

시추공지하수의 지화학 파라미터 측정방법 고찰

유시원, 박경우, 고용권, 정찬호
한국원자력연구소 방사성폐기물처분연구부

*대전대학교 지구시스템공학과

siwonryu@hanmail.net

요약문

한국원자력연구소 내 심부시추공(YS-01, 500m)에 설치된 다중패커시스템(multi-packer system)을 이용하여 양수(pumping) 시 GL. -457.5 ~ -500 m 구간의 지하수에 대한 중요한 지화학 파라미터인 pH, 산화-환원전위, 용존산소 및 전기전도도 등을 장기간 측정하였다. 이에 따르면 현장 측정자료는 시간이 경과함에 따라 변화되며 장시간이 경과된 후에 안정화됨을 보여주고 있다. 특히, 산화-환원전위의 경우는 10일이 경과되었음에도 계속 변화하고 있다. 심부지하수 뿐만 아니라 일반 지하수의 경우에도 이러한 파라미터 측정 시 안정화시간에 대하여 유의하여야 할 것이다.

1. 서 론

방사성 폐기물 처분 연구의 일환으로 한국원자력연구소 내에 심부 시추공(심도 500m)이 굴착되었으며, 그 중 몇 개의 시추공 내에 다중팩커시스템을 설치하여 심부지하수의 수리특성 및 지화학 특성에 대한 연구가 진행중에 있다. 심부지하수의 특성을 이해하는데는 지하수의 화학특성 뿐만 아니라 시료채취 당시 현장에서 측정되는 pH, 산화-환원전위, 용존산소 및 전기 전도도 등이 매우 중요한 자료를 제공한다. 이러한 중요성에도 불구하고 현장여건 및 측정의 간편함으로 인해 현장측정의 정확성에 대한 연구는 동안 시 되어 왔다. 본 연구는 다중팩커시스템 내 격리된 구간의 지하수를 양수와 동시에 지화학 파라미터를 장시간 측정함으로써 측정값의 신뢰성을 향상시키고 이들 결과를 고찰하였다. 특히 고준위 방사성 폐기물 처분과 관련하여 지하수의 지화학적 특성은 지하수에 의한 핵종 거동에 매우 중요한 요소로 작용하므로 지화학 파라미터에 대한 정확한 측정이 요구된다.

2. 본 론

가. 연구지역 및 방법

연구지역의 지질은 주라기 중립질 복운모화강암이며, 연구지역내에는 200m~500m 심도를 갖는 9개의 조사공(직경 : 76mm)이 굴착되었다(그림 1). YS-01공의 경우 다중팩커시스템은 2001년 9월에 설치되었으며, 이를 이용하여 시추공 구간 별 온도와 지하수 압력에 대한 모니터링이 진행 중에 있다. 다중팩커시스템은 코아로깅자료 및 BHTV자료, 수리시험자료를 토대로 수리지질학적 특성이 다른 구간을 설정한 후 다중의 패커를 이용하여 단일공에 설치한 것으로 시추 전 자연 상태와 같은 조건으로 유지하고, 샘플링도 손쉽게 할 수 있는 장점을 갖는다. 채취된 모든 시료에 대하여는 현장측정이 수

행되었지만, 장기적으로 현장측정을 수행하지 않았다. 따라서 본 연구에서는 YS-01에 설치된 다중팩커 시스템 중 심도가 가장 깊은 구간(GL. -450 ~ -500m)의 Pumping port(GL. - 460.5m)를 개방한 후 지표에서 양수를 통해 배출되는 지하수를 장기적으로 측정을 수행하였다. 시험기기는 별도로 Case를 만들어 공기와 접촉이 전혀 되지 않고 양수한 시료가 직접 Case로 투입되게 제작하였다(그림 2).

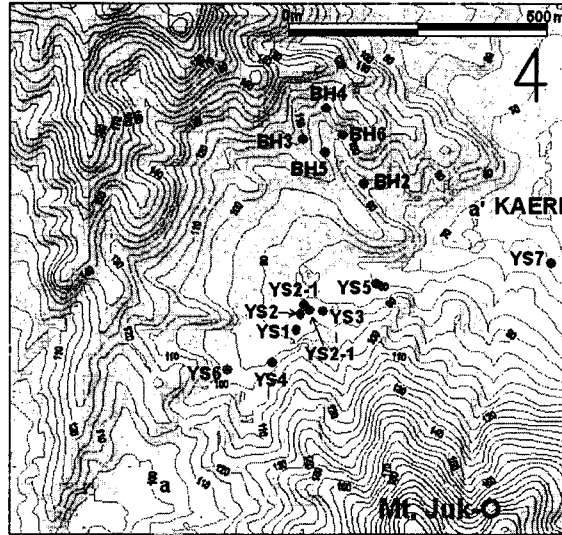


그림 1. 연구지역 및 시추공의 위치

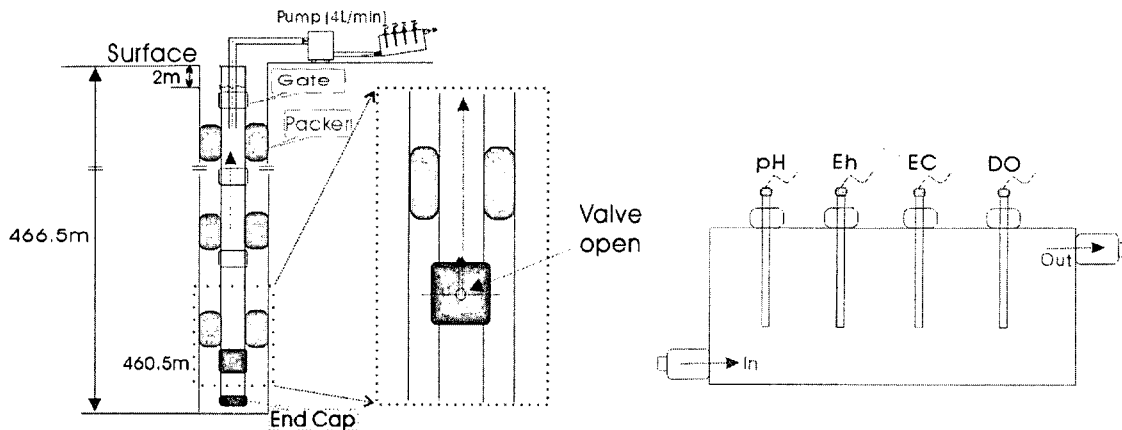


그림 2. 다중팩커시스템 및 현장측정기기

나. 장기 현장측정 결과 및 토의

YS-01공에 대한 장기 현장측정 결과는 그림 3에 도시된 바와 같으며, 시간(양수: 4L/min)이 지남에 따라 현장측정자료(pH, 산화-환원전위, 온도, 용존산소 및 전기전도도)가 변화됨을 볼 수 있다. 그림 3에서와 같이 현장측정 자료가 초기에 급격한 변화를 보이는 것은 YS-01공 GL. -460.5m에서 바로 채취된 지하수가 아니라 시추공 다중멀티팩커 내 기존에 존재하던 지하수(약 500m³)의 영향인 것으로 사료된다. pH의 경우 초기에는 급격히 변하지만 측정 시작 후 10분 후에는 안정화된 값을 유지한다. 그러나 그림 3에서 보는 것과 같이 pH값이 중간에 급격히 변하는 이유는 측정 상 충분한 시간 후 측정된 값이 아닌 것으로 사료된다. pH meter 특성상 전원이 켜있는 상태에서만 측정을 시작함으로

적어도 10분 이상이 경과 해야지만 정확한 값을 얻을 수 있다. 전기전도도는 다른 현장 측정값에 비해 빠르게 측정되는 특징이 있다. 시간이 지남에 따라 전기전도도 값이 변하지 않는 것으로 보아 GL-460.5m에 위치한 지하수의 저류체(reservoir)는 비교적 크다는 것을 간접적으로 예측할 수 있다.

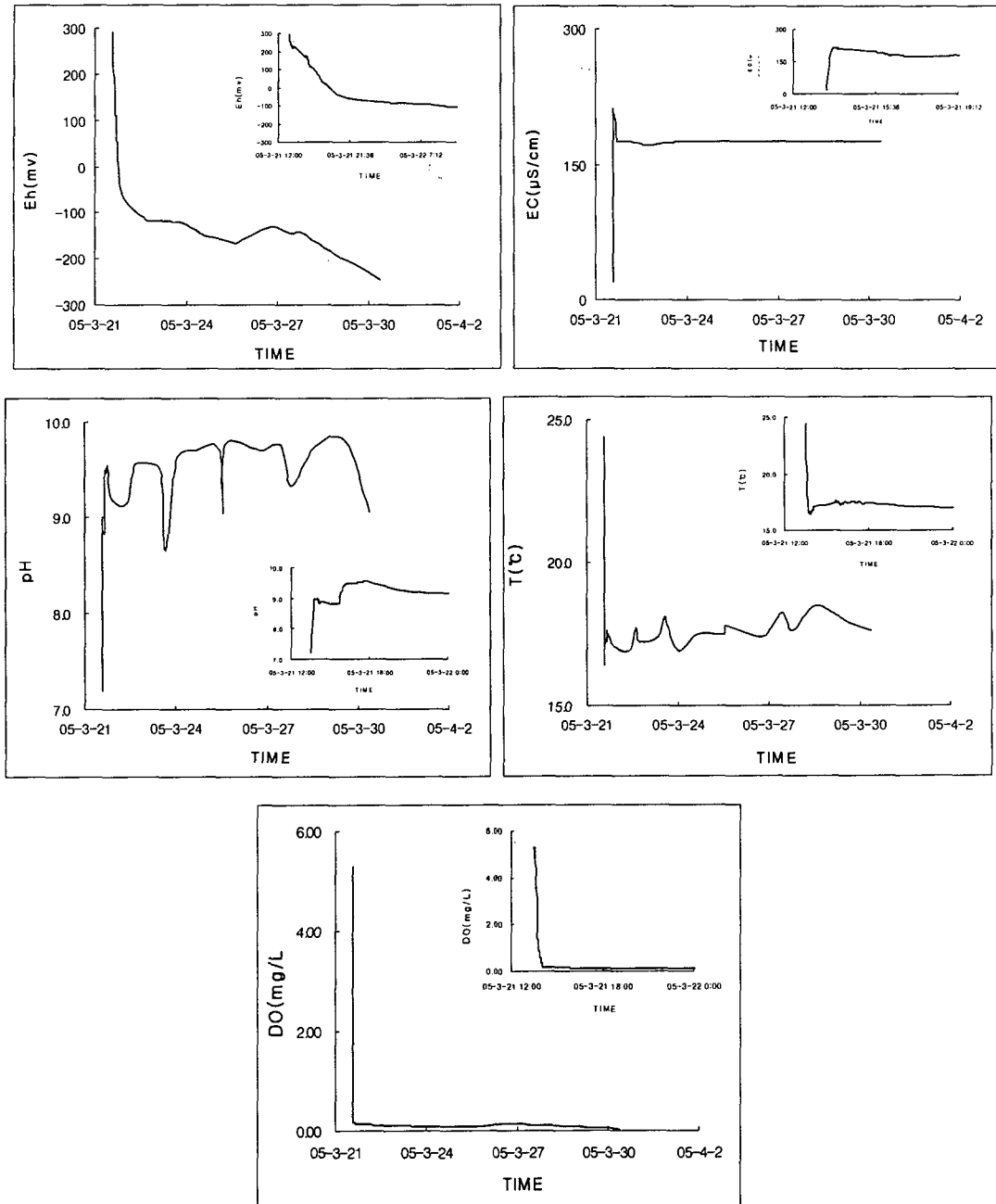


그림 3. 시간에 따른 현장측정 자료의 변화

용존산소는 초기에는 다른 현장 측정 자료와 마찬가지로 기존 시료에 영향을 받다가 일정시간이 경과 하면 거의 0의 값을 보인다. 이는 시추공 다중패커 내 지표 근처에 있던 지하수는 대기와의 접촉으로 인해 용존산소가 높지만, 일정 깊이가 지나면 그 영향이 거의 적어 일반 심부 지하수의 특성을 보여준다. 산화-환원 전위의 경우 시간이 경과함에 따라 안정화 되지 않고 값이 계속 변하는 특징을 보여준다. 총 10일이 경과하여도 안정화 되지 않은 이유는 현장 측정 자료 중 산화-환원전위가 주변의 영향에

가장 민감한 것으로 사료된다. 표 1에서 비교한 것과 같이 다중패커시스템을 이용하여 채취한 시료와 10일 동안 양수를 실시한 결과를 비교하면 산화-환원 전위 값이 간접적인 증거로 사료된다. 즉 시료 샘플링 당시 진공상태의 샘플병을 이용하여 YS-01공 GL. -460.5m지점의 시료를 채취하였다 하더라도, 이 샘플병 안의 시료를 현장측정하기 위해 일반 비이커에 옮겨 담은 순간 산화-환원 전위 값과 용존산소 값이 영향을 바로 받는 것을 알 수 있다. 마지막으로 온도가 낮에는 수온이 상승하고 밤에는 수온이 떨어지는 이유는 지표와의 기온차이로 사료된다.

표 1. 다중패커시스템과 장기 양수를 통한 현장측정자료 비교

	Multi-Packer System	Long-term pumping(10days)
pH	10.0	9.83
Eh	-150 (mV)	-254 (mV)
DO	2.3 (mg/L)	0.04 (mg/L)
EC	173 (μS/cm)	175 (μS/cm)
T	24.8 (°C)	18.2 (°C)

3. 결 론

- 심부지하수에 대한 장시간 양수를 통한 지속적인 pH, 산화-환원 전위, 전기전도도 및 용존산소의 측정 결과를 보면 전기전도도와 용존산소는 짧은 시간에 안정화가 됨을 보여준다.
- pH의 경우는 측정 초기 심부지하수의 특성을 보이지만 시간에 따라 다소 변화되는 특성을 보여준다.
- 산화-환원 전위는 시간이 경과함에 따라 크게 변화된다. 총 10일 이 경과되었음에도 안정화되지 못하고 지속적으로 감소하는 경향을 보여준다.
- 이들 결과로 미루어 지하수에 대한 지화학 파라미터를 측정할 때 이러한 특성을 고려하여 적용하여야 할 것이다.