

実験水路による流水音特性について

宇都宮大学工学研究科 学生員 生天目 実一

宇都宮大学工学研究科 正会員 長谷部 正彦

宇都宮工業高校建設科 正会員 桑川 高徳

1. はじめに

水辺環境において私たちが身近に聞くことのできる自然環境音には様々なものがある。この自然の水辺環境は視覚的に非常に富んでおり、それに発生する音は聴覚的にも様々に変化する。近年、視覚的、聴覚的な快適な感覚が、心の豊かさを表すものとして求められている。これらの観点から、「ランドスケープ（景観）」に対する対語として「サウンドスケープ（音の風景）」という概念が提唱され、環境としての音に対する意識が高まりつつある。流水音は主な原因とされている気泡や圧力変動等、滝の音などは落下エネルギーのために発生する。本研究では音の原因となる素過程としての気泡による音に注目し、測定可能な流水音について水理量と流水音について実験的に検討するものである。

2. 実験方法

実験は図-1に示す実験水路で行った。

実験1として、気泡の影響を調べる実験を水の落下距離を25.3cm、15.3cm、5.3cmの3パターン、流量を一定($Q=186\text{ cm}^3/\text{sec}$)に設定して行った。気泡の発生状況をビデオに撮り、各のオクターブバンドと暗騒音を測定した

実験2として、水理量との関係を調べる実験を全24 case(落下距離25.3cm、15.3cm、5.3cmの3パターン、流量を1本当たり、 $Q=186\text{ cm}^3/\text{sec}$ として1～8本設定して行った。各caseの音圧レベル、オクターブバンドを測定した。音圧レベルは3回測定し、それを平均したものを実験結果とした。

3. 実験結果

図-2, 3に、実験1のオクターブ分析結果に気泡の発生状態、中心気泡周波数をしめした。落下距離25.3cmでは気泡数は非常に多く、気泡半径1.0～1.5mmの気泡が最も多かった。落下距離15.3cmでは気泡数は目で数えられる範囲であり気泡半径1.0～1.5mmのものが多かった。落下距離5.3cmでは気泡数は10未満であり、気泡半径0.6～1.0のものが主であった。水中で発生し水面にでてくる気泡は小さく、大きい気泡は見られなかった。気泡は水面にでると気泡同士が合体し、一つの大きな気泡となっていた。

尚、気泡の半径は、次式でRについて解いて求めた。

$$f = \frac{1}{2\pi R} \sqrt{\frac{3\gamma P_0}{\rho_w} - \frac{2\sigma}{\rho_w R}}$$

ここに、Rは気泡の半径、 γ は比熱比（気泡が空気の場合は $\gamma=1.4$ ）、 P_0 は平衡状態における気泡内の圧力（水面近くではほぼ大気圧(101.3kPa)）、 ρ_w は水の密度、 σ は表面張力（水音10℃, $74.20 \times 10^{-3}\text{ N/m}$ ）である。

キーワード：音圧レベル、オクターブ分析、気泡

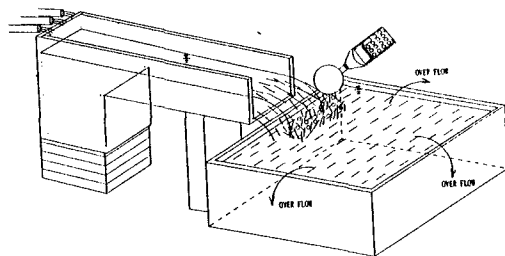


図-1 実験水路

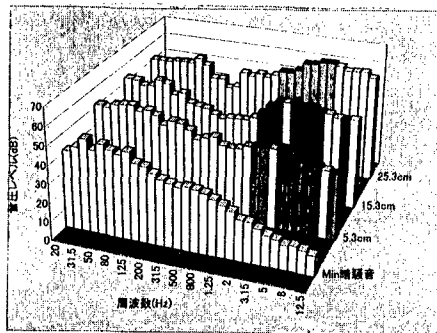


図-2 気泡の発生領域

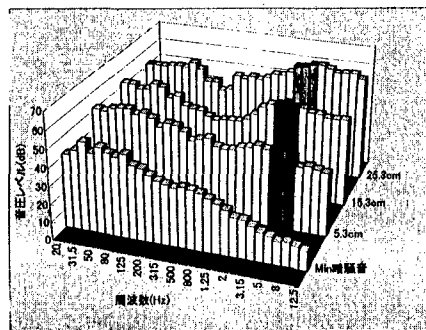


図-3 中心気泡領域

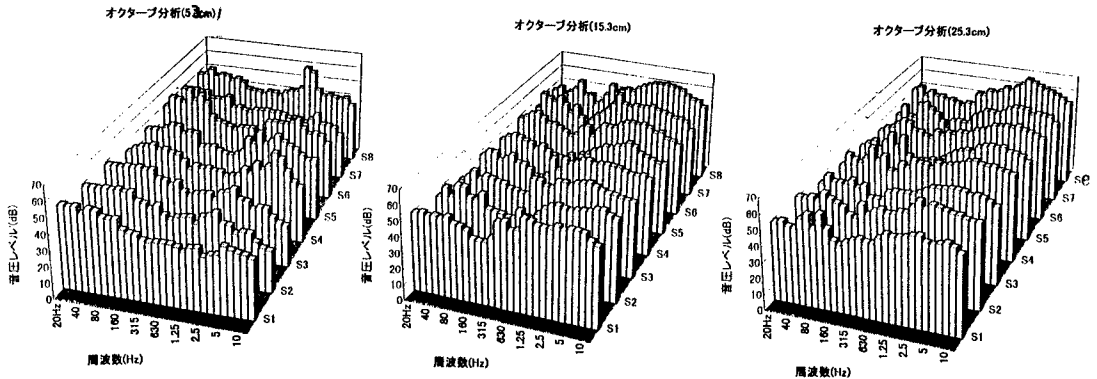


図-4 各caseのオクターブ分析

図-4に示されるオクターブ分析結果は同じ落下距離ではオクターブバンドの形状が似ている。落下距離 25.3cm と 15.3cm では高周波数領域の方が音圧レベルが高く、落下距離 5.3cm では逆に低周波数領域の方が高い。

図-5に流量と音圧レベルの関係を示す。図-5から流量が増加すれば音圧レベルも増加し、落下距離が大きくなれば音圧レベルも増加する傾向にあるといえる。

図-6に音圧レベルとFroude数の関係を示す。図-6からFroude数が大きい方が比較的音圧レベルが高いのが分かる。音の単位[dB] (デシベル)は次式のように定義する。

$$\text{音圧レベル} = 20 \log \left(\sqrt{\bar{p}^2} / p_0 \right) \quad [\text{dB}]$$

ここに、 $\bar{p}$ は瞬時瞬時の圧力変動、 p_0 は基準音圧で $p_0 = 2.0 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ である。

4. 結論

今回の実験では、流水音の原因である気泡が発生しやすい落下音について実験・検討した。暗騒音のオクターブ分析の結果や気泡の発生状態の結果から流水音の音特性に関係するのは高周波数領域であり、高周波数領域の音は気泡の発生領域と気泡の数が大きく影響する。

音圧レベルと流量の関係は、同じ流量でも落下距離によって音圧レベルが異なる。また、流量が増加すれば音圧レベルも増加する傾向にあるということが分かった。音圧レベルとFroude数の関係はFroude数が大きい方が音圧レベルが大きくなる。従って、運動量が関係してくるのが分かる。今回の実験に限って言えば、音圧レベルは、流量や高さといった一対一の関係ではなく、複数の要因が混じった水理量、物理量が関係してくるものと考えられる。

【参考文献】

望月修、丸田芳幸：流体音工学入門、朝倉書店 1996

長谷部正彦他：土木計画学研究・講演集 No.19(2) 1996. 11 pp285-288

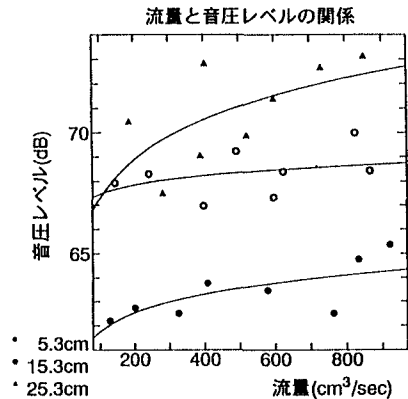


図-5 音圧レベルと流量の関係

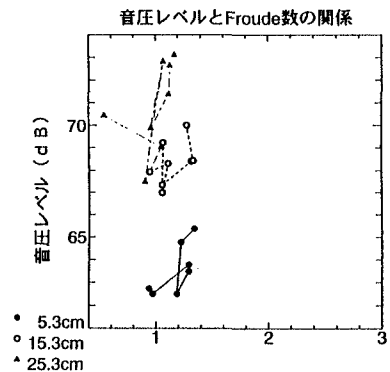


図-6 音圧レベルとFroud数の関係