

出國報告（出國類別：考察）

101 年流域土砂綜合管理考察計畫  
赴日本考察報告

服務機關：經濟部水利署

姓名職稱：連上堯主任工程司  
張庭華主任

派赴國家：日本

出國期間：101 年 10 月 9 日~101 年 10 月 13 日

報告日期：101 年 12 月 15 日

# 摘要

台灣近年來由於社會的發展及生活水準的提高，人民對河川環境與生態保育之意識不斷提升，期待政府能對傳統河川的體系及管理，更新成顧及生活、生態及生產的河川新風貌。

日本與台灣在許多自然及人文條件上皆十分相似，且日本長年來，一向對自然河川從事有系統之調查研究，寶貴的經驗可做為我國河川整治的良好借鏡。有鑑於此，經濟部水利署已著手蒐集日本多年來之研究經驗，擇取與台灣河川相關有益之技術成果，提供相關單位作為改善之參考，更期盼能進一步善用已有的交流互通管道，提供台灣技術人員出國研習日方之技術，體驗學習日本之先進工法。

本次赴日本考察時程雖然短促，但因規劃得宜，針對水庫淤砂管理與清除的經驗以及水庫整體之維護管理方式，均在工地現場與當地的工程師或設計人員進行深度的溝通與見學，類似的訪問累積雙方的互敬與互信是本次參訪最大的成果。

# 目次

一、前言	1
1.1 考察緣起	1
1.2 考察目的	1
二、考察行程及成員	3
2.1 考察行程	3
2.2 參訪成員	4
2.3 行前會議與資訊整合	5
三、考察紀要與參訪單位	9
3.1 河川整備研究所背景說明	9
3.2 十月九日行程(到達與大阪市區參訪)	11
3.3 十月十日行程(關西電力公司旭壩)	13
3.4 十月十一日行程(鹿野川事務所鹿野川壩)	19
3.5 十月十二日行程(川內川事務所鶴田壩)	25
四、考察重要成果與建議	30
五、附件資料	33

# 圖目錄

圖一、水庫淤砂堆積特性圖	6
圖二、旭壩平面配置圖	8
圖三、空庫排砂的配置原則	8
圖四、河川整備研究所的成員	10
圖五、河川整備研究所的組織	10
圖六、河川整備研究所 2009 年度工作報告記載與台灣往來的情形	11
圖七、大阪道頓堀川位置	11
圖八、旭壩濁流紀錄(右軸為濁流造成不能發電的天數)	14
圖九、旭壩位置圖	15
圖十、旭壩排砂設施配置圖	16

圖十一、濁水分布情形	16
圖十二、鹿野川壩流域概況	20
圖十三、鹿野川改善計畫控制流量圖	20
圖十四、鹿野川改善計畫工程配置圖(在 E1.53.0m 處增加一個排砂口)	19
圖十五、招標公告	19
圖十六、下游面構台假設工程鳥瞰圖(一)	22
圖十七、下游面構台假設工程(二)	22
圖十八、LIBRA 工法構成	23
圖十九、LIBRA 基礎細部圖	23
圖二十、LIBRA 組裝過程	24
圖二十一、LIBRA 下構施工實績圖	24
圖二十二、鶴田壩放流情形	26
圖二十三、鶴田川壩對於水位的影響效益圖	26
圖二十四、改善措施的工程配置圖	27
圖二十五、飽和潛水設施與轉換艙	28
圖二十六、水下施工程序細節	29
圖二十七、潛水夫工作細節	29

## 表目錄

表一、逐日行程規劃表	4
表二、參訪團隊名單	5

## 照片目錄

照片一、道頓堀川白天情形(2012/10/9)	12
照片二、道頓堀川晚上情形(2012/10/9)	13
照片三、上游長墊電廠被破壞情形	17
照片四、集水區上游土石崩落現況	18
照片五、變電所重建現況	18



# 一、前言

## 1.1 考察緣起

台灣與日本同屬島國，皆為已開發國家，兩者之水文及地文條件頗為相似。近年來由於社會的發展及生活水準的提升，人民對河川環境與生態保育之意識不斷提升，期待政府能對傳統河川的體系及管理，更新成顧及生活、生態及生產的河川新風貌。

日本之河川管理機構於 1987 年設置財團法人河川整備中心，專門從事河川相關的水邊保育利用，以及規劃施工等技術之開發及調查工作，並出版其研究成果，提供該國相關單位參考。日本長年來，一向對自然河川從事有系統之調查研究，寶貴的經驗可做為我國河川整治的良好借鏡。有鑑於此，經濟部水利署已著手蒐集日本多年來之研究經驗，擇取與台灣河川相關有益之技術成果，提供相關單位作為改善之參考。台灣未來之願景亦是朝向營造河川生物多樣性與親水性之多功能目標邁進。

本次考察的安排以水庫永續經營與水下施工的指導性活動與實務性技術分享為主軸，希望透過日方人員來台的參訪，可以增加兩國間水利技術的交流與經驗的交換，更希望透過類似的活動建立經濟部水利署在國際活動上的知名度與對國際社會的貢獻。

## 1.2 考察目的

鑒於全球性氣候變遷及地殼變動引發之頻繁地震，導致台灣與日本陸續遭受多次嚴重的颱風及地震災害，留下災後復原之眾多難題。且災後之搶修及復建，除須耗費大量金額、人力及技術的投入外，更需考量到時效性的災情掌握。長期以來兩國天災禍害，如地震災區的即時搶救、堰塞湖的善後處理、土石流的應變等，各有不同的遭遇處境及對應經驗，若能就應變技術及搶救工法，從事相互交換經驗及心得，將可提升災害之救災效率與技術。因此，日本對水資源營運調配之治水經驗、河川整體防洪排水體系的監控，以及人工湖設置的範例，應可作為台灣提昇技術層面的重要參考。

過去台灣與日本兩國水利界技術交流，以日方技術專家單向來訪居多，今後期盼能善用已有的交流互通管道，提供台灣技術人員出國研習日方日新月異之技術工法，體驗學習日本之先進工程，甚至認知該國已被認定有缺失之工程範例經驗，由正反兩面觀摩思考台灣工程技術之未來。除了達到引進日本先進技術之目的外，亦可避免重蹈其過去失敗之先例，對台灣技術的提昇及保障應有所裨益。

此外，對緊急災害的搶救性工作，爲了爭取救災時效，透過本計畫已見漸次形成兩國間設置緊急互訪管道的默契，能使台灣救災技術面之高層決策人士，亦能在第一時間即時赴日，實際瞭解日方類似災害的對應策略及採用之技術工法，以提昇台灣對於災後緊急復建搶修之時效性。同樣地，日本曾發生之堰塞湖災害，亦可從台灣過去成功的堰塞湖善後處理經驗，獲得寶貴的對應技術，相互達到兩國工程技術合作雙贏互惠之效果。

## 二、考察行程及成員

### 2.1 考察行程

台灣地區的水資源調配、防洪計畫以及濱河生態的保育，除天然水域系統的供給，水庫也扮演著不可忽略的角色。然而地震、颱風及豪大雨等天然的衝擊，造成上游集水區的自然崩塌，進而損及水庫給水與防洪的預期效能，大型水庫因集水區的遼闊，面臨的壓力更形嚴峻。經濟部水利署北區水資源局所轄之石門水庫自 2004 年艾莉颱風所挾帶二千七百八十萬立方公尺泥砂陸續流入水庫之後，每年水庫淤積情形都超出水庫規劃初期的因砂效應。這些入庫泥砂前緣已經明顯影響到水庫給水、灌溉、發電和防洪等操作運轉，更有可能威脅到大壩的安全運作。基於水源保全以及防洪機能的維持，經濟部水利署北區水資源局研議各種可能的措施，企圖延緩水庫淤積的趨勢，並期待經由工程設施結合非工程方法，移除水下淤砂、延長水庫經濟壽命，益增水庫的多元功能。

相類似的課題也出現在曾文水庫，因莫拉克颱風豪雨造成水庫上游推入將近一億立方公尺的泥砂，隨著大小不同豪雨、颱風暴雨效應，堆砂前緣也漸次推向下游，各項用水標的和設施機能維持日益困難，水庫安全威脅與日俱增。

石門水庫和曾文水庫管理單位為解決前述問題，已委託國內知名專業工程顧問公司進行全面性課題評析，並藉此程序由工程設施抽砂解決近庫大壩堆砂的問題。雖然受委託單位已完成初步規劃和細部設計發包作業，但諸多工程項目在國內多屬創新工法，經濟部水利署為求日後施工順利且可持續營運既設水庫標的，乃由「101 年日本河川治理知識管理合作」計畫團隊先行聯繫日本河川整備研究所針對前述課題和施工現場，選定三處條件相仿且成功的水庫實地參訪，期能習人之長而有所得。

本次赴日參訪行程為經濟部水利署專案研究工作項目之一，日本方面窗口為河川整備研究所，經濟部水利署經由此管道和日本水利機構往來多年，相互之間默契十足，且有許多技術合作與發表，今年度由經濟部水利署南區水資源局主任工程司連上堯擔任領隊，日方則為渡邊茂先生協助全程隨隊解說。

因應國內各水庫面臨淤積與清除水庫內淤塞的工程施作，經濟部水利署核定

的形成主軸為水庫淤積工程參訪。經日本河川整備研究所細心篩選與縝密規劃，選定淤砂排除案例水庫，包含完成運作、施工中的水庫等案件。全體成員於 2012 年 10 月 9 日由桃園機場出發，到日本大阪關西機場，2012 年 10 月 13 日由日本九州福岡機場返台，五天行程參訪旭壩、鹿野川壩、鶴田壩等三項工程。(詳如表一、逐日行程規劃表)

表一、逐日行程規劃表

日期	工 作 內 容
10 月 09 日	去程 參觀大阪市區河川環境管理與經營現況 日方：河川整備研究所 阿部 充 先生
10 月 10 日	關西電力公司旭壩(Asahi Dam) 排砂設施操作管理與維護 日方：河川整備研究所 渡邊 茂 先生 日方：國土交通省 柏井条介 先生
10 月 11 日	國土交通省鹿野川事務所鹿野川壩(Kanogawa Dam) 排砂設施施工現況與水庫管理 日方：河川整備研究所 渡邊 茂 先生 日方：國土交通省 柏井条介 先生
10 月 12 日	國土交通省川內川事務所鶴田壩(Tsurada Dam) 水下施工、排砂設施施工現況與水庫管理 日方：河川整備研究所 渡邊 茂 /阿部 充先生 日方：國土交通省 柏井条介 先生
10 月 13 日	福岡市區區排環境管理與經營現況 日方：河川整備研究所 渡邊 茂先生

## 2.2 參訪成員

經濟部水利署核定行程由南區水資源局連上堯主任工程司領隊，參加成員包括北區水資源局石門水庫管理中心主任張庭華、行政院災害防救辦公室助理研究

員呂宜軒、鄭昌奇副教授及詹明勇副教授。(詳如表二、參訪團隊名單)

表二、參訪團隊名單

	姓名	Name	性別	職稱	單位	備註
1	連上堯	Lien, Shang-Yao	男	主任工程司	水利署南區水資源局	領隊
2	張庭華	Chang, Ting-Hua	男	主任	水利署北區水資源局石門水庫管理中心	
3	呂宜軒	Lu, Yi-Hsuan	女	助理研究員	行政院災害防救辦公室	
4	鄭昌奇	Cheng, Chang-Chi	男	副教授	健行科技大學工業管理系	計畫主持人
5	詹明勇	Jan, Ming-Young	男	副教授	義守大學土木與生態工程系	聯絡人

## 2.3 行前會議與資訊整合

經濟部水利署極度重視訪日行程的準備與規劃，經日方確認行程之後，由計畫團隊收集相關資料，備為參訪成員研讀參考，並在9月18日假經濟部水利署台北辦公室辦理行前說明會，將此次行程的重點參訪水庫的基本資料向出訪成員逐一說明。行前會議提供的資訊包括參訪地的基本地理條件、並取得諸多先期課題，先送受訪單位參酌回應。

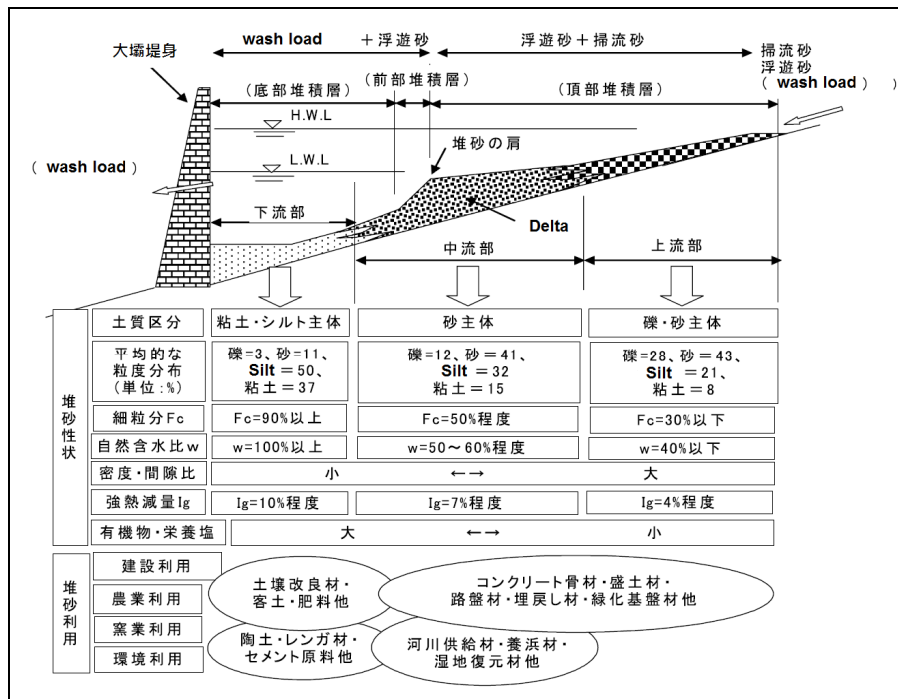
有關水庫淤砂的處理技術，日方有多年研究和豐富的施工經驗。對於水庫淤砂問題的探討已經累積許多的經驗，根據國土交通省土木研究所的報告和各水庫的年度報告，歸納出管理單位對於水庫設施與上游集水區可能面對的課題類分為常態性設施檢修(含水門、管理站、觀測設施、機電設備與其他與民眾有關的設備)、中長期性水庫淤砂(含水庫淤砂移除、淤砂防制及淤砂再利用)、構造物安全(大壩安全評估、大壩管理機制檢討—費用與用途、水庫運轉規線、颱風風險評估)及偶發事件(瀕臨潰堤事件、地震後檢查)。上述課題在所有的水庫暨大壩管理均會發生，只是在不同國家地區會有其社會經濟背景與相對應技術層次的策略產生。以水庫淤砂對策而言，日本國土交通省明確的對於各轄管水庫應有的策略分為三個層次，並根據各水庫管理委員會就水庫特性自行訂定管理目標，並藉以編定預算執行。國土交通省對於水庫再活化或維持機能的策略為：

- 水庫機能提升：研擬改變既有水庫管理目標與準則，就水庫現況與未來

需求面，一方面調整水庫管理規則，另一方面藉由管理機制與工程措施提高水庫的機能，同時也增加大壩的安全性。

- 水庫機能延壽：水庫面臨除役者可以透過浚挖、排砂、集水區整治或其他工程手段，延長水庫經濟壽命，並降低供水或防洪新設施建設的時程壓力。
- 水庫機能恢復：在巨大水文事件之後，中、小型水庫藉由局部整修與工程手段，回復水庫原有的水文生態環境與給水防洪功能的對策。

如果把重點放在水庫淤砂的細節，日本土木研究所對於各水庫淤砂的概況，以堆砂形成的三角洲分成頂部堆積層(Top set load)、前部堆積層[堆積前緣](fore set load)及底部堆積層(bottom set load)，頂部與堆積前緣的中值粒徑較大(約為 0.1mm~0.2mm 以上)，底部堆積質地細膩均在 0.1mm 以下，各部位的特質如圖一所示。

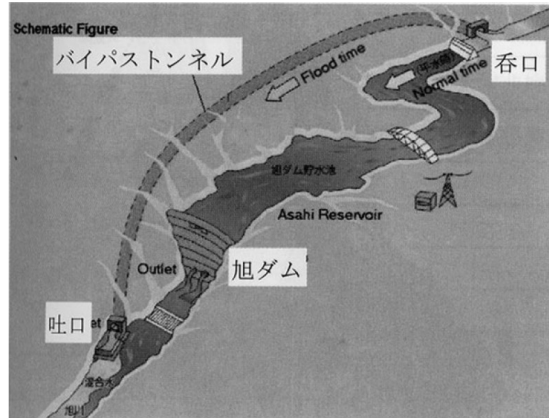


圖一、水庫淤砂堆積特性圖

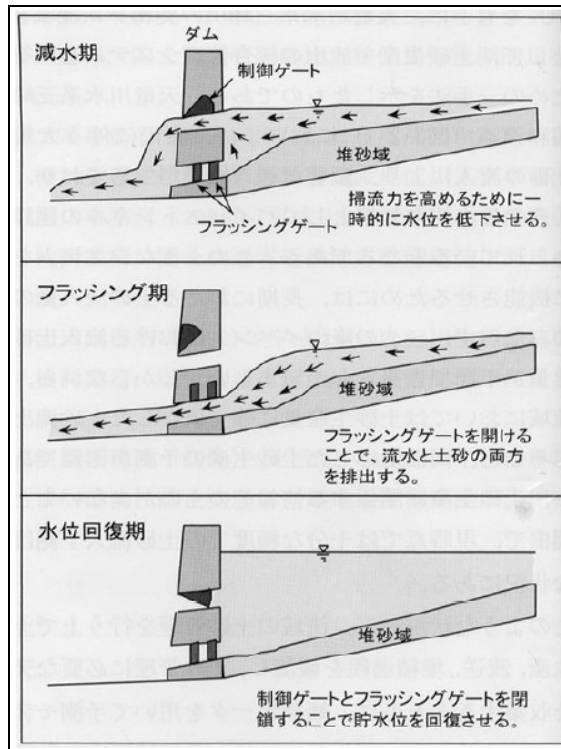
底部堆積層多為 silt 可採用洪水排砂策略清除，該部位的材料可供為陶土、水泥製品摻料、土壤客土等用途。堆積上部的材料多屬砂礫材料，僅在高水位時浸沒於水中，平時可藉由露天採石方式移除淤砂，若接近於混凝土廠，該處淤砂

可供為混凝土拌合的骨材。堆積前緣多屬小礫石材料，採挖浚渫都不容易，若空庫處理，該處土石方可供下游河川砂源或養灘之用。目前日本國土交通省採用淤砂處置的方式，略可歸納為下列三種：

- 就源管理減少土砂入庫：在水庫淹沒區的上游興建攔砂壩、強化集水區治理等作業，阻隔上游土砂進入水庫淹沒區。該法顧及下游砂源平衡的需求，作業單位也採取運搬策略，將部分土砂往下游集中管理，在洪水期間置入河中排往下游(河川土砂還原，石門水庫正考量此工法)。
- 繞庫排砂減少土砂入庫：於堆積上部(堆積頂部)的上游，藉由明渠或管路在洪水期間開啓閘門，經由高水位的效應將入庫土砂繞經前述途徑，直接注入大壩下方。繞庫排砂若設計正確可以有效降低淤砂入庫量，也減少挖浚運搬的二次費用，同時是在高水位時期排出，有關土砂還原造成河段沖淤平衡糾紛也較少。預估上游取砂口與開啓水門時機是本法最困難的課題(本次參訪的旭壩為繞庫排砂的案例，如圖二所示)。
- 水力排砂減少底部淤砂：為排除淤砂前緣底部淤砂的長期堆積，日本多數水庫管理單位在大壩本體設置排砂閘門或排砂閥，在洪水來臨前空庫納洪時機，順便將底部淤砂排出，如圖三所示。此法在新水庫興建時可以順利施工處理，但在既有水庫增設此設備就是困難的課題。因為洪水前空庫的時機難斷，同時在峰前排砂造成下游水質混濁也曾引起民眾的抗議(鶴田川系列排砂即為出名的案例)。本次參訪的鹿野川壩是舊壩新增設施的案例(深水作業)。



圖二、旭壩平面配置圖



圖三、空庫排砂的配置原則



## 三、考察紀要與參訪單位

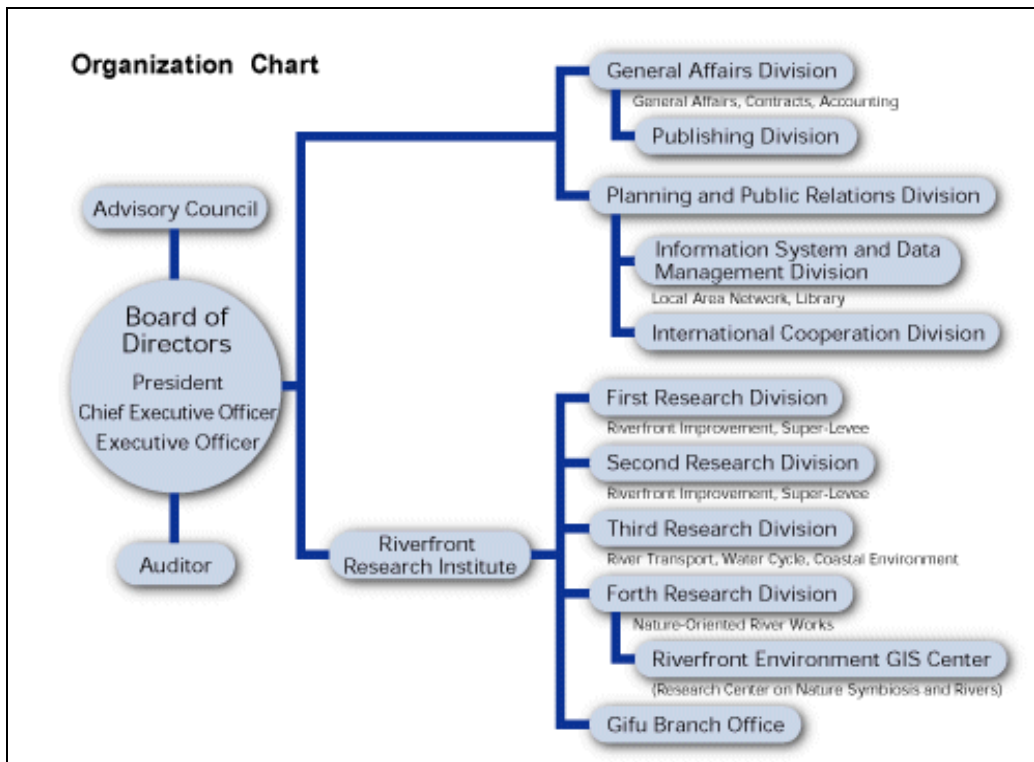
### 3.1 河川整備研究所背景說明

促進台日雙方水利技術交流，一直是經濟部水利署國際交流之重點業務之一。本次赴日由財團法人台北市七星農田水利研究發展基金會安排，得以順利與日方接洽。日本政府爲了河川管理技術之提升，於 1987 年由國土交通省河川局、各都道府廳的協助指導，由前東京都知事鈴木先生爲發起人成立財團法人河川整備中心，專門從事河川相關的水邊保育利用，以及規劃施工等技術之開發及調查工作。河川整備中心是在國土交通省之下成立研究單位，主要的組織型態圖如圖四所示，理事長爲竹村公太郎，另設有常務理事一人，非常務理事十人。該中心主管下轄總務、出版、工務、空間資訊與國際交流的行政業務，另設四個研究部門，分別研究超級堤防、河川運輸（水運）、海岸環境與地理資訊系統等專門課題。此外在岐阜縣亦設有分處辦公室。因應日本國內對於非營利機關的管理與補助原則，河川整備中心於 2012 年 4 月 1 日更名爲河川整備研究所，其組織如圖五所示，基本架構不變，但其對外的活動與角色更爲多元。

河川整備研究所的研究課題甚廣，涵蓋多自然河川管理、魚道設計、區域河川、河川整備、河川調查、圖鑑與定期刊物等。經由過去的合作經驗，河川整備研究所對於我方提出非營利行爲的中譯本要求，多能在不違反台日雙方的著作權原則下與 NPO 的精神，同意無償發行中文版的授權。另外，河川整備研究所也對於週遭的環境，進行細密調查，日本全國 109 條一級河川的主流與重要支流都是調查的對象。調查的內容爲「魚貝類調查」、「底棲動物調查」、「植物調查」、「鳥類調查」、「兩棲類・爬蟲類・哺乳類調查」、「陸上昆蟲類等調查」等六種。另外也對於河川空間利用現況，進行 8 種指標的探討。河川整備研究所除國內任務的執行，也進行國際交流，我方與其交流也被視爲重點項目之一，平成 21 年(2009)該中心的報告即述及與台灣來往，派員講學的情形，如圖六所示。

理事長 (常勤)	竹村 公太郎	(元国土交通省河川局長)
専務理事 (常勤)	丸岡 昇	(元国土交通省関東地方整備局河川部長)
理事 (非常勤)	見城 美枝子	青森大学教授
" ( " )	河村 三郎	岐阜大学名誉教授
" ( " )	島村 慎市郎	元越谷市長
" ( " )	高橋 光壽	(社) 街づくり区画整理協会常任理事
" ( " )	廣谷 彰彦	(社) 建設コンサルタンツ協会会長
" ( " )	万仲 宣夫	(社) 日本建設業団体連合会常務理事
" ( " )	三島 次郎	桜美林大学名誉教授
" ( " )	宮村 忠	関東学院大学名誉教授
" ( " )	村尾 公一	東京都建設局長
" ( " )	森 民夫	長岡市長 (元建設省住宅局地域住宅計画官)

圖四、河川整備研究所の成員



圖五、河川整備研究所の組織

### 9. 國際協力の推進

平成13年度に締結した台湾の研究財団との技術協力協定に基づき、台湾で開催された河川事業を担当する行政官を対象とした講習会に講師を派遣し、講演及び現地指導を行った。

中国で開催された河川事業、水辺整備を担当する行政官等を対象とした第3回中国都市河川湖沼総合整備セミナーに講師を派遣し、日本の多自然川づくりについて講演を行った。

圖六、河川整備研究所 2009 年度工作報告記載與台灣往來的情形

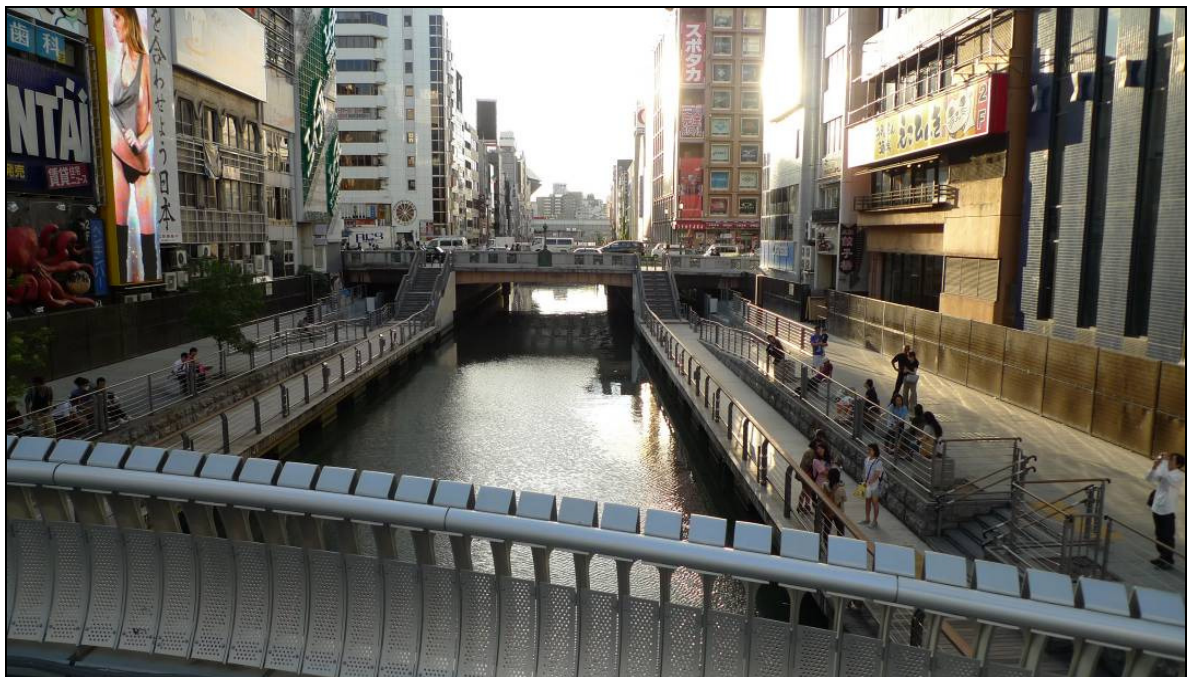
## 3.2 十月九日行程(到達與大阪市區參訪)

預定班機於當天早上起飛，由桃園機場到大阪關西機場。抵達時已有河川整備研究所的阿部 充先生在入境處等待全團的成員。關西機場係填海造陸形成，進入大阪市區需藉由日本國鐵或其他私營鐵路的運輸。目前以私營南海鐵路進入市區管道最為大眾使用，主要是其速度與停車的位置都已經開發為特殊的商業區或重要的住宅區。



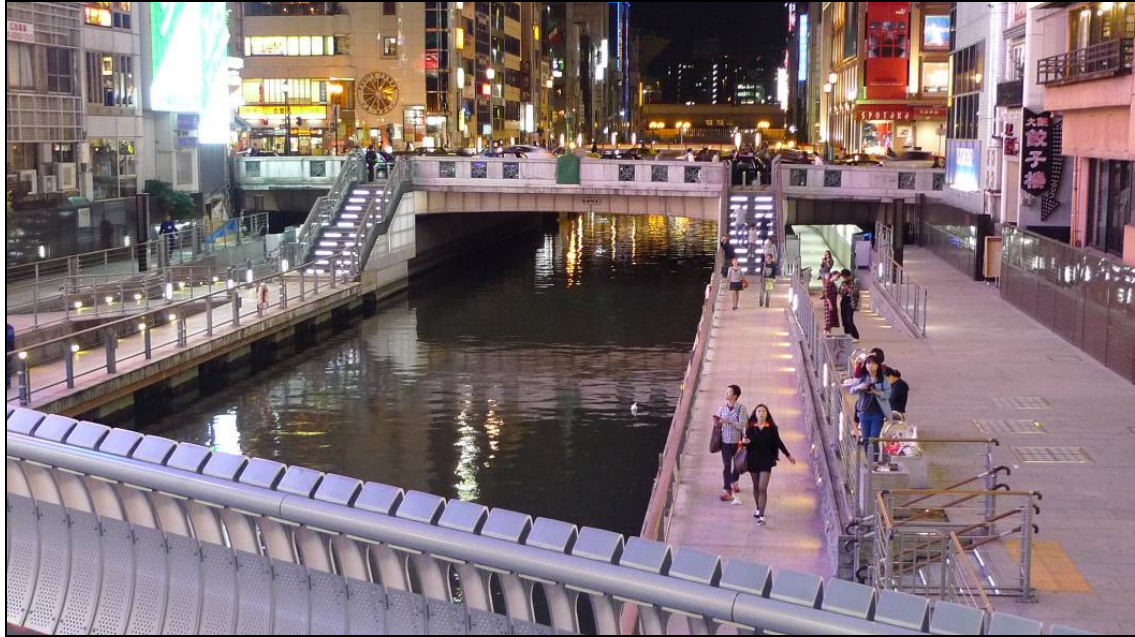
圖七、大阪道頓堀川位置

抵達大阪後即前往住宿之大阪難波華盛頓飯店，該區位於大阪市熱鬧之處，旁邊即為大阪道頓堀商圈，其位置如圖七所示。該商圈比較吸引我們的地方並不是商圈本身，而是身為水利工程師本能的誘發，我們注意到的是商圈旁的道頓堀川。道頓堀川是大阪城十大著名旅遊景點之一，白天跟晚上的情形如照片一、二所示。其實該川的營造並無特別突出之處，但卻恰恰與周遭的商圈結合一起，兩岸環境維護的相當乾淨，也容易吸引商圈的人潮往兩岸駐足，兩岸也有商店提供遊客休憩觀景之餐飲服務。台灣近年來也致力於都市河川復育計畫與結合周邊商業發展的營造，該川的模式可以提供參考。



照片一、道頓堀川白天情形(2012/10/9)





照片二、道頓堀川晚上情形(2012/10/9)

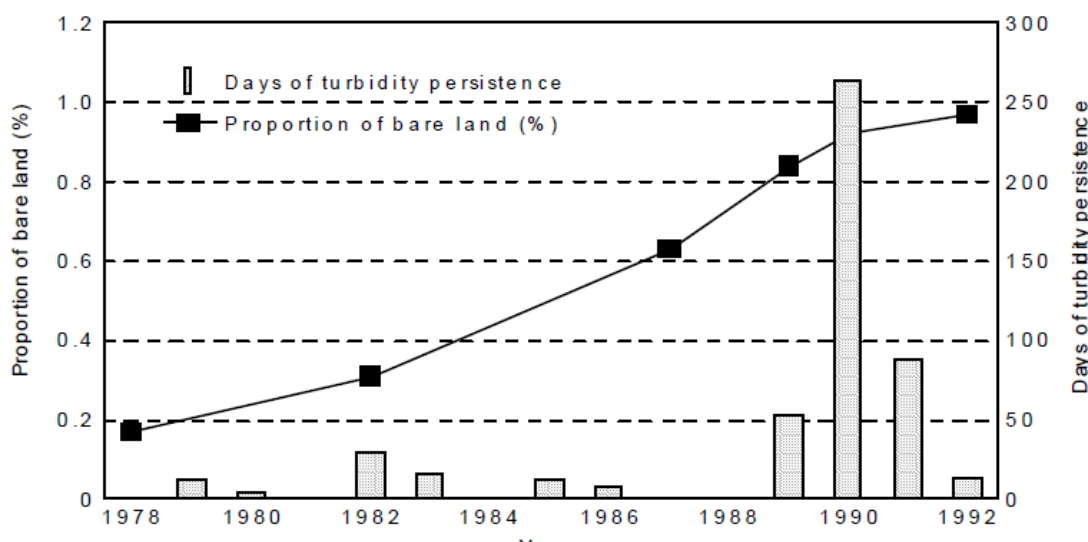
### 3.3 十月十日行程(關西電力公司旭壩)

旭壩(關西電力奧吉野發電系統之一)為改善水庫淤積現象，於集水區上游實施繞庫排砂工程，另開一隧道將土砂排放到下游，雖然有效排砂，但其工程浩大，事前調查與分析必須精確，上游土砂粒徑很大(直徑 20cm 以內)，因此，對於隧道磨耗亦相對大。此工程可以為國內借鏡，但仍需考量工程成本與空間，評估其可行性。另因暴雨，造成集水區上游土石崩落，導致形成類似堰塞湖狀況，並淹沒變電所及部份民宅。當時已疏散變電所及民宅等附近民眾，所幸無造成任何人員傷亡，目前變電所正在重建中。

奧吉野發電所是日本關西電力公司第三大發電單元，總發電量為 466MW。該電廠是搭配臨近核能電廠，提供尖峰發電的需求，並藉之提高供電系統的穩定度。電廠的落差 530 公尺，可持續 12 小時連續供水發電，為日本最大的抽蓄水力電廠。該電廠於昭和 46 年(1971) 開始調查，昭和 50 年(1975) 開始施工，昭和 56 年(1981) 全程完工開始商轉。

電廠下池完工運轉之後，因為上游集水區的治理因素，有大量的崩場地土壤往水庫集中，除了造成庫容不足之外，水質污染與高濁度的水體都影響水庫操作

的基本機能。圖八顯示旭壩過去多年上游裸露地的百分比，此外因高濁度造成系統不能正常運作的天數也曾創下一年超過 200 天的紀錄。該水庫面臨嚴重的淤砂困擾，決定在庫區上游採取繞庫排砂的設施，相關位置及設施設備配置如圖九及圖十所示。



圖八、旭壩濁流紀錄(右軸為濁流造成不能發電的天數)

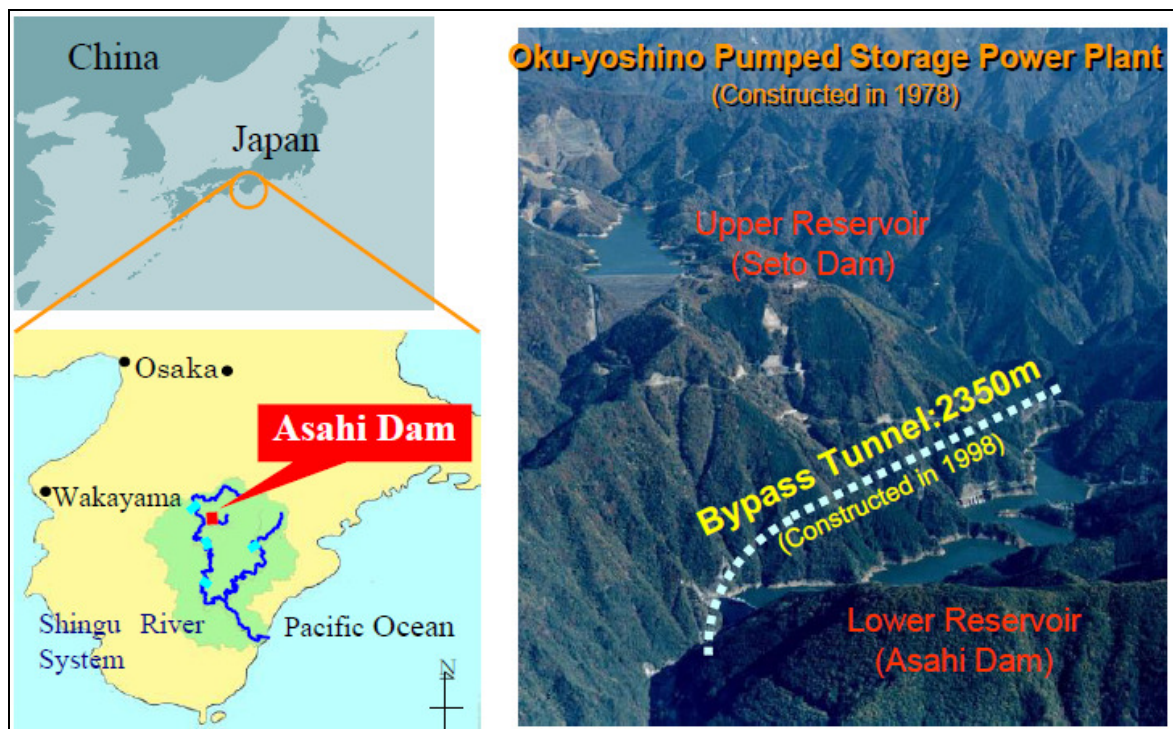
旭壩是奧吉野發電廠的一部分設施，為一抽蓄水力電廠，位於奈良縣吉野郡十津川村旭字中山下，上池壩叫做「瀨戶壩」，建於新宮川水系之瀨戶谷川上，下池壩叫做「旭壩」，於 1978 年建於新宮川水系之旭川上，壩體為拱壩，壩高 86.1 公尺，有效蓄水量為 1,250 萬  $m^3$ 。

完工啓用後，因為上游集水區的人為開發，導致颱風豪雨時，上游大量濁水流入水庫，整體湖面都出現污濁狀態，結果從壩體放流到下游的水，很長一段時間都是濁水。1978 年至 1988 年旭水庫年平均淤積量為 20,000  $m^3$ ，1989 年至 1995 年其年平均淤積量快速增加為 85,000  $m^3$ ，1990 年甚至因河水混濁長達 200 天，導致停止發電 4 次，於是關西電力公司於 1993 年進行分析評估，結果顯示未來淤積高程將達進水口高程，發電水源所挾帶大量土砂將造成水輪機磨損並影響發電，經關西電力公司檢討結果，最後決定規劃繞庫排砂系統，該系統於 1998 年 4 月完工使用，並獲得 1999 年日本土木學會技術賞之殊榮。

該工程值得探討為上游分流堰之設計方式，因日本水工結構物之設計思維採

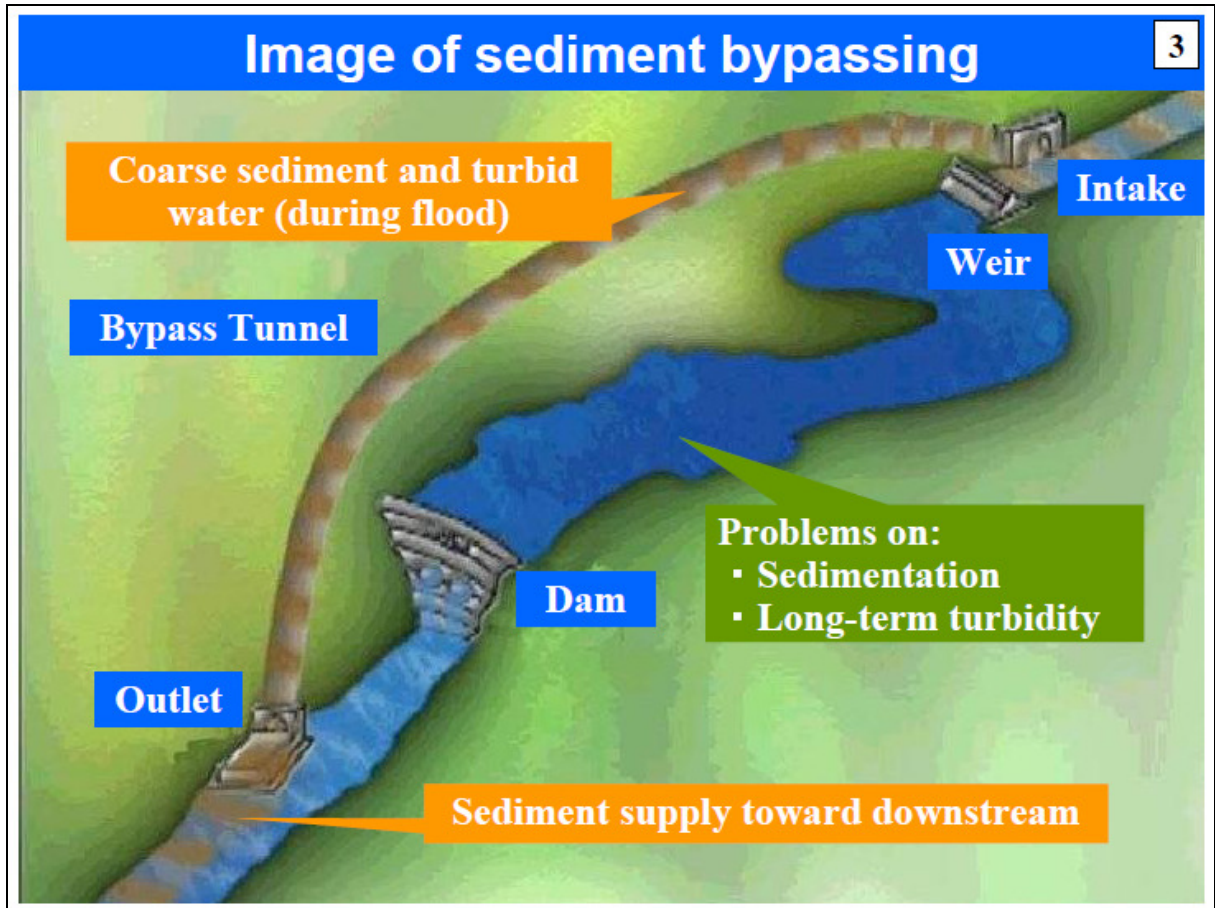
鋼製及機械為導向，以收快速施工之效，故該分流堰之上下游面版採鋼板製作，中間填以現地土石材料，其上再鋪設混凝土版。另該壩上游土石粒徑  $d_{50}$  為 5 公分， $D_{max}=20$  公分，且隧道設計流速為 12 m/sec，運行至今已造成隧道部分磨損。隧道原本未設抗磨保護，其襯砌混凝土強度為  $350 \text{ kgf/cm}^2$ ，未來將以  $700 \text{ kgf/cm}^2$  強度之混凝土予以補強。

由 1998 年至 2010 年之運行紀錄顯示，大約 60% 之旭水庫入流量可經由繞庫排砂隧道排放至旭壩下游。關西電力公司藉由現地所設置之兩座河水混濁度觀測站(分別設置於旭壩上游 4.3km 及旭壩下游 1.5km 處)，量測旭壩上、下游區域每年河水混濁度達 5ppm 以上之天數，其結果顯示，繞庫排砂系統運轉前(1978 年至 1997 年)，旭川濁水滯留情形平均 51.3 天，當旭壩繞庫排砂系統運轉後(1998 年至 2011 年)，旭川濁水滯留情形約減少至 9.4 天，顯示旭壩繞庫排砂系統運轉後，可有效減少旭川下游濁水滯留情形發生，如圖十一所示。

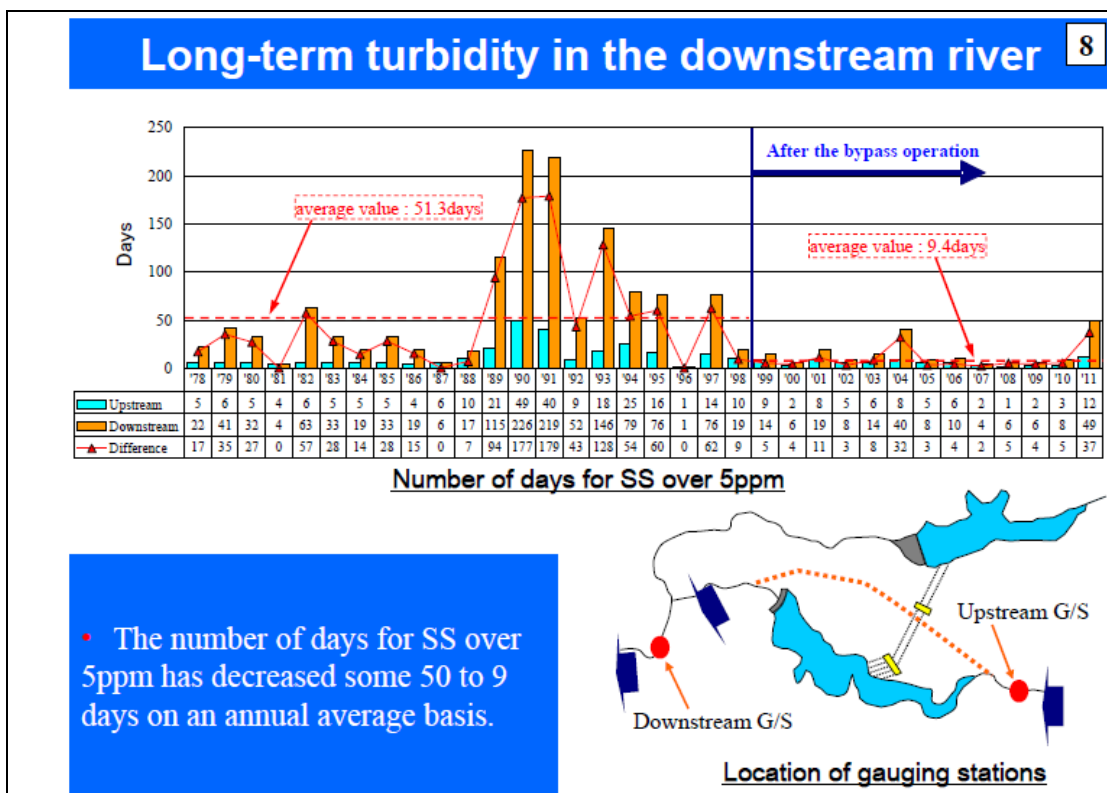


圖九、旭壩位置圖





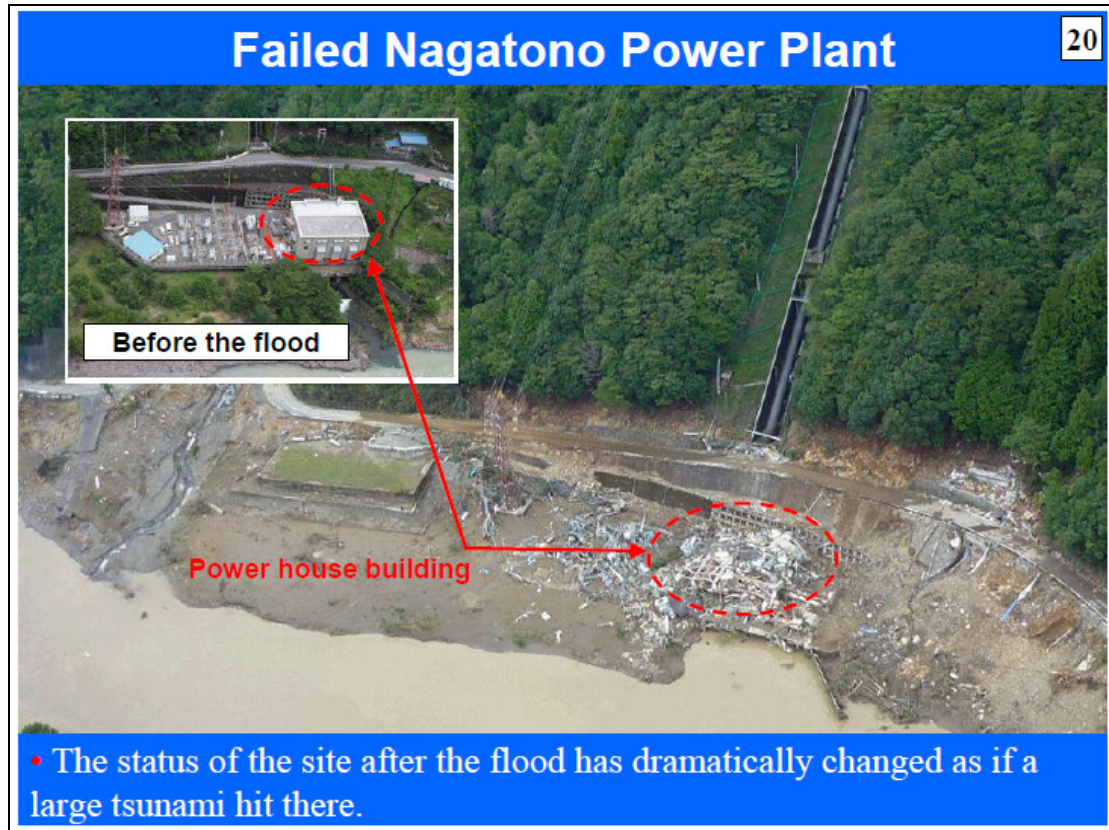
圖十、旭壩排砂設施配置圖



圖十一、濁水分布情形



另見習先前因暴雨造成集水區上游土石崩落，導致形成類似堰塞湖狀況，並淹沒變電所及部份民宅，如照片三、四所示。當時已疏散變電所及民宅等附近民眾，所幸無造成任何人員傷亡，目前變電所正在重建中，如照片五所示。



照片三、上游長墊電廠被破壞情形



照片四、集水區上游土石崩落現況



照片五、變電所重建現況



### 3.4 十月十一日行程(鹿野川事務所鹿野川壩)

鹿野川壩屬日本國土交通省四國地方整備局管轄，主要功能為調節洪水及發電，位於愛媛縣大洲市肱川町宇和川，屬肱川水系肱川。肱川為愛媛縣最大之河川，2004年制訂之肱川水系河川整備計畫將洪水流量由3,550 cms 提高到5,000 cms，其中河道容量仍維持3,100 cms，而鹿野



**ダム管理者:国土交通省**  
**完成年:昭和34年3月【52年経過】**

《目的》

- 洪水調節  
 ダム地点計画高水流量:2,750m<sup>3</sup>/s  
 ダム計画最大放流量 :1,500m<sup>3</sup>/s
- 発電  
 最大使用水量:28m<sup>3</sup>/s  
 最大出力:10,400kw  
 年間目標供給電力量:37百万kwh

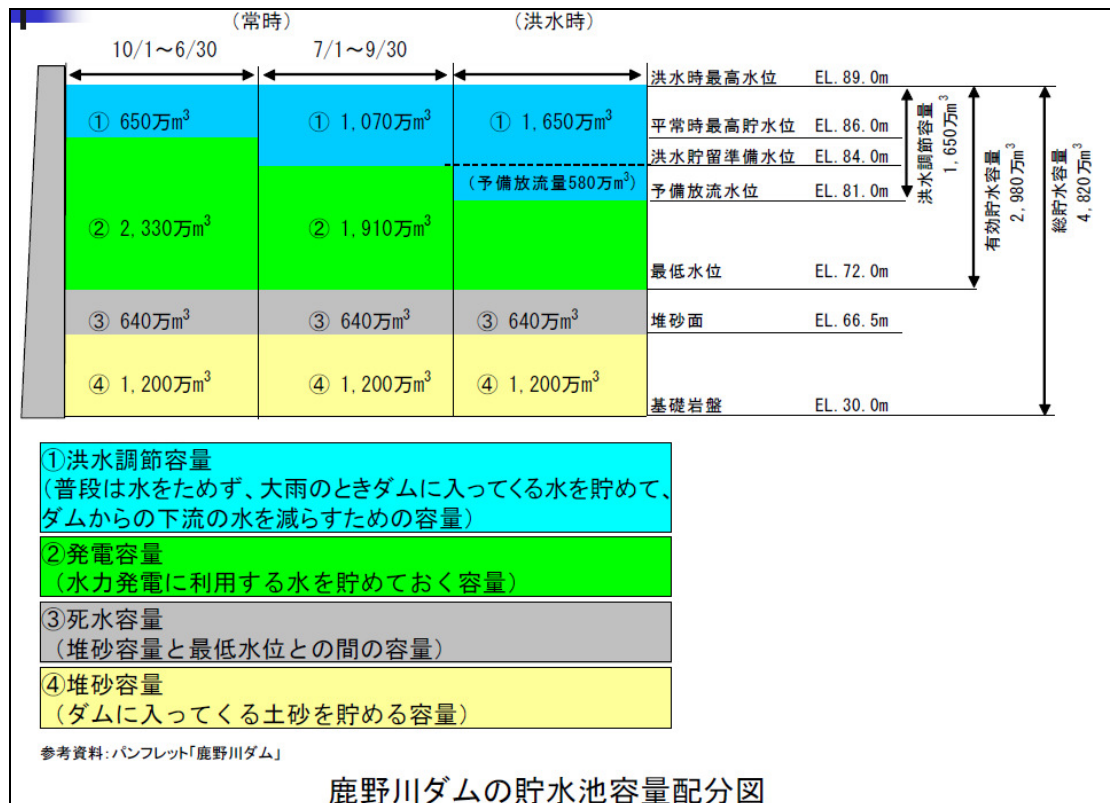
《ダム管理》

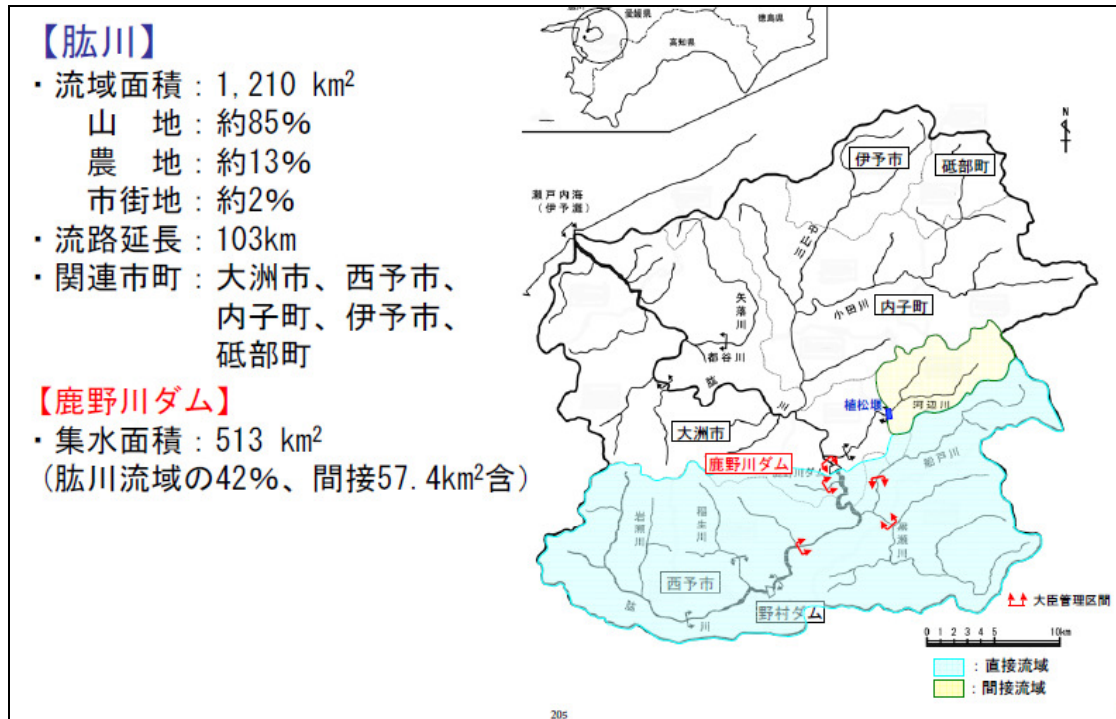
- 昭和34年3月～昭和35年2月  
直轄管理
- 昭和35年2月～平成18年4月  
愛媛県管理
- 平成18年4月～平成24年3月(現在)  
直轄管理

《諸元》

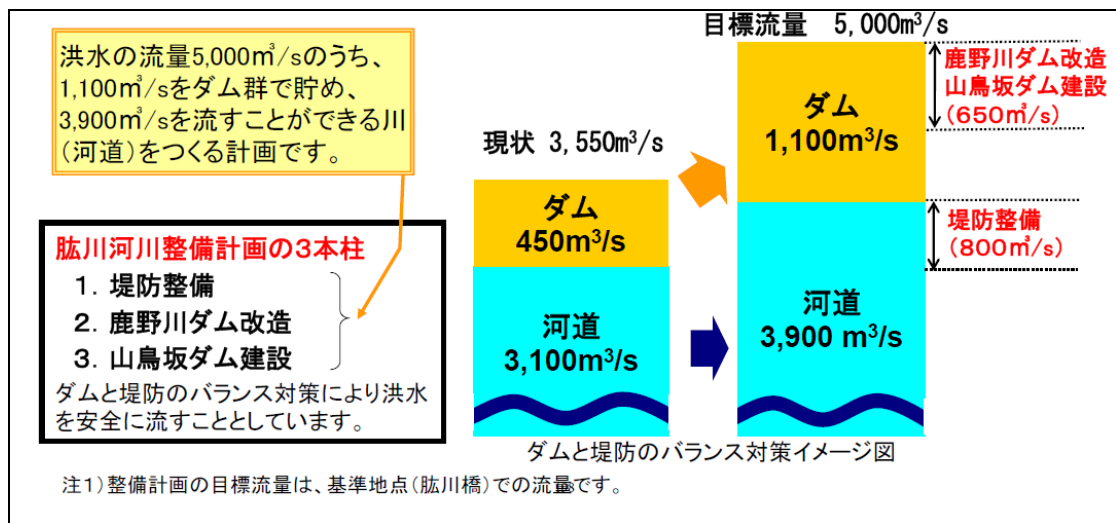
水系名:肱川水系  
 ダムの高さ:61m  
 ダムの長さ(堤頂長):168m  
 集水面積:513km<sup>2</sup>  
 (直接455.6km<sup>2</sup>、間接57.4km<sup>2</sup>)  
 湛水面積:2.32km<sup>2</sup>  
 総貯水容量:4,820万m<sup>3</sup>

川壩之放流量由450 cms 提高到650 cms，另外興建山鳥坂水庫及堤防整備，此三項工程構成肱川水系河川整備計畫三大支柱，其流域概況及改善計畫控制流量如圖十二及圖十三所示。



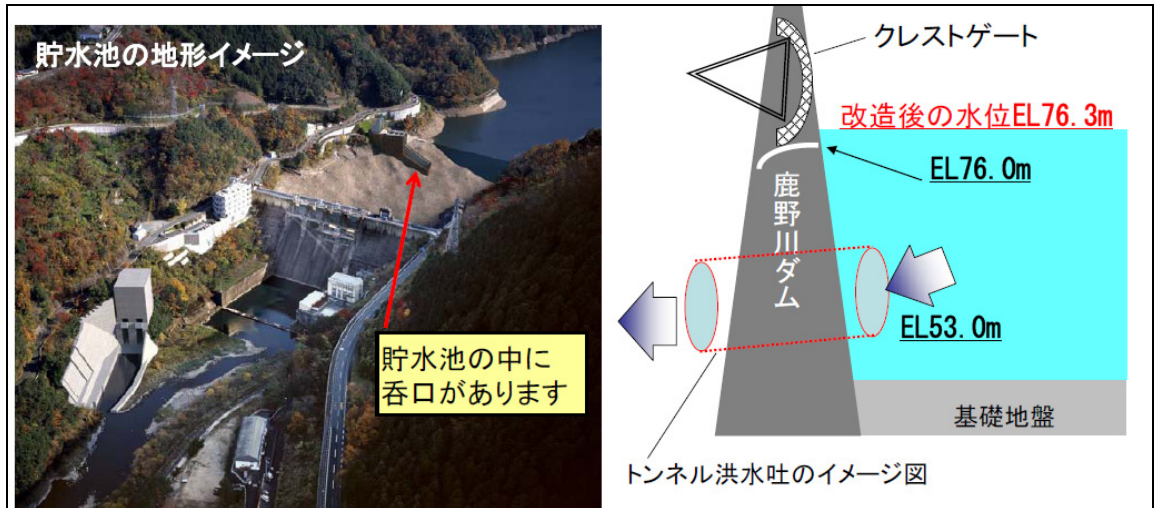


圖十二、鹿野川壩流域概況



圖十三、鹿野川改善計畫控制流量圖

其中鹿野川壩改造計畫主要係將洪水調節庫容由1,650萬立方公尺提高1.4倍，成爲2,390萬立方公尺，而洪水開始調節水位亦由現行之E1.81.0m降至E1.76.3m，因此於大壩上游右岸增設一排洪量1,000 cms(流速10 m/s)之排洪隧道，其工程配置圖如圖十四所示。



圖十四、鹿野川改善計畫工程配置圖(在 EL.53.0m 處增加一個排砂口)

由於水庫右岸無足夠空間可布設施工便道以通達隧道入口處，故國土交通省於招標時即公告 2 種工法—SQC method 及 LIBRA method，得標廠商可擇一採用。

(建設工事) 次のとおり一般競争入札に付します。  
 平成 23 年 9 月 29 日 支出負担行為担当官 四国地方整備局長 川崎 正彦  
 ◎調達機関番号 020  
 ◎所在地番号 37  
 1 工事概要  
 (1) 品目分類番号 41  
 (2) 工事名 平成 23—27 年度鹿野川ダムトンネル洪水吐新設工事  
 (3) 工事場所 愛媛県大洲市脇川町山島坂地先  
 (4) 工事内容 トンネル延長 L=457m (NATM 工法、内空断面積 A=104 平方 m)、流入水路工 1 式、呑口工 1 式、吐口工 1 式、減勢工 1 式、仮設工 1 式  
 (5) 工期 平成 27 年 12 月 28 日まで  
 (6) 使用する主要な資機材 生コンクリート 約 51,000 立方 m、鋼材 約 1,400 t  
 (7) 本工事は、入札時に「高水圧、大水深下でのトンネル洪水吐の呑口部の施工における地山安定性に配慮した技術提案」及び「トンネル洪水吐の耐久性向上に配慮した技術提案」を受け付け、価格以外の要素と価格を総合的に評価し落札者を決定する総合評価落札方式(標準型)の適用工事である。  
 (8) 本工事は、「施工プロセスを通じた検査の試行について(平成 22 年 3 月 29 日付大臣官房地方課長、技術調査課長)」による「施工プロセスを通じた検査」の試行対象工事である。  
 (9) 本工事は、「施工プロセスを通じた検査の試行について(平成 22 年 3 月 29 日付大臣官房地方課長、技術調査課長)」による「施工プロセスを通じた検査」の試行対象工事である。  
 (10) 本工事においては、工事施工中、品質検査員による工事実施状況、出来形及び品質について確認を行うこととし、その結果を踏まえて、既済部分検査及び完成検査(完成技術検査を含む)を行うこととする。また、支払条件は「出来高部分払方式」を採用する。  
 (11) 本工事は、総価契約単価合意方式の対象工事である。なお、総価契約単価合意方式の実施にあたっては、単価等を個別に合意する方式(単価個別合意方式)によることとする。  
 (12) 本工事は、資料の提出、入札等を電子入札システムで行う対象工事である。なお、電子入札システムによりがたいものは、発注者の承諾を得て紙入札方式に代えるものとする。  
 (13) 本工事は、品質確保のための体制その他の施工体制の確保状況を確認し、施工内容を確実に実現できるかどうかについて審査し、評価を行う施工体制確認型総合評価方式の試行工事である。  
 (14) 本工事は、工事関連データの提供及び情報交換の場として、入札工事説明を行う試行工事である。  
 (15) 本工事は、建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律(平成 12 年法律第 104 号)に基づき、分別解体等及び特定建設資材廃棄物の再資源化等の実施が義務づけられた工事である。

圖十五、招標公告

此工程施工團隊(清水建設)則採用 LIBRA(天秤座)工法構築施工便道及入口處施工平台，由於該 2 種工法均有專利權，依現行採購法架構下實難以引進採用。LIBRA 工法之依據為構台兩邊平衡，運用大型機具可快速施工，減省工時、提高工率，其相關工程內容如圖十五至圖二十一所示。



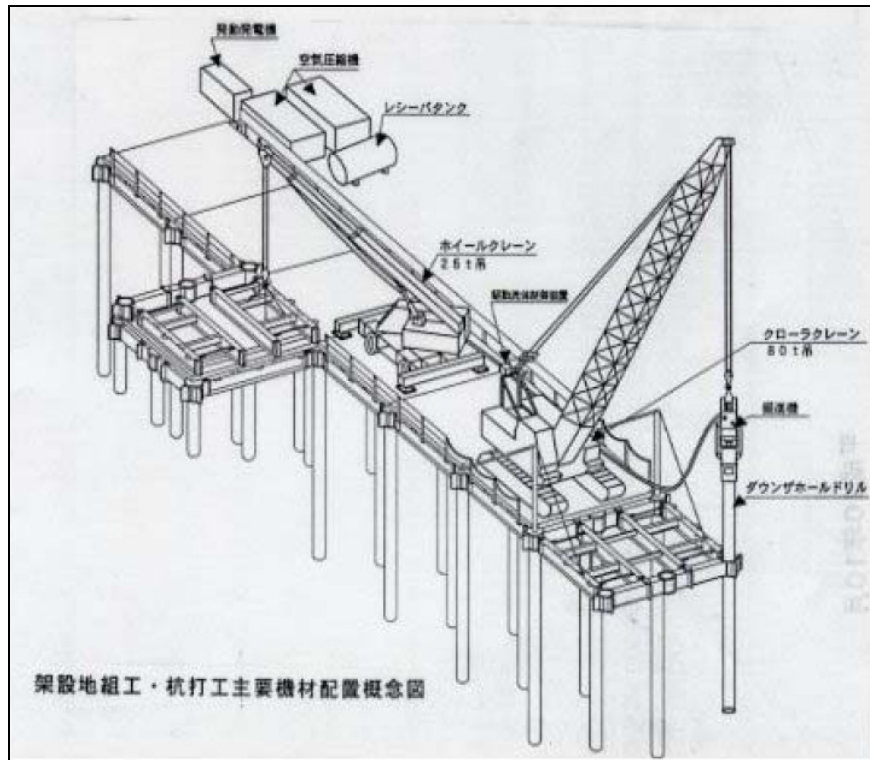


圖十六、下游面構台假設工程鳥瞰圖(一)



圖十七、下游面構台假設工程(二)





圖十八、LIBRA 工法構成



圖十九、LIBRA 基礎細部圖





圖二十、LIBRA 組裝過程



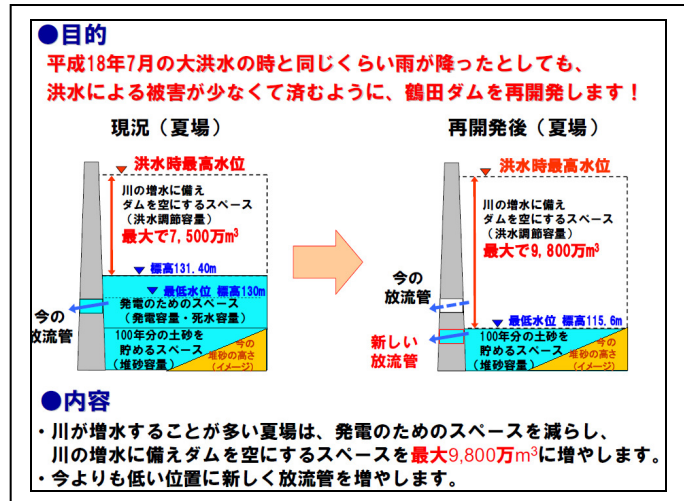
圖二十一、LIBRA 下構施工實績圖

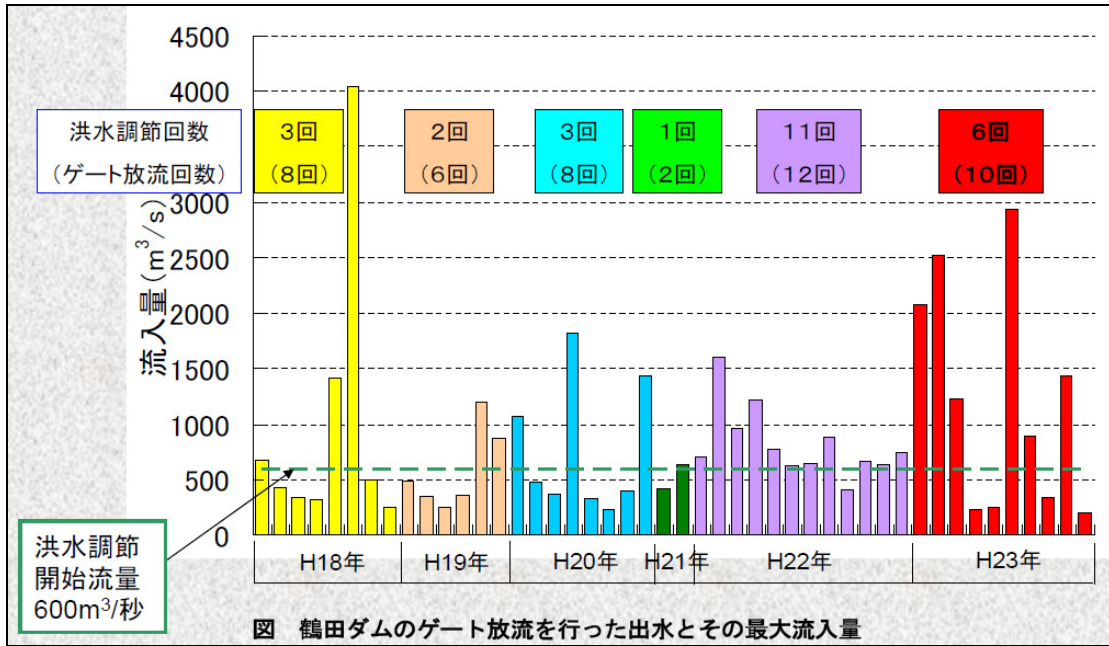


### 3.5 十月十二日行程(川内川事務所鶴田壩)

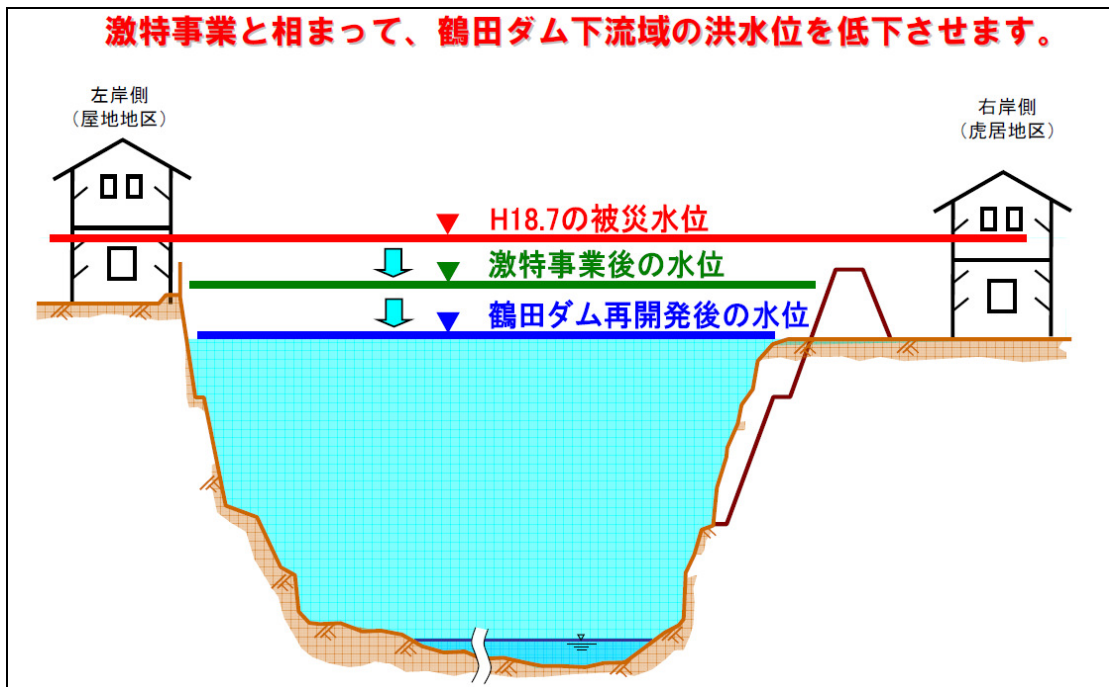
鶴田壩屬於日本國土交通省九州地方整備局管轄，主要功能為調節洪水及發電，位於鹿兒島縣薩摩郡鶴田町，屬川内川水系。設計壩高 117.5m，為混凝土重力壩，庫區大鶴湖為九州地區最大之人工湖。由於 2006 年 7 月鹿兒島北部發生豪大雨，造成下游 2347 戶受災，經研究規劃，將洪水調節容量由目前的 7,500 萬立方公尺提高至 9,800 萬立方

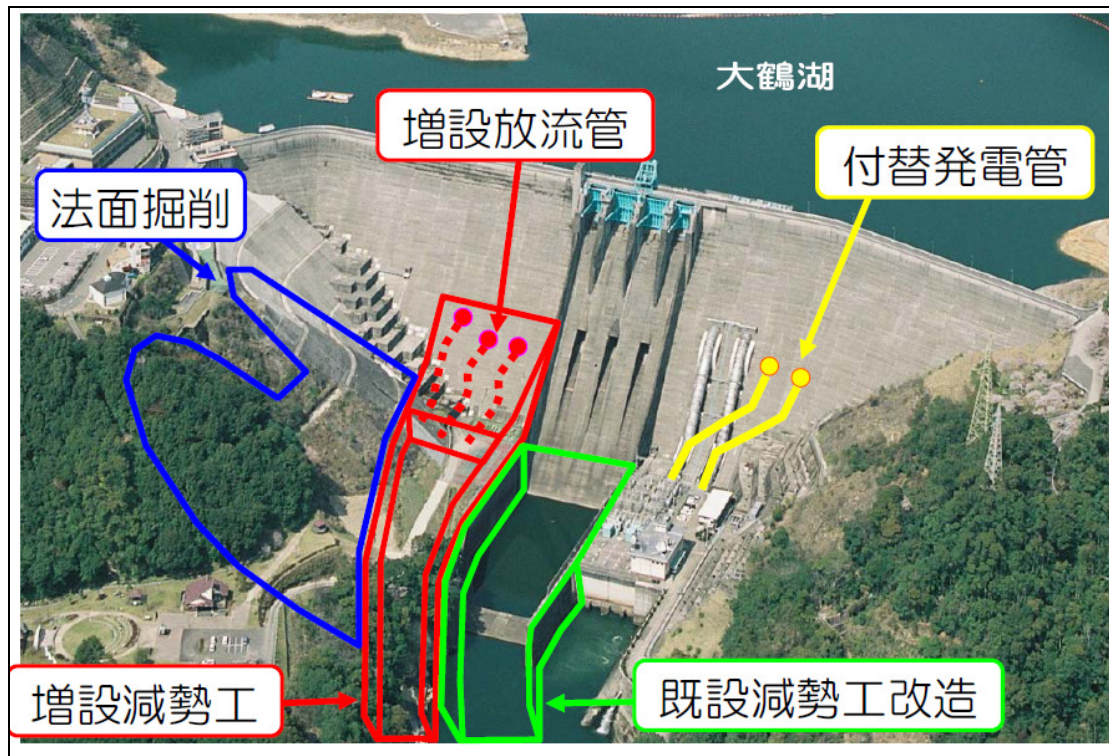
公尺，如圖二十二及二十三所示。因此需增設放流設施，隨之而來，需增設消能工、改造現有消能工、降低發電進水口高程(本工程的關鍵作業—深水工程)及增設消能工下游右岸邊坡保護工等，相關工程配置如圖二十四所示。





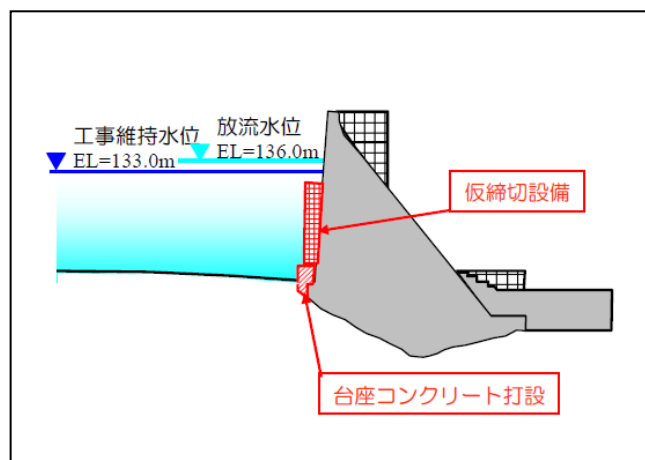
圖二十二、鶴田壩放流情形



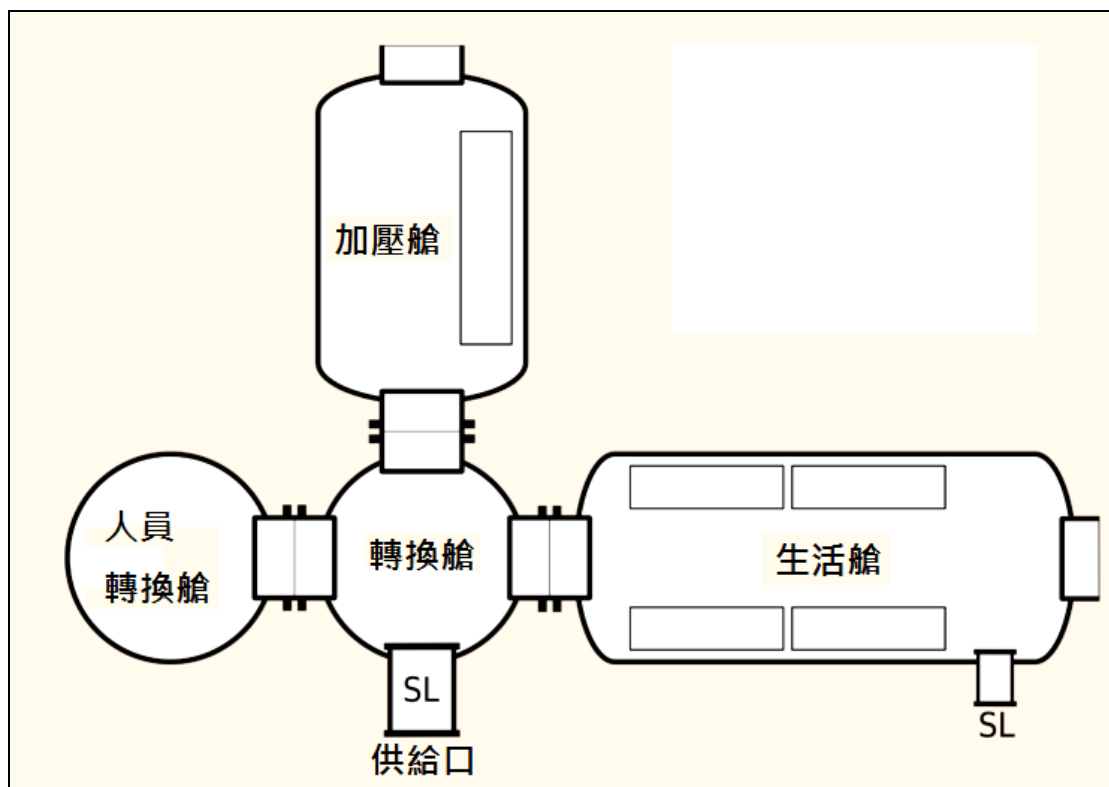


圖二十四、改善措施的工程配置圖

改善工程中增設放流管及降低發電管進口高程 2 項工程最為艱難。須於平均深度 30 公尺、最大深度 65 公尺以上之水深施工，因此施工團隊引進「飽和潛水 (Saturation Diving System, SDS)」工法，即潛水人員起居及工作時之壓力均一，潛水人員一次可下水工作 4~6 小時，其後返回起居艙休息，此時起居艙仍維持與潛水水深等壓，如此工作一個月後方進入減壓艙，減壓程序約需 3 日，完成減壓後休養一個月，即工作一個月休息一個月。據現場人員告知，該法其實可再延長至三個月，惟考量潛水人員心理狀態，目前採行前述工作型態。飽和潛水多用於 50 公尺以上深度而且長時間施工時。飽和潛水一次到 28 天時工程若還未完工，因潛水員的忍耐性到 28 天以後工作效率會下降，故 28 天後換班。飽和潛水系統龐大需要操作人數最多，其主要系統概分控制室、潛水鐘、過度艙、生活艙、潛水鐘捲揚機、配重捲揚機、臍帶及收納箱、空調系統、空氣油壓系統、熱水供應系統等等，



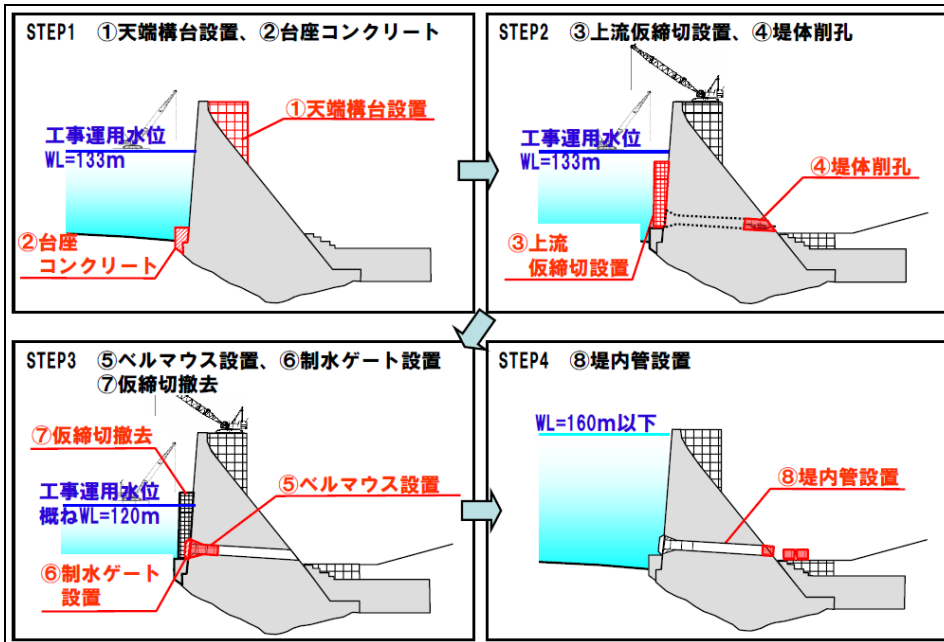
其設施、水下施工程序細節與潛水夫工作細節如圖二十五至圖二十七所示。一般都是作業開始前潛水人員才進入生活艙加壓，加壓後無特殊理由必須 28 天後才會減壓出艙。



圖二十五、飽和潛水設施與轉換艙

此法與目前國內水庫潛水人員施工方式相比，具有工時較長，工率較佳之優點，國內目前採行工法只能潛水 30~45 分鐘即須上岸減壓，但 SDS 之後勤系統價格昂貴，人員費用亦較高，而且其人員的訓練、法規的約束都是技術移植的關鍵。(目前日本最大的飽和潛水技術公司為アジア海洋株式会社<亞細亞海洋股份有限公司>，位於 104-0032 東京都中央区八丁堀 3-25-9 KSK ビル西館 5 樓，網址為 <http://www.owa.co.jp/works/company/index.html>；西班牙也有類似的公司，Ardenia Marine，Real 14, 15620 Mugardos, Spain, <http://www.ardentiamarine.com/index.html>；阿拉伯聯合大公國(UAE) 也有 Unique Maritime Group 提供相關的服務，P.O. Box: 42505, Plot 1D/07A, Near Roundabout 3, Hamriyah Free Zone, Sharjah, U.A.E., <http://www.uniquegroup.com/home.php>)



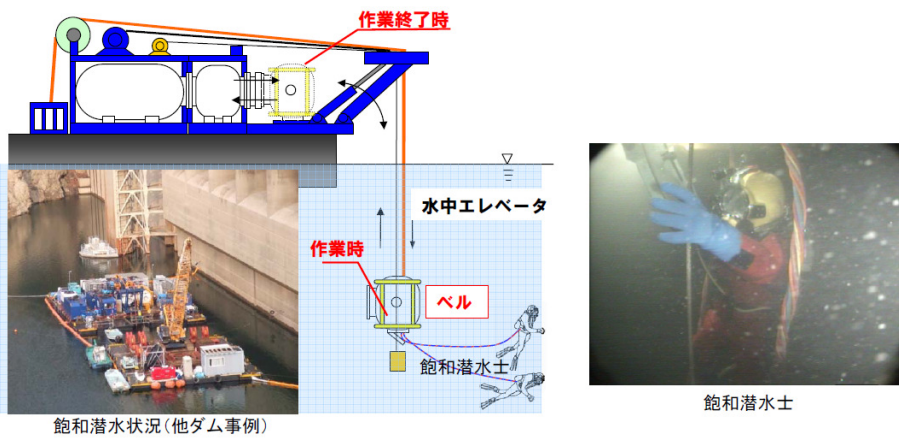


圖二十六、水下施工程序細節

※潜水技術『飽和潜水』とは

- ・飽和潜水とは、深海の水圧に体をさらしつつ、大深度への潜水を実現するための技術。
- ・実際に飽和潜水を行う際には、地上・船上で高圧環境を実現するための再圧タンク、及び高圧環境を維持したままで再圧タンクから湖底までを往復するためのベルを使用して長期間（約1ヶ月）、このシステムの中に滞在して作業を行う。

今回の仮締切を設置するために最大水深65mでの水中施工が必要となります。水深30m以上での作業の効率化と作業員の安全のため飽和潜水による施工を行います。



圖二十七、潜水夫工作細節

## 四、考察心得與建議

本次赴日本考察時程雖然短促，但在領隊及計畫顧問甘俊二教授的戮力聯絡、積極爭取下，日方對於行程的安排縝密詳實，且受訪單位對於我方之訪問都以極高規格的方式接待。

參訪主題為水庫淤砂管理與清除的經驗，根據石門水庫和曾文水庫現況，最急迫的課題略為下列數項：(1)抽砂或排砂工程施工技術(含水下施工)。(2)排砂或抽砂的後端管理(對下游環境影響、抽排砂設施管理)。(3)上游集水區土地利用管制與下游民眾社區經營培力組織。參訪的目的也集中在水庫背景、用水需求、防洪效益乃至其維持生態機能的思考方向。

水庫之所以要維護整修多基於下列因素：(1)擴充或提高原來的服務機能：基於水庫大壩的潛在能力，透過週邊設施的增加與強化，在不危及大壩安全的前提下，擴充水庫的蓄水、供水能力或提高防洪基準。(2)水庫系統的延壽功能：透過集水區有效管理與水庫區內的淤砂管理，有效的延長水庫的運作年限。

此次參訪扣除交通時間之外，均在工地現場與當地的工程師或設計人員進行溝通與見學，日方對於台灣水庫淤砂面臨的挑戰與處理原則也深感敬佩，類似的訪問累積雙方的互敬與互信是本次參訪最大的成果，另臚列重要的成果與建議如下：

1. 參訪成員的主軸：今年度經濟部水利署核派由南區水資源局主任工程司連上堯和北區水資源局石門水庫管理中心主任張庭華赴日本參訪，兩位均為第一線資深專業工程師，對於工程與問題的描述精準明確，溝通過程中日方與我方都有相似的背景，共識之形成或問題的檢討極為有效，也讓日方對經濟部水利署中生代工程師有更深一層的認識。日後可以多多舉辦類似實務或同等級工程人員的互訪活動，將有助於經濟部水利署中、高階主管的養成，並達到國際化交流的目的。
2. 執行單位的規劃：今年度以移動式參訪，參訪五日四夜行程緊湊，對於日方與我方人員都是不一樣的經驗。日方由河川整備研究所兩組人員替換全程陪同，我方則盡量配合時程的安排，斥資租車縮短交通時間，換取在工地的參

訪和聽取簡報的時間。計畫團隊的安排、行前會議、事前資料收集和密集連繫，有助於整個行程的效益。

3. 官方關係的建立：此次三個工地的行程當中有兩個現場是由國土交通省主管工程事務的主管人員親自簡報，並且很懇切的邀請經濟部水利署持續有關水利技術的往來溝通。川內川事務所與鹿野川事務所的主管均可操持簡單的英文，必要時亦可以英語進行其相關業務的簡報。類似相關主管的聯繫，建議持續與日方的相關人士保持良好的連繫，並藉由相關活動邀請日方來台指導訪問，建立堅實的技術交流管道。
4. 排砂技術的引進：本次參訪的工程若以實質工程施作而言並非困難，而是整個工程界面的整合才是真正的 know how。不論是鹿野川壩或鶴田壩，基本上是假設工程、水下施工、鏡面處理與主體工程等四大部分的連結。從預算結構來說(附件 5-4)，前述二工程的假設工程費用幾乎佔了總工程費的四分之一，而主體工程的設計與施工又由同一單位施作，這種『類似統包』的標案經驗，值得在下一年度專案研究瞭解其中權責的區分與價格計算準則，作為日後國內重大水庫工程施工發包之參考。
5. 台日水利的交流：此次參訪的工程在國內都屬中小規模的水庫，與會的專家與工程師也認為這種規模的水庫與工程量在台灣都可以順利的完成，問題在於規劃設計的細膩度及施工機械與技巧的內涵。建議由經濟部或工程會整合相關的技術單位，籌組台日水利工程設計與施工工作坊，集結台日設計、施工的廠商進行深度對談，也讓國內績優的設計施工團隊有機會在國際舞台發聲，甚至可以取得國外的標案參與權。
6. 奈良縣旭壩參訪建議：旭壩為改善水庫淤積現象，於集水區上游實施繞庫排砂工程，另開一隧道將土砂排放到下游，雖然有效排砂，但其工程浩大，事前調查與分析必須精確，上游土砂粒徑很大（直徑 20cm 以內），因此，對於隧道磨耗亦相對大。此工程可以為國內借鏡，但仍需考量國內的工程成本與空間，評估其可行性。
7. 愛媛縣鹿野川壩參訪建議：
  - (1) 以廢紙凝固淤泥土砂  
將水庫內的淤泥清出後，採廢紙與淤泥混合後，廢紙將會吸收淤泥中的水份，使其淤泥凝成固態，可以減少運送淤泥的設備成本，此方法簡單且節省

成本，廢物利用且環保，值得國內參考使用。

(2) 增設洩洪道的假設工程

為提升防洪功能，而增設洩洪道，在此之前必須進行假設工程之作業，其假設工程中於建構工作平台的造價相當高。因此，需考量國內的工程成本與效益是否能平衡，並且切合實際需求，以供參考。

8. 鹿兒島鶴田壩參訪建議：

(1) 提升防洪及發電功能

為增加鶴田壩的防洪及發電功能，而增設放流管及供電管路，目前仍在進行假設工程，仍需考量國內的工程成本與效益是否能平衡，並且切合實際需求，以供參考。

(2) 下游河道防洪改善工程

為因應下游河川氾濫，防範周邊住戶及維護文化遺產的保存，進行河道改善工程，在此之前必須進行地質調查等作業。此工程類似國內的二重疏洪道及員山子分洪工程，可引以為參考。



## 五、附件資料

- 5-1. 旭壩 by pass 設計準則(旭壩排砂バイパス設備)
- 5-2. 鹿野川壩招標與決標公告
- 5-3. LIBRA 工法專利審查書
- 5-4. LIBRA 工法單價分析表
- 5-5. 川内川(鶴田壩)河川泛濫文宣書