

水文觀測과 水資源開發

金 桂 鎬*

1. 概要

人類文明의 發達과 더불어 水資源의 調節 및 利用이 國家經濟의 重要한 比重을 차지하게 되었다.

多雨期에 물을 保全하였다가 과우기에 利用하기 爲한 貯溜用 貯水池의 必要性이 增加하게 되었다. 그러나 綜合的인 水資源 開發計劃을 樹立한다는 것은 各種 물使用者間에 利害關係가 尙重되고 있어 容易한 것은 아니다. 예를 들어 灌溉期에 農業用水 供給을 爲하여 河川으로 부터의 取水는 他目的의 用水需要者와 相衝되고 있다. 水力發電, 農業用水, 生工用水, 舟運, 水質調節 및 其他 目的別 물利用者들은 必要時 利用할 수 있도록 貯水池를 恒時 滿水位를 要求하고 있는 反面 治水目的을 爲해서는 貯水池의 水位를 部分的이나 洪水調節容量으로 確保하기를 願하고 있다.

물使用者間의 競合은 오늘날에 비해 앞으로 더욱 격렬해 지고 範圍가 넓어지게 될 것이다. 國家의 水資源을 效率的으로, 經濟的으로 利用하기 爲해 各 目的別 물使用者間의 분쟁 解決과 이들로 부터 惹起되는 많은 投術的 問題를 解決하기 爲해서는 水文技術者 및 水文學者들에 依한 綜合的인 水文資料의 蒐集과 解析이 實질히 要求되고 있다. 水資源 開發計劃 樹立段階로 부터 實地적인 建設段階를 거쳐 運營期間에 水文專門家は 事業에 關聯된 많은 水文氣象資料 및 技術情報의 提示를 要求받게 된다. 또한 水文專門家は 目的別 물使用者를 爲한 貯水池 容量의 目的別 配分과 放流方法을 決定해야 하며 또한 水理專門家が 餘水路의 길이 Outlet 및 Stilling basin의 位置 및 size를 設定하는데 必要한 設計容量을 決定하여야 한다. 構造專門家は 水文專門家が 決定한 貯水池 滿水位 및 最低水位를 利用하여 餘水路가 堰의 斷面을 設計하여 水沒補償機關 또한 上記 資料를 土臺로 하여 水沒地 補

償을 實施한다. 經濟專門家は 水文專門家が 作成한 洪水 및 渴水頻度 結果를 使用하여 B/C 및 B-C를 評價한다. 水文專門家の 水位와 流量予報는 施工者에게는 工程計劃 作成에 有用될 것이며 多目的의 運營者에게는 貯水池의 利用計劃에 따라 貯水池를 調節하는데 指針이 될 것이다.

生工用水 供給, 洪水調節, 舟運, 浸蝕 및 退砂防止, 灌溉排水, 水力發電, 汚染防止, 下水處理, recreation, water, fish and wildlife等 計劃의 成敗는 水文技術者에 依해 蒐集된 資料의 程度와 同資料의 세밀한 解析의 基礎위에서 作成된 結果에 左右된다.

水資源 開發事業에 있어서 장애요인이 되고 있는 것은 水文資料의 不足이다.

不充分的인 資料에 依한 水水量의 推定結果는 構造物의 過小設計로 因한 損失 또는 過大設計로 因한 浪費를 가져올 수 있으며 또한 多目的의 非效率的인 運營에 따른 費用의 浪費 및 收益減少와 經濟的 開發價値가 높은 事業計劃을 지연시키는 結果를 가져오기도 한다. 그러므로 水文資料의 適期觀測과 分析이 水文部問에서 가장 重要한 要素이다.

2. 水資源開發과 水文資料

一般的으로 水資源 開發計劃 樹立에는 降水, 河川水位, 河川流量, 流送土砂, 地下水의 生産量 및 貯溜量, 水質 및 水溫 등의 資料를 必要로 한다.

특히 降水는 모든 地表水 및 地下水의 供給源으로서 水資源 評價에 考慮되어야 할 가장 基本的 要素이다. 降水量은 對象地域의 可用水資源量은 直接 提示하고 있을 뿐 아니라 同資料는 豪雨時의 排水 및 土壤浸蝕 問題에 對한 對策과 灌溉用水 需要量 算定에 基本的인 資料이다. 또한 우리나라와 같이 長期間의 流出量 記錄이 없는 代身 比較的 長期間의 降雨記錄

* 本學會 代議員 産業基地開發公社 水資源調査部長

을 保有하고 있는 地域에서는 降雨資料는 流出量과 洪水量의 間接的인 算定에 매우 有效한 資料가 될것이다.

河川流量은 利水 및 治水計劃을 爲한 물의 定量的 尺度가 되기 때문에 流量資料의 重要性은 어느 누구도 否認할 수 없을 것이다.

流送土砂는 貯水池河床 및 水路의 堆積問題에 重要한 要因이 되고 있으나 이에 對한 觀測은 흔히 도의 시되고 있는 境遇가 많다. 水資源 開發計劃을 地下水에 依存하는 境遇에는 地下水의 貯溜量 및 算出量資料가 필수적 要素이다. 河川 水質調査는 물의 消費의 利用과 環境과 生態學的 檢討에 중요하다.

水資源開發에 있어 各部門別로 必要로 하는 水文資料의 種類를 열거하면 다음表와 같다.

表 1 水資源開發 分野別 基礎水文資料

水資源開發分野	基礎水文 資料
1. 溪流砂防	降水: 降雨量 降雨強度 降雨持續時間 地下水: 浸透能 地下水位 土壤: 土壤洗掘의 特性 및 範圍·表流水의 流砂 濃渡, 土壤의 含水量
2. 洪水調節	降水: 颱風時 降水量, 強度, 持續時間 植生, 流路, 積雪量 河川水位: 最高水位, 洪水時水位, 時間曲線, 洪水波의 伝播 洪水범 람斷面 流量: 最大流量, 洪水頻度, 洪水流量 hydrograph 流砂: 流送土砂(疏流砂, 浮遊砂)量
3. 灌 溉	降水: 耕作期間中 降水의 年間分布 最小降水量 積雪量 河川水位: 取水地点 및 排水地点에서의 水位 hydrograph 流量: 寡雨年, 多雨年 및 平年基準 取水口에서의 流量 hydrograph 最小流量, 持續時間, 頻度 蒸發損失 地下水: 地下水 貯溜量 및 生産量 地下水位 流 砂: 取水地点 流送浮遊砂量浮遊砂의 成分 水 質: 地下水 및 表流水의 水質
4. 生活 및 工業 用水	降 水: 取水源上流排水地域의 降水 및 蒸發, 積雪量 河川水位: 取水地点 水位 hydrograph

水資源開發分野	基礎水文 資料
	流 量: 取水地点 流量 hydrograph 最小流量 持續時間 頻度 流 砂: 浮遊砂의 濃渡, 流砂의 成分 地下水: 地下水位, 地下水貯溜量 및 生産量 水 質: 物理的, 化學的 및 生物學的 特性
5. 舟 運	河川水位: 水位 hydrograph 低水位 持續時間, 頻度 流 量: 洪水流量, 洪水時 流速 流 砂: 砂洲상의 掃流砂 移動 流砂에 依한 河床의 洗掘 및 堆積 地下水: 運河주위의 地下水位 運荷의 滲透損失, 地下水의 運河流入
6. 水力發電	降 水: 貯水池상의 降水 및 蒸發量, 積雪量 河川水位: 取水地点 및 放流河川의 水位 hydrograph 流 量: 流量 hydrograph, 最小流量, 頻度, 持續時間 洪水量 頻度, 持續時間 流 砂: 取水口地点 流送土砂(疏流砂, 浮流砂)量 貯水池 流入流送土砂量, 流砂의 成分
7. 排 水	降 水: 颱風에 依한 降水 強度, 持續時間, 頻度 河川水位: 洪水時 水位 hydrograph 地下水: 地下水位 및 浸透能

3. 水資源開發과 水資源調査

水資源調査 및 研究에는 水資源의 水源, 賦存範圍, 水供給의 特性 및 信賴度 등의 決定을 包含한다.

過去 및 現在의 利用現況을 分析하고 한편 將來 利用될 水資源의 保全, 管理, 開發 및 使用可能性의 程度를 檢討하여야 한다.

물은 水資源開發의 不可欠한 要素로써 그 利用手段이 多樣하기 때문에 水資源調査의 方法에도 여러가지 type 가 있다. 물의 利用에 있어서 競合이 있는 境遇에는 여러가지 適切한 使用法 및 問題點이 充分히 그리고 廣範圍하게 檢討되어야 한다.

水資源調査는 計劃하고 있는 事業에 對한 水供給의 適合性여부의 確認, 水理構造物 設計基準 및 水管理

運營基準의 設定을 爲하여 詳細히 檢討되어야 한다.

(1) 물의 供給

물의 供給에 關한 調査는 水源, 물의 總量, 물의 地域의 分布狀態, 時間的 變動性, 水質 및 利用範圍에 對하여 實施된다. 물의 供給源인 降水量은 地理的 位置에 따라 季節에 따라 또한 年度에 따라 크게 變動한다. 이러한 變動狀態는 水資源의 管理가 利用計劃 樹立에 큰 影響을 주고 있다.

水資源開發計劃 樹立은 過去에 觀測된 降水量 또는 河川流量이 將來에도 類似한 範圍內에서 再現한다는 假定下에 이루어 진다. 그러므로 計劃樹立의 基礎條件으로서 降雨 및 其他 氣候的 條件, 河川流量, 地下水狀態 等の 長期的에 걸친 綜合的인 水文氣象記錄을 保有하고 있어야 理想的이라고 하는것은 當然한 事實이다. 그러나 大部分의 境遇 充分하고도 長期間의 水文氣象資料를 갖고 있지 못한것이 現實이다. 그렇다고 해서 水資源 開發計劃의 樹立과 開發事業의 實施가 長期間의 水文氣象觀測과 資料 蒐集을 爲하여 延期할 수는 없는 것이다. 그러나 水文氣象資料의 不足은 過大한 開發 또는 결함인 設計가 될 위험성도 內包하고 있다.

不適當한 물의 供給, 施設의 過大設計에 依한 工事費의 增加 및 洪水에 對한 認識不足에 依한 構造物의 悲慘한 破壞때문에 所期의 目的을 達成하지 못하는 事例를 우리 주변에서 흔히 볼 수가 있다. 그러므로 水文技術者는 開發計劃 樹立에 使用되는 基礎資料의 適合性 여부, 諸般假定條件, 分析方法 및 安全率에 對하여 明確한 評價를 하여야 한다.

(가) 地表水

地表水에 關한 理想的인 基礎資料는 當該河川의 計劃地點에서의 長期 流量記錄이다. 流量觀測所의 流量記錄은 觀測 또는 測定을 行한 時點에 存在한 實際狀態를 나타낸다. 이러한 記錄을 便宜上 “歷史的 記錄”이라 稱한다.

實測流量은 上流地域에서의 물의 利用 또는 水資源 管理狀態의 變化에 影響을 받는 境遇가 많다. 예를 들면 初期에는 없었던 流域變更, 貯水池 또는 其他 施設에 依한 流量 調節의 影響을 받는 境遇가 있다.

이러한 境遇 2期間의 前半과 後半의 條件을 同一하게 하기 爲해서는 實測流量을 人爲的인 影響을 加하지 않은 自然狀態의 流量으로 補正하여야 한다.

(나) 地下水

河川流域 또는 開發對象地域의 水資源目錄中에는 地下水 包藏量의 評價를 包含하여야 한다.

開發對象地域의 綜合的인 現地調査에는 含水層의 範圍, 두께, 保水容量, 水理特性, 經濟的 取水量等의 調査와 試驗井을 設置 揚水試驗이 必要하다.

(다) 水質

水資源 開發計劃 樹立에 있어서 即 灌溉用水, 生活用水, 工業用水, 魚業 및 recreation 等の 用途에 適合한가 안한가가 重要한 要素이다.

水資源 調査에서 實施하여야 할 水資源開發의 各目的의 別 重要 水質調査 項目은 表 2와 같다.

(2) 使用水量

水資源 開發計劃에 있어 大部分의 境遇 利用可能水量이 用水需要量을 充足시키지 못하고 있다. 普通은 供給可能總量, 水源의 地理的 位置 또한 季節 및 年次的인 流量變動 等の 制約條件에 따라 물의 利用範圍가 限定된다.

水資源 開發計劃 樹立에 當面한 課題는 利用可能水量과 各種 用水目的別 需要를 一致시켜 最適의 水資源 利用計劃을 樹立하는 것이다.

計劃樹立 過程에 있어서 各各의 물의 用途에 따라 理論的인 理想必要量을 算定하고 物支檢討, 技術的 經濟的 分析을 通해 永久循環資源인 水資源의 最適利用計劃을 樹立해야 할것이다.

(가) 農業用水

灌溉開發에 必要한 使用水量은 土地 및 農業調査와 緊密한 調整에 依해 推定되어야 한다.

이러한 調査를 爲해서는 灌溉可能面積과 灌溉事業과 同時에 開發될 作付方法, 作物 pattern에 關한 資料가 樹立되어야 한다.

灌溉開發의 基本的인 2大要素인 土地와 물은 灌溉用水量 決定에 相關關係를 갖고 있다. 土地가 制約條件인 境遇에는 全灌溉用水量에 依해 供給水量이 決定되며 물이 制約條件인 境遇에는 灌溉用水量에 依해 灌溉可能面積이 決定된다.

(나) 生活用水 및 工業用水

水資源 開發計劃 樹立에 있어 總供給可能량이 限定되어 있는 地域에서는 生活用水가 他利水의 目的에 比하여 極히 重要하기 때문에 供給可能량이 總用水量을 充足시키는데 充分치 못한 生活用水를 最優先해

表 2. 流域開發計劃을 爲한 水質調查(試驗)

試驗種類 (Tests)	試驗種目 (Items)	目的 (Purpose)
1. 物理的 性質	溫度, 色度, 냄새, 맛	生活用水 工業用 제품 處理用水 recreation
2. 浮遊固形物	濁度 固形物質의 농도 및 構成	生活用水 및 工業用水 灌溉: 水路堆積, 固形物質이 경작지에 미치는 影響 貯水池: 貯水池 堆積 舟運: 水路
3. 溶解固形物	溶解固形物 濃度	灌溉: 作物成長 및 土壤에 對한 影響
4. H值 (산도)		모든 基本 分析
5. 塩度	나트륨 (Na) 및 塩水物	灌溉: 作物成長 및 土壤에 對한 影響
6. 硬度	칼슘 (Ca) 마그네슘 (Mg) 탄산염 및 황산염	工業用水 보일러에 對한 影響, 淡水化 內容
7. 無機物質	붕소 (B) 철 (Fe) 및 망간 (Mn) 불화물 질산 및 아질산염	灌溉: 作物成長에 對한 影響 工業用水: 섬유工場에 對한 影響 生活用水: 保 健 汚染防止
8. 溶存酸素	산소, 이산화탄소, 수소	生活用水, 化學工業用, 工業用水, 水産用水
9. 有 機 質	박테리아 및 其他 有機質	生活用水 工業用제품處理用水, 汚染防止

야 한다.

生工用水의 需要는 將來의 人口成長 및 工業發展에 關한 社會的 經濟的 考察과 緊密한 調整下에 推定되어야 한다. 用水이 需要地와 用途, 總需要量, 最大使用水量, 純消費量, 還元水의 量, 質, 場所, 等이 調査對象에 包含되어야 한다.

(다) 發 電

發電은 부수적인 蒸發以外에는 물을 消耗하지 않는다. 發電用 使用水量은 發電에 使用되는 總水量, 想定電力負荷 規模와 特性, 負荷變動에 適應하는데 必要한 調整量 그리고 其他 各種目的의 물利用과의 優先順位 等を 考慮하여 決定하여야 한다.

(라) 汚染防止

生活用水와 工業用水의 使用后 河川으로의 排水는 公衆衛生上 危險한 汚染의 原因이 되고 있을 뿐 아니라 이들의 再使用이 不可能하게 된다. 人口가 過密한 地域 또는 工業密集地域에 있어서 河川汚染은 時急한 問題가 되고 있다. 이러한 汚染의 問題가 水資源開發計劃 段階에 充分히 檢討되어야 한다.

물의 利用度가 增加함에 따라 河川의 汚濁量은 增加하고 河川의 流量은 減少하게 되며 이로 因하여 河川水質의 汚染濃度는 許容限度 以上으로 높아진다.

이에 對한 解決策은 汚物의 處理와 廢棄에 依해 汚染을 排棄하여야 한다.

그러나 경우에 따라서는 汚物의 處理 및 廢棄만으로 解決이 不可能하고 許容基準 以下로 稀釋하기 爲한 充分한 물을 供給 해야한다. 處理의 程度 및 稀釋水量은 水文技術者, 衛生專門家에 의한 充分한 檢討로서 決定되어야 한다.

(마) 塩害防止

海岸地方 및 河川 河口部에서는 河川水가 高濃度の 塩分을 包含하고 있어 農業用水 生活用水 工業用水에 不適當하기 때문에 塩害防止策은 水資源開發計劃의 重要한 要素가 되고있다. 塩分의 調節은 用水需要에 影響을 주기 때문에 一般的으로 稀釋 濾過 또는 塩分 浸入의 境界線을 變更시키며 河水와 塩水의 混合을 促進시킨다. 淡水와 塩水는 密度가 달라 表流水가 淡水이지만 下部流水는 塩水가 되는 경우가 있다. 이러한 狀態를 緩和하는 가장 간단한 方法은 淡水를 充分히 維持하는 것이다. 流況이 크게 變動하는 河川에서는 濁水期에 所要流量을 維持할 수 있는 上流 貯水池를 建設하는 것이다. 그러나 水資源이 限定되어 있어 이를 他目的을 爲해 保全해야 할 경우에는 塩水의 浸入을 直接 차단할 수 있는 河口堰의 建設이 必要하다.

(마) 舟運

舟運이 經濟發展의 重要한 要素가 되고 있는 地域에서는 水路의 最小必要水深을 維持하는데 必要한 流量에 關한 調査가 實施되어야 한다.

(3) 洪水調査

水資源開發計劃 樹立에 遂行되어야 할 洪水調査에는 洪水總量(Volume), 洪水量, 洪水位 및 그 頻度 등을 推定하는데 適切한 水文氣象 調査 分析 및 總計의 分析等의 分野가 包含된다.

洪水에 對한 調査 研究는 水資源 開發 計劃의 基本的 또는 副次的인 計劃機能의 土地, 地域社會 및 其他 經濟的 價値에 對한 洪水被害를 防禦하기 爲한 洪水調節의 目的과 堰, 堤防等 水理構造物의 安全設計를 爲한 水理設計 基準設定의 目的等 2 가지 目的을 갖고 있다.

洪水調査 研究는 水文學의 高度의 專門分野이기 때문에 充分한 水文資料와 資格을 갖춘 洪水 水文專門家의 指導 監督下에 遂行되어야 한다.

(가) 洪水調節

洪水는 自然現象으로서 이 現象을 防止한다는 것은 不可能하다. 그러나 洪水調節 施設의 適切한 設計와 操作에 依해 物理的 또는 經濟的 限度內에서 洪水의 被害를 防止하거나 緩和하는 것은 可能하다.

物理的 限度의 決定은 水文技術者와 設計技術者의 共同의 努力을 必要로 하는 問題이며 經濟的 限度는 工事費 또는 防止하는 被害의 價値等의 檢討로 決定되므로 技術者와 經濟專門家의 協力이 必要하다. 예를 들면 洪水調節에 對한 調査에는 予想되는 各規模의 頻度를 갖는 洪水에 對한 水路疏通能力, 水位, 氾濫範圍等의 推定이 要求된다. 이것을 基礎로 하여 各規模의 洪水로 부터 發生하는 可能 被害額의 評價를 할 수 있으며 이것이 바로 洪水調節 手段의 經濟的 限界가 된다.

(나) 水理設計

河川의 形態와 흐름에 變化를 주는 河川 構造物은 洪水의 疏通에 影響을 주거나 影響을 받기 때문에 이러한 水理構造物의 設計에는 洪水에 對한 適切한 檢討가 절대적으로 必要하다.

設計洪水는 特定計劃 또는 構造物의 設計의 基準으로서 最終的으로 適用하는 Flood Hydrograph 또는 Flood Peak 를 말하며 이것도 洪水의 特性, 頻度 및 可能性과 設計洪水量 基準 設定에 關聯되는 經濟的 및

諸條件을 充分히 考慮하여 決定되어야 한다.

(4) 沈澱物(Sedimentation)

沈澱作用은 地表上의 諸物質의 浸蝕, 流送 및 再沈澱의 過程을 包含한다.

流砂 및 沈澱作用이 水資源開發計劃에 考慮되어야 할 分野는 貯水池에 있어서의 沈澱物의 諸問題와 水理構造物의 設計에 있어서의 洗掘 및 堆積 問題等이다.

4. 結 論

水文資料는 一定期間에 걸쳐 發生한 水文現象에 對한 觀測 및 調査記錄으로 一般的으로 水文資料의 信憑性은 觀測期間에 比例한다고 볼 수 있다. 그러나 우리는 現在 充分하고도 信憑性있는 資料를 갖고 있지 못한 實情이다.

水資源開發은 가까운 將來 即 5~10 年內에 遂行될 單期計劃과 먼 將來 即 2000 年대에 이르러질 長期計劃으로 分類할 수 있을 것이다.

水資源 開發事業의 窮極的인 目的은 水資源의 效率的인 調節로 將來 予見되는 各目的別 需要를 充足시킴으로서 社會福祉의 增進 및 持續的인 經濟成長과 社會의 安定을 保障하는 것이라 할 수 있으며 이는 水文諸量의 時間的, 地域的 再分配를 意味한다. 따라서 水資源 開發計劃에서 開發의 最適規模 決定은 信憑性 있는 水文資料의 뒷받침 없이는 不可能하며 資料의 不實로 因해 資源의 浪費나 非經濟的 開發을 초래할 우려가 있다. 또한 水資源 構造物의 操作 및 運營面에서도 事業의 目標達成과 經濟的 運營 및 재해防止를 爲해 水文資料의 信憑性은 더욱 重要視된다.

水資源 開發事業은 2 開發의 時期가 重要함으로 당장 開發에 着手하여야 할 時急한 事業을 充分하고도 信憑性 있는 水文資料가 蒐集될 때까지 長期間 지연될 수는 없을 것이다.

따라서 1980 年대에 水資源 開發計劃 樹立에 있어서 是 制限된 既存資料를 活用하여 最大의 效果를 얻기 爲해서는 水文現象의 分析과 解析에 關한 先進技術을 도입해야 하며 水文資料의 數學的 및 解析的인 成果를 促進하기 爲한 電算化에 力點을 두어야 할 것이다. 한편 單期 開發計劃事業의 效率的 維持運營과 2000 年代 長期開發計劃 樹立을 爲해서는 1977~78 1 BRD 새마을 借款事業으로 實施한 水文調査 報告書에서 建設한 事業을 果敢하게 實現하여야 할 것이다.

끝으로 以上의 目標을 達成하기 爲해서는 水文學者 및 技術者들의 共同의 努力이 경주되어야 할 것이다.