

出國報告（出國類別：實習）

輸電線路鐵塔支持物，絕緣器等 之腐蝕防治技術研習

服務機關：台灣電力公司供電處

姓名：陳賢修

職稱：主管一次輸電線路

派赴國家：日本

出國期間：107年10月14日至107年10月20日

報告日期：107年12月5日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

輸電線路鐵塔支持物，絕緣器等之腐蝕防治技術研習

頁數_35_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：

陳賢修/台灣電力公司/供電處/

主管一次輸電線路/(02)2366-6573

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他：_____

出國期間：107/10/14~107/10/20 出國地區：日本

報告日期：107/12/5

分類號/目

關鍵詞：

輸電線路：Transmission Line

支持物：Support

鐵塔：Tower

腐蝕：Corrosion

腐蝕防治技術：Corrosion Prevention Technology

內容摘要：(二百至三百字)

台灣由於豪大雨、雷擊、風災、地表變化、地震等之天然災害，導致輸電線路支持物易因此而損傷或損壞，若因此而造成電力中斷，將造成巨額的經濟、民生等重大損失及社會成本巨大之付出；再者，由於台灣之地理環境因素，東臨太平洋，西隔臺灣海峽與中國相望，海岸線全長約 1,200 公里（含澎湖群島總長約 1,520 公里），造成鹽霧害汙染甚為嚴重，再加上季風之影響及因工業發展造成之汙染，造成輸電鐵塔及相關鐵器之加速腐蝕，影響線路及供電安全甚鉅。

本次出國主要規劃赴日本住電機器系統株式會社、豬名川研究所、ARTES 株式會社，及 MC SYSTEMS 螺栓塗裝工廠，了解其鐵塔配件及鐵塔螺栓如何針對防腐蝕作有效防治；此外，鑑於住電機器系統株式會社亦有生產鐵塔相關設備及防墜裝置等，藉此次機會一併了解國外針對輸電相關設備之測試方法及生產模式等；參訪行程完成後與日方召開小型研討會，於會中說明台灣之地理環境及輸電線路針對防腐蝕之相關作為，與日方人員進行技術交流。

本報告主要為了解國外公司針對輸電設備防腐蝕之相關技術，與本公司現行作法相互比較後，希望能精進相關之防腐蝕研究及技術，以供本公司爾後對於輸電鐵塔及相關鐵器腐蝕防治之參酌。

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

目 錄

	頁次
行政院及所屬各機關出國報告提要-----	2
目錄-----	4
壹 出國目的與行程-----	5
一 實習行程-----	5
二 實習緣由及目的-----	5
三 成員-----	5
貳 本公司輸電線路維護等相關規定-----	6
一 輸電線路維護準則-----	6
二 輸電線路設備健康檢查評鑑標準-----	9
三 供電設備鐵塔(構)除銹油漆施工暨檢驗說明-----	10
參 住電機器システム株式會社參訪-----	11
一 架空輸電線路設備-----	11
二 架空輸電線路設備相關試驗-----	13
肆 ARTES 及 MC SYSTEMS 株式會社參訪-----	15
一 ARTES 株式會社參訪-----	15
二 MC SYSTEMS 株式會社參訪-----	24
伍 心得與建議-----	34
陸 參考文獻-----	35

壹、出國目的與行程:

一、實習行程（107.10.14~107.10.20）

日期	交通	時間	起迄地點	拜訪單位	住宿
10月 14日	班機 BR132	起 08:30 達 12:10	台北 ~大阪	(去程)	大阪
10月 15-17日	汽車			住電機器系統 株式會社 豬名川研究所	大阪
10月 18-19日	汽車			ARTES 株式會 社 MC SYSTEMS	大阪
10月 20日	班機 BR131	起 13:10 達 15:05	大阪 ~台北	(回程)	
出國行程表					

二、實習緣由及目的:

台灣之地理環境因素，東臨太平洋，西隔臺灣海峽與中國相望，海岸線全長約 1,200 公里，造成鹽霧害汙染甚為嚴重，再加上季風之影響及因工業發展造成之汙染，造成輸電鐵塔及相關鐵器之加速腐蝕，影響線路及供電安全甚鉅。

本次出國主要規劃赴日本住電機器系統株式會社、豬名川研究所、ARTES 株式會社，及 MC SYSTEMS 螺栓塗裝工廠，了解其鐵塔配件及鐵塔螺栓如何針對防腐蝕作有效防治；此外，鑑於住電機器系統株式會社亦有生產鐵塔相關設備及防墜裝置等，藉此次機會一併了解國外針對輸電相關設備之測試方法及生產模式等。

本報告主要為了解國外公司針對輸電設備防腐蝕之相關技術，與本公司現行作法相互比較後，希望能精進相關之防腐蝕研究及技術，以供本公司爾後對於輸電鐵塔及相關鐵器腐蝕防治之參酌。

三、成員：陳賢修（主管一次輸電線路）CHEN HSIEN-HSIU

貳、本公司輸電線路維護等相關規定

一、輸電線路維護準則

為達成各項輸電線路維護目標，供電處於民國 90 年 11 月 27 日發布「台灣電力股份有限公司輸電線路維護準則」，並定期辦理修正，鑑於本次出國實習項目主要為支持物等相關鐵器之腐蝕防治，因此針對相關之維護作為作以下簡介：

(一)、巡視：本公司針對輸電線路均會定期辦理巡視，分為普通巡視、重點巡視、臨時巡視及特別巡視，普通巡視係為掌握線路全區間所有設備良莠情形之定期巡視；重點巡視係為及早發現異狀，防範事故於未然，對於線下（旁）、鐵塔基地或其他維護上必要範圍內之建築物、施工場地、各項工程等，進行特定區域內輸電線路之巡視；臨時巡視係颱風期間等氣象異常時期及季節，容易對線路發生危害，為防範事故於未然之巡視；特別巡視係為確實掌握事故狀況，對事故發生之情形、地點做必要之巡視；有關巡視區間、期間、次數及方法詳表 1 所示。

巡視種類 \ 項目	區間	期間	次數	方法	
				架空	地下
普通巡視	全區間		每 2 個月 1 次以上	徒步 直昇機	徒步 車輛
重點巡視 A	應巡區間	預測較可能發生事故期間	每月 3 次 以上	徒步 車輛	徒步 車輛
重點巡視 B	應巡區間	1.預測較可能發生事故期間。 2.塔基維護顏色管理模式中紅、橙色等級塔基。	每月 1 次 以上	徒步 車輛	徒步 車輛
臨時巡視	應巡區間	1.颱風期間等氣象異常時期及季節。 2.颱風、豪雨、異常雨量、地震過後及覆冰期、融冰期。	適時	徒步 直昇機	徒步 車輛

特別巡視	事故預測 區間		必要時	徒步 車輛 直昇機	徒步 車輛
------	------------	--	-----	-----------------	----------

表 1、本公司輸電設備巡視區間、期間、次數及方法

(二)、點檢：本公司針對輸電線路點檢分為初期點檢、定期點檢及臨時點檢，初期點檢係一般新設備於初期發生異常之機率較多，必須對各相關設備詳細調查，以確認設備是否異常；定期點檢係為輸電線路全區間做定期設備之全部調查，以確認是否異常；臨時點檢係為於初期點檢、定期點檢、事故等相同設備發現之異常，應假設其他處所亦有相同情況，而執行必要範圍相關異常項目之檢查，以資確認；有關上述點檢之週期及方法詳表 2 所示。

點檢種類		區分	點檢處所、項目	週期	方法	備註
初期點檢			比照定期點檢之標準	竣工第 2 年起 1 年內	全數以定期點檢標準實施測定	
定期點檢	架空線路	支特物： 鐵塔、鐵柱、角鋼桿、水泥桿、鋼管桿、木桿、螺栓鬆弛	依線路維護訂定週期原則	外觀檢查 外觀檢查 測定(抽查)	跨越高速公路、快速道路、高速鐵路、鐵路、捷運、空中纜車線路及輸電線交叉處上方線路桿塔，至少每年點檢 1 次。	
		礙子： 各種礙子本體 線路用避雷裝置 礙子連鐵器 螺絲鬆弛	依線路維護訂定週期原則	外觀檢查 外觀檢查 測定(抽查)		
		架空線： 導線、地線(含 OPGW)、附屬鐵器螺絲鬆弛	依線路維護訂定週期原則	外觀檢查 測定(抽查)		
		接地電阻測量： 鐵塔、鐵柱(含保護網)	3 年 必要時	測定 測定		

		電桿			
		靜電感應測定	必要時	測定	
	地下電纜	管路： 人手孔、涵洞、橋樑	依線路維護 訂定週期原則	外觀檢查	1.點檢時配合實施 C.P.U 接地電纜循環電流測試並依 QP-L82-03 F2 量測表記錄各區間接地電纜循環電流值以追蹤管控並確認電纜被覆保護裝置之功能正常。 2.每 6 年至少執行非線性電阻元件(SVL)之絕緣電阻測試乙次，確認功能正常。
		電纜： 終端、接頭	依線路維護 訂定週期原則	外觀檢查	
		各人孔接續匣接地 電纜循環電流量測	依線路維護 訂定週期原則	測定(全數)	
		給油裝置： 油槽、給油管、開閉閥、控制電纜、閥盤、警報器	依線路維護 訂定週期原則	外觀檢查	
		電纜(鐵塔部份)： 避雷器、保護裝置	依線路維護 訂定週期原則	外觀檢查	
		其他： 鐵構、導線(接續線) 螺絲鬆弛 接地電阻測定	依線路維護 訂定週期原則 必要時	外觀檢查 測定(全數) 測定	
臨時點檢		必要處所、項目	必要時	外觀檢查及測定	

表 2、本公司輸電設備點檢週期及方法

(三)、設備汰換：有關本公司輸電設備汰換分為非計畫型與計畫型，非計畫型係平時巡視及點檢時，發現設備有異狀時，由分隊依「設備異狀處理作業程序」辦理；計畫型係每年 1 月底前線務段將初步判斷需汰換之輸電設備填寫「設備汰換評鑑表」送設計部門，並依相關程序召開會議辦理評鑑決定是否汰換。

二、輸電線路設備健康檢查評鑑標準

為加強各供電區營運處轄區輸電線路設備之維護管理與降低事故率，並能及時掌握線路設備狀況，制定預防性運轉設備之健康檢查評鑑標準，以及時診斷出現存設備的問題及潛在危險因子防範於未然，全面提高線路之營運維護管理、運轉維護水準與設備可靠度，供電處於民國 98 年 7 月 20 日發布「台灣電力股份有限公司輸電線路設備健康檢查評鑑標準」，並定期辦理修正。

線路評鑑是針對線路設備的健康水準為評鑑重點，涵蓋線路運轉維護、設備腐蝕、老化、環境變化等過程。評鑑時機依設備重要性、使用年限、事故風險及地理環境等因素及「線路維護訂定週期原則」之實際環境污染等級將所轄線路分別級區。

以架空線路為例，屬 A、B 污染級區運轉已達 40 年（含）以上者，架空線路屬 C、D、E 污染級區運轉已達 30 年（含）以上者，即應辦理(以上評鑑項目需停電方可辦理者，應配合平時停電點檢) 評鑑，未達運轉規定年限之線路設備得免評鑑。如經評鑑結果屬完好者，架空線路屬 A、B 污染級區，應續每 15 年再進行一次評鑑，架空線路屬 C、D 污染級區，應續每 10 年再進行一次評鑑，架空線路屬 E 污染級區，應續每 5 年再進行一次評鑑，以此類推。如設備已達上述期間內，且已列計畫改善或汰換者免評鑑。

經評鑑結果有重大異狀且無法立即改善完成者，應依「供電單位設備異狀處理作業程序」規定填報於各供電區營運處網站「異狀管理系統」中追蹤改善；評鑑結果得與「年度加強防範雷害事故行動計畫」、「年度防範鹽霧害管理計畫」、「年度巡視與點檢工作計畫」、「年度編製輸電線路維護工作計畫」等相結合。

三、供電設備鐵塔（構）除銹油漆施工暨檢驗說明

為保護鍍鋅鐵塔（構），避免受腐蝕性氣體和海鹽飛沫等侵蝕，採用熱浸鍍鋅及塗裝雙重防蝕系統，以延長鐵塔（構）壽命和使用年限，供電處參照「台灣地區鹽份附著分佈圖」於「各地區受污染情況適用油漆塗裝系統表」，分別擬訂一般地區（A 區域及 B 區域）、腐蝕地區（C 區域）及重腐蝕地區（D 區域及 E 區域）等三個腐蝕等級地區，新設及既設鍍鋅鐵塔(構)之底漆、中塗漆、面漆等塗裝系統，訂定「供電設備鐵塔(構)除銹油漆施工暨檢驗說明」。

其中一般地區為塗裝系統 A，依據受汙染情況分為 A1、A2、A4 及 A5，塗裝總膜厚由 60 μm 到 140 μm 不等；腐蝕地區為塗裝系統 C 依據受汙染情況分為 C1、C2、C3、C4 及 C5，塗裝總膜厚由 60 μm 到 140 μm 不等；重腐蝕地區為塗裝系統 E 依據受汙染情況分為 E1、E2、E3、E4 及 E5，塗裝總膜厚由 60 μm 到 185 μm 不等，各地區受汙染情況適用油漆塗裝系統詳表 3 所示。

環境	鐵塔狀況 塗裝系統	舊鍍鋅鐵塔			
		新鍍鋅鐵塔			鋅層脫落 已生紅色 鐵銹
		面漆劣化	面漆、中塗漆 劣化	面漆、中塗 漆、底漆劣化	
一般地區(A 及 B)	A1	A2	-	A4	A5
腐蝕地區(C)	C1	C2	C3	C4	C5
重腐蝕地區(D 及 E)	E1	E2	E3	E4	E5

表 3、各地區受汙染情況適用油漆塗裝系統表

參、住電機器システム株式會社參訪

鑑於本次實習目的地為大阪，又住電機器系統株式會社有生產不少輸電線路相關設備，及其豬名川研究所亦有針對相關設備作相關之試驗測試等，故藉此次機會拜訪此公司以了解日本對於輸電相關設備之測試方法及生產模式等。

一、架空輸電線路設備

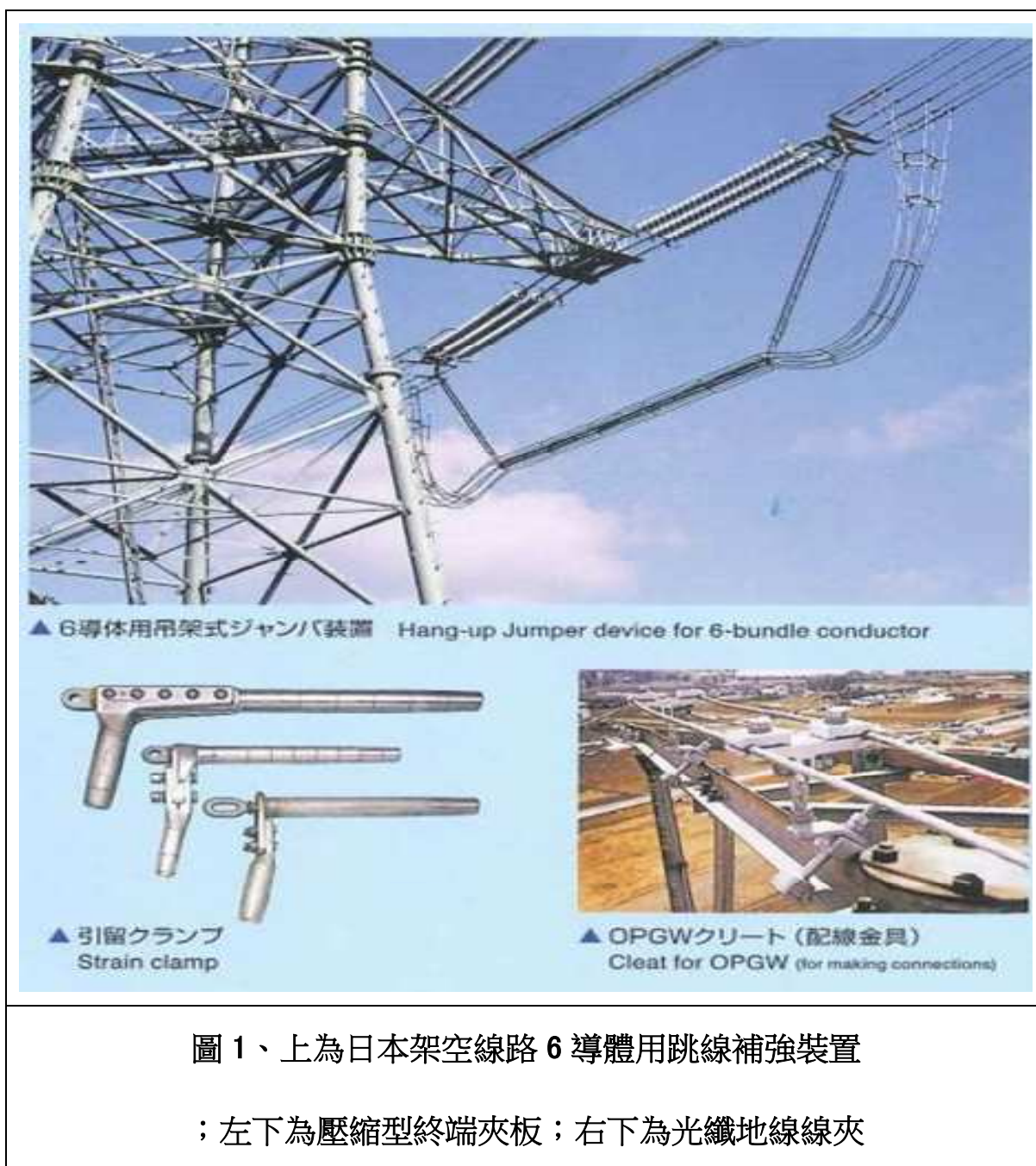




圖 2、左為鐵塔用防止墜落裝置；右上為接地工具；右下為升降用安全器



圖 3、左為四導體用間隔器；右為複導體用間隔器

二、架空輸電線路設備相關試驗

鑑於本公司輸電線路維護等相關工作，多為高風險及高空作業居多，為確保作業人員於輸電鐵塔等支持物上下及水平移動時之安全，本公司目前已全面於鐵塔、鐵柱、鋼管桿裝設防止墜落裝置；本次於豬名川研究所現勘時，看到住電公司針對各型支持物，以及支持物各區段之防墜裝置試組，甚至有搭配爬梯型式之防墜裝置。



圖 4、鐵塔裝設爬梯並搭配防墜裝置



圖 5、鋼管桿裝設防墜裝置

本公司架空輸電線路161kV多為複導體，345kV則多為四導體，為此，需安裝間隔器以避免導線擺動時相互碰撞而受損；本公司針對導線間隔器採購有固定間距等尺寸規範，且針對特性部分，亦有嚴格之夾板握持、彈簧壓縮、彈簧抗拉、負載、疲勞及扭轉穩定性等試驗；本次於豬名川研究所現勘時，亦於廠內看到導線間隔器之相關試驗，如圖6及圖7所示。

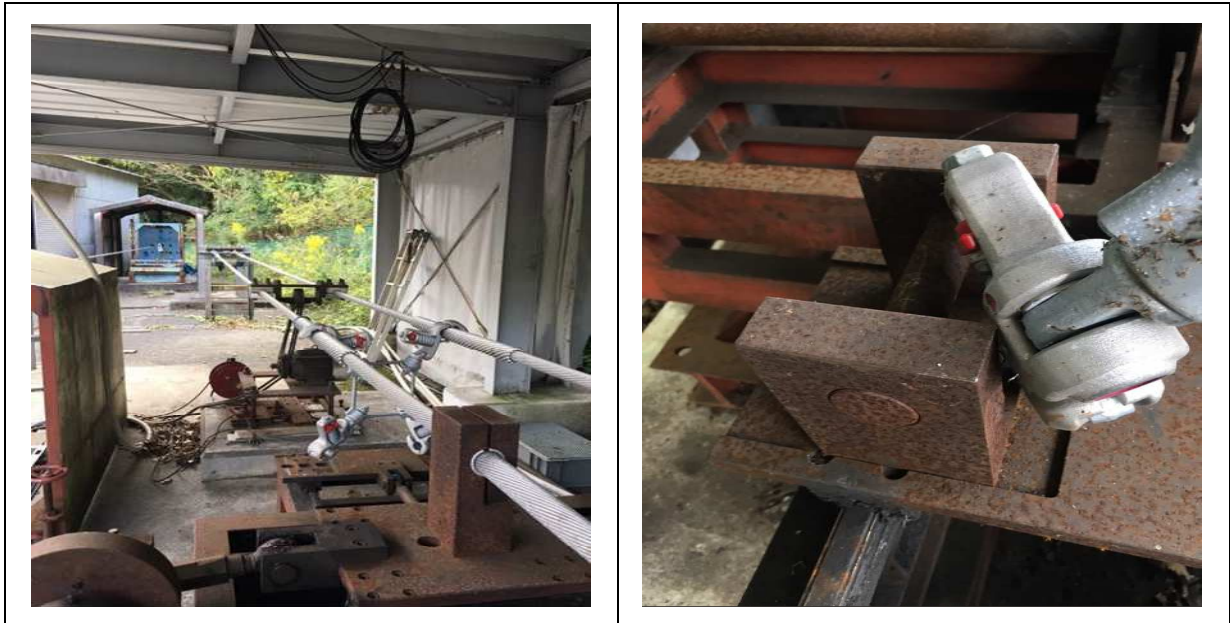


圖 6、四導體間隔器扭轉穩定性試驗

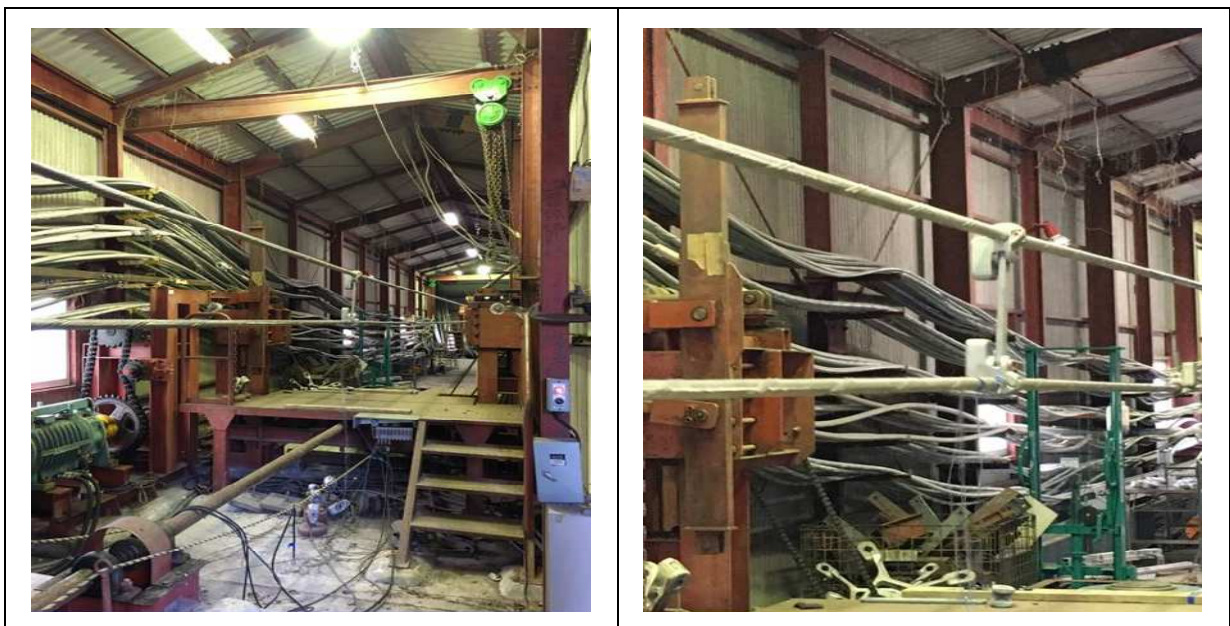


圖 7、複導體間隔器扭轉穩定性試驗

肆、ARTES 及 MC SYSTEMS 株式會社參訪

有關本公司所用輸電鐵塔，除基本鋼材鍍鋅外，為能增強其防腐蝕能力，本公司亦依「供電設備鐵塔(構)除銹油漆施工暨檢驗說明」，按照腐蝕等級地區辦理油漆塗裝，此亦為國際上許多國家廣泛用以抗腐蝕延長鐵塔使用年限之方法。

鐵塔除了鋼材之外，螺栓亦為需抗腐蝕之重點，以台灣目前現況，因輸電鐵塔鋼材等構件已辦理鍍鋅及油漆塗裝，相較之下往往螺栓腐蝕的情形更為顯著，又由於材料特性，螺栓鍍鋅厚度無法太厚，且因需安裝鎖緊，也無法如鋼材一般以油漆塗裝；故本次選擇拜訪ARTES及MC SYSTEMS株式會社，了解鐵塔螺栓之相關技術及製程，及不同鍍鋅技術耐蝕性之差別與使用環境等。

一、ARTES 株式會社參訪

(一)、螺栓之製造工程

ARTES株式會社依據強度等相關規格，採用兩種不同製程方式製造鐵塔螺栓，以熱鍛方式製造高張力螺栓，以冷鍛方式製造普通螺栓，詳如圖8及圖9所示。

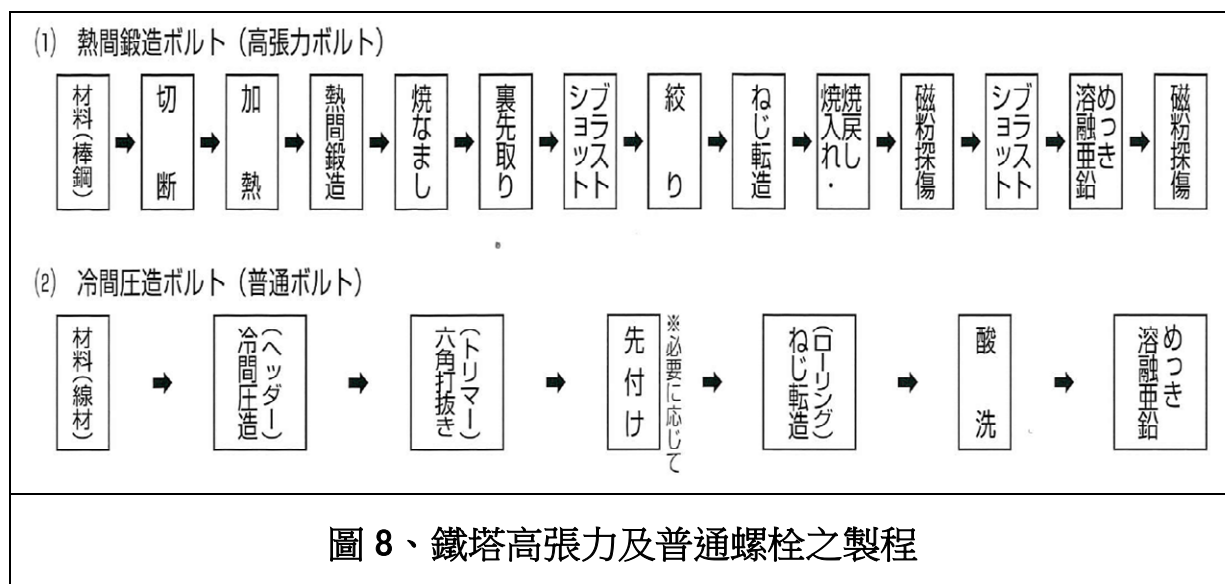


圖 8、鐵塔高張力及普通螺栓之製程

種類	強度区分※	ねじの呼び	材 料	
			(熱間鍛造ボルト)	(冷間圧造ボルト)
普通ボルト	4.6	M10, M12	JIS G3101 SS400	JIS G3507 SWRCH 10K
	5.8	M16	JIS G4051 S45C	JIS G3507 SWRCH 15K
	6.8	M20, M22, M24	JIS G4051 S45C	JIS G3507 SWRCH 25K
高張力ボルト	9.8	M22, M24, M30	JIS G4104 SCr 440・SCM435	————
		M36, M42	JIS G4105 SCM435	————

表4、鐵塔螺栓之種類及使用材料

圖9及圖10為參訪ARTES株式會社廠房內，熱鍛製造螺栓過程中之相片。



圖 9、左為製造螺栓之原料；右為經過機器後產出之初始形狀

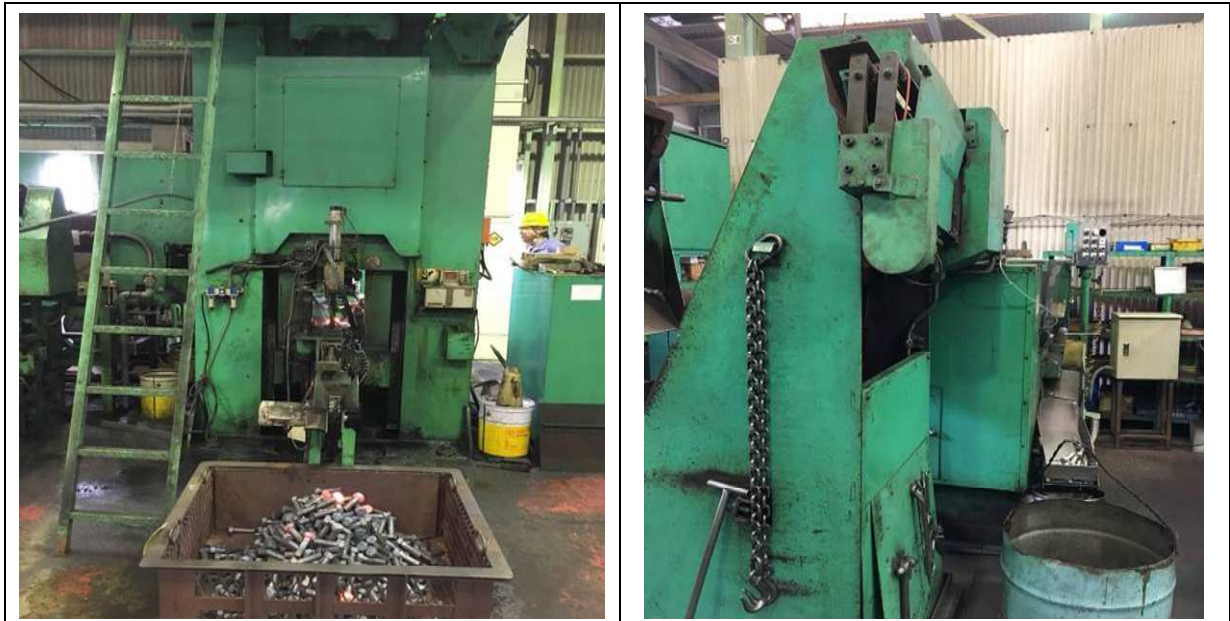


圖 10、熱鍛製造螺栓

圖11則為冷鍛製造螺栓過程中之相片。



圖 11、冷鍛製造螺栓

圖12為檢測螺栓抗張力及量測膜厚之相關設備。



圖 12、左為拉力測試機；右為膜厚計

圖13為磁粉探傷機，能發現零件表面及近表面因鑄造、鍛壓、焊接、拉伸、淬火、研磨、疲勞而產生的裂痕以及夾渣等極細微的缺陷。



圖 13、磁粉探傷機

(二)、不同鍍鋅類別之適用範圍

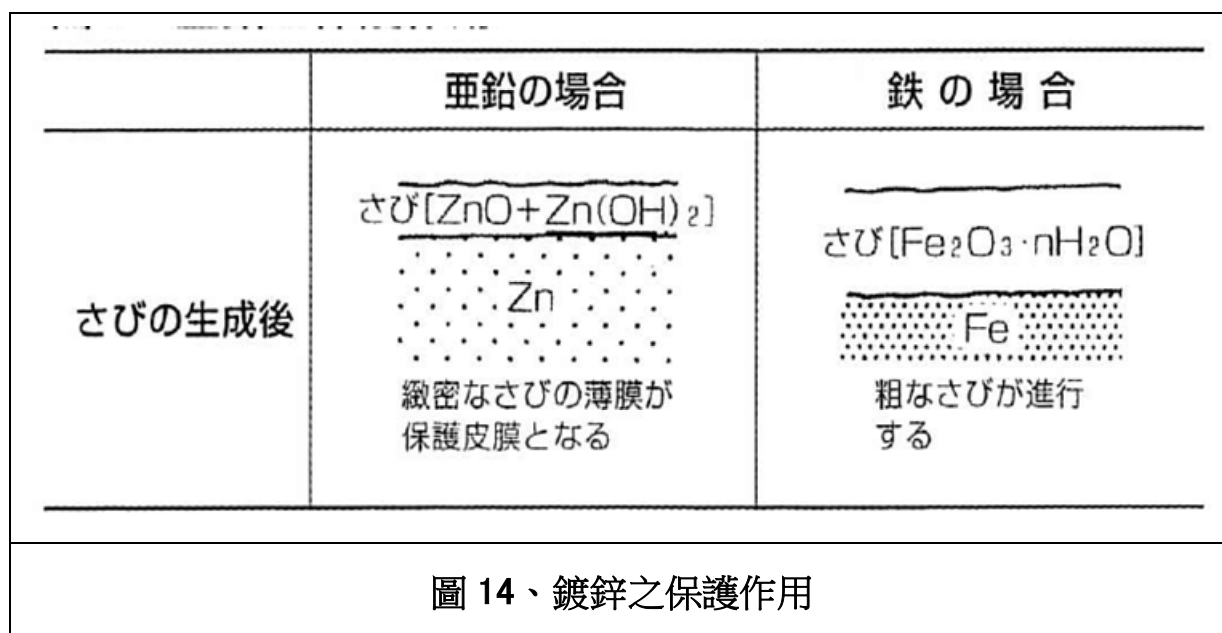
根據不同的鍍鋅膜厚，有其不同的適用範圍，詳如表5所示。

種類	記号	硫酸銅 試験回数	付着量 (g/m ²)	平均めっき膜厚 μm (参考)	適用例(参考)
1種A	HDZ A	4回	—	28~42	厚さ5mm以下の鋼材・鋼製品、鋼管類、直径12mm以上のボルト・ナット及び厚さ2.3mmを超える座金類。
1種B	HDZ B	5回	—	35~49	厚さ5mmを超える鋼材・鋼製品、鋼管類及び鑄鍛造品類。
2種35	HDZ 35	—	350以上	49以上	厚さ1mm以上2mm以下の鋼材・鋼製品、直径12mm以上のボルト・ナット及び厚さ2.3mmを超える座金類。
2種40	HDZ 40	—	400以上	56以上	厚さ2mmを超え3mm以下の鋼材・鋼製品及び鑄鍛造品類。
2種45	HDZ 45	—	450以上	63以上	厚さ3mmを超え5mm以下の鋼材・鋼製品及び鑄鍛造品類。
2種50	HDZ 50	—	500以上	69以上	厚さ5mmを超える鋼材・鋼製品及び鑄鍛造品類。
2種55	HDZ 55	—	550以上	76以上	過酷な腐食環境下で使用される鋼材・鋼製品及び鑄鍛造品類。

表5、不同鍍鋅類別適用範圍

(三)、鍍鋅保護基本原理

鋼材辦理鍍鋅後，表面會生成1層氧化鋅予以保護，猶如細緻的薄膜生成，相較於未辦理鍍鋅之鋼材，此保護薄膜能強而有力的減緩腐蝕之進行。



(四)、犧牲鍍鋅之陰極保護法原理

若鍍鋅層若因碰撞等因素，造成表面造成刮傷或其他原因致鍍鋅層造成局部破壞，使鋼材從傷口中暴露於環境之中，此時，鍍鋅層中之鋅與鋼材形成鋅鐵原電池，又鋅的標準電極電位低於鐵，因此鋅為陽極被氧化，而鐵為陰極受到保護，即為犧牲陽極的陰極保護法原理。

上述之犧牲防腐蝕作用優於油漆塗裝，因為辦理油漆塗裝後，若表面發生刮傷或局部破壞，一旦發生氧化作用，仍會經由損傷路徑直接腐蝕鋼材。

因此，本公司現行作法多為鐵塔鍍鋅並搭配油漆塗裝，以增長輸電設備使用年限，圖15為表面發生局部破壞開始氧化後，純鍍鋅與純油漆塗裝之比較。

	亜鉛めっき	塗 装
キズの発生		
腐食の進行	 亜鉛の犠牲防食作用により鉄は腐食されない	 粗い鉄さびにより塗膜が大きく破れ腐食が進行する

圖 15、鍍鋅與油漆之比較

(五)、鍍鋅量不同於各環境下之耐用年限

根據ARTES株式會社所分析統計之資料，隨著鍍鋅量不同，於乾燥、山間、田園、海岸、都市及重工業這6種不同環境下，耐用年限為10~60年不等，如圖16所示。

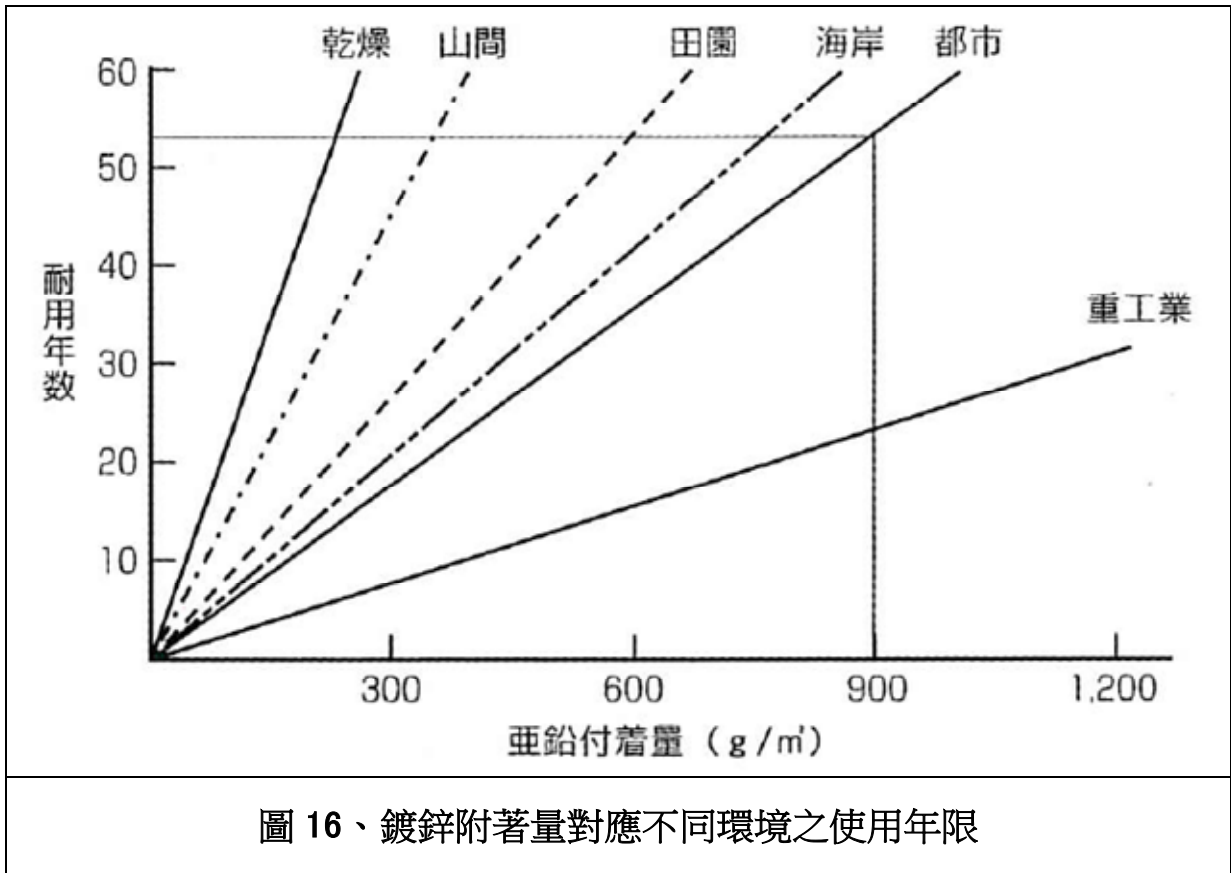


圖 16、鍍鋅附著量對應不同環境之使用年限

根據鋼材產品形狀與材質之不同，鍍鋅膜厚有其上限及下限之規定，例如平滑3mm以下的薄鋼板，無法鍍上500g/m²之膜厚，10mm以上較厚之鋼板，要鍍上500g/m²之膜厚也很困難，同樣環境下之鍍鋅使用年限，可根據不同之鍍鋅附著量及每年鋅層之腐蝕速度計算推定出來，如表6所示。

めっき付着量 大気ばく露環境	400g/m ²		500g/m ²		600g/m ²		600g/m ² (やけ)	
	腐食量 (g/m ² /年)	耐用年数 (年)	腐食量 (g/m ² /年)	耐用年数 (年)	腐食量 (g/m ² /年)	耐用年数 (年)	腐食量 (g/m ² /年)	耐用年数 (年)
重工業地帯	40.1	9	40.6	11	40.1	13	18.1	30
海岸地帯	10.8	33	10.9	41	10.8	50	11.5	47
郊外地帯	5.4	67	5.2	86	5.2	104	5.2	104
都市地帯	17.5	21	17.7	25	17.7	30	17.5	31

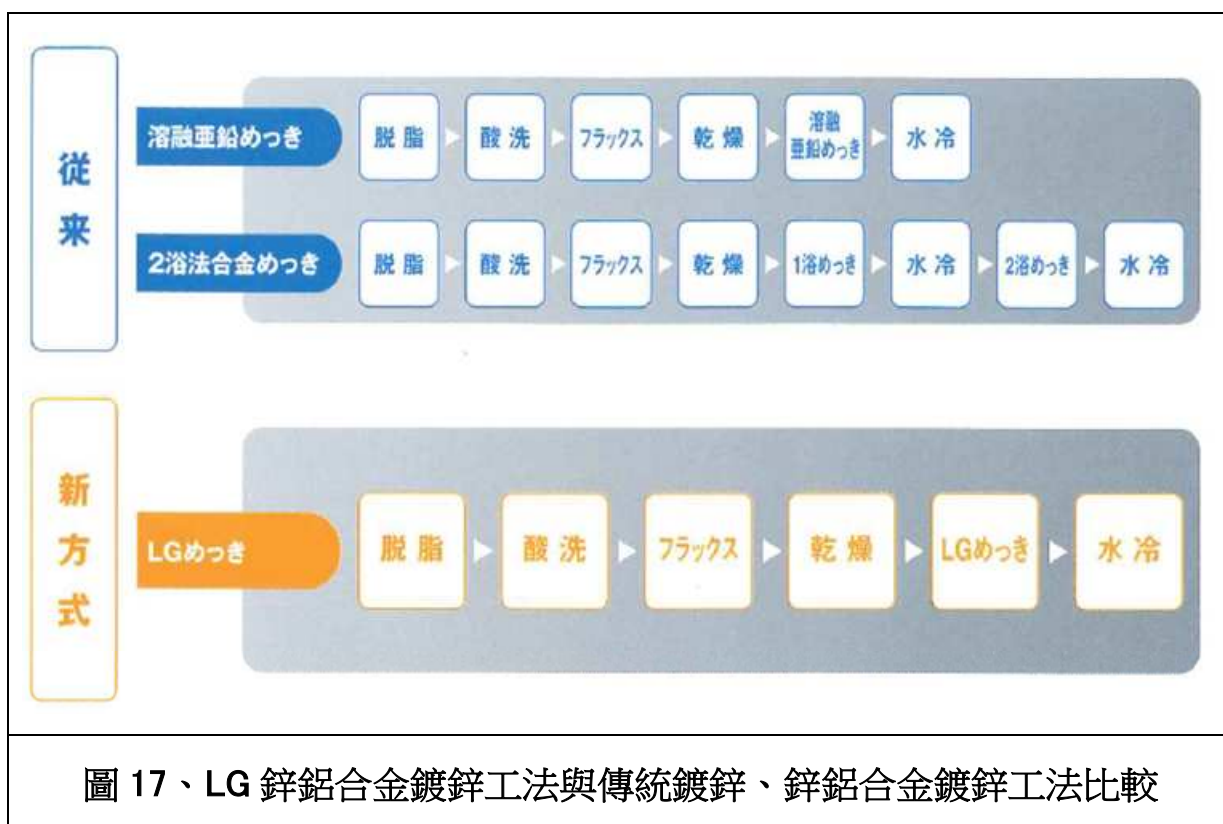
表6、各環境下鍍鋅附著量推定耐用年限

(六)、鋅鋁合金鍍鋅及LG鍍鋅

最近幾年比熱浸鍍鋅更耐腐蝕的鋅鋁合金鍍鋅受到眾多矚目，將其用來作為在嚴重腐蝕環境及免維護要求之鋼材的防止腐蝕方法而被注意。以往的合金鍍鋅通常在熱浸鍍鋅後實施，鋅鋁合金鍍鋅則是主要使用2次浸泡，但此種方法會增加製程而無法避免成本增加及作業效率低下。

LG鋅鋁合金鍍鋅工法改良此缺點，僅需浸泡鍍鋅池1次即形成厚膜，為付予優秀耐蝕性的新鋅鋁合金鍍鋅，其特色為：

1. 保留犧牲防蝕作用，更比熱浸鍍鋅高5~10倍耐蝕性。
2. 膜厚堅硬，不易損傷。
3. 與素材密著性佳，有良好的彎曲加工性。



與熱浸鍍鋅比較，LG鋅鋁合金鍍鋅合金層會擴散至被覆膜全體，並且在靠近鐵素材側被覆膜的鋁濃度會較高。因此種組織不易變黑且獲得高耐蝕性。

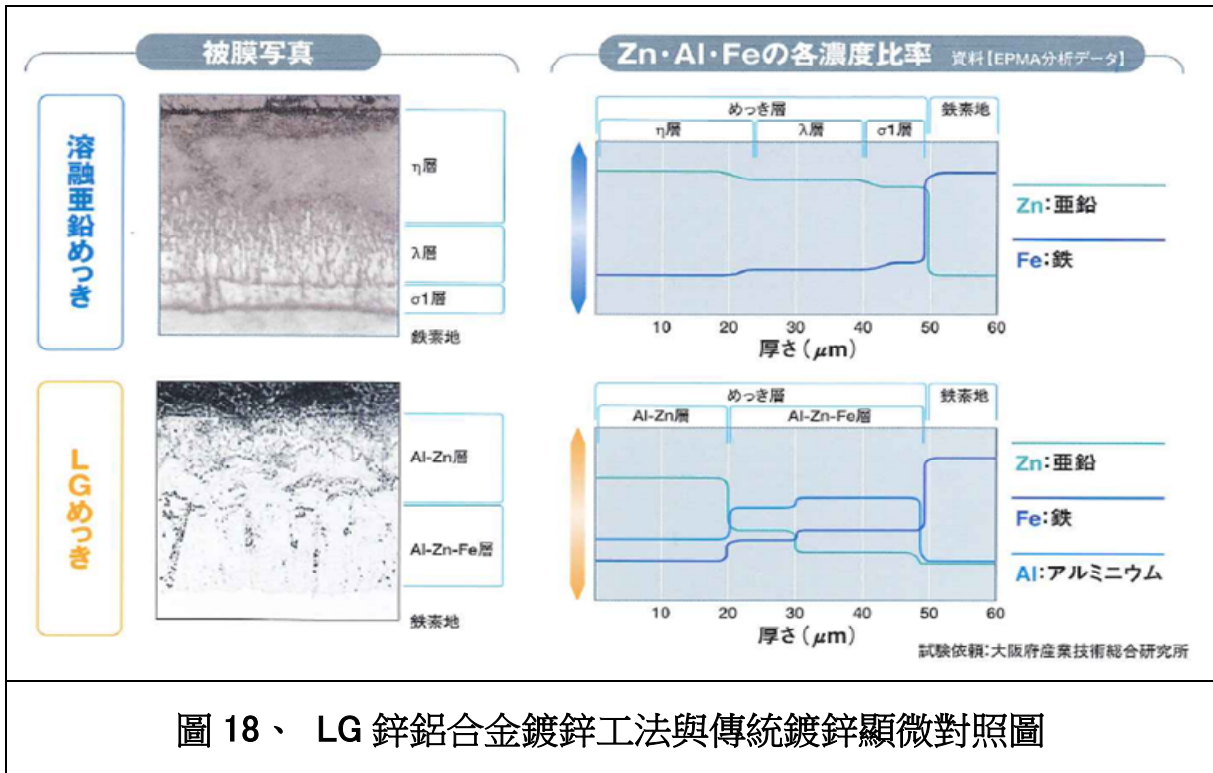


圖 18、 LG 鋅鋁合金鍍鋅工法與傳統鍍鋅顯微對照圖

根據鹽霧試驗的結果推算，LG鋅鋁合金鍍鋅的耐蝕性較傳統熱浸鍍鋅高5~10倍。

因此更適合使用於嚴苛的腐蝕環境，特別是鹽害地區或高溫環境。

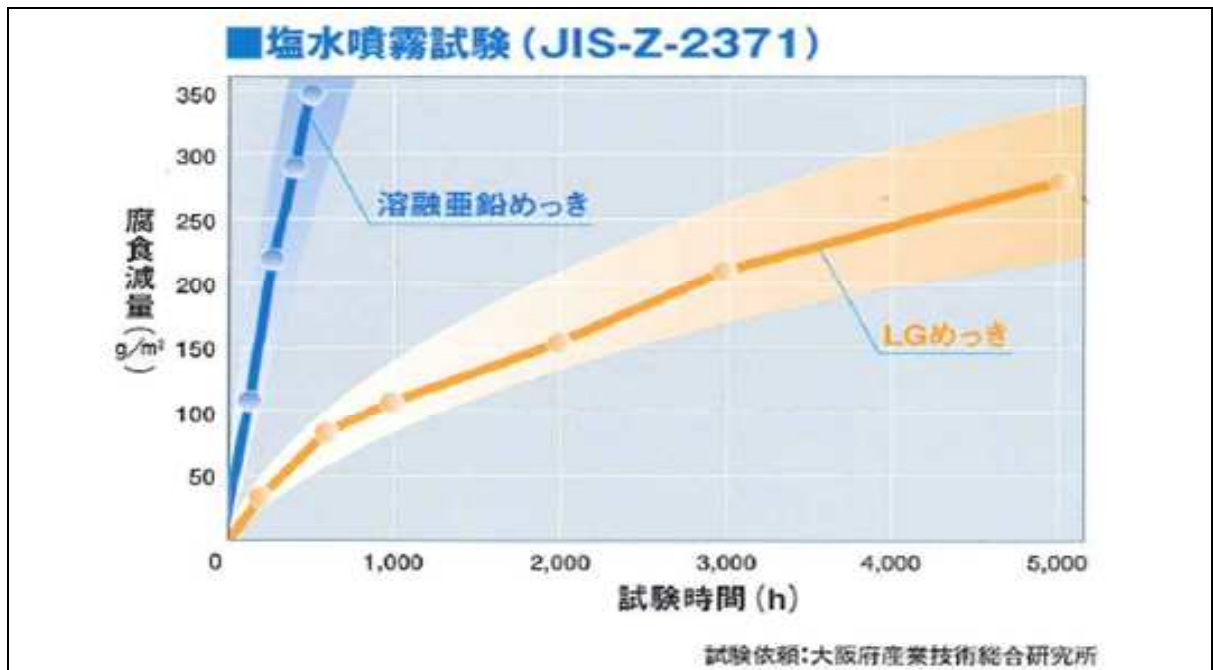


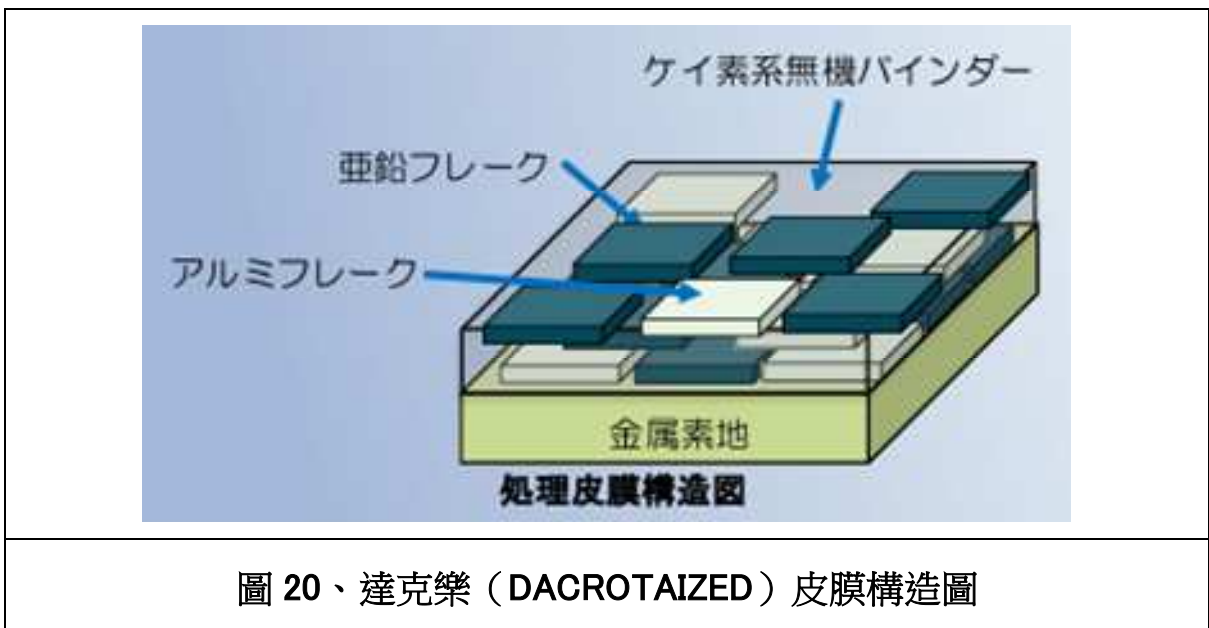
圖 19、 LG 鋅鋁合金鍍鋅工法與傳統鍍鋅鹽霧試驗比較

二、MC SYSTEMS 株式會社參訪

MC SYSTEMS株式會社為金屬表面處理的技術廠商，其塗裝製程依不同特性及客戶需求，包含達克樂(DACROTAIZED)、久美特(GEOMET)、E COAT WH、ZR COAT及MA COAT等，以下就各種不同金屬表面處理作簡單介紹，並分析其特性。

(一)、達克樂(DACROTAIZED)及久美特(GEOMET)

達克樂(DACROTAIZED)是一種類似塗覆方法，將脫脂除銹後的零件經浸漬於一種水性被覆分散劑，主要由鋅泥、鉻酸及特殊有機物調配而成，然後經高溫(300°C以上)烤乾後表面被覆上一層灰銀金屬薄膜，此係鋅片均勻地相互重疊涵蓋在鐵質底材上，六價鉻則還原成三價鉻化合物蓋在鋅片與鐵材之上，且介入鋅片各層，緊密地化學鍵結而成因此達克樂保護膜有多種的防銹機構。



達克樂（DACROTAIZED）主要特色如下：

1. 耐鹽水噴霧性及耐久性

比傳統的表面處理具有更優越的耐腐蝕性。例如，與經過有色鉻酸鹽處理的電鍍鋅、熱浸鍍鋅、鍍鎳-鋅等相比較之結果，其在鹽水噴霧試驗和複合腐蝕試驗中，都顯示出更強的防銹性。



圖 21、多種表面處理之耐鹽水噴霧試驗比較

2. 耐熱性及耐腐蝕性

表面具有優異的耐熱耐腐蝕性，所以表面被膜即使長時間置於高溫條件下也不會被腐蝕。但如果採用電鍍鋅法，於100°C左右表面的鉻酸鹽被膜就開始變化，耐腐蝕性急劇下降。

3. 與鋁接觸產生電化學腐蝕作用之防止

在鋁材和鐵、或者不銹鋼螺栓一起固定之場合，對螺栓進行達克樂處理可以防止電化學腐蝕。

4. 無氫脆性

一般電鍍過程及採用酸洗，均導致氫脆性的發生，嚴重影響材質，達克樂處理法無此問題。（氫脆係指金屬材料在冶煉、加工、熱處理、酸洗和電鍍等過程中，或在含氫介質中長期使用時，材料由於吸氫或氫滲而造成機械性能嚴重退化，發生脆斷的現象）

5. 高度滲透性

對於形狀複雜，有凹角孔隙物件以及管件內面均能滲入形成均勻保護膜。

6. 無公害性

無廢水污染、無廢氣污染、無化學廢液等問題。

久美特（GEOMET）為一項新的無鉻塗裝技術，塗層具有銀金屬般的外表。金屬片層使用特殊的無機黏接劑相互連接。又因塗層極薄，因此並不會影響螺栓與螺帽之間的安裝，主要特色如下：

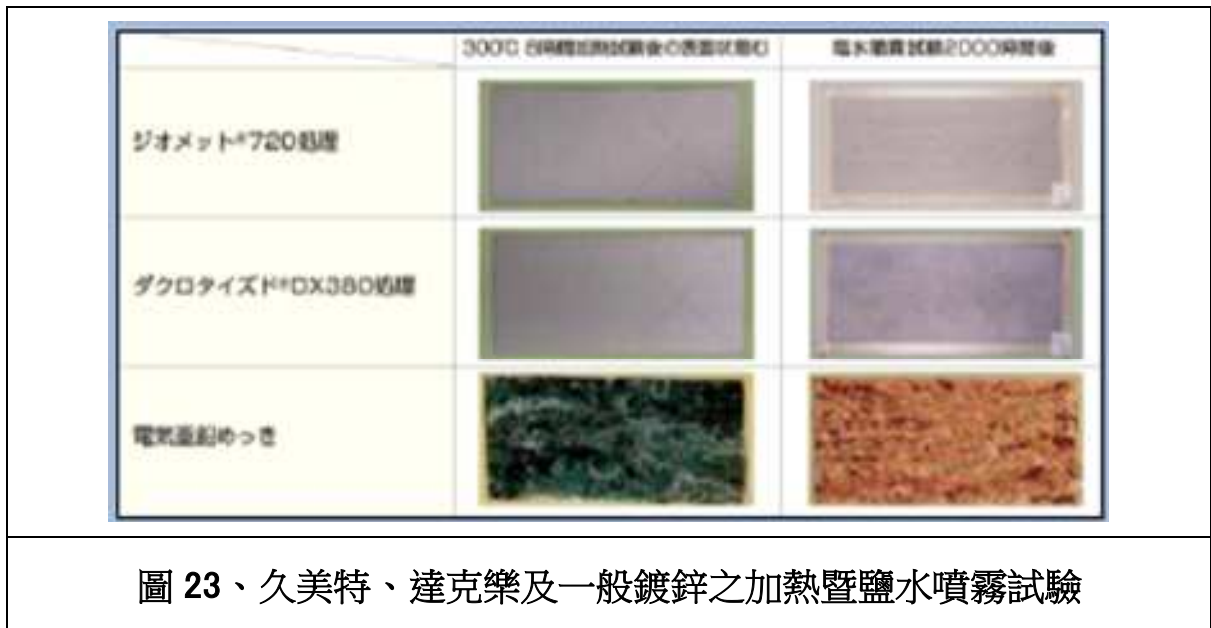
1. 耐鹽水噴霧性及耐久性

在鹽水噴霧測試及循環腐蝕測試中，其抗蝕性均有優異之表現。



2. 耐熱性及耐腐蝕性

能夠忍受長期之高溫。如使用電解鍍鋅法，表面鉻塗層於100°C左右則會失去作用，耐腐蝕性亦會迅速減弱。



3. 鋁電解腐蝕預防能力

由於使用久美特塗裝鋼材能夠降低其表面的腐蝕電位，因而能夠防止其他除與鋁接觸之外所發生的腐蝕，經了解日本TOYOTA汽車及部分國外太空梭材料，均大量使用久美特塗裝之螺栓。

4. 無氫脆性

5. 適用各種金屬

可用於廣泛材料上之應用，鐵、鑄鐵、不銹鋼、鋁及金屬陶瓷等。

6. 可於久美特塗料上加塗保護膜

久美特塗料相容性已使用溶劑型三聚氰胺聚酯樹脂烤漆及粉體塗裝加以驗

證。實驗結果，兩種保護膜均顯示出優異的外觀及橫切黏著強度。

7. 無公害性

無廢水污染、無廢氣污染、無化學廢液等問題。

達克樂（DACROTAIZED）及久美特（GEOMET）處理的製程不會排放廢水，是對自然環境很好的表面處理。處理工法達克樂液、久美特液會依塗裝方法而有不同，有浸泡旋轉工法、浸泡排水工法、浸泡旋轉架工法、噴塗處理工法，大致會依處理物的大小、形狀、品質及要求之性能來選擇處理工法。

1. 浸泡旋轉工法

適用於處理螺絲、螺帽、彈簧、其他小物件壓床部品等之工法，將處理物放入籃子裡，浸泡塗裝並利用遠心分離，將多餘液體去除後進行燒結的方法，以2次塗裝、2次加熱為標準。

2. 浸泡排水工法：

為形狀較不易裝入籃子的東西所適用之工法，將被處理物吊下後進行浸泡塗裝燒結的方法，以1次塗裝、1次加熱為標準。

3. 浸泡旋轉架工法：

適用於大型部品、管子等部品之處理方法，將部品吊至支架進行浸泡塗裝，再用遠心分離，去除多餘液體後進行燒結，以2次塗裝、2次加熱為標準。

4. 噴塗處理工法：

適用於較重視外觀的部品之處理方法，將部品吊至支架進行靜電塗裝後再燒

結，以1次塗裝為標準。

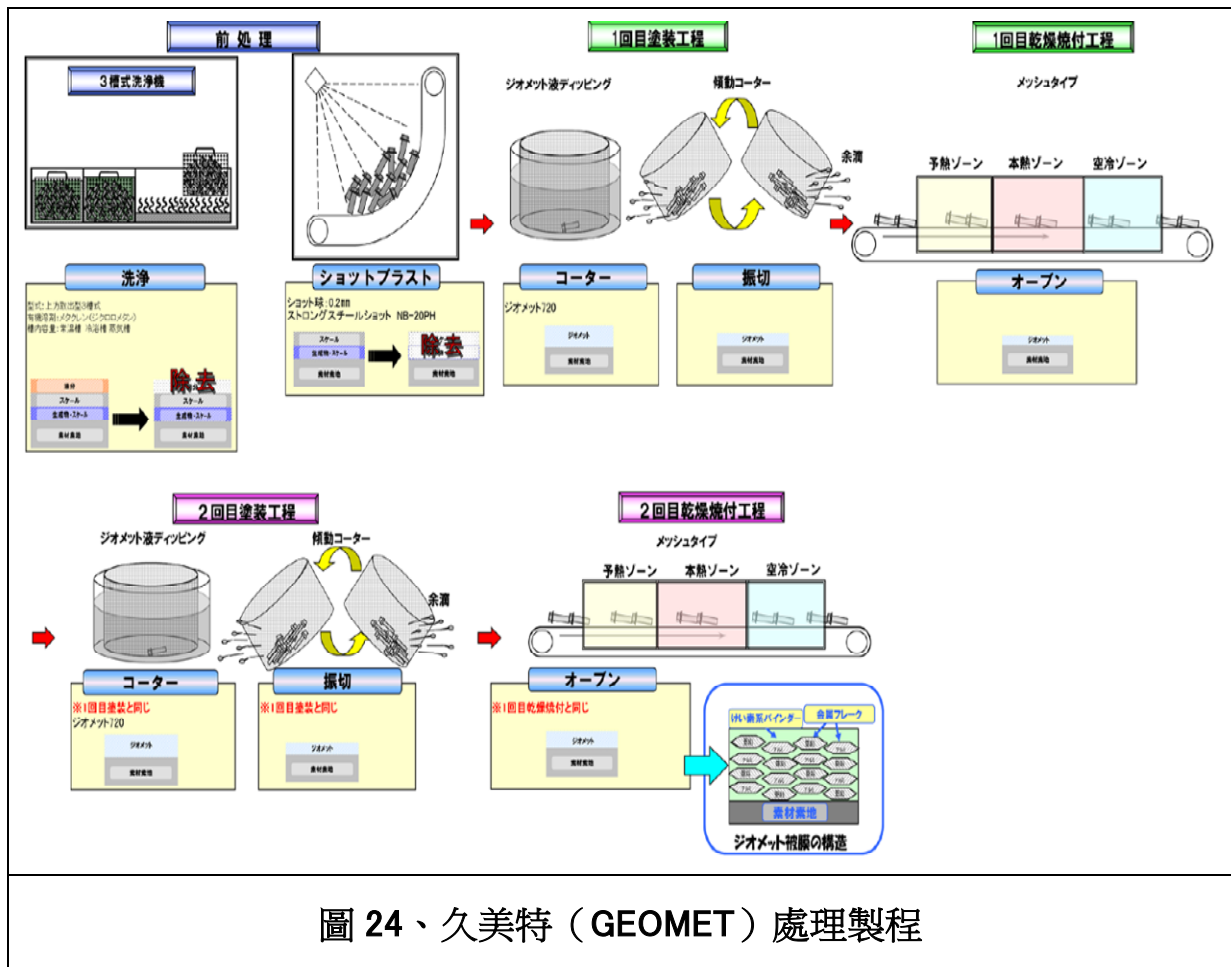


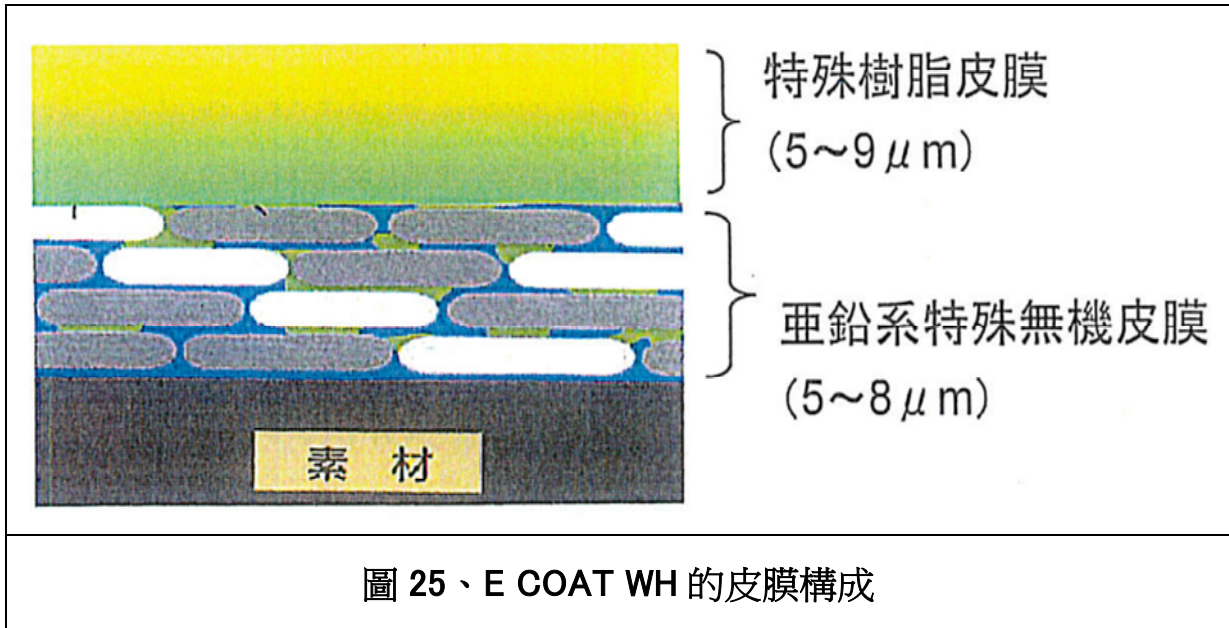
圖 24、久美特（GEOMET）處理製程

(二)、E COAT WH、ZR COAT及MA COAT

E COAT WH具有鋅系特殊無機皮膜和特殊樹脂皮膜的雙層結構，加上鋅系特殊無機皮膜具備的防銹防蝕性能，針對酸鹼等耐藥品性、異金屬接觸防腐蝕性能，對於施工損傷具有提高防銹防蝕效果的環保高耐久表面處理，又因優良的防銹性能取得住宅金屬零件用防銹處理技術日本建築中心的技術審查證明，主要特色如下：

1. 具備優良耐蝕特性之表面處理
2. 有效防止異金屬接觸腐蝕

3. 有效的室外酸雨對策
4. 優良的耐候性之表面處理
5. 環保型
6. 無氫脆性的表面處理
7. 無廢水的表面處理

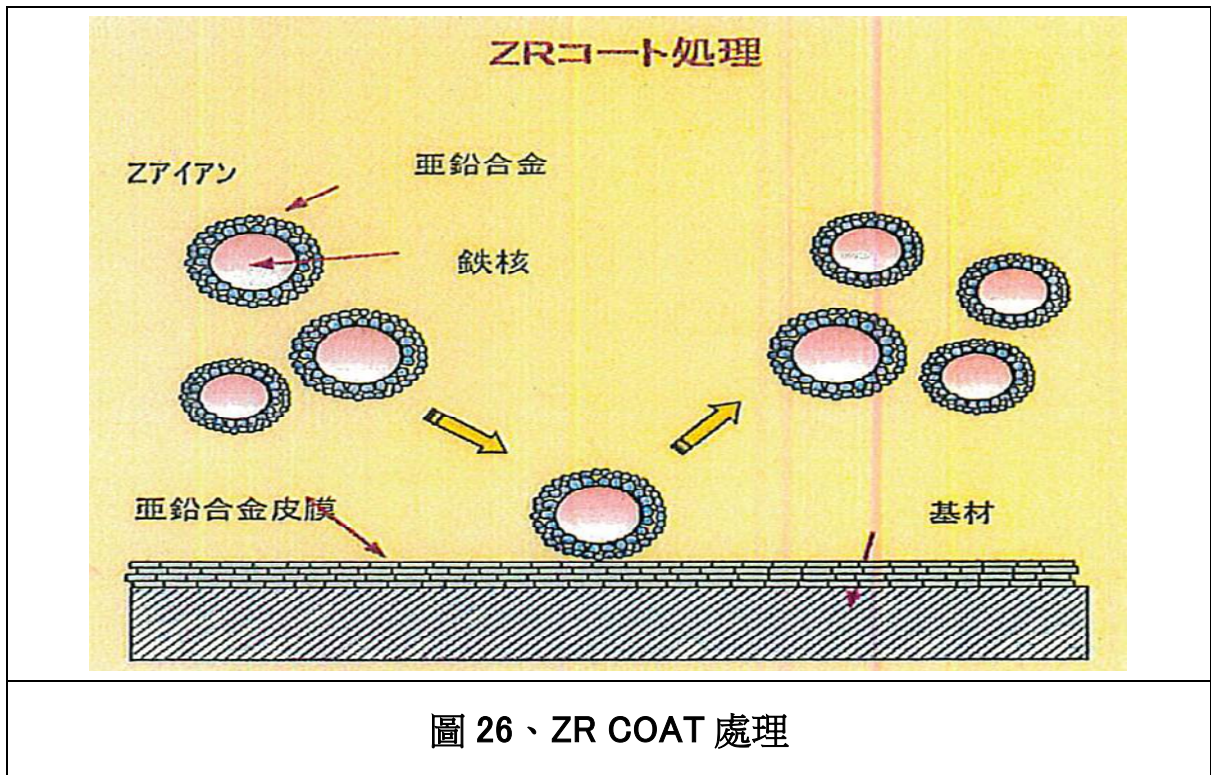


ZR COAT是DOWA IP CREATION公司新開發的乾式鋅合金鍍鋅處理，利用噴塗機（表面處理專用機）將鋅合金微粉子打到要噴塗物的表面，形成針孔的同時亦會形成鐵鋁鎂鋅合成之鋅合金皮膜。

ZR COAT雖可以單獨使用於防銹用途或塑性加工用的潤滑劑，但仍可於ZR COAT上進行防銹塗裝，如此更能發揮其高耐蝕之特性，主要特色如下：

1. 乾式常溫處理不會因為熱使應力降低
2. 沒有經過酸處理或電解反應所以不會產生氫脆性
3. 不論鐵或非鐵材質都能作金屬處理

4. 針孔及表面處理可同時進行，以提高其氣密性
5. 因珠擊效果提升其機械的特性
6. 因鎂鋅合金皮膜提高其耐候性、耐蝕性
7. 面塗液的密著性良好，不會顏色不均勻



表面処理方法	皮膜塗着量	塩水噴霧試験 (hrs.)
ZZ-COAT(従来type)	170mg/dm ²	24~48
ZR-COAT(ZRtype)	170mg/dm ²	300以上
電気亜鉛メッキ	6μm, 光沢クロメート	72~96
電気亜鉛メッキ	6μm, 黄色クロメート	120~240

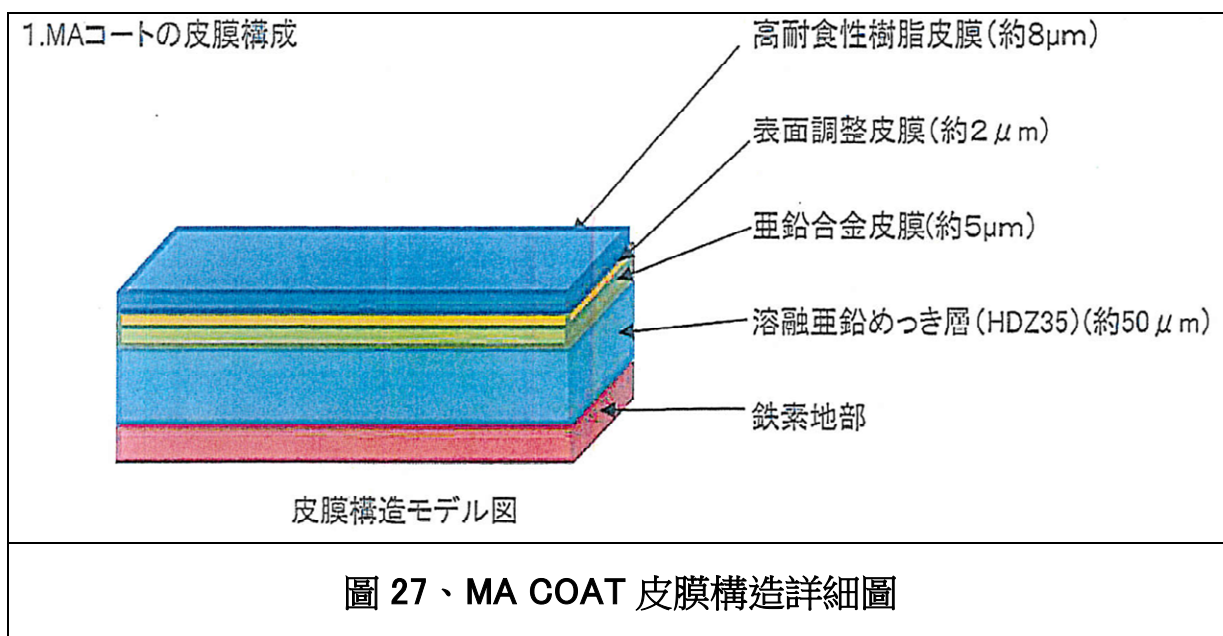
*赤錆発生時間

表7、ZR塗膜の耐蝕性能

MA COAT為MC SYSTEMS株式會社新表面處理之技術，亦為本次參訪之重點項目，為電力鐵塔用螺栓製造公司ARTES株式會社與MC SYSTEMS株式會社共同開發，其動機與開發經過如下。

以往電力鐵塔的表面處理方式為熱浸鍍鋅，鎖付部品螺栓類也是以熱浸鍍鋅處理，現今由於許多鐵塔及螺栓因腐蝕劣化而需汰換，電力公司因此希望追求耐蝕壽命能夠更長之產品。

針對熱浸鍍鋅品上進行各種組合的表面處理，追求比熱浸鍍鋅更具耐蝕性的表面處理皮膜已應電力鐵塔業界之需求，有許多公司已有相關之技術，如前述之E COAT WH及ZR COAT等，為此，MC SYSTEMS株式會社為開發出超越其他公司水準之技術，經過開發期間的各種試驗及錯誤，耗費2年多時間終實現高耐蝕性表面處理皮膜，並將其商品名稱命名為MA COAT。



由圖 27，可看出 MA COAT 由上而下各層分別為：高耐蝕樹脂皮膜（約 8 μ m）、表面調整皮膜（約 2 μ m）、鋅合金皮膜（約 5 μ m）、熱浸鍍鋅皮膜（約 50 μ m）及鐵素材。

相較於達克樂（DACROTAIZED）、久美特（GEOMET）而言，E COAT WH、ZR COAT及MA COAT係對於腐蝕之防治效果更為強化，其中又以MA COAT效果最高，其亦為本公司針對高汙染區所裝設之耐蝕螺栓塗裝方法之一，其皮膜層及防銹機構如表8所示。

皮膜層	防銹機構	
第 2 層	高耐蝕性樹脂皮膜	為具有層積鋁片的水性塗料，能有效隔絕紫外線提高其耐候性，並形成強韌的皮膜。
第 1 層	鋅合金皮膜 (特殊合金皮膜)	因給予運動能源((投射能源))，使鋅、鋁、鎂粉凝結為鋅鍍鋅層，使其耐損傷並提高防銹力。
MA COAT 的皮膜構成，熱浸鍍鋅層上由鋅為主成分之特殊合金皮膜，及環氧樹脂系皮膜所構成。		

表 8、MA COAT 之皮膜層及防銹機構

伍、心得與建議

- 一、日本螺栓公司為因應各類型公司行號不同使用需求，除於螺栓施以一般熱浸鍍鋅外，亦與金屬表面塗裝廠商合作，並積極尋求更為耐鹽水噴霧性、耐久性、耐熱性及耐腐蝕性等特性之塗裝材料及技術，本次 MC SYSTEMS 株式會社之 MA COAT 技術，即為應輸電鐵塔環境之使用需求，與螺栓公司 ARTES 株式會社共同開發。
- 二、台灣四面環海，為海島型氣候國家，與日本部分區域環境相近，除位於工業區等特定重污染區外，距離海岸線附近之輸電鐵塔，因每年 10 月至翌年 3 月，受東北季風影響夾帶大量海鹽粒子吹襲下，造成輸電鐵塔腐蝕劣化，且鐵塔螺栓銹蝕速度一般又比角鋼迅速，往往鐵塔尚未到達需汰換程度時，就需先汰換銹蝕螺栓，對於人力及物力上是一大考驗。
- 三、本公司針對位於 D、E 級污染區之輸電線路，除辦理鐵塔（柱）油漆工作外，針對鐵塔螺栓亦使用耐蝕螺栓，以延緩輸電鐵塔銹蝕週期，並節省人力物力。
- 四、本公司輸變電工程處於 103 年 3 月 28 日訂定「輸電線路鍍鋅鐵塔用耐蝕螺栓組規範」，並定期辦理修正，規範中參考 CNS、JIS、DIN 等相關規範，針對鐵塔螺栓辦理加速循環腐蝕、鹽水噴霧、二氧化硫腐蝕、耐候性、塗膜附著性、塗膜硬度及厚度等相關試驗，以符合本公司使用需求。
- 五、鑑於塗膜耗費成本過高，本公司目前針對輸電鐵塔採用方式為，角鋼部分於鍍鋅完成後，視各地區污染情況辦理 2~5 道不等之鐵塔油漆（底漆、中塗漆、面漆）；鐵塔螺栓部分則於於 D、E 級污染區使用耐蝕螺栓。本次拜訪日本金屬塗

裝廠商，得知其為達成電力公司鐵塔用螺栓耐蝕需求，耗費 2 年多時間研發出符合其需求規格之耐蝕螺栓；目前本公司已訂有鐵塔用耐蝕螺栓規範，並已於部分污染區域使用中，若將來有再檢討規範之需求，例如是否提高耐蝕程度等，日方各塗膜相關規範資料，或其與鐵塔螺栓公司共同開發之背景等，可供本公司作為後續之參考。

陸、參考文獻

- 一、台灣電力公司供電處（2016.6） 輸電線路維護準則。
- 二、台灣電力公司供電處（2018.8） 輸電線路設備健康檢查評鑑標準。
- 三、台灣電力公司供電處（2017.6） 供電設備鐵塔（構）除銹油漆施工暨檢驗說明。
- 四、台灣電力公司輸變電工程處（2015.7） 輸電線路鍍鋅鐵塔用耐蝕螺栓組規範」。
- 五、住電機器システム株式會社（2018.7） COMPANY PROFILE。
- 六、ARTES 株式會社（2016.12） COMPANY PROFILE。
- 七、MC SYSTEMS 株式會社（2018） COMPANY PROFILE。
- 八、MC SYSTEMS 株式會社（2018） エコート WH 処理。
- 九、MC SYSTEMS 株式會社（2018） ZR コート 高耐食性乾式亜鉛合金メッキ。
- 十、MC SYSTEMS 株式會社（2018） 新表面處理（MA コート）開発の経緯について。