

濟州地下水 保全과 活用을 위한 長期觀測

— 2次年度 中間報告 —

秦成元*

1. 序 言

濟州道の 물 문제에 대하여

1960年代 以前の 時期를 渴症期라 한다면 70年代는 解渴의 期, 80年代는 充足의 期라 할 수 있을 것이며 90年代는 바야흐로 憂慮의 期로 分類되어야 할 것 같다.

上水道 補給率 全國一位에 올라선 濟州道에서 물걱정(물부족)은 먼 나라의 얘기일 뿐 물이 귀하여 겪었던 술한 이품들의 기억은 우리 뇌리에서 사라진지 오래인 것처럼 보이며 오히려 地下水 開發을 반대하는 목소리가 도내에 가득하다.

이러한 인상은 지하수개발에 대한 最近의 道民반응과 매스컴의 論調에서 극명하게 읽을 수 있는 사실이다.

하기사 아름다운 自然景觀과 함께 地下水가 濟州도의 첫손잡히는 資源일진대 그 最高의 資源을 아끼고 保存하려는 자세는 자연스러운 것이며 근접하고 장래를 대비할 줄 아는 濟州道民의 天품과 현명함에 기인하는 것임을 부정할 이 없을 것이다. 그러나 지방정부로서는 지하수개발에 따른 문제점의 우려와 함께 지하수개발을 중단할 수 없는 딜레마를 안고 있다. 그것은 生活水準의 향상에 따른 자연적인 물소비의 增加와 給水供給이 이뤄지지 않은 지역에 대한 水源開發의 필요성 때문이다. 이러한 시점에서 濟州도 지하수에 대한 계량적인 조사와 科學的인 분석에 의해 제 문제점을 올바르게 도출하여 향후 濟州지하수의 保存과 장기 觀測網 體系(Monitoring System)를 정부예산의 지원하에 조직적으로 설치 運用하게 된 것은 무척 다행이라 아니 할 수 없겠다.

여기에 '91, '92, 2년간에 걸친 調査 分析결과를 中間보고 형식으로 제시하여 본다.

* 農漁村振興公社 濟州支社, 開發部長

2. 事業概要

— 目的 : 제주도 지하수체의 變화를 계량적으로 조사하고 과학적으로 分析하여 地 問題점을 정확히 道출함으로써 향후 제주지하수의 효율적인 이용과 적절한 管理 및 保存에 활용함에 있다.

— 施行方向

- 기존의 開發孔 중에서 우선 조사대상공을 選定한다.
- 高鹽度 지역과 지하수 집중개발지역을 우선 조사대상으로 한다.
- 物理性(자연수위, 염도, 수온, PH)과 化學成分(음용수질기준)을 병행조사 또는 분석한다.
- 最新 自動觀測裝備을 도입 활용함을 원칙으로 하되 諸般與件을 고려하여 탄력적으로 운영한다.
- 기존개발공이 없거나 조사공으로서의 활용이 곤란한 지역은 조사 전용공을 신규로 굴착하여 이용한다.
- 관측장비의 도입시까지 는 수동식으로 우선 觀測한다.
- 年次別 관측결과와 觀測方法을 분석 검토하고 改善方向을 追求해 나아간다.

— 期 間 : 1991. 6—2000. 12 (10개년간)

— 事業費

- '91년도 : 100백만원
- '92년도 : 100백만원
- '93년이후 : 3,064백만원
- 계 : 3,246백만원

— 事業量

구 분	단 위	孔 數				비 고
		총	'9	'92	'93년이후	
계	孔	96	12	12	72	
既存開發孔	〃	64	12	12	40	
新規開發孔	〃	32	-	-	32	

3. 施行結果

3-1. '91年度 觀測調査

— 地區選定 基準

地區 선정은 행정기관의 편의상 기능이 弱化되거나 노후된 저활용 管井이나 사용기피관정들을 사전에 파악하여 그 가운데서 선정토록 노력하였으며 수위관측용 수위관 설치 작업과정을 감안하여 수중모타 인양 작업이 용이하고 장기적으로 調査가 수행되어도 지장이 없는 지구를 優先 고려 하는 등 地區選定 기준을 아래와 같이 設定하였다.

- ① 수리 지질상 지하 대수층과 지질의 대표성이 있는 지역 또는 孔
- ② 地區와 지구간의 거리가 일정하여 相互對比, 확산 검토가 가능한 孔
- ③ 차량의 진입이 可能하고, 조정, 전선 등이 크레인 작업에 지장이 없는 地區
- ④ 양수장 관리자와의 접촉이 용이한 지구
- ⑤ 非常用, 代替用등으로 市郡에서 分類한 지구
- ⑥ 24時間 可動되는 생활용 관정은 자연수위측정에 애로가 있어 선정 대상에서 제외
- ⑦ 10年以上 孔內에 있는 수중모타펌프를 한번도 인양 해본 적이 없는 공은 지양(고장발생우려)
- ⑧ 압상파이프 直徑이 큰 것은 孔壁 여유가 없으므로 對象에서 除外
- ⑨ 수중모타 및 전기고장이 多發했던 지구는 지양

그러나 上記 條件들을 모두 完備한 지구가 거의 없어 한 두가지의 不利한 條件은 감수하고 지구선정이(표-1) 되었으며 따라서 조사 시행시 故障등 불시의 장애사항으로 週期的 繼續 觀測에 지장을 招來하기도 하였다.

事業施行方向에서 제시된 選定 原則과 현지조건을 감안한 선정기준에 의거 最終 確定된 地區는 다음 표-1, 표-2 와 같다.

표-1 권역별 선정대상공 현황

구 분	수 량	위 치
북 부	2개소	제주시 일원
동 부	6개소	동부 2개소, 동북부 2개소, 동남부 2개소
서 부	3개소	서부 2개소, 서북부 1개소
남 부	1개소	서귀포시 일원
소 계	12개소	12 개소

－ 自然水位 測定

初期에는 管井内の 자연수위를 測定하기 위해 水中모타펌프상단에 設置된 壓力게이지의 나사를 풀어서 그 구멍(口徑20m/m내외) 속으로 수위 측정용 전선을 수위선까지 삽입, 테스트기에 나타나는 반응을 感知하여 기록하였으나 그 결과 壓力게이지 부분의 잦은 해체조립으로 인한 파손과 녹슬음으로 인한 使用不能地區가 많아 측정용전선 插入이 곤란한 孔이 많았으며, 삽입되더라도 立직선으로 下向되지 않는 경우가 있어서 실 수위 측정에 애로가 많았다.

이러한 弊短을 防止하고자 크레인을 利用하여 16-23m/m의 수위 관측용 P. E파이프를 압상파이프에 부착연결하여 孔内に 設置하였다. 設置深度는 推定 안정 수위심도까지로 하고 사전에 P. E파이프를 준비하여 引揚된 압상파이프의 外側에 비닐테이프를 結束하여 관측관의 움직임이 없도록 함으로써 正確한 수위 관측이 容易토록 하였다.

水位觀測管 설치내역 및 月2회씩 測定한 孔別 實積値는 표-3과 같다.

－ 전도도(염도) 측정

溶液에 溶解되어있는 鹽類의 集積정도를 염도라 칭하며 이 염도는 同一 溫度下 대기압 속에서 수분 증발된 후의 殘留 總 固形物質의 量, 즉 총 고용물(Total Dissolved Solid)과 같은 意味로 使用 되고 있다. 몇개의 地下水試料에서 25℃에서의 총고용물의 量이 전기전도도의 0.55-0.75範圍에 있다는 실험식을 가지고 있다. (한정상저 지하수학 개론, Driscoll 저 Groundwater&Wells II)

本 調査에선 0.64를 選擇하여 염도로 간주하였다.

鹽度와 鹽素이온과의 관계에 대해서는 분석편에 가서 상술하였다.

月 2회씩 調査한 전도도로써 TDS(염도)로 환산된 실적표는 표-4와 같다.

－ 水温 測定

海洋學에서는 海水分析에 温度가 重要な 비중을 차지하며 温度와 鹽度는 比例하고 밀도는 반비례한다.

海水의 温度는 1℃内外의 差異로 每 時間 變化되고 여름철에는 겨울철보다 높게 나타난다. 地下水 水温은 지질여건 및 지하수 대수층 유로에 따라 달라지는 양상이 있다. 즉 수온이 一定한 지역이 있는 반면 대기 기온의 변화와 추세를 같이 하는 지역도 있다. 이때에는 지하수 수질변화 양상과 比較해봄으로써 그 해석이 可能하다. 즉 自然水位 變化 趨勢, TDS의 변화추세, Cl의 변화추세등 물성변화 要因에 대한 추세를 같이 對比 分析함으로써 해수침입, 강우 및 대기온도변화들의 影響으로 해석이 可能 할 것이다.

水温測定에 대한 실적치는 표-5와 같다.

－ '91 觀測結果 分析

- 1) 水位는 朝夕, 氣壓, 温度, 降雨量등에 의하여 변한다.
- 2) 朝夕의 變化에 의한 지하수의 수위, 염도에 미치는 影響을 파악한 결과 주로 제주 동부지역에 分布된 지구(종달 D-16 종달 D-200 수원 D-182 서김녕 D-140 동김녕 F) 23)가 他 地域에 비해 비교적 敏感하게 반응하는 것으로 分析되고 있다.
- 3) 上記 地區들은 해수위 변화사이클에 연동되어 파동성을 보여주는데 내륙쪽 6km정도에 위치하는 孔들은 해수위 變化에 影響을 나타내지 않는다.
- 4) (6월-9월)降雨에 의한 수위 변화는 월라봉 및 수원, 고산지역이 1個月 以内に 影響을 보이고 대부분은 2-3개월이 경과되어야 수위변화가 發生되며 일부지역은 강우에 의한 수위변화를 把握할 수 없다. 長期間에 걸친 時間別 연속 측정이 필요할 것이다.
- 5) 測定된 염도는 地下水開發이 착수되기 이전 食水에 염분 함량이 높았던 동부지역의 경우 음용수 허용 基準值 150PPM을 다소 상회하는 것으로 나타나며 他地域은 150PPM이하로서 現在까지는 지하수개발로 인한 해수침투 우려는 심각하지 않은 것으로 觀測된다.
- 6) 地區別 月 1회씩 實施하는 實驗室에서의 水質分析 결과에서도 염소이온 濃度가 기준치 이상인 지역은 동부지역에 국한된다.
- 7) 國內 最初로 地下水 長期 관측체계를 수립하여 施行하는 만큼 첫째인 '91년도의 인력측정에 따른 취득자료의 미흡을 '92년도 導入 設置되는 自動 觀測裝備에 의해 補完 개선해 나갈 計劃이며 가급적 全地域 對象 調査孔(96孔)의 同時 觀測이 早速히 이루어지는 것이 바람직 하다.

3-2. '92年度 觀測調査

'92年度 觀測調査는 '91選定地區의 繼續觀測(人力觀測)과 '92선정지구에 대한 自動觀測器 관측으로 構成된다.

'92 選定地區 觀測을 위한 自動관측기 導入內譯과 裝備構成은 다음과 같다.

－ 導入 및 設置 現況

- '92. 8. 14 12孔分 入道 (도입액 C & F \$74,600)
- '92. 9. 12孔分 設置 完了
- '92. 11. 17 5孔分 入道 完了(도입액 C & F \$13,892)
- '92. 12. 30 設置豫定

－ 自動觀測器 構成

- 12채널 容量의 觀測 및 情報貯藏 기능의 本體
- 高感度 센서 3종(수위, 수온, 염도 측정용)
- 貯藏情報의 移動 運搬用 레코더
- 分析 프로그램 내장 高速처리 機能의 퍼스널 컴퓨터
- 기타 附帶品(워터 샘플러 등)

－ 製作會社

미국 캠벨 과학사

－ 地區選定 基準

自動 觀測器를 構成하는 감지센서가 매우 敏感하며 정기적인 점검 및 청소가 必要하므로 자동관측기 設置孔은 可能的한 觀測 전용으로 이용할 수 있는 孔, 즉 현재 사용되지 않거나 使用頻度가 매우 낮은 孔을 선정함을 原則으로 하였으며 '91觀測孔의 배치 상황을 감안하여 均衡있게 選定토록 유의 하였다.

그 결과 '91, '92 관측공의 권역별 配置 狀況은 다음과 같다.

권역별	계	'91	'92	비고
북부지역	4공	2공	2공	
남부지역	3공	1공	2공	
동부지역	9공	6공	3공	
서부지역	8공	3공	5공	
계	24공	12공	12공	

－ 觀測內容

水位, 水溫, 전기전도도(염도)를 각각 感知하는 3種의 센서를 1조로 하는 관측기구를 지하수 孔內에 設置하고 10分 간격으로 公內의 狀態를 感知한 後 이를 1시간마다 감지자료를 平均한 다음 平均値를 정보저장 시스템에 저장토록 프로그래밍 하였다.

貯藏된 資料는 月 3回 現地點檢 전문가에 의해 회수되어 綜合 整理, 分析되고 있다.

－ 觀測結果 分析

自動觀測器에 의한 觀測資料와 人力觀測에 의해 取得된 資料의 分析結果는 대체로 差異가 없다. 다만 자동관측기는 연속 관측된 자료를 제공함으로써 인력관측시의 空白을 메꾸어 줄 수 있다는 점과 最少한의 人力으로 運用이 가능하여 長期的으로 불매 經濟的이라는 長點이 있다.

4. 結 論

- － 모든 觀測孔에서 共通的으로 確認되는 점은 지하수위의 변동성이다. 지하수위는 時間別, 日別, 月別로 변화를 보이고 있으며 變化를 유발시키는 要因은 조석차, 강우량, 주변관정에서의 揚水 현상등이며 기타 증발산과 海底流失量등이 變化에 影響을 줄 수 있을 것으로 推測된다.
- － 鹽度의 變化는 水位의 變化상과 연동되고 있으나 一定한 地域에서 큰폭의 變化規模를 보이는 것이 특징이다. 특히 염도는 강우량의 다과에 큰 影響을 받고 있다고 믿어지나 금번 分析結果에서는 情報蒐集期間이 짧은 탓으로 이를 說明할 수 있는 水準까지의 접근이 어려웠다. 結論的으로 관측조사는 長期間에 걸쳐 꾸준히 持續되지 않으면 전반적인 變化樣相을 把握할 수 없다는 사실을 우리에게 일깨워 주고 있다.