

## 出國報告（出國類別：訪問）

# 參訪日明淨化中心、福岡中部水處理中心暨參加第 2018 年第 55 屆日本污水處理技術研討會(JSWA)及日本北九州下水道展覽

服務機關：科技部新竹科學工業園區管理局

姓名職稱：廖宗政組長、殷志鴻科長

派赴國家：日本

出國期間：107 年 7 月 24 日至 107 年 7 月 28 日

報告日期：107 年 10 月 5 日

## 摘要

日本日明淨化中心針對處理過之污水以及海水設置回收系統，以 MBR+RO(處理污水)、UF+RO(處理海水)來處理，從而得到相當於飲用水水質標準的淡水，另該中心設有污泥燃料化裝置，將污泥經由重覆高溫攪拌造粒，轉化為石炭作為替代燃料。福岡市為日本使用再生水比例最高的城市之一，福岡中部水處理中心處理後污水除放流外，部分再經臭氧及纖維過濾處理後產出再生水供附近居民沖廁及澆灌使用，另污泥在消化過程中所產生的沼氣作為發電裝置的燃料，供廠內使用並販售給電氣業者。

本次參訪日明淨化中心以及福岡中部水處理中心，瞭解日本針對污水回收使用、污泥消化沼氣發電等相關應用。並參加在日本福岡舉辦的第 55 屆日本污水處理技術研討會及日本北九州下水道技術展覽，以瞭解國際學研單位近年來對污水處理之相關研究以及管線修繕等相關措施及最新技術。

本次參訪主要目的：

- (一) 觀摩日本日明淨化中心及福岡中部水處理中心再生水處理程序及應用。
- (二) 觀摩日本日明淨化中心及福岡中部水處理中心污泥消化沼氣及污泥燃料化應用。
- (三) 瞭解各國學術研究單位近年關注的議題及實際應用案例。
- (四) 萃取國外污水下水道系統管線維護最新技術應用實例。

本次參訪建議：

- (一) 針對污泥有機質含量較高的污水處理廠，可考量設置污泥消化系統，並將消化產生之沼氣進行回收，可做為廠內發電或其他加熱系統之燃料使用。
- (二) 未來污水處理廠回收的再生水僅供廠商澆灌、沖廁使用，則可參考福岡中部水處理中心，於生物處理之後採用消毒、過濾等處理單元；若未來再生水欲再供園區廠商製程使用，則參考日明淨化中心設置 MBR、RO 膜等高級處理程序，其設置、操作成本亦遠高於前者。
- (三) 污水廠可參考日本日明淨化中心加強環境教育設施，包含互動式影音導覽、污水相關展覽品展示、設立風力/太陽/水力等發電量看板、改善現場解說告示牌等，用以豐富環境教育內容，吸引民眾團體前來參觀。
- (四) 下水道展覽中所展示包含 SPR、FFT-S 等先進之下水道管線修繕工法，其成本相較於管線更新低，可作為未來園區污水管線修繕之參考。

## 目錄

壹、目的.....	1
貳、參訪行程.....	2
參、過程.....	7
肆、心得與建議 .....	33

## 圖目錄

圖 1 日明淨化中心.....	3
圖 2 研討會會議議程.....	4
圖 3 日本北九州下水道展.....	5
圖 4 九州積水工業（簡報截圖）.....	5
圖 5 福岡中部水處理中心.....	6
圖 6 環境教育看板.....	7
圖 7 太陽能發電設備.....	7
圖 8 下水道系統環境教育導覽.....	8
圖 9 環境教育影音展示.....	8
圖 10 沙濾設備解說看板.....	9
圖 11 曝氣槽解說看板.....	9
圖 12 初沈池.....	10
圖 13 終沈池.....	10
圖 14 日明污泥燃料化中心.....	11
圖 15 污泥燃料化流程圖.....	11
圖 16 污泥乾燥爐.....	12
圖 17 污泥造粒成品.....	12
圖 18 日明淨化中心再生水處理流程.....	13
圖 19 MBR 處理機制說明.....	13
圖 20 MBR 處理水槽.....	14
圖 21 UF 膜/RO 膜處理設備.....	14
圖 22 UF 膜/RO 膜處理機制.....	15
圖 23 UF 膜中心構造.....	15
圖 24 再生水製成瓶裝飲用水.....	16
圖 25 參訪人員於淨化中心合影.....	16
圖 26 世界人均水資源分配及研討會現場照片.....	18
圖 27 台灣再生水廠規劃.....	18
圖 28 參訪人員展場合影.....	19
圖 29 現場人孔蓋彩繪展示.....	20
圖 30 管材強化劑展示.....	20
圖 31 SPR 管渠更生工法展場.....	21
圖 32 SPR 管渠更生工法解說.....	21
圖 33 FFT-S 管渠更生工法.....	22
圖 34 下水道 TV 檢視車.....	22
圖 35 管路接著工法.....	23
圖 36 施工訊息公告.....	24
圖 37 交通維持.....	24

圖 38 下水道換氣設備 .....	25
圖 39 管線修復施工 .....	25
圖 40 九州積水工業展示場 .....	26
圖 41 耐震管材 .....	26
圖 42 人孔剖面 .....	27
圖 43 真空下水道系統試驗管道 .....	27
圖 44 福岡中部水處理中心簡介交流 .....	29
圖 45 再生水使用標章 .....	29
圖 46 燃氣發電機 .....	30
圖 47 沼氣脫硫設備 .....	30
圖 48 沼氣發電單元說明 .....	31
圖 49 再生水處理流程看板 .....	31
圖 50 纖維過濾機 .....	32
圖 51 各處理單元水質比較 .....	32

## 壹、目的

科技部新竹科學園區管理局所轄包括新竹園區、竹南園區、龍潭園區、銅鑼園區、宜蘭園區及新竹生醫園區等 6 大園區，其中除新竹生醫園區事業廢(污)水經下水道系統排入竹北水資源中心處理外，其餘園區均設有污水處理廠。各園區污水處理廠已操作多年，雖營運成效良好，水質處理優良，但對於設計污水處理廠之功能多僅限於污水初級及二級處理，近年來因氣候變遷及政府政策之變革，再生水及能資源循環議題漸受重視；另對於本局下水道系統中雨污水輸水管路亦使用多年，近年亦陸續維修部分管段，有鑑於園區大多管路系統位於道路系統下方，對於使用多年之下水道，尤其新竹園區最早建置之管路已超過 30 年，為避免造成用路人災害及確保輸水功能正常，確有進一步檢討更新或修繕技術之必要。

本次參訪日本日明淨化中心以及福岡中部水處理中心，瞭解日本針對污水回收使用、污泥消化沼氣發電等相關應用，行程中同時參加在日本福岡舉辦的第 55 屆日本污水處理技術研討會(The 55th Japan Annual Technical Conference on Sewerage, JSWA 2018) 及日本北九州下水道技術展覽，以瞭解國際學研單位近年來對污水處理之相關研究以及管線修繕等相關措施及最新技術，期能對於未來污水處理廠及下水道管線更新或修繕之設計或施工有更適切之方式。

本次參訪行程主要目的包含：

- (一) 觀摩日本日明淨化中心及福岡中部水處理中心再生水處理程序及應用。
- (二) 觀摩日本日明淨化中心及福岡中部水處理中心污泥消化沼氣及污泥燃料化應用。
- (三) 瞭解各國學術研究單位近年關注的議題及實際應用案例。
- (四) 萃取國外污水下水道系統管線維護最新技術應用實例。

## 貳、參訪行程

本次主要行程是由台灣下水道協會規劃，參訪行程摘要如下：

日期	參訪行程	參觀重點
7/24(二)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 啟程:桃園-福岡</li><li>• 參訪日明淨化中心</li></ul>	污泥燃料化 污水及海水淨化、再生技術 環境教育導覽
7/25(三)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 日本污水處理技術研討會</li><li>• 下水道技術展覽</li></ul>	國際污水處理發展 最新污水處理技術 下水道管線維護技術
7/26(四)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 九州積水工業公司</li></ul>	最新管材應用技術
7/27(五)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 福岡中部水處理中心</li></ul>	沼氣發電技術與規劃 污水回收再生及應用規劃
7/28(六)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 回程:福岡-桃園</li></ul>	-

### 一、日明淨化中心

日明淨化中心於 1970 年建成開始運轉，處理北九州市之民生污水與工廠廢水，目前日處理量約為 26.3 萬噸，該淨化中心處理程序為 A<sub>2</sub>O 活性污泥法，處理單元包含沈砂池、最初沈澱池、生物處理槽、最終沈澱池、MBR 系統、消毒槽，以及污泥重力濃縮槽、消化槽、污泥脫水設備、乾燥裝置。較為特別的是該處設有污泥燃料化裝置，將污泥於 450℃ 下進行熱風乾燥，並經由重覆高溫攪拌造粒，可將污泥轉化為石炭作為替代燃料。

另淨化中心針對處理過之污水以及海水設置回收系統，以 UF+RO(處理海水)，MBR+RO(處理生活污水)來處理，UF 膜可以去除海水中細菌等粒子，再利用 RO 膜可以去除處理後之海水及生活污水中的鹽份及離子，從而得到相當於飲用水水質標準的淡水。



圖 1 日明淨化中心

## 二、日本污水處理技術研討會及下水道技術展覽

本次赴日本福岡參與 2018 年第 55 屆日本污水處理技術研討會(JSWA)及日本北九州下水道技術展覽，研討會日期 2018.7.24~7.26 (本行程參加 7.25 之研討會)，展覽日期則為 2018.7.24~7.27，研討會會議內容包括：「最新污水處理技術」，「國際污水處理發展」，「水處理資源再生技術」及「水資源管理」等各面向論文發表，研討會議程如圖 2 所示。下水道技術展覽會則包含:下水道管路修護、耐久、長壽命化、檢視、清洗、功能診斷、防震、除砂等各式工法及設備展示。

日本下水道展(如圖 3 所示)為日本下水道事業團每年輪流於各地舉辦之大型國際展覽，歷年來分別於東京、大阪、神戶、札幌、福岡等各地輪辦，該展覽展示了城市污水項目、廢水收集和處理的最新技術，涵蓋了規劃、設計、施工、運行和維護。此下水道展旨在吸引日本當地公用事業、顧問和工程公司的決策者，並提高公眾對清潔水的重要性及其實現情況的認識。今年度日本下水道展可分為管渠材料、施工機具、方案設計、水處理設備、污泥處理設備等，總共約有 400 家廠商展出。根據往年之統計，該展主要之目的有製品發表、技術發表、擴大通路、強化既有客戶關係、獲得新增客戶、提升企業形象與知名度以及提升水環境公民意識等。



The 55th Japan Annual Technical Conference on Sewerage (JATCS)  
English session schedule  
**【ORAL】**

25th, July 2018

Kitakyushu International Conference Center, AIM 3F

room#314, 315

10:10 ~ 11:55	E-3-1	Science and Technology (5 presentations)
10:10 ~ 10:30	E-3-1-1	Demonstration of validity of DHS-MBBF system for sewage treatment in Susaki City Akihiro Nagano, Sanki Engineering Co., Ltd.
10:30 ~ 10:50	E-3-1-2	Excess Sludge Reduction by Multi-stage Fixed Bed Biofilm Process- Full-scale Demonstration Hiroki Itokawa, Japan Sewage Works Agency
10:50 ~ 11:10	E-3-1-3	Adsorption of polychlorinated biphenyls by powdered activated carbon: Comparison with carbon nanotubes X,Q Cao, Beijing University of Civil Engineering and Architecture
11:10 ~ 11:30	E-3-1-4	OPERATION PERFORMANCE OF A FULL SCALE SLAUGHTERHOUSE WASTEWATER TREATMENT PLANT USING A COMBINATION OF UASB AND ACTIVATED SLUDGE PROCESS Mribet Chaimaa, Tohoku University
11:30 ~ 11:50	E-3-1-5	Effect of Flow Intermittency on the Degradation Rate of Lipids by Intermittent Contact Oxidation Process Tiffany Joan Sotelo, The University of Tokyo
13:00 ~ 14:05	E-2-1	Strategy and Best Practice (3 presentations)
13:00 ~ 13:20	E-2-1-1	Application for the Sewerage Mapping System Using GIS in the City of Hai Phong, Viet Nam Satoshi HIRANO, City of Kitakyushu
13:20 ~ 13:40	E-2-1-2	International Sewerage Developments and Water and Environment Solution Hub Utilization by City of Yokohama Nobutoshi Hiruma, City of Yokohama
13:40 ~ 14:00	E-2-1-3	The study on comprehensive drainage plan in Yangon City Seiichiro Tashima, Fukuoka City
14:20 ~ 15:25	E-1-3	Resource Recovery (3 presentations)
14:20 ~ 14:40	E-1-3-1	Development of technical guidelines - Fertilizer and fuel forming system, water processing system for population decline Taichi OTA, National Institute for Land and Infrastructure Management
14:40 ~ 15:00	E-1-3-2	Development of international guidelines for water reuse in ISO/TC282 in 2018 Hiromasa Yamashita, National Institute for Land and Infrastructure Management
15:00 ~ 15:20	E-1-3-3	The introduction of wastewater reclamation in Taiwan Jyh-Woei Chen, Sewage System Office Taiwan
15:40 ~ 17:25	E-2-3	Strategy and Best Practice (5 presentations)
15:40 ~ 16:00	E-2-3-1	Stable Sewage Treatment and Effective Business Operation in Tama Area by Utilizing Utility Tunnels Shota Hamano, Tokyo Metropolitan Government
16:00 ~ 16:20	E-2-3-2	Optimization method for sustainable wastewater treatment systems in the population declining society Takeshi Ishikawa, National Institute for Land and Infrastructure Management
16:20 ~ 16:40	E-2-3-3	Revision of "The Technical Manual of Corrosion Control and Protection for Concrete Structure in Sewerage Facilities" Tae Iwano, Japan Sewage Works Agency
16:40 ~ 17:00	E-2-3-4	Establishment of JS Soundness Calculation Technique as Quantitative Evaluation Method for Asset Deterioration Condition of WWTPs in Japan and Consideration of Its Data Accumulation Method and Analysis Hiroyuki YAMANE, Japan Sewage Works Agency
17:00 ~ 17:20	E-2-3-5	Necessity for premeditated plan to reconstruct wastewater treatment plant using devastated facilities Hikaru Nishizaka, Sendai city municipal government

圖 2 研討會會議議程



圖 3 日本北九州下水道展

### 三、九州積水工業公司

九州積水工業成立於 1963 年，主要生產 PVC、PE、FRP 複合管材及配件，可應用於污水下水道系統、自來水供水系統及供氣系統，並不斷創新研發更優質管線材料及技術。



圖 4 九州積水工業（簡報截圖）

#### 四、福岡中部水處理中心

福岡中部水處理中心於 1966 年開始建造使用，福岡市於 1978 年發生嚴重的缺水問題，於是開始啟動再生水工程，於 1980 年正式執行污水處理再利用，目前福岡市為日本使用再生水比例最高的城市之一，主要供應附近區域沖廁以及樹木澆灌使用。福岡中部水處理中心設計處理水量為 30 萬 CMD，處理程序為 AO 活性污泥法，處理後污水除放流外，部分經高級處理程序處理後產出再生水（設計值 1 萬 CMD）。另污泥在消化過程中所產生的沼氣作為發電裝置的燃料，可供廠內使用以及販售給電氣業者，另部分沼氣經純化後，供氫燃料電池使用。



圖 5 福岡中部水處理中心

## 參、過程

### 一、日明淨化中心

以下針對日明淨化中心參訪重點做簡要說明:

- (1) **環境教育館**：日明淨化中心之環境教育，其用心之程度類似於一座小型的科學博物館，投入了相當多的影音設備以及適合孩童的巧思。並藉由生動活潑的影音及互動式導覽，讓整個參觀行程相當有趣味性。且日明淨化中心導入了風力、太陽能、沼氣、水力發電，亦將發電情形製成看板供民眾參觀。

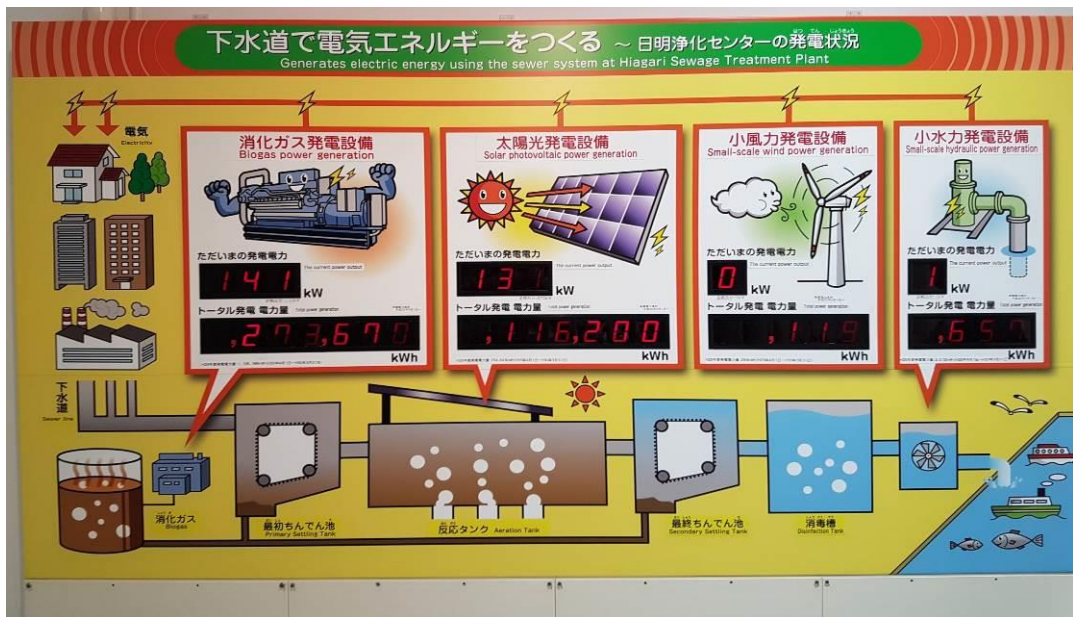


圖 6 環境教育看板



圖 7 太陽能發電設備



圖 8 下水道系統環境教育導覽

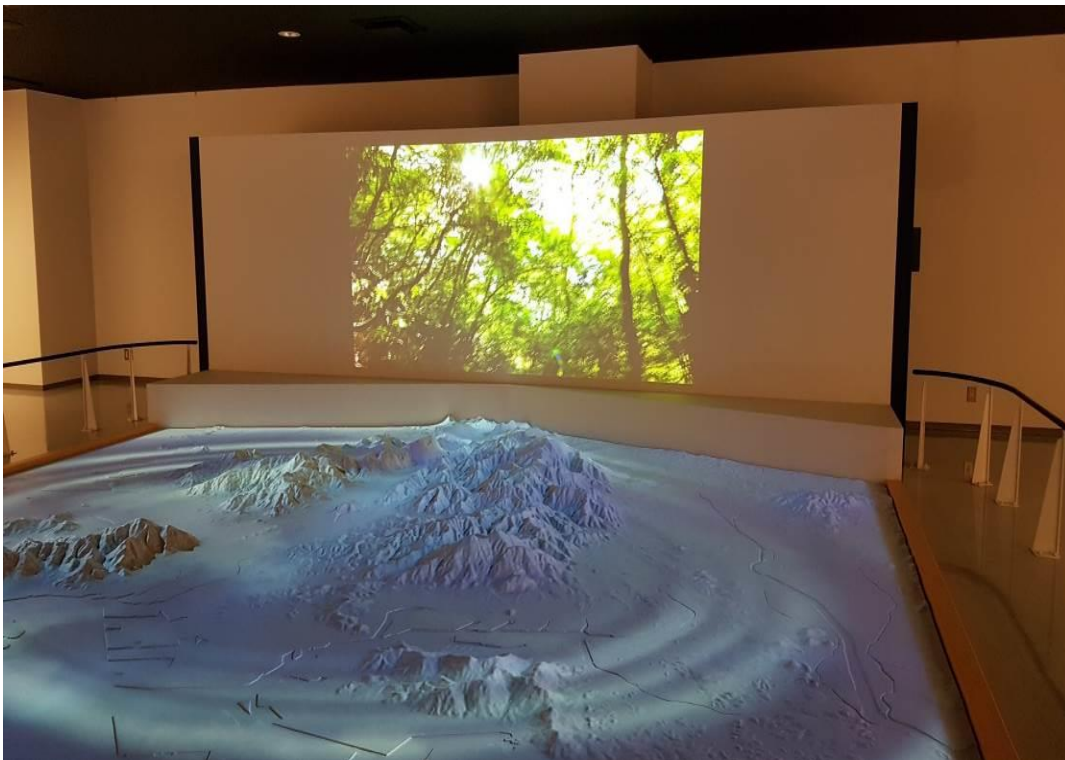


圖 9 環境教育影音展示

(2) 污水處理流程看板：現場的水處理流程與相關設施均設置解說看板，搭配圖片及文字解說即可清楚了解現場各處理單元流程的原理及方法，並有英文說明。

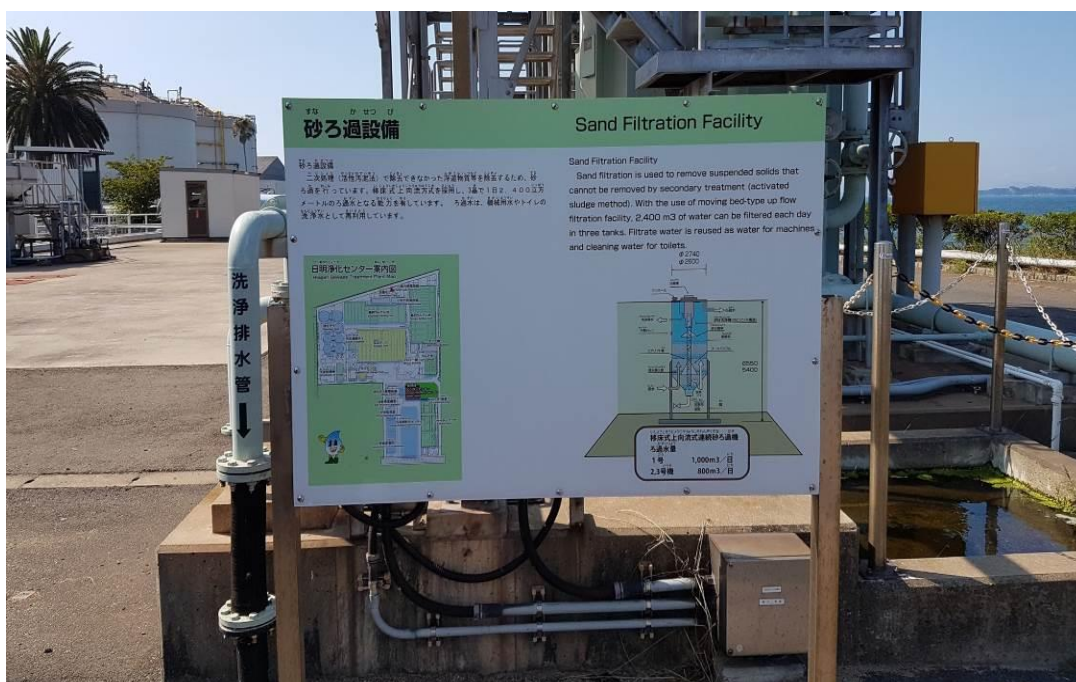


圖 10 沙濾設備解說看板



圖 11 曝氣槽解說看板



圖 12 初沈池



圖 13 終沈池

- (3) 污泥燃料化：日明淨化中心附設污泥燃料化中心，且旁邊設置一座焚化爐，將污水廠污泥消化產生的沼氣導入焚化爐做為燃料，並將焚化爐的廢熱導入污泥

乾燥機中，進行污泥乾燥與造粒等，將污泥轉換為石炭作為替代燃料。



圖 14 日明污泥燃料化中心

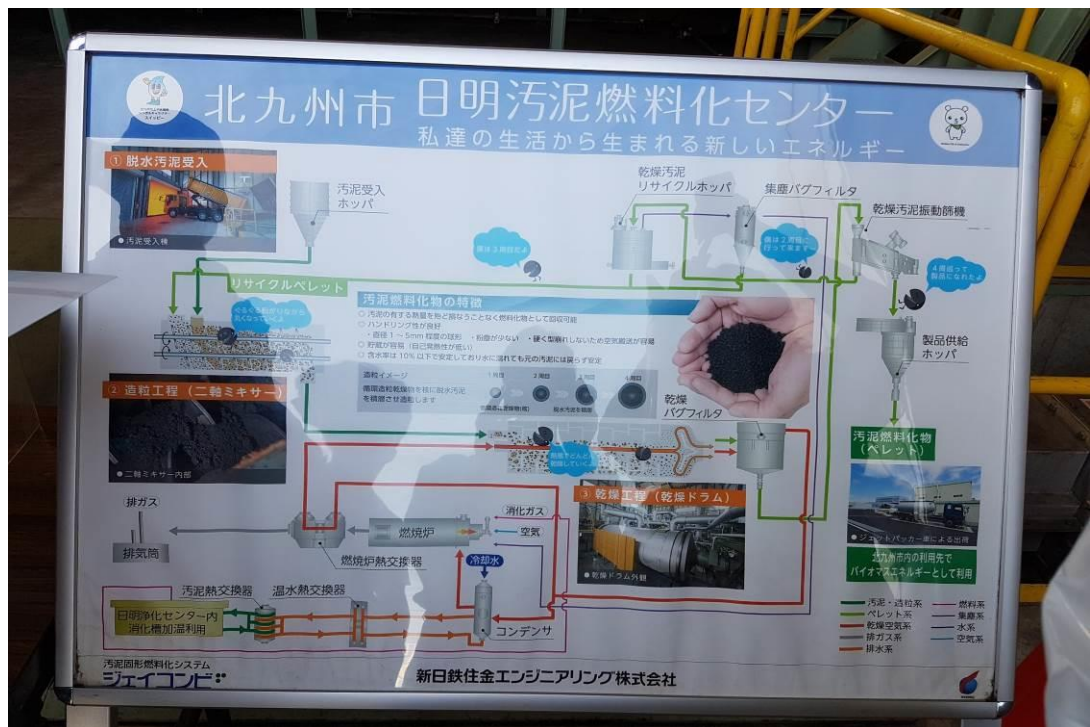


圖 15 污泥燃料化流程圖





圖 16 污泥乾燥爐



圖 17 污泥造粒成品

(4) 再生水處理流程：處理流程可分為污水淨化及海水淨化兩種不同的處理程序，污水先經過 MBR 系統及 RO 系統處理，由於 RO 處理後之濃縮水導電度仍低於海水，故將濃縮水與經 UF 膜處理過之海水混合以稀釋導電度，再經 RO 系統處理，如此可降低海水淡化的成本約 30%，同時處理後的水可符合飲用水水質標準，可直接用於工業用水、城市用水及農業用水，且日明淨化中心亦將再生水包裝成飲用水商品供參訪來賓飲用。

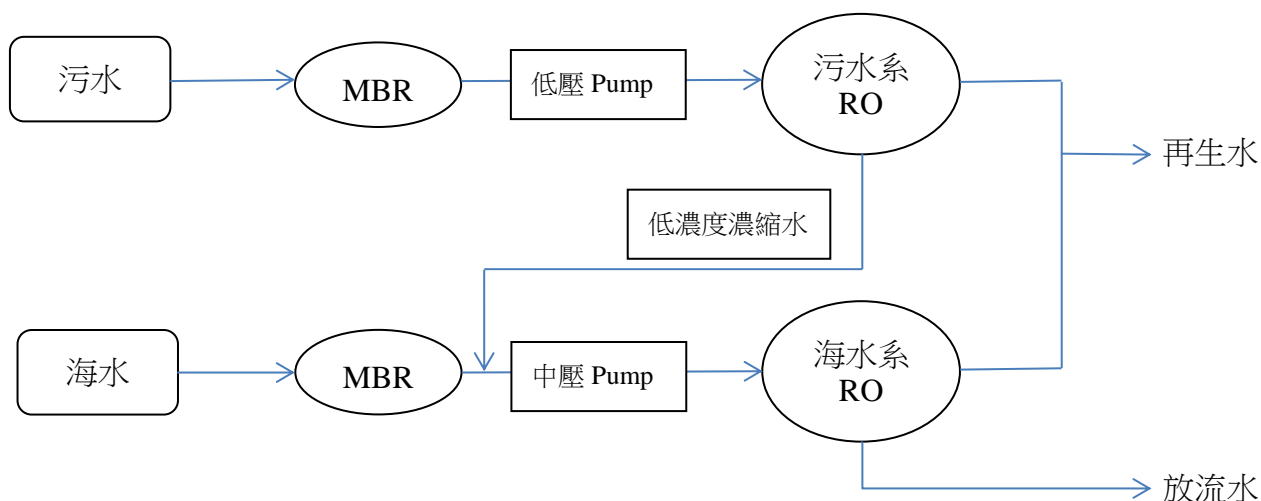


圖 18 日明淨化中心再生水處理流程



圖 19 MBR 處理機制說明



圖 20 MBR 處理水槽



圖 21 UF 膜/RO 膜處理設備

# UF(限外ろ過)膜 / RO(逆浸透)膜システム

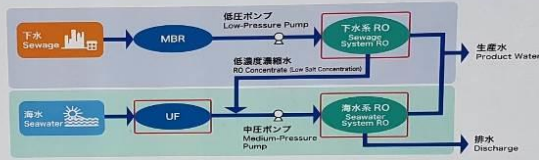
- Ultrafiltration (UF) & Reverse Osmosis (RO) Membrane System
- UF(超濾)膜/RO(反滲透)膜系統

UF膜は、海水から細菌などの粒子を除去することができます。RO膜では、このUF膜処理水やMBR処理水から塩分やイオンを取り除き、飲料水レベルの淡水を得ることができます。

UF membranes eliminate bacteria and other particles from seawater and RO membranes remove salt and ions from UF membrane-treated water and MBR-treated water, resulting in freshwater at almost the same level of quality as drinking water.

UF膜可以从海水中去除细菌等粒子。利用RO膜可以从经过UF膜处理的水以及经过MBR处理的水中去除盐分和离子，从而可以得到相当于饮用水水准的淡水。

## ● テモプラント処理フロー Flow Diagram of Demo Plant



## ● UF膜、RO膜の機能 Functions of UF and RO Membranes

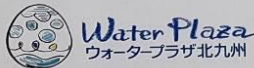
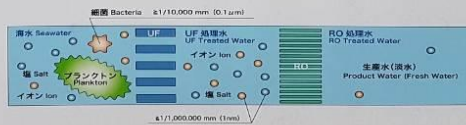


圖 22 UF 膜/RO 膜處理機制



圖 23 UF 膜中心構造



圖 24 再生水製成瓶裝飲用水



圖 25 參訪人員於淨化中心合影

## 二、日本污水處理技術研討會及下水道技術展覽

### 1.日本污水處理技術研討會

以下就摘錄研討會部份演講內容做摘要說明:

#### (1) Model study on introduction of advanced wastewater reclamation system using UF membrane and Ultraviolet disinfection。

由日本國土技術政策綜合研究院(National Institute for Land and Infrastructure Management)所發表，採用 UF 膜與 UV 消毒等主要處理程序，處理後的廢水經由 UF 膜(孔徑在 0.01um)可去除水中大部份的雜質，再通過 UV 光可消滅 99.9973%病毒，淨化後的水質標準不僅可供農業灌溉，還可做為都市自來水使用(如洗手、洗澡、飲用)，且相較於傳統的再生水處理程序，此系統不僅可提供安全穩定的水質，並有較低的建造及操作維護成本，對於未來的再生水處理系統更具有經濟及技術發展價值。

#### (2) Development of Polymer Dosage Control System

論述污泥濃縮脫水中 Polymer 最佳加藥量的控制研究，由於污泥含水率、成份會隨進流水中的水質產生變化，過多或過少的 Polymer 加藥量均會影響脫水效益及成本控制。實驗中藉由連續偵測污泥中的固體物含量、含水率、表面電荷量，來探討加藥量與監測數值的關係性，結論顯示 Polymer 加藥量與污泥中含水率與表面電荷量有高度的相關性，未來可藉由此兩項的監測來發展 Polymer 自動加藥控制技術。

#### (3) The introduction of wastewater reclamation in Taiwan

本次參與研討會的演講者中，其中包含了來自台灣的營建署下水道工程處陳志偉處長，主要介紹台灣水資源缺乏情形以及下水道廢水回收現況、未來水資源再生規劃等。台灣每年雖有豐沛的雨量，但因地勢狹長保水能力差、降雨多集中在於每年的五至十月等因素，使的台灣人均水資源遠低於世界各國，如圖 23 所示，故水資源回收再生對於台灣乃是一個舒緩水資源不足的關鍵議題。台灣於 2013~2019 年將陸續興建六座示範性再生水廠(包含福田、鳳山溪、高雄臨海工業區、安平、豐原、永康)，總回收水量可達 28 萬 CMD，屆時將回收水將優先提供給工業用戶使用，以解決水資料不足之問題。

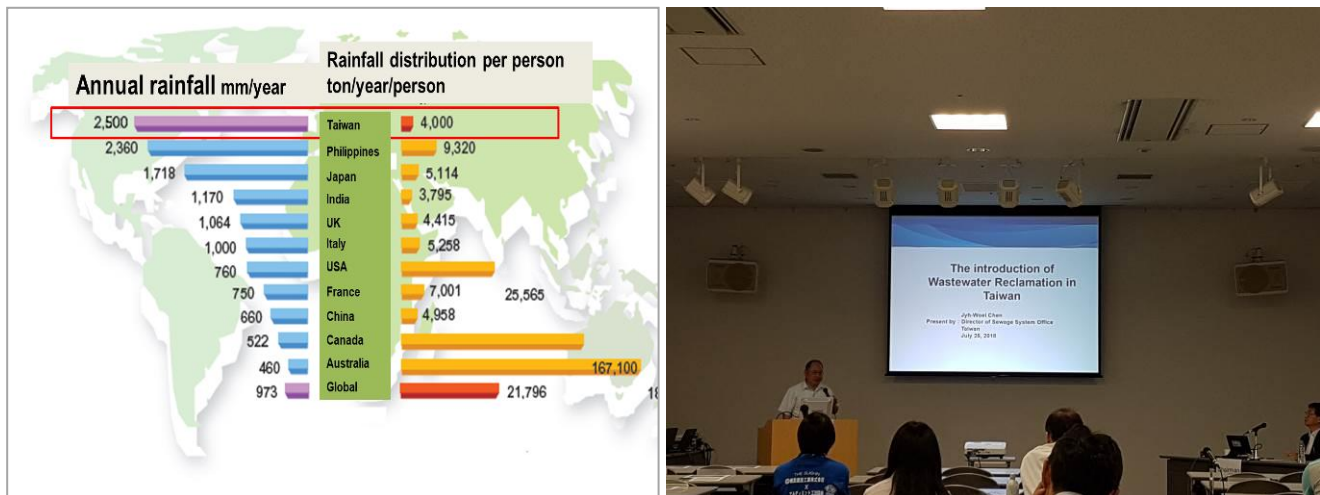


圖 26 世界人均水資源分配及研討會現場照片

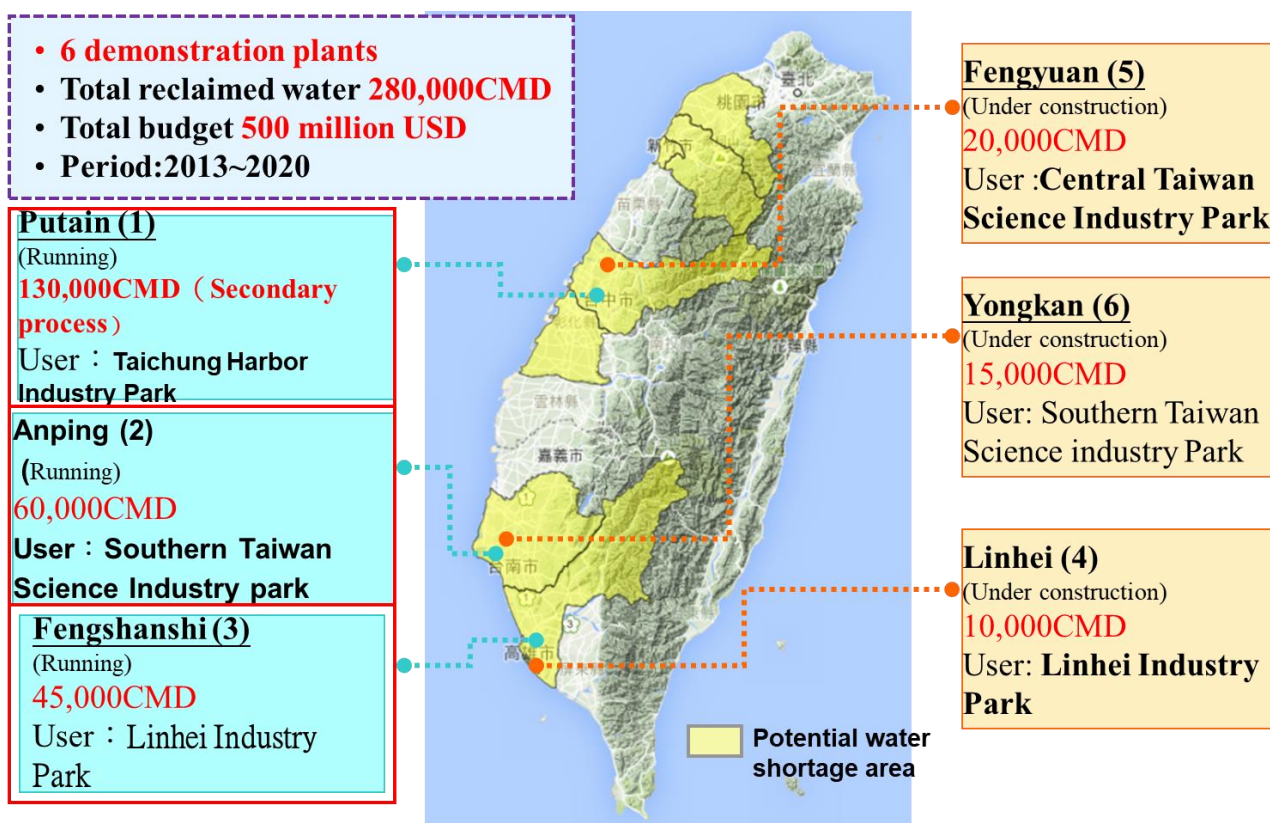


圖 27 台灣再生水廠規劃

(4) Field survey on nitrous oxide emission from conventional activated sludge processes with different operating conditions.

論述污水處理中，在不同的操作情況下生於好氧生物反應系統中所產生的  $N_2O$  的排放量測量結果。在傳統的活性污泥法中， $N_2O$  的排放量為  $142 \text{ mg-N}_2\text{O}/\text{m}^3$ ，AO

處理程序為  $29.2\text{mg-N}_2\text{O}/\text{m}^3$ ，MBR 處理程序為  $0.5\text{mg-N}_2\text{O}/\text{m}^3$ ，以 MBR 處理所產生的  $\text{N}_2\text{O}$  最低。

## 2. 下水道技術展覽

經由參訪 2018 年日本下水道展，可看出下水道產業在日本蓬勃發展的狀況以及技術發展趨勢，這兩年各種水處理相關設備多涉及能源節約、資源回收、設備延壽、高效技術等議題，而雲端、IoT 技術也在發展中。另展場之布置相當精緻，展出之公司亦有多場技術發表活動。

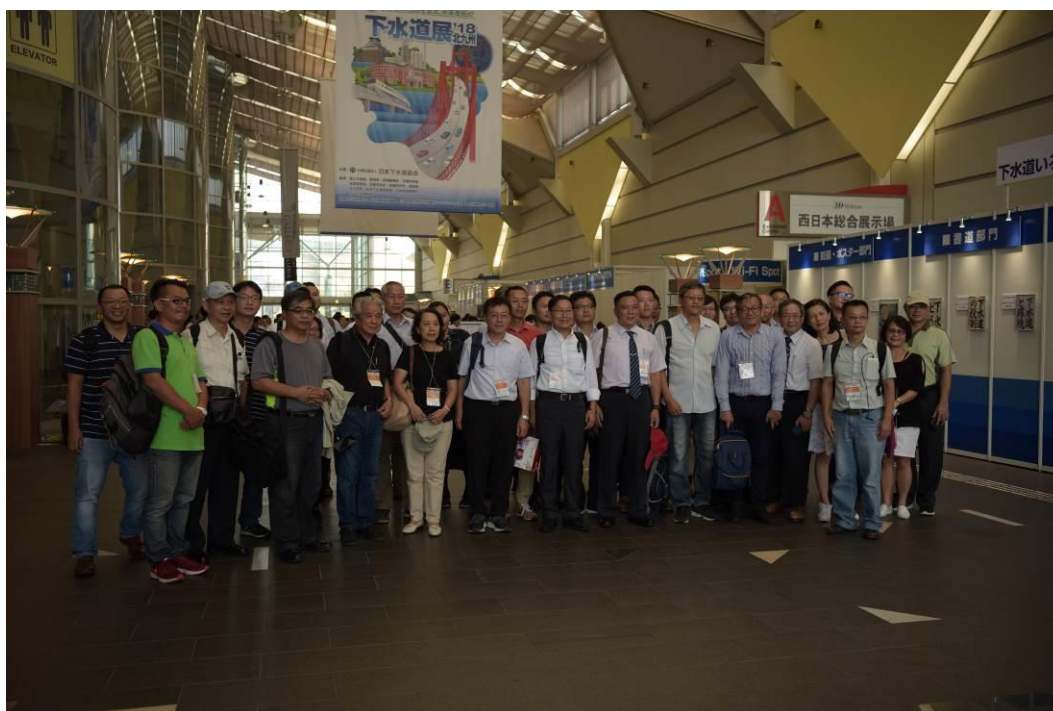


圖 28 參訪人員展場合影

部份廠商禁止人員拍攝照片，以下就針對下水道展覽可供拍照的商品、技術做重點摘要說明：

### (1) 人孔蓋彩繪：

在台灣大多數的人孔蓋單純只是一個單調鐵製品，而在日本卻會將人孔蓋彩繪上當地的風俗民情、地方特色等圖案，使冰冷的人孔蓋添加美術價值，兼具有美化市容的效果，現場人孔蓋彩繪展示。





圖 29 現場人孔蓋彩繪展示

(2) 管材強化劑:

於管材或其它物品上，僅要塗上一層強化劑，可能讓管材的強度增加為原來的 3 倍。



圖 30 管材強化劑展示

### (3) SPR 管渠更生工法:

SPR 管渠更生工法，針對老舊污水下水道管路，內部破損、硬質鹽化、漏水等現象，由製管機將板帶以螺旋捲入方式捲成管狀並送入下水道管而形成螺旋管，使螺旋管與舊管緊密接合如同取代內部管壁。以改善管路老舊破損、解決不易維修之問題，並可適用於管內仍需部份通水狀態下施工。



圖 31 SPR 管渠更生工法展場



圖 32 SPR 管渠更生工法解説

(4) FFT-S 管渠更生工法:

FFT-S 管渠更生工法，與 SPR 工法適用範圍相似，僅其工法施作原理是將管路置入特殊填充材後，以加熱膨脹-冷卻硬化的方法讓填充材附著管壁內側，達成管壁修復功效。



圖 33 FFT-S 管渠更生工法

(5) 下水道 TV 檢視車:

相較於一般的 TV 檢視車，此設備可在水中處於滿管流的情況下，亦能進行 TV 檢視工作。如圖 11 所示。



圖 34 下水道 TV 檢視車

#### (6) 管路接著工法:

一種具有高止水性、高彈性的管路接合工法，利用一種高彈性接著劑填充於接合處，其具有耐震、高止水性且施工方法相較於傳統較為簡易、成本較低。



圖 35 管路接著工法

#### (7) 下水道管路修復工程:

本次旅程同時參觀日本下水道管路修復的實際施做，包含交通維持、換氣、管路修復等過程。在交通的部份，有別於台灣的施作，日本至少會在施工處前後安排 2 名人員專門指揮交通，在施工區亦會設置護欄隔離，以保持人員安全。

人員若要下到下水道管路中，為避免管路氧氣不足，有窒息的可能性，往往需要將管路空氣進行置換，而日本採用專門的空氣幫浦機器，直接將外部空氣打入管路中，相較於台灣有較優良的技術運用，降低人員意外風險。



圖 36 施工訊息公告



圖 37 交通維持



圖 38 下水道換氣設備



圖 39 管線修復施工

### 三、九州積水工業公司

九州積水工業公司是日本積水化學工業公司之子公司，積水化學工業之產品領域甚廣，包括運用於半導體、面板、車輛等之高機能塑料以及管材等環境生活基礎設施，九州積水工業主要產品屬環境生活基礎設施，包括污水下水道系統管線、自來水供水管線以及供電、氣之管材，其材質主要為 PCV、PE 及 FRP。公司內設置了一個小型的展示場，呈現實際管道狀況。



圖 40 九州積水工業展示場



圖 41 耐震管材



圖 42 人孔剖面



圖 43 真空下水道系統試驗管道



#### 四、福岡中部水處理中心

福岡市共有 6 個水處理中心，下水道普及率高達 99.6%，由於福岡市市內無 1 級河流，且河流既短又急，保水能力差，水資源較日本其他地區相對缺乏。該市於 1978 年發生嚴重缺水問題，全年有 287 天用水受限，故於 1979 年啟動再生水事業，是日本第一個使用再生水的城市，目前福岡市再生水的供應場所數量居日本首位。福岡市的自來水及再生水收費方式是採分級收費，也就是水量用的越多，水費的單價愈高，自來水每立方公尺收費自 175~542 日圓，再生水每立方公尺價格為 150~350 日圓，以鼓勵民眾節約用水。

本次參訪福岡中部水處理中心，設計處理污水量為 30 萬 CMD，目前平均處理水量約 20 萬 CMD，處理區域的人口數約 37.3 萬人，污水處理方式主要為 AO 活性污泥法，其再生水處理設施也於 1980 年度開始供應再生水，再生水處理能力為 1 萬 CMD，供應 1020 公頃區域做為廁所沖水、公園或道路花木澆灌使用，其主要再生水處理程序是將生物處理後的污水再經混凝沈澱、前纖維過濾、臭氧氧化（除臭、脫色、殺菌）、次氯酸鈉消毒、最終纖維過濾等流程。其生物處理所產生的污泥經過濃縮消化後，添加凝集劑進行脫水，再送到外面焚化處理後進行再利用。

另該中心於 1984 年開始用污泥消化產生的沼氣發電，處理流程是將濃縮污泥放入加溫消化槽(45°C)，約消化 30 天後產生的消化氣體經除硫後（CH<sub>4</sub> 約 60%；CO<sub>2</sub> 約 40%，每日約可產生 23000 m<sup>3</sup>），部分提供該中心自有燃氣發電機發電，可提供全中心 2 成的動力，大部分的沼氣則有償提供給 FIT 事業（販售電力），FIT 事業將沼氣以燃氣發電機發電後經由電網運輸出售給當地電氣業者，一年總發電量約 710 萬 kwh（約 1,570 戶一年用電量），可削減二氧化碳約 3,900 噸。另有少部分消化氣體經過膜分離裝置將 CH<sub>4</sub> 與 CO<sub>2</sub> 分離，其中高濃度的沼氣（CH<sub>4</sub> 約 92%）經氫氣生產裝置產生高純度的氫氣（99.999%），供氫燃料電池車使用，每日約可產生氫氣 3300 m<sup>3</sup>，約可供應 65 輛氫燃料電池車，另分離後的 CO<sub>2</sub> 則供溫室栽培使用。



圖 44 福岡中部水處理中心簡介交流



圖 45 再生水使用標章



圖 46 燃氣發電機



圖 47 沼氣脫硫設備

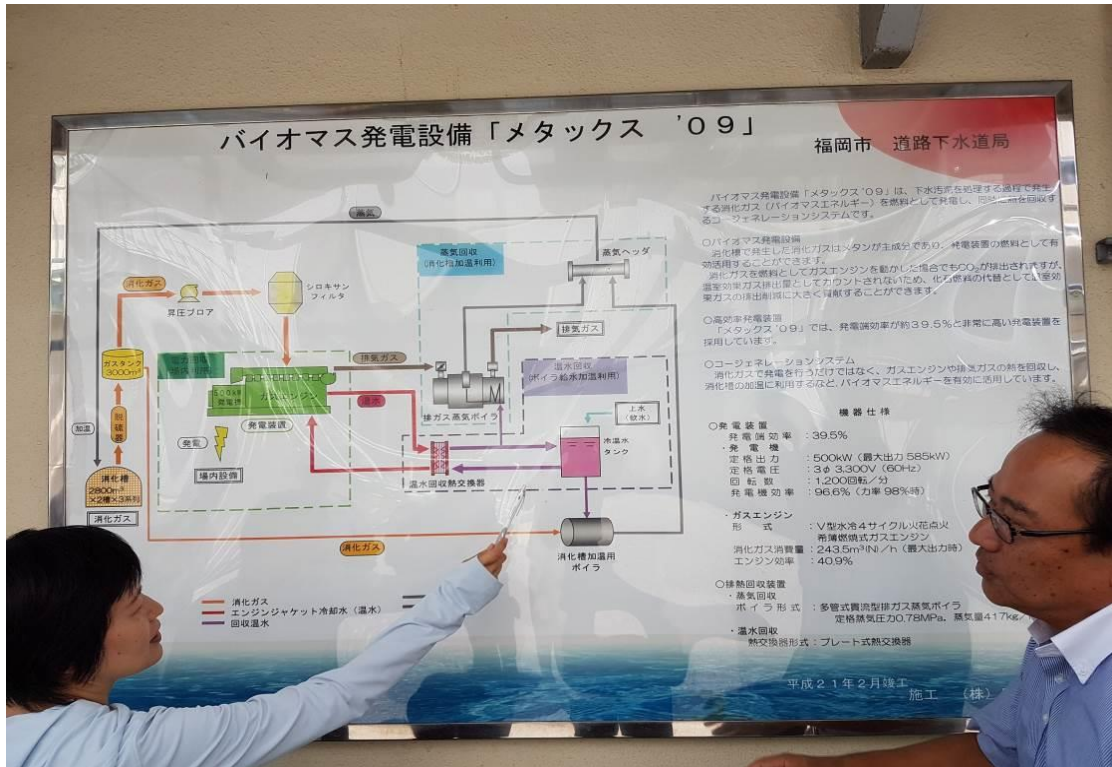


圖 48 沼氣發電單元說明



圖 49 再生水處理流程看板



圖 50 纖維過濾機

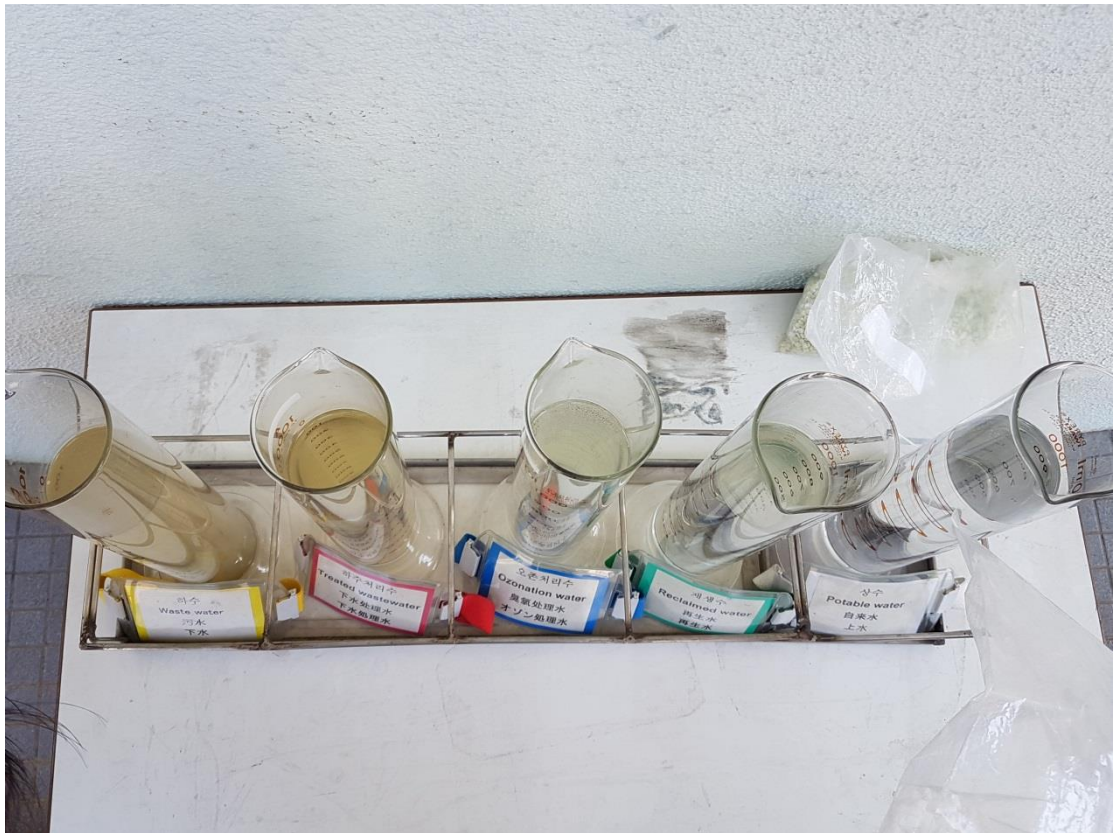


圖 51 各處理單元水質比較

## 肆、心得建議

### 一、心得

#### (一) 能資源循環

由於日本先天環境缺乏能資源，故其相當注重能資源循環再利用，以日明淨化中心為例，其在興建時便規劃將污水處理廠、焚化爐、污泥燃料中心建構在同一區域，污水處理單元所產生的污泥經消化後產出的沼氣可做為焚化爐燃料使用，焚化爐多餘的廢熱可供污泥乾燥，循環造粒乾燥後的污泥可做為燃料販售使用。另福岡中部水處理中心則是利用污泥消化產生的沼氣進行發電，並經由更進一步純化後產生高純度的氫氣，供氫燃料電池車使用。兩者均具有相當完整的能資源再利用規劃，並具經濟可行性，可供國內污水處理廠參考。

#### (二) 水資源再生

日明淨化中心其污水及海水淨化單元，分別採用 MBR+RO(污水)及 UF+RO(海水)處理程序，可將水質處理至飲用水標準以內，去除 99.99%以上的細菌其它物質，再生回收的水可用於工業、農業灌溉利用、地下水補給、景觀池等用途。而福岡中部水處理中心，處理程序採臭氧及次氯酸鈉消毒、纖維過濾，處理後的再生水僅供廠內及附近居民沖廁、澆灌使用，故水質要求標準較低。

#### (三) 環境教育推廣

日明淨化中心環境教育推廣，其設備之完善及參觀教材之設計，是國內污水廠所不及的，包含互動式導覽、影音設備、展覽品擺設、現場解說牌繪製、環境維持等，種種細節均可看見日明淨化中心所投入環境教育之用心，其環境教育之成果足以供國內污水廠、水資源處理中心來參考學習。

#### (四) 各國近年對於污水處理關注議題及相關研究

日本污水處理技術研討會屬國際型研討會，參與演講者來自世界各國，發表污水處理相關技術研究成果，主題包含最新污水處理技術、國際污水處理發展、水處理資源再生技術及水資源管理，可瞭解目前國際上對於污水處理關注的議題及研究。另參訪日本下水道展，可看到日本下水道產業近年來的技術發展，其中有許多管線維修的技術值得參考。

### 二、建議

- (一) 針對科學園區或工業區污泥有機質含量較高的污水處理廠，可考量設置污泥消化系統，並將消化產生之沼氣進行回收，可做為廠內發電或其他加熱系統之燃料使用，甚可進一步純化後經反應產生氫氣，供氫燃料電池等設備使用。
- (二) 本次參觀日明淨化中心及福岡中部水處理中心皆有再生水處理單元，兩者隨再生水用途、水質要求不同，而採用不同的處理程序。若未來園區或工業區污水處理廠回收的再生水僅供廠商澆灌、沖廁使用，則可參考福岡中部水處理中心，於生物處理之後採用消毒、過濾等處理單元；若未來再生水欲再供園區廠商製程使用，則參考日明淨化中心設置 MBR、RO 膜等高級處理程序，其設置、操作成本亦遠高於前者。
- (三) 園區污水廠可參考日本日明淨化中心加強環境教育設施，包含互動式影音導覽、污水相關展覽品展示、設立風力/太陽/水力等發電量看板、改善現場解說告示牌等，用以豐富環境教育內容，吸引民眾團體前來參觀。
- (四) 於下水道展覽中看到包含 SPR、FFT-S 等先進之下水道管線修繕工法，其成本相較於管線更新低，可作為未來園區污水管線修繕之參考。另目前園區污水處理廠所使用之下水道 TV 檢視車無法在管線污水流量較大時使用，未來可考量採用展場中所展示之 TV 檢視車（可完全沈浸水中），以增加管線檢查之便利性。