

21 溪流における鉄の成分変化と濁り～冬季蒲牟田川での事例～

南九州大学 ○北村泰一 藤咲真由美 川信修治

1. はじめに

溪流水の濁りの要因には様々なものがあげられるが、筆者らは鉄の成分変化による溪流水の濁りについて調査したので、その結果を報告する。研究対象溪流は、霧島連山を源とする大淀川上流支流の蒲牟田川のうち高千穂川との合流地点から湧水地点（湧き出し口）までの全長約700mの区間で、平均河床勾配1/30、平均川幅7m、平均水深50cmであり、湧水地点からは鉄分を含む天然水が日常的に溪流に流入している（図-1）。調査期間中の溪流の平均流量は $0.25\text{m}^3/\text{sec}$ で、流域内には鉄分の生産源となる人為的排水はない。

2. 調査方法

一般に溪流水に含まれる鉄は、総鉄（全鉄）、溶存鉄（水中に溶解している鉄；第1鉄イオン Fe^{2+} 、第2鉄イオン Fe^{3+} など）、懸濁鉄（水酸化鉄 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ など）。総鉄から溶存鉄を除いた鉄に分類されるが、第1鉄イオンは酸化によって第2鉄イオンに、さらには水酸化作用によって懸濁鉄へと変化し、最終的には懸濁鉄が濁りの原因となる。本研究では、こうした鉄の成分変化と溪流水の濁りとの関連を知るために、湧水地点、湧水流入地点の他、水深や川幅の変化・流れの状態等を考慮して設定した測線毎に第1鉄イオン濃度、溶存鉄濃度、濁度を測定した。このうち第1鉄イオン濃度はフェナントロリン法による分析器（アメリカHACH社製DR/700）により現地で速やかに測定し、溶存鉄濃度は採水直後の試料水に適量の濃塩酸を加えて水酸化の進行を停止させうえて試料水を実験室に持ち帰り、原子吸光法により分析測定した。また、濁度（透過光式）と溶存酸素（隔膜透過法）は東亜電波工業社製の水質分析計により現地で測定した。測定地点は各測線の右岸側（流心）、中心部、左岸側のそれぞれ水深10cmと河床付近とし、測定は1995年12月2日、16日、1996年1月10日、2月3日の4回行った。

3. 結果

湧水を透明のガラス容器に入れて放置しその後の成分変化を観察すると、酸化・水酸化の進行に伴って第1鉄イオン濃度、溶存鉄濃度は速やかに減少し、濁度(mg/l)は採水直後には無色透明に近い状態であったものが40（10分後、pH 6.57）、100（1時間後）、140（4時間後、pH 8.75）と短時間のうちに増加する。これに対して現地溪流では、湧水流入地点から下流50m地点までの間の、対象区間の中でも最大水深が1mと深く攪乱によって水面が波立つことのない非常に穏やかな層流状態を呈し懸濁鉄が沈殿している区間（区間I）において、溶存鉄濃度、第1鉄イオン濃度の著しい減少が認められた。さらに濁度は、沈殿した懸濁鉄の攪はんにより局部的に高い値を示す箇所も存在するが、区間Iにおいてある程度増加した後は流下距離とともに漸次増加する傾向が認められた（図-2）。

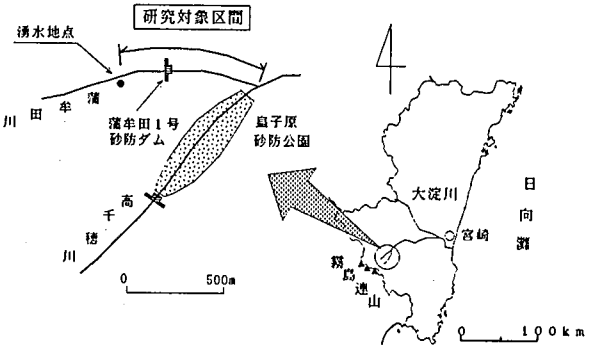


図-1 調査位置図

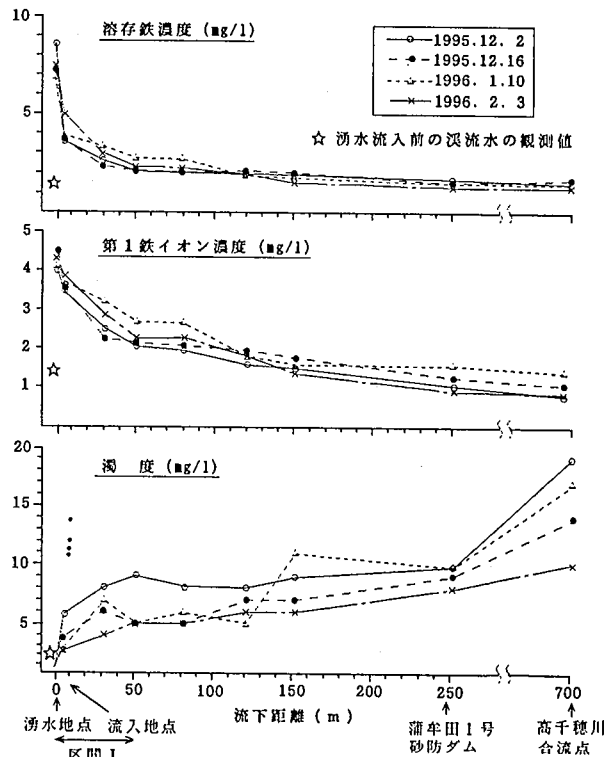


図-2 調査結果

4. 考察

渓流水中に含まれる成分の濃度変化については、希釈や対流、乱流拡散による成分輸送の影響も考慮しなければならないが、こうした物質移動についての詳しい考察は別の機会に委ねるものとして、ここでは区間Ⅰで観測された著しい濃度変化の要因について検討した。鉄成分に由来する渓流水の濁りの原因は懸濁鉄であり、それは第1鉄イオンや溶存鉄の酸化・水酸化によって生成されるものであるから、こうした反応を支配する要因が渓流水の濁度にも影響を及ぼすものと考えられる。

① 溶存酸素濃度

第1鉄イオン濃度・溶存鉄濃度の変化量（減少量）はこれらの成分の酸化や水酸化の度合いを示すものと考えられる。区間Ⅰでの成分の減少量と渓流水の溶存酸素濃度との間には明瞭な相関関係が認められ（図-3）、その傾向は水酸化鉄の直前物質である第2鉄イオンを含む溶存鉄で著しい。これは第1鉄イオンの酸化によって形成が促進された第2鉄イオンが即座に水酸化鉄に変化するためと考えられ、従って溶存酸素濃度が水酸化鉄の生成に大きな影響を及ぼしていると推定された。

② 流下時間

区間Ⅰでの流下時間は190~350秒（平均流速に換算すると0.26~0.14 m/sec）で他の区間と比較して長い。区間Ⅰでの流下時間は酸化・水酸化の反応時間と考えられ、区間Ⅰでの流下時間と第1鉄イオン濃度・溶存鉄濃度の減少量との間にも比較的明瞭な相関関係が認められた（図-4）。さらに、区間Ⅰでの流下時間と高千穂川合流直前地点の濁度との関係を見ると、流下時間が長くなるにつれて濁度が漸次減少していく傾向が認められた（図-5）。区間Ⅰでは、第1鉄イオン濃度、溶存鉄濃度の著しい変化（減少）が生じているが、濁度については流下時間の最も短い12月2日を除き大きな変化は認められない。したがって、区間Ⅰでは酸化・水酸化は進行するが、濁度の観測値は低いいため懸濁鉄として濁度計に検出されない反応途上の水酸化鉄が相当量含まれているものと推定される。

以上のことから、鉄の成分変化が濁りの原因となる渓流では、湧水直後に十分な溶存酸素と流下（滞留）時間を与えて酸化・水酸化を促し、懸濁鉄および反応途上の水酸化鉄の生成を早め捕捉することで、下流部の濁度をある程度低減できることが示唆された。

おわりに

本稿は低温渇水期での結果であるので、今後は溶存酸素濃度が低下する高温期や流下時間が短くなる増水期での調査が必要である。さらに、濁度の値以上に『見た目』が汚いので、該当する渓流での水辺環境の悪化を示す現実的な指標も必要であると思われる。

なお、本研究は、文部省科学研究費（一般研究（C）07660204）によるものである。

*参考文献

日本分析化学会北海道支部：水の分析。（株）化学同人社，1966。

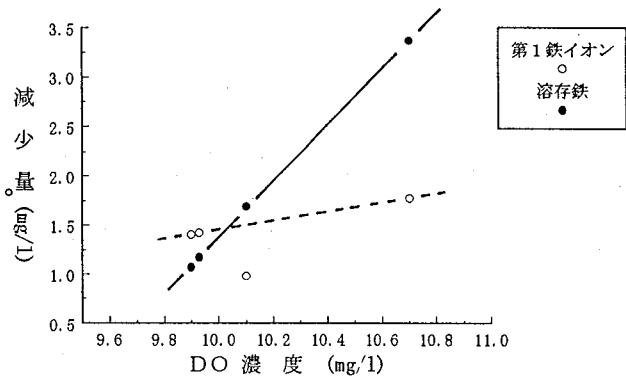


図-3 溶存酸素濃度と成分の濃度変化

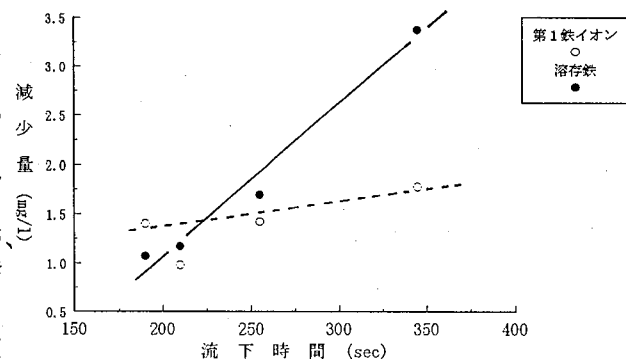


図-4 流下時間と成分の濃度変化

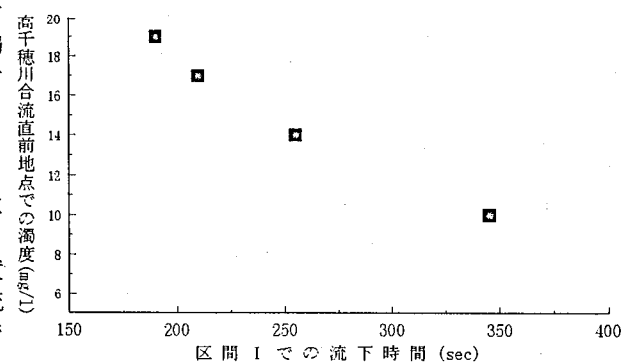


図-5 流下時間と下流地点の濁度との関係