

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：考察)

「赴日考察水庫泥砂淤積之因應對策」
出國報告書

出國人：經濟部水利署科長 陳茂泉

出國地點：日本

出國期間：九十八年六月二十八日至七月七日

報告日期：九十八年十月七日

系統識別號：C09803351

公務出國報告提要

頁數：99 含附件：否

報告名稱：「赴日考察水庫泥砂淤積之因應對策」

主辦機關：經濟部水利署

出國人員：經濟部水利署科長 陳茂泉

出國類別：考察

出國地點：日本

出國期間：民國九十八年六月二十八日至七月七日

報告日期：民國九十八年十月七日

主題/施政分類：農業環保／環境資源 CGO 水利與水資源／水資源開發經營

關鍵詞：氣候變遷，調適策略，日本氣候變遷官方組織，水庫泥砂，淤積對策

內容摘要：

水為人民生活及產業生產不可一日或缺之基本元素，其供應之質與量及穩定度最為重要，我國水庫經營管理現況面臨泥砂淤積庫容減少、水庫設施安全、老化問題、高濁度及優養化水質、水文不確定性高、用水需求持續增加、蓄水設施抗旱能力不足、集水區涵蓄能力降低與氣候變遷等問題，而日本臨近我國，其各項發展影響均為我國水庫經營管理，同時全球氣候變遷可能發生之極大洪災及早澇風險，日本已積極未雨綢繆規劃妥適之策略可供吾人參考。

本次考察行程，選定日本國土交通省相關部門(河川、水資源、氣象等)包括關東地方整備局利根川水庫統合管理局、獨立行政法人土木研究所、砂防協會等為對象，並安排簡報與討論，並至現地參觀，同時推展台日雙方交流。考察主要心得為有：(1)日本國內常發生的洪水或土砂災害，而日本的防災體系運作成熟，各種防災避難路線圖，通常設於明顯之處，可以清楚傳達給居民或觀光客，且國土交通省組成緊急災害對策派遣隊(TEC-FORCE)，當災害發生一定規模時，直接赴地方處理，災害傳遞處置速報，即公告災害發生經過與處置作法，值得吾人學習。(2)日本水庫以再開發或長壽命化(即延壽計畫)，係指庫容增加(如培厚加高)，或進行功能調

整或改善(治水功能、利水功能等)，而進行再開發或延壽水庫計畫工程期間，原有的治水或利水功能將減少，因此在規劃再開發或延壽計畫時必須考量水源之替代。(3)日本在 1960 年代即以水系進行多目標水庫開發，今大多水庫達 50 年經濟壽齡，屆齡水庫，皆面臨再開發或延壽的壓力，惟其各水系擁有多座水庫群，當其中一座進行再開發或延壽計畫，其餘水庫則可以作為備援水庫，推動上較我國具有優勢。(4)在參訪關東地方整備局之利根川水庫統合管理事務所，發現關東地區河川泥砂沖蝕量不高，該地區的水庫較少配置排砂設備或繞庫排砂，而以集水區水土保持工法來替代，例如興建攔砂壩的方式來減少泥沙入庫，定期清理淤積土砂，使水庫的經營得以永續。(5)日本流域整體治理的趨勢遵從國土保全的觀念，推行流域總合水土管理，從流域的上、中、下游、河口與海岸，依所定法律治水、利水、治砂，以完成「河川整備計畫」、「流域水資源總合管理計畫」、「流域土砂管理計畫」、「海岸保全基本計畫」，而我國目前只有「河川治理計畫」較具雛型，建議未來可參考日本進行流域相關的基本計畫。(6)考察利根川資料館水庫統合事務所時，發現其完成之利根川水庫資料館，館內有許多設施，具有創意，除作為環境教育用外亦提供為良好的水資源教育，讓前來遊客了解水資源設施的各項意義，因此期望本署各水資源局亦應加強教育宣導工作並敦親睦鄰，維護水資源。(7)利根川流域整治關係日本首都圈之發展，關東地方整備局已於 2007 年即針對流域未來氣候變遷進行分析，亦同時配合研擬水庫操作運用對策，可值得吾人學習，本署所轄水資源局肩負水源調配及水庫操作營運工作，對未來旱澇之影響亦應加緊腳步研擬水庫相關營管對策以期因應。(8)現地參觀相俣水庫時，其已設置攔木索攔截漂流木，以維水庫設施之安全，鑒於台灣山坡地區皆已開發，漂流木一定會發生，因此建議台灣地區之水庫宜儘速規劃設置攔木索，以維水庫施安全。(9)利根川流域具有系列性水庫，其統合之管理值得學習，吾人對流域內之串聯水庫或並聯水庫之統合營運管理技術，或許可考量為氣候變遷之水庫調適策略之一環，除可改變或賦予水庫新的運用標的及生命外，亦為水資源永續發展另一思維。

考察日本水庫泥砂淤積之因應對策心得

目錄

目錄	i
表目錄	ii
圖目錄	iii
第一章、前言	1
§1.1 目的	1
§1.2 行程概要	1
§1.3 行前準備與考察方式	3
第二章、考察過程與主要內容	4
§2.1 日本氣候變遷研究體系說明	4
§2.2 建設技術研究所(CTI)	12
§2.3 國土交通省河川局	20
§2.4 國土交通省土地水資源局水資源部	24
§2.5 國土交通省河川局砂防部	27
§2.6 環境省地球環境局	28
§2.7 國土交通省氣象廳	32
§2.8 國土技術研究中心(JICE).....	35
§2.9 國土交通省國土總合技術研究所(NILIM)	43
§2.10 土木研究所(PWRI).....	49
§2.11 國際水災害與風險管理中心(ICHARM).....	50
§2.12 利根川水庫統合管理事務所	54
§2.13 相俣水庫事務所	59
§2.14 東京都建設局	64
§2.15 全國治水砂防協會	70
第三章、訪察心得彙整	76
§3.1 氣候變遷調適對策之分工	76
§3.2 氣候變遷調適對策研擬過程	77
§3.3 氣候變遷境況	77
§3.4 水庫土砂管理與水庫延壽	91
§3.5 日本的治水與利水體系	95
§3.6 日本流域整體治理之新趨向	96
第四章 建議	97

表目錄

表 1.3-1 日本訪察行程一覽表	2
表 2.8-1 日本治水經濟調查手冊的發展經緯	39
表 2.8-2 日本現階段治水經濟調查的項目	40
表 2.12-1 利根川流域大於 50mm/hr 天數之預測	57
表 2.14-1 神田川流域調節池一覽表	68
表 3.1-1 日本中央政府氣候變遷相關組織	76
表 3.3-1 氣候變遷下，真冬日與冬日出現頻率之變化一覽表	86
表 3.6-1 日本流域整體治理之相關基本計畫	96

圖目錄

圖 2.1-1 日本兩大人口密集區域地形示意圖	5
圖 2.1-2 地球溫暖化對策推進總部	7
圖 2.2-1 參訪建設技術研究所	13
圖 2.2-2 日本土木學會建議的適應策	14
圖 2.2-3 CTI 發展之洪水預測模式架構示意圖	16
圖 2.2-4 CTI 發展之地面地下水水質預測示意圖	17
圖 2.2-5 綜合土砂管理對策	18
圖 2.2-6 土砂流出模型示意圖	19
圖 2.3-1 國土交通省河川局簡報	20
圖 2.3-2 日本地區氣候變遷影響預測降雨量變化情況	21
圖 2.3-3 日本地區降雨強度的變化趨勢	21
圖 2.3-4 未來水資源量空間分佈	22
圖 2.3-5 洪水風險地圖之調適	23
圖 2.3-6 調適方法執行示意圖	23
圖 2.4-1 國土交通省水資源部簡報	24
圖 2.4-2 地球溫暖化河川流量改變	25
圖 2.4-3 氣候變動下水庫供水能力下降	25
圖 2.4-4 氣候變動下的供需調適	26
圖 2.4-5 流域總合水資源管理架構圖	27
圖 2.5-1 本參訪團拜會河川局砂防部長	28
圖 2.6-1 環境省地球環境局官員進行簡報	29
圖 2.6-2 世界主要排放溫室氣體國家排放量之比較	30
圖 2.6-3 調適策略制訂流程示意圖	31
圖 2.7-1 日本櫻花開花線變化	33
圖 2.7-2 世界氣象組織二氧化碳監測網分佈示意圖	34
圖 2.7-3 官界學界共同分析氣象異常事件檢討會示意圖	34
圖 2.8-1 國土技術研究中心簡報情況	376
圖 2.8-2 日本河川構造物設計沿革	387
圖 2.8-3 因應氣候變遷水資源需求推估	38
圖 2.8-4 國土交通省緊急災害對策派遣隊(TEC-FORCE)架構	41
圖 2.8-5 未來國交省河川砂防技術基準的整合	42
圖 2.8-6 未來河川砂防技術基準之編寫架構	42
圖 2.9-1 拜會國土交通省國土技術總合研究所	43
圖 2.9-2 流域別適應策略分析架構	44
圖 2.9-3 降雨、流量、水位之機率關係	45

圖 2.9-4 日本高潮危險地區	46
圖 2.9-5 世界各海岸年平均侵蝕速度分佈	46
圖 2.9-6 日本海岸保全設施長度	47
圖 2.9-7 日本海堤分階加高加固示意	47
圖 2.9-8 利用洪水預測模式變更水庫操作規線	48
圖 2.10-1 參訪土木研究所	49
圖 2.11-1 拜會國際水災害與風險管理中心(ICCHARM)	50
圖 2.11-2 WEP 模擬示意圖	51
圖 2.11-3 MRI-AGCM 降雨量模擬成果	52
圖 2.11-4 IFAS 模式輸入圖	53
圖 2.11-5 無人流量量測船示意圖	53
圖 2.12-1 利根川水庫統合事務所解說	54
圖 2.12-2 利根川上游流域圖	55
圖 2.12-3 利根川流域未來降雨量變化	56
圖 2.12-4 利根川水庫統合管理事務所內之情報管理室情況	57
圖 2.12-5 利根川水庫資料館展示的水庫卡遊戲組	58
圖 2.12-6 利根川水庫資料館展示水庫模型	58
圖 2.13-1 參訪人與相俣水庫事務所人員	59
圖 2.13-2 相俣水庫概況圖	59
圖 2.13-3 相俣水庫上游立面與剖面圖	60
圖 2.13-4 相俣水庫之壩頂	61
圖 2.13-5 相俣水庫之放流設施	61
圖 2.13-6 相俣水庫之蓄水區	62
圖 2.13-7 水庫上游攔砂壩	62
圖 2.13-8 相俣水庫流木藝品展示	63
圖 2.14-1 蒞臨東京都建設局聽取簡報	64
圖 2.14-2 東京都內河川整備對策示意圖	65
圖 2.14-3 東京都水系圖	65
圖 2.14-4 東京都中小河川整備防護基準	66
圖 2.14-5 神田川流域概況	66
圖 2.14-6 神田川分水路建設	67
圖 2.14-7 目黑川荏原調節池川	67
圖 2.14-8 神田川環狀七號線地下河川	68
圖 2.14-9 貯留施設與浸透施設	69
圖 2.14-10 東京都洪水災害圖的公開與避難路線	69
圖 2.15-1 砂防協會研習情況	70
圖 2.15-2 日本長野縣土砂災害預警系統	71
圖 2.15-3 土砂災害危險地圖的公告	72

圖 2.15-4 小涉水庫的堆積情況	73
圖 2.15-5 小涉水庫土砂災害處理對策	74
圖 2.15-6 安倍川土砂動態圖	75
圖 3.3-1 溫室氣體排放情境示意圖	79
圖 3.3-2 未來二氧化碳排放情境預測示意圖(1990~2100)	80
圖 3.3-3 全球氣溫上升預測示意圖	81
圖 3.3-4 相對應氣候模式示意圖	82
圖 3.3-5 日本氣候變遷預測分區示意圖	83
圖 3.3-6 日本近海海域劃分示意圖	83
圖 3.3-7 日本未來冬季平均氣溫變化預測示意圖	84
圖 3.3-8 日本各氣候分區未來平均氣溫變化示意圖	85
圖 3.3-9 日本未來降水量變化預測示意圖，	86
圖 3.3-10 日本各氣候分區未來降水量變化示意圖	87
圖 3.3-11 未來降水量變化預測示意圖(A1B 情境模擬結果)	88
圖 3.3-12 日本近海年平均海面水溫長期預測變化量(°C/100 年)	89
圖 3.3-13 日本近海海域年平均海面水溫長期變化量(°C/100 年)	89
圖 3.3-14 日本近海的年平均海平面水位長期變化預測	90
圖 3.4-1 水庫土砂處理對策	91
圖 3.4-2 繞庫排砂與水庫排砂示意圖	92
圖 3.4-3 水庫庫容、水庫運用率、年土砂輸送的關係	93
圖 3.4-4 水庫功能提升案例示意圖	94

第一章、前言

§1.1 目的

水為人民生活及產業生產不可一日或缺之基本元素，其供應之質與量及穩定度最為重要，我國水庫經營管理現況面臨泥砂淤積庫容減少、相關設施安全、老化問題、高濁度及優養化水質、水文不確定性高、用水需求持續增加、蓄水設施抗旱能力不足、集水區涵蓄能力降低與氣候變遷等問題，而日本臨近我國，其各項發展影響均為我國水庫經營管理，同時全球氣候變遷可能發生之極大洪災及早澇風險，日本已積極未雨綢繆規劃妥適之策略，以確保現有及未來水庫安全及原計畫功能，可為我國擬訂策略之參考對象。

地球暖化一直被視為近年來氣候變遷的主要原因，根據聯合國IPCC(2007)的評估報告指出，有非常高的證據顯示，即使在現有以及持續的減量策略下，未來幾十年全球的溫室氣體排放仍會成長，故氣候變遷的效應在 21 世紀仍會持續發酵。

由於氣候變遷引發的溫度上昇，直接影響到水環境的特性，例如降雨強度增加、乾旱期增加等因素，故對於水利建設的衝擊也不同忽視。水利署有感於此，已開始著手擬定水利建設因應全球氣候變遷白皮書與其調適策略，鑑於日本有關氣候變遷的研究及調適政策擬定的起步較我國為早，且地文、水文情況與我國類似，故本計畫乃規劃至日本參訪相關公部門，透過簡報與對談方式，以一窺日本目前氣候變遷調適策略之走向，除作為我國水資源白皮書及水庫泥砂淤積策略擬定參考。

綜上，本次日本參訪行程，係選定日本國土交通省相關部門(河川、水資源、氣象、水庫管理單位等)為主要參訪對象，並安排環境省簡報與討論，並至各獨立法人或財團法人研究機關，了解氣候變遷的幕僚作業、水庫淤積處理，並可進一步推展台日雙方交流。

§1.2 行程概要

本次考察期程自民國 98 年 6 月 28 日至 98 年 7 月 7 日止，為期共 10 天。行程包括日本國土交通省河川局、土地水資源局的水資源部、氣象廳、河川局砂防部、環境省地球環境局、國土交通省國土技術政策總合研究所(簡稱國總研)、東京都建設局、關東地方整備局利根川水庫

統合管理局、獨立行政法人土木研究所、砂防協會、財團法人國土技術研究中心，有關本次日本考察行程表可詳如表 1.2-1 所示。

表 1.2-1 日本考察行程一覽表

日期	天數	地點	工作內容	參訪重點	
6/28	1	東京	搭機直飛日本東京		
6/29	1	東京	上午	◎建設技術研究所	1.土木學會氣候變遷調適策略 2.都市地區總合治水 3.都市地區水環境改善 4.總合土砂管理與水庫再開發
			下午	◎國土交通省河川局	1.國交省河川局氣候變遷調適策略 2.水災害調適策略
				◎國土交通省土地水資源局水資源部	1.氣候變遷對水資源之影響 2.流域總合水資源基本管理計畫 3.日本目前水資源政策
6/30	1	東京	上午	◎國土交通省河川局砂防部	1.國交省砂防部流砂系一貫概念 2.台日合作議題
			下午	◎環境省地球環境局	1.環境省氣候變遷中期目標訂定 2.環境省聰明適應策訂定與功能分工訂定 3.環境省調適對策訂定過程
7/1	1	東京	上午	◎國土交通省氣象廳	1.氣候變遷下海洋的監視狀況。 2.日本氣候變遷降雨量的預測。 3.本氣象部門與河川部門之合作。 4.長期日本颱風的相關變化。
			下午	◎國土技術研究中心	1.河川整備計畫 2.河川堤防與河川構造物檢查 3.氣候變遷下水資源需求與社經條件的檢討 4.日本治水經濟調查的關鍵課題
7/2	1	筑波	上午	◎國土交通省國土技術總合研究中心	1.國總研「氣候變動適應研究本部」推動情況 2.風險評價在治水上的研究 3.因應氣候變動的海岸保全施設調適研究 4.因應氣候變動的水資源管理研究
			下午	◎獨立行政法人土木研究所	1.台日合作交流議題交換 2.綜合洪水風險管理技術暨世界的洪水災害防止與減輕研究
				◎國際水災害與風險管理中心 (ICHARM)	1.氣候變遷評估相關工具模式開發 2.氣候變遷與社經環境條件的關係 3.台日合作專題討論
7/3	1	群馬	上午	◎利根川水庫統合管理中心 (含利根川水庫資料館)	1.利根川流域氣候變遷調適對策 2.利根川水庫群管理 3.日本水資源教育展示創意
			下午	◎相俣水庫	1.水庫土砂管理

日期	天數	地點	工作內容	參訪重點
				2.水庫漂流木對策
7/4	1	東京	行程移動至東京	
7/5	1	東京	資料整理	
7/6	1	東京	上午	◎東京都建設局 1.東京都建社局氣候變遷對策 2.東京都神田川總合治水
			下午	◎全國治水砂防協會 1.氣候變遷下砂防工程適應策略 2.水庫土砂問題與防砂 3.總合土砂管理
7/7	1	台北	東京返台北	

§1.3 行前準備與考察方式

- 1.出國前先行設定參訪單位，擬定我方課題，再請日本交流協會聯絡日方。
- 2.我方先行設定議題，例如氣候變遷對日本治水與利水的影響，日本氣候變遷對水庫土砂管理的影響等。
- 3.先了解日本政府部門公布的政策資訊與文件，先行就背景資料進行了解，再提出關鍵課題。
- 4.聆聽簡報時，可就簡報內容與相關文獻相關資料進行詢問與討論，從而掌握問題點並可立即獲得回應。
- 5.現地勘查時須配合圖面作業，再與相關文獻相關資料進行交叉比對，從而掌握問題點。
- 6.日本參訪行程的通譯不可或缺，本次行程主由砂防協會介紹之李秀娥小姐擔任口譯。

第二章、考察行程摘錄與主要內容

§2.1 日本氣候變遷研究體系說明

§2.1.1 日本地理氣候介紹

日本全國有 4 大島嶼以及 6000 多個小島所組成，2005 年時的總面積約為 377,915 平方公里，其中 374,744 平方公里為土地，另外 3,091 平方公里為水域，其為一狹長形的島嶼國家，海岸線總長 29,751 公里，佔世界第 6 長；而對於日本列島所處之地理板塊位置，則是由歐亞大陸板塊與其它板塊碰撞突起而成，故形成的國土約有 75% 為山地丘陵地帶，造成日本國內的河流流程偏短、河川流域小且落差大。平原地形則多位於沿岸地區，成為日本人口、都市、經濟命脈的集中地，所以約有 50% 的人口數以及 75% 的資產僅位於 10% 左右的土地上，如圖 2.1-1 所示。

由於日本全國橫跨的緯度頗大，南北氣溫差異十分顯著，北部的北海道與本州的高原地帶屬亞寒帶，本土地區則屬於溫帶，而沖繩等南方諸島則為亞熱帶。另外，日本受到季候風及洋流匯流的影響，一整年之中，四季分明且降水充沛；於 6~9 月間，熱帶氣流從太平洋趨向日本，再加上黑潮與親潮在周邊的海域交會，為日本帶來悶熱、雨量充沛的夏季。另外，日本的氣候尚有兩個特別時期，一個是 6 月左右的梅雨期和 9 月左右的颱風期；而日本的年平均雨量約為 1700 毫米左右，其中有 70~80% 的降雨集中在 6~9 月之間。

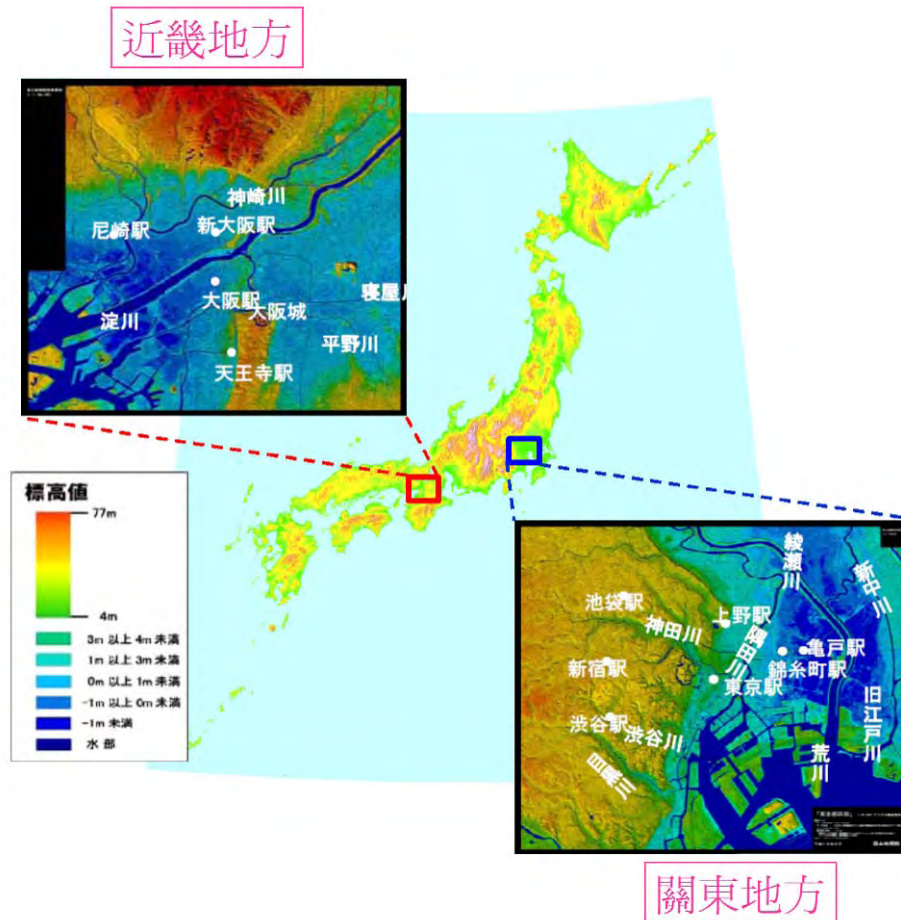


圖 2.1-1 日本兩大人口密集區域地形示意圖

§2.1.2 日本地球溫暖化防止對策沿革

日本對於地球溫暖化的環境議題注目甚早，於平成元年(1989年)5月12日召開「地球環境保護之相關閣僚(內閣)會議」，協調相關行政單位使其彼此橫向聯繫，期能有效率與整體性的推展工作，而平成二年(1990年)10月23日，內閣會議決議制定「地球溫暖化防止行動計畫」規劃期程為1991年至2010年，其主要目標以抑制溫室氣體排放量，由當於環境廳¹執行，但囿於計畫位階僅為行政命令層級，成效有限；又當年缺少民間單位參與，未能在社會形成支持的氛圍；另外該計畫未設計回饋機制，雖過程中進行政策檢討，然檢討結果並未重新形塑新政策。

¹日本環境廳於2001年升格為環境省。

1997年日本橋本首相在「京都議定書」²後，為解決1990年行動計畫的缺失，於12月19日在首相官邸成立了「地球溫暖化對策推進本部」，翌年(1998年)6月隨即發表「地球溫暖化對策推進大綱」，作為推展相關政策之指導原則與方向，日本國會並於10月通過由環境廳制定的「地球溫暖化對策の推進に関する法律」(關於地球溫暖化對策之推進法律)，為世界首部針對氣候變遷訂定的法律，其中明訂「地球溫暖化對策推進本部」的組織與任務，中央與地方政府的職責，環境省與其他省間的協調合作等關鍵課題，至此，日本地球溫暖化對策的政府架構已大致形成。

「地球溫暖化對策推進本部」目前屬於日本首相官邸的會議組織(參見圖 2.1-2)，其中內閣總理大臣(首相)係擔任本部長，副本部長則由內閣官房長官、環境大臣、經濟產業大臣擔任，並召集七大臣(國土交通省、環境省、經濟產業省、農業水產省、厚生勞動省、文部科學省、外務省)擔任本部員。故嚴格來說，日本目前共有七個省(部會)，在「地球溫暖化推進本部」規範下，各自成立相關的因應組織。

²由於1992年簽訂「氣候變化綱要公約」後，全球二氧化碳濃度仍在不斷上升，原公約減量目標並未被會員國認真執行，而在國際上引起極大的爭議，故有形成制定具有法律力的議定書的共識。故在1997年12月1日~10日，日本京都召開的第3次氣候變化綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)的「第三次締約國大會」(COP3)中簽署所謂的「京都議定書」，規範38個國家及歐盟，以個別或共同的方式控制人為排放之溫室氣體數量以期減少溫室效應對全球環境所造成的影響。

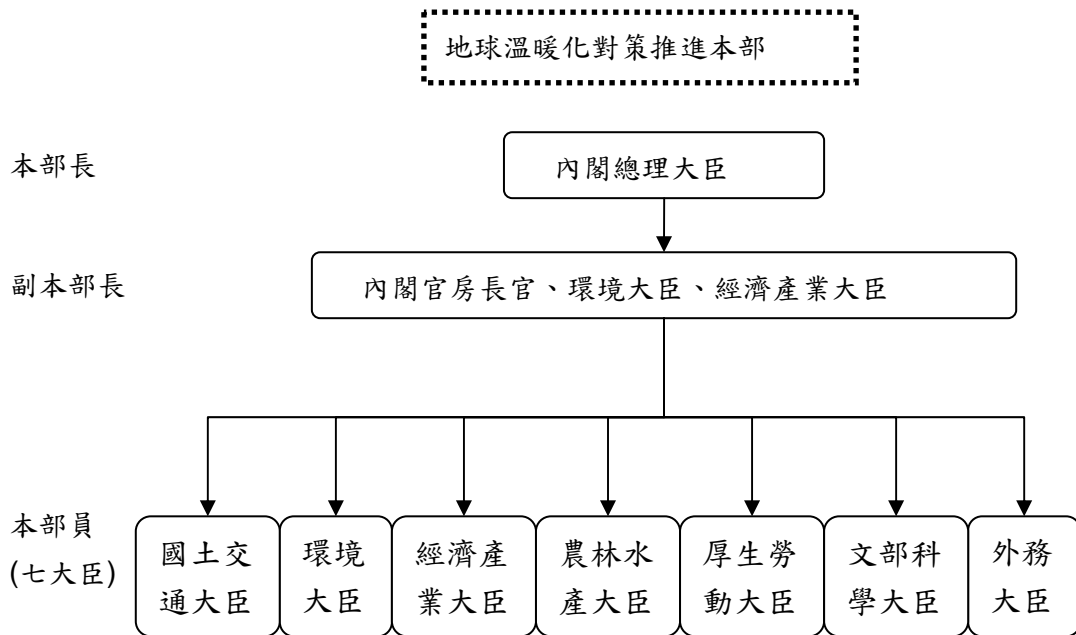


圖 2.1-2 地球溫暖化對策推進總部

§2.1.3 日本政府各官廳之氣候變遷組織與研究

IPCC 第三次報告(2001)將氣候變遷的因應對策歸納為兩大主軸，分別是「緩和策」與「適應策」(台灣稱為調適策略)，其中緩和策重點在於緩和「溫室效應氣體」³的排放量，至於適應策則是因應未來氣候變遷產業的影響，在降低災害風險原則下，提出因應之道。

由於氣候變遷影響的層面很廣，在「地球溫暖化推進本部」下各省廳(部會)，基本上皆已根據本身的業務需求，成立相關的審議會、計畫或組織，包括氣候變遷的基礎研究與政策研究，並編列相關預算支應。

茲就「地球溫暖化推進本部」下的一府(內閣府)及七大臣之氣候變遷組織與研究說明如次：

1.內閣府

內閣府主要由政策統括官⁴(防災担当)與政策統括官(科學技術政策・イノベーション担当)組織，其中前者主要整合各省有關防災的對策；後者則主要負責節能減碳與地球暖化相關的研究。

³依據日本平成 10 年(1998 年)10 月 9 日法律第 117 號「關於地球溫暖化對策之推進法律」條文定義：「溫室氣體」泛指二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亞氮(N₂O)、氫氟碳化物(HFC)、全氟碳化物(PFC)、六氟化硫(SF₆)。

⁴日本內閣府的政策統括官相當於我國行政院之政務委員。

2. 國土交通省(MILT)

國土交通省(簡稱為國交省)於 2001 年成立，主要合併建設省、運輸省、國土廳與北海道開發廳，負責日本之河川、海岸、砂防及水資源政策，其受到氣候變遷所影響的範圍較大，故本考察將國交省列為主要參訪對象，而國交省與氣候變遷適應策相關的組織頗多，列舉如下：

- (1) 國土交通省 総合政策局環境政策課地球環境政策室
- (2) 國土交通省 気象庁地球環境・海洋部地球環境業務課長
- (3) 國土交通省 河川局河川計画課
- (4) 國土交通省 河川局砂防部
- (5) 國土交通省 土地水資源局水資源部
- (6) 國土交通省 港湾局海岸・防災課
- (7) 國土交通省 都市・地域整備局下水道部
- (8) 國土交通省 国土技術政策総合研究所気候変動適応研究本部

此外，國交省所管的獨立行政法人團體或財團法人，例如土木研究所(PWRI)、國土技術研究中心(JICE)、水資源機構等，也已進行相關的專題研究。至於國交省之住宅部門、運輸部門所進行的政策研究，包括綠建築、交通政策等，則多屬節能減碳的緩和策為主，故在此不再贅述。

此次考察參訪的國交省相關單位包括河川局河川計畫課、河川局砂防部、土地水資源局水資源部、氣象廳以及國土技術總合研究所等公務部門，依據 IPCC 第四次評估報告後，各單位已陸續組織審議會展開相關研究，最近公開之文件包括：

- ◎水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について(答申)(平成 20 年 6 月)
- ◎水災害リスク評価手法の検討(平成 20 年 12 月)
- ◎中小河川における局地的豪雨対策について(平成 21 年 1 月)
- ◎中小河川における水難事故防止策について(平成 21 年 1 月)
- ◎溪流における局地的豪雨に対する警戒避難対策に関する提言(案)(平成 20 年 12 月)
- ◎中長期的な展望に立った土砂災害対策に関する提言～死者ゼ

口の実現を目

- ◎「気候変動によるリスクを踏まえた総合的水資源マネジメント」について
(中間とりまとめ)(平成20年5月)
- ◎「総合水資源管理について」(中間とりまとめ)(平成20年10月)
- ◎下水道総合浸水対策計画策定マニュアル(案)(平成18年3月)
- ◎「水・物質循環系の健全化に向けた流域管理のあり方について」
(平成19年11月)
- ◎「今後の地球環境業務の重点施策」(平成20年6月)
- ◎「地球温暖化に起因する気候変動に対する港湾政策のあり方」
答申(平成21年3月)
- ◎「社会資本整備審議会河川分科会気候変動に適応した治水対策
検討小委員会」
- ◎溪流における局地的豪雨に対する警戒避難対策WG
- ◎土砂災害対策懇談会
- ◎下水道政策研究委員会浸水対策小委員会
- ◎下水処理水の再利用のあり方を考える懇談会
- ◎下水道政策研究委員会流域管理小委員会
- ◎下水道膜処理技術会議
- ◎気候変動監視レポート

3.環境省(ME)

環境省目前已於2007年由所屬的地球環境局，組成了一個「地球温暖化影響・適応研究委員会」，由茨城大学的三村信男教授擔任座長，分別針對七大領域，例如糧食、水環境・水資源、自然生態系、防災・沿岸大都市、健康、國民生活・都市生活以及發展中國家等，說明全球氣候變遷的種種證據，並且匯整上述各個不同領域之專家學者研究成果，於2008年提出「気候変動への賢い適応」(氣候變遷下的聰明適應)報告書，強調這些聰明的適應是有效果及有效率的調適策略，其中包括(1)促進區域性脆弱度的評價、(2)早期預

警系統的引用、(3)依據不同層面的策略活用，如技術性、法制性或經濟性等層面、(4)有效活用長期或短期不同的觀點、(5)觀測結果的有效利用以確保調適策略的導入、(6)調適策略的主流化、(7)重視氣候變遷的緩和策略對環境、社會經濟帶來的相乘效應、(8)改善整個社會對保險等經濟系統的調適能力、(9)相關組織的聯合與合作體制的建立、(10)人才的培育等。

另外，環境省地球環境局下設有「地球環境研究綜合推進會」，其中第一分科的「オゾン層の破壊、地球の温暖化」，主要研究臭氧層的破壞及地球暖化等課題，主要委由產官學界研究，以專案方式進行，每一研究案期程為3年(最多延長為5年)。

環境省所管之獨立行政法人國立環境研究所，於2009年提出環境省地球環境研究綜合推進費的戰略研究-『S-4 温暖化影響總合預測計畫』報告書，其主要利用大氣環流模式，模擬未來不同溫室氣體的排放情境(二氧化碳濃度為450ppm、550ppm以及如同現今情況發展等三種情境)，對於日本各項天然災害(如洪水氾濫、土砂災害、高潮、森林棲地與生態、海灘流失以及熱中暑死亡等)所造成的影響，並依照不同程度的衝擊情況與影響，提出相對應的調適策略。

4.文部科學省(MEXT)

文部科學省簡稱為文科省，其下設有研究開發局的海洋地球課主要負責氣候暖化相關的業務，文科省主要工作為進行氣候變遷研究的先趨工作，平成14年(2002年)起，文科省展開兩項研究計畫，分別是「地球環境變動予測のための基礎的なプロセスモデル開發研究」與「全球規模から地域スケールまでの氣候變動シミュレーション研究」，該兩計畫主要是利用超級電腦進行氣候變動過程的模式開發與降尺度研究，另文科省在2002~2006年間，推行了關於氣候變遷之『人、自然、地球共生計畫(人・自然・地球共生プロジェクト)』，以建構全球溫暖化之預測模式、氣候與水文循環變動預測，以及相關的共通基本技術開發。2008年，文科省的地球環境科學技術委員會完成了「地球環境科學技術に関する研究開發の推進方策について」報告，該報告確立了日本須發展本土氣候模式，並建議日本未來地球環境基礎科學的方向為：(1)統合地球環境觀測系

統、(2)高階化氣象模式的建置、(3)解明陸域、海域氣候變動的過程、(4)地域化與局部化氣候預測的統合、(5)過去地球氣候變遷歷史的解明、(6)脆弱度高區域及沿岸大都市的氣候變遷影響的預測及預測、(7)氣候變遷與災害風險的關係、(8)針對 2030 年中期目標的環境技術開發。

為呼應前項報告成果，文科省於東京大學成立「データ統合・解析システム」的資料整合平台，統合相關研究的基本資料，並確保一致性，另文科省也提出了『(21 世紀氣候變動予測革新プログラム』(21 世紀氣候變遷革新計畫)，該計畫有七子計畫，五大團隊組合(地球環境予測、近未來氣候予測、極端現象予測、雲解像モデリング、海洋微物理過程)該革新計畫主要期能為 IPCC 預定於 2014 年所發表的第五次評估報告(AR5)，貢獻更合理的預測結果，另外並期望能為各公務部門於因應氣候變遷的調適策略上，提供科學方面的基礎。

5. 農林水產省(MAFF)

農林水產省，主要負責農業、畜產業、林業與水產業等業務，由於全球暖化之氣候變遷對於農漁業有直接的衝擊，農林水產省內的大臣官房環境バイオマス政策課主要負責糧食生產受到氣候變遷的政策評估，另外，農林水產省內的農林水產技術會議事務局，則是設置「地球温暖化対策研究推進委員会」組織，邀請學界與產業界擔任委員，進行地球溫暖化的研究，該委員會已於平成 20 年(2008)發表「地球温暖化対策研究戦略」，其戰略分為溫暖化的防止對策、適應對策與國際合作等三大區塊，其中森林政策與二氧化碳減量有關，而氣候變動對日本糧食(例如稻米、蘋果)生長的空間與時間也有影響，此部分須進行調適，至於國際合作部分則考量日本糧食大部分來自國外輸入，故與國外的糧食動態息息相關。

另外，由於農林水產省亦是日本農業用水的管理機關，其地方農政局及國營土地改良區(相當於我國農田水利會灌區)另外，農林水產省農村振興局整備部水資源課則於 2008 年起辦理「氣候變動に伴う農業生産基盤に関する適応策検討調査」研究，預計於 2010 年完成，該調查計畫主要係針對農地、農業用水、土地改良施設(灌溉設

施)之調適策略進行研究。

6.經濟產業省方面(METI)

經產省內的產業技術環境局環境政策課，主要負責地球溫暖化之緩和對策，因經濟產業省主要掌管能源與工業相關部門，其受到二氧化碳排放的影響較大，故經濟產業省主要的息息相關，故經濟產業省則負責氣候變遷造成地球溫暖化之緩和策略制訂，例如低碳革命，相關的部門如產業技術環境局環境政策課地球環境對策室。

另外經產省內的經濟產業政策局下之產業施設課則主管「工水」(工業用水)事務，其調適策略主要配合國交省的水資源調適策略予以進行。

7.厚生労働省(MHLW)

厚生労働省簡稱為厚勞省，其在 2001 年由厚生省與労働省合併而來，其大臣官房下設有「環境対策推進本部」，該部門係於 2004 年設置，其 2008 年發表的「厚生労働省における環境配慮の方針」，已將地球溫暖化列為其中的重要課題，另由於厚勞省主管「上水」(上水道用水，相當於我國的自來水)及食品、醫藥、衛生等事務，經環境省的初步研究，未來氣候變動有其影響，故目前厚勞省已於 2009 年起，針對上述主管事務，進行調適政策的研究。

8.外務省

考量氣候變遷乃全球性事務，部份政策的實施須經由國際間的合作與配合，而部分的環境政策，亦須辦理他國締約，故外務省亦負責部分氣候變遷的國際合作事宜。

§2.2 建設技術研究所(CTI)

本日考察於 6 月 29 日上午拜訪位於東京都的(株)建設技術研究所，該公司成立於 1963 年，員工約有 1,100 人，積極擴展國際業務，在全球氣候變遷議題方面，亦有相關的業務及研究成果。

會議一開始先由建設技術研究所企劃本部國際部長的遠山正人擔任司儀，於建設研究所之會議室舉行(參見圖 2.2-1)，接著向日方介紹台灣的水資源特性及水利行政，日方由企劃本部的阿部令一本部長介紹建設技術研究所的情況，並石井弓夫會長進行日本土木學會「地球溫暖化

への取り組みの紹介」，接著由東京水系統部部長藤原直樹進行「都市域における総合的な治水対策」之簡報及鈴木英之主任介紹「都市域における水物質環境改善」，最後則由九州支社壩工部主幹高塚哲進行「総合土砂管理及びダム再開發」之簡報。



圖 2.2-1 參訪建設技術研究所

一、土木學會的氣候變遷適應策

第一場簡報內容由 CTI 會長石井弓夫主講，由於石井會長目前擔任日本土木學會(JSCE)「地球溫暖化對策特別委員會」的委員長，先前亦曾擔任「地球環境の変化に伴う水害・土砂災害への対応小委員会」的委員長，曾於平成 20 年(2008 年)發表「地球環境の変化に伴う水災害への適応」專文，石井會長於會中闡述日本土木學會於地球暖化相關事務的成果，提出日本土木學會對於水災害之調適對策(如圖 2.2-2)提出因應水災害土木工程應如何面對全球暖化衝擊之對策。

日本土木學會提出的水災害適應策包括公共工程投資、建立災害認知社會、提升災害免疫力、災害抵抗力、增加災害復舊能力策略。

日本土木學會對地球溫暖化議題相當重視，目前的「地球溫暖化對策特別委員會」下也設置三個小委員會，分別是「緩和策小委員會」、「適應策小委員會」及「地球溫暖化影響小委員會」。

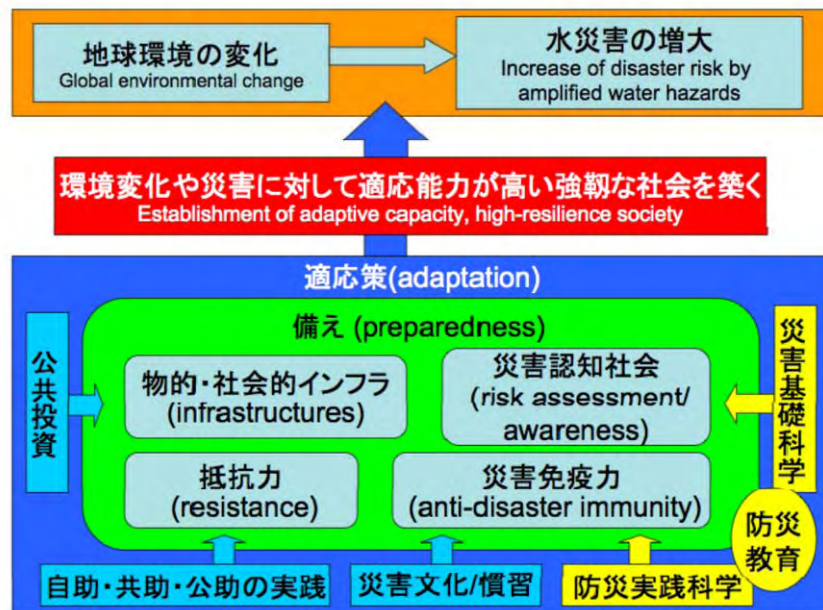


圖 2.2-2 日本土木學會建議的適應策

二、都市地區的總合治水

本簡報由東京本社水システム部の藤原直樹部長就「都市地區的綜合治水對策」進行介紹，其內容主要分為日本都市地區的水害問題、水害的因應對策及 CTI 建議具體的方案等三部份。

在都市綜合治水對策方面，藤田先生介紹了日本河川的氾濫特性，並且模擬在氣候變遷下受到洪水災害的影響，就短期、中期與長期計劃，提出統合流域的觀點，期望達到損害最小化，其中包括：

- (1)都市水管理：利用抽水系統即時操作配合河川與下水道之合流改善。
- (2)河川情報：開發洪水、淹水預測系統及地理情報資訊系統，並檢討設施操作方法。
- (3)水環境・水物質循環：都市水・物質循環之檢討並進行環境調查。
- (4)上下水道計畫・設計：抽水站、雨水貯留設施的設計規劃並活用下水道資源。
- (5)合意形成支援技術：公開各種資訊以促進居民之意見交會。

台灣與日本同屬亞熱帶島國，在水文、地文及人文環境上頗為相似。近年來，日本由於經濟發展較為快速，在 70 年代即著手解決高都市化地區之水患問題。1977 年針對高度都市化流域提出「綜合治水對策」，包括河川整備、流域對策及被害減輕對策等，除治理河川及興修下水道外，並運用「流域上游蓄洪」、「中游滯洪」、「下游排洪」、「雨水貯留」及「降低低地土地使用強度」等策略，全面改善易淹水地區之淹水潛勢；1987 年提出「高規格堤防」對策，結合土地利用，同步解決河川沿岸低窪地區之淹水問題；2000 年不再堅持傳統不淹水政策，提出「流域性洪水有效管理對策」，接受使用開口堤等防洪設施，允許洪水漫淹村落，來增加流域之滯洪能力；2003 年更制定「特定都市河川浸水被害對策法」，將內水及外水對策予以整合，並明文規定禁止調整池填平及變更用途，以解決特定都市地區之水患問題。都市型水害，日本在硬體對策方面主要以地下空間儲水，因此，針對如何嚴防地下空間之淹水過去已有相當多的研究。此次，CTI 即針對軟體對策方面包括各地區雨量及水位資料之提供、各河川流域淹水潛勢圖之公布等予以解說。

以 CTI 提出之洪水預測、淹水預測系統(參見圖 2.2-3)，除了在模擬系統內考慮都市抽水站操作、建模上亦考慮建物、地下鐵、地下室、地下街等設施，使淹水模擬貼近實際情況，系統能預測下一個小時降雨之淹水情勢作為河川局緊急疏散之參考依據，希望讓民眾生命財產之損害程度達最小化。另外，淹水模擬案例已可針對內水、外水或兩者同時發生進行模擬，而日本國土地理院的地形基本圖為 1/1000，故工程師建模時之道路系統、下水道系統、建物已然完備，其模式的地形精度普遍較台灣佳，基本上可反應道路積水、下水道及河道泛濫之模式。

目前國內本署每年之防汛工作重點之一為公佈淹水潛勢圖，即時的淹水範圍可藉由淹水水位監測系統獲得，但若欲事先了解並掌握可能的淹水範圍，以作為水災防救之參考，則有賴淹水潛勢圖的蒐集及實際災情之建立。

行政院國家科學委員會防災國家型科技計畫辦公室（現國家災害防救科技中心）於民國 88 年起製作全省各縣市之淹水潛勢圖，供各

方防災規劃之參考。

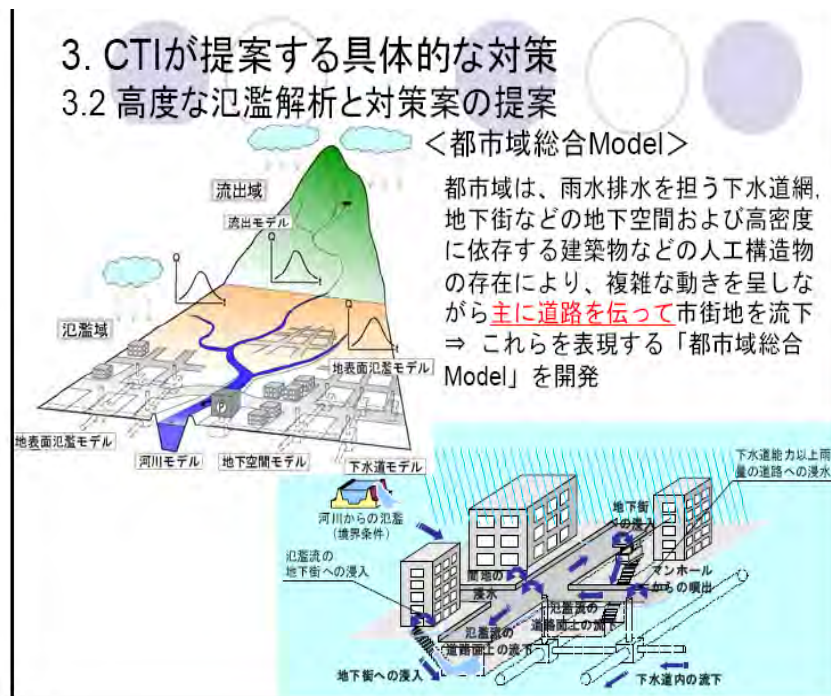


圖 2.2-3 CTI 發展之洪水預測模式架構示意圖

但上述淹水潛勢圖係採用民國 78 年之 40m×40m 數值地形高程資料為演算基礎，其精度與資料不足為其缺點，故不得不對部分水利構造物與相關運算條件予以簡化或忽略，此對水利工程規劃設計或防救災系統而言，其精度略顯不足。

本署防災中心考量淹水潛勢圖製作至今已多年，相關地形、地貌已有大幅改變，因此編列預算分區進行更新工作，以往國內模擬淹水時，多假設下水道排水系統中之人孔溢流量不再回流至管線中，以漫地流方式於地表運動，此假設與現實狀況明顯不符，故我國刻正發展的淹水模擬宜能反應下水道與漫地流相互流通機制。此與本次 CTI 提出之模擬技術提升有異曲同工之妙。

三、都市地區的水環境改善

本簡報則是由東京本社水システム部の鈴木英之主任進行說明，鈴木主任說明目前日本都市地區之河川環境所面臨的課題，從 60-70 年代重金屬含量高，演變至 80 年代有機物含量產生污濁，90 年代家庭污水，至現今面對惡臭及去色等課題。

而鈴木主任提到，未來氣候變動情形下，河川流量變少，將降低河川自淨能力；而水溫升高，也會使水質更形惡化，而河川水質不佳，亦會危及河川的生態。因此，鈴木主任提出下列三點：

- (1)統合的流域管理：加強小規模的污水處理設施，配合衛星處理較大規模的水、污泥循環利用，以確保最後處理後再生水的水量。
- (2)高度的解析以提出對策方案：利用地下水及水質模式模擬採用水質對策前後之差異，並提出分析及評估。(見圖 2.2-4)
- (3)直接淨化對策之規劃與設計：適當的評估流域的條件，提出該流域最可能實現之淨化處理方案，例如生物化學的處理或是物理化學的處理，針對不同的淨化對策進行相關的規劃與設計。

3. CTIが提案する具体的な対策

3.2 高度な解析と対策案の提案

<水質汚濁、対策効果の解析・評価(1)>

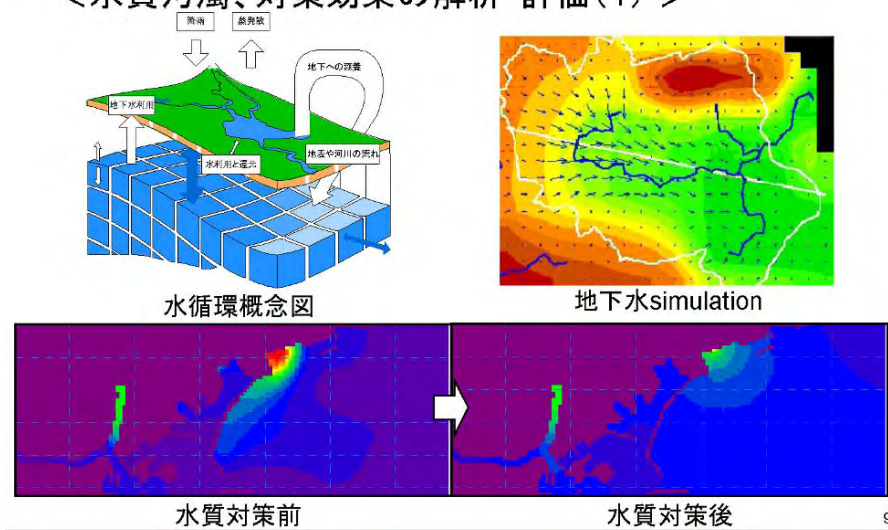


圖 2.2-4 CTI 發展之地面地下水水質預測示意圖

四、總合土砂管理與水庫再開發

在總合土砂管理方面，CTI 九州支社壩工部的高塚主幹先就日本的土砂情況與總合土砂管理進行介紹，而目前日本土砂災害對策設施之整備主要工作重點包含水土保持事業、地滑對策事業、傾斜地崩塌對策事業、總合土砂災害對策等。

高塚主任特別說明，日本總合土砂管理強調「流砂系一貫」(參見圖 2.2-5)，也就是以流域為整體，管理山地、水庫、河川及海岸等四大單元的土砂，而最終以海岸平衡為土砂控制基準點，故嚴格來講，日本的總合土砂管理已進展到山、水庫、河、海的整體管理架構。

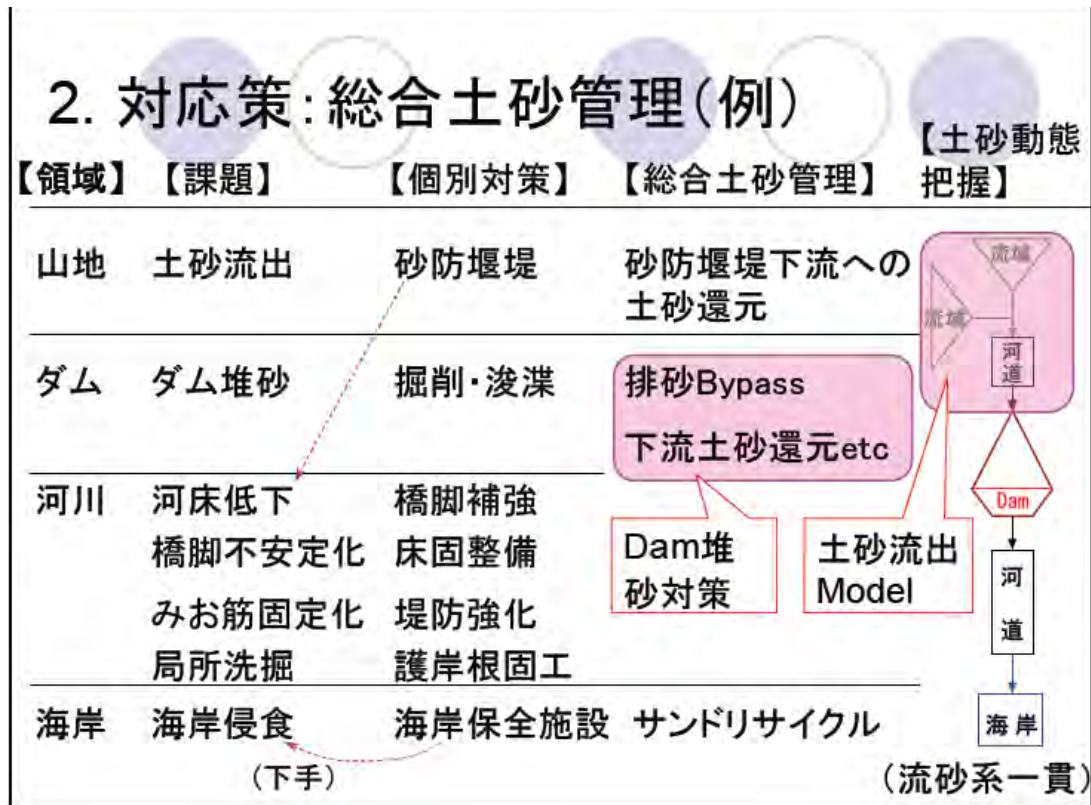


圖 2.2-5 總合土砂管理對策

高塚主幹另針對總合土石災害對策所提出之土砂流出模式(Model)技術進行介紹，包括(1)流入土砂減量：降低上游的土砂流出量，並穩定河道。(2)促進土砂通過：新建排砂通道促進土砂經由排砂通道排至下游。(3)排除土砂：在洪水時期降低蓄水位，將累積的土砂沖洗排出，並挖掘上游堆積的土砂，還原至下游河川。

而針對河道內堆積土砂(量、質)的考慮，CTI 已與京都大學防災研究所共同研發精密的土砂流出模型預測流入水庫的土砂(模式示意參見圖 2.2-6)。該模式之網格大小為 250 公尺x250 公尺，依據斜面安全率與雨量指標，可估計每場降雨的土砂產生量。

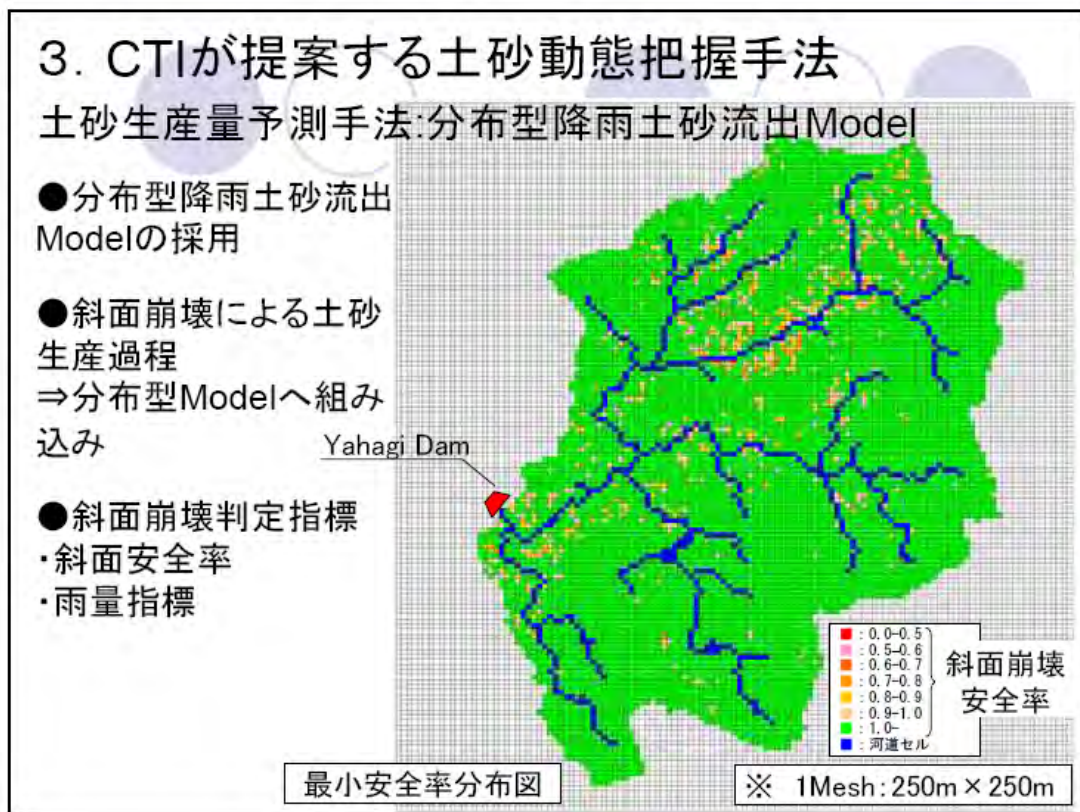


圖 2.2-6 土砂流出模型示意圖

高塚主幹接著介紹日本水庫堆砂的處理手段，大致有三，一為採取繞庫排砂(Bypass)、水力排砂(Flushing)與下游河川土砂還原(水庫浚淤後，將土砂歸於下游河道)，其中繞庫排砂設置成本高，但營運費較低；而水庫排砂必須空庫運轉，故前提須有備援水庫或串聯水庫運轉配合；而下游河川土砂還原，則須配合在上游興建防砂壩或水庫清淤，增加水庫的容量，本法初期投資成本低，但營運成本高，基本上較適合大水庫。

最後，高塚主幹提出日本現有超過 100 年歷史的水庫的再開發議題，主要包括容量增加(加高)、功能變更(例如利水功能改為治水功能)等方式，因結構體不論是培厚或改善設備，由在施工期間，水庫的操作必須中斷，其原有功能須由流域內的其他水庫替代，而日本水庫開發單位，較為多元，除國土交通省外，水資源機構、電力公司、農林水產省或地方政府，故日本目前有多座水庫再開發案都尚在研議中。

§2.3 國土交通省河川局

本日考察於 6 月 29 日下午，在交流協會東京本部的協助之下，邀請國土交通省河川局河川計畫課河川計畫調整室藤田士郎先生進行簡報(參見圖 2.3-1)，藤田先生介紹的主題為日本最近河川管理的課題、全球暖化的氣候變遷影響及調適課題等。



圖 2.3-1 國土交通省河川局簡報

簡報中藤田先生說明，日本位於洪泛區的土地有 10%，其中有 50% 的人口及 75% 的財產集中於此，也是日本河川管理為何受重視的原因。而近五十年來日本都市化的結果導致降雨產生之洪水流量變大、洪峰到達時間縮短，是河川管理所面臨的課題。此外，從氣候變遷的研究發現極端降雨事件有增加的趨勢，洪災造成財產損失統計資料也有增加的趨勢。事實上，以目前研究資料顯示，將全國劃分為 11 個地區比對 100 年的年最大日雨量，北海道和東北地區顯示有高倍率的傾向，其他區亦顯示有增多的傾向(參見圖 2.3-2 所示)。以國土交通省河川局河川管理角度認為降雨量增加會導致治水安全係數降低(保護標準)。

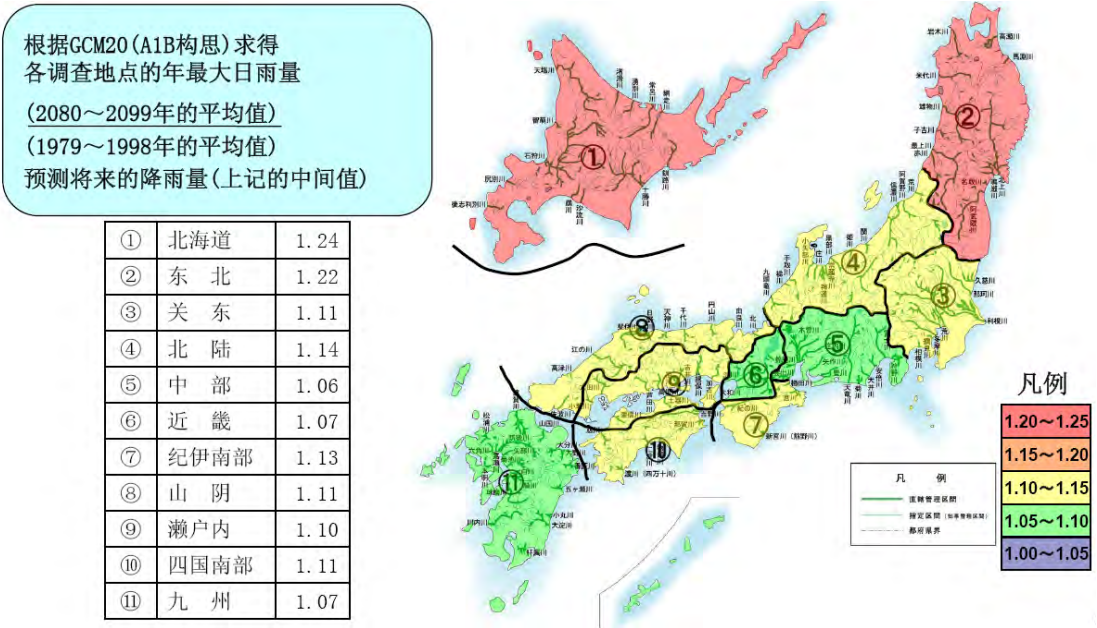


圖 2.3-2 日本地區氣候變遷影響預測降雨量變化情況

藤田先生提到，日本每年小時降雨超過 50mm 的次數有增加的趨勢，而降雨強度的增強，則會提升洪災發生的機率(參見圖 2.3-3)；而日本未來水資源總量的變化部分，本州地區水資源量可能減少 0~20%，而北海道、四國與九州地方則有可能增加 0~20%，參見圖 2.3-4 所示。

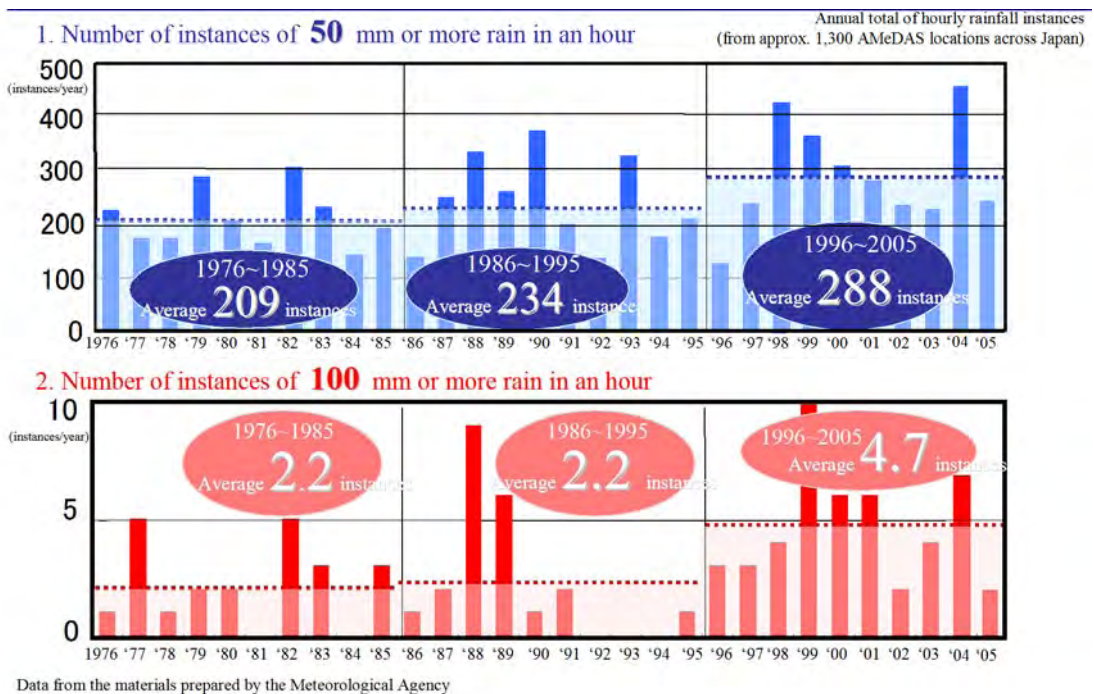


圖 2.3-3 日本地區降雨強度的變化趨勢

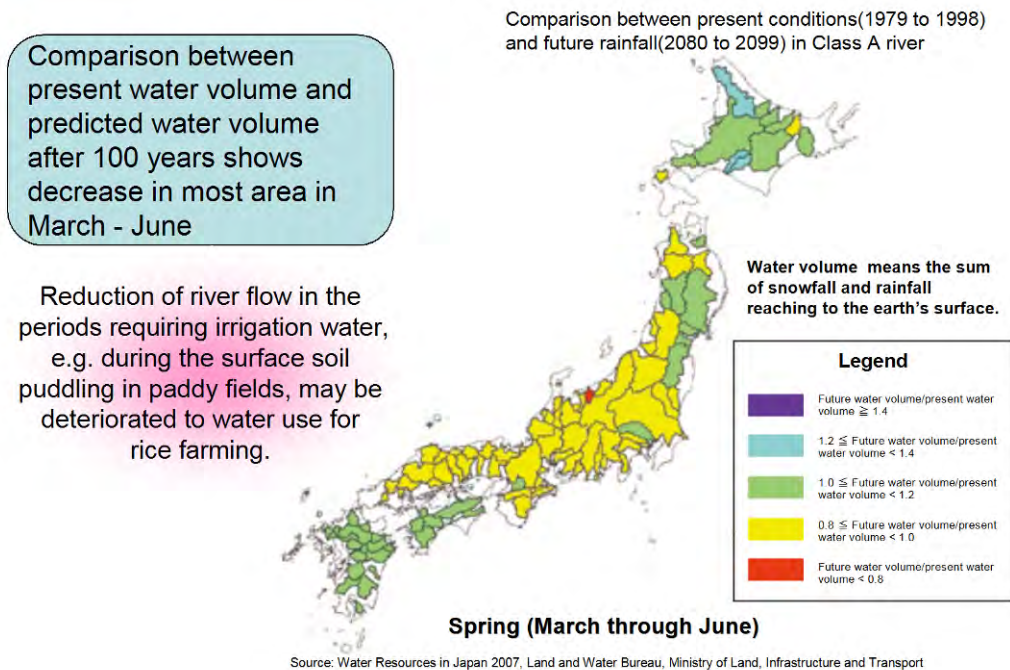


圖 2.3-4 未來水資源量空間分佈

藤田先生進一步說明河川局氣候變遷調適策略的基本目標為：

- 1.預期要達成災害零損失很困難，考慮的調適方法要達到災害零傷亡。
- 2.對較脆弱的大都會區域，加強進行防護以避免人民受到危害。

而一般水災害調適的措施則大略分為四項：

- 1.水利設施方面：興建新的水壩水庫、堤防、地下排水渠道、洪水雨水儲存設施以及透水鋪面等。
- 2.土地區劃：於土地利用規範中考量洪水管理，並以流域為單位進行研究。
- 3.風險管理：繪制洪水風險圖(flood hazard map)，配合即時資訊進行危機管理。
- 4.監測：持續的監測，以提供即時資訊進行或修正規劃案。

藤田展示日本洪水風險地圖案例，其中風險的定義是淹水損失的期望值，目前國交省正與荷蘭、英國、美國各國合作，將洪水風險的定義、作法、流程標準化，以實行後續的洪水風險管理，圖 2.3-5 為日本初步作出來的洪水風險地圖，決策者可透過工程或非工程手段進行調適，以降低風險。

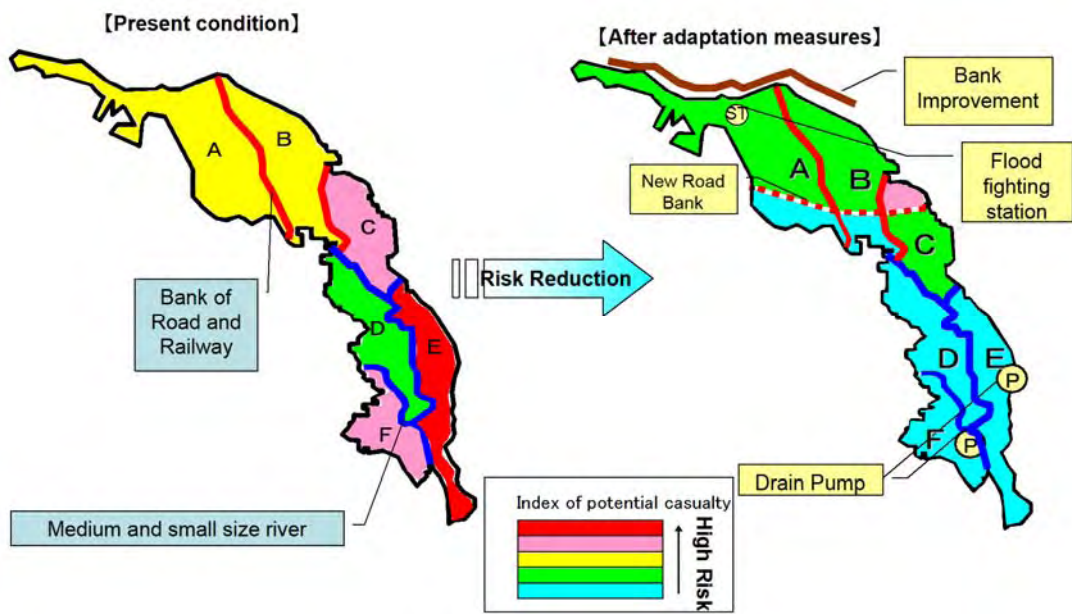


圖 2.3-5 洪水風險地圖之調適

上述調適的方法，可藉由監測氣候的改變以及社會的狀況，進行更完善的洪水預測模擬以分析水相關的災害風險，而流程則可以用一個PDCA(Plan, Do, Check, Action)循環圖來表示，請參見圖 2.3-6。

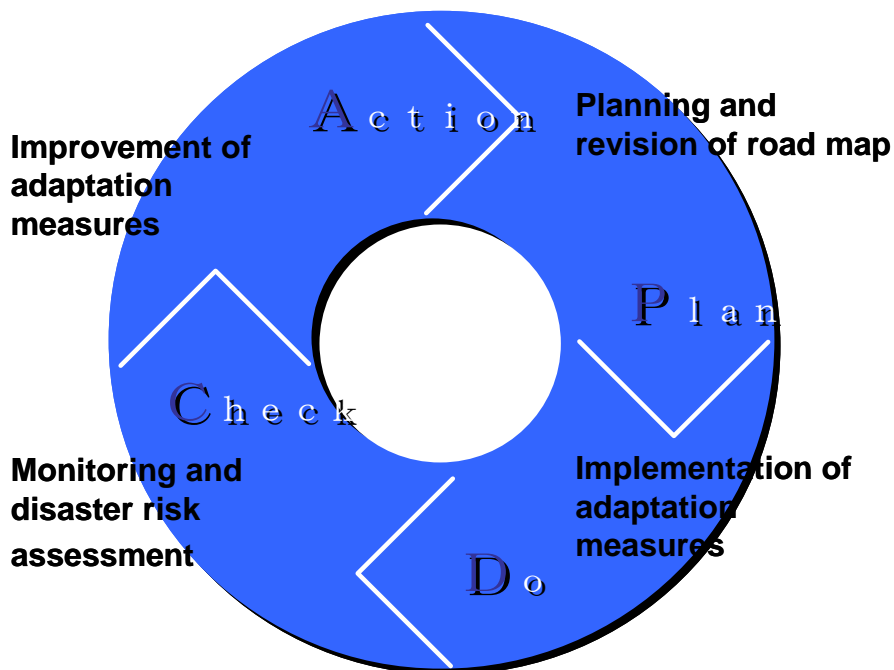


圖 2.3-6 調適方法執行示意圖

§2.4 國土交通省土地水資源局水資源部

6月29日下午，在交流協會東京本部的協助之下，邀請國土交通省土地水資源局水資源部的水資源計畫課綜合水資源管理戰略室課長補佐林雅知先生進行簡報(參見圖 2.4-1)，林先生主要於介紹日本總合水資源管理的相關議題，林先生首先說明日本現階段水資源面臨七大課題，分別為：



圖 2.4-1 國土交通省水資源部簡報

- (1)設施的老舊降低了設施的功能且增加風險。
- (2)大規模的地震造成水供給的困難增加。
- (3)要求安全的飲用水。
- (4)提高治水容量與利水容量操作的效率。
- (5)從需求面的觀點彈性的利用水資源。
- (6)適當的保育地下水資源。
- (7)河川流域的保育工作。

根據水資源部的研究資料顯示，受到氣候溫暖化的衝擊，未來日本水資源供應的能力將會下降(參見圖 2.4-2)，其主因為流量時間分佈上的變化，受到全球暖化作用，造成的積雪量減少且提前融化，使本來在五六月才會發生的較大高峰流量，提早於四月初發生，且高峰流量降低。另鑑於地球暖化後河川豐枯比將更形懸殊(參見圖 2.4-3)，此使得水庫的

安全出水量可能降低。

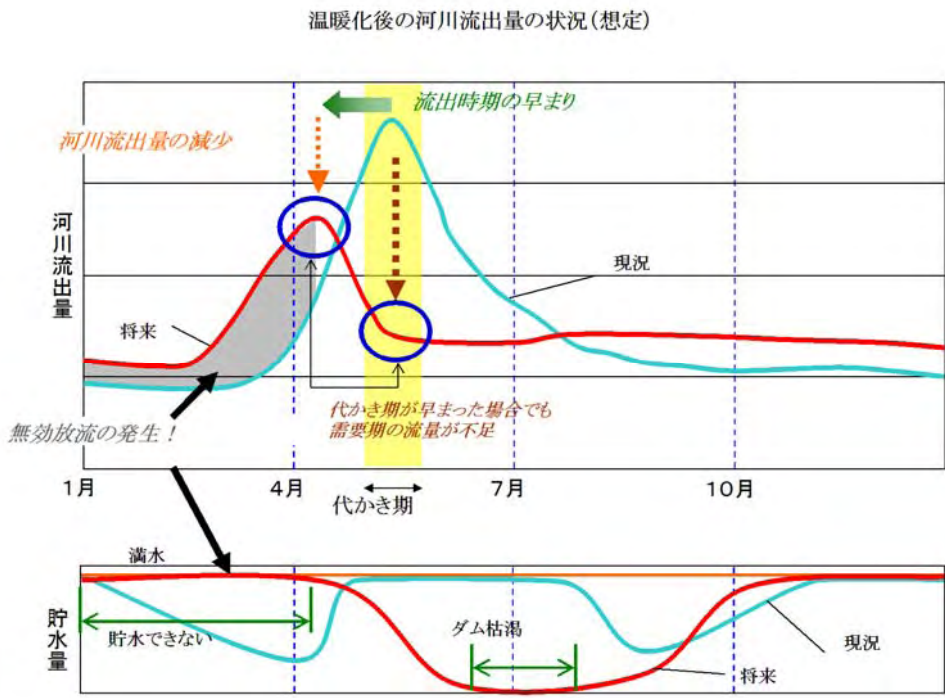


圖 2.4-2 地球溫暖化河川流量改變

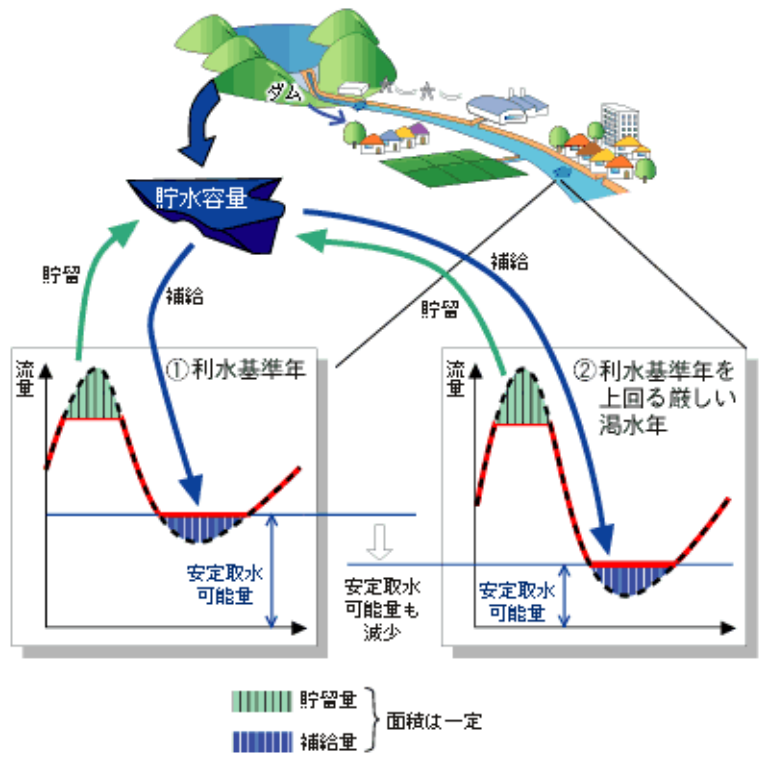


圖 2.4-3 氣候變動下水庫供水能力下降

至於日本未來的水需求的變化，依據水資源部「氣候變動等による

リスクを踏まえた総合的水資源マネジメント」について（中間とりまとめ）」内容，考量人口的減少、節水政策的推廣，未來 100 年後日本的生活用水可望減少至 60%，而工業用水部分則假設減少 10%，至於農業用水部分，日本現階段糧食自給率只有 40%，且未來因溫度上昇，蒸發量將增加 20%，雖種植面積減少，但單位面積用水量上昇，且耕種期增加，但 100 年後的原糧食生產國(如中國、泰國等)，有可能受到經濟發展緣故，變成糧食輸入國，故日本未來農業政策拜人口減少因素，在 100 年後，使糧食自產率達到 80~100%，故農業用水部分，將不減少(自產率 80%)或增加 15%(自產率 100%)，由於農業用水佔日本水資源 66%，故整體而言，日本未來總體水資源需求會維持在現況的 90%~100%(受農業用水控制)。

綜合言之，受到地球暖化影響，日本未來的水資源供給能力下降，而水資源需求維持不變或減少 10%，但實際操作上須滿足流域內水源的供需平衡，換言之，地球暖化後，水資源面臨的課題除了水環境面(供給面)，社會經濟面的變化(需求面)，皆須一併考量(參見圖 2.4-4)，以維持水資源永續發展。

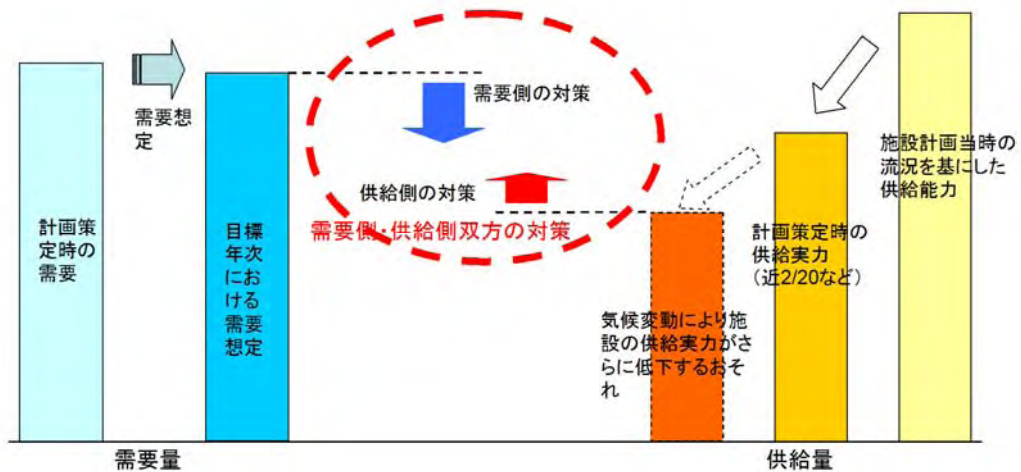


圖 2.4-4 氣候變動下的供需調適

林課長進一步補充說明，日本傳統水資源規劃強調以流域為單元進行整體規劃，並視水資源為百年大計，依據日本的「水資源開發促進

法」，國土交通省有指定全國七大水系⁵，而受指定的水資源開發水系，因水資源的重要性，國土交通省必須完成「水資源開發基本計畫」。而目前日本未來的「水資源開發計畫」將參考聯合國第三次水論壇(2002)，提出的 IWRM⁶，未來的「水資源開發基本計畫」將納入 IWRM 的精神，以管理代替開發，並揭櫫未來日本指定的水資源開發水系將辦理「○○川流域總合水資源管理基本計畫」(參見圖 2.4-5)，水資源經營管理的五大策略為(1)既有與新建設施的整備與管理。(2)水資源利用的圓滑化與與效率化。(3)水質與水量之一體化管理。(4)地下水的保全與活用。(5)河川流域的保全。

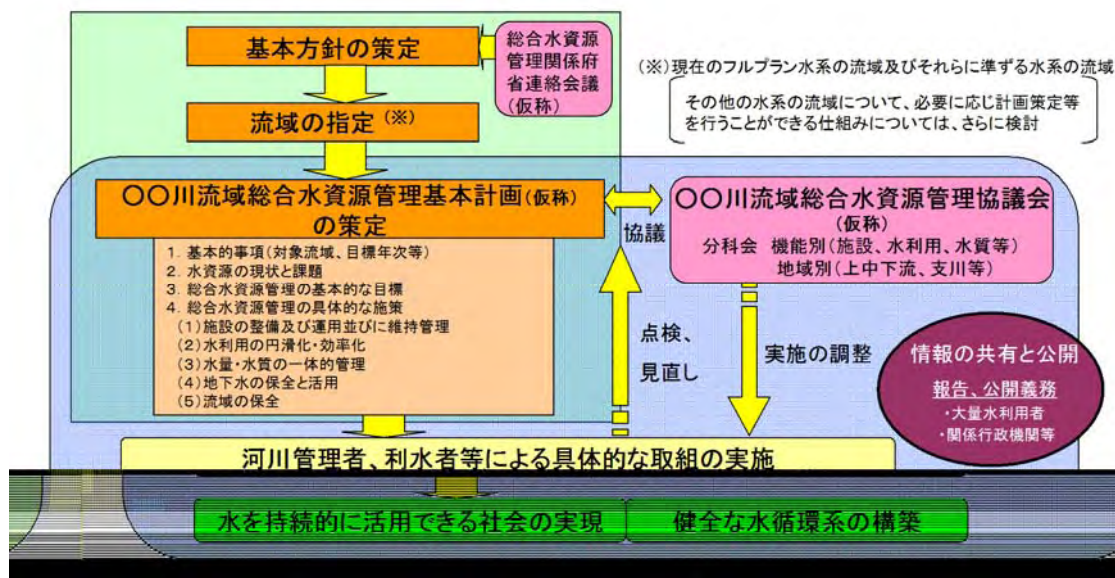


圖 2.4-5 流域總合水資源管理架構圖

§2.5 國土交通省河川局砂防部

6月30日上午由治水砂防協會的岡本正男理事長安排，赴砂防會館拜會日本國土交通省河川局砂防部中野泰雄部長(參見圖 2.5-1)，中野部長表示近年來台日雙方已透過民間團體技術交流，主要以水系砂防為主，而本考察想了解之總合土砂管理及水庫砂防等課題，砂防部將於7月6日邀請各負責專業人員授課研習。

⁵此七大水系及其指定年，分別為利根川水系(昭和37年4月)、荒川水系(昭和49年12月)、豐川水系(平成2年2月)、木曾川水系(昭和40年6月)、淀川水系(昭和37年4月)、吉野川水系(昭和41年11月)、筑後川水系(昭和39年10月)。

⁶IWRM(Integrated Water Resources Management)，日本翻為總合水資源管理，台灣譯為綜合水資源管理。



圖 2.5-1 本參訪團拜會河川局砂防部長

中野部長表示，日本近代的砂防是從明治維新之後，由於一開始是配合水資源開發或河川治理，故因此砂防部是設在國交省河川局內。目前國交省河川局砂防部主要負責跨縣或重點地區，而地方性的砂防主要由都道府縣負責。

日本的「砂防法」採取指定制，指定區域由國土大臣指定，一旦指定，不論是國有或私有土地，均必須依法採取措施進行防治，依法進行開發建設。《砂防法》規定，砂防經費原則上由中央、地方和受益地區居民共同負擔，一般中央負擔 $1/2$ ，地方負擔 $1/3$ ，其餘由當地受益居民負擔，但特殊情況（指威脅河床穩定安全、緊急情況或直屬砂防工程）下，中央也可以負擔 $2/3$ 。

而中野部長也提到日本近年來土砂災害的管理策略為「總合土砂管理」，基本上是將土砂的上、下游關係，區分成山地砂防、水庫砂防、河川砂防與海岸砂防等四個單元，過去各單元是採分頭治理，但現在由於土砂災害乃綜合性，未來砂防單位希望能採「流砂一貫」的綜合方式來進行管理與治理。

§2.6 環境省地球環境局

6 月 30 日下午至交流協會東京本部會議室聽取環境省地球環境局溫暖化對策科主查豐村紳一郎(Shinichiro Toyomura)的簡報(參見圖

2.6-1)，豐村主查首先介紹日本於 1997 年京都議定書簽訂之後，其長程的目標為 2050 年之前，將目前的二氧化碳排放濃度降低 60% 至 80%，以達到 2050 年低碳社會的願景，而其中三個基本原則為：



圖 2.6-1 環境省地球環境局官員進行簡報

- (1) 建立所有主要排放溫室氣體國家的組織架構，並顯示日本於國際談判上領先示範作用。
- (2) 期望經濟發展與環境議題能夠共存。
- (3) 面對全球暖化之下的長期目標

豐村先生進一步，目前世界主要排放溫室氣體國家的排放情形(參見圖 2.6-2)，其中日本佔全世界排放量之 4%，而京都議定書國家(包括歐盟、日本、俄羅斯及其他已開發國家)則佔 29%，其他未簽署京都議定書的國家，例如美國(佔 20%)、中國(佔 20%)已經超過京都議定書簽署國立排放總量。

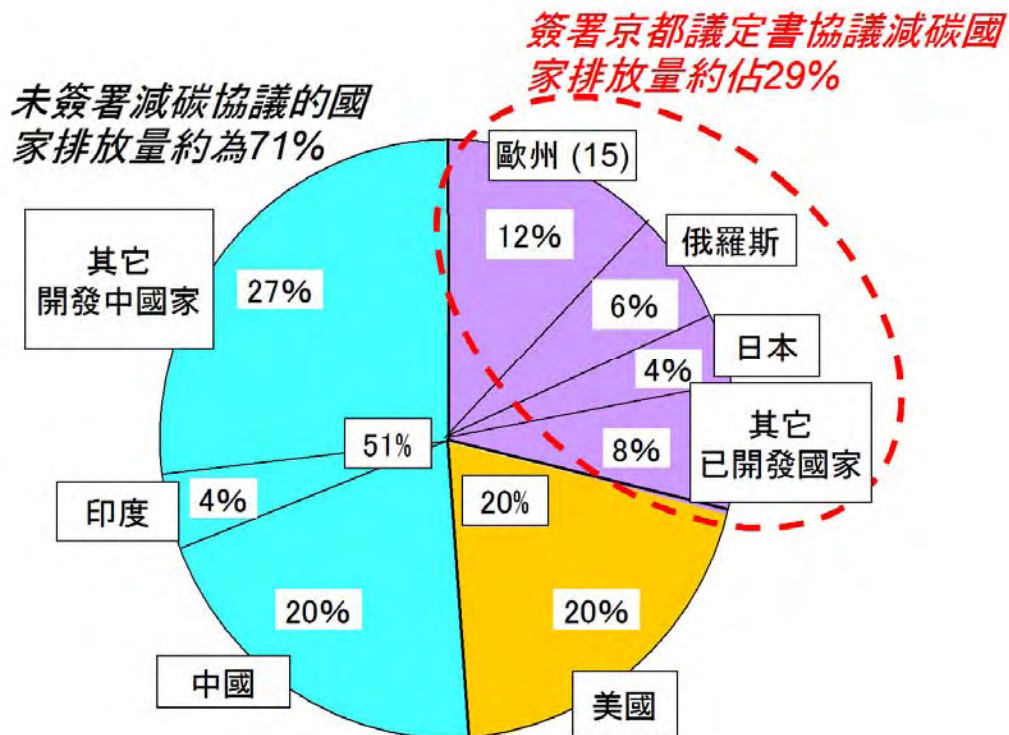


圖 2.6-2 世界主要排放溫室氣體國家排放量之比較

為了達到日本所訂定之 2050 年的長期目標，日本政府目前訂定了 2020 年的中期目標，日本政府原有的節能減碳工作主要由經濟產業省(工業政策)與農林水產省(主要是森林政策)分別負責，但在 2008 年後，已將國土交通省(主要是運輸部門與住宅部門)納入為緩和策的一環，目前國土交通省的緩和策主要推動綠色能源運輸與綠色建築，將整個節能減碳部分化整為零，使現階段日本的緩和策出現曙光，由於中期目標的訂定會影響日本未來 10 年的產業與能源政策，故日本國內也針對 2020 年的減碳目標訂定 4%~30% 的選項，最近的麻生首相已決定超越美國(-14%)與歐盟(-13%)的目標值，訂為減碳 15%。

豐村先生簡報告一段落後，接著由地球環境局總務課研究調查室的主查橋本徹先生進行簡報，橋本主查主要介紹環境省完成的「氣候變動への賢い適応」(氣候變遷下的聰明調適)報告，這本報告係由 2007 年 10 月環境省設置的「地球溫暖化影響・適應研究委員會」審查提出，環境省報告指出，聰明的適應策略，應包含下列要素：(1)促進區域性脆弱度的評價、(2)早期預警系統的引用、(3)依據不同層面的策略活用，

如技術性、法制性或經濟性等層面、(4)有效活用長期或短期不同的觀點、(5)觀測結果的有效利用以確保調適策略的導入、(6)調適策略的主流化、(7)重視氣候變遷的緩和策略對環境、社會經濟帶來的相乘效應、(8)改善整個社會對保險等經濟系統的調適能力、(9)相關組織的聯合與合作體制的建立、(10)人才的培育等。其調適策略的流程(參見圖 2.6-3)。

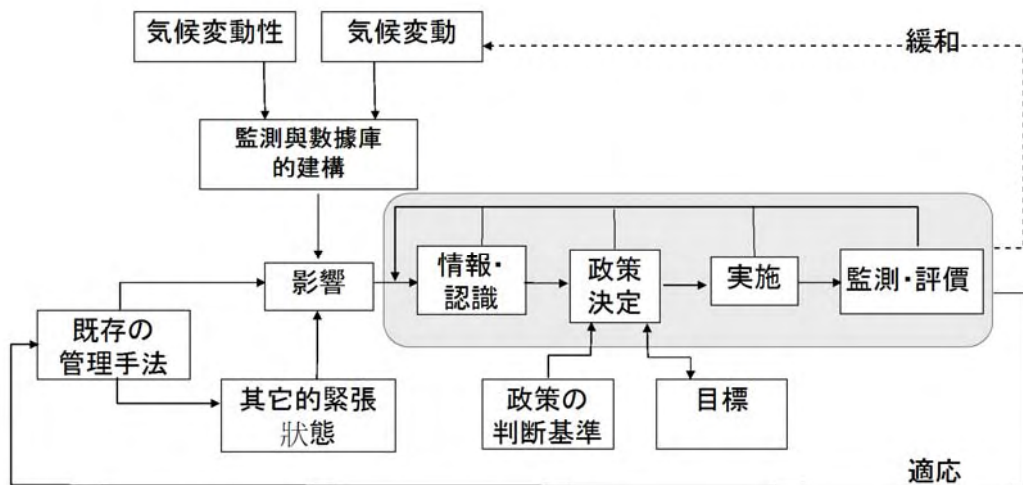


圖 2.6-3 調適策略制訂流程示意圖

環境省 2008 年提出的適應策略報告，基本上是針對不同的領域，例如糧食、水環境・水資源、自然生態系、防災・沿岸大都市、健康、國民生活・都市生活以及發展中國家等，大致涵蓋「地球溫暖化對策推進總部」的各省所管事務，進行技術方面(包含技術與情報知識方面)、政策方面(包含法規制度與人材培育方面)以及社會經濟方面(包含社會系統與經濟系統方面)的調適策略選訂。簡報最後則提出幾項聰明的調適策略，分別是：

- 1.活用地區性的脆弱度評估以及最新的監測結果，以達到預警的目標。
- 2.研究多種多樣的調適策略組合，例如硬體與軟體方面的策略、技術上或法規制度上的策略、經濟上的方法、資訊情報的整備以及人材的培育。
- 3.別以短期與長期兩個不同的觀點，考慮調適策略能對應的溫度上昇幅度，提供未來構造物更新或損壞修復時之參考。
- 4.將防災計畫適當地編入既有的政策，例如土地利用計畫、都市計畫、

- 農業政策、自然保護政策與地方自治環境政策等。
- 5.讓自然和社會經濟系統成為更柔軟且有對應力的系統，例如利水構造的改善或是重新評估都市構造，考慮生物避難的設施等。

§2.7 國土交通省氣象廳

7月1日上午，在交流協會東京本部的協助之下，邀請國土交通省氣象廳的地球環境海洋部地球環境業務課調整官吉田隆先生，以及氣象廳總務部企劃課國際室的外事官原田智史先生，由吉田先生及原田智史先生分別進行簡報，介紹氣象廳因應氣候變遷所進行的相關工作，分別為：

- 1.採用模型預測日本氣候變遷下的改變。
- 2.監視日本氣候變遷下海洋的狀況。
- 3.日本氣候變遷下降雨量的預測。
- 4.日本海水位上昇的預測。
- 5.日本氣象部門與河川部門之合作。
- 6.降雨延時與氣象模型相關研究。
- 7.長期日本颱風的相關變化。

簡報中並提到氣象廳參與氣候變遷相關業務的人數，約投入 200 人左右，而氣象廳於 2008 年發表氣候變遷現狀與未來的相關研究報告，於現況中除了提到全球暖化造成氣溫上昇、降雨量受到影響、日本近海的海面水溫與水位上昇與海冰面積減少之外，較為特別的是日本代表性的櫻花有提早開花的傾向，請參見圖 2.7-1 所示。

對於將來預測方面，參考 IPCC 出版第四次評估報告(AR4)所提供的資訊，預測氣候變遷下，全球與日本周邊所受到之影響，並依照不同的二氧化碳排放情境，模擬不同的衝擊影響。最後說明日本氣象廳於氣候變遷監測與預測相關工作上所做的努力與成果，分別為

- (1)氣象廳於海洋觀測上，觀測西太平洋主要的洋流狀況。
- (2)氣象廳負責操作世界氣象組織所屬之世界溫室氣體資料中心，其資料搜集來自世界各地，如圖 2.7-2 所示。



圖 2.7-1 日本櫻花開花線變化

- (3)氣象廳將過去亞洲長期大氣觀測資料，運用最先進之技術進行再分析之動作，以提供氣候氣象學之參考以及未來預測之用。
- (4)建立官界學界共同分析氣象異常事件之檢討會，如圖 2.7-3 所示。
- (5)成立東京氣候中心(Tokyo Climate Center, TCC)，進行氣候變遷的相關研究。
- (6)進行地球溫暖化預測研究以及技術開發，從文部科學省提出整革新計畫中，大氣環流模式已經可以進行 20 公里網格解析度之模擬預測，而於未來預期將更進一步精細至 4 公里網格之解析度模擬，以提供更適合之資料。

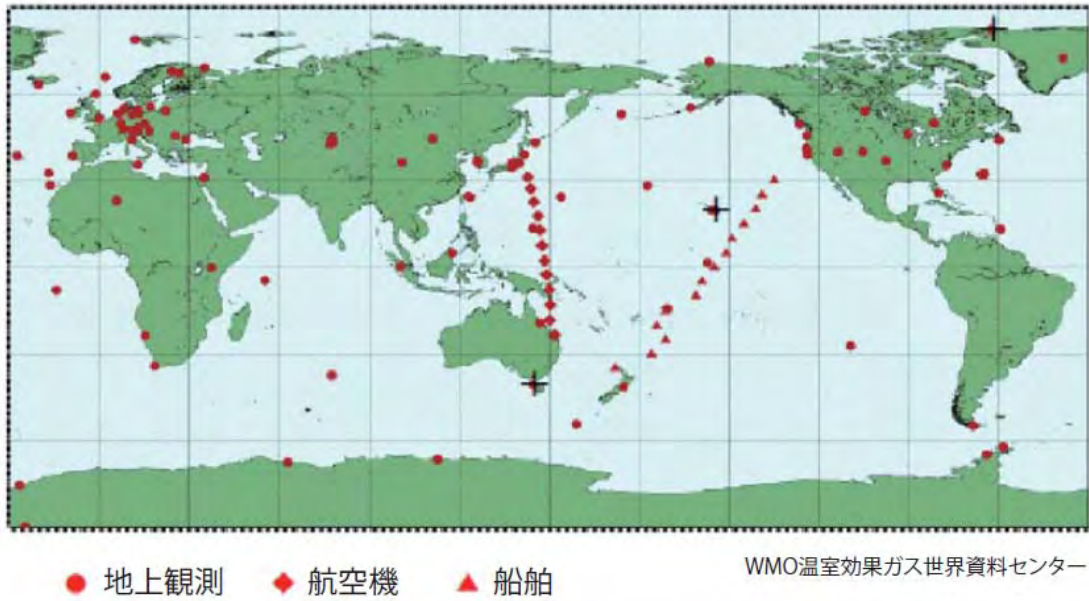


圖 2.7-2 世界氣象組織二氧化碳監測網分佈示意圖

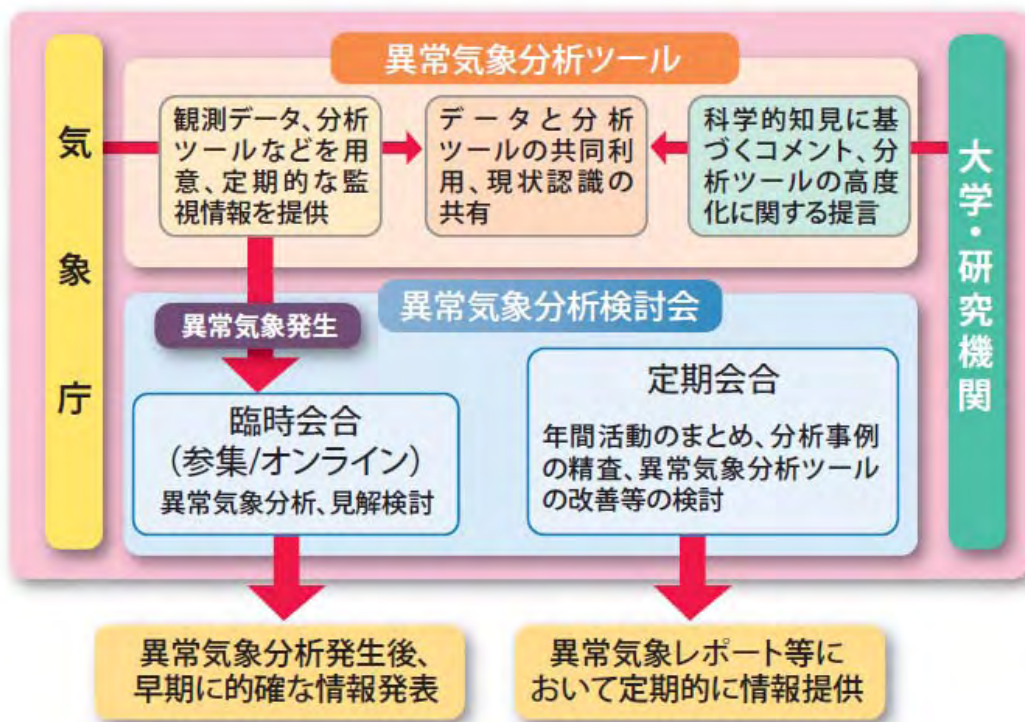


圖 2.7-3 官界學界共同分析氣象異常事件検討會示意圖

§2.8 國土技術研究中心(JICE)

7月1日下午前往財團法人國土技術研究中心，由情報企畫部次長兼首席研究員湧川勝已博士親自接待，國土開發技術研究已出版相關河川計畫、堤防、河川構造物、壩工的技術手冊，並協助國土交通省編撰設計基準，例如「河川砂防設計基準」、「河川計畫檢討手冊」、「內水處理計畫」、「護岸的力學設計法」、「河川堤防構造檢討手冊」、「河川構造物耐震檢查手冊」等著名技術手冊，其中心設置目的在於提供國家建設更新且更進步的技術，並使其技術普及且利用率提高，成為日本建設技術發展之支柱。其業務包括了(1)地區整備及都市整備等大規模項目的規劃所需的調查工作；(2)道路，河川，海岸，城市設施及住宅等的整備、利用、保全及其他的管理所需要之相關調查研究；(3)有關綜合技術開發項目，如新的建設技術、計畫規劃技術及計畫評價技術的開發和普及；(4)建設相關的材料、施工方法、機具等新技術之評價及普及；(5)建設資訊的搜集、提供及管理；(6)知識產權的實用化進行必要的開發與研究；(7)海外的建設事業及建設技術的調查研究及相關的國際合作；(8)舉行相關建設技術的進修，講習會；(9)相關建設技術的宣傳、資料及圖書的出版；(10)相關業務的受託；(11)針對相關建設技術的調查研究進行補助。另外，國土技術研究中心的研究項目可分為四大類，分別為：

- 1.河川政策小組：包括了治水計畫、構造物、流域管理、堤防技術、事業評估與防災危機管理。
- 2.道路政策小組：包括了道路政策企劃、生活環境改善、道路行政經營與促進道路利用與活用。
- 3.都市住宅地域政策小組：包括了都市地域、住宅土地與都市建設防災。
- 4.技術與政策籌劃小組：包括了建設技術、技術政策、建設經營與政策籌劃。

湧川博士本身專長為河川整備計畫、總合治水計畫、河川構造物設計、河川構造物檢查、治水經濟等方面的專家，亦為國土交通省辦理河川整備計畫研習的講師之一，而湧川博士本次主要就 JICE 的河川政策小組的河川政策小組的相關研究成果，進行分享與介紹，參見圖 2.8-1

所示，茲就湧川博士簡報的重點摘錄如次：



圖 2.8-1 國土技術研究中心簡報情況

§2.8.1 河川整備計畫

日本的河川整備計畫為流域治理的骨幹，日本河川局通常會在河川的下游設定一基準點，先根據降雨-逕流模式(通常是貯留函數法)，先計算該點的高水流量(不考量中上游滯洪、蓄洪)，再根據中、上游的河川條件，例如蓄洪、滯洪、分洪等，再計算下游基準點的計畫高水流量與計畫高水位，此與國內河川治理計畫大抵相同，但因日本中、上游水庫較多，且多數有治水功能，故日本河川下游的計畫流量，大致已考量了流域的流量分擔效應。

§2.8.2 河川堤防與河川構造物檢查

早期日本河川構造物並沒有考量耐震設計，一般常見之河川堤防則主要按照河川管理施設構造令的堤防的堤高、堤頂寬度之尺寸，大致滿足構造物的安定。但自從阪神地震後，淀川堤防產生破壞後，河川管理單位已將河川堤防的耐震設計列為重點，然目前大部分的堤防都是依據舊規範設計的，故河川管理單位主要從河川構造物檢查(相當

於我國的水利建造物安全檢查)就舊有的設施進行檢討,新設施則按照新的規定進行設計,請參見圖 2.8-2 所示,。

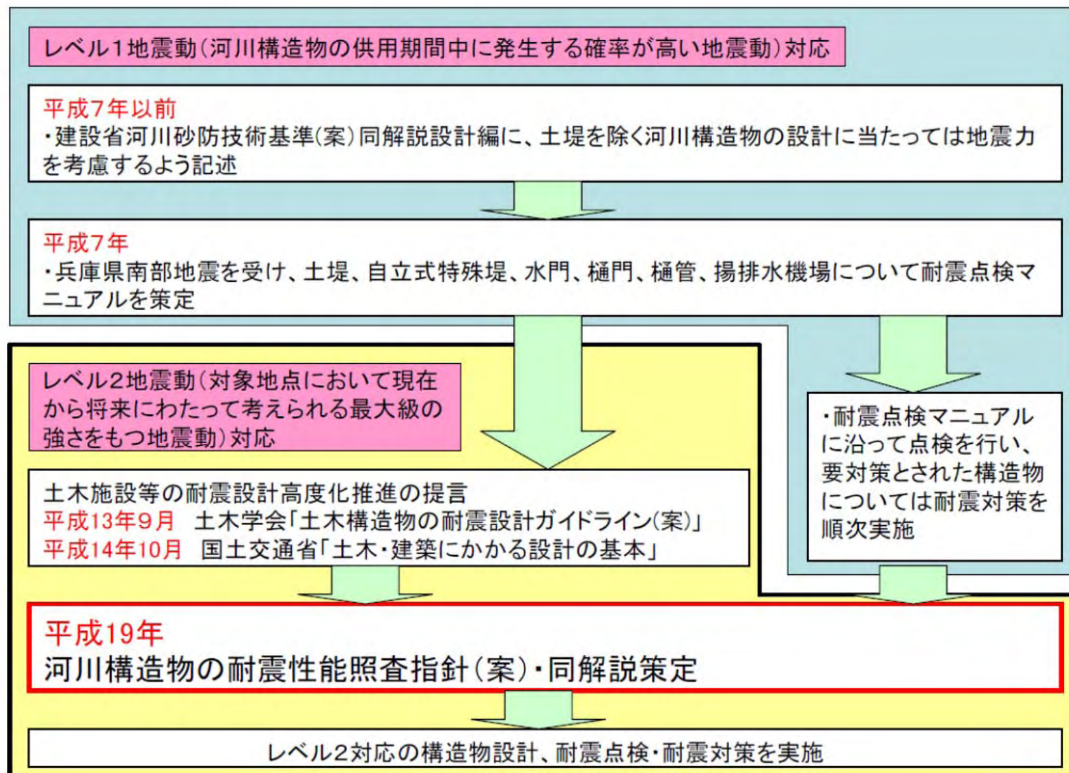


圖 2.8-2 日本河川構造物設計沿革

§2.8.3 氣候變遷下水資源需求與社經條件的檢討

湧川博士提到,根據國交省的研究資料顯示,受到氣候變遷的影響,未來水資源供應量將會短缺,但未來水資源需求的趨勢為何?將影響日本未來的水資源供需平衡。

目前國土技術研究中心係與沖大幹教授合作,由日本 GDP 資料與日本的生活用水、工業用水、農業用水進行迴歸分析,進而從中得到水資源需求變化的可能趨勢,請參見圖 2.8-3 所示。

湧川博士提到若以 1990 年為基準年,假設 2050 年日本人口增加 1.65 倍,GDP 增加 8.24 倍情況時,則用水需求會增加 1.64 倍,而穀物生產量會增加 1.36 倍,穀物需要量會增加 2.79 倍,則此一情形之下,加上目前未開發國家 GDP 也成長,則未來日本或區域可能會發生糧食短缺的情形。

倘若未來日本人口不成長,工業則持續發展,則與 1990 年相較,則未來 2050 年生活用水較 1990 年之 99.6%,工業用水增加 2.9 倍,

農業用水量則減少約 10%，整體而言，日本需水量會增加 1.3 倍。

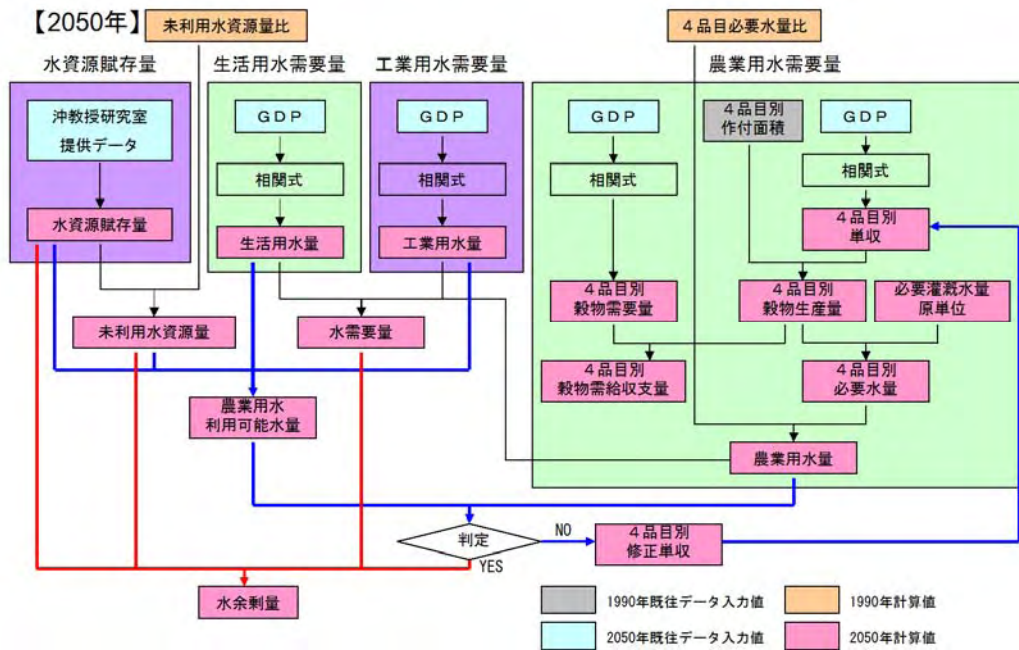


圖 2.8-3 因應氣候變遷水資源需求推估

§2.8.4 日本治水經濟調查的關鍵課題

本專題主要就日本「治水經濟調查手冊」的發展經緯進行說明，湧川博士提到，治水經濟調查為辦理河川治理與總合治水的首要之務，因目前日本面臨經濟成長停滯，對於治水的已不向以往那麼寬鬆，故對於治水事業的投入，尚要考量經濟上效果。而日本早年的治水經濟調查是以年效益與年費用進行益本比分析，現在則是以總費用、總效益的分析手段，且必須配合淹水模擬，確定受災面積與災害損失的關係，再進行經濟評估，有關日本治水經濟調查手冊的發展經緯參見 2.8-1 所示。

總的來說，日本的治水經濟調查係有專人負責，而台灣以往對於治水經濟調查並不重視，往往落於形式，故就此一部分而言，尚停留在日本的 1970 年代。

表 2.8-1 日本治水經濟調查手冊的發展經緯

1960 年代	洪水氾濫外力與家屋、財產等受關係的調查
1970 年	制定「治水經濟調查要綱」
	●年效益、年費用等相關經濟性評價方法
1985 年	「治水經濟調查要綱」修訂
	●增加河道條件的設定方法
	●經濟評價方式仍沿襲以往要綱
1999 年	制定「治水經濟調查手冊（案）」
	●採取總費用、總效益的經濟分析方法
	●增加災害損失計算須配合淹水分析的條件。
2000 年	「治水經濟調查手冊（案）」一部分修正
	●增加治水事業實施期間的評價

湧川博士接著補充日本目前治水經濟調查手冊的項目內容(參見表 2.8-2)，其中大部分日本已有定量方法，但仍有部分項目目前仍存在爭議性，包括：

- 1.人命損失的計算方法
- 2.防災事業有關風險加保(Premium)的考慮
- 3.災害復舊的考慮
- 4.災害後的不可逆損失
- 5.精神損失的計算

表 2.8-2 日本現階段治水經濟調查的項目

分類				効益(損失)内容	
被害防止便益	直接損失	資産淹水損失	一般資産被害	家屋	淹水時建築物的損害
				家庭用品	包括家庭財物、汽車的淹水損失。但是，美術品等貴重物不予計算。
				營業所固定資産	營業所之固定資産包括土地、建物等淹水損失。
				營業所資産	營業用之倉儲產品淹水損失
				農漁固定資産	農漁戶固定資産包括土地、建物等
				農漁在庫資産	農漁家在倉儲產品損失
		農作物被害	農作物淹水損失		
		公共土木施設	公共土木設施、公用事業設施、灌溉事業之農地、水路等設施損失		
	人身被害抑止効果				人命損傷
	間接損失	勞動損失	營業停止損失	家計	淹水無法從事勞務之經濟損失
				事業所	淹水時營業所作業線停工之損失
				公共、公用事業	公共、公用事業服務停止之損失
		事後的被害抑止効果	應急對策費用	家計	淹水後家庭清理之費用，包括清理所需購入的材料費
				事業所	同上
				地方政府、公務單位	同上
			交通中斷之經濟損失	道路或鐵路等運輸中斷造成之區域經濟損失	
			生命管線之經濟損失	電力、瓦斯、水道等供給供給引起之損失	
營業停止波及之損失	營業中間產品不足，造成之生產品損失				
精神的被害抑止効果				資産損失引起之精神損失	
高度化効益				治水安全度提升的土地增值	

湧川博士提到日本政府在東海豪雨事件 2 年後，辦理災民的民意調查，結果發現災民對於災害的感受與政府的處置卻大相逕庭，例如，災民的家傳紀念品、年輕時的照片、家族大合照、整個災區的映像、小孩子的受驚等，卻比一般財物損失(如電器、汽車等)，更讓災民在淹水 2 年後仍無法忘懷。由此可知，在高度經濟發展下，無法用金錢買到的物品，往往較為珍貴。

§2.8.5 國交省 TEC-FORCE 的創設

湧川博士提到，國土交通省為了因應大規模災害的災害復原，於 2008 年成立緊急災害對策派遣隊 (TEC-FORCE)，而此項提案是由國土技術研究中心向國交省提案，TEC-FORCE 未來將成為國交省救災的骨幹，其主要由國交省職員、地方整備局人員、國土地理院人員、氣象廳人員、國總研人員及包括土研、建研、港空研等技術專家，地方公共團體、日本下水道事業團職員以技術專門家等登錄團體(例如國土技術研究中心)，形成救難時的先遣班、現地支援班、情報通信班、高度技術指導班，故日本國交省目前的防災層次已提升作戰，有關 TEC-FORCE 的架構，可參考圖 2.8-4 所示。

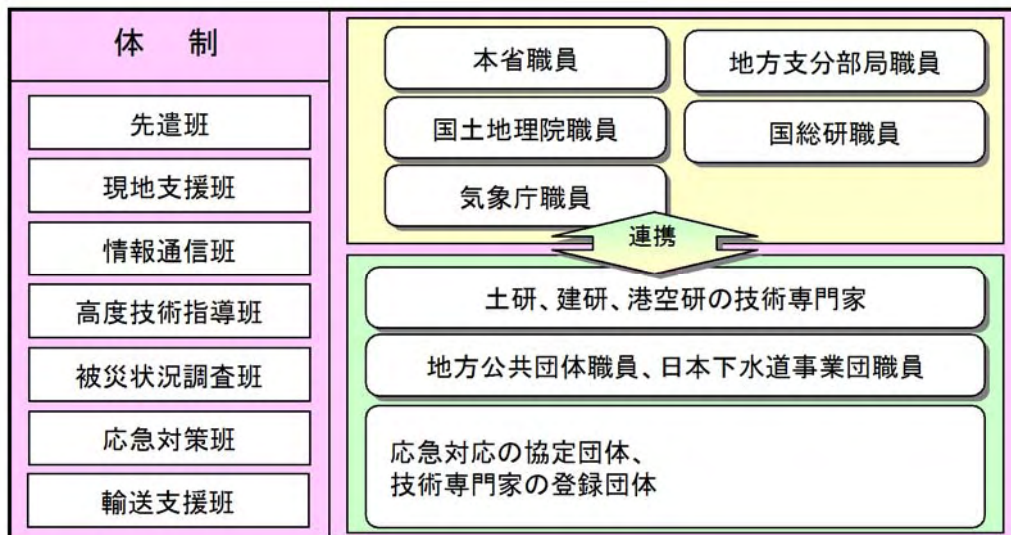


圖 2.8-4 國土交通省緊急災害對策派遣隊(TEC-FORCE)架構

§2.8.6 「河川砂防技術基準」的修訂

最後湧川博士提到，目前國土技術研究中心主要將進行國交省「河川砂防技術基準」的修訂，原本建設省時期的「河川砂防技術基準」雖已完成計畫篇的編修，但設計篇(1)(2)與調查篇尚未翻新，而因 2001 年後，國交省的員額與業務量大幅擴充，例如增加了水資源部門與海岸部門，且以往國交省所屬組織也編列相關基準或手冊，故未來「河川砂防技術基準」修訂時，會先將現行相關基準，以「河川管理施設等構造令」為中心進行整合，參見圖 2.8-5，編集的架構則如圖 2.8-6。

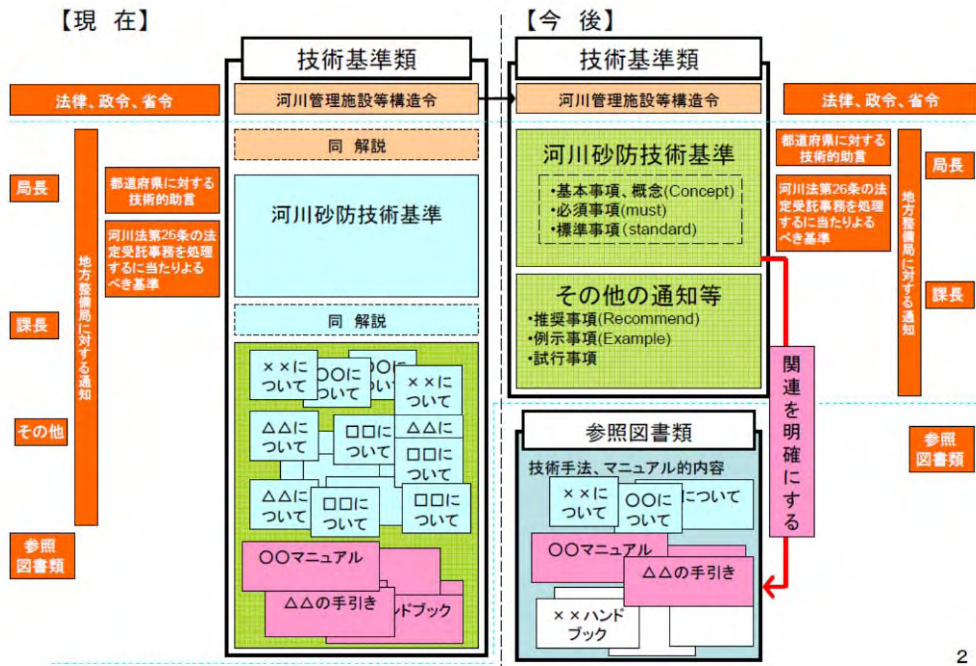


圖 2.8-5 未來國交省河川砂防技術基準的整合

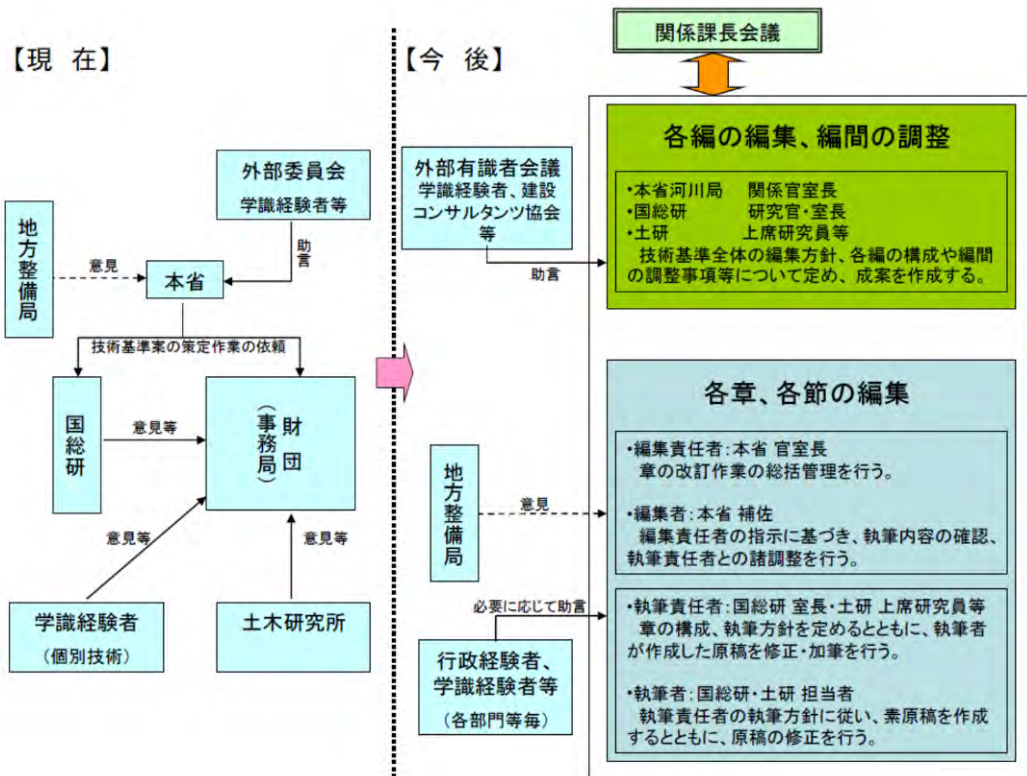


圖 2.8-6 未來河川砂防技術基準之編寫架構

§2.9 國土交通省國土總合技術研究所(NILIM)

7月2日上午前往茨城縣筑波科學城的國土交通省國土技術政策總合研究所(NILIM，簡稱為國總研)，國總研此次排定4大議題，分別是國總研今年新成立的「氣候變動適應研究本部」介紹、風險評價在治水上的研究、因應氣候變動的海岸保全施設調適研究、因應氣候變動的水資源管理研究，茲分別就國總研簡報的內容說明如次：

§2.9.1 國總研「氣候變動適應研究本部」說明

本項簡報由河川研究部流域管理研究官藤田光一博士進行解說(參見圖 2.9-1)，由於國總研於2009年4月1日已新成立了「氣候變動適應研究本部」，此單位主要強化國總研之河川、水資源、海岸、環境等部門之氣候變遷議題進行專題研究，並由國總研所長親自擔任本部長，研究的成果將提供國土交通省作為施政參考。

藤田先生進一步說明氣候變遷下，大規模水災害的調適策略以及技術的開發，其中氣候變遷是影響水災害的設計條件，但未來日本未來社經條件的變動，例如人口變化、土地利用，經濟成長，社會結構等，對於洪水的風險，同樣佔有關鍵地位，因此，日本未來下一部對策，是根據不同流域的發展特性(參見圖 2.9-2)，進行適應對策的規劃。



圖 2.9-1 拜會國土交通省國土技術總合研究所

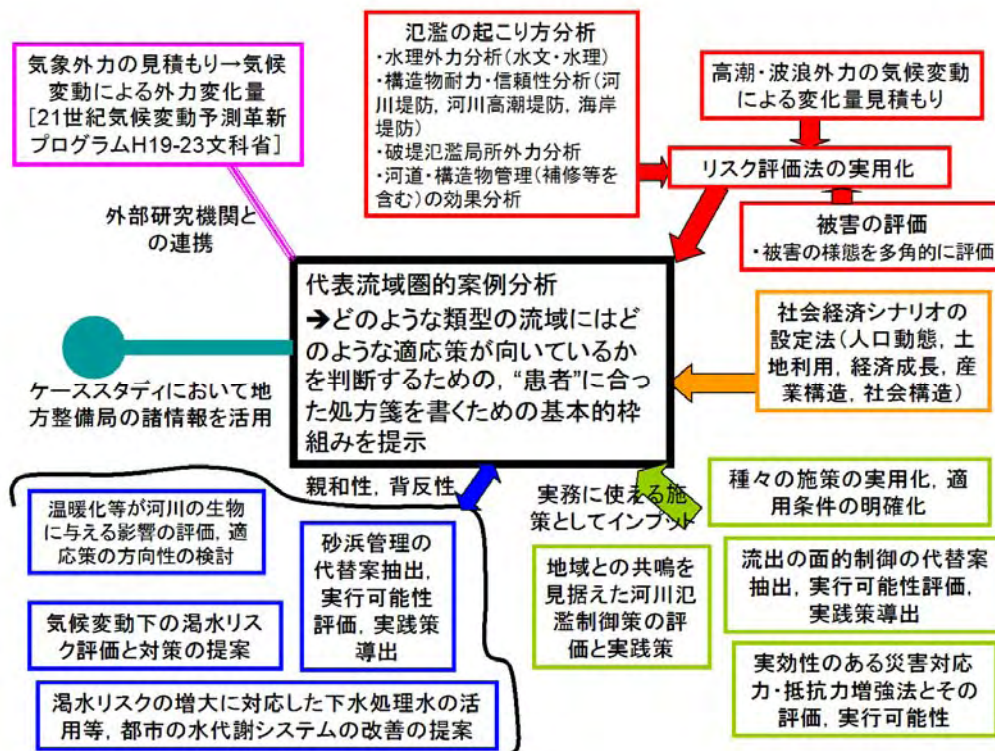


圖 2.9-2 流域別適應策略分析架構

§2.9.2 風險評價在治水上的研究

本簡報由水資源研究室主任研究官的服部敦先生進行說明，服部先生首先說明洪水風險分析已是未來洪水管理的主要趨勢，未來歐盟、美國、日本都將採用此一分析方法。而所謂的「風險」，事實上是綜合「水災損失」與「發生機率」的效果，傳統的經濟評估會分析不同安全度的洪災損失，再進行益本比分析，而在氣候變動的影響下，或者說是不同的時間與空間尺度，洪水的頻率或治水安全度是會改變的，例如原本5年重現期距暴雨保護基準，在氣候變動影響下，可能會變成3年重現期距暴雨保護基準。

以洪水演算而言，基本上會涉及所謂的邊界條件與初始值，以日本及其他先進國家而言，洪水的機率是由降雨逕流模式計算出來的，因此所謂的機率，通常指的降雨的機率，而洪水演算下游邊界條件是水位，水位代表的機率是不是有代表性？其與降雨量及流量的關係為何？必須進行聯合機率的計算，參見圖 2.9-3 所示。

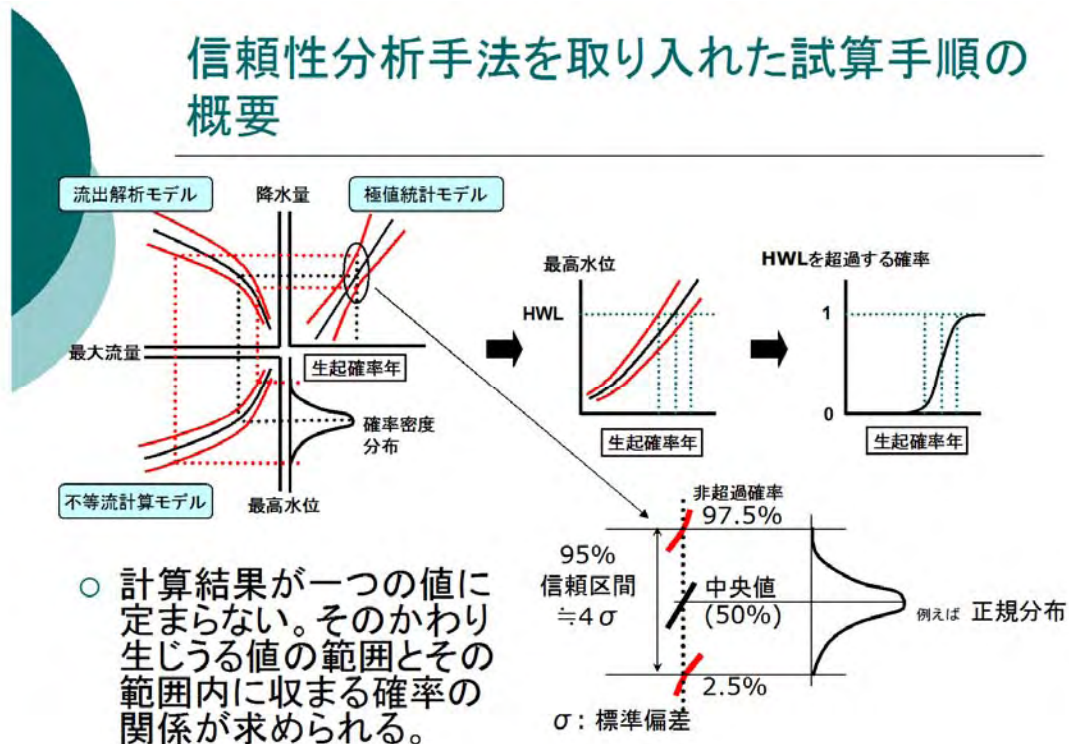


圖 2.9-3 降雨、流量、水位之機率關係

服部先生進一步說明，以日本而言，伴隨河川事業的整備，水災害的泛濫面積，有逐年減少的趨勢，但洪水的災害確不減反增，其主要原因淹水脆弱度的增加，故未來日本未來的洪水管理，將考量美國與歐盟作法，將風險因素考量進去。

§2.9.3 因應氣候變動的海岸保全施設調適研究

本項簡報由國總研海岸研究室長諏訪義雄先生擔任，諏訪室長指出日本的海岸線為全世界第 6 長，2005 年統計總長為 29,751 公里，故日本會有較高的機會遇到高潮海嘯的侵襲，再加上日本位於東亞地震帶，以及西太平洋颱風侵襲的路徑上，更增加了高潮或海嘯災害發生機率，圖 2.9-4 為日本高潮災害潛勢高的地區，基本上都位於太平洋側(日本海的災害潛勢較小)，而東京灣、伊勢灣與大阪灣等三大灣因沿岸人口集中，且 3 大灣皆有發生地盤下陷的情形，故列為 3 大高潮危險地區。

另一方面，日本海岸也已發生海岸侵蝕的狀況，日本可說是全世界侵蝕最大的區域，如圖 2.9-5 所示，其主要原因是河川輸砂量變少(上游攔砂壩或水庫)及地盤下陷，另也有防波堤佈置不當加上實行分洪工(如新瀉海岸)及人為採砂(如靜岡海岸)。



圖 2.9-4 日本高潮危險地區

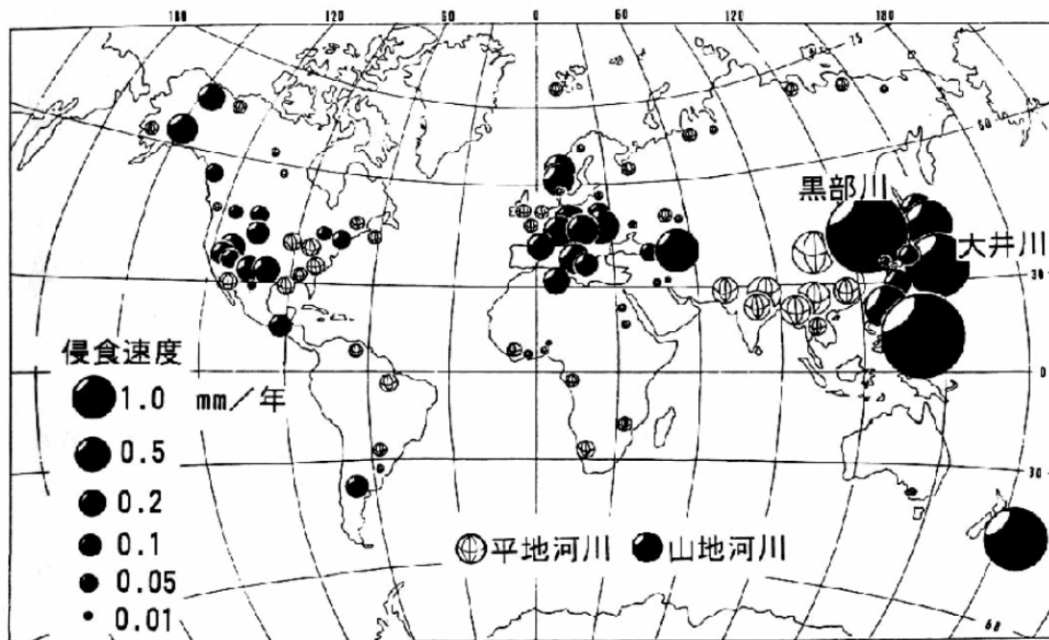


圖 2.9-5 世界各海岸年平均侵蝕速度分佈

日本的海岸保全工作已行之有年，有堤防、消波工、護岸工、分水防波堤以及丁壩等，且從 1960 年間，這些海岸保全設施逐年增加，參見圖 2.9-6 所示。

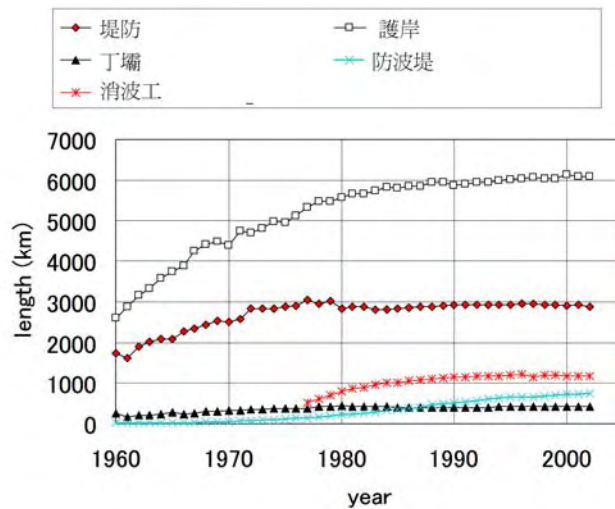


圖 2.9-6 日本海岸保全設施長度

諏訪室長最後提到，在氣候變遷的影響之下，除日本沿海的水位將會升高之外，另外颱風也有可能因為氣候變遷而增大，此可能使得堤防高度不足；另外颱風也有可能因為氣候變遷而強度增大，所以再考慮堤防加高時，可以就海堤的經濟壽命，可以分階段考量，請參見圖 2.9-7 所示：其中在保全堤防時，亦有不同的施作工法，並包括利用細砂或粗粒材涵養海灘，由綜合土砂管理概念，進一步到海灘的保全。

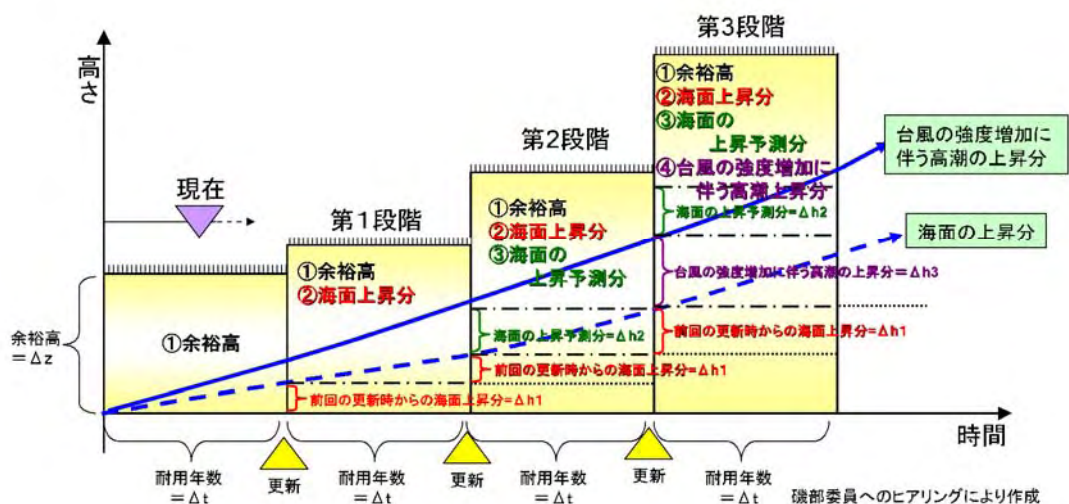
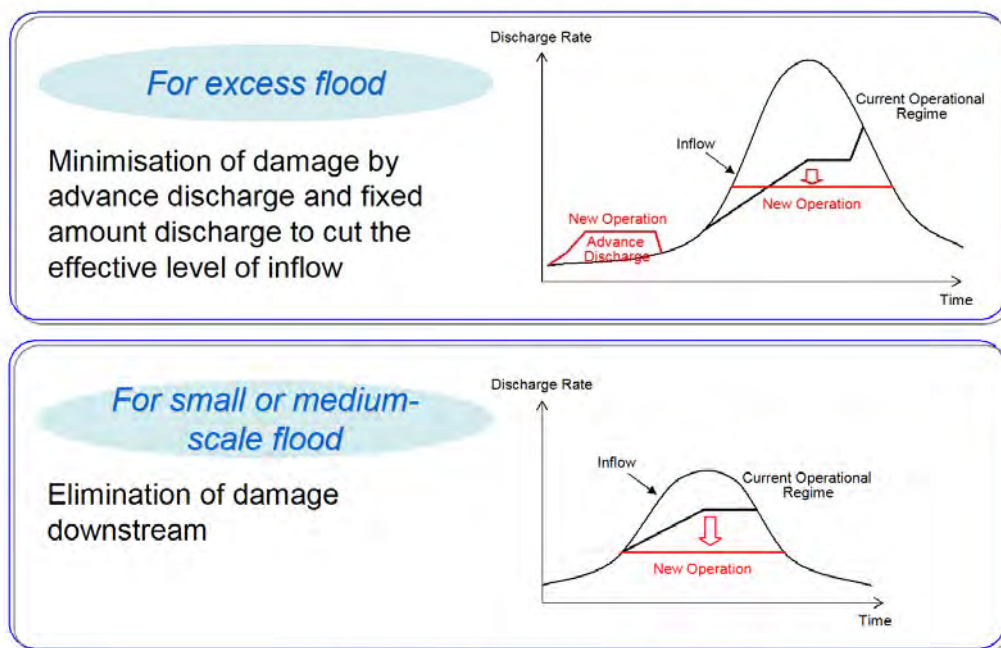


圖 2.9-7 日本海堤分階加高加固示意

§2.9.4 因應氣候變動的水資源管理研究

本簡報是由水資源研究室三石真也室長主講，三石室長首先介紹天氣研究及預測模式(Weather Research Forecasting Model, WRF)，此乃中尺度的天氣模式，其非穩態的模擬應用於處理區域尺度的豪大雨，而穩態的模擬則為處理全球尺度的現象如颱風或降雨鋒面等，由於日本河川上游皆建有水庫，而這些水庫大部分有利水或治水的功能，故若能進一步提升預測的技術，調整必要的水庫的運用操作 SOP，可有效的控制洪水發生可能帶來的災害，同時可以有效利用水資源，如圖 2.9-8 所示。

Advantages of Dam Operation Method Using Rainfall Prediction



National Institute for Land and Infrastructure Management

17

圖 2.9-8 利用洪水預測模式變更水庫操作規線

§2.10 土木研究所(PWRI)

7月2日下午拜會國總研對面的獨立行政法人土木研究所(Public Works Research Institute, PWRI)，土木研究所則由坂本忠彥理事長接見(參見圖 2.10-1)，理事長說明土木研究所的前身是建設省土木研究所，創建於大正年間，迄今已有 80 幾年的歷史，主要作為國土交通省的研究諮詢單位，其在平成 13 年(2001 年)一分為二，分為國土總合技術研究所(公務員)與獨立行政法人土木研究所(非公務員)，目前職員人數約 480 人左右。



圖 2.10-1 參訪土木研究所

坂本理事長說明在 921 期間，土木研究所曾派人至台灣考察地震與崩塌地，目前土木研究所分為四大中心，分別為筑波中央研究所、寒地土木研究所、國際水災害與風險管理中心(ICHARM)、構造物維護研究中心(CAESAR)，目前土木研究所主要係負責國土交通省的技術基本計畫，包括「治水安全度提升下的河川堤防強化技術開發」、「大地震下備援道路、河川設施的耐震」、「因應豪雨、地震的土砂災害預測與被害減輕技術」、「綜合洪水風險管理技術暨世界的洪水災害防止與減輕研究」計畫。

§2.11 國際水災害與風險管理中心(ICCHARM)

國際水災害與風險管理中心(International Center for Water Hazard and Risk Management, ICHARM)位於土木研究所後棟，本參訪團拜會完土木研究所坂本理事長後，即由 ICHARM 的中山先生引領本團人員至會議室，並由中心長竹內邦良博士為本團人員解說 ICHARM 發展的沿革，參見圖 2.11-1 所示，竹內博士談到，ICCHARM 係於 2005 年，由日本政府向聯合國教科文組織(UNESCO)國際水利計畫(IHP)提議創設並獲得支持，隔年(2006 年)由日本政府及土木研究所與聯合國簽約，故 ICHARM 係設在土木研究所內。



圖 2.11-1 拜會國際水災害與風險管理中心(ICCHARM)

ICCHARM 成立的目的是在提供且協助國際間所有相關水災害的預防與減輕災損策略，例如洪水、乾旱、輸砂相關災害、海嘯、暴雨和水污染等。其中 ICHARM 並提供相關的訓練課程並可授予碩士學位，例如水相關風險管理課程、洪水災害製圖課程與水庫河流工程課程等。另外 ICHARM 並與國際上許多單位進行合作，例如 International Flood Initiative (IFI)、Asia-Pacific Water Forum (APWF)與 Network of Asian River Basin Organizations (NARBO)等機構，期望能共同解決全球與水相關的議題與災害管理。

竹內博士完成簡介後，隨即由 ICHARM 的研究員為本參訪團介紹

ICHARM 目前研發中的 4 項氣候變遷研究的工具，分別為 WEP 模式、MRI-AGCM 模式、IFAS 模式及流量量測工具，茲分別說明如次：

1.WEP(Water and Energy transfer Process)模式

本模式由ヘマンタ ラジャパクセ(Hemantha RAJAPAKSE)博士擔任演講人，此模式的構想是結合水量與水質評估計算的水文模式，類似 DHI 發展 Mike She 模式的地面水加強版，其模式係以流域為建構尺度，期望以水文和物質循環的模式進行流域管理的整合，其中考量土地利用的改變、都市化的效應以及地表地下水之間的交互作用，並加入生物化學模式進行水質部份的討論分析，配合沖蝕與輸砂的計算，整合成完整的水量與物質循環模擬模式，以提供流域水資源管理之用。

目前 WEP 模式主要應用在日本、韓國與中國的流域水資源管理，主要應用在土地利用改變對水資源的影響，參見圖 2.11-2 所示。

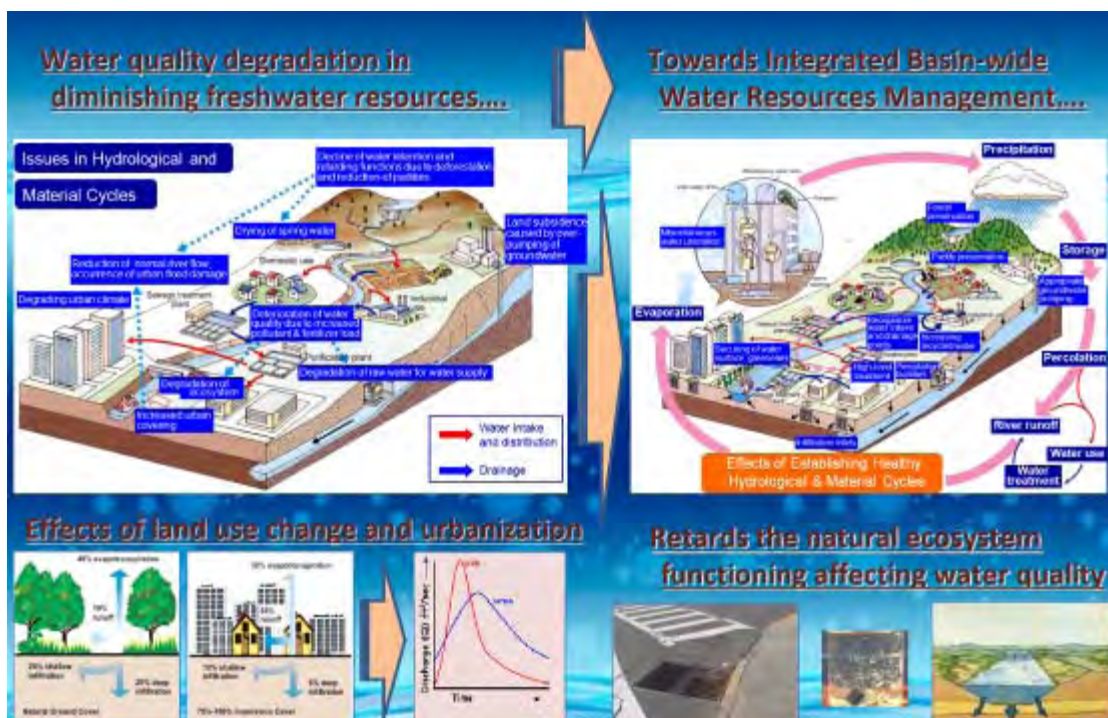


圖 2.11-2 WEP 模擬示意圖

2. MRI-AGCM 模式

本模式由猪股広典(Hironori INOMATA)博士擔任演講人，本模式是一個氣候模式，基本上本模式是以氣象研究所(MRI)所發展的GCM20 模式為基礎，並從 2009 年開始進行模式的修正，其空間的解

析度同樣採取 20 公里網格。豬股博士提到，目前 GCM20 已是全球網格最小的氣候模式，相對於其他國家的氣候模式，MRI-AGCM 更能模擬颱風的影響。

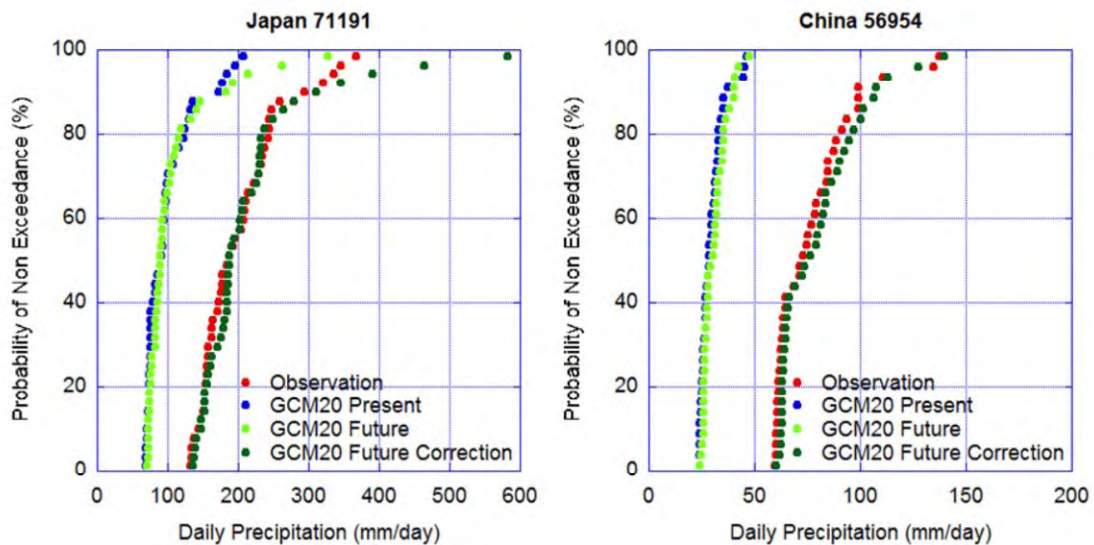


圖 2.11-3 MRI-AGCM 降雨量模擬成果

豬股博士補充說明，目前 MRI-AGCM 可加掛 BTOPMC 降雨逕流模式，提供予缺乏水文觀測資料的發展中國家，進行洪水的預測及洪水風險圖製作。

3. IFAS 模式

本模式主要由深見和彦上席研究員擔任簡報，IFAS(Integrated Flood Analysis System)是一個整合型洪水分析系統，可藉由衛星取得降雨資料以彌補地面雨量站資料之不足，再利用分散式降雨逕流模式(採水筒模式)，模擬區域的逕流量，如圖 2.11-3 所示，如此，可應用整合型洪水分析系統於地表雨量站缺乏之區域，進行更精確的推估與適當的管理。

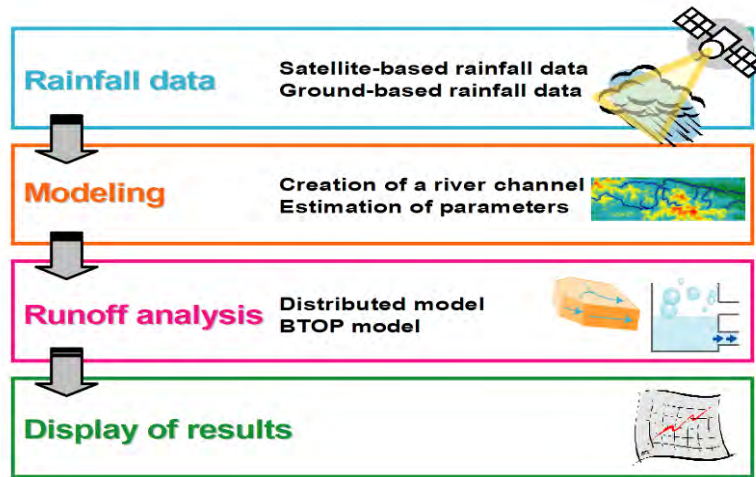


圖 2.11-4 IFAS 模式輸入圖

4. 流量量測工具

本簡報由萬矢敦啓(Atsuhiro YOROZUYA)博士擔任說明，該儀器乃 ICHARM 正在實驗並研發之河川流量測量工具，由於暴雨時期河川流量較大的時候，其水位起伏不定，難以測量，而且河川斷面亦極有可能因為洪水發生而產生變動，為了克服河川於洪水時水面的上下震盪，ICARM 擬發展一減震設施，以無人流量量測船型式，配合美國兵工團發展之 Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)來測量水面水位高及河川斷面，不過洪水時期的河川險象環生，目前仍停留在研發階段，尚需進一步之突破。

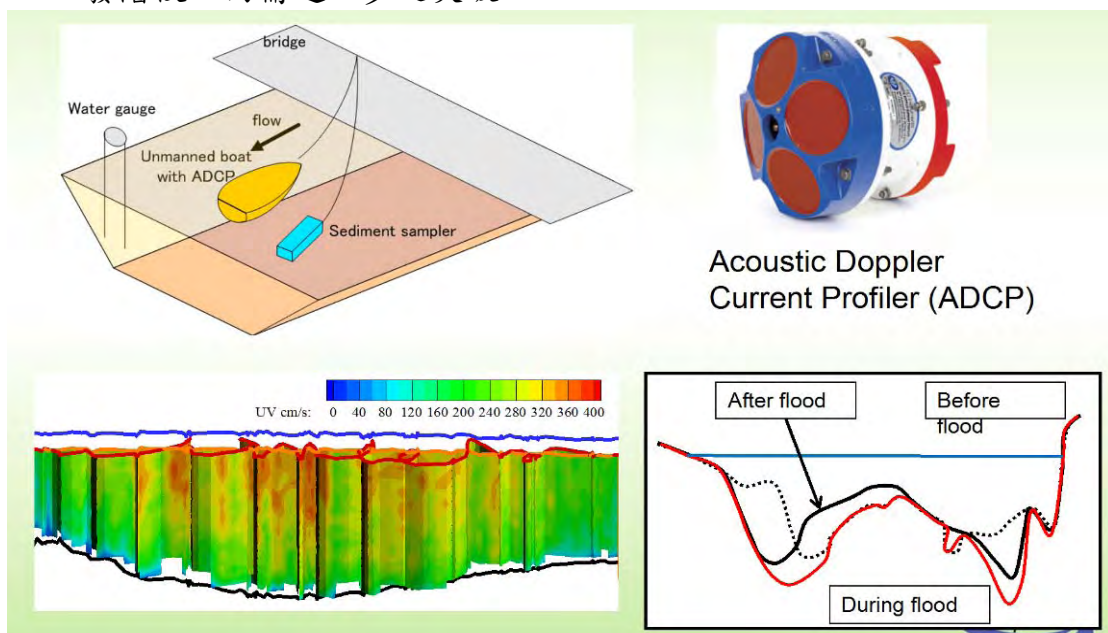


圖 2.11-5 無人流量量測船示意圖

§2.12 利根川水庫統合管理事務所

7月3日上午，日本交流協會安排本參訪團至群馬縣前橋市的關東地方整備局利根川ダム統合管理事務所，並由松崎實所長親自接待並進行解說(參見圖 2.12-1)。

利根川為日本流域最大的河川，廣達 16,840 平方公里，跨越一都五縣，其源頭位於群馬縣利根郡的大水上山，水流以東南方向穿山越嶺，共匯集 280 條支流注入太平洋，平均年逕流量 124 億立方公尺，平均流量約 400cms。

利根川水系的組成極具特色，主要的支流有片品川、吾妻川、烏川、渡奈良川、江戸川、鬼怒川、小貝川和常陸利根川等 8 條。



圖 2.12-1 利根川水庫統合事務所解說

江戶幕府以前，利根川流路多變，每逢大水都使河川改道，故當年古利根川的流路和流域均與現今大相逕庭，利根川現今的流路乃江戶時代幕府以人工方式改道分流而形成。有關利根川流域平面圖如圖 2.12-2 所示。



圖 2.12-2 利根川上游流域圖

1957 年關東地區（東京都和千葉、埼玉、神奈川、茨城、櫛木、群馬等 6 縣）受到卡薩琳颱風影響，利根川洪水泛濫，造成 1,000 多人淹死或下落不明，隔年利根川亦險情不斷，隨後關東地區又遭受大旱，故 1960 年日本政府著手辦理利根川之河川治理，而由於利根川之水源運用涉及日本首都圈的社經發展，故日本政府在昭和 37 年(1962 年)將利根川水資源列為水資源開發水系(依據 1961 年的「水資源開發促進法」)，並進一步提出「利根川水系資源開發基本計畫」。

松崎所長指出，利根川與日本大部分的河川一樣，早年的水源運用皆是農業灌溉為主，從明治維新到昭和初期，才慢慢發展成都市用水⁷型態及水力發電。二戰後日本伴隨戰後經濟起飛，才開始有系統的進行水資源開發，其中利根川先是在支流上興建了一批防洪、灌溉和發電用的水庫和發電站，如五十里壩、相俣壩、川俣壩和三瀨壩等。

由於日本水庫開發單位眾多包括國交省、農林省、水資源機構⁸、電力公司、縣政府等單位，利根川事務所主要管轄國交省的所管之水庫

⁷日文的「都市用水」指的是生活用水(上水)與工業用水(工水)，相當於我國的「公共用水」。

⁸前身為「水資源公團」，屬於國交省所管之獨立行政法人。

主要以國交省與水資源機構為主，共計 8 座，其中國交省所屬包括藤原水庫、相俣水庫及菌原水庫及渡良瀨貯水池，而水資源機構則有沼田綜合管理所(管理矢木澤水庫及奈良俣水庫)、下久俣水庫管理所(管理下久俣水庫)、草木水庫管理所(管理草木水庫)等。

目前事務所主要任務共有四大項，一為統合管理，包括水庫水情資料管理、流量預測分析、水庫運用計畫、洪水調節或發電等操作，並須負責災害緊急應變業務，管理資料涵蓋利根川流域內雨量、河川水位與氣象資料；其二為設施管理，負責定期壩體及周邊設施之安全檢查工作；第三為水庫操作，負責放流至下游水量之調節操作；第四則為吾妻川上游總合開發事業，負責減輕吾妻川受溫泉區硫磺酸害的水質改善工作。

由於利根川流域關係日本首都圈之發展，關東地方整備局於 2007 年亦針對利根川流域未來的氣候變遷進行分析(採用 A1B 情境)，其分析結果顯示，21 世紀末，利根川流域的溫度將上昇 2.5℃，而降雨量在春季與秋季有減少趨勢，夏季與冬季則增加，參見圖 2.12-3。年雨量約而大於 50mm/hr 強度的日數則會較現況增加 1.3 倍，參見表 2.12-1。

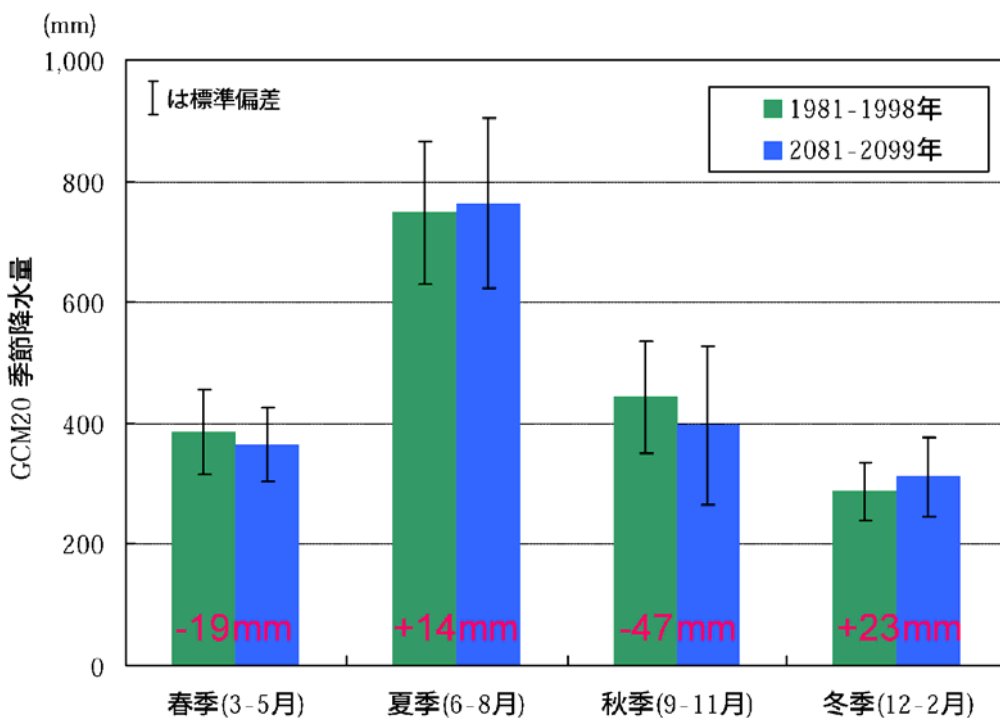


圖 2.12-3 利根川流域未來降雨量變化

表 2.12-1 利根川流域大於 50mm/hr 天數之預測

区分		現況の値	現況の値に対する倍率		
			GCM20		将来予測
項目	1981~1998年	アメダス 実況値	再現計算	2081~2099年	
		大雨	日降水量50mm以上となる日	約 2.3日	1

松崎所長介紹告一段落後，所內人員帶領本團至事務所內的情報管理室(參見圖 2.12-4)，情報室看板可以了解利根川各水庫上游水庫蓄水量、流入量、放流量等資訊。



圖 2.12-4 利根川水庫統合管理事務所內之情報管理室情況

利根川資料館水庫統合事務另於事務所外完成利根川水庫資料館，主要作為環境教育之用，館內有許多設施，具有創意，例如圖 2.12-5 的水庫圖卡遊戲組，玩家可透至利根川上游的水庫事務所索取水庫圖卡。另外利根川上游的水庫模型，則可以模擬放水操作，參見圖 2.12-6 所示。



圖 2.12-5 利根川水庫資料館展示的水庫卡遊戲組



圖 2.12-6 利根川水庫資料館展示水庫模型

§2.13 相俣水庫事務所

7月3日下午從前橋市搭車前往群馬縣利根郡的相俣水庫事務所，並由事務所所長一場敏簡介相俣水庫之概況(參見圖 2.13-1 與圖 2.13-2)，並由事務所人員引領本團至相俣壩實地參觀。



圖 2.13-1 參訪團與相俣水庫事務所人員

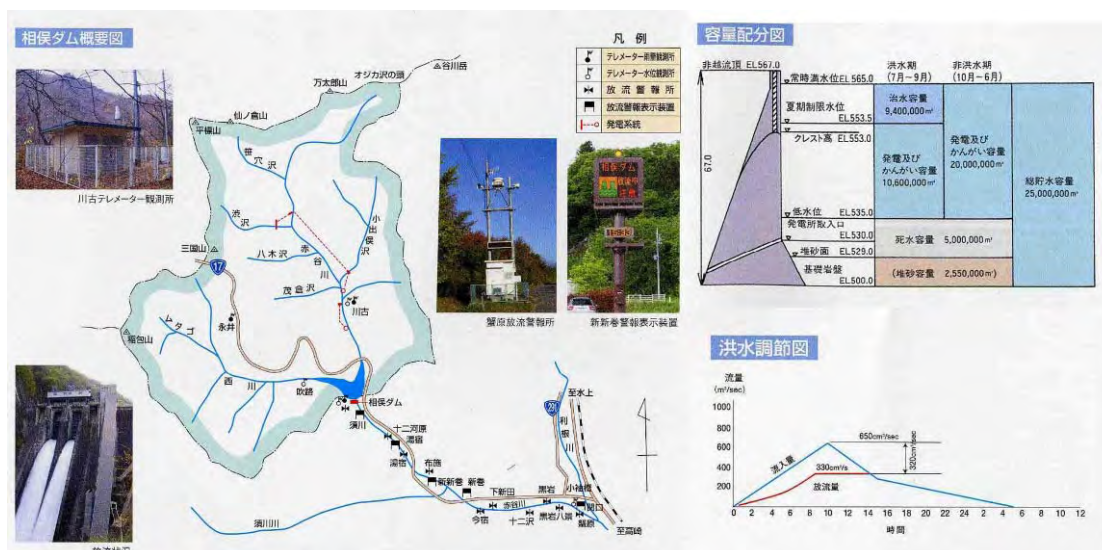


圖 2.13-2 相俣水庫概況圖

相俣水庫位於利根川之支流赤谷川上游，屬於混凝土重力壩，其立面圖與剖面圖參見圖 2.13-3 所示，混凝土體積為 63,000 立方公尺，堤高 67 公尺，堤頂長 80 公尺，流域面積 110.8 平方公里，集水面積 0.98 平方公里。相俣水庫的功能有三：第一為洪水調節功能，水庫之治水容量有 940 萬立方公尺，可將計畫高水流量 650cms 的入流量洪水削減至 320cms。第二為維持水量正常供應機能，水庫之利水容量於洪水期有 1,060 萬立方公尺，於非洪水期有 2,000 萬立方公尺，可維持正常之穩定供水量及確保河川環境所需之基本流量。第三為發電功能，相俣水庫之相俣、桃野發電所合計最大可供 13,500KW 之發電量。未來，新設之相俣第 2 發電所最大可供 120KW 發電量。相俣水庫之壩頂參見圖 2.13-4，水庫放流設施參見圖 2.13-5，水庫蓄水範圍參見圖 2.13-6。

一場所長說明相俣水庫於 1959 年(昭和 34 年)完工蓄水，曾產生漏水現象，所幸開發單位隨即於左壩墩護岸打設 PC 止水(參見圖 2.13-5)，並在下游進行觀測，而目前該水庫完工已有 50 年，還未發生險情。

相俣水庫集水區之泥沙量不多，相俣水庫雖已完工 50 年，但淤積量不高，且水庫上游也設置防砂壩(參見圖 2.13-7)，將上游土砂攔阻於防砂壩上游並經常清理避免入庫，以確保水庫庫容。

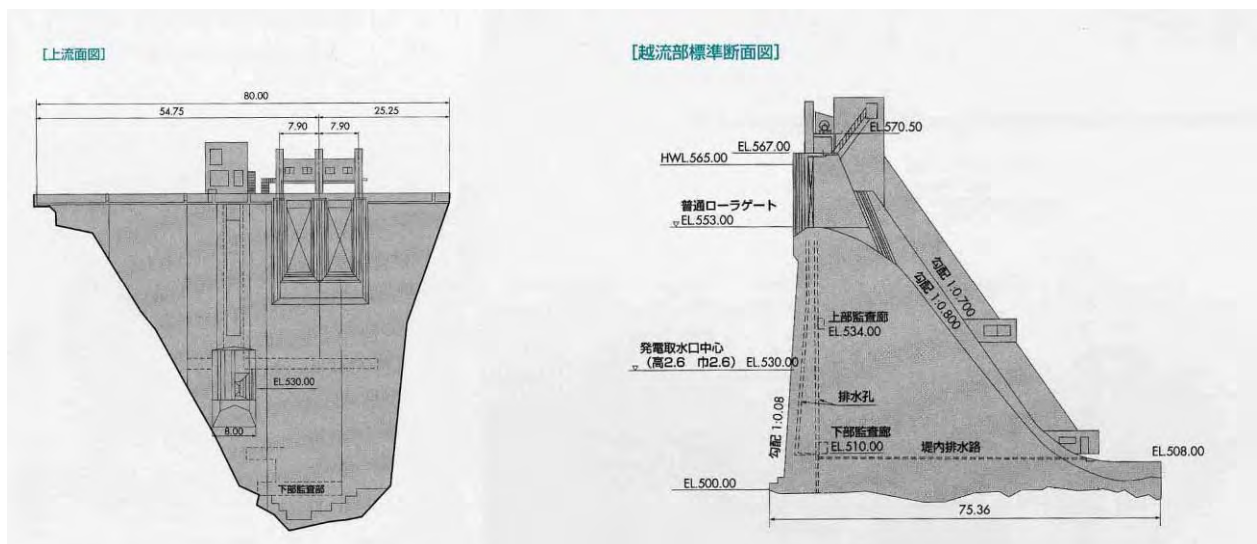


圖 2.13-3 相俣水庫上游立面與剖面圖



圖 2.13-4 相俣水庫之壩頂



圖 2.13-5 相俣水庫之放流設施



圖 2.13-6 相俣水庫之蓄水區

相俣水庫位於山區，但水庫蓄水區上游仍有聚落，此在日本是非常普遍，通常水庫上游的社區聚落會由政府協助設置污水下水道，避免水庫受污，由現場看來，水庫水質相當潔淨。

另一方面，因颱風來襲造成集水區豪大雨不斷，暴雨挾帶泥沙及大量流木進入水庫，以致蓄水範圍上游局部彎曲河道堵塞。漂流木隨著水流運行至大壩附近水域，危害大壩等水工結構物。相俣水庫除了定時清理流木外，亦結合當地流木工作教室舉辦流木工藝品比賽活動，以維持水源地保育，有關相俣水庫的流木處理可參見圖 2.13-8 所示。



圖 2.13-7 水庫上游攔砂壩



圖 2.13-8 相俣水庫流木藝品展示

§2.14 東京都建設局

7月6日早上前往東京都建設局，由外務部外務課黑澤宏明先生主任負責接待本參訪團至東京都廳的建設局，建設局則由河川部計畫課-長島修一課長進行簡報，參見圖 2.14-1。

長島課長介紹東京都面積有 2,187 平方公里，為約台北市面積的九倍大，人口則有 12,907,066 人，而降水量為 1,603mm/年，而東京都的西半部為山地丘陵地形，真正人口密集的區域，則集中於東半部，都內河川大多數皆由西向東流，所以河川整備問題，可分成西部的土砂災害對策，中央部是為中小河川洪水對策，到東部高潮對策，如圖 2.14-2 所示。



圖 2.14-1 蒞臨東京都建設局聽取簡報

東京都內的水系圖可詳圖 2.14-3 所示，都廳主要負責中小河川部分，而一級河川(主流)係由關東地方整備局河川部進行治理，東京都目前處理中小河川的整治的治水安全度係以 3 年發生降雨(50mm/hr)⁹ 頻率為目標，採用分水路、地下調節池或是地下河川手段進行整治。

⁹原本中小河川治水安全度為 5 年(50mm/hr)，但經水文重新分析後 50mm/hr 只有治水安全度 3 年基準，下一階段東京都中小河川的整備目標為達到 75mm/hr，最終程為 100mm/hr，參見圖 2.14-4。

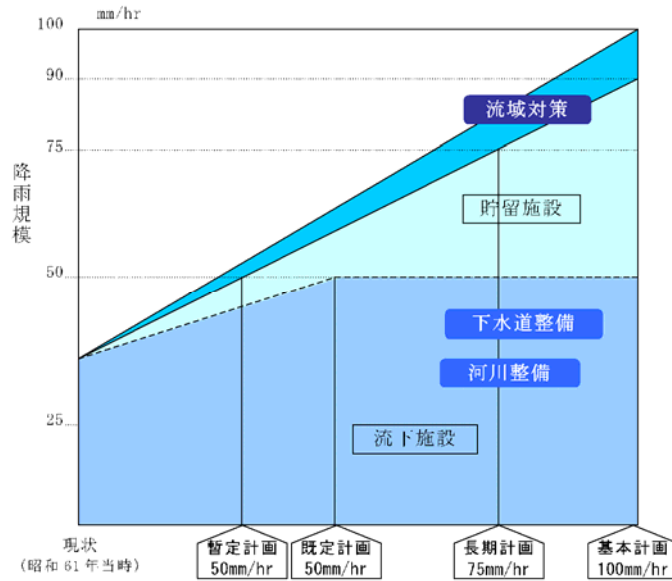


圖 2.14-4 東京都中小河川整備防護基準

長島課長舉神田川流域為例(參見圖 2.14-5)，神田川下游出口為隅田川，神田川係劃定為總合治水的 17 個區域之一，流域面積 105 平方公里，河道長 24.6 公里，約在 60 年前(西元 1947 年) 流域面積 40% 為綠地(市街率 60%)，迄今(西元 2007 年) 綠地面積僅 4%(市街率 96%)，可見流域已高度都市化，故排水保護要求相對提高，同時近年來區域降雨強度有提高趨勢，諸如 1989 年最大降雨強度為 70mm/hr，1993 年最大降雨強度為 47mm/hr，2005 年最大降雨強度為 112mm/hr，所以只有提高神田川排水能力才能增加區域的保護程度。



圖 2.14-5 神田川流域概況

東京都政府對於都內中小河川的改修基本受制於土地取得，處理上是採用分水路的手段、地下調節池手段及地下河川手段(參見圖 2.14-6～圖 2.14-8)。



圖 2.14-6 神田川分水路建設



圖 2.14-7 目黒川荏原調節池川

環狀七號線地下河川原本是要排放至東京灣，但因工程費所費不貲，使目前神田川的調節池數量增為 9 個，參見表 2.14-1 所示。

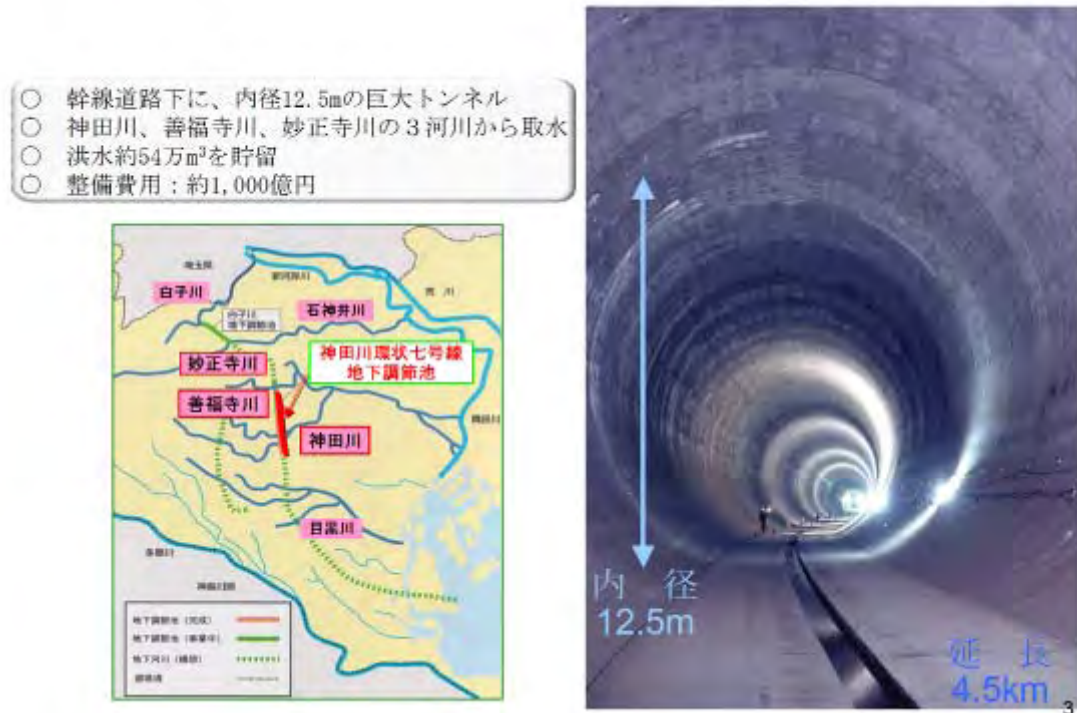


圖 2.14-8 神田川環狀七號線地下河川

表 2.14-1 神田川流域調節池一覽表

河川	名稱	調節池容量 (m ³)	所在地
神田川・善福寺川・妙正寺川	神田川・環狀七號線地下調節池	540,000	杉並區、中野區
妙正寺川・江古田川	落合調節池	50,000	新宿區
	上高田調節池	160,000	中野區
	妙正寺第一調節池	30,000	中野區、新宿區
	妙正寺第二調節池	100,000	中野區
	北江古田調節池	17,000	中野區
善福寺川	和田堀第二調節池	2,500	杉並區
	和田堀第三調節池	3,000	杉並區
	和田堀第六調節池	48,000	杉並區

另外在都市總合治水對策方面，由於都市內的發展急速，原本可供雨水滲透之土地已開發成不透水之建造物，造成雨水只能流向河川，使河川流量於短時間內增加，提高了都市街道淹水的機會，有鑑於此，都市建設必須必需活用且興建都市內可用來做為貯流雨水或滲透設施，降低都市淹水的機會，如圖 2.14-9 所示。

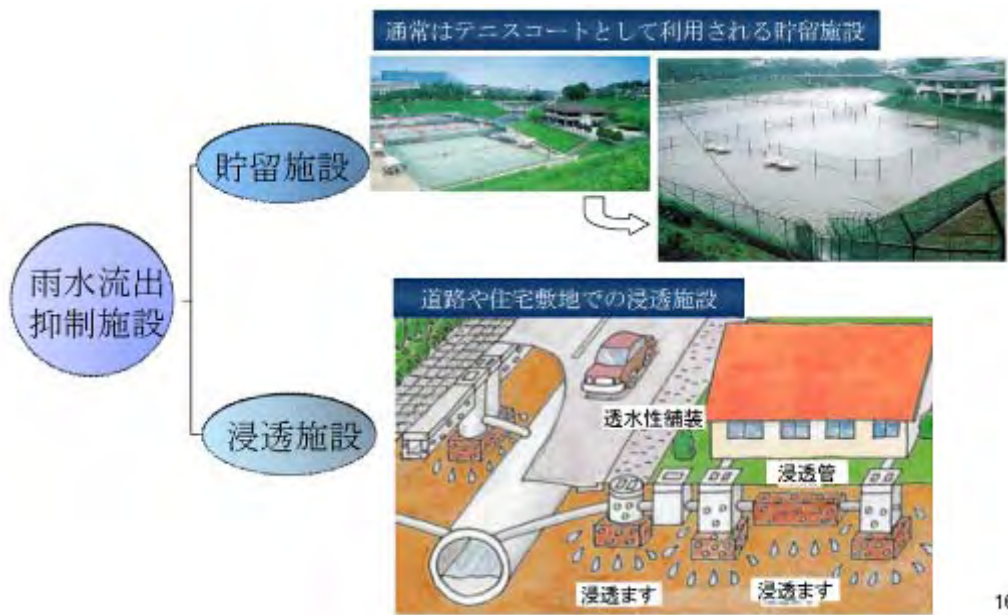


圖 2.14-9 貯留施設與浸透施設

長島課長最後提到，當災害發生時，必需注意各項情報的更新與提供，讓民眾能夠隨時了解災損狀況，並循最佳之避難路徑進行疏散，參見圖 2.14-10。

若能達到以上的河川整備對策，即便未來氣候變遷衝擊之下，發生降雨量之增加、海面水位的上升以及熱帶低氣壓強度的增大，亦可以上述河川整備對策為基礎，進行各項設施相對應容量之檢討與修正，達到都市總合治水之目標。

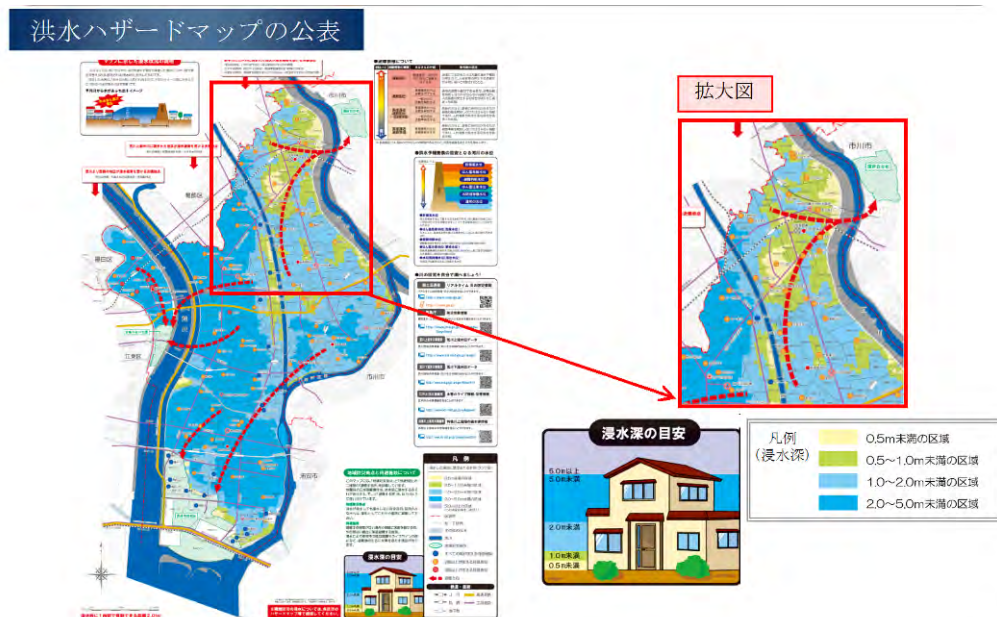


圖 2.14-10 東京都洪水災害圖的公開與避難路線

§2.15 全國治水砂防協會

7月6日下午前往全國治水砂防協會參加研習，並由岡本理事長擔任主持人，事業總部次長阿部宗平先生擔任司儀，分別為本參訪團安排三場研習，分別是「氣候變動下的土砂災害」、「水庫的土砂問題與砂防」、「綜合土砂管理」如圖 2.15-1，茲分別說明如次：



圖 2.15-1 砂防協會研習情況

§2.15.1 氣候變動下的土砂災害

本專題是由國交省砂防部砂防計畫課的課長補佐中村圭吾擔任講師，中村先生談到，依據日本 1967~2007 年總共 40 年資料統計，土石災害佔日本天然災害的比率為 42%，根據國交省氣象廳的資料顯示，在氣候變動影響下，未來的強雨強度有增加的趨勢，故砂防部評估未來氣候變動下的土砂災害將有以下三項特點：

- (1)突發的豪雨的增加→由於雨量強度增加，故從降雨開始到產生崩壞的時間將會縮短
- (2)發生頻度的增加→降雨強度增大，將使土砂災害發生的地點增加，而且面積也會擴大
- (3)土砂災害規模增大→深層崩壞發生頻度將會增加，崩壞土砂量也會增大，土石流的到達範圍也將擴大。

中村先生進一步補充，除了地震的原因外，土砂災害受到豪雨的強度與延時制約，而目前砂防部初步構想是採取非工程手段作為適應

對策，其作法如下：

1.加強土砂災害警戒與避難

土砂災害首要之務為防範人民傷亡，因為從降雨開始到災害發生，有一段緩衝時間，這段時間可以進行疏散與避難。

中村先生談到日本將土砂災害類型分為三種，分別是崩塌、地滑與土石流，而預警的層次分為1小時、2小時、3小時，而建置的警戒系統可透過雨量站觀測或雷達雨量觀測，迅速計算發生土砂災害的預警時間，並採取避難對策，圖 2.15-2 為長野縣的土砂災害預警系統，地方政府或民眾可上網查詢住家是位於幾小時的警戒區，以預作準備。

另外國土交通省也頒佈「土砂災害警戒避難ガイドライン」(土砂災害警戒避難準則)，提供予市町村政府預作準備。

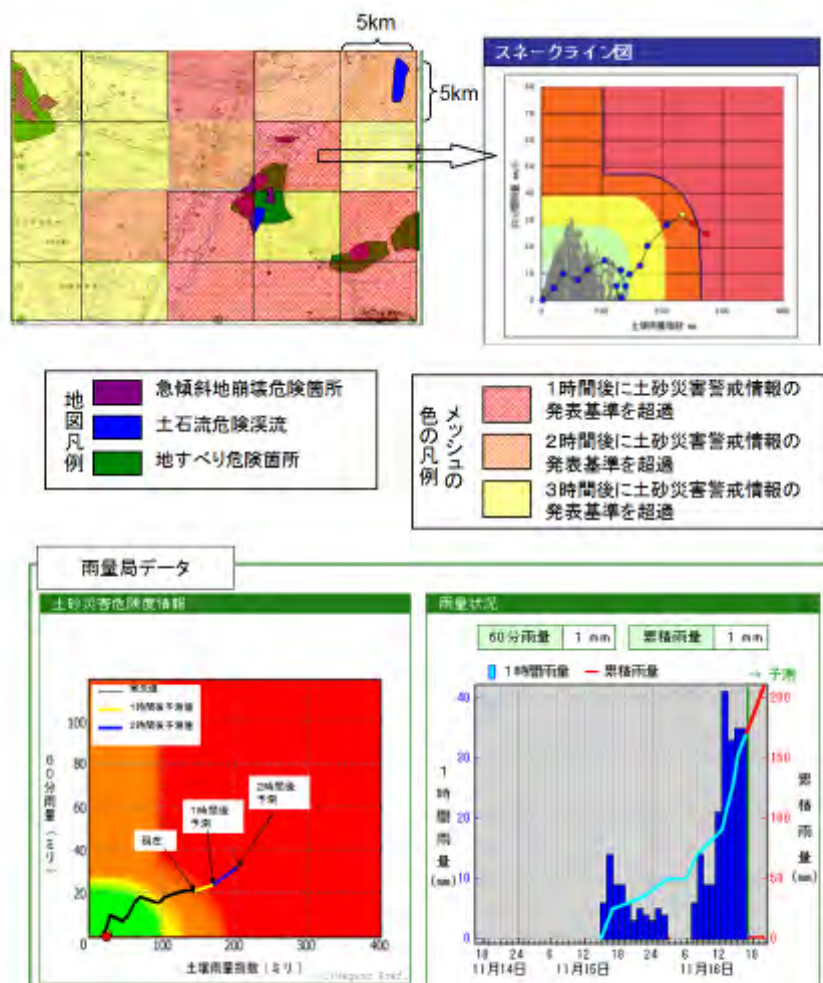


圖 2.15-2 日本長野縣土砂災害預警系統

2.加強土地利用管制

土砂災害除了地震、豪雨因素外，主要取決於立地條件，砂防部目前依據「土砂災害防止法」，可以指定「土砂災害特別警戒區域」，進行土地利用的限制。參見圖 2.15-3 所示。

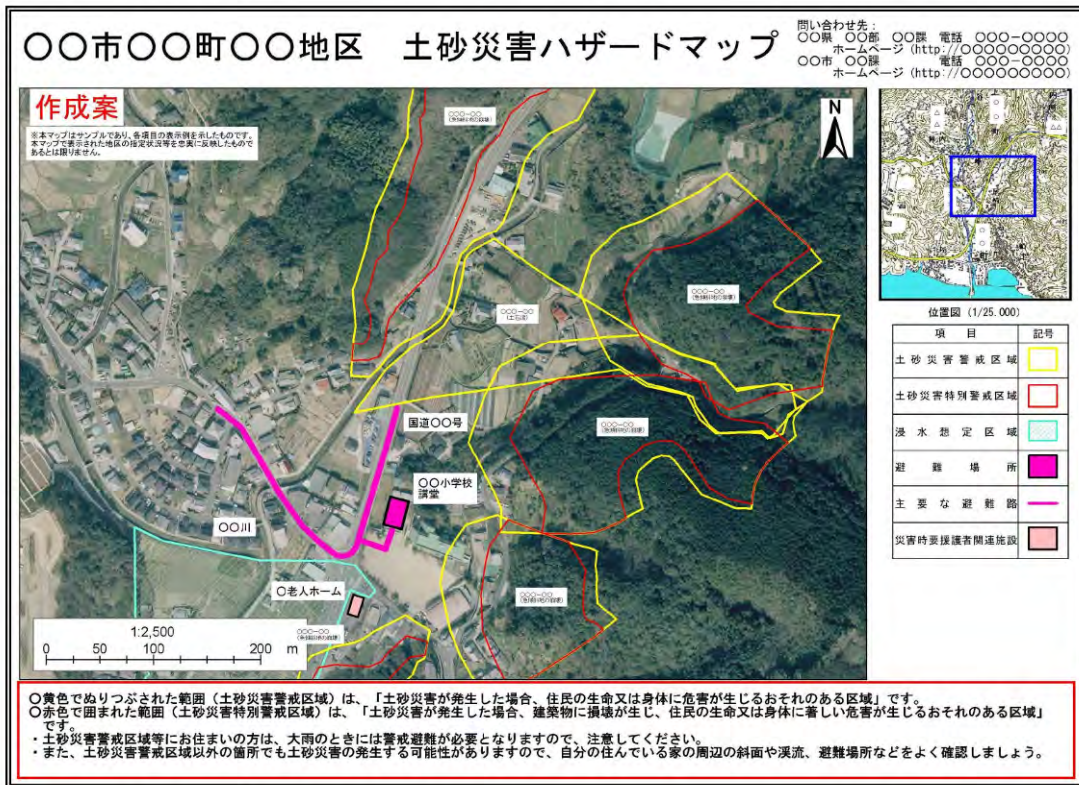


圖 2.15-3 土砂災害危險地圖的公告

3.大規模土砂災害的對策

大規模土砂災害包括堰塞湖對策、深層崩壞危險地域對策，這些災害發生時造成的影響很大，故目前的重點主要為建構危機管理體制，使大規模災害發生時的災損可以降低，並針對可能發生大規模災害的地點，預防進行規劃。

§2.15.2 水庫的土砂問題與砂防

本項專題由財團法人砂防・地滑技術中心砂防部技術課池田曉彥課長擔任講師，日本土砂移動發生原因，可能是因為地震及梅雨季或颱風帶來的降雨，再加上急陡地形，故覆蓋的土砂容易鬆動。

池田課長指出，以土砂災害的時間尺度而言，土砂災害對策可分成「短期性」與「長期性」的，就短期性土砂災害而言，其時間尺度從數小時日到數日不等；而長期性土砂災害，其時間尺度從數年到數

十年不等，而水庫的土砂災害防治，則屬於「長期性」的，故日本的水庫的淤砂容量基本上是以 50~100 年來進行設計。

水庫集水區的土砂管理對策主要有三：

1.土砂生產抑制：

- 坡地裸露地的土砂生產抑制→山腹工(基礎工・植栽工)、植林等
- 河道/溪流的河岸、河床侵蝕抑制→固床工・防砂壩(不透過型)・帶工等。

2.土砂/流木流出抑制

- 河道/溪流的土砂流出抑制(捕捉)、調節→防砂壩(透過型/不透過型)、固床工、囚砂區等。

3.土砂流出調節

- 河道/溪流的土砂流出調節(抑制流出)→防砂壩(透過型/不透過型)，固床工、囚砂區等。
- 不安定土砂的除去→防砂設施堆砂的去除

池田課長另舉天龍川的小涉水庫為例，如圖 2.15-4，小涉水庫目前的淤積已影響水庫的砂洪操作，故目前正進行處理中，目前國交省中部地方整備局的對策可參見圖 2.15-5 所示，基本除了包括前述三種對策，還包括了於水庫上游設置攔河壩，避免土砂入庫，也增加了水庫繞庫排砂。綜言之，水庫上游的土砂管理是長期性的，土砂管理的對策是要看水庫的營運與集水區的土砂情況來綜合決定。

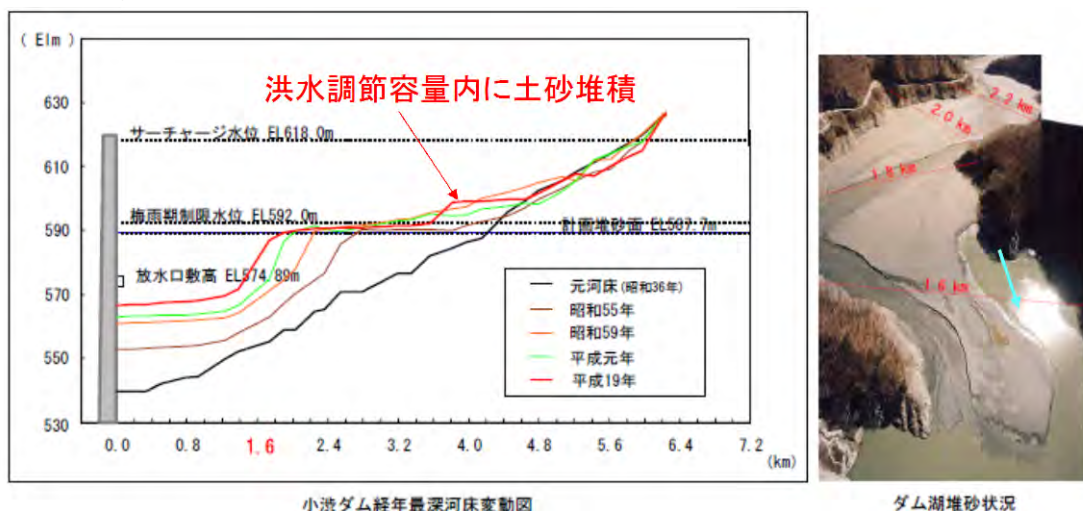


圖 2.15-4 小涉水庫的堆積情況

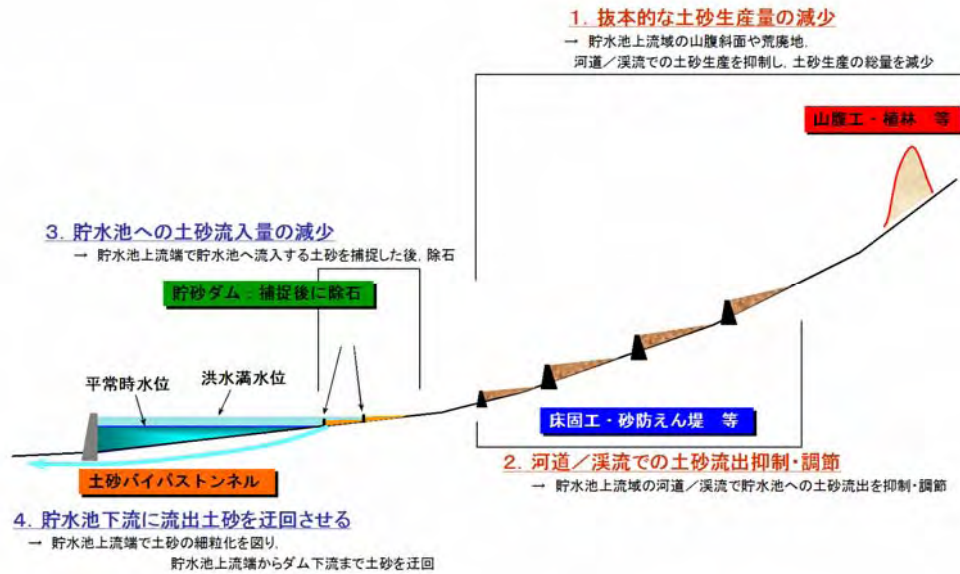


圖 2.15-5 小涉水庫土砂災害處理對策

§2.15.3 流域總合土砂管理

本項專題主要邀請國交省國總研危機管理技術研究中心的土砂災害管理官西真佐人博士擔任講師，西博士指出，「流域總合土砂管理」乃流域整體治理的重要一環，其目的在於達到災害的防止與減輕，河川適正利用及流水正常機能維持及河川環境的保全。

至於流域總合土砂管理的範圍為何呢？通過西博士的說明可知，即是包括山地、山麓部、沖積扇、平原、河口、海岸等土砂移動的範圍皆屬之，至於管理的基準點共有 4 大區塊包括分別為山地、水庫、河川、海岸等。

早年國交省的「流域砂防基本計畫」基本上對於山地、水庫、河川、海岸的砂防是採個案進行處理，但以流域為單元的整體治理來看，山地、水庫，河川、海岸等四大區塊有其上下游的關係，尤其日本目前海岸遭受侵食的危機，國土面臨流失，此研判與河川的輸砂量減少有關，故目前國交省講求所謂的「流砂系一貫」，將流域內個別的土砂問題，綜合考量處理。

西博士提到平成 11 年到 15 年，国土技術研究会曾進行「流砂系における土砂移動実態に関する研究」，其中係以安倍川為案例進行監測與分析，其中安倍川河口沿岸(靜岡、清水海岸)的粒徑有 72% 為

0.1mm~10mm 左右，因此該研究將流域上下游各基準點的輸砂量依集團粒徑，分成 0~0.1mm、0.1~10mm 及 10mm 等三個粒徑集團，在不同基準點進行輸砂量的分析，包括集水面積與輸砂量，分析流域內土砂沖蝕量。

依平成 14 年 10 月 1 日~3 日的觀測結果，各集團粒徑的輸砂量可參見圖 2.15-6 所示，證明安倍川海岸的沙源受到 0.1~10mm 粒徑集團影響甚鉅。

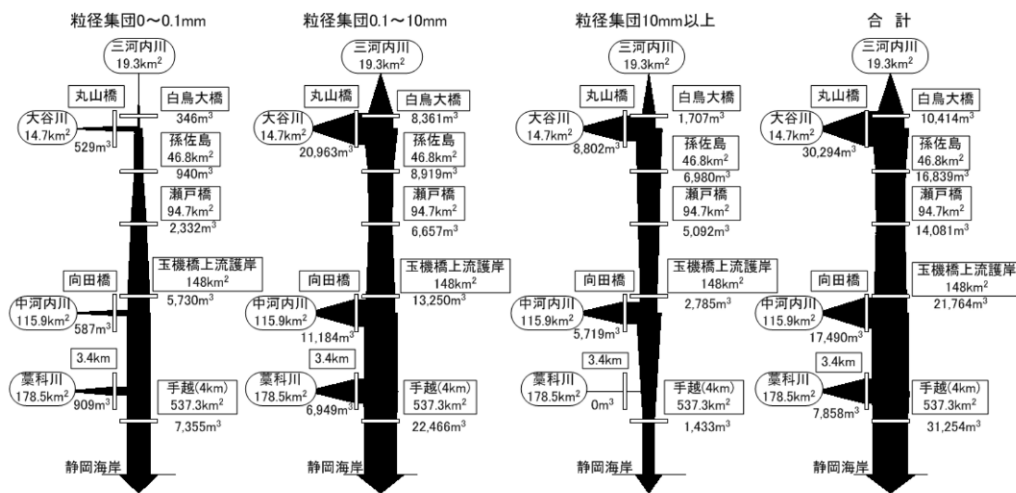


圖 2.15-6 安倍川土砂動態圖

西博士提到，日本土砂總合管理的基準點，目前聚焦在海岸的沙源平衡，故基本資料的分析上，是相當耗時的，而且土砂的平衡上涉及了人類活動及河川空間生物、生態環境的影響。另一方面，原本的流域水系防砂也有眾多課題也需要解決，例如水庫排砂問題、繞庫排砂課題、防砂壩型式(透過性或非透過性)、人工養灘課題、河川砂石採取課題等，而各項課題本身已很複雜，要把他們放在一個藍子裡，更增加其難度。

第三章、考察內容彙整

本次考察主題為「水庫泥砂淤積之因應對策」，同時並配合另一考察主題「氣候變遷的調適策略(適應策)」同時進行，因此對日本水庫在氣候變遷的調適策略一併納入考察學習，由於日本國對於氣候變遷的研究及投入的時間較早，有許多可供學習之處，故就考察日本氣候變遷適應對策之分工、氣候變遷調適對策研擬過程、氣候變遷境況、水庫土砂管理與水庫延壽、治水與利水體系、流域整體治理之新趨向之相關心得進行說明，茲分述如次：

§3.1 氣候變遷調適對策之分工

氣候影響層面是全面性、長期性的，日本目前的分工是依據各省廳負責事務，各自進行調適對策規劃，於內閣府成立「地球溫暖化推進本部」，各省廳定期須向內閣府報告相關的研究進度。

各省廳為了解決未來氣候變遷課題，都指定或新成立內部專門辦理的組織，有的省廳則成立相對應的委員會(或審議會)，延請相關學者專家辦理氣候變遷的政策，表 3.1-1 則為本計畫整理之日本各省廳氣候變遷相關組織資料。

表 3.1-1 日本中央政府氣候變遷相關組織

官廳	單位/組織
內閣府	政策統括官(防災担当)
內閣府	政策統括官(科學技術政策・イノベーション担当)
環境省	地球環境局總務課
國土交通省	氣象庁地球環境・海洋部地球環境業務課
國土交通省	綜合政策局環境政策課
國土交通省	河川局河川計畫課
國土交通省	河川局砂防部
國土交通省	港湾局海岸・防災課
農林水產省	大臣官房環境バイオマス政策課
農林水產省	農林水產技術會議事務局地球溫暖化對策研究推進委員會
文部科學省	研究開發局海洋地球課
文部科學省	21世紀氣候變動予測革新プログラム
厚生労働省	大臣官房環境對策推進本部
經濟產業省	產業技術環境局環境政策課
經產業省	產業技術環境局環境政策課

§3.2 氣候變遷調適對策研擬過程

自 2001 年 IPCC 第 3 次報告後，日本國內氣候變遷研究大致區分為三大區塊，分別為氣候變遷的影響、氣候變遷的緩和策與氣候變遷的適應策(調適對策)。

由於氣候變遷的影響是長期性與持續性的，面對外在環境變化適應手段，是以降低未來的負面影響，及增加正面影響的可能性。換言之，在進行氣候變遷調適對策研擬，必須先了解未來氣候變動影響的趨勢為何？影響的層面為何？再據以研擬調適策略。日本氣候特性不同於歐美大陸，水文分佈上較為不均，又有颱風與梅雨等特殊氣候，其氣候變遷影響無法直接引用歐美的資料，而是發展日本本土的氣候研究，研究氣候變動對於各層面的影響，並作為調適對策擬定的依據。

§3.2.1 氣候變遷影響研究

鑑於現有大部分氣候模式，係針對歐美地區大陸型氣候國家訂作，日本依據本身氣候的特殊性，由氣象廳發展所謂的 GCM20 的氣候模式，該模式的網格為目前世界最小的，據悉主要是針對日本的地形條件(高山多、平原少)，及較能掌握颱風動態。

另外環境省成立「地球環境研究總合推進費戰略研究開發計畫(S-4)」(2008)主要研究氣候變遷對各領域之影響，另外，文部科學省有成立「21 世紀革新計畫」，進行氣候變動影響的相關研究。

§3.2.2 調適對策影響研究

調適對策屬於政策層次，按日本各省廳傳統的作法，主要是組成審議會(或委員會)，邀請產官學各界賢達人士，例如國土交通省由社會資本審議會河川分科會組成「有關氣候變動之治水對策調適檢討小委員會」，同省的水資源部則成立「總合水資源管理因應氣候變動的風險研究會」。針對該省的調適策略提出建言，作為政府施策的參考。

§3.3 氣候變遷境況

§3.3.1 溫室氣體排放情形

預測未來溫室氣體的排放是一個非常複雜的動態系統，而此動態系統的驅動力則包括了世界人口的發展、社會經濟的發展與科技的改變，這些驅動力於未來的預測，皆存在著極大的不確定性；有鑑於此，

通常需要建立未來的情景、情節或是其它特徵，來描述未來的動態系統如何驅動，預測溫室氣體的排放。

「情境」，可解釋為未來將如何展現的一種替代映像，也是一種分析驅動力如何影響未來溫室氣體排放結果且評估相關不確定性的適當方法，其常用來對未來狀態進行合理的描述；情節，則是對未來的演變趨勢，進行定性且一致性的敘述，通常強調針對未來的變化進行量化的評估。情境，則結合了情景與情節所包含的描述與評估，情境的發展，可應用於氣候變遷的分析，其中包括氣候模式模擬、衝擊的評估、調適策略以及緩和策略的擬訂。

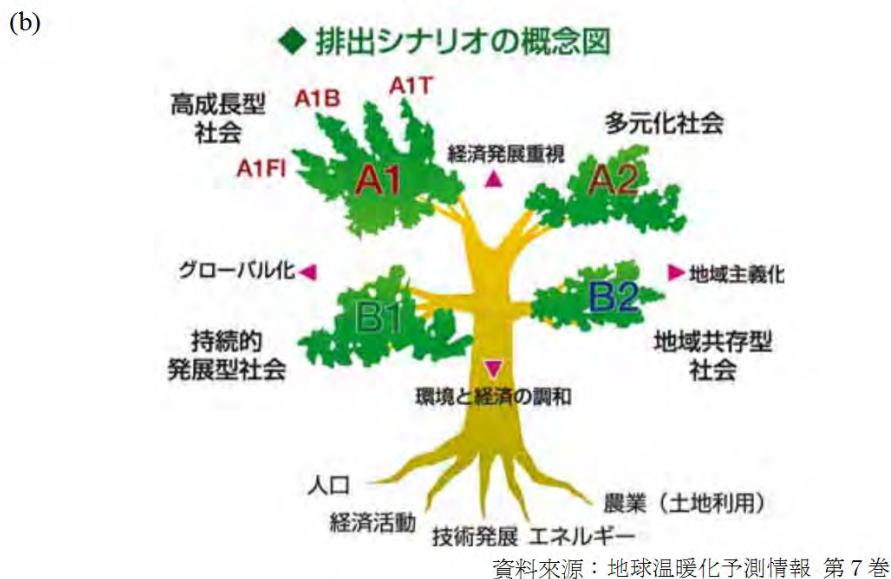
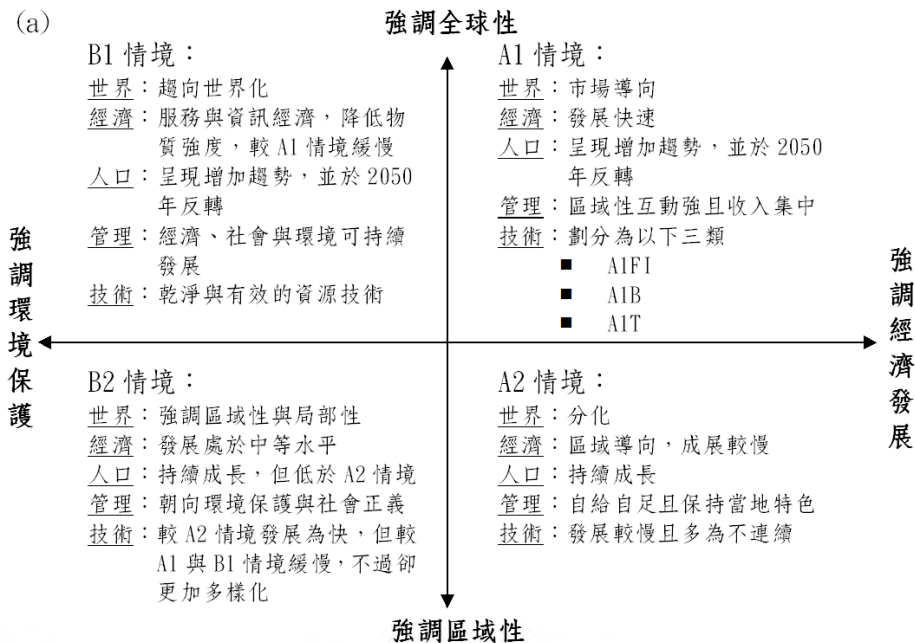
IPCC 於 2000 年出版『排放情境特別報告(Special Report on Emissions Scenarios, SRES)』，提供了未來溫室氣體排放情境，其中考慮社會、經濟與技術的發展，提出了不同的排放情境，可用於氣候變遷所帶來的衝擊、調適與相關脆弱度分析之研究參考。不過，在應用由 IPCC 所提供之排放情境時，會發生一定程度的不確定性，例如在人口以及國內生產毛額(GDP)預估方面，SRES 則採用先將世界分為四大區，再進一步降尺度至國家或次國家尺度；不過 SRES 所提供的情境，仍可針對社會經濟發展與溫室氣體排放於未來氣候的改變，進行連貫性的全面量化，並可供現今從事氣候變遷的相關衝擊、調適與脆弱度分析之研究參考。

於 SRES 中，提出了四個基本情境，如圖 3.3-1(a)所示，橫軸 x 正方向代表的是強調經濟發展，負的方向則表示強調環境保護；而縱軸 y 正方向代表強調全球的尺度，負的方向則表示強調區域性的尺度，其四個象限分別代表：

- 1.第一象限為 A1 情境，代表高成長型社會情境，其中又分為：
 - (1)A1FI 情境：為石化能源密集成長
 - (2)A1B 情境：各項能源均衡成長
 - (3)A1T 情境：非石化能源成長
- 2.第二象限為 B1 情境，代表持續發展型社會情境，其重視全球的社會、經濟及環境問題。
- 3.第三象限為 A2 情境，代表多元化社會情境，其中全球朝向區域獨自性，世界人口增加，而經濟發展與技術變化散亂，且技術創新

緩慢。

4.第四象限為 B2 情境，代表區域共存型社會情境，其重視區域性的社會、經濟及環境問題，而技術創新則屬平靜卻很廣泛。



圖(a)為座標象限示意圖；圖(b)為樹狀圖

圖 3.3-1 溫室氣體排放情境示意圖

雖然是以四個基本情境進行分類，不過 A1 情境又可分成三個主要的情境，所以一般來說，未來溫室氣體排放主要依照六個不同的情境進行預測模擬，分別為 A1FI、A1B、A1T、A2、B1 與 B2，如圖 3.3-1(b)所示，以提供世界各國應用不同排放情境配合大氣海洋環流耦

合環流模式(AOGCM)，模擬未來的氣候，例如未來的氣溫、降雨量、海平面、與蒸發散等。

一般認為，A2 情境是對未來較為悲觀的預測，溫室氣體排放濃度較嚴重，所以未來的氣候變遷之衝擊也較劇烈，所以若採用較保守的角度進行未來氣候的模擬，多以 A2 情境為基準。

A1B 情境，則是較為正常的排放情境，若採取較為客觀的角度進行未來氣候的模擬，則以 A1B 情境為基準。

若採取最樂觀的角度進行未來氣候的模擬，則以 B1 情境為基準，如圖 3.3-2 所示，而 IPCC 於 2007 年出版的第四次評估報告(AR4)中，也多以此三種情境進行模擬預測，例如全球平均氣溫的上升量，請參見圖 3.3-3 所示。

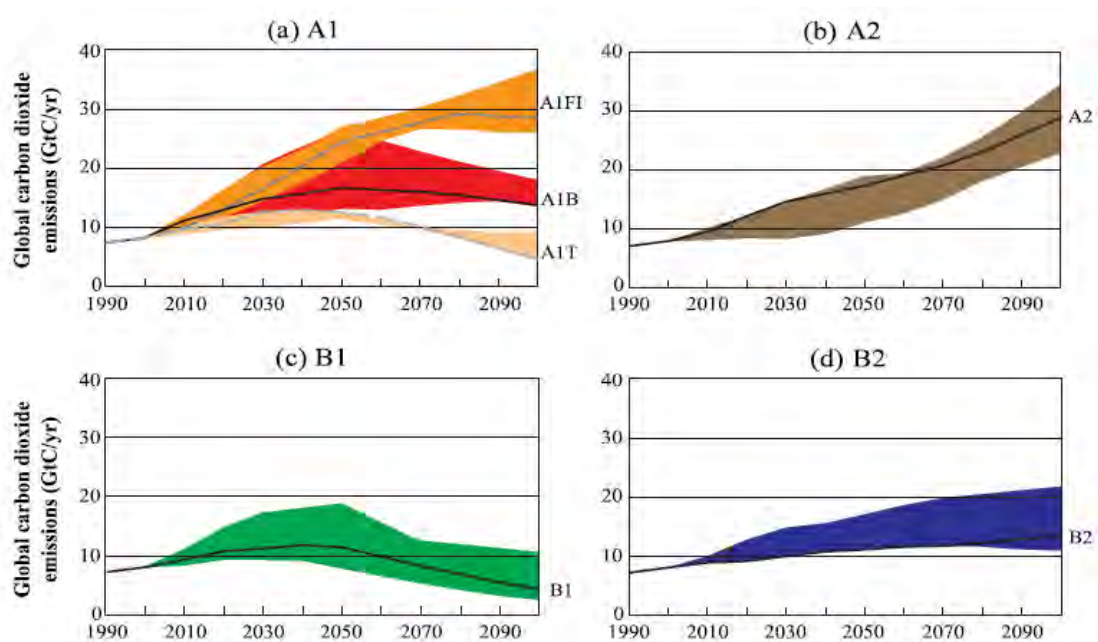


圖 3.3-2 未來二氧化碳排放情境預測示意圖(1990~2100)

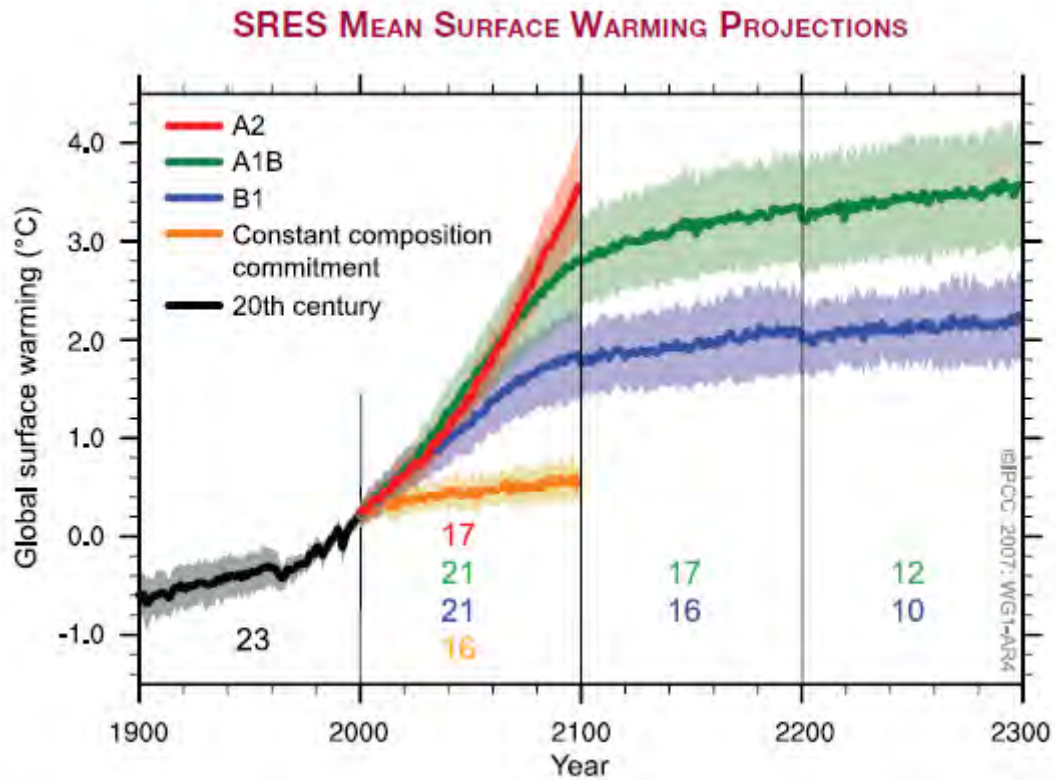


圖 3.3-3 全球氣溫上升預測示意圖

§3.3.2 日本氣候變遷境況

日本主要的氣候變遷與地球模擬相關研究，是由文部科學省所負責，日本政府於 2002~2006 年間，推行了『人、自然、地球共生計畫』，以 SRES 所提供之溫室氣體排放情境為基礎，建構全球溫暖化之預測、氣候與水文循環變動預測，以及相關的共通基本技術開發，而文部科學省為了延續上述共生計畫之研究成果，於 2007 年開始提出新的『21 世紀氣候變遷革新計畫』，預計以 2007~2011 年為計畫時程，利用國土交通省氣象廳氣象研究所(MRI)開發之模擬模式，其中包括大氣海洋耦合區域氣候模式(MRI-CRCM)、日本區域大氣模式(MRI-RCM20)、高解析度北太平洋海洋模式(MRI-NPOGCM)以及全球大氣海洋耦合模式(MRI-CGCM2.3.2)，而各模式相對應用的關係請參見圖 3.3-4 所示。

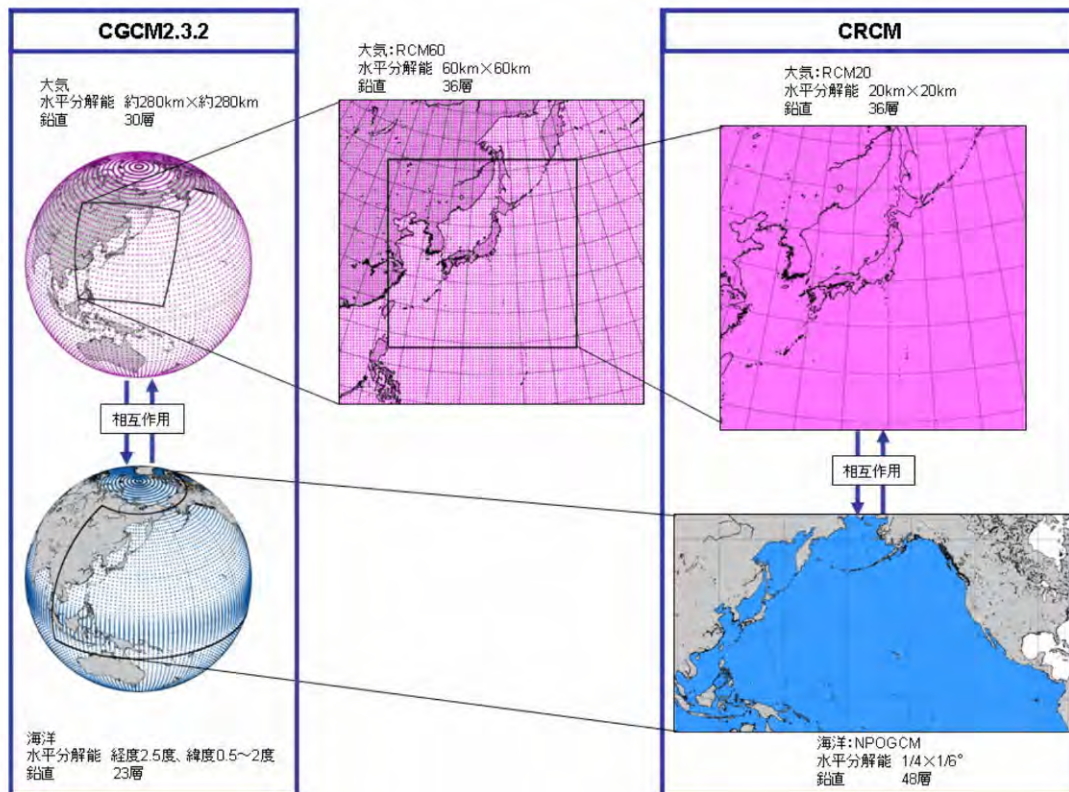


圖 3.3-4 相對應氣候模式示意圖

另外，氣象廳於 1996 年起，出版地球溫暖化預測情報(第 1 卷)，一直到 2008 年出版最新的地球溫暖化預測情報(第 7 卷)，在第 6 卷的地球溫暖化預測情報時，皆採用 SRES 中較為悲觀且嚴重的 A2 情境為模式模擬的基準，不過到了第 7 卷的地球溫暖化預測情報，則是採用 A1B 與 B1 情境為模式模擬的基準，以進行全球氣候變遷的預測，並應用相對應的模式，進行日本國內未來氣候變遷境況模擬，其中考慮日本列島的氣候特性和行政界線，將日本分為 11 個地域區分，分別為北海道日本海方面、北海道鄂霍次克海方面、北海道太平洋方面、東北日本海方面、東北太平洋方面、北陸方面、關東東海方面、西日本日本海方面、海峽內方面、西日本太平洋方面以及沖繩奄美方面，如圖 3.3-5 所示。



圖 3.3-5 日本氣候變遷預測分區示意圖

而於日本周遭海面水溫與海面水位的預測方面，則是考慮過去海面水溫變動傾向之類似程度，將日本近海劃分成 14 個海域，如圖 3.3-6 所示。



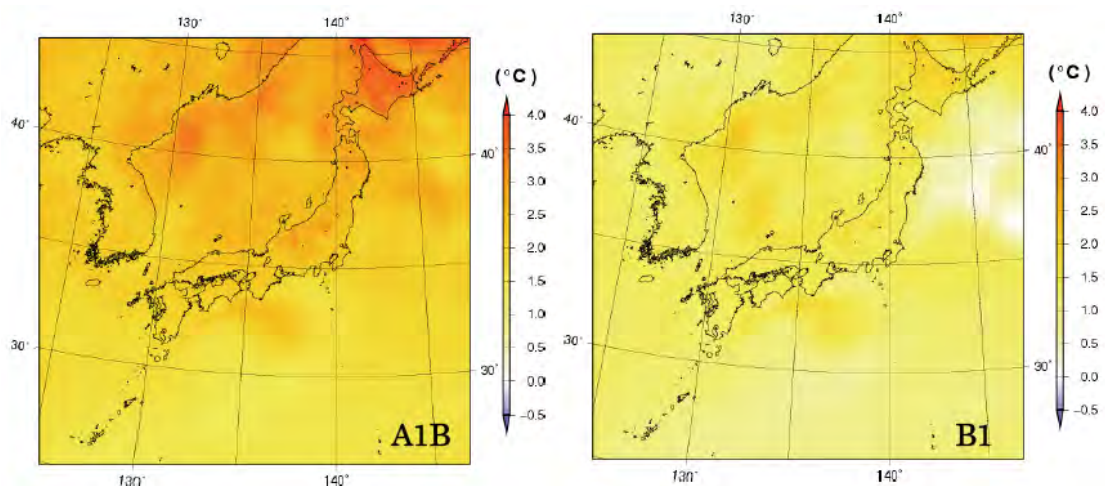
圖 3.3-6 日本近海海域劃分示意圖

綜合上述之氣候變遷情境、氣候模擬模式與日本地理環境的劃分，針對冬季平均氣溫的變化、寒冷天數出現頻率的變化、冬季降水量之變化、年平均海面水溫的變化與年平均海面水位的變化，進行相關的研究並描述之。

§3.3.3 日本冬季平均氣溫的變化

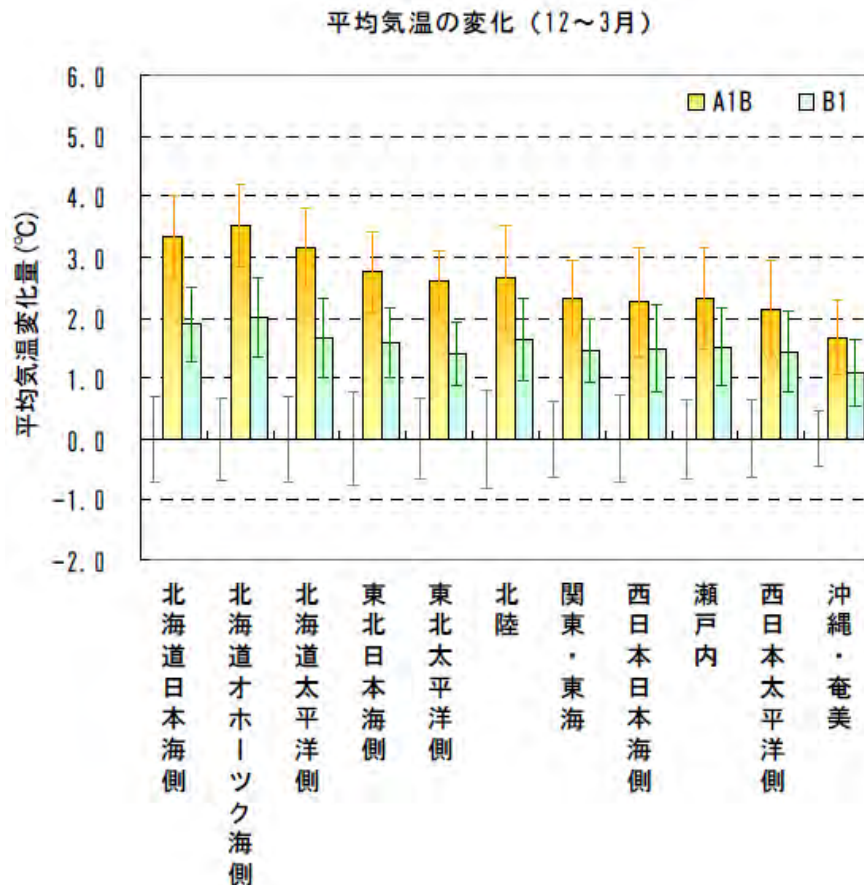
21 世紀末的冬季平均氣溫，愈高緯度，上升的趨勢愈明顯，若採用 A1B 情境模擬，北海道區域上升約 3°C 以上，從東北到西部區域上升約 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，在沖繩奄美區域上升約 1.5°C 。

若採用 B1 情境模擬，北海道區域上升約 $1.5\sim 2^{\circ}\text{C}$ ，其它區域上升約 $1\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ ，利用大氣海洋耦合區域性氣候模式(CRCM)模擬並比較現今的冬季氣候(1981~2000 年 12 月~3 月)的平均氣溫與未來預測的冬季氣候(2081~2100 年 12 月~3 月)的平均氣溫，如圖 3.3-7 所示，於 A1B 情境的模擬之下，緯度愈高的區域，平均氣溫上升的趨勢愈明顯，例如北海道地區則上升超過 3°C 以上，從東北到西部區域上升約 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，在沖繩奄美區域上升約 1.5°C ；另外於 B1 情境的模擬之下，平均氣溫上升的情形則較為緩和，大約只有 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 的上升幅度。圖 3.3-8 則顯示日本各氣候分區年平均溫度變化量，亦可看出變動程度亦由北向南縮小。



註：左圖為 A1B 情境下的模擬結果，右圖為 B1 情境下之模擬結果

圖 3.3-7 日本未來冬季平均氣溫變化預測示意圖



註：橙色、綠色與灰色分別代表 A1B 情境、B1 情境與現今年平均氣溫模擬標準偏差。

圖 3.3-8 日本各氣候分區未來平均氣溫變化示意圖

§3.3.4 日本寒冷天數出現頻率的變化

於北海道區域，真冬日¹⁰出現頻率減少至現今的一半左右(A1B 情境)；於東北區域，冬日出現頻率減少至現今的一半左右(A1B 情境)；於北陸、關東東海、西日本地區，冬日出現的頻率減半(B1 情境)，或是幾乎不出現冬日(A1B 情境)。

利用大氣海洋耦合區域性氣候模式(CRCM)模擬現今的冬季氣候(1981~2000 年 12 月~3 月)的真冬日與冬日出現頻率，並與未來預測的冬季氣候(2081~2100 年 12 月~3 月)的真冬日與冬日出現頻率進行比較，如表 3.3-1 所示，在 A1B 情境之下的模擬結果，北海道區域的真冬日出現頻率將會減少至現今的一半左右，而東北區域的冬日出現頻率，則減少至現今的一半左右，而在北陸、關東東海與西日本地區，冬日幾乎不再出現；於 B1 情境之下的模擬結果，真冬日和冬日的出

¹⁰真冬日指日最高溫低於 0°C 之天數，冬日指日最低氣溫低於 0°C 之天數。

現頻率，其減少幅度皆較 A1B 情境為小。

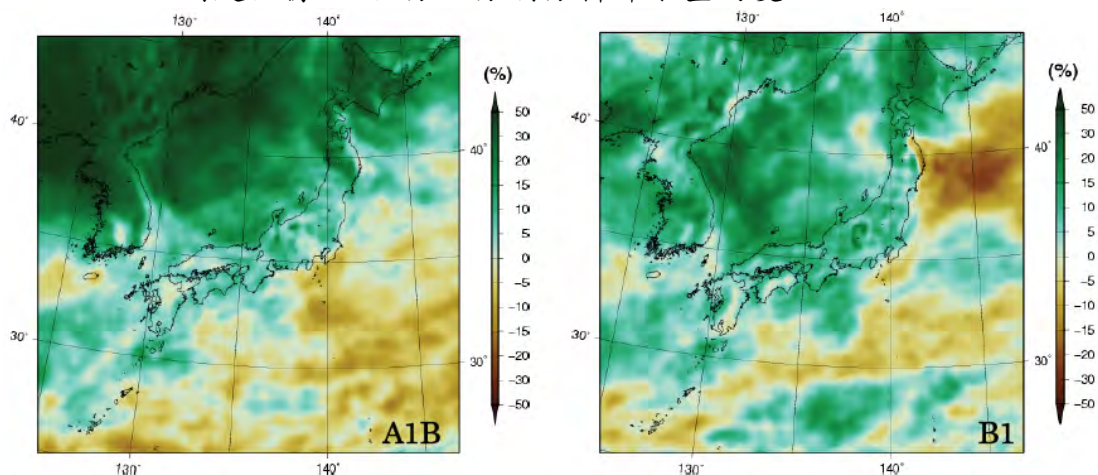
表 3.3-1 氣候變遷下，真冬日與冬日出現頻率之變化一覽表

地 域	真冬日の出現率			冬日の出現率		
	現在	A1B	B1	現在	A1B	B1
北海道日本海側	43.2%	22.5%	30.9%	72.7%	51.4%	59.9%
北海道オホーツク海側	69.8%	42.8%	56.0%	92.6%	74.7%	85.6%
北海道太平洋側	38.7%	16.2%	24.5%	73.5%	46.9%	58.5%
東北日本海側	21.0%	6.2%	12.2%	61.8%	36.8%	48.6%
東北太平洋側	5.0%	1.0%	2.2%	27.7%	12.9%	18.8%
北 陸	0.3%	0.0%	0.1%	5.5%	1.0%	2.2%
關 東・東海	0.1%	0.0%	0.0%	9.8%	2.0%	4.2%
西日本日本海側	0.2%	0.0%	0.1%	3.5%	1.1%	2.1%
瀨 戸 内	0.1%	0.0%	0.1%	6.6%	1.4%	2.6%
西日本太平洋側	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.4%	0.8%

§3.3.5 日本冬季時降水量的變化

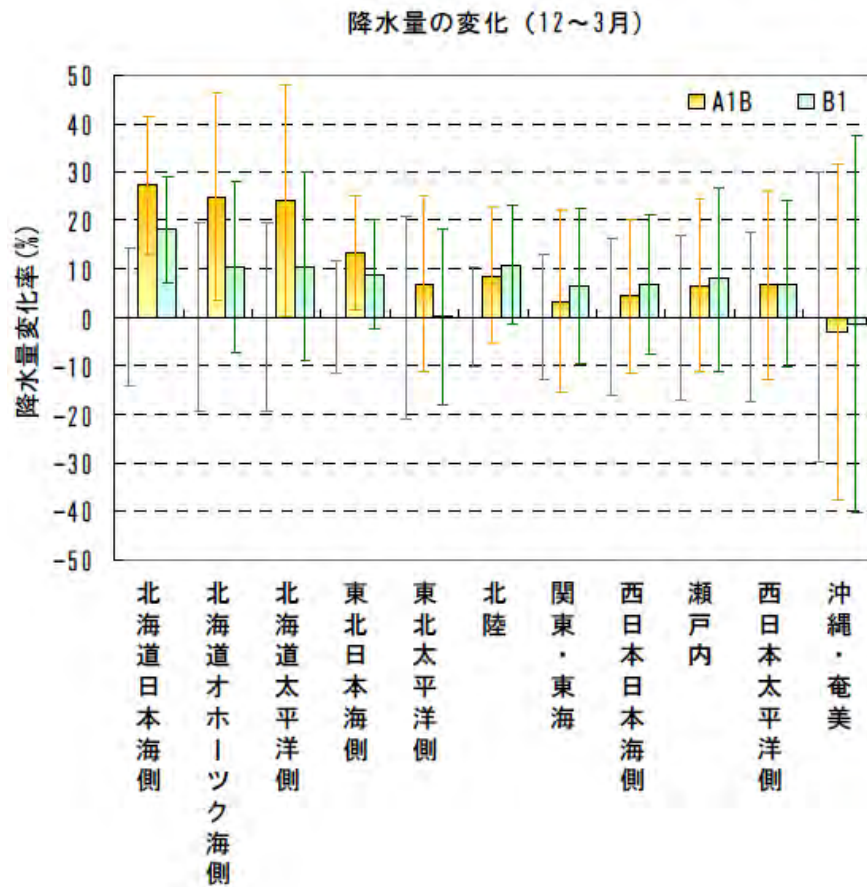
21 世紀末冬季時的降水量，除了沖繩奄美之外，皆由增加的趨勢，於北海道、日本東北區域約有 10~30% 的增加(A1B 情境之下)。

利用大氣海洋耦合區域性氣候模式(CRCM)模擬現今的冬季氣候(1981~2000 年 12 月~3 月)的降水量與未來預測的冬季氣候(2081~2100 年 12 月~3 月)降水量進行比較，其模擬結果如圖 3.3-9 所示，左側為 A1B 情境的模擬結果，右側為 B1 情境的模擬結果，整個日本國內除了沖繩奄美區域，降水量於 21 世紀末皆呈現增加的趨勢；另外圖 3.3-10 則是依據 11 個分區分別分析降水量的變化。



左圖為 A1B 情境下的模擬結果，右圖為 B1 情境下之模擬結果

圖 3.3-9 日本未來降水量變化預測示意圖，



註：橙色、綠色與灰色分別代表 A1B 情境、B1 情境與現今年平均氣溫模擬標準偏差。

圖 3.3-10 日本各氣候分區未來降水量變化示意圖

§3.3.6 日本年最大降雨量的變化

而國土交通省河川局亦提出未來降水量之預測，其利用 GCM20 模式於 A1B 情境模擬之結果，比較 1979~1998 與 2080~2099 降水量之差異，請參見圖 3.3-11 所示。

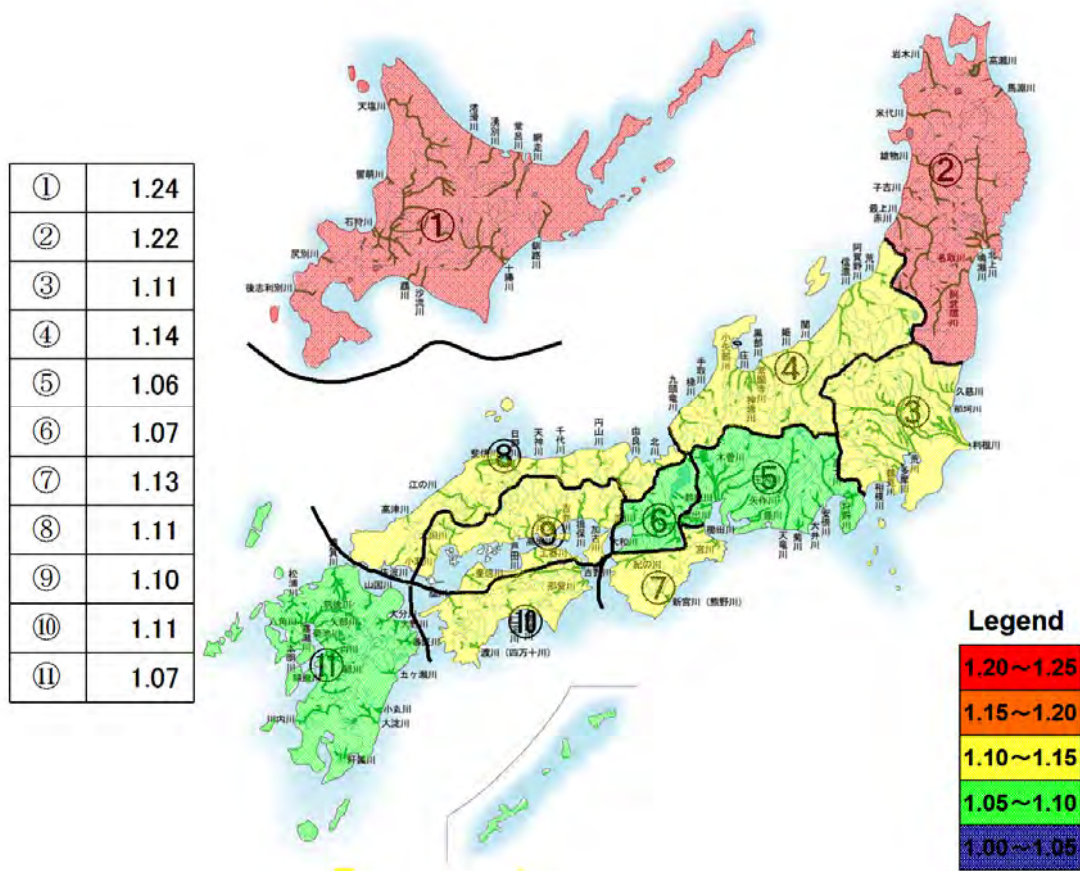


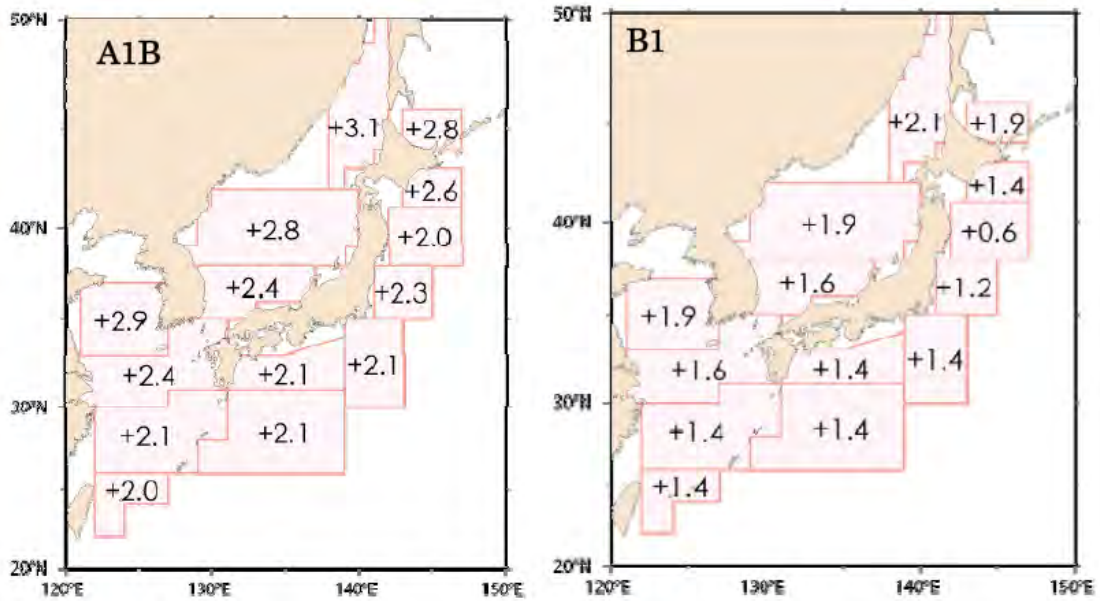
圖 3.3-11 未來降水量變化預測示意圖(A1B 情境模擬結果)

§3.3.6 日本近海年平均海面水溫的變化

日本附近海面水溫於 21 世紀末為止的長期變化趨勢，於 A1B 情境下為每 100 年上升 2.0~3.1°C 左右，B1 情境下，每 100 年上升 0.6~2.1°C 左右，從 21 世紀末的海面水溫長期變化趨勢來看，日本海區域的海面水溫上升較日本南方海域海面水溫上升明顯。

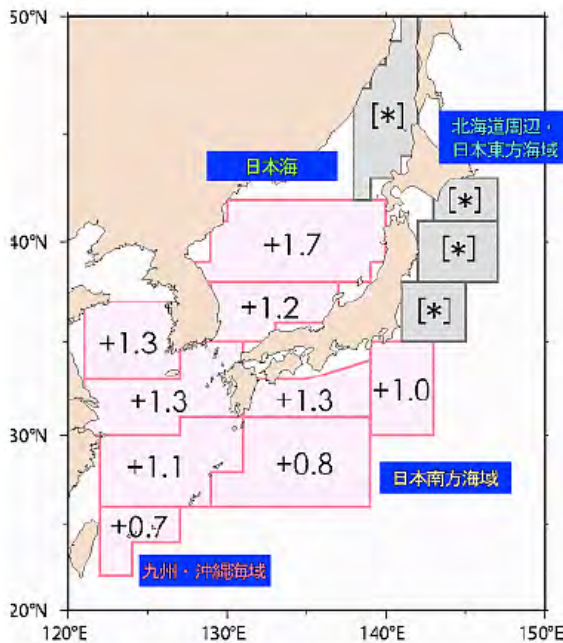
利用北太平洋海洋模式(NPOGCM)模擬 1981~2100 日本近海的年平均海平面水溫長期變化預測，如圖 3.3-12 所示，左圖為 A1B 情境下模擬結果，右圖為 B1 情境下模擬結果；從圖中可以看出，於 A1B 情境下為每 100 年上升 2.0~3.1°C 左右，B1 情境下，每 100 年上升 0.6~2.1°C 左右。另外比較 1900~2007 日本附近海域所觀測的海平面水溫，如圖 3.3-13 所示，比較兩圖可以發現，日本海區域長期海面水溫上升趨勢，比日本南方海域海面水溫上升趨勢要為劇烈，而且未來 100 年海面水溫上升幅度則會比過去 100 年海面水溫上升幅度更明

顯。



註：左圖為 A1B 情境下模擬結果，右圖為 B1 情境下模擬結果

圖 3.3-12 日本近海年平均海面水溫長期預測變化量(°C/100 年)



註：[*]所標示的海域，表示長期變化傾向不統計性意義

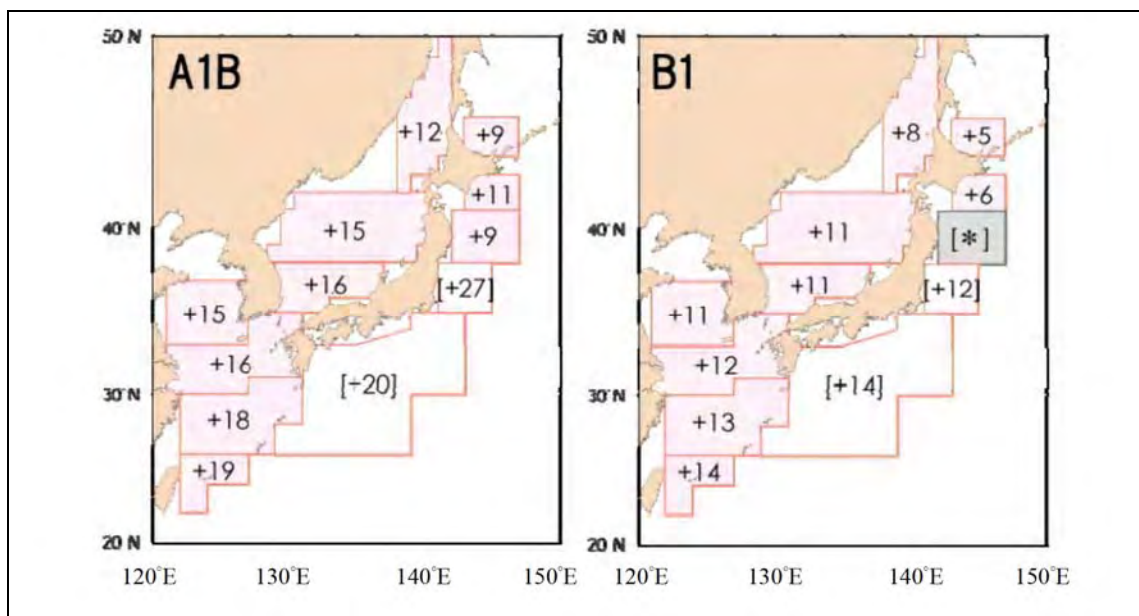
圖 3.3-13 日本近海海域年平均海面水溫長期變化量(°C/100 年)

§3.3.8 日本近海年平均海面水位的變化

日本附近海面水位於 21 世紀末為止的長期變化趨勢，於 A1B 情

境下為每 100 年上升 0.09~0.19 公尺左右，B1 情境下，每 100 年上升 0.05~0.14 公尺左右(模擬結果不考慮格陵蘭島與南極大陸等陸冰區域的減少)。

以 A1B 情境模擬的日本附近海面水位上升幅度，全部皆比 B1 情境的模擬結果為高。利用北太平洋海洋模式(NPOGCM)模擬 1981~2100 日本近海的年平均海平面水位長期變化預測，如圖 3.3-14 示，左圖為 A1B 情境下模擬結果，右圖為 B1 情境下模擬結果，從圖中可以看出，在 A1B 情境下，日本附近海面水位每 100 年約上升 0.09~0.19 公尺左右，而在 B1 情境下，每 100 年則只上升 0.05~0.14 公尺左右，上升幅度較為和緩，其海面水位的上升則是由海水的熱膨脹以及海流水位的變化關係計算得到；由於此模擬結果並無考慮格陵蘭島與南極大陸等陸冰區域減少所造成的海水上升效應，故比 IPCC 所出版的第四次評估報告(AR4)中所提供全球海面平均上升高度低(A1B 情境預測海面水位上升 0.21~0.48 公尺；B1 情境預測海面水位上升 0.18~0.38 公尺)，不過 A1B 情境的海面水位上升幅度皆大於 B1 情境。



注: [*]所標示的海域，表示長期變化傾向不統計性意義，[]則表示未來預測的長期變化不確定性大。

圖 3.3-14 日本近海的年平均海平面水位長期變化預測

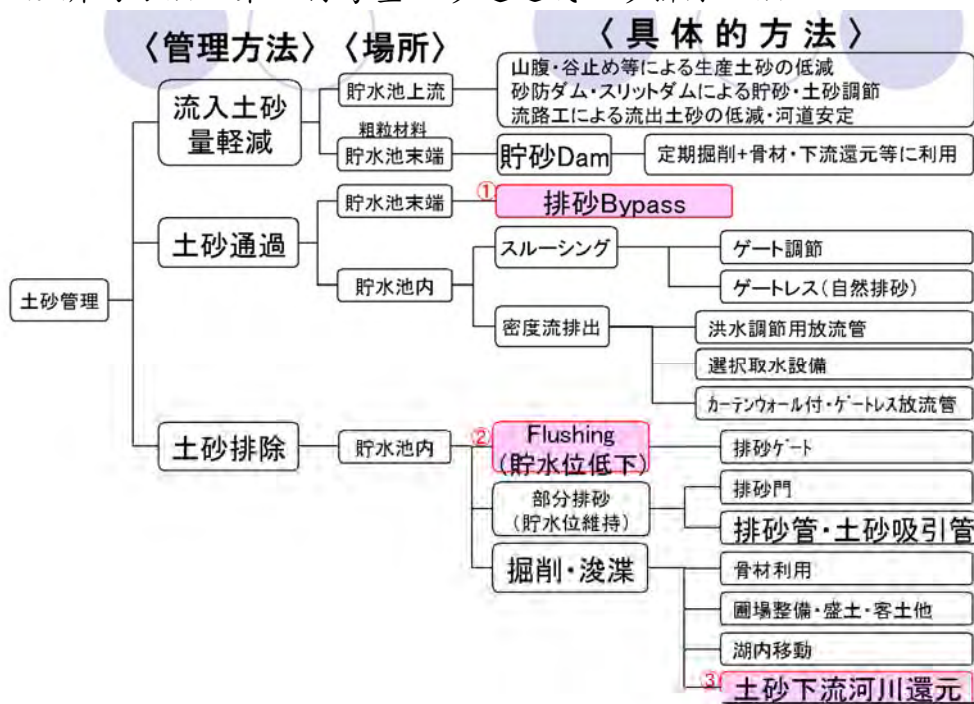
§3.4 水庫土砂管理與水庫延壽

§3.4.1 水庫土砂管理

本次考察參觀相俣水庫時，水庫管理事務所強調，日本目前的淤砂處理模式仍是以治標為多，因為各水庫規劃時，都已預留儲砂空間，真正能延長水庫壽命之關鍵仍是集水區的保育工作，在行程中了解日本在水庫集水區之保育工作極為重視，不僅限制集水區作非必要之開發，對於已崩塌地之處理不僅積極處理，也重視水源保育之工作。

而以土砂災害與水庫管理的關係可知，水庫的營運至少為 50~100 年或更長，國交省砂防部將水庫的砂防定位為長期性防禦的砂防，不同於一般於市町村興建的砂防保全工事，主要注重在不出災，而是以該集水區的土砂條件及水庫長期的營運來配合上游砂防的建設，若該集水區水土保持工程得以維持泥沙入庫在一定數量時，則水庫不一定要作水庫排砂或繞庫排砂，若該集水區泥沙量較多，則必須考量集水區水土保持與水庫排砂或繞庫排砂的相互配合。

圖 3.4-1 為目前日本水庫土砂管理的主要方法，分別為「流入土砂減輕」、「土砂通過」、「土砂排除」，其中流入土砂減輕屬於最經濟的方法，第二再考量土砂通過或土砂排除工法。

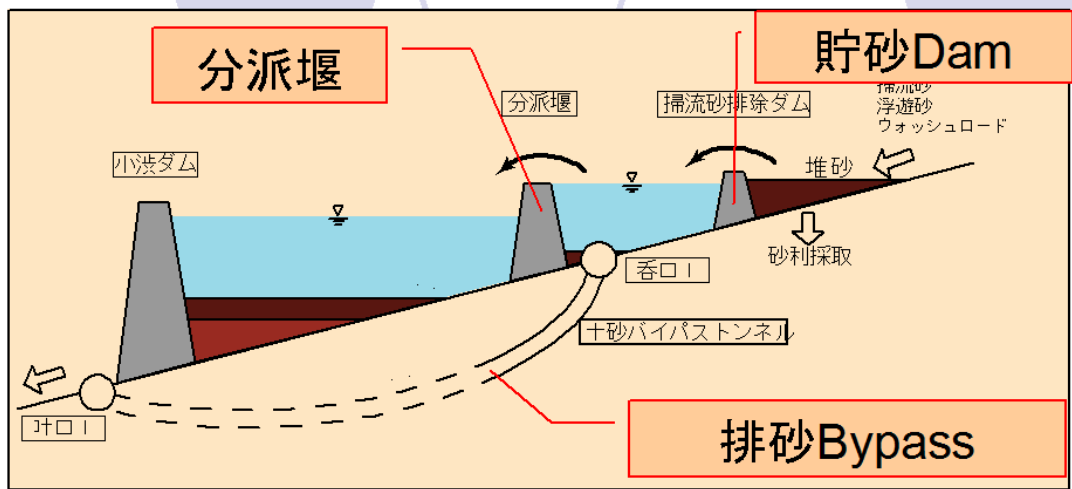


資料來源：建設技術研究所提供。

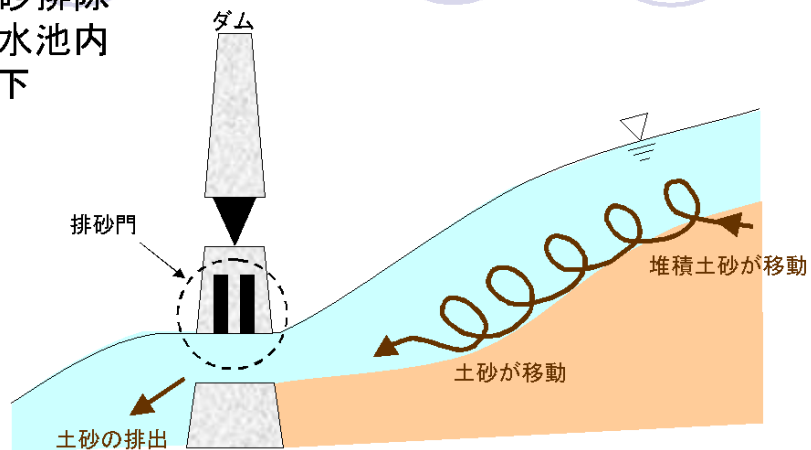
圖 3.4-1 水庫土砂處理對策

而在目前日本推動「流域總合土砂管理」，係以流域為單元管理土砂，主張為避免海岸遭到侵蝕，水庫集水區以能回歸至下游為最佳，故有關繞庫排砂、水庫排砂、土砂下游還原，已是目前開發單位的共識。而為了確保下游砂源，當今水庫的砂防工作，不是要考量到水庫上游的砂防，尚要兼顧下游的河道供沙。

台灣河川流域的單位面積產砂量較日本為甚，未來水庫建設僅靠上游集水區水土保持可能不夠，水庫本身可能還須配置相關的水力排砂設施，參見 3.4-2 所示。



管理方法：土砂排除
対策場所：貯水池内
貯水位：低下



資料來源：建設技術研究所

圖 3.4-2 繞庫排砂與水庫排砂示意圖

當前依據台灣河川流域的單位面積產砂量較日本為甚，未來水庫建設僅靠上游集水區水土保持可能不夠，水庫本身可能還須配置相關的水力排砂設施，參見 3.4-2 所示。圖 3.4-3 為根據不同水庫庫容、水

庫運用率及流域土砂量的關係，可初步決定採用何種型式的排砂設施。

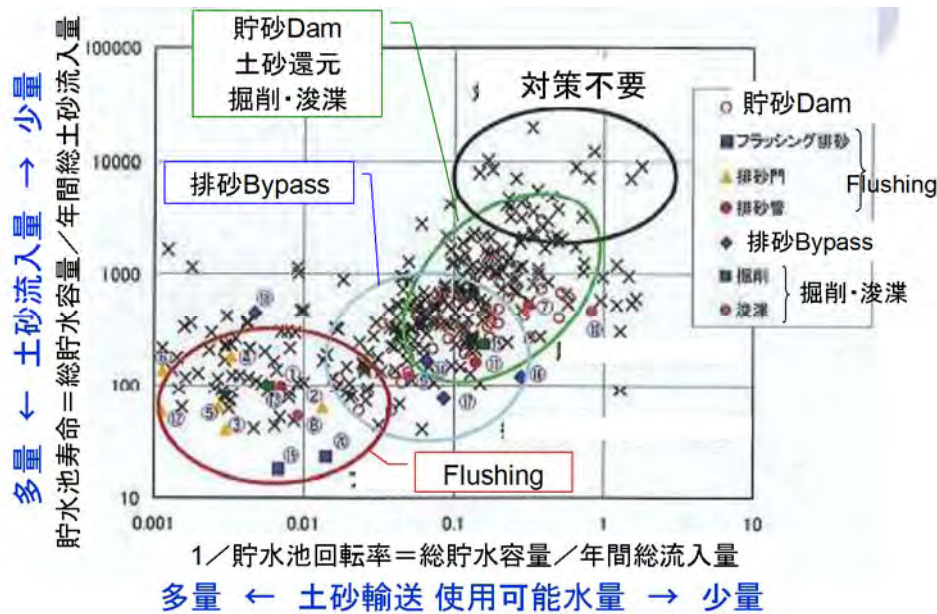


圖 3.4-3 水庫庫容、水庫運用率、年土砂輸送的關係

§3.4.2 水庫再開發議題

本次參訪得知，日本因在 1960 年代興建大量水庫，有部分水庫因年代久遠，加上新有水庫壩址難覓，故日本有部分水庫正在辦理水庫的再水開發議題。目前日本的水庫再開發計畫目的，通常有下列三種類型：

1. 功能提升：(容量增加、洩流量增加等)

容量增加類型的水庫不外為培厚加高，增加水庫的蓄水量，其主要考量新水庫壩址難尋，故利用現有水庫進行培厚再行加高，可參見圖 3.4-4 所示。

增加洩流量主要為增加排洪能量，通常係於水庫新設溢流設施，參見圖 3.4-4 所示。

2. 功能改善：(降低管理負擔)

改善水庫即有放流設施，例如有閘溢洪道改為無閘門方案。

3. 課題解決：(水庫淤砂、濁水對策、水質改善)

改善水庫淤砂情況，例如增設繞庫排砂設施，如長野縣的美和水庫。

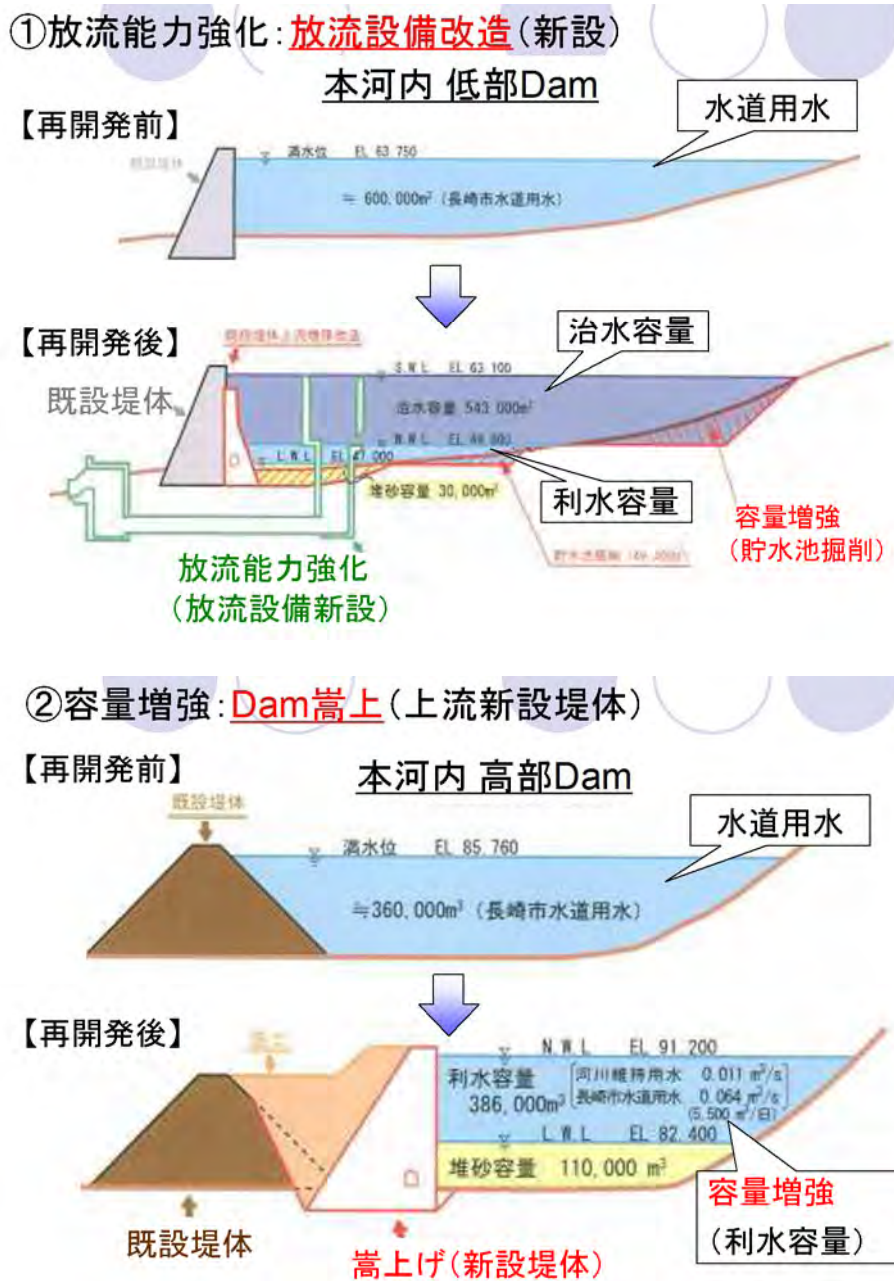


圖 3.4-4 水庫功能提升案例示意圖

§3.5 日本的治水與利水體系

日本在 2001 年 1 月 6 日進行了中央省廳的重組，其中「國土交通省」係整合了「運輸省」(主管海陸空運輸、鐵路、港灣、船舶、交通、氣象)、「建設省」(主管道路、河川、政府廳舍建造維護、住宅及都市計畫等社會資本維護)、「北海道開發廳」(進行北海道綜合開發事務，包括河川、治山、農業及港灣等)及「國土廳」(掌管土地、水資源、振興離島、災害對策和大都市圈政策等的國土行政的綜合行政機構)統合而生，組織規模龐大，“國土庁”4 個省廳統合而生，組織規模僅次於防衛省。該省英文譯名為“Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism”。

1. 治水體系：事權統一

由於國土交通省主管河川、砂防、都市計畫、國土規劃、海岸、下水道、交通計畫、水資源政策等事務，故使日本政府的治水事務得以事權統一，流域的治水事務涉及國土規劃、都市計畫、交通計畫時，可以在國交省內部解決，不須再透過內閣的協調，而國土規劃、都市計畫、交通計畫之方案規劃，也可在國交省內部自行調整並避免相互衝突，故日本的行政體系對於治水事務運用效率較佳。。

至於都道縣府內部的治水事務，則多涉及市町村等自治體之協調，此部分日本多以地方協議會的方式，由都道縣府層級之主管，來進行協調。

2. 利水體系：分頭管水

國土交通省目前主要負責水資源政策的業務，但各標的用水人則歸各省管轄，例如農林水產省主管農業用水，經濟產業省則主管工業用水與水力發電，至於厚生勞動省則主管生活用水，故基本上日本水源運用分別掌握在各用水人的主管機關。

3. 流域治理之模式

日本國土交通省於全國各地方設置地方整備局，涵括數個都府縣，例如東北、關東、中部、四國、近畿等，整備局下設(府、都)，管理所屬流域的洪水災害、渴水災害(乾旱)、土砂災害等業務。

§3.6 日本流域整體治理之新趨向

本次日本參訪係以國土交通省所屬單位為主，除拜訪河川局外，也包括國交省的砂防部、水資源部與國總研等單位，以往日本各水系流域治理大多以「河川整備計畫」為主軸，但本次參訪也聽取國交省砂防部的「總合土砂管理」與水資源部的「總合水資源管理基本計畫」，其共通點皆是以流域為規劃單元，再依據各項事業的主管部門，再分工進行規劃治理，以達到流域的治水、治砂與利水功能。有關日本目前流域整體治理的相關基準計畫列於表 3.6-1 所示。

表 3.6-1 日本流域整體治理之相關基本計畫

治理計畫	目的	母法
河川整備計畫	治水	河川法
總合水資源管理基本計畫	利水	水資源開發促進法
總合土砂管理計畫	治砂	砂防法
海岸保全基本計畫	海岸保全	海岸法

第四章 建議

1. 本次日本參訪適逢梅雨季節，於 6 月 30 日，即傳出九州地區出現豪大雨，引發土砂災害，包括多處崩塌、地滑及土石流，而國土交通省第一時間即根據氣象局雨量觀測資料，於當日凌晨即發佈警報週知民眾，雖警報發生在凌晨，有 4 個市町村的民眾自行避難，有 7 個市町村由政府協助避難，由於日本人口老化問題嚴重，本次事件日本媒體加強報導各地災情以及救災人員的搶險，也探討災害弱者(即老幼婦孺)議題，從本次救災看來，日本民眾的防災意識頗強，多配合政府避難、疏散計畫，於本次豪雨災害僅一人受傷，將災害降至最低，台灣未來也將會面臨高齡化社會，此種問題亦值得吾人深思並予以綢繆為。
2. 日本自改正水防法以來，即規範政府有義務製作淹水災害圖，藉著教育宣導防洪概念及方法，鼓勵民眾參與洪水防範相關活動，提高民眾防災意識，以減少洪災損失。並且用新聞媒體及舉辦相關活動，藉以教導防洪之概念及方法，提高民眾防災意識，以減少洪災損失，本署已着手辦理「淹水潛勢圖」公告，未來可進一步將淹水資訊開放於網路上供民眾查詢，期望讓民眾更能即早了解災害發生的機會，並進行相對應的策略，以減輕暴雨或洪水所帶來的災損。
3. 日本 1989 年代初期，曾由環境廳引領氣候變遷議題，但因各省廳間橫向連繫不佳，直至京都議定書訂定後，才改由內閣府設置推動總部，並由首相擔任本部長，一府及七大臣擔任本部員，故可看出日本對氣候變遷議題的重視。我國行政體系雖不同於日本，但考量日本的推動模式，不宜由單一部會作為主導，而應改由行政院成立「氣候變遷對策小組」，並指派政務委員負責此一業務，再由此小組召集經濟部、內政部、農委會、環保署、衛生署、交通部等相關部會，擬定各部門之調適策略與緩和策略。
4. 日本各省廳擬訂政策時，大多會成立「審議會」或「委員會」等組織，進行政策的審議，並將歷次審議過程公告，相關政策審查後，即成為政府決策者的「助言」(即政策建議，政府官員不一定要採納)，當年日本政府的「綜合治水對策」，亦是通過「河川審議會」組織的助言，而形成日本政府的重要政策。

5. 日本的政府官廳的氣候變遷研究，大致可分成三大領域，第一為研究氣候變遷的衝擊，第二為研究氣候變遷的緩和策略，最後則研究氣候變遷的調適策略，未來我國氣候變遷研究的分工，亦可比照此一方式推動。
6. 台灣河川坡度及流域單位面積的產砂量與輸砂量較日本更甚，因此，日本國內常發生的洪水或土砂災害，台灣也不惶多讓。而日本的防災體系的運作較台灣為久，各種防災避難路線圖，通常設於明顯之處，可以清楚傳達給居民或觀光客，而國土交通省甚至組成緊急災害對策派遣隊(TEC-FORCE)，當災害發生一定規模時，則組織隊伍至地方關心，而國土交通省的災害處置速報，往往在災害發生一週內即公告災害發生經過與處置作法，此作法深值得台灣學習。
7. 日本政府有專門機構進行治水經濟調查，並已頒布手冊，使全國有遵循之標準，而除了淹水的直接損失之外，連間接損失也完成量化工作，故可以將淹水潛勢圖提升為淹水風險圖，也為未來的洪水風險管理奠下基礎。台灣過去對於治水經濟調查的基本資料較為欠缺，建議未來可先汲取日本治水經濟調查的制度、治水經濟分析的過程進行專題研究，作為我國未來水患治理的參考，並有奠定未來的洪水風險研究與脆弱度分析的基礎。
8. 日本的水庫再開發或長壽命化(即延壽計畫)，大致指的是庫容增加(例如培厚加高)，或進行功能調整或改善(治水功能、利水功能等)，而進行再開發或延壽計畫之施工期間，原有水庫的治水或利水功能，將無法發揮，未來台灣地區要比照日本進行再開發或延壽計畫時，必須考量施工時的功能替代。
9. 日本在 1960 年代曾有計畫地以水系為單位，進行多目的水庫的開發，如今大部分水庫也都已滿 50 年的經濟壽齡，故目前日本屆齡水庫，皆面臨再開發或延壽的壓力，惟日本各水系擁有多座水庫群，當其中一座進行再開發或延壽計畫，其餘水庫則可以作為備援水庫，故推動上較我國具有優勢。
10. 本次參訪關東地方整備局之利根川水庫統合管理事務所得知，關東地區河川泥砂沖蝕量相對不高，故關東地方整備局的水庫較少配置排砂設備或繞庫排砂，而是以集水區的水土保持工法來替代，例如興建

攔砂壩的方式來減少泥沙入庫，並定期清理淤積土砂，使水庫的經營得以永續。

- 11.日本流域整體治理的趨勢遵從國土保全的觀念，從流域的上、中、下游、河口與海岸，並依法治水、利水、治砂，以完成「河川整備計畫」、「流域水資源總合管理計畫」、「流域土砂管理計畫」、「海岸保全基本計畫」，我國目前只有「河川治理計畫」較具雛型，建議未來可參考日本進行流域相關的基本計畫。
- 12.考察利根川資料館水庫統合事務所時，發現其完成之利根川水庫資料館，館內有許多設施，具有創意，除作為環境教育用外亦提供為良好的水資源教育，讓前來遊客了解水資源設施的各項意義，因此期望本署各水資源局亦應加強教育宣導工作並敦親睦鄰，維護水資源。
- 13.利根川流域關係日本首都圈之發展，關東地方整備局已於2007年即針對流域未來氣候變遷進行分析，亦同時配合研擬水庫操作運用對策，可值得吾人學習，本署所轄水資源局肩負水源調配及水庫操作營運工作，對未來旱澇之影響亦應加緊腳步研擬水庫相關營管對策以期因應。
- 14.現地參觀相俣水庫時，其已設置攔木索攔截漂流木，以維水庫設施之安全，鑒於台灣山坡地區皆已開發，漂流木一定會發生，因此建議台灣地區之水庫宜儘速規劃設置攔木索，以維水庫施安全。
- 15.利根川流域具有系列性水庫，其統合之管理值得學習，吾人對流域內之串聯水庫或並聯水庫之統合營運管理技術，或許可考量為氣候變遷之水庫調適策略之一環，除可改變或賦予水庫新的運用標的及生命外，亦為水資源永續發展另一思維。