

高時川で発生する濁水に関する所見

岐阜大学 流域圏科学研究センター 准教授 原田守啓

1. はじめに

まず、2022年8月の高時川・姉川の洪水で被害を受けられた方、またその後の濁水の長期化により影響を受けている方々にお見舞い申し上げます。

私の専門は、河川工学、土砂水理学（水による土砂の動きやそれにより形成される河川地形等に関する学問分野）、河川生態学であり、とくに河床材料が石礫・砂利・砂で構成されているような河川中上流域の水理と河川環境の関係性を主な研究対象としています。

姉川・高時川については縁あって以前から注目しており、2022年8月上旬の高時川・姉川における二度の洪水時にも、霞堤からの氾濫等が発生し多量の土砂が河道内外に堆積したことから、発生直後に河道内に堆積した土砂の採取・分析等を行い、その後の濁水の長期化についても事態を注視して、原因について考察していました。この度、滋賀県庁からの高時川濁水問題検討会議への参加要請に応じ、滋賀県及び検討会議メンバーの有識者から情報共有していただいた調査結果等に基づいて、高時川の濁水の長期化について現時点での所見を述べさせていただきます。

2. 濁水の原因となる土砂の一般的性質

- 一般的に、増水時に「川の濁り」として認識されるのは、流水中に含まれる細粒土砂であり、おおむね粒径0.1mm以下の微細砂・シルト（0.005-0.075mm）・粘土（0.005mm以下）がこれにあたる。これらの細粒土砂は、一般的には山地斜面や農地等の表土・土壌に多く含まれており、降雨によって流出し、川の濁りとして認識される。
- 細粒土砂は粒子が非常に小さいため沈降速度が小さく、流水に含まれる細粒土砂の大部分は流れのある川の中に堆積することなく河口まで流れていき、静穏な水域で沈降・堆積するが、河道内であっても流れが淀む場所や、植物が生えていて流れが穏やかな場所などでは堆積し、細粒土砂の堆積層として残存する。また、土砂の濃度が高濃度であるほど、堆積しやすくなる。
- 2022年8月上旬の高時川の洪水直後に個人的に行った現地調査では、河道内の高水敷にある広場や、霞堤開口部付近の農地、姉川・高時川合流部の堤外農地などに、こげ茶色の細粒土砂が大量に堆積しており、洪水時にかなり高濃度の細粒土砂が流下していたことが推測される。
（洪水後に河道内で採取した堆積土砂のサンプルあり）

3. 高時川に流入した細粒土砂の由来と発生源

- 高時川流域の山々を形作る岩石は、美濃帯に属する堆積岩が主であり、日本の南の海で堆積した泥（シルト・粘土）や砂がプレート移動に伴う付加作用で形成された泥岩・砂岩等が主なものである。泥岩・砂岩は、風化・破碎・摩耗した際に、元となった土砂の粒径程度まで細くなる性質があり、泥岩はシルト・粘土に、砂岩は砂に戻る。高時川の濁りの原因となっている細粒土砂は、高時川流域の泥質の堆積岩が風化したものに由来している可能性が高く、山地斜面の表土の浸食、溪岸浸食によって流入支川から高時川本流にもたらされた可能性が高いと判断される。

- 滋賀県が令和2年と令和4年に実施した2時期の航空レーザ測定の差分解析の分析結果では、山間地の溪流での浸食傾向、溪流が流入した先の河川での堆積傾向が明瞭に表れている。地域の方々が着目されている最上流域のスキー場跡地では、溪岸浸食が認められる。それ以外の溪流からも、多くの土砂が溪岸浸食等により発生している。
- 滋賀県が調査会社に委託して2023年7月末に行った高時川濁水・土砂分析調査の結果のうち、溪岸・河岸の堆積土砂の粒度分布に着目すると、細粒土砂が18～84%程度含まれており、各溪流で溪岸浸食が生じる過程で、多量の細粒土砂が高時川にもたらされたと考えられる。
- また、レーザ測定の精度では確認できないが、多量の降水があったことから、主に人工林の山地斜面の土壌が流亡する形態での土砂流入も一定程度発生していたのではないかと推測される。山地斜面からの土壌流亡と、溪岸浸食による土砂流出の割合を判断する材料は今のところない。

4. 高時川で継続的に発生している濁水のもととなる細粒土砂と濁水発生メカニズム

- 細粒土砂の沈降速度は非常に小さいため、2022年8月の出水で河川に大量に流入した細粒土砂のうち、多くの部分は琵琶湖まで到達したと考えられる。しかしながら、そのうちの一部は河道内の高水敷や合流部の静穏域に分厚く堆積（大部分は人為的に撤去されたと推測）したほか、一部は現在も河床に残存し、濁水の発生源となっていると考えられる。
- 滋賀県が調査会社に委託して2023年7月末に行った高時川濁水・土砂分析調査の結果のうち、河床材料の粒度分布を分析した結果によれば、河床材料の砂に10%程度のシルトが含まれていることが確認されている。（粘土分は確認されていない）
- 平野部の緩流河川や河口部付近を除き、山間地区間や扇状地区間の河床材料にシルトが含まれていることは珍しく、高時川の河床材料に含まれるシルト分は、2022年8月の洪水によってもたらされた可能性が高いと推測される。（注：それ以前の河床材料調査結果と比較できるとよい）
- 通常、シルト等の細粒土砂は沈降速度が小さいために流水のある河床には堆積を生じにくいですが、極端な高濃度で細粒土砂が含まれる状態で、より沈降速度が大きい砂分が沈降・堆積する際に、砂とともに堆積層を形成したと推測される。（注：要検証）
- 検討会議メンバーの大久保卓也委員による調査資料、滋賀県が行っている高時川濁水調査の結果等によれば、現在の高時川の濁りは最上流域の溪流では少なく、高時川本川が山間地を流下する過程で濁度が高まっている。小原地点、菅並地点、下丹生地点と、山間地を流下する過程で濁度の上昇がみられる。高時川濁水・土砂分析調査の結果と併せて考察すれば、現在の高時川の濁りの発生源は、溪流における溪岸浸食によるものよりも、河床材料に砂と混ざって存在しているシルト分が、砂が動く程度の増水時に流水中に巻き上がって発生しているものが支配的であると考えられる。
- 泥にまみれた砂や砂利が水中でこすれあって、洗われているような状態を想像してもらおうとよい。出水によって河床の土砂が動くことによって土砂に含まれる（あるいは土砂に付着している）細粒土砂が舞い上がり、川が濁るといふ自濁作用が働いている。

5. 対策の可能性・方向性

- ▶ 高時川濁水・土砂分析調査の結果のうち、河床材料の粒度分布を分析した結果によれば、上流から下流の調査地点の広範囲の河床材料に 10%程度のシルトが含まれていることが確認されている。人為的に土木的な手段によってこれを除去することは困難である。ただし、アユの産卵床造成など、限定された範囲では、河床耕耘は効果的な手段となりうる。
- ▶ 上流域における溪岸浸食等による新たな細粒土砂の供給がなければ、河床から浮上する細粒土砂は、濁水が発生する度に減少することは間違いないが、河床が洗われる度合いは、出水規模による。また、河床表層にどの程度の層厚でシルト分が含まれているかにもよる。(注：面的に均一に存在しているわけではないので、現地調査による把握は非常に難しい)
- ▶ 増水時に容易に浸食されうる位置に不安定（切り立っている、不安定な露頭）な溪岸斜面があれば、浸食を受けにくいよう緩斜面に整正する、何らかの保護工（袋詰め玉石等）を施すといった対策、大規模な箇所があれば治山堰堤等による山脚固定も有効と考えられるが、高時川に流入する支川・溪流の本数が多く、長い延長を対策するのは現実的ではないため、大規模な発生源となりうる箇所があれば、優先的に対策すべきである。
- ▶ 出水時に生じる濁水に含まれる細粒土砂の大部分は、よほど高濃度でない限りは琵琶湖まで到達し、河床に再堆積することはあまりない（あったとしてもわずか）と考えられる。高水敷や河岸等に泥が少し残るような形では残りうる。

6. 参考:アユへの影響

- ▶ 滋賀県が行っている高時川濁水調査の結果には濁度（単位：mg/l）の計測結果が示されている。
- ▶ 水産用水基準（水生生物の生息環境として維持することがのぞましい基準）として、河川では 25mg/l 以下という数値がある。
- ▶ アユに対する濁度の影響として、安房田ら（2010）はアユを清水と 50~500mg/l に濁度を調整した飼育水で飼育する実験を行い、短時間であれば 100mg/l の濃度ではストレスが認められないが、200mg/l では短時間でもストレスが認められることを示している。また、50mg/l に 24 時間さらされた場合においてもストレスが認められる。
- ▶ Mori et al. (2018) は、実験河川に濁水が発生させる実験を行い、濁度が 200mg/L を超えるとアユが濁水を忌避し、濁りの少ない場所を求めて移動することを確認している。
- ▶ 水際部の植生帯などでは、流れが穏やかであるために濁度が低くなっているケースが多い。出水で河川が濁っている際には冠水した水際の植生に魚類が避難している状況もみられる。
- ▶ アユの餌となる付着藻類は、シルト分が堆積すると餌資源として価値が低下する。また、付着藻類の生産速度（成長速度）が低下する。付着藻類にシルトが堆積するかどうかは、シルト分の濃度と流れの状態に依存しており、一概にはいえない。
- ▶ アユ産卵場については、全国的には 20-30mm の砂利が浮石状に堆積している瀬を利用する報告が多い。細粒分が堆積しているような場所は産卵場として利用されない。滋賀県琵琶湖環境科学研究センターの水野ら（2020）が琵琶湖流入河川 9 河川のアユ産卵場の河床材料について調べており、姉川では最小粒径 0.7mm、2mm 以下の砂分が 15%、2~32mm の砂利分が 85%程度の場所が主な産卵場となっていることが報告されている。

- 経年的に産卵場として利用されてきた区間の河床にシルト分が含まれてしまっている場合、河床耕耘によって河床材料に含まれる細かい砂やシルトを洗い流し、アユ産卵床を人為的に形成することは効果的であると考えられる。

以上