



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2014년07월09일  
 (11) 등록번호 10-1416278  
 (24) 등록일자 2014년07월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 G01V 1/38 (2006.01) G01V 1/22 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2014-0029352  
 (22) 출원일자 2014년03월13일  
 심사청구일자 2014년03월13일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020060032773 A

(73) 특허권자  
 한국지질자원연구원  
 대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)  
 (72) 발명자  
 김영준  
 대전광역시 서구 도안동로 177 (도안동, 수목도아파트) 113-1703  
 구남형  
 대전광역시 서구 둔산남로 127 (둔산동, 목련아파트) 202-1006  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 김종관, 박창희, 권오식

전체 청구항 수 : 총 8 항

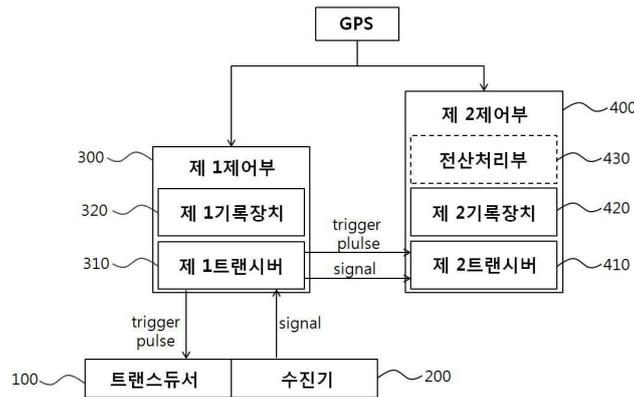
심사관 : 정중환

(54) 발명의 명칭 **첩 방식 천부지층 탐사 장비 및 이를 이용한 천부지층 탐사 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 천부지층을 탐사하기 위한 첩(chirp) 방식 천부지층 탐사 장비 및 이를 이용한 천부지층 탐사 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 첩 원시 자료를 기록할 수 있는 새로운 장비를 구비하고 기록된 첩 원시 자료를 이용하여 극성 및 위상 정보를 포함한 고해상도의 첩 원시 단면을 제작함으로써, 지층의 연속성과 해상도가 향상된 첩 방식 천부지층 탐사 장비 및 이를 이용한 천부지층 탐사 방법에 관한 것이다.

**대표도** - 도3



(72) 발명자

**정순홍**

대전광역시 유성구 반석서로 109 (반석동, 반석마을7단지아파트) 706-1702

**천중화**

대전광역시 유성구 은구비남로 56 (노은동, 열매마을9단지) 902동 401호

**유동근**

대전광역시 서구 정림서로 162-18 (정림동, 강변들보람아파트) 103-202

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GP2014-008

부처명 미래창조과학부

연구사업명 주요사업-산업계연계형

연구과제명 엔지니어링 규모 해저 탄성파탐사 3D 시스템 개발

기여율 1/2

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2014.01.01 ~ 2014.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GP2012-027

부처명 미래창조과학부

연구사업명 주요사업-부처임무형

연구과제명 가스하이드레이트 환경영향 분석 연구

기여율 1/2

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2012.01.01 ~ 2016.12.31

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

첩(chirp) 방식의 천부지층을 탐사하는 장비에 있어서,

음원을 송신하는 트랜스듀서;

상기 트랜스듀서에서 송신된 음원이 해저 지층 경계면에서 반사되어 되돌아오는 신호를 수신하는 수신기;

상기 트랜스듀서로 트리거신호를 전송하며 상기 수신기에서 수신된 신호를 입력받는 제 1트랜시버 및 수신된 자료를 전달받아 전산처리하여 엔벨로프 형태의 첩 단면으로 기록하는 제 1기록장치를 포함하여 구성되며, 탐사 장비 전체를 운용하는 제 1제어부;

상기 제 1트랜시버로부터 트리거신호 및 수신된 자료를 전달받는 제 2트랜시버 및 수신된 자료를 원시 자료 형태로 기록하는 제 2기록장치를 포함하여 구성되는 제 2제어부;

로 이루어지는 첩 방식 천부지층 탐사 장비.

### 청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 제 2제어부는,

제 2기록장치에 기록된 원시 자료를 전산처리하여 극성 정보를 색깔로 구분하여 나타낸, 극성 및 위상 정보가 포함된 고해상도의 첩 원시 단면을 얻는 전산처리부;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 첩 방식 천부지층 탐사 장비.

### 청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 천부지층 탐사 장비는,

자료의 용량을 줄이기 위해 탐사 대상에 대한 기록 구간을 지정하는 것을 특징으로 하는 첩 방식 천부지층 탐사 장비.

### 청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 천부지층 탐사 장비는,

등거리 발파를 하는 것을 특징으로 하는 첩 방식 천부지층 탐사 장비.

### 청구항 5

트랜스듀서, 수신기, 제 1제어부 및 제 2제어부를 포함하여 이루어지는 첩 방식 천부지층 탐사 장비를 이용하는 천부지층 탐사 방법에 있어서,

상기 트랜스듀서에서 음원을 송신하는 송신 단계;

상기 송신 단계에서 송신된 음원이 해저 지층 경계면에서 반사되어 되돌아오는 신호를 상기 수신기로 수신하여 상기 제 1제어부로 전달하는 수신 단계;

상기 수신 단계에서 수신된 신호는 상기 제 2제어부로 전달되며, 상기 제 1제어부에서 전산처리를 통해 엔벨로프 형태의 첩 단면으로 저장되는 기록 단계;

상기 제 2제어부에서 전산처리하지 않은 원시 자료가 저장되는 원시 자료 기록 단계;

를 포함하여 이루어지는 천부지층 탐사 방법.

**청구항 6**

제 5항에 있어서, 상기 원시 자료 기록 단계 이후,

상기 원시 자료 기록 단계에서 기록된 원시 자료를 전산처리하여 극성 정보를 색깔로 구분하여 나타낸, 극성 및 위상 정보가 포함된 고해상도의 첩 원시 단면을 얻는 전산처리 단계;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 천부지층 탐사 방법.

**청구항 7**

제 6항에 있어서, 상기 전산처리 단계는,

상기 기록 단계에서 기록된 원시 자료와 음원의 스윙 파형지문을 상관(Correlation)하는 1 단계;

상기 스윙 파형지문의 자기 상관을 통해 도출된 클라우드 요소파를 이용하여 역필터를 설계한 후, 상기 1단계를 거친 자료와 곱말기(Convolution)하는 2 단계;

를 포함하여 이루어져 극성 및 위상 정보가 포함된 고해상도의 첩 원시 단면을 얻는 것을 특징으로 하는 천부지층 탐사 방법.

**청구항 8**

제 6항에 있어서, 상기 전산처리 단계는,

디지털 필터링(digital filtering) 처리, 이득 회수(gain recovery) 보정, 디콘볼루션(deconvolution) 처리, 수평 거리 보정(horizontal distance correction), 너울 효과 보정(swell effect correction) 또는 구조보정(migration) 중 선택되는 어느 하나 이상의 보정 또는 처리 방법을 적용하는 것을 특징으로 하는 천부지층 탐사 방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 천부지층을 탐사하기 위한 첩(chirp) 방식 천부지층 탐사 장비 및 이를 이용한 천부지층 탐사 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 첩 원시 자료를 기록할 수 있는 새로운 장비를 구비하고 기록된 첩 원시 자료를 이용하여 극성 및 위상 정보를 포함한 고해상도의 첩 원시 단면을 제작함으로써, 지층의 연속성과 해상도가 향상된 첩 방식 천부지층 탐사 장비 및 이를 이용한 천부지층 탐사 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 해양 탄성과 탐사는 수면에서 인위적으로 발생시킨 탄성파가 해저 지층에서 반사되거나 굴절되어 되돌아오는 것을 수신기로 기록하여 지하의 지층 구조나 퇴적물 및 암석의 물리적 특성을 규명하는 것으로, 석유, 천연가스, 가스하이드레이트 등 해저에 부존하는 자원을 탐사하는 자원 탐사와 해저 파이프라인 및 케이블 매설, 해저터널, 해저 저장시설, 교량 등과 같은 해양 건설공사를 위한 엔지니어링 목적의 탐사로 구분할 수 있다. 일반적인 해양 탄성과 탐사는 음원과 수신기를 탐사선으로 예인하거나 선체에 탑재하여 자료를 취득한다.

[0003] 음원이 저주파일수록 지층 투과가 잘 되지만 자료의 해상도는 낮아지고, 반대로 고주파일수록 지층 투과는 비교적 어렵지만 자료의 해상도가 높아진다. 따라서 자원 탐사를 목적으로 하는 경우, 수 킬로미터 깊이의 지질구조 파악을 목적으로 하기 때문에 대용량의 에어건(air gun)과 수 킬로미터 길이의 긴 스트리머(streamer)를 사용한다. 그러나 엔지니어링 목적의 탐사는 수심이 얇은 지역에서 천부지질구조 파악을 목적으로 하기 때문에 고주파

수의 소형 에어건, 스파커(sparker), 부머(boomer) 등의 음원발생장치와 단일채널 또는 소규모의 다중채널 스트리머를 사용한다.

[0004] 이외에도 자원 탐사 및 엔지니어링 목적의 탐사에서 해저 지형이나 천부 지질구조 파악을 위해서 다중빔(multi-beam), 사이드 스캔 소나(side scan sonar), 첩(chirp) 방식의 천부지층탐사(SBP; sub-bottom profiling)를 수행한다. 다중빔은 해저 지형을 3차원 입체 형태로 확인할 수 있으며, 사이드 스캔 소나는 해저면을 영상화하는 탐사이다. 그리고 첩 탐사는 해저면에서 수십 미터 깊이의 천부지층구조를 파악할 수 있다. 이와 관련된 기술이 한국등록특허 제 0648917호("다중음원과 첩 신호를 이용한 선저 탐제식 수중초음파탐상장치", 등록일 : 2006.11.16)에 기재되어 있다. 상기 선행문헌은 본 발명과 동일한 기술 분야의 발명으로, 도 1에 도시하였으며, 다중음원과 첩(Chirp) 신호를 이용한 선저(船底)탐제식 수중초음파 탐상장치에 관한 것이다.

[0005] 첩은 짧은 펄스의 단일 주파수 음원을 가지는 부머(boomer), 핑어(pinger) 등을 사용하는 시스템과 달리, 시간에 따라 주파수 특성이 변하는 스위프 신호(sweep signal), 즉 주파수 변조(FM; frequency modulation) 펄스를 송신한다. 일반적인 첩 신호는 20 ~ 50ms 의 펄스 길이에 1 ~ 10 kHz의 광대역폭(wideband)을 가지는 스위프 형태로 송신되기 때문에 10 cm 정도의 고해상도와 약 100 m 이내의 깊이로 투과되는 해저지층자료를 얻을 수 있다. 첩 탐사의 주목적은 천부 퇴적층 및 층서 구별이기 때문에 해석의 용이함을 위해 양의 극성(positive polarity)만 가지고 있는 엔벨로프(envelope) 형태로 나타내어진다. 하지만, 이러한 처리 방법에서는 극성과 위상(phase) 정보가 무시된다. 만약 위상 정보를 포함한 첩 자료를 활용할 수 있다면, 첩 자료를 이용한 음향학적 특성에 관한 연구, 코어 퇴적구조와의 매칭 그리고 반사 계수 등을 이용한 퇴적물 분류 등 다양한 첩 탐사 연구가 가능하다. 따라서 기존의 엔벨로프 형태로 기록된 첩 자료와 동시에 극성과 위상 정보를 포함한 첩 자료를 취득하는 새로운 탐사 장비가 요구되고 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0006] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제 0648917호("다중음원과 첩 신호를 이용한 선저 탐제식 수중초음파탐상장치", 등록일 : 2006.11.16)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0007] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 첩 원시 자료를 기록할 수 있는 새로운 장비를 구비하고 취득된 원시 자료를 전산처리를 통해 극성 및 위상 정보가 포함된 첩 원시 단면을 제작할 수 있도록 함으로써, 해상도가 더욱 향상되고 자료의 활용 범위를 넓힌 첩 방식 천부지층 탐사 장비 및 이를 이용한 천부지층 탐사 방법을 제공하는 것이다.

[0008] 또한, 본 발명의 목적은 종래의 탐사 장비에서 엔벨로프 형태로 제공되는 자료와 함께 극성 및 위상 정보가 포함된 자료를 동시에 취득할 수 있어, 두 자료를 종합하여 해석함으로써 자료의 정확도 및 신뢰성이 매우 우수한 첩 방식 천부지층 탐사 장비 및 이를 이용한 천부지층 탐사 방법을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0009] 본 발명은 첩(chirp) 방식의 천부지층을 탐사하는 장비에 있어서, 음원을 송신하는 트랜스듀서; 상기 트랜스듀서에서 송신된 음원이 해저 지층 경계면에서 반사되어 되돌아오는 신호를 수신하는 수신기; 상기 트랜스듀서로 트리거신호를 전송하며 상기 수신기에서 수신된 신호를 입력받는 제 1트랜시버 및 수신된 자료를 전달받아 전산처리하여 엔벨로프 형태의 첩 단면으로 기록하는 제 1기록장치를 포함하여 구성되며, 탐사 장비 전체를 운용하는 제 1제어부; 상기 제 1트랜시버로부터 트리거신호 및 수신된 자료를 전달받는 제 2트랜시버 및 수신된 자료를 원시 자료 형태로 기록하는 제 2기록장치를 포함하여 구성되는 제 2제어부;로 이루어질 수 있다.

[0010] 또한, 상기 제 2제어부는 제 2기록장치에 기록된 원시 자료를 전산처리하여 극성 정보를 색깔로 구분하여 나타

낸, 극성 및 위상 정보가 포함된 고해상도의 첩 원시 단면을 얻는 전산처리부;를 더 포함할 수도 있다.

- [0011] 또, 본 발명에 의한 천부지층 탐사 장비는 자료의 용량을 줄이기 위해 탐사 대상에 대한 기록 구간을 지정할 수 있으며, 등거리 발파를 할 수도 있다.
- [0012] 또한, 본 발명은 트랜스듀서, 수신기, 제 1제어부 및 제 2제어부를 포함하여 이루어지는 첩 방식 천부지층 탐사 장비를 이용하는 천부지층 탐사 방법에 있어서, 상기 트랜스듀서에서 음원을 송신하는 송신 단계; 상기 송신 단계에서 송신된 음원이 해저 지층 경계면에서 반사되어 되돌아오는 신호를 상기 수신기로 수신하여 상기 제 1제어부로 전달하는 수신 단계; 상기 수신 단계에서 수신된 신호는 상기 제 2제어부로 전달되며, 상기 제 1제어부에서 전산처리를 통해 엔벨로프 형태의 첩 단면으로 저장되는 기록 단계; 상기 제 2제어부에서 전산처리하지 않은 원시 자료가 저장되는 원시 자료 기록 단계; 를 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 원시 자료 기록 단계 이후, 상기 원시 자료 기록 단계에서 기록된 원시 자료를 전산처리하여 극성 정보를 색깔로 구분하여 나타낸, 극성 및 위상 정보가 포함된 고해상도의 첩 원시 단면을 얻는 전산처리 단계; 를 더 포함할 수도 있으며, 상기 전산처리 단계는, 상기 기록 단계에서 기록된 원시 자료와 음원의 스윙 파형지문을 상관(Correlation)하는 1 단계 및 상기 스윙 파형지문의 자기 상관을 통해 도출된 클라우드 요소파를 이용하여 역필터를 설계한 후, 상기 1단계를 거친 자료와 곱말기(Convolution)하는 2 단계;를 포함하여 이루어짐으로써 극성 및 위상 정보가 포함된 고해상도의 첩 원시 단면을 얻을 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 전산처리 단계는, 디지털 필터링(digital filtering) 처리, 이득 회수(gain recovery) 보정, 디콘볼루션(deconvolution) 처리, 수평 거리 보정(horizontal distance correction), 너울 효과 보정(swell effect correction) 또는 구조보정(migration) 중 선택되는 어느 하나 이상의 보정 또는 처리 방법이 적용도록 할 수 있다.

**발명의 효과**

- [0015] 본 발명에 따른 첩 방식 천부지층 탐사 장비는 종래의 엔벨로프 형태의 자료만을 제공하는 장비와 비교하여 극성 및 위상 정보를 포함하는 고해상도의 첩 원시 단면을 제작할 수 있으므로, 이를 이용한 음향학적 특성에 관한 연구, 코어 퇴적구조와의 매칭 그리고 반사 계수 등을 이용한 퇴적물 분류 등 다양한 첩 탐사 연구가 가능해지는 효과가 있다.
- [0016] 또한, 본 발명은 종래의 장비에서 제공되는 엔벨로프 형태의 자료와 극성 및 위상 정보를 포함하는 자료를 종합하여 해석할 수 있도록 함으로써 첩 탐사 자료의 정확도 및 신뢰성을 극대화시키는 효과가 있다.
- [0017] 아울러, 본 발명에 따른 천부지층 탐사 방법에 있어서 취득한 원시 자료를 적절한 전산처리과정을 거치도록 함으로써 자료의 해상도가 높아져 지층 경계면 분별 및 반사 이벤트들의 연속성이 우수하고 정보가 많은 고해상도의 첩 원시 단면을 얻을 수 있다는 장점이 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0018] 도 1은 선행문헌에 따른 선저(船底)탐제식 수중초음파 탐사장치
- 도 2는 종래의 첩 방식 천부지층 탐사 장비를 나타낸 구성도
- 도 3은 본 발명에 따른 첩 방식 천부지층 탐사 장비를 나타낸 구성도
- 도 4(a)는 스윙파형 지문을 나타낸 예시
- 도 4(b)는 도 4(a)의 진폭 스펙트럼을 나타낸 결과
- 도 4(c)는 도 4(a)를 자기 상관한 결과
- 도 5는 본 발명에 따른 전산처리 단계의 일실시예를 나타낸 블록도
- 도 6은 본 발명에 따른 전산처리 단계의 또 다른 실시예를 나타낸 블록도
- 도 7(a)는 울산 정자항 부근에서 취득된 원시 자료의 일부분

도 7(b)는 도 7(a)의 진폭 스펙트럼을 나타낸 결과

도 8은 스위프 파형지문과 울산 정자향 부근에서 취득된 원시 자료를 상관한 결과

도 9은 도 8을 너울 보정한 결과

도 10(a)는 종래의 탐사 장비에서 제공되는 울산 정자향 부근에서 취득된 엔벨로프 형태의 단면

도 10(b)는 도 9를 역필터를 이용해 곱말기 과정을 거친 결과

도 11(a)는 종래의 탐사 장비에서 제공되는 울산에서 동쪽으로 약 100 km 정도 떨어진 수심 약 200 m 내외인 대륙붕 지역에서 취득된 엔벨로프 형태의 단면

도 11(b)는 본 발명의 제 2제어부에서 전산처리를 거친 첩 원시 단면

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0019] 이하, 본 발명의 기술적 사상을 첨부된 도면을 사용하여 더욱 구체적으로 설명한다.
- [0020] 첨부된 도면은 본 발명의 기술적 사상을 더욱 구체적으로 설명하기 위하여 도시한 일예에 불과하므로 본 발명의 기술적 사상이 첨부된 도면의 형태에 한정되는 것은 아니다.
- [0021] 도 2는 종래의 첩 방식 천부지층 탐사 장비를 나타낸 것으로, 트랜스듀서, 수신기 및 제어부로 구성된다. 앞서 말했듯이, 첩 탐사의 목적은 고해상도의 천부지질구조 파악이므로 해석의 용이함을 위해 수신된 자료를 전산처리하여 해석이 간편한 엔벨로프 형태로 제공한다. 여기서, 엔벨로프(envelope)란 순간진폭을 나타내는 것으로 오직 양수(positive number)만 가지고 있기 때문에, 극성 및 위상의 정보를 포함하지는 않는다. 엔벨로프 자료는 주파수 대역이 낮아지지만, 해석하기에 익숙한 형태로 표현되는 특징이 있다.
- [0022] 일반적으로 심도가 높아질수록 오래된 지층이므로 밀도가 높아지지만 중간에 가스나 석유와 같은 자원이 존재할 경우 반대로 밀도가 낮아진다. 하지만 종래의 장비로는 지층의 밀도가 변하는 경계 사이의 지층 계수(반사 계수)를 알고 싶어도 엔벨로프 형태로 제공되는 자료를 통해서만 극성 및 위상을 알 수가 없다. 따라서, 종래의 장비로 탐사할 경우, 밀도가 달라지는 경계면을 파악하여 층 구분은 가능하지만 밀도가 높아지는지 낮아지는지 그 특성까지는 파악할 수가 없는 단점이 있다.
- [0023]
- [0024] 상기와 같은 문제를 해결하기 위한 본 발명은 첩(chirp) 방식의 천부지층을 탐사하는 장비에 있어서, 도 3에 도시된 것처럼, 트랜스듀서(transducer)(100), 수신기(200), 제 1제어부(300) 및 제 2제어부(400)로 구성된다.
- [0025] 상기 트랜스듀서(100)는 음원을 송신하며, 상기 트랜스듀서(100)에서 송신된 음원은 해저 지층의 경계면에서 반사되어 되돌아오고 이렇게 반사된 신호를 상기 수신기(200)에서 수신한다. 이 때, 송신되는 음원은 도 4(a)에 도시된 바와 같이 스위프 파형이다. 정밀한 스위프 파형은 짧은 펄스의 음원에 의해 기록된 탐사 자료와는 달리 음원 떨림(source ringing) 현상을 조절할 수 있으며, 음원 발생 시 곁가지(side-lobes)의 감소를 통해 신호대 잡음비(signal to noise ratio)가 향상되어진다. 따라서 스위프 신호를 음원으로 사용함으로써 적은 에너지로 투과 심도를 깊게 할 수 있고, 심도에 관계없이 일정한 분해능을 유지시킬 수 있어 매우 효과적이다.
- [0026] 상기 제 1제어부(300)는 본 발명에 따른 탐사 장비 전체를 운용하는 컴퓨터로, 최종적으로 트랜스듀서(100)에서 발생하는 음원인 스위프 신호(sweep signal)의 송신간격(shot interval), 펄스 길이 및 크기(power), 이득(gain) 조절 등 음원에 관한 모든 것을 제어하며, 수신된 신호를 모니터링 및 전산처리하여 제작된 단면을 기록한다. 상기와 같은 역할을 하는 제 1제어부(300)는 트랜스듀서(100)로 트리거신호(trigger pulse)를 전송하며 상기 수신기(200)에서 수신된 신호를 입력받는 제 1트랜시버(310) 및 수신된 자료를 전달받아 전산처리하여 엔벨로프 형태의 첩 단면으로 기록하는 제 1기록장치(320)를 포함하여 구성된다.
- [0027] 또한, 본 발명은 제 1트랜시버(310)로부터 트리거신호 및 수신된 자료를 전달받는 제 2트랜시버(410) 및 수신된 자료를 원시 자료 형태로 기록하는 제 2기록장치(420)를 포함하여 구성되는 제 2제어부(400)를 포함한다. 그리고 동일한 항측 정보를 수신할 수 있도록 GPS(Global Positioning System) 신호를 각각 제 1제어부(300) 및 제 2제어부(400)로 분배하여 위치 정보를 기록한다.
- [0028] 이 때, 제 2제어부(400)는 제 2기록장치(420)에 기록된 원시 자료를 전산처리하여 극성 정보를 색깔로 구분하여

나타낸, 극성 및 위상 정보가 포함된 고해상도의 첩 원시 단면을 얻는 전산처리부(430)를 더 포함할 수도 있다. 즉, 취득된 원시 자료를 가지고 전산처리부(430)에서 일련의 처리를 거치면 극성 및 위상 정보를 포함하는 고해상도의 첩 원시 단면을 얻을 수 있으며, 또한 이를 바탕으로 지층의 밀도가 변하는 경계 사이의 지층 계수도 알 수 있다. 좀 더 구체적으로, 지층의 밀도가 높아지면 지층 계수의 극성은 양이고 반대로 밀도가 낮아지면 극성은 음이며, 밀도의 차이는 지층 계수의 크기로서 나타내는 것이다. 또한, 예를 들어 첩 원시 단면에서 극성이 양이면 빨간색, 극성이 음이면 파란색으로 표시하도록 하는 등 극성 정보를 색깔로 구분하여 나타내어 한눈에 지층의 극성 및 위상 정보를 파악할 수 있다. 따라서, 제 2제어부(400)에서 전산처리를 거친 자료는 제 1제어부(300)에서 제공되는 엔벨로프 형태의 자료와 비교했을 때, 보다 많은 정보를 포함하고 있으므로 이를 이용하여 음향학적 특성에 관한 연구, 코어 퇴적구조와의 매칭 그리고 반사 계수 등을 이용한 퇴적물 분류 등 다양한 첩 탐사 연구에 활용될 수 있다. 또한, 대부분 지층 경계면의 분별 및 반사 이벤트들의 연속성이 더 우수하다. 하지만, 일부 그렇지 못한 부분도 있어, 본 발명에서는 가장 바람직한 방법으로, 제 1제어부(300)에서 제공되는 엔벨로프 형태의 자료와 제 2제어부(400)에서 전산처리를 거쳐 제작되는 극성 및 위상 정보가 포함된 자료를 종합하여 해석하는 것이 좋다. 이로써 첩 탐사 자료의 정확도 및 신뢰성이 향상되는 효과가 있다.

[0029] 또한, 본 발명에 따른 첩 방식 천부지층 탐사 장비는 자료의 용량을 줄이기 위해 탐사 대상에 대한 기록 구간을 지정하도록 할 수 있다. 자료추출간격(sampling rate)이 높아질수록 저장되는 자료의 용량은 커지게 된다. 기존 장비는 수심이 깊어지면 자료추출간격을 낮추어야만 했기 때문에 해상도가 떨어지는 단점이 있었다. 하지만 본 발명에서는 탐사 대상에 대해 기록 구간을 지정할 수 있도록 함으로써 수심이 깊어져도 자료추출간격을 낮출 필요 없이 데이터 처리량을 줄일 수 있으면서 고해상도의 자료를 얻을 수 있는 장점이 있다.

[0030] 또한, 이전의 첩 방식 천부지층 탐사 장비는 주로 수심이 낮은 해상에서 사용되어 왔으므로 등시간 발파가 일반적이었다. 그러나 일정 시간 간격으로 음원을 송신하는 등시간 발파는 파도나 바람 등의 해상 조건에 따라 탐사선의 속도는 수시로 변동되므로 취득된 자료는 정확도가 떨어질 수 밖에 없다. 따라서 본 발명에 따른 장비는 GPS를 이용하여 일정 거리마다 발파하는 등거리 발파를 도입하여 정밀한 탐사가 이루어지도록 하여 자료의 신뢰성을 높일 수 있는 장점이 있다.

[0031] 상기와 같이 트랜스듀서(100), 수신기(200), 제 1제어부(300) 및 제 2제어부(400)를 포함하여 이루어지는 첩 방식 천부지층 탐사 장비를 이용하는 천부지층 탐사 방법은 송신 단계(S100), 수신 단계(S200), 기록 단계(S300) 및 원시 자료 기록 단계(S400)를 포함하여 이루어진다.

[0032] 송신 단계(S100)는 트랜스듀서(100)에서 음원을 송신하는 단계이며, 송신 단계(S100)에서 송신된 음원이 해저 지층 경계면에서 반사되어 되돌아오는 신호를 수신기(200)로 수신하여 제 1제어부(300)로 전달하는 단계를 수신 단계(S200)라 한다. 이후 수신 단계(S200)에서 수신된 신호는 제 2제어부(400)로 전달되며, 제 1제어부(300)에서 전산처리를 통해 엔벨로프 형태의 첩 단면으로 저장되는 단계를 기록 단계(S300)라 한다. 마지막으로 원시 자료 기록 단계(S400)는 제 2제어부(400)에서 전산처리하지 않은 원시 자료가 저장되는 단계이다.

[0033] 따라서, 원시 자료 기록 단계(S400) 이후, 원시 자료 기록 단계(S400)에서 기록된 원시 자료를 전산처리하여 극성 정보를 색깔로 구분하여 나타낸, 극성 및 위상 정보가 포함된 고해상도의 첩 원시 단면을 얻는 전산처리 단계(S500)를 더 포함될 수 있다.

[0034] 이 때, 전산처리 단계(S500)는, 원시 자료 기록 단계(S400)에서 기록된 원시 자료와 음원의 스위프 파형지문(sweep signature)을 상관(Correlation)하는 1 단계(S510), 상기 스위프 파형지문의 자기 상관(autocorrelation)을 통해 도출된 클라우더 요소파(Klauder wavelet)를 이용하여 역필터(inverse filter)를 설계한 후, 상기 1 단계를 거친 자료와 곱말기(convolution)하는 2 단계(S520)로 이루어질 수 있으며, 최종적으로 극성 및 위상 정보가 포함된 고해상도 첩 원시 단면이 제작된다.

[0035] 아울러, 본 발명의 음원은 고주파이므로 취득된 원시 자료는 많은 고주파수 잡음이 포함될 가능성이 매우 높다. 특히 층서구조가 얇을 경우 잡음에 의한 층 구별이 더욱 어려워지므로 이러한 잡음들을 제거할 필요가 있다.

[0036] 따라서, 본 발명의 전산처리 단계(S500)에서는 자료의 정확도 및 해상도를 높이고 해석이 용이하도록 여러 가지 처리를 할 수가 있으며, 예를 들어, 디지털 필터링(digital filtering) 처리, 이득 회수(gain recovery) 보정, 디콘볼루션(deconvolution) 처리, 수평 거리 보정(horizontal distance correction), 너울 효과 보정(swell effect correction) 또는 구조보정(migration) 중 선택되는 어느 하나 이상의 보정 또는 처리 방법이 적용될 수 있다.

- [0037] 도 4(a)는 2 ~ 7 kHz의 대역폭의 펄스 길이가 20 ms인 칩 방식 천부지층 탐사 장비의 음원인 스위프 신호의 스위프 파형지문(sweep signature)의 예를 나타낸다. 또한 도 4(b)는 도 4(a)를 주파수영역에서 진폭스펙트럼을 나타내며 중심주파수가 3.5kHz이며 가우시안 스펙트럼(Gaussian spectrum)을 확인할 수 있다. 마지막으로 도 4(c)는 도 4(a)의 자기 상관(autocorrelation)을 나타낸 것으로, 영위상(zero-phase)의 클라우더 요소파(Klauder wavelet)임을 알 수 있다.
- [0038] 도 5 및 도 6은 본 발명에 따른 전산처리 단계의 실시예들을 나타낸 블록도이다.
- [0039] 이하 본 발명의 일실시예를 도 5를 참고하여 설명하면, 제 2기록장치(420)에 기록된 원시 자료는 스펙트럼 분석을 통해 음원의 스위프 파형지문을 추정한다. 이후 원시 자료와 스위프 파형 지문을 상관한 후 너울효과를 보정하는 처리를 한다. 한편, 스위프 파형 지문을 자기 상관하여 도출된 클라우더 요소파를 이용하여 역필터를 설계한 후 너울효과를 보정한 자료와 곱말기(convolution)를 수행하면 극성 및 위상이 포함된 칩 자료를 얻을 수 있다.
- [0040] 이하, 실제로 본 발명에 따른 칩 방식 천부지층 탐사 장비를 이용하여 울산 정자항 부근에서 취득한 자료를 나타낸 도면(도 7 내지 도 10)을 참고하여, 도 5에 나타낸 전산처리 단계의 일실시예를 상세히 설명한다.
- [0041] 먼저 도 7(a)는 제 2기록장치(420)에 기록된 울산 정자항 부근에서 취득된 탄성과 기록(원시 자료)의 일부(100ms까지)를 나타낸 것이며, 도 7(b)는 도 7(a)의 진폭 스펙트럼을 나타낸 것이다. 이를 바탕으로 주파수 대역폭은 2 ~ 7 kHz이며, 중심주파수는 4.5 kHz인 것을 확인할 수 있다.
- [0042] 한편, 종래의 칩 방식 천부지층 탐사 장비에서는 음원의 스위프 파형지문을 공개하지 않고 일부 정보만을 제공하고 있으므로, 본 발명에서는 제공된 정보와 주파수 분석(도 5(b)) 등을 이용해 스위프 파형지문을 추정한다.
- [0043] 도 8은 추정된 스위프 파형지문과 상기 원시 자료를 상관한 자료이다. 도 8을 참고하면, 칩 탐사 자료는 10 cm 이내의 수직해상도를 갖는 고해상도 자료이므로 파도 및 너울에 큰 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 발명에서는 너울 효과 보정하기 위해 인접심도 평균법(moving average method)을 적용하였으며 보정된 자료도 도 9에 나타내었다. 이를 통해 해저면과 하부 퇴적층의 연속성이 향상되었으며, 너울 효과 보정 이전에는 확인되지 않았던 하부 퇴적층들을 확인할 수 있다. 마지막으로 스위프 파형지문의 자기 상관을 통해 도출된 클라우더 요소파를 이용하여 설계된 역필터를 이용하여 곱말기를 수행한 결과를 도 10(b)에 나타내었다. 도 10(b)에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따라 도출된 최종 칩 원시 단면은 지층의 밀도가 높아지는 경우(극성이 양인 경우) 빨간색으로, 밀도가 낮아지는 경우(극성이 음인 경우) 파란색으로 표시하였다. 이렇게 색깔을 달리하여 극성 정보를 포함함으로써 지층의 밀도가 높아지는지 혹은 낮아지는지 그 특성까지 알 수 있는 장점이 있다.
- [0044] 한편, 도 10(a)는 종래의 탐사 장비에서 제공되는 엔벨로프 형태의 단면으로 도 10(b)와 마찬가지로 인접심도 평균법을 이용하여 너울 보정을 하였다. 도 10(a)와 도 10(b)를 비교해보면 도 10(a)는 강한 진폭으로 인해 해저면이 다른 지점보다 두껍게 나오는 반면, 도 10(b)에서는 보이지 않던 해저면 아래의 얇은 박층까지 표현되는 것을 확인할 수 있다.
- [0045] 그러나, 도 10(a)에서 전 지역에 걸쳐 화살표로 표시되어 있는 주시 70ms 지점에서 천부가스에 의해 하부 탄성과 신호가 가려지는 음향공백대(acoustic blanking)가 약하게 확인된다. 하지만 도 10(b)에서 음향공백대와 함께 위상 역전(phase reversal) 현상을 예상하였지만, 이 자료에서는 판단하기 어려웠다.
- [0046] 또 다른 실험 데이터를 도 11에 나타내었으며, 도 11은 울산에서 동쪽으로 약 100 km 정도 떨어진 수심 약 200 m 내외인 대륙붕 지역에서 취득된 자료를 나타내는 단면이다. 도 11(a)는 종래의 탐사 장비를 이용한 엔벨로프 형태의 단면이며 도 11(b)는 제 2제어부(400)에서 기록된 원시 자료를 전산처리한 극성 및 위상 정보를 포함한 칩 원시 단면이다. 도 11을 보면 도 11(a)의 해저면 신호의 폭이 도 11(b)보다 상대적으로 넓다는 것을 알 수 있다. 강한 진폭에 의해 해저면이 두껍게 나타나면, 실제하는 해저면 하부 퇴적층에 대한 정보를 제공하지 못할 수도 있다. 해저면 각 단면에서의 A, B, C 지점을 비교하여 보면, 도 11(a)에서는 뚜렷하지 않던 반사 이벤트들이 곱말기 등 디지털 자료처리를 거친 도 11(b)에서는 일관성 있는 이벤트들이 더 강해져 지층경계면의 분별 및 반사 이벤트들의 연속성이 더 우수하다는 것을 확인할 수 있다. 그러나, 해저면 하부 D 지점과 같이 엔벨로프 단면인 도 11(a)에서 반사 이벤트들의 연속성이 더 양호한 부분도 일부 확인할 수 있다.
- [0047] 따라서 상기 두 실험 데이터(도 7 내지 도 11)를 참고했을 때, 본 발명과 같이 제 1제어부(300)를 통해 도출되는 엔벨로프 형태의 자료와 제 2제어부(400)를 통해 도출되는 극성 및 위상정보를 포함한 자료를 동시에 취득하

여 활용하는 것이 가장 적절하다. 따라서, 본 발명에 따라 얻어지는 두 자료를 종합하여 해석하면 보다 신뢰도가 높은 자료를 얻을 수 있는 효과가 있다.

[0048] 한편, 도 6에 도시된 것처럼 너울 보정 이후 구조 보정의 과정을 추가함으로써 자료의 정확성을 높일 수 있는 등 당업자는 필요에 따라 다양한 전산처리 과정이 추가 또는 변경될 수 있음은 당연하다.

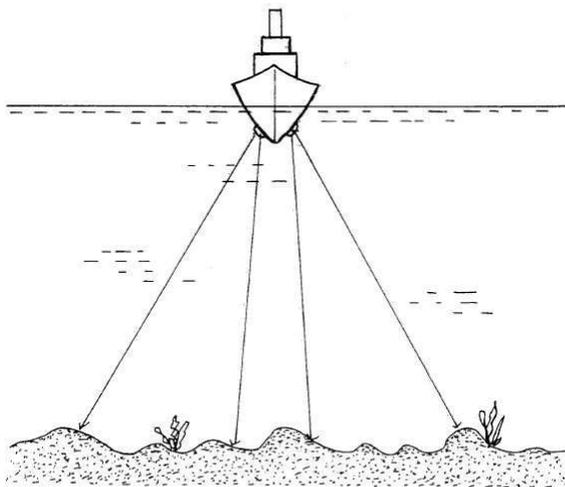
[0049] 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

**부호의 설명**

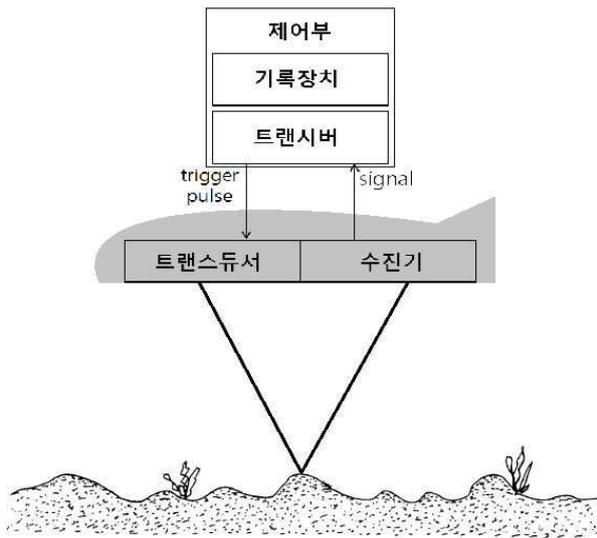
- [0050]
- |               |               |
|---------------|---------------|
| 100 : 트랜스듀서   | 200 : 수신기     |
| 300 : 제 1제어부  | 310 : 제 1트랜시버 |
| 320 : 제 1기록장치 | 400 : 제 2제어부  |
| 410 : 제 2트랜시버 | 420 : 제 2기록장치 |
| 430 : 전산처리부   |               |

**도면**

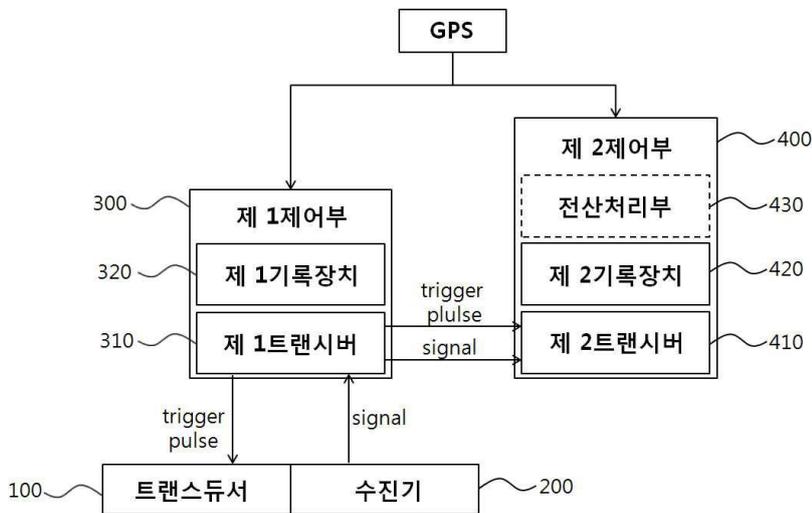
**도면1**



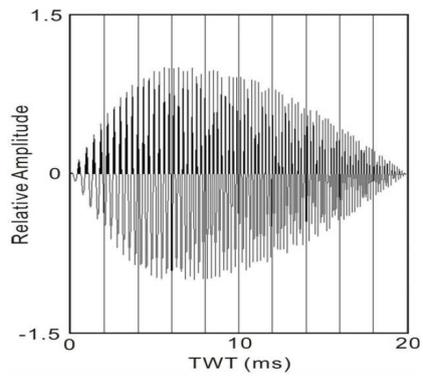
도면2



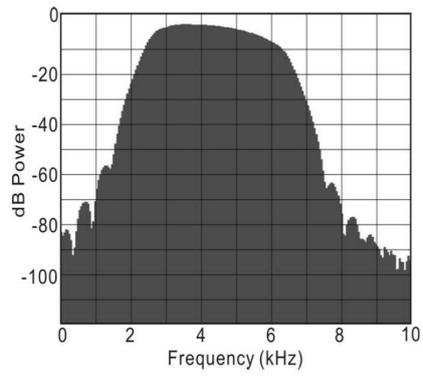
도면3



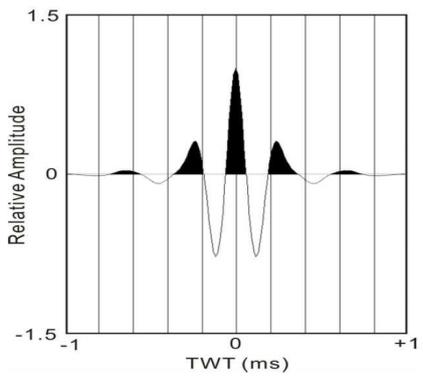
도면4



(a)

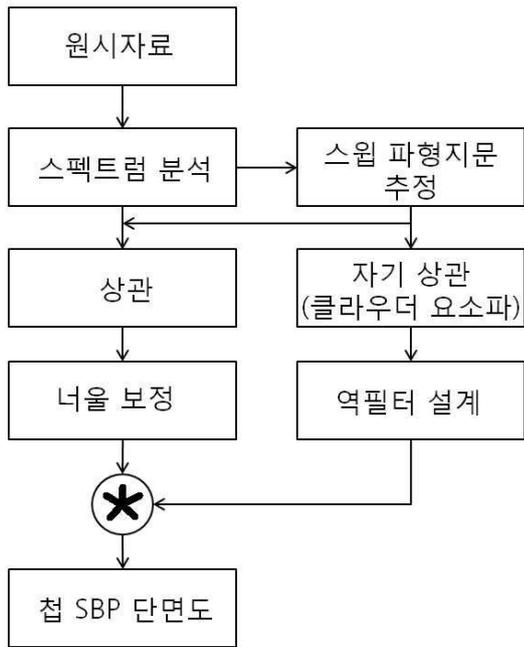


(b)

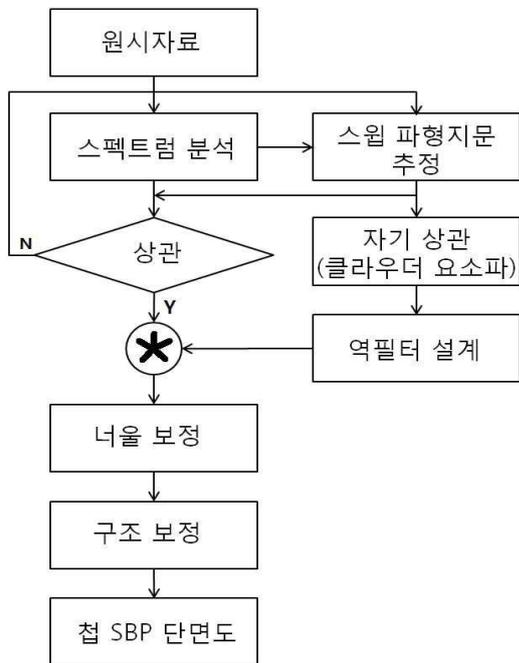


(c)

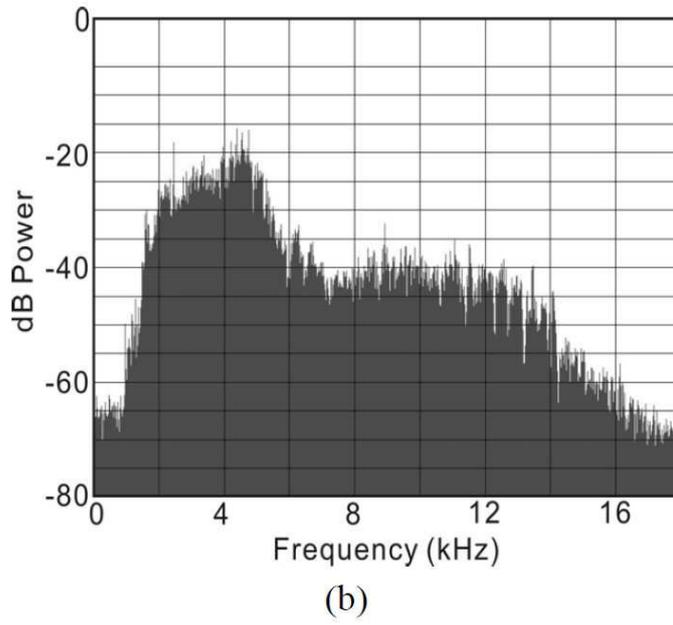
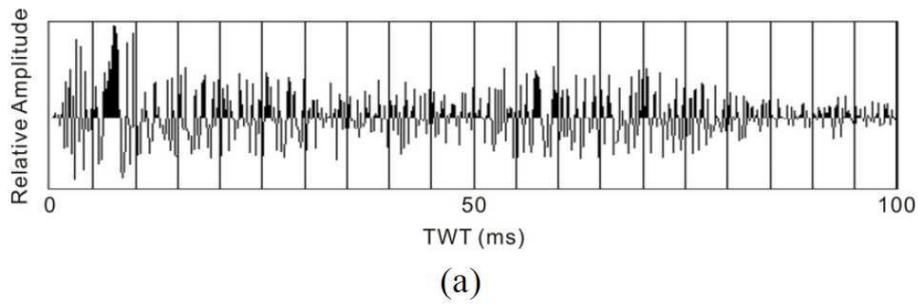
도면5



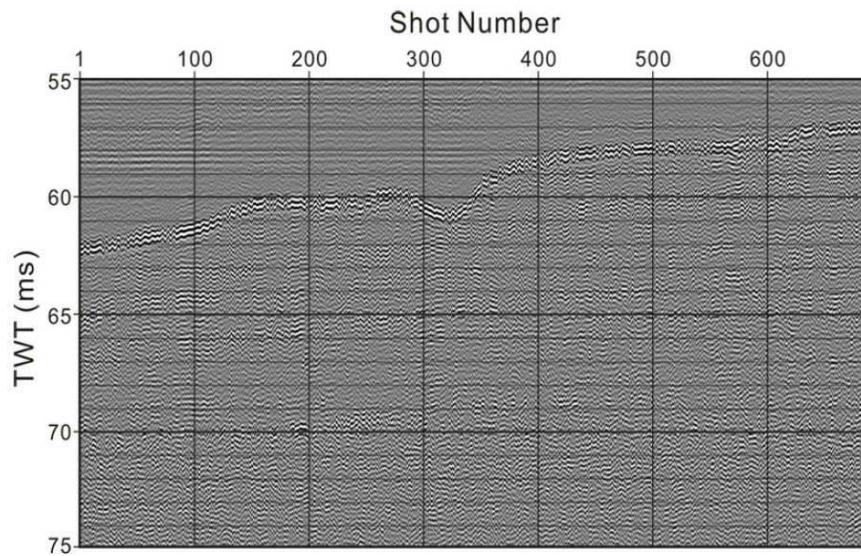
도면6



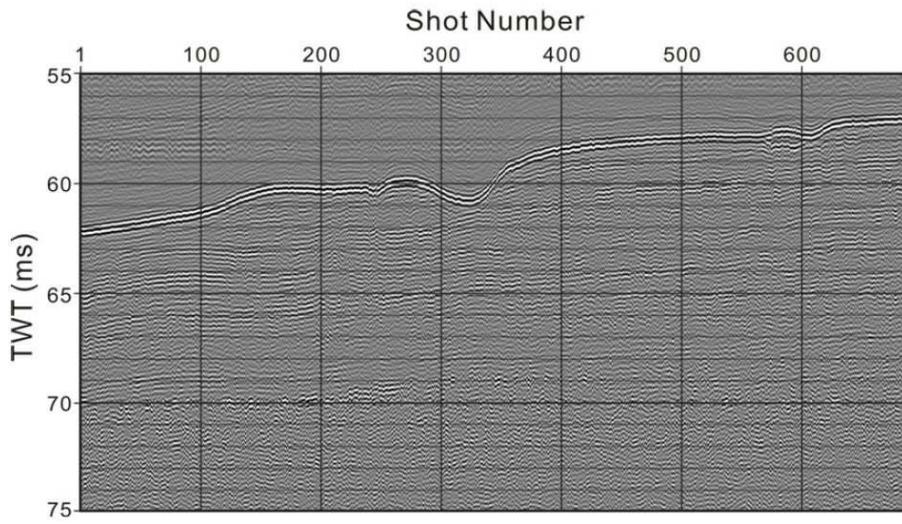
도면7



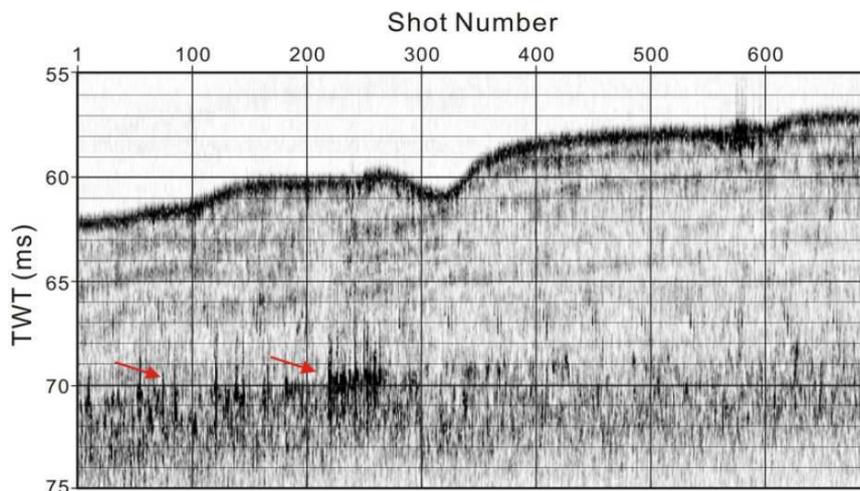
도면8



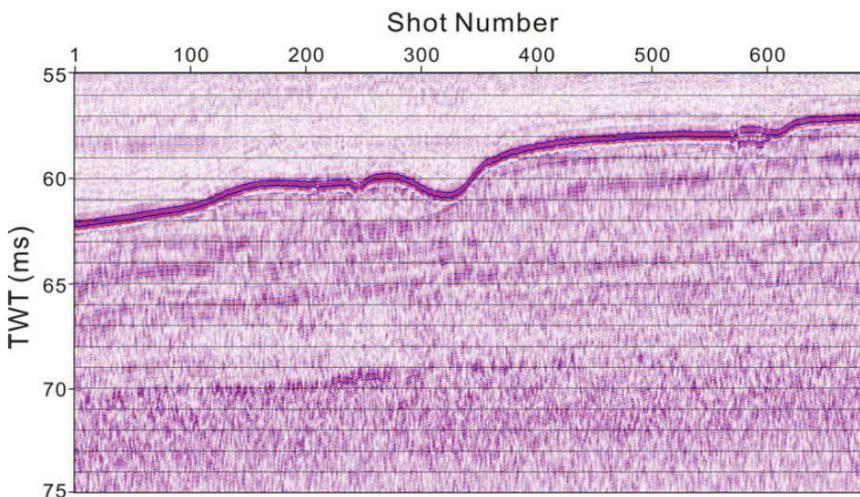
도면9



도면10

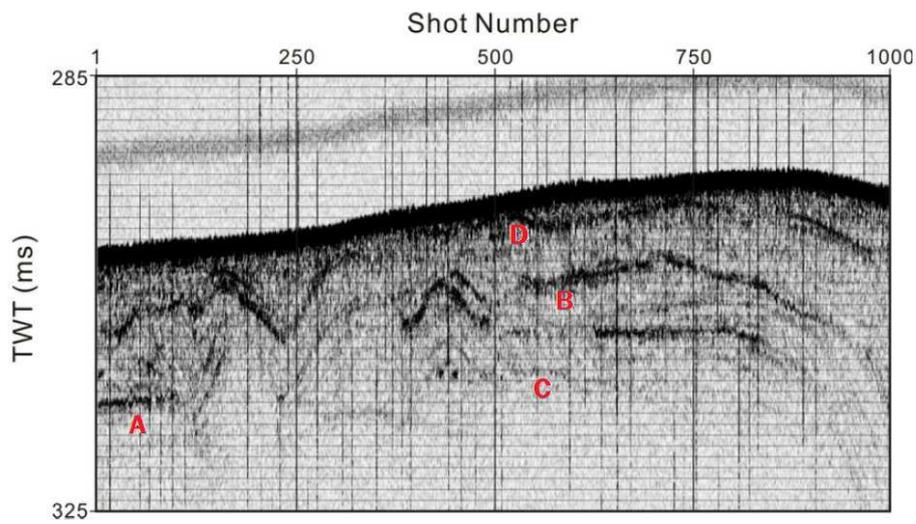


(a)

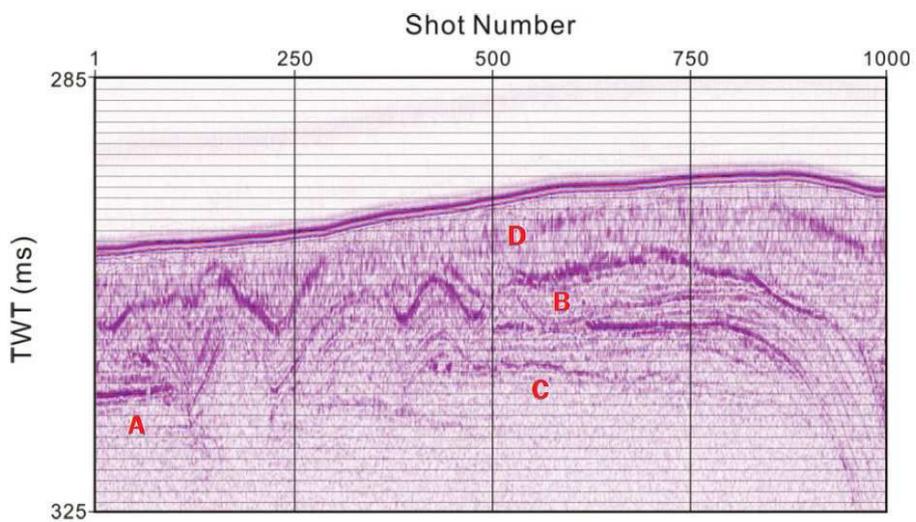


(b)

도면11



(a)



(b)