

I-29 天然凝集材による濁水処理技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 15～平 17

担当チーム：河川・ダム水理チーム

研究担当者：柏井 条介、結城 和宏

【要旨】

ダム貯水池の水質問題の一つに濁水長期化問題があり、選択取水設備の運用やフェンスによる流動制御などの対策が採られているが、その効用には限界があり、大規模出水や循環期の貯水池内流動により貯水池全体が濁水化する場合には濁質の沈降を待つしかないのが現状である。このような場合の対応として凝集材を用いる方法が考えられるが、人工合成物を用いる場合には凝集沈殿底泥の処理が問題となる。本研究では貯水池内への沈殿が可能な天然素材である土コロイドを凝集材として用いる方法を対象としており、現地濁水が PH 調整により凝集沈殿することを明らかにするとともに、アロフェンを適切に用いることにより、PH 調整を余り必要とせず凝集効果が得られることを示した。また、これら試験結果を元に、具体的利用方法について提案を行った。

キーワード：ダム貯水池、濁水長期化、凝集、アロフェン

1. はじめに

ダム貯水池の水質問題の一つに濁水長期化問題がある。これは、出水時等に貯水池に流入した濁質が、出水後に流入河川や下流の合流河川が清澄になった後も滞留、放流され続ける現象をいい、下流河川や貯水池の景観を損なう外、水棲生物に影響を与える可能性があることが指摘されている。

濁水長期化対策として、選択取水設備の運用やフェンスによる流動制御などの対策が採られているが、その効用には限界があり、大規模出水や循環期の貯水池流動により貯水池全体が濁水化する場合には濁質の沈降を待つしかないのが現状である。

貯水池全体が濁水化した場合の対応として、凝集材を用いて強制的に沈降させることが考えられるが、一般に用いられている人工の合成材料では、貯水池底泥としての長期滞留後の性質が不明であり、沈降した底泥を別途処理する必要が生じる。処理のための費用はかなり大きなものとなることが予想されるため、適用実績はほとんど無い。

本研究は、凝集材料として、天然の土コロイドを用いる方法を対象とし、その凝集特性を明らかにするとともに、具体的利用方針を提案することを目的としている。天然の土コロイドを凝集材とすることで、貯水池内の堆砂の一部（ごく少量となる）として沈降濁質を取り扱うことが可能になる。

種類により特徴が異なるが、土コロイドが凝集性

を持つことは知られており 1)、土壌形成や土質力学などの分野で特性の調査・検討がなされている。一方で、濁水対策として検討されている例はほとんどない。そこで、本研究では、実際のダム貯水池の底泥を濁質とした沈降試験を行い、濁質そのものもつ凝集性を把握するとともに、水中での帯電傾向が比較的顕著とされ、予備実験で凝集性能が期待できると判断されたアロフェンを凝集材として利用する方法について、その凝集特性を詳細に検討し、利用方法について考察・提案を行った。以下にその内容をとりまとめる。

2. 試験の概要

2.1 濁水の作成

試験は、ベントナイト及び貯水池の底泥から作成した濁水を用いて実施した。用いた底泥は、国土交通省等が管理する桂沢ダム（北海道）、鳴子ダム（東北）、川治ダム（関東）、渡良瀬遊水地（関東）、下久保ダム（関東）、美和ダム（中部）、横山ダム（中部）、柳瀬ダム（四国）、寺内ダム（九州）の貯水池等におけるもので、X 線回析分析によって得られた各底泥の鉱物の同定結果を表-1 に示す。何れの底泥においても石英、長石類が認められており、桂沢、下久保、横山、柳瀬の各ダムではその他に雲母粘土鉱物が、下久保、美和ダムでは緑泥石が、川治ダムではスメクタイトが多く含まれている。スメクタイトは

表-1 濁水試料の成分

底泥	スメクタイト	緑泥石	雲母粘土 鉱物	カオリン 鉱物	石英	長石類
桂沢	—	○	◎	—	○	△
鳴子	○	△	△	○	◎	○
川治	◎	○	△	△	○	○
下久保	—	◎	◎	—	◎	○
渡良瀬	—	△	△	△	◎	○
美和	—	◎	○	—	◎	○
横山	—	△	◎	○	◎	○
柳瀬	—	△	◎	○	◎	○
寺内	±	△	○	△	◎	◎

注) ◎:多量、○:認められる、△:少量、±:微量、—:不検出

鳴子ダムにも見られている。

濁水の製造は、濁水長期化の成分となる微細粒子を抽出するため以下の手順にて実施した。

- ① 1L (φ=約 105mm、高さ 150mm) のガラスビーカーに蒸留水を入れる。
- ② 蒸留水中に、約 50~100 g の低泥を 7 μ の網布に包んで投入し、約 10~15 分間かけて超音波分散機にて分散させる。
- ③ 分散させた濁水をバケツ内に 5~15L 程度集めて攪拌したのち 24 時間静置する。
- ④ バケツ内の水面から 17cm までの上澄み濁水を回収する。
- ⑤ 回収した上澄み濁水の濃度測定を行い、蒸留水を加えて濁度 50NTU になるよう調整する。

ストークス式により算定される沈降速度からは、24 時間の静置により 17cm 上方に残存する濁質の粒径は 1.5 μm 以下に相当する。図-1 にはこうして得られた上澄み液内の濁質の粒度分布を示す。図より、濁質の粒度分布は、低泥ごとにより異なっており、川治、美和ダム及びベントナイトの粒径は小さいが、他のダムのそれは 1.5 μm よりかなり大きな粒径となっている。粒度分布は、レーザー回折・散乱式計測法にて行なっているが、最近実施されている沈降試験結果では、本方法で得られた粒径を用いてストークス式により算定した沈降速度は、沈降試験結果のそれより大きめの値を与えることが示されている。今後検証が必要であるがレーザー回折・散乱式による計測では、沈降速度に対応した粒度分布が得られない可能性がある。

濁度 50NTU は本試験を通じて設定した初期濁度であり、濁水長期化現象の対象濁度として設定したものである。

図-2 には各濁水を静置した場合の濁度の時間

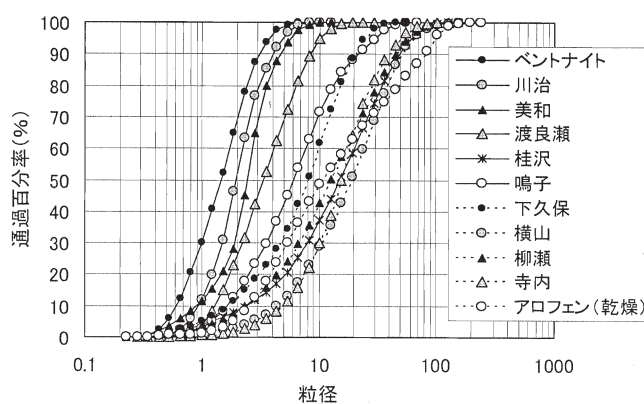


図-1 濁水試料の粒度分布

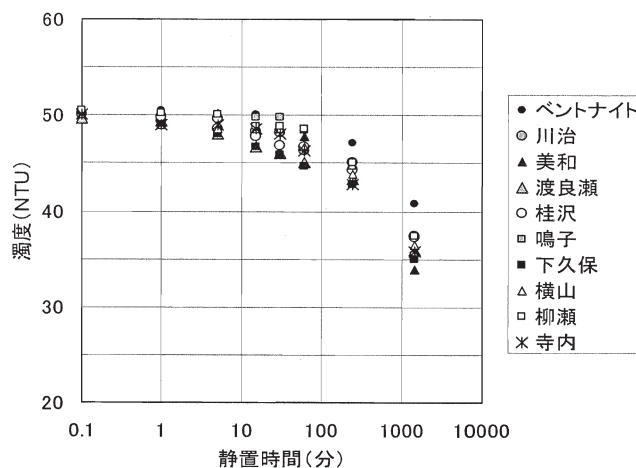


図-2 使用試料の濁度の時間変化
(水面下 4cm)

変化を示す。以下の試験では、1L ビーカー内に静置し、沈殿堆積濁質の影響のない水面下 4cm での濁度変化により凝集効果を検討しており、図-2 も同様に水面下 4cm での変化を示してある。ベントナイ

トの濁度変化がやや小さいが、粒度分布の違いに拘らず、何れの濁質もほぼ同様の濁度変化を示している。濁度変化は緩慢であり、1日（1440分）後の濁度は35NTU程度以上である。

なお、水面下4cmでの濁度計測は、駒込ピペットを用いて吸引採水した試料に対し実施している。用いた濁度計はHACH2100P型である。

2. 2 試験ケース

2. 2. 1 濁質の凝集特性調査

今回実施した試験ケースは、PH調整による底泥の凝集特性の把握と、優れた凝集機能が期待されるアロフェンを用いた試験に大別される。更に、アロフェンを用いた試験は、アロフェンの前処理の影響調査とPHの影響調査、底泥の影響調査の各試験に分けることができる。ここでは、まずPH調整による底泥の凝集特性の把握ケースについて述べる。

本試験に用いた濁質は、鉱物組成の異なる川治ダム及び美和ダムの濁質であり、酢酸を投入することにより、PHを2.8～5.8と変化させた。5.8は無調整で得られた最大のPHであり、蒸留水を用いていることから試験室の炭酸ガスの吸収等によりやや酸性の値となっている。

試験手順は以下の通りであり、初期の濁度は、2.1に示した通り50NTUとして蒸留水による調整を行っている。

- ①濁度調整後に1Lビーカーに移し、水深3～5cm位置にてPH計測を行い、安定した段階で初期PHとする。
- ②初期PH確認の後、酢酸原液をPH調整剤として所要の量をマイクロピペットで添加し、スターリングバー及びスターラーで約1分攪拌する。攪拌後にPH計測を行い、調整後PHとする。
- ③ジャーテスター（試水凝集反応装置）により、急速攪拌、緩速攪拌を実施する。

各攪拌は強度と継続時間がパラメーターになるが、凝集材と現地底泥を用いたいくつかの事前試験結果を通じ、本試験では全体を通じて以下の条件を基本条件として設定している。

急速攪拌

強度：150rpm

継続時間：10分

緩速攪拌

強度：40rpm

継続時間：90分

濁質の凝集特性試験も基本条件下で実施してお

り、以下では、特に断らない限り、ジャーテスターによる攪拌は上記条件下にて実施している。

- ④攪拌後の試料を静置し、1、5、15、30、60、240、1440分の経過時間ごとに水面下4cm位置での濁度変化を計測する。計測方法は、2.1に示したと同様である。

2. 2. 2 アロフェンを凝集材とした調査

1) アロフェン

ダム底泥やベントナイトを含むいくつかの天然凝集材に関する予備試験の結果、最も効果のある材料としてアロフェンを抽出し、凝集材としての効果を確認するための詳細調査を実施した。

アロフェンは、風化火山灰、風化浮石、火山灰由来土壌に多く含まれる天然の土コロイドである。凝集特性に優れることが期待される他、火山国である日本では北海道、東北、九州を中心に全国に存在し、相当量の確保が期待できることから今回候補として取り上げている。

用いたアロフェンは、現地採取した材料をサイクロンにて分級処理された含水率45～61%の湿潤性のアロフェンであり、産地は栃木県真岡市である。図-1に用いたアロフェンの粒度分布を示しているが、50%粒径が約10 μ mとなっている。図-1の粒度分布は、湿潤アロフェンを自然乾燥させた後、乳鉢を用いて粉末状にすり潰して得られたものである。十分な分散を行った場合の粒度分布と考えることができる。

ここで、凝集材として乾燥させ粉末状にしたアロフェンを用いることも考えられるが、アロフェンは乾燥させることで性質が変化してしまうことが知られており、乾燥アロフェンを濁水にそのまま投入した場合には、湿潤アロフェンを用いた結果と比較して、全体に凝集効果が低下する結果が得られた。以下では、より高い効果が得られた湿潤アロフェンの結果のみを整理するものとする。

2) 前処理の影響調査

アロフェンを凝集材とした以下の試験でのPH調整方法や急速・緩速攪拌方法、静置後の濁度計測は2.2.1に示したと同様であるが、凝集材を用いることから、急速・緩速攪拌の前に凝集材の投入が実施される。また、これに先立ち凝集材の作成過程がある。

湿潤アロフェンの利用方法として、湿潤アロフェンを少量の濁水に溶かした後用いる方法（以下湿潤アロフェンとする）及び塊をで

表－2 凝集材処理の影響調査試験ケース

ケース	濁水		凝集材処理			攪拌			
	底泥	PH	種類	投入量 (mg/l)	超音波分散機使用時間 投入前(分) 投入後(分)	急速		緩速	
						強度(rpm)	継続時間(分)	強度(rpm)	継続時間(分)
A-1	渡良瀬遊水地	5.35~5.49	湿潤	100	0, 0.33, 1, 5, 15, 60	150	10	40	90
A-2		5.37~5.50							
A-3		5.37~5.58							
B-1		5.41~5.70	湿潤	180	0, 0.33, 1, 5, 15, 60	150	3	40	3
B-2		5.22~5.65							
B-3		5.44~5.64							
B-4		5.28~5.57	水溶液	100	0	150	3	40	3
B-5		5.22~5.87							

きるだけ除去するため、蒸留水に溶かして上澄み液を用いる方法（水溶液アロフェン）の2種類について検討しており、それぞれ以下の手順にて実施している。

・湿潤アロフェン

- ① 1L ビーカーの濁水から 100ml ビーカーに約 50ml を採取して湿潤アロフェンを所要量投入する。
- ② 葉さじで塊を潰しながら、超音波分散機にかけ、十分溶けたことを確認の上、1L ビーカーの濁水に投入する。
- ③ 濁水に投入後、ガラス棒でかき混ぜながら、超音波分散機にかけて分散させる。

・水溶液アロフェン

- ① 蒸留水を入れた 300ml ビーカーに約 40g の湿潤アロフェンを投入する。塊を潰さないように葉さじで軽く攪拌し、15分静置する。これを2度繰り返す。
- ② 上澄み液を採水し、500ml まで蒸留水を加え、葉さじでよくかき混ぜながら超音波分散機にかけて分散させる。
- ③ 所要量を 1L ビーカーの濁水に投入し、ガラス棒でかき混ぜながら、超音波分散機にかけて分散させる。

急速、緩速攪拌は、湿潤、水溶液アロフェンの何れも③の後実施している。

ここで、試験では、湿潤、水溶液アロフェンにおける②及び③の超音波分散機の操作時間をパラメーターとしてその影響を調査した。

対象とした底泥材料は渡良瀬遊水池のものであり、試験条件を表－2に示す。アロフェン添加量は、十分な量として設定している。また、ケースAでは急速、緩速攪拌は基本条件としたが、ケースAで十分な凝集効果が確認できたケースBでは攪拌時間を短くしている。PH調整は行っていない。

表－3 PHの影響調査試験ケース

濁質	PH範囲	アロフェン添加量(mg/l)
ベントナイト	3.91~4.0	90, 180, 360, 750, 1000
	4.5~4.69	90, 180, 360, 750, 1000
	5.6~5.83	90, 180, 360, 750
川治	3.72~3.83	200, 500, 1000
	4.47~4.74	18, 32, 56, 100, 200
	4.92~5.23	10, 200, 1000
	5.62~5.8	56, 100, 180, 200, 560, 1000
美和	3.72~3.79	20, 50, 100
	4.43~4.63	6, 10, 18, 20, 32, 100
	4.73~6.28	100
渡良瀬	3.7~3.74	20, 100
	4.32~4.58	6, 10, 18, 32, 56, 100
	5.43~5.8	32, 56, 100, 500, 560, 1000

2) PHの影響調査

PHの影響調査は、ベントナイト、川治、美和、渡良瀬遊水池底泥による濁水を対象に、アロフェン添加量を変化させながら実施した。用いたアロフェンは湿潤アロフェンであり検討を行なった試験条件を表－3に示す。

湿潤アロフェンの前処理における超音波分散機の使用時期及び時間は試験により異なるが、何れのケースも十分分散できる状況下での試験が行なわれている。攪拌方法等の試験方法はこれまで示したと同様である。

3) 底泥の影響調査

底泥の影響調査は、先に示した9現地の底泥を用いて、アロフェン添加量を変化させながら実施した。用いたアロフェンは湿潤アロフェンで、PH調整は行なっておらず、試験中のPH=5.28~6.41である。

湿潤アロフェンの超音波分散機の使用時間は、投入前が1~5分、投入後1~2分であり、十分な時間を確保している。攪拌方法等の試験方法は、これまで示したと同様である。

3. 試験結果

3. 1 凝集効果の評価

図-2に示したように、用いた濁水は初期濁度50NTUで、水面下4cmの濁度が1,440分(1日)で15NTU程度以下の低減を示すものである。

一方、試験を通じ、比較的大きな凝集効果があると判断されるケースについて、濁度の時間変化を示したのが、図-3である。ここで、比較的大きな凝集効果があるケースとして、1,440分後の濁度が3NTU以下のものを抽出し、これを更に1~3NTUと1NTU未満のものに分けて示した。

図から分かるように、凝集効果が比較的大きな場合の濁度の時間変化は、静置後15分程度までが大きく、その後の変化は比較的緩やかである。1,440分後に1~3NTUのものであれば、15分後には10NTU程度に、1NTU未満のものは、数NTU程度に低下している。

このことを踏まえ、以下では、静置後15分後の濁度を対象に凝集効果の評価するものとした。評価時間をこれより短くすると、比較的大きな沈降速度成分の評価が省略されることになる。また、長く設定した場合には、清澄水の得られる水深範囲が小さくなり、凝集効果を過小に評価することになる。因みに、濁質の沈降速度が一定とすると、水面下4cmの15分後の濁度は、1日では3.84mに相当するが、例えば60分や1,440分に設定すると、相当する水深が1m、0.04mの小さいものとなる。以下では、静置後15分後の濁度を15分濁度と称することとする。

3. 2 濁質の凝集特性

図-4に川治ダム、美和ダム底泥の15分濁度とPHの関係を示す。図より、いずれの底泥もPH3以下において急激に15分濁度が小さくなっており、凝集効果が現れていることが分かる。15分濁度は、今回の試験範囲であるPH2.5程度まではPHの低下とともに小さくなっており、凝集効果も高くなっている。

以上のように、貯水池の濁質が帯電性を有する。このことは、底泥そのものが凝集材として利用できることを示している。ただし、効果を得るためのPHはかなり小さい値である。酸性化させた水は濁質の沈降後には中和させる必要があり、必要なPHが小さいほどPH調整と中和処理の負担が大きくなる。具体的な利用方法は後に考察するが、次に示すアロフェンはこうしたPH調整や中和処理を必要としない可能性が高く優れた凝集効果を有している。

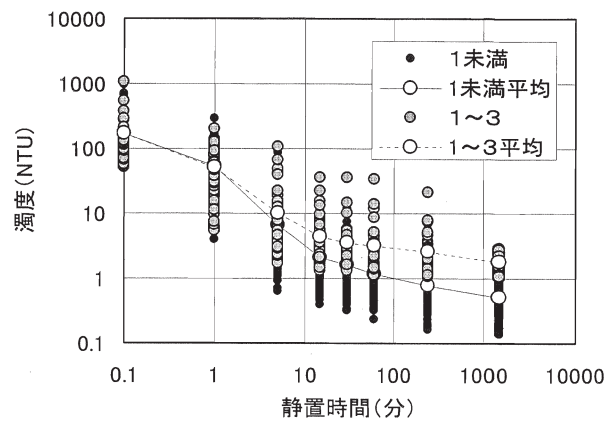


図-3 凝集効果がある場合の濁度変化

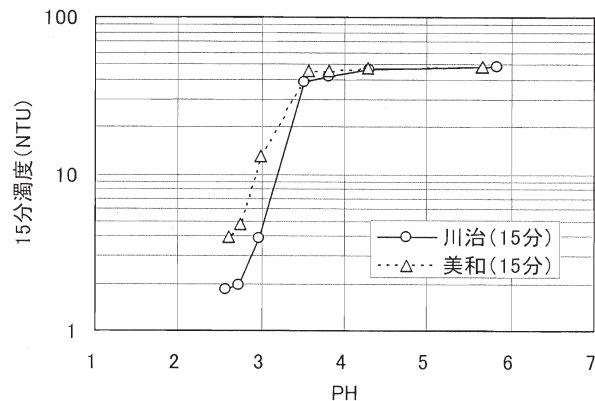


図-4 PH調整による凝集効果(凝集材なし)
(急速:150rpm、10分、緩速:40rpm、40分)

3. 3 アロフェンの凝集効果

3. 3. 1 前処理の影響

図-5、6にそれぞれアロフェン投入前、投入後の超音波分散時間と15分濁度の関係を示す。

図より、超音波分散を実施しない場合には、凝集効果はかなり低下すること、分散時間は数分程度で十分であり、長くしても大きな効果は得られないことが分かる。一方、投入前後の差や湿潤アロフェンと水溶液アロフェンの違いについては必ずしも明確でない。このことは、効率的なアロフェンの利用のためには、分アロフェンを分散させるが重要であり、分散時期やアロフェン投入時の状態はあまり問題にならないことを示している。

なお、図-6に示されるように、超音波分散を行えば、かなり小さい攪拌時間でも十分な凝集効果が得られている。超音波分散による必要処理時間は短いので、超音波分散処理を行なうことにより、凝集沈殿のための全体の処理時間をかなり小さくする

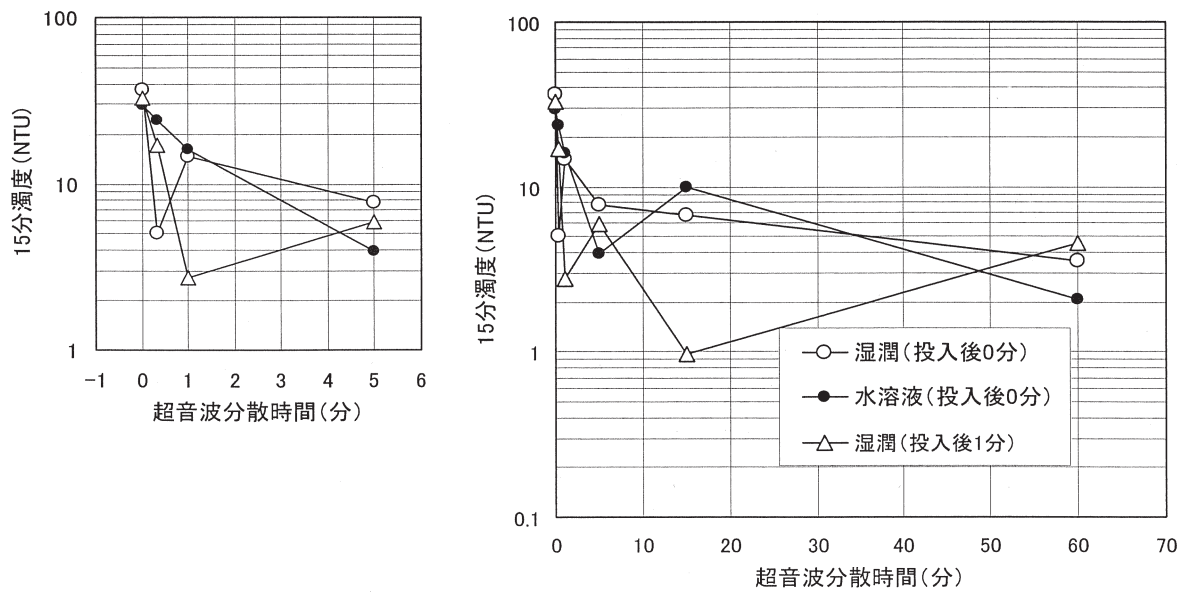


図-5 アロフェン投入前(投入量 100mg/l)の超音波分散時間の影響
(急速: 150rpm、10分、緩速: 40rpm、40分、PH=5.32~5.64)

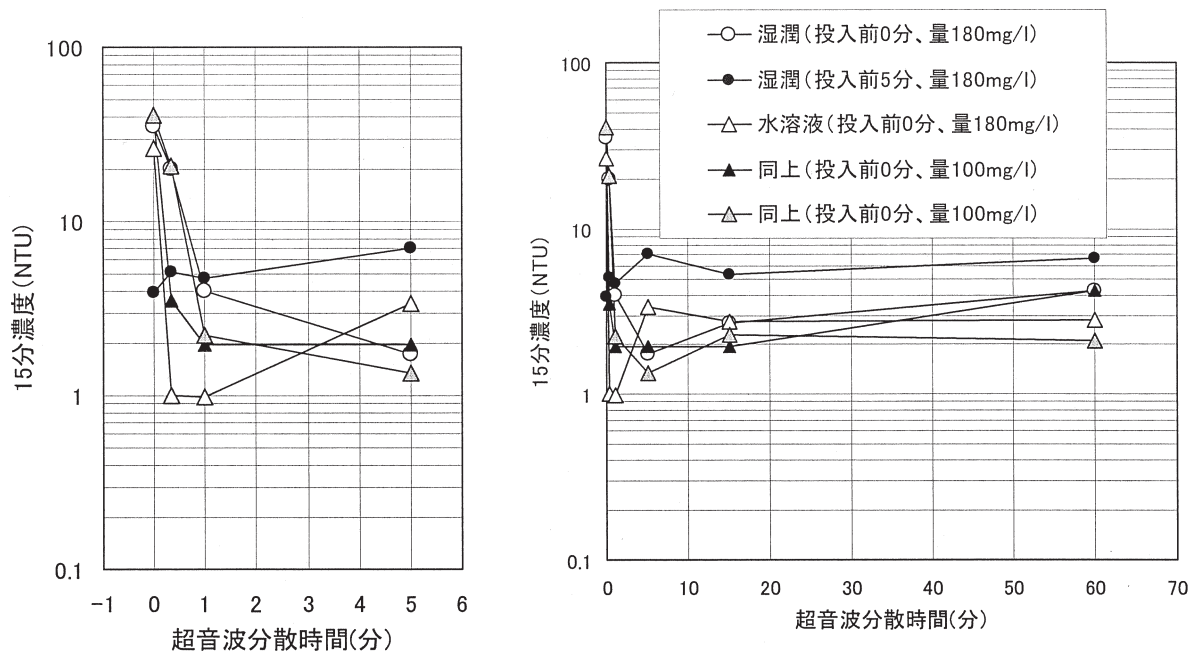


図-6 アロフェン投入後の超音波分散時間の影響
(急速: 150rpm、3分、緩速: 40rpm、3分、PH=5.41~5.73)

ことが可能である。今回は、攪拌時間についての検討を余り行なっていないが、攪拌をなくすることができる可能性もあるので、今後検討を行なっていく必要がある。

3. 3. 2 アロフェン添加量、PHの影響

図-7~10には、アロフェン添加量、PHと15分濁度の関係を示す。検討は市販のベントナイトと川治治、美和、渡良瀬の現地濁質に対し実施しているが、ベントナイトと現地濁質ではかなり異なる傾向を示していることが分かる。

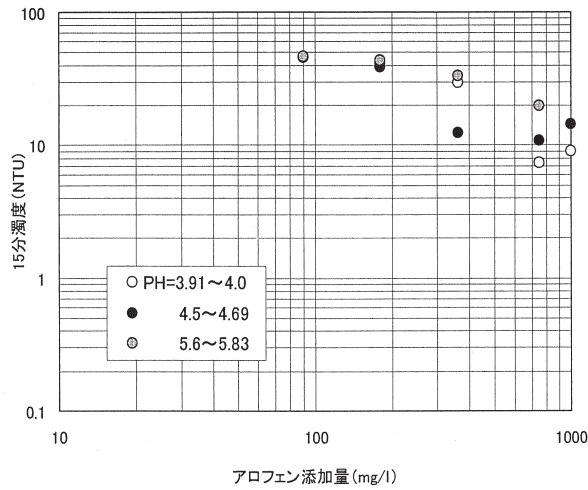


図-7 凝集効果とアロフェン添加量、PHの関係
(ベントナイト、急速：150rpm、10分、緩速：40rpm、40分)

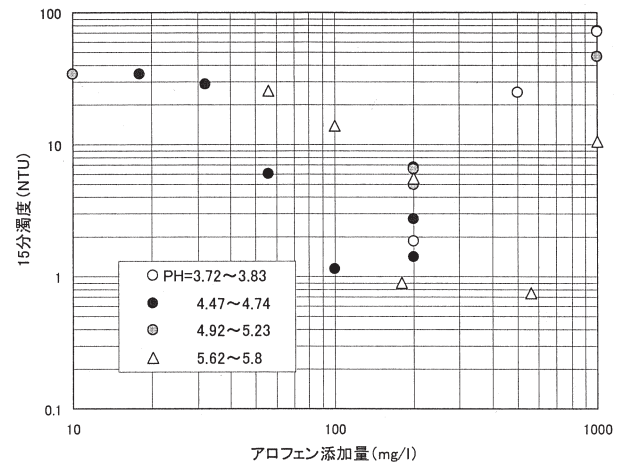


図-8 凝集効果とアロフェン添加量、PHの関係
(川治、急速：150rpm、10分、緩速：40rpm、40分)

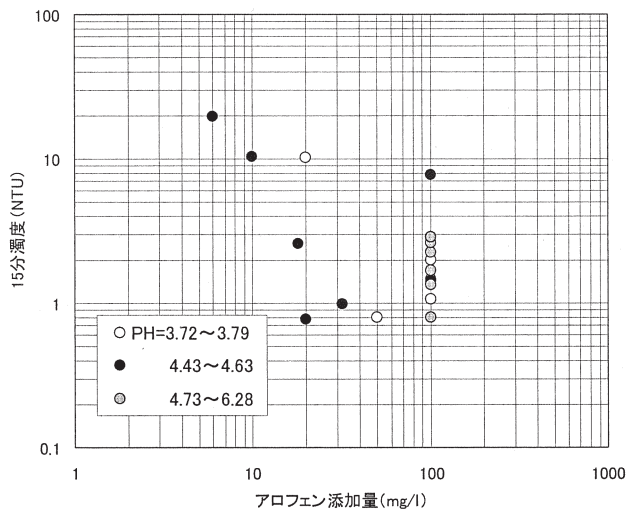


図-9 凝集効果とアロフェン添加量、PHの関係
(美和、急速：150rpm、10分、緩速：40rpm、40分)

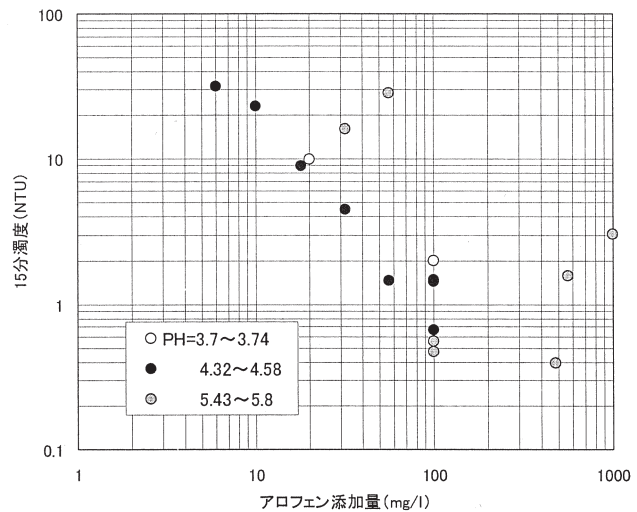


図-10 凝集効果とアロフェン添加量、PHの関係
(渡良瀬、急速：150rpm、10分、緩速：40rpm、40分)

すなわち、ベントナイトに対しては、アロフェン添加量を大きくするほど15分濁度が減少し凝集効果が大きくなるが、凝集効果は全体としてかなり悪い。これに対し、現地材料の場合には、100~200mg/l程度までは添加量に対し15分濁度が減少し、凝集効果が高まる傾向にあるが、これより大きな量を投入しても15分濃度の低下は余り見られず、寧ろ、大きくなる場合が見られている。また、添加量100~200mg/l付近での15分濁度の低減は大きい。

PHの影響をみると、添加量が100mg/lの小さい領域では、いずれの濁質においてもPH4.5付近(●)

の15分濁度が小さい傾向があり、この程度のPHが最も凝集効果のよいPHということができよう。一方、PH調整を行っていない最も大きいPHレンジにおいても、アロフェン添加量を少し大きくすればPH4.5付近と同様の凝集効果を得る事ができている。目標の凝集効果が与えられたとして、これを達成するためにPH調整を行なうか、アロフェン添加量を増加させるかは、実用化における選択問題となるが、このことについては、後に考察する。

3.3.3 底泥の影響

図-11に今回用いた全ての現地材料におけるア

ロフェン添加量と15分濁度の関係を示す。ただし、PH調整は行なっておらず、攪拌は基本条件としている。

図より、いずれの現地材料においても、15分濁度はアロフェン添加量に対し下に凸な関係を示しており、明瞭さの違いはあるものの、15分濁度を最小とするアロフェン添加量が存在する。これを最適アロフェン添加量とすると、最適アロフェン添加量は、下久保、横山、美和ダムの現地材料では10~50NTU、寺内ダムで50~100NTU、その他ダムで100~300NTUとなっており、材料ごとに異なる結果となっている。ただし、その差はそれ程大きくは無く、濁水の初期濁度の0.2~6倍程度となっている。

なお、こうした最適アロフェン添加量について、表-1の現地材用の成分との関係を検討したが、明確な傾向を得ることはできなかった。成分構成のみでなく、構成成分相互の結合状況なども影響していることが考えられ、より詳細な現象の解明は今後の課題としたい。

4. 試験結果のまとめと凝集材の利用方法の考察

4.1 利用方法に着目した試験結果のまとめ

以上の試験結果を元に、ここでは、濁水対策としての凝集材の利用方法について考察する。

まず、利用方法を考察する上で重要と考える試験結果をまとめると以下の通りである。

- 1) 現地濁質は、PH調整により凝集沈降効果を得ることができるが、効果を得るためのPHは3程度以下と比較的小さい。
- 2) アロフェンは湿潤状態もしくは水溶液状態のいずれも凝集効果を有している。
- 3) アロフェンの凝集効果はアロフェンを超音波分散することで効果を高めることができ、攪拌時間の短縮も可能である。今回の試験結果では、超音波分散は数分程度の操作時間で十分である。
- 4) アロフェンはPH=4.5程度において凝集効果が大きい。一方、PHが無調整の場合でもアロフェン添加量を増加させることにより、PH=4.5程度と同様の凝集効果が得られる。
- 5) 現地材料に対しては、15分濁度を最小にする最適アロフェン添加量が存在する。その値は現地材料ごとに異なるが濁水の初期濁度である50NTUに対し0.2~6倍程度の範囲にある。

4.2 天然凝集材の利用方法

天然凝集材の利用に際し、まず、PH調整の必要性

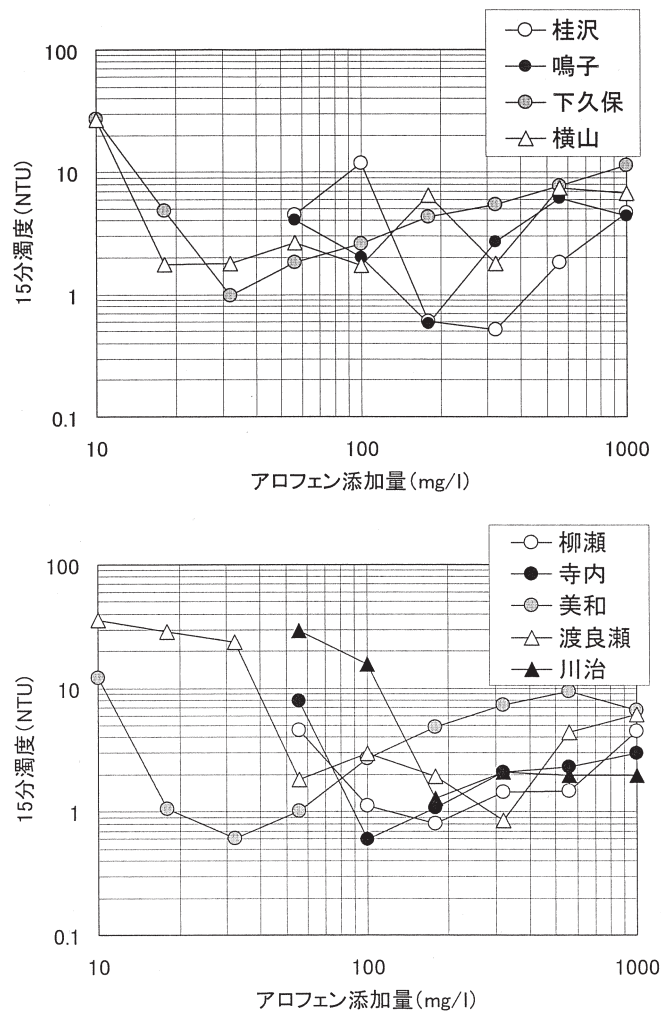


図-11 アロフェンによる現地材料の凝集効果
(急速：150rpm、10分、緩速：40rpm、40分、PH=5.31~6.41)

について検討を行なう。

アロフェンを用いる場合には、PH=4.5程度とすればアロフェン添加量を減少させることができ、また、PH=3程度以下とすれば、アロフェンを必要としないことも考えられる。

一方、PH=3 或いは 4.5 の値は自然環境にとってはかなり小さいPHである。したがって、濁質沈降後の水をそのまま貯水池に戻すことはできず、アルカリ材による中和処理が必要になる。このことは、凝集材としてのアロフェン量を低減若しくは省略することができるが、これに替わって酸およびアルカリ材が必要になるとともに、中和処理装置が必要になることを示している。プラントや貯水池に区画を設けてこうした処理を行うことを現時点で否定する必要は無いと考えるが、処理のための装置が複雑かつ大

表-4 必要アロフェン量

必要アロフェン量 (ton/10 ⁶ m ³)	対象濁度 (NTU)				
	10	20	30	40	50
	4~30	8~60	12~90	16~120	20~150

規模になることが予想される。

一方、PH調整を行わない場合でも、アロフェン添加量はそれ程極端に増加する訳ではない。ここでは、PH調整なしでアロフェンを添加する方法を提案したい。想定される施設構成として次の2案が考えられる。案1は陸上に設けた施設にポンプにて給水を行い、これにアロフェンを添加させて貯水池に放流するもの。案2は台船を移動させながらアロフェンを投入するものである。

案1 (陸上施設案) の施設構成 :

- ①貯水池の水を処理水槽に送水するための給水パイプおよびポンプ
- ②湿潤アロフェンを超音波分散させる貯留槽および超音波分散器
- ③湿潤アロフェンの投入装置および攪拌装置を有する処理水槽
- ④処理水槽で攪拌した濁水を貯水池に送水する排水パイプ

案2 (台船上施設案) の施設構成 :

- ①以下の施設を有する台船
 - ・湿潤アロフェンの湖内投入装置
 - ・台船上又は湖内での湿潤アロフェン超音波分散器
 - ・湖内水攪拌装置

なお、先にも述べたように、今回の試験では、PHを調整しない場合でも、試液は若干酸性の傾向を示しており、環境基準のPH=6.5~7.5に対より小さいPHとなっている。試験では、PH=6.4においても良好な凝集効果が得ていることから、環境基準の範囲でも無調整による凝集効果が得られるものと考えているが、このことについては、今後確認する必要がある。

4. 3 必要アロフェン量

ここで、アロフェンの必要量について、簡単に検討しておく。

条件設定には議論があるところであるが、ここで

は環境基準のSSが25mg/lであること及び河川で濁りが比較的明瞭なSSとして10mg/l程度が考えられることから、濁水の対象濁度を10~50NTU程度とする。また、15分濁度の沈降速度はかなり大きいことから目標を5NTU程度に考える。図-11より、この場合のアロフェン投入量は20~150mg/lとなる。また、今回の試験では、対象濁水の濁度を50NTUで一定としているが、必要アロフェン投入量が濁水の濁度に比例するもの仮定する。

以上の仮定により、対象濁度をパラメーターに水量1×10⁶m³を処理するために必要アロフェン投入量を算定したのが表-4である。表より、1×10⁶m³を処理するために必要なアロフェン量は、4~150tonのオーダーであることが分かる。見掛けの体積としては、2.5~95m³程度である。濁水対策としては、貯水池全体を清澄にする必要は無く、表層の限られた部分の水量を対象にすればよいと考えられる。このことを考えると、1×10⁶m³はそれ程小さい値ではない。今後、実用化に向けて詳細を精査していかなければならないが、濁水対策として多くの貯水池で利用可能な量と考えてよいであろう。なお、当然のことながら、添加したアロフェンによる堆砂の増加量は微量で問題にならない程度のものである。

5. おわりに

ダム濁水長期化対策として、土のコロイドである天然凝集材を用い、凝集濁質を貯水池内に還元する方法について検討を行なった。その結果、アロフェン十分に分散させることにより、良好な凝集効果を得る事ができ、利用方法を検討した。

提案した利用方法は、簡単なスケッチであり、本研究成果を受け、今後実用化に向けた詳細な検討に入りたいと考えている。

濁水長期化問題は長い間効果的な解決策の無い問題として扱われてきた。今回の研究がその突破口となる一翼を担えればと考えている。

参考文献

1) 例えば、農業土木学会誌 No.66(1)、1998～No.68(6)、
2000 に連続掲載された、土のコロイド現象の基礎と応用
に関する講座