

研究ノート

静岡県芝川流域の水環境に関する研究

石川 元康^{※1}

THE WATER ENVIRONMENTS OF THE SHIBAKAWA RIVER BASIN, SHIZUOKA PREFECTURE

Motoyasu ISHIKAWA^{※1}

ABSTRACT

Trout farms, dairy facilities, golf courses and other recreational facilities have recently been located close to the source of the Shibakawa River. With the change in land use, the concern is that the quality of the river water is deteriorating. The purpose of this paper therefore is to examine the current conditions of the river's water environment. To do this I compared the results of my own field survey with those from the existing literature. My results approximately matched those from existing literature for concentrations of the base cations Ca^{2+} , Na^+ , K^+ and Mg^{2+} . I similarly found increased concentrations of base cations downstream. In the Yokotesawabashi and Mendoribashi areas, Biochemical Oxygen Demand (BOD) has increased since 2008. Finally, two types of filamentous bacteria — most likely *Sphaerotilus* and *Beggiatoa* — could be collected from the river's source area.

1 はじめに

静岡県富士宮市を流れる芝川は、北部の猪之頭地区を起点とし、富士川に注ぐ延長22.5kmの1級河川である（静岡県交通基盤部河川砂防管理課，2010）。芝川は、富士宮市の飲料水の供給源であると共に、生活用水、農業用水、発電用水、養魚用水（主にニジマスの養殖）など様々な用途に利用されている。4000kWh以下の小型水力発電所が21か所設置されていること（丸井，1973）に加え、農業用水路が市内に網の目のように発達しているため、芝川の水量はこれらの取水の影響を大きく受けているのが特徴である。

水源である猪之頭地区から山梨県との県境付近にかけての養鱒場や酪農施設、ゴルフ場、レクリエーション施設としての土地利用や開発が芝川の水質に及ぼす影響について懸念されている。その一例として、芝川流域における淡水緑藻類のカワノリ (*Prasiola japonica* YATABE) の減少があげられる。現地では『芝川ノリ』と呼ばれており、古くから食用とされて

いたが、現在では生育地、生産量が減少して入手することが困難で絶滅危惧Ⅱ類 (VU) に指定されている。このことから、芝川流域の水質保全が求められている。

このように、河川の水質状況の変化は、生態系のみならずその水を利用している人間にも影響を及ぼすことが懸念されることから、水環境のモニタリングを行って実態を把握することが必要である。そこで、本研究では芝川流域の水質、流量などについて、既存の資料を整理し、現地調査結果と比較した。

2 調査地点および分析方法

2.1 調査地点の概要

水質調査を行った現地調査地点は、図1に示す芝川源流域の五斗目木川と横手沢橋付近より取水する上井出用水である。採水時期は、2010年2月12日、5月10日、7月16日の3回である。また、富士宮市では、静岡県公共用水域の水質測定として、五斗目木川、横手沢橋、雌橋で毎月実施している。さらに、

※1 日本大学短期大学部（三島校舎）食物栄養学科・准教授 Department of Food and Nutrition, Junior College (Mishima Campus), Nihon University, Associate Professor



図1 調査地点の概要

水質変化の原因を把握するために、2012年10月19日に芝川上流域の猪之頭地区を踏査して、腐臭の原因となっている底泥を採取した。

2.2 分析方法

採取した水について、現地で水温、pH、DO、電気伝導度を測定した。pHはハンナインストルメンツ・ジャパン（株）PICCOLO-2、溶存酸素は扶桑理化製品（株）DO-5509、電気伝導度は（株）堀場製作所ES-14をそれぞれ使用して測定した。また、採水後実験室に持ち帰り、マグネシウムイオン (Mg^{2+})、カルシウムイオン (Ca^{2+})、ナトリウムイオン (Na^+)、カリウムイオン (K^+) および塩化物イオン (Cl^-) について、日本ダイオネクス社イオンクロマトグラフICS-90 (DIONFX) を用いて分析した。分析条件を表1に示す。

3 結果および考察

3.1 芝川の概要

2013年6月に「富士山」がUNESCOの世界遺産（文化遺産）に登録され、その構成資産の一つに芝川流域の白糸の滝が含まれている。水源域にあたる朝霧高原、毛無山から天子山系は、富士箱根伊豆国立公園の特別地域に指定されている。芝川の左岸側（東側）の地質が富士山の溶岩流堆積物、右岸側（西側）の地質が第三紀の古い地層で主に構成され、河道は地質の境界部分を流れている。芝川の東側に位置する富士山と西側に位置する天子山地の浸透水が芝川の水源となっている。芝川流域の土地利用状況について、水源上流域北部は森林や草地、中流域は森林や水田があり、横手沢橋の位置する中流域から宅地が多くなる。水源の猪之頭地区には養鱒場が複数あり、湧水を利用したニジマスの養殖が盛んである。

表1 イオンクロマトグラフ分析条件

設定項目	陰イオン類	陽イオン類
分離カラム	IonPac AS14	IonPac CS14
ガードカラム	IonPac AG14	IonPac CG14
溶離液	3.5mmol/L Na_2CO_3 1.0mmol/L $NaHCO_3$	10mmol/L メタンスルホン酸
流量	1.2mL/min	1.0mL/min
検出器	電気伝導度検出器	電気伝導度検出器
サプレッサ	ASRS（リサイクルモード、電流値50mA） AAES（リサイクルモード、電流値32mA）	CSRS（リサイクルモード）
バックグラウンド	12~18 μ S	
試料量	25 μ L	25 μ L
標準液	イオンクロマトグラフ用陰イオン混合標準液（関東化学株式会社）	イオンクロマトグラフ用陽イオン混合標準液（関東化学株式会社）

3.2 気 候

白糸地区での年間降水量の推移を図2に示す。降水量は2500mm程度で、全国平均に比べるとやや多いことがわかる。

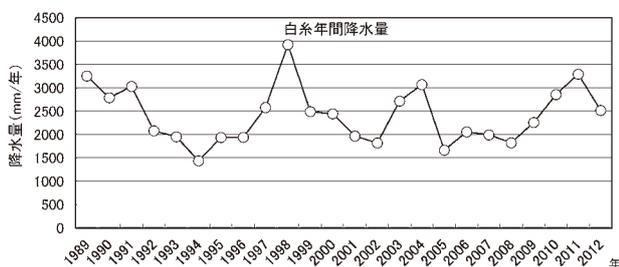


図2 白糸年間降水量の変化

3.3 流量の推移

芝川の水源となる猪之頭養鱒場における湧水量（東京発電株式会社提供）と横手沢橋における河川流量の変化を図3に示す。猪之頭養鱒場の湧水量は、1955年以降の揚水量の増加により減少を続けてきたが、1985年以降は40～45万t/日で横ばい傾向である。また、横手沢橋の流量は50～90万t/日であり、図2に示す降水量と対応して変化する傾向があり、平均すると70万t/日である。

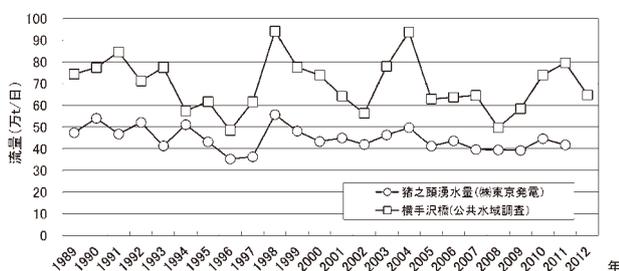


図3 芝川の流量の変化

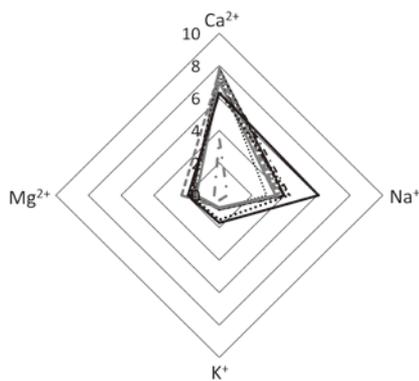
3.4 Ca²⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺の成分構成

現地で採水した五斗目木川と上井出用水におけるCa²⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺の成分構成を図4に示す。また、静岡県富士宮市（2000-2008）が実施した五斗目木川、上井出用水、横手沢橋におけるCa²⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺の成分構成の変化を現地調査の比較として図4中に示す。

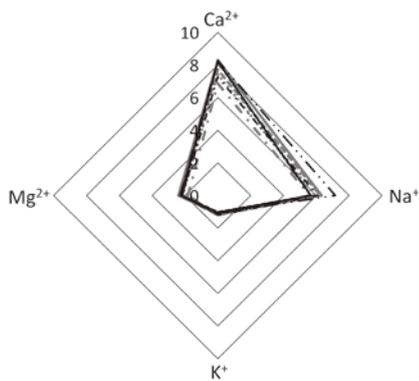
2007年の五斗目木川において、全ての成分について低い値が出ている。これは、採水時が降雨後であったため、雨水が流入して本来の湧水の構成成分が希釈されたためと考えられる。五斗目木川での主要栄養成分の構成は、Ca²⁺が7.5mg/l、Na⁺が3.8mg/l、K⁺が0.8mg/l、Mg²⁺が1.6mg/lであった。現地での採水

データと富士宮市の調査結果との比較では、2010年2月採水したNa⁺が6.1mg/lと大きい値となった以外はCa²⁺, K⁺, Mg²⁺の成分構成は同様であった。

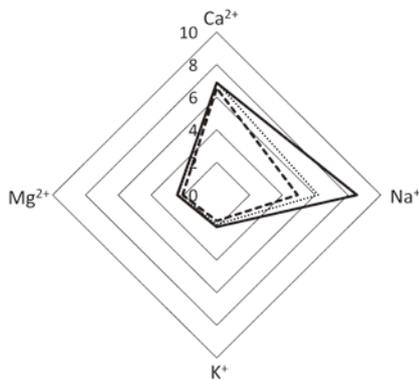
五斗目木川より5km下流の横手沢橋における主要栄養成分の構成は、Ca²⁺が7.8mg/l、Na⁺が6.0mg/l、K⁺が1.1mg/l、Mg²⁺が2.2mg/lであった。



(1) 五斗目木川 (mg/l)



(2) 横手沢橋 (mg/l)



(3) 上井出用水 (mg/l)



図4 芝川流域におけるCa²⁺, Na⁺, K⁺およびMg²⁺の変化

横手沢橋付近から取水する上井出用水（横手沢橋から1.0km下流に位置）で採水した主要栄養成分の構成は、Ca²⁺が6.8mg/l、Na⁺が6.5mg/l、K⁺が1.8mg/l、Mg²⁺が2.2mg/lであった。Ca²⁺、Na⁺、K⁺、Mg²⁺の成分構成について、現地採水データと調査地点の近い横手沢橋における富士宮市の調査結果との比較では、ほぼ同一であることが確認できた。

以上、3地点での主要栄養成分を比較すると、有意な差は認められなかったが、下流の地点ほど種々のイオン濃度が増加する傾向が確認された。

3.5 水質の推移

五斗目木川、横手沢橋、雌橋における各種水質項目の推移について図5～図19に示す。富士宮市（1999-2011）と静岡県くらし・環境部環境局生活環境課（2013）による公共用水域の水質測定結果については、生活環境項目としてpH（水素イオン濃度）、DO（溶存酸素量）、BOD（生物学的酸素要求量）、COD（化学的酸素要求量）、SS（浮遊物質質量）が測定されている。また、Cl⁻、硝酸イオン（NO₃⁻）、硫酸イオン（SO₄²⁻）、アンモニウムイオン（NH₄⁺）、Ca²⁺、

Na⁺、K⁺、Mg²⁺、硬度、電気伝導度（EC）が測定されており、これらの成分は水の特徴を把握するための指標となる。なお、硬度の値については、Mg²⁺とCa²⁺の値から炭酸カルシウム（CaCO₃）に換算したものととして、次式で計算した。

$$\text{硬度} = 2.497 \times \text{Ca}^{2+} (\text{mg/l}) + 4.118 \times \text{Mg}^{2+} (\text{mg/l})$$

図5に示されるように、芝川源流域の五斗目木川では、pHが約7前後であるが、流下するにしたがってpHが上昇し、雌橋では約7.5を示す。これは、本流への湧水の流入の影響が考えられる。

DOについては、9.6mg/l前後で変動しているが、水質としては良好な値である。

BODについては、2007年の五斗目木川で2.3mg/lと高い値となっている。これは、採水時が降雨後で、濁りがある水を採水したため、高い値を示したものと考えられる。五斗目木川の年推移ではBODが0.5mg/l程度で清浄なことがわかる。しかしながら、横手沢橋と雌橋では、2008年以降BOD値が上昇傾向にあり、特に横手沢橋では河川の環境基準AAランクである1mg/lを超える値が観測されている。2012年10月に芝川上流域の猪之頭地区で芝川を踏査した結果、ミ

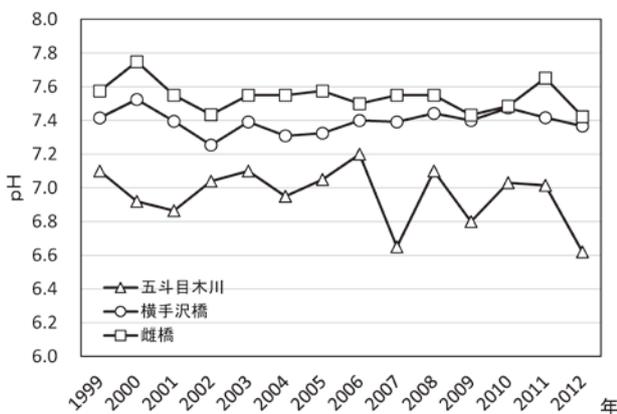


図5 pHの推移

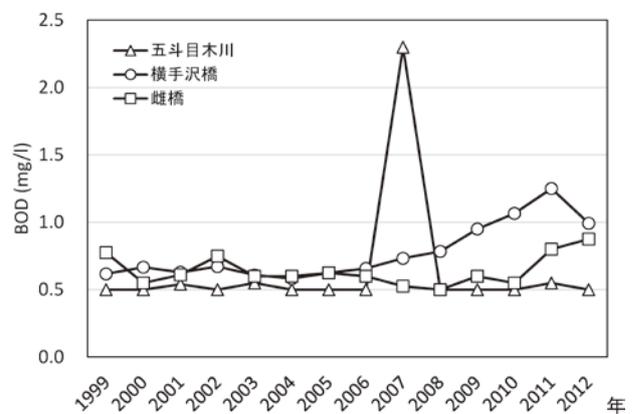


図7 BODの推移

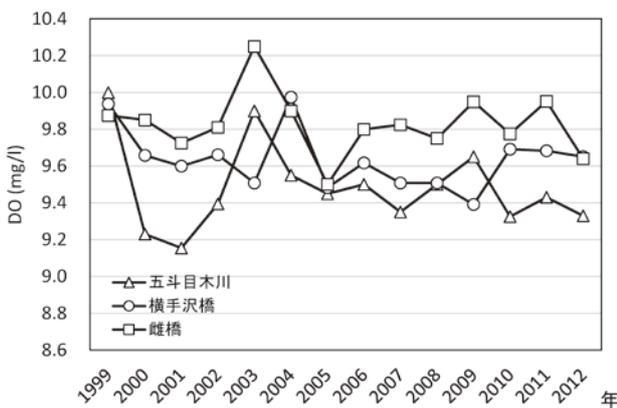


図6 DOの推移

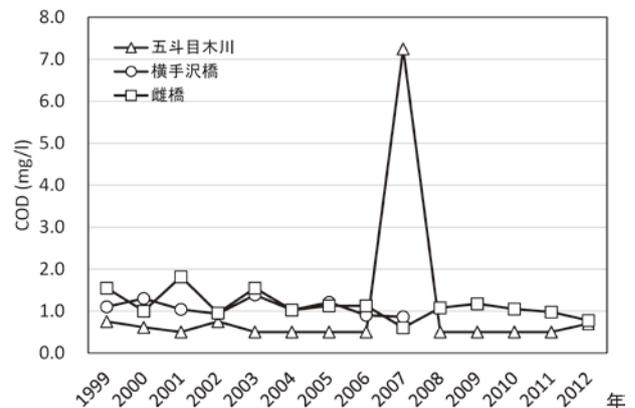


図8 CODの推移

ズワタのような白い物体が川底に付着し、腐敗臭がする試料を採取した。水中では白く綿状に見え、冷水(10~15°C)で生育可能、河床の泥上に付着し腐敗臭がする、顕微鏡で糸状体が観察でき、運動性を有することから*Sphaerotilus*(スファエロチルス)または、*Beggiatoa*(ベギアトア)の2種の存在が考えられた。どちらも有機物の多い水域に生育するもので、水域の汚染指標となるものである。*Sphaerotilus*は強腐水性水域の水質判定される汚水性細菌で、有機物の多いところでコロニーをつくる汚水性細菌である。また、*Beggiatoa*は硫黄細菌で、やはり汚水性細菌である。このように、生活排水や養鱒場からの排水の流入、農業・酪農施設やレクリエーション施設からの浸透水による影響が懸念される。

CODについては、横手沢橋と雌橋では1.0mg/l程度で推移している。五斗目木川では0.5mg/l程度で推移しているが、2007年は7.3mg/lと高値を示した。これは、BODの結果と同様に、降雨後の河川水を採水した影響が考えられる。

SSについては、五斗目木川、横手沢橋、雌橋において1.0mg/l程度で推移している。しかし、横手沢橋と雌橋では2010年以降上昇傾向にある。また、五斗目木川では2007年に11.0mg/lと高値を示した。これは、BODやCODの結果と同様に、降雨後の濁った河川水を試料として用いたことが示唆される。

Cl⁻については、下流に流下するにしたがって増加している傾向がある。近年では、五斗目木川の値の増加が懸念される。

NO₃⁻については、下流に流下するにしたがって明確な増加傾向がみられる。この原因として考えられることは、生活排水の流入、農作物栽培における窒素肥料の浸透、畜産農場における排水の浸透などである。年推移では減少傾向であるが、今後も監視が必要である。

SO₄²⁻については、最上流部の五斗目木川で5.0mg/l程度と低く、下流側の横手沢橋や雌橋において8.0mg/l程度と高い値を示す。

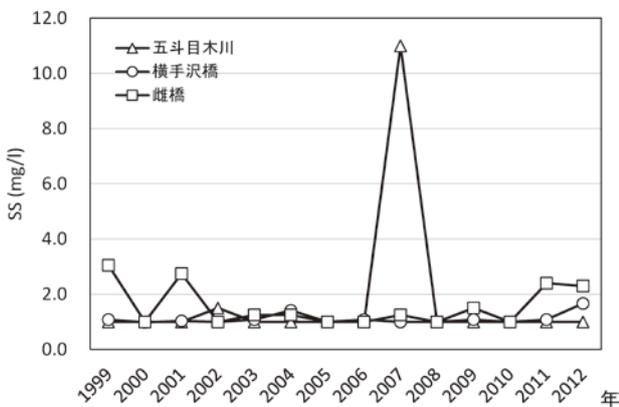


図9 SSの推移

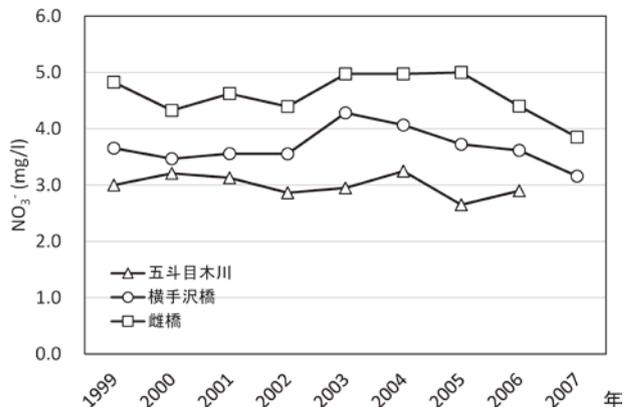


図11 NO₃⁻の推移

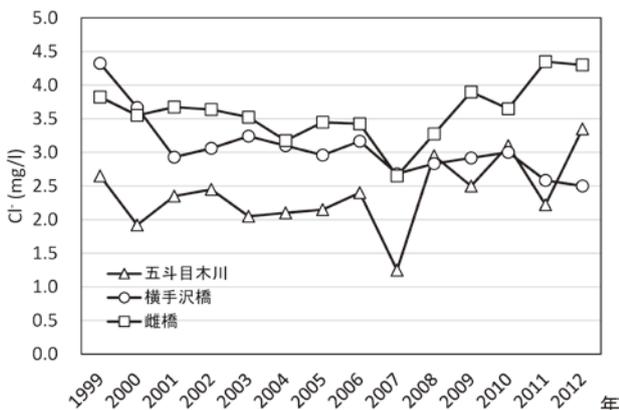


図10 Cl⁻の推移

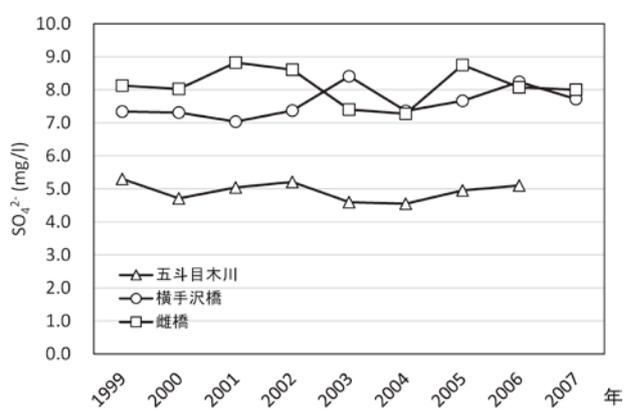


図12 SO₄²⁻の推移

NH₄⁺については、2004年以降増加傾向を示し、水質の悪化が懸念される。河川水中に含まれるNH₄⁺は、し尿などが由来であることから、生活排水が河川へ流入していることや家畜の糞尿が地下へ浸透したものと考えられる。原因を把握するためには、多くの湧水地点において水質調査が必要である。

Ca²⁺については、五斗目木川、横手沢橋、雌橋において7から9 mg/l程度で推移しており、3地点において大きな違いは認められない。

Na⁺, K⁺, Mg²⁺については、下流に流下するに

たがって明確な増加傾向がみられる。なお、2007年の五斗目木川で、各成分値が低い結果となったことは、雨水の流入によって無機イオン濃度が薄められた影響が示唆される。

硬度については、Mg²⁺とCa²⁺から炭酸カルシウムに換算された値であることから、先に示したMg²⁺の変化傾向と同様に、下流に流下するにしたがって明確な増加傾向がみられる。五斗目木川では25、横手沢橋では28、雌橋では34程度を示している。全般に軟水であり、この地域の特性が示される。

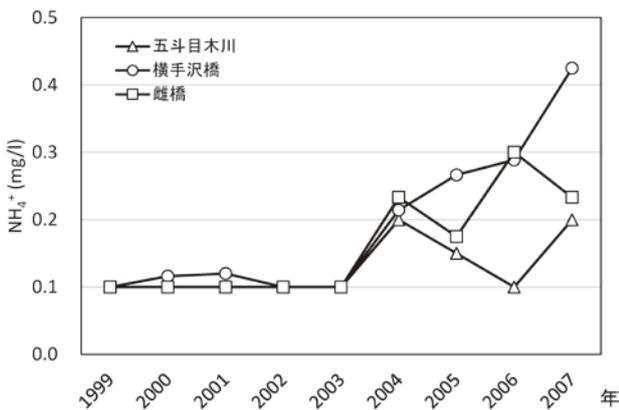


図13 NH₄⁺の推移

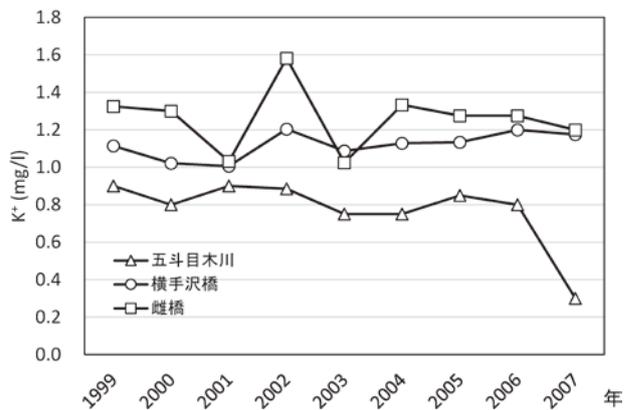


図16 K⁺の推移

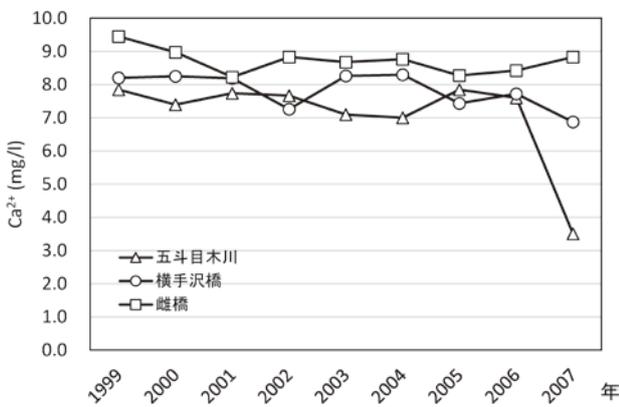


図14 Ca²⁺の推移

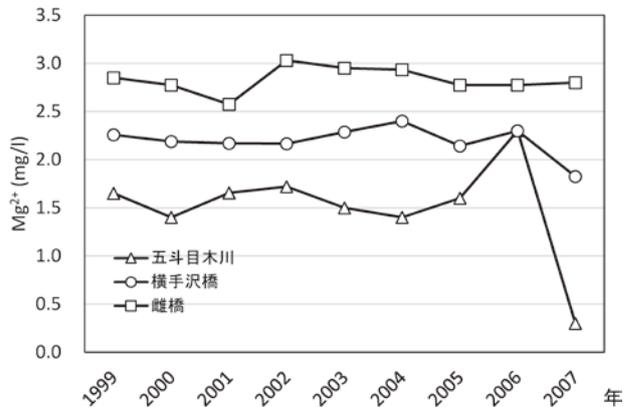


図17 Mg²⁺の推移

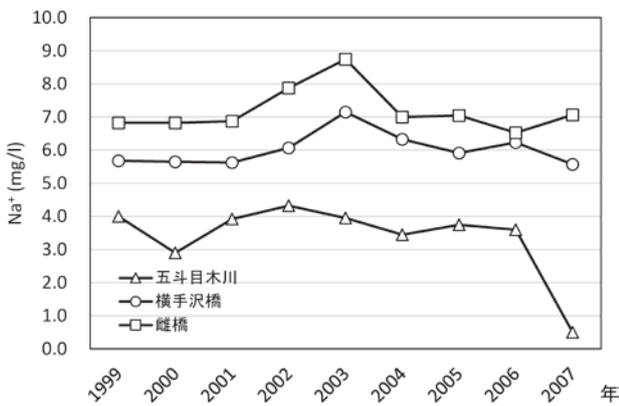


図15 Na⁺の推移

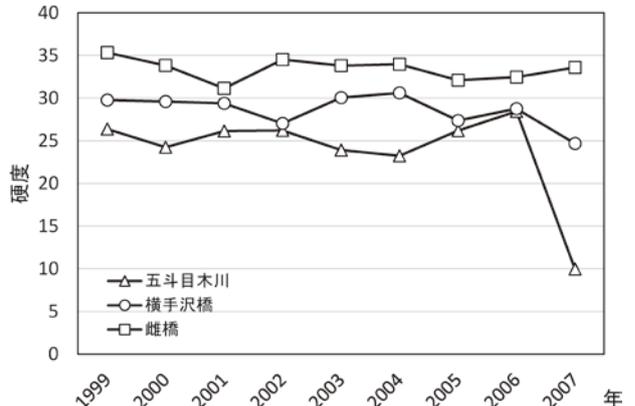


図18 硬度の推移

電気伝導度については、下流に流下するにしたがって明確な増加傾向がみられる。電気伝導度は水中に溶けている無機イオンの総量を表す指標であることから、下流ほど種々のイオンが増加していることを示す。なお、水質としては $100\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下であり、良好な水質であることがわかる。

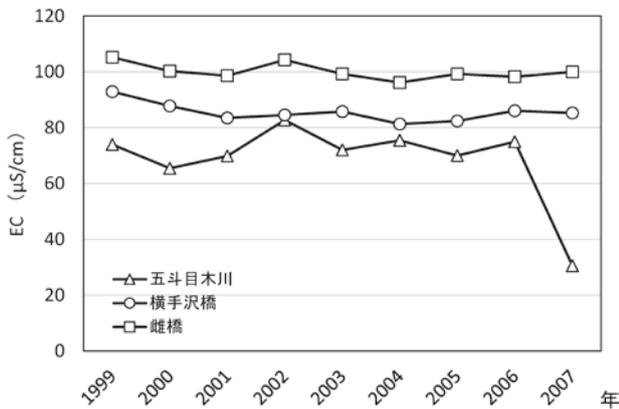


図19 ECの推移

4 おわりに

芝川流域の水質環境を現地調査、分析および既存の資料から整理した結果、以下の知見が得られた。

- 1) 五斗目木川での主要栄養成分の構成は、 Ca^{2+} が約 $7.5\text{mg}/\text{l}$ 、 Na^+ が約 $3.8\text{mg}/\text{l}$ 、 K^+ が約 $0.8\text{mg}/\text{l}$ 、 Mg^{2+} が約 $1.6\text{mg}/\text{l}$ であった。横手沢橋での主要栄養成分の構成は、 Ca^{2+} が約 $7.8\text{mg}/\text{l}$ 、 Na^+ が約 $6.0\text{mg}/\text{l}$ 、 K^+ が約 $1.1\text{mg}/\text{l}$ 、 Mg^{2+} が約 $2.2\text{mg}/\text{l}$ であった。上井出用水での主要栄養成分の構成は、 Ca^{2+} が約 $6.8\text{mg}/\text{l}$ 、 Na^+ が約 $6.5\text{mg}/\text{l}$ 、 K^+ が約 $1.8\text{mg}/\text{l}$ 、 Mg^{2+} が約 $2.2\text{mg}/\text{l}$ であった。 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} の成分構成について、現地調査結果と既存の調査資料との比較では、ほぼ同様の値が得られた。
- 2) Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} については、下流に流下するに

したがって明確な増加傾向がみられる。

- 3) 横手沢橋と雌橋では、2008年以降BOD値が上昇傾向にあり、特に横手沢橋では河川の環境基準AAランク基準値 $1.0\text{mg}/\text{l}$ を超えていることが示された。水質悪化の原因として、生活排水や養鱒場からの排水の流入、農業・酪農施設やレクリエーション施設からの浸透水などが考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、富士宮市役所生活環境課 岩見健氏と清靖雄氏には、現地調査、資料提供で大変お世話になりましたことを心より感謝申し上げます。また、東京発電株式会社には流量データを提供頂きましたことを心より感謝申し上げます。なお、本研究の一部は、日本大学国際関係学部生活科学研究費、富士宮市フードバレー推進協議会の援助を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 静岡県交通基盤部河川砂防管理課 (2010)：静岡県河川指定調査。
- 2) 丸井博 (1973)：富士山麓芝川流域の水力発電，人文地理，Vol.25，No. 2，pp.240-253。
- 3) 静岡県富士宮市 (1987-1998)：富士宮市の公害，昭和62年度版～平成10年度版。
- 4) 静岡県富士宮市 (1999-2005)：富士宮市の環境，平成11年度版～平成17年度版。
- 5) 静岡県富士宮市 (2006-2011)：富士宮市環境白書，平成18年度版～平成23年度版。
- 6) 静岡県くらし・環境部環境局生活環境課 (2013)：平成24年度静岡県公共用水域及び地下水の水質測定結果，http://www.pref.shizuoka.jp/kankyoku/ka-050/sui/mizukekka_pdf.html