

貯水池濁水処理における天然凝集材の凝集特性

海野 仁* 箱石憲昭**

1. はじめに

我が国では環境影響評価法が制定・施行され、大規模な新設ダムでは事業が環境に及ぼす影響を予測・評価し、必要に応じ保全措置を講じる仕組みが確立された。しかしながら、既設ダムの中には、大規模出水後の貯水池の懸濁化により、下流河川に濁水を長期間放流する事例も見られる¹⁾。貯水池の濁水長期化については、選取水設備および濁水拡散防止フェンスの設置により一定の成果を上げているものの^{2),3)}、貯水池が全層懸濁した場合の対策としては、清水バイパスの運用に限られているのが現状である⁴⁾。一方、貯水池の濁水長期化の対応として凝集材を用いた土粒子の強制沈降が考えられるが、一般に用いられる人工の合成材料では、貯水池底泥として長期滞留後の貯水池の水質に与える影響が不明である。沈降した凝集ブロックを別途処理する必要も生じることから、運用実績はほとんど見あたらない。

本報告は、凝集材として天然由来の土コロイドであるアロフェンを取り上げ、凝集特性を明らかにするとともに貯水池における利用方法について検討することを目的とする。天然由来の土コロイドのうち、カオリン、アロフェンおよびイモゴライトは比表面積が大きく凝集材としての活用が考えられる。本報告では調達の容易さ、凝集性能の高さからアロフェンを取り上げ、貯水池濁水の凝集について検討を進めた。天然由来の土コロイドを凝集材とすることにより、凝集ブロックを貯水池内の堆砂の一部として捉えた貯水池管理が可能になると考えられる。

アロフェンの活用について既往研究をレビューする。堀岡は、アロフェンに硫酸を添加することにより凝集性能を高める方法を提案した⁵⁾。また、尾崎らは、火山灰土にpH調整剤を添加した凝集材の製法を提案した⁶⁾。一方、柏井

らはアロフェンのみを材料としながらも、超音波分散、急速攪拌および緩速攪拌の各処理を行うことにより、濁水を凝集処理できると報告した⁷⁾。筆者らも柏井らの研究を踏まえ、凝集処理の過程で薬品を添加することなくアロフェンの凝集性能を引き出す方法を検討した。

2. 貯水池内の濁水を用いた凝集特性実験

筆者らは先行研究において、貯水池から採取した底泥を用いて模擬濁水を製造し、ジャーテスターを用いた凝集実験を行った⁸⁾。検討の結果、濁水と凝集材を混合後に超音波分散処理を行い、さらに急速攪拌することにより、pHを7に調整した濁水を効果的に凝集できることを示した。ここでは実際に濁水の長期化した貯水池から試料を採取し、沈降筒実験を行って凝集特性を検討する。沈降筒実験はジャーテスターによる実験に比べ規模が大きく鉛直方向の濁度分布も測定できることから、貯水池とある程度類似した条件のもとで、凝集現象を観察できると考えた。

2.1 濁水の採水

2007年9月、関東地方では大きな出水を記録し、複数のダムで濁水の長期化が見られた。そこで、実験に必要な試料を確保することを目的に、川治ダムおよび下久保ダムから濁水を採水した。12月6日に川治ダムで採水した際も、貯水池は全体的に濁った状況を呈していた(写真-1)。



写真-1 採水日の川治ダム(2007年12月6日)

2.2 使用した凝集材

実験には凝集材としてアロフェンを使用した。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、調達容易である。水に溶かしたアロフェンは、周辺のpH環境により帯電し、凝集や分散現象を生じることが知られ、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、元来土壌中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。例えば、100万m³の濁水に対して180mg/Lの濃度で投入した場合のアロフェン量は180tとなり、材料の調達量としては多量ではあるものの、堆砂量の増分としては微量と考えられる。

2.3 実験方法

実験には、直径0.39m、深さ2.2mの亚克力製沈降筒を使用した(図-1)。沈降筒の上部には、アロフェンを分散させるための超音波分散機を、また、沈降筒の底面から0.5mの位置には、濁水を攪拌してフロックの形成を促すための水中ポンプを設置した。作業は室温20℃に設定した恒温室で行った。

本実験に先立ち、凝集材の分散方法、混合水の攪拌方法については、沈降筒を用いた予備実験を、また、アロフェンの投入量の設定については、ジャーテスターを用いた予備実験を実施した。これらの結果をもとに、分散方法については、(株)SMT製超音波分散機(UH-600S、出力600w、周波数20kHz)を用いて6分ないし12分の分散、攪拌方法については揚水量13L/minの家庭用水中ポンプを用いて、超音波分散中ならびに分散終了後3分間の運転とした。アロフェン投入量については、川治ダム200NTU程度の濁水に対して360mg/L、下久保ダム50NTU程度の濁水に対して32mg/Lを目安として設定した。

凝集効果の把握は、凝集材投入後の濁度の経時変化を観察する方法とし、濁度は沈降筒に充填した濁水の水面から下方4cmの位置の他、沈降筒側面に50cm間隔に3か所設置した取水コックの位置で測定した。実験ケースを、表-1に示す。

川治ダムについては、採水日の異なる3試料について、下久保ダムについては、1試料について実験を行った。各試料について、分散時間の異なる2ケースならびに凝集処理を実施しない1ケースの合計3ケースを設定した。実験の目標として、川治ダムの平常時の表層部における濁度を参考に、凝集処理から24時間経過後に5NTU程度にまで低減することを目指した。

2.4 実験結果

実験結果の一例として、ケース2.2における濁度の経時変化を図-2、写真-2に示す。濁度の測定は、凝集処理後1分、5分、15分、30分、60分、180分、360分、720分、1,440分の9回にわたって実施した。

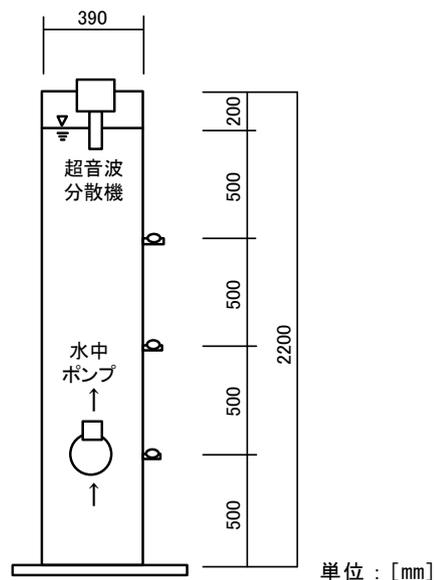


図-1 φ390沈降筒

表-1 沈降筒実験ケース

ケース No.	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3
採水地点	川治	川治	川治	川治	川治	川治
試料の濁度 [NTU]	240	240	240	85.5	85.5	85.5
凝集材投入量 [mg/L]	360	360	0	180	180	0
超音波分散時間 [分]	6	12	—	6	12	—
攪拌時間 [分]	9	15	—	9	15	—

ケース No.	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3
採水地点	川治	川治	川治	下久保	下久保	下久保
試料の濁度 [NTU]	55.0	55.0	55.0	37.0	37.0	37.0
凝集材投入量 [mg/L]	90	90	0	32	32	0
超音波分散時間 [分]	6	12	—	6	12	—
攪拌時間 [分]	9	15	—	9	15	—

濁度の経時変化を概観する。濁度測定は前述のとおり、沈降筒の深さ方向に4点測定した。図-2より、凝集処理直後の濁度は、アロフェンの投入に伴う懸濁化により、投入前の試料の濁度を一時的に上回るものの、時間の経過に伴い徐々に低減する状況が把握された。水面から4cmにおける濁度は他の測定点に比べ、凝集処理直後から低い値を示すが、時間の経過に伴い、他の測定点も追従して濁度が低下する傾向が見られた。処理後12時間経過した段階では各測定点とも6~8NTUの範囲に、また、24時間経過後には3~6NTUの範囲に分布し、沈降筒全体で凝集・沈殿の効果が確認された。

実験を行った全ケースについて、濁度の経時変化を図-3~図-6に示す。図示した濁度は、4測定の平均値である。

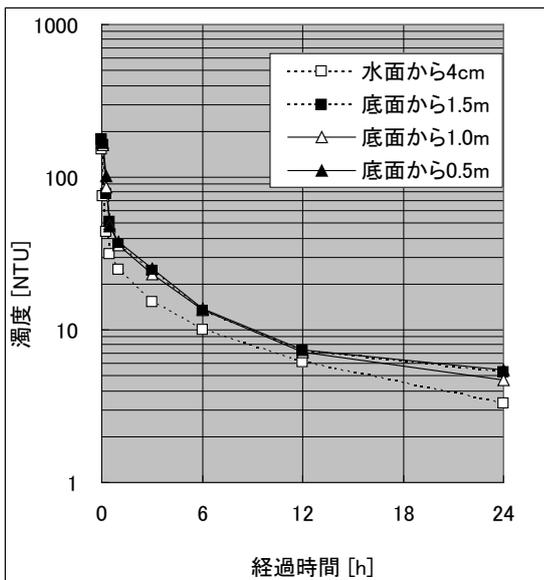


図-2 濁度の経時変化 (ケース2.2)



投入直後 6時間後 24時間後

写真-2 沈降筒実験における濁度変化 (ケース2.2; 川治ダム)

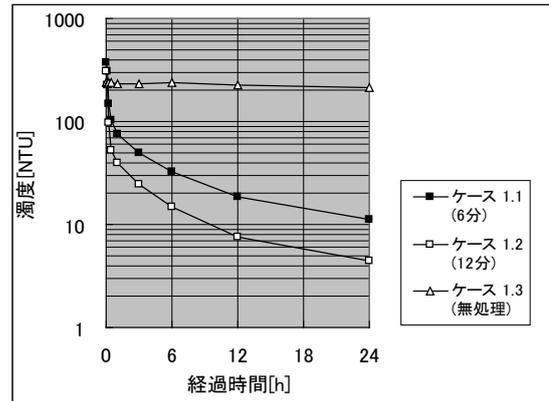


図-3 濁度の経時変化 (川治ダム-1)

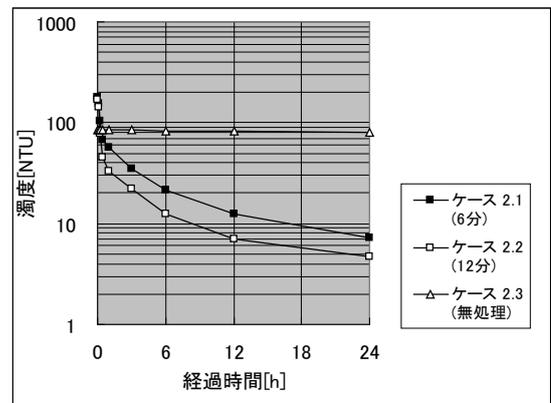


図-4 濁度の経時変化 (川治ダム-2)

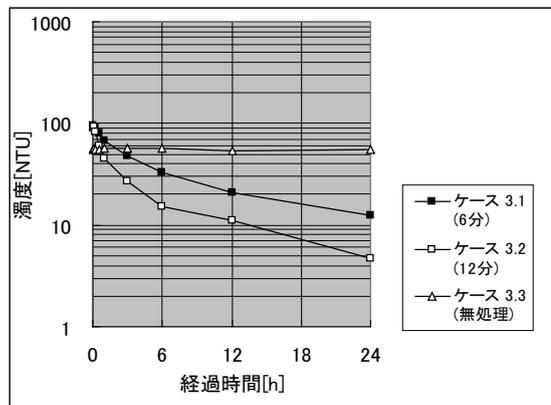


図-5 濁度の経時変化 (川治ダム-3)

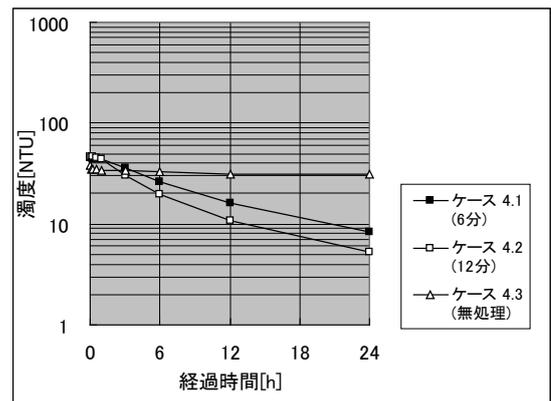


図-6 濁度の経時変化 (下久保ダム)

実験を行った12ケースのうち、超音波分散を12分行った4ケースについては凝集材投入後24時間で濁度が5NTU程度にまで低減し、目標をほぼ達成する凝集効果が確認された。また、試料・アロフェン投入量の条件が同一であれば、超音波分散時間の長いケースの方がより高い凝集効果が得られる結果となった。一方、アロフェンを投入せずに濁水を静置したケース（ケース1.3, ケース2.3, ケース3.3, ケース4.3）では、濁度の低減はごくわずかで、貯水池の濁水長期化を裏付ける結果となった。

目標とする凝集効果を得るためのアロフェン投入量・超音波分散時間・静置時間の組み合わせは、複数存在すると考えられる。実際に現地に適用する場合は、必要とされる濁水処理能力に応じて、凝集材の購入費用、超音波分散・攪拌に必要な設備の費用、処理に係わる人件費などを総合的に判断し、最適な投入量と分散時間・攪拌時間を決定することが求められる。

3. まとめ

本報告は、凝集材として天然由来の土コロイドであるアロフェンを取り上げ、凝集特性を明らかにするとともに貯水池における利用方法について検討したものである。貯水池内の濁水を用いた沈降筒実験より、以下の結論を得た。

- ・天然由来の凝集材アロフェンは、濁水の長期化した貯水池から採取した濁水の凝集に有効と判断された。
- ・濁水に凝集材を投入した後、超音波分散処理と攪拌処理を同時に行う方法により、濁水を効果的に凝集できることが判明した。
- ・沈降筒実験では、試料・アロフェン投入量の条件が同一であれば、超音波分散時間の長いケースの方がより高い凝集効果が得られた。

本研究は、主に室内実験で得られた知見をまとめたものである。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、例えば川治ダムの利水容量4,000万 m^3 の2.5%にあたる100万 m^3 の濁水に対して180tの凝集材を必要

とするなど、多くの課題が残されている。今後は凝集性能を高める室内実験を進めるとともに現地実験を行い、天然由来の凝集材による貯水池濁水対策の実現に向け、研究を前進させたい。

参考文献

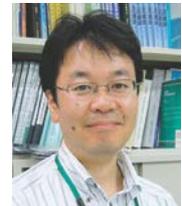
- 1) 坂本博文：真名川ダムの濁水長期化対策について
ダム技術No.263、pp.82～86、2008
- 2) 左近重信、杉村重憲、中田朋樹：早明浦ダム選択取水設備運用方法の構築について、ダム技術No.178、pp.57～73、2001
- 3) 高橋剛：川治ダムにおける濁水長期化軽減対策について、平成17年度国土交通省国土技術研究会自由課題、2005
- 4) 鈴木弘二、小林俊英：浦山ダム清水バイパスの初年度の運用と効果、ダム技術No.269、pp.40～49 2009
- 5) 堀岡正和：新しい凝集剤に関する研究（I）—アロフェンを原料とする凝集材の製法—、水道協会雑誌第398号、pp.9～16、1967
- 6) 尾崎哲二、口船愛、森本辰雄、和田信一郎：火山灰土を原料とする新しい凝集剤の開発、土木学会誌 第93巻、第6号、pp.52～55、2008
- 7) 柏井条介、結城和宏：天然凝集材（アロフェン）の濁質凝集効果、ダム技術No.239、pp.20～28、2006
- 8) 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