

대전 3대하천 하천복원을 위한 갑천 유역의 물순환 분석

김정곤 / 한국수자원공사 수자원연구원 책임연구원

1. 서론

하천유역을 중심으로 인구가 집중하면서 하천유역이 도시화되고 토지이용이 고도화됨에 따라 지표의 아스팔트 포장으로 인한 불투수층의 증가와 하천 복개를 통한 주차장 이용 등 하천공간을 적절하지 못하게 이용하는 경우가 증가하고 있으며, 이러한 하천공간의 부적절한 이용은 차집관거 등의 설치와 함께 평상시 하천에 유입되는 유량을 감소시켜 하천을 건천화 시킴으로써 하천의 수량문제를 야기하였다.

뿐만 아니라 하천이 건천화된 상태에서 야기되는 각종 하수와 폐수의 직·간접적인 유입은 하천의 수질문제도 함께 유발함으로써 하천이 갖추어야 하는 이수기능과 치수기능을 상실하는 결과를 초래하였으며 하천의 이수 및 치수기능의 상실은 하천은 물론 하천 유역 전체의 환경을 악화시킴으로써 하천의 환경기능을 상실하게 만들고 이에 따라 하천 기능의 상호 균형이 깨지게 되어 또다시 하천을 비정상적으로 개발하게 되는 악순환을 반복하고 있는 실정이다.

본고에서 다룬 갑천유역은 한반도의 중서부와 서해안 일부 지역을 포함하는 금강권역 12개 소유역 중에서 대전 3대 하천(갑천, 유등천, 대전천)을 포함하고 있다(그림 1). 갑천 유역은 유역 면적 648.3km², 유로연장 73.7km로 형상계수가 약 0.119인 비교적 장방형 형상으로, 유역 직선 최장거리는 동서방향으로 약 27km, 남북 방향 약 40km이고 지형 표고 범위는 약 30m ~ 약 870m로 840m 정도의 지형고저차를 보인다. 유역 내 2개의 국가하천(갑천, 유등천), 1개의 지방 1급 하천(대전천)과 29개의 지방 2급 하천이 소재한다.



〈그림 1〉 갑천 유역의 하천 수계

갑천 유역은 현재 도시화율이 약 12%로써 1975년부터 2000년까지 약 5% 증가되었다. 이러한 도시화의 증가는 하천의 건천화 문제, 수질문제, 생태환경 등 다양한 문제들을 수반하게 된다. 이에 대한 대책으로 대전광역시를 중심으로 도시하천의 친자연형 하천으로의 복원사업을 추진 중이다. 본 고에서는 최근 생태복원 사업이 진행되고 있는 대전3대하천을 중심으로 갑천유역의 도시화 영향과 지표수 및 지하수의 물순환 특성을 살펴보았다.

2. 물순환 및 도시화 영향 분석

갑천유역을 DEM, 토지이용 및 토양도에 따라 22개의 소유역과 662개의 수문반응단위(HRU)로 구분하여 다양한 방법으로 보정 및 검증을 통해 모형의 구조나 매개변수의 신뢰성 높은 갑천유역에 대한 SWAT 모형을 구축하였다(김정곤 외, 2006a). 갑천 유역에 구축된 SWAT(Neitsch et al., 2002) 모형을 이용하여 유역전체의 유출특성 및 도시화로 인한 수문현상의 변화를 분석하였다(김정곤 외, 2006b).

갑천 유역의 물순환 분석결과를 그림 2에 나타내었다. 분석결과, 평균 지표 유출량이 50%, 중간 유출량이 6% 그리고 지하수 유출량이 44%로 나타났다. 1999년부터 2004년까지 각 소유역별로 강우에 따른 평균 유출 성분을 분석한 결과, 증발산량의 경우 대전천 유역

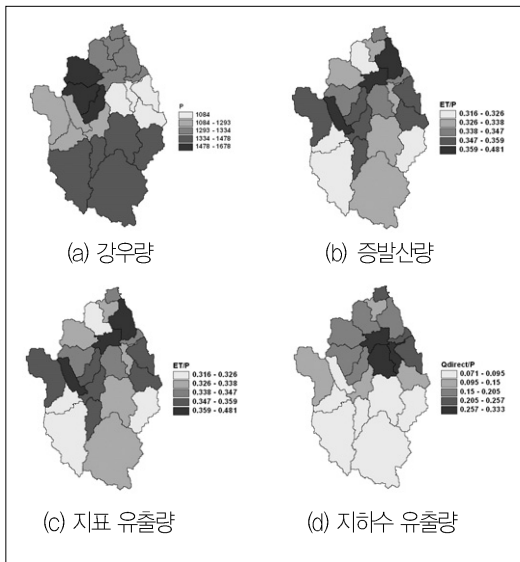
은 강우에 비해 높으므로 특히 갈수기동안의 하천 건천화 문제가 예상된다. 유출성분의 경우는 도시화가 많이 진행된 갑천 하류 부분에 지표수량이 상대적으로 높고 산악지역이고 경사도가 큰 유등천 일대에서는 높은 값의 측면 유량을 나타낸다. 유등천의 경우는 많은 양의 측면 유량 및 적은 양의 침투량으로 인해 지하수 유출량이 작은 특성을 보인다. 산악지역이면서 증발산량이 상대적으로 적은 유등천 유역이 높은 토양 함유량을 보인다. 총 유출량은 대전천 유역이 상대적으로 적으면서, 주로 상류에서 크게 나타난다. 도시화로 인해 하천의 건천화 문제가 제기되고 있지만, 기본적인 토양 특징과 강우 특성도 하천의 건천화 문제에 큰 영향을 끼침을 알 수 있다.

도시화에 따른 영향을 분석한 결과, 도시화로 인한 토지 피복의 변화는 유출성분 중 지표수량(17% 증가)과 지하수량(-4% 감소)에 가장 큰 영향을 끼친 것으로 나타났다. 갑천 전유역을 대상으로 1975년부터 2000년까지 발생한 5% 정도의 도시화율 증가는 강우량과 증발산량의 상대적 영향으로 인해 강우량이 낮고 증발산량이 높은 갈수년이 강우량이 높고 증발산량이 낮은 풍수년에 비해 높게 나타났으나, 전체적으로 수문학적으로는 큰 영향은 없는 것으로 나타났다.

대부분의 도시화 과정에서 도시화 현상이 집중된다고 볼 때 일부 소유역에서는 그 영향

을 무시할 수 없을 수도 있으므로, 각 소유역중 도시화율 증가가 가장 큰 소유역을 대상으로 정밀 수문분석을 실시한 결과 지표 유출량이 25~66% 증가하였고, 지하수 유출량은 68~73% 감소한 것으로 나타났다. 이러한 결과를 통해서 도시화에 따른 영향이 큰 소유역과 직접 연계되어 있는 지류 하천에 많은 영향을 끼치게 될 것임을 알 수 있다. 특히, 하천 유량이 적고 갈수기 동안 지하수 유출수에 의존하는 하천의 경우, 하천의 건천화 문제가 심각하게 나타날 수 있을 것이다.

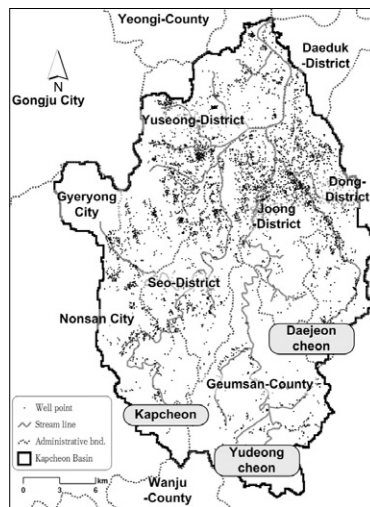
성 및 함양량과의 비교 분석을 통하여 갑천 유역의 지하수자원 관리가 시급한 지역을 제시하였다(홍성훈과 김정근, 2007). 유역 면적이 넓고, 고려해야할 관정 개소수가 많은 갑천유역의 지하수 이용 특성 분석을 위하여, 관정 이용량 및 관정 개소수에 대한 표준화된 누적밀도를 활용하는 방법을 사용하였다. 이 방법을 통하여 해당 유역 총 이용량을 대표하면서 고려해야할 관정의 수를 감소시켜 과업 진행의 효율성을 높일 수 있었다. 이 방법에 의하여 파악된 갑천 유역 총 이용량의 90%에 해당하는 대표값은 약 25%의 관정에서 이용되는 37,923,516m³/년이고, 생활용수는 총 이용량의 약 72%인 27,729,877 m³/년, 농업용수는 약 23%인 8,633,671m³/년으로 평가되었다. 그림 3은 행정구역별 25%의 관정분포를 보여주고 있다.



〈그림 2〉 소유역별 유출 성분 분석결과

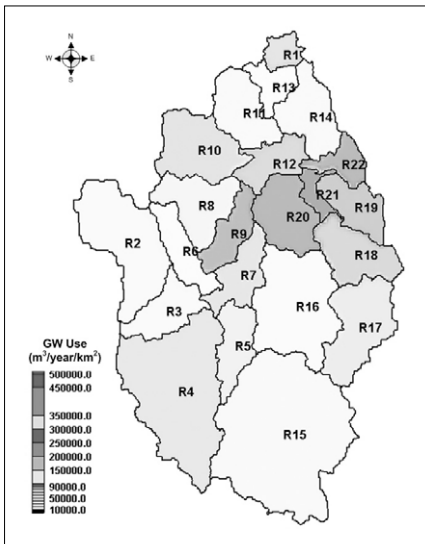
3. 지하수 이용특성 분석

갑천 유역의 지하수자원 관리에 필요한 소유역 및 주요 하천 유역별 지하수 이용 특



〈그림 3〉 행정구역별 지하수 관정분포

소유역별로 단위면적당 이용량 특성을 분석한 결과 도심지역 소유역이 타 소유역에 비하여 월등히 높았으나, 농업용수는 도심 외곽 지역 및 유역 남쪽의 충청남도 지역이 높은 것으로 분석되었다(그림 4). 주요 하천 유역별 평균 함양량과 지하수 이용량 비교 분석한 결과 대전 도심지역을 포함하는 대전천 및 유등천 유역의 함양량 대비 이용량 비율이 갑천 유역보다 각각 1.9배와 2.3배 높았다. 그리고 갑천 유역 전체 이용량은 함양량 대비 40%로 나타났다. 소유역별 평균 함양량과 지하수 이용량을 비교한 결과 도심 밀집 지역 소유역들은 해당 유역 내 평균 함양량보다 지하수 이용량이 1.4배에서 최고 11.1배까지 높아 이 지역의 지하수자원의 적정관리가 시급한 실정으로 분석되었다.



〈그림 4〉 소유역별 단위 면적당 지하수 이용량 분포도

4. 광역 지하수 유동 및 지표수-지하수 상호작용 평가

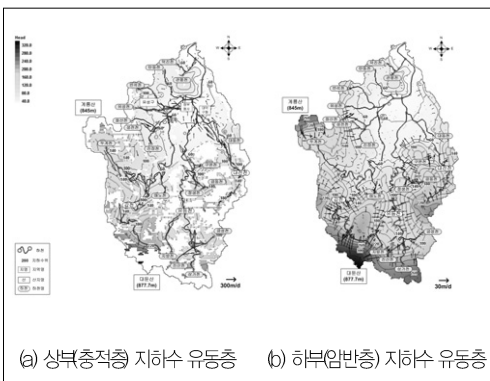
다음으로, 지표수 물순환 분석의 주요 결과인 함양량 결과와 수리지질 등의 대수층 특성 분석 자료를 토대로 갑천 유역의 광역 지하수 유동 모델을 구축하여, 현장 특성을 최대한 반영할 수 있는 자료 분석과 신뢰성이 높은 수문 성분 결과를 토대로 갑천 유역의 광역 지하수 유동 특성 평가와 대전 3대 하천과의 상호작용에 대한 정량적 평가를 수행하였다(홍성훈과 김정근, 2007).

분석결과, 갑천 유역의 지하수는 상부지하수 유동층을 따라 하천과의 상호작용에 의하여 유출되기도 하지만 대체로 유역 남쪽에서 상부 및 하부 지하수 유동층을 따라 유역 북쪽으로 유동한다(그림 5). 또한 유역 서쪽(계룡산 부근) 부근의 지하수는 유동 체계를 따라 유성구 지역을 거쳐 갑천-유등천 합류 지대인 갑천대교-둔산대교 구간 및 정부청사 부근의 갑천으로 유출되는 것으로 평가되었다. 또한 유등천 및 대전천 상류 부의 지하수는 대덕구청 일대의 유등천-대동천 합류부를 경유하여 역시 갑천-유등천 합류지점의 갑천으로 유동하는 것으로 분석되었다.

소유역별 지하수 물교환량을 분석한 결과, 대체로 대전광역시 서쪽의 갑천 중,하류 지역은 광역지하수 유동체계에 의하여 유입된 지하수가 하천으로의 유출되는 특성을 보이고 대전

광역시 동쪽의 유등천, 대전천 유역은 이들 하천으로의 유출보다 지하수 유동 체계를 따라 이 지역들을 경유하여 갑천-유등천 합류 지점으로 유하하는 것으로 분석되었다. 즉, 갑천 유역 내 국가 및 지방 하천들은 하천과 하천 혹은 하천-지하수는 광역지하수 유동 체계를 통하여 상호 연계되고 있는 것으로 분석되었다.

갑천 유역 및 대전 3대 하천의 합류 지점 부근에서 지하수와 하천의 상호 작용을 정밀하게 분석한 결과, 전반적으로 산지지역에 소재한 하천들은 지하수와 하천수가 서로 교환되면서 이득 및 손실하천의 형태를 보이고 있지만, 주요 하천의 합류 지점의 경우 인근 지하수 유동 체계로부터 유입되는 유입량 비율이 큰 전형적인 이득하천을 이루고 있는 것으로 나타났다.



〈그림 5〉 갑천 유역의 지하수 수위 및 유속 분포

5. 결론

도시의 급속한 팽창으로 수자원 공급과 홍수방어 등을 위한 적극적인 대처방법으로 하천에 댐 등을 개발하면서 하천의 생태 및 경관적인 부분이 많이 훼손되어 왔으며, 이를 극복하기 위하여 하천의 친자연적 복원 사업이 진행되어 오고 있다. 하천복원(河川復元)이라 함은 하천에서 이수 및 치수의 기능에 치우쳐져서, 취수 및 하상고 유지를 위한 많은 보와, 직선화로 본래의 모습을 잃어버린 하천 및 하안침식을 방지하기 위한 콘크리트 제방, 그리고 도시하천에서 교통로 확보를 위한 하천 복개 공사, 지하수위 저하로 인한 하천 건천화 등으로 인하여 기형적인 오늘의 하천을, 생물의 서식처 등의 생태적 측면과 하천 주변 경관을 하천 본래의 모습으로 되돌려 주는 것이다. 하천복원 사업을 수행하기 위해서는 하천에서 흐름과 하상 형태 등 물리적 과정, 생태계 등의 생물·화학적 과정, 주변 경관과의 어울림 등의 환경적 과정, 그리고 하천주변에서 사람들이 삶을 형성하고 영위하여 온 역사적 문화적 배경을 고려한 인문·사회적 과정을 이해하고 이들 과정을 모두 어울리도록 한데 묶어내는 총체적인 사업이다.

본 고에서 수행한 물순환 및 도시화 영향 분석 결과는 향후 대전 3대 하천의 생태하천 복원을 위한 물순환 정상화 대책마련 및 하

천의 유량확보방안 마련에 기초자료를 제공할 수 있을 것이다. 향후 양수 등에 대한 지하수 분포 및 유동 특성의 변화와 이로 인한 하천과 지하수의 수리수문학적 상호작용에 미치는 영향 등 갑천구역의 통합 수자원 관리와 하천 관리에 기초 결과로 활용될 수 있을 것이다. 또한 수문성분 및 지표수 유출모형과 연계되어 지표수-지하수의 시·공간적 특성 변화에 중요한 기초 결과로 활용될 것으로 판단된다.

참고문헌

김정곤, 손경호, 노준우, 장창래(2006a), SWAT 모델을 이용한 갑천 유역에 대한 수문 특성 분석 및 도시화 영향 평가, 한국수자원학회 논문집, 한국수자원학회, 제39권, 제10호, pp. 881-890.

김정곤, 손경호, 노준우, 장창래 (2006b), 갑천유역을 대상으로 SWAT 모형의 다 변수 및 다 지점 검·보정, 한국수자원학회 논문집, 한국수자원학회, 제39권, 제10호, pp. 867-880.

홍성훈, 김정곤(2007), 갑천 유역의 지하수 유동 평가, 한국수자원학회 논문집, 제40권 제6호, pp.431~446, 한국수자원학회

홍성훈, 김정곤(2007), 갑천 유역의 지하수 이용 특성 분석, 한국수자원학회 논문집, 심사중.

Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R. and Williams, J. R. (2002). Soil and Water Assessment Tool User's Manual, Version 2000.