

琵琶湖の音環境および工事音の魚類に対する影響

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	小長谷, 庸夫
巻/号	46巻2号
掲載ページ	p. 129-132
発行年月	1980年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



琵琶湖の音環境および工事音の魚類に対する影響^{*1}

小長谷 庸 夫

(1979年8月23日受理)

The Sound Field of Lake Biwa and the Effects of the
Constructing Sound on the Behavior of the FishTuneo KONAGAYA^{*2}

In order to clarify the effects of construction sound to fish populations, the change of acoustic environments of Lake Biwa by dredging was observed. Also, the response of fish to dredging sound and swimming direction of fish near the worksite was studied by the use of acoustic biotelemetry.

Results obtained are summarized as follows:

- 1) The spectrum level of the back ground noise of Lake Biwa was within the limits of prevailing noise of the sea.
- 2) Pressure level of the underwater sound of a dredging boat at a distance of 150 m was about 38 dB, and that of a submerged pipe at a distance of 2 m was 75 dB.
- 3) The fish showed negative responses and was considered to avoid the acoustic field of worksite.

魚類の可聴範囲は、16 Hz~13 kHz におよび¹⁾、イワシが数 Hz の水中音に反応した例²⁾や、アジの群が漁船のスクリー音に驚いて潜入した例³⁾も報告されている。

このように魚類は人工的な騒音に敏感に反応するから、沿岸近くで工事を行なう場合、しばしば漁業への影響が問題になる。

特に浚渫工事現場では、沖合のサンドポンプ船から埋立地まで鉄管で土砂を移送するため、エンジン音や掘削音、鉄管内の土砂の擦過音など様々の騒音が広範囲に及ぶから漁業への影響も大きいと考えられる。

そこで、びわ湖で行なわれている浚渫工事現場^{*3}で工事開始前の自然状態の音環境や工事音の騒音を分析し、更に工事音に対する魚類の反応についても検討を加えた。

実験方法

風力 0~1 の極めて静穏な日と風力 4 以上の日の両者について、南湖の 14 測点の表層から湖底までの自然騒音を測った。次に、工事中サンドポンプ船 (電動 1200 PS, 土量 4700 m³/日, 水量 4700 m³/日) や沈設鉄管 (560 mmφ 2 列) 付近で水中騒音を測った。その方法は、ハイドロ

ホン (57-TA 型) とテープレコーダー (TC-2090 SU 型) を用いて録音した後再生して、音響分析器 (JEIC-BP 10A 型) を用いて 1/3 オクターブバンドごとの音圧⁴⁾を測定した。ここで、水中騒音が各帯域内で連続スペクトルに近似できるとすると、それぞれの帯域の中央値におけるスペクトルレベル SPL は

$$SPL = BL - 10 \log W$$

で表される⁵⁾。ただし、BL は帯域レベル、W は周波数帯域 (Hz) である。そこで、上式によつて各バンドの音圧の平均値をスペクトルレベルに補正した。

実験は、1977 年~1978 年にかけて行つた。観測水域の水深は約 3 m で、水温は表層で約 11°C、底層ではこれより約 1.5°C 低かつた。

次にフナ (*Carassius carassius grandocluisa*) (体長 15 cm) の水中音に対する反応の閾値を求めた。一般に実験水槽内の音圧分布は極めて複雑で、反響や干渉が大きく、特に回流水槽などでは数 cm の位置の違いによつて音圧は 0 から最大値まで変化した。そこで、ここでは便宜的にスピーカーボックスを上向きに置き、スピーカーのコーンの上面に水を満たしたビニル袋を直径 35 cm, 深さ 15 cm のプラスチック円筒で固定し、この中で魚を泳がせてエンドレステープに録音した工事音や純音を

*1 水中音に対する魚類の生態—III (On the behavior of the fish to underwater sound—III).

*2 三重大学水産学部 (Faculty of fisheries, Mie University, Edobashi, Tsu 514, Japan).

*3 滋賀県草津市矢橋町。

放声した。またこの時別にハイドロホンで音圧も測つた。

次に、工事中と工事終了後、ピンガーを付けたコイ (*Cyprinus carpio*) (体長約 55 cm) を沈設鉄管付近で放流して遊泳方向を調べた。その方法は、50 kHz の超音波の受波感度が最大 450 m の 3 個のソノブイを沈設鉄管の周囲に配置し、受波器を中央部に向けて 3 m の湖底に沈めて、各測点の受波感度の有無から標識魚のおよその位置を推定した。ソノブイは魚に取り付けたピンガーからの信号音を受波すると同時に 27 MHz の微弱な電波を 5 ms 間送信する構造で、それぞれに対応した受信機によつて陸上で受波状況を知ることが出来る。ピンガーの大きさは長さ 10 cm 直径 18 mm、空中重量 28 g である。回路はトランジスタ 1 個を用い、ブロッキング発振によつて超音波を放射する形式⁷⁾で、約 2 秒ごとに 20 ms の超音波パルスを放射し、約 48 時間の寿命を有する。これらの装置はすべて自作品を用いた。ピンガーには若干の浮力を加え、第 1 回目 (工事中) は腹びれ後部に、第 2 回目 (工事後) は背びれ後部にそれぞれ長さ 30 cm のナイロンテグスでとりつけ、僅かに負または正の浮力を与えて引かせた。

結 果

びわ湖の工事前の自然騒音と、工事中の各測点の水中音の分析結果から、周波数毎の平均値をプロットして整

理すると Fig. 1 に示す騒音スペクトルが得られる。この図の風力階級別の騒音と海洋のそれの騒音レベル⁷⁾とは、音圧レベルの変動の上下限を考慮するとかなりよく一致する。

工事に伴う騒音は、サンドポンプによる騒音が 500 Hz 付近で最も高く約 88 dB (re 1 μ Pa) であり、沈設鉄管付近の騒音は 100 Hz 付近から 10 kHz におよび、最高 75 dB であった。

次にフナに水中音を放声した結果、腹びれや眼球的動きなどに変化がみられ、急速に遊泳する事もあり、えらの開閉も小刻みになった。これらの反応は約 60 dB (re 1 μ Pa) の音圧で表わされた。そこで同一の音圧の 200 Hz と 600 Hz の純音およびサンドポンプの騒音を放声してえらの開閉の変化を調べた結果を Table 1 に示す。

表の t/T は放声中のえらの 10 開閉の時間の放声前のそれに対する比で、4 尾の平均値である。これらからみると、同一音圧のばあいも工事音による変化が若干大きい。また別に同一種類の水中音の音圧を変えて放声したところ、音圧が高いほど t/T が小になったから、サンドポンプの騒音の方が純音より刺激効果が大きであると判断できる。この原因はサンドポンプの騒音は帯域も広く、刻々の音圧変動も大きいためであろう。

次に、工事中と工事終了後に沈設鉄管付近でコイを放流したときの各測点からの電波の受信状況を Fig. 2 に示す。これから魚の遊泳方向を推定すると Fig. 3 に示

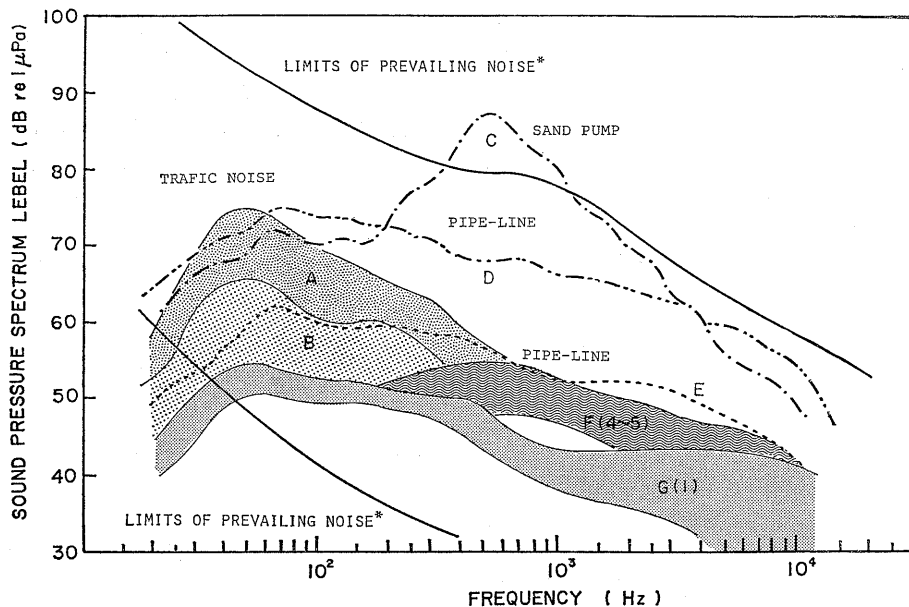


Fig. 1. Spectral levels of background and dredging noise in the water of Lake Biwa.
 A: Under a bridge, B: 300 m distance from the bridge, C: 160 m distance from a sand pump, D: Above a pipe line, E: 300 m distance from the pipe line, F, G: Ambient noise (Numbers show the beaufort scale of the wind during the measurement).
 * Ocean noise (Wenz)⁷⁾

Table 1. Change of branchial respiration of the fish to sound stimulation (about 60 dB re 1 μ Pa)

Sounds	200 Hz (Pure tone)	600 Hz (Pure tone)	Construction noise (Sound of dredging boat)
t/T^*	0.92	0.90	0.80

* t/T shows the rate of stimulated and natural intervals of branchial respiration.

すように、工事中は沈設鉄管の方向を避けて速やかに矢印の方向に護岸に沿って逃避し、工事終了後は放流点および沈設鉄管付近にかなり長時間滞留したと推定できる。工事現場はフェンスで濁りの拡散を防いでいる上、沈設鉄管付近は工事関係の舟艇の航行も少ない。したがって、工事中と工事終了後の放流魚の行動の相違は主として沈設鉄管の発する土砂の擦過音の影響によるものと考えられる。

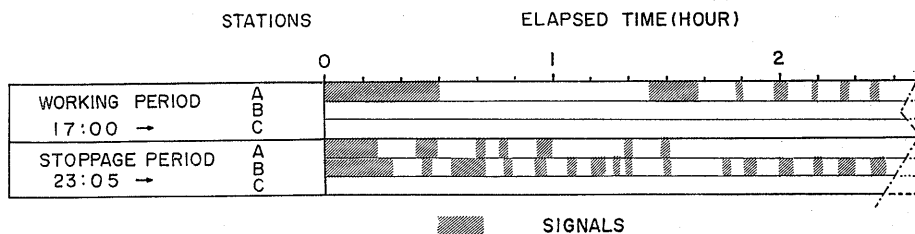


Fig. 2. Receiving records of the signals transmitted from three sonobuoys. The locations of carp carrying an acoustic transmitter at a working time and a stoppage period were momentarily estimated by the presence of receiving signals from each buoy.

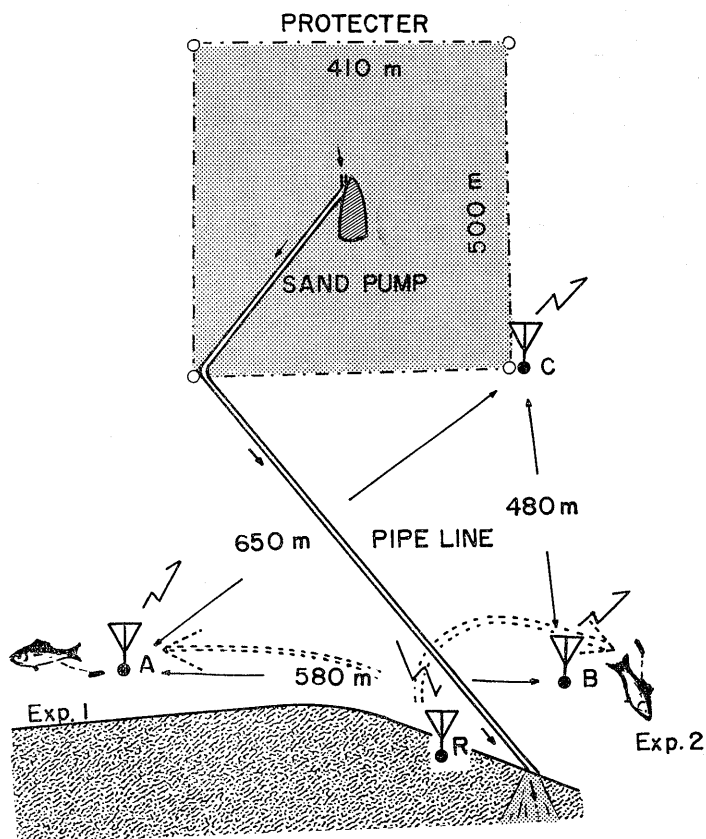


Fig. 3. Stations of the three sonobuoys and estimation of swimming direction of the fish.
Exp. 1: Working time, Exp. 2: Stoppage period.
A, B, C: Stations of sonobuoys, R: Receiving station.

考 察

場所や周波数によつても異なるが、びわ湖の自然時の平均の水中音圧はほぼ 50 dB~75 dB (re 1 μ Pa) である。音圧スペクトルの上下限や風速別の音圧スペクトルから判断する限りでは、このような広大な湖の騒音スペクトルは海洋と似た傾向を有するとみてよい。

次に、工事中発するエンジン音やカッター音などは、ポンプ船から 160 m の水域で 88 dB であつた。また、鉄管内の土砂の擦過音は管の直上で最高 75 dB であつた。一方、実験的に調べたフナの反応閾値は約 60 dB であるが、この値は前報⁸⁾で示したアユ (*Plecoglossus altivelis*) の水中音に対する反応閾値より小である。しかし後者は走流行動の加わつた値であるから前者より若干高いのは当然であろう。したがつて、工事現場の騒音レベルは明らかに魚類の音感閾値を上まわり魚類への影響が示唆される。2 例にすぎないが、現場で行なつたバイオテレメトリーによる追跡結果からもコイが騒音域を逃避すると判断できるから上述の推測は肯定される。もつとも、工事区域で長期間蓄養した魚類を放流した場合には馴れの影響によつて異なつた結果が得られる事もある。しかし、少なくとも騒音区域外から回遊する魚類に対する工事音の影響については否定できない。

工事現場の騒音の影響範囲を推定する事は、騒音の音源や周波数帯も広域にわたり、減衰も一樣でないから容易でない。例えば Fig. 1 の沈設鉄管の直上と 300 m の位置の騒音を比較すると 14 dB の減衰に過ぎない。その上、工事音の音圧は上下限の開きも大で、時に打音も入

り、カッターの方向を変える時のいわゆるスウィング音もしばしば聞かれる。したがつて、各測点における平均音圧をプロットして求めた Fig. 1 の音圧スペクトルから影響範囲を推定するためにはかなりの安全率を見込むべきであろう。

この実験に用いたソノブイは新に開発したもので、理論上 3 点に於ける超音波パルスの到達時間差から刻々の魚の位置を求める事が可能である*。この点に関しては改めて報告する。

終りに観測にあつて御協力を賜つた滋賀県湖南中部流域下水道事務所並びに実験に御助力いただいた三重大学卒業生、織戸寿、吉原康行、庄司泰夫の三氏に厚く御礼申し上げる。

文 献

- 1) 川本信之：魚類生理生態学，第 1 版，恒星社厚生閣，東京，1966，pp. 197.
- 2) 未広恭維・吉野鎮夫・塚本芳和：農水産応用科研費報告（ていち，17，55（1957）田原要約）。
- 3) 柴田恵司：長崎大水産学部研報，21，145-158（1966）。
- 4) 五十嵐寿一編：音響と振動（実験物理学講座）第 1 版，共立出版，東京，1968，pp. 72-75.
- 5) R. J. ユーリック：水中音の原理，第一版（土屋明訳西村実監修），共立出版，東京，1978.
- 6) 小長谷庸夫：海洋生物テレメトリー研会報，55，48-53（1977）。
- 7) 実吉純一・菊地喜充・能本乙彦：超音波技術便覧，改訂新版，日刊工業新聞，東京，1966，pp. 629-631.
- 8) 小長谷庸夫：日水誌，46，125-128（1980）。

* 小長谷庸夫：3 個のソノブイによる超音波標識魚の位置決定（1978 年日本水産学会秋季大会発表）。