

## 島根県東部を流れる斐伊川の水質変化

山下多聞<sup>1</sup>・葛西絵里香<sup>1</sup>・橋本 哲<sup>2</sup>・松本真悟<sup>1</sup>

### Changes in water chemistry of Hiikawa River in Izumo region of Shimane Prefecture

Yamashita, T., Kasai, E., Hashimoto, T., Matsumoto, S.

**Abstract** The River Hiikawa is a symbolic river running through Izumo region of Shimane Prefecture. Its cultural and industrial contributions were critical not only to local people but to nationwide people. In spite of heavy utilization for a long period, water quality of Hiikawa seems to be highly clean. To describe the current conditions of river water and to assess environmental contamination, we have monitored water chemistry at several sites of Hiikawa since 2004. We determined the contents of dissolved ions, pH and electric conductivity of river water. As results, water pH was slightly neutralized from upper reach to lower reach owing to greater content of calcium ion at lower reaches. The remarkable finding during 13 years' observation is the increase in inorganic nitrogen content. Elevated N level in river water of Hiikawa is still lower than urban rivers in more industrialized areas. We need to continue our monitoring of water chemistry to keep Hiikawa a clean river.

**Keywords :** Chronological change, longterm observation, mineral contents, upper to lower reach

#### はじめに

斐伊川は島根県東部の出雲地方を流れる一級河川である。出雲神話の時代より人々の暮らしの中心にあり、文化的にも産業的にも重要な役割を果たしてきた。とくに、たたら製鉄や木炭生産などを支えるとともにそれら産業活動の影響を強く受けてきた。現代においても、下流域の上水道用水としてまた農業用水として斐伊川の河川水は広く利用されており、斐伊川の水質が良好であることがわかる。

斐伊川は前述のように一級河川であり、国土交通省な

どによって水量や水質について継続的にモニタリングされている。しかし、産業廃水や生活排水の影響しない源流部はモニタリング対象とはなっていない。片桐ら(2002)にあるように山陰地方の降水は冬季を中心に強い酸性を示すなど、特定の汚染源が存在するのではなくバックグラウンドとしての降水がすでに汚染されている状態にあり、渓流水の水質維持は森林生態系のもつ緩衝機能に依存しているといえる。

我々は2004年以来、生物資源科学部の教育活動の一環として斐伊川を対象にしたエクスカージョンを実施している。2004年は四季を通じたフィールドワークを実施し、その結果は山下ら(2005)に報告している。本研究では山間部の源流部を含む斐伊川の上流から下流にかけて水質の長期的変動を明らかにするとともに環境変動のもたらす水質への影響を検討したい。

<sup>1</sup> 生物資源教育研究センター

<sup>2</sup> 環境共生科学科

<sup>1</sup> Education and Research Center for Biological Resources

<sup>2</sup> Department of Environmental and Sustainability Sciences



図1 斐伊川の概略図と採水地点。図中の番号が表1の番号に相当する。

## 材料と方法

### 1. 調査地

斐伊川は奥出雲町船通山から出雲市灘分までの約90kmの長さを持つ河川である。船通山の源流部すぐ近くの鳥上滝登山道入口を最初の採水地点とし、河口に向かって合計6ヶ所で採水した(図1, 表1)。2005年から2017年は1年に1度の採水とし、4月から9月の間に1日かけて採水した。2008年と2016年は欠測となった。また、2007年の河口部では汽水の遡上があり異常値として排除した。

表1. 採水地点の概要

地点番号	1	2	3	4	5	6
地点名	奥出雲町 船通山	奥出雲町 斐乃上	奥出雲町 鳥上	奥出雲町 三成	雲南市 温泉	出雲市 灘分
標高 [m]	750	570	380	240	130	3
緯度	35°10' N	35°10' N	35°10' N	35°11' N	35°12' N	35°26' N
経度	133°10' E	133°10' E	133°7' E	133°0' E	132°56' E	132°52' E
源流からの 距離 [km]	1	3	10	25	38	84
周辺の 土地利用	森林	森林 耕地	耕地 森林	耕地 森林	耕地 森林	耕地 宅地
備考	源流					河口

### 2. 水質分析

採水後、大学の実験室に持ち帰り、分析に供するまで冷蔵庫で保管した。分析に際して室温にもどした後、pHとECと溶存イオンを測定した。

pHはイオン液体塩橋搭載電極 (Pure IL 9600-10D, Horiba) により、ECは汎用電気伝導率用セル (浸漬型 9382-10D, Horiba) によりそれぞれ測定した。

溶存イオンは、イオンクロマトグラフィ (DIONEX ICS-1600, ThermoFisher) により測定した。測定対象としたのはナトリウムイオン、アンモニウムイオン、カリウムイオン、マグネシウムイオン、カルシウムイオン、塩化物イオン、硝酸イオン、硫酸イオンの8種類とした。カチオンはメタンスルホン酸を溶離液とし、分離カラムにCS12AをガードカラムにCG12A用いて、アニオンは重炭酸ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合液を溶離液とし、分離カラムにAS22をガードカラムにAG22を用いた。イオンクロマトグラフィでの分析に先立つ試料水の前処理として孔径0.20 μmのメンブランフィルター (DISMIC 25AS, Advantec) で濾過した。

本報告では、カチオン5種類の当量和とアニオン3種類の当量和の差を重炭酸イオン当量として扱うこととする。

## 結果と考察

### 1. 上流から下流への変化

pHとECについて図2に示す。pHは6.5から7.0の間に分布し、上流から下流に向かい上昇傾向にあった。上流2点においてはpHの年変動が大きくなった。ECは4 mS m<sup>-1</sup>から12 mS m<sup>-1</sup>の間にあり、これも上流から下流に向かい上昇傾向にあった。ECの年変動は概して小さいが、河口部において大きくなった。下流に向かいpHを上昇させる物質がより多く溶け込むことが示唆された。

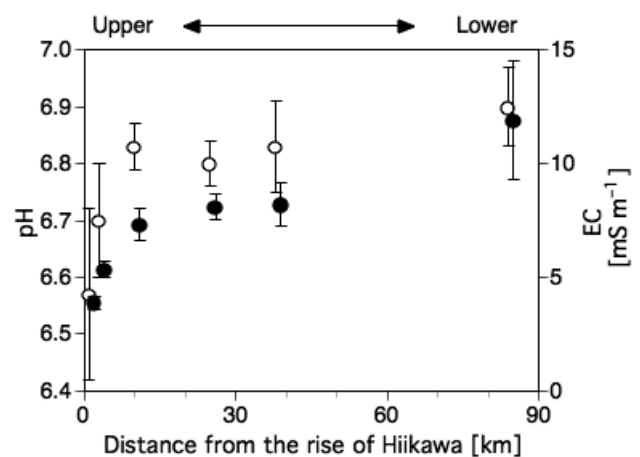


図2 斐伊川各採水地点における河川水のpHとEC。●はECの平均値を、○はpHの平均値をそれぞれ示し、エラーバーは標準誤差を示す。

アンモニウムイオンを除くカチオンについて図3に示す。いずれの採水地点においても濃度の高いものから低いものへと並べると、ナトリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオンそしてカリウムイオンの順であり、上流から下流に向かって全てのカチオン濃度は上昇する傾向にあった。主要なカチオンはナトリウムイオンとカルシウムイオンであった。カリウムイオンはごく低濃度で検出された。

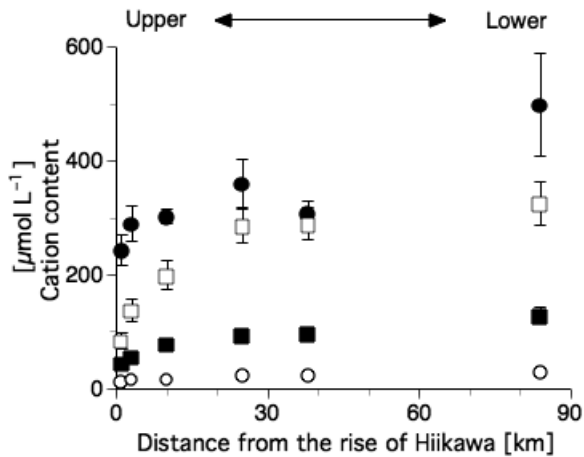


図3 斐伊川各採水地点における河川水のカチオン当量。●はナトリウムイオンの平均値を、○はカリウムイオンの平均値を、■はマグネシウムイオンの平均値を、□はカルシウムイオンの平均値をそれぞれ示し、エラーバーは標準誤差を示す。

計算で求めた重炭酸イオンを含めたアニオンについて図4に示す。いずれの採水地点においても濃度の高いものから低いものへと並べると、重炭酸イオン、塩化物イオン、硫酸イオンそして硝酸イオンの順であり、上流から下流に向かって全てのアニオン濃度は上昇する傾向に

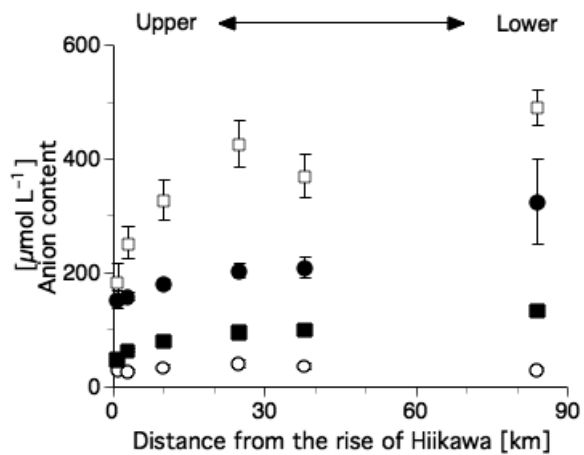


図4 斐伊川各採水地点における河川水のアニオン当量。●は塩化物イオンの平均値を、○は硝酸イオンの平均値を、■は硫酸イオンの平均値を、□は重炭酸イオンの平均値をそれぞれ示し、エラーバーは標準誤差を示す。

あった。主要なアニオンは重炭酸イオンと塩化物イオンであった。硝酸イオンは低濃度で検出された。

アンモニウムイオンと硝酸イオンの和である無機態窒素イオンについて図5に示す。上流から下流に向かいおよそ一定濃度で存在していた。平均値としては中流で増加していたが変動が大きく統計的に有意差は認められなかった。

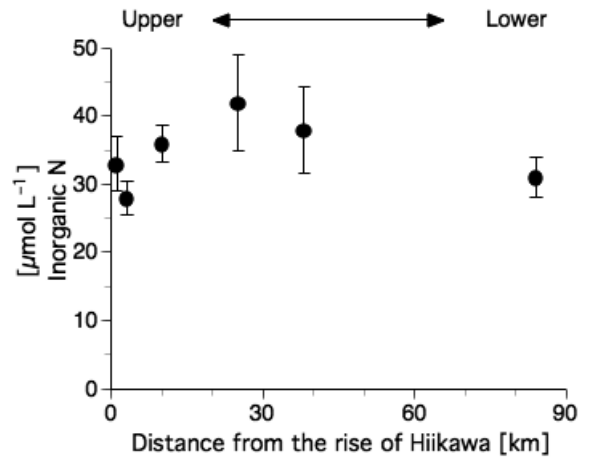


図5 斐伊川各採水地点における河川水の無機態窒素（アンモニウムイオン+硝酸イオン）イオン当量。●は平均値を示し、エラーバーは標準誤差を示す。

カチオンのうちアルカリ金属イオンの当量和を分子にアルカリ土類金属イオンの当量和を分母にした値をカチオン比とする。アルカリ土類金属イオンに対してアルカリ金属イオンが多く含まれる場合にカチオン比が高くなり、海塩の影響を受けた雨水の比率が高いと考えられる。同様に、アニオンのうち塩化物イオンと硫酸イオンの当量和を分子に重炭酸イオンの当量を分母にした値をアニオン比とする。アニオン比が高いと、海塩の影響を受けた雨水の比率が高いと考えられる。カチオン比とアニオン比の採水地点ごとにプロットしたものを図6に示した。いずれも上流から下流に向かい低下し、河口部で再度上昇した。上流部では雨水が土壌の影響をあまり受けずにそのまま溪流に流出しているのに対して、下流に行くにしたがい、酸性雨によってもたらされたプロトンの中和作用で消費されたアルカリ土類金属イオンや農耕地の施肥にともなうアンモニアの酸化過程で消費されたアルカリ土類金属イオンを多く含んだ森林土壌および農耕地土壌からの中間流出水を多く含む水が河川へと流出することが考えられる。河口部では宍道湖の汽水の影響を受け汽水の遡上がない場合でもアルカリ金属イオンの比率が上昇することが考えられる。

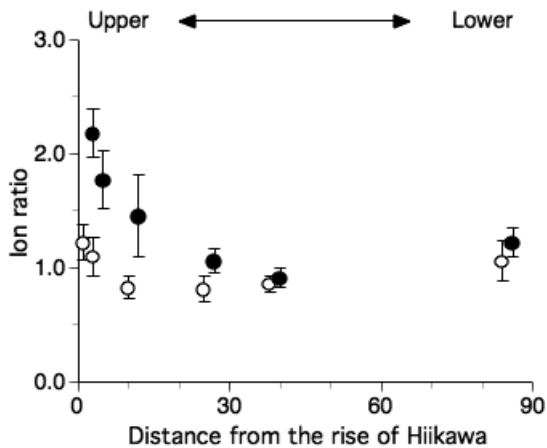


図6 斐伊川各採水地点における河川水のカチオン比とアニオン比。●はカチオン比の平均値を、○はアニオン比の平均値を、エラーバーは標準誤差を示す。

## 2. 時系列的変化

採水地点番号1の源流部と採水地点番号6の河口部について、2004年から2017年の年変動をカチオン4種類については図7に、アニオン3種類については図8に示した。カチオン濃度の年変動は源流部、河口部ともにある程度は生じるが、濃度順位には変動はなくナトリウムイオン>カルシウムイオン>マグネシウムイオン>カリウムイオンであった。アニオンは塩化物イオンと硫酸イオンの順位に変動はないが、重炭酸イオンは年により順位が変動し、重炭酸イオン>塩化物イオンとなる年や塩化物イオン>重炭酸イオン>硫酸イオンとなる年が不規則にみられた。

図9に無機態窒素イオン濃度の年変動を示した。河口部は変動はみられるが約30  $\mu\text{mol L}^{-1}$  周辺での変動であった。一方、源流部では近年アンモニウムイオンが散

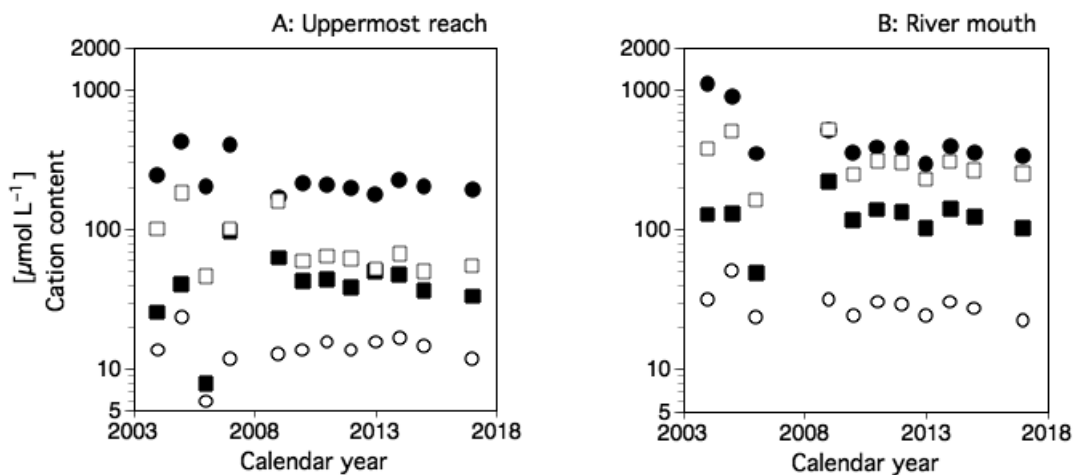


図7 斐伊川源流部 (A) と河口部 (B) における河川水のカチオン当量の年変動。●はナトリウムイオンの平均値を、○はカリウムイオンの平均値を、■はマグネシウムイオンの平均値を、□はカルシウムイオンの平均値をそれぞれ示す。

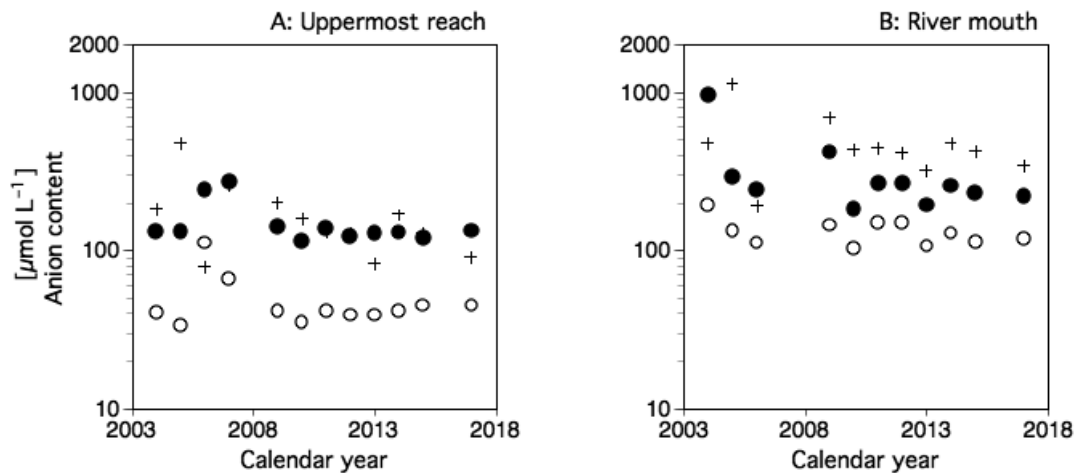


図8 斐伊川源流部 (A) と河口部 (B) における河川水のアニオン当量の年変動。●は塩化物イオンの平均値を、○は硫酸イオンの平均値を、+は重炭酸イオンの平均値をそれぞれ示す。

発的に検出され、無機態窒素としては増加傾向にある。しかし、中下流域で合流する支流においては無機態窒素イオン濃度は安定しているようで斐伊川全体の無機態窒素イオン濃度を上昇させるには至っていない。アンモニウムイオンはカリウムイオン同様に中間流出水に含まれることはまれであり、林内雨など降水の水質の影響を受けていることが考えられる。

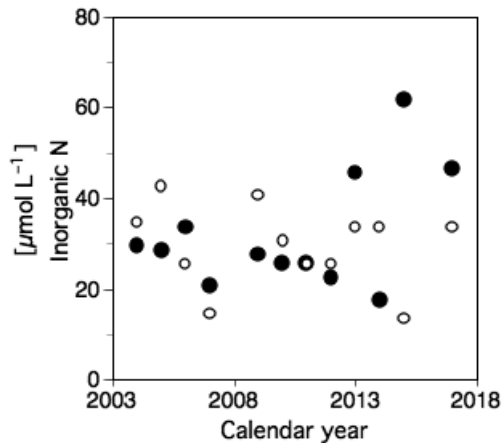


図9 斐伊川源流部と河口部における河川水の無機態窒素イオン当量の年変動。●は源流部を、○は河口部をそれぞれ示す。

### まとめ

水の世紀ともいわれる 21 世紀が始まり 20 年近くの時間が経過しようとしている。2004 年以降 14 年間の斐伊

川水質のモニタリングにより、源流部から河口部にいたるまで水質は良好な状態にあることが示された。しかし、降水による窒素酸化物やプロトンを含む物質負荷は収まる気配もなく、実際に流域全体での窒素濃度の上昇など少しずつ変化がみられるようになってきたのではないかと危惧される。都市部だけでなく中山間地域の生活環境を保全するために、今後も源流部における降水と渓流水のモニタリングを実施する必要がある。

### 謝 辞

森林学教育コースの学生院生諸君には水質分析をお手伝いいただいた。ここに記して感謝する。

### 引用文献

片桐成夫・山下多聞・葛西絵里香・尾崎嘉信・寺田和雄・長山泰秀・金子信博・新村義昭 (2002) 三瓶演習林における酸性雨長期モニタリング観測によるスギ人工林および落葉広葉樹林の林外雨、林内雨、樹幹流の化学的組成の変化。島根大学生物資源科学部研究報告 7: 15-25.

山下多聞・橋本哲・葛西絵里香・中野尚夫 (2005) 斐伊川における河川水質の時間的空間的変動。島根大学生物資源科学部研究報告 10: 47-52.