

자연감마선검층의 자료처리 및 활용

황세호^{*1)}, 이상규¹⁾, 박인화¹⁾, 박중권¹⁾, 한경수²⁾, 유인걸²⁾

1. 서론

지하자원탐사에서 물리검층의 역할은 시추공 주변에 대한 다양한 물성의 연속적인 정보를 제공하여 자원 평가에 필요한 정보를 제공하는 것이다. 현재 국내의 자원개발산업은 채산성 문제로 침체 분위기이며 고품위 광체확보나 심부지하자원의 개발기술을 통하여 위기를 극복해야하는 시점에 있다. 지하자원개발이 경제성의 논리에 밀려 사양산업으로 전락했지만 전략광물과 에너지자원에 대한 조사와 매장량 평가에 필요한 연구는 국가 차원의 지속적인 지원이 필요하다. 70년대에서 80년대 초에 주로 전략광물인 우라늄의 탐사목적으로 방사능검층이 수행되었다 (구자학 등, 1984). 그 당시의 검층시스템은 아날로그장비로 검층자료의 품질관리에 많은 노력이 필요했다 (Conaway and Killeen, 1978; Conaway et al., 1980). 자연감마선검층 자료의 디콘볼루션 (Deconvolution: 이후 디콘이라 함)에 대한 연구는 Davydov (1970)에 의해 자연감마선의 반응곡선이 유도된 후에 Conaway and Killeen (1978), Conaway (1980), Conaway et al. (1980)에 의한 디콘 연산자의 유도 및 적용이 발표되었다. 본 연구에서는 홍천지역에서 희토류광물 자원평가 목적으로 굴착된 시추공에서 획득한 자연감마선검층자료에 대하여 Conaway and Killeen (1978)에 의한 디콘을 적용하였다. 희토류광체가 있는 구간을 20 cm 간격으로 우라늄 (U), 토륨 (Th) 및 포타슘 (K) 분석을 수행하였으며 분석결과와 자료처리를 실시한 자연감마선검층 자료를 비교·검토하였다.

2. 자연감마선검층 자료의 디콘볼루션과 성분 분석과 결과와의 비교

매우 얇은 방사능 광체에 대한 이론적인 자연감마선의 반응곡선을 심도 z 에서 나타내면 $\Phi(z) = 0.5 \cdot \alpha \cdot e^{-\alpha|z|}$ 으로 (Davydov, 1970), α 값은 지층이나 시추공 환경, 측정시스템에 따라서 변하는데 Conaway and Killeen (1978)이 제시한 방법으로 결정한다. 앞 식의 디콘 연산자 (deconvolution operator)는

$$\left(-\frac{1}{(\alpha \Delta z)^2}, 1 + \frac{1}{(\alpha \Delta z)^2}, -\frac{1}{(\alpha \Delta z)^2} \right) \quad (1)$$

이며 Δz 는 물리검층자료의 측정 간격이다. 자연감마선검층 자료에 디콘을 적용하기에 전에 공간주파수 영역에서 저주파 통과 필터링을 수행하였으며 절단 주파수는 일관성 분석 (coherence analysis)을 수행하여 결정하였다 (송윤호 등의 제 3장 참조, 2000).

주요어 : 자연감마선검층, 디콘볼루션, 성분분석과의 상관관계

1) 한국지질자원연구원 hwangse@kigam.re.kr

2) 대한광업진흥공사 kshan@kores.or.kr

자연감마선검층 자료에 디콘을 적용한 자료는 홍천군 두촌면에서 회토류광상평가 목적으로 굴착한 시추공에서의 획득한 것으로 3 m/min의 속도로 자료를 획득했으며 주요 광체는 20 cm 간격으로 우라늄, 토륨 및 포타슘 분석을 하였다.

그림 1은 자연감마선검층 자료에 공간주파수영역 필터링을 수행한 후 (1)식의 디콘 연산자를 적용한 결과의 일부이다. 전반적으로 층후의 구분이 명확해지고 진폭도 상당부분 증진된 것을 알 수 있다. 그림 중에서 ← 표기는 자료의 진폭이 너무 크기 때문에 절단시킨 위치를 나타낸 것이고 √, \는 디콘의 적용결과가 뚜렷한 구간을 대표적으로 나타낸 것이다.

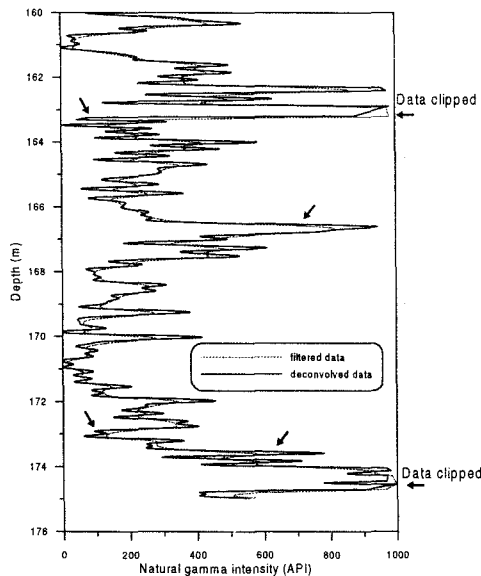
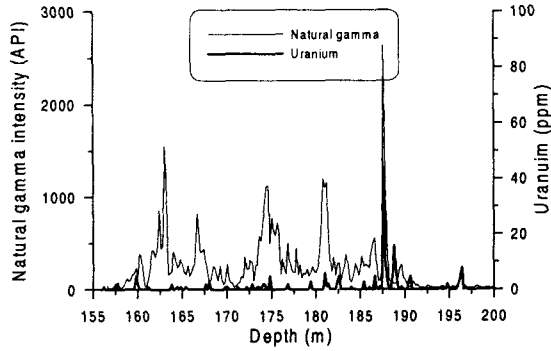


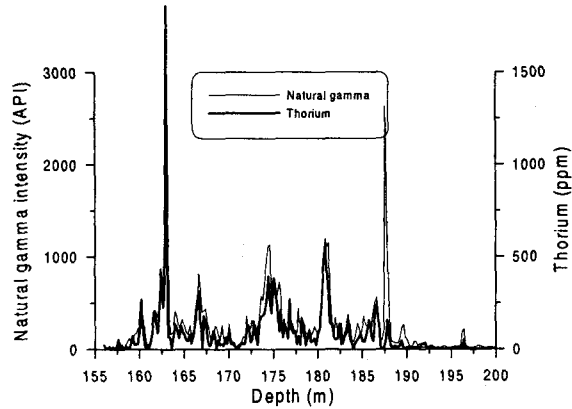
그림 1. 자연감마선검층 자료에 대하여 공간주파수영역 저주파 통과필터링 (절단주파수 0.05 cm^{-1})을 수행하고 (그림에서 가는 실선) 디콘 연산자를 적용한 결과이다 (굵은 실선).

자료처리가 완료된 자연감마선검층 자료와 실내분석결과를 비교하기 위하여 자연감마선검층 자료를 20 cm 간격으로 평균하여 실내분석자료와 비교한 결과, 코아의 심도는 185 m를 기준으로 지표 쪽으로는 40 cm, 심부 방향으로는 20 cm의 오차가 있었다.

그림 2는 자연감마선검층자료와 실내분석 결과 중, 우라늄과 토륨 분석 결과와 비교한 것이다. 그림 2의 (a)는 자연감마선검층과 우라늄 분석결과와의 비교로 187 m 부근의 높은 자연감마선검층은 우라늄에 의한 것이다. 그림 2의 (b)는 자연감마선검층 자료와 토륨 분석결과를 비교한 것으로 자연감마선검층 기록과 양호한 상관성을 보이므로 자연감마선검층에서 기록된 감마선의 강도는 주로 모나자이트의 토륨 영향으로 판단된다. 일부구간에서 오차를 보이는 것은 시료의 교란으로 인한 오차이며 포타슘은 매우 소량밖에 검출되지 않아 비교에서 제외하였다.



(a)



(b)

그림 2. 물리검층에 의한 자연감마선 총량과 시추코아자료의 우라늄과 토륨 분석결과와의 비교. (a) 자연감마선이 높게 나타나는 구간 중에서 심도 187 m 부근의 높은 자연감마선은 우라늄의 영향이며 189 m 부근에서 높게 나타나는 우라늄은 시추코아의 정리 중 187 m 부근의 코아가 잘못 분류된 결과이다. (b) 물리검층에 의해 측정된 대부분의 자연감마선의 세기는 토륨의 영향이며 자연감마선검층 자료와 토륨 분석결과에서 일부 오차를 보이는 구간은 코아의 교란에 의한 것으로 해석된다.

그림 3은 전남 해남 일대에서 획득한 자연감마선검층 자료와 포타슘 성분 분석결과를 나타낸 것으로 지질은 유문암질응회암, 흑운모화강암, 백운암, 석회암 등으로 구성되었다 (황세호 등, 2000). 자연감마선 세기와 포타슘 함량과 좋은 상관관계를 보여 검층기에서 측정되는 자연감마선의 총량이 포타슘에 기인한다면 암석중 포타슘 함량의 추정이 가능할 것으로 예상된다.

3. 결론

광물자원평가를 위하여 자연감마선검층 자료에 자료처리 (필터링, 일관성 분석, 디콘 등)을 적용해 본 결과, 정확한 광체 경계면의 결정이나 시추코아 심도의 보정, 코아분석자료

와의 비교를 통하여 자연감마선의 주요 성인을 파악할 수 있었다. 향후 스펙트럴감마검층이 국내에 도입되면 본 연구 결과를 바탕으로 실내분석자료와 스펙트럴검층자료와의 비교결과를 통해 실시간 원위치 품위평가가 가능해져서 자원평가에 대한 경비 및 시간을 대폭 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

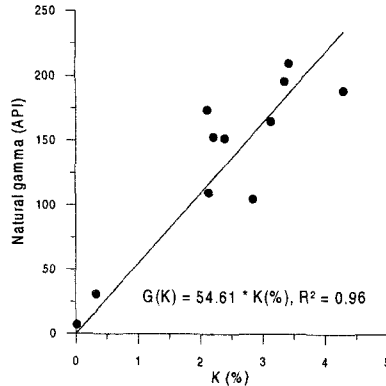


그림 3. 성분 분석에 의한 포타슘 함량과 자연감마선검층 자료와의 상관 관계.

사 사 : 본 연구는 산업자원부에서 지원하는 '지반 물리탐사 연구' 및 '국내 (홍천)회토류 복합광 조사개발성 평가 연구'와 대한광업진흥공사에서 지원한 '시추공에서의 물리검층자료 해석 연구'에 의해 수행되었으며 연구수행에 많은 도움을 준 송윤호 박사님과 그림작성에 도움을 준 이미영씨에게 감사 드린다.

참고문헌

구자학, 조진동, 성기성, 1984, 대전 동남지역 우라늄 물리탐사 연구: 한국동력자원연구소, 85-114.

송윤호, 정승환, 이상규, 김정호, 황세호, 황학수, 이성곤, 조성준, 이명중, 설순지, 박인화, 2000, 지반물리탐사연구, 1999-R-TI02-01, 한국자원연구소, 111.

황세호, 이상규, 최종호, 선우춘, 박인화, 한경수, 2000, 시추공에서의 물리검층자료 해석 연구, 광진 2000-3, 대한광업진흥공사, 157.

Conaway, J. G., and Killeen, P. G., 1978, Quantitative uranium determinations from gamma-ray logs by application of digital time series analysis, *Geophysics*, **43**, 1204-1221.

Conaway, J. G., 1980, Direct determination of the gamma-ray logging system response function in field boreholes, *Geoxpl.*, **18**, 187-199.

Conaway, J. G., Bristpw, Q., and Killeen, P. G., 1980, Optimization of gamma-ray logging techniques for uranium, *Geophysics*, **45**, 292-311.

Davydov, Y. B., 1970, Odnomernaya obratnaya zadacha gamma-karotazha skvazhin (One dimensional inversion problem of borehole gamma logging), *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved., Geol. I. Razvedka*, **2**, 105-109.