

광양만과 여수해만의 가스함유 표층퇴적물의 3.5 kHz 탄성과 영상

오진용* · 이연규** · 윤혜수*** · 김성렬****

3.5 kHz seismic images of the gas-charged shallow sediment at Kwangyang Bay and the Yeosu Sound on the southern coast of Korea

Jinyong Oh*, Yeon Gyu Lee**, Hyesu Yun*** and Seong-Ryul Kim****

ABSTRACT: The 3.5 kHz sub-bottom profiling was carried out over both Gwangyang Bay and the Yeosu Sound. High-resolution digital images of uppermost sediment layers are obtained from the field data which were originally recorded in analog mode. Most prominent feature along the acoustic profiles is the chaotic reflections which imply the presence of shallow gas within the silty sediments. In the western part of Gwangyang Bay, the gas-charged sediments are associated with the acoustic turbidity of the blanket type. Across the Seomjin Delta in the eastern part of Gwangyang Bay, the gas-charged seismic facies are observed just beneath the sea bottom. In the western Yeosu Sound, the gassy sediments occur widely, whereas it is rare in the eastern counterpart with the <30-m-deep channel. We postulate that this gas was biogenetically produced within the organic-rich deposits.

서 론

가스를 함유한 해양 퇴적물의 존재는 전세계적으로 널리 알려져 있다. 그 분포 환경은 다양하여 하구, 연안, 대륙붕 그리고 심해저 평원에서도 발견된다. 국내에서는 남해안 연안을 비롯하여 황해 남부, 동해 남부 연안 및 심부의 표층 퇴적물에서 가스 함유 퇴적층이 보고된 바 있다 (조규장 등, 1984; 김승우 등, 1986; Park *et al.*, 1990; 정미숙 등, 1999; 허식 등, 1999). 일반적으로 해저 표층의 가스 존재는 지층탐사기 (sub-bottom profiler) 및 측면주사탐사기 (side-scan sonar) 등을 이용한 천부 탄성과 조사에 의하여 쉽게 인식된다.

함유된 가스의 성질은 지화학적 분석과 생물개체밀도 (biological population density)에 의하여 확인되는데 주요 가스의 종류로는 메탄 (methane)이 알려져 있다 (Floodgate, Judd, 1992). 일반적으로 지화학분석에 의하면 이들의 기원은 대체로 생물학적 분해 (biogenic decay)에 의한 자생 가스 (autochthonous gas) 이거나 열적 성숙작용 (thermogenic process)에 의한 타생 가스 (allochthonous gas)로 구분된다. 퇴적물에 포함된 가스는 특정한 물리적 조건에 따라서는 고체상태로 존재하여 가스수화물 (gas hydrate)로 불린다 (Kvenvolden, Barnard, 1983). 이들 가스는 해양구조물의 설치나 천연자원 탐사 및 개발을 위한 시추에 위험요소로 작용할 가능성 때문에 주목이 되고 있다. 그리고, 퇴적환경의 변화에 따라서 해저퇴적물에 포함된 메탄가스의 대기권 방출에 의한 환경변화에 대한 관심도 높아지고 있다.

연구의 목적은 광양만과 여수해만 일대에서 수행된 3.5 kHz 탄성과탐사에서 나타난 가스를 함유한 표층퇴적물의 다양한 탄성과 영상을 제시하는 것이다. 이 탄성과 자료와 기존의 표층퇴적물에 대한 자료를 종합하

* 충남대학교 기초과학연구소 (Research Institute of Basic Sciences, Chungnam National University, Taejeon, 305-764, Korea), E-mail: jinyong@direct.co.kr

** 여수대학교 해양학과 (Department of Oceanography, Yosue National University, Yosue, 550-749, Korea)

*** 충남대학교 지질학과 (Department of Geology, Chungnam National University, Taejeon, 305-764, Korea)

**** 한국해양연구소 해양지질연구부 (Marine Geology & Geophysics Division, Korea Ocean Research & Development Institute, Ansan, 425-600, Korea)

여 가스 포함 표층 퇴적물의 분포와 의미를 살펴본다.

연구 지역

여수반도와 남해도에 둘러싸인 광양만은 지형적인 특성과 섬진강 등에 의한 하천수의 유입으로 4가지(삼각주, 조간대, 조하대, 수로)의 상이한 퇴적환경이 발달되어 있다 (Fig. 1; 박용안 등, 1984). 만의 중심부에 위치한 묘도를 중심으로 북동쪽의 수심은 약 5 m 이하이며 묘도 주변과 동쪽해역에는 수심 20 m의 수로가 위치한다. 광양만의 서측은 노랑해협을 통하여 진주만과 연결되고 남쪽으로는 여수해만으로 연결된다. 여수해만은 남쪽으로 남해와 연결되고 서쪽으로는 여수반도와 돌산도의 좁은 수로를 따라 가막양만과 연결

된다. 여수해만의 수심은 연변부에서 10 m 정도이며 남해도 쪽의 해역에 발달한 수로부에서는 20 m 이상이다 (Fig. 1). 최근에는 광양만의 북쪽 및 서쪽에 여천공단, 광양제철소와 폐기물 처리장, 그리고 울촌 공단 등을 조성하는 과정에서 많은 인공적인 요소가 가미되어 퇴적환경의 변화를 초래하였다 (김대철, 김길영, 1991; 조태진, 1991; 이연규 등, 1996).

광양만과 여수해만에 분포하는 표층퇴적물의 특성과 퇴적환경은 정점 시료채취를 통한 입도조성 및 분포, 퇴적상 그리고 점토광물의 분포와 특성으로부터 밝혀졌다 (박용안 등, 1984; Kim, Kang, 1991; 김길영 등, 1994; 이연규 등, 1996). 표층퇴적물은 주로 세립질 실트로 구성되며 미세한 퇴적상은 니질 (mud), 사질 니 (sandy mud), 니질 사 (muddy sand), 함력 니질 사 (slightly gravelly sandy mud)·함력 사질 니 (slightly gravelly muddy sand)로 구성된다 (이연규 등, 1996).

과거에 광양만 및 여수해만에서 수행된 음파 탐사는 주로 수심측정을 위한 것이었다 (건설부, 1973a, 1973b; 박용안 등, 1984). 기존의 연구에서는 천부퇴적층의 시추코어를 채취할 때 음파탐사를 병행하여 정점과 정점사이의 수심을 연속적으로 측정하기도 하였다 (김신정, 1995). 그리고, 시추퇴적물을 이용하여 퇴적물의 물리적 성질 및 음파 전달속도의 분포를 파악하였다 (김대철, 김길영, 1991; 김길영 등, 1994; 김신정, 1995). 따라서, 표층 퇴적물의 퇴적구조를 알아내기 위한 광양만 및 여수해만 해역의 고분해능 탄성파 탐사는 미미하였다. 한편, 여수해만 남쪽 연장부인 남해에서는 유니붐 (uniboom)을 이용한 조사 (조운현, 1985)와 3.5 kHz 탐사 (홍석구, 1991; Park *et al.*, 1996)가 수행되었으며, 가막만에서는 유니붐 탐사 (Kang and Chough, 1982)가 실시되었다.

연구 방법

천부 해저퇴적물에 대한 기존의 국내 천부탄성파 자료취득의 대부분은 단일채널의 아날로그 방식에 의해 수행되었다 (김종수 등, 1967). 간편하게 퇴적물 단면도를 얻을 수 있는 이 방법은 아날로그 필터와 이득조절이 중요한 변수이다. 그러나, 가장 큰 단점으로는 아날로그 기록계는 최대최소 신호의 강도의 비율을 나타내는 영역 (dynamic range)이 매우 (<40 dB) 작다. 따라서, 반사된 음파 신호의 왜곡을 피할 수 없으며, 또한 반사된 신호의 전달과정에서 스며든 큰 진폭의

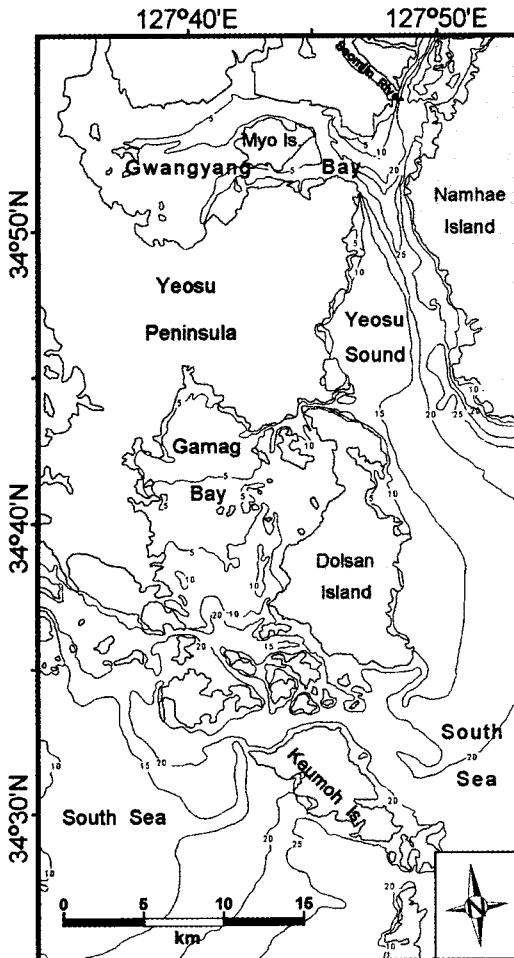


Fig. 1. Location map for Gwangyang Bay and the Yeosu Sound. Bathymetric contours are in meters.

잡음을 제거할 수 없다. 그 반면에 디지털 탄성과 시스템에서는 전산처리에 의한 자료처리단계를 거쳐 향상된 탄성과 단면도 제작이 가능하다. 디지털 장비에 의한 표층 퇴적물의 고해상 탄성파탐사는 외국에서는 이미 상용화되어 있으며, 최근에 PC에 기반을 둔 시스템이 국내에서도 개발된 바 있다 (이호영, 현병구, 1991). 그러나, 실제로 국내에서는 디지털 방식에 의한 자료취득은 최신 장비가 설치된 탐사선에 의한 경우를 제외하고는 매우 미미하다. 이번 표층퇴적물 탐사에서는 고분해능 특성을 갖는 3.5 kHz의 음파를 이용하여 아날로그 방식의 기록을 얻었으며 동시에 그 자료를 자기테이프에 기록하였다. 아날로그 방식으로 녹음된 현장 자료를 실내에서 디지털화 작업을 통하여 변환시킨 후 자료처리를 실시하였다. 이를 통하여 광양만 및 여수해만 일대의 표층퇴적물에 대한 고해상 음향단면도를 복원하였으며, 그 결과로써 자료의 해석에 신뢰성을 높일 수 있었다.

3.5 kHz 천부지층탐사

3.5 kHz 음파 (acoustic pulse)을 이용한 미고결 해저퇴적물 단면탐사 (sub-bottom profiling: SBP)는

1998년 3월초에 광양만-여수해만 일대에서 여수대학교 소속 목련호를 이용하여 실시하였다. 탐사기간 동안의 측정점의 위치는 전지구 위치측정 시스템 (Global Positioning System: GPS)을 이용하여 매 2초 간격으로 기록하였다 (Fig. 2).

탐사에 사용된 3.5 kHz 탄성과 탐사장비 중에서 음원발생장치 (132B, Ocean Research Equipment Ltd. [ORE])는 4개의 송수파기 (transducer)가 병렬로 연결되어 있으며, Transceiver (140, ORE)에서 전원과 시작신호 (trigger pulse)가 공급된다. 송수파기는 탐사동안에 목련호의 우현에 부착하였으며, 배의 속도는 5~6 노트를 유지하였다. 지층탐사기록은 2가지의 아날로그 방식으로 수신하였다. 우선 기록지출력방식으로 그래픽 기록계 (3200S, EPC)를 이용하여 0.25 초 길이의 트레이스 (trace)들을 출력시켰다. 이와 동시에 향후 실시할 디지털 자료처리를 위하여 자기테이프 (magnetic tape)에 녹음을 하였다. 자기기록은 2 채널로 구성되는데 각각 시작음과 반사된 탄성과 기록을 담고 있다.

자기테이프에 담긴 아날로그 자료를 GeoAcoustics사의 디지털 변환기에 의하여 각 트레이스 (trace) 당 40 μ s 간격의 100 ms 길이를 갖는 디지털 자료로 전환하였다. 전산 자료처리 과정에서는 PC에서 운행되는 Geobit 시스템을 사용하였다 (오진용, 서상용, 1994). 고해상 자료이므로 필터링 (filtering)과 같은 음파의 파형을 변하게 하는 기법은 사용하지 않았고 주로 전체적인 이득 조절 (gain control)을 통하여 최종 단면도의 품질을 향상시켰다.

가스함유 퇴적물의 탄성과 영상

표층퇴적물의 탄성과 단면도는 반사면 상부층과 하부층 사이의 음향 임피던스 (acoustic impedance) 차이에 의해 영상화된 결과이다. 그러나, 퇴적물 사이에 소량 (부피 0.1%정도)의 가스 기포 (bubble)만 있어도 음향 에너지는 쉽게 흡수되고 산란되어 탄성과 단면도에는 잡음으로 나타나게 되고, 그 하부층은 투과된 탄성과 에너지가 없으므로 영상화가 되지 않는다. 따라서, 퇴적물 내부에 가스함유의 확인은 탄성과 탐사에 의하여 일차적으로 가능하다. 한편, 가스함유 퇴적물의 상부에 위치한 해저면에서는 가스와 관련된 현상이 관찰될 수 있다. 해저면에 나타나는 주요한 가스 관련 구조로서 함몰자국 (porkmark)과 상승구조인 해저면용기 (seabed dome)와 진흙화산 (mud volcano) 등이 있다.

Judd, Hovland (1992)는 탄성과 단면도에 나타난

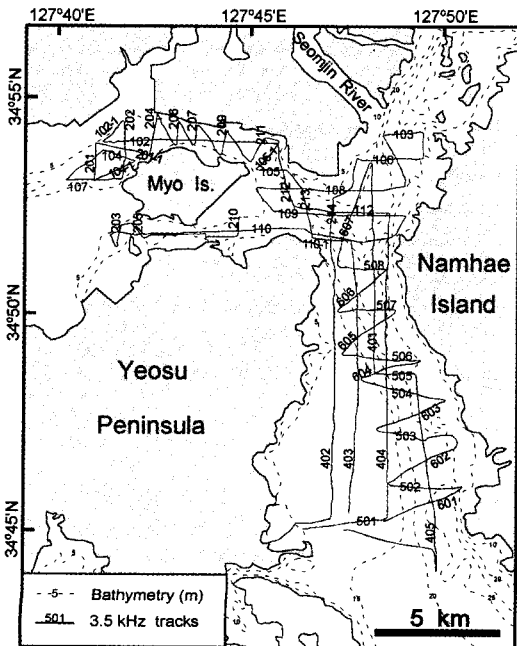


Fig. 2. Survey area and track lines of 3.5 kHz sub-bottom profiling with the line number.

가스를 포함하는 천해 표층퇴적물과 관련된 탄성과 영상을 분석하여 음향산란 (acoustic turbidity), 명점 (bright spot 또는 enhanced reflections), 수직교란 (columnar disturbances 혹은 gas chimneys), 음향공백 (acoustic blanking) 등의 관련된 반사특징을 제시하였다. 음향산란은 혼돈반사형태 (chaotic reflections)를 보여 다른 반사면을 지워버리는 효과를 보인다. 명점은 함유된 가스층의 경계에서 음향 임피던스가 상대적으로 큰 값을 보여 큰 진폭의 반사면으로 나타난다. 수직교란은 수평퇴적층을 가로지르며 상승하는 가스에 의한 효과로서 굴곡과 같은 형태를 보인다. 음향공백은 부분적으로 반사면이 희미하거나 나타나지 않는 현상으로 가스이동에 따른 퇴적물의 층상구조의 파괴이거나 상부 가스층에서 탄성과 에너지의 다량 반사에 따른 결과이다. 이 외에도 가스와 관련되어 탄성과 단면도에서 관찰되는 특징으로는 속도저하효과 (velocity pull-down)의 예를 들 수 있다.

Taylor (1992)는 영국 연안의 천부탄성과 자료에서 관찰된 가스함유층의 탄성과 영상을 분포범위와 경계 형태에 의하여 담요형 (blanket), 장막형 (curtain), 기둥형 (plume)의 3가지로 구분하였다. 담요형은 500 m 이상의 폭으로 자주 불명확한 경계부를 갖으며 근원지

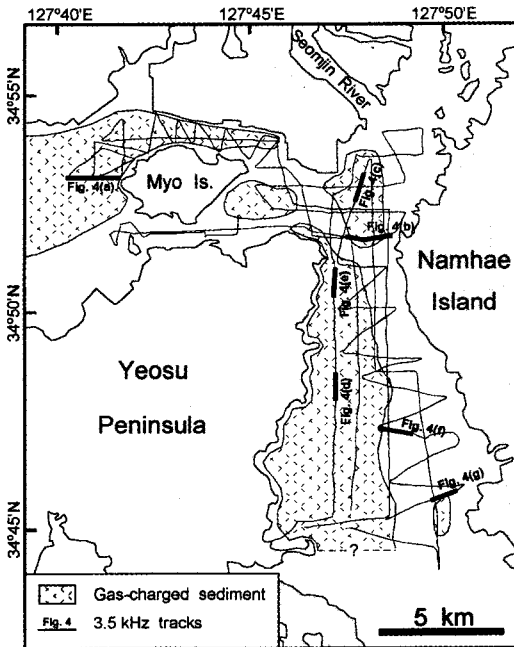


Fig. 3. Occurrence of gas-charged sediments at Gwangyang Bay and the Yeosu Sound. Heavy solid lines represent the locations of 3.5 kHz record shown in Fig. 4.

와 수직적인 연결도 뚜렷하지 않다. 장막형은 명확한 경계부를 포함한 100~500 m의 너비를 보이거나 근원지와의 연결은 불분명하다. 기둥형은 50 m 미만의 크기로 경계 및 근원지와의 연결이 뚜렷하다.

광양만과 여수해만에서 수행한 3.5 kHz 지층탐사에서 관찰되는 가스함유 퇴적물의 분포는 대체로 묘도 서쪽의 광양만 북서부해역, 묘도 남부수로 일부 묘도 동쪽의 광양만 동부해역 그리고 여수해만 서부해역이다 (Fig. 3). 상대적으로 묘도북부수로 지역에서는 가스함유 퇴적층의 발달은 미약하다. 가스분포에 대한 가장 뚜렷한 특징으로는 대체로 수로 (channel)에서는 발달되지 않는다는 점이다. 가스함유 퇴적물이 없는 묘도 남부수로에는 해저면 가까이 음향기반암이 관찰된다. 한편, 여수해만 동쪽에 위치한 수로부 중앙에서 국부적으로 가스함유 퇴적층이 관찰된다. 대표적인 가스함유 퇴적층의 탄성과 영상을 각 지역별로 기존의 표층 퇴적물 연구 및 시추결과와 연결지어 살펴본다.

광양만 서부지역

광양만 일대의 가스함유층의 존재는 일찍부터 알려져 있다. 건설부 (1973a)가 실시한 광양만 일대의 4 kHz 지층탐사에서 획득한 표층퇴적물 단면도에서는 “유기질 이토의 음파 흡수층”으로 하였다. Fig. 4 (a)는 묘도 서쪽의 동서방향의 축선 107 (Figs. 2, 3)에서 나타나는 가스함유층의 탄성과 단면도이다. 약 20 ms의 깊이에서 보이는 툽날 형태의 경계면이 가스함유층의 최상부이며, 전체적으로 음향산란의 탄성과 반사특징을 보이는 담요형에 해당한다. 가스함유층 위에 놓이는 반투명한 퇴적층의 표층퇴적물의 입도분석 결과 니질 퇴적상으로 밝혀졌다 (박용안 등, 1984; 김대철, 김길영, 1991; 이연규 등, 1996). 축선 부근의 시추결과 (건설부, 1973b; E-1 토질주상도)는 약 22 m의 니질층이 기반암위에 쌓여있다. 퇴적물의 속도를 1525 m/s로 할 때 (김대철, 김길영, 1991), 해저면 아래 약 7 m 깊이에 가스함유층의 경계가 있으며, 이 가스함유층으로 인하여 시추로 확인된 기반암의 반사면은 나타나지 않는다.

광양만 동부지역

묘도의 동부에 위치하는 광양만 동부지역의 주요 퇴적환경으로는 섬진삼각주와 노랑수로가 있다 (Fig. 1; 박용안 등, 1984). 3.5 kHz 탄성과 축선을 주로 섬진삼

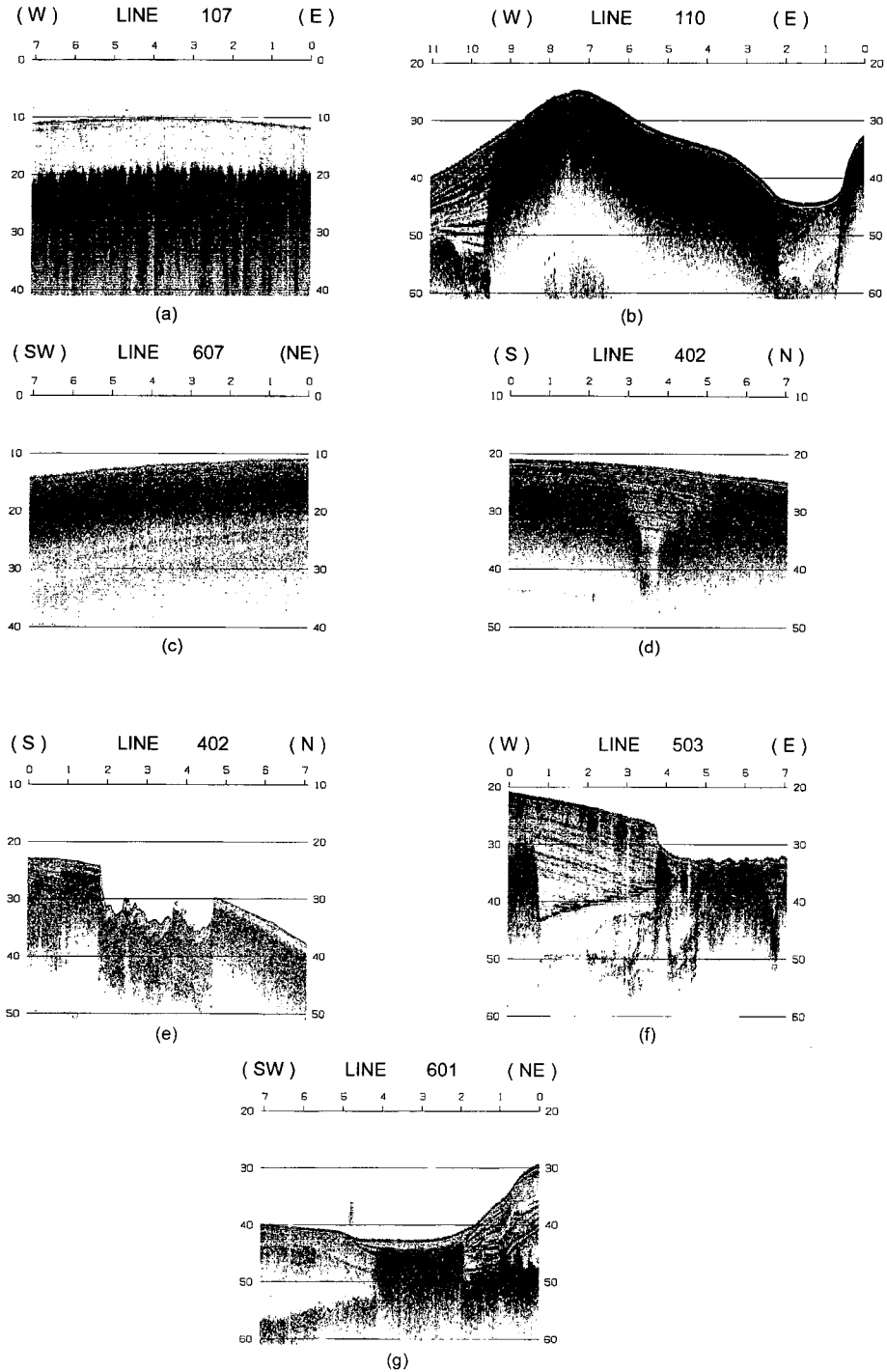


Fig. 4. High-resolution images of gas-charged sediments from 3.5 kHz sub-bottom profiles; (a) Line 107, (b) Line 110, (c) Line 607, (d) Line 402, (e) Line 402, (f) Line 503, and (g) Line 501. Numbers in vertical axis are two-way travel time in millisecond and numbers in horizontal axis are ship cruise time in minute. Assuming the ship speed of 5.5 knot, the distance for one minute is about 170 m. See Fig. 2 for line number and Fig. 3 for location.

각주의 전면층 (foreset)과 기저층 (bottomset) 그리고 묘도 복수로로 이어지는 지역에 전개하였다. Fig. 4(b)는 여수만으로 이어지는 해역을 동서로 가로지르는 축선 110 (Figs. 2, 3)의 일부 단면도이고, Fig. 4(c)는 만의 중앙을 북북동-남남서로 자르는 축선 607 (Figs. 2, 3)의 일부 단면도이다. 이 지역의 가스함유층에 의한 담요형 음향산란은 해저면부터 발달하여 광양만 서부지역의 것과 비교된다. 그 예는 Fig. 4(b)에서 관찰되는데, 우측의 U자 형태의 함몰지역은 노랑수로에 연결되는 수로이고 좌측의 경사층은 섬진삼각주의 전면층을 보여준다. 그림 중앙의 섬진삼각주 퇴적층은 포함된 가스로 인하여 탄성과 에너지가 산란되어 상부는 혼돈반사형태를 보이고, 하부는 상부의 산란으로 인하여 투과된 음향에너지가 약해서 지층기록이 거의 없다. Fig. 4(c)에서도 비슷한 양상을 보이는데 해저면에 인접한 지층반사면은 부분적으로 인식이 가능하나 보다 깊은 곳의 하부층 구조는 완전히 가려진다. 22~30 ms 부근의 반사면은 해저면의 다중반사면 (multiple)이다. 축선에 인접한 시추공에서는 기반암위에 사질 니와 니질로 구성된 약 16 m 두께의 퇴적물이 쌓여있다 (건설부, 1973b; E-8 토질주상도). 표층퇴적물의 입도분석에 의하면 사질 니 퇴적상에 속한다 (이연규 등, 1996).

여수해만 서부지역

Fig. 3에서 제시된 바와 같이 여수만 서부의 표층 퇴적물의 대부분은 가스를 함유하고 있다. 담요형의 형태를 보이는데 광양만 서부의 것과는 달리 가스층이 표층에 근접하여 나타나기도 한다. 지층반사면의 발달과 무관하게 분포하며 때때로 가스층이 존재하지 않는 부분도 나타난다 (Fig. 4(d); 축선 402, Figs. 2, 3). 표층퇴적물을 준설한 지역 (Fig. 4(e); 축선 402, Figs. 2, 3)에서도 가스함유 특징이 관찰되는데 이는 가스가 퇴적물의 깊은 곳까지 존재함을 의미한다. 여수해만의 표층 퇴적상은 남해도에 인접한 지역을 제외하고는 니질 또는 사질 니 퇴적상에 속한다 (이연규 등, 1996)

여수해만의 수로지역

여수해만의 동부에는 수심 20~30 m 정도의 수로부가 위치하는데 일부 서쪽 경계는 인공적으로 준설을 하여 심도를 유지시켰다. Fig. 4(f) (축선 503, Figs. 2, 3)에 제시된 바와 같이 수로 경계부와 관련되어 기동형 탄성과 영상의 가스층이 극부적으로 관찰된다. 이

는 준설공사 후에 생성된 가스층으로 판단한다. 수심이 깊은 수로 중심부 지역에 위치한 퇴적층에서는 장막형의 가스층 영상이 나타나는데 일부 축선에서는 최상부를 제외한 하부층에서만 나타난다 (Fig. 4(g); 축선 601, Figs. 2, 3).

토 론

탄성과 에너지원에 따른 가스함유 퇴적물의 영상

현재까지 국내 대륙붕의 표층퇴적물에 대한 가스함유의 확인은 대부분 탄성과 탐사에 의하여 수행되었다. 사용된 탄성과 에너지의 종류는 3.5 kHz 음향, 500~1000 J 정도의 스파커 (sparker), 그리고 약 1.0 in³ 용량의 에어건 (airgun) 이다 (이치원 등, 1996). 일반적으로 탄성과 영상의 근본적인 차이는 분해능 (resolution)과 투과심도 (penetration depth)에 있으며 이는 탄성과 에너지원의 특성에 따라 좌우된다. 조사 대상이 되는 해저퇴적물의 특성에 따라 차이는 있지만 대체로 3.5 kHz 음원에 의한 결과는 분해능이 0.6 m, 투과심도는 5~40 m를 보인다. 그 반면 1 kJ의 스파커는 2 m 분해능과 100~150 m 투과력을 갖고며 에어건은 그 보다 낮은 분해능과 더 깊은 투과심도를 보인다 (Judd, Hovland, 1992). 즉, 상대적으로 고주파 영역을 갖는 3.5 kHz 음원은 가장 높은 분해능을 갖지만 투과심도는 제한적이며, 니질 퇴적물에 대하여서만 적용이 가능하다. 그러므로, 보다 큰 입자를 갖는 사질 및 역질 퇴적물과 결정질 기반암은 3.5 kHz 음원이 투과를 할 수 없으므로 탄성과 단면도에서 퇴적물 내부의 반사면을 관찰할 수 없다. 연구지역에서는 역질퇴적물이 분포하는 광양만 묘도 남부수로 지역이 그 예가 된다. 그리고, 3.5 kHz 음향단면도에서는 가스함유 니질퇴적층과 가스를 포함하지 않는 사질퇴적물의 탄성과 영상은 유사하므로 구별에 주의를 필요로 한다. 가스함유 니질퇴적층은 여수해만에서와 같이 가스함유층 사이사이에 퇴적물 내부반사면을 관찰할 수 있다. 사질퇴적물의 가스함유 여부는 스파커나 에어건을 이용한 탐사에 의하여 가능하다.

표층퇴적물 가스의 근원

표층퇴적물의 가스는 대체로 퇴적물 당시에 포함된 유기물이 박테리아 활동에 의하여 분해되거나 (생물기원), 지온에 의하여 분해되어 (열기원) 생성된다. 가스

기원의 판단은 정밀하게 채취된 시료의 지화학적 분석을 통하여 가능하지만, 국내에서는 이에 대한 연구가 아직 활발히 수행되지 않고 있다.

흔히 열적기원 가스의 근원은 하부에서 올라오는 탄화수소이다. 그러나, 기존의 연구에 의하면 연구지역의 심부퇴적층인 경상누층군에서 탄화수소가 존재할 가능성은 낮다 (오재호 등, 1996). 그리고, 연구지역의 현생 미고결 표층퇴적물에 대한 지온효과는 그 두께나 시간으로 판단할 때 열적 성숙의 조건으로 고려될 수 없다. 따라서, 추정에 근거한 연구지역의 표층퇴적물에 함유된 가스의 기원은 생물기원으로 생각한다.

이연규 등 (1996)은 광양만 및 여수해만의 표층 퇴적물의 유기물 함량은 1.97~11.66 %로써 조립질 퇴적물에서 세립질 퇴적물로 향하여 증가하는 경향을 보이며 그 분포는 실트분포와 거의 일치함을 밝혔다. 여수해만에서는 남해도보다 여수반도 부근에서 높고, 광양만에서는 동부보다 서부가 더 높은 유기물의 함량 값을 보인다. 대체로 유기물 함량이 높은 표층퇴적물 지역의 탄성과 영상에서 가스존재가 확인된다. 특히, 여수해만에서는 표층퇴적물의 유기물 함량과 가스층의 분포는 일치한다고 볼 수 있다. 그러나, 광양만 서부의 표층퇴적물은 유기물의 함량이 높지만 가스에 의한 음향산란의 효과는 보다 심부에서 관찰된다.

기존 연구에 의하면 광양만과 여수해만의 미고결 현생퇴적물은 섬진강 뿐만 아니라 남해 대륙붕으로부터 유입된다 (박용안 등, 1984; Kim, Kang, 1991; 김길영 등, 1994). 그리고, 그 공급원으로 추정되는 한반도 주변의 현생퇴적층으로는 남해에 발달하는 섬진층, 낙동층, 그리고 서남해역에 발달하는 대상의 니질 퇴적체 (Mud Belt)가 있다 (김승우 등, 1980; 민건홍, 1992). 연구지역과 인접한 돌산도 동부해역 (홍석구, 1991; Park et al., 1996), 가막양만 (Kang, Chough, 1982), 그리고 금오도 해역 (조규장 등, 1984)에서도 가스를 포함하는 천부 퇴적물의 탄성과 영상이 보고된 바 있다.

음향산란면의 경계

유기물로부터 분해된 가스는 퇴적물 내에서는 흠여져서 음향이상 (acoustic anomaly)을 일으키기도 하고, 세립질 퇴적물 내에서는 가스가 모여져서 기포가 생기고 이로부터도 음향이상이 유발된다. 김한준 등 (1990)은 3.5 kHz 음원을 이용하여 한반도 주변 4개 해역 (포항, 부산, 여수, 군산)의 표층퇴적물에 대하여 음속

과 음파감쇠계수를 구하고 이로부터 약 1~8 ppm 범위의 기체함량을 추정하였는데 여수해역에서 가장 높은 값이 나타났다. 그들은 점성손실에 의한 음향감쇠는 무시될 수 있으며, 세립질 퇴적물에 함유된 가스를 음파감쇠의 기계적 원인으로 분석하였다. 일반적으로 기체함량은 표층에서 극히 작고 하부로 갈수록 증가한다.

연구지역의 표층퇴적물에 포함된 가스에 의하여 야기된 음향산란면과 층리면의 관계는 일정하지 않다. 여수해만 수로중앙의 축선에서는 음향산란면이 층리면과 일치하지만 (Fig. 4(g)), 그 외 지역에서는 연관성이 관찰되지 않는다. 한편, 광양만 서부해역에서 음향산란면은 층리면과 일치하지 않지만 일정한 (약 7 m) 깊이를 유지하고 있다. 이 형태는 25년전의 조사 (건설부, 1973a)에서 밝혀진 영상과 비교할 때 전체적으로 거의 변화가 없음을 의미한다. 한편, Abegg, Anderson (1997)은 동일한 가스함유 퇴적물에 대하여 3.5 kHz 자료와 시추코아 자료를 비교 분석해 본 결과 음향산란면이 가스포화점의 하부에 위치하며 두 경계면이 서로 일치하지 않음을 확인하였다.

막대형의 영상은 여수해만의 준설된 수로 경계를 횡단하는 축선에서 관찰되는데 (Fig. 4(f)) 이는 항로 준설 과정에서 미고결 퇴적물 내부에 물리적인 변화가 일어났고 이로부터 주변의 가스가 이동하여 밀집되었다고 파악된다. 따라서, 외부환경의 변화에 의하여 퇴적물에 포함된 가스의 함량이 달라질 수 있음을 보여준다.

결 론

광양만과 여수해만 일대에 분포하는 현생 미고결 퇴적물을 대상으로 3.5 kHz 탄성과 탐사를 실시하여 디지털 자료처리를 통해 고해상 지층단면도를 작성하였다. 주요한 결과는 연구지역의 천부퇴적층에 가스가 존재함이 밝혀졌다. 가스함유 퇴적물의 분포는 대체로 광양만 북서부해역, 묘도 동쪽의 광양만 동부해역 그리고 여수해만 서쪽해역이다. 광양만 북서부해역은 해저면 아래 약 7 m 깊이에 가스함유층의 경계가 있으며, 담요형의 탄성과 영상을 보여준다. 여수만 서부의 표층퇴적물 대부분은 가스를 함유하고 있는데 광양만 서부의 것과는 달리 음향산란을 해저면 근처까지 관찰할 수 있다. 여수해만의 항로지역의 서쪽 경계는 준설공사를 하여 심도를 확보한 지역으로 이와 관련하여 가스층의 기동형 탄성과 영상이 국부적으로 관찰된다.

사 사

3.5 kHz 지층탐사 자료획득에 협조해 주신 여수대학교 소속 목련회의 선장 및 선원 여러분에게 감사드립니다. 본 연구는 교육부 연구비 (과제번호: KIOS-97-M-14) 및 한국과학재단 연구비 (과제번호: 971-0401-003-2) 지원으로 수행되었음을 밝히며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 건설부 (1973a) 여수 · 광양 지역 수심측량 및 지층탐사 보고서. 43p. (8 도면, 4 부도 포함).
- 건설부 (1973b) 여수 · 광양 지역 해양지질조사 보고서. 15p. (120공 토질주상도 포함).
- 김길영, 성준영, 김대철, 김정창 (1994) 여수해만 주변해역 퇴적물의 물리적 및 음향학적 성질. 한국수산학회지, 27권, p. 434-444.
- 김대철, 김길영 (1991) 광양만 미고결 퇴적물의 물리적 및 음향학적 성질: 북태평양 대륙붕 및 사면자료와의 비교. 한국수산학회지, 24권, p. 289-302.
- 김승우, 장정해, 정공수, 조규장, 김철민, 박관순, 김원식, 신원철, 박근필 (1980) 서해 남부 해저퇴적물 연구 (옥산도-자은도간). 한국자원개발연구소, KIGAM Bull 11, 24p.
- 김승우, 김중수, 이윤오, 공영세, 이치원, 민건홍, 박영수, 최계립 (1986) 연근해저 지질조사연구 (남해-거제도해역). 한국동력자원연구소 조사연구보고서, KR-86-20, p. 7-52.
- 김신정 (1995) 광양만 동부해역 퇴적물 특성과 저류성 유공충 군집 분포. 이학석사 학위논문, 부산수산대학교, 74p.
- 김중수, 조규장, 안은식, 양승진, 서정희 (1967) 포항 일역 해상물리 탐사 보고서. 국립지질조사소 물리탐사보고, 1권, p. 61-84.
- 김한준, 석봉출, 김성렬, 한상준 (1990) 한반도 주변해역 해저표층퇴적물의 음파감쇠계수와 생물기원 기체함량. 한국해양학회지, 25권, p. 26-35.
- 민건홍 (1992) 한국 남해대륙붕의 현세 해침에 따른 퇴적층과 퇴적기구. 한국퇴적학연구그룹 특별논문집; 한반도와 주변 해역의 퇴적분지 (조성권 편집). 한림원, 서울, p. 1-21.
- 박용안, 이창복, 최진혁 (1984) 광양만의 퇴적환경에 관한 연구. 한국해양학회지, 19권, p. 82-88.
- 오재호, 광영훈, 손진담, 정태진, 류병재, 손병국, 이영주, 김학주, 황인걸, 고재홍 (1996) 육상 함유가능 분지분석 연구 (진주지역 2차년도). 한국자원연구소 연구보고서, KR-95 (C)-24, p. 183-287.
- 오진용, 서상용 (1994) 지오빗 (Geobit)-새로운 탄성과 자료 전산처리 무른모. 한국석유지질학회지, 2권, p. 101-104.
- 이연규, 황진연, 정규귀, 최정민 (1996) 광양만 및 여수해만 퇴적환경변화 -퇴적물 특성과 점토광물 분포를 중심으로. 한국지국과학회지, 17권, p. 407-416.
- 이호영, 현병구 (1991) 마이크로 컴퓨터를 이용한 천해저 고해상 반사법 탄성과 탐사자료의 취득 및 처리에 관한 연구. 한국자원과학회지, 28권, p. 497-511.
- 이치원, 김승우, 장정해, 김원식, 신원철, 민건홍, 박영수, 이호영, 진재화, 김성필, 김정기, (1997) 해저지질조사 연구 (제주남부해역). 한국자원연구소 연구보고서, KR-96 (C)-30, 247p.
- 정미숙, 김기영, 허식, 김한준 (1999) 탄성과 자료 고해상도 재처리를 통한 동해해역의 제4기 단층 및 천부 가스 인지, 지구물리, 2권, p. 39-44.
- 조규장, 이원영, 김원식, 박관순, 한현철, 박근필, 신원철, 이호영, 최완실 (1984) 해양물리탐사연구 (여수, 백도 일대해역). 한국동력자원연구소 연구보고서, 83-허저자원-2-15, p. 81-146.
- 조운현 (1985) 여수 남해 해저 지층내의 탄성과 전도속도와 지층구조에 관한 연구. 부산대학교대학원 이학석사논문, 76p.
- 조태진 (1991) 광양만 조석해수면 변동의 미고결 퇴적층에 대한 영향. 한국수산학회지, 24권, p. 9-20.
- 허식, 천종화, 한상준, 유혜수, 김성렬, 김한준, 최동림, 이용국 (1999) 울릉분지 남동부 천부가스층의 분포, 특성 및 퇴적환경. 지질학회지, 35권, p. 201-212.
- 홍석구 (1991) 한국남해 내대륙붕 퇴적물의 제4기 탄성과 층서연구. 충남대학교대학원 이학석사논문, 78p.
- Abegg, F. and Anderson, A.L. (1997) The acoustic turbid layer in muddy sediments of Eckernfoerde Bay, Western Baltic: methane concentration, saturation and bubble characteristics. Marine Geology, v. 137, p. 137-147.
- Floodgate, G.D. and Judd, A.G. (1992) The origins of shallow gas. Continental Shelf Research, v. 12, p. 1145-1156.
- Jodd, A.G. and Hovland, M. (1992) The evidence of shallow gas in marine sediments. Continental Shelf Research, v. 12, p. 1081-1095.
- Kang, H.J. and Chough, S.K. (1982) Gamagyang Bay, Southern Coast of Korea: Sedimentation on a tide-dominated rocky embayment. Marine Geology, v. 48, p. 197-214.
- Kim, D.C. and Kang, H.J. (1991) Suspended sediment budget in Kwangyang Bay through the Yeosu Sound. Bull. Korea Fish. Soc., v. 24, p. 336-341.
- Kvenvolden, K.A. and Barnard L.A. (1983) Hydrates of natural gas in continental margins, In: Watkins, J.A. and Drake, C.L. (eds.) Studies in continental margin geology. Am. Ass. Pet. Geol. Memoir 34, p. 631-640.
- Park, S.C., Hong, S.K., and Kim, D.C. (1996) Evolution of late Quaternary deposits on the inner shelf of the South Sea of Korea. Marine Geology, v. 131, p. 219-232.
- Park, S.C., Jang, K.M., and Lee, S.D. (1990) High-resolution seismic study of modern fine-grained deposits: Inner shelf off the Southeastern Coast of Korea. Geo-Marine Letters, v. 10, p. 145-149.
- Taylor, D.I. (1992) Nearshore shallow gas around the U.K. coast. Continental Shelf Research, v. 12, p. 1135-1144.