

川の水の自浄作用を確かめる実験

鈴木 聡大 片山 音々 中岡 亜沙美 二澤 宏樹
東村 俊治 平川 史子

東邦高等学校 〒465-0097 愛知県名古屋市長区平和が丘3-11

Experiment to investigate the self-cleaning effect of the rivers

Soudai SUZUKI Nene KATAYAMA Asami NAKAOKA Hiroki NIZAWA
Syunji HIGASHIMURA Fumiko HIRAKAWA

Toho High School, 3-11 Heiwagaoka, Meito-ku, Nagoya, Aichi 465-0097, Japan

Correspondence:

Fumiko HIRAKAWA E-mail: t11141@toho-h.ed.jp

Toho High School TEL: 052-782-1171

要旨

川の微生物が有機物を分解する様子を調べるために、採水した川の水にブドウ糖を添加し、5日間曝気後の浄化の度合いを化学的酸素要求量（COD）の測定によって調べる実験を行った。矢田川、香流川、古川（守山区）において調べたところ、CODの測定値にブドウ糖分解の度合いが現れることがわかった。本実験は河川水の浄化能力の限界について考えるきっかけになり、新たな実験を計画実行中である。

はじめに

我々は2016年から矢田川、猫が洞池など学校近隣で生き物調査やブルーギルの捕獲を行ってきた。「矢田・庄内川をきれいにする会」のイベントに参加させていただくなかで、役員の小野天下さんに、「矢田川は少し臭うが、水は澄んでいてそんなに汚れているとは思えないのですが、実際はどうなのですか？」と伺ったところ、「矢田川は家庭排水が流れ込んでいるため見えない汚れを含んでいる。川がきれいに見えるのは、川の微生物のおかげ。」というお話をしてくださり、微生物の働きに興味をもつようになった。

川に流入した有機物は、最終的には微生物によって水と二酸化炭素に無機化されることが知られている。そこで我々は、有機物を添加した河川水に酸素を供給し、河川水が添加した有機物を浄化する能力を評価するための

実験を行った。実験では、微生物が存在する河川水と、微生物の存在しないイオン交換水を比較した際にどのような違いが見られるのか、また、自然度の高い河川と三面コンクリートで護岸された農業用水路とでは浄化能力に違いがあるのかを、化学的酸素要求量（COD）パケットテストを用いて調べた。今回は自然の川として矢田川、香流川、農業用水路として古川（守山区）について調べた。

調査地点および調査方法

1. 調査地点

採水地点および採水日を表1に示した。

いずれも日常の部活動で生き物調査（タモを用いた採捕で、魚種・個体数を記録している）を行っている場所である。参考までに確認できた魚類および爬虫類（カメ類）を例示する。

表 1. 採水地点および採水日

河川名	種別	採水地点	採水日	2021年に捕獲した魚・生き物
矢田川	一級河川	隅除川合流点 (名古屋市名東区 東経136°59'34" 北緯35°11'48")	2021年6月5日	フナ コイ オイカワ カマツカ ナマズ ブルーギル
香流川	一級河川	新屋敷橋付近 (名古屋市名東区 東経136°59'17" 北緯35°11'17")	2021年6月12日	オイカワ フナ メダカ イシガメ アカミミガメ
古川	農業用水路	山下公園付近 (名古屋市守山区 東経136°57'43" 北緯35°12'25")	2021年6月12日	ニゴイ カマツカ カワムツ オイカワ

・矢田川（写真1）

今回調査した河川の中では最も流量が多く、川幅も広い。護岸はコンクリートで整備されているが、河床は砂と礫からなっている。上流の瀬戸市・尾張旭市は、令和元年度末における下水道普及率がそれぞれ66.1%、79.6%（愛知県、令和2年度愛知の下水道（資料編）、<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/gesuido/siryouhen.html>, 2021年8月20日確認）で、家庭排水が流れこんでいる。

・香流川（写真2）

矢田川同様にコンクリートで護岸されている。現在（2021年9月）は川岸の雑草が大変鬱蒼としている。上流の長久手市の令和元年度末における下水道普及率は90.1%（愛知県、令和2年度愛知の下水道（資料編）、<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/gesuido/siryouhen.html>, 2021年8月20日確認）で、矢田川同様に家庭排水の流れ込みがある。

・古川（写真3）

古川は農業用水が流れる水路であり、農繁期と農閑期

で流量が大きく異なる。コンクリートによる三面護岸で整備されており、今回調査した河川の中では最も人工的な印象を受ける。農閑期で水量が減った時のために、魚だまりが設置されている。



写真2 香流川 新屋敷橋の上流地点



写真1 矢田川 右から流れてくる隅除川からの合流地点



写真3 古川 山下公園の上流地点

表2. 実験①5日間酸素供給した場合の各河川水におけるCOD (mg/L) の変化

ビーカー	イオン交換水		矢田川		香流川		古川	
	ブドウ糖あり	なし	ブドウ糖あり	なし	ブドウ糖あり	なし	ブドウ糖あり	なし
採水当日	100以上	2	100以上	6	100以上	6	100以上	2
2日後	100	2	30				50	
5日後	75	3	6	4	6	4	15	4

表3. 実験②酸素供給を開始時だけにして5日間密閉した場合の各河川水におけるCOD (mg/L) の変化

フラン瓶	イオン交換水		矢田川		香流川		古川	
	ブドウ糖あり	なし	ブドウ糖あり	なし	ブドウ糖あり	なし	ブドウ糖あり	なし
採水当日	100以上	2	100以上	6	100以上	6	100以上	2
5日後	90	2	8	7	20	2	10	2

2. 調査方法

各調査地点において、護岸よりバケツで表層水を採取し、これを試料とした。採水の際にはなるべく藻やゴミを採取しないよう留意し、各試料はいずれも採水当日に試験に供した。

実験①

各試料およびイオン交換水を500 mLずつ2系列用意し、一方には終濃度0.01w/v%となるようブドウ糖（米山薬品）を添加し、これを“ブドウ糖あり”，他方には何も添加せず“ブドウ糖なし”とした。各試料のうち100 mlを実験②用に別途フラン瓶にとり、残り400 mLを500 ml容ビーカーに入れ、エアープンプを用いて5日間曝気した。ビーカーに不純物が混入するのを防ぐため曝気中はビーカーの口をラップフィルムで覆った。曝気は室温（25±2℃）で行った。パックテスト（共立理化学研究所、高濃度用）を用いて曝気前、2日後、5日後におけるCODの変化を測定した。

実験②

実験①で準備した各試料はフラン瓶にいれ、直射日光の当たらない場所（室温25±2℃）で5日間保存し、5日後のCODの変化を測定した。実験②は当初溶存酸素濃度（DO）測定のためにフラン瓶に封入したものだが、今回はCODの測定値のみを示した。

結果と考察

実験①5日間曝気した場合

測定結果を表2に示した。いずれの河川とも、“河川水・ブドウ糖あり”は“イオン交換水・ブドウ糖あり”と比較して5日間でCOD値が大きく減少していた。河川の持つ自浄作用によりブドウ糖に由来するCOD源が無機化されたと考えられ、室内で行った本実験においても川の自浄作用が機能していたことが示唆された。

河川水では浄化速度が速く、強かったにもかかわらずCODはゼロにはならなかった。ブドウ糖を添加しなかった方は有機物が少ないはずなのに、ゼロにはならなかった。微生物には分解できない有機物があるのかもしれない。

河川どうしの比較では、5日間曝気した後のCOD値で矢田川：6 mg/L、香流川：6 mg/L、古川：15 mg/Lという結果であり、今回採水した河川水については矢田川および香流川の浄化能力が古川の浄化能力を上回っていたと推察された。矢田川および古川の試料については2日間曝気した後のCOD値も測定し、矢田川：30 mg/L、古川 50mg/Lと矢田川の試料は古川の試料よりも浄化の速度が速かったと考えられる結果が得られた。

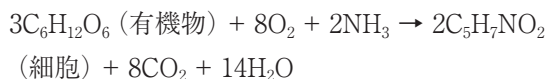
実験②酸素供給を開始時だけにして5日間密閉した場合のCOD変化

測定結果を表3に示した。実験①同様、“河川水・ブドウ糖あり”は“イオン交換水・ブドウ糖あり”と比較して、5日間でCODが大きく減少した。“香流川・ブドウ糖あり”は、5日後開封したときに他の試料では見ら

れない腐敗臭があった。

- ・実験①・実験②の結果を比較して、酸素供給のある・なしで差がわずかしき見いだせなかった点については疑問が残る。

好気性微生物による有機物分解は、



で表される(小林拓朗, 嫌気性処理技術を用いた汚水の省エネルギー浄化, <https://www-cycle.nies.go.jp/magazine/kenkyu/201305.html>, 2021年8月20日に確認)。

始めに100 mlフラン瓶に含まれるブドウ糖(濃度0.01 w/v%)の質量は10 mg。

フラン瓶の中に含まれていた酸素の量は約0.8 mg(25℃における飽和溶存酸素量), 好氣的に分解できるブドウ糖は、酸素の分子量32, ブドウ糖の分子量180として計算すると、

好氣的に分解されるブドウ糖 = $0.8 \text{ mg} \times 180 / 32 \times 3/8 = 1.7 \text{ mg}$

となる。計算上10 mg - 1.7 mg = 8.3 mgのブドウ糖が5日後のフラン瓶に残されているはずである。しかし、実験②の結果では、始め100 mg/LだったCODが実験開始5日後には6 mg/Lになり、殆ど無機化が終了しているかのような結果だった。

好気性微生物の働きだけでは考えられない何かがあるのかもしれないが、今回の実験からその点を確認することはできなかった。

- ・実験②での香流川の腐敗臭については、香流川の微生物が他の川とは異なる種類のものであったことが原因であると考えられた。日頃の活動の経験でも、香流川は一時的に水が黒くなり線虫がいつもより多く見られたことがあった(2021年1月9日)。今回も何等かの一時的な汚染があったという可能性が考えられる。
- ・3面コンクリートで護岸された農業用水路については、水を浄化する機能が自然の川に比べて低いとされているが(中西, 1991), 今回の結果では自然な川か農業用水路かによる違いは我々が想像していたほど顕著ではなく、農業用水路であっても水が流れ、生き物が住みつくことで一定の浄化作用が働いていることが

示唆された。ただし、採水した6月の古川は農繁期のため十分な水流があり、微生物が豊富な環境になっている可能性がある。農閑期では、川の水量は大変少なく、悪臭もあるため時期を変えて測定すると違った結果が得られる可能性は十分に考えられる。

以上の経験を通じて、「場所と時期を変えて測定を積み重ねないと川を論ずることはできない」という結論を我々は得た。

今後の展望

我々は当初、生物化学的酸素要求量(BOD)測定による川の力の判定を目指しており、溶存酸素濃度(DO)の測定も併せて行っていたが、5日目のDO値が低くなりすぎ、水質汚濁防止法による正しいBODの測定値とはいえないため、別途河川水を希釈してCOD・BODを測定する実験を始めている。

新たな実験の中で、河川水の希釈倍率を一定にしてブドウ糖濃度を増加させていくと、ある濃度以上でCODが下がりにくくなることがわかってきた。すなわち川が許容できる有機物の量には限界があるということである。

これを踏まえて我々は今後次のような課題に取り組みたいと考えている。

1. 河川水に添加するブドウ糖の濃度を変えてCODの変化を見ることによって、5日間で分解しきれぬブドウ糖の限界の濃度を推定する。さらに河川のある地点から河口までの距離、川の速さから水が河口にたどり着くまでの時間がわかれば、曝気時間をその時間に設定して実験することによって河口までに分解しうるブドウ糖の濃度、すなわち海を汚さずにすむ濃度を推定することができると考えている。
2. 水質汚濁防止法の公定法に基づいたBOD値の測定を可能にし、より細やかな微生物の働きを数値としてとらえたい。またCODも我々の用いた検査方法(パッケテスト)は誤差が大きいため、過マンガン酸カリウムの滴定実験に挑戦したい。実験②で発生した問題点について解決方法は見いだせていない。上記のような実験を重ねつつ、好気性微生物、嫌気性微生物についての学習を重ね、解決を目指したい。
3. 今回我々は河川水に加える有機物としてブドウ糖を選んだのは、5日間のCOD変化が大きかったことと、

微生物の存在しないイオン交換水との顕著な差が観察されたからである。他の有機物に対する河川水の働きを調べ、いろいろな汚れに対する河川水の許容量を推定したい。

謝辞

本実験は「矢田・庄内川をきれいにする会」のイベントに参加するなかで動機を得ました。小野天下さんならびに会のみなさまに感謝申し上げます。

引用文献

中西準子. 1991. 東海道水の旅. 岩波ジュニア文庫, 東京. 211pp.



写真 4 実験を行った東邦高等学校科学研究部の生徒