

山口大学大学院理工学研究科環境共生工学専攻 ○武下明義

山口大学大学院理工学研究科環境共生工学専攻 関根雅彦 浮田正夫 今井 剛 樋口隆哉

1. はじめに

現在、アユで有名な A 川では、平成 11 年 6 月の水害を受けての緊急事業として約 6km の改修を 3 年間で完成させるため、全面展開により工事を実施せざるを得ない状況にある。このような状況であるため、A 川に河川工事による高い濁度が発生している。A 川に生息する水生生物は絶えず濁水に曝されているため、濁水による水生生物へ与える影響が懸念され問題となっている。しかし、濁水が水生生物に与える影響を調べる研究の多くは、室内実験であり、現場において濁水中の水生生物への影響を調査した研究は少ない。また、濁水処理方法においては、経済的で簡易な方法という観点では、有効な工法がなく、新たな濁水処理工法の開発が求められている。そこで、本研究では、濁水中のアユの行動や水生生物量を調査し、堰上げによる沈殿池の造成と凝集剤の併用による現地処理の可能性を検討した。

2. アユの濁水忌避行動調査

秋になると、アユは産卵のため河口付近へと降河する。これを落ちアユという。落ちアユが濁水に遭遇した時にその行動が阻害されるかどうかを調べるために、A 川でアユに発信機を付けて放流し、遠隔測定法により濁水中のアユの行動調査を行った。A 川に放流したアユの例 (図 1、2) では、高い濁度ではアユの動きが活発ではなく、濁度が 300NTU を下回ると行動範囲が拡大した。また、濁りのない河川に発信機を取り付けたアユを放流した例では、放流後、すぐに放流点から離れる行動を示したが、A 川に放流したアユの行動を観察すると、放流後も放流点である清水が流入する場所に留まる時間が長かったことから、濁度が低くなる清水の流入部を選好したと思われる。

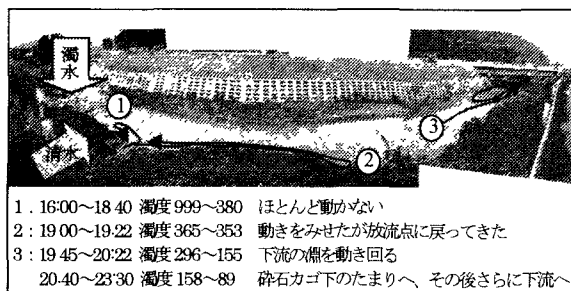


図 1 濁水中のアユの行動

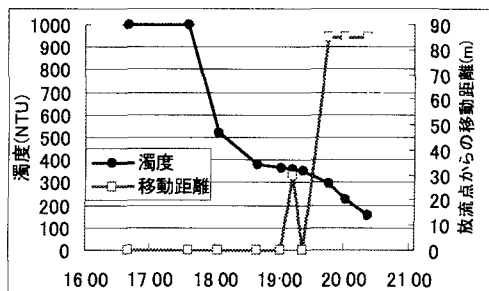


図 2 アユの移動距離と時間変化

3. A 川生物量調査

A 川 St.6~St.8 (図 4)、上流の河川工事による濁水が発生していない区間、および比較のため濁水の発生していない同水系の B 川で調査を行った。A 川 St.6~St.8 は河川改修工事の濁水による底泥の堆積量に違いがあり、St.7 では碎石カゴ (堰上げのために網に碎石を入れたもの) があるため、10cm 程度の堆積がある。St.6、St.8 には堆積はほとんど無い。A 川の濁水は、上流にある数カ所の工事現場から発生している。B 川については A 川と河川状況 (水深、川幅) が類似し、場所が近いことから選定した。各調査区間において、投網、たも網、底生生物量調査を行った。底生生物量調査は調査河川の代表的な場所 (瀬、淵) においてコドラート (50cm×50cm) で適宜行った。また、水質測定器 (HORIBA U-10) で pH、COND、DO、濁度、水温を測定

した。各調査地点の水質測定結果を表 1、生物量調査の結果を図 3 に示す。投網、たも網の結果では顕著な差が見られなかったが、底生生物量調査では、濁度が高い St.6～St.8 の生物量が少なく、St.7 においては採取量 0 という結果になった。濁水による堆積物により、底生生物にとって生息環境が厳しくなった事が原因の 1 つであると考えられる。

4. 現地における濁水処理方法の検討

4.1 硫酸バンドに対するアユの耐性実験

A 川は、典型的な 2 級河川であり、高コストの処理方法を適用すると、他の多くの河川でも同様の処理が要求される事が予想され、望ましくない。こうした観点から、今回は一般土木施工業者が取り扱える資材であり、他の河川へ対応可能な工法であることを重視し、濁水処理方法の選定を行った。また、今回は処理施設等の設置場所の確保が困難であったため、河道内で行える濁水処理方法として砕石カゴを用いた沈殿池の形成を行った。しかし、St.1～St.8 の SS 除去率は 23% であり、効果が不充分であったため、硫酸バンドによる凝集処理を試みることにした。これに先立って、硫酸バンドの生物に対する安全性を調べるためにアユを用いた耐性実験を行った。実験は、A 川の濁水(124NTU)を 45L 入れた 2 つの水槽 a、b を用意し、アユを各 2 尾および現地で採取したヨシノボリやカマツカ等を各水槽に数尾投入した後、水槽 a には硫酸バンド(4.5mg- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{L}$)を注入して人手により攪拌した。結果は、ヨシノボリ等はいずれの水槽も生存していたものの、水槽 b のアユは 2 尾とも死亡していた。アユを購入した漁協では、22℃で飼育されていたが、実験時の河川水温は 30℃近くあり、アユは高温のストレスを受けていたと思われる。したがって、水槽 b も、水温が低ければ死亡しなかった可能性もあるが、水槽 a のアユが死亡しなかった事より、硫酸バンドのアユに対する影響は短期的にないと判断した。

4.2 硫酸バンドによる A 川での現地実験

A 川にて硫酸バンドを用いて濁水処理実験を行った。硫酸バンドはジャーテストで求めた最適量(3.2mg- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{L}$)を 5 時間連続注入した。硫酸バンドの効果を検討するために、図 4 の St.1～St.8 において、水質測定器(HORIBA U-10)で pH、DO、濁度、水温の測定を行った。pH 測定結果では、8.98 から 7.78 へ下がったが問題ない範囲であると判断した。濁度変化の結果(図 5)では、硫酸バンド注入により 84%の SS 除去率を得た。しかし、硫酸バンド注入によっても処理水の外観は清澄とはいえないものであり、アルミニウム含有堆積物の生物への長期的な影響が明らかでないことから、現在、硫酸バンドの注入を見送っており、砕石カゴによる沈殿処理のみ行っている。

4.3 濁水による底泥堆積量の算出

測量により河川工事の濁水による底泥堆積量を測定した。また、濁度の日変動を調べるために水質測定器を

表 1 各調査地点の水質測定結果

	B 川	A 川上流	A 川 St.6, St.7	A 川 St.8
濁度(NTU)	2	25	64	54
pH(—)	7.49	8.38	8.14	8.23
水温(℃)	11.6	14.4	13.9	13.9
DO(mg/L)	11.12	10.50	11.06	10.58
COND(ms/cm)	0.100	0.150	0.155	0.156

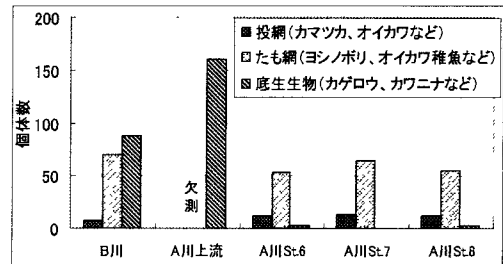


図 3 各調査方法による採取生物

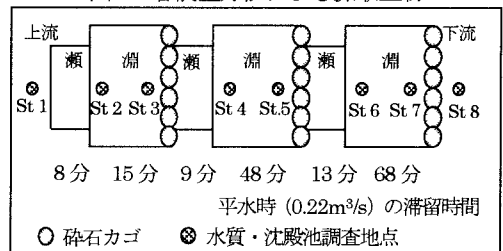


図 4 A 川調査地点概略図 (St.1～St.8 約 300m)

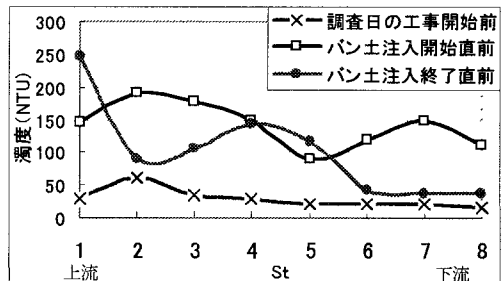


図 5 A 川流下方向濁度変化

設置し、2週間連続測定を行ったところA川の平均濁度は352NTU、別に求めた濁度-SS換算曲線より、平均濁度をSSに換算すると207mg/Lとなった。平水時の平均流量 $0.22\text{m}^3/\text{s}$ とすると、平水時にこの区間に堆積するSSは 0.90t/day となる。この値を基準とし、区間内の堆積量を表2にまとめた。表2に示すように、St.2~St.3では12t、St.4~St.5では160t、St.6~St.7では28t堆積している。日数に換算するとSt.2~St.3では13日、St.4~St.5では171日、St.6~St.7では32日分に相当する。

5. 簡易モデルによる沈殿池効果の評価

砕石カゴを用いた沈殿池形成による効果を簡易モデルにより評価することを試みた。これに先立って、A川で河川工事による濁水の流下時間を算出するために、水質測定器(HORIBA U-10)で3地点の濁度の時間変化を測定し、濁水の流下時間を算出した。測定地点はSt.2から約880m上流のSt.0とSt.2、St.7で濁度を測定した。St.2~St.7は約300mある。また、各地点の濁度を測定すると同時に、最も濁度が高くなった時に採水し、SSと粒度分析機(HORIBA LA-920)で粒度分布を測定した。3地点の濁度時系列変化を図6に示す。この結果から、調査時流量 $0.36\text{m}^3/\text{sec}$ におけるSt.0~St.2の滞留時間は50分、St.2~St.7の滞留時間は45分であることが確認された。

3地点の粒度分布を図7に示す。瀬が続くSt.0~St.2では濁度は低下するものの粒度分布の変化は少なく、沈殿池を形成したSt.2~St.7では濁度の変化は小さいものの、粒度 $10\mu\text{m}$ 以上の成分が減少していることがわかる。これらの結果を用いて簡易モデルによる沈殿池効果の評価を行うことにした。Stokesの単粒子自由沈降速度式を用い、理想沈殿池と同様の手法で粒子径 $1.005\mu\text{m}$ から $51.471\mu\text{m}$ までを30段階に分割した各粒度毎の除去率を算出した。実際の河川中では、乱流の効果により理想的沈殿池の除去率は大幅に低下する。3地点の濁度の最高値からSt.0~St.2の区間の除去率を算出すると47%、St.2~St.7の区間では16%である。この結果より、沈降速度 ω に乱流の効果を表す係数Cdをすべての粒度に対して乗じ、濁質の除去率が実測値に一致するように校正した。その結果、St.0~St.2の区間では $Cd=0.03$ 、St.2~St.7の区間では $Cd=0.06$ のとき、除去率が実測値と一致した。このことから、St.2~St.7では、砕石カゴにより沈殿池形成を行った事で通常の河道に比べ、沈殿効果が2倍となり、短い区間でも効果が期待できることが確認された。しかし、沈殿池だけでは小さな粒子は除去できない事も確認された。

6. まとめ

濁水中のアユの行動を調査したところ、300NTU以上という高濃度下で行動抑制が確認されたが、筆者らの別室内実験によると、アユの濁水忌避行動は、固体差はあるが約25~50ppmから見られることが明らかになっており、行動が可能であるレベルより低い濃度レベルで忌避が起こっている点には注意が必要である。濁水処理に関しては、砕石カゴにより沈殿池を形成し、さらに凝集剤を併用することで80%程度の除去効果を得ることができたが、薬品を連続的に河川に注入する抵抗感から現在は沈殿池形成による処理のみを行っている。一方、簡易モデルによる沈殿池形成効果の評価からは、沈殿池の形成により沈殿効果は通常河道の2倍となり、コストも非常に安価で一定の効果を得られたが細粒子の除去効果は小さいことが示唆された。今後は、天然高分子凝集剤による細粒子の除去を検討する予定である。

表2 濁水による底泥の堆積

	水量 (m^3)	堆積量 (m^3)	堆積量 (t)	堆積量 (日数)
St.2~3	192	12	12	13
St.4~5	761	160	154	171
St.6~7	901	30	29	32

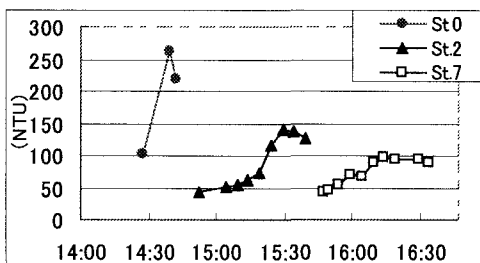


図6 3地点の濁度時系列変化

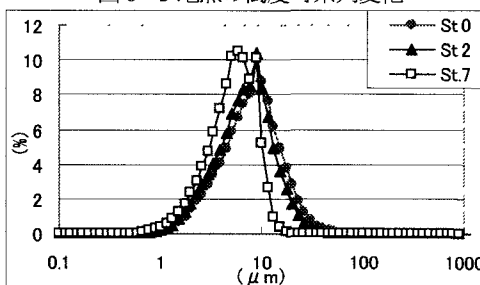


図7 粒度分布の流下方向変化