

出國報告（出國類別：其他）

赴美國亞瑞華核能(AREVA NP)公司進行核二廠爐心設計分析稽查及議題討論

服務機關：核能研究所

姓名職稱：許耕獻 研究助理
葉昭廷 副研究員

派赴國家：美國

出國期間：106 年 8 月 12 日~106 年 8 月 25 日

報告日期：106 年 9 月 6 日

摘要

美國亞瑞華核能公司（AREVA NP Company）為核一、二廠目前的核燃料供應商，為確保運轉時燃料之完整性，在燃料製造過程及爐心佈局設計與安全分析，對燃料製造廠家進行縝密查驗至為重要，因此派員協助台電公司至亞瑞華核能公司進行稽查工作。

本次出差主要工作項目為(1)查證新燃料批次之標準冷態爐心幾何無限增殖因數與熱水流參數計算，(2)執行核二廠一號機第二十六週期爐心佈局設計與熱水流分析稽查，並參訪燃料製造工廠，(3)與當地工程師進行各項議題討論。

本次稽查檢視了相關計算書、相關程式計算 I/O 檔及分析指引(guideline)，審查結果顯示各項數值均符合台電公司要求及該公司內部設計規範，計算過程均依照分析指引執行。該公司亦安排於 8/15 日上午參訪燃料束製造組裝工廠，針對燃料束製造的各項環節詳細解說並解答疑惑。

稽查期間，不斷與該公司中子分析工程師 Dang Patchana 與熱水流分析工程師 Luo Stone 面對面地溝通討論後，行前準備的議題及過程中發現的相關問題均已獲得明確的說明及答覆，本次稽查之既定目標已順利達成。

關鍵字：爐心佈局設計、核二廠

目 次

摘要	i
一、 目的.....	1
二、 過程.....	2
三、 心得.....	12
四、 建議事項.....	13
五、 附錄.....	14

一、 目的

本次出差配合計畫「核二廠裝載池設備修改、評估與安裝工作臨界分析、熱流分析及 Blackness Testing」之執行，前往燃料製造廠家美國亞瑞華核能公司(AREVA NP Company，以下簡稱 AREVA)查證新燃料批次之標準冷態爐心幾何無限增殖因數與熱水流參數計算，審閱相關文件並討論相關議題，確認燃料貯存池與裝載池臨界之分析符合安全準則。

AREVA 公司為目前國內核一、二廠核燃料之供應商，台電公司為確認 AREVA 公司分析作業之安全與品質，每次爐心燃料填換必須派員至該公司查驗相關程序書及紀錄。本所長期協助台電公司針對廠家每次爐心設計進行驗證分析工作，包括中子計算與熱水流暫態分析，累積相當經驗，且針對本次稽查週期(核二廠一號機週期二十六:KS1C26)在設計階段所衍生之問題與變更是否造成爐心中子與熱水流分析模式的影響，爐心全功率運轉或功率變動狀況下運轉都必須確保燃料之完整性，以及燃料製造過程及爐心佈局設計與安全分析階段，有必要對燃料製造廠家進行縝密查驗，並與 AREVA 核能專業工程師面對面討論有關分析技術議題亦是本次出差重要項目。討論之議題包括，(1)燃料廠家對降載運轉(Coast Down)的方法與衍生的問題，(2)核一廠水棒連結桿斷裂的中子通量分析方法與結果討論，(3)平行驗證議題的澄清，(4)ACE 預估式的常數項與燃料種類的關係。

二、 過程

(一)行程

此次公差自 106 年 8 月 12 日起至 106 年 8 月 25 日止，共計 14 天，詳細行程如下：

月	日	星期	地點	工作內容	
				上午	下午
8	12~13	六~日	台北-李奇蘭	去程	
8	14	一	李奇蘭	稽核前會議、拜訪各工作人員、架設工作站	與工程師 Dang 討論
8	15	二	李奇蘭	參訪燃料製造廠	與工程師 Dang 討論
8	16	三	李奇蘭	稽查及研究相關問題	與工程師 Luo SS 討論
8	17	四	李奇蘭	與工程師 Dang 討論	稽查及研究相關問題
8	18	五	李奇蘭	稽查及研究相關問題	與工程師 Dang 討論
8	19~20	六~日	李奇蘭	資料整理	
8	21	一	李奇蘭	整理稽查結果	整理稽查結果
8	22	二	李奇蘭	研討相關議題	總結會議
8	23~25	三~五	李奇蘭-台北	回程	

(二)出國紀要

本次參訪 AREVA 公司主要任務為稽查核二廠一號機第二十六週期(KS1CY26)爐心佈局設計，本所指派爐心分組的副研究員葉昭廷及研究助理許耕獻等兩員進行協助，而同行台電公司負責主要稽查的業務人員為黃晉淪工程師。

以下說明此次稽查工作紀要：

1. 稽查前

進行稽查工作前，AREVA 公司安排稽查前工作會議(Entrance Meeting)，其內部重要相關人員大多與會，包括專案經理 Kris Mitchell 及 Robert Follett、中子分析組工程師主管 Dang Patchana 及工程師 Lu Chen、安全分析組工程師主管 Jerry Ingham 及工程師 Stone Luo 等人。其中 Bob (Robert)為台灣專案經理，是由燃料製造工廠調升，熟稔整體製造流程，也是本次引領參訪燃料製造工廠的人員。雙方人員互相介紹，針對稽查相關議題與行程，進行溝通討論。

2. 審閱資料

AREVA 公司提供 KS1C26 計算書及相關報告共 50 本，全部計算書陳列如表 1。分別為新週期的中子分析共 8 本、安全分析共 10 本、與週期無關的通用分析共 19 本、新燃料裝填報告共 3 本、COLR 報告 1 本、PPD 報告 1 本、reload licensing 報告共 4 本、其他相關報告共 4 本。

KS1C26 爐心設計重要中子與熱限值參數之接受標準及廠家(AREVA)分析結果比較如附錄一所示，而本次稽查爐心設計中子與暫態分析重要清單及查驗結果如附錄二所示。

3. 議題探討

1. 燃料廠家對降載運轉(Coast Down)的方法與衍生的問題
2. 核一廠水棒連結桿斷裂的中子通量分析方法與結果討論
3. 平行驗證議題的澄清
4. ACE 預估式的常數項與燃料種類的關係

4. 審查期間重要參訪行程

參訪燃料製造廠

AREVA 公司排定於 8/15(二)上午參訪燃料製造工廠，由台灣專案經理 Bob Follett 帶領大家參觀。

Bob Follett 先前任職於工廠，故對工廠的生產動線與工作人員都非常熟稔。本

次參訪包括鈾濃縮廠、燃料製造廠以及燃料組件加工廠。主要針對與燃料製造廠以及燃料組件加工廠進行簡介：

- (i) 燃料製造廠：燃料製造廠負責將燃料丸裝填至燃料護套中，再將燃料護套集結成燃料束。由於本過程須確保燃料丸及燃料束的排列不能出錯，故十分重視燃料裝填的部份及燃料裝填完畢後的檢測部份，像是燃料護套內部會使用高壓氣體沖洗的方式確保管內無雜質，接著採用震動的方式緩速地將燃料丸置入管內以避免燃料丸表面有刮損。而裝填完畢的檢測用各種儀器掃描，藉由中子及伽馬射線來分辨燃料束軸向的濃縮度，藉以驗證燃料軸向裝填的正確性。此外，整個燃料製造廠環境清潔明亮，且人員裝備齊全，器具也都陳列整齊。除了紅線管制，地上還繪有開門區、警戒區(黃線)等標示，管理良好。
- (ii) 燃料組件加工廠：本廠區展示了各種燃料元件，包括下繫板(Lower tie plate)、格架(spacer)、上繫板(Upper tie plate)，Bob 也簡單的介紹了新型燃料 ATRIUM-11，相對於核二廠現在使用的 ATRIUM-10，ATRIUM-11 的下繫板能更有效的過濾水流中的雜質，並且提供更好的熱水流混合。

5. 稽查總結會議

稽查總結會議上 AREVA 公司各領域代表皆有出席，並由安全分析主管 Jerry Ingham 針對核二廠降轉議題進行簡報。根據稽查清單，本次稽查並未發現 AREVA 公司的爐心設計與熱水流分析有重大缺失，整體稽查過程順利。

表 1 AREVA 公司所提供之計算書資料

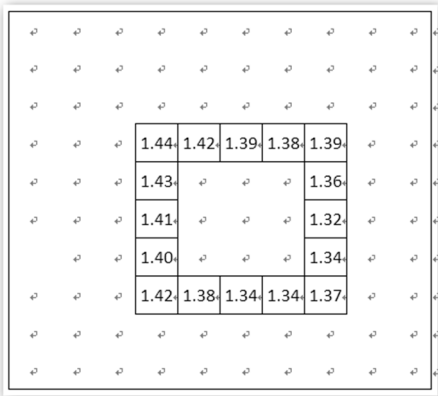
CALCULATION_ANALYSES		
Cycle Specific-Neutronics		
RKF:17:017	Signed Contract for Kuosheng Unit 1 Cycle 26 Core Re-Licensing	
FS1-0025808 Rev. 1	Kuosheng Unit 1 Cycle 26 Licensing Analysis Work Plan	
FS1-0030257 Rev. 1	Kuosheng Unit 1 Cycle 26 Fuel Cycle Design (Re-Licensing)	
FS1-0030262 Rev. 1	Kuosheng Unit 1 Cycle 26 Backup Stability Analysis (Re-Licensing)	
FS1-0030263 Rev. 1	Kuosheng Unit 1 Cycle 26 Long Term Stability Option_III Setpoint Calculation (Re-Licensing)	
FS1-0030338 Rev. 1	Kuosheng Unit 1 Cycle 26 Control Rod Drop Accident Analysis (Re-Licensing)	
FS1-0031029 Rev. 1	Kuosheng Unit 1 Cycle 26 Disposition of Events (Re-Licensing)	
FS1-0032417 Rev. 1	Kuosheng Unit 1 Cycle 26 Projection, Coastdown, and Neutronic Disposition of Events	
Cycle-Specific-Safety		
FS1-0025809 R1	Kuosheng Unit 1 Cycle 26 Safety Analyses Task Plan	
FS1-0030170 R1	KS1C26 Core Redesign – TTNB	
FS1-0030171 R1	KS1C26 Core Redesign – FWCF	
FS1-0030172 R1	KS1C26 Core Redesign – ASME Over-Pressurization	
FS1-0030173 R1	KS1C26 Core Redesign – MCPRSL	
FS1-0030174 R1	KS1C26 Core Redesign – LOCA Limiting Power History	
FS1-0030176 R1	KS1C26 Core Redesign – MCPRp and LHGRFACp	
FS1-0030178 R1	KS1C26 Core Redesign – MCPRf	
FS1-0032448 R1	KS1C26 Core Redesign – Coastdown	
FS1-0032480 R1	KS1C26 Core Redesign – TH Coastdown Disposition	
Generic		
32-9120963-000	Kuosheng Unit 2 Cycle 20 Core Follow and Projection	Hot Target
FS1-0015443 Rev. 1	Kuosheng Cold Critical Data and TIP Statistics	Cold Target
FS1-0026578 Rev. 1	Kuosheng Unit 2 Cycle 24 Final Core Flow	TIP Statistics
32-9134563-000	Kuosheng Units Channel Seal Resistance Tuning a for MICROBURN-B2	
Generic_Pressure		
FS1-0020940 Rev. 1	Kuosheng Multicycle Analysis with Variation on Nominal Dome Pressure	
FS1-0020942 Rev. 1	Kuosheng Flow Run-up Analysis with Variation on Nominal Dome Pressure	
FS1-0021219 Rev. 1	Kuosheng Control Rod Withdrawal Error Analysis with Variation on Nominal Dome Pressure	
FS1-0021419 Rev. 1	Kuosheng Unit 1 Cycle 25 Control Rod Drop Accident Analysis for Dome Pressure Variation	
FS1-0021420 Rev. 1	Kuosheng Unit 1 Cycle 25 Stability Analysis for Dome Pressure Variation	
FS1-0021669 Rev. 1	Kuosheng Misorientation Analysis with Variation on Nominal Dome Pressure	
FS1-0021978 Rev. 1	Kuosheng Mislocation Analysis with Variation on Nominal Pressure	

FS1-0022234 Rev. 1	Kuosheng Loss of Feedwater Heating with Variation of Nominal Dome Pressure
FS1-0022295 Rev. 1	Kuosheng Disposition of Events for Variation of Nominal Dome Pressure
FS1-0022829 Rev. 1	Licensing Analysis Work Plan for Kuosheng Dome Pressure Variation
Generic_SPU	
FS1-0010617 Rev. 1	Kuosheng Cycle Independent Loss of Feedwater Heating Analysis for SPU
FS1-0010741 Rev. 1	Kuosheng Cycle Independent Control Rod Withdrawal Error Analysis for SPU
FS1-0010921 Rev. 1	Kuosheng Cycle Independent Mislocation Analysis for SPU
FS1-0010975 Rev. 1	Kuosheng Cycle Independent Flow Runup and LHGRFACf Analysis for SPU
FS1-0011337 Rev. 1	Kuosheng Cycle Independent Misorientation Analysis for SPU
Reload Specific	
FS1-0025936 Rev. 1	Kuosheng Unit 1 Fabrication Batch KS1R25 ATRIUM-10 Cross-Section Library Generation & FUELRQ Uranium Requirements
FS1-0015598 Rev. 1	Kuosheng Unit 2 Fabrication Batch KS2R24 ATRIUM-10 Cross-Section Library Generation, FUELRQ Uranium Requirements, and Channel Bow Colorset Analysis
FS1-0010148 Rev. 1	Kuosheng Unit 1 Fabrication Batch KS1R24 ATRIUM-10 Cross-Section Library Generation, FUELRQ Uranium Requirements and Channel Bow Colorset Analysis

表 2 行前議題與回覆

No.	議題討論	討論結果
1.	燃料廠家對降載運轉(Coast Down)的方法與衍生的問題	AREVA 選定正常週期末(EOC)燃耗前 500 及 1000 MWD/MTU 二燃耗點進行 Cooldown 計算，降載前起始狀態為控制棒全出(ARO)、爐心全流量(100%Flow)、爐心全功率(100%Power)，每多 100 MWD/MTU 燃耗計算一點，搜尋爐心功率使之平衡於熱 K_{eff} 目標值，一直計算到頂到燃耗限值(pin/pellet/bundle)，針對這些狀態點進行暫態 DCPR 評估。 電廠於運轉時須運轉在 MCPRp 之上，MCPRp 是由 OLMCPR(SLMCPR+極限暫態 DCPR)再加上些許保守度得到。SLMCPR 是考慮電廠參數的不準度所計算而得，不會因為 COAST DOWN 而變化，而暫態 DCPR 來說，分為兩個部分，一個是 Pbyypass 以下(功率小於 40%)，這部分的極限暫態屬於非閥位急停，且發生在 NEOC 之前(大多發生在 BOC 至 MOC 之間)，所以 COAST DOWN 不會影響暫態 DCPR 的數值。另一方面，是 Pbyypass 以上(功率大於 40%)，沒有閥位急停的案例，極限暫態多發生在 EOC(因為功率分布較 TOP PEAK)，所以需要考慮 COAST DOWN 的效應，不過燃料廠家在安全分析時，有使用 LICENSING BASIS 的中子步進燃耗 (此步進燃耗的 AO 在 EOC 會比 DESIGN BASIS 大很

		多，兩者 AO 相差值約為 5 至 6)，根據廠家提供的計算結果顯示，不論有沒有考慮 COAST DOWN，LICENSING BASIS 的 DCPR 在 Pbyypass 以上皆遠大於 DESIGN BASIS。綜合上述，電廠運轉時所關注的 MCPR_p 曲線不會因為 COAST DOWN 而需要改變。
2.	核一廠水棒連結桿斷裂的中子通量分析方法與結果討論	本次針對核一廠水棒連結桿斷裂的中子通量分析議題主要澄清有 2 部分： 1. 確認斷裂位置 2. AREVA 計算水棒斷裂處中子通量主要考量要點為何？ 回覆與說明如下： 1. 水棒斷裂位置在燃料底部(Bottom of Active Fuel, BAF)上方 375.29 公分處，與 INER 評估位置一致，該位置落於爐心分析模式軸向第 25 個節點(Node)上，此節點燃料為天然鈾濃縮度(即 0.71%U₂₃₅)。 2. (a) AREVA 分析水棒斷裂位置中子 1Mev 以上通量係追蹤累積此燃料束內每根燃料棒(Pin)第 25 節點中子通量，從此燃料束首入爐心便開始累積每根 Pin 中子通量，一直到水棒斷裂為止。(b) 雖然斷裂位置在 Node25 軸向上方 10 公分處，AREVA 並不考慮軸向分布效應，認為誤差不大。(c) AREVA 以 Node25 水棒周圍燃料棒中子

		通量均值作為水棒斷裂處之中子通量，其分布與結果如下圖。  (d) 水棒周圍 16 根 Pin 均值約 $1.378 \times 10^{21} \text{ n/cm}^2$，與 Node25 全燃料(83 根)平均事實上相差甚微。AREVA 詳細計算方法與流程(計算書)無法閱讀(因不在本次稽查範圍)，分析工程師僅提供重要計算結果討論。
3.	平行驗證議題的澄清	關於爐心平行驗證議題澄清與討論如下： 1. 確認 KS1C26 新入燃料批次(KS1R24、KS1R25、KS2R24)符合燃料貯存池臨界允收準則要求。 2. KS1C25 破損燃料 K1H582 肇因分析？ 3. KS1C26 使用之線上爐心監控系統版次為 PowerPlex-XD，與 KS1C25 版次 PowerPlex-III 略有不同，其主要差異為何？ 4. AREVA 根據 KS1C25 nominal window 計算之 KS1C26 初始爐心布局設計 BOC SDM 值為 1.08%，而 KS1C26 SOR 之 BOC SDM 值為 1.29%，據了解 SOR 爐心布局與初始爐心布局一

		致，期間唯一的差異是 SOR 多了約 6 個月停機冷卻時間(Shutdown Cooling, SDC)，但 6 個月 SDC 模式顯示應只有約 0.1%效應，而廠商模式差異卻達 0.21%，請說明。 回覆與說明如下： 1. 查驗 KS1R24、KS1R25 及 KS2R24 等 3 批次新燃料關於 Cross-Section Library Generation 計算書(分別為 FS1-0010148R1、FS1-0025936R1 及 FS1-0015598R1)內容，確認此 3 批次新燃料所有燃料晶格之標準冷態爐心幾何(Standard Cold Core Geometry, SCCG)中子無限增殖因數(K_{inf})最大值計算結果均小於燃料池允收準則，符合臨界安全要求。 2. AREVA 確認 KS1C25 燃料 K1H582 破損肇因為 Debris Failure。 3. 核二廠線上爐心監控系統版次 PowerPlex-XD 與 PowerPlex-III 內部計算核心完全一樣，唯一不同處在燃料預調節(P-PCS)計算模組，PowerPlex-III 內含 REMACCX-10，而 PowerPlex-XD 除了內含 REMACCX-10 外，另多了 XEDOR 模組。 4. AREVA 澄清最早提供給 TPC 之 KS1C26 初始爐心設計 BOC SDM 1.08%為 2-D fast shutdown margin 計算結果，其 3-D 結果為 1.17%，最後爐心設計呈現資料亦為 1.17%，如附錄一所示。此
--	--	--

		數據與 SOR 1.29% 差距約 0.12%，符合 6 個月 SDC 模式估算(約 0.1%)。
4.	ACE 預估式的常數項與燃料型式的關係	根據工程師 Dang 詢問 ACE 預估式的專責工程師表示，不同的燃料型式(像是 ATRIUM-10 與 ATRIUM-10XM，雖然都是 ATRIUM-10，但是幾何數據不同)會各自進行實驗，因此不同的實驗數值所 CURVE FITTING 出來的常數項不盡相同，且會有不同的 ACE 預估式專題報告送往 NRC 進行審核。

三、心得

- (一) 爐心設計的中子分析、安全分析，均須執行大量的電腦模擬計算，因此爐心分析計算書的品質管控相當重要，此次稽查發現 AREVA 公司針對有相關分析訂定了標準作業程序，且使用自動化處理方式執行大部分的計算分析。每份計算書完成後，AREVA 公司均指派具較多年實務經驗之資深品保工程師，再詳細檢查、審視計算過程及結果，確保每份計算書的品質及正確性。
- (二) 透過本次稽查，直接與當地的工程師進行面對面的討論，清楚的了解燃料廠家在安全分析的計算流程，以及針對台電公司提出的降載運轉需求，廠家所進行的各種安全分析，清楚的交代降載運轉的分析方式。經過這次的經驗，體會到實際在一個會議室進行討論，除了可縮短 MAIL 往來的時間，最重要的是可以避免郵件中所傳達文字的誤解，減少似懂非懂的錯誤解讀。
- (三) 去年的燃料稽查僅有爐心分組的同仁參與，本次有熱流分組的同仁參加，可以協助釐清熱水流暫態分析，過程中透過不斷討論，也使的熱流分組的同仁學到了許多有關爐心設計的計算方法。
- (四) 參觀燃料製作工廠的行程，對於不是在電廠工作的我們是個很寶貴的經驗，尤其是近距離看到燃料組件，可以增加燃料幾何的概念。希望往後能有更多和電廠以及廠家接觸的機會，強化實務的經驗。

四、 建議事項

本次赴美國 AREVA 核能公司出國公差建議事項如下：

(一) 加強與台電公司交流

本次稽查前，核研所的同仁皆有與各自的分組進行行前討論，整理出有興趣的議題以及想了解的方法論，但與台電同仁的互動較少，多為透過網路郵件往來。到了出差地點後，才有較多的時間與台電同仁進行議題交流。希望以後若有與台電公司一同出差的機會時，可以先在國內進行行前會議，並讓分組同仁一併參與，把相關議題進行溝通討論，增加稽查效率與品質。

(二) 持續派遣熱流分析人員參與稽查

電廠每個周期的燃料填換分析報告主要包含中子分析及熱流安全分析的領域，因此，建議稽核小組成員應能盡量維持各領域至少一位同仁參加。

五、 附錄

附錄一、KS1C26 爐心設計主要分析結果及其接受標準摘要

KS1C26 爐心設計主要分析結果及接受標準		
項目	接受標準	分析結果
全功率運轉能量需求，GWd	1216	1,584
週期初停機餘裕(BOC CSDM)	$\geq 1.0\% \Delta k/k$	1.17 % $\Delta k/k$
最小停機餘裕(BOC~EOC)	$\geq 1.0\% \Delta k/k$	1.15 % $\Delta k/k$
最小 CSDM 之燃耗	--	9,680 MWd/MTU
最小 CSDM 之溫度		68.0°F
週期 R 值	--	0.02 % $\Delta k/k$
全週期最低 SBLC 停機餘裕	$\geq 0.88\% \Delta k/k$	1.19 % $\Delta k/k$
全週期最低 SBLC		0 MWd/MTU
週期初(BOC)熱過剩反應度	$\geq 1.0\% \Delta k/k$	1.79 % $\Delta k/k$
最小 MAPLHGR 餘裕及燃耗	$\geq 8.0\%$	12.7 % @ 8,360 MWd/MTU
最小 LHGR 餘裕及燃耗	$\geq 8.0\%$	8.3 % @ 6,160 MWd/MTU
最小 CPR 餘裕及燃耗	$\geq 8.0\%$	9.4 % @ 6,160 MWd/MTU
P-Pcs at BOC (KW/ft)	≤ 2.0	1.96
最大 P-Pcs during the cycle (KW/ft)	≤ 2.0	1.98 @ 2,200 MWd/MTU
週期末(+500MWd/MTU) 燃料束最大燃耗	≤ 54.0 GWd/MTU	51.3 GWd/MTU
週期末(+500MWd/MTU) 燃料棒最大燃耗	≤ 58.7 GWd/MTU	56.3 GWd/MTU
爐心最大徑向因子	≤ 1.6050	1.576 @ 11,400 MWd/MTU
燃料匣彎曲準則	GE SIL320 SUP3	1. 爐心設計符合 GE SIL

KS1C26 爐心設計主要分析結果及接受標準		
	& AREVA's Control Rod Friction Surveillance Program(EFID)	-320 Supp.3 之規定 2. 未使用燒第 4 次的燃料 3. EFID 程式計算結果：沒有控制單元內有超過兩束可疑燃料(channel bow) 。

附錄二、稽查項目中本所負責協助檢視計算分析相關之查核表內容

Fuel System Design

燃料設計

1. Is the reload fuel type licensed by ROCAEC? Is there any change or update in dimensions or component from "Mechanical Fuel Design Report", that approved by ROCAEC ? (including fuel channel)

填換燃料型式是否為原能會核准？填換料任何尺寸或組成是否不同於原核准之燃料型式（包括燃料匣）

Yes__V__No__N/A__

Comment：填換燃料型式(ATRIUM-10)及使用燃料匣均已提報原能會並獲得核備。

Nuclear Design

爐心設計

1. AREVA【CASMO-4/MICROBURN-B2】 GE【TGBLA-04/PANACEA-10】 Are above lattice and 3Dsimulator code's version updated ?

廠家目前使用之燃料格及三維穩定模擬程式之版本是否變更且獲得執照？

Yes__V__No__N/A__

Comment：查驗文件FS1-0025808 (KS1C26 Licensing Analysis Work Plan)，目前使用之分析程式CASMO-4/MICROBURN-B2 已經獲得原能會審查核備。

2. Check the input and design-record-file of lattice code, 【GE TGBLA, AREVACASMO-4】, especially the various pin rods distribution, rod dimensions. Is there any

update or error ?

檢查廠家燃料晶格程式輸入檔及設計計算書，尤其是各種不同濃縮度燃料棒位置是否正確？燃料棒尺寸是否正確？

Yes__V__No__N/A__

Comment：查驗 KS1R24、KS1R25及 KS2R24之 Cross-Section Library Generation 計算書(FS1-0010148R1、FS1-0025936R1及 FS1-0015598R1)及工作站廠家燃料晶格程式輸入檔，並無發現錯誤。

3. Check the input and design-record-file of 3-D simulator code **【GE PANACEA】** **【AREVAMICROBURN-B2】**, including fuel type declaration, various fuel segment length, various fuel segment type declaration. Is there any update or error ?

檢查燃料廠家三維穩態計算程式之輸入檔及計算書，包括燃料型式位置、各種不同燃料Segment 長度及燃料segment 位置之宣告是否正確？

Yes__V__No__N/A__

Comment：查核KS1C26爐心設計輸入檔及計算書並無發現錯誤。核對資料如下：KS1C26輸入檔(hsc.ks1c26_step)及計算書FS1-0030257R1(KS1C26Fuel Cycle Design)。

4. Check all dimension parameters of fuel assembly. Is there any update or error?

檢查所有燃料尺寸參數是否正確

Yes__V__No__N/A__

Comment：KS1C26爐心全部皆採用AREVA公司之ATRIUM-10燃料，燃料尺寸參數

輸入並無發現錯誤。

5. Check all thermal-hydraulic parameters are correct, including the loss coefficient of LTP、UTP、water tube inlet、water tube exit & spacer, leakage flow model, power-flow fitting coefficient etc. Consistent with "Chinshan/Kuosheng Units Channel Seal Resistance Tuning for Microburn-B2", that approved by ROCAEC ? Is there any update or error?

檢查所有熱水力參數是否正確？

Yes V No N/A

Comment：查驗 KS1C26 爐心設計輸入檔(hsc.ks1c26_step)之熱水力參數數據與”Kuosheng Units Channel Seal Resistance Tuning for Microburn-B2” (32-9134563-000)計算書熱水力參數數據之一致性，例如Grid, Orifice, Lower Tie Plate (LTP), Upper Tie Plate (UTP)等參數之Loss Coefficients、Hole, Seal等參數之Resistances、以及熱水力幾何尺寸等，並無發現錯誤。

6. If vendor's "Fuel Cycle Design" available, check the input of thermal limit library. Correct or not ?

檢查爐心設計熱限值資料庫是否正確？

Yes V No N/A

Comment：查驗KS1C26 COLR 報告(ANP-3471-001_DS)和工作站爐心設計輸入檔(hsc.ks1c26_step)之熱限值資料之一致性，並無發現錯誤。

7. Are the hot-target eigenvalue and cold-target eigenvalue updated and established

appropriately ?

熱爐及冷爐之目標增殖因數 (keff) 是否反應電廠最新爐心追隨計算結果？

Yes V No N/A

Comment：KS1C26週期使用 MICROBURN-B2 進行爐心設計，AREVA 公司於之前已執行了“KS2C20 Core Follow and Projection (計算書32-9120963-000)”計算，以決定 KS1C26熱爐之目標增殖因數，此目標增殖因數已反應電廠爐心追隨計算結果；另外 AREVA公司於先前已執行“Kuosheng Cold Critical Data and TIP Statistic (計算書 FS1-0015443 Rev 1)”計算，以決定 KS1C26冷爐目標增殖因數，此目標增殖因數已反應電廠冷爐臨界測試計算結果。

Transient Analysis

暫態分析

1. Is the version of CPR correlation consistent with ROCAEC approved version ? 【GE GEXL】【AREVA SPCB or ACE】

廠家使用之臨界功率比關係式版本是否正確？

Yes V No N/A

Comment：KS1C26 使用之臨界功率比關係式版本為 ACE/ATRIUM Rev2, ANP -10249(P)(A)，此版本已獲得原能會核備使用。

2. Are the distributions of additive constant of CPR correlation updated ?

廠家使用的 CPR 關係式，其中 additive 常數分佈是否正確或改版？

Yes V No N/A

Comment：查對計算書 FS1-0030173(KS1C26 Core Design - MCPRSL)，根據 Reference 4，KS1C26 使用 CPR 關係式及 Additive Constant 為 ACE/ATRIUM Rev2, ANP -10249(P)(A)所計載。

3. Is the cycle-specific SLMCPR and delta CPR significant different from previous cycle ?

Why ? Are the "Uncertainty input parameters" for SLMCPR calculation updated ?

最小臨界功率比之限制值和前週期是否沒有顯著不同？為什麼？計算 SLMCPR 所需輸入之 Uncertainty 參數是否有變更？

Yes V No N/A

Comment：KS1C26 之 SLMCPR 為 1.09，KS1C25 則為 1.10，而 KS1C25 採用之臨界熱功率關係式皆為 ACE/ATRIUM Rev1, ANP -10249(P)(A)，KS1C26 則為 ACE/ATRIUM Rev 2, ANP -10249(P)(A)。另外，查核 ANP-3470(P) Revision 3(KS1C26 RLA)與 ANP-3331Prevision 0(KS1C25 RLA)之 Table 3.2，計算 SLMCPR 所需輸入之 Uncertainty 參數，Channel Bow Local Peaking Factor 由 KS1C25 的 4.22%增加為 KS1C26 的 4.58%。

4. Have the plant-specific transient parameters 【GE OPL-3】【AREVA Plant parameter document】 been compared to the previous cycle ? Have the differences been identified and reflected ?

暫態分析所用的電廠實際運轉參數有沒有和前週期有不同之處？若有，其影響為何？

Yes V No N/A

Comment：根據報告 ANP-3469P revision 0(KS1C26 Principal Plant Parameters)，Recirculation pump 的 rated speed 變為 1780 rpm，rated head 變為 815 ft，pump inertia 變為 15400 lbm/ft²，pump specific gravity 變為 0.75。其他參數則維持不變。再循環泵的參數對暫態影響不大，因為急停時會引起再循環泵跳脫，然而與再循環泵跳脫有關的參數並無變化(如:延遲時間)。

5. Are the power-dependent OLMCPR well-derived from following transient? Is the methodology of transient changed or updated from previous cycle?

與功率相關之臨界功率運轉限制值是否經由下列暫態分析推演得到？暫態分析方法是否變更？

- | | |
|---|-------------|
| ● Turbine Trip w/o Bypass | ● 汽機跳脫無旁通？ |
| ● Load Rejection w/o Bypass | ● 負載跳脫無旁通？ |
| ● Loss of Feedwater Heating | ● 喪失飼水加熱 |
| ● Feedwater Controller Failure w/o Bypass | ● 飼水控制失效無旁通 |
| 【KS】【CS】 | |
| ● Control Rod Withdrawal Error | ● 控制棒誤抽出 |

Yes V No N/A

Comment：KS1C26 之功率相關之臨界功率運轉限制值是經由上述暫態分析推演得到。審核報告 ANP-3470P Revision 3 (KS1C26 Reload Licensing Analysis)，額定功率時極限暫態為 Turbine Trip with No Bypass (TTNB)，其 delta CPR 皆為 0.16。此外，KS1C26 暫態分析採用不同 power/flow map 運轉狀態點進行相關暫態分析，以建立 MCPR 限值，其分析之暫態項目為：FWCFNB、Loss of Feedwater Heating (LFWH)、TTNB、Control Rod Withdrawal Error(CRWE)。

計算書 FS1-0025809 內容提及，根據 KS2C23 SPU 之分析，額定功率之極限暫態為 TTNB，70%功率與 40%功率(with direct RPT)之極限暫態為 FWCFNB，40%功率(非直接急停)之極限暫態為 TTNB，依據此分析經驗，SPU 後在計算 MCPRp 餘裕時，所分析的暫態包括 FWCFNB 與 TTNB，不再重新分析 LRNB 之暫態 delta CPR。

6. Are the flow-dependent MCPR well-derived from Flow-run-out transient? Is the methodology of transient changed or updated from previous cycle?

與流量相關之臨界功率運轉限制值是否經由 Flow-run-out 暫態分析推演得到？暫態分析方法是否變更？

Yes V No N/A

Comment：查核計算書 FS1-0030178(KS1C26 Core Redesign - MCPRf)，KS1C26 流量相關之臨界功率運轉限制值是由 Recirculation Flow-run-up 暫態分析推演得到。

7. Is APLHGR Limit well-derived from LOCA analysis? (Cladding temperature less than 2200°F)

平面線性功率限制值是否經由 LOCA 分析求出？

Yes No N/A V

Comment：查對計算書 FS1-0030174(KS1C26 Core Redesign – LOCA limiting Power History)，LOCA/ECCS 分析可用來界定 MAPLHGR 之限值，當有新的燃料束裝載時需進行分析，基本上屬於與週期無關(Cycle Independent)之分析項目。

8. Is there no new safety issue should be analyzed?

是否沒有新的安全議題需要被分析？

Yes V No N/A

Comment：

如表 2 行前議題內容所列。

9. Is the Stability Exclusion Region well identified in operation domain？

非穩定運轉限制區是否從電廠最大運轉區中清楚劃出？

Yes V No N/A

Comment：查對計算書 FS1-0030262(KS1C26 Backup Stability Analysis) 及 FS1-0031029 (KS1C26 Disposition of Events)，KS1C26 週期之非穩定運轉限制區由衰變比值曲線(DR)為 DR=0.85 及 DR=0.9 來標訂邊界。

10. Is the Peak-Cladding-Temperature (PCT) of LOCA accident analysis updated from previous cycle？ Should the update be submitted to ROCAEC ？

LOCA 分析中之最高燃料護套溫度是否沒有變更？

Yes V No N/A

Comment：審查報告 ANP-3470P Revision 3 (KS1C26 Reload Licensing Analysis)，最高燃料護套溫度(PCT)為 1720°F，分析燃耗值為 0.0 MWD/MTU，另外考量不準度(包括 input errors、code errors、model change)共 34°F，KS1C26 週期之最高燃料護套溫度(PCT)為 1754°F。

11. Is the result of Overpressure-Protection analysis acceptable (Pressure less than 1375psig) ?

過壓保護暫態分析是否可接受？

Yes V No N/A

Comment：審查計算書 FS1-0030172(KS1C26 Core Redesign – ASME Over-Pressurization)計算結果，KS1C26 過壓保護暫態分析範圍包括 MSIV Closure、TCV Closure 及 TSV Closure，該三項 ASME 過壓暫態分析結果反應爐壓力皆小於 1,375psig 之限值。對於 Vessel Dome 而言，MSIV Closure 分析結果(1247 psig)可涵蓋 TCV Closure(1246 psig)及 TSV Closure(1246 psig)分析結果。對於 lower plenum 而言，MSIVC 與 TCVC 之分析結果皆為 1276 psia，TCVC 則為 1275 psig。對於 Steam Line 而言，TSVC 與 TCVC 皆為 1290 psig，MSIVC 為 1245 psig，皆小於 1,375psig 之限值，符合限值可接受。

12. Is the result of Control-Rod-Drop accident analysis acceptable (Fuel enthalpy less than 280 cal/gm) ?

控制棒掉落事故分析是否可接受？

Yes V No N/A

Comment：審查計算書 FS1-0030338 Rev 1 (KS1C26 Control Rod Drop Accident)計算結果，KS1C26 週期之控制棒掉棒事故分析燃料最大熱焓值為 195.7 cal/gm，發生在 BOC，符合小於 280cal/gm 之限值要求。另外，大於燃料棒受損熱焓(170 cal/gm)之根數為 144 根，發生在 MOC，符合小於 770 根之限值要求。

13. AREVA【COTRANSA2、XCROBRA、XCROBRA-T、SAFLIM2、ANFB、SPCB】
GE【TGBLA、ISCOR、PANACEA、GESTR-M、ODYN、REDY、TASC、GEXL】 Are
above transient codes' version updated ?

Yes V No N/A

Comment：本周期 KS1C26 所用的分析版本分別為：

暫態計算：COTRANSA2：uapr12、XCOBRA：uapr15、XCOBRA-T：uapr15、
Auto_DCPR：smar12。

SLMCPR 計算：SAFLIM2：udec11、SLPREP：ujan12、SAFREAD：pnov02b、
AUTOMCPRSL：sjun13、ACE：ACE/ATRIUM-10 Rev 2, ANP-10249(P)(A)。

14. AREVA【EXEM/BWR、RELAX、FLEX、HUXY】 GE【SAFER/GESTR-L】 Are
above ECCS codes' version updated ?

Yes V No N/A

Comment：本周期 KS1C26 所用的分析版本分別為：HUXY：uaug14、RODEX2-2A：
ufeb05。