

경상분지의 심부 지전기 구조

박계순¹⁾, 이춘기^{1)*}, 이희순²⁾, 권병두¹⁾, 조인기³⁾, 오석훈⁴⁾

¹⁾서울대학교 사범대학 지구과학교육과, cklee92@snu.ac.kr

²⁾경인교육대학교 과학교육과

³⁾강원대학교 지구물리학과

⁴⁾수자원연구원 댐안전연구소

Deep geoelectrical structure of Gyeongsang basin

Gyesoon Park¹, Choon-Ki Lee^{1)*}, Heuisoon Lee²⁾, Byung-Doo Kwon¹⁾,
In-Ky Cho³⁾, Seok-Hoon Oh⁴⁾

¹⁾Seoul National University, Dept. Earth Science Education

²⁾Gyeongin National University of Education, Dept. Science Education

³⁾Kangwon National University, Dept. Geophysics.

⁴⁾Korea Institute of Water and Environment

요약 : 본 연구에서는 한반도 심부 지전기 구조에 대한 연구의 일환으로 경상분지 일대에서 자기지전류탐사(MT)를 수행하고 이를 해석하였으며, 한국지질자원연구원의 광역 중력 자료를 획득, 처리하여 보조 해석 기법으로 이용하였다. 경상분지 중 의성소분지를 가로지르는 포항에서 문경까지의 축선을 따라 총 21개 측정점에서 MT 탐사를 수행하였고, 이 지역의 광역적인 지질구조를 살펴보기 위하여 이 축선을 대각선으로 하는 지역의 중력분포도를 함께 해석하였으며, MT 축선을 따라 중력 값을 추출하여 2차원 중력 역산을 수행하였다. 탐사 결과는 선행 연구로부터 해석된 경상분지와 의성소분지의 지질학적 구조와 일치하는 경향을 나타내고 있으며, 의성소분지 지역의 퇴적층과 주변의 화성암 및 변성암체와의 물성 차이를 확인할 수 있었다.

주요어 : 경상분지, 의성소분지, 자기지전류탐사, 중력

Abstract : We have performed magnetotelluric(MT) surveys to investigate the deep crustal structure of Gyeongsang basin. The MT data were collected in the frequency range from 0.00042 to 320Hz along a profile across the Gyeongsang basin, and 2-D inversion was carried out to interpret the geoelectrical structure. We also extracted gravity data around the MT profile from KIGAM database and calculated the density inversion to compare with the geoelectrical

structure.

The results obtained are good agreement with geological distribution and indicate contrasts of physical properties of sedimentary rock, igneous rock and metamorphic rock.

Keywords : Gyeongsang basin, Magnetotelluric survey, Gravity

1. 서론

지구물리학의 가장 기본적인 연구 대상 중의 하나는 지구 내부 구조에 대한 연구이다. 특히, 지각의 심부구조에 대한 연구는 순수 학문적 관점에서 뿐만 아니라 석유, 천연가스, 지열 등의 에너지 자원 개발과 관련하여 중요한 연구 과제라 할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 과제를 해결하기 위하여 한반도 동남부에서 심부 자기지전류(Magnetotelluric) 탐사를 수행 분석 하였고(Fig. 1), 동일 지역에서 조진동 등(1996)이 획득한 중력 자료를 보조 자료로 이용하여 해석하였다. 이러한 해석 결과를 탐사지역의 선행연구 결과 및 지질 분포도와 함께 비교 분석하였고, 이를 통하여 지표에서 하부로 연장되는 지질구조 해석을 수행하여 의성소분지 및 경상분지의 전체적인 지질구조 해석을 수행하였다.

2. 탐사 지역의 지질 구조

한반도 남동부에 위치한 경상분지는 쥐라기 말과 백악기 초의 육성 퇴적층, 화산암류와 화산쇄설성 퇴적암의 호층으로 구성되며, 후기 백악기 내지 제3기 초기의 산성암류에 관입 당하고 있다.

백악기 육성 퇴적층들은 부분적으로 혼펠스화 되어 있으며, 실트암, 사암과 역암으로 구성된 신동층군과 화산쇄설암이 우세한 유천층군과 하양층군으로 구성된다. 신동층군은 경상분지 서부에 주로 분포하며, 두께가 2,000-3,000m로 주로 쇄설성 퇴적암으로 구성되어 있으며, 하양층군은 퇴적분지가 확장되면서 퇴적되기 시작하였으며, 퇴적기간 중에 간헐적으로 화산활동의 영향을 받았다. 두께는 1,000-5,000m로 주로 쇄설성 퇴적암으로 구성되며, 염기성 내지 중성 화산암이 협재 되어있다. 유천층군은 화산암류와 퇴적암층들로 구성되어 있으며, 백악기 중엽 이후의 화산활동 절정기의 산물들로 안산암, 석영안산암, 유문암 등의 용암과 응회암, 그리고 이들과 호층 또는 설층으로 교호하는 퇴적암류로 구성되어 있다(장기홍, 1985).

백악기 말에서 제3기초에 산성 심성암류들이 경상분지내 퇴적층들을 관입하였으며, 이들 심성암류들은 일반적으로 불국사화강암류로 불리고, 각섬석 흑운모 화강암, 화강섬록암과 반화강암류로 구성된다. 불국사 화성활동과 수반하여 단층운동이 있었으며, 이러한 균열

경상분지의 심부 지전기 구조

들에 따라 많은 암맥들이 관입하였다.

본 연구의 중심지역인 의성소분지 지역의 경우 하부로부터 신동층군, 하양층군, 유천층군이 나타나고 있으며, 하양층군은 하부로부터 일직층, 후평동층, 점곡층, 사곡층 및 춘산층으로 구성되며, 안동층에 가까워지면서 습곡구조에 의해 분포가 반복되고 주향과 경사가 지역에 따라 크게 변화한다(대한지질학회, 1999).

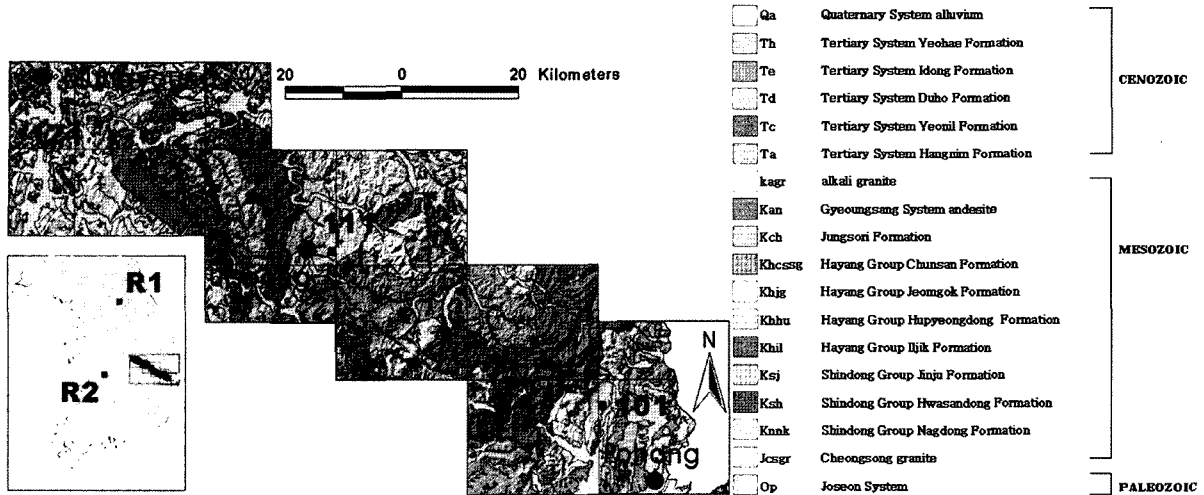


Fig. 1. Geologic map of study area and location of MT survey sites.

3. 자료의 획득 및 처리 결과

3-1. Magnetotelluric data 획득 및 처리

MT 탐사는 Phoenix MTU-5A 시스템을 이용하여 2004년과 2005년 겨울에 걸쳐 수행되었으며, 본 시스템은 GPS와 연동되어 측정점의 위치와 시간에 대한 정확한 정보를 획득할 수 있다. 본 연구에서는 MT 탐사 과정에서 가장 큰 문제 중의 하나인 잡음 문제를 최소화하고자 탐사지역으로부터 약 150km 떨어진 원거리 기준점을 설정하여 GPS 동기화를 통하여 2성분의 전기장과 3성분의 자기장 자료를 0.00042에서 320Hz 구간에서 획득하였다. 탐사 시간은 잡음을 최소화할 수 있는 오후 5시(GMT 08시)에서 다음날 오전 8시(GMT 23시)로 설정하여 자료를 획득하였다.

측정 자료는 0.1 Hz 대역의 dead band와 전력선의 잡음에 의해 오염되는 60 Hz 대역에서의 오차를 크게 증가시키는 이상 데이터를 제거하는 등의 기본 처리를 수행하였고(Fig. 2), 2차원 MT 역산과정에서 필요로 하는 방대한 양의 메모리와 계산 시간에 대한 문제를 극복하기 위하여 NLCG(Non-linear conjugate gradients) 알고리즘(Rodi and Mackie, 2001)을 이용하였다(Fig. 3).

역산 결과, 측정점 118 부근에서 비저항의 수평적 경계가 나타나는데 이는 의성분지의 퇴

적 구조와 소백산 편마암 복합체의 경계를 지시하고 있는 것으로 해석되며, 측점 107 부근에서 수평적으로 전기비저항이 큰 이상대가 나타나는데 이는 하양층군을 관입하고 있는 화강암의 효과로 예상된다. 또한, 측점 112-117의 하부 3-4 km 부근에서 1-10 ohm-m 의 낮은 전기비저항대가 존재하고 있는 것을 볼 수 있는데, 이는 신동층군의 낙동층의 위치로 파악된다.

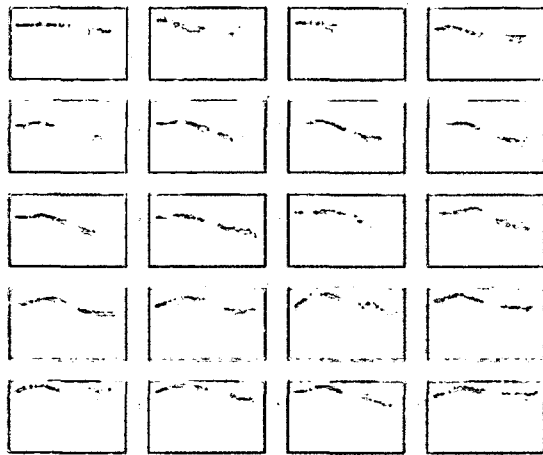


Fig. 2. Apparent resistivity graphs at sites (TE and TM).

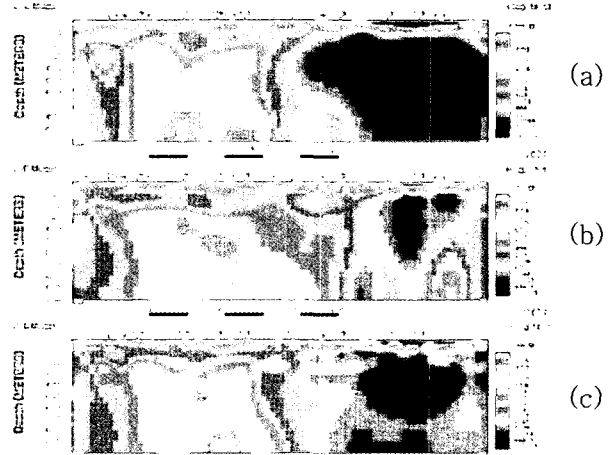


Fig. 3. 2D inversion profile. (a)TE (b)TM (c)TE + TM

3-2. Gravity data 획득 및 처리

보다 정밀한 지질 구조 해석을 위하여 광역적인 지질구조 해석에 효과적인 중력 자료를 (조진동 등, 1996) 이용하여 처리하였다(Fig. 4). MT 탐사 측선을 대각선으로 하는 사각구역에 분포되어 있는 약 400여 측점의 단순부계 중력 이상값을 자동지형보정 프로그램(이희순, 1998)을 통하여 지형보정을 수행하고 광역이상을 제거하였다. 이후 MT 탐사 측점과 같은 2차원 중력 profile을 추출하여, smoothness constrain 효과를 가한 Marquardt-Levenberg's 기법을 이용하여 2차원 역산을 수행한 후 MT 역산 결과와 비교 분석하였다(Fig. 5).

Fig. 4 에 보여지는 광역중력 이상도를 보면, 의성분지의 수평적인 지질분포를 잘 반영하고 있음을 볼 수 있다. 이상도의 서북부의 중력이 높게 나타나는 지역은 의성분지의 타원형 서쪽 경계를 잘 지시하고 있으며, 동부의 원형 저 중력 지역은 화강암의 대규모 관입에 의한 효과로 해석된다. 또한, 2차원 중력 역산 결과의 경향은 MT 역산 결과와 상당부분 유사성을 가지는 것으로 해석되며, 서쪽으로부터 편마암복합체, 퇴적층구조, 화성암체로 이어지는 밀도변화 양상을 잘 나타내어 주고 있다.

경상분지의 심부 지전기 구조

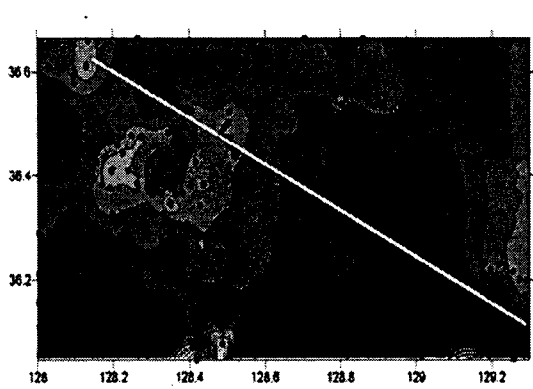


Fig. 4. Regional gravity anomalies map, survey site (● Gravity survey post, ▼ MT survey post) and location of 2-D gravity inversion profile (White line).

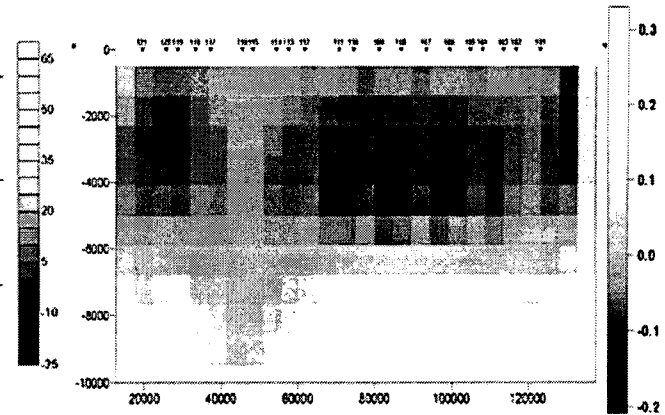


Fig. 5. 2-D gravity inversion result.

4. 결론

한반도 심부 지전기 구조에 대한 연구의 일환으로 포항-문경 축선상에서 MT 탐사를 수행하였다. 소백산 육괴와 경상분지의 경계부근과 의성소분지의 퇴적층구조와 경상분지 동부의 화성암체 경계부근에서 전기비저항 및 밀도의 경계를 확인할 수 있었으며, 경상분지의 하부 기반암은 약 10 km 부근에 존재하고 있는 것으로 해석된다. 특히 의성소분지 하부 3 km 부근에서 약 10 km 부근까지 연장되어 나타나고 있는 약 10 $ohm-m$ 의 특이 저비저항대는 현재 탐사 결과로는 그 정확한 특성을 규명하기 어려우나 의성소분지의 지전기 구조의 특이성을 나타내는 것으로 향후 이 부근의 교차 탐사 등을 수행하여 보다 상세한 구조 정보의 획득이 요구된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지원의 특정기초연구(연구과제명: 한반도 심부 전기구조의 지구물리학적 연구)의 지원으로 이루어졌음을 밝히며, MT 탐사를 도와주신 한국지질자원연구원 지열자원연구팀의 송운호, 이태중 박사님과 중력자료를 제공해주신 한국지질자원연구원 중자력 연구팀에 감사드립니다.

참고문헌

- 대한지질학회, 1999, 한국의 지질, 시그마프레스, 802 p.
- 이희순, 1998, 중력측정자료에 대한 지형보정을 위한 기술개발, 한국자원연구소.
- 장기홍, 1985, 한국지질론, 민음사, 270 p.
- 조진동, 최종호, 임무택, 박인화, 고인세, 1996, 광역중력탐사연구(한반도 남부),
KR-96(C)-5, 한국자원연구소.
- Rodi, W. and Mackie, R. L., 2001, Nonlinear conjugate gradients algorithm for
2-D magnetotelluric inversion, *Geophysics*, 66, 174-187