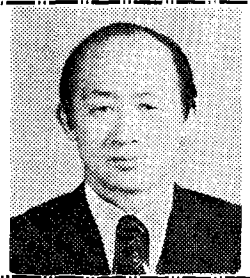


# 流域利水の高度化에 對應하는 河口水資源開發

— 韓國 · 日本의 代表的 事例研究 —

서울市立大學 敎授

農學博士 李 熙 榮



## 1. 韓國의 水資源

### 가. 降水狀況

韓國의 年間降水量은 1,159mm로서 世界平均 857mm에 比較하면 自然的으로 惠澤을 입고 있는것 같이 생각된다. 그러나 損失量을 除外한 年間流出量은 630億 $m^3$ 이다. 1980年末의 人口가 3,750萬人으로 1人當 年間利用可能量은 1,680 $m^3$ 에 不過하다. 또한 年間的 降水分布狀況도 몹시 偏在되어 있다. 6月~9月에 年間降水量의 65%가 集中的으로 비가 내린다.

1年間的 月別 降水狀況은 7月에 240~250mm가 最高이고 最小은 1月이고 7月の 1/10에 해당되는 25mm가 降水할 뿐이다. 日降水量은 最大가 200~300mm이고 年間降水量의 22%를 占한다. 洪水期의 降水量은 300~500mm로 年平均降水量의 39%가 降水하는 反面 年間無降水日數가 20日 以上 계속되는 경우가 10年間に 南·東海岸에서 9回, 中南部, 西部海岸에서 4回 發生했다.

### 나. 年平均降水量

韓國의 年平均降水量은 1,140億 $m^3$ 이며 그 中 물 循環過程에서의 損失量 510億 $m^3$ 을 除外하면 利用可能한 河川流出量은 630億 $m^3$ 이다. 그러나 其中 洪水時의 流出量이 390億 $m^3$ 이므로 平常時의 河川流出量은 240億 $m^3$ 이다. 이는 年平均降水量이지만 1/10 確率渇水年의 年間降水量은 約 850mm이며 물의 賦存量은 837億 $m^3$ 이고 其中 損失量을 除外한 利用可能한 河川流出量은 460億 $m^3$ 이다.

또 日本·美國의 年平均 流出量 即 利用可能量은 1,070mm, 250mm이다. 韓國의 640mm에 比較하면 日本은 韓國의 1.7倍이고 美國은 韓國의 0.4倍이다.

1人當 利用可能量을 韓國과 日本·美國과 比較하면 1970年에 있어 韓國의 1,970 $m^3$ 에 比較하면 日本은 3,800 $m^3$  美國 8,400 $m^3$ 으로서 韓國의 1.9倍, 4.3倍이다. 2,000年의 推定은 日本은 韓國의 2倍, 美國은 5倍로 된다.

世界의 一人當 利用可能水量은 1975年에 9,200 $m^3$ 이나 韓國은 1,830 $m^3$ 으로 韓國의 5倍 以上이며 2000年에 가서는 世界의 一人當 利用可能水量은 5,900 $m^3$ 이며 韓國은 1,360 $m^3$ 으로 韓國의 4倍가 된다. 以上 指摘한 바와 같이 韓國의 水資源은 極히 적은 것이며 또한 6月~9月에 降水가 偏在되어 있고 自然的 地理條件이 좋지 않아 年間降水量에서 總蒸發量과 再地表水化되지 않는 浸透損失量만을 除外한 물賦存量이 그대로 利用可能量이라고는 할 수 없을 것이다.

또한 물은 有限한 貴重한 資源이다. 물은 生命의 源泉이다. 물은 우리들의 每日의 生活과 農業生産과 産業活動을 바쳐주는 重要한 資源이다. 現在에 있어서나 將來에 있어서의 發展을 위해서도 물의 安定된 供給은 極히 重要한 課題이다. 이를 위해서는 水源 地域對策의 充分한 配慮를 하여 댐, 河口淡水湖, 河口堰等에 의한 水資源開發을 積極的으로 推進하여 安定된 水資源을 確保하지 않으면 안되며 또한 물을 아껴쓰고 깨끗한 물로 自然循環으로 돌려 보내야 한다. 그래서 아름다운 河川, 湖沼를 우리들의 生活속에서 되돌려 다음의 世代, 그리고 그다음의 世代에도 될 수 있는 限 豐饒한 물을 남겨야 할 것이다.

韓國에 있어서는 近年에 河口淡水湖計劃이 大規模的으로 이루어지고 있으며 日本에서도 많은 實績이 있다. 個個의 淡水湖 建設實情을 살펴보면 流域의 水利開發과는 關係없이 淡水湖의 築造가 容易한 地理的 條件에 의하여 設置한 感이 있으나 淡水湖의 特性을 생각하면 淡水湖야말로 流域의 全水利開發과 깊이 關聯이 있다고 생각된다.

이제까지의 淡水湖에 關한 研究는 流域의 水利開發과는 關係치 않고 淡水湖 그 自體의 建設에 수반되는 物理的·工學的諸問題만을 追求하는 傾向이 있었으나 本研究에서는 觀點을 새로이 하여 流域水利開發과 關聯지어 淡水湖를 如何히 計劃해야 하는가를 檢討하고 그 計劃의 基調가 되는 것을 探究하는 것을 目的으로 하였다.

研究는 먼저 世界의 水利와 韓國과 日本의 水利를 比較하여 그 水準이 어느 程度인가를 檢討하고 韓國·日本의 代表的인 淡水湖를 擇하여 流域의 水利狀況, 淡水湖의 役割等을 多角의 比較檢討했다. 그리고 여기서 얻어진 成果를 바탕으로 하여 上流댐 開發과 下流河口淡水開發과의 關聯에 對한 一般의 考察을 했다.

最後로 이들을 綜合하여 淡水湖計劃의 基調가 되는 것을 整理 總括했다.

## 2. 世界의 水利와의 比較에 있어 韓國·日本의 水利水準의 檢討

韓國의 一人當 물 使用量은 1978년에 年間 352m<sup>3</sup>이나 日本은 1975년에 年間 762m<sup>3</sup>으로 日本에 比較하여 切半도 되지 않으며 논 農事를 하는 나라로서는 例外的으로 적다. 한 사람당의 물賦存量(年平均)은 1975년에 韓國이 1,853m<sup>3</sup>이나 日本은 3,536m<sup>3</sup>으로 賦存量도 日本의 切半程度로 極히 적다. 그러나 물의 使用率(年間물 使用量에 대한 年平均量 賦存量의 比)은 日本과 같이 21%에 達하며 世界에서도 물使用率이 大端히 높은 나라에 屬한다.

日本의 물使用率이 높은 것은 高度의 灌溉農業과 工業化에 의한 것이라 말할 수 있으나 韓國의 물使用率이 높은 것은 물賦存量이 적기 때문이라 할 수 있다.

現在 韓國의 물 使用量이 日本의 切半에도 미치지 못하는 極히 낮은 狀態이지만 今後 經濟成長과 함께 물의 使用量은 急速이 伸張될 것은 必至이다.

그러나 水資源의 開發 餘力은 그리 없다. 이것이 韓國의 물問題가 特別視되는 所以이다.

韓國의 물利用量이 日本의 물利用量에 接近코져 하는 것은 避할 수 없다고 해도 좋을 것이다. 韓國은 都市用水의 伸張에 그치는 것이 아니라 農業用水의 開發도 앞으로 水資源開發에 包含시켜야 하기 때문에 全 물 使用量이 增大하는 것을 充分히 考慮

에 넣어야 할 것이다.

따라서 그에 對應하는 물 供給을 實現하기 위해서는 日本의 切半인 一人當의 물 賦存量의 條件下이므로 日本의 水資源開發의 水準을 훨씬 넘는 水資源開發을 하지 않으면 안된다는 것을 意味한다.

## 3. 韓國·日本의 代表的 淡水湖의 比較 研究

代表的 事例로서 韓國에서는 榮山江河口淡水湖, 錦江河口堰을 擇하여 特히 極限의 水利開發의 狀況과 大規模水源交替의 併發을 中心으로 하여 整理하고 日本에서는 歷史가 가장 오래된 兒島湖, 規模가 가장 큰 中海淡水湖, 首都圈에 있고 물 需要가 甚한 利根川의 河口堰을 擇하여 特히 多目的의 水利開發에 注目하여 檢討를 하였다.

(1) 榮山江流域(流域面積 3,471km<sup>2</sup>)의 年間平均 물 賦存量은 236,000萬m<sup>3</sup>이다. 1977년까지의 물 利用開發의 結果, 年間 물 使用量은 120,000萬m<sup>3</sup>으로 되고 물 使用率은 51%로 되었다. 1976年 榮山江 河口에 農業用水 27,000萬m<sup>3</sup>(灌溉 面積 20,700ha)과 都市用水 14,000萬m<sup>3</sup>을 確保할 目的을 가지고 淡水湖의 計劃이 着手되었다. 이로써 榮山江流域의 물 使用率은 68%로 된다. 또한 河口隣接에 “서브”淡水湖를 設置하고 自體流域으로서는 貯溜量이 不足하기 때문에 隣接地域에서 淡水貯溜할 計劃이다. 이 計劃이 이루어지면 河口隣接流域을 包含하여 물 使用率은 76%로 된다. 참으로 極限的 水利開發이라 할 수 있다. 뜻깊은 것은 上流에서 充分한 水源開發後에 河口水源이 開發된 것이다.

(2) 錦江流域(流域面積 9,313km<sup>2</sup>)의 年間平均 물 賦存量은 67億m<sup>3</sup>이다. 이제까지의 물 使用量은 181,000萬m<sup>3</sup>으로 물 使用率은 27%였다. 그에 農業用水 34,000萬m<sup>3</sup>(灌溉畝面積 44,000ha) 都市用水 43,000萬m<sup>3</sup>의 確保를 위하여 錦江河口堰이 計劃되었다. 이로써 물의 使用率은 39%로 된다. 河口水源으로 直接給水可能한 地域은 下流部이다. 上流地域에 널리 있는 灌溉施設이 없는 農地에 用水를 供給하는 것은 不可能에 가깝다. 그러나 既設 貯水池을 運用하여 水源交替를 河口에서 上流로 向하여 秩序있게 한다면 河口淡水湖를 契機로 하여 上流農地의 灌溉가 可能하게 된다. 錦江河口堰은 그와 같은 大規模

水源交替計劃은 물의 有効利用을 企圖하는 것으로 貴重한 모델로 되어도 좋다고 생각된다.

(3) 兒島湖는 1956년에 完成하여 農業用水 8,200 萬 $m^3$ (干拓地灌溉 2,450ha, 既存用水系統末端 950ha)를 確保供給하고 있다. 그러나 兒島湖近邊의 岡山市, 倉敷市の 都市化의 進展에 따라 污水가 流入하여 富營養化 現象을 나타내게 되었다. 現在 兒島湖利用 農民의 意向은 兒島湖水質이 改善되어 新鮮水의 貯水池로서 維持되는 것을 바라고 있으나 汚染源이 廣範하게 存在하고 新鮮水로서의 維持는 이미 어려운 段階에 있다고 할 수 있다. 이제로부터의 方向은 도리어 污水의 再生利用의 센터로서 位置를 굳히는 것이 水利計劃上 合理的이다. 兒島湖의 推移는 그야말로 韓國淡水湖의 指標가 될 것이다.

(4) 中海淡水湖는 上流에서의 水質源開發이 充分이 이루어지지 않은 狀態에서 先行된 것과 漁港 등 多目的利用을 淡水湖內에 넣은 施設이 있는 등 때문에 施設規模가 過大化하고 維持管理費用이 過大하게 되지 않았다고 할 수 없다. 그러나 이제까지 筆者가 생각하지 못했던 淡水湖의 多目的 利用에 對하여 個別技術上에서는 示唆된 것이 많은 施設이다.

(5) 利根川河口堰에 있어서 가장 問題視되는 것은 逆流操作에 의한 海水의 河口堰內에의 流入이다. 河口堰內의 貝類生棲 때문에 行하는 것이나 이때문에 河口堰內淡水의 鹽分濃도를 適切히 調節하지 못하고 있다. 鹽水의 流入은 그외의 魚道에 의한 鹽分流入, 河口堰內의 漁港에 通行이 있기 때문에 閘門에 의한 鹽分流入 등이 있다. 이들 河口堰의 多目的 利用은 꼭 成功하였다고는 하기 어렵다. 도리어 安易한 多目的 利用은 鹽分濃도를 高度化시킬 위험이 있다는 實證을 보여주고 있다. 韓國淡水湖計劃에 있어 他山之石으로 해야 할 것이다.

#### 4. 上流水源開發(山地담 開發)과 下流水源開發(河口淡水湖)과의 關聯

以上과 같이 河口淡水湖의 計劃은 流域의 水利開發과 關係없이 세워져 좋은 것은 결코 아니며, 流域水利開發과 깊이 關聯시켜 생각해야 하는 것이 明確하게 되었다. 上流水源開發과 下流水源開發과의 關聯을 水量 및 水質의 兩面에서 一般的으로 考察한다.

### 가. 流量管理의 立場에서

#### 1) 基礎的 檢討

單純한 모델로 생각하며 理論的 整理를 하였다. 그 結果는 다음과 같다.

만약 上流에 댐 없이 河口淡水湖를 設置한다고 하면 上流의 댐의 調節機能을 河口淡水湖가 負擔해야 하기 때문에 河口淡水湖容量은 過大하게 되지 않을 수 없다. 그러나 上流댐을 極限의 容量까지 設置하는 경우에는 上流集水域에서의 出水는 모두 平準化되기 때문에 河口淡水湖容量은 平地部에서의 出水만에 의하여 規定되게 된다. 이 경우, 河口淡水湖 容量을 規定하는 것은 平地部에 있어서의 降雨分布의 偏在性이다. 偏在性이 甚하면 甚할수록 河口淡水湖 容量은 크게 안될 수 없다.

#### 2) 計劃基準降雨에서의 시뮬레이션解析

實際의 流出은 極히 複雜하므로 流出시뮬레이션에 의한 解析을 했다. 結果는 降雨偏在가 強한 韓國榮山江에 있어서는 極限取水量을 實現하기 위해서는 流域全體에서 必要로 하는 댐 容量中 23%을 河口댐에 의존하게 되며 偏在가 比較的 적은 日本의 鬼怒川는 그 容量의 19%를 의존하면 된다. 시뮬레이션 結果도 거의 基礎的檢討와 合致하는 것을 알 수 있다.

### 나. 水質管理의 立場에서

淡水湖內의 深層部에는 鹽水層이 存在한다. 特히 低層은 溶存酸素가 不足한 경우가 많으므로 低層에 沈澱한 有機物이나 植物프랑크톤은 嫌氣性分解을 일으켜 富營養化를 促進하는 窒素, 磷을 溶出한다.

日本의 淡水湖는 거의가 富營養化現象을 일으키는데 充足한 蓄積을 하고 있다.

榮山江淡水湖에 있어서도 現在는 窒素磷의 濃도가 相當이 적으나 流域의 狀態가 現狀 그대로에서 推移한다면 1990年代에는 富營養化現象이 나타난다고 推算되어, 今後水質을 考慮한 管理計劃은 必須라 하지 않을 수 없다.

### 5. 結 論

(1) 河口淡水湖의 計劃은 全流域의 水利開發計劃과 깊은 關係가 있다. 上流에서 山地水資源開發을 充分히 하여 限界에 達한 後에 河口淡水湖에 의한 水資源開發을 하는 것을 基本으로 해야 한다.

(2) 河口淡水湖는 充分한 容量을 갖는 경우에는

流域内の洪水를 無効放流없이 캐치하고 完全히 利用하는 機能을 갖는다. 참으로 極限의 水利開發을 實現하는 基本的 施設이라 할 수 있다.

(3) 河口淡水湖는 다른 用途로 使用된 물을 캐치하고 再利用하는 循還的 물 利用의 機能을 갖는다. 河口淡水湖의 물은 長期的으로 볼 때, 新鮮水로서의 維持는 困難하지 않을 수 없다. 將來에는 污水 再利用의 센터로서의 機能을 發揮할 수 있도록 位置를 準하는 것이 水利計劃上 合理的이다.

(4) 河口淡水湖가 直接給水可能한 地域은 主로 下流部이다. 그러나 上流地域에는 灌溉施設이 없는 農地가 넓게 남아 있다. 그러나 既存의 用水組織, 水利慣行대로는 給水가 困難하다. 그래서 新舊水源의

大規模交替計劃이 重要하다. 河口淡水湖는 그와 같은 大規模水源交替를 實施하는 契機가 되고 流域全體의 用水合理化를 推進할 수 있는 機能을 갖는다.

(5) 河口淡水湖에 의한 水資源開發에서 가장 問題視되는 것은 鹽分에 의한 汚染이다. 汚染에서 淡水湖를 保護하기 위해서는 安易한 多目的利用은 도리어 危險하고 河口堰內的 漁港, 鹽分을 要求하는 魚貝類를 除外하고, 水門의 逆流操作의 廢止, 漁港, 魚道の 閉鎖等 拔本的인 方法을 施行하는 것이 必要하다.

本研究에 의하여 以上이 淡水湖計劃의 基調로서 流域利水와의 關聯에서 確認되었다.