

水中音에 대한 고등어 魚群의 反應

徐斗玉 · 淺野謙治* · 小長谷庸夫*

濟州大學校, *三重大學

(1989년 1월 31일 접수)

A Response of the Shoal of Chub Mackerel (Scomber Japonicus, HOVTTYUN) to Underwater Sound

Du-Ok SEO, Kenti ASANO* and Tuneo KONAKAYA*

Cheju National University, *Mie University

(Received January 31, 1989)

A field experiment was carried out to confirm the effect of underwater sound on the luring of fish school of chub mackerel in the coast of Idousyo Island. Underwater sound that was made use of luring of fish school was pure sound and interval pure sound which the frequencies of the sound were 150Hz and 200Hz, respectively.

The results of the observation of hooking and recording paper of fish finder indicate that the effect of emitting sound at 20m in the depth of water was remarkable for the luring of fish school of chub mackerel. The vertical pure sound pressure level at 150Hz and 200Hz of the water layer that was lured the fish school of chub mackerel were 140.1dB and 146.6dB at 30m, 121.0dB and 126.6dB at 70m and 141.9dB and 120.5dB at 120m in the depth of water, respectively.

緒 言

水中音의 研究는 第一次大戰後 비약적으로 발전했고, 測深器, 魚群探知機 및 소오나는 높은 수준까지 開發되었다. 그러나 水産學에 있어서 水中音의 研究는 매우 좁은 分野에 한정되어 있으나 魚類의 聽覺과 可聽音에 대한 遊泳行動, 誘集, 威嚇 등에 대해서는 이미 많은 결과가 있었다. 魚類의 聽覺에 대한 可聽範圍는 16Hz부터 13KHz이고, 특히 100Hz~500Hz에서 感도가 좋다는 사실도 알려졌다¹⁾. 또 魚類의 音響生態에 대해서는 정어리가 數Hz의 水中音에 反應한 研究²⁾, 전갱이 魚群이 漁船의 스크류음에 놀라서 潛入한 研究³⁾, 은어가 200Hz~300Hz의 水中音에 잘 反應한 研究⁴⁾, 音響에 의한 魚群行動의 制

御에 관해서는 방어, 오징어, 고등어 등의 魚群을 水中音에 의해 誘導, 威嚇한 연구^{5~7)}, 定置網 漁業에서 音響集魚器에 의한 集魚效果⁸⁾, 底引網 漁業에 있어서 入網을 통제한 研究⁹⁾ 등이 있었다. 또 音響을 利用한 漁法에 관해서는 고등어의 낚시어법 및 旋網漁法에 捕食音(中心周波數가 200Hz, 132dB; 0dB re 1μPa, 이하 同一 基準音壓을 잡다)誘導한 것¹⁰⁾ 및 音響馴致漁場에 있어서 自動放音給餌器에 대한 참돔魚群의 行動分析 結果에서 日本 참돔이 내는 音(周波數 250Hz~300Hz, 音壓 150dB)에서 魚群이 誘集되었다^{10~11)}. 이들은 水中 可聽音을 利用한 漁法에 있어서 實驗한 例이지만, 操業中の 漁船에는 機關音을 비롯해서 여러가지의 水中雜音이 있으므로, 漁法에 水中音의 應用에 관한 基礎的 研究가 더

욱 필요할 것이다.

본 연구는 日本의 大島近海의 고등어 낚시漁場에 있어서 補助機關이 發生하는 水中騷音を 測定·分析했고, 또 音響集魚器를 利用해서 150 Hz, 200Hz의 純音, 斷續純音 및 샤워音を 放聲하였을 때 고등어 어군의 反應을 魚群探知機 및 낚시漁具로 調査·解析했다.

材料 및 方法

伊豆諸島海域 附近의 大島周邊海域에서 1987年 4月 14일부터 23日까지 三重大學 練習船 勢水丸을 利用해서 海上實驗을 했다(Fig. 1, Table 1).

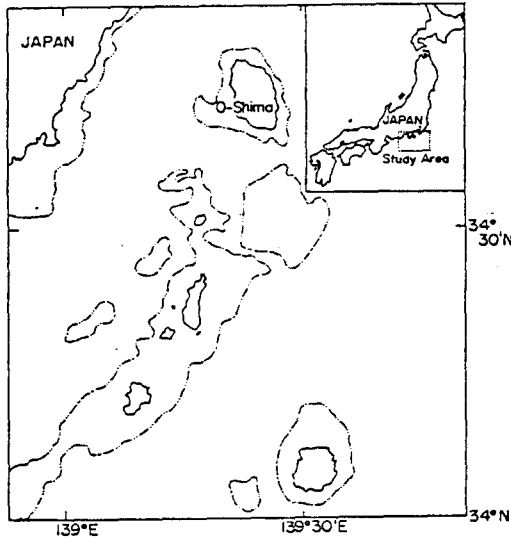


Fig. 1 Map showing the location of observation.

Table 1. Specification of Seisuimaru used for marine experience

Item	Specification
Gross toange	359.31 Ton
Length	47m
Breadth	8.4m
Draft	4m
Marine engine	1,300HP
Auxiliary engine	360HP×2

이 海域에서 勢水丸의 補助機關의 水中騷音 測定은 主機關을 停止하고, 補助機關만 運轉하여서 水中騷音器(57-TA型)와 錄音器(TC-D5M)를 利用해서 錄音했다. 이것을 實驗室에서 周波數分析

器(TR9305型)로 周波數와 音壓을 分析·測定했다. 水中聽音器는 길이 2.3m되는 대나무에 장치해서 右舷外側으로 水中에 내렸다. 騷音測定水深은 5m, 10m, 15m, 20m層까지 船首尾線方向에서 船首(A點)로부터 船尾(D點)의 方向으로 16m(B點), 32m(C點)까지의 16點을 실시하였다.

間庭(1976)에 의하면 定置網에서 漁獲한 體長 15~38cm의 고등어 약 2,500마리를 살려서 사육하면서 먹이로 작은 정어리와 멸치를 주었을 때의 捕食音의 中心周波數는 200Hz, 250Hz 되었다. 따라서 고등어 魚群의 誘集에 利用한 水中音은 音響集魚器(FC-121, FC-122A型)의 150Hz, 200Hz의 純音과 斷續純音 및 샤워音(Spectrum은 Fig. 2)을 水中 스피커로서 放聲했다. 水中 스피커는 船首에서 船尾쪽으로 32m지점인 右舷에 水深 20m에 설치했다.

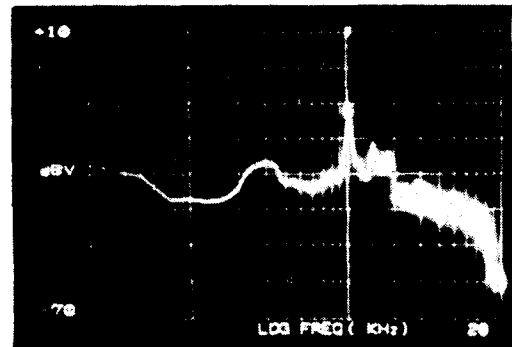


Fig. 2 The spectrum of shower sound.

水中音을 放聲했을 때의 고등어 魚群의 反應을 魚群探知機(50KHz 및 200KHz, FWGT-42型)의 記錄을 利用했고, 또 낚시漁具를 사용해서 고등어 魚種의 記錄을 확인했다. 實驗은 晝·夜間에 실시했고, 夜間에는 水中集魚燈(220V, 2Kw)을 水深 30m의 깊이에 點燈해서 고등어 魚群의 反應을 관찰했다. 또 水中音의 放聲과 停止는 10~15分정도 바꾸어가면서 魚群探知機의 記錄像의 濃淡, 範圍 및 遊泳水深을 비교 검토했다.

結果 및 考察

勢水丸 補助機關의 水中騷音의 Spectrum을 Fig. 3에, 音壓레벨은 Fig. 4~11에 표시했다.



Fig. 3 The spectrum of the auxiliary engine with Seisuimaru.

Fig. 3에서 보면 1.5KHz까지는 음압레벨이 높고, 변화도 적지 않지만 1.6KHz이상에서는 음압레벨이 낮다. Fig. 4에서 보면水深 5m에 있어서 C點의 음압레벨이 제일 높고, A點의 것이 제일 낮다. 이들의 음압레벨의 차는 약 16dB이었다.水深 15m에서는 음압레벨의 변화가 거의 없지만水深 10m, 20m에서는 음압레벨이 약간 변화했다(Fig. 5~7). 最高音압레벨이 나타난周波數와 레벨을 보면 C點에서는 50Hz, 154.9dB A·B·D點은 550Hz에서 각각 145.1dB, 146.1dB, 147.3dB이었다. 各點에서水深別 음압레벨의 변화를 보면 A點이나 C點에서는變化가 심하지만 B點이나 D點에서는變化가 극히 적다(Fig. 8~11). 고등어魚群의誘集에利用한 150Hz와 200Hz의純音, 사위音의水深 20m層에 있어서 음압레벨은 각각 154.9dB, 160.5dB, 152.3dB 이었다. 이때의水中스피커와水中聽音器의間隔은 1m로 했다. Fig. 12는 1987年 4月 17日 12時부터 15時까지水面에서 20m의水深層에水中스피커를設置하여서 150Hz, 200Hz의純音과斷續純音, 사위音을 10~15分間씩放聲과停止를 바꾸어가면서 시험하였을 때魚群探知機의魚群記錄像을表示한 것이다. Fig. 12의 1번은 150Hz의純音을放聲한 7分後에 고등어魚群이水深 100~125m層에密集하기 시작했고,放聲 10分後에는 더濃密한水中音에 따라서浮上하는 것을 알 수 있었다. 2번은 200Hz의純音의結果에서魚群記錄範圍가 극히 좁았다. 3번은 200Hz의斷續純音으로 바꾸어서放聲한 것으로放聲 8分後에는魚群記錄이 매우濃密했고, 4번은 사위音을放聲한結果인데 15分동안에魚群記錄像이

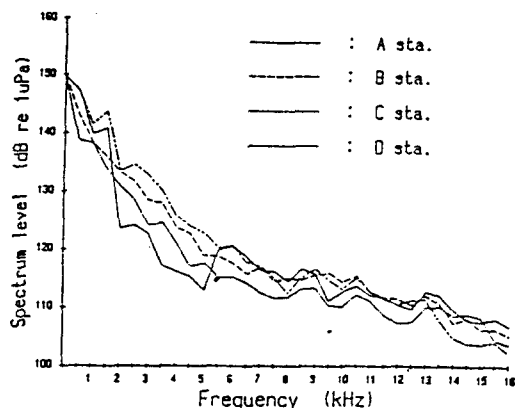


Fig. 4 Observed sound pressure spectrum level of auxiliary engine with Seisuimaru at 5m in the depth of water.

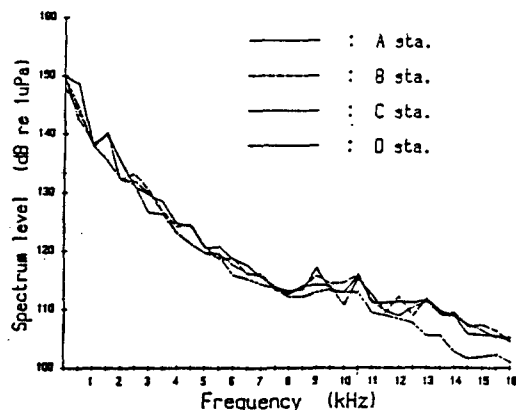


Fig. 5 Observed sound pressure spectrum level of auxiliary engine with Seisuimaru at 10m in the depth of water.

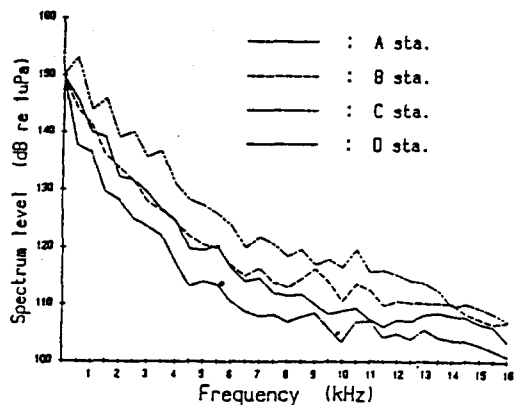


Fig. 6 Observed sound pressure spectrum level of auxiliary engine with Seisuimaru at 15m in the depth of water.

水中音에 대한 고등어 魚群의 反應

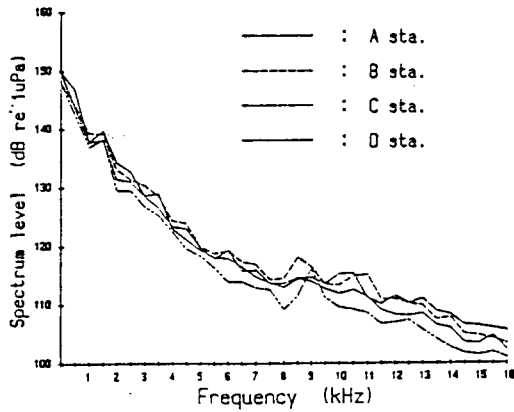


Fig. 7 Observed sound pressure spectrum level of auxiliary engine with Seisuimaru at 20m in the depth of water.

나타나지 않았다. 또한 150Hz의 純音에서 變化시켜 放聲한 8分後에는 150m層에 魚群記錄像이 나타나기 시작했다. 5번은 200Hz의 純音으로 바꾸어서 放聲한 것도 魚群의 記錄에는 거의 變化가 없었다. 6번은 水中音의 放聲을 停止한 때의 것으로서 停止 3分後에는 魚群記錄像이 없었다. 7번은 200Hz의 斷續純音を 放聲해서 誘集한 魚群記錄像으로서 水中音放聲의 停止할 때까지의 것이다. 8번은 200Hz의 斷續純音의 放聲을 停止해서 6分後에 魚群記錄像이 완전히 없어진 狀態를 나타내고 있다.

Fig. 13은 1987年 4月 19日 17時부터 23時까지 水面에서 20m 水層에 水中 스피커를 設置하고

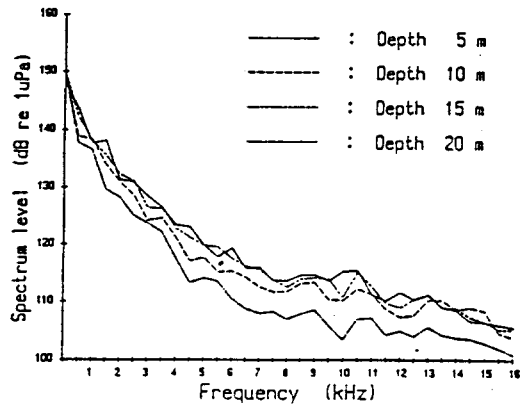


Fig. 8 Observed sound pressure spectrum level of auxiliary engine with Seisuimaru at A station.

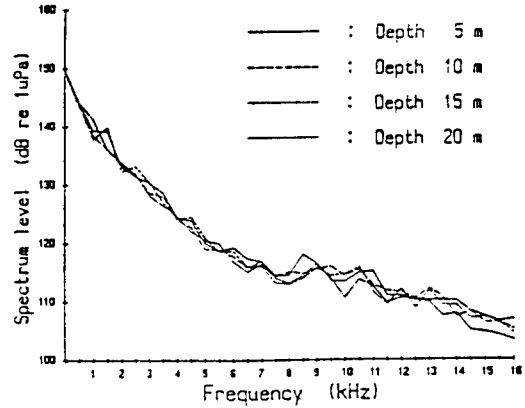


Fig. 9 Observed sound pressure spectrum level of auxiliary engine with Seisuimaru at B station.

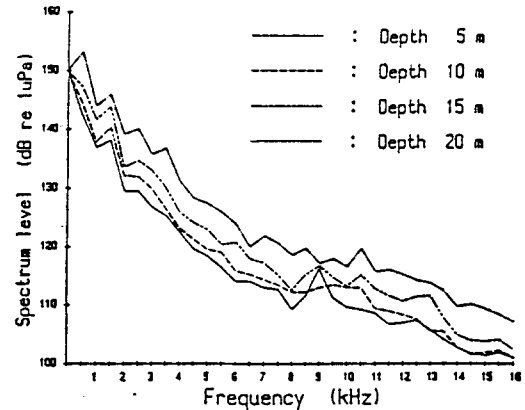


Fig.10 Observed sound pressure spectrum level of auxiliary engine with Seisuimaru at C station.

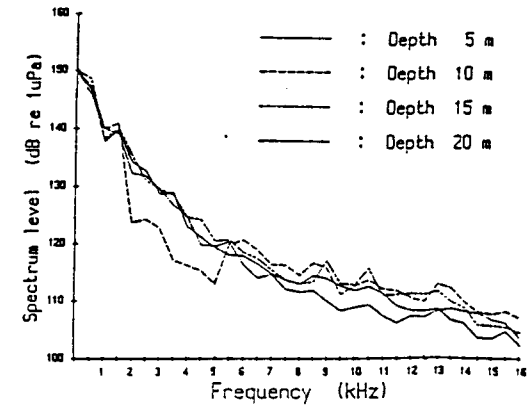


Fig.11 Observed sound pressure spectrum level of auxiliary engine with Seisuimaru at D station.

150Hz, 200Hz의 純音과 斷續純音を 放聲과 停止를 바꾸어서 할 때의 魚群探知機의 魚群記錄像이다. Fig. 13의 1번은 150Hz의 純音を 放聲한 7分後에 고등어군의 수 125m에 나타나기 시작한 것이다. 2번은 水中音 放聲을 停止해서 3分後에 魚群像이 消滅을 表示한 것이다. 3번은 수중 집어등으로 유집된 어군기록상에서 200Hz의 斷續純音의 방성에 의해서 魚群의 記錄像이 더욱 濃密해졌다. 4번은 水中音의 放聲 停止後 魚群記錄像이 다시 얽어지고, 範圍도 좁아졌다. 5번은 水中集魚燈에 의해 誘集된 얽은 魚群記錄像에서 150Hz의 斷續純音を 放聲하므로 魚群記錄像이 더 濃密해지고 넓어졌다. 6번은 水中音의 放聲 停止後 魚群記錄像이 얽고 좁아졌다. 7번은 魚群이 分散된 記錄에서 200Hz의 純音を 放聲한 것

으로 魚群記錄像이 7번이 더 짙고, 넓어졌다. 8번은 水中音의 放聲을 停止하므로서 魚群記錄像이 점점 얽고 分散된 모양이다.

勢水丸 補助機關의 水中騷音 中心周波數와 音壓레벨은 水深 5m에서는 550Hz, 154.9dB, 水深 10m에서는 450Hz, 148.2dB, 水深 15m, 20m에서는 500Hz에 각각 147.6dB, 146.8dB이었다. 가다랭이 낚이漁船의 補助機關의 水中騷音은 水深 3m에서 158dB되었다¹²⁾. 그리고 고등어 魚群의 誘集에 利用한 150Hz, 200Hz의 水中騷音의 音壓레벨은 水深 20m에서 각각 154.9dB, 160.5dB로서, 앞의 補助機關의 水中騷音보다 약

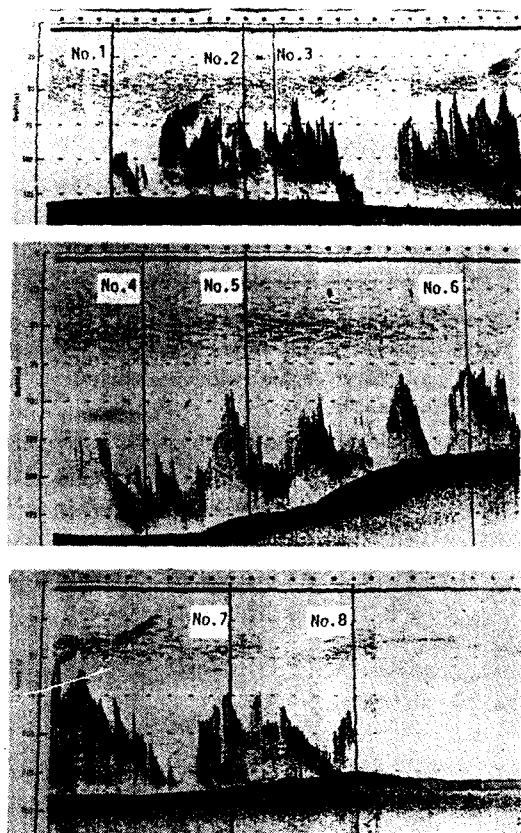


Fig.12 Echogram showing the movement of fish school in accordance with the sound emitted at daytime.

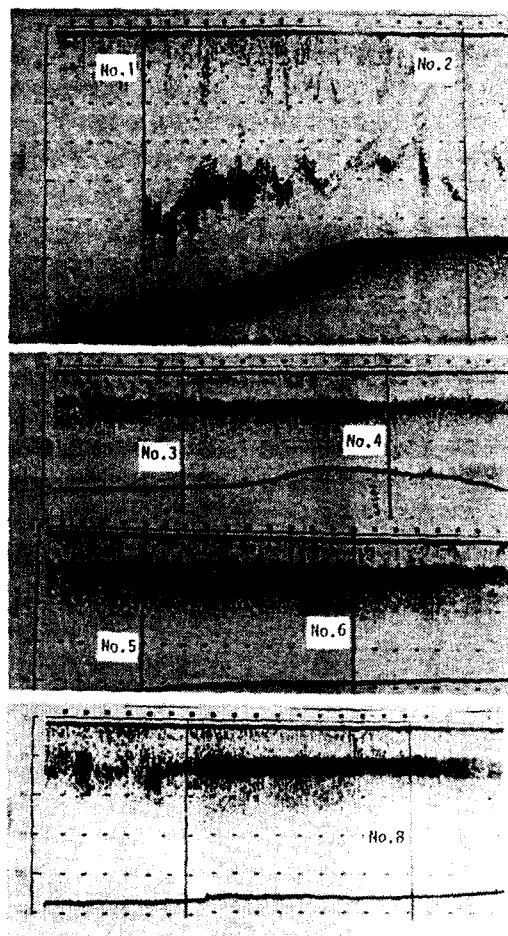


Fig.13 Echogram showing the movement of fish school in accordance with the sound emitted at night.

10~15dB이 높고, 또 水中에서 音壓의 傳播損失式¹³⁾

$$T \cdot L = 20 \log r + 0.01 f^2 r \times 10^{-3} \dots \dots \dots (1)$$

여기서 T·L은 傳播損失(dB), r는 音源에서의 距離(m), f는 周波數(KHz)이다. 式(1)에 의해서 水中音을 利用한 魚群이 誘集된 30m, 70m, 120m層에서 補助機關의 水中騷音 音壓레벨을 計算하면 각각 126.9dB, 112.9dB, 108.8dB이 된다. Fig. 11, 12에서 보면 魚群이 誘集한 30m, 70m, 120m에 있어서 150Hz의 純音 音壓레벨은 각각 141.0dB, 121.0dB, 114.9dB이고, 200Hz에서는 각각 146.6dB, 126.6dB, 120.5dB가 되었다. 間庭²⁾이 伊豆神津島 南方에 錢洲サバ는 낚시漁場에 있어서 音響誘導實驗에서 魚群이 遊泳하는 水深에서 音壓레벨은 약 122dB되었다. 이것은 본 實驗에 있어서 水深 80m層의 音壓레벨과도 같은 것이다. 그리고 水中可聽音을 利用한 魚群의 誘集에는 連續音보다 斷續音이 效果가 높다고 생각되어진다. 특히 夜間에는 水中集魚燈과 동시에 利用하는 것이 魚群의 誘集에 더욱 效果가 있을 것이다.

마지막으로 본 研究의 海上實驗을 함에 있어서 協力을 해주신 三重大學 水產學部 練習船 勢水丸 船長 陣野哲郎과 船員들에게도 謝意를 포함합니다.

要 約

고등어 낚시漁場에서 150Hz~200Hz의 純音과 斷續純音을 水中스피커로 水中에 放聲하였을 때 고등어 魚群의 反應과 漁船의 補助機關의 水中騷音을 測定·分析한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 補助機關만을 운전하였을 때 水中騷音의 中心周波數와 音壓레벨은 水深 20m에서 각각 500 Hz, 146.8dB이었다.

2. 周波數 150Hz와 200Hz의 純音의 音壓레벨은 水深 30m, 70m, 120m에서 각각 141.0dB와, 146.6dB, 120.0dB와 126.6dB, 114.3dB와 120.5dB이었다.

3. 水中音을 放聲해서 5分 前後에 고등어 魚群이 誘集反應을 보였다.

4. 周波數 150Hz와 200Hz의 純音보다는 斷續純音이 좋은 誘集反應을 나타냈다.

參考文獻

- 1) 川本信之(1966) : 魚類生理生態學, 第1版, 恒星社厚生閣, 東京, 99-197.
- 2) 未廣恭維, 吉野鎖夫, 塚本芳知(1957) : 農水產應用科研究費報告(ていお, 17, 55, 田原要約).
- 3) 柴田惠司(1966) : 長崎大水產學研報 21, 145-158.
- 4) 小長谷庸夫(1980) : 日水誌 46, 31-34.
- 5) 間庭愛信, 畠山良己(1970) : 漁船研究技報 24(2), 1-5.
- 6) 間庭愛信, 畠山良己(1975) : 同誌 28, 1-12.
- 7) 間庭愛信, 畠山良己(1976) : 同誌 29, 147-162.
- 8) Sun - duck CHANG, Gab - dong Yoon, Hyeong-il SHIN, Ju-Hee LEE and Hyeon-Ok SHIN(1986) : Korean Fish. Tech. Soc 22(4), 75-82.
- 9) 肥後伸夫(1984) : 海洋科學 16(5), 297-302.
- 10) 岡本峰雄(1982) : 日水誌, 48(8), 1113-1119.
- 11) 岡本峰雄(1984) : 同誌, 50(2), 211-218.
- 12) 畠山良己(1984) : 海洋科學, 16(5), 303-307.
- 13) Urick, R.J.(1967) : Principle of underwater sound. McGraw-Hill Book Company, 370-371.