

第7章 設施之安全評估(含預期之意外事件評估)

7.1 構造安全評估

本案設計採用現行「建築物耐震設計規範及解說」^[23]規定設計，並就設施所在地採地震回歸期最大考量地震之加速度係數，用途係數採第二類儲存多量具有毒性、爆炸性等危險物品之建築物為 1.5，以確保設施建物結構之完整性。結構計算採用 CSI ETABS 9.7.3 電腦程式，結構計算書詳附件 3-1。

7.1.1 設計地域參數及規範

一、地域參數：計畫場址位於新北市萬里區，依據既有場址資料，場址符合「建築物耐震設計規範及解說」^[23]之第 1 類地盤定義($V_{S30} = 673 \text{ m/s} > 270 \text{ m/s}$)。 V_{S30} 之剪力波速來自於本計畫之 PS Logging 鑽孔資料(BF-10 及 BF-12)和「營運中核能電廠補充地質調查工作－地質調查成果總結報告」^[158]之 PS Logging 鑽孔資料(NP2-5)，其鑽孔位置分布圖詳如圖 7.1-1，其各鑽孔之剪力波速詳如表 7.1-1。

二、耐震設計規範：現行「建築物耐震設計規範及解說」^[23]。



圖 7.1-1 計畫場址 PS Logging 鑽孔分布圖

表 7.1-1 計畫場址 PSLogging 鑽孔剪力波速表

深度 (m)	NP2-5 (m/s)	BF-10 (m/s)	BF-12 (m/s)	深度 (m)	NP2-5 (m/s)	BF-10 (m/s)	BF-12 (m/s)
4	344	266	233	18	971	997	691
5	272	293	186	19	833	832	936
6	369	332	245	20	813	889	1039
7	417	508	224	21	800	633	1137
8	435	720	709	22	917	702	1126
9	377	613	1043	23	917	554	985
10	485	634	1116	24	763	852	890
11	741	844	912	25	813	1127	1070
12	893	836	833	26	862	1127	1208
13	826	870	868	27	971	1151	1346
14	893	1017	1097	28	943	970	1219
15	990	1064	945	29	962	1431	1158
16	870	920	922	30	935	1258	1112
17	943	1084	851	31	943	1255	905

7.1.2 設計水平地震力及地表加速度

一、地表加速度係數

依據現行「建築物耐震設計規範及解說」^[23]，場址地表水平
加速度係數分析如下：

(一)計畫場址位置：新北市萬里區

(二)地盤：第 1 類地盤 ($V_{S30} = 673 \text{ m/s} > 270 \text{ m/s}$)

(三)是否為近斷層區域：依「建築物耐震設計規範及解說」^[23]，新
北市萬里區屬一般震區之地區

(四)設計水平譜加速度係數：

$$S_{DS} = S_S^D \times F_a$$

其中，

S_{DS} ：工址短週期設計水平譜加速度係數

S_S^D ：震區短週期設計水平譜加速度係數

F_a ：反應譜等加速度段之工址放大係數

表 7.1-2 依「建築物耐震設計規範及解說」^[23]之水平譜加速度係

數參數表 1

由表 2-6(b)查得	由表 2-4(a)及 2-4(b)查得	依公式(2-4)計算
$S_S^D = 0.5$	$F_a = 1$	$S_{DS} = 0.5$

(四)最大考量水平譜加速度係數：

$$S_{MS} = S_S^M \times F_a$$

其中，

S_{MS} ：工址短週期最大考量水平譜加速度係數

S_S^M ：震區短週期最大考量水平譜加速度係數

F_a ：反應譜等加速度段之工址放大係數

表 7.1-3 依「建築物耐震設計規範及解說」^[23]之水平譜加速度係

數參數表 2

由表 2-6(b)查得	由表 2-4(a)及 2-4(b)查得	依公式(2-4)計算
$S_S^M = 0.8$	$F_a = 1$	$S_{MS} = 0.8$

(五)地表水平加速度

依「建築物耐震設計規範及解說」^[23]之規定設計，並就設施所在地採中小度地震(回歸期 30 年)、設計地震(回歸期 475 年)及最大考量地震(回歸期 2,500 年)，三者之最大地震力作為「設計值」，475 年回歸期及 2,500 年回歸期地震之地表水平加速度分別為 $0.4S_{DS}$ 及 $0.4S_{MS}$ ，垂直向地表加速度為水平向之 1/2，地表加速度如表 7.1-4 所示。

表 7.1-4 設計考量地表加速度係數

地表水平加速度		地表垂直加速度	
475 年回歸期	2,500 年回歸期	475 年回歸期	2,500 年回歸期
0.2 g	0.32 g	0.1 g	0.16 g

二、設計地震力係數

(一)設計水平地震力係數

依據「建築物耐震設計規範及解說」^[23]第二章，設計水平地震力為最小設計水平總橫力 V 、避免中小度地震降伏之設計地震力 V^* 、及避免最大考量地震崩塌之設計地震力 V_M ，三者取大值作為結構設計地震力。

$$V = \frac{I}{1.4\alpha_y} \left(\frac{S_{aD}}{F_u} \right) W$$

$$V^* = \frac{IF_u}{4.2\alpha_y} \left(\frac{S_{aD}}{F_u} \right) W$$

$$V_M = \frac{I}{1.4\alpha_y} \left(\frac{S_{aM}}{F_{uM}} \right) W$$

其中，

V ：最小設計水平總橫力

V^* ：避免中小度地震降伏之設計地震力

V_M ：避免最大考量地震崩塌之設計地震力

S_{aD} ：工址設計水平譜加速度係數

S_{aM} ：工址最大考量水平譜加速度係數

I ：用途係數

W ：建築物全部靜載重

α_y ：起始降伏地震力放大倍數

F_u ：結構系統地震力折減係數

F_{uM} ：最大考量地震之結構系統地震力折減係數

本案結構屬剪力牆構架系統，結構韌性容量 $R = 3.6$ ，且用途係數取 $I = 1.5$ ，而設計採用極限強度設計法，故起始降伏地震力放大倍數為 1.0。

其餘相關設計參數及計算得之水平設計地震力如表 7.1-5 及表 7.1-6。

表 7.1-5 X 向設計地震力分析參數及評估成果

結構	$S_{aD,x}$	$S_{aM,x}$	$F_{u,x}$	$F_{uM,x}$	V_x	V_x^*	$V_{M,x}$
4 號低貯庫	0.5	0.8	2.11	2.49	0.25W	0.18W	0.33W
檢整暫存及容器備料區	0.5	0.8	2.11	2.49	0.25W	0.18W	0.33W

表 7.1-6 Y 向設計地震力分析參數及評估成果

結構	$S_{aD,y}$	$S_{aM,y}$	$F_{u,y}$	$F_{uM,y}$	V_y	V_y^*	$V_{M,y}$
4 號低貯庫	0.44	0.68	1.87	2.12	0.25W	0.16W	0.33W
檢整暫存及容器備料區	0.41	0.64	1.77	1.99	0.25W	0.15W	0.33W

(二)設計垂直地震力係數

依據「建築物耐震設計規範及解說」^[23]2.18 節，最小設計垂直力 V_z 、避免中小度地震降伏之設計垂直地震力 V_z^* 、及避免最大考量地震崩塌之設計垂直地震力 $V_{M,z}$ 計算方式如下：

$$V_z = \frac{I}{1.4\alpha_y} \left(\frac{S_{aD,z}}{F_{uv}} \right) W$$

$$V_z^* = \frac{IF_{u,v}}{4.2\alpha_y} \left(\frac{S_{aD,z}}{F_{u,v}} \right) W$$

$$V_{M,z} = \frac{I}{1.4\alpha_y} \left(\frac{S_{aM,z}}{F_{uM,z}} \right) W$$

其中，

V_z ：最小設計垂直力

V_z^* ：避免中小度地震降伏之設計垂直地震力

$V_{M,z}$ ：避免最大考量地震崩塌之設計垂直地震力

$S_{aD,z}$ ： $1/2 \times S_{aD}$

$S_{aM,z}$ ： $1/2 \times S_{aM}$

I ：用途係數

W ：建築物全部靜載重

α_y ：起始降伏地震力放大倍數

F_{uv} ：結構系統垂直地震力折減係數

$F_{uM,z}$ ：最大考量地震之結構系統垂直地震力折減係數

相關設計參數及計算得之垂直設計地震力如表 7.1-7。

表 7.1-7 Z 向設計地震力分析參數及評估成果

結構	$S_{aD,z}$	$S_{aM,z}$	$F_{u,z}$	$F_{uM,z}$	V_z	V_z^*	$V_{M,z}$
4 號低貯庫	0.25	0.4	1.91	2.24	0.14W	0.09W	0.18W
檢整暫存及 容器備料區	0.25	0.4	1.92	2.24	0.14W	0.09W	0.18W

7.1.3 結構設計之最大容量與安全餘裕數值

4 號低貯庫及檢整暫存及容器備料區設計時採用現行版本之「建築物耐震設計規範及解說」^[23]，用途係數(I)採第二類儲存多量具有毒性、爆炸性等危險物品之建築物為 1.5 及「建築物耐風設計規範及解說」^[28]，用途係數(I)採第二類儲存多量具有毒性、爆炸性等危險物品之建築物為 1.1 進行結構設計。兩結構皆

屬 RC 造具剪力牆之構架系統，基礎型式皆為單板式基礎。另外，設計時主要考慮結構靜重、活重、水浮力、地震力及風力等載重之影響，並依據「建築物混凝土結構設計規範」^[26]進行載重組合，以分析在各種負載作用下之桿件受力及法規要求檢核項目。而設計成果詳附件 3-1 及附件 3-2 結構計算書，其主要分析結果摘要如下：

一、4 號低貯庫

1. 意外扭矩檢核：意外扭矩放大係數 A_x ，各樓層 X 向最大者為 1.42，故依據耐震法規 2.14 節之規定，本案結構 X 向設計採用之意外偏心配合放大為 7.1%；Y 向最大者為 0.97，小於 1，故依據耐震法規 2.14 節之規定，本案結構 Y 向設計採用之意外偏心無須放大(仍為 5%)，詳 4 號低貯庫結構計算書第十一章。
2. 層間相對位移角檢核：檢核結構各樓層之層間相對位移角，X 向最大層間變位角 0.067‰，Y 向最大層間變位角 0.019‰，皆小於耐震法規 2.16 節之 5‰要求，詳 4 號低貯庫結構計算書第十二章。
3. 碰撞距離檢核：本結構外緣最大位移 $\delta_{max,x} = 0.756 \text{ cm}$ ， $\delta_{max,y} = 0.327 \text{ cm}$ ，皆小於與鄰近建築物間隔為 300 cm (X 向)及 150 cm (Y 向)，故無碰撞之問題，詳 4 號低貯庫結構計算書第十二章。
4. 勁度不規則檢核：檢核結果顯示本結構，結構 3F 之 X 向之側向勁度為其上一層之 69.4% < 70% 屬軟層，故本結構依耐震設計規範採動力分析進行相關設計。另外，本結構 2F 勁度大於其上三層平均勁度之 70%，故無極軟層之狀況，相關資料詳 4 號低貯庫結構計算書第十三章。
5. 強度不連續性檢核：檢核結果顯示本結構，任一層強度與其設計層剪力之比值(最小者為 84%)皆高於其上層所得比值 80%，

無顯著弱層存在，符合耐震法規 2.17 節之規定，詳 4 號低貯庫結構計算書第十三章。

6. 梁、柱、板及牆等桿件：本案設計之梁、柱、板及牆桿件在設計地震及設計風力作用下，依分析成果，梁主筋之鋼筋配置比 ($\rho_{prop}=1.63\%$) 大於鋼筋需求比(最大者為樑尺寸 50 cm × 80 cm 之 $\rho_{req'}=1.59\%$)，詳 4 號低貯庫結構計算書第十四章；柱主筋應力比(需求/容量)最大者為柱線 R 為 0.901，小於 1，並進行中間柱之彈性挫屈檢核，檢核結果 Ratio=0.82 小於 1，詳 4 號低貯庫結構計算書第十五章；樓板之最大配置鋼筋量 $A_{s,prop}=19.86\text{cm}^2$ (樓板編號 2S11，#5@10cm)，大於需求鋼筋量 $A_{s,req'}=18.13\text{cm}^2$ ，詳 4 號低貯庫結構計算書第十六章；牆之之配置鋼筋量 $A_{s,prop}=533.72\text{cm}^2$ (剪力牆編號柱線 D：W90，#8@15cm)，大於需求鋼筋量 $A_{s,req'}=519.31\text{cm}^2$ ，詳 4 號低貯庫結構計算書第十八章，設計成果皆可滿足建築物混凝土設計規範之相關規定。
7. 基礎設計：除了配筋設計鋼筋之需求($A_{s,req'}$)與配置($A_{s,prop'}$)比均小於 1(X 向頂層配筋，0.95)外，本結構柱基礎穿孔剪力(強度需求容量比最大約為 0.3)、土壤水平及垂直承载力(強度需求容量比約為 0.44)，基礎設計皆可符合規範要求，詳 4 號低貯庫結構計算書第十七章。另外，有關基礎板沉陷之檢核結果，詳 7.1.5 節。
8. 托架設計：考慮 66tf 吊重及 70.62tf 吊車系統自重進行柱托架 A 及托架 B 之托架設計，並依建築技術規則建築構造編第 24 條及建築物耐震設計規範及解說 4.2 節規定考慮吊車產生之縱向力及橫力，托架 A、B 之主拉力鋼筋配置量皆為 65.87cm^2 大於鋼筋需求量 61.87cm^2 、 56.44cm^2 ，其餘閉合肋筋之配置亦依規範需求檢核配置，符合規範要求，詳 4 號低貯庫結構計算書計算書第十九章。

9.樓板剪力傳遞檢核：經檢核，樓板之剪力強度(貯存區屋頂板：X 向 13895.83tf、Y 向 6792.36tf，輔助區 R1F 樓板：X 向 2930.94tf、Y 向 1985.42tf；輔助區三樓樓板：X 向 5931.12tf、Y 向 2711.26tf；輔助區二樓樓板：X 向 2872.21tf、Y 向 1080.69tf)皆能抵抗樓板與屋頂板之設計地震力 F_{px} (貯存區屋頂板：2039.28tf；輔助區 R1F 樓板：518.05tf；輔助區三樓樓板：607.91tf；輔助區二樓樓板：628.24tf)，符合耐震法規 6.29 節之要求，詳 4 號低貯庫結構計算書第二十一章。

二、檢整暫存及容器備料區

- 1.意外扭矩檢核：意外扭矩放大係數 A_x ，各樓層 X 向及 Y 向最大者皆為 0.7，皆小於 1，故依據耐震法規 2.14 節之規定，本案設計採用之意外偏心無須放大(仍為 5%)，詳檢整暫存及容器備料區結構計算書第十一章。
- 2.層間相對位移角檢核：檢核結構各樓層之層間相對位移角，X 向最大層間變位角 0.019‰，Y 向最大層間變位角 0.008‰，皆小於耐震法規 2.16 節之 5‰要求，詳檢整暫存及容器備料區結構計算書第十二章。
- 3.碰撞距離檢核：本結構外緣最大位移 $\delta_{max,x} = 0.179 \text{ cm}$ ， $\delta_{max,y} = 0.099 \text{ cm}$ ，皆小於與鄰近建築物間隔為 300 cm (X 向)及 150 cm (Y 向)，故無碰撞之問題，詳檢整暫存及容器備料區結構計算書第十二章。
- 4.勁度不規則檢核：本結構為一層樓結構，故毋須檢核勁度不規則。
- 5.強度不連續性檢核：本結構為一層樓結構，故毋須檢核強度不連續性。
6. 梁、柱、板及牆等桿件：本案設計之梁、柱、板及牆桿件在設計地震及設計風力作用下，依分析成果，梁主筋之鋼筋配置比 ($\rho_{prop} = 1.11\%$) 大於鋼筋需求比(最大者為樑尺寸 90 cm × 130

cm 之 $\rho_{req} = 1.02\%$), 詳檢整暫存及容器備料區結構計算書第十三章; 柱主筋應力比(需求/容量)最大者為柱線 4' 與柱線 T' 交錯之中間柱 0.791, 小於 1, 詳檢整暫存及容器備料區結構計算書第十四章; 樓板之最大配置鋼筋量 $A_{s,prop} = 9.93 \text{ cm}^2$ (樓板編號 RS1, #5@20 cm), 大於需求鋼筋量 $A_{s,req} = 9.00 \text{ cm}^2$, 詳檢整暫存及容器備料區結構計算書第十五章; 牆之之配置鋼筋量 $A_{s,prop} = 1123.08 \text{ cm}^2$ (剪力牆編號柱線 4': W90, #6@15 cm), 大於需求鋼筋量 $A_{s,req} = 529.96 \text{ cm}^2$, 詳檢整暫存及容器備料區結構計算書第十七章, 設計成果皆可滿足建築物混凝土設計規範之相關規定。

7. 基礎設計: 除了配筋設計鋼筋之需求($A_{s,req}$)與配置($A_{s,prop}$)比均小於 1 (最大者為 0.91) 外, 本結構柱基礎穿孔剪力(強度需求容量比約為 0.18)、土壤垂直承载力(強度需求容量比約為 0.28), 綜上分析結果, 基礎設計皆可符合規範要求, 詳檢整暫存及容器備料區結構計算書第十六章。另外, 有關基礎板沉陷之檢核結果, 詳 7.1.5 節。

8. 托架設計: 考慮 10tf 吊重及 30f 吊車系統自重進行柱托架設計, 並依建築技術規則建築構造編第 24 條及建築物耐震設計規範及解說 4.2 節規定考慮吊車產生之縱向力及橫力, 托架之主拉力鋼筋配置量皆為 40.54 cm^2 大於鋼筋需求量 30.67 cm^2 , 其餘閉合肋筋之配置亦依規範需求檢核配置, 符合規範要求, 詳檢整暫存及容器備料區結構計算書第十八章。

9. 樓版剪力傳遞檢核: 經檢核, 樓版之剪力強度(屋頂版: X 向 5765.07tf、Y 向 3072.04tf)皆能抵抗樓版與屋頂版之設計地震力 F_{px} (屋頂版: 888.53tf), 符合耐震法規 6.29 節之要求, 詳檢整暫存及容器備料區結構計算書第十九章。

7.1.4 結構設計桿件尺寸

一、4 號低貯庫

本結構樑、柱、板及牆桿件主要尺寸整理於下表，成果均符合建築技術規則及相關規範要求，其詳細分析過程詳如附件 3-1

表 7.1-8 樑、柱、板及牆桿件主要尺寸

標準層	貯存區	RC 柱	150 cm × 150 cm、130 cm × 130 cm、100 cm × 120 cm
		X 向剪力牆	T = 90 cm
		Y 向剪力牆	T = 90 cm
		X 向大梁	90 cm × 120 cm
		Y 向大梁	90 cm × 120 cm、100 cm × 120 cm
		RC 基礎板	T = 170 cm
	輔助區	RC 柱	90 cm × 90 cm、110 cm × 110 cm
		X 向剪力牆	T = 90 cm、30cm
		Y 向剪力牆	T = 90 cm、30cm
		X 向大梁	60 cm × 90 cm、90cm × 120 cm
		Y 向大梁	60 cm × 90 cm、80cm × 100 cm、90cm × 120 cm
		小梁	50 cm × 80 cm
		RC 樓板（含屋頂）	T = 25cm、35 cm
		RC 基礎板	T = 170 cm
屋頂層		X 向大梁	90 cm × 120 cm
		Y 向大梁	90 cm × 120 cm
		小梁	90 cm × 115 cm
		RC 樓板	T = 50 cm

二、檢整暫存及容器備料區

檢整暫存及容器備料區本結構樑、柱、板及牆桿件主要尺寸整理於下表，成果均符合建築技術規則及相關規範要求，其詳細分析過程詳如附件 3-2。

表 7.1-9 樑、柱、板及牆桿件主要尺寸

一層	RC 柱	110 cm × 110 cm , 90 cm × 90 cm
	X 向剪力牆	T = 90 cm
	Y 向剪力牆	T = 90 cm
	RC 基礎板	T = 150 cm
屋頂層	X 向大樑	90 cm × 130 cm , 80 cm × 110 cm
	Y 向大樑	90 cm × 130 cm , 80 cm × 110 cm
	小樑	60 cm × 90 cm
	RC 柱	110 cm × 110 cm , 90 cm × 90 cm
	RC 樓板	T = 50 cm
屋突層	X 向大樑	70 cm × 100 cm
	Y 向大樑	70 cm × 100 cm
	小樑	60 cm × 90 cm
	RC 樓板	T = 30 cm

7.1.5 結構基礎安全評估

本案基礎型式如 3.1.3 節所述採用平板式基礎，而相關之評估包含土壤液化潛勢評估、基礎承载力評估及沉陷量，其評估結果整理如下：

(一)土壤液化潛勢評估

如 3.1.3 節所述，本場址於中小度地震及設計地震時均無液化潛能；於最大考量地震時，本場址皆屬輕度之液化危害程度等級，液化折減係數 D_E 平均值為 0.92。

(二)基礎承载力評估

如 3.1.3 節、附件 3-1 第十七章、附件 3-2 第十六章及附件 3-7 所述，其評估結果綜整如表 7.1-10 及表 7.1-11 所示。本案垂直及水平之容許承载力，皆滿足貯存設施載重需求。

表 7.1-10 4 號低貯庫基礎垂直承載力評估

區域	情境	垂直容許承載力 (tf/m ²)	垂直作用力 (tf/m ²)
貯存區及作業區	長期	272.4	68(貯存區) 61(作業區)
	短期	373.2	165(貯存區) 170(作業區)
輔助區	長期	158.8	43
	短期	216.4	87
檢整暫存及容器 備料區	長期	175.8	38.2
	短期	239.9	66.6

表 7.1-11 4 號低貯庫基礎水平承載力評估

區域	情境	水平容許承載力(tf)		水平作用力(tf)	
		結構自重	結構自重+ 貯存物重	結構自重	結構自重+ 貯存物重
貯存區、作業區 及輔助區	短期	55957.5	121818.9	37296	70276
檢整暫存及容器 備料區	短期	9677.8	—	4094	—

(三)沉陷量

本案經詳實考量貯庫區與檢整暫存及容器備料區之實際地層變化、基礎版結構勁度及各區結構靜載重與活載重分布等情形，於平板式基礎之配置下進行沉陷量評估。分析結果詳附件 3-1 第十七章、附件 3-2 第十六章及附件 3-7 基礎設計計算書之沉陷量分析內容。

本案基礎版最大沉陷量，貯庫區為 5.32 cm、檢整暫存及容器備料區為 3.19cm，小於內政部頒佈之「建築物基礎構造設計規範」^[29] 規定之容許沉陷量 30 cm；並經結構土壤互制分析，檢核各柱位間之角變量，相鄰兩柱之最大角變量於貯庫區為 0.0008 (1/1250)、於檢整暫存及容器備料區為 0.00130 (1/769)，亦皆小於「建築物基礎構造設計規範」^[29] 規定之容許角變量

1/500(含安全係數)。綜上結果顯示，本案基礎之沉陷及角變量反應均符合規範規定之容許值，應無沉陷量過大或差異沉陷之虞。

7.2 輻射安全評估

分析貯存設施正常運作時可能導致工作人員及設施外民眾接受體內、體外曝露的各種曝露途徑，評估其所造成之最大劑量，並與相關法規作比較。特別說明，核二廠 4 號低貯庫設施包含 T 容器與廢液等兩個輻射源，本節僅呈現 T 容器為射源之輻射安全評估，廢液為射源之輻射安全評估請參照附件 4。

7.2.1 貯存設施運貯作業主要輻射曝露途徑及情節分析

依據第五章之設施運轉說明，工作人員及一般民眾輻射曝露途徑如下：

一、工作人員主要輻射曝露途徑及情節

依據第五章之設施運轉說明，工作人員曝露途徑如下：

工作人員於運送廢棄物容器時受到輻射曝露：運送期間有駕駛員與押運人員受到輻射曝露，押運人員與廢棄物容器之間距離則假設 10 m，駕駛以「放射性物質安全運送規則」^[3]第 71 條之車輛座位劑量率限值 0.02 mSv/h 作為評估。

二、貯存設施外民眾主要輻射曝露途徑及情節

(一) 廢棄物容器運送期間：廠內運送路徑如圖 7.2-1 之紅色箭頭所示，運送路徑長介於 464 m 至 619 m，離北側玉田路最近距離約 121 m，評估運送期間民眾劑量以距離 121 m 作為計算。

(二) 廢棄物容器貯存期間：4 號低貯庫與東側、西側、南側和北側之最近廠界距離分別為 1,234 m、1,338 m、787 m、120 m。4 號低貯庫造成的廠界劑量影響，為了保守估計輻射劑量，劑量評估

位置以貯庫至廠界最短距離的北側(距離 120 m)作為計算目標，評估位置如圖 7.2-1 所示。

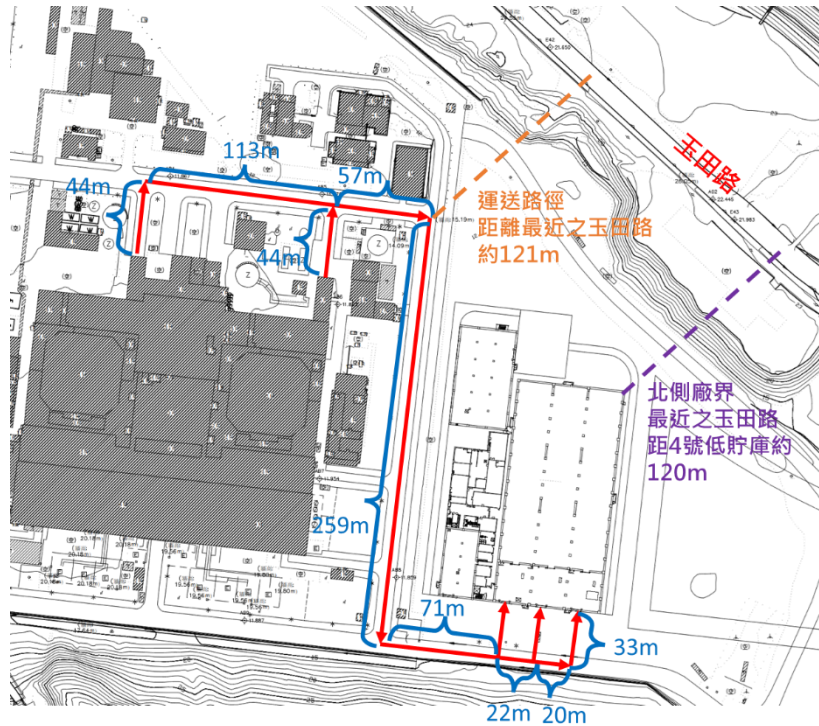


圖 7.2-1 4 號低貯庫與關鍵位置之相對距離圖

7.2.2 貯存設施之輻射安全評估

一、概述

(一)評估之目的

依據低貯庫設施結構屏蔽設計與可能造成民眾接受輻射劑量的體外曝露途徑，以蒙地卡羅程式 MCNP 計算 4 號低貯庫中貯存的 T 容器對環境造成之劑量影響，以點核仁法的 MicroShield 計算 4 號低貯庫中貯存的廢液對環境造成之劑量影響，在此僅呈現 T 容器對環境造成之劑量影響，廢液對環境造成之劑量影響請參照附件 4。MCNP 利用蒙地卡羅方法追蹤每一個粒子的遷移路徑，劑量計分點(Tally)評估結果已包含直接輻射、向天輻射

(Skyshine)、地面散射等各種輻射作用之綜合結果，詳細內容請參照附件 3-4 核二廠 4 號低貯庫屏蔽分析計算書。

(二)專有名詞

- 1.MCNP：蒙地卡羅計算程式(Monte Carlo N-particle transport code)。
- 2.向天輻射：游離輻射於大氣中經散射或反射回到地表。
- 3.計分點(Tally)：記錄穿透的粒子數位置。

(三)引用法規

- 1.游離輻射防護安全標準^[35]。
- 2.放射性物質安全運送規則^[3]。

(四)評估基準

輻射安全設計之安全限值描述如下：4 號低貯庫依其位置，可分為 1.貯存區、2.作業區、3.貯存區及作業區頂部天花板外、4.輔助區、5.放射性廢液處理系統、6.檢整暫存及容器備料區、7.廠界，各區域設計劑量限值如表 7.2-1，說明如下：

- 1.貯存區：此區域為廢棄物容器貯存區，為管制區，不設劑量限值。
- 2.作業區：此區域為廢棄物容器作業區，視除役狀況執行廢棄物容器裝卸載作業，為管制區，不設劑量限值。
- 3.貯存區及作業區頂部天花板外：此區域不定期有工作人員進行檢視及維修作業，劃為監測區，此區域之劑量率須低於 5.0×10^{-3} mSv/h。
- 4.輔助區：工作人員執行作業之主要區域，設有操作室、輻射防護管制站、各項輔助系統設備室、民眾參觀區、辦公室等，該地區管制劃分屬監測區，劑量值須低於 5.0×10^{-3} mSv/h。另外輔助區亦包含放射性廢液處理系統、管制區洗衣房、管制區空調機房及環化分析實驗室等，地區管制劃分屬管制區，工作人員

進入該區域必須經由輻射防護管制站進出，以確保工作人員作業期間輻射劑量符合法規標準。

- 5.放射性廢液處理系統：此區域為廢液處理與貯存區，為管制區，不設劑量限值。
- 6.檢整暫存及容器備料區：此區域為檢整暫存及容器備料區，為監測區，此區域之劑量率須低於 5.0×10^{-3} mSv/h。
- 7.廠界：依據「第二核能發電廠除役計畫」^[1]之劃定，單一貯存設施造成廠外民眾劑量限值為 0.05 mSv/y。

表 7.2-1 4 號低貯庫各區輻射劑量限值

區域	設計限值
貯存區	廢棄物容器貯存區，不設劑量限值
作業區	廢棄物容器作業區，不設劑量限值
貯存區及作業區頂部天花板外	5.0×10^{-3} mSv/h
輔助區	監測區： 5.0×10^{-3} mSv/h 管制區：不設劑量限值
放射性廢液處理系統	廢液處理與貯存區，不設劑量限值
檢整暫存及容器備料區	5.0×10^{-3} mSv/h
廠界	0.05 mSv/y

(五)評估方法

評估方式採用 MCNP 程式計算，評估模型設定與建置詳本節後續內容與計算書。

二、廢棄物

(一)T 容器數量

本安全報告採用「第二核能發電廠除役計畫」^[1]第九章之表 9-9 計算所得之比例因數、表 9-14 核二廠除役廢棄物分類活度推估結果計算表 9-9 中所列之各核種衰變至 2021 年 12 月 28 日之活度。根據核二廠目前除役排程規劃將於 2029 年進入拆廠階段，2046 年完成除役進行土地外釋，另外，4 號低放貯庫建造完成時間預計為 2029 年 12 月。本安全報告採用 ICRP 107 號報告^[67]的

核種衰變資料估算自 2021 年 12 月 28 日經歷 8 年衰變與 24 年衰變之活度。根據評估結果得知：

- 1.除役計畫(2021.12.28)中，核二廠除役金屬廢棄物估算總活度為 1.72×10^{17} Bq；純貝他核種活度為 4.31×10^{16} Bq，其中以 Ni-63 核種佔比最大，Ni-63 活度為 4.30×10^{16} Bq(佔 99.8%)；其餘核種均可能放出加馬射線其活度為 1.29×10^{17} Bq，其中以 Co-60 核種佔比最大，Co-60 活度為 7.32×10^{16} Bq(佔 56.8%)。
- 2.衰變 8 年(2029.12.28)後，核二廠除役金屬廢棄物估算總活度為 7.40×10^{16} Bq；純貝他核種活度為 4.08×10^{16} Bq，其中以 Ni-63 核種佔比最大，活度為 4.07×10^{16} Bq(佔 99.8%)；其餘核種活度為 3.32×10^{16} Bq，其中以 Co-60 核種佔比最大，活度為 2.56×10^{16} Bq(佔 77.1%)。
- 3.衰變 24 年(2045.12.28)後，核二廠除役金屬廢棄物估算總活度為 4.01×10^{16} Bq；純貝他核種活度為 3.65×10^{16} Bq，其中以 Ni-63 核種佔比最大，活度為 3.64×10^{16} Bq(佔 99.8%)；其餘核種活度為 3.62×10^{15} Bq，其中以 Co-60 核種佔比最大，活度為 3.12×10^{15} Bq(佔 86.2%)。

由上述結果可知，由於 Ni-63 半衰期(100.1 年)較 Co-60(5.27 年)長很多，因此衰變時間愈長，純貝他核種活度佔總活度的比例愈大。

由於低放貯庫的安全評估中，僅考慮體外曝露情節，因此純貝他核種可忽略不計，加上考量此貯庫於 2029 年完工啟用，本安全報告採用衰變 8 年並扣除純貝他核種活度的 3.32×10^{16} Bq 作為基準，並假設核種為 Co-60(光子產率大，~200%，加馬能量高，1.17 MeV、1.33 MeV)，以保守評估劑量。

4 號低貯庫規劃貯存 42 個 T1、120 個 T2、105 個 T3、1,530 個 T4、2,205 個 T5。為保守評估劑量，各容器貯存活度均假設為設計活度，即 T1 的設計活度為 7.10×10^{14} Bq、T2 的設計活度

為 8.80×10^{13} Bq、T3 的設計活度為 2.83×10^{12} Bq、T4 的設計活度為 7.45×10^{11} Bq、T5 的設計活度為 2.26×10^{10} Bq，計算得核二廠 4 號低放貯庫貯存設計活度為 4.19×10^{16} Bq，可涵蓋 3.32×10^{16} Bq 之需求，並留有約 20% 之餘裕。

(二) T 容器陣列的材料組成與密度

在 4 號低貯庫中，被貯存的 T 容器數量是 4,002 個，前期研究^[68]已可將複雜的 T 容器簡化(後續以簡化 T 容器稱之)以縮短建模與分析時間。因此，本安全報告將採用均質化的方式簡化 T 容器組成的陣列，詳細內容請參照附件 3-5 T 容器陣列均質化計算書。本安全報告以此方法作為後續貯存 T 容器設施之劑量評估之源項模型假設。

設施內的 T 容器陣列是依據 T 容器的數目與布置得之，包含 1 個 T1 陣列(7×3×2)、1 個 T2 陣列(8×3×5)、2 個 T3 陣列(3×3×5、4×3×5)、5 個 T4 陣列(2 個 18×3×5、2 個 29×3×5、8×3×5)、7 個 T5 陣列(12×3×5、13×3×5、17×3×5、18×3×5、3 個 29×3×5)。材料基本組成列於表 7.2-2，T1 至 T5 陣列的材料組成分別列於表 7.2-2 至表 7.2-7。

表 7.2-2 材料基本組成

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
金屬結構	Fe	100.00	7.85
鉛結構	Pb	100.00	11.3
混凝土	H	2.21	2.10
	C	0.25	
	O	57.49	
	Na	1.52	
	Mg	0.13	
	Al	2.00	
	Si	30.46	
	K	1.00	
	Ca	4.30	
	Fe	0.64	

資料來源：PNNL(2021)^[56]

表 7.2-3 T1 陣列的材料組成

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
T1 7×3×2 陣列 廢棄物	H	0.23	5.05
	C	0.03	
	N	0.003	
	O	5.94	
	Na	0.16	
	Mg	0.01	
	Al	0.21	
	Si	3.14	
	Ar	0.00006	
	K	0.10	
	Ca	0.44	
	Fe	84.79	
	Pb	4.95	
T1 底部屏蔽	H	0.02	7.64
	C	0.002	
	N	0.0005	
	O	0.55	
	Na	0.01	
	Mg	0.001	
	Al	0.02	
	Si	0.29	
	Ar	0.00001	
	K	0.01	
	Ca	0.04	
	Fe	78.45	
	Pb	20.60	
T1 側邊屏蔽	H	0.11	7.09
	C	0.01	
	O	2.80	
	Na	0.07	
	Mg	0.01	
	Al	0.10	
	Si	1.49	
	K	0.05	
	Ca	0.21	
	Fe	95.15	
T1 頂部屏蔽	C	0.0000002	7.50
	N	0.001	
	O	0.0003	
	Ar	0.00002	
	Fe	75.89	
	Pb	24.11	

表 7.2-4 T2 陣列的材料組成

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
T2 8×3×5 陣列 廢棄物	H	0.29	4.88
	C	0.03	
	N	0.003	
	O	7.60	
	Na	0.20	
	Mg	0.02	
	Al	0.26	
	Si	4.03	
	Ar	0.00004	
	K	0.13	
	Ca	0.57	
	Fe	86.86	
T2 屏蔽	H	0.14	7.01
	C	0.02	
	N	0.0003	
	O	3.53	
	Na	0.09	
	Mg	0.01	
	Al	0.12	
	Si	1.87	
	Ar	0.00001	
	K	0.06	
	Ca	0.26	
	Fe	93.89	

表 7.2-5 T3 陣列的材料組成

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
T3 3×3×5 陣列 廢棄物	H	0.43	4.40
	C	0.05	
	N	0.002	
	O	11.18	
	Na	0.30	
	Mg	0.02	
	Al	0.39	
	Si	5.92	
	Ar	0.00004	
	K	0.20	
	Ca	0.84	
	Fe	80.67	
T3 4×3×5 陣列 廢棄物	H	0.43	4.40
	C	0.05	
	N	0.003	
	O	11.06	

表 7.2-5 T3 陣列的材料組成

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
	Na	0.29	
	Mg	0.02	
	Al	0.38	
	Si	5.86	
	Ar	0.00004	
	K	0.19	
	Ca	0.83	
	Fe	80.88	
T3 屏蔽	H	0.20	6.98
	C	0.02	
	N	0.0005	
	O	5.13	
	Na	0.14	
	Mg	0.01	
	Al	0.18	
	Si	2.72	
	Ar	0.00001	
	K	0.09	
	Ca	0.38	
	Fe	91.14	

表 7.2-6 T4 陣列的材料組成

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
T4 8×3×5 陣列 廢棄物	H	0.41	4.46
	C	0.05	
	N	0.003	
	O	10.69	
	Na	0.28	
	Mg	0.02	
	Al	0.37	
	Si	5.67	
	Ar	0.00005	
	K	0.19	
	Ca	0.80	
	Fe	81.52	
T4 18×3×5 陣列 廢棄物	H	0.41	4.45
	C	0.05	
	N	0.003	
	O	10.65	
	Na	0.28	
	Mg	0.02	
	Al	0.37	
	Si	5.64	

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
	Ar	0.00005	
	K	0.19	
	Ca	0.80	
	Fe	81.60	
T4 29×3×5 陣列 廢棄物	H	0.41	4.45
	C	0.05	
	N	0.003	
	O	10.63	
	Na	0.28	
	Mg	0.02	
	Al	0.37	
	Si	5.63	
	Ar	0.00005	
	K	0.19	
	Ca	0.79	
	Fe	81.62	
	H	0.26	6.59
	C	0.03	
T4 屏蔽	N	0.0006	
	O	6.67	
	Na	0.18	
	Mg	0.01	
	Al	0.23	
	Si	3.53	
	Ar	0.00001	
	K	0.12	
	Ca	0.50	
	Fe	88.47	

表 7.2-7 T5 陣列的材料組成

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
T5 12×3×5 陣列 廢棄物	C	0.000003	3.24
	N	0.016166	
	O	0.004961	
	Ar	0.000275	
	Fe	99.97860	
T5 13×3×5 陣列 廢棄物	C	0.000003	3.24
	N	0.016176	
	O	0.004964	
	Ar	0.000275	
	Fe	99.97858	
T5 17×3×5 陣列 廢棄物	C	0.000003	3.24
	N	0.016215	
	O	0.004976	
	Ar	0.000275	

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
	Fe	99.97853	
T5 18×3×5 陣列 廢棄物	C	0.000003	3.24
	N	0.016222	
	O	0.004978	
	Ar	0.000275	
	Fe	99.97852	
T5 29×3×5 陣列 廢棄物	C	0.000003	3.23
	N	0.016264	
	O	0.004991	
	Ar	0.000276	
	Fe	99.97847	
T5 屏蔽	C	0.000002	7.84
	N	0.01	
	O	0.004	
	Ar	0.0002	
	Fe	99.98	

三、屏蔽結構體

4 號低貯庫建築面積約 162.5 m×102.5 m，貯存區與作業區為地上一層鋼筋混凝土造建物，輔助區為地上三層鋼筋混凝土造建物，放射性廢液處理系統為地上兩層鋼筋混凝土造建物，檢整暫存及容器備料區為地上一層鋼筋混凝土造建物。4 號低貯庫設施屏蔽設計描述如下，貯存區、作業區、放射性廢液處理系統、檢整暫存及容器備料區外牆屏蔽厚度為 90 cm，輔助區、放射性廢液處理系統、檢整暫存及容器備料區的天花板厚度為 50 cm，輔助區與放射性廢液處理系統的上樓板厚度為 25cm，輔助區 2 樓架空區域樓板厚度為 35 cm，貯存區與作業區的天花板厚度為 50 cm。車道屏蔽門和作業區與貯存區中間的屏蔽門設計為 4 cm 厚之結構鋼；迷走道系統則設計為 40 cm 混凝土牆與 35 cm 混凝土頂蓋。4 號低貯庫屏蔽分析模型如圖 7.2-2。4 號低貯庫的結構體組成之設定材質密度與組成詳表 7.2-2 之金屬結構與混凝土。貯存庫周圍環境為地表泥土與空氣，環境材料參數設定詳表 7.2-8 所示。

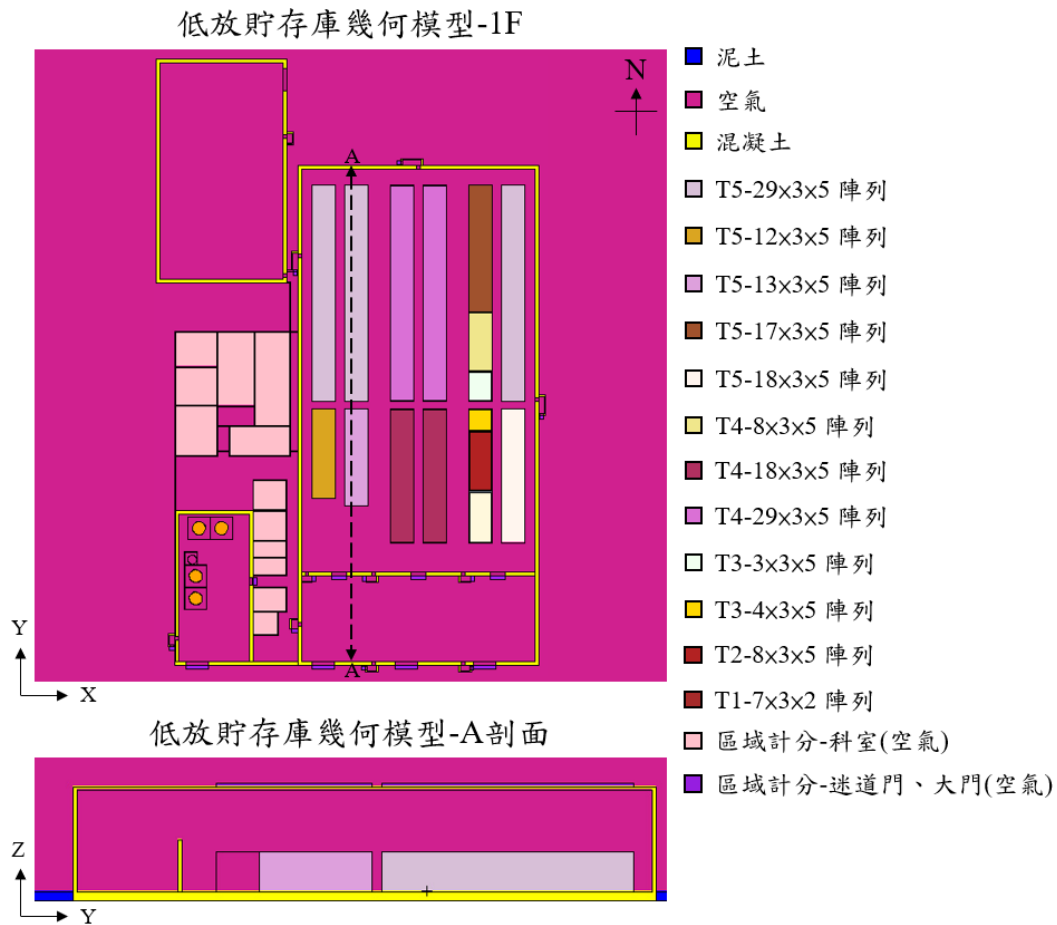


圖 7.2-2 4 號低貯庫屏蔽分析模型(俯視圖與立面圖)

表 7.2-8 環境材料組成

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
泥土	O	51.37	1.52
	Na	0.61	
	Mg	1.33	
	Al	6.86	
	Si	27.12	
	K	1.43	
	Ca	5.12	
	Ti	0.46	
	Mn	0.07	
	Fe	5.63	
空氣	C	0.01	1.21×10 ⁻³
	N	75.53	
	O	23.18	
	Ar	1.28	

四、評估模式

本安全報告分析的對象為以 T 容器為射源之 4 號低貯庫。由於 T 容器箱體的分層屏蔽設計，較類似於乾式貯存設施之乾貯護箱系統，故在此安全報告採用美國核管會發布之乾貯設施審查導則相關 NUREG-2215 報告(p.6-28)^[69]建議之屏蔽分析程式 MCNP，版本為 6.2。MCNP 全名為 Monte Carlo N-Particle Transport Code System，由美國洛斯阿拉摩士國家實驗室(Los Alamos National Laboratory, LANL)所發展，是一具有多功能、三維座標、連續能量、時間依存、包含對光子、電子、中子、質子等 37 種粒子作蒙地卡羅遷移計算之程式。MCNP 採用 ENDF/B-VII，該截面庫在本安全分析報告的輻射種類與能量範圍以連續能量方式進行計算。蒙地卡羅法能以精確的幾何模型對問題作粒子模擬，原則上如果對各作用過程描述足夠清楚，就能獲得準確的結果，故蒙地卡羅程式模擬時若考慮的評估範圍適當即代表評估結果已包含直接輻射、天空散射、地面散射等各種輻射作用之綜合結果。但因蒙地卡羅法以亂數取樣的方式模擬各事件的發生，為一連串的機率試驗，因此在最後統計粒子行為時，需大量的結果才能產生有意義(有效)的答案，故過程會相當費時，更遑論本安全報告考慮數量多達 4,002 組 T 容器(T1 至 T5) 和詳細貯存建物結構(貯存區、作業區、輔助區、放射性廢液處理系統及檢整暫存及容器備料區)進行大範圍的劑量分布評估，此舉更是加重評估的困難程度。因此，引入適當的變異數降低技術是必要的，本安全報告使用的是 Consistent Adjoint Driven Importance Sampling (CADIS)理論，同時採用權重射源(Biased source)和粒子重要性地圖(Importance map)兩種技巧，CADIS 理論結合決定論法與蒙地卡羅法的優點：以決定論法的解作為蒙地卡羅法模擬粒子遷移過程的依據參數來達到加速目的。先以一次粗略的決定論法計算，得出概略的空間伴隨通量分布，據此推導出在蒙地卡羅程式使用的權

重射源與重要性遷移地圖，應用於非類比的粒子追蹤運算，藉由兩技巧可以在合理的時間內大幅地降低統計誤差達到快速計算的目的。本分析報告在此以美國橡樹嶺國家實驗室(Oak Ridge National Laboratory, ORNL)所開發的 ADVANTG 程式^[70]進行前置 CADIS 理論中的決定論法計算，再耦合 MCNP 程式進行蒙地卡羅法模擬。

五、評估之假設：

1. 本安全報告採用 MCNP 依據 T 容器之設計尺寸與材質和布置建置均質化之 T 容器陣列模型。均質化的 T 容器陣列模型為雙層結構，外層為 T 容器的屏蔽、內層為廢棄物與部分 T 容器的屏蔽。其中，廢棄物體假設為金屬廢棄物與灌漿水泥之混合物，混合比例依廢棄物裝載率計算，得到廢棄物體之材料與密度，而廢棄物體活度則以 T 容器設計裝載活度作為保守假設。
2. 以 MCNP 依據 4 號低貯庫之屏蔽結構設計、T 容器貯存數量與 T 容器布置建置評估模型。
3. 基於我國目前法規相關劑量定義與規範是參照 ICRP 60 報告^[71]所訂定，且 ICRP 74 報告^[57]內之劑量轉換因子是基於 ICRP 60 號報告之各項建議建置出來的劑量轉換因子資料，故劑量轉換因子採用 ICRP 74 報告^[57]中之有效劑量率 AP 照射方向(表 7.2-8)進行模擬分析以符合我國法規。

表 7.2-9 劑量轉換因子 ICRP 74 報告有效劑量率 AP 照射方向

能量 (MeV)	ICRP74: E-AP (pSv-cm ²)	能量 (MeV)	ICRP74: E-AP (pSv-cm ²)
0.01	4.85E-02	0.30	1.51E+00
0.015	1.25E-01	0.40	2.00E+00
0.02	2.05E-01	0.50	2.47E+00
0.03	3.00E-01	0.60	2.91E+00
0.04	3.38E-01	0.80	3.73E+00
0.05	3.57E-01	1.00	4.48E+00

能量 (MeV)	ICRP74: E-AP (pSv-cm ²)	能量 (MeV)	ICRP74: E-AP (pSv-cm ²)
0.06	3.78E-01	2.00	7.49E+00
0.08	4.40E-01	4.00	1.20E+01
0.10	5.17E-01	6.00	1.60E+01
0.15	7.52E-01	8.00	1.99E+01
0.20	1.00E+00	10.00	2.38E+01

六、劑量評估點（區）：

針對 4 號低貯庫進行不同的標的劑量率屏蔽分析，將已建立的設施屏蔽分析模型依標的設置不同計分方式來提供評估結果。

劑量率屏蔽分析案例敘述如下：

- (一)4 號低貯庫設施之貯存區與作業區劑量率評估，將以格點計分(Mesh tally)的方式來進行將該區約略劃分為 4 m×4 m×4 m 一格，討論貯存區與作業區劑量率分布；
- (二)4 號低貯庫設施特定位置劑量率評估，將以區域計分(Region tally)方式來進行，特定位置包括輔助區內規劃的空間(詳見圖 7.2-3)、出入口與迷道(詳見圖 7.2-4)、貯存區 T 容器陣列位置之天花板上方(詳見圖 7.2-5)；
- (三)4 號低貯庫設施外部周遭劑量率評估，以格點計分的方式來進行評估設施往外 100 m 處之二維劑量率分布圖。計分範圍為 302.5 m×362.5 m，格點尺寸約略劃分為 4 m×4 m×2 m 一格，其中 Z 軸格點計分 0 m 至 2 m 處為人員可能所在位置高度。
- (四)廠界年劑量評估，以格點計分的方式來進行評估設施外牆往外 500 m 之一維劑量率分布圖，基於一維劑量率分布之評估結果，以二次多項式擬合曲線之劑量率作為推算。其中，計分範圍為設施往外 500 m，格點尺寸依設施外牆方位而異，東側與西側的格點尺寸為 9,585 cm×500 cm×200 cm 一格，南側與北側的格點尺寸為 5,710 cm×500 cm×200 cm 一格，其中，9,585 cm 為 T 容器陣列的長度，5,710 cm 為 T 容器陣列的寬度。

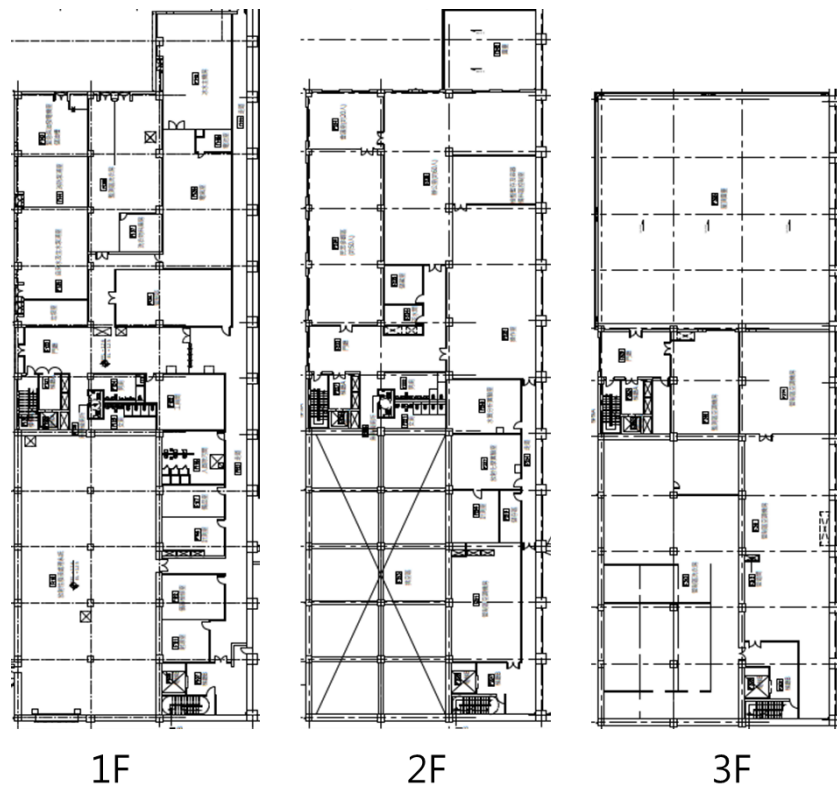


圖 7.2-3 設施內輔助區之特定區域示意圖

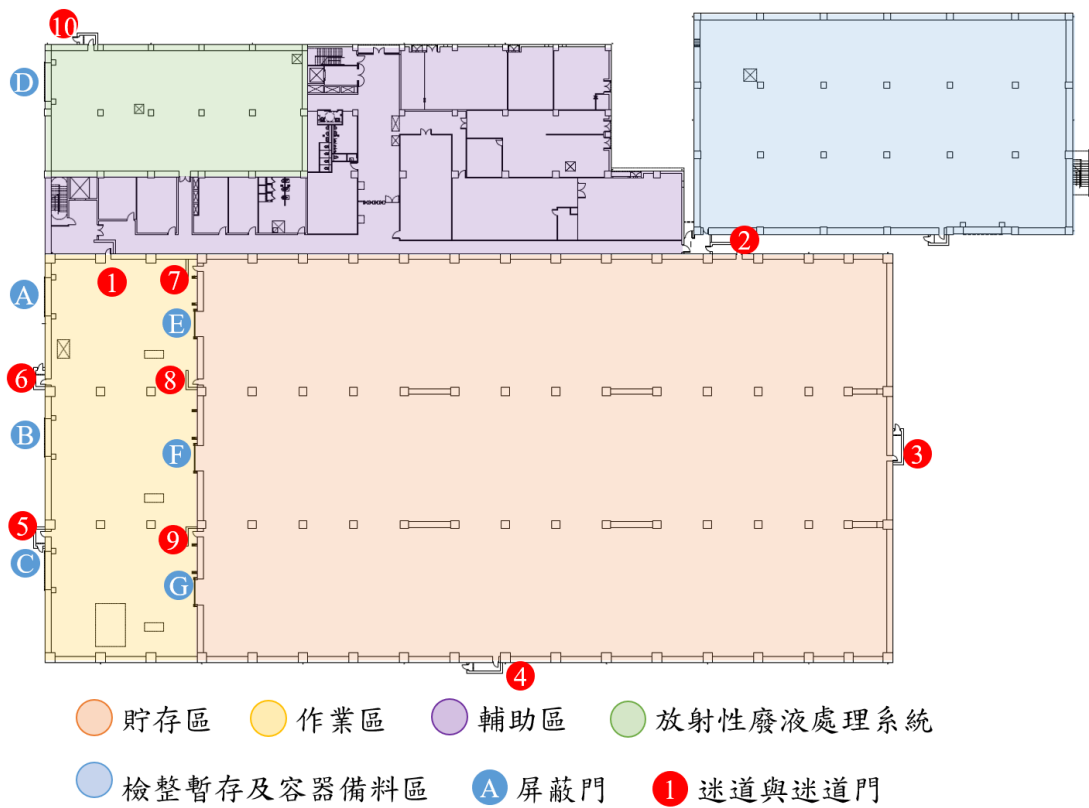


圖 7.2-4 設施迷道(1~10)與出入口(A~G)位置示意圖

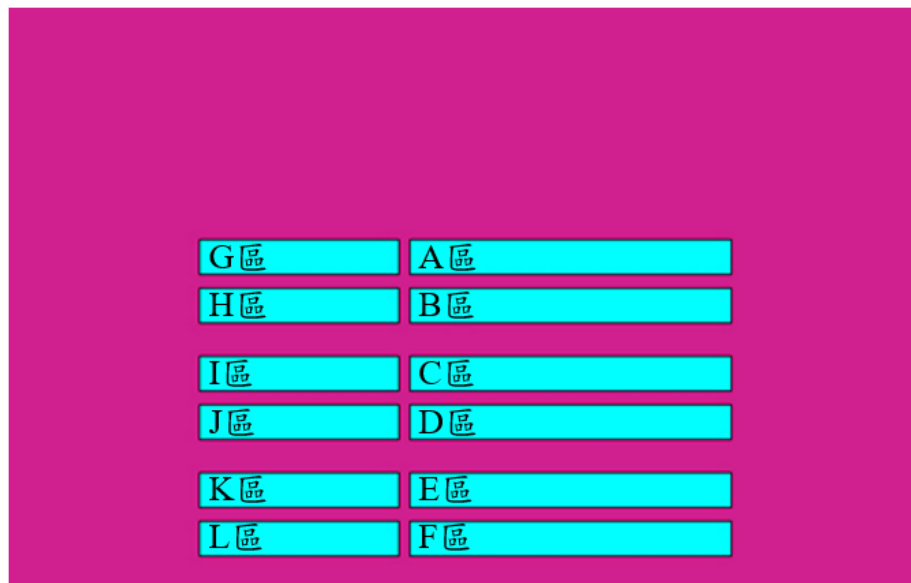


圖 7.2-5 設施之貯存區 T 容器陣列位置天花板上分區

上述之評估模型，程式評估範圍為設施周圍至東、西、南、北等方向 1000 m 處之區域，上方空氣(PNNL-15870 報告 4 號材料^[56])高度為 1000 m，參考 FGR 12^[72]報告，輻射粒子在模擬環境(空氣)中遷移路徑有 6 個 mfp(mean free path)可視為無窮大之模擬環境假設，假設光子能量為 1.25 MeV，mfp 約為 150 m，此處考慮輻射粒子往上空遷移來回各 3 個 mfp，故空氣高度 1000 m 之假設已足夠包含其他散射輻射；評估模型下方考慮設施外土壤(PNNL-15870 報告中 116 材料^[56])厚度為 4.5 m，此處是作為評估輻射粒子經過地面下土壤散射至評估點位置造成劑量貢獻，此為地面散射(Groundshine)，過去經驗地面散射劑量佔比總劑量約小於 1 %^[73]，因此泥土材料的選擇對劑量的影響可忽略，故不需要採用廠址特性材料參數。

七、評估參數：

T 容器陣列模型參數詳表 7.2-3 至表 7.2-7，4 號低貯庫屏蔽設計厚度詳圖 3.2-2 及表 3.2-3，屏蔽材質組成詳表 7.2-2，貯存庫環境材料參數詳表 7.2-8，劑量轉換因子採用 ICRP 74 報告^[57]有效劑量 AP 照射方向(表 7.2-9)。

八、評估結果：

評估結果與設計基準及法規劑量限值比較，說明評估結果之合理性以及設施之安全性或未來運轉之限制。

(一) 4 號低貯庫設施之貯存區與作業區劑量率評估

4 號低貯庫設施之貯存區與作業區內部高度為 23.5 m，天花板 0.5 m，依高度區分為 5 層劑量率分布(0 m~4 m、4 m~8 m、8 m~12 m、12 m~16 m、24 m~25 m)，其中，高度 16 m~23.5 m 未特別計分，起因於該高度所提供的劑量率分布趨勢與 12 m~16 m 一致。圖 7.2-6 呈現 4 號低貯庫設施之貯存區與作業區內部劑量率評估，劑量率標示範圍為 $10^{-1} \sim 10^3$ $\mu\text{Sv/h}$ ，其中，貯存區統計誤差介於 0.05 % 至 1.65 %、作業區統計誤差介於 0.38 % 至 1.87 %。圖中標記 R1 至 R6 為 T 容器的貯放區域，圖中標記 1、7 為屏蔽牆至 T 容器之間的走道，圖中標記 2 至 6 為 T 容器的貯放區域之間的走道，圖中標記 8 為消防逃生通道。在圖 7.2-6(Z=0 m~4 m)中，在貯存區中可以明顯分辨 T 容器貯放區與走道。T 容器貯放區(R1-R6)的劑量率評估結果敘述如下，R5 劑量率最高，尤其是靠近作業區的部分，該處劑量率最大，劑量率約為 2.29×10^7 $\mu\text{Sv/h}$ ，劑量率次高的是 R3 與 R4，劑量率約為 3.03×10^4 $\mu\text{Sv/h}$ ，劑量率最低的是 R1、R2 和 R6，劑量率約為 1.23×10^3 $\mu\text{Sv/h}$ 。貯存區內走道的劑量率評估結果敘述如下，依據走道位置，圖 7.2-6 中走道編號 1 至 7 之平均劑量率分別為 2.27×10^2 $\mu\text{Sv/h}$ 、 4.39×10^2 $\mu\text{Sv/h}$ 、 2.86×10^2 $\mu\text{Sv/h}$ 、 2.69×10^2 $\mu\text{Sv/h}$ 、 2.74×10^2 $\mu\text{Sv/h}$ 、 4.10×10^2 $\mu\text{Sv/h}$ 、 2.27×10^2 $\mu\text{Sv/h}$ ，消防逃生通道(圖 7.2-6 中走道編號 8)之平均劑量率為 2.91×10^2 $\mu\text{Sv/h}$ 。圖 7.2-6 (Z=0-4 m) 作業區平均劑量率為 3.84 $\mu\text{Sv/h}$ ；在圖 7.2-6 中，貯存區劑量率隨高度遞增而遞減，但在作業區卻呈現與之相反趨勢，即劑量率隨高度遞增而遞增，因為貯存區與作業區間的隔間牆高度僅 12 m，超過此高度輻射可經由各種散射作用遷移至作業區。

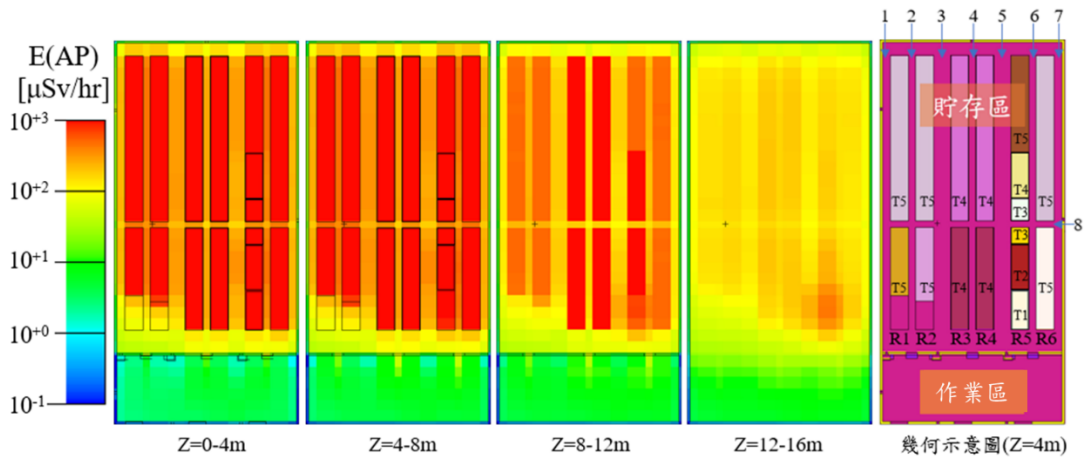


圖 7.2-6 4 號低貯庫設施之貯存區與作業區內部劑量分布

(二)4 號低貯庫設施特定位置劑量率評估

表 7.2-10 至表 7.2-12 分別呈現輔助區內規劃的空間(詳見圖 7.2-3)、出入口與迷道(詳見圖 7.2-4)的劑量率評估結果。各區域的劑量率限值敘述如下：

- 1.貯存區：此區域為廢棄物容器貯存區，為管制區，不設劑量限值。
- 2.作業區：此區域為廢棄物容器作業區，視除役狀況執行廢棄物容器裝卸載作業，為管制區，不設劑量限值。
- 3.貯存區及作業區天花板上方：此區域不定期有工作人員進行檢視及維修作業，劃為監測區，依據「核二廠地區管制劃分標準」，此區域之劑量值須低於 $5.0 \mu\text{Sv/h}$ 。
- 4.輔助區：此區域為工作人員主要活動區域，操作室亦設置於輔助區，故劃分為監測區。依據「核二廠地區管制劃分標準」，劑量值須低於 $5.0 \mu\text{Sv/h}$ 。
- 5.單一貯存設施造成廠外民眾劑量限值為 0.05 mSv/y (廠界安全限值)。假設設施外 100 m 處為廠界，該處劑量率須符合廠界劑量安全限值。

在表 7.2-10 中，比較評估位置劑量率與各區域之劑量率限值，所有評估位置皆小於各區域之劑量率限值。在表 7.2-11 中，

車道屏蔽門位置(圖 7.2-4 中顯示 A、B、C)的劑量率較高的原因是因為屏蔽門厚度較小，屏蔽效果較屏蔽牆略差，迷道門位置(圖 7.2-4 中顯示 3~6)的劑量率較高的原因是迷道設計能有效衰減輻射劑量，惟效果比屏蔽牆較弱。

圖 7.2-7 呈現 4 號低貯庫設施之貯存區與作業區天花板上方劑量率分布評估，表 7.2-12 呈現 4 號低貯庫設施之貯存區屋頂劑量率分布評估。在圖 7.2-7 中，劑量率標示範圍為 0.01-1 $\mu\text{Sv/h}$ ，其中，貯存區統計誤差介於 0.07 %至 1.43 %、作業區統計誤差介於 0.48 %至 2.60 %，圖中劑量率分布皆小於 5 $\mu\text{Sv/h}$ ，其中，4 號低貯庫設施之貯存區與作業區天花板上方劑量率最大的區域位於 T1 容器貯存位置正上方，劑量率為 1.26 $\mu\text{Sv/h}$ 。在表 7.2-12 中，劑量率皆小於 5 $\mu\text{Sv/h}$ 。對照圖 7.2-7 與表 7.2-12，說明兩點：

- 1.G 區、H 區、L 區皆貯放 T5 容器，但是評估結果卻顯示 G 區和 H 區的劑量率小於 L 區，起因於 G 區和 A 區的 T 容器配置尚有空缺，並且 L 區比 G 區和 H 區接近 K 區；
- 2.I 區與 J 區皆貯放 T4 容器，但是評估結果卻顯示 I 區劑量率小於 J 區，起因於 J 區比 I 區更接近 K 區。

表 7.2-10 4 號低貯庫設施特定位置劑量率結果

樓層	位置	劑量率 E(AP) μSv/h	年劑量* E(AP) mSv/y	統計 誤差	備註
1F	射源室	6.85E-05	1.37E-04	8.19%	管制區
1F	儀器檢修室	5.18E-05	1.04E-04	10.81%	管制區
1F	計測室	2.39E-04	4.78E-04	6.86%	管制區
1F	備品室	4.57E-04	9.14E-04	7.28%	管制區
1F	人員除汙間	8.72E-04	1.74E-03	6.04%	管制區
2F	水質分析室	1.52E-03	3.03E-03	4.92%	管制區
2F	儲存區	3.78E-04	7.57E-04	7.77%	管制區
2F	計測室	2.84E-04	5.68E-04	7.59%	管制區
2F	管制區空調機房	4.21E-05	8.41E-05	9.45%	管制區
2F	放射化學實驗室	6.20E-04	1.24E-03	6.05%	管制區
3F	管制區洗衣房	5.98E-06	1.20E-05	5.32%	管制區
3F	管制區空調機房-大	2.10E-04	4.20E-04	9.21%	管制區
3F	管制區空調機房-小	5.24E-04	1.05E-03	9.04%	管制區
3F	監測區空調機房	1.27E-04	2.54E-04	12.52%	監測區
1F	工具間	1.78E-03	3.56E-03	5.14%	監測區
1F	管制站	2.25E-03	4.50E-03	5.08%	監測區
1F	自來水及生水泵浦室	6.69E-04	1.34E-03	7.62%	監測區
1F	消防泵浦室	6.51E-04	1.30E-03	6.81%	監測區
1F	儲油槽	5.55E-04	1.11E-03	15.96%	監測區
1F	緊急柴油發電機室	6.04E-04	1.21E-03	8.02%	監測區
1F	洗衣物料庫房	1.23E-03	2.46E-03	5.96%	監測區
1F	監測區洗衣房	1.18E-03	2.35E-03	4.38%	監測區
1F	電器室	2.60E-03	5.19E-03	3.75%	監測區
1F	電池室	3.50E-03	7.01E-03	6.77%	監測區
1F	冰水主機房	2.56E-03	5.11E-03	4.72%	監測區
2F	操作室	2.69E-03	5.38E-03	3.08%	監測區
2F	倉庫	1.00E-03	2.00E-03	6.51%	監測區
2F	茶水間	8.37E-04	1.67E-03	7.73%	監測區
2F	民眾參觀區	5.56E-04	1.11E-03	4.76%	監測區
2F	會議室	4.51E-04	9.01E-04	8.19%	監測區
2F	辦公室	1.46E-03	2.93E-03	4.28%	監測區
2F	檢整暫存及容器備料 區控制室	3.08E-03	6.16E-03	4.69%	監測區

備註：轉換劑量率到年劑量的轉換因子為 2000 h/y，在此保守假設占用因數為 1。

表 7.2-11 4 號低貯庫設施之迷道(1~10)與出入口(A~G)劑量率結果

位置		劑量率 E(AP) $\mu\text{Sv/h}$	年劑量* E(AP) mSv/y	統計 誤差	備註
設施外↔ 作業區	屏蔽門-左(A)	0.23	1.98	1.08%	廠界安全限值 (註 1)
	屏蔽門-中(B)	0.29	2.54	0.71%	廠界安全限值 (註 1)
	屏蔽門-右(C)	0.34	2.95	0.80%	廠界安全限值 (註 1)
	放射性廢液處理系統-屏蔽門(D)	5.84E-04	5.12E-03	0.10%	廠界安全限值 (註 1)
作業區↔ 貯存區	貯存區-屏蔽門-左(E)	5.72	11.44	0.85%	管制區(註 2)
	貯存區-屏蔽門-中(F)	10.87	21.75	0.08%	管制區(註 2)
	貯存區-屏蔽門-右(G)	10.74	21.48	1.43%	管制區(註 2)
迷道門-1	輔助區↔作業區	9.72E-03	1.94E-02	8.67%	管制區(註 2)
迷道門-2	輔助區↔貯存區(西)	6.16E-02	1.23E-01	2.15%	管制區(註 2)
迷道門-3	設施外↔貯存區(北)	0.03	0.26	1.25%	廠界安全限值 (註 1)
迷道門-4	設施外↔貯存區(東)	0.06	0.50	1.22%	廠界安全限值 (註 1)
迷道門-5	設施外↔作業區(東南)	0.12	1.01	6.59%	廠界安全限值 (註 1)
迷道門-6	設施外↔作業區(西南)	0.01	0.06	9.99%	廠界安全限值 (註 1)
迷道門-7	作業區↔貯存區(西)	0.80	1.61	19.09%	管制區(註 2)
迷道門-8	作業區↔貯存區	0.61	1.23	5.33%	管制區(註 2)
迷道門-9	作業區↔貯存區(東)	0.94	1.88	4.04%	管制區(註 2)
迷道門-10	設施外↔放射性廢液處理系統	3.23E-04	2.83E-03	11.66%	廠界安全限值 (註 1)

備註：管制區的轉換劑量率到年劑量的轉換因子為 2,000 h/y，在此保守假設占用因數為 1；廠界安全限值的轉換劑量率到年劑量的轉換因子為 24 h/d × 365 d/y=8,760 h/y，在此保守假設占用因數為 1。

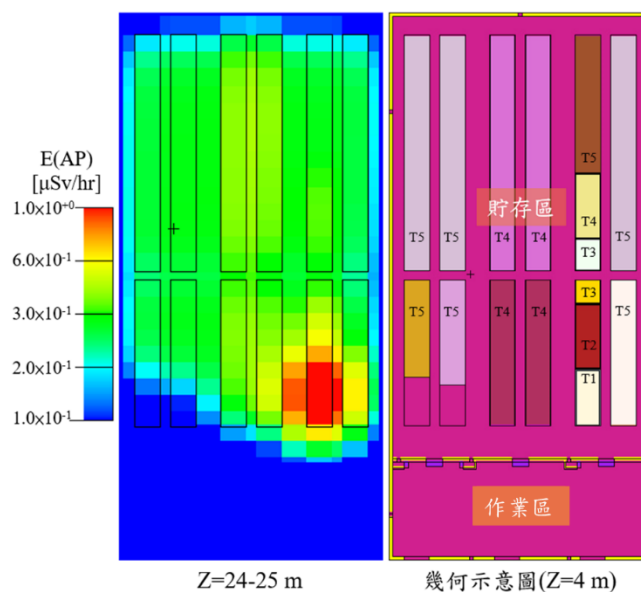


圖 7.2-7 4 號低貯庫設施之貯存區與作業區天花板上方劑量率分布

表 7.2-12 貯存區 T 容器陣列位置上方之屋頂劑量率結果

位置		劑量率 E(AP) $\mu\text{Sv/h}$	年劑量 E(AP) mSv/y	統計 誤差	備註
貯存區天花板	G 區	0.18	1.60	0.14%	監測區
	H 區	0.21	1.86	0.13%	監測區
	I 區	0.34	2.95	0.11%	監測區
	J 區	0.40	3.51	0.10%	監測區
	K 區	0.78	6.81	0.07%	監測區
	L 區	0.40	3.47	0.09%	監測區
	A 區	0.25	2.17	0.10%	監測區
	B 區	0.27	2.41	0.09%	監測區
	C 區	0.37	3.22	0.85%	監測區
	D 區	0.36	3.12	0.08%	監測區
	E 區	0.30	2.62	1.43%	監測區
	F 區	0.24	2.12	0.10%	監測區

備註：轉換劑量率到年劑量的轉換因子為 $24 \text{ h/d} \times 365 \text{ d/y} = 8,760 \text{ h/y}$ ，在此保守假設占用因數為 1。

(三)4 號低貯庫設施外部周遭劑量率評估

圖 7.2-8 以藍、青、紫、綠等 4 種顏色分別顯示 4 號低貯庫設施東側、西側、南側與北側外牆的評估範圍，圖 7.2-9 依據圖 7.2-8 的標示呈現評估範圍的劑量率分布，劑量率標示範圍為 $10^{-5} \mu\text{Sv/h} \sim 10^2 \mu\text{Sv/h}$ ，紅色實線為參考劑量率($5.71 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$)，由 $0.05 \text{ mSv/y} \div 8760 \text{ h/y} \times 1000$ 得之。在圖 7.2-9 中，東側的評估範圍涵蓋作業區(圖中標示 0 m 至 25 m)與貯存區(圖中標示 25 m 至 134 m)，西側的評估範圍涵蓋放射性廢液處理系統(圖中標示 0 m 至 41.5 m)、輔助區(圖中標示 41.5 m 至 89.5 m)、輔助區與檢整暫存及容器備料區之間的廊道(圖中標示 89.5 m 至 102.5 m)、貯存區(圖中標示 105.9 m 至 134 m)，南側的評估範圍涵蓋放射性廢液處理系統(圖中標示 -33 m 至 0 m)與作業區(圖中標示 0 m 至 64.5 m)，北側的評估範圍涵蓋貯存區(圖中標示 0 m 至 64.5 m)。在設施東側外牆的劑量率分布中，貯存區的劑量率比作業區高約 4 倍，在 67 m 至 72.4 m 處因迷道系統(編號 4)造成劑量率

呈現波峰趨勢；在設施西側外牆的劑量率分布中，5 m 至 8.4 m 處因迷道系統(編號 10)造成劑量率呈現波谷趨勢，起因於迷道系統的屋頂衰減來自上方輻射，在 105.5 m 至 110.9 m 處因迷道系統(編號 2)造成劑量率呈現波峰趨勢；在設施南側外牆的劑量率分布中，在 5 m、30 m、50 m 附近觀察到 3 個波峰，起因於設施外出入作業區的 3 個車道屏蔽門(圖 7.2-8 中編號 A、B、C)，在 20 m、45 m 附近觀察到 2 個波峰，起因於設施外出入作業區的迷道系統(編號 8)、迷道系統(編號 9)(圖 7.2-8 中編號 5、6)；在設施北側外牆的劑量率分布中，觀察到 6 個波峰，除了中間的波峰是因為迷道系統(編號 3)造成之外，其餘 5 個波峰是因為貯放 T 容器的區塊造成。

圖 7.2-10 為計分 4 號低貯庫設施周遭劑量率分布圖(470 m x 470 m)，劑量率標示範圍為 10^{-3} mSv/y~50 mSv/y，劑量率低於 10^{-3} mSv/y 以藍色顯示，劑量率大於 50 mSv/y 以紅色顯示。

設施內部：貯存區與作業區呈現紅色，表示劑量率皆大於 50 mSv/y；輔助區劑量率介於 10^{-3} mSv/y 至 3.80×10^{-2} mSv/y，越靠近貯存區劑量率越高；放射性廢液處理系統與檢整暫存及容器備料區的大部分區域呈現藍色，表示劑量率皆小於 10^{-3} mSv/y，檢整暫存及容器備料區的少部分區域呈現淺藍色，表示劑量率在 1.45×10^{-2} mSv/y 附近，該處劑量率大於其他位置的原因為這裏有一扇門，且該門位於迷道系統(編號 2)附近。設施外部：東側劑量率大於西側劑量率，起因於貯存區位於設施的東側，而貯存區的西側為輔助區、放射性廢液處理系統與檢整暫存及容器備料區，且設施西側仍有樓板以及放射性廢液處理系統與檢整暫存及容器備料區的 90 cm 屏蔽牆作為額外屏蔽；南側劑量率大於北側劑量率，主要原因是位於設施南側的貯存區放置活度較高的 T1 容器與 T2 容器以及通往作業區的三扇屏蔽門與作業區通往設施外的車道屏蔽門的設計僅能衰減部份來自貯存區的輻射。

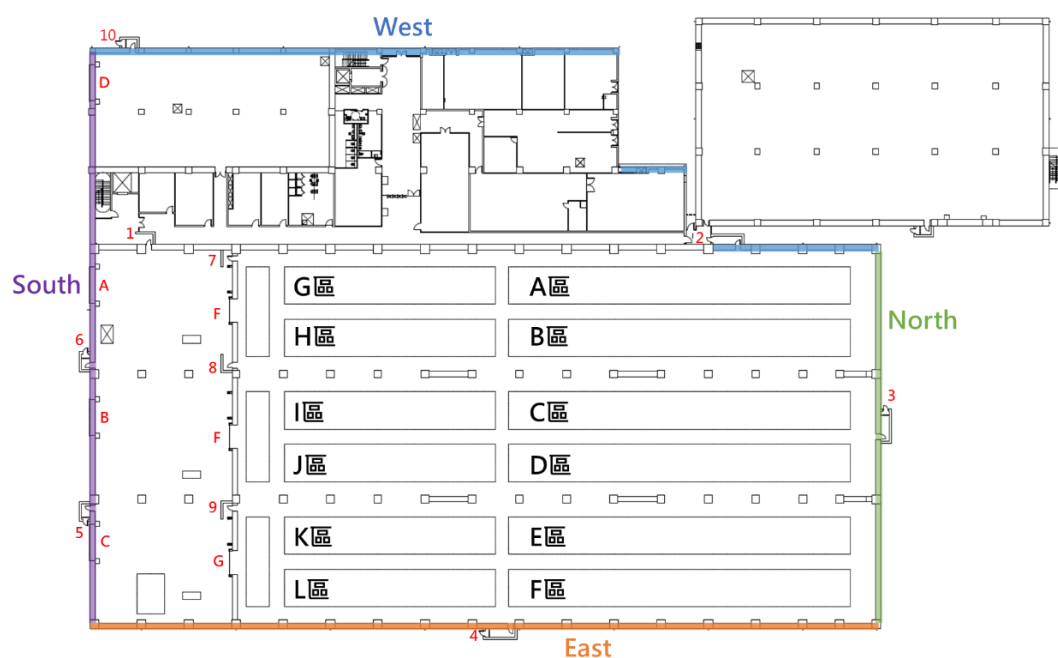


圖 7.2-8 設施東側、西側、南側與北側外牆的評估範圍

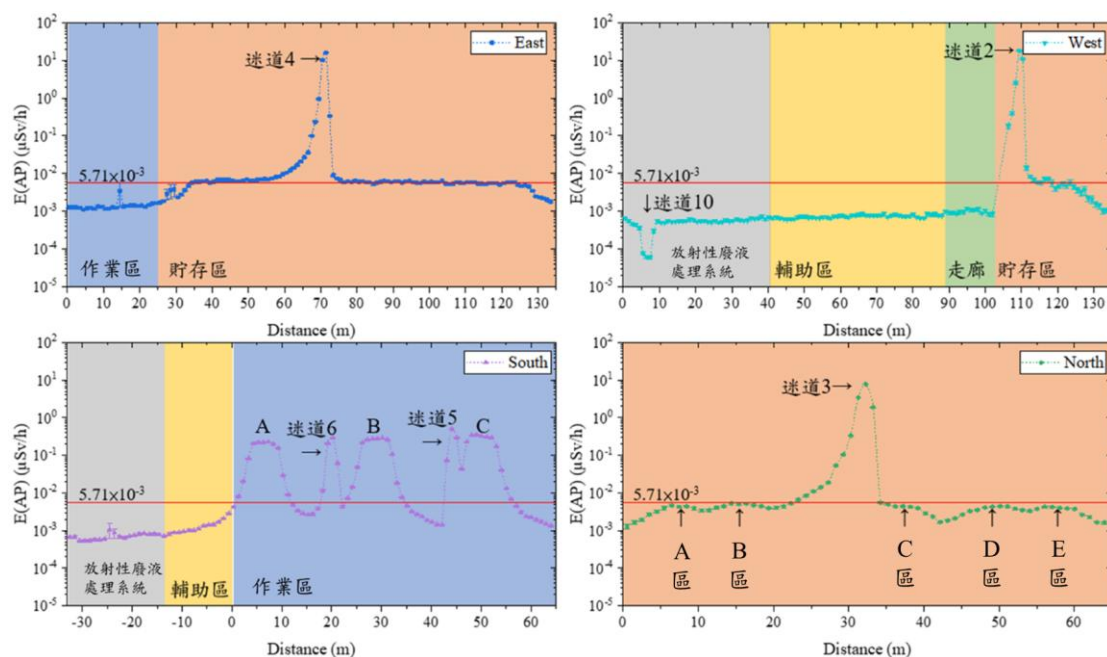


圖 7.2-9 設施東側、西側、南側與北側外牆的評估範圍

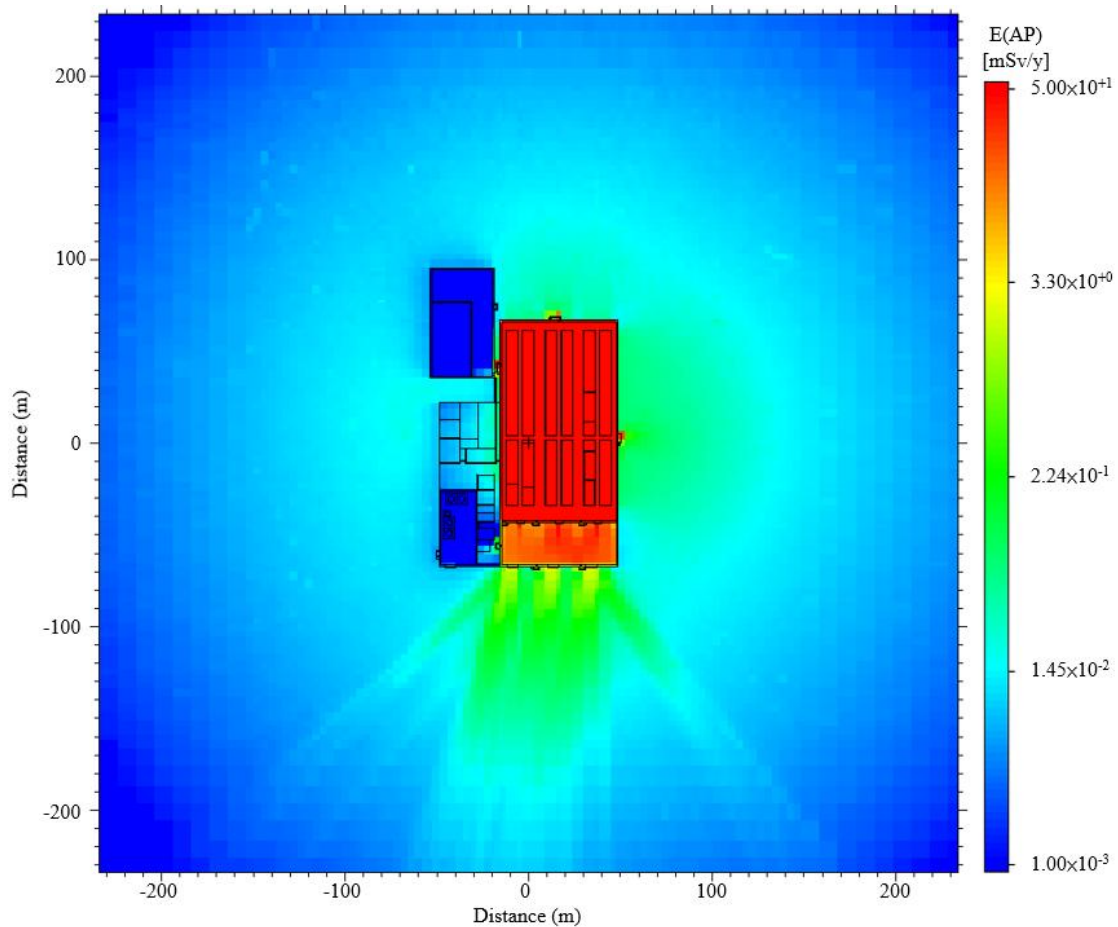


圖 7.2-10 設施周遭劑量率分布圖(470 m×470 m)

(四)廠界年劑量評估

圖 7.2-11 顯示以 T 容器為源項之 4 號低貯庫周遭劑量率分布隨距離變化(至距離設施 500 m 處)，圖上紅色實線為參考劑量率(0.05 mSv/y)。在圖 7.2-11 中，僅設施西側在出建物外劑量率分布小於 0.05 mSv/y，在設施東、南、北側在出建物外劑量率分布大於 0.05 mSv/y。觀察設施外四個方位的劑量率分佈，設施外牆劑量率以南側為最大值，東側次之，北側第三，西側最低。其中，設施東側、設施南側與設施北側劑量率隨距離增加而下降，當距離設施表面來到 10 公尺後，設施東側與設施北側的劑量率分布將小於 0.05 mSv/y，當距離設施表面來到 65 公尺後，設施南側的劑量率分布將小於 0.05 mSv/y；設施西側的劑量率分布則

與其他方向不同，其最大值並非位於設施建物外牆，而是會位於距設施某個距離，以圖 7.2-11 呈現結果約距設施 20 m 處劑量率為最大值，在此距離之後，劑量率隨距離增加而逐步降低。

關於廠界年劑量的評估，本設施包含 T 容器射源與廢液射源兩種，以下分別敘述考慮兩射源之廠界年劑量。

在 T 容器射源的部分，本安全報告依據圖 7.2-11 之一維劑量率分布，採用二次多項式擬合，進行廢棄物容器貯存期間之廠界年劑量評估，在此以一年 8,760 小時計算年劑量，並保守假設占用因素為 1，二次多項式擬合參數列於表 7.2-13，公式如下：

$$\log D = Intercept + B1 \times \log X + B2 \times (\log X)^2$$

根據 7.2.1 節之廠界位置描述，距離設施東邊、西邊、南邊和北邊的最近廠界距離分別為 1,234 m、1,338 m、787 m、120 m，經以二次多項式擬合計算上述距離之年輻射劑量，評估結果依序為 3.39×10^{-7} mSv、 2.29×10^{-8} mSv、 2.23×10^{-5} mSv、 6.32×10^{-3} mSv；又考量北邊的兩個關鍵位置，即北展館與頂寮，這兩個位置分別位於設施的西北邊，與設施的距離分別是 712 m 與 1058 m，由於北側的一維劑量率分布高於西側，因此採用北側的一維劑量率所擬合之參數進行保守的年劑量評估。北展館與頂寮的年劑量評估結果依序為 5.60×10^{-6} mSv、 2.91×10^{-7} mSv。

在放射性廢液處理系統內廢液射源的部分，為保守評估廠界的年劑量率，本安全報告引用附件 4 放射性廢液處理系統安全分析資料之廢液源項在廠界(距離設施北邊 120m)的輻射劑量率(2.01×10^{-11} mSv/h)作為距離設施四周最近廠界的四個方位以及北邊的兩個關鍵位置的代表，以一年 8,760 小時計算年劑量，並保守假設占用因素為 1，則廠界年劑量為 1.76×10^{-7} mSv。

本安全報告考慮 T 容器源項與廢液源項，廠界年劑量的評估結果顯示，距離設施四周最近廠界的四個方位之年劑量(東：

6.24×10^{-07} mSv、西： 2.02×10^{-07} mSv、南： 2.57×10^{-05} mSv、北： 6.27×10^{-03} mSv)與關鍵位置的年劑量(北展館： 6.19×10^{-06} mSv、頂寮： 5.27×10^{-07} mSv)均符合廠界年劑量設計限值 5×10^{-02} mSv。

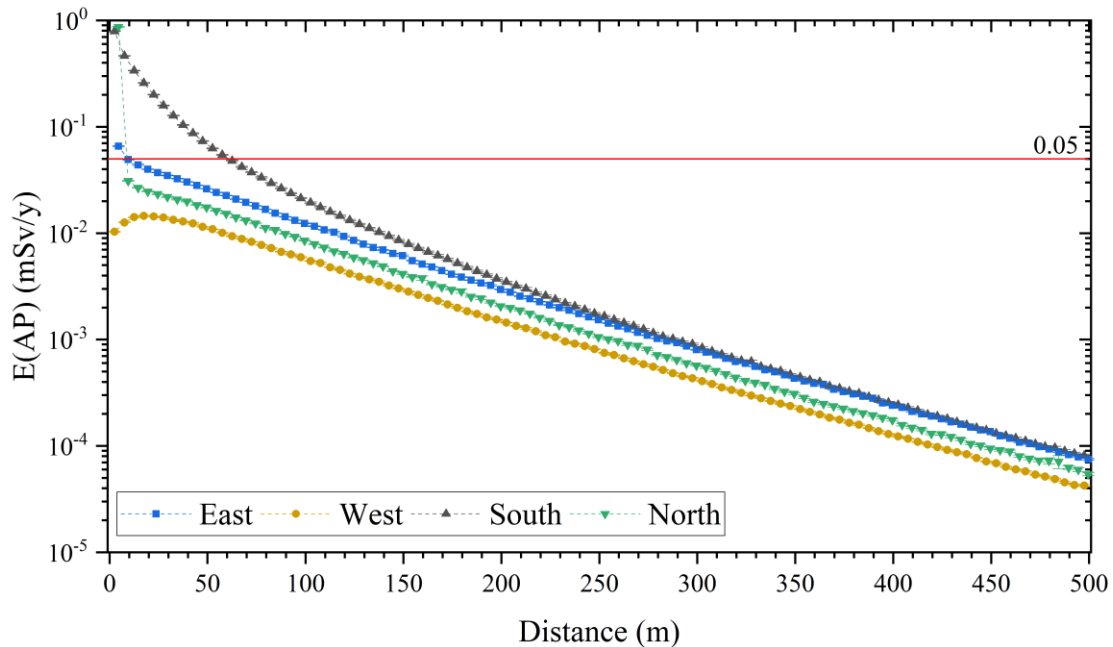


圖 7.2-11 設施周遭劑量率分布隨距離變化(至距離設施 500 m 處)

表 7.2-13 設施四個方位之二次多項式擬合參數

方位	Intercept	B1	B2	R-Square	Adj. R-Square
東	-1.25566	-0.00679	2.08E-06	0.99987	0.99987
西	-1.65705	-0.00609	1.21E-06	0.99981	0.99980
南	-0.76680	-0.00939	5.66E-06	0.99930	0.99928
北	-1.44846	-0.00644	1.54E-06	0.99964	0.99963

(五)異常情節設施外部周遭劑量率評估

關於 4 號低貯庫設施之異常情節的劑量評估，本報告假設異常情節如下，設施中的迷道門(圖 7.2-4 中編號 1 至 10)、進出設施的車道屏蔽門(圖 7.2-4 中標示 A、B、C)與作業區至貯存區的屏蔽門(圖 7.2-4 中標示 E、F、G)均為開啟狀態。

當異常情節發生時，受到影響的區域包含 1 樓的射源室以及迷道系統(編號 5 至編號 9)，為評估工作人員在異常情節發生期間進行障礙排除時所受之輻射劑量率，本報告使用 MCNP 進行該情節輻射劑量計算，以提供設施內與設施外感興趣位置之輻射劑量率，計算結果如表 7.2-14 所示，表中同時顯示一般情節的輻射劑量率。在表中，當異常情節發生時，位於 1 樓迷道系統(編號 1)附近的射源室的劑量率會比一般情節高約 1.9 倍，起因於作業區至貯存區的屏蔽門失效所致。當作業區至貯存區的屏蔽門失效時，表中顯示 E、F、G 位置的輻射劑量率會比一般情況高約 4 倍，且作業區的平均輻射劑量率會上升至 7.29 $\mu\text{Sv/h}$ 。當作業區至貯存區的屏蔽門與車道屏蔽門同時失效時，表中顯示 A、B、C 位置的輻射劑量率會比一般情況高約 11 倍。

表 7.2-14 異常情節下設施內與設施外感興趣位置之輻射劑量評估

結果

位置		一般情節		異常情節		備註
		E(AP) [$\mu\text{Sv/h}$]	統計 誤差	E(AP) [$\mu\text{Sv/h}$]	統計 誤差	
設施內	1F-射源室	6.85E-5	8.19%	1.54E-4	6.51%	管制區
設施外進出 作業區	車道屏蔽門-左(A)	0.23	1.08%	2.52	0.60%	
	車道屏蔽門-中(B)	0.29	0.71%	3.02	0.30%	
	車道屏蔽門-右(C)	0.34	0.80%	3.48	0.31%	
作業區進出 貯存區	貯存區-屏蔽門-左(E)	5.72	0.85%	23.59	0.31%	管制區
	貯存區-屏蔽門-中(F)	10.87	0.08%	47.76	0.16%	管制區
	貯存區-屏蔽門-右(G)	10.74	1.43%	45.24	0.20%	管制區
設施外進出 作業區	迷道門-5	0.12	6.59%	0.86	1.68%	
	迷道門-6	0.01	9.99%	0.02	4.07%	
作業區進出 貯存區	迷道門-7	0.80	19.09%	0.93	1.81%	管制區
	迷道門-8	0.61	5.33%	0.74	1.79%	管制區
	迷道門-9	0.94	4.04%	1.07	1.74%	管制區

7.2.3 廢棄物運送作業對工作人員及設施外民眾之直接輻射曝露評估

廢棄物運送作業之直接輻射同樣以 MCNP 進行劑量評估，以計算單一 T 容器側邊(長邊)之表面(1 cm)、0.3 m、5 m、10 m 與 20 m 處之劑量率，評估模型示意如圖 7.2-12。

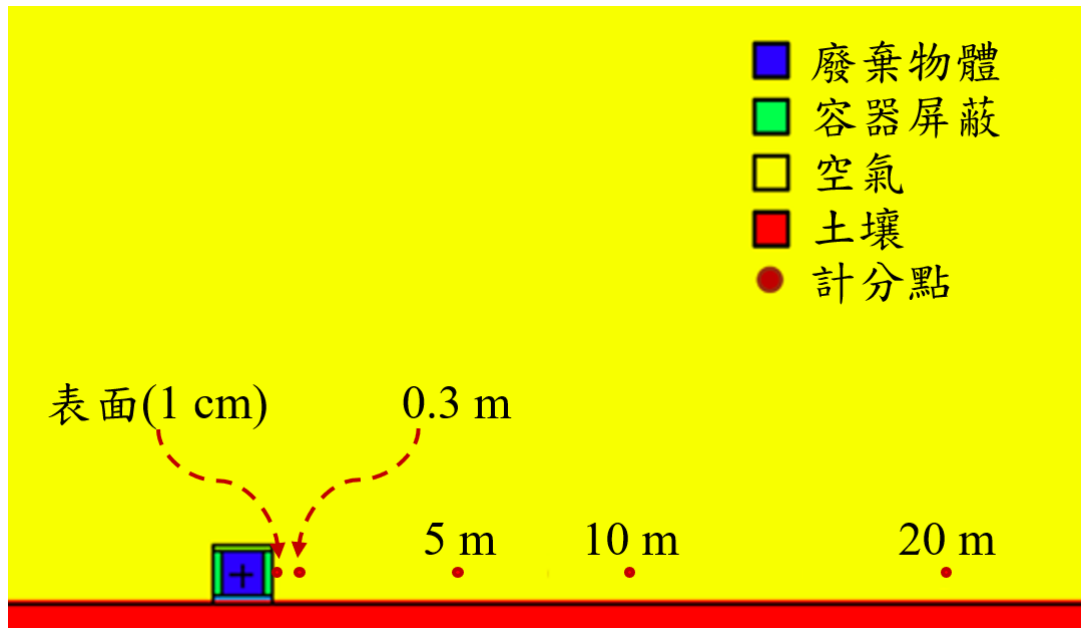


圖 7.2-12 T 容器箱體遠處劑量率評估模型

T 容器側邊(長邊)特定距離之評估結果如表 7.2-15，MCNP 計分統計誤差皆小於 1%。由評估結果得知，以 T2 容器之劑量率影響最大，以下進行廢棄物運送作業之直接輻射評估時，皆以 T2 容器為代表，藉以涵蓋各型容器之情境。T 容器劑量評估詳細內容請參照附件 3-3。

表 7.2-15 T 容器側邊特定距離之劑量率

單位：mSv/h					
距離 (m)	T1	T2	T3	T4	T5
0.01(表面)	2.68×10^{-1}	3.96×10^{-1}	2.10×10^{-1}	1.96×10^{-1}	2.45×10^{-1}
0.3	2.35×10^{-1}	3.55×10^{-1}	1.91×10^{-1}	1.79×10^{-1}	2.19×10^{-1}
1	1.39×10^{-1}	2.15×10^{-1}	1.21×10^{-1}	1.13×10^{-1}	1.12×10^{-1}
5	1.44×10^{-2}	2.24×10^{-2}	1.29×10^{-2}	1.18×10^{-2}	1.00×10^{-2}
10	3.96×10^{-3}	6.08×10^{-3}	3.48×10^{-3}	3.15×10^{-3}	2.61×10^{-3}

距離 (m)	T1	T2	T3	T4	T5
20	9.71×10^{-4}	1.48×10^{-3}	8.43×10^{-4}	7.62×10^{-4}	6.29×10^{-4}
121		2.57×10^{-5}			

備註：T2 的 121 m 為外插之結果，由於該距離遠大於廢棄物容器尺寸，此距離之劑量率不受廢棄物容器形狀影響，理想情況下其劑量率依照距離呈指數衰減，T5 代表 T5D 未灌漿版本。

一、工作人員直接輻射曝露評估結果

廠內運送作業，假設具有駕駛員 1 名與押運人員 1 名，運送路徑最長約為 619 m，車輛時速以 20 km/hr 計，單趟運送作業時間為 0.031 小時，工作人員劑量分析如表 7.2-16，單次廠內運送造成的工作人員曝露劑量為 8.08×10^{-4} man-mSv。依設計容量 4,002 個 T 容器計算，參考除役計畫，整體拆除作業期程以 12 年計算，平均每年運送約 334 趟，預計駕駛的預期平均年有效劑量為 2.07×10^{-1} mSv，押運人員的預期平均年有效劑量為 6.30×10^{-2} mSv，整體工作人員每年運送之集體有效劑量是 2.70×10^{-1} man-mSv。

表 7.2-16 廠內運送單次作業劑量評估

作業內容	作業人員	作業人數 (人)	作業時間 (hour)	與容器距離(m)	劑量率 (mSv/h)	劑量 (man-mSv)
廠內運送	駕駛	1	0.031	-	2.00×10^{-2}	6.20×10^{-4}
	押運人員	1	0.031	10	6.08×10^{-3}	1.88×10^{-4}

備註：駕駛以「放射性物質安全運送規則」^[3]第 71 條之車輛座位劑量率限值 0.02 mSv/h 作為評估。

二、設施外民眾直接輻射曝露評估結果

依廠內運送路徑規劃，運送路徑最長約為 619 m，運送期間最近廠界位置為北側玉田路，距離約 121 m，以此距離作為運送作業對民眾劑量之最大劑量保守性評估。由於距離 121 m 遠大於廢棄物容器尺寸，此距離之劑量率不受廢棄物容器形狀影響，理想情況下其劑量率依照距離呈指數衰減，

依表 7.2-15 劑量分析結果，121 m 處 T 容器之最大劑量約為 2.57×10^{-5} mSv/h，單趟運送作業時間為 0.031 小時。依設計容量

4,002 個 T 容器計算，參考除役計畫，整體拆除作業期程以 12 年計算，故每年運送約 334 趟，運送作業對廠界民眾造成的年劑量為 2.66×10^{-4} mSv，符合「游離輻射防護安全標準」^[35]第 12 條，輻射作業對廠界外關鍵群體一年內之有效劑量不得超過 1 mSv/y 之規定。

7.2.4 廢液、廢氣處理系統排放對設施外民眾之輻射劑量評估

4 號低貯庫放射性廢液來源包含 2 號低貯庫、3 號低貯庫、4 號低貯庫、減容中心、洗衣房、二期乾式貯存設施及再取出單元等廢液，以管線或槽車送至放射性廢液處理系統，經處理後需符合「核能電廠環境輻射劑量設計規範」^[139]之規定，放射性廢水排放造成廠界外非限制區域中任一民眾有效劑量不超過 0.06 mSv/y，及造成廠界外環境中之水所含放射性物質濃度，亦不得超過核安會公布之「游離輻射防護安全標準」^[35]第 13 條第 2 項有關水中之放射性核種年平均濃度不超過附表四之二之規定後始得排放。外部水源主要為雨水，4 號低貯庫之基地排水設計可確保雨水順利排除不會淤積，且設施結構體亦納入防水設計，故外部水源與廢棄物無接觸之虞。

管制區空調系統將控制管制區處於自然進氣、採用排風機進行動力排氣狀態，管制區空調通風系統設置 1 套緊急用排風機過濾組，每套排風機過濾組均包含初級過濾網及高效率過濾網(HEPA)，以利將管制區的空氣過濾乾淨後再排放至管制區之外。提供管制區內排放空氣的出口段風管內，設置有 1 套流程輻射偵測設備(PRM)，監測管制區內空氣輻射污染狀態，當流程輻射偵測設備(PRM)偵測到排放至戶外的氣體含有之輻射物質超過標準時，排風扇將停止運轉並關閉風門，供氣空調箱執行內循環。

綜上所述，4 號低貯庫產生之放射性廢液與氣體對貯存設施外民眾無安全上之顧慮。

7.2.5 放射性核種滲入地層對設施外民眾之輻射劑量評估

計畫場址現地高程約 EL.+12.0 m，地表下為覆蓋層，填築回填材料以礫石及砂土為主，偶有混凝土塊，厚度 0.3 m 至 5 m 不等。在往下為沖積層以砂為主，疏鬆無膠結，偶夾泥層，可見水平堆積紋理，側向延展尚佳，無構造擾動跡象，分布深度介於 4 m ~ 11m，其下則為岩層伏於覆蓋層之下，地下深度 40 m 以內之岩性由上而下包括頁岩與砂岩頁岩互層。

此外，根據觀測之地下水位記錄，計畫場址地下水位位於地表下 2.113 m ~ 5.916 m。對於 4 號低貯庫貯存區基礎底面而言，其高程高於觀測之地下水位高程，貯存區基礎不會接觸地下水。

考量場址環境、4 號低貯庫的設計、T 容器的設計，以及 T 容器盛裝的廢棄物特性等因素，放射性核種若要滲入地層，需經下列數個步驟：

一、容器破損後廢棄物與水接觸且核種溶解於水中

廢棄物均先盛裝於 T 容器內再貯存於 4 號低貯庫的貯存區，由於 T 容器為厚度 15 mm~200 mm 的金屬製容器，具有一定程度耐腐蝕效能，輔以利用空調系統將貯存區的溫度控制在 30 °C 以下，相對濕度控制於 65% 以下，防止 T 容器因銹蝕而破損。此外，4 號低貯庫規劃有良好的防水設計，外部的自然水源難以進入到 4 號低貯庫內，且貯存區、作業區、放射性廢液處理系統、洗衣房地面，以及放射性廢液處理系統收集槽、管制區洗衣房及放射性廢液集水坑，皆塗有防污染塗裝或設計使用不鏽鋼桶槽利於未來除污。故要發生 T 容器破損造成其內廢棄物與水接觸，而廢棄物中的核種溶解於水中再釋出到容器外的可能性微乎其微。

二、核種穿越過低貯庫之底部基礎結構流至土壤中

4 號低貯庫的底部基礎由上而下包括 1.7 m 厚的鋼筋混凝土基礎板，溶解於水中的核種穿越過低貯庫底部基礎結構，再流至地層中之可能性極低。

三、核種在地層中隨地下水流動遷移

4 號低貯庫所在區域地下水流可分為往濱海側流動，流向以西北方向為主。核種若自 4 號低貯庫的底部基礎釋出後，將隨著地層中的地下水流入海洋。

四、核種在地層中的擴散遷移

核種除了隨著地層中的地下水流動遷移外，亦可因濃度差異所導致之擴散作用而移動。然而核種在地層中之擴散遷移效果遠不如地下水遷移來得顯著，所以核種在地層中的擴散遷移將不列入考慮。

五、核種在溪水或海洋中釋出與稀釋

核種在地層中隨著地下水遷移流入海洋，都將因海洋水域廣大而使核種濃度稀釋。

六、核種在食物鏈中的生物累積

海水中的核種濃度已被稀釋，若被海洋生物吸收雖有累積的可能，但其累積的核種濃度仍遠低於地下水中的核種濃度。此外，根據多年來的核二廠周圍海洋環境偵測結果，其監測結果均符合核安會之環境調查基準，故一般民眾食用的魚、貝類無安全顧慮。

七、飲用地下水所造成之體內劑量

核種自低貯庫基礎底面釋出後，藉由地下水傳輸的路徑主要在廠界內，不至傳輸到其他地區造成環境污染，故無對 4 號低貯庫廠界外居民造成輻射影響之虞。

7.3 系統、設備或組件之安全評估

4 號低貯庫與廢棄物容器吊運直接相關之系統、設備或組件為 60 噸固定式吊車及 T 容器電動吊具。與設施消防安全相關之系統、設備或組件為消防安全設施。安全評估如下：

一、與廢棄物容器吊運直接相關之系統、設備或組件

(一)60 噸固定式吊車(主吊及副吊)

- 1.固定式吊車設計及製造必須符合 3.3.1 節所列之法規及標準設計，故吊車之結構安全及穩定性符合作業安全要求。
- 2.依據主管機關及運轉程序書規定定期檢修固定式吊車。
- 3.設置吊車維護管理系統，內含大數據資料蒐集系統及預防保養系統，用以蒐集吊車每次之運行數據和每次預防保養及故障檢修之紀錄。

(二)T 容器電動吊具設計

- 1.吊具設計依據 T 容器之運轉程序書規定辦理，其吊具設計符合 DIN EN 3155 規定^[48]，故其結構安全及穩定性符合作業安全要求。
- 2.吊鉤雙邊皆設置壓片，可避免吊鉤與吊具脫鉤；T 容器電動吊具固定栓亦設有插鞘固定以防止脫落；吊具設置機械式防脫落裝置，使廢棄物容器無法於搬運過程中脫落。
- 3.廢棄物容器偏移原貯存位置時，可依照廢棄物容器入庫作業流程中，人工遠端操作將廢棄物容器下放至正確貯位。
- 4.依據主管機關及運轉程序書規定定期檢修吊具。

二、與消防安全直接相關之系統、設備或組件

4 號低貯庫內之消防設施包含室內外消防栓、消防水箱、手持式乾粉滅火器及二氧化碳滅火器、火警受信總機、火警偵測系統、緊急廣播、緊急照明，前述各項消防安全設施依據「各類場所消防安全設備設置標準」^[34]設計及配置，符合國內消防安全法規要求。本案之消防水，由核二廠之生水分支而來，經評估取水量少，並不

會對原有之消防系統造成影響。未來於運轉期間，將依照主管機關要求及運轉程序書規定，定期檢查維護管理，以符合消防安全規定。

三、公用設施相關之系統、設備或組件

(一)放射性廢液收集槽及集水坑

1.收集放射性廢液之收集槽、集水坑及排水管，設計應符合美國與 ANSI/ANS 55.6^[140]第 5.2.1 節與第 5.2.2 節之相關規定，故其符合作業安全要求。

2.依據主管機關及運轉程序書規定定期維護管理。

(二)通風空調系統

1.通風空調系統設計必須符合 3.5.7 節所列之法規及標準設計，故其功能性及穩定性符合作業安全要求。

2.依據主管機關及運轉程序書規定定期維護管理。

(三)照明設備

1.照明設備設計必須符合 3.3.4 節所列之法規及標準設計，故其功能性及穩定性符合作業安全要求。

2.依據運轉程序書規定定期維護管理。

綜上所述，4 號低貯庫之貯存系統、消防系統及公用設施之設計皆依據法規安全要求執行，並將於運轉程序書規定預防保養要求，故無安全上之顧慮。

7.4 意外事件之安全評估

本節主要論述 4 號低貯庫意外事件之安全評估，放射性廢液處理系統意外事件詳附件 4。

7.4.1 意外事件分析

意外事件可概分為人為事件、火災事件和天然災害事件。人為事件大都與廢棄物容器直接相關，包括運貯過程中的車輛事故、操作錯誤或設備失效導致的廢棄物容器傾倒或墜落。火災事件是在運貯作業過程中因廢棄物周圍的可燃物或易燃物引起的火災高溫，影響廢棄物容器或貯存庫的功能或完整性。天然災害事件則包括地震、海嘯、坡地災害及洪水事件等，除了可能影響貯存設施的功能外，亦可能影響廢棄物的運貯作業的進行，導致廢棄物容器發生傾倒或墜落。各類意外事件分別說明如下：

一、人為事件

(一)運送車輛事故

自廠內一號機和二號機廠房將廢棄物容器運送至 4 號低貯庫的過程，均在廠內的監視範圍內進行，民眾難以逾越廠界並影響廢棄物容器運送，各種狀況易於控制，故車輛發生意外之機會極為微小。參考美國 48 州之貨車意外發生機率每車每 km $0.2 \times 10^{-6} \sim 0.28 \times 10^{-6}$ 進行推估，若以每趟運輸距離約為 1.5 km 估計，每次運送廢棄物容器的事故發生機率約為 0.36×10^{-6} 。考量道路狀況皆有良好的定期檢修與維護、車行速度僅有 20 km/hr、運輸過程有交通管制等條件，車輛受到撞擊或翻覆等事故的發生機率將比上述推估值更低。此外，廢棄物容器放置在車輛上時會以固定架固定，亦不會發生運送途中廢棄物容器傾倒之事件。綜合上述考量，運輸車輛在運送途中是以運輸車輛拖車頭碰撞損毀，需更換拖車頭為較可能發生之意外事件，後續將針對此類意外事件進行劑量影響評估。

(二)運貯設備失效或操作錯誤導致廢棄物容器吊運時墜落

運貯設備失效或操作錯誤事故可能導致廢棄物容器墜落或停滯空中。4 號低貯庫內之運貯設備為 60 噸固定式吊車，依據第五章之運轉說明，廢棄物容器之吊運高度說明如下：

- 1.卸載作業：廢棄物容器由運輸車輛吊至廢棄物容器檢查位置，最大離地高度約 2.55 m。
- 2.貯存作業：廢棄物容器移動至指定貯位旁之通道，廢棄物容器將向上吊升至 7.5 m 後，再水平移動至貯位正上方。
 - (1)廢棄物容器進入貯存區後，於吊運通道上保持離地 30 cm。
 - (2)廢棄物容器移動至指定貯位旁之通道，廢棄物容器將向上吊升至 7.5 m 後，再水平移動至貯位正上方。

依據 T 容器盛裝容器執照，T 容器經自由墜落後仍能防止放射性包容物失落或逸散的墜落高度為 30 cm，若廢棄物容器自 2.55 m 或 7.5 m 處墜落，有可能因墜落而影響其功能。考量到此類意外事故，4 號低貯庫之吊卸設備具有預防異常狀況或意外事故之設計，以及對應之運轉程序，可防止吊卸設備失效或人為操作失誤導致容器墜落，說明如下：

- 1.吊車設計過捲揚預防裝置，防止因鋼索過度捲揚而斷裂，導致廢棄物容器於吊運時墜落。
- 2.吊車吊鉤設計舌片，防止 T 容器吊具與吊車吊鉤脫鉤，導致廢棄物容器於吊運時墜落。
- 3.T 容器電動吊具設有插銷裝置，防止吊具自吊車吊鉤脫落。
- 4.T 容器電動吊具內裝置機械式扭鎖器防脫落裝置，吊具僅在廢棄物容器位於平坦地面或物體上時，才能鬆脫機械式扭鎖器防脫落裝置。
- 5.執行作業前進行人員模擬操作訓練。

4 號低貯庫可藉由上述多重防護設備、系統或管控措施，避免發生運貯設備失效或操作錯誤導致廢棄物容器墜落。故以運貯設備失效或操作錯誤導致廢棄物容器停滯空中為較可能發生之情況，後續將針對此類意外事件進行劑量影響評估。

- 6.極端情形下之意外事件分析

雖以上述各項多重預防機制實不可能發生吊運作業墜落事件。如 T 容器在堆疊吊升過程中發生墜落，預期可能有下列二種情形：

- (1) 容器無損壞，先停止工作拉起管制範圍，查明掉落肇因為何，改善後再執行吊運，預估人員在容器包封完整下，預估作業時間及劑量如下 7.4.2 節所述。
- (2) 容器發現損壞，先停止工作拉起管制範圍，查明掉落肇因為何，另預估作業方式及劑量如下 7.4.2 節所述。

以上二種情況即使發生，因為墜落事件並不會影響貯庫建築物圍阻功能，故在貯庫包封完整的情況下，對外界民眾不會產生任何劑量影響。

二、火災事件

4 號低貯庫為鋼筋混凝土結構物，內部建材規劃採用防火材料，而其內存放的廢棄物和盛裝容器皆為金屬材料，非屬易燃物質，不會引起火災。但考量運送車輛是以柴油作為動力來源，因柴油屬於易燃物品，故假設在 4 號低貯庫生命週期內，可能發生一次運送車輛的柴油起火燃燒造成的火災事件。由於 4 號低貯庫內有完善的消防系統，火災將可在短時間內被撲滅，後續將針對此類意外事件進行劑量影響評估。

三、天然災害事件

(一)地震

地震事件對 4 號低貯庫的影響，可概分為設施結構、廢棄物容器吊運作業，及廢棄物容器貯存，分析如下：

1.設施結構

4 號低貯庫耐震設計符合內政部「建築物耐震設計規範及解說」^[23]規定進行設計。

2.廢棄物容器吊運作業

廢棄物容器是以固定式吊車進行吊運作業，為防止吊運作業受到地震影響，吊車設計有機械式防脫軌裝置，防止地震時吊車脫軌。此外，T 容器電動吊具內裝置機械式扭鎖器防脫落裝置，吊具僅在廢棄物容器位於平坦地面或物體上時，才能解鎖機械式扭鎖器防脫落裝置。故在上述多重防護設備的作用下，廢棄物容器的吊運作業將不會受到地震事件影響。

3.廢棄物容器貯存

廢棄物容器貯存採用直接堆疊，最高堆疊層數為五層。使用動態地震歷時分析，歷時之加速度峰值取 4 號低貯庫最大考量地震之地表水平加速度 0.32 g 情境，及考量對應的垂直地表加速度情境下進行分析，T 容器不會發生傾覆，僅會出現水平滑動，滑移距離約為 14.68 cm。由於 T 容器 ISO 角隅接合裝置邊長為 20 cm，故廢棄物容器堆疊時，因地震產生之滑移量不會造成廢棄物容器翻落或傾倒。

另在設施運轉時，若核二廠觀測震度達 4 級以上，則在地震後進行廢棄物容器位移檢查並歸正廢棄物容器位置，以防止多次地震之位移累積過大造成廢棄物容器墜落。

(二)海嘯

由第二章之描述，核二廠可能最大海嘯溯上高程為 EL.+9 m，加上最大天文潮位 EL.+1.28 m，總高程為 EL.+10.28 m。4 號低貯庫貯存區、作業區及輔助區入口高程為 EL.+12.5 m，南側道路高程為 EL.+12.00 m 以上，因此海嘯不會溢淹至 4 號低貯庫所在位置。

(三)坡地災害

根據農村發展及水土保持署資料，距離 4 號低貯庫最近之土石流潛勢溪流分別為新北 DF206 與新北 DF207，其中新北 DF206 出口處鄰近保安總隊之靶場，計畫場址與其距離約 750 m。溪流位於山谷間，兩岸植生茂密，有少量石塊堆積，平均粒

徑小於 30 cm。上游植生茂密，溪流呈天然野溪形貌，未見破壞。而新北 DF207 出口處位於核二廠減容中心旁，計畫場址與其距離約 620 m。溪流已有高約 3 m 護岸三面工保護，溪床並無明顯材料堆積，溪流位於山谷間且集水區內植被密集並無明顯崩塌；沿溪而上，左岸有支流匯入，該支流有護岸，兩岸植生茂密，其上游溪流線不完整，屬於坡地間流竄之侵蝕溝。

參考行政院農業部之土石流發生潛勢評估模式，進行野溪之土石流發生潛勢評估如表 7.4-1 所示，新北 DF206 發生潛勢評分結果為 53 分，屬於中發生潛勢，發生土砂災害的機會較大，首要衝擊應為保安總隊宿舍與辦公室，由於集水區內植生茂密，未見明顯崩塌破壞現象，研判目前無立即危害。新北 DF207 發生潛勢評分結果為 40 分，屬於低發生潛勢，研判產生大規模土砂災害的機會不大。故發生預期以外之降雨導致土石流或邊坡災害，上述之緩衝距離可確保 4 號低貯庫不致受到直接的影響。

表 7.4-1 土石流發生潛勢評分結果

因子/溪流編號	新北 DF206		新北 DF207	
崩塌規模(25)	無明顯崩塌	5	無明顯崩塌	5
坡度因子(25)	發生區坡度 介於 30°~50°	15	發生區坡度 介於 30°~50°	15
材料破碎(20)	平均粒徑小於 30 cm	15	無明顯堆積材料	2
岩性因子(15)	F 地質區	15	F 地質區	15
植生因子(15)	植被密集	3	植被密集	3
合計	53		40	

核二廠營運迄今，此南側山坡亦無發生崩坍災害，坡面植生茂密，覆蓋良好，邊坡歷年(1979~2023)空拍影像無明顯崩滑現象(圖 2.7-6)，現況安定性良好。

基於風險管控，仍針對遭逢土石流及邊坡災害等事件緊急應變措施說明如下：

1.基本應變措施：依據電廠現行之程序書及機具設備之整備，就預防及緊急應變措施，說明如下：

(1)預防措施：為掌握邊坡安定性，於常時電廠依據「D576.1 核二廠防颱作業程序書」^[125]、「D576.2 核二廠防汛作業程序書」^[126]、「D577.3 廠區周圍活動斷層、雨量、土石流、順向坡之監視、預警、防災、減災程序書」^[119]等進行定期、不定期巡檢及災害預防。

(2)緊急應變措施：若遇超過設計基準的天然災害時，將依據「D162 危機管理及應變作業程序書」^[127]、「D113.3 災害(事故)緊急處理程序」^[120]，進行緊急應變措施，摘述如下：

訂定目的：為確實掌握及預防營運可能發生之異常或敏感事件，除原有各項作業程序書、辦法外，本廠需釐訂更積極之管理應變措施，結合任務編組方式，成立「危機管理小組」，統籌資訊蒐報與人力調配，定期檢討可能影響正常運作之不良因素，並策訂處理方針，俾能有效因應突發狀況，及時聯繫支援、有效疏解糾紛，避免對本廠造成傷害或不必要之困擾。以及防止或減輕造成環境衝擊的意外事件，保護廠內員工、鄰近社區居民安全與減少財物損失。

編組任務：成立危機管理及應變小組、成員的任命(包括召集人、組長、當然組員、特定組員、聯絡人等)、成立的時機、應變作業分工的規劃等。

作業程序：包括「D162 危機管理及應變作業程序書」^[127]第 6.4 節「危機管理及應變小組」、縱向支援配合(適時尋求新北市政府、警消機關、軍方或外界人事之協助，以獲取有利奧援)、橫向協調聯繫作業及危機案件通報程序等。

機具設備之盤點及動員：盤點廠區可動員之大型機具如挖土機、鏟裝機等，設備如抽水機、移動式發電機及破碎機等。

2. 南側山坡災害情境及應變重點

在貯存庫發生邊坡崩塌極端情境下，考量土石堆積範圍包含貯存庫南側道路、4 號低貯庫輔助區及作業區，由核二廠於災害後續安排推土機等機具及人員清理堆積土石，使輔助區及作業區恢復原有功能，處理程序如下：

- (1) 進行堆積土石清理時應由輻射防護人員陪同，先進行輻射強度量測，確認無輻射疑慮後再進行移除土石的工作。
- (2) 以小型挖土機搭配推土機及人力將土石等障礙物排除。清理並維持南側山坡坡趾排水溝暢通，特別是明溝轉涵管之銜接段，以避免坡面逕流匯入低貯庫之排水溝；檢視並確認滯洪沉砂之溢流口功能(土石淤塞高度)，避免回淤；清理並維持低貯庫南側連接道路及低貯庫入口之通暢；檢視低貯庫南側外牆土石堆積及受損情況；若南側外牆變形或位移則需進一步檢視低貯庫結構盛裝容器之穩定。
- (3) 利用清運車輛將土石等障礙物載離。
- (4) 恢復輔助區原有功能。
- (5) 二次災害防止

當邊坡地災害已獲得控制，且支援也已近完成，由於邊坡滑動或土石流於災害發生後初期穩定性仍不佳，往往因外力介入(如雨水入滲、地震)，再次發生災害，或造成岩體強度弱化導致二次崩塌，應在災害發生後儘速進行二次災害的防治工作。其重點內容包括：

(1) 管線管控：

電力及供水管線可能因邊坡災害而破壞，造成災害擴大或二次災害，因此應於災害發生後進行管線巡查、清理及管控。

(2) 防止雨水持續擾動：

邊坡土(岩)體之含水量過高，可能導致其剪力強度降低、岩體不連續面層間的摩擦力降低、側向壓力增加及持續沖蝕等不利條件，而導致二次崩塌。因此災害發生後應防止水滲入土(岩)體及坡面之張力裂縫，一般採用帆布覆蓋，並配合以皂土填補張力裂縫；並施作臨時截排水溝，將逕流截引至穩定區域排放。

(3)坡趾壓重：

利用現地坍滑材料堆置於坡趾，必要時可填充於太空包內以增加其圍束，以增加坡趾側向支撐力，達到穩定邊坡避免邊坡再度滑動。

根據前述評估，南側山坡於極端情況下發生崩塌，輔助區作業區建築物遭受土石侵入，局部影響輔助區及作業區功能，此事件尚不涉及 T 容器損壞或墜落等。災害發生時可保守採用管制區隔，由輻射防護人員陪同土石清理人員，進行輻射強度量測，確認無輻射影響後進行堆積土石清理工作，預期本事件對於廠界周邊環境無輻射劑量影響，對於土石清除工作人員亦無輻射劑量風險；廠區外民眾一般情況下不會進入本區活動，因此對一般民眾不會增加輻射劑量影響。

以上推估內容是基於南側山坡面臨極端事件下的崩塌保守假設，若更保守假定土石崩塌量極大化，4 號低貯庫遭土石掩埋，T 容器圍阻功能完整，廢棄物容器外表面入庫時已確認無放射性污染，故不會有放射性污染擴散問題，此時則先以警示圍籬區隔，避免人員誤入，再由輻射防護人員陪同清運人員，考量輻射作業環境下進行土石清運。

廠區外一般民眾不會進入本區活動，且發生本極端事件後台電公司將進行事件區域管制，故對一般民眾不會增加輻射劑量影響。

(四)洪水

4 號低貯庫周圍並無天然河川與渠道，惟在運送作業執行前，若預期有颱風、狂風、豪雨等惡劣氣候狀況，將全面停止戶外運送作業，以避免發生洪水意外事件。

此外，為防範超過 4 號低貯庫設計基準之情形，參考台北捷運系統防水閘門設計，防水閘門之高度採重現期 200 年的鄰近排水溝水位高度+1.1 m，套用於本案即以排水渠道底部高程 (EL.11.5 m) 加上渠道水深(0.33 m)+1.1 m = EL.12.93 m，作為本案防洪高度需求，而本案基地為高程為 EL12.5 m，因此本案需設置 0.43m 以上之防水閘門，以無條件進位做為考慮，故防水閘門高度研擬為 0.5m。。

(五)火山災害

核能二廠位處大屯火山群熔岩流台地之北側，大屯火山群為台灣北部分布最廣、噴發量最大的火山，由 6 個火山亞群組成，主要分布於金山斷層與崁腳斷層之間，地形顯著。火山活動大約開始於 2.8 Ma~2.5 Ma(百萬年前)，2.4 Ma~0.9 Ma 之間火山活動暫歸平靜；0.9 Ma 之後再度噴發，0.7 Ma 起各火山亞群陸續噴發，全區火山活動達到高峰。0.6 Ma 後逐一趨於靜止，直到 0.3 Ma 結束。根據地形判釋成果，皆未見廠區有火山錐及熔岩流地形特徵，而於廠界南方不遠處(約 1 km)可見火山錐體與熔岩流，而由於火山活動年代距今已久，故初步認為其對 4 號低貯庫的影響甚微。

台電另案計畫「核能電廠鄰近地區之陸域火山與海域火山島調查暨評估工作」^[128]探討各火山群再活動之潛能，評析核能二廠可遭遇之火山災害情境，評估成果顯示火山灰模擬結果在 VEI (火山爆發指數) 2 條件下，核能二廠火山灰累積厚度小於 1 cm，不足以影響廠區。在 VEI 4 條件下，以七星山火山灰對核能二廠影響較大，厚度約 17.01 cm。火山泥流模擬成果顯示最大降雨情境下所造成之火山泥流仍無法越過地形屏障抵達核能二廠，不對

核能二廠構成威脅。火山碎屑流模擬成果顯示火山碎屑流前緣並沒有機會到達核能二廠，對核能二廠無法造成影響。熔岩流模擬成果顯示核能二廠受到天然地形屏障保護，熔岩流無法越過山稜線抵達核能二廠，不對核能二廠造成威脅。火山彈模擬成果顯示火山彈墜地點距離核能二廠尚有 1.1 km，研判對核能二廠應無影響。

綜上所述，(1)4 號低貯庫之設施結構設計及土木設計具備天災抗性；(2)吊車設置防脫軌裝置，防止地震時脫軌。因此天災事件對 4 號低貯庫無影響。

7.4.2 工作人員及民眾劑量評估

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，天然災害事件不會對設施的功能或運貯作業造成影響，人為事件和火災事件的發生可能性則非常低。基於保守考量，仍假設在低貯庫運轉期間可能發生一次人為事件或火災事件，並進一步分析對工作人員造成的輻射劑量，其計算方式為：

$$\text{集體有效劑量} = (\text{容器特定距離之劑量率} + \text{作業空間平均劑量率}) \times \text{作業人數} \times \text{作業時間} \quad (7-1)$$

一、人為意外事件工作人員劑量評估

考量的意外事件包括運送車輛事故、吊卸設備失效或操作錯誤事故，以及火災事件，說明如下：

(一)運送車輛事故

運送車輛事故是以運輸車輛拖車頭碰撞損毀為較可能的情境。事件發生後，工作人員必須進行拖車頭吊離(作業時間共 0.5 小時)、板架吊正(作業時間共 0.5 小時)、拖車頭連接板架(作業時間共 0.25 小時)，並且有 1 位 HP 管制人員全程輻防管制，事件

總處理時間為 1.25 小時。其中，吊具安裝人員在拖車頭吊離與板架吊正作業期間，完成吊具安裝(0.25 小時)後即離開作業現場避免輻射曝露。由於容器圍阻功能完整，工作人員的曝露途徑僅有體外直接輻射曝露。

依據工作人員的作業內容、時間和人數，計算工作人員之劑量如表 7.4-2 所示，整體運送車輛事故處理之總集體劑量為 6.91×10^{-2} man-mSv。

表 7.4-2 運送車輛事故之工作人員劑量評估

作業內容	作業人員	作業人數(人)	單項作業時間(小時)	與容器距離(m)	容器曝露劑量率(mSv/h)	劑量(man-mSv)
拖車頭吊離	吊車操作人員	1	0.5	10	6.08×10^{-3}	3.04×10^{-3}
	導引人員	2	0.5	10	6.08×10^{-3}	6.08×10^{-3}
	吊具安裝人員	2	0.25	10	6.08×10^{-3}	3.04×10^{-3}
板架吊正	吊車操作人員	1	0.5	5	2.24×10^{-2}	1.12×10^{-2}
	導引人員	2	0.5	5	2.24×10^{-2}	2.24×10^{-2}
	吊具安裝人員	2	0.25	5	2.24×10^{-2}	1.12×10^{-2}
拖車頭連接板架	駕駛	1	0.25	10	6.08×10^{-3}	1.52×10^{-3}
	導引人員	2	0.25	10	6.08×10^{-3}	3.04×10^{-3}
輻防管制	HP 管制人員	1	1.25	10	6.08×10^{-3}	7.60×10^{-3}
合計						6.91×10^{-2}

(二)吊卸設備失效或操作錯誤

吊卸設備失效或操作錯誤較可能發生的情境為 T 容器停滯空中，事件發生後，工作人員必須進行設備維修。由於 T 容器圍阻功能完整，工作人員的曝露途徑僅有體外輻射曝露，作業區、貯存區之空間劑量率，以及工作人員的作業內容、時間與人數，計算工作人員劑量如表 7.4-3，發生於作業區之事故處理集體劑

量為 1.68×10^{-2} man-mSv，若發生於貯存區則為 9.23×10^{-1} man-mSv。

表 7.4-3 廢棄物容器停滯空中事故之工作人員劑量評估

發生位置	作業內容	作業人員	作業人數(人)	作業時間(hr)	與吊卸容器距離(m)	吊卸容器劑量率(mSv/h)	區域空間劑量率(mSv/h)	集體劑量(man-mSv)
作業區	吊車維修	設備維修人員	2	1	10	6.08×10^{-3}	2.31×10^{-3}	1.68×10^{-2}
貯存區	吊車維修	設備維修人員	2	1	5	2.24×10^{-2}	4.39×10^{-1}	9.23×10^{-1}

雖以上述各項多重預防機制實不可能發生吊運作業墜落事件，如 T 容器在堆疊吊升過程中發生墜落，預期可能有下列兩種情形：

A. 容器無損壞，先停止工作拉起管制範圍，查明掉落肇因為何，改善後再執行吊運，預估人員在容器包封完整下，預估作業時間及劑量如表 7.4-4。

表 7.4-4 容器墜落(容器包封完整)之情形下預估人員作業時間及劑量表

工作人員	作業人數	作業時間(小時)	容器暴露劑量率(mSv/h)	集體劑量(man-mSv)
駕駛	1	0.7	6.08×10^{-3}	4.256×10^{-3}
吊車操作人員	1	0.7	2.24×10^{-2}	1.568×10^{-2}
導引人員	2	0.6	2.24×10^{-2}	2.688×10^{-2}
吊具安裝人員	2	0.25	0.355	0.1775
HP 管制人員	1	1.0	6.08×10^{-3}	6.08×10^{-3}
合計				0.230

B. 容器發現損壞，先停止工作拉起管制範圍，查明掉落肇因為何，在極端情況下，即使 T 容器損壞重裝，依除役計畫第十章輻射劑量評估及輻射防護措施之除役拆廠階段的低階放射性廢

棄物處理在廠房內作業而言，其工作人時規劃，評估本項作業所造成之人員集體劑量約為 2.35×10^3 man-mSv，為廠房內作業全部分裝至 4 號低貯庫的 T 容器內之劑量，而 4 號低貯庫共有 4,002 個，故對每個 T 容器重裝而言的劑量為 0.5872 man-mSv ($2.35 \times 10^3 / 4,002$)，重裝後再加上回復的劑量如上述容器無損壞所述，故劑量為 0.8176 man-mSv ($0.5872 + 0.2304$)。此外工作人員均會在程序書「D902 輻射防護標準與人員職責」^[111]管制下，逐步對容器進行檢整修復、復原或再裝入新的箱子。

在以上之 A ,B 二種情況即使發生，因為墜落事件並不會影響貯庫建築物圍阻功能，故在貯庫包封完整的情況下，對外界民眾不會產生任何劑量影響。

(三)火災事件

火災事件以假設運輸車輛在運輸道路上或作業區內，因柴油洩漏至地面並開始燃燒為情境進行分析。在燃油火災時，假設柴油自油箱中心點洩漏並向四周擴散，189.3 L 柴油完全洩漏於地面上，其分布面積為 18.93 m^2 、高度為 1 cm。考慮在柴油的單位面積質量損失率為 $0.039 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ 的情況時，火災的燃燒時間可持續 210 秒。如 10.2 節中火災分析結果顯示，在運輸車輛在低貯庫外等待進入時發生火災狀況下，容器最高溫度為 34.21°C ，在作業區火災狀況下，位於貯存區之容器的最高溫度為 30.19°C 。容器的溫度上升幅度輕微，容器的圍阻功能不會受到影響。此外，作業區發生火災將使混凝土構造的溫度上升，最高可達 137.57°C ，仍在混凝土的容許溫度限值內，不會對設施的功能造成影響。

因此，發生火災事件時，容器與設施之功能並未受到損壞，但工作人員為處理火災事故可能導致輻射劑量增加。分別針對運輸車輛在運輸道路上和作業區發生火災等兩種情境，進行工作人員輻射劑量評估。

1. 運輸車輛在低貯庫外等待進入時火災事件

運送廢棄物容器途中若發生火災，須先將火勢撲滅，確認安全無虞後，將廢棄物容器吊放至另一部運送車輛，繼續執行運送作業。事件發生後，工作人員必須進行滅火(作業時間共 0.25 小時)與吊放廢棄物容器(作業時間共 0.5 小時)，並且有 1 位 HP 管制人員全程輻防管制，事件總處理時間為 0.75 小時。其中，吊具安裝人員僅在吊放容器作業期間，完成吊具安裝(0.25 小時)後即離開作業現場避免輻射曝露。由於容器圍阻功能未受火災影響，工作人員的曝露途徑僅有體外輻射曝露。

依據工作人員的作業內容、時間和人數，計算工作人員之劑量如表 7.4-5，運輸道路火災事件處理之集體劑量為 4.87×10^{-1} man-mSv。

表 7.4-5 運輸道路火災事件之工作人員劑量評估

作業內容	作業人員	作業人數(人)	作業時間(小時)	與容器距離(m)	容器曝露劑量率(mSv/h)	集體劑量(man-mSv)
滅火	消防人員	5	0.25	1	2.15×10^{-1}	2.69×10^{-1}
容器吊放至另一部運輸車輛	駕駛	1	0.5	10	6.08×10^{-3}	3.04×10^{-3}
	吊車操作人員	1	0.5	5	2.24×10^{-2}	1.12×10^{-2}
	導引人員	2	0.5	5	2.24×10^{-2}	2.24×10^{-2}
	吊具安裝人員	2	0.25	0.3	3.55×10^{-1}	1.78×10^{-1}
輻防管制	HP 管制人員	1	0.75	10	6.08×10^{-3}	4.56×10^{-3}
合計						4.87×10^{-1}

2. 作業區火災事件

運送車輛開進作業區後若發生火災，須先將火勢撲滅，確認安全後，再繼續進行後續吊卸作業。由於容器圍阻功能未受火災影響，工作人員的曝露途徑僅有體外輻射曝露，曝露源包含廢棄物容器與作業空間劑量率。依據工作人員的作業內容、

時間和人數計算工作人員之劑量如表 7.4-6，作業區火災事件處理之集體劑量為 2.72×10^{-1} man-mSv。

表 7.4-6 作業區火災事件之工作人員劑量評估

作業內容	作業人員	作業人數(人)	作業時間(hr)	與容器距離(m)	容器曝露劑量率(mSv/h)	作業空間平均劑量率(mSv/h)	集體劑量(man-mSv)
滅火	消防人員	5	0.25	1	2.15×10^{-1}	2.31×10^{-3}	2.72×10^{-1}

二、天然災害事件工作人員劑量評估

(一) 地震

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，地震事件不會對設施的功能或運貯作業造成影響，故對工作人員的輻射劑量不會造成影響。

(二) 海嘯

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，海嘯事件不會對設施的功能或運貯作業造成影響，故對工作人員的輻射劑量不會造成影響。

(三) 坡地災害

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，即使南側山坡面臨極端事件下的崩塌保守假設，4 號低貯庫遭土石掩埋，T 容器圍阻功能完整，廢棄物包件外表面入庫時已確認無放射性污染，故不會有放射性污染擴散問題，再由輻射防護人員陪同清運人員進行土石清運，此清運作業依據核二廠除役計畫第 10 章「輻射劑量評估及輻射防護措施」，低放射性貯存庫設施對作業人員劑量之分析，估計坡地災害事件所需人員及時間(工作機具操作人員 10 名，導引人員 2 名，HP 管制人員 1 名，作業約 72 小時)，其集體劑量為 9.36×10^{-1} man-mSv。

(四) 洪水

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，洪水事件不會對設施的功能或運貯作業造成影響，故對工作人員的輻射劑量不會造成影響。

三、意外事件民眾劑量評估

發生於 4 號低貯庫內的意外事件，因設施屏蔽牆仍具有輻射屏蔽功能，此部份如同正常運轉期間之民眾劑量率，無額外曝露考量。對廠界外民眾有輻射影響的意外事件，以發生於運輸道路上開放空間事件為主，包括運送車輛事故以及運輸道路火災事件。

(一) 運送車輛事故

運送車輛事故發生於廠內運輸道路，為排解事故將使廢棄物容器在道路上多停留 1.25 小時，廠界外民眾輻射劑量因而增加。由於容器圍阻功能完整，廠外民眾的曝露途徑僅有體外直接輻射曝露。

(二) 運輸車輛在低貯庫外等待進入時火災事件

當火災事件發生於運輸過程中，為排解事故將使容器在道路上多停留 0.75 小時，廠界外民眾輻射劑量因而增加。由於容器圍阻功能完整，廠外民眾的曝露途徑僅有體外直接輻射曝露。

綜前所述，以保留區邊界距離 121 m 作為民眾劑量保守考量，劑量分析結果如表 7.4-7，運送車輛事故對民眾造成的劑量影響為 3.21×10^{-5} mSv，而運輸道路火災事件對民眾造成的劑量影響為 1.93×10^{-5} mSv。

表 7.4-7 意外事件對民眾劑量影響

事故型態	曝露時間 (hr)	與容器距離 (m)	容器曝露劑量率 (mSv/h)	事故曝露劑量 (mSv)
運送車輛事故	1.25	121	2.57×10^{-5}	3.21×10^{-5}
運輸道路火災事件	0.75	121	2.57×10^{-5}	1.93×10^{-5}

7.4.3 意外事件之預防設計或措施及應變措施

一、吊卸設備之預防設計

(一)固定式吊車

固定式吊車之預防異常狀況或意外事故之設計彙整如表

7.4-8：

表 7.4-8 吊車預防異常狀況或意外事故之設計

編號	異常/意外事故模式	發生原因	對系統影響	已具備之預防/補償設計
1	喪失外電	喪失廠外電源且緊急柴油發電機尚未供電前	安全停車	固定式吊車煞車設計為失電時咬合，供電時釋放，可於失電時咬合安全停車。
2	吊鉤脫鉤	吊鉤不預期與 T 容器電動吊具脫鉤	T 容器脫離	吊鉤雙邊皆設置壓片，可避免吊鉤與吊具脫鉤；T 容器電動吊具固定栓亦設有插鞘固定以防止脫落。
3	T 容器碰撞	貯存區內搬運期間與其他 T 容器發生碰撞	T 容器因碰撞造成損傷	T 容器電動吊具四周配置感測器，當測得障礙物時，系統自動緊急停車，避免發生碰撞。
4	地震防脫軌	運貯期間因地震發生可能造成吊車脫軌	吊車脫軌	於地震發生時，吊車自身之防脫軌零件即具有防脫軌之功能。

(二)T 容器自動吊具

自動吊具設置機械式扭鎖器防脫落裝置，當吊具吊運廢棄物容器時，只有當廢棄物容器底面完全放置於水平表面時，扭鎖器才能解鎖。

二、空調系統之預防設計

管制區設置緊急排風系統，因緊急事故或停電導致管制區空調箱及水冷式冰水機停止運轉時，在緊急電源啟動後，將開啟配置有初級過濾網和高效率濾網(HEPA)的專用排風機，以將管制區內之空氣過濾後再排放至室外。並於排風機出口段之風管設置流程輻射偵測設備(PRM)，以確認所排放氣體符合排放安全標準。

如此，可維持管制區處於自然進氣、採用排風機進行動力排氣狀態，亦可避免受輻射污染之空氣直接排放戶外。

三、輻射防護之預防設計

(一)工作人員出入動線、作業區、環化分析實驗室(放射化學實驗室)以及放射性廢液處理系統設置 ARM，用以監測空間中的加馬劑量率，並且在劑量率超出設定警報值時發送警報，警示工作人員立即處理，ARM 佈設位置與數量如圖 7.4-1 與表 7.4-9 所示。

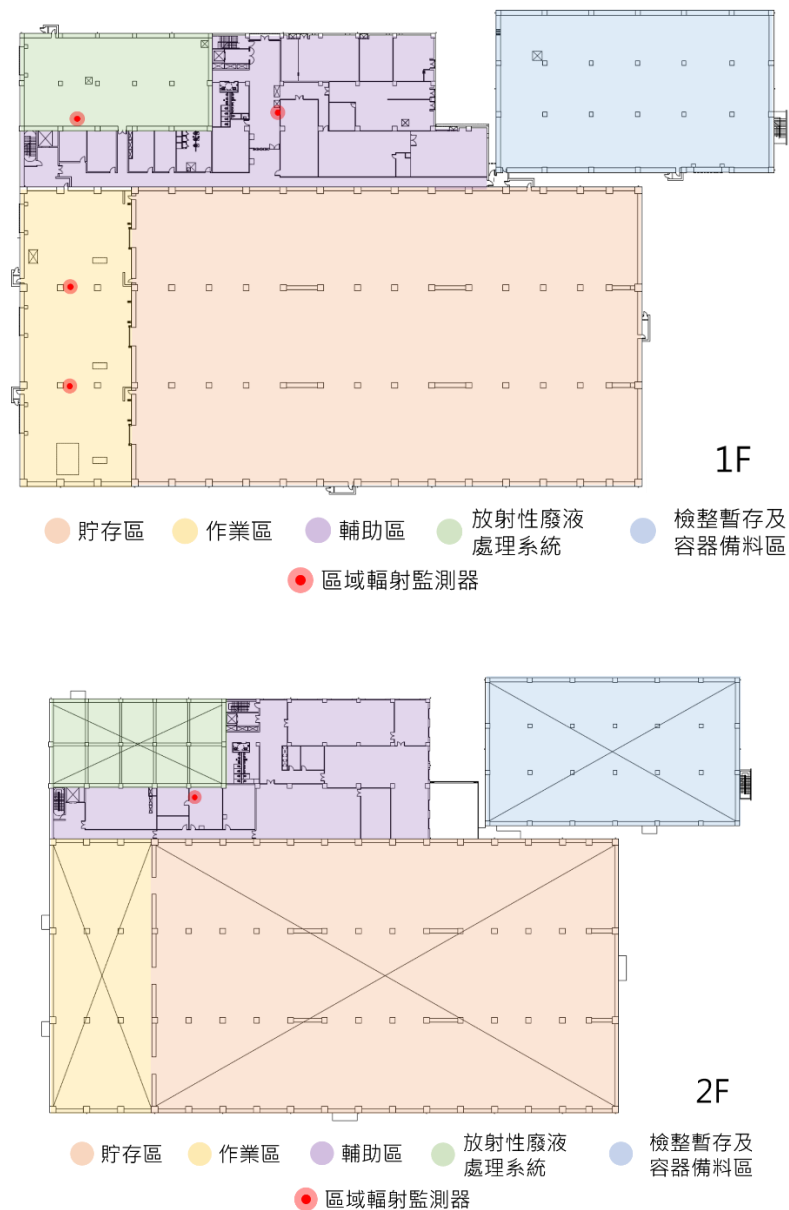


圖 7.4-1 ARM 佈置規劃圖

表 7.4-9 ARM 佈設規畫表

區域	ARM 數量	佈置原因
作業區	2	人員動線區域
輔助區	1	人員動線區域
放射性廢液處理系統	1	劑量熱點
環化分析實驗室	1	劑量熱點

(二)設置廢氣 PRM，用於監測管制區空調循環之輻射污染狀態，超出設定警報值時發送警報，警示工作人員立即處理。廢氣流程輻射監測器裝設於排風機出口段之排風管內，偵測異常時自動停止一般對外排氣風機組，進行內循環至氣體輻射狀態達到排放安全標準值，廢氣 PRM 設置位置如圖 7.4-2 所示。

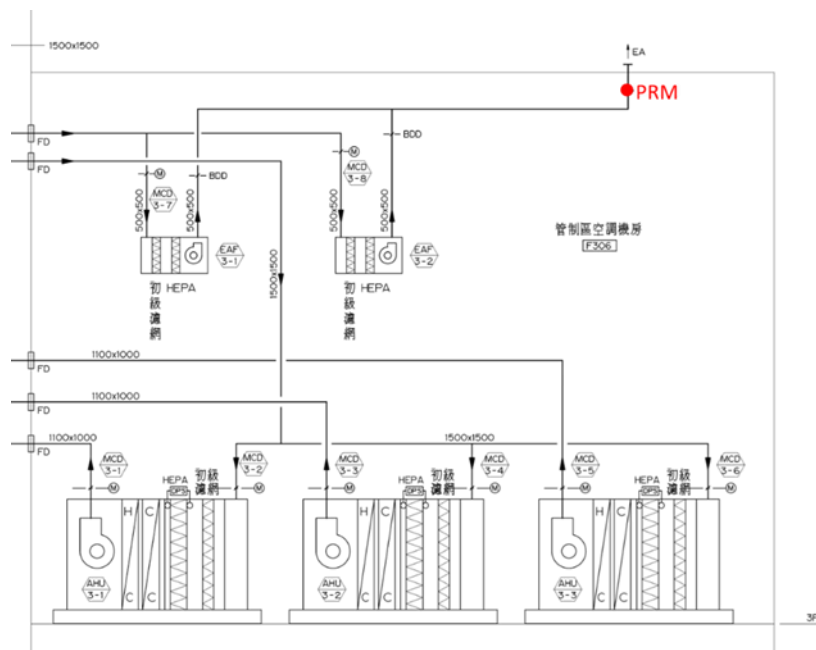


圖 7.4-2 PRM 佈置規劃圖

(三)作業區設置連續空浮監測器，用以監測現場作場空氣當中的放射性濃度，並且在劑量率超出設定警報值時發送警報，連續空浮監測器設置位置如圖 7.4-3 所示。

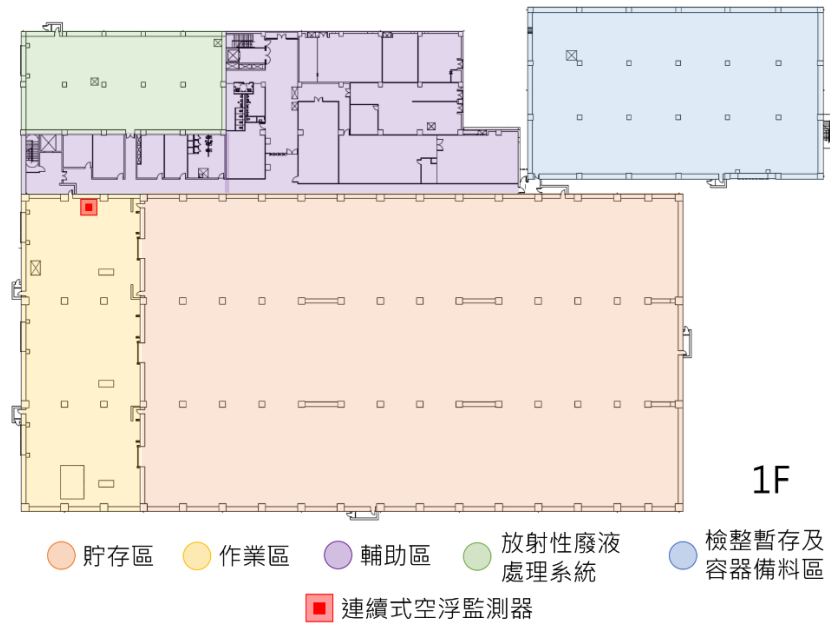


圖 7.4-3 連續空浮監測器佈置規劃圖

(四)放射性廢液處理系統於合格之排放管路匯流處設置廢液 PRM，若廢液 PRM 偵測到異常訊號，系統自動停止泵浦泵送，將異常訊號通知操作室，警示工作人員處理，廢液 PRM 設置位置如圖 7.4-4 所示。

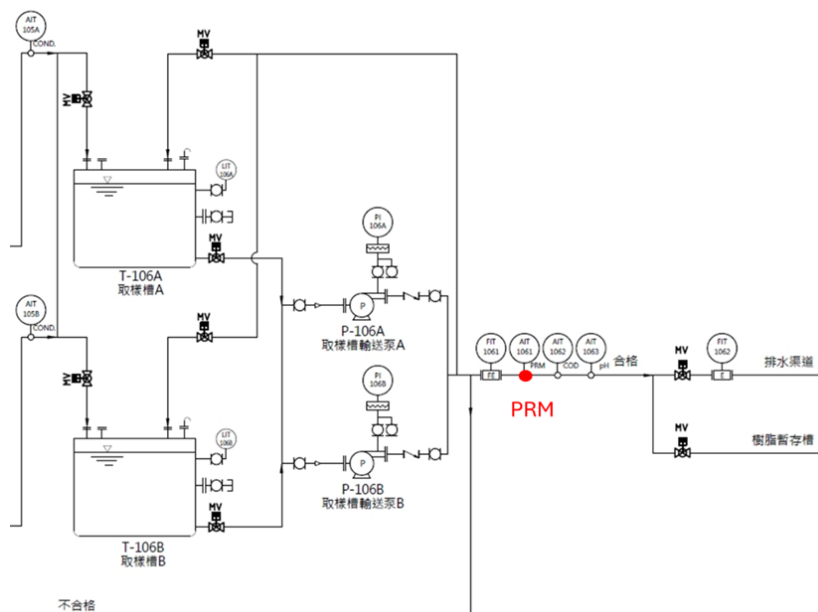


圖 7.4-4 PRM 佈置規劃圖

四、電力系統之預防設計

4 號低貯庫設有不斷電系統(UPS),提供輻射監測系統、CCTV 及中央監控系統之資料在斷電時不致流失,並可使電腦在下次啟動時,自動銜接此未完成之工作,使系統運轉順暢。惟不斷電系統僅能使低貯庫內相關電腦在斷電時迅速做好資料保護及存檔的動作,並無法轉動相關機械設備,故低貯庫內另備有緊急柴油發電機,在瞬間停電後緊急啟動,供電範圍包括消防設備、固定式吊車、屏蔽門、電梯、緊急排風機以及 UPS。

五、貯存設備之應變措施

貯存設備在前述預防設計下不會發生容器墜落事件,極端情境下 T 容器發生墜落事件,預期可能有下列二種情形:

A.容器無損壞,先停止工作拉起管制範圍,查明掉落肇因為何,改善後再執行吊運回復原狀。

B.容器發現損壞,先停止工作拉起管制範圍,查明掉落肇因為何,逐步對容器進行檢整修復、復原或再裝入新的箱子。

六、天然災害之預防及應變措施

(一)地震

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知,地震事件不會對設施的功能或運貯作業造成影響。

(二)海嘯

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知,海嘯事件不會對設施的功能或運貯作業造成影響。

(三)坡地災害

1.預防措施

為掌握邊坡安定性,於常時電廠依據「D576.1 核二廠防颱作業程序書」^[125]、「D576.2 核二廠防汛作業程序書」^[126]、「D577.3 廠區周圍活動斷層、雨量、土石流、順向坡之監視、預警、防災、減災程序書」^[119]等進行定期、不定期巡檢及災害預防。

2.應變措施

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，即使南側山坡面臨極端事件下的崩塌保守假設，4 號低貯庫遭土石掩埋，T 容器圍阻功能完整，廢棄物包件外表面入庫時已確認無放射性污染，故不會有放射性污染擴散問題，再由輻射防護人員陪同清運人員進行土石清運。

(四)洪水

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，洪水事件不會對設施的功能或運貯作業造成影響。

七、安全評估結果之檢核分析

安全評估結果之設計基準檢核與法規檢核表分析如表 7.4-10 與表 7.4-11，檢核結果皆符合設計基準與法規對於劑量之要求。

表 7.4-10 安全評估結果設計基準檢核分析

設計基準	安全評估結果	檢核結果
貯存設施天花板與輔助區劑量限值 5.0×10^{-3} mSv/h	1. 貯存設施天花板外劑量 1.27 μ Sv/h。 2. 輔助區劑量 2.99×10^{-6} mSv/h。	符合設計基準
廠界劑量 0.05 mSv/y	西北方向鄰近貯存設施的台電北部展示館年劑量為 1.24×10^{-5} mSv，至頂寮為 1.44×10^{-6} mSv。	符合設計基準

表 7.4-11 安全評估結果法規檢核分析

條文	條文內容	安全評估結果	檢核結果
放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則			
第 14 條	貯存設施之輻射防護設計，準用第五條第一項規定。	小於法規「設施外一般人所造成之個人年有效劑量，不得超過 0.25 mSv」之劑量限值。	符合法規
游離輻射防護安全標準			
第 7 條	1.輻射工作人員職業曝露之劑量限度，依下列規定： 一、每連續五年週期之有效劑量不得超過一百毫西弗，且任何單一年內之有效劑量不得超過五十毫西弗。 二、眼球水晶體之等價劑量於一年內不得超過一百五十毫西弗。 三、皮膚或四肢之等價劑量於一年內不得超過五百毫西弗。 2.前項第一款五年週期，自民國九十二年一月一日起算。	正常運轉作業，各項操作人員年劑量評估結果如下： 一、運送期間 運送駕駛員(1 名)為 2.07×10^{-1} mSv/y、 運送押運員(1 名)為 6.30×10^{-2} mSv/y。 二、輔助區作業 輔助區工作人員(1 名)為 5.98×10^{-3} mSv/y。 各項作業劑量評估結果，低於法規「每連續五年週期之有效劑量不得超過 100 mSv，且任何單一年內之有效劑量不得超過 50 mSv」之規定。	符合法規

7.5 設施安全評估佐證文件

4 號低貯庫結構計算書詳附件 3-1，檢整暫存及容器備料區結構計算書詳附件 3-2。