

出國報告（出國類別：考察）

「滯洪空間規劃執行、水環境營造
及海岸管理實務」暨「水利防災應變
技術交流」

服務機關：經濟部水利署、經濟部水利署南區水資源局、

經濟部水利署第五河川局、經濟部水利署第六河川局

姓名職稱：賴署長建信、陳副總工程司建成、林副局長玉祥、耿科
長承孝、徐課長立昌、陳正工程司俠儒、邱正工程司炫琦

派赴國家：日本

出國期間：中華民國 111 年 11 月 13 日至 11 月 19 日

報告日期：中華民國 112 年 2 月

摘要

近十幾年在全球氣候變遷影響下，我國相關行政部會思考以整體調適策略，來因應未來大環境情勢變化。本署刻正推動「中央管流域整體改善與調適計畫」，以流域風險管理、藍綠網絡保育、水岸縫合之整合性概念，同時結合地方團體、民眾及生態保育團體之建議，期能打造符合公眾期待之優質水環境。

日本對於整體流域治理規劃、水環境營造等，都有相當亮眼的成果，本次日本考察主題分成五大面向，包含 NBS 案例、河川治理兼顧生態、流域綜合治水、水環境(海岸)營造、民眾參與及跨國合作等議題，就所見所思，提出綜合心得與精進建議，期許對臺灣的水課題有幫助，進一步啟發創新的想法與思維的突破。

在考察地點部分，走訪日本兩大地區，包含最具水歷史及水文化的關西區域(京都、滋賀)及日本流域綜合治理推動指標的九州區域，經過京都大學「紅樹林對波浪的抵抗機制」及琵琶湖的近自然工法考察，對於 NBS 概念的理解，已轉變成實務的認知，更可把它看成是生活的智慧，只要有心，就可與大自然合作，從中得到解決的方案。而日本河川治理與生態的周全，可從熊本重建球磨川八字堰，所兼具河防安全及生態復育目的、桂川上游施工發現珍貴魚種的搶救作業，即可窺見一二。2020 年球磨川大淹水，災情慘重，但洪水未沖垮日本，反激起一連串的綜合治理，打造都市韌性，進一步吸引台積電進駐設廠(JASM)。在京都見識到其水環境悠長文化背景底蘊，如：琵琶湖疏水路，似一部流動歷史。從鴨川的治理維護、琵琶湖湖岸再生，可看到民眾跟公部門間公私協力成果，亦可感受到其水環境教育深化程度。在以上多項跟水息息相關的案例成果，很多都跟民眾參與、公私協力密不可分，就在內文進一步予以說明。

2022 年水田及水環境國際研討會(PAWEES 2022 International Conference)由日本農業土木學會輪值主辦，於 111 年 11 月 17 日至 11 月 18 日在日本福岡縣(Fukuoka)舉辦，本署賴署長榮獲 International Society of Paddy and Water Environment Engineering(PAWEES)2021 年國際貢獻獎，因疫情調整至 2022 年 11 月 17 日舉行頒發典禮。透過國際獎項的獲得，可讓國際組織看見臺灣，實地參加國際研討會，與日韓農田水利界領袖當面交流，可增進親切感，讓鄰近友邦看見本署，建議未來亦可多爭取相關榮譽，讓本署的努力也能成為臺灣之光。

目錄

摘要	1
圖目錄	3
表目錄	7
第壹章、 前言	8
一 計畫緣起及目的	8
二 考察行程規劃	9
第貳章、 過程與內容	14
一 NBS 案例	14
二 河川治理兼顧生態	22
三 流域綜合治水	36
四 水環境(海岸)營造	54
五 民眾參與及跨國合作	59
六 PAWEES 研討會	722
第參章、 心得與建議	75
一 心得分享	75
二 精進建議	77

圖目錄

圖 1 考察團線上行前討論相片	13
圖 2 紅樹林 3D 模擬圖.....	16
圖 3 紅樹林的配置分布圖	17
圖 4 紅樹林模型配置相片	17
圖 5 琵琶湖流域圖	19
圖 6 放水路出流口柔性丁壩群航拍圖.....	20
圖 7 拜會滋賀縣守山市長宮本和宏相片	20
圖 8 琵琶湖實地勘查相片	21
圖 9 昭和 50 年至平成 22 年間，遙拝堰下游側河床呈現降低.....	22
圖 10 昭和 53 年(S53)至平成 26 年(H26)，遙拝堰下游側香魚幼苗數量 圖.....	22
圖 11 八字堰示意圖.....	24
圖 12 球磨川香魚相片	24
圖 13 巨石施工相片.....	24
圖 14 2008 年及 2020 年八字堰航拍比對相片.....	24
圖 15 香魚活動照片.....	25
圖 16 觀測到的香魚活動面積(H30 即 2018 年).....	25
圖 17 鴨川流域圖.....	26
圖 18 20 世紀初期的納涼床相片	27
圖 19 現代納涼床相片	27
圖 20 鴨川固床工相片	27
圖 21 固床工下游側自然淺瀨.....	28
圖 22 跳石設計圖及相片	28
圖 23 鴨川低水護岸保留廣大高灘地親水空間.....	28

圖 24 鴨川旁行人及殘障分隔措施.....	29
圖 25 鴨川堤頂是小朋友上學的安心步道(相片).....	29
圖 26 桂川上游工區分布圖	30
圖 27 保津工區施工範圍圖	30
圖 28 短薄鰍相片	31
圖 29 短薄鰍生活史介紹圖	31
圖 30 保津工區原設計斷面示意圖	32
圖 31 保津工區變更設計斷面示意圖	32
圖 32 袋式基礎保護裝置及小鰍捕撈搶救作業.....	33
圖 33 板樁設置出水孔	34
圖 34 安裝袋式基礎保護裝置.....	34
圖 35 持續生態監測	34
圖 36 打造小鰍棲息地	35
圖 37 龜岡保津地區農田滯洪航拍圖	37
圖 38 日吉壩貯水容量配置圖.....	37
圖 39 龜岡車站周邊鐵道現況相片	37
圖 40 龜岡車站前霞堤施作前後相片(左圖為施工前、右圖為竣工後)	38
圖 41 桂川保津工區治理計畫斷面圖	38
圖 42 宗琢万所長向本署說明相片	39
圖 43 球磨川淹水報導	39
圖 44 球磨川流域圖	40
圖 45 球磨川歷史雨量圖	41
圖 46 災後策進三大措施	41
圖 47 球磨川治理策略配置圖.....	42

圖 48 下游大凹岸的堤防補強示意圖及相片	42
圖 49 中游山間狹窄段航拍圖及宅第加高示意.....	42
圖 50 球磨川周邊宅地加高相片	43
圖 51 水壩基本資料.....	43
圖 52 計畫洪水量分布圖	43
圖 53 球磨川治理流量配置圖	44
圖 54 八字堰現地勘查	44
圖 55 青井阿蘇神社前淹水標記勘查	45
圖 56 青井阿蘇神社內鳥居相片	45
圖 57 中川島公園挖掘改善勘查相片	45
圖 58 球磨川復建工程相片	46
圖 59 鐵路橋斷橋相片	46
圖 60 拜會熊本河川國道事務所前互贈紀念品及合影	47
圖 61 白川流域示意圖	48
圖 62 熊本市街部橫斷面圖(白川).....	48
圖 63 白川、黑川及綠川位置圖.....	49
圖 64 綠川流域示意圖	49
圖 65 白川治理基本理念進化圖.....	50
圖 66 白川計畫流量分布圖.....	52
圖 67 立野大壩示意圖	52
圖 68 阿蘇地區及立野大壩考察相片	53
圖 69 立野大壩施工展望台相片	53
圖 70 琵琶湖疏水路平面圖	54
圖 71 琵琶湖疏水考察相片	55
圖 72 長部田海床路漲退潮比較.....	58

圖 73 海床路旁燈桿貝類生長情形，可見漲潮時的水位高	58
圖 74 長部田海床路親水堤岸及產業創生地標.....	58
圖 75 降低高度的海堤設施與電線杆上地表高程標示	59
圖 76 京都大學教授相片	61
圖 77 川池健志教授簡報相片	61
圖 78 宇治川水理實驗室配置圖.....	62
圖 79 實驗水槽試驗相片	63
圖 80 河原町車站洪水模擬設備.....	63
圖 81 琵琶湖流域降雨逕流模擬設備	64
圖 82 土石流發生時的堆積模擬設備	64
圖 83 宇治川水工模型	65
圖 84 洪水流入地下室時的避難疏散模擬設備.....	66
圖 85 模擬當門外淹水時的開門逃災體驗	66
圖 86 鴨川流域社團法人組織圖.....	67
圖 87 鴨川基金使用用途及會費說明	67
圖 88 鴨川歷次民眾參與資訊公開.....	68
圖 89 民眾參與資訊公開資料.....	68
圖 90 住宅用地加高體驗	69
圖 91 熊本大學 CWMD 合影.....	70
圖 92 熊本第五高中紀念館前合影.....	71
圖 93 福岡國際會議場眺望博多港	73
圖 94 參加 PAWEES 之臺灣代表團合影.....	74
圖 95 賴署長於會場與各國農田水利學術界交流.....	745
圖 96 賴建信署長獲頒國際貢獻獎	735
圖 97 桂川嵐山渡月橋上游相片	76

表目錄

表 1 考察團行程表	12
表 2 琵琶湖基本資料表	18
表 3 立野大壩基本資料表	51

第壹章、前言

一 計畫緣起及目的

近十幾年在全球氣候變遷影響下，各相關部會開始以整體調適策略，來因應未來大環境情勢變化。本署刻正推動「中央管流域整體改善與調適計畫」，以流域風險管理、藍綠網絡保育、水岸縫合之整合性概念，同時結合地方團體、民眾及生態保育團體之建議，期能打造符合公眾期待之優質水環境。另外，在海岸防護、管理及國土保育議題上，整個臺灣海岸線所面對海堤風險、海岸侵蝕問題，亦是刻正因應改善的重要課題。

鑒於日本對於整體流域治理規劃、水環境營造及海岸防護等，都有相當亮眼的成果，本次考察主題著重在日本關西地區在滯洪空間規劃執行、水環境(營造工法、生態保育及維護管理等)及海岸管理業務推動成效，實際瞭解現場及相關作業，期能學習日本相關技術與新知並進行交流。

水田及水環境國際研討會係由國際水田與水環境學會(International Society of Paddy and Water Environment Engineering, PAWEES)主辦召開，此項國際性研討會每年例行召開一次，由原始發起之學術組織日本農業土木學會(The Japanese Society of Irrigation Drainage and Rural Engineering, JSIDRE)、臺灣農業工程學會(Taiwan Agricultural Engineers Society, TAES)及韓國農業工程學會(Korean Society of Agricultural Engineers, KSAE)輪流主辦，2022年水田及水環境國際研討會(PAWEES 2022 International Conference)由日本農業土木學會輪值主辦，於111年11月17日至11月18日在日本福岡縣(Fukuoka)舉辦，透過本次研討會，讓臺灣、日本、韓國及全球其他國家之水資源、農田水利、農業環境等相關領域的專家學者進行研究成果之經驗分享、學術探討與人員交流。

二 考察行程規劃

本次行程主題主要由考察團成員自行規劃，並與日方京都大學、熊本大學、九州地方整備局八代河川國道事務所及熊本河川國道事務所等單位聯繫，善用學術人脈，完成本次交流整體行程。另由本署交流密切的日本河川整備研究所，土屋信行顧問及麓博史主席研究員協助聯繫京都土木事務所拜會事宜，並陪同鴨川、桂川、保津川及琵琶湖赤野灣現地參訪。

本次考察團成員有本署陳建成副總工程司、南區水資源局林玉祥副局長、第五河川局徐立昌課長及第六河川局陳俠儒正工程司 4 位，考察日期為 111 年 11 月 13 日至 111 年 11 月 19 日；本署賴署長建信、耿承孝科長、邱炫琦工程司等 3 位則於 111 年 11 月 17 日赴福岡會議場參加 PAWEES 研討會參加頒獎典禮，並參加 11 月 18 日熊本市的考察行程。主要行程及重點說明如下：

(一)NBS 案例

1. 「紅樹林對波浪的抵抗機制」研究

京都大學宇治川水理實驗室正進行創新研究，首度以 3D 列印技術，重建紅樹林根系，研究紅樹林根系對波浪的抵抗機制，應用於河灘地及堤岸防護。

2. 琵琶湖的湖岸再生

琵琶湖赤野井灣採用自然生態的柔性丁壩群，搭配蘆葦進行養灘固砂，復育有成，本署經由實地體驗，見證湖岸再生成果。

(二)河川治理兼顧生態

1. 球磨川的八字堰

球磨川下游處河床下降，導致原有八字堰淹沒流失，作為香魚棲息地的急流因此消失，以穩定河床及生態為目的的重建工程由此展開。

2. 鴨川治理與巧思

鴨川是位於京都地區的河川，為典型的都市河川，因河床坡度陡，沿線設置 43 個固床工，因水流所沖創出的淺瀨區聚集魚群。所設置 5 處跳石設施，可供民眾通行，用巧思貼近民眾日常。

3. 搶救小鰻大作戰

桂川上游保津橋周邊護岸施工，發現珍貴國家天然紀念物-短薄鰻，而展開搶救小鰻大作戰，保全小鰻生存環境。

(三)流域綜合治水

1. 桂川上游(龜岡保津地區)的農田滯洪

發揮桂川(龜岡地區)兩旁農田保水、透水功能，善用鐵道、既有護岸有效隔水，具備天然滯洪效益。

2. 球磨川大淹水後的治理策進

球磨川為日本三大急流之一，在 2020 年(令和 2 年)遭逢 70 年來最大豪雨(322mm/12 小時)，橋梁沖毀 14 座、淹水面積達 1020 公頃，災後展開一連串的治理策略，打造流域承洪韌性。

3. 白川立野大壩

以九州熊本為主要流域範圍的白川，80%的降雨集中在上游的阿蘇地區，因地制宜在山間匯流口設置立野大壩，進行洪水調節，並調控洪水往下游流速，提升防洪安全。

(四)水環境(海岸)營造

1. 琵琶湖疏水路

日本明治時期，京都現代化的關鍵水利設施，全長約 20 公里，把滋賀縣日本最大湖「琵琶湖」的水引到京都來，滿足民生用水及航運需求，「疏水在日本是指為灌溉或發電為目的所做的渠道。」。

2. 長部田海床路

長部田海床路是為了聯絡外海漁船、養殖海苔、捕撈貝類所建

的產業道路，因有明海潮差大，海床路只在退潮時出現，漲潮時道路將沉入海中。這是因產業文化，所造就的海岸獨特景觀。

(五) 民眾參與及跨國合作：

1. 台日合作

滋賀縣守山市長宮本和宏有個夢想，想將琵琶湖打造成世界級的環湖步道，因此結合臺灣巨大自行車集團，共同推廣自行車觀光文化產業。

2. 防災研究兼具教育

京都大學宇治川水理實驗室，以向社會開放學習的精神，除進行先端研究，同時基於社會責任，辦理防災教育(降雨淹水逃生體驗)，提升民眾防災意識。

3. 鴨川基金

鴨川的水環境永續經營，除了成立社團法人，募集專用基金，也訂定民眾參與規定，一年四次民眾參與會議，討論鴨川大小事，落實民眾參與，拉近與水的距離。

4. AR 實境運用

球磨川的治理策略之一，針對中游山間狹窄段，堤防拓寬改善困難，而採取將住宅用地加高到計畫堤頂高的方式因應，並利用 AR 實境體驗協助政策推展，讓民眾親身感受理解。

5. 學術交流

熊本大學水循環減災中心利用 3D 水文模擬技術，進行氣象預測研究，同時開發全球氣候變遷系統，可應用於沿岸沙洲變化等，在國土安全及海岸防護，都是未來台日可以深化交流的事項。

(六) PAWEES 研討會

由國際水田與水環境工程學會每年主辦召開，該學會係由臺灣農業工程學會、日本農業土木學會及韓國農業工程學會共同組成之國際性學

術組織。本署賴署長榮獲 2021 年國際貢獻獎，PAWEES 因疫情影響，2021 年採線上方式辦理，相關獎項調整至今(2022)年 11 月 17 日於福岡國際會議中心受獎，賴署長親自出席受獎以表達對該獎項之重視。

表 1 考察團行程表

日期	地區	行程概要
11/13(日)	臺灣→日本	臺灣出發，抵達大阪關西機場
11/14(一)	京都	琵琶湖疏水路參訪 京都大學宇治川水理實驗室參訪
11/15(二)	京都	京都土木事務所拜會、鴨川考察 桂川、保津川考察
11/16(三)	京都、滋賀、九州	滋賀縣守山市政府拜會 琵琶湖赤野井灣考察 交通移動前往九州
11/17(四)	九州八代市、熊本市	九州地方整備局八代河川國道事務所拜會 球磨川考察
	臺灣出發→福岡、熊本	PAWEES 國際研討會頒獎典禮 (賴建信署長、耿承孝科長、邱炫琦工程司)
11/18(五)	熊本	熊本大學水循環減災中心拜會 長部田海床路考察 九州地方整備局熊本河川國道事務所拜會 阿蘇地區白川立野大壩考察
11/19(六)	九州→臺灣	交通返程，抵達桃園國際機場



圖 1 考察團線上行前討論相片

第貳章、過程與內容

一 NBS 案例

(一) 京都大學的「紅樹林對波浪的抵抗機制」研究

京都大學防災研究所-宇治川水理實驗室，是位於京都市伏見區宇治川沿岸的研究單位。流域災害研究中心下設五個研究區：泥沙災害研究區、城市抗洪研究區、河流防災系統研究區、海岸泥沙環境研究區、流域觀測研究區。

宇治川水理實驗室成立於 1953 年 8 月 1 日，主要進行與水土有關的災害的防災減災實驗研究。1996 年，防災研究所重組，定位為全國共享研究所。該實驗室不是僅限於實驗室名稱「水理實驗」的單一功能設施，而是明確表示它是一個向公眾開放的研究、教育和學習場所，擁有多種實驗設備。2002 年，更名為「宇治川開放實驗室」，是世界上最大的綜合性實驗室之一。

在宇治川水理實驗室考察過程，印象最深刻的創新研究課題之一「紅樹林對波浪的抵抗機制」進行說明，這也是首度以 3D 列印技術重建紅樹林根系，研究紅樹林根系對波浪的抵抗力，後續再研究對波浪減衰的效益，應用於灘地及堤防基腳防護。研究者恰係同樣來自臺灣的張哲維博士，其畢業於美國康乃爾大學博士班，現正在京都大學進行學術研究，並跟本署分享其最新研究成果。

近年來，沿海地區因氣候變化所面臨的風險正在增加，「基於自然的解決方案(NBS)」的價值已經引起熱烈的關注。利用海岸邊的植被，如：紅樹林作為海岸防護材料十分常見，藉由植被來禦潮，除了具有防災效果外，尚可帶來生態服務，是一種典型的自然解決方案(NBS)。對植被消波作用造成影響的因子很多，尚可分為波浪條件(入射波高、週期)、環境條件(水深、海灘坡度)以及植被特性(植被種類、密度、寬度、高度)等。

依據植物特性，紅樹林具有複雜的樹型（特別是穩固的根系），可運用於提升海岸防護能力。然而，大多數研究都簡單地評估了紅樹林幾何形狀的物理性質，波浪衰減效應的量化一直是一個挑戰。在這項研究中，藉由在現場對紅樹林進行 3D 掃描來分析它們的結構，使用 3D 列印機縮小比例來創建紅樹林的 3D 模型(圖 2-4)，並進行了水槽實驗進行波浪與紅樹林根系的互動機制，將波浪作用在紅樹林上的反應力參數化。該研究成果於 2022 年 6 月 8 日發表在國際期刊《Journal of Geophysical Research: Oceans》「An Experimental Study of Mangrove-Induced Resistance on Water Waves Considering the Impacts of Typical Rhizophora Roots」，期許研究結果可廣泛的應用，例如：應用於評估紅樹林對風暴潮、海浪和海嘯的衰減效果的數值模型比對。

由本研究模擬結果發現，紅樹林對波浪的衰減作用十分顯著，波高衰減率在無紅樹林時皆小於 3%，有紅樹林時皆在 40% 以上且最高可達 92%。在本研究探討的影響因子中，推斷紅樹林植被寬度對消波作用的影響程度最大。而在對波浪條件的分析中發現，入射波高越大和波浪週期越長則波浪衰減越多，並且入射波高對紅樹林消波的影響較大。波高衰減至一半時的位置皆在植被區域約 30% 內，表示波浪在紅樹林前段的衰減速度較快。

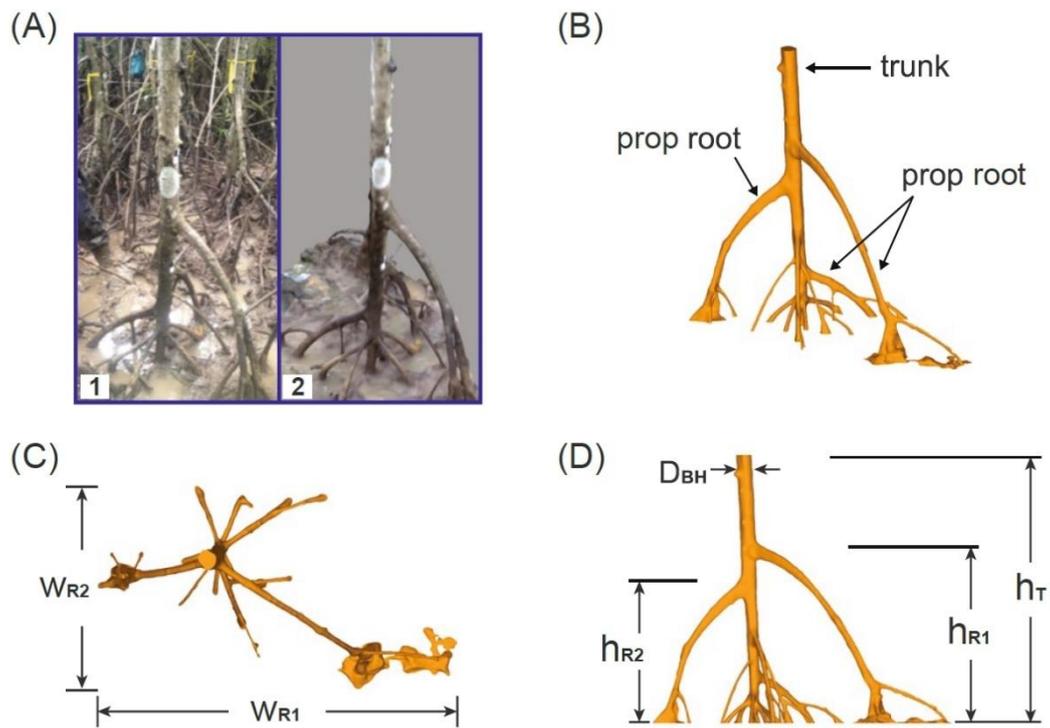


圖 2 紅樹林 3D 模擬圖

(A)本研究採用樹齡 19 年的紅樹林為樣本，(B) 3D 掃描立體圖;(C)及(D)分別展示三維紅樹林模型的頂部及側面圖。跨度寬度(spanning widths)為 $WR1 = 23\text{cm}$ 和 $WR2 = 14\text{cm}$ 。樹幹高度(h_T) 19.5cm 、直徑(DBH)為 1.0cm ，其中兩個主要支柱根的高度是 $h_{R1} \doteq 13.5\text{cm}$ 、 $h_{R2} \doteq 10\text{cm}$ 。

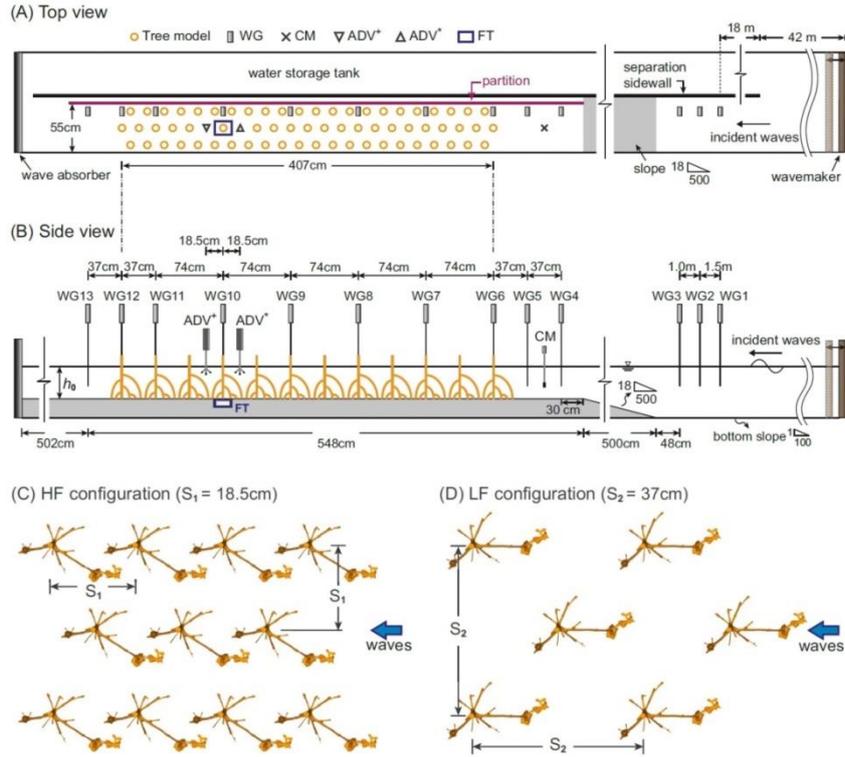


圖 3 紅樹林的配置分布圖

(A)為上視圖、(B)為側視圖，WG 為波高計、CM 為流量計、ADV 為聲學都卜勒流速計、FT 為力量傳感器。(C)和(D)分別是高密度和低密度紅樹林模型的交錯排列配置。(備註：圖內並非按比例繪製的，僅係輔助說明。)

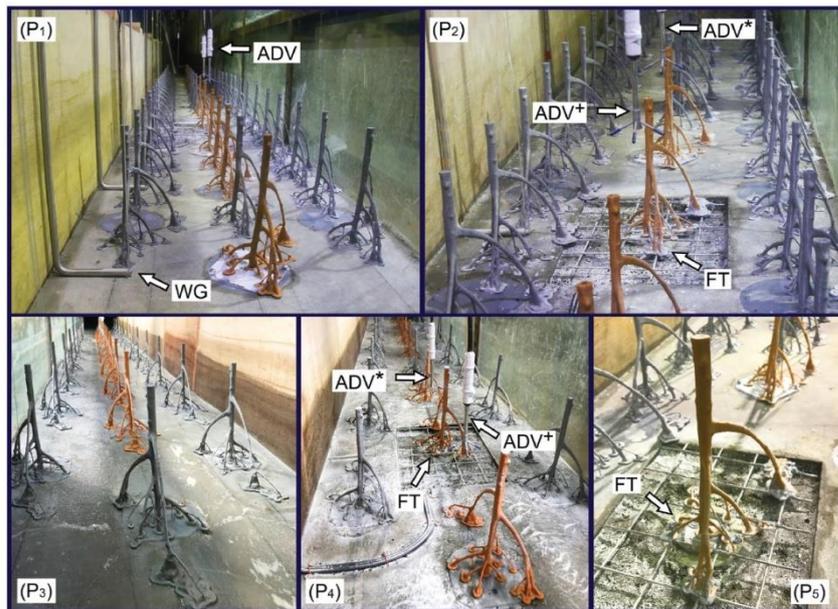


圖 4 紅樹林模型配置相片

(二)琵琶湖的湖岸再生

琵琶湖是日本最大的淡水湖，擁有約 400 萬年的歷史，不僅在防洪或水資源利用方面發揮著重要作用，而且還有許多固有物種，生態相當豐富。本次考察地點位於琵琶湖東南側，滋賀縣守山市的野洲川河口(圖 5)。野洲川發源於滋賀縣甲賀市土山町與三重縣菰野町交界處的御在所山，是流入琵琶湖的最大河川，主流長約 65 公里，流域面積約 387 平方公里。1960 年代的野洲川河口水質不佳、優養化嚴重，經過污水分流落實改善水質，並整建放水路供砂來進行湖岸養灘。

表 2 琵琶湖基本資料表

項目	規模等	備考
面積	670.25km ²	滋賀県の面積の約 6 分の 1
周囲	235.20km	
南北の延長	63.49km	長浜市西浅井町塩津浜（北端）～大津市玉野浦（南端）
最大幅	22.8km	長浜市下坂浜町～高島市新旭町饗庭
最小幅	1.35km	守山市水保町～大津市今堅田
最大水深	103.58m	安曇川河口沖
平均水深	41.20m	
貯水量	275 億 m ³	京阪神地区約 1,450 万人が利用
集水域面積	3,174km ²	
湖水面の標高	O.P.B.+85.614m	O.P.B.：大阪湾最低潮位
流入河川	118 本	直接流入する一級河川の数

資料：「琵琶湖ハンドブック改訂版」・「マザーレイク 21 計画<第 2 期改定版>」（滋賀県）

考察當日，係由守山市長宮本和宏及議會議長藤木猛共同領勘，進行解說。湖岸改善再生過程，有幾點關鍵因素，包含排放水一定經過處理，符合標準才可流入琵琶湖。琵琶湖底下有湧泉，也提供水自淨能力。還有就是公私協力，市民共同體驗湖岸復育成果，更會深刻了解維護這片生態綠地的重要。在行政部門的湖岸養灘治理策略，採取近自然工法，丁壩主體係拋石結構，上層採適宜樹種(楊柳樹)進行固土植生，其穩固適水的根系，整體具備多孔隙的生態結構特性，具有天然魚礁效益，極具生態復育成效，其中琵琶湖固有種魚類(ホンモロコ)產卵地即是在楊柳樹的根系上。在丁壩群間，種植蘆葦固砂，同時

兼具淨化水質的功效，讓以前曾經是重度污染的琵琶湖，已改善成考察探訪所見證到的生意盎然、充滿生機。(圖 6-8)

湖岸改善過程除了施作自然生態的柔性丁壩群，曾做防波堤，但水出不去，水草大量繁殖，而改變生態，所以 NPO 討論希望機關撤除防坡堤。不過機關跟 NPO 討論，工程做了又拆除實在不恰當，所以協調 NPO 把水草清除，水草清除後，發現貝殼（二枚貝）出現了，而這種貝類可以生產珍珠，也形成當地的一種產業。

Nature-based Solutions「以自然為本的解決方案」，簡稱 NBS。於字面上可廣義的理解，卻無深刻的認知。經過京都大學「紅樹林對波浪的抵抗機制」及滋賀縣守山市「琵琶湖的湖岸再生」考察，對於 NBS 概念的理解，已轉變成實務的認知。更可把它看成是生活的智慧，只要有心，就可與大自然合作，從中得到解決的方案。



圖 5 琵琶湖流域圖

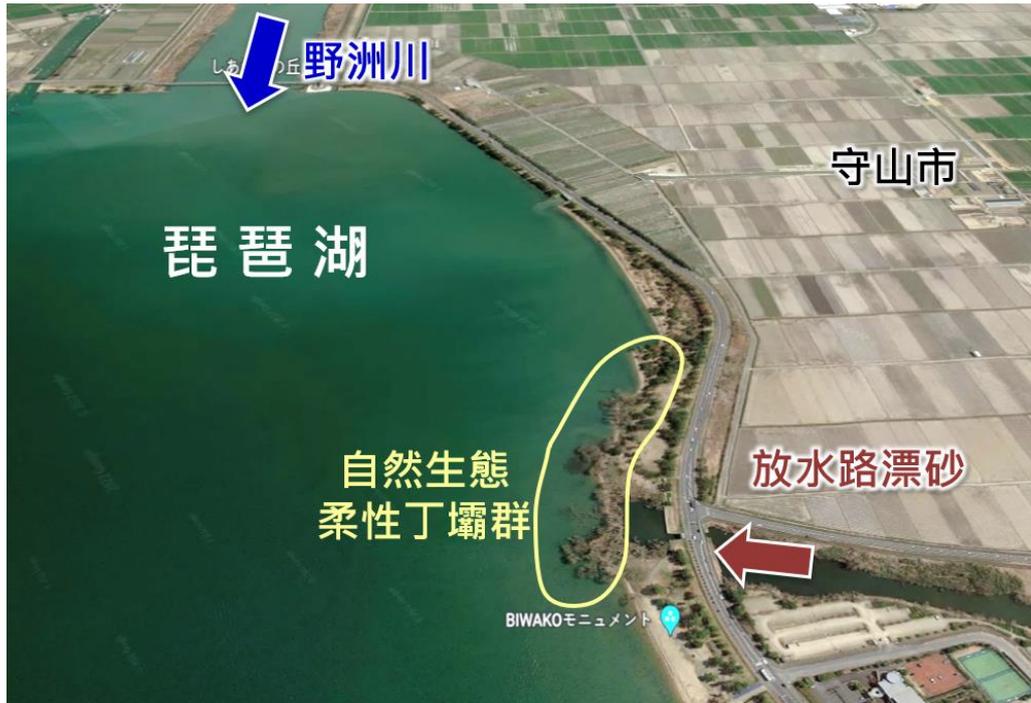


圖 6 放水路出流口柔性丁壩群航拍圖



圖 7 拜會滋賀縣守山市長宮本和宏相片

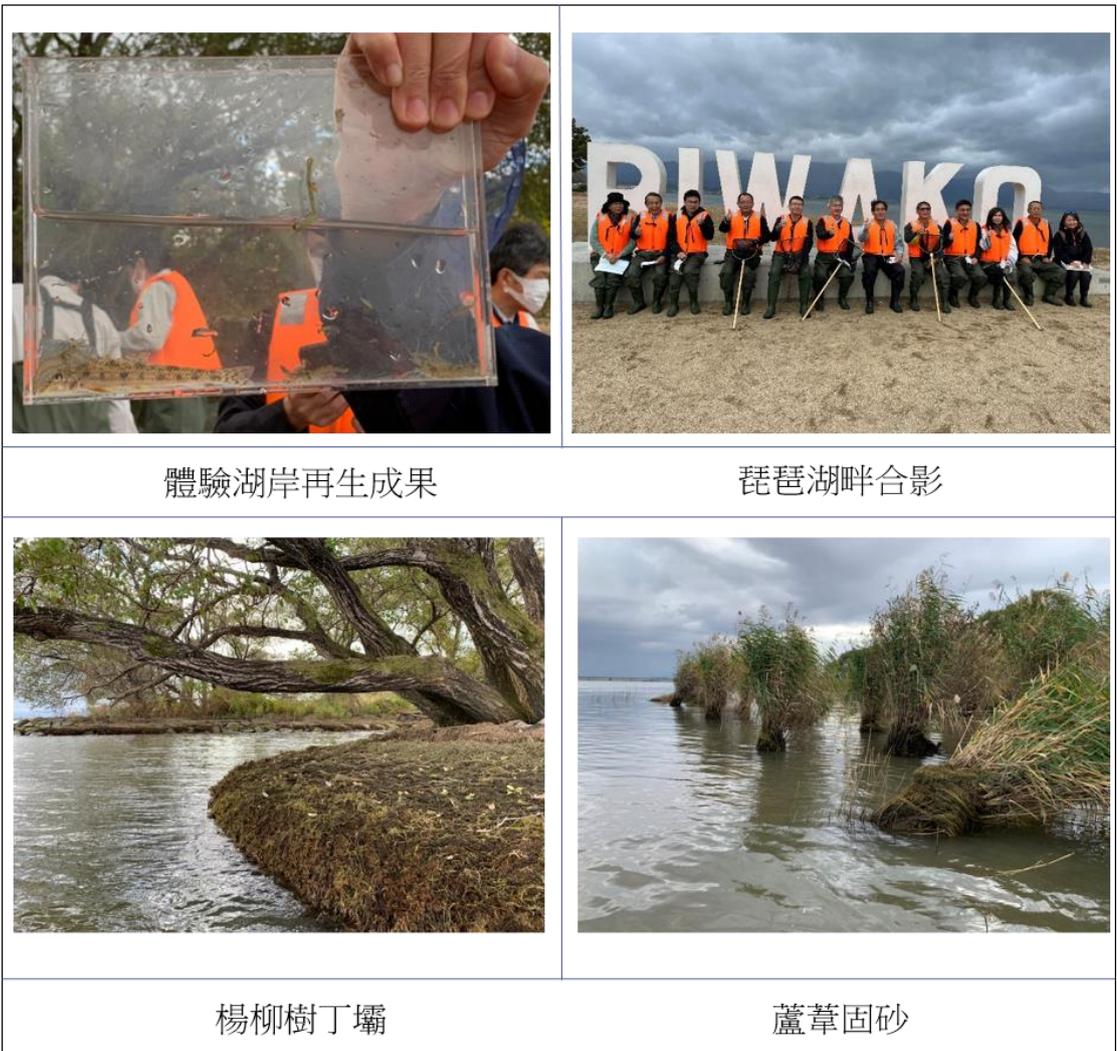


圖 8 琵琶湖實地勘查相片

二 河川治理兼顧生態

(一)球磨川的八字堰

球磨川流域主要橫跨熊本縣、宮崎縣、鹿兒島縣等九州南部 3 個縣，是日本三大急流之一。下游接近出海口，有一香魚為主的魚類生態復育措施-八字堰，是香魚等洄游魚類的重要棲息地和產卵地。在 1965 年 7 月（昭和 40 年）的大淹水後，日本開始大力治理球磨川，進行著砂石開採，因此河況改變，河床降低，遙拝堰下游側八字堰跟著逐漸消失(如圖 9)，下游的急流區也隨之減少，香魚幼苗與 1970 年代相比正在減少(如圖 10)。



圖 9 昭和 50 年至平成 22 年間，遙拝堰下游側河床呈現降低

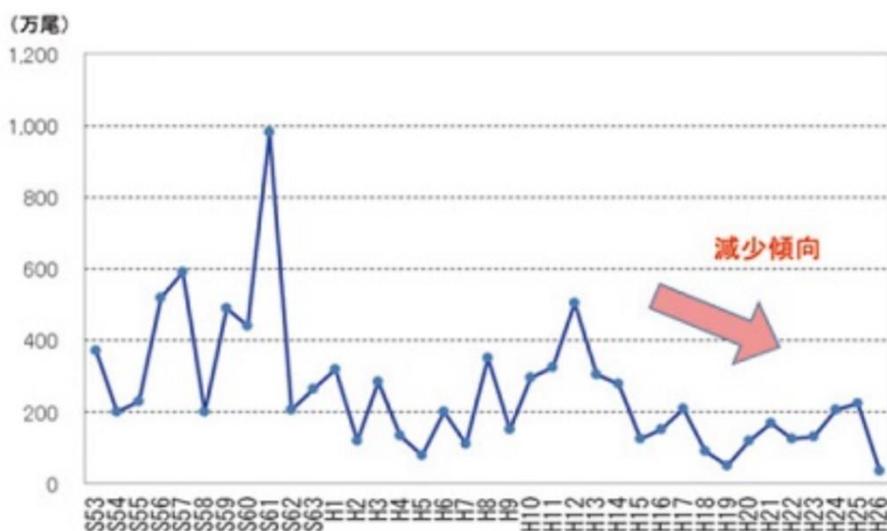


圖 10 昭和 53 年(S53)至平成 26 年(H26)，遙拝堰下游側香魚幼苗數量圖

原來的八字堰係由日本安土桃山時代名將，加藤清正於 1608 年建造，因下游可見湍急水流與石塊激起的滔滔白浪，形成千姿百態的水流，又是魚類的孵育場，是當地著名的地景特色，因此民眾十分期待日本政府，希望可以將八字堰修復。

以球磨川河床穩定及生態為目的，同時再現石工土木遺產及香魚復育。2013 年 1 月，日本成立了「球磨川下游流域環境設計審查委員會」，由水利工程、生態、景觀和當地歷史研究者等相關專家共同組成。到 2015 年 3 月為止共舉行了八次討論，規劃設計八字堰的修復方案，以及兼顧生態景觀的設計。此外，與熊本工業大學合作，進行了水力模型實驗，以確認八字形河床調整的高度和位置，以及洪水期間對下游的影響。

八字堰重建工期自 2014 年至 2019 年約 5 年，主體由巨石(最重 13 噸)、大石(約 4 噸)、力石(約 3 噸)及混凝土節塊，組成群落式結構，堰體下方鋪排卵塊石強化基礎，各結構段說明如下(圖 11)：

1. 大石段(上游側)：採 4 噸大石，迎水挑流。
2. 混凝土節塊：讓水流平穩流過，避免底部卵塊石遭掏刷。
3. 巨石段：流速沖擊最強區段，採用巨石，最大約 13 噸，藉以激盪水流。
4. 力石段：採 3 噸力石緊密排列，避免底層河床料遭沖出，作用在逐段跌流。
5. 大石段(下游側)：採 4 噸大石，跌水尾端防基礎沖刷。

前開石材由球磨川中上游就地取材，以近自然工法，多孔隙結構形式，營造出的急流區，也打造了香魚喜好的生活環境。石塊間的排列皆有規劃設計評估，並配合石塊形狀調整排列方式，原則不會被水流沖開流失，這在 2020 年的球磨川 70 年來最大豪雨事件，經災後觀測得到證明。

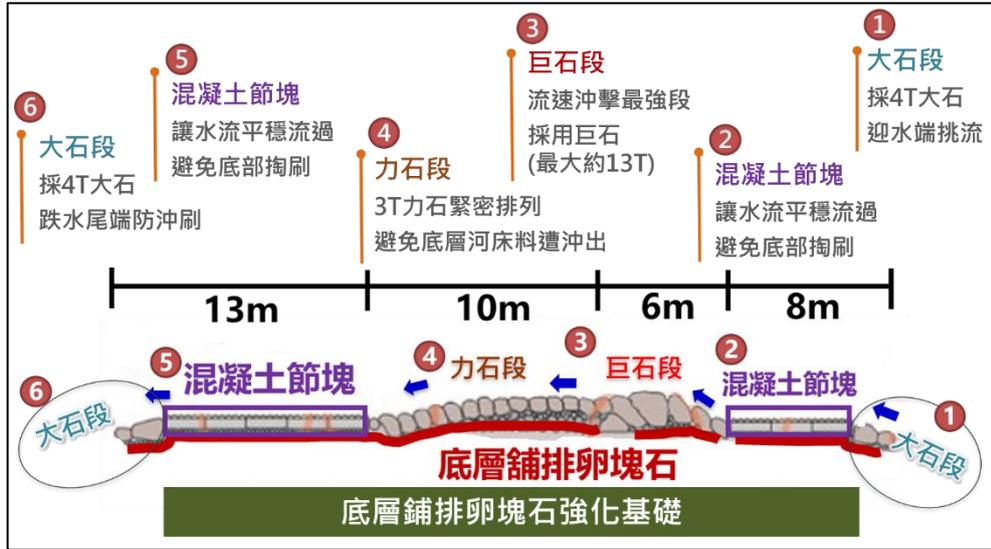


圖 11 八字堰示意圖



圖 13 球磨川香魚相片



圖 12 巨石施工相片



圖 14 2008 年及 2020 年八字堰航拍比對相片

在 2020 年(令和 2 年)的歷史豪雨事件，因山體滑坡造成土石流等原因，大量泥沙通過支流流入球磨川，沉積的泥沙急遽改變河床。所幸，八字堰的急流範圍水深及河床環境沒有發生重大變化。經過生態調查，香魚的足跡也不斷得到確認(圖 15)，表示八字堰的香魚復育場功能，還是持續發揮效益(圖 16)。

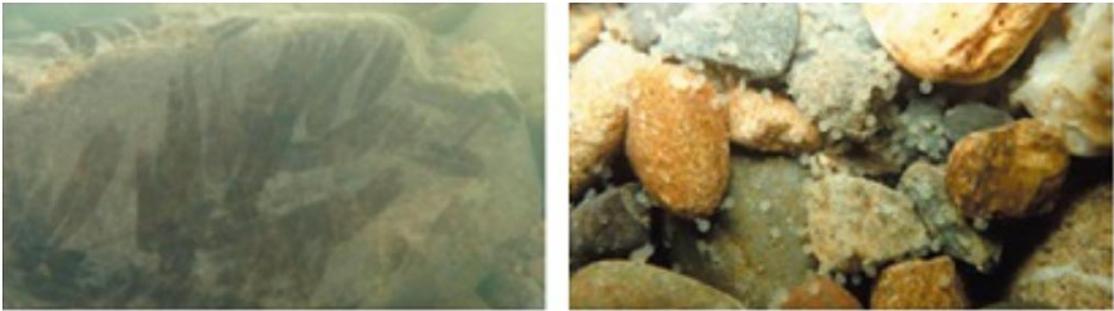


圖 15 香魚活動照片

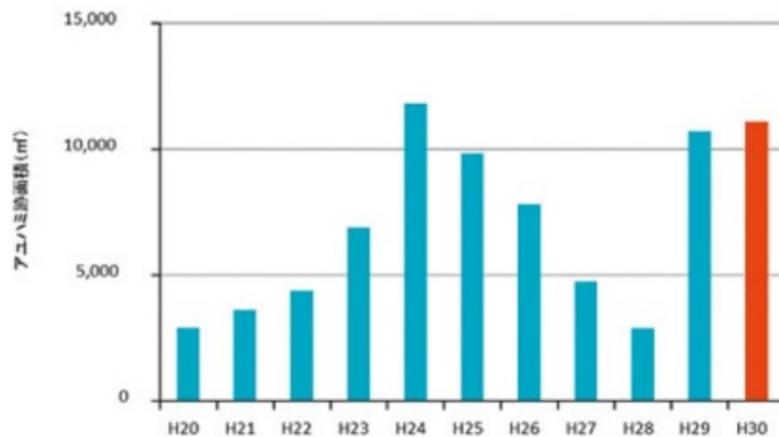


圖 16 觀測到的香魚活動面積(H30 即 2018 年)

(二)鴨川治理與巧思

鴨川係京都府所管轄河川，本次經由日本河川整備研究所(RFC)協助聯繫，拜會京都土木事務所，該所負責京都市內的河川、水土流失防治、公園等的維護和管理，以及與建築業相關的工作。本次由該所說明鴨川治理及維護管理概況。

鴨川總長 23km，平均坡度 1/200，為坡度陡的河川，流域面積 207.7km²(圖 17)，約台北市 3/4 面積範圍，自古以來與市民生活息息相關，有著「千年の都・鴨川清流」的歷史懷情，孕育著京都地區文化發展。以風水來說，鴨川就像京都守護神般，如同東之青龍，也因為是神聖的河川，所以每年都有祭祀河川的活動，如：葵祭，就是在鴨川河畔的上賀茂神社以及下鴨神社，每年度五月舉行祭典，祈求神明保佑。與水親近的形式，而有納涼床設置，納涼床原來是指古時民眾在橋下休憩活動(圖 18)，經過河川治理，橋下無法再提供納涼休憩，而演變成河川高灘地設置休憩空間，成為現代的納涼床(圖 18-19)，也訂有「京都納涼床審查基準」來規範河川區域範圍內的使用。

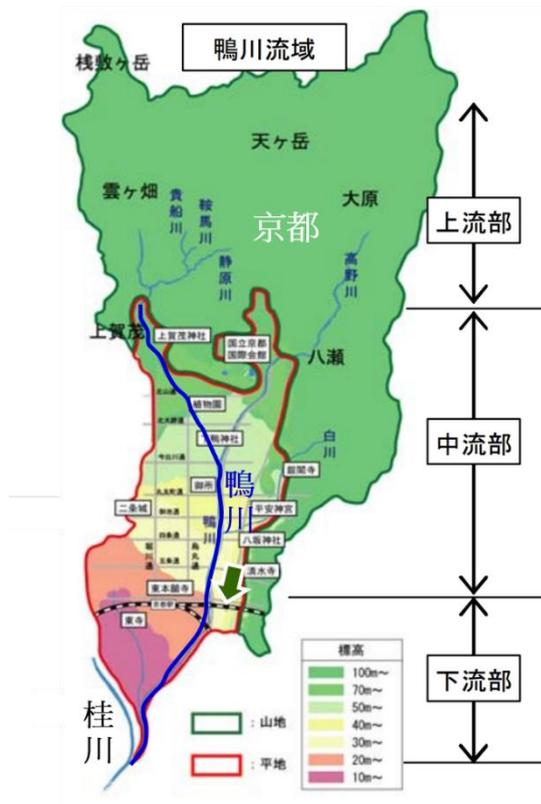


圖 17 鴨川流域圖

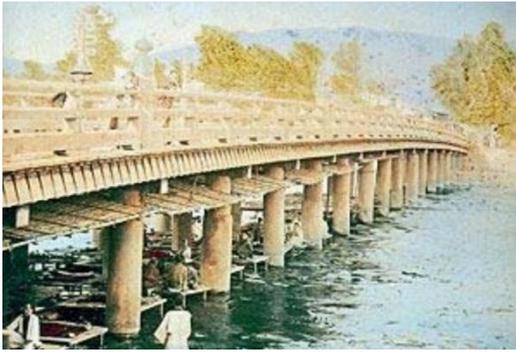


圖 18 20 世紀初期的納涼床相片



圖 19 現代納涼床相片

鴨川因河床坡度陡(平均坡度 1/200)，主流設固床工 43 處(圖 20)，固床工兩旁所設置魚道是民眾討論建議而設置的生物友善措施，於考察過程發現固床工下游側的河道天然沖刷坑，形成自然淺瀨區，如同天然魚礁，魚群聚集其中(圖 21)。鴨川並有設置 5 個跳石穩流措施，不但具有穩固河床功效，上層跳石可讓民眾日常通行(圖 22)，拉近與水的距離，已是鴨川水文化之一。依現地考察所見，鴨川治理理念，在民眾親水空間及生態友善兩部分，投入不少心力及巧思。治理採低水護岸，滿足主流深槽保護功能，營造廣大高灘地親水空間，讓鴨川不只是防洪安全為主的河川，亦是市區重要的市民公園(圖 23)。



圖 20 鴨川固床工相片



圖 21 固床工下游側自然淺瀨

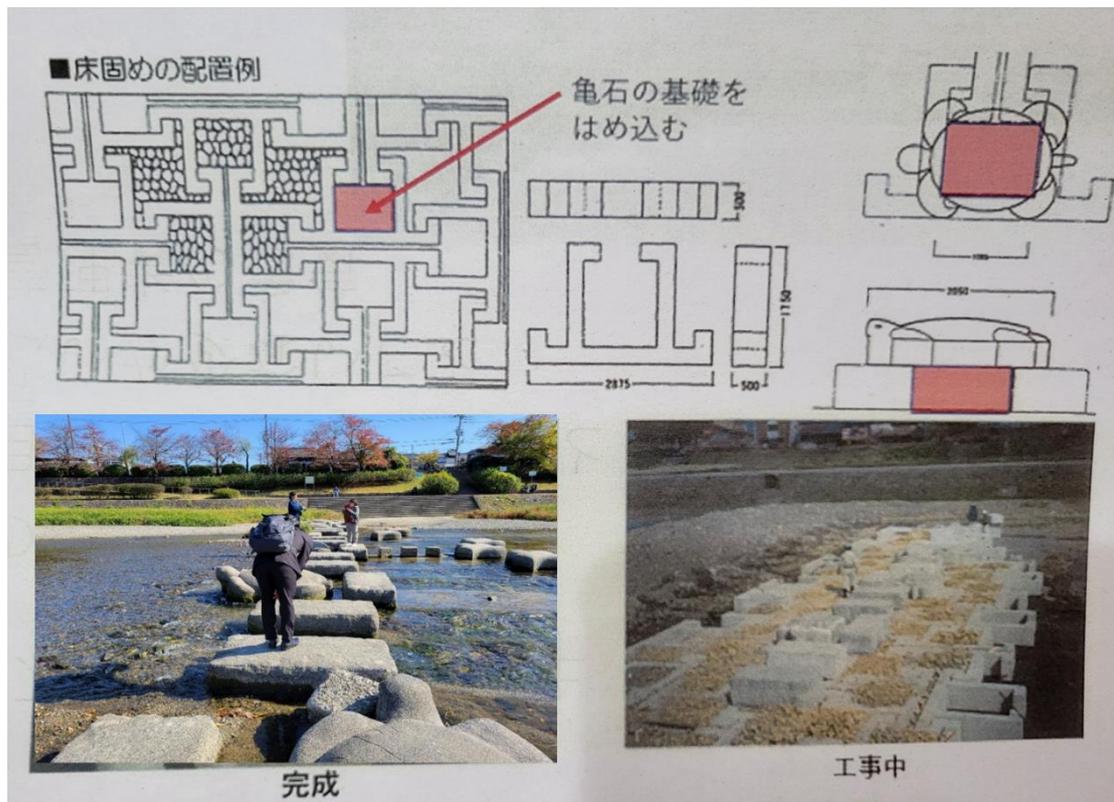


圖 22 跳石設計圖及相片



圖 23 鴨川低水護岸保留廣大高灘地親水空間



圖 24 鴨川旁行人及殘障分隔措施



圖 25 鴨川堤頂是小朋友郊遊的安心步道(相片)

(三) 搶救小鰍大作戰

平成 21 年~23 年，桂川上游保津川遊船前(保津工區)低水護岸施工(圖 26-27)，發現周邊是天然紀念物短薄鰍(簡稱小鰍)的棲息地，因此展開「搶救小鰍大作戰」，進行生態棲地環境調查作業及工法的調整。



圖 26 桂川上游工區分布圖



圖 27 保津工區施工範圍圖

短薄鯪(アユモドキ)介紹(圖 28-29)

- 僅發現於京都府龜岡市的桂川水系、琵琶湖和岡山縣的旭川/吉井川水系。
- 已被日本指定為國家天然紀念物，天然紀念物是根據文化財產保護法指定的，具有法規要求應予以保護。
- 成長期在多孔隙礫石底和岩石地帶生活
- 6~8 月隨水位上漲，迴游至灘地積水處產卵
- 越冬期（10 月下旬~3 月左右）在湧水棲息。(湧水定義：從地下冒出的水，全年水溫 16°C 且水質穩定。)



圖 28 短薄鯪相片

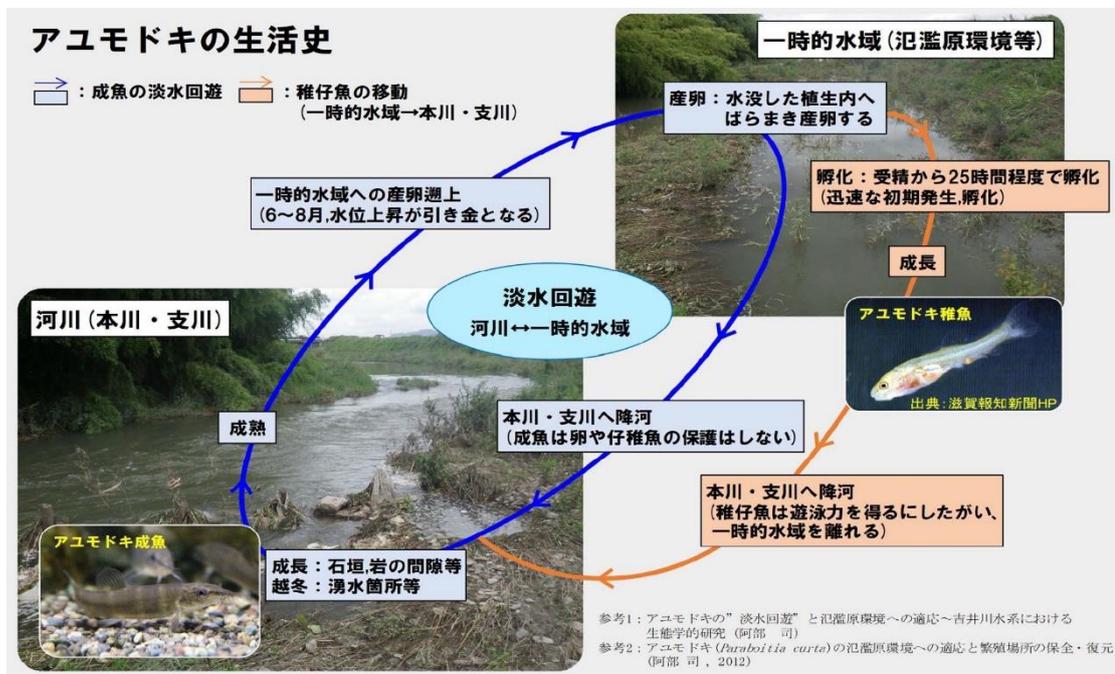


圖 29 短薄鯪生活史介紹圖

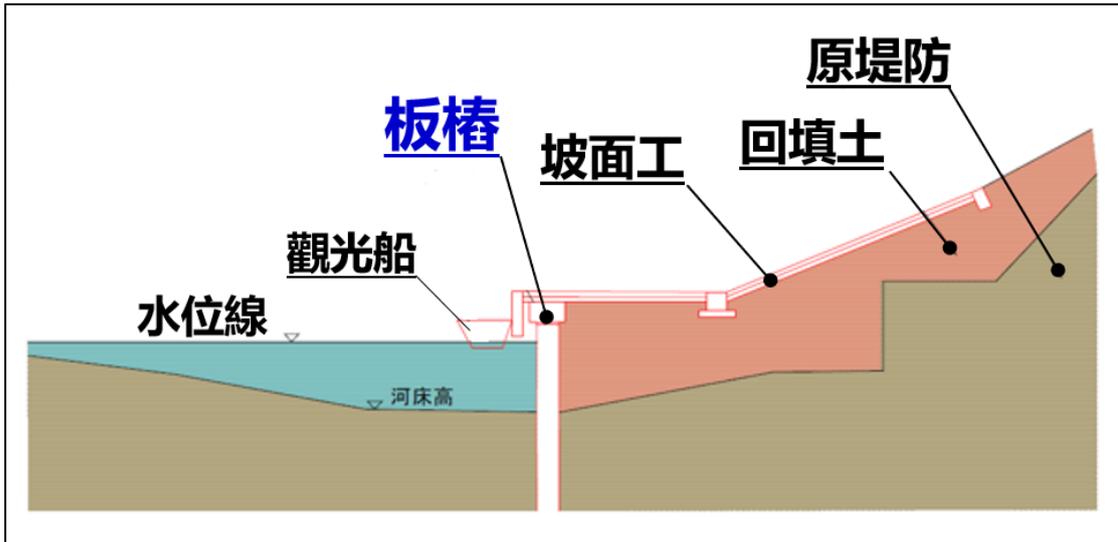


圖 30 保津工區原設計斷面示意圖

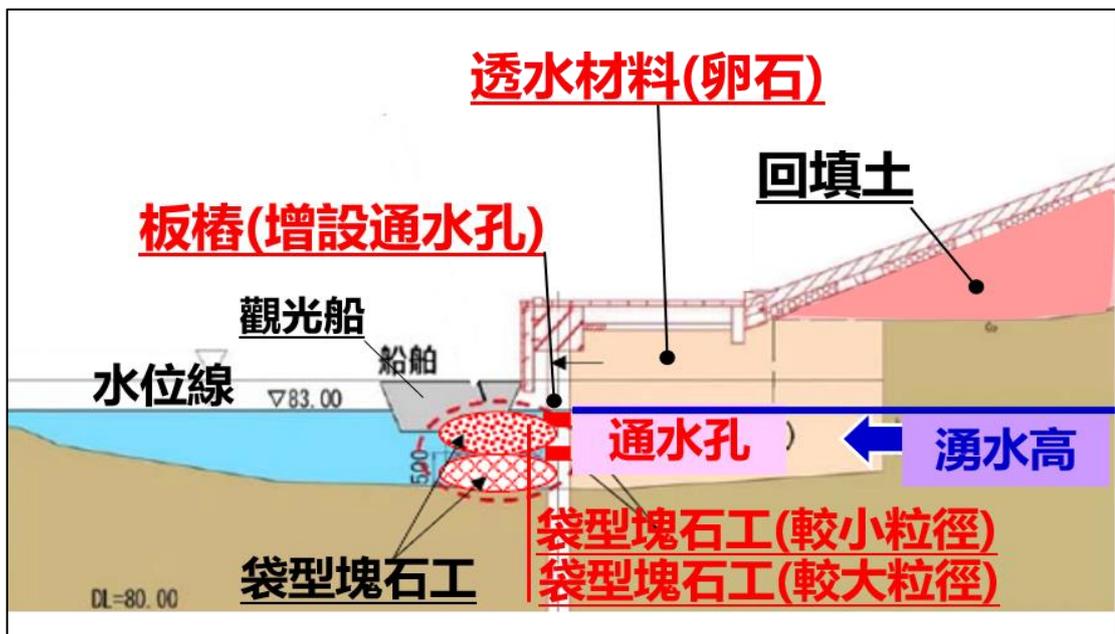


圖 31 保津工區變更設計斷面示意圖

原設計工法係打設板樁進行臨水基礎保護，堤身採填土至設計高度，堤身表層再打設混凝土坡面工(圖 30)。考量短薄鰍繁殖期(6-8 月)會跟著水位上漲逆流而上，流到灘地或草叢中產卵。孵化後，幼魚再游回河川中，棲息於岩石縫隙間。為了度過冬季，得在有湧出泉水的地方生活。根據以上種種習性，再為了因應地層下的湧水，進行工法變更來施工，並進行友善小鰍的環境保護措施(圖 31)。堤身局部修正用高滲透性卵石回填至板樁頂部，以免堵塞湧水。

針對小鰻生態保護對策 6 項如下：

1. 安裝袋式基礎保護裝置(圖 32)

施工前，在周邊河川匯流處（施工區外）安裝了袋式基礎保護裝置，作為施工期間短薄鰻的避難疏散場所。

2. 小鰻捕撈搶救作業(圖 32)

施工區域用大沙袋封閉，將本圍困的小鰻捕撈釋放到安裝了袋式基礎保護裝置的地方。

3. 板樁設置出水孔(圖 33)

板樁設置出水孔保持湧水流出，打造短薄鰻棲息和越冬所必需的環境條件。

4. 安裝袋式基礎保護裝置（板樁前部）(圖 34)

在板樁前安裝了兩層袋狀基礎工，內層填充材料為下層：雜割石（粒徑 20cm 以上）和上層：栗石（粒徑約 10~20cm），為小鰻打造兩種孔隙棲息地。

5. 持續生態監測(圖 35)

派遣潛水夫進行水下環境調查，並採環境 DNA(E-DNA)監測方式，設置水下攝影機捕捉小鰻蹤跡。

6. 打造小鰻棲息地(圖 36)

在小鰻可能出現的周邊營造棲息地，讓小鰻有完整的棲息空間。



圖 32 袋式基礎保護裝置及小鰻捕撈搶救作業



圖 33 板樁設置出水孔



圖 34 安裝袋式基礎保護裝置



圖 35 持續生態監測
(左圖：潛水夫進行水下環境調查，右圖：水下攝影機)

令和3年4月13日(繁殖地整備中)



令和3年5月14日(水位計設置時)



圖 36 打造小鰻棲息地

三 流域綜合治水

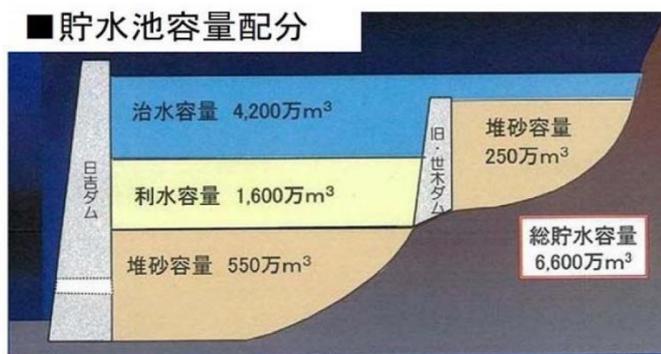
(一) 桂川上游(龜岡保津地區)的農田滯洪

本次考察主要實地勘察位於保津峽上游側，龜岡車站前的農田滯洪成果(圖 37)。桂川上游從 1953 年到 1998 年日吉水壩完成的 45 年間，共發生 11 次水災(大約每四年一次)，主要淹水原因是主流上保津峽的狹窄段，斷面寬度不足所造成的通洪困難。在流域綜合治理策略，進行了上游日吉水壩建設，其為多功能水壩，兼具水資源及洪水調節功能，洪水調節量約 4200 萬 m³ (圖 38)，日吉水壩完成後，防洪安全得到極大改善，但在截至 2013 年的 16 年間，尚發生了兩次重大淹水災害(大約每八年一次)。因此持續進行河川治理，包含堤防擴建及河道疏濬，以及農田滯洪等措施。本次考察發現，日本經由土地適度開發限制，將鐵道至桂川間規劃成農田用地使用區，讓鐵道及桂川周邊堤防、排水護岸形成既有隔水屏障(圖 39)，利用霞堤將洪水引入進行流量節，降低溢淹危害(圖 40)，其中霞堤高程為(計畫洪水位)，與計畫堤頂高差 1.5 米。

桂川上游(龜岡保津地區)治理標準，治理計畫 100 年，目前的防洪標準約 30 年(前段所提到的改善措施所達到的防洪能力)，要達到治理計畫的 100 年標準，重點在後續保津峽的瓶頸段挖掘拓寬改善及河道挖深疏濬。當達到基本計畫 100 年標準，則霞堤封閉提高滯計畫堤頂高(日文稱之締切堤)。(圖 41)



圖 37 龜岡保津地區農田滯洪航拍圖



出典：第 59 回委員会 審議資料

圖 38 日吉壩貯水容量配置圖



圖 39 龜岡車站周邊鐵道現況相片



圖 40 龜岡車站前霞堤施作前後相片(左圖為施工前、右圖為竣工後)

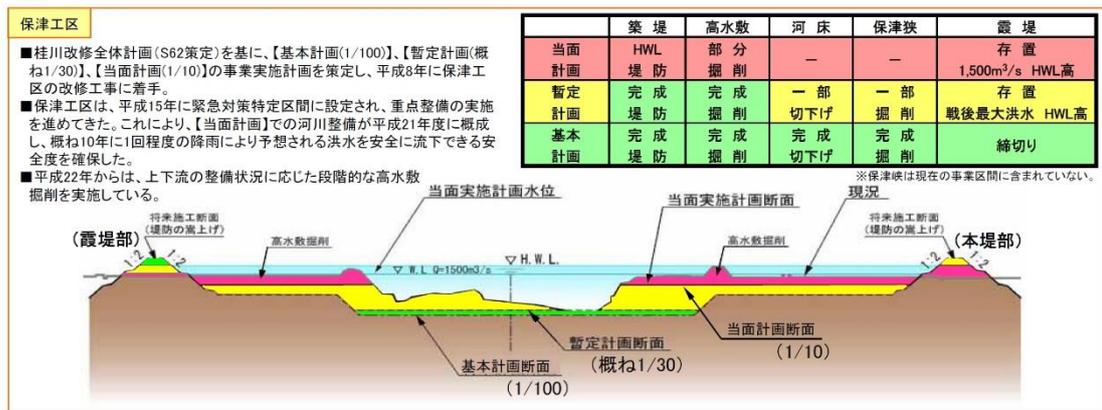


圖 41 桂川保津工区治理計畫断面圖

(二) 球磨川大淹水後的治理策進

本次先拜會球磨川管理單位(八代河川國道事務所)，該事務所係九州地方整備局所屬單位，單位編制類似本署所屬河川局。本次拜會由宗琢万所長親自率相關課室主管出席說明(圖 42)。



圖 42 宗琢万所長向本署說明相片

球磨川流域在 2020 年 7 月(令和 2 年 7 月)，創下近 70 年來最大的降雨量(322mm/12h)，橋樑沖毀 14 座、淹水面積 1020 公頃、淹水 6110 戶，災情相當慘重，深感震撼(圖 43)。也希望可以藉由本次考察，學習災後治理經驗，當作借鏡。



圖 43 球磨川淹水報導

球磨川主流長 115km、流域面積 1,880 km²，保護標準原則以人吉地區區分上下游，上游保護標準 80 年重現期、下游保護標準 100 年重現期。流域主要橫跨熊本縣、宮崎縣、鹿兒島縣等九州南部 3 個縣(圖 44)，面積約佔熊本縣國土面積的四分之一，流域用地約 84%為山地，約 6%為水田、果園等農業用地，約 10%為住宅用地等都市地區。為全國最大西紅柿的產地之一，上游區域土地肥沃，是重要的農產地。下游為熊本縣第二多人口的八代市和上游主要城市人吉市，也整個流域產經聚落的主要範圍。球磨川是日本三大急流之一，上游河段(人吉)河床坡度約為 1/200 至 1/600。中游河段河床坡度約為 1/300 至 1/1,000，下游段河床坡度約為 1/7,000，泛舟是當地旅遊的代表性活動。



圖 44 球磨川流域圖

球磨川的降雨型態出現改變，短延時降雨量和總降雨量較以往大。2020 年 7 月(令和 2 年)的豪雨事件，極端潮濕的空氣形成一個帶狀滯留鋒面，停滯了大約 13 個小時，導致流域大部分地區出現強降雨，降雨總量創紀錄。由於這次降雨，每個降雨觀測站記錄的降雨量是自觀測開始以來的最大降雨量(圖 45)。

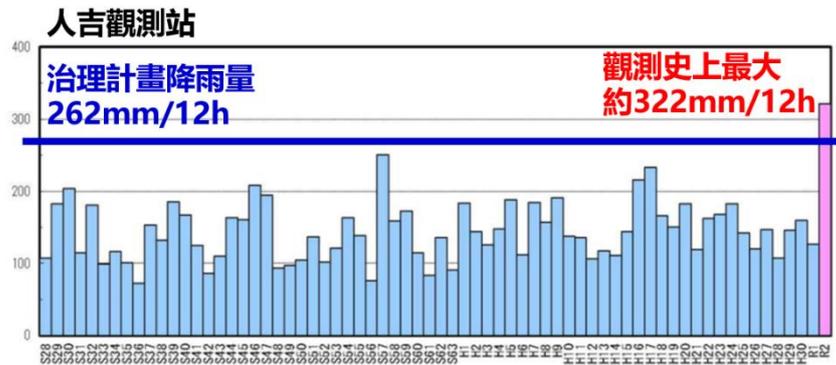


圖 45 球磨川歷史雨量圖

災後中央、地方將共同實施河道開挖、堤防維修（堤防加固）、輪中堤/住宅用地抬高、遊水地等一連串措施，以防同樣規模的洪水，再次引起大規模災害(圖 46、47)。改善措施包含下游段大凹岸荻原堤防補強，中游山間狹窄段(圖 48)，因堤防拓寬改善困難採住宅用地加高到計畫堤頂高(圖 49-50)。上游段則採取洪水調節策略，利用農田滯洪、增設滯洪池，規劃滯洪量 600 萬 m^3 ，建設川邊川流水型大壩，總貯水量 13,300 萬 m^3 ，市房水壩再開發，預計總總貯水量 4,020 萬 m^3 (圖 51)。以上改善措施有考量到原治理計畫標準無法滿足需求，應把氣候變遷因素加以考量，提升治理標準(圖 52、53)。

<p>■ 防止或減少洪水溢淹的措施</p> <ul style="list-style-type: none"> 河道開挖、堤防、環堤、住宅用地抬高、遊水地實施、堤防加固等。 新流水型大壩(川邊川大壩)建設、市房水壩再開發 防砂相關設施整備 下水道等排水設施的維護 雨水儲存和雨水滲透設施 提高農田滯洪功能 加強蓄水池的有效利用 農業水利設施的整備 森林的維護和保護，水土流失防治設施的維護 利用既有水壩(6座)實施提前排放等。 	<p>■ 減少受害者的措施</p> <ul style="list-style-type: none"> 與社區發展合作，災害發生前撤離至高地 土地使用管制/指導（災害風險地區等）/搬遷促進 不動產交易時的洪水風險信息的提供 <p>■ 減輕損害和早期恢復/重建的措施</p> <ul style="list-style-type: none"> 水門、抽水站等的維護 有助於避難行為和防洪活動的基礎等的改善 防災避難信息的傳達 洪水風險的傳播 在平時培養居民的防災意識 穩步開展防災活動，構建協同體制 與社區合作的排水活動和培訓、設施運營等
--	--

圖 46 災後策進三大措施



圖 47 球磨川治理策略配置圖

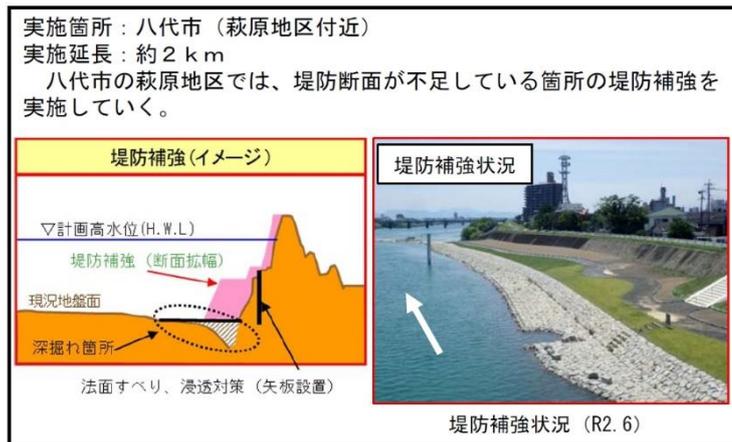


圖 48 下游大凹岸的堤防補強示意圖及相片

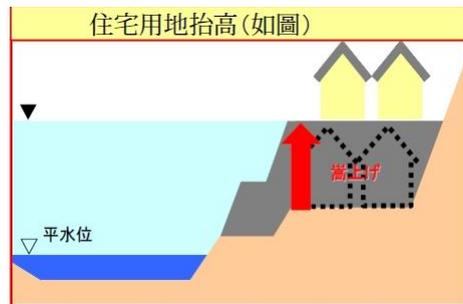


圖 49 中游山間狹窄段航拍圖及宅第加高示意



圖 50 球磨川周邊宅地加高相片
(左圖為神瀨地區示範區，右圖為漆口地區)

洪水調節施設の概要

市房水壩(市房ダム)

参考) 現在の市房ダム諸元

ダムの形式	混凝土重力壩(重力式コンクリートダム)	
堤 高	78.5 m	
集水面積	157.8 km ²	
総貯水容量	40,200千m ³	
洪水調節容 量	第1期 (6/11~7/21)	8,500千m ³
	第2期 (7/31~9/30)	18,300千m ³

市房大壩改善後の洪水調節效益，係假設定量放流400m³/s來進行流域治理規劃檢討
流域治水プロジェクトで示した市房ダム再開発後の洪水調節(400m³/s定量放流と仮定)とした検討を実施

新的流水型大壩(新たな流水型ダム)

※新的流水型大壩規格正在檢討中，因此在檢討洪水調節功能時，將採用過去已經審查過的蓄水壩條件來規劃。(新たな流水型ダムの諸元については、現在検討中のため、洪水調節の検討にあたっては、従来から検討してきた貯留型ダムの諸元にて検討を実施)

参考) 過去曾使用的蓄水壩所檢討的規格(従来から検討してきた貯留型ダムの計画概要)

ダムの形式	拱型 混凝土壩	
堤 高	107.5 m	
集水面積	470.0 km ²	
総貯水容量	133,000千m ³	
洪水調節容 量	84,000千m ³	

關於洪水調解操作規則，我們將檢討與常規蓄水壩低庫容時一樣的操作模式(低庫容時放水流量為200m³/s)。洪水調節の操作ルールについて、従来から検討してきた貯留型ダムと同様に鍋底操作(鍋底操作時の放流量200m³/s)として検討を実施

圖 51 水壩基本資料

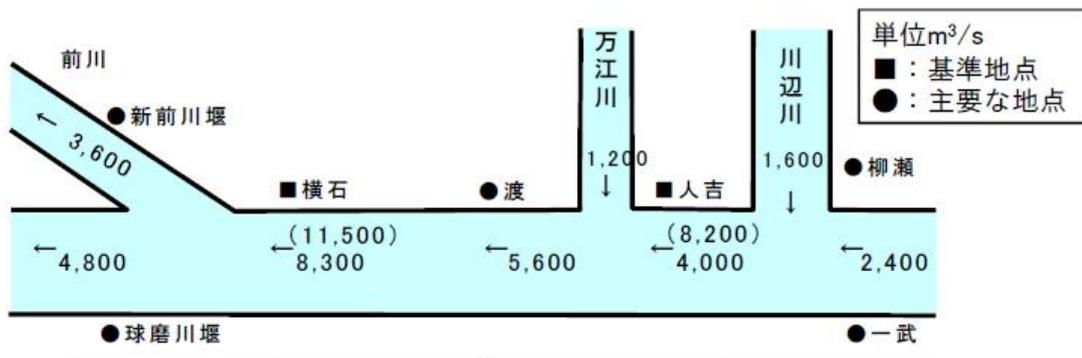


圖 52 計畫洪水量分布圖

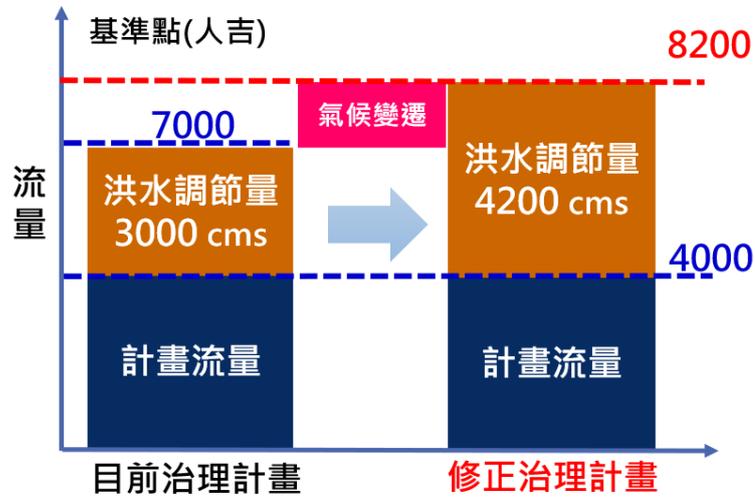


圖 53 球磨川治理流量配置圖

本次考察現地勘查地點，包含：球磨川八字堰(圖 54)、中游山間狹窄段住宅用地加高的示範區、青井阿蘇神社前淹水標誌(圖 55)、中川島公園挖掘改善等等(圖 57)，同時隨著車行過程，觀察到沿線復建工程加緊施工，也期望球磨川趕快恢復。



圖 54 八字堰現地勘查



圖 55 青井阿蘇神社前淹水標記勘查



圖 56 青井阿蘇神社內鳥居相片



圖 57 中川島公園挖掘改善勘查相片



圖 58 球磨川復建工程相片



圖 59 鐵路橋斷橋相片

(三) 白川立野大壩

本次拜會白川、綠川管理單位(熊本河川國道事務所)，本署由賴署長建信率隊，由三保木悅幸所長率相關課室主管出席說明(圖 60)。



圖 60 拜會熊本河川國道事務所前互贈紀念品及合影

白川發源自阿蘇火山，流域上游有阿蘇九重國立公園，中游是熊本市主要的地下水補給區。下游地區還有立田山、熊本城等許多具有很高歷史價值的古蹟。白川採 60 年重現期保護標準，流域面積 480km²(排九州第 14 名)，全長 34.6km，已完成治理 25.6km(74.0%)，尚待治理 9.0km(26.0%)。

白川流域約 80%的豪雨降在上游阿蘇地區，上游河床坡度陡峭(約 1/80)，大雨有迅速往下游熊本市集中的特點(圖 61)。白川流域地下水源非常豐沛，也因此使熊本號稱「地下水都」。整體白川流域可以針對上游阿蘇地區、中下游(熊本市區)分別說明。白川上游支流經群山環繞，雖然坡度比較平緩，當從山區集中降雨時，因水流緩慢，容易發生洪水。在該區阿蘇市，自 1980 年推動的防洪對策，採取設置滯洪池(計 5 座)來因應，目前持續推動中。黑川為白川上游最大支流，尚存在河道斷面不足問題，因此需要繼續推進防洪工作。白川中游在立野與黑川匯合，因為河床坡度陡峭，大雨有迅速往熊本市河段集中的特點。在中下游地區，熊本市自古即為白川流域人口最密集地區，隨著都市發展，熊本市郊沿白川的都市化程度越來越高，由於河道通

洪斷面不足，因此防洪對策需優先考量熊本市區及下游地區的安全。白川從中游進入下游熊本平原時，形成一個河床坡度平緩的沖積扇(熊本市區)。在本河段，白川水位比周圍地面高(圖 62)，一旦溢淹，對熊本市區會有巨大的危害。



圖 61 白川流域示意圖

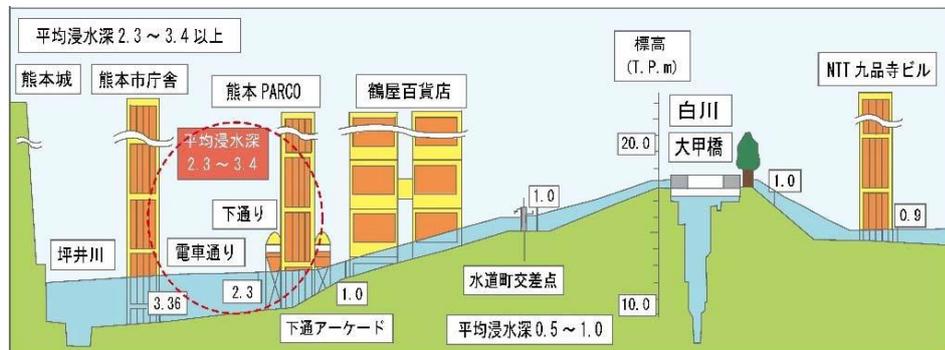


圖 62 熊本市街部橫斷面圖(白川)



圖 63 白川、黒川及緑川位置圖



圖 64 緑川流域示意圖

白川在歷史上發生過多次的洪災，均造成大規模的生命財產傷亡，昭和 28 年(1953 年)6 月水災死亡及失蹤者 422 人、家屋淹水 31,145 戶、橋梁流出 85 橋。最近一次的 2012 平成 24 年 7 月洪水，則是自 1956 年開始觀測以來，在基準點四木橋觀測到了觀測歷史上的最高水位。造成 183 座房屋被完全或部分毀壞，2,011 座房屋被淹到地板以上，789 座房屋被淹到地板以下。針對白川的治理，熊本事務所除了在防洪安

全上努力，也配合熊本市地方政府，進行與城鎮建設相結合的河川整治。亦與當地社區合作，通過實施河流學校和其他利用城市自然空間的活動和開發濱江長廊，有效利用濱水空間。白川的治理目標為「協調城市空間和水文化的河流發展」。

白川治理策略概述：

【短期】

通過完成立野大壩、改善堤防和河道清淤，首要目標是提升熊本縣首府熊本市的防洪安全。此外，在縣管區域設置滯洪池和推動雨水貯留設施來提升防洪能力。

【中長期】

改建影響通洪的結構物（如：堰），持續改善堤防和河道清淤來提升防洪安全，並指定災害風險區域進行風險管理。



圖 65 白川治理基本理念進化圖

綠川發源於熊本縣上敷區大和町的三方山（海拔 1,578m），三船川等支流匯合形成熊本平原，綠川流域幾乎位於熊本縣中部，流域面積 1100km²(排九州第 7 名)，全長 76km，綠川流域地下水脈豐富，形成了水前寺、江津湖等眾多泉水。歷史上綠川也多次發生水災，相對於白川，綠川流域集水區面積更大，計畫流量也更大，然而因流經區域不同，屬於郊區河川，白川的保護標的相對重要些。熊本事務所在綠川治理上，除了防洪的議題，也與地方政府、當地居民共同討論綠川

的治理，綠川整治主題為「河流發展與自然風光、歷史和文化相協調」。

白川立野大壩是滯洪壩(流水型大壩)，建造目的為洪水調節之專用大壩，平時不會蓄水。立野壩位置選擇於白川與黑川匯流處下游約一公里處，約略是白川從山區將要流入平原之峽谷處，係因白川自古即經常氾濫，戰後昭和 28 年 6 月、55 年 8 月、平成 24 年 7 月等洪水，造成熊本縣大規模淹水。

立野大壩為混凝土重力式壩體，設計壩高 87 公尺，壩長 197 公尺，底部有三個開口 5m*5m 開口供平時常流水通過，蓄洪量 1010 萬噸，計畫目標是降低白川洪峰流量 300cms (計畫評估基準點係熊本大學醫院前的代繼橋，從洪峰流量 2,700 cms，降低至 2,400 cms)。

表 3 立野大壩基本資料表

ダム堤体		ダム洪水調節地	
形式	曲線重力式コンクリートダム	集水面積	約 383 km ²
堤高	約 90m	湛水面積	約 0.36 km ²
堤頂長	約 200m	洪水時最高水位	標高 276.0m
堤体積	約 40 万 m ³	貯留容量	約 1,010 万 m ³
天端高	標高 282.0m	計畫堆砂量	約 60 万 m ³

立野大壩之設置自 1969 年著手進行規劃調查，1979 開始實施計畫，1983 年開始建設計畫，辦理用地取得、補償、白川相關水系整備計畫擬定、2016 年熊本地震，經過檢視大壩計畫後，2018 年 3 月立野壩工程發包，工程內容除了大壩主體外，尚有攔汙閘、緊急溢流隧道、邊坡基礎保護等。

立野壩工務所被指定為 I-Construction 模範工務所之一，使用 ICT 促進現場生產力的提高。使用配備機器引導 (MG) 和機器控制 (MC) 的重型設備進行施工，使用無人機通過測量創建 3D 地形模型，並根據 CIM 模型計算施工量。在完成的表格管理中，使用可穿戴攝像頭進行遠程觀察，不僅減少了出行和等待時間，還可以防止新冠病毒感染的傳播。

經現地勘查立野大壩施工情形，感受到日本做事的謹慎細心的態度，從施工展望台搭設整體穩固性，以及展望台上工程圖面及每月份的施工進度說明，對待工程的細膩度，值得臺灣落實學習(圖 67-69)。

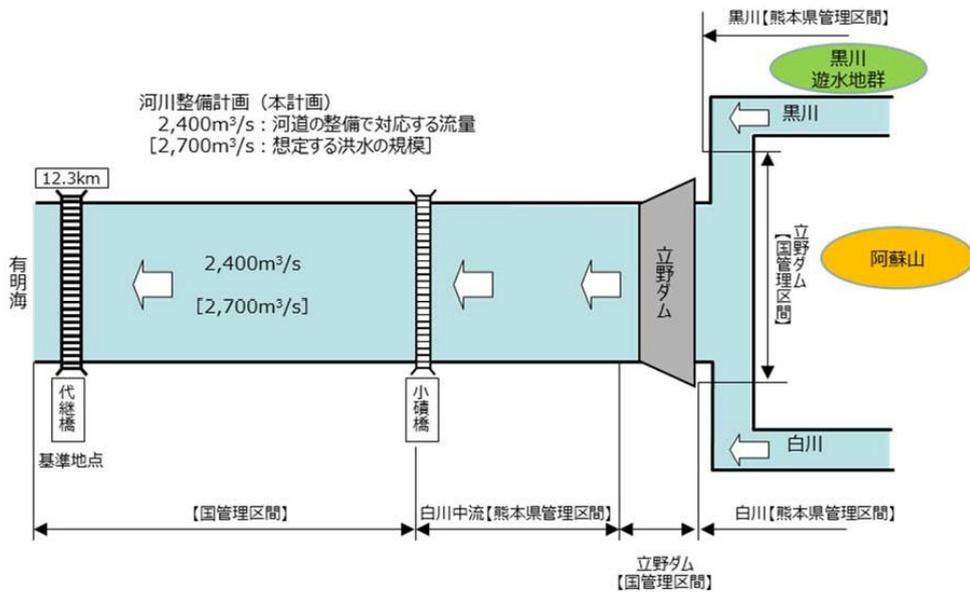


圖 66 白川計畫流量分布圖

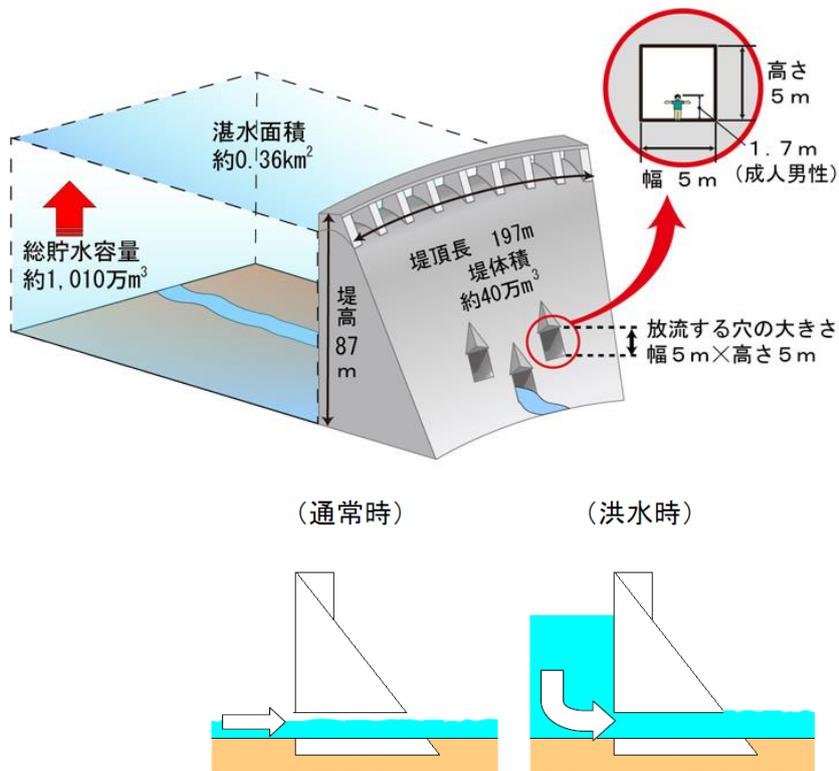


圖 67 立野大壩示意圖

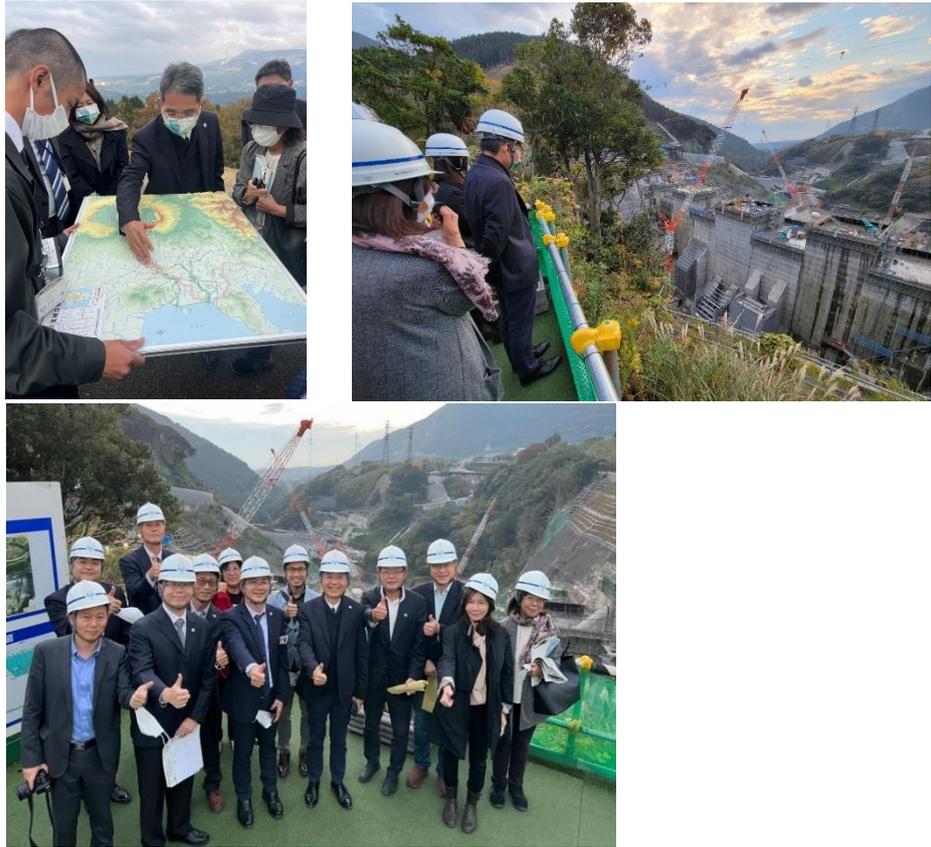


圖 68 阿蘇地區及立野大壩考察相片



圖 69 立野大壩施工展望台相片

四 水環境(海岸)營造

(一) 琵琶湖疏水路

本項考察行程，是由江頭進治教授領導說明，江頭教授自京都大學退休，是知名土砂水利研究專家，現為聯合國教科文組織補助單位 ICHARM, The International Centre for Water Hazard and Risk Management 顧問。

琵琶湖疏水是日本的一個水利基礎設施，為了將滋賀縣琵琶湖的湖水引至京都府京都市而建造的水路（疏水道），全長約 20 公里。這條水道對京都來說可是重要的生命線，也是京都近代化的關鍵建設。

「疏水在日本是指為灌溉或發電為目的所做的渠道。」(圖 70)

京都市上下水道局網站上有疏水道沿線景點整理，點進去有 360 度 VR 體驗，並且有中文版，起點為大津以及運河沿線的山科、蹴上、岡崎地區。(https://www.biwakososui-vr.com/360vr/tw/map/)



圖 70 琵琶湖疏水路平面圖



1(1).南禪寺水路閣



1(2).南禪寺內一景



2(1).琵琶湖疏水-分水支線



2(2).琵琶湖疏水-分水支線



3(1).蹴上鐵道-南禪寺橋旁



3(2).蹴上鐵道-分水閘門旁

圖 71 琵琶湖疏水考察相片

京都包含鴨川在內的河川水量少，對民生用水、航運都構成了問題。於是，第 3 代京都知事北垣國道開始著手「琵琶湖疏水事業」的工程，把滋賀縣日本最大湖「琵琶湖」的水引到京都來。其實這項工程在江戶時代也曾經被提出過幾次，卻因為預算金額太龐大而未能實行。而這一次，北垣知事賭上他的政治生命，推動了這項「京都 100 年の大計」。

工程在 1885 年動工，1890 年竣工。歷時 4 年 8 個月、犧牲 17 人的性命、花費 125 萬 6000 円の巨款(當時京都府年度預算總額約 50~60 萬円)。疏水道開通，船運帶來人力與貿易，隨之展開的水力發電等建設也帶動產業發展，琵琶湖疏水成了京都現代化的象徵。

本日實際考察行程，係自琵琶湖疏水下游段，南禪寺開始本日行程，在江頭進治教授引導說明下，先實地勘察水路閣，也是日本土木人會來朝聖的土木文化遺產，水路閣位於琵琶湖第一疏水分線上，類似臺灣的渡槽(橋)，第一疏水分線主要負責生活用水，接往淨水廠，另外，第一疏水路最後則是流入鴨川。沿線在南禪寺內移動過程中，注意到路旁的截水溝，有不少的河蟹優游在溝中流水之間，相信是因為這邊的水質清澈，才能讓河蟹也可在此悠然生存。離開南禪寺，往蹴上舊鐵道移動，當踏上舊鐵道上的路橋，眺望蹴上舊鐵道，令人好奇，為何在琵琶湖疏水路上，卻有一段沒有水，而採鐵道的路段。隨著江頭教授的說明，並沿著蹴上鐵道往前走去一探究竟，原來蹴上鐵道是具備著運輸疏水船及貨物的功能，另也因為此段高程變化較大，開鑿水路不易，而採鐵道運輸船隻及貨物，之後再回疏水路。本次所實地考察的是琵琶湖第一疏水路，在其完成後 20 年，京都因為日益增加的需求，又開鑿第二疏水路。

這次的考察，適逢紅葉盛開，恰恰深刻感受到涼秋中，眼前紅黃繽紛色澤，所點綴出詩意奔放的魅力。跟著江頭教授細數水路閣歷史點滴，也成就眼前這片如詩如畫的水環境。

同時感受具備歷史文化背景及水路所具備功能，這是一個融合水文化、地景的天然水環境營造成果，在這趟考察行程，也感受到「樹」在水環境中，畫龍點睛的效益。以水環境的觀點來省思，「琵琶湖疏水」如同轉軸，沿線的景點如同齒輪，結合運轉出水環境歷史文化的生命力。

看到日本善用將環境特色列入遺產（名水百選、櫻花百選、紅葉百選等），如同觀光指標，激起心中嚮往，像是要親身走訪一趟的手冊名單，集各地特色之大成。這或許也是臺灣可以學習整合的一環，如，水利金質獎特色清單、生態環境精選、水漾百選等，既可適度宣導水環境，也可提升水業務能見度。

（二）長部田海床路

長部田海床路位於熊本縣宇土市住吉海岸，屬有明海海域，係當地漁業者在 1979 年建造，長度約為 1 公里，目的是聯絡外海漁船、養殖海苔、捕撈貝類通行使用，因廣告「消失的足跡(消えた足跡)」等作品的拍攝，而吸引眾多遊客來訪(類似台東的金城武樹)，並品嚐當地海產。

有明海潮差相當大，海床路只有在退潮時才會出現，在漲潮時道路將會沉入海中，僅見整排的電線桿佇立於大海中，成為一幅夢幻景色，不少人形容就像動畫《神隱少女》（千と千尋の神隠し）的海中列車。若想要看到這樣的景色，最佳時機為漲潮的前後兩小時左右。因產業文化，所造就海岸獨特景觀(圖 72)。

2016 年 4 月發生的熊本地震，知名漫畫「航海王」作者尾田榮一郎立即表達幫忙意願，並啟動了“ONE PIECE 熊本復興計劃” 2018 年 11 月 30 日陸續於熊本縣樹立航海王角色雕像，2022 年 7 月在住吉海岸公園設置的海俠吉貝爾的雕像則是第 10 座。相信會吸引更多觀光客前來。(圖 74)

另外也觀察到，住吉海岸海堤高度相當低，使民眾能完整看到廣大的有明海，然而鄰近的電線杆上均標示有地表高程(如圖 75)，可見得日本人的防災意識已經融入生活。



圖 72 長部田海床路漲退潮比較



圖 73 海床路旁燈桿貝類生長情形，可見漲潮時的水位高



圖 74 長部田海床路親水堤岸及產業創生地標



圖 75 降低高度的海堤設施與電線杆上地表高程標示

五 民眾參與及跨國合作

(一) 台日合作

在琵琶湖湖岸再生考察過程，守山市長宮本和宏表示曾帶領自行車旅遊考察團進行臺灣自行車環島，這也是來自其本身對自行車的熱愛，而琵琶湖環湖自行車觀光路線也是宮本市長極力推動發展的事項，期許將琵琶湖打造成世界級環湖自行車景點，而臺灣巨大集團(捷安特自行車)為了日本地方城市的需求，在日本成立了「自行車新文化基金會」，讓自行車和地方觀光振興這兩大齒輪可以相互咬合，極具商機也能打開國際知名度。

熊本近六年多災多難，在積極策進下，以流域綜合治理策略，打造都市韌性，並吸引台積電進駐設廠(JASM)，可見對日本的軟硬體條件深具信心。台積電跟 SNOY 公司還有電裝株式會社，合資在日本九州熊本市菊陽町打造晶圓廠，創立日本先進半導體製造公司(JASM)，並獲得日本政府特別補助 4760 億日圓，大約 9 百多億台幣，日本期待台積電將讓有矽島之稱的九州再度復活，啟用後，約創造 1200 個工作機會，10 年內預估將對熊本帶來 4.3 兆日圓的經濟效益。

(二) 防災研究兼具教育

宇治川水理實驗室考察行程，係由京都大學藤田正治教授親自接待考察團，首先，在中心辦公室，雙方基本介紹，本署致贈伴手禮，接下來由藤田教授介紹本日陪同說明的三位學者，分別為平石哲也教授、川池健志教授及竹林洋史准教授(圖 76)。平石教授主要是研究沿岸域土砂環境研究領域，特別是在海嘯重現研究領域，川池教授則是河川防災系統研究領域，竹林准教授則是與藤田正治教授共同在流砂災害領域上繼續研究。



圖 76 京都大學教授相片
(右起為藤田正治教授、平石哲也教授、川池健志教授及竹林洋史准教授)

首先，由川池教授為我們介紹宇治川水理實驗室基本環境說明(圖 77-78)，該實驗室除了進行各式水利實驗研究，也會不定期辦理防災教育，讓市民參與體驗，特別是鼓勵兒童參與，讓兒童從小就有防災意識。例如：當豪雨發生時，位於地下室，面對上樓梯過程，洪水自高樓層往下流入，人想上樓，但舉步維艱的情境。當開車過程，遇到車外淹水，水壓力導致車門難以打開的實境模擬等。從體驗過程中，提升市民防災意識。當聽完實驗室介紹後，開始進行各項試驗實地考察。



圖 77 川池健志教授簡報相片



圖 78 宇治川水理實驗室配置圖

實驗設備的考察行程，由平石哲也教授率先向本署介紹實驗水槽 (圖 79)，水槽長 45 公尺、寬 4 公尺，水深 1.8 公尺。首先是模擬 12.5 公尺的防潮堤，現場比例尺採 50 倍，即現場模型採 0.25 公尺高的模型堤模擬。第二是海嘯重現模擬，模擬浪高 12.5 公尺的海嘯沖打防潮堤後的變化。最後則是模擬，當高潮位時，長浪越波的情境。



圖 79 實驗水槽試驗相片

竹林洋史准教授介紹說明，日本因為氣候變遷，預計整體雨量將增加，防災應變分為對外防洪安全作為，對內的室內應變作為。介紹說明模擬強降雨時，洪水流入河原町車站的模擬情形，可進一步提前部屬防災應變作為(圖 80)。



圖 80 河原町車站洪水模擬設備

接續介紹琵琶湖流域降雨逕流模擬，該實驗設備可依據情境設定降雨量，最大 300mm/hr 模型雖是混凝土製成，表面有吸水材質，讓逕流係數貼近真實情況(圖 81)。土石流發生時的堆積模擬(圖 82)。宇治川流域水工模型，為了 10 年前琵琶湖強降雨，接近滿水位，險些發生洪災，有必要先一步研究洪水對宇治川可能造成的災情，提早因應(圖 83)。



圖 81 琵琶湖流域降雨逕流模擬設備

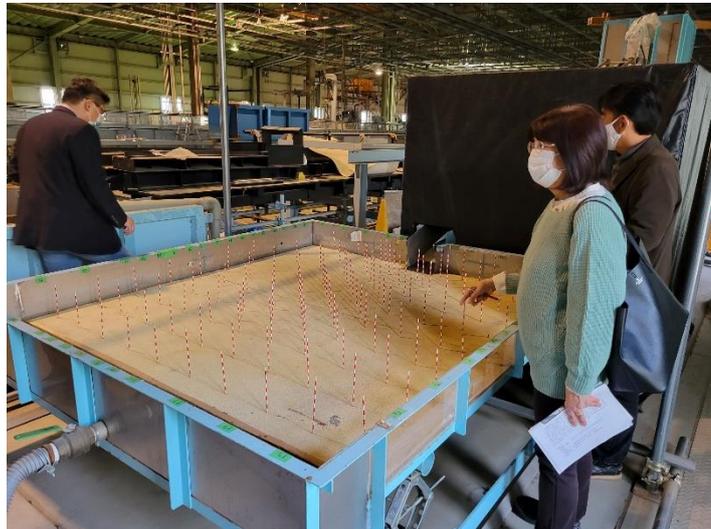


圖 82 土石流發生時的堆積模擬設備



圖 83 宇治川水工模型

接下來看到了有關防災教育的模擬設備，首先，洪水流入地下室時的避難疏散模擬設備(圖 84)，以因應發生洪水時從地下空間疏散的重要性的出現。該模型由一個高水箱和一個假設在地面上的平坦部分、一個高度差為 3m (寬度為 1m) 的樓梯組成，由 20 個台階組成，踏步長為 0.3m，高度為 0.15 m，和一個 5m 的平台和一個 6.8m 的通道。水從高處水箱經過平坦部分沿樓梯流下後，通過渠道下方的四個出水口返回低位水箱，由四台水泵以最大 0.8m³/s 的流速循環至高位水箱。再來是，模擬當門外淹水時的開門逃災體驗，設備通過體驗施加在門上的水壓，可以體驗進水時開門和關門的困難，並洪水期間獲取訊息和早期疏散(圖 85)。

透過本次考察，本署見識到像京都大學如此頂尖的學校，以向社會開放學習的精神，不僅進行先端研究，同時基於社會責任，辦理防災教育(降雨淹水逃生體驗)，提升民眾防災意識。



圖 84 洪水流入地下室時的避難疏散模擬設備



圖 85 模擬當門外淹水時的開門逃災體驗

(三) 鴨川基金

鴨川除了成立社團法人(圖 86)、募集專用基金(圖 87)，也訂定民眾參與規定，一年四次民眾參與會議，討論鴨川大小事，落實民眾參與，並公開每次的會議資料。鴨川的民眾參與及資訊公開透明程度，可以說是都市河川經營的典範(圖 88-89)。

《組織図》

[鴨川流域ネットワーク]

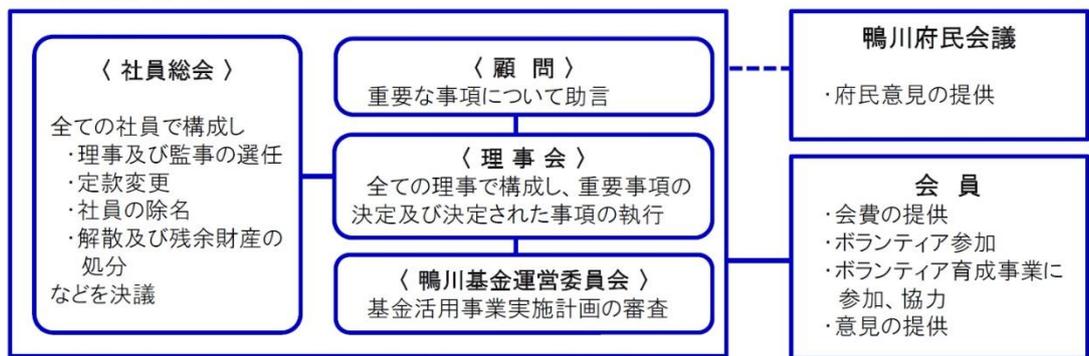


圖 86 鴨川流域社團法人組織圖



圖 87 鴨川基金使用用途及會費説明

京都府

🚨 緊急情報

⚙️ 閲覧支援

🔍 情報を探す

Google カスタム検索 検索

- ニュース&トピックス

- 防災・防犯・安心・安全

- 暮らし・環境・人権

- 子育て・健康・福祉

- 産業・雇用

- インフラ

- 文化・スポーツ・教育

- 地域振興

- 京都の魅力・観光

鴨川府民会議について

鴨川府民会議は、鴨川等の河川環境の整備及び保全に関する事項について、府、府民、事業者及び京都市が意見を交換するための会議です。
年に4回程度の開催を予定しております。

次回開催

第58回鴨川府民会議の開催について
(令和4年12月19日(月曜日)13時30分から、ホテルルビノ京都堀川にて開催)

開催結果

第57回鴨川府民会議開催結果 (令和4年9月7日開催)

第56回鴨川府民会議開催結果 (令和4年6月17日開催)

第55回鴨川府民会議開催結果 (令和4年3月18日開催)

第54回鴨川府民会議開催結果 (令和3年12月20日開催)

図 88 鴨川歴次民衆參與資訊公開

議事録

- [第57回鴨川府民会議の議事録 \(PDF : 539KB\)](#)

配布資料

- [メンバー名簿 \(PDF : 96KB\)](#)
- [配席図 \(PDF : 429KB\)](#)
- [次第 \(PDF : 56KB\)](#)
- [資料1 令和4年度の鴨川等の整備について \(PDF : 393KB\)](#)
- [資料2 鴨川サインのデザイン修正案 \(ピクト案\) について \(PDF : 4,512KB\)](#)
- [資料2【参考資料】：鴨川サインのデザイン \(案\) における装束の考え方の検討 \(PDF : 2,865KB\)](#)
- [資料3 京の魅力向上パートナーシップ事業について \(PDF : 347KB\)](#)
- [資料4 鴨川における特定外来生物「オオバナミズキンバイ」駆除活動の実施について \(PDF : 1,436KB\)](#)
- [資料5 鴨川納涼2022実施報告 \(PDF : 638KB\)](#)
- [資料6 「鴨川四季の日」夏の実施結果と今後の予定等について \(PDF : 1,310KB\)](#)
- [資料7 令和4年度 第3回鴨川定例クリーンハイク開催要領 \(PDF : 3,817KB\)](#)

図 89 民衆參與資訊公開資料

(四) AR 實境運用

在球磨川治理考察的簡報資料，發現日本也會採用科技設備，如 AR 實境體驗的方式，協助政策的推廣，如：球磨川中游山間狹窄段的住宅用地加高體驗，藉由讓民眾體驗感受，可有效的推展業務(圖 90)。



圖 90 住宅用地加高體驗

(五) 學術交流

熊本大學水循環與減災研究教育中心(CWMD)於 2017 年 4 月 1 日成立，設有地下水循環、海岸環境、減災社會系統和區域設計四個部門。地下水循環、海岸環境部門，主要係熊本縣擁有優質的地下水，是世界上少有的“水都”之一，大部分自來水來自地下水。以地下水為中心的熊本水循環系統涵蓋自阿蘇山到有明海的數十公里範圍內，本地區年降雨量達 3000 毫米加上火山地質，造成了頻繁的洪水和山體滑坡。熊本是自然災害好發地區，近期，2012 年 7 月九州北部的暴雨災害和 2016 年 4 月的熊本地震造成了巨大的破壞，透過研究和開發熊本地區的防災減災相關技術，將其成果應用於社會，並為各種人群提供防災減災教育。

本次拜會熊本大學行程，由本署賴署長建信率隊，熊本大學由大谷順親自接待。本署也特別向協助本次熊本地區考察聯繫的張浩教授，致上感謝之意，張浩教授也表示，歡迎本署常來拜會考察交流(圖 91)。



圖 91 熊本大學 CWMD 合影

(熊本大學部分，前排左起為張浩教授、柿本竜治主任、大谷順副校長)

熊本大學向本署介紹正進行的幾項研究，包含：雷達氣象觀測所開發的 3D 降雨模式，考量風暴潮、河川洪水量和下水道系統排放等淹水因子，所開發複合型災害分析模式，海岸及河口環境保護研究等議題。其利用 3D 水文模擬，進行近岸溢淹研究，刻正開發全球氣候變遷系統，或可應用於臺灣沿岸沙洲變化等，這都是未來台日可以深化交流的事項。

本署還參觀了被指定為日本重要文化財產的第五高中紀念館，對熊本大學的歷史文化印象深刻(圖 92)。



圖 92 熊本第五高中紀念館前合影

六 PAWEES 研討會

水田及水環境國際研討會係由國際水田與水環境學會(International Society of Paddy and Water Environment Engineering, PAWEES)主辦召開，此項國際性研討會每年例行召開一次，由原始發起之學術組織日本農業土木學會(The Japanese Society of Irrigation Drainage and Rural Engineering, JSIDRE)、臺灣農業工程學會(Taiwan Agricultural Engineers Society, TAES)及韓國農業工程學會(Korean Society of Agricultural Engineers, KSAE)輪流主辦，2022 年由日本農業土木學會輪值主辦，於 111 年 11 月 17 日至 11 月 18 日在日本福岡縣福岡國際會議場舉辦，透過本次研討會，讓臺灣、日本、韓國及全球其他國家之水資源、農田水利、農業環境等相關領域的專家學者進行研究成果之經驗分享、學術探討與人員交流。本署賴署長係去(2021)年榮獲 International Award 國際貢獻獎，該獎項是頒發給在水田與水環境工程領域，獲得卓越、有價值成就的人員，PAWEES 研討會 2020 年疫情暫停，2021 年由臺灣主辦採線上方式舉行，本次係受 COVID-19 疫情影響，睽違兩年後的首次實體研討會。因 2021 年受疫情影響採線上方式舉辦研討會，爰相關獎項調整至今(2022)年 11 月 17 日於福岡國際會議中心舉行頒發典禮。

福岡國際會議場緊鄰博多港(如圖 93)，由於地處與中國和朝鮮半島的要衝，自古以來就是日本的大門和對外交流的窗口，福岡國際會議場建於此地實在具有有放眼國際的獨特意義。

受疫情影響，國際研討會採線上辦理形式已經相當普遍，但實體研討會的舉辦，亦有其不可取代的必要性。除本署外，臺灣亦有臺灣農業工程學會秘書長率隊組成代表團參加(如圖 94)，透過實體會議的舉行，除了單純學術與技術交流外，更可讓各國重要人士在會場彼此認識、交流並培養情誼，賴署長亦於會場與日、韓重要農田水利學術界領導人進行交流(如圖 95)。雖然時間短促，卻可達到情誼上的聯繫，為日後的合作與交流奠定良好的基礎，俗話所稱「見面三分情」，在這個場合體現無遺；特別是在臺灣外交日益困難之際，透過學術交流提升臺灣能見度，亦為一個良好管道。另實體頒獎典禮的舉辦是對獲獎人的榮耀，親自出席領獎，亦是顯現對會

議主辦單位(甚至是主辦國)與獎項的重視(如圖 96)。



圖 93 福岡國際會議場眺望博多港



圖 944 參加 PAWEES 之臺灣代表團合影



圖 95 賴署長於會場與各國農田水利學術界交流



圖 96 賴建信署長獲頒國際貢獻獎

第參章、心得與建議

一 心得分享

(一)NBS 推廣

Nature-based Solutions「以自然為本的解決方案」，簡稱 NBS。國際自然保育聯盟(IUCN)將其定義為：可有效、能調適地應對社會挑戰，同時提供人類福祉和生物多樣性效益，為永續管理和恢復自然或改造的生態系統之保護行動。聚焦在流域調適及防洪治理的觀點，或可理解 NBS 是人類與自然生態系合作，建立都市韌性、氣候調適、防洪安全及生態保育等目標。

以自然為本，所營造出的生態創生，在計畫推動過程，亦需要地方團體積極參與。由琵琶湖湖岸再生的生態體驗，以及地方首長對水環境事務的投入及了解程度，在在顯示了日本環境教育的深化。

(二)鴨川與民

鴨川的維護管理，不只靠公部門，而是落實公私協力，成立鴨川流域社團法人，募集專用基金，辦理環境教育、河川美化、維護作業等事項，也訂定民眾參與規定，一年四次民眾參與會議，討論鴨川大小事，落實民眾參與，拉近與水的距離。鴨川可以說是都市河川民眾參與及維護管理的典範。

(三)都市韌性

熊本近六年多災多難，在積極策進下，流域綜合治理策略，走在日本國內前端，並吸引台積電進駐設廠(JASM)，可見對日本的軟硬體條件深具信心。

(四)防災教育

日本推廣防災教育，提升民眾防災意識，方式非常多元，不僅是公部門的工作，這次考察發現，包含京都大學附屬單位「宇治川水理實驗

室」，以向社會開放學習的精神，除進行先端研究，同時基於社會責任，辦理防災教育(降雨淹水逃生體驗)，鼓勵民眾參與，成果作為教育展示。

(五)日本河川之美

日本的水環境營造主要可分為三大元素：水、樹、文化。水，包含水質、水量、河道內環境，其中水質部分，落實污水分流處理，保護河川水質，也提升河川內生態復育能力。樹，具有季節變化的特色，民眾親水時可遮蔭。文化，讓水環境融入在地元素(古蹟、水歷史、社區…)，因而呈現多元豐富的樣貌，營造日本各地河川不同的風情。嵐山桂川河岸民眾悠閒寫生、微風拂面，這是一幅很令人心儀的畫面(圖 97)。



圖 957 桂川嵐山渡月橋上游相片

(六)日本從業人員敬業態度

本次考察，拜訪日本幾個官方單位，有京都土木事務所、滋賀縣守山市政府、九州地方整備局八代河川國道事務所、熊本河川國道事務所等 4 個單位，另有學術單位，京都大學宇治川水理實驗室、熊本大學水循環減災中心等 2 個單位，接見層級有事務所所長(層級類比本署河川局局長)、熊本大學副校長、教授等，可感受到日本人對於本署考察的重視。不只是機關首長親自率課室主管出席接待說明，包含所準備的資料、現場考察安排等，都可感受到日本人的用心。記得熊本河川國道事務所除了進行水利業務交流，三保木悅幸所長對於臺灣台積電的熊本廠(JASM)建廠進度也是做足功課，立即回應本署，著實令人印象深刻。

二 精進建議

(一)產業共生

由日本海岸「長部田海床路」考察，其因地制宜鋪設低路堤，具有遮蔽效益，打造生態及鳥類濕地，另開放區有潮汐漲退為海洋生物生產場域。讓海岸設施結合治水防災、生態旅遊及產業創生功能。臺灣可學習近岸工程與地方產業結合互惠，多一些巧思創造多贏效益。

(二)企業參與

在臺灣，水環境的生態創生已經有很成功案例，對於水環境的永續維護，可吸取日本經驗，除了輔導地方認養，由民間成立法人基金，吸引企業合作，應是可以規劃的方向，這也是創造多贏的策略。

(三)深化交流

京都大學正在研究紅樹林運用於海岸防護，是廣義的 NBS 策略，也是整體流域調適治理可吸取新知，發想類似概念的務實作法。熊本大學利用 3D 水文模擬，進行近岸溢淹研究，刻正開發全球氣候變遷系統，或可應用於臺灣沿岸沙洲變化等，這都是未來台日可以深化交流的事項。

(四)NBS 法規化

NBS 應用於工程，保護效益是隨時間成長的(如:樹種根系的穩固)，非硬式工法般速成。推動過程，可能經洪水考驗，甚至面對損壞後的再修復，以工程運用的角度及務實度，須有一套完整的執行規定及評估措施，再據以執行。爰建議訂定 NBS 應用 SOP，鼓勵同仁從自然找解方，同時有可依循的作業程序。

(五)思維突破

依鴨川千年以上歷史，具備著世界知名的文化財、觀光財資源，有其獨樹一格，其歷史文化所層層堆疊起的水環境特色，值得學習，進一步思考在整體河川治理及水環境思維下，我們可以如何借鏡。在臺灣辦

理水環境營造時，往往因為水利專業所專注的河防安全，而對環境營造的思維有所限制，例如：灘地的限制利用、既有結構物避免拆除、新增設施應位於計畫堤高以上等等條件。其實，站在水利專業，這都是對的。但是，卻也限制了水環境營造的思維，難以突破。也因此，現在所走向的整理流域綜合治理的方向，是有遠見的主軸。利用提升全流域調適能力及都市韌性，從以往河川"線"的治理，往"面"的綜合治理去進行。具備了流域韌性的實力，防洪安全就會比既有的保護標準進一步提升，回過頭來做水環境營造，或許對河防安全的顧慮就會下降，也更能大展手腳，進一步突破。

(六)臺灣優勢

吸取日本的經驗，讓臺灣更進步。而臺灣水安全的執行力亦值得自豪，以超前進度完成重點河川排水治理，如：三爺溪治理等。優秀的執行力，也是日本可以向臺灣學習的。

(七)全民外交

本次行程亦與日本、韓國農田水利界領導人、熊本大學副校長、CWMD 中心、國土交通省熊本事務所所長等重要領導人交流、深談，除了在水利事務耳目一新外，認識國際朋友也代表替臺灣在國際交朋友，替未來國際合作、尋求國際友人支持，奠定基礎。

(八)增加曝光度

臺灣相較其他國家國家面臨更多天然挑戰，水利技術的發展亦因應挑戰相對成熟，但臺灣的外交狀況卻相對艱困，未來本署仍可持續透過參加國際組織與或相關水利技術獎項的選拔等，爭取曝光度，讓水利署也可以是臺灣之光。

參考文獻

1. Che-Wei Chang , Nobuhito Mori1 , Naoki Tsuruta , Kojiro Suzuki , and Hideaki Yanagisawa „Journal of Geophysical Research: Oceans 「An Experimental Study of Mangrove-Induced Resistance on Water Waves Considering the Impacts of Typical Rhizophora Roots 」
2. 一般社團法人九州地方計畫協會 [https://k-keikaku.or.jp/球磨川自然再生事業\(遙拝\)の完成/](https://k-keikaku.or.jp/球磨川自然再生事業(遙拝)の完成/)
3. 京都府官方網站 <https://www.pref.kyoto.jp/kamogawa/>
4. 京都府，桂川上游流域整備對策
5. 九州地方整備局官方網站
6. 九州地方整備局之白川水系整備計畫
7. 立野大壩 ICT 參考網址
(<http://www.wjc-news.co.jp/interview/211104.htm>)
(https://www.thr.mlit.go.jp/akita/office/04_i-Construction/pdf/zimusyo.pdf)
8. 琵琶湖疏水介紹網站 <https://biwakososui.city.kyoto.lg.jp/tw/story/>
9. [商業周刊]日本最人氣臺灣老闆：捷安特劉金標
<https://www.chinatimes.com/amp/realtimenews/20160614002566-261501>
10. 滋賀縣守山市宮本和宏市長參訪臺灣報導
<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/1507494>
11. [台視新聞報導]台積電佈局 熊本建廠
<https://www.ttv.com.tw/info/view.asp?id=50484&from=617>
12. 京都大學流域災害研究中心防災研究所網頁
<https://rcfd.dpri.kyoto-u.ac.jp/openlab/outline.html>
13. 熊本大學報導
[CWMD | くまもと水循環・減災研究教育センター \(kumamoto-u.ac.jp\)](http://www.kumamoto-u.ac.jp/cwmd/)
14. 考察單位所提供書面資料

日本河川堤防種類

河川防洪結構包括各種類型的堤防，它們不僅用於防洪，還用於控制和調節流量，為便於了解名詞字義，茲彙整說明如下。

編號	堤防種類	名詞解釋
①	本堤	連續設施在河流兩岸，防止洪水沖入堤岸
②	副堤	二線堤，為防止主堤或高灘地倒塌而修建的備用堤防
③	霞堤	臨時將洪水引至堤內土地防洪
④	背割り堤	河道匯流處向下游加長堤防調節水位
⑤	導流堤	穩定河流匯流處和河口的水流方向
⑥	輪中堤	部落圍堤，保護被河流環繞的村莊免受洪水破壞的堤壩
⑦	越流堤	入流堤，為了洪水調節，讓河川溢流、分流至滯洪池的堤壩
⑧	締切り堤	封閉已成為廢棄河川的堤壩
⑨	引堤	河道拓寬的新建堤防

