

日本氣候變遷調適策略參訪心得

服務機關：行政院公共工程委員會
姓名職稱：徐技士肇晞、王技士明輝
派赴國家：日本
出國期間：2009/6/28～2009/7/6
報告日期：2009/9/2

日本氣候變遷調適策略參訪心得

目錄

日本氣候變遷調適策略考察心得	i
第一章、前言	1
第二章、行程概要	1
第三章、考察過程與主要內容	3
§3.1 建設技術研究所(CTI)	3
§3.2 國土交通省河川局	9
§3.3 國土交通省土地水資源局水資源部	12
§3.4 財團法人地球科學技術綜合推進機構	15
§3.5 環境省地球環境局	18
§3.6 國土交通省氣象廳	21
§3.7 國土技術研究中心(JICE).....	23
§3.8 國土交通省國土總合技術研究所(NILIM).....	29
§3.9 土木研究所(PWRI).....	35
§3.10 國際水災害與風險管理中心(ICHARM).....	36
§3.11 獨立行政法人國立環境研究所(NIES).....	39
§3.12 獨立行政法人防災科學技術研究所(NIED).....	42
§3.13 東京都建設局	48
第四章 心得與建議	54

表目錄

表 2-1 日本訪察行程一覽表	2
表 3.4-1 氣候變遷各項徵兆發生之可能性	16
表 3.7-1 日本治水經濟調查手冊的發展經緯	26
表 3.7-2 日本現階段治水經濟調查的項目	27
表 4-1 日本中央政府氣候變遷相關組織	55
表 4-2 日本聰明調適策略與台灣推動策略之建議	56

圖目錄

圖 3.1-1 拜會建設技術研究所	4
圖 3.1-2 日本土木學會建議的適應策	4
圖 3.1-3 CTI 發展之洪水預測模式架構示意圖	6
圖 3.1-4 CTI 發展之地面地下水水質預測示意圖	7
圖 3.1-5 總合土砂管理對策	8
圖 3.2-1 國土交通省河川局人員簡報	10
圖 3.2-2 日本地區氣候變遷影響預測降雨量變化情況	10
圖 3.2-3 日本地區降雨強度的變化趨勢	11
圖 3.2-4 未來水資源量空間分佈	11
圖 3.2-5 洪水風險地圖之調適	12
圖 3.3-1 國土交通省水資源部人員簡報	13
圖 3.3-2 地球溫暖化河川流量改變	14
圖 3.3-3 氣候變動下水庫供水能力下降	14
圖 3.3-4 氣候變動下的供需調適	15
圖 3.4-1 21 世紀氣候變遷革新計畫架構示意圖	17
圖 3.5-1 環境省地球環境局人員簡報	18
圖 3.5-2 世界主要排放溫室氣體國家排放量之比較	19
圖 3.5-3 調適策略制訂流程示意圖	20
圖 3.6-1 日本櫻花開花線變化	21
圖 3.6-2 世界氣象組織二氧化碳監測網分佈示意圖	22
圖 3.7-1 國土技術研究中心人員簡報	24
圖 3.7-2 日本河川構造物設計沿革	25
圖 3.7-3 因應氣候變遷水資源需求推估	26
圖 3.7-5 未來國交省河川砂防技術基準的整合	29
圖 3.8-1 國土交通省國土技術總合研究所人員簡報	30
圖 3.8-2 流域別適應策略分析架構	30
圖 3.8-3 降雨、流量、水位之機率關係	31
圖 3.8-4 日本高潮危險地區	32
圖 3.8-5 世界各海岸年平均侵蝕速度分佈	33
圖 3.8-6 日本海岸保全設施長度	33
圖 3.8-7 日本海堤分階加高加固示意	34
圖 3.8-8 降雨預測配合水庫操作防洪示意圖	35
圖 3.10-1 拜會國際水災害與風險管理中心(ICHARM)	36
圖 3.10-2 WEP 模擬示意圖	37
圖 3.10-3 MRI-AGCM 降雨量模擬成果	38
圖 3.10-4 IFAS 模式輸入圖	38

圖 3.10-5 無人流量量測船示意圖	39
圖 3.11-1 環境研究所人員簡報	40
圖 3.11-2 全球年平均溫度變化對不同領域的影響	41
圖 3.11-3 日本地區年平均溫度變化對不同領域的影響	41
圖 3.11-4 溫暖化影響總合預測評價示意圖	42
圖 3.12-1 東京區域海拔示意圖	43
圖 3.12-2 日本降雨強度與頻率示意圖	44
圖 3.12-3 即時洪水風險地圖模擬系統流程示意圖	44
圖 3.12-4 比較雷達預測與觀測雨量圖	45
圖 3.12-5 潛勢淹水預報網頁示意圖	45
圖 3.12-6 世界巨大自然災害損失示意圖	46
圖 3.12-7 未來颱風可能發生個數與強度示意圖	47
圖 3.12-8 未來預測月平均降雨量示意圖	47
圖 3.12-9 防災科學技術研究所人員解說大型降雨實驗設施	48
圖 3.13-1 東京都建設局人員簡報	49
圖 3.13-2 東京都內河川整備對策示意圖	50
圖 3.13-3 東京都水系圖	50
圖 3.13-4 東京都中小河川整備防護基準	51
圖 3.13-5 神田川流域概況	51
圖 3.13-6 神田川分水路建設	52
圖 3.13-7 目黒川荏原調節池川	52
圖 3.13-8 神田川環狀七號線地下河川	53
圖 3.13-9 貯留施設與浸透施設	53
圖 3.13-10 東京都洪水災害圖的公開與避難路線	54
圖 4-1 日本氣候變遷官方組織架構	55

第一章、前言

氣候變遷是個非常複雜的議題，其中，最明顯也是最有力的證據，就是全球暖化(Global Warming)的現象，根據聯合國 IPCC 於 2007 年出版之第四次評估報告中(AR4)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，對於水環境有直接的影響，例如降雨強度增加、乾早期增加等因素，故對水利建設也將造成某一程度的衝擊。而日本在有關氣候變遷的研究及調適策略擬定的起步較我國為早，且同處西太平洋區域，其地文、水文情況與我國類似，故本次考察乃規劃至日本參訪相關公、私部門，透過簡報與對談方式，一窺日本目前氣候變遷調適策略之走向，以作為國內因應氣候變遷對水環境衝擊所提出之調適策略的參考。

本次參訪行程，係選定日本國土交通省相關部門(河川、水資源、氣象等)為主要參訪對象，並安排環境省簡報與討論，並至各行政法人或財團法人研究機關，了解氣候變遷的幕僚作業，並可進一步推展台日雙方交流。

第二章、行程概要

本次參訪系配合經濟部水利署之研究計畫，參訪成員包括水利署陳春錦、陳茂泉、中興公司龔誠山、袁倫欽、譚仲哲、國家災害防救中心江申及本會王明輝、徐肇晞。期程自民國 98 年 6 月 28 日至 98 年 7 月 6 日止，為期共 9 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、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、獨立行政法人土木研究所、獨立行政法人國立環境研究所、獨立法人防災科學技術研究所、財團法人地球科學技術總合推進機構以及財團法人國土技術研究中心等機關，行程表詳如表 2-1 所示。

表 2-1 日本訪察行程一覽表

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 (CTI)	1.日本工程顧問公司於氣候變遷議題中扮演的角色 2.氣候變遷之水利防災施設對策 3.水庫再利用之土砂管理與再開發技術 4.CTI執行之氣候變遷相關研究計畫。 5.國土交通省針對氣候變遷議題所進行之相關研究 6.氣候變遷對日本河川可能造成之衝擊 7.氣候變遷對日本水資源可能造成之衝擊 8.水資源因應氣候變遷衝擊之調適策略
			下午	◎國土交通省河川局 ◎國土交通省土地水資源局水資源部	
6/30	1	東京	上午	◎地球科學技術總合推進機構	1.日本國內模擬預測氣候變遷的進度 2.地球模擬器的研發 3.日本減碳的目標與相對應的策略 4.地球溫暖化對策的中期目標與檢討狀況 5.環境省因應氣候變遷之可行調適策略 6.地球環境局於氣候變遷研究課題之經費與研究成果 7.國際合作之可行性
			下午	◎環境省地球環境局	
7/1	1	東京	上午	◎國土交通省氣象廳	1.氣象單位於氣候變遷相關課題之研究預算與規劃期程。 2.日本氣候變遷預測之評估模式 3.日本氣候變遷的海洋監測 4.日本氣候變遷的降雨預測 5.日本的海水位上升預測 6.日本氣象部門與河川部門之合作機制 7.日本的颱風長期變化趨勢 8.因應氣候變遷所需之新增氣象觀測內容。
			下午	◎國土技術研究中心	
7/2	1	筑波	上午	◎國土交通省國土技術總合研究中心	1.因應氣候變遷之日本河川施設管理對策 2.因應氣候變遷之日本海岸保全 3.因應氣候變遷之日本水資源開發 4.地球溫暖化條件下，日本水利施設設計基準的影響 5.日本的治水安全度評估 6.日本水患風險評估與管理研究 7.地球溫暖化之水患風險管理對策 8.氣候變遷對日本水環境之衝擊 9.日本與台灣協力合作之可能性
			下午	◎獨立行政法人土木研究所	
7/3	1	筑波	上午	◎國立環境研究所	1.氣候・影響・土地利用整合評估之研究成果與案例介紹

日期	天數	地點	工作內容	參訪重點
			下午 ◎防災科學技術研究所	2.氣候變遷下之環境脆弱度評估研究 3.氣候變遷風險之定義 4.日本有效之節能減碳策略與方法 5.氣候變遷與河川水質惡化之關係與案例說明 6.氣候變遷下，土砂災害、水患、乾旱之危害減輕對策。
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.東京都因應氣候變遷研究之經費預算、規劃時程等相關資料說明 2.因應氣候變遷，東京都之水利設施、綜合治水對策及防災設施之調適對策
			下午 東京返台北	

第三章、考察過程與主要內容

§ 3.1 建設技術研究所(CTI)

本參訪團於 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，其員工約有 1,100 人，並積極擴展國際業務，故在全球氣候變遷議題方面，亦有相關的業務及其研究成果。

會議首先由我方向日方介紹台灣的水資源特性及水利行政，日方則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，並接續由其他人員介紹「地球溫暖化への取り組みの紹介」、「都市域における総合的な治水対策」、「都市域における水物質環境改善」及「総合土砂管理及びダム再開發」等議題。



圖 3.1-1 拜會建設技術研究所

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，該委員會曾在平成 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 3.1-2)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。

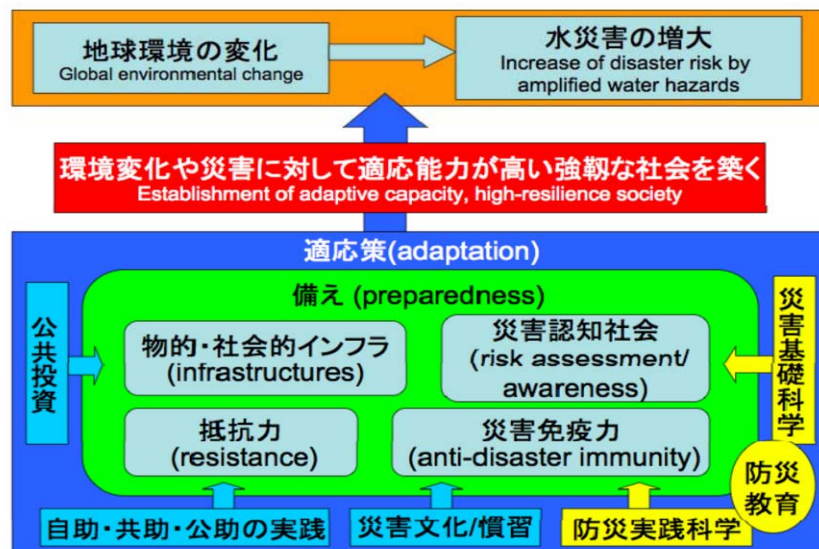


圖 3.1-2 日本土木學會建議的適應策

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，並設置有「地球溫暖化對策特別委員會」，其下包括三個小委員會，分別為「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」。

二、都市地區的總合治水

本場簡報則是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，藤原部長所介紹之都市地區之綜合治水對策技術內容，主要分為日本都市地區的水害問題介紹、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洪水災害受到的影響，分別針對短期、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「總合治水對策」，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、下游排洪及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改用途，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向本參訪團解說。

以 CTI 提出之洪水預測、淹水預測系統(參見圖 3.1-3)，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，故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。

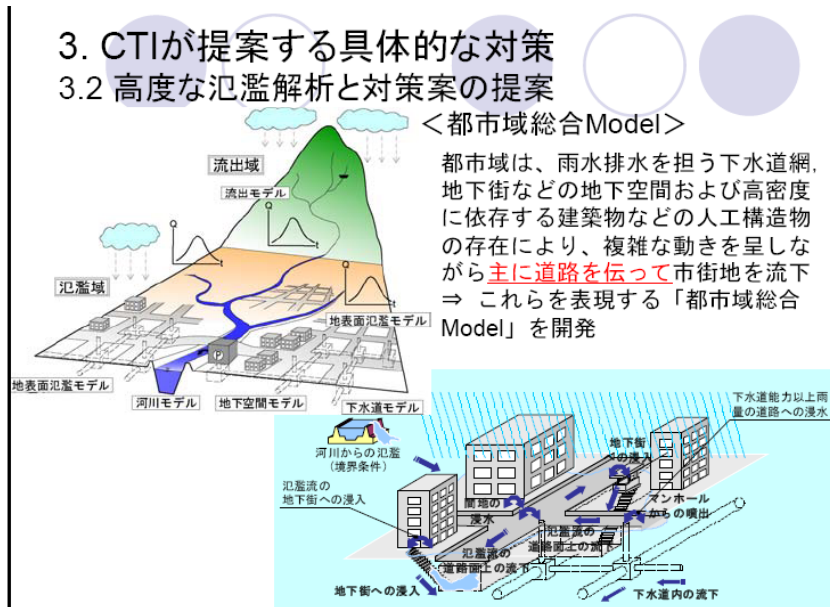


圖 3.1-3 CTI 發展之洪水預測模式架構示意圖

三、都市地區的總合治水

本場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。在此，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 3.1-4)
- (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)>

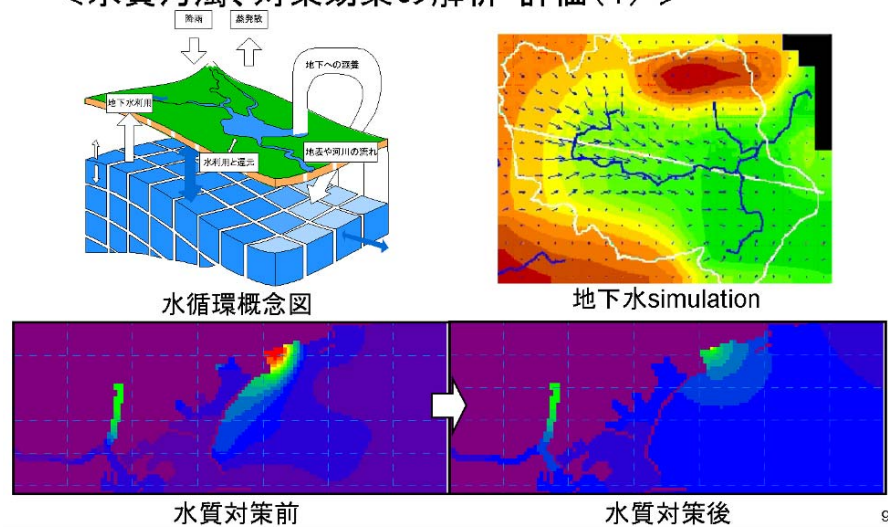


圖 3.1-4 CTI 發展之地面地下水水質預測示意圖

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 3.1-5)，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。

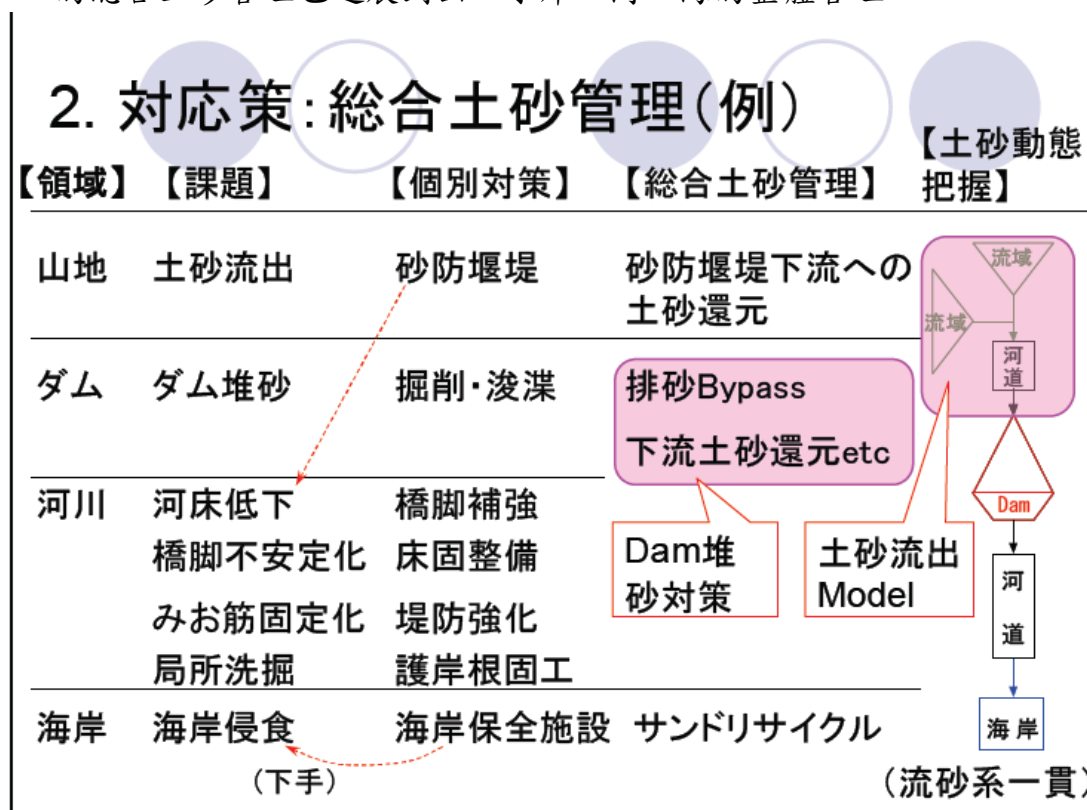


圖 3.1-5 總合土砂管理對策

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。

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(水庫浚渫後，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，目前日本的水庫再開發議題，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，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它水庫替代，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。

§ 3.2 國土交通省河川局

本參訪團於 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，藤田先生簡報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議題進行簡報。



圖 3.2-1 國土交通省河川局人員簡報

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，其它區亦顯示有增多的傾向(參見圖 3.2-2 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。

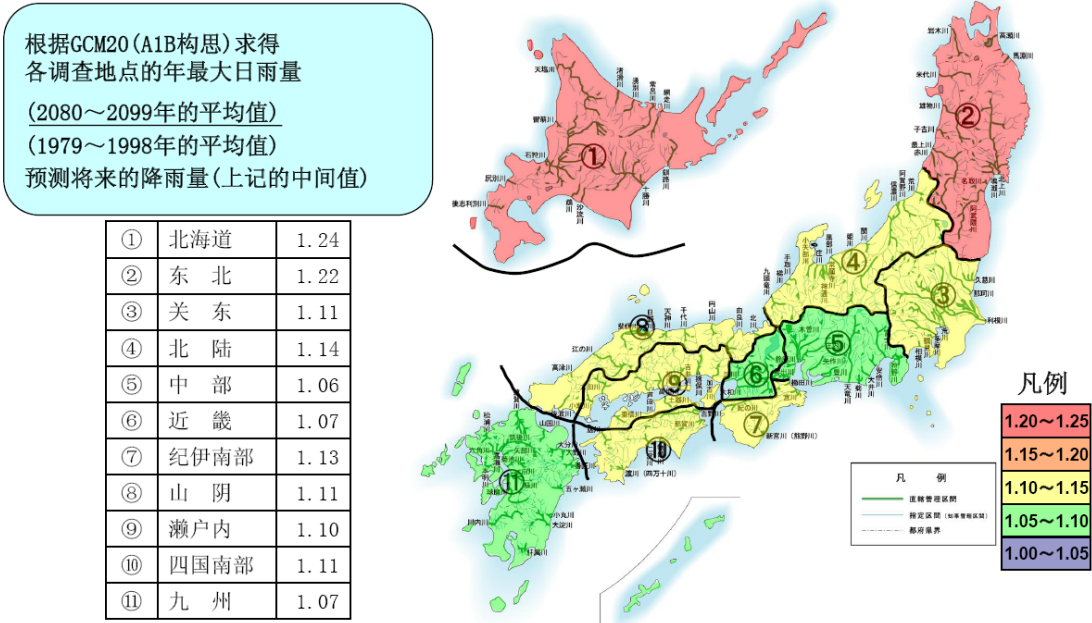


圖 3.2-2 日本地區氣候變遷影響預測降雨量變化情況

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 3.2-3)；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 3.2-4 所示。

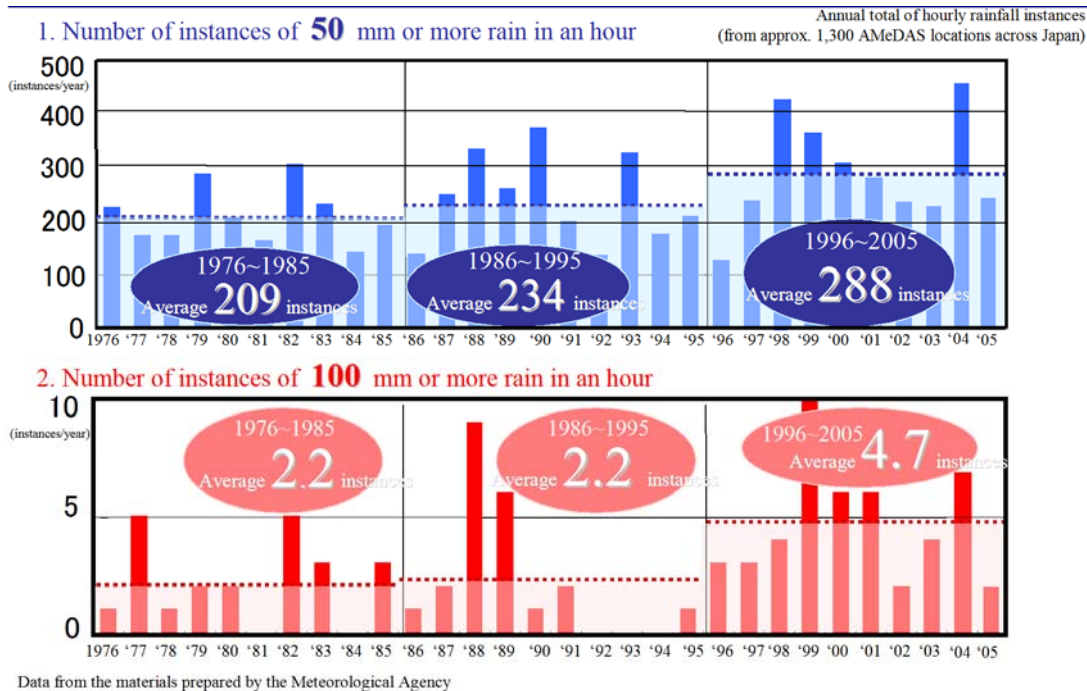


圖 3.2-3 日本地區降雨強度的變化趨勢

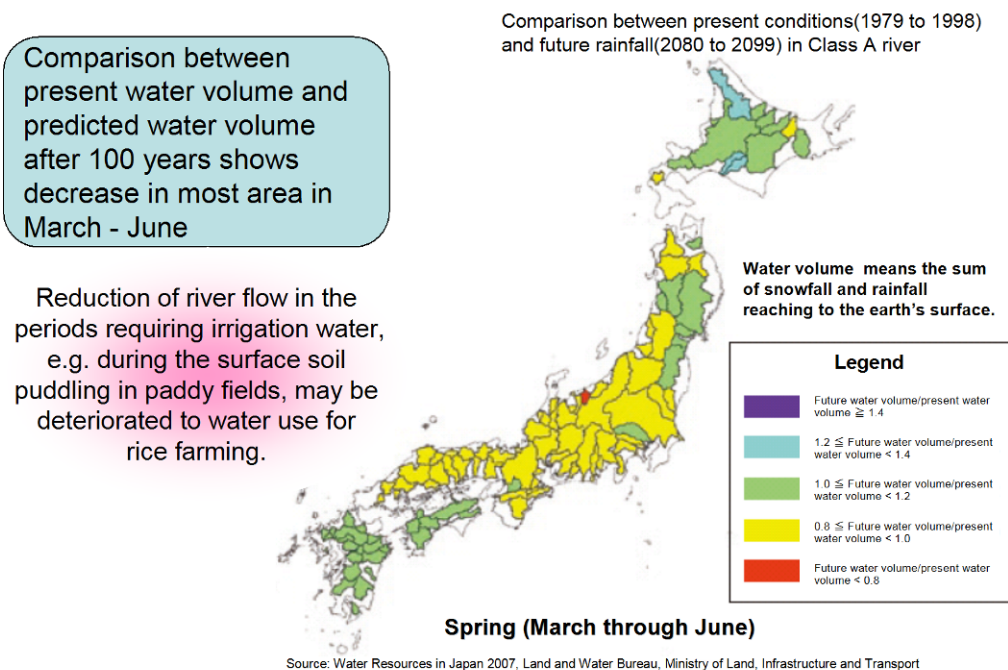


圖 3.2-4 未來水資源量空間分佈

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.要達成災害零損失很困難，所以考慮的調適方法預期要達到零傷亡。
- 2.對於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方法則大略分為四項：

- 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 3.2-5 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。

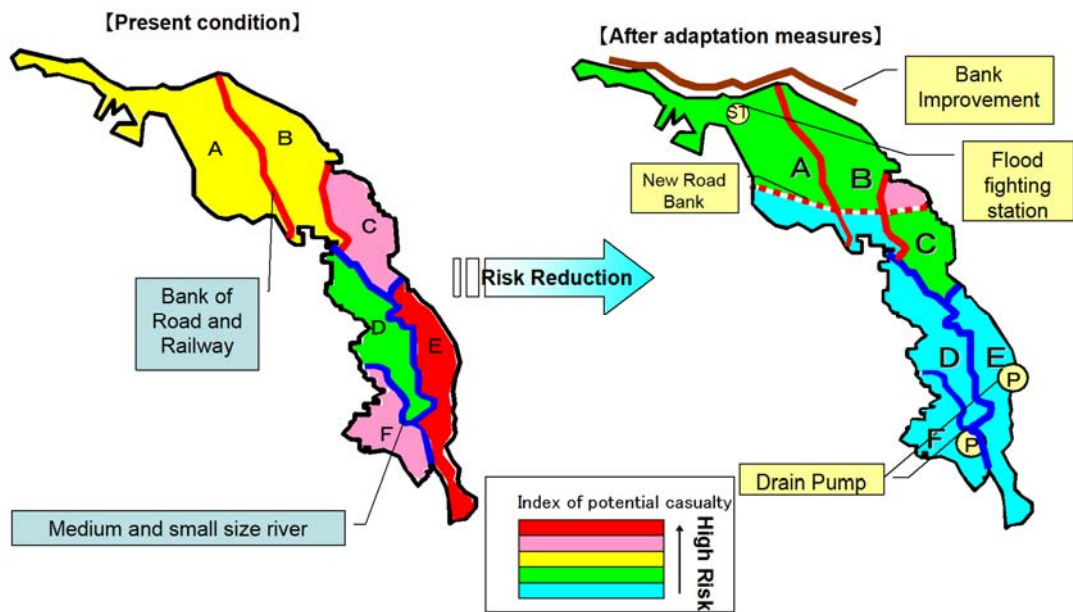


圖 3.2-5 洪水風險地圖之調適

§ 3.3 國土交通省土地水資源局水資源部

本參訪團於 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，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 3.3-1 國土交通省水資源部人員簡報

- (1)設施老舊，造成功能降地且增加風險。
- (2)大規模的地震造成水供給的困難增加。
- (3)要求飲用安全的水。
- (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，因為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 3.3-2)，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，使原本五、六月才會發生的洪峰流量，提早於四月初發生，且洪峰量降低。另鑑於地球暖化後河川豐枯比將更形懸殊(參見圖 3.3-3)，此使得水庫的安全出水量可能降低。

温暖化後の河川流出量の状況(想定)

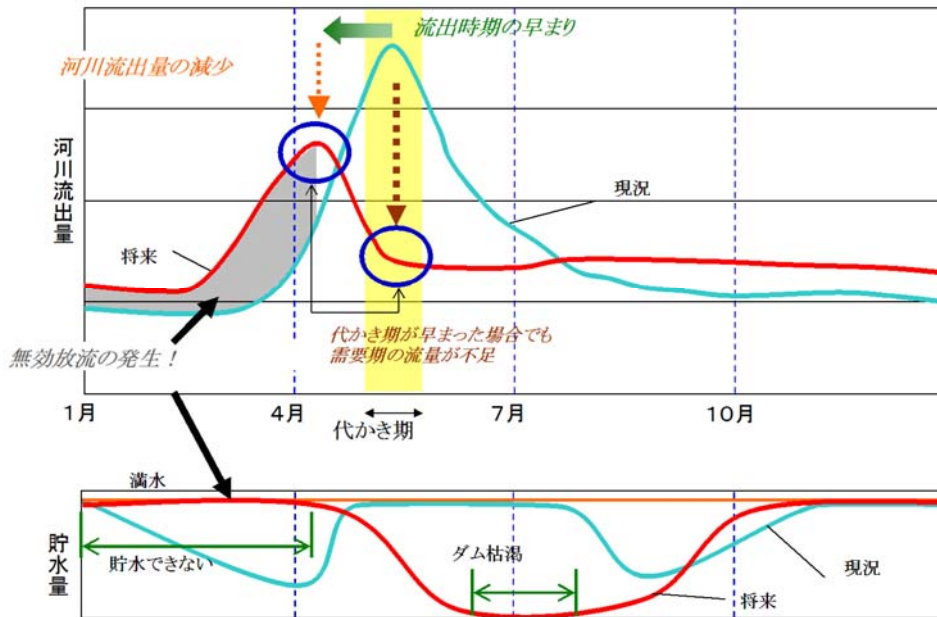


圖 3.3-2 地球温暖化河川流量改變

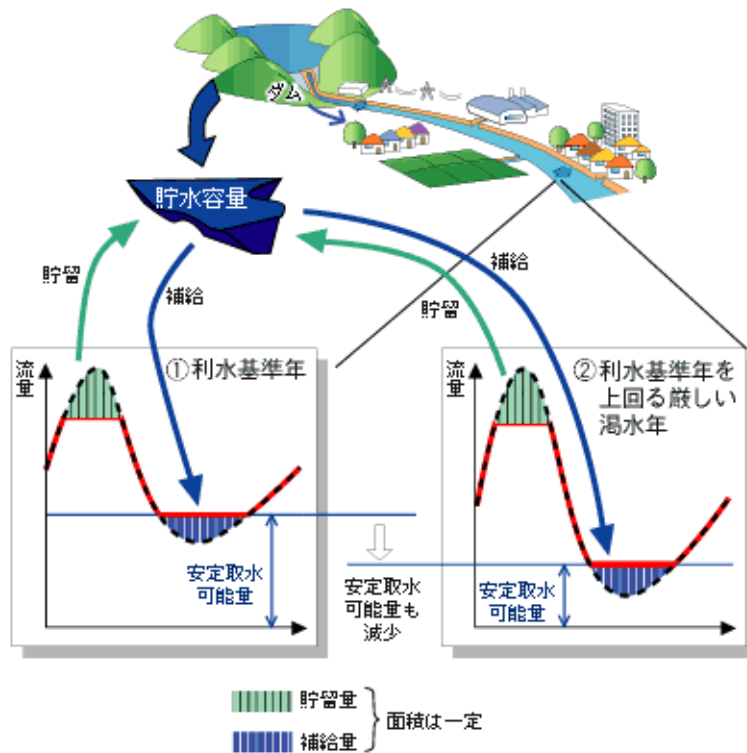


圖 3.3-3 氣候變動下水庫供水能力下降

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 年後日本人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，考量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 3.3-4)，以維持水資源永續發展。

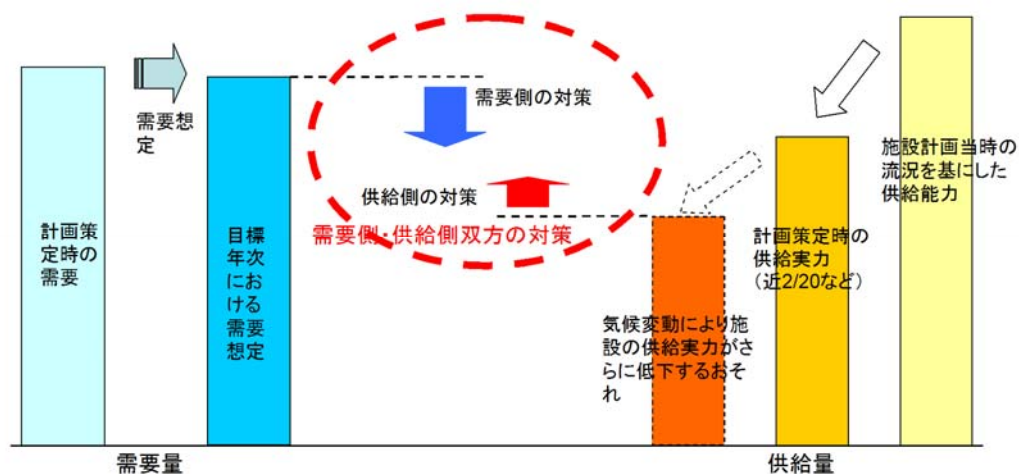


圖 3.3-4 氣候變動下的供需調適

§ 3.4 財團法人地球科學技術綜合推進機構

本參訪團於 6 月 30 日早上，在交流協會東京本部的協助之下，邀

請財團法人地球科學技術綜合推進機構地球溫暖化研究開發中心主任近藤洋輝先生，介紹科學上氣候變遷的相關證據，以及該中心目前已經發展出的第二代全球尺度超高解析度地球模擬器(Earth Simulator 2, ES2)。

在 IPCC 於 1990 以及 1995 所出版的第一次評估報告(FAR)與第二次評估報告(SAR)中已經提到，持續的排放溫室氣體，將會導致氣候變遷；而在 2001 第三次評估報告(TAR)中則闡述過去 50 年中所發現的溫度上昇，可能是由於溫室氣體濃度的增加所引起；最近在第四次評估報告(AR4)則是用近乎肯定的語氣提到氣候系統的變暖是明確的，且二十世紀中大部份氣溫上升的觀察，非常可能是由於溫室氣體濃度的增加所造成的，如下表 3.4-1 所示：

表 3.4-1 氣候變遷各項徵兆發生之可能性

現象 ^a 與趨勢方向	趨勢於 20 世紀後期存在的可能性(尤其在 1960 年以後)	已觀測趨勢係由人類活動所引起之可能性 ^b	利用 SRES 情境推估 21 世紀未來趨勢發生的可能性
大多數陸地地區變得較暖及寒日/寒夜變少	非常可能	可能	幾乎確定
大多數陸地地區變得較暖及更頻繁的熱日/熱夜	非常可能	可能(夜)	幾乎確定
暖期/熱浪： 大多數陸地地區次數增加	可能	比較可能	非常可能
豪大雨事件： 大多數地區的頻率(或豪大雨事件之降雨量與總雨量比例)增加	可能	比較可能	非常可能
受乾旱影響地區增加	1970 年代以來在許多地區可能	比較可能	可能
強烈熱帶氣旋活動增加	1970 年以來在某些地區可能	比較可能	可能
極端高海平面(海嘯除外)發生率增加 ^c	可能	比較可能	可能

註: IPCCAR4 以可能性(機率)來判斷一個事件是否已發生或受到某些因素的影響。可能性分為：幾乎確定(virtually certain):>99%，極端可能(extremely likely):>95%，非常可能(very likely):>90%，可能(likely):>66%，比較可能(more likely than not):>50%，不可能(unlikely)<33%，非常不可能(very unlikely):<10%，極端不可能(extremely unlikely):<5%。

(資料來源：IPCC, 2007;經建會, 2008)

而根據日本政府於 2002~2006 年間，推行的「人、自然、地球共生計畫」，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，其中東京大學氣候系統研究中心(CCSR)發展高解析度海洋大氣耦合模式，國土交通省氣象廳氣象研究所(Meteorological Research Institute, MRI)發展超高解析度全球與區域尺

度模式，地球環境領域研究中心(FRCGC)則開發整合地球系統模式，該中心主任則是於簡報中介紹了由MRI所開發的20公里超高解析度的全球與區域尺度大氣環流模式(AGCM)，利用該模式進行熱帶低氣壓、極端事件(例如高低溫的天數模擬)、降雨量日變化以及梅雨降水量等氣象特徵的模擬。

另外由文部科學省2007年開始提出新的『21世紀氣候變遷革新計畫』，其主要包含三項工作：

(1)全球暖化模式的預測與提昇：發展的大氣環流模式(GCM)可以從全球尺度降低到流域規模尺度(約5公里解析度)，如此對於大氣、海洋、陸地等複雜的過程，可透過物理、生物與地球科學等角度進行評估與分析，並提高預測的準確度，預期模擬結果將送至IPCC以供第五次評估報告(AR5)之參考。

(2)不確定性因素的量化與減少：透過使用複數的模式以及計算資料序列，並進行資料時間與空間上的補足工作，可以將模式預測結果的不確定性量化，並針對原因訂定改善政策，以降低不確定性之程度。

(3)評估自然災害之相關影響：參考模式預測的相關結果(氣溫、降雨量、風速、極端事件如颱風、熱浪、高潮、大雪、乾旱等)，配合社會經濟的發展，評估其對社會所造成的衝擊。

整個21世紀氣候變遷革新計畫架構則如下圖2.5-1：

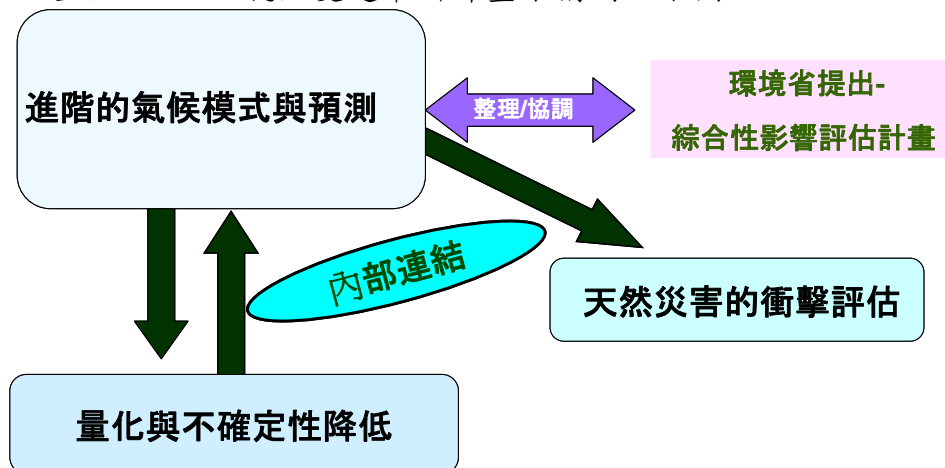


圖 3.4-1 21 世紀氣候變遷革新計畫架構示意圖

以上的相關研究成果，估計能為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。

§ 3.5 環境省地球環境局

參訪團於 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，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 3.5-1 環境省地球環境局人員簡報

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如圖 3.5-2 所示，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。

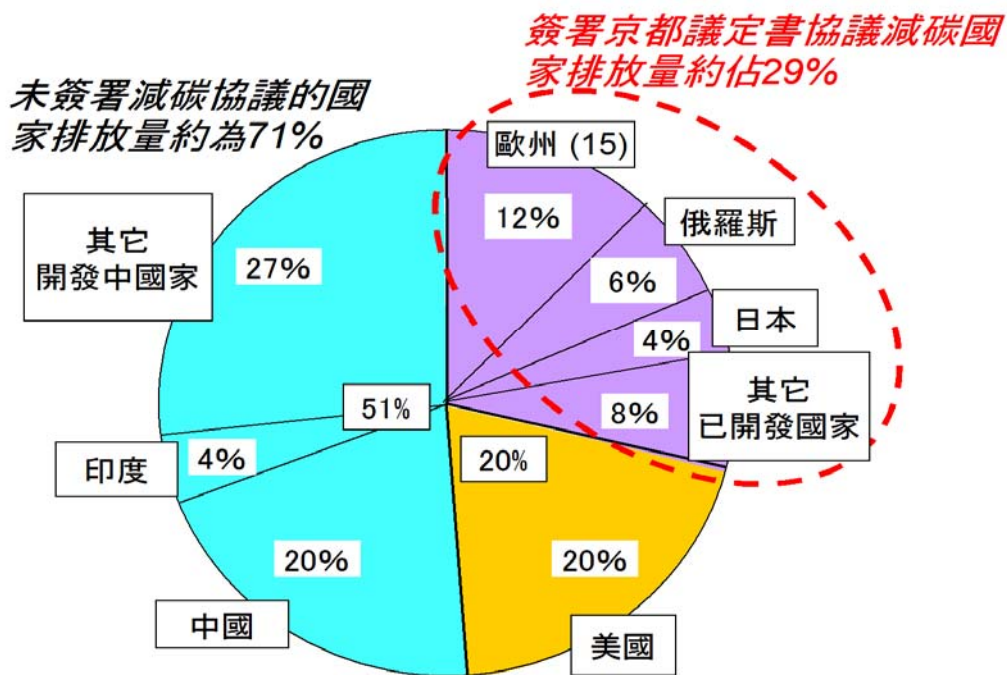


圖 3.5-2 世界主要排放溫室氣體國家排放量之比較

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，原有的日本政府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)分擔，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%。

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。其調適策略的流程可如圖 3.5-3 所示：

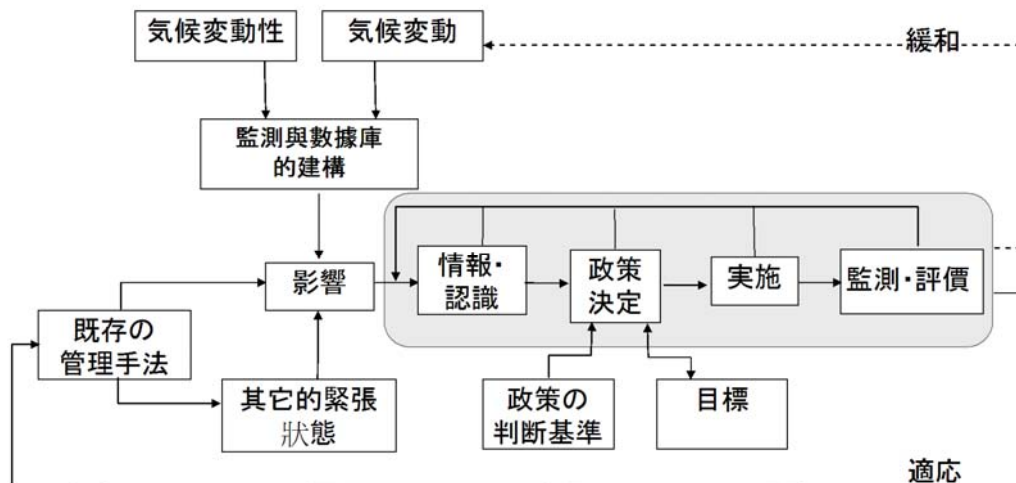


圖 3.5-3 調適策略制訂流程示意圖

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.分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。

§ 3.6 國土交通省氣象廳

本參訪團於 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，簡報主要由吉田先生進行簡報，前來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。

會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 3.6-1 所示。



圖 3.6-1 日本櫻花開花線變化

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 3.6-2 所示。
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。
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。

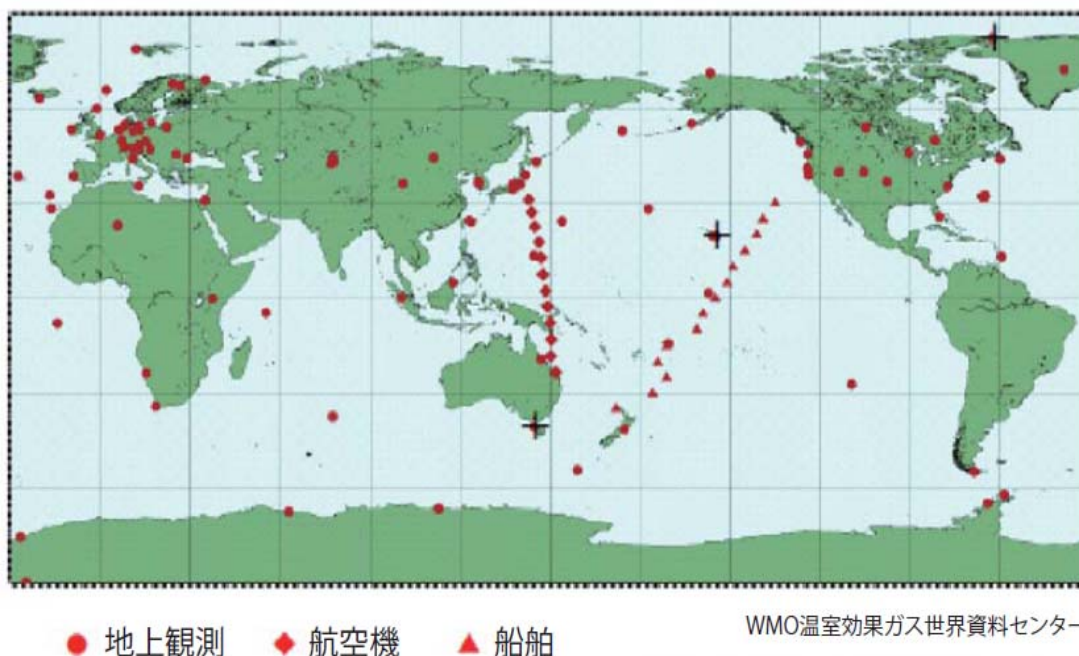


圖 3.6-2 世界氣象組織二氧化碳監測網分佈示意圖

§ 3.7 國土技術研究中心(JICE)

本參訪團於 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：

- 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，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，重點摘錄如次：



圖 3.7-1 國土技術研究中心人員簡報

一、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。

二、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 3.7-2。

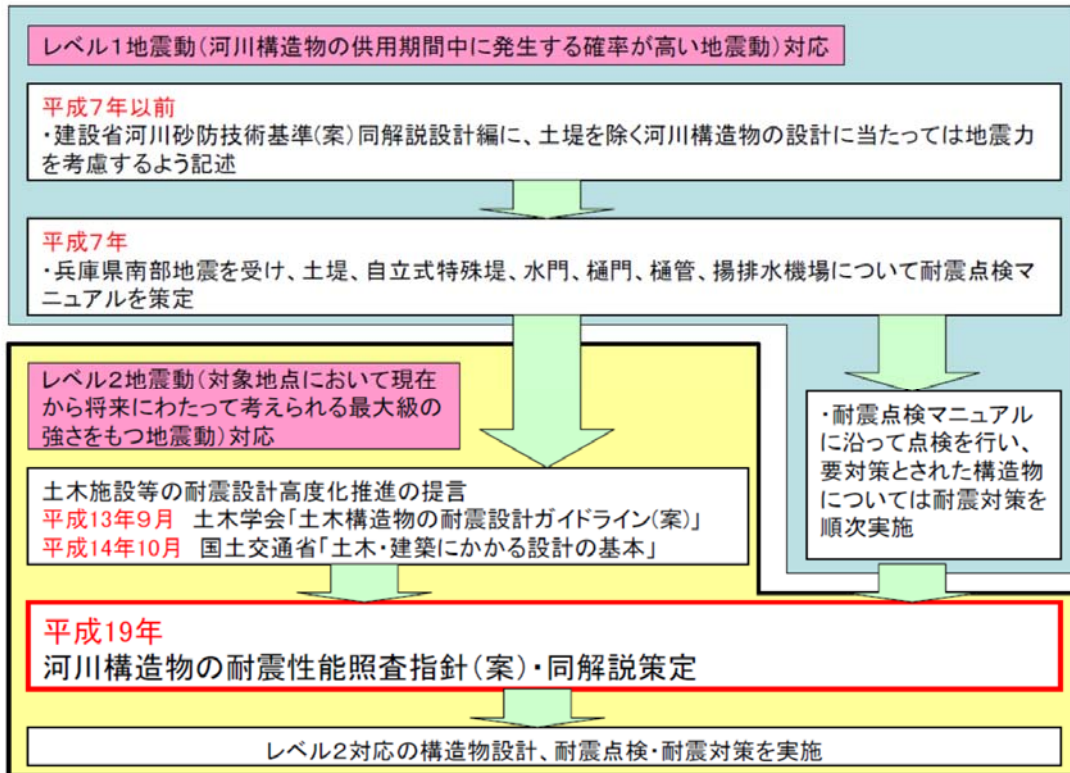


圖 3.7-2 日本河川構造物設計沿革

三、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。

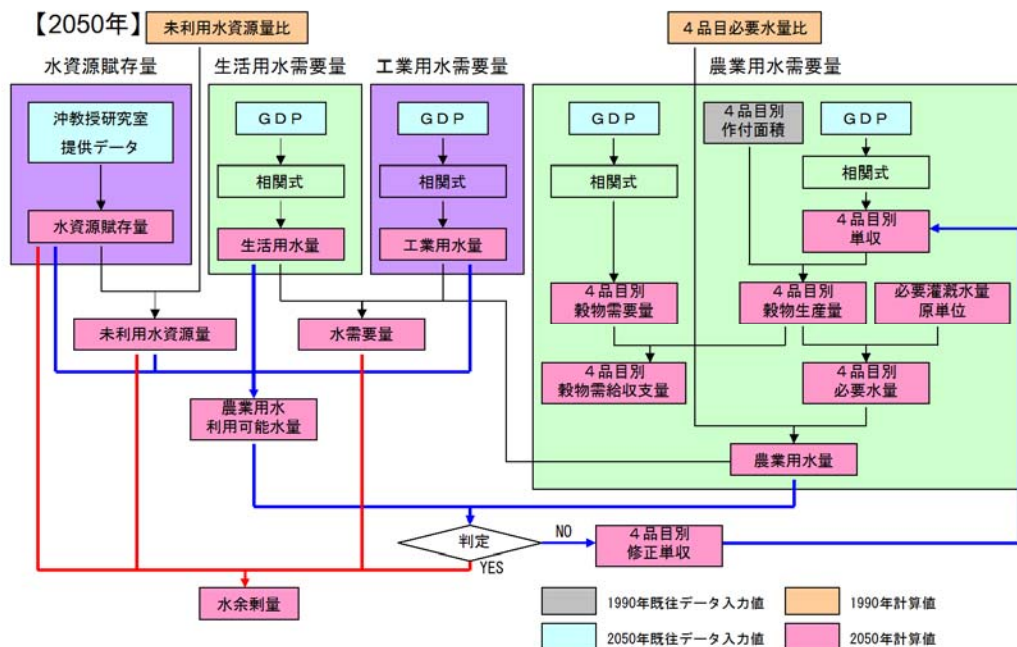


圖 3.7-3 因應氣候變遷水資源需求推估

四、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，對於治水的經費考量，已不向以往那麼寬鬆，故治水事業的投入，尚要考量經濟上的效益。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表 3.7-1 所示。

表 3.7-1 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 3.7-2)，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

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。

表 3.7-2 日本現階段治水經濟調查的項目

分類			效益(損失)內容		
被害防止 便益	直接 損失	資產 淹水 損失	一般資 產被害	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。
				營業所固定資產	營業所之固定資產包括土地、建物 等淹水損失。
				營業所資產	營業用之倉儲產品淹水損失
				農漁固定資產	農漁戶固定資產包括土地、建物等
				農漁在庫資產	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、公用事業設設、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
	事後的被害抑止效果	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
	精神的被害抑止效果		資產損失引起之精神損失	
高度化效益		治水安全度提升的土地增值		

五、「河川砂防技術基準」的改訂

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，但部份設計篇與調查篇尚未翻新，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 3.7-5。

策，是根據不同流域的發展特性(參見圖 3.8-2)，進行適應對策的規劃。



圖 3.8-1 國土交通省國土技術綜合研究所人員簡報

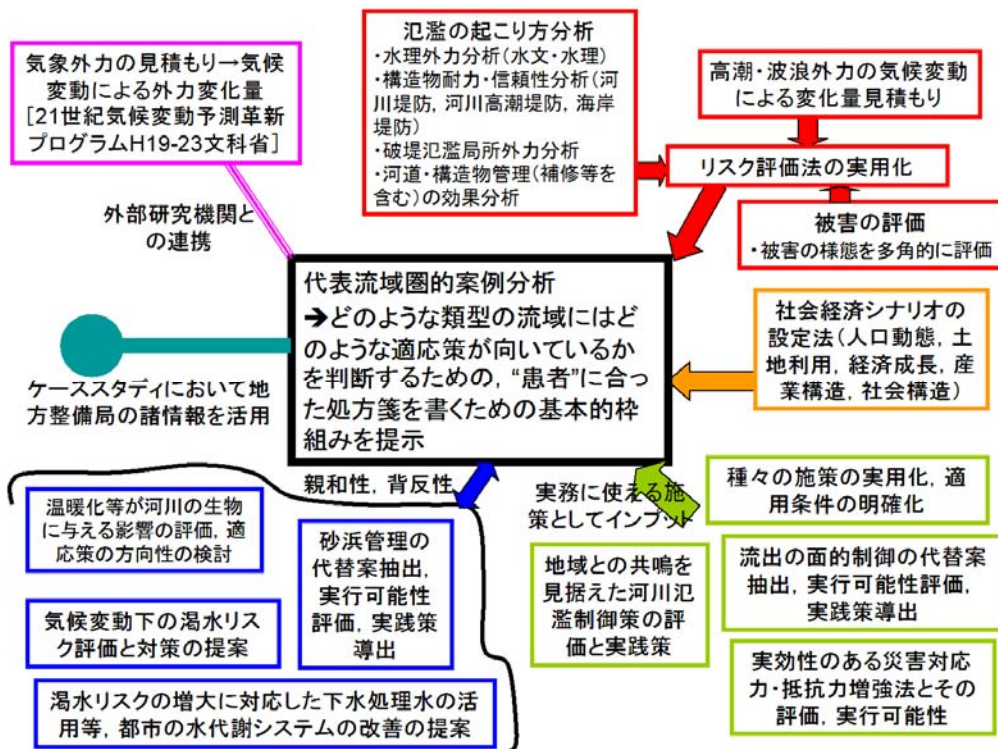


圖 3.8-2 流域別適應策略分析架構

二、風險評價在治水上的研究

本項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 3.8-3 所示。

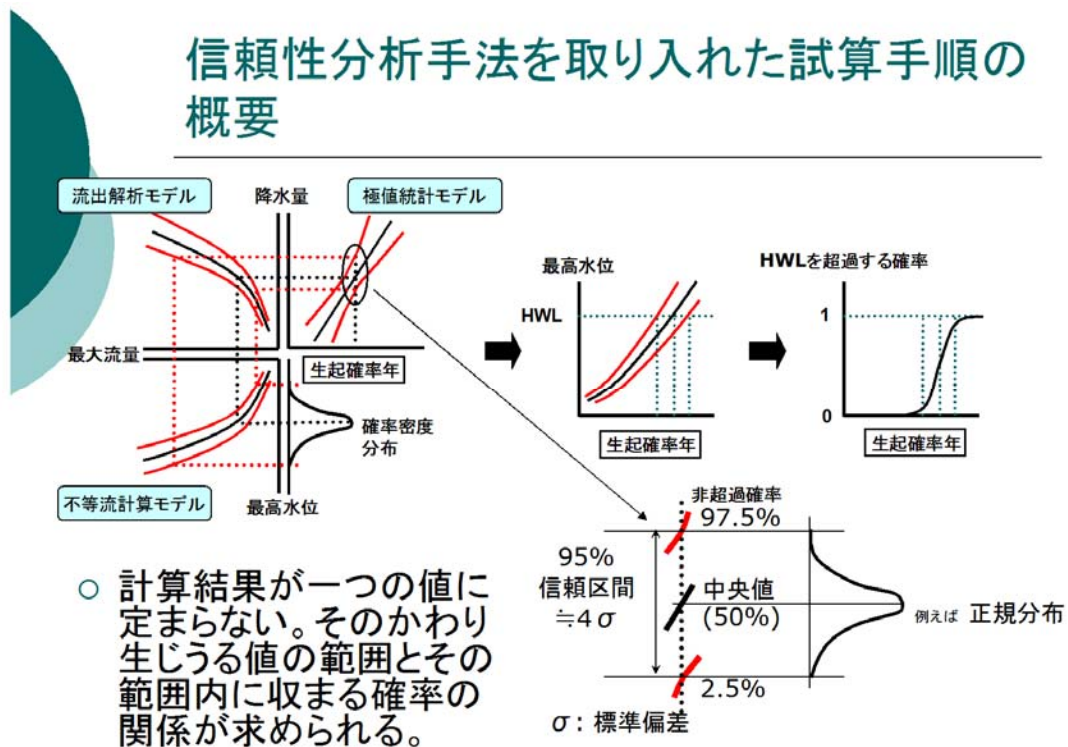


圖 3.8-3 降雨、流量、水位之機率關係

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。

三、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進行介紹，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 3.8-4 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 3.8-5 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 3.8-4 日本高潮危險地區

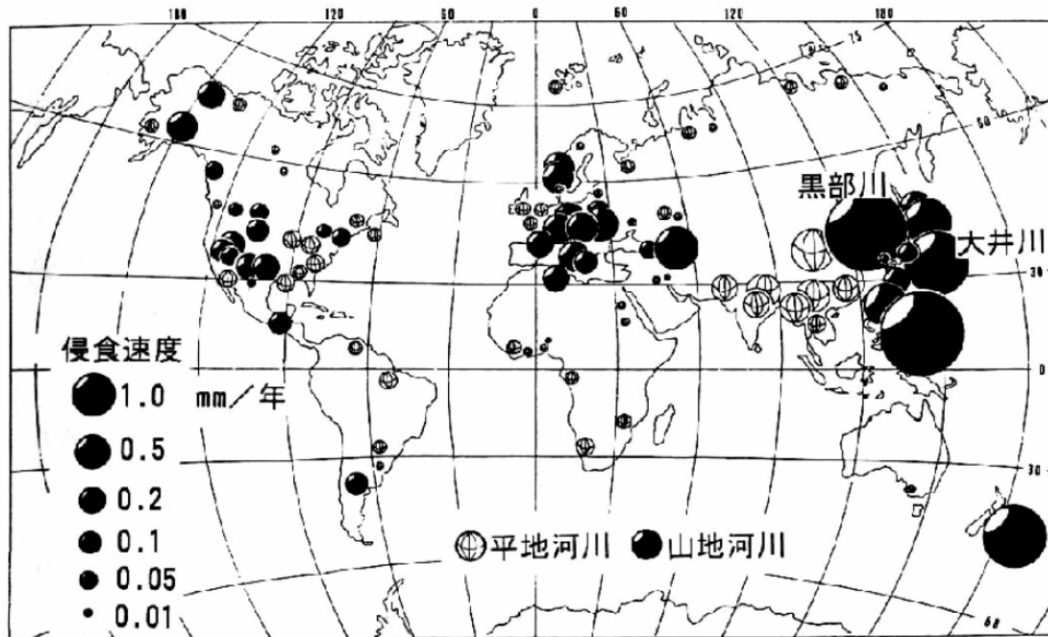


圖 3.8-5 世界各海岸年平均侵蝕速度分佈

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 3.8-6 所示。

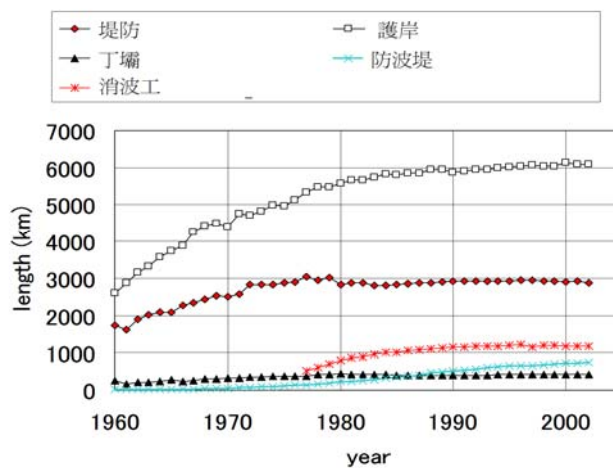


圖 3.8-6 日本海岸保全設施長度

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 3.8-7

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。

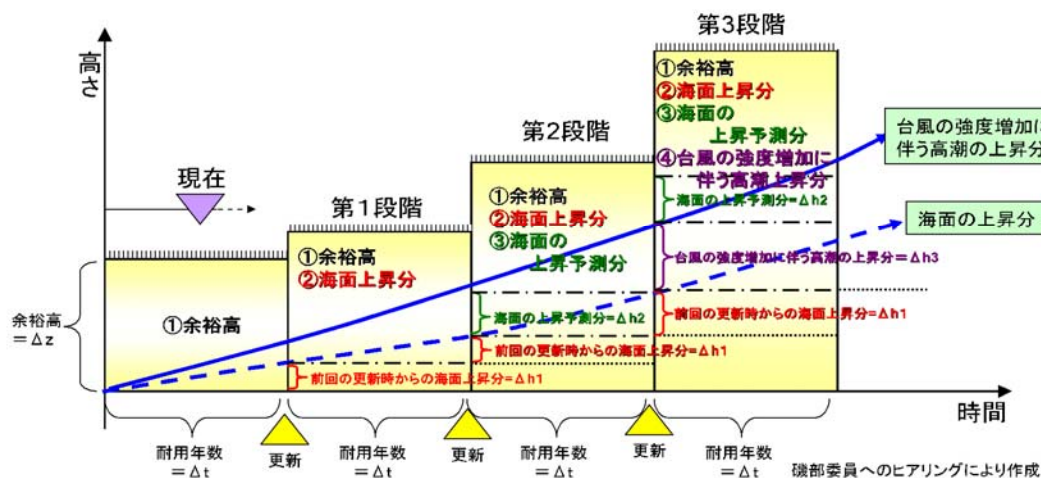


圖 3.8-7 日本海堤分階加高加固示意

四、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)，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，必能將這些天氣型態的模擬，都會影響到水庫的操作，若能進一步提升預測的技術，則可以進階水庫操作規線，有效的控制洪水發生可能帶來的災害，所以同時考慮降雨預測、流量模擬以及水庫容量操作，如圖 3.8-8 所示，以進行洪水的防治。

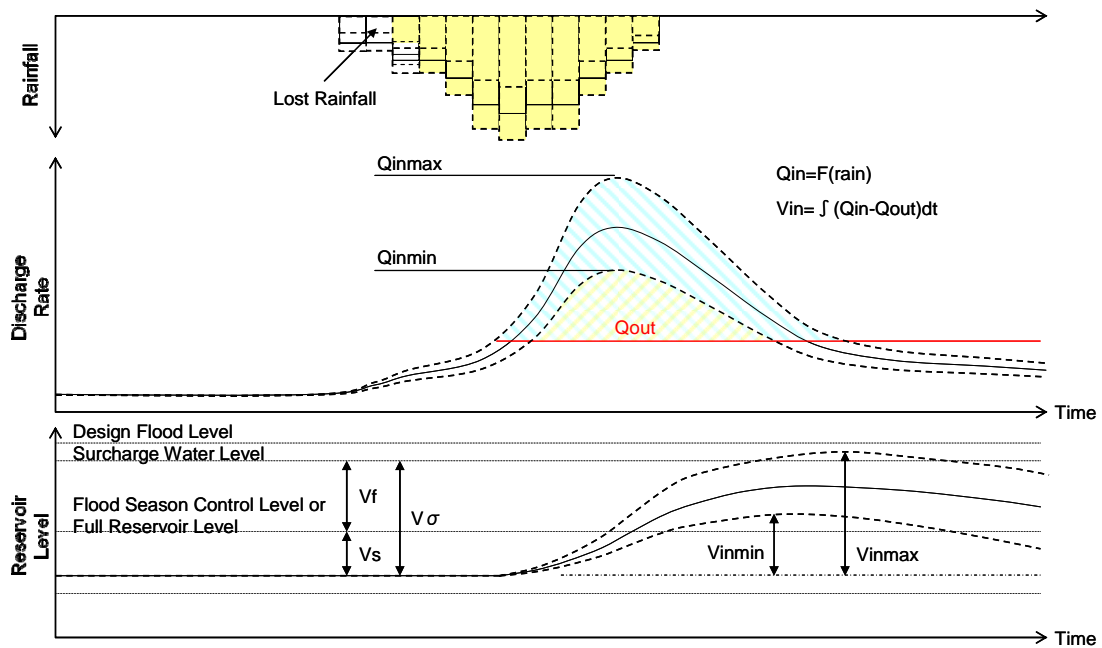


圖 3.8-8 降雨預測配合水庫操作防洪示意圖

§ 3.9 土木研究所(PWRI)

本參訪團於 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 3.9-1)，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 2001 年一分為二，分為國土總合技術研究所與獨立行政法人土木研究所，目前職員人數約 480 人左右。

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)。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」等計畫。

§ 3.10 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 3.10-1 所示。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 3.10-1 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：

一、WEP(Water and Energy transfer Process)模式

本模式由 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，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 模式主要應用於土地利用改變對流域水資源管理產生的影響，參見圖 3.10-2 所示。

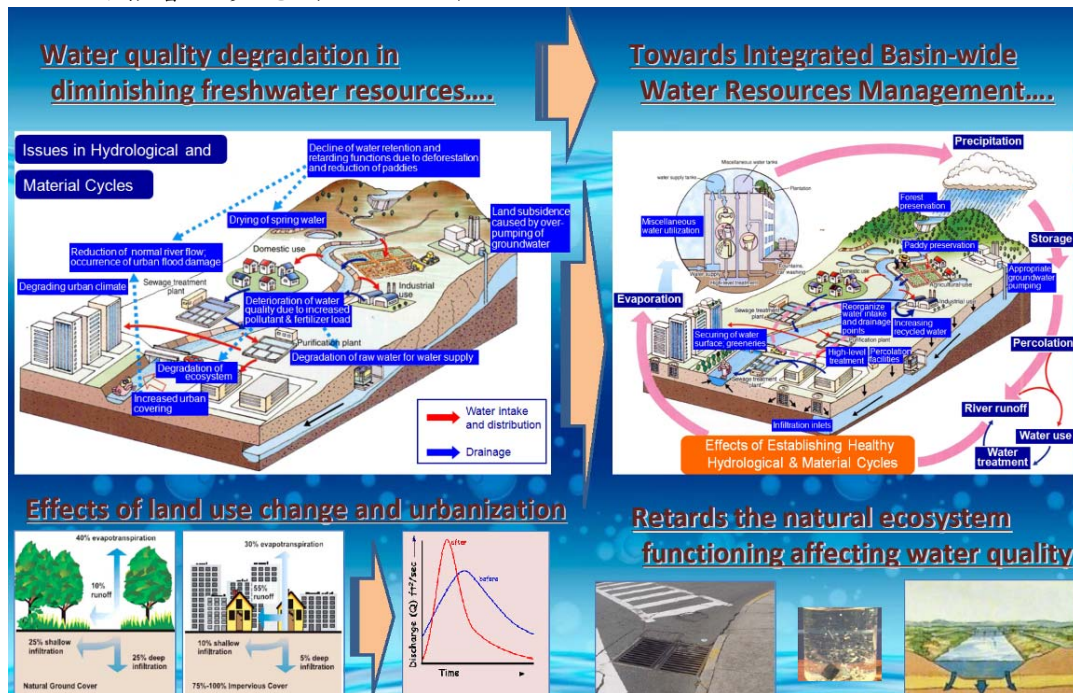


圖 3.10-2 WEP 模擬示意圖

二、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。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。

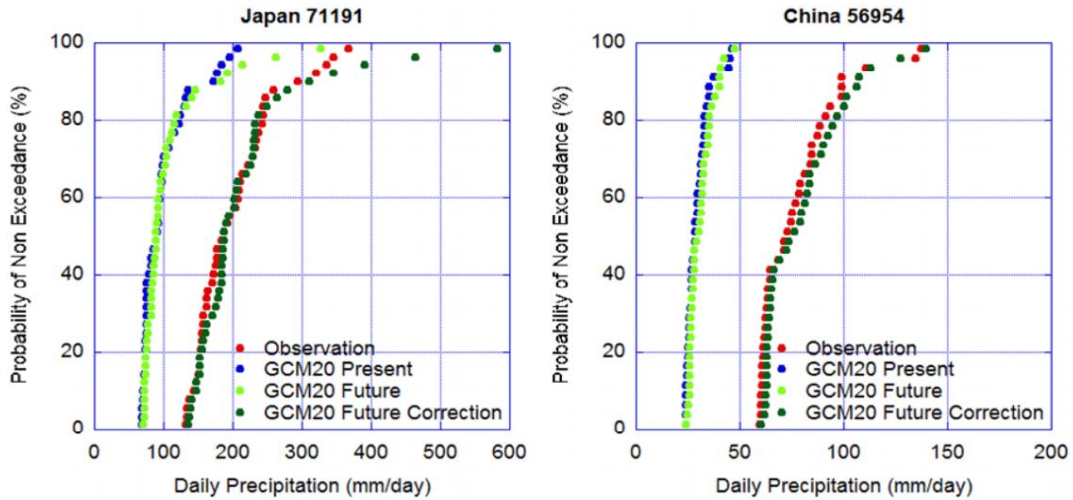


圖 3.10-3 MRI-AGCM 降雨量模擬成果

三、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 3.10-4 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。

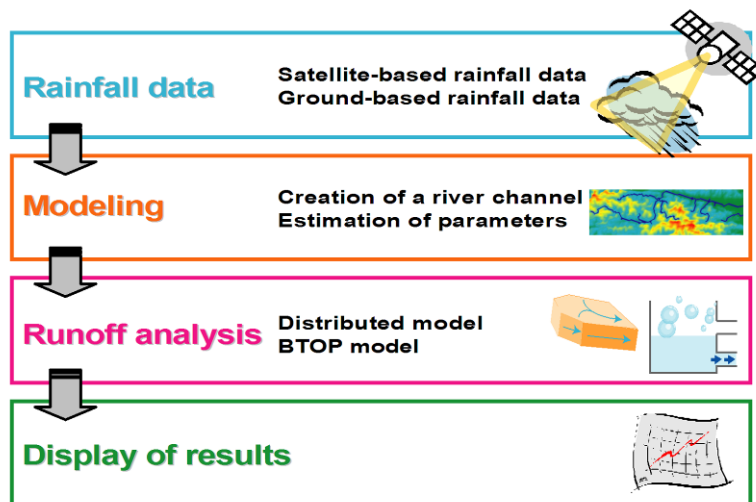


圖 3.10-4 IFAS 模式輸入圖

四、流量量測工具

本簡報由萬矢敦啓(Atsuhiko 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，ICHARM 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。

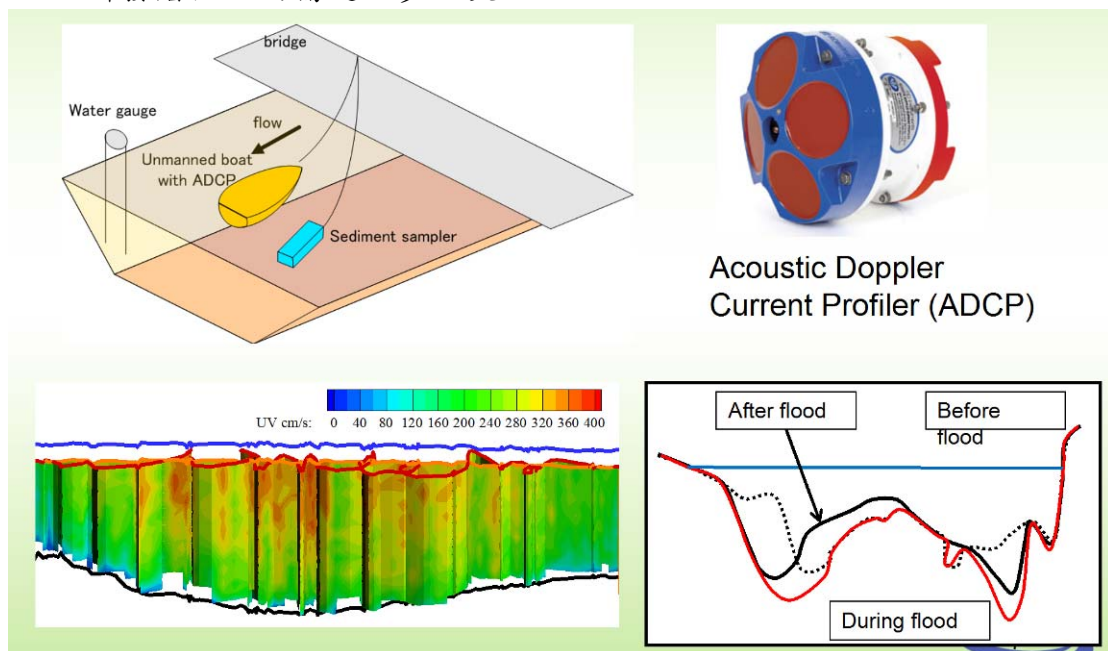


圖 3.10-5 無人流量量測船示意圖

§ 3.11 獨立行政法人國立環境研究所(NIES)

本參訪團於 7 月 3 日上午前往茨城縣的獨立行政法人國立環境研究所(The National Institute for Environmental Studies, NIES)，並由國立環境研究所 Masharu MURAKAMI 先生進行接待，首先以 DVD 放映的方式，介紹國立環境研究所的主要任務與目標，而國立環境研究所目前的研究重心之一，即為針對氣候變遷對全球及日本所造成之衝擊進行評估分析，其中共分為四個項目：

- 1.長期監測溫室氣體濃度變動機制和其區域性特徵

- 2.利用衛星進行溫室氣體之觀測，並推估全球碳通量之分佈
- 3.利用整合的氣候、衝擊和土地利用模式進行氣候變遷風險評估
- 4.提出低碳社會的願景和氣候政策的整合性分析

接下來則是由環境研究所的野沢徹博士以及肱岡靖明博士行簡報，其介紹環境研究所於 2005~2008 四年間，提出環境省地球環境研究綜合推進費的戰略研究-『S-4 溫暖化影響總合預測計畫』，並於 2009 年提出報告書，將研究對象分成水資源、森林、農業、沿岸區域與健康五大類，先就全球暖化可能受到的衝擊進行討論，溫度上升的幅度愈大，其衝擊愈嚴重，請參見圖 3.11-2；接下來則討論日本地區的水資源、森林、農業、沿岸區域與健康等領域，隨著溫度的上升，其所受到的衝擊，更進一步將項目細分為農業、水產業、水資源、河川湖沼、地下水、森林生態、高山生態、沿岸淡水生態、生物季節、沿岸海岸、河川、暑熱、感染症、健康、經濟與快適等項目，如圖 3.11-3 所示：



圖 3.11-1 環境研究所人員簡報

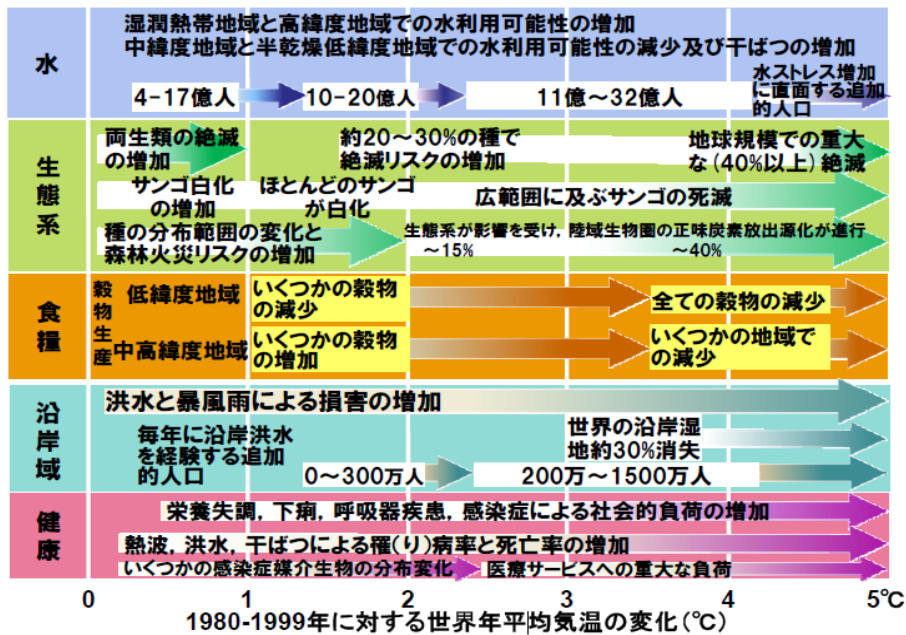


圖 3.11-2 全球年平均溫度變化對不同領域的影響

分野		日本の年平均気温の上昇量 (1990年=0°C)							備考
日平均降水量変化 (1990年=100)		1°C	2°C	3°C	4°C	5°C	6°C		
食料	農業 コメ	コメ収量 [*] の変化 ※現状を1として	102	105	110	114	120		コメ収量、CO ₂ 濃度上昇の影響を考慮している。地域別に見ると、北陸道、東北では気温上昇とともに増収する傾向は続くが、西日本ではおよそ3°Cを超えると減収に転じる。(果樹栽培適地)CO ₂ 濃度上昇の影響を考慮していない。気温上昇量は1990年-40°C。気温上昇に伴い新たに栽培適地となる地域もある。
	果樹	リンゴ栽培適地の変化 ウツギウミカン栽培適地の変化				東北中部の平野や関東以南が不適地に 主要産地の多くが不適地に			
	水産業	回遊魚の生息域の変化、養殖適地の北上							
水環境・水資源	水資源	降水量の変化				年最大日降水量が1から1.4倍			降水量の変化は2081-2100年の予測(RCM2.0使用)を同期間の気温上昇量に読み替えている。
	河川・湖沼等	河川・湖沼・ダム湖などの水温の上昇、水質の変化							(河川・湖沼・ダム湖等)過去の変化からの推定。
	地下水	淡水レンス(南西諸島)の縮小							海水 intrusion 定量的な推定。
自然生態系	森林生態系	ブナ林の適地の減少			44%に減少		7%に減少		(ブナ林の適地)東部のブナ林分布域内における適地(分布率が0.3以上)のRcm2.0区画の割合を示している。CO ₂ 濃度上昇の影響を考慮していない。2031-2050年、2081-2100年の予測(MIROC)を同期間の気温上昇量に読み替えている。
	高山生態系	マツ枯れ被害危険域面積の増加	1.3倍	1.5倍		2倍			(マツ枯れ)CO ₂ 濃度上昇の影響を考慮していない。
	沿岸・淡水生態系	高山植物群落の減少 サンゴの白化、北方種の増加 サクラの開花							(高山植物群落)定量的な推定。 (サンゴの白化等)複数研究のレビューによる。 (サクラの開花)CO ₂ 濃度上昇の影響を考慮していない。2031-2100年の予測(RCM2.0使用)を同期間の気温上昇量に読み替えている。サクラ開花が2週間早まる際の春季(2~4月)の気温上昇平均値は約3.3°C。
防災・沿岸大都市	沿岸域 高潮	西日本及び三大湾における高潮浸水危険面積の増加		1.4倍	1.7倍				(全船)台風の大規模な変化についての事象は挙げていない。 (高潮浸水危険面積)台風強度が2100年に1.3に達するよう計算している。
	砂浜の侵食	砂浜の消失				57%消失			(砂浜の消失)海面上昇30cmで砂浜57%を消失する。MIROCで海面上昇量30cmとなる2080年の気温上昇量に読み替えている。
	河川 洪水	洪水氾濫面積の変化			5%増加		10%増加		(洪水氾濫面積)50年に1回の確率で起こる豪雨による氾濫域を計算している。
健康	暑熱	熱ストレス死亡リスク [*] の変化 ※現状の暑熱による超過死亡の確率を1として、何倍になるかを示している	1.6	2.4	3.5	4.7			(熱ストレス死亡リスク)至適気温(日最高気温と日死亡率の関係において、死亡率が最低になる気温のこと)を過去のデータを用いて個別に推定し、至適気温が年表にたりに変化しないと仮定して、高気温による超過死亡率(熱ストレス死亡リスク)を予測している。
	感染症	ヒトスジシマカ [*] の分布域の変化 ※ Dengue 熱などの媒介虫			東北北部に拡大				東北地方のほぼ全て、北海道の札幌以南の低地に拡大
	国民生活・都市生活	健康 経済 快適	熱中症や熱ストレス、及び感染症等への影響 スキー場利用客の減少 真夏日日数の増加				30%以上減少		(熱中症等)種別分野での見解に基づいて推定。 (スキー場利用客)北海道と標高の高い中部地方以外の、ほとんどのスキー場で利用客が30%以上減少すると予測されている。 (真夏日日数)全国の年間平均日数。2031-2050年、2081-2100年の予測(RCM2.0使用)を同期間の気温上昇量に読み替えている。

圖 3.11-3 日本地區年平均溫度變化對不同領域的影響

報告書中，並利用大氣環流模式，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)，對水資源、健康、農業、沿岸與森林進行統合評價，請參見圖 3.11-4 所示；此外，利用上述三個情境，分別推估未來因氣溫上升、年平均降水量變化以及海平面上升等衝擊，會對洪水氾濫面積、土砂災害的影響、森林棲地的變遷、乾枯風險區域、農業稻米收穫量的變動、海平面上升所造成的經濟影響(例如海灘流失造成的經濟損失)、高潮淹水的災害以及熱中暑死亡等所造成的影響。

温暖化影響総合予測プロジェクト研究のスキーム

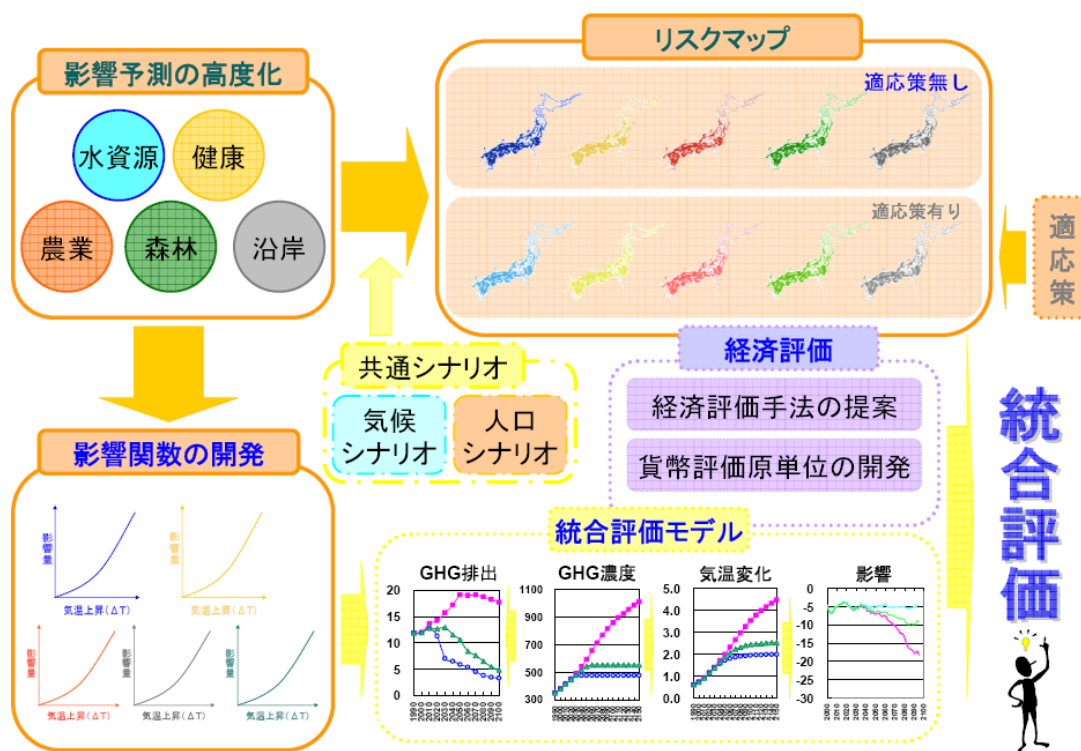


圖 3.11-4 温暖化影響総合予測評價示意圖

§ 3.12 獨立行政法人防災科學技術研究所(NIED)

本參訪團於 7 月 3 日下午前往茨城縣的獨立行政法人防災科學技術研究所(National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, NIED)，由企畫部廣報普及課的酒卷文香小姐負責接待，並於三樓的會議室進行簡報，首先由水土砂防災研究部主任研究員中根和

郎先生進行研究所之簡介，防災科學技術研究所主要針對於以下幾項領域進行研究：

- 1.地震災害
- 2.火山災害
- 3.水與土砂災害
- 4.雪冰災害
- 5.兵庫耐震工學研究
- 6.災害防治等領域

而中根和郎先生則針對水土砂災害相關研究進行進一步的介紹。簡報中提到東京地區大部份皆位於海拔相當低的位置，如圖 3.12-1 所示。所以一旦有暴雨或洪水發生，常常就容易淹到都市街道區域，而日本從 1998 年以來，每小時界於 70-100mm 的雨量次數愈來愈多，而大於 100mm/hr 的降雨也有增加的趨勢，如圖 3.12-2 所示，為了預防或減輕都市淹水的災損，防災科學技研究所發展了一套即時洪水風險地圖模擬系統，從雷達觀測推估雨量開始，再進行一小時候的雨量預測，利用模式計算降雨總量可能會造成都市街道的淹水高度，評估並分析即時的洪水風險地圖，請參見圖 3.12-3 所示。

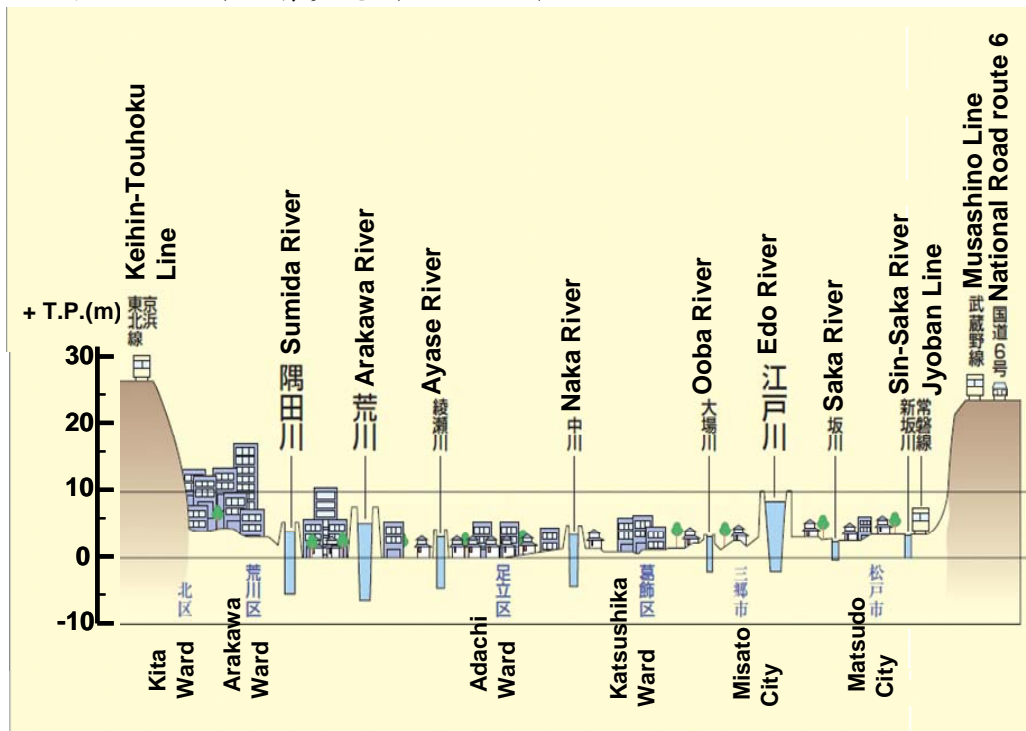


圖 3.12-1 東京區域海拔示意圖

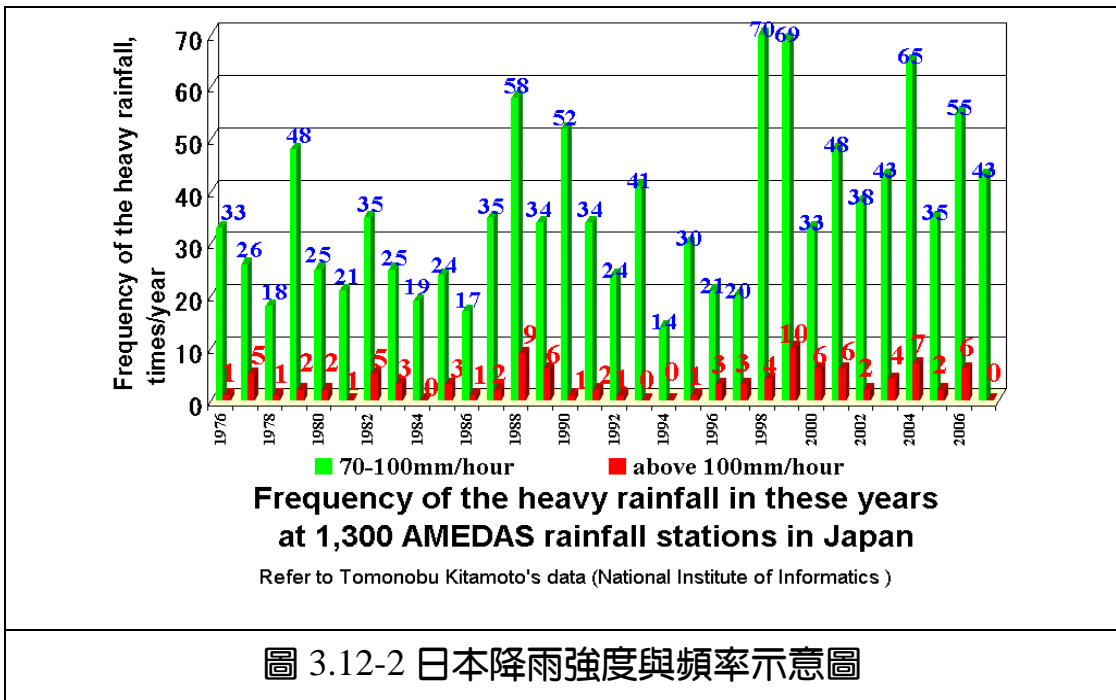


圖 3.12-2 日本降雨強度與頻率示意圖

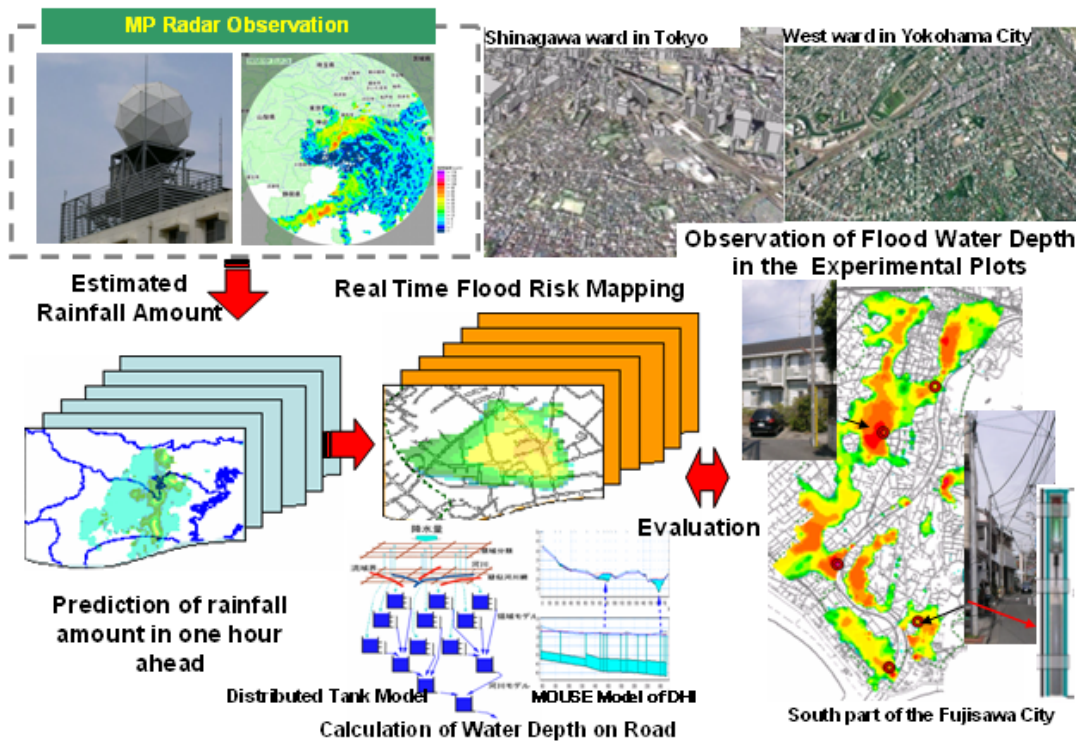


圖 3.12-3 即時洪水風險地圖模擬系統流程示意圖

2004 年 10 月 9 日，利用此套雷達觀測推估雨量系統，準確以 500m 的解析度，推估出降雨量，與觀測站所紀錄的雨量資料，幾乎吻合，如

圖 3.12-4 所示。

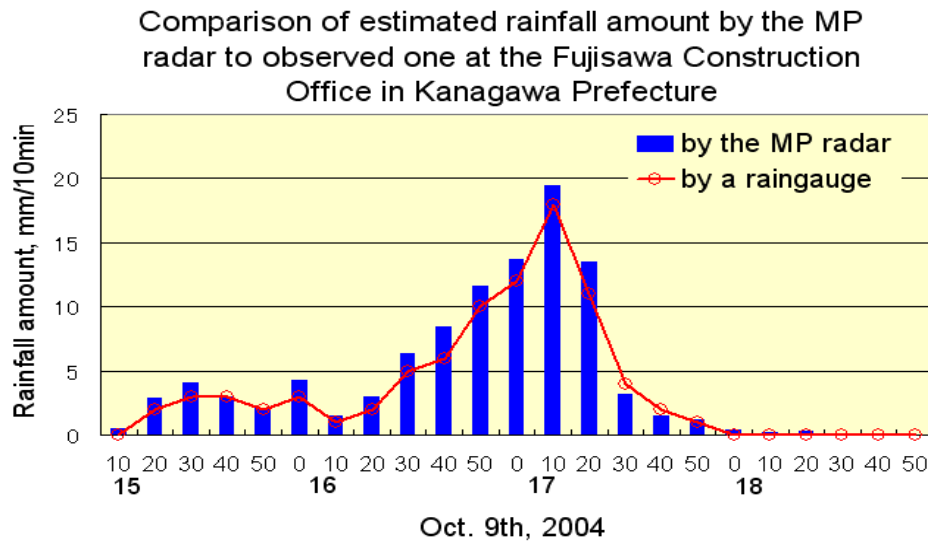
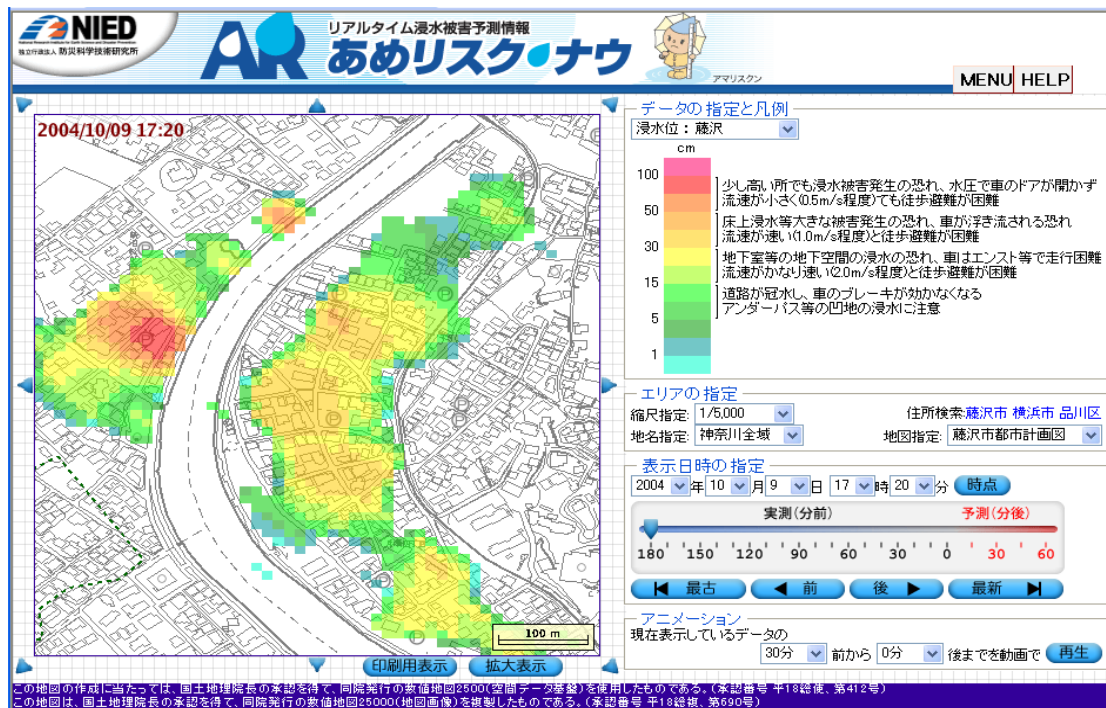


圖 3.12-4 比較雷達預測與觀測雨量圖

而這套即時洪水風險地圖模擬系統的成果，則是開放於網路上供民眾查詢(請參見圖 3.12-5)，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。



接下來則由水土砂防災研究部門中，負責颱風研究的主任研究員下川信也進介紹，簡報一開始則提出，除了洪水災害之外，尚有地震、海嘯、火山暴發、颱風與異常氣溫所帶來的災害，其中颱風則佔了世界巨大自然災害中重要的一環，並且造成了最嚴重的經濟損失，請參見圖 3.12-6 所示，由此可見，颱風所造成之災害實在不容小覷。

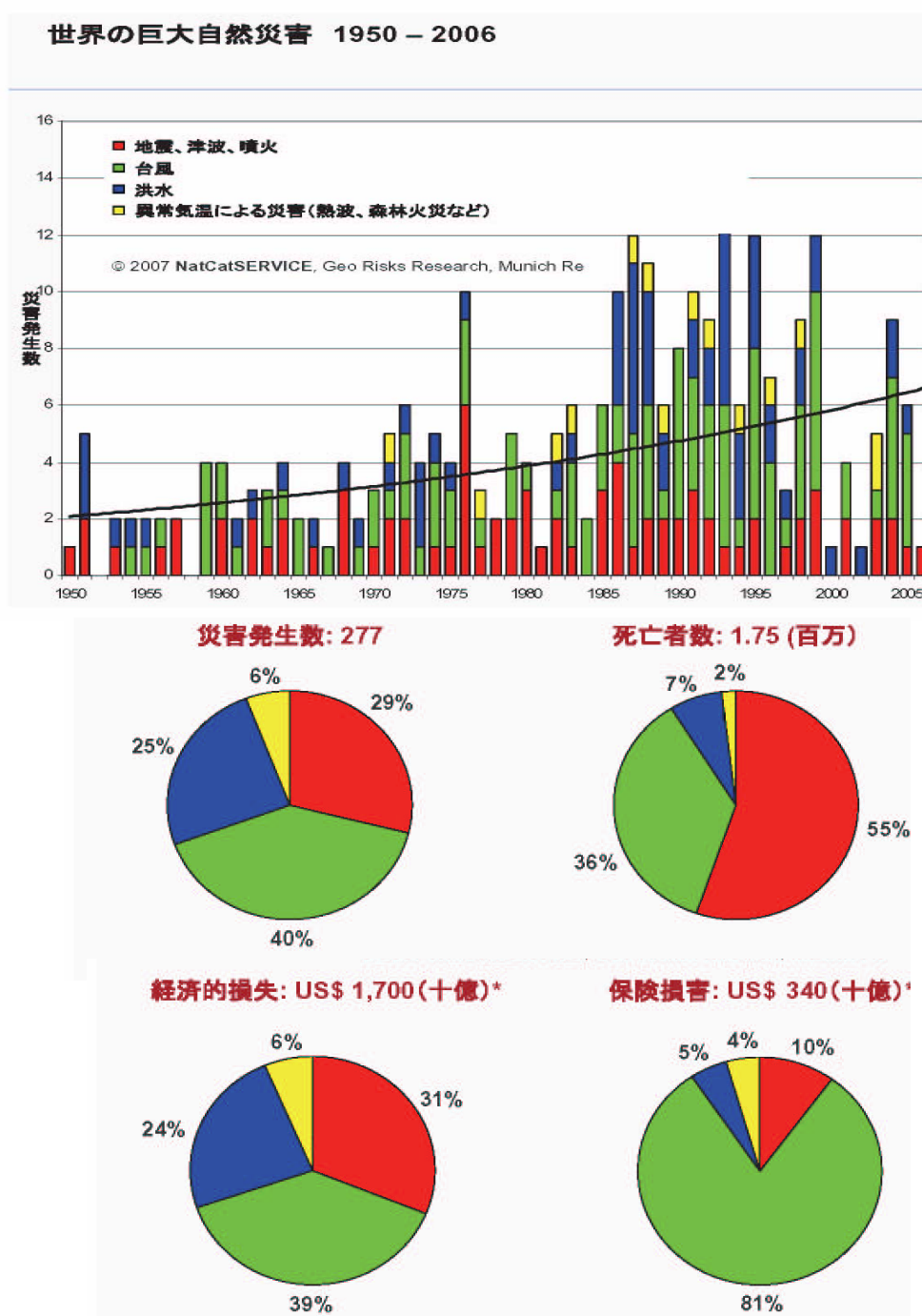
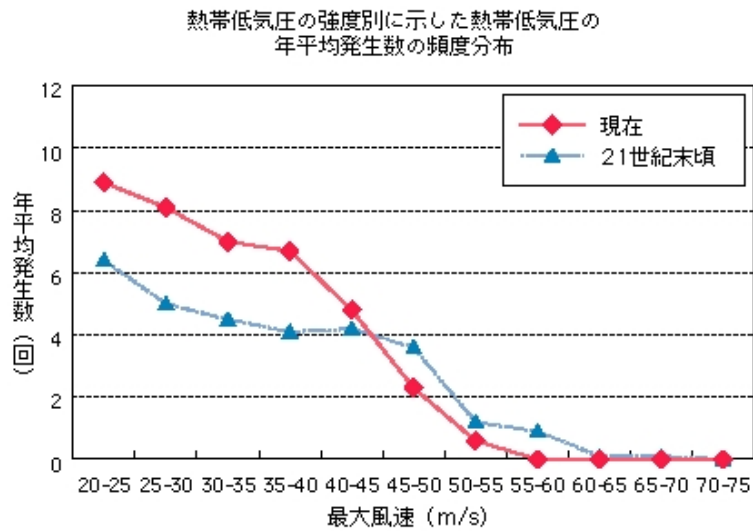


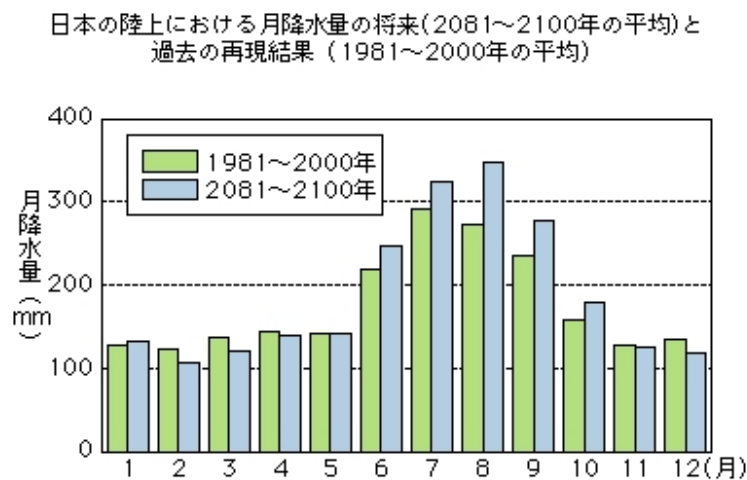
圖 3.12-6 世界巨大自然災害損失示意圖

另外由氣象廳的資料顯示，未來氣候變遷的影響之下，颱風的個數可能會減少，但是強度卻會增加，如圖 3.12-7 所示，而常有颱風發生 7 月至 9 月的月平均降雨量，則有上升的趨勢，如圖 3.12-8 所示，不過模式的預測可能存在著一定程度的誤差，所以必需要持續的監測以更新預測結果。



(注) 実線は現在気候再現実験、破線は温暖化予測実験の結果を示す。
資料) 気象庁「異常気象レポート2005」

圖 3.12-7 未來颱風可能發生個數與強度示意圖



資料) 気象庁「異常気象レポート2005」

圖 3.12-8 未來預測月平均降雨量示意圖

另外防災科學研究所則利用全球溫暖化之下，因颱風造成之海岸災害預測模式，以及模擬全球溫暖化下颱風最大可能強度的分佈，進行未來颱風災害的模擬，結果顯示，於颱風眼周邊的風速將增加 20~30%，潮位也可能上升 50 公分左右，以提供相關決策者之參考。

在簡報結束之後，則由防災科學研究所的酒卷文香小姐帶領本參訪團參觀大型耐震實驗設施以及大型降雨實驗設施，並體驗每小時 200 公釐的降雨強度(請參見圖 3.12-9)。

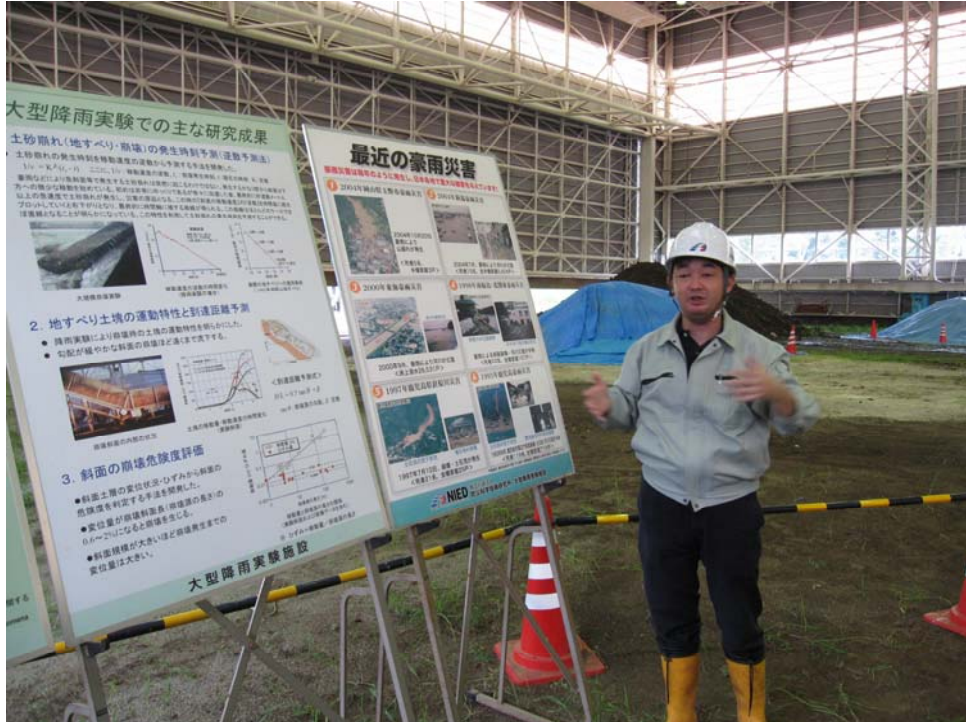


圖 3.12-9 防災科學技術研究所人員解說大型降雨實驗設施

§ 3.13 東京都建設局

本參訪團於 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 3.13-1。

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 3.13-2

所示。



圖 3.13-1 東京都建設局人員簡報

東京都內的水系圖可詳圖 3.13-3 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)¹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。

¹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 3.13-4。

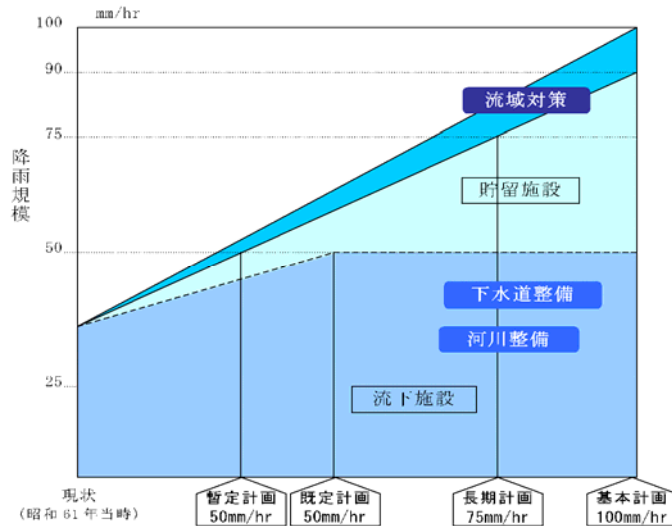


圖 3.13-4 東京都中小河川整備防護基準

長島課長舉神田川流域為例(參見圖 3.13-5)，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 3.13-5 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 3.13-6～圖 3.13-8)。



圖 3.13-6 神田川分水路建設



圖 3.13-7 目黒川荏原調節池川

- 幹線道路下に、内径12.5mの巨大トンネル
- 神田川、善福寺川、妙正寺川の3河川から取水
- 洪水約54万m³を貯留
- 整備費用：約1,000億円

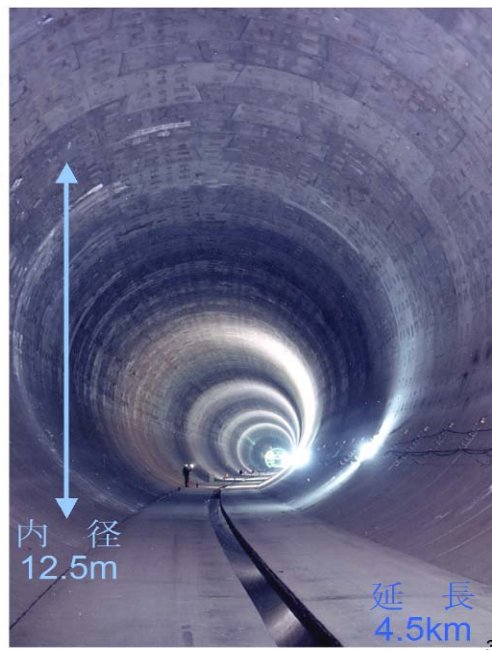


圖 3.13-8 神田川環狀七號線地下河川

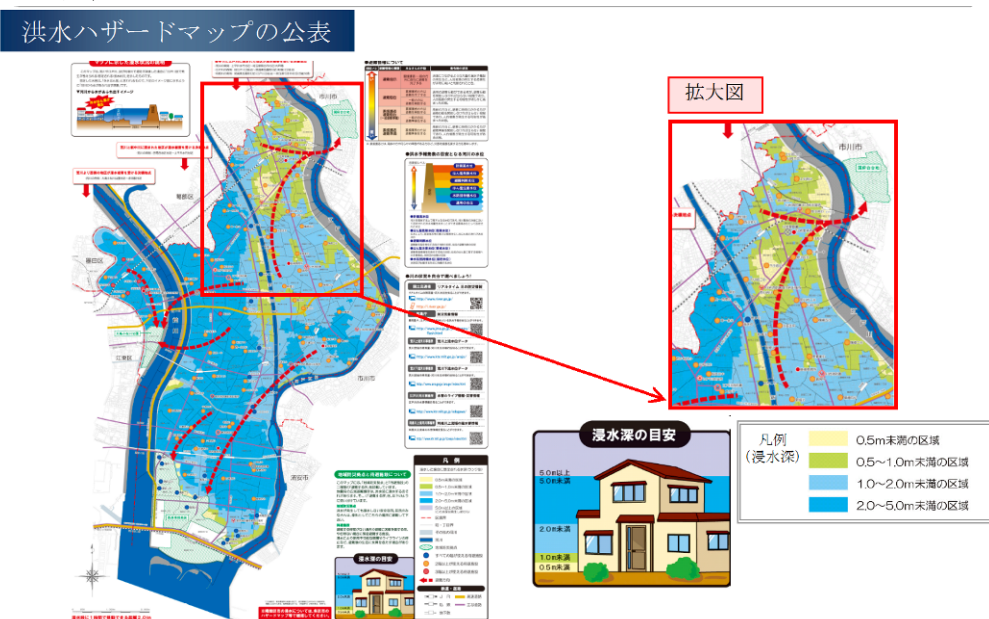
另外在都市總合治水對策方面，由於都市內的發展急速，原本可供雨水滲透之土地已開發成不透水之建築物，造成雨水只能流向河川，使河川流量於短時間內增加，提高了都市街道淹水的機會，有鑑於此，都市建設必須必需活用且興建都市內可用來做為貯流雨水或滲透設施，降低都市淹水的機會，如圖 3.13-9 所示。



圖 3.13-9 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 3.13-10。

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。



18

圖 3.13-10 東京都洪水災害圖的公開與避難路線

第四章 心得與建議

1. 由於氣候影響的層面是全面性的，故日本官方整合了所有相關的行政公部門及研究機構，涵括了環境省、國土交通省、文部科學省、農林水產省、經濟產業省與厚生勞動省，到負責國際事務的外務省等，並由內閣總理大臣擔任地球溫暖化對策推進本部部長，如圖 4-1 及表 4-1 所示。在明確的分工原則下，有計畫的進行各項技術面與政策面的研究，提出相關適應策略，其全面性的思維，與其重整合與分工的實質作為，值得我國借鏡。因此在我國氣候變遷調適的體制上，建議除水利署已進行研擬成立氣候變遷專責小組，其他如農委會、經建會、國

科會等各相關部會亦同時成立氣候變遷專責小組，專責進行氣候變遷調適研究。

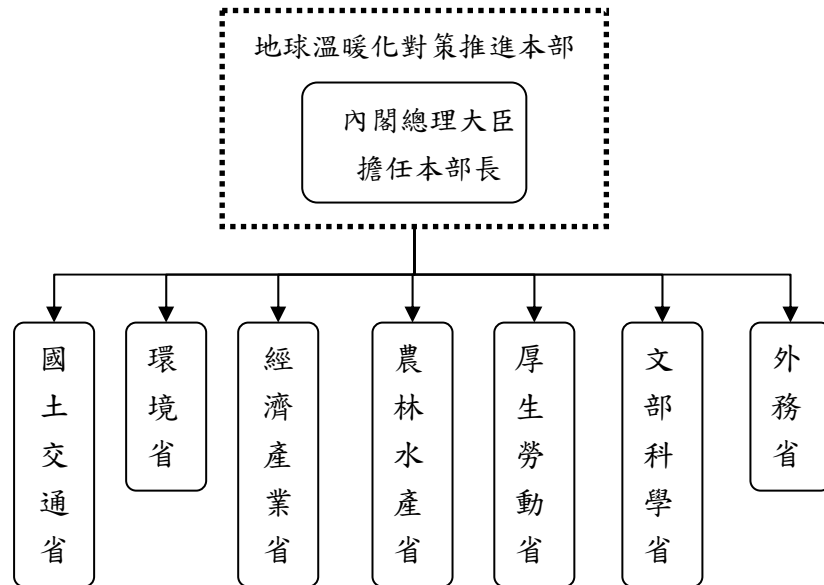


圖 4-1 日本氣候變遷官方組織架構

表 4-1 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（科学技術政策・イノベーション担当）
環境省	地球環境局総務課
国土交通省	気象庁地球環境・海洋部地球環境業務課
国土交通省	総合政策局環境政策課
国土交通省	河川局河川計画課
国土交通省	河川局砂防部
国土交通省	港湾局海岸・防災課
農林水産省	大臣官房環境バイオマス政策課
農林水産省	農林水産技術会議事務局地球温暖化対策研究推進委員会
文部科学省	研究開発局海洋地球課
文部科学省	21世紀気候変動予測革新プログラム
厚生労働省	大臣官房環境対策推進本部
経済産業省	産業技術環境局環境政策課
経済産業省	産業技術環境局環境政策課

2. 本次日本參訪過程中發現，不論是政府部會或研究機構，在相同議題上所採用之評估結果皆為同一結論，例如颱風變化資料皆以氣象廳發

佈之分析結果為準，氣候變遷對河川流量之影響皆以國土交通省公佈資料為準，顯示日本在資料上已充分進行整合，此點亦值得我國效法。未來我國在執行整體氣候變遷調適研究時，建議應建置氣候變遷專用之整合性資料庫，除統一各衝擊因子之監測資料以外，亦整合各影響層面之衝擊量評估結果及其他可資訊化之模式與內容，例如：統一公佈氣候變遷下台灣降雨量之變化趨勢、氣候變遷對台灣河川流量之衝擊量、設定長期目標年台灣氣候變遷之情境、衝擊量評估方法及模組…等資訊，不但可作為各領域進行氣候變遷調適策略研擬依據，亦有利於國家整體調適策略之研擬。

- 3.我國於氣候變遷之研究尚處於起步階段，以日本成立「地球溫暖化防止行動計畫」之經驗來看，由於該行動計畫之位階僅為行政命令層級，環境廳無法規範其它行政部門，因此仍有行政部門橫向不易整合之疑慮，且該行動計畫未設計回饋機制，雖中間過程有進行政策檢討，但檢討結果並未重新形塑新政策。因此未來我國在進行氣候變遷之整體調適策略研擬時，建議由上級主管機關成立跨部會之專責單位，配合法令賦予權責，以進行各事業機關氣候變遷調適工作整合。
- 4.日本環境省 2008 年提出的適應策略報告，報告中提出幾項聰明的調適策略，依據其調適策略，建議我國進行氣候變遷調適與研究可參考的事項如表 4-2。

表 4-2 日本聰明調適策略與台灣推動策略之建議

日本聰明調適策略	台灣推動策略之建議
活用地區性的脆弱度評估及最新的監測結果，以達到預警的目標。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 脆弱度評估須包括地區性評估與國家整體評估。 2. 欲進行脆弱度評估須掌握現況環境與設施之條件，因次首先需健全之基本監測資料與整合性資料庫。
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。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 調適策略須包含各種面向，包括工程與非工程、行政規劃、法規修訂或研擬等。 2. 建立氣候變遷專用整合性資料庫，整合各衝擊影響因子之評估結果，並公佈相關資訊。 3. 加強知識教育與民眾宣導。

<p>分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。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 因應氣候變遷之調適應策略，並考慮我國國情與經濟發展現況，設定適宜之中程與長程目標。 2. 以水利防災而言，國交省表示目前日本中央管河川大部分亦未達現階段保護標準，因此台灣水利設施安全度(保護標準)中程建議暫時以全面提升至現況設定之保護標準為目標，未來視境況演變再定期進行檢討與修正。
<p>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。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 因應氣候變遷之防災計畫須與既有政策相結合，提高其可行性。 2. 防災計畫須配合其他土地及社經發展政策定期提出修正。
<p>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。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 調適策略除工程面外，亦應考慮加強管理面之適應對策。 2. 工程技術及產業技術革新可提升系統之適應力，配合節能減碳與提昇環境資源利用率技術發展，可同時緩和氣候變遷之衝擊。 3. 因應氣候變遷之調適作為，除了人的生活環境以外，生物棲息與避難環境亦應同時考慮。

- 6.境況分析部份，IPCC 於 2007 年出版的第四次評估報告(AR4)中，多以 A2、A1B 及 B1 此三種情境進行模擬預測，日本之地球溫暖化預測情報中則是採用 A1B 與 B1 情境為模式模擬的基準，顯示日本在境況分析之模式採用較 IPCC 樂觀。
- 7.依據本次日本參訪之了解，日本於氣候變遷調適策略及相關研究上已建立完整之整合機制，且各部會之分工明確，並已與國際進行接軌。建議我國在研擬因應氣候變遷之水環境調適策略及相關行動計畫時，可參考日本因應氣候變遷調適之體制與行動計畫，整合台灣環境條件後擬定適合我國之氣候變遷調適策略。
- 8.就氣候變遷之教育推廣與宣導而言，建議可以國際研討會及專家座談會方式邀請日本專家來台進行研討，以國內相關政府單位及學術單位為對象，詳細說明日本因應氣候變遷之調適策略與相關研究工作，使國內公部門及相關研究單位能對氣候變遷之調適有深入之了解。
- 9.有關地球溫暖化的環境議題，日本之因應對策除「適應策」以外，亦

同步持續推動「緩和策」，其中緩和策重點在於緩和「溫室效應氣體」的排放量，除了評估方法與減緩方式研究以外，日本已開始落實在國民生活中，例如補助民間設置屋頂型太陽能發電板、公部門盡量不使用冷氣空調、宣導上班族不打領帶及不穿西裝外套、汽車工業發展油電混合車等措施。由於現今台灣之產業同樣以高科技工業為主，亦屬於高度碳排放量之國家，為利台灣永續經營，建議在地球溫暖化的環境議題台灣亦應著手進行如同日本之「緩和策」相關研究，並進行減碳及替代能源相關措施推動。