

宇都宮大学工学部 学生員 河合 敦
 宇都宮大学工学部 正会員 長谷部 正彦
 宇都宮工業高校 正会員 衆川 高德

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から発生する音は聴覚的にも様々に変化する。近年、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、「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及び、滝の音などは落下エネルギー等が原因とされている。本研究では流水音の原因となる素過程としての気泡による音に注目し、気泡の発生と流水音の関係を実験水路によって水理学的に検討したものである。

2. 実験方法

実験は図-1に示す水路で、3本のホースを使いプールにて行った。水路1（幅20cm）、水路2（幅40cm）の2つを使い高さを3パターン、流量を3パターンと設定し、2つの水路共に行った。これより各ケースの気泡の発生状況を写真に撮り、それぞれ音圧とオクターブバンドを測定した。また各ケースの落下水の水面での幅を計測した。音圧、オクターブバンドどちらも3回ずつ測定し、その平均を測定結果とした。

流量(cm ³ /sec)	
ケース1	449.94
ケース2	734.44
ケース3	977.08

高さ(cm)	
ケース1	24
ケース2	37.2
ケース3	53.7

3. 実験結果と考察

(1) 音圧レベルと気泡の関係

まず図2に各条件での音圧レベルと落下水の水面における落下幅、図3に高さ、流量による音圧の違いを比較した図を示す。これらの図から、落下距離が大きいほど音圧レベルが大きい事が分かる。また同じ流量、高さにおいて水路の幅、すなわち落下水の水面での落下幅が大きいほうが、音圧レベルも大きくなる傾向がある。これを実際の気泡の発生で比較してみると、水面に流れの当たる単位面積が大きいほうが気泡も多く発生している。気泡の数と音圧レベルは、ほぼ比例関係にあり、音圧レベルが大きいほど、気泡も多く見られる。なお、単位として音圧レベル(dB)は次式の様に定義される。

$$\text{音圧レベル} = 20 \log \left(\sqrt{p^2} / p_0 \right) \quad \cdots \cdots (1)$$

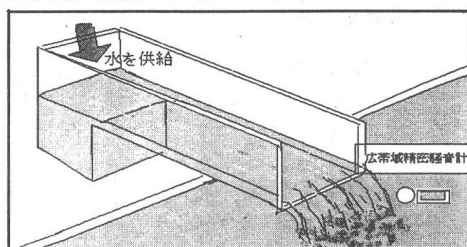


図1 実験水路

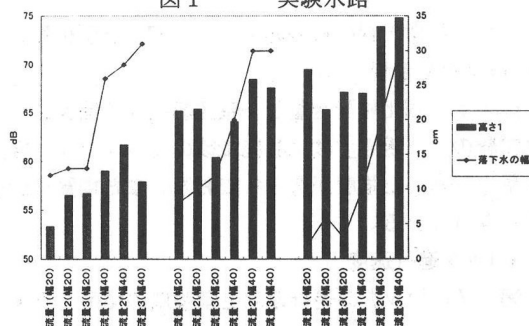


図2 音圧レベルと落下幅の関係

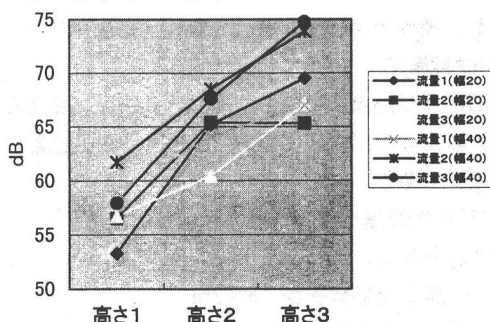


図3 高さと流量による音圧レベル

キーワード：気泡、音圧レベル、オクターブ

連絡先：〒321-0912 宇都宮市石井町 2753 宇都宮大学工学部建設学科 TEL028-689-6214

ここに、 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。次に音圧レベルと落下エネルギーとの関係を図4に示す。

(2) オクターブバンドと気泡の関係

図5に本実験で得られた落下流のオクターブバンドと気泡の関係を示す。図5のオクターブバンドを見ると、同じ落下距離であればオクターブバンドは相似形となった。図6では高さによる差はあるが、オクターブバンドは相似形であった。また気泡の状況についても、実際に半径2mm～4mmのものが最も多く見られた。尚、気泡の半径は、次式でRについて解いて求めた。

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

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°C, $74.20 \times 10^{-3} \text{ N/m}$)である。

4. 結論

本実験では、流水音と気泡の関係を、実験水路による落下流の、異なる条件により実験を行い、解析した。音圧レベルは、気泡の発生数が多ければ大きくなるという結果が得られた。その気泡の発生状況は、高さ、流量、落下水面での面積と比較したが、1番の要因として高さ、すなわち落下エネルギーが大きくなることで、気泡数も増え、音圧も大きくなることが考えられる。また、流量と気泡半径の関係の違いでは、高さを変える程落下エネルギーの差がでなかったのが、それほど大きな差はでなかったが、流量が大きいほうが、音圧レベルも大きくなる傾向にあった。また、落下水が水面にはいる角度によっては、気泡があまり発生しない場合もみられた。これらの結果より、本実験において、音圧レベルは気泡の発生数に大きく影響しており、その気泡の発生状況は、落下エネルギーや、水面への入射角が大きく影響する事が考えられる。オクターブ分析に関して、本実験においては、気泡発生の中心領域での気泡半径の大きさがどのパターンも近い分布であったため、周波数曲線も近い形になった。

【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(1) 1996. 11 pp285-288
 生天目実一他 : 平成8年度 宇都宮大学工学部建設学科 卒業・修士論文梗概集

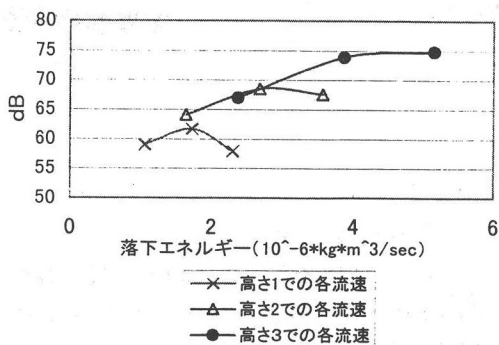


図4 幅40cmの水路での
落下エネルギーと音圧レベル

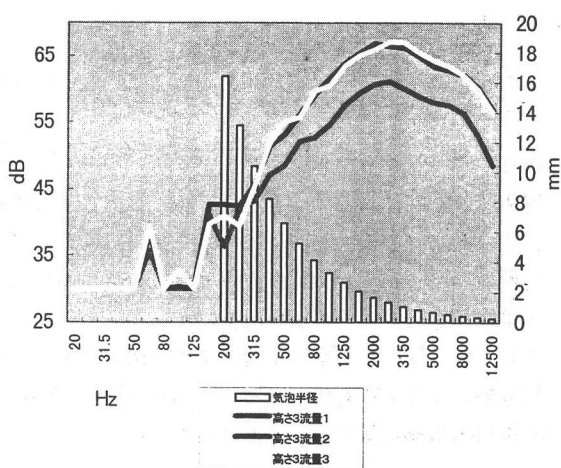


図5 同じ高さによるオクターブバンド

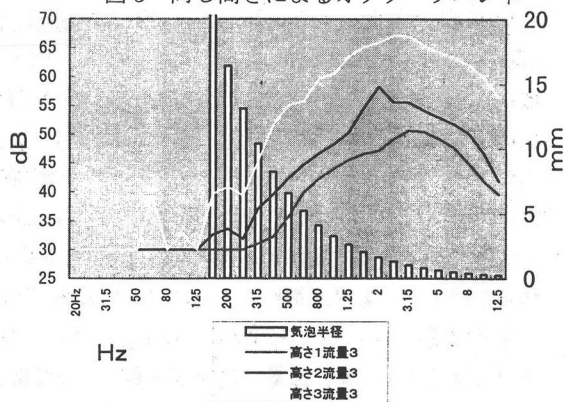


図6 同じ流量によるオクターブバンド
と気泡半径の関係