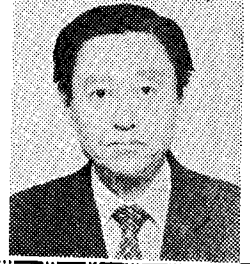


農業水利의 發展과 流域의 水管理

日本 東京大學 農學部 教授

農學博士 志 村 博 康



1. 序 言

從前의 農業水利는 人間이 만들어낸 것이라고는 하지만 自然의 狀態에 가깝고 自然의 흐름에 대해若干 손을 댄 것에 不過했다. 國民學校 學生의 唱歌에 나오는 「봄철의 시냇물」은 自然의 河川을 노래했다는 것보다도 農村의 어디에서도 볼 수 있는 農業用水를 노래했다고 볼 수 있는 것이다. 農業水利는 어디까지나 人間이 만들어낸 것이지만 自然속에 溶解된 人工物이었고 自然에 準하는 것이었다.

그런데 오늘날의 農業水利의 모습은 반드시 그렇지만도 않다. 從前의 면모를 그대로 남긴 것도 있지만 自然과 對照的인 의미에서의 人工物이 되어 機械的인 것으로 볼 수 있는 데까지 이르렀다. 技術文明이 農業水利의 世界까지도 장악해서 技術化를 끊임없이 繼續하고 있는 것이다.

技術文明 속에서 물의 利用은 끊임없이 變化하고 있다. 흔히 물利用의 進展을 需要量의 增大로써 表示하는 경우가 있으나 물의 需要量은 물利用의 侧面을 表示할 뿐이고 결코 물利用의 全體를 나타내는 것은 아니다.

設令 물需要量이 달라지지 않는 경우에도 물利用 方法은 끊임없이 變化할 것이다. 技術文明 속에 있기 때문이다. 오늘날 물利用의 全體가 어느덧 變動되지 않는 것이 되어 固定化될 것이라고는 전혀 豫測할 수가 없다. 물利用은 技術의 發達, 經濟의 發展과 함께 끊임없이 變化해 간다고 말하지 않을 수 없다. 農業水利도 例外일 수는 없는 것이다.

그러나 물利用이 아무리 發展한다 해도 自然的인 물循環 속에서 成立되는 것이다. 特히 農業水利는 넓은 大地 위에서의 물利用이 主된 것이므로 自然的인 물循環에 크게 規制된다고 아니할 수 없다. 農

業水利는 技術文明 속에서 끊임없이 變化하지 않을 수 없지만 언제나 自然의 물循環 속에서 均衡을 取하지 않을 수 없다.

지금까지의 農業水利는 水利系統別로 地域을 分割하여 水利系統마다 獨立化해서 個個의 水利系統의 内部에서 均衡을 잡아 왔다. 都市用水가 점차 成長해 왔을 경우에 있어서도 河川을 가지고 競合한다고는 하지만 各用水는 各各 獨立의 立場에서 各自의 内部단의 均衡을 생각해 왔다. 물利用이 아직 流域全體를 包含하기 以前에 있어서는 그래도 좋았었지만 그러나 오늘날의 물利用의 展開는 急速度로 水利系統의 規模가 擴大되어 水利系統相互間의 干涉을 避할 수 없게 해서 個別水利系統이 獨立해서 存在하는 것을 혼들어 놓기 시작했다고 생각된다. 特히 都市用水의 急速한 成長은 거기에 더욱 拍車를 加하고 있다고 말할 수 있을 것이다. 이제 물利用이 發達한 地域에서는 各水利系統이 流域안에서 서로 競合해서 流域의 規模로 均衡을 考慮하지 않는 限 물利用을 圓滑하게 할 수 없는 狀況이 되어가고 있다.

水利系統別 地域分割에 의해 물利用이 成立되었던 時代는 차차 終末에 가까워지고 있다고 말해도 좋을 것이다. 다음에 오는 時代는 流域의 規模로서의 물利用의 均衡일 것이다. 물利用의 不斷의 變化는 그 方向으로 向하고 있다고 생각할 수 있는 것이다.

그렇다면 流域의 管理를 向한 이러한 움직임 속에서 물利用에 어떠한 局面이 나타날 것이며 農業水利에 어떠한 變化가 일어날 수 있을 것인가 그것을 檢討해 보자.

2. 流域의 水管理의 展望

水源에서 導水過程 물使用現場의 問題와 같은 順序로 流域의 管理段階를 向해서 물利用이 일어날 것

이라는 움직임에 對해 記述해 보자. 本來 같으면 물 需要에서 出發해서 供給體制를 생각하는 것이 論理 일 것이다. 特히 農業, 農村의 變化에 따른 물利用의 變化라는 것을 생각하는 경우에는 그 論理가 條理에 맞다고 볼 수 있다. 그러나 農業, 農村의 變化까지 包含해서 社會의 變化, 發展에 의해 물利用이 점차 어려워진다고 할 때(거기에는 水資源의 有限性이라는 壁을 意識해서 하는 말이지만) 供給側이 오히려 큰 規制要因이 되는 경우도 일어날 수 있다. 물利用이 發展된 곳에서 앞으로 일어나는 事態는 오히려 그러한 것이 아닐는지? 여기서는 試驗的으로 供給側의 움직임을 初期條件과 마찬가지로 다루어서 議論을 해나가기로 한다.

가. Dam群의 運用

現在 많은 地域에서 볼 수 있는 Dam의 運用은 하나 하나의 Dam에 對해서 따로 따로 못막아놓고 Dam의 運用은 완전히 別途로 하고 있는 形式이다. 矢作川의 경우에도 前述한 것과 마찬가지로이다. 그러나 水資源이 逼迫해지고 水資源의 가장 適切한 確保가 물利用상의 重要한 課題가 되면 事態는 달라지지 않을 수 없을 것이다. Dam에는 물이 잘 고이는 것과 잘 고이지 않는 Dam이 있다는 것은 經驗的으로 알고 있는 일이지만 잘 고이는 Dam에서 될 수 있는대로 물을 빼내고 잘 고이지 않는 Dam에서는 取水를 삼가하는 것이 좋다는 것은 明白한 일이다. 따라서 그러한 運用에 점차 가까워져 간다는 것은 避할 수 없는 일인 것 같다.

물이 고이기 쉬운 것을 나타내는 指標로서 다음을 定義해 보기로 한다.

$$\text{Dam充塡降雨高} = \frac{\text{Dam貯水容量}}{\text{Dam集水面積}}$$

여기서 말하는 充塡降雨高는 理論上 Dam을 채우는 데 몇mm의 降雨가 必要하나 하는 것이다. Dam貯水容量으로서 물利用을 생각하는 것이므로 洪水調節容量은 除外하고 利水容量이 對象이 된다. (단 堆砂容量은 利水容量을 덧붙이기 위해 必要하므로 넣는다) 矢作川의 境遇를 參考로 例로 들면 矢作 Dam 129mm, 羽布 Dam 377mm이다. 實로 고이는데 3배의 차이가 있다는 얘기다.

고이는데 차이가 있는 경우 理論上 水資源最適確保의 貯水管理方法은 그날 그날의 空間容量高(Dam의 空間容量÷集水面積)를 同一하게 하도록 取水량을 配分하는 일이다. 特히 渴水對象의 給水計劃에

서는 그 方式이 必要할 것이다.

矢作川의 경우 矢作 Dam의 물 配分區域과 羽布 Dam의 물配分區域은 엄격하게 區別되어 있다고 볼 수 있다. 그러나 고이는데 차이가 있을 때 서로 連繫運用하는 것이 有効하다는 것이다. 今後構想中の 2개의 Dam이 생기고 水資源이 逼迫해져 오면 그와 같은 運用으로 차차 가까워질 것이다.

나. 利水容量, 貯水量의 자기몫의 明確化

그런데 以上은 各 Dam에 매달려 있는 各 利水者의 利水容量을 單一化한다는 것을 意味하는 것은 아니다. 어디까지나 물을 잘 고이게 하는 方法에 지 나지 않는 것이다.

Dam管理에 있어서 다음 問題는 節水일 것이다. 오늘날 거의 모든 地域에서 하고 있는 節水對策은 Dam으로부터의 給水制限이다. 어떤 比率로 各種利水の 給水制限을 實施한다. 矢作Dam에서는 農業用水와 工業用水를 同率로 하고 上水道用水의 比率를 若干 작게 하고 있다. 一般的으로는 同率給水制限이 課해지는 일이 많다. Dam에 存在하는 水利權은 10년에 1回 程度의 渴水를 基準으로 해서 設定되므로 安全率로서는 同率이고 本來的으로는 同率給水制限이 妥當할 것이다. 但 이것은 어디까지나 Dam에 依存하는 것에 對한 경우이며 Dam 以外の 河川自流量利用依存的 水利權에 機械的으로 適用할 수는 없다.

各種 利수가 걸려 있는 多目的 Dam의 경우 Dam에서의 給水制限을 利水者의 合意를 事前에 얻고 있다고는 하지만 管理하는 쪽에서 利水者에게 强要하는 節水이다. 앞으로의 水資源逼迫時代로 생각하면 오히려 利水者쪽이 積極的으로 節水하는 方向으로 要求될 것이다.

오늘날 多目的 Dam에서는 利水者가 Dam으로부터의 給水を 要求는 해도 스스로 節水해서 Dam에 貯水하는 일은 하지 않는다. 그것은 예써 節水하더라도 그것이 Dam에 貯水되어 後日 自己가 使用할 수 있다는 保障이 전혀 없기 때문이다. 羽布Dam은 專用 Dam이므로 節水한 水量이 그대로 貯水되는 구조로 짜여져 있지만 多目的Dam인 矢作 Dam에서는 利水者의 自發的節水是 기대할 수 없다. 綜合運用이 되면 專用 Dam은 없어지고 모두 多目的Dam이 되는데 萬一 節水한 물이 後日에 다시 쓸 수 있는 물이 된다고 하면 節水を 自發的으로 하게 될 것이다.

이것을 完全하게 實現하기 위해서는 水路시스템의 整備가 不可缺少지만 Dam管理上으로는 各利水者의 利水容量의 몫을 明確하게 합과 同時에 그날 그날의 貯水量에 對해서도 明確한 區分을 해야 한다. 簡單하게 말해서 銀行에 預金하는 것과 같이 하는 것이다. (但 利水容量 以上の 貯水는 認定하지 않는다) 發展된 Dam管理에서는 一部 여기에 近似한 것이 있지만 아직 不完全한 段階이며 先進의인 Dam에서도 나날의 貯水增加分에 對해서 區分하는데 그치고 있다. 이 경우 自發的으로 節水한 것은 損害를 보는 結果가 된다. 銀行方式으로 하기 위해서는 Dam으로 流入되는 流入量을 먼저 適當한 方法으로 配分하고(例를 들어 利水容量比率로) 同時에 各利水者가 Dam에서 가져간 水量(給水量)을 明確하게 해야 한다. 이때 蒸發, 浸透 등의 損失의 評價, 不特定利水容量의 評價가 問題가 되는데 銀行方式으로 한다는 立場에서면 그 다음은 對話로써 處理基準을 쉽게 決定할 수 있을 것이다. Dam으로의 流入量과 流出量을 Check해서 自己 몫과 使用分을 明確하게 하는 것은 Dam管理技術의 問題이며 技術的으로 할 수 없는 일은 아니다.

이러한 境遇 利水者는 앞으로 생길 可能性이 있는 渴水를 自己 일로 알고 받아들여 나날의 節水에 努力할 것이다. 특히 農業用水의 경우에는 灌溉最盛期의 물使用을 充分히 考慮해서 慎重히 물을 使用하게 될 것이다.

이와 같은 方式이 採擇되는 경우 利水容量, 貯水量은 마치 經濟財와 마찬가지로 重視되며 水資源의 有効利用이 飛躍的으로 進展될 것이다.

다. 導水過程

이미 進展段階에 있는 幹線水路의 共用化는 더욱 重視되지 않으면 안된다. 특히 Dam群의 綜合運用이 進展될 때 共用化가 不可缺少하게 된다. 現在 共用水路의 維持管理費 負擔은 流量比例方式이 흔히 採擇되는데 이 背景에는 水路를 흐르고 있는 물의 利用者가 限定되고 있다는 條件이 있다. 그러나 流域의 規模에서 共用化를 推進하는 경우(相互交替를 包含해서) 그 水路利用의 利水者는 極히 複雜하게 될 것이다. 따라서 幹線水路에 對해서는 公共의 性格이 強化되어 갈 것으로 생각된다. 어떤 段階에서는 그 流域共同의 水路라는 性格으로도 될 것이다. 그런 경우 水路管理者의 性格은 個別利水者로부터 相對的으로 獨立된 地域共同體的인 公人이 될 것이라고 생

각된다. 農業用水路中에서 事實上地域의 幹線水路의 機能을 다하고 있는 水路에 대해서는 그와 같은 變化가 일어날 수 있을 것이라고 생각되는 것이다.

그런데 그와같은 水路는 調整池, 調節 gate 등, 水位, 流量을 適宜調節할 수 있는 高度의 물管理가 要請될 것이다. 農業用水의 幹線水路 및 그管理도 그와같은 것이 될 수 있는 準備가 必要하다고 생각된다.

制御施設이 整備된 地域共同의 公共水路가 形成되었을 때 產業構造의 變化에 따른 水資源의 再配分은 轉用하는 經濟的 條件만 갖추어진다면 比較的 쉽게 實現할 수 있을 것이다. 再配分의 經濟的 條件에 對해서는 여기서는 省略한다.

라. 물使用現場

여기서의 重要한 問題는 물需要의 變化이다.

씨레질, 移秧期는 1965年에서 1975年 사이에 크게 變化했다. 1965年頃은 6月 5日頃부터 7月 5日頃까지의 約 1個月間이었으나 1973年頃에는 5月 20日頃부터 6月 5日頃까지 約 15日間으로 短縮되었다. 機械化 때문이다. 그 結果 取水量에도 變化가 나타나서 大略水利權限껏 取水하는 날이 많아졌다.

씨레질, 移秧의 機械化는 앞으로 더욱 進展해 갈 것이다. 그 경우 피이크用水量의 增大는 避할 수 없다고 볼 수 밖에 없다. 그러나 피이크用水量을 增大시킬 수 있는 水利權의 餘裕가 없으면 增大도 일어날 수 없다. 明治用水에서는 그 條件이 맞았다고 볼 수 있다. 거의 配給制에 가까운 물利用을 實施하고 있는 地區에서는 機械화된 가운데서도 피이크用水量의 增加는 全體로서는 回避하는 傾向이다. 配分基準에 準해서 個別地區에서 조금씩 피이크를 抑制 또는 뒤로 물려서 全體로서는 피이크回避가 되고 있는 셈이다.

機械化에 依한 씨레질 移秧期의 피이크用水量의 增大는 現在水利權流量이나 配分基準을 깨면서까지 上昇하는 힘은 없다. 限界水量限껏 到達해서 停止하는 것이 一般的이다. 即 피이크는 씨레질, 移秧期의 調整에 依해 상당히 抑制할 수도 있는 것이며 구태어 投資를 必要로 하는 水路를 改造하는 데까지 갈 必要는 없는 것이다.

그러나 이와같은 共同의 規制인 체로 두는 것이 좋은 것인가는 하나의 問題가 될 수 있다. 오히려 機械化의 進展에 對應해서 씨레질 移秧의 技術革新을 推進하는 것은 必要할 것이다. 그러자면 水利條

件이 커다란 制約이 될 수 밖에 없다. 萬一 피이크를 올리는 것이 無理없이 可能하다면 機械化의 進展은 반드시 그것을 하게 될 것이다. 機械化에 맞추어서 可能한 限의 水利條件을 整備한다는 것은 重要한 일이라고 생각된다.

그러나 씨레질, 移秧의 機械化·集中化에는 넘을 수 없는 限界가 있는 것으로 생각된다. 그것은 아무리 水利條件을 改善하려고 해도 自然的인 物循環을 대폭으로 變更시킨다는 것은 困難하기 때문이다. 어느 地域에 있어서의 씨레질, 移秧의 進行速度는 非灌溉期에 乾畚이 된 논에 물이 차차로 들어가는 速度(浸入速度)에 의해 制約되지만 그 浸入速度는 그 地域에 投入되는 流量과 그 時點에서의 地下水條件에 依해서 規定된다. 流量을 大幅으로 올릴 수 있을 때는 浸入速度를 바꾸어 놓을 수 있으나 그것이 困難한 경우에는 浸入速度도 不變이다.

이제까지 씨레질, 移秧의 進行速度는 이 물의 浸入速度보다도 훨씬 느린 것이었다. 그러나 오늘날에는 大馬力의 트랙터를 使用하면 이 浸入速度를 쉽게 넘을 수 있게 되어 있다. 논農事에서는 역시 機械化·集中化를 制約하도록 水利條件이 作用한다면 말하지 않을 수 없다. 이것은 물需要는 機械化에 의해서 크게 달라질 수 있는 것이지만 供給量이 限定되면 그것에 制約된다는 것을 의미하고 있다. 農事의 宿命이라 할 수 있다.

물使用 현장에 있어서 自由로운 물使用을 保障하는 모든 수단이 기대되는 것이지만 自由로운 물의 使用, 물需要의 形成을 크게 制約하는 것은 그 地域에 주어지는 流量이며 巨視的으로는 自然的인 물순환이라고 말하지 않을 수 없는 것이다.

농業에서는 물의 供給條件이 기본적인이며 물 수요의 변화에 의해서 간단하게 변경시킬 수 있는 것은 아니다. 물供給條件은 農業의 커다란 틀이기 때문이다.

以上에 의해 農業水利의 變化要因을 무엇에 求할 것인가라는 問題에 대해서 하나의 문제를 제출한다. 즉 물 수요의 변화가 농업수리의 變化를 준비하는 기초라는 것은 부정할 수 없지만 農業水利의 커다란 틀 그 자체가 바뀌어지지 않는 限 물 수요도 억제된다. 물 수요가 機械化와 연동해서 쉽게 바뀌어질 수 있으려면 農業水利의 큰 틀이 바뀌어지지 않으면 안된다. 오늘날 주목해야 할 것은 地域의 물 이용의 변화, 都市用 물 수요의 進전에 對해서 農業水利의 큰 틀도 바뀌어질 수 있게 되었다는 事實

이다. 그런 의미에서는 이미 農業水利의 變化를 크게 規定하고 있는 것은 地域의 물이용의 變化라 해도 좋을 것이다. 그 地域이 현재 유역으로 되어가고 있는 것이다.

마. 排水의 再利用

流域의 規模에 있어서의 물利用의 均衡을 생각하는 경우에는 排水의 再利用이 重視되어야 할 것이며 그것 없이는 물 수요의 增大, 渴水時에 對한 對應策이 困難하다 아니할 수 없다.

여기서는 排水의 再利用이라고 썼지만 都市까지 包含하면 下水의 再生利用이다. 이것은 長期的으로는 將來의 물 이용의 초점이라고 할 수 있을 것이다. 오늘날의 문제는 排水利用地區를 특별히 정할 수 없다는 데 있다. 즉 下流地域이라 할지라도 깨끗한 물, Dam의 물에 권리를 가지며 그 配分을 따라기 때문이다.

이것은 깨끗한 물의 水利權을 갖는 地域에 機械的으로 排水再利用을 재촉한다는 것은 곤란하다는 말이다.

排水의 再利用은 오히려 新規水利地區에서 처음부터 그것을 條件으로 시작하는 것이 좋을 것이다. 이때 Cost에 있어서도 깨끗한 물보다도 싸야 한다는 것이 중요한 일이다. 新規의 발판계 지구에서는 이 가능성이 있다고 말할 수 있다. 문제는 排水의 再利用이나 下水의 再生利用에 있어서도 Cost가 제법 높다는 것이다. 이 Cost를 낮출 수 있는 조건(例를 들어 都市側의 協力等)을 運用할 수 있을 때 발판계에 있어서의 排水再利用은 可能性이 열릴 것이다.

깨끗한 물의 水利權을 갖는 既存利水者가 排水의 再利用을 하려고 하면 깨끗한 물의 水利權과 교환할 수 있을 만한 經濟的 條件이 不可缺하다. 그러나 이 條件도 資源의 逼迫과 함께 Dam에 의한 水資源의 開發가 上昇해 가기 때문에 장기적으로는 점차 成熟해 간다고 생각된다.

視野를 크게 넓혀 보면 將來의 물利用에 있어서, 排水, 下水의 再利用을 流域의 물순환 속에 정착시켜 人間活動에 의한 물의 汚染을 人間の 再生利用 System 속에서 解決하는 方策이 導入되지 않으면 안될 것이다. 이 때 물 淨化의 커다란 役割을 擔當하는 것은 農業用水의 커다란 기능이 된다고 말할 수 있다. 또한 그것은 都市를 유지시켜 주는 것이 될 것이라고 말할 수도 있다.

3. 極限의 水利開發

가. 上流水源 System

여기서 對象으로 하는 것은 上流側山地에 있어서의 水資源開發의 極限狀況이다.

水資源開發의 限界를 어떻게 잡느냐 하는 문제는 여러가지 견해가 있을 수 있다.

計劃基準年을 定해서 水利計劃을 樹立하는 現行方式을 가지고 생각한다면 그 計劃基準年中에서 開發을 極限까지 進行시킨 경우일 것이다. 간단히 말해서 計劃基準年의 降雨를 남김없이 이용할 수 있도록 貯水池를 만드는 경우이다. (但 蒸發散量은 除外한다)

萬一 물利用이 年間을 통해서 一定한 流量이라고 한다면 計劃基準年의 流況을 완전히 年平均 流量으로 平滑化할 수 있도록 貯水池를 만들었을 경우일 것이며 時機에 따라 다른 流量이 되는 물利用의 경우에는 各期의 流量을 保障함과 同時に 計劃基準年에 있어서는 그 以上 開發이 不可能한 경우이다.

그러면 그 以上の 開發은 不可能한 것인가? 그렇지 않다. 어디까지나 計劃基準年의 範圍內에서의 이야기이며 計劃基準年을 초과하는 試圖을 한다면 또 다르다. 計劃基準年을 초과하는 방법은 再現確率年을 변경하는 경우와 1年이라고 하는 기간을 기준으로 하지 않고 複數年을 計劃基準으로 하는 경우가 있다.

前者의 再現確率年을 변경하는 경우에는 現行의 10年을 10年 以上(20年 또는 50年)으로 하느냐 또는 10年以下(5年 또는 3年)로 하느냐가 문제가 되는데 再現確率年을 增大시키면 開發可能流量은 低下하므로 開發可能流量을 새로 추가해야 한다면 再現確率年을 縮少시킬 수 밖에 없다. 10年 確率을 5年 確率 또는 3年 確率로 해야 한다는 뜻이다. 이 경우에는 設令 10年 確率의 計劃基準年에서 限界까지 開發했다고 하더라도 計劃基準年을 변경하는 것을 통해서 새로운 開發流量을 만들어낼 수 있다.

그러나 이 경우에 물不足이 되는 해가 생기는 確率도 늘어난다. 이와같은 방식으로 하는 開發流量의 增大는 문제를 안고 있다고 아니할 수 없다. 지금까지 計劃上 10年 再現確率에 의해 물利用 방법이 推進되어 왔던 것을 그 以下로 내릴 수 있느냐 없느냐 하는 것은 논쟁의 여지가 많다. 오히려 再現確率年을 변경하지 않고 開發의 可能性을 생각하는

것이 有効할 것이다.

그것은 計劃基準期間을 現行의 1年에서 2年 또는 그 以上으로 함으로써 可能한 것이다. 計劃基準期間을 길게 하면 할수록 그 期間의 總降雨量의 年平均値는 平水年 總降雨量에 가까워질 것이다. 따라서 1/10 確率의 降雨의 基準期間도 기간의 증대와 함께 조금씩 증대한다고 보아야 할 것이다. 따라서 新規의 開發이 可能하다는 말이된다.

좀더 구체적으로 설명하자면 1年單位の 계획 기준년으로서는 貯水位의 회복을 그 年內에 하는 것을 원칙으로 하지만 그 해에는 回復곤란했던 貯水容量의 Dam에 있어서도 다음 해 降雨가 比較的 潤택해서 쉽게 회복하는 수가 있다. 1/10 確率年의 다음해가 2年 期間으로 1/10 確率이었다고 하더라도 年單位에서는 1/10보다도 確率이 큰 벼락 강우가 많은 해가 되기 쉽다는 것이다. 經年貯溜 Dam의 發想은 여기에 근거를 두고 있다고 볼 수 있다. 따라서 1/10 確率을 전제로 해서도 計劃 기준 기간을 증대시킴으로써 水資源開發을 더욱 發展시킬 수 있다고 볼 수 있다는 것이다.

그러나 이와 같은 水資源開發段階에 들어가면 새로 單位の 개발 容量을 얻기 위해 필요한 貯水容量(限界貯水容量)은 급격하게 증대한다고 생각된다. 따라서 Cost의 으로 개발의 艱難성이 증대한다고 말하지 않을 수 없다.

또 계획 기준년의 水資源을 모두 개발해 버리지 않은 현재의 단계에서는 당면한 극한으로서는 계획 기준년 내에서 한계까지 개발하는데 두는 것이 좋을 것이다. 그것이 물리적으로 참다운 극한이라는 말은 아니지만 실용상의 극한적 목표로서는 실제적일 것이다.

그런데 계획 기준년內의 극한적 水利개발을 생각하는 경우 극한적 貯水容量을 계산할 수 있지만(理論上 最下流點에서 구하는 것이 좋다) 이것을 流域內에 얼마만큼 설정할 수 있는지 생각해 보자. 만일 그만큼의 貯水容量을 貯水할 수 있는 주머니가 流域內에 존재한다면 그것으로 좋다. 없을 경우에는 극한까지 개발할 수 없음은 물론이다.

지금 山地에 얼마나 貯水容量을 잡아 둘 수 있는지 생각해 보자. 말할 것도 없이 山地의 저수 용량은 平地에 내린 빗물까지 貯水할 수는 없다. 山地는 日本에서는 평균적으로 유역의 70%의 면적이므로 Dam에 의해 물을 잡아둘 수 있는 면적 비율은 그 이하가 될 것이다. 개략적으로는 약 60%라고 기

준을 잡을 수 있을 것이다. 降雨量은 山地와 平地에서 차이가 있지만 概算으로는 同一한 정도라고 생각할 수 있으므로 극한적 저수 용량의 60%가 山地에 負荷되는 값이고 나머지 40%가 平地에 負荷된다고 보는 것이 타당하다는 말이 된다. 즉 山地水源 System은 계획기준년내에 있어서 극한까지 개발했다 해도 극한적 저수 용량의 60% 정도까지 밖에 개발할 수 없다는 이야기이다.

그렇지만 이 上流水源 System의 有効性은 극히 높다는 데 주의해야 할 것이다. 이 물은 적절하게 集水域을 관리하면 新鮮한 물로서 확보할 수 있음은 두말할 필요가 없다. 장래 平地에서 물 순환이 활발해졌을 경우에 있어서도 新鮮水의 需要는 점점 높아질 것이 豫想되는 것이며 그 주요한 공급원이 될 수 있다는 것이다.

물론 山地에서의 畜産業等的 發展에 따라서는 汚染의 可能性이 없는 것은 아니다. 현재 이미 각처에서 그 문제가 발생하고 있음은 주의해야 할 일이다. 山地水源 System이 확보하는 물을 항상 新鮮水로서 유지할 수 있도록 유역적 관리를 하는 것이 水資源上 우선 중요한 일이다.

나. 幹線給水 System

給水 System 쪽으로 話題를 옮겨 보자. 물 이용의 고도화와 함께 幹線給水 시스템이 정비되어 갈 것이다. 上流水源 System으로 給水하는 幹線 System 중에서 가장 中心의인 것은 河川이다. 그 河川에서부터 토른을 떠나가기로 하자.

現在の 河川은 한편에서는 給水 System인 동시에 다른 면에서 보면 排水 System이다. 극한적 물 이용 개발이 실시되는 경우에도 現行과 같은 用排水兼用으로서 좋을지 어떨지가 하나의 문제가 된다.

河川等 公共水域으로의 排水는 環境保全法에 의해 嚴重하게 규제되어 있다고는 하지만 排水의 水質基準을 新鮮水와 同等하게 한다는 것은 거의 기대할 수 없으므로 排水의 流入이 있는 限 新鮮水의 送水는 장애를 받지 않을 수 없다. 現在와 같이 新鮮水와 汚水와의 區別이 그렇게 強力하게 要求되지 않고 있는 물 이용 단계에 있어서는 이 狀態대로 좋지만 극한적 물 이용 단계에 있어서는 新鮮水를 汚水와 區別해야 하는 일이 強力하게 要求될 것이다. 이러한 경우에는 新鮮水를 汚水로부터 區別(分離)해서 導水할 필요가 생긴다.

原則적으로는 新鮮水를 공급하는 System과 汚水

를 수송하는 System을 區分해야 할 것이다. 新鮮水 공급의 幹線 System을 動脈汚水 수송의 幹線 System을 靜脈이라고 불러도 좋을 것이다.

그러면 河川은 動脈이나? 靜脈이나? 地形的으로 가능한 곳에서는 動脈河川과 靜脈河川을 明確하게 區別하는 것이 바람직하다. 그러나 이것이 가능한 지역은 극히 한정된 곳일 뿐일 것이다. 一般的으로 河川 상류부를 動脈河川으로 해서 쓰고 下流部는 靜脈河川으로 할 수 밖에 없을 것이다.

動脈河川 또는 動脈河川區間에 대해서는 原則적으로 排水의 流入을 禁해서 新鮮水의 送水 System이라는 것을 明確하게 할 必要가 있으며, 排水는 原則적으로 靜脈河川 또는 同區間에 流入되도록 河川計劃을 樹立해야 할 것이다.

動脈河川(또는 同區間)에서 新鮮水를 取水하는 水路 System은 動脈水路라고 定해서 新鮮水로서 관리하는 일이 필요하다. 現行的 水路 System은 農業用水 上水道, 工業用水道等 用途別로 System이 구성되어 있는데 물 이용이 더 發展된 段階에서는 幹線水路 System으로서는 地域用水의 성격이 형성되어 그것이 動脈水路를 地域共同의 것으로 해서 관리하도록 할 可能性이 높다.

地域用水의 조직이 어떻게 해서 形成될 것인지 앞으로의 추이를 보지 않으면 알 수 없는 일이겠지만 現行的 모든 用水중에서 地域의 幹線的 역할을 事實上 하고 있는 用水를 基반으로 해서 만들어질 가능성이 높을 것이다. 神奈川縣과 같이 水道企業體가 縣의 거의 全域에 걸쳐서 幹線水路를 設置하고 있는 경우에는 그 企業體가 母體가 되어 地域用水의 조직으로 發展되어갈 것이라고 생각되며 矢作川과 같이 農業用水가 사실상 지역의 幹線수로당으로 되어 있는 곳에서는 그 用水幹線의 관리 기관이 地域用水의 組織體가 될 것이라고 생각된다. 어떻든지 간에 地域의 動脈水路를 관리하는 地域用水管理機關이 만들어져야 할 필요성이 있는 것이다.

다. 幹線排水 System

新鮮水가 쓰여진 後 排水는 靜脈의 水路 System에 의해 받아들인다. 이 System은 反復利用 System을 同時에 導入하는 것이다. 그리고 最終적으로는 靜脈河川 또는 同區間에 排水된다.

라. 下流水源 System

여기서 대상으로 하고 있는 것은 河口堰 및 河口

주변의 淡水湖이다. 이들은 크게 2가지로 分類해서 생각하지 않으면 안된다. 하나는 動脈河川에 연결되는 河口堰 또는 淡水湖이고 다른 하나는 靜脈河川 또는 同區間에 연결되는 河口堰 또는 淡水湖이다. 前者는 新鮮水を 確保하고 後者는 汚水 또는 處理水の 再利用에 쓰인다.

動脈河川에 연결되는 河口堰 또는 淡水湖은 動脈河川에다 平野部の 排水를 流入시키기 어려우므로 平野部에 내리는 降雨의 水資源을 극한적으로 개발할 수 있는 것이 못된다. 이 기능은 靜脈河川(또는 同區間)에 연결되는 河口堰 또는 淡水湖가 담당해야 할 것이다. 動脈河川에 연결하는 河口堰 또는 淡水湖은 動脈河川의 最終調整池라는 性格에 그칠 것이다. 計劃基準年에는 山地에 내리는 降雨를(但 蒸發散은 除外하고) 모조리 新鮮水로서 확보할 필요가 있는데 洪水를 연체고 확보할 수 있을 만한 空間容量을 上流水源 System에서 가질 수 없을 경우에는 이 河口堰 또는 淡水湖에서 確保할 필요가 있는 것이다.

또 動脈河川에서 取水하는 動脈水路 System은 극한적 물 利用의 경우 上流水源 System에서 Control된 河川流量을 取水하게 되는데 河川流量과 取水流量的과의 사이에 gap은 피할 수 없다. 이것을 最下流에서 흡수하는 것도 河口堰 또는 淡水湖의 역할이 된다. 즉 新鮮水の 관리는 上流水源 System, 動脈河川 및 거기에 연결되는 河口堰 또는 淡水湖에 의해서 비로소 종합적으로 Control되어 낭비없이 利用하게 되는 것이다.

靜脈河川 또는 同區間에 연결되는 河口堰 또는 淡水湖은 기본적으로 평야부의 수자원을 계획 기준년에 있어서 완전하게 개발할 수 있는 것이 아니면 안될 것이며 더욱이 反復利用 System의 말단 중심부라고 하는 임무를 갖지 않으면 안된다.

마. 循環水利 System

以上の 수리 System의 구성에서 명백한 바와 같이 순환적 수리 System은 물 사용 현장, 정맥적 수로 System, 정맥 하천 및 거기에 연결되는 하구언, 또는 담수호의 Subsystem에 包含되는 것으로서 결코 動脈하천 또는 동맥수로 System에 包含될 것은 아니다.

但 사용된 물이 토양을 통해서 지하수로서 동맥 하천 또는 동맥 수로 System에 유입하는 경우에는 지하수 오염이 진행되지 않는 한 유효하며 오히려

적극적으로 활용하는 것이 바람직하다. 특히 농업적 물 이용이 동맥 하천에 대한 新鮮水함량이 될 수 있다는 것이 명확한 경우에는 汚水の 농지 환원과 동맥하천을 지하수를 통해서 연결시키는 방법이 계획되어도 좋을 것이다. 즉 汚水を 新鮮水로 환원시키는 장치가 있는 경우에는 동맥부도 또 순환적 수리 System의 일부를 구성하는 결과가 되기 때문이다.

그러나 일반적으로는 汚水の 처리는 신선수까지는 정화시키지 못하고 處理水에 그칠 수 밖에 없다. 이 때에는 순환적 수리 System은 정맥부에 그쳐야 할 것이다.

河川 또는 수로에서의 정화는 동맥, 정맥을 不問하고 중요시 되어야 할 것이며 동맥부에 있어서는 汚水 대책이 아니라 자연적 淸靜性을 유지하기 위해 필요한 것이고 정맥부에서는 汚水對策으로서 불가결한 것이다. 따라서 淨化工法에 있어서도 차이가 있을 수 있다.

4. 循環的 물利用의 方向

이상의 극한적 수리 개발의 System 구성을 기초로 삼으면서 순환적 물이용 방향을 정리해 보자.

가. 開放系와 閉鎖系

여기서 말하는 開放系란 使用한 물을 하천에 되돌린 뒤에 再利用한다는 순환 System이며 閉鎖系란 하천에 되돌리지 않고 再利用하는 경우의 System이다. 어느 쪽이 有効한가는 그 地域의 條件에 의해서 결정될 일이며 확립적으로 말할 수 있는 것은 아니다. 그러나 現行의 動向속에서는 앞으로 문제가 될 것이라고 생각되는 것이 있다. 그래서 그것을 指摘해 두고자 하는 것이다.

오늘날의 순환적 물 이용으로서는 도시부에 있어서의 잠용수 이용과 農業地域에 있어서의 유역적 규모로서의 반복 이용을 들 수 있을 것이다. 도시에 있어서의 잠용수 이용에서는 사용후의 물을 처리해서 그 처리수를 재이용하는 것이지만 아직 국부적 재이용 System에 그치고 있는 경우도 있어서 閉鎖系가 되는 것이 대부분이다. 그러나 이 배경에는 하천에서의 水利權 取得이 대단히 어렵다는 점 때문에 내부에 있는 이용 가능한 水源을 모두 써버리려고 하는 의식이 작용하고 있음은 물론이다.

이 자체는 節水, 물의 유효적 이용에 통하는 것이며 또 평가되어야 할 일이지만 현재의 再利用量

이 적기 때문에 그 정도에 그치고 있는 것이고 만일 재이용이 국부에 그치지 않고 넓은 면적에 걸쳐 이루어지게 되면 증대한 영향이 발생할 염려가 있다. 그것은 水利權을 정하는데 기초가 되는 河川의 기준점 유량은 환원수를 넣어서 성립되고 있는데 再利用이 넓은 面積에 걸쳐 실시되면 환원 System에 변화를 가져오게 되어 기준점 유량을 변경해야 할 가능성이 충분히 있기 때문이다. (다만 최하류의 도시에서는 배수가 그대로 무효 방류되고 있으므로 이런 곳에서는 어떤 方法으로 재이용이 되더라도 하천에는 관계가 없다)

따라서 閉鎖System이 넓은 면적에 걸쳐 실시되어야 할 상황이 생겼을 경우에는 閉鎖系만으로 좋을지 어느 범위까지를 開放系로 해서 계획을 세워야 할지를 검토해 볼 필요가 있다. 河川의 기준점에 대응해서 地域區分을 하고 그 지역을 넘어서 폐쇄제가 계획될 경우에는 재이용 System을 다시 짜야 하는 일이 유역적 물 관리에 요청될 것이다.

현 시점에서는 어떤 지역의 재 이용 System을 폐쇄계로 할 것인가 개방계로 할 것인가를 결정하는 機構가 없다. 재이용 System의 基本系를 정하는 上位의 계획이 缺陷되어 있는 것이다. 이 上位計劃을 유역적 물 관리 상에서 정비하는 일이 앞으로 필요할 것이다. 이것은 河川管理과 地域의 利水와의 사이에 共同으로 연구하지 않으면 안될 과제인 것이다.

流域的 규모로 반복 이용이 실시되고 있는 農業用水에서는 현재 개개의 水利組織을 採擇하는 限 一過的 물 이용이 지배적이다. 그러나 물 利用의 高度化가 進展되면 배수의 재 이용을 개개의 水利組織內에서 실시할 가능성이 높다. 이 순환적 물 이용은 유역적인 물의 흐름(넓은 스케일)의 내부에서 실시되는 것이므로 消費量의 증대가 현저하지 않은 限 큰 문제는 없다.

앞으로 農業用水合理化의 진전에 따라 水利組織 밖으로 물을 빼내는 경우도 생길 것이다. (도시로의 轉用도 포함해서) 이 경우에는 어디에 물을 빼느냐에 따라 환원 경로를 변경시킬 경우도 생길 수 있다. 지역의 利水者와 河川管理者가 공동으로 유역적인 물의 커다란 흐름을 保全하는 일이 必要하게 되는 것이다.

그러나 閉鎖系이나 開放系이나의 논쟁보다도 오히려 앞으로의 流域의 물管理에 있어서 증대한 것은 動脈과 靜脈을 구분하는 일인 것이다. 순환적 물 이용의 형성이 유역적 물 관리에 요구하는 것은 순환水利

System의 폐쇄 또는 개방보다도 오히려 유역적인 물의 큰 흐름을 동맥 정맥으로 분리하는 일이다. 그것을 명확하게 하던 오히려 系가 取해야 할 성질은 자연적으로 정해진다고 볼 수 있다. 순환적 물 이용에 대한 유역적 물 관리상의 기본은 이 동맥, 정맥을 上位 계획에 올려놓는데 있다고 생각된다.

나. 新鮮水와 處理水의 2系統

現在 新鮮水는 값이 싸고 처리수는 비싸다라고 하는 관계 때문에 처리수를 좋아하지 않는 경향이 있다. 그러나 이 관계는 一過的 물 이용 시대의 유물이라고 보아야 할 것이며 장래의 순환적 물 이용의 기본 관계를 나타내는 것은 아니다. 순환적 물 이용의 시대에는 新鮮水의 가치가 아주 높고 처리수가 싼 것으로 바뀌어질 것이다. 순환적 물 이용이 보편적인 것이 되려면 오염된 물의 처리를 오염자가 책임을 지는 체계가 필요하다. 물론 책임을 어디까지 지느냐 하는 것은 사회가 합의하는 관습을 기초로 할 수 밖에 없을 것이다. 적어도 사용된 물의 배수에 대해서는 일정한 사회적 기준이 정해져서 그 범위 內의 물 까지 처리하는 일이 물 사용자에게 요구될 것이다. 사회적 기준을 어디에 설정하느냐 하는 것은 그 시대의 新鮮水利用 및 處理水利用의 상황을 배경으로 해서 사회적으로 합의하는 수준에서 정해지리라 생각된다.

新鮮水의 사용자는 新鮮水의 공급에 所要된 비용과 함께 排水基準까지 사용한 물을 淨化하는 처리 비용을 부담하지 않으면 안될 것이다. 처리수의 사용자도 처리수 공급에 소요된 비용과 함께 靜脈水路에 배수하는 데 필요한 비용을 부담하지 않으면 안될 것이다. 이러한 것들은 순환적 물 이용을 유지하기 위해서 필요 불가결한 원칙이다. 그러나 新鮮水 사용자와 처리수 사용자와의 사이에서는 커다란 비용부담의 차이가 생길 것이다.

新鮮水 사용자가 부담하는 新鮮水 공급을 위한 비용은 앞으로 개발 한계에 도달함과 同時에 급상승할 것이 틀림없다. 이것은 水資源 개발의 한계 가격으로 규정될 것이다. 또 처리 비용도 무시할 수 없을 만치 커질 것이다. 그것은 처리수 사용자가 즉시 사용할 수 있을만치 깨끗하게 처리해줄 것을 요구할 것이기 때문이다.

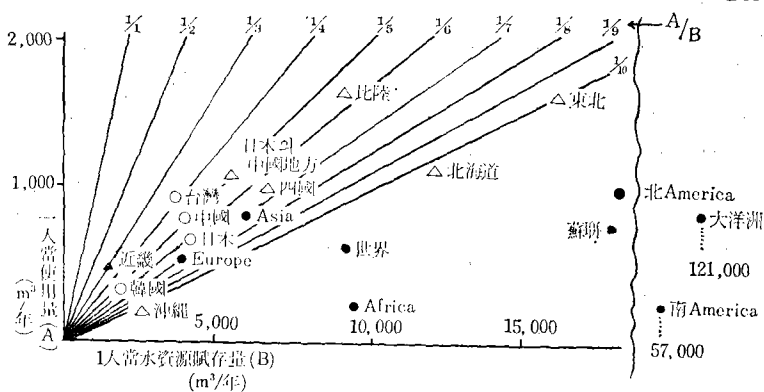
한편 처리수 사용자가 부담하는 처리수 공급 비용 및 사용후의 처리 비용은 公共投資가 靜脈의 건설을 중요시한 비교적 싸게 억제할 수 있다. 순환적

물 이용을 유지하기 위해서는 靜脈의 基幹 System을 사회적으로 구축하는 데서부터 시작하지 않으면 안 될 것이지만 그것은 公共投資에 의존할 수 밖에 없다. 이것을 기초로 해서 처리수 사용자의 비용부담을 가볍게 유지할 수 있는 것이다.

그런데 新鮮水 사용료와 처리수 사용료에 큰 격차가 생겼을 때 이 차액은 新鮮水의 사용권을 가진 水利者의 水利權의 값이 되는 것이다. 현재 河川에서 引水하고 있는 水利權이 이것에 해당된다. (但 앞으로 오염이 불가피하다고 볼 수 있는 下流側의 水利權은 그만큼 값을 유지할 수 없음은 두말할 필요가 없다) 이것은 신선한 것을 유지하는 한 현행 수리권은 가치를 가져올 수 있게 될 것이라는 것을 뜻한다.

一過의 물 利用에서 순환적 물 이용으로 移行하는 시대에 있어서는 이와같이 新鮮水 사용의 水利權에 가치가 생긴다는 것은 피할 수 없는 일이며 오히려 그것을 잘 운용해서 순환적 이용으로 推進해 나가는 방법을 강구해야 할 것이다.

(比較參考圖) 世界의 水利狀況



日本…… 水資源便覽(1979) 水資源賦存量은 平均年

臺灣…… 農田水利圖介(1980)

東 Asia…… } 西紀 2,000年의 地球(1980)

世界…… }

다. 都市와 農村과의 物質代謝

순환적 물 이용은 현행 도시내의 순환 이용과 같이 몇번이라도 써서 高濃度의 汚染水를 배수한다는 것이 아니고 순환하는 가운데 汚染水를 깨끗하게 소생시켜서 新鮮水를 만들어 내어 그것을 사용할 수 있는 것이어야 할 것이다. 人間活動에 의해서 汚染된 것을 人間活動에 의해서 다시 소생시키는 것이다.

이것을 실현하는 가장 유효한 길은 汚染水의 農業의 사용이다. 일정한 범위의 농지를 汚染水를 淨化 장치로 삼아서 거기에 汚染水를 투입하는 것이다. 여기를 거친 地下水가 動脈河川에 新鮮水가 되어 되돌아간다는 System이 되어야 한다는 것이다.

그렇지만 현재의 최대의 난점은 현재의 農地는 新鮮水의 水利權을 가지고 있다는 사실이다. 이 農地에 오염수를 강요한다는 것은 있을 수 없는 일이다. 그러나 전술한 바와 같이 멀지 않아서 新鮮水의 水利權은 높은 가치를 갖게 될 것이므로 그것에 대응하는 경제적 조치에 의해서 農地의 新鮮水 水利權과 都市下水處理水를 교환하는 것이 가능할 것이다.

다. 이 교환을 순조롭게 할 수 있는 水利制度를 마련하는 것이 循環的 물 利用을 建設해 나가는데 있어서 重要한 課題인 것이다. 교환이 진척될 때 循環的 물 利用은 安定된 System이 될 것이다.