

가스하이드레이트 탐사를 위한 특성화 전산처리(I)

(구간속도변화 분석을 중심으로)

정부홍, 류병재, 서상용, 장성형¹⁾

1. 서론

한국지질자원연구원은 동해지역에서 가스하이드레이트 탐사를 위해 한국가스공사와 공동으로 2000년부터 2004년까지 5개년 계획으로 탄성과 탐사를 수행 중이다. 본 사업팀은 포항 동쪽, 울릉도 남부 해역에서 2000년 취득한 26개 축선, 약 2,500 km/line의 탄성과 탐사자료를 전산처리하여 중합단면도를 제작하였다. 중합단면도를 이용한 일차 해석결과 탐사지역에서 가스의 삼출(seepage)에 기인한 것으로 볼 수 있는 해저면 마운드(mound), 가스 컬럼(gas column) 및 폭마크(pock mark) 등이 여러 곳에서 확인되었다. 또, 탐사 대상지역에서 채취한 코아 시료의 분석결과에 의하면 메탄가스의 함량 및 총유기탄소(total organic carbon) 함량 등의 수치가 가스하이드레이트 생성 요건을 충족하고 있다. 이와 같은 사실은 탐사 대상지역에서 가스하이드레이트 생성을 위한 기본조건 즉, 저온과 고압의 조건이 충족될 경우 가스하이드레이트가 생성될 수 있음을 시사한다.

개략 탐사에서 가스하이드레이트의 부존 여부를 판정할 수 있는 가장 강력한 방법은 지층단면도 상에서 가상 BSR(Bottom Simulating Reflector)을 식별하고 이 가상 BSR 층의 구간속도, 진폭, 주파수 등의 특성을 분석하여 BSR의 알려진 특성과 비교하는 것이다. 특히 구간속도의 반전은 가스하이드레이트의 부존을 시사하는 증거가 될 수 있다.

그러므로 본 사업팀은 26개의 지층단면도 상에서 BSR의 대표적인 특성인 몇 가지 조건을 만족하면서 BSR로 추정되는 지역을 선정하여 이 지역에 대한 구간속도를 구하여 가상 BSR 상부와 하부의 구간 속도를 대비하였다. 정밀속도분석 대부분의 구간에서 구간속도의 반전이 일어나고 있어 하이드레이트의 부존 가능성이 높은 것으로 예상된다.

본 전산처리 대상지역은 많은 균열과 단층에 의해 반사면의 연속성이 낮은 불규칙한 지층으로 형성되어 속도함수를 구하는 전산처리 작업이 어려웠다. 그러므로 신호와 잡음의 비를 높이기 위한 신중하고 정밀한 전산처리 과정을 포함한 전산처리가 수행되었다. 이러한 전산처리 공정과 품질을 평가하기 위해 국외 전문가와 국내 전문가를 초청하여 신뢰도가 높은 전산처리 공정과 매개변수를 구하도록 노력하였다.

본 대상지역의 전산처리를 위해 사용한 전산처리 프로그램은 미국 Landmark 사가 개발한 ProMax98.6 버전이다. 이 프로그램은 최신 2000년 10월에 발표한 버전으로 전세계적으로 가장 많이 사용되는 프로그램이다. 주 전산기는 Sunworkstation Enterprise-3000이다. 주변 장치로는 전산처리에 필요한 디스크 공간을 확보하기 위해 본 연구원에서 개발하여 특허 등록된 파일서버시스템을 네트워크로 연결하여 사용하였다. 이 파일서버의 저장공간은 약 900Gbyte이다. 중간전산처리 결과를 확인하기 위한 OYO624-II 흑백플로터와 HP750C 칼라 플로터가 사용되었다.

본 연구발표의 내용은 26개 축선 중 축선 00GH-04의 음원 500번부터 4,500까지 4,000개의 기록자료의 처리과정 중 속도분석 과정과 결과에 관한 것이다. 이 중 정밀 속도분석 음원 2,350부터 3,050까지 8.75km 구간이다.

2. 전산처리

가. 자료입력

본 전산처리 자료는 현장탐사 기록 시 동시에 기록한 항측자료를 포함하며 “UKOOA 2D marine” 표준형태로 기록된다. 이 자료는 음원과 수신기의 위치 정보를 갖고 있다. 항측자료와 탄성과 자료를 일치시켜 주전산기 저장공간에 보관하는 과정이 자료 입력과정이다. 이 과정의 사소한 오류는 전 전산처리 과정에 그릇된 결과를 미치므로 신중한 작업과정을 요하고 이 과정이 끝나면 반듯이 정밀한 검증을 해야한다. 본 전산처리 자료의 탐사 재원 중 전산처리에 필요한 내용은 다음과 같다.

- 음원 간격 : 12.5m
- 수신기 간격 : 6.25m
- 오프셋 : Near offset : 50m, Far offset : 643.75m
- 기록시간 : 4000ms
- 기록간격 : 1ms
- 기록형태 : SEG-Y 8015

나. 속도분석 전 처리과정

- 1) 이득회수 : 음원의 전파거리에 따른 진폭 감쇠 현상을 보정하기 위해 1/D 함수를 이용한 구형발산 보정과 4dB/sec 매개변수를 사용하여 이득회수를 하였다.
- 2) 디콘 : 음원모음의 자료를 스펙트럴 분석한 결과 음원의 버블효과와 수신기의 커플링에 의한 고스트(ghost)가 포함되어있는 상태를 발견되어 탄성과 기록으로부터 이를 분리하기 위한 전산처리 과정이 필요하였다. 디시그네춰(designature)디콘과 프리딕티브스파이크디콘(predictive spike decon)의 전산처리 과정을 선택하여 탄성과 기록을 영위상 신호로 변환시킴으로써 신호와 잡음을 분리하였다.
- 3) 다중반사파 제거 : 탐사 대상지역의 상부지층은 퇴적물이 완전히 고결되지 않은 상태로 다른 지역에 비해 지층의 심도 증가에 따른 탄성과 속도증가 비가 낮았다. 본 탄성과 기록에 포함된 버블효과와 커플링효과와 다중반사파는 디콘에 의해 감소되었으나 디콘 전산처리 이후에도 많은 에너지가 지층의 반사면에 의한 1차 신호와 중첩된 상태로 존재하였다. 이러한 결과는 속도분석의 정확도를 저하시키고 있었으므로 이로 인한 잡음을 제거하기 위한 다중반사파 제거 전산처리 과정인 “FK-demultiple attenuation”, 타우피변환에 의한 “radon filter” 전산처리 과정을 수행하였다.

다. 1차 속도분석

본 탐사지역은 지질학적인 정보가 빈약하여 속도분석을 위한 가이드속도를 선택하기 위하여 1차 CVS(Constant velocity stack)를 광범위한 속도구간에 대해 실시하여 본 전산처리의 관심구간인 왕복 주시시간 3,000ms 근방의 중합속도를 2,500m/s로 결정하였다. 또, 1,500-2,500m/s 사이의 좁은 속도간

격을 이용하여 2차 CVS를 수행하였다. 그 결과 속도분석을 위한 최적의 가이드속도함수의 타당성을 확인하였다.

정확한 1차 반사면의 중합속도를 구하기 위하여 속도 축 1,400-3,000m/s 구간을 100등분하고, 주시 시간 축을 3,200ms 까지 매 40ms로 분할하여 샘플런스스펙트라를 제작하였다. 속도분석 위치의 공심점모음의 등거리 윗셋을 보장하기 위하여 공심점모음 9개를 이용하여 슈퍼공심점모음을 만들었다. 가이드속도함수를 기준으로 속도분석 시작시각에서 200m/s, 종료시각에서 1,000m/s 구간을 주시시간과 가이드속도함수에 비례하여 11등분한 보조 가이드속도함수를 이용하여 인접한 9개의 공심점 모음의 11개 소중합도를 제작하였다. 샘플런스스펙트라, 선택한 속도함수에 의한 소중합도, 가이드 및 보조가이드 속도함수에 의한 소중합도들은 동일한 창에 표시되며 지층의 해당 중합속도를 선택하기 위한 상호 보완정보를 제공한다.

라. 경사동보정(DMO: Dip moveout correction)과 중합전 구조보정(Prestack Kirchhoff Time Migration)

일반적인 전산처리 과정에서 중합 전 구조보정은 지형의 경사가 심한 경우 경사지층의 탄성과 반사점 변위를 보정하기 위하여 실시하며 이는 중합단면도의 질을 높이는 효과가 있다. 또, 지층의 반사면이 단층이나 다른 원인에 의해 연속성이 낮은 경우 지층의 불연속면에서 발생한 파면의 회절 현상을 약화시킨다. 파면의 회절현상은 지층의 반사면에 의한 1차 반사신호를 크게 약화시켜 속도분석 시 주 반사면의 속도변화 경향의 상부나 하부에 강한 샘플런스 이상대를 생성하여 중합속도 선택에 심한 혼란을 야기 시킨다. 이러한 효과를 제거하기 위해 본 전산처리 과정에서는 1차 속도분석으로 구한 중합속도를 이용하여 DMO 보정을 하였으며 그 결과를 이용한 공심점모음으로 2차 속도분석을 하여 지층의 경사에 의한 중합속도의 변화와 지층의 불연속면에서 발생한 회절현상이 최소화 될 때까지 수차 반복하여 중합속도의 질을 향상시키면서 DMO 보정을 반복 수행하였다.

최종 DMO 보정 결과인 공심점모음은 구간속도의 변화를 분석하기 위한 속도분석의 입력자료가 된다. 최종속도분석을 수행하여 얻어진 속도함수는 중합 전 구조보정과 중합속도로 사용된다. 또, 중합 후 구조보정을 위한 기본 속도함수로 이용된다.

마. 최종 정밀 속도 분석

최종 정밀속도분석을 준비하는 단계는 1차 속도분석과정과 유사하나 우선 입력자료가 DMO보정된 공심점모음인 점과 속도함수를 더욱 조밀한 매 315m 간격으로 구한다는 점이 다르다. 또, 정밀속도분석을 위한 대화식 속도분석시스템은 속도분석창과 중합단면도창을 동시에 열어놓고 각 창을 상호 왕복 확인하면서 속도를 구하는 방법으로 일반속도분석에 비해 많은 작업시간을 요하나 정확한 속도를 선택할 수 있다. 이 때 중합도에는 가상 BSR면 외에도 일반 반사면 5-6개를 해석하여 표시하였으며 속도분석창에서 선택한 속도함수의 변화가 색으로 중합도창에 구별되어 나타나므로 아주 정밀하고 정확한 속도함수를 구할 수 있다.

Fig-1은 속도함수를 구하는 샘플런스스펙트럼과 소중합단면도가 표시된 창이다. Fig-2는 중합단면도에 가상 BSR면을 포함한 지층의 반사면들을 해석한 지층의 단면도와 속도함수의 변화를 중첩하여 표시한 그림이다. Fig-3은 이와 같은 방법으로 구한 속도함수와 이를 구간속도로 변환한 결과를 보이는 그림이다.

3. 결론

가. 동해 지역에서는 해저면과 평행한 퇴적층의 발달 상태에 의해 BSR의 확인이 용이하지 못하다. 그러나 온도와 압력의 조건이 충족될 경우, 가스하이드레이트가 생성될 수 있는 지질학적 조건을 갖추고 있다.

나. 본 전산처리 구간의 일부 지역에서 BSR로 추정된 구간에서 구간속도가 반전된다. 이러한 현상은 강력한 가스하이드레이트의 부존을 시사하는 지시자가 될 수 있다. 그 층의 두께는 300m 정도이며 규모는 약 3km 구간이다.

4. 참고문헌

류병재 외, 1999, 21세기 신에너지자원 가스하이드레이트 연구, 한국자원연구소, KR-99(B)-09
장성형, 서상용, 정부홍, 류병재, 1999, Geobit을 이용한 가스하이드레이트 탐사자료 전산처리. 물리탐사학회지, 제 2권,4호.

Christine Ecker, Seismic Characterization of Methane Hydrate structures,
http://sepwww.stanford.edu/public/docs/sep96/paper_html/node24.html

1) 한국지질자원연구원 석유해저연구부

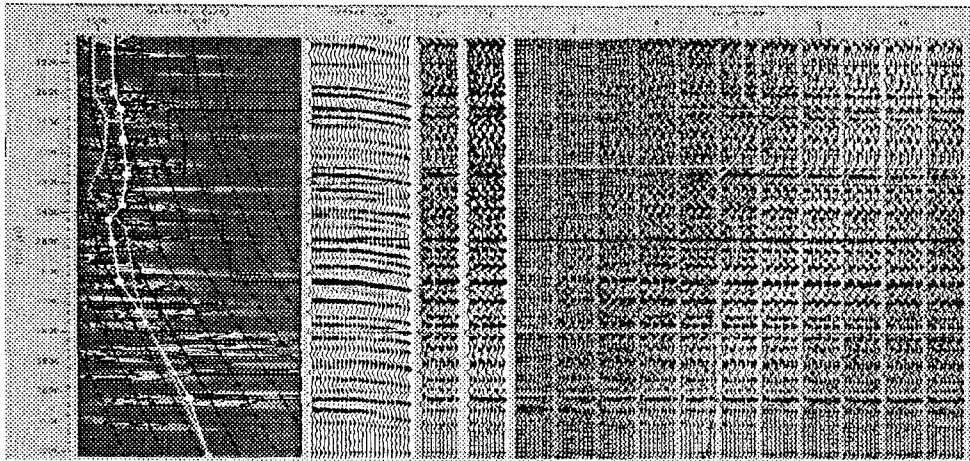


Fig-1 Velocity analysis window

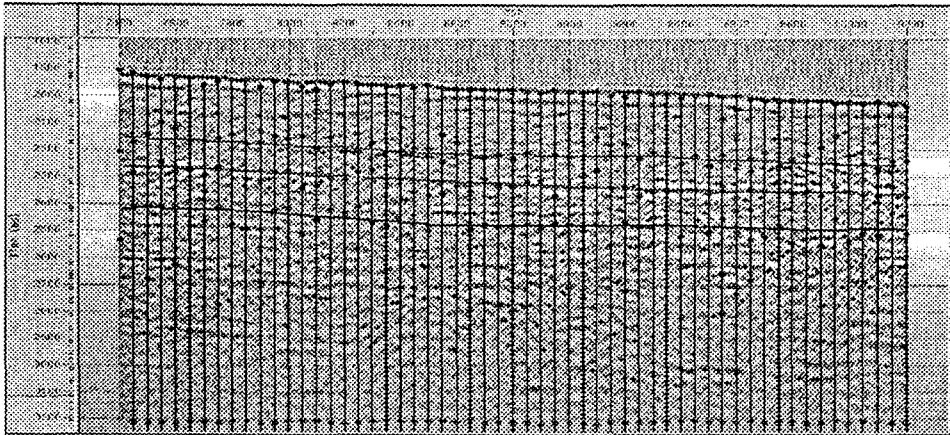


Fig-2 Seismic stack section and velocity picking points with horizons for velocity picking control.

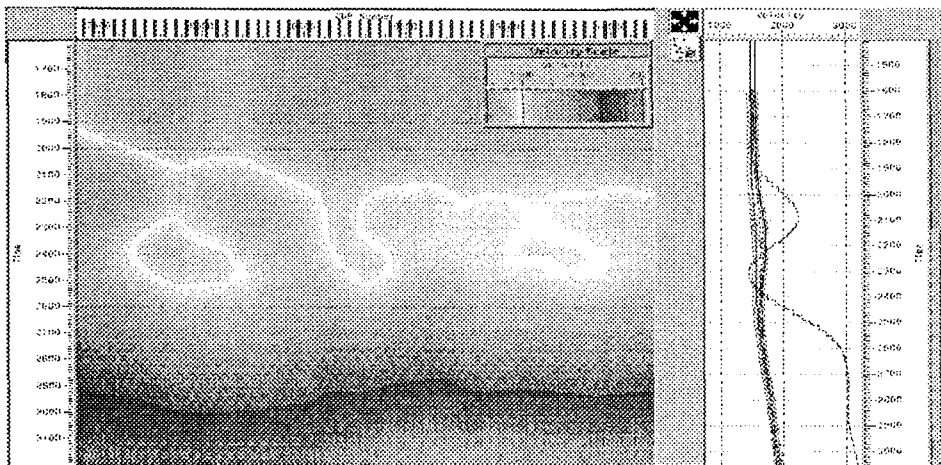


Fig-3 Seismic velocity distribution map and smoothed interval and RMS velocity