

영동분지(백악기) 남동부의 전기비저항 및 탄성과탐사자료 해석

김지수* · 한수형* · 이철우* · 김복철** · 양우현** · 손호웅*** · 손영관****
*충북대학교 · **한국자원연구소 · ***배재대학교 · ****경성대학교

요 약

영동분지(백악기) 남동부 지역의 천부 구조를 파악하기 위하여 분지의 경계 부근에서 5 개 측선의 전기비저항 쌍극자탐사와 2 개 측선의 탄성과 반사법탐사를 수행하였다. 또한 분지 안에 존재하는 화산암체 부근에서 총 24 점의 전기비저항 수직탐사와 3 개의 쌍극자탐사를 실시하였다. 분지 경계에 대한 전기비저항값은 쌍극자단면도에서 예상 단층선을 기준으로 약 $1,500 \Omega \cdot m$ 의 대비를 보이며 표준편차 또한 경계 부근에서 가장 크게 나타난다. 분지의 경계 단층은 탄성과 공통발파점자료에서 진폭 대비, 이벤트의 연속성 대비, 초동의 기울기 차이, 복소트레이스 단면도의 특성에 의해 효과적으로 확인되었다. 분지 안의 전기비저항 구조는 쌍극자탐사 및 전기비저항 수직탐사자료 해석 결과 북동방향의 고비저항대가 단축적으로 나타나고 있는데 이것은 남북방향으로 분포하는 북동방향의 경사를 가진 화산암체에 의한 반응으로 해석된다. 이에 대한 자세한 해석을 위해서는 앞으로 자력 및 자기지전류 탐사가 추가로 수행되어야 할 것이다.

주요어: 영동분지, 주향이동단층, 전기비저항, 탄성과반사법 탐사

Kim, J.S., Han, S.H., Rhee, C.W., Kim, B.C., Ryang, W.H., Shon, H., and Sohn, Y.K., 2000, Electrical resistivity and seismic reflection mapping for the southeastern part of the Yongdong basin (Cretaceous), Korea. Journal of the Korean Geophysical Society, v. 3, n. 2, p. 77-90

ABSTRACT: Five electrical resistivity dipole-dipole and two seismic reflection surveys were performed in the southeastern margin of the Yongdong basin to delineate the shallow basin architecture. To investigate the intra-basin structure, twenty four resistivity sounding points and three dipole-dipole lines were selected especially in the vicinity of volcanic masses. The basin-fault boundaries are identified in electrical dipole-dipole resistivity section as high resistivity-contrast of approximately $1,500 \Omega \cdot m$, characterized as a band of high standard-deviation. They are also effectively clarified in the seismic reflection data: amplitude and continuity contrasts in the common shot gather, first-arrival profiles, complex attribute plots. The intra-basin resistivity structures are constructed by interpolating vertical electrical sounding data and dipole-dipole profiles. The high-resistivity anomalies most likely originate from the northsouth-trending and northeast-dipping volcanic masses, which are to be further quantitatively investigated with geomagnetic and magnetotelluric surveys.

Key words: Yongdong Basin, strike-slip fault, electrical resistivity, seismic reflection mapping

(Kim, J.S., Han, S.H., Rhee, C.W., Department of Earth and Environmental Sciences, Chungbuk University, Cheongju, Korea, 361-763, Korea; Kim, B.C., Geological Research Division, Ryang, W.H., Petroleum and Marine Division, Korea Institute of Geology, Mining and Materials, Taejon, 305-350, Korea; Shon, H., Department of Geotechnical and Environmental Engineering, Paichai University, Taejon 302-735, Korea; Sohn, Y.K., Department of Earth and Environmental Sciences, Gyeongsang University, Jinju, 660-701, Korea. email: geop22@chungbuk.ac.kr)

1. 서 론

육상 주향이동 분지(strike-slip basin)의 형성과 충진에 대한 연구는 주로 지표 지질 자료에 근거하여 진행되었다(Crowell, 1974, 1982; Aydin and Nur, 1982; Mann *et al.*, 1983; Christie-Blick and Biddle, 1985). 그러나, 분지 형성사에 대한 총체적인 이해는 자세한 지표 자료와 함께 분지 충진층과 내부구조를 반영하는 지구물리 자료의 이차원 또는 삼차원 해석을 필요로 한다(Dickinson, 1993, 1997; Ingersoll and Busby, 1995). 특히, 화산활동이 수반되며 역동적인 분지 형성사를 경험하는 주향이동분지의 경우, 온전한 분지 발달사를 복원하기 위해서는 다양한 지구물리 자료의 획득과 해석이 필수적이다(Nilsen and Sylvester, 1995).

백악기 영동분지는 옥천대 중앙부의 남측 경계부를 따라 분포하는 육성기원 소분지($\sim 9 \times 40 \text{ km}^2$)로서, 옥천계와 영남육괴 사이에 발달한 주향이동단층운동에 의해서 형성되었다(Chough *et al.*, 2000). 본 분지는 지표 지층자료에 근거해서 인리형(pull-apart) 분지로 해석된 바 있었으나(Lee, 1990), 최근에는 분지반지구(half-graben) 형태의 비대칭성 퇴적분지로 해석된 바 있다(Kim, 1996). 영동분지의 분지형성과정에 대한 이러한 논의는 분지형성 단층의 시공간적인 진행에 따라 형성된 퇴적계의 자세한 해석과 함께, 분지 경계단층과 내부 충진층의 지하구조적 특성을 보여줄 수 있는 지구물리학적 연구에 의해 규명될 수 있다.

최근 진안분지(정성태 외, 1996; 김기영 외, 1996), 풍암분지(김기영 · 김현규, 1997; 김현규 · 김기영, 1998; 김기영 · 허식, 1999), 음성분지(Kim *et al.*, 1998; Ryang *et al.*, 1999)에 대한 지구물리학과 퇴적학적 자료를 종합적으로 해석하는 연구가 수행된 바 있다. 본 연구에서는 경상분지에 가장 인접한 영동분지에 대한 지구물리학적 연구를 수행했고, 특히 분지 단층경계의 특성을 정량적으로 파악하고자 분지의 남동쪽 경계 부근에서 전기비저항 쌍극자 및 탄성파탐사를 수행하였다(Fig. 1). 저비저항대의 분지 내 퇴적층 특성과 고비저항대의 분지 밖 기반암 특성을 구분한 바 있는 백악기 음성분지 전기비저항 탐사자료 해석(Kim *et al.*, 1998)을 참고하여, 분지경계 단층은 지표조사와 인공위성자료에서 확인된 지표 단층선의 횡단축선으로 설계하였다. 탄성파자료에서 분지경계 단층은 공동발파점자료의 진폭 및 연속성

대비, 초동시간의 기울기 양상, 공심점(CDP) 중합 단면도 및 진폭강화단면도에 나타난 수평층서의 연속성 대비, 복소단면도에서의 반사강도, 주파수, 위상차이의 측면에서 검토해보았다. 또한 퇴적분지 자체의 전반적인 전기비저항 분포를 파악하기 위해 관심지역에 대한 전기비저항 수직탐사를 수행하였으며, 퇴적학 자료에서 해석된 화산암체(Kim, *et al.*, 1997)와 관련된 구조적인 정보를 얻기 위해 관심있는 두 지역(Area 1, Area 2)에 대한 수직탐사를 집중적으로 수행하였다.

2. 연구지역

2.1. 지질환경

충북 영동군에 걸쳐 분포하는 영동분지의 남동부는 뚜렷한 단층으로 경계져 있으며, 남동부 기반암은 선캄브리아기 편마암으로 구성되며, 북서부는 시대미상의 변성퇴적암과 페름기-쥬라기의 화강암으로 구성된다(Fig. 1)(Shimamura, 1925; Yun and Park, 1968; Won and Kim, 1969; Kim and Hwang, 1986). 분지 충진층은 역암, 역질사암, 사암, 자색 이암 및 암회색/녹회색 이암 등이 우세하며, 이들은 암층의 구성비율에 따라 6 개의 암상단위(lithologic unit), 즉 역암, 역암/역질사암, 역질사암, 역질사암/이암, 사암, 이암 등으로 나눌 수 있다. 분지의 북서와 남동 경계부에는 조립질 퇴적물인 역암 및 역질사암이 주로 분포하며, 분지 안쪽으로 갈수록 세립질인 역질사암/이암, 사암 및 이암단위로 전이된다(Fig. 1; Kim, 1996).

주요한 퇴적상은 렌즈상 또는 로브상의 거력질 괴상역암과 층리를 보이는 역암(만계리층, 명륜동층), 췌기상 또는 판상의 괴상역암 및 층리를 보이는 역암(만계리층, 명륜동층, 각계리층), 층리를 보이는 역암 및 괴상역암(각계리층, 동정리층), 괴상 또는 수평층리를 보이는 (역질)사암(각계리층, 동정리층, 백마산층), 괴상 또는 수평층리와 점이층리를 보이는 (역질)사암(각계리층, 동정리층), 판상 사층리 및 꼭사층리를 보이는 (역질)사암(각계리층, 동정리층, 백마산층), 자색의 실트질이암(각계리층, 동정리층), 두꺼운 암회색 이암 및 세립질사암-이암의 호층쌍(기동리층), 박층의 판상 및 렌즈상의 사암(기동리층) 등으로 구성된다(Fig. 1). 원층리층은 응회암 등의 화산쇄설암으로 주로 구성된다. 이들의 퇴적환경은 충적선상지, 고밀도저탁류가 우세했던 선상지-삼각주 사면, 하부선상지와 홍

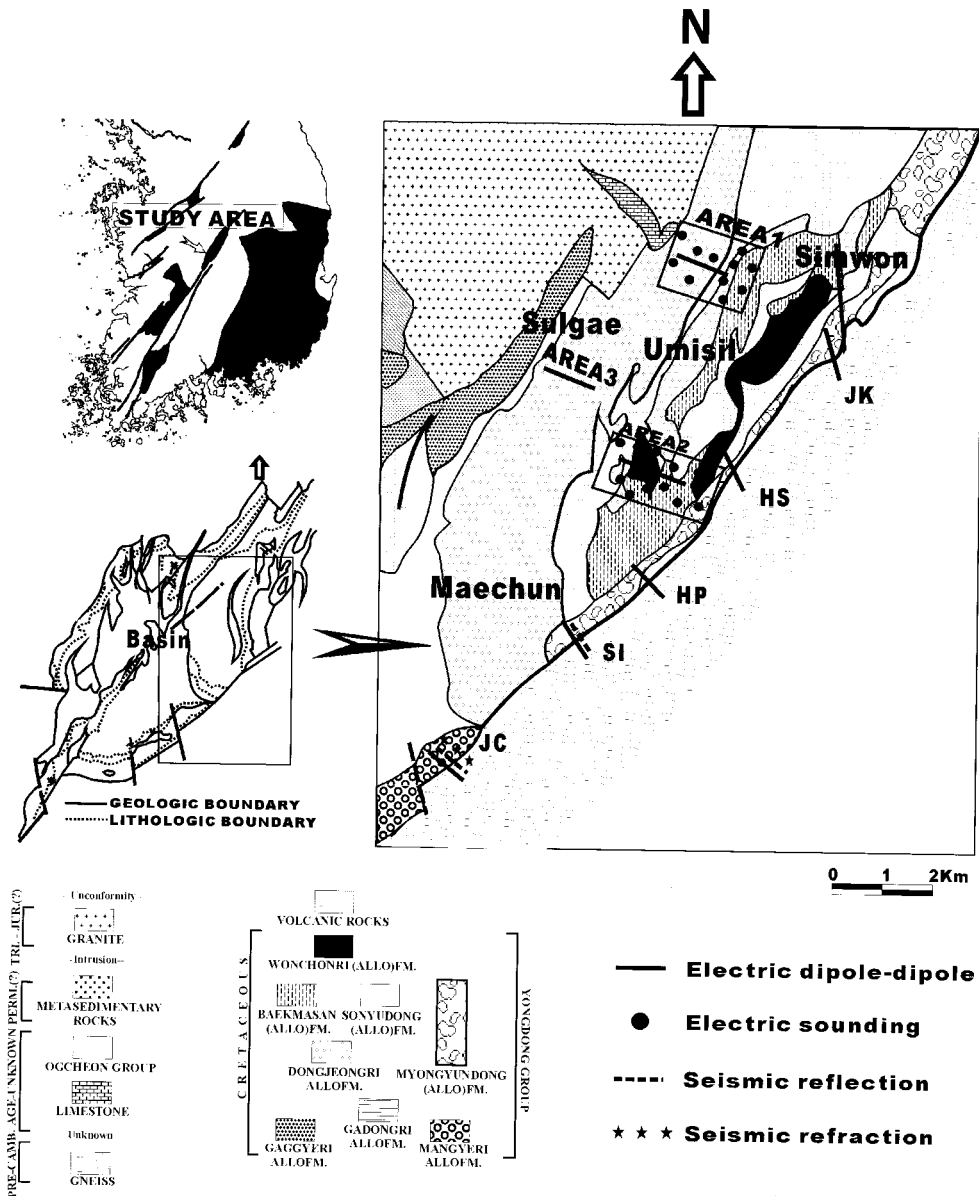


Fig. 1. Location and geologic map of study area; the southeastern part of the Yongdong basin. Electrical dipole-dipole lines (JC, SI, HP, HS, JK) and seismic lines (JC, SI) are chosen to delineate the basin-fault boundaries. Electrical sounding points on the Area 1 and Area 2 are selected to construct the intra-basin resistivity structures. Black areas on the southern Korea map represent the Cretaceous basins in the Korean Peninsula. Sites: JC (Jookchon), SI (Sanik), HP (Hwapeong), HS(Hwasin), and JK (Jukok). Yongdong basin includes volcanic rocks in the southeastern part and is bounded by basin-forming faults in the margin of Precambrian gneiss basement.

수평원의 망상하천 하도, 홍수평원과 호수환경 등으로 해석된다(Kim *et al.*, 1997; Sohn *et al.*, 1999).

분지 남동부에서 하도충진물과 곡사층리의 축방향, 퇴적상의 분포양상으로부터 측정된 고수류 방향은 분지의 양측 경계부에서는 분지중앙으로, 분지중앙에서는 분지의 북동방향(종축방향)으로 수렴되다가 호수환경으로 전이되는 양상을 보인다. 이러한 고수류방향 분포는 분지 경계부의 조립질 암상이 분지쪽으로 가면서 세립질암상으로 전이되는 분지내 암상단위의 분포양상과 잘 일치한다. 분지내 퇴적계의 발달양상과 각 암상단위들의 층서적 관계, 즉 하부로부터 역암/역질사암→이암→역암/역질사암→사암→이암의 암상단위분포는 내분지(intrabasin)의 존재를 암시한다. 영동분지내 퇴적층은 내분지 부정합면으로 간주되는 암회색 이암층과 그 직상위의 역암/역질사암층의 존재 및 이들의 분포 양상을 고려할 때, 총 3 회의 퇴적중심부 이동(depocenter migration)이 있었으며, 이들은 각각 독립된 3 개의 알로층서시퀀스(allostratigraphic sequence)를 형성했을 것으로 제안되었다(Kim, 1996).

2.2. 자료수집 · 처리

분지의 천부 구조와 관련된 지층구조를 조사하기 위하여 천부탐사에 적합하고 비교적 이용이 간편한 전기비저항 수직탐사, 쌍극자탐사 및 지하의 지층 영상을 직접 얻기 위한 탄성과 반사법을 실시하였다.

2.2.1. 전기비저항탐사

전기비저항 수직탐사는 ABEM SAS300C를 사용하여 수행하였고, 측선의 전개조건과 측정간의 거리를 고려하여 1 km의 전개길이로서 2 개 지역에 걸쳐 수행하였다. 자료처리에는 각층의 두께와 전기비저항을 추정변수로 작성된 자료처리 소프트웨어 Soundpro(1996)를 사용하였다. 전기비저항쌍극자탐사는 경계 부근에서 각각 약 1 km의 5 개 측선(JK:주곡, HS:화신, HP:화평, JC:죽촌, SI:산익)을 따라 실시하였고 자료처리에는 Dipro(1996)를 사용하였다.

2.2.2. 탄성과반사법탐사

전기비저항탐사 결과에 따른 전기비저항값의 대비로 규명되었던 분지 경계에 대한 탄성과 특성을 연구하고 그 영상을 얻기 위해 탄성과반사법을 수

행하였다. 원래 웨이트 드롭이나 해머를 사용하여 탐사를 수행하고자 하였으나, 에너지원의 제한성으로 인하여 흔히 지반조사에 잘 사용되는 110 g의 다이내마이트 발파를 수행하여 두측선에 대한 자료를 획득·처리하고 해석하였다. 분지경계(JC:죽촌, SI:산익)에 대하여 약 300 m까지의 타겟 반사면 규명을 위해 지오폰의 성능비교, 해머 타격의 중합(stack) 시험을 수행하였다. 측선은 전기비저항 쌍극자탐사자료에서 해석된 퇴적암과 결정질암의 경계를 지나도록 설계하였으며 사용된 시스템은 ABEM MARK6 24 채널이며 자료수집인자는 100 Hz 지오폰, 110 g 다이내마이트, 6 m 지오폰 간격, 12 Hz 저주파차단필터이다. 자료처리는 상업용 소프트웨어 Vista(1999)를 써서 자료처리 과정에서 발생할지도 모르는 인공잡음을 우려하여 기본적인 처리과정(자료, 불량 트레이스 제거, 필터링, AGC, fk 필터링, CDP 분류, 속도분석, NMO보정, 스트레치 뮤팅, 중합, 필터링, 중합단면도 작성)만을 거쳤다.

3. 분지의 남동 경계

3.1. 전기비저항 특성

분지의 남동쪽 경계에 해당되는 주곡, 화신, 화평, 산익, 죽촌의 자료 해석 결과, 예상 단층선을 경계로 저비저항대의 퇴적암과 고비저항대의 결정질암이 구분된다(Fig. 2). 단층의 정확한 경사, 연장성 등은 파악할 수 없지만, 예상 경계선을 기준으로 고비저항대와 저비저항대의 경계가 뚜렷이 나타나고 있다. 이와 같이 전기비저항값이 분지 경계에서 뚜렷한 대비가 된다는 점에 착안하여, 김지수 등(1998)의 음성분지 해석에서 제시한 바 있는 표준편차 분석법은 분지경계의 예상 단층선을 보다 시각적으로 보여준다(Fig. 3).

3.2. 탄성과 특성과 단층 인지

단층에 대한 탄성과 반사 반응은 각 지역의 구조 및 지질환경에 따라 여러가지 형태로 나타나지만, 여기서는 JC(죽촌) 탄성과 반사법 자료에서 해석될 수 있는 단층의 반응 효과를 살펴봄으로써 지표지질조사, 전기비저항 탐사자료에서 해석된 경계단층과 상관시키고자 하였다.

3.2.1. 공통발파점자료(common shot gather) 분석

경계 부근에 해당되는 공통발파점자료(Fig. 4)를

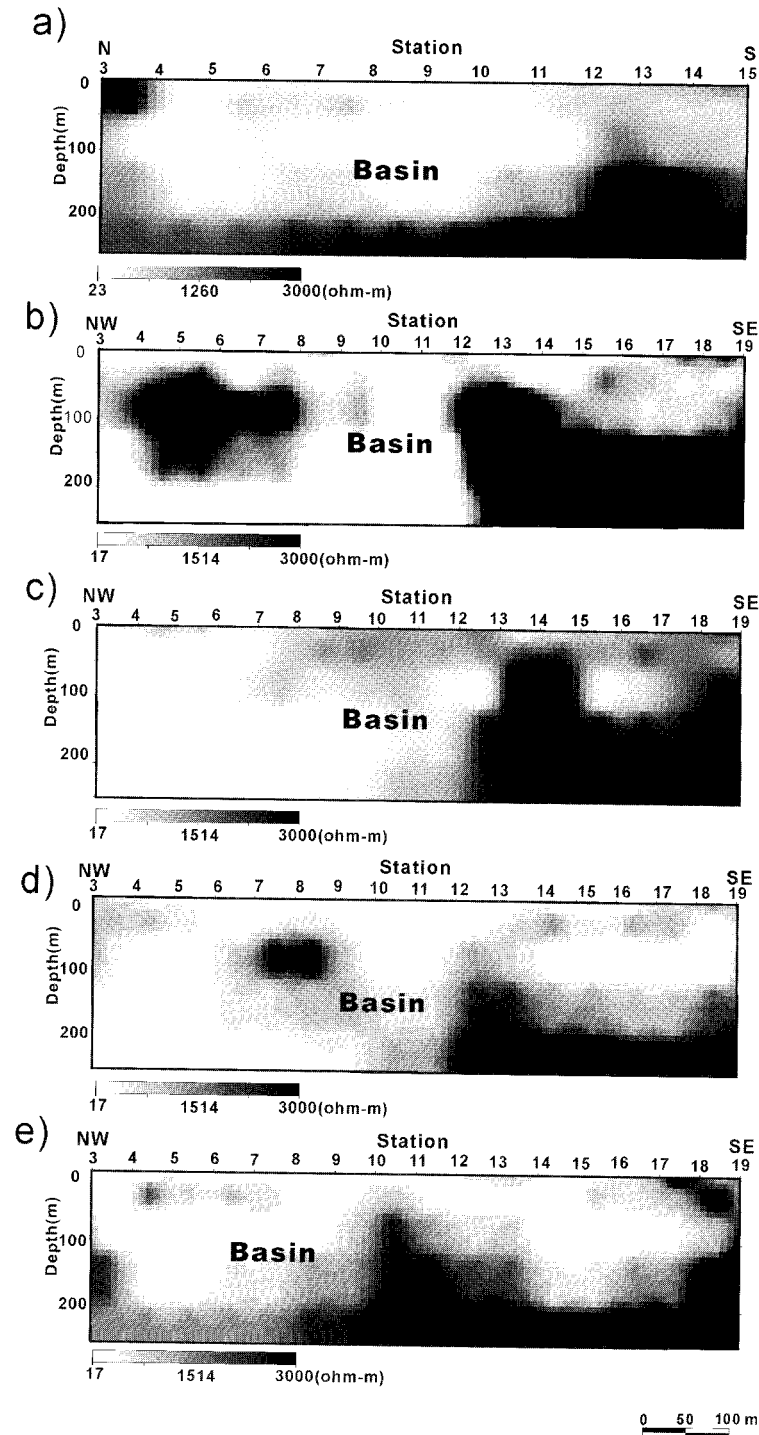


Fig. 2. Electrical resistivity dipole-dipole results. (a) JK; (b) HS; (c) HP; (d) SI; (e) JC. High resistivities (approximately $>2000 \Omega \cdot m$) observed outside the basin are in contrast with lower resistivities within the basin.

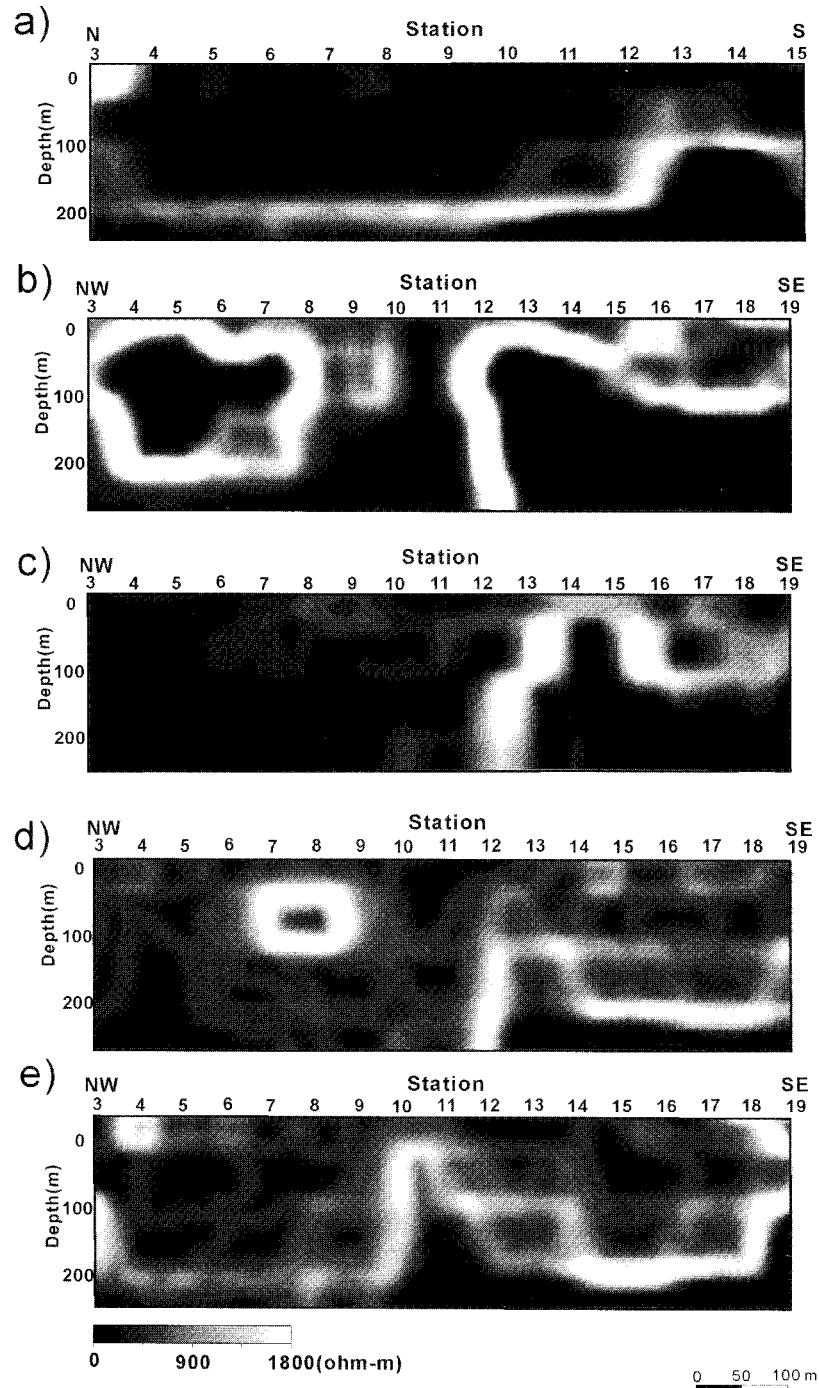


Fig. 3. Standard deviation plots. (a) JK; (b) HS; (c) HP; (d) SI; (e) JC. Resistivity structure was gridded into 25×10 cells for which statistical analysis was performed. Fault boundaries are characterized by higher standard-deviation (lighter toned band), whereas the relatively homogeneous portions by lower standard deviation (darker toned zone). Closed bands at the west in (b) and (d) are associated with high-resistivity inhomogeneity.

볼 때, 예상 단층선을 기준으로 분지 밖은 불규칙한 진폭을 보여주는 반면, 분지 안은 쌍곡선으로 특징되는 수평층서로 비교적 큰 진폭을 나타내고 있다. 분지 안의 비교적 큰 진폭은 사암과 역암의 교호층을 반영하는 것으로 보이는데, 이것은 퇴적층서의 탄성과 진폭 강화 효과(Spaargen and Warner, 1991) 현상으로 이해될 수 있다. 이와 대조적으로 분지 밖에서 부분적으로 깨진 쌍곡선 모양으로 나타나는 불연속 이벤트들은 파쇄작용으로 불규칙하게 배열된 반사면 또는 결정질 암석의 반사면 반응으로 해석된다.

3.2.2. 초동(first-arrival) 분석

공동발파점자료(Fig. 4)의 초동시간의 기울기를 살펴볼 때, 자료의 분지쪽 채널들에 대한 초동이 분지 밖에 비해 크게 나타난 점으로 보아 일단 속도가 같다고 하면 분지 안의 상부층의 두께가 분

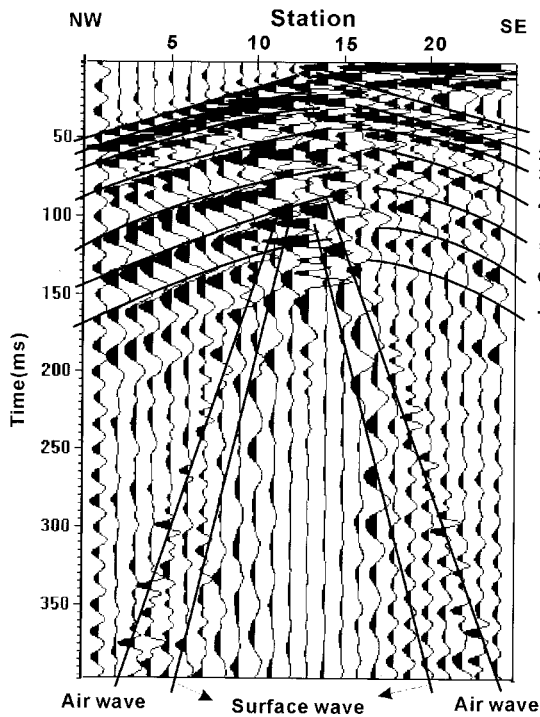


Fig. 4. Shot record from seismic line JC. Straight line for the number 1 represents direct and head wave, while hyperbolas for the numbers 2-7 indicate reflection responses for the horizontal layers. Extended images of the intra-basin velocity contrasts with discrete images for the fracture zones. First arrival time for the station 24 appears much shorter than the one for the station 1.

지 밖보다 더 크다고 유추할 수 있다. 이와 같은 해석은 일반화된 선형역산법(GLI; Hampson and Russell, 1988)을 사용한 굴절법 자료처리 결과(Fig. 5)에서 더욱 뚜렷이 보인다. GLI 역산에서 도출된 상부층의 깊이 7-8 m는 속도 800 m/s와 Fig. 4의 최상부 반사면 “2”의 영점 오프셋 왕복주시 250 ms를 이용하여 계산된 두께 10 m와 거의 일치하며, 두 번째 층의 깊이 30-40 m 또한 두 번째 반사면 “3”에 대한 왕복주시 500 ms와 속도 4000 m/s에서 계산된 두께 약 40 m와도 잘 부합하고 있다.

3.2.3. 탄성파단면도(seismic stack section) 분석

JC 탄성파단면도(Fig. 6a)에서 분지 안은 공동발파점자료(Fig. 4)에서 나타난 바와 같이 6 개의 가지런한 층으로 연속되어 나타난 반면, 분지 밖 파쇄대 또는 결정질 암석은 불규칙한 영상으로 나타난다. 이와 같은 진폭 및 연속성의 대비는 강한 진폭만을 강조하여 표현하는 일종의 ‘진폭강조 단면도’(Fig. 6b)에서 뚜렷히 나타나고 있다. 단면도에 표시된 번호에 해당되는 이벤트가 공동발파점자료(Fig. 4)의 번호와 일치하고 있다는 점에서 중

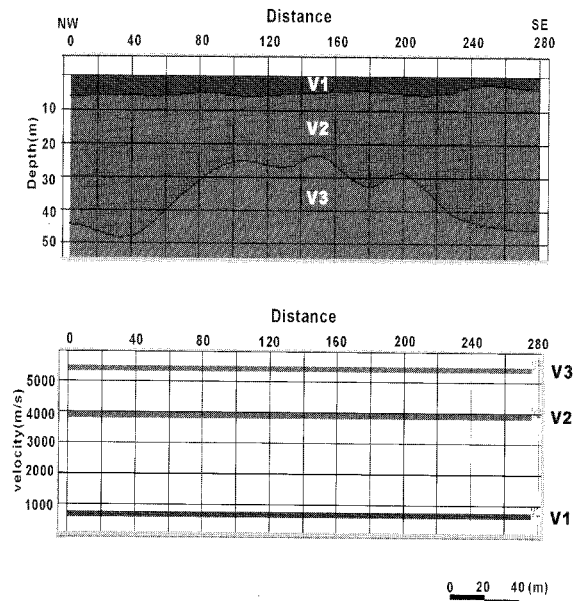


Fig. 5. Refraction results using GLI inversion process. The topmost layer (velocity of approximately 800 m/s) dips northward at the offset of 200-230 m, as shown by an arrow.

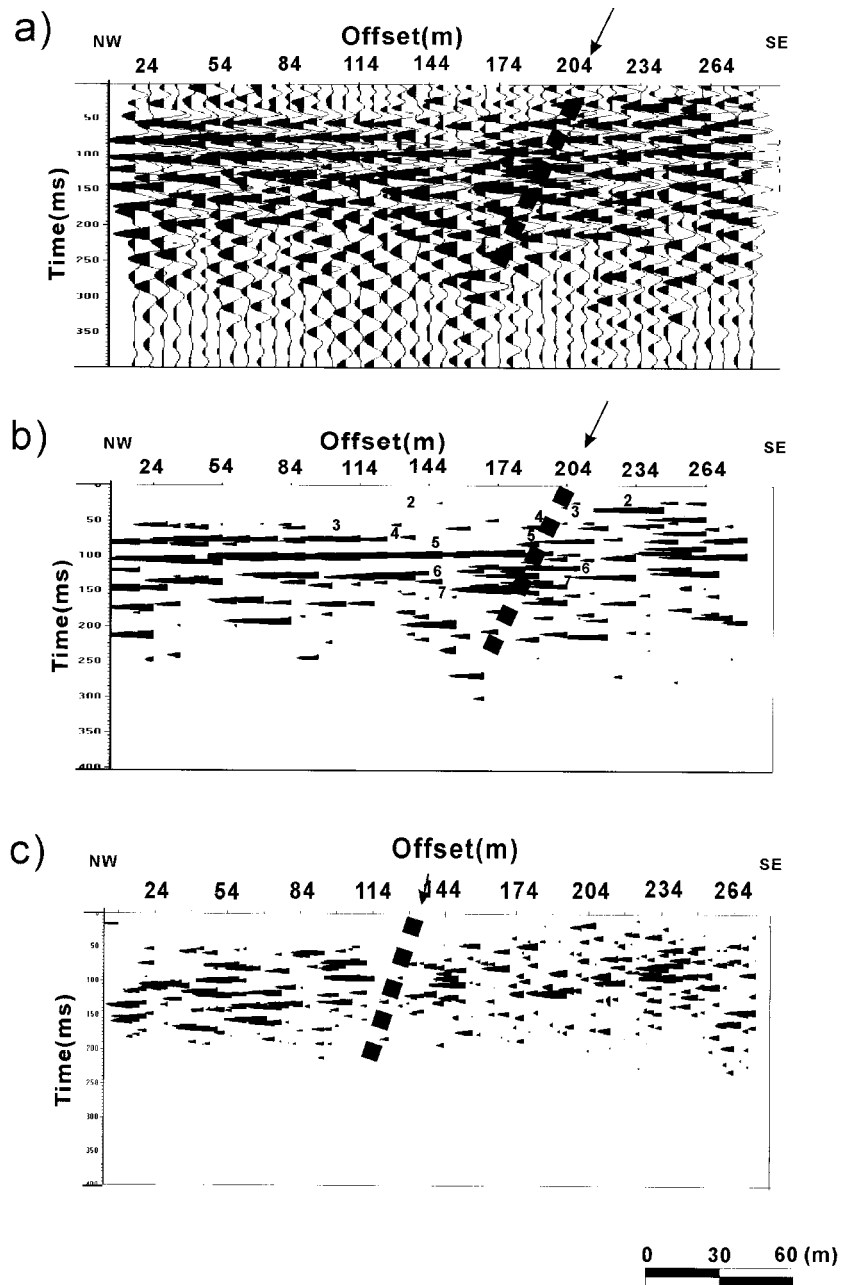


Fig. 6. Seismic reflection mapping. (a) JC brute stack section; (b) JC coherency plot; (c) SI coherency plot. Basin fault boundaries are indicated as arrows. Intra-basin is compared with the outside the basin in terms of event-continuity. Each event number corresponds to the reflection number in Fig. 4. Time shift across the boundary indicates the subvertical fault movement.

합전 자료처리(prestack processing)가 효율적으로 수행되었다고 평가할 수 있고, 아울러 각각의 반사 이벤트는 분지 경계를 중심으로 서로 상하로 이격되는 단층 효과에 기인한 것으로 생각된다. 또한 SI 탄성파단면도(Fig. 6c) 또한 진폭 및 연속성 대비가 기준점을 중심으로 뚜렷하게 나타난 점으로 보아 축선 JC의 반응과 유사하나 분지 안의 반사면의 연속성은 JC에 비해 떨어진다.

3.2.4. 복소트레이스(complex trace) 분석

주로 탄화수소 탐사의 저류층 평가에 쓰여온 복

소트레이스 분석 기법(Taner and Sheriff, 1977; Taner *et al.*, 1979)을 연구지역의 탄성과 단면도에 서 해석된 단층 부근에 적용해 보았다. 정성적이고 개괄적인 해석 차원에서 큰 장점이 있는 이 기법은 최근 국내에서도 결정질암 환경의 파쇄대 지역과(김지수 외, 1993; Kim *et al.*, 1994; 한수형 외, 1999) 지진파 입자운동 연구(김기영·김현규, 1997; 이소영 외, 2000)에 이용되고 있다.

복소트레이스 단면도 중에서, 주요 반사면 분포를 지표하는 순간진폭(instantaneous amplitude) 단면도(Fig. 7a)의 주요 반사면들은 주로 200 ms이내

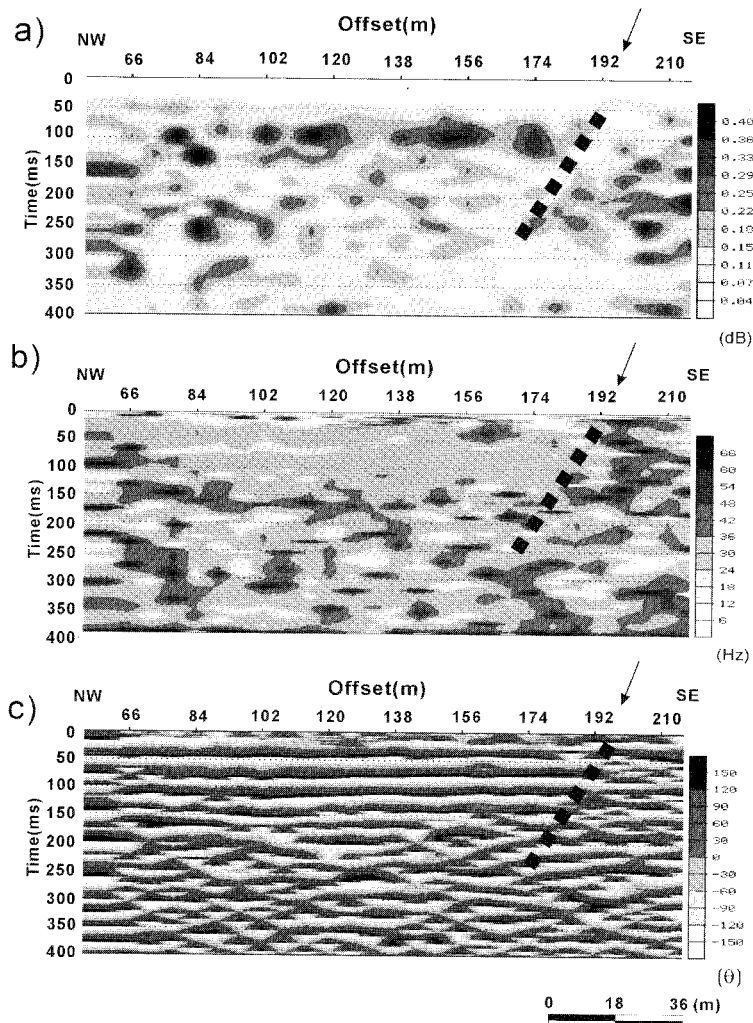


Fig. 7. Complex attribute plots. (a) Instantaneous amplitude, showing the intense reflection events above 250 ms; (b) Instantaneous frequency, showing the intense fracturing in the eastern portion outside the basin; (c) Instantaneous phase, showing the continuity of inter-layered events in the basin.

에 분포한다. 특히 오프셋 90 m를 기준으로 북서쪽의 분지 내부가 상대적으로 고진폭으로 나타나는데, 이는 일정한 두께 간격으로 정렬된 층서 효과로 인한 진폭 강화 효과(construction effect) (Spaargaren and Waner, 1991)에 기인한 분지 퇴적암의 특징적인 반응으로 해석된다. 또한 반사에너지

가 주로 천부에서 나타나는 점으로 보아 이 깊이까지는 이암, 역질사암, 역암 등이 서로 호층으로 나타나 파원의 일정한 파장에서 진폭강화가 일어난 반면, 그 이하의 지층들은 압력의 증가에 따라 음향임피던스 차이가 작아졌거나, 지층 교란작용에 따른 변형지층에 의해 반사에너지가 분산되

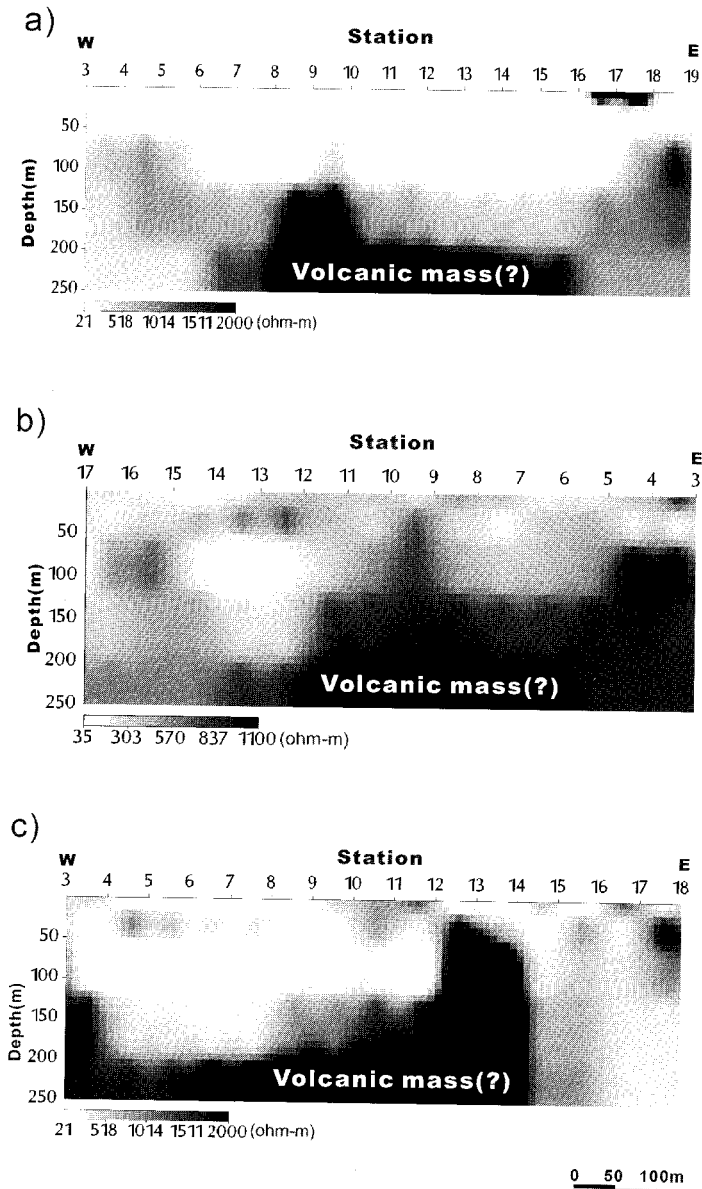


Fig. 8. Dipole-dipole resistivity section for a line for (a) Area 1, (b) Area 2, and (c) Area 3. The high resistivities ($>2000 \Omega \cdot m$) most likely originate from volcanic masses.

있을 것으로 보인다.

단층 효과는 또한 순간주파수(instantaneous frequency) 단면도(Fig. 7b)와 순간위상(instantaneous phase) 단면도(Fig. 7c)에서도 비교적 잘 나타난다. 순간주파수 단면도에서 분지 밖이 상대적으로 주파수가 높게 나타난 현상은 파쇄대와 결정질 암석의 발달로 인한 파의 회절효과(diffraction effect)로 해

석되고, 분지 안이 상대적으로 저주파를 보이는 것은 분지 안의 반사면들의 두께가 거의 일정하여 그 변화가 작기 때문인 것으로 생각된다(Taner *et al.*, 1979). 단층 경계면은 지층 영상을 가장 뚜렷하게 보여주는 순간위상 단면도(Fig. 7c)에서 순간진폭 및 순간주파수 단면도와 잘 부합되어 나타난다.

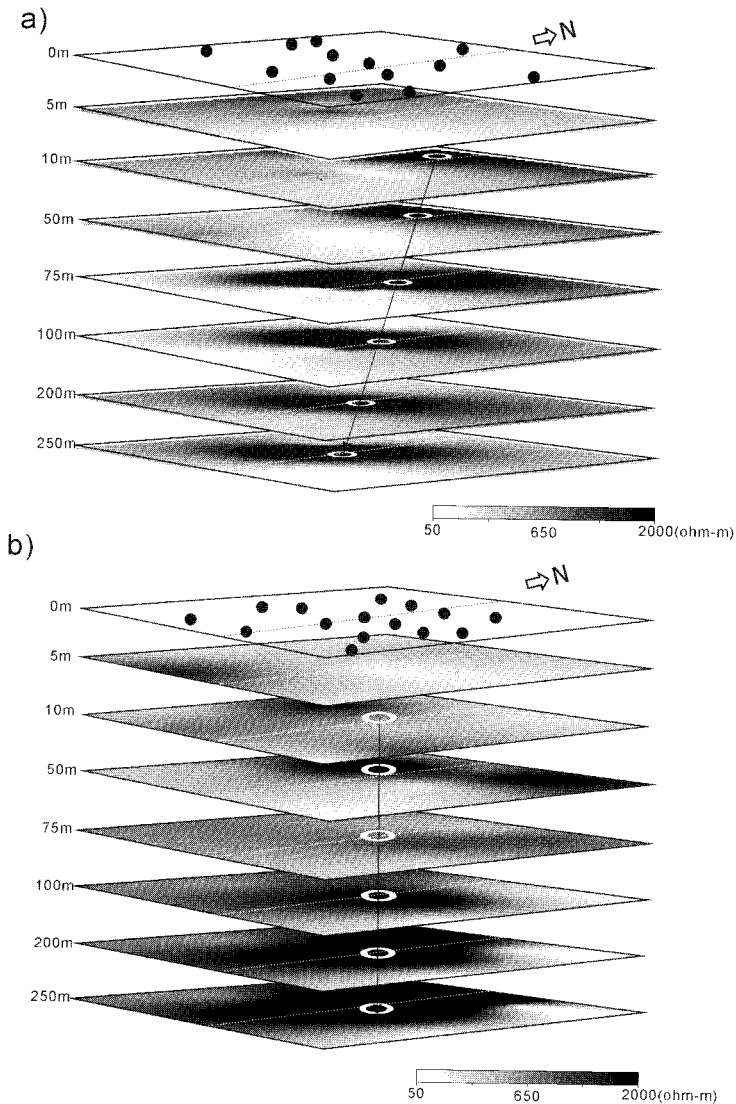


Fig. 9. Pseudo-section constructed by interpolation of electrical sounding data for (a) Area 1 and (b) Area 2. Northsouth-trending and northeast-dipping high resistivity zones are most likely associated with the distribution of volcanic masses in the vicinity of Umisil area.

4. 분지 내부의 전기비저항 단면 · 입체도

분지 안의 전기비저항 분포를 개략적으로 파악할 목적으로 2 개 지역에 걸쳐 총 28 점의 수직탐사자료(전개길이 1 km)를 얻었다. 이것을 이차원 및 삼차원적으로 확장·해석하기 위해 일차원 자료를 영상화한 뒤, 이들을 서로 보간하여 전기비저항 단면·입체도로 구성하였다. 단층과 같은 저비저항대와 화산암체와 같은 고비저항의 불연속체는 구성된 입체 단면도에서 더욱 공간적으로 해석될 수 있다.

연구지역의 지표 지층자료에서 예측된 지하 화산암체의 분포양상을 파악하기 위해, 제안된 2 개 지역(Area 1, 2)에서 전기비저항 쌍극자탐사와 슬림버저 수직탐사를 실시하였다. 쌍극자단면도(Fig. 8)에서 $2000 \Omega \cdot m$ 을 기준으로 고비저항대가 천부까지 돌출되어 있는데, 이것은 지표 지층조사에서 부분적으로 확인된 화산암체와 화산쇄설성 역암의 분포자료에 근거해 지하 화산암체로 해석할 수 있다. 이러한 특성은 전기비저항 수직탐사자료(Fig. 9a, b)에서도 개괄적으로 나타나는데 Area 1 (Fig. 9a)에서는 남동방향의 경사를 가진 약 $2,000 \Omega \cdot m$ 이상의 남북방향 불연속면체는 분지 안에 발달한 북동 방향의 단층대를 따라 올라온 화산암체와 관련된 것으로 보인다. Area 2의 남북방향으로 발달한 고비저항대(Fig. 9b)는 어미실 부근의 화산암체와 관련된 것으로 해석된다. 그러나 구체적인 분포양상과 특정한 암체와의 연장성 등을 좀 더 명확히 이해하기 위해서는 자력탐사와 같은 화산암체에 대한 특징적인 탐사가 필요하다. 또한 분지형성사에서 지하구조 내의 화산암체의 특성을 파악하고 형성과정을 복원하기 위해서는 지표 지층자료에서 파악되는 퇴적계 분포와 발달양상과의 상호연관 관계를 추론한 후, 지구물리 자료와 지표 지층자료를 종합·해석할 필요가 있다.

5. 결 론

영동분지의 남동 경계부에서 얻어진 탐사자료의 해석과 수직탐사자료의 합성도 작성에서 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 남동부 경계를 이루는 단층은 약 $1500 \Omega \cdot m$ 를 기준으로 구분되며 전기비저항 값의 표준편차가 큰 띠로 잘 나타난다.

2. 경계 단층을 기준으로 분지 경계부는 비교적 큰 폭의 파쇄대를 가지고 있으며, 분지 안은 상대적으로 5-6 개의 지층들이 일정한 두께로 발달하고 있다. 이것은 탄성과 반사법탐사자료의 중합단면도에서의 수평층의 상하 이격, 발파점모음자료에서의 진폭 및 연속성 대비, 복소트레이스의 이상대 등에서 모두 일관되게 나타난다.

3. 탄성과 반사법에 의해 분지 안에서 파악된 5-6 개의 지층들은 남동부 분지 경계단층의 진행에 따른 10-20 m 두께를 이루는 특징적인 분지경계 퇴적체의 반복적인 형성을 반영한 것으로 해석된다.

4. 수직탐사자료의 입체도에 나타나는 분지 안의 고비저항대는 지표 지층자료에서 예측한 화산암체의 지하 연장과 관련이 있는 것으로 보인다. 그러나 지하 화산암체의 분포양상과 형성과정에 대한 정밀한 규명은 자력탐사, 퇴적계 분석을 통한 종합·해석의 필요가 있다.

사 사

이 연구는 한국과학재단 특정기초과제(98-0703-02-01-3)에 의한 연구결과이며 재단의 재정적 지원에 감사드린다. 과제 초기의 탐사설계에 대한 일부 경비는 '97 대학부설연구 과제로 이루어졌음을 밝힌다. 야외 탐사자료 획득에 참여해 준 충북대학교 지구물리탐사실험실 구성원들과 굵은 날씨 속에서도 불구하고 탄성과 발파자료 획득에 힘써 준 바투엔지니어링의 김학수 박사와 김재민 발파기사 그리고 논문을 심사하면서 좋은 의견을 주신 강원대 김기영 교수께 감사드린다.

참고문헌

- 김기영, 김현규, 1997, 풍암분지 퇴적층의 지진파속도 및 탄성계수 산출, 대한지질학회지, 33, 111-116.
 김기영, 허식, 1999, 풍암분지 중부지역의 고해상도 탄성파자료 해석, 대한지구물리학회지, 2, 201-208.
 김기영, 정성태, 홍종국, 1996, 진안분지 경계부근에서의 고해상도 반사파 조사연구, 대한지질공학회 학술발표회, p. 6-13.
 김지수, 권일룡, 양우현, 조성권, 1998, 전기비저항 자료의 통계분석을 통한 퇴적분지의 경계선 규명, 제1차 대한지구물리학회 학술발표회, 서울, p. 26.

- 김지수, 문우일, 서정희, 1993, 천부파쇄대의 반사법 탄성파 영상에 관한 상관 해석기법에 대한 연구, 한국자원공학회지, 30, 481-490.
- 김현규, 김기영, 1998, 중력추를 이용한 풍암분지 경계 부근에서의 고해상도 반사파탐사, 자원환경지질, 31, 519-526.
- 이소영, 김기영, 김한준, 2000, 다성분 복소 트레이스 분석법을 이용한 지진파 입자운동 연구, 대한지구물리학회. (인쇄중)
- 정성태, 김기영, 홍종국, 1996, 고해상도 반사파를 이용한 진안분지 경계 해석연구, 대한지질학회 제51차 학술발표회, p. 65.
- 한수형, 김지수, 하희상, 민동주, 1999, 파쇄대 반사에 너지의 AVO 및 복소트레이스분석에 관한 모형연구, 물리탐사, 2, 33-42.
- Aydin, A. and Nur, A., 1982. Evolution of pull-apart basins and their scale independence. *Tectonics*, 1, 91-105.
- Chough, S.K., Lee, H.J., and Yoon, S.H., 2000. *Marine Geology of Korean Seas*, Elsevier, Amsterdam, 313 p.
- Christie-Blick, N. and Biddle, K.T., 1985. Deformation and basin formation along strike-slip faults: in *Strike-Slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation*, K.T. Biddle and N. Christie-Blick, Eds, SEPM Spec. Publ., 37, 1-34.
- Crowell, J.C., 1974. Origin of late Cenozoic basins in southern California: in *Tectonics and Sedimentation*, S.K. Dickinson, Ed., SEPM Spec. Publ., 22, 190-204.
- Crowell, J.C., 1982. The tectonics of Ridge Basin, southern California: in *Geologic History of Ridge Basin*, Southern California, J.C. Crowell and M.H. Link, Eds., Pacific Section, SEPM, Los Angeles, p. 25-41.
- Dickinson, W.R., 1993. Basin geodynamics, *Basin Research*, 5, 195-196.
- Dickinson, W.R., 1997. Panel throws down gauntlet, *GSA Today*, 9, 25.
- Dipro, 1996, Electrical resistivity dipole-dipole data processing software, Hi-Song Ltd., Korea.
- Hampson, D. and Russell, B., 1987, First-break interpretation using generalized linear inversion, *Jour. of the Canadian Society of Exploration Geophysicists*, 20, 40-54.
- Ingersoll, R.V. and Busby, C.J., 1995. Tectonics of sedimentary basins: in *Tectonics of Sedimentary Basins*, C.J. Busby and R.V. Ingersoll, Eds., Blackwell Scientific Publications, Cambridge, p. 1-51.
- Kim, B.C., 1996, Sequential development of depositional systems in a strike-slip basin: southern part of the Cretaceous Yongdong Basin, Korea, Ph.D. thesis, Yonsei University, 334 p.
- Kim, B.C., Yu, K.M., Chun, H.Y., Choi, S.J., and Kim, Y.B., 1997, The southeastern margin of the Cretaceous Youngdong Basin, Korea: a lacustrine fan-delta system, *Geosciences Journal*, 1, 61-74.
- Kim, K.B., and Hwang, J.H., 1986, Geological Report of the Yongdong Group, southern Korea, *Journal of the Geological Society of Korea*, 10, 225-244.
- Kim, J., Moon, W., Soonawala, N., Lodha, G., 1994, Imaging of reflection seismic energy for mapping shallow fracture zones in crystalline rocks, *Geophysics*, 753-765.
- Kim, J., Shon, H., Ryang, W., Chough, S., 1998, Electrical resistivity and MT imaging in the northern-middle part of the Eumsung Basin, *Geoscience Journal*, 2, 206-219.
- Lee, D.W., 1990, Sedimentation and tectonic evolution of the Cretaceous Yongdong Basin, Korea, Ph.D. thesis, Korea University, Seoul, 273 p.
- Mann, P., Hempton, M.R., Bradley, D.C. and Burke, K., 1983. Development of pull-apart basins. *Journal of Geology*, 91, 529-554.
- Nilsen, T.H. and Sylvester, A.G., 1995. Strike-slip basins: in *Tectonics of Sedimentary Basins*, C.J. Busby and R.V. Ingersoll, Eds., Blackwell Scientific Publications, Cambridge, p. 425-457.
- Ryang, W.H., Chough, S.K., Kim, J.S., and Shon, H., 1999, Three-dimensional configuration of a pull apart-basin from high-resolution magnetotelluric profiling, *Eumsung Basin, Sedimentary Geology*, 129, 101-109.
- Shimamura, S., 1925, Geologic Map of of Choson, Yongdong and Cheongsan Sheet(1:50,000), Geological survey of Chosen.
- Sohn, Y.K., Rhee, C.W., and Kim, B.C., 1999. Debris flow and hyperconcentrated flood-flow deposits in an alluvial fan, northwestern part of the Cretaceous Yongdong Basin, Central Korea. *Journal of Geology*, 107, 111-132.
- Soundpro, 1996, Electrical resistivity sounding data processing software, Hi-Song Ltd., Korea
- Spaargaren, B., Waner, M., 1991, Constructive interference-geophysical mythology re-examined, continental lithosphere, deep seismic reflections, *AGU ser.* 359-362.
- Taner, M.T., Koehler, F., and Sheriff, R.E., 1979, Estimation and correction of near-surface time anomalies, *Geophysics*, 39, 441-463.
- Taner, M.T., and Sheriff, R.E., 1977, Application of amplitude, frequency, and other attributes to stratigraphic and hydrocarbon determination: in *Applications to hydrocarbon exploration*, C.E. Payton, Ed., AAPG Memoir 26: Tulsa, Am. Assn. Petroleum Geologists, p. 301-327.
- Vista, 1999, seismic data processing software, SiS Ltd., Canada.
- Won, C.G., and Kim, K.T., 1969, Explanatory Text of

김지수 · 한수형 · 이철우 · 김복철 · 양우현 · 손호웅 · 손영관

the Geological Map of Sangju Sheet(1:50000),
Geological survey of Korea, Seoul, 64 p.
Yun, S.K, and Park, B.K., 1968, Explanatory Text of
the Geological Map of Seolcheon Sheet (1:50000),
Geological survey of Korea, Seoul, 55 p.

2000년 1월 15일 원고접수

2000년 6월 20일 원고채택