

비분극 전극을 이용한 SIP 실내실험

신승욱¹⁾, 성낙훈²⁾, 박삼규²⁾, 조성준²⁾, 서만철¹⁾

¹⁾공주대학교 지질환경과학과(한국지질자원연구원 석사과정 연구생), SW.Shin1982@gmail.com

²⁾한국지질자원연구원 광물자원연구본부

SIP laboratory experiment using non polarizing electrodes

Seung-Wook Shin¹⁾, Nak-Hoon Sung²⁾, Samgyu Park²⁾,
Seong-Jun Cho²⁾, Man-Cheol Suh¹⁾

¹⁾Dept. Geoenvironment Sciences, Kongju National University

²⁾Mineral Resource Research Div., KIGAM

서론

전기비저항탐사를 비롯한 자연전위(SP)탐사와 유도분극(Induced Polarization)탐사는 지표에 설치된 전극을 통하여 전위차를 측정한다. 이때 금속 전극을 사용할 경우, 금속 전극 주변의 전해액 중의 (+)이온은 (-)전극 주위에, (-)이온은 (+)전극 주위에 모여 들어 정상적인 전류의 흐름을 방해하게 된다. 지표에 직류전류를 연속해서 흘려주어 전위차를 측정하는 전기비저항탐사에서는 무시할 만한 수준의 잡음으로 여겨 스테인리스 전극을 사용하여도 큰 문제가 되지 않지만, 지표에 전류를 흘려주지 않고 지하 내부의 전위차를 측정하는 SP탐사나 전류전극을 통하여 지하에 전류를 흘려보내다가 전류를 차단하면 순간적으로 소멸하지 않고 수초 내지 수 분간에 걸쳐 서서히 소멸되는 유도분극 현상을 이용한 IP탐사에서는 전극분극현상을 막기 위해 비분극 전극을 사용하는 것이 바람직하다(이상규 외, 1997).

기존 연구에 의하면, 스테인리스 전극과 비분극 전극(Pb-PbCl₂)을 사용하여 시간영역 IP탐사를 실시한 결과 비분극 전극을 사용한 실측값이 스테인리스 전극을 사용한 실측값에 비해 잡음이 작음을 알 수 있다(T. Dahlin et al., 2002). 또한 전극과 전해질의 경계면에서 발생하는 전극분극의 잡음을 측정하기 위하여 물로 포화시킨 토양시료에 대해서 Ag-AgCl, Cu-CuSO₄, Pt 또는 Acid-free steel(AFS)의 세 가지 종류 전극을 사용하여 SIP를 측정한 결과 광대역 주파수(0.016~1,000Hz)에서는 Acid-free steel 전극이 사용하기에 편리함을 알았다(Vanhala and Soininen, 1995).

국내에서 1970년대에 IP탐사가 도입되면서 광물자원탐사에 이용되고 있지만, 비분극 전극은 대부분 수입에 의존하고 있으며, 다양한 분야에서의 IP탐사 적용사례 및 연구가 아직 미진한 실정이다(손정술 외, 2007). 따라서 이 연구에서는 SIP 및 IP 현장탐사에 사용할 수 있는 비분극 전극을 Pb-PbCl₂로 제작하고, 실내에서 SIP를 측정을 통하여 현장 적용성을 검토하고자 한다.

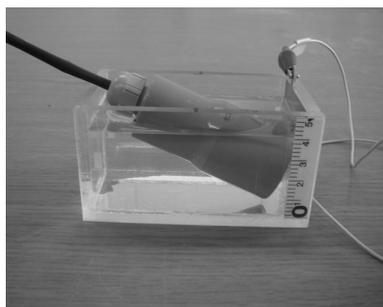
실험방법

비분극전극을 제작하기 위하여 원통형 PVC 파이프(수도용 레듀샤)와 $PbCl_2$, $CaSO_4$, $NaCl$, $PbCl_2$ 로 코팅된 Pb 전극, 증류수 등의 재료를 준비하고, 먼저 PVC 파이프 안쪽에 $PbCl_2$ 로 코팅된 Pb전극을 고정시킨다. 그 다음 $PbCl_2$, $CaSO_4$, $NaCl$ 을 일정한 비율로 배합한 재료를 PVC 파이프 안쪽에 채우고 증류수를 조금씩 주입하면서 잘 섞어 반죽상태로 빈 공간에 꽉 채운다음 그늘에서 3일간 건조시킨다.

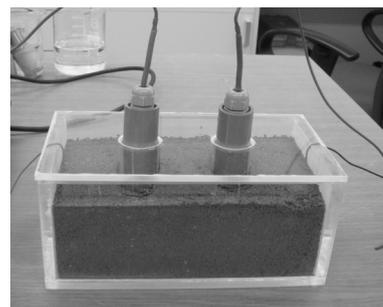
첫 번째 실내실험은 전극 내부의 포화도에 대한 영향을 파악하기 위하여 시간에 따른 저항의 변화를 측정하였다. Fig. 1(a)의 아크릴소재의 측정용기에 한쪽 면에는 구리판을 설치하고 증류수 150ml를 채웠다. 여기에 비분극 전극을 담그고 구리판과 전극의 끝단을 멀티미터로 연결하여 1분 간격으로 측정하다 16분 이후에는 변화가 현저하게 줄어들어 5분 간격으로 총 60분 동안 저항을 측정하였다.

두 번째 실내실험은 비분극 전극의 타당성을 토양시료에 SIP측정으로부터 검증하고자 하였다. 우선 전처리과정으로 야외에서 채취한 토양시료는 체가름을 통하여 1mm이하의 것을 사용하였으며, 채취 시 토양 내에 존재하는 간극수의 영향을 제거하기 위해 증류수로 새척하고 오븐에서 48시간 이상을 건조하여 수분을 완전히 제거하였다. 토양시료의 함수비를 조정하기 위하여 $NaCl$ 0.001M의 수용액을 건조된 토양시료에 분사하면서 골고루 섞어 균질한 함수 상태가 되도록 하였으며, 시료의 함수비를 측정하기 위해 시료의 일부를 채취하여 무게를 측정하고 48시간 이상 오븐으로 건조하여 다시 무게를 측정했다. 일정 함수비를 가진 토양시료를 4등분하여 Fig. 1(b)의 아크릴로 용기에 1/4등분 씩 채우고 스테인리스 판과 고무망치를 이용하여 다짐을 하였으며, 제작한 비분극 전극을 일정 간격으로 시료 위에 밀착 시켰다.

토양시료에 대한 SIP 측정은 전류를 1 mA와 0.1 mA의 2 종류를 사용했으며, 주파수는 0.016~1,024 Hz의 범위를 사용했다. 또한 유화광물의 IP효과를 관찰하기 위하여 토양시료 내에 10g의 황철석을 전극 직하부에 맥상으로 설치하고 동일한 방법으로 SIP를 측정했다.



(a)



(b)

Fig. 1. Views of Resistance measurement of the non-polarizable electrode(a) and spectral IP measurement of the soil sample(b).

측정결과

비분극 전극의 시간에 따른 저항변화를 Fig. 2에 나타낸다. 초기에는 저항이 증가하다가 시간이 흐름에 따라 저항이 감소하다가 3,000초 이후에는 거의 일정하게 됨을 알 수 있

다. 이러한 이유는 초기에는 전기전도도가 낮은 증류수가 비분극 전극내부에 유입되면서 저항이 서서히 증가하다가 비분극 전극 내에 있던 NaCl이나 PbCl₂가 증류수에 용해되기 시작하면서 저항이 낮아지는 것으로 판단된다. 실제로 비분극전극의 저항을 측정하기 전과 후에 수용액의 전기전도도를 측정한 결과 초기 값에 비해 약 150~300배 증가한 것을 확인 할 수 있었다. 또한 이번에 제작한 비분극 전극은 현장에 사용하기 전에 최소 3,000초 이상 수용액에 담겨두었다가 사용해야 한다는 사실을 알았다.

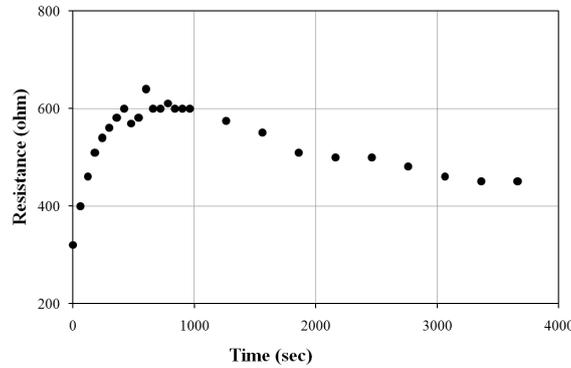


Fig. 2. Resistance change with time lapse for the non-polarizable electrode.

황철석을 첨가하지 않은 토양시료와 황철석 10g을 첨가한 토양시료의 SIP를 측정한 결과를 Fig. 3에 나타낸다. 이 결과에 의하면, 황철석이 토양시료에 들어 있을 때가 없을 때보다 진폭은 감소하고, 위상차는 주파수 0.125~512 Hz 구간에서 약간 크게 나타나는 경향이 보인다. 토양시료에 황철석이 들어 있을 때와 없을 때의 위상차의 변화를 나타내기 위하여 아래 (1)식을 이용하면,

$$\Delta\theta = \theta_p - \theta_s \tag{1}$$

여기서, θ_p 와 θ_s 는 각각 황철석이 첨가된 토양시료와 첨가되지 않은 토양시료에서 측정한 위상이다. Fig. 4에 위상차의 변화가 주파수가 증가할수록 서서히 증가하다가 임계 주파수에 이르면 감소하게 되는 경향을 알 수 있으며, 전류에 세기에 따라 임계주파수도 달라짐을 알 수 있다.

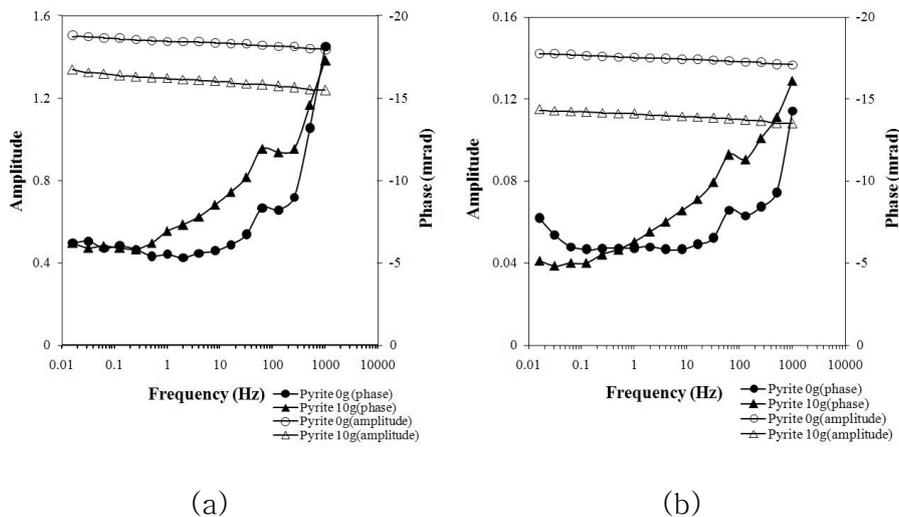


Fig. 3. Amplitude and phase difference by frequency for soil samples with pyrite contents. (a) and (b) are electrical current 1 mA and 0.1 mA, respectively.

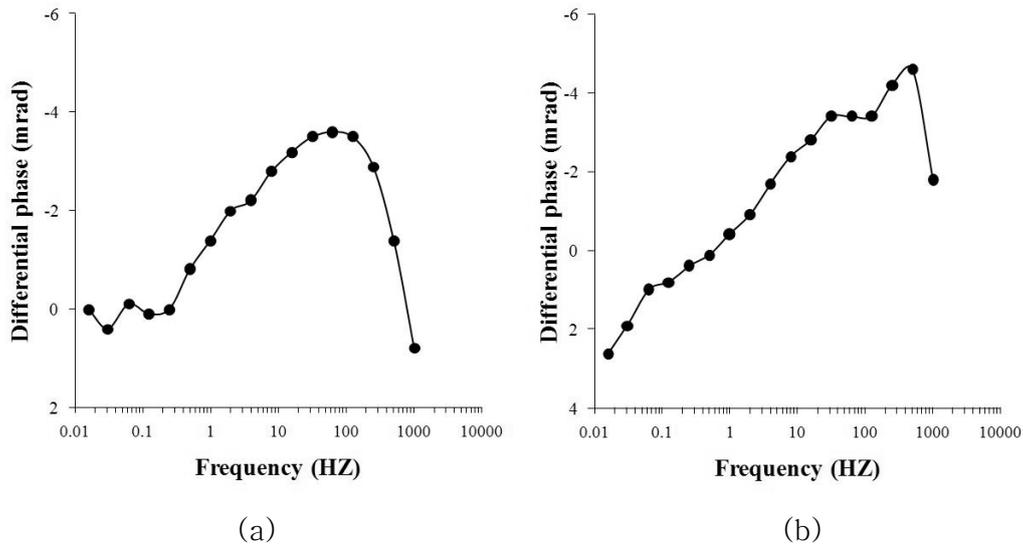


Fig. 4. Change of the phase difference by frequency for soil samples with pyrite contents. (a) and (b) are electrical current 1 mA and 0.1 mA, respectively.

향후 연구과제

이번 연구에서는 비분극 전극을 제작하여 현장에 사용하기 전에 실내에서 비분극 효과에 대하여 두 가지 실험을 수행했다. 한 가지는 비분극 전극을 현장에 사용하기 전에 증류수로 포화를 시킬 필요가 있는데, 어느 정도 증류수에 담가 두어야 하는지, 또한 이 때 비분극 전극의 재료 중에서 NaCl이나 PbCl₂가 어느 정도 용해되는지를 실험해 보았다. 다른 한 가지는 비분극 전극의 효과를 검증하기 위한 방법으로 토양시료에 황철석을 맥상으로 설치하고 SIP를 측정했다. 그 결과 토양시료에 황철석이 첨가되었을 때와 첨가되지 않았을 때의 위상차가 뚜렷하게 발견되지 않아 제작한 비분극 전극의 효과를 정량적으로 평가하기에는 어려운 점이 있었다. 향후 인피턴스 측정 등 직접적으로 평가할 수 있는 방법을 모색하고, 실내에서 다양한 실험을 거친 후에 현장에서 SP모니터링이나 광상조사를 위한 IP 및 SIP탐사의 비분극 전극으로 활용하고자 한다.

참고문헌

- 손정술, 김정호, 이명중, 2007, 복소 비저항을 이용한 IP 탐사 모델링 및 역산, 물리탐사, Vol. 10, No. 2, 2007, p. 138~146.
- 이상규, 황학수, 황세호, 최종호, 박인화, 1997, 경남 밀양 1호 지역 금속광상 물리탐사, 한국지질자원연구소.
- Dahlin, T., Leriux, V. and Nissen, J., 2002, Measuring techniques in induced polarization, Journal of Applied Geophysics, Vol. 50, p. 279~298.
- Vanhala H. and Soiminem H., 1995, Laboratory techniques for measurement of spectral induced polarization response of soil samples, Geophysical Prospecting Vol. 43, p. 655~676.