

## 호주 Victoria주 MT 탐사 자료의 2차원 및 3차원 해석

이성곤<sup>1)</sup>, 이태종<sup>1)</sup>, Toshihiro Uchida<sup>2)</sup>, 박인화<sup>1)</sup>, 송윤호<sup>1)</sup>, Jim Cull<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>한국지질자원연구원 국토지질연구본부, [seongkon@kigam.re.kr](mailto:seongkon@kigam.re.kr)

<sup>2)</sup>Monash University, Australia, <sup>3)</sup>AIST, Japan

### Two- and three-dimensional analysis of MT data acquired in Victoria, Australia

Seong Kon Lee<sup>1)</sup>, Tae Jong Lee<sup>1)</sup>, Toshihiro Uchida<sup>2)</sup>,  
In Hwa Park<sup>1)</sup>, Yoonho Song<sup>1)</sup>, Jim Cull<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Geological Research Division, KIGAM

<sup>2)</sup>Monash University, Australia, <sup>3)</sup>AIST, Japan

요약: 호주 Victoria주에서 2007년에 이어 2008년에 Victoria주 북부 지역에서 추가로 탐사 자료를 획득하였으며, 이에 대한 2차원 및 3차원 해석을 수행하였다. 새로이 얻은 자료는 이전의 측선과 나란하게 설정하여 이전 결과에서 해석하였던 전기비저항 영상의 연장성을 밝히고자 하였다. 2차원 및 3차원 역산 결과를 이 지역의 지질자료와 비교 해석한 결과 2007년의 MT자료 해석으로부터 확인된 고비저항 및 저비저항대의 공통적인 특징을 새로운 측선에서도 확인할 수 있었으며, 또한 이 지역의 대규모 단층대도 영상화할 수 있었다.

주요어: MT탐사, 단층대, 2차원, 3차원 해석

### 1. 서론

호주 Victoria주 MT 탐사는 호주 Victoria주 주정부 지질조사 기관인 Geoscience Victoria(GSV)의 제안으로 한국지질자원연구원과 일본 AIST, Monash대학 등 3국의 국제 공동 연구의 하나로 수행되었다. 이 탐사는 2007년에 수행되었던 MT 탐사 결과(이성곤 등, 2008)를 바탕으로 탐사지역의 북쪽에 측선을 설정하여 이전에 알려진 전기비저항 구조의 연장성을 밝히고자 함이 목적이다. 본 연구에서는 두 가지 2차원 역산 알고리즘을 이용하여 얻은 공통된 전기비저항 구조를 지질자료와 비교 해석하였으며, 또한 3차원 역산을 이용하여 3차원적 구조의 영형을 고려한 보다 정확한 전기비저항 구조를 밝히고자 하였다.

### 2. 현장 자료

2008년에 탐사가 수행된 Vic-Line04는 2007년 탐사지역인 Vic-Line01 측선(이성곤 등, 2008)의 북쪽 지역으로 이 측선과는 약 40-50 km 정도 수평 거리를 두고 동서 방향으로 설정하여 Vic-Line01 및 Vic-Line02, Vic-Line03에서 관찰된 이상대(이성곤 등, 2008)의 남북 방향 연장성을 살펴보고자 하였다(Fig. 1). 이 측선에서는 총 52개의 측점을 설치하여 MT 대역(320-0.00034Hz)의 전자기장을 측정하였으며, 이와 더불어 약 120km 정도 떨어져 있는

원거리기준점에서 전자기장을 동시에 획득하여 원거리 기준점 자료처리 및 로버스트 추정법을 이용하여 MT 임피던스를 구하였다. 자료 획득에 사용된 장비는 캐나다 Phoenix Geophysics사의 MTU-5A이며, 전기장 2성분 및 자기장 3성분의 텐서 측정 방법으로 측정하였다.

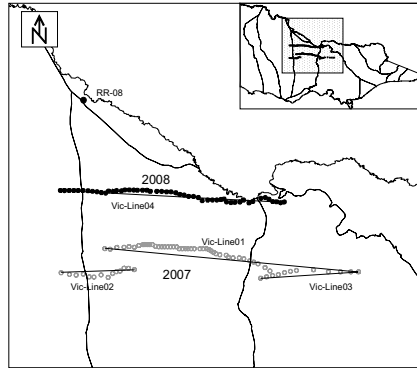


Fig. 1. Location map of the MT survey stations in 2008 together with those in 2007. The area covered in this survey is marked as solid rectangles

그림 2는 Vic-Line04에서 획득된 MT 자료의 겉보기비저항 및 위상 자료이다. 대체적인 경향은 오프셋 기준 90-100 km를 기준으로 측선 초반부와 후반부가 약간 다르게 나타나고 있음을 알 수 있다. 즉, TM 모드의 경우 오프셋 기준 0-100 km 사이의 측정들에서는 대체로 10 Hz 이상의 자료에서 10 ohm-m 이하의 매우 낮은 전기비저항 값을 보여주며, 5-0.1 Hz의 중간 주파수대에서는 500-1000 ohm-m 정도로 높아지다가 그 이하의 저주파수에서는 수백 ohm-m로 약간 낮아지는 경향을 보인다. 이와는 달리 오프셋 기준 100 km 이상의 측선 후반부에서는 고주파수 대역에서는 전반부보다 약간 높은 10 ohm-m 이상이며 중간 주파수 및 저주파수에서는 비슷한 양상을 보이고 있다. 이러한 경향은 TE 모드에서도 비슷한 양상을 보인다.

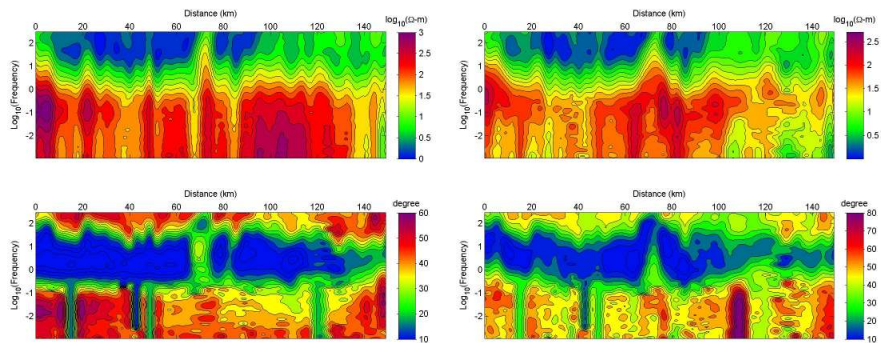


Fig. 2. Apparent resistivity and phase pseudo-section for Vic-Line04 (a) TM (YX) mode, and (b) TE (XY) mode.

### 3. 역산 및 해석

Vic-Line04의 자료에 대하여 주향을 분석한 결과 북쪽을 기준으로 시계방향으로 6° (6° CW from North)로 많은 주파수 대역에서 남북 방향이 우세한 것으로 나타났다. 따라서 2차원

해석을 위하여 설정된 2차원 측선은 94° CW로 설정하였으며 MT 임피던스는 2차원 가정을 만족하도록 회전하여 TM 모드 및 TE 모드로 분리하여 역산에 이용하였다. 자료의 질이 좋지 않은 네 측정점 (VC-404, VC-428, VC-432, and VC-440)에서 획득된 자료는 역산 해석에 포함하지 않았다. 사용된 주파수는 총 37개로서 0.0011, 0.0017, 0.0023, 0.0034, 0.0046, 0.0067, 0.0092, 0.0134, 0.0183, 0.0269, 0.037, 0.054, 0.073, 0.107, 0.146, 0.215, 0.293, 0.43, 0.59, 0.86, 1.17, 1.72, 2.34, 3.4, 4.7, 6.9, 9.4, 13.7, 18.8, 27.5, 40, 57, 79, 115, 159, 229, and 320 Hz이다.

그림3과 4는 TM 모드 및 TE 모드와 TM 모드의 복합 자료를 이용하여 ACB 알고리즘(그림 3) 및 ABIC 알고리즘(그림 4)을 이용하여 얻어진 Vic-Line04에 대한 전기비저항 영상으로 두 역산알고리즘 같은 자료에 대해 모두 매우 공통된 특징을 보여주고 있다. TM 모드의 역산에서는 Vic-Line04 전체에 걸쳐서 100m 이내의 얇은 층에서는 1-20ohm-m정도로 매우 낮은 전기비저항 값이 영상화되었다. 또한, 오프셋 기준 0-20 km의 하부 약 10-20 km 깊이에서는 수천 ohm-m에 달하는 매우 높은 고비저항대가 영상화되었으며, 50 km 및 100 km 부근에서도 고비저항대가 영상화되었고 이 두 고비저항대의 사이에는 지하 심부에서 매우 낮은 전기비저항대가 경사지게 영상화 되었음을 알 수 있다.

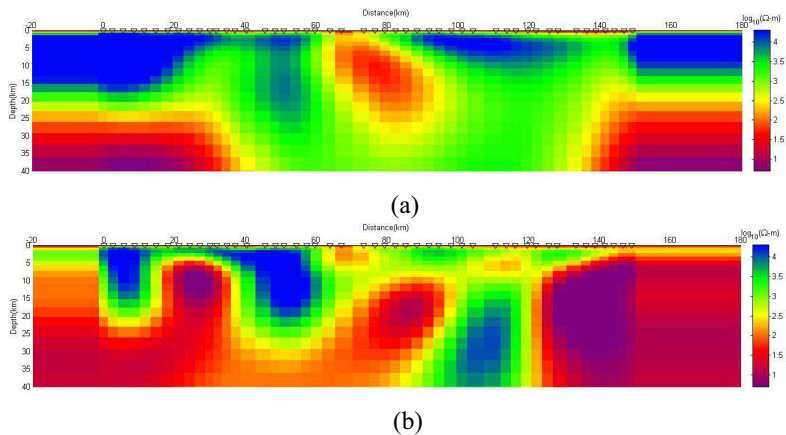


Fig. 3. 2-D inversion results for Vic-Line04 using (a) TM and (b) joint set of TM and TE mode, respectively, with ACB algorithm.

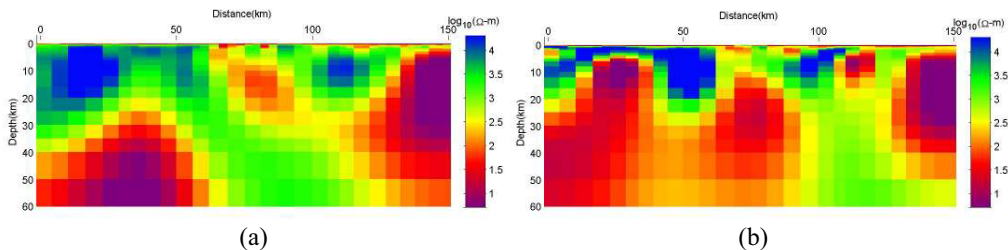


Fig. 4. 2-D inversion results for Vic-Line04 using (a) TM and (b) joint set of TM and TE mode, respectively with ABIC algorithm.

또한, TM 모드 및 TE 모드 자료의 복합 역산에서는 TM 모드에 대한 역산에서와 같이 Vic-Line04 전체에 걸쳐서 100m 이내의 얇은 층에서는 1-20 ohm-m정도로 매우 낮은 전기비저항 값이 영상화되었다. 특히, 오프셋 기준 48-58km (Vic-390, Vic-392, Vic-394, and Vic-396)와 108-125 km (Vic-430, Vic-434, Vic-436, Vic-438, Vic-442)의 하부에서는 수천 ohm-m에 달하는

고비저항대가 영상화되었으며, 이 두 고비저항대의 사이에는 역시 지하 심부에서 매우 낮은 전기비저항 대가 영상화 되었음을 알 수 있음을 알 수 있다. 그러나, 측선의 오프셋 기준 약 50km 하부의 전기비저항은 TM 모드 역산보다 복합역산에서 더욱 큰 값을 나타내고 있음을 알 수 있으며, 100-120km 하부에서는 TM 모드의 경우는 5-15 km에서 고비저항대가 출현하고 있는 반면 복합역산의 결과에서는 이 부분에 저비저항층이 영상화되고 있음을 알 수 있다. 이렇게 차이가 나는 이유는 이 지역의 지질자료 (GeoVic:<http://new.dpi.vic.gov.au/earth-resources>)로부터 알 수 있듯이 이 지역이 북쪽의 Governor 단층대와 Heathcote 단층대가 교차하는 지역으로서 3차원적인 구조로 인해 2차원 역산의 가정이 성립하지 않은 결과라 생각된다. 따라서 본 연구에서는 Vic-Line04의 자료를 이용하여 3차원 역산을 시도하였다. 이에 이용된 알고리즘은 WSINV3DMT (Siripunvaraporn et al., 2005)로서 모델파라미터 영역이 아닌 자료 영역에 대한 역산을 수행한다. 본 연구에서는 총 15개의 주파수 자료 (265, 132, 66, 33, 16.2, 8.1, 4.1, 2.03, 1.02, 0.51, 0.254, 0.127, 0.063, 0.032, 0.0159, 0.0079 Hz)를 추출하여 임피던스의 역대각 (off-diagonal) 성분 뿐 아니라 대각성분을 이용하여 역산을 수행하였다. 그림 5는 이 측선에 대한 3차원 역산 결과를 나타내고 있으며, 이 지역의 단층대를 잘 보여주고 있다.

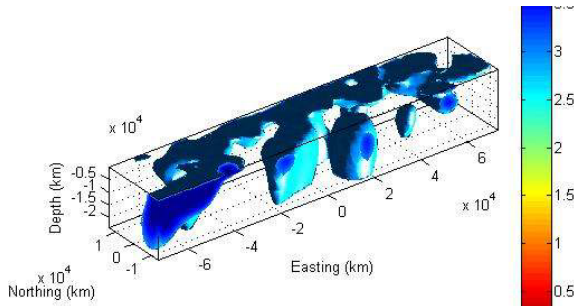


Fig. 5. Resistivity image obtained three-dimensional inversion for Vic-Line04.

#### 4. 맺은말

호주 Victoria주에서 2008년에 2007년에 이어 Victoria주 북부 지역에서 추가로 탐사 자료를 획득하였으며, 이에 대한 2차원 및 3차원 해석을 수행하였다. 새로이 얻은 자료는 이전의 측선과 나란하게 설정하여 이전에 밝혀내었던 전기비저항 영상의 연장성을 비교하였다. 2차원 및 3차원 역산 결과를 이 지역의 지질자료와 비교 해석한 결과 2007년의 지질로부터 확인된 고비저항 및 저비저항의 공통적인 특징을 새로운 측선에서도 확인할 수 있었으며, 또한 이 지역의 대규모 단층대도 영상화할 수 있었다.

#### 참고문헌

이성곤, 이태종, Toshihiro Uchida, 박인화, 송윤호, Jim Cull, 2008, 호주 Victoria주 MT 탐사 자료 해석: 물리탐사, Vol. 11, No. 3, 184-196.

Siripunvaraporn W., G. Egbert, Y. Lenbury, and M. Uyeshima, 2005, Three-dimensional magnetotelluric inversion: data-space method: Phys. Earth Planet. Interiors, 150, 3-14.

#### 사사

이 연구는 한국지질자원연구원 기본사업인 “저온 지열 열병합 발전에 활용 가능한 심부 지열수 자원 확보 기술 개발”의 지원을 받았습니다.