

日本の 河川防災 對策에 대한 研究

Countermeasure and Mitigation to Flood Disaster in Japan

林 炳 大*
Rim, Byung Dae

Abstract

Japan is situated in the zone attacked repeatedly by typhoon. She is apt to be given by the nature damage like flood and loss the life and the property conventionally because of her short channel and steep slope ground.

This paper is centered on the method of analysis and the damage management of river which are based on the Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute of Kyoto University. The field of flood disaster, submersion damage, water proof system, debris control disaster and water resources are studied respectly. The river management examples which are done by Foundation of River and Basin Integrated Communications and The Yodo River are analyzed. The above analysis helps to control disaster of river in Korea.

요 지

日本은 台風의 常襲地帶인데다 河川의 流路가 짧고 急峻한 地形이기 때문에 洪水의 自然災害를 받기 쉽고 每年 常習의으로 많은 貴重한 生命과 財産이 損失되고 있다.

本 論文에서는 京都大學 防災研究所의 여러 研究部門에서 河川防災에 關係된 河川災害, 內水災害, 耐水 시스템, 砂防災害 및 水資源等の 研究部門을 中心으로 各部門에 대한 研究方法과 그 研究部門의 論文 總 491編을 대상으로 하여 河川 防災對策을 研究하였다.

그리고 河川情報 센터의 役割과 淀川의 河川管理 實例를 研究하여 우리나라의 河川 防災對策 研究에 도움을 주고자 하였다.

1. 序 言

河川은 各國마다 水文現象, 地形, 地勢, 降水量과 流出形態가 各各 特徵을 가지고 있어서 治水方法도 나라에 따라서 各各 다르다.

日本の 4個 섬은 Asia의 東쪽 太平洋에 沿한 溫

帶의 사이를 北東端 北海道(北緯 45°30')에서 南面인 九州南端(北緯 30°)을 向하여 位置하고 있다. 그 形은 細長한 것이 特徵이고 幅이 가장 넓은 곳이라도 300 km에 不過하나 延長은 2,000 km에 達하고 있다. 이 細長한 섬 가운데에 높이 2,000~3,000 m에 이르는 背梁山脈이 달리고 있어서 河川의 延長은 짧고 勾配는 急하다.⁽¹⁾

* 正會員 · 朝鮮大學校 工科大學 土木工學科 教授

그리고 國土의 平地部分은 全體面積의 約 28%에 不過하고 그 적은 平野部의 거의가 河川을 따라 扇狀地와 沖積地등으로 되어 있다.⁽²⁾

이와 같은 地理的 條件에다 每年 많은 颱風의 來襲으로 河川의 災害의 發生도 많다.

本論文에서는 日本河川의 防災對策에 대한 研究 方向과 實際의 對策에 대하여 研究하여 우리나라 治水對策에 貢獻하고자 한다.

2. 防災對策에 대한 必要性的 背景

日本은 災害國이라고 말할정도로 環太平洋 變動帶 (地震帶 火山帶 地盤變動地帶) 中에 包含되어 世界 有數의 地震國이며 火山活動 地盤變動이 頻發하는 地帶이다. 그리고 每年 來襲하는 颱風(typhoon)은 世界의 3大 熱帶暴風의 하나로 알려져 있다.

또 豪雨의 記錄에서 아는바와 같이 世界에서도 有數의 多雨 豪雪地帶이고, 더구나 日本의 地勢는 急峻하고 四面이 바다로 둘러싸여 있다. 이와같은 地理的, 自然的 環境의 影響으로 豪雨에 의한 洪水, 颱風에 의한 高潮, 波浪, 風災害를 비롯하여 地震災害, 雪氷災害, 土砂災害, 地滑動等 各種의 災害를 많이 받고 있는 나라이다.

氣候에 대하여 알아보면 東京의 年平均 降雨量은 約 1,600 mm이며 日本列島는 南北으로 細長하고 地形이 複雜하며 地方에 따라 氣候도 많이 差異가 있다. 그例로써, 1月の 平均氣溫을 比較하면, 北海

道の 旭州는 約 -8.9°C 인데 九州의 宮崎는 約 6.8°C 로 그 差는 15.7°C 나 되며 1月の 平均降水量이 東京에서는 約 48 mm인데 대하여 新瀉縣의 高田에서는 約 501 mm나 된다. 이와 같은 것이 日本氣候의 多様な 特色이라고 할 수 있다.⁽³⁾

災害에 가장 影響을 많이 주는 日本에 來襲하는 颱風에 대하여 알아보면 颱風은 年平均 約 28個 程度 發生하나 그 中에서 日本에 上陸하여 큰 被害를 주는 것은 平均 約 4個 前後이고 上陸後는 急速의으로 衰弱하여 저서 溫帶低氣壓으로 되고, 颱風은 그 一生을 마치게 되나, 颱風의 一生은 길어도 2週間 前後이고 짧은 것은 1日으로 消滅되는 경우도 있다. 颱風의 發生數는 8月, 9月, 10月, 7月の 順이며, 上陸하는 것은 8月, 9月, 7月, 10月の 順이고, 이 4個月間에 颱風이 發生하고 上陸한다. 지금까지 最高의 記錄은 1950年, 發生數 44個, 上陸 11個 이고 被害가 많은 颱風은 9月 中旬과 下旬이고 特히 大型으로 著名한 颱風 被害 狀況은 表1과 같다.⁽⁴⁾

上記 表와같이 被害가 많으니 이에 대한 防災對策의 必要性도 질실히 要求되어 여러가지 研究部門으로 細分하여 研究가 활발히 進行되고 또 이에 대한 여러가지 Radar System과 Telemeter System이 開發되어 있다.

3. 專攻 分野別 研究

日本의 災害는 前項에서 記한바와 같이 人命과

表 1. 著名한 颱風의 被害狀況

來襲期日		颱風名	被害地域 (主要地區)	死者 行方不明	被害者 既數(人)
年	月 日				
1959	9.26 ~ 27	伊勢灣颱風	全國(愛知)	5,041	1,615,80
1945	9.17 ~ 18	枕崎颱風	西日本(廣島)	3,756	약 110만명
1934	9.21	室戶颱風	全國(大阪)	3,066	약 120만명
1947	9.14 ~ 15	가스린颱風	東北日本(群馬)	1,910	1,642,571
1954	9.26	洞爺丸颱風	全國(北海道)	1,787	302,347
1917	10. 1 ~ 2	颱風	東日本(東京)	1,324	약 120만명
1958	9.27 ~ 28	狩野川颱風	東日本(靜岡)	1,189	556,980
1942	8.27 ~ 28	颱風	西日本(山口)	1,158	약 80만명
1943	9.20	颱風	西日本(島根)	970	약 50만명
1951	10.14 ~ 15	루스颱風	全國(山口)	943	약 30만명

財産의被害가 너무도 莫大하므로 이에대한 「災害의豫防과輕減」 및 「災害의學理와 그應用」을研究하는 것을 目的으로 1951年 防災研究所가 京都大學에 附設되었고, 그後 必要에 따라 漸次 細分, 増設, 發展되어 왔다.

河川災害를 中心으로 살펴보면, 現在 研究部門은 河川災害, 內水災害, 耐水System 및 砂防의 12部門의 研究部門으로 構成되어 있고, 附屬研究施設로는 宇治川 水理實驗所, 高穂 砂防觀測所 및 水資源研究 센터 외 8個의 研究施設이 設置되었다. 그리고 研究員으로도 教授 26名, 助教授 28名, 助教 45名 計 99名이 全的으로 研究에만 從事하고 있다.⁽⁵⁾

本 論文에서는 河川 災害에 關聯되는 研究部門을 中心으로 各 部門의 研究方法와 그 研究部門의 論文을 分析하여 防災對策을 研究하였다.

3.1 河川災害

河川에 있어서 洪水災害의 發生要因과 發生機構를 究明하고, 그 豫測法 및 河川災害의 防止, 輕減을 도모하는 方策을 研究하는 것과 아울러 河川, 湖沼에 있어서의 水環境의 保全에 關聯된 水理現象의 解明과 豫測을 目的으로 하고 그 方向을 大別하면 다음과 같다.

(1) 現地에 觀測機構를 設置하여 두고, 거기에 생기는 災害 및 平常時의 現象을 觀測하든가, 또는 現地에 發生한 災害現象의 痕跡을 調査하여 그 模樣, 크기 등을 推定하는 소위 現地에 있어서의 觀測研究

(2) 河川災害가 發生할 수 있다고 생각되는 部分을 局部的으로 抽出하여 그 模型을 實驗室內에 製作하고 거기에서 災害問題를 研究하려는 模型實驗的 研究

(3) 더 나아가서 抽象的으로 河川變曲部, 河口部 또는 直線部등을 취하여 比較的 單純한 境界의 實驗水路에 있어서 물이나 土砂의 變動을 基礎的으로 取扱하여 가는 소위 基礎的 理論的 研究⁽⁶⁾

本 研究部門에 사용되는 實驗施設은 宇治川 水理實驗所에 設置되었고, 그 중에 가장 큰 施設을 소개하면 河川災害總合基礎實驗施設(防災研究所)로서 水源에서 河口에 이르기까지의 豪雨에 수반되는 물과 土砂에 관한 災害現象을 一貫하여 立體的 有機的으로 研究할 수 있게 되어 있어서 一般的 研究

態도는 소위 simulation에 의한 研究를 할 수 있다. 本 施設을 사용하여 研究할 수 있는 것은 河川災害의 거의 모든것이 包含되고, 對象으로 하는 現象은 平面的, 立體的으로 研究할 수 있어 災害現象의 究明과 防災에의 應用研究에도 기여할 수 있다.

따라서 從來 행하여지고 있는 水路實驗인 基礎研究는 simulation에 대한 基礎知識을 주고 最終的 結果를 解析할 때의 基礎가 된다. 그 規模는 길이 1.5 m, 幅 7.5 m, 有效長 243 m 및 給水容量은 750 l/sec이다.

上記 水路外에 人工降雨發生部가 있고, 그 面積은 135m×22 m 또 이곳에 床面上 6 m의 높이에 1,632 個의 spray nozzle이 설치되어 1~125 mm/hr의 人工降雨을 오게 할 수 있고, 그 有效面積은 127.5 m×20 m=2,550 m²이다.⁽⁷⁾

이 部門에서 研究한 113編을 研究 內容面에서 分類하면 河川觀測研究, 河道의 流路形態, 灣曲部 河床이 46編이고, 堤防決壞, 洪水氾濫, 決壞口의 擴大過程, 水防이 46編이며, 琵琶湖 16編, 其他 5編으로 되어있다. 그리고 다시 論文類型을 다른 方法으로 分類하면 現地觀測 結果를 이용한 論文 25編이고, 模型을 만들어 實驗裝置를 利用한 論文 20編이며 理論的인 論文은 68編이다.

여러 論文中에 特히 關心이 가는 것은 河川堤防 決壞口의 擴大過程에 對한 研究이다.⁽⁸⁾

河川 堤防의 普通 洪水水位는 堤內地盤高보다 상당히 높기 때문에 일단 決壞되면 大災害를 가져오는 危險性을 항시 안고 있다. 近年 比較的 改修가 잘 되었다고 하는 大河川에서도 破堤事例가 報告되었다. 그 中에는 越水 뿐만 아니라 끊어진 例도 있다.^(9,10,11)

河川堤防의 安全性을 過信할 수도 없어, 破堤의 경우를 想定한 現象을 豫測한 對策을 세운다는 것은 堤防自體의 安全性을 向上함과 同時에 洪水被害의 輕減을 도모하는데 極히 重要한 일이다.

河川堤防의 決壞에 대하여 지금까지 破堤原因이나 外水氾濫의 實態調査,^(12,13) 個個의 破堤原因에 의한 決壞過程의 實驗的, 理論的 研究 外水氾濫의 基礎實驗과 數值解析⁽¹⁵⁾ 이 行하여지고 있다.

河川堤防의 決壞의 경우 洪水被害가 外水流入의 量과 決壞의 形態에 支配됨에도 불구하고 이것을 取扱한 研究⁽¹⁶⁾는 限定되어 있고, 決壞口의 擴大過

表 2. 被災形態別分類

被災形態	越水	非越水	計
破堤	183	62	245
表決壞	26	184	210
裏法崩壞	19	37	56
輕無被害	78	0	78
計	306	283	589

程을 밝히는 것은 거의 없다.

그래서 앞으로 擴大過程의 特徵 卽, 決壞口 形狀과 그 時間的 變化, 決壞口의 通過流量의 變化와 浸透 狀況에 대한 研究가 더욱 必要할 것이다.

洪水와 降雨에 의한 물이 主體가 된 것으로 1965 年 以降의 河川堤防의 被災形態를 알아보면 表 2와 같다.⁽¹⁷⁾

3.2 內水災害

內水災害에 관한 問題는 옛날부터 人類가 洪水에 對處하여 올 때부터의 問題이고, 近來에는 農地의 排水와 都市下水問題를 取扱하게 되었다.

우리들이 水害라고 하는 것을 直接 原因別로 보면 河川洪水型, 高潮, 津波型 및 內水型으로 大別할 수 있다. 河川과 海岸堤防 等 外壁的 施設의 破壞에 起因하는 大氾濫은 前 2者의 形式이며, 內水型은 一般의 小河川의 氾濫, 用水와 下水의 溢水, 雨水와 地下水에 의한 湛水를 말하고 있다. 現實의 水害形式은 이들 3形式의 一部 또는 全部의 組合에 의한 것이며, 內水型이 없는 水害形式은 드물다.⁽¹⁸⁾

內水災害의 發生頻度는 他의 2形式에 比하여 대단히 높고, 家屋, 農工商業 諸施設의 損傷, 所得의 減少, 衛生環境의 惡化등 民生上 적지 않는 威脅을 주고 있다.

3.2.1 內水災害의 自然的 要素

(1) 豪雨의 集中性

1961年 全國 年平均 降雨量의 分布⁽¹⁹⁾를 보면 6月下旬의 豪雨는 그 地方의 年雨量의 1/3~1/5程度의 雨量이 集中되고 있다. 1953年 6月의 西日本水害⁽²⁰⁾ 때는 北九州一圓에 400~800 mm, 1957年 7月의 諫早 水害 때는 長崎縣 島原 765 mm, 大村 730 mm, 諫早 587 mm, 福岡 380 mm 等 이것도 大約 1/3~1/5 程度의 比率를 나타내고 있다.

(2) 洪水와 低地性

一般의 堤内地의 標高는 高水時의 河川水位보다 낮기때문에 高水位가 계속하는 동안은 機械排水에 의하지 않으면 地區內 惡水를 排除할 수 없다.

近年 豪雨는 곳곳의 山地崩壞가 많아서 이로 인하여 河床上昇의 傾向이 있는 河川이 많다. 全國各地에서 보여지는 天井川의 發達이며, 河床上昇의 傾向은 豪雨의 集中的 傾向, 河川 高水位의 上昇, 繼續時間의 長大化 傾向이 일어나고 한편 河川堤防의 漏水, 地下水位의 上昇이 수반되어 內水災害를 助長하는 因子로 되어 있다.

(3) 地盤沈下

河川 最下流部, 海岸地帶에 發達한 都市, 工業地帶, 農地 등에는 地盤沈下가 현저한 곳이 적지 않다. 東京, 大阪, 名古屋 周邊 및 新瀉 等이 代表的인 例이다. 伊勢灣 颱風에 의한 大災害를 받은 名古屋 周邊에는 0 m 地帶가 185 km²나 된다고 한다.⁽²¹⁾ 1944年 12月 東海地震, 1945年 1月 三河地震에 의하여 1 m 程度의 沈下가 된 곳도 있다.

3.2.2 內水災害 防止 輕減上의 諸課程

內水對策을 自體의 으로 할려면 各 地域에 따라 特別히 考慮 하여야 할 問題가 적지 않다.

現 段階에서 未解明의 問題가 적지 않으나 研究 對象을 方法論的으로 分類하면 (1) 雨量, 出水量의 水文(統計)學的 研究 (2) 低平地表面流의 水理에 關한 研究 (3) 特殊土砂 水理에 關한 研究 (4) 地下水의 動態와 地下排水의 研究 (5) 內水와 關聯되는 外的 諸要素의 研究 (6) 內水排除對策의 綜合的 研究 等이다.⁽²²⁾

3.2.3 巨椋流域의 概要

內水災害 研究部門에서 試驗地區를 設定하여 繼續的으로 研究하고 있는 流域으로서 巨椋流域은 宇治市, 京都市 및 久郷山町에 걸친 典型的인 低平水田地帶이다. 이 流域은 옛날에는 宇治, 木津, 桂의 3川의 合流點에 위치한 一大遊水 地帶였으나 1922年~1941년까지 國營 府營의 干拓事業에 의하여 干陸되어 新耕地造成, 沿岸既耕地改良이 행하여 졌다. 近年에는 住宅地와 工場地帶化되었다.

流域面積 52.5 km², 高位部와 中位部는 自然排水, 自然排水 不能時는 機械排水를 하고, 低位部(18.4 km²)는 平水時, 高水時 모두 宇治川으로 機械排水 되고 있다.⁽²³⁾

防災研究所에서는 1968年 以來 現在까지 이 干拓地와 背後地를 포함한 52.5 km²의 流域을 調査地區로 選定하고 觀測研究를 繼續하고 있다. 이 流域에는 高精度의 自記水位計 24個所, 排水場 1個所, 自記雨量計 7個所가 있으며, 이와같은 試驗地區를 利用하여 理論과 實際를 결부시키는 研究를 하고 있다.

內水災害部門의 研究論文 總 124編中에서 水文 및 流出이 85編, 內水災害 및 排水對策이 30編, 地下水 6編, 기타 3編으로 되어 있었고, 論文類型은 現地觀測이 65編, 實驗이 9編 및 理論이 50編이다.

3.3 耐水 System

이 研究部門은 水害 및 土砂災害의 發生 危險域, 發生時刻과 災害의 程度의 豫測法, 構造物의 配置에 의한 災害對策 및 耐水 System 構築의 基礎를 주는 것을 目標로 研究하고 있다.

土石流란 斜面의 土砂의 移動形態에는 自體에 의하여 Mass(덩어리) 集團으로 移動하는 集合運搬과 流水에 의하여 個別的으로 移動하는 各個運搬이 있다. 地滑動, 斜面崩壞는 前者의 例이고, 掃流, 浮流는 後者의 例이다.

土石流는 이들의 中間의인 移動形態로써 急勾配의 溪流에서 물과 土砂의 混合物이 流出하는 現象이다.⁽²⁴⁾

最近에는 大河川의 治水對策이 많이 進行되어, 降雨에 의한 災害中 人命의 損傷이 많은 것은 集中豪雨에 의한 山腹과 斷崖의 崩壞 및 土石流에 의한 土砂災害가 中心으로 되어 있다. 1968년부터 1977年의 10年間에 있어서 急傾斜地의 崩壞 및 土石流에 의한 災害는 被害額에서는 其他의 破堤, 洪水氾濫, 內水氾濫, 其他의 被害額을 合한 總額의 約 5% 程度이나 死者, 行方不明者의 合計가 1,478名으로 同期間에 있어서 水災害에 의한 死者, 行方不明者 總數 2,132名의 69%에 달하고 있다.⁽²⁵⁾

이와같이 死者가 많은 原因은 他의 浸水被害와 比較하여 現象의 集中的인 破壞力이 強大하고 直擊당하면 抵抗할 수 없다. 그래서 現象의 的確한 豫知, 豫測을 할 수 있으면 적어도 人命救濟의 面에서 크게 進展이 期待된다.⁽²⁶⁾

土石流 災害의 防止, 輕減에는 土石流의 發生,

流動, 堆積의 過程에 있어서 規模와 破壞力을 豫知할 必要가 있으나 最近에는 發生後의 現地踏査에 의한 地形, 地質 등이 素因의 分析이나, 發生地附近의 雨量記錄에 의한 誘因의 分析이 試圖되고, 土石流 發生에 대한 蓋然性이 檢討되고 있다. 또 各地의 土石流가 頻發하는 溪流에 있어서 television camera나 movie camera를 中心으로 한 計測 system을 使用한 觀測記錄도 시작되었고, 實驗水路를 使用한 基礎的 研究도 되어 가고 있다.⁽²⁷⁾

이 方面의 研究論文 78編중 河道埋塞, 洪水流, 土石流에 50編, 洪水氾濫解析, 土砂災害, 土石流의 停止, 流量豫測에 24編, 其他 4編으로 되어 있다. 그리고 論文類型은 現地 25編, 實驗 26編 및 理論 27編이다.

3.4 砂防災害

大河川에 對한 洪水對策의 進陞에 依하여 最近에는 人命에 影響을 주는 災害는 中小河川, 特別히 山間의 溪流部 또는 扇狀地로 移行되는 傾向이 있다. 各種의 水災害中에서도 土石流는 그 破壞力의 強烈함과 突發性 때문에 豫測 및 防止, 輕減對策이 어렵고 거의 每年 여러 곳에서 反復하여 일어나고 있음에도 不拘하고 主要災害의 地位를 占하고 있다. 이런 狀況下에서 建設省을 中心으로하여 土石流의 發生危險度와 그 미치는 範圍를 正確히 判定하고, 危險區域을 表示함과 同時에 對象地域의 降雨特性에 對한 警戒, 避難의 基準雨量을 設定하는 것을 目的으로 하여 全國各地에서 實施되고 있다.⁽²⁸⁾

이와 같은 實際上的의 要請에 對하여 土石流의 發生, 流下, 堆積에 關한 從來의 知識은 充分하지 않고, 土石流 現象에 關係가 깊다고 생각되는 流域內의 各種 要因을 抽出하고, 多變量解析의 手法에 따라서 統計的으로 危險度を 判定하려는 方法이 考察되어 왔다.

山地流域의 土砂流出現狀은 上流地域의 山腹裸地와 河道의 條件 및 降水를 수반한 流體力의 分布로 支配된다.⁽²⁹⁾

河道部의 現狀에서는 armour coat의 形成과 破壞, 流路의 變動과 分岐等이 자주 일어나고, 土砂 流出現狀은 아주 複雜하여 的確하게 評價하기는 매우 困難한 狀況이다.⁽³⁰⁾

貯水池는 水資源의 開發, 洪水調節, 水力發電 등 治水 利水의 面에서 크게 效用을 가지고 있는 反面, 土砂의 自然流下를 沮害하여 堆砂에 依한 貯水池 機能의 低下, 背砂에 依한 洪水位의 上昇, Dam 下 流域의 河床低下, 거기에다 海岸 侵食等 여러가지 問題를 일으키고 있다.

日本에서의 貯水池의 築造는 1955年頃부터 急増하여 現在 山地流域의 1/2을 占하고 있으며 土砂 收支의 不均衡에 따른 問題는 各地에서 일어나고 있다.⁽³¹⁾

從來, 貯水池 堆砂의 防止 또는 土砂의 排除를 目的으로하여 砂防 Dam, 排砂門, 排砂管 또는 直接的인 浚渫, 掘削等 各種의 方法이 試圖되어 있고 部分的으로는 成功하고 있는 곳도 있으나 여러가지 問題가 있어 充分한 排砂機能을 하고 있다고 볼 수 없다.

貯水池 堆砂의 河水濁度의 問題에 關하여 實際의 流域을 對象으로한 流砂의 濃度나 輸送量에 對한 調整研究가 活潑하게 施行되고 있고, 最近에는 生産場의 條件, 雨水流等의 外力條件 및 生産, 流出機構를 考慮한 推定法이 提案되고 있다.^(32,33)

流砂의 推定法을 確立하려면 對象流域에 있어서 生産場, 外力 및 生産流出機構의 3要素를 確하게 評價 함과 同時에 이것들을 如何히 model化하는 것이 重要하다.⁽³⁴⁾

3.4.1 穂高砂防觀測所(京都大學防災研究所)⁽³⁵⁾

本 觀測所가 位置하고 있는 日本 北 Alps는 日本 有數의 土砂 流出地域이고 특히 燒岳火山에 起源을 두고 始作하는 足洗谷은 土砂의 發生도 많고 土砂 流出의 觀測, 研究의 最適의 場所이다.

이 足洗谷(面積 7.2 Km²)을 中心으로 土砂의 生産, 流出에 關한 綜合的, 系統的인 觀測이 繼續되어 土砂 生産現象과 掃流, 浮流, 土石流 等の 土砂 流出現象에 關하여 많은 것을 研究하고 있다. 土砂의 生産, 流出現象을 系統적으로 觀測하는 施設은 世界的으로 드물다.

日本은 約 7割이 山地이고 土石流, 斷崖의 崩壞 등 山地에서 流出하는 土砂에 의한 災害가 每年마다 發生하고 있다. 이와같은 災害의 原因이되는 土砂 流出의 實態를 繼續적으로 觀測, 研究하는 것을 目的으로 하여 1965년에 開設되어 1967年 京都大學 防災研究所의 附屬施設로 되어 現在에 이르고 있다.

물과 土砂에 의한 災害를 防止, 輕減하기 위하여 山地에 있어서 出水와 土砂流出의 實態와 그 機構를 解明하는 것을 目的으로 燒岳을 源流로하는 洗足谷에 다음 課題에 對하여 研究하고 있다.

(1) 山岳地域의 氣象의 實態에 關한 研究 a. 降雨의 時空間 分布 b. 降雪의 時空間 分布 c. 氣溫·溫度의 特性

(2) 出水에 關한 研究 a. 土石流 發生源의 水收支 b. 降雨의 流出特性 c. 融雪水의 流出特性

(3) 土砂生産의 實態에 關한 研究 a. 表面流에 依한 侵食 b. 凍上·融解에 依한 侵食 c. 崩壞·土石流에 依한 侵蝕 d. 流路侵蝕

(4) 流路形態와 土砂流出 a. 山地河道의 形態와 變動 b. 河道에 있어서 土砂流出의 process c. 土砂 流出(浮流·掃流·土石流)의 機構

(5) 土砂 流出量의 豫測에 關한 研究

(6) 土砂災害의 防止·輕減法에 關한 研究 a. 砂防 Dam(透過性, 不透過性)의 機能 b. 土砂災害의 避難·豫警法 System

(7) 水文·流砂觀測法의 開發 a. 觀測 System b. 各種 Sensor의 應用 c. 水位·流速·流砂量의 測定法 d. 地形計測法 e. 地質調査法

(8) 主要 施設로는 雨量計 6, 無線 Robot 雨量計 1, 超音波式 水位計 3臺, TV Camera 6個所, 砂防 Dam 2個所, 觀測用 Dam 1個所 等이다.

砂防災害 部門 論文 總 94編中 土砂流의 生産, 運動, 流出, 調節, 制御 90編, Dam, 貯水池의 堆砂의 排除 4編이며, 現地論文 25編, 實驗論文 49編 및 理論 20編이다.

3.5 水資源

京都大學防災研究所에 附屬되어 있는 水資源研究 Center는 1978年 4月 1日 發足하였으며, 여기에서는 人間이 利用하고 또 利用하려고 하는 水資源을 自然과 人間活動의 兩面에서 總合的이고 有機적으로 連結하여 水資源에 關한 學理를 究明하는 것을 目的으로 하고 있다.

本 Center에서 研究하는 것을 細分하여 說明하면 다음과 같다.

降水에 대하여는 (1) 降水의 時空間 分布特性의 統計的·確率論의 研究 (2) 降水의 時空間 分布特性의 氣象力學的 研究 (3) 3次元 radar 雨量計 및

氣象衛星情報의 有效利用에 關한 研究(建設省과 共同으로) 豫測 (4) 積雪深分布의 觀測的·理論的 研究와 豫測等이며 浸透에 對하여는 (1) 均一 砂層에서의 雨水浸透에 關한 實驗的·理論的 研究 (2) 不均質 場에서의 雨水浸透에 關한 實驗的·理論的 研究 (3) 山塊中の 地下水帶에서의 降水의 供給經路와 總 保水量에 關한 觀測的 研究 蒸發散에 對하여는 林地, 裸地 및 湖面的 蒸發에 關한 觀測的·理論的 研究와 豫測等이고 流出에 對하여는 雨水流出, 融雪流出 및 地下水的 觀測的·理論的 研究等이다.

3.5.1 荒川流出試驗地⁽³⁶⁾

河川流域에 내린 비와 눈이 河川에 流出하는 過程을 充實히 追跡하고, 그間에 發生하는 여러가지 現象을 正確하게 記述하는 것을 目的으로 하고, I.H.P 計劃에 關聯시켜 荒川流出試驗地를 設置하여 1966 年부터 觀測研究를 開始하고 있다.

그 目的은 (1) 降水의 循環過程의 解明 (2) 自然과 土地條件의 變化가 循環過程에 미치는 影響 (3) 水資源의 評價와 水文豫測이다.

I.H.P 計劃에 있어서는 基本的 事業으로서 代表 流域과 試驗流域에 있어서는 連續的 觀測과 水循環過程의 研究를 續行함과 同時에 얻어진 知識을 他地域에의 延長的 適用, 水資源의 評價, 人間活動의 水循環에의 影響等의 應用的 課題와 水文學 研究者와 技術者의 教育訓練場으로 되는 것이 計劃되어 實行되고 있다.

荒川流出試驗地의 位置는 野洲川 中流部支川의 荒川上流域(4.4 Km²)에 있으며, 年降雨量은 約 1,600 mm이다.

本 部門의 論文 總數 82編中 降水, 地下水의 流出 31編, Dam 操作 및 管理 11編, 環境 11編, 蒸發散 9編, 土砂流 9編, 其他 11編이며, 現地論文 62編, 實驗論文 5編 및 理論論文 15編이었다.

3.6. 河川情報 Center⁽³⁷⁾

日本은 颱風의 常襲地帶인데다 河川의 流路가 짧고 急峻한 地形이기 때문에 洪水 等の 自然災害를 받기 쉽고 每年 常習的으로 많은 貴重한 生命과 財產이 損失되고 있다.

그래서 「利水」와 「治水」 兩面에 對하여 河川의 참 모습을 알지 않으면 生活의 安全性의 確保와

河川의 適正한 利用 또는 良好한 河川環境의 形成을 祈하기는 힘들다. 河川流域에 關한 詳細한 情報의 入手가 必要하게 된다.

近年 全國的으로 多發하고, 激甚한 水災害에 있어서도 特히 河川流域情報의 有用性이 評價되어지고 있고, 安全性에 對한 社會的 要請의 高揚함에 따라 地域의 實情에 對한 情報를 보다 速히 傳達하는 것이 더욱 重要하게 되었다.

財團法人 河川情報 Center는 河川流域情報의 收集, 處理, 加工 및 提供에 關한 調查·研究 및 技術開發을 함으로써 情報管理 및 情報提供의 手法을 確立하여 그 成果를 널리 國民社會에 活用하고 또 水災害에 따른 被害의 輕減과 河川의 適正한 管理 및 利用의 增進에 貢獻하는 것을 目的으로 하여 國, 地方, 公共團體, 民間各界의 協力下에 1985年 10月 1日에 設立되었다.

3.6.1 Radar 雨量計 整備狀況

現在 稼動中인 것은 12基로써 物見山, 赤城山, 三時, 寶達山, 蛇時, 御在所, 深山 羅漢山, 明神山, 釋迦山, 國見山, 八重山이며, 建設中인 2基는 藥師岳, 大和山이다. 그리고 計劃中인 곳은 8基이다.

rader 雨量計에서 觀測된 情報는 河川情報 center에서 user에 提供되며, 다음과 같은 役割을 한다. (1) 비와 눈의 情報提供 (2) 全國은 물론 縣別, 地區別로 表示된다. (3) 情報는 15分마다 更新된다. (4)

표 3. Radar 및 Telemeter 觀測所 數

地名	Radar side	觀測所			備考
		雨量	水位	水質	
北海道	4*	191	173	8	*計劃 包含
東北	3*	200	183	19	
關東	3*	96	108	7	
北陸	2*	245	181	15	
中部	2*	138	154	7	
近畿	1	166	141	13	
中國	2*	94	66	3	
四國	1				
九州	3*	234	176	12	
沖繩	1	10	8	—	
全國計	22	1,614	1,490	112	

履歷 再生도 可能하다.

3.6.2 水文觀測 Telemeter

雨量 觀測所 約 1,600個所, 水位 觀測所 約 1,500個所, 水質 觀測所 約 110個所이며, telemeter에서 觀測된 情報가 河川情報 센터에서 畫像 處理와 加工이 되어 user에게 提供된다. 그리고 그 機能은 (1) 情報는 1時間마다 更新된다. (2) 雨量, 水位, 降雪, 水質 및 댐 情報가 提供된다. 또 建設省에서 發表되는 水防警報도 河川情報 센터에서 提供되며, 그 水防警報의 內容을 水防·洪水警報가 發令되는대로 提供하고 端末機의 電源이 off일 때도 通報表示裝置에 依하여 通報된다.

水防警報는 位置, 日時, 降雨量, 水位, 警戒水位, 通知 및 豫想, 水防機關의 作業指示 등이 通報된다. 그리고 其他 河川에 關한 行事は 川邊의 情報가 提供된다. 다시 말하면 河川管理者 등의 施策, 流域 案內 및 河川에 關한 報道等이다.

4. 河川管理實例³⁸⁾

4.1 淀川의 流域의 概要

淀川水系는 日本에서 5番째의 큰 江이며, 近畿地方의 中央部에 位置하고 水源은 日本最大의 琵琶湖에 두고 京都와 大阪平野를 南西로 흘러서 大阪灣에 流入되며 流域面積은 8,240 Km²인 大水系이다. 그리고 7月, 9月, 10月의 颱風期에 降雨가 많고 때때로 大洪水를 일으킨다.

流域內의 人口는 1,000萬人으로, 近畿地方 全人口의 半數를 占하고 있다. 想定氾濫區域內(流域面의 19%)에는 流域內人口의 約 8割의 사람이 居住하고 있다. 이 流域의 1952年~1987年의 年平均 降雨量은 1,600 mm이며 枚方地點의 平均 最大流量은 7,970 m³/sec이다.

淀川은 上流에 枚方 上流域의 53%의 流域을 갖는 琵琶湖(流域面積 3,848 km², 湖面積 680 km², 貯水量 275億 m³)가 있어 淀川의 流況의 安定에 크게 貢獻하고 있으며 그 豊富한 水量은 灌溉, 舟運, 都市用水, 發電 等 널리 利用되고 또 擴大한 河川空間은 住民들의 休息處로 使用되고 있다.

4.2 淀川의 洪水

本川에 대한 颱風의 影響關係를 보면, 日本列島는

颱風의 進路上에 位置하고 있어 西日本에 있어서도 每年 數個의 颱風이 接近 또는 上陸하고 있다. 颱風은 主로 川流域의 東側을 北上 또는 北東進하는 境遇가 大部分이어서 四國 山岳地帶의 南斜面에서 紀伊半島의 東傾斜面에 豪雨를 가져오고 있다.

그리고 本流域에 있어서 降雨의 特徵은 原因別로 보면 大部分 木津川流域은 颱風, 桂川流域은 前線性 降雨, 琵琶湖 流域은 南部는 季雨와 颱風을 中心으로 한 夏期降雨가 많고 北部는 冬期에도 相當한 降雪이 있다.

4.3 淀川의 治水

本流域은 古來부터 政治, 經濟, 文化의 中心地로서 繁榮되어 왔으며, 治水事業의 歷史는 古에서 455年 때부터 始作하였고, 1953年의 颱風 13號는 淀川水系에 未曾有의 大洪水를 가져오게 했고, 다음해인 1954年의 댐 群에 의한 洪水調節을 받아들여 淀川水系 改修 基本計劃 樹立의 契機로 되었으며, 瀨田川 洗堰의 改築, 天ヶ瀬 댐, 高山 댐이 建設되었다. 1959年의 颱風 15號에 의한 出水를 契機로하여 青蓮寺와 室生의 두 댐이 建設되었다. 그 後 1971年에 淀川水系 工事實施基本計劃이 改定되었다.

그리하여 淀川 本川의 基準點인 枚方 地點에서는 年超過 確率을 1/200(流域平均 2日雨量 302 mm)로 하였으며 여러가지 境遇를 考慮하여 基本高水流量을 17,000 m³/sec로 하였으며 計劃 高水流量은 12,000 m³/sec로 했다.

4.4 淀川의 利水

淀川은 옛날로부터 利水事業이 잘 이루어지고 있었다. 琵琶湖 第1疎水, 琵琶湖 第2疎水, 宇治川發電所 및 大阪市の 上水道 水源等, 1943년부터 1951年 사이에 洪水防禦와 水資源 開發의 總合的 見地에서 淀川 河水統制事業이 實施되었다.

1961년에는 「水資源開發促進法」「水資源開發公團法」이 公布되고 1972年에 琵琶湖 總合開發 特別措置法에 依하여 琵琶湖 總合開發 事業이 始作되었다.

4.5 댐 群의 統合管理

淀川流域에는 瀨田川 洗堰, 天ヶ瀬 댐, 高山 댐, 青蓮寺 댐 및 室生 댐 群이 洪水調節, 各種 用水 補給, 發電과 流水의 正常的인 機能의 維持 等을

위하여 建設되었다.

水資源開發公園 關西支社와 近畿地方建設局이 協同하여 情報收集, 情報處理, 分析, 電子計算機에 依한 計算, 計劃書 作成, 上申, 指示, 發表 等을 한다. 그리고 댐 洪水調節計劃 및 用水補給計劃等도 樹立한다.

4.6 水文情報の 收集과 監視

氣象狀況과 流域内の 水象狀況을 監視, 分析 하 기위하여 氣象台에서의 通報, 氣象 fax 및 telex 等에 依하여 氣象情報를 收集하고, 水文情報 收集 system에 依하여 淀川水系内の 雨量, 水位, 댐 諸量, 取水量 및 水質 等の 情報 및 他水系의 河川情報를 各各 定時刻에 收集하고 있다.

水文정보는 電子計算機에 依하여 缺測 data, error data의 補正, 流域平均雨量·總雨量의 算出, 澁川水位에서 貯水量의 計算, 雨量, 水位, 流出의 統計處理 等이 自動적으로 行하여지고 時間情報도 3年間, 日 情報는 10年間 記憶되어진다.

4.7 豫測 System

4.7.1 雨量豫測 System

時時刻刻으로 入手되는 氣象, 水象 等の 많은 情報를 基礎로 하여 降雨豫測, 流出豫測을 보다 迅速히, 正確하게 하기 위하여 모든 것을 電子計算機를 使用하여 處理된다.

淀川의 大洪水는 거의 颱風에 起因되므로 「颱風 進路 및 雨量 simulation」은 氣象 fax에서 얻어지는 高層天氣圖를 使用하여 颱風의 進路豫測을 하고, 過去 329個의 颱風의 雨量 data를 統計處理하여 雨量을 豫測하고 있다.

또 「類似颱風抽出 simulation」은 過去 1,044個의 颱風에서 類似颱風의 進路, 規模 및 淀川流域内の 降雨狀況을 任意로 抽出한다.

4.7.2 流出豫測 System

a) 洪水 simulation은 洪水 流出豫測은 貯留 關數法에 依하여 計算된다. 여기에는 定數固定, 定數 可變, 定數逆算 및 定數固定을 現 時刻에 맞추는 手法이 있고 洪水와 댐 操作後의 流出豫測이 行하여 진다.

b) 低水 simulation은 濁水時의 澁 群에서의 用水

補給方法에는 直下流 基準点 確保方式과 確保流量의 制限을 考慮한 統合操作이 可能하다.

深山 radar 雨量計 system은 近畿地方 全般에 對하여 時時各各으로 變化하는 降雨量을 短時間에 radar 雨量計와 電子計算機를 組合하여 雨量의 測定, data 處理 및 記錄에서 表示까지 一連의 作業을 自動化 된 것이다. 이것으로 水文 data를 收集하여 治水, 利水에 使用하고 또 澁 操作의 指示와 洪水 豫報의 일도 하고있다.

4.8 淀川의 Super堤防 (高規格堤防) 整備

大洪水로 堤防이 缺壞하면 住宅과 工場이 密集하는 市街地를 濁流가 來襲하여 中樞都市의 機能은 말할 수 없는 影響을 받게 되어 그 被害는 莫大하다.

따라서 水害에서 都市를 確實히 守護하기 위하여 高規格堤防인 super 堤防이 計劃되게 되었다. 그리고 이 堤防은 堤防高의 約 30倍인 幅 100~300 m의 超 大幅 堤防이다.

Super 堤防은 堤防을 大斷面化하는 것으로, 超過 洪水에 의한 越水, 地震 및 漏水에도 견디는 堤防을 만들고, 아울러 市街地의 整備도 行하는 새로운 type의 堤防整備事業이다.

그 特徵은 (1) 堤防의 恒急的인 強化(水害에서의 安全性) (2) 여러가지의 都市整備事業(市街地 再開發) (3) 河川公園으로 利用 및 擴大된 部分에 大型 建築物을 建築하면 視野에 擴大水面이 보인다.

1988年 12월에 全國 最初의 super 堤防이 完成 되었다. 現在 堤内地의 住民과 合意만 되면 建設省에서는 堤防을 擴大하여 주고, 住民은 擴大된 土地를 合理的으로 利用하고 있다. super 堤防의 橫斷面圖는 그림 1과 같다.

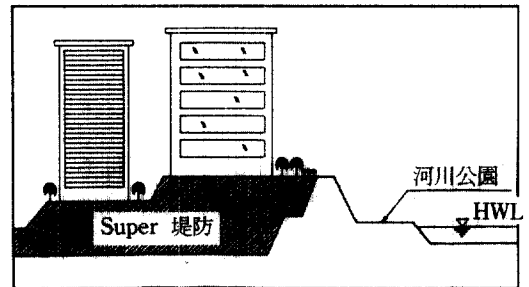


그림 1. Super 堤防의 橫斷面圖

4. 結 論

河川防災對策은 各國마다 特徵이 있으나 특히 日本은 颱風의 常襲地帶인데다 河川의 流路가 짧고 急峻한 地形이기 때문에 貴重한 生命과 財産의 損失이 많으므로 이에 대한 對策도 많이 發展되어 있다. 이에 대한 研究의 結論은 다음과 같다.

1) 京都大學 附設 防災研究所를 設立하여 16個 研究部門과 11個 附屬 研究施設이 있고 其中 河川 災害에 關係된 研究部門은 河川災害, 內水災害, 耐水 System 및 砂防災害이고, 附屬 研究施設은 宇治川 水理實驗所, 穗高砂防觀測所 및 水資源 Center 이다.

2) 上記 研究部門의 研究內容을 詳述하여 日本의 河川 防災對策을 綜合的으로 알 수 있도록 하였다. 그리고 論文 總 491編중 現地와 關係된 論文은 202編(41.1%), 實驗論文은 109編(22.2%), 理論論文은 180編(36.7%)이었다.

3) 河川情報 센터의 役割이 크며 建設省傘下 建設事務所에서는 어느 地方에서나 自己가 알고자하는 水文資料를 언제나 알 수 있게 되어 있다.

4) 研究를 위하여 試驗地區를 만들어 繼續的인 試驗과 觀測을하여 理論과 實際를 關聯지어 研究하고 있다.

5) 河川管理面에서도 流域別로 洪水, 治水, 利水, 水質, 葎 群의 統合管理, 水文情報의 收集과 監視 및 豫測 시스템이 整備되어 있다.

6) 日本에서 最初로 淀川에 supper 堤防(高規格 堤防)을 建設하여 恒久的인 安全對策을 樹立하여 施行하고 있다.

7) 우리나라도 國家의 形便이 許容하는 대로 研究部門도 細分되고 河川災害에 대한 더욱 徹底한 研究가 要望된다.

참 고 문 헌

1. 山本三郎, 河川工學, 朝倉書店, 1969, p. 19.
2. 高賴信忠, 河川水文學, 森北出版, 1978, p. 1.
3. 문헌 (2), pp. 25-26
4. 문헌 (2), p. 33.
5. 京都大學, 京都大學防災研究所, 1990, pp. 2-5.
6. 矢野勝正, 石原安雄, “河川災害總合基礎實驗施設について”, 京都大防災 研年報 第12號 B, 1969, p.

237.

7. 문헌 (6), pp. 238-240.
8. 藤田裕一郎, 田村多佳志, 村本嘉雄, “河川堤防決壊口の擴大過程に關する實驗的研究”, 京都大防災研年報 第27號 B2, 1984, p. 369.
9. 土木學會誌編輯委員會, “颱風 6號による石狩川の洪水”, 土木學會誌, Vol. 60, No. 10, 1975, pp. 88-90.
10. 村本嘉雄, 道上正規, 藤田裕一郎, “長良川の洪水災害”, 第14回 自然災害科學 總 Symposium 講演會論文集, 1977, pp. 41-44.
11. 荒木正夫, “千曲川破堤”, 土木學會誌, Vol. 68, No. 11, 1983, pp. 95-96.
12. 石川忠晴, “越水堤防調査” 第36回 建設省技術研究會報告, 1983, pp. 802-809.
13. 竹内洋市, 小野秀雄, 大海寺勲, “降雨による堤防崩壊について(中間報告)”, 第36回 建設技術研究會報告, 1983, pp. 810-817.
14. 吉野文雄, 土屋昭彦, 須賀堯三, “越流水による堤防法面の破壊特性”, 第24回 水理講演會論文集, 土木學會水理委員會, 1980, pp. 351-356.
15. 岩佐義明, 井上和也, 水鳥雅文, “氾藍水の水利の數値解析法”, 京都大防災研年報 第23號 B-2, 1980, pp. 305-317.
16. 石原安雄, 小葉竹重機, “河川堤防破壞時の水流に關する實驗的研究”, 京都大防災研年報 第23號 B-2, 1980, pp. 293-303.
17. 吉野文雄, 村本嘉雄, “洪水による河川堤防の實態と要因に關する研究”, 自然災害特別研究成果 No. A-61-5, 1986, p. 9.
18. 矢野勝正, 角屋 睦, “內水災害に關する諸問題について”, 京都大防災 研年報 第5號 A, 1962, pp. 260-262.
19. 農林省農地局編, 日本農業と水利用, 水理科學研究所, 1960, pp. 38-52.
20. 建設省河川局, 本年災害の概況, 河川, 1961, pp. 15-22.
21. 中野尊正, “東京周邊の水害危險地帶”, 地圖普及協會, 1961.
22. 문헌 (18), p. 270.
23. 早瀬吉雄, 角屋 睦, 岡 太郎, “巨椋低平地流域の流出解析とその考察”, 農業土木學會論文集 第73號, 1978, pp. 32-33.
24. 高橋 保, 水山高久, “土砂災害の豫知と對策”, 土と基礎, 32-3, 1984, p. 59.
25. 青木佑久, “過去の土石流等の災害をもたらした降雨の特性”, 土木資料, 22-2, 1980, pp.71-76.
26. 高橋 保, “土砂害現象の發生豫測”, 1981年土木學會

關西支部 講習會 Text, 1981, p. 1.

27. 高橋 保, “土石流の發生と流動に関する研究”, 京都大防災研年報 第20號 B-2, 1977, p. 405.
28. 芦田和男, 高橋 保, 澤井健二, “土石流危険度の評價に関する研究”, 京都大防災研 年報 第21號 B-2, 1978, p. 423.
29. 澤田豊明, 芦田和男, 高橋 保, “山地河道の變動と砂礫の流出に関する研究” 第26回 水理講習會論文集, 1982, pp. 105-110.
30. 芦田和男, 江頭進治, 加本 實, “山地流域における浸食と流路變動に関する研究”, 京都大防災研年報 第25號 B-2, 1982, p. 349.
31. 芦田和男, 高橋 保, 千田 實, “Dam 堆砂の排除に関する研究”, 京都大防災研年報 第21號 B-2, 1978, p. 441.
32. 村本嘉雄, 道上正規, 下島英一, “大戸川における微細砂の流送過程について”, 京都大防災研年報 第16號 B, 1973, pp.433-447.
33. 金屋敷忠儀, 芦田和男, 江頭進治, “山地流域における濁度物質の生産・流出 Modelに関する研究”, 第24回 水理講演會論文集, 1980, pp. 143-151.
34. 芦田和男, 江頭進治, 金屋敷忠儀, 小川義忠, “河道における微細土砂の生産・流出機構に関する研究”, 京都大防災研年報 第23號 B-2, 1980, p. 413.
35. 京都大學防災研究所, 穂高砂防観測所, 1990, pp. 1-4.
36. 京都大學防災研究所, 水資源研究 Center 研究報告 第1號, 1981, p. 19.
37. 北陸地方建設局, 河川情報の内容と活用, 1987, pp. 1-8.
38. 建設省近畿地方建設局 淀川 Dam 統合管理事務所, 淀川の流水管理, 1989, pp. 1-10.

(接受: 1992. 10. 5)