

PE13) 화산도서지역의 지하수 함양특성 연구

이남훈*, 이병철¹, 정도준², 안승섭³

경일대학교 대학원 도시정보·측지지적공학과, ¹제주도 상하수도본부, ²국립방재연구소, ³경일대학교 건설정보공학과

1. 서 론

우리나라는 인구의 증가, 국민생활수준의 향상, 산업의 발전, 곡물 생산의 증가로 인해 필요로 하는 수량은 증가하는 반면에 인위적인 환경파괴와 오염으로 인한 기상이변(강수량의 감소, 이상기후, 집중호우 등)과 수질오염은 점점 더 증가할 것으로 전망된다. 따라서 수자원의 양적 질적 문제는 심각한 국면에 처하고 있다. 지구상의 물의 총 부존량은 97%가 해수이며 직접적인 사용이 불가능하고, 나머지 3% 가운데 77%가 양극지방의 얼음이나 빙하로 존재하고, 22%는 지하수로서 지각 내 혹은 암석권 내에 저장되어 있다. 나머지 1%가 호수나 하천, 대기 중의 수분이나 토양수로서 인류가 이용할 수 있는 양에 해당하나 실제 하천이나 호수의 담수(淡水)로서 이용할 수 있는 물의 양은 아주 미비하므로, 수질 저하에 취약한 지표수 보다 지하수는 지하매질을 통하여 자연적으로 정화되는 특성을 가지고 있다. 따라서 지하수의 역할은 점점 더 증대할 것으로 기대된다. 그러나 지표나 지하매질에서 유입되는 오염원이 지하수를 자정능력 한계 이상으로 오염시키면, 지하수 수질은 악화되어 정화가 어려워 질 수도 있다. 그러므로 지하수의 가치를 유지하기 위해서는 지하수의 양과 질을 보전하는 것이 필요하다. 그리고 지하수 자원 및 적정 이용량을 평가하기 위해서는 수문평형에 의한 지하수 함양량을 평가하는 또한 중요하다. 지하수 함양량은 지질, 지형, 토지이용도 등이 지역적으로 다르므로, 지하수 함양량도 지역에 따라 달라지게 된다. 본 연구 대상지역은 화산도서지역인 제주 서귀포지역 일대를 분석대상 구역으로 선정하였으며, 지하수 함양량 특성은 물수지방법과 SCS-CN방법을 이용하여 지하수 함양량을 추정하였다.

2. 지하수 함양량 추정방법 및 연구대상구역의 선정

2.1. SCS-CN방법

본 연구에서 SCS-CN 모형은 강우시 차단, 지표저류, 토양저류 등에 의한 최대 저류능(potential storage, S)을 구역의 특성으로 하고, 두 번째로는 최대저류능(S)에 대한 실저류량(actual storage, F)의 비율로 직접유출량(Q)이 강우량(P)에서 초기손실(Initial abstraction, Ia)을 뺀 값에 대한 비율과 같고 초기손실(Ia)은 최대저류능(S)의 크기에 비례한다고 가정하고, 지하수 함양율(%)을 추정하는 방법은 다음 식 (1)과 같다.

$$a = \frac{\sum F}{\sum P} \times 100 \quad (1)$$

여기서 a는 함양율(%), P는 강수량(mm), F는 침투량(mm)이다.(정영훈, 2000)

2.2. 물수지 방법

물수지 분석을 통한 지하수 함양량 산정방법에는 강수량, 증발산량, 지표유출량을 매개 변수로 하며, 물수지 분석에 의한 방법은 식 (2)와 같다.

$$I = P - DR - ET (\pm IU) \quad (2)$$

여기서, I는 지하수 함양량, DR은 직접유출량, P강수량, ET는 증발산량, IU는 다른유역과의 지하수 유출입량을 나타낸다. 이때, 강수량은 서귀포 기상관측소 자료를 이용하여 고도보정된 강수량을 활용하였다. 직접유출량(DR)은 유역의 토질특성과 식생피복상태 등에 대한 상세한 자료만으로 지표유출량을 산정할 수 있는 WMS-SCS(Soil Conservation Service, 1969, 1971; Morel-Seytoux and Verdin, 1981)방법을 이용하였고, 또한 잠재증발산량은 Penman방법에 의해 산정하였다.

2.3. 연구대상유역의 선정

제주도는 지난 1993년 수립된 “제주도 수자원 종합개발계획”에 따라 광역상수도 건설, 지하수 관리제도의 개선, 지하수 관측망 운영, 수문지질 등 지하수 기초조사를 꾸준히 수행하여 많은 성과가 이룩되었다. 따라서 본 연구에서 선정된 서귀포 유역 지하수 함양량 추정시 필요한 기상자료는 서귀포기상대의 관측자료를 바탕으로 하였으며, 지형자료는 WMS를 통하여 9개의 소유역으로 나누어 분석하였다.

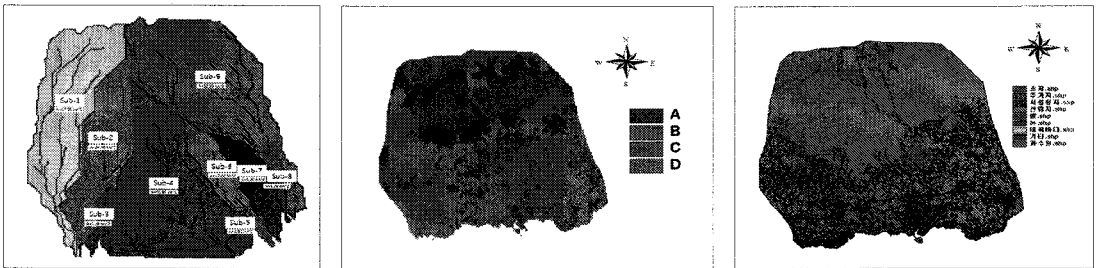


Fig. 1. 서귀포지역의 소유역 분할 Fig. 2. 서귀포지역의 토양형별 분류 Fig. 3. 서귀포지역의 토지이용분류

3. 지하수 함양량 추정 및 고찰

3.1. 수문자료 측정

본 연구에서는 1:25,000 수치지형도를 이용하여 9개의 소유역으로 분할하였으며, Fig. 2, Fig. 3과 같이 각 유역에 대한 토양형별 분류 및 토지이용분류에 따라 AMC-II조건에 의한 각 유역별 유출곡선지수는 각각 67.4, 68.8, 77.0, 70.5, 67.4, 66.3, 70.6, 72.6, 65.4로 추정되었다. 증발산량 산정을 위해 Penman(FAO-24)방법을 이용하였고, 이 방법은 1977년부터 사용되고 있는 공식으로 저수지, 논과 같은 수면이 대기중에 노출된 경우에 주로 사용되며 기상자료가 제한된 경우에도 사용이 가능하다는 장점이 있다. 따라서 Penman 방법

의 잠재증발산량은 온도와 가중치를 산정한 후, 풍속에 관한 함수, 순일사량을 구하여 공식에 대입한다. 이 잠재증발산량은 작물계수(K)를 곱하여 증발산량을 산정한다.

3.2. 물수지 방법에 의한 지하수 함양량 산정

본 연구지역에서 연평균 지표유출량은 WMS-SCS법을 이용하여 추정하였고, 증발산량

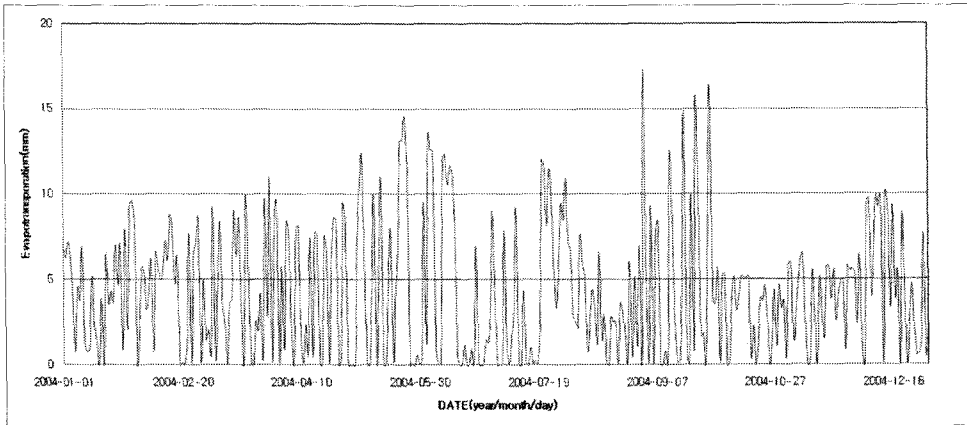


Fig. 4. 2004년 서귀포지역의 일별 증발산량

Table 4. 물수지법에 의한 월별 서귀포지역의 잠재증발산량 산정

년도 \ 월	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
2004	11.16	20.49	28.64	51.82	73.25	107.52	141.97	158.27	118.19	74.70	41.88	24.62
2005	9.76	11.88	20.43	49.67	69.47	99.56	126.31	131.45	119.58	80.40	50.83	12.20
2006	16.43	15.37	27.34	47.33	65.28	92.63	124.17	153.89	104.59	88.79	50.83	22.60
2007	14.41	23.07	28.78	46.40	75.46	93.56	124.00	150.36	121.32	80.56	40.82	23.49

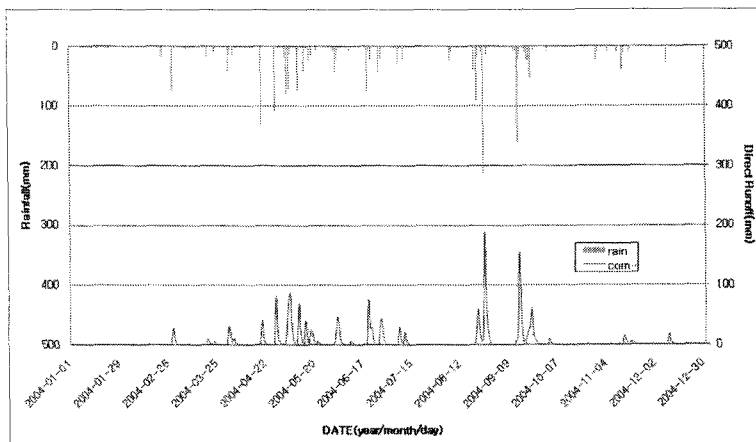


Fig. 5. 2004년 서귀포 지역의 일별 강우량 및 직접유출량

은 Penman방법을 이용하여 산정하였다. 그 결과 2004년의 일별 증발산량은 Fig. 4와 같았으며, 일별 강수량 및 직접유출량은 Fig. 5와 같이 나타났다. 여기서 Fig.5는 본 연구대상 유역이 Fig.1에서 나타낸 바와 같이 9개의 소유역으로 구분되어있으며, 9개 소유역의 유출량을 산술적으로 합한 수문곡선이다.

따라서 서귀포지역의 2004년 지하수 함양량은 787.88mm, 2005년 지하수 함양량은 528.74 mm, 2006년 및 2007년은 482.60 mm, 815.13 mm로 추정되었으며, 지하수 함양률은 2004년 39.04%, 2005년 38.02%, 2006년 27.46%, 2007년 37.65%로 지하수 함양률은 2007년 이 가장 높게 나타났으나, 지하수 함양률은 2004년이 가장 높은 것으로 나타났다. 이처럼 지하수 함양량과 함양률은 연도별 소유역별로 차이가 나는 것으로 보아 강수량 뿐만 아니라 토양특성에 따른 영향이 있는 것으로 판단된다. 또한, 기존의 제주도 수문지질 및 지하수자원 종합조사(III)보고서와 비교할 때 유사한 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 화산도서지역인 제주 서귀포지역 일대를 분석대상 유역으로 선정하였으며, 지하수 함양량 산정방법으로는 연구지역의 수리지질학적 특성을 파악하고 강수량, 증발산량, 지표 유출량 등 자료를 이용한 물수지 방법과 WMS-SCS방법을 이용하여 추정하였다. 분석 대상유역의 소유역별로 비교하였을 경우 함양량과 함양률이 연도별, 소유역로 차이가 발생한다. 이것은 강수량뿐만 아니라 토양특성의 영향도 많이 받는 것을 알 수 있고, 지하수 함양량을 산정 할 시에는 정확한 자료의 확보와 다년간의 자료를 이용하여야 한다. 따라서, 현지답사를 통한 데이터베이스가 완성되어야만 보다 정확한 지하수 함양량을 추정이 가능할 것으로 판단된다. 또한, 제주지역의 수문학적 해석을 위하여 광범위하고 오랜기간의 수문 관측 자료에 대한 검토 자료를 이용하여 선행되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 정영훈, 김경호, 2000, SCS-CN방법에 의한 미원면의 지하수 함양량 추정 Vol. 19, pp. 181-190
- 박재성, 김경호, 전민우, 김지수, 1999, 소유역의 지하수함양율 추정기법, 한국지하수환경학회지, Vol. 6(2), pp.76-86
- 제주도청, 수자원 공사, 2003, 제주도 수문지질 및 지하수자원 종합보고서(III)
- 정도준, 이병철, 안승섭, 이증석, 2007, 화산도서에서 양수기간에 따른 지하수 변동에 관한 연구, 한국환경과학회 2007년 가을 학술발표회 및 발표논문집, pp. 152
- 이재수, 2006, 수문학, pp. 151-197