

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

光譜光纖感測器在輸配電設備上的偵測
技術及電纜終端匣絕緣礙管破損分析

服務機關：台灣電力公司綜合研究所

出國人 職 稱：化學師

姓 名：鄭錦榮

出國地區：日本

出國日期：中華民國 93 年 7 月 12 日至 7 月 23 日

報告日期：中華民國 93 年 9 月 22 日

行政院及所屬各機關出國報告審核表

出國報告名稱：光譜光纖感測器在輸配電設備上的偵測技術及電纜終端匣絕緣礙管破損分析	
出國計畫主辦機關名稱：台灣電力公司綜合研究所	
出國人姓名/職稱/服務單位：鄭錦榮/化學師/台電綜合研究所化學與環境研究室	
出國計畫 主辦機關 審核意見	☐ 1.依限繳交出國報告 ☐ 2.格式完整 ☐ 3.內容充實完備. ☐ 4.建議具參考價值 ☐ 5.送本機關參考或研辦 ☐ 6.送上級機關參考 ☐ 7.退回補正，原因： ☐ (1)不符原核定出國計畫 ☐ (2)以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容以 ☐ (3)內容空洞簡略容 ☐ (4)未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理 ☐ (5)未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 ☐ 8.其他處理意見
層轉機關 審核意見	☐ 同意主辦機關審核意見 ☐ 全部 ☐ 部分_____（填寫審核意見編號） ☐ 退回補正，原因：_____（填寫審核意見編號） ☐ 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。

	單位	主管處	總經理
報告人：	主管：	主管：	副總經理：

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：光譜光纖感測器在輸配電設備上的偵測技術及電

纜終端匣絕緣礙管破損分析

頁數 50 含附件：☐ 是 ☒ 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話 台電人事處/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

鄭錦榮/台電綜合研究所/化學與環境研究室/化學師/02-80782246

出國類別：☐ 1 考察 ☐ 2 進修 ☐ 3 研究 ☒ 4 實習 ☐ 5 其他

出國期間：中華民國 93 年 7 月 12 日至 7 月 23 日 出國地區：日本

報告日期：中華民國 93 年 9 月 22 日

分類號/目

關鍵詞：感測器、光纖架空接地線、電纜終端匣絕緣礙管

內容摘要：

沿海電力設備瓷質絕緣礙子受海風、鹽塵害及工業廢氣污染因子等嚴重影響，導致絕緣礙子表面閃絡，輸電系統無預告的瞬間斷電，構成工商業重大損失及核安事故，目前台電對鹽塵害的分析，仍採用傳統的週期性人工取樣礙子表面清洗，溶液導電率及化學污染物定性

定量分析，經年累月的建立沿海各地區的耐污染評估指數。人工取樣分析由於牽涉龐大人力費用支出，鹽塵害的準確性會受採樣週期及季節氣候與地理環境的影響，無法在閃絡事故發生前預估耐污染評估指數。本次赴日本 JPS 研習輸配電系統鹽害光纖感測及利用光纖架空接地線整合(1)事故點偵測系統技術、(2)氣象的資料系統、(3)線路監測系統、(4)電塔設備及環境監控系統、(5)多資料溝通系統，可作為未來工作規劃之參考，此外亦針對光纖架空接地線光纖線溝不鏽鋼材料導致鋼心鋁線的伽凡尼腐蝕與改善。

隨著 345kv 部份電纜線路地下化，屋外型電纜終端匣絕緣礙管開始應用於輸配電線路設計，由於設計、施工或運轉不當，皆會導致終端匣絕緣礙管破損或爆裂，影響供電品質，終端匣絕緣礙管的除了耐電氣特性外，機械材料持性更不可忽視，因此赴日本 NGK 實習『電纜終端匣絕緣礙管破損分析』，將此分析技術應用在研究工作中。

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

目錄

壹、實習目的	6
貳、行程概要	7
參、實習內容	8
1.光纖感測器對礙子污損的即時量測	8
1.1 量測原理	9
1.2 光纖感測器評估	11
1.3 實際的應用	12
1.4 結語	13
2.架空導線路維護資訊系統	19
2.1 維護資訊系統簡介	19
3. 抗伽凡尼腐蝕之光纖架空地線	28
4.終端匣絕緣礙管破損分析	36
5.陶瓷與玻璃懸垂礙子的可靠性分析	42
5.1 材質	42
5.2 自爆:	43
5.3 表面老化	44
5.4 自爆玻璃絕緣礙子的技術問題	44

5.5 結語.....	44
肆、心得與感想.....	48
伍、結論與建議.....	50

壹、實習目的

沿海電力設備瓷質絕緣礙子受海風、鹽塵害及工業廢氣污染因子等嚴重影響，導致絕緣礙子表面閃絡，輸電系統無預告的瞬間斷電，構成工商業重大損失及核安事故，目前台電對鹽塵害的分析，仍採用傳統的週期性人工取樣礙子表面清洗，溶液導電率及化學污染物定性定量分析，經年累月的建立沿海各地區的耐污染評估指數。人工取樣分析由於牽涉龐大人力費用支出，鹽塵害的準確性會受採樣週期及季節氣候與地理環境的影響，無法在閃絡事故發生前預估耐污染評估指數。本次赴日本 JPS 研習輸配電系統鹽害光纖感測及利用光纖架空接地線整合(1)事故點偵測系統技術、(2)氣象的資料系統、(3)線路監測系統、(4)電塔設備及環境監控系統、(5)多資料溝通系統，可作為未來工作規劃之參考，此外亦針對光纖架空接地線光纖線溝不鏽鋼材料導致鋼心鋁線的伽凡尼腐蝕與改善。

隨著 345kv 部份電纜線路地下化，屋外型電纜終端匣絕緣礙管開始應用於輸配電線路設計，由於設計、施工或運轉不當，皆會導致終端匣絕緣礙管破損或爆裂，影響供電品質，終端匣絕緣礙管的除了耐電氣特性外，機械材料持性更不可忽視，因此赴日本 NGK 實習『電纜終端匣絕緣礙管破損分析』，將此分析技術應用在研究工作中。

貳、行程概要

本案實習期間含往返行程共十二天，即自民國 93 年 7 月 12 日至同年 7 月 23 日止。其行程概要簡述如下：

93.7.12	由中正機場赴日本東京行程
93.7.13-93.7.17	在日本東京 JPS 公司與豐浦工場實習光譜 光纖感測器在輸配電設備上的偵測技術
93.7.18-93.7.21	在日本東京 NGK 公司實習電纜終端匣絕緣 礙管破損分析
93.7.22	在日本名古屋 NGK 愛知工場實習電纜終端 匣絕緣礙管定型試驗
93.7.23	由日本名古屋返國行程

參、實習內容

1.光纖感測器對礙子污損的即時量測

沿海輸配電線路的礙子因受海風的影響，表面易受海鹽粒子污損，這些皆是沿海輸配電線路的設計和維護的最嚴重的問題之一，特別是颱風及季風所帶來瞬間與長時間累積的污損物皆難以即時量測監控。為了要處理這些問題，必需先了解影響礙子的因素，傳統的導電率方法通常用來測量礙子的污損，使用預先安裝在附近線路上的一串礙子，利用純水沖洗礙子表層，再利用導電率計量測及換算等效鹽份污損密度(ESDD)。但是這種方法需長時間量測，耗費人工甚多，採樣者操作程度影響礙子清洗之污損物分析結果甚大，尤其是鹽著量瞬間重污損又值強風時，常錯失採樣分析時機。超音波清洗法和洩漏電流測量方法皆已發展為自動化量測，然而，如此的方法除了上述所提到的困難外，儀器體積大及更需要適當的維護與保全。同時，所有的這些方法只是適合間歇的測量，並不能夠提供連續監控的瞬間的污損事件。目前日本日立電纜已開發一種小體積的光纖石英蕊心的感測器，用作礙子線路上的污損偵測，克服上述礙子的污損問題，並且不受輸配電線路環境的強電磁場影響，可即時量測礙子的瞬間污損量。

1.1 量測原理

1.1.1 礮子表層污損物成份分析

圖 1-1(a)為在海岸附近經長時間曝露的礮子表層污損物成份分析結果，圖 1-1(b)為這些成分物質的光折射率。這些結果顯示污損物由鹽的化合物和灰塵組成，這些鹽的化合物與海水成份相同。灰塵的成份可歸類為泥土，由鋁，鐵和相似的金屬元素與礦石的矽化物所組成(沙子)，這些污損物的光折射率皆較光纖石英蕊心為高。

1.1.2 偵測原理及光衰減特性

由於石英蕊心與鹽化合物之間的折射率差異，導致光在感測器表面經鹽化合物傳輸時產生高衰減的偵測原理(石英蕊心： $1.46 < n < 1.54$)如圖 1-2(a)。光傳輸的組成包括光源，感測器及光的接受器三部份，當鹽化合物污損在感測器蕊心時，在蕊心表面的折射率會增高，這引起部份傳輸的光洩漏到外面。結果，接收器偵測光的強度減少。隨著氯化鈉污損數量的增加，洩漏相對增加，造成更大的光衰減如圖 1-2(b)，當只有灰塵污損在感測器表面時，其光衰減較等量鹽化合物為少。主要原因是鹽化合物為表面接觸，而灰塵是點接觸。

由於鹽化合物會隨著濕度而潮解，因此光衰減會隨著周圍濕度的改變而變化。對於一定量的鹽化合物污損物，降低濕度，會增大光的衰減，如圖 1-3(a)，這種現象可以光材料科學和吸附原理來說明如下：

當濕度上升時，鹽化合物吸附水份逐漸增加，如圖 1-3(b)，鹽化合物會吸收水份形成鹽水溶液，結果鹽水的折射率介於鹽化合物(假設乾燥時為 1.50)和被鹽化合物吸附的水(1.33)間，圖 1-3(c)為折射率與濕度的關係。

圖 1-3(d)為藉著固定石英玻璃蕊心（折射率為 1.46），改變不同折射率的外被覆來模擬光的衰減。在乾燥的鹽化合物（1.50）中，被覆的折射率減少時，光的衰減逐漸地增加，當到達最高點時，其折射率相同於石英蕊心(1.46)，隨著折射率繼續的降低，其蕊心的折射率會大於被覆的折射率，光會急速衰減，此時被覆的折射率會降至水(1.33)的折射率，無發生光衰減。模擬結果符合圖 1-3(a)之實驗結果，因此在光衰減的濕度因子與鹽化合物在濕度環境中所吸附的水有關。這特性經測量有非常高的再線性及與鹽化合物污損密度無關。因此由於濕度導致光衰減的改變，其鹽化合物的污損量可量測感測器四週的濕度作修正。

1.1.3 鹽化合物與灰塵組成分離量測

如果污損物包含灰塵，其特性曲線會受到改變，如圖 1-4(a)為鹽化合物與灰塵各種比例的光衰減與濕度關係。塵粒佔領在含鹽化合物的粒子之空間，如此減少鹽化合物的水吸收，結果鹽化合物與濕度的變化受擠壓，如圖 1-4(b)和(c)。因此如灰塵的比例增加，特性的曲線

的波峰值趨向較高的濕度改變。一般發現在每個波峰值是由污損鹽化合物和灰塵的光衰減總數。相反地，藉由測量光衰減(在波峰值的濕度)，灰塵多鹽化合物的比值被決定，因此鹽化合物和灰塵的數量可由波峰值光衰減計算。

1.1.4 感測器蕊心的最佳佈放位置

感測器蕊心的最佳佈放位置是用作量測礙子表面鹽化合物的污損量，最初考慮在礙子表面安裝許多感測器蕊心，但是這方式因為製造和經濟技術上的困難，是令人不滿意的。

因此決定以感測器蕊心放置在礙子表面的鹽化合物污損量(單位面積)的數量相等於整個礙子表面之平均鹽化合物污損量(單位面積)(如電力公司規定之表面採樣標準)。利用長時間的現場檢測比較感測器蕊心與實際試驗礙子的污損程度，發現最適宜的感測器架構如圖 1-5 所示。

由結果顯示，感測器蕊心最合適安裝在試驗礙子的位置為(a)礙子中間彎曲的邊緣(b)離距礙子平面約 20 公釐，在考慮核心之固定方法和礙子的工作性能後選擇(b)的位置較佳。

1.2 光纖感測器評估

由實驗觀察的結果，設計及試造了一個光纖感測器，經由現場的試驗來評估它的特性。測試結果如圖 1-6 所示。鹽化合物污損量的量

測會隨著氣候的變化而改變(強風和降雨)，但是利用傳統導電率量測試驗礙子的污損量，則獲得一致的結果。

在實際環境中，當平均風速高於 5 m/s 時 (引起迅速的污染)，或當豪雨發生的時候，鹽化合物的數量會隨著氣候改變，可經由實驗數據顯示。圖 1-7 為光纖感測器與傳統導電率量測試驗礙子的污損量結果比較，顯示有一狹窄的 90%可靠區域(90%的測量結果皆在這範圍內，較窄的寬度範圍，其相互關係愈靠近)。

1.3 實際的應用

1.3.1 四國電力中央西幹線監視系統

利用光纖感測器監測鹽化合物在輸配電線路上礙子的污損量，四國電力公司在中央西幹線透過 OPGW 傳輸資料及監測，圖 1-8 為實驗設備系統結構，在自然暴露環境中，光纖感測器可量測一般和急速的污損，在輸配電線路上量測礙子的污損量最高可達 0.8 mg/cm^2 。

光纖感測器是利用石英玻璃光折射原理量測安裝在虛擬礙子上的鹽化合物污損量，利用光纖纜線光由上入射至下射出，同時建立濕度計作修正。量測系統包括結合校正設備的光強度量測，以 10 分鐘為最小的間隔測量週期，量測的資料經對類比電壓的轉換後輸出。

感測器和測量部分被裝在塔的頂端，界面部分被安置在鐵塔的平台，量測的資料被傳送到中央監控站。一部個人電腦在中央的監控站

接受量測和周圍氣象的資料，計算含鹽化合物的污損量，並且在螢幕上顯示結果。

由於礙子污損會受到各種不同的地形和氣象的影響，因此感測器選擇安裝在中央西幹線的 7 個位置。圖 1-9 為經現場一個月量測所獲得的資料，舉例來說，愈靠近海岸的鹽化合物的污損量愈大。預期這個系統有助於活掃的評估，能夠改善礙子的維護。

1.3.2 電力輸配

光纖感測器在電力輸配線系統上有很大的需求，在配電部份光纖感測器能有效建構一個鹽化合物污損量的監測系統，在颱風期間可預先排除或減到最少的電力系統受損。在輸電部門，通常礙子需定期被清洗，因此更需要光纖感測器來預估礙子污損的緊急清潔時間，期望研發及現場應用得以完成。

1.4 結語

利用光纖感測器在輸電礙子上監測礙子表面的污損量之後獲得了下列的結果。

- (1)利用光纖感測器中污損污損在石英玻璃，導致傳輸光衰減來量測安裝在虛擬礙子上的鹽化合物污損量。
- (2)發現光的衰減與濕度有一特性模式，與污損量中鹽化合物與灰塵的比例有關，建立計算鹽化合物污損量的方式。

(3)由現場試驗發現光纖感測器安裝在虛擬礙子的底部是最適宜的位置。

(4)經由調查的結果，感測器在四國電力中央西幹線監視系統已商品化，期望在運轉情況之下累積資料，藉由人工智慧發展一個預測性系統可在輸配電部門中應用。

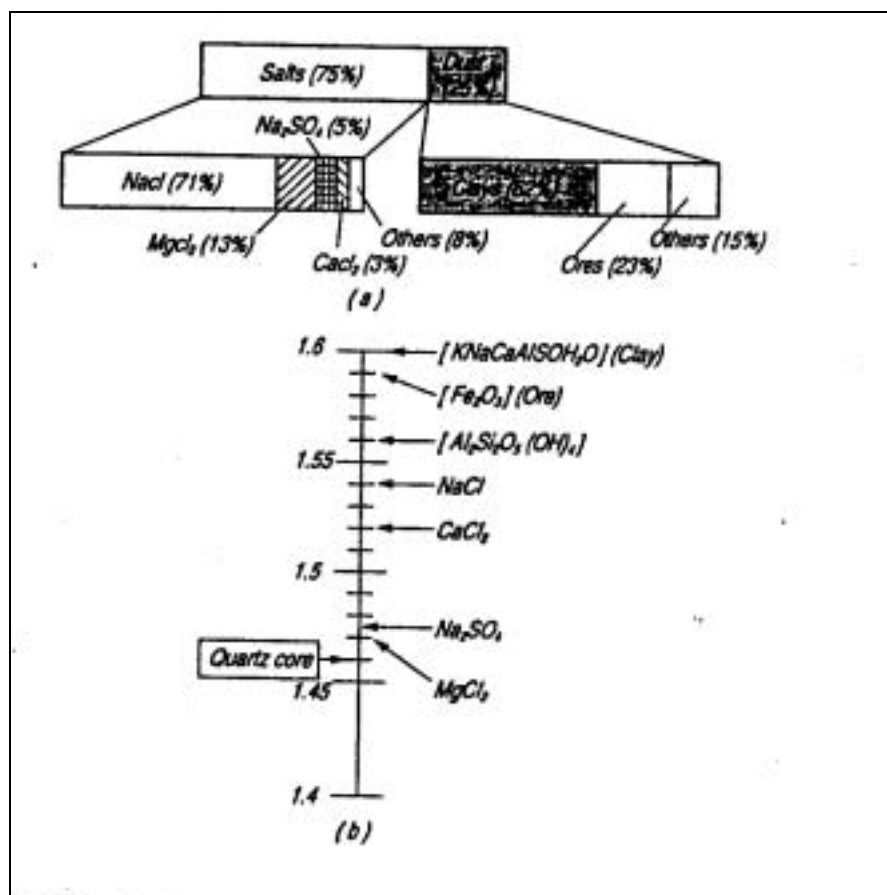


圖 1-1(a)為在海岸附近經長時間曝露的礙子表層污損物成份分析結果，(b)為這些成分物質的光折射率

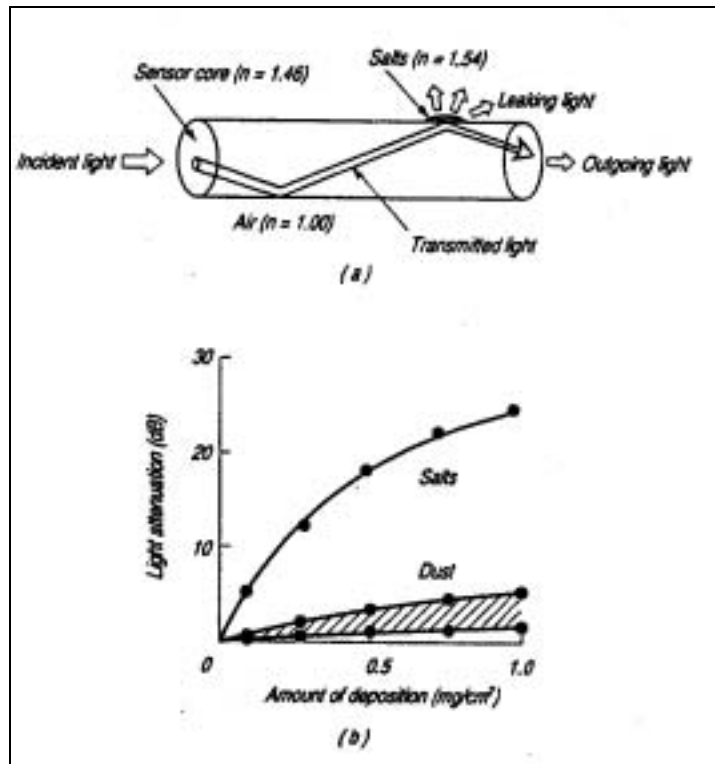


圖 1-2：偵測原理(a)偵測原理(b)污損量與光衰減的關係

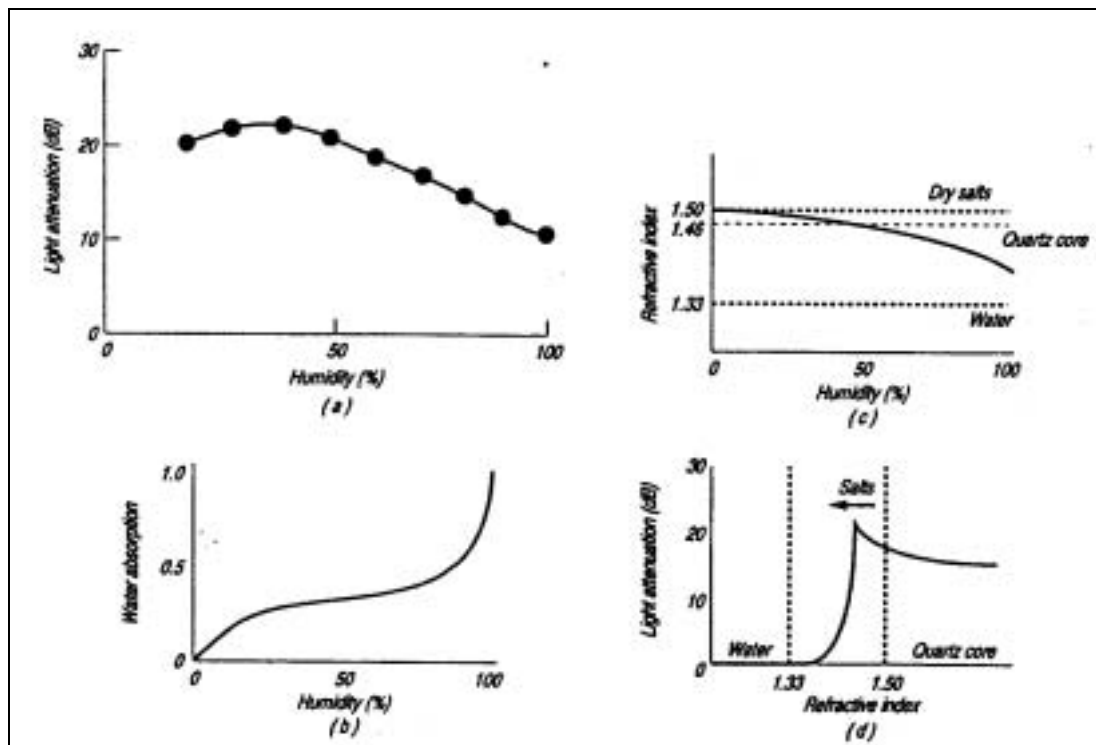


圖 1-3：光衰減與濕度的關係

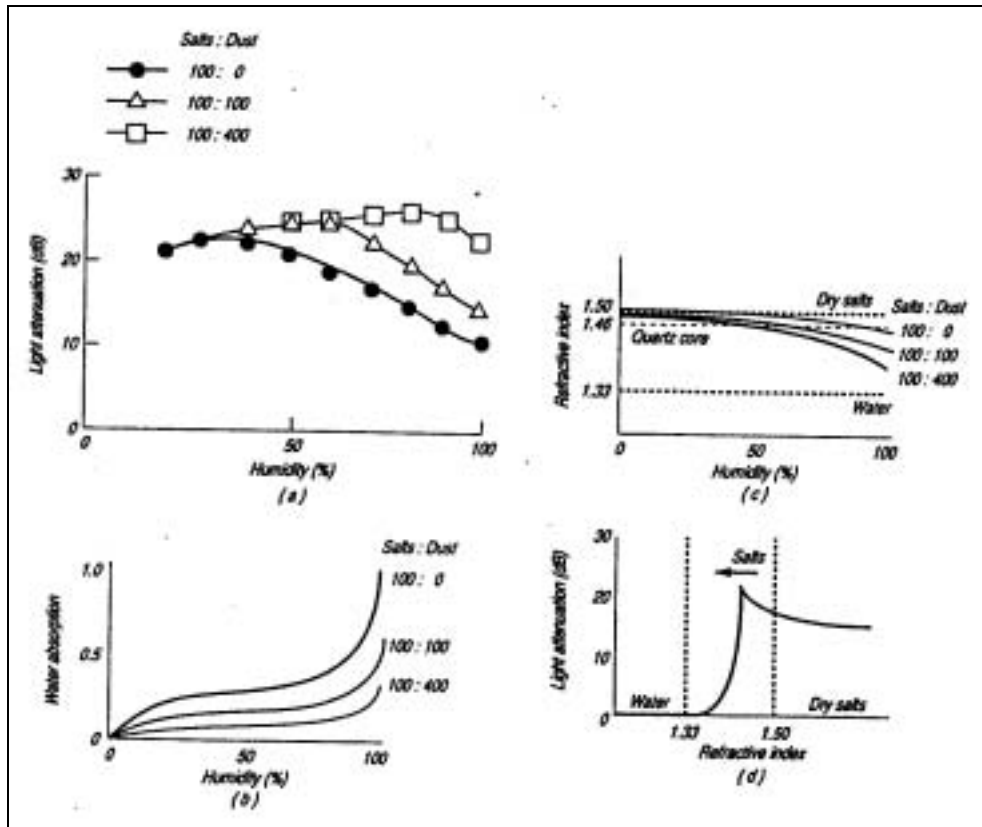


圖 1-4：在不同鹽化合物與灰塵比例中光衰減與濕度的關係

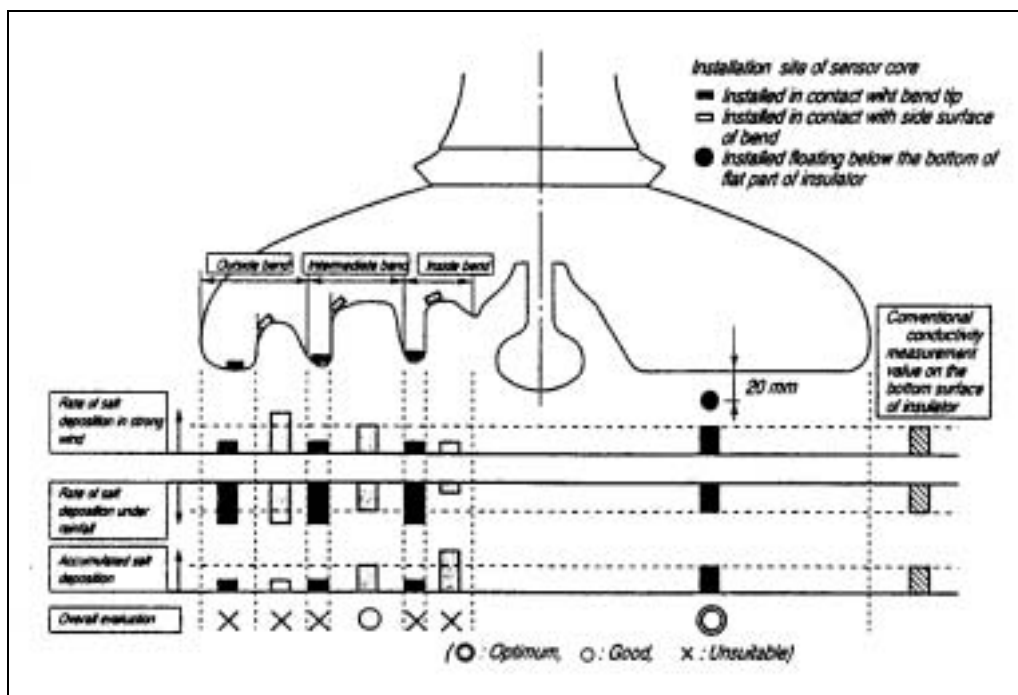


圖 1-5：光纖感測器在礙子上測試

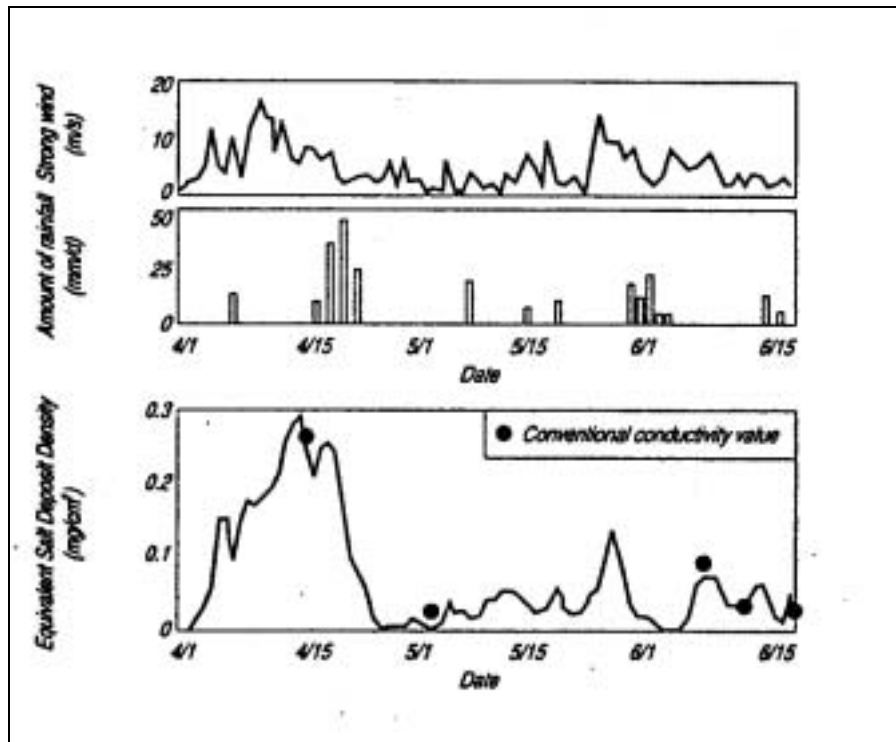


圖 1-6：現場測試結果

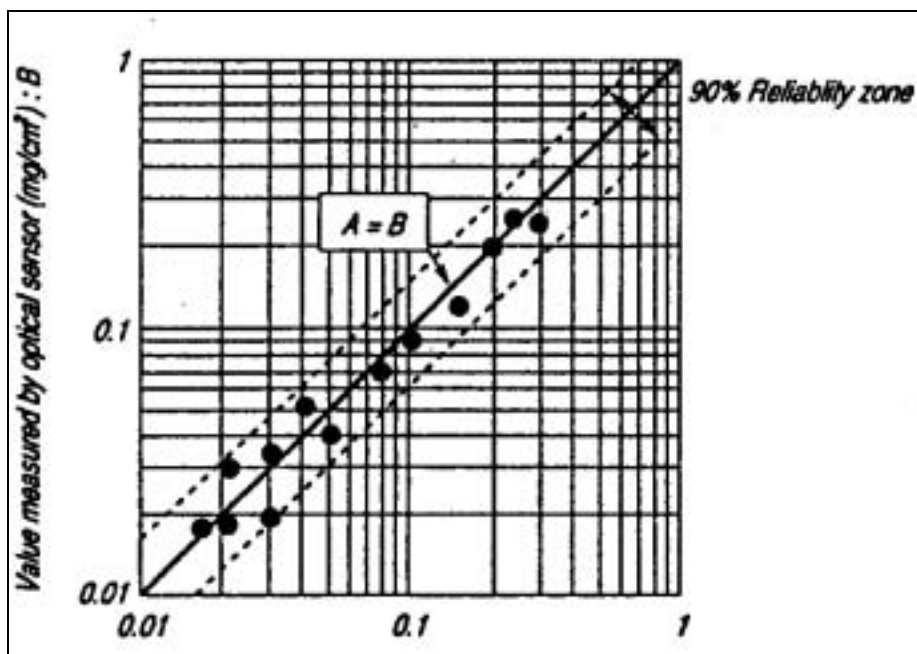


圖 1-7：傳統導電率量測與光纖感測器量測之比較結果

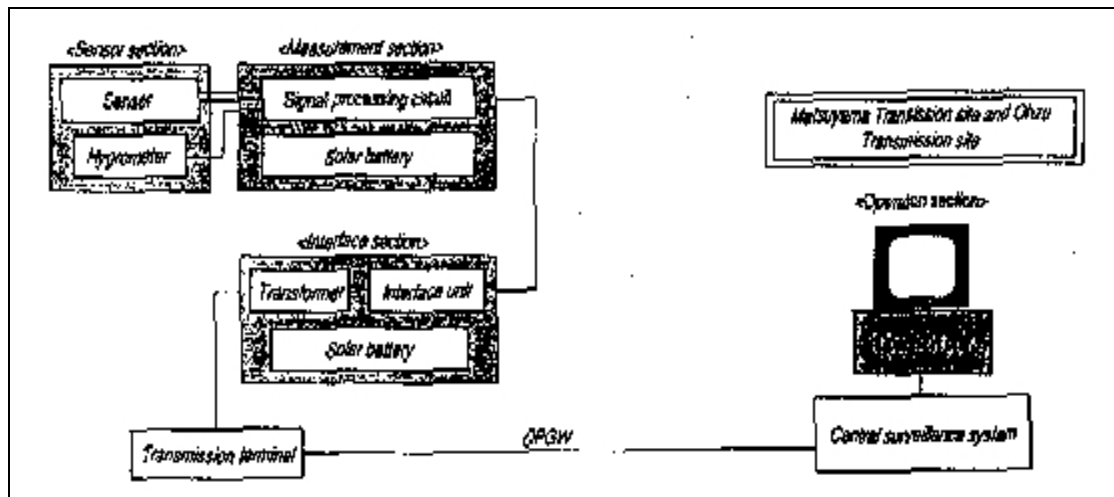


圖 1-8：光纖感測器監控系統

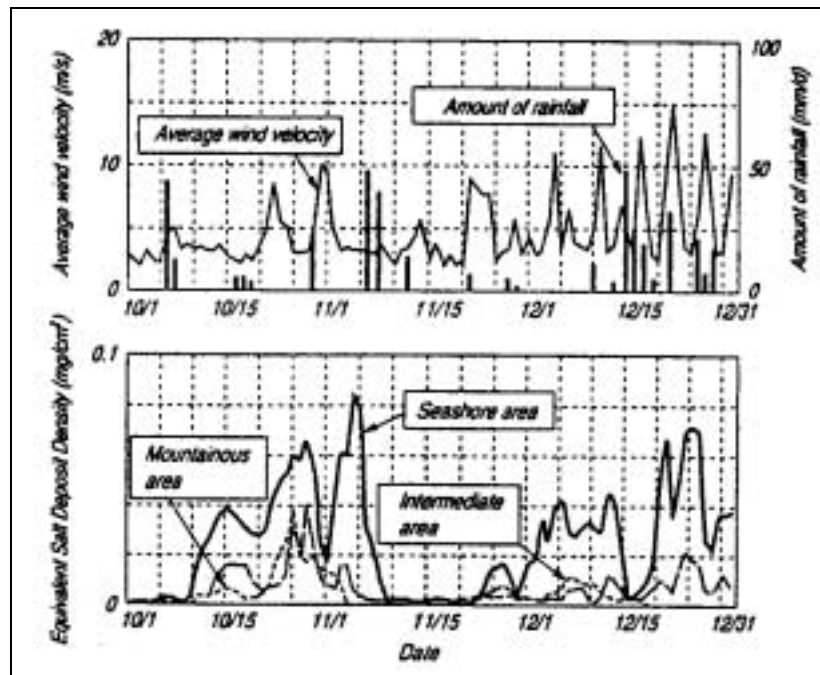


圖 1-9：經現場一個月量測所獲得的資料，愈靠近海岸的鹽化合物的
污損量愈大

2. 架空導線路維護資訊系統

隨著社會的進步及經濟起飛，基礎或公共建設，像是複雜的電腦資料網路，顯著的進步變成越來越強大，人類對電力的穩定性和高品質更為嚴苛。然而，當架空導線路增加，由於在山上區域延伸更長的距離，經過嚴苛的環境，架空導的維護更為困難與複雜。在如此的環境，為線路的維護更需發展一些實際和有用的系統。

JPS 第一個維護資料系統建立於 1983 年，主要功能是判斷 220 仟伏的事故點，目前除了事故點判斷外，更利用光纖架空地線傳輸，建立電力架空導線的維護資料系統，該系統可提供各種不同的有用資料給架空導線的維護，像事故點，氣象資料及導體溫度等資訊。除了基本的維護資料之外，該系統透過光纖架空地線傳輸可將龐大的資料，如 ITV 照片影像，電話語音和電腦資料庫等，透過網路建立維護單位對各區域鐵塔狀況監測。

2.1 維護資訊系統簡介

架空地線的維護資訊系統如圖 2-1 所示。系統包括各種感測器，在一些區域資料站 (LSs) 及中央資料站 (MS) 間裝置電流感測器，氣象感測器及溫度感測器等，LSs 是沿著整個架空地線路約數公里，在鐵塔間安裝，而 MS 是安裝在線路終點的變電所或維護單位。這些裝置經過 OPGW 以光學的信號聯絡方式連接網路。

2.1.1 事故點偵測系統

這個系統可回報線路由於接地或短路的事故點，可用於維護的管理及快速尋找到事故點，主要方法利用在事故時，電場和磁場會在平衡方面的改變，特別使用一個 CT（電流變壓器）來偵測流經 OPGW 中之感應電流與事故電流。系統的組織架構及現場檢測情況，如圖 2-1 至 2-10 所示。

2.1.2 氣象的資料系統

多數事故的發生主要是由於天災，故區域氣象偵測對事故的預估是非常重要的。利用安裝在鐵塔上的氣眾觀察儀器測量氣眾資料，透過光纖傳輸資料到維護單位。如圖 2-11 至 2-12 為氣象的資料系統的組織架構及現場檢測情況。

2.1.3 線路監測系統

分別發展溫度、張力等感測器線路監測系統，在管理輸電線路方面，能更有效率處理，避免事故的產生。如圖 2-13 至 2-14 為線路導線的溫度量測感測器及量測原理。

2.1.4 電塔設備及環境監控系統

像絕緣礙子的腐蝕及閃電導致線路燃燒與噪音等各種不同的環境資料，可透過儀器資料收集，作每日或週期的檢測。

2.1.5 多資料溝通系統

當一個維護工人巡視一個鐵塔位置的時候，他能用行動電話與維護辦公室的職員連絡，此外，當在電話討論的時候，他能藉由手提電腦或錄影機傳輸即時資料或照片到維護辦公室。

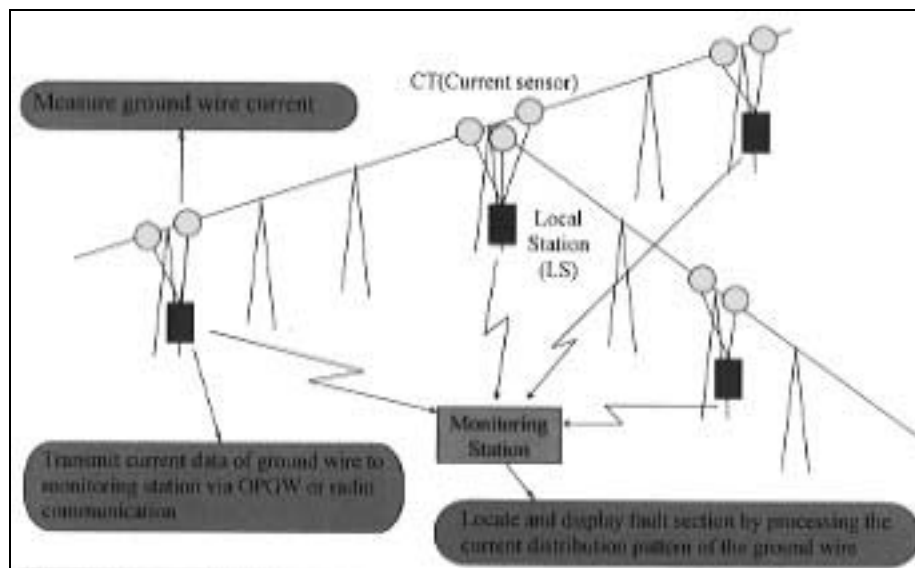


圖 2-1：事故點偵測系統組織架構

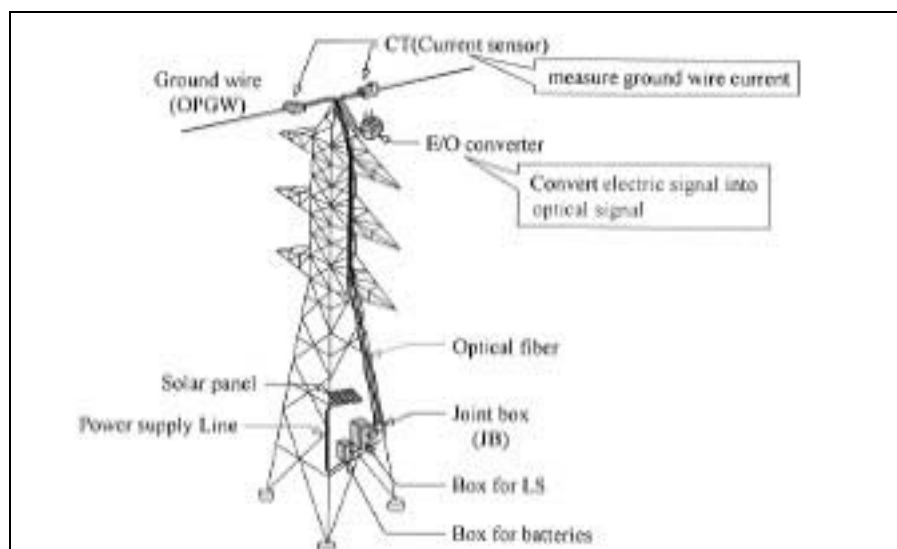


圖 2-2：安裝在架空地線上的 CT 與區域站之系統組織架構

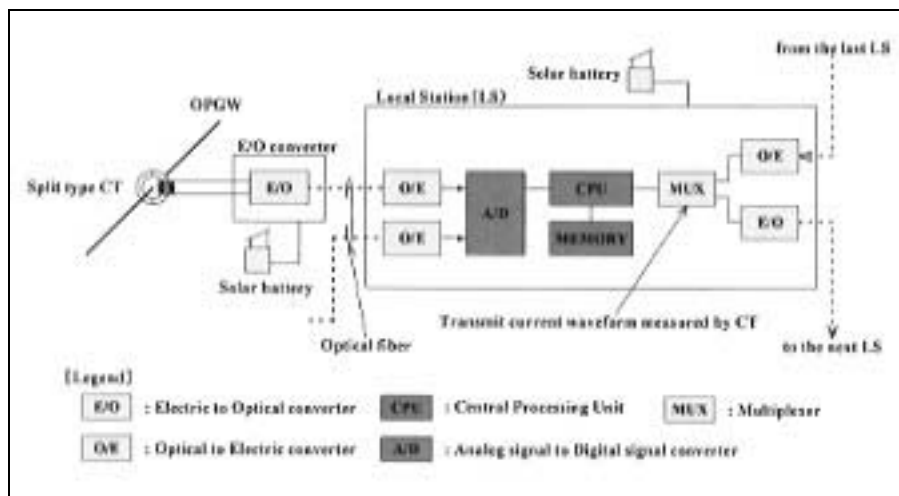


圖 2-3：安裝在架空地線鐵塔上設備之系統組織架構

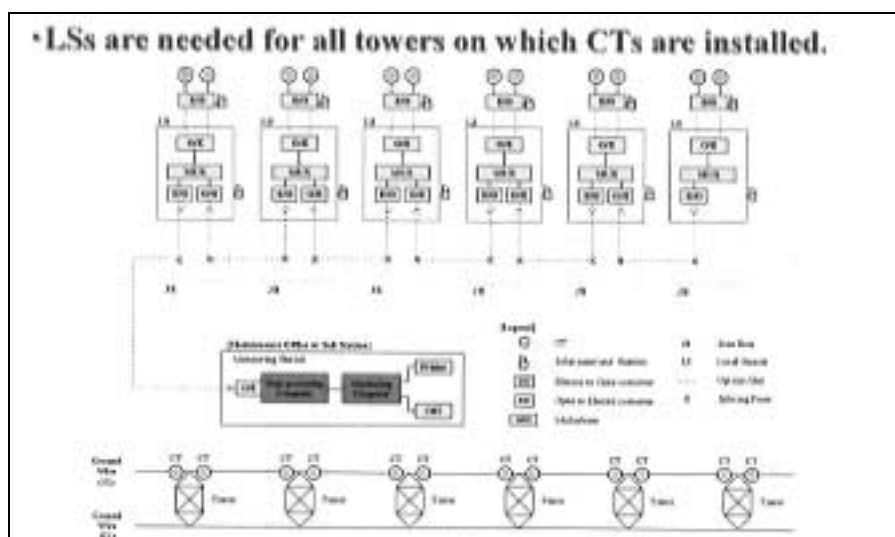


圖 2-4：利用 OPGW 上單模光纖偵測事故點

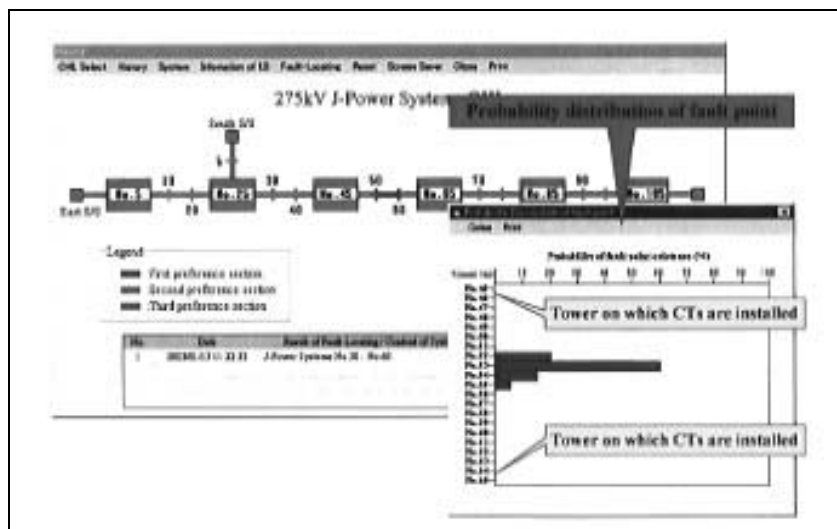


圖 2-7：事故點位置的標示

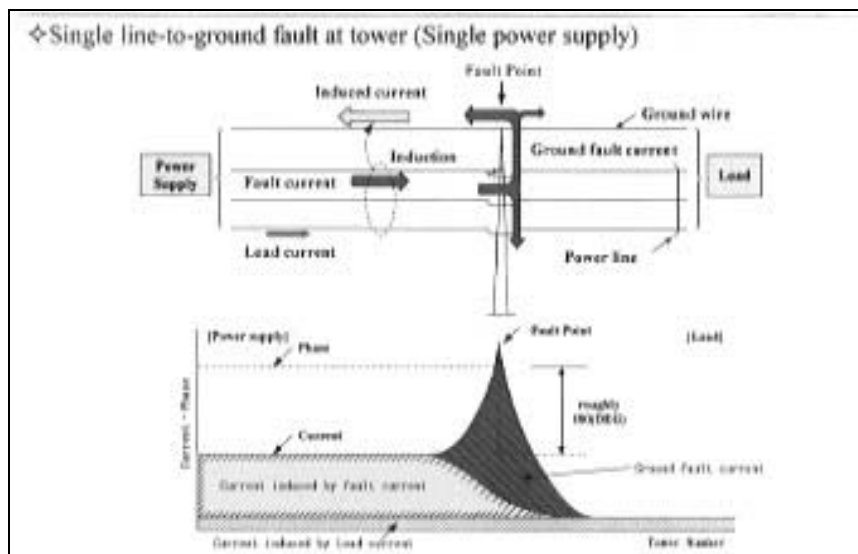


圖 2-8：地線電流分佈

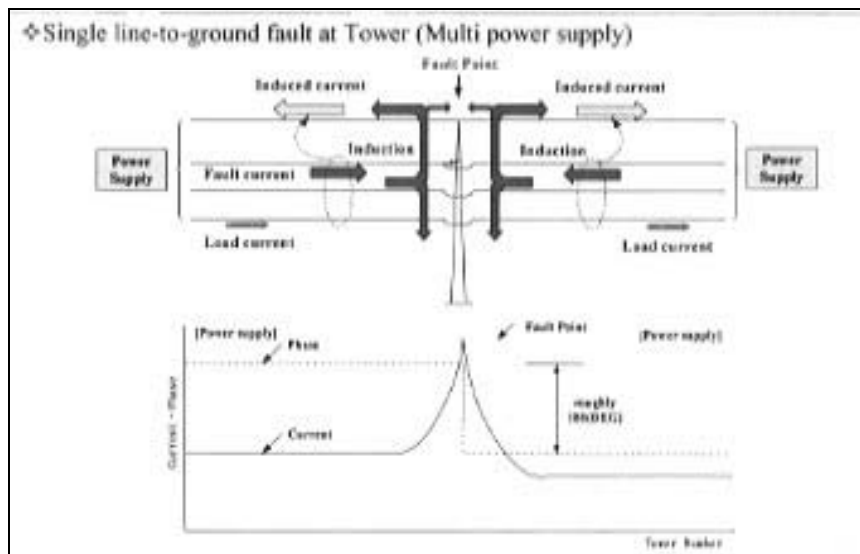


圖 2-9：地線電流分佈

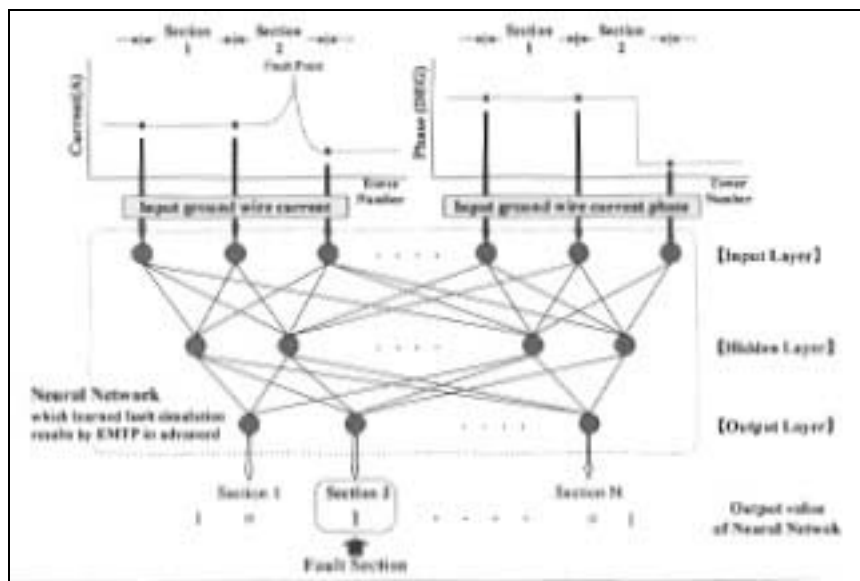


圖 2-10：事故點網路系統之組織架構

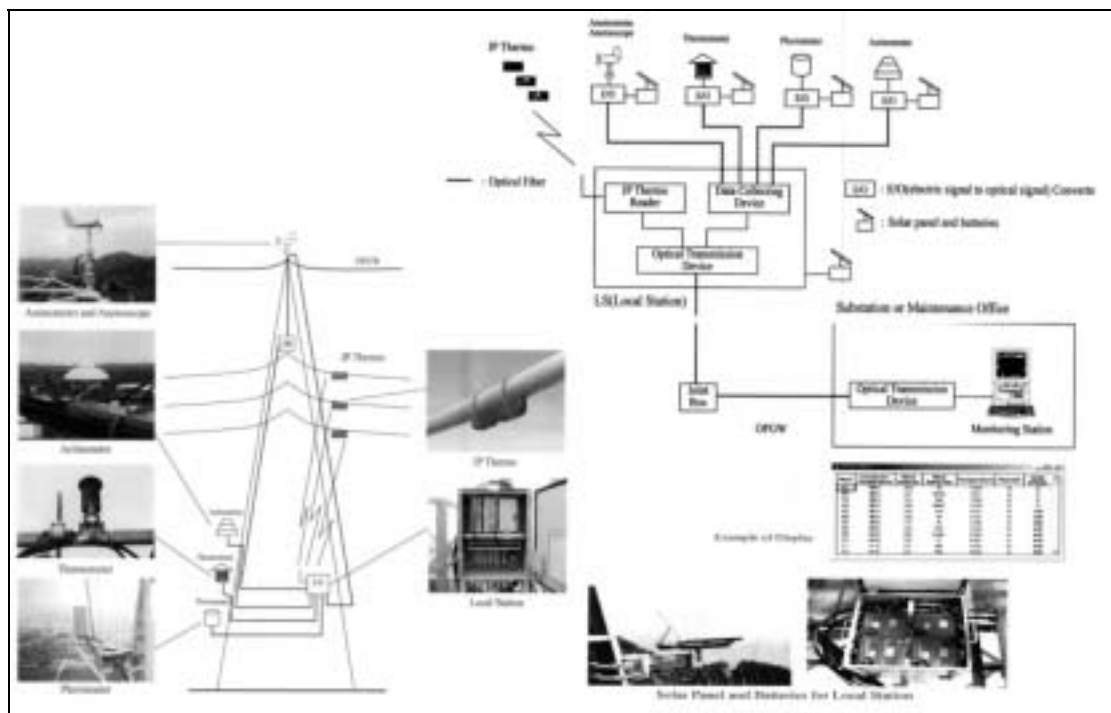


圖 2-11：氣象偵測系統組織架構

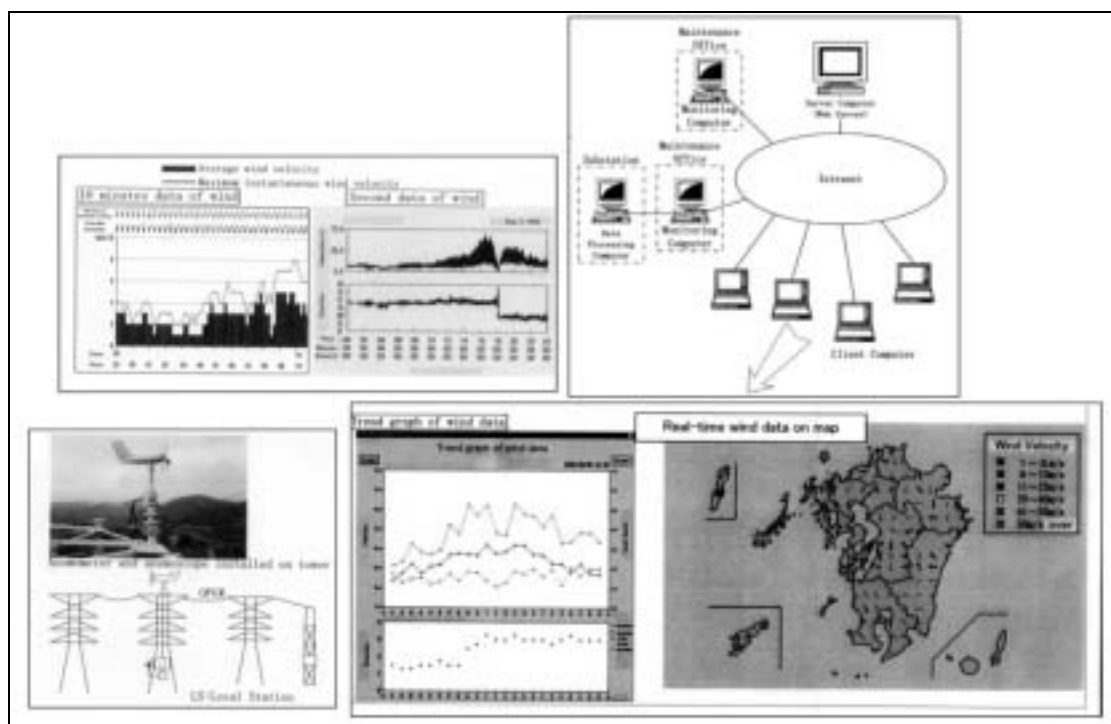


圖 2-12：氣象偵測系統量測結果

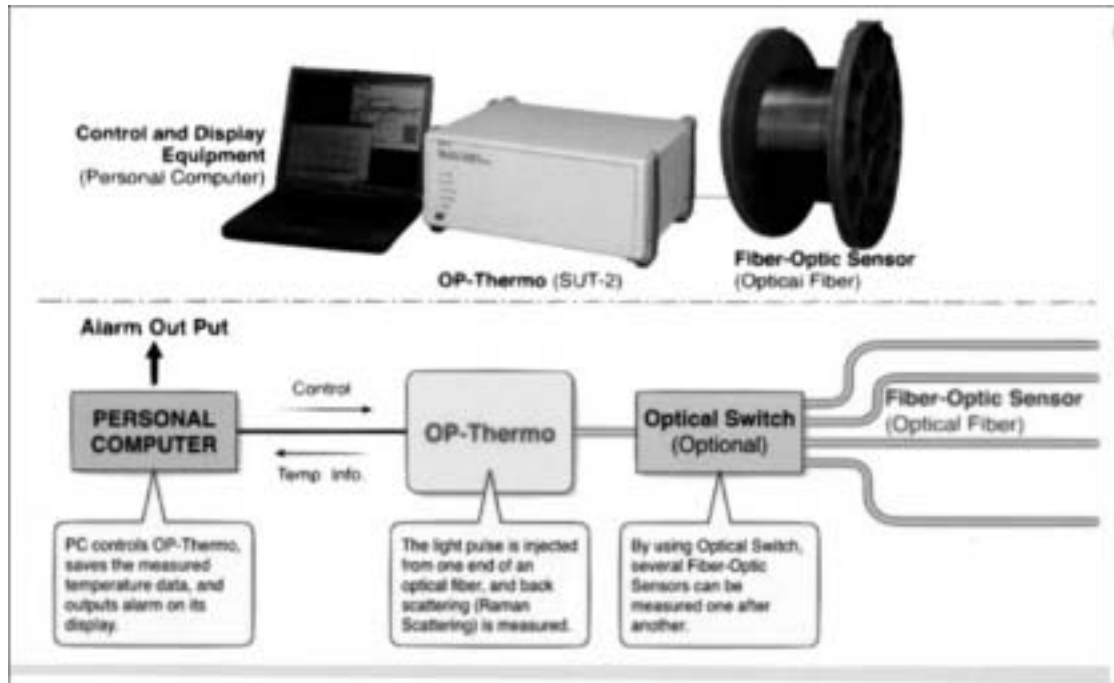


圖 2-13：線路導線的溫度量測感測器

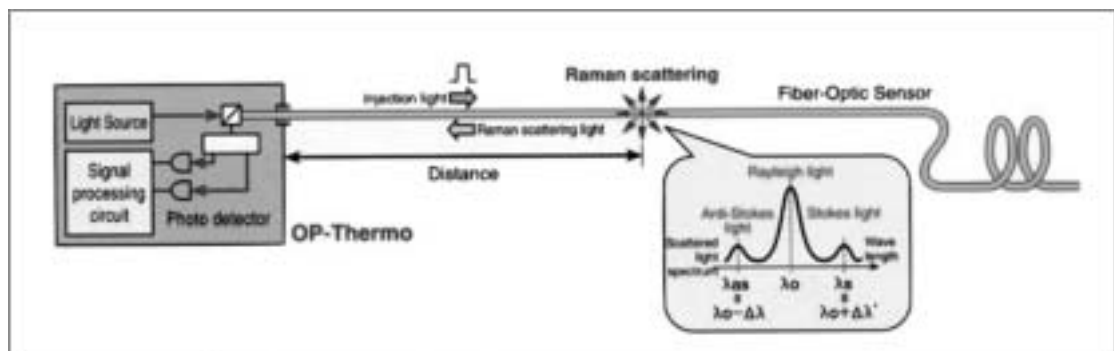


圖 2-14：COTDR 量測原理

3. 抗伽凡尼腐蝕之光纖架空地線

在光纖架空地線 OPGW 中採用無縫不鏽鋼管作為光纖鑲埋管線已日漸普遍，由於不鏽鋼與鋁或鋁包鋼線易形成伽凡尼腐蝕，導致導線急速腐蝕及斷線，目前 JPS 已開發出以鋁被覆在不鏽鋼管上的防止凡尼腐蝕之不鏽鋼管，圖 3-1 為光纖架空地線的基本結構，區分為 spacer type 與 loose type 兩類，loose type 是以不鏽鋼管作為光纖鑲埋管線，由圖 3-2 可知鋁與不鏽鋼間之異金屬接觸所導致伽凡尼腐蝕最嚴重，鋁材與鋁材接觸伽凡尼腐蝕最輕微，JPS 針對異金屬伽凡尼腐蝕的 OPGW，近日已開發出以不鏽鋼層上包覆鋁層的光纖架空導線改善此缺夫，圖 3-3 所示，不鏽鋼層上包覆鋁層的光纖架空導線的基本持性及定型試驗結果如圖 3-4 及圖 3-5。圖 3-6 為伽凡尼腐蝕的反應機理，經材質改善後鋁材 OPGW 具有較佳的耐腐蝕特性如圖 3-7，圖 3-8 為鋁材 OPGW 腐蝕後的材質外觀，圖 3-9 為進行設計定型試驗進行之項目，分別進行 Sheave Passing Test、Stress-Strain Test、Temperature cyclic Test、Stress-Strain Test、Short Circuit Test，如圖 3-10 至圖 3-13 所示。

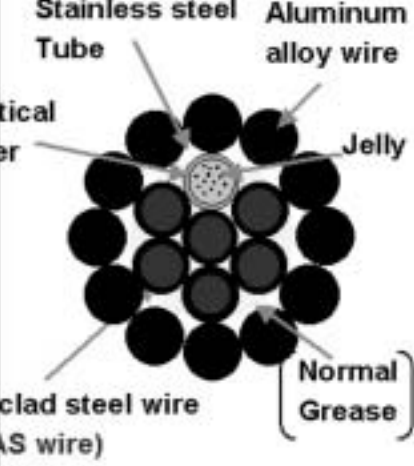
Type of Typical OPGW	Spacer Type	Bare Stainless Steel Tube Type (SUS Type)
Buffer type	Tight buffer	Loose buffer
Type of Optical fiber	Silicone	UV
Construction of OPGW		

圖 3-1：光纖架空地線的基本結構

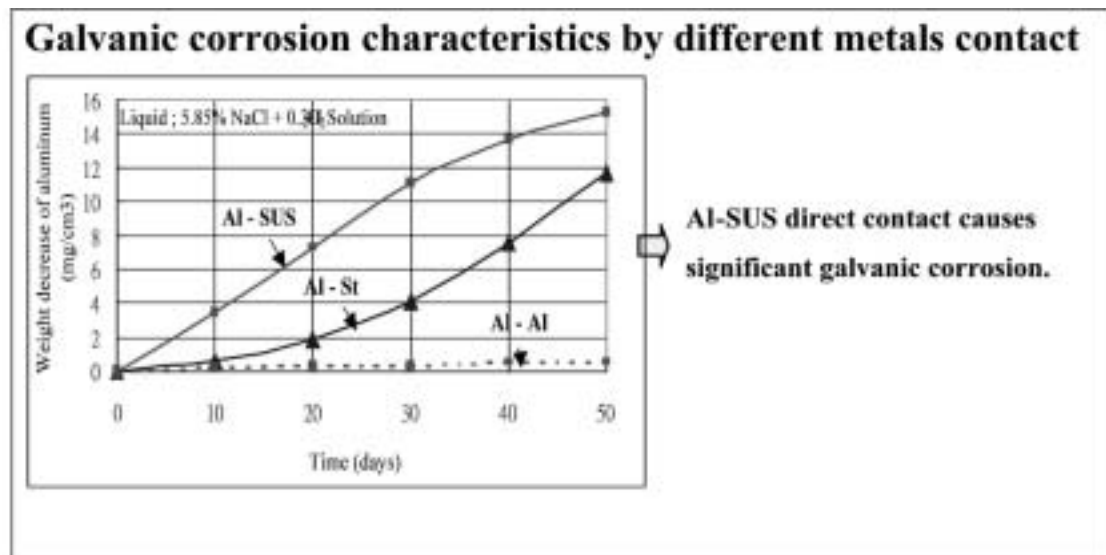


圖 3-2：異金屬接觸所導致伽凡尼腐蝕

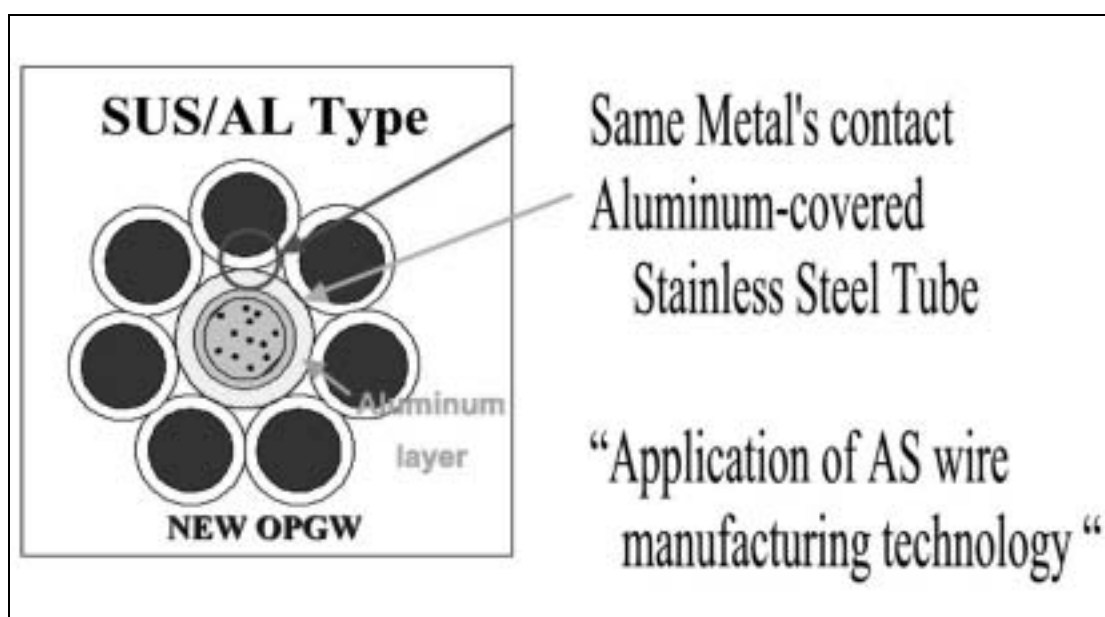


圖 3-3：不鏽鋼層上包覆鋁層的光纖架空導線

Type of Tube	Aluminum-covered stainless steel tube (SUS/AL Tube)
Cross-sectional view	
Type of Optical fiber	UV
Number of fiber per tube	Max.48
Overall diameter of tube(mm)	5.2
Diameter of stainless steel tube (mm)	3.6
Thickness of aluminum layer(mm)	0.8
Ultimate tensile strength (MPa)	Min. 210
Identification of optical fiber	Coloring & Dot marking Coloring & Cotton thread

圖 3-4：不鏽鋼層上包覆鋁層的光纖架空導線的基本特性

Type of OPGW	SUS/AL Type
Construction of OPGW	 Aluminum-clad steel wire (AS wire)
OPGW Size (mm) [Equivalent GW Size (mm)]	65 to 115 [70 to 110]
Number of AS wire	7 to 9
Overall diameter (mm)	10.5 to 13.6
Min.Ultimate tensile strength (kN)	50 to 110
Nominal weight (kg/km)	346 to 670
Short circuit current (kA ² sec.)	25 to 64

圖 3-5：不鏽鋼層上包覆鋁層的光纖架空導線特性檢測

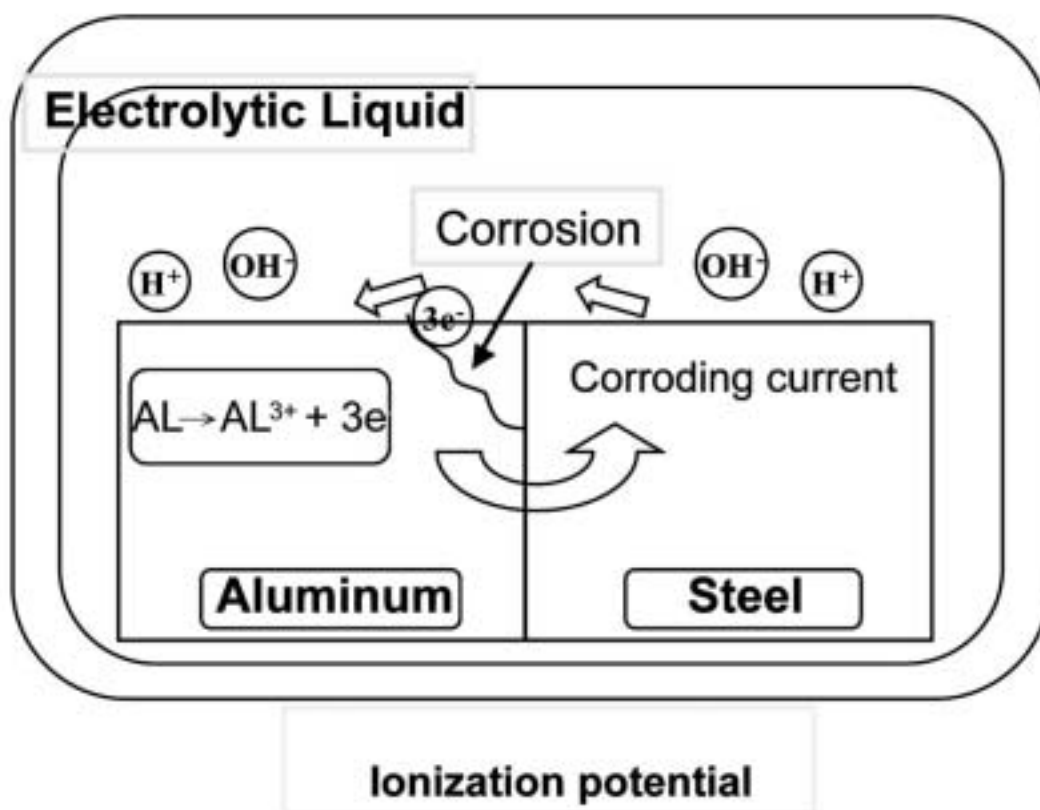


圖 3-6：伽凡尼腐蝕的反應機理

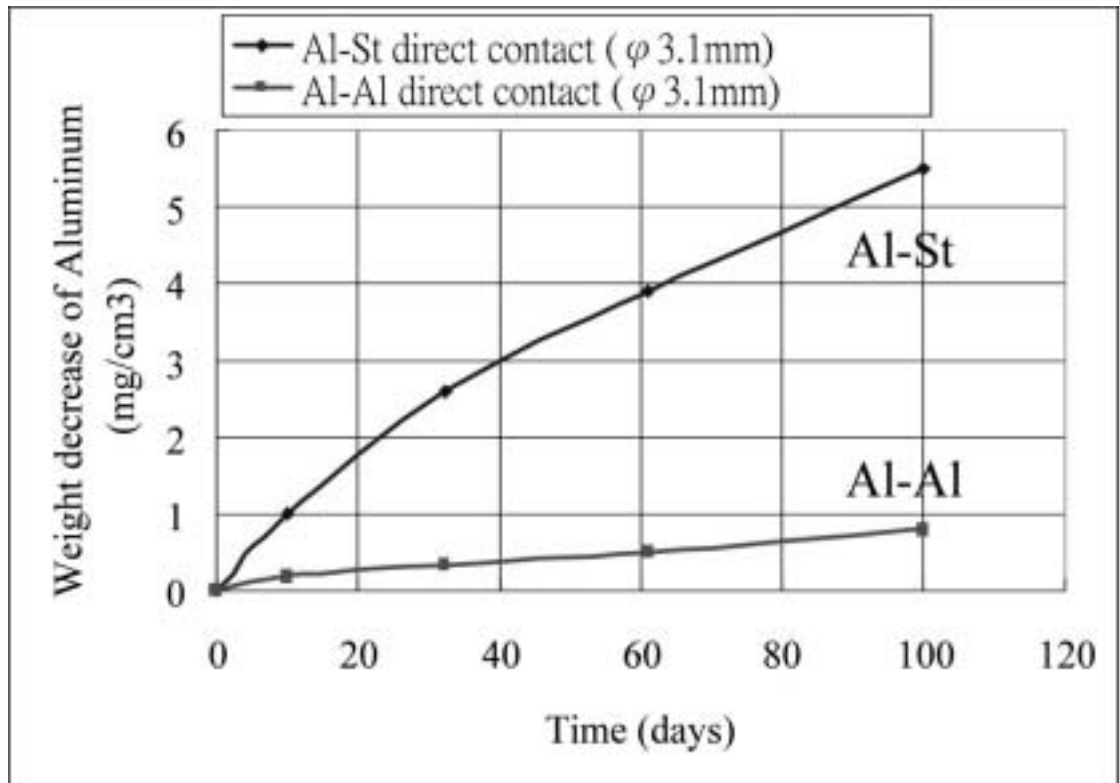


圖 3-7：鋁材腐蝕特性

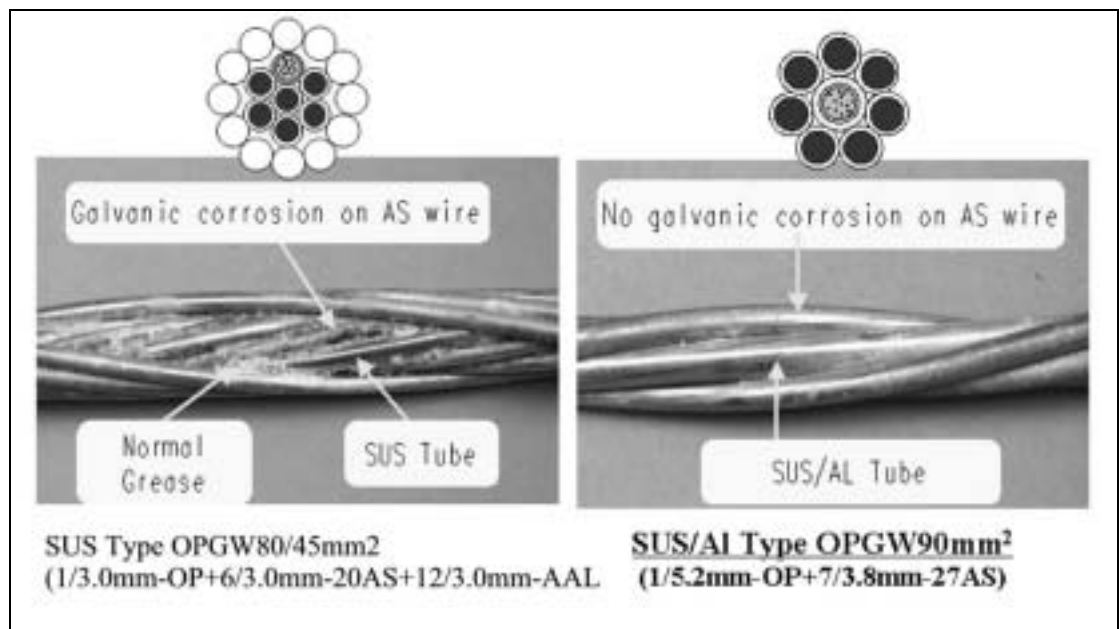


圖 3-8：鋁材腐蝕的材質外觀

Test No.	Test item
1	Sheave passing
2	Stress – Strain
3	Temperature cycling
4	Short circuit
5	Crush
6	Impact
7	Torsion
8	Vibration

圖 3-9：設計評估試驗

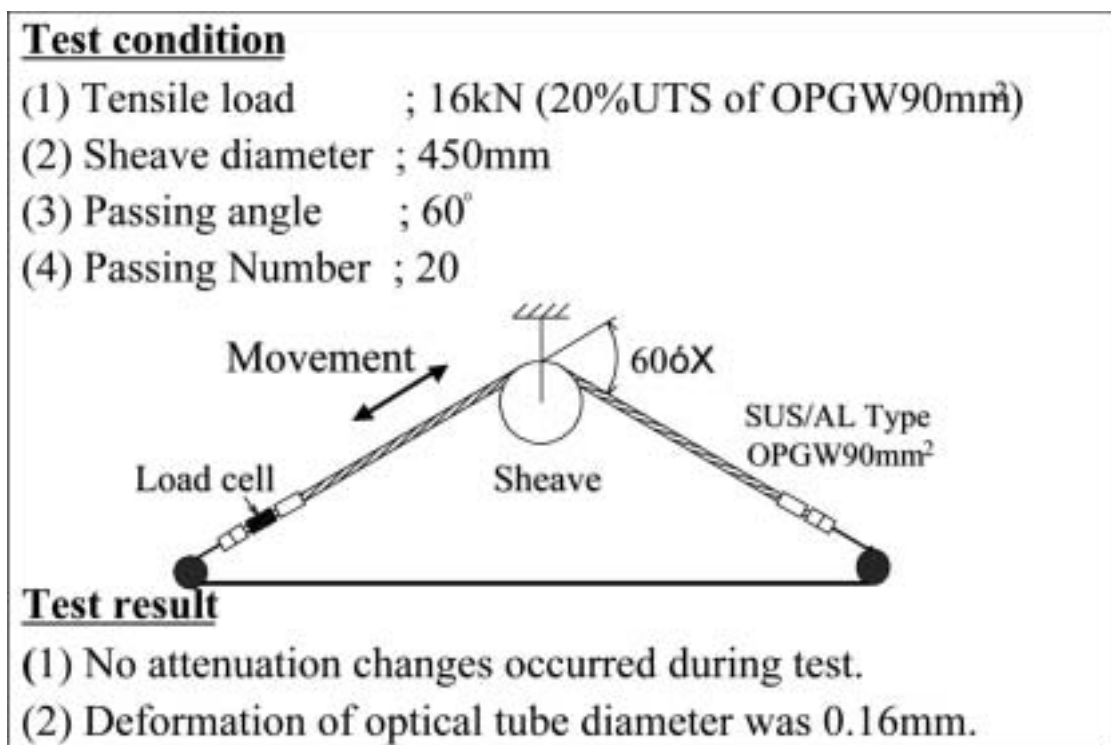


圖 3-10：Sheave Passing Test

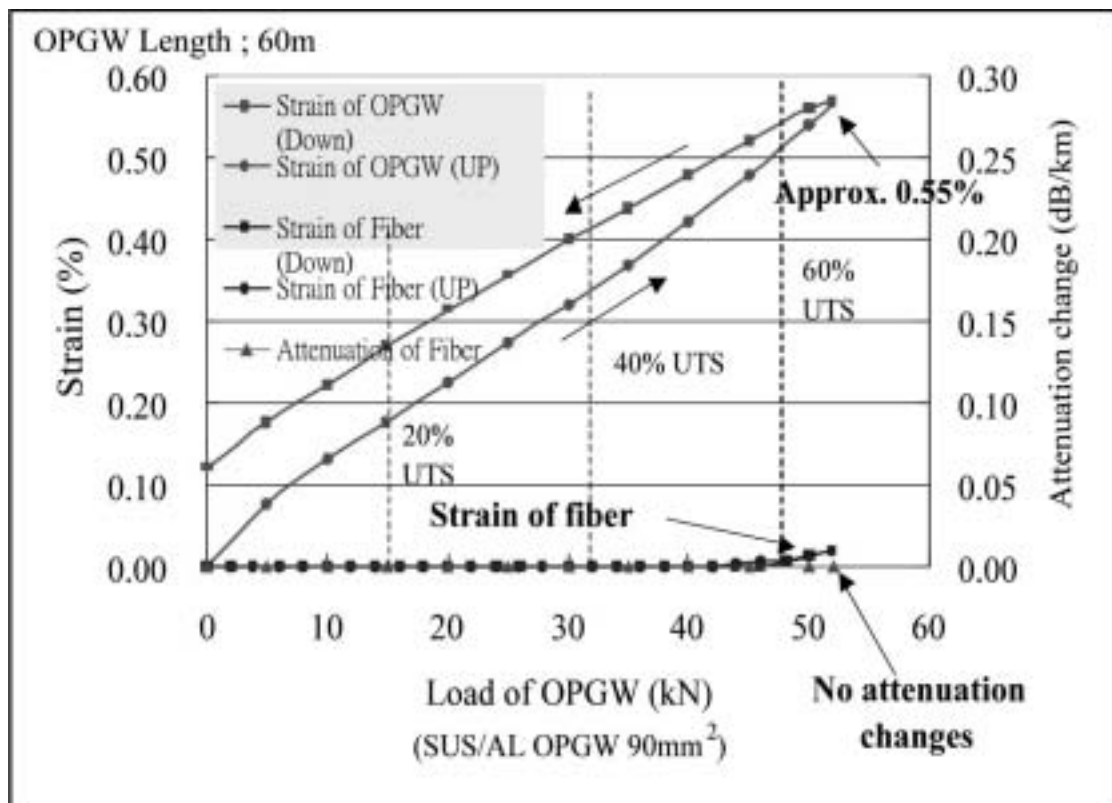


圖 3-11 : Stress-Strain Test

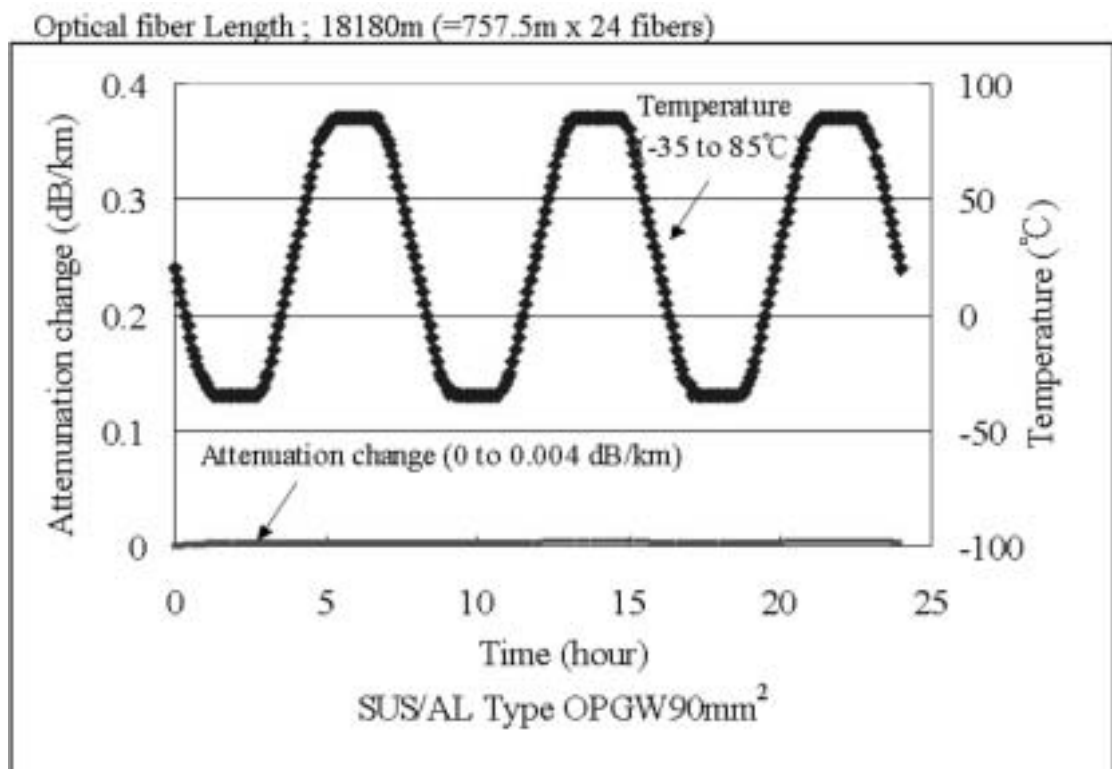


圖 3-12 : Temperature Cycling Test

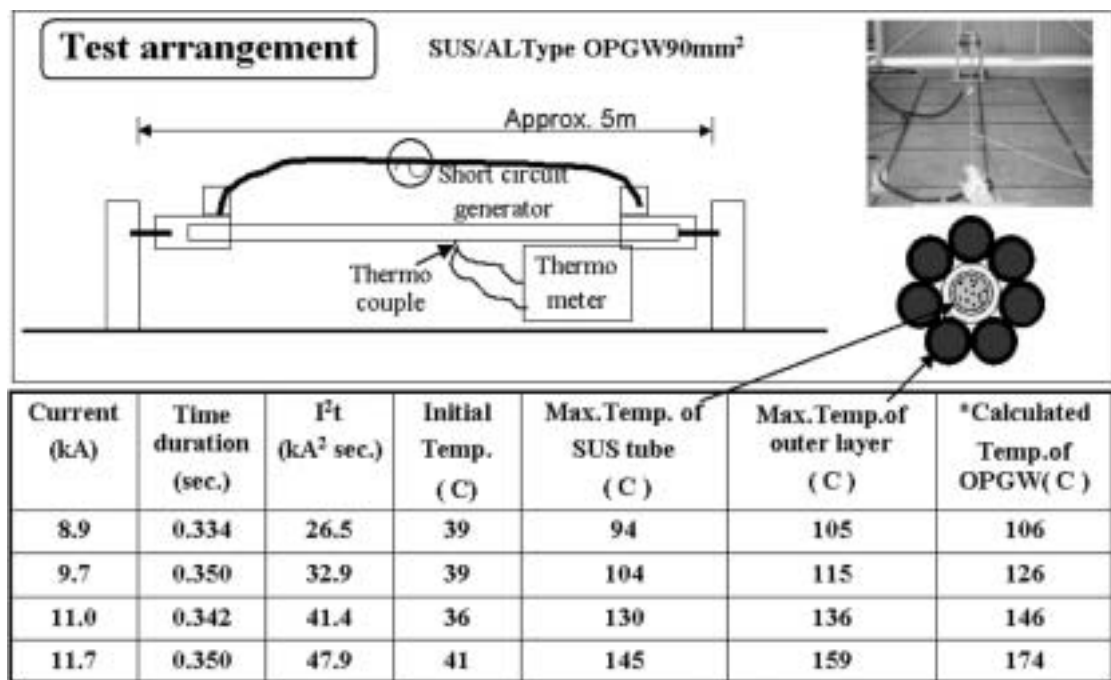


圖 3-13：Short Circuit Test

4.終端匣絕緣礙管破損分析

NGK 在高壓絕緣礙子的製程包括材料篩選、固定成型、燒結、外觀檢測、研磨切割、特性試驗及包裝等七個流程，如圖 4-1，在每一個流程皆經嚴格品管及篩選。除了陶瓷礙子外，其它產品包括陶瓷-薄膜水處理系統，採用 0.1um 瓷薄膜的高性能多孔材，有效將水中細菌、浮游生物、微顆粒等雜質去除。

在中空終端匣絕緣礙管特性需要考慮電性、機械性及物體容許度，如圖 4-2，在電性評估方面可分為耐電性試驗，如乾、濕電頻耐壓試驗，閃電脈衝試驗，開關脈衝試驗及電力設備使用評估，在鹽害設計評估方面須進行污損耐壓試驗，從葉緣、平均礙管直徑等模擬人工污損試驗，圖 4-3。圖 4-4 中空終端匣絕緣礙管部份放電反應機理，圖 4-5 為中空終端匣絕緣礙管防鹽害特性設計，由表面污損至產生乾帶電弧，圖 4-6 為礙子鹽害設計方面評估流程，圖 4-7 為豪雨構成閃絡的主要反應機構，利用沿面距離 WSV、ESDD 等評估葉緣的設計，在礙管之間連接以釉鋸較樹脂接著為牢固，不易老化及減少汽泡，如圖 4-8 所示，礙管鋸道評估以非破壞 X 光及超音波判斷製造過程之劣化損傷，如圖 4-9。

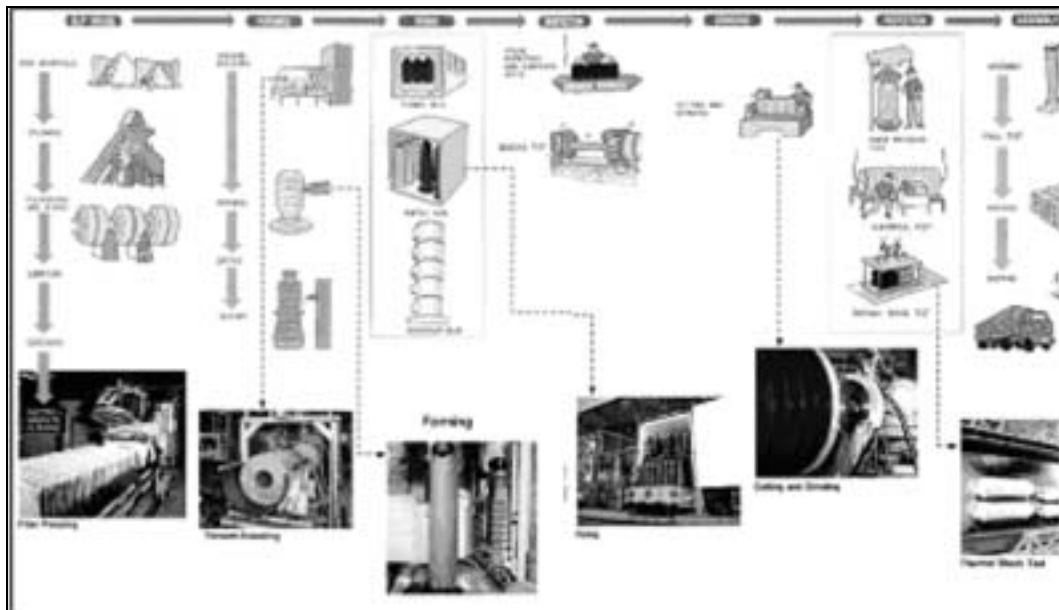


圖 4-1：高壓絕緣礙子製程

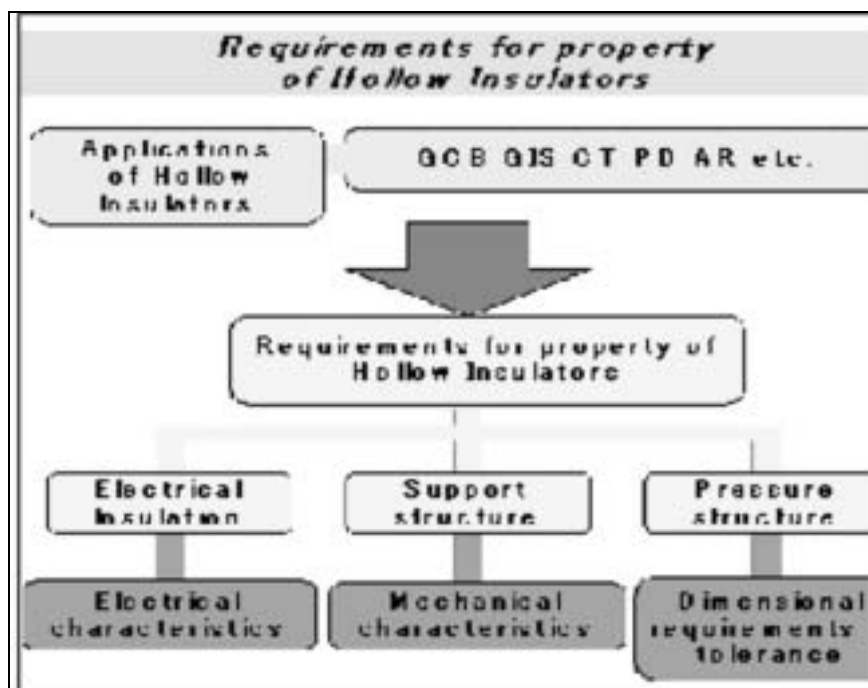


圖 4-2：中空終端匣絕緣礙管特性需求

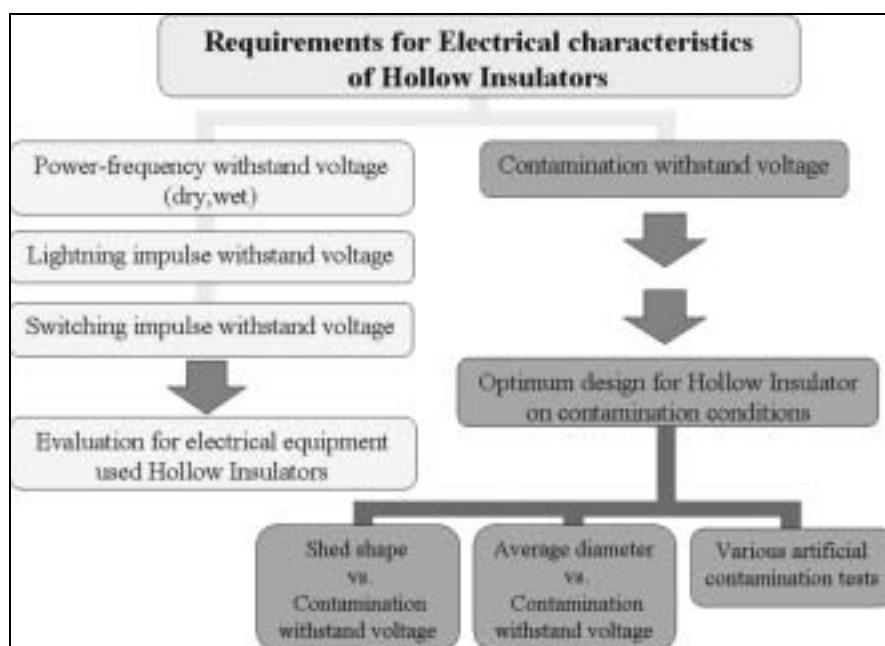


圖 4-3：中空終端匣絕緣礙管電性需求

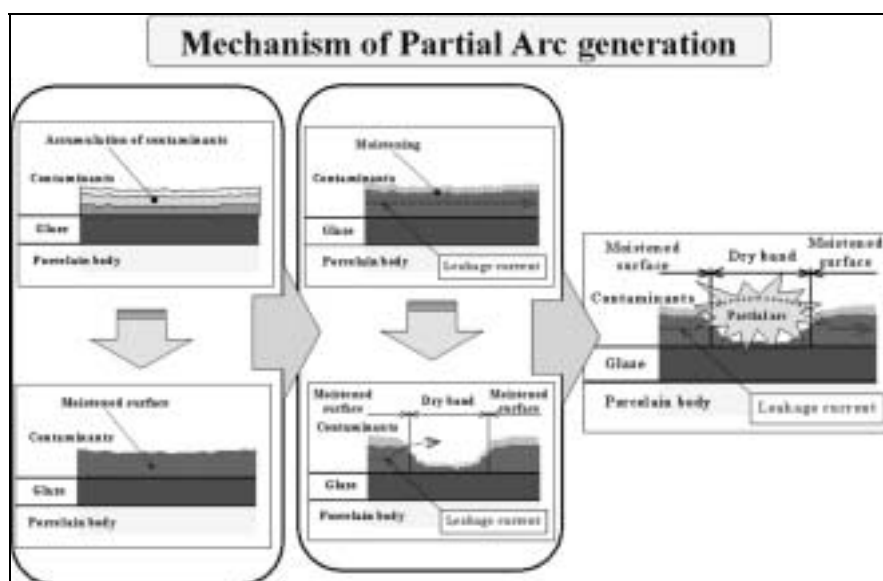


圖 4-4：中空終端匣絕緣礙管部份放電反應機理

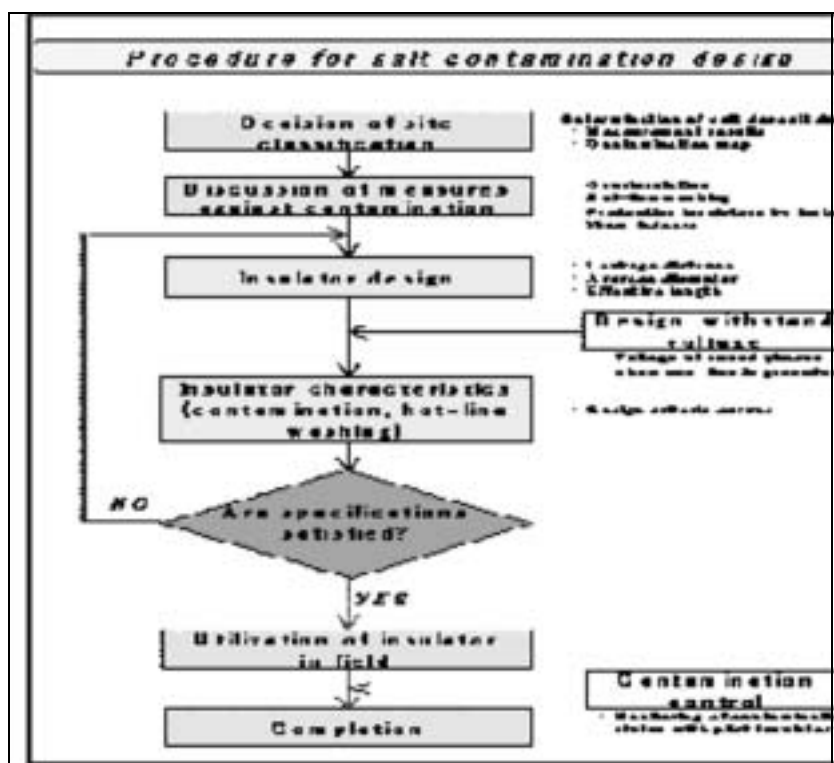


圖 4-5：中空終端匣絕緣礙管防鹽害特性設計

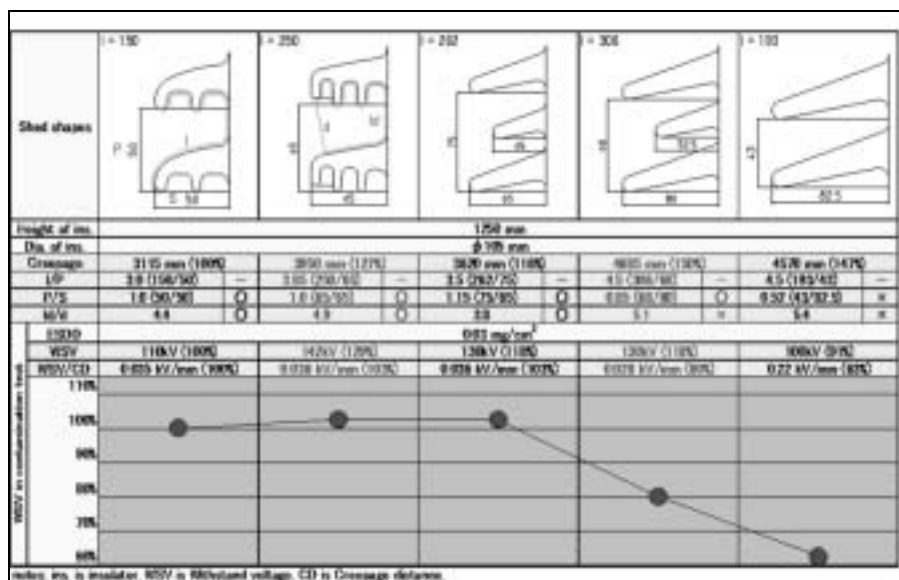


圖 4-6：中空終端匣絕緣礙管葉緣分佈的防鹽評估

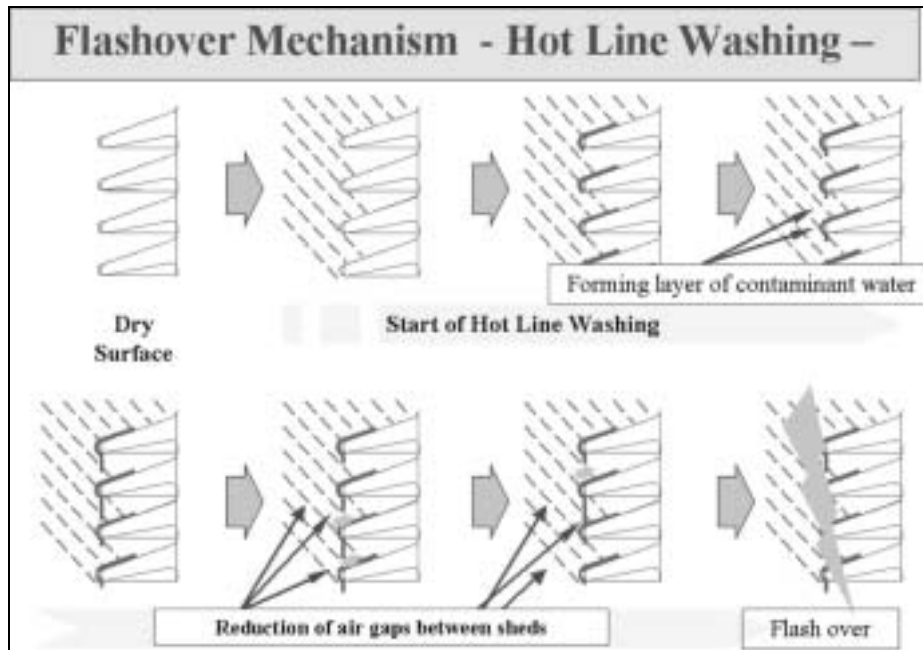


圖 4-7：中空終端匣絕緣礙管閃絡反應機理

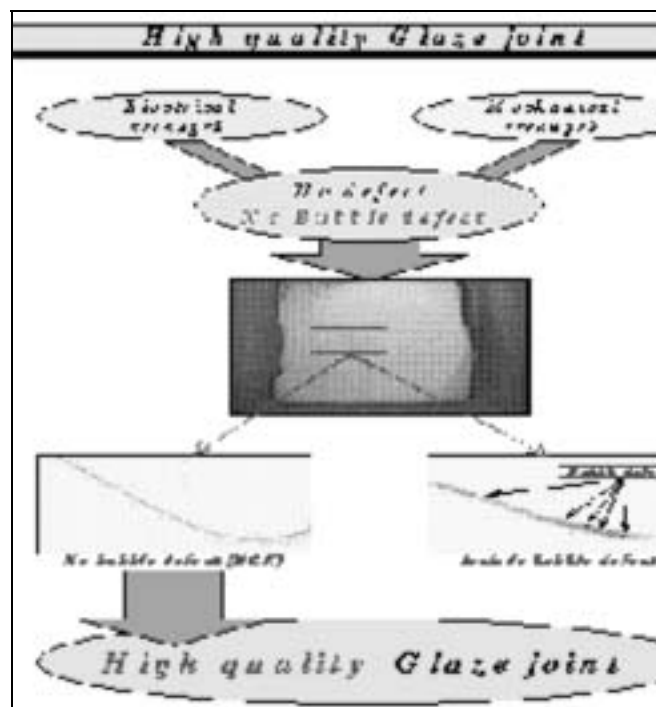


圖 4-8：NHK 中空終端匣絕緣礙管利用釉鋸連接

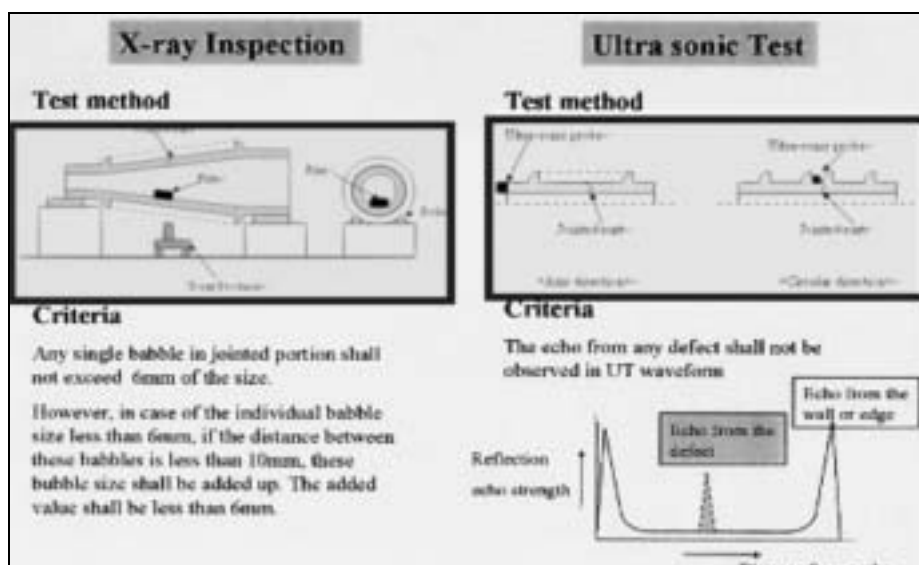


圖 4-9：中空終端匣絕緣礙管非破壞檢測

5.陶瓷與玻璃懸垂礙子的可靠性分析

懸垂礙子的使用壽命設計在 30 年以上，而且需要維持高可靠性，在懸垂礙子所需要的性能中，正常運行下的長期可靠性是最重要的，高強度、大型化導致老化率增大，陶瓷和玻璃懸垂礙子的比較是應在此角度來考慮。

5.1 材質

5.1.1 玻璃的基本構造

玻璃絕緣礙子的主要材質是"Soda-Silica 玻璃”，就是與普通玻璃板所用的材質一樣。玻璃的化學成分：氧化矽，氧化鈣，氧化鋁，氧化鈉，其材質特性如下：

- (1) 脆弱和無機械強度的材質：因只有玻璃構造，沒有結晶，所以無法防止微妙的裂紋伸長，如圖 5-1。
- (2) 玻璃的鹼性物質含量比陶瓷的偏大：10%以上。
- (3) 包含雜質及氣泡：玻璃件在生產過程之中，不可避免的問題-壓力集中於雜質及氣泡周圍。
- (4) 為了克服玻璃所在的缺點，所有玻璃件都必須經過熱硬化處理，硬化處理過程應造成大陡波壓力分佈，如圖 5-2。

5.1.2 陶瓷的基本構造

陶瓷絕緣礙子的主要材質是擁有高機械強度的氧化鋁陶瓷件。陶

瓷的化學成分：氧化矽，氧化鋁，氧化鉀，其材質特性如下：

(1) 高強度材質：高質量晶體，如圖 5-3。

(2) 陶瓷的鹼性物質含量比玻璃的偏小：只有幾%，如圖 5-4。

5.2 自爆:

很大壓力集中於玻璃件，就是說壓縮力加於表面，膨脹力加於玻璃內部。玻璃絕緣礙子內部有雜質及氣泡，應力集中於它的周圍。如果周圍環境的任何條件，如熱衝擊等，影響到內部有缺點的玻璃絕緣礙子，它內部的應力集中將開放。自爆使玻璃件粉碎到碎片，除了上述情況以外，機械性的任何衝擊，如射擊或投石爆炸等，也將引起爆炸。

5.2.1 玻璃絕緣礙子的自爆機理

為了改善玻璃絕緣了的機械強度，發生氣冷強化處理時，玻璃表面產生壓縮應力，維持機械強度。表面壓縮應力的反作用，內部會產生強大的拉伸應力。如圖 5-5 為按照有限要素法分析玻璃板內的氣泡缺陷(100 μm 球體)的有無對玻璃內部發生應力分布的影響的結果。拉伸應力集中於缺陷周圍，最高可達無缺陷處的 3 倍。

由於玻璃絕緣礙子內部存在氣泡，異物等缺陷，氣冷強化處理時，拉伸應力集中在缺陷周圍，溫度變化使之發生龜裂，進而導致自爆。陶瓷礙子的內部應力分佈如圖 5-6。

5.3 表面老化

化學反應產生於玻璃件所含的鹼成分與附著與絕緣礙子表面的淋濕污染物質之間。在嚴重污染地區，鹼成分引起的玻璃絕緣礙子表面老化的特有問題會擴大引起礙子爆炸，表面老化的機理如圖 5-7。

5.4 自爆玻璃絕緣礙子的技術問題

玻璃絕緣礙子容易爆炸，自爆玻璃絕緣礙子將引起損失電力系統的可靠性等重大問題。

5.4.1 電力損失

- (1) 自爆玻璃絕緣礙子喪失所必要的電氣特性。
- (2) 在包含自爆絕緣礙子的絕緣礙子串上，工頻電壓及衝擊電壓引起閃絡的風險。

5.4.2 降低機械強度

- (1) 產生鋼帽內部閃絡所引起的鋼腳脫掉的風險，使用低質量陶瓷絕緣礙子也產生阻斷的風險，如圖 5-8。
- (2) 電弧熔斷鋼腳引起導線掉落的風險，如圖 5-9。
- (3) 電弧，如圖 5-10。

5.5 結語

- (1) 由於玻璃絕緣礙子存在內在缺陷，應力集中於內在缺陷上，最終會導致自爆。

- (2) 隨著玻璃絕緣礙子的高強度、大型化，絕緣礙子傘裙體積增加，
與傘裙成比例，內在缺陷(氣泡、雜質)數也增加，自爆率也增大。

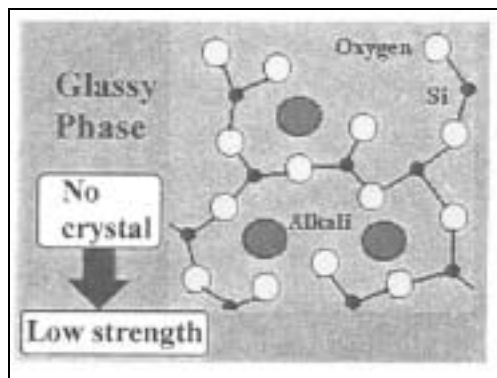


圖 5-1：玻璃的材質構造

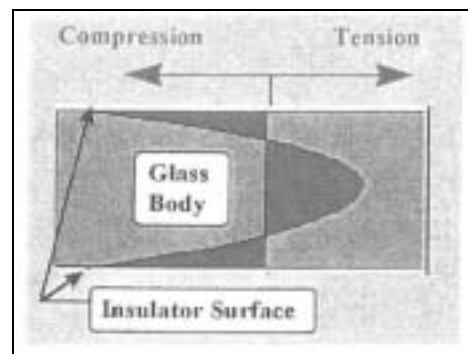


圖 5-2：硬化處理造成大陡波壓力分佈

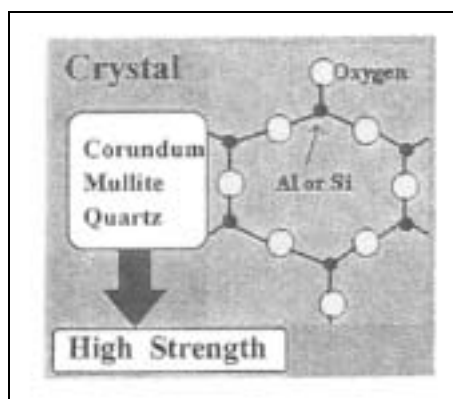


圖 5-3：陶瓷的材質構造

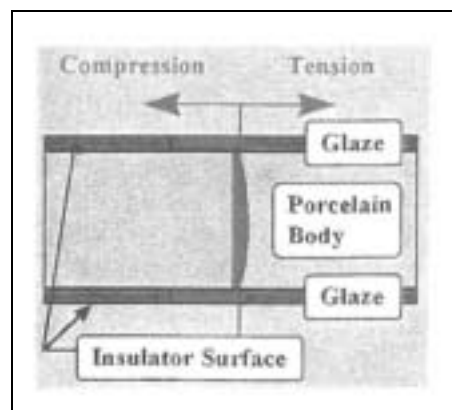


圖 5-4：壓力分佈平均

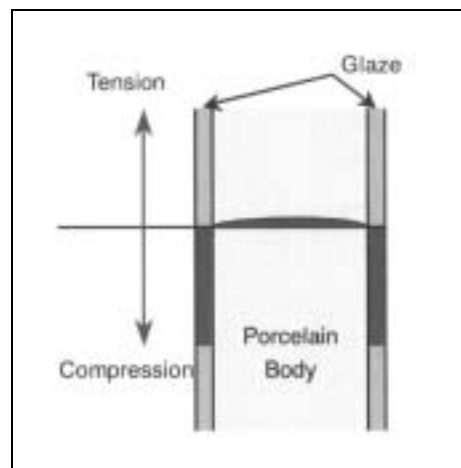
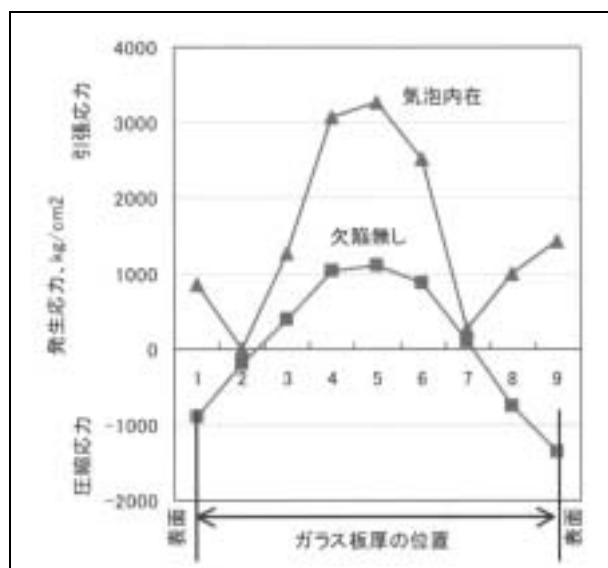


圖 5-5：玻璃絕緣礙子內部應力分布 圖 5-6：陶瓷絕緣礙子內部應力
分布壓力分佈平均

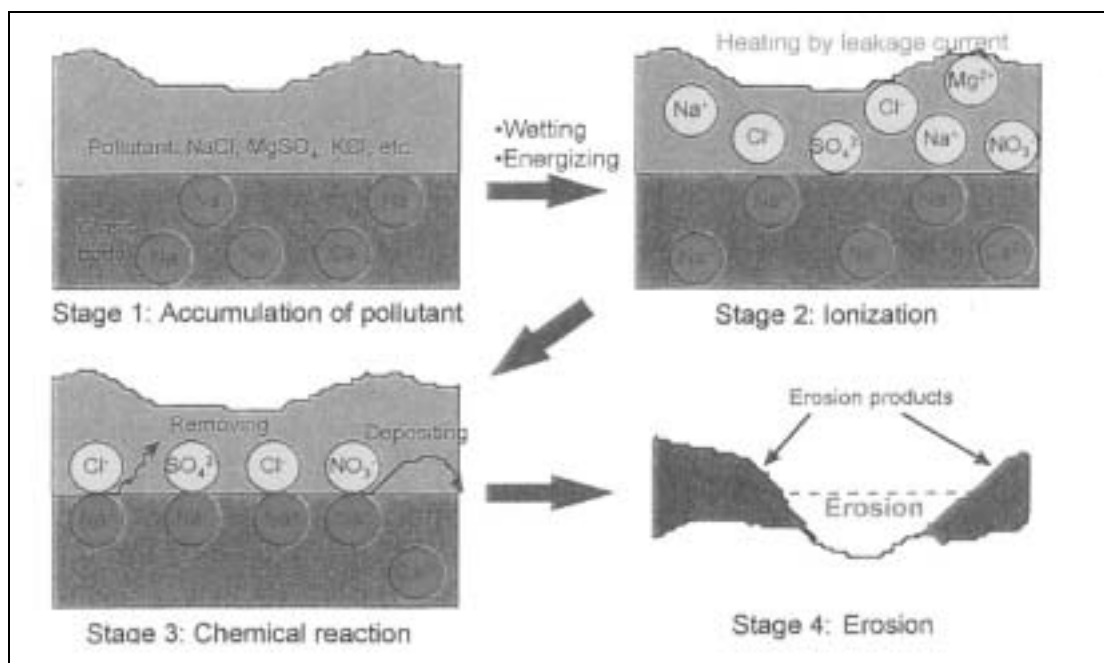


圖 5-7：表面老化的機理

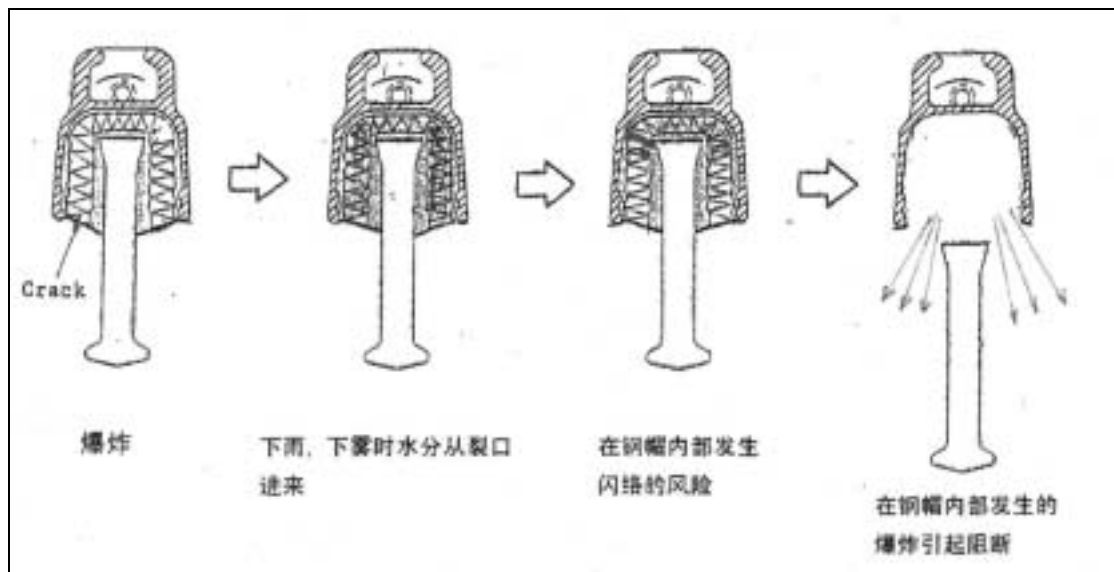


圖 5-8：鋼帽內部閃絡所引起的鋼腳脫掉



圖 5-9：電弧熔斷鋼腳引起導線掉落

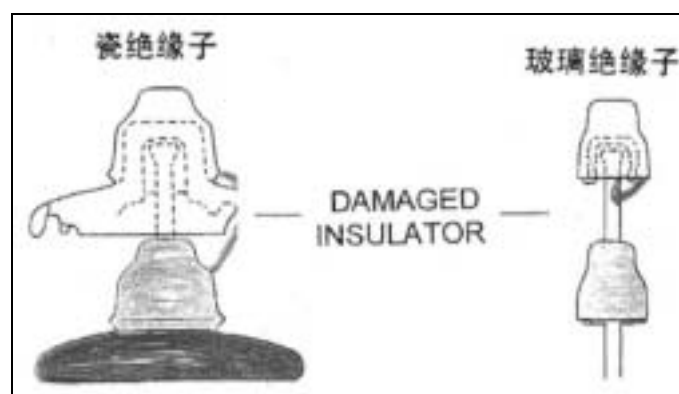


圖 5-10：電弧

肆、心得與感想

日本自數年前踏入泡沫經濟後，很多企業皆採取策略聯盟合併或減少新建設費用支出，對舊有設備儘量延長其使用壽命，在本次實習參訪單位中最明顯是 Hitachi Cable Ltd.與 Sumitomo Electric Ind. 對架空導線採取 joint venture 合併為 J-Power Systems Corporation 共同爭取市場，減少廠房閒置，精專生產特定產品，以適應日漸減少之輸配電新線路設備市場需求。此外亦努力在固有產品中進行多項研發，如 OPGW 材質的設計改善、螺旋減風音棒、導線腐蝕偵測螺棒、防冰溶滴避雷網、礙子減風音構件、鹽害污損光纖感測器、導體 CT 感測器及光纖溫度感測器等多項新產品，利用光纖架空地線(OPGW) 網路傳輸，建立電力架空導線的維護資料系統，提供事故點，氣象資料及導體溫度等資訊給架空導線維護單位，除了基本的維護資料之外，亦發展透過光纖架空地線網路傳輸 ITV 照片影像，電話語音和電腦資料庫等龐大的資料，建立維護單位對各區域鐵塔狀況監測。

近年來由於日本電力公司輸配電建設日益減少，市場胃納量有限，據聞日本傳統最大的十家鐵塔業者，已有半數倒閉或歇業，部份餘數已由鐵塔生產廠商轉向為鐵塔維護廠商，開發鍍鋅鐵塔劣化影像系統，進行輸配電線路的維護工作。

NGK 以生產陶瓷礙子聞名於世，執世界牛耳，隨了傳統陶瓷礙

子事業外，最近其陶瓷產品亦分別進軍於高溫氣體蜂窩陶瓷過濾器、半導體陶瓷製程設備、銅鋇高溫超導與電子產品及精密模具、6 MW 的 NAS(硫化鈉)貯能電池、陶瓷膜純水處理系統及放射性物質廢水處理系統等，更為了適應多元化礙子市場，建購美國聚合物礙子工廠。

因此本公司同樣面對相同經濟遲緩成長、能源危機、民間業界競爭及電力成長頸瓶的壓力，如何自保，上述日本公司的處理方式可供參考。

伍、結論與建議

經由本次研習心得，歸納以下幾點本公司在相關領域之研發與應用建議：

- (1) 目前本公司利用光纖架空地線已建立環島光纖網路，如何將其分配應用在輸配電線路偵測事故點，氣象資料及導體監控等維護。
- (2) 評估及發展輸配電線路上各類感測器的應用。
- (3) 結合電力、材料、化學相關科技人員，建立輸配電線路研究評估組織，加強採購單位專業諮詢管道及事故分析，確保電力品質。
- (4) 不鏽鋼管光纖架空地線可採用鋁被覆不鏽鋼管來改善異種金屬伽凡尼腐蝕。
- (5) 電纜終端匣絕緣礙管連接方式(釉鋅或樹脂黏著)及 NAS 儲能電池應廣泛收集各廠商資料，再評估分析。