

## 밀도검층기 반응특성 규명을 위한 모형실험

김영화<sup>1)</sup>, 김종만<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>강원대학교 지구물리학과, [yhkim@kangwon.ac.kr](mailto:yhkim@kangwon.ac.kr)

### Experimental Characterization of Detector Response in Density Log

Yeonghwa Kim<sup>1)</sup>, and Jongman Kim<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Geophysics, Kangwon National University

**서론:** 검층기 반응에서 가장 영향을 많이 미치는 요소는 검층기와 선원의 위치이다. 지층 경계면에서의 복잡한 감마감마 반응은 지층과 직교하는 방향에서 평행하게 배열하는 밀도검층기의 구조 특성에 기인하는 것으로 볼 수 있다. 즉, 선원과 검층기가 평행하게 배열된 상태에서 지층 방향으로 방사된 감마선에 대한 검층기에서의 탐지는 감마선의 역산란(back scattering) 현상으로 설명되어야 한다. 따라서 감마선의 역산란 현상을 반영하는 감마감마검층 결과의 효율적인 해석을 위하여서는 감마감마검층에서 지층 경계면과 검층기, 선원의 위치가 미치는 영향에 대한 보다 철저한 관찰과 분석이 필요하다. 일반적으로 지층에서 예상되는 경계면은 고체/고체 경계면이다. 그러나 고체/액체, 고체/기체 경계, 심지어는 액체/기체 경계에 이르기까지 다양한 경계가 예상될 수 있다. 본 연구에서는 이들 영향을 비교적 쉽게 관찰할 수 있는 수조 실험과 구조가 알려져 있는 시추공 모형을 이용하여 이들 경계에서의 감마감마 반응 특성을 관찰하고 분석하여 지층 경계면에서 밀도검층곡선과 플롯 방법이 가지는 의미를 확인하고 궁극적으로 효과적인 지층 경계 결정에 기여하고자 하였다.

**방법:** 경계면에서의 감마감마 반응 특성 파악을 목적으로 액체/기체의 경계, 고체/액체의 경계, 그리고 고체 간 경계의 3가지 경계면을 설정하고 각 경계조건을 충족시킬 수 있는 환경에서의 수조 및 모형공 실험을 실시하였다. 수층과 공기 경계면에서의 감마감마 반응 특성 파악을 위해서는 원통형 수조를 이용한 감마감마 측정이 수행되었다. 지층과 수층 경계에서의 반응특성은 콘크리트 우물통을, 지층 간 경계면에서의 반응특성은 모형시추공 K LW-0 및 K LW-3를 활용하여 추적되었다. 주요 측정장비는 Micrologger II system과 FDGT 검층봉 및 세슘 137 선원이다. 먼저 물질 경계면에 대한 선원과 검층기의 위치 관찰이 가능한 수조 및 우물통에서의 관측을 통하여 공기/수층 경계면과 수층/지층 경계면에서의 감마감마 반응을 통하여 감마감마 반응에 있어서의 검층기와 선원 위치가 미치는 영향을 확인 및 검층기 심도 위치(offset)를 결정하고 콘크리트 모형 시험체와 자연석 모형시험공에서의 적용으로 다양한 경계면에서의 감마감마 반응 특성분석이 수행되었다. 감마감마 반응의 플롯에서는 검층기의 심도를 기준으로 플롯하는 방식, 선원의 심도를 기준으로 플롯하는 방식, 그리고 선원과 검층기의 중간 지점에 플롯하는 방식이 적용, 비교되었다.

**모형실험 결과:** 경계면에서의 가장 특징적인 변화는 액체/기체 경계면에서 관찰되었으며 그 감마감마 반응은 4개의 과정으로 특징 지워졌다. 1)검출기와 선원이 모두 물속에 있는 상태에서 먼저 검출기가 경계면에 접근하게 되면 반응값이 감소하며 경계면 바로 위에서 가장 낮은 값을 보인다. 2)검출기가 경계면을 통과하여 공기 속으로 들어가면 반응값은 점차 증대하는 경향을 보인다. 3)검출기가 더 상향이동하면 감마량은 다시 감소하며 선원이 물/공기 경계면에 위치할 때 가장 낮은 값을 보인다. 4)선원이 경계면을 통과하여 공기 중으로 나오면 감마량은 다시 증대하며 선원이 경계면에서 멀어지면 급격히 다시 감소한다. 이에 비하여 일반적인 검층 환경에 속하는 고체/액체 및 고체/고체 경계면에서의 감마감마반응 특성은 다음과 같이 요약된다. 1)검출기와 선원이 동일 매질 속에서 거의 동일한 반응값을 보이는 상태에서 검출기가 먼저 다른 매질과의 경계면에 접근하면 반응값에 인접 매질의 영향이 미약하게 나타나기 시작한다. 2)검출기가 경계면 통과하여 다른 매질 속으로 들어가면 그 매질의 영향이 본격적으로 영향을 미친다. 3)선원이 매질의 경계면에 도착하면 거의 인접 매질의 밀도값에 해당되는 감마감마 반응을 보인다. 4)선원이 경계면을 완전히 통과하면 바로 인접 매질의 밀도값에 해당되는 감마감마 값으로 포화됨을 보인다.

그러나 모든 실험 결과는 어떠한 유형의 경계면이든 공통적으로 선원 또는 검출기의 위치가 경계면에 일치할 때 가장 현저한 감마감마 이상 반응이 발생함을 보인다. 아울러 모든 실험의 결과는 선원과 검출기가 모두 동일한 지층 속에 위치하면 그 지층의 밀도를 반영하는 반응값이 얻어질 수 있음을 지지하고 있다. 물론 여기에 예외적인 존재는 밀도가 비이상적으로 낮아 정상적인 산란작용이 일어나지 않는 기체이다. 따라서 기체를 제외한 모든 물질의 경계에서 얻어진 감마감마 반응 관찰 및 분석 결과는 지층의 두께가 선원-검출기 간격보다 큰 경우, 어떠한 밀도 조건이든 상관없이 피크를 형성하며 이 경우 피크 값은 밀도 값을 대표하는 것으로 나타났다

**결론 :** 고체/액체 및 고체/고체 경계면에서는 두 매질의 밀도를 지지하는 거의 직선에 해당되는 두 부분과 두 직선 부분을 연결하는 점이적인 곡선부분으로 단순화된 감마감마곡선의 형태를 보이는데 비하여 액체/기체 또는 고체/기체의 경계에서는 선원 및 검출기의 상대적 위치에 따라 매우 뚜렷하고 복잡한 감마감마곡선의 형태를 보인다. 이는 액체나 고체 물질 속에서는 정상적인 산란 및 역산란이 일어나지만 기체 속에서는 극히 낮은 밀도에 의해 정상적인 산란/역산란 작용이 일어나지 못함에 기인하는 것으로 해석된다. 저 밀도 매질인 공기 내에서 낮은 감마감마 반응의 획득은 밀도검층의 기본 원리에 배치되는 것으로서 지하수면 상부에서의 밀도값 결정과정에서 유의해야 할 부분임을 시사한다.

감마감마검층에서의 이상 반응은 모두 선원 또는 검출기의 위치가 경계면에 일치할 때 발생한다는 사실은 지층 경계 결정에서 선원과 검출기 기준 플롯 방식의 병용이 효과적일 수 있음을 시사한다. 특히 선원-검출기 간격이 다른 복수의 감마감마곡선을 함께 활용할 때 지질경계면과 국부적인 밀도이상 또는 노이즈를 구분하는데 크게 도움이 될 것으로 기대된다. 아울러 모든 실험의 결과는 선원과 검출기가 모두 동일한 지층 속에 위치하면 그 지층의 밀도를 반영하는 반응값이 얻어질 수 있음을 지지하고 있으며 검층자료 플롯에서 선원과 검출기의 중간점이 효과적인 심도기준이 될 수 있음이 실험적으로 확인되었다.