

유성지역 소유역에서의 강수, 지표수, 지하수의 수소동위원소 모니터링

박준형, 고용권, 박경우, 정형재*, 김교원**

한국원자력연구소 *농업기반공사, **경북대학교
nykkoh@kaeri.re.kr

<요약문>

방사성폐기물 처분연구의 일환으로 결정질 암반에서의 지하수의 함양특성을 알아보기 위하여 연구지역의 강수량, 지표유출량 및 지하수위 변동량을 시간별로 일정기간동안 모니터링하였고, 채취된 강수, 지표수 및 지하수의 수소동위원소 분석을 수행하였다. 강수사건 (Rainfall event)에 따른 지표유출량과 지하수위는 급격히 증가되며, 지하수위는 약 1일경과 후 최대값을 갖는다. 연구지역 5개 시추공으로부터 모니터링된 지하수위결과는 강수사건에 따라 지하수위의 증감특성을 보여주나, 변화되는 양상은 시추공의 수리특성에 따라 다르게 나타난다. 지표수 및 지하수의 수소동위원소조성은 강수사건에 따라 상응하여 변화되고 있어, 강수, 지표수 및 지하수의 양적변화와 함께 동위원소결과의 해석은 지하수의 함양특성을 정량적으로 추정할 수 있을 것이다.

주제어 : 동위원소, 강수량, 지표유출량, 지하수위, 지하수 함양

1. 서론

국내의 지하수의 함양특성에 대한 연구는 물수지방법 (선우중호, 1992), 기저유출분리방법 (박창근, 1996), 지하수위감수곡선법 (최병수, 안중기, 1998) 등 많은 연구가 수행되었지만, 국내 기후 및 지질조건에 따른 지하수 함양특성을 밝히기에는 아직 미흡하다. 우리나라의 기후 특성상 지하수의 함양은 여름철에 대부분 집중되며, 크게 증가된 지하수체를 반영하는 지하수위는 점차 감소하는 특성을 보여주어, 지하수의 함양특성을 평가하는데 어려운 점이 있다. 또한 국내 대부분 지역은 화강암 및 편마암 등 결정질암 등으로 구성되어 있어, 대부분 지역에서 지하수 체계를 해석하는데 다공성매질에서 지하수 체계 해석을 직접 적용할 수 없다. 최근 지하수의 함양 특성에 대한 연구가 활발히 진행되고는 있지만, 아직까지 실측자료로부터 얻어진 결과들이 부족한 실정이다. 본 연구에서는 소유역에서 실측된 강수량, 지표유출량, 지하수위 변동량과 각 채취된 시료의 동위원소 분석을 통하여 측정과 분석된 자료의 의미를 살펴보고, 연구지역에서의 지하수 함양특성을 고찰해 보고자 하였다.

2. 본 론

가. 지표유출량과 수위 측정 및 시료채취

연구지역은 편상화강암을 모암으로 하는 대전시 유성구에 소재한 한국원자력연구소 (KAERI) 인근 소 유역을 대상으로 수행하였다 (그림 1). 대체적으로 지형은 SW-NE방향의 산계에서 NW방향으로 발달된 수계를 대상으로 이루어졌다. 연구지역내에는 그림 1에서와 같이 소규모 소류지가 건설되어 있으며, 지표유출량을 직접 측정하기 위하여 소류지로 유입되는 수계에 보 (Weir)를 설치하여 유속계 (ISCO 1230, USA)를 이용하여 이를 모니터링하였다. 또한 한국원자력연구소내에는 다수의 연구용 시추공이 굴착되어 있어, 자동수위측정기 (Diver 1215 및 Minitroll)를 이용하여 2시간 또는 1시간 간격으로 지하 수위를 측정하였다. 또한 기후변화를 모니터링하기 위하여 자동기후측정기 (NEMESIS)를 이용하여 온도, 강수량, 습도, 풍향 등을 연속 측정하였다. 동위원소분석을 위한 물시료 채취가 수행되었는데, 일별 강수에 대한 시료채취를 위하여 강수센서와 냉각장치가 구성되어 있는 자동강우채취기 (NSA 181, Germany)를 이용하였고, 일부기간동안에는 ISCO사의 6700FR 채취기를 이용하여 시간별 강수량 채취를 수행하였다. 시추공에서 지하수위의 측정은 BH-2, BH-3, BH-5, BH-6 및 BH-2-1공에서 이루어졌다 (그림 1). 지표수의 시료채취는 소류지 유입지표수 (SW-1), 소류지 유출지표수 (SW-2)와 하류지표수 (SW-3)에서 수행되었으며, 시추공지하수의 시료는 그림 1에서 표시된 BH-2공 인접한 BH-2-1공에서 채 취되었다.

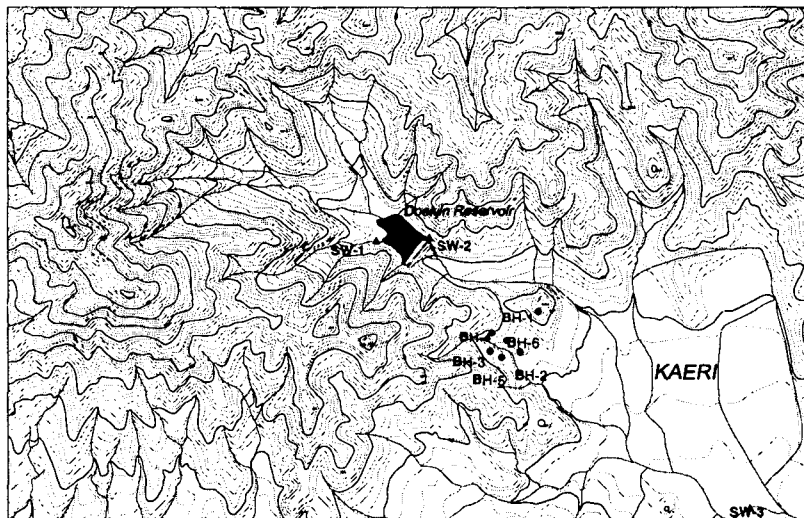


그림 1. 연구지역 지형, 수계 및 시추공과 시료채취 위치도.

나. 지표유출량 및 수위변화

강수에 따른 SW-1지점에서의 지표유출량의 변화는 그림 2에 도시되었다. 지표유출량은 매 15분마다 측정되었으며, 강수량은 시간별로 측정된 결과이다. 지표유출량은 강수사건후 즉시 증가하며 약 몇시간 후에 최대 정점을 이루는 특성을 보여준다. 이러한 지표유출곡선은 강수와 지표수의 동위원소분석이 체계적으로 이루어진다면 쉽게 기저유출을 분리하여 지하수의 함양특성을 평가할 수 있을 것이다. 한국원자력연구소내 5개의 시추공에 대한 지하수위 모니터링 결과를 강수량과 함께 그림 3에 도시하였다. 그림 3에서 보는 바와 같이 모든 시추공의 시간별로 측정된 지하수위는 강수사건에 상응하여 증가한 후 약 1일후에 최대치를 보인후 후속강수가 없을 경우 감소하는 경향을 보여준다. 그러나 5개공의 지하수 위 변화양상은 크게 2가지로 구분될 수 있다. BH-3, BH-5, BH-6공에서의 지하수위 변화는 강수후에

BH-2와 BH-2-1공에 비해 고지대에 있음에도 변화폭이 적으며, 강수사건후에 지하수위 강하가 매우 적은 속도로 진행된다. BH-2-1공을 제외하고 모든 공의 심도가 70~100m의 심도로 거의 유사하고 시추공들이 인접함에도 상이한 지하수위 변화양상은 각 시추공지점에서의 지하수의 함양특성이 다름을 지시하는 것이다. 각 시추공의 수리지질 특성 자료를 살펴보면 BH-3, BH-5, BH-6공의 수리전도도는 각각 1.41×10^{-7} m/sec, 3.26×10^{-8} m/sec, 5.84×10^{-8} m/sec로서 BH-2공 (6.7×10^{-7} m/sec)에 비해 현저히 낮은 값을 보여주고 있다 (조성현, 1998). 이는 BH-3, BH-5, BH-6공의 낮은 수리전도도 특성으로 인해 BH-2공에 비해 지하수가 적게 함양되지만, 지하수위의 감소는 느리게 진행되고 있음을 반영한다. 이는 지하수 함양은 기후변화에 따른 강수량 뿐만 아니라 수리지질 특성에 의해 크게 좌우됨을 보여준다. 즉, 지하수위감수곡선법을 이용하여 지하수 함양특성을 평가할 때, 시추공의 수리지질특성에 대한 종합적인 해석이 필수적으로 수반되어야 할 것이다.

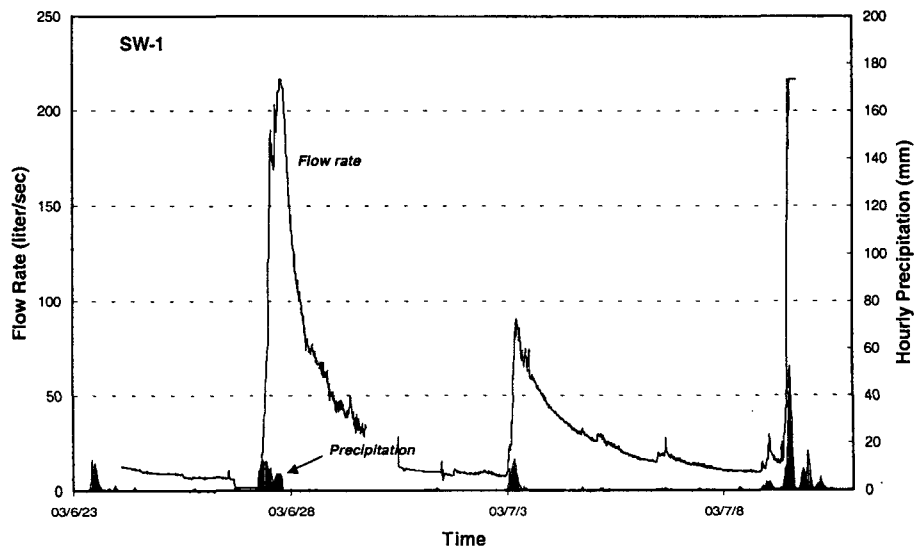


그림 2. SW-1에서의 강수량과 지표유출량 변화

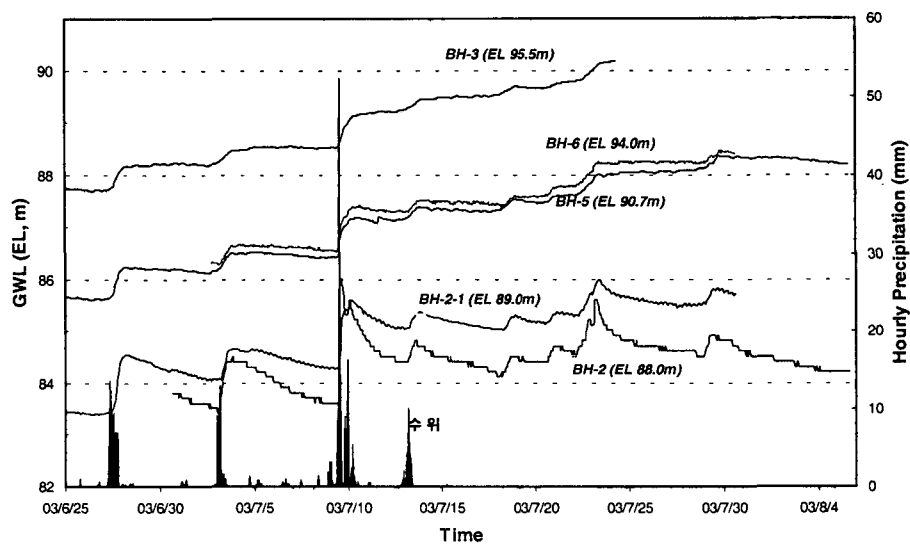


그림 3. 시간에 따른 각 시추공의 지하수위 변화

다. 수소동위원소

지표수와 지하수의 수소동위원소 변화양상을 지표유출량과 함께 그림 4에 도시하였다. 비록 지표수와 지하수의 동위원소조성변화를 야기시킨 강수에 대한 동위원소결과가 도시되지는 않았지만, 강수사건으로 인해 지표수와 지하수의 동위원소가 크게 변화되고 있음을 보여준다. 이는 강수, 지표수 및 지하수의 체계적인 시료채취 및 분석을 통하여 지하수의 함양특성을 정량적으로 평가할 수 있음을 보여준다.

3. 결론

결정질암반에서 강수, 지표수, 지하수의 양적변화 및 동위원소분석을 시도하였다. 지하수위 변화는 수리지질특성에 의해서도 크게 좌우됨을 보여주고 있어 지하수 함양특성 평가시 고려해야 할 것이다. 수소동위원소는 강수사건에 따라 상응하게 변화됨을 보여주고 있어 체계적인 시료채취가 수반된다면 정량적인 지하수 함양평가가 가능할 것으로 판단된다.

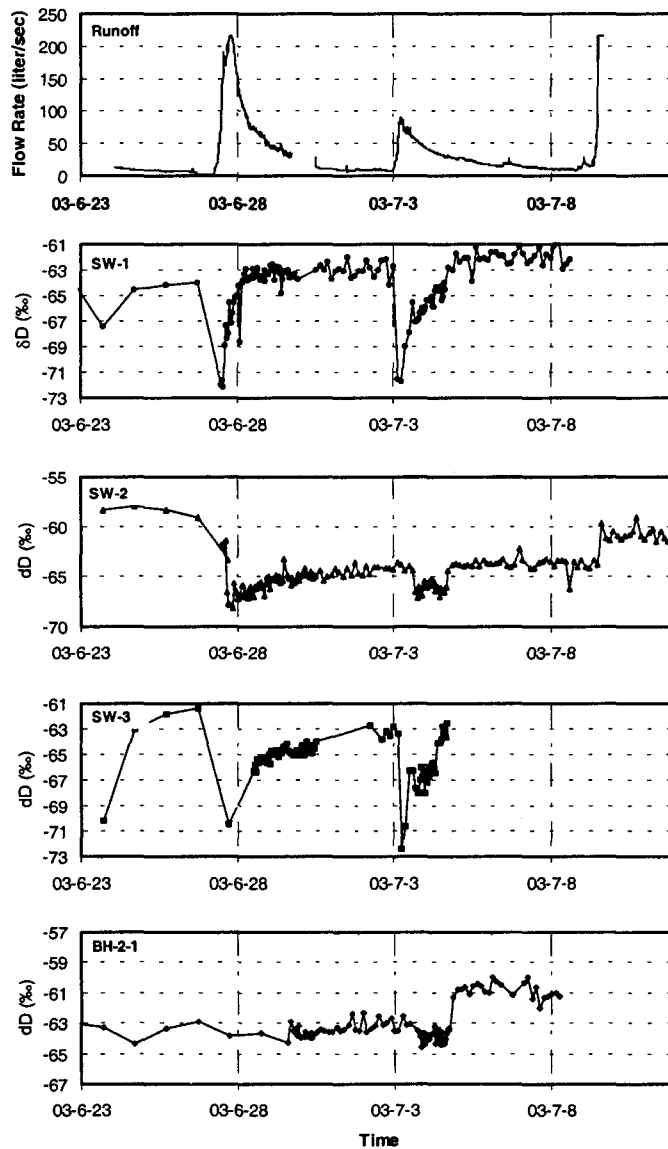


그림 4. 지표유출량 및 지표수와 지하수의 수소동위원소조성 변화

4. 참고문헌

선우중호, 1992, 지하수자원 기본조사 보고서, 농업기반공사

최병수, 안중기, 1998, 지역단위 자연함양을 산정방법 연구, 지하수환경, 5권, 57-65p.

조성현, 1998, 유성 북부 화장암 지역의 단열 분포특성, 충남대학교 석사학위논문, 110p.

박창근, 1996, 우리나라 지하수 개발가능량 추정: I. 개념 정립과 기법의 개발, 지하수환경, 3권, 15-20p.