

出國報告（出國類別：考察）

水庫水質保育與污染源削減設施考察

服務機關：行政院環保署

姓名職稱：林治宇技正 鄧丕信科員

派赴國家：日本

出國期間：105 年 4 月 17-22 日

報告日期：105 年 7 月 18 日

摘要

本次考察出國人員為林治宇技正及鄧丕信科員，於 105 年 4 月 17 日出發，參訪行程共計 6 日（含交通），參訪地點為日本關西地區，主要參訪行程涵蓋滋賀縣、京都、島根縣松江市等城市。本次主要考察行程包括下列內容：

1. 藉由與日本國土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所、財團法人琵琶湖・淀川水質保全機構等河川湖泊管理單位之交流過程，瞭解琵琶湖及其流域在水質監測、污染源控制、污水處理設施運作模式，透過實際參訪琵琶湖中水質自動監測站及流入琵琶湖之伯母川城市型污水處理設施，瞭解琵琶湖及其流域執行實例及細節經驗。
2. 拜訪堀場製作所(HORIBA Process&Environmental)瞭解水質監測設備發展現況。目前手持式水質檢測設備已發展至多參數合一電極，可同時進行 pH、溶氧、濁度等 11 項水質參數檢測，且具自動潔淨功能，並內建儲存功能，可存放多筆檢測數據。營養鹽自動監測部分，已有自動監測廢（污）水總氮、氨氮與總磷設備。
3. 藉由拜訪島根大學環境資源學系與カナツ技建工業株式会社，瞭解多段土壤呈層處理系統(multi soil layering system, MSL)及運作模式。透過現場參訪松江市古曾志町古墳之丘公園內污水處理設施（合併式淨化槽）與 MSL 設施，實際瞭解 MSL 系統運作情形。
4. 參訪中海湖八束町大根島農村集落污水處理設施，瞭解農村型污水處理設施實例設施運作情形，依地形、區域範圍、周邊環境條件等因素，選定並設置 8 個聚落區污水處理設施，將所收集之生活污水進行處理後再排放至中海中。

	目 次	頁次
摘 要		2
壹、目的		4
貳、考察行程		5
參、考察工作內容		6
肆、心得與建議		34

壹、 目的

本署近年積極推動水庫水質改善、河川污染管制及整治工作，整體執行成效顯著。為進一步解決水庫優養化問題，仍須考察國外水庫水質保育與污染源削減技術及實際應用案例，藉由吸取國外經驗，作為未來推動水庫水質總量管制政策之參考。

日本為保護湖泊水質，於西元 1984 年頒布湖沼水質保全特別措置法，相關法令及制度至為完備，由於我國國土民情、環境特性等與日本相近，其推動湖泊水體環境改善經驗值得借鏡。

本次主要考察內容包括琵琶湖推動湖泊污染管制、實際參訪琵琶湖中水質自動監測站及流入琵琶湖之伯母川城市型污水處理設施；參訪立命館大學瞭解雨水及雜排水再利用；拜訪堀場製作所(HORIBA Process&Environmental)瞭解水質監測設備發展現況；拜訪島根大學環境資源學系進行交流；拜訪カナツ技建工業株式会社、實際參訪多段土壤呈層處理系統(multi soil layering system, MSL)案例；島根縣中海湖水質保育現地考察、實際參訪農村型污水處理設施，瞭解日本在水庫及其流域在水質監測、污染源控制、污水處理設施運作模式、相關執行實例及細節經驗，作為後續推動執行工作參考。。

貳、 考察行程

日期	地點	工作內容概要
105 年 4 月 17 日	臺北至大阪	啟程
105 年 4 月 18 日	滋賀縣琵琶湖	<ol style="list-style-type: none"> 1. 拜會財團法人琵琶湖・淀川水質保全機構 2. 琵琶湖南湖水質自動監測站現勘 3. 琵琶湖點源非點源管理/含磷清潔劑管制 4. 考察立命館大學雨水及雜排水再利用 5. 伯母川城市型污水處理設施
105 年 4 月 19 日	京都 京都至島根縣松江市	<ol style="list-style-type: none"> 1. 拜訪堀場製作所(HORIBA Process&Environmental) 2. 搭車前往島根縣松江市(車程 3 小時 36 分)
105 年 4 月 20 日	島根縣松江市	<ol style="list-style-type: none"> 1. 拜訪島根大學環境資源學系 2. 拜訪カナツ技建工業株式会社 3. 污染削減設施現勘
105 年 4 月 21 日	島根縣松江市 島根縣松江市至廣島	<ol style="list-style-type: none"> 1. 島根縣宍道湖及中海湖水質保育現地考察 2. 中海湖八束町大根島農村集落污水處理設施現地考察 3. 搭車前往廣島(車程 3 小時 31 分)
105 年 4 月 22 日	福岡至臺北	返程

參、考察工作內容

一、拜會財團法人琵琶湖・淀川水質保全機構

琵琶湖為日本第一大淡水湖，主要位於滋賀縣，蓄水域面積 670 平方公里，蓄水量 275 億立方公尺，該集水區面積廣達 3,174 平方公里；提供大阪、京都兩大地區淀川水系之水資源調節，供應關西地區 1,400 萬人口之自來水水源、工業用水 120 萬 CMD 與農業用水 2,360 萬 CMD。



琵琶湖の集水域面積	3,174km ²
琵琶湖面積	670km ²
北湖面積	615km ²
南湖面積	55km ²
周囲長	235.2km
総貯水量	275億m ³
琵琶湖平均水深	41.2m
北湖平均水深	43m
南湖平均水深	4m
最大水深	103.6m
動物の種数	約600種
固有種の率	約10%
年間降水量('91~'00平均)	1,725mm
集水域内人口('95)	1,205,875人

圖 1 琵琶湖集水區範圍圖與概況說明

1950 年日本經濟高度成長，農、工業污水排放未受到有效控管，琵琶湖於 1960 年間開始產生優養化問題，為保育琵琶湖水資源，1972 年起依「琵琶湖總合開發特別措置法」，由滋賀縣研擬「琵琶湖總合開發計畫」，經內閣總理大臣核定，推動「琵琶湖總合開發計畫」，首次兼顧區域開發與水資源開發之整合計畫。此計畫為期約 25 年，計畫目標乃為保育琵琶湖自然環境及恢復水質（改善水質優養化），使資源能有效應用，為琵琶湖及其周邊區域有關保育、開發及管理之綜合性計畫。計畫有三大主軸，即「保育對策」乃保護琵琶湖水質及自然環境，「治水對策」乃消除琵琶湖周邊洪水災害，「利水對策」乃有效利用琵琶湖水資源。

本次拜會的財團法人琵琶湖・淀川水質保全機構是 1993 年設立的公益法人，該機構主要負責琵琶湖與淀川水系的水質淨化技術的研究、開發與保護等工作，本次參訪由琵琶湖・淀川水質保全機構水質淨化研究所副所長和田桂子小姐負責接待與解說。

隨「琵琶湖總合開發計畫」於 1997 年完成，日本中央 6 個省廳（部署）：國土廳、

環境廳、厚生省、農林水產省、林野省、建設省與滋賀縣，於 2000 年共同推動「琵琶湖總合保全計畫」，又稱為「母親湖 21 (Mother Lake 21) 計畫」，其計畫目標為：琵琶湖與人共生-琵琶湖以健全的面貌繼承給下一代，以湖泊為世代永續資產，發揮共感（共同體認感覺水源保育重要性）、共存（水源保育與生存生活權共存）、共有（琵琶湖為世代共有）之基本理念，以持續保育及改善湖泊環境。



圖 2 參訪琵琶湖・淀川水質保全機構照片

二、琵琶湖南湖水質自動監測站現勘

琵琶湖由於地形的因素，形成北邊較寬南邊較窄的現象，形狀像個琵琶，故當地將最窄處以北稱為北湖，以南稱為南湖，北湖面積約為南湖的 11 倍，北湖平均深度 43 公尺，南湖僅約 4 公尺，由於南湖比較接近市區，人口較稠密，污染量也較大，故在規劃水質調查點的分布也較多，整體琵琶湖共設水質自動監測 9 處，其中國土交通省負責 6 處，水資源機構負責 3 處。另外還有 37 處調查點、9 處環境標準點及 4 處氮磷環境標準

點。

本次參訪地點為位於南湖雄琴近海綜合自動觀測站，為設立於湖中的觀測站，平時無人在觀測站內，僅定期派員進行例行巡查維護工作。該站主要觀測項目分為水質、水文及氣象 3 部分，而水質監測項目有水溫、酸鹼值(pH)、溶氧(DO)、導電度(EC)、濁度、葉綠素 a、化學需氧量(COD)等，監測頻率為 1 小時 1 次，方法為將感測器插入海平面以下 2 公尺處監測，由於該站位於湖中，故 COD 監測採用的方法為吸收光譜掃描法，雖然沒有重鉻酸鉀或高錳酸鉀氧化法準確，但無廢液處理問題；總磷及總氮，監測頻率為每日 5 次，方法為利用抽水泵採海平面以下 2 公尺的水樣後，將水樣打至站內自動分析儀進行檢測，分析方法為經過氧二硫酸鉀加熱分解後，用鉬藍吸收光度法測總磷，紫外線吸光光度法測總氮，由於每次取樣量很少，可以減少廢液產生量及處理問題。

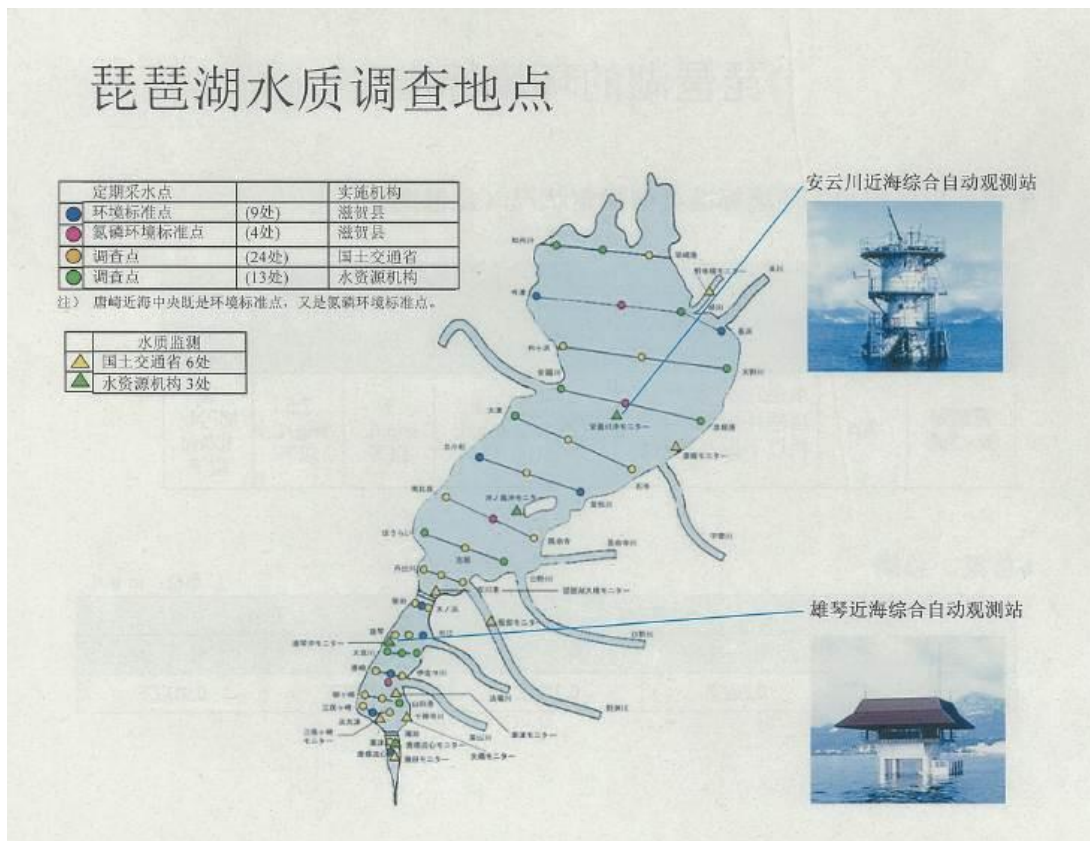


圖 3 琵琶湖水質調查分佈圖

琵琶湖的環境基準如表 1 及表 2，該基準相當於我國「地面水體分類及水質標準」甲類陸域地面水體基準，其中 pH、大腸桿菌群數與我國相同，SS、DO 較我國嚴格，總磷亦較我國嚴格，由日本昭和 54 年（西元 1978 年）到平成 22 年（西元 2010 年）COD、T-N、T-P 3 項水質指標變化情形觀察，目前僅北湖總磷可達到基準值，其餘項目尚未達成，不過數值仍在一定的範圍內，並無上升趨勢。總體而言北湖水質普遍比南湖佳，應與北湖容積較大且土地開發較少有關。

表1 (一般項目)

項目 類型	利用目的の適応性	基準値				
		pH	COD	SS	DO	大腸菌群数
AA	水道1級 水産1級 自然環境保全及びA以下の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	1mg/L 以下	1mg/L 以下	7.5mg/L 以上	50MPN/100mL 以下

表2 (総氮、総磷)

項目 類型	利用目的の適応性	基準値		達成期間
		全窒素	全りん	
II	水道1,2,3級(特殊なものを除く) 水産1種 水浴及びIII以下の欄に掲げるもの	0.2mg/L 以下	0.01mg/L 以下	段階的に暫定目標を達成しつつ、環境基準の可及的速やかな達成に努める

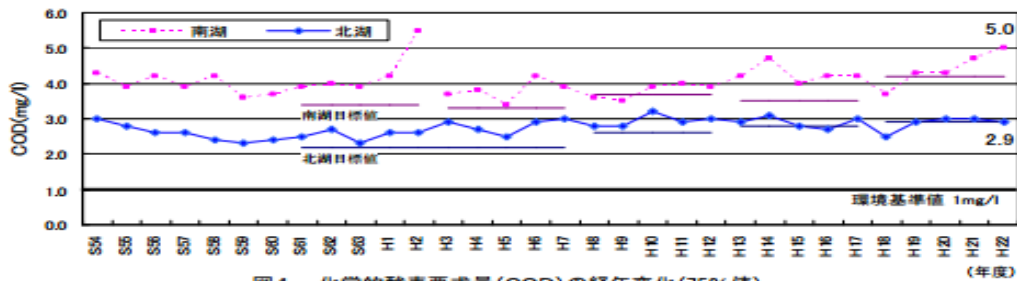


図4 化学的酸素要求量(COD)の経年変化(75%値)

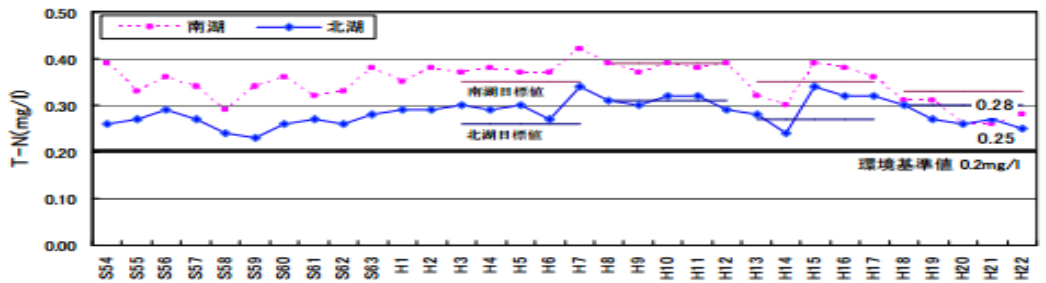


図5 全窒素(T-N)の経年変化(年平均値)

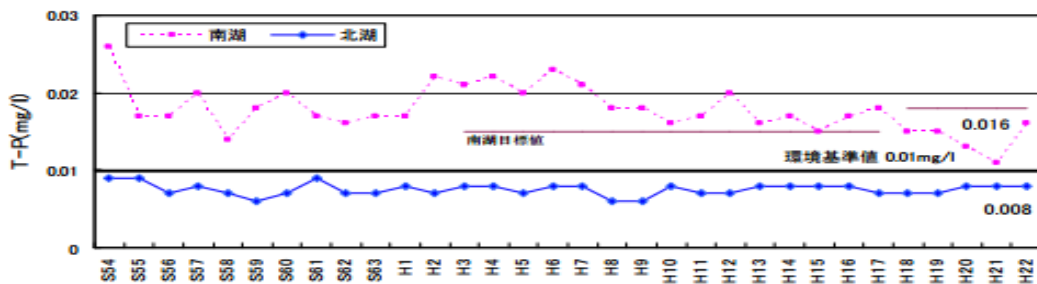


図6 全りん(T-P)の経年変化(年平均値)

図4 琵琶湖 COD、T-N、T-P 3 項水質指標変化情形
(資料来源:琵琶湖に係る湖沼水質保全計画 平成 23~27 年度(第 6 期))



與日本國土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所、財團法人琵琶湖・淀川水質保全機構人員合影



雄琴近海綜合自動觀測站



自動觀測站內部



COD 自動監測設備



總氮與總磷自動監測設備



太陽能儲存電池

圖 5 雄琴近海綜合自動觀測站照片

三、琵琶湖含磷清潔劑管制

琵琶湖為日本第一大湖，關西地區(大阪、京都)約 1,400 萬重要自來水水源。1970 年代琵琶湖水質優養化，藻華與飲用水異臭味等問題，磷為優養化主要營養源，昭和 50 年(西元 1975) 琵琶湖磷流入量約 18% 來自含磷清潔劑。消費團體、婦女團體及多數 NGO 等推動「使用肥皂粉」，呼籲停止使用含磷清潔劑。琵琶湖發生藻華前肥皂粉使用率只有 10%，至 1977 年 肥皂粉使用率已超過 50%，且民調超過 2/3 認同應管制含磷清潔劑，在此二個條件下，於是展開條例之制定，並於 1979 年實施「滋賀縣琵琶湖優養化防止條例」，該條例第 3 章第 17 條至第 20 條規定禁止含磷家庭用清潔劑之使用，禁止販賣、使用含磷清潔劑，管制事業、工廠、農畜牧放流水之氮、磷。條例制定之際，雖清潔劑製造業者反對，但這條例之影響擴及於日本全國，清潔劑製造業者開發、生產無磷清潔劑，且再開啟生產肥皂粉。

目前我國環保標章有關清潔劑規格標準部分，針對總磷含量應為 0.1% 以下，若可在水庫集水區內推廣使用具環保標章清潔劑或限制清潔劑總磷含量應小於 0.1%，對水庫總磷量減少有相當助益。

四、考察立命館大學雨水及雜排水再利用

立命館大學的前身為 1900 年由西園寺公望的學生中川小十郎創立的京都法政學校。於 1905 年，西園寺公望允諾京都法政學校繼承立命館的校名，並於 1913 年將校名改為「立命館大學」至今。「立命館」三字的出處取自孟子「盡心章」中的「夭壽不貳，修身以俟之，所以立命也」。

本次除於立命館大學與日本國土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所、琵琶湖・淀川水質保全機構人員就琵琶湖水質保育進行交流，並參訪該大學 Tricea 館綠色建築設計、雨水及雜排水再利用設施。

Tricea 館由該校環境工程系、都市系統工程系及建築設計系共同使用，不同系所在樓層的牆壁上被塗以不同顏色以便於區分。樓頂設有太陽能系統，可提供熱水及空調使用。各樓層的管線採用開放式線路（即管線裸露），一方面可減少造價，另一方面可讓土木系的學生瞭解建物管線的排列方式，達到教育目的。

部分會議室及外牆的牆壁使用光觸媒塗料，透過銀離子與光觸媒的配合，提供消臭、抗菌、抗霉的效果，增加牆壁的清潔度。走道上的照明採用熱感知的 LED 燈具，與過往的技術不同，熱感知器可捕捉人的活動和靜止狀態，不會因為人處於靜止狀態而熄燈。

Tricea 館外部公共空間設有雨水儲存池，下雨時除可儲存雨水外，並設有水路可將多餘雨水引入中央池，同時也作為學校水理學實驗的水路使用。館後方設有一小型生活污水再利用系統，可將館內所排放之生活污水淨化後作為沖廁水再次使用。



與日本國土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所人員進行交流



與立命館大學人員合影



立命館大學開放式線路



雨水儲存池



設有水路將多餘雨水引入中央池



立命館大學植生牆



小型生活污水再利用系統(正面)

小型生活污水再利用系統(背面)

圖 6 參訪立命館大學照片

五、伯母川城市型污水處理設施

伯母川城市型污水處理設施為一雨水型處理設施，處理草津 2-6 號雨水幹線所收集之約 80 公頃草津市都市逕流廢水，由雨水幹線經導水設施、攔除垃圾、初沈澱池、接觸氧化槽、利用植生淨化（類似濕地）、土壤處理等程序處理後的水，再排入琵琶湖中，初沈澱池及接觸氧化槽所收集的污泥，則經由琵琶湖流域下水道湖南幹線輸送至 Konan-Chubu 污水處理場處理，可減低放流水對於下游琵琶湖之氮磷污染負荷。

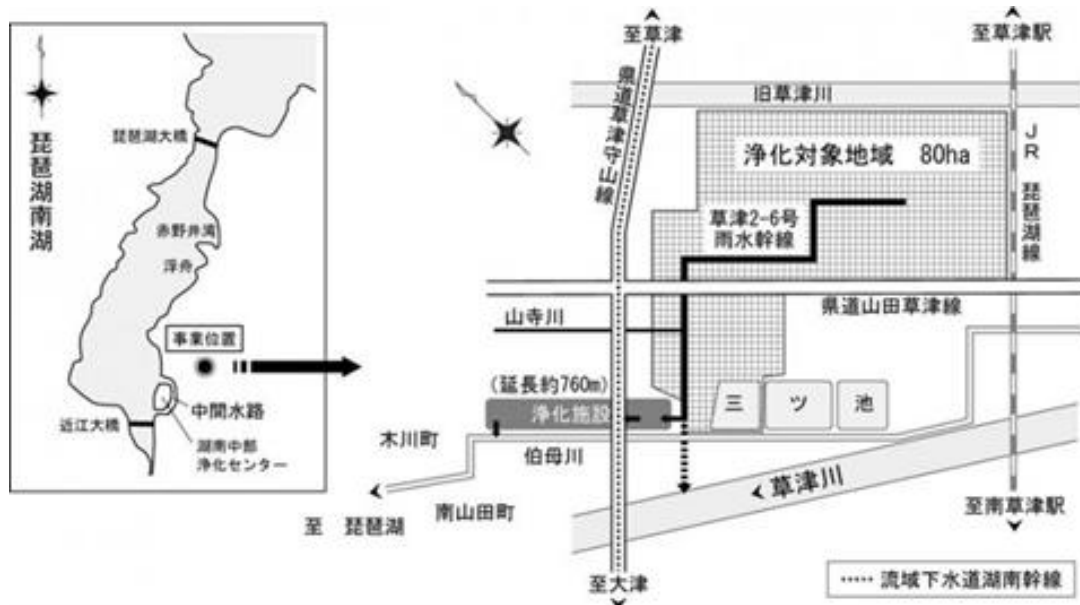


圖 7 伯母川城市型污水處理設施位置圖

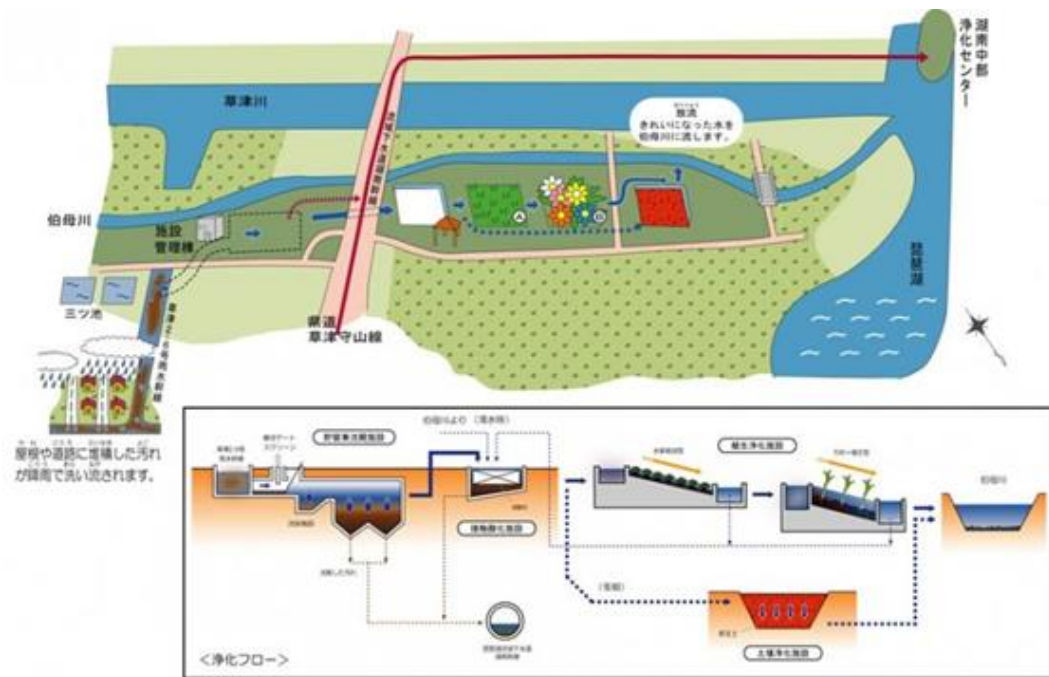


圖 8 伯母川城市型污水處理設施處理流程

依據日本對於污染源分類與定義，所有可明確辨識污染來源者，屬點源範疇；都市區域（市街地）雨水下水道不論合流式或分流式所含之非可明顯辨識污染源，屬非點源污染；依據上述定義，雨水下水道水質管理在日本之定義屬非點源污染。

日本環境省並無特別發展一套明確的制度管理雨水下水道放流水質。就管理法令面而言，與雨水下水道管理相近之相關管理法令則散見於各別法令中，如環境基本法、水質污染防治法、水道法、湖沼水質保護特別措施法、下水道法等。

目前我國「下水道法施行細則」第 3 條定義「雨水下水道：專供處理雨水之下水道」，第 16 條規定「雨水及污水下水道分流地區，雨水不得排洩於污水下水道，家庭污水及事業廢水不得排洩於雨水下水道。」，實務上則因為污水下水道尚未普及，因此我國的雨水下水道多兼供污水下水道使用，另攤販夜市所產生之污水，亦透過雨水下水道排放。我國目前尚未對雨水下水道污水訂定排放標準及進行管制，建議可收集相關我國雨水下水道污染來源及污染量等相關資訊後，研擬後續管制規定。



伯母川城市型污水處理設施空照圖(摘自草



伯母川城市型污水處理設施現場指示牌

津市網站)	
	
管理室	接觸氧化槽
	
植生淨化施設	植生淨化施設(濾材+植生)

圖 9 伯母川城市型污水處理設施處理流程

六、拜訪堀場製作所

為進一步瞭解日本水質監測設備發展現況，拜訪京都「堀場製作所」(HORIBA Process&Environmental)，該公司領域涵蓋汽車測試系統、環境過程儀器、醫療系統儀器、半導體系統儀器與科學系統儀器等面向，本次拜訪囿於時間，僅討論其水質自動監測設備發展現況與後續規劃，並實地觀摩該公司製造工廠，瞭解其設備製作過程。

該公司最新完成研發結合多水質項目之可攜式監測儀器(U-50 Series)，最多一次可監測 11 項水質，包括：氫離子濃度指數(pH)、氧化還原電位、溶氧、導電度、鹽度、水溫、濁度（包含 2 種測定方式）、水深、海水比重與總溶解固體等（約 50 萬至 60 萬日幣），同時可選擇搭配 GPS 功能，方便進行污染源定位。另針對營養鹽自動監測部分，已有自動監測廢（污）水總氮（約 300 萬至 400 萬日幣）、氨氮與總磷（約 300 萬至 400 萬日幣）設備，其中氨氮有電極法（約 150 萬日幣）與加藥法（約 300 萬日幣）等 2 類，相關照片如圖 10 所示，此套系統已使用在琵琶湖水體水質監測。

堀場製作所可攜式監測儀器

堀場製作所水質總氮與總磷自動監測儀器

圖 10 堀場製作所設施簡介資料 (摘自該公司型錄)

我國於 104 年 11 月 24 日修正發布「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」，擴大應

設置水量、水質自動監測與連線設施對象，由原先每日核准許可廢(污)水排放量達 15,000 立方公尺事業與 2,000 立方公尺之工業區專用污水下水道系統，統一下修至 1,500 立方公尺者，且本署（環境督察總隊）近來利用水質自動監測儀器，針對疑似水質異常河段或有農地重金屬污染區段，如彰化縣和美鎮與鹿港鎮等諸多案例，查獲不法繞流排放事業。

前述水質項目，pH、水溫與導電度多為使用電極法，如能妥善校正、操作與維護保養，可維持其連線傳輸數據準確度；化學需氧量與懸浮固體檢測設施，我國現有規格有不同檢測原理，可能造成傳輸數據準確度差異；爰此，利用本次考察機會，首先蒐集日本化學需氧量與懸浮固體水質自動監測設施減少誤差方式，並與我國比較，以為後續本署精進之方向。

一、日本化學需氧量與懸浮固體自動監測方法與減少誤差方式

日本政府推動廢（污）水自動監測主要目的，係作為其國內廢（污）水污染總量管制之基礎。於 1978 年開始實施化學需氧量自動連續監測及總量管制，並規定每 5 年執行成效查核並檢討修正推動制度，於 2003 年增加總氮及總磷污染自動連續監測，以防治工廠及污水廠所排放之廢（污）水導致河川、湖泊及海洋水質污染和優養化之問題。

從設備驗證及環保機關相關規範等面向，彙整日本減少化學需氧量與懸浮固體自動監測設施與連線測定方法（或試驗方法）之方式如下：

（一）設備驗證標準

1.化學需氧量規定

為規範化學需氧量自動監測設施之規格及性能，日本工業標準(Japanese Industrial Standards, JIS)訂定「JIS K0806 化學的酸素消費量(COD)自動計測器」，其測定原理、測定範圍、性能要求簡述如下：

(1)測定原理

自動監測設施測定原理係利用過錳酸鉀溶液，於 100°C 沸騰水環境下，氧化水中有機物之耗氧量，亦即在待測溶液中，加入給定濃度之硫酸及硝酸銀溶液之後，再加入 5 mmol/L 之過錳酸鉀，於沸騰水中加熱 30 分鐘後，測定被消耗掉之過錳酸鉀溶液含量來推算化學需氧量。此方法所計算出之需氧量會根據加熱的溫度而隨之變化。

(2)測定範圍

自動監測設施之測定範圍為 0~20 mg/l，當有樣本稀釋情形發生時，需仔細考量稀釋範圍。

(3)性能要求

化學需氧量自動監測設施應符合之各項性能指標範圍如表 3。

表 3 日本 COD 水質自動監測儀器性能要求

性能指標	容許性能範圍/數值
再現性或精密度	最大値之±5%
零點偏移	最大値之±5%
全幅偏移	最大値之±5%

性能指標	容許性能範圍/數值
葡萄糖試驗	最大値之±5%
電壓變動的穩定性	最大値之±5%
絕緣阻抗	2MΩ 以上
耐電壓	無異常現象

資料來源：日本工業標準調查會，日本工業規格 JIS K0806-化學的酸素消費量(COD)自動計測器，1997。

2.懸浮固體規定

日本工業標準(JIS)並未針對懸浮固體自動監測設施之規格及性能作相關規範，但針對濁度自動監測的部分，訂定「JIS K0801 濁度自動計測器」，其測定原理、測定範圍、性能要求簡述如下：

(1)測定原理

平行光束在透明液體中傳播，如果液體中無任何懸浮顆粒存在，那麼光束在直線傳播時不會改變方向；若有懸浮顆粒、光束在遇到顆粒時就會改變方身（不管顆粒透明與否），這就形成所謂散射光，顆粒愈多（濁度愈高）光的散射就愈嚴重。濁度自動監測設施之測定原理，有散射光法及表面散射法 2 種，說明如下。

散射光法：發射平行光束，使之穿過一段水樣，用接收器檢測透過光（直進光）及散射光通量，並利用傳感器將這個變化信號處理轉化為電流信號傳輸出來。

表面散射法：發射與水平面呈一定的角度之光束，使之射入到水中，用光電池檢測水面散射光通量，並利用傳感器將這個變化信號處理轉化為電流信號傳輸出來。

(2)測定範圍

可測定 20 至 1,000NTU 之標準試劑。

(3)性能要求

濁度自動監測設施應符合之各項性能指標範圍如表 4。

表 4 日本濁度自動監測儀器性能要求

性能指標	容許性能範圍/數值
再現性或精密度	最大値之±3%
零點偏移	最大値之±3%
全幅偏移	最大値之±3%
線性度	最大値之±5%
電壓變動的穩定性	最大値之±3%
絕緣阻抗	5MΩ 以上
耐電壓	無異常現象

資料來源：日本工業標準調查會，日本工業規格 JIS K0801-濁度自動計測器，1986。

(二) 環保機關相關規範

日本環保機關並未將懸浮固體或濁度納入總量管制，故僅就化學需氧量自動監測相關規定，進行資料蒐集與研析。

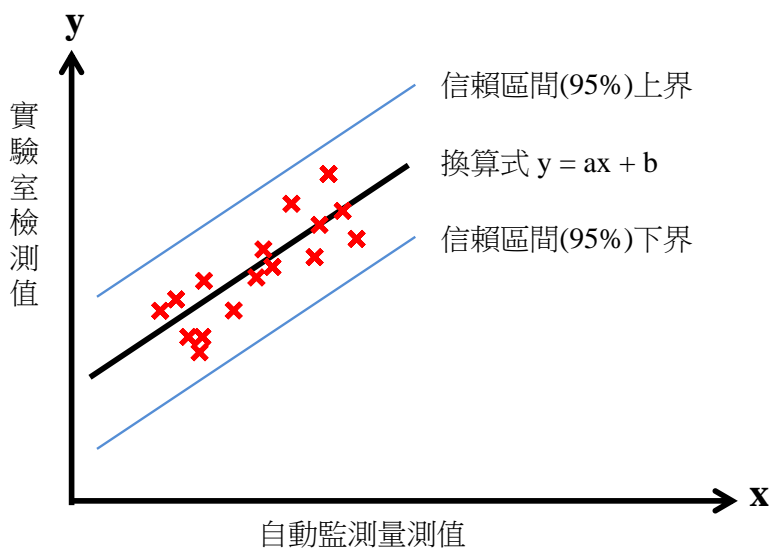
日本廢（污）水污染總量管制所指定之化學需氧量自動監測設施種類有 4 種，包括 COD 自動計測器、TOC 自動計測器、TOD 自動計測器及紫外線吸光度自動計測器，在選擇設備時，需依據廢（污）水的特性，例如其組成變動、濃度變動及是否含有防礙物質等因素，選擇適當之自動監測設施。針對自動監測設施所量測之結果，需透過換算式之建立來檢討其量測結果，以下說明換算式之建立方法及換算式之適用性檢討。

1. 換算式之建立方法

換算式之建立方法，係針對相同水樣，分別使用實驗室指定方法及自動監測設施加以檢（量）測，以探討其相關性，原則上需使用 1 年內超過 20 組的樣本，必要時，需由環境計量士等相關技術人員進行檢驗。在建立換算式時，應確認相關數據之適用性，若發現有數據異常時，應探討其原因，適當時可排除異常數據後，再建立換算式。

2. 換算式之適用性檢討

自動監測量測值與實驗室檢測值之散布圖與換算式如圖 11 所示，當檢（量）測值數據接近，相關係數大時，換算式之信賴區間窄，表示該換算式之適用性良好。



資料來源：日本環境技術協會，水質總量管制における水質計測器の更新のための手引，1987。

圖 11 日本水質檢（量）測值散布圖與換算式示意圖

由於換算式與水質特性密切相關，因此，在完成水質監測設施設置後，應依水質變化等因素修正換算式，一般而言，需進行換算式修正情形如下：

- (1) 監測水質特性改變，例如：濃度改變或有干擾物質影響檢測。
- (2) 排水系統變更。
- (3) 製程或原物料改變。

- (4)廢（污）水處理方法改變。
- (5)水質特性有季節性的變化。
- (6)水質監測方法改變。
- (7)水質監測設施變更。

倘若完成水質監測設施設置後，需要頻繁地修正換算式的話，可能其水質特性不適合使用該類型的監測設施，而需評估改用其他類型之監測設施。

整理日本及我國化學需氧量及懸浮固體自動監測設施與連線測定方法（或試驗方法）與減少誤差方式，分別如表 5 及表 6。

表 5 日本與我國化學需氧量自動監測設施規範比較表

項目	日本	我國	差異說明
監測設施驗證標準	日本工業標準 JIS K0806	無	我國並未針對化學需氧量自動監測設施訂定驗證標準
驗證規定	自願性	無	我國並無化學需氧量自動監測設施驗證規定，亦未推動自願性驗證
設施驗證發證單位	日本品質保證協會 (Japan Quality Assurance Organization, JQA)	無	我國並未指定化學需氧量自動監測設施驗證發證單位
驗證標章/證書	通過 JIS 標準驗證之產品可使用驗證標章 	無	我國並未針對化學需氧量自動監測設施，發行驗證標章或證書
校正方法與頻率	依製造商說明和建議頻率進行校正	依廠牌規格或設備製造商指定之週期及方法定期校正，最長不得超過 3 個月	我國已有規定化學需氧量自動監測設施之校正頻率
平均誤差	再現性或精密度最大値之±5%	校正平均誤差 <20%	我國化學需氧量之自動監測設施校正平均誤差規定較日本寬鬆
偏移誤差規定	· 零點偏移為最大値之±5% · 全幅偏移為最大値之±5%	依廠牌規格或設備製造商指定之週期及方法定期校正，亦即偏移誤差範圍依廠牌規格而異	我國並未規定化學需氧量自動監測設施零點及全幅校正偏移最大誤差範圍

項目	日本	我國	差異說明
誤差測試查核方式	<ul style="list-style-type: none"> · 建立換算式，並檢核相關係數及 95%信賴區間 · 換算式之檢驗，需使用 1 年內超過 20 組的樣本 	<ul style="list-style-type: none"> · 進行「相對誤差測試查核」，檢核相對準確度是否符合標準 · 每季查核 1 次(採非光學原理者，得 6 個月查核 1 次)，每次檢(量)測至少 3 批(9 組)的樣本 	我國係運用相對誤差測試查核，以比對化學需氧量自動監測值與人工檢測值，並規定其應符合相對準確度標準，而非依人工檢測結果建立換算式以修正自動監測值

資料來源：水質保護處整理。

表 6 日本與我國懸浮固體/濁度自動監測規範比較

項目	日本	我國	差異說明
水質項目	濁度	懸浮固體	我國規定水質監測項目為懸浮固體
監測設施驗證標準	日本工業標準 JIS K0801	無	我國並未針對懸浮固體自動監測設施訂定驗證標準
驗證規定	自願性	無	我國並無懸浮固體自動監測設施驗證規定，亦未推動自願性驗證
設施驗證發證單位	日本品質保證協會 (Japan Quality Assurance Organization, JQA)	無	我國並未指定懸浮固體自動監測設施驗證發證單位
驗證標章/證書	通過 JIS 標準驗證之產品可使用驗證標章 	無	我國並未針對懸浮固體自動監測設施，發行驗證標章或證書
校正方法與頻率	依製造商說明和建議頻率進行校正	依廠牌規格或設備製造商指定之週期及方法定期校正，最長不得超過 3 個月	我國已有規定化學需氧量自動監測設施之校正頻率
平均誤差	再現性或精密度最大之 $\pm 3\%$	校正平均誤差 $<20\%$	我國之懸浮固體自動監測設施校正平均誤差規定較日本寬鬆
偏移	· 零點偏移為最大	依廠牌規格或設備	我國並未規定懸浮

項目	日本	我國	差異說明
誤差規定	值之 $\pm 3\%$ · 全幅偏移為最大值之 $\pm 3\%$	製造商指定週期及方法定期校正，亦即偏移誤差依廠牌規格而異	固體自動監測設施零點及全幅校正偏移之最大誤差範圍
誤差測試查核方式	· 建立換算式，且規定線性度在 $\pm 5\%$ 以下	· 進行「相對誤差測試查核」，檢核相對準確度是否符合標準 · 每季查核 1 次(採非光學原理者，得 6 個月查核 1 次)，每次檢(量)測至少 3 批(9 組)的樣本	我國係運用相對誤差測試查核，以比對懸浮固體自動監測值與人工檢測值，並規定其應符合相對準確度標準，而並未依人工檢測結果建立換算式以修正自動監測值

資料來源：水質保護處整理。

比較日本及我國之作法，比較大之差異在於日本有針對水質自動監測設施訂定相關設施性能標準要求，並有配套之驗證機制在運作；雖然日本目前在化學需氧量及懸浮固體方面尚無實際通過驗證產品，但已有相關驗證規定或標準，並由驗證單位據以執行，而非由環保主管機關自行執行產品驗證作業。後續建議我國可就水質自動監測設施認證制度之推動，研析推動適用性。此外，日本針對自動監測設施，訂有偏移誤差規定，研判為提升自動監測設施校正準確性之方法。



堀場製作所簡報



堀場製作所人員現場解說



圖 12 參訪堀場製作所照片

七、拜訪島根大學生態環境科學系與進行島根縣宍道湖及中海湖水質保育

研討交流

島根大學（しまねだいがく，Shimane University）位於島根縣松江市（本部、法文學部、教育學部、綜合理工學部、生物資源科學部）和出雲市（醫學部）的日本國立綜合大學。2003年10月1日由舊島根大學和舊島根醫科大學合併而成。擁有法文學部、教育學部、醫學部、綜合理工學部、生物資源科學部的5學部。2004年，設立大學院法務研究科（法科大學院）。

本次拜訪生物資源科學部生態環境科學科，並與增永二之、山口啟子、桑原智之、佐藤邦明等日本學者就宍道湖及中海湖水質保育、選擇性吸附材質於有害離子研究、MSL 填充物質使用於污水處理等研究主題進行交流。

由現場山口啟子說明，瞭解中海為日本第5大湖，東與美保灣相通，西通過大橋川與宍道湖相通，由於有海水交換，故湖水中約有1/2海水，屬汽水湖，湖水平均深度約5-10公尺，湖中有江島與大根島兩島，湖中既有海水魚，也有淡水魚生存；宍道湖周長

45 公里，為日本第 7 大湖，湖水來源主要河流為斐伊川，右側與中海相通，因中海湖水亦會流入宍道湖，故宍道湖約有 1/10 海水，湖水平均深度約 5 公尺。

由於中海均非單純的淡水湖，故在水質表現上與淡水湖不同，底層水質溶氧非常低，在 6 公尺處僅剩 10% 以下，呈現厭氧狀態，湖底沉積物中硫化氫 (H₂S) 含量高。中海曾於 1963-2000 年進行大規模填海造地和海水淡化等土地改良計畫，將江島與大根島及中海西側約 7300 公頃區域以築堤方式淡化該地區水中鹽份，確保沿岸的農地不受海水鹽化影響，並提供農業用水。

由於反對人士擔心水源污染和環境破壞，在 2000 年時檢討復墾政策，停止中海土地改良計畫，並於 2009 年將堤防開口重新引入海水。



島根大學人員進行說明



與島根大學人員合照



山口啟子教授說明宍道湖及中海湖水質保育議題



現場參與交流人員



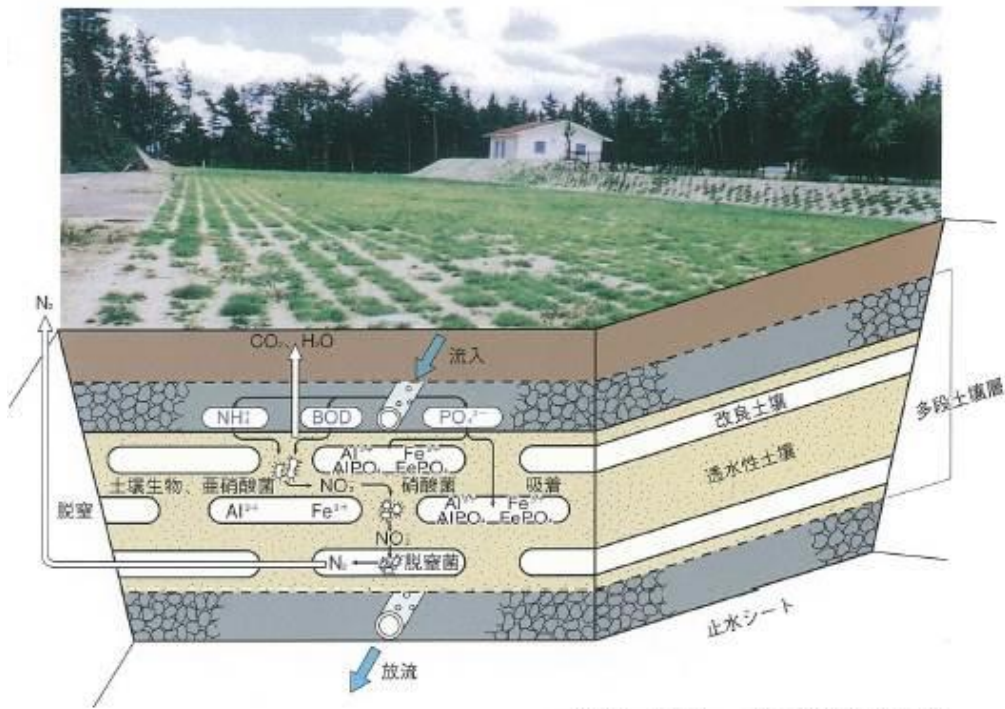
圖 13 拜訪島根大學照片

八、拜訪カナツ技建工業株式会社與多段土壤呈層裝置（MSL）污染削減

設施現勘

本次拜訪のカナツ技建工業株式会社為多段土壤呈層裝置（MSL）設計及製作廠商，在日本的實績約有 40 處，設置地點有公園廁所、河川淨化、家庭排水等，污水先經污水處理設施處理後，再進到多段土壤層裝置作 3 次處理，處理後的水經消毒槽消毒後可放流或作為中水利用於沖廁所、洗車等用途。多段土壤呈層裝置（MSL）設計構造如圖 14，原理主要為利用多段土壤層的土壤微生物將有機物分解為 CO_2 及 H_2O ，亞硝酸菌將氨氮（ NH_4^+ ）氧化為 NO_2^- ，經過硝酸菌氧化為 NO_3^- ，再經脫氮菌分解成 N_2 排放。 PO_4^{3-} 則藉由與 MSL 中 Al^{3+} 及 Fe^{3+} 離子結合吸附其中，達成削減效果。

實例照片如圖 16，設施整體去除效果 BOD 約 80.7-97.9%，SS 約 30.8-91.2%，TN 約 60.7-95.3%，TP 約 60.6-99.6%。且多段土壤呈層裝置（MSL）位於地下，地上空間可作為植栽、停車空間或其他非建築用途利用，避免空間浪費。



三瓶フィールドミュージアム汚水処理施設

圖 14 多段土壤呈層裝置 (MSL) 設施示意圖 (摘自カナツ技建工業株式会社型錄)

施設名	前処理方式	汚水量 (m ³ /日)	面積 (m ²)	計画処理水質 (mg/ℓ)	水質項目	pH	BOD ₅ (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)
[公園]										
1. 万葉公園					流入水	—	28.5	25.0	133	15.1
休憩所	単独浄化槽	2.5	100	BOD10	処理水	—	0.6	2.6	28.3	0.06
排水処理施設					除去率 (%)	—	97.9	89.6	78.7	99.6
2. 古墳の丘				BOD10	流入水	6.3	5.4	5.2	39.4	4.46
古曾志公園	合併浄化槽	6.5	65	T-N20	処理水	6.7	0.7	3.6	15.5	0.04
汚水処理施設				T-P2	除去率 (%)	—	81.7	30.8	60.7	99.1
3. 三瓶フィールド				BOD30	流入水	6.9	9.3	8.4	20.7	3.55
ミュージアム	合併浄化槽	176	1,760	T-N25	処理水	6.3	1.7	1.7	11.0	0.45
汚水処理施設				T-P5	除去率 (%)	—	81.7	79.9	46.9	86.6
4. 石見海浜公園					流入水	7.8	49.5	95.0	155	12.7
Fゾーン	合併浄化槽	3.3	65	BOD20	処理水	6.7	5.1	21.5	11.1	0.45
汚水処理施設					除去率 (%)	—	89.7	77.4	92.8	96.5
5. 隠岐白島橋					流入水	7.7	15.0	3.3	38.4	2.87
展望台	合併浄化槽	4.0	51	BOD10	処理水	7.7	1.0	1.9	1.8	0.06
汚水処理施設					除去率 (%)	—	93.3	42.4	95.3	97.9
[団地、事務所]										
6. 大阪東部生協				BOD10	流入水	—	44.1	50.9	45.8	4.72
配送センター	単独浄化槽	2.0	13	T-N15	処理水	—	8.5	4.5	13.2	1.35
汚水処理施設	雑排水直接			T-P1	除去率 (%)	—	80.7	91.2	71.2	71.4
[住宅]										
7. 家庭雑排水				BOD10	流入水	6.4	109	64.3	6.5	0.81
高度処理装置	雑排水樹	0.6	12	T-N10	処理水	6.3	17.2	17.3	1.7	0.32
				T-P1	除去率 (%)	—	84.2	73.1	74.3	60.6
8. 家庭排水	単独浄化槽			BOD10	流入水	7.3	53.2	49.9	64.8	7.82
高度処理装置	雑排水樹	1.0	10	T-N10	処理水	7.0	4.6	10.5	5.1	0.81
				T-P1	除去率 (%)	—	90.9	79.0	92.1	89.6

圖 15 各類型多段土壤呈層裝置 (MSL) 設施污染削減率 (摘自カナツ技建工業株式会社型錄)

実施例

[公園]
① 公衆トイレ
汚水処理施設



▲万葉公園休憩所排水処理施設



▲石見海浜公園Fゾーン汚水処理施設

② 中水利用施設



▲隠岐白島麓展望台汚水処理施設

[小規模集落]



▲伯太町寸次地区簡易排水施設

[事務所]



▲大阪東部生協配送センター汚水処理施設

圖 16 多段土壤呈層裝置 (MSL) 應用實例圖 (摘自カナツ技建工業株式会社型錄)



圖 17 拜訪カナツ技建工業株式會社照片

本次參訪的污水處理設施為位於松江市古曾志町古墳之丘公園內，主要處理公園廁所生活污水，預定處理人數為 125 人，污水量每日 6.5 立方公尺。處理流程為污水先經污水處理設施（合併式淨化槽）進行固液分離及削減 BOD 與 SS，再經多段土壤呈層裝置（MSL）進一步削減總氮（TN）及總磷（TP），處理後的水放流至宍道湖。合併式淨化槽內部構造如圖 17，處理方法為入流水-沈澱分離槽-接觸曝氣槽-沈澱槽-消毒槽-放流槽-放流水（至 MSL）。

該污水處理設施自 1990 年完工至今已運作超過 25 年以上，依該污水處理設施原始設計，經過 3 次處理後水質 BOD 10mg/l、COD 30mg/l、SS 30mg/l、TN 20mg/l、TP 2mg/l。由 2012-2015 年實測值 BOD 0.9-2.3mg/l、COD 2.0-5.1mg/l、SS 0.5-3.6mg/l、TN 1.5-17.6mg/l、TP 0.2-5.4mg/l，顯示仍維持一定的去除效果，且經詢問カナツ技建工業株式會社人員得知，多段土壤呈層裝置（MSL）中 Al、Fe 等吸附物質至今未曾重置過。

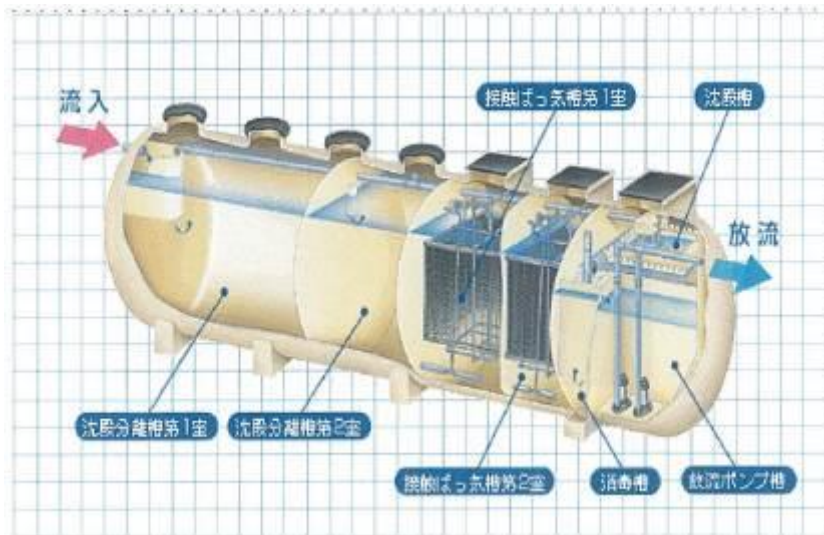


圖 17 合併式淨化槽內部構造示意圖（摘自現場資料）

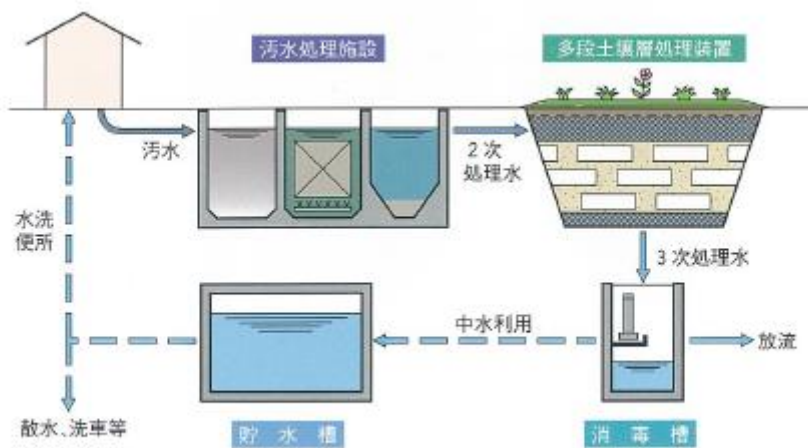


圖 18 3次處理水處理流程示意圖（摘自現場資料）

表 7 古曾志町古墳之丘公園污水處理設施設計值及測定值（摘自現場資料）

項目	計画処理水質			水質測定値	
	流入水	2次処理水	3次処理水	流入水	3次処理水
BOD(mg/l)	260	60	10	153	1.3
COD(mg/l)	130	60	30	101	3.1
SS(mg/l)	200	70	50	149	1.3
全窒素(mg/l)	180	—	20	44	6.5
全リン(mg/l)	11	—	2	112	0.6
大腸菌群数(個/mL)				—	<30

*平成21, 22, 23, 24年度 平均值

表8 古曾志町古墳之丘公園污水處理 2012-2015 年實測值（摘自現場資料）

水質測定 實測值

項目	平成24年度		平成25年度		平成26年度		平成27年度	
	流入水	3次処理水	流入水	3次処理水	流入水	3次処理水	流入水	3次処理水
BOD(mg/l)	182	0.9	89	1.1	230	2.3	110	1.1
COD(mg/l)	130	2.6	49	2.7	150	5.1	76	2.0
SS(mg/l)	85	0.5	100	0.5	310	3.6	100	0.5
全窒素(mg/l)	78	17.6	14	1.5	42	4.5	41	2.6
全リン(mg/l)	8.5	0.7	1.9	0.8	5.4	0.8	431.0	0.2
大腸菌(個/ml)	—	<30	—	<30	—	<30	—	<30



カナツ技建工業株式会社解説污水處理設施



沈澱分離池内部



接觸氧化池内部



沈澱槽内部

	
<p>多段土壤呈層裝置 (MSL) 現場照片</p>	<p>現場取樣 3 次處理後水質</p>
	
<p>經過各階段處理後水質比較(由左至右分別為流入水、2 次處理水及 3 次處理水)</p>	

圖 19 參訪古曾志町古墳之丘公園污水處理設施照片

九、中海湖八束町大根島農村集落污水處理設施現地考察

大根島為位於中海湖中的島嶼，行政區上隸屬島根縣松江市，島上主要作物以牡丹及人參為主，連同中海湖另一個島嶼（江島）共形成 8 個農村集落，由於居民生活污水排入中海湖中造成污染，故日本農林水產省（相當於我國農委會）補助建置農村集落污水處理設施。

處理設施位置係依各集落區地形、用地條件、設施周邊環境條件等進行決定，本次參訪為其中入江地區農村集落污水處理設施。該處理設施 1988 年啟用，係以嫌氣性濾床槽併用接觸曝氣法處理，處理設施單元樣式與規格如圖 20，處理流程如圖 21。該處理設施採自動化操作，並委外進行協助管理，處理人口數約為 1,100 人，水量為 297CMD 之生活污水，並設有 4 個中繼的揚水站，將污水輸送到污水處理設施處理。設計排放水質 BOD 為 20mg/l 以下，SS 為 50mg/l 以下，TN 為 20mg/l 以下，TP 為 4mg/l 以下，顯示該處理設施穩定運作下之污染減量效益甚高。污泥經濃縮處理後經帶濾方式擠壓脫水後

進行貯存，所產生的污泥原本當作當地農地肥分使用，近年來環保意識高漲，故已委外處理。

名称	仕様 (容量及び寸法)				種類	主要構造物	設計諸元	実数値
	実容量 (m ³)	槽の寸法 (m)						
		幅	長さ	高さ				
自動荒目スクリーン式砂槽 (掃気式)	2.86	1.4	1.2	1.7	1	SUS304製	滞留時間：時刻最大汚水量の3分間以上	4.8分
篩目スクリーン (干風送)		220mm間隔			1	SUS304製		
原水ポンプ槽	10.5	2.0	2.5	1.6	1	RC製	滞留時間：時刻最大汚水量の15分以上	17.9分
流量調整槽	78.12	0.3	3.1	4.0	1	RC製	滞留時間：日平均汚水量の6時間以上	0.8時間
自動微細目スクリーン		2.0mm間隔			2	SUS304製		
洗濯脱水機		30~40kg/荷			1	SUS304製		
分水計量槽		0.75	1.20	0.55	1	SUS304製	移送量：0.104m ³ /分×2列	
曝気ろ槽 (全体)	302.4	-	-	-	-	RC製	滞留時間：日平均汚水量の1日分以上	1.82日
(第1槽)	100.8	3.0	4.2	4.0	2	RC製	曝気ろ槽必要容量の%； 接触汚泥濃度：80%以上	86.0%
(第2槽)	100.8	3.0	4.2	4.0	2	RC製	曝気ろ槽必要容量の%； 接触汚泥濃度：75%以上	76.3%
(第3槽)	100.8	3.0	4.2	4.0	2	RC製	曝気ろ槽必要容量の%； 接触汚泥濃度：75%以上	76.3%
接触曝気槽 (全体)	112.32	-	-	-	-	RC製	BOD容積負荷 0.3kg/m ³ ・日	0.29kg/m ³ ・日
(第1槽)	74.88	3.0	3.2	3.9	2	RC製	必要容量：接触曝気槽必要容量の%； 接触汚泥濃度：85%以上	81.5%
(第2槽)	37.44	3.0	1.8	3.9	2	RC製	必要容量：接触曝気槽必要容量の%； 接触汚泥濃度：85%以上	61.5%
沈殿槽	41.12	3.0	3.0	3.0	2	RC製	滞留時間：日平均汚水量の3時間以上 水層負荷：日平均汚水量に対し20m ³ /m ² ・日以下 底泥負荷：日平均汚水量に対し30kg/m ² ・日以下	3.31時間 16.5m ³ /m ² ・日 14.3kg/m ² ・日
消毒槽	3.92	2.0	1.6	1.4	1	RC製	滞留時間：日平均汚水量の15分	18.9分
汚泥濃縮貯留槽	30.06	3.0	3.0	4.0	1	RC製	貯留容量：曝気ろ槽の10%以上	10.1%
放流ポンプ槽	4.48	1.4	1.6	2.0	1	RC製	滞留時間：日平均汚水量の15分	21.6分
脱臭ポンプ槽	3.36	1.4	1.2	2.0	1	RC製		

圖 20 入江地區農村集落污水處理設施各單元樣式與規格 (摘自現場資料)

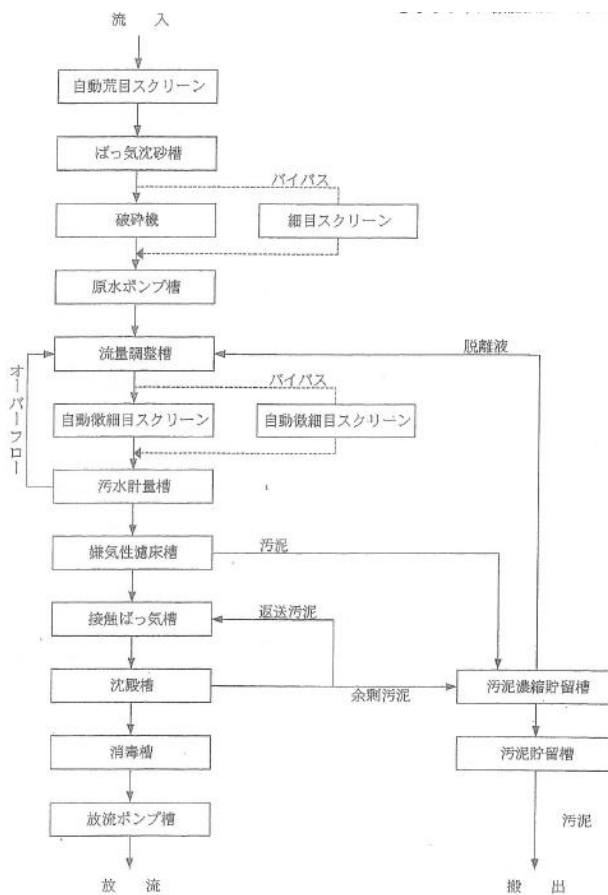


圖 21 入江地區農村集落污水處理設施處理流程圖 (摘自現場資料)



入江地區農村集落污水處理設施建築物外觀



聽取現場人員解說



曝氣式沈澱池



消毒槽及放流槽



入江地區農村集落污水處理設施綜觀



入江地區農村集落污水處理設施周圍以植樹方式減少與周遭環境的衝突

圖 22 參訪入江地區農村集落污水處理設施照片

肆、心得與建議

- (一) 本處刻正推動水庫水質改善與污染源削減措施，藉由與國土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所、財團法人琵琶湖・淀川水質保全機構等河川湖泊管理單位之交流過程，瞭解琵琶湖及其流域在水質監測、污染源控制、污水處理設施運作模式、相關執行實例及細節經驗，值得本署爾後推動執行工作參考。
- (二) 針對琵琶湖之水質自動監測，除水溫、pH、溶氧、導電度、濁度、葉綠素 a 與化學需氧量外，尚有總氮與總磷等營養鹽項目之監測，對於封閉性水域（如湖泊等）確有監測必要；我國「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」所定水質自動監測項目，尚未有監測營養鹽項目規定，建議後續可規劃方向如下：
 1. 就封閉性水域之放流水標準，先行研修管制標準，建議除營養鹽項目外，可參考日本就葉綠素 a 與濁度等項目，同時訂定管制限值。
 2. 瞭解與分析我國現行水質自動監測設施，針對營養鹽管制項目之檢測技術與原理，選擇示範水庫進行測試，確認其實用性及可行性。
 3. 日本水體環境之水質監測，除水質項目外，尚包含水理條件（如水位、波高與波高周期），與各種氣象條件，我國目前僅有放流水之自動監測與連線，如能同時掌握氣象條件，更可知設置對象所陳述原因之正確性。
- (三) 日本已有水質自動監測設施驗證機制，可有效掌握傳輸監測紀錄值之準確性，此部分我國尚未有任何規定，僅有規範自動監測設施之校正、維護頻率，與至少每季辦理相對誤差測試查核(RATA)，但如能在設備選用階段，即有國家之認證，更可方便本署進行後續之管制，與提升監測紀錄值之準確性。故建議後續可與經濟部標準檢驗局研商推動認驗證制度，如在試行初期可採自願性驗證，未來再視實際推動狀況及市場發展情形，評估是否改為強制性驗證。
- (四) 堀場製作所(HORIBA Process&Environmental)，為日本國內頗具規模的儀器公司，目前手持式水質檢測設備已發展至多參數合一電極，可同時進行 pH、溶氧、濁度等 11 項水質參數檢測，且具自動潔淨功能，並內建儲存功能，可存放多筆監測數據。建議環保單位可購置此類設備，作為水污染源稽查管制工具，利用其同時結合各項水質操作參數與儲存機制，供初步判斷事業單位有無正常操作廢(污)水處理設施，及有無繞流排放之情形，如有異常情事，即可就疑似異常事業單位辦理進場稽查或深度查核等工作，遏止不法案件之發生。
- (五) 拜訪島根大學生物資源科學部，藉由與學術單位交流過程，瞭解該校在宍道湖及中海湖泊水質、多段土壤呈層處理系統(multi soil layering system, MSL)及吸附材質等議題研究成果，並進行現場互動討論，瞭解 MSL 運作模式。另藉現場參訪公園內污水處理設施(合併式淨化槽)與 MSL 設施，實際瞭解 MSL 系統運作情形，可師法其相關推動經驗及模式至水庫集水區，處理因施肥過程產生之氮磷營養鹽，減少直接沖刷至水庫造成優養化情形。
- (六) 參訪中海湖八束町大根島農村集落污水處理設施，瞭解農村型污水處理設施實例設施運作情形，依地形、區域範圍、周邊環境條件等因素，選定並設置 8 個聚落區污水處理設施，將所收集之生活污水進行處理後再排放至中海湖中，其實際推

動方式及作法，其相關推動經驗及模式可設置於水庫集水區內小型聚落，減少水庫優養化情形。