

河川流水の音環境特性について

宇都宮大学工学部 学生員 福村 寿敬

宇都宮大学工学部 正 員 長谷部正彦

宇都宮工業高校 正 員 桑川 高德

1. はじめに

河川計画には、治水計画・利水計画・親水計画がある。親水計画を考えるとときに、親水性の概念としては人間環境の快適性が考えられ、その要素として、視覚的要素と聴覚的要素が挙げられる。しかし、現在多くの親水計画において景観などの視覚的要素にその重みがおかれている。親水性をさらに向上させるためには、聴覚的要素に関しても検討する必要がある。そこで本研究では、宇都宮市を流れる代表的な河川(鬼怒川・田川・釜川)を対象として河川の河床材料や護岸形態、流水形態の違いによる音環境特性の基礎的研究として「ゆらぎ」をとおして調べ、それが生態に及ぼす生理的影響を検討しその特性を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

現地にてFFTアナライザーにより測定を行う。測定では他の音が入らないように注意し、マイクロホンにて水面上20cmの地点で水面に向けて行う。流水形態の違い等で選んだ鬼怒川5ヶ所、田川4ヶ所、釜川2ヶ所の計11ヶ所で1地点につき20回測定する。まず時間軸で得られた音圧の波形をFFT(高速フーリエ変換)により、時間領域から周波数領域のパワースペクトルに変換する(式1)。そこで求められた周波数とパワースペクトルを、グラフ上にプロットしそのパワースペクトルと自然界に存在する代表的な3種類のゆらぎ(図1)とを比較検討する。ここで、白色ゆらぎとは前後が無相関なゆらぎ、 $1/f^2$ ゆらぎは相関の強いゆらぎであり、 $1/f$ ゆらぎとは生態によいといわれているゆらぎのことである。そしてこの3種類のゆらぎと河川の形態別の測定結果との比較によって音環境の周波数特性を調べる。

$$\left. \begin{aligned} P(f) &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{\langle F(f)F^*(f) \rangle}{T} \\ F(f) &= \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-i2\pi ft} dt \end{aligned} \right\} \quad (\text{式1})$$

パワースペクトル $P(f)$ は、時間軸波形 $x(t)$ の複素フーリエ成分 $F(f)$ により、(式1) のように定義される。

3. 流水音のパワースペクトル

代表的な測定結果を図2, 3, 4, 5, 6に示す。図2は鬼怒川での早瀬で河床材料は岩、図3は田川の早瀬で河床は石、図4は田川のせせらぎで河床が石、護岸がコンクリート、図5は釜川の垂直落下流で河床がコンクリート、護岸がコンクリート、図6は釜川で河床が傾斜している地点で河床は石畳、護岸はコンクリートというそれぞれ特徴を持つ地点での流水音のゆらぎ特性の結果である。

測定結果より、早瀬にかぎらずほとんどの地点における流水音のゆらぎが図2, 3のようなものとなった。つまり 10^3 Hzを境にしてその前後でゆらぎの傾向が変わっているのが分かる。図2では 10^3 Hzまでの傾きが $1/f^{0.046}$ で、それ以降が $1/f^{1.122}$ である。図3の場合にはそれぞれ $1/f^{0.016}$ 、 $1/f^{1.305}$ である。よって流水音におけるゆら

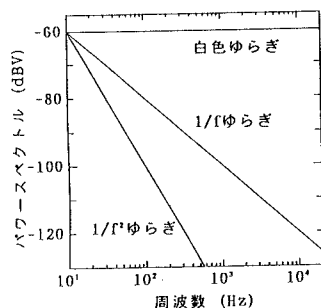


図1 自然界に存在するゆらぎ

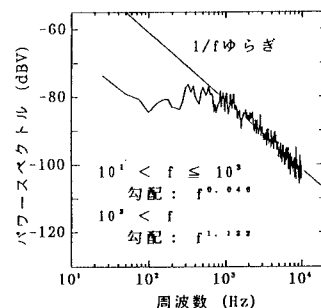


図2 鬼怒川(早瀬)

ぎの多くが、護岸材料や河床材料の違いに関係なく 10^3 Hzまでは白色ゆらぎ、それより高周波では $1/f$ ゆらぎの二種類のゆらぎの成分を持っていることが分かる。

つぎに、数ヶ所でのみ測定されたゆらぎの結果が図4, 5, 6である。図4はせせらぎ音のゆらぎで、ほぼ一定の傾きを持っていることが分かり全周波数領域にわたっての傾きが $1/f^{0.882}$ で $1/f$ ゆらぎであることが分かる。図5は釜川の落差約2.5mの垂直落下による流水音のゆらぎである。ここでは全周波数での傾きが $1/f^{0.291}$ で白色ゆらぎに近いといえる。つまり雑音だと考えられる。他に数ヶ所で垂直落下流のゆらぎを測定してみたが、どの地点でも河床材料などに違いは見られるものの、結果は全て白色ゆらぎに近い値となった。また同じように落差のある流れでも河床が垂直ではなく傾斜している場合が図6である。ここでは傾きが $1/f^{0.789}$ となり、これは完全に $1/f$ ではないもののそれに近い値であることが分かる。ここで例えば、 $1/f$ ゆらぎを演出しようとするならば落差のある場合には傾斜を設ければよいということが言える。

よって今回の測定において、流水音のゆらぎとは河床の形態に大きく依存していると思われる。つまり河床に大きな変化を与えることによりゆらぎ自体を意図的に変化させることも可能だといえる。その変化とは、傾斜であるとか突起物を設けることなどが考えられる。また、流水音が護岸に大きく依存していると思われる河川、例えば川幅が狭く水深が深い河川などにおいては、河床よりも護岸形態の変化によって流水音のゆらぎに相違が現れてくると思われる。

今後は、数多い地点で測定をくり返し行い、さらに流速や流量などの水理量との関連等や、音の大きさなどについても評価することが必要だと思われる。

4. 結論

- 1) 河川において、流水音のゆらぎの多くのものが 10^3 Hzを境に低周波領域で白色ゆらぎ、高周波領域では $1/f$ ゆらぎの二つの成分からなっている。
- 2) 河床の形態などにより、流水音のゆらぎは白色ゆらぎや $1/f$ ゆらぎとしても存在する。
- 3) 河川にとって、河床や護岸の形態や石組みなどを考慮することによって、様々な音環境を人工的に演出し河川計画に取込んでいくことは十分可能なことである。

【参考文献】

- 1) 武者利光: ゆらぎの世界, 講談社, 1980.
- 2) 武者利光・高倉公朋・池辺潤編著: ゆらぎの医学, 秀潤社, 1985.
- 3) 日野幹雄著: スペクトル解析, 朝倉出版, 1977.
- 4) 日本音響学会編: 騒音・振動(上), コロナ社, 1978.
- 5) 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); pp. 229-234, 1993

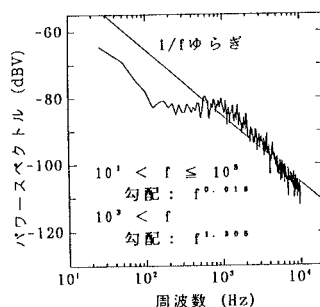


図3 田川(早瀬)

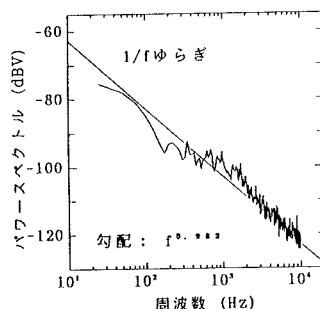


図4 田川(せせらぎ)

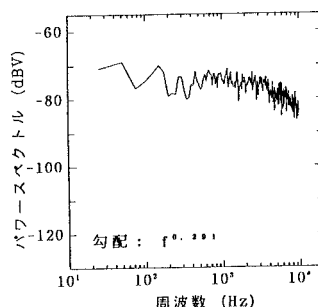


図5 釜川(垂直落下流)

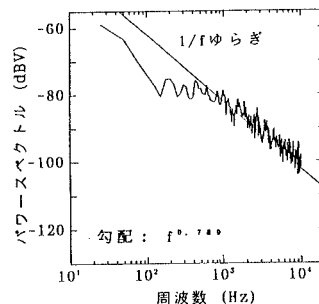


図6 釜川(河床傾斜)