

出國報告（出國類別：實習）

研習日商之電力器材供應鏈管理實務

服務機關：臺灣電力股份有限公司

姓名職稱：房新原 / 存管規劃課長

派赴國家/地區：日本

出國期間：107 年 11 月 6 日~10 日

報告日期：107 年 12 月 21 日

摘要

本次參訪日本發電機組供應商Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd，交流與研討發電機組備品之庫存管理問題，並建議針對使用頻率較低之備品，可透過相同機型跨電廠(跨機組)共享庫存之模式，以在確保機組運轉可靠度下減少庫存儲備。另參訪亞洲地區懸垂礙子之專業供應商NGK公司，經商談後為減少採購頻率、降低供應風險，未來開口合約針對相同規格不同顏色之礙子，可於合約僅訂兩種顏色應交貨之總量而不訂明各顏色之應交貨數量，而將各項顏色之交貨數量延後至下訂單時再決定。另為縮短器材取得之前置時間，強化供料穩定度，將嘗試於未來懸垂礙子之合約請供應商儲備緊急庫存，當台電公司有急用時，其交期可由原來3~4個月縮短至1~2週。最後並將前往日鐵住金了解其生產之套裝式鋼管柱於日本電網維護之應用情形，以供本公司電網維護之經驗參考。

目次

一、參訪目的.....	P. 3
二、參訪過程.....	P. 3
三、心得及建議.....	P. 12
四、參考資料.....	P. 15

本文

一、參訪目的

本公司肩負國家供電重責，為確保供電穩定，必須適時、適量儲備發電機組以及電網運轉維護及緊急搶修所需之備品，如儲備數量不足，可能造成無庫存可供搶修造成機組降載運轉甚至停機，抑或電網無法及時修復而影響供電；相反地，如備品儲備過多，將造成庫存積壓，增加公司營運成本。

本公司屢屢引發外界質疑庫存是否過量儲備，然庫存之儲備須考量機組運轉及備品特性等相關因素，甚為繁雜，欲尋求合理之儲備基準實屬不易，亦至為重要，為此，本次參訪與台灣環境較相近之日本發電機組供應商Mitsubishi

Hitachi Power Systems, Ltd，了解發電機組專用備品再生、供應模式及安全庫存儲備原則，俾利精進庫存儲備機制，確保機組用料需求，並交流該公司於智能化/自動化科技以及供應鏈管理之經驗，俾供本公司借鏡。另參訪亞洲地區懸垂礙子之專業供應商NGK INSULATORS LTD.，除洽商未來合約交貨條款能朝更加彈性之方式訂定，以減少本公司庫存儲備外，也了解該公司之供應鏈管理方式。最後前往日鐵住金建材株式會社了解其生產之套裝式鋼管柱於日本電網維護之應用情形，以供本公司電網維護之經驗參考。

二、參訪過程

11/7 NGK INSULATORS LTD

懸垂礙子製造工廠->高壓試驗所->礙子博物館

本日前往NGK INSULATORS LTD.(以下簡稱NGK)位於名古屋的工廠參觀。

在介紹NGK這家公司前，首先要提到龍角散這家公司。尤記得最近在上管理課程時，老師有拿龍角散這家公司作為管理學上的組織轉型標竿案例，龍角散公司在數百年以前是武家御醫，專擅製作供藩主使用的止咳化痰藥，在明治維新後，隨著武家的衰落，龍角散公司轉而開始將產品改良，透過其研磨技術將產品製作過程量產化、並調整配方以將製作成本壓低，而得以將產品銷售給一般平民使用，結果產品大獲好評，截至今日，大家喉嚨不舒服時，常會服用龍角

散來緩解，而龍角散公司也由原本藩主專屬的御醫，轉型為一家喉嚨問題解決專家的公司。在這點NGK公司也有相似的背景，NGK在1919年剛成立時是由Nippon Toki(即現在的Noritake Co. Limited)這家公司所分出來的，這家公司的歷史要追溯到19世紀後期日本剛解除鎖國而與各國展開貿易，創辦人並立志要在日本做出精美的西式陶瓷餐具而於日本建設了近代陶瓷製造工廠開始製作餐盤，而截至今日，該公司的陶瓷產品已不限於陶瓷餐具，包含電網絕緣使用的高壓礙子、或者是該公司每年營業額佔比最高的火星塞，甚至是濾水器等等，都在該公司的生產項目內(圖一)，該公司已由原本的陶瓷餐具製作，轉型為陶瓷材料科學的專家，銷售各類的產品至世界各地，該公司亦為整個日本唯一一家的電網礙子生產製造公司，本次參訪的工廠，其產品即提供給日本各電力公司與台電公司使用。



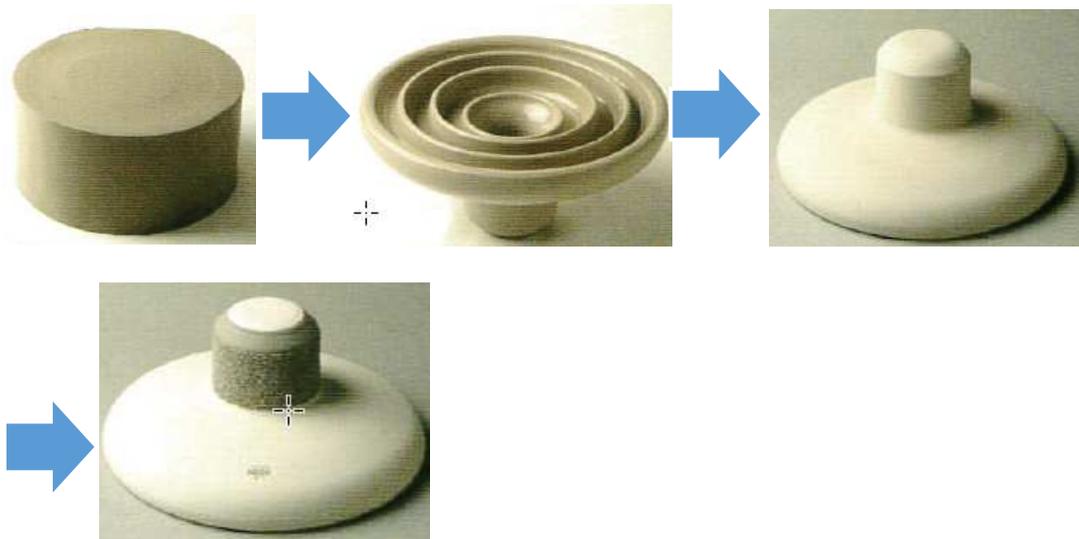
圖一 NGK生產之各類產品之展示間

在工廠的導覽下，也了解了懸垂礙子的生產過程，簡單說明如下：

1. **原料:**礙子屬於陶瓷製品，其原料為一些原石與黏土，在NGK工廠內，這些原料係存放於露天棚架內，而這些原料供應商是與NGK長期合作的礦山業者，NGK透過簽訂開口合約以確保原料來源的品質與供應穩定，這些原料的交貨期約為一個月；根據當日接待人員說明，NGK的業務部門會根據銷售狀況預估隔年的需用量，提供給原料供應商準備，此外，在原料供應商的數量方面，與蘋果公司相同，會分為主要供應商與次要供應商，以避免供應商僅一

家的風險，即使次要供應商的價格較高，NGK仍會持續給次要供應商一些訂單，以確保備援供應商維持一定的產能應對緊急狀況。

2. **圓餅**:原料經過配方混合、粉碎以及將會影響絕緣性的雜質過濾後，會脫水並壓製成一個個的圓餅，這些半成品同樣存放於露天棚架內。
3. **成形**:圓餅經過抽真空揉成圓柱體後再透過自動設備壓製並塑形(圖二)，之後移至工廠內乾燥區存放，將其含水率由20%降至1%以下。之後進行上色、噴砂並打上標誌。



圖二-礙子半成品

4. **燒製**:之後半成品會移至146米長的窯內燒製，窯內溫度最高為1300°C，並透過電腦自動控制並最佳化窯內的燒製作業，值得一提的是，NGK內的工廠自動化作業已相當完整，經工廠長的說明，以前還是全人工作業時，兩個製作工廠須保持約300位的人力，而在現在各項作業均自動化後，兩個工廠人力已減少至100人左右。
5. **成品**:燒製完成會由人工進行品管，包含目視檢查與產品結構測試等，約有1~3%的產品會被剔除掉，良品再與鐵頭組裝為成品後(圖三)，進行高壓測試確保絕緣度符合標準，完成後再包裝送至各地。



圖三-礙子成品

在工廠參訪完成後，下午前往位於工廠附近的高壓試驗所參觀，該試驗所於室內室外均有特高壓的脈衝電壓產生裝置(圖四)，用以測試大型礙子的絕緣強度。另於高壓試驗所辦公大樓內，NGK有特別設置一個全世界唯一的礙子博物館(圖五)，裡面保存了從古至今21國57個製造商的礙子成品。



圖四-高壓試驗所設備



圖五-懸垂礙子博物館

11/8日鐵住金建材株式會社生產工廠

本日前往日鐵住金建材株式會社(以下簡稱日鐵)的套裝式鋼管柱生產工廠，套裝式鋼管是一種組裝式的鍍鋅鋼管柱，此類鋼管柱於1955年開始採用，由於其重量輕、強度高，於日本已有相當廣泛的應用，包括輸配電線路的電桿、通訊用的電桿以及電氣化鐵路的電桿等等(圖六)，相較於傳統の木質與水泥電桿，其因重量輕，較易存放、運輸與架設。



圖六-套裝式鋼管柱於輸配電線路電桿的應用實例

日鐵目前有18種尺寸的鋼管構件，每根長度均標準化為2米，由於小尺寸的鋼管可以放於大尺寸的鋼管內部，因此於倉庫存放與運輸時均可大幅節省空間，而目前日鐵製造的標準型式鋼管柱於組裝完成後，最長可達28米。而其重量僅有

相同尺寸の木樁的三分之一、或相同尺寸的鋼筋混凝土電樁的六分之一，因此，如電樁架設的現場為偏遠山區或道路崎嶇的地方，改用套裝式鋼管柱所省去的運輸時間就相當顯著。

此外，由於套裝式鋼管柱的重量輕、與土壤的接觸面積較大，因此對於架設地點的土壤地基要求較低，而於裝設時，也不需要吊運設備的輔助，而僅需要二至三位成年男子，即可將其撐起架設。(圖七)



圖七-套裝式鋼管柱的架設

另外在後續維護方面，由於套裝式鋼管柱的內外側均為鍍鋅層(550g/m²，單側)，可有效抵擋空氣腐蝕，而即使鍍鋅層遭到磨損，在基底鋼板與鍍鋅層間因電化學作用鎖型成的合金層自身也足以保護基底鋼板不被腐蝕。一般來說，由於鍍鋅鐵塔或電樁腐蝕的地方多為螺栓和墊圈周圍，因此只要在此部份定期塗漆，則鋼管柱則可以使用數十年都沒問題，以日鐵工廠外部的套裝式鋼管柱為例，於1988年製造安裝至今已屹立30年。

本次參訪日鐵住金的工廠，由原料的鋼板彎折以及焊接的過程，也可以看到其製造過程雖未導入自動化設備，惟已相當標準化，產能也相當足夠。

11/9 Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd 高砂製造工廠

本日前往位於日本兵庫縣高砂市的Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd(以下簡稱MHPS)的發電設備生產工廠。MHPS成立於2014年2月，是由三菱重工與日立制作所兩家公司的火力發電系統整合誕生的，該公司業務從火力電廠主要設備的看、設計、製造、建設、調校與後續保固均在其業務範圍內。截至今日已向全球30個國家提供了800台以上的氣渦輪機，並持續開發更高效率的氣渦輪機組，目前開發出的最新商用J型氣渦輪機之燃氣初溫已可達到1600°C，發電效率達63%以上，有效節省燃氣使用量而為世界提供乾淨的能源，台電公司107年商轉的通霄電廠1號機，以及目前興建中的通霄電廠2~3號機即係使用該型之氣渦輪機。

本次參訪MHPS，分別走訪了SCC、高研所、氣渦輪機動靜葉片再生工廠以及組裝工廠，有於商業保密須要，就參訪地點無法進行拍照，故以文字方式簡述當日各參訪點所了解到的作業：

SCC: 本次為了解發電機組備品的整個供應流程，特別請 MHPS 協助介紹此處。MHPS 將各項發電機組備品於生產或再生完成後，如其係屬於單項重量在 3 噸以下者，即直接送至此處包裝並出貨至國內外各顧客端，而重量超過 3 噸的機組備品，則為減少運輸作業與搬運風險，會由工廠直接運至港口出貨，不進入此處。目前負責該處的管理與執行的人員共有 7 名。另為利於追蹤各項備品目前包裝出貨的進度，MHPS 會於每項出貨的備品外貼上二維條碼，每當完成一個倉庫的揀貨、包裝、出貨等流程時皆會逐一掃描各備品外的 code，俾透過系統確認出貨品項無誤，減少發貨錯誤率，系統上於各項作業流程係採顏色管理，例如該備品是處於剛入庫、包裝中、準備發貨、發貨完成等不同的狀態，均會於系統有不同的背景顏色以利區分。

高研所:此處展示 MHPS 各項發電機組產品與其技術實力。一進展示廳即會先介紹發電機組的動靜葉片，葉片因須承受極高溫度，各類葉片是採中空設計，葉片表面有許多孔洞，以透過散熱氣流的流動使葉片得到最佳冷卻效果，MHPS 在

作產品研發時，會先透過電腦模擬，分析葉片最佳的外型與散熱孔洞的分布位置，通過模擬後再將產品製作出來作單元測試，最後會將整台氣渦輪機組裝出，在工廠內的試驗地點作實際的發電測試，各氣渦輪機有兩千個以上的監測點隨時確認發電狀況，以確保產品的品質。

氣渦輪機動靜葉片再生工廠:複循環氣渦輪機的 HGPP(Hot Gas Path Parts，以下簡稱熱元件)是非常昂貴的，所以在等效運轉時數達到維修建議值時，會拆下送回此處進行修補再生作業。由於葉片檢修是非常高精密性的作業，能夠自動化處理的地方不多，這邊的檢修工廠是由有經驗的師傅從葉片破損處的確認、修理對策的擬定、修補、上膜等等，由人工進行作業。

組裝工廠:國內外的顧客所訂製的氣渦輪機組會於此處進行組裝，該處有進行看板管理系統，於組裝地點的牆上會顯示預估還要幾天完成，以使各組裝人員能隨時掌握進度。

三、心得及建議

開口合約的改善建議

1. 台電公司目前在輸電線路使用的礙子為利於標示與計數，會採用顏色管理，多數礙子之主要顏色為灰色，而每4個灰色礙子會接1個褐色礙子分隔(圖八)，由於顏色不同，為利於庫存區分，在公司的材料編號中，同規格但不同顏色的礙子也會分為兩個料號；於採購時，係針對不同的材料編號分別訂定採購數量；惟由於拆下礙子舊品經過檢修後，合格品的灰色褐色比例未必也是4:1，故工程上需求是4個灰色搭配1個褐色，但在扣除庫存持續入庫的舊品數量後，採購的新品往往同灰褐的數量會相當難以預估，造成採購的褐色礙子有發生過剩或不足的情形。本次透過了解礙子的製程，了解到上釉已經是礙子製造的後段程序，相同規格的礙子在原料與前中段的製程均完全相同，因此，經與NGK商討後，其同意未來合約採購數量訂定的方式，可僅就某規格訂定開口合約之契約總量，而不指定顏色，顏色則直到本公司下訂單當時的庫存狀況，於訂單上指定灰褐應分別製交之數量，如此，則將使採購數量與需求量更為匹配，而使褐色礙子庫存過剩或數量不足之情況消彌。



圖八-礙子的顏色管理

2. 此外，由於懸垂礙子本身係屬於計劃性使用器材，而非經常性使用的，故如以過往用料紀錄來預估庫存應儲備的數量，將相當不準確，而待電網維護單位與電廠確認好停電時間而要安排施工時程時又相當緊迫，此時再請供應商

製造則因製程時間須3~4個月而影響工進，為解決此一痛點，本次也與NGK商量應如何改善，經研討後，決定未來合約可規定NGK製造一批緊急使用之安全庫存，並儲備於NGK的倉庫，而非備於台電倉庫，此類庫存於台電公司緊急需要而下訂時，則因其已製造完畢，可將原來須數月的製程時間縮短到1~2週的包裝與船期安排時間，而有效解決本公司的急用需求，且亦免去台電公司的倉儲保存成本與風險。

發電機組備品的庫存管理經驗交流分享

1. 發電機組備品的跨電廠/機組共享庫存之模式

台電公司的發電機組備品常遭外界質疑庫存儲備過多，且部分備品儲備及保養數年均未使用，經與 MHPS 討論後，各國的發電機組為供緊急搶修，均有儲備庫存備品的情形，以確保電廠能夠穩定、安全且全年無休的運轉。而這些備品沒有被使用，正驗證了機組良好的運作以及維護的結果。惟為確保機組可靠度下，儘可能減少庫存儲備，本次也向 MHPS 提出，於別國是否有針對相同機型的機組共同儲備庫存備品的方式，例如本公司的南部電廠 4 號機與大潭電廠 1、2 號機均為 MHPS 製作之 M501F 型氣渦輪機，是否可針對這些機組整合儲備備品，以減少各電廠分別儲備而造成的庫存過剩。經 MHPS 表示，由於各發電廠大多是獨立管理營運，且發電機組備品的交期多為 1 年以上，基於各電廠的風險管理觀點，由各電廠獨立持有備品的情況較為普遍。但有些使用頻率較低的備品(如熱機主軸等)則有將同型號機組的發電廠共享作為緊急備品之情形，並以此方式有效的整備維運所須備品。台電公司也正就此類備品請各電廠評估跨機組或跨電廠整合儲備，以儘可能在維持足夠的可用裝置容量下，減少維運所需成本。

2. 針對系統升級後，舊型備品之處置

由於製造商會持續改良機組，針對系統升級後，舊系統之備品往往是採報廢方式處理，本次也詢問 MHPS 是否能將此類備品交由原廠買回，再加工後售與其他客戶之可能；經 MHPS 表示，若是控制裝備的升級的話，由於舊型備

品多已在庫數年，料況不如新品，且當舊系統升級時，其會建議所有客戶一起辦理升級以確保機組運轉穩定，而絕大部分的客戶也都會進行系統升級作業，故舊型備品因無法適用而無後續價值，故各國對於此類備品的處置方式與台電相同，多以廢棄方式處理。

3. MHI 的供應鏈管理經驗

(1) MHI 其製造的發電零組件對於品質管理以及原料供應商的篩選方式?

MHPS 實施全球在地化的 QCD(Quality, Cost, and Delivery)分析，建立供應戰略並以此為基準選用適當的銷售者。品質方面，會實施工廠檢定以及 FAI(First Article Inspection)的品質管理並利用 MPP(Manufacturing Process Plan)確定其作法。此點與台電公司對於電力器材的管理相當類似，本公司之主要電力器材亦會對於新廠商實施產製能力檢定，除前往廠商的工廠進行評鑑與產品之定型試驗外，針對部份重要器材，於交貨時也會要求廠商提出出廠報告，並進行後續驗收試驗。

(2) 目前在原物料、成品及半成品是否有儲備定量庫存?儲備原則為何?又是否有 VMI(供應商庫存)之做法?

以氣渦輪機為例，其熱元件、熱機替換品等於廠內有儲備原物料與成品之庫存以應未來需求。而特殊鋼材及鋼管等則與製造商簽訂合約，請其儲備一定庫存於供應商的倉庫。然而並沒有一定的儲備原則。有關於將產品儲備於供應商的倉庫的作法，台電也將透過本次前往日本與 NGK 商議的結果，於下個合約試行，以降低供應鏈管理風險及成本。

四、參考資料:

1. 維基百科:龍角散。
2. 維基百科:則武公司介紹