

대구지역의 지하수 함양량

Groundwater Recharge to Daegu Area

이승현*, 김용호**, 배상근***

Seung Hyun Lee, Yong Ho Kim, Sang Keun Bae

요 지

대구지역은 최근 30년간(1974년~2003년)의 연평균 강수량이 1,065.3mm로 전국 평균의 1,305mm보다 상당히 적으며 특히 연강수량의 약 68%가 6월~9월중에 집중되고 있다. 수자원 현황이 다른 지역에 비하여 열악하지만 용수수요량은 지속적으로 증가하고 있어 지표수의 이용만으로 용수수요를 만족하기에는 부족한 실정이며 지하수의 적절한 개발이 불가피한 실정이다. 용수수요의 충족을 위해서는 물공급 시스템의 중요한 요소로 평가되는 지하수의 체계적인 관리와 효율적인 운영이 필요하며 이를 위해서 대상지역에 대한 지하수함양량의 파악이 우선적으로 이루어져야 한다. 지하수함양량은 강수양상, 토양특성과 토지이용상태 등에 크게 영향을 받음으로 이에 의한 영향을 고려할 수 있는 NRCS-CN방법을 이용하여 1996~2005년간의 최근 10년간의 지하수함양량을 산정하였다.

지하수함양량 산정결과 연평균 1,183.8mm의 강우량에 대하여 연평균 지하수함양량이 291.8mm, 연평균 함양률이 24.7%로 나타났다. 계절별 연평균 함양량과 함양률을 산정한 결과 여름철에는 평균 679mm의 강우량이 발생하였으며 동기간의 평균 지하수함양량이 186mm, 평균 함양률이 27%로 나타났다. 겨울철에는 평균 56mm의 강우량이 발생하였으며 평균 지하수함양량은 6mm, 평균 지하수함양률이 10%로 나타났다. 따라서 강수에 의한 지하수함양량은 유역특성 뿐만 아니라 강수특성에도 많은 영향을 받고 계절적 요인도 작용한다는 것을 알 수 있었다.

핵심용어 : 지하수, 지하수함양, NRCS-CN방법

1. 서 론

1960년대 이후 우리 사회는 도시화에 성공하여 고도성장과 국민생활 수준의 비약적인 향상을 달성하였다. 하지만 급격한 산업화 과정을 거치면서 물 수요는 급증하는 반면 용수수요 충족은 다양한 노력에도 불구하고 항상 충족시키기에는 역부족이었다. 정부의 용수수요 충족을 위한 노력은 지표수 오염, 지표수 위주개발, 부적절한 지하수 개발 등의 문제로 인하여 많은 어려움과 경제적 손실을 가져왔다. 미래의 물 부족 문제 해결을 위해서는 지표수와 지하수 분야의 균형 있는 발전과 함께 합리적인 수자원 개발이 필요하다.

지하수는 지표수가 갖지 못하는 장점을 가지고 있어 수자원확보의 한 축인 것은 물론 지표수의 공급체계가 미약한 산간, 해안, 혹은 농촌 지역에서 자체적인 물공급 시스템 역할을 할 수 있으며 비상용수로도 활용이 가능하다. 지하수는 소중한 수자원으로서 그 이용가치가 높으며 지하수

* 정회원 · 계명대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : sope365@kmu.ac.kr
** 정회원 · 경동정보대학 토목과 겸임교수 · E-mail : kimyhsh@kmu.ac.kr

*** 정회원 · 계명대학교 토목공학과 교수 · E-mail : skbae@kmu.ac.kr

의 체계적인 이용과 보전관리를 위하여 정부에서는 여러가지 법제화를 추진하였다. 그러나 기존의 지하수관리 체계만으로는 날로 변화하는 환경 속에서 효과적이고 체계적인 지하수의 보전·관리와 합리적인 개발·이용을 도모하는데 한계가 있어, 일부 지역에서 지하수의 수질 악화와 고갈이 초래되는 등 문제점이 나타났다. 이와 같이 물공급 시스템의 중요한 요소로 평가되는 지하수의 체계적인 관리와 효율적인 운영을 위해서는 대상지역의 지하수함양량의 파악이 반드시 필요하다.

이와같이 지하수의 개발과 이용을 위하여 필요한 지하수 함양량 산정에 대한 연구가 최근에 다수 이루어지고 있으나 도시지역에 대한 연구 사례는 찾아보기 힘들다. 도시화에 따라 발생하는 복합적인 수자원 문제의 해결을 위한 방안을 마련하기 위한 기초자료의 확보 및 도시하천의 친환경적인 하천정비와 하천의 자연복원을 위한 기저유출의 변화를 파악하기 위하여 도시지역에 대한 지하수함양량 조사와 분석은 타 수자원 연구 및 개발에 선행되어 이루어져야 한다.

본 연구에서는 여러 가지 지하수함양량 평가기법 중 대상지역의 토양과 토지이용상태에 따른 유출율을 고려한 NRCS-CN방법을 이용하여 대구지역의 지하수함양량을 산정하여 합리적인 지하수개발을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 연구대상지역

연구대상지역은 대구광역시로 한반도 동남부 영남내륙 중심에 입지하여 북쪽에는 팔공산, 남쪽에 대덕산과 비슬산, 동서로는 완만한 구릉지에 시가지가 형성된 분지형 지역이다. 서남쪽은 개활지이고 신천이 도심을 가로 질러 금호강과 합류하여 낙동강에 유입된다. 면적은 881km²이며, 인구는 2004년 12월31일 기준 2,539,738명으로 7개구(중, 동, 서, 남, 북, 수성, 달서)와 1개군(달성군)으로 이루어져 있다(대구광역시 통계자료실). 표고 EL.100m 이하의 분포비율은 48.68%에 해당하며 지형경사도 대부분이 20°이하이다. 지표층은 비고결 충적층, 붕적층, 결정암질이 풍화된 풍화암질로 구성되며 충적층이 가장 넓게 분포하고 있다.

3. 지하수함양량 산정

3.1 이론적 배경

NRCS는 유출량과 토양의 관련자료를 광범위하게 수집 분석하고 강우와 유출의 관계식을 유도하여 소유역에 대한 유출량 산정방법인 NRCS curve-number(NRCS-CN) 방법을 제시하였다(Soil Conservation Service, 1969).

흙이 완전히 포화되기 위한 최대저류량 S는 유역의 SVL(soil, vegetation, land-use)과 선행토양함수에 의해 결정된다. 각각의 SVL에는 S의 상한선과 하한선이 존재한다. 한 유역의 유출능력을 표시하는 유출곡선지수(CN, runoff curve number)라는 변수를 식(1)과 같이 S의 함수로 정의함으로써 유출에 미치는 S의 효과를 간접적으로 고려하게 되었다.

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254 \text{ (mm)} \quad (1)$$

한편, Aron et al.(1977)과 Hjelmfelt(1980) 등은 이상의 식에서 실저류량 F가 강우 중 누가침투량과 같다고 하였으며 F를 다음 식(2)와 같이 유도하였다.

$$F = \frac{(P - 0.2S)S}{P + 0.8S} \quad (2)$$

식(2)로부터 각 강우사상별 침투량은 바로 지하수함양량으로 볼 수 있으므로 장기간의 침투량을

누계하여 같은 기간의 강우량과 비교하면 지하수함양률을 산정 할 수 있다.

CN값의 산정은 토지피복, 수문학적 토양군, 그리고 선행함수조건을 고려하여 결정되어진다.

3.2 수문학적 토양군

본 연구에서는 정밀토양도(그림 1)를 사용하여 수문학적 토양군(그림 2)으로 분류하였다. 토지피복도는 환경부에서 제공받은 토지피복도(환경지리정보서비스, 2006)를 유역경계를 이용하여 Clipping한 자료를 사용하였다(그림 3).

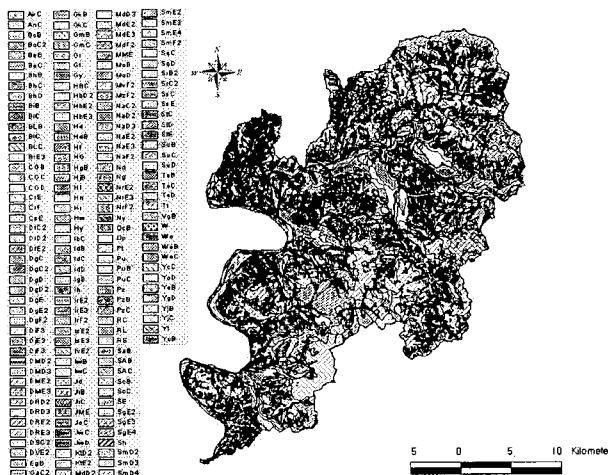


그림 1. 대상유역의 정밀토양도

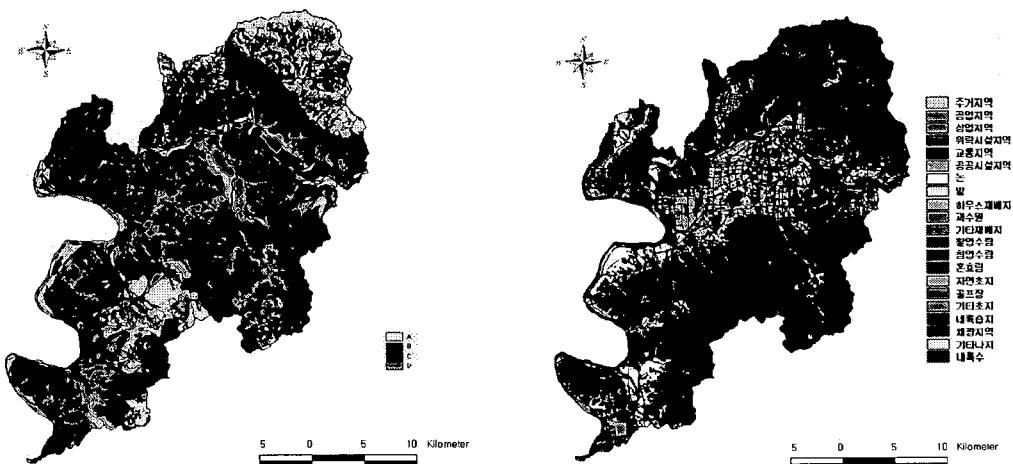


그림 2. 대상유역의 수문학적 토양군

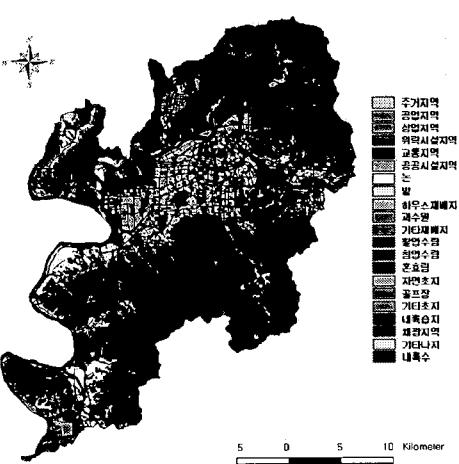


그림 3. 대상유역의 토지피복도

전체면적 881.1km²중 수문학적 토양군 A가 241.3km²로 27.4%, B가 111.2km²로 12.6%, C가 342.8km²로 38.9%, D가 185.7km²로 21.1%의 면적으로 수문학적 토양군 A, B, C, D 중 C가 가장 많은 부분을 차지하고 B가 가장 적은 부분을 차지하고 있다.

3.3 산정결과

대상 유역의 강우량은 1996년 ~ 2005의 10년간 자료를 사용하였으며 대상유역의 지하수함양량을 각 년도별로 산정하였다(기상청, 2006).

대상유역은 산림지역이 50%이상이고 수문학적 토양군 A, B, C, D가 비교적 균일하였으며 전체 CN값에 가장 많은 부분을 차지하고 있는 산림지역에서의 CN값은 AMC-II 조건 하에서 각각 47, 68, 79로 나타났다. 함양량 산정에 있어 대상지역의 평균 CN값을 사용하지 않고 피복항목과 수문학적토양군 각각의 면적에 대하여 함양량을 산정하여 전체면적에 대한 가중치를 적용하여 함양량을 산정하였다. 연구대상지역의 함양량 산정결과는 그림 5와 같다. 계산 결과에 의하면 지하수함양률이 가장 적은 해는 강우량이 비교적 적었던 1996년의 20.8%이며 가장 큰 지하수함양률이 발생한 해는 2002년의 28.2%임을 알 수 있다. 년 평균 291.8mm의 함양이 일어나며 함양률은 24.7%임을 나타내고 있다(그림 4).

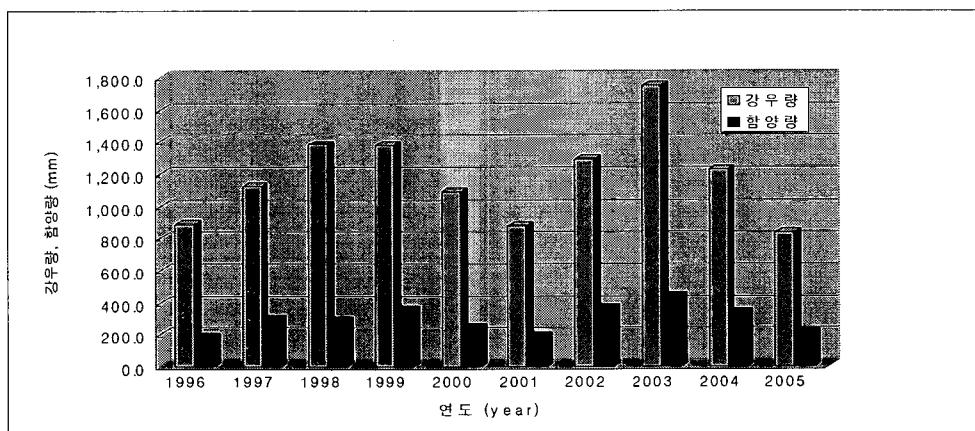


그림 4. 대상지역의 연도별 강우량과 함양량

표 1은 연구대상지역의 계절별 연평균 강우량과 함양량을 나타낸 것이다. 산정 결과에 의하면 강우량과 함양량은 여름이 가장 큰 값을 보이고 이어서 가을, 봄, 겨울 순으로 나타났고 강우량 대비 비율에서는 여름이 27%로 가장 큰 값을 나타내었고 겨울이 10%로 가장 작은 값을 나타내었다. 이는 양적인 측면에서 함양량은 강우량에 비례하는 양상을 가지며 계절적인 요인도 작용하는 것으로 볼 수 있다.

표 1. 대상지역의 계절별 연평균 함양량

계절	강우량 (mm)	함양량 (mm)	함양률 (%)
봄	208	47	23
여름	679	186	27
가을	240	54	22
겨울	56	6	10

4. 결 론

연구대상지역에 대하여 1996년 ~ 2005년까지의 최근 10년간 자료를 바탕으로 지하수함양량과 함양률을 산정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

연평균 1,183.8mm의 강우량에 평균 함양량이 291.8mm, 평균 함양률이 24.7%로 나타났다. 최대 함양률을 보인 해는 강우량 1,291.3mm인 2002년으로 함양량 363.9mm, 함양률 28.2%로 산정되었으며 강우량 888.5mm인 1996년에 함양량 185.1mm, 함양률 20.8%로 최소 함양률을 나타내었다. 또한 계절별 연평균 함양량과 함양률을 산정한 결과 여름철에 평균 679mm의 강우량에 평균 함양량이 186mm, 평균 함양률이 27%로 나타났으며 겨울철에 평균 56mm의 강우량에 평균 함양량이 6mm, 평균 함양률이 10%로 나타났다.

강수에 의한 지하수함양량은 도시화로 인한 지역의 토양특성 뿐만 아니라 강수특성에도 많은 영향을 받고 계절적 요인도 작용한다는 것을 알 수 있었다.

감 사 의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 한국수자원공사(2004). 대구지하수 기초조사 보고서.
2. 기상청(연도미상). 강우량관측자료. 2006. 12. 인용: <http://www.kma.go.kr>
3. 대구광역시(2004). 대구광역시 통계자료실. 인용 : <http://www.kma.go.kr>
4. 대구광역시(2004). 대구광역시 통계연보.
5. 환경지리정보서비스(연도미상). 토지피복도. 2006. 12. 인용: <http://egis.me.go.kr>
6. Soil Conservation Service, "Hydrology" in SCS National Engineering Handbook, 1969, 1971, Section 4.
7. Aron, G., Miller, A. and Laktos, D., (1977) Infiltration Formular Based on SCS Curve Numbers, *Jounal of Irrigation and Drain.* Div. ASCE, Vol. 103, No. IR4, pp. 419-427.
8. Hjelmfelt, A. T., (1980) Curve Number Procedures as Infiltration Method, *Journal of Hydraulic.* Div. ASCE, Vol. 106, No. HY 6, pp. 1107-1111.