

도시지역의 토지피복 변화에 따른 지하수 함양량

Groundwater Recharge According to Land Cover Change in Urban Area

이승현*, 배상근**

Seung Hyun Lee, Sang Keun Bae

요 지

국제사회의 분위기와 더불어 국내에서도 에너지 자원의 지속적인 개발과 이용에 대한 관심이 높아지고 있다. 그 중 수자원의 지속적인 확보와 개발은 가장 현실적이고 우선적인 문제로 인식되고 있으며 수자원확보/환경/개발 및 이용 등의 여러 분야에서 그간의 정량적 성과가 하나 둘씩 도출되어 적용 단계에 이르기도 하였다.

하지만 지하수의 경우 기초자료의 미흡과 불확실성, 함양량 및 개발가능량에 대한 산정기법의 적용성 문제, 체계화된 개발 및 이용에 대한 인식이 부족한 실정이다. 특히, 도시지역의 경우는 인구의 증가로 인하여 지하수이용량이 급격하게 증가하고 잠재적 지하수오염 가능성이 높아져 지하수환경의 악화를 초래하고 이로 인하여 하천 환경에도 영향을 미칠 수 있기 때문에 지하수개발가능량의 평가 및 체계적인 이용과 관리가 반드시 필요하나 지하수함양에 결정적인 영향을 미치는 토지피복상태가 지속적으로 변화하여 지하수함양량에도 매년 변화가 있으며 이에 따라 개발가능량도 변하고 있어 지하수 개발과 관리 및 이용에 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다.

본 논문에서는 부산광역시 수영구 일대를 대상으로 도시화 현상으로 변화하는 토지피복상태를 분석하고 그 결과를 반영하여 1961년부터 2007년까지의 지하수함양량 및 함양률을 산정하였다.

연구대상지역의 토지피복상태는 1975년 이전까지는 시가화지역이 18.6%, 농업지역이 30.0%, 산림이 48.8%, 초지가 0.1%, 나지가 2.0%, 수역이 0.5%를 차지하고 있었으나 1980년~1985년에 농업지역이 18.3% 감소하고 시가화지역이 15.0% 증가하는 큰 변화가 나타났으며 1995년~2000년에도 농업지역이 5.5% 감소하고 시가화지역이 5.4% 증가하는 변화를 나타냈다. 전 연도에 걸쳐 산림지역과 초지, 나지, 수역에서의 변화는 크지 않았다.

연구대상지역의 평균 강우량은 1509.3mm이고 지하수평균함양량은 216.0mm이며 지하수평균함양률은 14.3%로 나타났다. 연최대함양량은 강우량이 2138.1mm인 1970년에 408.9mm이며 연최대함양률은 강우량이 1492.6mm인 1984년에 19.8%이다. 연최소함양량은 강우량이 901.5mm인 1988년에 71.9mm이며 연최소함양률은 같은해에 8.0%로 나타났다. 또한 연도의 증가에 따라 강우량은 증가하였으나 지하수함양량은 감소하는 경향을 나타내었다.

핵심용어 : 지하수, 지하수함양, 토지피복, NRCS-CN

* 정회원 · 계명대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : sope365@kmu.ac.kr
** 정회원 · 계명대학교 토목공학과 교수 · E-mail : skbae@kmu.ac.kr

1. 서론

도시지역과 같이 지하수이용량이 많은 지역은 지하수개발에 대한 명확한 체계가 이루어지지 않으면 과잉양수로 인한 지하수위 저하로 용수부족, 지하수질 악화 등과 같은 지하수 재해를 일으킬 수 있으며 해안지역일 경우 해수침투로 인하여 그 피해가 광범위하고 장기간으로 확산될 수 있다. 따라서 지하수개발에 앞서 지하수 개발가능량 평가가 필요하고 이를 위해 지하수함양량 산정이 반드시 필요하지만 도시지역의 경우 지하수함양에 가장 큰 변화 인자인 토지피복상태가 지속적으로 변화함으로 주기적인 평가가 이루어지지 않는다면 지하수 개발 및 이용·관리에 많은 문제점들이 발생할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 지하철등 대규모 지하구조물에 의한 지하수유출량이 대량 발생하고 있고 온천개발 등으로 지하수이용량이 많은 도심지역인 부산광역시 수영구 일대를 대상으로 기상청 강우관측이 시작된 1961년부터 2007년까지 47년간의 강우자료를 토대로 NRCS-CN방법을 이용하여 토지피복변화에 따른 지하수함양량을 산정하였다.

2. 대상구역의 선정

본 연구에서는 지하수이용량이 많은 도심지역이며 해수침투 피해와 같은 지하수재해의 가능성이 있는 해안지역인 부산광역시 수영구 일대를 포함하는 지하수의 광역 유동계를 고려한 함양지역으로 설정하였다(그림 1). 대상구역은 남천동, 수영동, 망미동, 광안동, 민락동등의 수영구와 수영강 상류유역까지 포함하며 면적은 81.0km²로 서쪽으로 금련산이 위치하고 광안리해수욕장을 포함하는 해안선으로 남해와 접해있다.

연구대상지역으로 선정된 부산광역시 수영구 일대는 도시화가 진행되어 포장지역이 넓게 분포하고 있고 수백공의 우물과 온천공을 개발하여 지하수를 이용하고 있으며 지하철과 전력구를 통하여 지하수가 유출하고 있다.

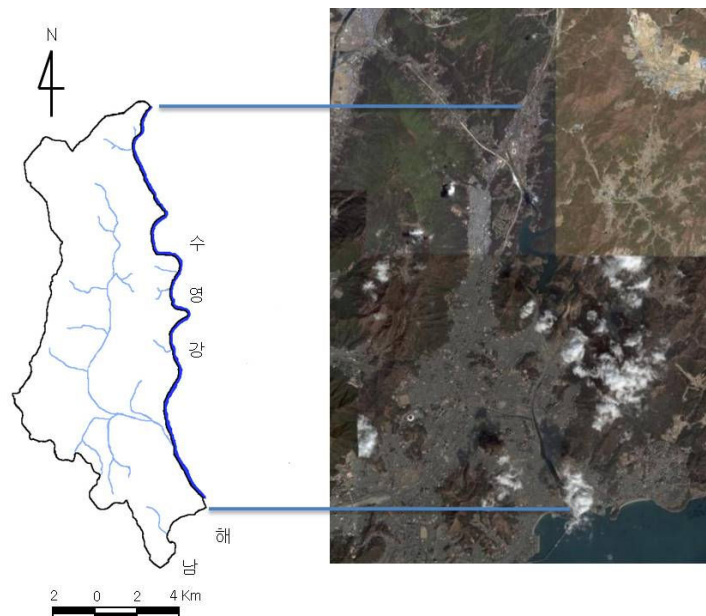


그림 1. 연구대상지역

3. 연구대상지역의 토지피복 변화

표 1. 연구대상지역의 연도별 토지피복상태 변화

구 분		1975년	1980년	1985년	1990년	1995년	2000년
시가화 지역	면적(km ²)	15.07	14.06	26.24	26.99	26.45	30.86
	비율(%)	18.6	17.4	32.4	33.3	32.7	38.1
농업지역	면적(km ²)	24.31	26.27	11.40	12.88	14.79	10.39
	비율(%)	30.0	32.4	14.1	15.9	18.3	12.8
산림	면적(km ²)	39.53	39.41	42.15	39.66	38.85	38.56
	비율(%)	48.8	48.7	52.1	49.0	48.0	47.6
초지	면적(km ²)	0.07	0.27	0.40	0.56	0.25	0.75
	비율(%)	0.1	0.3	0.5	0.7	0.3	0.9
나지	면적(km ²)	1.60	0.29	0.22	0.24	0.28	0.14
	비율(%)	2.0	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2
수역	면적(km ²)	0.39	0.67	0.56	0.65	0.35	0.28
	비율(%)	0.5	0.8	0.7	0.8	0.4	0.3
합계	면적(km ²)	80.97	80.97	80.97	80.97	80.97	80.97
	비율(%)	100	100	100	100	100	100

표 1은 연구대상지역의 토지피복 변화를 1975년부터 2000년까지 5년 간격으로 구분한 것이다.

표 1에서 보는바와 같이 연구대상지역은 1975년 이전까지는 시가화지역이 18.6%, 농업지역이 30.0%, 산림이 48.8%, 초지가 0.1%, 나지가 2.0%, 수역이 0.5%를 차지하고 있었으나 1980년부터 1985년까지 시가화지역이 15.0%증가하고 농업지역이 18.3% 감소하는 큰 변화가 생겼다. 또한 1995년부터 2000년까지 시가화지역이 5.4%증가하고 농업지역이 5.5%감소하는 변화를 보였다. 반면 가장 많은 면적을 차지하고 있는 산림과 이외 초지, 나지, 수역의 면적 비율은 큰 변화가 없었다. 이러한 토지피복상태의 변화는 대상지역이 시기별로 일제적인 도시화가 이루어지면서 농업지역이 시가화지역으로 변화된 양상을 나타내는 것으로 판단된다.

4. 토지피복 변화에 따른 지하수함양량 및 함양률 산정

1961년부터 2007년까지의 기상청 강수량 자료와 1975년부터 2000년까지 5년 간격으로 구분된 토지피복도를 고려하여 지하수함양량 및 함양률을 산정하였다(표 2).

표 2에서 보는바와 같이 연구대상지역의 평균 강수량은 1509.3mm이고 지하수평균함양량은 216.0mm이며 지하수평균함양률은 14.3%로 나타났다. 연최대함양량은 강수량이 2138.1mm인 1970년에 408.9mm이며 연최대함양률은 강수량이 1492.6mm인 1984년에 19.8%이다. 연최소함양량은 강우량이 901.5mm인 1988년에 71.9mm이며 연최소함양률은 같은해에 8.0%로 나타났다.

표 2. 연구대상지역의 연도별 지하수함양량 및 함양률

연도	연강수량 (mm)	함양량 (mm)	함양률 (%)	연도	연강수량 (mm)	함양량 (mm)	함양률 (%)
1961	1821.8	298.3	16.4	1985	2200.5	335.7	15.3
1962	1235.4	186.7	15.1	1986	1143.4	136.3	11.9
1963	2143.0	396.1	18.5	1987	1422.9	155.0	10.9
1964	1130.6	170.8	15.1	1988	901.5	71.9	8.0
1965	1498.4	253.7	16.9	1989	1750.1	234.7	13.4
1966	1062.0	102.4	9.7	1990	1270.9	118.9	9.4
1967	1036.9	136.5	13.2	1991	2167.1	265.7	12.3
1968	1161.7	155.7	13.4	1992	1308.9	148.1	11.3
1969	1800.4	289.0	16.1	1993	1615.3	216.2	13.4
1970	2138.1	408.9	19.1	1994	959.9	110.5	11.5
1971	1087.3	146.3	13.5	1995	1005.7	110.3	11.0
1972	2195.5	408.0	18.6	1996	1289.6	170.8	13.2
1973	1143.1	179.7	15.7	1997	1598.1	253.1	15.8
1974	1698.0	279.2	16.4	1998	2028.8	288.5	14.2
1975	1536.1	229.5	14.9	1999	2396.7	380.6	15.9
1976	1051.9	114.7	10.9	2000	1248.5	126.4	10.1
1977	1142.2	143.9	12.6	2001	1171.3	120.5	10.3
1978	1241.9	182.8	14.7	2002	2085.2	280.2	13.4
1979	1708.3	293.9	17.2	2003	2328.0	336.7	14.5
1980	1913.3	339.0	17.7	2004	1386.5	153.4	11.1
1981	1289.9	193.3	15.0	2005	1384.9	161.9	11.7
1982	1168.1	144.7	12.4	2006	1528.3	188.3	12.3
1983	1770.2	317.3	17.9	2007	1276.5	123.2	9.7
1984	1492.6	295.3	19.8	평균	1509.3	216.0	14.3

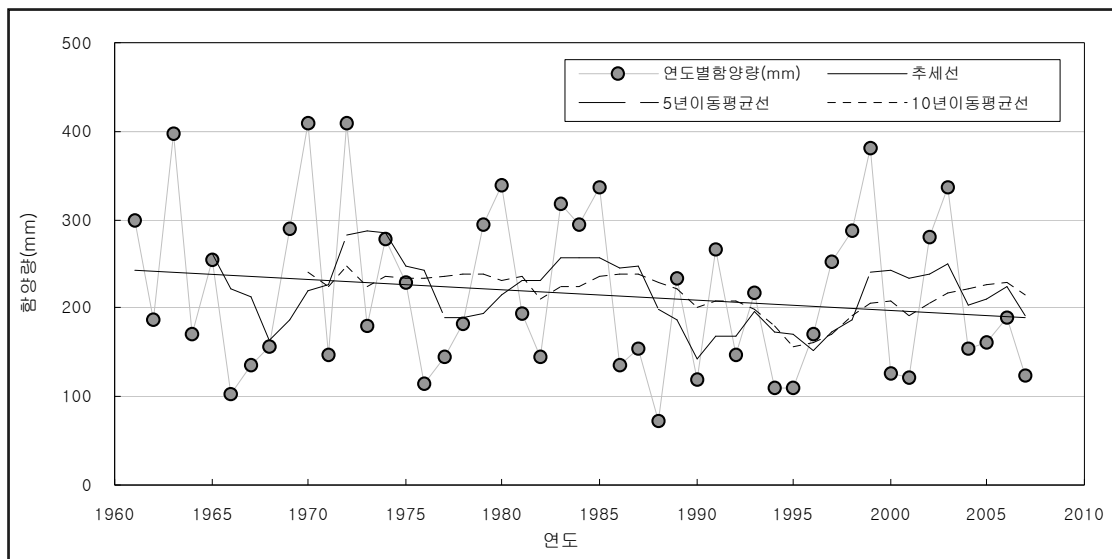


그림 2. 연도별 지하수함양량과 경향

그림 2에 지하수함양량에 대한 5년 및 10년 이동평균이 나타나있다. 본 그림에 의하면 지하수 함양량의 주기적 특성이 미미하며 연도의 증가에 따라 강우량은 증가하였으나 지하수함양량은 감소하는 경향을 나타내고 있는데 이는 토지피복변화에서 알 수 있듯이 도시화 현상으로 인한 불투

수지역의 증가가 가장 큰 영향으로 판단된다.

4. 결론

도시지역인 부산광역시 수영구 유역 일대를 1961년~2007년까지의 기상청 강우량 자료와 토지피복도를 분석한 결과를 적용하고 지하수함양량 및 함양률을 산정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- ① 연구대상지역의 토지피복변화는 1980년~1985년에 시가화지역이 15.0%증가하고 농업지역이 18.3% 감소하는 가장 큰 변화가 있었으며 1995년~2000년에 시가화지역이 5.4%증가하고 농업지역이 5.5%감소하는 변화가 있었다. 농업지역에서 시가화지역으로의 변화가 대부분이었으며 이외 지역의 토지피복변화는 미미했다.
- ② 연구대상지역의 평균 강우량은 1509.3mm이고 지하수평균함양량은 216.0mm이며 지하수평균함양률은 14.3%로 나타났다. 연최대함양량은 강우량이 2138.1mm인 1970년에 408.9mm이며 연최대함양률은 강우량이 1492.6mm인 1984년에 19.8%이다. 연최소함양량은 강우량이 901.5mm인 1988년에 71.9mm이며 연최소함양률은 같은해에 8.0%로 나타났다.
- ③ 연구대상지역은 지하수함양량의 주기적 특성이 미미하며 연도의 증가에 따라 강우량은 증가하였으나 지하수함양량은 감소하는 경향을 나타내고 있는데 이는 토지피복변화에서 알 수 있듯이 도시화 현상으로 인한 농업지역이 시가화지역으로 변함에 따라 불투수지역의 증가가 가장 큰 영향으로 판단된다.
- ④ 본 연구결과는 도시화 현상으로 토지피복상태가 지속적으로 변하는 도시지역의 지하수 개발가능량 평가에 활용되고 대상지역의 지하수개발 및 관리에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

감 사 의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 연구비지원에(3-3-3) 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 기상청. (연도미상). 강우량관측자료. 2009. 2. 인용: <http://www.kma.go.kr>
2. 환경지리정보서비스. (연도미상). 토지피복도. 2009. 2. 인용: <http://egis.me.go.kr>
3. Soil Conservation Service, "Hydrology" in SCS National Engineering Handbook, 1969, 1971, Section 4.