

核二廠一號機流程輻射監測器

(PRM 1S-28)警報事件

調查報告



行政院原子能委員會

中華民國 106 年 9 月 21 日

摘 要

行政院原子能委員會(以下簡稱原能會)於 106 年 8 月 30 日中午 12:10 接獲台灣電力公司第二核能發電廠(以下簡稱核二廠)通報,該廠輔助廠房 1S-28 流程輻射監測器(Process Radiation Monitor, PRM)於當(30)日 11:55 達警報設定值(alarm),該廠隨後通報,警報並於當日中午 12:15 停止。原能會接獲通報後,立即派員前往核二廠進行調查。

經原能會連續二日調查,研判本事件係核二廠例行測試「事故後取樣系統(Post Accident Sampling System, PASS)」之可用性時,因管閥開關動作,造成該系統旁支管路接口處之壓力瞬間升高而導致管路脫接,致使微量爐水(保守估算約 98 公升)流入廠房。爐水狀態原處於高溫高壓狀態,當其流入常溫常壓之廠房時,立即汽化為蒸汽,而爐水蒸汽經廠房排氣系統外釋到環境時,即由該廠房排氣系統之流程輻射監測器(PRM 1S-28)測得而產生警報。

因取樣作業與脫接管路位於廠房之不同區域,且據核二廠說明,事發時並無人員於脫接管路之區域工作,惟為求保守,原能會要求對相關工作人員進行全身輻射計測,均無測得人工放射性核種,另對民眾影響之輻射劑量評估的結果顯示,本事件對民眾及環境造成的輻射劑量遠低於「核能電廠環境輻射劑量設計規範」及「游離輻射防護安全標準」之限值。同時原能會及台電公司針對核二廠廠區及廠外環境之取樣分析結果亦顯示本

事件對環境與民眾無明顯影響。

經原能會實地調查並對台電公司報告進行審查，針對本案，原能會已發現數項台電公司應予改進之處（例：核二廠控制室對於警戒資訊的掌握度、維護計畫的完整性等），必須擬定對應之強化管理措施，未來原能會將採行政處理方案，責成台電公司完成相關改善工作。

原能會秉於落實資訊公開原則，8月30日已於官網公布本案之調查進度，即時讓社會大眾瞭解。最後強調，原能會是全民的原能會，為了民眾健康及環境安全，原能會將秉持嚴守管制立場與資訊公開透明之原則，持續管制核能電廠的運轉與輻射安全防護作業，並將相關管制情形於網站上公布，供民眾參閱。

目 錄

摘 要.....	i
目 錄.....	iii
壹、前言.....	1
一、核二廠 PRM 設置情形.....	1
二、PRM 簡介及通報機制.....	2
三、本案事態時序.....	2
貳、原能會事件調查結果.....	6
一、肇因確認.....	6
二、PRM 1S-28 警報時間及輻射狀況之確認.....	7
三、爐水外洩量估算.....	7
四、廠內、廠外及排放輻射監測情況.....	8
五、工作人員與民眾輻射劑量評估結果.....	11
參、原能會強化管理措施.....	27
肆、結論.....	29
附件一、「電廠一號機流程輻射監測器(1S-28 PRM)警報事件」大事紀.....	30
附件二、台電公司原始分析數據.....	31
附件三、核研所原始分析數據.....	38
附件四、原能會輻射偵測中心分析數據.....	41
附件五、台電公司簡報.....	42
附件六、會議紀錄.....	47
附件七、台電公司改善報告.....	48
附件八、追蹤事項.....	78

壹、前言

原能會為我國核能電廠之主管機關，為達核能電廠「安全運轉」及「環境保護」之目的，原能會要求各核能電廠切實執行放射性物質排放監測，核能電廠須在各放射性氣、液體排放口執行取樣、分析，並藉此評估民眾因核能電廠運作而接受到的輻射劑量。另為即時掌控放射性氣、液體的排放情形，原能會亦要求核能電廠於各排放口設置具警報功能之流程輻射監測器(Process Radiation Monitor, PRM)，並對其設定用於行政管制之警戒(alert)與警報(alarm)值，由核能電廠嚴格管理放射性氣、液體排放。

本案係因核二廠一號機輔助廠房排氣系統之 PRM 1S-28 發生警報而引發後續之追查措施，本章謹說明核二廠 PRM 的設置情形、PRM 簡介及本案事態時序。

一、核二廠 PRM 設置情形

核二廠為雙機組設計之核能電廠，如圖一所示，該廠廠內之結構體包含兩機組之反應器廠房、輔助廠房、燃料廠房、汽機廠房、廢料廠房、控制廠房等，部分廠房具有放射性物質，惟因換氣需要而設有氣體排放口，含放射性之氣體經處理後即由氣體排放口排出。各排放口皆設有 PRM，以即時掌握排放氣體的放射性含量。

本案係因一號機輔助廠房排氣系統之 PRM 1S-28 發生警報而引發後續之追查措施。如圖二所示，PRM 1S-28 共分為 3 個控道，可同時監測「情

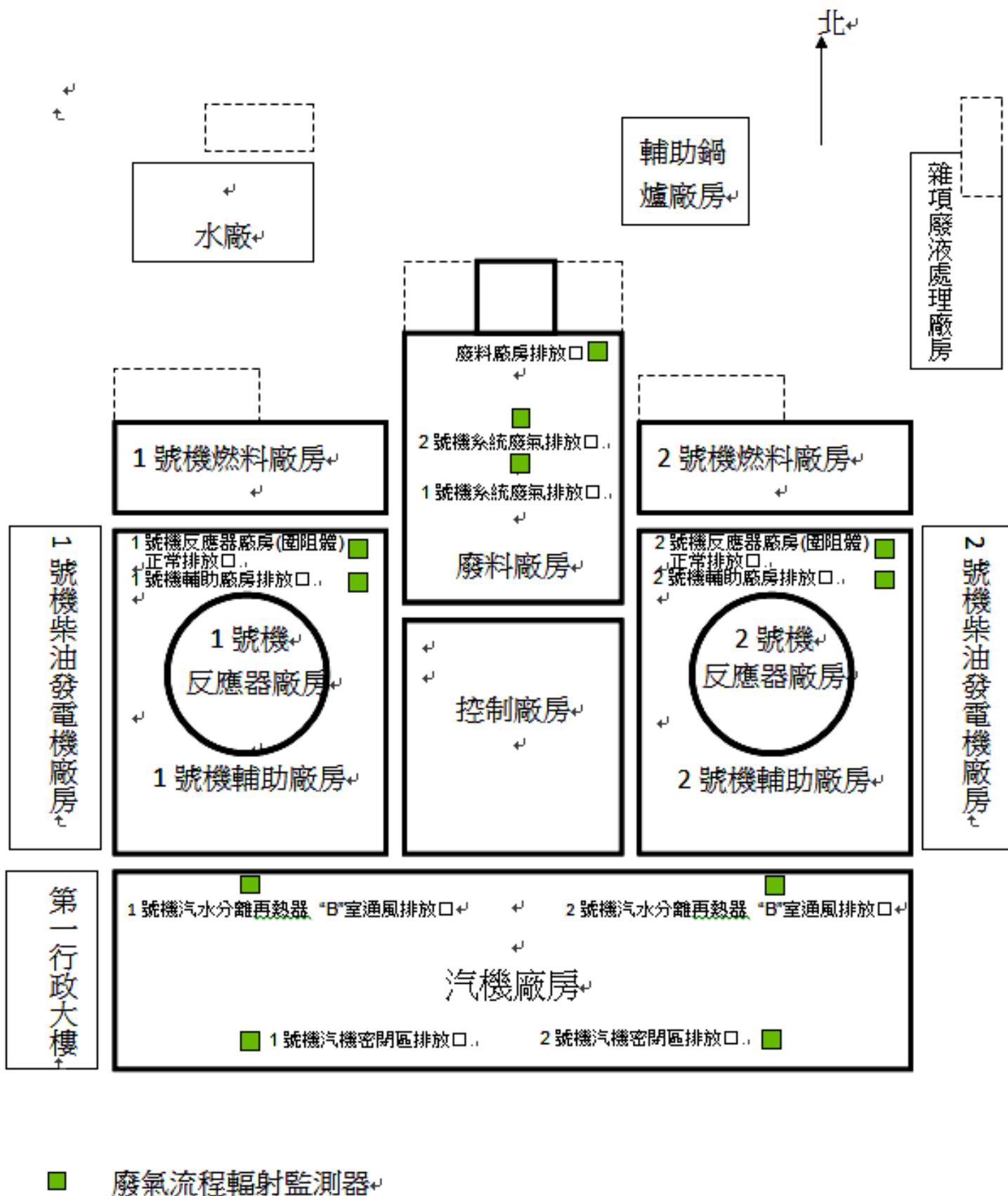
性氣體」、「微粒」及「碘」等 3 類放射性物質，另如發生警報，為了確認排放量，該廠亦會派員至獨立取樣站執行取樣分析。

二、PRM 簡介及通報機制

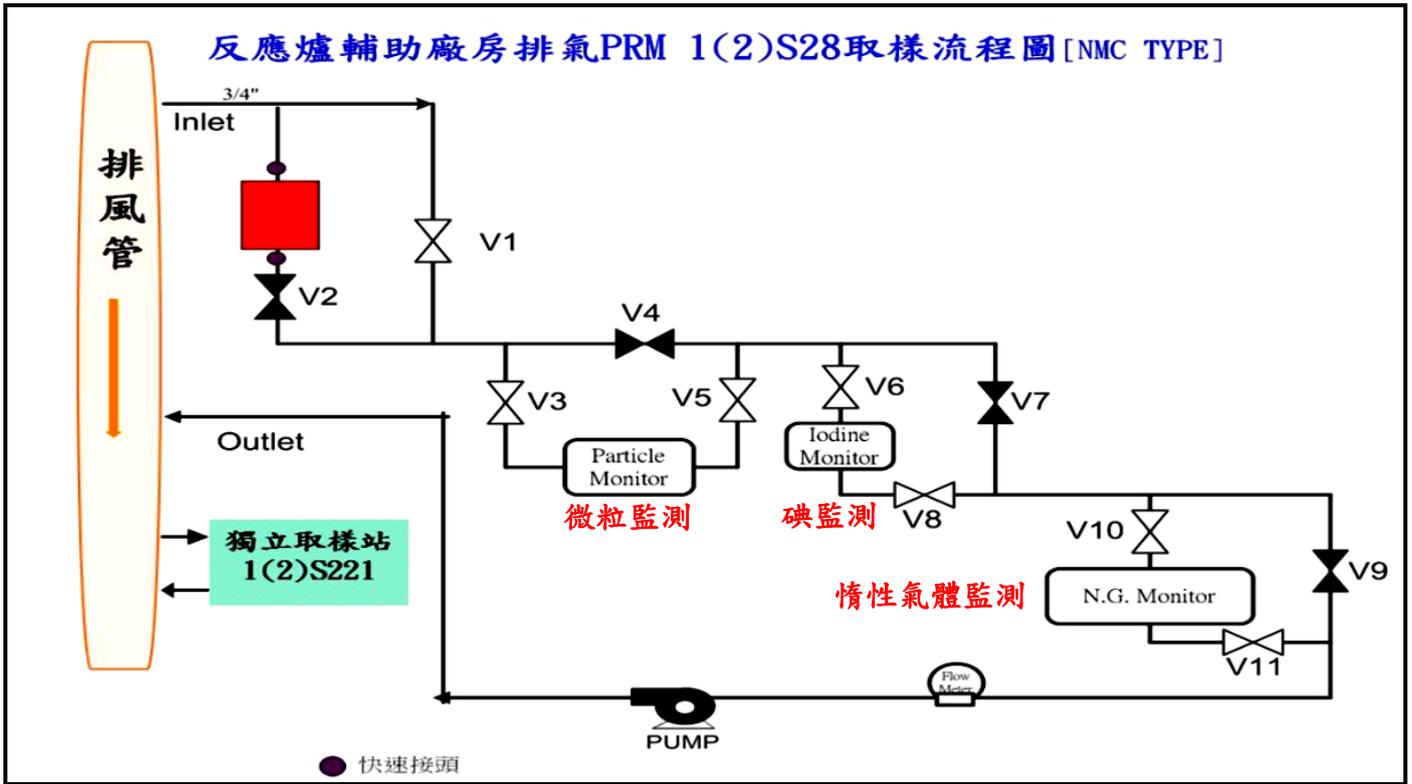
如前所述，PRM 係用於即時掌握放射性廢氣、廢水的排放情形，為收預警之效，原能會特別要求核能電廠在低於法規限值的範圍設定警戒值與警報值作為電廠行政管制標準（如圖三），其中警戒值屬較輕微的異常，而警報值屬稍顯著的異常。依據現行之 PRM 警戒與警報管制流程（如圖四），若監測值達警戒設定值，核能電廠須依其程序書規定採取廠內因應措施（例：檢視儀器運作是否正常，於排放管線進行取樣分析，以及執行廠區偵測及抽氣分析等），但如監測值達警報設定值，除前述之廠內因應措施外，核能電廠尚須加強廠外環境輻射監測，並於警報發生後 30 分鐘內通報原能會，以確保民眾安全。

三、本案事態時序

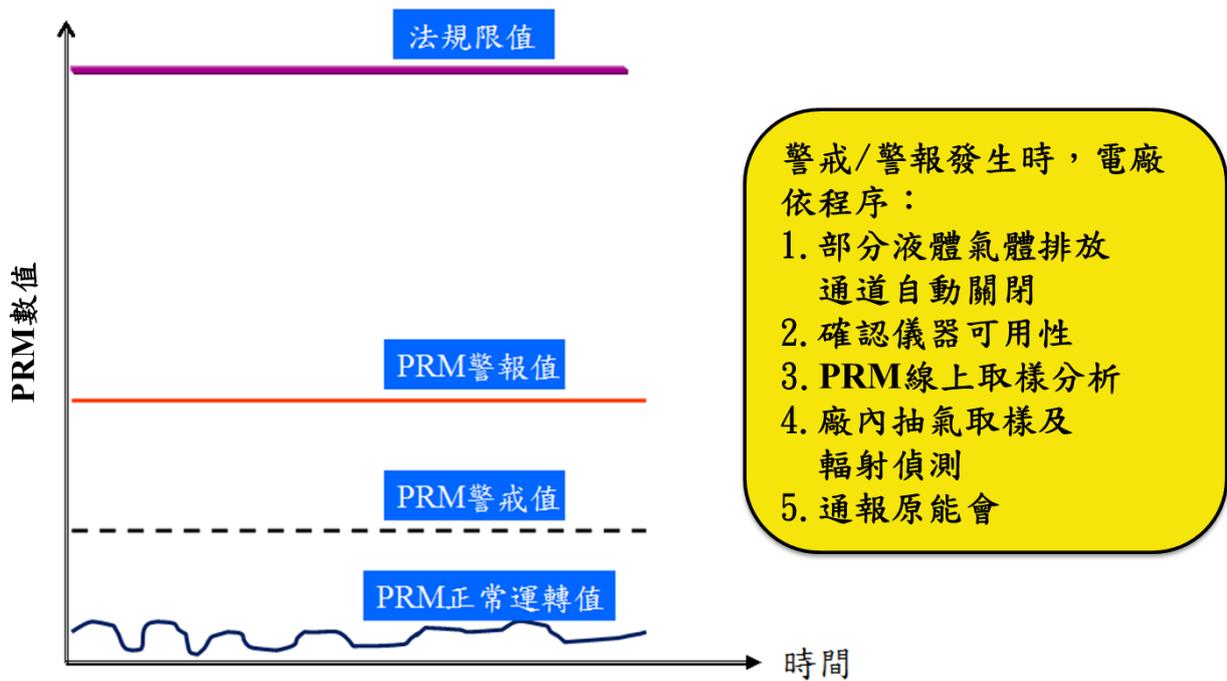
有關本案，原能會於 106 年 8 月 30 日中午 12:10 接獲核二廠通報，該廠輔助廠房 PRM 1S-28 微粒控道之監測值於當日上午 11:33 達警戒設定值，11:55 達警報設定值。該廠隨後通報，警報已於當日中午 12:15 停止。



圖一、核二廠放射性氣體排放口 PRM 位置圖



圖二、PRM 1S-28 各控道監測流程圖



圖三、核能電廠 PRM 警戒、警報與法規限值示意圖

原能會管制核能電廠PRM警報事件流程圖



圖四、PRM 警戒/警報事件管制流程

貳、原能會事件調查結果

原能會接獲核二廠通報本案後，立即派員至該廠進行調查，經過連續二日調查，確認本案係因爐水取樣系統之旁支管線脫落，導致微量爐水於廠房內汽化，並由廠房排氣系統 PRM 1S-28 偵測到而引發警報。經原能會要求台電公司執行人員全身輻射計測及環境輻射監測，其結果均顯示無明顯異常，警報事件大事紀如附件一。以下謹就「肇因確認」、「PRM 1S-28 警報時間及輻射狀況之確認」、「廠內、廠外與排放輻射監測」及「工作人員與民眾輻射劑量評估」等項，說明原能會針對本案之調查結果。

一、肇因確認

依據台電公司說明，核二廠一號機於事發當日（8 月 30 日）上午僅執行「事故後取樣系統(Post Accident Sampling System, PASS)」之例行測試，故研判肇因可能與該作業有關，經維護人員至現場查看，發現前述系統的冷卻器沖淨管路(39AA)已脫接（管線圖及脫接位置示意圖詳見圖五及圖六），致使少量爐水樣本流入廠房。爐水原處於高溫高壓狀態，當其流入常溫常壓之廠房時，立即汽化為蒸汽，而爐水蒸汽經廠房排氣系統外釋到環境時，即由該廠房排氣系統之流程輻射監測器（PRM 1S-28）測得而產生警報。

探究管路 39AA 接頭脫落之原因，係測試事故後取樣系統時，管閥開關動作造成管線內的壓力突然上升，該管路接口因受到液壓衝擊而脫接。

二、PRM 1S-28警報時間及輻射狀況之確認

為瞭解 PRM 1S-28 發生警報後核二廠是否依程序（圖四）於規定時間內通報，原能會查證事發當日該廠之緊急應變設施(Emergency Response Facility, ERF)數據及控制室背盤原始紀錄，ERF 數據（圖七、圖八）顯示 1S-28 微粒控道偵測值約於 11:22 開始上升，並於 11:33 觸及警戒值，11:46 觸及警報值。

三、爐水外洩量估算

警報期間，電廠工作人員現場查看輔助廠房3樓冷卻器沖淨管路脫接附近地面時，發現洩漏點僅殘留少許水漬。惟原能會推測部分爐水早已汽化為蒸汽，故要求台電公司保守評估本次洩漏爐水量及核種活度。

台電公司保守估計爐水完全由洩漏點流出(實際上因取樣站水流量正常，故大部分爐水應流入廠內抑壓池)，流量率每分鐘1.3加侖(1.3 GPM)，而以取樣時間20分鐘計算，保守評估反應爐水最大可能洩漏量為26加侖(約98公升)。原能會以當天取樣站所送核研所進行爐水分析結果，測得主要核種為Na-24、Tc-99m、I-133、Cs-134及Cs-137，其活度濃度分別為4.15、7.07、6.66、5.38及4.38 Bq/ml，如附件二，保守估算洩漏總活度分別為 4.07×10^5 、 6.93×10^5 、 6.53×10^5 、 5.27×10^5 及 4.29×10^5 。然經由台電公司本次PRM線上氣體取樣分析，僅於濾罐測得I-131及I-133，並估算警報期間I-131、I-133排放活度分別為 3.37×10^3 及 1.42×10^4 Bq。因爐水分析及氣體排放皆測得I-133，爐

水推估I-133量較氣體排放而高出數十倍，惟如前述因大部分爐水應流入抑壓池內，故此數據僅供參考。

四、廠內、廠外及排放輻射監測情況

為確認核二廠廠內及廠外之輻射狀況是否受到本事件影響，原能會除要求台電公司依程序書執行相關之監測作業，並將部分樣品分送至行政院原子能委員會核能研究所（以下簡稱核研所）及行政院原子能委員會輻射偵測中心（以下簡稱偵測中心），俾交叉確認樣品計測結果之正確性，各單位之原始分析數據詳見附件二~附件四，相關監測結果簡述如下：

（一）廠內輻射監測

1. 一號機輔助廠房之加強監測

PRM 1S-28 發生警報後，核二廠即對該 PRM 所在之一號機輔助廠房執行加強監測，結果如表一，最高之空氣總貝他濃度於 3 樓測得，其值為 9.07 Bq/m^3 ，低於該廠廠房空氣濃度示警值(150 Bq/m^3)，符合該廠行政管制規定。

2. 廠區輻射偵測

警報發生後，核二廠人員依程序書規定執行廠區抽氣取樣，取樣地點共有 5 處，包含主警衛室、修配工場、開關場、模擬中心及進水口等（詳如圖九），取回之濾紙樣品經核二廠計測分析，其結果詳如表

二，顯示總貝他濃度最高為 3.76 Bq/m^3 ，低於該廠廠區抽氣取樣之查驗值 (36.9 Bq/m^3)。雖然廠區抽氣濾紙試樣之總貝他分析結果均低於核二廠程序書規定之查驗值，無需進一步對試樣執行加馬能譜分析，惟原能會為求慎重，除要求該廠執行加馬能譜分析，亦將此 5 試樣送至核研所進行平行比對，結果顯示核二廠及核研所之分析結果均低於儀器最低可測值(minimum detectable activity, MDA)，詳如表三。

為確認廠區之輻射劑量率於PRM 1S-28警戒/警報期間是否出現異常，原能會另取得核二廠8月30日9時至15時30分之廠區連續輻射監測儀之原始數據，並對其進行趨勢分析（如圖十），結果顯示核二廠廠內各劑量率監測站於警戒/警報期間(11時33分至12時15分)之監測數據均無明顯異常。

原能會另要求台電公司於核二廠廠區執行草樣取樣分析，台電公司8月30日自廠區內分別於 10個 地點取回草樣（位置圖詳如圖十一），8月31日另抽選其中 5 地點（減容中心垃圾焚化爐、模擬中心、1號廢棄物貯存倉庫、修配工廠及南側環廠平台附近）執行取樣，其加馬能譜分析結果如表六、表七，監測值均低於儀器最低可測值(MDA)。另為交叉比對，原能會特於8月31日相同取樣地點額外取樣，並送偵測中心進行分析，其結果亦低於儀器最低可測值。

（二）排放輻射監測

1. PRM 線上取樣分析

警報發生後，核二廠人員即依程序書規定至 PRM 執行線上取樣，並針對「惰性氣體核種」、「碘核種」及「微粒核種」等項進行加馬能譜分析，其結果詳如表四，微粒核種及惰性氣體核種之活度均低於最低可測值(MDA)，碘核種則測得 I-131 (38 mBq/m^3) 及 I-133 (172 mBq/m^3)，均遠低於「游離輻射防護安全標準」之排放管制限度 (I-131： $1.67 \times 10^4 \text{ mBq/m}^3$ ，I-133： $8.23 \times 10^4 \text{ mBq/m}^3$)。經查證 I-131 活度近三年的變動範圍為 $4 \sim 467 \text{ mBq/m}^3$ ，I-133 則為 $5 \sim 109 \text{ mBq/m}^3$ ，顯示 I-131 測值在近三年變動範圍，而 I-133 則高於近三年最高值。為進行交叉比對，原能會亦將部分樣品送至核研所分析，結果顯示微粒核種之分析結果與台電公司一致，均低於最低可測值(MDA)。碘核種僅測得 I-131 (31 mBq/m^3)，雖核研所與核二廠之分析結果稍有差異，但因屬微量分析，故核二廠之分析結果應可採信。

2. PRM 1S-28 微粒控道濾紙分析

為瞭解導致 PRM 1S-28 發生警報之核種類別，原能會要求核二廠取下該 PRM 微粒控道之濾紙進行加馬能譜分析，結果顯示各核種活度均低於最低可測值(MDA)，詳如表五，另將該濾紙送至核研所進行比對分析，測得碘-131活度為 0.46 mBq/m^3 ，遠低於「游離輻射防護安全標準」之排放管制限度 ($1.67 \times 10^4 \text{ mBq/m}^3$)，亦屬微量分析結

果。

(三) 廠外輻射監測

因應本案，原能會要求台電公司依程序加強廠外環境監測作業，台電公司自廠外例行站點（圖十二）取回 4 件草樣並進行分析，其結果如表八，其中大鵬站測得 Cs-137 (0.499 Bq/kg)，其測值遠低於調查基準 74 Bq/kg，另同地點亦額外取樣並送至偵測中心進行比對分析，其結果均低於最低可測值。

五、工作人員與民眾輻射劑量評估結果

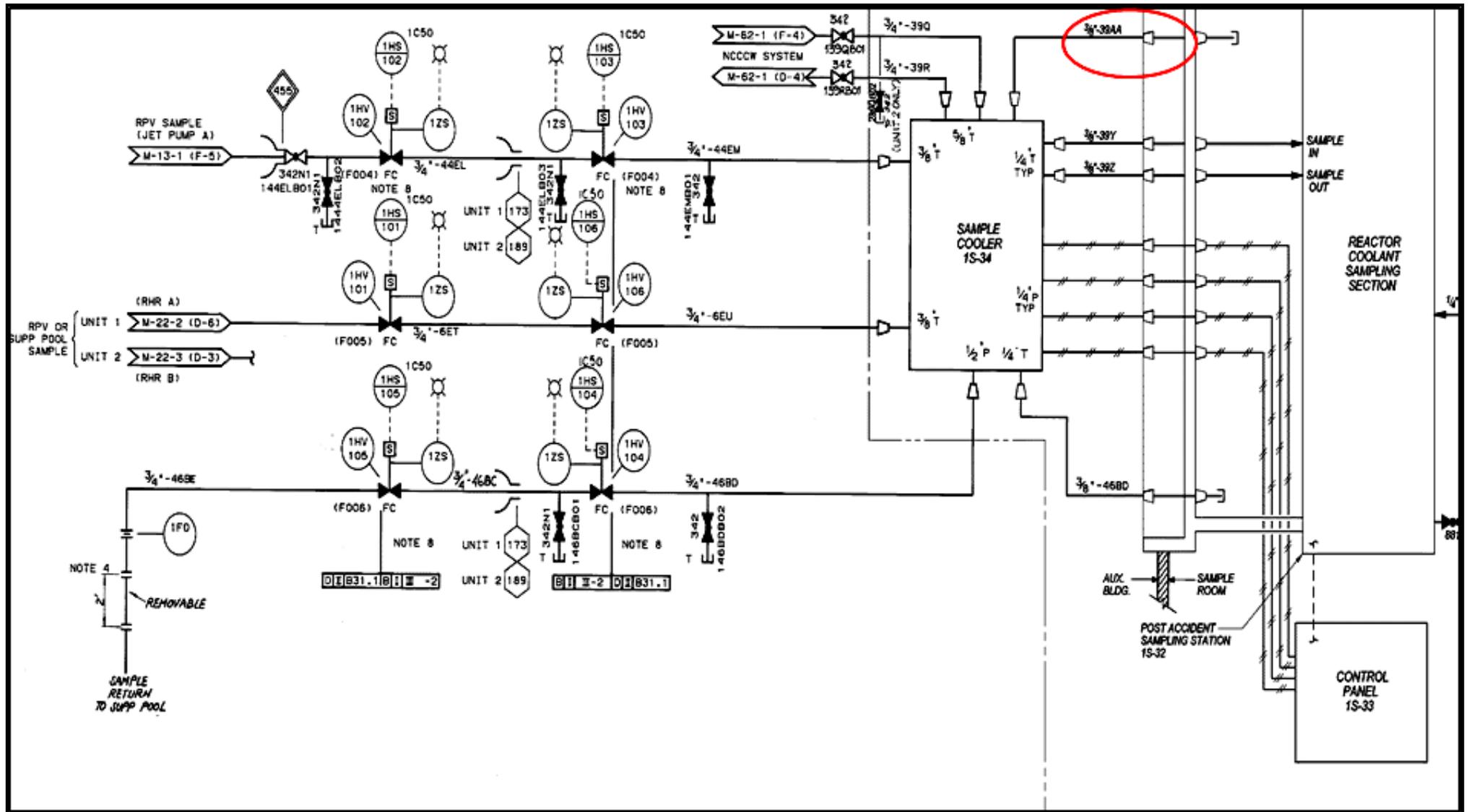
(一) 工作人員劑量

為瞭解本事件對於工作人員的影響，原能會人員至現場勘查，發現爐水取樣站與管路脫接處位於廠房內不同區域，雖據核二廠人員說明，事發現場附近區域並無工作人員。為求保守，原能會要求該廠對事發當日參與 PASS 取樣及後續查證作業之人員應執行全身計測(whole body counting, WBC)，經查相關人員共 36 名，其全身計測結果均小於最低可測值。

(二) 民眾輻射劑量

本次事件僅於排放系統測得微量之碘核種，惟為求保守，原能會要求台電公司依據 PRM 1S-28 警報值設定所使用之情節，保守評估可能的外釋核種比例，並據以估算本事件對民眾造成之輻射劑量，其結果顯

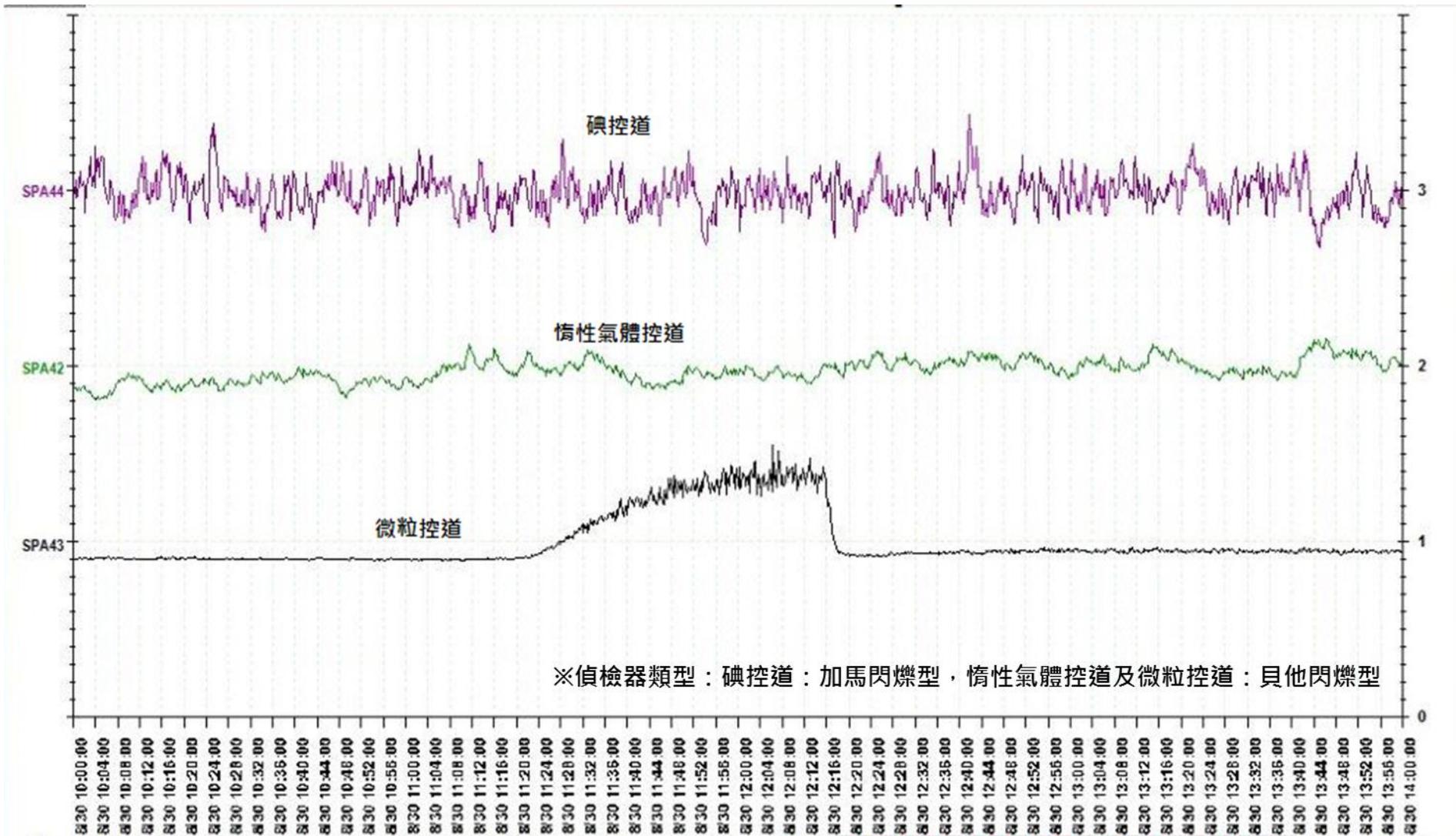
示惰性氣體造成關鍵群體有效劑量為 1.53×10^{-4} 微西弗，放射性氣體碘、微粒造成之關鍵群體器官等價劑量為 2.20×10^{-2} 微西弗，均遠低於「核能電廠環境輻射劑量設計規範」針對每部核能機組規定之輻射劑量設計限值（惰性氣體：有效劑量 50 微西弗，放射性氣體碘、微粒：器官等價劑量 150 微西弗），亦低於「游離輻射防護安全標準」之民眾年劑量限度（有效劑量 1,000 微西弗）。



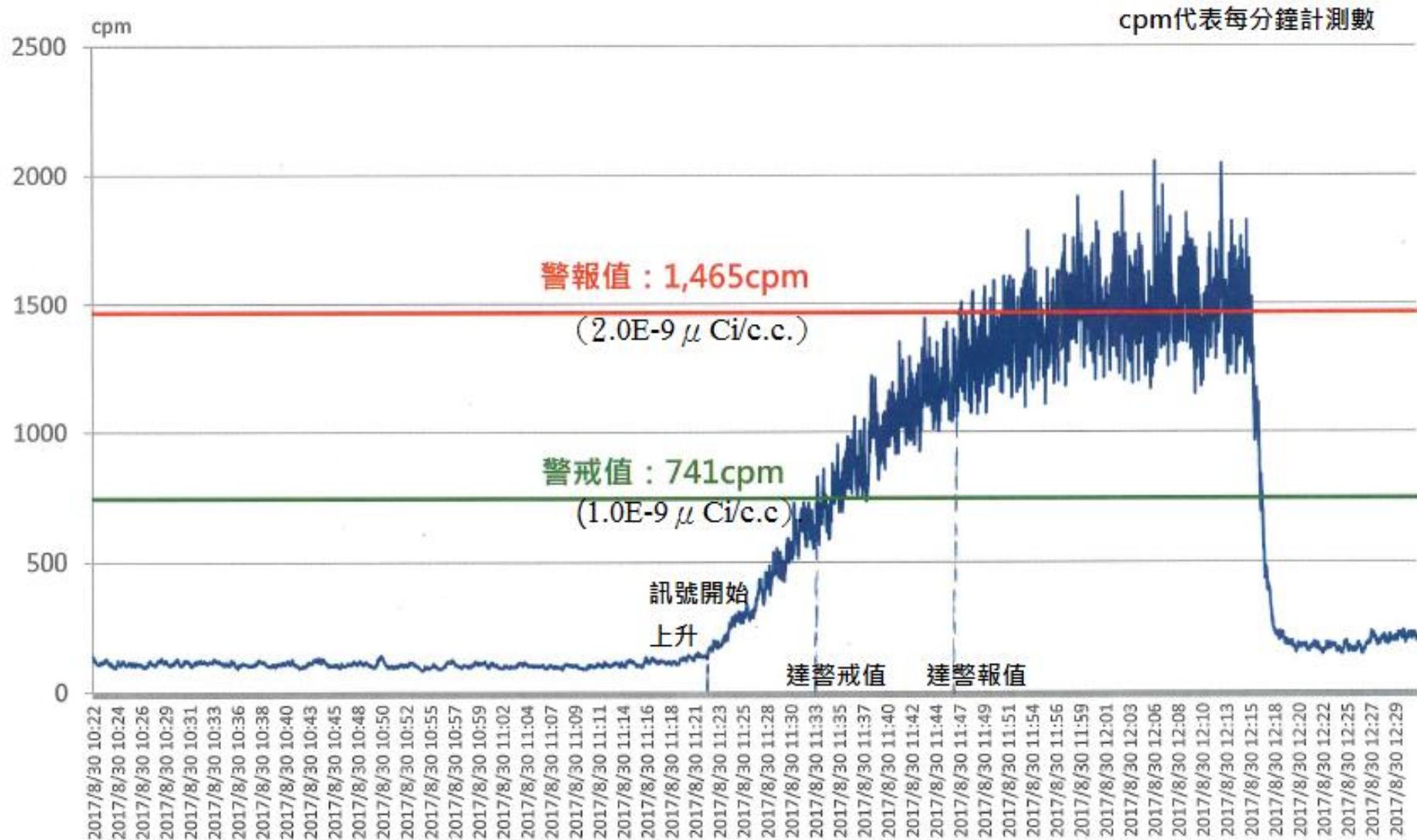
圖五、事故後取樣系統之管線圖(圖中標示之 39AA 為本次脫接的管線)



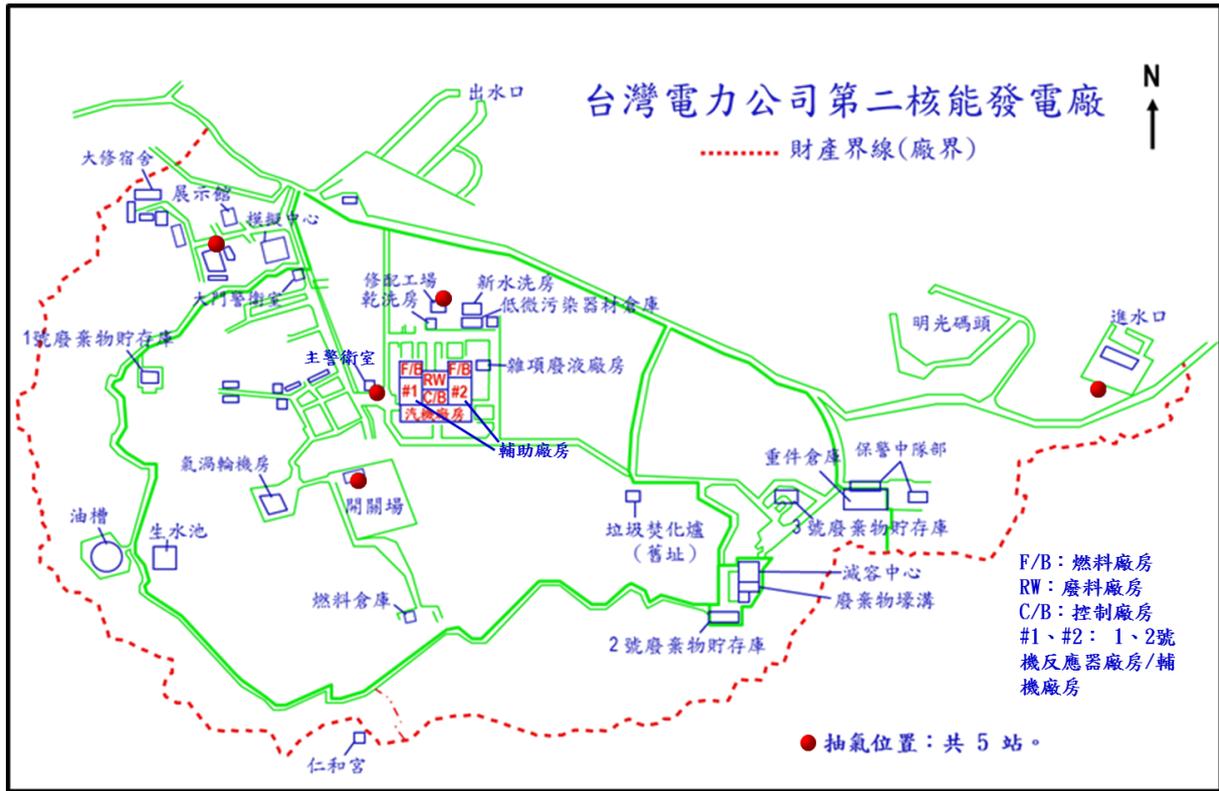
圖六、事故後取樣系統旁支管路(39AA)之脫接位置示意圖(圖為已修復狀態)



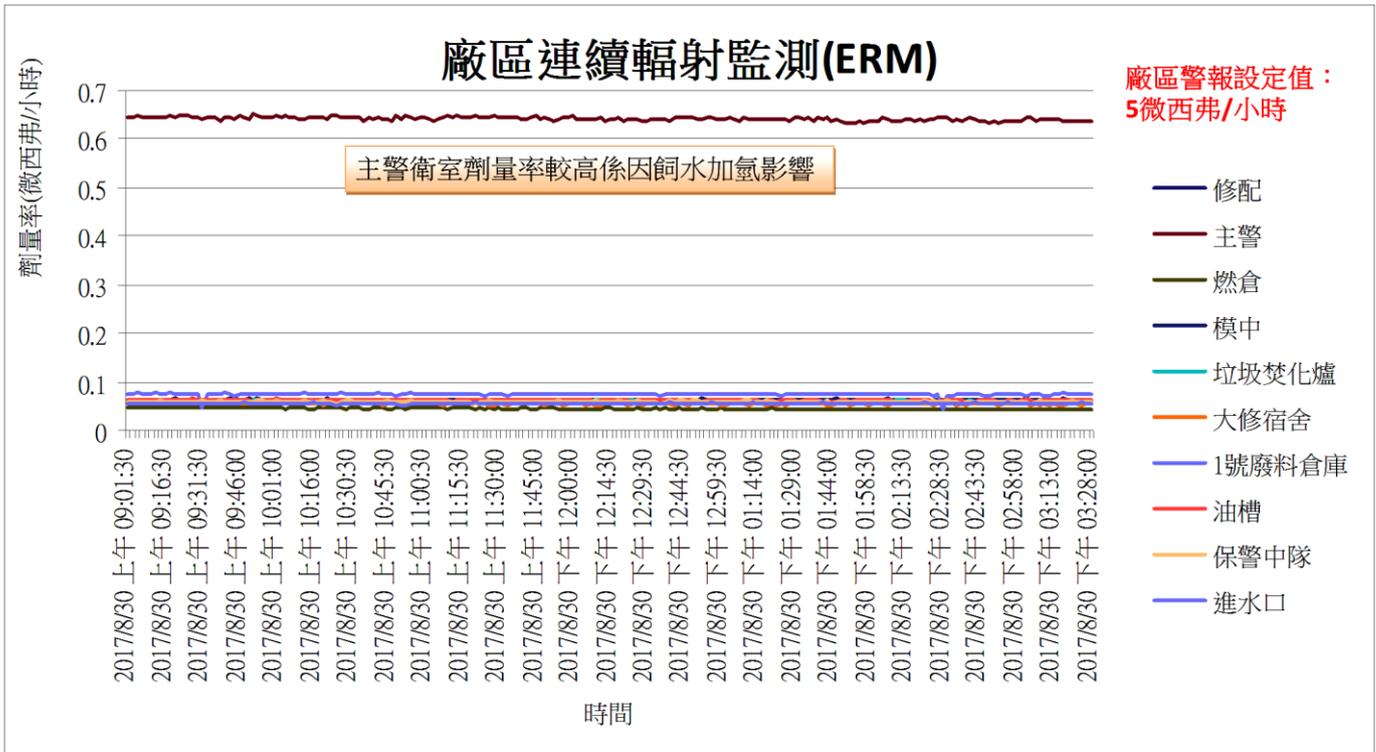
圖七、PRM 1S-28 ERF 各控道監測數據(106年8月30日10:00-14:00)



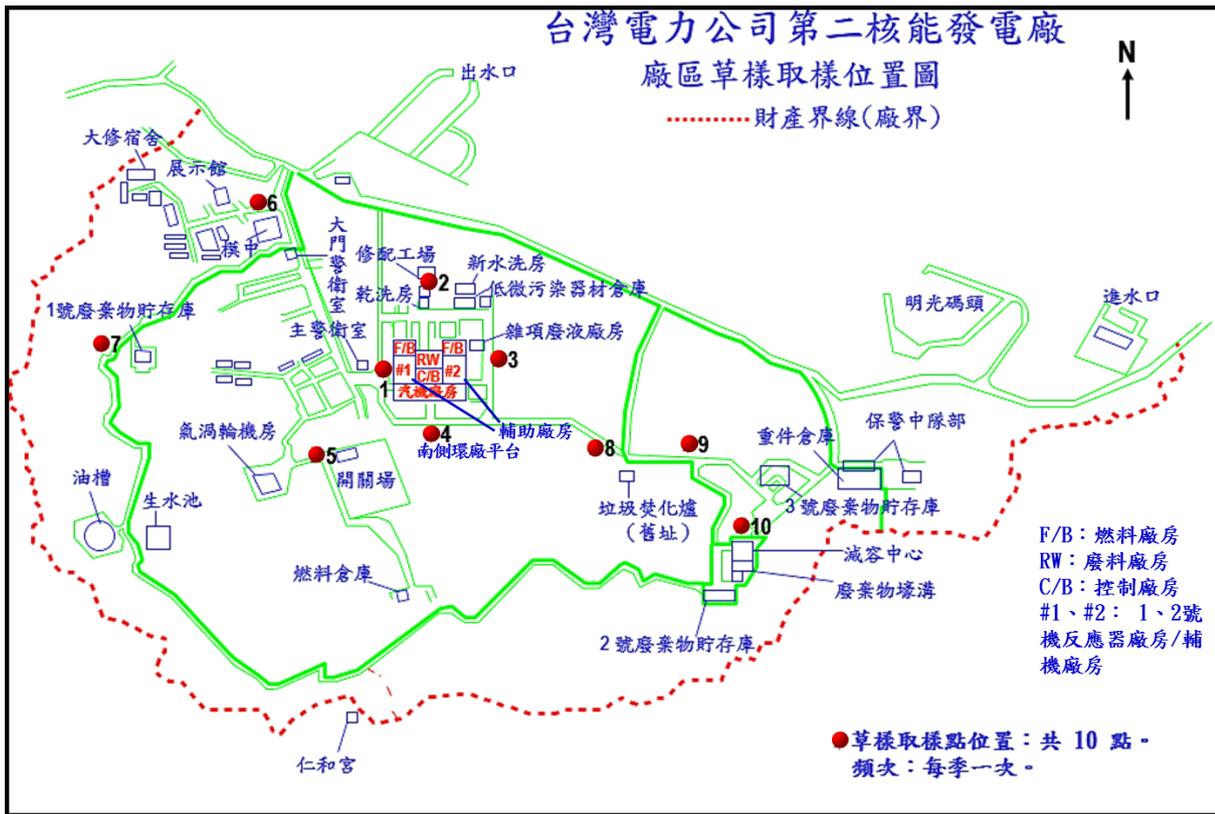
圖八、PRM 1S-28 ERF 微粒控道監測數據(106年8月30日10:20-12:30)



圖九、核二廠廠區空氣取樣地點



圖十、廠區連續輻射監測情形(106年8月30日9時至15時30分)



圖十一、核二廠廠區草樣取樣位置圖



圖十二、廠外環境草樣取樣位置圖

表一、一號機輔助廠房各樓層之空氣抽氣分析結果

樓層	空氣之總貝他粒子濃度 (Bq/m ³)	
	加強監測	8 月份例行抽氣分析結果
1 樓	6.8	6.17~50.11
2 樓	5.3	2.66~9.7
3 樓	9.07	NA ^註
4 樓	1.5	0.86~17.04
5 樓	2.17	11.28~38.37
6 樓	3.07	NA ^註
7 樓	1.43	1.23~8.73

註：1.資料來源：台電公司

2.加強監測執行時間：106 年 8 月 30 日 12:40~13:00。

3.核二廠廠房空氣濃度之管制標準(總貝他粒子濃度)：

(1)示警值：150 Bq/m³。

(2)管制值：500 Bq/m³，如超過此值，須配戴防護面具。

4.輔助廠房 3 樓及 6 樓非例行性抽氣分析區域。

表二、廠區抽氣濾紙試樣之總貝他分析結果

取樣地點	主警衛室	修配工場	模擬中心	開關場	進水口
總貝他濃度 (Bq/m ³)	3.76	1.33	1.45	1.35	1.19

註：1.資料來源：台電公司

2.取樣日期：106年8月30日

表三、廠區抽氣濾紙試樣之加馬能譜分析結果

計測 單位	核種	取樣地點				
		主警衛室	修配工場	模擬中心	開關場	進水口
核二廠	Co-60	<MDA(391)	<MDA(128)	<MDA(307)	<MDA(114)	<MDA(425)
	I-131	<MDA(331)	<MDA(295)	<MDA(261)	<MDA(336)	<MDA(385)
	Cs-137	<MDA(338)	<MDA(320)	<MDA(405)	<MDA(462)	<MDA(455)
核研所	Co-60	<MDA(12)	<MDA(19)	<MDA(6.6)	<MDA(8.6)	<MDA(7.1)
	I-131	<MDA(17)	<MDA(22)	<MDA(9.3)	<MDA(11)	<MDA(7.7)
	Cs-137	<MDA(17)	<MDA(21)	<MDA(8.2)	<MDA(12)	<MDA(9.9)

註：1.資料來源：台電公司、核研所

2.取樣日期：106年8月30日

3.數值單位：mBq/m³

4.“<MDA”表示分析結果小於最低可測值，即代表未測得，括弧內的數值為該次分析之最低可測值。

5.核二廠分析時間：600秒；核研所分析時間：30,000~120,000秒。

表四、PRM 線上取樣分析結果

計測單位	分析項目	分析結果(mBq/m ³)
核二廠	惰性氣體核種 (包含Xe-131m、Xe-133、Ar-41等11個核種)	<MDA($1.3 \times 10^5 \sim 4.6 \times 10^7$)
	碘核種 (I-131、I-133等核種)	I-131 : 38 ± 8 I-133 : 172 ± 17
	微粒核種 (Co-60、Cs-137等核種)	<MDA(11~23)
核研所	碘核種 (I-131、I-133等核種)	I-131 : 31 ± 2
	微粒核種 (Co-60、Cs-137等核種)	<MDA(0.4~0.6)

註：1.資料來源：台電公司、核研所

2.取樣日期：106年8月30日

3.核二廠原始數據之單位為 $\mu\text{Ci/cc}$ ，已轉換為 mBq/m^3 ($1 \mu\text{Ci/cc} = 3.7 \times 10^{13} \text{ mBq/m}^3$)。

4.“<MDA”表示分析結果小於最低可測值，即代表未測得，括弧內的數值為該次分析之最低可測值。

5.核二廠分析時間：600秒；核研所分析時間：20,000秒。

6.I-131排放物濃度限值為 $1.67 \times 10^4 \text{ mBq/m}^3$ ，I-133則為 $8.23 \times 10^4 \text{ mBq/m}^3$ 。

7.因核二廠惰性氣體取樣容器需持續使用，故該試樣無法送至核研所進行比對分析。

表五、PRM 1S-28 微粒控道濾紙之加馬能譜分析結果

計測單位	分析結果(mBq/m ³)
核二廠	Mn-54 : <MDA(4) Co-60 : <MDA(0.9) Cs-134 : <MDA(3) Cs-137 : <MDA(5)
核研所	Co-60 : <MDA(0.07) Cs-137 : <MDA(0.09) I-131 : 0.46 ± 0.13

註：1.資料來源：台電公司、核研所

2.取樣日期：106年8月30日

3.核二廠原始數據之單位為μCi/cc，已轉換為mBq/m³ (1 μCi/cc = 3.7×10¹³ mBq/m³)。

4.“<MDA”表示分析結果小於最低可測值，即代表未測得，括弧內的數值為該次分析之最低可測值。

5.核二廠分析時間：600秒；核研所分析時間：30,000秒。

6.I-131排放物濃度限值為1.67×10⁴ mBq/m³。

表六、核二廠廠區草樣監測結果(106年8月30日取樣)

核種	取樣地點									
	1號機緊急柴油發電機西側	修配工場附近	雜項廢液廠房東南側	南側環廠平台附近	開關場附近	模擬中心附近	1號廢棄物貯存庫附近	垃圾焚化爐(舊址)附近	3號廢棄物貯存庫西側	減容中心北側
Co-60	<MDA (0.472)	<MDA (0.468)	<MDA (0.663)	<MDA (0.781)	<MDA (0.574)	<MDA (0.532)	<MDA (0.759)	<MDA (0.763)	<MDA (0.693)	<MDA (0.813)
I-131	<MDA (0.407)	<MDA (0.454)	<MDA (0.529)	<MDA (0.722)	<MDA (0.596)	<MDA (0.469)	<MDA (0.716)	<MDA (0.680)	<MDA (0.570)	<MDA (0.604)
Cs-137	<MDA (0.405)	<MDA (0.483)	<MDA (0.585)	<MDA (0.770)	<MDA (0.531)	<MDA (0.548)	<MDA (0.732)	<MDA (0.671)	<MDA (0.698)	<MDA (0.664)

註：1.資料來源：台電公司

2.數值單位：Bq/kg

3.“<MDA”表示分析結果小於最低可測值，即代表未測得，括弧內的數值為該次分析之最低可測值。

4.分析時間：30,000秒。

表七、核二廠廠區草樣監測結果(106年8月31日取樣)

計測單位	核種	取樣地點				
		垃圾(舊址)焚化爐附近	模擬中心附近	1號廢棄物貯存倉庫附近	修配工廠附近	南側環廠平台附近
核二廠	Co-60	<MDA (0.896)	<MDA (0.684)	<MDA (0.627)	<MDA (0.528)	<MDA (0.773)
	I-131	<MDA (0.839)	<MDA (0.584)	<MDA (0.624)	<MDA (0.471)	<MDA (0.626)
	Cs-137	<MDA (0.870)	<MDA (0.623)	<MDA (0.654)	<MDA (0.500)	<MDA (0.716)
偵測中心	Co-60	<MDA (1.35)	<MDA (1.11)	<MDA (1.63)	<MDA (1.45)	<MDA (1.76)
	I-131	<MDA (0.94)	<MDA (0.93)	<MDA (1.73)	<MDA (1.31)	<MDA (1.60)
	Cs-137	<MDA (1.05)	<MDA (0.91)	<MDA (1.66)	<MDA (1.25)	<MDA (1.68)

註：1.資料來源：台電公司、偵測中心

2.數值單位：Bq/kg

3.“<MDA”表示分析結果小於最低可測值，即代表未測得，括弧內的數值為該次分析之最低可測值。

4.核二廠及偵測中心之分析時間均為30,000秒。

表八、核二廠廠外草樣監測結果

計測單位	核種	取樣地點			
		11A	4A	仁和宮	大鵬
放射試驗室	Co-60	<MDA (0.29)	<MDA (0.29)	<MDA (0.28)	<MDA (0.24)
	I-131	<MDA (0.32)	<MDA (0.33)	<MDA (0.29)	<MDA (0.25)
	Cs-137	<MDA (0.31)	<MDA (0.31)	<MDA (0.31)	0.49
偵測中心	Co-60	<MDA (1.17)	<MDA (0.97)	<MDA (1.29)	<MDA (1.63)
	I-131	<MDA (0.92)	<MDA (0.84)	<MDA (1.06)	<MDA (1.43)
	Cs-137	<MDA (1.02)	<MDA (0.86)	<MDA (1.05)	<MDA (1.56)

註：1.資料來源：台電公司、偵測中心

2.數值單位：Bq/kg

3.“<MDA”表示分析結果小於最低可測值，即代表未測得，括弧內的數值為該次分析之最低可測值。

4.放射試驗室分析時間：54,000秒；偵測中心分析時間：30,000秒。

參、原能會強化管理措施

經原能會實地調查並對台電公司報告（附件七）進行審查，針對本案，原能會發現台電公司數項可應予改進，並據以要求台電公司須擬定強化管理措施如下：

- 一、PRM 1S-28 於 8 月 30 日上午 11:33 運轉控制室背盤警戒發生時，運轉人員並未即時得知，直到 11:48 背盤警報發生後，才依程序執行相關因應措施。雖 PRM 警戒值設定原屬電廠自主管理範疇，惟電廠應即時掌握排放現況，於背盤警戒發生時即刻進行肇因追查，原能會將要求台電公司針對背盤未具警戒提醒之功能，進行檢討改善。
- 二、針對本次脫接管路接頭未有程序書要求測試，原能會已要求核二廠對於測試作業可能造成洩漏之管路或接頭，研擬維護檢查精進方案，並要求平行展開各核電廠之管路清查，以杜絕類似事情再度發生。此外，原能會並要求台電公司應全面檢討大修測試時爐水壓力與每半年實際取樣壓力不同之處。
- 三、警報發生後，台電公司依規定進行廠區監測及 PRM 線上取樣分析作業，另為確認警報是否對環境造成影響，原能會要求台電公司對於廠區及廠外之環境草樣執行取樣及加馬能譜分析，原能會並將樣品送交核研所及偵測中心進行比對分析，俾確認台電公司分析數據之正確性。未來若再

發生類似事件，將參考本次案例並考量實務上的可行性，盡可能將試樣送交專業分析實驗室進行平行比對，俾爭取民眾之信任。

四、理論上，計算 PRM 警報期間對民眾造成之劑量，係依 PRM 線上取樣分析之數值進行估算，惟本次微粒控道發生警報後，線上微粒取樣分析結果小於 MDA，即代表無劑量貢獻。然為維護民眾健康，原能會要求台電公司應保守評估劑量，故台電公司以該 PRM 之警報設定值進行計算，另配合線上濾罐測得之 I-131 及 I-133 結果，評估警報期間惰性氣體造成關鍵群體有效劑量為 1.53×10^{-4} 微西弗，放射性氣體碘、微粒造成之關鍵群體器官等價劑量為 2.20×10^{-2} 微西弗，均遠低於每年每部機組之設計限值與法規年劑量限度。

五、本次 PRM 1S-28 微粒控道警報動作，促使電廠人員及時發現 PASS 冷卻器沖淨管路接頭脫接，並隨即進行處置，足見 PRM 1S-28 之警報設定確實有發揮其預警功能。惟原能會為精進 PRM 預警功能，要求各核能電廠全面檢討現行 PRM 警報值設定之妥適性，並於 106 年 9 月底前提送專案報告至本會。

六、原能會於調查期間已發現台電公司有數項尚須改進之處，現已列入追蹤事項（如附件八），原能會將會有行政處理，責成台電公司完成相關改善工作。

肆、結論

有關本事件對工作人員及民眾的影響，依據核二廠對相關人員的全身計測結果，均無測得人工放射性核種，另依據台電公司之保守評估，本案對民眾造成之輻射劑量遠低於「游離輻射防護安全標準」之年劑量限值，原能會及台電公司針對核二廠廠區及廠外環境之取樣分析結果亦顯示本事件對環境與民眾無明顯影響。

經原能會實地調查並對台電公司報告進行審查，針對本案，原能會已發現數項台電公司須予以改進之處（例：核二廠控制室對於警戒資訊的掌握度、維護計畫的完整性等），並據以要求台電公司須擬定對應之強化管理措施。未來原能會將會有採行政處理，責成台電公司完成相關改善工作。

原能會秉於為落實資訊公開原則，8月30日已於官網公布本案之調查進度，即時讓社會大眾瞭解。最後強調，原能會是全民的原能會，為了民眾健康及環境安全，原能會將秉持嚴守管制立場與資訊公開透明之原則，持續管制核能電廠的運轉與輻射安全防護作業，並將相關管制情形於網站上公布，供民眾參閱。

附件一、「電廠一號機流程輻射監測器(1S-28 PRM)警報事件」大事紀

106.09.21

日期	項 目
106/08/30	電廠通報 1S-28 PRM 發生警報。
106/08/30	原能會立即派員至電廠瞭解情況，並進行廠區環境草樣取樣分析。
106/08/31	原能會再度派員至電廠瞭解情況，並進行廠區及環境草樣取樣分析，另進行平行比對。
106/09/04	召開「核二廠一號機流程輻射監測器(1S-28 PRM)警報事件討論會議」。(台電公司簡報資料如附件五)
106/09/05	函送「核二廠一號機流程輻射監測器(1S-28 PRM)警報事件討論會議紀錄」。(如附件六)
106/09/06	台電公司函送「第二核能發電廠 1 號機輔助廠房排氣之流程輻射監測器 (PRM 1S-28) 警報調查與改善報告」。
106/09/19	函送「第二核能發電廠 1 號機輔助廠房排氣之流程輻射監測器 (PRM 1S-28) 警報調查與改善報告」及討論會議結論執行情形對照表之原能會審查意見。
106/09/21	台電公司函送「第二核能發電廠 1 號機輔助廠房排氣之流程輻射監測器(PRM 1S-28)警報調查與改善報告」及討論會議結論執行情形對照表修訂版。

附件二、台電公司原始分析數據

(一) 爐水取樣分析結果(核研所協助分析)

核能電廠放射性液體樣分析記錄表

1. 電廠名稱：核能二廠
 2. 樣品型態：液體
 3. 樣品到所時間：106/08/31；11：30
 4. 完成分析時間：106/08/31；16：20
 5. 分析項目：

機組：#1
 取樣位置：爐水

(1)

成分	計測量	分析方法	使用儀器	所號
pH	5.50	pH 遙控計測	Metrohm-654	N 12771
B ³⁺	3.8 ppm	I.C.P.	JY 385	N019401
Cl	0.38 ppm	I.C.	Dionex-2010I	N 12914

(2)

核種	加馬能量(keV)	活性強度(Bq/ml)	分析方法及使用儀器
⁵¹ Cr	320	$< 8.27 \times 10^{+0}$	抽取液樣 1mL 進行分析
^{99m} Tc	140	$7.07 \times 10^{+0} \pm 3.93 \times 10^{-1}$	3000 sec counting time
^{148m} Pm	550	$< 1.12 \times 10^{+0}$	Canberra Series-90 MCA
¹³¹ I	364	$< 1.25 \times 10^{+0}$	所號：N 13058
¹³² I	667	$< 9.99 \times 10^{-1}$	
¹³³ I	529	$6.66 \times 10^{+0} \pm 5.47 \times 10^{-1}$	
¹³⁴ I	847	$< 9.18 \times 10^{+0}$	
¹³⁵ I	1131	$< 4.39 \times 10^{+0}$	
⁵⁸ Co	810	$< 1.03 \times 10^{+0}$	
⁶⁰ Co	1173	$< 1.18 \times 10^{+0}$	
⁵⁴ Mn	834	$< 1.11 \times 10^{+0}$	
⁹² Sr	1384	$< 1.24 \times 10^{+0}$	
²⁴ Na	1367	$4.15 \times 10^{+0} \pm 5.01 \times 10^{-1}$	
¹³⁴ Cs	795	$5.38 \times 10^{+0} \pm 3.25 \times 10^{-1}$	
¹³⁷ Cs	661	$4.38 \times 10^{+0} \pm 4.17 \times 10^{-1}$	

備註：活度計測時間 106/08/31
 工作負責人：陳亮丞

13：33 3000 sec
 主管：黃文松

(二) PRM 線上取樣分析

台灣電力公司
第二核能發電廠
環保化學組化驗報表

樣品名稱： #1 機輔助廠房排氣(1S-28)

取樣日期： 106.08.30 12:08

分析日期： 106.08.30

表 806-1A

分析項目	分析結果($\mu\text{Ci/cc}$)
濾紙(微粒核種)	
Mn-54	< MDA (5.197E-13)
Co-60	< MDA (5.965E-13)
Cs-134	< MDA (2.833E-13)
Cs-137	< MDA (6.200E-13)
濾罐(碘核種)	
I-131	1.015E-12 \pm 18.84% (4.068E-13)
I-133	4.646E-12 \pm 9.66% (1.009E-12)
惰性氣體核種	
Ar-41	< MDA (3.631E-9)
Kr-85	< MDA (1.242E-6)
Kr-85m	< MDA (4.434E-9)
Kr-87	< MDA (8.025E-9)
Kr-88	< MDA (2.038E-8)
Xe-131m	< MDA (2.238E-7)
Xe-133	< MDA (1.162E-8)
Xe-133m	< MDA (3.924E-8)
Xe-135	< MDA (8.793E-9)
Xe-135m	< MDA (1.310E-8)
Xe-138	< MDA (3.058E-8)

註：()表示該次計測分析之 MDA 值。

經辦：  覆核：  核定： 

(三) PRM 微粒控道濾紙分析

台灣電力公司
第二核能發電廠
環保化學組化驗報表

樣品名稱： #1 機輔助廠房排氣(1S-28)

取樣日期： 106.08.30 20:00

分析日期： 106.08.30

表 806-1A

分析項目	分析結果($\mu\text{Ci/cc}$)
微粒核種(Monitor 濾紙)	
Mn-54	<MDA (1.102E-13)
Co-60	<MDA (2.446E-14)
Cs-134	<MDA (7.432E-14)
Cs-137	<MDA (1.434E-13)

註：()表示該次計測分析之 MDA 值。樣品量: 6.69E+8 cc。

經辦：  覆核：  核定： 

(四) 8月30日核二廠廠區抽氣濾紙樣品之加馬能譜分析

核能二廠保健物理組加馬能譜分析報告

1s-28 警報抽氣取樣分析

單位：mBq / m³

取樣日期：106年08月30日

地點核種	Mn-54	Fe-59	Co-58	Co-60	Zn-65	Zr-95	Nb-95	I-131	Cs-134	Cs-137	Ba-140	La-140	Sr-89	Sr-90	備註
修配工場	<MDA (2.53E+02)	<MDA (2.91E+02)	<MDA (3.15E+02)	<MDA (1.28E+02)	<MDA (7.59E+02)	<MDA (7.02E+02)	<MDA (3.04E+02)	<MDA (2.95E+02)	<MDA (4.20E+02)	<MDA (3.20E+02)	<MDA (1.66E+03)	<MDA (3.96E+02)	NA	NA	4" 濾紙 (高流量)
主警衛室	<MDA (3.52E+02)	<MDA (5.28E+02)	<MDA (3.86E+02)	<MDA (3.91E+02)	<MDA (1.05E+03)	<MDA (4.01E+02)	<MDA (4.31E+02)	<MDA (3.31E+02)	<MDA (4.41E+02)	<MDA (3.38E+02)	<MDA (1.09E+03)	<MDA (4.86E+02)	NA	NA	4" 濾紙 (高流量)
開關場	<MDA (3.55E+02)	<MDA (6.65E+02)	<MDA (5.16E+02)	<MDA (1.14E+02)	<MDA (1.34E+03)	<MDA (7.85E+02)	<MDA (5.20E+02)	<MDA (3.36E+02)	<MDA (4.01E+02)	<MDA (4.62E+02)	<MDA (1.85E+03)	<MDA (4.13E+02)	NA	NA	4" 濾紙 (高流量)
模擬中心	<MDA (3.10E+02)	<MDA (1.92E+02)	<MDA (4.96E+02)	<MDA (3.07E+02)	<MDA (1.04E+03)	<MDA (8.40E+02)	<MDA (5.54E+02)	<MDA (2.61E+02)	<MDA (4.08E+02)	<MDA (4.05E+02)	<MDA (1.59E+03)	<MDA (5.44E+02)	NA	NA	4" 濾紙 (高流量)
進水口	<MDA (8.63E+01)	<MDA (3.16E+02)	<MDA (3.36E+02)	<MDA (4.25E+02)	<MDA (1.03E+03)	<MDA (9.13E+02)	<MDA (4.42E+02)	<MDA (3.85E+02)	<MDA (3.30E+02)	<MDA (4.55E+02)	<MDA (8.70E+02)	<MDA (5.76E+02)	NA	NA	4" 濾紙 (高流量)

註：1. 此 5 站抽氣取樣分析結果，總貝他計數最高僅 3.76Bq/m³。

2. ()：表示加馬能譜分析儀器最低可測活度【MDA】

3. MDA>AMDA 說明：

(1) 量測分析時間：10 分鐘。

(2) 依程序書規定，總貝他計數未超過 36.9Bq/m³，無須執行加馬核種分析。

(3) 如試樣須執行加馬核種分析時，將增長計數時間，以符合規定。

核能電廠監測區試樣放射性分析可接受最小可量測 (AMDA) 要求

核種	Mn-54	Fe-59	Co-58	Co-60	Zn-65	Zr-95	Nb-95	I-131	Cs-134	Cs-137	Ba-140	La-140	Sr-89	Sr-90
空氣樣 AMDA	1.80E+00	3.60E+00	1.80E+00	1.80E+00	4.50E+00	3.00E+00	3.00E+00	1.50E+00	1.80E+00	1.80E+00	6.00E+00	6.00E+00	3.00E+00	3.00E+00

填表：



複核：



課長：



經理：



(五) 8月30日核二廠廠區草樣分析數據

核能二廠保健物理組加馬能譜分析報告

IS-28 警報監測區草樣取樣分析

單位：Bq / kg

取樣日期：106年08月30日

地點\核種	Mn-54	Fe-59	Co-58	Co-60	Zn-65	Zr-95	Nb-95	I-131	Cs-134	Cs-137	Ba-140	La-140	Sr-89	Sr-90	備註
1號緊急柴油發電機西側	<MDA (0.377)	<MDA (0.865)	<MDA (0.397)	<MDA (0.472)	<MDA (1.01)	<MDA (0.644)	<MDA (0.394)	<MDA (0.407)	<MDA (0.441)	<MDA (0.405)	<MDA (1.51)	<MDA (0.493)	NA	NA	草樣
修配工場附近	<MDA (0.431)	<MDA (0.891)	<MDA (0.444)	<MDA (0.468)	<MDA (1.09)	<MDA (0.723)	<MDA (0.449)	<MDA (0.454)	<MDA (0.512)	<MDA (0.483)	<MDA (1.69)	<MDA (0.593)	NA	NA	草樣
雜項廢液廠房東南側	<MDA (0.509)	<MDA (1.15)	<MDA (0.473)	<MDA (0.663)	<MDA (1.27)	<MDA (0.867)	<MDA (0.464)	<MDA (0.529)	<MDA (0.544)	<MDA (0.585)	<MDA (1.75)	<MDA (0.547)	NA	NA	草樣
南側環廠平台附近	<MDA (0.667)	<MDA (1.54)	<MDA (0.685)	<MDA (0.781)	<MDA (1.85)	<MDA (1.12)	<MDA (0.708)	<MDA (0.722)	<MDA (0.744)	<MDA (0.770)	<MDA (2.32)	<MDA (0.926)	NA	NA	草樣
開關場附近	<MDA (0.500)	<MDA (1.01)	<MDA (0.471)	<MDA (0.574)	<MDA (1.29)	<MDA (0.864)	<MDA (0.537)	<MDA (0.596)	<MDA (0.586)	<MDA (0.531)	<MDA (1.77)	<MDA (0.717)	NA	NA	草樣
模擬中心附近	<MDA (0.488)	<MDA (1.00)	<MDA (0.467)	<MDA (0.532)	<MDA (1.36)	<MDA (0.815)	<MDA (0.544)	<MDA (0.469)	<MDA (0.513)	<MDA (0.548)	<MDA (1.66)	<MDA (0.591)	NA	NA	草樣
1號廢棄物貯存庫附近	<MDA (0.641)	<MDA (1.36)	<MDA (0.589)	<MDA (0.759)	<MDA (1.54)	<MDA (1.10)	<MDA (0.668)	<MDA (0.716)	<MDA (0.758)	<MDA (0.732)	<MDA (2.40)	<MDA (0.944)	NA	NA	草樣
垃圾焚化爐(舊址)附近	<MDA (0.663)	<MDA (1.29)	<MDA (0.587)	<MDA (0.763)	<MDA (1.64)	<MDA (1.05)	<MDA (0.675)	<MDA (0.680)	<MDA (0.759)	<MDA (0.671)	<MDA (2.15)	<MDA (0.828)	NA	NA	草樣
3號廢棄物貯存庫西側	<MDA (0.597)	<MDA (1.19)	<MDA (0.547)	<MDA (0.693)	<MDA (1.49)	<MDA (1.09)	<MDA (0.590)	<MDA (0.570)	<MDA (0.608)	<MDA (0.698)	<MDA (2.21)	<MDA (0.713)	NA	NA	草樣
減容中心北側	<MDA (0.642)	<MDA (1.34)	<MDA (0.620)	<MDA (0.813)	<MDA (1.75)	<MDA (0.977)	<MDA (0.640)	<MDA (0.604)	<MDA (0.610)	<MDA (0.664)	<MDA (2.14)	<MDA (0.799)	NA	NA	草樣

註：草試樣是鮮重量測，非乾重(灰重)量測。()：表示加馬能譜分析儀器最低可測活度【MDA】 量測分析時間：草樣：500分鐘

核能電廠監測區試樣放射性分析可接受最小可量測 (AMDA) 要求

核種	Mn-54	Fe-59	Co-58	Co-60	Zn-65	Zr-95	Nb-95	I-131	Cs-134	Cs-137	Ba-140	La-140	Sr-89	Sr-90
草樣 AMDA	1.5	2.7	1.5	1.5	3	2.7	2.7	1.2	1.5	1.5	3.0	3.0	3.0	3.0

填表：



複核：



課長：



經理：



(六) 8月31日核二廠廠區草樣分析數據

核能二廠保健物理組加馬能譜分析報告

配合原子能委員會視察取樣分析

單位：Bq / kg

取樣日期：106年08月31日

地點\核種	Mn-54	Fe-59	Co-58	Co-60	Zn-65	Zr-95	Nb-95	I-131	Cs-134	Cs-137	Ba-140	La-140	Sr-89	Sr-90	備註
修配工場附近	<MDA (0.468)	<MDA (0.901)	<MDA (0.432)	<MDA (0.528)	<MDA (1.13)	<MDA (0.765)	<MDA (0.464)	<MDA (0.471)	<MDA (0.526)	<MDA (0.500)	<MDA (1.72)	<MDA (0.610)	NA	NA	草樣
南側環廠平台附近	<MDA (0.653)	<MDA (1.37)	<MDA (0.595)	<MDA (0.773)	<MDA (1.78)	<MDA (1.04)	<MDA (0.673)	<MDA (0.626)	<MDA (0.745)	<MDA (0.716)	<MDA (2.32)	<MDA (0.887)	NA	NA	草樣
模擬中心附近	<MDA (0.596)	<MDA (1.26)	<MDA (0.553)	<MDA (0.684)	<MDA (1.59)	<MDA (1.09)	<MDA (0.596)	<MDA (0.584)	<MDA (0.657)	<MDA (0.623)	<MDA (2.20)	<MDA (0.782)	NA	NA	草樣
1號廢棄物貯存庫附近	<MDA (0.663)	<MDA (1.35)	<MDA (0.630)	<MDA (0.627)	<MDA (1.61)	<MDA (1.12)	<MDA (0.651)	<MDA (0.624)	<MDA (0.657)	<MDA (0.654)	<MDA (2.12)	<MDA (0.865)	NA	NA	草樣
垃圾焚化爐(舊址)附近	<MDA (0.774)	<MDA (1.57)	<MDA (0.809)	<MDA (0.896)	<MDA (2.17)	<MDA (1.42)	<MDA (0.843)	<MDA (0.839)	<MDA (1.01)	<MDA (0.870)	<MDA (2.79)	<MDA (1.03)	NA	NA	草樣

量測分析時間：草樣：500分鐘

註：草試樣是鮮重量測，非乾重(灰重)量測。()：表示加馬能譜分析儀器最低可測活度【MDA】

核能電廠監測區試樣放射性分析可接受最小可量測 (AMDA) 要求

核種	Mn-54	Fe-59	Co-58	Co-60	Zn-65	Zr-95	Nb-95	I-131	Cs-134	Cs-137	Ba-140	La-140	Sr-89	Sr-90
草樣 AMDA	1.5	2.7	1.5	1.5	3	2.7	2.7	1.2	1.5	1.5	3.0	3.0	3.0	3.0

填表：



複核：



課長：



經理：



(七) 8 月 31 日核二廠廠外草樣分析數據

委託測試項目：106 年 08 月份環境輻射平行監測放射性分析報告

測試報告編號：106 放射環字第 0060 號

106 年 08 月份環境輻射平行監測放射性分析報告

執行測試期間：1060831~1060911

試樣及取樣描述、測試方法：
核設施外環境輻射偵測試樣前處理操作手冊 (RL-E0-5)
環境偵測加馬能譜分析作業手冊 (RL-E0-14)

測試單位名稱：台灣電力股份有限公司放射試驗室

測試單位地址：新北市石門區乾華里小坑 12 號

報告簽署人：

☆☆本測試報告結果僅對受測試項目有效☆☆

☆☆非獲得本室書面同意，本分析報告不得摘錄複製，但全部複製除外☆☆

第二核能發電廠

106 年 08 月份委託環境試樣放射性分析

單位：貝克/公斤·鮮重

試樣編號 試樣名稱 試養地點	取樣日期	天然放射性核種		人工放射性核種		
		銻-7	鉀-40	碘-131	銫-137	銻-60
GR201 草樣 11A	106/08/31	5.61 (2.25)	195.00 (4.38)	<MDA (0.32)	<MDA (0.31)	<MDA (0.29)
GR202 草樣 4A	106/08/31	<MDA (2.98)	172.67 (4.71)	<MDA (0.33)	<MDA (0.31)	<MDA (0.29)
GR203 草樣 仁和宮	106/08/31	4.65 (1.98)	217.91 (4.41)	<MDA (0.29)	<MDA (0.31)	<MDA (0.28)
GR204 草樣 大鵬	106/08/31	<MDA (1.61)	177.61 (3.31)	<MDA (0.25)	0.49 (0.21)	<MDA (0.24)

註：

1. MDA 表本室計測儀器本次計測之最低可測濃度，括弧內數值代表最低可測濃度值。
2. 加馬能譜分析使用 CANBERRA GENIE-2000 分析，樣品計測時間 54000 秒。
3. 分析值之不確定度為基於 95% 信賴水準之擴充不確定度，其值為 2 倍標準差。

附件三、核研所原始分析數據

測試報告

行政院原子能委員會核能研究所環境試樣放射性核種分析實驗室
桃園市龍潭區佳安里文化路 1000 號 電話：(03) 4711400 轉 7607

報告編號：EMRAL-原能會-106012(1)

樣品名稱：濾紙、濾罐

分析項目：加馬能譜分析

送測單位：原能會輻防處(核二廠)

單位地址：新北市永和區成功路一段 80 號 2 樓

接收日期：106 年 09 月 01 日

本報告不含封面共 2 頁，分離使用無效。本報告僅說明此樣品之測試結果，不作其他用途，除非獲得實驗室書面同意，報告應不得摘錄複製，但全部複製除外。



測 試 報 告

測 試 結 果

樣品編號	樣品名稱	分析核種/放射性	活 度 值	計測不確定度 (1 σ)	單位
10609AX001	濾紙 (主警衛室)	Co-60 I-131 Cs-137	<MDA(12) <MDA(17) <MDA(17)	----- ----- -----	mBq/m ³
10609AX002	濾紙 (修配工場)	Co-60 I-131 Cs-137	<MDA(19) <MDA(22) <MDA(21)	----- ----- -----	mBq/m ³
10609AX003	濾紙 (模擬操作中心)	Co-60 I-131 Cs-137	<MDA(6.6) <MDA(9.3) <MDA(8.2)	----- ----- -----	mBq/m ³
10609AX004	濾紙 (開關場)	Co-60 I-131 Cs-137	<MDA(8.6) <MDA(11) <MDA(12)	----- ----- -----	mBq/m ³
10609AX005	濾紙 (進水口)	Co-60 I-131 Cs-137	<MDA(7.1) <MDA(7.7) <MDA(9.9)	----- ----- -----	mBq/m ³
10609AX006	濾罐 (IS-28)	Co-60 I-131 Cs-137	<MDA(1.54) 31 <MDA(1.68)	----- 2 -----	mBq/m ³



測 試 報 告

測 試 結 果

樣品編號	樣品名稱	分析核種/放射性	活 度 值	計測不確定度 (1 σ)	單位
10609AX007	濾紙 (IS-28)	Co-60	<MDA(0.07)	----	mBq/m ³
		I-131	0.46	0.13	
		Cs-137	<MDA(0.09)	----	
10609AX008	濾紙(小) (IS-28)	Co-60	<MDA(0.41)	----	mBq/m ³
		I-131	<MDA(0.43)	----	
		Cs-137	<MDA(0.56)	----	

註：1.樣品係由委託單位自行採樣，委託本實驗室進行分析，本實驗室不對樣品的代表性負責。

2.MDA 為儀器最低可測活度，<MDA 值表示該次計測沒有測得含有該核種。

3.加馬核種分析核種庫採用 IAEA-ND5-205。

測 試 說 明

樣品特徵：濾紙、濾罐

取樣地點：核二廠

取樣日期：2017/08/30

計測日期：2017/09/01、2017/09/04、2017/09/06

樣品數量：8

計測儀器：Inter Winner 6.0

儀器編號：Input #2(校正日期：2016/09/07)、Input #3(校正日期：2017/01/25)

Input #6(校正日期：2016/09/07)、Input #7(校正日期：2017/08/07)

計測時間：20000 秒、30000 秒、120000 秒

計測效率：Rel.Eff：30%

測試程序書：加馬能譜計測系統作業程序書 (EMRAL-EO-011)

報
告
簽
署
人

武子蘭

簽
發
日
期

106.09.06



附件四、原能會輻射偵測中心分析數據



行政院原子能委員會輻射偵測中心 核二廠廠外環境草樣加強監測結果

取樣日期: 106.08.31

單位: 貝克/千克·鮮重

取樣地點	分析量	活度+活度誤差			
		鉀-40*	鈷-60	碘-131	銫-137
模擬中心	316g	168±8.9	<MDA(1.11)	<MDA(0.93)	<MDA(0.91)
1號廢倉	273g	163±10.3	<MDA(1.63)	<MDA(1.73)	<MDA(1.66)
垃圾焚化爐	270g	175±10.2	<MDA(1.35)	<MDA(0.94)	<MDA(1.05)
4A/GR-202	304g	156±8.7	<MDA(0.97)	<MDA(0.84)	<MDA(0.86)
仁和宮/GR-203	332g	191±11.4	<MDA(1.29)	<MDA(1.06)	<MDA(1.05)
大鵬/GR-204	300g	381±16.6	<MDA(1.63)	<MDA(1.43)	<MDA(1.56)
修配工場/2	217g	96±8.6	<MDA(1.45)	<MDA(1.31)	<MDA(1.25)
環場南側/4	266g	223±11.9	<MDA(1.76)	<MDA(1.60)	<MDA(1.68)
油庫旁 (11A)/GR-201	297g	207±10.2	<MDA(1.17)	<MDA(0.92)	<MDA(1.02)

- 註: 1. "*" 表示天然放射性核種。
 2. MDA 表示小於儀器最低可測活度值。
 3. 試樣計測時間 30,000 秒。



附件五、台電公司簡報

核二廠1號機PRM 1S-28警報說明

核二廠
黃榮富
106年9月04日

KSNPS
Kuosheng Nuclear Power Station
誠信、關懷、服務、成長 HP-1 第二核能發電廠

報告內容

- 一、前言
- 二、事件經過
- 三、肇因分析
- 四、民眾劑量評估
- 五、PRM警報設定值之妥適性說明
- 六、總結

台電電力公司 誠信、關懷、服務、成長 HP-2 第二核能發電廠

一、前言-PRM介紹

廢氣排放

↓

取樣

↓

分析

↓

記錄

↓

統計

↓

評估

放射性廢氣排放口
流程輻射監測器(PRM)

↓

多重防護原則

↓

即時掌控

↓

PRM

Process Radiation Monitor

PRM設有警戒值及警報值，用於提醒電廠運轉人員掌控排放動態，所設定警報值與法規限值仍有相當差距

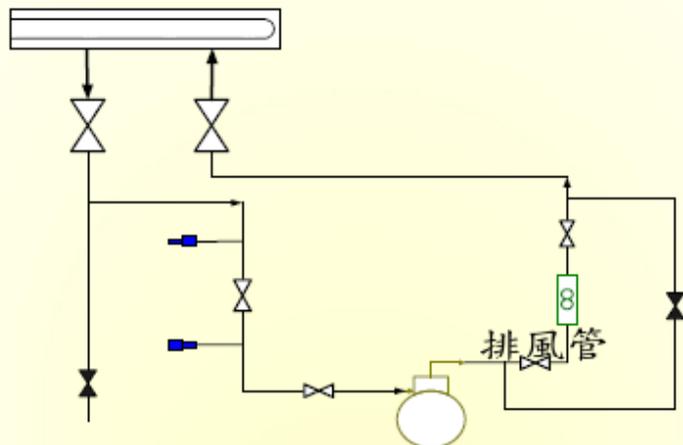
台電電力公司 誠信、關懷、服務、成長 HP-3 第二核能發電廠

一、前言-PRM 1S-28

反應爐輔助廠房排氣PRM 1(2)S28取樣流程圖[NMC TYPE]

台電電力公司 誠信、關懷、服務、成長 HP-4 第二核能發電廠

一、前言-獨立取樣站(1S-221)



台灣電力公司 誠信、關懷、服務、成長 HP-5 第二核能發電廠

一、前言-PRM 1S-28及獨立取樣站之實體照片

PRM 1S-28



台灣電力公司 誠信、關懷、服務、成長 HP-6 第二核能發電廠

二、事件經過-1

(一) 事故後取樣系統 (Post Accident Sampling System、PASS) 介紹：此系統的功能為事故發生後，能取得爐水及圍阻體內氣體試樣，進行化學與放射化學分析，以了解反應爐爐心之狀況，並評估將來復原之可能性。其定期取樣作業包括下列兩項：

- 1.每半年依據817.1程序書執行取樣操作。
- 2.大修結束機組起動前，依據817.1程序書執行取樣操作。

(二) 106.08.30上午9點開始，電廠人員依規定申請核准執行817.1程序書，此次為每六個月定期執行事故後取樣系統 (PASS) 之爐水及圍阻體氣體的取樣作業；必須確實依程序書內容逐步執行，方可順利取得試樣，當天確已依據程序書執行，且順利取得試樣；整個作業於上午11:33結束。

台灣電力公司 誠信、關懷、服務、成長 HP-7 第二核能發電廠

二、事件經過-2

(三) 8月30日上午11:55，控制室1C58盤警報窗#32 “Reactor Aux BLDG EXHAUST AIR RADIATION HIGH\FAIL” 警報出現，1號機運轉員至1C46盤發現1S-28儀器微粒控道讀值上升至約1,300 cpm。

(四) 運轉員立刻回報主任，值班主任立即依排放口PRM通報注意事項程序書進行相關通報、抽氣、取樣及現場儀器檢查與巡視，並請運轉員就該儀器相關ERF數據監控追蹤，發現1S-28之微粒控道讀數有明顯上升，該讀值於12:15開始下降至約200 cpm後維持穩定；隨後於現場查看時，發現取樣冷卻器(1S-34)沖淨管路(39AA)之接頭已脫接。

台灣電力公司 誠信、關懷、服務、成長 HP-8 第二核能發電廠

三、肇因分析-1

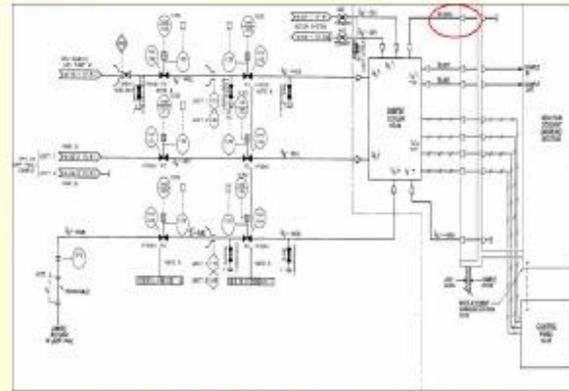
- (一) 經查證1號機組上午備進程序書817.1事故後取樣系統(PASS)取樣作業，當天上午9:00開始執行，並於上午11:33執行完畢。研判肇因可能與該取樣作業有關，並請維護人員進行肇因追查。
- (二) 維護人員於現場查看取樣冷卻器(1S-34)沖淨管路(39AA)之接頭已脫接，造成取樣時，反應爐水由此流出，經過氣化後，造成PRM 1S-28警報。

- (三) 脫接管路位於1號機輔助廠房3F西南角，管路外徑尺寸為3/8"，如照片所示處：此「事故後取樣系統」從91年2月上線使用後，每半年執行取樣作業，均未發生管路脫接之情事。



三、肇因分析-2

(四)P&ID圖如下：



三、肇因分析-3

- (五) 該脫接管路為固定式管路，電廠每次大修除確實依據773.8程序書執行事故後取樣系統相關儀器之校正與維護測試外，並於每次大修起動前，依817.1程序書執行事故後取樣系統之操作，以確認系統運作功能正常及相關取樣管路完整性；本次1號機大修起動前，依817.1程序書執行結果均正常。

(六) 肇因分析說明：

取樣冷卻器(1S-34)沖淨管路功能為，當爐水取樣管路有堵塞時，做為外接乾淨水源進行逆洗，以清理疏通管路；取樣時，該段管路會與爐水取樣管路相通，該接頭於取樣時會衝擊受壓，且因長久使用而稍鬆動，故於本次執行爐水取樣過程中脫接，造成取樣爐水氣化，導致PRM 1S-28高輻射警報出現。

三、肇因分析-4

(七) 改正行動及預防再發生措施：

1. 該脫接之接頭已鎖固，並平行展開清查兩部機「事故後取樣系統」之冷卻器沖淨管路之所有接頭的牢固性，清查結果各接頭均鎖固良好。
2. 未來執行817.1程序書時，將增加接頭牢固性檢查後，再執行取樣作業，以徹底防範類似接頭脫接情事再發生。

四、民眾劑量評估-1

- (一) 106年8月30日PRM 1S-28警報期間，電廠分析人員立即將線上取樣系統之微粒濾紙取下，以多頻道核種分析儀器(MCA)執行核種分析，分析結果皆小於儀器最低可測值(MDA)。
- (二) 電廠維護人員將PRM 1S-28偵檢頭上之濾紙取下，同樣以多頻道核種分析儀器(MCA)執行核種分析，分析結果皆小於儀器最低可測值(MDA)。
- (三) 廠區環境之空氣樣品計測結果(包含總貝他及核種分析)無異常，且未量測到任何人工核種，草樣之分析結果，亦未量測到人工核種；另環境輻射劑量率監測結果，亦均屬正常。

四、民眾劑量評估-2

- (四) 此次PRM 1S-28警報之原因係反應爐爐水氣化造成，而PRM 1S-28偵檢頭為偵測總貝他計數率，無法做核種分析判讀，因此研判係屬於各個核種之加總計數率造成警報，但以多頻道核種分析儀進行分析，結果顯示個別核種之含量均小於儀器最低可測值。
- (五) 綜合以上分析結果，確認本次PRM 1S-28警報事件，並未對民眾劑量造成影響。

五、PRM警報設定值之妥適性說明-1

- (一) 為確保電廠排放至環境之廢氣及廢水的放射性核種濃度符合「游離輻射防護安全標準」，原能會要求各電廠應予以取樣、分析、記錄與統計，以評估對民眾造成之劑量。基於多重防護原則，電廠須於各排放口設置具有警報功能之流程輻射監測器(PRM)，以即時掌控放射性廢氣、廢水的實際排放情形。
- (二) PRM之設計，一般均設有警戒值及警報值，用於提醒電廠運轉人員掌控排放動態，所設定警報值與法規限值仍有相當差距。

五、PRM警報設定值之妥適性說明-2

- (三) 各核能電廠之放射性物質排放管制均遵守比游離輻射安全標準(dose limits)更為嚴格的核能電廠環境輻射設計規範之設計值(dose constraints)，而民眾實際接受之輻射劑量並非藉由PRM讀值以簡單數學方式進行換算可得，須經由排放監測、取樣分析、大氣監測及模式評估等標準程序進行估算，始得可信且具有代表性之劑量評估結果。
- (四) 依據核能電廠多年來之營運經驗，即使發生排放濃度短暫超過PRM警報值，亦不致造成民眾年輻射劑量達法規限度，由此可證現行排放管制與PRM警報功能及其設定值確實發揮良好之預警功能。

六、總 結

- (一) 核二廠1號機輔助廠房執行「事故後取樣系統」取樣作業時，因位於輔助廠房之連接管路接頭脫接，致作業期間漏出之反應爐水氣化，造成PRM 1S-28產生警報訊號：電廠立即檢討肇因及改善對策，以防範再發生類似情事。
- (二) 當監測器警報發生時，電廠均依據運轉作業程序書之規定，執行相對應取樣分析與環境監測：依據分析與監測結果，確認本次PRM 1S-28警報事件，不影響機組運轉及工作人員安全，且對環境及民眾未造成任何影響。
- (三) PRM警報設定值須全面考量整體預警機制之運作及電廠運轉穩定性，現行警報設定值變更將使警報頻次產生變化，如此勢必對運轉操作之穩定造成影響，亦可能造成民眾對核能安全及輻射安全之不必要的恐慌。綜上所述，建議現行PRM之警報設定值仍維持現況，如未來有新設置之排放口，則採用現行游離輻射安全標準之排放物濃度推導設

 定 **台灣電力公司** 誠信、關懷、服務、成長 HP-17 第二核能發電廠



簡報結束 恭請指導



誠信、關懷、服務、成長 HP-18 第二核能發電廠

附件六、會議紀錄

核二廠一號機流程輻射監測器(1S-28 PRM)警報事件 討論會議紀錄

- 一、時間：106年9月4日上午10時
- 二、地點：行政院原子能委員會二樓會議室
- 三、主席：高熙玫副處長 記錄：許雅娟
- 四、出席單位及人員（敬稱略）：
 - 台電公司核發處：林志保、廖瑞鶯、沈承緯
 - 台電公司核二廠：楊勝勳、林調鈴、李明宗、鄭丁進、黃榮富、吳樹欣、饒有民、王健富、沈恆吉
 - 原能會核管處：許明童、鄭再富
 - 原能會核技處：洪子傑
 - 原能會輻防處：鄭永富、賴良斌、孟祥明、朱亦丹、林琦峰
- 五、主席致詞：略
- 六、台電公司簡報：略
- 七、結論：
 1. 請確實查明本次警報發生確切時間及通報時間，並納入檢討報告中；另於報告中加強肇因分析及防範措施之說明，並各自獨立章節論述。
 2. 請估算本次管路中外洩爐水之核種及活度，若無法估算請於檢討報告中述明理由。
 3. 請台電公司依第49次輻管會議結論，評估1S-28 PRM排放口警報值對應之核種活度濃度，保守估算民眾可能接受之劑量。
 4. 有關警報後PRM線上取樣分析結果，其中碘-131及碘-133較例行取樣高，亦請評估其造成民眾之劑量。
 5. 請增加廠內及廠外環境取樣位置及分析結果，並以表格及地圖方式呈現於檢討報告中。
 6. 請就核電廠整體PRM警報設定值之妥適性，於檢討報告中說明辦理進度與方向，並依第49次輻管會議決議事項，於106年9月底前提送專案報告予本會審查。
 7. 請全盤檢視電廠中管路之可靠性，並平行展開各核電廠之管

附件七、台電公司改善報告

**第二核能發電廠 1 號機輔助廠房排氣之流程輻射監測器
(PRM 1S-28)警報調查與改善報告**

台灣電力公司

106年09月20日

目錄

	頁次
一 前言	52
二 事件經過	52
三 肇因分析	55
四 改正行動及預防再發生措施	56
五 因應行動	56
六 民眾劑量評估	60
七 PRM 警報設定值之妥適性說明	60
八 總結	61

圖次

	頁次
圖 1 1 號機輔助廠房 3 樓西南角取樣系統管路示意圖	62
圖 2 PASS 之爐水及圍阻體氣體取樣作業管線及設備圖	62
圖 3 監測區抽氣取樣點位置	63
圖 4 監測區連續輻射監測站位置	63
圖 5 監測區 ERM 監測結果。	64
圖 6 監測區第 1 次草試樣取樣位置。	64
圖 7 監測區第 2 次草試樣取樣位置。	65
圖 8 環境草試樣取樣點分佈圖	65

表次

		頁次
表 1	1 號機輔助廠房各樓層之空氣抽氣分析結果	66
表 2	監測區抽氣取樣結果	67
表 3	監測區抽氣取樣核種分析結果	67
表 4	監測區第 1 次草試樣核種分析結果	68
表 5	環境草試樣取樣點	70
表 6	監測區第 2 次草試樣核種分析結果	71
表 7	環境草試樣取樣點結果	72
表 8	1 號機廢水集水池與反應爐水之核種分析	73
表 9	PRM 1S-28 警報期間放射性碘分析結果	74
表 10	核二廠 1 號機 PRM 1S-28 警報期間放射性排 放核種與活度	75
表 11	核二廠 1 號機 PRM 1S-28 警報期間放射性惰 性氣體造成關鍵群體有效劑量	76
表 12	核二廠 1 號機放射性氣體碘、微粒造成之關 鍵群體器官等價劑量	77

一、前言

本公司核能二廠輔助廠房排氣之流程輻射偵測器(Process Radiation Monitor, PRM) 1S-28 設置之目的，係為監測核能電廠正常運轉下該廠房之排氣濃度是否正常，當出現高輻射狀況時，能主動提供警報至主控制室。監測器共分成 3 個控道，可分別監測惰性氣體、微粒及碘等放射性物質。

106 年 8 月 30 日上午 11 時 55 分，該監測器之微粒控道發生警報訊號，電廠立即依據程序書規定以簡訊通知主管機關並採取因應措施；經追查造成警報之原因，為當天上午 9 時電廠工作人員依據程序書 817.1 執行每半年「事故後取樣系統」(Post Accident Sampling System, PASS)取樣作業時，因連接管路接頭脫接，致取樣期間洩漏之反應爐水氣化，造成 PRM 1S-28 微粒控道警報動作。

警報發生期間，電廠監測區¹及廠界環境輻射監測結果均為正常，不影響機組運轉與工作人員安全，也未對環境及民眾造成任何影響。

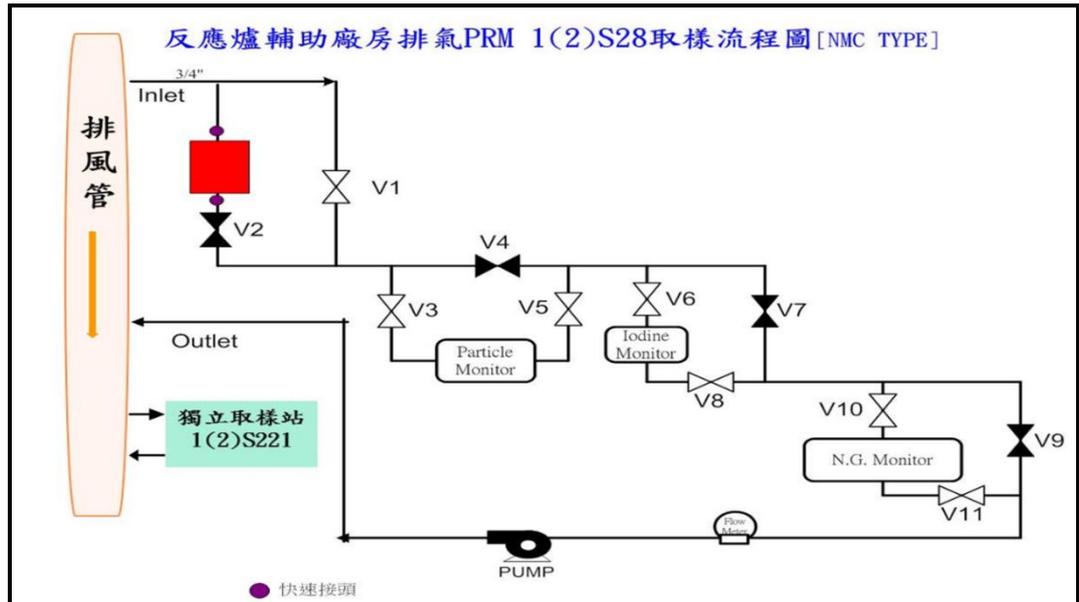
二、事件經過

(一) PRM 1S-28 介紹：

PRM 1S-28 共分成 3 個控道，可分別監測惰性氣體、微粒及碘等放射性物質；其中監測惰性氣體及微粒放射性物質之偵檢器為貝他閃爍型、碘放射性物質之偵檢器為加馬閃爍型，兩種型式之偵檢器內皆裝有光電倍增管。

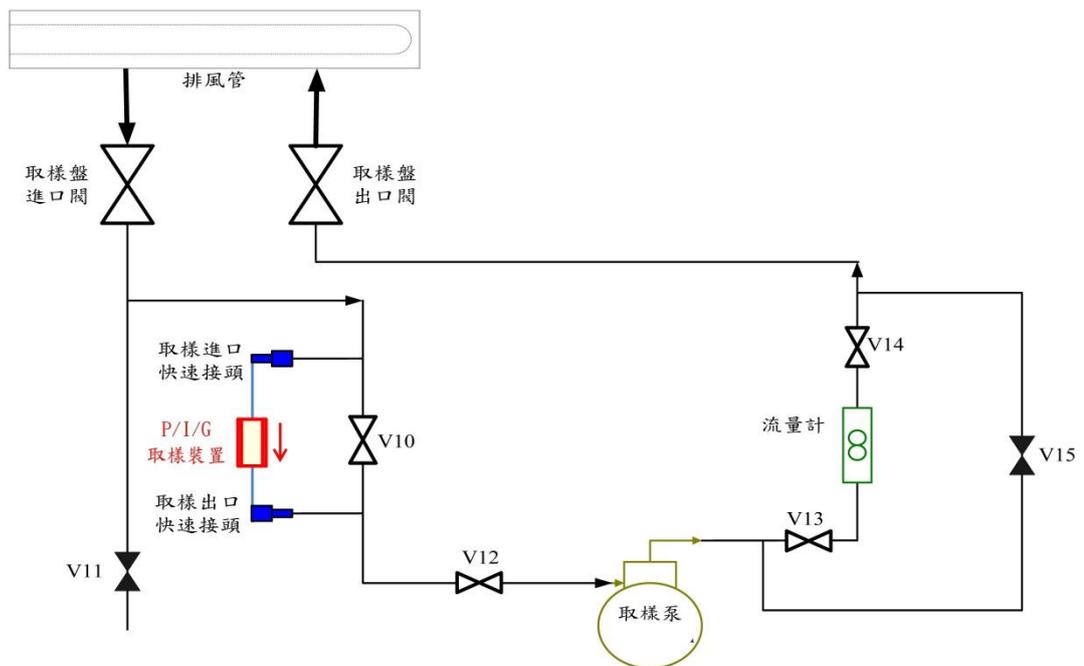
PRM 1S-28 取樣流程係藉由取樣泵從輔助廠房排風管路抽取氣體樣本後，依序經過微粒、碘及惰性氣體之取樣腔，並由安裝於各取樣腔內偵檢器偵測放射性物質；取樣管路如下圖所示：

¹監測區：指電廠財產界線內，管制區以外之區域，電廠得以適當理由限制人員進入該地區，並應依規定對該地區之輻射強度與放射性污染狀況加以監測，但不需實施管制區之管制措施。



(二) 獨立取樣站(1S-221)介紹：

獨立取樣站(1S-221)設置目的，為執行例行性之微粒、碘及惰性氣體取樣，以計算實際排放活度；輔助廠房之排氣經濾紙收集微粒，再流經活性碳匣吸附碘，微粒濾紙與活性碳匣為累積性連續取樣，另依需求執行例行之惰性氣體即時取樣，每次執行例行取樣時，皆確認並記錄流量是否正常；取樣流程圖如下圖所示：



(三) 「事故後取樣系統」介紹：

此系統的功能為事故發生後，能取得爐水及圍阻體內氣體試樣，進行化學與放射化學分析，以了解反應爐爐心之狀況，並評估將來復原之可能性。其定期取樣作業包括下列兩項：

1. 每六個月定期依據817.1程序書執行取樣操作。
2. 大修結束機組起動前，依據817.1程序書執行取樣操作。

(四) 106.08.30 上午 9 點開始，電廠人員依規定申請核准執行 817.1 程序書，此次為六個月之定期作業；執行「事故後取樣系統」之爐水及圍阻體氣體的取樣作業時，必須確實依程序書內容逐步執行，方可順利取得試樣；當天已依據程序書執行，且順利取得試樣；整個作業於上午 11：33 結束。

(五) 事後以電腦參數查證，研判 106.08.30 上午 11:19 PRM 1S-28 微粒控道之讀數開始上升，11：33 達警戒設定值，11：48 控制室後盤之 1C58 盤 PRM 1S-28 微粒控道警報窗動作；該微粒控道之警戒設定點為 741cpm (相當於 $1.0E-9 \mu\text{Ci}/\text{c.c.}$)，警報設定點為 1,465 cpm (相當於 $2.0E-9 \mu\text{Ci}/\text{c.c.}$)。

(六) 控制室警報出現時，1 號機運轉員至 1C46 盤確認 1S-28 儀器微粒控道讀值指示約 1,300 cpm (相當於 $1.79E-9 \mu\text{Ci}/\text{c.c.}$)，立刻回報值班主任，值班主任即依排放口 PRM 通報注意事項程序書之要求通知抽氣、取樣及現場儀器檢查與巡視；警報處理確認後，值班主任回溯並於值班日誌登錄警報動作時間約為 11：55，值班經理並於 12：10 完成簡訊通報，處理過程中亦指示運轉員針對該儀器之相關電腦數據監控追蹤；經查證 PRM 1S-28 之微粒控道讀數有明顯上升，碘控道及惰性氣體控道之讀數則無明顯變化；因此時取樣作業已完成，從爐水取樣的路徑已被關閉，脫接處不再洩漏，故 PRM 1S-28 微粒控道讀值於 12:15 開始下降至約 200 cpm 後維持穩定；隨後於現場查看時，發現於 1 號機輔助廠房 3 樓取樣冷卻器(1S-34)沖淨管路(39AA)之接頭已脫接。

三、肇因分析

- (一) 經查證 1 號機組當天上午僅進程序書 817.1 事故後取樣系統取樣作業，上午 9:00 開始執行，並於上午 11:33 執行完畢。研判肇因可能與該取樣作業有關，並請維護人員進行肇因追查。
- (二) 維護人員現場查看於 1 號機輔助廠房 3 樓取樣冷卻器(1S-34)沖淨管路(39AA)，發現接頭已脫接，造成取樣時，洩漏之反應爐水氣化，導致輔助廠房 PRM 1S-28 之微粒控道警報。
- (三) 當天上午 11:33 取樣作業完成後，因脫接之接頭位於 1 號機輔助廠房 3F，洩漏之反應爐水經氣化後，須經輔助廠房 6F 排風扇抽至 PRM 1S-28，以監測排放狀況，故於 11:48 才引動 PRM 1S-28 微粒控道警報。
- (四) 脫接管路位於 1 號機輔助廠房 3 樓西南角，管路外徑尺寸為 3/8”，接頭鎖緊復原後之照片如附圖 1 所示，事故後取樣系統之爐水及圍阻體氣體的取樣作業之管路及設備圖如附圖 2；此「事故後取樣系統」從 91 年 2 月上線使用後，每半年執行取樣作業，均未發生管路脫接之情事。
- (五) 該脫接管路為固定式管路，電廠每次大修除確實依據 773.8 程序書執行事故後取樣系統相關儀器之校正與維護測試外，並於每次大修起動前，在無反應爐壓力情況下，依 817.1 程序書執行事故後取樣系統之操作，以確認系統運作功能正常及相關取樣管路完整性；本次 1 號機大修起動前，依 817.1 程序書執行結果均正常。
- (六) 肇因分析說明：

取樣冷卻器(1S-34)沖淨管路功能為，當爐水取樣管路有堵塞時，做為外接乾淨水源進行逆洗，以清理疏通管路；取樣時，該段管路會與爐水取樣管路相通，該接頭於取樣時會衝擊受壓，且因長久使用而稍鬆動，故於本次機組反應爐壓力存在之正常運轉中，執行爐水取樣過程中脫接，洩漏之反應爐水氣化，導致PRM

1S-28微粒控道高輻射警報出現。

四、改正行動及預防再發生措施

- (一) 該脫接之接頭當天已立即回復鎖固，並平行展開清查兩部機「事故後取樣系統」之冷卻器沖淨管路所有接頭的牢固性，清查結果各接頭均鎖固良好；另亦平行展開清查爐水水質取樣及爐水淨化系統之取樣與感測管路接頭牢固性，清查結果各接頭均鎖固良好。
- (二) 針對運轉中使用之反應爐壓力及水位儀器，維護人員將持續每週巡視並檢視相關參數，若感測儀管及接頭有輕微洩漏時，其相關讀值應會有所變化，以提醒電廠人員及時處理。
- (三) 將於 773.8 程序書增訂冷卻器沖淨管路接頭鎖固後之間距值，且於每次大修落實執行前述接頭之目視檢查，如接頭表面有鏽蝕或磨損情形時即作更換，並依據安裝準則量測管接頭間距值，如超過標準則重新執行接頭鎖固，以確保其牢固性。
- (四) 未來執行 817.1 程序書時，將先行目視檢查及查驗各接頭鎖固後之間距值需符合要求，並確認鎖固後，再執行取樣作業，以徹底防範類似接頭脫接情事再發生。
- (五) 將針對與反應爐水相連之取樣測試作業可能會造成洩漏的管路或接頭，詳加檢視其現行維護檢查作業之完整性，並據以研擬維護檢查精進方案。

五、因應行動

- (一) 線上取樣分析結果：

1. 106年8月30日PRM 1S-28微粒控道警報期間，電廠分析人員立即赴取樣站現場將線上取樣系統之微粒濾紙與活性碳匣取下，分別以多頻道核種分析儀執行核種分析，分析結果微粒濾紙維持小於儀器最低可測量，而碘核種與以往相比，I-131微升、I-133上升約2~3倍，顯示此次爐水氣化事件，有微量碘核種排放。

2. 隨後再赴取樣站現場取惰性氣體試樣，同樣以多頻道核種分析儀器執行核種分析，分析結果惰性氣體維持小於儀器最低可測量；並確認獨立取樣站之取樣流量正常。
3. 電廠維護人員將PRM 1S-28微粒控道偵檢頭上之濾紙取下，同樣以多頻道核種分析儀執行核種分析，分析結果皆小於儀器最小可測量。

(二) 現場之輻安管制作為

1. 地面污染狀況說明與處置

- (1) 事件發生後，電廠輻防員立即前往1號機輔助廠房3F西南角沖淨管路附近執行污染拭跡偵測，確認地面污染面積約1平方公尺，牆面(含管路)約1平方公尺，污染值最高達 $15,800\text{Bq}/100\text{cm}^2$ ，輻防員立即將受影響區域設立臨時圍籬，並以告示示警。
- (2) 當日下午13:00電廠除污人員對受污染區域執行第一次除污，除污後污染程度降至 $14.9\sim 173.9\text{ Bq}/100\text{cm}^2$ ；隔天上午08:00除污人員繼續執行除污工作；經二次除污後，污染程度降低至小於 $5\text{ Bq}/100\text{cm}^2$ ，確認已低於本廠污染區管制標準，無輻安顧慮後，解除該區域之圍籬及示警管制。

2. 空氣濃度追蹤說明

- (1) 電廠於輔助廠房之2、4及7樓設置固定式連續空氣濃度監測器(儀器型號：333-2)，PRM 1S-28微粒控道警報期間，333-2之監測結果均無異常情事。
- (2) PRM 1S-28微粒控道警報發生後，電廠派出輻防員針對輔助廠房各樓層之空氣抽氣分析，結果未出現異常狀況，詳細分析數據如附表1。

3. 工作人員輻安管制結果說明：

負責處理本次PRM 1S-28微粒控道警報因應行動之工作人

員，包含值班操作員、取樣分析員、維護人員、輻防及除污人員共36名，現場工作完畢後，經過全身污染偵測器及門框監測器之偵測及監測結果，均無任何異常；另執行全身污染計測結果，亦顯示該等工作人員體內/外均無人工核種，無任何輻安疑慮。

(三) 監測區與環境監測

1. 依據908.1程序書規定，PRM 1S-28微粒控道警報動作後須於4小時內執行監測區抽氣取樣分析並監看監測區之連續輻射監測站 (Environmental Radiation Monitor, ERM) 監測結果：
 - (1) 輻防員收到警報訊號通知後，即刻於主警衛室等5個抽氣取樣點抽取空氣試樣，分析結果並無異常(詳如附表2)，且針對抽氣試樣(濾紙)執行加馬能譜分析，分析結果皆小於儀器最小可測量(詳如附表3)，取樣點位置詳如圖3。
 - (2) ERM監測數據顯示，警報期間之監測值與正常時段之監測值相同，並無異常；監測位置詳附圖4及監測數據趨勢詳附圖5。
2. 警報發生當日，核二廠輻防員即按監測區不同方位執行第1次草試樣取樣，共取10個草試樣，經加馬能譜分析儀器分析，結果皆小於儀器最小可測量(詳附表4)，取樣點位置詳如圖6。
3. 次日(106.08.31)電廠會同放射試驗室人員及原能會長官，再次對監測區執行第2次草試樣之取樣工作，共取5個試樣(如附圖7)，另對電廠周邊環境亦同步取草試樣，共取4點(如附圖8與表5)；其中監測區之5個草試樣分析結果皆小於儀器最小可測量(詳附表6)，另環境草試樣分析結果詳附表7，僅於大鵬(GR204)測得鈾-137，其測值為 $4.99E-01$ 貝克/公斤·鮮重，小於紀錄基準($5.00E-01$ 貝克/公斤·鮮重)，也遠低於調查基準($7.40E+01$ 貝克/公斤·鮮重)。

(四) 取樣冷卻器(1S-34)沖淨管路洩漏量評估說明

1. 本次PRM 1S-28微粒控道警報事件洩漏之反應爐水量：

經保守評估最大可能洩漏量為26加侖，評估依據如下說明：

- (1) 依據事故後取樣系統隔離閥1SJ-HV-102、1SJ-HV-103之設計資料，當反應爐壓力為1,270 psig時，隔離閥之最大流量為2 GPM，如果系統各項參數不變的條件下，反應爐壓力將決定系統的流量；然而，正常運轉期間，實際反應爐運轉壓力只有1,025psig，因此系統實際流量應低於2GPM。
- (2) 由於爐水溫度較高，因此取樣前反應爐水經過二組取樣冷卻器(1S-34)冷卻後，才到達取樣站；而本次事件的洩漏管路位於二組冷卻器之間，反應爐水經過第一組冷卻器後，一部分的爐水循正常管道，流向第二組冷卻器至取樣站，隨後排入抑壓池中；另一部分的爐水，經由洩漏處流出至地面洩水孔，經集水池收集後，至廢水處理系統處理。
- (3) 依據原廠家設計資料，該段沖淨管路設計溫度為200°F(89.4°C)；因此，洩漏至輔助廠房的爐水，因與廠房空間之溫度差而產生蒸發，水氣飄散到洩漏處附近空間，但大部分的爐水會流經集水池收集後，至廢水處理系統處理。
- (4) 依管路圖面確認，從二組冷卻器之間接出，至洩漏處之管路總長度約為165ft，其間經過57個90°彎頭(等效長度為16ft)，管內徑為0.245英吋(0.62公分)。依據上述資料進行計算，且保守考量爐水完全由洩漏處流出(實際上取樣站水流量仍屬正常)，其流量率為1.3GPM；若依當天隔離閥1SJ-HV-102、1SJ-HV-103開啟時間20分鐘計算，保守評估反應爐水最大可能洩漏量為26加侖。

2. 洩漏之反應爐水活度說明

- (1) 警報期間，現場查看輔助廠房3樓冷卻器沖淨管路脫接附近地面時，僅殘留水漬，無法及時收集足夠試樣執行核種分析
- (2) 故洩漏爐水之核種濃度僅能參考爐水洩漏之去處(廢液集水池)及反應爐水之核種分析數據(如附表8)；惟該等核種濃度並非

造成PRM 1S-28微粒控道警報之核種濃度。

- (3)造成PRM 1S-28微粒控道警報原因，為洩漏至輔助廠房的反應爐水，因與廠房空間之溫度差而產生蒸發水氣，其中被氣化之放射性微粒引動警報所致。

六、民眾劑量評估

(一) 放射性廢氣排放

警報期間線上取樣系統之微粒濾紙、碘濾罐及惰性氣體，及PRM 1S-28微粒控道本身偵檢頭上之濾紙等，以多頻道核種分析儀執行核種分析，僅碘濾罐測得放射性核種與活度，如附表9分析結果，其餘之分析結果均小於儀器最低可測量(MDA)。

(二) 民眾輻射劑量評估

- 1.雖然各種試樣之分析結果，僅測得碘-131與碘-133核種分析，但基於此次警報係發生於微粒控道，為保守起見，乃以PRM 1S-28警報設定值理論推算警報期間射性核種與活度如附表10。
- 2.配合當天之氣象資料，並使用本公司委託核能研究所發展之廢氣排放劑量評估程式，進行警報期間廢氣排放之關鍵群體劑量評估，評估結果如附表11、12。
- 3.由評估結果顯示，警報期間惰性氣體造成關鍵群體有效劑量為 $1.53E-04$ 微西弗，放射性氣體碘、微粒造成之關鍵群體器官等價劑量為 $2.20E-02$ 微西弗，均遠低於每年每部機組之設計限值與法規年劑量限度1毫西弗。
- 4.本次排放評估劑量將納入放射性物質排放季報、年報，並依法陳報原能會備查後，再公告於網頁。

七、PRM 警報設定值之妥適性說明

- (一) 各核能電廠排放口均設有具警報功能之流程連續輻射監測器 (PRM)，以監控核能電廠放射性排放狀況，並作為預防廠外民

眾接受之輻射劑量達法規限值之預警基準。

- (二) 現行 PRM 警報值係以對應於一般人法規限度之排放物濃度進行理論推導設定，亦即保守假設即使已達警報設定值之放射性核種濃度連續排放一整年，廠外民眾之輻射劑量達法規限值仍可符合法規限度，因此，短暫警報並不會造成任何環境衝擊。
- (三) 本次 PRM 1S-28 微粒控道警報動作，促使電廠人員及時發現「事故後取樣系統」(PASS) 冷卻器沖淨管路接頭脫接，予以復歸。此外，由民眾輻射劑量評估結果與環境輻射監測結果顯示，本次 PRM 1S-28 微粒控道警報期間未對環境與民眾造成影響，足見 PRM 1S-28 之警報設定確實已發揮其應有之預警功能。
- (四) 本公司目前正針對各核能電廠現行 PRM 警報值妥適性全面進行檢討，目前完成各核能電廠最近三年氣象資料整理，並進行各廠 PRM 排放口現行警報設定值對應之核種活度濃度數值之推導，俟完成民眾劑量評估後，即於 106 年 9 月底前提送專案報告陳報大會。

八、總結

- (一) 核二廠於發生 1 號機輔助廠房 PRM 1S-28 微粒控道警報事件後，已平行展開清查兩部機「事故後取樣系統」之冷卻器沖淨管路，以及爐水水質取樣、爐水淨化系統之取樣與感測管路接頭之牢固性，清查結果各接頭均鎖固良好。
- (二) 為防範類似情事之發生，本公司將會要求核一、三廠亦比照核二廠清查上述爐水相關管路與感測管路接頭之可靠性。
- (三) 經評估，本次 PRM 1S-28 微粒控道警報期間之民眾輻射劑量遠低於法規年劑量限度，且由環境輻射監測結果顯示，本次 PRM 1S-28 微粒控道警報期間未對環境與民眾造成影響。

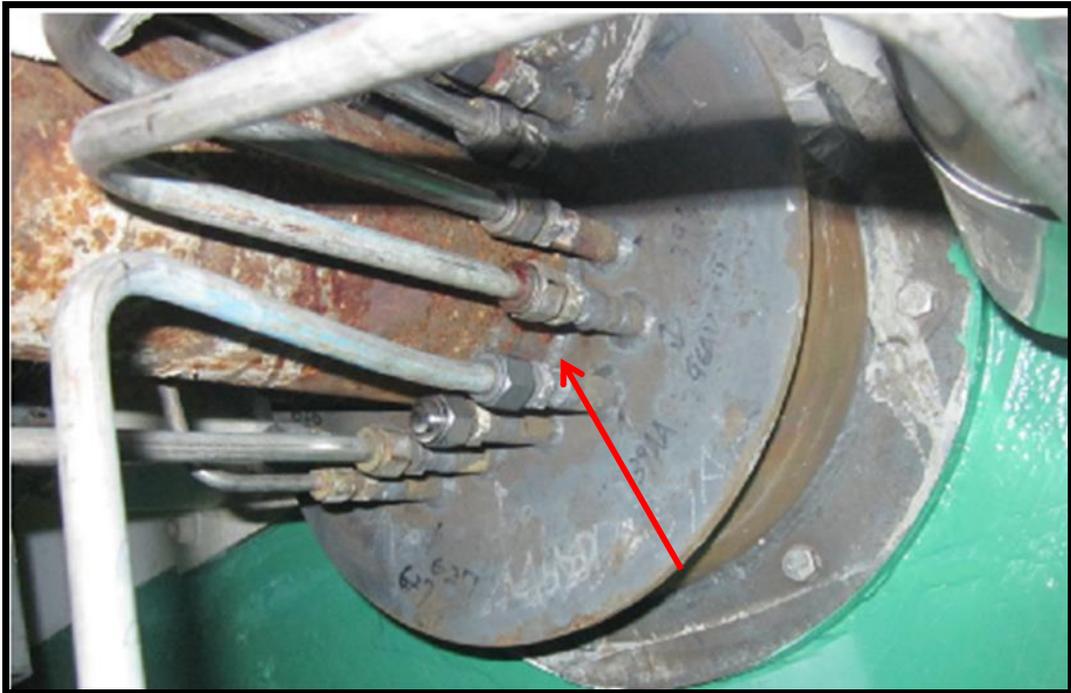


圖1、1號機輔助廠房3樓西南角取樣系統管路示意圖

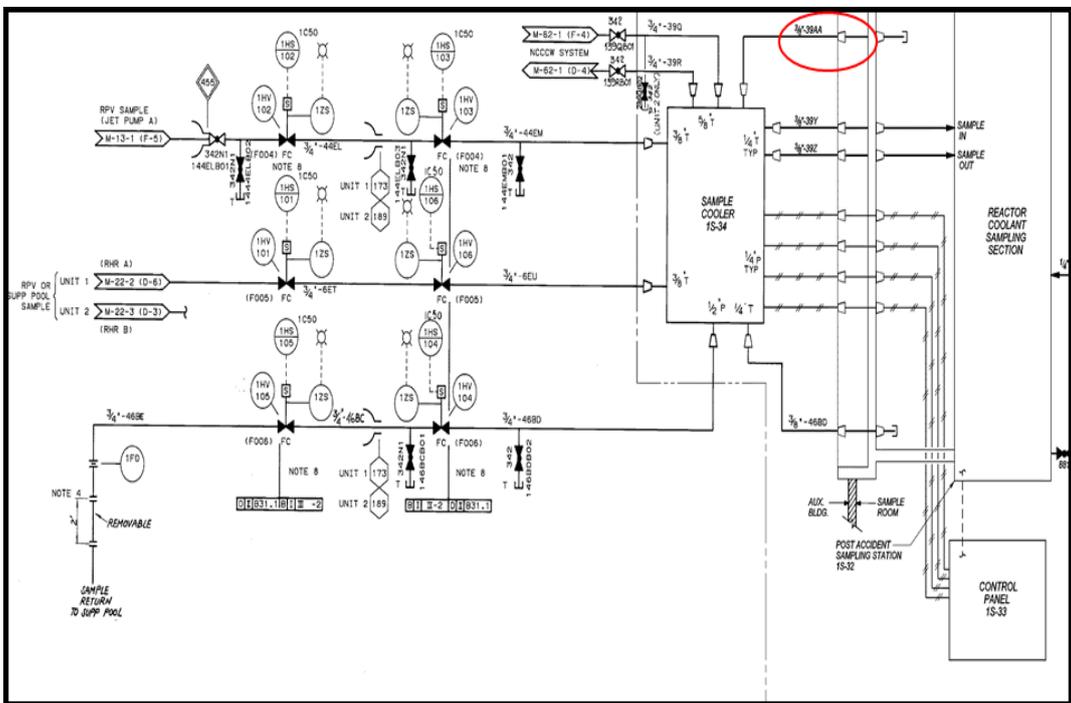


圖2、PASS之爐水及圍阻體氣體取樣作業管線及設備圖

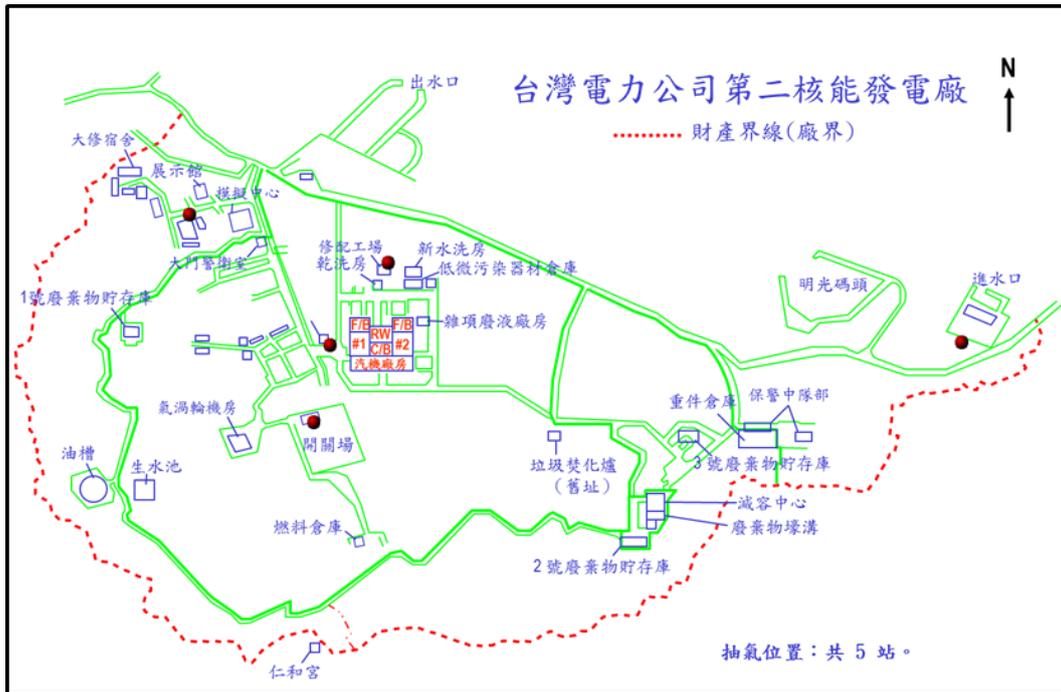


圖3、監測區抽氣取樣點位置

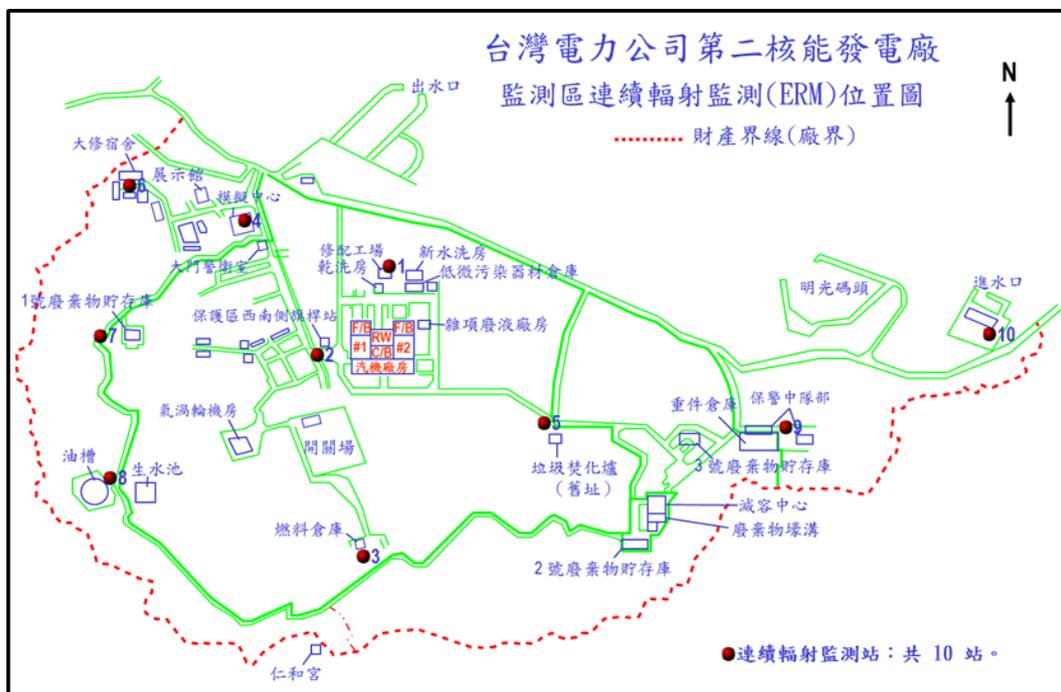


圖4、監測區連續輻射監測站位置

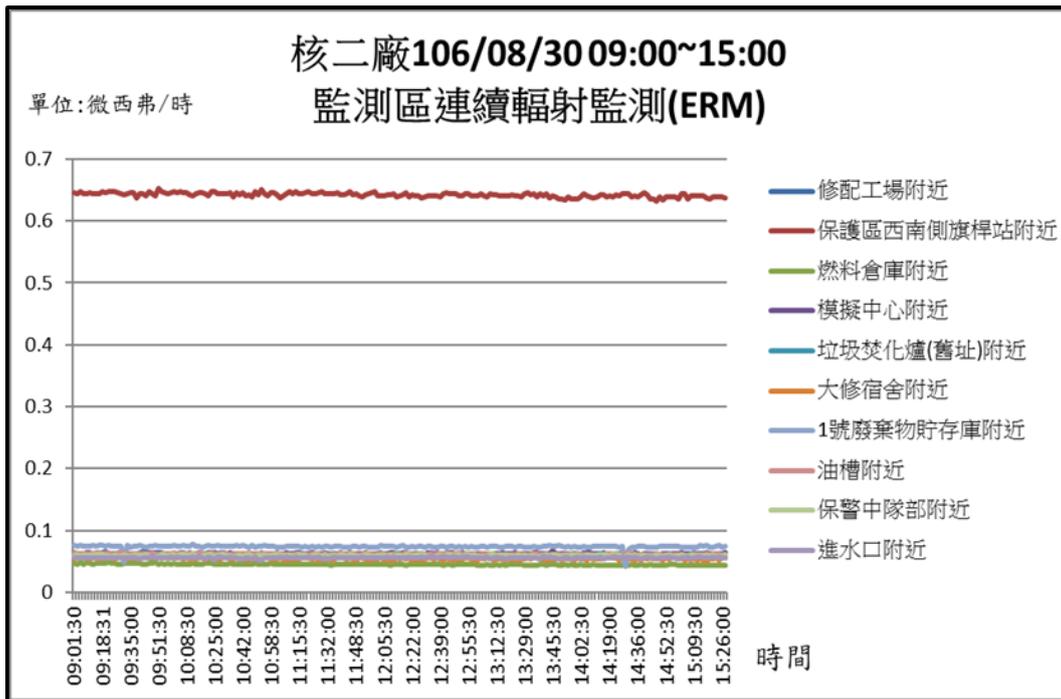


圖5、監測區ERM監測結果

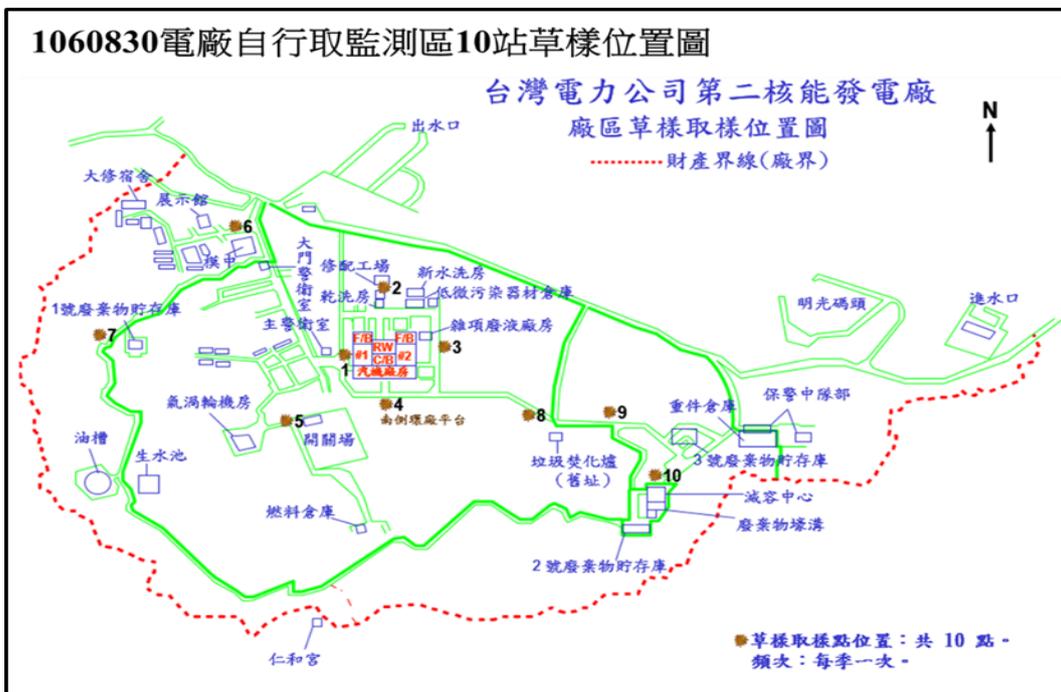


圖6、監測區第1次草試樣取樣位置

表 1、1 號機輔助廠房各樓層之空氣抽氣分析結果

樓層	空氣抽氣濃度(總貝他粒子濃度、 Bq/m ³)	
	分析結果	8 月份例行抽氣分析結果
1F	6.8	6.17~50.11
2F	5.3	2.66~9.7
3F	9.07	本樓層無輻射作業區，故未執行空氣濃度取樣分析。
4F	1.5	0.86~17.04
5F	2.17	11.28~38.37
6F	3.07	本樓層無輻射作業區，故未執行空氣濃度取樣。
7F	1.43	1.23~8.73

註：1. 空氣抽氣取樣時間：12:40~13:00。

2. 電廠空氣濃度之管制標準(總貝他粒子濃度)：

(1) 示警值：150 Bq/m³。

(2) 管制值：超過500 Bq/m³，須配戴各式面具。

表 2、監測區抽氣取樣結果

抽氣位置	抽氣時間 (時:分)	計測時間 (時:分)	總貝他 (Bq/m ³)
主警衛室	12:22	12:35	3.76
修配工場	12:22	12:29	1.33
模擬操作中心	12:45	13:07	1.45
開關場	12:30	13:05	1.35
進水口	13:00	13:09	1.19

表3、監測區抽氣取樣核種分析結果

單位 : Bq/m ³ 取樣時間 : 106.08.30					
核種\地點	主警衛室	修配工場	模擬中心	開關場	進水口
Co-60	—	—	—	—	—
Zn-65	—	—	—	—	—
Sr-95	—	—	—	—	—
Nb-95	—	—	—	—	—
I-131	—	—	—	—	—
Cs-134	—	—	—	—	—
Cs-137	—	—	—	—	—
Ba-140	—	—	—	—	—
La-140	—	—	—	—	—

備註	空氣樣	空氣樣	空氣樣	空氣樣	空氣樣
----	-----	-----	-----	-----	-----

註：本表各欄所列(—)表示分析值小於計測設備的最小可測量。

表4、監測區第1次草試樣核種分析結果

單位：Bq/kg		取樣時間：106.08.30								
核種\地點	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mn-54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe-59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Co-60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Zn-65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sr-95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nb-95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I-131	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cs-134	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cs-137	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ba-140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
La-140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

備註	草樣									
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

註：一、本表各欄所列(—)表示分析值小於計測設備的最小可測量。

二、各取樣點位置說明如下：

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1. 1號機緊急柴油發電機西側 | 2. 修配工場附近 |
| 3. 雜項廢液廠房東南側 | 4. 南側環廠平台附近 |
| 5. 開關場附近 | 6. 模擬中心附近 |
| 7. 1號廢棄物貯存庫附近 | 8. 垃圾焚化爐(舊址)附近 |
| 9. 3號廢棄物貯存庫西側 | 10. 減容中心北側 |

表 5、環境草試樣取樣點

樣品	取樣點	地點	方位	距離
草樣	GR201	11A	西南	0-1
草樣	GR202	4A	東北東	0-1
草樣	GR203	仁和宮	南南西	0-1
草樣	GR204	大鵬	西北	2-3

表 6、監測區第 2 次草試樣核種分析結果

單位：Bq/kg		取樣時間：106.08.31				
核種\地點	1	2	3	4	5	
Mn-54	—	—	—	—	—	
Fe-59	—	—	—	—	—	
Co-60	—	—	—	—	—	
Zn-65	—	—	—	—	—	
Sr-95	—	—	—	—	—	
Nb-95	—	—	—	—	—	
I-131	—	—	—	—	—	
Cs-134	—	—	—	—	—	
Cs-137	—	—	—	—	—	
Ba-140	—	—	—	—	—	
La-140	—	—	—	—	—	
備註	草樣	草樣	草樣	草樣	草樣	

註：一、本表各欄所列(—)表示分析值小於計測設備的最小可測量。

二、各取樣點位置說明如下：

- 1.修配工場附近
- 2.南側環廠平台附近
- 3.模擬中心附近
- 4.1 號廢棄物貯存庫附近
- 5.垃圾焚化爐(舊址)附近

表 7、環境草試樣取樣點結果

草樣					
樣品編號		GR201	GR202	GR203	GR204
取樣地點		11A	4A	仁和宮	大鵬
取樣日期	核種	貝克/公斤·鮮重			
106/08/31	鈹-7	5.61	<MDA	4.65	<MDA
	鉀-40	195.00	172.67	217.91	177.61
	碘-131	<MDA	<MDA	<MDA	<MDA
	銫-137	<MDA	<MDA	<MDA	0.49

表8、1號機廢水集水池與反應爐水之核種分析

核種	取樣時間	一般廢水及水池 (μ Ci/mL)	爐水 (μ Ci/mL)	備註
		106/8/30 13:35	106 /9/1 7:50	
Na-24		2.445E-05	4.962E-04	
Cr-51		-----	5.781E-05	
Mn-54		-----	6.068E-06	
Co-58		8.676E-06	2.427E-05	
Co-60		-----	3.040E-05	
Kr-85m		1.959E-06	-----	
Sr-91		3.283E-04	5.531E-03	
Y-91m		2.723E-04	8.676E-03	
Sr-92		7.349E-04	1.488E-02	
Y-92		3.259E-04	7.656E-03	
Mo-99		5.560E-05	3.764E-03	
Tc-99m		6.545E-05	7.740E-03	
Tc-101		7.580E-06	8.060E-02	
Ru-105		-----	5.751E-04	
Ru-106		1.185E-04	6.385E-04	
Sb-122		4.953E-06	-----	
I-131		2.376E-05	6.090E-04	
I-131m		4.072E-05	-----	
I-132		4.396E-04	1.881E-02	
I-133		3.230E-04	8.994E-03	
I-134		6.483E-04	8.583E-02	
Cs-134		-----	1.322E-06	
I-135		7.363E-04	2.412E-02	
Xe-135		1.143E-04	-----	
Xe-135m		5.420E-04	-----	
Cs-137		-----	1.688E-06	
Cs-138		2.589E-05	2.564E-02	
Ba-139		3.603E-04	3.230E-02	
Ba-140		1.694E-05	6.262E-04	
Ba-141		-----	2.664E-02	
Ba-142		2.219E-05	1.015E-02	
La-142		-----	3.999E-03	
Np-239		-----	1.044E-03	
Total		5.242E-03	3.644E-01	

表9、PRM 1S-28警報期間放射性碘分析結果

核種	活度 (Bq)
I-131	3.37E+03
I-133	1.42E+04

表 10、PRM 1S-28 警報期間放射性排放核種與活度

排放核種		排放量 (Bq)
情性氣體	Kr-85m	7.17E+06
	Kr-87	4.78E+06
	Kr-88	7.17E+06
	Kr-89	4.78E+06
	Xe-133	1.98E+08
	Xe-135m	1.08E+08
	Xe-135	2.25E+08
	Xe-137	3.11E+08
	Xe-138	1.43E+07
碘	I-131	3.37E+03*
	I-133	1.42E+04*
微粒	Cr-51	4.96E+04
	Mn-54	5.51E+04
	Co-58	1.10E+04
	Fe-59	1.65E+04
	Co-60	2.20E+05
	Zn-65	2.20E+05
	Sr-89	1.10E+03
	Sr-90	3.86E+02
	Nb-95	4.96E+05
	Zr-95	3.86E+04
	Mo-99	3.31E+06
	Ru-103	2.20E+05
	Ag-110m	1.10E+02
	Sb-124	1.65E+03
	Cs-134	2.20E+05
	Cs-136	2.20E+04
	Cs-137	2.76E+05
	Ba-140	1.10E+06
Ce-141	3.86E+04	

註：*核二廠實際取樣分析結果。

表 11

核二廠 1 號機 PRM 1S-28 警報期間
放射性惰性氣體造成關鍵群體有效劑量

方 位	WSW
機 組	一號機
有效劑量 途徑：空浸 (微西弗)	1.53E-04
年設計限值 (微西弗)	50
與設計限值比	3.06E-06

表 12

核二廠 1 號機 PRM 1S-28 警報期間
放射性氣體碘、微粒造成之關鍵群體器官等價劑量

方 位	WSW
機 組	一號機
輻射影響途徑	皮膚等價劑量 (微西弗)
地 面 沉 積	2.18E-02
農 作 物	1.40E-04
肉 類	7.02E-05
呼 吸	1.41E-05
合 計	2.20E-02
1 年 法 規 設 計 限 值 (微西弗)	150
與 限 值 比	1.47E-04

附件八、追蹤事項

- 一、台電公司應全盤檢視電廠中管路之可靠性，並研擬維護精進方案，且平行展開各核電廠之管路清查。
- 二、台電公司應全面檢討大修測試時爐水壓力與每半年實際取樣壓力不同之原因。
- 三、電廠運轉值班日誌登錄警報動作時間與實際警報動作時間不一致，應檢討改善。
- 四、電廠控制室儀器背盤未具警戒提醒之功能，導致運轉人員無法即時掌握警戒資訊，應檢討改善。
- 五、警報發生後，台電公司第一時間回報本會與後續原始分析數據之查證有所落差，應檢討改善。
- 六、台電公司應於 106 年 9 月底前提送 PRM 設定值妥適性之專案報告。