

核三廠一號機第十四次大修管制報告 (反應器爐蓋及爐底穿越管目視檢查)

核能管制處
行政院原子能委員會
中華民國九十二年七月

目 錄

壹、引言	1
貳、一號機 EOC-14 反應器壓力槽爐蓋 CRDM 穿越管檢查 ..	2
2.1 檢查經過	2
2.2 檢查結果	3
2.3 核三廠未來之因應措施	5
2.4 爐蓋回裝熱電偶冠狀防漏墊圈洩漏檢討	6
參、反應器壓力槽爐底儀器穿越管目視檢查	8
3.1 緣起	8
3.2 反應爐底部核儀穿越管檢查	8
3.3 核三廠未來之因應措施	10
肆、結論與建議	10

表 目 錄

表一	核三廠機組已執行 CRDM 穿越管焊道檢測一覽表	12
表二	原能會相關管制措施與核三廠執行狀況	13
表三	核三廠反應器爐蓋穿越管檢測計畫	15

圖 目 錄

圖一	Davis-Besse 爐蓋腐蝕龜裂區域示意圖	16
圖二	Davis-Besse 爐蓋腐蝕龜裂狀況圖	17
圖三	CRDM 穿越管焊道與 RPV 爐蓋細部圖.....	18
圖四	反應器爐蓋 65 支穿越管位置圖	19
圖五	穿越管與爐槽的圓周交換面會吸附硼酸水	20
圖六	硼酸水自人孔蓋洩漏至反應器爐底示意圖	21

照 片 目 錄

相片一	一號機 EOC-14 大修外表面狀況.....	22
相片二	一號機 EOC-13 大修爐蓋與相片一同位置外表面狀況	22
相片三	美國 Ocnee 三號機反應爐槽爐蓋 CRDM 穿越管洩漏周圍呈硼酸結晶之情形.....	23
相片四	一號機爐蓋表面銹跡清除，其加工痕跡清晰可辨，爐蓋母材無腐蝕現象.....	23
相片五	一號機反應爐爐蓋 CRDM 穿越管現場查證之一	24
相片六	原能會視察員爐蓋 CRDM 穿越管現場查證之二	24
相片七	一號機部穿越管(#25、#32、#33、#41、#45、#53)表面有白色沾附物	25
相片八	穿越管 #58 於 CANOPY SEALWELD 處靠內側有白色均勻粉狀物質	25
相片九	一號機穿越管 #37 於穿越管中段有明顯白色水痕.....	26
相片十	爐蓋旁 BB-V089 發現閥帽處有洩漏痕跡.....	26
相片十一	一號機反應爐蓋回裝補水加壓現場檢查	27
相片十二	一號機熱電偶穿越管 Conoseal 洩漏現場檢修情形	27
相片十三	一號機爐底有硼酸及水流痕跡.....	28
相片十四	一號機爐底儀器穿越管有白色附著物情形	28
相片十五	一號機穿越管白色附著物與交接面有一小段清潔帶情形	29
相片十六	美國南德州核電廠爐底穿越管洩漏情形	29
相片十七	反應器爐外核儀人孔蓋位置圖.....	30
相片十八	一號機反應器爐底清洗後的情況	30

壹、引言

自 2001 年 1 月美國 Oconee 電廠三號機發現穿越管焊道(J-Groove weld)有周向龜裂的情形，由於穿越管周向龜裂可能會造成設計基準事故中之射棒 (Rod ejection) 事件，對核能電廠安全運轉已造成潛在的威脅，反應器爐蓋之完整性便成為極重要的運轉安全議題。美國核管會 (NRC) 於 2001 年 8 月發行之 Bulletin 2001-01 , 已要求美國所有壓水式反應器 (PWR) 核能電廠，針對反應器爐蓋控制棒驅動機構 (CRDM) 穿越管焊道，按情況的嚴重性做相關的特殊檢查。到了 2002 年 2 月美國 Davis-Besse 電廠在大修期間，發現爐蓋碳鋼部份被硼酸嚴重腐蝕現象(腐蝕區域及情況如圖一、二)，以及穿越管焊道數處發生龜裂現象，對該廠反應器冷卻水壓力邊界的完整性造成嚴重的威脅，美國 NRC 因此又再發佈 Bulletin 2002-01 及 Bulletin 2002-02 兩份公告，要求美國各 PWR 電廠評估並回報其運轉狀況、檢測方法和維修計畫，並針對目視檢測 (VT) 之不足，要求各 PWR 廠執行渦電流檢測 (ECT) 或超音波檢測 (UT) 等更精進的檢測方式。此外， NRC 更於 2003 年 2 月 11 日罕見地發佈行政命令 (Order EA-03-009) ，強力要求美國 PWR 電廠慎重評估及執行反應器爐蓋 CRDM 穿越管之檢測工作， CRDM 穿越管示意圖如圖三。

針對國外 PWR 反應器爐蓋劣化的現象，原能會亦不敢掉以輕

心，即時要求核三廠根據國外的經驗，對該廠反應器爐蓋完整性作全面的評估及檢測，及至民國 92 年 6 月為止，核三廠兩部機組過去已執行之檢測工作及結果如表一所示，原能會之管制措施與核三廠因應作為摘錄如表二。

雖然核三廠依據 Bulletin 2002-02 上之公式，計算反應器 CRDM 穿越管焊道有效劣化年(EDY)，兩部機的計算結果均屬低風險區(< 8 EDY)。但基於安全之考量，原能會仍要求核三廠將反應器爐蓋目視檢查正式列為一號機 EOC-14 之檢測項目，並設有停留查證點，供原能會視察員至現場檢查，確認反應器爐蓋之結構完整性。

除了爐蓋 CRDM 穿越管完整性之議題之外，美國南德州核電廠於 2003 年 4 月大修時於反應器爐底發生全世界首件儀器穿越管洩漏事件，由於正逢核三廠一號機 EOC-14 大修工作初期，原能會乃要求核三廠利用大修期間，加強反應器爐底儀器穿越管之檢查。

貳、一號機 EOC-14 反應器壓力槽爐蓋 CRDM 穿越管檢查

2.1 檢查經過

依照原能會核備之「核三廠反應爐爐蓋穿越管檢測計畫」(表三)，核三廠一號機本次大修 (EOC-14) 將執行反應器爐蓋 65 支穿越管 (如附圖四) 外表面裸露金屬目視檢查。本次大修其作業經過簡

述如次：反應器於 92 年 4 月 27 日完成開蓋作業，將爐蓋吊置於置放台上，5 月 2 日拆除控制棒驅動機構外圍 Service Structure 及爐蓋上方可拆式保溫，開始執行爐蓋外表面裸露金屬目視檢查及攝影存查，原能會視察員於 5 月 8 日到現場實地檢視爐蓋外表面清理前狀況，並詳細查看爐蓋銹蝕顏色較深的位置及穿越管附著白色粉沫的情形。核三廠於 5 月 12 日在爐蓋上方穿越管外表面遺留之白色痕跡採樣，送化學課分析。5 月 13 日清理爐蓋及穿越管外表面遺留痕跡及銹跡。5 月 14 日爐蓋外表面清理後攝影存證最後，於 5 月 17 日將控制棒驅動機構外圍 Service Structure 及爐蓋上方可拆式保溫回裝完成。

2.2 檢查結果

本次大修反應器爐蓋目視檢查，各穿越管與爐蓋交界區域及焊道，並無硼酸聚積或類似爆米花形態的洩漏跡象存在，現場檢查的結果確認應無穿越管或 J groove 錛道有穿透龜裂。爐蓋外表面局部區域有銹痕存在（如相片一），與前次一號機大修（EOC-13）檢查時區域大致相同（如相片二），經判斷可能是以往大修時，燃料回填後爐蓋回裝，執行更換燃料池池壁除污時，使用除污劑不慎噴到爐蓋頂部，造成爐蓋外殼局部氧化而產生銹痕，但全無美國 Oconee 電廠穿越管龜裂硼酸結晶堆積的情形（如相片三），經清除爐蓋表面銹跡後，爐蓋表面加工痕跡清晰可辨，並無明顯的爐蓋母材遭侵蝕薄化情形（如

相片四）。原能會視察員現場查證如相片五~六如示。

反應器爐蓋部分穿越管 (#25、#32、#33、#41、#45、#52、#53) 與可拆式保溫交接面有白色沾附物 (如相片七)，而接近穿越管#47、#59、#55、#60、#36 之爐蓋外殼有較深之銹蝕顏色。穿越管#58 於 Canopy Sealweld 處靠內側有白色粉狀薄層，可能係前次該鋸道執行滲液試驗 (PT) 後，顯像劑未全部清除所留下的痕跡 (相片八)。經再次 PT 檢測，結果正常；白色粉狀薄層經取樣化驗，不含硼酸成份，且其白色粉狀薄層分佈狀況，符合執行 PT 檢測的顯像劑噴灑現象。穿越管#37 於穿越管中段有明顯白色水痕 (如相片九)，於可拆式保溫處遭阻隔，並未順流至穿越管與爐蓋交接面，該白色水痕於 EOC-13 檢查時已存在，仍屬舊痕跡。

爐蓋旁 BB-V089 閥發現閥帽處有洩漏痕跡 (如相片十)，經查證該閥曾於 75 年 8 月 28 日一號機大修 (EOC-1) 期間發生閥帽洩漏的情形，漏出之硼酸水蒸氣，被控制棒驅動機構冷卻風扇吸入，附著於穿越管或滲過可拆式保溫而沾附於爐蓋外表面，故於部份穿越管上發現有白色水垢痕跡。而爐水亦使鄰近 BB-V089 閥#47、#59、#55、#60 穿越管的爐殼發生銹蝕現象，此處接近爐殼外緣，爐水不會累積，不會造成爐殼嚴重的銹蝕現象。由穿越管#34、#37、#52、#54、#58 相關五處有異狀或代表性位置取樣分析結果，各取樣位置有四處，化驗

結果皆有鈷 58 及鈷 60 成份、有三處位置則無硼及鋰的成份。部份沾附於穿越管物質取樣送驗結果，無硼酸成份，據此，可斷定該物質並非由爐心硼酸水所結晶；至於取樣成份皆有伽馬核種，判斷係因由 BB-V089 閥帽洩漏爐水蒸氣所含核種沾附或經由取樣工具污染造成。

2.3 核三廠未來之因應措施

核三廠一號機 EOC-14 反應器爐蓋目視檢測結果，雖未發現有硼酸洩漏的情形，但為確保本項工作的有效性，未來的大修期間，將執行下述之檢查項目：

- (1) 洩漏閥 BB-V089 檢修週期，已由原訂之 8 個燃料週期，修訂為 4 個燃料週期。
- (2) 大修期間防止異物掉入爐心：核三廠多年來，均以帆布保護爐蓋及控制棒驅動機構，做為更換燃料池池壁除污時，爐蓋的防護工作。
- (3) 經目視檢查及取樣分析後，清除爐蓋外表面及穿越管所沾附的痕跡及銹痕，攝影存查，做為日後檢查參考比較。
- (4) 根據 Davis-Besse 電廠之經驗回饋，在反應器爐蓋嚴重腐蝕前幾年，已經在圍阻體之冷卻及過濾器中，發現硼酸及鐵金屬成份，同時一次側無法鑑定洩漏率亦有增加，因此核三廠未來每次大修時，將持續圍阻體風扇冷卻器熱交換器之檢查及清洗，而在機組運轉期間，在正常運轉中，若發現圍阻體高輻射、無法鑑定洩漏量突升或空浮現象及偵測器有異常或警報時，應派員至現場檢查爐頂上方圍阻體風扇冷卻器與反應

器爐穴冷卻單元，查看在冷卻器鰭排表面是否有白色硼酸結晶附著滯留。

除上述措施外，核三廠兩部機組有關反應器爐蓋未來之檢測措施，將依照台電公司陳報原能會核備之爐蓋檢測計畫（如表三），於未來的大修中，逐次完成相關的檢測工作。

2.4 爐蓋回裝熱電偶冠狀防漏墊圈洩漏檢討

2.4.1 洩漏情況說明

核三廠一號機於本次大修末期反應爐爐蓋回裝後，值班人員於 5 月 28 日凌晨將反應器及一次側升壓至 28.5kg/cm^2 ，工作人員執行洩漏巡視時，發現第 51 號熱電偶支柱有洩漏現象，經確認洩漏狀況後，值班人員馬上進行洩壓，現場人員於降低水位後進行查視，確認在上部冠狀防漏墊圈（Conoseal）有滲漏現象，即由機械課人員進行此處之檢修工作，檢修工作於兩個半小時內完成，再注水加壓後不再有洩漏的情形。原能會視察員亦於期間赴現場瞭解狀況（相片十一~十二），據事後收集國外運轉經驗得知，國外電廠亦曾發生過類似現象，如美國 Shearon Harris 電廠即發生數次，核三廠發現洩漏後能夠即時修復滲漏並提出具體的改進措施，應可接受。

2.4.2 Conoseal 洩漏之潛在影響

核三廠機械課人員至現場確認 Conoseal 是否洩漏時，發現法蘭上防漏墊圈處呈現水膜飽盈情形，僅少量硼水沿穿越管柱流至公法蘭

下緣及母法蘭之上表面，現場發現的洩漏率甚小，且在第一時間經確認洩漏後即刻進行洩壓，降低水位進行檢修，因此，Conoseal 外漏的硼水量應該甚少，對爐壁不會造成不良的影響。

由於核三廠起動程序在每一個階段都會從事反應爐冷卻系統 (RCS) 的洩漏檢查，任何組件有洩漏情況發生時，都能及時發現，確認肇因後做即時的檢修，故而不會造成機組運轉中長期洩漏的不良影響，因此不會有爐蓋遭硼水腐蝕劣化的情形。

2.4.3 核三廠之改正措施

有關此次一號機第 51 號穿越管熱電偶支柱 Conoseal 滲漏事件，經檢討後，核三廠決定採行下述之三點改正措施，以防範類似的情況再次發生。

(1) 於下次大修 (EOC-15) 開爐蓋拆解熱電偶支柱時，量取熱電偶支柱上冠狀防漏墊圈 (Conoseal) 肩部與母法蘭的伸出量，列入程序書安裝的參考。

(2) 瞭解熱電偶支柱 Conoseal 被卡開 (Stuck Open) 的機制後，往後大修作業時，在安裝熱電偶支柱前先將伸出母法蘭的 column 先予以適度的晃動，釋放 column stuck 的情形，使 column 伸出母法蘭的高度適當，避免安裝時，施加於上 (Conoseal) 的軸向預力不足，造成洩漏。

(3) 檢查熱電偶支柱 (Conoseal) 是否洩漏，將列入 600-0-157 程序書機組升溫時反應爐冷卻水系統洩漏檢查項目。

參、反應器壓力槽爐底儀器穿越管目視檢查

3.1 緣起

美國南德州核電廠一號機於 2003 年 4 月 12 日大修 (EOC-11) 作反應器爐槽底部目視檢查時，發現在 58 支儀器穿越管中，有兩支 (#1 與 #46) 與爐槽之界面有白色的結晶殘餘，經化驗證實有硼酸成份，因此，存有一次側壓力邊界洩漏之疑慮，此種洩漏現象為世界之首例，在一號機起動前，南德州電廠已向美國 NRC 承諾做好肇因分析，安全評估與完整的修補計畫等，以確保運轉的安全。

此一事件原能會在四月中旬便已得悉，期間正值核三廠一號機即將開始 EOC-14 的大修工作，乃於 4 月 23 日電話及備忘錄通知核三廠，對爐底的狀況須多加注意。先前核三廠已針對使用 Alloy 600 之組件擬定 EOC-14 的檢查計畫，項目包括爐蓋 CRDM 穿越管，爐底儀器穿越管與調壓槽加熱器穿越管，此次大修均按大修計畫執行各組件之目視檢查。

3.2 反應爐底部核儀穿越管檢查

核三廠一號機反應爐底本次大修於移除保溫執行 50 支穿越管裸

露金屬的目視檢查，發現爐槽本體有水流痕跡及硼酸痕跡，爐底儀器穿越管與爐槽交接處，多有硼酸附著現象，但皆為薄薄的一層且較為密實，且可看出與交接點有存在少許清潔的空隙無白色附著物，應可判斷附著在管壁上的白色附著物，並非由爐內經穿越管與爐槽的交接面流出的，而是沿爐槽外壁流下的硼酸水，經爐槽底部穿越管時，穿越管與爐槽的圓周交接面會吸附硼酸水如圖五。經查維修歷史，核三廠一號機曾在 83 年 9 月 EOC-8 大修時，因數個 Cavity 底部爐外核儀檢修人孔蓋（相片十七）在拆裝後回裝不當，造成大修更換燃料期間（約 20 多天），燃料更換池內的硼酸水沿核儀檢修人孔蓋洩漏，其中部份流入保溫層內側順爐槽壁而下所造成爐槽底部外表面之水流痕及硼酸痕跡（如圖五），與南德州核電廠爐底穿越管洩漏硼酸聚積（如相片十六），形同所謂 popcorn 的蓬鬆模式來比較，顯然不同。另在爐槽製作施工時，可能將爐槽穿孔處的油漆磨除，故造成穿越管周遭的爐槽本體有局部表面生銹的現象。

為進一步求證一號機爐底儀器穿越管白色附著物之成份，經採樣初步化驗的結果，大多為鐵銹，其中硼酸含量為 0.025%，核種化驗有鈷 60 存在（半衰期 5.6 年），並未發現鈷 58 存在（半衰期 71 天），亦無南德州電廠發現的鋰及鉻，由此可推斷出前述的附著物是屬於長久遺留在爐底外側，而非最近由爐內一次側水流出聚積的硼酸。因如果

是近期由爐心流出的硼酸，必定含有半衰期較短的鈷 58 及鋰、鉻存在，此點可間接佐證，前述硼酸為數年前大修時，硼酸水由燃料更換池洩漏至爐底外殼所聚積的硼酸。

一號機 EOC-14 大修末期，核三廠人員以高壓除礦水將爐底外殼及爐底穿越管上的硼酸痕跡洗淨，並以高壓除礦水及鋼刷將穿越管鄰近爐槽銹痕移除，爐底呈潔淨之狀態如相片十八所示，核三廠清理完成後亦拍照存查，以供下次大修檢查時比對參考。

3.3 核三廠未來之因應措施：

針對反應器爐底儀器穿越管焊道可能會有洩漏的檢查方式，台電公司及核三廠未來之規劃如下：

- (1) 一號機 EOC-15 時，再執行反應器爐底儀器穿越管外觀目視檢查，再次驗證確認無爐底儀器穿越管洩漏。
- (2) 探討適合反應器爐底核儀穿越管非破壞性檢測方法，以利未來大修檢測。
- (3) 研究 CRDM PWSCC 裂痕成長機制是否可應用在爐底核儀穿越管之評估。

肆、結論與建議

依據本次大修一號機執行之反應器爐蓋 CRDM 及爐底核儀穿越管目視檢查結果，及追蹤比較國外發生的案例，再根據化學取樣分析

和維修歷史紀錄，綜合評估核三廠反應器爐蓋及爐底並無洩漏的疑慮。為確保本項檢測工作之可靠性，對本次大修工作之建議如下：

- 1.台電公司應依照已擬訂之核三廠反應器爐蓋穿越管檢測計畫，逐次在未來的大修時完成相關的檢測工作。
- 2.除了反應器爐蓋與爐底目視檢查之外，應持續執行圍阻體通風系統的濾網、熱交換鰭片排表面之檢查及清洗，萬一反應器爐蓋穿越管發生洩漏現象，可以由上述系統中累積之硼酸或鐵锈成份得知，供電廠及早發現異常的洩漏現象。
- 3.此次大修末期爐蓋回裝後，發生了熱電偶冠狀防漏墊圈洩漏的情形，核三廠未來應落實防範措施之執行。
- 4.南德州核電廠反應器爐底儀器穿越管洩漏事件於 2003 年 4 月 12 日發現後，美國 NRC 網站上即設有專欄並報導相關之訊息，至今雖未再發現第二個類似的洩漏事件，但核三廠仍須視情況之發展，於大修時做必要的檢查工作。
- 5.本次大修時反應器爐蓋和爐底的檢查，在相關的程序書均有作具體的改善與檢討，核三廠應逐項列入程序書的修改，儘速完成程序書之 PCN，以供將來機組檢修之用，並應考慮建立反應器爐蓋和爐底特定的檢查程序書。

註：以上內容若有疑問可電洽 趙衛武科長，電話：(02)22322150。

表一 核三廠機組已執行 CRDM 穿越管焊道檢測一覽表

機組	日期	檢測項目	檢測結果
一號機	2000.4 (EOC-12)	CRDM 穿越管內側 ECT & UT , J 槽焊 道 VT-2	無龜裂顯示 無洩漏
一號機	2001.12 (EOC-13)	爐蓋 VT-2	無洩漏
二號機	2002.5 (EOC-13)	爐蓋 VT-2	無洩漏
一號機	2003.4 (EOC-14)	爐蓋&爐底 VT-2	無洩漏

表二 原能會相關管制措施與核三廠執行狀況

日期	事項
89.04	核三廠一號機 EOC-12 執行反應器爐蓋 CRDM 穿越管內側 ECT&UT 及 J 槽焊道 VT-2 檢測，結果無任何龜裂顯示及無洩漏現象。
90.09	90 年第三次核能管制會議台電公司報告“核三廠 CRDM 穿越管焊道與美國 Oconee 電廠比較及因應對策報告”。
90.10	台電公司來會作壓水反式反應器爐蓋 CRDM 穿越器焊道龜裂事件討論。
90.12	90 年第四次核能管制會議台電公司報告“壓水式反應器爐蓋 CRDM 穿越管焊道龜裂事件討論會決議事項執行報告”。
90.12.15	核三廠一號機 EOC-13 本會派員至現場檢看拆除爐蓋保溫棉後穿越管與爐蓋的情況，爐蓋表面僅有少量輕微之生鏽。
90.12.28	成立本案之管制追蹤案 (MS-0-9011)。
91.02.04	91 年 2 月 4 日台電核安 9102-6039 函報告： 1.一號機 EOC-13 執行穿越管外表面硼酸洩漏檢查，未發現異狀。 2.西屋評估核三廠一、二號機均屬最低風險組群。 3.二號機於 EOC-13 拆爐蓋保溫及執行有效的目視檢查，未發現異狀。 4.91 年 5 月 30 日針對 NRC Bulletin 2001-01 之內容，原能會要求台電公司提出相關之因應措施。 5.本會 91 年 2 月 20 日以會核 0910002587 號函核准台電公司之因應措施。
91.05.09	本會針對美國 PWR 壓力槽爐蓋 CRDM 穿越管焊道龜裂核三廠二號機 EOC-13 與 Davis-Besse 爐蓋腐蝕事件之管制措施提供上網資料
91.06.12	台電於 91 年 6 月 12 日電核安 9106-0419 函請結案申請： 1.二號機 EOC-13 執行爐蓋穿越管外表面硼酸洩漏檢查，未發現異狀。 2.二號機目視檢查之附著物分析結晶硼酸濃度甚低不會造成腐蝕現象。 3.核三廠並訂於 EOC-14 繼續執行兩部機 100% 有效目視檢查。
91.6.19	本會 91 年 6 月 19 日會核 0910011065 及 91 年 7 月 17 日會核字 0910013118 號函，要求台電持續進行相關資料之蒐集與評估。
91.11.18	本會派員至核三廠討論新近蒐集到爐蓋非破壞檢測之新技術與針對 Bulletin 2002-02 要求事項之因應對策。

表二 原能會相關管制措施與核三廠執行狀況(續)

91.12.	正式函請台電公司針對 Bulletin 2002-02 要求事項，提出核三廠之因應對策
92.2	完成”美國 Davis-Besse 電廠反應器爐蓋嚴重腐蝕事件檢討”NRD-SER-92-03
92.3	92 年度第一次核管會議，台電公司針對 Bulletin 2002-02 要求事項，提出核三廠一號機 EOC-14 大修時執行目視檢查及相關預防措施。
92.5	核三廠一號機 EOC-14 大修期間，本會視察員至現場查看穿越管狀況，並未發現異狀。大修後機組升溫升壓階段，熱電偶支柱(#51 穿越管)canoseal 有微滲現象，即時修復後，機組繼續升溫升壓。
92.5.19	本會核備核三廠反應器爐蓋穿越管之檢測計畫(EOC-14 至 EOC-18)
92.6.5	本會核准核三廠一號機 EOC-14 大修後起動申請文件中，包括核三廠反應器爐蓋結構完整性之評估。

表三 核能三廠反應爐爐蓋穿越管檢測計畫

機組別	大修別	預定大修日期	檢測方法
一 號 機	EOC-14	92.04	Visual
	EOC-15	93.10	NDT
	EOC-16	95.04	
	EOC-17	96.10	Visual
	EOC-18	98.04	
二 號 機	EOC-14	92.10	Visual + NDT
	EOC-15	94.04	
	EOC-16	95.10	
	EOC-17	97.04	Visual
	EOC-18	98.10	NDT

註：1.核三廠原則上每四次大修執行一次 Non-Visual NDE 檢測；每三次大修執行一次 100%有效的 Visual 檢測。

2. Bulletin 2002-02 參考範例：

屬於小於 8 EDY 的電廠，5 年內必須執行：

- (1) 100% 穿越管母材 UT 檢查，而範圍最少要包含爐蓋內表面的穿越管到穿越管底部的部份。
- (2) 100% J-Groove 焊道和與 RCS 水接觸的穿越管濕面(wetted surface) ECT 或 PT 檢查。
- (3) 100% 有效的目視檢查。

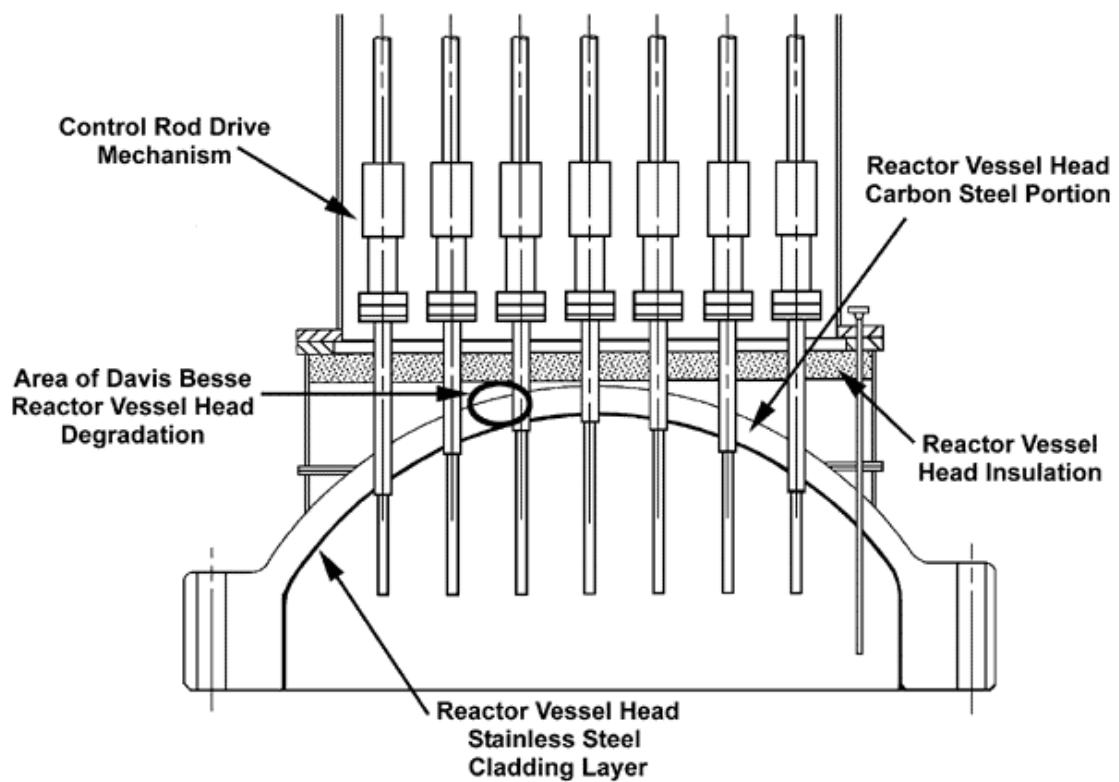
之三項檢查。

3. NRC 於 2003 年 2 月 11 日頒佈之 Order，對小於 8 EDY 的電廠

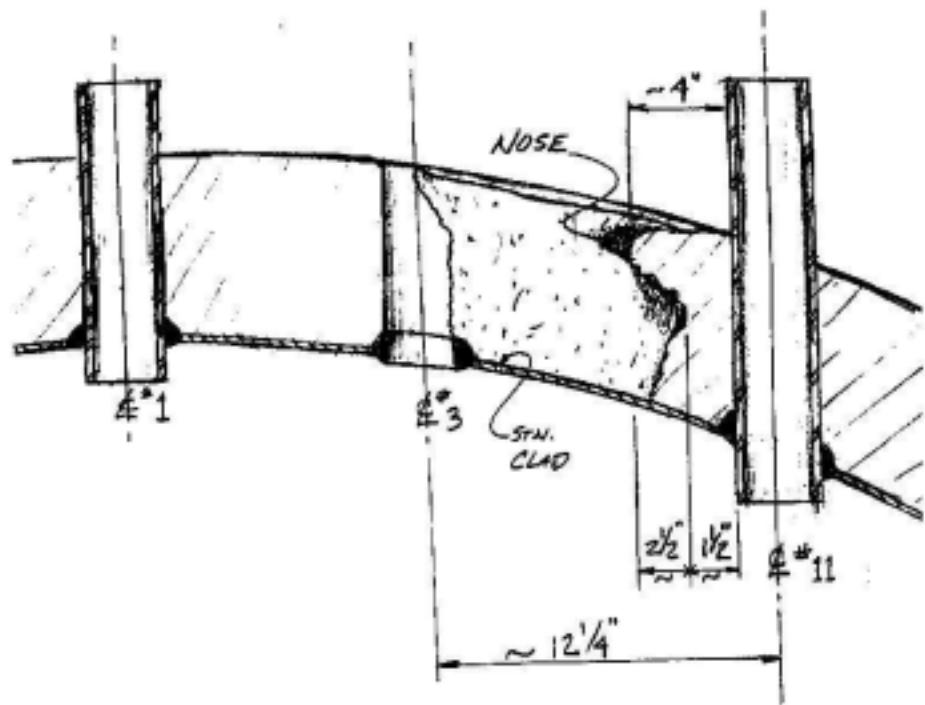
- (1) 每三次大修或 5 年 (先到為準) 執行 100% 有效的爐蓋外表面目視檢查。
- (2) 此份 Order 的 5 年內，以及往後每四次大修或每 7 年需執行一次穿越管自底部至焊道上方 2" 執行 UT，或者 J 形焊道及焊道上方 2" 穿越管執行 ECT 或 PT 的檢查。

4. 核三廠一號機為 2.134 EDY；二號機為 2.242EDY。

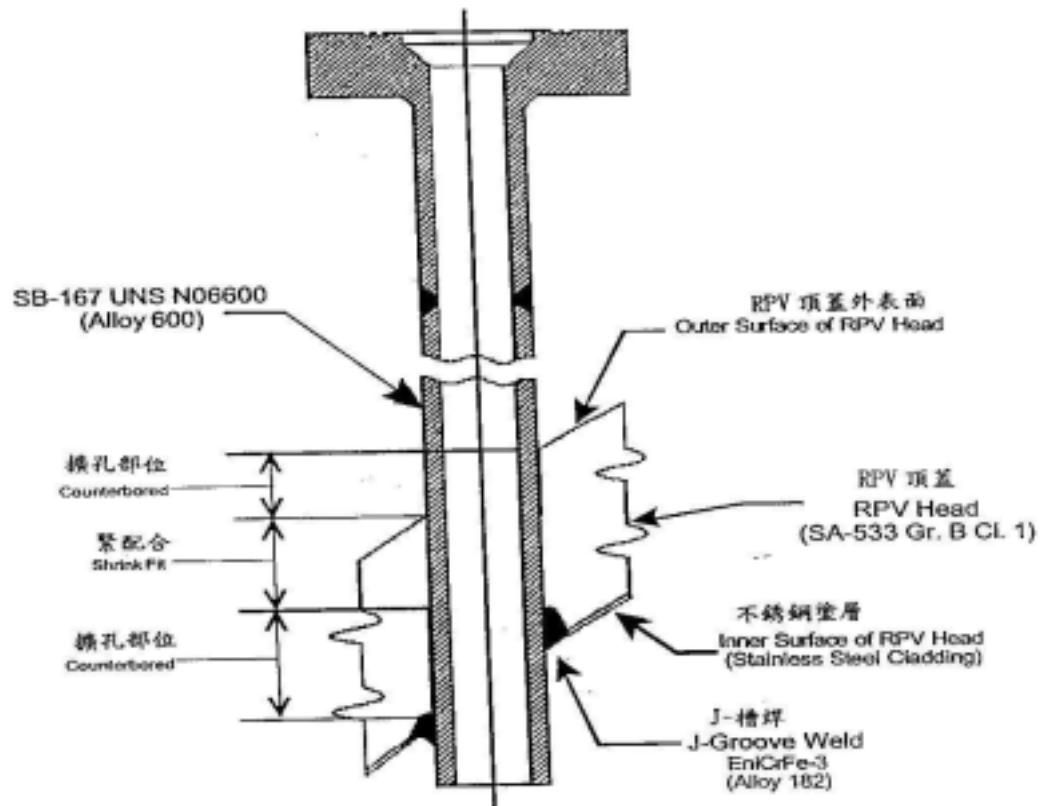
Reactor Vessel Head Degradation Location



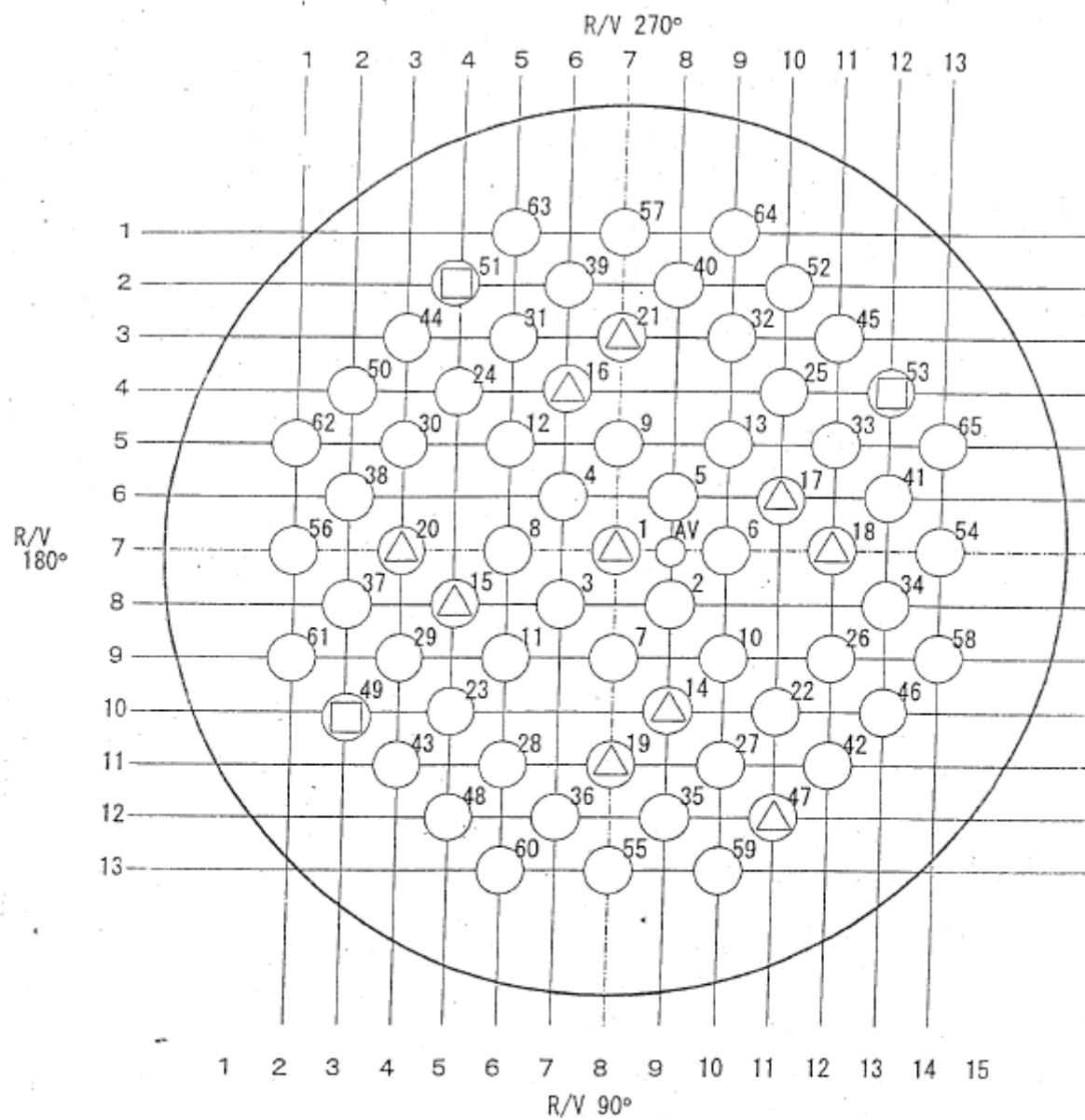
圖一 Davis-Besse 爐蓋腐蝕龜裂區域示意圖



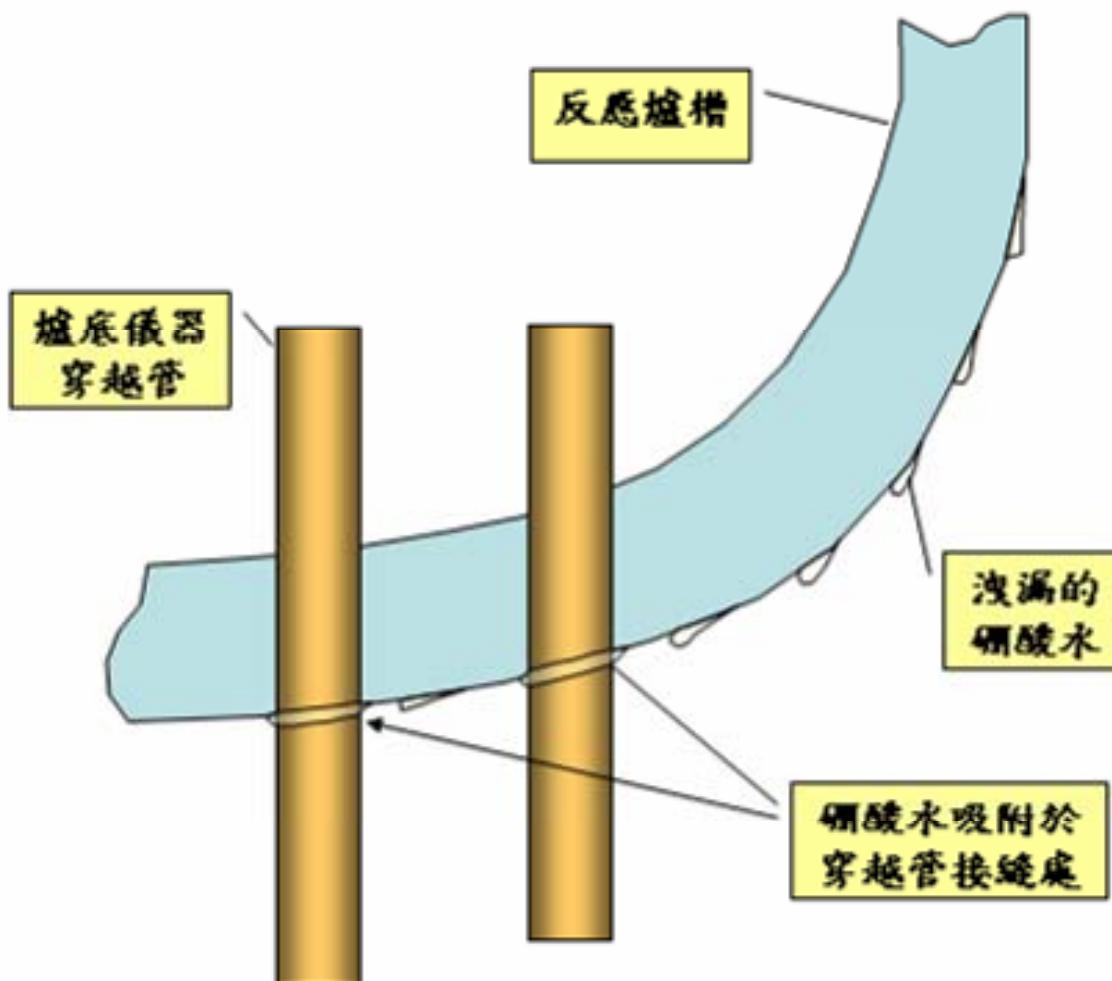
圖二 Davis-Besse 爐蓋腐蝕龜裂狀況圖



圖三 CRDM 穿越管焊道與 RPV 爐蓋細部圖



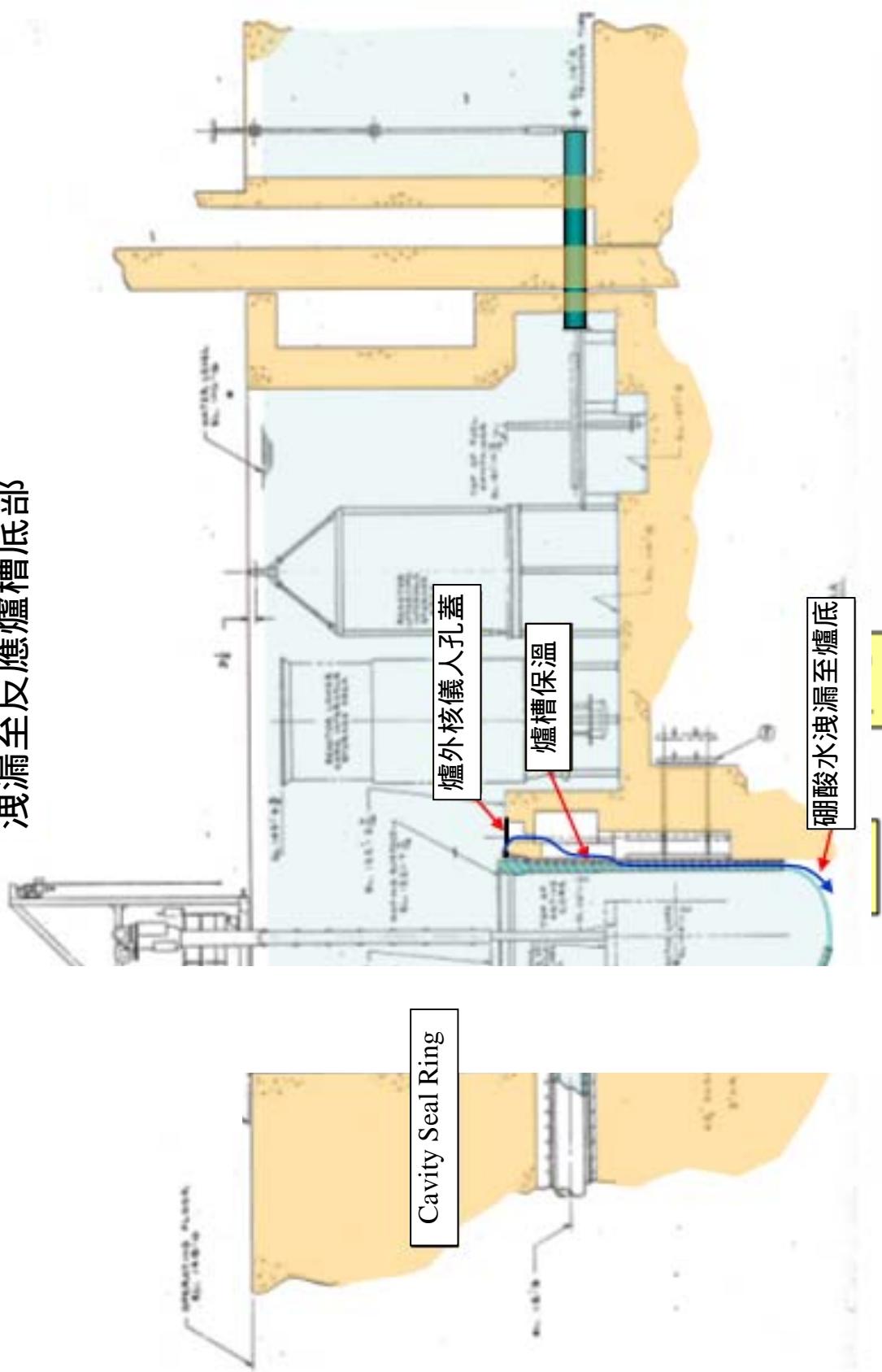
圖四 核三廠反應器爐蓋 65 支穿越管位置圖



穿越管與爐槽的圓周交接面會吸附硼酸水

圖五 穿越管與爐槽的圓周交接面會吸附硼酸水

一號—EOC-8大修更換燃料池底的爐外核儀人孔蓋洩漏造成硼酸水洩漏至反應爐槽底部



圖六：硼酸水自人孔蓋洩漏至爐底示意圖



相片一 一號機 EOC-14 大修外表面狀況



相片二 一號機 EOC-13 大修爐蓋與相片一同位置外表面狀況



相片三 美國 Oconee 三號機反應爐槽爐蓋 CRDM 穿越管洩漏
周圍呈硼酸結晶之情形



相片四 一號機爐蓋表面銹跡清除，其加工痕跡清晰可辨，爐
蓋母材無腐蝕現象



相片五 一號機反應爐爐蓋 CRDM 穿越管現場查證之一



相片六 原能會視察員爐蓋 CRDM 穿越管現場查證之二



相片七 一號機部穿越管(#25、#32、#33、#41、#45、#53)
表面有白色沾附物



相片八 穿越管 #58 於 CANOPY SEALWELD 處靠內側有白
色均勻粉狀物質



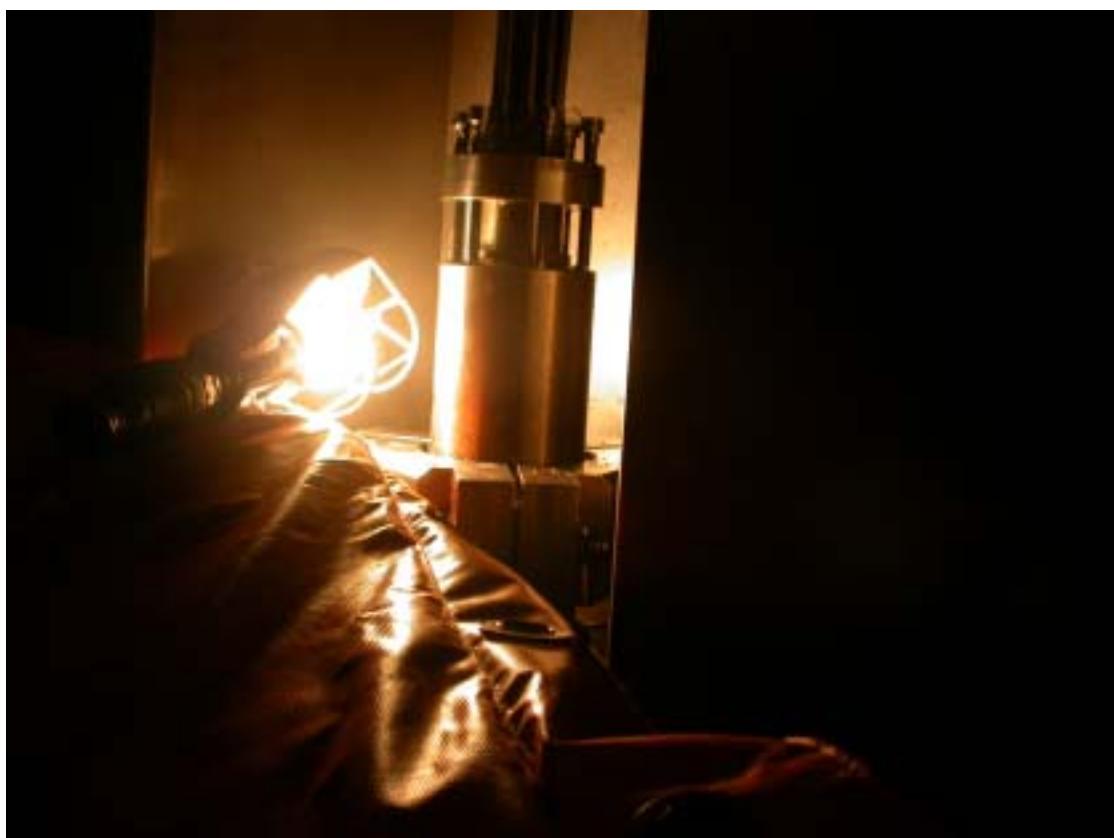
相片九 一號機穿越管 #37 於穿越管中段有明顯白色水痕



相片十 爐蓋旁 BB-V089 發現閥帽處有洩漏痕跡



相片十一 一號機反應爐蓋回裝補水加壓現場檢查



相片十二 一號機熱電偶穿越管 Conoseal 泄漏現場檢修情形



相片十三 一號機爐底有硼酸及水流痕跡



相片十四 一號機爐底儀器穿越管有白色附著物情形



相片十五 一號機穿越管白色附著物與交接面有一小段清潔帶情形

Unit 1 BMI Penetration 46
Initial Inspection – Closeups



相片十六 美國南德州核電廠爐底穿越管洩漏情形



相片十七 反應器爐外核儀人孔蓋位置圖



相片十八 一號機反應器爐底清洗後的情況