

出國報告（出國類別：實習）

降低多目標變電所對共構建物環境 影響之對策及設計實習

服務機關：台電輸工處北區施工處

姓名職稱：許天成 八等電機工程師

派赴國家：日本

出國期間：99.07.18~99.07.23

報告日期：99.08.13

摘 要

由於近年來都市更新及重大建設發展快速，都會區內新建變電所用地尋找不易，因此變電所採多目標複合型式興建漸成爲可行的方案。當變電所以複合型式運轉時，所必然產生之排熱、噪音與振動，均對地上層共構建物造成一定程度的影響。

日本於多年前即設有多目標使用地下變電所，其中上二多目標地下變電所地上層爲關西電力公司電力制御所及員工住宅大樓，而松枝多目標地下變電所地上層則爲中部電力公司支店營業所大樓，知名的名城多目標地下變電所地上層則爲名城公園停車場。這 3 所變電所變壓器均採水循環冷卻機組，設置有冷卻水塔，這與本公司運轉中一次配電地下變電所採鼓風機冷卻有著極大的不同，且在建築物通風規劃的考量上亦因此呈現不同的設計。再者，松枝變電所與名城變電所運轉著 450MVA 容量的變壓器，近似爲本公司目前規劃中之大安多目標地下變電所 500MVA 容量的變壓器，依設計內容而言，將採與松枝變電所相同之油浸水冷式變壓器，而就變壓器體積縮小而言，名城變電所液態 PFC 與 SF6 共存之水冷式變壓器則更能有效節省變電所空間需求。

變壓器採水循環冷卻系統案例，不僅有效節省變電所建物進排風口大小及數量，解決進排風量大所衍生噪音課題，對於變電所空間配置上亦無太大的影響。而參訪實習變電所針對排熱、噪音與振動課題的解決方案上，亦各有不同的設計考量，報告中將盡可能詳盡敘述。

最後，名城變電所地面層之傳統日式白牆屋瓦屋突與水瀑池塘日式造景設計，與周邊環境相融合堪稱一絕，更因此獲得建築景觀大賞。

目 錄

壹、實習計畫緣由及目的	3
貳、出國參訪行程介紹	5
一、關西電力公司(Kansai Electric Power Company)	5
(一) 上二多目標地下變電所(UENI Substation)	5
二、中部電力公司(Chubu Electric Power Company)	8
(一) 松枝多目標地下變電所(MATSUGAE Substation)	8
(二) 名城多目標地下變電所(MEIJOU Substation)	10
參、降低多目標變電所對共構建物環境影響之對策及設計	13
一、主變壓器與建物排熱對策設計案例	13
二、主變壓器及重電設備振動及噪音源衰減方案	19
肆、心得.....	27
伍、建議.....	28

壹、實習計畫緣由及目的

由於近年來都市更新及重大建設發展快速，本公司為因應負載需求，須在大都會區等精華地段興建變電所時，往往因地方政府要求、基地環境限制及地價昂貴等種種因素，在經內部相關單位評估可行之情況下，該等變電所規劃逐漸趨向採多目標複合型式興建。以臺北市為例，行政區面積約 270 平方公里，人口約計有 262 萬人，在負載中心用地有限與地價昂貴考量下，地方政府往往希望本公司變電設施可朝地下型式興建。以本公司世貿及環河變電所為例，世貿變電所開挖基地面積約為 3,420 平方公尺，假設用地開挖率為 80%，購地面積則約需 4,300 平方公尺，再依當地公告土地現值約為 92.8 萬/平方公尺之 120% 計算，則變電所用地價購金額約需 48 億元，以目前租金 4,800 萬/年計算，則約 100 年攤平。而環河變電所開挖基地面積約為 1,700 平方公尺，若假設用地開挖率為 80%，則購地面積約需 2,200 平方公尺，再依當地公告土地現值約為 9 萬/平方公尺之 120% 計算，則變電所用地價購金額約需 2 億 4 千萬元，以目前租金 260 萬/年計算，則約 92 年攤平。

當變電所以複合型式興建時，整體規劃必包含地面層共構建物(如辦公室、公園及住家等)，因此如何讓變電所於運轉時，對共構建物之環境影響降至最低，就成為一門重要課題。一般而言，前述影響因素大致可區分為噪音、振動及排熱等三大主題，若能從變電所重電設備端改善延伸至全所，應可達成同一建物之地面及地下層量體間相互獨立、互不干擾，各自發揮該有之功能，謀求公共及公司之最大利益。

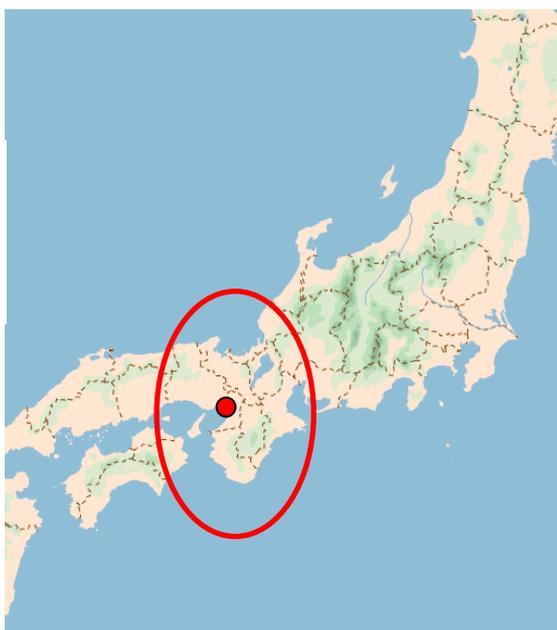
本次行程參訪關西電力公司(Kansai Electric Power Company)之上二多目標地下變電所(UENI Substation)及中部電力公司(Chubu Electric Power Company)之松枝多目標地下變電所(MATSUGAE Substation) 與名城多目標地下變電所(MEIJIO Substation)，藉由實地瞭解設備端個別機器之改善方式及實際應用至變電所時之整體設計概念，並蒐集相關改善案例，對後續在多目標地下變電所規劃設

計方面，實有相當助益。

貳、出國參訪行程介紹（期間：2010年7月18日至2010年7月23日）

本次出國研習計參訪日本關西電力公司及中部電力公司轄區內多目標地下變電所，其行程內容分述如下：

一、參訪關西電力公司(Kansai Electric Power Company)上二變電所，檢附該公司電力系統供應範圍，並標示上二變電所所在位置。



圖一 關西電力公司電力系統供應大致範圍



圖二 上二變電所位置圖

(一) 上二變電所 (UENI Substation)

日本大阪市行政區域面積約 222 平方公里，人口約 266 萬人。關西電力公司為解決大阪市日益增加的用電量，遂在大阪市建造一所 500kV 超高壓地下變電所→即上二變電所 (Ueni Substation)，作為未來大阪市發展基礎變電所。

上二變電所與大阪市 JR 車站直線距離約 4 公里，該土地使用分區為住宅用地，而周邊多是商業用地。查詢大阪市政府網站上公布資訊，該區域住宅用地平均價格為 376,000 日圓/平方公尺，而商業用地平均價格為

1,066,000 日圓/平方公尺，可算是大阪市地產精華區。同時，上二變電所鄰近大阪市地下鐵谷町線及長堀鶴見綠地線交會之谷六站，交通十分方便。



圖三 上二變電所實景照片

上二變電所基地面積約 4,500 平方公尺，開挖深度約 39 公尺，採逆打工法施工開挖，並施作厚 1.3 公尺、深 60 公尺之連續壁，降低對相鄰建物之影響。

上二變電所地上層 1~3 樓規劃為變電所控制室及地方調度中心，而上二變電所地上層 4~8 樓目前則供作關西電力公司員工住宅使用。上二變電所重電設備主要設置於地下層 1~5 樓，依早先規劃，引入輸電線電壓等級有 500kV 系統及 154kV 系統，變壓器則有 500kV 1000MVA（2 分割相分離，500MVA + 500MVA）及 154kV / 6.6kV 30MVA。變電所於 2000 年完成後，因日本景氣緣故，用電成長不如預期樂觀，因此目前僅裝

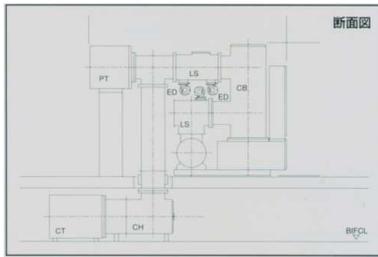


圖四 上二變電所地下層剖面圖示

設 154kV 電壓等級開關設備及 154kV/6.6kV 30MVA 變壓器。而有關地方調

度中心設置亦因此暫緩。

地下一樓目前配置有 154kV GIS 及 154kV/6.6kV 30MVA SF6 氣體絕緣型變壓器。其中 154kV GIS 利用型鋼台架架高約 2 公尺，並將電纜終端匣配置於設備底部，減少電纜引接層之設置，估計原傳統型配至樓層高度共需 10.2 公尺，採本方案則僅需 7.7 公尺即可，裝置方式詳圖五~七所示。



圖五 GIS 配置圖示



圖六 GIS 型鋼台架



圖七 GIS 電纜終端匣照片

154kV/6.6kV 30MVA SF6 氣體絕緣型變壓器採水冷式冷卻系統，冷卻水塔及補給水塔均設置於建築物地上 3 層之露臺。有關上二變電所變壓器及大型設備搬運吊孔的設計規劃是值得關注的。首先，器材吊運地下及地上各樓層的大型垂直吊孔設置在建物內部，這與信南變電所露天型式吊孔不同，即大型設備在運搬時，於所外進入所內先採推進搬運，直到推進至所內吊裝室後，再利用頂板掛鉤吊起變壓器後，油壓啓動吊裝室之活動樓板，再循序吊裝至所需樓層。



圖八 大型吊孔照片

二、參訪中部電力公司(Chubu Electric Power Company)松枝變電所及名城變電所，檢附該公司電力系統供應範圍，並標示變電所所在位置。



圖九 中部電力公司電力系統供應大致範圍 圖十 松枝變電所及名城變電所位置圖

日本名古屋市行政區域面積約 326 平方公里，人口約 225 萬人。

中部電力公司為解決名古屋市日益增加的用電量，除既有下廣井、南武平町及金山等超高壓變電所（275kV→33kV），另規劃在名古屋市新建超高壓變電所（275kV→154kV），故先後分別於 1993 年與 1999 年完成松枝變電所（MATSUGAE Substation）與名城變電所(MEIJOU Substation)，以供給名古屋市內多個一次變電所（154kV→77kV）。

（一）松枝變電所（MATSUGAE Substation）

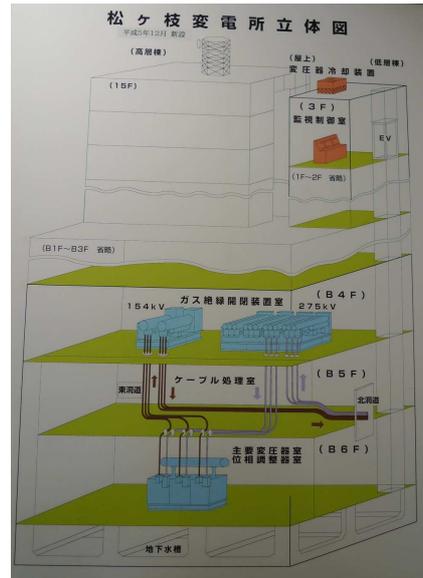
名古屋市區並無 500kV 電壓等級輸電線路通過，該線路主要分布於市區外圍，而後分別經 Seibu、Hokubu 及 Tobu 超高壓變電所壓降電壓等級為 275kV 後，再分別由 Ama 及 Umemori 開關站將架空線路下地為地下電纜進入市區，此即為 East route 與 West route。另於市區南部鄰近港口部分則設有新名火火力電廠及外縣市之知多第二火力電廠，將發電升壓至 275kV 利用地下電纜經東海超高壓變電所進入市區，此即為 South route。

松枝變電所主要作為 275kV 輸電線路 East route 與 South route 樞

紐，並於壓降後，輸送 154kV 電量到城區市中心之牛導町、水主町及布池等二次變電所，供給名古屋車站及周邊繁華市區商業用電，供電角色十分重要。同樣地，有鑑於市區都中心地價昂貴且尋地不易，遂決於目前基地興建多目標複合使用之地下變電所，實踐土地價值有效利用及機器縮小密閉化。



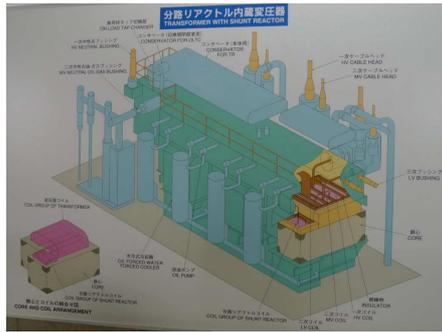
圖十一 松枝變電所實景照片



圖十二 松枝變電所立體圖照

松枝變電所基地面積約 9,222 平方公尺，開挖深度約 33 公尺，變電所地上層興建有 2 棟建物，主要建物 1~15 樓規劃為中部變電所名古屋支店及營業所使用，附屬建物則為 3 層樓，配置變電所低壓暨控制設備。變電所地下層共計 6 層，地下 1 樓及部分地下 2、3 樓規劃為停車場，而地下 2、3 樓其餘空間及地下 4~6 樓則為變電所設備配置場所。

變電所引入輸電線電壓等級為 275kV 系統，變壓器則為 275kV/154kV/31.5 kV 450MVA/450MVA/135MVA，運轉中共 2 台，採特 3 相油浸型變壓器設置於地下 6 樓，搬運時可分離為 3 個獨立相體 Tank，另為節省佔用地下變電所空間，變壓器亦包含電抗器，以提升阻抗值。而變壓器冷卻採水冷式冷卻系統，冷卻水塔及補給水塔均設置於地上層附屬建築物 3 層之露臺。由於變壓器採油浸型，故本體基礎週邊設置有碎石鋪設之排油溝，詳圖十四。



圖十三 變壓器結構圖照片

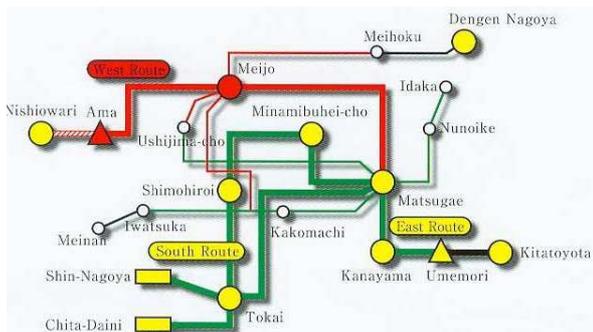


圖十四 變壓器排油溝

(二) 名城變電所 (MEIJOU Substation)

名城變電所與松枝變電所有著相同的重要性，主要作為 275kV 輸電線路 West route 與松枝變電所互聯，同樣地經由壓降後，輸送 154kV 電量到城區市中心之牛導町及水主町等二次變電所，供給名古屋車站及周邊繁華市區商業用電，供電角色十分重要。

為了興建 West route 與松枝變電所互聯 275kV 地下電纜輸電線路，中部電力公司利用海運及河道運輸方式，載運單一捆長達 1,800 公尺之電力電纜，再透過河道邊之洞道引接至施工地點佈放電纜。原本利用道路採拖板車搬運之單一捆電纜長度約莫 600 公尺，故在每捆電纜間之銜接皆需裝置接續匣。因此採用長尺電纜佈設可有效縮短工期降低費用。



圖十五 名古屋市電力系統圖



圖十六 載運 1,800 公尺長尺電纜台船

同樣地，有鑑於市區都中心地價昂貴且尋地不易，在負載持續增加的供電壓力下，名城變電所採取租用市政府用地，選擇於名城公園正門前與停車場共構興建地下建築物，以有效使用市區土地。

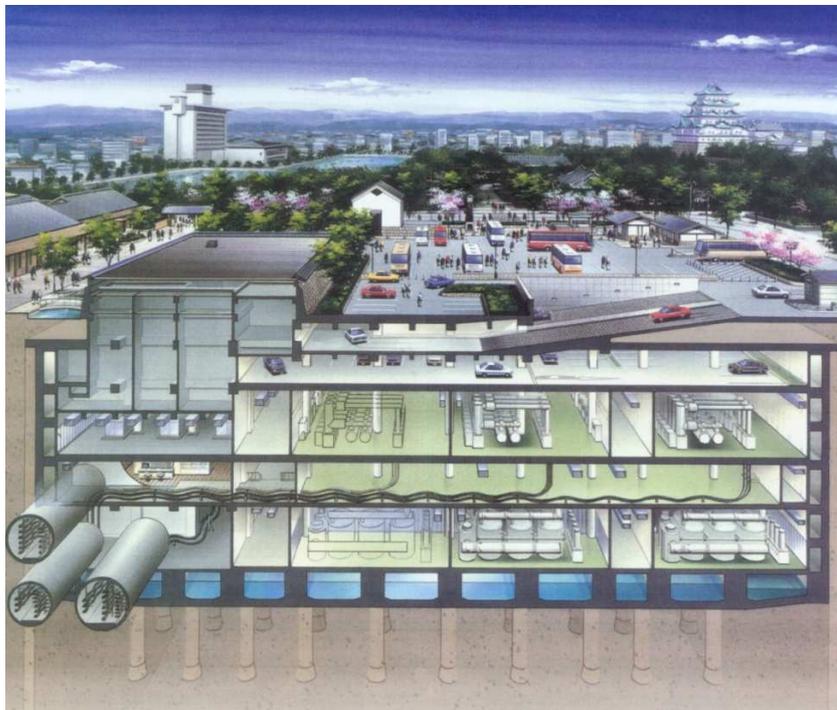
名城變電所基地面積約 10,000 平方公尺，開挖深度約 32.5 公尺，變

電所地上層除必要之梯間及通風用屋突外，規劃為戶外停車場使用，同時在必要屋突及相關停車管理空間之規劃採傳統日式和風建物興建，壁面為白色系色調，頂板則採用深色屋瓦，並綠美化相關設施。而在變電所基地西側，於 1997 年亦完成名古屋能樂堂日式平房建築興建，因此整個地面層景觀完全與名城公園相互融合。因此，名古屋市政府亦頒發都市景觀賞以獎勵並表揚融合景觀規劃與設計。



圖十七 名城變電所地面層景觀實景照片

名城變電所地下層共計 5 層，地下 1、2 樓規劃為室內停車場使用，而地下 3~5 樓則為變電所設備配置場所。



圖十八 名城變電所構造圖示

變電所引入輸電線電壓等級為 275kV 系統，主要變壓器為

275kV/154kV/31.5 kV 450MVA/450MVA/135MVA，運轉中共 2 台，採高冷卻、絕緣性能 PFC 液與 SF6 氣體組合型變壓器，其中 PFC 液絕緣性能為絕緣油之 1.3 倍，而且具有不燃性、無臭、無色、對生物無害、無腐蝕性及爆發性之特性。主要變壓器設置於地下 5 樓，採水冷式循環冷卻系統，冷卻水塔配置於地下 3 樓，而補給水塔則設置於地上層屋突建築物內。基地地面層共規劃 3 處吊裝設施供變電所重型設備吊運使用，即變壓器設備吊孔、超高壓開關設備吊孔與雜項設施運搬梯間，詳圖十九。



圖十九 由上而下由左而右依序為變壓器吊孔、開關設備吊孔及雜項吊裝梯間



圖二十 左為變壓器冷卻用水塔用之補給水槽屋突設施，規劃設計水瀑及池塘，不僅與周邊景觀融合協調，更巧妙的掩蓋地下建物必要之通風等噪音，右則為變電所人員進出電梯。

參、降低多目標變電所對共構建物環境影響之對策及設計

一、主變壓器與建物排熱對策設計案例：

地下變電所主要發熱量來源設備為變壓器本體、輸電電纜、SC 設備及 GIS 開關設備等，當設備運轉時會產生熱量使溫度升高，需藉由通風設施引進溫度較低之外氣，並有效排出熱空氣以降低室內溫度。

目前設計之換氣方式，地下變電所採用自然進氣或機械式進氣，但應使用機械式排氣方式設計，且應設置集中式進氣管道及排氣管道導風，並將各樓層各室使用之風機以集中安裝於風機室內為原則，另輔以風管、風道、風門等設施，以引導各房間之通風換氣。

設備發熱量換算換氣量之換算公式：

$$Q = 860 * H_w / (60 * 0.29 * \Delta t)$$

Q：換氣量（立方公尺 / 分鐘，CMM）

H_w：設備發散之熱功率（千瓦，KW）

Δt：室內外之溫度差，即Δt = t_i - t_o

目前設計上之室內外溫度基準採室內基準溫度為 40°C DB（乾球溫度）、室外基準溫度為 36°C DB（乾球溫度），惟日本電力公司則將室外基準溫度訂為 32°C DB（乾球溫度）。因此在相同設備發熱量之下，換氣量需求則有 2 倍之差。

2009 年臺北市及日本大阪、名古屋、東京等城市夏季最高氣溫月份資訊：

2009年07月 氣象資料

項目	溫度(°C)			雨量 (毫米)	風速(公尺/秒)/風向 (360°)/日期		相對溼度(%)		測站氣 壓 (百帕)	降水日數 >=0.1毫米 (天)	日照時 數 (小時)
	平均	最高/ 日期	最低/ 日期		最大十分鐘 風	最大瞬間風	平均	最小/ 日期			
臺北	30.1	37.2/22	24.6/25	140.9	9.5/100.0/18	19.4/90.0/18	70	48/31	1005.3	10	182.5

大阪 2009年

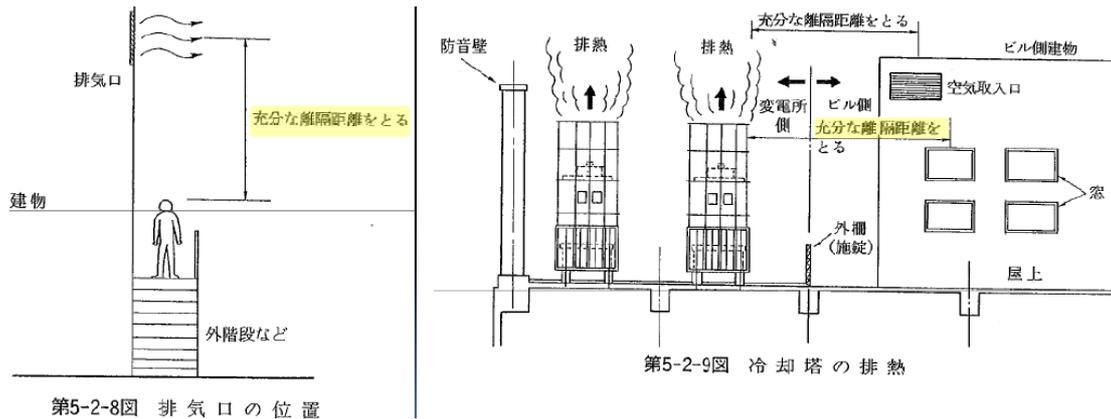
月	氣壓(hPa)		降水量(mm)				氣溫(°C)				濕度(%)		風向·風速			
	現地 平均	海面 平均	合計	最大			平均		最高	最低	平均	最小	平均 風速	最大風速		
				日	1時間	10分間	日平均	日最高						日最低	風速	風向
8	999.5	1008.9	41.5	12.5	5.0	3.5	28.0	32.5	24.7	36.3	20.8	64	27	2.3	8.1	西

名古屋 2009年

8	1002.9	1009.3	128.0	40.5	18.0	10.0	27.3	31.9	24.1	35.2	20.6	66	30	2.6	9.9	西北
---	--------	--------	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	----	----	-----	-----	----

東京 2009年

8	1005.5	1009.7	242.0	111.5	59.0	19.0	26.6	30.1	23.8	33.2	17.6	69	29	2.7	7.7	北北
---	--------	--------	-------	-------	------	------	------	------	------	------	------	----	----	-----	-----	----

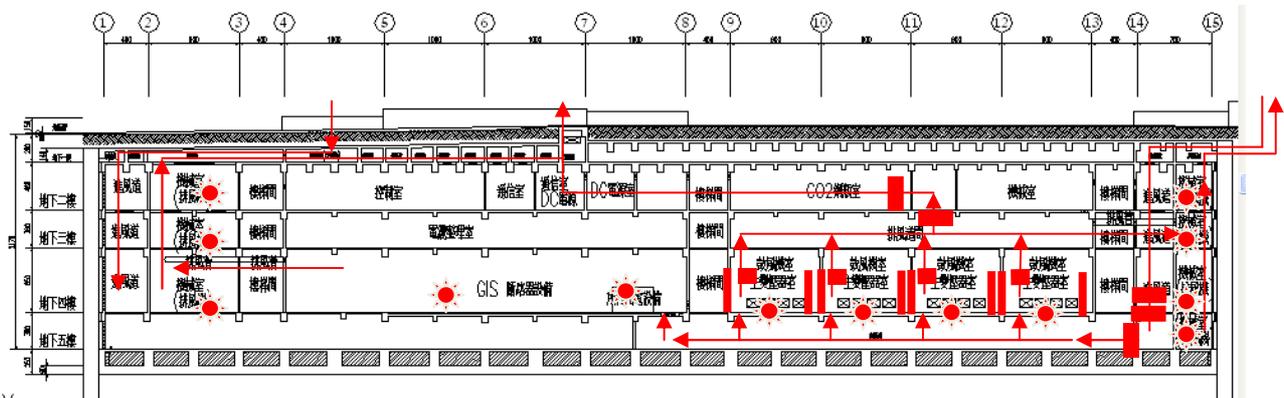


第5-2-8図 排気口の位置

第5-2-9図 冷却塔の排熱

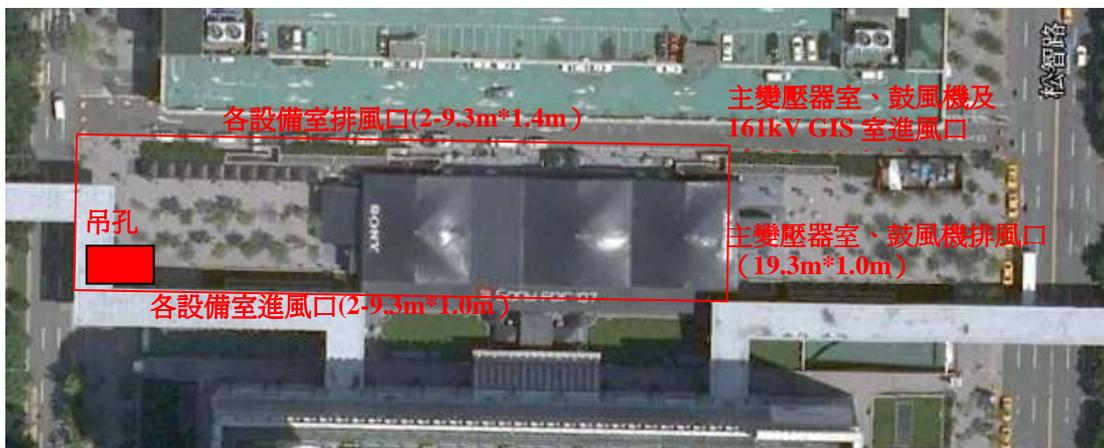
圖二十一 多目標地下變電所排熱至地面層設置進排風口設施，應考量不得影響到人員及其他共構設施間

(一) 本公司目前營運中之世貿多目標地下變電所：



圖二十二 世貿變電所剖面

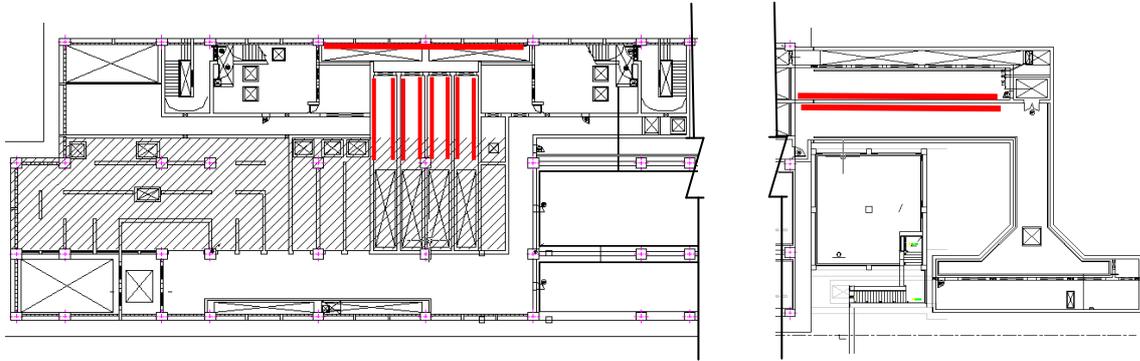
世貿變電所位於臺北市信義區世貿大樓旁水舞廣場底下，開挖基地面積為 3,420 平方公尺 (30 公尺*114 公尺)，開挖深度 25.3 公尺。地面層為噴水設施及廣場，地面共設有 4 處進排風口，進出口風速小於 4 公尺/秒。



圖二十三 世貿變電所地面層進排風口



圖二十四 世貿變電所地面層進排風口屋突圍牆高約 2 公尺



圖二十五 世貿變電所 B1 層進排風口處設置隔音

(二) 日本關西電力公司營運中之上二多目標地下變電所：

上二變電所目前裝置有 154kV/6.6kV 30MVA GIT 兩台，而變壓器冷卻系統則不同於世貿變電所鼓風機冷卻型式，而是採用水循環冷卻系統，因此可減少地面層進排風口大小及數量。



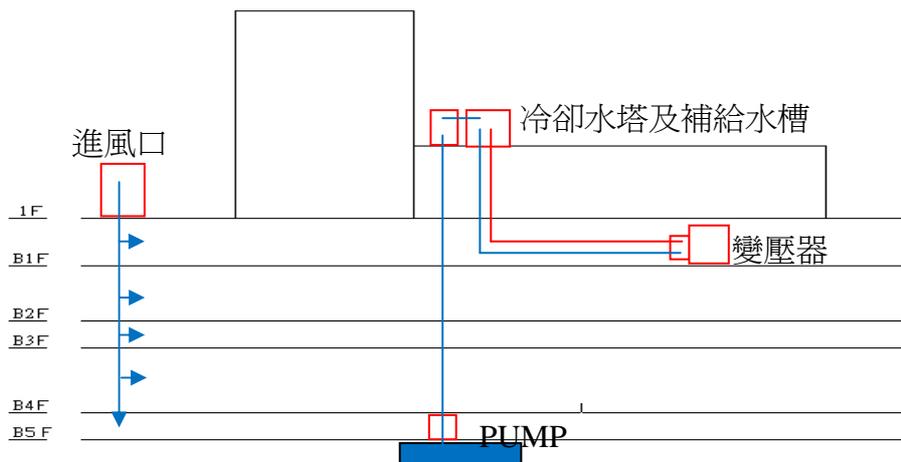
圖二十六 154kV/6.6kV 30MVA GIT 與熱交換設施



圖二十七 地面層 3 樓露臺設置變壓器冷卻用冷卻水塔及補給水槽



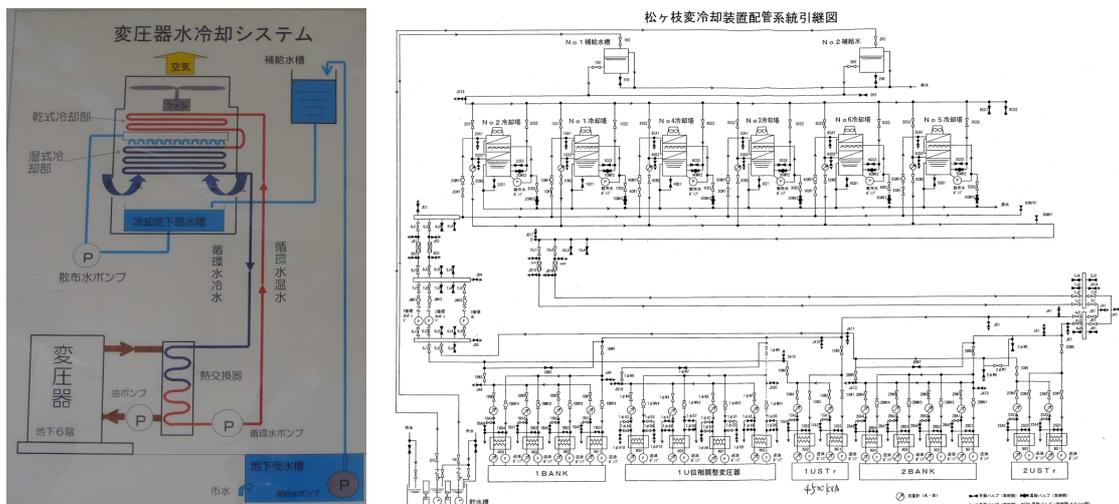
圖二十八 地面層進排風處實景照片



圖二十九 上二變電所立面圖及變壓器冷卻循環示意圖

(三)日本中部電力公司營運中之松枝多目標地下變電所：

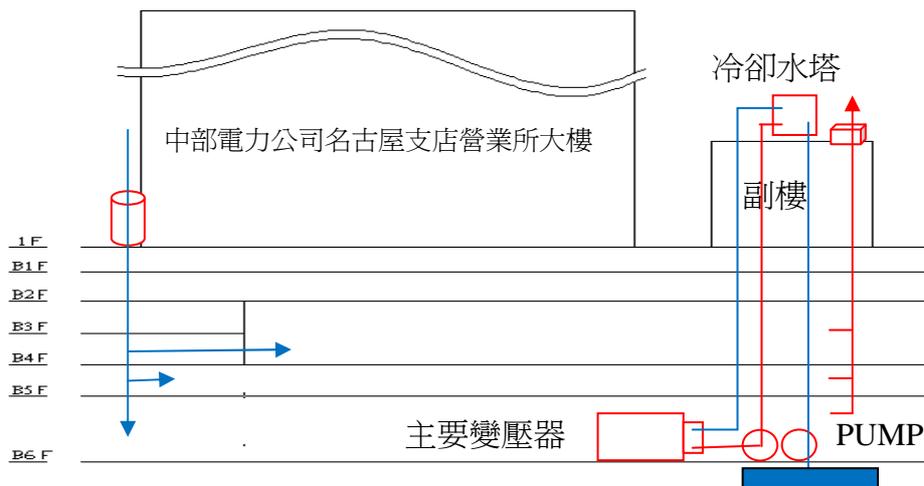
松枝變電所目前裝置有 275kV/154kV 450MVA 油浸型變電器兩台，同樣地變壓器冷卻系統亦採用水循環冷卻系統，因此可減少地面層進排風口大小及數量。



圖三十 松枝變電所變壓器水冷却系統圖示



圖三十一 松枝變電所 PUMP 機室及副樓頂樓變壓器水冷卻設備照片



圖三十二 松枝變電所立面圖及變壓器冷卻水循環系統示意圖

(四)日本中部電力公司營運中之名城多目標地下變電所：

名城變電所目前裝置主要變壓器為 275kV/154kV/31.5 kV 450MVA/450MVA/135MVA 共 2 台，採高冷卻絕緣性能 PFC 液與 SF6 氣體組合型變壓器兩台，同樣地變壓器冷卻系統亦採用水循環冷卻系統，因此可減少地面層進排風口大小及數量。



圖三十四 變壓器照片，左側為熱交換設施

變壓器模型照片



圖三十五 冷熱水管 Pump 室



圖三十六 因地面層屋突空間有限，冷卻水塔設置於地下 3 樓

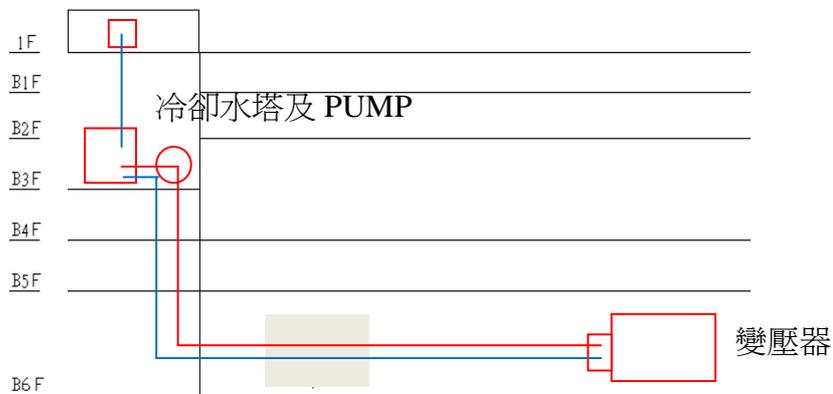
名城變電所地面層設有多個進排風用屋突，除供給地下 1 樓~2 樓公用停車場換氣使用外，餘者則供變電所建築物本身進排氣使用。同時亦於地面層規劃水瀑與池塘，藉由水流動產生之環境音量，掩蓋了進排風等產生之噪音，而水流聲更能融入名城公園傳統日式造園。



圖三十七 地面層進排風位置圖 (詳藍色箭頭標示)



圖三十八 水瀑造景照片



圖三十九 名城變電所立面圖及變壓器冷卻水循環示意圖

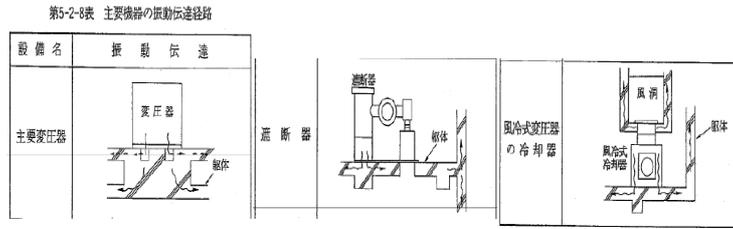
二、主變壓器及重電設備振動及噪音源衰減方案：

地下變電所主要噪音源有變壓器、變壓器冷卻器及相關排風設備等，當這些設備運轉時，震動所產生的噪音將隨著建築物結構而傳導至地面層。當變電所採地下型式興建、地上規畫多目標使用時，考量多目標用途為商業百貨、公園綠地或住宅時，為降低變電所運轉時所產生噪音對地面樓層之影響，在考量經濟與實務可行下，適當減振、減噪的措施是必要的。

多目標地下變電所之可能振動及噪音發生源，並附註相關可能性之抑制對策如下表：

設備名稱	振動及噪音源	振動及噪音衰減對策
主變壓器	主變壓器內部鐵心振動，噪音量為 78 dB/台。	1. 採用低噪音型設備。 2. 四面牆壁貼有吸音板。 3. 基礎與樓層地板切離。
所內變壓器	變壓器內部鐵心振動，噪音量為 59dB/台。	採用低噪音型設備。
風冷式變壓器冷卻器	鼓風機運轉振動，經消音器出入口處 2m 處噪音量為 60 dB/台。	1. 採用低噪音型設備。 2. 進排風道裝設消音器。
水冷式變壓器冷卻塔	水塔泵浦	1. 採用低噪音型設備。 2. 屋外水塔裝設隔音板。
排風機室設備	建築物排風機	四面牆壁貼設置吸音板。
開關設備室	開關投切產生振動及噪音	室內頂板規畫吸音材應用。
風道	空氣流動	1. 進排風道擇處設置消音設備及內襯吸音材質風管。 2. 曲折風道規畫衰減噪音。 3. 適當規畫進排氣風口大小，使風速小於 4m/s 以下以減少噪音。

依日本出版電氣協同研究第 48 卷第 2 號一書有關複合用途變電所計劃設計文中，亦針對變電所振動源發生及傳導詳細說明並附圖，如下：



圖四十 重電設備振動傳導說明示意圖

(一) 本公司世貿地下變電所振動及噪音抑制案例。

1. 噪音抑制：

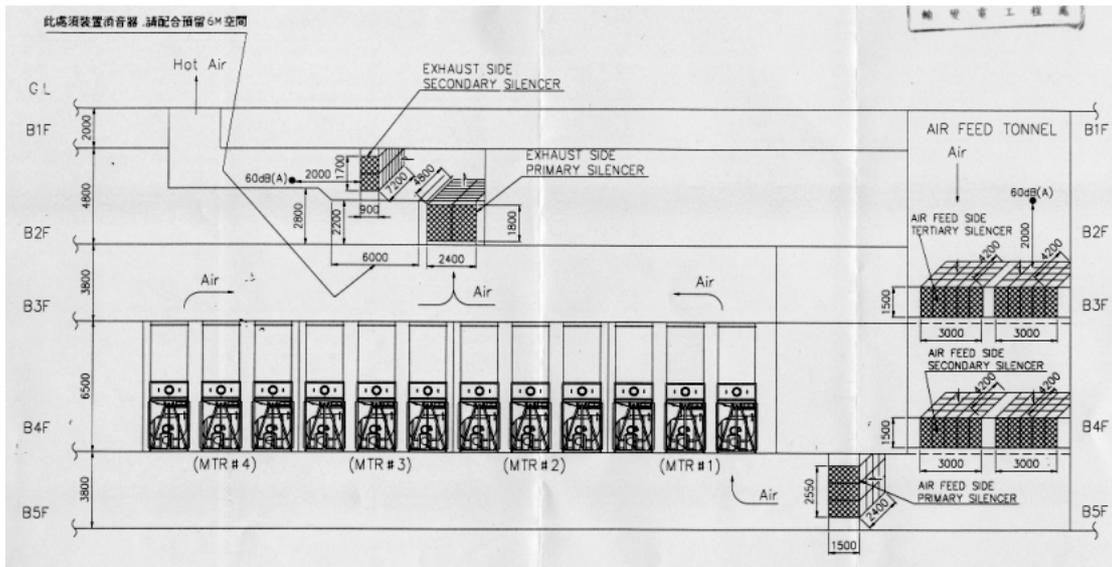
主變壓器室內裝設有 SF6 氣體絕緣變壓器及鼓風機冷卻器，其中主變壓器本體噪音基準限制在 78dB 內，而冷卻器（鼓風機）則限制於通風道經消音器出入口處 2 公尺處，須小於 60dB。另為加強衰減變壓器本體鐵心噪音，變壓器室室內四周牆面裝設礦纖（純岩棉）吸音板，吸音率在噪音頻率 400~4000Hz 之間，藉此降低音源之反射達成減噪。



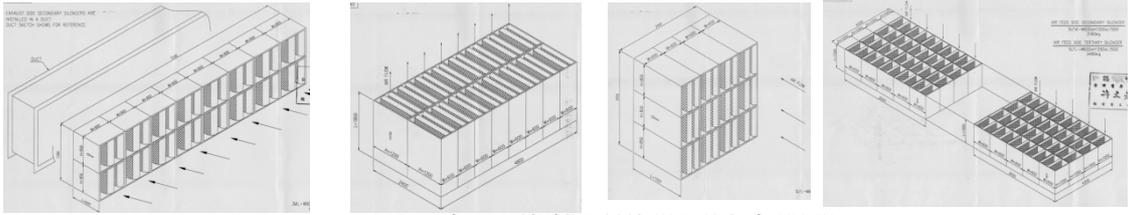
圖四十一 世貿變電所主變



圖四十二 世貿變電所主變壓器室鼓風機



圖四十三 主變壓器室鼓風機進排風道設置消音器示意圖



圖四十四 進排風道設置消音器設



圖四十五 進排風道設置
消音器照片

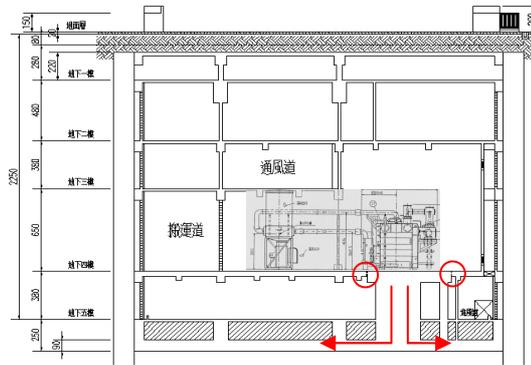


圖四十六 排風機室設置吸音板照片

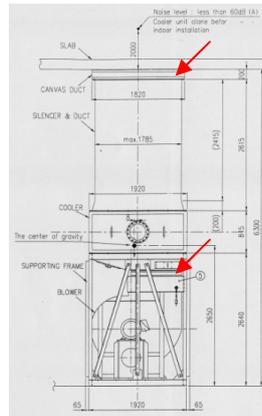
由於變電所內相關變電設備均為重型設備，因此在進行地下變電所規畫時，即考量重型設備配置於底層，因此空氣傳送音源之距離已延長。當地下層4F音源透過進排風管及風道時，空氣經過風管系統，其組件將產生減噪、消音之功能，一般來說，當通過組件的壓力降增加，就會減噪、消散部份聲音能量，但增加消音量則會伴隨通風系統之靜壓值。

2. 振動抑制：

考量變壓器本體鐵心於運轉時產生震動，故均採將主變壓器基礎與該層樓板切離，以抑制振動傳導平面擴展至建築物本身，並刻意誘導振動波經變壓器基礎向下傳導致大地洩放。而在變壓器冷卻設備鼓風機減振傳導方面，則在鼓風機與風管銜接處及風管與樓板處利用帆布材質銜接，以抑制震波傳導出去。



圖四十七 世貿變電所主變壓器室



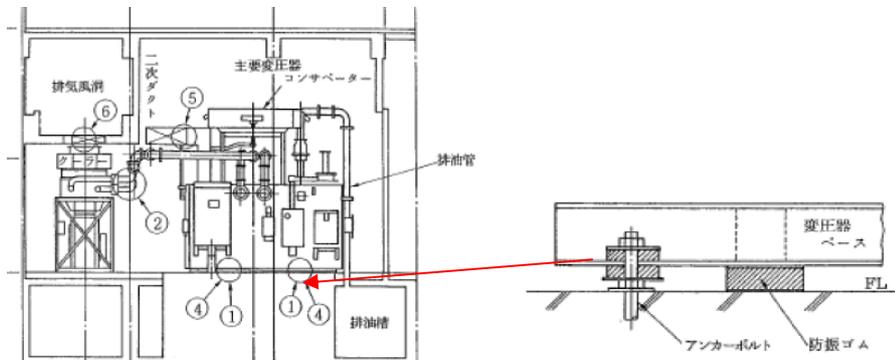
圖四十八
世貿變電所
鼓風機



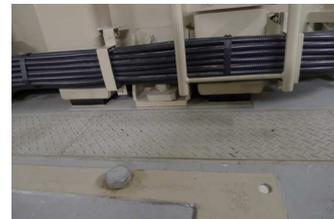
圖四十九 世貿變電所鼓風機帆布銜接處照片

(二) 關西電力公司上二變電所振動及噪音抑制案例。

上二變電所抑制變壓器鐵心振動傳導主要是裝設減震墊片，在實際的感受上，變壓器鐵心的振動確實不甚明顯，而有關於基礎螺栓減震片之裝置，經詢關西電力公司大阪電力所電氣課吉本先生，表示變壓器採二次混凝土鋪設施工，對比未來計劃裝機之變壓器室空間，很明顯的樓板高度低了約 30 公分之多，吉本先生說明變壓器裝機時設定之基礎型鋼與基礎螺栓時均裝置有減震墊片於其中，藉此衰減變壓器鐵心振動對建物之影響。而在變壓器室牆壁四周亦裝設吸音板，以衰減噪音產生。



圖五十 變壓器採減震墊片圖示(日本出版電氣協同研究第 48 卷第 2 號)



圖五十一 上二變電所變壓器採減震墊片照片

由於變壓器冷卻採水循環冷卻系統，故並無裝置如同世貿變電所冷卻鼓風機，相關鼓風機減震措施也就不必要了。而有關於冷卻水塔之振動問題，經實地感

受後，冷卻水塔在噪音及振動的表現上均十分良好，當然冷卻水塔本身在進風口等均裝置有吸音設施，以降低冷卻水塔之水瀑聲及風道聲。



圖五十二 冷卻水塔暨吸音裝置照片

另在有關建築物排風馬達及抽水幫浦設備方面，亦分別採帆布銜接風管及加裝減震墊片之措施。



圖五十三 上二變電所排風馬達及抽水幫浦設備照片

(三) 中部電力公司松枝變電所振動及噪音抑制案例。

松枝變電所採油浸絕緣型式變壓器，且裝置容量為450MVA，較上二變電所30MVA高出許多，惟與中部電力公司工務技術部門豆谷課長及現場技術人員洽詢，表示變壓器基礎與樓板基礎並無分離，亦無減震墊片之設置，而實際感受上變壓器鐵心振動對於樓板之影響亦不十分明顯。日本方面進一步表示，地面層建物為中部電力公司辦公室，無影響疑慮。



圖五十四 變壓器照片

變壓器室四面牆壁亦裝設吸音板以衰減噪音傳導。

變壓器冷卻水塔設置於地上層副樓建物3層頂樓陽台，經實地感受後，冷卻水塔在噪音及振動的表現上均十分良好，而在冷卻水塔亦裝置有消音百葉吸音

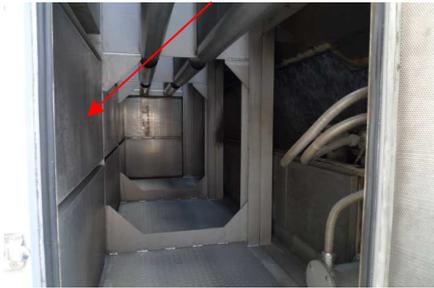
設施，以降低冷卻水塔之水瀑聲及風道聲。



圖五十五 冷卻水塔照片



圖五十六 冷卻水塔進風處吸音設施



圖五十七 冷卻水塔內部水瀑冷卻及吸音裝置照片

松枝變電所裝置有 275kV GIS 與 154kV GIS，有別上二變電所之開關設備，分別於 275kV GIS 與 154kV GIS 裝設防振設備。尤其 275kV GIS 設備設有 2 層 H 型鋼組成之防振台架，而 154kV GIS 則裝設有防振墊片。



圖五十八 275kV GIS 防振台架照片



圖五十九 154kV GIS 防振墊片照片

圖六十 建築物抽水幫浦設備
加裝減震墊片之措施

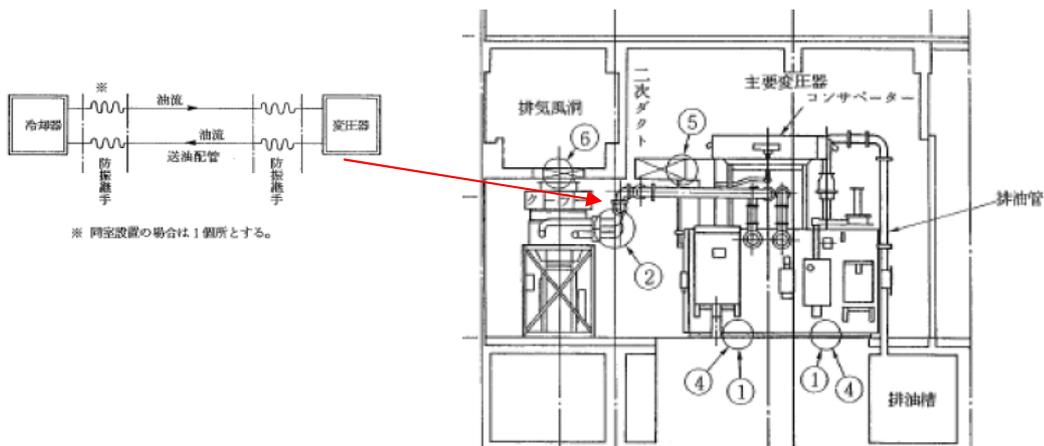


(四) 中部電力公司名城變電所振動及噪音抑制案例。

名城變電所主要變壓器為 275kV/154kV/31.5 kV 450MVA/450MVA/135MVA 共 2 台，採高冷卻絕緣性能 PFC 液與 SF6 氣體組合型變壓器兩台。經詢中部電力公司工務技術部門豆谷課長及現場技術人員，表示變壓器基礎與樓板基礎無分離，亦無減震墊片之設置。惟經觀察得知，在變壓器一次側引入電纜之終端匣部分裝置有防振繼手，即所謂伸縮接頭。實際接觸樓板感受變壓器鐵心振動，發現較松枝變電所主要變壓器有些許明顯大些，由於變壓器室亦配置有三次側所內用電油浸型變壓器，實際接近該設備後，樓板振動感受則更為強烈。



圖六十一 變壓器照片



圖六十二 變壓器防振繼手圖示(日本出版電氣協同研究第 48 卷第 2 號)

而在變壓器冷卻系統方面，由於地面層為名城公園停車場，屋突規劃空間有限，因此冷卻水塔規劃於地下 3 樓。由於是室內空間緣故，因此為避免室內混凝土牆面反射音波，造成共振使噪音加大，室內牆壁四周，包含頂板部分均裝設

有吸音板以降低噪音傳導至建物本身。



圖六十三 冷卻水塔照片



圖六十四 冷卻水塔室牆面及頂板設置吸音板照片

名城變電所裝置有 275kV GIS 與 154kV GIS，亦分別於 275kV GIS 與 154kV GIS 裝設防振墊片。



圖六十五 275kV GIS 防振墊片照片

肆、心得

由於都會區內商業及住宅密集，新設變電所用地尋找不易，以近期本公司於臺北市興建及規劃地下變電所案例而言，世貿變電所、中崙變電所以及環河變電所等用地皆屬於所有權無法買斷價購之實例，為此，本公司每年需支付高額的租賃金額。例如世貿變電所而言，每年租金高達 4,800 萬元，而環河變電所的租金亦為每年 260 萬元，若估算單一變電所一年供應電量之營業額為 20 億元，利潤假設有 3%，則一年約可賺 6,000 萬元，但扣除用地租賃費用後，利潤將大幅縮減。本次赴日本研習，在參觀名城變電所的同時也藉機請教名城變電所每年的租金為多少，該代表人員表示為每年 2,600 萬日圓，換算約為新台幣 936 萬元，相較起來世貿變電所的租金確實高了些。不過，畢竟世貿變電所位於 101 大樓旁之商業用地旁，地價十分昂貴。

本次參訪日本 3 所地下型式變電所，目前裝置容量皆未達終期容量，尚有閒置設備器室，尤其 2000 年興建完成的大阪市上二變電所，原規劃 500kV 變壓器裝置，惟後續日本經濟發展泡沫化，造成用電負載成長不如預期，因此 500kV 系統計畫暫緩，而松枝變電所及名城變電所目前亦無擴建設備計畫。可見電力需求成長與經濟成長息息相關，一旦經濟成長停滯，電力的需求亦隨之減少。而本公司因都會區地下變電所之興建常因受各種因素延宕，故在用電持續成長及供電壓力緊迫下，變壓器設置配合採取最終容量安裝。

伍、建議

- 一、 建議未來多目標變電所之地上層開發用途及營運管理方面，研擬設立專屬部門規劃及管理可行性，並在法令法規基礎上研擬放寬可營業項目，應可更有效率利用都會區用地。
- 二、 建議未來設置多目標地下變電所，研擬於變電所及多目標使用大樓納入意外事故警報機制規劃，例如火警等，以確保變電所及多目標使用大樓使用上之安全。
- 三、 上二變電所大項設備搬運垂直吊孔規劃於建築物內，可減少在運搬過程中受到或造成對周邊環境之影響，值得後續規劃時參考。
- 四、 上二變電所將 154kV GIS 設備利用型鋼架抬高，規劃電纜終端匣位於設備下方，電纜採同樓層側向引接，有效減少建物電纜整理室樓層配置，降低地下變電所開挖深度，可予檢討適用可行性。
- 五、 松枝變電所 275kV GIS 設備裝置防振台架，可降低斷路器設備啓斷時衝擊建物振動，亦或是外在振動影響設備安全等設計，值得探討。
- 六、 名城變電所 275kV/154kV 450MVA 變壓器採液態 PFC 與 SF6 組合作為絕緣介質，有效縮小變壓器本體大小，降低地下變電所開挖規模，值得探討。
- 七、 名城變電所地面層屋突設計融入周邊環境，並規劃水瀑及池塘，利用水聲來營造綠美化情境，更有效掩蓋進排風口等噪音，十分令人激賞，值得學習。