

## Chirp SBP 자료 해상도 향상을 위한 전산처리연구

김영준<sup>1,2</sup> · 김원식<sup>1\*</sup> · 신성렬<sup>2</sup> · 김진호<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국지질자원연구원 석유해저연구본부

<sup>2</sup>한국해양대학교 해양과학기술대학 에너지자원공학과

### A Case Study on the Data Processing to Enhance the Resolution of Chirp SBP Data

Youngjun Kim<sup>1,2</sup>, Wonsik Kim<sup>1\*</sup>, Sungryul Shin<sup>2</sup>, and Jinho Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Petroleum and Marine Research Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM)*

<sup>2</sup>*Department of Ocean Energy and Resources Engineering, Korea Maritime University*

**요 약:** Chirp SBP 탐사자료는 수 kHz의 고주파수대역의 자료로 다른 탄성과 탐사방법에 비해 고해상도 자료이며 취득된 원자료를 기본적인 필터링 후 최종단면으로 이용할 수 있다. 그러나 고주파수 대역에서 발생할 수 있는 각종 잡음이 포함될 수 있고, 시간영역에서 기록된 단면은 복잡한 지형을 제대로 영상화하지 못할 가능성이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하고, 향상된 영상을 얻을 수 있는 전산처리 흐름(workflow)을 구축하고, 국내대륙붕자료 처리에 적합한 변수를 분석하고자 하였다. 기본 전처리과정 후, 신호대잡음비 필터링을 통하여 고주파수 성분에서 포함될 수 있는 각종 잡음을 제거하고, 경사스캔을 이용하여 반사이벤트의 연속성을 증가시키고, 중합후 심도구조보정을 수행하여 시간영역에서 기록된 지형의 왜곡을 친구조로 구조보정하는 과정을 포함시켰다. 이러한 과정을 국내에서 널리 이용되고 있는 탐사장비들을 이용하여 취득된 자료에 적용한 결과, 해상도가 향상된 심도영역 탄성과 단면을 제작할 수 있었다. 본 처리과정을 국내 대륙붕 탐사에 많이 취득되고 있는 Chirp SBP 전산처리에 적용할 시 해석이 용이한 탄성과 단면을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

**주요어:** Chirp, 해저지층탐사, 탄성과 전산처리

**Abstract:** Chirp sub-bottom profilers (SBP) data are comparatively higher-resolution data than other seismic data and its raw signal can be used as a final section after conducting basic filtering. However, Chirp SBP signal has possibility to include various noise in high-frequency band and to provide the distorted image for the complex geological structure in time domain. This study aims at the goal to establish the workflow of Chirp SBP data processing for enhanced image and to analyze the proper parameters for the domestic continental shelf. After pre-processing, we include the dynamic S/N filtering to eliminate the high-frequency component noise, the dip scan stack to enhance the continuity of reflection events and finally the post-stack depth migration to correct the distorted structure on the time domain sections. We demonstrated our workflow on the data acquired by domestically widely used equipments and then we could obtain the improved seismic sections of depth domain. This workflow seems to provide the proper seismic section to interpretation when applied to data processing of Chirp SBP that are largely used for domestic acquisition.

**Key words:** Chirp, SBP (sub-bottom profiler), data processing

## 서 론

해양탄성파탐사 중 하나인 고해상도 Chirp 해저지층탐사(SBP; sub-bottom profiler)는 단일 주파수 음원을 가지는 시스템인 핑거(pinger), 부머(boomer), 스파커(sparker)의 짧은 펄스(short pulse)와는 달리 시간에 따라 선형적으로 변하는 선형 스위프

(linearly sweep) 즉, 주파수 변조(FM; frequency modulated) 펄스(pulse)를 송신한다(신성렬 등, 2009; Quinn *et al.*, 1997). 송신되는 주파수 범위가 수 kHz대의 광대역폭을 가지고 있기 때문에 최적의 침투(penetration)와 수직 해상도(vertical resolution)를 가지고 있다(Quinn *et al.*, 1997).

Chirp SBP 탐사는 연안 및 항만개발, 해저 파이프라인 및 케이블 설치, 준설작업 등을 위한 엔지니어링 탐사, 석유·가스 및 가스하이드레이트 등의 해양자원 탐사 및 개발, 제4기 지질학 연구, 해저지질도 작성, 환경 탐사 등 해양 탐사에서 널리 활용되고 있다(Plets *et al.*, 2008; 김찬수 등, 2009; 신성렬 등, 2009). 최근에는 디지털 전자장치와 컴퓨터 및 주변기기의

2011년 9월 6일 접수; 2011년 11월 3일 수정; 2011년 11월 23일 채택;  
\*Corresponding author

E-mail: hyojin@kigam.re.kr

Address: Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources,  
124 Gwahang-no, Yuseong-gu, Daejeon 305-350, Korea

발전으로 Chirp SBP 탐사는 특별한 과정 없이 실시간으로 모니터링 할 수 있다. 그리고 취득된 자료는 SEG-Y 형태로 저장되기 때문에 아무런 자료 처리 없이 일부 프로그램들을 이용해 자료를 출력할 수가 있다. 이러한 편리성 및 탐사장비의 간소화에 의해 탐사운용이 비교적 쉬워 엔지니어링 탐사회사 및 해양측량회사 등에서 많이 사용되고 있다.

이러한 엔지니어링 탐사에서는 해저지층을 높은 분해능의 영상으로 재현시켜 실제의 모양에 가깝고 정밀 지층구조를 파악하는 것이 중요하다(김중천 등, 2003). 따라서 해외에서는 이미 Chirp SBP 탐사를 이용한 3차원 지층 구조 영상화 및 3차원 탐사 시스템 개발 등에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다(Gutowski *et al.*, 2008; Plets *et al.*, 2008; 2009; Vardy *et al.*, 2008).

국내에서도 Chirp SBP의 음향학적 특성에 관한 연구(김진호 등, 1995; 장재경 등, 1998; 신성렬 등, 2006; 김창길 등, 2009) 및 Chirp SBP 자료취득시스템 비교 분석(김찬수 등, 2008) 등의 자료취득관련 연구가 일부 수행되었다. 전산처리 관련 연구로서는 신성렬 등(2009)에 의해 이득회수(gain recovery) 및 대역필터링(band-pass filtering)이 이루어졌으며, 김중천 등(2003)에 의해 상호상관기법을 이용하여 누출효과를 제거한 연구 등 주로 일부 필터링에 의한 자료 품질 향상에 국한된 자료처리가 이루어졌다.

해외에서는 Quinn 등(1997; 1998)이 제안한 최적의 Chirp SBP 전산처리를 통해 다중채널 탄성파탐사 전산처리에 많이 사용되는 상용소프트웨어를 이용해 Chirp SBP 전산처리가 수행되었으며(Schwamborn *et al.*, 2002; Szuman *et al.*, 2006), 3차원 지층 구조 영상화 전산처리가 수행되기도 하였다(Vardy *et al.*, 2008; Plets *et al.*, 2008; 2009).

이와 같이 국내에서의 Chirp SBP 탐사자료에 대한 정밀처리 연구는 해외 연구사례와 비교하면 미비한 실정이라고 할 수 있다. 또한, Chirp SBP 탐사가 천부 해양조사 및 탐사에서 비교적 저렴한 탐사비용과 간편한 방법 때문에 많이 취득된다는 점을 감안하고, 이미 취득된 많은 자료 및 향후 취득될 자료의 가치를 생각할 때 자료처리 기법은 충분히 연구할 가치가 있는 분야라고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 국내에서 이용되고 있는 Chirp SBP 탐사 장비 중 2개 사의 제품에서 취득된 자료를 이용하여 Chirp SBP 탐사자료의 정밀처리를 위한 자료처리 흐름(workflow)을 구축하고, 그 적용성을 파악하고자 하였다. 연구에 적용한 자료는 동해 대륙붕 및 남해 연안에서 취득한 자료이다.

Chirp SBP 탐사장비는 수 kHz의 고해상 자료로 취득된 탄성파 원자료 즉 단면에서 고주파수 잡음으로 간주할 수 있는 신호들이 많이 포함될 가능성이 있다. 특히 층서구조가 얇은 박층으로 되어 있을 시, 많은 회절이벤트 등으로 인하여 뚜렷하게 구조가 파악되지 않을 가능성이 있다. 이를 위해서는 이러한 고주파수 잡음들을 처리할 필요가 있다. 그리고 일반적으로

로 Chirp SBP 탐사장비의 발파간격은 지하구조를 영상화하기에 충분히 작게 설정할 수 있으나, 탐사 상황 및 지하구조의 복잡성에 의해 이러한 요건을 충족시키지 못할 수도 있어, 시간영역에서 기록된 탄성과 영상이 실제구조와 다르게 왜곡될 가능성을 배제할 수 없다.

본 연구에서의 자료처리 흐름은 크게 전처리 과정과 자료품질 향상을 위한 본처리 과정으로 구성되어 있다. 전처리는 Chirp SBP 탐사자료를 단순 필터링 등을 적용할 때는 필요치 않은 탐사배열 정보 등을 탄성과 자료와 일치시키는 과정과 주파수 대역 필터링 및 이득 회수 등을 포함한다. 본처리는 고주파수 잡음을 제거하기 위한 동적 신호대잡음비 필터링(dynamic S/N filtering) 및 기타 필터링 방법이 포함되었으며, 탄성과 반사이벤트의 연속성을 향상시킬 수 있는 경사스캔 겹쌓기(dip scan stack)을 수행하였다. 그리고 중합후 심도구조보정을 통하여 구조보정된 단면을 제작하여, Chirp SBP 탐사 자료를 심도영역에서 분석할 수 있도록 하였다.

### 현장자료취득

본 연구에서는 동해 일부 지역에서 2개의 다른 Chirp SBP 탐사 장비로 취득된 탐사자료와 마산-진해만 천해지역에서 취득된 탐사자료를 사용하였다. 첫 번째 동해 탐사자료는 미국 EdgeTech사의 3200 Sub-bottom Profiling System으로 취득된 자료로서 예인체(tow-fish)의 위치 오차를 최소화하기 위하여 예인체와 DGPS (Differential Global Positioning System) 수신기 사이의 거리(set-back)를 최소화하였으며, 탐사선 스크류(screw)에 의한 잡음(noise) 역시 최소화하기 위하여 탐사선 측면에 위치시켜서 자료를 취득하였다(한국지질자원연구원, 2009). 두 번째 동해 탐사자료는 한국지질자원연구원 소속 탐해2호의 Chirp SBP 시스템으로서 송/수신기가 선체에 부착(hull mount)되어 있으며, 자료기록장치는 국내에서 비교적 많이 사용되고 있는 Benthos사의 CAP-6600 Chirp II Acoustic Profiling System으로 취득된 자료이다. 세 번째 마산-진해만 천해지역에서 취득된 탐사자료는 한국해양연구원 소속 장목호의 Chirp SBP 시스템으로서 송/수신기 역시 선체에 부착되어

**Table 1.** Data acquisition systems and parameter

Acquisition System	CAP-6600 II Acoustic Profiling System (Benthos)			3200 Sub-bottom Profiling System (EdgeTech)
	Offshore Gampo	Masan-Jinhae Bay		Offshore Gijang
Survey Area	Offshore Gampo	Masan-Jinhae Bay		Offshore Gijang
Frequency Range	2 ~ 7 kHz			1 ~ 6 kHz
Shot Interval	1.00 s	2.00 s	0.25 sec	1.00 s
Resolution	16 bits			16 bits
Sampling Interval	0.122 ms			0.064 ms
Output File Format	SEG			SGY

있으며, 자료기록장치는 두 번째 자료와 마찬가지로 Benthos사의 CAP-6600 Chirp II Acoustic Profiling System으로 취득된 자료이다. 본 연구에 사용된 자료취득시스템, 탐사지역 및 자료취득변수는 Table 1과 같다.

## 자료처리

본 연구에서는 서로 다른 조건에서 취득된 탐사자료에 대하여 전처리과정과 이미지 해상도 향상을 위한 자료품질향상과정 2단계로 구분한 전산처리 흐름도를 이용하였다(Fig. 1). 다중채널 탄성파탐사자료 전산처리에 많이 사용되는 Landmark사의 ProMAX™ 6.0 버전의 소프트웨어를 사용하였다.

### 전처리(pre-processing) 과정

Chirp SBP 전처리 과정은 일반적으로 자료취득시스템에서 간단하게 필터링 되어지는 과정에 국한된다. 본 전처리 과정에서는 상업용 2차원 해양탄성파 전산처리방법을 적용하여 보다 향상된 결과를 도출하고, 또한 Chirp SBP 탐사자료 본처리 과정에 적합한 신호를 만드는데 목적을 두었다.

Chirp SBP의 최종 성과물은 SEG-Y형식으로 저장되지만, 헤더블록(header block)은 Chirp SBP 자료취득시스템의 특성에 따라 저장되는 값들이 각기 다르다. 또한, 탐사배열에 해당하는 축선의 진행방향, 음원개수, 수신기 개수 등의 지형정보는 전혀 저장되지 않는다. 비록 이 정보들은 단순히 탄성파단면으로 나타내는 것에는 필요하지 않지만(김원식 등, 2010), 구조보정 전산처리를 정확하게 수행하기 위해서는 반드시 필요한 지형정보들을 입력시켜야 하기 때문에 본 연구에서는 지형정보를 탄성파자료 헤더와 일치시키는 과정을 수행하였다.

자료취득 수행 중 어군, 너울 영향, 탐사선에 의한 잡음 등

탐사 환경 변화 및 이득조절 등의 자료취득 변수 조절에 의한 진폭 영향을 최소화하기 위해 트레이스 균등화 및 실진폭회수를 실시하였다. Chirp SBP의 트랜스듀서(transducer) 및 수신기 센서가 선체에 설치(hull mount)에 따라 첫 번째 반사이벤트와 일정한간격을 두고 전기적 잡음이 발생되어, 본 연구에서는 전산처리에 영향을 줄 수 있다고 판단하여 트레이스 상단부분 자르기(top mute)를 수행하였다.

Chirp SBP 탐사장비는 수직해상도를 향상시키기 위해 수 kHz의 고주파 성분의 음원을 사용하는 특성을 가지고 있기 때문에 불필요한 고주파 성분을 제거하기 위하여 20-200-3500-4000 Hz의 대역통과필터링(band-pass filtering)을 전처리과정 마지막 단계로 적용하였다.

### 주파수-공간 곱풀기(F-X deconvolution) 및 동적 신호대 잡음비 필터링(dynamic S/N filtering)

본 연구에서는 무작위 잡음(random noise)을 제거하기 위하여 주파수-공간 곱풀기(frequency-distance deconvolution)를 적용하였다. 주파수-공간 곱풀기는 앙상블 자료(ensemble data) 또는 겹쌓기 자료(stacked data)에서의 각 트레이스를 푸리에 변환(fourier transform)을 하여 적용하는 것으로서, 본 연구에서는 위너 예측 필터(wiener prediction filter)를 20~3,700 Hz 범위의 주파수에서 대하여 적용한 후 시간 영역(time domain)으로 역변환(inverse transform)하였다. 실제적으로 위너 예측 필터는 트레이스들을 가로지르는 한쪽 방향으로만 실행되어지고, 실행이 완료되면 맞은 편 방향으로 실행되기 때문에 결과적으로 예측 오류(prediction errors)들이 감소된다(Quinn *et al.*, 1998).

펄스 길이(pulse length)가 비교적 짧은 10~40 msec인 Chirp SBP 탐사자료에서는 시간에 따른 대역통과 필터링을 디자인하기 힘들기 때문에 동적 신호대 잡음비 필터링이 적합하다(Quinn *et al.*, 1998).

동적 신호대 잡음비 필터링은 식 (1)의 가중치 필터(weighting filter)로 자료의 횡 일관성(lateral coherency)을 향상시키는 처리 방법이다.

$$\text{weight}(f) = \frac{S(f)^2}{S(f)^2 + N(f)^2} \quad (1)$$

여기에서  $S$ 는 예측 신호(predicted signal)이고  $N$ 은 잡음 요소(noise component)이다. 이 필터는 이웃 트레이스의 성분들이 포함되지 않고 차례대로 각 트레이스별로 필터하기 때문에, 이웃 트레이스들의 성분을 포함시키는 주파수-공간 곱풀기, 트레이스 섞기 등과의 필터들과는 특성이 다르다. 본 연구에서는 동적 신호대 잡음비 필터링을 20~3,500 Hz로 설정하였다.

### 중합후 심도구조보정(post-stack depth migration)

심도구조보정은 중합 단면상의 모든 일차 반사 이벤트들을

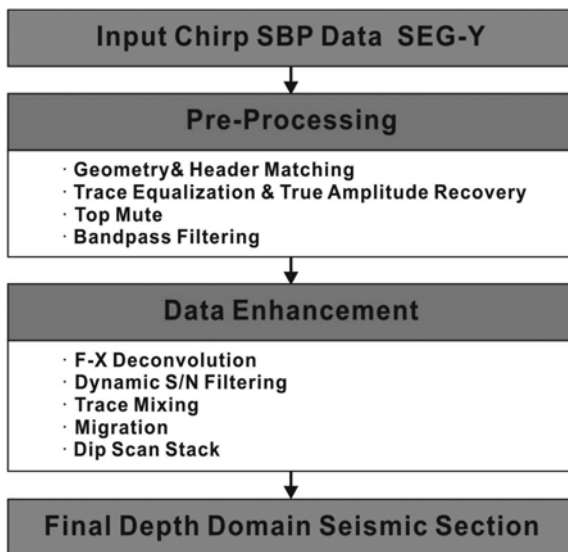
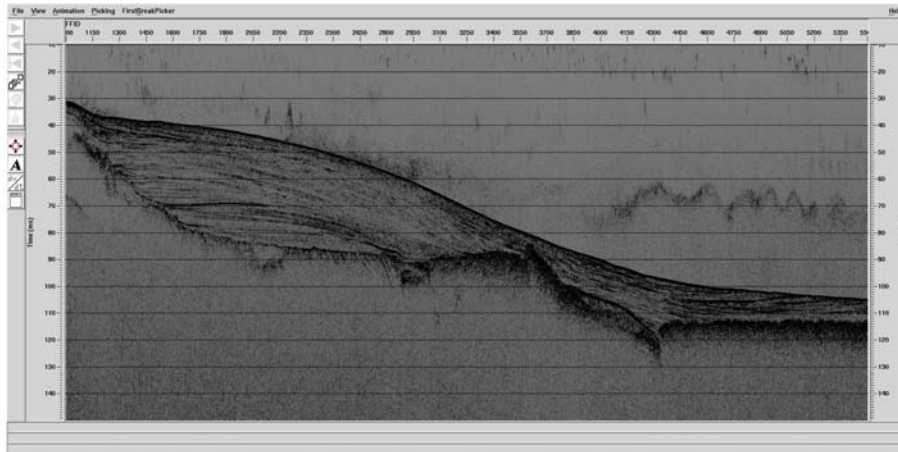


Fig. 1. Flowchart of Chirp SBP data processing.

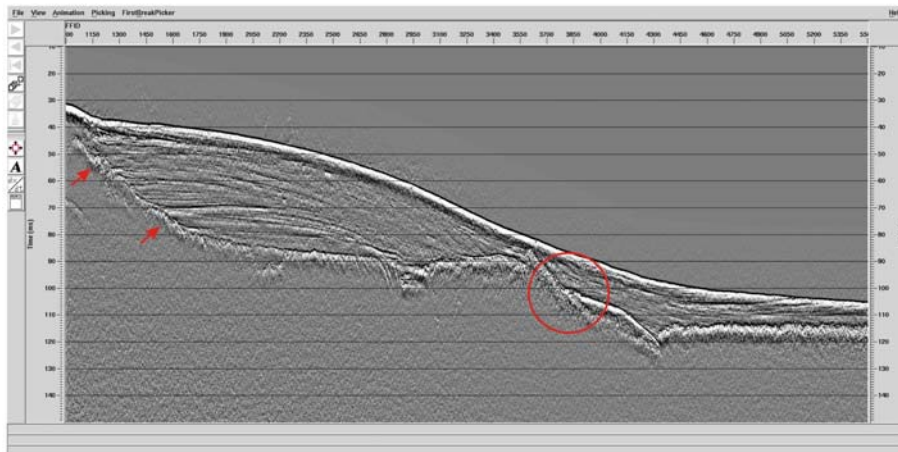
제 위치로 옮겨놓는 작업으로서, 일반적인 천부 탐사에서는 잘 사용하지 않는다. 일반적으로 단일채널을 이용하여 얻은 탐사 자료의 경우 해저면의 심도 및 기반암 심도를 유추하기 위하여 해수의 속도를 주시에 단순히 곱하여 심도로 나타내기도

한다(김원식 등, 2010).

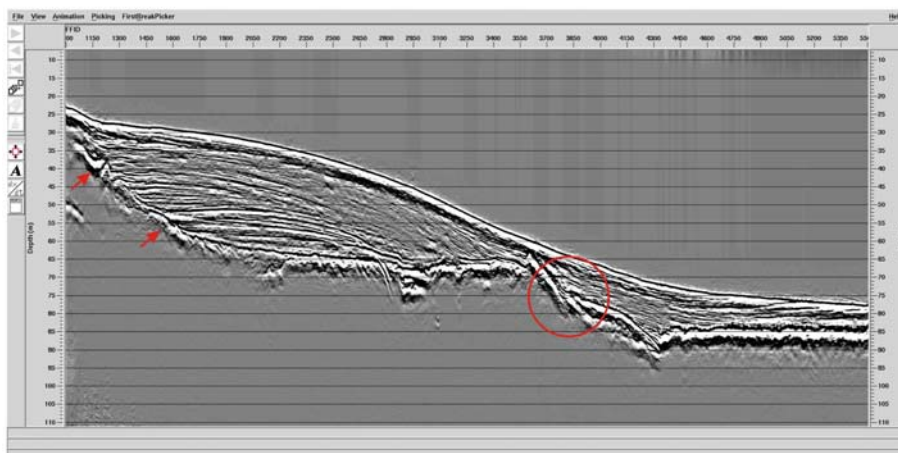
특히, Chirp SBP 자료취득시스템에서는 자료취득 시 시간 또는 심도로 디스플레이를 할 수 있는 선택 항목이 있으며, 일부는 심도로 나타내어 출력 및 보고서로 제출하기도 한다.



(a)



(b)



(c)

**Fig. 2.** Chirp SBP seismic sections acquired by 3200 Sub-bottom profiling system in Gijang offshore. (a) raw data, (b) after pre-processing, and (c) processed final depth domain section.

Chirp SBP 탐사는 비교적 짧은 발파간격으로 수행되며, 이는 곧 지층의 연속성 파악하는데 중요한 수평해상도(horizontal resolution)와 연관되어진다. 하지만, 탐사 환경 및 지하구조의 복잡성에 의해 시간영역에서 기록된 탄성과 이미지가 실제 구조와 다르게 왜곡될 수도 있다. 따라서 본 연구에서는 시간영역에서 기록된 지형의 왜곡을 진구조로 구조보정하는 중합후 심도구조보정을 수행하였다.

또한, 퇴적물 음향학적 특성 및 물성 관련 연구 등에서는 Chirp SBP 탐사 시 중력 코어(gravity core), 피스톤 코어(piston core) 및 엔지니어링 시추를 통한 퇴적물 시료채취를 같이 수행되며, 이를 통해 퇴적물의 P파 속도를 비롯한 여러 물성을 측정한다(서영교 등, 2001; 이희일 등, 2002). 본 연구에서 수행한 심도구조보정을 통해 향후 퇴적물의 P파 속도를 이용한 심도영역 단면도 제작 가능성을 제시하였다.

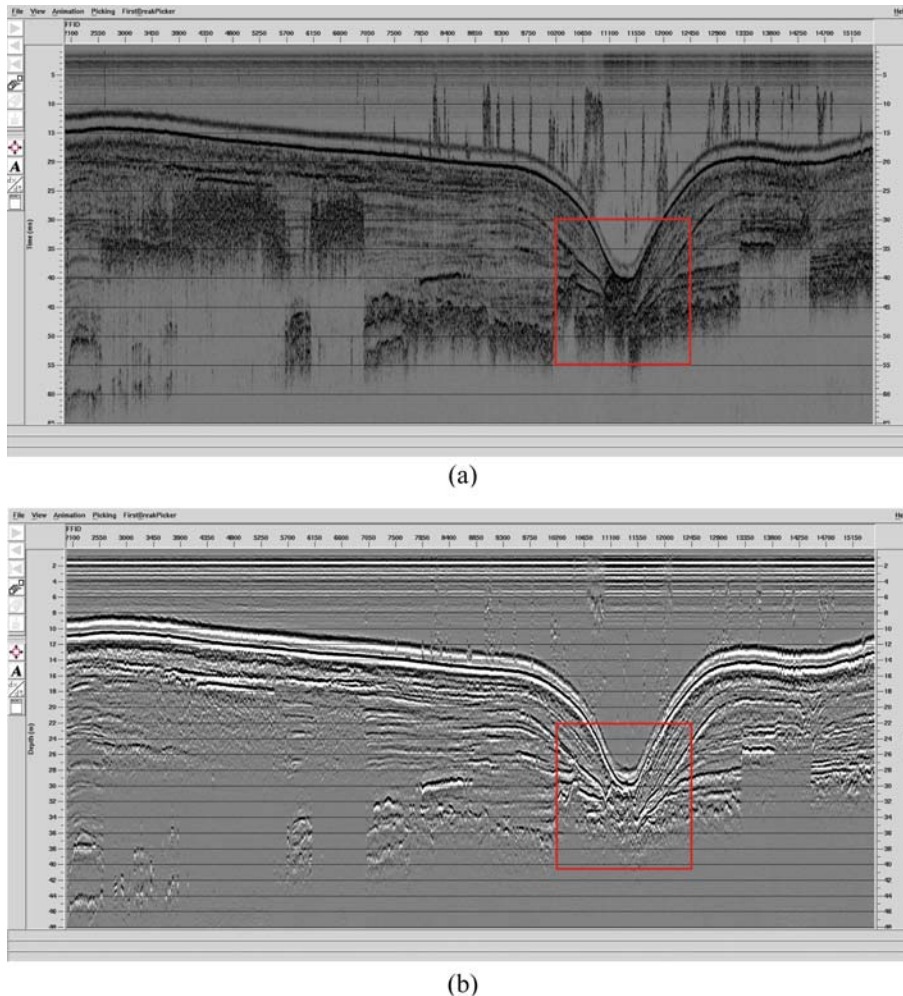
### 경사 스캔 겹쌓기(dip scan stack)

경사 스캔 겹쌓기는 가중치를 부과해 일관성 있는 탄성과

이벤트들을 향상시키는 알고리즘이다. 입력된 시간 영역에서의 프로파일(profile)을 설정한 범위내의 경사 겹쌓기 트레이스들로 변환시켜준다. 그러면 각 트레이스들이 경사(dip)에 따라 닮음(semblance)정도에 따라 가중치를 주고, 다시 시간영역으로 변환되어진다. 강하고 일관성 있는 이벤트들은 역변환(inverse transform)때보다 더 강해지고 일관성이 향상된 이벤트트로 나타난다(Quinn *et al.*, 1998). 특히, 동해 지역의 대륙붕 및 대륙사면처럼 급격한 수심변화에 따른 지형변화가 있는 탐사자료에서는 효율적인 전산처리 방법이라고 할 수 있다.

### 자료취득조건에 따른 Chirp SBP 전산처리 적용 전후의 단면도 비교

Fig. 2는 기장 부근에서 EdgeTech사의 3200 Sub-bottom Profiling System으로 취득된 탐사자료로서, Fig. 2(a)는 현장 원자료이며, Fig. 2(b)는 전처리 과정을 적용한 자료이다. Fig. 2의 탐사자료 특징은 수심이 깊어지면서 해저면과 해저면 아래의 퇴적층의 두께가 얇아지는 것이다. Fig. 2(a)는 강한 진폭에 의해 층서 구조가 파악되지 않지만, 전처리과정만을 통해

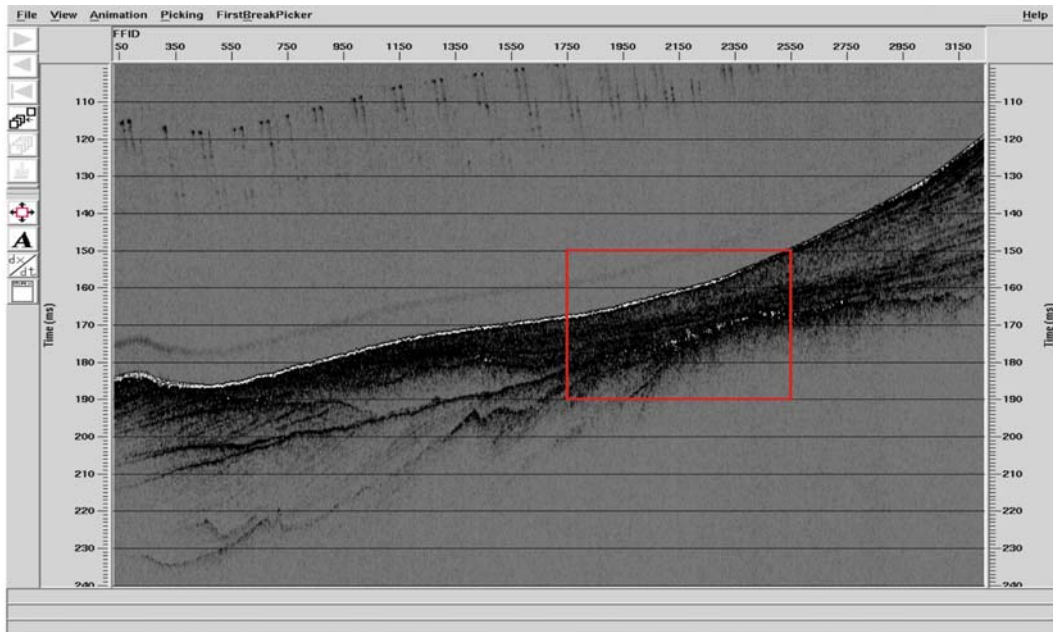


**Fig. 3.** Chirp SBP seismic sections acquired by CAP-6600 II acoustic profiling system in Masan-Jinhae Bay. (a) raw data and (b) processed final depth domain section.

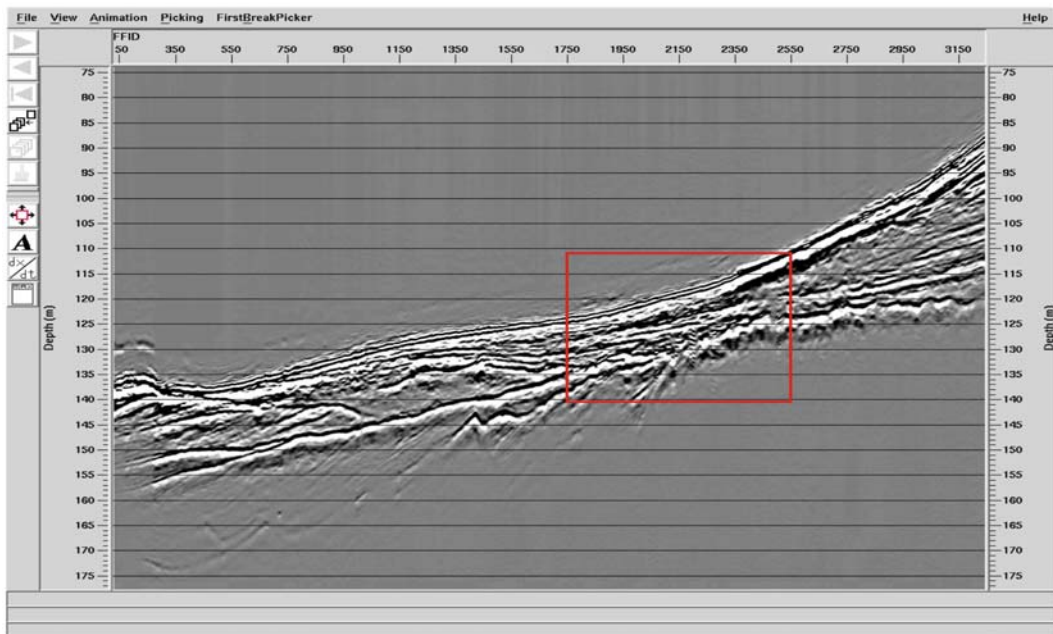


불필요한 고주파 성분들이 제거되어 지층경계면이 일부 나타나는 것을 Fig. 2(b)에서 확인할 수 있다. Fig. 2(c)는 주파수-공간 곱풀기, 동적 신호대잡음비 필터링, 심도구조보정을 거친 후 경사 스캔 겹쌓기 등의 모든 전산처리과정이 적용된 심도 영역 단면도이다. 전처리 과정만 거친 Fig. 2(b)에 비해 고주파수 잡음들이 많이 제거되어 신호대잡음비가 증대되었으며, 일

관성 있는 이벤트들이 더 강해진 것을 확인할 수 있다. 특히, 화살표로 표시되어 있는 지층경계면이 뚜렷해진 것을 볼 수 있으며, 원으로 표시된 부분을 살펴보면, Fig. 2(b)에서는 지층 경계면이 연속되어 있는 것처럼 보이지만, 심도구조보정 등의 전산처리과정을 거친 Fig. 2(c)에서는 단층(fault)이 존재하는 불연속면이라는 것을 확인할 수 있다.



(a)



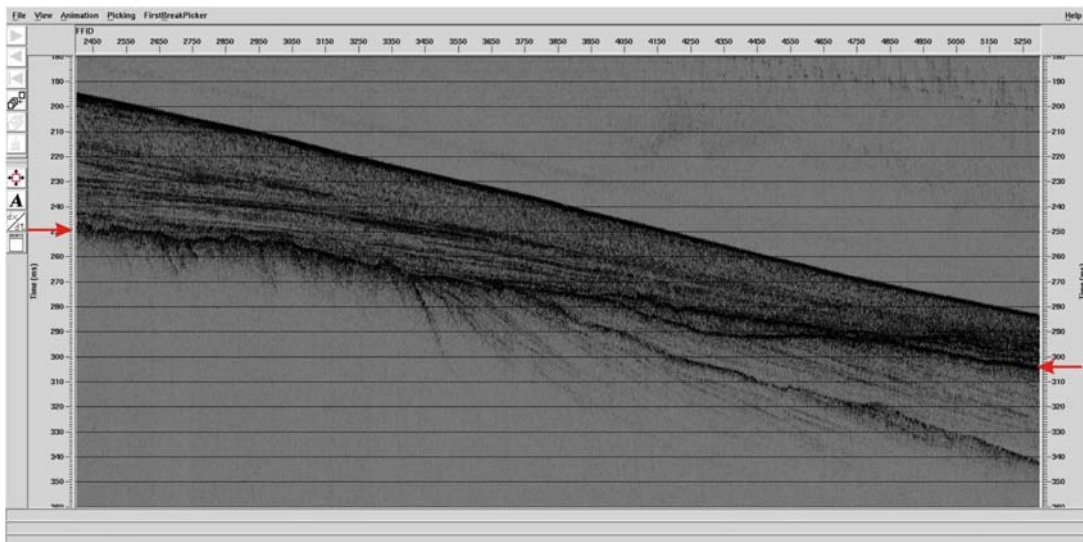
(b)

**Fig. 4.** Chirp SBP seismic sections acquired by CAP-6600 II acoustic profiling system in offshore Ulsan. The data acquisition parameter was shot interval 2.0 sec and performed excessive Chirp source power and hardware gain. (a) raw data and (b) processed final depth domain section.

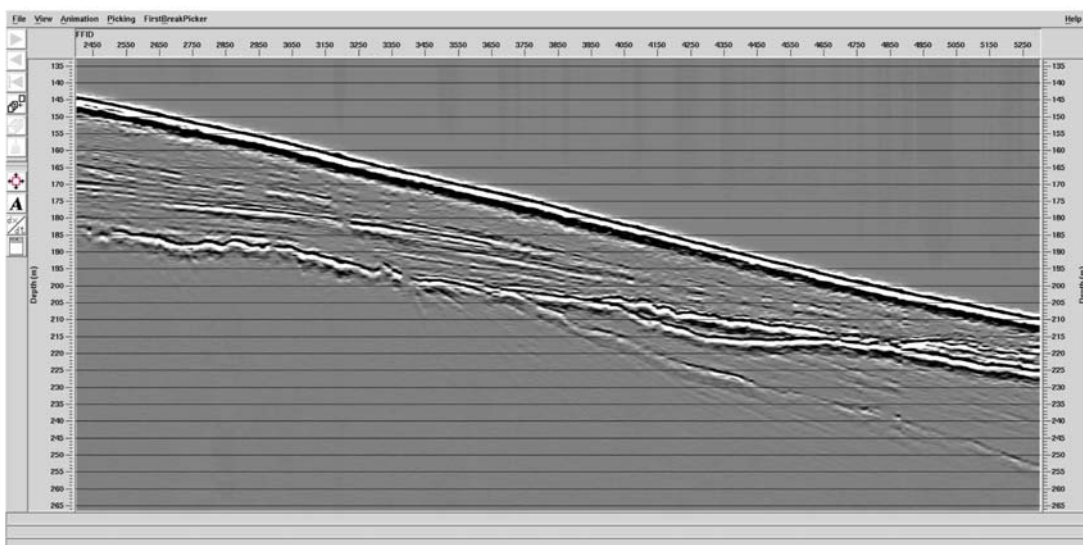
Chirp SBP 자료취득은 등거리 송신을 하는 석유탄사와는 달리 일반적인 엔지니어링 해양탄성파탐사와 같이 수 초이내의 등시간 송신으로 이루어진다. 그리고 Chirp SBP 해저지층탐사는 기록시간(record time)을 석유탄사와 같이 목표심도(target depth)에 따라 설정하는 것이 아니라, 탐사지역 수심 및 투과심도에 따라서 송신시간 간격을 설정하며, 이 발파시간 간격이 곧 자료기록시간으로 설정되어지고 자료 추출률(sampling rate)이 자동으로 설정된다. Fig. 3은 마산-진해 만에서 CAP-6600 II acoustic profiling system 자료취득시스템으로 취득된 탐사자료로서 송신 간격은 0.25 sec로서, Fig. 3(a)는 전산처리 적용전이며, (b)는 전산처리 적용후의 최종 심도영역 단면도이

다. 해당 탐사자료는 수심이 낮은 관계로 어군 및 가스 시피지(gas seepage) 등의 현상이 해저면 반사이벤트까지 영향을 주고 있어 상단부분 자르기를 수행하지 않았다. 전산처리 적용 전후를 살펴보면, 전반적으로 일관성 있는 이벤트들이 향상되고 강하게 나타나게 되는 것을 확인할 수 있으며, 특히 사각형으로 표시되어 있는 채널(channel)이 있는 영역을 확대해서 살펴보면(Fig. 3(c)), 전산처리 전에는 강한 진폭에 의해서 지층의 경계면이 구별되지 않는다는 것을 확인할 수 있다. 하지만, 전산처리를 통하여 지층 경계면이 뚜렷하게 구별되는 것을 확인할 수 있다.

측선 길이가 30 km 이상이 되는 비교적 긴 탐사의 경우,



(a)



(b)

Fig. 5. Chirp SBP seismic sections acquired by CAP-6600 II acoustic profiling system in offshore Ulsan. (a) raw data and (b) processed final depth domain section.

Chirp SBP 자료취득 중 수심이 점점 깊어지거나 급격하게 깊어지기 때문에 수신되는 신호가 약해지는 경우가 발생된다. 이때 Chirp 송신 신호 파워(power) 및 하드웨어 이득조절(hardware gain)을 높인다면 탐사자료 단면상에서 변수 조절 흔적이 남게 된다. 그리고 깊은 수심에 맞춰서 송신 신호 파워나 하드웨어 이득조절을 미리 하게 되면, 상대적으로 수심이 낮은 지역에서는 송신 신호 파워나 하드웨어 이득조절이 과도한 현상이 발생된다. Fig. 3은 동해 대륙붕 지역에서 CAP-6600 II acoustic profiling system 자료취득시스템으로 취득된 탐사자료의 일부로서 발파 간격은 2.0 sec이다. Fig. 4(a)는 전산처리 적용전, (b)는 전산처리 적용후의 심도영역 단면도이다. Fig. 4(a)는 과도한 송신 신호 파워 및 하드웨어 이득조절에 의해 해저면과 일부 지층에 흰색으로 표시된 음의 진폭값이 나타나는 현상을 확인할 수 있으며, 특히 사각형으로 표시되어 있는 영역은 강한 진폭에 의해 지층경계면을 구분할 수 없다. Fig. 4(b) 전산처리 적용 후를 살펴보면 강한 진폭에 의해 전산처리 전에는 볼 수 없었던 해저면 아래와 퇴적층 사이에 존재하는 복잡한 층서에 의한 반사이벤트들이 뚜렷하게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 5의 탐사자료는 Fig. 4와 동일 지역 및 자료취득시스템으로 취득된 탐사자료로서 발파 간격은 1.0 sec이다. 송신 신호 파워 및 하드웨어 이득조절을 적절히 적용한 결과, Fig. 4(a)와는 달리 Fig. 5(a)에서는 음의 진폭값이 기록되지 않았다. 하지만, Fig. 5(a)에서 수심이 깊어지면서 해저면과 시간축에 화살표로 표시되어 있는 퇴적층 경계면 사이의 두께가 점차 줄어들면 진폭이 상대적으로 강해지는 것을 확인할 수 있다. 전산처리 적용 후인 Fig. 5(b)를 보면, 불필요한 주파수대역과 잡음들이 제거됨으로써 신호대잡음비 및 일관성 있는 이벤트들이 향상되고 강하게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

## 결 론

Chirp SBP 탐사는 수 kHz의 고주파수대역의 자료로 일반적인 저주파 탐사방법에 비해 고해상도이기 때문에 엔지니어링 및 해양자원 탐사 및 개발, 제4기 지질학 연구, 해저지질도 작성, 환경 탐사 등 해양 탐사에서 널리 활용되고 있는 실정이다. Chirp SBP 탐사는 주로 외국업체 탐사장비를 사용하고 있기 때문에 플레이 백(play back) 위주 또는 기본적인 필터링 후 최종단면으로 이용되고 있다. 그러나 Chirp SBP 탐사자료는 고주파수 대역에서 발생할 수 있는 각종 잡음이 포함될 가능성이 있고, 시간영역에서 기록된 단면은 복잡한 지형을 제대로 영상화하지 못할 수 있는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하고 고품질의 Chirp SBP 심도영역의 지층 단면도를 제작하기 위하여 일련의 Chirp SBP 자료처리 흐름을 구축하고 국내에서 이용되고 있는 탐사장비로 취득된 자료에 적용하였다.

본 연구에서 구축한 자료처리 흐름은 크게 탐사배열 정보 입력, 이득회수, 주파수 대역 필터링 등의 전처리과정과 고주파수 잡음을 제거하기 위한 동적 신호대잡음비 필터링, 반사이벤트의 연속성을 향상시킬 수 있는 경사스캔 겹쌓기, 시간영역에서 기록된 지형의 왜곡을 진구조로 구조보정하는 심도구조 보정 등으로 구성된 자료품질향상 과정 등으로 구성하였다. 동해 대륙붕 및 남해 연안에서 서로 다른 자료취득 변수 및 Chirp SBP 탐사장비로 취득된 탐사자료에 적용한 결과, 불필요한 고주파수 잡음과 무작위잡음 등의 제거로 신호대잡음비 및 지층의 연속성이 증대되는 것을 확인할 수 있었다. 특히, 많은 회절이벤트에 의해 강한 진폭으로 가려져 있던 층서구조가 얇은 박층에서는 본 연구의 자료처리 흐름의 적용성이 높았다. 또한, 과도한 Chirp 신호 파워 및 하드웨어 이득조절 등으로 인한 자료취득 과정에서 발생된 강한 진폭 및 음진폭에 대해서는 불필요한 주파수대역을 제거함으로써 지층경계면이 뚜렷하게 구별되고 심도구조보정을 통해 해저면의 연속성이 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

따라서 이번 적용 사례를 통해 다방면에서 활용되는 Chirp SBP 탐사자료의 해상도 향상에 관한 연구에 많은 기여를 할 것으로 예상된다. 향후 Chirp SBP 탐사자료 취득 시 적용되어 지는 맞춤 필터(matched filter) 이전의 현장 원자료를 이용하여 천부가스 분포, 사석 및 인공어초 분포, 층서 및 퇴적물 특성 등에 관한 Chirp SBP 탐사자료 속성 분석(attributes analysis) 연구가 필요할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 한국지질자원연구원에서 수행 중인 “해저 천부가스 부존 및 특성규명 기술 연구” 사업의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- 김원식, 박근필, 김현도, 정순홍, 구남형, 이호영, 박의섭, 2010, 대천-원산도 해저터널 부지조사를 위한 단일채널 탄성파자료의 정밀 처리 및 분석, 지구물리와 물리탐사, **13(4)**, 336-348.
- 김종천, 이호영, 김지수, 강동효, 2003, 상호상관기법을 이용한 고분해능 천부해저탄성파탐사 자료에서의 너울효과 제거, 지구물리, **6(1)**, 31-38.
- 김진호, 한건모, 박중남, 1995, 해저매몰체 탐사를 위한 음향신호의 분석, 한국해양공학회지, **9(2)**, 167-174.
- 김찬수, 김현도, 김진호, 2008, 해저매몰체 탐지를 위한 Chirp SBP의 주파수에 따른 해상도 비교, 2008년도 한국마린엔지니어링학회 공동학술대회 논문집, 173-174.
- 김창길, 서성호, 조재권, 오태건, 서영교, 2009, 탄성파탐사 및 퇴적물분석에 의한 인공어초의 침하 예측, 2009년도 한국마린엔지니어링학회 공동학술대회 논문집, 355-356.
- 서영교, 김대철, 박수철, 2001, 가스함유퇴적물에서의 음파전달



- 속도 및 전기비저항 특성: 한국남동해역 이토대 퇴적물의 분석결과, *The Sea*, **6**(4), 249-258.
- 신성렬, 김찬수, 여은민, 김영준, 하희상, 2006, SBP 탐사를 이용한 사석분포 Mapping, *한국지구시스템공학회지*, **43**(3), 194-205.
- 신성렬, 임민혁, 장원일, 임종세, 윤지호, 이성민, 2009, 인공어초 지역에 대한 사이드스캔소나와 SBP 탐사 자료처리, *지구물리와 물리탐사*, **12**(2), 192-198.
- 이희일, 신동혁, 주형태, 김혜령, 2002, 진해-마산만의 퇴적분지 연구, *한국해양환경공학회 2002년도 춘계 학술대회 논문집*, 355-360.
- 장재경, 김한준, 주형태, 석봉출, 박건태, 유해수, 양승진, 1998, 광역주파수 음향반사자료의 K-L 변환을 이용한 해저면 분류: 지질음향 모델링을 위한 유용한 방법, *The Sea*, **3**(3), 158-164.
- 한국지질자원연구원, 2009, 해저 천부가스 부존 및 특성규명 기술 연구 결과 보고서.
- Gutowski, M., Bull, J. M., Dix, J. K., Henstock, T. J., Hogarth, P., Hiller, T., Leighton, T. G., and White, P. R., 2008, 3D high-resolution acoustic imaging of the sub-seabed, *Applied Acoustics*, **69**, 262-271.
- Plets, R. M. K., Dix, J. K., Adams, J. R., and Best, A. I., 2008, 3D reconstruction of a shallow archaeological site from high-resolution acoustic imagery: The Grace Dieu, *Applied Acoustics*, **69**, 399-411.
- Plets, R. M. K., Dix, J. K., Adams, J. R., Bull, J. M., Henstock, T. J., Gutowski, M., and Best, A. I., 2009, The use of a high-resolution 3D Chirp sub-bottom profiler for the reconstruction of the shallow water archaeological site of the Grace Dieu (1439), River Hamble, UK, *Journal of Archaeological Science*, **36**, 408-418.
- Quinn, R., Bull, J. M., Dix, J. K., and Adams, J. R., 1997, The Mary Rose site-geophysical evidence for paleo-scour marks, *The International Journal of Nautical Archaeology*, **26**(1), 3-16.
- Quinn, R., Bull, J. M., and Dix, J. K., 1998, Optimal processing of marine high-resolution seismic reflection (Chirp) data, *Marine Geophysical Researches*, **20**, 13-20.
- Schwaborn, G. J., Dix, J. K., Bull, J. M., and Rachold, V., 2002, High-resolution seismic and ground penetrating radar-Geophysical profiling of Thermokarst Lake in the Western Lena Delta, Northern Siberia, *Permafrost Periglac. Process*, **13**, 259-269.
- Szuman, M., Berndt, C., Jacobs, C., and Best, A., 2006, Seabed characterization through a range of high-resolution acoustic systems-a case study offshore Oman, *Marine Geophysical Researches*, **27**, 167-180.
- Vardy, M. E., Dix, J. K., Henstock, T. J., Bull, J. M., and Gutowski, M., 2008, Decimeter-resolution 3D seismic volume in shallow water: A case study in small-object detection, *Geophysics*, **73**(2), B33-B40.