

II-372

実験水路による音環境特性

京都府 正会員 福村 寿敬
 宇都宮大学 正会員 長谷部正彦
 宇都宮大学 上原 哲一

1. はじめに

水辺環境における、私たちが身近に聴くことのできる自然環境音には、河川を流れる流水音や小川のせせらぎの音、海辺においては、寄せては返す波の音など様々なものがある。このような水辺周辺の自然環境音は自然の河川が視覚的に心地良い感覚を与えてくれるのと同様に、聴覚的に心地良い快適感を与えてくれるものが多い。このような快適で心地良い音はどのようにして発生するのであろうか。このような、快適な流水音の発生の仕方が分かれば、それによって河川周辺における聴覚的に心地良い音をつくり出すことができると考えられる。本研究では、実験水路を設け、水理量と流水の聴覚的な快適さの関係をいくつかのcaseで比較・検討することにより、実河川の聴覚的要素の基本的知見を得ることを目的とする。

2. 実験方法

実験は水路床勾配を2パターン設定し（case 1～case 3の水路床勾配 $I=0.214$ 、case 4～case 6の水路床勾配 $I=0.148$ ）、それぞれの水路床勾配で流量は3パターン設定して（case 1とcase 4の流量 $Q=783.9$ 、case 2とcase 5の流量 $Q=1276.6$ 、case 3とcase 6の流量 $Q=1518.2$ 、単位： cm^3/s ）合計6つのcaseを行った。全てのcase通して、水路床の状態と水路幅は変えずに実験を行った。また、流水音の測定にはFFTアナライザーを用い、音圧レベル（音の物理的強さ）、パワースペクトル（音圧の時間軸波形から周波数軸波形に変換したもの）共に10回ずつ測定した。

3. 実験結果

各case毎の水理量と流水音の測定結果を表一に示す。音圧レベルは10回を平均しその値をそのcaseでの音圧レベルとした。パワースペクトルは各周波数毎に10回の平均を取りその平均値をグラフにした。例として、case 1のパワースペクトルの波形を図一に示す。

ここで、パワースペクトルは波形そのものは問題にはせず、その波形がどのような傾向を示しているかということが分かればよく、パワースペクトル $P(f) = f^X$ （ f は周波数）としたときの X の値により評価する。 $X=-1$ （自然界のあらゆるゆらぎ現象がこの傾向にあり生体に良いとされる： $1/f$ 型）の時を基準として、 $X=0$ の時は、全くのランダム現象（白色雑音： $1/f^0$ 型）、 $X=-2$ の時は、前の信号の影響を非常に強く受けている（感覚的に言うと、退屈な現象： $1/f^2$ 型）ことを表している。このことをグラフで見ると、それぞれ図二のような直線で表すことができる。

測定結果について、まず、音圧レベルと水理量との関係であるが、水路床勾配を2パターン変え、流量も変えたが、いずれの場合も流量が増加するにつれて音圧レベルも増加する傾向にあった。また、それは、ほぼ比例関係にあった（図三）。

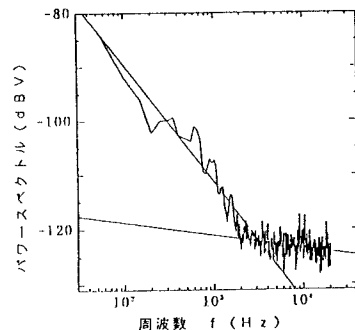


図1 CASE 1のパワースペクトル

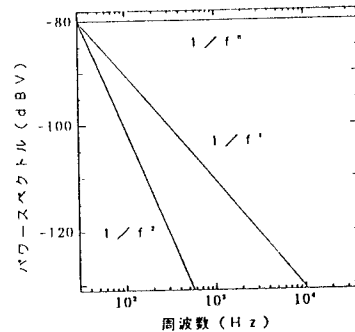


図2 基準となるパワースペクトル

	平均流速 V (cm/s)	摩擦速度 U^* (cm/s)	摩擦損失 係数 f'	摩擦損失 h_f (cm)	レイノルズ 数 Re	フルード数 Fr	音圧レベル (dBspl)
case 1	50.90	17.98	0.249	56.03	5934	1.310	110.6
case 2	78.80	18.44	0.110	56.71	9546	1.978	112.8
case 3	90.37	18.78	0.086	57.23	11251	2.227	113.5
case 4	52.97	14.60	0.153	38.41	5989	1.391	106.1
case 5	77.84	15.43	0.079	39.36	9518	1.942	108.1
case 6	86.76	15.49	0.068	40.01	11135	2.095	110.3

表1 水量・流水音の測定一覧

周波数とパワースペクトルの関係は全てのcaseにおいて、図-1 (case 1のパワースペクトルの波形) のように、周波数3 kHzから5 kHz付近を境界として波形の傾向が変わった。境界より低い周波数領域では $1/f$ 型のパワースペクトルで、高い周波数領域では $1/f^0$ 型のパワースペクトルとなった。case 1～case 3のパワースペクトルのグラフを図-4に、case 4～case 6のパワースペクトルのグラフを図-5にそれぞれ示す。

今後は、水路床の状態や水路幅等を変えた場合、さらに、流量を増やした場合の流水音の音圧レベル、パワースペクトルはどのように変化するか、そして、多くの実験を通して、実河川の音圧レベル、パワースペクトルとの比較・検討を行っていく必要があると思われる。

4. 結論

流量と音圧レベルとの関係は、今回の実験の場合は、どの水路床勾配においても流量が増加すれば、音圧レベルも増加する、ほぼ比例関係にあった。

周波数とパワースペクトルの関係では、3 kHzから5 kHz付近を境界として、境界よりも低い方の周波数領域で $1/f$ 型の傾きを、境界よりも高い方の周波数領域では $1/f^0$ 型の傾きを示した。但し、今回の実験は水路床の状態や水路幅が全caseで等しくした。

参考文献

- 武者利光：ゆらぎの世界、講談社 1980 武者利光・高倉公朋・池田潤 編著：ゆらぎの医学、秀潤社 1985 日野幹雄 著：スペクトル解析、朝倉書店 1977 土屋十國・中村良夫：親水水路にみる流水形態と音環境の特性、造園雑誌 56 (5) ; 229-234 1993

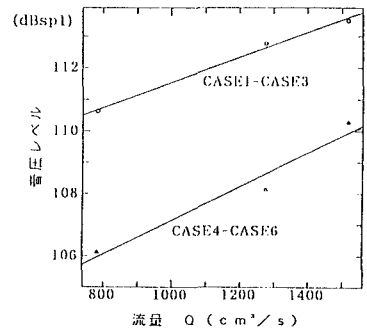


図3 流量と音圧レベルの関係

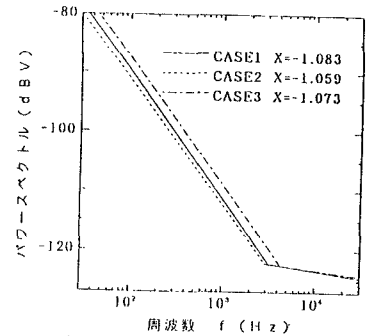


図4 パワースペクトル図

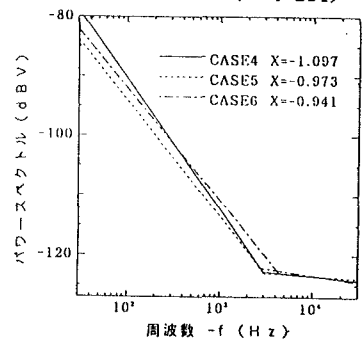
(CASE1-CASE3, $I=0.214$)

図5 パワースペクトル図

(CSAE4-CSAE6, $I=0.148$)