

48 全面魚道落差工の音環境に関する研究

鳥取大学農学部生存環境科学大講座 ○久保田哲也、笹山隆

1. はじめに

今日では砂防や治山の施設に景観上の配慮が盛んになされるようになったが、このような状況下、ダムや護岸など施設本体にかかわる視覚的な景観対策の研究はある程度進んだと思われる。一方、景観は元来、全身感覚として広くとらえるべきであるとする考え（鳥越 1990）もあり、視覚環境のみならず景観を広く包括的に評価して行く意味から音環境の研究が進められている（Pocockら 1992、大橋 1994、久保田 1994）。これらの研究によると、音環境においては音響周波数特性つまり音域特性と“ゆらぎの特性”が重要であるとされている。また、後者については、“ $1/f$ ゆらぎ”（ f ：周波数）が人間に好まれることが、近年の研究では指摘されている（武者 1994）。本研究では、最近、時折計画されるようになった砂防親水公園内の全面魚道を対象として、その落水音環境の特性を研究したので報告する。

2. 研究対象と研究方法

2. 1 研究対象

研究の対象は、大山山麓の鳥取県東伯郡天神川水系の滝川流路工親水公園に整備されている2基の全面魚道タイプ床固工である。これらは、上流側のものがコンクリート製（ここでは、Cと呼ぶ）であり、他方は自然石積み（Sと呼ぶ）となっている（写真1(a), (b)）。この両者の落差は、全体落差・魚道の各段落差とも同一である。これらの落差工直下並びに上下流、横断方向に測点を設定し（図1）、録音やその他の計測を執り行った。

2. 2 研究方法

2.2.1 音の収録方法

音の収録は、周波数特性 60~15000 Hzの録音機と指向性のマイク及び音楽用テープを使用して、6月~10月中旬にかけての流量の異なる条件下において、朝夕を除く、ほぼ無風（風速約0.2m/s以下）の快晴~薄曇りの日中、及び降雨後の天候回復時の日中に行った。落水音の収録は上記測点において、落水方向にマイクを向けて行った（写真1(a)）。これと同時に、騒音計による音の大きさである音圧レベル（A特性）の測定、風向・風速、気温の測定も実行した。

2.2.2 周波数解析

この解析では、まずアナログ録音記録をA/D変換によりデジタルデータとし、それを用いて自己相関からパワースペクトルを求める標準法及びHanningのスムージング（Bendatら 1976）を用いた周波数解析を行った。ただし、この場合広く周波数全体の傾向を見るのが目的であり計算時間も少なくすむ理由で、調和次数毎の中心周波数をもつバンド幅 1000 Hzの周波数帯を用いる解析を実行した（久保田 1994）。また、切断周波数は録音機材の性能に合わせ、15000 Hzとした。

解析結果は、まずパワースペクトルに整理した（図2）。このスペクトルの傾きが $1/f$ を示す音は、「意外性」と「期待性」が拮抗していて適度な緊張感を与える爽やかな音であるとされている（武者 1980）。従って、本研究ではスペクトルのピーク周波数から高周波側の傾き $1/f^k$ の絶対値 k を計測し、測

点別・流量別に整理し、 κ が $1/f$ に近いものかどうかを落水との空間的位置関係あるいは流量との関係において考察した。次に、周波数バンドを、オクターブ分析法を参考に「低音域（0～1）」「中低音域（1～2）」「中音域（2～4）」「中高音域（4～8）」「高音域（8～15 kHz）」に分け、次式の音圧実効値 P

$$P^2 = p^2 = \int G(f) df \quad (p: \text{音圧}, G(f): \text{音響パワー}, f: \text{周波数}) \cdots (1)$$

に占めるある音域バンドのパワー $G(f)$ の率を「パワー比」と呼び（久保田 1994）、この音域バンド毎のパワー比（%）の変化を、落水との空間的位置関係あるいは流量との関係において考察した。

3. 結果

3. 1 ゆらぎ特性

図1のそれぞれの測定点で得られたパワースペクトルより求めた κ を流れの縦断・横断方向に整理すると、図3のようになる。これによれば、コンクリート製床固工“C”の流れに沿った縦断上の測点において κ は流量の増加に伴って増える、従って単調な音に近くなることがわかる。これは、流量の小さなうちはコンクリート床固工天端の流速が小さく、一部付着ナップが生じ、落下水が床固工魚道前面の疑石表面粗度（写真1）の影響を受けて乱れ、さまざまな気泡の混入・振動が生じることにより、音が一層“ゆらぐ”が、流量が少し増した状態では完全ナップとなり一度気泡の混入量が減少するためと思われる。その後、流量の増加に伴って乱流強度が増し、気泡の混入量も漸増して κ も一定～微減に転ずると考えられる。しかし、流れから離れた点である横断上の測点においては κ の値も流れ上の縦断方向より小さく、またその増加が見られない。この理由は、これらの点が床固工天端より高い位置にあり、落差工から上向きに放射される音も記録されているためと思われる。換言すれば、全面魚道のプール水面から上向きに放出される音は、その水流の乱れのため床固工正面や上流で聞こえるものより $1/f$ に近い“ゆらぎ”の比較的に大きなものと言える。さらに、Sの場合は縦断・横断両方向とも κ の増加が見られない上、Cより $1/f$ ゆらぎに近い値を示す。これは、Sが自然の流れに近い石積床固工であることから、流量にかかわらず、Cと比べて種々の粒径・振動をもつ気泡が混入するためと推測される。比較対象として選んだ各地の石積床固工落水音の特性（図4）が $1/f$ ゆらぎ特性を示すことから、これは石積落差工に一般的な傾向と考えられる。また、やはりCと同様な理由で、横断方向測点の κ の値は縦断方向のものよりも $1/f$ ゆらぎに近い値となっている。また、音圧レベルは、流量に関係なく縦・横断方向ともSがCを2～3ホン程度上回っており、上述のSにおける気泡の混入の多さを裏付けている。

3. 2 音域特性

落差工直下の測点C1とS1におけるパワー比の流量に伴う変化が図5に示されている。これによると、流量の増加とともに両者とも低音域が明確に増加する。しかし、S1の方が低音域の増加が少ないことが分かる。一方で、高音域は両者ともほとんど変化しない。つまり、C1では低音に偏り、音域のバランスがSより悪くなる傾向が見られる。このような低音に偏った音環境は地下鉄内騒音など人間が不快と感じる音（久保田 1994）の特徴であるから、流量の増加に伴い落差工の音域特性は不愉快なものへと移行して行くと考えられる。このことは、「洪水時の落水音が心地よいものではない」という一般的な感覚を、災害心理学的観点や音圧レベルの側面のみならず“音域特性”の観点からも説明できる。また、石積床固Sの方が、この意味では、より心地よい音環境を創出できる可能性が高いとも理解できる。

4. 結 語

落差高さに着目した前研究(1994)に引き続いて、溪流における落差工の落水音環境について研究を行ったが、今回は落水との位置関係及び流量の変化に伴う音環境の相違を研究した結果、次のことが得られた。
①コンクリート製落差では流量の増加に伴って音のゆらぎ特性は $1/f$ ゆらぎより離れた単調な音になる。石積落差ではこのような傾向はなく、ゆらぎも $1/f$ ゆらぎに近い。
②落水直下より側方や上部の位置(護岸天端)の音環境は、 $1/f$ ゆらぎに近い特性を有する。
③流量の増加に伴い低音域が増し、不愉快な音環境となる傾向があるが、石積落差ではこのような傾向が小さい。

最後に、流路工を研究フィールドに使用させていただき、設計資料などを快く貸していただいた建設省倉吉工事事務所の調査設計一課長を始めとする皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) J. S. Bendat et. al. : ランダムデータの統計的処理、培風館 1976 pp308~328
- 2) 久保田哲也 : 溪流及び落差工周辺の水flow音環境について、平成6年度砂防学会研究発表会概要集 1994 pp289~292
- 3) 武者利光 : ゆらぎの世界、講談社 1980 ppl41~149
- 4) 武者利光 : ゆらぎの発想、日本放送出版協会 1994 ppl36~145
- 4) 大橋力 : 鳥取県工業技術振興協会「脳にやさしい音環境」講演会資料 1994 pp8~11
- 5) D. C. Pocock et. al. : 心の中の景観、古今書院 1992 pp45~74
- 6) 鳥越けい子 : 思想としてのサウンドスケープ・デザイン、環境技術 vol. 19 No. 7 1990 ppl7~22.

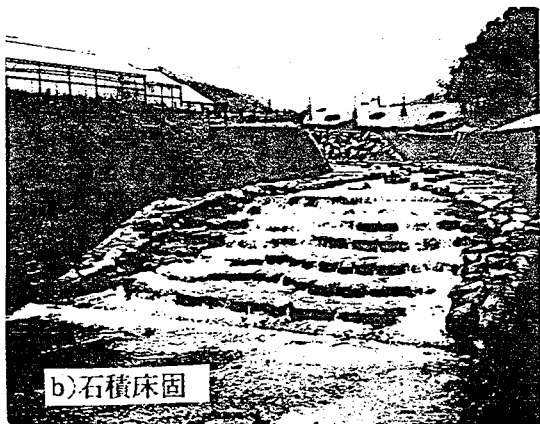


写真1

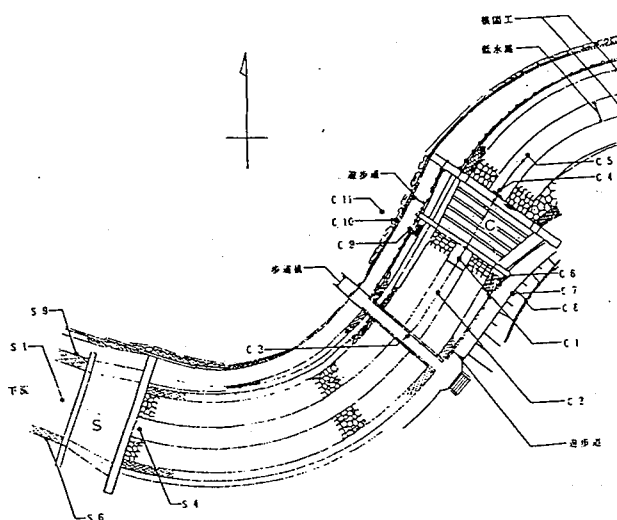


図1 測点の位置

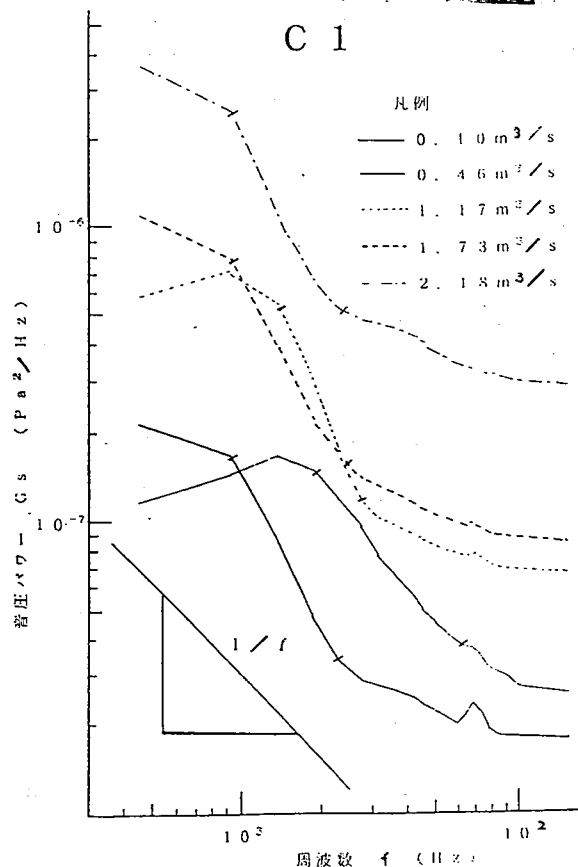


図2 パワースペクトルの一部

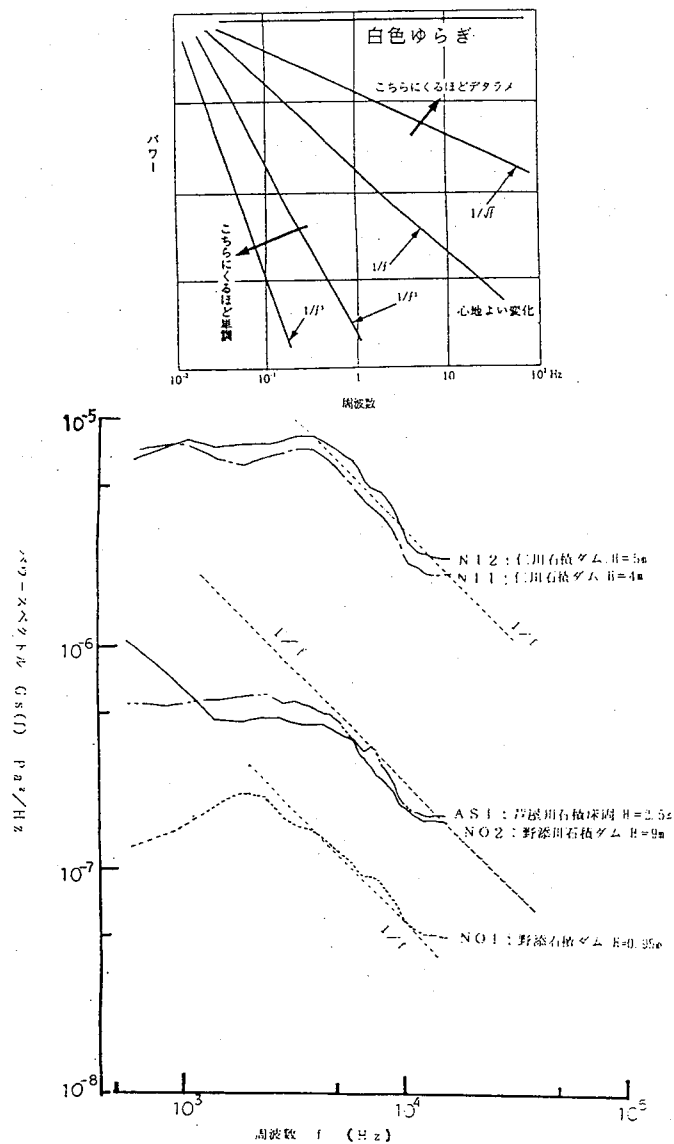


図4 石積落差工の周波数特性

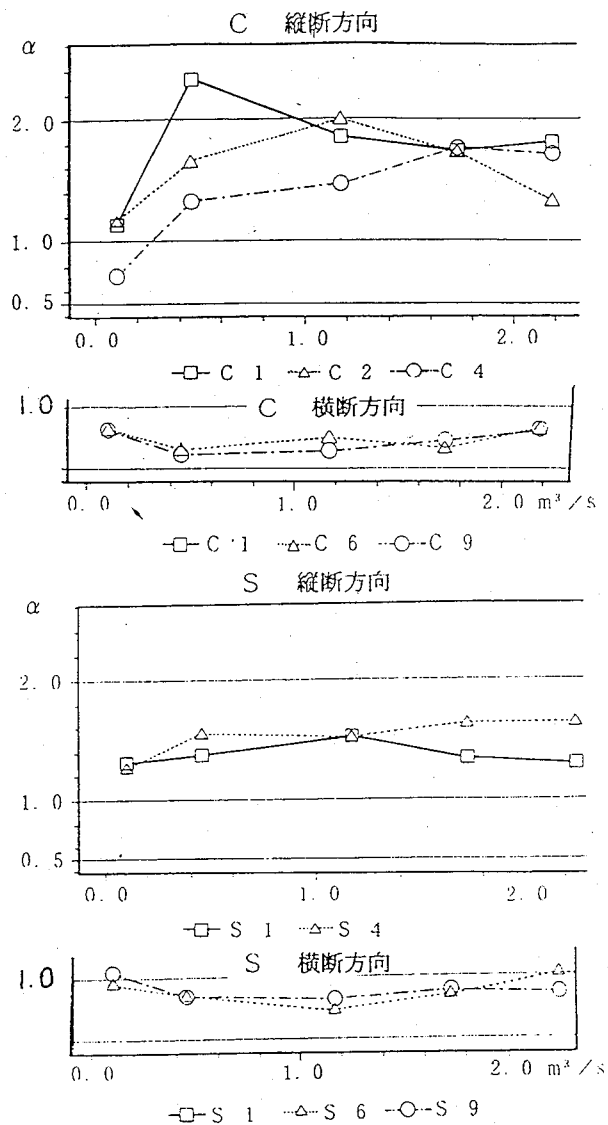


図3 κ の流量・測点毎の変化

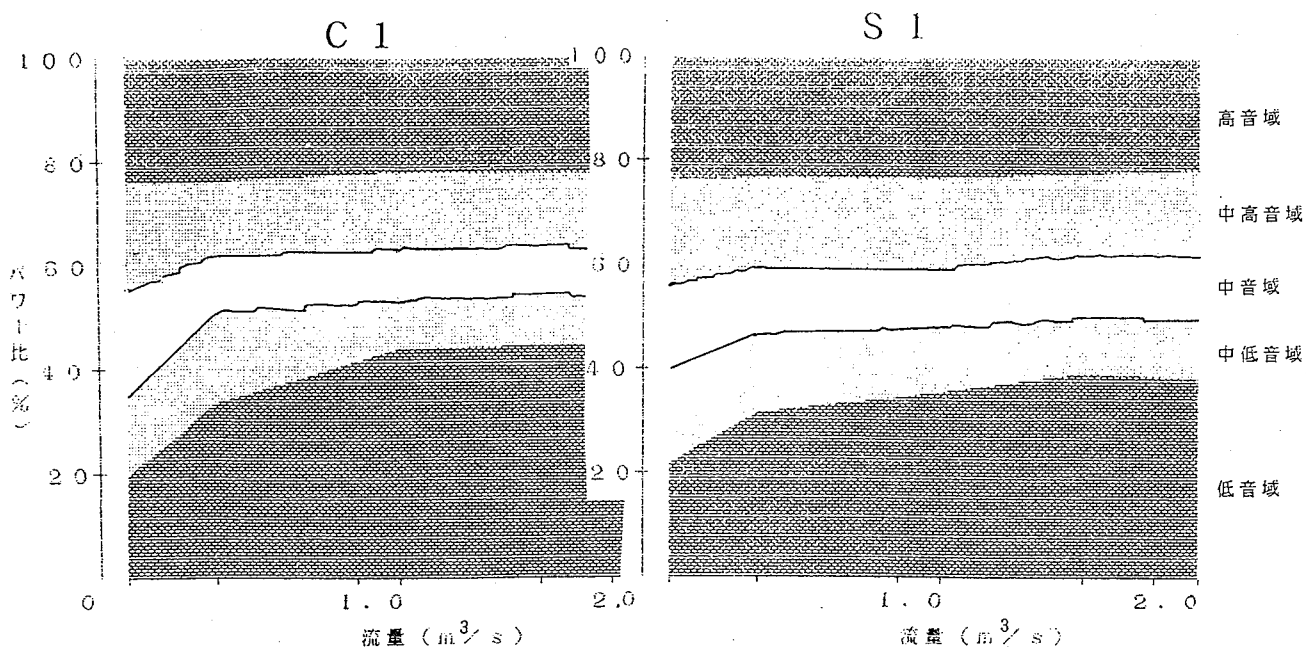


図5 パワー比と流量の関係