

Side Scan Sonar 탐사자료의 영상처리와 해저면 Backscattering 음향특성

김성렬 · 유홍룡 · 박건태 · 이응국 · 안충현
한국과학기술원 해양연구소

Digital Processing and Acoustic Backscattering Characteristics on the Seafloor Image by Side Scan Sonar

*Seong-Ryul Kim, Hong-Rhyong Yoo, Gun-Tae Park
Yong-Kuk Lee and Chung-Hyun Ann*

Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan, P.O. Box 29, Seoul 171-14, Korea

요약 : SMS 960 (Seafloor Mapping System) Side Scan Sonar에 자기테이프기록계 (Kennedy 9000)를 연결하여 해저면 탐사자료를 수치적으로 처리할 수 있는 시스템을 개발, 이를 제주도 성산포 근해에서 시험적으로 적용하여 그 결과를 검토하였다. 처리시스템은 주로 VAX 11/780 (4 MB)를 사용하여 FORTRAN-77로 작성 되었으며 자료의 변환, 보정, 수치분석 및 도면제작 (cartography)을 주요기능으로 가지고 있다.

SMS 960에 의해 얻어진 수치자료는 특수한 형태를 가지고 있으므로 독자적으로 제작한 자료 선별 계수기 (Data Selecting Counter)와 개인용 컴퓨터 (personal computer)를 사용하여 주처리 전산시스템에서 처리할 수 있도록 그 형태를 변환시켰으며, 경사거리 (slant range)의 보정과 자료의 질적 개선을 위한 전처리 과정을 거친 다음, 색상표현으로 해저면 영상도면을 제작하였다.

후방산란 (backscattering) 음파자료를 통계처리하여 4 가지 색상으로 제작된 영상도면을, 해저 퇴적물의 물성분포도와 비교해본 결과 주로 평균입도와 분급도에 잘 대비되었다. 따라서 Side Scan Sonar에 의한 해저면 후방산란 음향특성을 적절히 분석하므로써 해저퇴적물의 퇴적상분포 연구에 상당한 응용효과가 있을 것으로 판단된다.

Abstract

The digital data were obtained using Kennedy 9000 magnetic tape deck which was connected to the SMS 960 side scan sonar during the field operations. The data of three consecutive survey tracks near Seongsan-po, Cheju were used for the development of this study. The softwares were mainly written in Fortran-77 using VAX 11/780 mini-computer (CPU Memory; 4MB).

The established mapping system consists of the pretreatment and the digital processing of seafloor image data. The pretreatment was necessary because the raw digital data format of the field magnetic tapes was not compatible to the VAX system. Therefore the raw data were read by the personal computer using the Assembler language and the data format was converted to IBM compatible, and next data were communicated to the VAX system.

The digital processing includes geometrical correction for slant range, statistical analysis and cartography of the seafloor image. The sound speed in the water column was assumed 1,500 m/sec for the slant range correction and the moving average method was used for the signal trace smoothing. Histograms and cumulative curves were established for the statistical analysis, that was purposed to classify the backscattering strength from the sea-bottom.

The seafloor image was displayed on the color screen of the TEKTRONIX 4113B terminal. According to the brief interpretation of the result image map, rocky and sedimentary bottoms were very well discriminated. Also it was shown that the backscattered acoustic pressure correlates with the grain size and sorting of surface sediments.

서 론

최근 들어 해저부존자원탐사, 해안구조물설치, 해저케이블건설등의 해양개발사업이 활발해짐에 따라, 해저면상태에 대한 보다 정확한 정보가 요구되고 있으며 해저면 탐사기술과 정밀분석을 위한 시스템개발에 관한 관심이 날로 증가하고 있는 실정이다.

지금까지의 해저면 탐사는 주로 Side Scan Sonar에 의해 얻어진 영상기록지를 관찰하고 분석하는 데 그치는 형편이며, 기록지 자체가 최종 생산물이기 때문에 기록상태가 나쁠 경우 해석상에 많은 어려움이 있으며 질적개선을 위한 더 이상의 처리가 불가능하다. 뿐만아니라 음파를 이용하여 해저면을 관찰한다는 입장에서 볼때 음향학적으로 해저퇴적물의 특성을 밝힌다는 것은 어려운 형편이다.

해저면에 대한 정밀정보를 얻기 위해서는 기록지 관찰 분석방법을 탈피하여 전산처리를 통한 해저면 구조를 분석할 수 있는 기술개발이 필요하다. 본 연구의 근본 취지 역시 우리나라 연근해에서 수행되고 있는 해저면 탐사자료를 수치적으로 전산처리하여 실제의 지형도 축적에 맞는 해저면상황도를 제작, 시도하는데 있다. 한편 수치자료는 해저면에서 후방산란 (back-scattering)되는 음파의 세기이므로 이를 이용하여 해저퇴적물의 물성에 따른 퇴적상 (sedimentary facies)분류가 시도되었다.

본 연구를 통하여 작성된 해저면 영상도면은 Fig. 1에서 보는 바와 같은 과정을 거치게 된다. 자료의 변환 및 전송과정은 분석자료의 준비를 위한 전처리 과정이며 경사거리와 항해선박의 속도에 대한 기하학적 보정과 음파신호의 잡음제거 및 자료의 통계처리는 영상도면 제작을 위한 주처리 과정이다.

분석자료

1. 자료획득

SMS 960해저면 탐사장비는 일반적인 Side Scan Sonar와는 달리 실험의 축적으로 해저면 형태를 영상화할 수 있는 장비로서, 본체와 Tow-

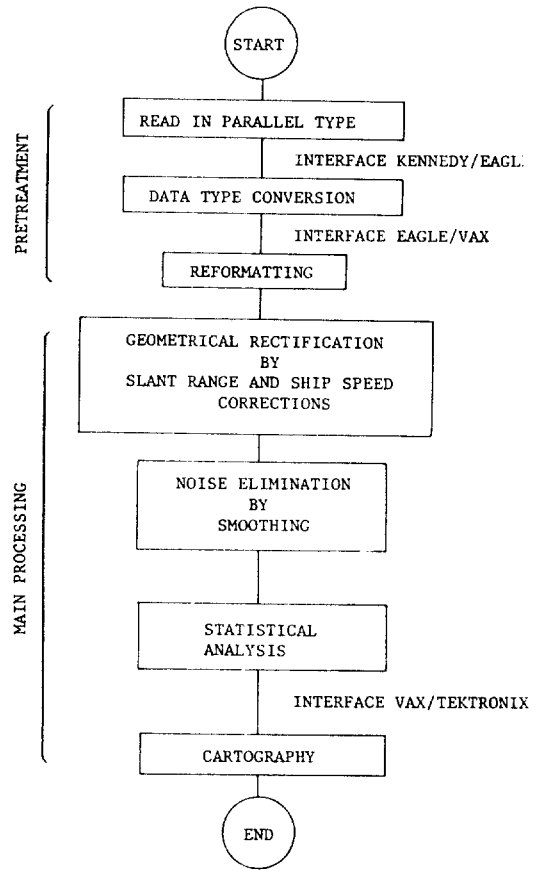


Fig. 1. Flow chart of the established seafloor image processing system.

fish 및 수치자료를 기록할 수 있는 자기테이프 기록계 (Kennedy 9000)로 구성되어 있다.

본 연구자료는 제주도 성산포 근해에서 1986년 8월에 수행된 해양조사 결과 중 해저면 탐사자료의 일부이다. Fig. 2는 사용된 자료의 위치 (빗금부분)와 함께 탐사축선(실선포시)을 보여주고 있으며, 축선상의 점과 숫자는 매 1분마다 관측된 해양위치이다. 탐사자료는 모두 자기테이프에 수록하였으나, 자료량을 감안하여 빗금부분의 자료만을 시험처리를 위해 선정되었다.

사용한 선박은 해양연구소 조사선 인천 801호 이었으며, 정확한 해상위치의 관측을 위하여 Decca Trisponder System이 사용되었고 가

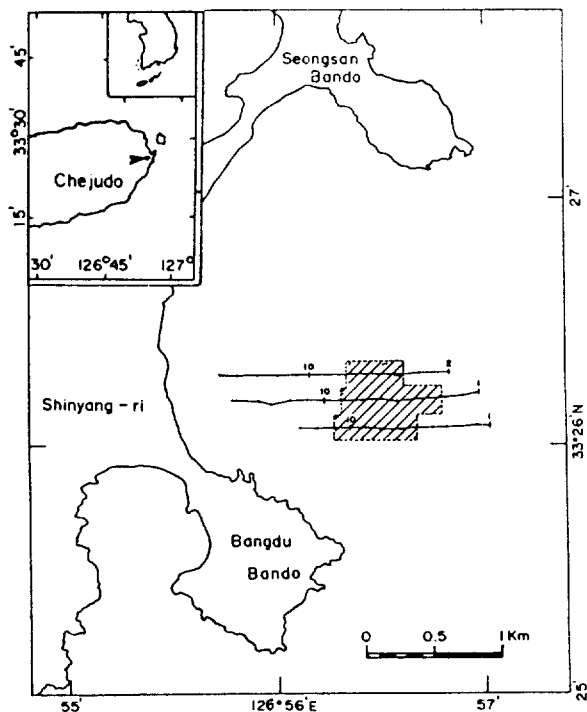


Fig. 2. Study area(shaded part) and survey tracks with event marks for each minute.

능한 직선항해가 되도록 육상에서 Transit 로 조사선박을 유도하였다.

해저면으로부터 Towfish의 수중높이는 탐사 범위(range)의 10~20%가 적절하지만(EG&G, 1981), 나중에 축선간의 영상자료를 모자이크 할 때 정확한 Towfish의 위치를 알아야 하므로 예인케이블의 길이를 40m로 고정하였으며, 탐사범위는 100m range를 택하였다.

2. 자기테이프의 자료구성

Towfish에 수신된 음파신호는 증폭된 다음 예인케이블을 통하여 SMS 960 본체에서 Time Varied Gain 회로를 통해 조정과정을 거친 다음 A/D변환기에 의해 계수화되어 좌·우측 자료가 결합된다. 그 다음 여러가지 내부 처리과정을 거치게 되는데, 본 연구에 사용된 자료는 바로 좌·우측 자료의 결합과정 직후의 상태에서 자기테이프에 수록된 수치자료이다. 따라서 SMS 960 본체에 내장된 microprocessor를 거

치지 않은 원시자료(raw data)의 상태이다.

자기테이프의 기록형태는 보통 일반적인 전산 기종에 많이 사용되는 직렬식(serial mode) 수록방법과는 달리, Kennedy 9000에 수록되는 수치자료는 병렬식(parallel mode)로 되어 있다. 기록밀도는 800 BPI이며 테이프속도는 15 IPS로 고정되어 있다. 그리고 자료의 기록속도는 12kHz로서 기록간격(record gap) 없이 연속적인 형태(continuous stream)로 수록되는 것이 특징이다. 자기테이프는 9 track으로 구성되며 초기정보(header data)와 음파자료(sonar data)로 구분되어 수록된다(Fig. 3). 한번의 음파신호가 발신된 후 해저면으로부터 감지되는 음파자료군을 한개의 주사선(scan line)으로 간주할 때, 100m range로 탐사할 경우 각 주사선은 1,800개의 자료로 구성되며 그 중 처음의 32개는 초기정보, 나머지는 좌·우현 각각 884개씩의 음파자료이다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 8번째 bit에서 "1"이면 초기정보이고 "0"이면 음파자료로 구별된다. 그리고 음파자료는 좌현과 우현의 자료가 교대로 기록되며 7번째 bit로 구분하여, 좌현은 "1"로 우현은 "0"으로 표시된다. 따라서 실제로 음파자료의 수록에 이용되는 track은 1번에서 6번까지의 bit이며 최고 2ⁿ(n=6)까지의 수치값이 기록될 수 있다. 초기정보에 사용되는 32개의 자료는 시간과 날짜에 각각 3개씩, 축선번호, 방향, 항해속도 및 보조정보에 각각 2개씩 모두 14개의 자료가 사용되며 나머지는 예비로 처리하고 있다.

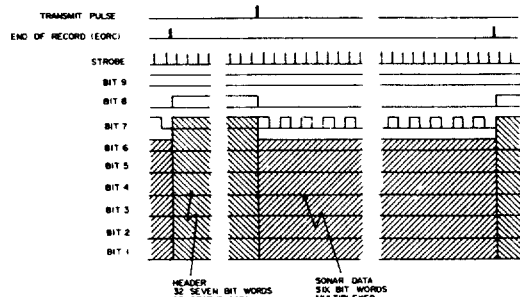


Fig. 3. Schematic illustrations of magnetic tape data format (EG&G, 1981).

결과 및 토의

1. 변환 및 전송

자기테이프 기록계로 기록된 수치자료는 VAX 11/780 시스템에서 직접 처리할 수 없다. 기록간격 없이 연속적인 자료배열 형태이므로 일정량의 기록단위(record length and size)가 구분되어 있지 않으며, 기록방식(recording mode)이 다르기 때문이다. 또한 개인용 컴퓨터를 직접 연결할 경우 정지하지 않고 계속해서 송출되는 자료를 처리할 수 있는 속도문제에 한계가 있다. 즉, 한개의 주사선에 해당하는 자료를 읽고 처리하여 기억장소에 저장하기 전에 다음자료가 입력되기 때문이다. 이러한 문제를 해결하는 가장 이상적인 방법은, 한개의 주사선 자료군을 받고 처리할 수 있는 용량의 buffer가 2개로 구성된 Buffered Formatter를 사용하여, 한쪽 buffer에서 한개의 자료군이 처리되는 동안 연속해서 공급되는 다음 자료군은 다른 한쪽의 buffer에서 처리하는 과정을 교대로 반복 수행하는 것이다.

그러나 아직 이러한 시스템이 확보되어 있지 않아 한개의 주사선 자료군을 읽고 처리하는 동안 계속 들어오는 자료는 그대로 통과시키는 간단한 장치를 고안, 자체 제작하여 자기테이프기록계와 개인용 컴퓨터 사이에 연결하였다(Fig. 4). 자료선별 계수기(Data Selecting Counter, Fig. 5)로 명명된 이 고안장치는 초기정보와 음파자료를 구별하는 8번째 bit를 이용하여(Fig. 3) 자료군을 구분하고 12kHz의 strobe 신호에 맞추어 자료를 통과시킨다. 이 때 개인용 컴퓨터의 자료처리 속도를 감안하여 7번째 주사선에 해당하는 자료군을 처리하도록 스위치를 조정하였다. 가능한 빠른 속도로 자료를 처리하기 위하여 versin 3.0의 Macro Assembler 언어(Scalon, 1986)를 사용하였다. 고급언어(high level language)를 사용할 경우, 자료의 유실현상이 발생하고 기억용량을 많이 차지하기 때문이다.

한편 개인용 컴퓨터의 기억장치에 입력된 자료는

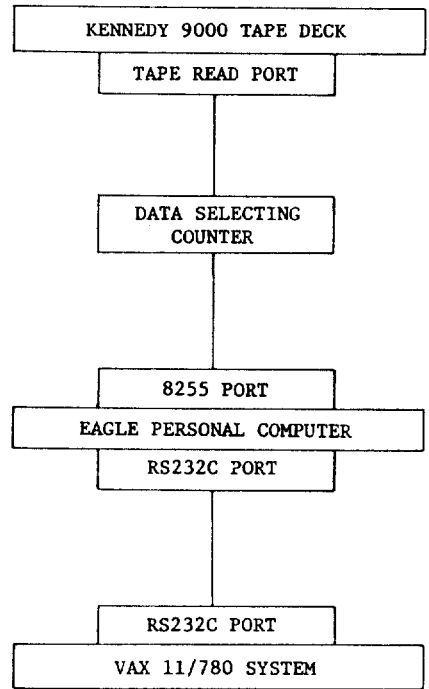


Fig. 4. Communication system between Kennedy 9000 tape deck and VAX 11/780.

2진수 코드로 되어 있어 이를 바로 VAX 11/780 시스템에 전송할 경우, 어떤 명령어나 제어문자로 시스템에서 혼동할 우려가 있어 2개의 영숫자(alphanumeric)로 표시되는 16진수(hexa decimal) 형태로 변환하여 전송하였다. 이에 사용

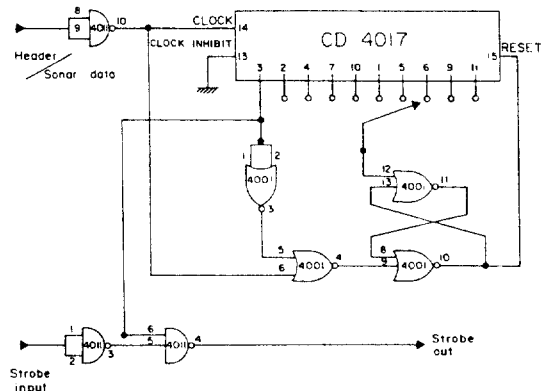


Fig. 5. Electrical circuit of the Data Selecting Counter.

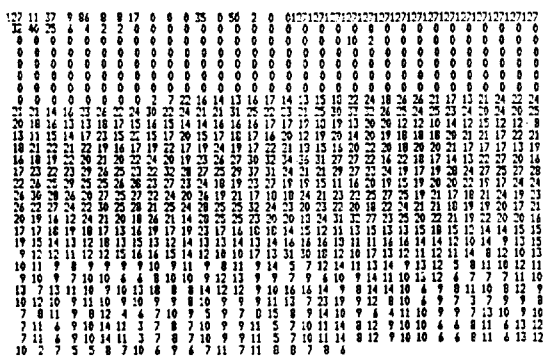


Fig. 6. Decimal print out of the reformatted data of one scan line.

된 언어는 version 3.0의 Turbo Pascal (Borland International, 1985; IBM, 1983)이었으며, 본 자료변환 과정에서 사용된 개인용 컴퓨터는 IBM-XT의 호환 기종인 Eagle Turbo-II (640 KB)이었다.

16진수로 VAX 11/780 시스템에 전송된 자료를 10진수로 변환하여 8번째 bit와 7번째 bit 값을 제거한 다음 Fig. 6와 같은 형태로 좌현과 우현 각각에 대한 자료군 file들을 만들었다. 첫 줄 32개의 자료는 초기정보로써 11시 37분 9초, 86년 8월 8일, 축선번호 17등의 정보가 기재되고 있으며 127은 공백의 자료이다. 884개의 음파자료중 첫 부분이 대체로 0의 값을 갖는데, 이것은 해저면에서 되돌아온 음파가 수신되기 전에 수중에서 후방산란된 음파신호이다.

2. 자료특성

Fig. 6에서 알 수 있듯이 해저면 탐사자료의 구조적 배열은 수중에서 후방산란된 신호가 먼저 수신되고, 그 다음에 해저면 음파자료가 시간적 순서로 차례차례 배열되고 있다. 이것을 그대로 도면화 하면 해저면 영상기록은 실제의 평면위치와는 달리 경사거리 (slant range)로 표현되며 일반적인 Side Scan Sonar의 기록 방식이다.

경사거리의 보정원리는 음파자료의 갯수로 설명하는 것이 편리하다. 자기테이프에 기록되는 자료의 속도는 12kHz이지만 좌·우현이 교대로

배열되므로 (Fig. 3에서 7번째 bit), 한쪽만 생각한다면 자료의 시간간격은 6kHz이다. 수중에서 음속을 1,500m/sec로 보고, 100m range 탐사범위인 경우 자료의 갯수는 884개이므로, Towfish로부터 해저면까지의 최대경사거리는 $(884 \times 1/6,000) \times 1,500/2 = 110.5m$ 가 된다. Fig. 7의 윗 부분은 음파의 세기를 0에서 63까지의 수치로 표현되는 한개의 주사선 자료군이며, 아랫 부분은 음파자료가 순차적으로 대응될 평면거리의 위치를 나타내고 있다. Towfish가 해저면에서 자료갯수 221개 (27.625m)의 높이에 있다면, 884개의 자료를 등간격으로 4등분 했을 때 Towfish의 하부쪽일수록 자료간의 평면거리 간격은 넓고 양옆으로 Towfish에서 멀어질수록 그 간격은 좁아짐을 알 수 있다. 그리고 221번째까지의 자료는 수중의 음파자료이므로 해저면 영상을 투영하는데 있어서는 제거되어야 한다. 이 그림의 경우 884개의 음파자료는 해저면을 107m까지 조사할 수 있지만 실제 탐사범위는 100m range이므로 이에 대한 경사거리는 103.75m이고 자료갯수로는 830개에 해당한다. 따라서 한개의 주사선 자료군은 좌·우현에 각각 884개의 자료를 언제나 준비하지만, 사용하는 자료의 갯수는 Towfish의 수중 높이에 따라 다르게 된다.

경사거리의 보정을 하기 전후의 그림이 Fig.

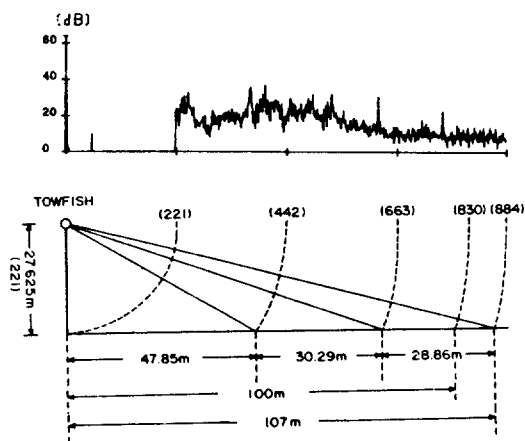


Fig. 7. Geometrical characteristic of acoustical data showing the relationship between the data positions on the slant range and the seabottom range.

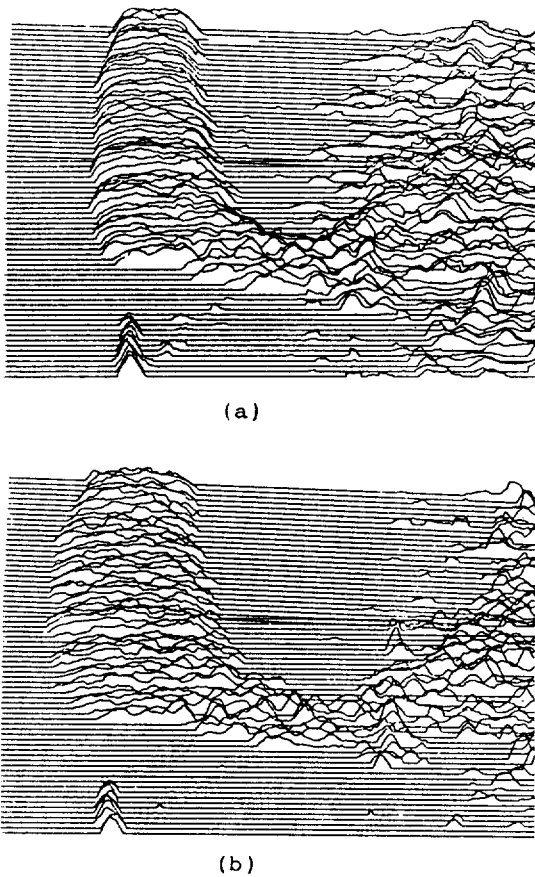


Fig. 8. Three dimensional display of backscattered side scan signal traces by using the starboard digital sonar data. uncorrected slant range(a) and corrected(b)

8이다. Fig. 8(a)는 보정하지 않은 상태에서 수중 음파자료까지 모두 나타낸 것이며, Fig. 8(b)는 수중자료를 제거하고 경사거리를 보정한 후의 그림이다. 중앙 돌출부분의 형태가 많이 달라지고 있으며 오른쪽 부분이 많이 밀리면서 끝에서는 일부 잘려 나가고 있음을 알 수 있다.

3. 영상도면

좌현과 우현의 해저면 영상자료를 접합(mosaicking)시키기 위하여 일차적으로 수중 음파자료를 제거한 다음 아래의 식에 의하여 각각의 자료에 대한 평면거리를 결정하였다.

$$R_x = \sqrt{R_s^2 - H_f^2}$$

여기서, R_x 는 탐사측으로부터의 실제거리, R_s 는 Towfish로부터의 경사거리인데 수치자료의 배열순서로 결정된다. 그리고 H_f 는 해저면에서 Towfish까지의 높이로서, 수치자료가 0로 계속되다가 다른 수치로 바뀌는 처음 자료의 배열순서에서 결정할 수 있다.

그리고 하나의 물체가 조사선박의 항해속도에 따라 여러가지 모양으로 나타날 수 있는데 이것은 탐사측 방향의 종거리와 주사선 방향의 횡거리가 서로 일치하지 않기 때문이다. 영상처리 과정에서는 초기정보에 기록된 탐사시각과 현장조사시 관측된 위치 및 시간자료를 이용하여 주사선간의 거리를 계산한 후 해저면 각점에 대한 영상위치를 결정하므로써 종·횡거리의 비율을 일치시켰다.

Fig. 7에서 음파신호를 살펴보면 단파장의 큰 진폭 신호형태를 몇군데에서 발견할 수 있다. 이것은 해저면 탐사시 동시에 작동되는 음향측심기의 신호이다. 그리고 전체적으로 큰 파형 구조 위에 소진폭의 신호들이 겹쳐 있는데 이것을 그대로 도면화 할 경우 Fig. 11(a)에서와 같이 잡음신호가 많이 섞인 영상으로 나타난다. 이러한 잡음신호를 제거하고 smoothing 시키기 위하여 음파자료를 이동평균법(moving average method, Davis, 1973)으로 처리하여 filtering시켰다. 이동평균법에서 평균에 사용하는 자료수가 너무 적으면 잡음이 완전히 제거되지 않으며, 반면에 너무 많으면 자료특성이 변하므로 본 연구에서는 여러차례에 걸쳐 시험처리해 본 후 Fig. 9와 같은 영상도면을 제작할 수 있었다.

Fig. 11(a)는 수치화된 음파자료를 그대로 도면화한 것으로서 경사거리가 보정이 안된 상태이며 잡음신호가 그대로 나타나는 반면 Fig. 9는 수중의 거리효과와 잡음을 제거한 다음 명암밀도(density)로 표현한 것이다. 우측 상단부를 제외하면 대부분이 암반 분포지역임을 명확히 알 수 있으며 해저면의 형태가 입체감 있게 표현되고 있다.

Fig. 9과 Fig. 11(a)는 VAX 11/780 시스템

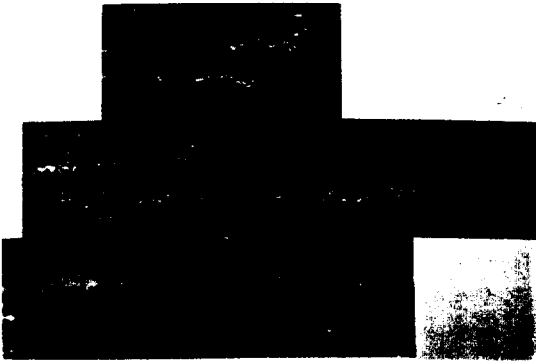


Fig. 9. Corrected and smoothed seafloor image of the test area.

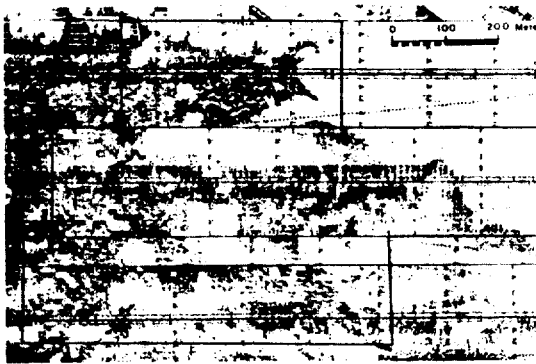


Fig. 10. Seafloor image mosaic using SMS 960 chart papers.

과 연결되어 있는 Tektronix 4113B를 이용하여 영상도면화 시킨 것 이지만, SMS 960시스템의 탐사기록지를 이용하여 수작업으로 모자이크하는 것도 가능하다. (Fig. 10). 자기테이프로부터 다시 SMS 960으로 재생시킬때, 해상위치 관측자료를 이용하여 조사선박의 항해속도를 계산한 다음 속도자료를 재입력시키면서 축소 range로 탐사 기록지를 제작한다. 그 다음 인접 탐사측선의 기록지 영상을 대조하면서 모자이크하게 된다.

Fig. 9와 Fig. 10을 비교하여 볼 때 해저면의 형태가 훨씬 뚜렷하게 구별됨을 알 수 있다. 수작업으로 모자이크한 Fig. 10의 단점은 일단 더 이상의 분해능을 올릴 수 없다는 점과 축소, 확대가 용이하지 않고, 흑백영상으로만 표현이 가능하다. 그러나 전산처리에 의한 영상도면은 음파의 세기에 따라서 다양한 색상으로도 표현

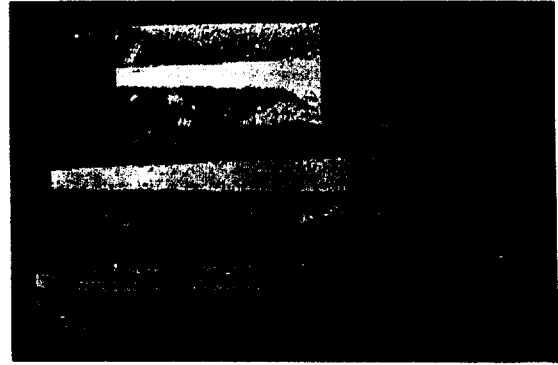


Fig. 11(a). Uncorrected and unsmoothed seafloor image of the test area.

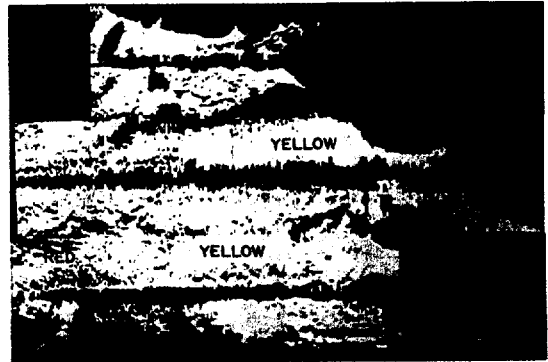


Fig. 11(b). Seafloor image of acoustical classes represented by four colors.

이 가능하며 (Fig. 11(b)), 정밀관측을 필요로 하는 좁은 구역에 대한 확대판독, 음파신호의 적절한 처리에 의한 영상의 질적향상등의 기능을 이용할 수 있다. 처음부터 최종생산물 형태로 출력되는 기록지자료 (Fig. 10)로는 불가능한 여러가지 기능을 이용함으로써 최선의 해저면 판독효과를 얻을 수 있다.

4. 해저면 음향특성

해저면 탐사자료로부터 해저면형태와 지질구조적 특징은 주로 영상자료의 판독에 의하여 분석되지만, 퇴적물의 유형별 분포상태를 알기 위해서는 후방산란되는 음파의 세기를 정량적으로 구분할 수 있는 분류기준을 설정하여야 한다. 해저면으로부터 후방산란 되는 음파의 세기는 해저면의 texture에 따른 거친정도(roughness)

와 퇴적물의 입도 (grain size) 에 따라 다르게 나타나며, 특히 퇴적물의 입자가 클수록 반향되는 음파의 세기도 크다는 사실은 일반적으로 잘 알려져 있다 (Clay et al., 1964; Mckinney and Anderson, 1964; Wong and Chesterman, 1968).

본 연구에 사용되는 수치자료는 0에서 63까지 범위를 갖는 음압 (acoustic pressure) 자료로서, 이를 시험적으로 분류하여 실제 음향학적으로 퇴적물의 물성을 구분할 수 있는지를 검토해 보았다. 음압의 분류기준을 결정하기 위하여, 3개의 탐사측선 전체자료에 대한 음압분포곡선 (Fig. 12(a)) 과 음압누적분포곡선 (Fig. 12(b)) 을 구하였다. Fig. 12(a)에서 보면 16dB를 전후하여 일단 크게 두 종류의 집단으로 구분되지만 양현의 분포상태가 일치하지 않으므로 더 이상의 분류는 어렵다. 그러나 Fig. 12(b)에서는 분포특성을 4개의 집단으로 구분할 수 있다.

좌현과 우현의 음압분포곡선이 다른것은 2가지 이유로 설명될 수 있는데, 첫째는 해저면에 대한 음파의 입사각이 좌현과 우현에서 서로 반대방향이므로, 물체의 놓여 있는 형태에 따라서 음파의 세기가 차이가 날 수 있다. 둘째는 Tow-

fish의 양현에 위치하는 2개의 음파 발·수신 장치 (transducer)의 특성이 서로 같게 보정되어 있지 않았을 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 좌현과 우현의 음압 분류집단을 Fig. 12(b)와 같이, 각각 구간이 다르지만 서로 대응시켜 분류기준을 결정하였다. 특히 좌현의 곡선에서 15-20dB 구간을 우현의 13-17dB 구간에 대응시킨 것은 좌현의 15dB 위치에서 곡선의 특성이 변하여 17dB 변곡점까지는 우현의 15dB 위치와 일치하기 때문이다. 한편 좌현곡선을 우현쪽으로 이동하여 겹쳐놓고 보면, 좌현의 20dB 위치는 우현의 17dB 위치와 정확하게 일치하고 있다. 만약 좌현의 15-20dB 구간을 둘로 구분한다면 17-20dB 구간의 특성은 우현에서는 찾을 수 없게 된다. 3개의 탐사측선에서 모두 우현쪽에서만 17-20dB 구간의 특성이 존재하지 않는다는 것은 불합리하므로 이 구간을 동일한 집단으로 보았다.

4개의 집단으로 분류된 통계학적 분석결과에 따라 제작된 영상도면 (Fig. 11(b))을 현장조사시 병행하여 얻어진 해저퇴적물에 대한 자료 (KORDI, 1986)와 비교하여 보았다. 조사해역의 해저퇴적물은 gravelly sand, sand 및 muddy

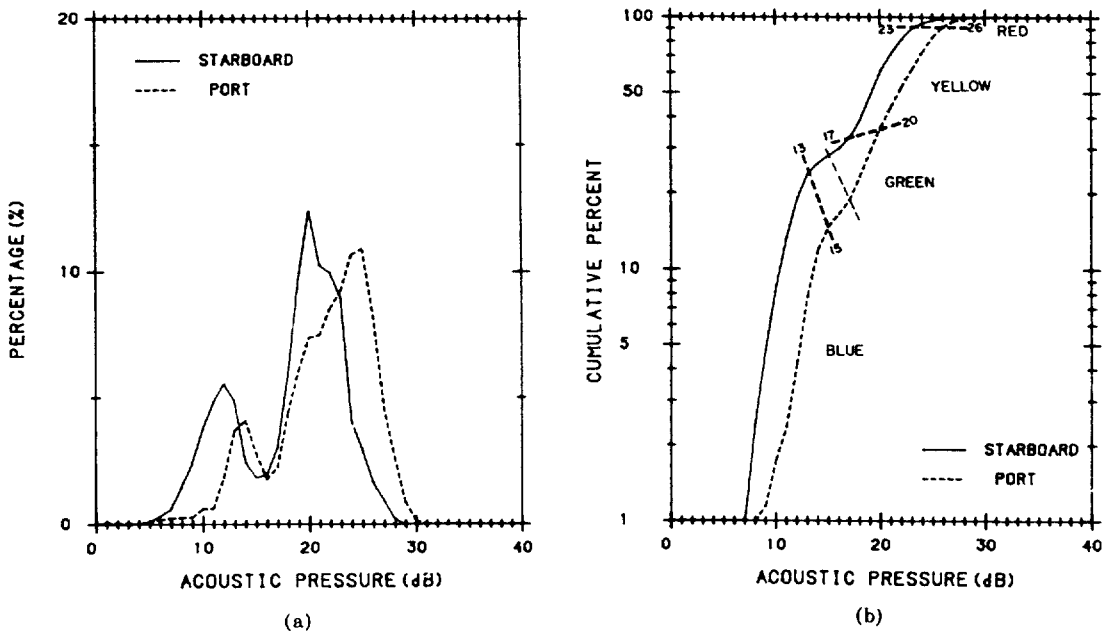


Fig. 12. Histograms and cumulative curves of starboard and port data.

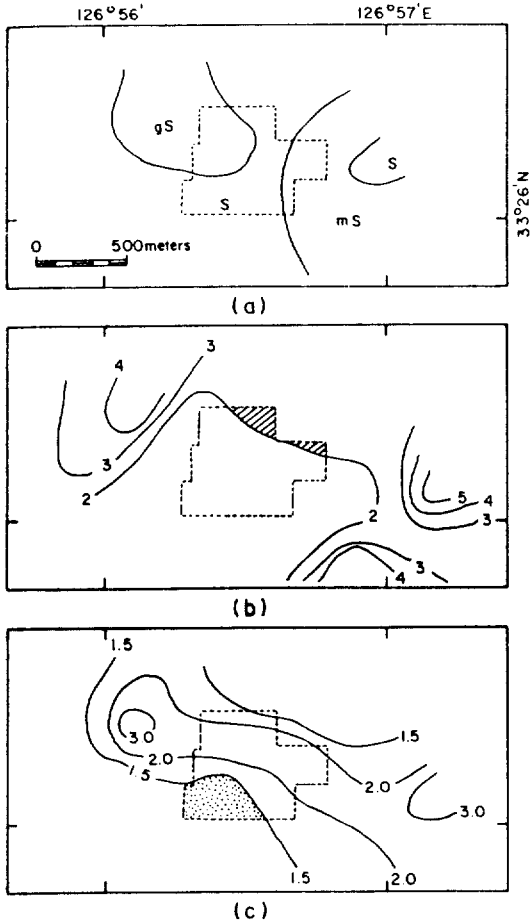


Fig. 13. Sedimentological properties of the seafloor around the test area, presented by sediment facies(a), mean grain size in phi(b) and sorting in phi(c), modified from KORDI (1986). gS: gravelly sand, S: sand, mS: muddy sand, slashed: BLUE, dotted: GREEN

sand로 되어있고, 평균입도는 4ϕ 이하의 조립질이며, 퇴적물의 분급도는 $1.5 - 3.0\phi$ 정도로 분급이 양호한 상태는 아니다. Fig. 11(b)의 영상도면과 Fig. 13의 퇴적물 물성분포를 비교

하여 보면 평균입도 2ϕ 의 경계부분(Fig. 13(b))이 잘 일치하고 있으며, 분급도 1.5ϕ 이하의 지역(Fig. 13(c))이 잘 대비됨을 알 수 있다.

따라서 해저면에서 후방산란되는 음파의 특성은 해저퇴적물의 입자크기와 관계가 있음을 알 수 있다. 그리고 음압분포곡선(Fig. 12(a))에서 약 16dB 이하의 심한 음반이 아닌 퇴적물의 음압분포 특성인 것으로 해석할 수 있다. 만약 평균입도 2ϕ 이하의 세립질로서 분급도가 양호한 해저면을 연구해역으로 선정한다면, 퇴적물의 물성분포가 좀더 명확하게 구분될 수 있을 것이며 16dB 이하에서의 물성분포에 대한 정량적인 분류도 가능할 것으로 판단된다. 이상의 결과를 요약해 본다면 Table 1과 같이 정리할 수 있다.

해저면을 texture 입장에서 살펴보면 해저면 탐사는 측면탐사이기 때문에 어떠한 물체가 균질한 매질로 되어있다 하더라도 음파의 입사각에 따라서 되돌아오는 음파의 세기는 다를 수 있다. 특히 돌출되어 있거나 표면이 울퉁불퉁할 경우에는 입사음파에 대해 그늘진 부분이 생기므로 음압의 분류에 의한 방법만 가지고는 충분한 판독을 기대하기 어렵다(Haralick et al., 1973). 명암밀도로 표시된 영상도면(Fig. 9)에서는 해저면의 texture가 잘 나타나며, 암반지역에서 해저표면의 요철이 잘 구분된다. 여기서 불규칙하게 심한 변화를 보여주는 부분은 영상의 형태로 미루어 보아 해저에 노출된 암반임을 알 수 있으며, 그 이외의 부분은 퇴적물이 없게 암반위에 덮혀 있는 것으로 판단된다.

결 론

본 연구를 통하여 해저면 탐사자료를 수치자

Table 1. Comparison of backscattered acoustic pressure with bottom characteristics

Color	Acoustic Pressure(dB)		Bottom Feature	Sedimentological Properties	
	port	starboard		grain size	sorting
BLUE	0-15	0-13	sediment	$\phi > 2$	—
GREEN	15-20	13-17	rocky bottom	$\phi < 2$	$\phi < 1.5$
YELLOW	20-26	17-23	"	"	$\phi > 1.5$
RED	26-63	23-63	"	"	"

료로 변환하여 영상처리할 수 있는 기법이 확립되었으며 종래의 기록지에만 의존하던 분석방법을 탈피하고, 음파의 특성에 따라 수치적으로 자료를 해석하고 처리할 수 있게 되었다. 특히 자기테이프 기록계에서 VAX 11/780 시스템으로 자료를 변환, 전송시킴에 있어, 외국업체에서 만들어 상업화한 고가의 처리장비를 사용하지 않고 기존보유기와 호환되는 필요장치를 자체적으로 제작함으로써 차후의 영상처리 시스템을 스스로 개발할 수 있는 토대로 마련한 것이라고 믿어진다.

개발된 해저면 영상처리시스템을 제주도 성산포부근에서 시험적으로 처리해 본 결과 SMS 960 자료의 질을 개선할 수 있었으며, 이에따른 해저의 노출암반 및 퇴적물 분포상태를 용이하게 판독할 수 있었다. 시험분석결과, 다음과 같은 사실이 밝혀져 해저면 영상자료분석의 향후 연구방향을 제시하였다.

1. 해저면탐사 음파자료는 퇴적물의 입자크기와 대체적으로 밀접한 관계가 있음을 보여주고 앞으로 이를 더욱 연구발전시킬 경우 음파자료를 이용한 해저퇴적물의 정량적분석이 가능할 것으로 보인다.

2. 암반의 분포상태는 음압의 세기에 따른 분류 보다는 명암밀도로 나타낸 도면에서 더 잘 구분되는데 차후의 분석과정에서는 texture의 분석방법도 고려하여야 할 것으로 판단된다.

이 외에도 잡음제거과정, 선박의 진행방향변경에 따른 영상왜곡까지 기하학적으로 보정해야 할 여지등을 남겨 놓고 있으나, 본 연구결과해 해저면의 영상을 수치적으로 전산처리할 수 있는 연구개발의 발판을 마련한 것으로 생각한다.

감 사

본 연구는 1986년도 정부출연 기본연구과제인 “원격탐사법을 이용한 해저면영상 처리시스템 개발(BSPE 00089-150-5)”의 일부로 수행된 것이며, 현장자료 획득을 위해 수고한 해양연구소 해양지질연구실 및 연구지원실실원 여러분과 특히 도면제작을 도와주신 권수재, 유인성 두 분께 감사드립니다.

참고문헌

- Borland International, 1985. TURBO PASCAL Reference Manual. Borland International, 36p.
- Clay, C.S., J. Ess, and I. Weisman, 1964. Lateral Echo Sounding of the Ocean Bottom on the Continental Rise. *J. Geophys. Res.*, 69, 3823.
- Davis, J.C., 1973. *Statistics and Data Analysis in Geology*. John Wiley & Sons, Inc., 170-297.
- EG&G, 1981. SMS 960 Seafloor Mapping System Instruction Manual, EG&G Environment Equipment.
- Haralick, R.M., K. Shanmugam, and I. Dinstein, 1973. Textural Feature for Image Classification. *IEEE Trans. Syst. Man Cyber.*, SMC-3, 610.
- IBM, 1983. ROM BIOS and System Usage. In: *Personal Computer Hardware Reference Library*. International Business Machine Corporation A.1-A.108.
- KORDI, 1986. *Oceographic Studies for Hong Kong-Japan-Korea Submarine Cable System*. BSPI 00060-127-5B. Korea Ocean Research and Development Institute, KAIST, 43-58.
- Mckinney, C.M. and C.D. Anderson, 1964. Measurements of Backscattering of Sound from the Ocean Bottom. *J. Acoust. Soc. Am.*, 36, 158.
- Scanlon, L.J., 1986. *Assembly Language Programming with the IBM-PC AT*. Brady Communications Company, INC., p.442.
- Wong, H.K. and W.D. Chesterman, 1968. Bottom backscattering near grazing incidence in shallow water. *J. Acoust. Soc. Am.*, 44, 1713.

Received June 10, 1987

Accepted September 9, 1987