

# BERLIN市の 上水道

IWSA會員인 本會 朴亨錫監事の 提供으로 入手된 國際上水道協會誌  
AQUA 1975年 3號 에 掲載된 Berlin의 上水道 全文을 翻譯 紹介한다.

Berlin市는 氷河期에 形成된 북부 독일 지방을 北西로 부터 南東으로 가로질러 흐르는 5個의 江流域中的 하나인 Berlin-Warsaw Trough라 불리는 곳에 위치하고 있다. 이곳은 남북으로 石灰質 粘土層에 의해 둘러싸여 있으며 Berlin의 下層土는 泥灰土와 粘土層을 사이에 둔 모래와 자갈로 構成되어 있다. 地下 70m부터 170m까지의 地層은 團塊의 不規則한 龜裂에 粘土가 박힌 地層으로 그 上部의 含水層을 遮斷하고 있어서 上部의 淡水와 下部의 塩水를 격리시킨다. 이로 인해 Berlin市の 지층구조는 음료수를 위한 처리를 하기에 理想的인 水文學的 조건을 갖추고 있다.

이와같은 양호한 위치의 利點을 가진 총 1,040,000 MTD의 7個 淨水場은 西Berlin의 대부분인 210萬名의 주민과 제조공장에 자연적으로 地層에서 濾過되거나 人爲的으로 注入한 地下水를 공급하고 있다. Berlin上水道는 1973年 총 189萬MT를 供給했으며 몇몇 공장들도 총 5,000萬MT의 물을 자체적으로 공급했다. 그래서 1973年 日 最大 消費量은 1百萬MT를 약간 초과하여 Berlin上水道의 施設容量에 거의 到達하였다. 그렇다고 해서 Berlin上水道가 언제나 地下水에만 依存하였던 것은 아니다.

Berlin市の 중심 上水道의 초기상태를 살펴보면 120년전 2名의 英國人이 건설한 것으로 Spree江의 상류로 부터 取水하여 無蓋式 완속여과지에서 淨水하여 供給하였다. 그러나 地表水에 比하여 地下水가 음료수원으로서 얼마나 현저한 利點이 있는가를 완전히 이해하기까지는 거의 50년이나 걸렸다. 그래서 今世紀初 Berlin上水道가 全的으로 地下水源으로 轉換되었다. 그뒤 각종 산업의 발달과 시민의 수요에 발맞추어 上水道시설의 給

水能力을 증가시키기 위한 노력이 계속되었다. 19세기 중엽 63,000MTD의 중심 상수도시설이 설비되어 약 50萬 市民에게 공급했으나 80년 뒤에는 460萬인구에게 공급하기 위하여 총 150萬MTD 처리용량의 16개 정수장이 필요하게 되었다. 市の ¼은 13개 市營 淨水場에서 공급되어 졌으며 市の 남부지방에 거주하는 나머지 人口는 3개의 私設淨水場에 의하여 공급되었다.

이들 정수장은 전쟁중에 시설이 파괴되어 정수장과 配水系統 擴張 및 改良에, 여러 난관이 있었음에도 불구하고 잠시의 중단을 제외하고는 계속 그 기능을 유지하였다. 즉 정수장의 파괴가 최고도에 달했던 1945년까지도 상수도공급이 완전히 중단되지는 않았다. 그뒤 이들 시설을 복구하기 위하여 생각할 수 없는 독특하고도 부단한 노력이 필요하였다. 1945년 8월 통합법규에 의해 오랫동안 계획되어온 市營施設과 私設上水道會社の 合併이 실현 되었다.

그러나 1947년 Berlin市가 東西로 区分됨에 따라 Berlin上水道 會社가 분열되고 이에 따라 이 통합법규도 폐지되었다.

Berlin 시내에 분포되어 있는 16개의 정수장중 西 Berlin관리하에있는 7개의 정수장에서는 50萬 MTD에도 未達하여 東西로 分割되기전의 ½容量에 不過하였다. 그럼에도 불구하고 全 Berlin의 ½人口인 330萬名에게 물을 공급해야 했다. 이와 같은 이유로 1950년 東西 Berlin 경계에 Slide Valve가 설치되어 2개의 配水시설로 완전분리 될때까지는 東 Berlin의 잉여 水量을 西Berlin에 공급할 수 있었다. 그뒤 신속하고도 지속적인 정수장과 배수시설의 확장은 220萬名의 시민에게 음료를 공급하는데 대한 곤란한 문제를 극복했다

즉 Tegel, Beelitzhot, Jungfernheide, Spandau, Tiefwender, Kladaw 등 정수장을 완전히 현대화했으며 이들 정수장의 정수능력도 1950년초부터 현재까지 계속 확장하였다. 예를 들면 Riemeisterfenn 정수장이 1955년에 20,000MTD의 능력으로 재건되었다.

즉 西Berlin의 7개 정수장을 통하여 당초의 50萬MTD에서 100萬MTD 이상으로 증가시킬 수 있었다. 각 정수장의 용량을 살펴보면 아래와 같다.

정수장명	용량(MTD)
Tegel	370,000
Beelitzhof	250,000
Jungfernheide	150,000
Spandau	100,000
Tiefwerder	100,000
Kladaw	50,000
Riemeisterfenn	20,000
計	1,040,000

西 Berlin의 모든 정수장의 集水面積은 市区域內에 두고 있음으로 外部로 부터의 간섭을 받지 않고 安全하게 給水할 수 있다. 이들 정수장의 取水井은 대부분 開放된 水面近處에 있으므로 貯水 濾過된 물이 原水로 된다.

현재 Berlin 上水道는 3개의 水平濾過取水井을 포함한 총 440개의 취수정에서 취수하고 있는데 이들 취수정은 30~100m 깊이의 垂直掘鑿型으로서 水中펌프를 사용하고 있다.

모든 Berlin 上水道정수장의 처리과정은 同一하므로 1973년 여름에 시설확장되어 稼動된 Tegel과 Kladaw에 있는 정수장을 例로서 설명하고자 한다.

Tegel 정수장은 필요에 따라서는 시설용량인 370,000MTD를 초과하는 급수능력을 가진 유럽 최대의 地下水處理淨水場의 하나이다. 이것은 1877년 가동되어 43,000MTD의 정수능력을 가졌던 旧淨水場 위치에 있는데 두번째로 Berlin 市에 건설된 것이다. 本淨水場은 당초 약간의 지하수를 제외하고는 대부분의 原水를 Tegel 호수에서 表流水를 取水하였으므로 20世紀初에 湖水의 表流水 取수를 중단 할때까지는 어려움이 많았다. 당초

86,000MTD의 시설용량이었던 Tegel 정수장은 1930년초에 새로운 시설의 건설로 250,000 MTD로 확장하였다. 그후 1969년까지는 처리방법이나 급수량에는 아무변화가 없었는데 그방법은 깊은 取水井으로부터 揚水한 지하수를 Agitator System에 의해 曝氣한 후 마지막 단계로서 완속여과지에서 鐵과 망간을 걸러내는 것이었다.

1969년 완전자동의 새로운 시설을 가운 270,000 MTD의 정수장이 3,000萬 D. M의 工費로 건설되었으며 당초부터 4년 뒤인 1973년에는 37萬MTD로 확장할것을 前提로 계획되었다. 이러한 목표 아래 取水井이 추가로 掘鑿되었으며 17m 外徑의 第3 曝氣塔이 추가 건립되고 기존 濾過面 20池에 10池가 추가되는등 2,000萬 D. M의 工費가 所要되었다.

124개 取水井으로부터 취수되는 Tegel의 지하수는 溶存酸素가 거의 없고 물에 녹기쉬운 重炭酸鹽 형태로서 鐵이 7ppm 망간이 0.9ppm이 녹아있다.

取水井의 水中펌프로 揚水한 地下水는 曝氣槽의 윗 부분에 있는 3개의 분무폭기실에서 曝氣되고 여기서 다시 1,020개의 水平噴霧 Nozzle을 통하여 이를 微細하게 分散시킨다. 이렇게 하여 噴霧된 地下水는 공기와의 넓은 접촉면을 가지게 되며 충분히 산소가 공급되고 炭素化合物과 石炭사이의 균형이 이루어 질때까지 炭酸을 분리시키게 된다.

그런데 高價의 水酸化合物의 형성까지는 약간의 反應시간이 필요하게 된다. 그래서 曝氣된 原水는 曝氣槽 아래에 있는 反應탱크에 적어도 20분간 체류하여 통과하게 된다. 이렇게 反應탱크를 통과한 물은 鐵과 망간의 응고물을 걸러내기 위하여 급속여과지에 보내진다.

총면적 2610m<sup>2</sup>에 달하는 30개의 2중 급속여과지(2×14.5m×87m)는 여과지의 자갈층이 2m 깊이이며 曝氣된 原水는 6.5m/시간의 속도로 급속여과지를 통과하여 容量 82,000m<sup>3</sup>의 淨水池에 저장된다.

이렇게 저장된 물은 遠心力펌프로서 配水本管으로 보내지게 되는데 2,000~4,000m<sup>3</sup>/時인 7개의 電動펌프와 4,000m<sup>3</sup>/時인 3개의 디젤펌프가 이에 사용되고 있다. 이와같은 많은 펌프는 계속

적인 공급과 경제성을 고려한 것이다.

그외에도 公共電力공급이 원활하지 못할때를 待備하여 비상용 1,100KVA의 디젤 발전기가 설치되어 있다. 이러한 特殊淨水法을 채택하고 있는 대규모 시설임에도 불구하고 정수장의 모든 부분의 유지운영을 위하여 調整室에서 4명의 직원이 交代勤務하면서 처리할 수 있다. 原水의 取水로부터 급속여과지의 역세척, 물의 펌프작업을 포함한 물 처리과정을 거쳐 配水계통에 이르기까지의 모든 과정은 이 통제실의 통제로서 이루어진다.

이와같은 가장 현대적인 기술의 도입은 노동력 절약으로 경제성을 달성하게 되었는데 그 예를 들면 공기와 물을 사용한 역세척은 완전히 자동적으로 이루어 지는것이다. 調整者는 다만 역세척 과정의 始動을 위한 스위치만 눌러주면 모든 과정이 자동적으로 이루어 지는것이다. 이 완전 電動制御裝置는 遠隔調整으로 氣圧펌프까지도 조정할 수 있다.

Kladaw 정수장은 건설기간이 5년 가까이 걸렸으며 Tegel의 정수장과 같은 때인 1973년 여름에 가동되었다. 이 새로운 시설을 가진 정수장은 壓力式 急速濾過機와 Cascade式 曝氣裝置를 이용한 型式으로 1937년에 건설된 10,000MTD의 소규모시설이 있던 자리에 設置되었다.

새로운 Kladaw 정수장은 40~60m 깊이의 16개 수직취수정으로 부터 수중펌프로 직접 曝氣槽로 揚水하며 처리방법은 Tegel의 경우와 같다.

그러나 이곳의 정수장은 水文學的 이유로 時間 最大給水量을 조절하기 위한 全施設容量의 가동을 제외하고 평상시에는 생산량을 크게 감축하는 方式으로 운영하고 있다.

이곳 Kladaw 정수장의 처리과정을 간략하게 살펴보면 두개의 正方形 Spray式 曝氣槽에서 폭기되어 그다음 反應탱크를 거쳐 총 여과면적 414m<sup>2</sup>의 6개의 二重濾過地로 보내진다. 이 여과지를 통한 물은 여과지 아래에 있는 15,000m<sup>3</sup> 용량의 정수지로 보내지고 이곳에서 5개의 원심력펌프로 500~2,000m<sup>3</sup>/時的 유속을 지닌 配水本管으로 보내진다.

그런데 이들 5개의 원심력펌프중 3개는 電動 펌프이고 나머지 2개는 停電時 비상사용을 위한

디젤펌프이다. 또한 비상용 1,000KVA의 발전기가 설치되어 있다.

이 Tegel과 Kladaw 淨水場은 모두 독일에서는 자동조절장치를 갖춘 최초의 것이라는 특징을 가지고 있다. 이 자동조절 장치는 16K의 저장회선과 128K의 fixed-cover-plate external core를 가진 AEG 60-10 컴퓨터로 이루어진다.

그런데 이 컴퓨터는 지하수를 취수처리하는 과정과 수요에 따라 배수계통의 공급분배를 조절하는 작용을 할 뿐아니라 다양한 분석으로 취수정을 선택함으로써 원수의 適正開發과 중요한 영향을 미치는 요소를 검토하여 역세척의 단계를 결정함으로써 원수의 가장 효과적 처리를 유도한다.

특히 겨울에는 Computer의 예측을 바탕으로 계산된 淨水場의 수요량을 결정하여 경제적 동력 사용을 정할수 있다. 淨水場 運營者는 배수계통의 여러 지점에 공급된 수량을 예측함으로써 그 공급량에 맞추어 生産量을 調節한다.

即 濾過地의 원수처리량과 배수본관으로 배출되는 배수량사이의 올바른 균형을 유지하기 위하여 淨水池의 수위를 규칙적으로 측정함으로써 확실한 예측을 한다.

이 Computer는 31개의 계기, 135개의 소형손잡이 자동모터 조절을 위한 250개의 制御신호기, 360개의 逆制御신호기, 그리고 즉시로 컴퓨터 작동을 중지하게 할 수 있는 150개의 자동경고 신호기를 가지고 있다.

4가지 형태의 Code 변환기는 유사측정치를 3자리의 2진법 숫자로 변환시킨다. 그다음 두개의 전신타자기가 Computer와 같이 작동된다. 그 하나는 Computer 작동원이 Computer와의 通信을 위한 것이며 다른 하나는 記錄장치에 사용된다.

이외에도 고속광전 압력카드를 解讀하는 자동해독기가 있다. 300개의 調節信號가 보내져서 모든 과정을 調節한다.

淨水場은 Computer나 수동으로 또는 이 두가지의 혼합으로 운영되고 있다. 그런데 Berlin시의 規模에 비해 비교적 작은 Kladaw 淨水場에 Computer를 도입하게된 목적은 다른 淨水場에서도 취수와 처리과정의 고도화를 이루기 위한 합리성을 검토할 기초적 경험을 얻기 위해서이다.

이들 7개 淨水場에서 수요자들에게 공급하는

배수관은 4,300km에 달하며 매우 조밀한 格子형 을 이루고 있다. 그런데 이들 480km<sup>2</sup>의 배수면적 을 가진 配水管網은 지형적, 경제적 이유로 3개 의 완전히 독립된 지역으로 구분되어 있다. 즉, 남쪽 高地帶와 北쪽 高地帶 및 低地帶이다. 그러나 이들 3지역은 지역간 접촉지점에 장치된 Opening out-off valve에 의해 상호연결 가능하다. 또한 때에 따라서 Kleist Park에 있는 중앙 펌프장에 의하여 低地帶에서 남쪽 高地帶의 배수 본관에 공급하기도 한다.

이와같은 給水区域分割에서 오는 난점을 극복 하고 필요에 따라 중심 상수도 시설의 확장을 위 하여 현저한 재정투자가 필요하게 되었다. 그래서 1949년 이래 Berlin上水道는 시설의 현대화와 확장을 위해 약 5億 D.M 을 투자했다. 그러나 이와같은 막대한 투자가 이지역의 상수도 사업면 의 모든 문제점을 해결할 수 있었던 것은 아니다.

Berlin上水道의 가장 큰 문제는 水源의 保全이 며 언제까지나 地下水量의 확보가 가능해야 한다. 每年 Berlin上水道의 取水量 증가와 건설을 위한

地下水 除去 및 私設工業用水 取水등의 영향으로 최근 地下水位가 계속 下降하고 있다.

이와같은 상황은 도로와 건물 건설의 증가에 따 라 地表의 여러곳이 不透水化되고 따라서 降雨에 의한 자연적 地下水 공급을 억제하게 되므로 더 욱 심각해지고 있다.

그러므로 Berlin上水道는 前處理된 地表水를 滲透地를 마련하여 浸透시킴으로써 地下水를 보 충하여 오고 있다.

이와같은 方法으로 人工的으로 보충되는 地下水와 Spree江, Havel江, Tegel湖水등으로 부터 끌어온 약 2,100萬m<sup>3</sup>의 表流水를 습하여 매년 약 5,000萬m<sup>3</sup>의 地下水 보충이 가능하게 될것이다.

이와같은 문제점과 해결방법은 다른 모든 課業 에 우선한다.

Berlin 市民에게 좋은 水質의 飲料水를 충분히 공급하고 적절한 配水管網을 유지하여 人口增加에 對備함은 많은 어려움이 있다.

이와같은 문제점을 완전히 해결하기 위하여는 더욱 많은 投資와 努力이 必要하다.

## 入 会 案 內

社団法人 韓國上水道協會는 우리나라 上水道의 健全한 發展을 圖謀하고 政府의 上水道 施策에 協助하며 國民生活 向上에 寄與함을 目的으로 하여 1974年 2月 建設部長官의 許可로 設立된 우리나라 唯一의 全國的인 水道團體입니다.

아직도 本會에 加入하지 않은 全國의 上水道關係人士나 企業體, 特히 各 地方自治團體에서 上水道事業에 從事하고 계시는 水道人 여러분의 積極的인 參與가 있으시기 바랍니다.

**個人會員** : 上水道關係 從事者는 누구나 加入 할 수 있습니다.

**企業體會員** : 비단 上水道 專門企業體가 아니더라도 水道와 關係있는 企業體는 모두 加入할 수 있습니다.

**準會員** : 協會의 目的에 贊同하고 刊行物의 配付를 받고 저 하는 분은 準會員에 加入됩니다.