

어류의 회화와 수중음

최 영 박 / 수원과학대 학장 · 이학박사

수중이나 해중에 마이크론을 넣으면 파랑의 소리, 엔진 소리와 함께 어류나 갑각류, 조개류 등의 생물들이 내는 소리를 확실하게 듣게 된다. 특히 야간에는 이들 생물소리가 시끄럽다.

육지에서 거주하는 우리들에게는 수중에서 나는 소리가 거의 들리지 않는다. 물과 공기는 밀도나 탄성이 크게 다르므로 수중소리의 99.9%가 수면에 반사되어 공기 중으로 나오지 않는 까닭이다. 고요의 세계라고 생각되는 해중에서도 실상은 육상에 뒤떨어지지 않는 소음의 세계이다. 매체의 밀도나 온도 나아가서는 염분 농도에도 영향을 받는다.

물의 밀도는 공기의 약 5,000배인 까닭에 음의 전파속

도는 담수(淡水)에서 1,500m/초, 해수에서 1,540m/초로서 공기중의 약 4.5배의 속력이다. 따라서 수중에서는 정보 전달수단의 하나로서 음 즉, 소리가 유효한 것은 확실하다. 그런데 공기 중에서도 소리를 내는 것이 확실한 것은 오늘날까지 200종 이상 있다고 한다. 또, 고기들이 매우 뛰어난 청각을 갖는다는 것도 알려져 있다. 따라서 어류가 음을 사용해서 어떤 커뮤니케이션을 시행하고 있다는 것은 충분히 있을 수 있는 것이다.

▶ 고기의 발음(發音)

고기들에게는 성대 등의 특별한 발음기관이 없으므로 다른 기관을 이용해서 소리를 낸다. 고기들의 발음 구조를 크게 나

누면 다음의 3방법이 있다.

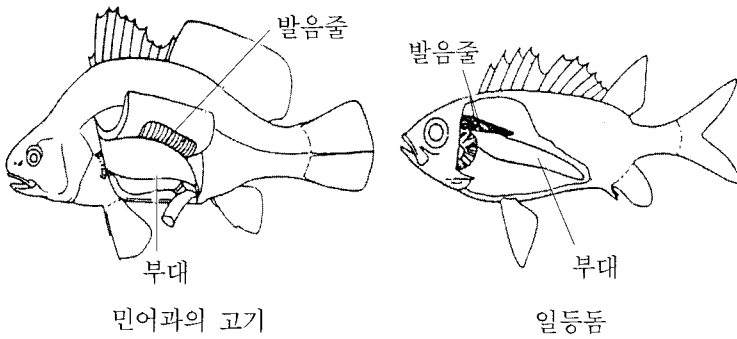
첫째 방법은 턱의 이빨이나 목구멍의 이빨, 지느러미의 가시 뼈 등을 비벼 서로 맞부딪치게 해서 음을 나게 하는 방법이다.

이와 같이 해서 나온 소리는 부대에서 공명(共鳴)되어 이빨 가는 것과 같은 마찰음이 된다.

취치는 어개의 뼈를 비비거나 아래 위의 이를 악물어 소리를 내고 벤자리과의 고기는 목구멍의 이를 힘주어 비비며 소리를 나게 한다.

솔방울고기나 쏘롱개는 가슴 지느러미나 복지느러미를 문질러서 소리를 나게 한다. 이들의 진동수는 1,000~4,000 Hz의 음이 된다.

다음의 둘째 방법은 부태나 부태부근의 근육을 급속하게



민어과의 고기

일등돔

〈그림-1〉 고기의 발음 줄

진동시켜 소리를 내는 방법이다. 안강에 가까운 고기로서 도오도 고기는 심장형을 한 부대의 양측에 폭이 넓은 한 쌍의 근육 띠를 가지고 있다.

부대는 중앙에 작은 구멍이 열려있는 얇은 막으로 앞뒤 2실로 칸막이가 되어 있고 양측면의 근육이 신축함으로써 후실의 공기가 전실로 불어나간다.

이때 칸막이의 얇은 막이 진동해서 소리가 나온다. 석수어, 조기, 동갈민어 등 민어과에 속하는 고기는 영어로 '클로카'(불평쟁이)라고 부르는 것 같이 소리를 내는 점에서 유명한데 부대에 접하는 부분의 몸측 줄기가 좌우 모두 잘 발달되어 있으므로 이를 급속하게 신축해서 소리가 나온다.

소리는 부대에서 공명하고 '구'라든가 '부'와 같이 신음하는 소리와 같은 음으로 된다.

일등돔, 썸뱅이(수염어) 등은 두개골 뒤에 좌우로 2개의

굵은 근육이 부대로 향해서 신장되어 그 근육이 진동해서 소리가 나고 부대에서 공명된다.

기타악기에 예를 들면 근육은 줄이 되고 부대는 공명하는 동(胴)이 된다. 역시 '구' '부'라는 소리로 된다.

이들 소리의 진동수는 75~100Hz정도가 된다.

그런데 부태부근에서 발음에 사용되는 근육은 발음 줄이라고 부르고 다른 몸측 줄 등에 비하면 매우 빠르게 반복 수축한다. 일반적으로 근육은 50회/초의 속력으로 신축하게 되면 강축, 예컨대 수축된 그대로의 상태로 되는데 일등돔 등의 발음 줄은 200회/초, 도오도 고기의 그것은 100회/초의 속력에서도 강축으로 이행되지 않는다.

이들 고기 발음 줄의 줄 섬유를 전자현미경으로 조사해보면 각 섬유사이를 모세혈관이 매우 세밀하게 지나고 산소

의 공급이 매우 풍부하게 시행되고 있는 것을 알 수 있다 한다.

또한 섬유의 세포질 내에는 줄형질소포체라고 부르는 작은 관구조가 매우 발달하고 있다. 이것은 근육이 수축에 없어서는 안될 Ca^{2+} 를 모아둔 구조로 생각되는데 이들의 구조가 잘 발달되고 있는 것이 급속한 신축을 가능화 하는 것이라고 생각된다.

셋째의 발음법은 유영의 방향이나 속력을 급히 바꾸게 함으로써 낼 수 있는 방법이다.

행동음 혹은 유영(遊泳)음이 라고 부르며 500Hz 이상 진동수의 소리로 된다.

▶ 고기들의 회화(會話)

여러 고기들이 각가지 방법으로 소리를 내고 있는데 그들은 어느 때에 소리를 내고 어떻게 소리를 이용하고 있을까?

아프리카의 동북, 남미대륙의 북쪽에 위치하는 바류타섬 주변의 산호초에 살고 있는 일등돔의 한패들은 '구'라는 신음하는 소리와 '돈, 돈'이라 하는 스타카토 즉 단음(斷音)으로 내는 2종류의 소리를 내고 각각 장소에 따라 구별해서 사용한다.

이 고기는 산호초의 우묵한 곳에 경계를 쳐서 다른 고기가

오면 각 지느러미를 세워서 맹렬한 기세로 상대에 공격을 가한다. 공격할 때 ‘구’라고 하는 으르렁거리는 소리로서 침입자를 위협한다. 그런데 침입자가 자기보다도 명백하게 크다든지, 불의에 나타났을 경우는 ‘돈, 돈’이라는 소리를 내어 일시에 퇴산한다.

산란기가 되면 수놈이 암놈에게 소리내어 구애하는 고기도 있다. 미국 대서양에 분포하는 도오도 고기는 ‘부’라는 신음하는 소리와 ‘퓨, 퓨’라는 배의 기적소리를 낸다. 이 고기는 산란기가 되면 수놈이 돌아래나 조가비 등을 집으로 해서 경계를 치고 기적소리로서 왕성하게 암놈을 자기 집으로 유혹한다. 이 기적소리에도 발음의 회수나 타이밍을 취하는데 있어서 몇 가지의 종류가 있고 암놈을 부를 때 혹은 암놈이 집안에서 산란을 시작할 때 등 상황에 따라 음사용을 구별하는 것 같다.

암놈은 산란이 끝나면 집을 나와 사라지는데 수놈은 그 뒤에도 남아서 알을 보호한다.

이 때 다른 고기가 집에 접근하면 신음하는 소리를 지르면서 상대를 격퇴시키려 한다. 아조부해에 사는 문절망둑들도 산란기가 되면 수놈이 집을 짓는데 집안에서 수놈은 귀뚜

라미가 우는 것 같은 소리로 암놈을 유혹하고 몇 마리의 암컷이 집 주위에 모인다.

암놈은 산란 준비가 되면 수컷에게 특별한 소리를 내면서 신호를 한다. 그 후 수컷은 한 마리의 암컷을 집안에 들어오게 해서 산란준비를 한다.

이들 고기에서 암컷의 산란을 자극하는 요인으로서 수컷의 구애행동과 마찬가지로 수컷이 내는 소리도 한몫을 차지하게 된다.

이 외에 산란기가 되면 소리를 내는 고기로서 동갈민어나 조기가 잘 알려져 있다. 이들이 ‘부, 부’라고 하는 소리는 매우 크고 어선 위에 있는 사람의 귀에도 귀찮을 정도로 들려온다. 또한 조기도 산란기가 되면 수컷이 울동적으로 소리내어 암컷을 유혹하여 짝을 이루는 것으로 알려져 있다.

▶ 고기와 어업

고기가 먹이를 먹을 때는 종류에 따라 각기 특징적인 소리를 낸다.

잉어나 메기는 먹이를 잘 씹지 않고 삼킨다. 이때는 ‘스푹’이라는 소리를 낸다.

또한 농어들은 목구멍 이와 턱이빨로 씹을 때 이를 가는 것 같은 마찰음을 낸다. 그래서 이들 고기를 물탱크 속에서

기르고 먹이를 줄 때 소리를 녹음해서 그 소리를 수중 스피커로 물탱크 속에 방음해두면 고기들은 스피커 주위로 모이고 먹이를 구하는 행동을 보인다. 먹이를 먹는 음은 그들에게 먹이의 존재를 알리는 일종의 신호가 된다.

이와 같은 음에 대한 반응을 이용해서 어군을 모이게 하고 어망 안으로 유혹해 잡는 방법도 있다.

또한 최근 진돔의 치어를 대량 양육해서 바다로 방류코저하는 사업이 일본에서 시행되고 있는데 여기서도 음을 이용해서 치어 방류후 먹이를 주는 실험도 해 왔다.

진돔의 치어를 사육하는데 있어서 먼저 1년간 먹이를 줄 때 특정 음을 방송해서 기억시킨다. 그래서 방류후 해중에 스피커로 같은 음을 방송시키고 진돔이 모이면 먹이를 주고자 하는 것이다. 방류후 19개월 간이나 진돔이 소리에 반응해서 모이게 하는데 매우 큰 성과를 거두었다는 것이다.

또한 방류후 위험한 수역을 피하도록 음을 사용해서 유도시키고자 하는 계획도 있다.

고기가 내는 소리에도 의미가 있고 이것을 사용해서 간단한 회화를 시행하는 고기도 있는 것을 이해할 수 있다. 앞으

로 이 연구가 진전되어 미래에는 고기들과의 대화도 가능할 날이 있을지 모르겠다.

▶ 고래의 음성이 도달하는 거리

바다에서 살고 있는 고래나 돌고래는 소리를 내며 통신하고 있다는 것이 알려져 있다. 고래의 한번 울음은 음향출력으로 약 10W(Watt)정도이다. 오디오 기기의 출력은 전기출력으로 표시되므로 이것을 환산하면 약 50W에 상당하지만 큰 출력의 스테레오는 가까운 곳에서는 꽤를 끼치는 것이라 해도 수km되는 곳까지는 들리지 않는다. 수중은 어

떨 것인가.

수중음향의 위거리 전파 기록은 호주서안에서 대서양의 서쪽 바뮤타섬까지의 2만km이다. 1960년 미국과 호주의 공동으로 실험이 시행되어 약 120kg이 화약폭발소리가 아프리카 남단의 희망 봉을 돌아서 <그림-2>와 같이 대서양까지 전파된 것으로 알려졌다.

화약의 수중폭발은 수중의 발음원으로서 자주 이용되며 해저 아래까지 전달되므로 해저탐사에 사용된다.

제2차 세계대전 중 일본 각지의 도시는 미국의 B29 공습을 받았는데 이때 미공군의 비행사는 해면아래 1,000m층에

서 폭발하는 신호탄을 준비하고 있어서 해상으로 불시착하든가, 탈출해서 해상에 내릴 때에 이것을 사용했다.

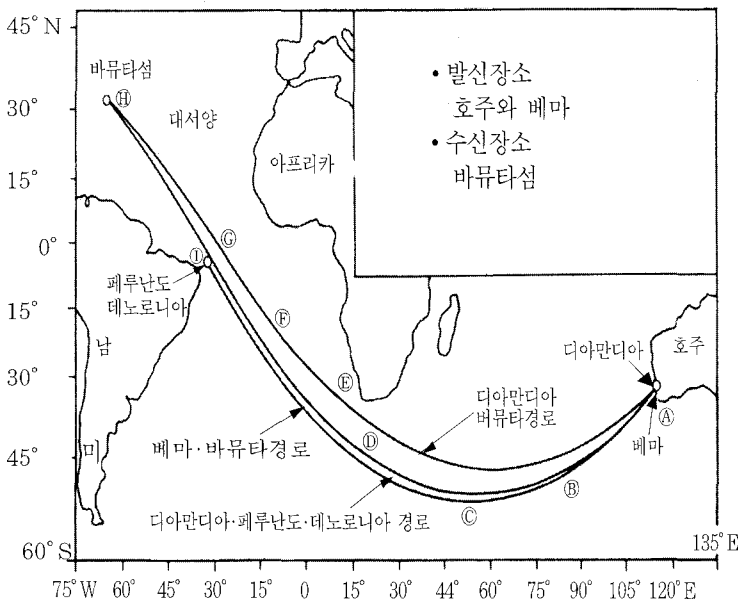
미국인들은 동경을 에워싸고 있는 1,000km지점의 캄차카, 사이판, 미드웨이 각 해역에 약 1,000m심도로 수중 마이크로폰을 설치해서 이 신호탄 음의 전파시간차에서 불시착지점을 계산해내서 구조했다 한다.

전파의 종류에 따라 다르지만 지상이나 해상에서 1,000km까지나 도달케 하는 것은 각지에 중계용 방송국이 있는 것에서 곧바로 알 수 있는 것과 같이 여러 가지 어려운 문제가 생긴다.

예컨대 해면상 10m에서 안테나를 가진 배에서 수신하는데는 약 10km의 거리가 한계이다. 이 이유의 하나는 지구가 원구인 까닭에 고도 약 700km 상공의 인공위성에서는 해면상의 부이(浮漂)가 발사하는 1W의 전파를 수신하는 것이 가능하다.

전파의 도플러 효과를 이용해서 부이의 위치를 수km의 정밀도로 경정하는 것이 가능하다. 이와 같은 표류부이는 흑조의 관측에 사용될 수가 있다.

해면아래 1,000m층에서는 전술한 '해중에서의 소리'에서 소개한 바와 같이 그 부근의



<그림-2> 호주에서 바뮤타섬까지의 음향전파 경로

음속은 극소가 된다.

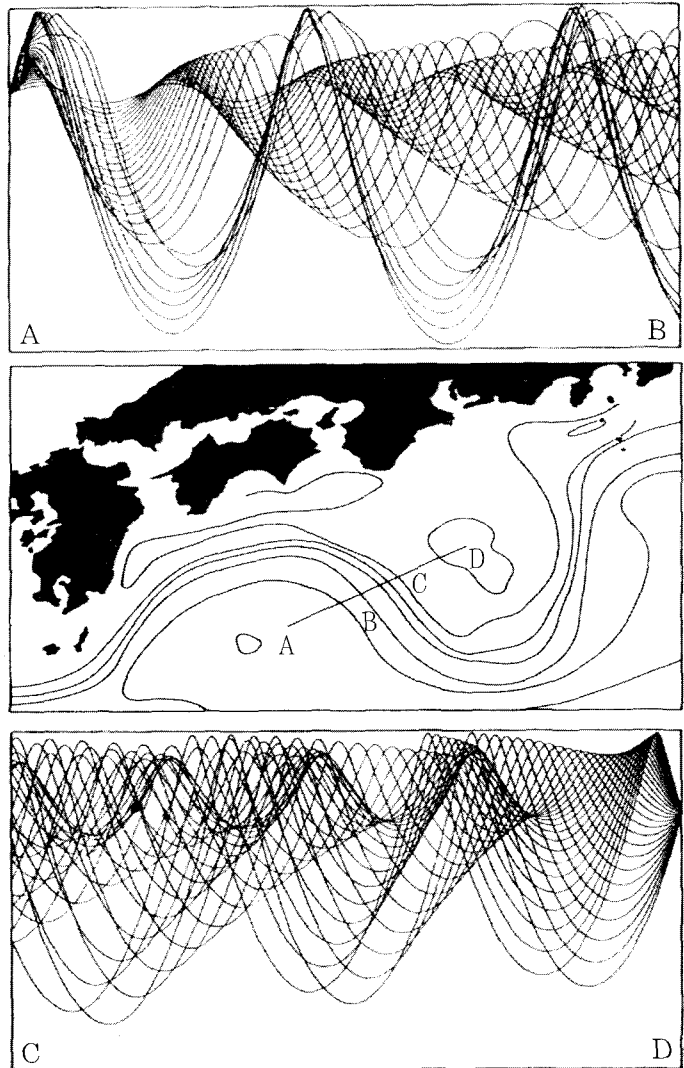
이보다 얇은 층은 수온이 높은 까닭에 음속이 크고 이것보다 깊은 층은 수압이 크기 때문에 음속이 크게 된다.

해중을 전파하는 음파는 이 층을 중심으로 상하를 진동하면서 전달되는 것이 된다. 그런데 음속이 균일하면 음파는 입체적으로 넓혀지고 단위면적을 지나가는 에너지는 급속도로 작게 된다. 한편 음속 극소층이 있으면 음은 평면적으로 넓어지는 것이 된다.

음속 극소층은 이 성질을 이용해서 발음 원의 방향과 거리를 금지하기 위해 이용된 까닭에 영어의 음향 방향 탐지측거리의 머리글자를 이어 약칭으로 SOFAR층이라고 부르게 되었다.

제2차 세계대전이 끝나자 미국의 해양학자 스톤멜은 SOFAR층을 이용한 해류조사를 제안했다. 밀도를 적당히 조정해서 1,000m층에서 균형을 취할 수 있는 부표에서 신호탄을 파열시키자는 호소이다.

예컨대 30개의 신호탄을 1주간에 1개의 비율로 사용하면 210일간의 해수 이동을 추적 가능하다는 것이 된다. 표층을 표류하는 부표에서 정기적으로 신호탄을 투하하는 것도 생각된다. 스톤멜의 제안은



〈그림-3〉 흑조를 횡단하는 음향신호의 전파모양

20년 후에 실현하게 된다.

SOFAR층을 이용한 해중음향의 원거리 전파의 실험에서는 SOFAR층을 통해 전파되어온 강한 신호 앞에 몇 개의 메아리가 들리는 것을 알게 되었다. 이 메아리는 계속될 때 작게 들리는 것이 보통이며 이 경우는

큰 음이 최후에 도달되었다.

해수 중에서는 음이 상하로 크게 굴절하면서 도달하는 까닭에 전파되는 경로가 다르므로 도달시간도 다르다. 약 400km까지 전파될 때 20개 이상의 메아리가 판별되어 보고되었다. 〈그림-3〉