

## 해양자원개발을 위한 수중음향의 응용

## Applications of Underwater Acoustics for Development of Ocean Resources

나 정 열

(Jungyul Na)

(한양대학교)

## I. 서 론

육상 및 지하자원의 고갈에 대비한 해양자원의 개발은 이미 선진국들간에는 오래전부터 관심분야로 관련기술 개발에 박차를 가하고 있으며 우리나라 역시 작년(1989년)에 해양개발 기본법이 발효되면서 서해안 개발, 태평양의 해저광물자원 개발등 해양과 관련된 사항들이 심심찮게 신문에 나타나고 있는 실정이다. 해양자원이라 하면 우선 해저의 광물자원을 떠올리는 사람이 많으나 이것은 해양자원의 일부에 지나지 않는다. 해양자원에는 광물자원을 비롯하여 생물자원과 공간자원 그리고 해수자체가 갖고 있는 에너지 자원등이 포함되며 현재의 육상자원보다 훨씬 많은 량을 해양이 갖고 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 이러한 자원을 개발하기 위해서는 부존량을 파악해야 하며 개발방법에 따른 경제성이 검토되어야 함은 물론이다. 그 첫 단계인 부존량의 파악은 탐사를 통해서 얻은 자료에 근거하는바 결국은 자원탐사(혹은 해양탐사)를 어떤 방법으로 하느냐가 매우 중요한 관건이라고 할 수 있을 것이다.

해수는 공기와 달리 전자기파나 광파(빛)의 진행이 매우 불리한데 그 가장 큰 이유가 에너지의 흡수와 산란때문이며 결국 흡수및 산란이 전자기파나

광파에 비해 훨씬 작은 음파가 유일한 수단으로 등장하게 된다. 빛중에서 청록레이저가 해수중에서 가장 먼 거리에 도달할 수 있음이 근래 실험에서 알려졌으나 그 거리는 200~300 미터에 불과함으로 아직도 실험단계를 벗어나질 못하고 있다. 결국 수중음향을 이용해서 해양탐사를 시작한 이후 인간이 상상만으로 추측하던 심해저의 모양이 육지의 산맥과 같은 모습을 드러내기 시작한 것이며 이러한 자료는 해저광물자원 개발의 가능성을 더욱 높여주었던 것이다.

인간이 해수중에서 소리의 전달에 관심을 가진 것으로는 1490년경 레오나르도 다빈치가 관에 귀를 대고 소리를 들었던 사건을 최초의 기록으로 말하고 있으나 우리나라 서해에서 불철에 많이 잡히던(현재는 거의 전무) 황조기를 옛날 우리 선조 어부들은 대나무를 물속에 담그어 황조기떼가 산란기에 내는 소리를 듣고 고기떼를 쫓아가서 잡았다는 기록이 있고 보면 아마 우리 나라 어부가 더 앞서 있지 않았나도 의심해 볼만한 사항이다.

한편 근래수준의 수중음향 기술의 발전에 획기적인 기회가 되었던 것은 1912년 많은 인명피해가 있었던 호화 여객선 타이타닉호와 빙산과의 충돌사건이었으며 그 후 빙산 탐지의 목적을 위한 SONAR

개발을 시작으로 2차 세계대전 당시 잠수함을 탐지하기 위한 SONAR 개발이 그 전환을 이루었다고 볼 수 있다.

그러나 이러한 군사목적의 SONAR는 곧 인간의 해양활동에 이용이 되어 측심기, 어군탐지기의 등장을 가져오게 되었다. 그 후 SONAR 기술의 발전은 전기, 전자 및 금속재료, 선박공학 그리고 신호처리 기술의 발달과 더불어 고분해능을 포함한 장거리 탐지능력까지 갖도록 개발되어지고 있는 실정이다. 그러나 SONAR의능력을 제한하는 가장 큰 요인은 음향전달 매체인 해양이며 이는: 해수면의 운동, 즉 파고, 해류, 조류에 의한 영향과 해수의 수온과 염분도의 변화에 따른 음속의 변화, 그리고 불규칙하고 비균질한 해저 퇴적물의 분포등이 음파의 진행에 막대한 영향을 준다는 사실이 결국은 음파를 이용한 매질의 반사방법으로 역이용되고 있으나 매우 흥미로운 사항이 아닐 수 없다.

소위 INVERSE METHOD(역방법)을 이용한 해양탐사는 DIRECT METHOD 즉 음원과 수신기 사이의 음파전달 과정을 중시하는 방법을 역이용함으로써 매질의 특성에 따른 음파신호특성 파악에 역점을 두게 된다. 따라서 본 부분에서는 매질의 특성을 파악하는 수중음향기법을 간략히 기술해 보도록 하겠다.

## II. 해수면 관측

해수면은 공기와 접해있는 면으로 수중음향의 반사면이나 수면에 항상 존재하는 파랑과 해수의 유동에 의해 산란효과도 야기시킨다. 한편 파랑의 존재는 이들이 깨어질 때 발생되는 공기방울이 수면 근처에 집중되어 있어 또다른 산란효과를 나타내고 있다. 이러한 경계면 혹은 경계층의 시공간적인 변화를 파악하기 위해서는 고주파의 음파를 사용하는바 이때 해양이 천해인 경우는 TRANSDUCER를 해저에 고정시켜 그 BEAM이 해수면을 향하게 하며 동시에 해면의 파랑의 특성(파랑주기)에 따라 BEAM 폭을 조정하여 해수면의 특성을 파악하게 된다. 그러나 심해인 경우는 재류부이에 TRANSDUCER를 장착하여 사용한다.

### SIDE-SCAN SONAR

측머주사 SONAR로서 해저지형을 탐사하기 위해 개발된 것이다. 이 SONAR를 해저에 고정설치하여 양측 BEAM이 수면을 향하게 할 시에 시간에 따른 수면의 산란상태, 파고 및 주기 혹은 해류의 크기까지도 관측할 수 있게 된다<sup>1)</sup>.

### INVERTED ECHO-SOUNDER

선박에서 일반적으로 사용되는 측심기는 BEAM 폭이 좁고 고주파의 TRANSDUCER를 이용하는바 이 측심기를 거꾸로 수면을 향하게 할 시에는 (해저에 고정설치 혹은 입사각을 염두에 둔 선박에서 수면하에 설치) 수면 혹은 수면 부근의 산란강도를 측정할 수 있게 되며 역시 해면의 상태를 파악하는 방법이 된다. 이 방법은 이미 널리 사용되어 파고 측정 및 수면 범위 측정에 이용되고 있다<sup>2)</sup>.

### ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER (ADCP)

두 개 이상의 좁은 BEAM들에 의해 해수중의 산란체(동물성 플랑크톤이 주를 이룸)로 부터의 후방산란 및 산란체 이동에 의한 DOPPLER EFFECT를 이용하여 해류의 수직구조를 측정하는 장비이다. 이 장비는 이미 상용화되어 선박이나 해저에 설치할 수 있도록 제작되었고 단시간에 넓은 해역의 해류구조를 파악할 수 있는 장점을 가지고 있다. 특히 해수중의 생물체가 주요 산란체이므로 산란강도를 해석하여 생물체의 수직분포 및 나아가 생물체의 종류까지 알아내고 있는 실정이다<sup>3)</sup>.

이 장비의 응용성은 매우 다양해서 해양오염 물질의 확산경로 파악, 생물체의 수직변이 파악 등이 가능하며 고주파(1200 KHz)일 경우는 상층의 유속을 수직적으로 파악할 수 있기 때문에 하천수의 유속파악에도 이용가능하다<sup>4)</sup>.

### HYDROPHONE을 이용한 수중소음 측정

HYDROPHONE의 지향성을 수면을 향하게 하여 바람에 의해 발생되는 수중소음의 크기를 측정함과 동시에 바람의 세기를 관측한 것과 상관관계를 설정 시 소음측정을 통한 해상풍을 추측할 수 있게 된다.

이미 WOTAN(WEATHER OBSERVATION

THROUGH AMBIENT NOISE)이라 하여 실험적으로 사용되고 있다<sup>5)</sup>. 이러한 시도는 해상에서 바람관측이 주로 선박 혹은 부표에서 이루어지기 때문에 비용이 많이 들 뿐만 아니라 대풍과 같이 매우 강한 바람하에서의 관측이 거의 불가능한 반면 SONO-BUOY 를 이용하여 소음 DATA를 육지로 전송시킬 수 그러한 위험성이 없을 뿐만 아니라 매우 경제적이기도 하기 때문이다.

### Ⅲ. 해저면 관측

해저의 굴곡이나 지질상태를 알기 위한 음향탐사 방법은 해저면에 수직하게 입사되는 PULSE의 후방산란 신호에 의한 해저면의 굴곡상태 및 지질의 종류 파악 방법과 장거리 음파전달의 경우 해저와의 상호작용에 의한 수신신호의 변화량을 역으로 분석하여 해저의 음속분포 및 감쇠효과를 계산하는 방법으로 크게 나뉠 수 있다. 전자는 주로 고주파 TRANSDUCER 를 사용하나 후자의 경우는 저주파, 특히 AIR GUN, SPARK ARRAY, TNT 등을 음원으로 사용하여 해저구조를 파악한다. 따라서 앞서 소개한 SIDE-SCAN SONAR, ECHO-SOUNDER 등이 고주파를 이용한 장비이며 저주파는 지구 물리 탐사시에 주로 사용되는 것으로 이때는 EXPLOSIVE SOURCE의 ENERGY SPECTRUM 을 미리 알고 있어야 한다.

관련 해저상태 파악과 더불어 더욱 중요하게 부각되는 것이 해저 퇴적물의 이동과악인바 이를 위해서는 해저에 근접한 해수의 운동 즉 해류의 수직구조를 알아야 하며 이를 위해서 ADCP의 활용이 기대되고 있다. 또한 해저에 근접한 층에서의 퇴적물 이동시 발생하는 소음을 측정하여 이동량을 추측하기도 한다.

심해저 광물자원 탐사가 선진국의 기술개발로 가능해져자 근래에는 단시간에 넓은 해역을 탐사하기 위한 방법으로 MULTIPLE BEAM을 사용한 ECHOSOUNDER 혹은 SWATH COVERAGE용 SONAR가 등장하였다. 특히 일본의 경우 심해 잠수정(SHINKAI 2000)을 이용 영상신호를 음파에 실어 전송하는 실험에 성공하였다. 이 때 20~30 KHz

음파를 사용하였으며 이러한 기술은 심해(4000~5000 m의 수심)에서 해수면까지의 자료전송이 CABLE 에 의해 이루어지던 기존의 방법에서 생기는 자료손실 및 운용의 어려움을 극복할 수 있는 획기적인 기술업에 틀림없을 것이다<sup>6)</sup>.

따라서 해저상태 파악은 이제 영상화한 자료로 얻을 수 있게 되어 해저의 모양을 상세히 관측키 위한 고주파의 사용이 더욱 각광을 받을 수 있게 되었다.

### Ⅳ. 해수중 음파의 전파특성 관측 및 응용

해수중에서 음원과 수신기 사이의 음파의 도달시간을 연속관측하여 전달매체의 특성을 파악하는 소위 "해양의 내부를 원격탐사(ACOUSTIC TOMOGRAPHY)" 하는 방법이 근래에 관심을 받게 되었다<sup>7)</sup>. 이는 관측하고자 하는 해역에 몇개의 송신기와 수신기를 배열해 놓고 특정한 송·수신기간의 음파의 도달시간의 변위를 수중음속의 변위로 역산함으로써 매질의 변화를 탐사하는 방법에 기초하는 것으로 북대서양의 바하마군도 부근에서 실험한 바 있다. 더구나 해수중 음파의 감쇠요인은 염류( $MgSO_4$ ,  $B(OH)_3$  등)에 의한 흡수손실인바 이중에 해수의 수소이온 농도지수(pH)에 영향을 받는 것은  $B(OH)_3$ : BORIC ACID이며 특히 1 KHz 미만에서의 흡수손실의 주요인이다. 따라서 음파의 전달경로를 미리 알고 있을 경우 음파 세기의 변화와 해수의 pH를 연계시킬 수 있는 가능성이 밝혀져 해수의 화학적 성질 규명에 음파의 사용이 널리 활용될 수 있음을 증명하고 있다<sup>8)</sup>.

천해에서의 음파의 전파는 수면과 해저를 경계로한 DUCT내에서 전파특성을 갖기 때문에 수신과 해저구조에 따라 최적의 전파 주파수가 존재하게 된다. 이 주파수는 대개 200~300 Hz에 존재하는데 이러한 특성은 수중통신 및 수산업에 응용되고 있다. 즉 200~300 Hz 주파수에 신호를 얹혀 송신할 수 있으며 해저 CABLE을 대신할 수 있을 것이다. 단 이를 위해서는 200~300 Hz대의 수중소음원을 밝혀야 하는바 불행하게도 천해에서 이 주파수 대역은 선박통행에 의한 소음이 주를 이루고 있다는 사실이다. 허나 신호분석기술의 발달은 새로운 수중

통신 분야의 출현이 곧 있을 것임을 낙관케 한다.

근래에 어족자원의 고갈은 양식기술의 개발을 필요로 하게 되었다. 대상의 양식은 자연조건을 그대로 활용하는 것이 최적이나 물고기를 가두어 둘 수 있는 차단벽의 설치문제가 양식장의 규모를 제한하고 있다.

그러나 일본에서 시험성공한 도미의 양식방법은 자연 그대로의 만(BAY)을 양식장으로 사용하면서 먹이를 줄 때 도미들에게 이미 훈련된 소리를 보내어 도미가 물려 들게 하는 소위 "조건반사" 방법을 사용하는데 이 때의 주파수 역시 200~300 Hz대가 아난가 사료된다. 도미뿐만 아니라 그 외 양식어류에 따라 "좋은 소리", "싫은 소리"를 찾아낸다면 이것은 양식방법의 대 혁신이 될 것은 분명하다. "싫은 소" 될 수 있으며 이 방법을 외국에서는 이미 시도한 바도 있다.

### V. 결 론

해양의 경계 및 내부를 관측하기 위한 음향장비의 이용 및 응용은 본 논문에서 밝힌 것 이외에도 많으리라 짐작된다. 더구나 관련기술의 급속한 발전은 음향기술의 발전을 더욱 가속화 시켜 해양자원개발을 위한 수중음향 분야의 응용은 그 범위가 매우 커질 것임에 틀림이 없을 것이다.

수중목표물을 탐지하기 위한 기술이 결국은 인간이 갈구하는 자원탐사에 쓰임은 당연한지도 모르겠다. 허나 수중음향은 해양(물리, 지질, 화학, 생물) 분야의 지식과 음향장비의 운용기술, 신호분석기술등 복합적인 학문분야로 다른 분야와 더불어 발전을 이루는 대표적인 학문분야이며 따라서 이 분야의 발전은 지속될 것이다.

### 참 고 문 헌

1. Thorpe S. A. and Hall A. J., The characteristics of breaking waves, bubble clouds, and near-surface currents observed using side-scan sonar, *Continental Shelf Research*, Vol 1, No 4, 353-384, 1983.
2. Watts D.R. and Rossby H. T., Measuring dynamic

- heights with Inverted Echo Sounders : Results from MODE, *J. Phys. Oceanogr.* 7, 345~358, 1977.
3. Crocker T. R., Near-surface Doppler sonar measurements in the Indian Ocean, *Deep Sea Res.* Vol 30, 449~467, 1983.
4. RD Instruments, Acoustic Doppler Current Profilers : Principles of operation : A practical primer, 1989.
5. Shaw P. T., Watts D. R. and Rossby H. T., On the estimation of oceanic wind speed and stress from ambient noise measurements, *Deep Sea Res.* Vol 25, 1,225~1,233, 1978.
6. Nishimura M., Underwater acoustic study and its application on ocean research in Japan, *Proc. of Int'l Workshop on Marine Acoustics*, China Ocean Press, 47~53, 1990.
7. The ocean tomography group, A demonstration of ocean acoustic tomography, *Nature*, Vol 299, No. 5879, 121~125, 1982.
8. Guoliang Jin and Worcester P. F., The feasibility of measuring ocean pH by long-range acoustics, *Proc. of Int'l Workshop on Marine Acoustics*, China Ocean Press, 333~336, 1990.

▲나정열(정회원) : 8권 6호 참조