

21世紀를 위한 물資源豫測

(The Global 2,000 Report to the President—Entering the Twenty-First Century의 技藝譯)

崔 榮 博*

1. 머리 말

地球上에 있는 모든 物質중에 人間의 生活과 生存의 에 있어서 가장 基本이 되고 必須的인 것은 두말할 것도 없이 물과 空氣이다. 물은 海洋, 內陸의 湖沼, 江河川에서 極地方의 永雪까지 합쳐 地球表面의 약 3/4을 차지한다. 또한 물은 生物 即, 動·植物중의 最大 構成要素이다. 生命은 生物과 環境사이에서 永續的인 물의 交換을 통해서 育成되어 간다. 이 물의 交換은 全地球의 인 물의 循環(hydrological cycle)에 있어서 중요한 役割을 담당하고 있다. (그림-1) 거기에서 原始人의 糧食, 衣類를 生産蓄積하기 위하여 集團生活을 시작한 이후 물은 經濟活動상 어떻게 해서든지 확보되어야 할 것이 되었다.

人間은 湖沼·江·河川·海洋으로 移動하는데 물을 媒介로 이용하고 生活維持의 手段으로 하였다. 이 까닭에 人間은 물이 있는 곳에 密集하였고 經濟活動도 큰 江·河川의 平野나 沿岸周邊에서 發展되어 왔다. 開發의 擴大, 技術의 進歩를 통하여 人類의 물에의 依存度는 더욱 擴大되어 왔다. 現代社會에서 물은 生活用水를 淸淨도 하여 廢棄物의 集散, 衛生施設一般, 에너지 生産 또는 淸의 工業生産, 農業生産, 交通機關, 레크레이션 등으로 多種多樣하게 利用되고 있다. 여기서는 資源計劃상 가장 유익한 물資源利用方法에서 이탈되지 않도록 물資源利用에 대해서는 이것을 물의 循環에서 (河川·湖沼·地下水에서 取水하는 方法에 따라) 물을 조금이라도 計劃的으로 淸급할 필요가 있는 경우에만 限定시킨다. 따라서 여기에는 에컨대, 水流과 같이 필요로 하는 물을 물自體가 수송하는 경우, 에너지 資源으로 淸급하는 경우, 氾濫原에서의 自然農業의 경우등의 물의 利用은 포함시키지 않는다.

일반으로 물을 중요한 天然資源으로서 인식하는 것은 論議의 餘地가 없음에도 불구하고 반드시 石炭이나

石油라든가 鑛物, 木材, 農作物등과 같은 의미에서의 資源으로서 인식하고자 하는 것은 아니다. 사실, 물의 管理와 利用方法은 이와같은 他經濟資源과는 明白히 틀리는 패턴을 가진 것으로 되어 있다. 이 차이는 世界의 많은 地域에서 비교적 물이 豊富하게 부존하고 있다는 것과 물資源으로서의 性格이 明確하지 않은 것에 原因이 있는 것 같다. 보통 資源이라는 말은 産業의 原材料로서 사용되는 供給物이나 補充物을 말한다. 이定義에 따르면 우리들 周圍의 物質環境을 구성하는 거의 모든 것을 포함하는 것이 된다. 그러나, 知識人이나 政策擔當者의 注目を 받는 資源은 不足資源에 限定된다. 만약 모든 資源이 필요로 할때 언제나 어느곳에서나 補給장으로 入手가능한 것이라면 資源計劃이나 資源管理도 필요로 하지 않을 것이다. 다만, 거의 大部分의 資源이 어느 의미에서는 不足되고 있으며 이와같은 不足狀態의 (혹은 經濟的으로 價値가 있는) 資源은 國家的·國際的으로 當然히 關心의 對象이 될 것이다.

여기서는 물資源으로서의 性質 특히, 他不足 資源과 구별되고 있는 特質을 조사하여 보기로 한다. 또한 물資源의 供給에 대해서도 議論하고 동시에 現在 당면하고 있고 將來에 豫想되는 不足問題를 탐색하면서 물資源需要의 성질에 대해서 조사한다. 그리고 끝으로 他資源과의 관계에 언급하고 물不足의 調整에 있어서 固有의 문제에 대해서도 고찰한다.

2. 물資源의 特質

물은 不足하며 따라서 合理的管理를 해야 할 經濟資源이라는 思考方式은 아직 世界 여러나라에 定着되지 못하고 있다. 물資源은 아직 資源計劃의 效果를 고려할 필요가 없고 他資源에 適用되는 經濟則과는 다른法則에 따라간다고 생각되어 왔다. 물을 供給하기 위한 工事計劃이나 建設事業, 물利用者 사이의 물의 配分, 나아가서는 물의 價格의 決定事項등에서 물이 요청되

면 어떤 水質의 것이라도 될 수 있는데로 싸게 주어져야 할 공짜 물건이라는 생각방식에 크게 영향을 받았다. 물이 매우 不足하고 있는 경우에도 물은 별로 가치도 없는 利用物로서 가져가게 되어 他利用者나 將來의 供給者에게 損害를 주고 있다. 또한, 旱魃등의 理由에서 물不足現象은 世界的인 規模에서 發生하고 있으며 자주 長期에 걸친 經濟的打撃을 주어 住民들에게 심한 苦痛을 주고 있다. 물 資源의 特質중의 많은 것이 물 對策을 結局은 適切하지 못한 方向으로 향하게 하는 役割을 하고 있으며 合理的인 물 資源計劃의 여러 試圖를 쓸모없는 것으로 하고 있다.

여기서 물 資源의 6개 一般的特質을 설명하기로 한다.

① 《물 資源은 到處에 있다》

地球상의 어떤 場所에도 물이 전혀 없는 곳은 없다고 하여도 過言이 아니다. 一般的으로 말하면 巨大한 水量이 人間活動 거의 모든 곳에 부존되고 있다. 물의 使用地點까지 운반하는 手段을 고려하지 않는다하여도 또한 水質이 所望될 만큼 충분하지 않아도 물이 存在한다는 基本事實은 어느 곳에서나 想定될 수 있다.

② 《물 資源은 不均質한 資源이다》

거의 大部分의 自然資源이 環境界에 있을 때나 採取되어 利用되고 있을 때에도 完全히 均質이라고 말할 수는 없지만 특히 그중에도 물은 가장 均質하지 않은 物質이다. 液體로서 사용될 때도 많지만 固體, 氣體로서도 存在한다. 液體로서 湖沼나 海洋, 江·河川, 地下水라는 상태로 存在한다. 각 狀態에서의 구성은 化學的으로나 生物學的으로도 크게 변화한다. 물의 利用法은 生活用水에서 뜨거운 鋼鐵의 물冷却用水까지 廣範圍에 亘하나 어느 것이든 利用法은 물이 가지는 化學的, 生物學的特質에 따르고 있다. 사실, 地球상의 물의 99% 이상은 有益하게 利用 불가능하든지 또는 너무나 適當하지 않다. 예컨대 鹽分때문에 海水가 사용될 수 없고 먼 極地方의 永雪으로서 사용될 수 없는 狀況에 있다. 물을 有益하게 利用하기 위하여는 需要와 供給이 동시에 成立된다는 것만으로는 不可能하다.

供給되는 물의 特性은 그 需要側의 要求條件에 適應되어 있어야 한다.

③ 《물 資源은 再生可能한 資源이다》

自然의 힘은 언제나 모든 물 資源을 再生하고 있다. 그림-1의 模式圖를 보면 이 물의 循環의 3側面——大氣, 陸地, 海洋——에 물이 위치하고 있는 것을 나타내고 있다.

물은 大氣에서 陸地와 海洋의 兩쪽으로 降水로 내린다. 陸地에 降下한 물의 一部는 生物에서의 蒸發散(evapo-transpiration)의 結果로 大氣로 되돌아 간다.

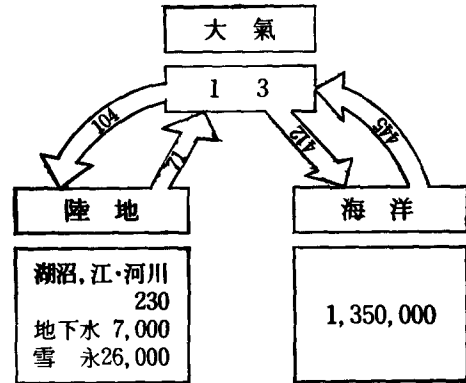


그림-1 年間물의 循環量
(單位: 1兆 m³)
全水圈의 總水量(1,380,000)

大氣중으로 바로 되돌아 가지 못한 물은 湖沼나 江·河川, 永雪, 地下水로 貯溜하든가 또는 海洋으로 流出된다. 陸地에서의 流出 또는, 大陸에서의 降水(降雨, 降雪등)에 의하여 海洋으로 流入한 물은 다시 蒸發散에 의하여 基本的으로는 大氣中으로 되돌아 간다. 여러 時間과 場所에 있어서 물의 化學的, 生物學的의 性質은 특히 湖沼와 江·河川에서의 汚濁作用과 淨化作用에 의한 것이다. 물의 再生能力에 있어서 중요한 것은 限界는 있다 하지만 人間이 그 再生過程에 중요한 作用을 하는 것이다.

現代技術의 발달로 地表水(湖沼, 江·河川)과 地下水 사이에 물의 交換이 가능하게 되고 汚染水를 높은 純度의 水質로 回復키시는 것이다. 海水에서는 眞水(fresh water)를 回收시키는 것이 가능하게 되었다. 나아가서는 降水의 패턴을 變更시키는 것도 가능하게 되었다. 이와같은 努力의 結果로 資源自體에 그 費用을 부담키는 것이 되었지만 이와 같이 해서 開發된 途程이야말로 물 資源特有的 중대한 再生能力을 變革하는 것이라 하겠다.

④ 《물 資源은 公共財로 생각하여도 좋다》

世上에서 비교적으로 周到하게 정의되고 있는 여러 社會에서 私的所有物로 인정되고 있는 鑛物資源이 달라서 물 資源은 도처에 있고 거기에다 停滯하고 있지 않다. 따라서 물 資源의 所有權에 대하여는 特記할만한 가치가 있는 정도의 정의가 되어 있지 않든가 定義 그 自體도 存在하지 않고 있다. (美國西部州에서는 水利權 시스템에 의하여 一部 중요한 例外가 있다.)

原則的으로는 모든 人士들이 取水費用을 직접 부담하지 않고 이것을 利用할 수 있으므로 原來는 取水에

관한 機會費用도 取水者의 눈앞에서는 나타나지 않는다. 또, 最適配分을 위한 自然의 메카니즘도 存在하지 않는다. 水資源은 現實의 利用者에 따라 예컨대, 不足될때이라도 공짜의 것으로 지급되는 傾向이 있으며 이 경우 많은 潜在的 利用者가 排除될 우려성이 있다.

利用者는 取水, 處理, 配水라 하는 經費를 코스트로서 인식하고 있다 하지만 水資源 자체의 코스트와 연결시켜 생각하고자 하지 않는다.

그 결과로 水利用이 過去の 패턴에 의지한 그대로있으면 將來的 豫測은 不備한 것이 되므로 보다 적절한 配分이 期待되어야 한다.

⑤ 『水資源은 大量으로 사용된다』

물은 利用途가 많고 거기에다 종래 거의 대부분의 경우 아까와함없이 사용되므로 每年 사용되는 水資源은 다른 어떤 資源全量보다도 매우 많다. 최근에는 石炭, 石油, 金屬鑛物, 非金屬鑛物을 포함한 世界鑛物 生産量의 總量은 年間 약 80億 t으로 추정되고 있는데 全使用水量은 年間 3兆 t에 가깝다고 계산되고 있다.

이것은 世界的 규모로 보는 경우 1人당 年間 약 800t의 水量에 해당된다.

단, 이것은 에너지 生産用水(水力發電用水는 포함하지 않음), 工業用水, 農業用水, 生活用水, 水道用水를 포함한 全使用水量이다.

⑥ 『水資源은 별로 비싸지 않다』

水資源은 公共財라는 것, 물의 供給技術의 性質, 規模의 經濟에 미치는 여러 事由때문에 水資源은 별로 비싸지 않고 自由財로 取扱되어 왔다. 美國에서는 한 供給者에 대하여 물 1t當 30 cent (243원)을 초과하는 일은 매우 드물고 農業用水에서도 1t當 3 cent (24원 30전) 정도로 싸다. 對照的으로 거의 大部分의 鑛石은 山元에서 1t當 30달러 (24,300원) 정도의 가격으로도 구입하기가 힘들다.

이와같이 水資源은 그 形態, 水質이 多樣하여도 地球상 도처에 존재하고 있는 物件이다. 水資源은 自然의 물의 循環에 의해서 人間의 作用에 의해서도 再生可能하다. 모든 社會가 물을 公共財로 취급하는 전통이 있으며 이것이 水利用에 관한 本來的 機會費用을 숨어사는 그늘진 물건으로 하고 말았다. 水資源은 大量으로 사용되고 싸다. 世界總물 使用量은 全鑛物 生産量보다 3자리 만큼 크고 代表的인 물의 가격은 가장 싼 鑛物보다도 3자리 만큼 싸다.

이와같은 特質은 水資源의 未來 傾向에 관한 研究에 중요한 영향을 주고 있다. 도처에 있다는 것과 不均等한 것, 또 再生可能한 까닭에 現在 및 將來的 供給을 選定하는 것은 곤란하다. 現實의 水利用의 可能性이란

어느 特定地域에 필요로 할때에 必要한 물량을 알맞은 水質로서 供給하는 것이며 이 까닭에 總和的인 統計로는 충분히 쓸모가 없다.

水資源의 公共財 性質, 使用量이 많은 것, 費用이싼 것은 모든 將來的 水利用量의 豫測을 할때의 障害役割을 하고 있다.

過去の 水利用의 經驗을 延長해서 直線豫測이 試圖되나 水管理方法에 대하여 약간의 調整을 하면 이에 대응해서 使用構造까지 變化하는 可能性이 매우 크고 이 경우 直線豫測은 基本的으로 無意味하다.

3. 水資源의 供給

우리 人類活動에 있어서 사용가능한 것은 그 用途에서 보면 江·河川, 湖沼, 혹은 地下의 淡水이다. 海水는 鹽分을 포함한 물로서 用途도 制限을 받고 脫鹽함으로써 비로소 그 가치가 나는 것이다. 따라서 水供給總量은 地表나 地下에 있어서 利用可能한 淡水라는 概念規定에서 일반적으로 산출되고 있다. 水域에는 새로운 물이 補給을 계속하고 있으므로 그 補給量의 平均값은 어떤 경우에도 利用可能하다고 산출된 取水量의 값보다도 일반적으로 큰 값으로 된다. 하지만 여기에는 두 경우의 큰 예외가 있다.

① 本來 流水의 流量은 크게 變動함에도 불구하고 댐등에서 最小限度의 貯水를 함으로써 申請된 一定의 取水量을 認可할 수 있는 경우

② 乾燥地나 半乾燥地에서 잘 볼수 있는 現象인데 몇 가지의 地下水脈으로 過去에 大量으로 貯水된 물을 取水口의 적절한 設定에 의해 地下水脈에의 年間流入量 이상으로 取水가능한 경우 등이다.

地表나 地下의 水資源은 降水에 의해서 보급되므로 앞으로 補給量을 賦存量이라고 부르기로 한다. 全降水의 일부는 蒸發散에 의해서 大氣중으로 되돌아가고 일부는 地下水로서 滲透(infiltration)되고 나머지가 地表面流出(surface runoff)을 한다. 우리 人間들이 取水하지 않는 경우에는 地下水資源에의 流入量은 보통 우물(well)이나 湧出에 의한 地表水域에의 流出量과 같다. 따라서 賦存量의 概算은 첫째로는 地下水에서 地表水에의 全流量을 測定함으로써 얻어진다. 단, 海底에서의 流出量과 같이 地下水로 부터의 測定될 수 없는 流出量, 地下水脈에 貯水된 正味の 地下水量 또한 地下水로부터의 取水量등 때문에 本來的 數値以下로 賦存量이 見積된 可能性이 있다. 供給量의 見積에 있어서 이 賦存量을 사용함으로써 더욱 誤差는 넓어진다. 大河流域, 國家 혹은 그 一部와 같이 調査面積이 큰

경우 再利用(reuse)을 누락시킬 경우가 있으므로 진짜 供給量보다 賦存量을 적게 見積한다. 각 利用者가 물을 사용하면 그 廢水(sewage)는 江·河川, 湖沼로 되돌아가는 것이 보통이다. 되돌아간 물은 水質이 許容하는 限, 다른 利用者에 의해 사용된다. 이 경우 水質에의 要求水準에 따라 稀釋, 河川의 自然淨化 能力, (self purification), 廢水處理, 取水후의 淨化 處理 등 혹은 이들의 組合이 필요하다. 보다 効率的으로 水質을 要求水準으로 유지 가능하다면 그 만큼, 將來, 回收水를 再生使用할 수 있는 可能性이 크다. 따라서 一定한 地域에선 利用되는 물의 供給量은 現在 利用 가능한 資料만을 기초로 계산할 수 없다. 그러나 區域부더의 表面流出의 總量을 계산함으로써 最低限界는 결정 가능하다. 이 1年分の 水量은 어떤 取水 配分을만 充足시키기 위해 貯水施設을 필요로 하는 경우도 있으나 潜在的으로는 取水해서 利用할 수 있다.

이中 計測할 수 없는 供給源으로서의 地表 流出이외의 流路에서 地區밖으로 流出한 地下水, 地下貯의 正味の 附加量, 回收된 反覆利用水 등이 있다. 그러나 資料로 부터는 水資源의 供給에 있어서 이들 量이 어느 程度의 크기이고 어느 程度의 影響을 미칠 것인가를 推定하기는 어렵다.

표-1은 大陸 主要國別의 利用可能 供給量의 推計를 概算한 것이다. 數字는 降雨에서 蒸發散을 뺀 것이다. 이 數字 即, 진짜 賦存量은 1年當 m³의 단위이고 1年當의 mm단위로서 표시된 年間 平均流出量은 이것을 陸地의 面積으로 나누기 위한 값으로 陸地面積當의 平均賦存量을 나타낸다.

이 두 數値는 世界중의 여러 곳에서 사용되는 물을 상대적적으로 비교하는 指標(index)로서 合理的인 것이다.

그런데 나라와 大陸마다 행하여진 이 計算은 數字로 표현할 수 없는 相違點을 가지고 있다. 많은 나라가 美國과 같이 乾燥地에서 濕潤地帶에 이르기까지 넓은 범위에 위치하고 있다. 水資源은 美國西南部에서 지나치게 不足하고 있는데 對比西北部는 豊富하다. 이와같은 물 地域分布事情은 한 나라의 年間平均 流出量에는 이집트의 4mm (Nile江 경우의 他國으로 부터의 流入不포함)에서 1,300mm의 범위에 미치고 있는 것을 알 수 있다. 美國 250mm로서 世界平均에 가깝다. 나라의 陸地面積이 크면 淸수욕 國內에는 河川水系가 길게 되고 포함되는 海岸線은 많다. 그래서 이와같은 資料로는 참다운 利用可能水量이 적게 見積되는 可能性이 그만큼 크게 된다. 한편, 環境問題에의 配慮에서 江河川에는 河川正常維持用水가 必要하고 특히 河口(estuary)

까지 흐름이 단절되지 않은 것이 중요하다. 이 까닭에 地表水, 地下水에서 실지로 取水되는 年間水量은 결국 적게 된다. 필요한 取水를 하기 위하여 貯水池(reservoir)인가 이것을 위한 넓은 適地가 요청되는 경우에는 그 經濟的인 코스트가 潜在的인 供給의 現實化에 있어서 障害가 될 可能性이 있다.

이상에서 結論的으로 말하면 世界중이나 大陸이나한 나라를 통해서 水資源의 供給에 관해서 意味있는 論述을 하는 것은 不可能하다고 본다.

물供給에 관한 意味있는 것은 비교적 작은 地域에서 실지로 利用 가능한 水資源의 性質과 形態를 詳細히 現地 調査한 후 可能할 것이다. 따라서 여기에 표시된 資料는 集計計算으로 가까운 未來를 予想하고 世界의 여러 地域에 있어서 特有한 狀況을 概觀한 것에 지나지 않는다. —계속—

표-1. 大陸 主要國別의 利用可能 供給量의 推計a)

大陸·國名	年間平均流量 A (供給量) (km ³ /年)	流域面積 B (1,000 km ²)	年間平均 流出量 A /B(mm)
아프리카	4,220	30,600	139
이집트	4.0	1,000	4.0
나이지리아	261	924	284
亞細亞	13,200	44,600	296
방그라데쉬	129	143	915
中共	2,880	9,560	300
印度	1,590	3,290	485
인도네시아	1,510	1,934	1,000
日本	396	372	1,070
파키스탄	73	804	90.2
비울빈	390	300	1,300
韓國	60	98.5	609
美國	171	514	335
土耳其	172	781	215
소련(亞細亞만)	3,320	17,500	190
太平洋 地域	1,960	8,420	245
濠州	382	7,690	49.8
유럽	3,150	9,770	323
소련(全國)	4,350	22,400	194
소련(유럽만)	1,030	4,900	210
北美	5,960	22,100	286
멕시코	330	1,970	165
美國(50州)c)	2,340	9,360	250
南美	10,400	17,800	583
브라질	5,670	8,510	666
南極除外地域平均	38,900	134,000	290
아프리카*	3,400	29,800	114

亞細亞	12,200	44,100	276
太平洋地域	2,400	8,900	269
유럽	2,800	10,000	282
北美	5,900	24,100	242
南美	11,100	17,900	648
南極地域	2,000	14,100	141
南極除外地域	39,700	149,000	266
	37,700	134,000	280

- a) 이 표의 有效數字은) 2~3자리이다.
 b) 이집트는 上流가 한나라 또는 多國에 걸친 大河川이 國內를 통과하는 사이에 물供給이 부가되는 나라의 예이다. 이집트의 큰 물供給源인 Nile 江은 이집트

의 南쪽의 降雨나 水降에서 流入되는 狀況이므로 이 집트의 數値는 포함되지 않는 것으로 한다.
 c) 降續의 48州分의 數字: 면적 302萬平方마일: 平均流出每秒 180萬立方 feet 물供給量 1日 1兆 2000億 gal即 1,620立 km.
 d) M.I. L'vovich, Global Water Resources and Their Future (in Russian), 1974, pp.264~74.
 但, 表中(※의 印) 아프리카부대 아랫數字는 Albertau Bmgartner and Eberhard Reichel, The World Water Balance: Mean Annual Global, Continental and Maritime Precipitation, Evaporation and Run-off, Amsterdam: Elseviar, 1975.

71페이지에서 계속

斷된다.

우리나라에서 最初로 建設한 이번 地大댐은 事後評

價調査를 거쳐 效果를 分析하고 短點을 補完하여 나가므로서 앞으로의 地下댐 時代에 본보기로 삼고자 한다.

貯水池와 地下댐의 長短點比較

區 分	貯 水 池	地 下 댐
長 點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 自然流下에 依한 利用 2. 多目的 機能保有 3. 鑛物質의 含量이 적음 4. 調査·評價가 쉬움 5. 一時에 多量用水 使用 可能 6. 洪水調節機能이 큼 7. 維持管理費가 低廉 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蒸發損失이 거의 없음 2. 畦面面積이 거의 없음 3. 構造物의 崩壞危險이 없음 4. 一定 水溫維持 5. 水質汚染의 危險이 적음 6. 用水路가 짧음 7. 商地가 比較的 많음 8. 工事費가 低廉
短 點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蒸發損失이 큼 2. 畦面面積이 큼 3. 댐崩壞 危險常存 4. 水質汚染의 可能性이 큼 5. 긴 用水路가 必要 6. 新規適地上 드뭄 7. 工事費가 비쌘 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 別途의 揚水施設 必要 2. 水溫上昇施設 必要 3. 鑛物質의 含量이 比較的 높음 4. 調査評價가 比較的 어려움 5. 一時에 多量의 用水利用不可 6. 維持管理費가 比較的 높음