

洛東江 流域 水質源管理 (I)



박 영 규

(嶺南大·環境大學院教授)

I. 序 言

古代로 부터 現在에 이르기까지 人間生活의 基반을 이루고 있는 것은 물, 水資源이다. 環境의 3大 基本要素인 空氣, 土地 및 물 가운데 하나인 “물” 줄기를 따라서 우리 人間은 文明을 發達시켜 왔고 물을 中心으로 集團生活을 영위해 왔던 것이다. 이 물은 人間에게 무한한 번영을 주기도 했고 때로는 水魔로 化身하여 貴重한 人命과 生活環境을 파괴하기도 하였다. 그러나 오늘 날에 와서는 물로부터 받는 위협의 時代로부터 벗어나서 그 은혜를 깨닫는 時代로 되었을 뿐만 아니라 그 量의 確保와 質的 保全의 時代에 到來하게 된 것이다.

따라서 世界 到處에서는 人口의 급속한 증가와 이에 따른 食糧의 增産을 비롯한 물 需要의 急増은 물론 水質 汚染으로 인한 可用 水資源의 감소 등으로 앞으로 다가올 “물 危機”에 대한 對策에 腐心하고 있는 現實이다.

우리나라 역시 그 例外일 수는 없어서 限定된 水資源의 開發과 그 管理 및 保全에 오래전부터 國力을 쏟고 있으나 늘어나는 물 需要와 産業의 發展에 수반하는 水質의 惡化를 막기에는 너무나 미흡한 감이 없지 않다.

우리나라의 年平均 降雨量은 1천 1백 59 mm이며 이로부터 1천 1백 40 억톤의 水資源을 얻을 수 있으나 國民 1人當의 年 降水量은 約 3천 4백 71 톤으로 世界 平均値인 3만 2천톤의 약 10%에 불과하다. 또 칩투 및 증발산등의 각종 損失量과 洪水 기간중의 流失量을 감한 실제 平常

時 流出量은 2백 40 억톤에 지나지 않는다.

이 가운데도 현재 우리가 갖고 있는 既存施設에 의하여 이용하고 있는 물의 量은 18.8%인 45억톤 정도이고 나머지 水資源 대부분은 그대로 바다로 흘러 보내고 있으며 또한 평상시의 水質 역시 점차 그 汚染度가 증대되고 있는 現實이다. 따라서 우리나라 전체의 물 不足量은 「유엔 水質源會議」에 보고된 바에 의하면 1976년에 이미 35%, 1981년에 45%, 1986년부터는 50% 이상이 不足될 것으로 예상되고 있다.

이와같이 國內·外的으로 當面하고 있는 「물」 不足 現상은 우리가 現在 살고 있는 고장의 젓줄이라고 여겨왔던 洛東江에도 벌써부터 年例 行事처럼 겪고 있는 것으로서 그 流域民들에게 生命水를 充分히 공급하지 못하고 있을 뿐만 아니라 점차적으로 그 심각성은 두드러지게 나타날 것이다.

따라서 우리들은 지금부터라도 有限한 水資源을 잘 管理하고 保全하는 方法을 찾아서 앞으로 다가올 「물」 不足의 문제를 해결할 수 있도록 해야 할 것이다. 이 目的을 위하여 일반적으로 시스템 技法을 사용해서 水資源의 最適化를 기하고 있으며 그 適用에 있어서는 計劃과 水資源 시스템의 運營操作의 兩面으로 나눌 수 있으나 여기서는 既存 시스템의 目的을 가장 잘 수행하는데 필요한 意思 決定으로서 既存 水資源 시스템의 運營操作(Operation)의 觀點에서 考察해 보기로 하였다. 即, 最適化의 시스템 技法으로서는 動的計劃(Dynamic Programming D.P) 모델을 採擇하여 本 流域에 있어서는 現在 唯一한 單

一 多目的貯水池인 安東댐의 最適 運營方法으로 부터 本流와 下流域 및 支流流域에 대한 水資源 管理 問題를 檢討해 보기로 하며 支流流域에 있어서는 琴湖江 永川댐의 最適 運營과 그 「물」配分으로부터 下流의 水資源 管理問題를 檢討해 보기로 하였다.

II. 賦存 水資源量과 「물」不足

洛東江은 古代 “三浪江”이라고 불리워진 江으로서 주로 慶尙南·北道의 대부분에 本流와 그 支流가 뻗어 있으며 그 流域面積은 우리나라 面積의 24.2%인 2만3천8백59km²이고 流路延長이 5백26km인 우리나라 最長의 江이다.

이 流域의 年平均 降水量은 1천1백6mm로서 4大江 流域中 가장 낮은 값으로 우리나라 전체 平均 값을 下廻하고 있으며 水資源量으로 보면 우리나라 전체 降水量의 約 22.4%인 255억톤에 지나지 않는다. 이 가운데 損失量을 除外하고 河川으로 流出되는 流出量은 그 50%인 150억톤이나 대부분 洪水時를 비롯하여 유실되고 10%程度가 各種 用水로 利用되고 있는 실정이다. 또한 河狀係數가 높아서 洪水時의 洛東江의 流量은 渇水期의 그것에 比하여 3백72배에 이른다.

따라서 극심한 旱魃을 겪는 반면 때로는 莫大한 洪水被害를 입게 되는 것이다. 至今까지의 記錄으로 보면 1일에 300~600mm의 集中豪雨가 내려서 莫大한 人命 및 財產上의 損失을 가져온

일도 있었다. 그러나 그 동안 水資源 開發의 일환으로 건설된 安東댐 등과 沿岸開發事業 등으로 인하여 이러한 洪水의 被害는 局所的인 小流域으로 옮겨져서 그 發生樣相이 크게 변모하게 된 反面 물 需要의 急増과 빈번한 旱魃의 發生으로 물 不足이 더 큰 問題로 등장하게 되었다.

洛東江流域 調查事業의 일환으로 調查 分析한 장래의 用水需要 및 本流의 물 不足을 보면 다음 (表-1)과 같은데 이것은 河川 維持用水를 秒當 40톤으로 취할 경우에는 2000年代에 가서 用水需要가 70억톤 이상이 되고 本流만 하더라도 그 물 不足量이 15억톤 정도로서 그 물 不足日數가 275日이나 된다.

支流의 물 不足量까지 고려한다면 이 값은 매우 커지게 되며 또한 河川汚染등을 고려하여 河川維持用水를 40억톤 이상으로 잡는다면 用水需要量 및 물 不足量과 그 不足日數가 더욱 증가하게 된다. 「유엔水資源會議」에 보고된 바에 의하면 洛東江流域의 경우 用水需要와 供給의 면에서 이미 1971년에 물 需要를 35% 이상, 1986年度 부터는 50% 이상 充足시키지 못할 것으로 예상하고 있다.

III. 水資源 管理 및 最適化

(1) 本流流域

洛東江 本流의 用水供給을 위한 기능은 주로 單一 多目的貯水池인 安東댐이 맡고 있으므로

〈표-1〉 낙동강유역 용수 수요 및 물 부족량

(單位: 100만톤/年)

年 度	用 水 需 要				本 流 量 不 足 量	
	生活用水	工業用水	農業用水	河川維持用水	不 足 量	持續期間(日)
1981	412	623	2,859	1,260	658	193
1986	600	843	3,080	1,260	885	215
1991	815	1,018	3,197	1,260	1,095	245
1996	1,029	1,171	3,197	1,260	1,272	260
2001	1,271	1,305	3,197	1,260	1,464	275

※ 단, 河川維持用水 40톤/秒일 경우

建設될 狹川댐 및 臨河댐과 河口堰이 完工되기까지는 本流의 水資源 管理는 대부분 安東댐의 運營操作에 좌우되게 된다. 따라서 下流의 用水需要를 最大로 充足시킬 수 있는 月別 貯水池 最適 運營對策을 樹立하는 것이 곧 本流의 水資源을 最適 管理하는 結果가 되는 것이다.

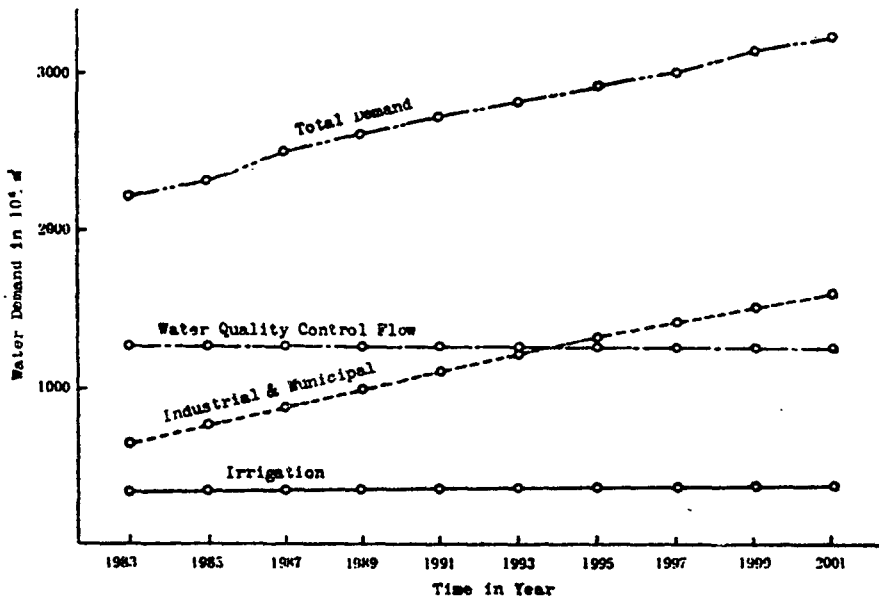
이와같은 單一 多目的 貯水池의 最適 運營對策의 樹立에 있어서는 筆者들에 의하여 DP 모델을 適用시켜서 安東댐을 分析한 結果를 例로 소개하기로 한다.

即, 分析對象인 安東댐의 과거 月平均 流入量으로부터 장래의 月流入量을 模擬 發生시키고 이 發生시킨 資料들로서 流入量 系列을 選定하여 各 系列別로 洛東江 本流의 用水需要中에서 安東댐이 30%~100%까지 充足시킬 수 있도록 8개의 代案을 設定하였다. 그리고 各 代案別로 貯水池 量과 流入量 및 用水需要量 등의 細部 連續分析에 의하여 貯水池 運營曲線(Rule Curve)를 얻은 다음 DP 모델을 適用시켜 이 運營曲線에 근거한 시스템 運營目的 函數를 가장 잘 遂行하는 代案을 最適 運營政策으로 決定하였다.

分析에 사용한 本流 沿岸의 用水需要는 生活用

水 및 工業用水뿐만 아니라 兩岸의 田畠을 위한 農業用水와 河口의 臨水浸入防止를 위한 河口維持를 포함한 것으로서 2000年代까지의 水 需要는 다음(그림-1)과 같으며 그 月別 總물需要量은(表-2)와 같다.

다음 貯水池 運營曲線은 貯水池 容量과 供給水 量의 關係, 豫想流入量과 流域 全體의 水 需要量中에서 댐에 의하여 供給되어져야 할 水 需要量 등의 여러 變數들을 檢討하여 渴水條件下에서 用水供給을 充分하게 할 수 있도록 하기 위하여 어떤 特定時間에서 개개의 特定放流對策과 關連하여 貯水池 運營者가 維持하여야 하는 目標 貯水池 量과 一致되는 것으로서, 流入量 系列에 對하여 本流에 의존하는 水 水要量中에서 安東댐이 30%에서 100%까지를 供給하는 경우의 各各에 대한 運營曲線을 求하여 이를 各 月別 目標 貯水池 量으로 하여 最適 運營對策分析에 使用하였다. 그리고 動的 計劃(DP) 모델을 適用하여 安東댐의 月別 最適 運營對策을 樹立함에 있어서는 장래의 用水需要에 대처하며 댐의 內的 制約條件內에서 用水供給을 最大로 하는 運營政策을 樹立하였으며, 設定한 各 代案別 貯水池 運營曲線에 근거한



〈그림-1〉 낙동강 본류에 있어서의 용수 수요

〈표-2〉 낙동강 본류의 월별 총 용수 수요량

Unit: 10⁶ m³

Year Month	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Jan.	151	155	159	168	170	175	178	181	187	190	193	197	203	205	210	214	217	221	224
Feb.	151	155	159	168	170	175	178	181	187	190	193	197	203	205	210	214	217	221	224
Mar.	152	157	161	170	173	177	181	184	190	193	196	201	205	209	214	217	220	225	228
Apr.	156	161	165	174	177	181	184	188	194	197	200	205	209	213	217	221	224	229	232
May.	167	173	175	176	191	196	199	203	209	212	217	221	226	230	235	240	243	247	251
Jun.	299	303	313	327	333	339	341	346	354	358	362	366	371	376	381	386	390	393	398
Jul.	227	233	242	253	257	263	266	271	278	283	287	292	297	302	308	313	317	320	326
Aug.	259	266	272	287	293	299	302	307	316	319	326	330	336	341	347	353	357	361	366
Sep.	190	195	201	214	218	223	228	233	240	243	250	254	259	265	271	277	281	285	290
Oct.	164	169	174	185	188	194	197	203	210	214	218	223	228	233	239	244	248	251	256
Nov.	152	157	161	170	173	177	181	185	190	193	196	201	205	209	213	217	220	225	228
Dec.	150	155	158	167	170	175	176	181	187	190	193	197	203	205	210	214	217	221	224
Total	2,218	2,279	2,340	2,470	2,513	2,574	2,611	2,663	2,742	2,782	2,835	2,884	2,945	2,993	3,055	3,110	3,151	3,199	3,247

目標貯水量(Objective Storage)과 물 需要量에 근거한 目標放流量(Objective release)에 가장 近接한 代案을 選定하여 最適運營對策(Optima Operation Policy)으로 擇하도록 하였다. 流入量系列에 對한 代案 1~8을 1983년 부터 2001년까지 各 月別로 最適分析해본 결과 어느 한 流入量系列의 경우(表-3)에서 보는 바와같이 用水供給의 側面에서 代案 1(30%供給)은 1996년까지 本流 總用水需要量の 30%供給이 可能하고 代案 2(40%供給)는 1988년까지 本流 總用水需要量の 40%供給이 可能하며 代案 3-8(50%~100%供給)은 安東댐만으로서는 供給能力이 미치지 못함을 알 수 있었다. 1996년까지 本流 總用水需要量の 30%供給이 可能的 代案 1은(그림-2)에서 보는 바와 같이 灌溉期인 5~8월에도 充分하게 30% 用水供給이 될 수 있으나 1997년부터는 全期間에 걸쳐 물 不足이 일어나서 30% 用水需要量を 充足시키지

못하며 특히 頭물不足은 主로 移秧期인 6월에 일어난다. 累積貯水量(Accumulated Storage)의 경우도 1996년을 전후하여 동일한 결과를 보여주고 있다.

流入量系列에 相異할 때도 거의 비슷한 결과를 보여 주었으나, 일반적으로 代案 3~8(50~100%供給)은 各 流入量系列에 관계없이 安東댐만으로서 本流 總用水需要量の 50~100%를 供給할 수 없는 것으로 나타났으며 各 流入量系列 모두 共通의 本流 總用水需要量の 30%는 1991년까지 安定的으로 供給할 수 있음을 알 수 있다. 따라서 1991년까지 30%를 安定的으로 供給할 수 있는 流入量系列의 代案 1(30%供給)이 最適運營對策임을 알 수 있으나, 한편 本流 總用水需要量の 100%에 가까운 供給을 위해서는 이미 着工된 陝川댐 및 河口堰의 조속한 完工은 물론 특히 上流에 위치한 臨河댐의 건설이 時急함을 알 수 있다.

〈다음호에 계속〉