

## 곰소만 지역의 기반암 및 상부 층서 파악을 위한 시험 탄성파반사법 탐사

김지수<sup>1\*</sup> · 양우현<sup>2</sup> · 한수형<sup>3</sup> · 김학수<sup>3</sup>

<sup>1</sup>충북대학교 지구환경과학과 · 기초과학연구소

<sup>2</sup>전북대학교 과학교육학부 · 과학교육연구소

<sup>3</sup>지오제니 컨설턴트

## A Short Seismic Reflection Survey for Delineating the Basement and the Upper Units of the Gomso Bay, Yellow Sea

Ji-Soo Kim<sup>1\*</sup>, Woo-Hun Ryang<sup>2</sup>, Soo-Hyung Han<sup>3</sup>, and Hak-Soo Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Earth & Environmental Sci. & Institute for Basic Science Research,  
Chungbuk National University

<sup>2</sup>Division of Science Education · Institute of Science Education, Chonbuk National University

<sup>3</sup>Geogeny Consultant

곰소만의 기반암과 상부 층서들을 규명하기 위해 짧은 축선의 탄성과 반사법탐사가 수행되었다. 이 연구는 주로 자료 처리에서 신호대잡음을 높임으로써 기반암을 규명하는데 초점을 두었다. 자료처리의 주요과정은 중합 전후과정에서 모두 큰 진폭의 잡음에 가려진 신호성분을 향상시키는데 중점을 두었으며 시변필터, 불량 트레이스 제거, f-k 필터와 NMO 보정 후의 뮤팅 등이 이에 포함된다. 이 연구에서 규명된 기반암과 상부 층서들은 이전에 수행된 MT자료의 결과와 대체로 일치하며 당시에 자료질의 한계로 규명되지 못한 축선 중앙부근에서 기반암 표면이 약 30m 깊이의 수평층으로 나타났다.

**주요어 :** 곰소만, 퇴적층서, 탄성파반사법탐사, 반사법자료처리

A short seismic reflection survey was performed to map the basement and the upper units in the Gomso Bay. This research was mainly aimed at clarifying the basement by improving the signal-to-noise ratio in data processing steps. The strategies employed in this research included enhancement of the signal interfered with large-amplitude noise, through pre- and post-stack processing such as time-variant filtering, bad trace edit, careful muting after f-k filter and NMO correction. The subsurface structure mapped from this survey mainly consists of the top of basement and the upper three units, which were well correlated to the result from the previously conducted MT survey. Furthermore seismic section clarifies approximately 30m deep subhorizontal event of the top of the basement, which was not shown in the central portion of the MT section due to data quality.

**Key words :** Gomso Bay, sedimentary unit, seismic reflection survey, reflection data processing

### 서 론

서해(황해)는 평균 수심이 약 55 m에 불과해 매우 얇고, 해안으로 광범위한 갯벌이 발달한 특징적인 바다이다 (Chough *et al.*, 2000). 우리나라 갯벌은 캐나다의 동부해안, 미국의 동부해안, 북해연안 및 아마존 강 유

역과 더불어 세계 5대 갯벌지역으로 알려져 있다 (고철환, 2001). 우리나라 서·남해안에는 약 2,393 km<sup>2</sup>의 갯벌이 분포되어 있으며, 이는 국토면적의 2.4%에 해당된다 (해양수산부, 1998). 그 중 서해안 지역에 전체 갯벌면적의 약 83%인 1,980 km<sup>2</sup>가 분포되어 있으며, 나머지는 남해안에 산재되어 있다.

\*Corresponding author: geop22@chungbuk.ac.kr

갯벌은 매우 큰 조차, 완만한 경사, 풍부한 부유물이 공급되는 연안 환경에서 형성된다. 갯벌은 강한 파도 작용으로부터 완전히 보호되고 세립 퇴적물의 공급원이 있는 곳에서 발달한다. 연안이 파도로부터 보호됨에 따라 저질은 더욱 세립질화 되고 더 많은 유기물을 집적시킨다.

갯벌은 '갯벌 조간대'로 불리기도 한다. '조간대'는 조석에 의해 침수와 대기예의 노출이 주기적으로 되풀이되는 육상과 해양의 접지대이다. 조간대는 만조선과 간조선 사이의 좁은 지역에 국한되지만 조석주기에 따라 매우 큰 폭으로 변화하는 환경요인이 지구물리탐사 수행을 어렵게 한다. 바닷물의 염분이 퇴적물의 공극수로 작용하므로 전기탐사 등이 용이하지 않다. 또한 바닷물로 포화된 세립 연질 퇴적층은 광범위한 탄성과 탐사를 어렵게 한다. 그러므로 현생 갯벌지층을 대상으로 수행하는 탄성과 탐사자료 연구는 매우 드문 형편이다.

연구지역인 전북 서해안 곰소만 갯벌은 퇴적학적 연구로 진동 시추코어에 근거한 해수면 변화에 따른 퇴적층의 변화양상 (Kim *et al.*, 1999)과 지구물리학적 연구로 자기지전류 연구결과가 발표된 바 있다 (Ryang and Shon, 2003). 이러한 선행 연구를 바탕으로, 이 지역에서 얻은 본 연구의 탄성과 탐사자료가 비록 제한된 자료이지만, 퇴적학·자기지전류의 기존 연구결과와 대비하여 연구지역 퇴적층의 층서해석과 기반암 분포를 파악하는데 도움을 줄 수 있다.

지구물리탐사 기법 중 일찍이 대규모 구조물의 기반 조사에 응용되어온 굴절법탐사에 비해 주로 석유자원탐사에 이용되어 온 반사법탐사는 최근 수년간 탐사장비와 자료처리기술의 발달, 컴퓨터 하드웨어 및 소프트웨어의 발달에 힘입어 자원탐사뿐만 아니라 지각의 규명을 위한 심부탐사 및 엔지니어링 환경문제와 관련된 천부탐사에도 활발히 응용되어 오고 있다. 더욱이 컴퓨터 하드웨어의 저장능력의 증대, 칼라영상 및 대화식(interactive) 소프트웨어의 등장은 이미 결정암(crystalline rock) 환경에서의 자료의 고분해능 수집, 처리 및 정밀 해석을 가능하게 하고 있다.

육상환경에서 얻어진 자료는 낮은 S/N, 불연속, 불규칙, 낮은 밀도 및 속도 차이 등으로 자료의 질은 대체로 좋지 않다. 특히 천부 자료는 국부적인 불균질 매질, 풍화대의 영향, 표면파 등의 잡음 등으로 반사에너지를 더욱 왜곡되기 쉽다. 따라서 이에 대한 자료처리는 중합 에너지를 최대한 향상시키는 제반 과정을 거쳐 신호성분을 높이고 반사에너지를 집중시키는데 중점을 둔다.

따라서 주요 자료처리 과정은 불량 트레이스 제거, 필터링, 동보정 후 뮤팅 등으로 S/N을 향상시키고 잔여 정보정, 오프셋 조절 중합으로 중합 전에 반사에너지를 강화하는 단계로 이루어진다.

이 연구에서는 조간대지역에서 고분해능 탄성파탐사 자료를 수집, 처리하기 위한 기초연구의 일환으로 홍종국 등(1999)등이 제시한 자료수집 인자 등을 참조하여 에너지의 제한된 주행거리를 고려하여 짧은 구간에서의 자료를 수집하여 기반암 및 기반암 상부의 층서들을 확인하고자 하였다.

## 해양지질환경

플라이스토세 (Pleistocene) 시기 이래로, 서해는 현재 해수면보다 높거나 100 m 정도 낮은 편차를 보이는 해수면 변동을 여러 번 경험하였다 (Milliman *et al.*, 1989; Pirazzoli, 1991; Chough *et al.*, 2000). 해수면은 서해 해저의 낮은 경사도 (<1 m/km)로 인해 급속한 해침과 해퇴가 진행되며, 대부분의 낮은 해수면 시기 동안에는 대부분의 서해는 모두 대기 중에 노출되었다 (Butenko *et al.*, 1985). 최근 마지막 해수면 상승 이래로 해침은 수평적으로 80~100 m/yr 만큼 진행되었다 (Milliman *et al.*, 1989). 서해 해저지각은 지구조적으로 안정한 상태이며, 근접한 한반도와 중국대륙의 하천계로부터 큰 규모의 육성세설물을 받고 있다 (Chough and Kim, 1981; Lee and Chough, 1989).

곰소만의 형태는 서해 쪽으로 열려진 동서 방향의 깔때기 모양을 하고 있다. 곰소만의 조석환경은 대조차 (~4.3 m), 반일주조이며, 창조류 속도는 ~1.2 m/s 이고, 낙조류 속도는 ~1.5 m/s 이다 (National Geography Institute 1981). 곰소만의 기반암은 백악기 화산암류, 주라기 화강암과 선캠브리아기 결정 편암으로 구성된다 (National Geography Institute, 1981).

곰소만 조간대의 표층퇴적물 특성은 바다 쪽으로 가면서 퇴적물 입자의 크기가 조립해지는 경향을 보인다 (Kim *et al.*, 1999). 모래 함량에 따라, 조간대는 펄 조간대(mud flat), 혼합 조간대(mixed flat), 모래 조간대(sand flat)의 세 가지 환경으로 나뉜다. 저조선 근처에 있는 모래 조간대는 75% 이상의 모래와 0~4 $\phi$  입자 크기의 실트와 점토로 구성 된다 (Kim *et al.*, 1999). 펄 조간대는 고조선 근처에서 일어나고, 평균 입자 크기가 5~8 $\phi$  인 세립질 실트 퇴적물이 우세하다 (Kim *et al.*, 1999). 퇴적구조는 연흔 사염층리와 생물에 의한

굴착구조가 흔히 나타나며, 이매패류의 조개껍질층이 존재한다.

### 자료수집

자료는 측선전개에 수월한 환경을 고려하여 만에서 약 600 m 떨어진 곳을 택하여 획득하였다. 측선은 기존 MT탐사자료 측선(Ryang and Shon, 2003)의 시작점에서 해안 쪽으로 약 500 m 떨어진 지점부터 해머 에너지원의 전파거리를 고려하여 지오폰 간격 1 m, 총 전개 길이 23 m의 짧은 거리로 운영하였다(Fig. 1). Table 1은 탄성파탐사를 위해 현장에서 사용된 자료수집인자로서 기록장비로는 ABEM사의 MARK6 기록계, 탄성파 발생장치로는 3.5kg의 해머, 수신기로는 100Hz 지오폰

을 사용하였다. 자료수집에서의 측선전개는 에너지원이 수신기 케이블 내에 위치하는 양측전개법을 써서 총 47개의 공통 발과점모음자료(CDP gather)를 얻었다. 이 지역은 밀물과 썰물이 주기적으로 교차하는 조간대 지역으로서 퇴적층이 항상 바닷물로 포화되어 있다. 또한 지표면이 평탄하여 자료획득 시 지표면의 고도는 측정하지 않았다.

### 자료처리

반사법자료는 자료처리 소프트웨어 Vista(1999)를 사용하여 처리하였으며, 자료의 최종도시를 위하여 Colorado School of Mines의 SU 소프트웨어(2000)를 사용하였다. 속도 정보를 비교분석하기 위한 굴절법자료의 역산을 위해서는 조창수 등(2002)의 굴절법토모그래피 역산프로그램을 사용하였다. 반사법자료에 대한 향상된 분해능의 천부 지하구조를 영상화하기 위해 스케일링, 불량 트레이스 편집, 대역통과필터링, f-k 필터링, 디컨벌루션을 실시하였다(Fig. 2).

### 기하정보 편집(geometry edit)

자료처리에 앞서 SEG-2 형식의 현장자료들은 VISTA 표준 형식으로 변화시켰다. 입력된 자료들은 음원과 수신기간의 위치정보, CDP 번호, 수신기와 발과점 사이의 거리인 오프셋 등의 정보를 트레이스 헤더에 입력하는 과정을 거쳤다.

Table 1. Field Acquisition Parameters.

Parameters	Remarks
System	ABEM MARK6
Source Type	Hammer(3.5 kg)
Receiver Type	100 Hz Geophone
Number of Channels	24 ch.
Shot Interval	1 m
Receiver Interval	1 m
Shooting Method	Split
Coverage	1200%
Sampling rate	250 $\mu$ s
Record Length	512 ms
Analog filter	12Hz low-cut(12dB/oct)T

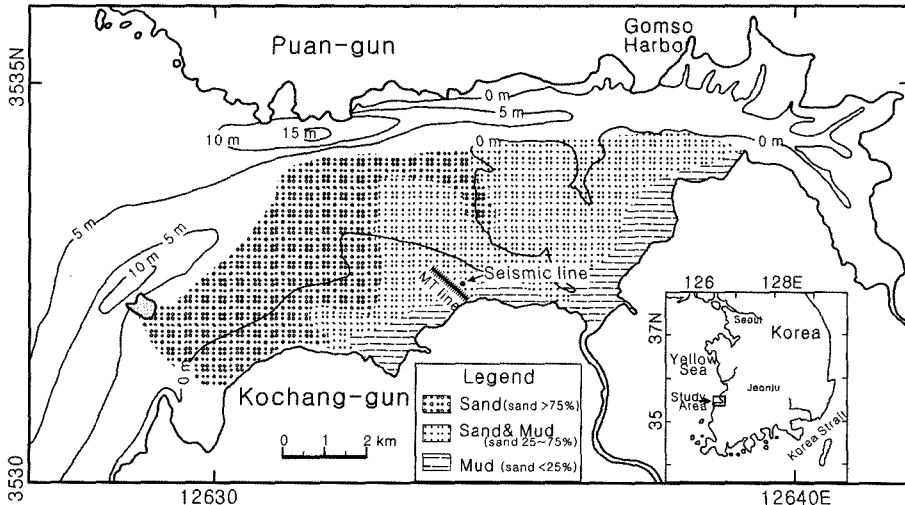


Fig. 1. Location map of Gomso Bay showing bathymetry, seismic line, and surface sediment distribution (modified from Ryang and Shon, 2003).

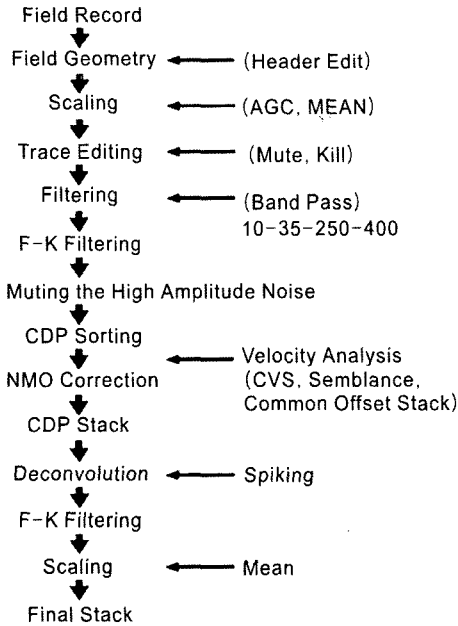


Fig. 2. Data processing sequence.

**필터링(filtering)**

현장자료(Fig. 3a)에 대한 진폭스펙트럼을 분석한 결과 주파수대역은 800 Hz까지 분포하였으며 신호 주파수 대역은 20-400 Hz 내외로 나타났다. 따라서 고주파수 성분을 그대로 유지함으로써 천부 반사면을 향상시키기 위

해 20-40-200-400 Hz의 통과대역을 갖는 대역통과필터(band-pass filter)를 모든 트레이스에 적용하였다(Fig. 3b). 대역통과필터를 적용한 결과 Fig. 3a에서 관찰되던 무작위잡음들이 효과적으로 제거되었으나 강한 진폭의 표면파들은 강하게 나타나고 있다. 그러한 강한 진폭의 표면파는 f-k 필터를 적용한 결과 효과적으로 줄어들었다.(Fig. 3c). f-k 필터링 적용결과 반사이벤트들은 여전히 강한 진폭의 잡음에 가려지는 관계로 자료처리시 뮤팅을 부분적으로 시도하여 S/N을 최대한 높이도록 하였다.

**속도분석(velocity analysis)**

탄성파자료 처리를 위해서는 깊이에 따른 정확한 속도를 결정하는 것이 필요하다. 주행시간에 따른 탄성파 속도를 알아내기 위해 속도분석을 실시하였다(Fig. 4). semblance 분석결과 양방향 시간에 따른 속도 값은 다음과 같다: 8 ms: 400 m/s; 22 ms: 800 m/s; 36 ms: 900 m/s; 46 ms: 950 m/s. Fig. 5는 0-1050 m/s 사이의 상속도값을 적용하여 NMO-CDP 모음자료를 반복적으로 보정한 그림을 보여준다. 공통 발파점모음자료(Fig. 3c)에서 명확하게 확인되는 4개의 반사이벤트들은 상속도 취합자료에서의 이벤트와 잘 상관된다.

**중합후 처리(post-stack processing)**

중합단면도(stack section)의 수직 및 수평적인 연속성을 강화시키기 위해 스파이킹 디컨볼루션과 f-k 필터링

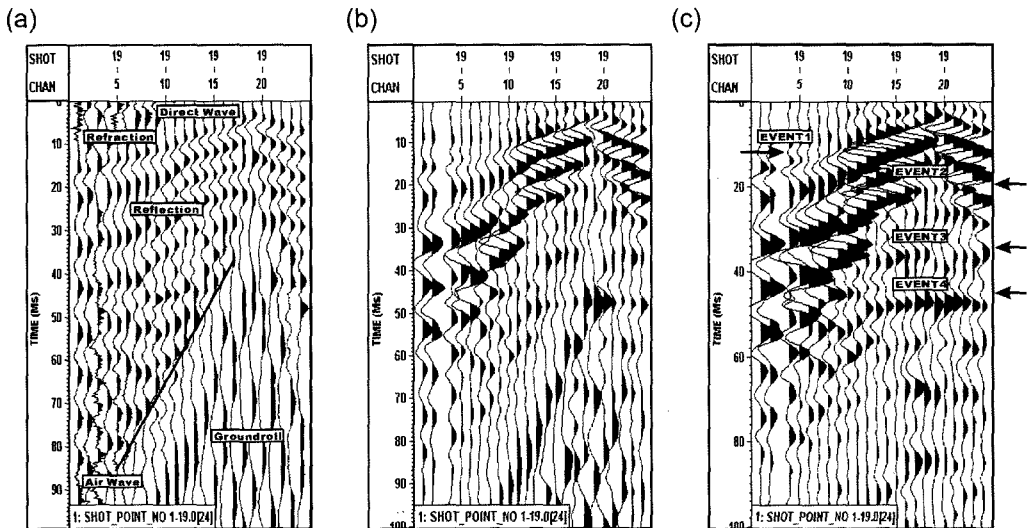


Fig. 3. Shot gather: (a) raw data, (b) bandpass filtered data with a frequency of 20-40-200-400 Hz and (c) f-k filtered data with a cut window of 0-350 m/s.

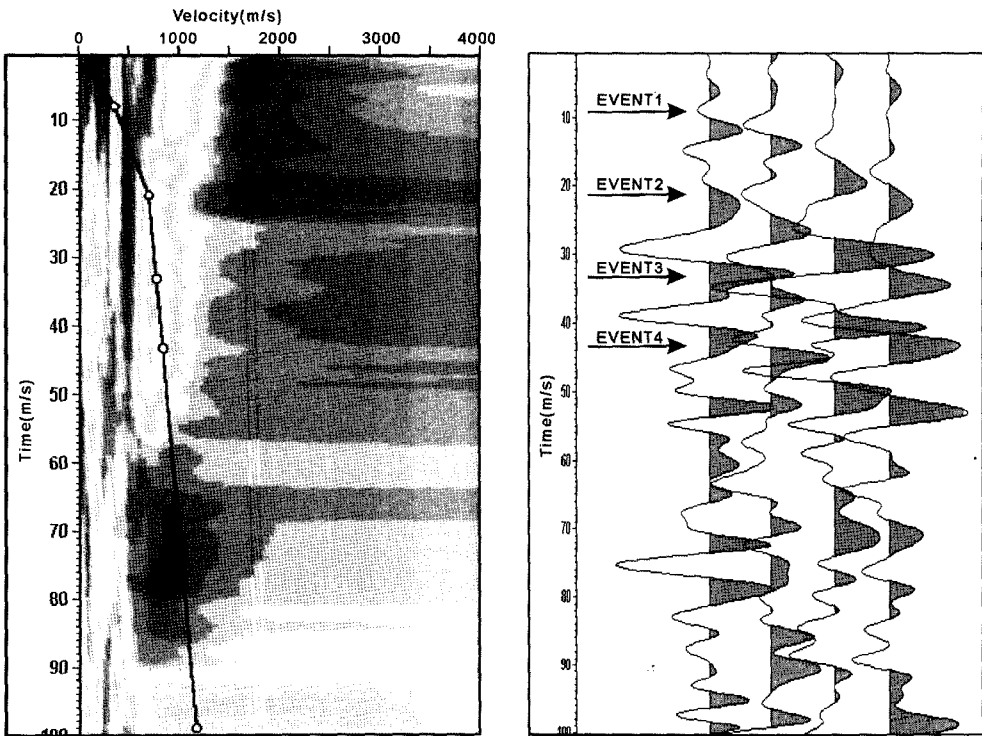


Fig. 4. Velocity spectrum analysis: (a) velocity semblance plot, (b) common offset gather.

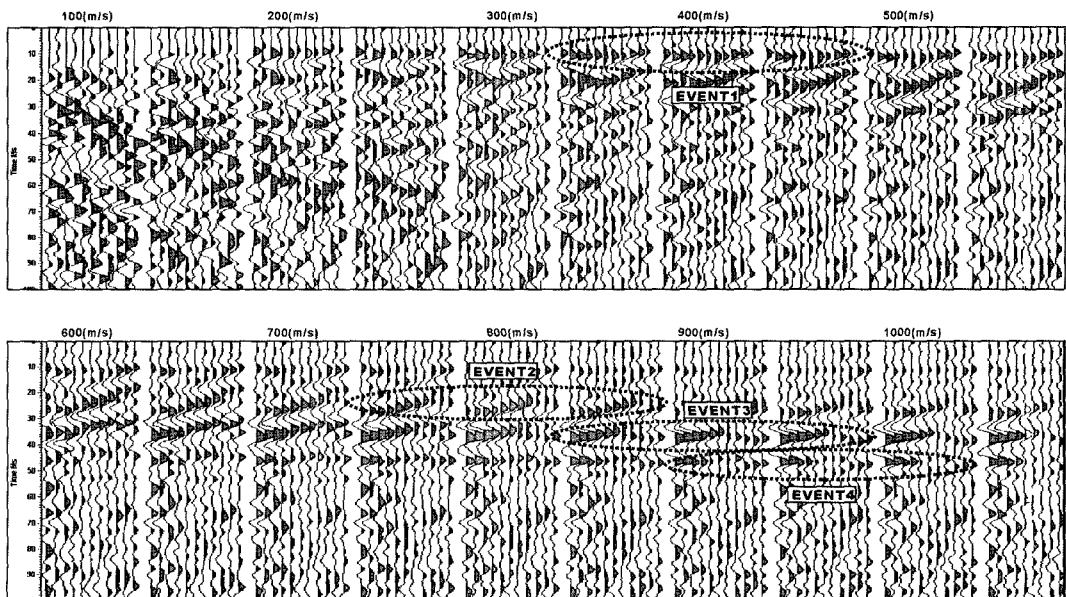


Fig. 5. Constant velocity stack. The upper and lower reflections are best focused with velocity value of 400 m/s and 800-950 m/s, respectively.

을 수행하였다. 또한 자료의 최종도시를 위하여 스케일링을 적용하여 그 단면을 Fig. 6에 도시하였다.

**자료해석 및 토의**

조사지역의 정확한 속도정보를 알아내고 탄성과 시간 단면(time section)을 심도단면으로 변환하기 위한 기초 자료를 얻기 위해 반사법 자료에 대해 굴절법토모그래피 기법을 이용한 역산을 수행하였다(Fig. 7). 굴절법역산결과 대표되는 지하속도구조로서 상부층은 400 m/s의 속도를 가지며, 하부층은 1600-1800 m/s 사이의 속도를 가진다. 특히 첫 번째 층의 속도는 반사법 속도분석 자

료와 잘 상관되고 있다. 그러나 두 번째 층의 속도는 속도분석자료 보다 크게 나타났다. 이는 반사법의 속도 분석 자료가 반사이벤트의 쌍곡선 접근선의 기울기에 따라 정해지기 때문에 속도가 클수록 오차가 크게 나기 때문이다. 그러므로 EVENT2, 3, 4의 반사법 단면도의 심도 해석은 굴절법 속도단면을 기초로 하는 것이 합리적이다.

각 반사이벤트들의 심도를 결정하기 위해 반사법 속도분석 자료와 굴절법 속도단면의 속도정보를 이용하였다. 반사이벤트 EVENT1은 반사법의 속도분석자료(Figs. 4, 5)와 굴절법 속도단면(Fig. 7)이 서로 일치되게

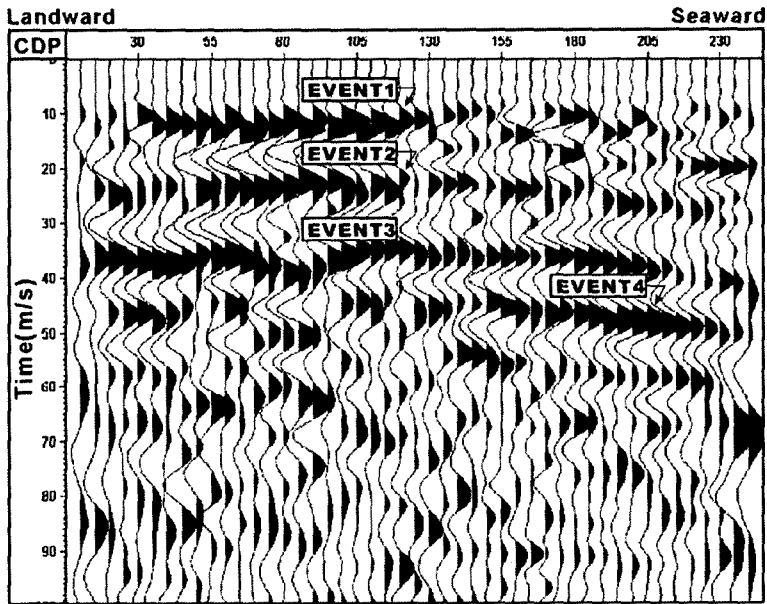


Fig. 6. Stack section.

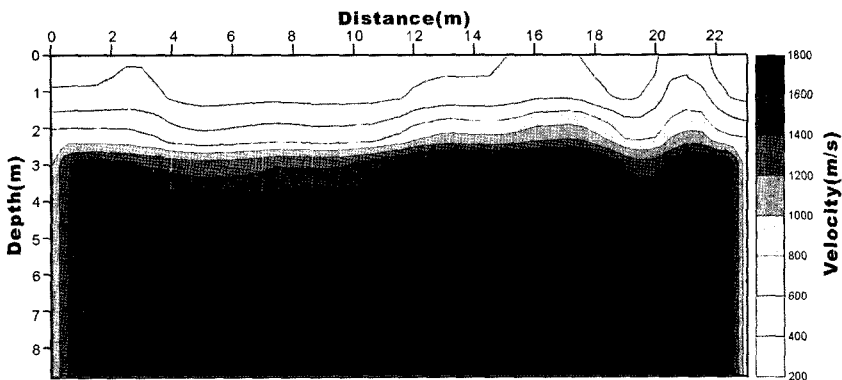


Fig. 7. Seismic refraction inversion result.

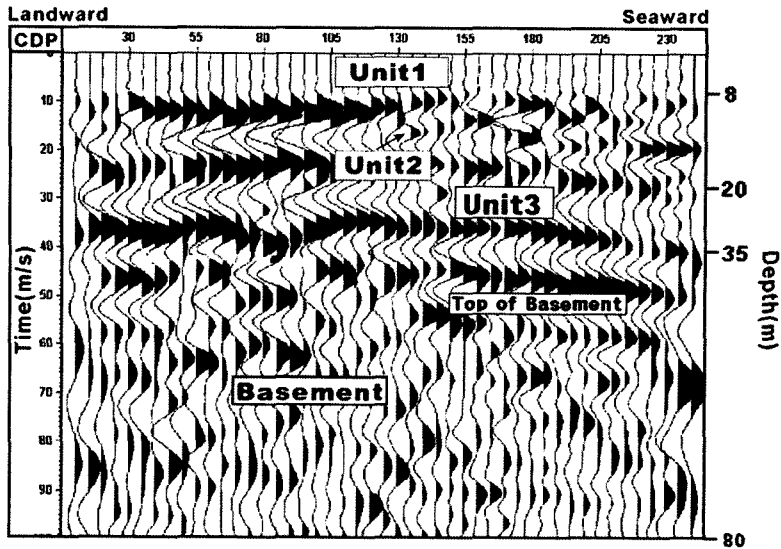


Fig. 8. Interpreted stack section showing three sedimentary units and basement.

400 m/s의 속도를 가지며 이에 따른 심도는 약 3 m로 나타났다(Fig. 8). EVENT2, 3, 4의 경우 샘플링 플롯(Fig. 4a)을 보면 20-60 ms 사이에서 40 ms 폭으로 800-950 m/s의 거의 일정한 속도값을 보여주는데, 이는 EVENT2, 3, 4가 동일한 퇴적단위에 포함되는 것임을 말해준다. 그러므로 EVENT2, 3, 4의 속도값은 굴절법 속도단면에서 2층의 속도범위인 1600-1800 m/s로 취할 수 있다. 따라서 EVENT2, 3, 4의 심도를 각각 8m, 20m, 35m로 추정하였다(Fig. 8).

곰소만에서 획득된 진동시추코아 (< 5m)자료에 따르면, 갈색으로 산화된 반고화 머드층 (semiconsolidated mud)이 지층심도 ~5m 상하에서 존재한다(Kim *et al.*, 1999). 그 위로 홀로세 최후기에 형성된 조간대 갯벌층이 덮고 있다. 반고화 머드층은 퇴적학적 연구결과는 해수면이 낮았던 시기에 비해양성 환경에서 퇴적되고 산화되었음이 보고된 바 있다(Kim *et al.*, 1999). 또한 홀로세 해침에 의해 넓은 범위에서 재동되었고, 조간대 갯벌층의 퇴적이 뒤따랐다(Lee *et al.*, 1994).

산화된 퇴적층은 풍화된 암석 파편과 토양으로 두께 60~180 cm 범위에 있고, 자갈이나 모래는 포함하지 않으며 연성의 갯벌 지층에 비해 단단한 특성을 보인다(Kim *et al.*, 1999). 이 퇴적층은 대부분이 하성수로의 둑이나 레비(levee)를 범람하여 나온 부유물 침착과정에서 형성된 것으로 판단된다 (Chough *et al.*, 2000). 이러한 플라이스토세와 홀로세 사이에 형성된 산화퇴적층

과 결과적인 불연속면의 존재는 영종도, 경기만, 천수만, 함평만, 해남만 갯벌 등에서 발견된 바 있으며(e.g., Park *et al.*, 1997; Choi, 2001; Lim, 2001; Lim and Park, 2003), 우리나라 서해안 갯벌의 상부 퇴적층의 일반적인 특징으로 파악되고 있다.

탄성과 반사법 단면도(Fig. 8)에서 기반암은 26-37m에서 뚜렷이 보이는데 반사이벤트가 부분적으로 2개의 띠로 보이는데 이것은 기반암과 상부층의 국부적인 물성(음향임피던스) 차이에 의한 효과로 해석된다. 한편 기반암 상부에는 세 개의 뚜렷한 퇴적층들이 보이는데 이것은 각각 MT자료(Fig. 9)에 나타난 두께 5m인 반고화 머드층 Unit 1과 Unit 2 및 Unit 3로 추정된다. 특히 MT측선의 중간 부분에서 해석되지 못한 기반암의 상부면이 고분해능 탄성파반사법탐사를 통하여 수평이벤트로 잘 나타났다.

## 결론

탄성파에너지원의 전파 한계로 적용이 어려운 탄성과 반사법은 짧은 거리에 대한 고분해능 탄성파반사법탐사 및 적합한 자료처리과정으로 좁은 구간에서의 기하정보 및 물성정보를 충분히 효과적으로 파악할 수 있었다.

연구에서 도출된 기반암의 상부면 및 기반암 상부에 존재하는 층서들은 3개 층서로서 이전에 수행된 MT탐사결과와 잘 상관되었다. 특히 자료질의 한계로 MT측

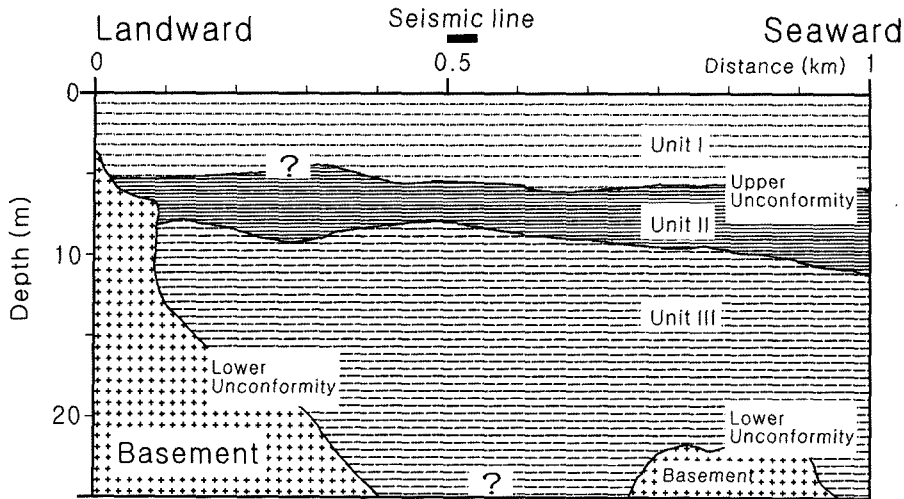


Fig. 9. The upper units and the basement interpreted from the MT section (After Ryang and Shon, 2003).

선의 결과에서 확인되지 않았던 기반암의 상부면은 약 30 m 깊이로 나타났다.

## 사 사

이 연구는 2005년도 산학협동재단의 학술연구비 지원으로 수행되었으며 아울러 Matching Fund를 제공해주신 지오제니 컨설턴트(주)에도 감사한다.

## 참 고 문 헌

- 고철환, 2001, 한국의 갯벌, 서울대학교 출판부, 1073.
- 조창수, 이희일, 서정희, 2002, 탄성과 굴절법 토모그래피를 이용한 지반의 속도분포 해석, 물리탐사, 5, pp.6-17.
- 해양수산부, 1998, 우리나라의 갯벌.
- 홍종국, 김기영, 김한준, 1999, 조간대지역에서의 고해상 탄성파탐사를 위한 파원 특성분석, 지구물리, 2, 2, pp.100-110.
- Butenko, J., Milliman, J.D., Ye, Y.C., 1985, Geomorphology, shallow structure, and geological hazards in the East China Sea. *Cont. Shelf Res.* 4, pp.121-142.
- Cho, C.S., Lee, H.I. and Suh, J.H., 2002, interpretation on the subsurface velocity structure by seismic refraction tomography, *Korean Society of Exploration Geophysicists*, 5, pp.6-17.
- Choi, K.S., 2001, Late Quaternary Stratigraphy and Evolution of Tidal Deposits in Kyunggi Bay, West Coast of Korea. Ph.D. thesis, Seoul National University, Seoul, 225p.
- Chough, S.K. and Kim, D.C., 1981, Dispersal of fine-grained sediments in the southeastern Yellow Sea: A steady-state model. *JSP*, 51, pp.721-728.
- Chough, S.K., Lee, H.J., and Yoon, S.H., 2000, *Marine Geology of Korean Seas*, Elsevier, Amsterdam, 313.
- Kim, Y.H., Lee, H.J., Chun, S.S., Han, S.J., Chough, S.K., 1999, Holocene transgressive stratigraphy of a macrotidal flat in the southeastern Yellow Sea: Gomso Bay, Korea. *J. Sediment. Res.* 69, pp.328-337.
- Lee, H.J. and Chough, S.K., 1989, Sediment distribution, dispersal and budget in the Yellow Sea. *Marine Geol.*, 87 pp.195-205.
- Lee, H.J., Chun, S.S., Chang, J.H. and Han, S.J., 1994, Landward migration of isolated shelly sand ridge (chenier) on the macrotidal flat of Gomso Bay, west coast of Korea: controls of storms and typhoon. *Journal of Sedimentary Research*, A64, pp.886-893.
- Lim, D.I., 2001, Late Quaternary Stratigraphy and Sedimentology of Tidal-flat Deposits, Western Coast of Korea. Ph.D. thesis, Seoul National University, Seoul, 303p.
- Lim, D.I. and Park, Y.A., 2003, Late Quaternary stratigraphy and evolution of a Korean tidal flat, Haenam Bay, southeastern Yellow Sea, Korea. *Marine Geology*, 193, pp.177-194.
- Milliman, J.D. *et al.*, 1989, Sediments and sedimentary processes in the Yellow and East China Seas. In: *Sedimentary facies in the active plate margin* (eds., Taira, A. and Masuda, F.) *Terra Sci. Publ. Comp.*, Tokyo, pp.233-249.
- National Geography Institute, 1981, Basic research report on nearshore environments of Korea (Seokpo area). Seoul, 56p.
- Park, Y.A., Lim, D.I., Choi, J.Y. and Lee, Y.G., 1997, Late Quaternary stratigraphy of the tidal deposits in



- Hampyung Bay, southwest coast of Korea. Journal of Korean Society of Oceanography, The Sea, 2, pp. 138-150. (in Korean with English abstract)
- Pirazzoli, P.A., 1991. World Atlas of Holocene Sea-Level Changes. Elsevier, New York, 300p.
- Ryang, W.H. and Shon, H., 2003, High-frequency magnetotelluric data of tidal deposits: Gomso Bay, southwest coast of Korea, Geosciences Journal 7, pp. 293-298.
- SU, 2000, Seismic Unix, Colorado School of Mines.
- Vista, 1999, seismic data processing software, SIS Ltd., Canada

---

2006년 4월 22일 원고접수, 2006년 6월 13일 게재승인

**김지수**

충북대학교 자연과학대학 지구환경과학과  
361-763 충북 청주시 개신동 산 48  
Tel: 043-261-3201  
Fax: 043-276-9645  
e-mail: geop22@chungbuk.ac.kr

**양우현**

전북대학교 과학교육학부 지구과학교육전공  
561-756 전북 덕진구 덕진동 1가 664-14  
Tel: 063-270-2801  
Fax: 063-270-2802  
e-mail: ryang@chonbuk.ac.kr

**한수형**

(주) 지오제니 컨설턴트  
137-060 서울시 서초구 방배동 807-2  
Tel: 02-3472-2261  
Fax: 02-3472-8507  
e-mail : vincentsh@hanmail.net

**김학수**

주) 지오제니 컨설턴트  
137-060 서울시 서초구 방배동 807-2  
Tel: 02-3472-2261  
Fax: 02-3472-8507  
e-mail : kcloud@geogeny.biz