

日本造紙業節水技術觀摩團紀要

## 造紙產業的用水與節約

林文雄/工研院能資所節水團

工研院能資所節水服務團(以下簡稱本團),為提昇造紙業節水技術,並成立「造紙業自願節水聯盟」。特於4月16日至4月23日舉辦日本造紙業節水技術觀摩團,行程中除參觀日本造紙工廠及作專題討論外,本團透過日本造水促進中心安排,特



▲觀摩團於日本製紙岩國工廠前合影

別邀請日本造紙節水技術專家泥谷直大(Naohiro Hijiya)先生,於王子製紙東京辦公室作專題演講,針對「造紙產業的用水與節約」作深入精闢的演說並於現場詳答了團員們各項問題。此外,在行程中亦安排團員們參觀日本紙的博物館,了解日本造紙及紙業發展之歷史沿革,期盼能讓每位團員都能得到豐富的成果。

有鑑於台灣是水資源匱乏的地區,造紙在整個工業領域中又屬於高耗水型之產業,為降低生產成本,提高獲利與競爭力,製程節水及水回收再利用技術已成為造紙業永續發展之重要關鍵技術,因此本團為提昇國內造紙業製程節水及水回收再利用之效率與技術,累積多年來與日本造水促進中心之技術交流經驗,特排除萬難並邀請造紙工業同業公會鼎力協助,首度共同舉辦「日本造紙節水技術觀摩團」,希望藉著本團與日本相關業界之交流觀摩,提供國內造紙界建立日後合作或技術引進之管道,為達成國際化之目標鋪路。此次承蒙造紙業界朋友們熱烈響應,參加團員除本團工作人員外,由原先預計15人成行,增加至21人,成員包括東記紙廠陳志隆副總經理、詹宗一副廠長、林敏川副廠長、長春人造樹脂林明哲課長、李明哲課長、林奇賢副課長,廣源造紙彭偉勳廠長、蔣東耀課長、張順杰主任、永豐餘新屋廠黃志成副廠長、呂展東主任、士林紙廠蔡德茂副廠長、中華紙漿張銘峰經理(生產部)、顏勝飛廠長、榮成二林廠羅正修主任、楊東濱主任、正隆大園廠李春輝課長、吳文棧組長、正隆后里廠謝金勳課長、王欽江組長、台泥小港紙廠林英隆廠長(依報名先後次序排列),由林敏雄先生擔任領隊。而且

為了代表本參訪團致答謝詞及頒發感謝狀給此次受訪的日本各個組織與機構，推舉出土林紙業永安紙廠蔡副廠長擔任本參訪團團長，長春人造樹脂林奇賢副課長擔任副團長。以下為此次參訪行程簡要記述：

## 行程第 1 天(4/16)

大家懷著興奮及期待的心情在中正機場集合出發，抵達日本福岡時已是晚上 7 點 30 分，隨即與日本造水促進中心主任研究員若狹敏行 先生(WAKASA TOSHIYUKI)及隨團翻譯方軍愛小姐，共同商討爾後之參訪行程，當晚住宿福岡凱悅飯店。



▲日本紙的博物館

## 行程第 2 天(4/17)

早上搭乘 6 點 38 分新幹線到山口縣岩國市，參觀位於飯店町的日本紙業岩國工廠，在我們的隨團引導員(屬於日本造水促進中心的 WAKASA TOSHIYUKI 先生)帶領下，岩國工廠廠長親自接待，並由事務部長位田良男及環境部長等人帶領我們參觀現場，包括廢水處理流程、抄紙、製紙及廢熱回收塔等。該廠工業用水水費 3 日圓/噸，主要水源為河川水，每日用水量高達 30 萬噸，平均每噸漿料用水量約為 100 噸，塗佈用紙約為 40m<sup>3</sup>/t，當地廢水排放標準採總量管制，其限制值 COD 為每天 20 噸的排放總量限制，而 BOD 濃度排放標準則為 30mg/L，SS 濃度排放標準亦為 30mg/L。參訪岩國工廠行程在熱烈討論中結束，隨即搭乘新幹線趕往大阪，夜宿大阪市 RILGA GRAND 飯店。

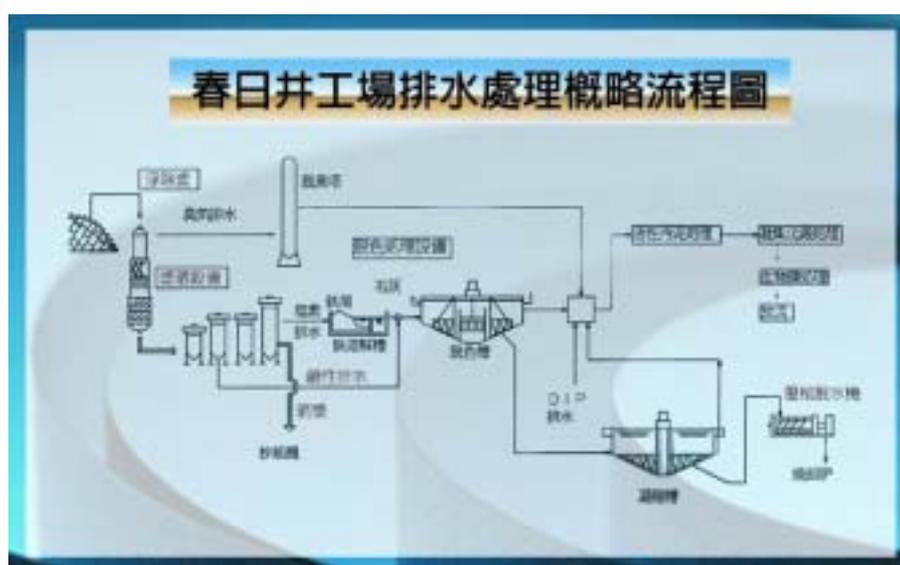
### 行程第 3 天(4/18)

參觀位於大阪市東淀川區日本高崎三興紙業大阪工廠，由該廠事務部部長尾崎幸雄帶領，研究技術室長岡本雄二及齊藤等技術專員引導我們參訪現場，包括抄紙製程、儀控中心、廢水處理流程及酵母處理設備，該廠日產 700 噸工業用紙，廠內用電有 90%自行發電供給，主要水源來自於工業用水，每日使用量為 5200 噸，而放流量則為 4000 噸/天，在廢水處理流程上設置 4 座加壓浮上槽，而酵母反應槽入口 SS 濃度為 100mg/L，COD 濃度為 1100mg/L，出口 SS 濃度則為 50mg/L，COD 濃度為 200mg/L 該廠為了降低製程中之污染源，儘量減少上膠劑、消泡劑及脫氣劑等化學藥品的使用，由每噸產品使用 7.28 噸之工業用水量，讓我們了解該廠在節水技術上所做的努力。



### 行程第 4 天(4/19)

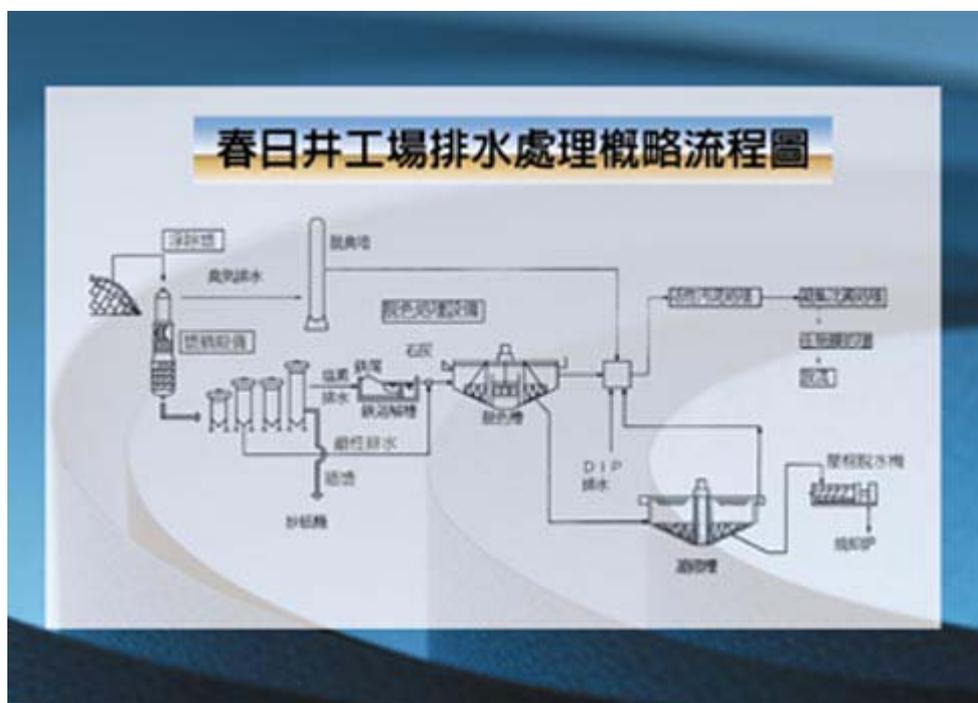
4 月 19 日前往名古屋，參觀位於愛知縣的王子製紙春日井工廠，由環境管理室室長大竹利則接待，王子製紙是日本歷史最悠久之造紙廠，目前在日本共有 17 個工廠，而春日井工廠為第 2 大廠，舊紙回收率 56%，廠內用電有 75%為自行發電，發電使用之燃料來自廢輪胎屑(chip)、木屑及黑液濃縮液，另外每月收集約 10~15 噸廢棄竹筷子作為漿料，現場參觀該廠廢水處理流程及製紙(抄紙及包裝)流程，並於現場進行意見交換及討論；活動後一行人搭乘新幹線前往東京。



▲觀摩團於王子製紙東京辦公室聆聽直大先生演講實況

## 行程第 5 天(4/20)

參訪位於埼玉縣的日本板紙業草加工廠，由該廠廠長武田親自接待，並由技術室長淺井洋先生介紹該廠現況，現場參觀了抄紙、廢水處理設備流程，其中在廢水處理設備上，該廠設置了 120m 深的超深層曝氣設備，食微比保持在 0.7 左右，處理效果良好，該廠主要生產工業用紙，平均每噸產品用水量約為 130 噸，該地區 BOD 排放標準採總量管制，每日排放總量限制為 2886kg，目標 BOD 濃度 30mg/L 以下，SS 濃度 40mg/L 以下，每日用水量 53,000 噸，排水量則是 35,000 噸/天，其中白水回收到 shower 使用，且在回收過程中使用 200 mesh 之微細篩，此種回收再利用之精神及技術值得我們學習。

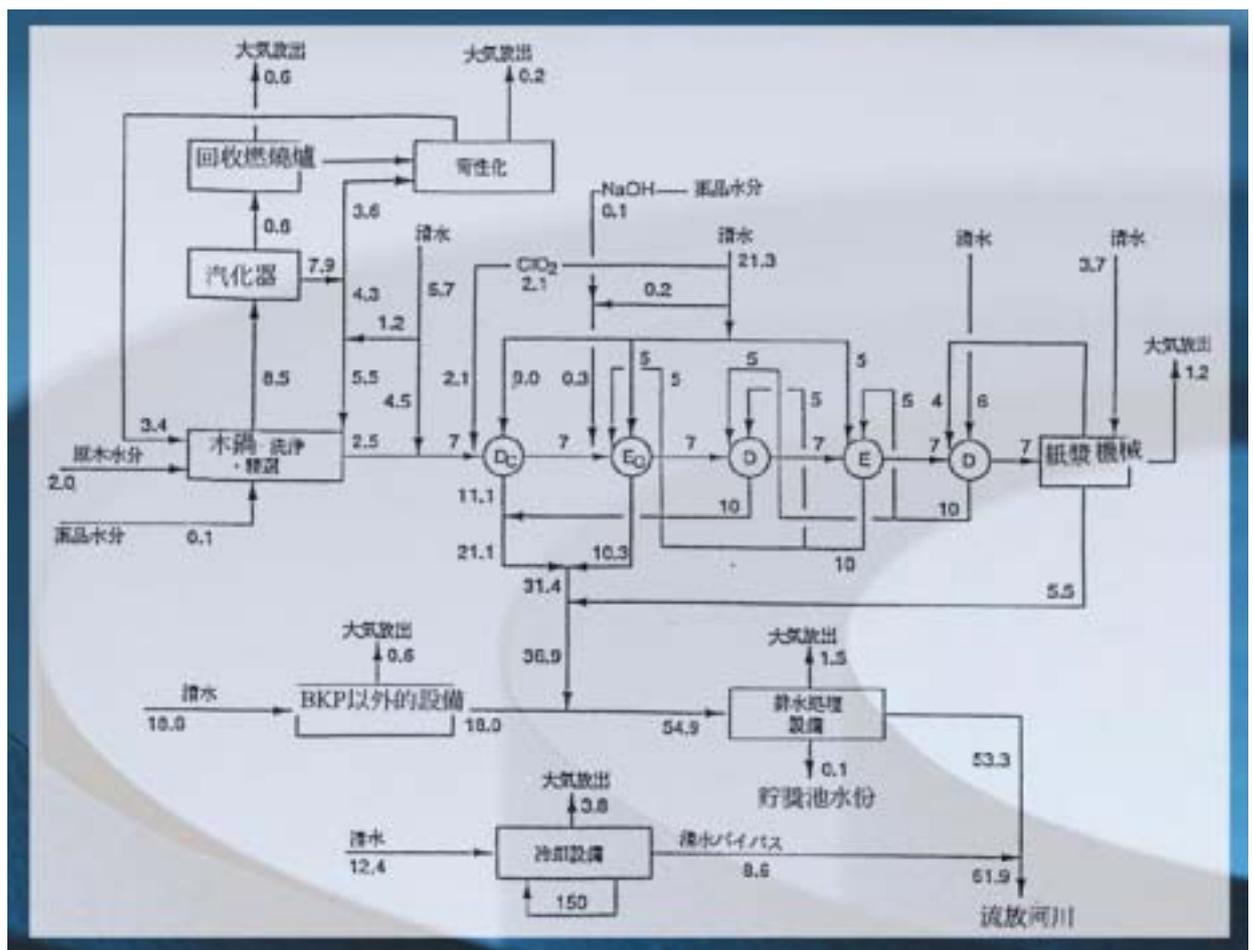


## 行程第 6 天(4/21)

上午首先參觀位於東京都北區王子 1 丁目 - 日本紙的博物館，館內分成上下 4 個展示樓層，在參觀前由該館學藝部長丸尾敏雄先生介紹該館現況、館藏資料及文物等，讓我們了解日本製紙的歷史沿革及紙的博物館設立的由來。該館第一樓層，主要展示日本明治初期製紙廠紀念碑及門扉，第二樓層是古時蒸煮釜實體展示，現代製紙產業介紹、製造工程、製品展示及製造機械的實物模型展示，第三樓層主要展示日本在明治維新以後，製紙產業發展的過程及製造機械的實物

模型，第四樓層則是展示紙的歷史，包含在紙發明以前的寫書材料、紙的誕生、紙的歷史及紙的製造工程等，觀賞這一系列的展示後，著實讓大家徜徉在紙的生命之旅中。

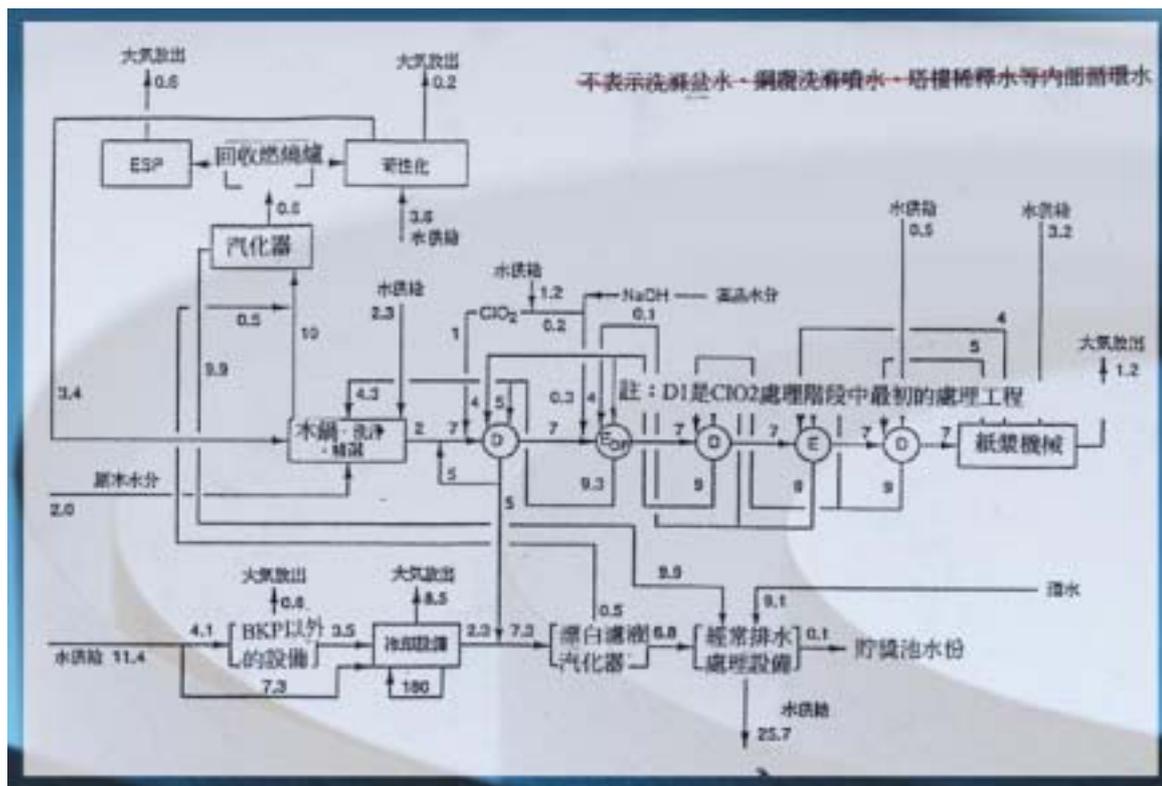
當日下午，經由日本造水促進中心安排，在日本王子製紙東京辦公室參加研討會，會中邀請日本造紙節水技術專家泥谷直大先生演講，講題為「造紙產業的用水與節約」，會中講到「目前世界上有如在德國、英國及北歐國家的造紙業在節水技術上已都有很多的研究成果，其中以製程節水技術較多，排放水回收技術則相對較少，其中德國造紙業在節水技術上之演進，大致上來說可分成 4 個階段。第一階段是從 1956 起創立用、排水研究所，初期使用原紙漿，可回收廢紙；第二階段從 1960~1980 年間，以生物處理方式進行水處理；第三階段從 1975~1990 時期則開始回收舊報紙，同時藥品處理技術提昇，由酸性抄紙逐漸轉換為中性抄紙；第四階段從 1990 至今製紙術進步，德國造紙業工用用紙平均每噸產品用水量下降到 13 噸。



▲圖一

另外，在演講講義中提到有關製漿漂白排水封閉(close)化研究(flow-model 研究)的內容，在此作一詳細敘述如下，希望能提供國內相關業者參考：

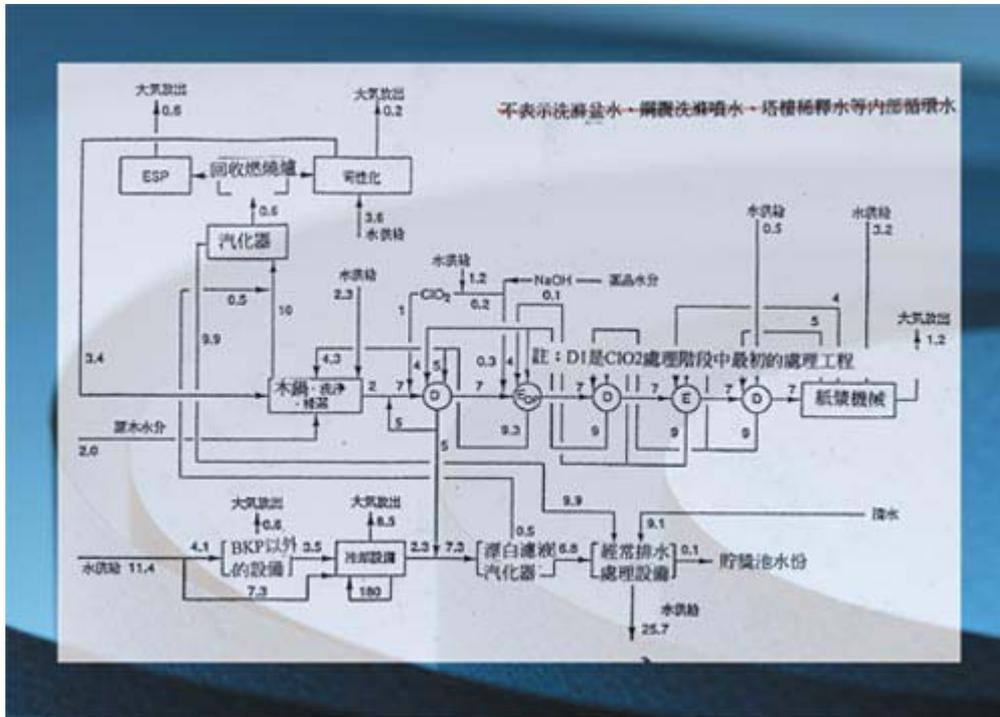
想要封閉漂白排水，必需將酸性排水與黑液分開獨自蒸發濃縮，是利用膜技術，將氯酸離子、鉀、鋁、錳、鈣、鎂等，所有會發生問題的離子除去，並必需防備這些離子蓄積在循環系統內。因此，需要設置成本低的濃縮裝置(蒸發器、汽化器等)。



▲觀摩團與日本造水促進中心人員於王子製紙東京辦公室前合影

為了讓讀者們能夠理解以漂白為主的紙漿機械設備，在此我出示幾個專業圖。圖 1 是依現在的水準，以漂白為主的水的平衡例子。圖 2 則是封閉化之後的假想平衡(參考資料：Gleadow, Hastings 其他，Pulp&Paper Caper Canada，98(4)p.27 1997)。圖中：D 是二氧化氯，E 是鹼，C 是氯，O 是氧，P 是二氧化氫(圖中沒顯示出的臭氣是 Z)，大寫表示以藥品為主的處理工程，小寫表示藥品是次要性的併用添加物。這是加拿大與瑞士的顧問企業技術人員共同製造成的，是一家以針葉樹為原料，製造高度白色手工藝紙漿的工廠。各個漂白處理工程的過濾液(洗滌原料時絞出來的水)，都用在前一個工程的洗滌用水上。封閉化機械設備的話，不需要排水處理設備，所有排水都被用在各個工程上，補給清水時只要補給蒸發掉的水量即可。這時，漂白過濾液是在專用的蒸發器中進行蒸發濃縮工程，

濃縮液則送到回收燃燒爐燃燒。氯、鉀、鈣等物質，會在處理回收燃燒爐灰的工程，以及蒸發器排水處理設備工程中被分離且除去，不過這些設備都還在開發階段中。



▲圖二

表 1 是芬蘭紙漿代表設備廠商 Ahlstrom 公司的最尖端工廠的漂白工程排水量，以及用 ECF、TCF 漂白之後，再將排水以特殊裝置處理過，再利用之後的最小排水量(參考資料：T.Nykanen, R.Ryham 《Ahlstrom 1994 年討論》 B5-1，1994)。在此，所謂的 TCF 漂白是指不使用二氧化氯等的氯化物，只仰賴臭氣與二氧化氯漂白劑的漂白工程，因為所製造出的紙漿強度與白色度比較惡劣，加上轉換時需要龐大投資，所以只有北歐一部份工廠在使用而已。最尖端工廠的排水量是 32m<sup>3</sup>/t，ECF 會減至 20m<sup>3</sup>/t，TCF 則是至 15m<sup>3</sup>/t。若是用特殊裝置將排水淨化且再利用，ECF 與 TCF 的補給水均會減至 9.1m<sup>3</sup>/t。

項目 (單位:m <sup>3</sup> /紙漿噸)	最尖端 工廠	ECF最新 排水工廠	TCF最新 排水工廠
漂白機械設備酸性排水	12.5	4.0	10.0
漂白機械設備鹼性排水	8.8	11.0	-
封閉水	4.0	1.3	1.3
漏水、淨化、洗滌排水等	6.7	3.7	3.7
排水量合計	32.0	20.0	15.0
送到排水固液分離裝置的水	-	20.0	15.0
補給水量	36.9	9.1	9.1

▲表 1 KP 漂白排水的發生源類別排水量與最小限補給量

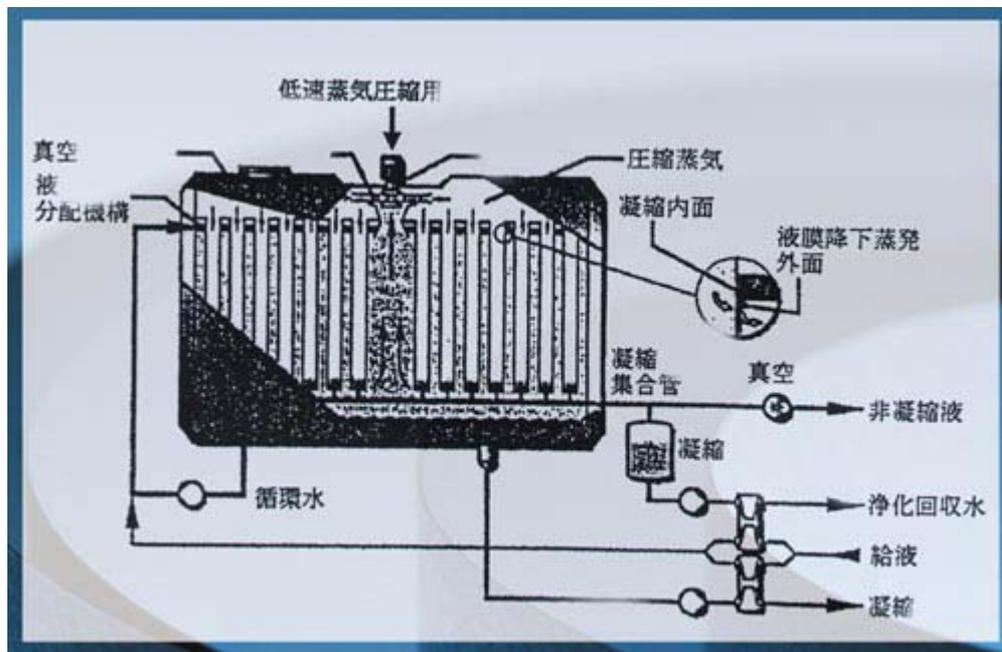
另外，在美國 Champion 公司 Canton 工廠，已經設法實用化出氯與重金屬的分離除去裝置，實現了相當程度的漂白排水封閉化。這個裝置稱為 BFR 系統，圖 3 是分離回收燃燒爐灰中的氯與鉀裝置。這是利用 3 層效用蒸發罐進行濃縮工程，因為硫酸鈉溶解度比較低，會先被析出，分離回收硫酸鈉之後，再將氯與鉀以溶液形態除去。圖 4 是自漂白過濾液中除去重金屬類的裝置，用的是離子交換膜。BFR 系統的導入雖然還未到達封閉化的終階段，不過根據 1996 年的狀況報告，漂白機械的清水使用量已經自 27m<sup>3</sup>/t 減至 18m<sup>3</sup>/t，大約是 33%，排水的顏色也減低了 75%。

圖 5 是芬蘭 Hadwaco 公司開發出的低成本蒸發器(蒸發濃縮裝置)，目的不只在於濃縮淨化漂白過濾液，也在於其他排水上。這個設備的重點是，將熱傳達的既往金屬換為塑薄膜，不但減低了成本且增強了耐蝕性。此外，又因為傳熱面積擴大了，小小的溫度差便能得到很大的能力，每一噸的蒸發水，只需 8~10KWH 的電力即可。由於較低的溫度便能運轉，壓縮用的風扇選低速且單純的便可。

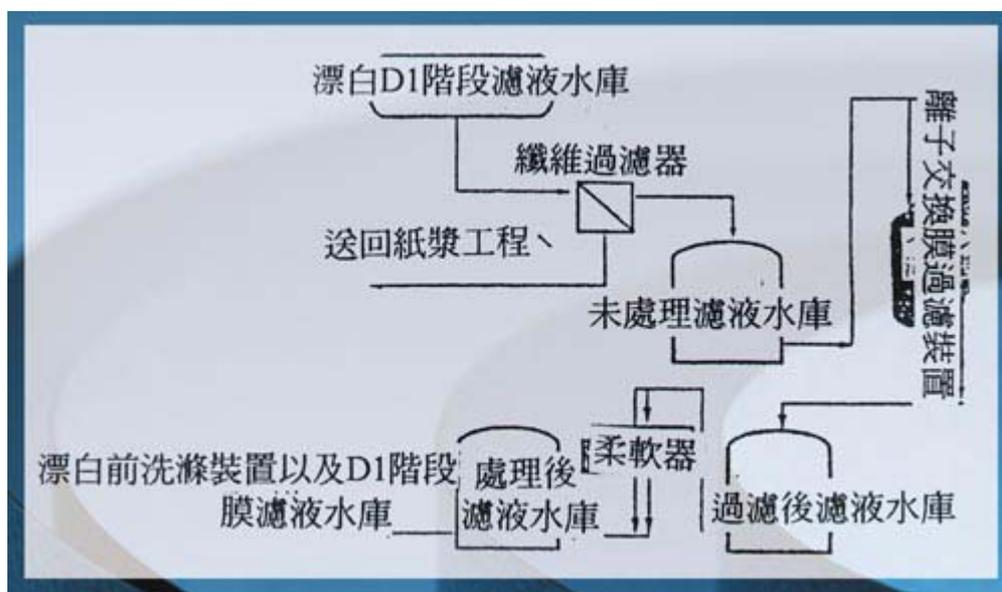
這個設備的實用化研究，是 EU 的技術革新計劃之一，除了 Hadwaco 公司以外，還有芬蘭工業大學、Narco Europa 公司(荷蘭的藥品廠商，主要研究水銹附著防止劑)、Dow Chemical Iberca(西班牙的塑膠膜廠商)、Ab Rani Plast 公司(芬蘭的塑膠膜廠商)、Stora 公司(瑞士的製紙大企業)等參與。

最初的實用機是阿拉伯的 Arab Paper Manufacturing 公司，於 1995 年開始運轉，不過不是用在漂白排水上，其中一台是用來淨化含有鹽分的地下水，以製出

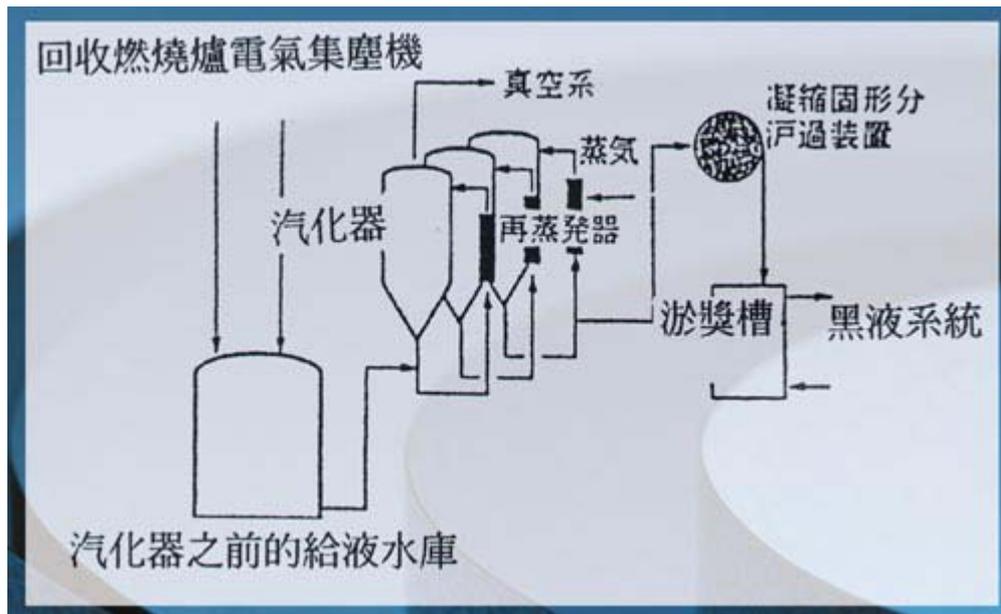
工廠用水；另一台是用在製紙工程排水的淨化上。阿拉伯淡水資源很貧乏，甚至必需蒸餾海水製造出淡水，所以可以說是最適合使用這類設備的國家。



▲圖三



▲圖四



▲圖五

而在 ECF 漂白排水分為鹼性排水與酸性排水，鹼性排水在回收之後先濃縮再焚燒掉，酸性排水需要經過 2 階段生物處理。鹼性排水因為含有 COD 以及 50~77% 的色度負荷，所以排水處理負荷減輕很大。另一方面，鹼性排水中所含有的 AOX(有機氯化物)，只佔全體的 10~15%，會令回收燃燒爐堵塞或腐蝕可能性較小。排水處理分為兩個階段，一是為了去除氯酸根含有量的 2 小時厭氧菌處理，另一是為了去除 COD、AOX 的 12 小時活性污泥處理。



觀摩團於日本高崎三興製紙現場實況

Union Camp 是於 1992 年最初導入臭氣漂白的著名美國公司，漂白程序是 OZ(EO)D 與含有臭氣的 ECF 漂白。這個工廠因為放流河川的涵容能力很小，基

於環境上的理由，一年中有 4 個月無法流放排水，只能將排水積存在工廠內，因此不得不研究縮減排水量的方法。結果，漂白用清水量減至 12.5m<sup>3</sup>/t，漂白排水量減至 7.5m<sup>3</sup>/t，這正是真正處在困境中的工廠，能夠徹底做到縮減排水的最佳例子吧。

以上是取材自泥谷直大先生之演講講義中一部份，團員們在這一場的演說中可以說是受益良多，不虛此行，所謂 行萬里路讀萬卷書 收獲豐富，大家都得到了自己想要的知識。

演講結束後，在日本造水促進中心的安排下，由日本造水促進中心常務理事大和田啟三郎先生主持，全體參訪團員與日本造水促進中心工作同仁在現場舉行了所謂 ”懇親會 ”，大家彼此交換這幾天來觀摩的心得與經驗，並感謝造水促進中心細心的安排。

## 行程第 7 天(4/22)

也是離開日本東京的前一天，適逢是星期六，因此安排了東京一日遊，早上驅車前往雄偉壯觀的東京皇居外苑參觀，感覺到此宏偉建築物莊嚴肅穆的氣氛，之後隨即前往東京最古老的寺廟-淺草觀音寺，據說每日來此許願參拜者都有如過江之鯽，到達現場參觀後果然名不虛傳，人山人海，萬頭鑽動，結束後再往遊



艇碼頭乘水上巴士，觀賞東京隅田川兩岸風光及河上各式橋樑，接著到東京最大港灣地-橫濱，參觀 40 年前街景及漫步在橫濱的中國街，感覺別有一番風味，最後到八景島(海中遊樂園)觀賞日本最高級的立體水族館，現場並有精彩的海豚表演，之後結束精彩豐富令人難以忘懷的東京一日遊。

## 行程第 8 天(4/23)

大家在依依不捨的心情下，帶著滿足與豐收的知識寶藏，結束這次日本造紙業節水技術觀摩之行，並期待下次再相逢。