

# 核二廠1號機週期25 燃料護套洩漏報告



# 報告大綱

- 一. 護套洩漏燃料的發現及處理過程
- 二. 護套洩漏燃料檢查及修復
- 三. 洩漏肇因分析
- 四. 後續處理及改善措施
- 五. 對廠區內外環境之影響說明
- 六. 結語

# 一、護套洩漏燃料的發現及處理過程



◆ 發現經過：

核二廠1號機自 105年7月15日 進行反應爐爐水及放射性廢氣活性取樣分析時，發現相關參數增加，造成燃料可靠度指標\*數值略高；經持續觀察一週，此值無下降趨勢，核二廠隨即依程序書通報台電總公司及萬里區公所：燃料可能發生護套洩漏。

◆ 後續處理：

- 召集各相關組進行現況說明、提出各項方案及風險評估
- 到105年11月31日機組進行大修，共計召開17次會議
- 此期間依：
  - (a) 利用中秋長假降載測試期間進行局部功率壓抑。
  - (b) 將可能發生護套洩漏位置的控制棒插至全入以進一步壓抑護套洩漏燃料棒功率。

\* 燃料可靠度指標：國際間核能電廠用來判斷燃料完整性的公式計算值

## 二、護套洩漏燃料檢查及修復



## ◆ 進行反應爐內啜吸\*作業 (Incore Sipping)：

- 委託燃料廠家於機組大修開始後對爐內全部624束燃料進行啜吸作業，找尋發生護套洩漏的燃料束。

(a) 第一階段執行反應爐非外圍580束燃料的爐內啜吸，發現一束燃料(編號K1H582)發生護套洩漏。

(b) 第二階段執行反應爐外圈之44束燃料，檢查結果確認均保持完整未發生護套洩漏。

- 進行該束發生護套洩漏燃料詳細檢測作業。

\* 啜吸：用密封罩套住燃料上方暫時阻斷冷卻水，使燃料溫度上升後抽取氣樣與水樣進行偵測，確認發生護套洩漏的燃料束。



## ◆ 進行反應爐內啜吸作業(Incore Sipping)續：

- 檢查發現1根燃料棒(1束燃料有91根燃料棒)有發生護套洩漏，並再由渦電流(Eddy Current)檢測。確認僅該根燃料棒有護套洩漏現象。
- 將洩漏燃料棒抽出，再以相同尺寸的鋁棒取代該位置之燃料棒，完成修復。修復後的燃料束再經數次真空啜吸檢測，確認燃料束中已無護套洩漏燃料棒。將此燃料束貯存於用過燃料池中，並列入不再使用燃料束資料庫中管制。

### 三、肇因分析



# 肇因檢視

燃料護套洩漏的因素可概分為兩大類別

| 運轉/維護相關 |                 | 檢視結果                               |
|---------|-----------------|------------------------------------|
| ✗       | 功率遞增速率紀錄        | 依廠家建議速率緩慢升載(Soft operation)        |
| ✗       | 熱限值紀錄           | 爐心監測系統監測每日最高熱限值皆小於1                |
| ✗       | 抽、插棒紀錄          | 值班日誌、核工日誌及記錄，皆遵循程序書規範              |
| ✓       | <b>爐屑磨損</b>     | 初始小穿孔位置在燃料棒上部，鄰近雙相流區域之間隔板(Spacer)處 |
| 燃料相關    |                 |                                    |
| ✗       | 護套氫化/氫脆         | 與初始位置及現象不符                         |
| ✗       | 焊道腐蝕            | 與初始位置及現象不符                         |
| ✗       | 燃料密化或燃料丸漏填之護套塌陷 | 與初始位置及現象不符                         |
| ✗       | 其他              | 與初始位置及現象不符                         |

經檢視相關紀錄  
無發現不符運轉  
規定之操作情形

## 四、後續處理及改善措施



# 近年來已採行之改善對策

佔護套  
洩漏肇  
因70%

爐屑磨損  
防治方面

## 本次大修採取之強化措施

### 過去已採行的措施

- 1.持續依防範異物入侵程序書進行管制。

### 新增的措施

- 1.針對爐底爐屑狀況進行清查及錄影，惟結果顯示正常。
- 2.爐心相關設備作業前後均需執行錄影。
- 3.爐心無工作時以帆布保護。

## 持續改善策略

- 1.持續採用高效能爐屑過濾底部繫板。
- 2.加強新燃料檢查。
- 3.提升吊卸作業品質。
- 4.加強廠房防範異物入侵管制。



# 近年來已採行之改善對策續

## 針對燃料丸表面製造缺陷方面

- **改善製程**：93年6月起，採嚴格之燃料丸表面製造缺陷接受準則。
- **採新型燃料丸設計**：週期23起，採特殊邊緣削角設計之FS-10新型燃料丸。
- **採用最保守的升載策略**：96年2月起，採較廠家建議更保守之升載速率。
- **減少非必要的升降載**

## 針對程序書及FRI行動基準方面

- **重新檢討程序書之各項指標合理性及保守性**：參考EPRI 2010燃料可靠度及護套洩漏評估手冊，修訂行動準則。
- **為避免因人為取樣、背景測量誤差致使燃料完整性判讀失真**，除參考EPRI準則外，另依本廠實務經驗新增準則：
  - 1. 監測參數需連續一週超過行動基準。
  - 2. 建立爐水碘背景值及達標準則。
  - 3. 六種廢氣總活度指標應參考Xe-133變化。
  - 4. 若僅1參數異常，加強取樣監測並召開會議討論。

# 修訂後各階段行動標準

- A. 利用新準則各項指標重新判定核二廠兩部機組未發生燃料護套洩漏週期之結果，無任何指標達到一階行動的標準，也就是說，未發現有燃料護套洩漏的跡象。
- B. 再利用新準則各項指標重新判定核二廠兩部機組曾發生燃料護套洩漏週期之結果
1. 能夠有效協助判斷燃料是否發生瑕疵。
  2. 能夠比舊準則提早發現燃料洩漏跡象。

## 結論

- 不會誤判而且可以提早因應燃料是否發生洩漏之風險=>早期發現、早期處理
- 未能有效壓抑時，安排停機檢修

# 未來將採行之防範異物入侵改善對策



反應器廠房7樓防範異物入侵擋板高度由目前約0.5公尺增加至約1公尺可降低異物由防範異物入侵區外侵入的機率。

反應器廠房7樓如有池上設備維修作業時由專人監控以防止異物入侵



燃料廠房3樓新燃料窖防範異物入侵區原無設置圍籬擋板，將增設擋板以確實隔離防範異物入侵區域。



購置雷射除汙設備以替代原本使用之電動銅刷工具進行反應爐螺樁除鏽清理作業，可進一步抑低異物入侵機率。



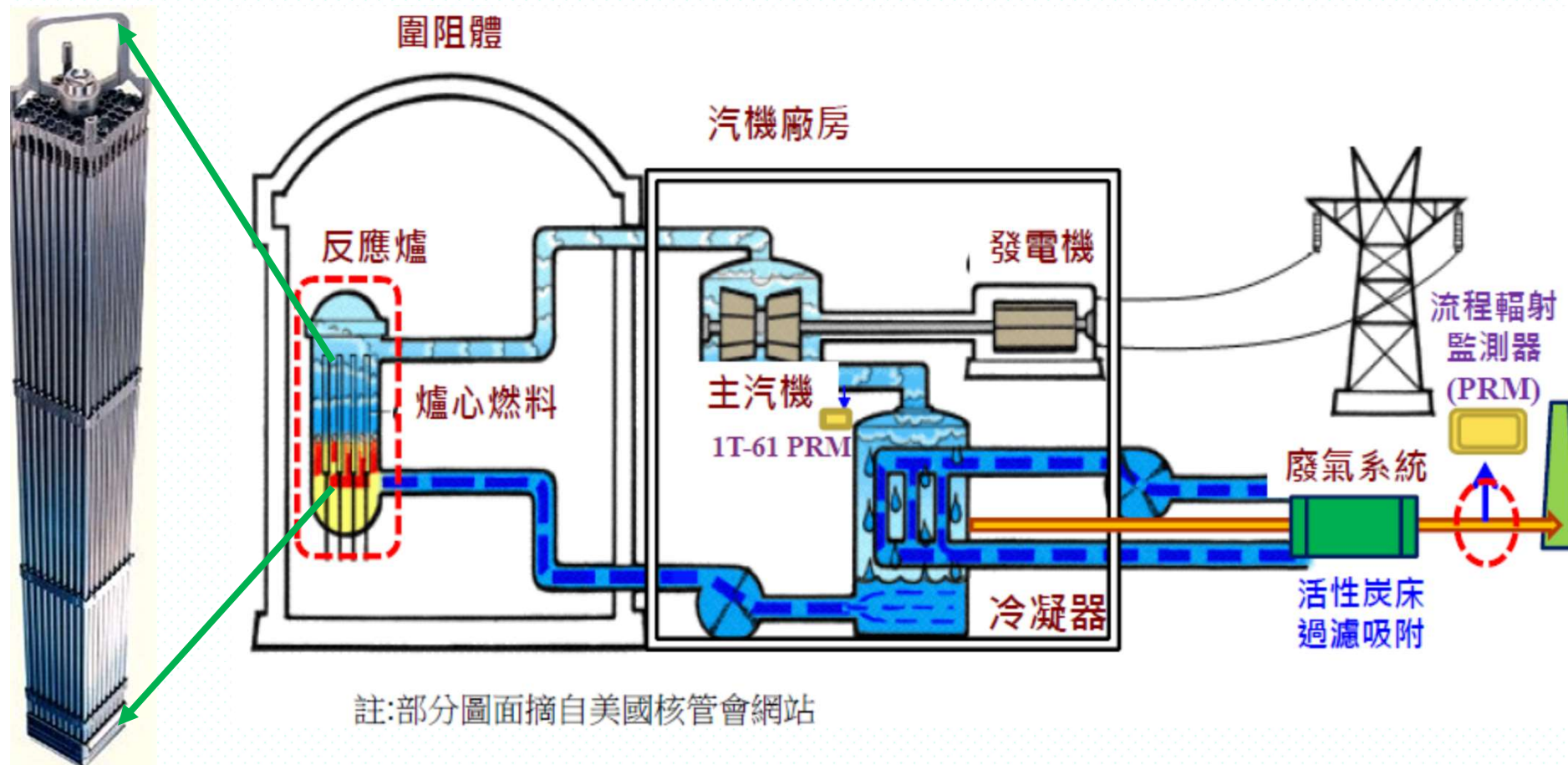
開辦全廠性之防範異物入侵訓練課程，將防範異物入侵現行規定與精進措施，對全廠人員進行完整的教育訓練，爾後則納入每年之檢驗員訓練課程，進行重點複習與宣導，藉由連續的訓練使防範異物入侵觀念成為工作人員行事的主臬。



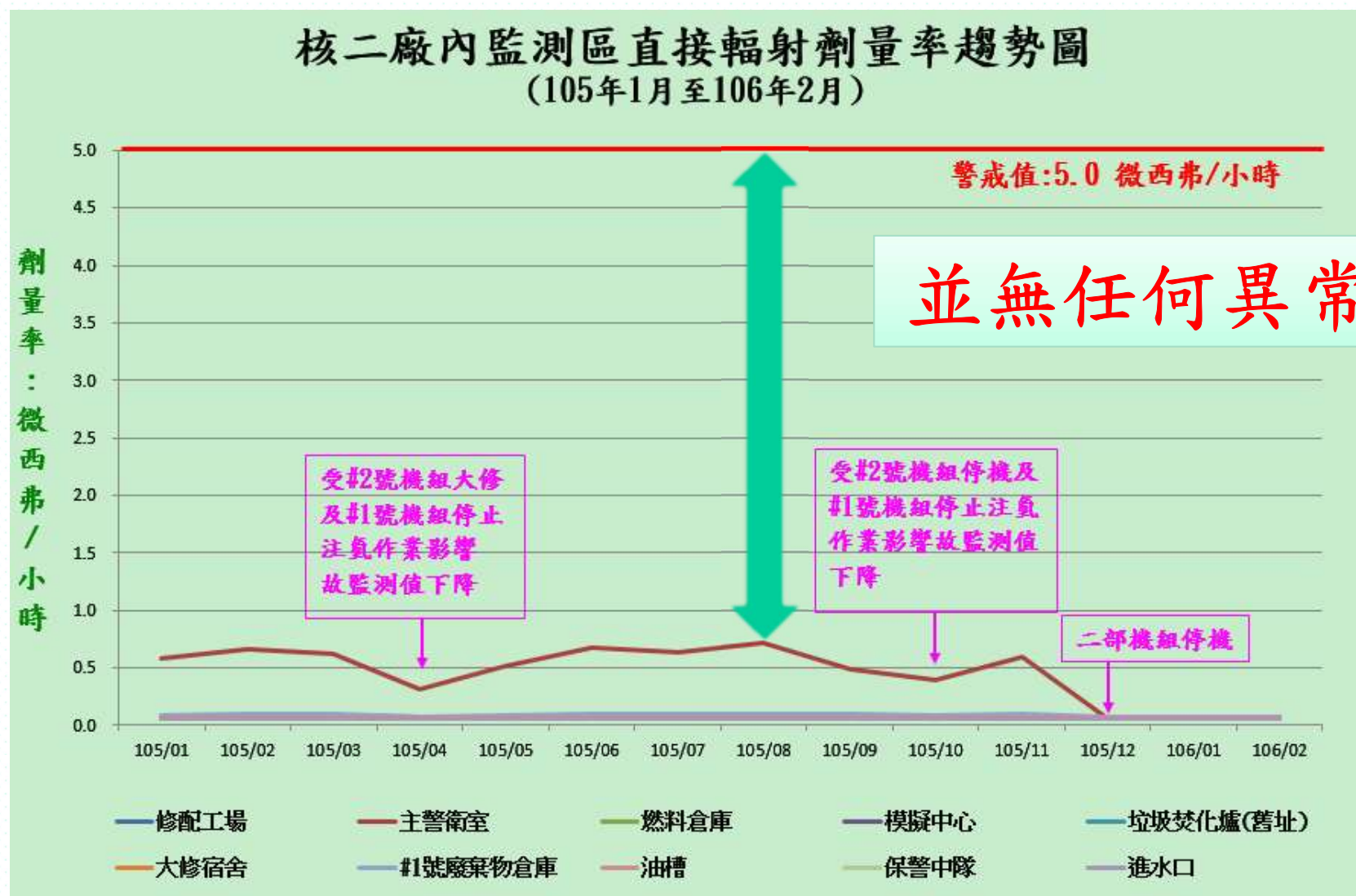
## 五、廠區內外環境之影響說明



## 核二廠燃料與系統流程簡圖



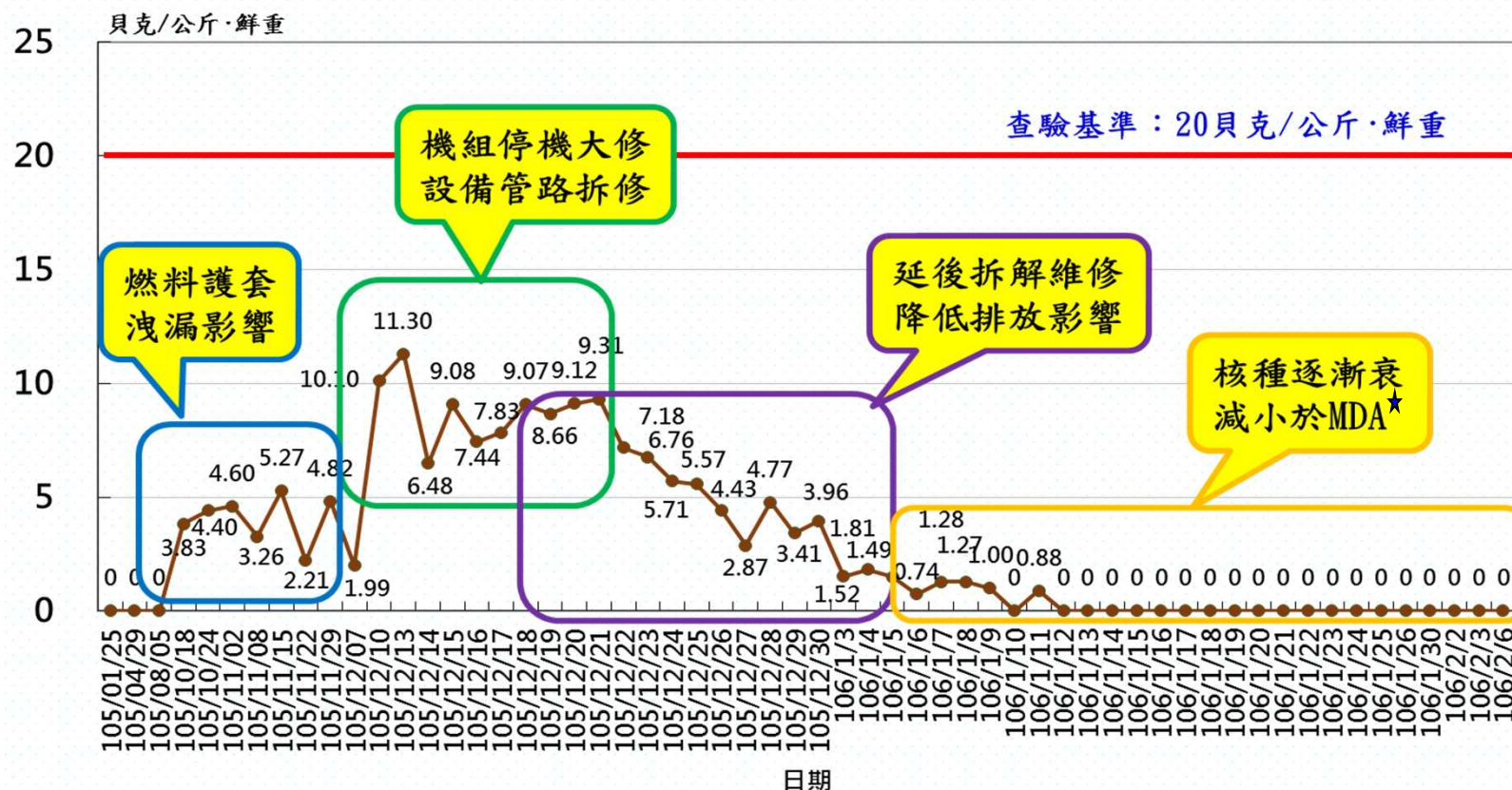
# 廠區監測結果



# 廠區監測結果(續)

★MDA：最小儀器可測活度

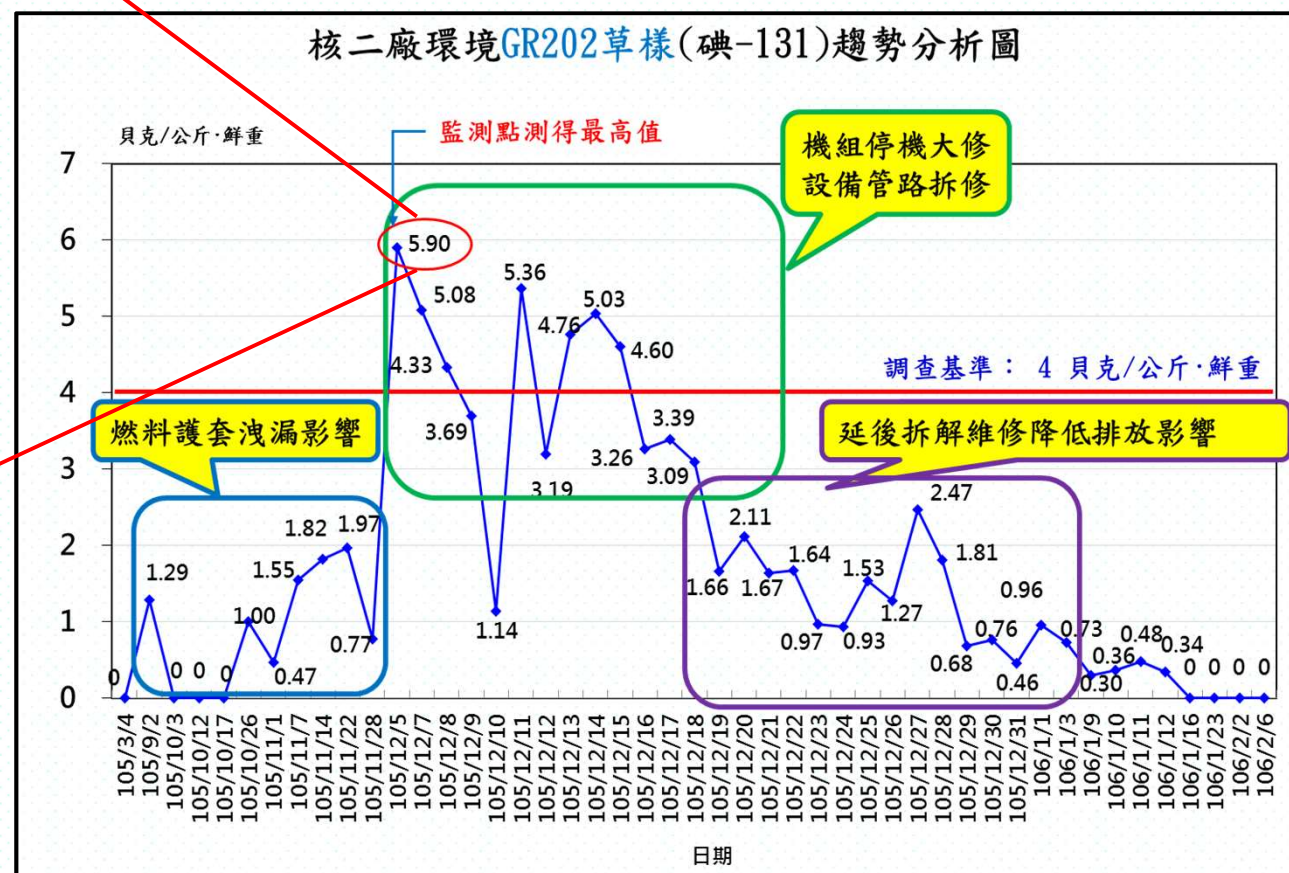
核二廠廠區開關場草樣(碘-131)趨勢分析圖



註：調查基準：150貝克/公斤·鮮重

# 廠區監測結果(續)

廠界環境則於105.12.5在東北東方向 GR 202監測點測得最高值為5.9貝克/公斤·濕樣，超過『環境試樣放射性分析預警基準』之調查基準，經電廠採取對應行動與經歷之時間衰變後，該量測值已逐漸降低至106年1月16日之0貝克/公斤·濕樣(即小於MDA)



# 對廠外民眾最大劑量估算

|               | 核能電廠環境輻射劑量設計規範     | 游離輻射防護安全標準第十二條 | 放射性廢氣排放實績估算               |
|---------------|--------------------|----------------|---------------------------|
| 任一器官<br>年等價劑量 | 0.15<br>mSv／(年*機組) | NA             | 全年實績值： <u>0.0096</u> mSv  |
| 有效等價<br>劑量    | 0.05<br>mSv／(年*機組) | 1 mSv/年        | 全年實績值： <u>0.00647</u> mSv |

105 年全年核二廠 2 部機惰性氣體排放造成民眾之關鍵群體有效劑量為 0.00647 毫西弗，放射性碘、氬及微粒等廢氣造成民眾之關鍵群體器官等價劑量為 0.0096 毫西弗，遠低於 2 部機之核能電廠環境輻射劑量法規設計限值(有效劑量：0.1 毫西弗/2 部機·年、等價劑量：0.3 毫西弗/2 機·年)。對外界民眾幾乎無影響。

## 六、結語



# 結語

- 一. 本次事件對民眾造成之影響遠低於核能電廠環境輻射劑量法規設計限值。對外界民眾幾乎無影響。
- 二. 台電公司記取此次教訓，強化監測機制、精進行動對策，盡力消弭燃料護套洩漏事件與影響。
- 三. 若不幸發生燃料護套洩漏，依【核二廠燃料護套洩漏專案監測區及環境輻射加強監測計畫】嚴密監控護套洩漏燃料對監測區與環境的潛在影響。

 TAIPOWER 為你而在  
台電心 用戶情



簡報結束  
敬請指教

