

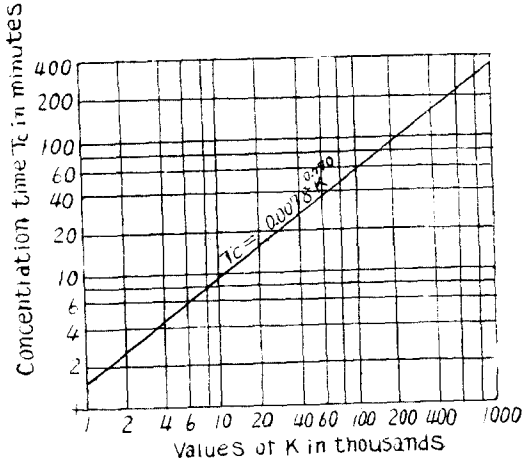
$$S = \text{slop} = \frac{H}{L}$$

$$K = \frac{L}{\sqrt{S}} = \sqrt{\frac{L^3}{H}}$$

여기에 K의 값을 계산하면

$$K = \sqrt{\frac{L^3}{H}} = \sqrt{\frac{2000^3}{15}} = 23,500$$

이 K의 값에 대하여 아래 graph에 의한 集水 시간을 찾아면 15분이 된다.



即 降雨後 15분이 지나면 이 流域의 最遠地點에서 雨滴이 out-let 까지 到達한다는 意味이며 이 到着時間에 對한 50年을 recurrence interval로 하는 이 地方의 降雨은 每時間에 3 inch니까 이러한 降雨時의 15分間 降雨의 強度는 Hathaway氏의 graph에 依하여 (그림 參照) 찾아보면 6 inch의 降雨의 強度가 된다. 이런것을 알고 이들을 整理하면

- (i) 集水時間計算 15分
- (ii) 50年에 對한 降雨強度. 6 inch/hr

(Hatha way 氏의 曲線에서)

(iii) C의 값의 計算

$$\frac{30}{48} \times 0.60 = 0.37$$

$$\frac{12}{48} \times 0.42 = 0.10$$

$$\frac{6}{48} \times 0.21 = 0.03$$

$$\Sigma w = 0.50$$

(iv)  $Q = 0.50 \times 6 \times 48 = 144 \text{ c. f. s}$

即 우리는 이러한 流域을 가지는 地域에서 작은 貯水池를 만들경우 其目的이 洪水調節 或은 灌溉 어느것이든間에 earth dam을 만드는 것은 50年을 經濟年數로 하며 또한 50年만에 한번 期待될수있는 降雨에 對하여 設計를 해야만 하니 此地方의 50年을 recurrence interval로 하는 降雨強度는 3 inch 였기 때문에 3 inch의 경우의 15分 사이에서의 密度는 6 inch라는 것이 었다. 結果는 降雨 15分後에 最大集水量이 到着하며 其量은 144 c.f.s 라고 計算된다.

위의 몇가지 計算例에서 보다시피 첫째는 hydrologic structure 自體의 經濟年에 該當하는 其와 같은 年數의 Frequency Recurrence Interval of Storm을 各地域마다 計算되어 있어야하며 둘째로는 watershed의 soil의 構成과 따라서 其에 對한 infiltration capacity가 알아 지기 때문에 各storm에 對한 runoff의 計算은 自然的으로 되는 것이다.

筆者; 서울大學校 農科大學 助教授

美國 農工學會 正會員

美國 水文學會 正會員

理學碩士

## “물” 과 經 濟 發 展

金 鉉 基

이 論文은 유네스코의 科學誌인 임팩트“IMPACT”近刊에 掲載된 알프레드·로-니버그氏의 勞作을 번역한 것이다. 氏는 一九三〇년부터 地下水의 研究를 거듭하여 온 水理學者이며 또 地球物理學者인데 이 이스라엘을 비롯한 中東地區 여러 나라 정부의 水理顧問으로 활약한 일이 있으며 현재는 유네스코의 기술자로 南美에 있는 墨西哥에 가서 그 지방의 음료수의 공급을 위한 계획을 수립하는 일에 관하여 현지당 國자들에게 조력하고 있다.

### 서 론

물, 공기, 흙은 사람들의 기본적인 자연재원이

다. 사람들의 물질문명의 수준은 이 三대요소를 구사하는 정도에 크게 반영되고 있다.

높은 산악을 제외하고서 우리는 공기의 결핍을

에 있어서 이 양자를 조정하여 이용하는 것을 뜻하고 있다.

이러한 각도로 볼 때에 대부분의 나라들의 형세는 만족한 것이 못되는 것이다. 어떤 소모지역에 있어서의 수원권을 가장 적당한 조건하에 개척해가는 一連의 사업 가운데 하나 또는 그 이상의 결합이 있으므로 오늘날 用水問題가 발생되고 있는 형편이다. 이러한 견해는 用水問題가 어떤 지리적배후 내부에 있어서의 순전한 기술문제라고 하는 것같이 보인다. 후에 검토하는 바와같이 사실상 이 문제는 기술적인 것 뿐만 아니라 또한 정치적 경제적 및 사회적인 문제에 달려 있는 형편이다. 그러나 이러한 문제들을 모두 이해하려면 먼저 이에 내포된 기술적 요소들을 살펴 보아야 한다.

### 大洋과 空氣로부터의 捷徑?

우리가 用水源泉이라 하는 것은 지상의 發生水(주로 泉水, 江, 湖)이거나 또는 지하의 發生水이다. 이들에 비하여 대양에서 채취된 신선한 용수와 인공 강우의 양자는 비록 최근에 화제가 되어 오기는 했지만 앞으로도 오랜 세월을 두고 그다지 중요한 자리를 차지하지는 않을 것이다.

鹽水の 非鑛化에 관해서는 선박에서 또는 乾地 帶해안이나 沙漠島嶼에 있는 군사시설에서 하는 음수수의 제조를 제외하고는 재래식 원천에 의한 用水供給과 경쟁하게 될만한 징후가 하나도 없다. 이러한 加工에 사용되는 기계에는 두가지가 있다. 그러나 이러한 시설에 소요되는 투자액은 보통식 水源工場 가운데 가장 최고가의 투자액도 초과하는 실정이다. 그뿐 아니라 이러한 시설의 운영비는 자연수의 공장에 소요되는 운영비의 10배 내지 30배나 된다. 海深의 差에 따르는 온도의 차를 이용하는 시설, 태양蒸溜, 동결, 화학처리, 및 전기非鑛化 등의 다른 모든 방법들은 아직도 실험단계에 지나지 못하고 있다. 高價의 물을 정당하게 용납할 수 있는 극단의 경우에 있어서는 鹽水の 변환처리 방법중의 하나를 소규모로 사용하는 것도 좋겠으나 그러나 사람이 대양의 물을 沙漠灌溉에 이용할 수 있는 시기는 아직도 멀다. 그러나 鹽水の 변환 가운데에는 종래에 우리가 주목하던 것보다도 더 많이 주목해야 할 가치가 있

는 하나의 한정된 국면이 있는데 이는 地下水가 鹽化되기 전에 이를 철거시키는 방법인 것이다. 지상에 있는 모든 물이 그렇듯이 염분이 있는 泉水나 또는 고도로 鹽化된 물의 원천도 雨水인 것이다. 그러나 그 행로의 어떤 곳에서 이 침식하며 침투해 가는 신선한 물이 鹽鑛床이나 鹽分岩石에 부딪치고서 염분을 지니게 되는 것이다. 이 염화작용은 流水가 지면과 처음으로 접촉하는 지점으로부터 출현하는 지점(泉水)에 이르는 길고 먼 행로에서 鑛分이 차차로 쌓여서 이루어지는 것이 아니라 流出口나 깊은 斷層에따르는 지하의 貯水處의 근방에서 또는 매몰된 해안선이나 고대의 鹹水湖의 근방에서 無機性분이 갑자기 증가하기때문인 것이다. 泉水나 지하수에 합류하는 流水가 逆流한다면 신선한 물을 흔히 발견할 수 있게 될 것이다. 이스라엘에 있는 두개의 주요한 鹽泉이 바로 이러한 경우에 속하는 것인데 그 하나는 하이화 근처에 있는 쿠르다니泉(一년에 5000만立方米)이고 또 하나는 고대의 캐사리아 근처에 있는 슈니泉(一년에 5000만 내지 1억立方米)이다. 이 양자의 경우에 있어서는 逆流井의 방법을 통하여 유수를 신선한 물의 형태 그대로 유지할 수 있게 된다. 이러한 동일수법을 다른 곳에서 채택해서 염수를 경제적으로 상승시키는 길을 마련하지 못한다고 추정할 이유는 하나도 없다.

또 하나의 水源인 인공강우도 역시 사막을 녹화할 단계에 이르는 멀었다. 오늘날의 우리의 지식형편을 현실적으로 평가해 볼 때에 어떤 일정한 조건하에서는 개개의 구름에서 떨어지는 강우량을 분산기술로서 증가시킬 수 있다. 그러나 이 강우량은 증가된데 지나지 않고 창조된 것은 아니라는 것을 알아야 한다. 따라서 구름이 부족한 지역과 계절에 있어서는 사람도 강우의 기술이 효과를 거두지 못하는 것이다. 따라서 이러한 기술은 정상적 강우에 의존하고 있는 양쪽에 대하여 주로 정상이하의 강우년에 있어서 도움이 될 수 있다. 이러한 기술로부터 간접적인 혜택을 받을 수 있는 다른 수원이 있는데 그것은 江과 저수지로 더 많은 流量을 보내며 또 지하수 속으로 더 많은 물을 흘려 보내는 것이다. 낙관적인 견지로서는 이 구름을 짜냄으로써 정상량보다는 5 내지 15%나 더 많은 강우량을 지방별로 올릴 수

있으리라고 추측할 수도 있게 되는 것이다. 그러나 과학자들은 인공강우의 기술을 실험할 수 있는 가장 좋은 곳은 이미 상당한 정상 강우량을 가지고 있으며 또 강우기가 연장될 수 있고 강화될 수 있는 지역이라는데 동의하고 있는 형편이다.

물의 공급이라는 견지에서 볼 때에는 강우 유도의 기술이 특히 濕地帶나 혹은 강우계절을 가진 亞乾地帶에 있어서 지상과 지하에 현존하는 수원을 풍족하게 만드는 방법으로서 간주되어야 하는 것이다. 기술자들이 댐이나 저수지나 또는 水管과같은 建造物을 설계할 때에 인공강우로 증가될 수량을 參酌하게 될 정도까지 우리가 사람도 강우에 대하여 의존할수있게 될 때까지는 강우량의 증가를 이용하는 데 가장 훌륭한 방법은 그 증가량을 지하의 수원으로 인도해서 후에 우물을 이용하여 이 물을 활용하는 것이다.

### 流 域 的 概 念

수원을 가장 적당한 조건하에 개척하며 또 주의 깊이 절용하는 일에 언급할 때에 우리는 流域發展이라든가 혹은 分水界管理라든가 하는 개념을 도입하는 것을 일부러 피해 왔었다. 지난 20년 혹은 30년 동안에 선전되고 例證되어 온 바와 같이 이러한 개념은 홍수예방, 항행, 배수, 수력발전, 漁獲, 水上運動, 流水分離 등의 調整的發展——이 모든 것은 자연적인 지면의 배수지역에서 실시되는데——을 뜻하고 있다. 지역적 계획에 관한 하나의 형태로서 流域發展의 개념은 여러 나라의 경제생활 및 행정적으로 구분된 道사이의 협력의 정도에 대하여 많은 영향을 미쳐 왔고 또 미치고 있다, 한정된 거리의 河床을 따라 고립적인 기술로서 江을 개척하고 보호하는 것이 잘못이라는 것을 오늘날에 있어서는 모든 사람이 다 알고 있다. 그리고 스스로 상호의존적인 개략 계획을 통합하는 원칙을 확고한 업적으로서 증명되어 왔던 것이다.

그러나 많은 계획자들이 유역개발에 있어서 달성된 성공에 열중하는 나머지 이 개념의 한계성을 간과하고 있다. 그 한계성은 많이 있는데 그 가운데에는 유역의 범위 내외에 걸친 地水의 상함에 관한 충분치 못한 지식에서 오는 것과 지상 및 지하의 流水관리 사이의 협력의 부족에서 오는 것과 그

리고 지면의 배수범위는 물의 수요와 또 물의 개발 및 수송에 관한 현대적 방법과 관련이 없을 때가 많다는 사실에서 오는 것들도 적지 않은 것이다. 이러한 여러가지의 한계성과 더불어 분수계의 각지구 내에서나 혹은 그 범위의에서 경제적인 개선을 할 수 있는 가능성에 대한 무시도 때때로 나타나고 있는 형편이다.

칼리포니아주에서는 유역의 개념이 이 이상 물의 분배에 대한 수요와 맞아 들어가지 못하고 있다. 최근에 개시된 페자江 계획은 북에서 남으로 800浬에 달하는 지역에 걸친 몇개의 분수계를 횡단하는 준비를 갖추고 있다. 오로빌에 있는 50억 立方米의 수량을 가진 저수지로부터 출발한 이 물은 운하를 따라 사크라멘토강江 계곡을 흘러나리고 산·조-킨 盆地의 비탈로 올라가는 거대한 수관을 통하여 고프로 밀려 올라선 다음에 끝으로 로스·안젤스——산·디에고의 해변지역을 향하여 높은 분수계를 횡단하는 터널을 통하여 달리는 것이다.

기후조건 때문에 대륙 분수계의 양측에서 人口와 산업이 상당히 집중되어 온 멕시코 고원에서는 用水開發을 위한 체제로서 流域概念을 이용하지는 못한다. 멕시코 계곡에서는 벌써 렐마 터널과 그란 운하가 태평양으로 流入하는 산티아고의 江流와 대서양으로 유입하는 파누코의 江流를 결합시키고 있다. 이 지역에서 앞으로 더 발전이 이루어지면 이 대륙 분수계를 횡단하는 또 하나의 연결을 만들게 되어 이로써 四개의 거대한 분수계 사이의 用水 相互交換이 이루어질 것이다. 이러한 상호교환이 지상의 물과 지하의 물의 양자를 포함하는 것은 주목할 일이다. 물의 공급에 관한 한 멕시코의 다른 지방에서도 자연적인 수로의 범위를 벗어나는 이와 동일한 비약이 필요할 것이다.

중양 구라과에서는 라인강 상류 자체는 벌써 하나의 用水開發 단위로서 간주되지는 않으며 다뉴브江 상류지역과 관련될 때 비로소 하나의 단위로 간주되는 것이다. 라인강은 맞을 까지만이 하나의 유역으로 간주될 수 있을 것이다.

북방 해양과 黑海 카스피해 및 아랄해 사이에서 동부 구라과와 일부에 걸쳐 있는 龐大한 低平野로 말미암아 기술시대에 있어서의 單一分數界

管理의 개념은 의미가 없게 되고 있다. 이미 創造되어있는 분수계를 통한 실체와 이보다 더 대담한 계획들은 지역계획의 기본으로서의 유역개념을 가지고서는 벌써 이해할 수가 없게 되었다. 급한 傾斜를 무릅쓰고 거대한 양의 물을 장거리까지 뚝뚝으로 흘러가게 할 수 있는 기술의 진보뿐만 아니라 江의 분수계라는 이 개념의 뚜렷한 水理學上的 단위로서의 지위를 무력하게 만든 地理的 水理學의 연구로 말미암아 이러한 개념이 변경되어 왔던 것이다. 카-스트의 나라에서는 지면의 배수범위와 지하의 그것과는 일치되지 아니하는 것이 상례인데 이것은 카-스트의 하나의 특수형으로 생각되는 火山地帶에서도 마찬가지이다. 강우가 극히 적은 지대에서는 지면의 江體系가 대단히 불규칙적이어서 해마다 꼭 판이한 지역으로 유출할 것인데 어떤 해에는 산악지대로부터의 溪川의 出口인 扇芥의 圓錐가 이러한 排水의 종점이 되고 또 다른 해에는 같은 江體系가 산악체를 훨씬 넘어 사막의 소택으로 유출할 것이며 이 江은 불규칙적인 간격을 두고 모든 중간의 배수지를 넘어서 奔流를 이루어 바다속으로 流入할 것이다. 다른 지역에서 조사한 바에 의하면 地上流水의 분수계가 地下流水의 그것과 일치하지는 않는다. 북부 이스라엘에서는 지중해로 향하는 갈리리안-주디안의 서방 地上排水와 울단과 死海로 향하는 동방 지상분수계와의 사이에는 분명한 선으로 구분되어 있다. 그러나 이러한 수로상의 구분은 많은 우물이 입증하는 바와같이 지하분수계의 구분과 일치하는 것은 아니다. 江의 유수는 이 구분선으로부터의 거리가 늘어감에 따라 증가하지만 지하의 분수계 위에 설치된 우물은 배수 據點에 가까워지거나 떠러져 있거나를 막론하고 동일한 양의 地下水를 산출할 수 있는 것이다. 이것으로 알 수 있는 것은 用水供給의 견지에서 볼 때에 지하의 수원은 지상의 분수계에 걸쳐 또 그 밑에서 길게 뻗어 있는 계통적인 저수지와 같은 역할을 할 수 있으리라는 것이다. 이 지하수원들을 개발함에 있어서는 用水 計劃家로서 流域概念을 대부분 무시해도 좋을 것이다.

### 地面 및 地下의 源泉

이러한 여러 사실에서 나오는 결론은 용수 개발에 관한 개념으로서 일반적으로 정당한 것은 오

직 지면의 水相에만 근거를 둘 수는 없다는 것이며 그러한 개념은 지하의 저수지에 관한 양상을 차차로 더 많이 고려해 나가야 한다는 것이다.

물의 循環에 관하여 눈으로 볼 수 있는 표적보다도 볼 수 없는 표적을 강조하게 된 이러한 변화는 경제적으로 대단히 중요한 것이다. 이러한 변화는 단하나의 발전에서 출발할 수는 없는 것이며 지하 水理學에 관한 지식은 지난 50년 동안에 점차로 축적되어 온 것이다. 20세기 초로부터 소수의 과학자들 특히 카-스트 水理學者들이 지하수의 운동 및 축적에 관한 靜態와 動態에 대하여 진보된 생각을 앞세우게 되었다. 유-고스타비아, 오-스트리아 및 이태리의 국경에 있는 고전적인 카-스트지방에서는 江이 지구의 내부로 사라지고 있으며 또 거대한 지하의 동굴이 있어서 내부의 물의 순환을 직접으로 관찰하기가 편한 형편인데 물의 病理學의인 動態에 관한 水理學上的 연구는 이런 지방에서 힘을 얻어 왔던 것이다. 이러한 연구로 인하여 이번에는 正常的인 水理系統을 가진 나라들에서 얻은 경험에 기반을 둔 재개념에 관한 재검토가 시작되기에 이르렀던 것이다.

유네스코의 원조를 받고 있는 乾地帶 水理學에 관한 연구를 통하여 최근에는 水理學의 病理的인 제연구에 관한 또 하나의 분야가 발전되어 왔던 것이다. 대부분의 濕地域에 있어서는 지면유수가 다른 모든 水路學의인 현상을 압도하는 것같으며 또 카-스트 지역에서는 地下排水의 압도적인 영향을 呈示하고 있는데 반하여 이 乾地帶에서는 막대한 蒸發損失과 더불어 지면유수의 불규칙적인 週律이 특색을 이루고 있다.

제3의 變態的인 水理學에 관한 형태가 모습을 나타내 가고 있는데 이것은 오늘날의 國際地球物理年度(IGY)에 관련된 연구——즉 남극 및 북극의 양지역에 있어서의 石化된 물의 순환에 관한 연구에 기인하는 것이다. 그곳에서는 地質時代를 통하여 지상 및 지하에서 응고된 水塊를 보존함에 있어서의 시간적요소가 每年의 주기적인 운동을 완전히 무색하게 만들고 있다. 이 세계의 地表 가운데 3분의1 내지 2분의1은 亞乾地帶, 乾地帶, 카-스트地帶 및 氷河地帶로 덮혀 있다.

水理循環과 用水管理에 관한 현대적 이론으로써 일반적인 정당성을 지니기 위해서는 正常的의 및

變態인 물의 발생 및 행동에 관한 지식의 所産을 包括하고 통합해야 하는 것이다.

(대양→공기→降雨→流水→侵蝕→大洋으로 復歸)라는 단기의 주기적인 濕氣運動은 자연의 非制禦 過程이라고 인정되어온 고래의 기계적 견해인데 이러한 견해는 하나의 새로운 견해——즉 시간요소, 주기의 각종양상 사이의 數理的관계, 인류의 이익을 위하여 개발될 수 있는 주기상의 단계에 對하여 관여하려는 인간의 工藝的力量, 이런 것들을 포괄하는 새로운 견해에 대하여 자리를 내주어야 한다. 사람이 창조하는 허다한 요소로 구성되고 있는 인공적인 水理循環이 自然的循環의 일부분이 될 것이며 또 前者가 後者를 수정하게 될 것이다. 인공강우, 人工再稼動, 人工再週期, 인공으로 昇降되는 地水高度, 인공으로 進減된 蒸發, 인공으로 溶解된 氷塊——수년전까지도 듣지 못하던 이 모든 요소들이 水理科學에 관한 이론에 더 많이 도입되어 갈 뿐만 아니라 用水管理에 관한 기술에도 도입되어 갈 것이다.

用水操作에 관한 새로운 기술면 특히 地水에 관한 것들을 더 많이 고려하기에 앞서 地面水와 地下水 사이의 양적관계에 대하여 간단히 고찰하여 보기로한다. 지면하에 있는 거의 모든 물이 과거에는 地面水였었다는 것은 물론 진실이기는 하지만 그래도 그 대부분은 流川, 湖水, 泉水등등과 같이 用水供給에 유용한 형태로서 지상에 나타나지는 않았다. 이 週期 가운데의 어떤 단계에 있어서도 유용한 형태를 지닌 물은 지면보다도 지하에 더 많은 양의 물이 발견되고 있다. 전세계적인 비율로 본다면 이 양자의 비율은 2대1에 가까울 것으로 지하수가 보다 더 高率인 것이다. 그러나 이 數字에는 豫備水源이 포함되고 있지 않다. 예비수원이라는 것은 매년 또는 단기의 週律에 참여하지 않는 水源과 지난 50만년 동안에 걸친 최근의 지질시대, 그러나 주로 후기빙하시대, 즉 2만년 내지 10만년 전의 시기에 있어서의 凹池나 혹은 岩窟저수지 속에 축적되었던 수원을 말한다. 이러한 형태의 지면수가운데 가장 큰 유물은 北美의 호수들이다. 그러나 지면의 모든 化石貯水의 量은 지하의 저수량의 10분의1 내지 5분의1에 불과한 것이다.

이렇게 해서 이 세계의 用水開發은 역설적인 상태에 있게 되는데 인간에게 所要되는 全水量的의 90

% 가량이 오늘날 지면의 수원이나 또는 지면의 인공적 및 자연적 저수지로부터 抽出되고 있으나 이러한 水源들은 기껏해야 전세계의 총합 수원의 20%에 해당할 따름이다.

### 地 面 水 의 境 遇

이렇듯 均衡되지 못한 발전상태는 여섯개의 수급할만한 이유에 기인하고 있으며 또 이러한 이유들이 그 정당성의 대부분을 참으로 알게 된 것은 바로 최근의 일이다.

첫째 = 地面水는 위대한 고대문명지역과 현대 산업국가의 인구집중지역에 많이 있다. 참으로 이렇게 물이 풍부한 것이 문화적 및 경제적인 발전을 이루게한 주요한 요소 가운데의 하나이었던 것이다.

둘째 = 地面水의 발생은 비교적 쉽게 측정될 수 있는 것이며 또 이것으로 인하여 계획, 수송 및 배급이 쉽게 되고 있다. 사실에 있어서 數學과 기술이 고대세계에서 발전한 것도 泉水와 流川의 물을 偏向시키고 分配시키는 실제적 및 공평한 방법을 발견하는 필요성에 많이 기인하고 있는 터이다.

셋째 = 定住가 시작된 이래로 우물과 턴넬들이 開掘되어 왔었으나 그러한 개발은 불규칙적으로 보이는 地水의 발생으로 인하여 드물게 되었던 것이다. 그러한 地水를 끌어 올리는데 필요한 經費와 勞動力이 또한 非工藝時代에 있어서는 하나의 장애이었다. 에벨기를 현저하게 소모하지 않고서도 능히 관리할 수 있는 既知量의 地面水를 취급한다는 이 생각은 대단히 확호한 뿌리를 가지고 있으므로 현대적 기술로 供與되는 모든 편의가 있는 오늘날에 있어서도 地水發展의 과정이 때때로 부당한 지장을 받고 있는 것이다.

넷째 = 江이나 댐 저수지로부터 消費地까지 인력으로써 地面水를 직접수송하는 일은 대부분의 경우에 가능한 것인데 그 까닭은 川水가 山으로부터 바다로 흘러가는 도중에 이를 손쉽게 편류시킬 수 있기때문이다. 최근에 이르기까지도 물통이나 물통두레박으로 끌어 올릴 수 있는 정도의 少量의 경우를 제외하고는 이 引力에 의한 流水만이 用水輸送의 유일한 방식이었던 것이다. 대조적으로 보아서 地水는 地面下에뿐만 아니라 또 山麓과 계곡 및 해안선과 같은 低地에 대부분이

촉적되고 있으므로 이곳으로부터 高地로 쫓겨하여 의하여 끌어 올려야 할 때가 많다. 이제 이 자연적 引力은 경제적인 用水體系를 위한 前提條件이 되지 않는 것이지만 그래도 일종의 引力 複合이 門外漢——어찌 문외한뿐이라——의 사고방식에 아직도 충만되고 있다.

다섯째 = 다수의 土質學者 및 用水技術者들이 아직도 지니고 있는 水理學의 觀念에 관한 고전적 개념에 의하면 거의 모든 지하수는 寬局的으로 流川과 호수에 복귀하는 것이다. 따라서 지면수의 이용이 확대되면 결국에는 잠시 입수하지 못할 지하수원까지도 이용하게 될 것이다.

여섯째 = 지방적, 국가적 및 초국가적 실체에 대한 경제적 및 정치적 권력은 수토에 관한 효과적 지배의 힘으로 행사되어 왔다는 역사적 사실이 있다. 나일계곡의 中部 및 下部에 있어서의 고대 애급의 역사는 정부의 일관적 체계에 대한 나일江 水의 영향과 경제조직에 대한 운하의 치명적인 중요성을 통하여 대부분 해석될 수 있는 것이다. 種族的, 封建的, 國家的 및 帝王的인 권력은 주요한 泉水 및 川源의 소유권에 기인되었으며 또 아직도 기인되고 있다. 用水技術의 발전을 통한 독립투쟁은 역사에서 순환되고 있는 제국이다. 성서시대에 있어서는 우수를 수집하고 보존하는 기술의 독립적 발전으로 인하여 헤브라이 사람들은 물이 풍부한 지중해 연안 평야와 나일계곡 및 유-프라테스-티그리스계곡에 있던 강력한 인접국가들에게 포위 당하고 있었으면서도 유-디아 산악지대에서 자립하여 왔었던 것이다. 건조한 네게브 지방에 대한 오늘날의 이스라엘의 지배도 1948년에 현대국가인 이스라엘이 출현했을 때에는 이 지방의 各 定住地마다 현대식 우물이 있었다는 데에 많이 기인되고 있는 것이다.

### 膨脹하는 用水需要

인구발전을과 비례되지 아니하는 용수수요의 급격한 팽창과 용수가 부족한 지역에서의 물질문명의 급속한 확장으로 인하여 용수공급에 관한 재래적 방도뿐만 아니라 이러한 방도의 배경이 되고 있는 사고방식에도 변화가 야기되어왔다.

확립되어 있는 관례에 따라서 여러 용수 사용자들의 수요는 무엇보다도 먼저 지면수로 향하게 되는 것이며 또 사용자들의 이해는 흔히 相反

되는 것이므로 이 문제는 쓸 수 있는 용수공급을 청구자들 사이에 그저 분배해 주는 것만으로 해결할 수는 없다. 이렇게 해서 항해에는 최소한의 수심이 필요한 것인데 특히 乾燥期에 灌溉를 위해서 河床으로부터 우수를 분리시키게 되면 항해에 소요되는 최소한의 水深線 이하로 수위를 저하시키게 될 것이다. 首都지역의 휴양처로 사용되는 호수는 未處理의 下水汚物을 소화하는 역할을 동시에 담당하지는 못한다. 수력발전 시설은 비록 물을 소모하지는 않지만 농업 및 공업 사회와 그 이해가 상반되는 수도 있다. 농업 사회에서는 높은 內陸盆地나 高原地帶의 灌溉를 위하여 물이 필요할 것이며 또 그 물을 수원의 근처나 또는 그보다 높은 수준에까지 쫓겨나기 싫어할 수도 있는 것이다. 한편으로 산업계에서는 잠재력을 最適條件으로 개발하고자 그 물을 低位로 흘려보내기를 원할 것이며 또 농부들이 얻을 수 있는 것보다도 더 유리한 조건으로 그 물을 산업 사회에 판매하기 위하여 그렇게 원할 수도 있다. 급속도로 발전하고 있는 화학공업과 암석화학공업 그리고 무엇보다도 핵공업에 있어서는 그들의 생산과정에서 龐大한 量의 물이 필요할뿐만 아니라 또한 殘滓物을 가장 편리하고도 염가로 처리할 수 있는 방법으로서 물을 이용해야 하는 것이다. 그러나 이렇게 함으로써 流水의 화학적 및 세균학적인 성분을 排泄點 이하로 변질시키게 되므로 그 우수는 魚類의 生棲나 灌溉나 또는 인간의 소비에 부적당하게 되는 것이다.

모든 곳의 관공서에서 급전수가 되고 있는 것은 灌溉를 一方으로 하고 산업용 및 도시용을 他方으로 하는 두가지 이해의 반복되는 상반인 것이다. 산업계와 자치체에서는 用水의 대금으로서 농업계보다도 5배 내지 22배나 더 많이 지불할 능력이 있다. 인간의 소용이 반드시 산업에 우선해야 하며 또 산업이 농업에 우선해야 한다는 경제학의 간단한 법칙도 물에 관한 한은 이론적 결실을 나타낼 수는 없는 것인데 그 까닭은 이것이 수많은 高度로 경작된 灌溉地에 대한 치명적 타격이 될 것이기 때문이다. 이러한 종류의 경제적 분쟁을 해결하는 유일한 방법은 고위층의 정치적 결정인 것이다.

지난 20년 동안에 특히 현저화한 용수쟁탈은 물

론 전세계에 걸쳐 생활수준이 일반적으로 높아진 데 기인하고 있다. 한 마을의 각 가정에서 중앙 펌프나 또는 泉水에서 물을 길어야 하는 대신에 처음으로 용수공급을 직접 받게 되었거나 또는 최근에 승진한 죠-니즈씨가 자기 정원내에 수영장을 설치하였거나 그 결과는 한가지인 것이니 매 인당의 用水消費는 증가되었고 또 수원에 대한 수요는 높아진 것이다. 공기 냉각장치와 같은 산업의 발생은 용수에 대한 새로운 중요한 顧客을 창조하는 것이다. 구라파의 노동자의 생활수준이 향상되고 또 이에 따라 柑橋類 果實을 그가 더 많이 소모하게 되면 칼리포니아, 푸르티다, 멕시코 및 지중해 각국에서 灌溉林의 면적이 증가하게 되는 것이다.

불행하게도 용수소비의 통제는 아직도 세계적 규모로 만들어지지는 않고 있으므로 이러한 모든 요인에 따르는 수요의 증가를 세밀하게 평가할 수는 없는 것이다. 따라서 우리는 현저한 경향을 표시하고 있고 또 그에 관한 통계자료를 입수할 수 있는 개개의 경우를 반드시 주목해야 한다. 이러한 자료를 분석하면 濕地帶 및 乾地帶를 막론하고 경제가 얼마간 착실한 進歩로 발전하고 있는 지역에 타당한 일반적 결론에 도달하게 되는 것이다.

첫째 = 用水의 引揚과 사용은 인구의 발전을보다도 3배 내지 10배나 더 급속하게 증가하는 것이다.

둘째 = 灌溉를 제외하고 도시 및 지방의 用水 소모량은 전소모량의 10%에 불과한 것이며 또前者는 後者和 동일한 비율로 증가하는 것이다.

셋째 = 灌溉에 사용되는 물의 비율은 산업적 목적에 사용되는 물의 비율보다도 월등하게 서서히 증가하는 것이다. 경제발전의 초기단계에 있어서는 灌溉에 소비되는 물이 다른 모든 활동에 소비되는 물보다도 더 많은 것이지만 그래도 灌溉用水의 사용량은 安定化되기 쉬운 것이로되 산업계에 사용되는 양은 산업화의 과정에 따라 급속하게 증가하는 것으로 終局에는 灌溉用水의 需要를 凌駕하게 되는 것이다.

넷째 = 地下水源으로부터의 用水의 引揚은 地面水源으로부터의 引揚보다도 2배나 더 급속하게 증가하고 있을 것이다. 그러나 地面과 地下의 用水

分離量의 關係는 아직도 地面水源이 壓倒的으로 優勢한 것으로서 歐羅巴에서는 20對1乃至는 5對1이고 美國에 있어서의 比率는 約 4對1인 것이다 現在의 傾向과 技術的 可能性에 비추어 보면 이러한 比率이 向後 20年乃至 50年 동안에 濕地帶에서는 3對1乃至 2對1로, 濕乾混合地帶에서는 2對1乃至 1對1로, 그리고 乾地帶 및 亞乾地帶에서는 1對1乃至 1對2로 될 것이다.

乾地帶와 亞乾地帶에 關한 限은 이렇게 물이 貴한 地域으로 文明이 進出하게 된 것은 原油生産과 大規模의 灌溉計劃에 基因하고 있다는 것을 注目해야 한다. 特히 中東地區에 있는 沙漠과 半沙漠은 原油生産의 가장 重要한 中心地가 되었을 뿐만 아니라 또한 이 地域은 世界的 原油貯藏의 主要部分을 이루고 있는 것이다. 물과 기름이 섞이지 아니한다는 말이 있으나 기름이 商品이 되려면 巨大한 分量의 물이 必要한데 이는 原油를 試掘하고 生産하며 또는 精製하는데 必要한 것이다 市場에서 販賣되는 한통의 기름을 만들기 爲해서 油類工業에 使用되는 물의 量은 적어도 20통에 達하는 것이다. 事實上으로 기름과 물이 同調하는 길은 하나 뿐만이 아닌데 그 까닭은 油類生産과 精油의 發展으로 以前에는 貧困하던 地域이 크게 致富하게 되는故로 都市와 産業 및 農業의 發展을 通하여 물의 消費가 急速하게 增加되도록 促進하는 作用을 하기때문이다.

灌溉에 關해서는 地中海 周邊의 古典的인 灌溉體系가 廢墟로 돌아간지 1000年乃至 1500年만에 現代의 諸國家들이 亞乾地帶에 있어서의 灌溉의 利點을 再發見하게 되었던 것이다. 萬一에 灌溉方法을 通하여 一定치 못한 降雨에 依存할 必要가 없게 된다면 이러한 地域에서는 植莖의 成長을 促進하는 豊富한 日光과 1年中을 通한 結實季가 거의 理想的인 農業條件을 提供하는 것이다. 이렇게 해서 食糧 및 産業用 糧穀을 生産하기 爲하여 새로운 地域들이 開墾되어가고 있는데 이는 美國 西南部, 南部 露西亞 北部 멕시코, 中部 濠洲 및 南部이스라엘 등의 亞乾地帶에 있어서의 國家的 施策의 所産일 뿐만아니라 또한 印度, 파키스탄, 東阿의 中部 및 西北部等等에서 보는 바와 같은 低開發國家에 對한 國際援助의 테두리 안에서 이루어지고 있다.

核力分野에 있어서의 將來의 發展을 推測하는 것은 아직 지나치게 빠른 것이지만 그러나 이 새로운 에너지源은 乾地帶 및 亞乾地帶에 對하여 巨大한 希望을 보여 주고 있음이 分明하다. 그러나 核力의 生産 및 使用에는 대단히 龐大한 量의 물이 所用된다.

用水需要의 이러한 急激한 上昇으로 因하여 特히 季節적으로 乾燥한 地域에 있어서는 地下水源에 關한 踏查가 促進되고 있다.

濕地帶에 있어서는 每年 0.3—0.6米의 蒸發이 있는데 對하여 乾地帶에서는 露出水面으로부터 每年 1.7—3.0米에 達하고 있는 蒸發量을 防止하기 到하는 貯水池의 役割을 할 地下岩層에 對하여 需要가 늘게 되었으므로 地下水의 供給에 關한 切迫性이 더 顯著하게 되었다. 濕地帶에 나타난 이러한 地下貯水池에 對한 傾向은 原油 및 가스 貯藏所의 工事 分野에 있어서의 同一한 發展에 基因되는 바 큰 것이다.

따라서 乾地帶의 用水管理——이는 事實上 地下水의 開發을 意味하는 것이다——에 對한 要請은 增加하게 될 것이라고 結論지어도 無妨할 것이다.

### 地下水의 境遇

前言한 바와 같이 地面水의 使用을 庇護하는 論議는 最近에 그 正當性을 喪失하게 되었고 또 地下水 開發의 諸利點과 이 兩者를 調和시켜 運營하는 必要性에 對한 認識이 增大하게 되었던 것이다. 이 兩者가 調整되는 方法과 兩者間의 量的 關連性은 用水供給 慣例에 關한 在來式 考慮에 依하여 支配를 더 한층 적게 받게 되었다. 이 問題의 重點은 短期의 隔離된 利益으로부터 長期의 全體的인 利點으로 移轉하게 되었다. 오늘날 考慮되고 있는 要素들은 分量과 供給의 直接的인 利點뿐만이 아니라 또한 그 質(鑛分, 細菌學的 計算, 混濁性, 溫度)과 非常時의 安全保障策과 旱魃 및 豊雨 兩期에 걸친 調和와 그리고 健康, 排水 및 土質에 미치는 傍系 效果 등이 있다. 技術者와 行政者들은 그들의 經驗으로 短期의 見解와 用水計劃에 對한 制限을 갖게 되면 高價의 變更이나 또는 高價施設의 放棄와 같은 豫期치 않던 變形이 必要하게 된다는 敎訓을 알게 되었다. 地

面水에 關한 利點과 不利點을 이미 檢討하였으므로 이제 地下水의 境遇를 살펴보기로 한다.

우리는 이미 地下水의 全量이 地面水의 全量보다 越等하게 많다는 것을 알았다. 地下水의 貯水池는 또한 河床과 自然的 및 人工的 生水 貯藏處를 合친 것보다도 越等하게 큰 자리를 잡고 있으므로 그 地水面은 每年의 出入水量에 따라 變化를 크게 보이지는 아니하는 것이다. 旱年이 거듭되면 河川의 流水는 根本적으로 低減될 것이지만 그러나 普通 크기에 地下貯水池라도 决코 急速하게 涸竭되지는 아니한다. 中部 텍사스에서 볼 수 있는 過度涸竭이라도 이 地下水源을 涸竭시키지 않은채 數十年을 繼續할 수 있다. 참으로 地下水는 그 優勢와 緩慢한 運動때문에 旱魃期에 있어서의 河川水에 對한 主要한 補償源의 役割을 하고 있는데 江水의 3分之1 以上은 滲出地下水에 起源하고 있다.

그 뿐 아니라 땅 속으로 向하여 多孔岩層을 通하는 물의 緩慢한 運動(適當한 速度를 가진 河川이 每時間에 數杆를 흐르는데 對하여 이 물은 每年에 普通으로 數米, 數十米, 또는 最大速度라야 數杆의 速度)으로 因하여 機械的이며 細菌學的인 淨化 및 擴散의 過程을 招來하고 있는데 이러한 過程을 混濁되거나 또는 다른 原因으로 汚損된 地面水는 이 地球를 遍歷하는 동안에 當하고 있는 것이다. 適當히 保護되고 또 開發된 地下水源은 물로 傳播되는 疾病의 流布에 對한 最善의 保障인 것이다. 그 뿐 아니라 이 물은 浸滲性이 있는 下層土로부터 鑛分을 받게 되는데 이 成分은 大概가 人間, 動物, 壤土 및 植物에 도움이 되는 것이다. 地下水는 湖水나 또는 河川水보다도 越等하게 이 地球上의 生命體를 爲한 稀薄한 食糧 및 藥品이라고 생각될 수 있다. 地下水로 灌溉된 土地는 河川水로 灌溉된 土地보다도 少量의 肥料로도 足한 것이다. 地下水를 利用함으로써 齒牙의 腐敗에 對한 弗素의 影響을 發見하게 된 것은 注目할만한 일인데 比較的 弗素의 含有量이 豊富한 地下水源으로부터 用水供給을 얻고 있는 兒童들이 地面水를 使用하고 있는 兒童들보다도 齒牙 腐敗의 範圍가 적다는 것이 發見되었던 것이다. 이러한 發見으로 因하여 人工적으로 用水의 弗素 含有量을 增加시키는 것이 數個國에서 流行이 되었다.



地下水가 地面水보다도 有利한 또 하나의 利點은 그것이 日常 및 季節的인 溫度變化의 影響을 越等 적게 받는다는 일이다. 높은 北緯線에 있어서의 境遇를 除外하고 地下水의 貯水池는 凍結하지 않는 것이며 또 熱暑의 氣候에도 지나치게 더워지지 아니하는 것이다. 따라서 이러한 水源을 開發하면 寒冷한 季節에 必要한 人工加熱의 範圍를 縮小시키게 되는 것이며 또 熱暑의 季節에는 便宜한 清涼劑를 提供하게 되는 것이다. 地下水는 加重된 岩層의 地層에 依하여 더 한층 狂暴한 氣候의 變態로부터 保護되고 있는 것이다. 氣候條件에 對하여 地下水를 保護하는 것은 앞으로 닥쳐 올 核力時代에는 特히 重要한 일인데 地面水에 對하여 恒常 危險物이 되어 있는 原子塵에 因한 汚染도 下層土의 貯水池에 있어서는 거의 零으로 減少되는 것이다. 이와 同一한 理由로서 地下의 水源은 地面의 貯水池와는 顯著한 對照를 이루어 空襲에 對한 抵抗力이 特히 強한 것인데 지난 第二次 世界大戰에 있어서 루르地區의 中央貯水池(메-나 뎀)를 數時間동안의 空襲으로 破壞하는데 成功하였던 實例가 있다. 이미 考察한 바 있는 蒸發損失에 있어서도 地下水源은 地面水보다도 越等하게 損失量이 적을 것이 分明하다. 事實에 있어서 地下의 水源은 그 水位가 地面 가까이 到達하지 않는 限 蒸發로 因하여 물을 喪失하지는 아니한다. 이러한 境遇에는 地下水源이 空氣와 接觸하는 것을 全的으로 除去하기 爲하여 pomp 水位를 人工的으로 數米나 低下시키므로써 蒸發을 防止할 수 있는 것이다. 이러한 作業으로서 地下層의 水原이 保存될 뿐만 아니라 또한 下層土의 岩層을 地面水의 過剩分을 받아들일 수 있는 蒸發防止 貯水池로 變形시키게 되는 것이다. 地面貯水池로부터의 높은 蒸發損失과 洪水의 不規則性으로 因하여 뎀 工事が 危險化되고 있는 乾燥地方에 있어서는 이것이 特히 有利하다. 乾地帶에 있어서는 洪水를 人工的으로 地中에 復流시키므로써 이를 保存하는 것이 追後의 消費에 對備하여 用水를 保存하는 唯一한 經濟的 方法인 것이다. 濕地帶에 있어서는 地下貯水를 庇護하는 論議가 主로 目的하는 바는 蒸發에 依한 損失을 減少시키자는 것이 아니라 다른 方途로서는 海中으로 사라져 버릴 地面水를 淨化하고 保存하자는 것이다.

水位를 低下시키는 것과 過度飽和된 土地를 排水하는 것은 또 다른 經濟的 諸利點을 招來하게 되는데 그 까닭은 時期的으로나 또는 永久的으로 地面에 지나치게 近接되어 있는 水位가 生活條件과 人間活動에 對하여 逆効果를 미치는 것이기 때문이다. 地面에 恒常 많은 濕氣가 있으면 疾病에 對한 抵抗力을 減退시키게 되며 水分이 充滿된 土質은 過剩水 및 洪水를 滲透하지 못하는 것이고 濕氣가 지나치게 되면 雜草의 成長을 促進하고 農產物에도 害가 되는데 反하여 季節的으로 濕한 地面에 家屋을 建築하는 일은 흔히 費用이 많이 드는 것이다. 事實에 있어서 이 水位를 低下시키는 일에 隨伴하는 間接的인 經濟的 利點은 掘穿 및 鑿井工事に 所要되는 費用을 補償하고도 남음이 있는 것이다. 計劃者 및 行政家들에게 魅力이 있는 地下水 計劃의 또 다른 樣相이 있는데 그것은 그 計劃의 可變性과 徐徐이 效果를 나타낼 수 있다는 點이다. 大概의 地面水 計劃, 特히 뎀에 依存하는 計劃들은 徐徐이 建造될 수 없는 것으로서 반드시 그 運營 開始에 앞서 全面的으로 完工해야 하는 것이다. 그 工事が 完了되는 날에는 巨大한 量의 물이 하루동안에 쓸 수 있게 되는 것이지만 그래도 이 물은 相當한 時日이 經過된 다음에야 全面的으로 利用될 수 있는 것이다.

地面水 計劃의 金融, 建設 및 運營에 있어서의 이러한 嚴格性과 唐突性은 地下水 計劃의 可變性과 緩漫한 發展에 對한 좋은 對照를 이루는 것이다. 泉水, 뎀所在地 및 河川과 같은 地上의 一點이나 一線에 依存하고 있는 地面用水와는 달라서 地下水는 數十, 數百 또는 數千 平方哩에 걸쳐 있는 水源에 依存하고 있다. 그 抽出點(우물)은 따라서 無數하고도 廣汎하게 퍼져 있을 수 있다. 地下水의 發展計劃은 小規模로 着手해서 徐徐이 進行시키고 또 需要와 그리고 含水岩層의 運動에 따라서 漸次的으로 巨大한 計劃으로 發展시킬 수 있는 것이다. 灌溉를 통한 農業의 發展은 많은 農夫들이 多年間에 걸쳐서 獲得하여 온 知識의 一步一步의 成長으로 된 것이라는 事實을 記憶해야 한다. 地面에 물을 퍼붓는 것은 灌溉가 아니며 灌溉로 解決하려는 바와 꼭같이 많은 問題들이 發生되는 것이다. 市場으로 巨大한 量의 물이 갑자기 나타나게 되면 물의 價格이 低落하게 되는 것이다. 오늘날 물은 빵이나 기름과 같이 하나의 商

品인 것으로 그 生産價格과 여러 消費層에 있어서의 價値에 따라서 買入되어야 하는 것으로서 決코 그 價格을 不當하게 低下시킴으로써 浪費되어서는 않된다.

끝으로 地下水에 基盤을 둔 用水工事나 또는 적어도 大江이나 댐計畫에만 依存하지 아니하는 工事로 因하여 市民들은 自然에 있어서 그리고 組織된 人間活動에 있어서의 물의 全面的이고도 複雜한 役割을 完全히 理解하게 되는 것이다. 漸次로 쓸수 있게 되며 또 廣汎한 居住地域으로 配布되고 있는 用水供給으로 因하여 물의 使用者들은 教育을 받고 있으며 또 用水經濟의 必要성과 그리고 用水計畫者, 用水工事管理人 銀行家 및 政府와의 緊密한 協力の 必要성을 알게 되는 것이다. 用水의 政策 및 管理에 關한 協議에 있어서보다도 個人 및 集團의 所要와 關心, 權利와 義務가 더 한층 緊密하게 調和되는 일은 없다. 이러한 諸活動의 協力 및 調整은 用水事業 뿐만 아니라 用水를 中心으로 建立되어 있는 社會를 民主化하고 있는 것이다.

### 地下水 發展에 關한 技術

이러한 潛在的인 地下水의 利點을 鞏固한 業績으로 이끌어 가는 方便인 技術을 考察하는 일이 남아 있는데 이 技術은 深求, 施設, 輸送, 貯蓄 및 開發에 關한 것들이다.

#### (深求)

地下水源의 評價 및 開發에 關한 限 最大의 障礙가 되는 것은 이러한 水源을 눈으로 볼 수 없다는 것이다. 따라서 물의 發見은 螺旋幹으로부터 電氣搖錘에 이르는 神奇한 道具들이 支配하고 있는 하나의 分野가 되었었고 또 地下水의 運動에 關한 變態의 理論이 아직도 대단히 優勢한 까닭에 水理學者의 第一課業은 技術의이라기 보다는 오히려 心理的인 것이다. 그는 흔히 自己가 물을 찾고 있는—어디서든지 若干의 물을 發見할 수는 있다—것이 아니라 그 크기와 機械的 및 化學的인 물의 成分과 그리고 流入, 地下運動 및 流出의 動態 等에 關한 諸條件을 充當할 수 있는 含水岩層의 存在를 찾고 있다는 것을 說明해야 하는 것이다. 기름과는 달라서 地下에 있는 물은 언제나 쓸 수 있는 것이 아니다. 現代의인條件下에

있어서는 水源으로부터의 用水開發은 대단히 巨大한 規模로 實施해야 하는 것인데 繁榮하고 있는 國民은 一年에 所要되는 기름의 量과 같은 分量의 물이 하루에 所要되는 것이다.

그러나 다른 많은 部面에 있어서 물의 深求는 기름의 深求와 비슷한 것이다. 이 兩者는 대단히 科學的인 技術이 되어 왔으므로 이에는 經濟學者와 더불어 緊密하게 協力하면서 일하는 地球物理學者 및 土木技術者의 팀이 必要한 것이다. 源泉에 關한 深求 및 調査에 利用되는 地理的 및 物理的 原理는 물과 기름의 兩者의 境遇가 同一한 것이다. 그러나 勿論 前者가 後者보다도 더 한층 豐足한 것이다.

기름의 深求에는 主로 地震 및 引力の 方法이 利用되는데 그 理由는 이들의 深求에까지 미치는 커다란 分解力때문인 것이지만 물의 深求에는 可變性있고 廉價인 地震的 方法이 支配的으로 利用되고 있다. 이 方法은 一名의 水理學者나 또는 地質學者의 監督 밑에서 作業하는 專門家 및 技師의 팀의 손으로 成功的으로 施行될 수 있는 것이다. 試掘用 및 生産用 보-링에 使用되는 掘穿機具는 물 및 기름의 兩者에 있어서 同一한 것이나 물의 境遇에는 掘穿深度가 얕기때문에(기름의 境遇에는 3000 乃至 7000米이나 물의 境遇에는 500 乃至 1500米) 기름用掘穿보다는 그 索具裝置가 더 가벼운 것이다. 기름用 보-링을 또한 물用 보-링보다도(地中の 含水量이적은 上層被覆部를 뚫고 나가기 爲해서) 繼續掘穿用 回轉器具를 越等 더 많이 使用하고 있다. 끝으로 地面踏査 및 地球物理學的 調查로서 얻은 資料와 關連해서 化石學(地質學的인 年代鑑定) 地質化學, 檢鏡, 電氣測程 및 其他技術에 關한 道具를 使用함으로써 地下岩層의 實態에 關한 대단히 完全한 狀況을 把握할 수 있다.

물의 發見에 關한 在來式 態度는 用水의 供給計畫에는 何等의 相關이 없음이 分明한 것이다. 그러나 計畫者 및 行政家들이 該計畫의 準備를 爲해서는 技術專門家들을 많이 投入하기를 決코 躊躇하지 아니하면서도 우물用 地點을 指定하는데는 一名의 地質學者가 數日동안에 이를 完成하기를 期待하고 있으며 또 그 우물이 期待된 바와 같이 물을 產出하지 않을 때에는 곧 그地質學者나 또는 地下水의 非規律的인 性質을 非難하고 있다

萬一에 地下水 計劃의 準備에 動員된 工事 및 技術的 知識의 分量이 實計劃에 動員된 分量과 比等하게 된다면 失敗의 危險은 이 兩者에 있어서 別로 差가 없을 것이다.

(施設)

지난 二世代 동안에 雨물施設과 ポン浦器具에 있어서 達成된 進歩는 帆船을 現代式 渡洋汽船과 代置하게 된 技術的 革命과 比較될 수 있는 것이다. 以前에는 地下水의 開發에 對한 最大의 障礙 가운데의 하나는 含水岩層을 數米 以上の 深度까지 뚫고 나가는 困難性이 있었다. 그리고 물이 드디어 發見되었을 때에는 사람이 물 밑에서 일을 할 수 없다는 事實이나 水位의 變動이나 또는 使用할 수 있는 ポン浦器具의 대단히 限定된 能力等으로 因하여 그 以上の 進歩가 停止되었던 것이다. 오늘날에는 ポン浦의 能力과 그리고 縱管이나 試掘孔을 通하여 물을 抽出할 수 있는 深度는 事實上 無制限인 것이다. 여기에는 勿論 經濟的인 考慮에서 課해지는 若干의 制限——例컨대 開發에 必要한 動力의 分量 等——이 있으나 그러나 모든 實際的 目的을 爲해서는 有用한 地下水는 모두 그 價値에 並行되는 原價로 이를 地上으로 끌어 올릴 수 있는 것이라고 말해도 無妨할 것이다. 數千年 동안을 두고 遊牧民의 徘徊地였던 예루사렘 南方의 베-루세바 地域에서는 300米 乃至 600米의 深度를 가진 雨물이 施設되어 가고 있는데 그 ポン浦는 200米 乃至 250米의 深度를 가진 水位로부터 每時間 100 乃至 500立方미터에 達하는 물을 引揚하고 있다. 이 물은 대단히 廉價이므로 都市 및 産業用뿐만 아니라 灌溉에도 使用할 수 있는 것이다.

用水의 穿孔에 利用되는 過程은 差動開發의 過程인데 이는 有孔 또는 盲目(無孔)의 파이프를 試掘孔 속으로 正確하게 降下시키는 過程으로서 有孔 파이프는 水源으로부터의 流出水를 爲한 것이며 盲目 파이프는 岩層이나 水源이나 또는 開發에 適合치 못한 水源들을 閉鎖하기 爲한 것이다. 이와 同一한 技術 및 其他의 技術들이 沈泥나 砂分이 試掘孔 속으로 들어오는 것을 防止하는 役割을 하고 있다. 물이 地面에 到達하기 前에 이를 機械的으로 淨化하며 또 試掘孔을 좋은 狀態로 維持하기 爲한 事前清掃方便으로서 濾過器가 利用

되고 있다. 물은 電氣 모-터나 또는 디-젤엔진으로 稼動되는 現代式 타-빈·ポン浦로서 이 試掘孔으로부터 引揚되고 있다.

(輸送)

用水 輸送에 있어서의 進歩는 地面水 및 地下水의 發展에 도움이 되어 왔을 뿐만아니라 또 이 兩 水源으로부터의 用水供給 사이에 緊密한 調整을 할수있게 만들어 왔던 것이다. 언덕 위로 向하건 地面의 河床보다 높건 或은 自然的 障礙를 橫斷하건 間에 巨大한 量의 물을 長距離 輸送하는데 逢着되었던 技術的 制限은 사라져 버렸다. 鐵鐵, 鋼鐵 및 低壓, 高壓의 콘크리트 等으로 된 파이프·라인은 大量의 물을 快速도로 또 廉價로 輸送할 수 있다. 파이프·라인의 架設은 手動으로부터 解放되어 機械의 힘으로 파이프를 現地로 輸送하고 溝床을 파고 파이프를 連結하고 一部를 腐蝕되지 않게 保護하는 資料로 사매고 各部分을 제 자리에 맞춰 놓고 또 全面的으로 稼動할 때에는 이 施設을 管理하기에 이르렀다. 約15年前에 紹介된 水泥트와 鋼鐵 및 푸라스틱을 既壓縮 콘크리트·파이프와 巧妙하게 配合시키는 方法으로 因하여 現代式 用水工事が 크기때문에 必要하게 된 大量用水의 長距離 輸送이라는 問題를 經濟的으로 또 技術上 滿足하게 解決할 수 있게 되었다. 이러한 파이프라인이 없다면 電氣用이나 油類生産品用的 配給網과 同一한 地域的 或은 國家的 規模의 用水網이라는 생각은 아직도 夢想에 지나지 못했을 것이다. 技術者들은 高壓 파이프·라인의 德分으로 因하여 運河 및 低壓 파이프·라인의 運營에 必要한 相當額의 費用을 들이지 않고서도 가장 經濟的인 通路를 따라 물을 輸送할 수 있는 것이다. 用水의 供給이 過剩狀態에 있는 다른 地方으로부터 用水를 끌어 와서 亞乾地帶를 發展시키는 일도 이렇게 廉價로 長距離까지 물을 輸送할 수 있으므로 可能한 것이다. 用水工藝學의 發展에 따르는 經濟的 結果가 대단히 重要한 것이므로 1952년부터 國際聯合의 經濟社會理事會가 그 加盟國들에게 大規模의 統合的 用水計畫을 最高로 優先視하며 또 閣僚級으로 國立 用水委員會나 또는 用水會議를 設置하도록 거듭해서 勸告하여 왔던 것이다.

· 地下의 貯水

地下層의 貯水池에 對한 人工의 再充은 새로운 技術이라고 看做될 수는 없는 것이니 그 까닭은 이러한 方法이 數世紀 동안에 걸쳐서 孤立的으로 또 初步的으로 實施되어 왔기 때문이다. 灌溉 그 自體와 같이 오래 된 亞乾地帶에 있어서의 洪水의 偏流는 上層土의 濕潤化에 利用되었을 뿐만 아니라 또한 그로부터 물이 乾季에 徐徐이 地面으로 올라오거나 또는 數尺 깊이의 우물로부터 길어올려졌거나 하는 淺은 地下水源을 充滿시키는 데에도 利用되었었다. 지난 世紀에 있어서는 우물을 溫帶의 河床에 자리 잡은 都市 近方에서 河川에 붙어 있고 또 河川 밑에 있는 砂礫層속으로 即 그 河床과 水理的인 接觸이 되어 있는 浸透性 있는 沈澱體 속으로 과고 있었는데 이러한 우물들은 乾燥한 해에도 繼續해서 많은 물을 產出하고 있었다. 그 뿐 아니라 이러한 우물에서 나오는 물은 自然的 濾過가 되어 있으므로 河川의 물 그 自體보다도 더 優秀한 水質을 지니고 있었던 것이다. 이러한 境遇에 있어서는 地面水와 地下水 사이의 連關性이 明白한 것이므로 河邊 近方에 있는 淺이 깊은 땅 속으로 向하는 自然浸透로부터 人工의浸透로 轉移하는 過程이 明白하게 나타나고 있었다. 地下의 貯水 岩層을 再充滿시키는 것을 用水 供給에 對한 基本的 重要性을 지닌 새로운 技術로 만든 것은 새로운 原則의 發見이기는 하였으나 그러나 自然的 水理循環에 對하여 사람이 스스로의 利益을 爲하여 齎來시킬 수 있는 가장 重要한 變化는 誘導式 再充滿이라는 事實을 認識하는 것보다도 더 새로운 發見이 되지는 못하는 것이었다.

地下의 貯水池가 地面의 貯水池보다도 約 10배나 더 큰 것이라는 놀라운 모습이 밝혀지게 되자 水理學者들은 이 自然的 贈物을 活用할 수 있는 方法을 研究하기 始作하였다. 自然的 平均 再補充으로 다시 고이게 될만한 量의 물을 퍼내야 한다는 水源開發에 關한 낡은 法則은 갑자기 不必要한 苦役처럼 보이게 되었다. 當場에 쓸 수 있는 巨大한 量의 낡은 地下水를 開發해서 地下의 貯水池에 過去부터 蓄積되어 온 물을 排泄함으로써 바다 속으로 헛되게 흘러 들어가거나 空氣 속으로 蒸化되어 버릴 地面水가 그 빈 자리에 흘러

가도록 해서 는 왜 안되나? 土地의 排水가 되고 流出量이 減少되고, 土地를 通한 蒸發이 減少되고, 洪水의 危險이 制限되고 自然的 浸透가 增加되며 또 끝으로 活用할 수 있는 地下 貯水量이 增加되는 等等的 結果를 招來하게 되도록 水位를 永久的으로 低下시켜서는 왜 안되나? 河川流域으로부터의 地面流出量이 그 流域의 地面水 및 地下水를 結合한 發見可能性의 限度를 表示하고 있다는 推測에는 分明히 어떤 錯誤가 있었던 것이다.

이러한 疑問에 對한 解答을 주는 現代의 水理學者들은 勿論 50年 또는 60年前의 水理學者들이 가지지 못하였던 技術的 手段 및 知識을 마음대로 行使할 수 있는 것이다. 이 水理學者는 貯油 量의 研究로서 獲得된 地下 貯水池 工事に 關한 知識의 巨大한 分量을 特히 指摘할 수 있으나 그러나 그는 油類 地理學者의 知識은 油類 產業界에서 充分히 理解되고 또 開發되고 있으며 水理學者와 用水工業界에서는 形便이 그렇지 못하다고 附言할 것이다. 그는 어떤 地面水計畫이라고 그 地域의 地下水計畫보다도 優秀한 것이라고 立證되지 않는 限 完全하고 便宜한 것이 되지는 못하는 것이라고 充分한 論據로서 主張할 수 있는 것이다. 事實에 있어서 正確한 經濟的 解答은 大概 이 兩 水源의 利點을 結合한 것이다.

地面 및 地下의 用水 開發

最近의 巨大한 知識의 增進과 刮目할만한 技術의 進歩로 因하여 用水 開發에 對한 새로운 研究態度가 誕生되고 있다. 地面의 新鮮한 물과 地下의 新鮮한 물은 이제 决코 두개의 個別的인 現象이라고 看做되지는 아니하고 小部分은 눈에 보이며 大部分은 水面下에 隱匿되어 있으며 一에 影響을 주는 變化는 곧 他에도 反映되는 그러한 全體의 不可缺한 一部를 이루고 있는 水山과 比較할 수 있는 하나의 單體로서 看做되고 있다. 이러한 特徵을 가장 훌륭하게 表示하는 것은 泉水에 對한 새로운 水理學的 處理方法이다.

泉水는 地面水라고 看做되고 있으나 그러나 이 泉水는 地下 貯水池로부터 流出 또는 溢出된 물인 것이다. 泉水를 오로지 地面水의 現象으로만 看做하고 있는 限은 이에 基盤을 둔 結水體系의 改善은 泉水를 맑게 하거나 그 流出을 容易하게

하며 또 集中시키려는 생각을 가지고 얇은 施設을 建立하거나 或은 이렇게 해서 泉水 地點에서의 抽出을 쉽게 하려는데 局限되고 있었던 것이다. 그 泉水가 주로 地下水의 現象이라고 看做되기 始作하면서 부터는 이러한 새로운 處理方法을 說明하는 몇가지의 重要한 問題들이 나타나게 되었다. 例컨데, 그 泉水의 流出量은 泉水에 물을 대주고 있는 水源의 最大 供給量을 나타내는 것일까? 萬一에 그렇지 않다면 그 泉水에서 얼마간 距離가 있는 곳에 우물을 파게 되면 그 供給량이 增加되지 않을까? 或은, 이보다 한걸음 나아가서 萬一에 泉水의 流域 內에서 물이 消費될 것이라고 한다면 그러한 물을 地下로 泉水를 向하여 흐르게 한 다음에 이를 다시 地面의 消費地點으로 퍼 내올 수 없을 것인가? 그리고 그 泉水를 물이 所要되는 地點에 設置된 試掘孔을 통하여 끌어 올려서는 안되나?

用水開發의 技術은 事實上 이러한 質問이 表明하는 線을 따라서 變化되어 가고 있다. 萬一에 그 泉水에 鹽分이 있다면 이 물을 給水하는 水源으로부터 아직 鹽性化되지 아니한 地點에서 直接 퍼 내음으로써 이를 新鮮化할 수 있는 것이다. 泉水가 明白하게 限定된 地點에 나타나서 膠質層을 통하여 水源으로부터 地面으로 通過해 가지 않는다면 그 물의 一部는 스며 올라와서 地中에서 側面으로 浪費되어 蒸發로 사라지게 되는 것이다. 이러한 型態의 泉水 蒸發로 因하여 乾地帶에서는 大量의 用水가 浪費되고 있는 것이다. 이러한 泉水를 地下水로 變化시킴으로써 潛在의인 水源을 相當히 增加시킬 수 있다. 그 流出水を 地下의 어느 深度에서 抽出하여 水源이 被覆層과 直接으로 마주치는일이 없을 程度의 比量을 콤푸로 퍼내도록 하면 이 일을 成就하게 되는 것이다.

이러한 形態의 實例로서 死海와 紅海사이에 있는 아인·함세바 泉水를 들 수 있는데 이 泉水는 沙漠地帶 內의 가장 有名한 飲水場이며 休養地로 되어 있는 것이다. 이 若干 濕潤한 地域에서 以前에는 每時間 八立方미터라는 固定量의 新鮮한 물이 나오고 있었다. 最近에 이르러 沖積된 資料를 뒤덮인 水源을 뚫고 70米 깊이로 源泉上에 우물을 하나 팠는데 이로부터 그 泉水와 水質이 같은 噴水가 每時間 36立方미터나 나오게 되었던 것이다. 그 泉水 自體로부터의 流出量이 若干 줄기는 했

지만 그러나 全 水量은 以前보다 5배나 더 많아진 것이다. 地面上에서나 地下에 있어서의 물의 蓄積, 運動 및 貯蓄이 이제는 사람이 반드시 服從해야 하는 不變의 條件으로서가 아니라 오히려 사람이 스스로의 利益을 爲하여 操縱할 수 있는 自然現象이라고 看做할 수 있게 되었다. 물의 流出, 滲透 및 蒸發 사이의 量的連關性은 萬一에 그 일을 하려는 充分한 刺戟만 있으면 大部分의 境遇에는 根本的으로 變更시킬 수 있다. 오늘날 用水管理는 特定한 目的을 爲한 個人的 作業으로서가 아니라 보다 더 넓은 意味에서 經濟的 및 社會的인 企業으로서 考案되고 있는 것이다. 建造物의 設計에 있어서는 可能한 未來의 需要 및 變化를 考慮에 넣도록 해야 하는데 比較的 짧은 時日 內에 重點이 다음과 같이 變移될 수 있기 때문이다——

◀都市給水로부터 産業給水로,

◀發電으로부터 灌溉로,

◀地方의 洪水防止로부터 剩餘用水의 地域의 輸送으로,

◀地面抽水로부터 地下抽水로,

◀缺水地域에 對한 移水로부터 同地域 內의 飽水地面의 排水로,

◀(所要되는 地質構成을 目的으로 하는)人工의 水位引上으로부터 (더좋은 滲透를 爲한)人工의 水位低下로,

◀純全한 經濟的 目的으로부터 休養과 같은 社會的 目的으로.

事實上, 用水操縱은 自然環境을 改善하여 文明生活에 適合토록 만드는 主要한 方便의 하나가 되었다. 이러한 用水操縱은 分明히 組織社會의 基本的 責任가운데의 하나이기도 하다.

### 未 來 의 展 望

이러한 用水發展에 關한 새로운 概念은 얼마나 迅速하게 實際의 業績이 될 수 있을 것인가? 아직도 克服되어야 할 龐大한 難關이 存在하지 않는 듯이 假裝하는 것은 無用한 일일 것이다. 이러한 難關들을 心理的 又は 教育的 考慮에서만이 아니라 또한 技術 및 組織에 있어서의 長久한 傳統과 그리고 國家的 또는 國際的 規模의 政治紛爭에서 오는 것이다. 물은 이 地球上의 사람들에게 있어서 氣候만 못지 않게 重要한 것인데도

拘하고 世界氣象機構의 線을 따라서 國際的 用水機關을 創設하려는 國際聯合의 企圖는 아직까지 成功되지는 못하고 있다. 아직도 年少한 國際聯合機構에 지나치게 많은 짐을 負課시키기를 꺼려하는 것도 勿論 適切한 考慮이었으나 또 하나의 考慮點은 國境을 橫斷하는 河川體系(인다스, 나일, 다뉴브, 等等)에 對한 政治的 緊張狀態에 이 國際 用水機關이 휩쓸려 들게 되리라는 憂慮도 있었을 것이다. 萬一에 用水發展에 關한 地下水 部面에 보다 더 置重되었더라면 적어도 政治的 性格을 지닌 反對의 一部는 除去될 수 있었을 터인데 그 까닭은 이러한 地下水部面이 地面水에 關한 考慮보다는 國家의 主權에 對한 影響이 적기 때문이다.

國際的인 科學的 協力的 分野에 있어서는 狀況이 보다 더 希望的이다. 乾地帶 內의 用水를 研究하는 유네스크의 乾地帶計畫이라는 價値있는 事業을 除外하고서도 科學的 水理學 國際協會가 科學的 基盤 위에서의 用水에 關한 研究를 成長시키려고 많은 努力을 해왔던 것이다. 1956년에 멕시코시티에서 會合한 國際地理學會議는 地下水에 關한 研究에 對하여 努力을 集中하려고 水理地質學者國際協會를 創設하였다. 研究가 擴張되고 強化되고 있는 排水, 灌溉, 用水工事 및 用水處理等과 같은 다른 關係分野에 있어서도 새로운 技術的 展望이 나타나고 있다.

教育 및 訓練에 關한 狀況은 到底히 滿足할만한 것이 되지 못하는 것이다. 訓練을 받은 用水 科學者 및 技術者에 對한 需要는 이들의 供給을 越等하게 超過하고 있으며 公共 및 私立 團體들은 用水供給體系에 關한 計劃 및 建設에 必要한 專門的 指導를 얻는데 커다란 難關을 겪고 있다. 現實的인 難關은 現代의 水理學에 精通한 大學 및 專門工業學校의 教授가 不足한 것이다. 따라서 自力으로 研究한 水理學者——物理, 化學, 農耕學, 地質學, 地理學 및 工科의 某分野等의 隣接分野를 專攻한 科學者——들이 得勢하게 되며 또 앞으로 多年間 우리는 이러한 技術者들에게 依存하지 않으면 안될 것이다. 水理學을 專攻하려는 學

生은 이곳 저곳에서 片片을 文字 그대로 蒐集해야 하며 또 專門的 職業을 始作한 다음에 가지도 基本知識을 배워야 하는 것이다.

本質的으로 單純하며 統合된 訓育을 爲한 이러한 斷片的 訓練은 政府나 地域이나 局地的 各層에 있어서의 用水管理에 關한 調整이 오늘날 缺如되고 있음을 示唆하는 것이다. 用水管理 作業에 關한 機能的인 區分은 理由가 설지 모르지만 고려나 地面水 및 地下水를 取扱하는 部處 사이의 人爲的 區分과 그리고 排水, 汚物下水, 都市給水, 및 灌溉를 爲한 作業의 計畫 및 實施에 있어서나 或은 河川, 湖水, 運河 및 댐의 管理에 있어서의 頻繁한 協力的 缺如는 오직 相反되는 利害 사이의 摩擦과 紛爭만을 助長하는데 도움이 되어 왔을 따름이다. 巨大한 發展計畫의 目的 그 自體는 이러한 文字 그대로 물 셀 틈 없는 各 部處 사이의 間壁을 破壞하려는데 있는 것이다.

全體로서의 用水產業界도 亦是 標準의 缺如와 그리고 外觀上的 廣汎한 保守主義로 因하여 苦痛을 當하고 있다. 用水產業은 그 原料의 量에 있어서 다른 모든 產業을 壓倒하고 있으며 오늘날 그 投資額이 2千億弗 乃至 3千億弗에 該當하는 것으로 每年 百億弗의 比率로 擴張되어 가고 있다는 것을 回顧할 때에 그 現代화가 왜 그렇게 늦는지 그 理由를 理解하기가 힘드는 일이다. 供給品 및 用役의 카타로그, 電氣計算器 및 自動化的 適用, 開發을 爲한 一定한 法的規定의 確立, 所要에 該當할만한 規模의 基本的 및 應用 研究의 會社主管의 增進等等 油類工業界에 있어서 標準 慣例가 되어 있는 이 모든 것들이 用水產業界에서는 거의 그 出現을 보지 못하여 왔던 것이다.

世界 各處에서 遂行된 巨大하고도 複雜한 計畫의 成功과 그리고 이러한 計劃으로 惹起된 工事 參加者 및 工事 受惠者 사이의 熱意는 最近의 用水發展에 關한 가장 鼓舞的인 樣相인 것이다. 健全한 管理와 더불어 科學과 技術은 傳統의 制約을 克服하여 왔으며 또 未來를 爲하여 鼓舞的인 前例를 만들어 왔던 것이다.

(筆者; 유네코 韓委 企畫部長)