

天然由来の火山灰質凝集材を用いた濁水凝集処理に関する現地実験

海野 仁・箱石憲昭

1. はじめに

我が国では既設ダムのストックが増大するとともに、ダムの機能を高める改造事業・再開発事業が数多く進められている。ダムの改造・再開発のうち、放流施設を増設する場合、または堆積土砂を湖内で移動する場合には、作業に伴う濁水の発生が予想されることから、適切な対策が求められる。土木研究所水理チームでは数年来、土コロイドであるアロフェンを用いた貯水池の濁水対策に関する研究を進めてきた。本稿では、宮崎県が進めている耳川水系総合土砂管理の一貫として、堆積土砂の湖内移動が進められている山須原ダム貯水池（九州電力（株）管理）において、アロフェンを用いた濁水凝集処理に関する現地試験を行った結果を報告する。

2. 使用した凝集材

実験には、アロフェンを主成分とする火山灰質凝集材を使用した（写真-1）。アロフェンは風化火山灰・火山灰質土壌に多く含まれる天然の土コロイドで、吸湿性・凝集性に優れる。我が国では、北海道・東北・九州地方などに多く分布し、調達が容易と考えられる。水中に懸濁させたアロフェンは、周辺のpH環境により凝集や分散現象を生じることが知られている¹⁾。また、水との親和性や吸着能力に優れることから、乾燥剤や吸着剤として利用されている。アロフェンは、元来土壌に含まれる物質であり、凝集材として貯水池に投入しても、水利用に及ぼす影響、生物生息環境に及ぼす影響は少ないと考えられる。また、添加したアロフェンによる堆砂の増加量は微量であり、貯水池の濁水対策としての利用が期待されている。

製造元への聞き取りによると、凝集材の製造工程は、おおよそ次の通りである。

(1) 栃木県内の採取地から火山灰質土壌を採取し、工場に運搬。

(2) 運搬した土壌に水を加え、木片などの不純物を除去。

(3) 比重差を利用して主にアロフェンを含む土粒子を選別して抽出。

(4) 抽出した土粒子を脱水。

なお、製造工程では有機物を除去するための薬剤、pHを調整するための薬剤等は添加していないとしている。製造元で公表しているアロフェンを主成分とする火山灰質凝集材の化学成分の分析値を、表-1に示す。成分の多くは、二酸化ケイ素と酸化アルミニウム（Ⅲ）が占めている。



写真-1 実験に使用したアロフェン

表-1 実験に使用したアロフェンの化学成分²⁾

成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	その他
含有率[%]	50.0	43.2	3.6	1.1	2.1

3. 現地実験

3.1 実験目的

当チームではこれまで、アロフェンを凝集材として濁水を効率的に凝集させる分散方法・攪拌方法について検討してきた³⁾。ここでは、室内予備実験・現地実験の結果をまとめるとともに、実用化に向けた課題を整理する。

3.2 実験方法

3.2.1 予備実験

現地実験に先立ち、凝集材の投入量と濁度の低減状況の関係を調べることを目的に予備実験を

行った。実験ケースを表-2に、また、実験手順を以下に示す。

(1) 模擬濁水の製造

山須原ダム貯水池から採取した底泥を材料に、模擬濁水を製造した。底泥を純水に懸濁させ、数分間静置後の上澄み液を採取し、初期濁度がおおよそ90 NTUになるよう調整した。ここで、NTUとは、Nephelometric Turbidity Unit（比濁計濁度単位）の略で、ホルマジンによる水の濁りを基準とした濁度計測に用いられる単位である。蒸留水1Lにホルマジン1mgを溶かした濁度を1NTUと定義する。

(2) 超音波分散

所定量のアロフェンを100mLの濁水に懸濁させた後、900mLの濁水と混合し、周波数20kHz、出力600Wの超音波分散装置を用いて20秒間分散した。

(3) 急速攪拌

分散後のアロフェン・濁水混合液を試水凝集反応装置（ジャーテスター）に静置し、150rpmで180秒間攪拌した。

以上の手順を経た後、ビーカーを静置の上、水面下4cmの濁度の経時変化を測定した。濁度の測定には、ホルマジン溶液により同定した濁度計を使用した。

表-2 実験ケース（予備実験）

ケース No.	1	2	3	4	5	6	7
凝集材濃度 [mg/L]	30	60	90	180	270	360	---

3.2.2 現地実験

現地実験は、山須原ダム貯水池の堆積土砂を湖内移動する際に生じる濁水を、湖岸に設置した2基の水槽に各6.0m³注入して実施した。このうち、一方の水槽は凝集処理を行い（水槽1）、他方の水槽は何ら処理を行わず、そのまま静置した（水槽2）。凝集処理の手順は次の通りとした。

(1) アロフェン懸濁液の作成

予備実験の結果（後述）ならびに予備実験と現地実験の濁水の濁度・粒度の差異を勘案し、初期濁度285～290 NTUの濁水に対してアロフェン投入量を450mg/Lに設定し、乾燥重量に換算して2.7kgの湿潤アロフェンを準備した。次に、湿潤アロフェンを少量の濁水に混ぜ合わせ、家庭用ミキサーでペースト状に混合した。さらに、これを

タンクに移し、0.5m³の濁水と混合してアロフェン懸濁液を作成した。

(2) 超音波分散+攪拌処理

アロフェン懸濁液0.5m³をタンクから水槽に移し、5.5m³の濁水と混合し、アロフェン・濁水混合液を作成した。予備実験で使用した周波数20kHz、出力600Wの超音波分散装置を用いて180分間分散した。これと同時に吸水量13L/minの水中ポンプ4台を用いて、アロフェンによる濁質の吸着が進行するように、水槽内を攪拌した。以上の手順を経た後に静置し、2基の水槽の上層部、下層部それぞれについて濁度の経時変化を測定した（図-1）。濁度の測定には、ホルマジン溶液により同定した濁度計を使用した。

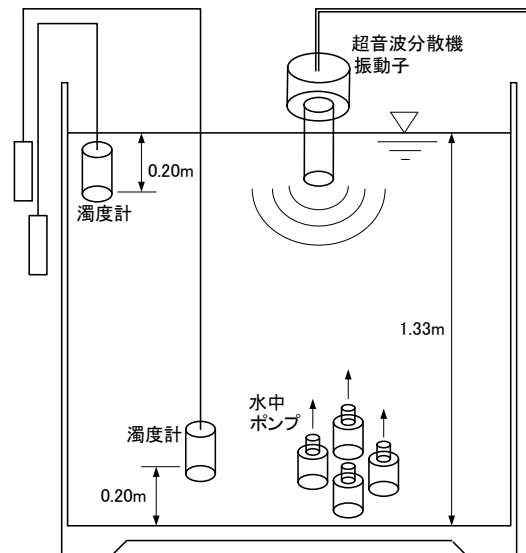


図-1 現地実験の機器

3.3 実験結果

3.3.1 予備実験

濁水に投入するアロフェン量を6段階に変化させ、濁度を比較した（写真-2）。このうち、凝集処理直後から60分経過するまでの経時変化を抽出し、図-2、図-3に示す。ケース4を例に、濁度の経時変化を概観する。初期濁度92NTUの濁水は凝集材の添加により濁度が上昇し、凝集処理直後は217NTUを示した。その後は時間の経過に伴い徐々に低減する状況が把握された。処理後15分経過した段階では7.3NTU、60分経過後には4.0NTUとなり、60分で濁度が1/20以下に低減した。一方、無処理のケースについても濁度は相当程度低減し、60分経過後には約1/3の濁度となった。

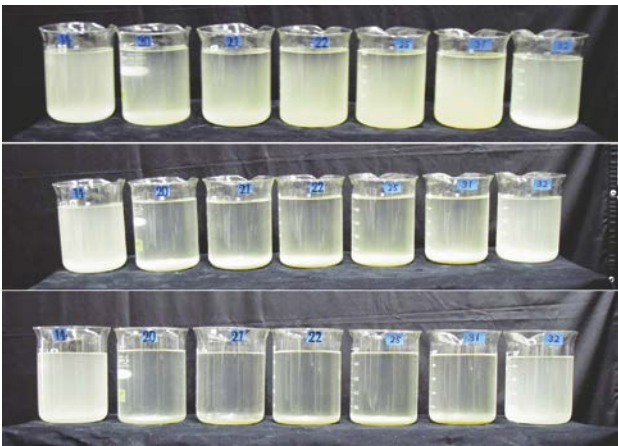


写真-2 静置後の濁度の変化 (山須原ダム)
(上から静置1分後, 15分後, 60分後)
(左からケース1, ケース2, …, ケース7)

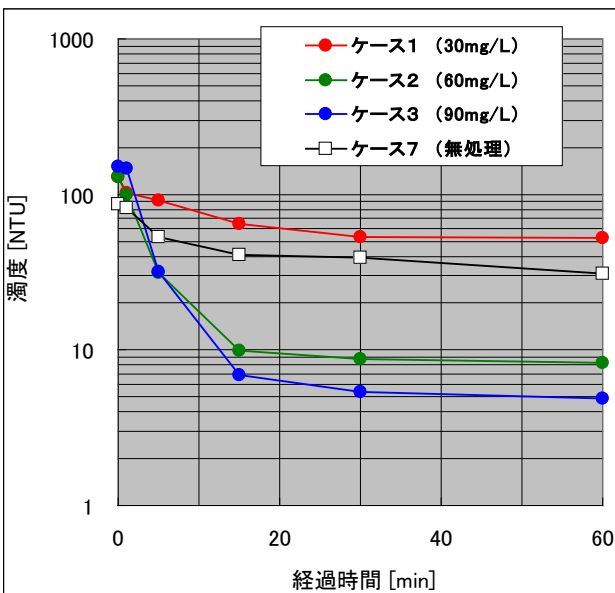


図-2 濁度の経時変化 (予備実験) (1)

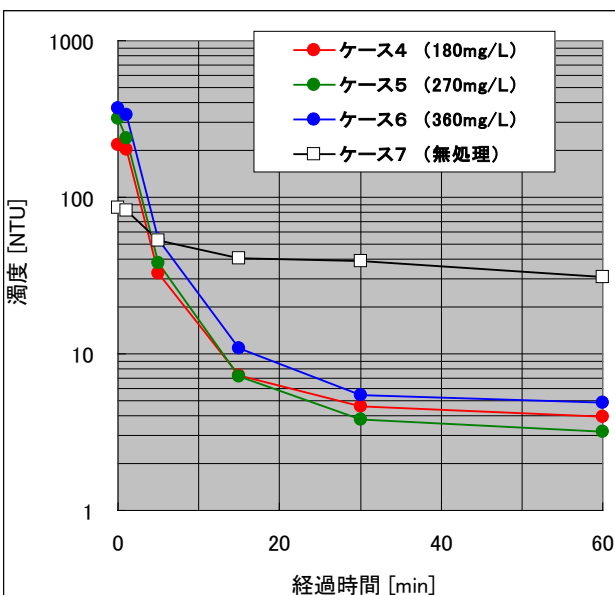


図-3 濁度の経時変化 (予備実験) (2)

次に、アロフェンの投入量と60分経過後の濁度について考察する。ケース3～ケース6ではいずれも60分経過後の濁度が3～5NTUとなり、十分な凝集効果が確認された。本結果より、試料の濁度92NTU に対し90mg/L以上のアロフェン投入が必要と考えられた。

3.3.2 現地実験

凝集処理した水槽1、無処理のまま静置した水槽2について、静置後3時間の状況を写真-3に、また、濁度の経時変化を測定した結果を、図-4に示す。ここで、分散・攪拌処理開始時刻を-180分、分散・攪拌処理終了時刻を0分とし、-180分から1,440分までの濁度の経時変化を整理した。

分散・攪拌処理開始時の濁度は、水槽1の上層・下層平均で290NTU、水槽2の上層・下層平均で285NTUであったが、水槽1、水槽2とも時間の経過とともに濁度が低減した。特に、凝集処理をした水槽1では、凝集処理中にもフロックの形成が目視で確認され、濁度が大きく低減した。実験の前半で、上層の濁度が下層より大きい数値を示したが、これは強風により水面付近が攪乱されたためである。1,440分後の濁度は凝集処理した水槽1の上層・下層平均で13NTU、無処理である水槽2の上層・下層平均で186NTUとなり、アロフェンによる凝集効果が現地実験においても確認された。



写真-3 静置3時間後の水槽1(右手前)と水槽2(左奥)

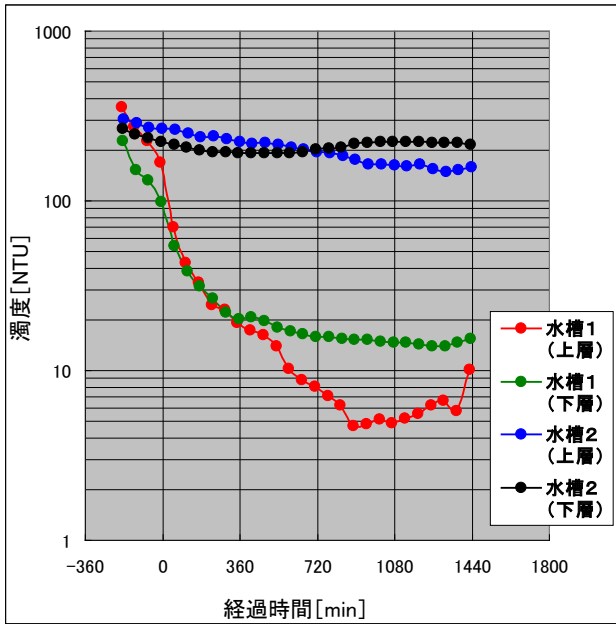


図-4 濁度の経時変化 (現地実験)

3.4 実用化に向けた課題

凝集処理の実用化に向けた課題を整理する。現地実験では、試料の濁度と粒度が予備実験と異なることを勘案し、濁度285~290NTUの試料に対して450mg/Lの濃度でアロフェンを投入した。今後、アロフェンの投入量の縮減を図るには、濁水を構成するフロックの粒径と沈降速度を把握の上、濁度の鉛直分布を経時観測し、凝集フロックの沈降現象を適切に評価することが必要と考える。また、現地実験では室内実験と同様、アロフェンを濁水と混合後に分散処理した。アロフェンを濁水と混合する前に分散処理し、濁水との混合後までアロフェンの分散状態が持続するような分散手法の開発が課題として挙げられる。

4. まとめ

本稿は、堆積土砂の湖内移動が進められている耳川水系山須原ダム貯水池において、アロフェンを用いた濁水凝集処理に関する現地試験を行った結果を報告したものである。得られた結果を、以下にまとめる。

- 山須原ダムに堆積した土砂を用いて模擬濁水を作成し、アロフェンを用いて凝集処理に関する予備実験を行った結果、凝集効果を確認した。

- 湖内移動に伴い生じる濁水を試料に、現地において凝集処理に関する実証実験を行った結果、予備実験と同様、十分な凝集効果を確認した。
- 現地実験で用いた凝集処理手法を実用化するには、凝集材の投入量縮減と効率的な分散手法の開発が課題として挙げられた。

本研究は、室内実験ならびに小規模な現地実験で得られた知見をまとめたものであり、濁質が空間的に広く分布する貯水池内で凝集処理を実用化するには、上述の課題が残されている。また、現地実証実験は今回が初めての試みであることから、今後は耳川以外の流域においても現地実験の機会を模索し、天然由来の凝集材を用いた貯水池濁水処理の実現に向け、研究を前進させたい。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、実験場所の提供と資材の貸与等について宮崎県河川課ならびに九州電力(株)耳川水力整備事務所の方々にご協力頂きました。ここに、御礼申し上げます。

参考文献

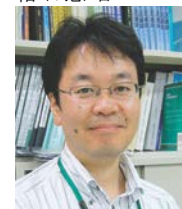
- 軽部重太郎、杉本英雄、藤平雅巳、中石克也：アロフェンとイモゴライトの分散凝集と荷電特性、農業土木学会論文集、No.196、pp.103~110、1988
- 品川化成(株)ホームページ、<http://www.shinagawa.co.jp/>
- 海野仁、箱石憲昭、星野公秀：天然凝集材アロフェンを使用した貯水池濁質凝集に関する一考察、土木学会第63回年次学術講演会概要集第II部門、pp.259~260、2008

海野 仁



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所水工研
究グループ水理チーム
主任研究員
Hitoshi UMINO

箱石憲昭



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所水工研
究グループ水理チーム
上席研究員
Noriaki HAKOISHI