研究生
-----	-----	-----

王昱傑	YMU	研究生
-----	-----	-----

蕭淨予	YMU	研究生
-----	-----	-----

王冠仁	YMU	研究生
-----	-----	-----

國立陽明大學 出席人員記錄

活動名稱 SUBJECT : 「國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進」訪查
人員訓練-2

時間 DATE : 109年07月26日(星期日)

地點 LOCATION : 生醫工程館 1F 134 教室

姓名 NAME 單位 ORGANIZATION 職務 TITLE

許芳裕

清華大學

教授

徐世明

陽明大學

教授

蕭淨予

陽明大學

研究生

詹婕妤

陽明大學

研究生

連可宇

陽明大學

研究生

王昱傑

陽明大學

研究生

馮真如

陽明大學

研究生

林若琦

陽明大學

研究生

黃義輝

厚能臺

技士

**國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進
訪查前會議 議程**

日期：109 年 7 月 30 日

地點：行政院原子能委員會 6 樓 會議室

時 間	行 程
13:30-13:35	主席致詞
13:35-14:00	「國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進」之訪查項目說明
14:00-14:45	對於「國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進」訪查項目之提問、意見回饋討論
14:45-14:50	臨時動議
14:50	散會

國立陽明大學 出席人員記錄

活動名稱 SUBJECT : 「國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進」訪查前會議

時間 DATE : 109年07月30日(星期四)

地點 LOCATION : 原能會 6F 會議室

姓名 NAME 單位 ORGANIZATION 職務 TITLE

張富東 財團法人國家同步輻射研究中心 助研究員

簡文彬 財團法人中華民國輻射防護協會 組長

陳國榮 台電放射試驗室 課長

張嘉民 台電放射試驗室 副主任

簡誌宏 台電放射試驗室 工程師

黃崇源 貝克西希(股) 報告簽署人

陳正吉 核研所 助研究員

陳俊良 核研所 副研究員

鄭永富 原能會 科長

董議輝 原能會 技士

國立陽明大學 出席人員記錄

活動名稱 SUBJECT : 「國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進」訪查
前會議

時間 DATE : 109年07月30日(星期四)

地點 LOCATION : 原能會 6F 會議室

姓名 NAME 單位 ORGANIZATION 職務 TITLE

葉菊鈴

清華大學

助理

邱敏綺

核研所

技術員

馮真如

陽明大學

研究生

王昱傑

陽明大學

研究生

徐明

YMU

Prof.

行政院原子能委員會 委託研究計畫

國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進

訪查前會議

國立陽明大學

許世明 教授

2020/07/30



大綱

- 計畫目的
- 訪查計畫內容
- 計畫期程
- 配合事項

2

計畫目的

計畫目的

- 確保輻射工作人員所受職業曝露之合理抑低，應對輻射工作人員實施個別劑量監測。可透過全面定期訪查進行即時追蹤，得知國內評定機構所使用人員劑量計之不確定性。
- 原能會委託研析並調查國內人員劑量評定機構計讀品質，提出對評定機構管制精進技術建議等，供主管機關進行管制之作業參考。
- 本研究將進行下列各項工作：
 1. 舉辦人員劑量評定機構管制精進作業會議，溝通及說明訪查作業及結果；
 2. 進行個人加馬劑量徽章盲樣測試；
 3. 訪查劑量評定機構之品管作業。

4

訪查計畫內容

A. 定期會議

- **訪查前會議**：說明本案緣由、訪查計畫及評定標準、受查訪劑量評定機構應提供之資料，例如：**業務資訊、人員配置及劑量計資訊、紀錄保存及校正儀器**，並蒐集受訪查單位之意見。
- **期中會議**：初步溝通第一階段個人加馬劑量徽章盲樣測試，及現場訪查結果，並針對測試結果不合格機構，再次取盲樣測試。
- **期末會議**：全體訪查及盲樣測試結果，蒐集並研析各劑量評定機構對該計畫之反饋。

6

B. 訪查項目

B-1. 書面資料調查 (受查訪劑量評定機構應提供之資料)

- 由訪查單位對各機構發送問卷進行資料填寫，問卷會以 Google 表單形式進行，方便各對象在完成回答時，將結果回傳至訪查人員端進行資料輸出統整。

★表單填寫之資料將予以保密不公開，僅供管制機關參考★

§評定標準

- 人員輻射劑量評定機構認可及管理辦法
- 現役運作中之評定機構應通過 TAF 能力試驗的規範標準。

7

B-1. 表單內容如下：

Part 1. 業務資訊 - 此部份針對各機構之業務執行資格進行詢問。(上傳評定機構認可證書影本)

- 機構名稱
- 填寫人聯絡資訊
- 認可證號
- 認可證有效日期

8

Part 2. 人員配置及劑量計 - 此部份針對各機構於人員配置及使用佩章資訊進行詢問。

- 實驗室負責人、報告簽署人及品質負責人姓名與其相關學歷
- 佩章計讀服務總人數
- 使用佩章之廠牌、型號及生產地
- 佩章之年齡對應數量
- 計讀設備之廠牌型號、購置年份及校正紀錄

9

Part 3. 紀錄保存 - 此部份針對各機構於人員佩章劑量紀錄之執行措施進行詢問。

- 紀錄保存方式及安全性
- 人員劑量報表格式及通知方式
- 劑量評定結果為異常事件次數及處置
- 近五年是否建立劑量統計年報

Part 4. 原能會能力試驗資訊 - 此部份針對各機構接受主管機關訪查狀況進行詢問。

- TAF 認證紀錄
- 最近一次主管機關訪查通過紀錄及改善建議

<https://forms.gle/UTCNY6BAISBghPap6>
<https://forms.gle/UTCNY6BAISBghPap6>

12

B-2. 現場訪查項目

- 依據 TAF 所列載之設施與環境條件。劑量評估實驗室應有適當之設施與環境，可執行認可之劑量評估作業。這些設施和環境包括：

- 適當之工作空間。
- 適當之屏蔽，可防止不必要之輻射。
- 溫濕度等環境控制設施。
- 適當之安全與防火系統。
- 適當之空間可貯存必要的文件、設備及材料。

11

B-3. 盲樣測試

- 訪查人員將至劑量評定機構(包含：台電放射試驗室、台電放射試驗室核二工作隊、台電放射試驗室核三工作隊、核能研究所、貝克西弗、財團法人中華民國輻射防護協會、國立清華大學、國家同步輻射研究中心；共8個機構單位)

B-3.1. 樣本抽選

- 從各機構之現役使用佩章群中，隨機抽取個人加馬劑量佩章(TLD/OSLD)，總計16只對應2個照射點。每個照射點有6只佩章及背景片2只佩章。
- 各評定機構之劑量佩章收集後暫置於陽明大學儲存空間，待完成所有評定機構之佩章收集後，一起送達國家游離輻射標準實驗室輻射照射場，進行照射。

12

B-3.3. 環境資料紀錄

- 訪查人員會於**樣本抽選、儲存及照射**時，逐次記錄各階段現場設備所監測之環境因子參數，並進行拍照留存。本計畫參數項目如下表所示。

影響量	參考條件	標準測試條件
環境溫度	22 °C	20 °C 至 24 °C
環境濕度	50 %	25% 至 75%
氣壓	101.3 kPa	76 kPa至106 kPa
輻射背景	周圍等效劑量率: $H^*(10) \leq 0.1 \mu\text{Sv/h}$	周圍等效劑量率: $H^*(10) \leq 0.25 \mu\text{Sv/h}$

此表中之參考條件、標準測試條件為照射測試場合下之建議值。

13

B-3.4. 樣本回送機構

- 照射後之樣本，將由訪查人員統一以**郵寄方式**，歸還至原屬評定機構，請機構協助進行測讀，由**各機構之完整報告形式**，呈現劑量計讀結果，並回報其結果至本計畫訪查人員。
- 本計畫建議樣本回送抵達機構後，其劑量報告回覆之歷經時間，以**不超過3天**為原則。
- 本計畫將建立回函機制，以確認各機構執行時效。

14

B-4. 測試結果之呈現

- 訪查人員將在期中會議，以**隨機代號型式(A-H)**，呈現各業務單位之第一階段盲測資料結果。
- 針對第一階段盲樣測試評估結果，如有機構表現低於本計畫制定之標準者，將與管制機關溝通後，通知另行**第二階段**盲樣測試，並將結果排定於**期末會議**報告。

15

計畫期程規劃

16

預定日期&工作項目列表

項目	日期(預定)
人員劑量評定機構管制精進作業會議：訪查前會議(AEC)	7/30
寄送劑量評定機構之品管作業問卷(於1週內完成填寫)	8/4-8/10
訪查機構品管作業&佩章抽樣：清華大學	8/11
訪查機構品管作業&佩章抽樣：輻射防護協會	8/13 or 8/14
訪查機構品管作業&佩章抽樣：同步輻射研究中心	8/17
訪查機構品管作業&佩章抽樣：核能研究所	8/18 or 8/19
訪查機構品管作業&佩章抽樣：放射試驗室	8/21
訪查機構品管作業&佩章抽樣：核二工作隊	8/25-26

17

日期&工作項目列表

項目	日期(預定)
測試樣本運送至標準實驗室照射	8/31-9/4
照射後樣本寄回原屬機構計讀	9/7-8
各機構執行樣本計讀	9/9-9/11
各機構提供計讀結果報告至訪查人員(E-mail)	9/14-9/16
人員劑量評定機構管制精進作業會議：期中會議(AEC)	9/29
預定第二階段佩章抽樣訪查(1)	10/5
預定第二階段佩章抽樣訪查(2)	10/6
預定第二階段佩章抽樣訪查(3)	10/8
預定第二階段佩章抽樣訪查(4)	10/9
預定第二階段樣本運送至標準實驗室照射	10/12-14
預定第二階段照射後樣本回送原屬機構計讀	10/15-16
各機構執行樣本計讀&計讀結果提供	10/19-10/21
人員劑量評定機構管制精進作業會議：期末會議(AEC)	10/28

18

配合事項

19

訪查機構

- 指派本案專責聯繫窗口進行書面表單資料填寫
- 預先執行訪查人員至受訪單位之門禁申請
- 訪查時受訪單位派員引導及協助訪查
- 配合提供百樣測試佩章隨機抽取
- 樣本送抵時於9/9-9/11內完成計讀

20

聯絡資訊

國立陽明大學醫放系

- 許世明 教授 smhsu@ym.edu.tw (02-28267000 #7971)
- 馮真如 博士候選人 iris450399@hotmail.com (02-28267000 #5545)

原能會保健物理科

- 黃議輝 技士 yhuang@aec.gov.tw (02-22322057)

21

感謝聆聽！

22

國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進

期中會議 議程

日期：109 年 9 月 30 日

地點：行政院原子能委員會 4 樓 會議室

時 間	行 程
14:00-14:05	主席致詞
14:05-14:40	「國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進」之訪查(書面項目、盲樣測試)結果報告
14:40-15:00	對於「國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進」訪查結果之提問、意見回饋討論
15:00-15:05	臨時動議
15:05	散會

國立陽明大學 出席人員記錄

活動名稱 SUBJECT : 「國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進」期中會議

時間 DATE : 109年09月30日(星期三)

地點 LOCATION : 原能會 4F 會議室

姓名 NAME 單位 ORGANIZATION 職務 TITLE

黃鴻文	放射室	工程師
簡詠賢	放射室	工程師
蔣文彬	輻防協會	副會長
張富東	同步輻射	助研員
黃崇源	貝克西弗	報告簽署人
葉菊鈴	清華大學	技術助理
邱敏綺	核研所	技術員
陳國恭	放射室	課長
陳俊良	核研所	副研究員
高既收	輻防處	副課長
黃議輝	輻防處	技士
陳立言	核研所	助研員

國立陽明大學 出席人員記錄

活動名稱 SUBJECT : 「國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進」期中會議

時間 DATE : 109年09月30日(星期三)

地點 LOCATION : 原能會 4F 會議室

姓名 NAME 單位 ORGANIZATION 職務 TITLE

連可宇

陽明大學

研究生

馮真如

陽明大學

研究生

徐明

YMU

Prof

行政院原子能委員會 委託研究計畫

國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進

期中會議

國立陽明大學
報告者：馮真知 博士候選人
計畫主持人：許世明 教授

2020/09/30



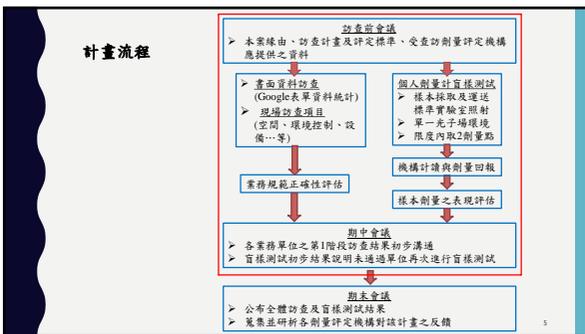

大綱

- 計畫目的
- 訪查結果
 - 書面資料
 - 現場訪查
 - 盲樣測試
- 計畫期程

計畫目的

計畫目的

- 確保輻射工作人員所受職業曝露之合理抑低，應對輻射工作人員實施個別劑量監測。可透過全面定期訪查進行即時追蹤，得知國內評定機構所使用人員劑量計之不確定性。
- 原能會委託研析並調查國內人員劑量評定機構計讀品質，提出對評定機構管制精進技術建議等，供主管機關進行管制之作業參考。
- 本研究將進行下列各項工作：
 - 舉辦人員劑量評定機構管制精進作業會議，溝通及說明訪查作業及結果；
 - 進行個人加馬劑量儀盲樣測試；
 - 訪查劑量評定機構之品管作業。



訪查結果

A. 書面資料

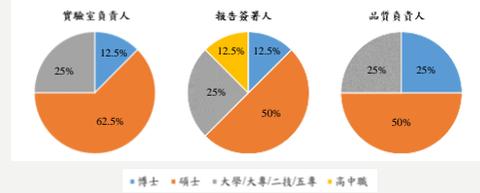
A-1. 業務資訊

單位名稱	認可字號	經營效期
原子能委員會核能研究所	輻計字第 00001 號	109.1.1-111.12.31
台灣電力股份有限公司放射試驗室 (室本部)	輻計字第 00002 號	109.6.15-112.6.14
台灣電力股份有限公司放射試驗室 (核二工作隊)	輻計字第 00004 號	107.1.31-110.1.30
台灣電力股份有限公司放射試驗室 (核三工作隊)	輻計字第 00005 號	109.6.15-112.6.14
貝克西弗股份有限公司	輻計字第 00006 號	109.6.30-112.6.29
財團法人中華民國輻射防護協會	輻計字第 00007 號	109.6.1-112.5.31
國立清華大學	輻計字第 00008 號	107.1.1-109.12.31
財團法人國家同步輻射研究中心		

7

A-2. 人員配置及俸章資訊

> 主要人員學歷



8

> 俸章資訊

廠牌	型號	產地	材質	使用單位數
Thermo Scientific	Harshaw 8814	美國	TLD	4
Panasonic	UD-802	美國/日本	TLD	2
RADOS	Whole Body	德國	TLD	1
Landauer	UD-874A	美國	OSLD	1



9

> 計價儀資訊

廠牌	型號	使用單位數	台數
Harshaw TLD	6600 PLUS	3	5
	8800 PLUS	2	4
Panasonic	UD-716	2	4
	UD-7900M	1	3
RADOS	RE-2000	1	2
Landauer	Reader 200	1	2

10



11

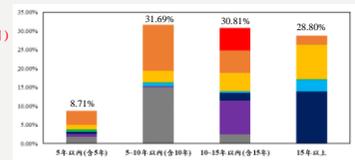
> 俸章年齡對應數量

Total : 163,743 (個)

> 服務人數 (表單統計)

⇒ 51,227~52,597 (人/月)

(AEC 2019年 ⇒ 53,723人)



12

A-3. 紀錄保存

單位：間

型式	紀錄保存	紀錄通報方式
紙本	1	4
電子	1	-
兩者皆是	6	4

A-4. 原能會能力試驗資訊

- TAF認證紀錄 \rightarrow 全部符合規範
- 近五年異常事件 \rightarrow 共 43 次 (假性劑量、劑量紀錄缺漏、更正報告格式、佩章不合格)
- 最近一次AEC檢查年度 \rightarrow 2020 (1間), 2019 (1間), 2018 (1間), 2016 (4間), 無 (1間)

B. 現場訪查項目

- 適當之工作空間 \rightarrow 參與單位全部符合
- 適當之輻射屏蔽

單位： $\mu\text{Sv/h}$

單位代號	1	2	3	Avg.
A	0.09	0.10	0.11	0.10
B	0.07	0.06	0.08	0.07
C	0.07	0.09	0.10	0.09
D	0.09	0.10	0.08	0.09
E	0.11	0.14	0.11	0.12
F	0.13	0.13	0.10	0.12
G	0.08	0.11	0.10	0.10
H	0.07	0.08	0.08	0.08

\rightarrow 作業空間內3處之劑量率 (佩章存放處、計讀儀或資料處理室)

$(H^*(10) \leq 0.25 \mu\text{Sv/h})$

C. 盲樣測試

C-1. 樣本抽選

各區間取樣比率由各單位Google表單填寫數量計算

A+B+C+D=100%

5年以內 A%	5-10年(含10年) B%	10-15年(含15年) C%	15年以上 D%
------------	-------------------	--------------------	-------------

分年齡群抽選樣本28顆

C-2. 樣本照射測試

\rightarrow 對應條件劑量限度內，任取2個劑量點(0.5 mGy - 5Gy)作照射。

Category or Subcategory	Source	Range
I. Accidents		
A. General	150 kV medium filtered or ^{137}Cs	
B. High energy photons	^{137}Cs	
C. Low energy photons	150 kV medium filtered	0.05-5 Gy
II. Photons/Photon Mixtures		
A. General	33 NIST and ISO techniques (30-300 kVp), angles for $E > 70 \text{ keV}$	
B. High energy	$E > 500 \text{ keV}$, angles	0.5-50 mSv
C. Medium energy	$E > 70 \text{ keV}$, angles	
D. Plutonium Specific	spectra chosen to best simulate the Pu environment	

S盲樣測試結果評估

本計畫評估方式採用ANSI/TAF所制定之能力商數(P)分析。P_i值之計算如下所示：

$$P_i = [H_i' - H_i] / H_i$$

H_i' 是由輻防機構計讀回報的輻射劑量， H_i 是在標準實驗室給予之照射輻射劑量。

每個樣本之P_i值再被用於計算歧異度(bias, B)，B值由下式所示：

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

將樣本P_i值與B值，用於計算標準差(standard deviation, S)，S值由下式所示：

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - B)^2}{n-1}}$$

對受測試類別於適當測試深度之能力表現是否為可接受，以下列公式評定：

$$B^2 + S^2 \leq L^2$$

C-3. 盲樣測試結果

第1組：Cs-137 照射劑量：0.3 Gy L值規範：0.24(L²=0.0576)

單位代號*	B	S	B ² +S ²	檢定狀態
A	-0.089	0.016	0.008	PASS
B	-0.053	0.015	0.003	PASS
C	-0.038	0.055	0.005	PASS
D	-0.094	0.014	0.009	PASS
E	-0.059	0.046	0.006	PASS
F	0.048	0.014	0.003	PASS
G	0.096	0.044	0.011	PASS
H	-0.089	0.034	0.009	PASS

*此代號為隨機給予

第II類：M150 照射劑量：30 mSv L值：0.3 ($L^2=0.09$)

Hp(10)

單位代號	B	S	B ² +S ²	檢定狀態
A	0.166	0.024	0.028	PASS
B	0.122	0.021	0.015	PASS
C	-0.054	0.066	0.007	PASS
D	0.079	0.020	0.007	PASS
E	0.092	0.068	0.013	PASS
F	0.051	0.021	0.003	PASS
G	0.122	0.071	0.020	PASS
H	0.085	0.104	0.018	PASS

表3b: NIST 射算、¹³⁷Cs及⁶⁰Co射源之深部及淺部個人等效劑量轉換因子

NIST

射算編碼	深部個人等效劑量轉換因子 ($\bar{C}_{e,x,z}$)			淺部個人等效劑量轉換因子 ($\bar{C}_{e,x,z}$)		
	$\alpha=0^\circ$	$\alpha=40^\circ$	$\alpha=60^\circ$	$\alpha=0^\circ$	$\alpha=40^\circ$	$\alpha=60^\circ$
L40	0.50	0.41	0.28	1.04	1.03	1.01
L50	0.70	0.60	0.43	1.50	1.09	1.05
L80	1.09	0.97	0.76	1.26	1.23	1.18
L100	1.23	1.11	0.89	1.34	1.31	1.25
M10	0.42	0.34	0.22	1.02	1.01	0.99
M40	0.63	0.53	0.37	1.07	1.06	1.03
M50	0.79	0.69	0.51	1.13	1.11	1.06
M60	1.00	0.89	0.68	1.21	1.19	1.14
M100	1.21	1.09	0.82	1.29	1.25	1.17
M150	1.42	1.28	1.02	1.40	1.36	1.30
M200	1.74	1.64	1.41	1.62	1.58	1.50
M250	1.62	1.54	1.36	1.53	1.51	1.44
M300	1.47	1.42	1.28	1.42	1.41	1.37
H150	1.71	1.61	1.40	1.60	1.57	1.48
H200	1.57	1.50	1.33	1.49	1.47	1.42
H250	1.48	1.42	1.29	1.42	1.42	1.38
H300	1.42	1.38	1.26	1.37	1.38	1.35
S60	1.24	1.12	0.89	1.31	1.28	1.22
S75	1.09	0.98	0.76	1.26	1.23	1.18
¹³⁷ Cs	1.21	1.20	1.16	1.21	1.23	1.24
⁶⁰ Co	1.17	1.16	1.14	1.18	1.18	1.19

第II類：M150 照射劑量：27.64 mSv L值：0.3 ($L^2=0.09$)

Hp(0.07)

單位代號	B	S	B ² +S ²	檢定狀態
A	0.265	0.027	0.071	PASS
B	0.138	0.025	0.020	PASS
C	-0.045	0.067	0.006	PASS
D	0.191	0.033	0.038	PASS
E	0.150	0.041	0.024	PASS
F	0.052	0.021	0.003	PASS
G	0.113	0.093	0.021	PASS
H	0.123	0.111	0.027	PASS

計畫期程

未來工作項目

- > 各單位意見彙整(訪查、盲測等)
- > 劑量修正確認(第I、第II類)
 - ⇒ Google表單回饋
- > 樣本測試分析
 - ⇒ 年齡關聯性
- > 期末報告撰寫

國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進-回饋單

為協助我們瞭解了您對本計畫的建議與回饋，請您於本計畫執行期間內，隨時提供您的意見，以便我們對策改善，並提高本計畫的執行成效與品質。您的意見將作為本計畫的重要參考。

計畫編號: 109-2311-B-001-A-001-001
 計畫名稱: 國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進-回饋單
 計畫負責人: 王國棟 (02-28267000 #7971)
 計畫聯絡人: 高麗玲 (02-28267000 #5448) / 02-28267000 #5448

計畫日期: 109/11/25

聯絡資訊:

聯絡電話: _____
 聯絡信箱: _____

1. 貴單位第一類、第二類(深部及淺部)劑量修正之時間?

時間: _____
 日期: _____

2. 對於本計畫執行期間的建議(時間、地點、注意事項等)?

建議: _____
 日期: _____

日期&工作項目列表

項目	日期(預定)
測試樣本運送至標準實驗室照射	9/7-9/11
照射後樣本寄回房層機構計讀	9/14
各機構執行樣本計讀	9/15-9/18
各機構提供計讀結果報告至訪查人員(E-mail)	9/16-9/21
人員劑量評定機構管制精進作業會議: 期中會議(AEC)	9/30
彙整回饋單、分析第一階段資料	10/5-10/16
人員劑量評定機構管制精進作業會議: 期末會議(AEC)	10/27
計畫結案	12/15



**國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進
期末會議 議程**

日期：109 年 10 月 27 日

地點：行政院原子能委員會 7 樓 會議室

時 間	行 程
14:00-14:05	主席致詞
14:05-14:30	「國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進」之樣本分析、意見彙整報告
14:30-14:45	對於「國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進」訪查結果之提問、意見回饋討論
14:45-14:50	臨時動議
14:50	散會

國立陽明大學 出席人員記錄

活動名稱 SUBJECT : 「國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進」期末會議

時間 DATE : 109年10月27日(星期二)

地點 LOCATION : 原能會 7F 會議室

姓名 NAME 單位 ORGANIZATION 職務 TITLE

簡文彬 輻防協會 組長

邱敏綺 核研所 技術員

黃鴻又 放射室 工程師

陳振益 放射室 評長

張哲峰 放射室 經理

簡誌勇 放射室 工程師

董議輝 原能會 技士

國立陽明大學 出席人員記錄

活動名稱 SUBJECT : 「國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進」期末會議

時間 DATE : 109年10月27日(星期二)

地點 LOCATION : 原能會 7F 會議室

姓名 NAME 單位 ORGANIZATION 職務 TITLE

黃崇源 貝克西弗(股) 報告簽署人

孫富東 同步輻射研究中心 助研員

葉奇鈴 清華大學 技術助理

王昱傑 陽明大學 學生

馮真如 陽明大學 研究生

徐世明 YMU Prof.

行政院原子能委員會 委託研究計畫

國內輻射工作人員劑量評定機構管制技術精進

期末會議

國立陽明大學
報告者：馮真如 博士候選人
計畫主持人：許世明 教授

2020/10/27



大綱

- 計畫背景
- 訪查結果
- 進階樣本分析
- 意見彙整
- 結論

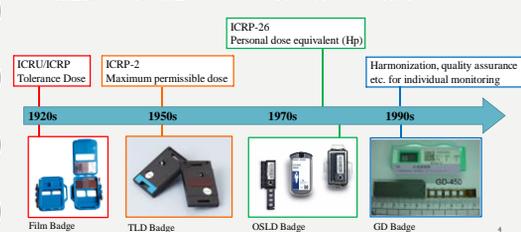
2

計畫背景

3

計畫背景

個人劑量監測 ⇨ 輻射劑量之合理抑低、健康紀錄參考、法規義務性...



4

規範參考

輻射防護

- > ICRP 103 : Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (2007)

劑量計品質管理

- > ISO/IEC 17025 : General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (1999)
- > ISO 14146 : Radiological protection — Criteria and performance limits for the periodic evaluation of dosimetry services (1999)
- > ANSI/HPS N13.11 : Personal Dosimetry Performance-Criteria for Testing (2001)
- > ANSI/HPS N13.32 : Performance Testing of Extremity Dosimeters (2008)

5

文獻紀錄

HISTORY OF PERSONAL DOSIMETRY PERFORMANCE TESTING IN THE UNITED STATES
C. G. Soares
National Institute of Standards and Technology, 100 Bureau Drive, Stop 8460,
Gaithersburg, MD 20899, USA 美國

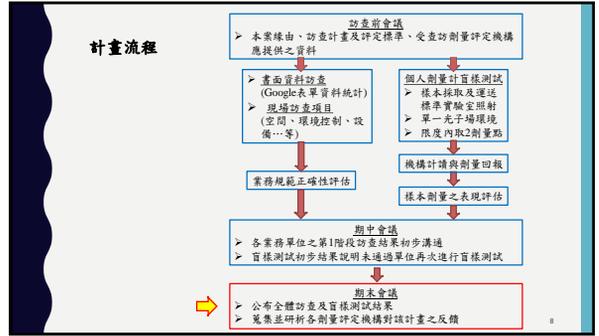
EURADOS INTERCOMPARISONS ON WHOLE-BODY DOSEMETERS FOR PHOTONS FROM 2008 TO 2014
Markus Figel^{1*}, Hannes Stadtmann², Tom W. M. Grimbbergen³, Andrew McWhan⁴ and Ana M. Romero⁵
¹Lehrstuhl Zentrum München, Auswertungstelle, Otto-Hahn-Ring 6, München D-81739, Germany
²Scheibel/Labor GmbH, Radiation Protection Dosimetry, Seibersdorf A-2444, Austria
³NRG, Individual Monitoring, PO Box 9034, ES Amhem 6800, The Netherlands
⁴Caenashub Nuclear Limited, Berkeley Approved Dosimetry Service, A11 Berkeley Centre, Berkeley, Gloucestershire GL1 19FB, UK
⁵Radiation Dosimetry, CIEMAT, Avda Complutense 40, Madrid 28040, Spain 歐洲

A Personal Dosimetry Intercomparison Study in Asian and Pacific Region
Hiroyuki MURAKAMI and Fumiaki TAKAHASHI
Department of Health Physics, Japan Atomic Energy Research Institute
and
Richard V. Griffith
International Atomic Energy Agency (retired) 亞太

6

計畫目的

- 確保輻射工作人員所受職業曝露之合理抑低，應對輻射工作人員實施個別劑量監測。可透過全面定期訪查進行即時追蹤，得知國內評定機構所使用人員劑量計之不確定性。
- 原能會委託研析並調查國內人員劑量評定機構計讀品質，提出對評定機構管制精進技術建議等，供主管機關進行管制之作業參考。
- 本研究將進行下列各項工作：
 1. 舉辦人員劑量評定機構管制精進作業會議，溝通及說明訪查作業及結果；
 2. 進行個人加馬劑量佩章盲樣測試；
 3. 訪查劑量評定機構之品質作業。



訪查結果

盲樣測試

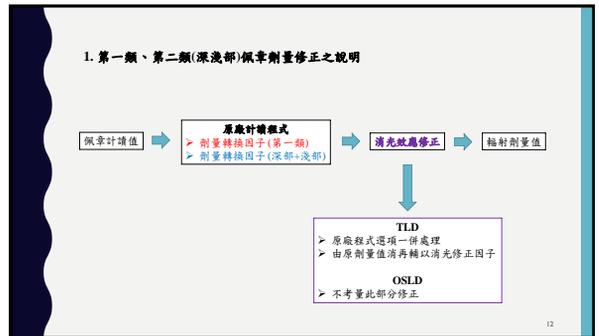
第I類：Cs-137
第II類：M150

單位代號	B	S	B ⁺ S ⁺	檢定狀態
A	-0.089	0.016	0.008	PASS
B	-0.053	0.015	0.003	PASS
C	-0.038	0.055	0.005	PASS
D	-0.094	0.014	0.009	PASS
E	-0.059	0.046	0.006	PASS
F	0.048	0.014	0.003	PASS
G	0.096	0.044	0.011	PASS
H	-0.089	0.034	0.009	PASS

單位代號	B	S	B ⁺ S ⁺	檢定狀態
A	0.166	0.024	0.028	PASS
B	0.122	0.021	0.015	PASS
C	-0.054	0.066	0.007	PASS
D	0.079	0.020	0.007	PASS
E	0.092	0.068	0.013	PASS
F	0.051	0.021	0.003	PASS
G	0.122	0.071	0.020	PASS
H	0.085	0.104	0.018	PASS

單位代號	B	S	B ⁺ S ⁺	檢定狀態
A	0.265	0.027	0.071	PASS
B	0.138	0.025	0.020	PASS
C	-0.045	0.067	0.006	PASS
D	0.191	0.033	0.038	PASS
E	0.150	0.041	0.024	PASS
F	0.052	0.021	0.003	PASS
G	0.113	0.093	0.021	PASS
H	0.123	0.111	0.027	PASS

意見彙整



2. 佩章轉換因子校正管理上有無新片舊片的差別?

- 校正管理新舊片無差別
- 係由穩定的標準母片佩章做為修正例行片

3. 判定該佩章是否淘汰的條件?

- 回火後輝光曲線殘餘反應太高(e.g. $>0.1\text{mSv}$ 、 $\text{counts}>30$)
- 定期校準(2-5年一次)卡片之ECF/ECC變動超過容許範圍

13

4. 對定期會議安排的建議(時間、地點、文數或其他方面)

- 上班時間即可、建議配合TAF每3年舉辦一次
- 時間地點依當時需求即可
- 1-2次

5. 對本計畫書面及現場訪查作業的建議

- 各機構皆全力配合

14

6. 對本計畫盲樣測試作法及標準的建議

- 避免測試第一類，以避免佩章損耗，儘量以考2-4類為主

7. 對本計畫的其他建議

- 各機構皆全力配合

15

結 論

16

- 國內人員佩章具備足夠數量支援現役輻射工作人員監測業務。
- 此次訪視8間評定機構之實驗室配置皆符合**主管機關管理規範及TAF品質認證**。
- 各單位對**測量異常事件**皆有遵循**通報流程與明確記錄備查**。
- 本研究盲樣測試顯示各單位皆符合能力測試之通過標準。

17

感謝聆聽!

18

聯絡資訊

國立陽明大學醫務系

- > 許世明 教授 smhsu@ym.edu.tw (02-28267000 #7971)
- > 馮真如 博士候選人 iris450399@hotmail.com (02-28267000 #5545)

原能會保健物理科

- > 黃謙輝 技士 yhhuang@aec.gov.tw (02-22322057)

Improvement of Performance Test Model for Radiation Workers' Dosimetry Laboratories in Taiwan.



Chen-Ju Feng¹, Yi-Hui Huang², Shih-Ming Hsu¹

1. Department of Biomedical Imaging and Radiological Sciences, National Yang Ming University
2. Department of Radiation Protection, Atomic Energy Agency

Introduction

Individual monitoring is necessary for radiation staffs to make sure the radiation exposures that they received were allowed in ALARA principle. However, personal dosimetry laboratories in Taiwan follow their own calibration management of personal dosimeters.

In this study, we executed the on-site visit and blind test for personnel dosimeters quality performance for evaluation on quality control management improvement.

Material & Method

We survey 8 personal dosimetry laboratories in Taiwan, including a questionnaire for business information and inspect with random sample selection. The samples would be sent to standard laboratory for irradiation and sent back to their own facilities for radiation dose conversion.

Only category I and II listed in TAF were performed in this study, and we investigate the tolerance level (L^2) from reported data. Also, we perform statistical analyses for dose deviation which would be influenced or not by usage year and reading history..

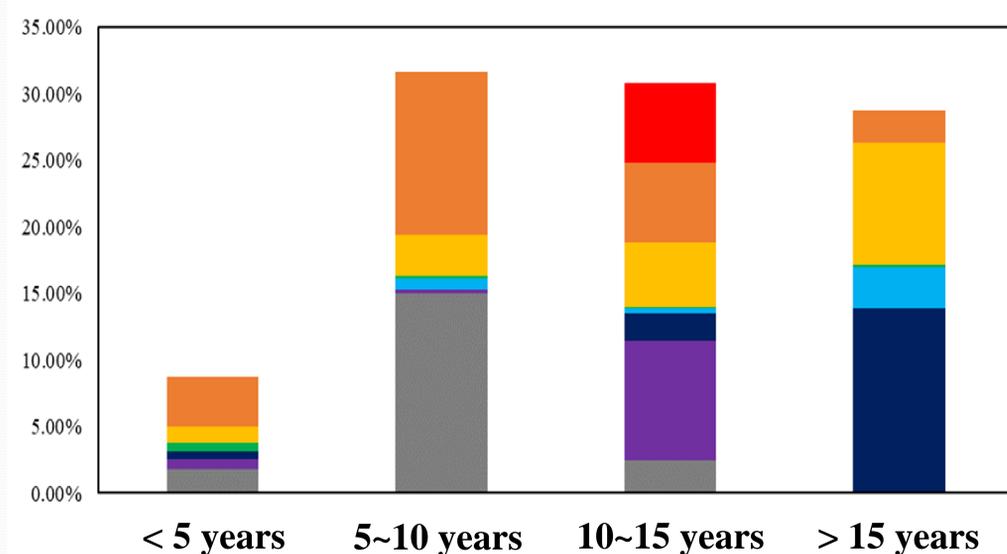


Figure 1. The age distribution of personal dosimetry badges within 8 personal dosimetry laboratories.

Results & Discussions

Eight personal dosimeters laboratories held the qualifications of TAF certification, and half of the on-duty badges were over 10 years. The blind test showed that the L^2 for category I and II were 0.002~0.013 and 0.002~0.071, respectively.

The results of statistical analyses, there were no significant difference ($p>0.05$) between dose deviation and influence by usage year or reading history.

	I	II, Hp(10)	II, Hp(0.07)
A	0.011	0.020	0.021
B	0.009	0.007	0.038
C	0.009	0.018	0.027
D	0.008	0.028	0.071
E	0.006	0.013	0.024
F	0.005	0.007	0.006
G	0.003	0.015	0.020
H	0.003	0.003	0.003

Table 1. Tolerance level of blind test for category I and II within 8 personal dosimetry laboratories..

Conclusion

Personal dosimetry laboratories in Taiwan were all held the qualifications of TAF certification. We also recommended that the blind test can provide the routine performance test for checking management quality of dosimetry laboratories.

References

1. American National Standards Institute, Personnel Dosimetry Performance – Criteria for Testing, in ANSI/HPS N13.11-2009. New York. (2009)
2. Lin et al. Proficiency Testing and Dose Comparison for External Personnel Dosimeters Evaluation in Taiwan. Radiat Meas. DOI:10.1016/j.radmeas.2020.106345. (2020)