

人員劑量評定與管理

1

人員輻射劑量評定

- 輻射工作人員**體外**曝露的**輻射劑量**，由法定人員劑量計**熱發光劑量計**評定。
- **體內輻射劑量**則藉由**全身計測、生化分析**等方式**度量**入侵體內的**放射性核種活度**，再以相關的**體內劑量軟體**評估劑量。

2

劑量評估工具

- 輻射工作人員體外劑量評定技術規範(第四章)
- 人員劑量徽章：由熱發光劑量計或感光膠片等適當組合之徽章，專供監測人員體外劑量之用。
- 肢端劑量計：由熱發光劑量計或感光膠片組成，專供監測人員 手部、腳部等四肢之劑量計。

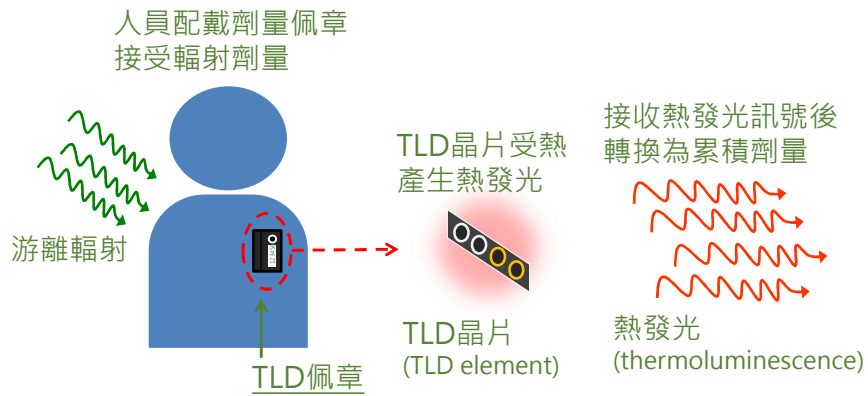
3

Personal radiation dosimeters

- The radiation dosimeter is an important personal dose measuring instrument. It is worn by the person being monitored and is used to estimate the radiation dose deposited in the individual wearing the device. They are used for Gamma, X-ray, beta and other strongly penetrating radiation, but not for weakly penetrating radiation such as alpha particles.

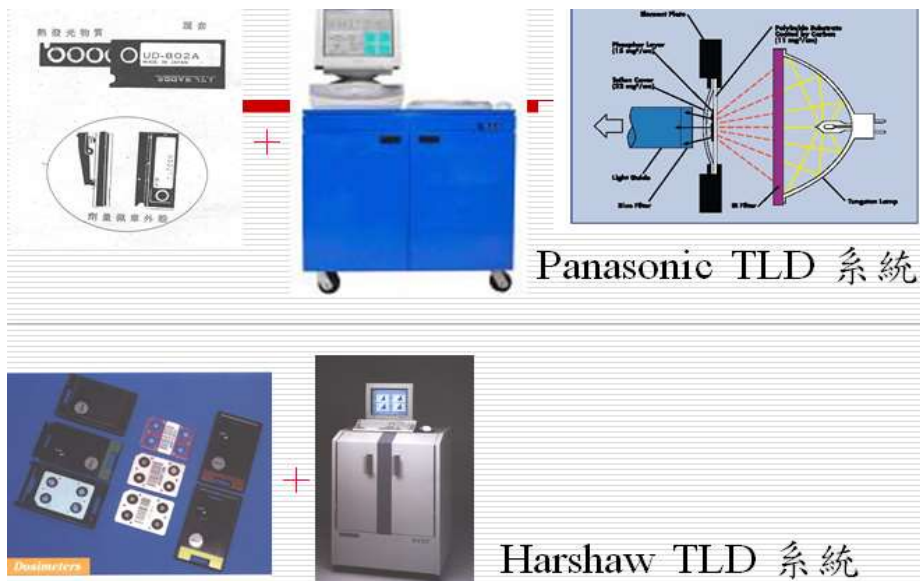
4

TLD原理概述



5

熱發光劑量計(TLD)



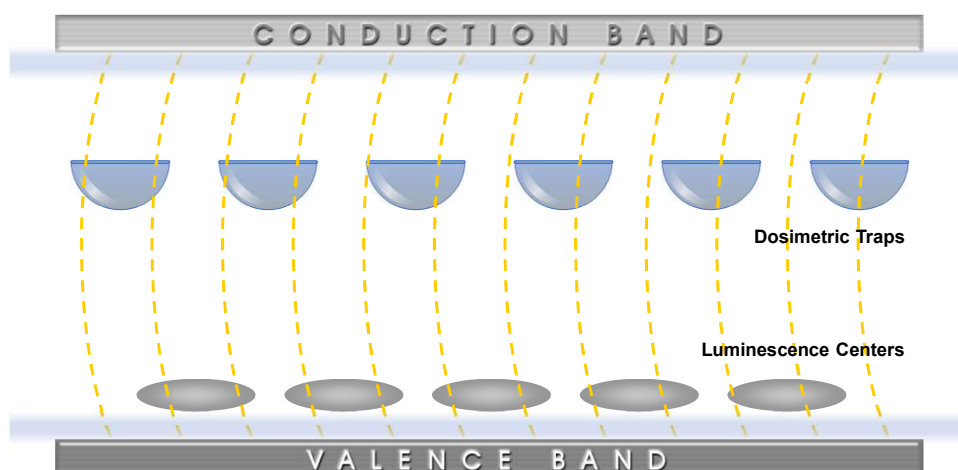
6

●人員劑量計(熱發光劑量計)

- 1) 使用**熱發光物質**(如氟化鋰、硼酸鋰、硫酸鈣等)組合而成為人員劑量計。
- 2) 熱發光物質受到**輻射照射**，原子內外圍軌道的**電子**會被**激發/游離**，進而**被陷阱捕獲**。
- 3) 熱發光物質**加熱**過程中會**放出光子**，藉由光電倍增管將光子轉換為電子，並放大電子信號後度量，以決定發光量。
- 4) 所放出的**光子數量**與熱發光物質所受到的**輻射劑量**呈現**相關**，再將發光量轉換為**等效劑量**。

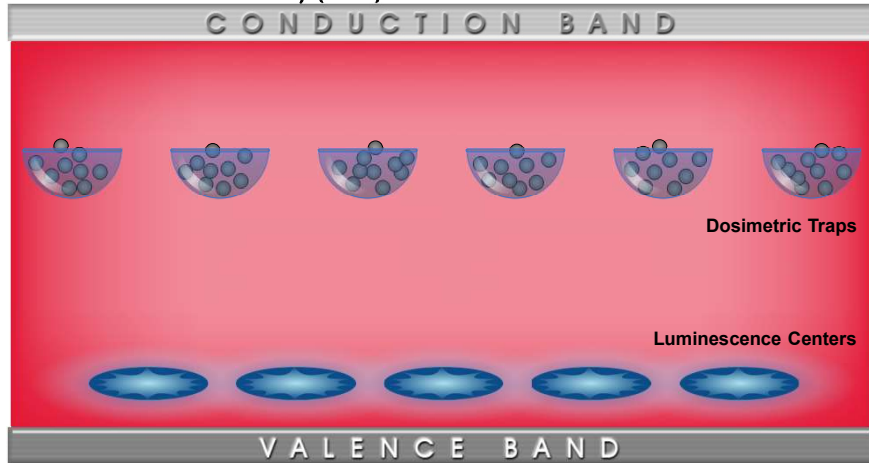
7

晶體中電子(電洞)被照射後能量變動示意圖



8

Thermoluminescence Dosimetry (TLD)



9

一般佩章

- 熱發光劑量計
- 個人等效劑量 $H_p(10)$ 、 $H_p(0.07)$ 、 $H_p(3)$
- 佩掛在預期身體接受最大劑量處



10

10

指環徽章

- 熱發光劑量計
- 用於手部可能接觸高劑量輻射場所



11

11

中子徽章

- 熱發光劑量計(含濃化鋰-6或硼-10同位素, ${}^6\text{Li}_2{}^{10}\text{B}_4\text{O}_7$)
- 適用於含中子源之輻射區域
- 與一般徽章搭配使用



12

12

Panasonic熱發光劑量計

- 每一個劑量徽章，都有四個TLD晶片 (Element)，其中兩個為硼酸鋰 ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$)，另兩個為硫酸鈣 ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{Tm}$)。

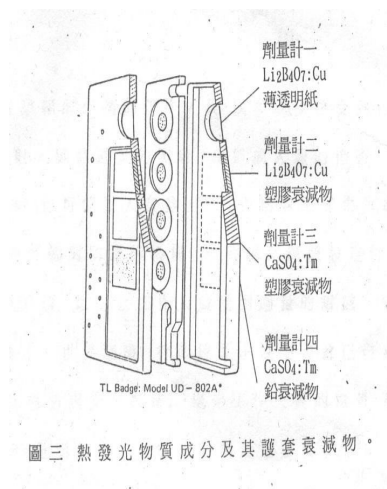


13

13

Panasonic熱發光劑量計

- 每一個TLD晶片 (Element) 前面都有屏蔽物，厚度不儘相同。
- 利用4組不同材質及屏蔽條件的晶片測值，兩兩相除，可以獲得6組不同比值參數(如下表)。



圖三 熱發光物質成分及其護套衰減物。

14

14

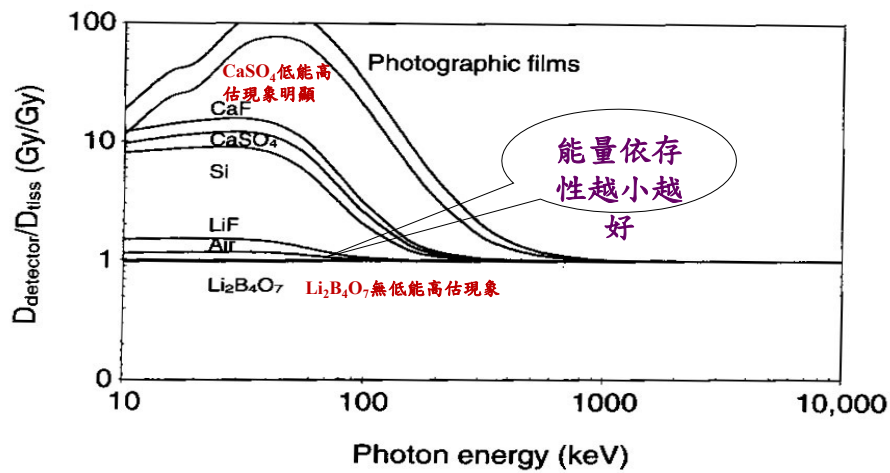


Figure 1. The ratio of the dose in detector material over the dose in ICRU 44 tissue as a function of photon energy (keV) for several common detector materials.

15

15

Panasonic UD-802 TLD照射3 mSv結果

輻射源	A	B	C	D	E
^{137}Cs	1.11	0.99	1.00	1.11	0.89
^{90}Sr	0.91	2.98	17.90	0.05	58.77
17 keV X光	14.89	1.10	22.44	0.66	1.70
23 keV X光	13.50	1.10	12.68	1.04	1.06
46 keV X光	11.17	1.06	6.39	1.75	0.62
73 keV X光	8.44	1.05	4.65	1.82	0.58

註：A = E3/E2, B = E1/E2, C = E3/E4, D = E4/E2, E = E1/E4；E1為第一個TLD的讀值，E2, E3, E4則依此類推。

16

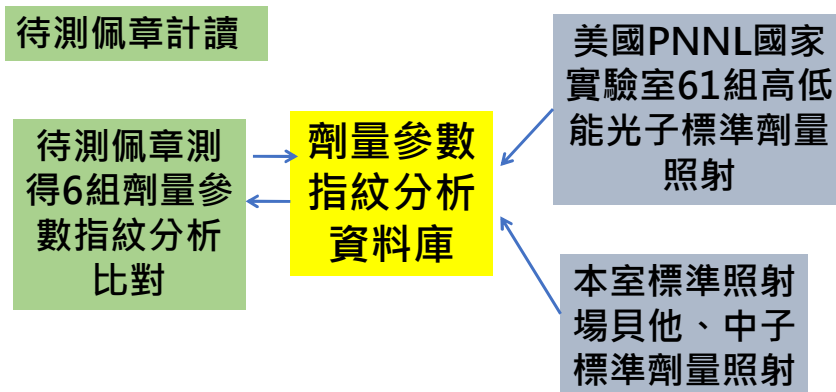
16

Panasonic熱發光劑量計

- 由於不同型式、能量的各類曝露所測得的A至F參數可推導出各類曝露的劑量貢獻，經過加成計算後可估算出全身、眼球及皮膚劑量。
- 目前市面上的各家TLD劑量系統均是以類似的概念建構劑量評估的流程(Algorithm)

17

17



18

美國PNNL國家實驗室標準照射

- 本室先後送6批次TLD至美國**Pacific Northwest 國家實驗室**進行**標準光子劑量照射**，並利用照射所得的**61組不同高、低能光子照射數據**，建立體外劑量評估流程管理程式(大數據**指紋分析**，至少7,560組數據)。
- (國內唯一具備低能光子標準照射的評定機構)

19

19

台灣電力股份有限公司

報告編號: 1NT0608B

人員體外暴露劑量徽章偵測紀錄

2017年09月08日

隸屬單位: 汎

曝露年份: 2017年

劑量單位: 毫西弗

偵測方式: 一般劑量徽章

第10頁共70頁

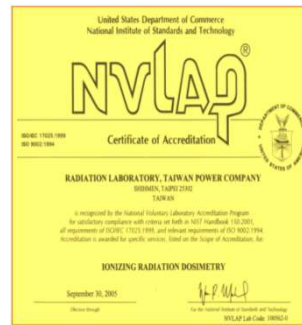
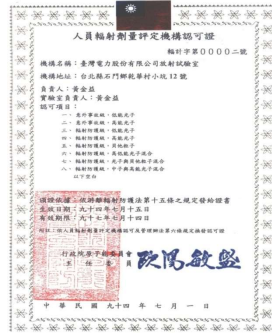
姓名	身分證號碼	曝露期間	本期劑量			年累積劑量			五年累積劑量Hp(10)	備註
			個人等效劑量 Hp(10)	個人等效劑量 Hp(0.07)	個人等效劑量 Hp(3)	個人等效劑量 Hp(10)	個人等效劑量 Hp(0.07)	個人等效劑量 Hp(3)		
游仁	C12096****	08/09~08/31	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	8.58	
趙行	E10097****	08/14~08/31	1.67	1.78	1.77	1.78	1.92	1.88	23.08	
楊麒	E12328****	08/09~08/31	5.26	5.33	5.34	6.11	6.23	6.12	39.97	
陳宗	F12116****	08/09~08/31	4.36	4.52	4.51	6.18	6.53	6.22	50.16	
陳龍	F12232****	08/09~08/31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	
施隆	F12501****	08/08~08/31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.26	
林琦	M10188****	08/08~08/31	0.39	0.40	0.40	0.39	0.40	0.40	8.24	
廖成	P12133****	08/14~08/31	0.75	0.78	0.78	1.41	1.50	1.40	35.39	
洪富	Q12259****	08/09~08/31	3.71	3.80	3.79	8.59	8.81	8.66	60.54	
黃漢	R10314****	08/14~08/31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.51	

註: X指個人等效劑量Hp(10), Hp(0.07)或Hp(3)50, 500, 150毫西弗, 或五年(2013-2017)累積劑量達100毫西弗, 另本期劑量未達徽章計讀系統最低可測值, 以0記錄之。

20

TAF認證與能力試驗

- 人員輻射劑量評定機構認可及管理辦法第2條，要求從事人員體外輻射劑量評定業務之機構，須取得全國認證基金會(TAF)之認證，並經主管機關認可者。



21

財團法人全國認證基金會

TAF-CNLA-T08(3)

表 1：測試類別、測試範圍及允差

測試類別	測試輻射劑量範圍	允差 (L)		使用能力商數限值進行判斷與否
		深部	淺部	
I. 事故級, 光子				
A. 一般 (B 及 C 隨機選擇)	0.1 to 5 Gy	0.3	不測試	否
B. ¹³⁷ Cs				
C. M150				
II. 防護級, 光子				
A. 一般 (Ē ≥ 20 keV, 當 Ē ≤ 70 keV 時垂直照射, 當 E > 70 keV 時照射角度小於 60°)	0.3 to 100 mSv	0.4	0.4	是
B. 高能量 (Ē ≥ 500 keV 時照射角度小於 60°)				
C. 中能量 (Ē > 70 keV 時照射角度小於 60°)				
D. 窄能譜 (NS20, NS80, ²⁴¹ Am, ¹³⁷ Cs, ⁶⁰ Co, 當 Ē ≤ 70 keV 時垂直照射, 當 E > 70 keV 時照射角度小於 60°)				
III. 貝他粒子				
A. 一般 (B 及 C 隨機選擇)	1.5 to 100 mSv	不測試	0.4	是
B. 高能量 (Ē ≥ 500 keV)				
C. 低能量 (Ē < 500 keV)				
IV. 光子混合場				
A. 一般 (IIA + IIB)	0.6 to 100 mSv	0.4	0.4	是
B. IIB + IIC				
C. IIB + IID				
V. 貝他與光子混合場				
A. 一般 (II + III)	2.0 to 100 mSv	0.4	0.4	是
B. IIB + III				
VI. 中子與光子混合場				
A. 一般 (B 及 C 隨機選擇)	1.5 to 50 mSv	0.4	不測試	否
B. ²⁵² Cf + II				
C. ²⁵² Cf(D,O) + II				

22

報告編號：PT10002
第 1 頁，共 40 頁

人員劑量計能力試驗測試報告

報告編號：PT10002

受測單位：台灣電力股份有限公司
放射試驗室(劑量計測組及核二工作隊)
(PANASONIC UD802A & UD809)
地址：25343新北市石門區乾華里小坑12號放射試驗室

國家游離輻射標準實驗室
行政院原子能委員會核能研究所

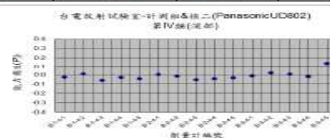
23

報告編號：PT10002
第 10 頁，共 40 頁

行政院原子能委員會核能研究所

國家游離輻射標準實驗室

受測單位：	台灣電力股份有限公司放射試驗室 (劑量計測組及核二工作隊)				
劑量計型式：	Panasonic UD802A(光子貝他) & UD809(中子)				
類別：	第IV類 混合光子場				
照射報告——深部					
射質/距離：	Cs-137+ISO 或 NIST M 射質 / 300 cm 假體面對射束				
劑量計	照射日期	深部個人等效劑量(mSv)	能力商數	PQL	
編號	年/月/日	照射劑量值	評估劑量值 (F_1)		
B-1-4-1	2016/12/09	76.37	74.25	-0.03	PASS
B-1-4-2	2016/12/09	60.30	60.72	0.01	PASS
B-1-4-3	2016/12/09	54.16	50.70	-0.06	PASS
B-1-4-4	2016/12/09	77.85	75.57	-0.03	PASS
B-1-4-5	2016/12/09	46.95	44.78	-0.05	PASS
B-2-4-1	2016/12/29	48.38	48.37	0.00	PASS
B-2-4-2	2016/12/29	78.48	77.09	-0.02	PASS
B-2-4-3	2017/01/05	45.33	42.75	-0.06	PASS
B-2-4-4	2017/01/05	50.41	48.23	-0.04	PASS
B-2-4-5	2016/12/29	79.63	76.95	-0.03	PASS
B-3-4-1	2017/02/06	25.20	24.86	-0.01	PASS
B-3-4-2	2017/02/07	52.90	53.76	0.02	PASS
B-3-4-3	2017/02/07	56.34	56.66	0.01	PASS
B-3-4-4	2017/02/06	52.42	51.40	-0.02	PASS
B-3-4-5	2017/02/06	11.97	13.59	0.14	PASS
能力商數平均值(\bar{B}):	-0.012				
標準差(S):	0.047				
$[\bar{B}] + S$:	0.06				
允差(L):	0.4				
$[\bar{B}] + S \leq L$ 判斷:	通過				
PQL 判斷:	通過				
結論:	通過				
查驗:					



24

報告編號：PT10008
第 35 頁，共 40 頁

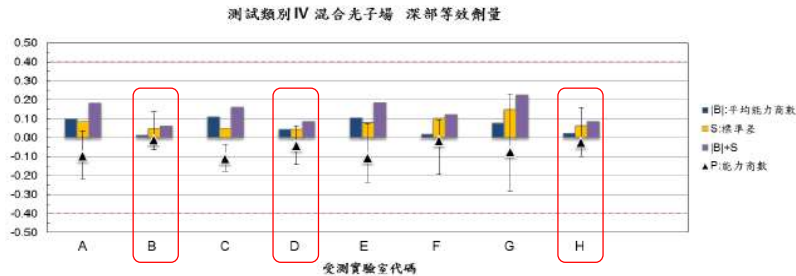


圖 5：能力試驗結果統計圖－測試類別 IV.混合光子場（深部等效劑量）

台電公司放射試驗室共有3個系統(B:Panasonic；D:Rados；H:Harshaw)參加106年度TAF認證「體外人員劑量評定機構」(即劑量徽章計讀機構)能力試驗，是所有原能會核可評定機構中(共8個單位，本室即佔3個)測試成績最好的單位。

25

人員劑量計管理

- 為落實人員劑量計有效監護人員輻射劑量
- 避免人員劑量計被不當使用，造成人員輻射傷害或無謂困擾(如放射醫療行為)
- 通常會在人員進入輻射工作場所前，背景輻射劑量率較低處，設置固定的人員劑量徽章架，放置人員劑量計及背景劑量計。
- 人員進入輻射工作場所應佩戴人員劑量計，離開輻射工作場所應將人員劑量計放回徽章架。
- 背景劑量計必須放置人員劑量徽章架，才能藉扣除背景劑量，反映人員在輻射工作場所接受劑量。
- 人員劑量計自主管理極易造成劑量讀值與實況不符。

26

「游離輻射不設防 別人小孩死不完？」記者會 2019-04-15



- 輻射從業員(台中弘霖)3人罹癌病逝洪慈庸要求全面稽查
- 洪慈庸說，該公司為了節省成本、逃避職災責任，竟以「佩章受管制、需統一管理」為由，未讓檢測師配戴偵測佩章，導致他們無法得知接受到輻射的劑量
- 提出3項訴求，①游離輻射高風險事業單位，全面稽查、加強預防；②核電廠承攬商健檢資料，全面清查勾稽；③《游離輻射防護法》修法加重罰則、嚴重者扣照。
- 原能會：會同職安署進行無預警的突襲稽查

27

1 正確配戴

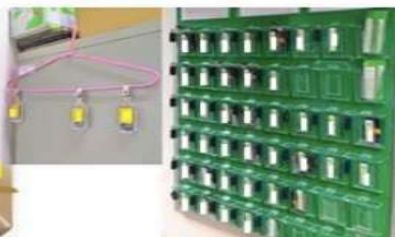
- (1)穿鉛衣時，應配戴於鉛衣內(非鉛衣外口袋)。
- (2)佩章如有開窗處，開窗面應朝前。

2 妥善保存

- 不使用時，應與背景佩章放置一起。

3 定期計讀

- (1)定期送至人員劑量計讀單位。
- (2)追蹤管理計讀結果。



資料來源：原能會輻務小站。

28

核二廠固定佩章架管理

