

— 水資源開發과 이를 위한 — 國內外 諸技術 動向

高大理工大教授 · 技術士 崔 榮 博

차 례

- I. 國內水資源의 賦存 및 開發과 國際比較
- II. 水文, 水理, 기타 水工技術의 內外動向
- III. 水資源開發, 調査, 制度 및 機構의 國內外動況

國內水資源의 賦存 및 開發과 國際比較

우리나라는 中緯도에 位置한 歐美各國과 比較할때 年降水量이 1,159mm로써 比較的 降雨량이 많다.

즉 瑞西, 英國等은 1,200mm 其他國은 大體로 600mm ~ 800mm인 나라가 많고 美國의 年降水量 5兆8千7百億m³에 比較하면 우리나라는 1,100億m³로써 그 2%에 未及하나 西獨, 伊太利 및 佛蘭西에 比較하면 매우 크다고 볼 수 있다. (表-1. 世界各國의 水資源量) 또 年間 河川總流出量은 伊太利의 450億m³, 瑞西의 280億m³에 比較하면 700億m³로써 훨씬 크며 人口1人當 年間流出量은 2,400m³로써 人口密度가 높은 峇타에 世界적으로 보면 작은편에 속한다. 또한 海洋性氣候와 大陸性氣候

의 交叉點에 位置한 關係로 夏期는 颱風經路가 되며 降雨가 季節的으로 甚히 偏寄한다는 것과 山地國이므로 河川의 上, 中流는 比較的 急傾斜로 되어서 洪水流出이 빠르고 河狀係數가 크다. 그래서 年間 700億m³의 풍부한 水資源을 保有하고 있음에도 불구하고 大部分은 有害無益하게 바다로 버리고 있다. 다시말해서 韓國의 水資源은 利用하기가 힘들며, 이에 反하여 歐美各國의 河川은 河狀係數가 적고 年中平準化되어 比較的 流量이 安定되어 있고 平地部가 많아 거의 緩流를 이루고 있다. (表-2, 河狀係數比較表) 古來로 우리나라 河川工事 最大의 關心事는 洪水를 防禦하는 것으로 洪水에 依한 水害를 될 수 있는 한 最少로 하는 것이며 따라서 河川工事에 있어서 그 主要 課題는 洪水이고 洪水被害를 적게 하기 爲한 治水計劃이며 또 具體

表-1 世界主要國의 水資源量

國 名	項 目	年 降 水 量	國 土 面 積	年 總 水 量	流 出 率	年 總 流 量	1960年人口	1口 1人當
		mm	10 ³ km ²	10 m ³	%	10 m ³	10 ⁴ 人	m ³ /人
美 國		750	7,828	5,870	40	2,360	181	13,100
蘇 聯		1,950	8,516	13,550	70	9,460	66	143,000
佛 蘭 西		770	551	424	40	170	46	3,700
西 獨 逸		630	352	222	37	84	53	1,600
伊 太 利		500	301	150	30	45	49	920
挪 威		909	324	294	45	132	4	33,000
西 班 牙		550	530	276	32	89	30	2,960
瑞 典		630	440	277	37	103	8	12,900
瑞 西		1,200	41	49	58	28	5	5,600
英 國		1,770	244	286	58	166	53	3,100
中 國		700	10,005	7,000	38	2,660	647	4,100
印 度		920	3,288	3,025	45	1,360	433	3,100
日 本		1,665	368	600	67	400	93	4,300
韓 國		1,160	98	110	64	70	25	2,400

表-2 平均河川係數比較表

河川名	國名	平均河川係數	
		最少流量	最大流量
漢江	韓國	1	393
洛東江	"	1	372
錦江	"	1	233
鳴津江	"	1	715
利根川	日本	1	236
淀川	"	1	117
信濃川	"	1	85
楊子江	中國	1	22
湄公江	越南	1	35
간지스江	印度	1	35
나일江	에집트	1	30
세이브江	佛國	1	23
라인江	獨逸	1	14

의 手段이다. 近代의 工業의 發祥地인 西歐 諸國에 있어서 河川工事라하면 가령 航路維持에 關한 內陸水運에 重點을 두고 있는데 反해 從來 우리나라에는 洪水防禦을 위한 一方의인 手段으로 河川의 工事가 進行되어왔다. 따라서 앞으로는 우리나라의 治水防災와 各種의 水源開發을 既往의 一方의인 治水 置重에서 벗어나서 治水과 利水를 서로 調和시키면서 綜合的으로 開發하는 治水利水計劃의 方向으로 轉換하게끔 되어가고 있다. 所謂 美國 T. V. A에게 시작한 河川綜合開發計劃이라 말하는 것은 利用할 수 없는 洪水流의 대부분은 반드시 바다로 排水하고 利用 가능한 물을 가장 有效 適切하게 活用하는 것으로 이 思考方式은 한 河川水量을 綜合的으로 把握해서 全國的으로 均衡히 分配形으로 具體的 計劃을 樹立하는 것이라고 생각해야 한다. 그러므로 이 計劃에 있어서는 洪水防禦 即 治水와 水資源利用의 見地에서 그 計劃 對象流量으로 基本高水外 基本低水가 治水計劃의 基本이 되고 있다.

1933年 美國에 있어서 T. V. A法이 議會에서 通過되어 Mississippi江의 支流 Ohio江의 또한 支流 Tennessee江에 21個의 郡이 築造되어 連續的인 操業으로 美國에서도 有名な 豪雨地帶이며 水害의 常襲地인 貧困한 이 地域을 지금 美國의 손꼽히는 大工業地로 謀生시키려 있는데 이 計劃은 1933년부터 約 10년에 걸쳐서 大部分의 工事를 完了하였다. 이들 事業 모두 多目的의用으로서 200馬kw의 水力을 爲始하여 內陸水運, 農業用水, 리크레이슨等에 有效하게 利用되고 荒廢한 이 地域으로 하여금 經濟的으로나 社會的으로 가장 明朗한 風土가 되게끔 하였다. 이것이 河川 綜合開發 計劃의 좋은 示範으로 그후 佛蘭西의 로누江流域開發事

業, 戰後의 印度의 Damodar溪谷 開發(DSA) 및 日本의 北上用 特定地域 事業(KSA)等은 T. V. A. 事業에서 인은 좋은 例證의 하나이며 1933年을 轉換期로 하여 河川 및 水資源 利用을 河川綜合開發 計劃으로서 多目的의에 依한 水資源開發 計劃으로 되었다.

近來 우리나라에서 實施된 南江, 鳴津江, 多目的 事業을 이리한 河川綜合開發 計劃의 一環으로 볼 수 있다. 특히 이 河川綜合開發 計劃의 基本은 美國에서 發見한 水文學으로서 이 學問이 刺戟한 바가 크다. 基本高水 策定에 있어서 Sherman의 單位圖法, Synder의 綜合配分圖, Horton의 滲透論이나 河道時溜에 對한 洪水論은 이 年代에 發表되었으며 이것이 雨量의 流出關係 解析에 應用되고 雨量對 水位, 流量等의 水文觀測이나 洪水豫報의 精度를 높이고 나아가서는 T. V. A. 事業을 成功시키는 基礎가 되었다.

從來 우리나라는 洪水防禦을 위한 河川技術의 基本으로서 計劃高洪水流量을 調查研究하여 왔는데 1922年 日人 梶山淺次郎가 韓國의 最大洪水量公式이 종전까지 古典처럼 基本高水 策定에 利用되어 왔으나 역시 同인의 漢江, 大同江, 洛東江에 對한 水位法, 雨量法 또는 兩者混合法의 洪水豫報 以外는 別로 좋은 研究가 없었다.

解放後, 洪水流量을 위한 水文統計의 應用研究과 降雨強度公式의 誘導 및 近來産業基盤의 原動力으로서 電力開發의 重要度에 따라 國土調査事業의 一環으로서 水文觀測 및 洪水流量推計와 아울러 堤防에 필요한 雨量과 流出에 對한 關係를 水文學的으로 調査하는 各方法과 洪水流量推定法을 各技術用役團에서 外國의 各例를 引用하고 있으며 單位圖法도 一部利用되고 있다. 從來 우리나라는 日本의 影響下에 高水工事로서 浚深, 整掘, 捷水路等으로 洪水快流方式을 採擇하여 왔는데 이것 역시 堤防으로 洪水氾濫을 막아 沿岸土地를 防護하고 그 利用價値를 높이는 觀點에서 實施되어 왔다. 그런데 이와같은 河川改修方針은 近代의인 水文資料가 整備되지 않고 河川의 本體 水文學的 實態가 明確히 解明되지 않은 이때까지는 妥當한 것이요 또한 事實 改修工事が 本流의 中, 下流의 局部的인 곳에 不適當한 까지는 顯著한 効果를 얻었다고 볼 수 있다. 그러나 氾濫防止의 工事は 本質的으로 遊水效果의 減少를 隨伴하는 것으로서 改修工事が 支流나 本流, 上流部까지 到達하고 改修區域의 河道의 延長에 比較해서 큰 範圍로 뚝에 따라 그 弊害가 出現되어 改修가 竣工된 大河川에 있어서도 빈번히 計劃을 突破하는 洪水가 發生하여 計劃을 再檢討할 必要가 생기게 되었는데 그 原因의 가장 큰 것의 하나는 遊水效果減少라고 생

각된다. 우리나라는 河川의 計劃高(洪)水流量과 基本高水로서는 그 地點에서 過去에 생긴 高水位 또는 洪水流量을 基礎로해서 決定하고 있는데 今後로는 將來의 河道狀態에 있어 發生될 流量의 解析結果를 基礎로해서 基本高水를 決定하지 않으면 안될것이다. 現在 河川工事に 있어서는 河川計劃에 合理的인 工期의 短縮이 要求되고 있다. 美國, 英國, 和蘭, 佛蘭西, 日本 各國에서는 水資源開發計劃에 있어서 河床變動, 餘水路, 防湖堤, 水運, 水力機械 기타 水理構造物 設計에 있어서 從來 解析的인 方法으로는 解決 못한 部分에 對하여 相似力學의 原理를 適用한 水理模型 實驗이 必須條件으로 되어 各國에 大型水理實驗을 할 수 있는 研究所가 建設되고 있는데 우리나라에 있어서 1961年以後 南江流, 湖淵堤, 蔚山港 計劃에 있어서 小規模의 檢査實驗이 實施된바 있는데 第2次經濟開發計劃에 附隨된 科學技術振興 計劃에 있어서 大型 水理實驗所 設立이 策定되어 4億2千9萬圓에 가까운 豫算으로 그 施設이 현재 建設中에 있다.

1930年 이래 次第하게 발전해온 美國의 水文學은 Linsley P. V. (1949)이나 Foster E. E. (1949)等에 依해서 시작되어 現在 우리나라의 近代水文學의 研究의 基礎를 이루고 있다. 그런데 그 內容은 모두 歐美 大陸의 實例를 基礎로 해서 大成된 것으로서 經驗法則이 大部分을 차지하고 있다. 따라서 이들 地域에 있어서 水文學의 現象이 充分히 說明되었다하더라도 이들은 모두 우리나라의 氣候, 地形 및 地質構造와 全然 相異한 곳에서 觀察된 것임으로 그러므로 適用하려면 充分한 檢討가 있어야 할것이다.

現在 1966년부터 全世界의 由 UNESCO에서 國際 水文開發 10個年 計劃(I. H. D. 計劃)을 實施하고 있는데 各種 水文觀測에 있어서 從來의 우리나라의 測定器, 測定精度, 觀測網構造等과 觀測資料의 解析法等은 아직 前近代의 水文學의 領域을 벗어나지 못하고 있는 것도 슬릴 수 없는 사실이다.

II. 水文. 水理. 其他 水工技術의 內 外動向

(1) 洪水流出 및 損失에 關한 水文學의 研究
洪水流出이나 洪水追跡은 戰前 美國에서 발달한 水文學의 洪水 計算法으로서 貯水池 計算法 以外는 洪水를 線型的으로 取扱되어 왔다.

Sherman L. K. (1932)에 依하여 提案되어 Bernard, M. (1935), Synder, F. P. (1938)等에 依하여 發展된 是은 單位圖法, Horton, R. E. (1936)의 研究에서 始

作하여 Langbein, W. P. (1933) McCarthy, G. T. (1933), Meyer, O. H. (1931)等에 依하여 發見하고 所謂 Muskingum法에 依하여 代表的으로 알려져 있는 洪水追跡法 等은 前者가 積合의 原理에 基礎를 하고, 後者가 貯留定數를 假定하고 있는 點에 있어서는 線型的인 取扱方法이다. 貯留에 依한 洪水追跡法中에는 Goodrich(1931), S. Libby(1935), Liesley(1944), Cheng(1946)等에 依해서 表現된 圓錐的 또는 半圓錐的 方法이 있고 이것은 모두 洪水의 線型性을 假定하고 있지 않으나 먼저들은 線形의 方法이 特히 널리 알려져 된것은 美國과 같은 大雨의, 河川 洪水의 特性에 起因되는 까닭이다. 日本의 中安米藏(1951), 立神弘洋(1954)等에 依한 單位圖法이나 藤澤博曉(1954)等에 依한 貯留法의 研究는 모두 洪水의 線型性을 假定하고 있다. 우리나라와 같이 일반적으로 山岳性 地形으로 急峻한 河川인 곳에서는 流速의 變化 幅이 넓으므로 工學的 意味에서도 線型으로 取扱하는 것은 困難하다. 따라서 우리나라의 洪水를 取扱한 경우에는 非線型性을 導入하는 것이 有効할것 같으며 貯留法에 屬하는 研究에는 線型性을 假定하지 않고 또 連續方程式과 運動方程式을 基礎로 하는 理論的 洪水追跡法이 必須한 것이다. 다음에 流出問題인데 流出의 分離와 損失의 機構가 全然 未解決의 重要한 課題로 되어있다. 流出中에는 地表水와 地下水와 같이 本質的으로 그 流出經路, 따라서 流出機構를 달리하는 것이 存在한다고 推定하는 것으로서 日本의 速水顯一郎(1956)은 過剩瀾塔과 $O^{\circ}C$ 에 있어서 密度를 指標로 하여 流出性 成分 分離를 하고 있으며 또한 化學的인 水質點數에 依하여 流出機構의 研究를 하고있다. 또한 放射性 同位元素의 利用에 依한 多數의 研究가 있다. 一面 損失의 問題는 古來로부터 流出率 또는 流出係數로 處理되어 왔는데 새로운 水文學의 發展과 함께 Horton, R. E. (1933), Musgrave, G. W. (1935), Sherman, L. K. (1933), Holton, H. N. (1945), Philip, J. R. (1957)等을 發見해서 이 方面의 研究가 매우 盛인 ϕ -index나 W-index가 提案되고 있다. 日本에서는 石原藤次郎(1958), 竹內俊雄(1959)等에 依해서 中間流出을 考慮하여 그것을 合理化시키는 것이 研究되고 있다. 또 流出率에 對하여는 中安米藏(1951)은 洪水期間 表面流出率이 總雨量과 함께 變動하는 方法을 提案하였고 竹內俊雄(1959)은 Coaxial圖法으로써 表面流出量을 求하는 方法을 發表하고 있다. 流出의 分離와 損失機構에 對한 우리나라의 調査研究는 水文資料의 缺與로 거의 體系的으로 實施된바 없으며 몇개 流域計劃地點의 이

問題에 對한 推計가 技術用役團에 調査된 바 있으나 普偏妥當化 할만한 發表는 아직 없다.

(2) 水文統計

水文量的 頻度分布曲線은 Foster, H. A. (1924), Goodrich, R. D. (1927), Hazen, A. (1930), Fuller, W. F. (1941), Gumbel, E. J. (1945), 岩井重久 (1947), Thomas, H. A. (1948), Chow, V. T. (1951), 等에 依하여 研究되어 各種의 分布型과 그 設定法이 提案되었으며 對數正規分布에 對하여는 石原藤次郎(1957), 高瀨信忠(1957), Brakensick, D. L. (1958)等的 最近의 研究가 있는데 우리나라에서도 最近 技術用役團이나 大學에서 이에대한 研究가 若干 發表되었다. 그런데 分布函數型 그 自身의 不確實性 및 基礎資料의 不足은 이들 理論의 適用을 制約하고 있으며 Moran, P. A. P. (1957)은 50年 程度의 資料에서 100年이나 또는 1,000年 洪水를 推定하는 경우의 信賴限界가 매우 큰 幅을 가지는 것을 指摘하고, Whisler, B. A. (1957)는 從來의 各年 最大値를 使用한 推定値가 많은 河川에서 大洪水의 生起頻度を 過少로 評値하는 傾向이 있는 것을 指摘하여 各年最大値의 對數正規分布의 假定이 그 適用法에서 問題가 있다고 하여 더욱 希望되는 全洪水 Peak의 統計에 가까운 方法으로서 月最大値를 使用할 것을 提案하고 있다. 經濟效果를 檢討하는 경우와 같이 比較的 頻도가 많은 部分을 問題로 하는 경우가 아니고 計劃高水流量에 關한 問題와 같이 매우 드문 洪水가 對象으로 되는 경우에 對해서는 資料不足의 現狀에 立脚한 推計法의 確立과 함께 分布曲線의 數學研究 以外에 極大洪水에 對한 自然科學的 研究가 希望된다. 時系列論의 研究도 그 한 方向이 아닌가 생각된다. 이 方面에서는 또 實際資料에 의 應用研究가 重要한 課題이며 水文量에 關한 各種 Parameter의 統計的 調査에 依한 河川의 經年變化의 解明이 必用하다고 한다. 더욱 Langbein, W. B. (1958)는 貯水池의 容量 決定에 符合理論을 應用하고 있는데 Linear Programming이나 Game理論等 其他 Operatoin Research의 方法도 適用되고 있다.

(3) 計算機研究

現在 美國을 爲始한 先進國에 있어서 洪水의 追跡計算에 있어서 計算機의 利用은 注目할만한 發展을 하고 있다.

貯水池의 洪水追跡用으로서 美國陸軍工兵(1940)이 機械的 Analog微分解析機를 使用하고 Linsley, R. K. (1948), Kohler, M. A. (1952)들은 Muskingum式의

直接 電氣 Analog計算裝置를 考察하였다. 日本의 石原藤次郎(1955), 石原忠雄(1957)등에 依해서 洪水流式을 基礎로한 直接 電氣 Analog型의 洪水演算機가 研究되어 貯水池나 雨水流出에 對한 適川도 研究되고 있다. 또한 電氣的으로는 이것과 같은 直接 Analog方式에 依한 日本 土木研究所의 不定流의 運動方程式을 基礎로한 演算機의 研究가 있고 木村後晃(1959)의 貯溜函數法에 依한 追跡方式을 基礎로한 洪水流出 計算機를 Slow-Type의 電子管式 Analog微分解析器가 開發되고 있다. 美國에서는 Kohler, M. A. (1958)의 機械的 Analog裝置의 研究가 있고 Digital型 自動計算機의 利用도 旺盛하고 Lawler, E. A. (1958)는 單位圖의 計算을 Rockwood, D. M. (1958)은 水系網에 있어서 洪水追跡을 Isaacson, E. (1958)는 實際 河道에 있어서 不定流 計算을 하고 있다. 貯水池群, 內水機構等을 包含한 高次의 河川高水流量計劃, 貯水池群의 管理, 洪水豫報等的 實際問題의 遂行에는 膨大한 計算이 수반된 것이다. 이의 신속한 처리에는 이들 計算機의 발전에 의해서 가능하게 될 것인데 各種 計算基礎式 및 演算方式은 필요한 基礎資料, Parameter의 解析法, 必要初期條件 및 境界條件, 計算程度, 計算所需時間, 解의 表現, 適用範圍, 融通性, 取扱의 難易, 安定性, 演算方式의 發展性, 經費等 諸點에서 각각 一長一短을 가지고 있으므로 그 選擇은 使用目的과 經費를 고려해서 충분히 우리나라에서는 많은 研究檢討가 앞으로 있어야 할 것이다. 그리고 計算機는 어디까지나 手段이므로 特定한 問題의 計算方式의 決定 내지 計算機化를 爲하여는 現象에 關한 自然科學 調查研究가 一層 必用하게 될 것이며 測定法, 測定機, Telemeter등에 關한 研究도 함께 遂行되지 않으면 안된다.

(4) 洪水豫報와 澁管理

洪水豫報는 근래 歐美 各國에서 大規模로 組織運用되고 있다. 우리나라에서는 日人 梶山淺次郎(1922)에 依한 漢江, 大同江 및 洛東江의 雨量法, 水位法 및 混合法에 對한 洪水研究가 있을 뿐이다. 風水害 對策法에 의거하여 夏季에 災害對策本部에서 水防豫報에 對한 組織이 있을뿐 그 技術이나 組織에 있어서 매우 不充分하다. 從來 우리나라의 洪水對策은 改修工事が 主眼이 되어 發生하는 洪水群의 모두를 改修工事に 依하여 카바코저 하였다. 改修工事に 있어서 基本高水인 計劃高水流量은 既往의 最大流量을 取하는 것이 原則으로서 堤防構造가 越流를 想定한 것이 아니므로 計劃高水流量 이상의 洪水에 對하여는 河川計劃 또는 河川

行政上 아무런 具體的 對策이 없다. 解放後 計劃 이상의 洪水가 자주 發生하였으므로 今日 建設部에서 實施하고 있는 河川改修工事は 決코 全洪水群을 카바하고 있는 것은 아니다. 卽 技術과 經濟力이 發展한 今日에 있어서, 생기는 全洪水群을 對象하는 河川改修工事は 經濟的이 아니다.

따라서 計劃을 超過하는 洪水에 對해서 最少限 人命에 對해서는 適當한 防護對策의 準備가 必髮하기 때문에 洪水豫報가 이런 點에서 持되 重大한 意義를 가지며 今後의 完全한 河川洪水對策은 改修工사와 洪水豫報를 車의 兩輪과 같이 充分한 經濟性을 가지고 遂行하여야 한다.

우리나라 多目的의 擘으로서 洪水調節을 兼하는 댐이 數回 건설되었으며 이의 適正한 管理問題가 중요하다. 지금 實施되고 있는 것은 댐의 목적중 發電, 灌漑, 工業用水, 都市用水等은 水量, 落差, 水質 및 水温等의 問題로서 洪水調節에 對하여 充分한 效果를 期待한다는 것은 매우 곤란하며 댐의 洪水調節效果는 그 管理 如何에 左右된다. 多目的의 運用面에서 洪水調節과 水利目的은 平常시에 있어서 貯水量에 對한 相反되는 要求를 가지므로 이것을 調整해서 効率的으로 運用하자면 댐地點이 上下流 流域에 있어서 洪水流出機構이 適確한 把握이 要求된다. 이를 위해서는 河川流域에 있어서 洪水流出의 推定法, 河道 貯水池에 있어서 洪水追跡法 및 이의 신속한 計算法의 確立이 前提하는 것이 對하여는 前述한 바 있다. 이것을 基礎로해서 河川水系의 實態를 適確히 把握하는 同時에 이것에 依하여 加能한 限 正確한 Hydrograph(水文曲線)의 推算을 基礎로해서 合理的으로 댐을 操作하는 方法이 檢討되지 않으면 안된다. 發電用과 洪水調節을 直接 目的으로 하지 않는 댐에 있어서도 그 固有의 목적을 害치지 않는 範圍에서 될 수 있는대로 洪水調節의 機能을 發揮하고 있는 것은 명백한 것으로서 洪水時의 댐管理의 問題는 모든 댐에 共通된 問題이다.

(5) 水文資料에 關한 問題

우리나라 河川에 關한 水文觀測은 日政時부터 주요大河川에 本, 支流에서 극히 좁은 範圍에서 實施되었으나 3. 15解放 및 6. 25動亂으로 거의 中斷狀態에 놓여있었으며 近代의 으로 水位 流量觀測이 實施된 것은 極히 近世數年前부터의 일이다. 따라서 河川計劃이 기초가 될 水文觀測資料나 降雨資料의 現狀은 매우 불충분한 것이다. 金후 時代의 요청에 따라 크게 基礎水文資料의 整備에 노력할 것은 물론이나 數량이 存在하는 小流或面積의 河川에 對하여 조금씩 긴 세월

에 關한 水位 流量의 資料를 期待하는 것은 곤란하다. 따라서 이와 같은 基礎資料의 現狀을 前提로한 洪水의 解析法의 確立이 중요한 研究課題이며 거의 水位 流量資料가 없는 河川에 對하여도 流出量을 概算할 수 있는 方法의 確立이 필요하다. 오늘날 歐美各國이나 우리나라에 簡易한 洪水流出量 計算法이 提案되고 있으나 이것은 모두 充分한 合理性이 없으므로 近代의 水文學研究의 뒷바탕과 동시에 各種 資料 段階에 對해서 항상 有能하게 應用할 수 있는 計算方法이 必髮하다. 洪水流出量을 把握하는 것을 目的으로 하는 降雨量 水位 流量 其他 水文調査方針은 이들 觀測資料를 使用하는 解析法과 表裏一體가 되므로 따라서 이것은 서로 相互關聯시키면서 發展되어야 할 것이다. 近代의 水文學 要求를 充分히 滿足시킬 수 있는 水文調査의 方針은 前述한 바와 같다.

(6) 放射性 同位元素(RI)의 利用問題

外國에서는 河川 水文關係의 調査에 RI가 物理的인 トレサ로서 利用되고 많은 研究報告가 있다. Hull은 RI를 利用해서 水位 水壓을 測定할 必髮없이 또한 實驗的인 補正係數等을 使用하지 않고 直接 理論式으로서 絕對值을 求하는 方法을 發表하였는데 이 方法이 全計數法이다. 이 方法은 簡便安宜로서 1時間內에 測定할 수 있고 95%의 精變가 保持된다고 한다. Ljunggren은 RI를 사용해서 河川, 河口 또는 湖沼에 있어서 Flow-Pattern이나 擴散 混合을 조사하고 있는데 이 方法은 工場廢水의 流向을 알기 위하여 有效한 방법이라 보겠다. Harris는 河水流下中 包含되는 放射能의 水中의 動植物 또는 浮遊物에 固着되어 水中에서 放射能이 除去되는 程度를 推定하고 있다. 水文學的인 追跡調査에는 放射能水素(H³)를 사용하는 것이 有效하다는 것이 充分히 檢討되어 水爆實驗의 爲하여 自然界에 있어서 放射能水素의 순환에 매우 현저한 變化가 일어난 것은 잘 알려진 사실로써 이 現象을 응용해서 水文學的인 조사를 하고 있다. 雨水의 一部는 地下水가 되므로 이 自然기 H³를 トレサ로하여 地下水의 年齡, 流動 또는 地下水를 涵養하는 流域의 形狀等 水文학적 特性을 알 수 있다. 이 方法이 New Mexico의 Carrizozo地區의 地下水研究에 응용 보고되고 있다. 다음에 海岸漂砂의 移動機構 解明을 위하여 放射能으로 標識된 모래를 トレサ로서 使用하는 實驗이 行하여 지고 있는데 우리나라에서도 1965년부터 몇箇 港口의 漂砂移動調査에 RI가 トレサ로서 利用 그 結果가 研究報告되고 있다. 現在까지의 研究은 모두 定性的이며 이후로는 될 수 있는대로 定量的으로 취급하는 것이 필요하다고 보며 그 노력

에 傾主라고 있다. H. H. R.은 1957年과 4 次, 美, 佛, 伊, 和蘭, 日本 등에서 行한 RI利用의 漂砂研究 17篇을 引用해서 모래에 對한 標識法, 放射性 모래의 投入方法, 檢出方法, 安全性等을 비교 검토하고 있다.

(7) 댐構造解析

現在 國際大댐會議에 있어서 重要한 議題는 댐型式 選定에 있어서 各型式의 댐의 經濟性과 安全性가 문제되고 있다. Coyne, A의 總括報告에 의하면 各型式의 安全性를 일반적으로 비교하는 것은 困難하고 經濟的 觀點에서 비교할 것을 建議하고 있다. 이 經濟性의 點에서 歐羅巴와 美國에서는 그 經濟狀態가 相違하고 歐羅巴에서는 資材의 節減을 主眼으로 하고 美國에서는 노력을 主眼으로 하고 있다. 우리나라에서는 이 兩面을 모두 主眼으로 하는 設計를 실시해야 할 것이다.

近來 歐美 各국에 아야취·댐이 많이 建設되고 있는데 이 設計는 美國에서는 試算荷重法에 의해서 歐羅巴에서는 簡略計算法으로 概略의 형을 정하여 模型實驗에 의해서 最終形狀을 결정하고 있다. 美國에서는 Glover, R. E. 歐羅巴에서는 Toninis, D., Priscu, R.의 論文이 있다. 또한 最近 模型에 依한 溫度應力의 연구가 착수되고 있다. 우리나라에 있어서 아직 이러한 아야취·댐에 대한 構造技術은 전혀 未充分으로 되어있다. 우리나라에는 重力댐의 構造技術이 發展되어 왔는데 근래에 昭陽江龍, 龍潭댐 設計에 있어서 모크·필·댐型이 取擇되어가는 현상에 있다. 흙 및 모크·필·댐의 基礎地盤 透水性의 解明, 調査, 遮水工法, 岩盤固着方法, 泄水後의 揚壓力, 基礎地盤의 壓密沈下, 遮水を 위한 藥液注入, 劣質岩盤의 處理等의 歐美技術의 導入이 앞으로 요구된다. 균열의 발생을 防止하고 댐에 一體性を 주기 위한 溫度管理는 매우 중요한 일이며 댐의 內部溫度, 變形應力變位の 實測技術이 最近 歐美各國에서 改良發達되고 있는데 특히 우리나라의 이 분야의 技術은 전혀 未開發狀態에 놓여 있는 것이다.

(8) 댐水理技術

餘水吐, 放水口 등의 水理構造物은 댐計劃의 一環으로서 그 目的에 合致하게 技術으로 檢討되고 댐計劃의 推移와 함께 發達되는 동시에 餘水放水의 處理方法의 發達은 逆으로 댐計劃을 刺戟하고 서로 進歩를 助長해 가고 있다.

1950年以後 國際大댐會議(L. D의 略稱) 및 國際水理學會(I. A. H. R.의 略稱)에서의 研究課題는 주로 댐의 水理部門의 動向에서 主要問題가 論議되고 있으며

주로 放水口 및 餘水吐의 型式의 選定, 配置 및 貯水池의 滯積土砂, 空洞現象, 取入口, 水門의 振動, 空氣速行流 등의 問題이다.

우리나라에서는 아직 이러한 研究는 거의 없다. 貯水池內의 滯積의 문제는 댐을 築造하는 경우의 耐用年數, 放水口의 設置標高等의 결정에 重要하며 이것을 充分히 理解하자면 土砂의 生産, 運搬, 堆積의 3現象을 생각하지 않으면 안된다.

댐을 洪水調節과 함께 여러目的에 使用할 必要에서 大口徑의 放水口가 比較的 같은곳에 設置될 것이 요청된다. 그런데 放水管은 高速流에 接하므로 管의 形狀을 합리적으로 定하지 않으면 空洞現象(Cavitation)이 발생할 우려가 있으며 특히 流入部의 形狀에 세심한 주의가 있어야 한다. 댐 餘水吐의 設計에 있어서 混入 空氣量에 對한 水深의 增加量만큼 構造物에 여유를 두지 않으면 안된다. 또 空氣를 混入한 狀態의 물, 例를 들면 空中放출한 水脈이 減勢池에 落下할 경우에는 그 混合空氣가 減勢에 매우 効果가 있다고 推定하고 있다. 上記論文研究課題는 I. A. H. R.의 最近研究議題이나 아직 우리나라에서는 이렇다할 研究는 없다.

(9) 댐·콘크리트技術

1953年以後 國際大댐會議에서 論議된 댐콘크리트에 關한 研究는 댐 콘크리트의 混和材料 및 포소란材料를 使用한 경우 및 微細砂의 영향 등이다. 댐 콘크리트에 AE劑를 使用해서 凍害에 對한 抵抗을 높이는 것이 일반적이며 또한 AE劑를 使用하면 물 세멘트比를 작게 할 수 있고 그 壓縮強度도 일반적으로 低下하지 않은 것이라는 것이다. 다만 重한 大댐에 對해서는 콘크리트에 세멘트에 劣影響을 미치는 物質이 AE劑에 包含되지 않도록 事前에 化學分析을 해서 사용하도록 役選되고 있다. 다음에 Fly ash와 포소란材料를 使用할 경우에 施工軟度가 좋고 凍害抵抗이 높아지고 桴寸 23日強度는 減少하나 90日強度는 일반의 콘크리트와 別差가 없는 것 및 收縮量이 적다는 것이 보고되고 있는데 이것을 使用할 경우 事前에 化學分析이 필요하다는 것이 役選되고 있다. 콘크리트의 性質은 砂粒度만이 아니고 그 表面積, 形狀 또 使用材料의 形狀에도 좌우되므로 매우 複雑한 問題이다. 거기에다 單位세멘트量, 電氣量, 混和材料에 의하여 달라지므로 이 問題에 對하여는 기본적인 실험이 必要하다.

(10) 砂防工學

砂防댐 특히 貯砂댐의 機能에 對하여는 현재 外國에서는 流下土石의 質의 淘汰와 流下土石量의 調節이라

는 두 문제가論議되고있다. 砂防댐의 形狀은 特別 斷面節約의 觀點에서 試荷重法을 應用한 三次元的 安定에 의해서 결정되고 있는데 計算이 매우 複雜하므로 設計計算의 簡易化가 試圖되고있다. 또한 砂防댐의 前庭洗堀은 重寶한 問題로서 甁破壞는 자주 下流側洗堀에 起因된다. 이問題에 對하여는 Ridgior, Shoklitch, 安藝峯一의 연구가 있으며 最近 越流落水에 依한 河床物質의 移動을 停止시키기위한 물방석池의 깊이와 길이를 求하는 實驗的研究가 行하여 지고있다. 水叩工, 副댐에 依한 洗堀防止法으로서는 提體途中에 貫通시킨 Jet hole이나 副댐의 天端에 齒形의 Silt 등을 設定해서 落水의 에너지를 減殺시키고저하는 實驗도 行하여지고 있다. 또한 砂防댐의 水運部의 形狀, 提體에 墜린 水拔孔의 荷重減少效果, 水拔孔周邊의 應力分布狀況, 砂礫基礎上的 砂防댐의 揚壓力等的 研究도있다. 다음에 砂防工學에 있어서 基本的인 問題의 하나는 流出土砂의 生産源인 崩壞地및 地落到 關한 研究나 이에 對한 土木工學的立場의 研究는 別로없다. 우리나라에 있어서 流出土砂量의 測定은 매우 重要함에도 불구하고 이에 對한 사업은 거의없다. 日本같은 곳에서는 貯水池의 滯砂量에서 年平均流砂量을 推定하는것같다. 美國에 있어서 貯水池年平均流砂量은 $2,000m^3/kn.^2/year$ 이라고 報告되고있다. 더욱 土石流, 山沙汰를 報告한 外國의 觀察報告는 있으나 지금 그選搬 流積에 關한 理論은 없다. Knapp는 泥土流에 있어서 河水의 砂泥間의 에너지의 交換을 生覺하였는데 砂泥가 들어주는 에너지쪽이 크면 河床에 砂礫이 存在하는限 含砂濃度를 增加해서 土石流로 발전할 수 있다는 理論研究기이다. 또한 水路에 Strab 大小混合砂를 流下시킨 결과 砂礫의 配列은 下流일수록 粗하다고 報告하고있다. 外國에 있어서 流出土砂量에 關한 研究는 流域內에 있어서 직접 生産地인곳의 崩壞地나 地落地의 分布狀態에는 언급하지않고 流域全體의 比對面積侵蝕立場에서 생각코저하는 傾向이많다. 即 年平均流出土砂量을 流域의 地形, 地質, 河狀, 水文量, 地被狀態等的 소위 流域變數의 函數로서 推定코저하는 것으로서 Holton, R. E.(1945), Flaxmen, E. M. (1955) 등이다. 日本의 田中治雄(1951)은 日本內 32個 貯水池의 滯砂量에 對하여 연구하고 地質條件보다도, 地形條件의 쪽에 相關關係가 좋다는 것을 表示하고 地理的條件, 氣象等的 類似程度를 考慮해서 流域山地를 地域의 群으로 나누어 各群에 對해서 起伏量과 高度와의 積(地貌)에 의해서 滯砂量을 산출하는 關係式을 유도하였는데, 檢定結果는 公算誤差의 범위에서 양호한 結果를 얻은 모양이다. Schumm, S. A. (1954)는 起伏量을 流域의 길이로 나눈 起伏量

比와 年平均流出土砂量의 關係를 研究하였다. 河床礫의 移動狀態나 實際河川의 流出土砂量研究를 RI를 利用한 轉石移動調査나 洪水比重分布調査도 實施하고 있다. 우리나라에서는 砂防工事의 各技術課題가 체계적으로 실시된 바 없다.

(11) 海岸水理

海岸에 있어서 水理現象은 널리 氣象學者 海洋學者 數學者에 의하여 理論적으로 研究되고 工學分野에서는 港灣工學의 일부로서 漲力, 反射波, 港灣內의 方位變動으로 취급되어왔는데 二次大戰後 上陸作戰에 필요한 까닭에 海岸에 있어서 水理現象研究가 各國마다 발전되어 현재 海防技術에 더대한 공헌을 하고 있다. 海岸工學計劃에 있어서 基本的인 設計要素는 漲 및 高潮로서 주로 바람에 기인한 波가 主된것인데 經래의 簡單한 경험公式가 많이 提案되었을 程度인데 海波의 發生 및 發達理論은 有義波의 概念을 導入하여 科學理論적으로 Sverdrup 및 Munk가 研究한 후로 급격히 波의 豫知理論이 發展되어 工學적으로 예보나 추진을 行할 수 있게 되었다. Huetdroick (1957)의 S.M.E.法이 널리 使用되고 이것과는 다른 Fisher, Nunnar, Jones의 P.N.J.法이 있다. 波豫知理論은 風套料에서 波의 實測套料가 없는 地點에서의 波의 예보나 과거 발생한 波를 追算하는 것이다. 바람에 의해서 發生한 波의 方位變化에 의한 變形過程을 Macer, Mairan 및 Crooke가 研究하였으며 海岸의 波의 屈折 및 屈折에 對한 研究로는 Dunham 및 Johnson의 論文이 있다.

우리나라는 台風의 經路가 되므로 高潮에 의한 被害가 종종 있으므로 高潮의 研究가 필요한데 아직 전혀 연구가 없다. 海防技術로서는 全國의 極潮施設整備와 자료를 수집하고 高潮의 原因인 風風을 연구하여 그 나타나는 확률을 統計學적으로 처리하여 海岸提防設計時의 計劃高潮位를 研究해 두어야 한다. 다음에 海濱을 形成하는 砂礫은 波作用에 의하여 移轉하여 海岸의 侵蝕 堆積을 일으키므로 이現象은 崖灘, 船跡, 河口의 縮狹 및 護岸防護上 重要한 問題이다. 따라서 護岸砂礫의 移轉을 支配하는 要素는 波의 特性, 護岸地形, 海濱特性, 潮汐等이므로 이에 對한 系統的, 定量的인 研究가 外國과같이 조속히 실시되어야 한다. 砂礫海岸에 있어서 波에 依한 海底地形의 變化의 양상이니, 沿岸流速, 波의 特性, 漂砂量, 砂粒經等的 定量的인 要素를 加한것에는 日本에 池田芳郎 및 岩垣雄一의 研究가 있다. 海岸砂礫의 移動에 關한 比較的인 새로운 技術로서는 人工發波, 砂의 Ey-Fath, 放射性物質에 의한 조사가 있는데, 우리나라에서는 原子力研究所에서 放射性物質을

트레사로 사용한 汚砂의 移型調査가 實施되고있고, 河口에 土砂가 堆積하여 河口閉塞가 發生하면 河川水位가 높아져서 內水排除가 곤란하다. 그런데 河川의 河口處理의 研究는 우리나라에서는 아직 研究된바없다. 海岸構造物에 對하여서는 波力, 波의 遡上, 基礎洗掘, 防波效果, 漂砂의 影響에 문제가 있는데 外國에서는 波의 性質이 해명되므로서 점차 定量的으로 되어가고있다. 證據에 우리나라에서 사용된 波壓의 公式은 經驗公式이 主이며 各理論式公式도 현재 사용되고있다. 從來의 公式은 波壓을 水塊의 충돌로 생각해서 誘導한 것이 많은데 碎波의 衝激의 波壓은 壁面上的의 空氣壓의 壓縮이 原因이라고 生發되는 새로운 公式이 Egnold, Miniker에 의해서 발표되었으므로 이理論이나 公式을 실용화시킨 연구가 外國에서 계속되고있다. 構造物의 斜面에 있어서 波의 遡上은 特定構造物型式에 關한 模型實驗이 證據 外國에서 實施되었으나 代表的構造物型式에 對한 波의 遡上의 一般의 性質이 정리된 것은 최근일이다. 構造物基礎의 波에 의한 洗掘問題는 關係要素가 매우 많고 복잡하므로 未解決狀態이다. 防波效果에 對하여서는 特殊防波堤로서 최근에는 消損, 浮防波堤, 空氣防波堤, 水理防波堤, 新抗防波堤 등이 研究되고있다. 陸地에서 生發된 汚水는 결국 바다에 방류되므로, 앞으로 工場廢水나 下水量의 증가와함께, 河海의 擴散狀況, 放流地點에서 흐름에 의한 汚水의 移別, 管이나, 放流口의 構造問題가 研究課題로 擧げ될 것이다.

III. 水資源開發, 調查, 制度 및 機構의 國內外動況

우리나라에 있어서 水資源開發과 調查, 計劃에 關한 部門은 主로 建設部水資源局을 위시해서 農林部 및 土聯, 科擧技術處 其他에서 實施 또는 執行하여 왔는데 豫算面이나 體系의 或은 政策的의 或은 민족스러운 상태가 아니다. 美國에서는 上院國家水資源特別委員會가 美合衆國의 물에 關한 수요를 充足시키는데 필요한 水資源開發의 범위 및 그性格에 對하여 報告를 行한 것에서 출발하여 水資源 調查에 關한 관심이 높아져서 물에 對한 全國統合의 科擧 調查가 필요하게끔 관심을 가지도록 하였다. 1955年4月 美上院에 水資源特別委員會가 설립된 후 未來資源協會와 협력하면서 水資源에

관련된 專門家의 報告나 聯邦政府機關 및 州政府에서의 提出報告 및 公聽會 등의 성과를 기초로 한 大報告書가 1961年1월에 提出되었는데 여기서는 美國의 물問題의 全貌를 概觀할 수 있다. 第1部는 물問題의 全般的背景으로서 물의 出題, 過去半世紀의 물行狀의 推移 地表水의 分布狀態이다. 1980年과 2000年의 美國의 洲別, 省市別 人口와 經濟情勢에 對한 推測이 行하여졌다. 第2部에서는 將來의 要求라고해서 各種물利用面에서의 1980年 2000年의 需要豫測 및 供給可能量의 豫測을 하고있다. 即 各洲의 물問題 省市上水 主要用水 工業 水資源開發防止, 水力, 水連 土地의 물의 利用可能量, 農業用水, 推測의 可能性과물, 洪水와 洪水調節 물에 關한 100caier, 魚類及 漁業과 水資源 등의 項目이다. 第3部는 第1, 2部를 받아들여 要求되는 물資源의 量과 質에 對하여 어떤 新技術이나 行政的手段의 준비가 必要한가를 論하였는데 即 蒸發抑制, 天候調節, 蒸發抑制와 蒸發調節, 水質管理, 河川豫報의 水文氣象解析, 治水淡水化, 核에너지의 利用과 效果, 水資源配分 體制, 물의 再利用 多巨의 水資源開發이다. 그러하여 最後로 1980年과 2000年에 있어서 양적으로 본 물供給의 豫측이 示示되었다. 이水資源特別委員會 重設의 念기는 將來의 美國의 繁榮條件이 水資源에 있으며 물의 問題는 어떤確實한 長期計劃에 따라서 對處하지 않으면 안된다는 것에 있었다. 英國, 佛蘭西, 日本等에서도 將來에 이 水資源에 對하여 國家的見地에서 綜合的으로 檢討하기 爲한 機構와 基本調査가 實施되고 있다. 우리나라에서도 建設部에 水資源開發 및 水文調査 審議會와 1965年에 發足되어 水資源開發計劃의 重要 指針과 綜合調査 및 方法的 研究 水文調査의 研究나 資料 評價 및 標準化 水文調査計劃의 樹立施行을 위한 협조 및 調整에 關한 專項의 機能을 가진 諮問機關으로 出發하였으나 아직 이렇듯할 활발한 움직임은 없었다. 그러나 1967年11月23日 韓國水資源開發公社가 水資源의 綜合開發과 그利用 및 保全에 關한 專業을 施行하되 國民의 經濟成長과 國民生活의 向上에 參與함을 目的으로 樹立되었다는 것은 우리나라 水資源開發에 劃期的인 新기호를 수립할 것이라고 하며 앞으로 그活躍面을 期待하여 미지 않는다. 또한 이를 위한 綜合調整等 制度, 法令 技術協同面에서 問題가 많으나 여기서는 이로써 마치고저 한다.