

公務出國報告

(出國類別：研修)

「乾旱長期預報技術及預警系統」

研修報告

服務機關：經濟部水利署
職稱：正工程司 副工程司
出國人姓名：張 順 竹 畢 嵐 杰
職稱：研 究 員 副工程司
姓名：李 耀 輝 謝 孟 益
出國地區：日本
出國期間：2005 年 11 月 20 日至 12 月 03 日
報告日期：2006 年 01 月 25 日

公務出國報告提要

出國報告名稱：赴日本研修「乾旱長期預報技術及預警系統」心得報告

頁數：64 含附件：☐是☒否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

經濟部水利署 畢嵐杰 (04) 7628741 ext. 205

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

張順竹 水利署 水政組 正工程司 (04) 22501323

畢嵐杰 水利署 水利規劃試驗所 副工程司 (04) 7628741 ext. 205

謝孟益 水利署 水文技術組 副工程司 (02) 37073075

李耀輝 水利署 水利防災中心 研究員 (02) 37073038

出國類別：☐1 考察 ☒2 進修 ☐3 研究 ☐4 實習 ☐5 其他

出國期間：自 94 年 11 月 20 日至 94 年 12 月 3 日

出國地區：日本

報告日期：95 年 2 月 25 日

分類號/目

關鍵詞：乾旱氣象預報、水資源調度、水庫操作

內容摘要：

臺灣地區 2002 及 2003 年由於降雨量之異常，使得供水發生問題，因而進入緊急應變體制，本次赴日研修希望藉由觀摩及實務研討等方式，蒐集日本相關應變處理資料，以做為解決此種旱象供水問題之參考，並期許結合氣象長期預報新技術，建立乾旱預警機制，可使相關單位及早因應處置，並降低民眾恐慌心理，促進社會經濟整體發展。

目錄

目錄.....	I
圖目錄.....	II
表目錄.....	V
壹、前言與考察目的.....	1
貳、考察過程.....	2
一、考察行程.....	3
二、研修課程內容.....	3
(一) 缺水對策簡介.....	12
(二) 長期預報入門.....	14
(三) 日本氣象情報發展與應用.....	15
(四) 中尺度氣象預測(報)模式簡介.....	17
(五) 水資源開發與管理概要.....	19
(六) 四國地方整備局水源調度與抗旱策略.....	28
(七) 四國水源設施參訪.....	34
1. 國土交通省四國地方整備局吉野川水庫統合管理事務所..	35
2. 池田水庫及香川取水東西分水工.....	38
3. 滿濃池暨國營讚岐滿濃池公園.....	39
4. 早明浦水庫.....	39
5. 德島縣內之吉野川整治概況.....	41
參、研修心得.....	46
一、乾旱長期預報技術.....	46
二、乾旱時期水資源調配機制.....	47
三、水資源開發.....	54
肆、結論與建議.....	58
伍、參考文獻.....	60

圖目錄

圖 1	日本年降雨量變化圖.....	3
圖 2	日本異常多雨及異常少雨趨勢變化圖.....	4
圖 3	地球溫暖化影響 100 年後降雨變化預測圖.....	4
圖 4	日本缺水時期現況照片圖.....	5
圖 5	四國地區引水概略圖.....	7
圖 6	吉野川用水分配限制圖.....	8
圖 7	年降雨量比較圖.....	9
圖 8	河川流量比較圖.....	10
圖 9	水資源分配圖.....	11
圖 10	聖嬰(Ei Nino)現象圖.....	13
圖 11	反聖嬰(La Nino) 現象圖.....	13
圖 12	岐阜大學氣象欲報網站圖.....	16
圖 13	四國地方方水資源概況圖.....	20
圖 14	吉野川流域概況圖.....	21
圖 15	吉野川年開發量分配圖.....	21
圖 16	吉野川用水分配圖.....	21
圖 17	吉野川水資源調度圖.....	22
圖 18	四國地方主要河川及管理機構圖(資料來源：國土交通省).....	23
圖 19	早明浦水庫上游流域平均降雨量.....	25
圖 20	早明浦水庫滿水時圖.....	26
圖 21	早明浦水庫渴水時圖.....	26
圖 22	早明浦水庫取水限制狀況圖.....	27
圖 23	取水限制狀況圖.....	28
圖 24	早明浦水庫節水運用圖.....	29

圖 25	平成 6 年列島與平成 17 年給水限制狀況圖.....	30
圖 26	缺水對日常生活之影響圖.....	31
圖 27	降低缺水對市民生活影響提供之措施.....	31
圖 28	日本年降雨量歷年變化圖.....	33
圖 29	吉野川供水區歷年取水限制狀況圖.....	33
圖 30	吉野川水庫統合管理事務所.....	35
圖 31	水庫統合管理指令系統圖.....	36
圖 32	吉野川水庫群之利水分配示意圖.....	36
圖 33	早明浦水庫群補給吉野川河水量之利水調節利用圖.....	36
圖 34	2005 年 11 月 29 日早明浦水庫長期水源供水趨勢之預測圖...	37
圖 35	過去 30 年之持田水庫洪水調節.....	38
圖 36	淹水面積減輕效果.....	38
圖 37	池田水庫.....	38
圖 38	香川取水水工.....	38
圖 39	香川取水東西分水工.....	38
圖 40	東西分水工示意圖.....	38
圖 41	國營讚岐濃池公園一景.....	39
圖 42	滿濃池.....	39
圖 43	早明浦水庫空照圖.....	40
圖 44	早明浦水庫.....	40
圖 45	早明浦水庫水位剖面圖.....	40
圖 46	早明浦水庫尾水池.....	40
圖 47	濁度監控所.....	41
圖 48	自動化濁度監控系統.....	41
圖 49	不同濁度情形與取水口之操作方式示意圖.....	41

圖 50	德島河川國道事務所業務內容.....	42
圖 51	河川兩岸種植高密度竹林.....	42
圖 52	河川治理整備工事圖.....	42
圖 53	第十堰鳥瞰圖.....	43
圖 54	第十堰位置圖.....	43
圖 55	吉野川河口堰.....	44
圖 56	吉野川河口堰示意.....	44
圖 57	新切川河口堰位置示意圖.....	45
圖 58	第十堰位置圖.....	43

表目錄

表 1	早明浦水庫取水限制狀況比較表.....	26
表 2	早明浦水庫之用水節水比率表.....	28

壹、前言與研修目的

近年來，氣候變遷如全球暖化與聖嬰現象等造成世界各地氣候發生變異現象，分析全台灣地區總降雨量之歷年變化趨勢，顯示總降雨逐年降低，降雨時間集中且強度變大。另外不連續降雨日數加長，乾旱事件由原平均每隔數年出現一次的發生頻率，轉變為近年來幾乎年年面臨水資源嚴重匱乏之窘況，因而台灣地區之降雨量在時空分布上越來越不平均，豐者愈豐，枯者愈枯，使水資源之利用與調度困難度增加。

2002 年上半年台北及桃竹苗地區曾發生嚴重乾旱缺水，在中央旱災災害應變中心救旱應變下，得幸至 7 月初雷馬遜及娜克莉颱風為北部地區帶來豐沛雨量而解除缺水危機。同年 8 至 12 月豐水期間由於降雨偏少，以致該年年底部分水庫蓄水情況即不佳，尤以南部地區曾文-烏山頭水庫蓄水量嚴重偏低。2003 年全台全年降雨量較往年偏少，進而影響全台水庫營運，例如石門水庫集水區全年總降雨量僅 1,370 公厘，佔歷年平均 56%，水庫總入流量僅 5 億 5837 萬噸，佔歷年平均 40%，為水庫自民國 1964 年營運以來最低的一年。

在歷經 2002 及 2003 年間降雨量之異常，使台灣地區供水發生問題，因而進入緊急應變體制，本次赴日研修希望藉由觀摩及實務研討等方式，蒐集日本相關應變處理資料，以做為解決此種旱象供水問題之參考，並期許結合氣象長期預報新技術，建立乾旱預警機制，可使相關單位及早因應處置，並降低民眾恐慌心理，促進社會經濟整體發展。

貳、研修過程

一、研修行程

考察期間為自 2005 年 11 月 20 日至 2005 年 12 月 3 日共計 14 日（含例假日）。

日期			行程	課程紀要
月	日	星期		
十一	20	日	台灣台北至日本東京	移動日
	21	一	國建協	說明 2 週研修行程，並就課程內容進行意見交換，並依實際業務需求做適度調整。
	22	二	國建協	由國土交通省河川局派員授課
	23	三	日本東京	資料整理
	24	四	日本氣象協會	說明日本民間氣象公司之氣象相關預報工作
	25	五	國土環境株式會社	該公司之就日本氣象情報發展與相關研究發展等相關議題說明與研討，課後並進行雙方交流
	26	六	日本東京	資料整理
	27	日	日本名古屋	移動日
	28	一	岐阜大學	說明日本學界對中尺度氣象預報之相關研究成果
	29	二	日本氣象株式會社	介紹日本民間氣象公司之氣象相關預報工作與應用成果
	30	三	四國地方整備局	針對缺水時期整備局臨時成立之枯水對水本部如何溝通協當地水資源分配及水庫操作方式
十二	1	四	早明浦水庫	早明浦水庫操作管理介紹及吉野川池田取水工與第十堰參訪
	2	五	國建協	針對 2 週研修課程內容進行座談，交換參訪意見，並就相關問題進行討論。
	3	六	日本東京至台灣台北	歸國

二、研修課程內容

（一）缺水對策簡介

1. 氣候異常變化對缺水之影響

由於氣候異常變化，經分析 1900 年至 2000 年間日本降雨資料發現，年平均降雨量之趨勢為逐年漸減，且年最大與最小降雨量差距逐漸增加，將造成降雨時間集中且強度變大，而不連續降雨日數加長，有關日本年降雨量變化圖詳圖 1，日本異常多雨及異常少雨趨勢變化圖詳圖 2，圖 3 為日本氣象廳預測 100 年後地球溫暖化影響降雨變化圖。

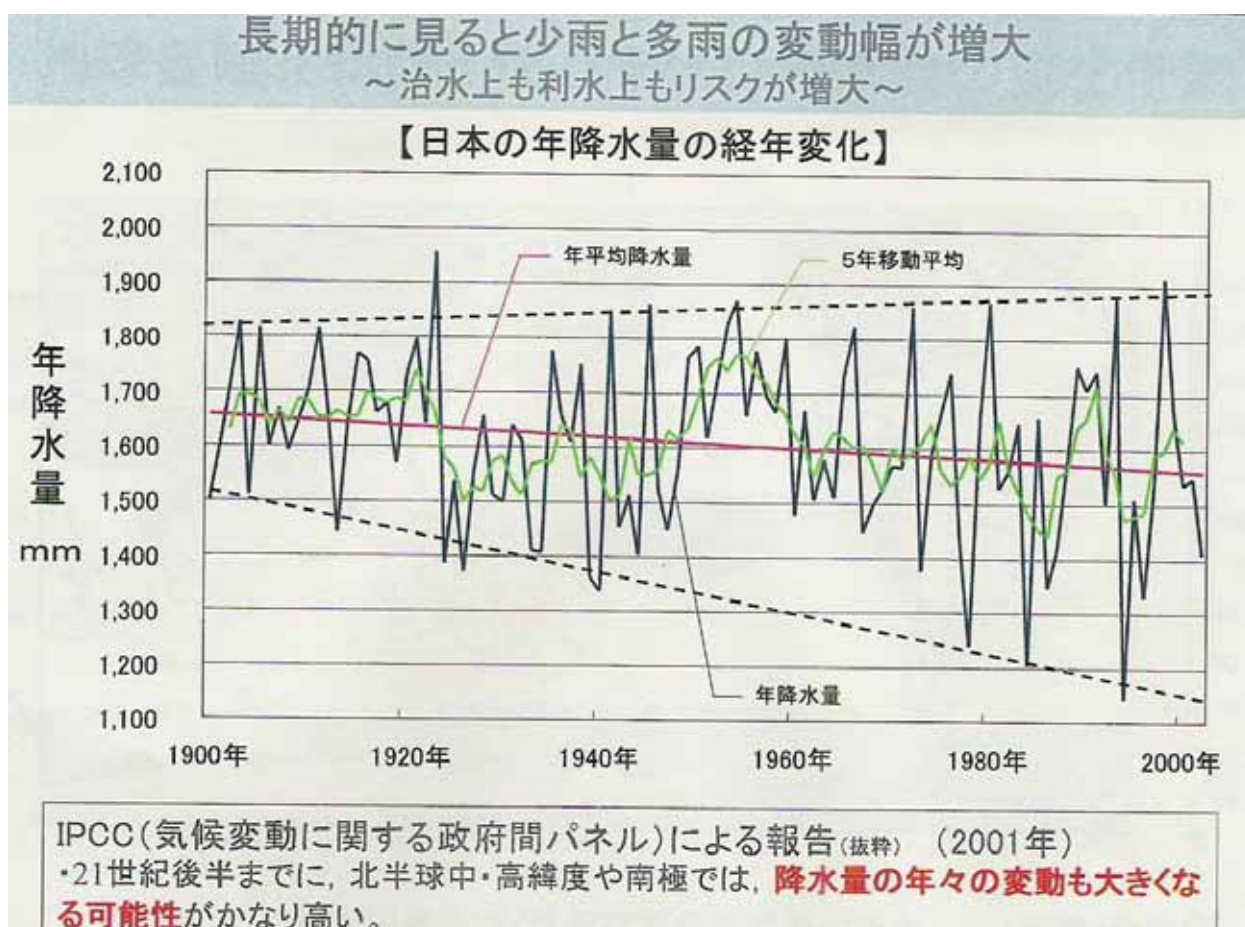


圖 1 日本年降雨量變化圖

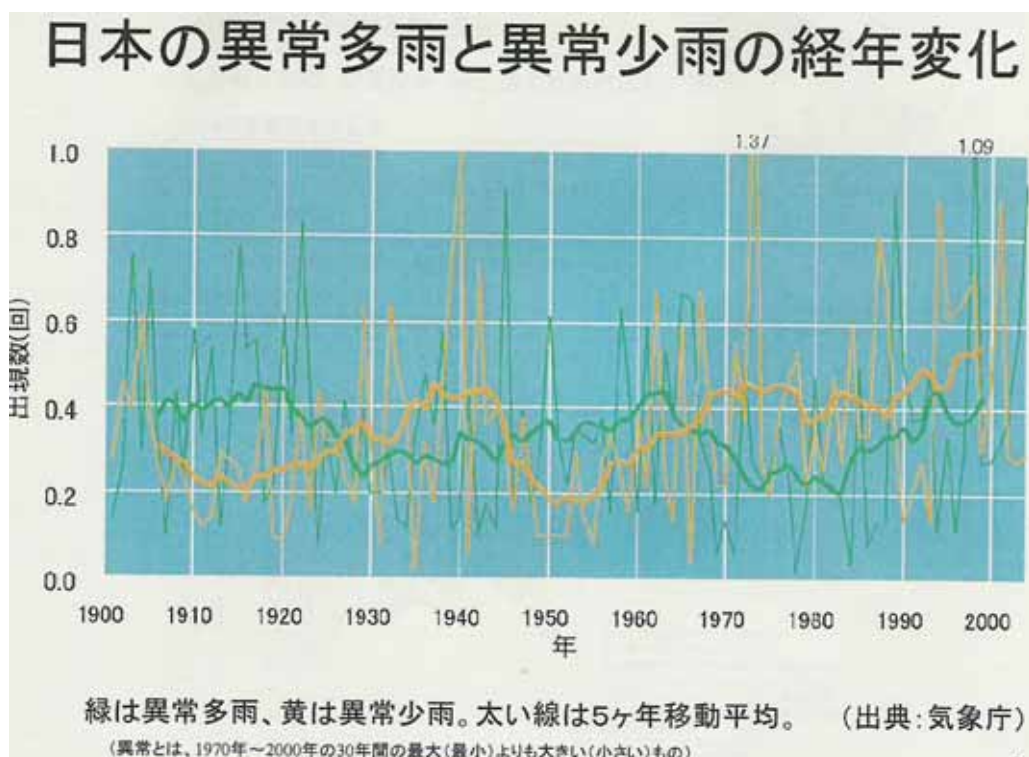


圖 2 日本異常多雨及異常少雨趨勢變化圖

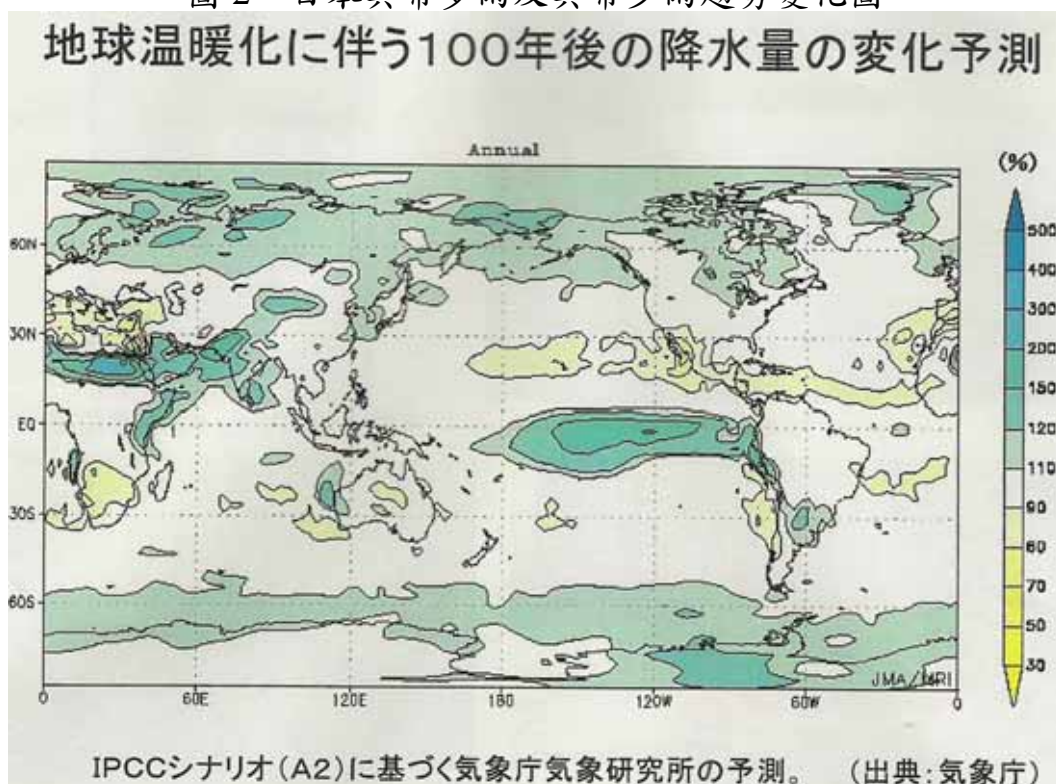


圖 3 地球温暖化影響 100 年後降雨變化預測圖

2. 日本缺水實例(1994 年及 2005 年)

1994 年夏季日本由於降雨量不足，發生全國性嚴重之缺水現象，因停水或減壓供水受影響居民約 1600 萬人，而工業及農業損失分別約 350 億、1400 億日圓。對於觀光業亦產生不少衝擊，如四國地區旅館住宿率較前年減少 13%；缺水時期除日本地方政府成立有應急給水基地及給水車供水外，部分地區農民舉行相關祈雨儀式祈求早日結束缺水現象，有關日本缺水時期現況照片詳圖 4。



圖 4 日本缺水時期現況照片

去年(2005 年)日本四國地區再度發生缺水問題，四國地區共有香川、德島、愛媛及高知等四縣，該區主要河川為吉野川，其中早明浦水庫負責供給香川縣及德島縣用水，四國地區引水概略圖詳圖 5。因應四國地區缺水問題，同年 5 月 26 日四國地方整備局成立渴水對策本部，緊接著 6 月 3 日中部地方整備局亦成立渴水對策

本部，依照日本組織制度當有 2 地方整備局成立渴水對策本部時，中央單位需同時成立，故國土省交通局於 6 月 3 日開設渴水對策本部，以處理並研議後續缺水對策。

日本組織制度及法規規定，缺水時期之水資源調度，主要由各地區整備局負責協商。以四國地區為例，由四國地方整備局局長召開用水調整協商會議，邀集當地居民及各用水標的代表進行協商，該局僅負責開會協調各用水標的使用者，對於協商內容並無強制執行之公權力。為解決本次四國地區缺水問題，協商吉野川取水限制至 8 月 20 日止，在中央市減為原用水量之 25.8%，香川縣及德島縣分別減為原用水量之 87.5%及 71.6%，其用水分配限制如詳圖 6。

3.沖繩島缺水問題研析

沖繩島缺水原因主要有下列幾項特性：

- (1)人口密度過高：日本全國平均人口為每平方公里 338 人，沖繩島每平方公里 969 人，因此，雖然沖繩島之年降雨量 2,041 公厘大於全日本之 1,718 公厘，但平均每人每年可使用之平均降雨量 2,107 立方公尺遠小於全日本之 5,114 立方公尺。
- (2)最多及最少降雨量差異過大，枯水年時亦易發生缺水狀況，年降雨量比較圖詳圖 7。
- (3)河川最大及最小流量差異過大，水資源不易有效利用，易發生缺水情況，河川流量比較圖詳圖 8。
- (4)沖繩島水源約 84%集中於北部區域，北水需南送使用，由於水資源分佈不均勻，部分地區易發生缺水現象，水資源分配圖詳圖 9。

早明浦ダム開発水量送水概略図

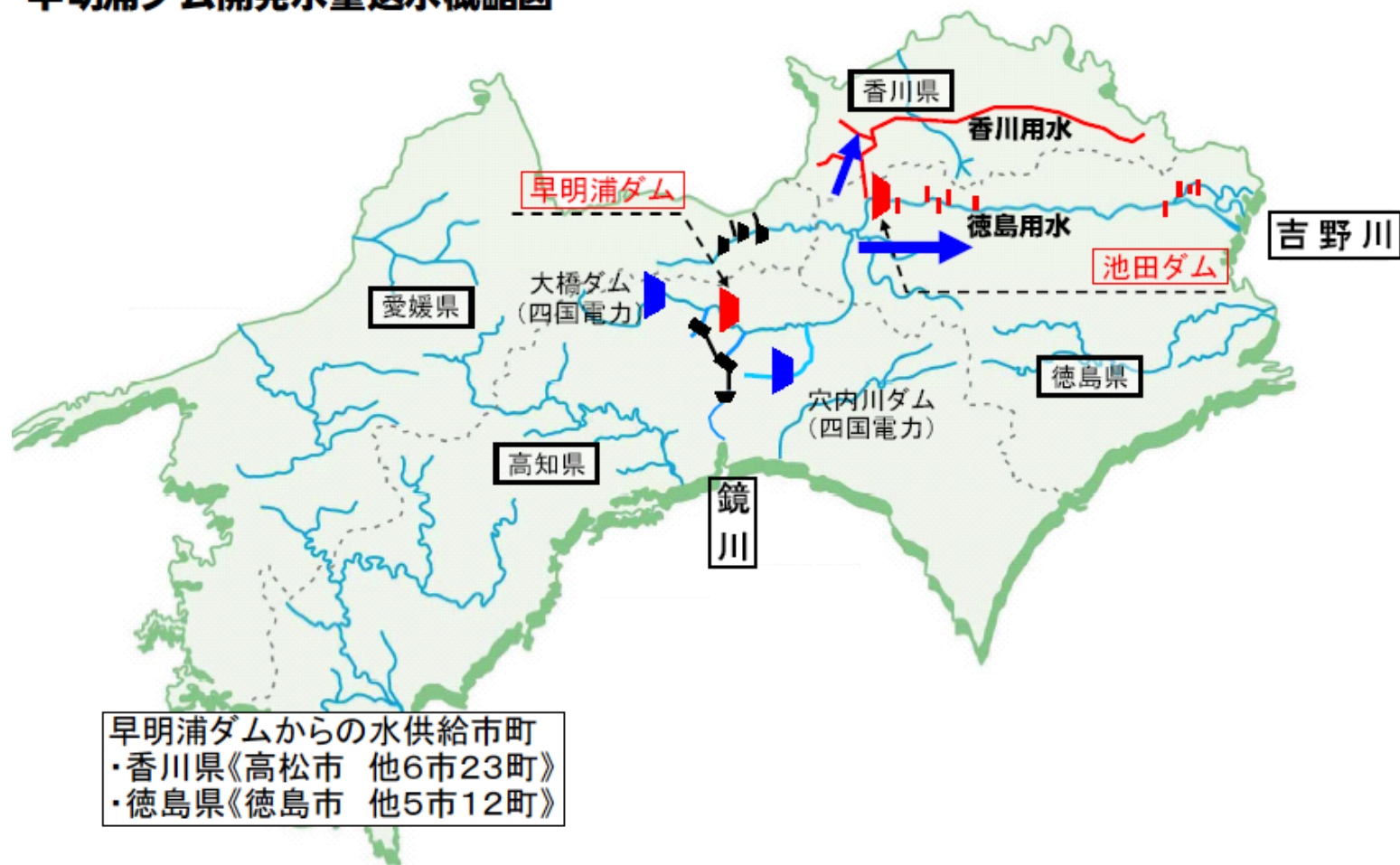


圖 5 四國地區引水概略圖

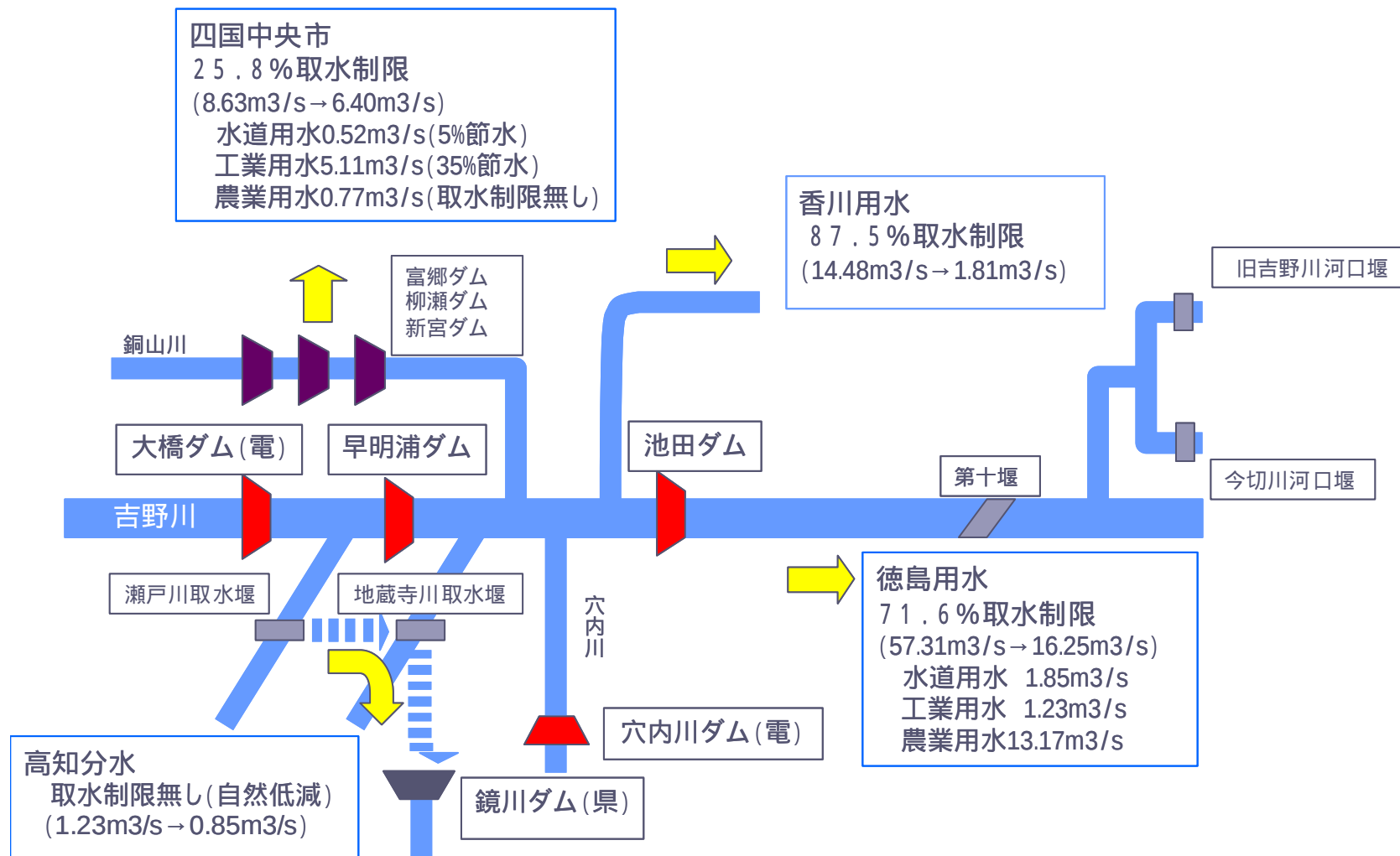


圖 6 吉野川用水分配限制圖

給水制限日数等と年降水

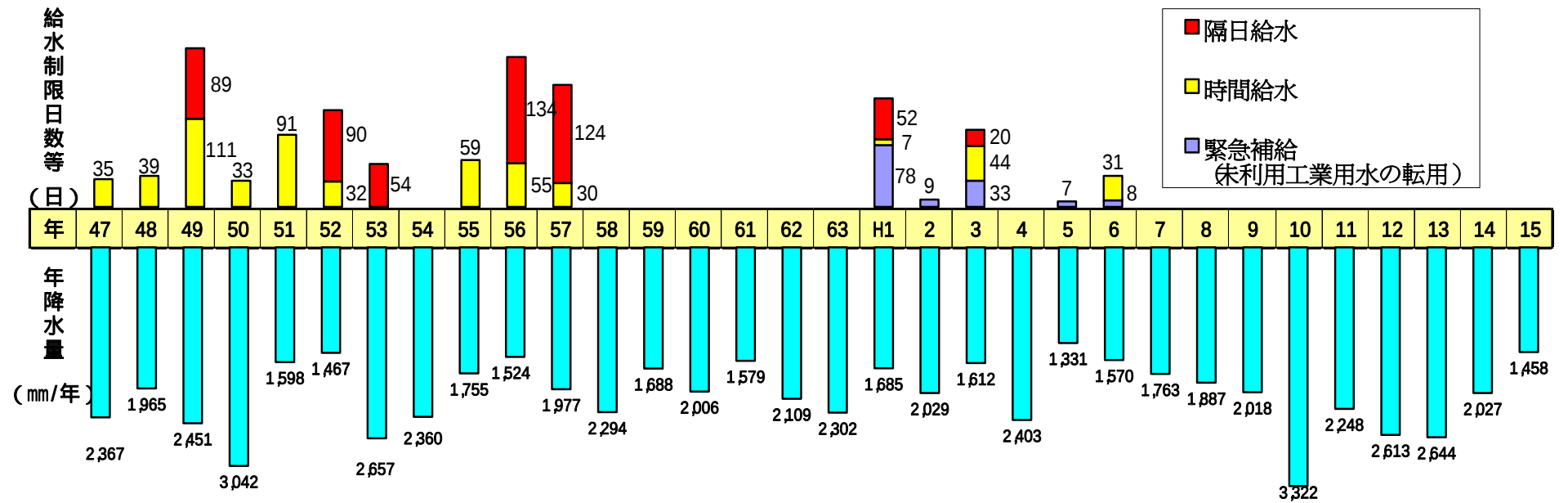


圖 7 年降雨量比較圖

最大流量と最小流量の比較

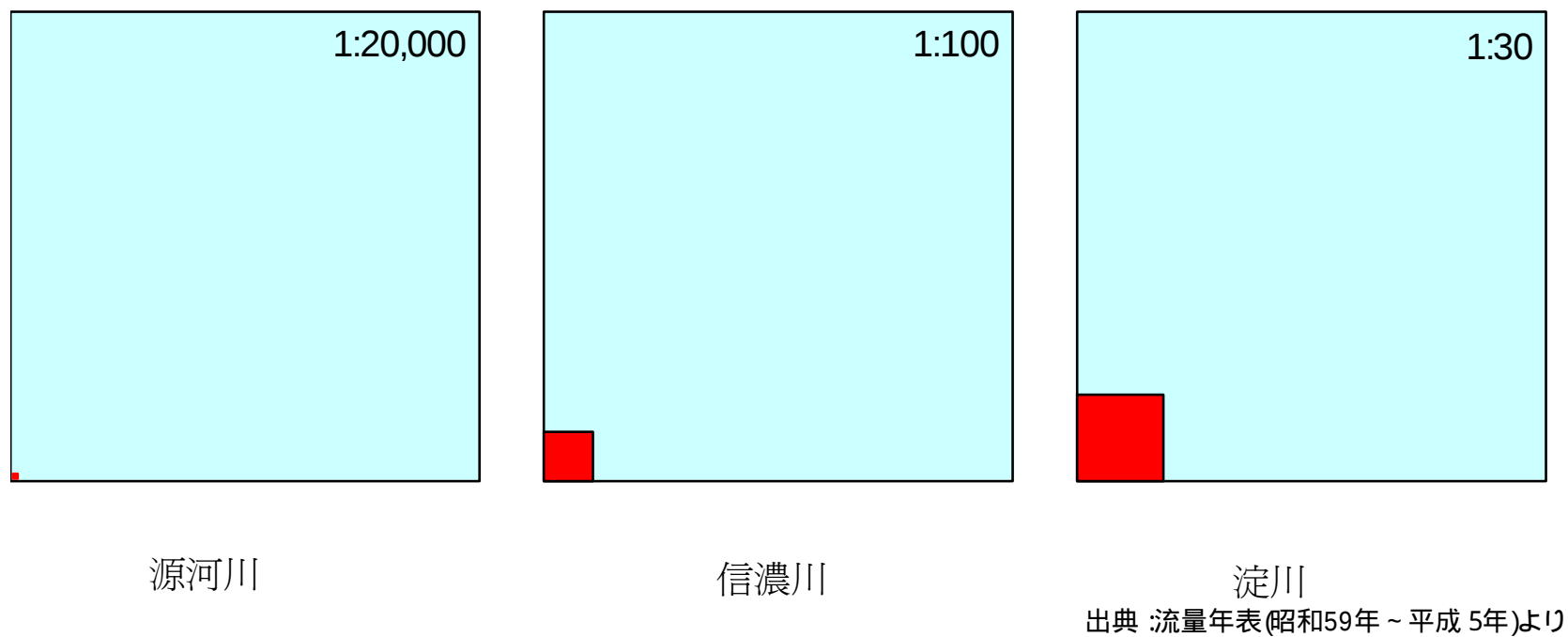


図 8 河川流量比較圖

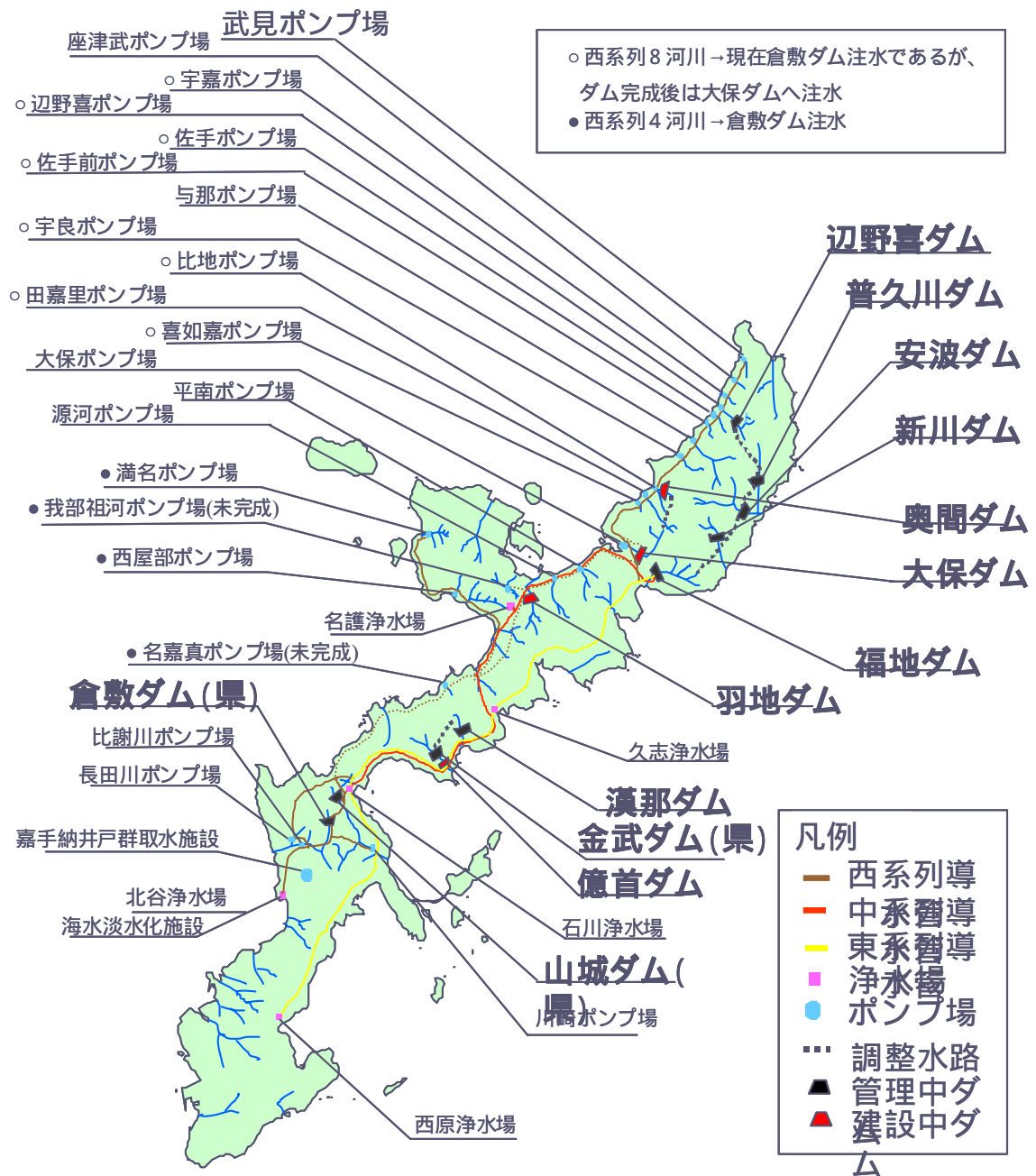


圖 9 水資源分配圖

(5) 沖繩地區生活用水佔該區 51.3%，遠大於全日本之 18.9%，缺水時水資源調度對民眾衝擊大。

(6) 沖繩島出生率 12.1% 高於全國平均 8.9%，人口增加率亦為全日本第一，故用水需求量相對增加；且沖繩以觀光產業為主，觀光客亦加重用水之負荷。

4.將來需積極面對的課題

由上述討論，將來需面對之課題計有下列 5 點：

- (1)氣候異常變化，將使缺水風險提高。
- (2)人類平均壽命增長，總人口數增加，使用水需求量增大。
- (3)提昇天氣長期預報能力，早期發佈乾旱預警，使民眾及早因應。
- (4)缺水時期各用水標的使用者，能共體時艱，使水資源調配能達最有效益之運用。
- (5)跨區域越域引水相互支援機制之建立。

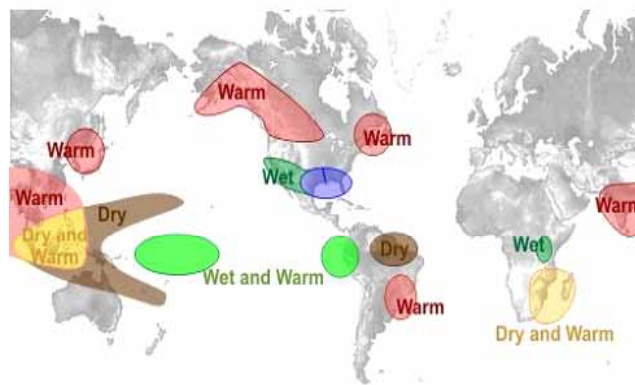
(二) 長期預報入門

天氣預報分析之基礎為長期氣象觀測資料，再藉由不同之氣象數值解析模式，進行長期氣候預測工作，本節就全球天氣監測現況與海洋氣候變化對天氣之影響做入門介紹。

現行全球氣候監測主要由世界氣象組織(WMO)整合，結合全球觀測系統(GOS)、全球電信系統(GTS)及全球資訊處理系統(GDPS)，使各會員國可有效及迅速進行氣象資料交流與協助。監測內容包括地面、海洋及高空氣象觀測等資料，主要利用地面設置觀測站、飛機、船舶、浮標、衛星及雷達等方式進行氣候監測，以蒐集風向、風速、雲量、氣壓、氣溫、溼度、日照時數及潮位等資料，再透過全球氣候監測(WWW)平台進行資訊交換，相關資訊可透過網際網路連接 WMO 網站([http://：www.wmo.ch/](http://www.wmo.ch/))查詢。

近年極端氣候的發生，與 ENSO 全球現象息息相關，所謂 ENSO 為大氣與海洋之交互用 (EL NINO/

SOUTHERN OSCILLATION；聖嬰現象/南方震盪)，其中聖嬰現象最早發現地為祕魯，形成原因為東太平洋地區平均每隔幾年從赤道地區帶來特別強的暖流，造成氣候及海況變化之現象（詳圖）；換言之，當海洋與大氣相互作用，使得熱帶太平洋一邊為乾、冷而另一邊濕、暖現象，則稱之為反聖嬰(La Nina)現象（詳圖）。與聖嬰現象相關係之南方振盪，其物理意義主要為太平洋與印度洋間之大氣氣壓場的變動，因其使用大溪地島與達爾文港兩地氣壓觀測差值表示而稱之。簡言之，ENSO 是一種大氣與海洋交互作用與循環的過程，當聖嬰現象發生時可能部分地區會發生乾旱，部分地區發生洪水事件，可藉由 ENSO 指數做為長期預報之參考數據。



El Niño effect during December through February.

圖 10 聖嬰(Ei Nino)現象圖



La Niña effect during December through February.

圖 11 反聖嬰(La Nina)現象圖

經由收集基本氣象觀測資料與海洋大氣物理現象解析後，相關資訊可做為氣象數值模式之起始與邊界條件資料進行演算，以提供分析預測。

（三）日本氣象情報發展與應用

日本長期預報間隔區分 1 個月預報、3 個月預報、6 個月預報，其發布時間分別為每週 5、每月 22 日及 2 月底與 9 月底之暖、寒候期預報。預報業務內容係因應四季不同之異常異象，例如冬季易發生寒流、豪雪及暖冬現象，在春季易發生低溫、梅雨、寡照(日照不足)、高溫及缺水等現象，而夏季易發生冷害(溫度不足)、梅雨、寡照、酷熱、缺水、豪雨及颱風等現象，於秋季時則易發生缺水、低溫梅雨及颱風等現象。

日本氣象廳監測極端氣候事件及全球氣候已超過 30 年，主要利用數值模式進行氣候長期預測。為配合國家氣象與水文服務組織(National Meteorological and Hydrological Services)氣象資訊需求，於 2002 年成立東京氣候中心(Tokyo Climate Center)，主要任務即藉由網路方式，提供 NMHSs 基本氣候資料，以建立亞太地區預警資訊，使氣候因素造成之各種損失可降至最低。

雖然氣象預報隨著科技提升日益精確，且可提供更多氣象加值資訊，然而日本社會對氣象資訊多樣化之需求亦增，在順應民意下，日政府於 1993 年修改相關規定，在民間單位或團體通過人力資源評估、電腦資訊評估及與日本氣象廳資訊聯繫能力考核，取得日本氣象廳核發之執照後，可由通過國家考試取得「氣象預報士」者，依需求發布局部地區之天氣預報，至 2001 年已陸續放寬民間公司可發佈一個月之天氣預報。在日本提供相關加值氣象服務之民間公司、個人或學術單位已逾 50 家以上，所提供資

料除包含依民眾或產業需求之加值氣象資訊外，更進一步結合醫療觀念發展出之氣象醫學等服務，可事先告知民眾做好事前預防工作，例如花粉症、過敏性及高血壓患者等；另配合手機提供即時相關氣象資訊服務等，市場規模高達百億日圓以上，本次所拜訪之財團法人氣象協會及日本氣象株式會社亦屬民間專業氣象公司。

(四) 中尺度氣象預測(報)模式簡介

氣象數值模式為天氣預測主要工具之一，本次研修行程中安排拜訪岐阜大學工學部，該研究室為日本大學中最早從事氣象預報之學術單位，主要預報大阪地區之氣候狀況，該地區民眾可透過網際網路免費連接該研究室所架設網站進行氣象資料查詢(詳圖 岐阜大學氣象預報網站)。本節內容主要簡介該研究室氣象預報所採用之氣象模式及相關之實際應用。

該研究室所使用之氣象模式為中尺度氣象模式(Mesoscale Meteorological Model)，所謂氣象模式乃利用高速電腦透過數值模式內之方程式模擬反映大氣狀態其風力、氣壓、溫度與水氣等各項氣象要素演變。在模式內三維大氣空間分割為整齊排列之網格，而網格上之氣象變數數值則表示當時大氣氣候情況，網格點數越多則越能精確計算未來天氣狀況。氣象模組使用各種方程式及物理現象描述過程，包括了近似與假設之設定，故求解方程式必須收集最新觀測資料以建立正確起始狀況，也就是邊界條件與起始條件之正確輸入。

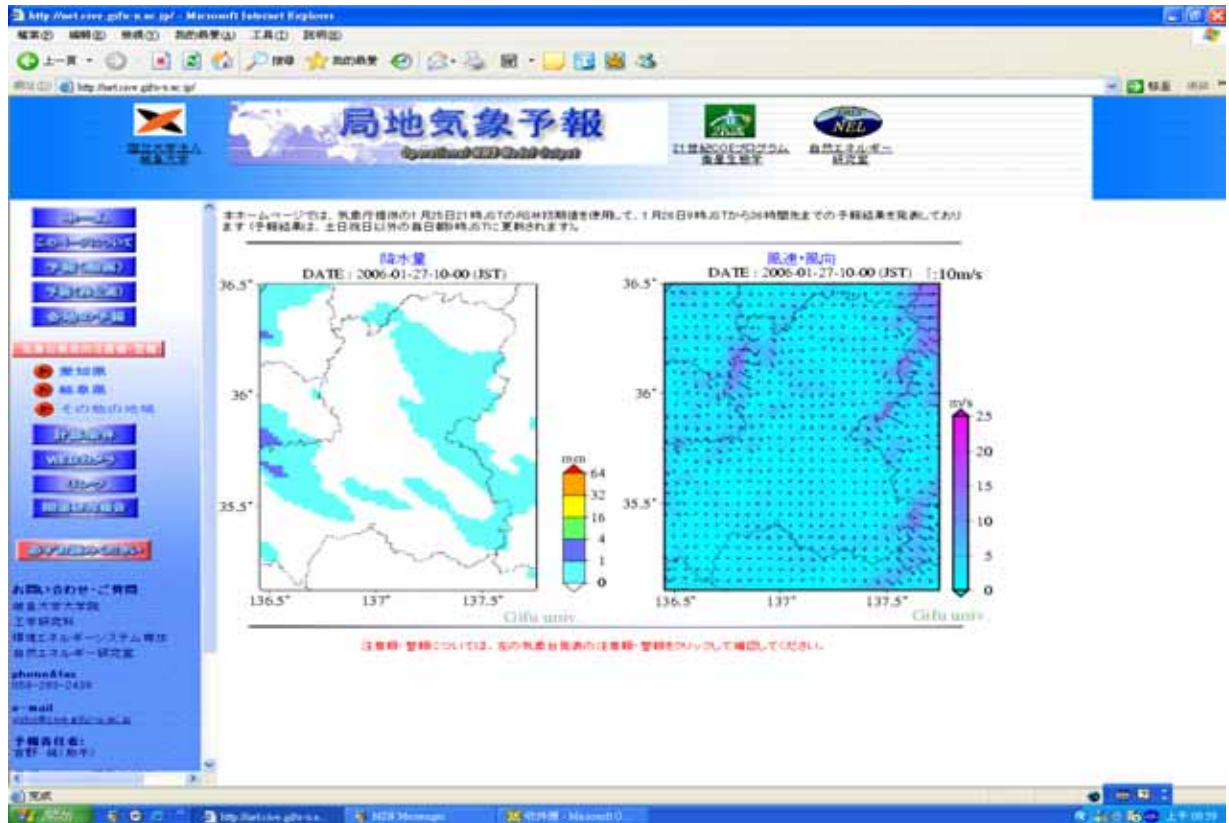


圖 12 岐阜大學氣象預報網站

岐阜大學所使用之中尺度氣象模式為美國國家大氣科學研究中心(National Center for Atmospheric Research)與賓州州立大學(Pennsylvania State Univ.)所合作發展之模式(PSU/NCAR MM5)，該模式具有使用四維資料同化技術(four-dimensional data assimilation)、多重巢狀網格功能、非靜力模式(non-hydrostatic)及可使用在數種平台(Linux、Sun、Dec)上之特色。

岐阜大學天氣預報種類包含氣象預報及波浪預報，皆為短期預報，主要預報區域為福井、石川、富山、岐阜、長野、愛知及靜岡等縣。日本天氣預報與國內氣象預報工作皆由中央氣象局統一發佈，日本政府在 1993 年因應社會需求，開放民間公司或團體進行氣象業務預報，有關說明將於下節詳述。

(五) 水資源開發與管理概要

1.水資源概況

日本主要係由北海道、本州、四國、九州 4 個主要島嶼組成，由東北至西南長約 2,000 餘 km，最大寬度不及 300km，土地總面積約為 37.78 萬 km²，人口密度達 330 人/km²。日本位於季風區，年平均降雨量約 1,800mm，瀕臨太平洋之年降雨量約為 1,400-1,600mm；瀕臨日本海之年降雨量約為 2,000-2,400mm。北海道地區年降雨量約 1,350mm，南方和北方有明顯的差別，降雨量隨空間分佈不均。雖然雨量豐沛，但由於人口眾多，每人每年平均分配降水量只有世界平均值的 1/5 左右，而臺灣每人每年平均分配降水量約為世界平均值的 1/7，因此台日雙方皆為水資源較為缺乏的國家。

日本的河川皆具有坡度大、長度短的特點，河川的河性係數(最大流量與最小流量之比)一般都大於 200，顯示流量亦隨時間分佈不均。日本興建多功能水庫，以解決防洪、灌溉、發電等問題。日本最長的河川為信濃川，長 367km，流入日本海。利根川、石狩川依序為第二及第三大河川。日本的水資源總量約為 4,500 億 m³，年用水量約 900 億 m³。在年用水量中，農業用水 586 億 m³，占 65%；工業用水 154 億 m³，占 17%；生活用水 160 億 m³，占 18%。由於採用合理最佳化用水技術，工業用水的循環利用率已達 76%。隨著社會經濟的發展，生活及環境用水量大幅度增加，1965—1975 年 10 年期間，生活用水增加 1.6 倍。至 1975 年以後，日本經濟進入穩定發展階段，用水量之增加也趨於穩定，因此水質保護、建設各項完善的水源設施，同時提升枯水期間用水保證率等列為水資源開發及管理之主要目標。

2.水資源開發與管理

(1)在管理體制上，日本屬於「多頭馬車」式的管理模式。

水資源開發管理分別隸屬於各個不同的政府部門，均按賦予的職權進行管理。儘管為多頭馬車，然而各單位部門彼此間相互分工協調，各司其職。

(2)水利法規完善

自 1949 年起日本國內陸續製訂許多有關水的法律，以順應不同時期發展之所需。從 60 年代初期開始，日本著手編製全國綜合開發與規劃，陸續指定利根川、荒川、淀川、豐川、築後川、木曾川、吉野川等 7 大水系為特定水資源開發水系，同時進行一系列的水資源工程建設。進入 80 年代，1983 年第一次頒佈「水資源白皮書」。1987 年又頒佈「全國水資源綜合規劃」，因此日本以水相關的法律、法規來制約、規範全國的水資源活動。綜合而言 60 至 70 年代是日本水資源開發、利用的發展建設時期，至 80 年代水資源工作仍繼續深入，「21 世紀水的供求」和「全國水資源綜合規劃」的擬訂與發布，顯示日本水資源開發、管理已邁向新的紀元。

(3)水利行政管理之特色

日本政府分為中央與地方 2 級制，地方政府為都、道、府、縣，共分 46 個單位。水與土地有著不可分離的密切關係，任何開發及發展計畫應優先考慮水之供應、排除與災害，而水利必須考量土地利用情形做適切的規劃開發。水土資源開發，必須兼容並蓄，使其能相輔相成，以充分達到「水盡其利」、「地盡其用」之目的。因此，日本在中央政府之總理府下設有國土廳，主辦全國土地集水資源政策與綜合開發利用計畫之擬訂。至於水權分配，則全權交由地方整備局負責，當地方 2 條河川(或水庫)發生枯水現象

時，則由地方整備局成立協調會，並由地方整備局局長擔任會長，同時邀請相關水權及用水單位成立，共同協商限水機制與訂定各標的用水分配率，據以擬訂枯水對策。如發生水權協商窒礙難行時，國土交通省方出面斡旋，絕大多數情況下，各地方整備局皆可透過艱難的協商過程，各水權間彼此妥協讓步而得以解決問題。

(4) 水資源開發公團之功效

為促進水資源開發與利用，日本政府於 1961 年完成水資源開發促進法及水資源開發公團法之立法程序，並於翌年成立水資源開發公團，由總理大臣召集各有關部會首長指揮監督。為區域性多目標水資源(包括家庭、公共、農業及工業用水)之開發利用及管理，成立財團法人的公團，依前述政府所指定之特定水資源水系之開發、調配及管理。公團設有總裁、副總裁、理事、監事及執行單位，職員共約有 2,000 人，因公團之工作涉及水資源多目標之用途，除由內閣總理大臣(一部份權限委任國土廳長官)主持外，依事業目的分由厚生大臣、建設大臣、農林水產大臣及通商大臣監督。公團事業資金主要來源為國家給予公共團體之補助金、補助農業、自來水、工業用水之國庫補助金、各種用水受益者之負擔費及公團貸款(包括向民間、政府借貸及水資源開發債券等)。

(六) 四國地方整備局水源調度與抗旱策略

四國地方之行政區域包括德島、香川、高知及高松等四縣，掌管水利事業之機關為國土交通省四國地方整備局，其位於香川縣高松市，內設河川部統籌河川、砂防、水庫、澗水、水害、海岸、及河川自然與文化等業務。而

四縣下亦各分設河川國道事務所辦理河川治理之相關業務。

1.四國地方水資源利用概況

四國地方內之一級河川有 8 條，二級河川有 397 條，多目標水庫有 33 座，防洪治水水庫有 7 座。氣候上，北部與南部之降水量差異甚大，北部之年平均降水量為 1,120 mm，南部則為 2,579mm。區內設有高城山及明神山兩座降雨雷達觀測站。

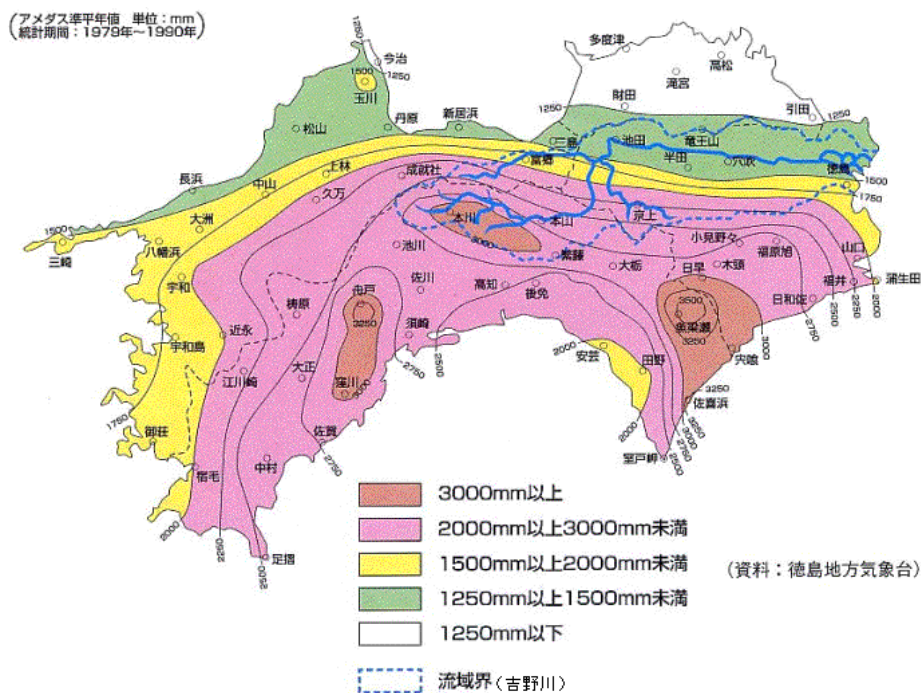


圖 13 四國地方水資源概況

吉野川是四國地區最大之河川，亦是四國地方之主要供水水源，其發源於四國地方西部高知縣土佐郡本川村的瓶ヶ森石鎚山（標高 1,897m）。全長 194km，流域面積 3,750km²，涵蓋四國總面積的 20%，流經高知縣、愛媛縣、香川縣及徳島縣等 4 縣、10 市 21 町 4 村，坡度 1/15~1/1000。吉野川流域之降雨量主要集中在梅雨期與颱風期間約四個月內，上游年平均降雨量在 2,500~3,000mm 間，豐枯流量相差懸殊，約為 1：338，

因此水資源利用非常困難。



圖 14 吉野川流域概況

依據吉野川總和開發計畫資料，吉野川年平均供給量為 16.71 億 M3，其中德島縣使用量最大為 11.82 億 (70.7%)，依次為香川縣 2.47 億(14.8%)、愛媛縣 2.03 億 (12.2%)及高知縣 0.39 億(2.3%)。其中都市用水水源的 33.4%係依賴地下水，自來水普及率為 93.6%，工業用水以造紙業與化學工業佔多數，農業用水以旱作灌溉佔大宗。而香川水系則有工業用水轉用為生活用水情形。

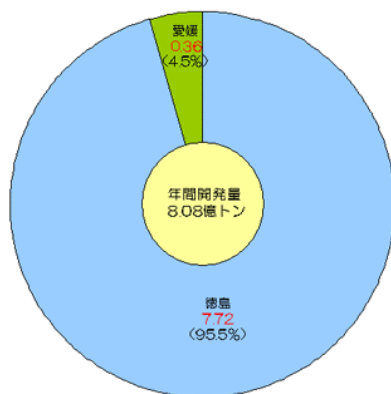


圖 15 吉野川年開發量分配圖

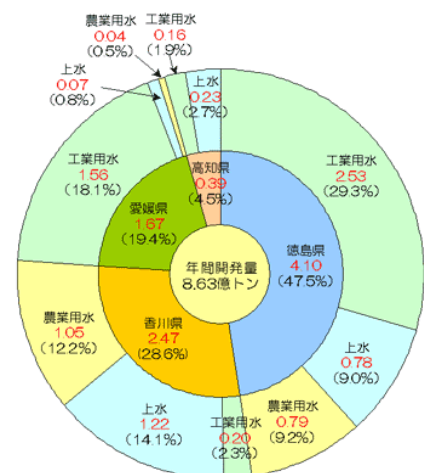


圖 16 吉野川用水分配圖

2.水資源調度

吉野川水資源之統籌管理機關為四國地方整備局吉野川水庫統合管理事務所，統合管理之水庫計有 5 座。在日本之水庫管理可分為國土交通省管理、縣管理及水資源機構管理，爰此，屬國土交通省管理者有柳瀨水庫 1 座(有效蓄水容量 2,960 萬 m³)，其它則均屬水資源機構管理計有早明浦水庫(有效蓄水容量 28,900 萬 m³)、池田水庫(有效蓄水容量 440 萬 m³)、富鄉水庫(有效蓄水容量 4,760 萬 m³)及新宮水庫(有效蓄水容量 1,170 萬 m³)等 4 座。

吉野川水資源之調度依水源 - 引水 - 供水地區，其表示如下：

- 池田水庫 → 香川用水 → 香川縣(工業、水道、農業)
- 池田水庫 → 吉野川北岸用水 → 德島縣(農業)
- 柳瀨水庫 → 愛媛分水 → 愛媛縣(工業、水道、農業)
- 新宮水庫 → 愛媛分水 → 愛媛縣(工業、農業)
- 早明浦水庫水庫上游之稻村水庫及地藏寺川取水堰 → 高知分水 → 高知縣

吉野川の水の配分 (吉野川総合開発の計画値)

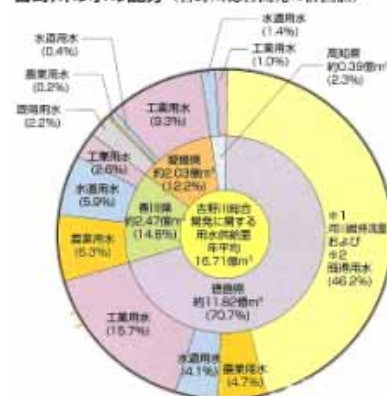


圖 17 吉野川水資源調度圖

吉野川水資源利用，需將主流上蓄水容量最大的早明浦水庫及銅山川水系之等水庫群，故由吉野川水庫統合管理事務所一併統籌其水資源運用與管理為主，下游的池田水庫則為取供水設施。四國地方整備局下設之河川國道事務所如圖 18。

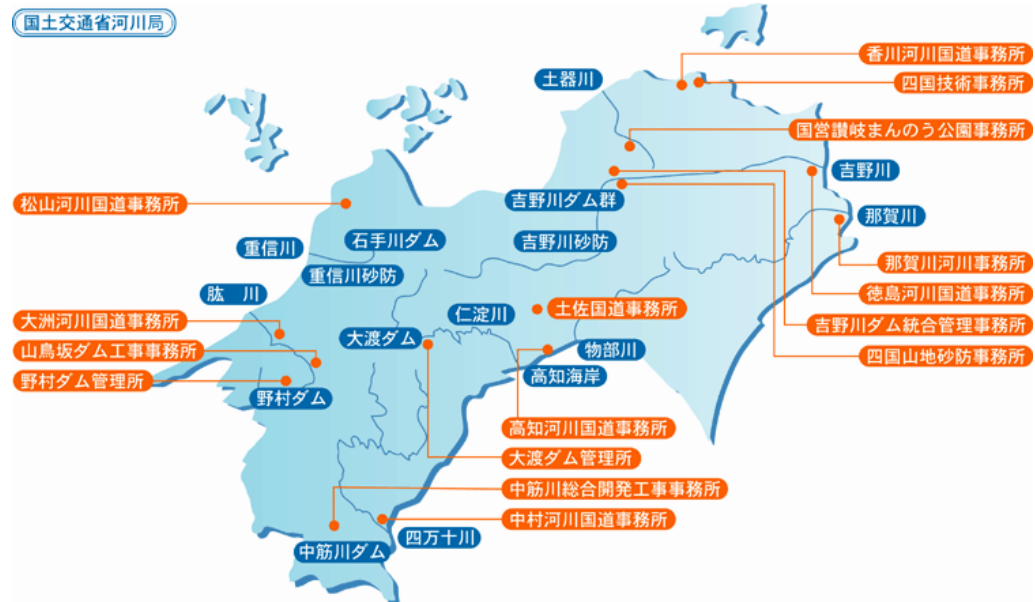


圖 18 四國地方主要河川及管理機構 (資料來源:國土交通省)

3.抗旱對策

日本在抗旱機制上係於有兩個地方整備局設置「渴水對策本部」時，則國土交通省河川局即成立「渴水對策本部」統籌相關協調。2005 年(平成 17 年)夏季 4 月、五月、六月間由於四國雨量稀少，降雨量僅為平均年之一半，造成連續 84 天之缺水現象，主要水源早明浦水庫蓄水量減少較平成六年之乾旱提早 2 週進入枯水期，蓄水量更分別於 8 月 19 日及 9 月 1 日降至 0，枯旱狀況非常嚴重。四國地方整備局於同年 5 月 26 日設置「渴水對策本部」，而中部地方整備局於 6 月 3 日設置，因此國土交通省河川局亦於同時成立「渴水對策本部」，而於 9 月 6 日第 14 號颱風夾帶之豐沛降雨後，解除限制取水。

(1) 枯旱經過

本次枯旱自 5 月 26 日四國地方整備局成立渴水對策本部到 9 月 6 日第 14 號颱風帶來豐沛之雨量(1 日之間早明浦水庫進水量達 2 億 4000 萬噸)，全面解除取水限制為止(隔日四國地方整備局渴水對策本部及異常渴水緊急對策本部宣布解散)合計本次渴水時間長達 104 天。

本次枯旱期間總共採取 4 次取水限制，其中第 1 次取水限制是 6 月 15 日，德島地區之取水限制為 14.0%；香川地區為 20.0%；水庫蓄水率為 61.2%，隨者蓄水狀況之日益惡化，8 月 11 日水庫蓄水率只剩下 15.1%，於是實施第 4 次取水限制，德島地區之取水限制增加為 22.0%；香川地區增加為 75.0%；並於當日成立四國地方異常渴水緊急對策本部，將發電用水緊急放流以供應民生用水需求，惟因入流量稀少早明浦水庫蓄水量於 8 月 19 日第 1 次達到呆水位，蓄水量為 0；其間雖有短暫降雨但入流不大，8 月 22 日又實施第四次取水限制，德島地區之取水限制增加為 22.4%；香川地區維持 75%；此時水庫蓄水率已降至 4.9%，枯旱現象持續惡化，9 月 1 日，早明浦水庫第 2 次達到呆水位，此種可水現象一直持續到 9 月 6 日，第 14 號颱風帶來豐沛之雨量，一日之間進水 2 億 4000 萬立方公尺，早明浦水庫蓄水率恢復到 100%，本年度之乾旱於焉解除。

(2) 枯旱原因

A. 就地形上而言，四國地區中間高四周低，坡陡流急，雨一下來很快就流入大海，可供運用時間非常短，水量的變動量也大，因此雨少的時候，就很容易發生缺水。

- B. 四國地區每年降水量，大約有50%是集中在梅雨季與颱風季之4個月內，降雨在時間軸之分布相當不均勻，這也是四國經年缺水之主要原因之一。
- C. 去年(平成17年)夏天，四國嚴重枯旱缺水的主要原因為早明浦水庫缺水情況嚴重。由於高知縣的早明浦水庫為四國地區之主要供水來源，從5月到8月間之累積降雨量只有783mm僅為平均年之46%，其中六月份之降雨量只有73.2mm更創下歷史上最低紀錄，使得原已供水吃緊之缺水情形更形惡化。



圖 19 早明浦水庫上游流域平均降雨量

【平成 17 年 9 月 8 日】貯水率 100%



圖 20 早明浦水庫滿水時

【平成 17 年 9 月 1 日】貯水率 0.5%



圖 21 早明浦水庫渴水時

(3) 枯旱規模

枯旱規模以早明浦水庫取水限制狀況做比較，較容易了解其嚴重性，平成 17 年之取水限制日數較平成六年列島渴水為少。取水限制日數中，75%節水率之日數是平成六年列島渴水日數 2 倍以上。水庫見底日數亦高達 5 日為平成六年列島渴水之 5 倍，顯而易見本年度之渴水嚴重性較平成六年列島渴水為嚴重。

(4) 早明浦堰堤貯水率為 0% 有 2 次，第 1 次：8 月 19 號 - 20 號，第 2 次：9 月 1 號 - 5 號。

表 1 早明浦水庫取水限制狀況比較表

比較項目		平成六年列島渴水	平成 17 年下渴水
取水限制日數		128 日	84 日
高比率限 水日數	50% 以上 節 水	50	42 日
	75% 以上 節 水	10	26 日
水庫見底日數		1	5 日
節水總量 (5) 渴		約 1 億 5000 萬 m ³	約 1 億 1000 萬 m ³
不足%. 日 水		約 5000%. 日	約 3600%. 日

期間水庫之運用調度情形

A. 渇水時期吉野川之河川流量只有13cms

依據早明浦水庫之紀錄顯示，在平成17年渇水最嚴重時吉野川池田流量站之河川低流量只剩下13cms，新規用水與不特定用水之需求自河川取水嚴重不足，必須仰賴早明浦水庫放水供應才能應付。為滿足新規用水與不特定用水之需求，早明浦水庫以43cms之放流量來完全滿足供應不特定用水之需求約80天，至於新規用水需求則依據協議所規定之消減率打折供水。

B. 發電容量緊急放水

在平成17年8月19日及9月1日，早明浦水庫之蓄水量先後降至0，為滿足下游之供水需求，透過協議會之協調，在取得發電單位之認可，早明浦水庫將作為發電用水之蓄水量1,000萬噸，以緊急放流之方式供應下游用水之需求。以避免因缺水而造成居民之恐慌。此其間其放流量如下：

香川用水：1.81 cms(5日間補給)

德島用水：1.85 cms(5日間補給)

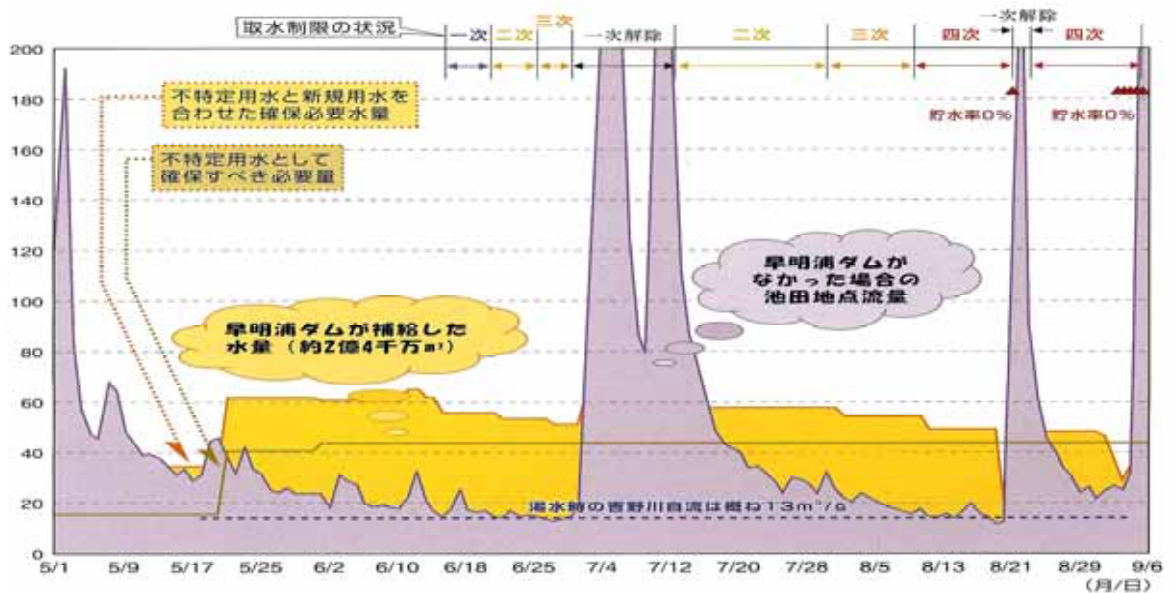


圖 22 早明浦水庫取水限制狀況圖

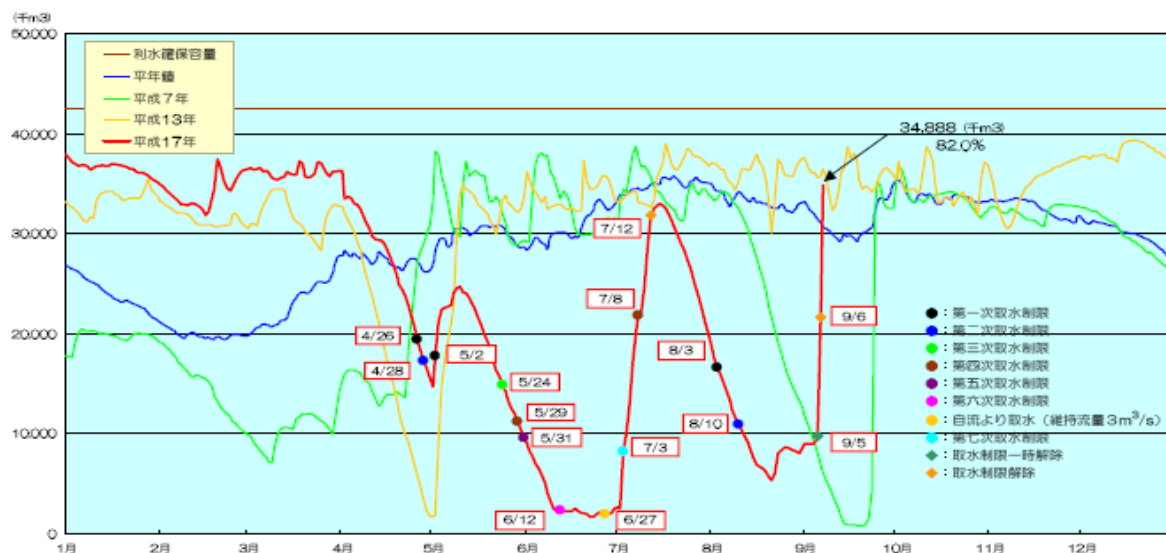


圖 23 取水限制狀況圖

(6)取水限制措施實施方式及成果

A. 取水限制之目的

取水限制目的主要是在降低用水需求之管控策略，透過節約用水之宣導、獎勵與相關限水措施，以有效的發揮節約用水效率，在有限蓄水水量情形下有效的延長供水時間，以支撐至或期待降雨來臨恢復正常供水為止。

B. 早明浦水庫取水限制

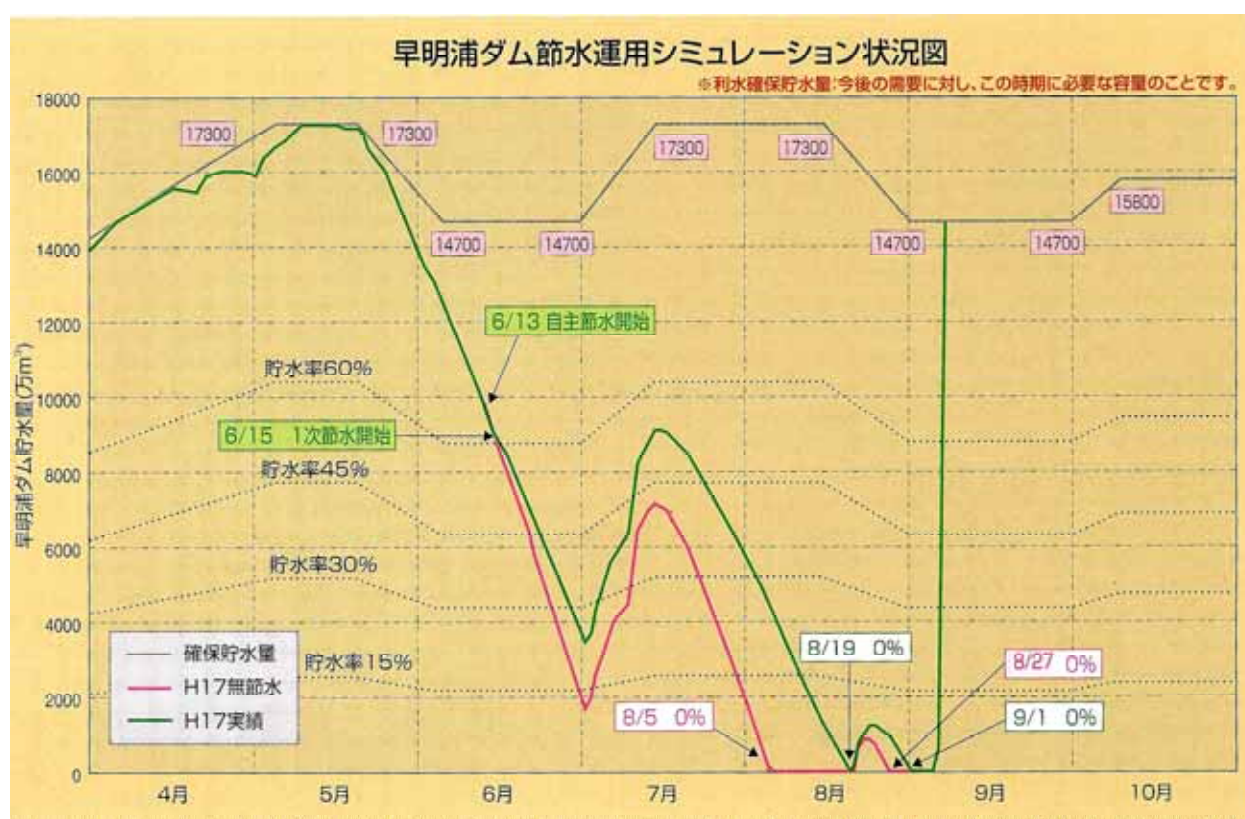
夏季期間早明浦水庫必須供應之確保流量為73cms，其中43cms係水庫建設前當地原有之不特定用水量，必須完全供應無法打折，至於新開發之新規用水需求約30cms則一律依據協議後之節水率供應。

表 2 早明浦水庫之用水節水比率表

用水		取水量	比率
德島用水	不特定用水	43cms	59%
	新規用水	14 cms	19%
香川用水	新規用水	16 cms	22%
合計		73 cms	100%

C. 取水限制之效果

取水限制之效果非常的明顯，自6月15日開始實施取水制限至9月5日停止實施取水制限，總計共實施4次取水制限，節水率因地、因時、因貯水率而不同，自14.1%至75%不等，從早明浦水庫之節水運用圖很明顯看到由於節水得當，使得水庫見底之日由預定之8月5日延至8月19日，及由8月27日延



至9月1日，取水制限之效果是顯而易見的。

圖 24 早明浦水庫節水運用圖

《平成6年列島渇水での上水道給水制限状況》



《平成17年夏渇水での上水道給水制限状況》



圖 25 平成 6 年列島與平成 17 年給水限制狀況圖

(7) 渇水對市民生活之影響

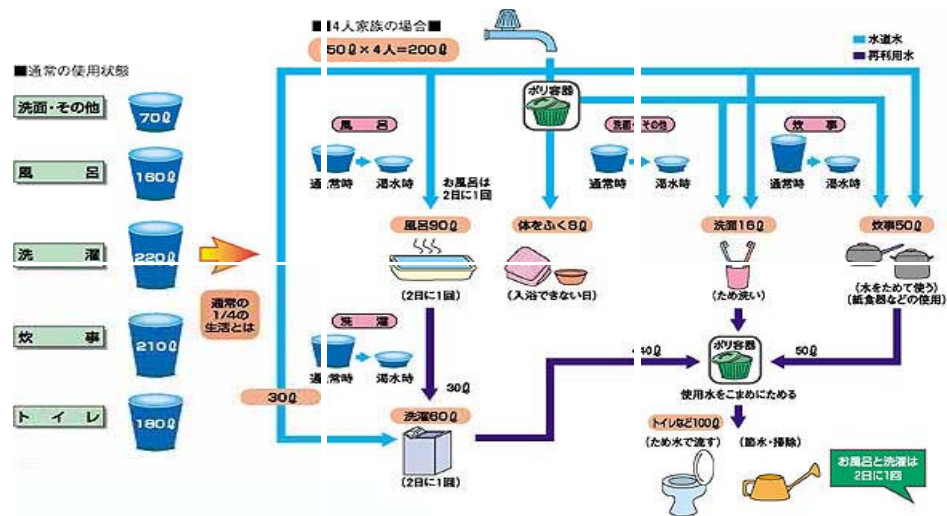
A. 減壓供水之範圍

平成六年之列島渇水，早明浦水庫供應之香山縣水源不足，其中屬香川用水供水區域之5市19町中就有5市15町採取夜間斷水或5時間給水之限水措施。至於平成17年夏之渇水時期，實施給水限制的範圍只有5市13町，其餘皆採取減壓供水措施，相較於平成六年之缺水狀況本年較為嚴苛，但是影響之範圍及程度卻較輕。

B. 對市民生活之影響所提供之措施

為減少因缺水而造成市民生活之影響，本次缺水期間特別辦理設置給水所、開鑿深井、購置蓄水容器、提供飲料水等幾項便民措施以降地對市民生活之影響。

渇水による日常生活への影響



資料：高松市水道局のしおりを参考に高松市に適用（4人家族）
参考：国土交通省四国地方整備局「らくらく節水法」（株式会社ワード研究所/企画・制作）

圖 26 缺水對日常生活之影響



圖 27 降低缺水對市民生活影響提供之措施

(8) 缺水對策實施方案

A. 渇水調整實施

- 召開 8 次水利用聯絡協議會幹事會議
- 召開水利用聯絡會議 4 次
- 工作項目：調整節水率、不特定用水提案、發電容量放流量之調整
- 協調發電容量緊急放流

B. 異常時特別措施

- 發電容量緊急放流
- 謝內水庫、大橋水庫緊急放流
- 停止高知分水

- 維持流量一部分作為利水之用
- 濁水對策
- 瀨戶川、汗見川的清水放流、、、

C. 節約用水方式及節水宣導

- 節水廣播宣導(廣播車、新聞)
- 洗車業及公營機關自動減壓用水
- 節水措施(雨水貯留措施、雨水浸透措施、排水再利用措施、水井水質檢查費用補助一半、提供免費節水方法)

D. 渴水情報之提供

- 行動電話
- 網頁
- 記者會

(9) 未來發生之機率

A. 日本年降雨量之歷年變化

由歷年降雨量資料顯示日本之年平均降雨量有逐年下降之趨勢，而年降雨量間豐枯差距則愈來愈大，顯而易見不降雨的時間愈來愈長，降雨強度則愈來愈強，未來發生渴水枯旱之機率是愈來愈大。

B. 吉野川供水區歷年之取水限制狀況

由昭和50年至平成17年之取水限制資料顯示，自平成6年以後採取取水限制之次數、實施的時間並沒有明顯增加，倒是限水的比率有愈來愈高之趨勢，水庫見底次數也明顯增加。

■日本の年降水量の経年変化

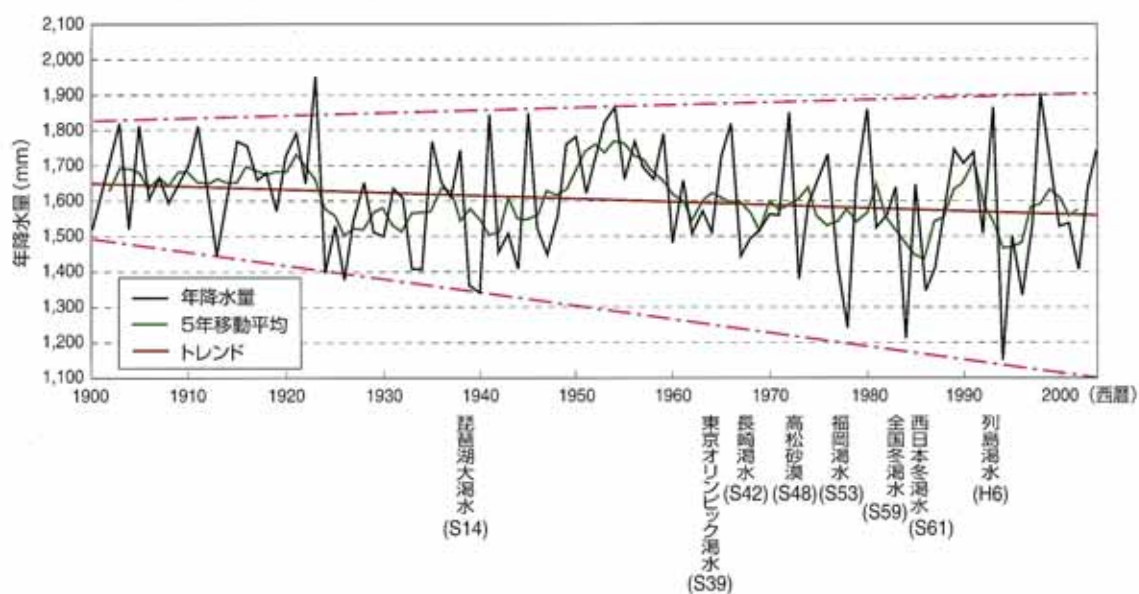


圖 28 日本年降雨量歷年變化圖

■吉野川のこれまでの取水制限状況

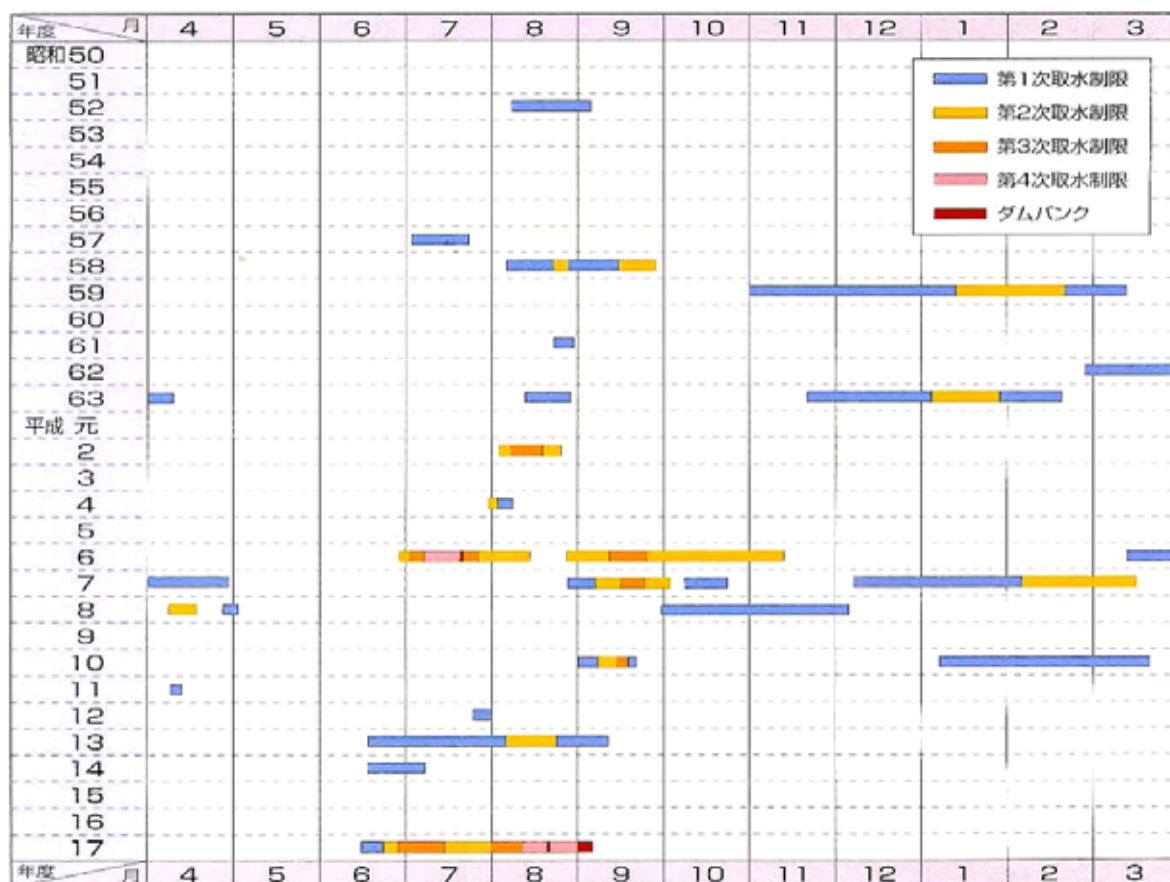


圖 29 吉野川供水區歷年取水限制狀況圖

(10) 缺水調整協議會

1973 年，日本發生史無前例之嚴重缺水情形，關東、近畿、中國為中心的地區發生非常嚴重之水荒，由缺水的情況看來，缺水單位間利害關係的對立，明顯的作缺水調整發生困難。因此，缺水時數利用水相關單位間辦理協議之體制，河川管理機關依據豐富之河川水文狀況與用水相關情報，按需要達成斡旋、調停的任務，便顯得十分重要。

有鑑於此，建設省在 1974 年發出通令，作為缺水時用水相關單位間之協議能圓滿達成，且自平時就能對缺水調整時期及方法有相當之協議，指導在各河川成立以相關用水單位、中央政府相關行政機關（通產省(商業部)）、農林水產省），都、道、府、縣管理機關等成為成員常設之「缺水調整協調會」。

缺水協調會議主要維持用水單位間之缺水調整協議原則，並根據各河川的特質積極進行缺水調整，而河川管理機關在實際缺水時則扮演提供河川流況等重要河川情報及提出各種調整方案的重要角色。現今缺水調整協議會被充分運用，主要是因環境變化及不安定之降水量，使缺水頻率增加，缺水調整之機會亦相對增多。此外，用水單位對河川管理機關任務更加了解，對於缺水調整協議會之有效的高評價，也是協調會增加原因之一。

(七) 參訪四國地方水源設施

此次研修參訪四國地方水源設施單位，有國土交通省四國地方整備局吉野川水庫統合管理事務所、香川取水東西分水工、滿濃池暨國營讚岐滿濃池公園、早明浦水庫管

理事務所、德島縣內之吉野川整治概況等處，由於時間緊湊加上路途考量，除由參訪設施引導人員於各參訪處介紹外，並於車程途中不厭其煩詳加說明。

1.國土交通省四國地方整備局吉野川水庫統合管理事務所

研習時間：2005.11.30

研習地點：吉野川水庫統合管理事務所

引導人員：管理課長 片岡 章三

吉野川簡介-吉野川水庫統合管理事務所位於德島縣三好郡池田町之池田水庫右岸旁，旁設有香川用水之取水工，其職掌主要為高水治理與低水治理吉野川水庫群的統合管理，水庫間之河川管理，統合管理系統之通訊、雨量計利用開發維護管理、調查分析、規劃、設計，施工監督，河川統合開發調查等，並直轄管柳瀨水庫。業務處理包括早明浦水庫濁度問題、高松市之異常渇水、早明浦水庫池田水庫相川用水。

(1) 利水運用

吉野川水庫統合管理事務所為整合吉野川治水與利水等相關資訊，設置統合管理系統，並依自動蒐集資料系統之資料，分析、決策並下達操作指令，其指令系統圖，如圖 31。經水水庫群之利水調節分配後補給下游河川流量不足問題，提高下游穩定供水及生態機能。



圖 30 吉野川水庫統合管理事務所



圖 31 水庫統合管理指令系統圖

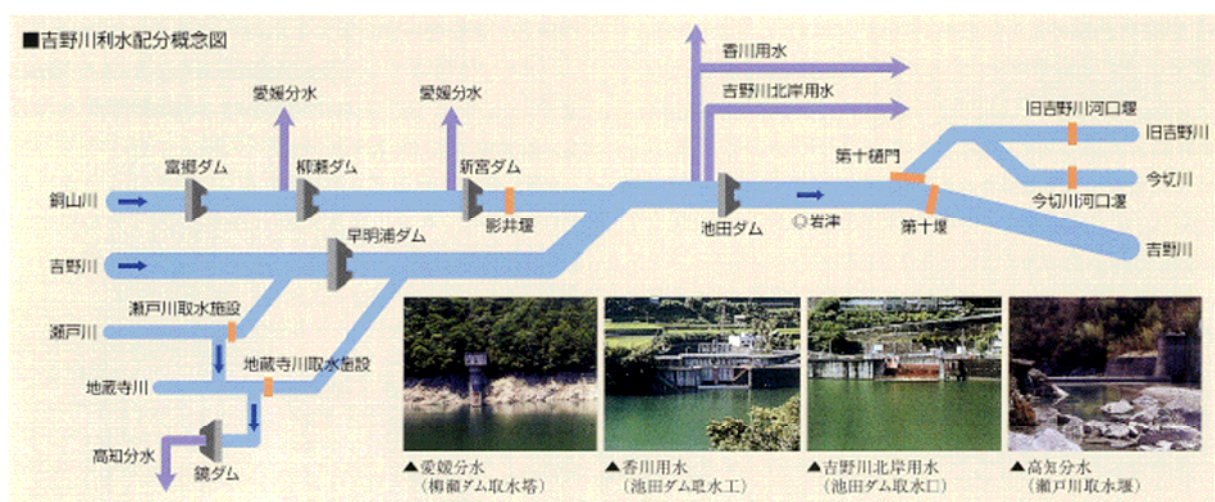


圖 32 吉野川水庫群之利水分配示意圖

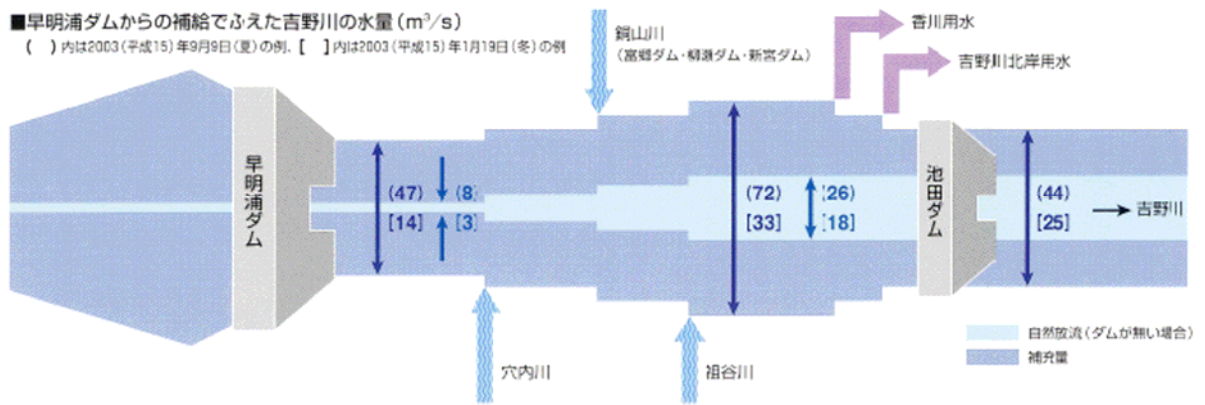
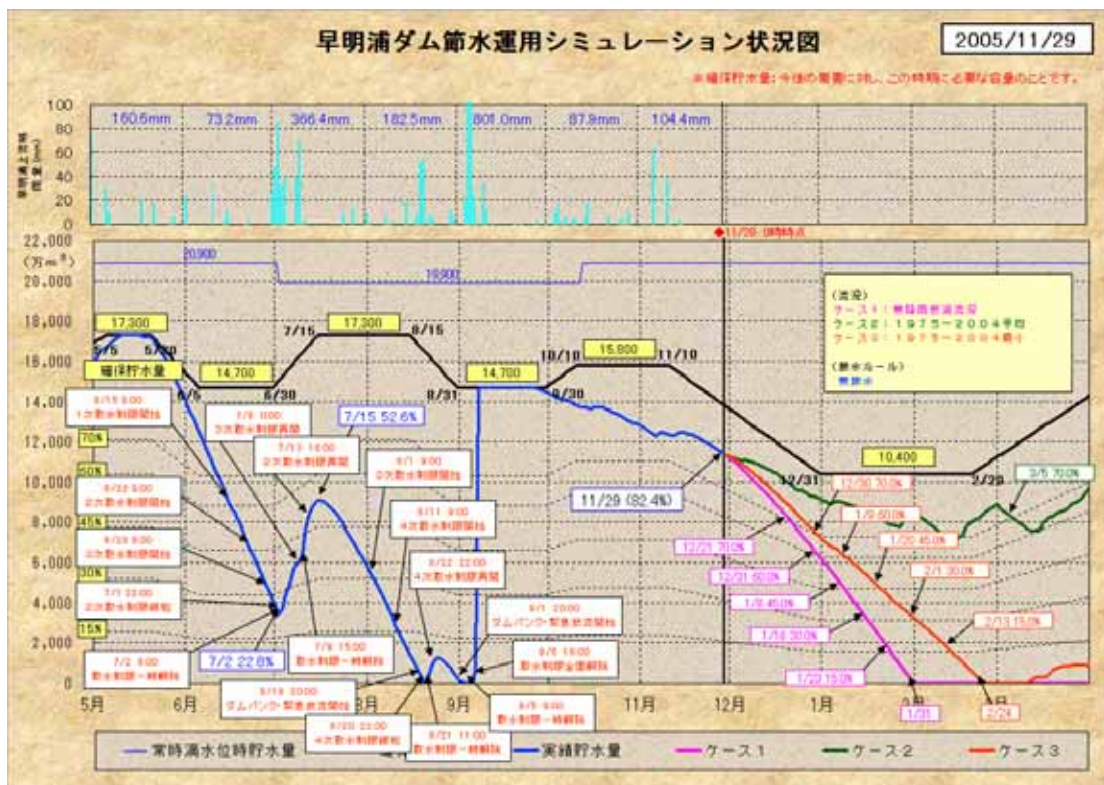


圖 33 早明浦水庫群補給吉野川河水量之利水調節利用圖
 (例-2003 年夏季 9 月 9 日及冬季 1 月 19 日)

目前吉野川水庫統合管理事務所對於未來長期水源供水趨勢之預測，以三種降雨機率條件作預測背景，分別為無降雨、1975~2004 年之年平均降雨量、1975~2004 年紀錄最小降雨量等，以去 (2005) 年為例，其分析預測情況如圖 34。分析預測作業係隨時依現況作更新。



(2) 洪水調節

統合管理事務所另一重要任務係吉野川水庫群(聯合操作)的洪水調節的機能，其運作流程如圖 35、36 現況掌握 → 降雨及逕流預測→ 水庫群的洪水調節檢討→ 水庫群的洪水時操作等的調節與指令

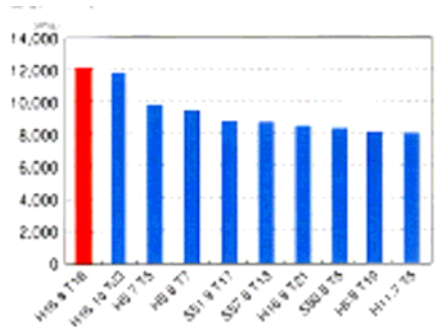


圖 35 過去 30 年之持田水庫洪水調節

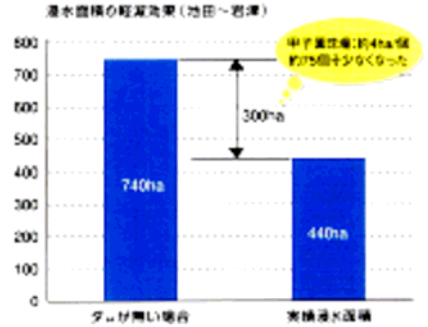


圖 36 淹水面積減輕效果

2.池田水庫及香川取水東西分水工

研習時間：2005.11.30

研習地點：池田水庫及香川取水東西分水工

引導人員：管理課長 片岡 章三

香川用水自池田水庫取水後經香川用水道，因需分水為東西兩部份，故設此分水工。香川用水道之取水工與導水路之最大取送水量為 15.8cms，東部幹線 14.3 cms，西部幹線 1.5 cms。



圖 37 池田水庫



圖 38 香川取水水工



圖 39 香川取水東西分水工



圖 40 東西分水工示意圖

3. 滿濃池暨國營讚岐滿濃池公園

研習時間：2005.12.01

研習地點：國營讚岐滿濃池公園

引導人員：事務所長 川崎 末和

滿濃池，位於四國地方香川縣境內，蓄水容量 1,540 萬立方公尺，為一土堰堤拱式，堤高 32 公尺，堤長 155.8 公尺，蓄水面積 138.5 公頃，直接流域面積 1,280 公頃，間接流域面積 8,610 公頃。

為了結合滿濃池周邊自然豐富的景觀及資源，創造出良好的水環境與水質，以活用於地方或都會居民的休憩場所、生態保育與教育等功能，故成立「國營讚岐滿濃池公園」，面積約 3,000 公頃，隸屬國土交通省四國地方整備局所轄，兼顧了除在水資源的利用外的多功能貢獻，滿濃池公園係國營公園。



圖 41 國營讚岐滿濃池公園一景



圖 42 滿濃池

4.早明浦水庫

研習時間：2005.12.01

研習地點：早明浦水庫管理事務所

引導人員：管理課長 片岡 章三

早明浦水庫位於吉野川水系吉野川上游，由水資源開發工團興建及管理，其功能主要為洪水調節，水道用水、工業用水、發電及吉野川流域正常放流之多目標水庫，於1977年竣工。水庫集水面積472 km²，為直線重力式混凝土壩，壩高106 m，壩長400 m，壩寬6m。總容量3.16 億m³，有效容量2.89 億m³，調洪時最大流量6,000 cms，平常2,000 cms，發電有效落差70 m，發電用水量65 cms，發電量4.2 萬仟瓦，有效蓄水容量1.73 億m³。水庫功能簡述如下：

(1) 洪水調節

計畫洪水量為4,700cms，可調節之洪水量為2,700cms有向降低吉野川下游之洪水災害。

(2) 維持用水確保

維持吉野川水流機能正常營轉所需水量，豐水期為43cms，枯水期為15cms。

(3) 供給新規用水

主要供應四國境內香川、愛媛、德島及高知等四縣每年8 億6,300 萬m³之各標的用水。

(4) 發電

最大出力4,200kw。



圖 43 早明浦水庫空照圖



圖 44 早明浦水庫

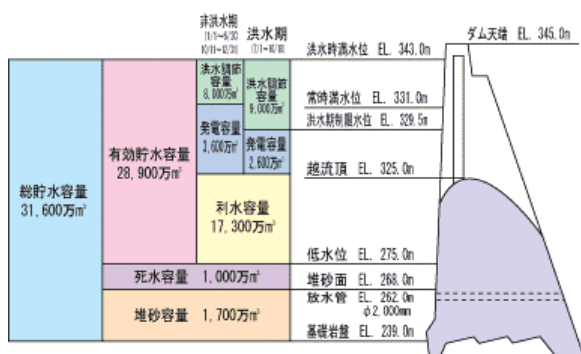


圖 45 早明浦水庫水位剖面圖



圖 46 早明浦水庫尾水池

(5) 自動化濁度監控回報系統

濁度監控極限為 500 度，於壩址取水口前、中游及上游等三處斷面，各設一監控點，將濁度計固定於鋼索上，並以系統設定測量濁度之不同水深，點距間隔 2 公尺，於每點測得濁度後以有線傳輸至水面上之控制室再將資料轉送至水庫管理事務所之系統內供查詢、分析濁度之空間分佈，以決定取水口之取水等運用。



圖 47 濁度監控所
(中間上方白色建築物)

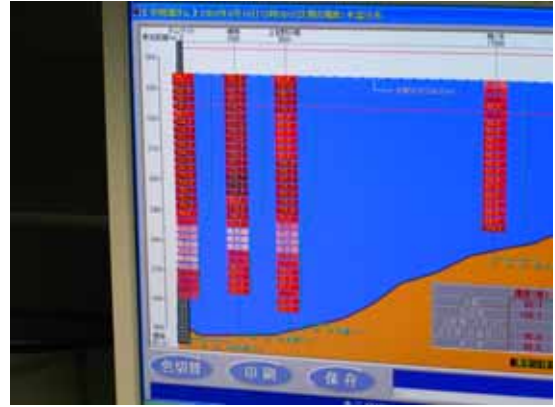


圖 48 自動化濁度監控系統

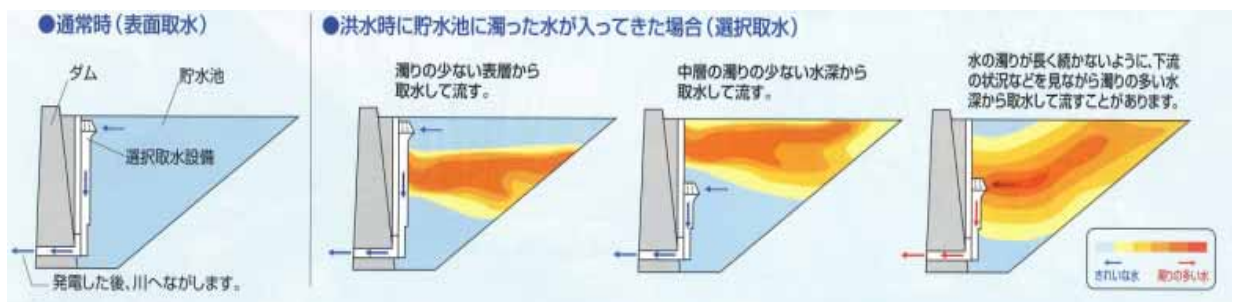


圖 49 不同濁度情形與取水口之操作方式示意圖

5. 德島縣內之吉野川整治概況

研習時間：2005.12.01

研習地點：德島縣內之吉野川現場導引

引導人員：德島河川國道事務所 課長 湯淺 喜九一

德島河川國道事務所係四國地方整備局下設之政府機關，其業務依其銜名，顧名思義其主要業務為河川事業與道路事業，這兩事業合併於一機構，有別於在我國則分屬於經濟部與交通部不同行政體系，其業務內容如圖 50：

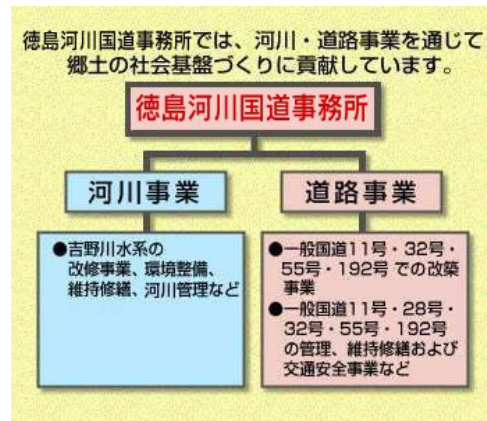


圖 50 徳島河川國道事務所業務內容

- (1) 吉野川部份河段之兩岸為河川治理因應地方意見之自然工想法，而採種植高密度竹林，形成與堤防禦水之功能，但並非全河段均實施，而是依河川治理及與地方商議後決定。吉野川下游因前年颱風所損壞之堤防，目前部份正進行河川治理整備工事。



圖 51 河川兩岸種植高密度竹林



圖 52 河川治理整備工事圖

- (2) 吉野川第十堰

吉野川第十堰位於新舊吉野川分流處，300 年前當時之徳島城主為供應該城居民飲用水，而開掘一條 10 公尺寬的給水路，由於洪水氾濫，大量洪水湧入新河道，久而久之造成吉野川下游自然改道。原有河川變成以灌溉為主。因此在分流處設置第十堰，以調節水量。夏天為 50cms 至 60cms，冬天為 20cms 至 30cms。



圖 53 第十堰鳥瞰圖



圖 54 第十堰位置圖

(3) 旧吉野川河口堰管理所

旧吉野川河口堰管理所是獨立行政法人水資源機構所轄之一個管理單位，位於德島市川內町新切川北岸，主要負責管理吉野川總合開發計畫中之旧吉野川河口堰及今切川河口堰之河口堰之管理與操作。

河口堰之目的：

A. 防洪

操作：

B. 維持

河川正常機能之流量：

C. 提供

穩定之水道、工業及農業用水：

旧吉野川是位於吉野川河口上溯 15 公里處之左岸支流，河道在注入紀伊水道途中又分出今切川支流，在長約 24.7 公里的平緩河道流域範圍內擁有 6,400 公頃的穀倉。

旧吉野川及新切川屬於感潮河段，因此原先於兩河口設計防潮閘門以防止鹽害，惟由於設備老化及昭和 21 年之南海地震，使得原有防潮閘門失去功效，本流域在都市化發展下，水道用水、工業用水

均迫切用水的需求情況下，將 2 個河川之防潮閘門撤去，重新建置旧吉野川河口堰及今切川河口堰。

旧吉野川河口堰位於德島縣板野郡松茂町中喜來之旧吉野川上，附近有德島機場，計畫洪水位 2.947m，計畫洪水流量為 800cms，堰長 192.3 m (可動部份長 178.3m、固定部份長 14.0m)，設有 6 道水門(制水門 5 座、調節門 1 座)、船行閘門 2 座及左右 2 門魚道，昭和 48 年 6 月開工，昭和 50 年 10 月完工。



圖 55 吉野川河口堰



圖 56 吉野川河口堰示意
(左側為魚道(1) 中間為航運之閘門(2))

新切川河口堰位於川上，右岸位於德島縣德島市川內町之，左岸位於德島縣板野郡北島町鯛浜，計畫洪水位 3.277m，計畫洪水流量為 1100cms，堰長 220.3 m (可動部 206.3、固定部 14.0)，設有 7 道水門(制水門 6 座、調節門 1 座)、船行閘門 2 座及左右 2 門魚道，昭和 46 年 6 月開工，昭和 49 年 7 月完工，周遭緊鄰德島市是工廠和住宅、大型的郊外購物中心都市化顯著的地區。

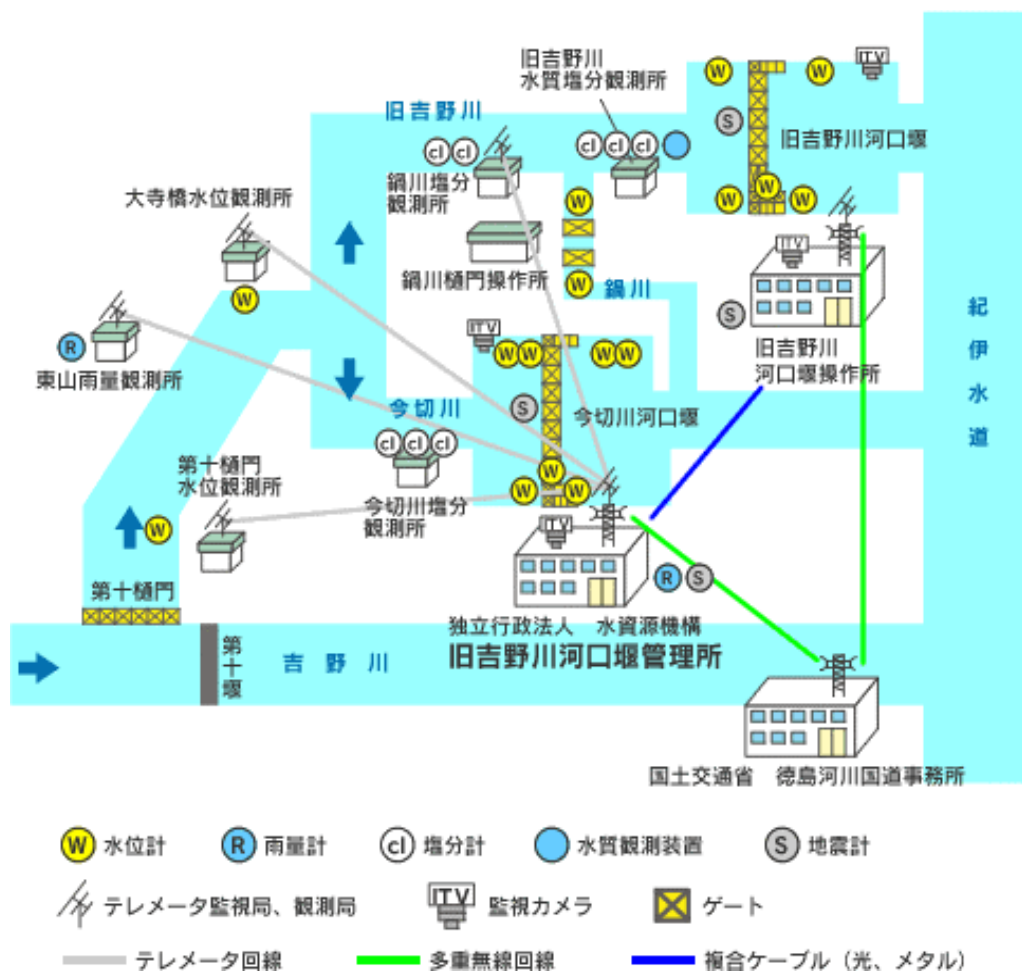


圖 57 新切川河口堰位置示意圖

叁、研修心得

一、乾旱長期預報技術

本次研修行程有關氣象單位共拜訪氣象協會、岐阜大學、日本氣象株式會社及等民間及學術氣象單位，主要以長期預報技術及日本氣象應用與發展做概要性介紹。就預報內容及預報精確度而言，日本預報能力與中央氣象局預報技術並無太大差異。因為氣象長期報預報精度提升，仍待取得完善的觀測資料及非線性方程組的數學問題之重大突破。主要在使用數值模式進行天氣預報時，因觀測資料初始場的微小誤差，在積分一段時間後，將產生無法預期之結果，對於未來之天氣狀況無法做準確之判斷。

現行預報採用集預報方法，藉由觀測資料製造多組近似起始場，再經由氣象數值模式演算求得多組大氣狀況資料，另配合統計分析模式，綜合判斷未來氣候可能狀況。因此日本氣象單位經多年長期天氣預報之研究經驗，認為長期天氣預報應用3類別預報方式較符合現行科技可達狀況，也就是中央氣象局現行長期預報所採用偏多、偏少、正常及其可能機發生機率之方式。就乾旱預報需求方面，降雨預測資料至少需能提供月至季之預測資料，然而現今科技技術對於長期預報資訊之精度仍有極大努力空間。

此外，日本除在1994年夏季與2005年四國地區因降雨量不足，而發生全國性及地區性嚴重之缺水現象外，缺水問題在日本國之重視程度並不如台灣，除了地理環境條件之差異外，春季高山融雪對於地面水之補助有其極大助益。因此，在市場缺乏需求下，前述之民間氣象公司亦未針對缺水問題，進行相關旱災預報資訊研究及提供，然而本國對乾旱現象之重視，對於異常氣候影響有更進一步之省思。

長期預報資訊現階段有效時間及精確度仍尚待提昇，若為

降低乾旱事件發生時之損害，可輔以建置乾旱監測系統及建立缺水指數等方式因應乾旱現象；畢竟，預報資訊主要告知我們危機發生的可能性，重要的仍是政府對民眾的宣導教育及水利單位對於水資源之完善規劃及有效使用。

二、乾旱時期水資源調配機制

社會發展及產業成長，使得用水需求愈是重要，而水資源不再是可以無限取用與用之不盡，水量與水質的問題攸關生活品質高低的需求，更是產業與衛生的重要能源與必備要素。時代變遷，人類對水的需求更加仰賴，今日的經濟由產業發展帶動，民生需要水才能生存、工業需要水才持續生產、農業需要水才能灌溉作物，其他自然萬物更需要水才能維持生生不息。因此，使有限的水資源作最有效利用是刻不容緩的，亦是追求水資源永續發展的要件。

水資源的有效利用，基本就是水資源在供與需上作最佳的調度，調度過程需經由水資源量的觀測估算、用水權益規定、供水地區的需求水量、供水設施運用規定及取供水設施的送水等等才能達成，歸納而言，水資源的調度其本質上即透過技術層面與管理層面才能達到，尤其在用水日益多元化與全球氣候變異惡化，更需兩者緊密整合，才能減少用水紛爭，提高水資源的有效利用。

此次研修，對水資源調配的啟發有兩項，一項是技術層面，另一項是管理層面。技術層面即取供水需求之趨勢預測分析及調配機制的部份，管理層面即用水權益、調配制度部份，分敘如下：

(一)技術層面部份

此次研修，了解四國地方之水資源調配管理情形，其行政方式在日本並非都相同，是以重視地方產業用水特性、尊

重用水歷史環境背景及各標的用水等作為協調原則。協調過程是由各用水人先協商是否能解決，無共識時再由地方政府協調，如遇水源不足缺水時，則以民生用水優先。

目前本部水利署由以往水資源調度及近年 2002 至 2004 年枯旱缺水之水資源協調經驗，於 93 年訂定「區域水資源調度機制」。其係以綜合氣象、水文紀錄、水源、水庫蓄水等因素後，評估水資源之供需預警情勢，再依預警情勢等級對應協調機制與限水相關措施。

依實務操作經驗判斷，實際水資源情勢以期距長短評估，短期因台灣各季節之特殊氣候因素，如春雨、梅雨、雷雨及颱風等情形，應以一旬(10 日)及 1 個月為主；長期則因不確定性太大應以 3 個月至 6 個月較為適當，惟部份地區如供水結構較單純，則可拉長其評估之期距。依據過去降雨及河川流量紀錄之統計分析，為水資源規劃推估河川可能流量之主要工具，而當期之水庫蓄水情形包括蓄水量、蓄水率及河川逕流量，為較保守情形下實際可供應之水源量，未來短期或長期受氣候變化因素之影響亦不可忽視，爰此，水資源之預警實應考量三部分，簡言可表示為：

過去式（過去降雨及河川流量紀錄之統計分析）

+

進行式（當期之水庫蓄水情形）

+

未來式（未來短期或長期受氣候變化因素）

依其影響程度，可參照氣象局之機率預報型式，而以權重分配方式綜合評估目前及未來之水資源情勢，例如：過去式佔 20%，進行式佔 50%，未來式佔 30%。則可預估未來之供需曲線，並轉化對應為水寶寶型態與因應措施。權重之

分配可視季節及區域性，細分之其權重係數，將可增加預警之可靠性。

另觀此次研修行程請教日方機構之作法，亦有異曲同工之處，惟當前氣象之預測資訊尚無具體運用於水庫蓄水量預估趨勢內之情形，主要原因為二，一則係氣象預測資訊尚未達較高之準確率，二則如再加入逕流等模式亦無法有效達到預測與研擬具體策略的精度。

(二)管理層面

目前我國水資源政策對開發部份已無空間，採總量管制之原則。然而近年來因產業生態改變，以往以農業為主，家用公共用水及工業用水面臨既有農業水權的取得，須依照現行規定以協調方式移用調度。近年來農業面臨我國加入 WTO 之影響，農業之水稻種植面積因稻米政策而有縮減之情形，爰此，間接影響可釋出之水量，其調整與利用方式，遂成家用公共用水及工業用水等有需求壓力，急欲協調取得之對象。水利會制度在台灣已有多數年，且於以往對農業及社會之貢獻卓著，雖然未來受加入 WTO 之影響，然而其制度在我國農業深耕多年，在產業變遷下會務營運不如往年，在有供給需求下，水利會將餘水移用家用、公共用水及工業用水收取設施使用費情形，因此，如隨縮減水稻種植面積而調整其水權將影響其財務，此係水利會面臨雙重衝擊下故對調整水權嚴重異議之關鍵。

目前我國水資源之實務用水調配，與實際登記水權量未相逕合，為一般人所疑義，爭議之處經協調調度後，除遇特別枯旱，否則並無嚴重缺水情形，其中可能質疑水權量之合理化，其合理化是以需求、或取得先後、或歷史背景、或社會團體訴求等因素為主，各有立場，是以往未對各標的水權加以調整之關鍵。

日本對於水權之管理，於欲使用河川用水時，必須向各級河川之管理者申請「流水占用許可」，屬於公法上之權利。雖然法令規定與本國有所不同，在農業用水歷史背景與現況各標的用水競合之瓶頸，其實是面臨同樣的問題，但日本政府對農業用水以尊重其「慣行水權」而承認其水權。在渴水時之水源分配更依持該原則，大部份經由各標的用水人間之協調即解決，其間因水源不足所致之損失係由政府救助規定辦理，此部份與我國之調用補償以使用者付費原則是有很大的相異。

現今處理水資源之分配，因隨時空變遷而需作適當調整，在新興標的之用水需求，及原有農業面臨發展方向不確定下，政府如何不會因解決水資源分配問題，而衍生更多社會問題，實為應更慎重考量的。因此，在水權調整時，除政府間各部門的努力外，各標的用水間亦應尊重對方之用水權益，尤其在遇枯水時更應依協調機制分配水資源。未來的方向應以配套方式，同時考量解決可能的問題，才能為水資源有效管理、產業發展、農業生存等問題，尋求一個較佳的方案。

(四)枯旱對策

在氣象水文上及水資源利用上對於枯旱的定義有所不同，在我國近 3 年於水資源利用上之定義稱為枯旱，而在日本則以「渴水」稱之。在實務之水源供水上，氣象水文上與水資源利用上其間有相當之關聯性，然而非絕對相對應，如水文枯旱時水資源利用上並不一定缺乏，而水文正常時亦可能發生供不應求的情形。

日本自 1900 年以來發生渴水情形之紀錄有，1939 年琵琶湖大渴水、1964 年東京利根川渴水、1967 年長崎渴水、1973 年高松渴水、1978 年福岡渴水、較近年的 1994 年列島渴水

及 2005 年的四國早明浦水庫渴水。其缺水情形可對應至日本年降雨量的歷年變化來看，年最少降雨量與年最高降雨量之差距逐漸增加，而缺水年之年降雨量有更減少之趨勢，至水庫供給潛能明顯降低。

現代社會要擁有較舒適高品質的生活，其前提要件之一就是穩定提供高品質及量足的用水。在日本對應我國的「家庭及公共給水」其為「水道用水」，渴水時受影響的有，水道用水可能斷水或減壓給水；餐飲業用水，家庭生活，工業用水縮短作業時間致損失；農業用水不足時需加強反復利用與節約用水，例 1994 年的渴水，實際產生之費用約為平常年所需之 3 倍，且亦造成農作物成長不良或枯死的損失發生。

1. 旱災防救體制

台灣災害防救體系分為中央、直轄市及縣（市）、鄉（鎮、市）三級，當有災害發生或有發生之虞時，三級政府成立「災害應變中心」，參與中心編組之單位成立「緊急應變小組」；並依公共給水、農業用水之缺水狀況，將旱災災害等級區分為一級、二級及三級狀況，各階段各相關機關（單位）之分工與權責並依旱災災害等級區分，依序提升至不同之緊急應變中心或小組。

日本並未統一訂定旱災災害等級，其防救體制係由地方單位視水庫蓄水狀況設置渴水對策本部或支部處理乾旱相關事宜，較無明確之防救體制，且其限水措施都是透過用水單位召開用水協議會，自行協調限水範圍與節水率，只有在地方無法達成協議時才由中央出面協調，此階段通常地方都會尊重中央之協調結論。

日本於缺水時採取之用水單位自行協調機制，其機制非常類似我國早期濁水溪用水協調機制，優點是不涉及標的間用水移用及補償，缺點是不具強制力，若無法達成協議時往往延誤救災時機。

2.旱災啟動時機

國內之旱災啟動時機係依據旱災等級，當缺水率達到缺水等級時，即依規定成立對應之緊急應變小組，啟動時機非常明確，對於限水措施亦訂定「自來水停止及限制供水執行要點」；反觀日本一般是以水庫蓄水率作啟動應變機制之依據，惟蓄水率與渴水對策本部之成立、蓄水率與取水限制率間都未有明確統一之規定，完全是依據用水單位之判斷及協議會之協調決定。

國內旱災啟動時機顯然較日本為明確，惟因啟動之依據--缺水率並未考量水文氣象預測、水庫蓄水率、水源調度區及區域調度特性等因素，因此啟動時機往往過當或不及，無法反映真正之缺水程度，日本由管水單位自行判斷雖欠缺統一啟動標準，惟可反映當地實際之缺水現象。

3.乾旱預警機制及乾旱預警系統建置

台灣對於災害之應變管理，已經由危機處理觀念提昇至風險管理之概念。乾旱之預警就是一種風險管理的概念，目標即在於減少災害發生之頻率及減輕災害所帶來之損失，以積極主動的方式，事先縝密研擬乾旱缺水時期各階段實施之應變措施，對乾旱缺水現象事先備妥良好之規劃或應變對策，以避免因乾旱缺水所導致重大損失或將損失程度降低。要做到預警就必須先訂定警戒值，經多年研究綜合評估未來氣象展望、降雨量、河川流量、水庫進水量、水庫蓄水量、可正常供水日數及地下水位等因子，國內目前已經訂定「水資源供需預警指標」，分為5個等級，並以水寶個數表示，依序為5個、4個、3個、2個、1個，由緩至急以漸進方式代表不同階段之水源供需情勢，及對應之相關應變措施，按月發佈除作為專業人員應變之依據，亦使民眾充分了解以配合加強節約用水。

日本尚未建立乾旱預警機制，目前仍停留在依據水庫蓄水量及簡易之入流量推估，推估未來蓄水狀態，至於相對應水庫蓄水率採行之各階段取水限制，則未有統一規定，一般是採行協調方式決定，較無科學依據，亦欠缺風險管理概念，因此，一旦協商不成或預估失誤，往往只能眼睜睜的看著水庫見底而無計可施。因此，目前日本也開始準備推動乾旱預警機制。

日本之所以遲遲未進行乾旱預警，除了認為用水協調會議相當有效較無爭議外，氣象預報之不準確性係其不採取預警之主要因素，因為認為依據不準確的數據去做決策或預警是不負責任，與其這樣不如提供實際之水庫蓄水情勢，加上節水宣導來得實際。

4.移用補償

國內災乾旱時期之救助種類及標準，係依據旱災災害救助種類及標準進行救助，至於家用、公共給水及工業用水之用水人於枯旱或水源水量不足，需調用農業用水之水量時，所涉及之補償費用則依據農業用水調度使用協調作業要點辦理，在日本乾旱屬天然災害依據天然災害救助方式補助，至於移用農業用水部分，因都是透國協議會協調用水，而用水人之損失係依各主管機關之救助規定辦理，因此無所謂補償問題，此種機制確實值得國內參考。

5.人造降水

因為緯度的不同，在國內乾旱時期常利用地面及空中人造雨方式進行人造雨，希望增加降雨量以舒緩乾旱問題，惟因效果難以量化，目前還處於推廣階段要達到救旱之目標還有待努力，至於在日本因人造雪技術較純熟，且融雪本來就是主要之水源之一，因此在救旱之過程中確實可達到救旱之目標。

6.限水及其他救旱措施

(1) 限水措施

在國內乾旱時期，有關自來水執行停止及限制供水標準與措施主要是依據「自來水停止及限制供水執行要點」，限水措施主要分為四個階段，第一階段：離峰時段降低管壓供水、第二階段：停供次要民生用水、第三階段：分區輪流或全區定時停水、第四階段：依區內用水狀況定量定時供水，農業用水則採取加強灌溉、停灌、休耕等措施，至於各階段之執行時機，則依據水資源供需預警指標，至於在日本，限水措施一般都是透過協議會協調決定，啟動時機較無明文規定，惟一例外是在四國地區，係依據水庫蓄水率執行不同階段之節水率，並以入流量為 0、歷年平均值及最枯年之流量預估可供水日數。

(2) 救旱井

乾旱時期由於地面水之枯竭，一般人很容易就想到利用地下水，我國於 93 年枯旱時就曾經在新竹及桃園地區緊急開挖救旱井以解缺水燃眉之急，惟因出水量不大又涉及地層下陷等議題，實質發揮效果不大，在日本亦有類似之作法，惟其係由徵調民間用井，非由政府建置，其名稱為善意井，並補助協助提供井水之水質檢驗費用。

(3) 節約用水宣導

國內推動節約用水已多年，其機制及運作方式已相當純熟，節約用水宣導之目的即在有效利用各種大眾資訊傳播管道，進行社會乾旱管理教育與宣導工作，乾旱資訊發布時機分為平時、預警及乾旱缺水期間；資訊內容則包括：水文氣象趨勢分析、乾旱背景常識、救旱相關法規、乾旱發展趨勢分析、水源供應狀況、乾旱應變計畫、災情統計、救

旱措施等內容，這些內容可利用各種大眾資訊傳播媒體管道，例如 WWW 網頁、報章雜誌、有線無線電視、無線台台、文宣摺頁等，使社會大眾得以透過瀏覽、閱讀、收看、收聽等方式獲得乾旱資訊與政令宣導內容，從而使社會大眾有效配合政府所實施各項乾旱管理預防或緊急應變措施。另一方面，政府也可透過各種大眾傳播媒體管道收集社會意見與反應，作為乾旱管理施政參考依據。在這一方面中、日的做法大致雷同。

三、水資源開發

台灣位於環太平洋地震帶與西太平洋季風區內，頻繁的造山運動形成破碎的地質特性，而水文環境則兼具亞熱帶及島嶼兩大特性，降雨量雖豐沛，為其分佈隨時間及空間分布懸殊不均，且每人每年可用水量少，台灣已列為世界缺水國家之林。在地形特徵方面，台灣南北狹長，高山聳峙且呈南北走向，導致河川幾乎皆為東西流向，形成河道短淺且坡陡流急的特殊型態，因此降雨後河川流量快速奔流入海，水資源蓄存不易。近年來由於土地超限利用，削弱集水區原有的水土涵蘊能力，集水區地質不佳的條件更趨惡化，除造成水庫淤積影響水庫壽命外，原水濁度增高亦導致短期缺水現象。復以全球氣候變遷（global climate change）現象日益明顯，海平面與溫度逐年上升，極端氣候事件的發生頻率增加，水文條件將更形嚴峻。就長期的觀點而言，水資源的需求增加為必然的趨勢，因此除進行各項管理面的節流措施，以期水資源之有效配置和提升用水效率外，對於環境影響較小的離槽型水庫仍須審慎規劃發開發。但是受到環保潮流的影響，民眾抗爭日益劇烈，加上優良壩址已開發殆盡，開發新水源將日益困難，日本的經驗或許可供借鏡。日本雖為開發國家但卻未停止興建堰壩，以紓解其國內需水成長趨勢，目前日本約有 2,000 座水庫，另約有 300 多座水庫正在興建或規劃中。日本人口約為臺灣的 6 倍，國土則

約為臺灣的 11 倍，而其現有水庫數量約為臺灣(40 多座水庫)的 50 倍。在此次參訪日本四國地方整備局的行程中，進行深入探討與交流，期能有助雙邊於水資源開發所需面臨的困難提出解決之道。現將心得整理如下：

(一)水資源開發應同時考量經濟成長、社會發展、維護環境品質及環境資源永續性經營，減低環保人士與團體對本計畫的疑慮

水資源開發原本即為社會與經濟發展而服務，以滿足未來對水資源的需求並降低枯旱風險為目的。隨著經濟發展，社會大眾對於環境保育的要求提高。因此，水資源開發計畫不能與相關環境生態問題分離，而獨立進行規劃。必須在環境生態保育、集水區保育、水質水量保護、滯洪區限制開發、高灘地使用等面向上，與民意做緊密的結合。此外，為因應水資源開發計畫受阻的新情勢，今後應注意培養兼具水資源開發及環境保育的專業人才，建立起結合水資源開發與環境生態保育的工作架構與具體工作方法，才能回應民眾的需求及未來的趨勢，以取得主導地位、說服民眾尊重並接受專業判斷。因此，跨領域、多面向思考的專業人才需要儘速培育。同時，在社會因素的影響下，水資源開發計畫配合決策不再是無限制地去滿足用水需求。相反地，水資源的供應會變成決策的限制條件，做決策前應先徵詢社會各界的意見，以增加水資源開發計畫的成功性。

欲達到水資源永續性發展的原則，需同時兼顧環境、社會及經濟 3 個層面。就環境之永續性而言，水資源計畫要有完善之環境監測與環境保護工程，使生態與環境資源之衝擊降至最低；就社會之永續性而言，水資源計畫將結合當地社區利益，使水庫淹沒區住民享有參與規劃之機制，並提供創造就業與教育民眾的機會；就經濟之永續性而言，水資源計

畫於規劃時必須符合當地之經濟利益，且能活絡地方產業之發展。以期讓地方民眾瞭解政府妥善照顧之誠意，爭取支持並化解開發阻力。唯有如此，在維護自然生態、地方文化傳統保存與自然資源之永續利用下，避免對於環境及文化產生衝擊，同時達到生態環境保育、當地居民及水資源開發三贏的局面。

(二)「開發、節約、管理」三者並重的水資源計畫

臺灣的社會及環境條件已轉變到一個新的階段，水資源開發在未來將遭遇到更多重大的困境，因此必須拋棄過去為滿足經濟發展的開發者角色，轉而成為在社會可接受經濟發展與環境生態保育的平衡點下的水資源供應者角色。同時，也是影響產業政策與環保目標的重要決策者。

「開發」仍然是獲得充分水源的主要方法，但需在前述社會可接受的經濟發展與環境生態保育的平衡點為前提，始能有效執行。「節約」則是自需求面縮減，可以有效低減輕水資源開發的壓力，延後水資源開發計畫的期程。而「管理」則是在既有設施及相關條件下，增加可運用水量，其方法包括：供水系統減漏及合理用水量的管制等，更可以透過適當的開發工作，增加抗旱的忍受能力。結合「開發、節約、管理」的水資源，才能面對未來的需求壓力。

(三)應正視對非傳統的水資源開發的需求

水資源開發多元化為一無可避免的趨勢，由於水文條件不確定性增加，依賴自然水資源以滿足需求，風險相對提高。由於傳統的水資源開發日益困難，因此尋求非傳統的水資源開發方式更凸顯其必要性。當然非傳統的開發方式並不能自外於基本的水資源開發原則，仍應考量供水量、技術可行性、社經可行性及時程合理性。

未來較具發展潛能的非傳統開發方式，包括海水淡化、

工業廢水回收、雨水的收集利用等，均須綜合考慮並與現有水資源系統作妥善的組合運用，以有效的開發供應。同時，適量並具備載能量且地點適當的海水淡化廠之規劃，平日可供應科技工業用水，枯旱時可提供生活用水及工業用水，有別於傳統水資源受限於降雨量之影響，在枯早期河川及水庫水源均大幅減少，可突顯海水淡化水源的穩定特性，可做為最低供水量的保證。

肆、結論與建議

臺灣地區受到先天地理環境之限制，降雨雖大，但極端不穩定，尤其近年氣候變動異常，因此經常面臨水庫蓄水量不足之乾旱情況。未來無論生活與產業用水均對於供水的質與量高度要求其穩定性，忍受缺水之風險程度相對減低，因此有關乾旱相關之研究與推動工作將成為重要解決的課題。綜合以上，獲致以下結論：

一、水利單位應摒除舊有的思維，在符合安全考量為前提下，應將生態環境保育觀念導入水資源工程開發之規劃設計中，提供豐富而完整的生物棲息空間，創造人與自然間和諧相處的環境，以落實永續水資源開發與管理、重視生態與環境保育。

二、水資源調配運作上應強調地方分權精神

相較於日本，臺灣水資源調配運作上較強調中央集中式的管理方式，致使地方政府在無權和無錢的狀況下，必須仰賴中央的指揮與補助。日後地方政府在水資源相關的實務在「地方制度法」的法理基礎上，仿效日本經驗，中央充分授權地方政府對於協調水資源調配機制，同時結合地方特性與地區實際的需求，對水資源作合理的規劃與調配，減少中央過度的干預，以達兼顧乾旱時期的緊急調度機制以及平時的節水效益之目標。

三、強化節流措施，並積極開發替代水源

傳統水資源工程如水庫與攔河堰工程、地下水抽取之外，應積極推動替代性水源的利用，例如：海水淡化、水再生利用技術、雨水貯留等。除可達到提高水資源供給的效果之外，海水淡化與廢污水再生利用更具有高分散性、高穩定性的特性，可做為最低供水量的保證。

四、加強維護現有水源設施、水文資料之掌握，降低乾旱之威脅

臺灣各項水資源工程建設品質均十分優良，但長期運轉下難免有老舊之情形，因此除審慎評估開發新水源外，現有設施

之檢討維修，誠屬重要之環節。其應包括老舊圳路修繕、老舊管線汰換、水庫清淤浚渫等。

此外，欲達成水資源永續利用的目標，就必須確切掌握各項水資源供給與需求面的實際狀況，當所能掌握與分析的資料不確定性高時，很難達到水資源的有效利用與供需平衡分析，缺水的預警系統與因應策略也因此無法妥善建立。今後應投入相當之經費，組成水文、氣象、海洋的精銳團隊與國外單位進行雙邊技術層級的合作與交流，以建立較為可靠的長期氣候及水文預警機制，以利及早有效調度水資源因應乾旱問題。

五、推動水資源科技研究發展與加強水資源之教育宣導

乾旱預警需仰賴水資源相關技術的研究發展，不僅是科技面的進步可以提高水資源利用效率與替代水源的可行性，在社會經濟面的研究也能夠提升水資源管理品質。提高民眾對於水資源永續性與珍貴性，將有助於各項水資源措施之推動，亦提升民眾在進行節水或環境保育等工作的自主意願。

伍、參考文獻

- 一、 平成 17 年日本的水資源，國土交通省，2005 年。
- 二、 平成 15 年日本的水資源，國土交通省，2003 年。
- 三、 國土交通省四國地方整備局概要，日本國土交通省四國地方整備局，2005 年。
- 四、 德島河川国道事務所管內河川事業概要，日本國土交通省四國地方整備局德島河川国道事務所，2005 年。
- 五、 吉野川ダム統合管理事務所事業概要，日本國土交通省四國地方整備局吉野川ダム統合管理事務所，2005 年。
- 六、 池田總合管理所の管理概要，日本獨立行政法人水資源機構池田總合管理所，2005 年。
- 七、 國營讚岐滿濃池公園事業概要，日本國土交通省四國地方整備局國營讚岐滿濃池公園事務所，2005 年。
- 八、 平成 17 年夏早明浦水庫渇水記錄，國土交通省四國地方整備局，2005 年。
- 九、 旧吉野川河口堰管理所，旧吉野川河口堰，2004 年。
- 十、 獨立行政法人水資源機構吉野川局，光輝 21 世紀的生活與水~四國的水資源，2004 年。
- 十一、獨立行政法人水資源機構早明浦水庫・高知分水管理所，光輝 21 世紀的生活與水~四國的水資源，2004 年。
- 十二、國土交通省四國地方整備局，吉野川上游之流水管理，2004 年。
- 十三、四國地方整備局吉野川水庫統合管理事務所，吉野川流域之保育，2005 年。
- 十四、缺水對策（簡報資料），國土交通省河川局，課長補佐 橫田寬伸，2005 年。
- 十五、長期預報入門（簡報資料），原日本氣象廳長期預報官 能登正之，2005 年。
- 十六、天候、氣候系的監視、預測（簡報資料），原日本氣象廳長期預報官 能登正之，2005 年。
- 十七、A useful tool for water management –Mesoscale Meteorological

- Model- (簡報資料)，岐阜大學 理學博士 吉野純，2005 年。
- 十八、岐阜大學預報業務介紹(簡報資料)，岐阜大學 博士研究生 深尾一仁，2005 年。
- 十九、旱災業務講習講義，中央氣象局 陳圭宏，2004 年。
- 二十、水權費開徵行政作業之研究(二之一)，經濟部水利署委託國立中正大學財經法律研究中心之研究，2004 年。
- 二十一、經濟部水資源局，乾旱指標之建立—中部及南部區域，1999 年。