

東京大学生産技術研究所 正員 下田一雄
同 上 正員 三木五三郎
同 上 正員 佐藤剛司

1. まえがき

近年廃棄汚泥、水の処理に関する問題は、建設工事を始め他の産業分野も含め、きわめて重要な問題として、その対策工法が各方面でとりあげられ、研究開発ならびに施工も実施されている。現在のところ最も代表的な処理工法としては、(1)化学的処理工法、(2)物理工学的処理工法の二つがあるが、特に前者の凝集剤を中心とした処理工法が比較的使用性が高い。ところでこの凝集剤(無機系、有機系)にもまだ種々の問題点があるが、今回われわれが研究開発を試みた凝集剤(水ガラスと難溶性アルカリ剤)は、従来の凝集剤とは、かなり異った性質のものである。そのうち水ガラスと代表的難溶性アルカリ剤であるセメントを用いたものの基礎実験の一部を報告する。

2. 実験概要と結果

実験は、(1)本凝集剤の凝集機構について、水ガラス溶液とセメントを用いたときの各領域におけるフロック現象を中心とした凝集の基本実験、(2)実際の汚泥(含水比18.7%、砂分0.5%、細粒分99.5%の河底堆積有機土)に、この新しい凝集剤を使用したときの反応機構ならびに固結土の圧縮強度に関する応用実験とからなる。すなわち、(1)の実験は水ガラスとセメントの量的組合せによるフロック現象と凝集の関係をみるもので、これには(a)水ガラス領域と(b)シリカゾル領域の各フロック状態における凝集範囲を調べている(図-1~図-4参照)、また(2)の実験は前述の河底堆積土に他の凝集剤と、本凝集剤を添加して比較し、それぞれ両者の沈澱物性と脱水固結土の圧縮強度ならびに反応機構を調べている(図-5、表-1、2、3参照)

3. 考察

I. 実験(1)について

まず、水ガラスとセメントが凝集に及ぼす量的関係は、水ガラス中の SiO_2 がある一定の範囲において凝集反応を起し、水ガラスがその範囲を越えて多くなると分散系に移行し、逆に水ガラスが少なく

図-1. 水ガラスとセメントとの量的関係による凝集範囲

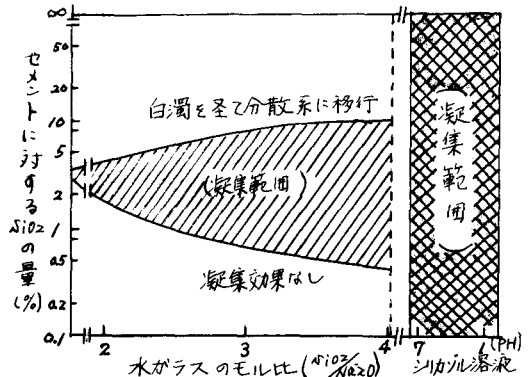


図-2. 図-1の上限におけるフロックの生成量

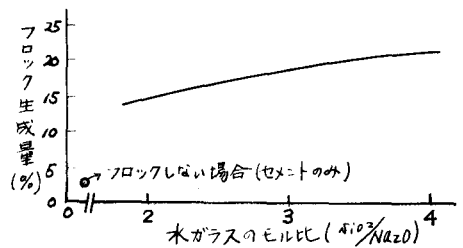


図-3. シリカゾル溶液のPHとフロックの生成量

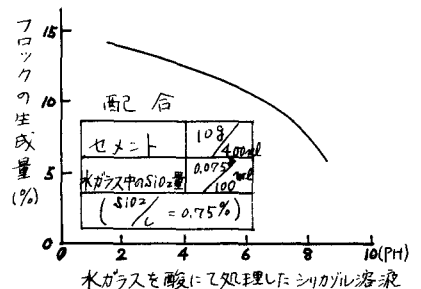
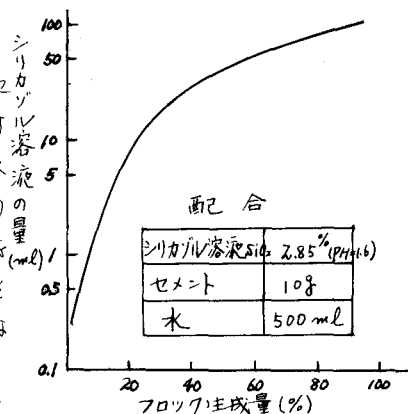


図-4. シリカゾル溶液とフロックの生成量



なるとほとんど凝集しないことが図-1よりわかる。また図-2から、モル比が大きい程凝集範囲が広く、かつ凝集力も大きいので、このことから水がガラスを最も有効に凝集力に作用させるためには、水がガラスのPHを中性から酸性領域に処理したシリカゾル溶液を用いるのがよいことがわかる。すなわち、新しい凝集剤はこの領域でフロック化させることが基本となっている。また、図-3、図-4よりシリカゾル溶液についても同様に酸性側のPHが凝集力が入り、セメント量に対してシリカゾル溶液を多く添加すればフロックの生成量(凝集力)も大きくなる傾向がわかる。

Ⅱ. 実験(2)について

本凝集剤は、図-5にみられるように硫酸バン土と比較してフロックが巨大で比重も大きいので、沈降速度がすぐれ、また沈降したフロックは強固なので容易に脱水が可能であり、したがって脱水率も高い。また、本実験ではセメントを用いているので脱水固結物の強度も同時に期待できる(表-1)

次に溶液中に溶解している重金属でアルカリにより水酸化物を生成する物質は、すべてPHの影響はなくフロックの反応時に包含され、また汚泥中に含有されている重金属はフロック化することにより再溶出することもなく、有害金属を封じこめることが表-3より推察できる。表-2は汚泥を脱水せず固結させた一例で、セメントミルク単味よりも初期から最終強度が大である。

Ⅲ. 本凝集剤の反応機構について

反応機構については理論的には解明されていないが、一般に水ガラスの表面が負に帯電しており、モル比が高くなり、さらに酸で処理したシリカゾル溶液はPHが低くなるにつれて負電荷が次第に弱くなってPH2前後で等電点となり、さらにPHが2以下になると逆に正に帯電しているといわれている。

この現象と同時に正に帯電している難溶性アルカリ剤が水ガラス(シリカゾル溶液)の影響により、硫酸バン土等がアルカリの存在のもとで加水分解して水酸化物となり、ミクロフロック状態の正コロイドを形成し、負コロイドの形で懸濁して浮遊している懸濁物との間でゼータ電位の低下による相互凝集に類似した現象が認められる。またフロック生成粒子の表面に無機イオンやセシコロイド次々の大分子の色素等、有機物、細菌および微生物が吸着されて、これを包含したフロックが形成されるものと思われる。

4. あとがき

今回新しく開発した凝集剤の基本的性質を述べたが、その応用範囲は広くその一例として難溶性アルカリ剤を含む鉱山、二次製品工場、建設業、下水道等により排出される廃棄汚泥水ならびにヘドロ、スラッジの処理等が考えられるが、究極の目的は凝集、沈降、脱水、硬化(または乾燥)といった一連の工程による資源化(リサイクル)を実現化することであり、今後、さらに各分野において応用技術の開発を行う予定である。

図-5. フロックの沈降速度

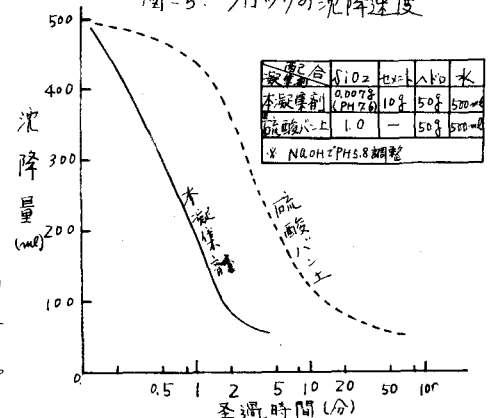


表-1. 本凝集剤の脱水並びに固結強度

西己 合				フロックを脱水した試体 (水中養生)		固結土の圧縮強度 (%)		
水	セメント	SiO ₂ (PH7.6)	沈降量 (g/ml)	含水比 (%)	3日	12日	28日	
1.3	1.0	1.50	1.4	1.42	10.8	8.5	21.1	23.4

表-2 粘性土の固結強度

粘性土の物性				西己 合				圧縮強度 (%) (水中養生)			備考
シルト (%)	粘土 (%)	含水比 (%)	液性指数	粘土 (%)	セメント (%)	SiO ₂ (PH7.6) (%)	沈降量 (g/ml)	1日	7日	28日	
60.1	39.9	103.6		60.0	1.50	1.60	2.00	9.5	25.8	34.5	(本凝集剤)
				60.0	2.90	1.60	—	3.7	10.2	17.8	(セメント7)

表-3. 溶液中の重金属のフロックによる除去並びに固結物からの溶出量

含有物質	ヘドロ (C.D.)	Cd	As	Pb	Hg	Al	西己 合	単位
処理前の含有量	33 ³ (1000)	415	216	470	120	450	セメント: SiO ₂ : 水 (%) (g) (ml)	PPM
上清液 (70%)	(4.9)	0.01XF	10.4	0.01XF	—	1.01XF	12.5 0.25 1000 (PH)	
溶出液 (固結物)	(21.7)	0.01XF	0.01	0.05	0.01XF	1.01XF	6.5	

(注) ※ 溶液として Cd, As, Pb, Al をヘドロ液と混合してフロックにより除去した
※ 固結物を水 1.0 ㍓中に 28日間溶出した液の値である