

압축공기에 의한 수중 기포막의 특성

김 재 오

국립수산진흥원

(1996년 10월 1일 접수)

Characteristics of Underwater Air - bubble Curtain Generating by the Compressed Air

Jae - Oh KIM

National Fisheries Research and Development Agency

(Received October 1, 1996)

Abstract

This paper described to experiment and analyze for the characteristic of underwater air - bubble curtain which was generated by the air - bubble curtain generating unit consisted with air compressor ($290l/min \times 1.5Kw$) and air tank($10kgf/cm^2$) in order to provide foundation source for guiding fish schools. To lay out the air - bubble curtain was made vinyl hoses($\phi 6mm \times T2mm, L1m$) drilled holes diameter 1, 2 mm, interval 2.5, 5.0cm respectively.

As the result of that experiment the characteristic of air - bubble curtain was found that air - bubble curtain could be generated more than $0.2kgf/cm^2$ emitting air - pressure, the wider hole interval of hose drilled the higher air - bubble curtain could be formed, and then the horizontal length of air - bubble curtain could be prolonged 45% according to be inclined vertical angle of air - bubble generating hose.

서 론

최근 해양 환경 오염이 날로 심각하게 됨에 따라 공해가 없는 어구를 개발하려는 움직임이 활발히 진행되고 있으며, 그 일환으로 기포막의 이용에 대한 연구도 다시 부각되기 시작하였다.

압축공기로써 기포막을 형성하여 어구로 활용하려는 연구는 오래전부터 계속되었으며, 기포막으로 어군을 유도하고 차단하는 연구에 관하여는 江波(1960), 朴(1972), 五十嵐(1963, 1976) 등이 행하였고, 특히 Smith(1963)는 미국 동북부 해안에

서 청어를 기포막으로 차단, 유도하여 실용화한 연구결과를 보고한 바 있다. 기포막은 다단의 압축기에 의하여 생성한 압축공기로 형성되나 기포막이 어획을 시도하려는 목적물까지 도달할 수 있도록 하기 위해서는 일정한 양의 압축공기가 요구된다.

본 논문은 압축공기의 세기와 기포 발생 호스 구멍의 크기별 기포막의 특성, 기포막 형성 유효 범위 및 발생 기포의 음향학적 특성에 대해 실험, 분석하였다.

장치 및 방법

1. 기포막의 발생과 음압 측정 장치

기포막 발생 장치는 Fig. 1과 같이 공기 압축기 (290l/min × 1.5Kw), 용량 10kgf/cm²인 공기 탱크 및 제어상으로 구성하였으며, 기포 소음의 음압 측정과 주파수 분석은 수중청음기(ST-1020), 수중 음압계(OKI SW-1020), 주파수분석기(B & K 2032) 및 X-Y 기록계(B & K 2319)를 장치하여 행하였다.

실험에 사용한 수조는 PVC로 된 투명 원형 수조(Φ140 × H80cm)였으며, 기포를 발생하는 호스는 망심호스(Φ13mm × L1m)로서 기포 발생용 구멍의 크기는 각각 Φ1, 2mm였고, 구멍간의 간격은 각각 2.5, 5.0cm로 하였다. 음압은 수중 청음기를 기포막 발생 호스 중심의 바로 윗쪽과 그 위치에서 부터 10cm 떨어진 높이에서 측정하였으며, 측정 당시의 공기 탱크의 초기 공기압은 5.5kgf/cm²였고, 압축공기의 송기압(送氣壓)은 0.2kgf/cm²로 하였다.

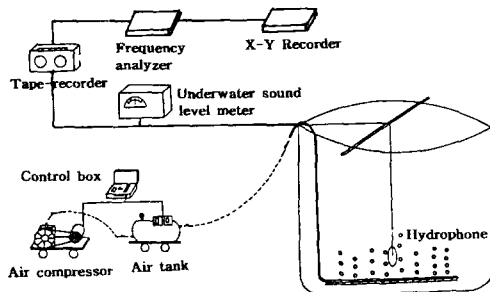


Fig. 1. An air - bubble curtain generating unit and the measuring apparatus for the sound level of an air - bubble curtain.

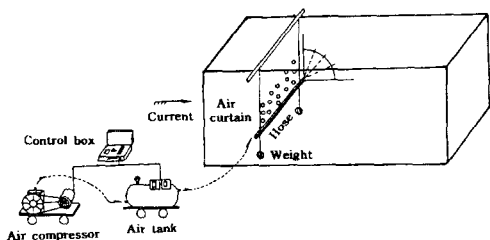


Fig. 2. The measuring apparatus of beam angle of an air - bubble curtain.

2. 유속에 따른 기포막의 지향각도 측정과 기포막의 수평길이 연장시험

유속에 따른 기포막의 지향 각도와 기포막의 수평길이 측정 시험은 Fig. 2와 같이 국립수산진흥원 회류수조에서 실시하였다. 기포막의 지향 각도를 측정하기 위하여 기포막 발생 호스(Φ6 × T2mm, L1m)에 Φ1mm인 구멍을 5cm간격으로 뚫어서 0.2kgf/cm²인 압축공기를 송기하였으며, 유속은 0.05cm/sec ~ 0.65m/sec 범위에서 0.1m/sec씩 변화시키면서 측정하였다. 기포막의 수평길이를 측정하기 위하여 Φ1mm인 구멍을 20cm간격으로 뚫은 6m 길이의 호스에 0.5, 1, 1.5kgf/cm²의 압력별로 送氣하고, 호스를 수직방향으로 각각 0°, 10°, 20°씩 변화시키면서 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 송기압과 기포막의 높이

송기압과 기포막의 높이와의 상관관계를 검토하기 위하여 Fig. 1의 원형수조내에서 Φ13mm, 길이 1m의 망심 호스에 구멍의 크기를 각각 Φ1, 2mm, 구멍 간격을 각각 5, 10cm로 뚫어 송기압을 각각 0.1, 0.2kgf/cm²로 송기하여 기포막을 형성시킨 다음, 기포의 높이를 측정한 결과는 Table 1과 같다. Table 1에서 송기압이 0.1kg/cm²이고, 기포 발생 구멍이 Φ1, 2mm일 때 기포는 형성되지 않았으나, 송기압을 0.2kgf/cm²으로 증가시킨 경우, 기포 발생 구멍 간격이 5cm일 때는 기포 발생 구멍으로부터 15~20cm 높이에서 기포막이 형성되었으며, 구멍 간격을 10cm로 넓혔을 때는 30~40cm에서 형성되었다. 따라서, 기포막은 송기 압 0.2kgf/cm² 이상이 되어야 형성되고, 구멍의 크기보다는 간격이 넓어짐에 따라 더욱 높게 형성됨을 알 수 있었다.

2. 기포막의 음압과 주파수 특성

PVC로 된 투명 원형 수조(Φ140 × H80cm)에서 기포 발생 망심호스(Φ13mm × L1m)에 구멍의 크기를 각각 Φ1, 2mm, 구멍 간격을 2.5와 5.0cm로 뚫어 송기압을 0.2kgf/cm²로 유지하면서 기포막을

Table 1. Height of air - bubble curtain by air pressure into hose, diameter and interval of hole

Diameter of hole(mm)	Interval of hole(cm)	Air pressure into hose(kfg/cm ²)	Height of air bubble curtain(cm)
1	5	0.2	15~20
		0.1	0
1	10	0.2	30~40
		0.1	0
2	5	0.2	15~20
		0.1	0
2	10	0.2	30~40
		0.1	0

Table 2. Sound pressure level and frequency range of air - bubble curtain

Diameter of hole (mm)	Interval of hole (cm)	Location of hydroponic	Noise level (db/ μ Pa)	Frequency (Hz)	Center frequency (Hz)
1	2.5	A	147~149	450~800	600
		B	142~144	560~700	
1	5.0	A	140~142	580~610	600
		B	134~136	550~650	
2	2.5	A	153~155	500~750	600
		B	144~146	550~670	
2	5.0	A	154~155	560~700	600
		B	143~144	550~700	

A : center on air - bubble hose

B : height 10cm far from air - bubble hose

형성시킨 다음, 수중청음기를 기포막 발생 호스 중심의 바로 윗쪽과 그로부터 10cm 떨어진 높이에 놓고 음압을 측정하여 스펙트럼 분석한 결과는 Fig. 3과 같으며, 측정당시의 원형 수조내의 자연 환경소음의 음압은 129.5~130dB/ μ pa였다. Fig. 3에서 기포막의 주파수 범위는 450~800 Hz였고, 스펙트럼의 중심 주파수는 600Hz였으며, 기포막 중심부에서 10cm 떨어진 높이에서와 발생 호스 중심의 바로 윗쪽의 음압차는 5~10dB/ μ pa였다. Fig. 3의 결과를 구멍 크기별, 간격별, 수중청음기의 위치별로 검토한 결과는 Table 2와 같다. Table 2에서 기포막의 음압은 기포 발생 구멍의 직경이 1mm일 때보다 2mm일 때가, 구멍 간격이 5.0cm일 때보다 2.5cm일 때가, 기포막의 중심부가 중심으로부터 10cm벗어난 위치보다 높은 현상을 나타내었다. 또한, 주파수 변동 범위는, 구멍 간

격이 2.5cm일 경우, 구멍의 직경이 1mm일 때가 2mm일 때보다 변동폭이 크고, 구멍 간격이 5.0cm일 때는 구멍의 직경이 2mm일 때가 1mm일 때보다 크며, 중심부에서는 구멍간격이 2.5cm일 때가 5.0cm일 때보다 변동폭이 크고, 중심부에서 10cm벗어난 위치에서는 구멍간격이 5.0cm일 때가 2.5cm일 보다 큰 현상을 나타내었다.

따라서, 기포막의 음압은 기포 발생 구멍의 크기가 크고, 구멍 간격이 조밀하면 기포막의 중심부에서 높게 나타남을 알 수 있었다. 주파수 변동폭은 중심부에서는 구멍의 크기가 작고, 구멍 간격이 좁은 것이 큰 현상을 나타내었으며, 중심부에서 10cm 벗어난 위치에서는 구멍의 크기가 크고, 구멍 간격이 넓은 것이 크게 낮고, 기포막의 주파수 범위는 450~800Hz였고 중심 주파수는 600Hz임을 알 수 있었다.

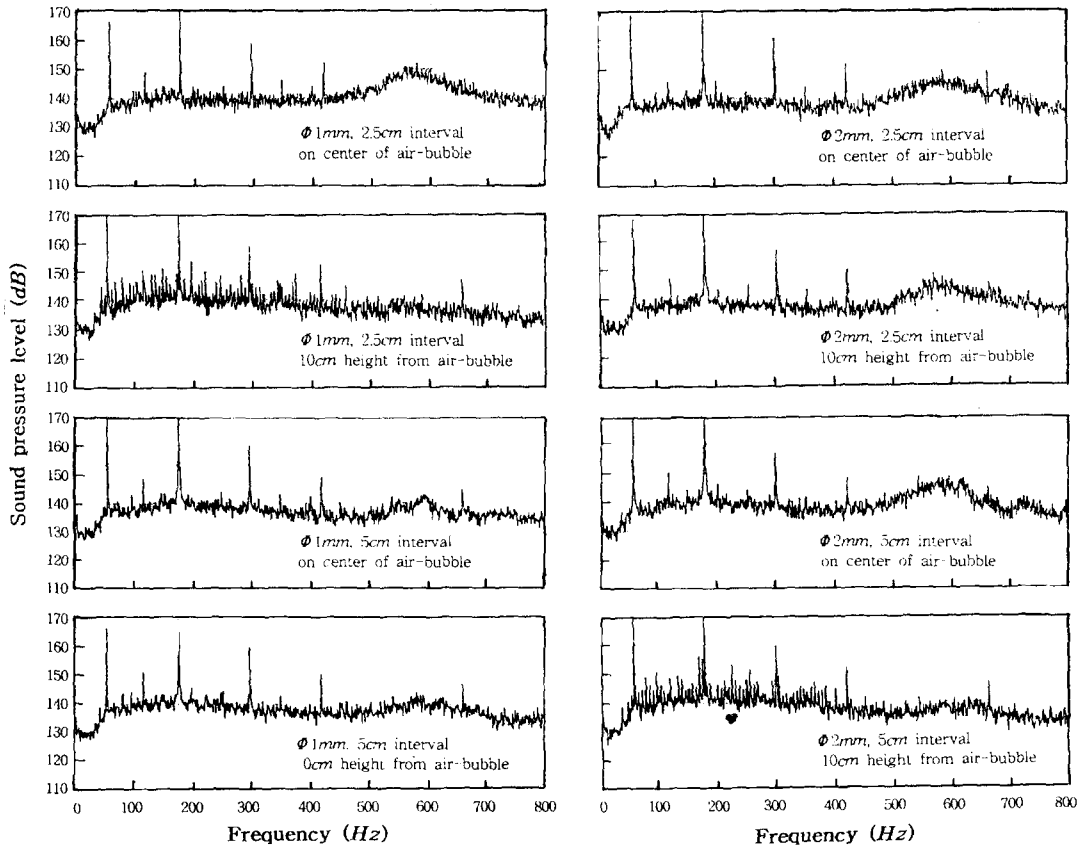


Fig. 3. The spectrum for sound level of an air-bubble curtain by air pressure into hose, diameter and interval of hole.

3. 유속과 기포막의 빔 각도 변화

유속과 기포막과의 관계를 검토하기 위하여 나 이론 호스($\Phi 6 \times T2mm$, $L1m$)에 구멍의 크기 $\Phi 1mm$, 구멍 간격 $5cm$ 로 뚫어 $0.2kgf/cm^2$ 의 압축공기를 송기하고, 초기 유속을 $0.05m/sec$ 로 하고 $0.10m/sec$ 간격으로 변화시키면서 기포막의 경사

Table 3. Relation between the beam angle of air-bubble curtain and the velocity of water

Current speed(m/sec)	Beam angle(°)
0.05	10
0.15	18
0.25	27
0.35	36
0.45	45
0.55	50
0.65	65

각도를 측정 한 결과는 Table 3과 같다. Table 3에서 유속이 $0.05m/sec$ 일 때에 10° 각도의 기포막이 형성되기 시작하여 유속이 증가함에 따라 차츰 증가하여 유속이 $0.45m/sec$ 로 증가되었을 때에는 빔 각이 45° 를 이루었다. 또한, 유속이 $0.55m/sec$ 일 때는 기포막은 발생 기점으로 부터 약 $20cm$ 까지 물의 흐름 방향과 평행히 흐른후 약 50° 로 기울어져 형성되었다. 따라서, 기포막의 빔 각도는 유속에 비례하여 커지며, $0.01m/sec$ 당 10° 변화됨을 알 수 있었다.

4. 호스의 경사각에 대한 수평길이 연장

기포막의 수평길이를 연장하기 위해 기포 발생 호스의 구멍 크기를 $\Phi 1mm$, 구멍 간격을 $20cm$ 로 하여 $0.5, 1.0, 1.5kgf/cm^2$ 압력별로 송기하고, 호스의 수직각도를 $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ 로 변화시키면서 기포

Table 4. An extension on the horizontal length of air - bubble curtain according by beam angle of hose and emitting air pressure (unit : m)

Air pressure(Kg/cm ²)	Beam angle		
	0°	10°	20°
0.5	4	5.2	5.6
1.0	4	5.4	5.8
1.5	5	5.6	6.0

막의 수평길이를 측정 한 결과는 Table 4와 같다. Table 4에서 송기압을 0.5kgf/cm²으로 하여 기포 발생 호스를 0°, 10°, 20°로 각각 기울인 결과, 0°에서 기포막 형성 길이가 4m였던 것이 5.2, 5.6m로 30~40% 연장되었으며, 1.0kgf/cm²일 때는 5.4, 5.8m로 35~45%로 연장되었다. 또한, 1.5 kgf/cm²일 때는 0°에서 5m였던 것이 5.6, 6.0m로 12% 연장되었다. 따라서, 기포막은 기포막 발생 호스의 경사각도에 따라 그 수평길이를 최대 45% 연장할 수 있음을 알 수 있었다.

요 약

압축공기에 의한 기포막을 어구로 활용하기 위한 기초 자료를 제공하고자 압축공기의 세기별, 기포 발생 호스 구멍의 크기별, 간격별 기포막의 특성과 기포 소음의 음향학적 특성을 실험, 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 공기 압축기(290l/min × 1.5Kw)와 용량 10 kgf/cm²인 공기 탱크로 구성된 기포막 발생 장치로써 발생시킨 기포막은 송기압이 0.2kgf/cm² 이상

이 되어야 형성되고, 구멍의 크기 보다는 구멍 간격이 넓어짐에 따라 더욱 높게 형성됨을 알 수 있었다.

2. 기포 발생시 음압은 구멍이 크고 간격이 조밀하며 기포막에 가까울수록 크며 기포 중심부의 주파수 변동폭은 구멍이 적고 간격이 조밀할수록 높았다.

3. 기포막의 빔 각도는 유속에 비례하여 커지며, 유속이 0.1m/sec당 10°씩 변화되었다.

4. 송기압을 0.5, 1.0, 1.5kgf/cm²로 변화시키면서 기포 발생 호스를 수직방향으로 0°, 10°, 20°로 각각 경사시켜 측정 한 결과 기포막 수평길이는 기포막 발생 호스의 경사각도에 따라 그 길이를 최대 45% 연장할 수 있었다.

참고문헌

- 1) 박중희(1972) : 어업용 수중 기포막에 관한 연구. 韓水誌 5(2). 50 - 56.
- 2) 江波證雄(1960) : 氣泡網に關する研究 - II. 日水誌 26(3), 269 - 272.
- 3) 五十嵐尙藏(1963) : 水中に於けるAir Screenに關する研究. I. 漁具への應用, (2) 魚群に對する遮斷效果について. 北大水産彙報14, 23 - 29.
- 4) 五十嵐尙藏(1976) : 水中に於けるAir Screenに關する研究. I. 漁具への應用, (3) 海水中の魚群に對するしや斷效果について. 北大水産彙報, 27(2), 91 - 95.
- 5) K. A. Smith.(1963) : The use of air - bubble curtains as an aid to fishing. Modern Fishing Gear of the world 2, 540 - 544.