

出國報告（出國類別：考察）

赴日本東京參訪考察不銹鋼水池相關設施之設計及施工

服務機關：台灣自來水股份有限公司

姓名職稱：李嘉榮 副總經理

林家煌 工程師兼組長

派赴國家/地區：日本/東京、岐阜、神戶、大阪

出國期間：108/09/30 至 108/10/04

報告日期：108/12/19

摘要

台灣自來水事業與日本長年以來雙方時常相互交流，惟大致皆為官方互訪，參訪的設施大抵為：水庫、淨水場、加壓站、配水池、研修中心等。本次共計 5 日的參訪，由東京經岐阜到神戶、大阪。除了拜訪東京都水道局及該局使用伏流水的砧淨水場外，更著重於自來水事業相關產業的考察。如：日本原料公司，該公司供應日本自來水事業 80%的濾砂，更獨家研發號稱 30 年免換濾砂的快濾桶；森松工業公司，該公司生產模組化的不鏽鋼配水池，輕便可快速組裝，施工時對環境衝擊較小；生產耐震管件的日本維克利克公司及生產耐震鑄鐵管的栗本鐵工所等，藉由深入瞭解日本自來水產業生產者的製程、管理方式、產品等，期望能提升台灣自來水事業的相關設施的升級。

近年政府大力推展綠能，日本在各地小水力發電 甚至是微水力發電開發的皆有相當之實績。本公司除有既有的供水外，尚有許多淨水場、配水池等之進入管線，管內有相當的水壓可用來發電，本次參訪埼玉市水道局大宮配水場發電所、東京發電公司、日本亞洲集團-海鈴公司等公司，藉由討論小水力發電業務，相互交流、學習。

此趟參訪行程滿滿，獲益良多，且能與久違的日本好友們會面，實在高興。感謝參訪之各單位及各公司的接待及詳細介紹，更感謝東京水道服務株式會社馬場部長及岸野經理的精心安排行程及全程陪同引導。

目次

摘要.....	ii
目次.....	iii
表目錄.....	1
圖目錄.....	1
一、目的.....	4
二、過程.....	5
2.1 拜訪東京都水道局.....	7
2.1.1 關於斷層地區大口径管路設計及材料選定的想法-多摩南 北幹線為例.....	9
2.1.2 斷層用鋼管.....	10
2.1.3 關於日本伏流水利用狀況.....	10
2.2 砧淨水場.....	11
2.3 大宮發電所.....	17
2.4 東京發電株式會社.....	20
2.5 日本原料股份有限公司.....	21
2.6 日本亞洲集團-海鈴公司(JAG シーベル株式会社).....	25
2.7 森松工業株式會社.....	28
2.8 日本維克利克株式會社及六菱橡膠.....	31
2.9 現勘大阪古川水管橋耐震補強工程.....	34
2.10 參訪栗本鐵工所加賀屋工場.....	35
三、心得及建議.....	39
3.1 心得.....	39
3.2 建議.....	41

表目錄

表 1 行程表.....	6
--------------	---

圖目錄

圖 1.與東京都水道局官員會談.....	8
圖 2.與東京都水道局官員合影.....	8
圖 3.講解關於斷層地區大口径管路設計及材料選定的想法-多摩南北幹 線為例.....	9
圖 4.講解斷層用鋼管.....	10
圖 5.講解關於日本伏流水利用狀況.....	11
圖 6.集水埋管實體.....	12
圖 7.砧淨水場的歷史看板.....	12
圖 8.簡介砧淨水場伏流水取水設施.....	13
圖 9.伏流水取水井及集水管模型.....	13
圖 10.不鏽鋼集水管樣品.....	14
圖 11.薄膜過濾設置案例.....	14
圖 12.多摩川高灘地上立型集水井.....	15
圖 13 人員上下防護三腳架.....	15
圖 14.薄膜設備下方管線廊道.....	16
圖 15.解說砧淨水場薄膜設施.....	16
圖 16.薄膜實體.....	17
圖 17.警示標語.....	17
圖 18.現在發電量.....	18
圖 19.小水力發電水車.....	19
圖 20.管線廊道間.....	19
圖 21.大宮配水場合影.....	20

圖 22.與東京發電公司會談.....	21
圖 23.與日本原料公司會談.....	22
圖 24.日本原料公司高萩工廠濾砂堆置場.....	23
圖 25.日本原料公司高萩工廠濾砂篩洗機.....	23
圖 26. SIPHON TANK	24
圖 27.濾砂試驗室.....	24
圖 28.高倍率顯微鏡觀察濾砂.....	25
圖 29.與日本亞洲集團海鈴公司研討.....	27
圖 30.海野先生建議南化場水力發電方式.....	28
圖 31.聽取森松工業公司簡介.....	28
圖 32.於本巢工廠合影.....	29
圖 33.不鏽鋼配水池組裝.....	30
圖 34.與森松工業公司松久信夫等人會談.....	30
圖 35.松工業公司本社工廠天車標語.....	31
圖 36.與松久信夫會長合影.....	31
圖 37.與日本維克利克株式會社會談.....	32
圖 38.平口接頭耐震補強管件.....	32
圖 39.工場長黑田先生進行廠區簡介.....	33
圖 40.解說橡膠條製品.....	33
圖 41.簡易式管塞.....	34
圖 42.水管橋耐震補強設備.....	35
圖 43.水管橋上塗裝記錄表.....	35
圖 44. 栗本鐵工所加賀屋工廠.....	36
圖 45.耐震管進行粉體塗裝作業即時影像.....	37
圖 46.耐震管承口突部形成工程.....	37

圖 47.GX 形管製造工程流程圖.....	38
圖 48.內面樹脂粉體塗裝工程.....	38
圖 49.內面粉體塗裝膜厚檢測.....	39

一、目的

自來水事業是國家發展重要的基礎建設，本公司肩負滿足民生、工業用水之需求。因時代變遷，諸如消費者意識抬頭，用戶要求更高的服務品質，更甚以往，且氣候異常，天災頻仍，彈性應變能力待提升；本公司除須提供「量」的滿足外，必須更進一步提供「質優」、「服務好」的自來水。

台灣自來水事業師承日本水道技術，長年以來雙方時常相互交流，惟大致皆為官方互訪，參訪的設施大抵為：水庫、淨水場、加壓站、配水池、研修中心等。本次參訪除了安排伏流水的淨水場外，更著重於自來水事業相關產業的考察，如：濾砂、快濾桶、不鏽鋼配水池、耐震管件、耐震管材等，藉由深入瞭解日本自來水產業生產者的製程、管理方式、產品等，期望能提升台灣自來水事業相關設施的升級。

近年政府大力推展綠能，日本在 3·11 大地震引發的福島核洩漏事件後，其國內利用水資源發電的呼聲不斷，引發了各地小水力發電 甚至是微水力發電開發的熱潮。本公司除有既有的供水外，尚有許多淨水場、配水池等之進入管線，管內有相當的水壓可用來發電，期待拜訪東京發電公司、日本亞洲集團-海鈴公司等公司，藉由討論小水力發電業務，相互交流、學習。

另外日本自來水事業在耐震領域上亦多有推展，不只新設管線採用耐震管材外，既有的相關設施亦逐年進行耐震補強，台灣與日本地理環境相近，皆為地震好發地帶，期待藉由本次考察可帶回相關知識，提供本公司後續政策之擬定參考。

二、過程

本次考察本公司核派由李副總經理嘉榮及工務處設計組組長林家煌二人，隨同東京水道服務株式會社馬場仁利部長及岸野俊介經理二人於 108 年 9 月 30 日～10 月 4 日，共計 5 日考察日本自來水事業，行程第一日的下午先拜會東京都水道局，後四日參訪日本水道設施如：淨水場、伏流水取水設施、小水力發電設施等，並考察相關自來水事業製造商如：濾砂、快濾筒、不銹鋼配水池、耐震補強管件、橡膠工廠、耐震管材等，期間並與創投公司、電力開發商及顧問設計公司等會談，最後還有考察一處水管橋耐震補強工程，行程如下所示：
(詳如表一)

9/30 (週一) 上午 台灣台中→日本東京成田機場

下午 拜訪東京都水道局

夜宿東京

10/1 (週二) 上午 參訪砧淨水場

下午 考察大宮配水場發電所

拜訪東京發電株式會社

10/2 (週三) 上午 參訪日本原料公司

下午 拜訪日本亞洲集團－海鈴公司

10/3 (週四) 上午 參訪森松工業株式會社

下午 日本維克利克株式會社神戶工廠、六菱橡膠工廠

夜宿神戶

10/4 (週五) 上午 考察大阪古川水管橋耐震補強工地

下午 參訪栗本鐵工所加賀屋工廠

晚上 日本關西機場→台灣桃園機場

表 1 行程表

台灣自來水公司 2019年參訪考察行程

參訪人員：李副總經理嘉榮先生
林組長家煌先生

月	日	星期	時間	行程	地點	備考
9	30	一		台中國際機場7:30(華信航空AE266)12:00成田機場-空 港第2航廈13:22(京成Sky Liner18號)14:03京成上野 (步行10分鐘)飯店(步行5分鐘)上野御徒町(都營地下 鐵大江戶線:20分鐘)都廳前		TSS馬場、岸野在都廳前站剪票口前 會合(到都廳前站的行程,請林組長 引導)
			15:10-15:30	東京都水道局幹部參訪	東京都水道局(新宿)	TSS馬場、岸野陪同
			15:30-16:30	日本的伏流水利用情況	東京都水道局(新宿)	TSS馬場、岸野陪同
			16:30-17:30	斷層地區大口徑管線設計概念及材料選擇的想法	東京都水道局(新宿)	TSS馬場、岸野陪同
			住宿:東京			
10	1	二	07:10	出發		TSS岸野陪同
				飯店(步行5分鐘)湯島7:27(東京地下鐵千代田線)7:53 代木上原7:57(小田急線)8:19和泉多摩川8:30(小田 急巴士狹11路)8:37砧淨水場前		TSS岸野陪同
			09:00-10:30	伏流水水源的淨水場參訪	東京都水道局砧淨水場(世田谷區)	TSS馬場、岸野陪同
				砧淨水場前10:54(小田急巴士狹11路)11:03和泉多摩 川11:12(小田急線)11:43新宿12:09(JR湘南新宿 線)12:40大宮(計程車)大宮配水場		TSS馬場、岸野陪同
			13:00-14:00	小型水力發電設施參訪	埼玉市水道局大宮配水場(大宮)	TSS馬場、岸野陪同(Alytica Orbis井上先生安排)
				大宮配水場(計程車)大宮14:36(JR東京上野線)15:03 上野		TSS馬場、岸野陪同
			15:30-17:30	小型水力發電設備廠商參訪	東京發電株式會社(上野)	TSS馬場、岸野陪同(Alytica Orbis井上先生安排)
		住宿:東京				
	2	三	06:30	出發		TSS岸野陪同
				飯店(步行10分鐘)上野7:00(JR特急Hitachi1號)8:45 高萩(專車)日本原料高萩工廠		TSS馬場、岸野陪同
09:30-12:00			移動式淨水設備廠商參訪	日本原料株式會社(茨城縣高萩市)	TSS馬場、岸野陪同	
			日本原料高萩工廠(專車)高萩12:51(JR特急Hitachi14 號)14:42東京		TSS馬場、岸野陪同	
15:30-17:30			小型水力發電設備廠商參訪	JAG海鈴株式會社(有樂町)	TSS馬場、岸野陪同(Alytica Orbis井上先生安排)	
	住宿:東京					
3	四	05:40	出發		請林組長引導	
			飯店(步行5分鐘)御徒町6:01(JR山手線)6:08東京 6:26(JR新幹線Hikari501號)8:29岐阜羽島(專車)森松 工業本社工廠		請林組長引導(TSS馬場、岸野在岐 阜羽島站會合)	
		09:30-12:00	不鏽鋼配水池材料廠商工廠參訪	森松工業株式會社(岐阜縣本巢市)	TSS馬場、岸野陪同	
			森松工業本社工廠(專車)岐阜羽島12:57(JR新幹線 Kodama645號)13:38京都13:45(JR新幹線Hikari469 號)14:15新神戶(專車)日本維克利克神戶工廠		TSS馬場、岸野陪同	
		15:00-17:30	大口徑管線材料廠商工廠參訪	日本維克利克株式會社(神戶市)	TSS馬場、岸野陪同	
	住宿:神戶					
4	五	08:00	出發		TSS馬場、岸野陪同	
			神戶(專車)大阪市内		TSS馬場、岸野陪同(日本維克利克 安排)	
		09:30-11:00	大口徑管線施工現場參訪	大阪市内	TSS馬場、岸野陪同(日本維克利克 安排)	
			大阪市内(專車)栗本鐵工所加賀屋工廠		TSS馬場陪同	
		13:00-15:30	NS型延性鑄鐵管材料廠商工廠參訪	株式會社栗本鐵工所(大阪市)	TSS馬場陪同	
			栗本鐵工所加賀屋工廠(專車)關西機場19:05(中華航 空CI173)21:05桃園國際機場		請林組長引導	

2.1 拜訪東京都水道局

抵達日本東京第一天(9月30日)下午即會同東京水道服務株式會社馬場仁利部長、岸野俊介經理陪同拜訪東京都水道局，該局由技監相場淳司、企畫調整擔當部長清水英彥、總務部國際施策推進擔當課長加瀨大輔及多摩水道改革推進本部施設部設計課課長代理押山宏晃等人接待(圖1)，交流內容如下：

台灣與日本地理環境相近、地震好發，台灣的自來水事業承襲自日本的技術。目前台灣自來水管線大多使用K型接頭之鑄鐵管，不像日本近20年來已大量使用NS、GX等耐震型接頭的鑄鐵管。東京都自來水的漏水率僅為3%，而台灣自來水公司供水區域內目前仍為15%，台水公司目前每年投入約新台幣70億元來執行降低漏水率的計畫，近年來亦計畫採用更好的耐震管材，尤其是過斷層帶的大口徑耐震管，該如何強化耐震能力是我們未來必須面臨的課題，特別是水資源如此珍貴下，好不容易淨化好的水，不應因漏水而浪費掉。

另外台水公司一部分取水來自河川的地面水，因颱風、豪雨而造成濁度飆高、不利處理，所以目前已在台灣南部高屏溪也設置伏流水的取水設施，這次來訪也想瞭解東京都水道局在伏流水的取水設施上的設計及營運管理的方式。

本次參訪亦透過東京水道服務株式會社安排去拜訪其他水道局在小水力發電上的實績，了解更多綠能的開發。另外台灣有些小型獨立的供水系統，易受颱風影響，這次來訪亦有安排東京附近的一家公司-日本原料公司，想瞭解該公司移動式淨水設備能否對這些小型淨水場有所助益。另外還有參訪生產不銹鋼配水池的森松工業公司、生產耐震補強及可撓管的維克利克公司、生產鑄鐵管的栗本鐵工所等公司。

目前東京水道服務株式會社與本公司有兩項主要業務往來，如降低漏水率計畫的總顧問還有協助試辦NS型耐震管的技術顧問，對本公司助益很大，期待未來能給予更多的協助。

上週日本通產省有透過日本台灣交流協會派員前往台灣訪查，主要是想瞭

解日本與台灣的自來水事業是否有機會一起合作到第三地國家發展，如東南亞、非洲等。他對東京都水道局與台灣自來水事業的多年來的合作感到很訝異也很驚喜。

期盼技監相場淳司先生及東京都水道局的長官能撥空來台灣參訪、交流。

日方表示：「聽聞台灣近年來亦有幾次大型地震，實有同感，藉此來訪機會說明本局最近在斷層帶上有大型口徑的耐震管計畫，提供給貴公司參考。此外二位本次來訪亦將拜訪多家日本自來水設備商，期待他們未來能與貴公司有很好的合作機會。」，會談後一起拍照留念。(圖 2)



圖 1.與東京都水道局官員會談



圖 2.與東京都水道局官員合影

之後移動至會議室，東京都水道局為了本次本公司來日參訪，就相關主題安排了 3 堂專業解說：①關於斷層地區大口徑管路設計及材料選定的想法-多摩南北幹線為例、②斷層用鋼管、③關於日本伏流水利用狀況。

2.1.1 關於斷層地區大口徑管路設計及材料選定的想法-多摩南北幹線為例

本次講解主要分為：多摩南北幹線的概要、口徑的決定、斷層位置的推定、結語。東京都水道局為了提升多摩西南部區域的給水安定性其中東大和線、昭島線為重要的送水途徑，而多摩地區的送水管路多為 1960 年代到 1970 年代佈設而成。目前遭遇之課題為昭島線的耐震性不足，且更新時有必要就事故及災害作應對，及伴隨多摩地域的送水管路更新時期的同時到來。(圖 3)

執行方針：東村山淨水場到拜島給水所之間送水管的整備工作、構築多摩地域送水管網與多摩丘陵幹線連結。口徑的決定：根據送水管更新時送水的安定性及流速、使用電力量、及二氧化碳的排出量。斷層位置的推定：根據文獻調查及現地踏勘、地質鑽探(地形等高線、地質想定斷面圖)、地球物理探勘

結語：管線複線及形成管網才能有效提升供水安定性、主要送水管未來有四成可能進行更新工程、送水能量將降低四成。



圖 3.講解關於斷層地區大口徑管路設計及材料選定的想法-多摩南北幹線為例

2.1.2 斷層用鋼管

講解者:JFE 工程公司環境本部長谷川延廣博士(圖 4)。所謂鋼係指碳含量未滿 2%的合成金屬，水管用的鋼管其抗拉力為 400N/MM² 以上、伸長量 18% 以上。鋼的材料特性有高強度、高延展性、高韌性其熔接部與母材可達同等強度，構成具有耐震性的管材，遇到地震時可有 20%拉伸、5%壓縮。所以過斷層處為增加鋼管的耐震性能，採用預為皺褶的波浪狀以吸收地震帶來的能量衝擊。其公司於 2016 年 2 月~2017 年 7 月在美國康乃爾大學實驗室進行了軸壓縮試驗、彎曲試驗、埋入地中試驗、拉伸試驗及反覆試驗等來測試斷層用鋼管的性能。

本次為通過立川斷層橫斷部採用撓曲構造對應型斷層用鋼管，其口徑為 2000mm，經數值分析結果彎曲角度 1.2 度<容許彎曲角度 16 度、軸壓縮變位 400mm<容許軸變位 600mm、變形量 0.03%<容許變形量 5%。



圖 4.講解斷層用鋼管

2.1.3 關於日本伏流水利用狀況

講解者:東京都水道局淨水部淨水課設施擔當石橋明男(圖 5)。東京都水道局取用之伏流水為多摩川水系，取水量約 18.45 萬 CMD，約占總取水量 (685.95 萬 CMD)的 2.7%，處理方式為慢濾+薄膜處理。伏流水的取水方法有兩種為 1.立型集水井、2.集水埋管。伏流水原水的特徵為濁度非常的低(通常濁

度:0.00~0.02 度)(砧、砧下淨水場)。在取水設施施作前的必要調查為:1.河川流量調查、2.地層圖、3.追蹤試驗、4.地下水位測定(動水位波降確認)、5.依據電氣檢層確認地質、6.透水性把握、7.透水試驗、8.地層密度確認。伏流水的功能:1.相較地表水其水質變化較穩定、2.相較地表水濁度較低、3.比較不易成為恐怖攻擊的對象、4.比較不受水位變動影響,較有可能取水。另外負面方面為:1.維持管理較困難、2.易受河川管理者調整、3.遇洪水時立型集水井易受掩埋,集水埋管有可能會流失。

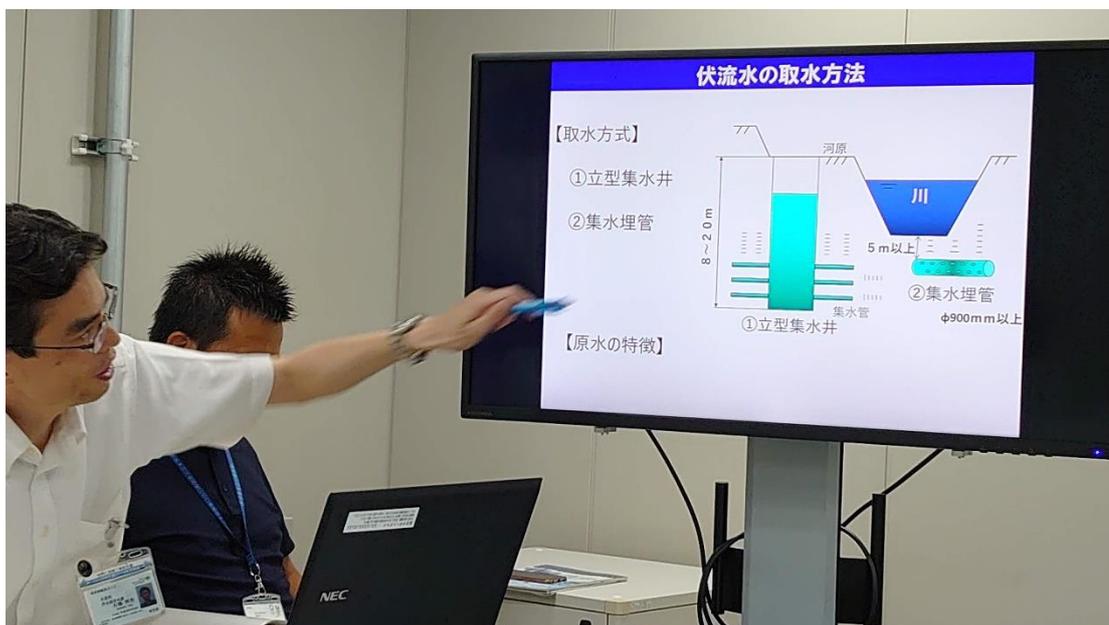


圖 5.講解關於日本伏流水利用狀況

2.2 砧淨水場

第二日(10月1日)一早由東京上野出發前往東京都水道局砧淨水場參訪,該場主要供水範圍為杉並區、中野區、板橋區、豐島區等區部的北部。由荒川水道町村組合於昭和3年(1928年)建造,昭和7年(1932年)繼受給東京市政府。

其原水取自多摩川的伏流水(河床下流通的水),經過慢濾設備淨化水質,於平成19年4月更新為薄膜淨水,供水量為4萬CMD,提供更安全好喝的飲用水。

一進淨水場的左手邊有一座棚架,擺設一小部舊的集水埋管實體(圖6),

管内放置鋼製集水小管及江戶時代的木製配水管，及一顆大正末期英國開發的類似逆止閥功能的閥（ジョンソン弁），並設置砧淨水場的歷史看板，簡單介紹該場的沿革。(圖 7)



圖 6.集水埋管實體



圖 7.砧淨水場的歷史看板

隨後進到會議室聽取代理課長市川久已的簡報(圖 8)，會議室內放有伏流水取水設施的模型(圖 9)及實體縮小版不銹鋼集水管樣品(圖 10)，牆壁上掛有當初伏流水及淨水場的施工照片。砧淨水場的伏流水取水方式有兩種，一種為集水埋管位於多摩川深漕下方約 5 公尺，另一種方式為採用立型集水井（深度約 20 公尺）及輻射狀的集水管取水。砧淨水場有 3 座立型集水井，離該場於



圖 8.簡介砧浄水場伏流水取水設施



圖 9.伏流水取水井及集水管模型



圖 10.不鏽鋼集水管樣品

多摩川下游 1.6 公里的砧下淨水所亦有 1 座立型集水井。

多摩川伏流水的特徵為水質良好，濁度非常低，通常為 0.00~0.02 度。然該場為了克服クリプトスポリジウム原蟲的問題，將過濾方式改採薄膜處理(圖 11)。人體的小腸如有クリプトスポリジウム原蟲寄生時，會造成下痢。且該原蟲有相當強度可抵抗氯的消毒。



圖 11.薄膜過濾設置案例

聽完簡報隨後搭乘該淨水場的車輛到多摩川的河川高灘地上勘查立型集水井。到達時工作人員已將該井的人孔蓋打開並送風，另還架起三腳架以利人員下坑的吊掛安全，惟因該井之原水停抽，以致頂層積水無法下去見學。(圖

12、13)



圖 12.多摩川高灘地上立型集水井



圖 13 人員上下防護三腳架

隨後搭車返回淨水場，參觀分水井及淨水場內部薄膜設備及過濾管廊。

(圖 14)



圖 14. 薄膜設備下方管線廊道

淨水場內部有一角隅設置薄膜設備的介紹平台(圖 15)，除了必備的看板外，亦有放置薄膜的實體(圖 16)，及用過汰換下來的薄膜細管，提供參觀者直覺觸摸感受，並詳細解說薄膜的過濾原理及反沖洗方式。



圖 15. 解說站淨水場薄膜設施

藥槽旁的牆壁上貼有多項危險警告標語，顯見日本企業文化工安意識的注重。(圖 17)

最後回到會議室總結討論，因該日天氣炎熱，工作人員提供冰過的淨水場



圖 16. 薄膜實體



圖 17. 警示標語

處理的清水供我們生飲，真是好喝。果然是他們自豪的東京水。告別了砧淨水場，移動到埼玉市。

2.3 大宮發電所

同日(10月1日)下午參觀埼玉市大宮配水場發電所，由該市水道局給水部副理事荒勇二接待。該所位於埼玉市水道局大宮配水場內，利用埼玉縣大久保淨水場連結而來的配水管進到配水池時，剩餘的水頭來做水力發電。

埼玉市水道局提供水的能量，提供一部分水道設施予共同市業者-東京發電株式會社建設、運轉、維護，發出的電力供應大宮配水場內自家所需。

該所最大發電量 50KW、年間發電電力量約 40 萬 KWh(約可供應 115 戶一般家庭使用)(圖 18)，其使用的水車型式為橫軸圓筒型フランシス(圖 19)，最大使用水量:0.178(m³/s)、有效落差:38.74 公尺、於 2011 年 4 月開始運轉。



圖 18.現在發電量

大宮配水場主要有兩座地下式水池，每池容量 9,000 立方公尺。全場環境乾淨、整潔，場區一部份綠美化成公園，開放予民眾使用。本次參訪在機房的一樓聽取解說後，下到地下管道間，裡面可看到流入水池前的管線、水車、發電機組等。整個管道間相當乾淨，無一處有漏水跡象，維護完善，很值得我們借鏡學習(圖 20)，最後於水池上方地面合影留念。(圖 21)



圖 19.小水力發電水車



圖 20.管線廊道間



圖 21.大宮配水場合影

2.4 東京發電株式會社

同日(10月1日)下午再回到東京拜訪東京發電株式會社，由該社之發電服務事業部長黑川昌彥、水力事業部長天野稔、水力事業部設備管理集團經理中川伸二、水力事業部電氣主任技術者村松幸雄及アナリティカ-オルビスの井上先生接待。(圖 22)

該公司創立於昭和 3 年 7 月 23 日(1928 年)，已有 90 年的歷史，營業目標為期待發電能與環境共存。

東京發電公司現有員工有 261 人，發電廠共有 77 座，總發電量有 186,847KW，其中小水力發電廠有 13 座。

該公司的小水力發電是一種新型水力發電，不需要建造大型水壩和水路，而是利用現有的上下水道、農業和工業用水來發電。

黑川部長表示日本國家政策在再生能源的普及率上，預定 2030 年時再生能源佔所有能源比率可以達到 22~24%。本次來訪聽到台灣自來水公司在環保及水力發電政策上有想要推動，感到非常欽佩，該公司願意提供小水力發電上的 Know-how 予我們參考。

言談間我們提到目前臺灣環境公義協會在推動台灣小水力發電業務上不遺餘力，該協會曾提到來日本埼玉市大宮配水池小水力發電設施參訪過，不知貴公司是否曾接洽過該協會，東京發電公司人員表示，之前未曾接觸，不過下月有獲邀請到台灣參加台日小水力發電技術研討會，非常榮幸可以成行。

該公司小水力發電使用到的管路口徑大小一般使用 500mm~1000mm 的管線，如前後管徑不同時，可用大小頭來縮放。

本次會談亦有提到台水公司未來在台南南化淨水場規劃設置小水力發電設施，預定發電量為 1160KW，主要利用南化水庫導水管進入南化淨水場調節池前的剩餘水頭來發電，該水頭約有 35 公尺(視水庫的高低水位而有所變化)。依照之前的規劃報告所示，為避免發電設備故障時造成之水錘效應，有建議於

發電設備前設置平壓塔(直徑 8 公尺、高度 44 公尺)，不知日本如何避免水錘效應?是否也有類似之平壓塔構造。該公司表示目前相關小水力發電設備為保護水車及發電機，會採旁路及卸壓閥等控制閥之設置，並利用監控設備連動，避免制水閥突然關閉造成管壓過大，應可不必設置平壓塔，且設計上亦不會讓水車突然靜止而阻礙水流。

另外我們亦問到日本小水力發電招商模式是否有水道局採用土地租賃及提供管路等方式辦理，該公司回應：大部分的模式是由水道局與發電公司共同出資合作，所發出的電力賣給電力公司，所得利益依比例分配。



圖 22.與東京發電公司會談

2.5 日本原料股份有限公司

第三日(10月2日)上午一早由東京上野出發搭乘 JR 特急前往茨城縣高萩市參訪日本原料公司高萩工廠，該工廠為日本水道協會認證之工廠。

由該公司 社長齊藤安弘、專務董事江嶋洋、海外部主任永田桃子及技術顧問篠原輝義接待。(圖 23)

該公司企業理念：面對 21 世紀永續生命、日本原料為地球帶來夢想。業務內容：1.自來水專用濾材製造、銷售，2.淨水場濾池濾材回收再利用工程，3.環境友善型淨水裝置 SIPHON TANK 開發、製造、銷售。

營業據點：日本國內:川崎本社、關西支店、高萩營業所、九州營業所、

名古屋營業所、東北營業所、札幌出張所。



圖 23.與日本原料公司會談

日本自來水事業使用的濾砂中 80%以上過濾材為日本原料製造提供(圖 24、25)，目前該公司濾砂原料由越南、韓國等國家進口，有感於資源有限，該公司於 60 年前開始首創回收濾材再利用，其利用移動式攪拌機、篩分洗砂機進行濾材再利用。有鑑於傳統洗砂技術，如採噴灑式洗淨法(搖動法)-無法完全洗除頑強凝固附著物；螺旋式攪拌洗淨法-黏著物洗淨時易將過濾材打碎，在不須破壞濾材形狀，即可清除附著砂石凝固髒污新洗淨技術，獨家開發洗淨技術「SIPHON 洗淨」，由砂鳴(乾淨砂石碰撞時產生的聲音)的靈感，研發出砂與砂之間搓揉洗淨技術。其原理乃是於濾筒中心設置電動式螺旋攪拌器，利用重力加螺旋揚力形成縱向渦流+由離心力形成朝外側的橫向渦流=形成 3 次元立體渦流，將濾砂自洗乾淨。其特色:濾材不需更換、維護容易節省經費時間、環保的濾砂洗淨機裝置、強抗高濁度原水、減少反沖洗排水。進而研發出移動式淨水裝置(MOBILE SIPHON TANK)-過濾筒與配管組、淨水盒、藥水注入裝置、控制盤組裝成套裝的移動式淨水裝置。可用於災後重建或者是分散型自來水系統。



圖 24.日本原料公司高萩工廠濾砂堆置場



圖 25.日本原料公司高萩工廠濾砂篩洗機

移動式淨水裝置(MOBILE SIPHON TANK)其特色為:從藥水到逆洗工程一體化、直接可自洗淨濾砂，30年可不用更換濾材、不用靠管路就可供應安全的飲用水、調整組台數就可以因應供水量增減需求、災害時活用災害網路供飲用水。實例如:具有雲端功能的MST1600至今持續在日本八女市運轉供水。

該公司除了協助日本國內災害後淨水場復原供水外，亦配合政府參與國外救援活動如寮國、菲律賓、越南等國家，貢獻卓越。

該公司有自設汙水再利用回收，其中過濾系統部份便是採用該公司自行研發的SIPHON TANK，據稱已使用18年了，未曾更換濾砂。(圖 26)



圖 26. SIPHON TANK

該公司作為濾砂的專業廠商，除了生產之外亦針對使用過的濾砂做研究，設有濾砂試驗室(圖 27、28)，接受全日本各地自來水事業送樣試驗，提出試驗報告及建議因應對策。



圖 27.濾砂試驗室



圖 28.高倍率顯微鏡觀察濾砂

2.6 日本亞洲集團-海鈴公司(JAG シーベル株式会社)

同日(10月2日)下午拜訪日本亞洲集團的子公司-海鈴公司(JAG シーベル株式会社)，由該公司的創業者海野裕二董事、營業技術部山本剛史課長及總合建設顧問公司東洋設計的延命正太郎社長、營業企畫部長村中正人接待。其中該集團的第二號人物，來自台灣的吳文繡董事亦有過來打招呼，並提到該集團與台灣的中興工程顧問社合資成立的興創知能股份有限公司，為資訊通服務供應商，在國際航業公司(該集團旗下企業中規模最大)的強項-地理空間資訊技術等強化下，融合防災、電力、土木、建設等工程技術，以智慧、綠能為基本方針，在五大分野-防災、交通、建設、能源、水資源管理上，提供 AI、IOT、大數據等智慧模擬技術。

吳文繡指出，興創知能公司除了日本國內的顧客-東京都、橫濱市等政府單位外，亦與台灣政府機關如水利署、交通部等有業務往來，期盼在台灣進行場域驗證後，走向東南亞，開拓國際事業新領域，實現日亞與中興社的合作共識與目標。

日本亞洲集團股份有限公司為東證證券的上市公司，資本額 40 億日圓、營業額 1020 億日圓、子公司有 100 家，從業人員有 4765 人，主要有三大事業體-空間資訊事業、綠能事業及森林活性化事業。

此行拜訪的 JAG 海鈴株式會社為日本亞洲集團公司的子公司，其具有小水力發電上的技術更有集團提供的資金及興建、營運能力。活用與水相關之土木工程經驗與知識，將超低落差型流水式小水力發電系統實用化的世界先驅，並採系統整合以展開的全球化事業體。

其具有世界唯一的網路化技術力，從開發階段的案件發掘、調查、計畫到實施階段的設計、資金調達、建設工事，到營運階段的運用、維護、維持等業務一貫作業。

廣泛的陣列式依據水路、河川形式提供最適合的水力發電系統。主要有三類：超低落差型流水式小水力發電系統、低*中落差型小水力發電系統、低壓系統聯合特化的小水力發電系統。

超低落差型流水式小水力發電系統係針對原來難以發電的 3 公尺以下的超低落差領域進行可能發電的小水力發電系統，可發電量為 0.4KW~44KW 的包裝化的型式，用於農業用水類的開放渠道等，可複數台並列或直列等連續設置，將發電量提升。

低*中落差型小水力發電系統為海外市場具有多數實績的世界性水力發電製造商一起合作，從 100KW 到數 MW 超級大型案件皆有，就對應的水車種類，個案設置。比起日本國內製造更有效率的世界水準製造技術，可就國內中小水力發電的新設或更新進行對應處理。

低壓系統聯合特化的小水力發電系統。以往既有的水車製造無對應未滿 50KW 規模的低壓系統聯合特殊化水力發電系統。該公司活用網路技術將水車矩陣式活化使用，就各種落差、流量的條件，提出最適合的方式，壓低初期費用及營管費用，比起發電規模更重視事業的長久營運。

在日本界定小水力發電量為 1000KW 以下(國際間為 5000KW 以下)，日本除了在黑部水庫的水力發電事業高峰期過後，已停滯近 20 年，相關水力發電的技術人力與產業工商業逐漸消失，在發展綠能的國家政策下，由國外廠商與日

本既有技術合作，客製化生產，才又逐漸興旺起來。目前水輪機部分的設備採用歐洲、印度、東南亞等地生產的(而印度係承接自英國的技術)，發電機幾乎為日製產品。

本次亦有針對本公司預定推出的台南南化淨水場導水管發電案進行討論(圖 29、30)，大致結論亦與昨日之東京發電公司意見雷同，如果擔心水錘效應造成管壓過高有破管之虞，可採旁通方式洩壓，或水壓監測系統連動制水閥開閉，以避免風險產生。

另外有關資金投資方式，在日本大致上有兩種做法，一、由自來水事業單位自行出資興建，賣電給電力公司，一般估計 10~15 年回收成本，可營運 40 年以上。另一種採用公募型(事業者募集)，再將使用費繳回自來水事業體，甚至可回饋地方，一般回收年為 15 年，IRR 至少 3%以上。

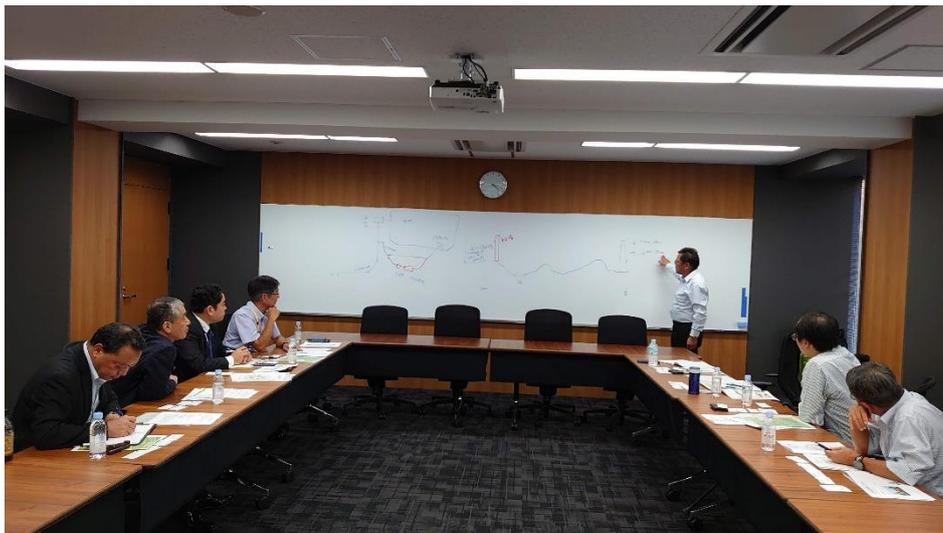


圖 29.與日本亞洲集團海鈴公司研討

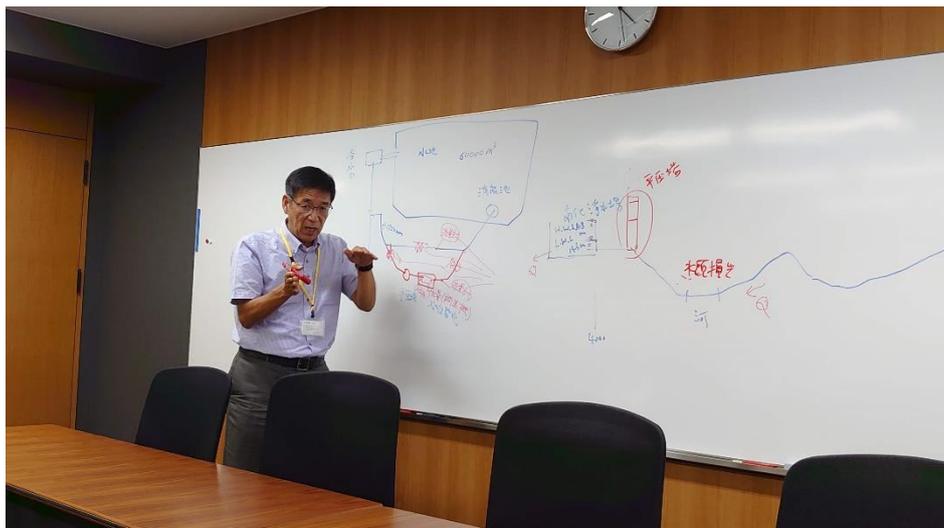


圖 30.海野先生建議南化場水力發電方式

2.7 森松工業株式會社

第四日(10月3日)離開東京，搭乘 JR 東海道新幹線到岐阜縣，參訪森松工業株式會社，由該公司水道事業部次長竹田洋樹、顧問田村誠、關東水道營業部部長滝智宏、製造本部長小川貴由等人員接待(圖 31)(該公司常務董事竹中稔先生特別百忙間先到車站與我們打招呼後，另有公務先離開)。驅車抵達該公司的本巢工廠後，先進行該公司簡介，之後參觀該公司位於岐阜縣本巢市的本巢工廠(圖 32)及本社工廠。



圖 31.聽取森松工業公司簡介



圖 32.於本巢工廠合影

該公司前身為家庭式小公司由已故會長松久辰夫於 1947 年創業，於 1964 年正式設立為森松工業株式會社，之後陸續於日本各地設置工場及營業所。1970 年代始投入不鏽鋼水池的設計與生產；有感於中國經濟即將起飛於 1990 年代開始赴中國上海投資開設子公司，國外亦於美國、瑞典設有營業處，發展至今國外營業額已遠高於日本國內營業額。該公司正式員工人數有 690 名，集團的從業人員有 3900 名。該公司產品主要有自來水製品、建築設備製品、工業用製品及宇宙航空業用製品等四大領域，水池形狀有圓筒形、方塊形等，其中自來水用不鏽鋼配水池已做到容量為 16,000 立方公尺，係全日本最大(亦號稱全世界最大)，位於日本鳥取縣米子市。

隨後參觀該公司本巢工廠，該廠不鏽鋼水池配件的生產工廠，一入廠房即看到一台將不鏽鋼鋼圈輾平的機器，該公司人員表示該機器為台灣生產的機台，當初購買此機台時，會長松久信夫還親自來台選購。不鏽鋼鋼材輾平後即通過裁切、沖壓、銲接、修飾等步驟，完成之後便送到本社工廠進行組裝。

(圖 33)

之後移動到本社工廠，高齡 80 歲的會長松久信夫聽聞有台灣來的貴賓，還親自來到門口迎接我們，實在讓人備感尊榮。隨即進到本社工廠會議室會

談。



圖 33.不鏽鋼配水池組裝

為對來賓表示重視，會長親自操作簡報向來賓說明，談及該公司創業、發展歷程，及赴中國投資等過程，會談時會長一直提到對台灣很有好感，也曾多次前來台灣商購工廠內使用的機台，希望有機會能與台灣產業多多交流。(圖 34)



圖 34.與森松工業公司松久信夫等人會談

之後因時間緊迫，會長還親自駕車載著我們參觀他的工廠，一入本社工廠廠房內即可看到大型天車，天車上的標語不是”安全第一”，而是”世界和平”!(圖 35)。另外特別的是工廠內一塵不染，工作人員的工作服還是白色的，且廠區規劃動線、工作區錦然有序，真是間讓人驚奇的公司。與會長於其

雙親雕像前合影後，我們前往下一個行程。(圖 36)



圖 35.松工業公司本社工廠天車標語



圖 36.與松久信夫會長合影

2.8 日本維克利克株式會社及六菱橡膠

同日(10月3日)下午抵達神戶車站，隨後驅車前往日本維克利克株式會社神戶工廠，由該公司營業本部長常務系久孝、名古屋支社長岡本雅文、神戶工場長黑田徹夫及營業部主任梅木健太等人接待，隨即在該工廠的會議室進行會談(圖 37)，再參觀該公司工廠耐震管件及橡膠等生產過程。

日本維克利克株式會社創立於 1929 年，迄今已 99 周年。是專門製造可撓管及耐震補強設備的廠商。日本於可撓管的使用自 1960 年代開始已有 60 多年

歷史，經過 1995 年阪神地震及 8 年前 311 日本東地震的考驗，均有不錯的效果。



圖 37.與日本維克利克株式會社會談

據聞臺北自來水事業處在大直橋水管橋的補強亦是使用該公司的產品，成效良好。

耐震補強設備採用的原理係將接頭處(如伸縮接頭、平口接頭等)，使用外包覆式來做補強。(圖 38)



圖 38.平口接頭耐震補強管件

神戶工廠的面積有 18000 平方公尺，廠體面積有 5000 平方公尺，參觀前

先由工場長黑田先生進行廠區簡介(圖 39)，參觀時除了要戴安全帽外，為了避免來賓衣服弄髒，該公司還準備外套、鞋套供我們著裝，可見日本人做事的細心。

該工廠可分為製罐、加工(熔接)、塗裝、組立、檢查五大工場，其耐震補強管件製程大致為：從鋼片採雷射裁切、沖壓、成形、焊接、塗裝到測試等步驟。每一階段作業員皆以職人心態，用心完成。



圖 39.工場長黑田先生進行廠區簡介

參觀完神戶工廠後順道參觀旁邊的六菱橡膠公司，該公司為日本維克利克



圖 40.解說橡膠條製品

株式會社的子公司，專門生產工業用橡膠，可以隨客戶所需客製化產品。主要供應給母公司外，亦銷售給核電廠、製鐵業、造船業及隧道工程等專業用防水使用。(圖 40、41)



圖 41.簡易式管塞

2.9 現勘大阪古川水管橋耐震補強工程

第五日(10月4日，最後一日)上午搭車由神戶前往大阪的水管橋耐震補強工程工地，該工程係大阪古川的1800mm鋼管水管橋，此管線為工業用水的管線，本工程主要係將既有的接頭加設耐震管件或置換。

耐震對策:1.鋼製環梁的補強、2.設置軸向落橋防止構造、3.設置與軸向垂直的落橋防止構造、4.設置支承段差防止構造、5.耐震外殼型伸縮管的設置。

本工程共計有兩條水管橋需做補強工作，一條為口徑1800mm管線，其耐震補強方式除了防落橋裝置外，於平口接口處加設外套式耐震補強管件；另外一條為口徑1350mm管線，其補強方式為將原有的伸縮接頭置汰換為可撓管，增強其耐震性。



圖 44. 栗本鐵工所加賀屋工廠

栗本鐵工所的鐵管事業部工廠有兩處為：加賀屋工廠、堺工廠，本次參觀為加賀屋工廠。栗本鐵工所創立於 1909 年 2 月 2 日（明治 42 年），為百年企業。加賀屋工廠為中、大口徑的鑄鐵管製造之主力工廠，包含最新鑄造技術的研究與開發。生產 300mm~2600mm 直管與 700mm~2600mm 的管件。設立於 1940 年，生產能力每月可達 4000 噸（直管每月生產約 3000 噸、管件每月生產約 2000 噸。），不良率約 1.3%。300mm 以下小口徑的管線不良率不到 1%。

隨即換裝進入工廠參觀，由堺工場的員工，中國出身的張先生來擔任翻譯及介紹。因為這廠為舊式廠房，通路及作業空間較為狹小，且鑄鐵廠鐵屑揚塵較多，相較這幾天考察下來的工廠而言，算是作業環境較差的，不過走道或安全措施等，一樣不馬虎。塗裝機器因無法內視，採外裝顯示器提供影像予工作人員查看（圖 45），另外廠內一段距離或工項皆有解說牌供來賓檢視（圖 46、47、48），管材內部粉體塗裝完亦會抽測膜厚，以確保品質。（圖 49）



圖 45.耐震管進行粉體塗裝作業即時影像

參觀時在廁所有看到標示工業用水的水龍頭，我們請教這工廠的耗水量應該很大吧?!回答:是的!本廠有區分民生用水跟工業用水，且有自設廢水處理設備，會將回收水再利用。

參觀的 400mm 口徑的 GX 管生產線，與 NS 管是在同一生產線上，顯現差別僅在管頭的差異，每隻管管頭需要特殊的模具，管身的製程是相同的。



圖 46.耐震管承口突部形成工程

其成分由砂+樹脂鑄模而成，表面再噴上防火耐熱材質，離心鑄造後的管體退出後待冷卻，再將管頭砂模敲除。

另外一座堺工廠生產的是口徑 100mm、150mm、200mm、250mm 的直管，該廠目前生產的 GX 管已達 60%。

討論結束後亦結束了本次日本 5 日的考察行程，隨即驅車前往附近的車站，搭乘 JR 線到關西機場，搭機返國。

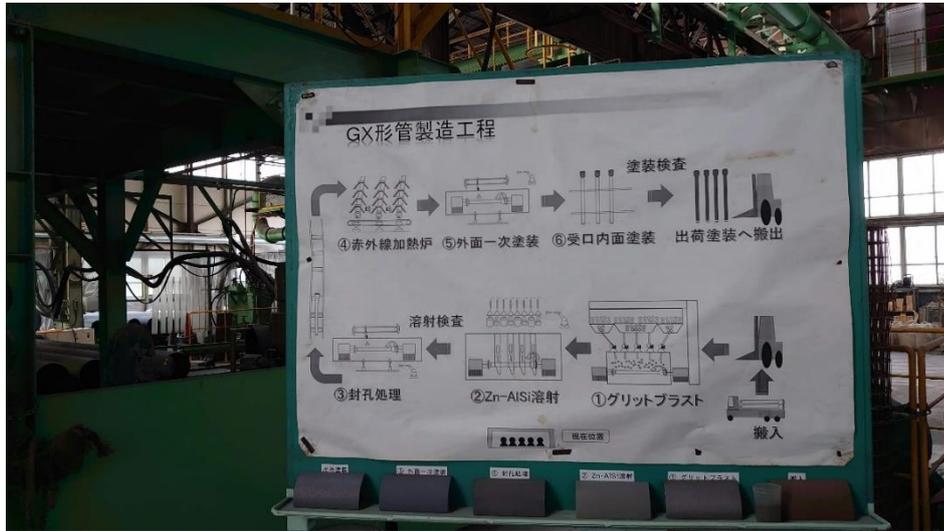


圖 47.GX 形管製造工程流程圖

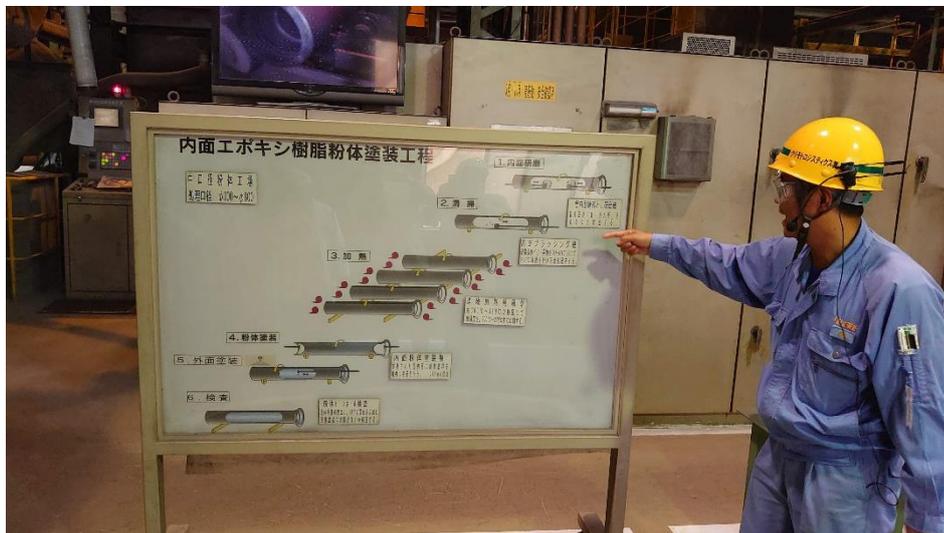


圖 48.内面樹脂粉体塗装工程



圖 49.內面粉體塗裝膜厚檢測

三、心得及建議

3.1 心得

砧淨水場之伏流水建於 1928 年迄今年代久遠，仍正常在使用中，可見維護管理完善，尤其是在如此低濁度的原水下，為了去除細菌採用高成本的薄膜過濾方式處理，淨化完之清水即可生飲，可見日本水道事業對水質之重視。另外原先預定進入多摩川高灘地上的立型集水井，該場工作人員事先已將人孔蓋送風，並架好防墜落三腳架等安全措施，對工安相當重視。

大宮配水場整場環境整潔、優美，若不看告示牌路過時，還不知道這是自來水的配水場。尤其是所有設施規劃整潔，管廊間乾淨、無漏水現象，地下室水池池牆表面光滑，未見滲水、白華現象，可見混凝土施工品質非常良好。

日本原料公司擔負日本國內 80%濾砂的供應商，而其原料皆是由國外進口，有感於資源逐漸匱乏，該公司研發出濾砂再回收利用方式，將濾砂篩洗機具拖至淨水場濾池旁作業，甚至研發出可免換砂之快濾桶。該公司為了瞭解濾砂多年使用後結晶情形，亦成立濾砂試驗室收取日本國內各地使用過的濾砂，進行分析、研究，可見日本企業在研發上相當用心。另外該公司亦接受日本政

府指派前往亞洲開發中國家進行外交援助，協助他們災後用水復原工程。

國內自來水事業對於濾砂的來源及檢驗似乎著墨不多，且大多無回收再利用，面對資源逐漸匱乏，自來水事業體應檢視生產過程中的耗材，是否可再利用。

日本各界在推動綠能業務上除了政策上的配合，大企業更有社會責任，像日本亞洲集團公司所在之大樓-丸之日大樓號稱全部採用綠電(並不是指其用電皆為綠電，而是其購買綠能憑證方式，來響應使用綠能)，其他如知名的大公司如雅虎、亞馬遜等皆是如此。

參訪森松工業公司時，80歲高齡的會長親自接待，其對工作的熱情，著實令人欽佩。工廠內作業動線順暢，作業環境良善，模組化生產，工作效率佳。且該公司工作人員的工作服居然是白色的，可見其對環境整潔管理上的用心。該公司很早就到中國上海設廠，除了進用當地人才外，更提拔當地人擔任重要幹部，擴展到中國投資初期，原本都是中國的員工來日本母廠受訓，現在反而是中國廠發展更好，日本的新進員工須到中國學習，可見會長親民、有遠見的開放心胸，才能有效運用人才、帶領企業成長。

日本相當重視技職人力，參訪日本維克利克公司神戶工場時，觀察到每位工作人員皆用心、盡力在自己的崗位上，體現職人的驕傲。該公司為共創城鄉發展，提供就業機會，該工廠員工皆為當地員工，技術亦能傳承，充分展現日本百年企業精神。

日本水道事業相關基礎建設已完成，目前已進入耐震補強的事業的推展。塗裝記錄表標示於鋼管上，可立即現場瞭解相關內容。參訪日本期間剛好國內發生蘇澳大橋斷橋事件，倘若國內橋梁亦將相關塗裝維護記錄表亦噴在橋頭明顯之處，應可供管理單位隨時巡查、檢視，應有提醒效果。

銜接排氣閥的平口處，可拆開兼做檢視人孔，且排氣閥有用護套保護，避免日曬、風化等自然侵襲。雖然短短一截，但相關的維修步道等安全措施完善。

栗本鐵工廠在鑄鐵耐震管製成品管上的要求很高，不過這廠係老舊廠房，動線上及作業交錯地方較多。地面上有規劃行進範圍、路口處皆有強制手指確認安全標語。NS 耐震管與一般 K 型接頭管其主要差別在鑄造時的管頭處理，其他製程大致相同，倘若本國自來水事業未來想大量採用耐震管時，國內鑄鐵廠僅須就管頭鑄造時，更換機台，改良部分技術，在地化生產應為可行。

3.2 建議

日本原料公司係日本國內濾砂的專家，有機會可以邀請他們到本公司的淨水場考察、指導及交流。該公司之免換砂的快濾桶的確是相當好的設計，可用於高濁度時濾層阻塞時，自身可電動式攪拌，恢復原有過濾功能。有機會應可引進國內推廣使用。

目前本公司淨水場的濾砂換砂時大多直接換除，應可考慮是否採用篩洗後回收使用。另外亦可輔導廠商成立濾砂試驗室，針對使用一段時間後的濾砂進行分析、比較，以提供後續設計或營運參考。

小水力發電事業日本國內技術已相當成熟，國內自來水事業有很多相當好的場域可用來發電，技術、售電制度等方面有機會，可與日本專家多交流，甚至可邀請他們的創投公司來台灣參與投資。

台灣的配水池偏好鋼筋混凝土，其自重大，施工過程對環境衝擊較大，有機會應可引進不銹鋼配水池，尤其是在山區自來水工程上，模組規格化的不鏽鋼水池除了可縮短工程，其材質亦可回收再使用，相對環境較友善。

台灣同日本都是地震好發地帶，自來水管線的耐震強化上應是未來發展的

重點，本次參訪的維克利克公司及栗本鐵工所的耐震管件、管材有機會亦應引進台灣使用，可以的話在地化生產，不只成本可降低，更可提升國內廠商生產水準及增強競爭力。