

## 第七章 輻射防護作業與環境輻射監測計畫

### 目錄

一、輻射防護計畫 .....	7.1-1
(一) 輻射防護管理組織 .....	7.1-1
(二) 權責區分 .....	7.1-1
(三) 人員防護 .....	7.1-2
(四) 醫務監護 .....	7.1-2
(五) 地區管制 .....	7.1-2
(六) 放射性廢棄物 .....	7.1-5
(七) 意外事故處理 .....	7.1-5
(八) 合理抑低措施 .....	7.1-6
(九) 輻射偵測紀錄保存 .....	7.1-8
(十) 其他主管機關指定事項 .....	7.1-8
二、環境輻射監測計畫 .....	7.2-1
三、結論 .....	7.3-1
四、參考文獻 .....	7.4-1
附錄 7.A 核一廠程序書及環境輻射監測內容摘要 .....	7.A-1

## 附圖目錄

圖 7.1-1 核一廠輻射防護管理組織圖.....	7.1-9
圖 7.1-2 核一廠用過核子燃料乾式貯存場(14 kW/護箱)圍籬劑量率分佈圖(mSv/h).....	7.1-10
圖 7.2-1 乾式貯存設施運轉期間輻射監測站位置圖.....	7.2-2
圖 7.2-2 核一廠廠區輻射監測站位置圖.....	7.2-3
圖 7.2-3-1 核一廠環境輻射偵測取樣地點(熱發光劑量計).....	7.2-3
圖 7.2-3-2 核一廠環境輻射偵測取樣地點(環境輻射監測器).....	7.2-4
圖 7.2-3-3 核一廠環境輻射偵測取樣地點(空浮微粒及落塵).....	7.2-4
圖 7.2-3-4 核一廠環境輻射偵測取樣地點(各類水樣).....	7.2-5
圖 7.2-3-5 核一廠環境輻射偵測取樣地點(各類生樣).....	7.2-5
圖 7.2-3-6 核一廠環境輻射偵測取樣地點(土壤).....	7.2-6
圖 7.2-3-7 核一廠環境輻射偵測取樣地點(岸砂).....	7.2-6

## 附表目錄

表 7.1-1 核能電廠地區管制劃分.....	7.1-11
表 7.1-2 乾式貯存設施合理抑低作業符合 NUREG-1567 需求對照表7.1-12	
表 7.2-1 核能電廠環境輻射監測作業試樣分析統計表.....	7.2-7

## 輻射防護作業與環境輻射監測計畫

本計畫貯存設施係附屬於核一廠，對核電廠運轉及乾式貯存作業之共同輻射防護與環境監測措施，引用核一廠輻射防護計畫及環境監測計畫之規定。以下就乾式貯存作業輻射防護與環境監測兩計畫之重點摘述如下：

### 一、輻射防護計畫

#### (一) 輻射防護管理組織

依據「游離輻射防護法」第七條第一項「設施經營者應依其輻射作業之規模及性質，依主管機關之規定，設輻射防護管理組織或置輻射防護人員，實施輻射防護作業」之規定，本公司核一廠廠長應設輻射防護業務單位並負有輻射防護之責任。

核一廠之輻射防護組織已有保健物理組負責電廠輻射防護作業之執行，因此用過核子燃料之裝載、運送、貯存及維護等之輻射防護作業將由保健物理組負責指派合格之輻射防護人員執行。這些輻射防護人員之工作與任務，由保健物理組統一安排。用過核子燃料設施運轉之輻射防護係在輻射防護人員的監督下執行，依核一廠 D902 程序書「輻射防護標準」之輻射安全規定，並依輻射防護計畫監督管制其實施，使所有工作人員所受輻射劑量在法規限值內。核一廠輻射防護管理組織表請見圖 7.1-1，相關管制規定請參閱附錄 7.A。

#### (二) 權責區分

##### 1. 核一廠：

- (1) 用過核子燃料裝載、運送、管理、操作等輻射防護作業之執行。
- (2) 用過核子燃料貯存設施之營運管理。

##### 2. 核發處：

督導核一廠配合本專案推動輻射防護作業，協助用過核子燃料裝載、運送及貯存設施維護等。

##### 3. 核後端處：

- (1) 用過核子燃料裝載、運送及貯存設施裝載、運送及貯存設施之規劃

與執行。

(2) 安全評估。

#### 4. 放射試驗室：

協助用過核子燃料貯存環境偵測作業之執行。

### (三) 人員防護

依核一廠輻射防護計畫及相關作業程序書，規劃及執行工作人員體外與體內之輻射管制作業，相關作業細節請參閱附錄 7.A。

### (四) 醫務監護

當工作人員因意外或緊急曝露所受一次劑量超過 50 mSv 以上時，應予以特別醫務監護，包括特別健康檢查、劑量評估、放射性污染清除、必要治療及其他適當措施，相關作業細節請參閱附錄 7.A。

### (五) 地區管制

核一廠財產界限內劃分為監測區及管制區，管制區內又劃分為非示警區及示警區（如輻射區、污染區、空浮放射區等）；地區管制劃分標準，如表 7.1-1。正式運轉後，用過核子燃料貯存設施在圍籬範圍內均劃定為管制區；貯存場外屬監測區，俟運貯作業完全結束後，再依實際輻射劑量率狀況按地區管制劃分標準執行適當之區域劃分。

經評估貯存場(含圍籬邊界)劑量率分布如圖 7.1-2。區域劃分前，若監測區邊界圍籬處量測劑量率超過限值 5  $\mu$ Sv/h 時，本公司則將於超過限值之邊界圍籬處，執行懸貼警告標誌等行政管制措施，並依限值劃分管制區域，執行管制。

至於用過核子燃料裝載及運貯之執行，將依(1)吊卸、裝載、傳送，(2)廠內運送，(3)貯存等三階段，說明輻射防護作業如下：

## 1. 反應器廠房之地區管制

用過核子燃料之裝載與傳送作業係在反應器廠房內執行。反應器廠房之輻射管制，遵照核一廠輻射防護計畫第五編及核一廠 D900 系列輻射防護作業程序書規定辦理，其輻防作業要點如下：

- (1) 用過核子燃料之運貯及相關作業，必須遵照核一廠輻射防護計畫第五編各節之規定辦理。
- (2) 用過核子燃料之運貯及相關作業，均應訂定作業程序書，並由合格人員操作。
- (3) 用過核子燃料裝載及運貯時，輻射防護人員應全程執行輻射管制，以確保輻射安全。
- (4) 用過核子燃料裝載時，應儘量避免擾動水底沈積之放射性污垢 (crud)。
- (5) 由燃料池移出傳送護箱時之輻防措施
  - 吊升過程中，傳送護箱外表面應用加壓噴水沖洗；
  - 在吊卸裝載用過核子燃料傳送護箱作業區域，應選擇適當位置以監測輻射劑量率；
  - 進行傳送護箱除污前，應先偵測工作區域之輻射劑量率。
- (6) 封銲屏蔽上蓋時之輻防措施
  - 加裝臨時屏蔽(非必要項目)；
  - 封銲時設置空氣淨化設備(portable HEPA unit)備用；
  - 監測封銲工作區域之輻射劑量率及空浮濃度；
  - 洩水時監測封銲工作區域之輻射劑量率。
- (7) 排水、乾燥及充填氬氣時之輻防措施
  - 執行真空乾燥處理時，注意連續式空氣監測器之讀數變化；
  - 監測工作區域輻射劑量率之變化。
- (8) 運搬傳送護箱時之輻防措施
  - 移動傳送護箱前，監測表面輻射劑量率及污染 (傳送護箱外表面

污染限制為： $\beta/\gamma \leq 50 \text{ Bq}/100 \text{ cm}^2$ ； $\alpha$  污染限值則為  $1 \text{ Bq}/100 \text{ cm}^2$ )；於廠房 Rx 5F 移動傳送護箱前僅需符合 D903 程序書所述之標準。

- 移動傳送護箱時，監測輻射劑量率之變化；
- 必要時，依核一廠程序書 D919「人員輻射曝露之合理抑減作業程序(ALARA)」所述 ALARA 審查之要求辦理；
- 管制人員進入臨時管制區，依本報告第三章一、(六)節之規定；
- 在解開密封鋼筒之吊索前，偵測混凝土護箱的表面輻射劑量率。

## 2. 廠內運送作業

本計畫之廠內運送採用專用車輛運送。執行廠內運送時，除包件(包裝及其放射性包容物)外表黏貼警示標誌外，將有輻防人員等隨行，依輻射工作許可(RWP)及輻射劑量紀錄之規定執行輻射管制，並管制人員與運送車輛保持安全距離。

- (1) 確認運送混凝土護箱工作人員配戴熱發光劑量計與電子式劑量計。
- (2) 因應混凝土護箱運送出反應器廠房，包件外表黏貼警示標誌。
- (3) 混凝土護箱運離輻射管制區前須偵測運送車輛表面之輻射強度與表面污染程度，並記錄之。
- (4) 若車輛表面污染超過作業程序書之規定時，應予去污後再執行運送。
- (5) 廠內運輸時，運輸車輛由保健物理人員管制車輛附近作業人員與混凝土護箱保持距離，並遠離進風口與出風口。
- (6) VCC 於貯存場安置妥當後，車輛須經偵檢確證無污染後才可離開貯存場。
- (7) 採取輻射示警措施，執行輻射偵測、填註相關紀錄並視需要修訂乾式貯存場四周張貼之輻射標誌。

## 3. 用過核子燃料貯存設施之地區管制

用過核子燃料貯存設施位於核一廠廠界內，進出管制及地區管制，已採取實體圍籬與保安系統等有效措施，能有效防止侵入。此外，已規劃用過核子燃料貯存設施之配置，各混凝土護箱之間將保持適當的間隔，便利工作人員執行例行偵測與維修保養。用過核子燃料貯存設施之範圍及配置，如圖 7.2-1。

(1) 用過核子燃料貯存設施，劃分為輻射區；並設置實體圍籬等障礙物及繪有輻射示警標誌之標牌或標籤。

(2) 平時進出門關閉，並設有照明與監視設備。

(3) 進出本管制區之規定

依核一廠 D927 作業程序書「用過核子燃料乾式貯存設施輻射偵測作業程序書」，規劃及執行人員與物品之進出管制作業。

(4) 輻射監測與告示

依核一廠輻射防護計畫及相關作業程序書，訂定本作業之輻射監測之作業程序，據以執行。

(5) 混凝土護箱(含用過核子燃料)進出管制

依核一廠 D927 作業程序書規劃與執行混凝土護箱(含用過核子燃料)進出管制作業，並於吊卸混凝土護箱後，偵測運送車輛是否污染，以及貯存場四周的輻射劑量率，並懸貼輻射區域之標示。

(6) 盛裝放射性物質容器之示警與標示

依放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則第 12 條「裝有放射性廢棄物之盛裝容器表面，應有輻射示警標誌及編號。輻射示警標誌之中心圓半徑不得小於二公分。」。

(7) 設施例行偵測

每季應在貯存場周圍配合執行廠區輻射偵測。

#### **(六) 放射性廢棄物**

本作業係採用密封技術之乾式作業，能有效隔離用過燃料所含的放射性物質，於用過核子燃料吊卸、裝載、傳送期間，可能會產生少量含放射性的除污廢水、廢棄物及廢氣，其處理詳如本報告三.一(四).3、三.一(四).6 及三.一(四).7 節。而廠內運送及貯存階段，於正常狀況下不會有放射性廢水廢氣產生」。

#### **(七) 意外事故處理**

有關本計畫作業時的意外事故之應變措施，依照本計畫之意外事件應變計畫。

另依「放射性物料管理法施行細則」第三十條第四款之規定，本貯存設施屬(一)核子反應器設施內者，因此，應另依「核子反應器設施管制法施行細則」第七條第三款之規定，電廠須於發現事故時起1小時內通報核安會核安監管中心，並於發現事故之日起三十日內提出書面報告。

#### (八) 合理抑低措施

根據「游離輻射防護安全標準」對劑量限制值之規定，工作人員每年接受有效劑量不得超過 50 mSv，連續五年累積不得超過 100 mSv。輻射防護各項措施將遵守我國輻射防護法規及本公司暨核一廠輻射防護相關規定，本作業合理抑低措施如表 7.1-2。

用過核子燃料裝載、運貯及維護之輻射劑量與污染，主要來自「內盛裝密封鋼筒之傳送護箱移出燃料池」、「內盛裝密封鋼筒之混凝土護箱廠內運送」及「內盛裝密封鋼筒之混凝土護箱長期貯存」等作業，為確保人員與環境之輻射安全，並合理抑低輻射劑量與污染，相關之合理抑低措施如下：

##### 1. 「內盛裝密封鋼筒之傳送護箱移出燃料池」之措施

- (1) 傳送護箱沈入燃料池前，使用金屬墊板安裝於傳送護箱底部，以減少燃料池對傳送護箱底部之污染。
- (2) 在傳送護箱移出燃料池水面過程中，使用加壓水柱（設置直管噴嘴）執行其環狀表面（含其上端之吊架與關節處）的沖洗除污作業。
- (3) 傳送護箱移出燃料池水面時，使用加壓水柱實施表面沖洗。
- (4) 吊移過程中對熱粒子區每值(shift)偵測兩次，緩衝區每值偵測一次，並設置移動式區域輻射偵測器，以掌控熱粒子示警區內潛在之熱粒子污染及輻射強度。
- (5) 設置工作平台以利傳送護箱外表面後續除污，並抑低封鋸處理工作人員之輻射劑量。
- (6) 在廠房內，傳送護箱外表之污染限值為  $\beta/\gamma$ ：50 Bq/100 cm<sup>2</sup>， $\alpha$  污染限值則為 1 Bq/100 cm<sup>2</sup>。倘經努力而表面污染拭跡結果確實無法達成此限值以下，則將參考國外具乾式貯存經驗核電廠之污染管制標準及核

一廠相關程序書之規定，實施廠房內裝載作業之權宜行動。而於廠房 Rx 5F 移動傳送護箱前僅需符合 D903 程序書所述之標準即可。

## 2. 「內盛裝密封鋼筒之混凝土護箱廠內運輸」之措施

- (1) 傳送護箱底部開啟將密封鋼筒往下卸入混凝土護箱並完成封蓋後，執行混凝土護箱外表面之污染拭跡，污染限值為  $\beta/\gamma$ ：2Bq/100 cm<sup>2</sup>； $\alpha$  污染限值則為 1 Bq/100 cm<sup>2</sup>。

另執行傳送護箱內側表面之污染拭跡。污染限值為  $\beta/\gamma$ ：180 Bq/100 cm<sup>2</sup>； $\alpha$  污染限值則為 1 Bq/100 cm<sup>2</sup>。倘拭跡結果無法滿足此限值時，則將參考國外具乾式貯存經驗核電廠之污染管制標準，並經撰寫輻射防護作業程序書及文件審查後，方得繼續實施廠區內之運送作業。

- (2) 完成輻射偵檢之後，依照以下管制程序執行混凝土護箱之廠內運送作業。其要點為：

- 偵測混凝土護箱外表面之輻射劑量率，並記錄之。
- 偵測運送車外表面之輻射劑量率，執行污染偵測並記錄之。
- 輻射防護人員全程執行輻射管制，禁止非必要人員靠近護箱。
- 俟混凝土護箱吊卸後，偵測運送車外表面之輻射劑量率，並執行污染偵測；確認運送車未受污染後執行運送。

## 3. 「內盛裝密封鋼筒之混凝土護箱長期貯存」之措施

- (1) 貯存場之周界須依照實際輻射偵測結果，予以輻射標示並執行必要之輻射安全管制行動。
- (2) 以用過核子燃料貯存設施為中心，設置適當數量熱發光劑量計 (TLD) 及 2 具環境輻射偵檢器，以執行貯存場及核一廠廠區之輻射監測作業。
- (3) 依核一廠 D927 作業程序書「用過核子燃料乾式貯存設施輻射偵測作業程序書」執行例行環境取樣 (草、土、水樣) 及分析作業。

#### 4. 劑量分析與合理抑低

本報告第六章 6.4.8 節的劑量分析結果顯示，現場工作人員輻射劑量管制，以洩放、乾燥與回填密封鋼筒作業之壓力測試人員，以及銲接屏蔽上蓋之非破壞測試人員所接受的劑量較高。正式運轉時，依劑量評估結果視需要依照核一廠 D919「人員輻射曝露之合理抑減作業程序書(ALARA)」之規定，填寫職前 ALARA 審驗表，所有輻射工作人員將依據人員劑量紀錄及輻射工作許可之規定執行輻射管制，以符合游離輻射防護安全標準第六條規定的輻射工作人員職業曝露之劑量限度(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)。乾貯場進入正式營運後的維修與例行維護保養工作人員也一併納入管制。

#### (九) 輻射偵測紀錄保存

用過核子燃料之裝載、運送等之輻射偵檢作業依據作業程序書執行後併入執行結果，貯存之例行偵檢紀錄保存依核一廠之輻射防護程序書 D927 作業程序書「用過核子燃料乾式貯存設施輻射偵測作業程序書」執行。

#### (十) 其他主管機關指定事項

無指定事項。

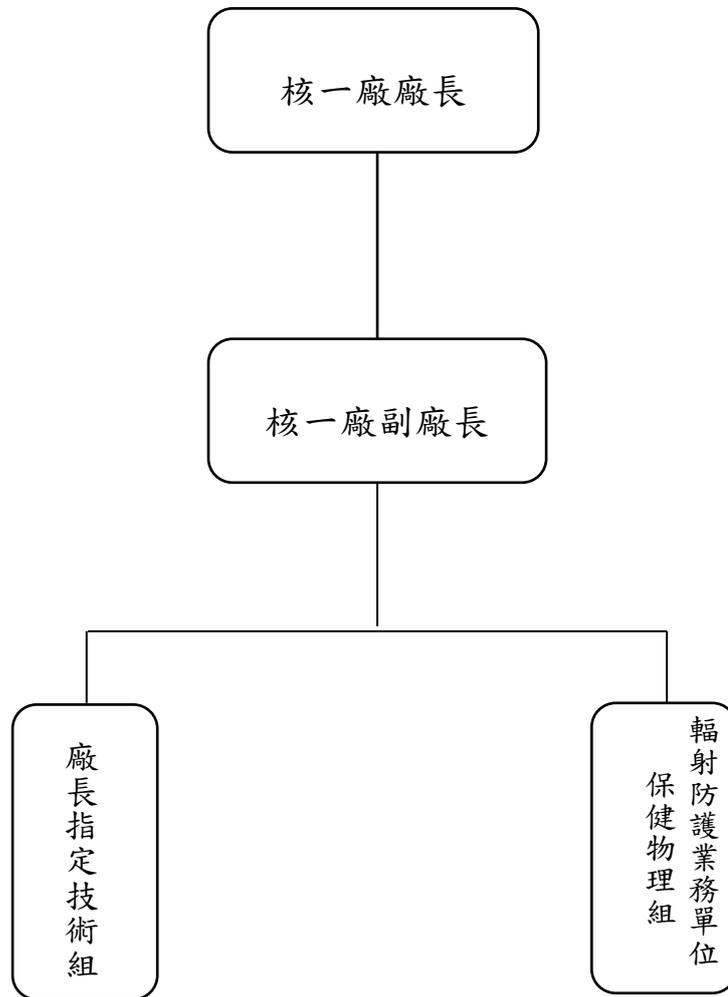


圖 7.1-1 核一廠輻射防護管理組織圖

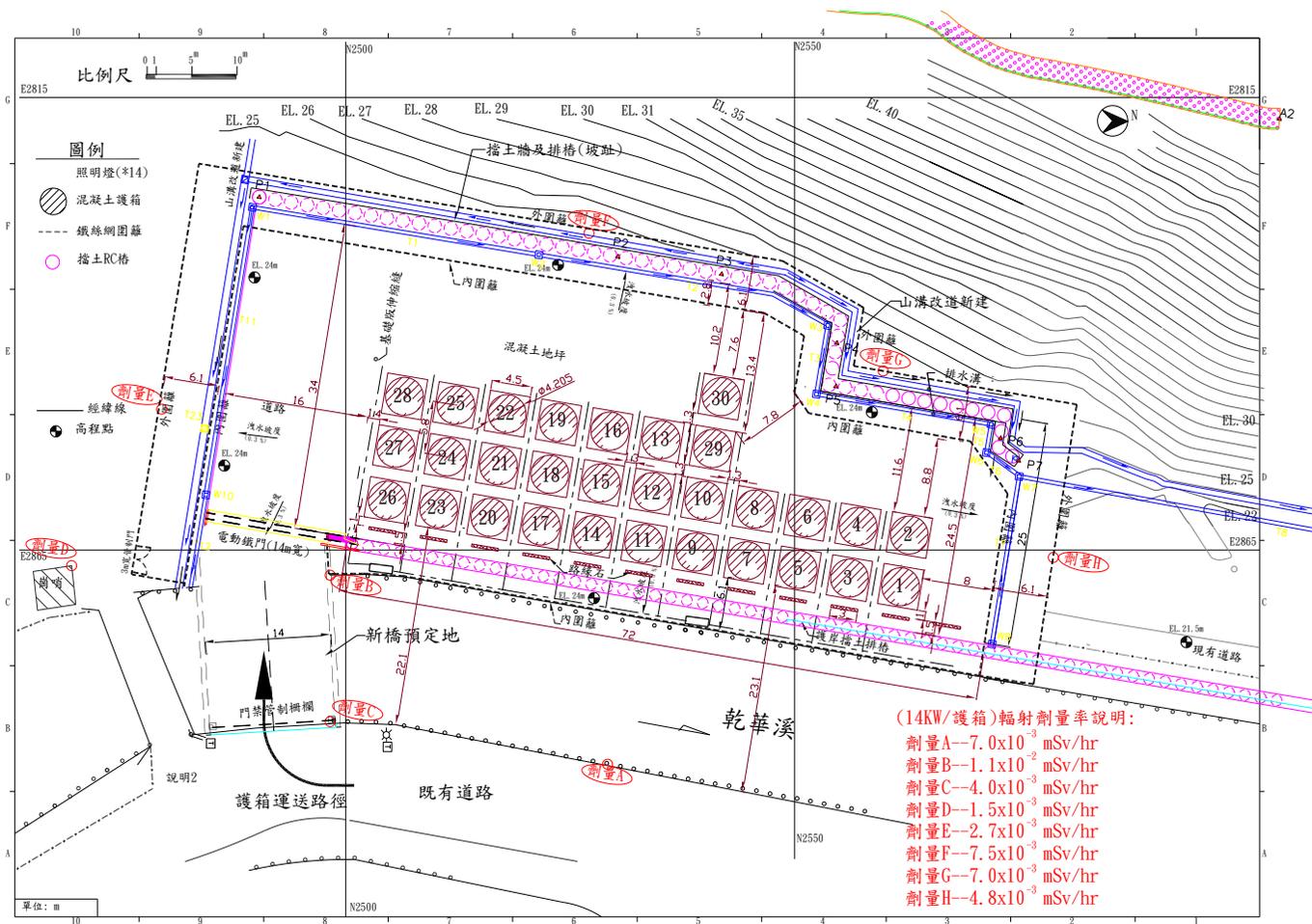


圖 7.1-2 核一廠用過核子燃料乾式貯存場(14 kW/護箱)圍籬劑量率分佈圖(mSv/h)

表 7.1-1 核能電廠地區管制劃分

環境	指電廠財產界線以外，一般人可自由出入之地區。	
監測區	指電廠財產界線內，管制區以外之地區。	<p><math>&lt; 5 \mu\text{Sv/h}</math></p> <p>非固著污染：<math>\alpha</math> 污染<math>&lt;1 \text{ Bq}/100\text{cm}^2</math>，<math>\beta/\gamma</math> 污染<math>&lt;2 \text{ Bq}/100\text{m}^2</math></p> <p>固著性污染：在距離 1 cm 處，其深部等效劑量率應維持在高於背景值每小時 0.001 mSv 以內。</p>
管制區	(非示警區)	<p><math>&lt; 0.05 \text{ mSv/h}</math></p> <p><math>\alpha &lt; 1 \text{ Bq}/100\text{cm}^2</math>，<math>\beta/\gamma &lt; 10 \text{ Bq}/100\text{cm}^2</math></p>
		輻射區
	高輻射區	<p><math>\geq 1 \text{ mSv/h}</math></p> <p>(以距離輻射源或其表面 30 cm 之偵測結果為準)</p>
	極高輻射區	<p><math>\geq 5 \text{ Gy/h}</math></p> <p>(以距離輻射源或其表面 1 m 之偵測結果為準)</p>
	空浮放射性區	<p><math>\geq 30\% \text{ DAC}</math></p>
	污染區	<p><math>\alpha \geq 1 \text{ Bq}/100\text{cm}^2</math></p>
		<p><math>\beta/\gamma \geq 10 \text{ Bq}/100\text{cm}^2</math></p>
	高污染區	<p><math>\alpha \geq 37 \text{ Bq}/100\text{cm}^2</math></p>
<p><math>\beta/\gamma \geq 370 \text{ Bq}/100\text{cm}^2</math></p>		
放射性物質區	<p><math>&gt; 10</math> 倍</p> <p>美國聯邦法規 10CFR20 附錄 C-放射性物質應標示之量。</p>	

表 7.1-2 乾式貯存設施合理抑低作業符合 NUREG-1567 需求對照表

	NUREG-1567 之需求	符合需求之規劃/實踐	備註
1	訂定合理抑低政策	依據合理抑低計畫，審查與協商作業方法，以促使合理抑低概念全然地融入工程作業中。對新增/改善工程，依獲利損益的比較，考量各項新增/改善工程的價值性。	
2	合理抑低之組織	核一廠設置輻射防護管理委員會，負責審查合理抑低計畫並提供建議。委員組成包括：廠長（或其指定代理人），各技術組或訓練中心等部門主管（或代理人），保健物理組經理、課長、及相關專職輻防人員；保健物理組經理指定專人擔任合理抑低工程師，負責執行職前、職中與職後作業審查，並追蹤輻射曝露與集體劑量的趨勢是否合於預估劑量。	合理抑低之組織與權責，詳如核一廠程序書 D919「人員輻射曝露之合理抑減作業程序 (ALARA)」
3	合理抑低計畫	<p>(1)工程管制與作業程序</p> <p>(2)追蹤個人劑量趨勢，並尋求因應對策</p> <p>(3)訓練、模擬與演練</p>	<p>工程管制與合理抑低作業程序，詳如圖 7.A-1。</p> <p>核一廠程序書 D919「人員輻射曝露之合理抑減作業程序 (ALARA)」</p> <p>此項需求已納入核一廠程序書 D919「人員輻射曝露之合理抑減作業程序(ALARA)」之「工作中審查」，由合理抑低工程師負責執行</p> <p>合理抑低職前訓練係依照工作的複雜性、潛在的危險性或是工作者對於工作任務的了解程度，而在實際展開作業之前提供給工作者，以降低輻射曝露與污染的散佈。此項訓練的內容與深度，於工作前計劃中訂定。模擬訓練必須依真實的工作情況。每位工作者均對其分派的任務，進行確實的技術演練。職前訓練或模擬訓練必須在工程監工認可後完成。</p>

	NUREG-1567 之需求		符合需求之規劃/實踐	備註
4	設計	設計基準須納入合理抑低原則	<p>1.本計畫設計基準已納入合理抑低原則，如第三章。</p> <p>2.貯存系統合理抑低原則的設計特性包含有：</p> <p>(1)貯存護箱的鋼板及混凝土，可降低側邊表面劑量。</p> <p>(2)採用曲折狀之冷卻氣體流動路徑，將貯存護箱之氣體進出口位置處的輻射洩流降至最低。選用的材料以及表面處理利於除役。</p> <p>(3)用過核燃料貯存池之池內作業，以清潔水在傳送護箱和密封鋼筒間的環狀空隙內流動，將密封鋼筒表面受到污染的可能降到最低。</p> <p>(4)不需維修的被動式密封、熱、臨界及屏蔽系統。</p> <p>(5)使用遙控自動化的出孔氣口溫度量測設備，減少人員監視時間及其劑量。</p>	

	NUREG-1567 之需求	符合需求之規劃/實踐	備註
5	<p>輻射作業 職前訓練與規劃</p>	<p>預估集體劑量<math>\geq 0.05</math> man-Sv 的工作，必須在展開作業前完成勤前講習，以確認工作者完成器材準備並加強工作方法、輻射狀況及防護需求的說明。</p> <p>任何單項作業預估集體劑量達 0.1 man-Sv 時，應由保健物理組召集相關作業部門，就該單項作業之有關資料加以審查檢討，進一步規劃具體合理抑低措施，及提出必要的建議或改進事項</p> <p>任何單項作業預估集體劑量達 0.25 man-Sv 時，應送輻射防護管理會審議，並提出必要的建議或改進事項後，始得進行該作業。</p> <p>模擬訓練必須依盡可能真實的工作情況。每位工作者均應對其分派的任務，進行確實的技術演練。</p> <p>(6)職前訓練或模擬訓練必須在工程監工認可後完成。</p>	<p>參照核一廠程序書 D919「人員輻射曝露之合理抑減作業程序(ALARA)」摘錄</p>
	<p>工作中審查</p>	<p>輻射防護人員與合理抑低工程師定期實地了解合理抑低管制的有效性，並追蹤個人劑量與集體劑量之趨勢。</p> <p>若因特殊原因而可能導致超過預估劑量目標時，合理抑低工程師邀請保健物理組主管與工程監工共同商擬對策。</p>	
	<p>職後審查</p>	<p>若實際與預估集體劑量值差異達+25 %以上，或實際接受之集體劑量<math>\geq 0.05</math> man-Sv 時，應依規定執行作業後審查會議，檢討執行成效，作成會議紀錄，並設專檔備查，以供日後參考。</p>	

## 二、環境輻射監測計畫

本貯存場之四周環境監測作業依照核一廠環境監測計畫，沿用核一廠現有的熱發光劑量計(TLD)、環境輻射監測器及連續空浮取樣器，全天候 24 h 監測該區域之直接輻射強度和空浮濃度。核一廠環境輻射監測計畫相關之監測項目、監測結果評估方法、品質保證及品質管制等請參閱附錄 7.A。另外，配合機動性定期環境偵測及混凝土護箱貯存作業等輻防管制，全盤掌握場址附近之輻射狀況，以確實掌握對場界周遭環境造成之影響。廠區各監測站位置如圖 7.2-1 與圖 7.2-2，環境輻射監測取樣地點則如圖 7.2-3 所示(佈點位置係引用自輻防計畫及環境輻射監測計畫，計畫更新時依最新版計畫執行)。彙整各項環境監測之總量，如表 7.2-1。此一監測計畫，能有效監控乾式貯存作業射源項之特性，適用於乾式貯存對環境影響之監測。



註：本圖之乾華民宅土壤及高壓游離腔屬環境測站。

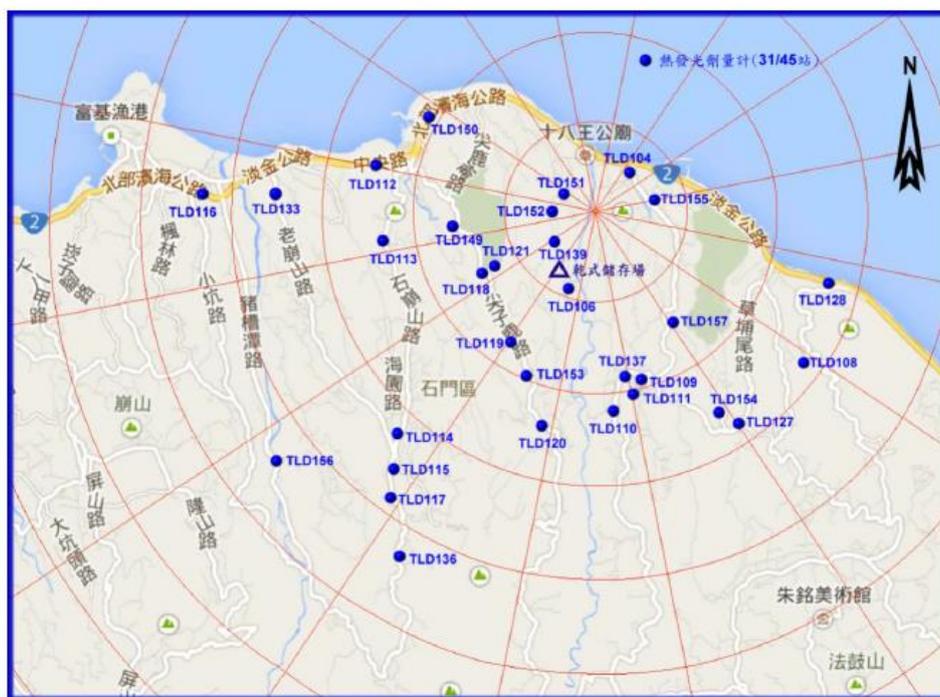
註：依據最新版(113年)核一廠輻射防護計畫

圖 7.2-1 乾式貯存設施運轉期間輻射監測站位置圖



註：依據最新版(113年)核一廠輻射防護計畫

圖 7.2-2 核一廠廠區輻射監測站位置圖



註：依據最新版(112年9月)核一廠環境輻射監測計畫

圖 7.2-3-1 核一廠環境輻射偵測取樣地點(熱發光劑量計)



註：依據最新版(112年9月)核一廠環境輻射監測計畫

圖 7.2-3-2 核一廠環境輻射偵測取樣地點(環境輻射監測器)

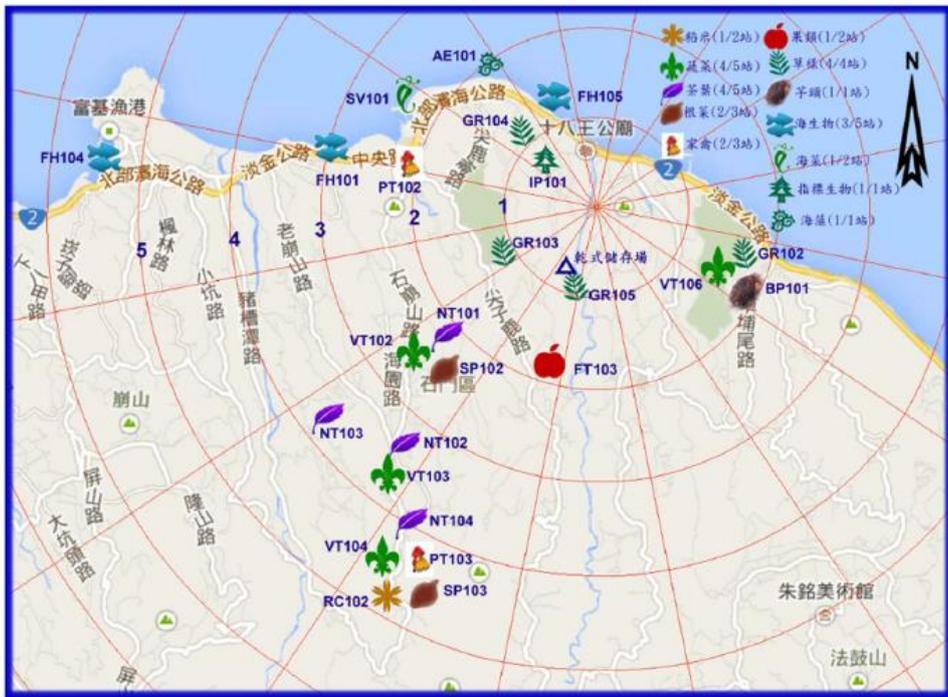


註：依據最新版(112年9月)核一廠環境輻射監測計畫

圖 7.2-3-3 核一廠環境輻射偵測取樣地點(空浮微粒及落塵)



註：依據最新版(112年9月)核一廠環境輻射監測計畫  
圖 7.2-3-4 核一廠環境輻射偵測取樣地點(各類水樣)



註：依據最新版(112年9月)核一廠環境輻射監測計畫  
圖 7.2-3-5 核一廠環境輻射偵測取樣地點(各類生樣)



註：依據最新版(112年9月)核一廠環境輻射監測計畫

圖 7.2-3-6 核一廠環境輻射偵測取樣地點(土壤)



註：依據最新版(112年9月)核一廠環境輻射監測計畫

圖 7.2-3-7 核一廠環境輻射偵測取樣地點(岸砂)

表 7.2-1 核能電廠環境輻射監測作業試樣分析統計表

期間	直接輻射	空氣	落塵	水樣	生物樣	累積效應	總計
112 年	61,500	1,728	24	328	80	86	63,746
113 年	61,668	1,760	24	328	80	86	6,3946

### 三、結論

本計畫之輻射管制措施與環境輻射監測，能有效監控本作業射源項之特性，提供乾式貯存作業期間對工作人員及民眾的輻射防護，並監測核一廠所有的放射性物質外釋。

#### 四、參考文獻

1. 核能安全委員會，“游離輻射防護法”，91年1月。
2. 核能安全委員會，“核子反應器設施管制法施行細則”，107年11月修正發布。
3. 台灣電力公司核能一廠，“核能一廠輻射防護計畫”，113年3月。
4. 台灣電力公司核能一廠，“台灣電力公司核能一廠 D900 系列程序書”
5. 台灣電力公司放射試驗室，“核一廠環境輻射監測計畫”，112年9月。

## 附錄 7.A 核一廠程序書及環境輻射監測內容摘要

摘錄與本章相關之核一廠輻射防護相關程序書及環境輻射監測內容。其內容包括輻射防護標準、進出管制程序、廠內輻射偵測與紀錄作業程序、放射性物質之管制程序、放射性物質運送管制程序、保健物理廠區環境計測室品質手冊、人員輻射曝露合理抑減作業程序、核一廠環境監測計畫等 8 項。

#### (一) 核一廠程序書

##### 1. 輻射防護標準

- (1) 個人劑量指個人所接受體外曝露與體內曝露所造成劑量之總和，不包括由天然輻射曝露及醫用曝露所產生的劑量。體外曝露與體內曝露合併計算之公式，依核安會公告之規定。
- (2) 合理抑低。
- (3) 職業曝露之法規劑量限制

工作人員職業曝露之年個人劑量限度如附表

附表 職業曝露之法規劑量限制

曝露部位	年劑量限值 (mSv)
1. 全身有效劑量	50
2. 眼球、水晶體之等效劑量	150
3. 其他個別器官或組織之等效劑量	500

每連續五年週期之工作人員職業曝露不得超過 100 mSv。

##### 2. 進出管制程序

人員防護及醫務監護部分，係依合約及核一廠輻射防護計畫執行。廠外人員及外包商之健康檢查及紀錄保存係由承攬機構負責執行；劑量監測由本公司評定，劑量紀錄由本公司及承攬機構分別保存。另依審查意見，補充說明廠外人員及外包商進廠之規定資料說明如下。

###### (1) 直接進入管制區執行任務之包商人員：

- A. 填寫輻射劑量佩章申請書。
- B. 填交歷史曝露記錄表。
- C. 繳交本公司從事游離輻射工作人員特殊體格與健康檢查紀錄表(持有

已認可之證明者免，且距最近一次體檢日起一年有效。)

D. 「個人輻射劑量管制登記簿」。

E. 輻射防護訓練，並經考試合格。

F. 進（出）廠之全身計測，生化分析及面具測試（進廠），由保健物理組視實際情況決定需求。

G. 審查在有效期限內之法定 3 小時以上輻防教育訓練紀錄。

（不進入管制區者得以工作環境監測代替個別人員偵測。）

(2) 本國承包商人員之劑量授權值須由各包商負責人指定之「輻防管理員」按各員工之劑量紀錄，直接簽註於「個人輻射劑量管制登記簿」，並經該承包商之輻防管理員核予劑量管理簽註章後生效，因此承包商須專設輻防管理員並填寫輻防員承諾書，負責該公司之人員劑量管理事宜。

(3) 凡年累積劑量達 18 mSv 者不得再進入管制區工作。超過 15 mSv 者，得限制其工作。若確有需要可申請增加，惟不可逾每年 50 mSv 及 5 年 100 mSv 限值。

(4) 進出皆須經由輻射管制站進出，不得經由其他途徑。

(5) 胸前均須佩戴個人 TLD 佩章、電子劑量計，兩者佩戴距離不得超過 10 cm。

(6) 工作人員進入乾式貯存場工作前，須依 核一廠程序書 D906「輻射工作許可證作業程序」之 RWP 最低處理時限事先申請 RWP，經保健物理組核准，工作性質如預計超過行政限值時（日，週），須事先一併申請特別工作計劃輻射曝露限值申請書，並經廠長（或指定代理人）批准後始可作業。

(7) 各緊急門非緊急情況不得通行或開啟。

### 3. 廠內輻射偵測與紀錄作業程序

(1) 確切掌握廠區內各處之輻射與污染狀況，而予以有效之管制。

(2) 嚴格控制廠區內所有可能之輻射曝露與體內外污染，俾維護工作人員之健康及安全。

(3) 特定工作期間，據以規劃及執行有效之輻射防護工作。

### 4. 放射性物質之管制程序

(1) 放射性物質儲存區須予以輻射管制，並懸貼輻射示警標誌，鑰匙應由專人保管。

(2) 密封放射性物質容器表面應有明顯耐久之輻射警告標誌並附註有關核種、名稱、活度及必要之說明。

(3) 交接後，負責保管人員應予妥善保管，且存放場所並應有完善之保全及屏蔽設施。

(4) 每年定期執行輻射偵測，其結果應存檔備查及陳報。

(5) 各類放射性廢棄物，如除污產生之放射性廢液、手套等，應依照規定加以分類，放射性廢液併入核子設施廢水處理系統排放。

#### 5. 放射性物質運送管制程序

本廠放射性物質在廠內之運送，得免適用放射性物質安全運送規則之規定，另訂定適當之執行及管制作業程序據以施行。相關要點如下：

(1) 參與放射性物質運送人員應依規定接受相關訓練、人員劑量監測及劑量限制(執行廠內運送時，除包件外表黏貼警示標誌、駕駛(或操作人員)要接受危險物品運送專業訓練，於啟運前必要時作酒精測試，並作成紀錄備查。廠內行車時速不得超過 30 km)。

(2) 放射性物質運送容器及工具，應依規定偵測及除污，以防止污染擴散。

(3) 放射性物質運送作業過程中，應注意輻射安全，以保障工作人員及民眾之接受之曝露符合法令規定。

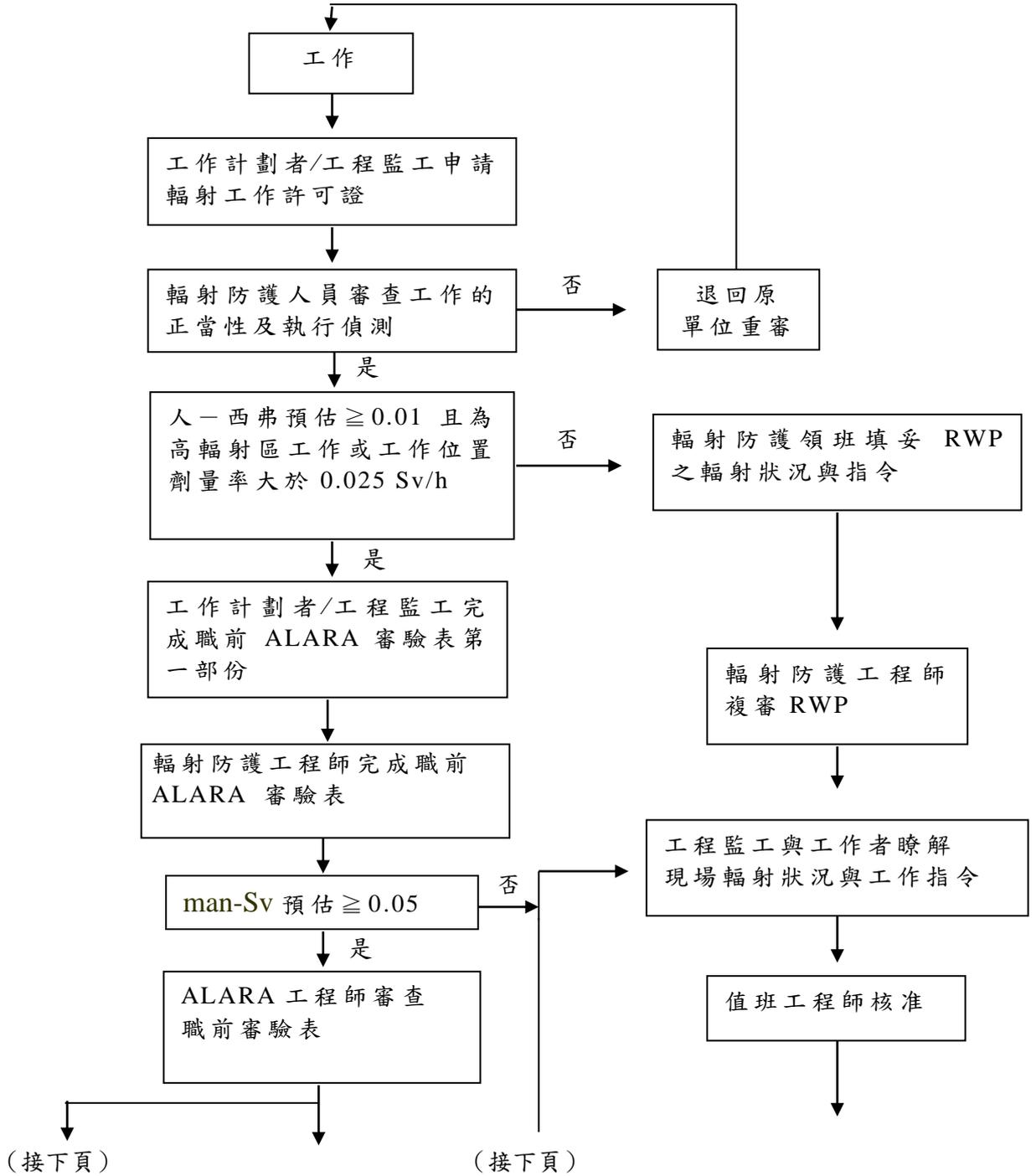
(4) 放射性物質運達目的地搬至存放場所後，應即依規定劃定適當管制區域，並採取輻射示警措施。

#### 6. 保健物理廠區環境計測室品質手冊

(1) 廠區監測區監測項目包括：直接輻射偵測、連續輻射監測、空氣活度監測、土壤之取樣分析及廠區內下水道排放口之水樣取樣分析，和以 TLD 度量累積直接輻射劑量等。另外，必要時應作特殊地點及增加頻次之直接輻射、空氣活度監測與取樣分析。

(2) 陳報規定

7. 人員輻射曝露合理抑減作業程序



(接上頁)

(接上頁)

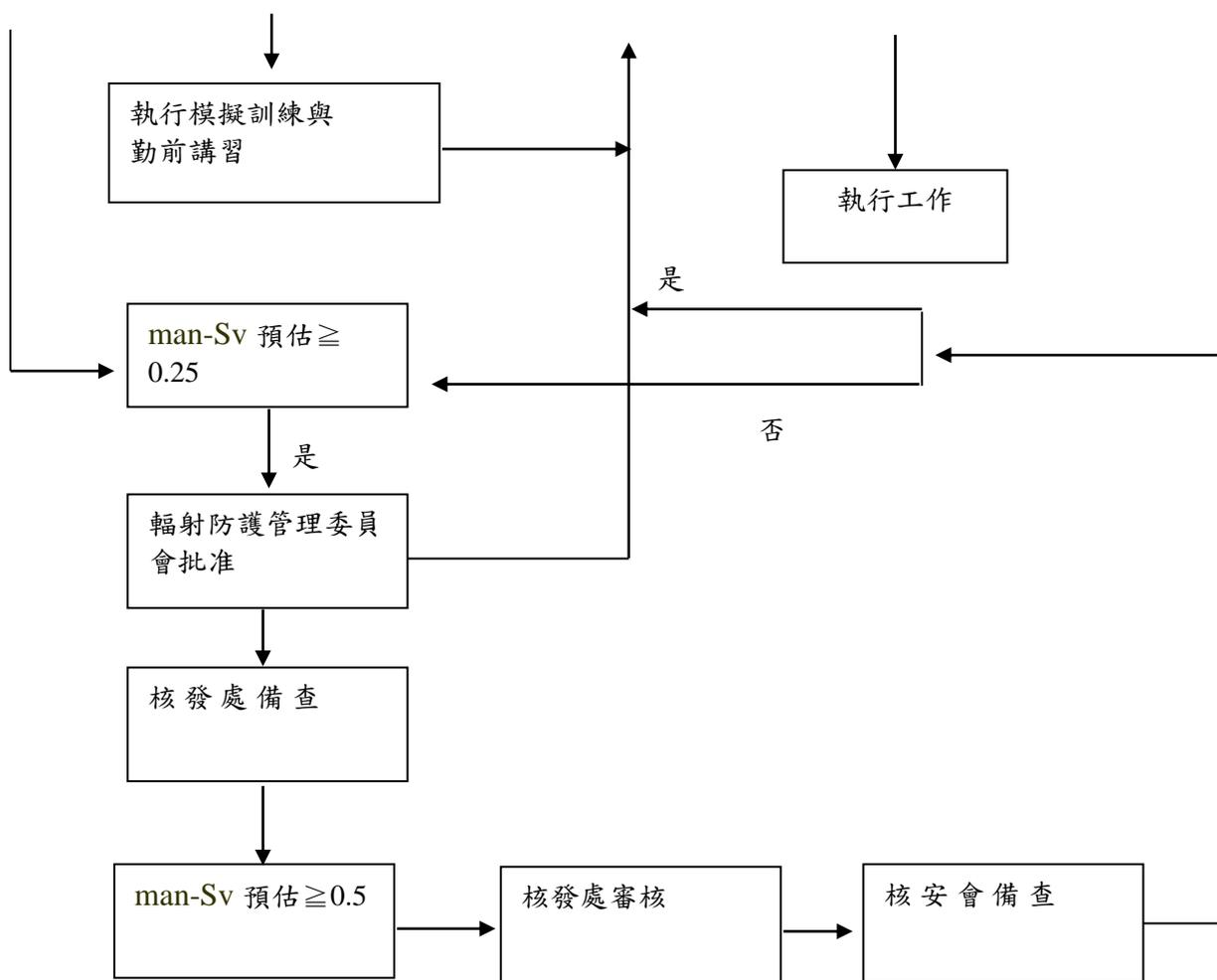


圖 7.A-1 合理抑低作業流程

## (二) 核一廠環境輻射監測計畫

摘錄核一廠環境輻射監測計畫之監測項目、監測結果評估方法、品質保證及品質管制等重點如下。

### 1. 監測項目

為評估由核能電廠對民眾所造成的體外輻射曝露，須實施環境直接輻射偵測。在核能一廠附近地區設置連續輻射監測器(continuous monitor)，以測得輻射曝露率。在重要地點設置二種以上的監測器，如輔以熱發光劑量計(TLD)，測其累積劑量值。在預測不會受核能電廠影響的地點，也須設置同類型的監測器，做為背景值，以便相互比較。表 7.A-1 所示為核一廠環境輻射監測項目、頻次及分析方法。至於(5 km 範圍內)取樣地點，詳如圖 7.2-3。

### 2. 連續性環境輻射偵測

- (1) 由連續性監測器測定之輻射曝露率，能對短時間的輻射變動執行監測，並能隨時與氣象觀測數據相對照，俾能即早發現異常並瞭解原因。
- (2) 偵檢器採用高敏感度之閃爍偵檢器或環境輻射監測器，或是兩者配合使用。
- (3) 利用遙測系統，將連續輻射偵測器偵測數據直接傳送至監視中心並連續紀錄。

### 3. 累積劑量之偵測

累積劑量之偵測有各種方法，以靈敏度和操作簡便的觀點而言，熱發光劑量計為最適當。

### 4. 環境試樣放射性分析

由核能電廠排放的放射性核種會擴散於環境中，其中一部分放射性核種經由各種途徑對人體造成輻射曝露，不論輻射曝露途徑對人體有無直接關係，均需採取環境試樣分析。此有助於瞭解放射性核種的分布和累積效應。環境試樣分析的對象為核能設施所排放出之放射性核種，同時亦應充分瞭解天然放射住核種的含量以供參考。

#### (1) 環境試樣的取樣

##### A. 試樣種類與地點的選擇

為採取具有代表性的試樣，應在固定地點採取同種類試樣。採取試樣的數量必須足夠分析及評估，並應考慮適當的保存期間。海產物試樣要依據排水口的距離、海流狀況、生態等做為取樣時考慮的條件。不會受核能電廠影響的地點，亦須取樣分析以與上述所選擇地點的試樣分析數據相互比較。陸地上的試樣，要依據核能電廠的距離、風向，人口分布等因素設定。以下事項亦應考慮：

- a. 選擇試樣須考成重要的輻射曝露途徑，在陸地上宜注意核能電廠周圍土地利用的情形，並優先考慮產量高的農產品，如稻米、蔬菜等。在海洋方面宜選擇不易移棲的海產物，並考慮其漁獲量及消費的情況。
- b. 為迅速確實瞭解環境中放射性強度的變動，須採取有效的指標生物。
- c. 為減少分析試樣的次數，而又能得到廣泛且具代表性的結果，可選用混合試樣。採取混合試樣必須在固定時間、地點採取相同的樣品，混合後計測，則可得到較平均的結果。

#### B. 取樣頻次

- a. 為瞭解放射性核種在陸地土壤及岸砂、海底沉積物等的累積效應，宜每半年或每季取樣一次。
- b. 以分析試樣來推算民眾的輻射曝露劑量。如農、畜、水產食品、陸地水等，原則上為每季取樣分析。季節性的食品及生物則在生產期或漁獲期取樣分析。
- c. 為瞭解受落塵的影響情形，宜設置大水盤每月作放射性落塵分析調查。並視需要採取雨水、空浮微粒等，俾能早期發現放射性落塵的影響。

### (2) 環境試樣放射性含量分析

#### A. 分析方法

環境試樣的放射性含量分析方法，有儀器分析法及放射化學分析法。通常以儀器分析法為主。環境試樣總活度測定的結果不能作為評估輻射曝露的依據，僅作為早期分析的參考。

#### B. 偵檢靈敏度

偵檢靈敏度依環境試樣分析的目的考量以下二點：

- a. 試樣種類如飲用水、食品等，其目的在評估民眾所受劑量，因此偵檢靈敏度要根據每年有效劑量限度作決定。
- b. 目的在瞭解環境中放射性核種的累積效應時，須先瞭解當地環境的特性，然後再考慮試樣及核種的特性，以及目前偵測技術的能力等條件。

### 5. 偵測結果的評估

#### (1) 劑量評估

由核能一廠環境輻射監測結果估算民眾劑量之方法，主要係依據核安會修訂之「環境輻射偵測規範」(附件四「體外及體內劑量

評估方法」)評估。

現行核能電廠排放造成廠外民眾劑量評估之關鍵途徑仍經過實際調查，剔除不可能的輻射影響途徑（如農田灌溉、飲水或鮮奶飲用等），並以最近5年調查所得之當地居民生活飲食習慣為劑量評估參數，故評估所得之假設性群體劑量應仍具有當地居民的代表性，應已符合游離輻射防護安全標準有關評估關鍵群體劑量的規定，即對於廠外最大個人民眾評估方式採用假設性關鍵群體的保守性，以及相關之關鍵途徑與評估參數評估而得。

## (2) 綜合評估

關於偵測結果及其綜合評估的方法如下：

- A.推算的曝露劑量及評估的結果。
- B.放射性核種的累積情形。
- C.偵測結果與核能電廠運轉的狀況宜作適當的說明。

## 6. 品質保證及品質管制

品質管制係針對度量設備及過程所採取的措施，以管制度量結果能達到所要求的標準。環境輻射偵測試驗室的品質管制，應包含下列各項：

### (1) 校正射源的參考標準

校正射源應具備有可追溯至國家標準的證明文件。某些天然放射核種的標準，可用高純度化學藥品製備。例如總貝他計測所用之K-40的標準，可用試藥級氯化鉀製備。

### (2) 輻射度量系統的校驗

例行使用的輻射度量系統，應定期校驗背景計數率及系統之回應。校驗之結果應加記錄，並繪製於管制圖上。若度量值在管制值之外，即應調查並改正。

### (3) 品質管制試樣之分析

品質管制試樣之分析在確定偵測過程的精確度及準確度，包括試驗室內及試驗間之度量比較兩種。品質管制試樣分析佔分析作業量的比例，最少是5%，一般是10%。

#### A.試驗室內之比較分析

應例行分析複製試樣(一般為雙重試樣)，此種複製試樣之製備應取自盡可能均勻的樣品，例如經過充分拌和或混合的液體或固體。這些試樣可以是偵測計畫內試樣的複製品，參考試驗物質的複製品，或兩者都是。

## B. 試驗室間之比較分析

應參加不同試驗室間之比較分析，互相檢討，這樣能發現各實驗室內無法發現的錯誤。

### (4) 計算之核對

計算放射性物質濃度的作業程序，應經由不同人員核對過，使用計算機之計算，所有程式應予記錄並加證實。

表 7.A-1 核一廠環境輻射偵測作業項目

試樣別	試樣站數	取樣頻度	分析類別／頻度
直接輻射			
熱發光劑量計	45	季	加馬劑量／季
環境輻射監測器	7	連續	加馬劑量／小時
空氣			
空氣微粒	16	連續	總貝他、加馬能譜／週、加馬能譜／季、鋇-89;90
空氣碘	16	連續	放射性碘／週
落塵	1	連續	加馬能譜／月
水樣			
海水	9	季	加馬能譜、氫／月、鋇-89；90
飲水	7	季	加馬能譜、氫／季、鋇-89；90、放射性碘
河水	2	季	加馬能譜、氫／季、鋇-89；90
池水	5	季	加馬能譜、氫／季、鋇-89；90
地下水	2	季	加馬能譜、氫／季、鋇-89；90
定時雨水	2	月	加馬能譜／月、氫／季、鋇-89；90
定量雨水	2	月	加馬能譜、氫
生物			
稻米	2	半年(收穫期)	加馬能譜／半年、鋇-89；90
蔬菜	5	半年(收穫期)	放射性碘、加馬能譜／半年、鋇-89；90
茶葉	5	半年(收穫期)	加馬能譜／半年、鋇-89；90
果類	2	年	加馬能譜／年、鋇-89；90
根菜	3	年(收穫期)	加馬能譜／年、鋇-89；90
芋頭	1	年(收穫期)	加馬能譜／年、鋇-89；90
莖菜	1	年(收穫期)	加馬能譜／年、鋇-89；90

試樣別	試樣站數	取樣頻度	分析類別／頻度
家禽	3	半年	加馬能譜／半年、鋇-89；90
海菜(石花菜)	2	年	放射性碘、加馬能譜／年、鋇-89；90
海生物(海魚)	5	季	加馬能譜／季、鋇-89；90
指標生物(相思樹)	1	月	加馬能譜／月
指標生物(海藻)	1	年	放射性碘、加馬能譜／年、鋇-89；90
土壤、岸砂試樣			
岸砂	9	季	加馬能譜／季
土壤	15	半年	加馬能譜／半年
海底沉積物	4	半年	加馬能譜／半年