

出國報告書（出國類別：考察）

污水下水道生活污泥處理流程及技術、各類廢棄物處理回收技術考察

服務機關： 桃園市政府環境保護局
桃園市政府水務局

姓名職稱： 黃世昌 參議
江育德 主任秘書
張弘岳 專門委員
鍾淑女 科長
李美質 技正
黃筱芬 股長

派赴國家： 日本

出國期間： 107 年 1 月 25 日至 29 日

報告日期： 107 年 4 月

桃園市政府及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

污水下水道生活污泥處理流程及技術、各類廢棄物處理回收技術考察

頁數 14 含附件：☐是☒否

出國計畫主辦機關：桃園市政府環境保護局

聯絡人：黃筱芬 股長

電話：03-3386021#1502

e-mail：00959@tydep.gov.tw

出國人員

姓名	服務機關	單位	職稱	電話
黃世昌	桃園市政府		參議	03-3386021#2201
江育德	桃園市政府	環境保護局	主任秘書	03-3386021#8401
張弘岳	桃園市政府	水務局	專門委員	03-3033688 #3685
鍾淑女	桃園市政府	水務局	科長	03-3033688 #3750
李美質	桃園市政府	環境保護局	技正	03-3386021#1402
黃筱芬	桃園市政府	環境保護局	股長	03-3386021#1502

出國類別：☒1.考察 ☐2.進修 ☐3.研究 ☐4.實習 ☐5.其他

出國期間：107 年 1 月 25 日至 29 日 出國地區：日本

報告日期：106 年 4 月

關鍵詞：污水下水道、污泥處理、廢棄物

內容摘要：

桃園市是工商大縣，現居人口數為全國第五多，每人每日產生的垃圾量已高於 1 公斤；另外，桃園轄內工廠林立，事業廢棄物列管家數全國最多，處理機構家數為全國第二，每年產生之事業廢棄物量約 19.8 萬公噸，廢棄物去化問題及管理措施為重要課題。

另外，桃園市正積極推動全市共 11 處公共污水下水道系統，藉由市政府自

辦、營建署代辦及委託民間參與的 BOT 案多管齊下，所產生的污泥量去化處理及再利用之永續規劃也是不容小覷的問題。

此次受邀參加桃園市市政研究學會「污水下水道生活污泥處理流程及技術、各類廢棄物處理回收技術」日本考察行程，透過與日本環境局、建設局等單位交流互動，了解日本政府在垃圾處理、污水下水道污泥的管理方式及民眾推廣教育的手段，另外與日本學術界及產業界進行廢棄物處理技術交流等，收穫良多，可作為後續業務推動之參考。

目錄

壹、目的	1
貳、考察內容	2
參、心得及建議	13

圖目錄

圖 2-1 舞洲工場建築模型	2
圖 2-2 舞洲工廠外觀	2
圖 2-3 舞洲工廠處理流程模型	3
圖 2-4 舞洲工廠處理流程示意圖	3
圖 2-5 垃圾焚化減積展示品	4
圖 2-6 熱能回收發電互動設施	4
圖 2-7 垃圾分選流程互動設施	4
圖 2-8 大阪市污水處理廠位置圖	5
圖 2-9 舞洲污泥處理中心下水污泥處理流程示意圖	6
圖 2-10 各處理階段污泥樣品	7
圖 2-11 處理水粹融渣示意圖	7
圖 2-12 自動無人駕駛運送車	8
圖 2-13 下水污泥聚合實驗體驗	8
圖 2-14 再生透水磚介紹	8
圖 2-15 下水道科學館簡介	9
圖 2-16 下水道科學館參訪	10
圖 2-17 燃煤飛灰的產生及資源化流程圖	11
圖 2-18 Omron 技術交流合照	12

壹、緣起及目的

桃園市是工商大縣，現居人口數為全國第五多，每人每日產生的垃圾量已高於 1 公斤；另外，桃園轄內工廠林立，事業廢棄物列管家數全國最多，處理機構家數為全國第二，每年產生之事業廢棄物量約 19.8 萬公噸，廢棄物去化問題及管理措施為重要課題。

另外，桃園市正積極推動全市共 11 處公共污水下水道系統，藉由市政府自辦、營建署代辦及委託民間參與的 BOT 案多管齊下，所產生的污泥量去化處理及再利用之永續規劃也是不容小覷的問題。

此次受邀參加桃園市市政研究學會「污水下水道生活污泥處理流程及技術、各類廢棄物處理回收技術」日本考察行程，期望透過與日本環境局、建設局等單位交流互動，了解日本對於污水下水道污泥及廢棄物處理技術等議題的管理方式、技術發展情形，作為後續業務推動之參考。

貳、 參訪內容

一、 大阪市環境局舞洲工場（垃圾處理廠）

舞洲工場位於填海造地而來的舞洲，於 1997 年 3 月施工，2001 年 4 月落成營運，外觀設計新穎，耗資 1.6 億日圓委由知名的環保建築藝術家佛登斯列·亨德華沙（Friedensreich Hundertwasser）設計，以技術、生態及藝術融合打造別具一格的垃圾處理場，建築物外部黃紅融合的線條即為了表現焚化燃燒火焰的樣貌設計的。

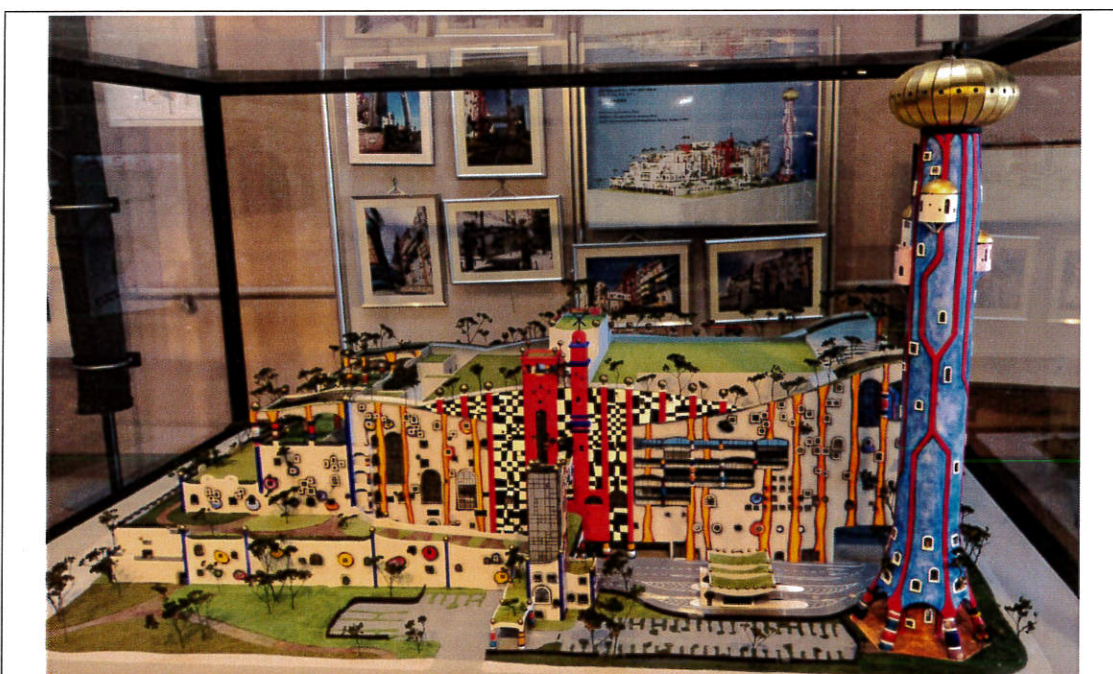


圖 2-1 舞洲工場建築模型

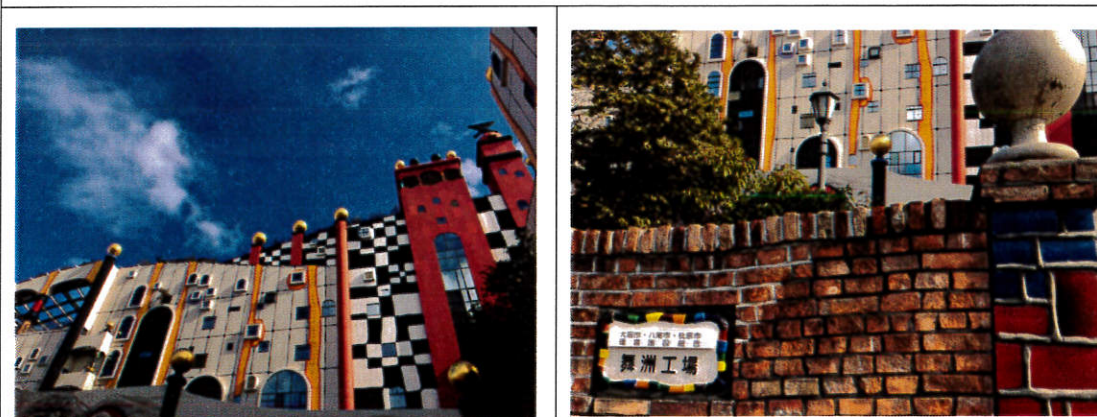


圖 2-2 舞洲工廠外觀

舞洲工場場內有兩座焚化爐，每座焚化爐的垃圾日處理能力 450 公噸，約可處理大阪市產出垃圾量的四分之一，為大阪市内七座焚化爐中處理能力最大的兩座之一（另一座為平野焚化爐）。處理種類包括「可燃性垃圾」及「巨大垃圾」（如廢棄傢俱、電器或腳踏車等）。進廠的巨大垃圾經過粉碎處理、磁選、篩分及造粒等程序，分類出有價物質；而可燃性垃圾則經 850~950℃ 焚化處理、較大可燃性垃圾（如：榻榻米或木質傢俱...等）則先由低速迴轉剪切式粉碎機，破碎（粒徑小於 40 釐米）後再焚化處理，以提升焚化效率。



圖 2-3 舞洲工廠處理流程模型

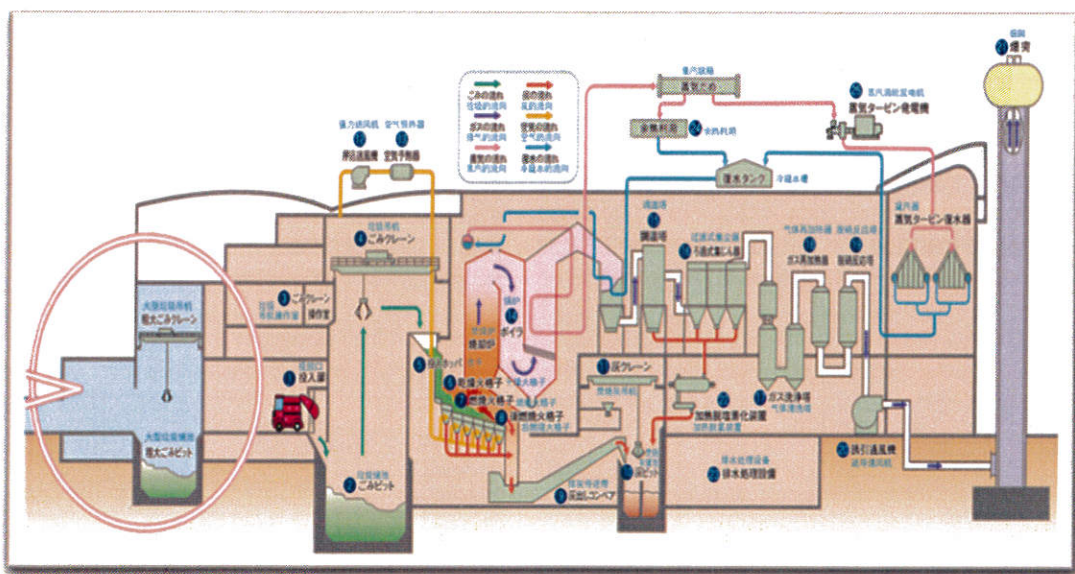
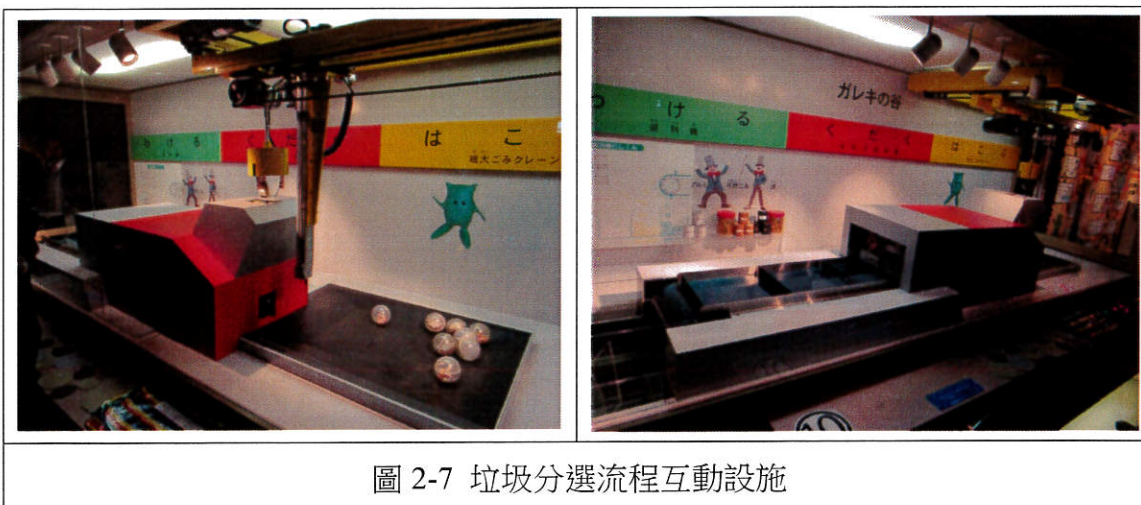


圖 2-4 舞洲工廠處理流程示意圖

可燃性垃圾高溫焚化後體積約為處理前的二十分之一，具相當的減積能力。同時，舞洲工廠也相當注重的污染防治，焚化產生的廢氣送至煙囪前，要經過三道過濾、淨化及煙道溫降等程序，以最大限度的方式破壞並抑制戴奧辛及其他污染物的生成，舞洲工場戴奧辛排放濃度僅 0.001 ng-TEQ/m^3 (為日本排放標準的千分之一)。另外，舞洲工場設置熱回收系統將焚化時所產生的高熱回收進行發電，產生的 50% 電力就足以供給整座舞洲工場的營運使用，剩餘 50% 電力則販售給關西電力公司，每年約有 6 億日圓賣電收入。除了回收熱能發電之外，舞洲工廠每日產出焚化爐底渣約 180 噸，經安定化處理後可再利用於填海造陸工程材料。

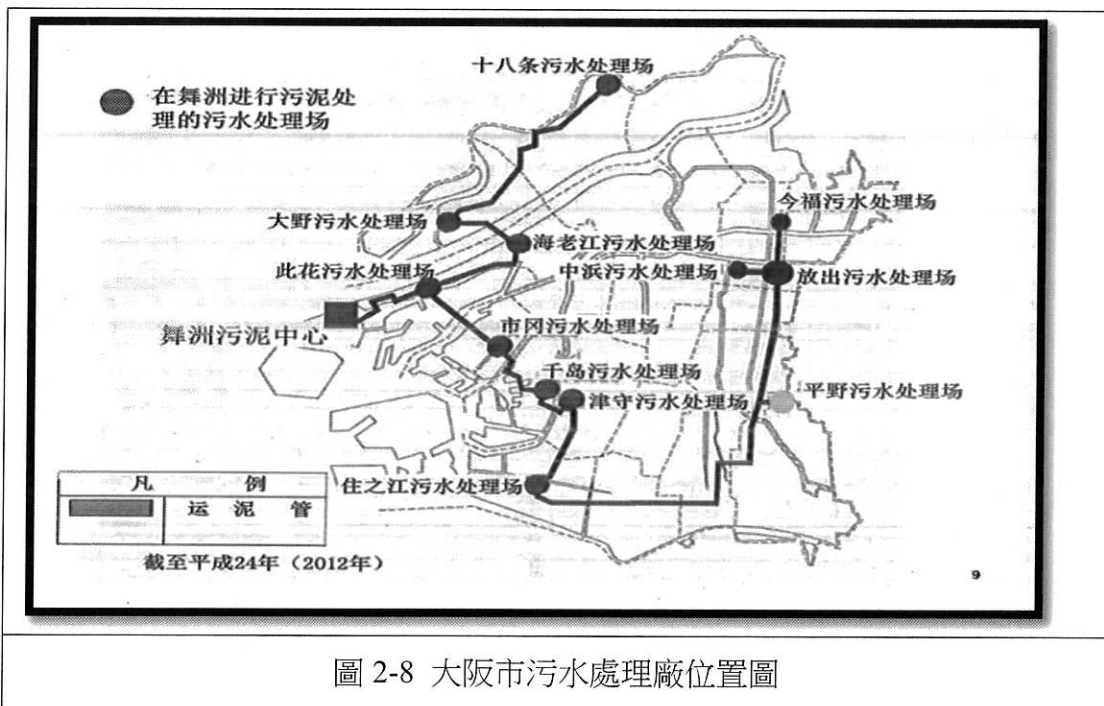


舞洲工廠也是一個環境教育場所，除了外觀新穎的特色之外，更提供完整的導覽服務，透過影片介紹、焚化流程現況介紹及互動式設施，讓參觀民眾進一步了解垃圾處理流程，且廠內異味控制完善，更提升民眾參觀的意願。



二、大阪市建設局舞洲下水污泥處理中心（MAISHIMA SLUDGE CENTER）

大阪市人口數約 260 萬，轄內設有 12 個污水處理廠及 1 個污泥處理中心，每日污水處理量約 200 萬立方公尺，產生的污泥（含水率約 98%）透過地下污泥輸送管線集中送至舞洲下水污泥處理中心及平野污水處理廠處理。舞洲下水處理中心是大阪市一處專職處理污泥的地方，肩負著大阪市約 70% 的污泥處理任務，該下水污泥處理中心占地面積約 33,900 平方公尺，為一地上六層、地下一層的鋼筋混凝土結構，建築面積約 17,000 平方公尺，污泥脫水設備現有五座，每座的處理能力為 60 立方公尺/小時，污泥熔融設備現亦有五座，每座的處理能力為 150 公噸/日。



在舞洲污泥處理中心成立之前，大阪市的污泥需要先脫水至含水率 80% 的狀態，再透過車輛運輸的方式載運到處理地點。運輸的過程中污泥不免會散發臭氣異味，導致當地居民的不滿，現在透過直徑 700 毫米的地下送泥管輸送污泥（目前大阪市建置的地下送泥管總長度約 59,000 公尺），解決了臭氣異味的問題之外，也節省了運輸的成本。因有機性污泥因清運過程及堆置時會產生臭味及異味，

造成民眾爭議，這樣透過地下的污泥輸送管線輸送，是很值得桃園市來學習。

舞洲下水污泥處理中心是採用熔融技術處理污泥，大阪市每日約有 4,000 公噸含水率 98% 的污泥透過地下送泥管輸送至舞洲下水污泥處理中心，經過沉澱、化學混凝、消化、脫水、乾燥等過程，形成乾燥污泥後，在進入到熔融爐處理，經 1,300~1,400℃ 高溫熔融，再經水粹程序形成黑色顆粒狀熔渣。

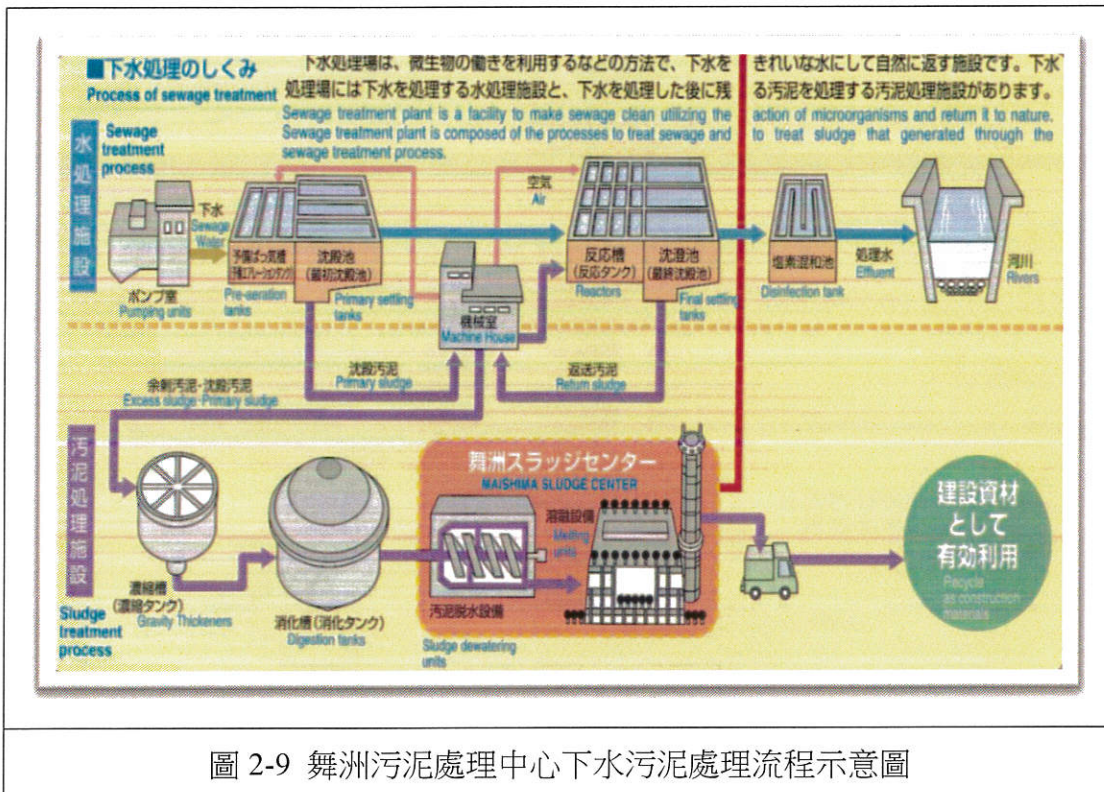


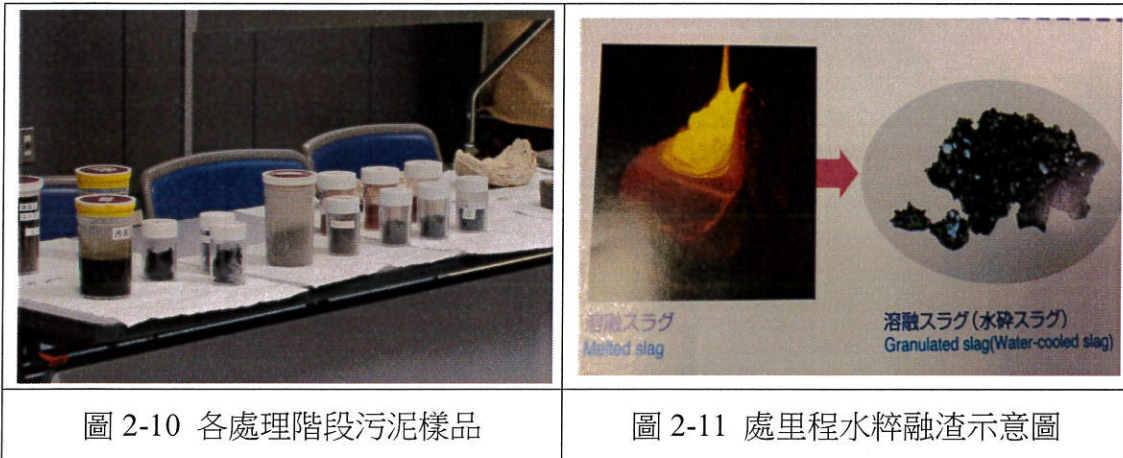
圖 2-9 舞洲污泥處理中心下水污泥處理流程示意圖

處理流程說明如下：

- (一) 大阪市内下水污泥（含水率約 98%）經由地下送泥管輸送至舞洲下水污泥處理中心內的脫水單元進行脫水至含水率 80%。
- (二) 將含水率 80% 的污泥餅透過高溫的水蒸氣（350~400℃）與污泥表面連續接觸進行乾燥。
- (三) 乾燥後的污泥再進入到破碎機進行粉碎，粉碎至粒徑小於 0.8mm 的粉狀乾燥污泥，作為準備到下一單元進入熔融程序的前處理。

(四) 將準備就緒的乾燥污泥送入熔融爐，熔融爐的操作溫度約介於 1,300~1,400℃，爐內的熱空氣形成一旋風（Cyclone）對流，可以污泥均勻受熱瞬間燃燒形成熔融態。

(五) 熔融態的熔渣藉由耐火材料構築之引道導入至水粹裝置，進行瞬間降溫形成玻璃化之水粹熔渣。



參訪舞洲下水污泥處理中心除了由廠方代表以簡報介紹外，提供各處理階段(即含水率不同)的污泥樣品展示，也設計了污泥聚合的互動式實驗，讓參訪者體驗含水率高達 98%的污泥是如何聚合的過程，藉此加深參訪者印象。

舞洲下水污泥處理中心熔融水粹後產出的熔渣體積約是熔融處理前的十五分之一，每日約產出 25 公噸熔渣，由無人駕駛車運送入庫。這些融渣因其重金屬、有害物質已完整包覆於玻璃化結構中，可用於工程填地材料。除了舞洲下水污泥處理中心的熔融水粹之外，日本其他污泥焚化廠產出的底渣多用於製透水磚用途，產製的再生透水磚每個費用約 200 日圓，因強度限制，多用於人行道或公園道路鋪設。

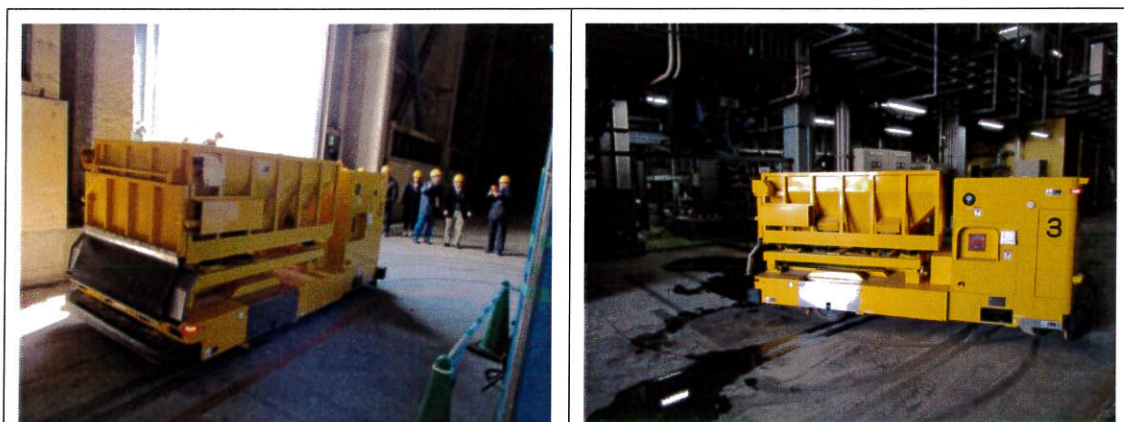


圖 2-12 自動無人駕駛運送車



圖 2-13 下水污泥聚合實驗體驗

圖 2-14 再生透水磚介紹

三、大阪市下水道科學館

大阪市下水道科學館成立於 1995 年，由大阪市下水道局編列 38 億日圓規劃、設計、興建及維護管理，開放日本民眾、機關學校及國外貴賓參觀，每年參觀人次達 200,000 人，其中 20%(約 40,000 人)為海外嘉賓，全館內之廁所、館外藝術造景、植栽綠美化均來自海老江下水道處理廠之逆滲透膜技術處理(RO 逆滲透)之回收水再使用。藉由下水道科學館中各項介紹，使參觀者了解污水下水道的處理過程。

下水道科學館分為六大主題展示，透過靜態、動態、互動式及遊戲等不同的展示方式讓來訪者能愉快的參觀，例如「UNDERGROUND EXPLORER」於虛擬世界中乘坐驚險刺激的過山車，帶領大家了解全世界地底下的世界，又如「水之劇場」影片播放，讓來訪者了解水資源人類及地球的重要性。

下水道科學館六大主題如下：

- (一) 地下 1 樓「地下探險」，以類遊樂園模式設計了探險號設施、模擬潛盾機具等，透過遊戲介紹下水道管線形成等。
- (二) 1 樓「接觸水槽」，為迎賓大廳、體驗水槽、水資源信息機展覽，於各樓層參觀後可運用水資源信息機展覽回顧與複習。
- (三) 3 樓「都市環境與下水道・舞洲垃圾處理中心」，展示理念為「從城市衛生的維持到舒適環境的創造」，隨操作者的操作顯示模型與影像，解說新技術支持下的下水道今後的使命。
- (四) 4 樓「大阪市的下水道」，展示下水道維護管理、設立模擬污水處理設施之模型，讓參訪者親身體驗污水處理之經過、暴雨體驗設施以及合流式下水道概念。
- (五) 5 樓「不可思議的水」，藉由水劇場、水的科學供參訪者學習水的特性與水與地球環境的息息相關。
- (六) 6 樓「水與生命」，推廣空中花園利用經污水處理後的再生水進行蔬菜、水

果、植物等的水耕栽培，另利用再生水營造具親水空間的環境。



四、Omron 技術交流會議

考察行程中安排了與日方學術界（日本大分大學）及產業界（日本 WESTGROUP 株式會社）進行技術交流；大分大學理工部名譽教授佐藤嘉昭教授專長於材料特性領域的研究與開發，在建築材料上針對抗壓強度的提高及使用壽命的延長上成果豐碩，而日本 WESTGROUP 株式會社主要乃致力於綠能減碳相關產業的開發，其產業規模現為日本最大，業務範圍含括：太陽能發電（水上型及屋頂型）、小型水力發電、風力發電、有機發酵發電、地熱發電及電力販售...等。

此次交流會議重點則在再生資源化材料 CfFA（Carbon-free Fly Ash，除碳飛灰）技術應用，探討如何以火力發電廠產出之燃煤飛灰（Fly Ash，日稱：石炭灰），為原料，經過預熱程序（ $\sim 800^{\circ}\text{C}$ ）→自燃燃燒程序（ 850°C ）→溫降程序（ $400^{\circ}\text{C}\sim$ ）→水冷程序（ $40^{\circ}\text{C}\sim$ ）等程序，將燃煤飛灰中含碳物質完全去除，形成資源化產品：CfFA（Carbon-free Fly Ash，除碳飛灰）。

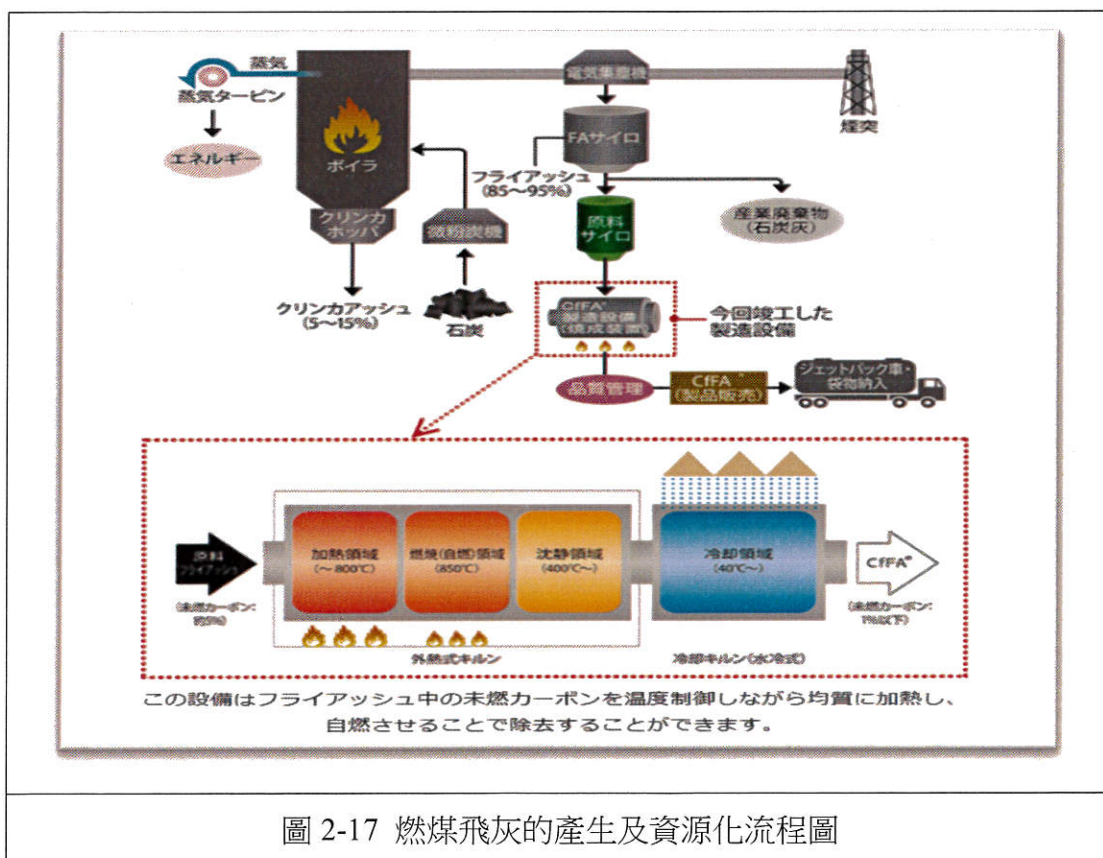


圖 2-17 燃煤飛灰的產生及資源化流程圖

該資源化產品可用於添加混凝土的材料中作為添加劑或細骨材，添加後能使混凝土拌合有更佳之緻密性及流動性、養護初期能減低水化熱、抗壓強度更能隨著養護齡期的增長而提高（根據佐藤嘉昭教授指出：當養護齡期達 100 年時，其抗壓強度將會增強 50%）及具有自體修復之功效。

此項技術已於日本取得專利認證（NETIS 登錄番号: QS-100005-A コンクリート混和材（CfFA：改質フライアッシュ）），為廢棄物成功透過技術改質的方式將其資源化的成功實例，目前將推廣運用在土木基礎結構物、隧道環片、攔沙壩體及建築構造物...等。反觀目前國內燃煤飛灰、污泥經處理後產生的資源化產品大多是「控制性低強度回填材料」(CLSM)，惟資源化產品使用率不高、去化不良，期可以借鏡技術交流提昇國內處理機構處理能力，達資源永續的目標。



圖 2-18 Omron 技術交流合照

參、心得及建議

- 一、常常我們忽略了該用形象來包裝我們的建設，政府為了推動污水處理廠、污泥處理中心等建設，各種說明會上常用的是專業術語想讓民眾了解接受，也許換個角度告訴民眾我們營造環境的構想，像大阪舞洲污泥處理中心、舞洲工廠是個美侖美奐的童畫世界，堪比迪士尼樂園的夢幻氛圍，首先吸引了大家的眼球，告訴民眾這裡是怎麼處理生活垃圾、將污泥怎麼變為寶！而且廠內管理完善，無論在作業動線、自動化設備、環境污染控制、人員教育訓練、展示方式等皆值得仿效，顛覆了原本對焚化爐或污泥處理廠的刻板印象，讓鄰避設施不再避鄰。
- 二、本次考察見識了日本政府對於廢棄物處理及資源再生利用的努力，如大阪舞洲污泥處理中心、舞洲工廠廠內回收熱能發電，將資源有效利用，產出的底渣也藉由特殊的熔融技術，將廢棄物轉化成資源化產品，並以政府的力量推動資源化產品再利用。反觀國內焚化爐底渣、污泥或飛灰處理機構產出再生粒料多用作控制性低強度混凝土原料使用，惟目前使用率不高，建議未來可由政府機關帶頭推動，訂定相關規定由公共工程首先將再生粒料納入使用範圍，以落實資源循環的目標。
- 三、參訪舞洲工廠時廠方代表表示，日本國內的垃圾分為「可燃性垃圾」、「不可燃性垃圾」、「紙類」、「塑膠類」、「鐵罐」...等許多種類，因為落實垃圾分類，使後端垃圾處理流程簡化、且處理效率較高！反觀國內民眾分類「資源回收」跟「一般垃圾」有很大的不同！再者，台灣民眾垃圾分類並不確實，一般垃圾裡面還夾雜廚餘、塑膠、紙類等可資源化廢棄物，甚至部分民眾是沒有在做資源回收分類的！這樣所有垃圾直接運進焚化爐焚化，會使焚化爐效率拉低、焚化底渣產出量也相對提升。後續可參考日本做法，考量將垃圾細分幾類，並加強民眾宣導或祭出獎勵措施，期望可以降低一般垃圾的數量並達到有效資源最大利用的目標！

四、桃園市目前正規劃於龜山水資源回收中心內設置污泥乾燥設備，將含水率 80%污泥乾燥至含水率 30 %可減量 71%之重量，藉由此次考察收集更多污泥處置及再利用的方式及技術，也學習了乾燥後的污泥藉由高溫熔融技術，轉化為資材，這在桃園市完成龜山的污泥乾燥系統後，進一步要來建設的就是再利用中心。

五、另一個印象深刻的考察心得是自動化的設備，當污泥處理後產出無害的熔融水粹，由自動駕駛的機器人小卡車送到倉庫的過程，小卡車唱出的音樂，帶起所有人打重心底歡欣鼓舞的希望，大家像孩子一樣夾道迎候這位“機器明星”。舞洲下水道污泥處理廠不只在工藝技術方面創新，還能把藝術及趣味溶入冷冰冰的科技技術，藉以降低人力支出，令人佩服！