

河川水流의 觀測論

南 宣 祐*

1. 머 리 말

「水文學이란 地球上의 물의 發生, 循環, 分布 및 그 物理的, 化學的 環境과의 相互作用을 取扱하는 科學이다. 水文學은 地球上의, 물의 循環의 모든 過程을 다루는 學門分野이다.」라고 UNESCO는 定義하고 있다. 따라서 水文學은 이 定義에서 말하고 있는 바와 같이 地球上의 물을 그 對象으로 한다. 그러나 물은 地球上에서 固體, 液體, 氣體로 存在, 變化한다. 또, 地球上의 人類를 비롯해서 生物의 生存 및 活動에 있어 물은 無視할 수 없다. 그리고 물의 發生, 循環, 分布등에는 無限한 變化가 豫想된다. 水文學은 오늘날 우리들의 生存을 위한 環境을 만드는 物質로서의 물을 對象으로 하고 있기 때문에 매우 實用的인 學門이라고 할 수 있으며 그 方法論에 있어서 難問題가 많다. 그例로서 地球上의 물은 變化가 아주 심하다는 것을 들 수 있다. 눈의 움직임, 비가 내리는 모양, 河川이 흐르는 것을 보아도 變動이 심하다는 것을 알 수 있다. 이와같이 變動이 심한 現象을 把握하는 데는 어떻게 하면 좋은가? 水文學의 主要課題는 地球上에 있는 물의 움직임을 파악하는데 그 力點을 둔다. 그리고 水文觀測으로 물의 움직임의 各 段階에서 물의 存在量, 移動量과 그 方向이 얻어진다. 存在量은 水位, 土壤水分 및 濕度를 측정함으로써 알 수 있고, 移動量은 雨量, 流量, 蒸發 및 地下水流量 등을 들 수 있다. 그러나 存在하는 量보다 移動하는 量의 把握이 水文學 全體로서 重要視되고 있다. 最近에는 물의 量만이 아니고 質도 큰 問題로 되기 시작했다. 이것은 人間活動의 影響으로 물의 質이 全般적으로 變化해서 그것이 人間活動을 制限하는 要素로 나타나기 시작했다 때문이다. 따라서 人間活動과 水文現象과는 떼어 놓을 수 없는 인연이 있으며 量的으로 많고 적고도 問題이나 人間에 있어서는 地球上의 물이 어떻게 移動하는가가 대단히 重要하게 된다. 이런 물의 變動을 파악하려는 것이 水文觀測의 큰 目

的이다.

人間은 河川에 대해서 무조건 복종하는 것만은 아니다. 堤防을 비롯한 여러 가지 構造物을 만들어 洪水豫防 등의 治水과 生活用水 등의 利水を 할 수 있다. 이 治水과 利水を 위한 가장 基礎的인 資料는 年, 月에 걸쳐 계속한 水文觀測 結果에 의한 水文資料인 것이다. 따라서 治水, 利水を 위한 施設物 設置와 그 施設物의 效果的인 運營을 위하여 水文觀測이 必要한 것이다. 水文觀測의 重要性을 강조한다면, 醫師의 誤診은 한 사람의 生命을 잃게 할 수 있지만, 水文觀測의 誤測은 颶風 및 洪水 등의 災害에서 볼 수 있는 바와 같이 數千名 以上の 人命被害와 數百億圓 以上の 財產被害를 초래할 수 있다. 물론 그것이 誤測에 의한 원인만은 아니지만…… 따라서 人間活動이 活發해지고 經濟的, 政治的 構造가 複雜해짐에 따라 水文觀測의 充實性이 要望된다. 왜냐하면 正確한 洪水豫報에 의한 水災防禦와 正確한 水文量의 分析에 의한 利水計劃이 樹立되어야 하기 때문이다.

水文觀測에는 多目的의 繼續的인 觀測과 特定目的의 임시적인 觀測의 두 가지로 區分할 수 있다. 繼續的 觀測은 多目的으로 쓰이므로 觀測方法을 標準化하고 計器는 規格品을 使用하며 精度가 같은 計器를 使用하고 觀測中의 事故에 대비하여 豫備品을 準備하여야 한다. 特定目的의 觀測에는 그 目的에 附合하는 機器를 選擇해야 한다.

地球上에서 人類가 떠낸 첫 河川水流을 觀測한 記錄의 근거는 Kolupaila의 調査에 의하면, 記元前 17世紀경에 나일江의 야스완에서 255마일 上流인 Semneh와 Kumneh 間 地點의 전벽에 새겨진 洪水位記錄이라고 한다. Domenico Guglielmini(1665~1710)가 河川流速測定을 機械的 方法으로 해야 한다고 주장한 것은 그로부터 35世紀 후의 일이며, 美國에서 최초로 水位를 측정할 記錄은 1798년에 미시시피강 Natchez에서 Winthrop Sargent에 의해 이루어졌다.

* 本學會 編輯委員 東國大學校 工科大學 工木工學科 教授(工傳)

水文觀測에는 雨量, 雪量, 蒸發, 水位, 流量 등 여러 가지가 있으나, 여기서는 河川水位와 流量測定에 대해서만 論하기로 한다.

2. 水位觀測

1) 水位測定

河川의 水位뿐 아니라 湖沼, 海洋의 水位, 地下水의 水位, 雨量計 및 蒸發計의 水位 등도 넓은 의미의 水位測定에 속한다. 水位測定の 目的은 첫째, 水位를 알면 그 場所에 貯留된 물의 量을 알 수 있다. 그런 意味에서 貯水地 水位, 地下水位를 測定할 必要가 있다. 둘째, 水位는 流量觀測의 수단으로서 쓰이는 경우이다. 비교적 急傾斜의 河川에서는 流量과 水位와의 사이에 一定한 關係가 成立되며 이 關係가 水位流量曲線이라 불리운다. 그러므로 이 曲線을 구해두면 그 場所의 水位만 觀測하면 流量이 구해진다. 이것이 널리 利用되는 流量測定方法이다.

이 외에 貯水池 水位의 上昇速度에 水面積을 곱해서 貯水池 流入量을 求할 수도 있다. 즉, 流量을 求하기 위한 수단으로서 水位測定을 한다.

水位計에는 壓力을 利用한 形式도 있으나 깊이를 測定하는 方法으로 된 形式이 많다.

水文觀測에서 水位測定은 다음과 같은 몇 가지 困難한 點을 해결해야 한다. 첫째, 水位測定計器는 사람이 드문 山間僻地에서 1個月 以上 반드시 가동해야하므로 充分히 正確하지 않으면 안된다. 둘째, 여름의 高温, 겨울의 低溫, 濕度, 먼지 등의 惡條件에서 자동적으로 움직일 수 있어야 한다. 셋째, 水面이 波濤를 일으키기 때문에 正確한 水位를 측정하려면 止波井등을 設置해야 한다. 넷째, 水位는 基準面으로부터의 水位를 測定하며 河川水系마다 水位測定の 基準面을 統一하지 않으면 안된다.

2) 水位計의 配置

河川水位를 測定하는 目的이 定해지면 그에 맞는 水位計 配置를 決定하고 水位計를 設置한다. 水位計의 設置 位置를 定할 때는 附近에 越水, 泄水할 곳, 狹窄部, 取水堤防이 없는 곳, 河川의 흐름이 一定한 곳을 地形圖上에서 定한다. 다음에 現場에서 最終적으로 定할 때에는 橫斷面, 航空寫眞 등을 참고하여 低水時와 高水時에 流心이 옮긴 곳, 高水時 特別히 流速이 큰 곳, 河床變動이 극심한 곳, 彎曲한 흐름인 곳 등을 피하고 委託觀測의 경우는 附近에서 適當한 사람을 求할 수 있어야 되고, 정밀한 計器를 써야 하며, 道路나 鐵道로부터 떨어져서 人爲적으로 파괴될 위험이 없는 곳 등을 擇려서, 河川斷面이 安定하고 水位流量曲線 關係가 變

하지 않는 곳으로 測定施設이나 測定장치를 設置하는데 容易하고 測定作業이 쉽게 이루어 질 수 있는 장소를 定하여 設置해야 한다.

3) 水位計의 分類

河川水位를 測定하는 方法에는 數없이 많은 方法이 發達되었으나, 代表的이고 基本的인 方法으로는 水位表示裝置에 따른 分類, 아날로그·디지털別 分類 및 記錄方法에 의한 分類 등으로 大別할 수 있다.

水位表示裝置에 따른 分類에는 水位를 나타내는 눈금을 直接 읽어서 아는 直讀式, 水面에 浮子を 띄워그 上下의 높이에 의해 水位를 아는 현수형浮子式, 水深을 水壓에 의해 알아내는 壓力式, 超音波의 反射에 의해 水面高를 아는 超音波式, 主로 7線의 散亂 또는 減衰를 利用하는 放射線式, 가스를 放出해서 放出口의 깊이를 아는 氣泡式, 水位의 變化를 直接 電氣量의 變化로 알아내는 電氣容量式 등이 있다.

아날로그·디지털別 分類를 살펴보면, 아날로그란 말은 類似 또는 類推라는 意味가 있고 連續量으로 曲線으로써 表示되는 것을 말한다. 水位 그 自體는 아날로그이나 水位表에는 디지털로 表示되어 있으므로 水位를 表示하고, 記錄하고, 運搬하고, 整理하는 過程 가운데 어느 過程에서 아날로그에서 디지털로 變換하지 않으면 안된다. 예를 들면 直讀式 水位計의 눈금은 아날로그이나 實際로는 디지털로 5.35m라는 값으로 水位觀測野張을 記錄한다. 野張은 運搬되어 整理자가 있는 곳에서 作表된다. 이때는 水位觀測자가 아날로그·디지털 變換(A-D變換)을 行한다. 이에 대해 현수형浮子式 水位計로 水位를 曲線으로 그린 경우에는 아날로그인 채로 記錄하고, 그 圖表가 運搬되어 整理자가 있는 곳에서 디지털로 읽혀 作成된다. 이 경우에는 整理자가 A-D變換을 行한다. 위 두 예는 모두 A-D變換을 사람이 하는 경우이다. 위에서의 運搬이란 用紙에 쓴 것을 運搬한다는 것을 意味하였으나 最近에는 電氣的인 運搬方法으로 發展했다. 그것은 텔레메터라 불리우는 것으로 特別히 無人裝置로 行해 진다.

水文觀測에서 水位의 測定은 대개 山間僻地나 農村地域이다. 最近 農村構造의 變化에 의해 觀測을 委託할 만한 사람이 적어지고, 더우기 人件費 등의 上昇에 의해 觀測을 無人化하는 傾向이 있다. 또, 河川管理, 特別히 洪水豫報를 신속하게 하기 위해서 觀測結果를 管理本部에 보낼 必要가 있다. 이를 위해 불가피하게 電氣의 힘을 利用하게 되었다. 水位觀測結果를 電氣로 搬送하기 하려면 無線이나 有線이나 모두 디지털 쪽이 훨씬 便利하다. 그래서 될 수 있는 대로 段階의 으로 디지털화하는 것을 試圖하게 되었다. 현수형 浮子の 上

下를 디지털로 計測하는 方法은 水位表示인 浮子の 움직임이 아나로그이므로 A-D變換을 해야 한다. 그러나 表示自體를 디지털로 할 수 있도록 試圖되었다. 디지털 方式이 有利한 理由는 아나로그量 그대로 데이터를 搬送하면 途中에 雜音이 들어오거나 歪曲이 생겨서 이것을 受信側에서 아무리 增幅해도 雜音은 雜音 歪曲은 歪曲대로 남게 되므로 正確히 데이터를 傳할수가 없다. 디지털方式은 데이터를 펄스의 形으로 바꾸어 搬送한다. 만일 雜音이 들어와도, 또 歪曲이 생겨도 信號의 펄스數만 세면 되므로 正確하게 데이터가 傳해진다. 長距離 電話의 例를 들면 오늘날에는 아주 感度가 높아졌으나 音聲의 아나로그에 의한 搬送은 크게 變하기 때문에 前에는 매우 듣기 어려웠으나 펄스로 構成된보르스信號는 雜音이 들어와도 「쓰—돈」만을 가려들으면 正確히 받을 수 있다. 이 때문에 70年 동안 이 方法이 情報의 傳達에 功헌하고 있다.

마지막으로 記錄方法에 의한 分類를 살펴보면, 水位表示부대의 信號는 지렛대, 齒車 등으로 傳達되는것과 電氣信號에 의해 傳達되는 것이 있다. 이 傳達된 水位를 記錄하는 方法은 아나로그와 디지털方法이 있는데 아나로그方法에는 드럼차트, 스트립차트 및 打點式 스트립차트 등이 있으며 디지털方法에는 인쇄식, 천공식 종이테이프 및 磁氣테이프 등이 있다.

記錄의 시간적 진이는 주로 태엽이나 電池 등의 壽命과 記錄장치의 記錄紙를 移動시키는 것을 制御하는 時計의 精度에 따른다. 드럼에 감은 記錄用紙는 간단하고 確實하며 靨書式으로 記錄되며, 펜의 잉크가 마르거나 얼어붙는 등의 문제점이 있다. 또 最近에는 태엽式 時計가 附着되어 自動化가 보장된다. 打點式은 잉크의 걱정은 별로 없으며 몇 가지 成分이 同時에 記錄이 되므로 便利하게 觀測할 수 있고, 인쇄식은 어떤 成分도 記錄할 수 있으며 用紙를 길게 하면 長期連續使用이 可能하다. 그러나 數字만으로는 한눈으로 水位의 增減을 파악할 수 없으므로 간단한 아나로그式 水位變化曲線을 그려내는 모니터장치가 있으면 좋다.

인쇄방식은 어떤 過失이 있으면 缺測이 되고 만다. 종이 테이프에 천공하는 방식은 인쇄방식보다 더욱 진보된 것이다. 그것은 電子計算機 處理에 매우 便利하기 때문이다. 그러나 이 방법의 단점은 천공시 파오가 일어날 수도 있다는 데에 있다. 그리고 테이프는 磁氣테이프를 바꾸는 것이 좋은데, 이는 데이터 處理速度 등에 있어서 磁氣테이프 쪽이 훨씬 신속하기 때문이다.

디지털 記錄方式의 대부분은 電源을 쓰지 않으면 안되므로 颶風時 등 대단히 중요한 데이터를 얻어야 될 때, 停電의 우려가 있기 때문에 큰 결점을 안고 있다.

3. 流量觀測

1) 流量測定

地球上의 물이 移動하는 큰 現象 중의 하나로 河川 水流를 들 수 있다. 이 河川에서 움직이는 물의 量을 測定하려는 것이 流量測定인 것이다. 水文學上 이 流量測定은 물이 움직이는 한편을 잡으려는 意味에서 重要하다. 더구나 河川流量의 測定은—물로서 가장 利用가치가 있는 것은 河川水이기 때문에—人間生活과 밀접한 관계를 갖는 것이다. 즉 生活用水, 灌溉用水, 發電用水, 工業用水, 舟運 등 물의 利用度가 높아짐에 따라 더욱 流量測定의 必要性이 높아지고 있다. 더우기 洪水로 인한 水害豫防을 위해서는 流量測定이 더욱 必要한 것이다.

流量을 求하기 위한 方法의 하나로 流速測定을 행하고 있다. 河川開發計劃 樹立에 있어서 가장 중요하고 基本的인 것은 時時刻刻으로 變하는 河川流量인 것이다. 特別히 計劃高水流量, 計劃低水流量의 決定은 河川開發計劃의 基本이 되는 것이다.

2) 流量觀測所의 配置

流量觀測所의 配置는 觀測의 目的에 따라 다르다. 그 例로 한 流域에 있어서 물收支調査를 위해서는 全流域의 總降水量, 蒸發量, 河川水로서 바다로 流出되는 總量, 地下水로서 바다로 流出되는 總量 등을 測定해야 하므로 河川水의 流出總量을 測定하기 위해서는 河口에 觀測所를 配置해야 한다.

河川의 洪水對策을 위해 水量을 測定할 때는 合流하는 各支川과 本川에 있어서 合流前의 流量을 明確히 測定할 必要가 있으므로 背水의 영향이 없는 合流點에서 充分히 벌어진 上流 쪽에 觀測所를 配置해야 한다.

또 洪水波形的 河道內 變化를 調査하기 위해서는 河床의 變化點을 생각해서 적당히 조밀한 간격으로 觀測所를 設置해야 한다.

일반적으로 流量觀測所의 配置는 水位 觀測 結果와 流量 觀測 結果를 연결, 水位流量曲線을 얻을 수 있도록 配置하는 것이 바람직하다.

地下水와 같이 그 流動狀態가 쉽게 파악되지 않는 경우는 처음에 내강 配置하고 觀測을 계속하여 얻은 데이터를 調査하여 그 結果, 重要하다고 생각되는 곳을 자세히 測定할 수 있도록 配置를 점차 調整하지 않으면 안된다.

流量觀測所의 配置가 結定되면 다음에는 조건이 좋은 곳을 設置點으로 선택하는 것이다. 이 경우 觀測方法에 따라 設置조건은 달라지나 河川의 경우 網流하지 않는 곳, 流心이 한 쪽으로 치우치지 않은 곳, 水位計를

設置하기 쉬운 곳, 河幅이 거의 一樣하고 흐름이 直線上으로 되는 곳, 河床變動이 심하지 않은 곳 등을 擇하고 射流가 일어나는 곳, 掃流土砂나 浮遊物이 많은 곳, 河口에서 感潮區間 등을 避해야 하며, 合流點에서는 支川 또는 本川의 영향이 없는 充分한 上流點을 擇하고, 伏流水의 浸透 또는 湧出이 많은 區間地點을 充分히 上流와 下流地點을 擇하여 設置하며, 流速이 10~15cm/sec以上이고 水深이 30cm以上인 곳으로 水生植物이 자라지 않는 곳을 擇해야 한다. 또 프라이스유속계를 使用할 때는 河幅이 넓고 수심이 깊을 때는 교량, 케이블장치, 또는 보트등의 부대시설이 가능한 곳이어야 한다.

그러나, 위의 모든 조건을 완전히 만족하는 곳은 있을 수 없으므로 단순한 流量測定을 하려면 測定장소를 많이 擇하거나 特別한 測定장치를 使用함으로써 可能하게 할 수 있다.

3) 流量測定方法

流量測定의 方法에는 몇 가지가 있다. 觀測流量의 크기, 自然的인 조건, 觀測人의 조건 등을 생각해서 적절한 方法을 擇해야 하며 다음과 같은 方法이 있다.

- (1) 피토판에 의한 方法 : 1732년에 Henri Pitot가 發見한 피토판을 쓰는 法.
- (2) 쇠어를 利用하는 方法 : 水路의 流量을 測定하는데 使用되는 越流장치로 水位를 測定해서 流量을 알아내는 方法이다.
- (3) 푸름 : 푸름은 과살푸름이라고도 하며 水路의 流量을 測定하기 위해서 特別한 斷面을 가지는 開水路장치이다. 전형적인 과살푸름은 그 단면 등이 規格化되어 있으며 비교적 적은 水路損失이 일어나며 接近流速의 영향이 거의없고 침수되지 않으며, 精確한 測定이 可能하고 流速이 變해서 土砂堆積이 일어나지 않는 등의 특징이 있다. 이 푸름은 1915年 미국 콜로라도大 農業土木研究所에 의해 벤츄리푸름이 개발되었고, 1922年에 Mr. Ralph Parshall이 지금 使用되는 과살푸름으로 改良 發展시켰다.
- (4) 流速을 測定해서 全面積에 대하여 積分하는 方法 : 이이는 1692년에 Guglielmini에 의해서 發

見된 球浮子로부터 發見된 수면부자, 수중부자 및 湧부자를 使用하는 浮子를 쓰는 方法, 그리 1790년에 독일 水理 技師 Reinhard Woltman 이 使用한 水平축을 회전하는 날개식 流速計를 1870년에 T.G. Ellis가 연직축에 회전하는 컵형 流速計로 改良했고 이를 1882년에 W.G. Price가 改良한 현재 미국을 비롯하여 세계 각국에서 널리 使用되는 Price回轉式 流速計를 쓰는 方法, 또는 航空寫眞測量을 利用하는 方法등이 있다.

- (5) 藥品 濃度의 希釋을 利用하는 方法
- (6) 水位流量曲線法 : 流量과 水位 간의 一定한 關係가 成立되는 것을 利用하는 方法으로 다른 측정 方法으로 檢査하여 利用하는 것이 좋으며, 이關係를 가장 먼저 응용한 것은 11~12世紀 경에 중앙 Asia Merv오아시스 Murghab의 江에서 灌溉용수 계획에 응용된 것이 초시이며, 미국에서는 水位流量關係를 알기 위해서 1835년에 뉴욕 Medison Brooks의 Eaton이 水位計가 처음으로 설치되었다.
- (7) 水中을 透過하는 物理量에 의한 方法으로 電磁 流量計, 超音波流量計 등이 開發되어 널리 使用되고 있다.

4. 맺 는 말

以上과 같이 水文觀測中 河川水流의 觀測方法과 施設 및 計器의 發展에 대하여 살펴보았으나, 世界各國의 水文技術, 특히 觀測技術은 계속적인 研究로 날로 發展하고 改良되고 있다. 우리나라도 독립된 水文觀測 機構 또는 水文技術研究機構를 設置하여 우리나라 水文觀測實情에 맞는 水文觀測方法, 觀測施設 및 計器등을 研究·開發하여 不合理한 水文觀測所의 再整備와 增加設置로 觀測網을 理想的으로 配置·設置하고 落後된 觀測方法, 施設 및 計器를 改良하여 合理的이고 效率的인 觀測으로 信賴性있고 實用性있는 水文量을 觀測해야 하며, 充分한 豫算上的 및 財力적으로 觀測業務의 遂行과 資料의 總括, 處理, 分析, 保管, 發刊 및 普及 등을 實現해야 한다고 생각한다.