

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：洽公)

核二廠 KS2F18 批次核燃料製造稽查

出國期間：自 97 年 8 月 29 日至 9 月 11 日

報告日期：97 年 10 月 31 日

出國報告審核表

出國報告名稱：核二廠 KS2F18 批次核燃料製造稽查		
出國人姓名	職稱	服務單位
李國鼎	運轉安全管制組組長	核能安全處
出國期間：97年8月29日至97年9月11日		報告繳交日期：97年10月31日
出國計畫主辦機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2. 格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input type="checkbox"/> 3. 內容充實完備。 <input type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5. 送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6. 送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7. 退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容以 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8. 本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 9. 其他處理意見及方式：	
層轉機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1. 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分_____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 2. 退回補正，原因： _____ <input type="checkbox"/> 3. 其他處理意見：	

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、各機關可依需要自行增列審核項目內容,出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、審核作業應於報告提出後二個月內完成。

報告人：李國鼎 單位
 主管：

主管處
主 管：

總 經 理
副總經理：

QP - 08 - 00 F06

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：核二廠 KS2F18 批次核燃料製造稽查

頁數 31 含附件：■是 □否

出國計畫主辦機關／聯絡人／電話 台灣電力公司/人事處

出國人員姓名／服務機關／單位／職稱／電話

李國鼎/台灣電力公司/核安處/核能工程監/2366-7180

出國類別：□1.考察 □2.進修 □3.研究 □4.實習 ■5.其他（洽公）

出國期間：自97年8月29日至9月11日 出國地區：美國

報告日期：97.10.31

分類號／目：

關鍵詞：

內容摘要：

本次稽查主題為核二廠二號機第二十一次再裝填核燃料，批號為 KS2F18(或 KS2H21)之製程稽查，由美商 AREVA 公司承造，製造地點位於美國華盛頓州里其蘭(Richland)之 AREVA 商用核燃料製造廠。

本次稽查項目包括 1.KS2F18 批次核燃料製造期間 Condition Report(CR)審查(共 23 件)、2.Richland 工廠製程自動化查證、3.查證 KS2F18 批次 AREVA 接收下包廠家材料之品質管制及文件(包括 Cladding、Cage、LTP 及 UTP 等材料/組件)、4.Richland 工廠 KS2F18 製程品質文件查證(包括 Pellet、Fuel Rod、Fuel Bundle 等材料/組件)、及 5.KS2F18 製程現場作業查證等 5 個主要製程主題。

本次稽查整理 Richland 工廠核燃料製造方法於報告第伍章，稽查過程及結果於報告第陸章，稽查建議及結論於報告第柒章，並對 AREVA 提出 3 件建議事項，獲 AREVA 同意辦理：

- 1.建議 AREVA 對需要相片佐證及說明之 CR，應照相建檔以利追蹤審查。
 - 2.建議 AREVA 之 ABRS 系統(Automated Bundle Release System)之持續開發目標，將開放本公司上線使用納入考慮，以利未來無時差地進一步掌握製程進度。
 - 3.於 Pellet 文件之審查，發現極少數品質文件所記載之圖面編號與合約規範 CDP-PL-1750 不一致，經查證其為 AREVA 適用於現場施工之更仔細版本，並無違反合約情事，建議 AREVA 需做好內部管控機制以免違反合約。
- 最後，稽查結果除上述建議外，均符合要求。

核二廠 KS2F18 批次核燃料製造稽查 出國報告

目 錄

	頁次
壹、出國目的及任務說明	5
貳、出國行程	6
參、稽查範圍	6
肆、稽查依據	7
伍、Richland 工廠核燃料製造方法	7
陸、稽查過程、遭遇、心得感想及結果	12
柒、稽查建議及結論	27
捌、附件	28

壹、出國目的及任務說明

本次稽查主題為核二廠二號機第二十一一次再裝填核燃料，批號為 KS2F18(或 KS2H21)之製程稽查，製造地點位於美國華盛頓州里其蘭之 AREVA 商用核燃料製造廠。依照合約，本批次核燃料 ATRIUM™-10 製造 184 束相關製程規範，主要文件有 AREVA 公司編號 CDP-PL-1750/CDP-CS-1750 及 CDP-PL-1751/CDP-CS-1751 等 2 份文件(CDP：Customer Design Package；PL：Part List；CS：Characteristics Specification)，其中 CDP-PL-1750/CDP-CS-1750 規範 Fuel Assemblies，CDP-PL-1751/CDP-CS-1751 規範 Advanced Fuel Channels(AFC)及 Fastener Assemblies。PL 文件表列本批次製程相關組件之數量、材料規範、廠家設計圖(CDD：Customer Design Drawing)、廠家製程規範(CDS:Customer Design Specification)（稽查員可依實際稽查項目，於現場稽查依據 CDP-PL-1750 及 CDP-PL-1751 請廠家提供相關文件查閱）；CS 文件規範本批次製程之燃料束/AFC/Fastener Assemblies 主要組件重要物理特性(如燃料束組態、燃料棒尺寸、重量、同位素鈾濃度等等)。CDP-CS-1750 及 CDP-CS-1751 重點摘述如下：

- 1.燃料組件採用 AREVA ATRIUM™ -10 設計(10x10)，包含 83 根 Full-Length Fuel Rods、8 PLFRs 及 1 Water Channel。本批次 Fuel Assemblies 共 184 束，編號分為 K2F001 - K2F184；Advanced Fuel Channels(AFC)及 Fastener Assemblies 計畫製造代號為 7423，共 184 組(其中 32 AFCs 由 Kobe Steel, Ltd.提供)。
- 2.規定「燃料棒封焊不允許重做，不合格燃料棒封焊之所有燃料護套、彈簧、及燃料丸皆須廢棄不再使用於本批次製程(Rewelding of the closure weld is not permitted. Downloaded fuel rod cladding and springs shall be scrapped. Fuel pellets from downloaded fuel rods shall be processed as scrap recycle.)」
- 3.規定 Spacer 若從 The Cage Assembly 卸下，此 Spacer 不允許使用在本公司之製程。
- 4.Richland 工廠下包商 AREVA NP GmbH 之製造供給包括：燃料護套，部分 Cage Assembly Structure[包括 The Cage Assembly，Upper Tie Plate，and Lower Tie Plate (complete)]。
- 5.其他品質規範要求：「台電不接受不符合 Customer Parts List 所要求設計規

範之任何組件。除非這些組件特別說明，可依合格程序或方法修理或再加工而符合規範要求」；及「[本批次製造應只能使用合格全新的材料及組件。任何曾被之前非本公司製程所使用之材料及組件，應不能使用於本批次製程，若該材料及組件雖被分派使用於該批次製程但未被使用，則可重新釋放使用於本公司之製程。]

註：廠家英文縮寫代號說明：

1. CDP: Customer Design Package。
2. PL: Part List。
3. CS: Characteristics Specification。
4. CDD: Customer Design Drawing。
5. CDS: Customer Design Specification。
6. KSH2-21 =KS2-F18。

貳、出國行程

97.8.29~97.8.30	台北－西雅圖－里其蘭	往程
97.8.31~97.9.8	美國 AREVA 核燃料製造廠	核燃料零件製造稽查
97.9.9~97.9.11	里其蘭－西雅圖－台北	返程

參、稽查範圍

- 一、本批次核燃料製造期間 Condition Report 審查。
- 二、Richland 工廠製程自動化查證。
- 三、材料接收檢查狀況查證。
- 四、Richland 工廠 KS2F18 製程品質文件查證。
- 五、KS2F18 製程現場作業查證。

補充說明如下：

本次稽查範圍，稽查前已發電子郵件通知AREVA，中文摘述如下：

1. 請AREVA準備本批次Reload所有CR (Condition Report) 之List，再由稽查員抽查其中項目。

2. 請AREVA提供有關KS2F18 Manufacturing and Inspection Procedures之List，並說明電腦自動化作業之製程及如何控管品質。
3. 查證本批次KS2F18 AREVA 接收下包廠家材料之品質管制及文件。(查證AREVA之Supplier及項目，AREVA之品質Control為何，是否包括Sub-supplier之品質Control。)
4. 針對主要製程，如UF6 Conversion、UO2 Pellet Fabrication、Gadolinia Pellet Fabrication、Fuel Rod Assembly、and Bundle Assembly，抽查品質文件紀錄。
5. 現場工作觀察，觀察是否有製程改變，如何線上品保，是否會影響品質等情形。(如Pellet Testing and Inspection、Fuel Rod Assembly and Inspection、Fuel Bundle Component Fabrication and Assembly and Inspection 等現場工作)

肆、稽查依據

- 一、美國聯邦法規 10CFR50 APPENDIX B。
- 二、AREVA 製程程序書及品質規範文件。
- 三、核燃料製造合約品保條款。
- 四、KSF18 之 Characteristics Specification。
- 五、KSF18 ATRIUM 10 Project Part List。

伍、Richland 工廠核燃料製造方法

由於 Richland 工廠核燃料製造廠距稽查員前次稽查任務，已改變許多製程，因此本次稽查任務首先即著手了解該廠之相關核燃料新製程，AREVA 對不符品質之管理，及 AREVA 檢查及測試計畫(Inspection and Test Plan)，經整理後摘述如下：

1. AREVA 核燃料製造廠：

AREVA 參考該集團在全球之最佳製程經驗，於 2004 年 8 月在北美之 2 個燃料製造廠 (Richland, Washington, 及 Lynchburg, Virginia)完成最佳生產線之改善(Best-Practice Lines)，包括燃料丸製造及檢查、燃料丸裝填及端塞封

焊等 27 製程改進，茲簡述該公司於 Richland 燃料製造廠之主要製程如下：

- 1) Richland 工廠除核燃料製造外，並包括 BWR Nuclear Engineering, Safety Analysis, 及 Nuclear Fuel Design Activities 等業務。並已獲得美國核管會 (USNRC) 及華盛頓州政府核准「擁有及輸送放射性物質之執照」，及通過 ISO 9001:2000 品質管理 (Quality Management)、ISO 14001:2004 環境管理 (Environmental Management)、及 OHSAS 18001:1999 健康及安全標準認證 (Health & Safety Standards Certification)。
- 2) 燃料丸製造：AREVA 燃料丸製造採用乾式製程 (Dry Conversion)，其主要步驟為
1. 將裝載 UF₆ 原料之 30B Cylinder 加熱氣化，再加水加氫加氮等步驟，將 UF₆ 氣體加水分解為 UO₂F₂ (Hydrolysis, $UF_6 + 2H_2O \rightarrow UO_2F_2 + 4HF$)，將 UO₂F₂ 去氟成 UO₂ 粉末 (defluorination, $UO_2F_2 + H_2 \rightarrow UO_2 + 2HF$)。2. 乾式製程後為，混合不同濃度 UO₂ 粉末，以得到設定之燃料丸特性及濃度之 Granulated Powder，將 Granulated Powder 取樣，針對化學不純度 (Chemical Impurities)、同位素 (Isotopic Content) 等進行分析。3. 壓模燒結，壓模步驟需嚴格控制壓模潤滑劑和壓模輪機之轉動速度及時間以得到近乎完美控制之燃料生丸 (Green Pellet) 之密度、長度及完整性。再經控制空氣環境、高溫及回火之燒結。4. 最後步驟為無心研磨 (Centerless Grinder) 以得到最終尺寸，並經雷射或光學自動檢查，及 100% 視覺檢查表面缺陷 (Flaw)，1 位獨立檢查員再隨機抽查 (OverSEER Program) 已 100% 視覺檢查之燃料丸，除確保燃料丸規格符合要求外並決定整個製程之是否需要調整，最後為燃料丸取樣分析包括密度、物理尺寸、同位素、氫含量、Grain Size、Pore Size 及 Densification 等特性檢查。(註：AREVA 德國廠 GmbH-Lingen 已採用 APIS (Automatic Pellet Inspection System, 其能有效改善 Missing Pellet Surface 問題，AREVA 美國廠 Richland 則預計 2008 底可以使用此系統)
- 3) 燃料護套 (Cladding) 由該集團 AREVA Cezus 製造，材質為 Zircaloy-2，製程採用 LTP2 (Low Temperature Process-2)。
- 4) 燃料丸裝填製程：先以乾燥儀用空氣沖洗燃料護套內部，燃料護套再封焊下端塞 [採用 Upset-Shaped Welding (USW)，之前 AREVA 採用 GTAW，自 1994 起該公司德國 Lingen 廠即採用 USW 製程，已超過 2 百萬根焊接處皆未發現缺陷，Richland 工廠則自 2004 年起改用 USW 製程。每次正式焊接前，需執行 2 根焊接，若不符品質要求則

不允許開始執行；並100%監視焊接電流，完成後以微米光學掃瞄器檢查每個焊接之80筆外尺寸數據，100%目視檢查，及其他檢查包括焊接腔壓力、氣體純度等]，每個燃料護套並有專屬電腦條碼(Barcode)以利追蹤，燃料丸裝填利用低頻高震幅振動自動裝填入燃料棒，操作員從燃料丸儲存櫃(Vault)選取一盤(Sheet)燃料丸放入裝填床，電腦先讀取盤(Sheet)的電腦條碼，以確定是否選擇正確的合約號碼、爐號、濃度的燃料丸，若使用不正確的燃料丸，觸控式電腦銀幕將顯示錯誤無法操作。若選擇正確的燃料丸，電腦雷射則自動掃描選擇需要裝填的燃料丸數量，雷射光束並指示操作員用夾子移開每行超過數量的燃料丸，當需要裝填的燃料丸數量正確後，利用振動自動裝填入燃料棒內。

5)燃料棒檢查：檢測使用主動式/被動式燃料棒檢驗系統(AFRAS- Active Fuel Rod Assay System)/(APAS-Automated Passive Rod Assay System for NAF rod)，量測燃料棒的相對密度分布{有關Pellet to Pellet Gap之檢查數據，此數據意義代表是否有Missing Material[Missing Material可能來自Missing Pellet Surface(MPS燃料丸缺角)]，AREVA自從2004年中於燃料棒掃瞄器加裝密度計(Densitometers)，其接受標準已分別由0.07” for UO₂及0.2” for Gd₂O₃提升為0.03” ，此改變依據AREVA之統計已造成有1/3棄棒之原因為不符合此標準]。每天每值的操作員於作業前，須先使用標準棒校正，每次掃描2支燃料棒。鈾棒使用主動式 γ 檢測，可燃毒物棒使用被動式 γ 檢測，檢測結果電腦自動判讀可接受或不可接受。再執行直度及長度尺寸之檢驗，另外每支燃料棒轉動360度檢查是否有抓痕、汙點等。完成檢驗之燃料棒50根為一組進行氦探漏檢測(Helium Leak Check)作業，以檢查燃料棒焊接缺陷。

6)燃料束組裝作業：1.上下繫板為將向PCC或GSC公司訂購鑄造材料，再於AREVA機械工廠加工完成成品。2.燃料束組裝之各組件，AREVA以BADL電腦(Bundle Assembly Data Logging System)輸入bundle map管控，諸如燃料棒、上下繫板、間隔板及彈簧等組件編號，在燃料棒開始組裝至燃料束前，BADL電腦將依Bundle Map檢查燃料棒條碼(BWR Cage係由該公司德國Karlstein工廠製造後再運至美國Richland)，操作員先將底部繫板與間隔板以及間隔板的保護板在組裝平台固定妥當，先經檢驗員檢查後，操作員用手動控制驅動器，先驅動8支短棒(Partial Length)至底部繫板定位點，再經過檢驗員檢查。燃料棒的插入參數與位置已先

經過審核並輸入電腦，操作員依據插棒順序，從燃料棒儲存箱(Tray)讀取燃料棒電腦條碼後，燃料棒送到組裝平台，燃料棒經電腦核對後，依據設定的插入速度通過間隔板最後到底部繫板定位。所有的燃料棒完成插入完成後，再安裝頂部繫板，經檢驗員檢查後，完成燃料束組裝作業。組裝完成後，操作員將燃料束組裝平台豎立，再將燃料束吊離組裝平台，移至垂直檢查站檢查，檢查員使用量具及目視方式檢查燃料棒組間隙、尺寸、是否有異物等。檢查合格後，將燃料束放入沖洗槽清洗(2009年季將採用Rod-to-bundle Lean Upgrade將不再執行清洗程序，相關燃料棒之搬移將儘量自動化以避免用手搬動之情形)，洗除棉線、手指紋、金屬碎屑或其他有機污染物。燃料束清洗完成後，再吊起移至乾燥箱用加熱乾燥空氣吹乾，再由檢查員目視檢查並將運輸隔片插入燃料束內，燃料束套上橘色塑膠套後放入運輸箱內。AREVA近期已採用之ABRS系統(Automated Bundle Release System)，可線上顯示組裝現況，驗證相關步驟是否確實完成更進一步減少人為疏失。

2. Richland 核燃料製造廠之外包廠商：

AREVA在北美有2個燃料製造廠，一處在Richland, Washington，另一處在Lynchburg, Virginia，主要之燃料製造係在Richland工廠執行。合格外包廠商名單，需符合AREVA品保計畫，即所有工作需經核准之程序書規範及紀錄。在放入合格名單之前，AREVA需執行正式之稽查，之後每3年至少需執行1次，每1個組件之合格名單至少有2個(其中之一為後備)，以確保燃料生產計畫不受意外事件影響。AREVA集團並採用WebCAP系統(a Web-based Program)，收集及處理集團內相關資訊，如當某子公司發現某供應商之議題會同步影響其他子公司，此系統允許發出Condition Report[依AREVA之Corrective Action Program要求，Condition Report若需顧客同意之議題應歸類為” Important”，並需肇因分析(Apparent Cause Analysis)、改正及預防再發生措施(Corrective and Preventive Actions)]，並可給該供應商以改正問題。主要合格名單如下：

組件	材質	廠商
燃料護套(Fuel Rod Cladding)	Zircaloy	AREVA Cezus-Paimboeuf, France
	Tubing	AREVA Cezus-Duisburg, Germany
燃料束格架(Cage Assembly)	Zircaloy	AREVA-Karlstein, Germany
上下繫板(Upper and Lower Tie)	Stainless	PCC(formerly Wyman Gordon)

Plate Castings	Steel Castings	GSC
燃料匣(Fuel Channhels)	Zircaloy	Veridiam(formerly Carpenter) Jobe Steel Ltd.

3. AREVA 對不符品質之管理：

對於 AREVA 集團內部或顧客 (Customers) 發現有關不符或不利品質 (Nonconformances and Other Conditions Adverse) 之作業程序，AREVA 集團採用 WebCAP 系統 (如前述)，並採取低門檻政策，只要有超過品質要求之門檻顧慮，每 1 位集團內之員工皆可以使用此系統，依下列步驟處理：

- 1) 確認問題 (Validating the concern)。
- 2) 界定問題範圍 (Determining the bounds of the concern)。
- 3) 隔離不符合品質之組件 (Segregating discrepant components)。
- 4) 決定如何使用 (Determining use)。
- 5) 對立即之議題，定義補救及改正措施 (Defining remedial/corrective action for the immediate issue)。
- 6) 分析肇因及一般潛在因子以防止問題再發生 (Analyzing root cause and generic implications along with preventive actions)。
- 7) 若該問題涉及已送出之組件，評估其可用性 (Assessing operability if the concern involves a delivered product)。

其中改正行動計畫 (Corrective Action Program) 要求包括 6 項說明 (Problem Identification、Problem Disposition、Reportability Evaluation、Customer Notification、Corrective-action-closure management、Quality Metrics Trending)。

最後評估此問題是否涉及 10CFR21 或 10CFR50.46，是否需通報顧客 (通常屬於合約上之要求，例如需先獲得顧客同意等條款)。

4. AREVA 檢查及測試計畫 (Inspection and Test Plan)：

AREVA 之策略為，大部分之檢查係於製程中由操作員執行，並使用 Lean Manufacturing 技巧，採取最有效及最精簡之製程設計，以達到一次就品質合格之策略。

Lean Manufacturing 技巧需不斷的檢查相關生產線以確保達成最有效之生產

。此有賴於 AREVA 受訓合格之檢驗師佐以最新科技之實驗室、材料分析室、非破壞檢驗設施等，依標準作業流程不斷執行相關檢查，並對重要組件執行品質查證點(Quality Release Process)，才能進行下一個製程。最後，並有整體文件審查(Overall Fuel Assembly Release Process)以確保品質完整。

陸、稽查過程、遭遇、心得感想及結果

本次稽查之稽查前會議 (Pre-Audit Conference)由 AREVA 資深 QA 工作師 Michael J. Brighton 協同我主持，與涉及本次製程之主要負責人一同召開稽查前會議，首先由我說明本次之稽查計畫（如附件一），參加者名單如下：

Gwo-Ding LI(Taipower)

Michael J. Brighton(Quality Specialist)

Paul S.. Garcia(Quality Specialist)

Kris A. Mitchell(Project Manager)

David M. Vetrano(Manager, Ceramics Operations)

Robert K. Follett(Manager, Rod & Bundle Operations)

Gerald L. Wilson(Supervisor, Bundle/Cage Operation)

會中 AREVA 並簡單說明目前之製程現況，其中 Pellet 剩下最後 1 批次預定於稽查期間可完成，燃料棒組裝及燃料束截自開會前已完成 79 束，仍在持續進行中，因此本批次稽查可看到 pellet 至燃料束組裝之完整製程。會後 Michael J. Brighton 即 Tour 稽查員相關製程工廠，包括 Pellet Fabrication, Fuel Rod Assembly, Bundle Assembly(需帶護目鏡，其中部分場所並有異物入侵管制之黃色管制區域)，及機械工廠(Machine Shop, 需帶耳塞，否則噪音很大)。發現 AREVA 工廠確實改進許多，大部分之工作皆已自動化，並由 Barcode 等辨識系統，工作電腦及中央電腦控管，因此誤用程序書及材料之可能性已幾乎降至最低。依原規劃之稽查計畫執行稽查，結果說明如下：

1. CR 審查：

本次 KS2F18 之 CR 截止審查時有 23 件，皆屬於 Significance Level 為 Class 3 之 Report(Class 1 為 Very Important, Class 2 為 Medium, Class 2 為 Medium, Class 3 為最低等級屬於 Concern 之等級)，經仔細詳閱 CR Lists 後並詢問 Michael J. Brighton 每個 CR 之內容後，抽查編號 2007-6368、2008-4126、

2008-4463、及 2008-4638 等 4 件，請 Michael J. Brighton 進一步提供 Detail 內容以供審查，結果如下：

A.CR 編號 2007-6368：4 UTP castings from P.O. failed inspection。Part#155913(UTP casting)，batch# 0000140264 抽樣發現 failed 0.25 position callout，受影響之共有 4 支，其顯示在製程最後一步驟之 final straight step 並未完成，該 4 件皆被退回給 vender(即 PCC RMA16826)。

(註：整理稽查員對本 CR 所詢問之問題：Please explain what is failed in the .025 position callout? And what does the RTV stand for? AREVA 解釋所謂 callout 表示 requirement，至於 RTV 為 return to vender 之縮寫)

B.CR 編號 2008-4126：machining chip in FUELGUARD lower tie plate。Part# S6972 於 final inspection 發現 1 個 chip，此 chip 應於之前 5 個移除 chip 之動作時將所有可能之 chip 移除，然而在 final inspection 階段才發現 chip，AREVA 在相關製程及移除 chip 程序有弱點，改正行動包括若在 final inspection 發現 chip，在移除 chip 前需貼標籤(TAG)並照相標識位置後附在 CR 報告內，然後在 TAG 述明如何此移除 chip，再經 Chip checking process 後進行 final inspection。此事件 AREVA 於 2008.08.14 之「quality CR action reviews」討論並將此議題向所有 machine shop/component 人員說明。(類似本公司之經驗回饋及訓練)

[註：整理稽查員對本 CR 所詢問之問題：1.I cannot find the part # S6972 in the PL? Is it for FUELGUARD LTP?(AREVA 解釋 S6972 為 sequential number is not the part number) 2.The significance level of this CR is classified as level 3, but I suggest it would be level 2, because chips in the fuel is very important issue. (AREVA 解釋本發現係在 inspection 發現，代表 Inspection 有效，問題是出在 machine shop 及其清除程序)3.The five step chip removal Action for the chip, is taken before, during or after the found? (AREVA 解釋清除程序係在 inspection 前) 4.Does the other LTPs need re-inspection for this CR concern? (AREVA 說明其他未發現 chip 之 LTP 衣規定不需要

re-inspect) 5.The prescribed ACTION of this CR is already exist or a corrective action? (AREVA 說明 existed) 6.Did this case take a picture(as instructed in the Action)? (AREVA 說明本案 still open 故實際圖片尚未 scan 至電腦) 7.The training/awareness done for this CR , can it prevent re-occurrence?) (AREVA 說明訓練的目的即訓練 machine shop 人員在製造及移除 chip 時更小心及更有經驗以避免 re-occurrence)]

C. CR 編號 2008-4463:Higher than normal frequency of sidecracking observed in a portion of KSH2-21(KS2F18) lot 592-01(44%)。本件 AREVA 之 OverSEER 已將之標識為紅燈，檢討發現原先在 2008.8.10 22:48:03 時 OverSEER 為黃燈，進而於 2008.8.12 05:06:15 轉為紅燈，於是 AREVA 將 2008.8.10 22:48:03 之 U02 pellet 全部 scrap(即 Vault 編號 V00094 及 V00104)。AREVA 事後評估發現係在 Press 4 不正確 setup upper punch hold，將之調整後 sidecracking.splitting 即 went away。

(註：整理稽查員對本 CR 所詢問之問題：1.The cause of this CR is a result of an incorrect setup of Press 4 due to too much upper punch hold. When is the incorrect setup? (AREVA 查證後說明在 yellow OverSEER 發生之後) 2.Did AREVA check it? If it happened before the yellow OverSEER time, then just scrap the affected yellow OverSEER vault, maybe is not conservative? By the way can I check the procedure of Production Spec S36002 rev.01A section 3.5.4.3 Axial Cracks) (AREVA 說明報告並未記載太詳細，實際上 yellow OverSEER 為可接受之標準但其亦 scrap 該 vault 顯示其足夠保守)

D. CR 編號 2008-4638 : Jumbled pellets found in vault V00117。Rod loading operator 於打開 V00117 時發現 pellet 散亂，於是退回 ceramics 重新排列後再依據 Sop-40787 rev 6 「pellet Inspection and standard rework」及 SOP-40784 rev 6 「pellet OverSEER」執行人工 OverSEER 檢查。

(註：整理稽查員對本 CR 所詢問之問題：The correction action for this CR is only for inspection or including the rework action?) (AREVA

說明該程序書之 title 包括 inspection 及 rework，實際上本件僅涉及 inspection 並無 rework 之情形)

2. 下包廠家材料之品質管制及文件查證結果：

A. Cladding D: (Duisburg)

抽查 Duisburg 於 2008.06.03 Date of issue and validation 之 lot no 2406230(Ingot 406230)，其 batch no 229486(1109 支)、229672(1142)、230042(1105)、230043(291)，及 lot no 2811906(Ingot 811906)之 batch no 230044(1113)、230472(1134)、230473(1120)、230474(1132)、230593(1091)、230744(1129)、230745(469)，及 lot no 2811930(Ingot 811930)之 batch no 230746(1043)、230747(1128)、230748(1107)、230867(840)) 等共 14953 支 Cladding D。其 outside diameter/O.D Ovality/inside diameter/I.D ovality/wall thickness/Eddy current test/laser marking 等紀錄查證 O.K。

其他查證項目包括：

Material number 155743(與 PL 相同)。

Specification 08-5058438 rev.00, EMF-S36069-A Rev.00,08-5069410 rev.00,08-5062827-00 rev.01(與 PL 相同)。

Drawing no. EMF-310856-00A Rev.00。

Final annealing temperature 490°C/5h(100%)。

Oxygen=1350ppm(lower limit 900ppm, upper limit 1500ppm) (1 sample/lot)。

H2=8ppm(upper limit 25ppm) (1 sample/lot)。

Mechanical properties[Rp0.2] at tensile test on finished tube at room temperature 512N/mm²(lower limit 414N) (1 sample/lot)。

Mechanical properties[Rm] at tensile test on finished tube at room temperature 717N/mm²(lower limit 586N) (1 sample/lot)。

Mechanical properties[2"] at tensile test on finished tube at room temperature 20%(16%)(1 sample/lot)。

Material discontinuities, ultrasonic test according specification and order(100%)。

Grain size(Ingitudinal direction) acc. To ASTM E 112=12.(lower limit 8.0)(1 sample/lot)。

Grain size(transverse direction) acc. To ASTM E 112=12.5(lower limit 9.0)(1 sample/lot)。

等皆合格。

B. Cladding D PLFR : (Duisburg)

抽查 Duisburg 於 2008.06.03 Date of issue and validation 之 lot no 2811930(Ingot 811930)之 batch no 230868(支)、230926()、230042(1105)、230043(291)等紀錄查證 O.K。

其他查證項目包括：

Material number 155745(與 PL 相同)。

Specification 08-5058438 rev.00, 08-5069410 rev.00,,08-5069410 rev.00,08-5062827-00 rev.01。

Drawing no. EMF-310857-00A Rev.00(與 PL 相同)。

Final annealing temperature 490°C /5h(100%)。

Oxygen=1310ppm(lower limit 900ppm, upper limit 1500ppm) (1 sample/lot)

。

H2=8ppm(upper limit 25ppm) (1 sample/lot)。

Mechanical properties[Rp0.2] at tensile test on finished tube at room temoerature283N/mm2(lower limit 228N) (1 sample/lot)。

Mechanical properties[Rm] at tensile test on finished tube at room temoerature408N/mm2(lower limit 317N) (1 sample/lot)。

Mechanical properties[2"] at tensile test on finished tube at room temoerature29%(16%)(1 sample/lot)。

Material discontinuities, ultrasonic test according specification and order(100%)。

Grain size(Ingitudinal direction) acc. To ASTM E 112=12.(lower limit 8.0)(1 sample/lot)。

Grain size(transverse direction) acc. To ASTM E 112=12.5(lower limit 9.0)(1 sample/lot)。等皆合格。

[註：整理稽查員詢問 cladding 文件審查之其他問題 (Question about the cladding certification documents)：

- 1) In the KSH2-21 PL for cladding D just 1 specification document meets, there are the other 3 specifications are not in the PL, why? (AREVA 解釋其中只有 1 份為 specification，其他則為程序書，經查證 specification 是符合的)
- 2) For hydride orientation test, the criteria of the sampling is 「5 samples per order, or 1 per lot if there are less or equal 5 lots per order」, but actually it is done by 5 samples per batches for cladding D, and 1 per batch for cladding D PLFR? (經 AREVA 進一步澄清後，結果符合)
- 3) The upper limit of chemical analysis for hydrogen [H] on the finished tube is 25 ppm, but in the test report it is 20ppm? (經 AREVA 解釋一為 ingot test，一為 cladding test，其中 ingot 之要求更嚴以適用各廠家之規範要求)
- 4) The upper limit of chemical analysis for nitrogen [N] on the finished tube is 80 ppm, but in the test report it is 50ppm? (說明同前)
- 5) The limit of chemical analysis for oxygen [O] on the finished tube is between 900~1500ppm, but in the test report it doesnot have the upper limit, it only has the lower limit $\geq 0.1\%$, and it used the different units? (說明同前)]

C. Cage : (Karlsten)

共有 185 個 cage 比本批次訂製數量 184 多 1 個。

Specification No. A1C-1000950-1, A1C-1001625-0, A1C-1001764-0(與 PL 相同)。

Drawing no. A1C-809840-0(與 PL 相同)。

其他查證項目如下：

a. Certificate no. 020000035369/0 (112 支)

identity of the individual(包括 stops、bolt 等(all ok))

cleanliness and integrity of the individual parts.

Dimensions general.

Symmetry connecting bolt complete.

All stop distances

Length of the cage assembly

Perpendicularity of the stops.

Exterior characteristics and weld penetration of the plug weld seam.

Samples assignment interior characteristics and corrosion resistance.

Exterior characteristic and weld penetration of the stop weld connection

Samples assignment CA-stop weld joints(依據 AIC-1001625-0)3 in-process samples per test occasion(exterior characteristics and weld penetration, interior characteristics, shear force and corrosion)(ex shear force 大於等於 2500N, 實際數據遠大於此約等於 50000N 以上)

Exterior characteristic of the secure weld seams

Correct assembly of the cage assembly acc. To the drawing.

Integrity of the spacer.

b. Certificate no. 020000035734/0 (73 支)

identity of the individual(包括 stops、bolt 等(all ok))

cleanliness and integrity of the individual parts.

Dimensions general.

Symmetry connecting bolt complete.

All stop distances

Length of the cage assembly

Perpendicularity of the stops.

Exterior characteristics and weld penetration of the plug weld seam.
Samples assignment interior characteristics and corrosion resistance.
Exterior characteristic and weld penetration of the stop weld connection

Samples assignment CA-stop weld joints(依據 A1C-1001625-0)3 in-process samples per test occasion(exterior characteristics and weld penetration, interior characteristics, shear force and corrosion)(ex shear force 大於等於 2500N, 實際數據遠大於此約等於 50000N 以上)

Exterior characteristic of the secure weld seams

Correct assembly of the cage assembly acc. To the drawing.

Integrity of the spacer.

[註：整理稽查員詢問 cage 文件審查之其他問題 Question about the cage certification documents)：

- 1)The total number of cage is 185 , it is more than 184 for KS2H21,why ? (AREVA 說明為避免缺少不足用之情形, 該公司政策為多訂 1 支備用)
- 2)The cage part number is 70030270 in GmbH quality document, it is different with the PL, which is 156646. Why? (AREVA 說明一為德國編號一為該公司美國編號)
- 3)Find one typing error, assembly been misspelled as asemply. (已告知 AREVA)]

D. LTP : (EHRHART TOOL & MACHINE CO. & PCC)

a. LTP curved blades w/drain holes(AREVA order 2130 , 製造 2221) (EHRHART TOOL & MACHINE CO.)

Material #: 153921(查證 OK)

LTP CURVED BLADE WITH DRAIN HOLES DRW: 310660-00C

STAINLESS STEEL PLATE, SHEET, BAR, STRIP: MAT 36015-00B

MATERIAL CONTROL PRD: 36069-00A

LOWER TIE PLATE BRAZING PRD:A1C-1001125-1

b.LTP curved blades w/o drain holes(EHRHART TOOL & MACHINE CO.)

Material #: 155095(AREVA order 37500,but 製造 38326)

LTP CURVED BLADE W/O DRAIN HILES DRW: 310907-00A

STAINLESS STEEL PLATE, SHEET, BAR, STRIP: MAT 36015-00B

MATERIAL CONTROL PRD: 36069-00A

LOWER TIE PLATE BRAZING PRD:A1C-1001125-1

c.LTP casting(PCC)

Material #: 155918(118)

LOWER TIE PLATE CASTING DRW: 310083-01C(爲 CDP-PL-1750 310083-01 之更新版，其改版影響爲 minor 爲增加圖面說明之澄清及組件之 performance)

LOW COBALT CASTING MFG: MM-PR 105-04

LOW Cobalt CASTING Spec. PRD:08-5025452-005

d.UTP casting(PCC)

Material #: 155913(650 each)

UPPER TIE PLATE CASTING DRW:02-5053465A1-00(其與 CDP-PL-1750 之 02-5053466A1-00 不一致，02-5053465A1-00 爲更仔細版本適用於現場施工，至於 CDP-PL-1750 爲合約之要求，故與合約無關之規範或設計細節 AREVA 以另一圖號處理，其好處爲可適用於不同合約之現場施工，亦可以減化合約之爭議)

LOW COBALT CASTING MFG: MM-PR 105-04

LOW Cobalt CASTING Spec. PRD:08-5025452-005

[註：整理稽查員詢問 LTP/UTP 文件審查之其他問題：

- 1)EHRHART TOOL & MACHINE CO. is not in the AREVA ASL. (AREVA 現場提供更完整之 ASL list 並確認無誤)
- 2)The drawing and specification in EMF-PL-1750 and CDP-PL-1750 are not consistent.(ex LTP, UTP, UO2 pellet) (AREVA 解釋 EMF-PL-1750 爲工作現場使用其更完整，至於 CDP-PL-1750 係爲合約要求之最低規範，爲進一步確認其中之差異已請連續品質工程師調圖比對，現場查證符合 CDP-PL)
- 3)For LTP curved blade with or without holes, the actually delivered quantities is greater than the ordered quantities.] (AREVA 解釋其政

策多訂貨以留餘裕)

3. AREVA 製程品質文件，抽查紀錄：

由於本次稽查期間僅有 pellet 完成所有製程，故僅 pellet 有完整之品質文件供稽查員審查，至於 Rod 及 Fuel Bundle 由於仍在製造中，本次稽查著重於現場觀察，其現場之品質文件 AREVA 係直接存於電腦中，於稽查現場要求其會直接在作業電腦上顯示給稽查員審查，稽查員進一步要求是否可提供給稽查員之辦公室內自行登入查證(稽查員電腦權限僅看相關程序書、Drawings 及 Specifications，若列印則需透過 AREVA，基於環保政策稽查員不要求多印不需要之程序書，故於電腦上以 ACROBAT 軟體一頁一頁翻閱程序書著實耗時及極損眼力)，陪同之品質工程師解釋稽查員電腦帳戶對該資訊無此使用權限，否則稽查員將看到所有之相關品質文件，包括不屬於本公司之品質文件，若稽查員需要，AREVA 會晒印提供，但無法做到自行登入查證將非常不方便，因為無法於現場自行翻閱相關程序書並與結果比對。稽查員於現場抽選部分資料結果正常，由於現場工作執行中，無法上線隨意挑選審查，審查深度總不如自己登入之自行查證仔細，因此實際上之品質文件審查並不方便，經稽查員反應，AREVA 品質工程師善意回應解釋該公司保護其他客戶之政策(AREVA 之客戶包括美國國防部)亦是保護本公司，且 AREVA 並不是不提供資料只是需透過品質工程師才能取得，基於買賣雙方本來就存在互信，現場觀察 AREVA 已朝自動化之管制因此稽查員相信電腦之紀錄應無大問題，比較有可能有問題的部份為人工之檢驗部分，人工檢驗部分以 pellet 居多，此部分 AREVA 亦已大幅度改善，故亦同意其做法並將審查重點放在 pellet 文件之審查，其中審查重點如下：[審查結果除發現極少數圖面編號有不一致之情形外(原因為更仔細版本適用於現場施工，至於 CDP-PL-1750 為合約之要求，故與合約無關之規範或設計細節 AREVA 以另一圖號處理，其好處為可適用於不同合約之現場施工，亦可以減化合約之爭議以減化合約爭議，經查證 2 者之 pellet 為相同設計)，並未發現不合格之處]

Density 規範： $95.85 \pm 1.5\%$ TD

Enrichment： ± 0.05 for UO₂， $\pm 1.55\%$ for GD203

U234 Content： $\leq 10 \times 10^3 \mu\text{g/g}$ U235

U236 Content : $\leq 250 \mu\text{g/gU235}$

Diameter : Nominal ± 0.0005 inches (0.3416~0.3411)

Length : Nominal ± 0.039 inches (0.4274~0.4080)

Dish volume : 6.03~5.18mm³

Surface finish : 要小於 63microinch

Total impurities : $\leq 1500 \mu\text{g/gU}$

EBC(equivalent Boron Content) : $\leq 4.0 \mu\text{g/gU}$ (pre-control limit is 3.0)

Hydrogen(H₂) : $\leq 1.0 \mu\text{g/gU}$ (pre-control limit is 3.0)

A. 3.5%UO₂ pellet

Material number:155681

Drawing: 310873-00A(其與 CDP-PL-1750 不一致，經稽查員查證 310873-00A 其係將原 CDP-PL-1750 之 309945-00 (OPT1 for UO₂, OPT2 for NAF, OPT3 for Blanket pellet) 之 OPT 1 獨立為單獨之 Drawing，兩者 pellet size 應為一致)

Product Spec: 08-9073415-001, 36002-01A

Material Spec: 36001-00A

B. 4.7%UO₂ 、5.5% GAD pellet

Material number:157014

Drawing: 310874-00A(其與 CDP-PL-1750 不一致，理由同前)

Product Spec: 36004-01A

Material Spec: 36001-00A、36003-00B

C. 4.4%UO₂ pellet

Material number:155037

Drawing: 310873-00A(其與 CDP-PL-1750 不一致，理由同前)

Product Spec: 08-9073415-001, 36002-01A

Material Spec: 36001-00A

D. 4.0%UO₂ pellet

Material number:155033

Drawing: 310873-00A(其與 CDP-PL-1750 不一致，理由同前)

Product Spec: 08-9073415-001, 36002-01A

Material Spec: 36001-00A

E. 4.9%UO₂ pellet

Material number:155035

Drawing: 310873-00A(其與 CDP-PL-1750 不一致，理由同前)

Product Spec: 08-9073415-001,36002-01A

Material Spec: 36001-00A

F. 4.7%UO₂ pellet

Material number:155407

Drawing: 310873-00A(其與 CDP-PL-1750 不一致，理由同前)

Product Spec: 08-9073415-001,36002-01A

Material Spec: 36001-00A

G. 2.6%UO₂ pellet

Material number:155464

Drawing: 310873-00A(其與 CDP-PL-1750 不一致，理由同前)

Product Spec: 08-9073415-001,36002-01A

Material Spec: 36001-00A

[註：

- a. 其他組件之製程，截止至 2008.9.5 2:30 Fuel Rod 已完成 84% = 13014/16744，Fuel bundle 已完成 120/184，正在製程中有 3 支分為 K2F122、K2F123 及 K2F124，稽查員並由 ABRs(Automated Bundle Release System)系統上發現 1 支編號 K2F115 有 comment，其 comment 為 AREVA 檢查人員在組裝完後於垂直檢查站檢查時發現接近 UTP 第 2 個 spacer 處有 weld pin hole，需進一步評估(comment: 2nd spacer from UTP s/n 119076 A side has a weld pin hole. Awaiting for evaluation)，2008.9.5 稽查員即請 AREVA 安排至現場觀察，實際之觀察時間為當日下班時間後，於現場觀察到於該 spacer 位置有 1 個肉眼可觀察到之微小焊洞，AREVA 現場工程師 VINH NGUYEN(越南籍)與 VOLKER SCHOSS(德國人)說明該焊洞大小小於 RICHLAND 以前製造 Spacer 之焊接 Visual Standard，若依其過去標準是可以判為合格，然此 cage 由 Karlstein 製造，其為 AREVA 之 cage supplier，AREVA 工程師 VINH NGUYEN 為慎重處理

已照相並將相片寄至德國，請 Karlstein 查證檢驗紀錄，並進一步評估是否合格，並說明若 Karlstein 之評估結果為不合格，其結果為棄置整個 cage，本批次 AREVA 並有多購置 1 個 cage 並不會影響到本公司之時程，至於 UTP、LTP、及 Fuel Rod 經 visual inspection 合格後則可繼續使用，AREVA 工程師 VINH NGUYEN 會把最後評估結果依內部程序送該公司台電計畫經理(Kris A. Mitchell)辦理，若涉及需本公司同意部分會送本公司審核(如使用不合格之 spacer，但若 cage 整個棄置換新則不需送本公司同意)，稽查員並提醒及強調需確保符合本公司之品質要求，其同意遵照辦理。]

- b. 由於 Michael Brighton 需於 9.6 凌晨 1:00 離美至歐洲公出，其需於 9.5 下午 2:30 離開辦公室，因此當日下午改品質工程師 John H. Philips host 稽查員，然而 John 下周一不在，下周一 Michael 再另安排 Jerald L. Holm, PH.D. host 稽查員，此 2 位品質工程師皆滿隨和，故此次稽查雖換了 3 位品質工程師，在互相認識及語言上皆多花了一點時間溝通，但好處是多認識一些人，另有一番收穫。John H. Philips 並展示 ABRS 系統之功能，此系統已發展 5~6 年，並已使用近 1 年，其目標為將每一個工作流程及檢查流程電腦控制化，包括符合電腦設定的標準才能進行下一個流程。稽查員亦藉著使用其 ABRS 系統查閱 AREVA 相關 QC 流程是否正確被執行，其中發現 K2F115 Spacer 有 weld pin hole 之 comment 係在此一階段發現，發現時間為周五近下班時間，經稽查員之通知，AREVA 即立即處理並於下班時間緊急召集相關工程師進行相關評估的工作。由此 ABRS 之發現經驗顯示，在內部作業上 AREVA 之制度很上軌道，應不至於隱藏問題，只是對於外來之 Audit 還是無法有使用帳號以進入該系統，其可能顧忌有電腦作業管控不希望商業機密外洩，也可能所有內部議題皆公開的話，會有某些模糊議題引起顧客關心而有合約上之爭議，其已規劃解決電腦管控權限之問題，若可能的話希望能做到即使遠在台北亦能上線美國 AREVA ABRS 系統，直接獲得相關資訊，若能做到此，資訊之公開將更進一步，應能讓顧客對其產品更有信心。
- c. 稽查員要求提供有關 fuel rod fabrication 相關 qualification record，Michael Brighton 告知相關 qualification record 早已送本公司審查且核准，經溝通才知正確 wording 為 manufacturing record for KS2H21，但是工作

人員熟悉之 wording 則為 NIMS 及 ROD TRACES data，於是請 AREVA 隨機抽取 rod traces data 供稽查員審查，共審查了 rod# 108021606413、107151599411、10715185410、105011627410、107151932416 等共 5 根之紀錄，結果符合要求。

4. 現場工作觀察：

由於 AREVA 將核燃料各主要零組件規範皆輸入核燃料製造工廠電腦，其工廠內每個工作站之電腦(大部分用 PC 兼做 terminal)均已連線，程序書可隨時由電腦取得使用，從二氧化鈾粉末至核燃料棒裝填，整個製程中任一階段若發生不合規範之產品，電腦即予以標示或自動判定不合格，並妥善隔離貯存或 Scrap(廢棄)，所以 AREVA 公司製造之本公司核燃料，應該沒有不符合核燃料規範之疑慮。另外由於現場之 FME(需盡量避免帶紙筆進入)，輻防管制區等限制需要有 AREVA 人員陪同，因此現場查核無法將程序書攜入且需事先連絡相關工廠之負責工程師才能進入查核，故查核內容主要觀察工作人員態度，電腦上之資料是否為最新版本，及實際之 Inspection，觀察期間並未發現不符合要求之情事。

A. Bundle Assembly 組裝：(Chris Husselman, Lead Bundle Assembly)

於 2008.9.3 觀察編號 K2F095 之完成組裝作業，該作業區屬 FME 管制區，且當使用空氣噴槍清潔時，現場規則要求需帶上耳塞。批次燃料束總共有 184 組，編號為 K2F001~ K2F184，燃料型式為 Atrium-10，10×10，內含 83 支全長燃料棒與 8 支 partial length 燃料棒及一支水匣(water channel)，水匣尺寸相當於 3×3 之位置大小。組裝前操作員先檢查 K2F095 之 LTP、UTP 及 Cage 之 barcode 是否正確，再將底部繫板與間隔板以及間隔板的保護板在組裝平台固定妥當，經檢驗員檢查後，操作員用手動控制驅動器全程驅動 1 次以確定設備及相關定位正常，再手動驅動 8 支短棒(partial length)至底部繫板之定位點，再由檢驗員檢查確認。燃料棒的插入參數與位置已先經過審核並輸入中央電腦[ABRS(Automated Bundle Release System)系統已將近使用 1 年]並與現場工作電腦連線 check，由現場工作電腦讀取並控制依序插入燃料棒，操作員並依據另壹臺工作電腦之指示將 K2F095 之 83 根燃料棒依據插棒順序，從燃料棒儲存箱(tray)讀取燃料棒電腦條碼後，燃料棒送到組裝平台，燃

料棒經電腦核對後，依據設定的插入速度通過間隔板最後到底部繫板定位。所有的燃料棒插入完成後，再安裝頂部繫板，經檢驗員檢查後，完成燃料束組裝作業。觀察操作員的作業，並未發現不符合情形。

B. Pellet Fabrication and Inspection : (Andrew Greene, Fuel Manufacturing Engineer)

燃料丸製造大部分係密閉製程，並無法目視觀察，於 2008.9.4 現場觀察本批次最後之批 pellet(4.95%)製程，觀察時其已完成 pressing(有關壓模步驟之嚴格控制僅能聽陪同人員解說，由其解說可以得知要得到完美之燃料綠丸需依程序書規定做精密之調整)，實際之觀察係從燒結開始，然後進行無心研磨，光學自動檢查，及 2 位女性工作人員執行 100%視覺檢查表面缺陷(flaw)(現場觀察到檢查員很快地、不假思索地把懷疑有問題之 pellet scrap，因此被 scrap 之 pellet 數量很多，約有 10%以上，因此應能有效大幅提昇 pellet 之品質。操作員目視檢驗標準為 EMF-2020 Quality Production Standard R-341 Revision:0，此標準以圖像標示不合格之表面缺口與裂痕，並且張貼於檢查台前面，方便檢驗時對照使用。) ，每 1~3 小時會由控制電腦告知工作負責人指派另 1 位獨立檢查員再隨機抽查(OverSEER program Product Quality，抽查執行燃料丸，若每盤燃料丸 overcheck 發現不合格的燃料丸為 4 個以內，狀態為 Fully Acceptable(green)，每盤燃料丸 overcheck 不合格的燃料丸為 5 至 10 個，狀態為 Acceptable (yellow)，若發現 11 個以上不合格燃料丸，則狀態為 Rejected(red)，需停止燃料丸研磨作業，並填發 Condition Report (CR)追蹤，以及檢查前次 overcheck 抽查後之所有燃料丸，待檢查為可接受後才能重新啟動燃料丸研磨作業。) ，AREVA 並介紹目前已在測試 APIS 系統，該系統可更有效改善 missing pellet surface 問題，預計 2008 底可以使用此系統。

C. Fuel Rod and Inspection : (Dan C Kingman, welding Engineer)

於 2008.9.4 執行現場觀察，Mr. Kingman 之解釋很詳盡，觀察先從以儀用空氣沖洗燃料護套內部開始，下端塞封焊（作業現場備有電焊參數表、Tooling Pick List、End Welder Setup Check off Log Sheet、Sample Plan 等文件供使用，查證自動電焊機電腦參數設定是否符合焊接程序參數，核對電腦參

數設定包括電流、weld force、Chamber 壓力、真空、焊接時間等，抽查結果設定正確，自動電焊機上之各指示儀錶均有貼上校正標籤，且在校正有效期限內，符合規定。），除每次正式焊接前，需執行2根焊接，依程序書規定需在每一個project前需執行8-9(for PWR Rod 8 only)，project結束後再執行1根burst test因此，焊接品質應可以確保，現場儀器參數及有效日期查證亦皆合格，焊接後觀察微米光學掃瞄器檢查每個焊接之結果。下一步自動化作業為燃料丸裝填，然因燃料丸裝填位在另個隔間需著輻防衣鞋，故先觀察第2次焊接之情形（燃料棒上端塞電焊作業使用焊接程序MCP-30296，查閱自動電焊機電腦參數設定是否符合焊接程序參數，經核對電焊機的電流、weld force、Chamber 壓力、真空、焊接時間等設定，結果皆正確）及燃料棒檢查，包括主動式/被動式燃料棒檢驗系統(AFRAS- Active Fuel Rod Assay System)，現場並抽閱每個shift之2支standard燃料棒掃瞄之結果正常。再執行直度及長度尺寸之檢驗，另外每支燃料棒轉動360 度檢查是否有抓痕、汙點等final inspection。完成檢驗之燃料棒50 根為一組進行氦探漏檢測(Helium Leak Check)作業，以檢查燃料棒焊接缺陷。最後才更衣觀察燃料棒裝填作業，該操作員有帶布帽(至於非燃料裝填操作員之該廠房其他人員並無帶帽)從燃料丸儲存櫃(vault)選取一盤(sheet)燃料丸放入裝填床，電腦先讀取盤(sheet)的電腦條碼(位於盤底之的電腦條碼)，以確定是否選擇正確的合約號碼、爐號、濃度的燃料丸，利用振動自動裝填入燃料棒內。觀察操作員執行燃料丸裝填作業，未發現不符合程序書規定事項。

柒、稽查建議及結論

稽查員於 9.8(周一)15:00 假稽查後會議就本次稽查結果與 AREVA 討論（詳附件二），AREVA 參與人員包括：

Larry Tupper(Manager, Fuel America Quality and Training)

Cris Powers(Project Manager)

Jerald L. Holm, PH.D.(Quality Specialist)

David M. Vetrano(Manager, Ceramics Operations)

Robert K. Follett(Manager, Rod & Bundle Operations)

Andrew Greene(Process Engineer)

會中討論及建議包括：

- 1.以CR編號2008-4126(machining chip in FUELGUARD lower tie plate)為例，建議AREVA對某些CR應照相建檔，有相片佐證將易於說明及審查，獲AREVA同意接受稽查員之建議。
- 2.對AREVA發展ABRS系統及其功能讚賞，建議及希望未來即使遠在台北亦能上線使用，AREVA表示此事(開放外單位使用)除涉及軟硬體之開發，亦牽涉AREVA內部及外部之行政管制，不為單方面AREVA可以解決，亦需對方單位如本公司同意及配合辦理才能達成，AREVA表示稽查員之建議會列入 ABRS系統持續開發之目標，並往此方向努力辦理。
- 3.於pellet文件之審查，發現極少數品質文件所記載之圖面編號與CDP-PL-1750不一致，經稽查員進一步查證其為AREVA適用於現場施工之更仔細版本，其規範符合合約之要求，稽查員提醒AREVA需做好內部管制以免違反合約，經AREVA說明相關規範或圖面修改已於程序書規範，AREVA將做好相關管控機制。

最後，本次稽查項目包括 1.本批次核燃料製造期間 Condition Report 審查。2.Richland 工廠製程自動化查證。3.材料接收檢查狀況查證。3.Richland 工廠 KS2F18 製程品質文件查證。及 5.KS2F18 製程現場作業查證。稽查結果除上述建議外，均符合要求。

捌、附件

附件一：稽查計畫(稽查前會議)。

附件二：稽查結果(稽查後會議)。

附件一：稽查計畫(稽查前會議)

Mrs. Mitchell, Mr. Brighton, and gentleman:

This audit visit, I will stay here about 5 working days from Today till next Monday.(And I will leave Richland in the next Tuesday morning.)

My audit plan had mailed to Mrs. Mitchell last week. It covers 5 areas. And let me brief my audit plan quickly:

The first, please prepare the list of CR report for KS2R20 to me to review.

The second, show me your automatically system how to control the production and service process, and how to check and make sure using the correct documents during specific fabrication

The third, I want to see your verification documents of purchased product for your suppliers, especially for FUELGUARDTM Low Tie Plates, Fuel Rod Cladding, Fuel Channels and Cage Assemblies for KS2F18.

The forth, I want to review the manufacturing records of your on-site services, such as the Data sheets of UF6 Conversion, UO2 Pellet Fabrication, Gadolinia Pellet Fabrication, Fuel Rod Assembly, and Bundle Assembly. Especially for the records of QC releases point, which includes your inspection and test results.

The last, I want to observe some of your on-site work floor area, such as Pellet Testing and Inspection, Fuel Rod Assembly and Inspection, Fuel Bundle Component Fabrication and Assembly and Inspection. And I plan to see the qualifications of on-site service, operating logs, the control of fuel related product identification, the in-process inspection, and the control of hold point.

This is all the 4 areas of my plan. I hope I can get your assistance during my stay. Thank you.

GDLI

附件二：稽查結果(稽查後會議)。

Summary of the Fabrication Audit Kuosheng Reload KS2H21

Dates: September 2~9, 2008

Location: AREVA NP, Richland, Washington, U.S.A.

Auditor: Gwo-Ding LI, Representing Taiwan Power Company

Acknowledgment:

I appreciate AREVA helping me in performing this audit. The customer service of AREVA is very good and friendly and are very open with regards to my questions. And, thanks to everyone that I met, they are all willing to answer any questions I asked. They do not try to hide anything which gives me the confidence in the quality of fuel fabrication.

The results of my reviewed areas during this audit:

1st area is the reviews of CRs, I have only one suggestion, it is about CR#2008-4126, this CR is about "find a machining chip in FUELGUARD lower tie plate in the LTP final inspection". For this CR my suggestion is if there is a picture been attached to this CR document, it will be easy to evaluate and follow up. So take a picture and attached to the document is need for some CRs.

[In this case a picture should be need in the whole evaluations process]

2nd area is to see the automatically and computerized fuel fabrication process in Richland site. What I had saw is your system is very advanced. Especially for the ABRS (Automated Bundle Release System), and thanks John show me the functions of ABRS, we can see the on-line status of Taipower fuel fabrication and the major steps of manufacturing and inspections. And we also observed there was a comment in the fuel bundle # K2F115, the comment was "2nd spacer from UTP s/n 119076 A side has a weld pin hole. Awaiting for evaluation", with ABRS system I think it is a very effect way to examine the associated process and put the information on-line immediately. I think this is one of AREVA so-called "lean techniques" to verify the process effectiveness. I hope in the near future Taipower can access this system through the internet in

Taipei. In that way, not only AREVA using the lean method, but also taipower can learn from your system and perform the audit more efficiently.

[The more lean method , the more quality in your process, and the more confidence taipower will get the best fuel .] It is a win-win situation.

The third area is to review certification documents of cladding · LTP · UTP for your suppliers , one item of my review is to check if it is complied with the associated specifications , and found some drawing# and specifications # are not consistence for CDP-PL-1750 and EMF-PL-1750 · CDP-PL(Customer Design Package) is for taipower contract control document and EMF-PL is your internal process control . I guess the reason to use two different PLs is to avoid some issues of contract. By myself roughly checking the EMF-PL drawings are more detail than taipower contract PL , I think the purchsed products do not violate the specification. But if there is a cross reference between these two PL documents, it will be better to compare and will reduce the misunderstanding for the auditor. But for taipower the best way is to let these two documents refer to the same drawing# and specification# .

The last 2 areas are to observe the fuel Fabrication processes and to review the manufacturing records , for these 2 areas I have no any comments.

At last thanks for assisting me to perform this audit . Thanks you all.

GDLI