

# 活性炭浄化装置による小河川水質の直接浄化

浅野憲哉\*・上條直秀\*\*・後藤久慶\*\*\*・野池達也\*\*\*\*

## Immediate Purification of a Stream by Activated Carbon Purifier

Kenya ASANO, Naohide KAMIJO, Hisayoshi GOTOH, Tatsuya NOIKE

We had activated carbon purifier installed at Kourosawa stream in Anan-machi in the south of Nagano prefecture. We have investigated water quality (pH, DO, SS, COD and total coliform) and flow rate of the stream, and found that the stream kept pure condition at the point of pH, DO and SS. At the point of COD and total coliform, the stream was almost clean condition, but there was sometimes sudden pollution.

The effect of the activated carbon purifier appeared unclear, but after considering all the factors, it appeared that pollutants were a little reduced in the result.

キーワード：小河川，水質浄化，活性炭，吸着

### 1. 序論

#### 1-1 河川の有機物汚濁<sup>1)</sup>

人間は古来より、泉水、地下水そして河川水を水源とし、それを中心に生活環境を守ってきた。人口の集中化が著しくない時代までは生活排水は河川などにそのまま放流していたが、河川の自浄作用が卓越していたので水環境は良好であった。15世紀ごろからヨーロッパで大都市を貫流する河川は、有機物による汚濁や伝染病などの細菌による汚染を受けるようになった。さらに、18世紀後半の産業革命以降、水質汚濁は多様化および増加した。そのような背景から生活排水の処理が必要となり、様々な下水処理方法が開発されていった。

\*日本では、し尿は肥料として有効利用していたので、生活排水による河川の汚濁問題が深刻化したのはヨーロッパよりも後のことである。また、有機物による汚濁よりも、明治初期の足尾鉍毒事件のように重金属が河川に流れ込み農業や漁業に被害を与えたといった問題が主であった。日本で下水処理対策が本格的になったのは、戦後に産業活動が活発化して人口が大都市集中し、隅田川や淀川などの大都市

貫流河川の汚濁が極度に進行してからのことである。このような背景のもと、昭和33(1958)年に水質保全法と工場排水法が制定された。さらに、昭和42(1967)年には公害対策基本法が制定され人の健康や環境を守るための環境基準が定められ、昭和45(1970)年の公害国会では水質汚濁防止法が成立し、ようやく河川の水質環境保全が考慮されるようになった。

河川へ流入する汚濁物質を大別すると、自然的なものとなりの人為的なものに分けられる。自然的な汚濁は河川の流域中のいわゆる自然的環境からもたらされる。すなわち、森林などから腐食性物質(フミン酸など)や土壌などからの溶出物質、そして降雨中に含まれる汚濁物質などである。一方、人為的な汚濁は生活系、工場・事業所系、畜産系および耕地系などがある。最近では河川への汚濁負荷として無視できなくなってきたのは人為的に制御しにくい負荷である。排出源が限定される工場・事業所排水や生活系排水などの特定汚染源は制御しやすいが、非特定汚染源による負荷は負荷量の算定が困難なうえ、制御するのが難しいのでこの対策が今後の課題となるであろう。

#### 1-2 活性炭吸着による水質浄化<sup>2)~4)</sup>

活性炭は、木材、獣骨、泥炭等を原料とし炭化賦活したものである。賦活は、原料に塩化亜鉛や硫酸等の薬品を添加して焼成する方法と、原料を炭化し

\*環境都市工学科助手

\*\*環境都市工学科教授

\*\*\*後藤建設株式会社代表取締役

\*\*\*\*東北大学教授

原稿受付 1999年10月29日

た後、蒸気や炭酸ガスなどにより賦活するものがある。

活性炭は、種々の大きさの形状をした細孔が入り組んで複雑な網目構造をしており、その細孔の径は10~1,000,000 Åに渡るため、表面積は600~1,500m<sup>2</sup>/gにもなる。形状は粉末、粒状、不定形粒状があり用途に応じて使い分けられ、排水の供給方法や活性炭の補給方法により様々な構造の装置へ利用される。

活性炭はかなり高価なものであり、生物処理などで一度処理した水をさらに高度処理する目的で使用される。水銀や有機リンなどの有害物質の排水基準は極めて厳しいので、このような処理方法が採用される。

溶液から固体への吸着は、ある溶媒-溶質-固体系における2個の特質のうちのいずれか、あるいは組み合わせの結果生ずるものである。吸着の主要な原動力は溶質が特定の溶液に対して示す疎水性か溶質の固体に対する強い親和性であろう。実際の水処理における吸着は、多くの場合この二つの作用がか

らみあって生じる。

第一の作用である疎水性の強さを知るうえで最も重要な因子は溶質の溶解度の大きさである。つまり溶媒と溶質の化学的共存の可能性の程度を示すものである。溶質が溶媒系に親和力を持てばもつほどその物質は界面へ移動・吸着しにくくなる。逆に疎水性物質はより水溶液中から固体表面へ吸着されやすくなる。大抵の汚染物質は、アルキルベンゼンスルホン酸(ABS)のように疎水基と親水基の両方を含む複雑な分子構造を持っている。この場合分子中の疎水部分は表面で活性を示して吸着されようとし、一方疎水部分はできる限り溶液内にとどまろうとする。

第二の作用は溶質が固体に対して特異な親和性を持つ結果生じる。これには三つの吸着の型がある。界面における溶質の吸着剤に対する電気的引力、van der Waals力および化学的性質による吸着である。

ほとんどの吸着現象はこれらの作用の組み合わせの結果である。それぞれの型の吸着に影響を及

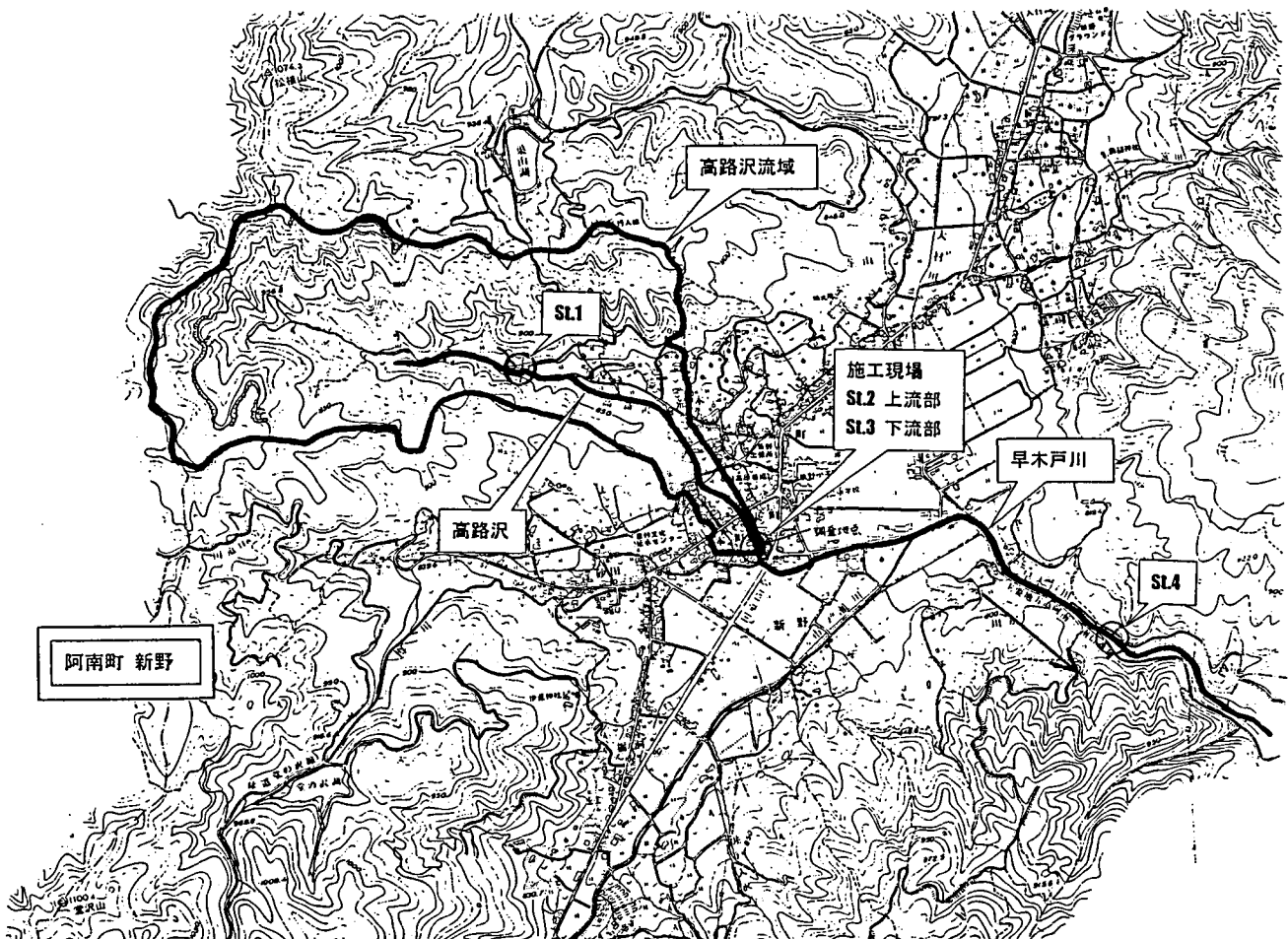


図1 高路沢の流域地図

ばすいろいろな力が相互に作用して物質を界面に濃縮させていく。したがって一般には、物理吸着か化学吸着か区別することは困難である。

1-3 研究目的

本研究では、長野県内に位置する下水道普及率のあまり高くない流域を持つ実河川に活性炭を用いた浄化装置を設置し、約一年間（1998年8月25日～1999年7月13日）に渡り一般的な水質指標の変動を調査した。また、同時に小河川の直接浄化への活性炭利用の有効性を検討した。

表-1 高路沢流域概要

流域面積	101.13 ha
世帯数	57 戸
人口	187 人
処理施設加入戸数	31 戸
家畜頭数	牛33 頭

2. 実験方法

2-1 調査河川流域概要および水質調査方法

調査した河川は、長野県下伊那郡阿南町新野に位置する高路沢（天竜川水系 一級河川 早木戸川支流 準用河川）である。流域の概要を図-1 および表-1 に示す。浄化装置は、高路沢と早木戸川の合流地点の直上流に、1998年6月に設置した。試料水の採水地点は、4地点設けた。高路沢上流に位置する砂防ダムの直下を St.1 とした。この流域に人家はなく、ほとんどが杉林帯である。浄化装置の直上流と直下流を、それぞれ St.2 および St.3 とした。この周囲には家屋が連なり、垂れ流しの排水はこの地点を通過する。St.4 は、早木戸川との合流地点より下流で、新野地区の全体が流域となる。この地点は、新野の盆地へ注ぐ降雨の唯一の出口である。St.3 と St.4 の間に、農業集落排水事業の下水処理場の放流口がある。新野周辺の農業集落排水事業への下水道加入率は54%であり、全国および長野県の下水道普及率と同程度である。主な汚濁源は、自然的な負荷として河川上流の杉林が、人為的な負荷として家庭排水、畜舎排水および農業集落排水事業の放流水が影響すると予想される。

2-2 浄化装置概要

高路沢の早木戸川との合流地点の直上流へ設けた活性炭を利用した浄化装置の設置状況を図-2 に示す。ナイロンネットへ粒状活性炭(粒径 2~3mm)を1袋あたり5kg 充填し、プラスチックコンテナ(50×40×30cm)の中に詰め、重石を乗せたものを河床へ配置し、浄化装置とした。設置区間は幅 2.0m、延長 3.0m であり、設置数量はコンテナが 30 個、活

性炭が 150kg である。なお、今回用いた活性炭は、原料に不要となった古タイヤを用いたものであり、廃棄物の有効利用の点でも有効なものである。

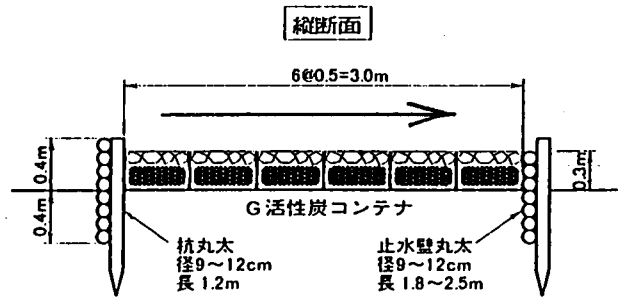


図-2 浄化装置設置状況

2-3 測定項目および測定方法

本研究では、測定項目として St.2 の流量、St.1～4 の水温、溶存酸素濃度(DO)、水素イオン濃度(pH)、化学的酸素要求量(COD<sub>Mn</sub>)、浮遊物質(SS)および大腸菌群数を調査した。測定項目および測定方法を表-2 に示す。

表-2 測定項目

測定項目	測定方法
流量	四角せき
水温	水温計
溶存酸素(DO)	溶存酸素計による方法
水素イオン濃度(pH)	ガラス電極法
化学的酸素要求量(COD <sub>Mn</sub> )	過マンガン酸カリウムによる滴定法
懸濁物質(SS)	ろ過法
大腸菌群数	合成培地による平板培養法

試料の採取は毎回概ね 8 時 30 分ごろ St.1 から開始し、11 時前には St.4 の採水を完了させた。採水日の頻度は、2 週間に 1 度とした。流量は St.2 に設置した四角せきを用いて測定し、水温、DO および pH は試料水の採水時に各現場で測定した。試料水は採水びんへ気泡が入らないように採取して直ちに冷蔵し、翌日 COD、SS および大腸菌群数の測定実験に供した。水温、DO、pH、COD、SS および大腸菌群数の測定方法は、上水試験方法<sup>5)</sup>および下水試験方法<sup>6)</sup>に従った。

3. 結果と考察

3-1 流域水質調査

St.2 における流量の変化を図-3 に示す。流量は、1998年10月6日、20日および1999年7月13日に特に多くなっている。図示はしていないが、これらの測定日の前 2~3 日間は、新野で降雨が観測され、活性炭の浄化装置が土砂に覆われた。一方、冬

季は降雨量が少ないため流量も少なく、1999年2月23日に最小値4l/sとなった。

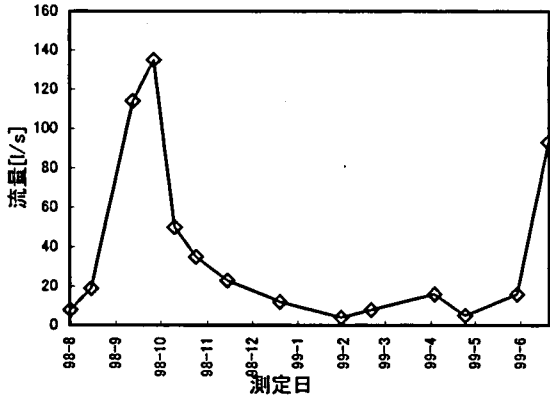


図-3 St.2における流量変化

水温、pH、酸素飽和百分率の測定結果を図-4～図-6にそれぞれ示す。

水温は1998年8月25日に18～21℃と最大値を示し、1999年2月23日に1～4℃と最小値を示した。最大値と最小値との差が20℃であり、図-4より年間変動が非常に大きいことが確認できる。また、水温は流下に伴い多少上昇し、St.1よりSt.4の水温は1～3℃高くなった。

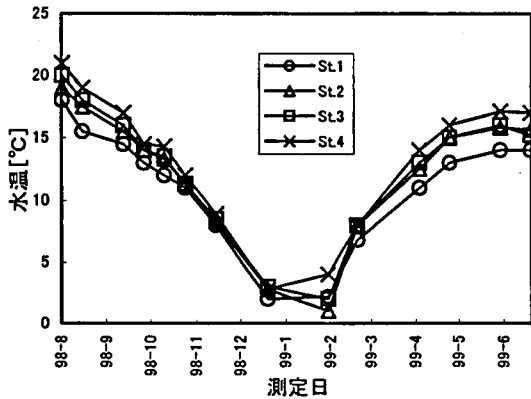


図-4 水温変化

pHは年間を通してすべての地点で6.7～7.6の範囲に収まっており、あまり変動は見られなかった。

「生活環境に係る環境基準」によると、簡易な浄水操作を行うことで水道に利用できる水質をあらわすAA類型に属するためには、pHが6.5以上8.5以下であることが望ましい。鉱山や温泉地が流域にあると、pHが異常に低くなり酸性河川となり問題になるが、高路沢の流域にはそのようなものはなく杉林が主であり、測定日以外もそれほど変化がないと考えられる。

酸素飽和百分率は概ね80%以上を示し、溶存酸素濃度も「生活環境に係る環境基準」でAA類型の条件を概ね満たしている。また、飽和度は河川の流下

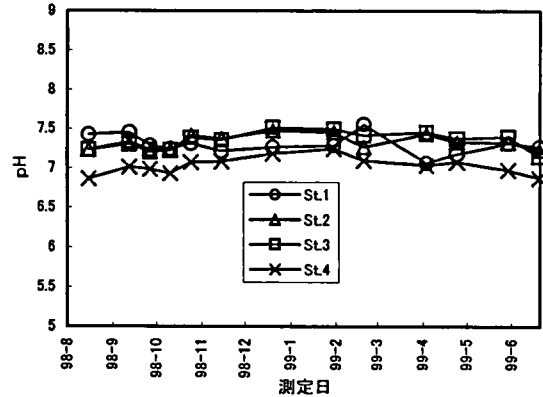


図-5 pH変化

に伴い増加しているが、この原因は再暴気が起きているためと考えられる。

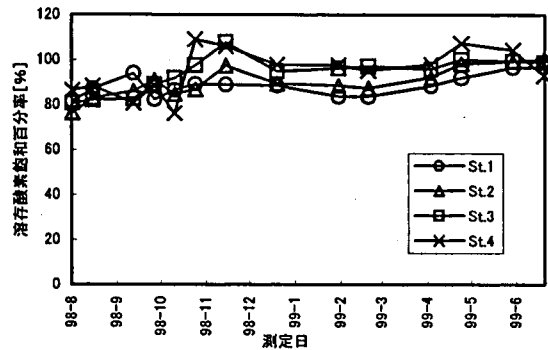


図-6 溶存酸素飽和度の変化

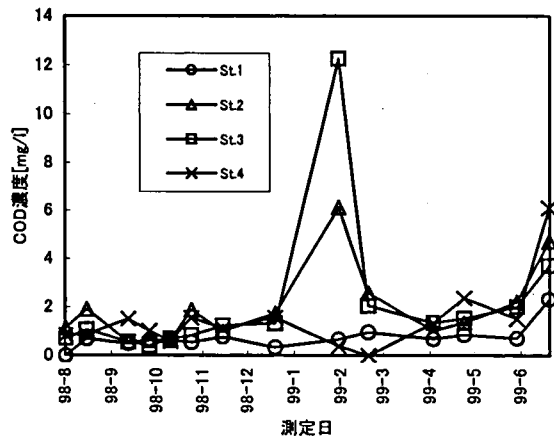


図-7 COD濃度

測定地点ごとのCOD濃度変化の結果を図-7に示す。河川の「生活環境に係る環境基準」では、有機物指標が生物化学的酸素要求量(BOD)で評価されているが、本研究では分析に特別な熟練を要さず短時間で結果の出るCODを用いた。この結果によると、1999年2月23日および1999年7月13日に、5mg/l以上の高い値を示しているものの、それ以外は2mg/l以下の濃度に収まっており、平均すれば清浄な河川であると考えられる。測定頻度が1ヶ月に

2 回程度であるため、汚濁の大きなものの採水時前後の状態がわからないが、後に示す SS や大腸菌群の同試料の結果より、著者はこの汚濁が数時間あるいは数分程度のインパルス状の負荷であると考え、この疑問を解決するためには、1 週間あるいは 1 日などの短時間に、何度も採水して分析する必要がある。

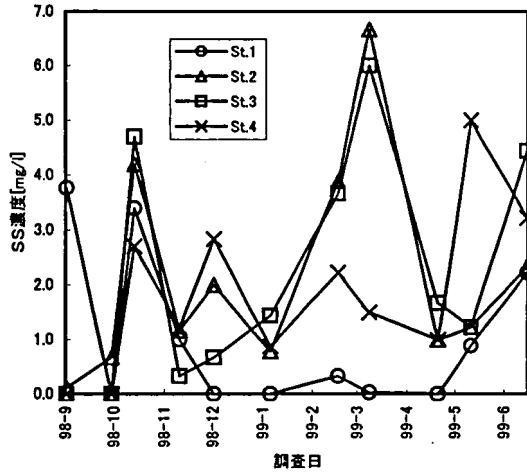


図-8 SS濃度

測定地点ごとの SS 濃度変化の結果を図-8 に示す。「生活環境に係る環境基準」では、河川の SS は 25mg/l 以下であれば清浄であるため、この項目はまったく問題がないといえる。

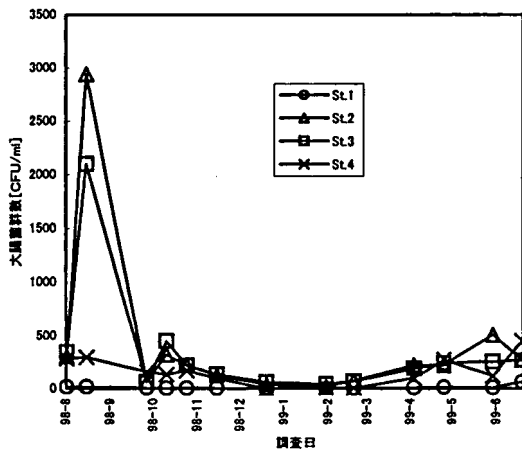


図-9 大腸菌群数

大腸菌群の結果を図-9 に示す。水中に大腸菌群が多数検出されるということは、哺乳動物のふんおよびヒトのし尿によって汚染されていることを示し、同時に病原性細菌の存在する可能性を有する。河川の「生活環境に係る環境基準」には最確数法により求めた値が示されているが、最確数法は複雑な操作が多く熟練を要するため、本研究では平板培養法を用いた。図-9 より、St.1 の値は常に小さく、St.2

以降が変動していることがわかる。この理由は、St.1 の流域が杉林で民家が存在しないため、家庭排水や畜舎排水が混入していないが、St.2 以降はその上流にそれらの汚濁源が存在するため、検出されるためであると考えられる。1998 年 9 月 8 日に非常に高濃度の大腸菌群が検出されたが、これはちょうどインパルス状の人為的負荷が流入したためであると考えられる。

### 3-2 活性炭の除去効果

実験室規模での活性炭吸着試験では、水温は吸着平衡に影響する重要な因子である。また、吸着が効果的に行われるためには、溶質と活性炭との接触が十分に起きなければならないが、このため流速も重要な因子である。

St.2 および St.3 における各指標の濃度より、浄化装置の除去率および単位時間あたりの除去量を算出した。

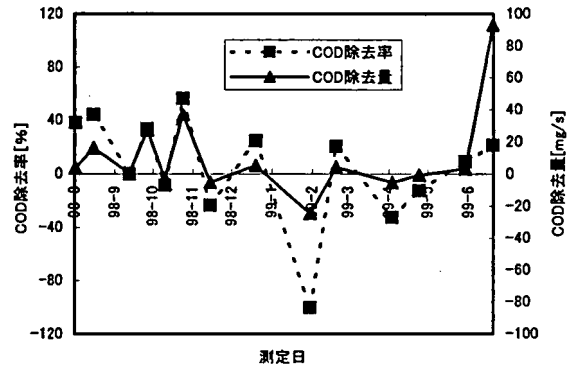


図-10 COD除去率および除去量の変化

図-10 に、活性炭の浄化装置による COD の除去率および 1 秒間あたりの除去量の結果を示す。活性炭は有機物による汚濁には効果的な除去作用を示すことが、さまざまな研究が行われわかっているが、本研究では顕著な除去効果は確認されなかった。1 年間を通してみると、増加している場合と減少している場合が不規則に混在し、流量や水温との相互関係は確認できなかった。しかしながら、1 年間の平均除去率が 5.0% であり、平均除去量が 10.7mg/s であり、ともに正の値を示し、除去効果はわずかながら認められた。

図-11 に、浄化装置による SS の除去率および 1 秒間あたりの除去量を示す。SS は一般に沈殿処理およびろ過処理で除去される。SS も COD 同様に顕著な除去効果は見られないものの、1 年間の平均除去率が 8.3% であり、平均除去量が 2.1mg/s であり、ともに正の値を示し、総合してみると除去効果があったといえる。また、この除去率・除去量も、水温や流量との相互関係が見られなかった。

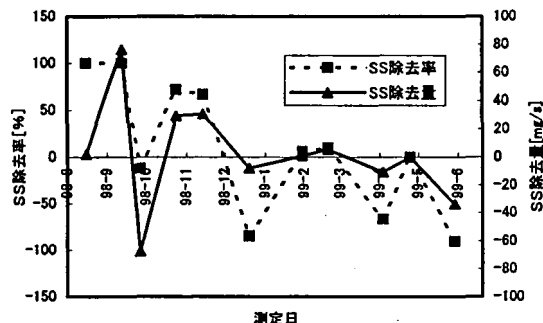


図-11 SS除去率および除去量の変化

図-12に、浄化装置による大腸菌群の除去率および1秒間あたりの除去量を示す。大腸菌群の平均除去率は-11.2%と負の値を示し、除去がなされていないという結果になったのに対し、平均除去量は $1.03 \times 10^6$ CFU/sと正の値を示し、除去効果がいくらかあることがわかる。大腸菌群についても、水温や流量との相互関係は見られなかった。

活性炭の浄化装置の性能を総合的に評価すると、除去率および除去量が不規則に変動しており、顕著な除去効果は確認できなかった。また、水温や流量との相互関係も見られなかった。しかし、年間平均除去量を考慮すると、除去効果がいくらかあるといえる。

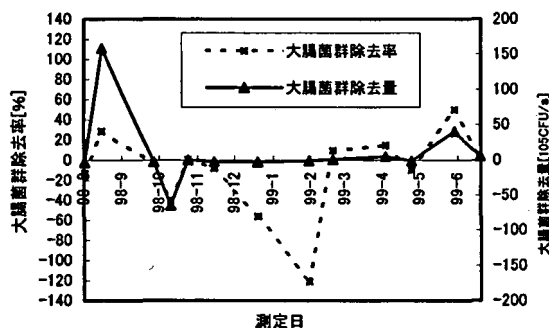


図-12 大腸菌群除去率および除去量の変化

今回の活性炭浄化装置について著者の気付いた問題点を2つ述べる。一つ目は、秋期の増水時期に土砂が大量に運ばれ、装置の上を覆い尽くしてしまうことである。定期的に土砂を取り除く必要があり、

維持が困難である。二つ目は、流量と除去率との相互関係が見られなかったが、河川水と活性炭との接触がうまくなされていないことである。活性炭吸着は溶質と活性炭との接触により起こるものであり、より効果的に接触が起きるための工夫が必要である。

#### 4. 総括

高路沢の水質は、pH、DOおよびSSは年間を通して良好な値を維持した。CODおよび大腸菌群は、概ね良好であったが、インパルス状に濃度が急上昇するケースが見られた。SS、CODおよび大腸菌群の濃度間には、目立った相互関係は確認されなかった。

本実験装置を設置した河川は浄化を必要とするほど汚濁していなかったため、除去効果は顕著に現れなかったが一定の効果は認められた。装置の改良と設置場所によっては、実河川での有効な浄化手段となりうる。なお、実験装置を設置したことにより地域住民が河川への投棄物を自粛する効果もあった。

#### 参考文献

- 1) 松本順一郎編：「水環境工学」，朝倉書店，1994
- 2) J.W.Hassler 著，織田孝，江口良友訳：「活性炭—効果的な応用の手引き—第3版」，共立出版，1976
- 3) W.J.Weber 著，南部洋一，丹保憲仁訳：「ウェーバー水質制御の物理化学的プロセス」，朝倉書店，1981
- 4) David O.Cooney.：“Adsorption design for wastewater treatment”，CRC Press LLC (USA)，1999
- 5) 厚生省生活衛生局水道環境部監修：「上水試験方法」，日本水道協会，1993
- 6) 建設省都市局下水道部・厚生省生活衛生局水道環境部監修：「下水試験方法上巻」，日本下水道協会，1997