

최신 어탐기술과 응용

樂 喜 水 産 (株)

代表理事 魯 再 東

제 1 장 어군탐지기의 기초원리

1. 1 어탐기의 역사

바다의 수심을 측정하려면 먼 과거엔 로프에 돌이나 납 등의 추를 달아서 바다에 던져 로프의 길이로써 수심을 재는 방법을 사용하였었다. 그러나 이와 같은 방법으로 수심을 측정하려면 정선을 해야하고 더구나 수심이 깊은 경우엔 추가 해저에 달한 순간을 판정하기 곤란하여 측정자에 따라 측정치가 상위했고 또한 조류 등의 영향으로 정확한 수심을 알 수 없고 측심하는데 장시간이 소요되는 난점이 있었다. 그래서 음파 펄스(pulse)의 왕복시간을 측정함으로써 수심을 구하는 방법을 생각하게 되었다. “펄스”란 이른바 충격파인데 극히 짧은 시간에 발생시킨 신호파를 뜻하는 것이다. 즉 음의 파동과 진동을 말한다.

1922 년경 Langevin 식 수정송수파기를 사용한 초음파의 반향측심기를 완성시켰는데 Langevin 측심기는 Pulse의 왕복시간으로 수심을 판독함에 있어 일종의 “오시로그래프”를 이용하여 빛의 “스파트”가 수심눈금이 붙은 세장(細長)유리 위를 각 발진(發振)마다 일정속도로 진행시켜 그 반향전파류에 의하여 Spot가 옆으로 움직(橫振)이는 위치를 판독(判讀)하겠금 되어 있었다.

1935 년경 영국의 Henry Hughes 라는 회사가지의송수파기(磁歪送受波器)와 기록기를 이용한 방법을 발표했는데 이것이 크게 호평을 받은바 있었다. 제 2 차대전후 노르웨이(Norway)의 어느 수산업자가 이것을 어군탐지에 이용하여 성공함으로써 40 년이 지난 오늘날에 있어서도 다소의 변화는 있기는 했으나 기본적으로는 역시 이 방

식이 주류를 이루고 있다.

1. 2 어탐기의 원리

어탐기의 원리는 한 마디로 말해서 산울림(echo)과 같은 원리이다. 산울림처럼 발음한 것이 반사되어 되돌아오는 원리를 응용한 것이다. 즉 초음파펄스를 해중에 발사하여 이것이 어군이나 해저 등에 부딪혀 반사되어 돌아오는 시간을 측정하면 해수중에서의 음속은 이미 알고 있으므로 어군과 해저의 깊이를 알게 된다.

초음파의 수중전파속도는 수온·수심압·염분농도(鹽分濃度) 등의 영향을 받아 변화하지만 그 중 가장 큰 영향을 미치는 것은 수온이다. 그러나 그 변화란 대단치 않으므로 실제로는 $C = 1,500$ m/sec로 하여 계측의 기준으로 삼고 있다.

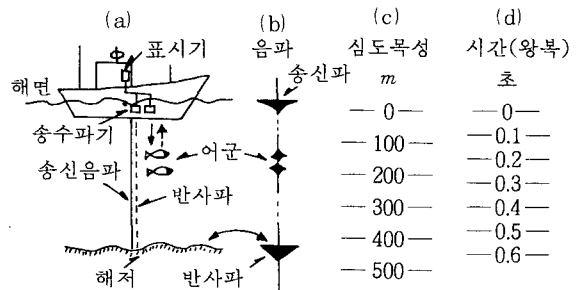


그림 1. 1 측심의 원리

그림 1.1(a)와 같이 어선의 흡수선(吃水線) 부근에 음파의 송수파기(Transducer)를 붙였을 경우에 있어 어탐기의 원리를 설명하였다. (a)그림의 송수파기에 의하여 (b)그림의 송신음파를 해저로 향하여 발사하면 송신음파는 해저로 향하여 매초

1,500 m의 속도로 진행하여 음파에 닿는 물체가 있으면 반사되어 해면쪽으로 올림(echo)이 되어 되돌아와 수파기(受波器)에 전압을 일으킨다. 을 일으킨다.

그림 1.1(a)처럼 어군이 음파의 일부를 가로막고 해저는 음파의 대부분을 가로막으므로(b)그림처럼 약한 반사와 강한 반사가 각각 해면에 되돌아 온다. 만약 어군과 해저의 깊이가(c)그림처럼 되어 있다면 해수중에 있어서의 음파속도를 1,500 m/초로 보고 반사파가 해면까지 돌아오는 시간은 그림 1.1(d)와 같이 어군이 약 0.2초이고 해저는 약 0.5초가 된다.

이와 같이 반사파의 도착시간과 반사파의 강약을 정확하게 측정할 수 있는 기기를 음파에 의한 어탐기라고 부른다.

1.3 수중에서의 초음파 성질

1.3.1 음파의 기초

음파의 진동은 매질(媒質)을 압축하거나 팽창시키면서 전파하고 압력파형은 규칙적으로 싸인 커브를 그리게 된다. 그런데 음에는 음의 3요소(要素)가 있다. 즉,

- ① 음의 크기
- ② 음의 높이
- ③ 음색

등이다. 음의 크기는 음파의 진동하는 진폭의 대소에 대응하게 되는데 기준압에 대하여 변동폭(음압)이 크면 클 수록 소리(音)는 커진다. 이 음압의 진폭을 표시하는 단위로서 dB(데시벨)를 사용한다. 데시벨(dB)은 음압전압전력 등의 상대치를 대수(對數)로 표시한 단위으로써 가령 음압이 10 배이면 20 dB, 100 배이면 40 dB, 1,000 배이면 60 dB, 10,000 배이면 80 dB이 된다.

음의 고저는 주파수의 고저로 정해진다. 음의 주파수는 1 초간에 있어서의 매질(媒質)의 압축의 반복수, 즉 진동수이고 이것을 Hz(헤스)로써 표시한다. 주파수가 높을수록(단파장: 短波長) 높은 음이고 주파수가 낮을수록(장파장: 長波長) 낮은 음이 되는 셈이다.

음색이란 그 음에 포함된 주파수의 배음(倍音) 구성에 의하여 정해진다. 음속은 음파가 1 초간에 전달하는 거리인데 해수중에서는 대체로 1,500

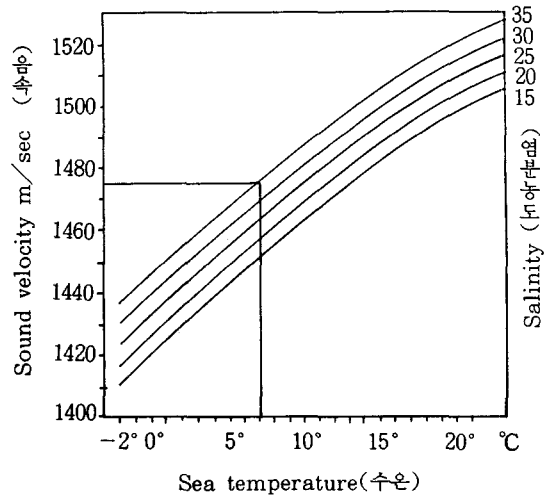


그림 1.2 음속과 수온·염분농도관계

m/sec의 속도로 전파된다. 즉, 음속은 주파수와 파장의 적(積)으로 표시된다. 즉

$$C = f \times \lambda : C = \text{음속 (m/sec)}, f = \text{주파수 (Hz)}$$

$$\lambda = \text{파장 (m)}$$

예를 들면 주파수 30 KHz의 파장은 약 5 cm, 50 KHz는 3 cm, 100 KHz는 1.5 cm가 된다.

진술한 바와 같이 음의 높고 낮은 것은 주파수의 진동수에 달려 있고 진동수가 많으면 고음이 되고 적으면 저음이 된다.

개인에 따라 다르지만 인간의 귀로 들을 수 있는 소리 즉, 가청음의 주파수는 보통 20 Hz ~ 20 KHz정도이다. 그래서 Stereo의 재생 주파수도 이렇게 되어 있는 것이다. 어탐기는 15 KHz

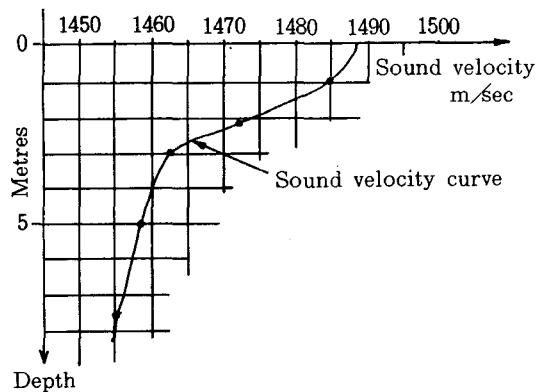


그림 1.3 수심과 음파속도 관계

이상의 음파, 즉, 초음파영역의 주파수가 사용된다.

1. 3. 2 초음파의 수중성질

음파란 공중에서는 쉽게 감쇄되지만 반대로 수중에서는 감쇄가 극히 적으므로 초음파가 수중에 있어서의 정보전달의 유일한 수단이 되는 것이다. 따라서 어탐기는 수중에서의 초음파가 가지고 있는 다음 4가지 특성을 응용하고 있는 것이다.

- ① 직진성(直進性) : 초음파는 온도경도(溫度傾度)가 없으면 수중에서 거의 직진한다.
- ② 정속도성(定速度性) : 초음파는 수중에서 거의 등속도로 전파된다.
- ③ 반사성(反射性) : 초음파는 이종매체(異種媒體)와의 경계면에서 반사한다.
- ④ 위상연속성(位相連續性) : 동일발음원(同一發音源)으로부터의 초음파는 시간적 또한 공간적으로 위상이 연속된다.

위와 같은 특성들은 기본적인 것이지만 이외의 초음파는 수중에서 또다른 독자적인 성질이 있음을 알아야 한다.

어탐기에 사용되는 초음파는 주로 15 ~ 200 KHz 範圍이고 어업에 따라 適當한 주파수를 선정하게 되는데 다음에 말하는 지향성(指向性) · 송수파기의 규격 · 전파 · 감쇄 · 반사 · 굴절 등으로 깊은 관계가 있다.

(1) 전파속도(傳播速度)

초음파가 해수중에 전파되는 속도는 보통 1 초간에 약 1,500 m라고 말하지만 1년중에 계절 및 해역에 따라 차가 있다. 그 원인은 다음 3요소에 따라 크게 좌우된다.

- 해수온도 θ (°C)
- 염분농도 s (%)
- 수압(수심) h (m)

따라서 표층부분의 전파를 생각하면 각 해역에 따라 다르며 동해역에서도 수직방향의 전파에

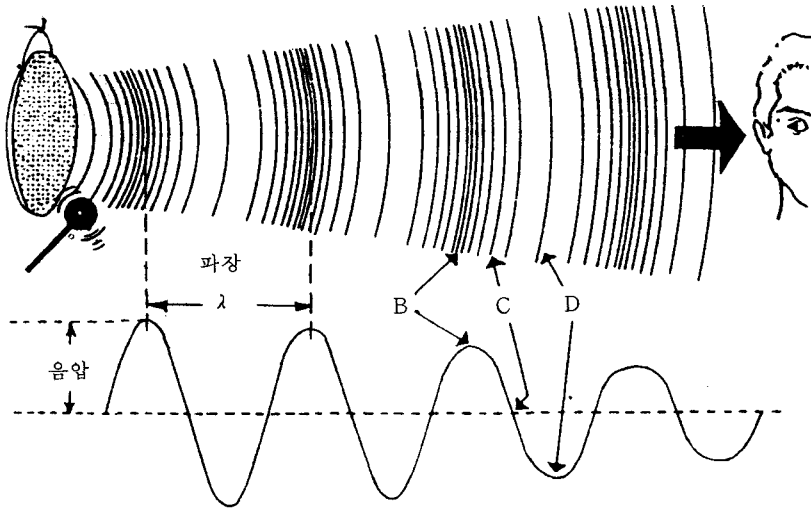


그림 1. 4 음압과 파장

따라 달라진다. 참고로 실험식을 표시하면 다음과 같다.

$$C = 1.410 + 4.21\theta - 0.037\theta^2 + 1.145s + 0.0168h (m/s)$$

세계의 여러 해역에서 조사해 본 결과, 최고, 최저의 차는 약 100 (m/s) 임을 알았다.

여기서 구체적인 숫자를 설명해 보면 염분농도가 일정한 해역에서는 평균적으로

- 해수온(海水溫)이 매 1°C 상승마다 약 3 m/초
- 수심이 100 m (약 10 기압) 증가할 때마다 약 1.7 m/초 만큼 각각 음속이 빨라진다.

(2) 지향성

초음파는 지향성이 있어 한정된 일정 방향으로 진행한다. (단, 가청음파는 사방으로 파문상으로

확장됨)

표 1.1 해중(海中)의 음속

°C	음속(m/S)	°C	음속(m/S)
0	1445.4	11	1490.3
1	1450.0	12	1493.8
2	1454.4	13	1497.3
3	1458.8	14	1500.6
4	1463.1	15	1503.8
5	1467.2	16	1507.0
6	1471.3	17	1510.0
7	1475.3	18	1513.0
8	1479.2	19	1515.9
9	1483.0	20	1518.7
10	1486.7		

송수파기의 진동자에서 방사된 초음파는 진동자의 정면방향에 있는 특정범위내에 집중된다. 이것을 우리들은 진동자가 지향성을 지녔다고 말하는 것이다. 그리고 이 방향성의 반감범위(半減範圍)의 각도를 지향각 또는 빔폭이라고 부른다. 어군의 탐지범위를 넓게 하려면 저파수(低波數)를 선정하여 지향성을 넓게 하는 것이 유효하다. 그러나 어군이 가령 사하방향(斜下方向)에 있을 경우 마치 어군이 바로 밑에 있는 것처럼 탐지되어 어군방향이 정확하지 않으므로 어군의 소재방향을 확실히 알고져 할 때는 지향각이 좁은 것을 사용해야 한다. 더구나 해저가 傾斜되어 있을 때 지향각이 넓으면 어선 바로 밑의 수심을 명확하게 측정할 수 없다. 따라서 이때는 지향각이 좁은 것이 적합하게 된다. 즉, 지향각의 광협(廣狹)은 탐지범위와 위치측정의 정도 등에 있어 어탐 기록에 큰 영향을 미치게 되는 것이다.

또한 저서어(底棲魚)인 경우 해저에서 분리 표

시 하려면 이른바 분해능력이 좋은 어탐기가 필요하게 되는데 양호한 분해능력은 짧은 펄스 폭과 좁은 지향각(빔폭)에서 얻어진다.

부극(副極)이란 지향성의 주요부 이외에 생긴 불필요한 에너지의 일부이다. 어탐기 기록에서 해면부근 부분이 필요 이상으로 진하게 기록되는 것은 부극작용이 원인이고 일반적으로 주파수가

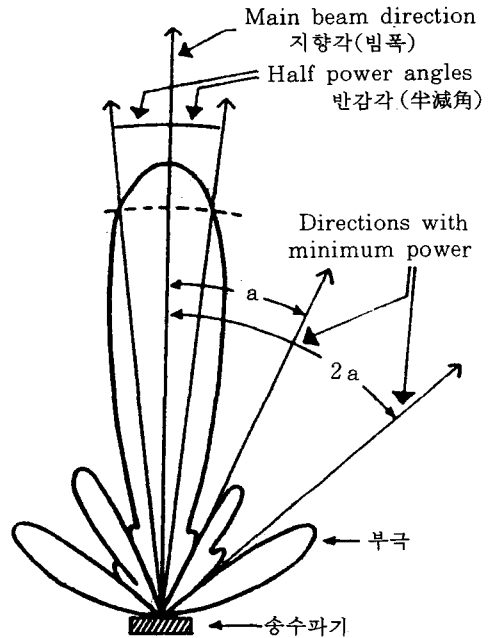


그림 1.5 지향성(指向性)

낮을 때 크게 나타난다. 부극이 크면 어선들이 접근했을 때 혼신을 가져오므로 이 불필요한 부극은 가급적 적게하기 위해서는 비교적 높은 주파수와 송수파기의 폭사면적(幅射面積)을 될 수 있는 대로 크게 해주면 부극은 적어지게 된다. (연재)