

# 福田川と親水公園内ビオトープの水環境に関わる比較研究

齋藤輝\* 宇野宏司\*\*

## Comparative Study on the Water Environment of the Fukuda River and the Biotope in the Water Park

Hikaru SAITO\* Kohji UNO\*\*

### ABSTRACT

We mainly compared the temperature, water quality, particle size, flow, etc. with the Fukudagawa main river and the biotope, and examined what kind of environment is suitable for aquatic organisms to inhabit the biotope. We focused on the surrounding environment such as water depth, particle size and constituent organisms. In addition, we conducted a field survey of air temperature and water temperature, water quality, particle size, ecosystem, etc., and investigated water depth and rainfall. Based on the results, we searched for ways to improve the biotope and found findings that could be used for new biotope development and environmental conservation.

*Keywords* : biotope, urban river, electric conductivity, aquatic organisms, water temperature

### 1. はじめに

近年、安全・防災面から河川や湖沼がコンクリートや柵で覆われ、自然の中での活動場所自体が減り、子供たちの自然離れに拍車をかけている。そうした状況の中で、環境学習のために都市地域の小・中学校や河川周辺、公園内において、その地域の水辺の自然生態系を模したビオトープが施工・整備されているが、実際にそれが全て活用されているとは言い難い<sup>(1)</sup>。また、ビオトープはあくまで人工物であり、実際の河川等の生息空間を完全に再現することは難しい。その結果、移入された生物は大きなダメージを受けていると考えられる<sup>(2)</sup>。そのような人工的な環境下では、本来のビオトープの利用目的のひとつである環境学習の展開は難しい。本研究で調査対象とする二級河川・福田川は、

神戸市垂水区・須磨区を流域とし、流域面積は 16.88km<sup>2</sup>、本川長は 7410m である。この都市河川では通常自然河川とは逆の傾向がみられ、上流ほど水質が悪く、下流になるにつれて水質が良くなっていく。特に源流付近にある落合池では、水質悪化が顕著である。また、上流において、一部では図 1 のように 1m 程度の落差工もあり、水生生物の移動のための連続性は確保されていない箇所がある。昭和 40 年代には流域の開発にともない水質が非常に悪化し、水質汚濁に関わる環境基準の類型指定 (AA~E 類型) では最低の E 類型に区分されている。その後、水質汚濁防止法に基づいた排出規制等の取り組みによって、平成 13 年度には、河口から 2km 地点の福田橋地点で BOD75%値が 1.7mg/l と、A 類型に相当する水質まで改善されている。しかし、水質が改善したにも関わらず水質汚濁の進んだ環境を好む生物種や流域内では、今もなお E 類型に相当する水質の箇所も確認されている<sup>(3)</sup>。

\* 専攻科 都市工学専攻

\*\* 都市工学科 教授



図1 落差工 (ST.2 付近)



図3 調査地点 (ST.2: ビオトープ)



図2 調査地点 (ST.1: 福田川本川)

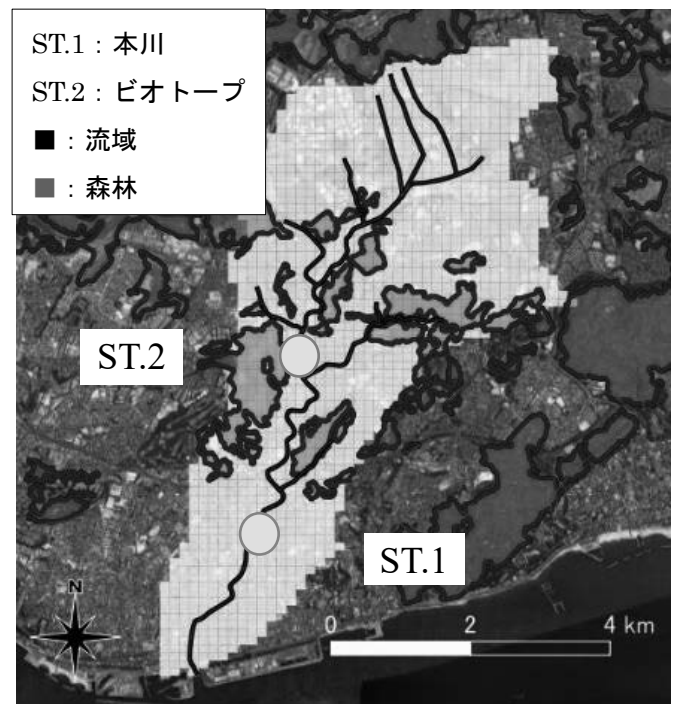


図4 福田川流域図

本研究では主に河川の水温、水質、水位と底質の粒径等の時間変化を福田川本川と福田川中流域に位置する中山親水公園内のビオトープで比較して、水生生物がビオトープに生息するためにどのような環境が適しているのかを検討した<sup>(4)</sup>。神戸市が実施してきた従来の水質調査<sup>(5)</sup>だけではなく、水生生物、周辺環境、電気伝導率等の水質指標に着目してアプローチしていく。なお、ビオトープには、河川から直接水を引き込んだ流水ビオトープ、河川から完全に独立した池タイプの止水ビオトープ、ビオトープ内に小島を設けた中島ビオトープ等があるが、本研究で調査対象とした中山親水公園内のビオトープは福田川本川から直接、水を引き込んだ流水ビオトープである。よって、中山親水公園内のビオトープ内に生息している水生生物は、止水ビオトープに生息する水生生物と比較して、河川環境に影響を受けやすいと考えられる。このような社会背景のもと本研究では、河川環境にも焦点を置き、整備以降放置されたビオトープの環境の現状を調べること

とした。

## 2. 調査手法

**2.1 連続モニタリング調査** 福田川本川(図2:ST.1)と中山親水公園内にあるビオトープ(図3:ST.2)で電気伝導度(EC)、水位を両調査地点において2分おきに連続でモニタリングした。小型メモリー水温塩分計(ACT-HR, JFE アドバンテック社)、水位・水温計(HOBO-U20, onset社)によって水温・水位を測定した。なお、水位については計測した圧力より換算した。この際、兵庫県のモニタリング調査結果を用いて絶対水位の補正を行った。この他に、気象庁のアメダス10

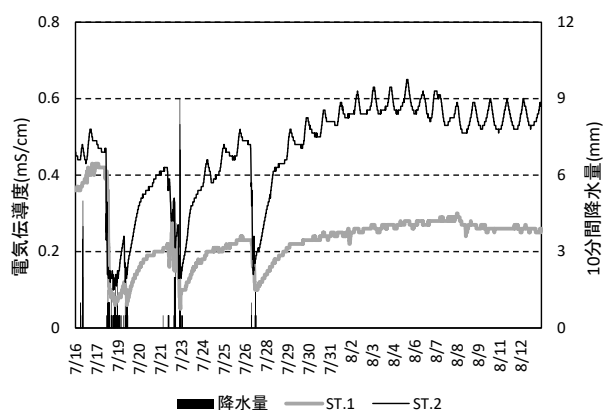


図 5 電気伝導度・降水量 (7-8月)

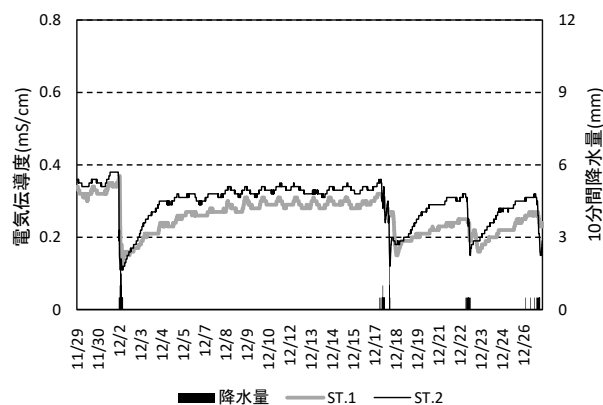


図 7 電気伝導度・降水量 (11-12月)

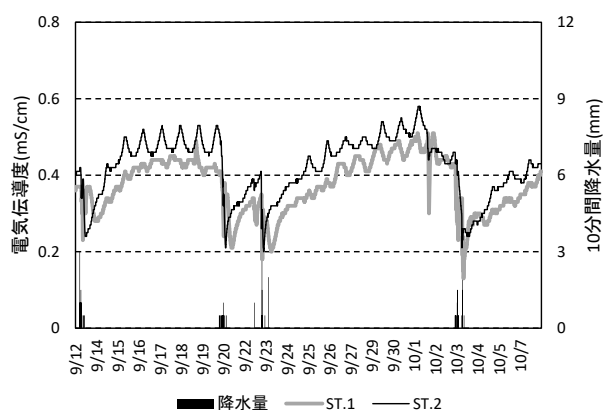


図 6 電気伝導度・降水量 (9-10月)

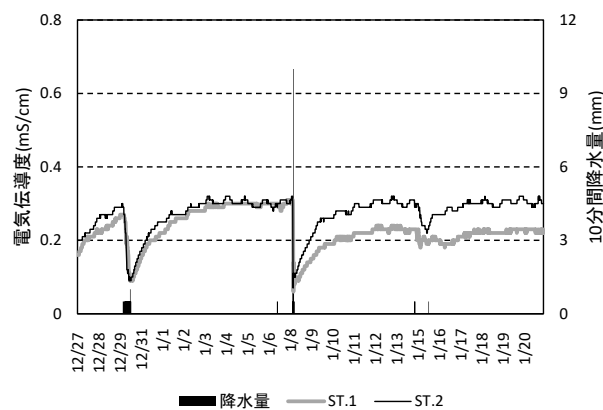


図 8 電気伝導度・降水量 (12-1月)

分間降水量(観測点:神戸), 気温のデータを取得した。

**2. 2 堆積土砂の粒径** 毎月1回の連続モニタリング回収時に調査対象の2地点において底質の土粒子を採取し, 土の粒度試験 (JIS A 1204) を実施した。

**2. 3 生物調査** 対象河川及びビオトープにおいて, たも網等を用いて生物調査を実施した。得られた生物の種数より, 次式を用いて, シンプソンの多様度指数を算出した。

$$D = \frac{\sum_{i=1}^s n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \quad (1)$$

また, 次式より, シヤノン・ウィナー指数を算出した。

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i = -\sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N}\right) \log_2 \left(\frac{n_i}{N}\right) \quad (2)$$

### 3. 結果と考察

**3. 1 連続モニタリング調査** 2019年7月~2020年1月における降水量と電気伝導度 (EC) の時系列

変化を図5~図8に示す。

ECについてみると, 福田川本川と中山親水公園内のビオトープにおいて, 1年を通して降雨時にECが急激に減少した後, 降雨後数日間に上昇する傾向がみられた。そのため, 降雨が水質に何らかの影響を及ぼしていると考えられる。なお, ECの変化が直接水質に悪影響を与えているとは一概に言えない。通常, 雨水のECは0.005~0.05mS/cm程度とされている。

そのため, 降雨時に直接河川に流れ込む雨水の作用より, 降雨時に急激にECが減少していると考えられる。また, 降雨後にECが上昇する理由として, ECは総イオン濃度と関係していることが考えられる。通常降雨後数日間で, 雨水が河川から海へ流出し, 河川の水質が降雨前の状態に徐々に戻るため, それに応じてECも数日で降雨前の値に上昇していると考えられる。なお, 少雨の場合は, 近傍の地域における気中の浮遊物質の影響を受けて, 雨水のECが高い数値になる場合もあるため<sup>6)</sup>, 全ての降雨が河川水のEC減少に起因

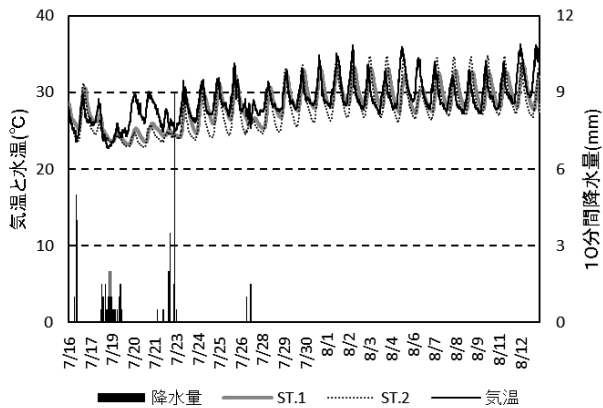


図9 水温・降水量(7-8月)

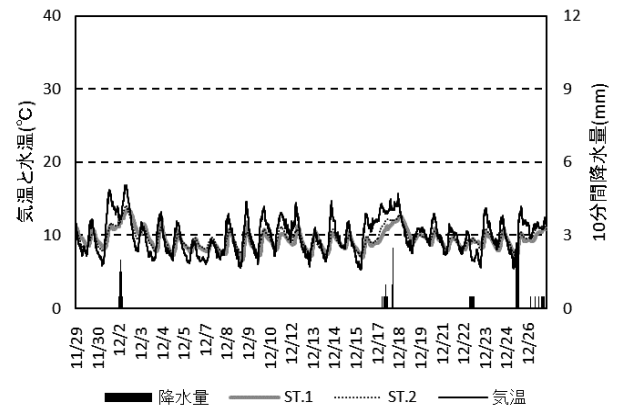


図11 水温・降水量(11-12月)

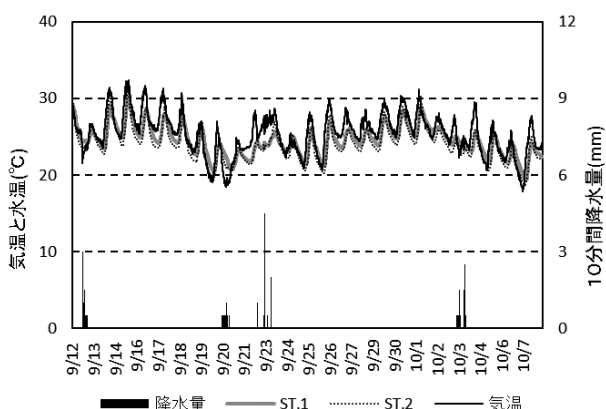


図10 水温・降水量(9-10月)

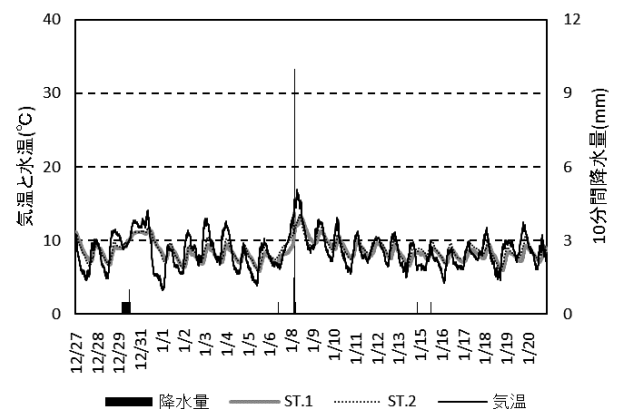


図12 水温・降水量(12-1月)

しているとは一概には言えない。

そして、ECの数値、上昇量ともにビオトープ(ST.2)の方が本川(ST.1)と比較しやや高くなっていた。そして、ST.2はST.1と比較し、降雨後にECが上昇し始めるのが数時間遅くなる場合がある。その要因として、図4よりST.2はST.1と比較し、調査地点付近に森林が多いことが考えられる。なお、森林の影響によりST.2の方がST.1より、水質は浄化されると考えられる。しかし、滞留性の強さから源流の落合池の水質が悪化した可能性があり、降雨時にその水が流出したことでECが変化したとも考えられる。また、ECは水温が上昇すると高くなる。そのため、1年を通して夏季のECは相対的に高くなる傾向にある。日本の河川水のECの平均値は0.11mS/cmであり<sup>7)</sup>、福田川は一般的な河川と比較しECの値が高いと言える。夏季にST.2でECが0.2mS/cm以上高い数値を示していることから、水質が悪化している可能性があり、水生生物の生息環境に影響

を与えていると考えられる。なお、図5に示すように、7月～8月の期間にECの差が大きくなった理由としては他の期間と比較して、降水量並びに降雨の継続時間が長かった。そして、ST.1は直線的な構造であるため、やや湾曲し、本川よりも高い位置に造られているST.2と比較し水位・流速が降雨時に上昇しやすい環境であった。そのため、7月19日以降ST.1ではECの値が大きく減少したものと考えられる。

次に2019年7月～2020年1月間における水温の時系列変化を図9～図12に示す。水温は1年を通して気温に連動して変化する。また、通常河川は上流から下流にかけて水温が上昇する傾向にある<sup>8)</sup>。しかし、ST.2はST.1より日中の水温が高くなる傾向にあった。ST.2は人為的に作り出した環境のため、水位、河幅及び流入・流出量が極端に小さく、そのために熱が蓄積しやすく、水温に影響を与えているものと考えられる。

次に2019年6月～7月における水位の時系列変化を

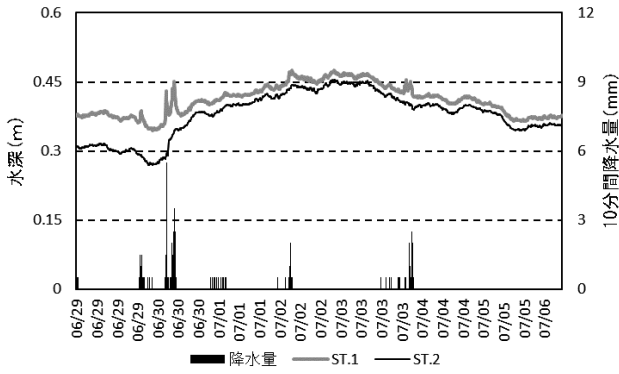


図 13 水位・降水量 (6/29~7/6)

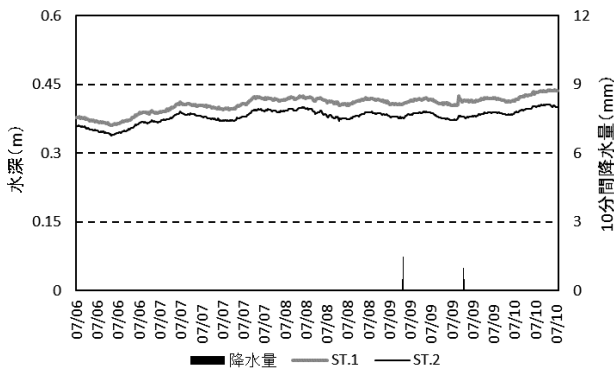


図 14 水位・降水量 (7/6~7/10)

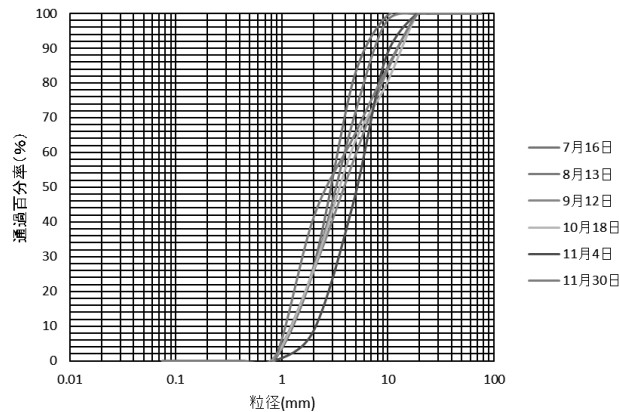


図 15 粒径加積曲線 (ST.1)

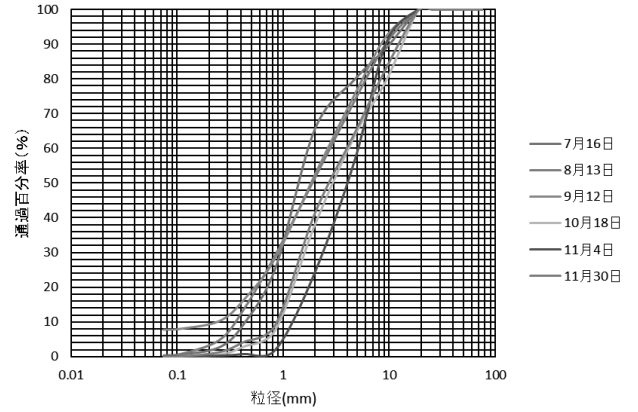


図 16 粒径加積曲線 (ST.2)

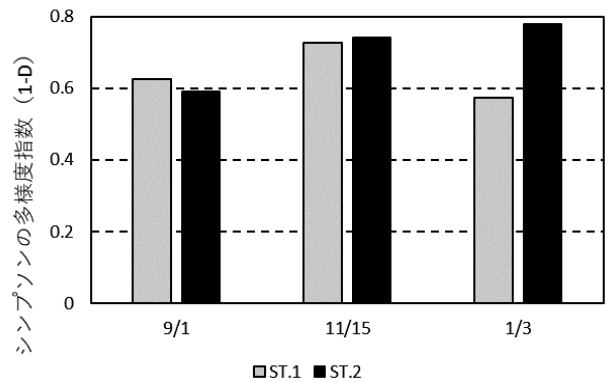


図 17 シンプソンの多様度指数

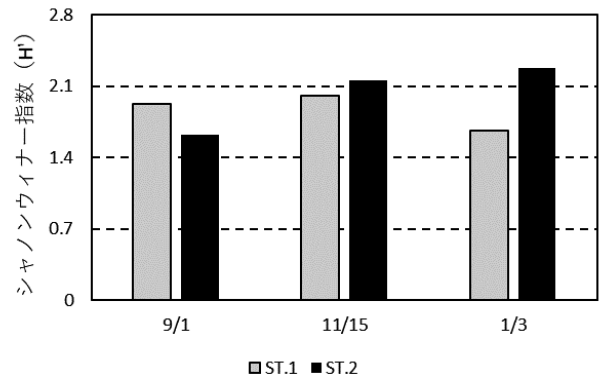


図 18 シャノン・ウィナー指数

図 13 と図 14 に示す。これらの図より、ST.1 では降雨時に水位が上昇する傾向がみられる。10 分間降水量が 2mm~4mm で水位が 10cm~15cm 程度上昇しており、このタイミングで底質や水質環境が更新される。

**3. 2 堆積土砂の粒径** 土の粒度試験の結果を図 15 と図 16 に示す。ふるい分析では粒径 75mm 以下を対象としたが、実際には、ST.1 では図 2 のように巨礫や石、岩が多く堆積している。

1 年を通して、ST.1 では ST.2 と比較し粒径 1mm 以下の土粒子の割合が小さかった。特に一年の中で水量の多い 7 月~9 月は 2 地点における粒径の大きさの差が顕著に表れている。ST.1 はコンクリート張りの直線的な河道であり、流量が大きいため粒径 1mm 以下の土粒子は下流へ運搬されていると考えられる。調査前日に 32.0mm/24h、当日に 17.5mm/24h の降雨があった 10 月 25 日においても、ST.2 では底質に粒径 1mm 以下の土粒子が堆積していた。

3. 3 生物調査 生物調査の結果からシンプソンの多様性指数、シャノン・ウィナー指数を算出した結果を図 17 と図 18 に示す。9 月 1 日は ST.1 の方が ST.2 と比較して両指数が大きくなり、本川のほうがビオトープよりも各個体数の多様性・均等性について優れているという結果になった。一方、11 月 15 日、1 月 3 日は気温・水温が下がり、ST.2 の方が両指数とも大きくなっていった。よって、多様性・均等性が 9 月 1 日と比較し逆転した。この結果より、1 年のうち夏季は ST.1 で、秋季、冬季で ST.2 が多様性・均等性が高くなっていた。

両調査地点において、一年を通して特定外来生物であるカダヤシ (*Gambusia affinis*) の生息を確認し、1 月 3 日の調査時にはミシシippアカミミガメ (*Trachemys scripta elegans*) の生息も確認できた。また、ST.1 では個体数の少なかったカダヤシが捕獲され、クロメダカの個体数が少なかったことから、汚濁負荷に耐性のある生物が水質汚濁の進行時に環境の変化に対抗できると考えられる。また、ST.1 を含め通常の河川では出水時に水位、流量が増加し底質、水質環境が大きく更新されていた。しかし、ST.2 のように環境の変化が少ない場では、ある一定の動植物が定着し、多様性の面で自然環境の河川よりも劣っている傾向にあった。

#### 4. まとめ

本調査で利用した中山親水公園のビオトープ (ST.2) は、止水タイプのビオトープより、本川 (ST.1) に近い環境であったと考えられる。水温の上昇、水質悪化によって、過去に観察された生物の姿が見られず、電気伝導度 (EC) は日本の河川における平均的な数値と比較し高い数値を示した。特に、降雨時に両地点において EC が急激に減少した。なお、両調査地点において、河川水の一般的な EC の値である 0.11mS/cm を超える結果になり、特に ST.2 ではその傾向が顕著であった。そのため、水生生物は水質の面でも影響を受けたと考えられる。水温に関しては 8 月～9 月にかけて日中の最高水温が 30 度を超える傾向にあった。特に 8 月 2 日～8 月 11 日にかけては ST.2 にて、日中の最高水温が連続して 34 度を超えていた。この環境では水温選好性のある水生生物に大きなダメージを与えてしまう。また、

図 1 に示すように、1m ほどの落差工により魚類が上流に昇れない等、河川全体の環境にいくつか問題点が見受けられた。また、ST.1 には少ないカダヤシの生息が ST.2 で顕著であったことから、今後 ST.2 では、水の流入・流出量を調整し、水の滞留性を改善することやビオトープの縁にも植生を設けるなどして、水温や EC の上昇を抑制することや水生生物が日光から退避する空間を設けるなどの工夫が必要になる。なお、今後はビオトープ内の EC が上昇する要因を把握するため、水中・底質内の窒素やリン、硫化物等の他の水質指標についても調査する必要がある。そして、ビオトープを本川の自然生態系に近い環境にもっていく方法を考案する必要がある。

#### 参考文献

- (1) 手塚和恵, 島田正文, 柳井重人, 勝野武彦, 丸太頼一, 「市街地の小学校敷地内におけるビオトープの整備に関する基礎的研究」, 日本都市計画学会学術研究論文集, 33 号, pp.703-708, 1998.
- (2) 米村惣太郎, 林豊, 中村健二, 「都市型ビオトープ「再生の杜」における竣工後 10 年目の生物生息状況」, 清水建設研究報告, 94 号, 2013.
- (3) 兵庫県, 「福田川水系河川整備計画」  
<http://web.pref.hyogo.lg.jp/press/documents/000001683.pdf>.
- (4) D. CAISSIE, 「The thermal regime of rivers」, a review First published, 10 July 2006.
- (5) 神戸市, 水質年報「環境水質」  
<https://www.city.kobe.lg.jp/a66324/kurashi/recycle/kankyohozen/earth/kankyosuisitu.html>
- (6) 木村和義, 田中九重美, 則武知夫, 「降雨経過に伴う雨水の pH と電気伝導度の変化」, 農学研究 61, pp.47-55, 1986.
- (7) 国土交通省関東地方整備局, 「水質用語集」  
<https://www.ktr.mlit.go.jp/kasumi/kasumi00012.html>
- (8) 木内豪, 辛卓航, 「多摩川の水温変化の実態と形成要因に関する研究」, 東急環境財団, 研究助成・学術研究, vol. 42, No. 305, 2013.