

第七章 輻射防護作業與環境輻射監測計畫

目錄

第七章 輻射防護作業與環境輻射監測計畫	7.1-1
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	7.1-6
(七) 意外事故處理	7.1-6
(八) 合理抑低措施	7.1-6
(九) 輻射偵測紀錄保存	7.1-9
(十) 其他主管機關指定事項	7.1-9
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 核二廠輻射防護相關程序書及環境輻射監測內容摘要	7.A-1

圖目錄

圖 7.1-1 核二廠輻射防護管理組織圖	7.1-10
圖 7.1-2 核二廠用過核子燃料乾式貯存場(14.6 kW/護箱)圍籬輻射劑量率圖 (μ Sv/h).....	7.1-11
圖 7.2-1 核二廠高壓游離腔監測站分布圖	7.2-2
圖 7.2-2 乾式貯存設施施工及運轉期間高壓游離腔監測站位置配置示意圖	7.2-2
圖 7.2-3 核二廠熱發光劑量計(TLD)監測站分布圖(5 公里內).....	7.2-3
圖 7.2-4 乾式貯存設施施工及運轉期間熱發光劑量計監測站位置配置示意圖 ..	7.2-3
圖 7.2-5 核二廠空氣微粒取樣站分布圖	7.2-4
圖 7.2-6 核二廠各類水樣取樣站分布圖(5 公里內)	7.2-4
圖 7.2-7 核二廠各類生物樣取樣站分布圖(5 公里內)	7.2-5
圖 7.2-8 核二廠土壤取樣站分布圖(5 公里內)	7.2-5
圖 7.2-9 核二廠岸砂取樣地點(5 公里內)	7.2-6

表目錄

表 7.1-1 核能電廠地區管制劃分	7.1-12
表 7.1-2 乾式貯存設施合理抑低作業符合 NUREG-1567[13]需求對照表	7.1-13
表 7.2-1 核能電廠環境輻射監測作業分析統計表	7.2-7

第七章 輻射防護作業與環境輻射監測計畫

本計畫貯存設施所在位置位於核二廠廠區內，故相關運貯與貯存作業原則上沿用核二廠輻射防護計畫[1]及環境監測計畫[2]之現有規定，並就乾貯作業之特性另行增加必要之輻防作業。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」[3]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，本公司核二廠已設置輻射防護業務部門並負有輻射防護之責任。

核二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。目前核二廠擁有輻射防護師 10 人及輻射防護員 30 人，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，依核二廠 902 程序書「輻射防護標準與人員職責」[4]之輻射安全規定，並依輻防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。核二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. 核二廠：

- (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：

督導核二廠配合本計畫推動輻射防護作業，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、運送及貯存設施之規劃與執行。
- (2) 安全評估(包含分析報告、計算書、程序書、計畫書等)。

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

依核二廠輻射防護計畫及相關營運程序書，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，相關作業依核二廠營運程序書 906.3「醫務監護程序」[5]辦理。

(五) 地區管制

核二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、高輻射區、極高輻射區、空浮放射性區、污染區、高污染區、及放射性物質區等）；地區管制劃分標準，如表 7.1-1。用過核子燃

料貯存設施在圍籬範圍內目前規劃定為管制區；貯存場外屬監測區；俟正式營運前，將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。

經評估貯存場圍籬邊界輻射劑量率如圖 7.1-2。區域劃分前，若非示警區邊界圍籬處量測輻射劑量率超過限值 $5 \mu\text{Sv/h}$ 時，本公司則將於超過限值之邊界圍籬處，執行懸貼警告標誌並禁止人員接近等行政管制措施。

至於用過核子燃料裝載及運貯之執行，依(1)吊卸裝填，(2)運搬與傳送，(3)接收及貯存等三階段，說明輻射防護作業如下：

1. 燃料廠房之地區管制

用過核子燃料之裝載與傳送作業係在燃料廠房內執行。燃料廠房之輻射管制，遵照核二廠輻射防護計畫第五篇及核二廠營運程序書 900 系列規定辦理，其輻防作業要點如下：

- (1) 用過核子燃料之運貯及相關作業，必須遵照核二廠輻射防護計畫第五篇各節之規定辦理管制區之圍籬、示警與檢討調整；人員之防護與管制、放射性污染管制、輻射監測與防護措施、放射性物質容器之示警與標示等事項。
- (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現場輻射管制，以確保輻射安全。
- (4) 用過核子燃料裝載時，儘量避免擾動水底沉積之放射性污垢 (crud)。
- (5) 由燃料池移出傳送護箱時之輻防措施
 - 在吊卸裝載用過核子燃料傳送護箱作業區域，選擇適當位置以監測輻射劑量率；
 - 吊升過程中，傳送護箱外表面加壓噴水沖洗；

- 進行傳送護箱除污前，偵測工作區域之輻射劑量率。

(6) 封鐸密封上蓋時之輻防措施

- 視需要加裝臨時屏蔽；
- 視需要於封鐸時設置空氣淨化設備(portable HEPA unit)備用；
- 視需要監測封鐸工作區域之輻射劑量率及空浮濃度。

(7) 排水、乾燥及充填氬氣時之輻防措施

- 排水時監測工作區域之輻射劑量率；
- 執行真空乾燥處理時，注意連續式空氣監測器之讀數變化；
- 移除臨時屏蔽後，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，偵測表面輻射劑量率及污染，確認符合輻防作業需求；
- 移動傳送護箱時，監測輻射劑量率之變化；
- 必要時，依核二廠營運程序書 917「輻射劑量合理抑低(ALARA)作業程序」[6]所述 ALARA 審查之要求，檢討作業與評估，並即時採取因應行動，以減少工作人員之集體有效劑量；
- 管制人員進入臨時管制區，依本報告第三章一、(六)節之規定執行。

2. 廠內運送與傳送作業

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，將有保警及輻防人員等隨行，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。主要之輻射管制工作包括以下各點：

- (1) 確認運送傳送護箱工作人員之劑量紀錄合於劑量限制之規定。

- (2) 運送傳送護箱前，在燃料廠房出口處建立輻射管制區，以及確認運送路徑上無障礙物及人車。
- (3) 傳送護箱外表黏貼警示標誌。
- (4) 傳送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。
- (5) 若車輛表面污染超過作業程序書之規定時，應予去污後放行。
- (6) 廠內運送時，運送車輛由輻射防護人員管制車輛附近工作人員與傳送護箱保持距離。
- (7) 密封鋼筒傳入混凝土護箱妥當後，運送車輛須經偵檢確證無污染後始放行。
- (8) 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二廠廠內，進出管制及地區管制，已採取實體圍籬與保安系統等措施，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 7.1-2。相關管制措施包括以下各點：

- (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) 人員與物品進出本輻射管制區之規定
依核二廠營運程序書 903「進出管制程序」[7]，規劃及執行人員與物品之進出管制作業。
- (4) 輻射偵測與紀錄

依核二廠輻射防護計畫及核二廠營運程序書 908「廠內輻射偵測與記錄程序」[8]及 908.1「廠區輻射監測作業程序」[9]，訂定本作業之輻射偵測作業據以執行輻射偵測與紀錄。

(5) 傳送護箱(含用過核子燃料)進出管制

依核二廠營運程序書 903「進出管制程序」規劃與執行傳送護箱(含用過核子燃料)進出管制作業，並於吊卸傳送護箱後，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

依輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則[10]第十四條之規定，盛裝放射性物質之混凝土護箱表面，貼有輻射示警標誌，並註明有關核種名稱、活度及必要之說明。

(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，能有效隔離用過核子燃料所含的放射性物質，於乾式貯存吊運裝填作業期間只會產生少量含放射性廢棄物，將依核二廠營運程序書 918「廢棄物處理管制程序」[11]規定處理。

(七) 意外事故處理

有關本計畫作業時的意外事故之輻射防護應變措施，依照本公司核二廠輻射防護計畫第五篇第 5.13 節管制區內之意外事故處理程序辦理。

(八) 合理抑低措施

根據「游離輻射防護安全標準」[12]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二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」、「內盛裝密封鋼筒之傳送護箱廠內運送」、「密封鋼筒傳送至混凝土護箱」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) 視需要使用金屬墊板先沉入燃料池裝載區之池底，以避免傳送護箱沉入池底時造成之擾動，並減少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，使用加壓除礦水執行其環狀表面（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，使用加壓除礦水實施表面沖洗。
- (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，並設置具警報裝置之數字顯示型區域輻射偵測器，以掌控熱粒子示警區內潛在之熱粒子污染及輻射強度。
- (5) 設置工作平台及適切之臨時屏蔽（含密封鋼筒屏蔽上蓋封鉀時之環型屏蔽板）以利傳送護箱外表面後續除污，並抑低封鉀處理工作人員之輻射劑量。

2. 「內盛裝密封鋼筒之傳送護箱廠內運送」之措施

- (1) 偵測傳送護箱的表面輻射劑量率，並視需要加裝臨時屏蔽。
- (2) 完成輻射偵檢之後，依照核二廠營運程序書 910「放射性物質之管制程序」[13]執行傳送護箱之廠內運送作業。其要點為：
 - 偵測傳送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。

3. 「密封鋼筒傳送至混凝土護箱」之措施

- (1)俟傳送護箱內之密封鋼筒吊卸後，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放行。
- (2)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。

4. 「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) (加馬) 及 4 具高壓游離腔 (HPIC)，以執行貯存場及核二廠廠區之輻射監測作業。(本公司目前在貯存場周邊及運送路徑已設置有 8 站 TLD 執行監測；例行運轉前，將另在貯存設施邊界每 30 公尺增設 1 站。)
- (3) 依核二廠環境輻射監測計畫執行例行環境取樣 (草、土、水樣) 及分析作業。

5. 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，以傳送護箱運至貯存場作業之安裝防撞緩衝器工作人員，以及密封上蓋銲接檢查人員可能接受的劑量較高，屆時將視輻射劑量率狀況再依照核二廠輻射曝露合理抑減作業程序書之規定，填寫職前 ALARA 審驗表，而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)。

(九) 輻射偵測紀錄保存

依核二廠營運程序書 908「廠內輻射偵測與記錄程序」及 908.1「廠區輻射監測作業程序」執行。

(十) 其他主管機關指定事項

無指定事項。

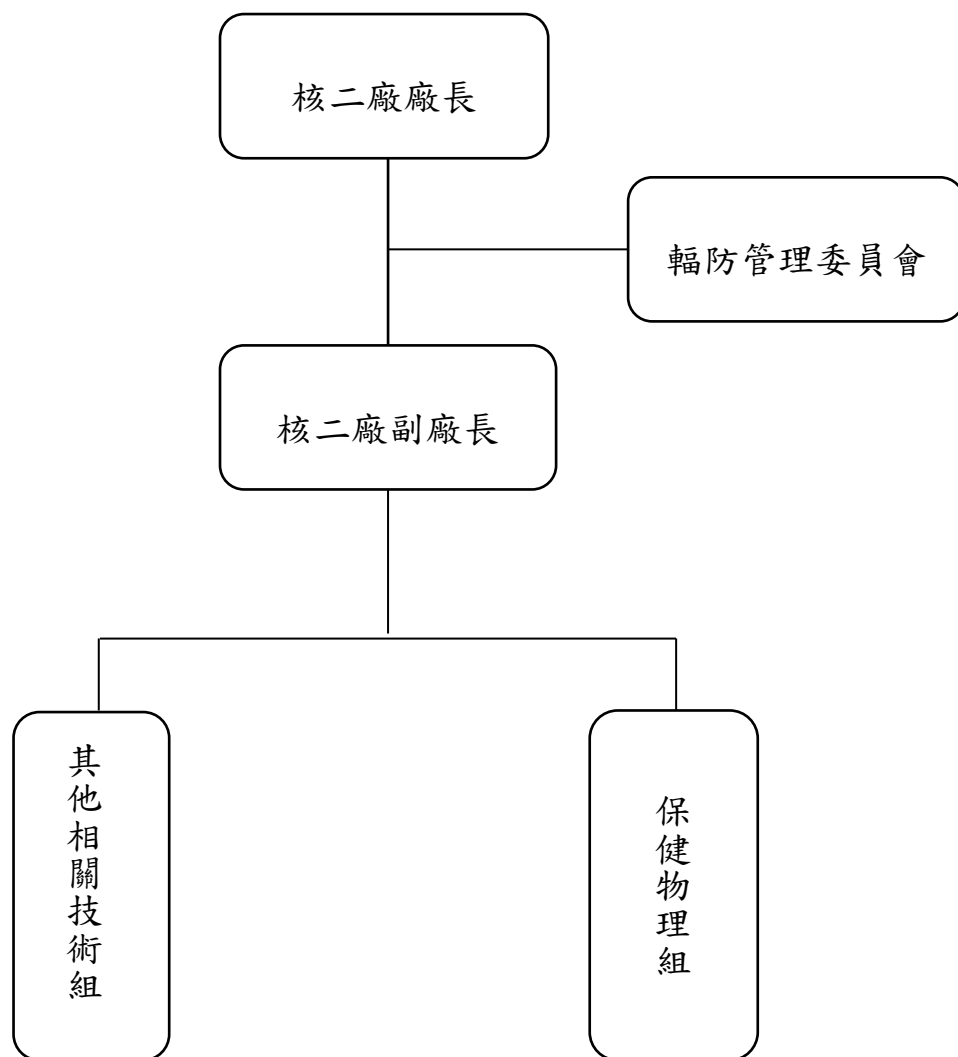


圖 7.1-1 核二廠輻射防護管理組織圖

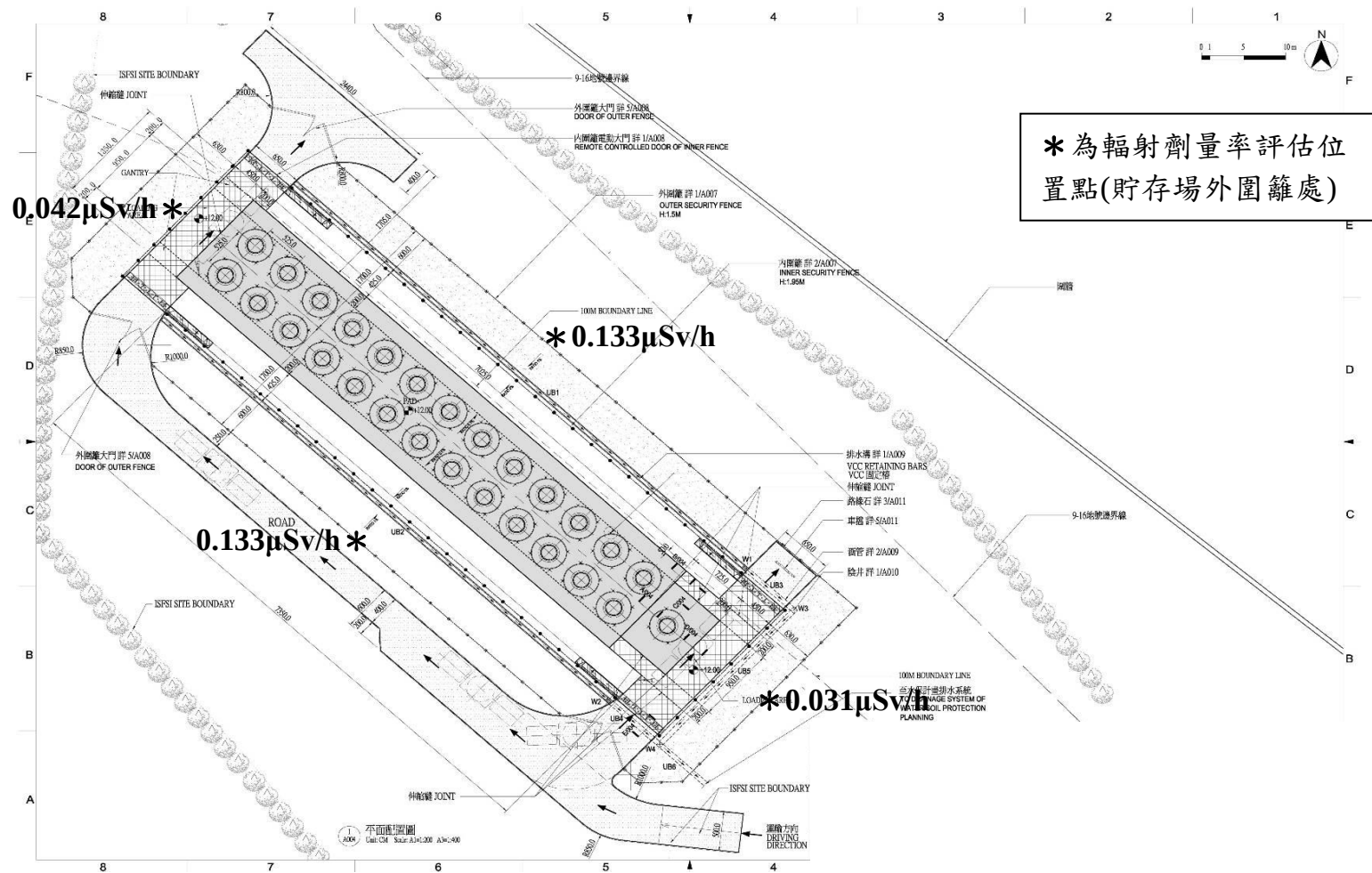


圖 7.1-2 核二廠用過核子燃料乾式貯存場(14.6 kW/護箱)圍籬輻射劑量率圖($\mu\text{Sv/h}$)

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。	$<5 \mu\text{Sv/hr}$ 非固著性污染： α 污染 $<1\text{Bq}/100\text{cm}^2$ ， β/γ 污染 $<2\text{Bq}/100\text{m}^2$ 固著性污染：在距離 1 公分處，其周圍劑量率應維持在高於背景值每小時 0.001 毫西弗以內。
管制區	非示警區	$<0.05 \text{ mSv/hr}$ $\alpha < 1 \text{ Bq}/100\text{cm}^2$ ， $\beta/\gamma < 10 \text{ Bq}/100\text{cm}^2$
	示警區	輻射區
		$\geq 0.05 \text{ mSv/hr}$ ， $< 1 \text{ mSv/hr}$ (以距離輻射源或其表面 30 公分之偵測結果為準)
		高輻射區
		$\geq 1 \text{ mSv/hr}$ (以距離輻射源或其表面 30 公分之偵測結果為準)
		極高輻射區
		$\geq 5 \text{ Gy/hr}$ (以距離輻射源或其表面 1 米之偵測結果為準)
		空浮放射性區
		$\geq 30\% \text{ DAC}$
	污染區	$\alpha \geq 1 \text{ Bq}/100\text{cm}^2$
		$\beta/\gamma \geq 10 \text{ Bq}/100\text{cm}^2$
	高污染區	$\alpha \geq 37 \text{ Bq}/100\text{cm}^2$
		$\beta/\gamma \geq 370 \text{ Bq}/100\text{cm}^2$
	放射性物質區	$> 10 \text{ 倍} \times \text{美國聯邦法規 } 10 \text{ CFR } 20 \text{ 附錄 C-放射物質應標示之量。}$

表 7.1-2 乾式貯存設施合理抑低作業符合 NUREG-1567[13]需求對照表

	NUREG-1567 之需求		符合需求之規劃/實踐	備註
1	制定合理抑低政策		1.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。 2.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		1.核二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）各技術組或模擬操作中心等部門主管（或代理人），保健物理組經理、課長、及相關專職輻防人員； 2.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，詳如核二廠營運程序書 917「輻射劑量合理抑低(ALARA)作業程序」
3	合理抑低計畫	(1)工程管制與作業程序	工程管制與合理抑低作業程序，詳如表 7.A-1。	核二廠營運程序書 917「輻射劑量合理抑低(ALARA)作業程序」
		(2)追蹤個人劑量趨勢，並尋求因應對策	此項需求已納入核二廠營運程序書 917(輻射劑量合理抑低(ALARA)作業程序)「工作中審查」，由合理抑低工程師負責執行	
		(3)訓練、模擬與演練	1.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。 2.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。 3.職前訓練或模擬訓練必須在工程監工認可後完成。	
4	設計	設計基準須納入合理抑低原則	1.本計畫設計基準已納入合理抑低原則，如第三章。 2.貯存系統合理抑低原則的設計特性包含有： (1)貯存護箱的鋼板及混凝土，可降低側邊表面劑量。	

	NUREG-1567 之需求		符合需求之規劃/實踐	備註
			(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。 (3)用過核子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。 (4)不需維修的被動式密封、熱、臨界及屏蔽系統。 (5)使用遙控自動化的混凝土護箱出氣孔溫度量測設備，減少人員監視時間及其劑量。	
5	輻射作業 職前訓練與規劃		1.預估集體劑量 (1)預估集體劑量≥ 0.05 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。 (2)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 (3)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。 2.模擬訓練要盡可能模擬真實的工作情況。每位工作者均應對其分派的任務，進行確實的技術演練。 3.職前訓練或模擬訓練必須在工程監工認可後完成。	參照核二廠營運程序書 917「輻射劑量合理抑低(ALARA)作業程序」摘錄

	NUREG-1567 之需求	符合需求之規劃/實踐	備註
	工作中審查	1.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。 2.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。	
	職後審查	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 $\geq 0.05 \text{ man-Sv}$ 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。	

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二廠環境監測計畫，沿用核二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。核二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~圖 7.2-4，環境輻射監測取樣地點則如圖 7.2-5~圖 7.2-9 所示，其中有關高壓游離腔之設置，目前已有 3 具，未來將於鄰近貯存場再增加 1 具高壓游離腔，合計將有 4 具高壓游離腔監測貯存場週邊輻射劑量。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，亦適用於乾式貯存對環境影響之監測。



圖 7.2-1 核二廠高壓游離腔監測站分布圖



圖 7.2-2 乾式貯存設施施工及運轉期間高壓游離腔監測站位置配置示意圖

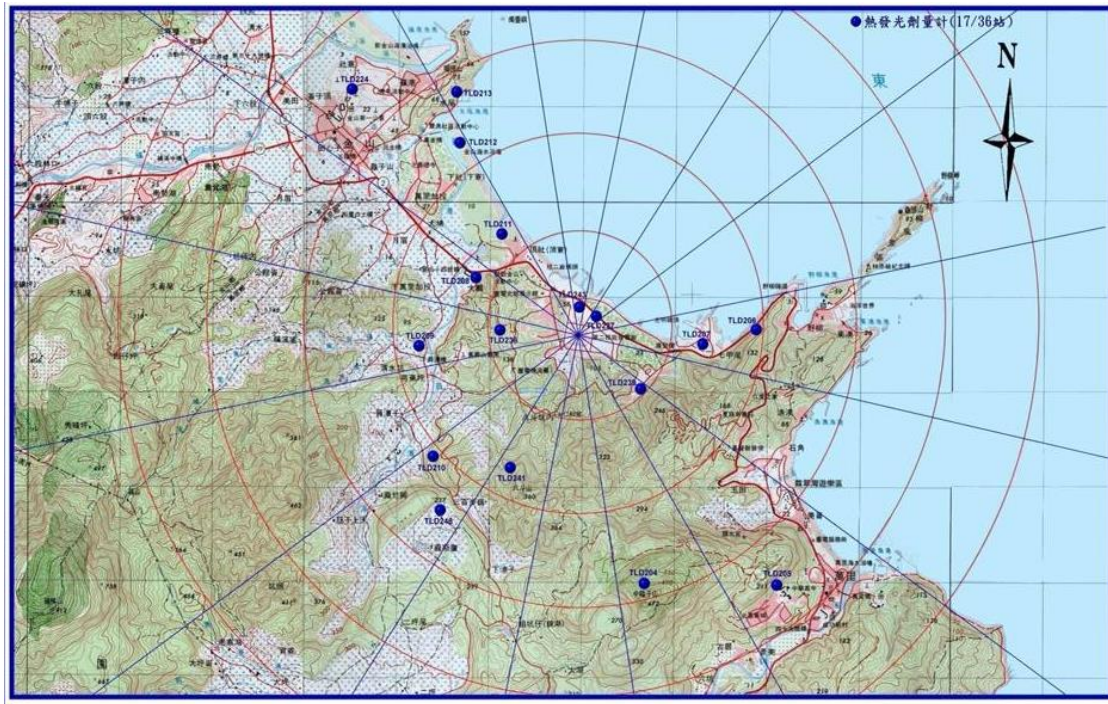


圖 7.2-3 核二廠熱發光劑量計(TLD)監測站分布圖(5 公里內)

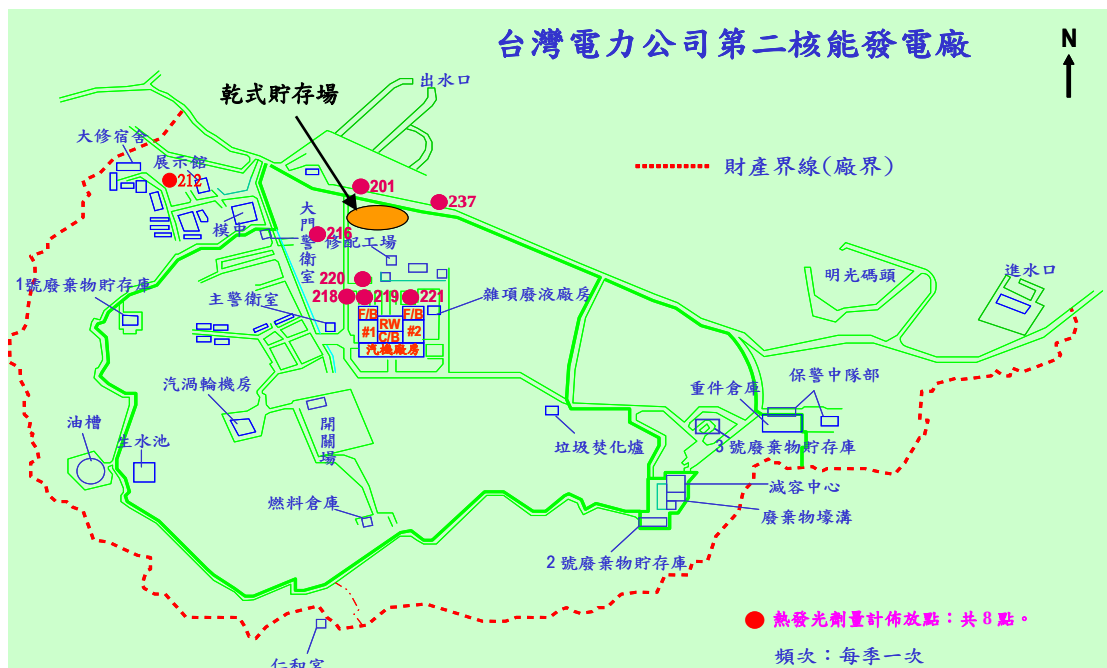


圖 7.2-4 乾式貯存設施施工及運轉期間熱發光劑量計監測站位置配置示意圖

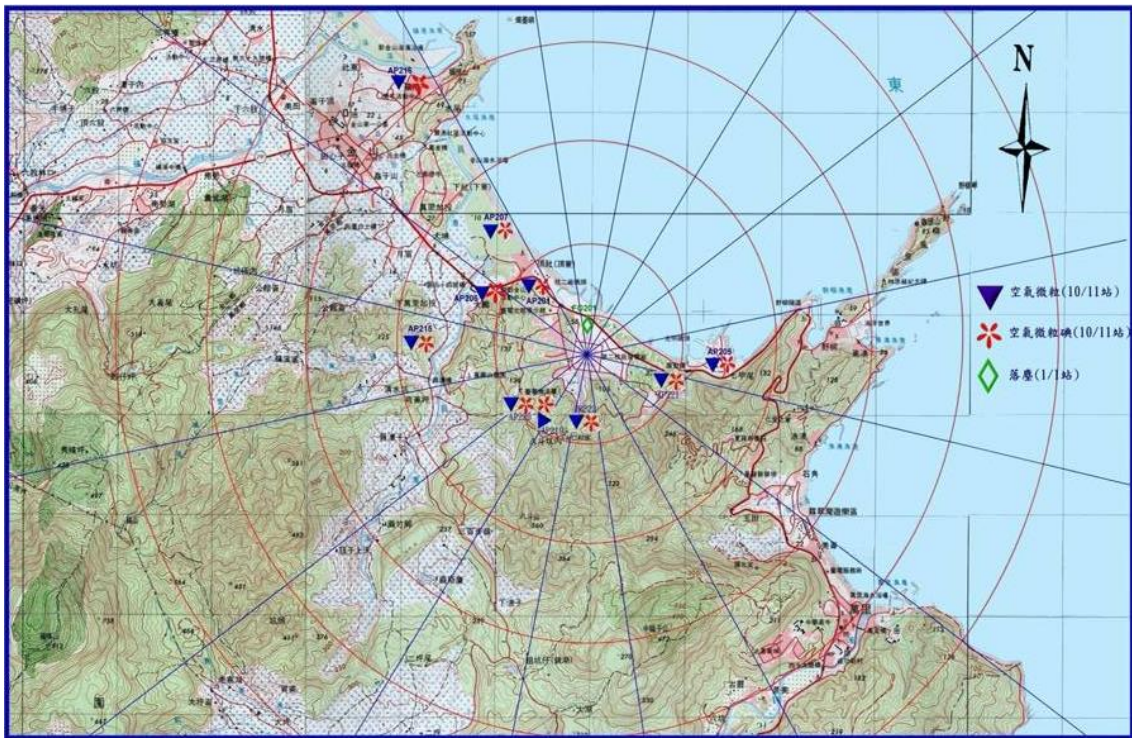


圖 7.2-5 核二廠空氣微粒取樣站分布圖



圖 7.2-6 核二廠各類水樣取樣站分布圖(5 公里內)



圖 7.2-7 核二廠各類生物樣取樣站分布圖(5 公里內)



圖 7.2-8 核二廠土壤取樣站分布圖(5 公里內)



圖 7.2-9 核二廠岸砂取樣地點(5 公里內)

表 7.2-1 核能電廠環境輻射監測作業分析統計表

熱發光劑量計計讀結果

單位：毫西弗/年

熱發光劑量計各站變動範圍		
97 年	98 年	運轉前變動範圍
3.68E-01~7.93E-01	3.64E-01~8.00E-01	3.08E-01~8.47E-01

高壓游離腔計讀結果

單位：微西弗/小時

高壓游離腔各站變動範圍		
97 年	98 年	運轉前變動範圍
4.31E-02~1.97E-01	4.83E-02~1.43E-01	4.70E-02~6.78E-02

空氣微粒監測結果

單位：毫貝克/立方公尺

試樣別	各站變動範圍		運轉前 變動範圍	臺灣地區 監測結果	原能會 調查基準
	97 年	98 年			
總貝他	<MDA~ 2.70E+00	<MDA~ 2.45E+00	<MDA~ 2.33E+01	9.00E-02~ 2.05E+00	9.00E+01
碘-131	< MDA	< MDA	< MDA	< MDA	3.00E+01

< MDA ：表示低於本公司分析系統之最小可測量

各類水樣監測結果

單位：貝克/公升

試樣別 (核種)	各站變動範圍		運轉前 變動範圍	臺灣地區 監測結果	調查 基準
	97 年	98 年			
海水 (氚)	< MDA	< MDA	<MDA~8.58E+01	<MDA	1.10E+03
飲水 (氚)	< MDA	< MDA	<MDA~7.10E+01		
河水 (氚)	< MDA	< MDA~ 3.38E+00	<MDA~7.62E+01		
池水 (氚)	< MDA	< MDA	<MDA~9.18E+01		

< MDA ：表示低於本公司分析系統之最小可測量

表7.2-1 核能電廠環境輻射監測作業分析統計表(續)

各類生物樣監測結果

單位：貝克/仟克・鮮重

各站變動範圍	碘-131		銫-137	
試樣別	97 年	98 年	97 年	98 年
蔬菜（葉菜類）	< MDA	< MDA	<MDA	< MDA~4.71E-01
	調查基準 4.00E+00		調查基準 7.40E+01	
根菜（地瓜）	**	**	< MDA~1.12E-01	< MDA
	**		調查基準 74.0	
芋頭	**	**	< MDA	< MDA
	**		調查基準 7.40E+01	
海生物（海魚）	**	**	< MDA~2.59E-01	< MDA~2.40E-01
	**		調查基準 7.40E+01	

< MDA ：表示低於本公司分析系統之最小可測量。

** ：該試樣依規定不執行碘-131分析

沉積物試樣監測結果

單位：貝克/仟克・乾重

核種別	土壤各站變動範圍		岸砂各站變動範圍	
	97 年	98 年	97 年	98 年
銫-137	< MDA~1.81E+01	< MDA~2.01E+01	< MDA	< MDA
	調查基準 7.40E+02		調查基準 2.00E+01	
鈷-60	< MDA	< MDA	< MDA~3.20E+00	< MDA~4.65E+00
	調查基準 1.10E+02		調查基準 1.10E+02	

< MDA ：表示低於本公司分析系統之最小可測量

廠外民眾最大個人劑量評估結果

單位：毫西弗/年

年份	廠外民眾最大個人劑量值
97 年	1.53E-03
98 年	3.35E-03
法規年限值	1.00E+00

三、結論

本計畫之輻射管制措施與環境輻射監測，係大致沿用核二廠已有之營運程序書 900 系列與環境監測計畫，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。

四、參考文獻

1. 台灣電力公司核能二廠，“核二廠輻射防護計畫”，100 年 2 月。
2. 台灣電力公司放射試驗室，“核二廠環境監測計畫”，99 年 12 月。
3. 行政院原子能委員會，“游離輻射防護法”，91 年 1 月。
4. 台灣電力公司核能二廠，“核二廠營運程序書 902「輻射防護標準與人員職責」”，100 年 1 月。
5. 台灣電力公司核能二廠，“核二廠營運程序書 906.3「醫務監護程序」”，98 年 10 月。
6. 台灣電力公司核能二廠，“核能二廠營運程序書 917，「輻射劑量合理抑低(ALARA)作業程序」”，98 年 11 月。
7. 台灣電力公司核能二廠，“核二廠營運程序書 903「進出管制程序」”，100 年 1 月。
8. 台灣電力公司核能二廠，“核二廠營運程序書 908，「廠內輻射偵測與紀錄作業程序」”，99 年 10 月。
9. 台灣電力公司核能二廠，“核二廠營運程序書 908.1，「廠區輻射監測作業程序」”，99 年 11 月。
10. 行政院原子能委員會，“輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則”，93 年 10 月。
11. 台灣電力公司核能二廠，“核二廠營運程序書 918，「廢棄物管制程序」”，98 年 7 月。
12. 行政院原子能委員會，“游離輻射防安全標準”，94 年 12 月。
13. 台灣電力公司核能二廠，“核二廠營運程序書 910，「放射性物質之管制程序」”，98 年 11 月。
14. U.S. Nuclear Regulatory Commission，”NUREG-1567 Standard Review Plan

for Spent Fuel Dry Storage Facilities” , MARCH 2000 ◦

附錄 7.A 核二廠輻射防護相關程序書及環境輻射監測內容摘要

本附錄摘錄與本章相關之核二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、放射性物質之廠外運輸管制程序、廠區輻射監測作業程序、輻射劑量合理抑低(ALARA)作業程序、核二廠環境監測計畫等 8 項。

(一) 核二廠營運程序書

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，依原能會公告之規定。

(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、水晶體之等價劑量	150
3. 其他個別器官或組織之等價劑量	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，係依合約及核二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。另補充說明廠外人員及外包商進廠管制措施之規定資料說明如下：

(1) 非本廠輻射工作人員（含本公司外、公司內其他單位人員及設施將輻射作業交付承攬或共同作業之承攬人或再承攬人所僱用之人員），進入管制區從事輻射作業，應確保符合下列規定：

- 體格檢查或健康檢查結果符合規定、輻射防護教育訓練完訓紀錄、全身計測及面具測試等在有效期限內。
- 確認其已依輻防法第十四條第四項之規定接受輻射防護教育訓練，完

訓紀錄在有效期限內。未完訓者或紀錄過期者，不得允許其進入管制區。

- c. 審查其過去之職業曝露劑量紀錄及原屬單位或雇主開立之授權劑量證明，確認其在本管制週期內之劑量未達劑量限度。本廠以外之公司內人員若原單位無法填發授權劑量者，則可由本廠之保健物理組依相關規定核定授權劑量並管制之。
- d. 經審查前述文件，符合進入管制區者，始得允許其進入管制區，且提供其適當之人員劑量計、輻射防護裝具和資訊，並使其正確使用。
- e. 確實管制及監測其個人劑量，俾使其所受劑量不超過授權劑量。
- f. 接受放射性人工核種醫療、治療或檢查之工作人員，除當事人應主動告知本廠保健物理組及接受適當之管理外，其身上之放射性核種輻射程度於治療或檢查後之殘餘量，未衰減至人員及私有衣/物出管制區之污染放行標準者，不允許其進入管制區。
- g. 依輻射工作人員認定基準完成輻射工作人員認定。

- (2) 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。
- (3) 進出皆須經由輻射管制站進出，不得經由其他途徑。(乾式貯存場規劃為後山作業輻射管制區。)
- (4) 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。
- (5) 工作人員進入乾式貯存場工作前，須依營運程序書 907 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。
- (6) 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. 放射性物質之廠外運輸管制程序

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. 廠區輻射監測作業程序

- (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. 輻射劑量合理抑低(ALARA)作業程序

表 7.A-1 合理抑低管制作業流程

作業前	工	作	單	位	保	健	物	理	組
	1.召開工作前討論會議,並決定管制檢查點及負責單位(若集體有效劑量大於 100 人毫西弗)。				1. 填寫 ALARA 作業前工作部門檢驗員審查表、以及 ALARA 作業前輻防管制員審查表「ALARA 建議事項」。				
	2.申請輻射工作許可證。				2. 針對特殊工作項目提出特殊之輻防管制措施或建議事項。				
	3.填寫 ALARA 作業前工作部門檢驗員審查表。								
	4.ALARA 作業前輻防管制員審查表第二項之「改善對策」。								
	5.召開工作前講習訓練時（含模擬訓練），請填寫 ALARA 作業前講習訓練記錄表。								
作業中	6.申請表【臨時調整劑量行政管制限值申請書】。								
									
作業中	工	作	單	位	保	健	物	理	組
	1.遵守 ALARA 作業規定。				1.填寫 ALARA 作業中工作查核表。				
作業後					2.執行 ALARA 劑量管制。				
									
作業後	工	作	單	位	保	健	物	理	組
	1.填寫 ALARA 作業後審查表第一項「集體有效劑量實績值偏高之原因說明」，以協助保健物理組評估 ALARA 作業執行之成效。				1.評估填寫 ALARA 作業後審查表第二項「集體有效劑量實績值高於目標值之原因檢討及建議事項」。				
作業後					2.提報 ALARA 作業檢討報告。				

(二) 核二廠環境輻射監測計畫

摘錄核二廠環境輻射監測計畫之設站選擇依據、作業內容、品質保證等重點如下。

1. 設站選擇依據

(1) 考量因素

核能二廠環境輻射監測計畫之設站，分別針對與民眾生活相關之空氣、水、生物、土壤等環境試樣，於代表性(人口稠密處、農漁作物產區)或關鍵性(下風向)的地區建立監測站及取樣點，進行直接輻射、空氣、水（海水、雨水、地下水、河水、池水等）、生物樣（家禽、稻米、蔬菜、果類、魚類及海藻）、土壤、岸砂及指標生物等項目的輻射監測，並在距離核能二廠較遠之適當地區設立對照站。主要參考及依據如下：

- a.核能二廠放射性廢氣、廢水排放與廠內放射性廢棄物貯存、處理設施之環境輻射曝露途徑；
- b.核能二廠廠址鄰近地區的地理環境；
- c.常年氣象條件
- d.人口分佈；
- e.關鍵地區居民生活飲食習慣調查
- f.主要漁產
- g.特殊產物

(2) 監測站概述

- a.以核能二廠廠址為中心，於其附近 50 公里範圍內不同方位分別佈置熱發光劑量計及設置高壓游離腔和空氣微粒取樣站，以監測環境直接輻射與空氣中放射性物質含量之變化情形。
- b.以核能二廠廠址為中心，在其出水口附近設置海水及岸砂取樣站，以分析海水及岸砂試樣中放射性物質含量之變化，據以評估核能二廠運轉時外釋放射性液體所造成之民眾最大個人年劑量。
- c.參考核能二廠附近之氣象、地理、水文、人口和農漁牧產量調查資料，規劃設置各類水樣站、生物樣站與土壤樣站，據以了解鄰廠地區民眾食物鏈中放射性物質含量之變化。另針對未來核能二廠將於現有一、二號機組北方空地增建之用過核子燃料中期貯存設施，擬自 100 年起比照核能一廠，保守考量其可能發生意外事故之放射性核種擴散途徑，故於廠址東北東方基金公路旁(4A)增設土壤監測站並執行銻-239 核種分析，作為用過核子燃料中期貯存設施運轉前之背景調查資料。

(3) 計畫目的

依照本計畫之執行結果，可以確切掌握核能二廠鄰近地區環境中放射性物質之變化，亦可藉以觀察核能二廠運轉期間對周遭環境與民眾造成的輻射影響，以及評估運轉期間所造成之民眾最大個人年劑量，俾能達成下列目標：

- a.推算與評估民眾可能接受之輻射劑量，並確認是否符合法規限值。
- b.確實瞭解環境中放射性物質的累積狀況。
- c.評估設施排放的放射性核種對周圍環境之影響。
- d.驗證設施之安全運轉及放射性物質排放管制。
- e.提供設施附近正確環境輻射資訊。

2.作業內容

核能二廠環境輻射監測計畫中各類試樣種類、分析數量、執行頻度及分析類別等監測項目，詳如表7.A-2。

核能二廠環境輻射監測計畫之作業內容包括：

(1)取樣

依計畫之取樣種類和頻度收集各類試樣，而取樣方法則依照本公司「環境偵測作業方法管理程序」執行。

(2)直接輻射劑量度量

- a.利用高壓游離腔偵檢器配合無線電傳輸方式，線上即時監測核能二廠廠界不同方位的直接輻射劑量率，監測系統架構如附錄10「核能二廠環境直接輻射監測系統」。
- b.利用熱發光劑量計度量每季環境直接輻射之累積劑量值。

(3)放射化學分析與放射性核種活度計測

環境試樣中放射性核種活度計測分為總貝他分析、加馬能譜分析和單一核種分析3 大類。

(4)紀錄與試樣保存

- a.執行環境直接輻射劑量及環境試樣放射性核種活度分析所測得之數據，均輸入本公司環境監測資訊網路系統，經電腦程式計算後，所有監測數據儲存於系統伺服器，同時列印最後監測結果，並完成陳核程序後依規定保存年限存放。另亦定期備份儲存所有監測數據，以防電腦故障時得以復原。
- b.環境試樣之保存型態及保存時間，係依據原能會頒佈之「環境輻射監測規範」中之規定辦理：沉積物試樣(土壤、岸砂)保存5 年，其他試樣保存1 年，保存型態為乾燥物或灰化物，詳細作業方法依本公司「環境偵測作業方法管理程序」執行。

(5)民眾劑量估算

核能二廠環境輻射監測結果估算民眾劑量之方法，主要係依據原能會修訂之「環境輻射監測規範」中附件四「體外及體內劑量評估方法」

評估。

3、品質保證

- (1)為使各項作業達到最穩定及最理想之工作狀況，對各項作業均訂有標準作業程序書及品質管制作業程序書，除嚴格管制計測儀器的背景及效率值外，並以空白分析、複樣分析及參考試樣分析等方式，維持分析品質。
- (2)本公司放射試驗室環測組自88年1月起即獲得中華民國實驗室認證體系之游離輻射測試領域「環境試樣放射性核種分析」6項認可證書，並於97年起增項獲得17項認可證書(全國認證基金會TAF L0068-100721)。

表 7.A-2 核二廠環境輻射偵測項目

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	3 6	季	加馬劑量／季	
高壓游離腔 ⁹	7	連續	加馬劑量／小時	
空氣				
空氣微粒	1 1	週 ¹	總貝他、加馬能譜 ² ／週、加馬能譜／季、鋇-89；90 ³	
空氣碘	1 1	週 ¹	放射性碘／週	
落 塵	1	月	加馬能譜／月、總活度 ⁴	
水樣				
海水	9	季	加馬能譜 ⁵ 、氡 ⁵ ／月、鋇-89；90 ³	
飲水	6	季	加馬能譜、氡／季、鋇-89；90 ³ 、放射性碘 ⁶	
河水	4	季	加馬能譜、氡／季、鋇-89；90 ³	
池水	3	季	加馬能譜、氡／季、鋇-89；90 ³	
地下水	3	季	加馬能譜、氡／季、鋇-89；90 ³	
定時雨水	2	月	加馬能譜／月、氡／季、鋇-89；90 ³	
定量雨水	2	月	氡、加馬能譜、鋇-89；90 ³	
生物				
稻米	3	半年(收穫期)	加馬能譜／收穫期、鋇-89；90 ³	
蔬菜	5	半年(收穫期)	放射性碘、加馬能譜／半年、鋇-89；90 ³	
草樣	4	半年	加馬能譜／半年、鋇-89；90 ³	
果類	2	年	加馬能譜／年、鋇-89；90 ³	
根菜	3	年(收穫期)	加馬能譜／年、鋇-89；90 ²	
芋頭	1	年(收穫期)	加馬能譜／年、鋇-89；90 ³	
莖菜(茭白筍)	1	年(收穫期)	加馬能譜／年、鋇-89；90 ³	
家禽	3	半年	加馬能譜／半年、鋇-89；90 ³	
海菜	2	年	放射性碘、加馬能譜／年、鋇-89；90 ³	
海生物(海魚)	5	季	加馬能譜／季、鋇-89；90 ³	
指標生物				
相思樹(陸地)	1	月	加馬能譜／月	
海藻(海域)	1	年	放射性碘、加馬能譜／年、鋇-89；90 ³	
土壤、岸砂試樣				
岸砂	1 2	季 ⁷	加馬能譜／季	
土壤 ⁸	1 5	半年	加馬能譜／半年	
海底沉積物	4	半年	加馬能譜／半年	
總站數共計 1 5 7 站				

註：1.空氣微粒為連續抽氣，每週更換濾紙濾罐。

2.每週空氣微粒總貝他分析結果超過 4 毫貝克／立方公尺，方執行加馬能譜分析。

3.加馬能譜分析中發現銫-137 大於原能會規定之 AMDA（可接受最小可測量）時，方執行鋇-89；鋇-90 分析。

4.落塵加馬能譜分析總活度若超過 3.00E+02 貝克/平方公尺・天，則加強監測。

5.海水加馬能譜和氡分析僅於對照、出、入水口三站按月執行，當上述各站分別發現電廠排放核種或氡活度大於原能會規定之 AMDA（可接受最小可測

- 量)時,分別於其餘各站全面執行上述加馬能譜分析或氚分析。
- 6.空氣碘分析中發現有碘-131 有活度時,方執行各站飲水(含對照站)之放射性碘分析。
 - 7.核能二廠出水口(SS203)按月執行。
 - 8.新增基金公路旁 4A 站土壤試樣並執行鈾-239(Pu-239)分析。
 - 9.新增金美國小及萬里國小 2 站高壓游離腔監測站執行直接輻射監測。