

出國報告（出國類別：開會）

赴日本參加「核二廠用過核子燃料乾式
貯存設施採購帶安裝案-中子吸收板出
貨前品質查核會議」

服務機關：台灣電力公司

核能後端營運處

姓名職稱：王翊光 核能工程師

派赴國家：日本

出國期間：105年11月07日~105年11月11日

報告日期：105年12月20日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：赴日本參加「核二廠用過核子燃料乾式貯存設施採購帶安裝案-中子吸收板出貨前品質查核會議」

頁數 15 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力公司/陳德隆/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

王翊光/台灣電力公司/核能後端營運處/核能工程師/(02)2365-7210

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：105 年 11 月 07 日～105 年 11 月 11 日 出國地區：日本

報告日期：105 年 12 月 20 日

關鍵詞：乾式貯存

內容摘要：

台灣電力公司為確保乾式貯存設施中子吸收板製造品質，及符合行政院原子能委員會於「核二廠用過核子燃料乾式貯存設施興建計畫」安全分析報告審查期間提出「台電公司須執行中子吸收劑廠家的製造品質查核工作」之要求，因此，派員參加此次中子吸收板出貨前品質查核會議。

本次查核成員由俊鼎公司、泰興公司及台電公司人員組成，此項任務目的主要是檢視日本 Nikkeikin Aluminium Core Technology Company, ACT(日輕金公司)製造的中子吸收板出廠前品質文件內相關數據是否符合「核二廠用過核子燃料乾式貯存設施興建計畫」安全分析報告之規定及觀察日輕金公司各項製造品質管制工作是否符合專案品保計畫之規定。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.nat.gov.tw/reportwork>)

目錄

壹、目的	1
貳、過程	2
參、工作內容	3
一、日輕金公司簡介	3
二、日輕金公司中子吸收板製造工作	3
三、中子吸收板品質查核工作	6
(一) 查核前工作會議：	6
(二) 觀察製造工廠品質管制情形：	7
(三) 品質文件審查：	8
(四) 確認數量：	10
(五) 檢查包裝：	12
(六) 查核後工作會議	13
肆、心得	14
伍、建議	15

圖目錄

圖 1：日輕金公司 MAXUS 中子吸收板製造工廠及其分工圖	4
圖 2：日輕金公司 MAXUS 中子吸收板製造過程	5
圖 3：MAXUS 中子吸收板成品之組成示意圖	5
圖 4：本次查核前工作會議	6
圖 5：本計畫製造前教育訓練資料	7
圖 6：木箱編號 G001-16~ G001-19 中子吸收板	11
圖 7：木箱編號 G001-20~ G001-23 中子吸收板	11
圖 8：木箱編號 G001-24~ G001-27 中子吸收板	12
圖 9：中子吸收板暫存於運輸倉庫	12
圖 10：本次查核後工作會議	13

壹、目的

台灣電力公司(以下簡稱台電公司)「核二廠用過核子燃料乾式貯存設施興建計畫(以下簡稱本計畫)」係由 NAC 公司/俊鼎公司共同承攬，NAC 公司/俊鼎公司將本計畫之中子吸收板委託日本廠商 Nikkeikin Aluminium Core Technology Company, ACT (日輕金公司)負責製造，台電公司為確保乾式貯存設施中子吸收板製造品質，及符合行政院原子能委員會(以下簡稱原能會)於「核二廠用過核子燃料乾式貯存設施興建計畫」安全分析報告(以下簡稱安全分析報告)審查期間提出「台電公司須執行中子吸收劑廠家的製造品質查核工作」之要求，因此，派員參加此次中子吸收板出貨前品質查核會議。

本次查核成員由俊鼎公司、泰興公司及台電公司人員組成，此項任務目的主要是針對日本 Nikkeikin Aluminium Core Technology Company, ACT(日輕金公司)製造的中子吸收板出貨前品質文件及交貨數量進行查核，查核工作重點將包括：一、出廠前文件審查，以確認其品質成套文件是否符合專案品保計畫之規定。二、確認此批中子吸收板之測試數據是否滿足安全分析報告之承諾。三、確認數量是否符合。四、檢視包裝是否符合要求。此外，也針對日輕金公司各項製造品質管制工作進行觀察，以確認是否符合專案品質保證計畫之規定。

貳、過程

本次出國任務自 105 年 11 月 7 日出發， 11 月 11 日返國，共計 5 天，詳細行程如下：

日期	地點與行程	工作內容
11 月 7 日(一)	臺北-東京-新潟	去程
11 月 8 日(二)	新潟	召開查核前工作會議、觀察製造工廠品質管制情形及查核出廠前品質文件。
11 月 9 日(三)	新潟	查核出廠前品質文件
11 月 10 日(四)	新潟	查核產品數量及包裝及召開查核後工作會議
11 月 11 日(五)	東京-臺北	返程

參、工作內容

一、日輕金公司簡介

「日本日輕金屬」(以下簡稱日輕金公司)亦稱「日本輕金屬株式會社」由古河電器工業株式會社與東京電燈株式會社於 1939 年共同成立之鋁冶煉公司，該集團總部位於日本東京。「日輕金公司」為一家鋁材綜合廠商，主要從事鋁材產品之加工製造事業，提供食品、汽車、電機、電子、公共景觀建築、大眾交通運輸及能源產業等非常廣泛領域之板材及擠壓產品。

「日輕金公司」除分為化學合成品事業、鋁合金事業、成型部件事業、板材事業、電極箔事業及熱交換事業等六個事業部外，為擴大鋁材於各項領域的應用，該集團亦擁有三個研發基地分別為日本輕金屬集團技術中心、日本輕金屬清水工廠/蒲原化工廠及東洋鋁業核心技術中心，透過研發鋁材的性能提高該集團於鋁產業的競爭力。

二、日輕金公司中子吸收板製造工作

「核二廠用過核子燃料乾式貯存設施興建計畫」係由 NAC 公司/俊鼎公司共同承攬，NAC 公司/俊鼎公司將本計畫之中子吸收板委託日輕金公司負責製造，日輕金公司所提供之中子吸收板材料為 **Borated Metal Matrix Composites(MMC)**，係安全分析報告中所規定之中子吸收板材料類型，其產品名為 **MAXUS(Maximum Neutron Absorber)**。MAXUS 是一種高密度的中子吸收板，主要使用於核能電廠內的用過核子燃料池格架、用過核子燃料乾式貯存設施及其傳送護箱內部組件。日輕金公司生產之 MAXUS 中子吸收板產品截至目前為止已使用於美國、日本及韓國等地區，共已供應超過 290 組用過核子燃料護箱所需之中子吸收板組件。

MAXUS 中子吸收板製造過程分別由日輕金公司所屬 4 間工廠，包括名古屋廠 (Nagoya Plant)、大阪廠(Osaka Plant)、日野廠(Hino Plant)及新瀉廠(Niigata Plant) 分工製造生產而成，各工廠所在地點及其分工內容如圖 1 所示，而各廠間的原料、半成品、成品包裝及運送至碼頭之作業則由同屬該集團之日輕物流株式會社負責。

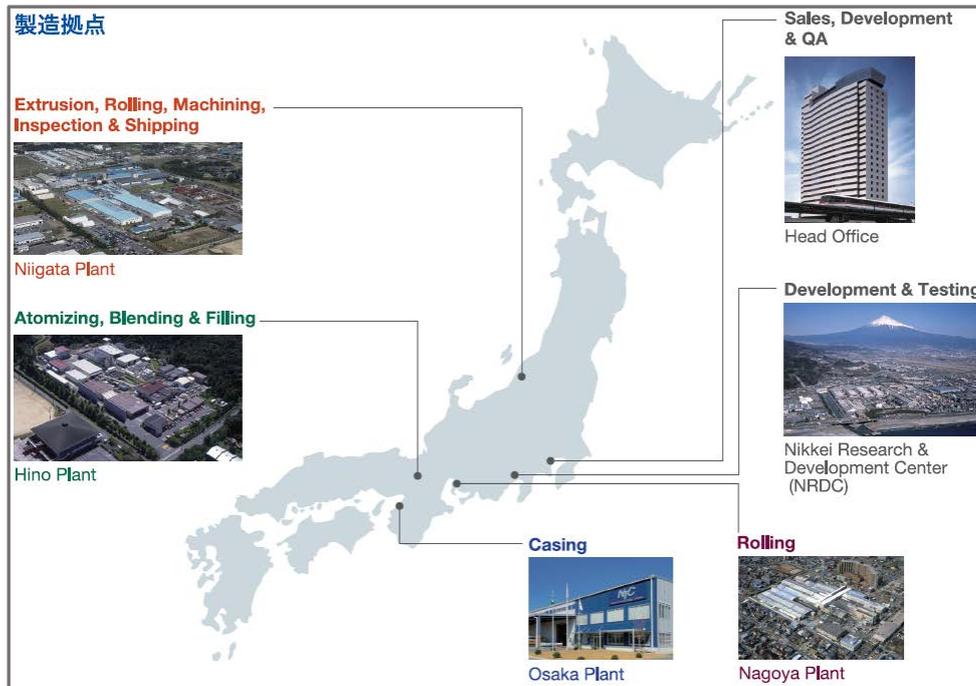


圖 1：日輕金公司 MAXUS 中子吸收板製造工廠及其分工圖

日輕金公司 MAXUS 中子吸收板製造工作大致可分為以下 4 個步驟(如圖 2 所示)：

- 步驟 1：於名古屋廠(Nagoya Plant)將鋁錠壓延成較薄之鋁片。
- 步驟 2：於大阪廠(Osaka Plant)將加工後的鋁片製作成鋁盒，鋁盒主要包括上蓋及盒體兩組件。
- 步驟 3：於日野廠(Hino Plant)將鋁粉末與碳化硼粉末均勻混合(混合比例約為 68wt% Al+32wt% B₄C)，將混合後的粉末填滿鋁盒並蓋上上蓋，鋁盒周圍暫以膠帶固定。
- 步驟 4：於新瀉廠(Niigata Plant)將裝滿碳化硼之鋁盒，透過銲接、加熱、滾壓、鍛鍊、整平及切割等工作後製成中子吸收板。

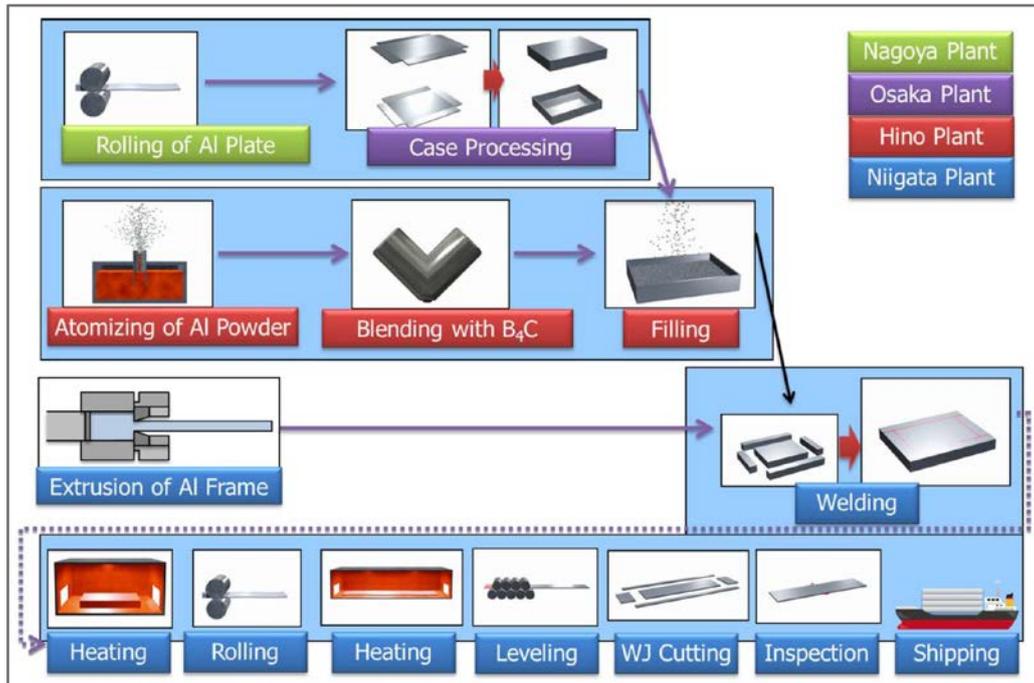


圖 2：日輕金公司 MAXUS 中子吸收板製造過程

MAXUS 中子吸收板成品組成性質可分為外殼及核心兩部分，外殼部分為抗腐蝕之鋁金屬(AA5052，5000 系列)，其含鋁成份超過 99.7%，核心部分則為粉狀鋁金屬(A1070 系列)與碳化硼之混合物，圖 3 為 MAXUS 中子吸收板成品之組成示意圖。

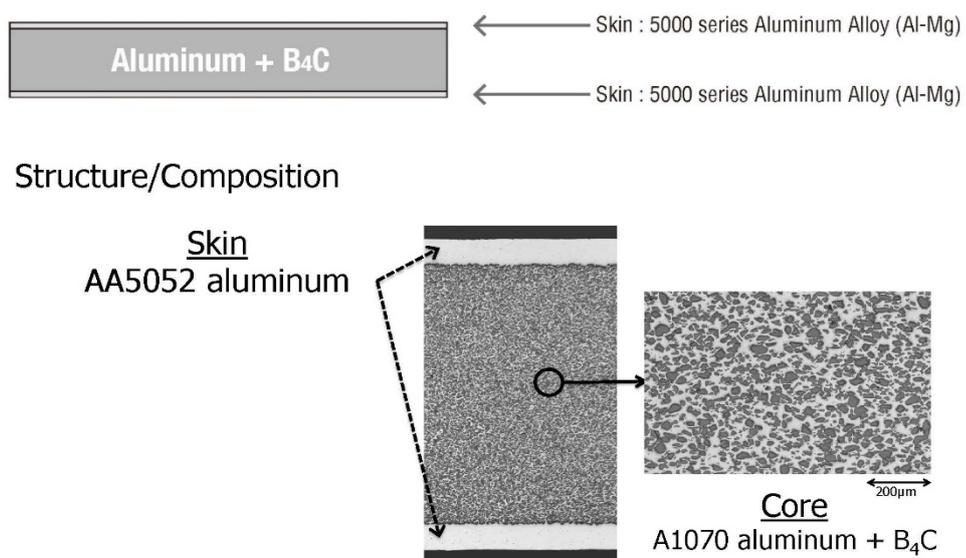


圖 3：MAXUS 中子吸收板成品之組成示意圖

三、中子吸收板品質查核工作

(一) 查核前工作會議：

本次查核前工作會議於 105 年 11 月 8 日早上 9：00 於日輕金公司新瀉工廠會議室召開，如圖 4 所示，出席人員包括日輕金公司製造、業務及海外部門、俊鼎公司品管組長、泰興公司專案經理及台電公司代表，會議中由日輕金公司簡報本計畫 MAXUS 中子吸收板製造過程及品質管制情形，之後由俊鼎公司品管組長說明本次查核工作內容及重點。



圖 4：本次查核前工作會議

(二) 觀察製造工廠品質管制情形：

查核前會議結束後，由日輕金公司製造部門人員帶領至製造工廠內觀察品質管制情形，進入製造工廠前除依該工廠工安之規定配戴個人安全防護護具外，並由該工廠工安人員告知須要求遵守現場相關規定及親自示範，例如行走於工廠區內，只允許行走於規劃之人行道上，如遇須過馬路口時必須停下且確認左、右或前方是否有車輛通行(並以指認呼喚加強確認)，進入工廠後須依地面指引標誌行進，並且該工廠與其他客戶製造的產品均訂有保密協定，因此，未經允許不得任意拍照，觀察結果發現製造工廠環境非常整潔，各項機具前均有擺設操作導引及注意事項告示牌，本計畫委託製造之中子吸收板製造區前，擺設有本計畫製造前之教育訓練資料、各項製程之注意事項、各項製程之依據圖說及品質管制相關規定(詳如圖 5)，工廠內各項原料、半成品及成品均有告示牌並有標線進行區分，符合品質品質管制相關規定。



圖 5：本計畫製造前教育訓練資料

(三) 品質文件審查：

本次日輕金公司交貨產品為 1872 片中子吸收板及 288 片鋁板，為確認產品之品質文件是否符合放行標準及確認中子吸收板之測試數據是否滿足安全分析報告之承諾，查核人員依據台電公司本計畫品保計畫、俊鼎公司專案品保計畫與品保手冊及核二乾貯安全分析報告第 5 章執行本次查核，日輕金公司本次交貨之品質文件包含下列內容：

1. Documents for MAXUS Neutron Absorber Material

- Certified Material Test Report (CMTR)
- Summary of Lot No's
- Certificate of Conformance
- Material Inspection Certificate
- Packing Lists
- Inspection Results
- Statistical Analysis of the Minimum B-10 Areal Density

2. Documents for Aluminum Sheets

- Certified Material Test Report (CMTR)
- Summary of Lot No's
- Certificate of Conformance
- Material Inspection Certificate

- Packing Lists
- Inspection Results

3. Documents for Commons

- Calibrated M&TE Table
- CTCI Machinery/Approved Nonconformance
- Appendix A - Neutron Transmission Data (Testing Report)
- Appendix B - Production Records
- Appendix C - Qualification Report of MAXUS Neutron Absorber Material with 32wt% B₄C Loading (R-WN-MS-1209A008-03)
- Appendix D - Thermal Conductivity Report (R-WN-MS-1609A,023-00)

經查核日輕金公司本次交貨之品質文件，本批次中子吸收板實際測試數包括 B₄C 粉末粒徑、有效熱傳導係數、降服強度、¹⁰B 面積密度、及表面孔隙大小均符合本計畫安全分析報告之要求。此外，安全分析報告第 5 章對各項測試之抽樣次數及測試之溫度亦有規定，經查核相關測試之抽樣次數及溫度，結果如下：

1. 中子衰減測試抽樣：

為了推算中子吸收板的 ¹⁰B 有效面積密度所進行之中子衰減測試，安全分析報告之抽樣計畫要求測試前最初 50 片，此後每 50 片隨機抽 10 片測試直到原料或製程有所改變為止。若上述 5 取 1 的抽樣中有任何的結果不滿足規格時，該片及該批未測試中子吸收板皆判

定不合格。之後生產的 50 片中子吸收板需 100% 全檢。

本次交貨之中子吸收板計有 1872 片，共截取 572 片試片委託美國賓州大學(PSU) 進行中子衰減測試，因取樣數目較安全分析報告所承諾之中子衰減測試取樣要求嚴格，符合安全分析報告之要求。

2. 熱傳導性及降服強度測試：

依據安全分析報告之要求：「當某一類型(組成)中子吸收劑完成 25 次的測試後，如其熱傳導性的測試結果平均值減去該測試的 2 個標準差仍優於本規格要求，則該抽樣可以停止。」，日輕金針對中子吸收劑總共測試 25 次，並證明其測試結果減去該測試的 2 個標準差後仍優於規格要求，因此符合安全分析報告之規定。

3. 測試溫度測試：

依據安全分析報告之要求：「中子吸收劑於 100°F 時有效熱傳導係數須不小於 1.51(徑向)與 3.30(軸向)BTU/(hr-in-°F)，於 500°F 時有效熱傳導係數須不小於 1.98(徑向)與 3.67(軸向)BTU/(hr-in-°F)」，品質文件中已提供在 100°F 及 500°F 之徑向及軸向有效熱傳導係數，且其數值均大於前述各項數值，而符合要求。

綜合上述查核結果：中子吸收板之測試數據均滿足安全分析報告之要求，且日輕金公司各項品質文件均有建立品保紀錄總表、品保紀錄檔案登記表，及建立管制文件總表，符合專案品質保證計畫規定。

(四) 確認數量：

本次交貨是提供 12 組護箱所需之中子吸收板及鉛板，每一護箱需要 156 片中子吸收板及 24 片鉛板，因此總共有 1872 片中子吸收板及 288 片鉛

板。日輕金公司將每一組護箱所使用之中子吸收板及鉛板裝成一箱，因此共有 12 箱，編號由 G001-16 至 G001-27，如圖 6~圖 8。



圖 6：木箱編號 G001-16~ G001-19 中子吸收板



圖 7：木箱編號 G001-20~ G001-23 中子吸收板



圖 8：木箱編號 G001-24~ G001-27 中子吸收板

(五) 檢查包裝：

日輕金公司已完成本次中子吸收板之包裝，總共 12 箱，並已送至運輸倉庫貯存，如圖 9 所示。各木箱均貼有鋁板標識牌，如上述圖 6~圖 8 所示，編號由 G001-16 至 G001-27。標識牌顯示此箱為檢查合格品、及護箱編號、運輸日期，及運輸批次。



圖 9：中子吸收板暫存於運輸倉庫

(六) 查核後工作會議

本次查核後工作會議於 105 年 11 月 10 日在日輕金公司新瀉工廠會議室召開，如圖 10 所示，出席人員包括日輕金公司製造、業務及海外部門、俊鼎公司品管組長、泰興公司專案經理及台電公司代表。會議中總結本次查核各項發現，日輕金均能清楚澄清，本次查核結果並未發現重大品質缺失，日輕金公司所提供之文件、數量及包裝方式均符合專案品質保證計畫、檢測結果及安全分析報告之相關規定。



圖 10：本次查核後工作會議

肆、心得

本次能夠到日本參加中子吸收板出貨前品質查核會議，首先要感謝公司各級長官給予我這個機會，在查核過程中，除見識到日本廠家對本身生產的產品品質要求非常嚴格且深具信心外，對於其產品之品質文件內容能夠記載的非常詳細且保存相當完善的作法留下深刻的印象，著實獲益良多。

日輕金公司工廠在製造過程中，每一項製造步驟均留有相當完整且詳盡的紀錄，因此，查核過程中若查核成員提出疑問，日輕金公司品管人員均能馬上詳細的回答並解決疑問，同時也能提出相關佐證資料，證明該產品的功能及品質符合專案品保計畫及安全分析報告之要求，此舉不僅解決顧客的疑問，也有助於提升顧客對於該公司產品品質的信賴感。

查核期間也至日輕金公司新潟工廠內觀察其製造情形，工廠內各項機具皆掛有操作安全須知，工廠內部的環境也非常整潔乾淨，機具操作人員也配戴相當齊全的工安防護裝備包括工安帽、護目鏡、耳塞、手套及工安鞋，對於參訪人員的安全防護亦要求相當嚴格，除了需要配戴工安防護裝備外，在工廠內須按照地面上標示的路線行走，若於工廠外須行經馬路時，更需要停止行進並進行指認呼喚確認左、右或前方是否有車輛通行，觀察其廠內員工，均確實的執行，可見該公司的工安教育相當落實。

伍、建議

- 一、若本公司之採購案由國外廠商承攬時，建議應多派遣同仁赴國外廠商辦公室或製造工廠進行查核或觀摩其執行情形，以本次工作為例，在實際赴日本廠商之製造工廠進行查核後，不僅對產品的製造過程有深刻及更進一步的了解，也學習到日本廠商在生產過程中的品質管制手法，因此，若同仁能將至國外廠家學習之心得帶回公司，不僅能確保委外製造的產品符合要求，更能幫助公司發展相關核心技術，一舉數得。
- 二、日輕金公司中子吸收板的製造過程，從鋁錠壓延到製成中子吸收板成品並運送至港口準備船運，整個過程全部均由該集團的關係企業一手包辦，除可以對產品製造流程及品質作一良好的管控外，對於交貨時程亦能確實掌握，並且因為不假他人之手，故可以獲得較高的利潤，此種經營模式值得國內企業借鏡。