

網漁具의 水中騒音에 關한 研究**

尹 甲 東*

The Underwater Noise of Fishing Gears in Operation

Gab Dong YOON

ABSTRACT

An underwater recording system was designed to measure the sound spectra of the underwater noises produced by fishing gears in operation. Recorded were noises from three types of fishing gears: an anchovy set net, three anchovy boat seine net and a stern trawl net. Acoustic analysis were made using a heterodyne analyzer, a digital frequency analyzer and a level recorder.

The noise produced by the anchovy set net was found in the high frequency region of the onset of ambient noise spectrum with a slope of -6 dB/octave . Here the ambient noise spectrum is higher, though similar in shape, than Knudsen spectrum, and is attributed to the breaking action of the coastal wave.

Measured noise spectra during the fishing operations of the anchovy boat seine nets are attributed to the background noise of the sea in the presence of the fishing vessels. The frequency distribution of the noise was $20 \sim 5,000 \text{ Hz}$ in the case of two steel anchovy boat seiners, and $20 \sim 3,000 \text{ Hz}$ in the case of the wooden anchovy boat seiner. The predominant frequency range was $250 \sim 350 \text{ Hz}$ and maximum sound pressure level was 122 dB (re $1 \mu\text{Pa}$) in the case of the steel boat and 117 dB in the case of the wooden boat.

The noises produced by the trawl fishing gears are remarkably higher than the background noise in the presence of the fishing vessel. The frequency distribution of the noise was $20 \sim 6,300 \text{ Hz}$. The predominant frequency range was $100 \sim 200 \text{ Hz}$ and maximum sound pressure level was 137 dB (re $1 \mu\text{Pa}$). The noise spectra were not so much different from that caused by vibrations of the towing cable and the structure of the ground rope of the trawl net towed in an experimental tank.

The acoustic transmission loss in the fishing area is found to be much smaller than the predicted value of spherical spreading and well described by cylindrical spreading model.

*釜山水産大學, National Fisheries University of Busan.

**이 論文은 1979年度 釜山水産大學 大學院 理學博士 學位 請求論文임.

緒 論

音波는 빛이나 電波에 비하여 水中에서 에너지의 減衰가 顯著히 적어서 比較的 먼곳까지 傳達될 수 있기 때문에 水中에서의 情報傳達은 音波를 利用하는 것이 가장 効果的이라 할 수 있다.

水中音響은 海洋學 및 水産學 分野에서 널리 利用되고 있으며, 특히 魚類의 走音性이나 背音性을 利用한 音響漁法(Kuroki, 1958; Hashimoto and Maniwa, 1964, 1966; Harvey *et al.*, 1968; Maniwa and Hatakeyama, 1970, 1975; Takemura and Nishiwaki, 1975; Nishinokubi and Fujita, 1975)에도 많이 利用되고 있다. 音響效果를 漁業에 利用하려면 魚類가 分布되어 있는 海域에서 環境騒音의 實態와 操業中の 漁船 및 漁具에서 發生되는 水中騒音의 周波數와 音壓準位를 求하여 그 音響特性을 明確하게 밝혀줄 必要가 있다.

水中環境騒音은 魚類가 내는 소리, 波浪, 船舶, 비 및 눈에 의한 소리 등이 있는데, 魚類가 내는 水中騒音은 Uno and Konagaya(1960), Freytag(1964), Takemura and Mizue(1968), Takemura(1969, 1972), Takemura and Nishiwaki(1975) 등에 의하여 研究된 바 있고, 海洋狀態의 變動에 따른 水中騒音은 Walkinshaw(1960), Wenz(1962), Piggott(1964), Perrone(1970), Bannister *et al.* (1970) 등에 의해서 研究된 바 있다. 또 Skudrzyk(1960), Haddle and Skudrzyk(1969), Nish *et al.* (1970), Numrich (1978) 등은 水中에서 끌려 가는 物體에서 發生되는 騒音에 關하여 研究한 바 있다.

船舶의 騒音에 關해서는 Maniwa(1965), Shibata (1966), Erikson(1979) 등에 의해서 研究되었다. Maniwa(1965)는 다랑어 旋網漁船의 騒音을 分析한 結果 鋼船의 騒音 音壓이 木船의 騒音 音壓보다 높다고 했으며, Shibata(1966)는 旋網漁船에 있어서 燈船의 騒音에 따라 集魚效果가 다르다고 했다.

이들은 대체로 水中聽音器와 船內記錄器間을 케이블로 연결하여 錄音하였기 때문에, 複雜한 運動을 하면서 曳引되는 漁具에서 連續的으로 情報를 收集하는 경우에는 流水抵抗에 의한 케이블의 破損 및 傳送損失 등 어려운 問題가 많았다. 따라서 操業中인 漁具에서 發生되는 水中騒音에 關한 研究는 거의 없는 實情이다. 著者는 操業中인 漁具에 쉽게 裝置하여, 願하는 時刻에 自動的으로 作動될 수 있는 水中錄音裝置를 製

作하였으며, 本研究은 이 裝置를 使用하여 定置網漁具, 權現網漁具 및 트로울漁具에서 發生되는 水中騒音을 錄音하여 그 周波數와 音壓準位를 分析하고, 그 漁具의 操業狀態에 따른 音響特性을 求하여, 音響漁法에 利用할 수 있는 基礎資料를 提示하고자 한다.

資料 및 方法

1) 資 料

水中騒音의 測定은 定置網, 權現網과 트로울網의 3種에서 실시하였고, 操業時의 測定條件에 따른 漁船과 漁具의 主要諸元은 Table 1 및 Table 2와 같다.

Table 1. Specifications of four fishing vessels and condition of measurement

Item	A	B	C	D
Gross tonnage(ton)	2,275.7	32	17	50
Main engine(HP)	3,600	75	70	105
Main engine(rpm)	750	380	400	380
Pitch	7.5°	8°	9°	8°
Overall length(m)	87.9	20.5	14.8	24.3
Breadth(m)	13.6	5.3	3.6	6.5
Depth(m)	6.7	2.5	1.5	3.2
Towing speed(m/sec)	2	0.1	0.1	0.15
Hull	steel	steel	wood	steel
Bottom material	sandy mud	sandy mud	sandy mud	sandy mud
Depth of water(m)	108	50	50	60
Dist. from vessel to hydrophone(m)	540	500	400	500

A: trawler (SAEBADA HO)

B: anchovy boat seiner(CHINSEUNG HO)

C: anchovy boat seiner(BULLRO HO)

D: anchovy boat seiner(MYEUNGDEUG HO)

2) 錄音裝置

操業中の 漁具에서 發生되는 水中騒音을 測定하기 위하여 錄音裝置를 收容하여 漁具에 獨立的으로 附着할 수 있는 水密裝置를 12 mm 鐵板으로 製作하였다 (Fig. 1). 水密裝置의 內壓은 20 kg/cm²로서 200 m 水深에서도 實驗이 可能하다.

이 水密裝置속에 前置增幅器(pre-amplifier), 錄音器(tape recorder) 및 time switch를 內裝하고, 水中聽音器(hydrophone)만 水中으로 나올 수 있도록 하였다.

Table 2. Specifications of experimental fishing nets

Item	Trawl nets	Anchovy boat seine nets
Wing(m)	PE 25.8	PE+Manila 450
Baiting (m)	PE 40.4	
Cod end(m)	PE 18.0	60 (bag net)
Total length(m)	84.2	510
Net height(m)	5.5	20
Head rope (mm)	SBR* ϕ 24, l 59×10^3	PE ϕ 21, l 928×10^3
Ground rope (mm)	wire rope ϕ 26, l 78×10^3	PE ϕ 50, l 936×10^3
Number of float	PVC ϕ 300 mm, 69 ea	PVC ϕ 400 mm, 30 ea
Buoyancy (kg)	772.8	940
Weight in water (kg)	Steel ball ϕ 530, 30 ea (889.5)	340
Otter board(m)	3 \times 4	nil

※ SBR: Serving braided wire rope.

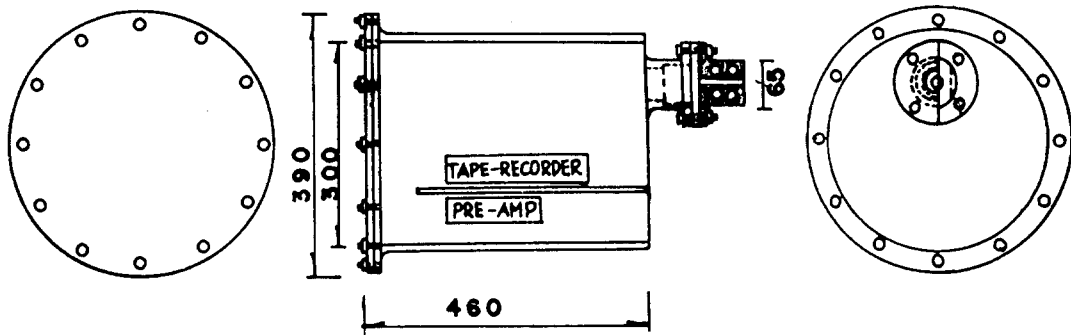


Fig. 1. A schematic drawing of underwater recording devices.

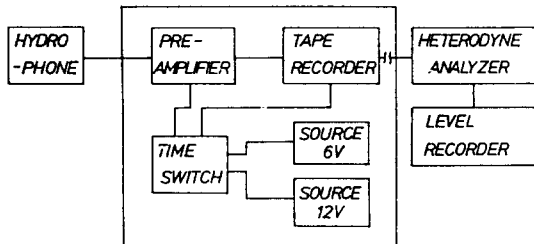


Fig. 2. Block diagram of underwater noise measurement system.

水中聽音器(Brüel & Kjaer 8100)로 收波된 音은 前置增幅器(OKI TS-6502)를 通하여 錄音器(Sony TC-1020)에 錄音되던 이 때 錄音器는 time switch 가 指示한 時間(24時間中)에 10分間씩 4회 作動할 수 있도록 되어있다. time switch 回路圖는 Fig. 3과 같다.

3) 水中騒音測定

가) 定置網 漁具

定置網漁具의 水中騒音은 巨濟島 黃浦灣에 設置된 有는 變尺 定置網 漁具(장은 374 m, 통 234 m)에서

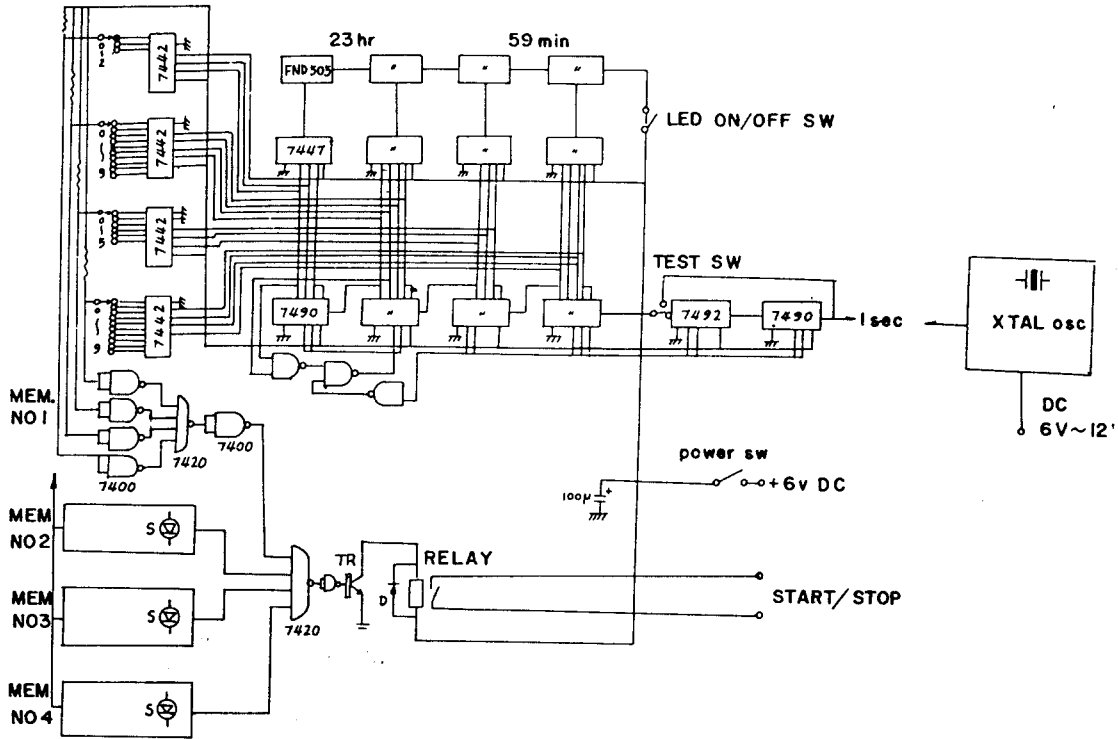


Fig. 3. Circuit of the time switch equipped with memoring device.

1979년 10월 24일 19시부터 다음 날 07시 사이에 3시간 간격으로 10분씩 錄音하였다. 이때 水中錄音裝置는 定置網의 罾통 入口 장동측의 水深 5m 층에 設置하였다.

그리고 定置網에서 約500m 떨어진 位置에 자산호를 碇泊시켜 모든 機關을 停止시킨 狀態에서 海洋環境 騒音을 測定하였다. 이때의 바다는 매우 잔잔한 편이고 流速은 0.05 m/sec 以下였다.

나) 權現網漁具

權現網의 水中騒音測定은 1979년 9월 25일과 26일 양일간 加德島 동두말 東方 5km 海上에서 漁船 C와 漁船 D에서 실시하였으며 이때의 水深은 60m 였다.

또 1979년 10월 24일 巨濟島 黃浦 앞 바다(水深 25m)에서 漁船 C와 10월 25일 동두말 앞 海上(水深 60m)에서 採業중인 漁船 B의 水中騒音을 測定하였다. 權現網의 曳網速度는 약 0.15 m/sec 였으며 水中聽

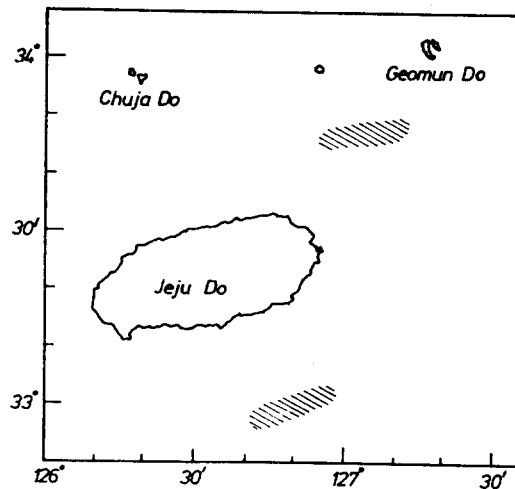


Fig. 4. Location where the fishing operations were performed.

網漁具의 水中騒音에 關한 研究

音器는 曳引船으로부터 약 500 m 떨어진 網口附近에 裝置하였다.

다) 트로울漁具

漁船 A의 트로울漁具의 騒音測定은 1979년 5월 7일부터 5월 19일까지 巨文島와 濟州島 사이(126°32'E, 30°45'N~120°30'E, 33°50'N)와 1979년 9월 4일부터 9월 16일까지 위 海域 및 濟州島 南方(126°18'E, 32°45'N~126°49'E, 32°57'N) 海域에서 실시하였다. 操業海域의 水深은 90 m에서 110 m사이이고 底質은 펄과 모래이며 波高는 1 m 미만 이었다.

트로울漁具 各部에서 發生되는 水中騒音의 特性을 알기 위하여 水中聽音器를 桴줄(head rope)의

中央部, 끝자루(cod end), 등판(baiting) 및 받줄(ground rope) 부근에 附屬하여 水中騒音을 錄音하였다.

또한 操業過程마다 漁具에서 發生되는 水中騒音의 特性을 알기 위해서 time switch를 조작하여 漁具의 投網中, 曳網中 및 揚網中일 때 錄音器가 30분마다 10分間씩 作動되도록 하였다.

操業中 桴줄(warp)의 長이는 350 m, 展開板桴줄(O. B. pendant) 15 m, 후딧줄(hand rope) 100 m, 갯대줄(net pendant) 50 m, 남개그들 30 m 였다. 따라서 Fig. 5에서 보일 바와 같이 水中聽音器는 배에서 약 500 m 떨어진 位置에서 그물과 함께 曳引되고 있

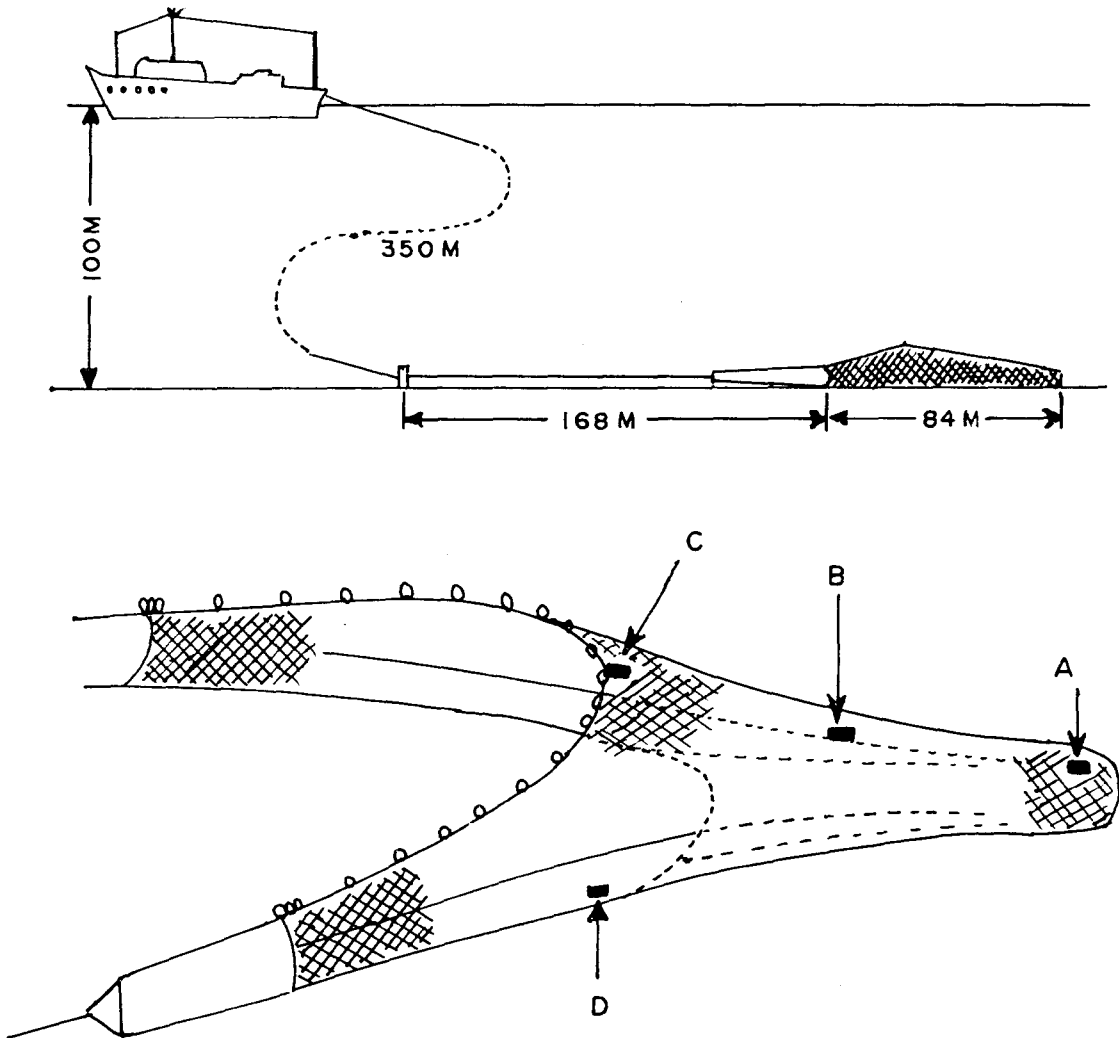


Fig. 5. Schematic drawing of the trawl net and positions of the hydrophone (A, B, C, D).

으며 曳網速度는 약 2 m/sec 였다.

投網, 曳網 및 揚網中의 船舶 周圍의 水中 騒音은 船의 右舷 중간지점에서 水中聽音器를 船에서 1m 떨어진 表層에 넣어 測定하였다.

또한 漁具에서 測定된 騒音中에 漁船에서 나는 騒音이 얼마만큼의 영향을 미치는가를 알아보기 위해서 漁船A로부터 500 m 떨어진 곳에 있는 小形無動力船에서 水中 騒音을 測定하였다. 이때 水中錄音裝置는 水深 90 m에 維持하여 트로운 漁具의 길이와 같게 했고, 漁船A는 曳網中과 같은 條件(750 rpm; pitch, 7.5°)을 維持시켰다.

4) 騒音 分析

水中에서 錄音된 騒音을 實驗室에서 無增幅錄音器(Brüel & Kjaer, 7004)로 必要한 부분만 編輯하여 헤테로다인 周波數分析器(Brüel & Kjaer 2010), 準位記錄器(Brüel & Kjaer, 2307), 디지털 周波數分析器(Brüel & Kjaer, 2131) 등으로 각 周波數에 對한 音壓準位를 分析하였다.

디지털 周波數 分析器로는 20 Hz에서 6,300 Hz 사이를 1/3 octave band pass filter를 써서 128초間의 騒音을 平均하여 구했고, 헤테로다인 周波數分析器로는 31.6 Hz constant band pass filter를 써서 20 Hz에서 6,300 Hz까지의 音壓을 구했다. 이때 準位記錄器의 記錄速度는 16 mm/sec 이고 記錄紙速度는 1 mm/sec 였으며 周波數 分析器의 effective averaging time은 3 sec 였다.

水中聽音器에서 測定된 音源의 絶對音壓準位를 求하는 基本式은 다음과 같다.

$$L_s = L_o - (S_h + G_p + G_r - r_t - r_c) \quad (1)$$

L_s : source level

L_o : observed level

S_h : hydrophone sensitivity

G_p : pre-amplifier gain

G_r : recorder gain

r_t : transmission loss

r_c : cable loss

式(1)의 괄호 안은 使用한 계측기의 總利得을 나타내는 式으로서 本實驗에서는 케이블 損失과 傳送損失은 水中聽音器의 收波 感度에 이미 포함되어 있으므로 별도로 計算할 必要가 없다.

前置增幅器와 錄音器의 利得은 Fig. 6과 같이 헤테로다인 周波數 分析器의 beat frequency oscillator에서 發振된 30 mV의 sin 波 電壓을 一定하게 維持시

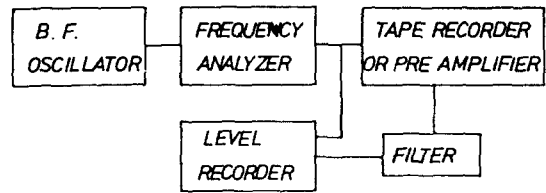


Fig. 6 Block diagram of calibration system for the tape-recorder and the pre-amplifier.

켜 (周波數는 20 Hz에서 10 kHz까지 변화시킨) 錄音器 또는 前置增幅器의 入力측에 供給함과 同時에 準位記錄器에 記錄하고, 다시 出力측에서 나오는 電壓을 헤테로다인 周波數分析器로 分析하여 準位記錄器로 記錄하여 求한다. 이때 各 周波數에 對한 利得은

$$20 \log \frac{V_o}{V_i} \quad (2)$$

V_i : input voltage

V_o : output voltage

Table 3. Frequency characteristics of acoustic instruments

Frequency (Hz)	Hydrophone (re 1V/1μPa)	Pre-amplifier (dB)	Tape-recorder (dB)	Total gain (dB)
20	-205.7	29.6	24	-152.1
25	-205.7	29.6	24.5	-151.6
31.5	-205.7	29.6	26	-150.1
40	-205.7	29.6	27	-149
50	-205.7	29.7	28.5	-147.5
63	-205.7	29.7	29.5	-146.5
80	-205.7	29.9	31	-144.8
100	-205.7	30.0	32	-143.7
125	-205.7	30.0	32.5	-143.2
160	-205.7	30.0	33	-142.7
200	-205.7	30.0	33	-142.7
315	-205.7	30.0	33	-142.7
400	-205.7	30.0	33	-142.7
500	-205.7	30.0	33	-142.7
630	-205.7	30.0	33	-142.7
800	-205.7	30.0	33	-142.7
1000	-205.7	30.0	33	-142.7
1250	-205.7	30.0	33	-142.7
1600	-205.7	30.0	33	-142.7
2000	-205.7	30.0	33	-142.7
2500	-205.7	30.0	33	-142.7
3150	-205.7	30.0	31.5	-144.2
4000	-205.7	30.0	29.5	-146.2
5000	-205.7	30.0	25	-150.7
6300	-205.7	30.0	20	-155.7

에 依하여 求한다.

各 周波數에 對한 音壓準位의 時間的 變化率을 알기 위해 1/3 octave filter set (Brüel & Kjaer 1616) 을 써서 20 Hz에서 6,300 Hz 사이의 1/3 octave band 의 各 中心周波數에서 5 秒間의 音壓準位變化를 0.2 秒 間隔으로 求하여 그 標準偏差를 計算하였다.

結 果

1) 定置網漁具의 騒音特性

Fig. 7은 巨濟島 黃浦에 設置되어 있는 定置網 漁具에서 測定된 騒音 스펙트럼이며 Fig. 8은 黃浦灣에서 測定된 海洋環境騒音 스펙트럼이다. Fig. 7과 Fig. 8 은 低周波에서 비슷한 傾向을 나타내고 있으나 200 Hz 以上에서는 定置網에서의 音壓이 다소 높다.

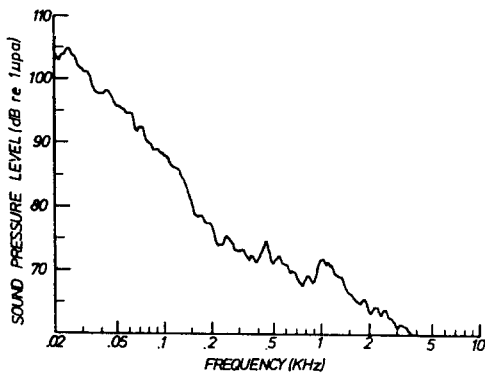


Fig. 7. Sound spectrum of underwater noise recorded at the anchovy set net.

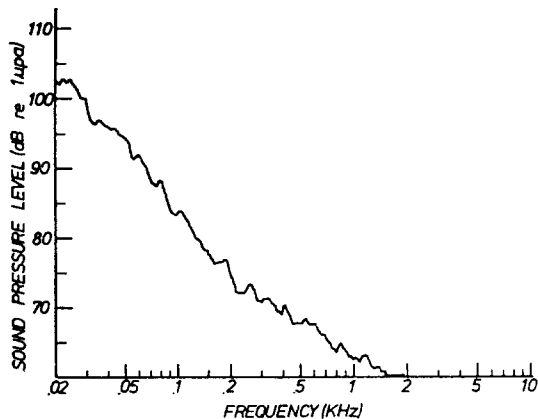


Fig. 8. Sound spectrum of underwater ambient noise at Hwangpo Bay.

이 스펙트럼은 레테리모타인 周波數 分析器에 依해 31.6 Hz 周波數幅으로 分析하여 準位記錄器로 記錄한 것으로 橫軸은 周波數를 對수율급으로 나타내었고 縱軸은 音壓準位를 dB(re 1 μPa)로 나타내었다.

2) 權現網漁具의 騒音特性

Fig. 9는 權現網漁船 C의 操業中인 網口 근처에서 測定된 騒音 스펙트럼을 나타낸 것이다.

Fig. 10, Fig. 11은 操業中인 權現網漁船 B와 D에서 測定된 騒音 스펙트럼을 각각 나타낸 것이다.

權現網漁具에서 나는 騒音의 周波數分布는 木船인 漁船 C에서는 20~3,000 Hz이며, 鎗船인 漁船 B와 D에서는 20~5,000 Hz로서 木船의 周波數範圍가 鎗船의 그것보다 좁다는 것을 알 수 있다. 또 유사한 周波數

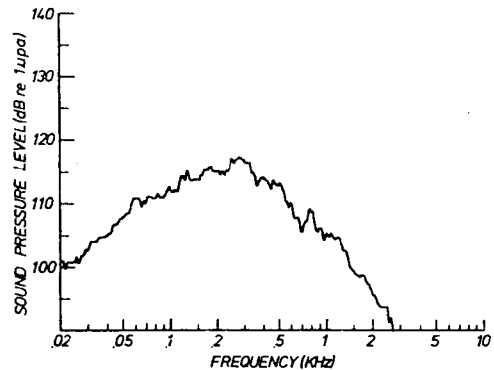


Fig. 9. Sound spectrum of underwater noise recorded at the mouth of cod end of the anchovy boat seine net in the process of towing by vessel C.

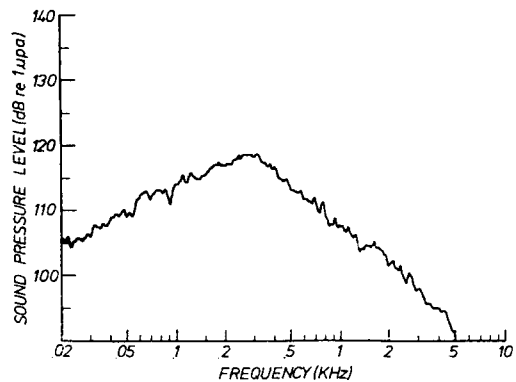


Fig. 10. Sound spectrum of underwater noise recorded at the mouth of cod end of the anchovy boat seine net in the process of towing by vessel B.

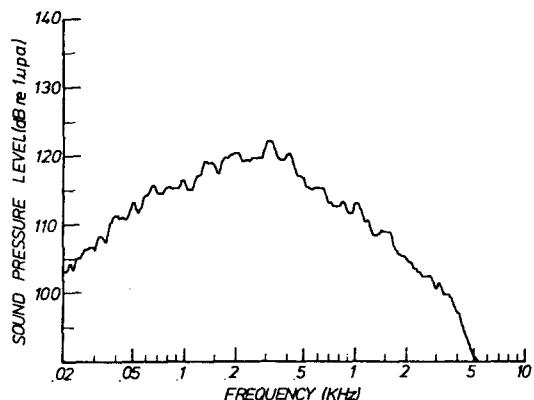


Fig. 11. Sound spectrum of underwater noise recorded at the mouth of cod end of the anchovy boat seine net in the process of towing by vessel D.

範圍는 250~350 Hz이며 漁船 C의 最大音壓準位는 117 dB, 漁船 B와 D의 경우에는 각각 119 dB, 122 dB이었다.

3) 트로울漁具의 騒音特性

水深이 約 100 m이고 底質이 펄과 모래인 濟州海峽에서 漁船 A가 操業中일때 트로울漁具에서 發生되는 水中 騒音을 分析한 結果를 Fig. 12~Fig. 22에 나타내었다.

Fig. 12는 曳網中 水中聽音器를 그물등판에 附着하여 測定된 水中 騒音 스펙트럼이며, 周波數範圍는 20~6,300 Hz이고 우세한 周波數帶는 100 Hz에서 200 Hz 사이이며 最大音壓은 125 dB이다.

Fig. 13은 끝자루에서 測定된 水中 騒音의 스펙트럼이며, 등판부에서와 비슷한 特性을 나타내고 있다.

Fig. 14는 뜰 中央에서 測定된 水中 騒音 스펙트럼이다. 우세한 周波數帶는 80 Hz에서 200 Hz 사이이며 最大音壓은 130 dB로서 등판과 끝자루에서 보다 다소 높게 나타났다. Fig. 15는 발줄附近에서 測定된 水中 騒音 스펙트럼이며 周波數範圍는 20~6,300 Hz이고 우세한 周波數帶는 60~170 Hz이며 最大音壓은 135 dB이다. Fig. 16은 投網中 뜰 中央에서 測定된 水中 騒音 스펙트럼을 나타낸 것으로 우세한 周波數帶는 50~100 Hz였다. Fig. 17은 揚網中 뜰 中央에서 測定된 水中 騒音 스펙트럼이고 90~180 Hz帶의 音壓準位가 높고 最大音壓은 137 dB이었다.

Fig. 18, Fig. 19, Fig. 20은 各各 投網, 曳網, 揚網中 漁船 A의 右舷中間部로부터 1 m 떨어진 約 1 m 水中

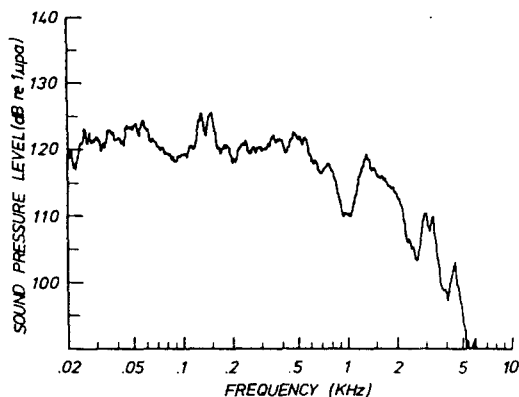


Fig. 12. Sound spectrum of underwater noise recorded at baiting of the trawl net towed by vessel A.

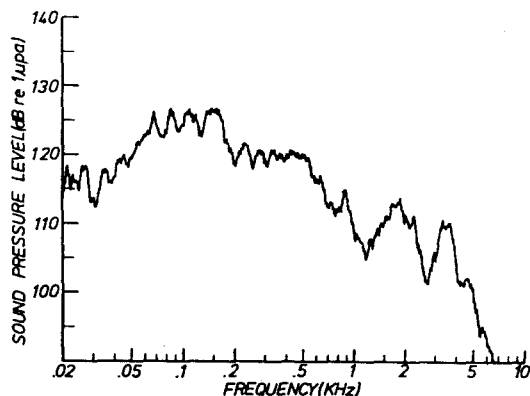


Fig. 13. Sound spectrum of underwater noise recorded at cod end of the trawl net towed by vessel A.

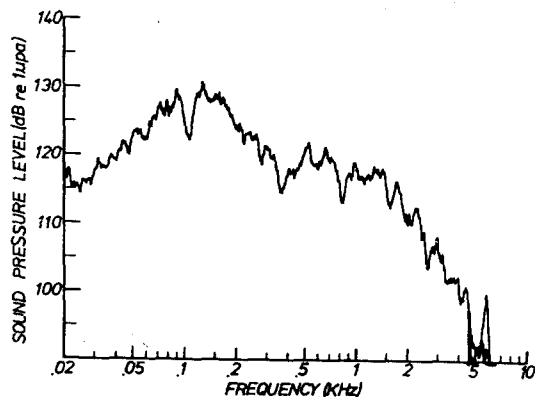


Fig. 14. Sound spectrum of underwater noise recorded at head rope of the trawl net towed by vessel A.

網漁具의 水中騒音에 關한 研究

에서 測定한 騒音 스펙트럼이다. 船舶周圍騒音의 周波數範圍는 投, 曳網中일 때 20~6,300 Hz이며 揚網中일 때는 20~8,000 Hz이고 우세한 周波數帶는 60 Hz

근저이다. 最大音壓은 投, 揚網中일 때 140 dB이며 曳網中일 때는 137 dB이다.

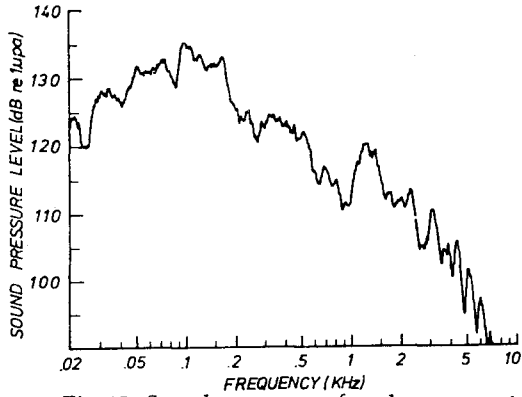


Fig. 15. Sound spectrum of underwater noise recorded at ground rope of the trawl net towed by vessel A.

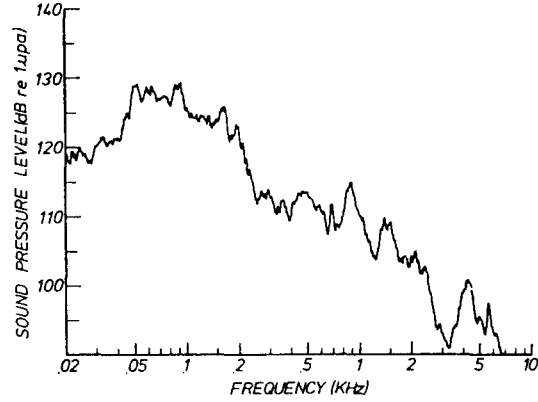


Fig. 16. Sound spectrum of the underwater noise recorded at the head rope of the trawl net in the process of casting.

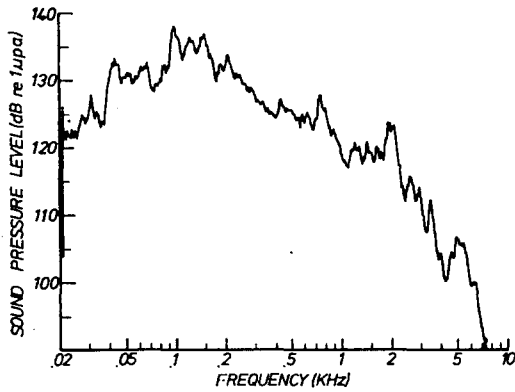


Fig. 17. Sound spectrum of the underwater noise recorded at the head rope of the trawl net in the process of hauling.

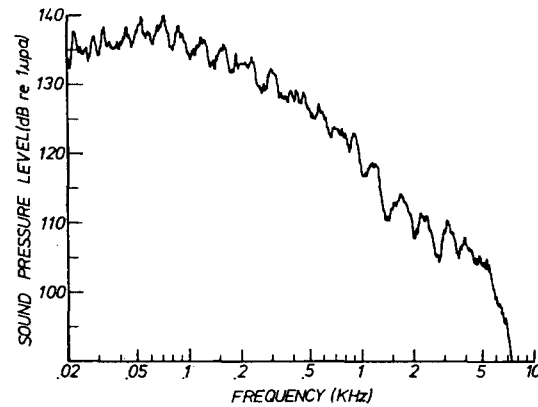


Fig. 18. Sound spectrum of the underwater noise generated by trawler A in the process of casting.

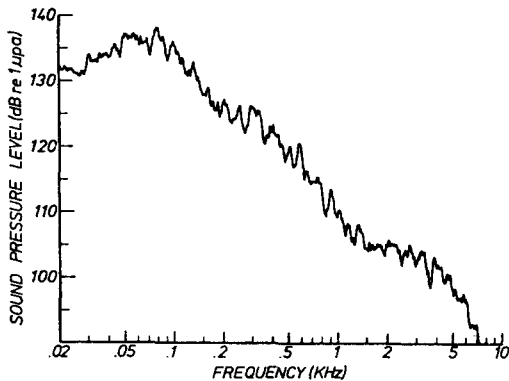


Fig. 19. Sound spectrum of the underwater noise generated by trawler A in the process of towing.

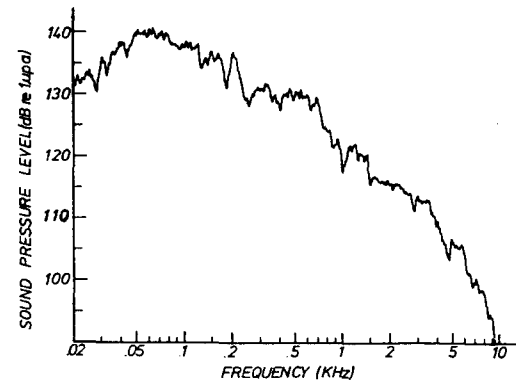


Fig. 20. Sound spectrum of the underwater noise generated by trawler A in the process of hauling.

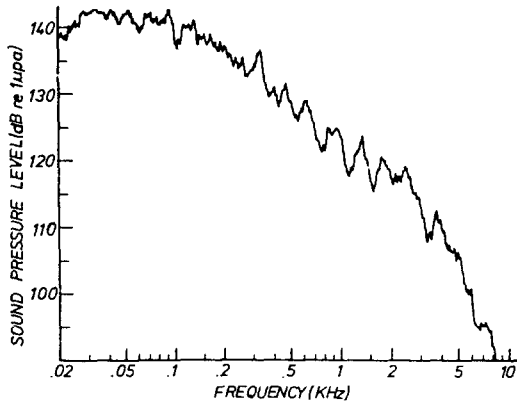


Fig. 21. Sound spectrum of the underwater noise at the stern of the trawler A in the process of towing.

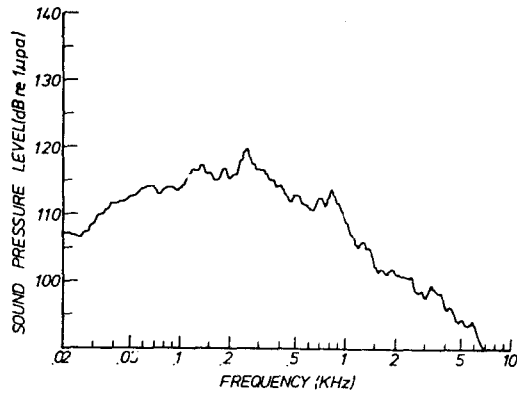


Fig. 22. Sound spectrum of the underwater noise recorded 500m away from trawler A under the condition of trawling operation.

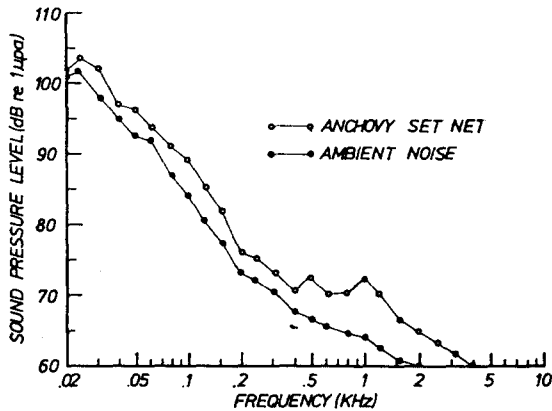


Fig. 23. Comparison of underwater noise spectra of the anchovy set net with ambient noise.

Fig. 21은 船尾附近 水中에서 測定한 騒音 스펙트럼으로서 100 Hz 以下の 音壓準位가 높다.

Fig. 22는 操業狀態와 같은 條件으로 航走中인 漁船 A로부터 500 m 떨어진 位置에서 測定된 騒音스펙트럼을 나타낸 것으로서 全般的으로 漁具에서 測定된 騒音의 音壓보다 10 dB정도 낮다.

考 察

定置網漁具, 權現網漁具 및 트롤漁具에서 發生되는 水中騒音 스펙트럼은 各 漁具 및 操業狀態에 따라 各樣各색이었다.

定置網漁具에서 測定된 水中騒音 스펙트럼은 그 海岸의 環境騒音 스펙트럼과 비슷하고 周波數範圍는 20~4,000Hz이며 20Hz에서 最大音壓은 103dB이고 周波數가 增加함에 따라 -6dB/octave 씩 減少된다.

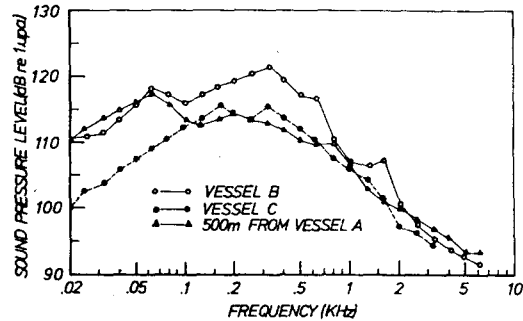


Fig. 24. Comparison of underwater noise spectra of the anchovy boat seine nets and 500m away from vessel A.

Fig. 23은 定置網에서 測定한 騒音과 黃浦灣의 水中 環境騒音을 digital frequency analyzer로 分析한 騒音 스펙트럼을 나타낸 것으로서 200 Hz 以上에서 定置網의 音壓이 다소 높은 것은 漁具에 의한 騒音인 것으로 생각된다. 黃浦灣에서 測定된 海洋環境騒音 스펙트럼은 Knudsen et al. (1948), Cato(1976) 및 Wenz(1962)가 測定한 海洋環境騒音 스펙트럼과 비슷한 모양을 나타내고 있으나 音壓準位는 다소 높게 나타났다. 이처럼 Knudsen이나 Wenz가 測定한 값보다 音壓準位가 다소 높게 나타난 것은 측정장소가 海岸에 더 가깝게 接觸 있기 때문인 것으로 생각된다.

權現網漁具에서 測定된 水中騒音의 周波數範圍는 鋼船에서는 20~5,000 Hz 였으며 木船에서는 20~3,000 Hz 였다. 木船에서의 周波數範圍가 鋼船에서 보다 좁다는 것을 알 수 있다. 우세한 音壓은 250~350 Hz에서 最大 122 dB이었고 周波數가 增加함에 따라 音壓準位는 점차 減少한다. 또한 Fig. 24에서 알 수 있는 바와 같이 鋼船의 音壓準位가 木船의 音壓準位보다 5 dB 정

도 크다. 이것은 Maniwa(1965)가 다랑이 旋網漁船에서 測定하여 比較한 結果와 일치된다.

權現網漁具에서 測定된 水中騒音 스펙트럼은 Fig. 24에서 보는 바와같이 漁船A로부터 500 m 떨어진 地点에서 測定된 騒音 스펙트럼과 類似하다. 漁船 B에서 發生하는 騒音 스펙트럼이 漁船 A에서 發生하는 것과 같다고 假定할 때 權現網漁具에서 測定된 騒音의 대부분은 漁船에서 發生된 騒音이라고 推定된다. Skudrzyk(1960)의 實驗結果를 流速이 低速일 때 flow noise는 machinery noise 보다 작고 速度가 增加함에 따라 flow noise가 machinery noise 중의 한 성분이라고 보고하였다. 이 結果와 比較해 볼 때 權現網漁具의 曳網速度는 0.15 m/sec 以下이므로 flow noise보다 船體에서

發되는 機械的 騒音이 대부분 일 것으로 생각된다.

Fig. 25는 權現網漁具에서 測定된 騒音의 周波數에 따른 音壓의 標準偏差를 나타낸 것으로서 20 Hz에서 最大로 5dB이고 周波數가 增加함에 따라 점차 減少하여 프로울漁具에서 보다 標準偏差가 작다.

이것은 權現網漁具에서 發生되는 水中騒音은 프로울漁具에서 發生되는 水中騒音보다 變動폭이 좁다는 것을 알 수 있다.

프로울漁具에서 測定된 騒音의 周波數分布는 20~6,300 Hz이며 許容한 周波數帶는 100~200 Hz였고 周波數가 增加함에 따라 音壓準位가 점차 減少하다가 1 kHz와 2 kHz 사이에서 작은 peak를 이루고 다시 점차 감소하는 스펙트럼을 나타내고 있다.

Fig. 26은 漁船A가 曳網中인 프로울漁具의 各位置에서 測定된 水中騒音 스펙트럼을 比較한 것으로서 밧줄 쪽에서 音壓이 가장 높고 자루그물 쪽에서 音壓이 낮다.

Fig. 27은 投網, 曳網 및 揚網中일 때 프로울漁具에서 發生되는 水中騒音 스펙트럼을 나타낸 것으로서 曳網中일 때의 音壓準位보다 揚網中일 때의 音壓準位가 높으며 投網中일 때는 오히려 낮다.

漁具에서 測定된 騒音에서 漁船에 의한 騒音을 除去한 漁具만의 騒音을 究明하기 위해서는 操業狀態와 같은 條件으로 航海中인 漁船A로부터 약 500 m 떨어진 水深 90 m 位置의 騒音을 測定하여 漁具에서 測定된 騒音에서 빼주어야 한다.

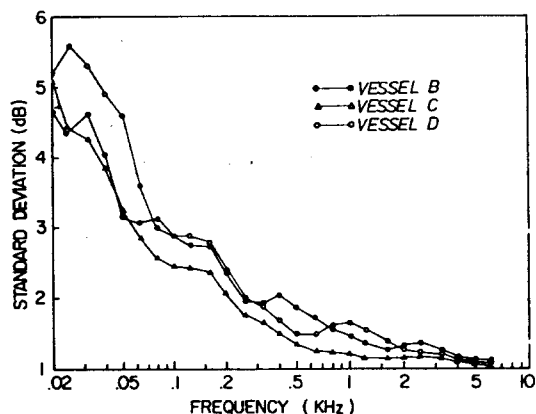


Fig. 25. Variation of standard deviation of the underwater noise with frequency in three anchovy boat seine nets.

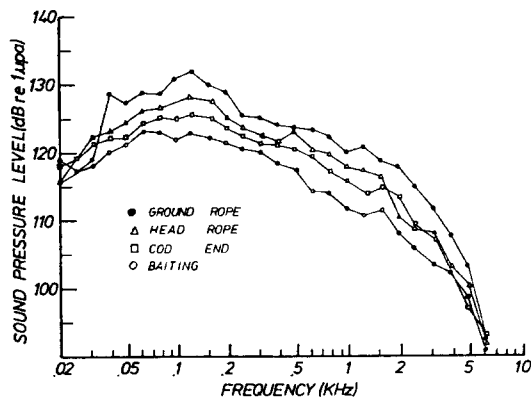


Fig. 26. Sound spectra of underwater noise recorded at various parts of the trawl net in the process of towing by vessel A.

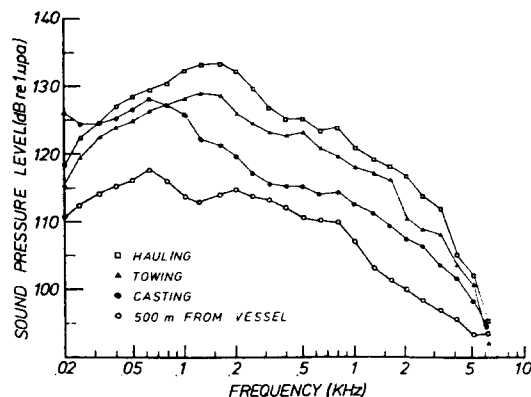


Fig. 27. Sound spectra of underwater noise recorded at the head rope of the trawl net in the different fishing processes. The values recorded at a distance of 500 m from the boat unprovided with fishing gears are given for reference.

그런데 차이가 x dB인 두 音壓準位를 뺄 때의 計算 方法은 두 音壓準位를 각각 A dB, $(A-x)$ dB라 하면 각각의 音壓은

$$A \text{ dB} \rightarrow P_1 = P_0 10^{\frac{A}{20}}$$

$$(A-x) \text{ dB} \rightarrow P_2 = P_0 10^{\frac{A-x}{20}}$$

단. P_0 : 基準音壓

P_1 과 P_2 는 *r. m. s.*의 값이므로 A dB의 音壓準位에서 $(A-x)$ dB를 뺄 것의 音壓 P 는

$$P = \sqrt{P_1^2 - P_2^2} \text{로 된다.}$$

$$P = \sqrt{\left(P_0 10^{\frac{A}{20}}\right)^2 - \left(P_0 10^{\frac{A-x}{20}}\right)^2}$$

$$= P_0 \sqrt{10^{\frac{A}{10}} \left(1 - 10^{-\frac{x}{10}}\right)}$$

decibel로 바꾸면

$$20 \log \frac{P}{P_0} = 20 \log \frac{P_0 \sqrt{10^{\frac{A}{10}} \left(1 - 10^{-\frac{x}{10}}\right)}}{P_0}$$

$$= A - 10 \log \left(1 - 10^{-\frac{x}{10}}\right)^{-1} \quad (3)$$

따라서 뺄 때의 音壓準位는 큰 쪽(A dB)에서 $10 \log(1 - 10^{-\frac{x}{10}})^{-1}$ 만큼 빼주면 된다. 이 관계를 Fig. 28에 나타내었다.

그런데 Fig. 27에서 알 수 있는 바와 같이 배로부터 500 m 떨어진 位置에서 測定된 騒音과 操業中 漁具에서 測定한 騒音과를 比較하면 全周波數帶域에서 10 dB 以上の 차가 나므로 이때 操業중인 漁具에서 測定된 音壓으로부터 감해 주어야 할 音壓은 Fig. 28에서 보

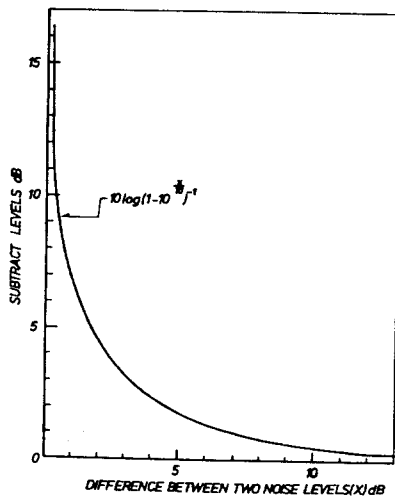


Fig. 28. Subtracting two unequal noise levels.

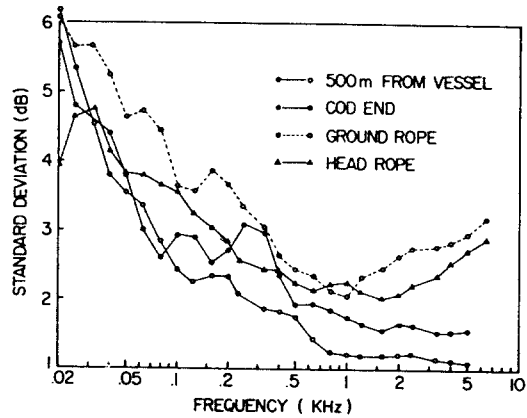


Fig. 29. Variation of standard deviation of the underwater noise with frequency in various parts of the trawl net. The values recorded at a distance of 500 m from the boat unprovided with fishing gears are given for reference.

는 바와 같이 1 dB 이하 이므로 배의 音壓이 트로울漁具에 미치는 影響은 10% 以下이다.

曳網中인 트로울漁具의 各部分에서 測定된 音壓準位의 周波數에 따른 標準偏差와 漁船A로부터 500 m 떨어진 位置에서 測定된 騒音의 標準偏差를 Fig. 29에 나타내었다.

一般的으로 標準偏差는 20 Hz에서 6 dB이며 周波數가 增加함에 따라 점차 減少되어 500~2000 Hz에서 2 dB로 減少되었다가 3,000 Hz 以上の 周波數에서 발출과 들줄쪽에서 다소 크게 변하는 것으로 나타났다. 이것은 海底의 不規則인 變動으로 인한 低周波騒音의 심한 變動과, 와이어로프와 보빈(bobbin)사이의 摩擦때문에 생기는 高周波騒音이 때때로 不規則的으로 發生되기 때문인 것으로 생각된다.

漁船A로부터 500 m 떨어진 位置에서 測定된 騒音의 標準偏差는 漁具에서 測定된 騒音의 標準偏差보다 다소 작게 나타났다.

Fig. 30은 트로울漁具의 各 操業狀態에서 測定된 騒音의 周波數에 따른 音壓의 標準偏差를 나타낸 것으로 揚網과 投網中일 때가 曳網中일 때보다 크게 나타났다. 이것은 投網과 揚網中에는 漁具의 狀態가 不規則的으로 運動하고 있기 때문이라고 생각된다.

Fig. 31은 操業中인 트로울漁船 A 船舶周圍에서 測定된 水中騒音 스펙트럼을 나타낸 것으로서 投, 揚網中의 音壓準位가 曳網中의 것보다 5 dB 높게 나타난 것은 트로울 윈치等 補機의 作動으로 인한 騒音 때문인 것으로 생각된다. 그리고 船尾 스크류 近處에서 低周

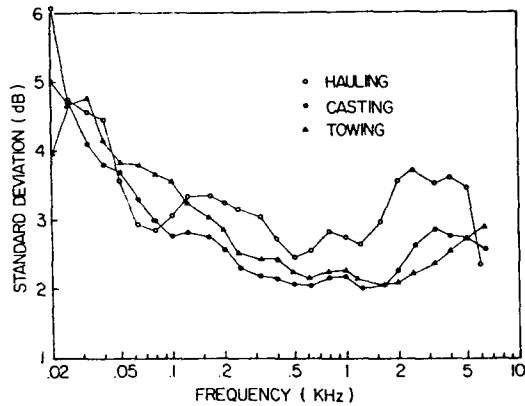


Fig. 30. Variation of standard deviation of underwater noise with frequency in the different fishing processes of the trawl net.

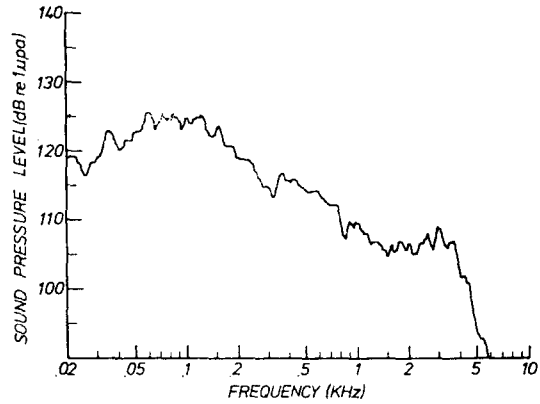


Fig. 32. Sound spectrum of underwater noise artificially generated by bobbin in the experimental tank.

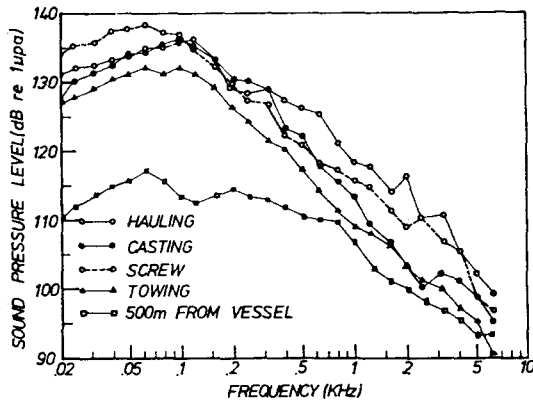


Fig. 31. Sound spectra of underwater noise generated by trawler A in the different fishing processes.

波속의 音壓이 상당히 우세하게 나타난 것은 스크류 近處에서의 渦流에 의한 것으로 생각된다. 이 스펙트럼을 Knudsen *et al*(1943), Dow *et al*(1945)가 軍艦 周圍에서 測定한 騒音 스펙트럼과 比較할 때 漁船 A(船速 4 kt)의 音壓準位는 船速 10 kt인 軍艦의 音壓準位보다는 10 dB 정도 낮고 船速 6 kt인 軍艦의 音壓準位와는 거의 같았다.

操業中인 漁具에서 發生되는 水中騒音의 主音源을 찾아보기 위하여 曳網狀態와 비슷한 騒音源을 만들어 水槽에서 조용히 끌어 보았다.

直徑 17 cm의 보빈 2개를 9 mm 와이어나이프에 끼워 콘크리트 水槽에서 끌어본 騒音 스펙트럼은 Fig. 32에

나타낸 바와 같다. 이 스펙트럼은 반향음 등의 영향을 받았겠지만 Fig. 15의 스펙트럼과 모양이 비슷한 것으로 보아 트로울 漁具에서 發生되는 水中騒音의 主音源은 ground rope와 海底와의 摩擦 및 otter board와 海底와의 摩擦 등에서 發生하는 騒音이라고 생각할 수 있다.

일반적으로 魚類의 可聽周波數範圍는 魚種에 따라 차이는 있으나 Jacobs and Tavolga(1967), Wodinsky and Tavolga(1964) 등에 의하면 魚類가 가장 잘 들을 수 있는 周波數範圍는 100~1,000 Hz 라고 하며, Olsen(1971)은 대구 *Gadus morhua*가 잘 들을 수 있는 周波數帶는 100~300 Hz 이고 청어 *Clupea harengus*의 경우는 20~1,200 Hz 라고 보고 하였다.

本 研究에서 調査된 트로울 漁具 및 權現網 漁具에서 發生되는 水中騒音의 主要한 周波數範圍는 50~1,000 Hz로서 魚類가 잘 들을 수 있는 範圍와 一致하고 있다. 따라서 이들 漁具에서 發生되는 騒音은 魚類의 行動에 많은 影響을 미치리라 생각되며 이들 騒音을 減少시킬 수 있는 研究가 漁具의 設計, 製作에서도 고려되어야 할 것으로 생각된다.

要 約

操業中의 漁船이나 漁具로부터 發生되는 水中騒音의 音響特性을 알기 위해 특별히 製作된 水中錄音裝置를 利用하여 定置網 漁具, 權現網 漁具 및 트로울 漁具의 水中騒音을 錄音分析한 結果, 各漁具마다 獨特

한 스펙트럼을 나타내는 것을 알 수 있었다.

1. 定置網漁具에서 測定된 水中騒音의 스펙트럼은 그 海岸의 環境騒音 스펙트럼과 비슷하나 200~4,000 Hz 周波數範圍에서 70 dB 정도의 漁具에 의한 騒音が 나타나고, 周波數範圍는 20~4,000 Hz이며 20 Hz에서 最大音壓은 103 dB($rc\ 1\mu Pa$)이고 周波數가 增大함에 따라 約-6 dB/octave로 減少된다.

2. 操業中인 權現網漁具에서 測定된 水中騒音은 그물 자체에서 나는 騒音보다 曳引 船艇에서 發生하는 騒音が 더 많은 부분을 차지했다.

漁船C(木船)에 의해서 曳引되는 權現網의 水中騒音의 周波數範圍는 20~3,000 Hz이고 最大音壓準位는 30 Hz에서 117 dB이며 漁船D(鐵船)에 의해서 曳引되는 水中騒音의 周波數範圍는 20~5,000 Hz이고 最大音壓은 300 Hz에서 122 dB 있다.

標準偏差는 20 Hz에서 最大로 5 dB이고 周波數가 增加함에 따라 점차 減少한다.

3. 操業中인 트로울漁具에서 測定된 騒音에는 漁船이 發하는 騒音의 영향은 10% 以下였다. 測定된 騒音의 周波數範圍는 20~6,300 Hz이고 그 中 우세한 周波數帶는 100~200 Hz이며 最大音壓은 135 dB($rc\ 1\mu Pa$)이었다. 漁具의 各部位別 音壓準位는 말줄부에서 135 dB, 뜰줄부에서 130 dB, 자루부에서 125 dB 있다. 操業過程別 音壓準位는 揚網中 137 dB, 曳網中 130 dB, 投網中 127 dB 있다.

水中騒音의 標準偏差는 20 Hz에서 6 dB이며 500~2,000 Hz에서 約 2 dB 였고, 또 뜰줄과 말줄부에서 測定된 騒音中 4,000 Hz 以上の 周波數帶에서는 約 3 dB 있다.

4. 트로울漁具와 權現網漁具에서 發生되는 水中騒音들의 主된 周波數帶는 100~500 Hz로서 魚類가 가장 잘 들을 수 있는 周波數帶(100~500 Hz)에 包含되므로 漁具에서 發生되는 騒音은 魚類의 行動에 많은 影響을 미친 것으로 생각된다.

謝 意

本 研究 遂行에 있시 始終 指導鞭撻해 주신 張志元 博士님, 論文 作成中 많은 助言을 해 주신 高冠瑞 博士님과 金炘坤 博士님, 論文 校閱을 위해 애써 주신 朴丞源 博士님, 張善德 博士님과 金正男 博士님께 깊은 感謝를 드리는바 입니다.

海上實驗을 위해 많은 協助를 해 주신 새마다호 金鎮乾 船長님 이하 全船員들과 權現網 船便을 주신

해 주신 金千珠氏께도 感謝하는 바 입니다.

또 資料分析을 위해 주야로 수고한 本大學院生 裴鍾林, 姜根澤, 河康烈君에게 感謝하는 바 입니다.

文 獻

- Bannister, R. W., R. N. Denham, K. M. Guthrie, D. G. Browning and A. J. Perrone (1979): Variability of low-frequency ambient sea noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 65(5), 1156-1163.
- Cato, D. H. (1976): Ambient sea noise in waters near Australia. *ibid*, 60(2), 320-328.
- Dow, M. T., J. W. Emling and V. O. Knudsen(1945): Survey of underwater sound No. 4: Sounds from surface ships, *Nat. Def. Res. Comm. Div. 6, Sec. 6, 1-NDRC-2124*.
- Erickson, G. J. (1979): Some frequencies of underwater noise produced by fishing boats affecting albacore catch. *J. Acoust. Soc. Am.* 66(1), 296-299.
- Freytag, G. (1964): Bio-acoustical detection of fish possibilities and future aspects. *Mod. Fish. Gear Wor. (II)*, Fishing News Ltd., 353-358.
- Haddle, G. P. and E. J. Skudrzyk(1969): The physics of flow noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 46, 130-155.
- Harvey, H. H., W. S. Hoar and C. R. Botherm(1968): Sounding response of the kokanee and sockeye salmon. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 25(6), 1115-1131.
- Hashimoto, T. and Y. Maniwa(1963): Frequency analysis of marine sounds. *Mod. Fish. Gear Wor. (II)*, Fishing News Ltd., 410-412.
- Hashimoto, T. and Y. Maniwa(1964): Research on the luring of fish shoals by utilizing underwater acoustical equipment- I. *Tech. Rep. Fish. Boat* 19(3), 1-12 (In Japanese).
- Hashimoto, T. and Y. Maniwa(1966): Research on the luring of fish shoals by utilizing

- underwater acoustical equipment- II. *ibid* 20(3), 1-5 (In Japanese).
- Jacobs, D. W. and W. N. Tavolga(1967): Acoustic intensity limiters in the goldfish. *Animal Behav.* 15, 324-335.
- Knudsen, V. O. (1948): Underwater ambient noise. *J. Mar. Res.* 7, 410-429.
- Knudsen, V. D., R. S. Alford and J. W. Emling(1943): Survey of underwater sound No. 2: Sounds from submarines. *Nat. Def. Res. Comm. Div. 6. Sec. 6, 1-NDRC-1306.*
- Kuroki, T. (1958): Fundamental studies on the relation between underwater sound and fish behaviour(II). *Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.*(In Japanese).
- Maniwa, Y. (1965): Studies in the underwater noise of fishing boats. *J. Fish. Boat Asso. Jap.* 140, 25-30 (In Japanese).
- Maniwa, Y. (1971): Effect of vessel noise in purse seining. *Mod. Fish. Gear Wor.*(III) *Fishing News Ltd.*, 294-296.
- Maniwa, Y. and Y. Hatakeyama(1970): Research on the luring of fish shoals by utilizing underwater acoustical equipment(3). *Tech. Rep. Fish. Boat* 24(2), 1-5 (In Japanese).
- Maniwa, Y. and Y. Hatakeyama (1975): Research on the luring and driving away of fish schools by utilizing underwater acoustical equipment(4), *ibid.* 28, 1-22 (In Japanese).
- Nishi, R. Y., J. H. Stockhausen and E. Evensen(1970): Measurement of noise on an underwater towed body. *J. Acoust. Soc. Am.* 48(3), 753-758.
- Nishinokubi, H. and S. Fujita(1975): On the response of fish to the acoustic stimulus. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.* 39, 35-39 (In Japanese).
- Numrich, S. K(1978): Low-frequency sound propagation in the marginal ice zone of the Greenland Sea. *J. Acoust. Soc. Am.* 64(2), 591-600.
- Olsen, K. (1971): Influence of vessel noise on behaviour of herring. *Mod. Fish. Gear Wor.*(III), *Fishing News Ltd.*, 291-294.
- Perrone, A. J. (1970): Ambient-noise-spectrum levels as a function of water depth. *J. Acoust. Soc. Am.* 48(1), 362-370.
- Piggott, C. L. (1964): Ambient sea noise at low frequencies in shallow water of the Scotian Shelf. *ibid.*, 36, 2151-2163.
- Shibata, K. (1966): On the shipborne noise of purse seiners- I. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.* 21, 145-158 (In Japanese).
- Skudrzyk, E. J. and G. P. Haddle(1960): Noise production in a turbulent boundary layer by smooth and rough surfaces. *J. Acoust. Soc. Am.* 32(1), 19-34.
- Takemura, A(1969): Studies on the underwater sound- II : On the diurnal variation of the tempura noise in the coastal waters of Nagasaki Prefecture. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.* 28, 31-41.
- Takemura, A(1972): The distribution of biological underwater noise at the coastal waters of Japan. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 38(3), 201-210.
- Takemura, A. and K. Mizue(1968): Studies on the underwater sound- I ; On the underwater sound of *Genus Alpheus Fabricius* in the coastal water of Japan. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.* 26, 37-48.
- Takemura, A. and M. Nishiwaki (1975): Studies on the underwater sound-V. *ibid.* 40, 1-6.
- Uno, M. and T. Konagaya(1960): Studies on the swimming noise of the fish. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 26(11), 1069-1073.
- Urick, R. J. (1975): Principles of underwater sound for engineers. McGraw-Hill, New York, 93-180.
- Walkinshaw, H. M. (1960): Low-frequency spectrum of deep ocean ambient noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 32, 1497.
- Wenz, G. M. (1962): Acoustic ambient noise in the ocean: Spectra and sources. *ibid.* 34(12), 1936-1956.
- Wodinsky, J. and W. N. Tavolga(1964): Sound detection in teleost fishes. *Mar. Bioacoust.* 1, 296-280.