

Multi-packer system을 이용한 대전 북부 화강암지역내 시추공 지하수의 동위원소 특성연구

최현수¹⁾ · 고용권 · 배대석 · 김천수 · 조성일

1. 서론

암반지하수에 대한 명확한 지화학 및 동위원소 특성연구를 수행하기 위해서는 자연조건에 상응하게 심도에 따라 격리된 상태에서 지하수의 시료채취가 우선하여 수행되어야 한다. 심도에 따른 지하수 시료채취 방법 중 가장 대표적인 방법이 패커를 이용하여 특정 구간을 격리하여 시료를 채취하는 것이다. 본 연구에서는 이를 위해 대전 북부 화강암 지역에 500미터 깊이의 연구용 시추공을 착정하였으며, 또한 시추공을 구간별로 격리시키기 전 암석시추자료 및 BHTV (Bore Hole Televiewer)를 통해 얻은 시추공에 대한 단열분포체계를 근거로 하여 정확히 격리하였다.

2. 시추공 및 다중패커시스템 (Multi-packer system)

대전 연구지역에는 MP system이 설치된 시추공 (YS-01) 외에 3개의 추가적인 연구용 시추공 (YS-02, 03, 04)이 존재한다. MP system은 2001년 9월 설치되었다. YS-01공의 굴진심도는 500m이며, BHTV에 의해 확인된 단열체분포에 따라 총 13개의 패커 (40m, 80m, 102m, 130m, 143m, 177m, 233m, 259m, 308m, 328m, 375m, 423m, 457m)가 설치되어 총 14개 구간에서 지하수 시료채취가 수행되었다. 또한 연구지역 시추공에 대한 현장수리시험 결과는, 단열의 발달이 상대적으로 두드러지고, 단열틈의 대부분이 2차광물로 충전되어 있다. 지표로부터 -160m까지의 상부 영역의 유효수리전도도는 $5.27E-10m/s \sim 8.61E-10m/s$, 그 하부 영역은 $2.45E-10m/s \sim 5.96E-10m/s$ 의 범위를 지니고 있는 것으로 나타났다.

3. 연구결과 및 토의

연구지역 심부시추공지하수의 구간별 지화학특성조사를 위한 다중패커 시스템의 설치시기인 2001년 10월과 2002년 1월에 2차례에 걸쳐 시료채취가 이뤄졌다. 시료채취는 다중패커 시스템용 sample bottle을 이용하여 각 단열구간에 대한 직접적인 시료채취가 수행되었다. 채취된 시료에 대해서는 현장에서 pH, EC, Eh, DO 및 알칼리도를 측정하였으며, 온도와 수압은 MP probe를 이용하여 채취심도에서 직접 측정되었다.

심도별 지화학 특성은 상부구간과 하부구간이 크게 구분된 특징을 보여주는데, 상부구간의 pH는 10 ~ 12로 상당히 높으며 하부구간은 상대적으로 낮은 pH를 보여주었다 (Fig. 1). 이는 자연적인 지하수의 심도별 특징을 보여주는 것이 아니라, 시추굴착당시 약 115m 심도에 크게 발달된 단열대의 붕괴로 인하여 시추공 보호를 위하여 시공된 그라우팅에 의한 것으로 사료된다. 그라우팅에 영향을 받지 않은 중간구간의 지하수는 일반적인 국내 화강암 지역에서 나타나는 특성을 보이며, 물의 유형은 Na-HCO₃ 형에 해당한다.

1) 한국원자력연구소

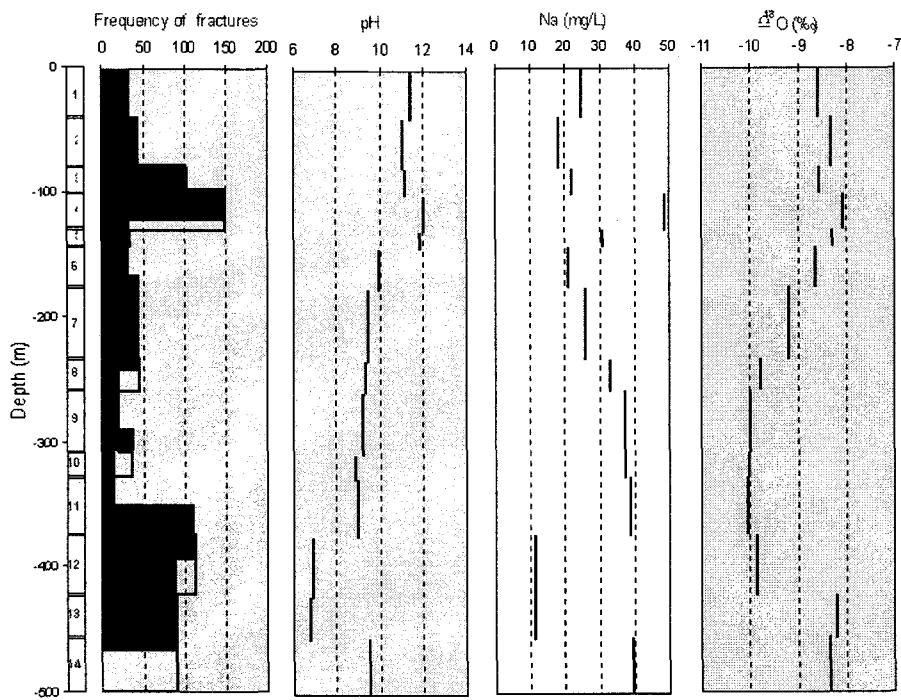


Fig. 1. Physicochemical and isotopic properties of deep borehole groundwater collected from each section divided by multi-packers.

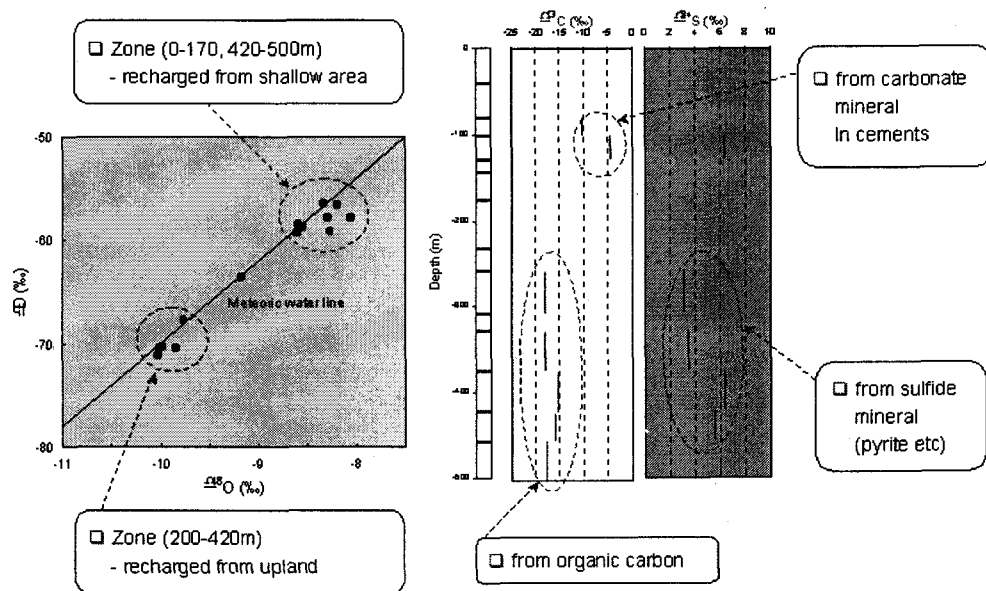


Fig. 2. Isotopic characteristics ($\delta^{18}\text{O}$, δD , $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{34}\text{S}$) of deep borehole groundwater collected from each section divided by multi-packers.

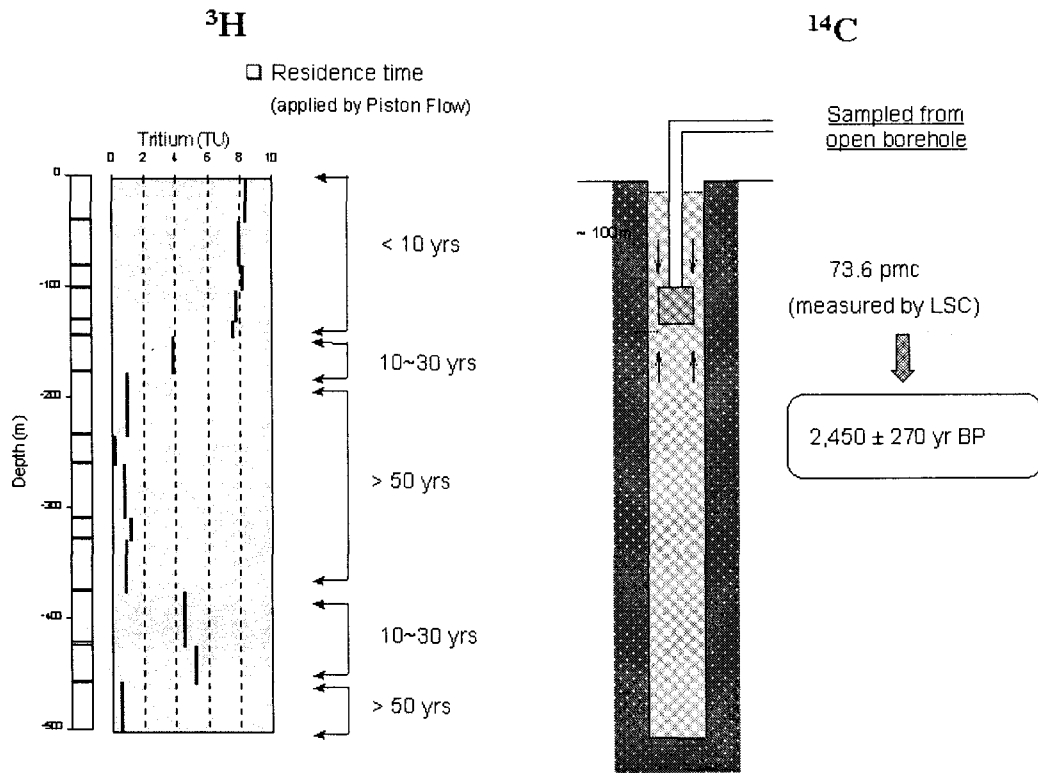


Fig. 3. Tritium contents of deep borehole groundwaters collected from each section divided by packers and ^{14}C content of open hole groundwater.

다중패커 시스템을 이용하여 채취한 지하수의 산소 및 수소동위원소 결과에 따르면, 시추공 지하수 시료들은 모두 세계강수순환선과 일치하여 천수기원임을 나타낸다 (Fig. 2). 또한 시추공 지하수의 함양지역이 크게 2개 지역임을 보여주는데, 상부구간과 하부구간은 낮은 고도의 지역에서 함양된 반면 중간구간은 높은 지역에서 함양되었음을 나타낸다 (Fig. 2). 탄소동위원소 결과는 그라우팅 구간을 제외하고 지하수 내 HCO_3^- 는 지표로부터 기원되었음을 나타내며, 그라우팅 구간은 그라우팅 물질의 주요 광물인 방해석으로부터 기원되었음을 보여주었다 (Fig. 2). 일부 분석된 황동위원소는 지하수 내 용존 황산염은 화강암내에 존재하는 황화광물과의 반응으로부터 기원되었음을 나타낸다 (Fig. 2).

다중패커 시스템을 이용하여 구간별로 격리한 상태에서 채취한 지하수의 삼중수소 함량에 따른 지하수의 체류시간은 10년, 10-30년, 50년으로 구분되어 나타났다 (Fig. 3). 또한 다중패커 시스템을 설치하기 전 나공상태에서 채취한 시추공 지하수의 ^{14}C 함량에 의한 화학적 및 동위원소적으로 미보정한 연대측정 결과가 2,450년 (± 270 년)으로 상당히 긴 체류시간을 지닌 지하수임을 나타낸다 (Fig. 3).