

出國報告（出國類別：考察）

考察德國、荷蘭及瑞士等國污水管線
更新、回收水再利用、綠色能源等於
污水處理廠之應用及使用管制

服務機關：內政部營建署

姓名職稱：陳志偉正工程司兼分隊長

派赴國家：德國、荷蘭、瑞士

報告日期：100年1月6日

出國期間：98年11月3日至11月6日

摘要

統計我國目前已營運中污水處理廠 98 年全年營運管理費用約為 14 億 7 千 8 百萬元，其中電費約為 4 億 8 千 4 百萬元，佔總費用約 32%，在國際節能減碳趨勢下，如何減少電力之使用，將成為未來下水道永續發展所需面對之主要課題，另有鑒於我國水資源環境不佳，而都市污水處理廠所產生之處理後污水，具有水質穩定及水量大之優勢，以 98 年全年統計每日約產生 250 萬噸處理後之污水，如能有效利用，將可成為我國新興水源之一，因德國、荷蘭及瑞士係歐洲環保先進之國家相關措施應有足以借鏡之處，本次出國考察計畫將有助於未來下水道節能減碳與回收水再利用之規劃。

本次考察時間從 99 年 11 月 23 日至 12 月 2 日共 10 天，11 月 23 日抵達德國法蘭克福，11 月 24 日參訪德國 Kohler 廠回收水系統，11 月 25 日參觀荷蘭 Zeewolde 地區污水處理廠，11 月 27 日參觀荷蘭 DECO 回收水工廠，11 月 29 日參觀瑞士 Bosch 生質能廠，12 月 1 日參觀瑞士蘇黎世 Werdholzli 瑞士之污水處理設施，12 月 2 日啟程返國。

目 錄

頁碼

壹、考察緣起與目的.....	1
貳、考察說明.....	1
參、結論與建議.....	17

壹、考察緣起與目的

統計我國 98 度已營運污水處理廠年全年營運管理費用約為 14 億 7 千 8 百萬元，其中電費約為 4 億 8 千 4 百萬元，佔總費用約 32%，在國際節能減碳趨勢下，如何減少電力之使用，將成為未來下水道永續發展所需面對之主要課題，另有鑑於我國水資源環境不佳，而都市污水處理廠所產生之處理後污水，具有水質穩定及水量大之優勢，以 98 年為例，全年每日約產生 250 萬噸處理後之污水，如能有效利用，將可成為我國新興水源之一，為配合國際趨勢，本署於 97 年起陸續推動「回收水再利用及示範計畫推動」及「污水處理廠節能計畫」，期能妥善規劃我國污水之再利用與提升污水處理廠之能源使用效率，因德國、荷蘭及瑞士係歐洲環保先進之國家相關措施應有足以借鏡之處，本署爰規劃本次考察。

貳、考察行程及說明

本次考察行程人員為本署下水道工程處正工程司陳志偉分隊長，同時本署委託之污水下水道第四期建設總顧問亦指派卜訓中經理協助收集資料，另因本次考察部分行程係有關污水處理廠節能，而本署刻正委由光宇顧問公司辦理「污水處理廠節能計畫」為充實計畫報告內容，該公司亦指派杜明臨副總經理陪同考察。考察行程從 99 年 11 月 22 日至 12 月 2 日共計 10 天，行程依日期分述如下。

第一天：行程

日期：99 年 11 月 23 日

過程說明：

考察人員於 99 年 11 月 22 日搭乘晚上 11 點 59 分國泰航空 139 次班機由桃園中正機場前往德國法蘭克福，於 11 月 23 日上午 8 點 15 分抵達法蘭克福後搭車前往住宿飯店，今日主要工作為資料整理，並利用參訪行程空檔參觀法蘭克福市區。

第二天：參觀 Kohler 紙廠水回收系統，於參觀完畢後搭歐洲 ICE 火車前往荷蘭

阿姆斯特丹

時間：99年11月24日

過程說明：

一、行程說明

本日行程由德國西門子公司 Harald Worsch 先生陪同，由法蘭克福前往位於德國西南方之城市 Gengenbach 參訪 Kohler 造紙廠水回收系統，現場由西門子公司 Hermann Schwarz 博士接待解說，參訪完畢後，前往德國西南大城斯圖佳特 (Stuttgart) 搭程火車前往荷蘭阿姆斯特丹 (Amsterdam)。

二、參訪設施簡介

德國 Kohler 紙廠位於德國 Gengenbach，成立於 1889 年至今已 122 年，員工約 120 人，年生產 45,000 噸各式紙類，在未設置污水處理設施前，製程所產生的廢水經初級沉澱後即排入公共污水系統，但是該紙廠基於企業對環境保護之責任，且由於 Gengenbach 鎮對於該廠放流水之收費由每噸 0.15 歐元增加為 2.56 歐元造成生產成本增加，及隨著水費及能源價格之增加，為降低生產成本，該紙廠開始考慮廢水及能源之回收，於是於 2008 年導入廢水回收系統，希望達成廠內廢水 100% 回收再利用，同時回收製程產生之熱水熱源，以減少能源費用支出。

處理流程為 MBR+RO 法，造紙廠所產生之廢水先經初級沉澱進行初步固液分離，分離之初級沉澱物為紙漿可回收至製程再使用，出流水再進入快速沉澱池，污水經加藥快速沉澱，進行進一步之固液分離，沉澱污泥仍為紙漿型態因此經回收於製程再次使用，出流水進入熱源回收系統，經熱交換器預熱製程用水，再經曝氣處理後，經薄膜系統 (MBR) 回收再利用，部分則再經過逆滲透 (RO) 處理後回收再利用 (流程詳圖 1)，經處理後水質如 (表 1)，現場設備如圖 2-圖 4，當日參訪情形如圖 5。

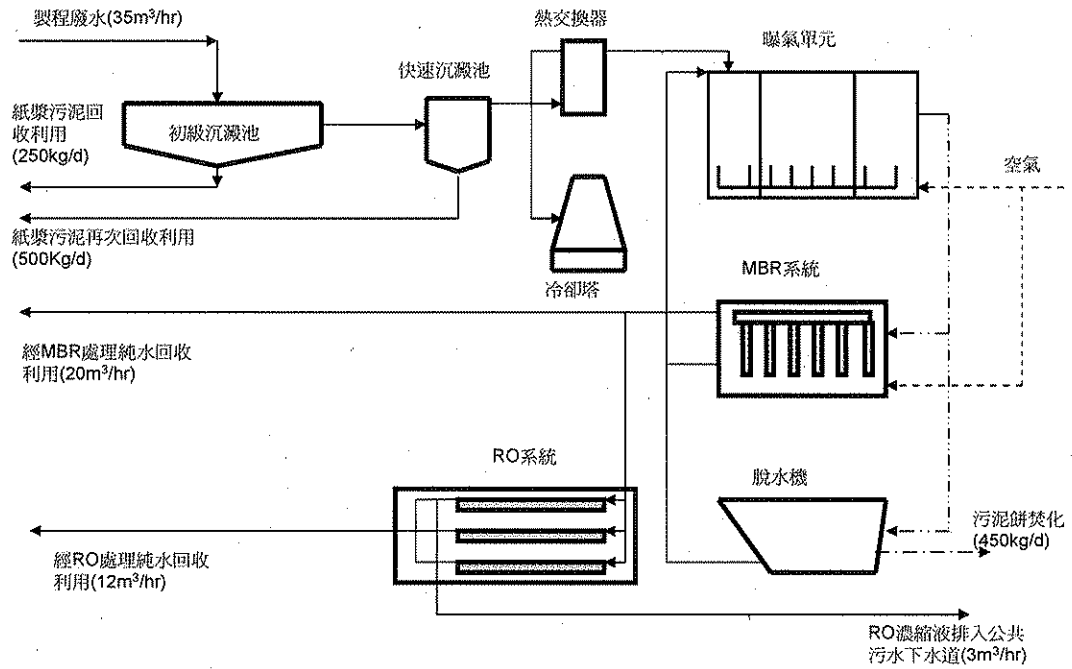


圖 1. Kohler 紙廠回收水系統流程圖

水質項目	經 MBR	經 RO
COD	< 200mg/l	< 20mg/l
BOD	< 5mg/l	< 1mg/l
濁度	< 0.2NTU	< 0.01NTU
導電度	< 2000 μ S/cm	< 50 μ S/cm

表 1. 處理水水質

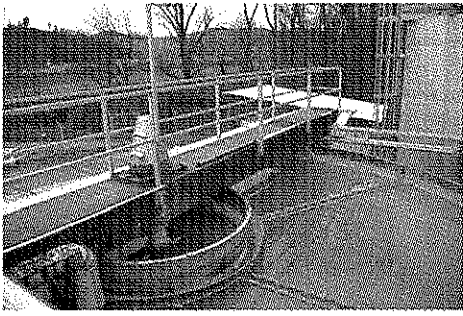


圖 2. Kohler 廠初級沉澱池



圖 3. Kohler 廠快速沉澱池

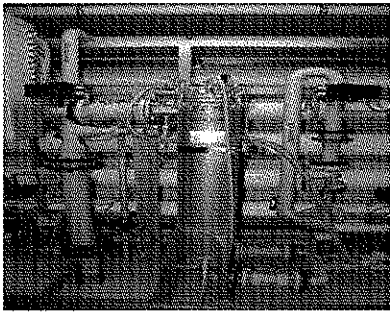


圖 4. Kohler 廠 RO 逆滲透機組



圖 5. Kohler 廠 MBR 單元

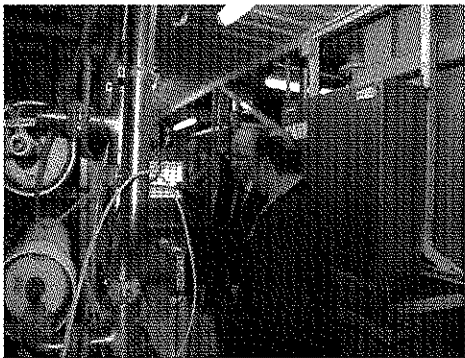


圖 6. 西門子公司 Schwarz 博士介紹現場設備

第三天：參觀荷蘭 Zeewolde 地區污水處理廠污泥減量設施

時間：99 年 11 月 25 日

過程說明：

一、行程說明

今日在德國西門子公司 Marc Gelderblom 先生陪同下，由阿姆斯特丹前往參訪 Zeewolde 污水處理廠，現場則由該公司 Chris Roubos 先生陪同參觀及說明。

二、參訪設施簡介

Zeewolde 是荷蘭中部 Flevoland 省的城市，人口約 2 萬人，主要為農業區，成立於 1984 年，是荷蘭最年輕的城市，因此該地區之下水道建設嚴格採雨污水分流，Zeewolde 污水處理廠目前處理 4 萬 5 千人之生活污水，其設計量則能處理 5 萬人所產生之生活污水。該廠所面臨之挑戰在於如何降低廢棄污泥量又不影響放流水品質及污水處理能量，因為根據荷蘭法律，所有都市廢棄活性污泥須以焚化處理，造成污泥處置費用極為龐大，因此如何減少污泥廠量以降低操作費用是該地區水資源委員會最為關切之事項。Zeewolde 廠於是引進污泥減量流程，利用廠內兩座 1200m³ 池槽改裝成污泥減量反應槽，於 2010 年 3 月開始運轉，有效降低 70% 廢棄污泥廠量，預估可減少年操作費在台幣 4 百萬至 6 百萬間，污泥減量設施如圖 7-9，參訪情形如圖 10-12。

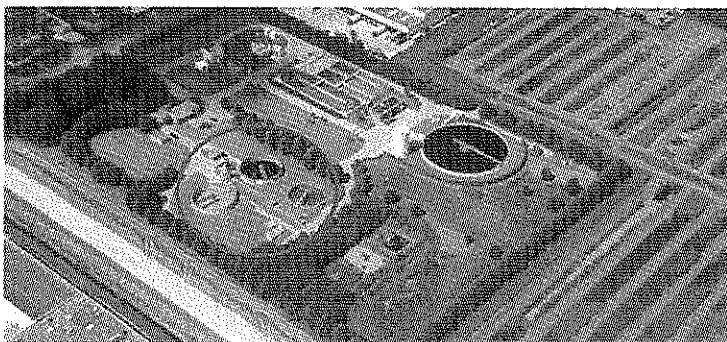


圖 7. Zeewolde 處理廠配置圖紅線標示區為污泥減量反應槽

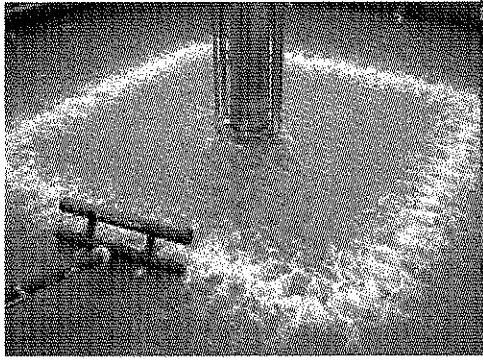


圖 8. 反應槽操作情形

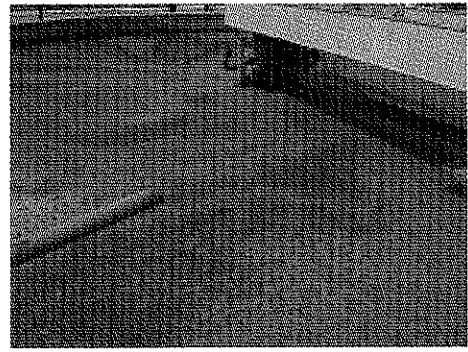


圖 9. 反應槽充滿生質能氣體



圖 10. 致贈廠方代表 Chris 先生禮物



圖 11. 致贈廠方代表 Marc 先生禮物

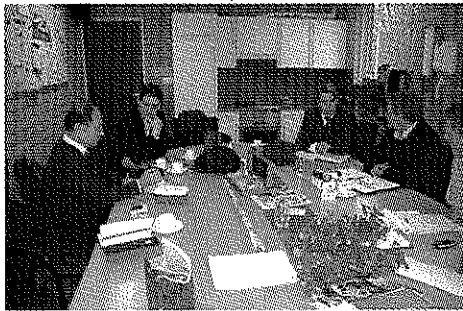


圖 12. 與廠方人員研討情形

第四天：參觀荷蘭 DECO 水處理廠

時間：99 年 11 月 26

過程說明：

一、行程說明

由阿姆斯特丹搭乘火車前往靠荷蘭西部城市 Midelburg，再由荷蘭第二大水務公司人員 Wilbert van den Broek 先生陪同前往位於 Turneuzen 之 DECO 製水工廠，現場則由道氏化學集團 De Backer Luc 先生陪同參訪及說明。

二、參訪設施介紹

DECO 水處理廠位於荷蘭 Turneuzen，生產無礦物質水、冷卻水及超純水，供給美國化工業巨擘-道氏化學集團位於 Turneuzen 之工廠使用，由於化學工業需要多種水質，以因應製程之需要，而道氏化學集團荷蘭廠所在地 Turneuzen 是一處缺乏水源之地區，為解決工廠對水資源之需求，荷蘭第二大水資源公司 Evides 因此與 Dow Benelux 公司導入荷蘭波德模式(Polder Model)——也就是共識合作模式，簽訂長期工業用水合約，從 2000 年起每天供應 3 萬噸水（去礦物質水 600-750m³/h、冷卻水塔用水 400-750m³/h）供道氏使用，由於 Turneuzen 缺乏淡水水源，因此 DECO 廠一開始係抽取河口潮汐水加以去除鹽分後使用，但是這種水源含有化學物質及具生物可變性，因此造成操作維護上之困難，例如結垢與腐蝕。2006 年 DECO 廠啟動更新計劃，改採 RWZI DDA 都市污水處理廠經 MBR 處理後之排放水為水源，由於處理新水源可以採用低壓泵浦，因此水回收量可以提升 20%，操作維護費可降低 50%，同時該地區之污水不再排入海洋，也充份使用 RWZI DDA 都市污水處理廠之放流水，DECO 廠因此賦於污水新的生命，也提升用水之永續發展。圖 13 及圖 14 分別為 2000 年與 2007 年 DECO 廠架構圖，圖 15 為 DECO 廠流程圖，圖 16-18 為現場參訪情形。

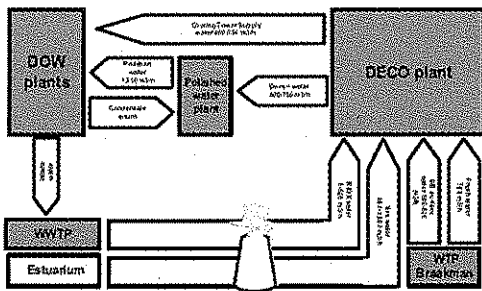


圖 13. 2000 年 DECO 廠架構圖

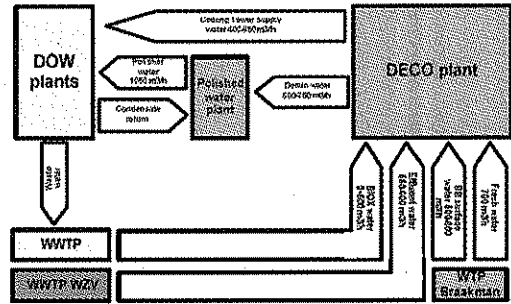


圖 14. 2007 年 DECO 廠架構圖

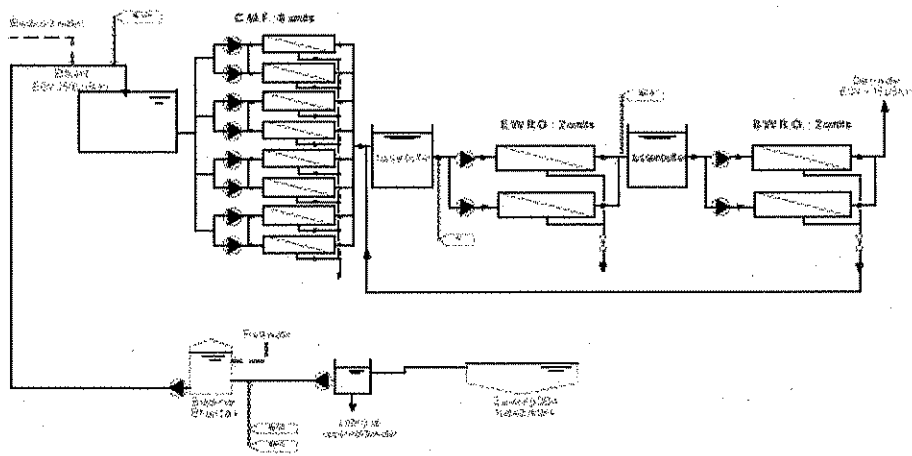


圖 15. DECO 廠流程圖

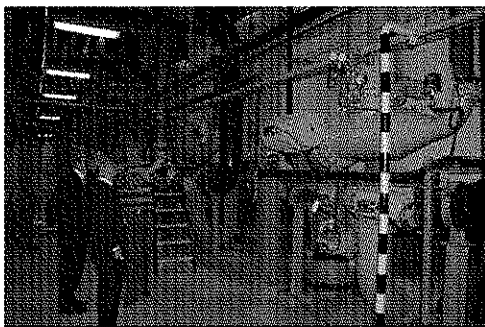


圖 16. 參觀 DECO 廠設備情形



圖 17. 致贈道氏化學集團 Backer 先生
禮物



圖 18. 致贈 Evides 公司 Broek 先生禮物

第五天：週六，工作項目為整理前 3 天參訪資料

時間：99 年 11 月 27 日

第六天：周日，行程，搭乘火車前往瑞奧邊界城市 Rorschach 及整理隔日參訪資料

時間：99 年 11 月 28 日

行程說明：

11 月 28 日當日德國、荷蘭及瑞士均已開始下雪，為一週後歐洲雪災揭開序幕，考察人員搭乘早上 8 點 ICE 火車由阿姆斯特丹出發，在德國 Offenburg 及 Kreuzlingen 換車於晚間 6 點抵達 Rorschach。



圖 19. 火車窗外沿途景色（一）



圖 20. 火車窗外沿途景色（二）

第七天：參訪瑞士 BOSCH 生質能廠

時間：99 年 11 月 29 日

過程說明：

一、行程說明：

今日由 Neuhold 公司 Alois Neuhold 以及 Egon Arnold 先生陪同參訪位於瑞士 Rorschach 之 BOSCH 生質能廠。

二、參訪設施介紹：

BOSCH 廠位於瑞奧邊界城市 Rorschach，每年可處理 4 萬噸有機廢棄物，以養豬場、屠宰場、食品製造業、過期食品、廢棄食物等所產生之有機廢棄物為原料，加以厭氧消化後，產生生質能，上澄液則作為液肥，為一相當環保的設施，BOSCH 廠主要分成前處理、厭氧發酵槽及汽電共生系統等三個部份，前處理區又分成綠區及紅區，綠區處理不需消毒之物質及選取發酵污泥、脫水固體物及濃縮液等物質，紅區則以溫度 133°C、壓力 3 至 4 大氣壓之蒸汽將需經消毒之物質，如肉類加工所產生之廢棄物，廢棄食物，等加以消毒，經前處理後之物質，經絞碎去除雜質液化後，以泵浦泵送至厭氧消化槽，厭氧消化槽共 3 座，物質再經中溫厭氧消化後產生甲烷氣成為生質燃料，上澄液則成為液肥，由槽車載離出售給農民作為肥料使用，剩餘污泥經脫水後成為肥料，脫水液再經過超過濾及逆滲透系統處理後回收水可用於洗滌、澆灌或排入公共污水水道系統，脫水系統每年可處理 23,800 噸消化污泥，每年產生 5,700 噸濃縮污泥及 17,000 噸脫水液，汽電共生系統配備一部 1.1MW 發電機，產生之電力與外部電力系統並聯，產生之蒸汽則作為附近地區之暖氣熱源。流程如圖 21，參觀情形如圖 21-26

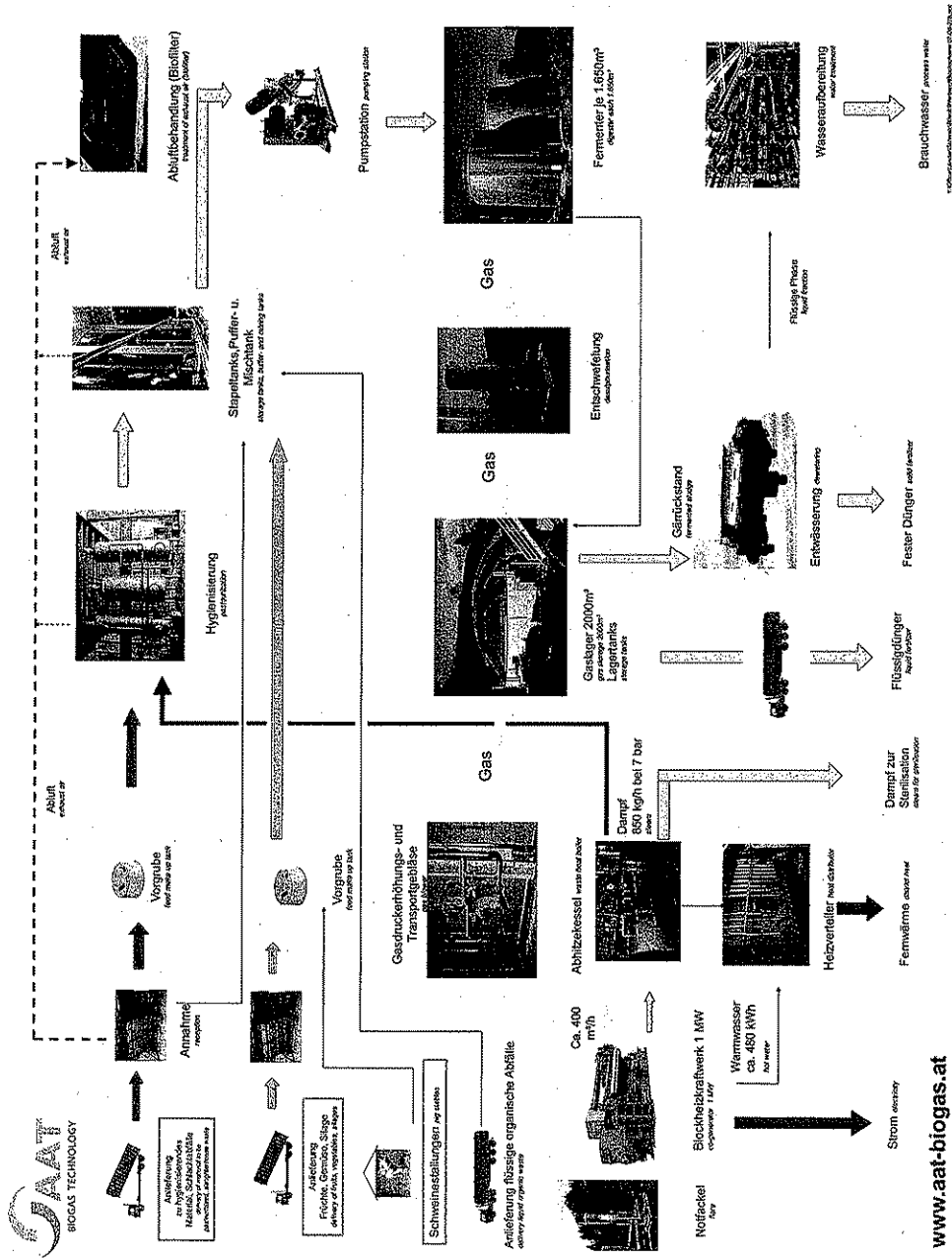


圖 21. BOSCH 廠流程圖



圖 22. 前處理區域外觀

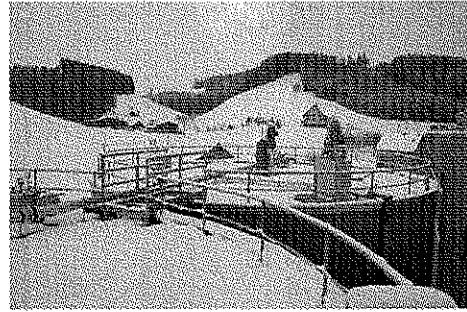


圖 23. 厭氧消化槽頂部

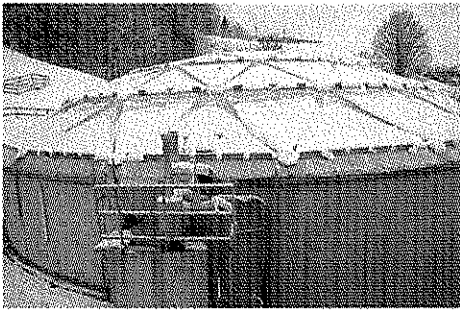


圖 24. BOSCH 廠貯氣槽

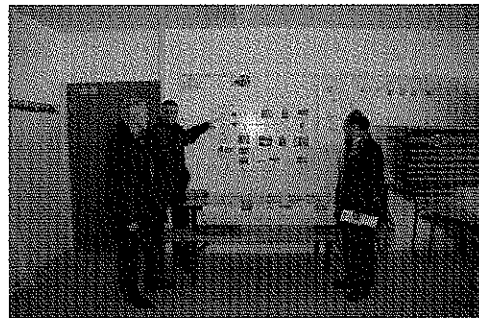


圖 25. Arnold 及 Neuhold 先生說明處
理廠流程

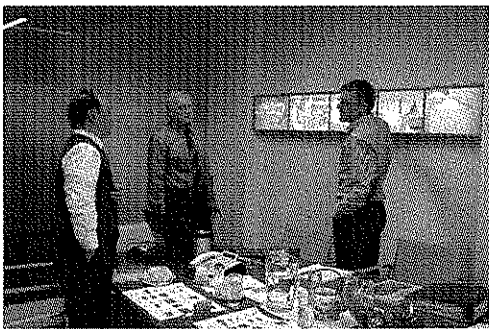


圖 26. 與 Arnold 及 Neuhold 先生討論
情形

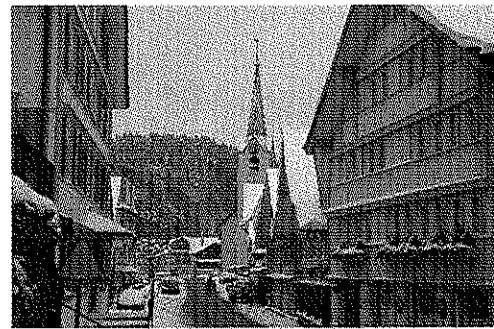


圖 27. BOSCH 廠附近美麗小鎮

第八天：行程，搭乘火車由瑞奧邊界城市 Rorschach 前往蘇黎世及整理隔日參訪
資料

時間：99 年 11 月 30 日

第九天：參訪蘇黎世 Werdholzli 污水處理廠

時間：99 年 12 月 1 日

過程說明：

一、行程說明：

本日行程由現正辦理本署「污水處理廠節能計畫」光宇工程顧問公司杜明臨副總陪同拜訪蘇黎世 Werdholzli 污水處理廠，廠方由 Philip Sigg 與 Beat Kobel 先生陪同參訪，拜訪時先由杜副總說明本署節能計畫辦理情形(簡報詳附件)，再由 Sigg 先生簡報 Werdholzli 處理廠能源狀況(圖 29-32)，最後雙方再就瑞士與我國污水處理廠操作節能情形進行交流與現場參觀。

二、參訪設施介紹：

蘇黎世每年自來水使用量約為 4 千 6 百萬立方公尺，每人每天用水量約為 160 公升，若再加計工業及商業用水量，則每人每天平均用水量約為 340 公升，蘇黎世污水下水道公共管網總長約 1000 公里，最小管徑為 250mm，最大管徑為 5 米，民間建設之下水道約 3100 公里，最小管徑為 150mm，最大管徑為 400mm，系統包含 200 處廠站設施(系統圖如圖 28)，圖中圓圈標示位置即為 Werdholzli 污水處理廠。

污水經收集後送至位於蘇黎世西北側利馬河畔的 Werdholzli 污水處理廠，該廠是瑞士第一座污水處理廠，並且是歐洲現代化程度最高的污水處理廠之一，集污面積約 59 平方公里，尖峰處理量約為 466,000CMD，處理程序採活性污泥法，污水經前處理、初沉、終沉、砂濾及消毒後放流，每年產生放流水約 7 千 5 百萬噸，污泥則經濃縮、厭氧消化及脫水後送焚化爐焚化，污泥年產量約年 37,290 噸(配置如圖 33)。該廠除致力於設備更新集節能改善外，各項新能源之應用更是不遺餘力，廠內能源已有 91%約為 16,700,000 度電是由廠內自行生產，電力來源包括設置於廠內廠房屋頂上年產電 195,000 度之 1770 平方公尺太陽能板如(圖 35)，及四座厭氧消化槽所產生之甲烷氣所產生之電力。未來更朝向全廠能源自給自足，甚至對外輸出能源之目標邁進。由歷年廠內能源使用及生產狀況來

看，污水處理廠能耗逐年降低(2009年每度水能耗約0.26度電)，同時廠內自產能源量也不斷提升，因此外購能源需求可以降低到幾乎可以自給自足的程度，圖34為電力供應與需求比較圖，圖中綠色曲線為廠內用電有逐年降低之趨勢，紅色曲線為外購電力亦逐年減少，藍色曲線則為廠內自生能源，趨勢顯示比例逐年增加。

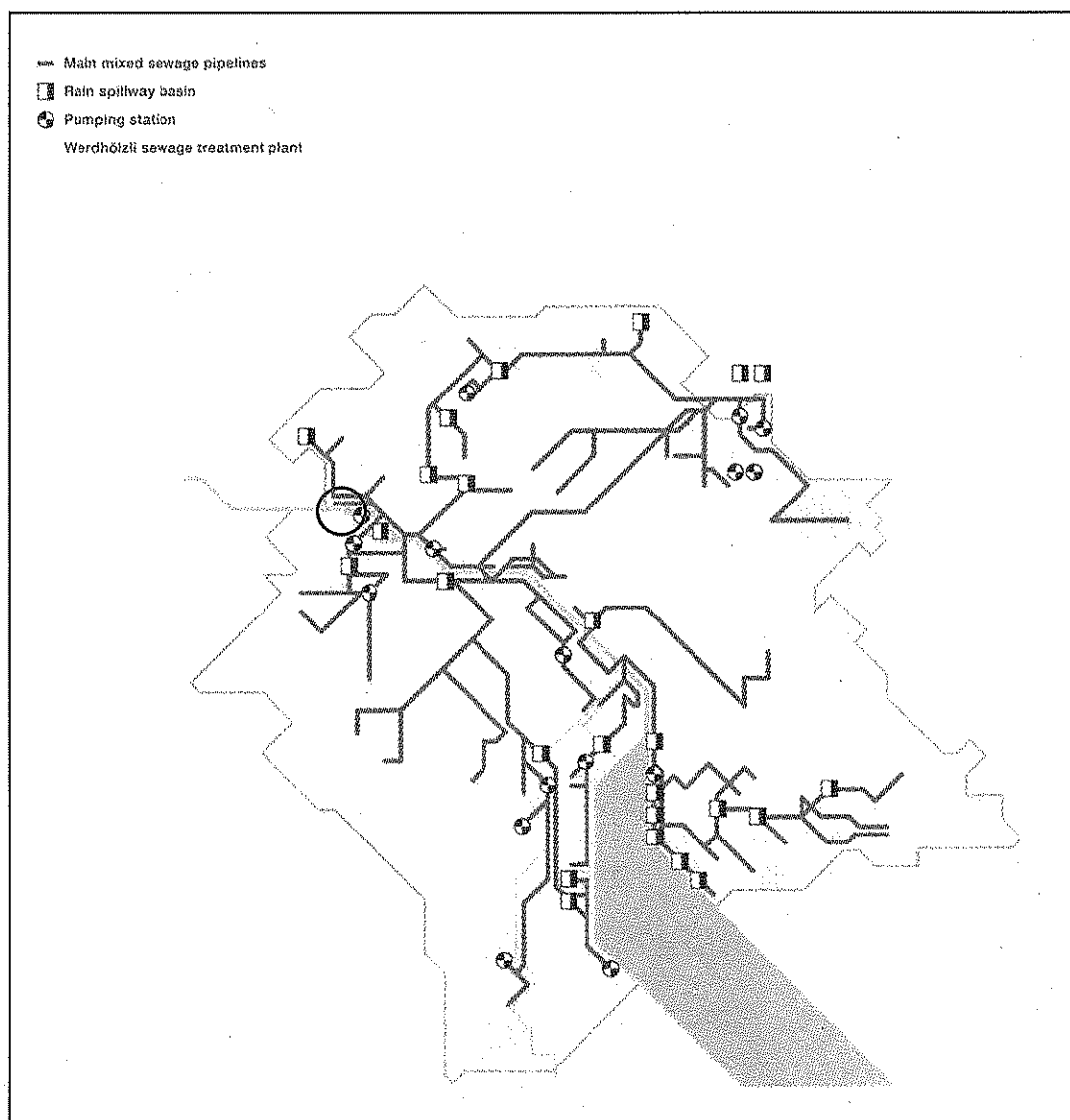


圖 28. 蘇黎世污水下水道系統圖



圖 29. 致贈 Sigg 先生禮物

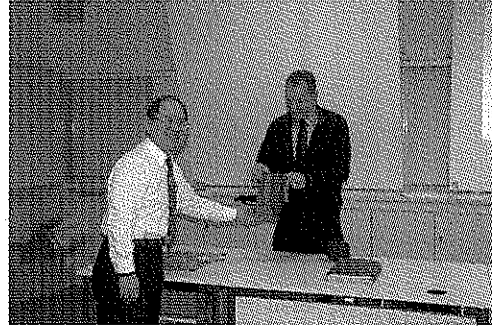


圖 30. 致贈 Kobel 先生禮物

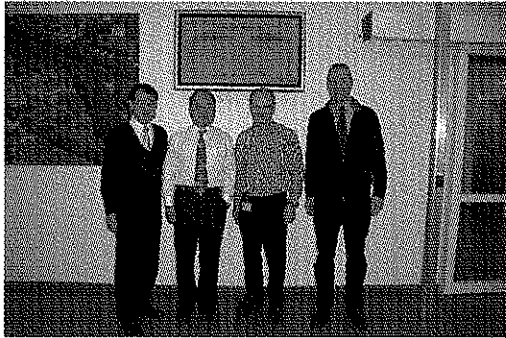


圖 31. 合照後方顯示為自產電力顯示螢幕



圖 32. 簡報後討論情形

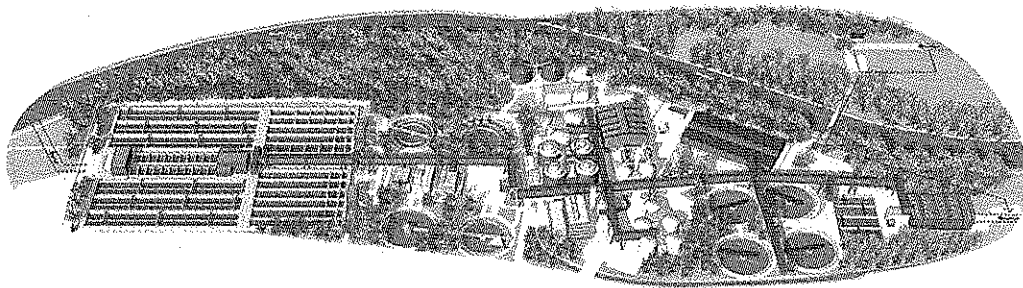


圖 33. Werdholzlit 廠區配置圖

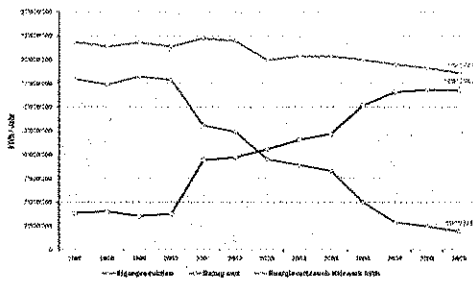


圖 34. 自產電力與外購電力變化趨勢圖

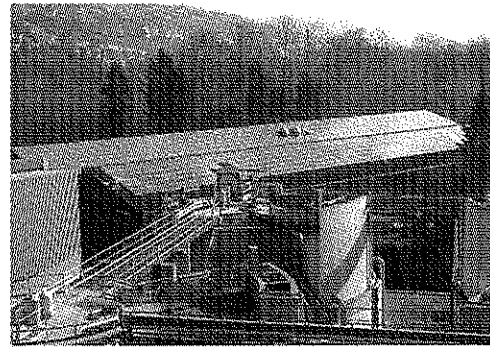


圖 35. 廠區太陽能電板

第十天：99年12月2日搭乘瑞士航空138號班機返國，於12月3日安全抵達桃園國際機場順利完成本次參訪任務。

叁、結論及建議

總結本次考察行程，謹針對所參訪之造紙廠回收水單元、污泥減量技術、製水工廠、生質能廠及污水處理廠，提出以下結論與建議，作為我國污水下水道推動之參考：

應靈活思考創造雙贏、相信科技節省操作成本

以德國 Kohler 廠回收水系統及荷蘭 Zeewolde 廠之污泥減量系統為例，系統所提供之廠商為德國工業巨擘西門子公司，這兩個案例之特點，為雖然是複雜的操作系統，但由於西門子在提供產品時是以 Total solution 的角度切入，在充分了解廠方需求下，提供系統設計、設備安裝及介面整合與營運效能之確保，並且充分使用科技與信任科技，因此操作用人極為精簡，平時並無人員常駐現場，遇有狀況時，相關訊號均透過網際網路與無線通訊科技通知負責人前往處理，反觀我國，小型污水處理廠至少配置 3 人以上大型污水廠則至少 15 人以上，與上述案例相比人員配置較多，未來規劃新建廠站設施時，應可提升自動化程度以減少人事成本。

Zeewolde 污泥減量系統之建設模式亦值得借鏡，該系統是由西門子公司提供設施並向廠方承諾預期達成之效益，包括污泥減量與操作電力費用降低，系統完成後，如果達到預期效益則西門子公司可分得所降低成本一定比例之費用，如無法達成預期效益，系統提供廠商則無法獲得相關報酬，因系統商獲利與否與系統品質及操作績效連結，系統商自然會提供廠方最佳方案，如此雙方各得其利，此一雙贏的辦理理模式，頗值得參考。

又以 DECO 廠案例而言，Evides 係荷蘭第二大水務公司，公司具官方性質，但為提供道氏化學集團工廠製程用水，該公司與道氏集團採用荷蘭波德模式 (Polder Model) — 也就是共識合作模式，簽訂長期供水合約，由 Evides 依據設計 — 興建 — 融資 — 營運 (DBFO) 原則，為道氏化學籌建一座設計精巧的水處理工廠

(DECO)。Evides 負擔籌集全部計劃所需的資金，而道氏化學依據合約支付預定金額，在此模式下道氏集團可免於缺水之危機，而 Evides 則可獲得長期之收益。

我國水道之建設並無採上述方式推動，隨著用戶接管率逐年提升，如何有效提升營運效能，為下水道永續發展必須面對之課題，因此應在不違反「政府採購法」及「促參法」規範下，思考創新下水道建設營管方式，以創造產業界與政府之雙贏。

建立以電力自足、資源回收中心概念之次世代污水處理廠

本次所參訪國家德國、荷蘭及瑞士用戶接管率均已達 95%以上，下水道在這些國家已經是最基本的公共設施，並且已經從建設轉為注重營運效能之提升，目前注重的是能源之節省與廢棄物之再利用，如瑞士 Werdholzli 廠即規劃電力自給自足的願景，另由 BOSCH 廠案例可知有機廢棄物是幾乎可以完全再利用的。

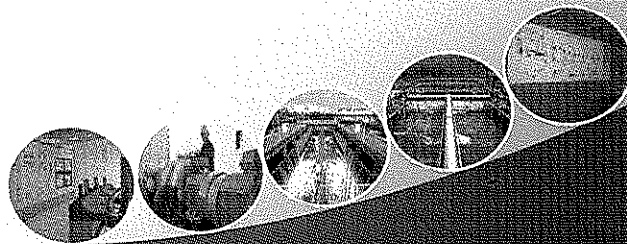
污水處理廠污泥之厭氧消化，事實上就是生質能廠的核心，目前我國已有迪化、八里、淡水、安平、福田、六塊厝及鳳山溪等多座污水處理廠具有污泥厭氧消化設施，隨著用戶接管率之提升，這些處理廠都有成為生質能廠之潛力，若能在不影響下水道建設下，配合處理有機廢棄物以提升生質能產出效率，則這些污水處理廠未來是有可能達成電力自給自足的目標。

放流污水及污泥雖為污水處理之廢棄物，但事實上富含許多經廢棄之珍貴自然資源，而隨著人口增加，自然資源之消耗亦隨之增多，自然資源之耗竭是人類必須面對的真相，未來應以資源回收中心之概念規畫污水處理廠，以有效回收污水及污泥中之自然資源，達成國家永續發展之目標。



The Construction and Planning Agency (CPA)

The Energy Consumption and Management of Wastewater Treatment Plants in Taiwan

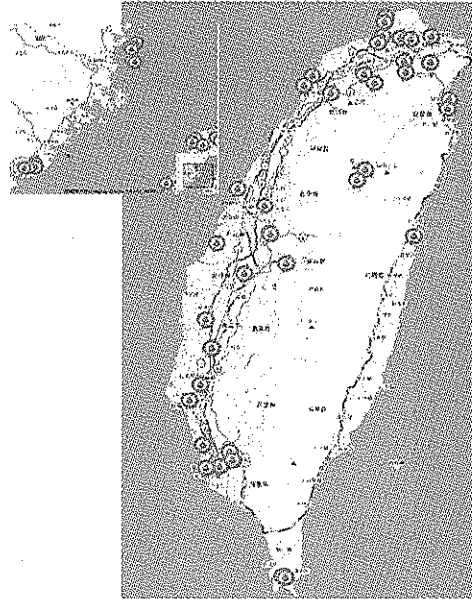


Municipal WWTP in Taiwan

附件

*47 Municipal WWTPs in Taiwan (2009)

- * Biological treatment(2)
- * Activated sludge(14)
- * Oxidation ditch(6)
- * AO/A2O(7)
- * Contact aeration(6)
- * Others(SBR 、 CDSBR 、 A/O/SBR 、 RBC

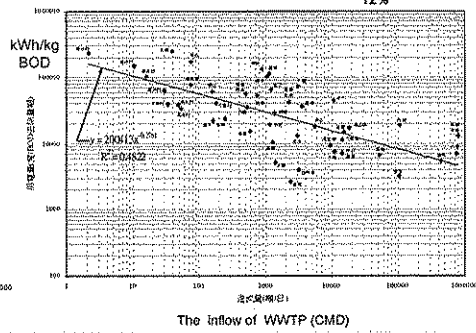
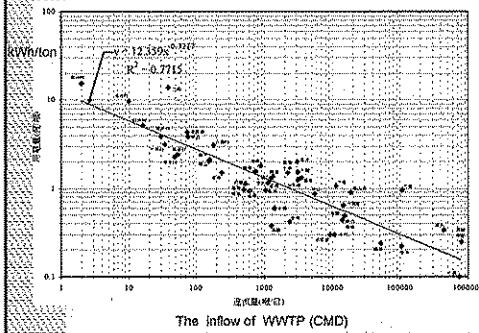
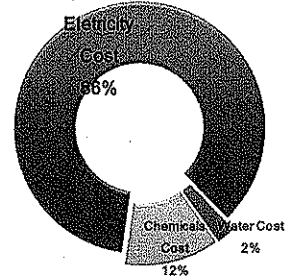


The Energy Consumption of Municipal WWTP in Taiwan

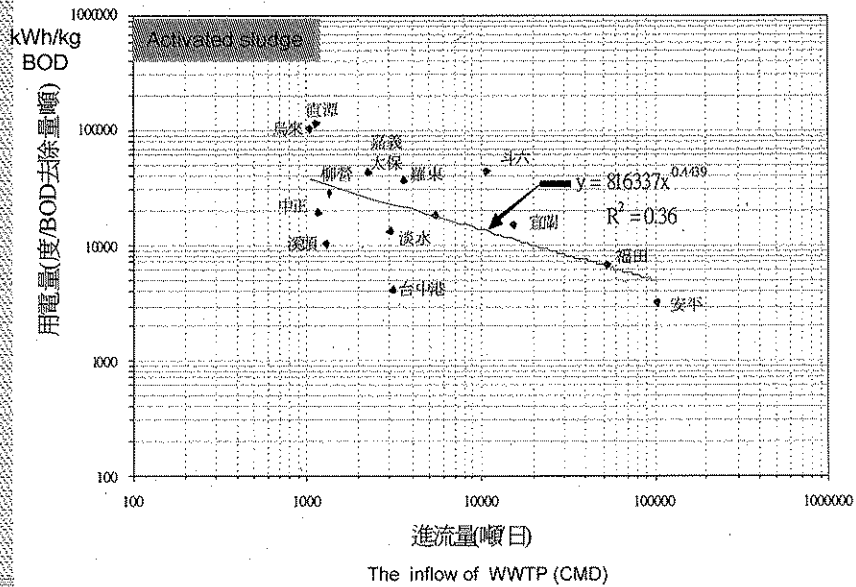
* Energy Consumption(2009):

- * 0.28 kWh/ton
- * 49 kWh/kgBOD

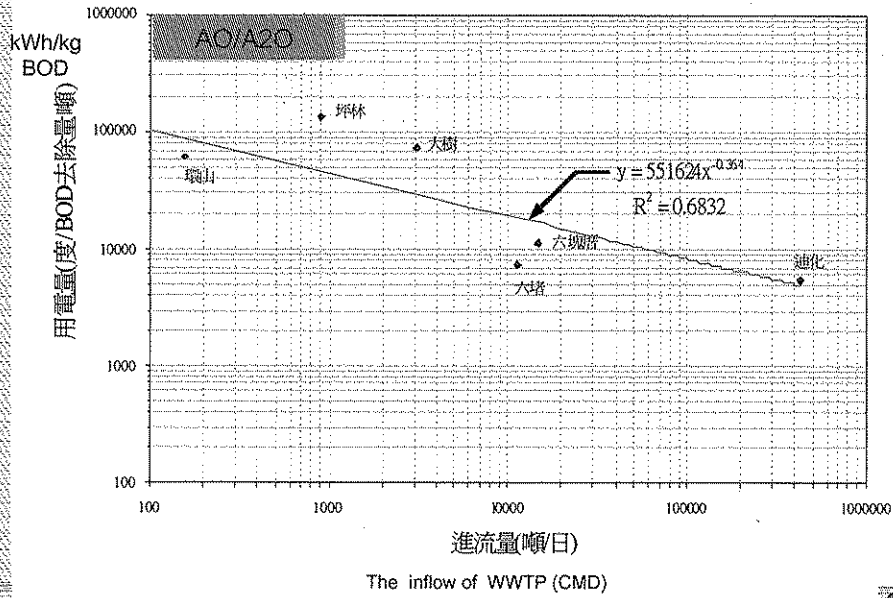
* The energy consumptions were various by different treatment process.



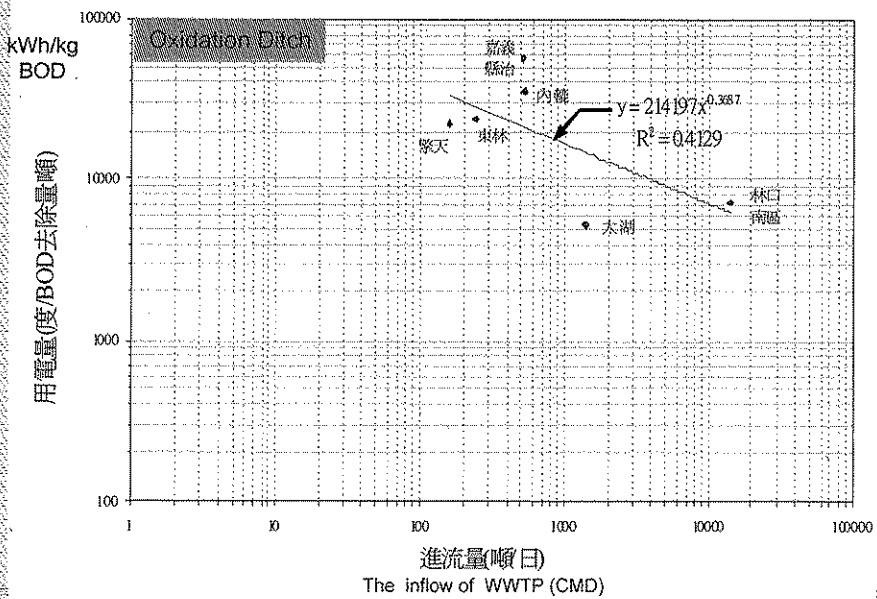
The Energy Consumption of Municipal WWTP in Taiwan



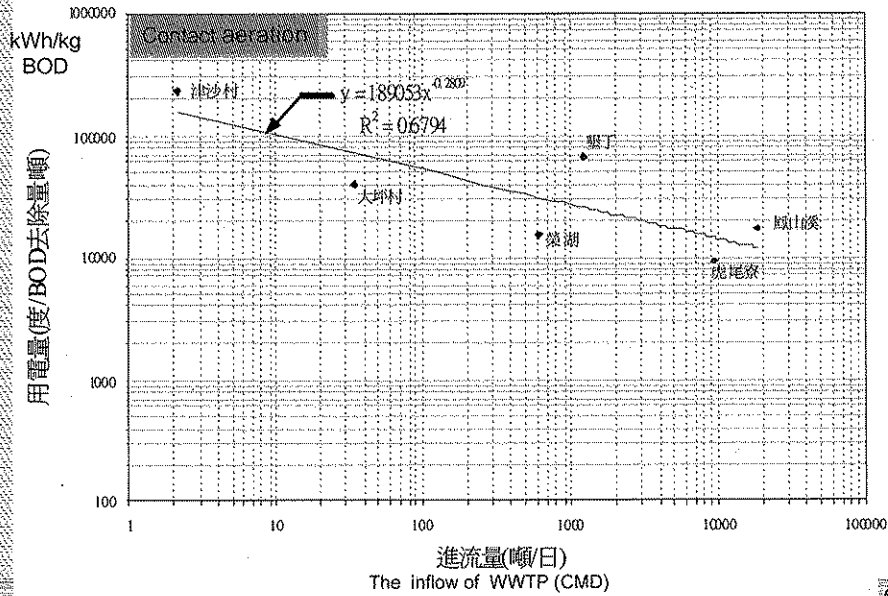
The Energy Consumption of Municipal WWTP in Taiwan



The Energy Consumption of Municipal WWTP in Taiwan

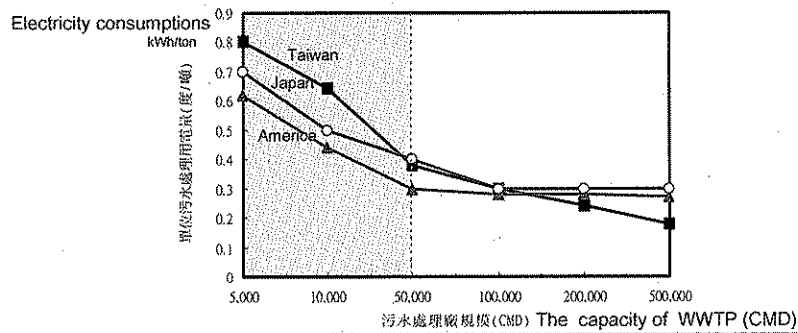


The Energy Consumption of Municipal WWTP in Taiwan



The Energy Consumption of Municipal WWTP in Taiwan

Electricity Consumption (kWh/ton)	Capacity of WWTP (CMD)					
	5,000	10,000	50,000	100,000	200,000	500,000
Taiwan	0.80	0.64	0.38	0.30	0.24	0.18
America	0.62	0.44	0.30	0.28	0.28	0.27
Japan	0.7	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3



The Present Activities for Energy Conservation

✿ Operation

- 60% WWTPs whose inflow rate were much lower than capacity.

- Batch Operation

✿ Maintainance

✿ Green Building

- High efficiency lighting
- High efficiency conditioning
- Ventilation

Inflow rate	Number of WWTP	Percentage (%)
80%以上	6	13
70%	3	6
60%	3	6
50%	6	13
40%	2	4
30%	8	17
20%	13	28
10%	6	13
總計	47	100



The Future Aspects for Energy Conservation

✿ Renewable Energy

- Solar PV
- Micro Hydropower
- Biogas / Micro Windpower ...etc

✿ Energy Measurement and Verification

✿ ISO 50001 Energy Management System

