

II—25 水ガラス混入濁水の凝集処理におけるケイ酸の除去

室蘭工業大学 正会員 穂積 準
同 上 学生員 高崎 正広

1. はじめに

既報^{1,2)}において、筆者らはセメント系及びベントナイト系懸濁液ならびにそれらの懸濁に水ガラスが混入した排水の凝集処理に関して系のPHと凝集剤注入量を変化させた場合の懸濁物質の除去パターンについて検討し、水ガラス混入排水では所要凝集剤量が著しく増大することを報告した。本研究では、珪酸の除去について検討した。

2. 実験方法

水道水に水ガラスを1000mg/q及び2000mg/qとなるように添加した液ならびにこれにベントナイトを1000mg/qとなるように添加したものと、水道水に水ガラスを3000mg/qとなるように添加しセメントを1000mg/qとなるように添加したものを供試液とし、凝集剤として硫酸アルミニウムを用いて実験を行った。実験手順は次の様である。①供試懸濁液に凝集剤を所定量注入し、HCl 溶液、NaOH溶液を用いてPHが予期した一連の値となるように調整する。②ジャーテスターにより140rpmの急速攪拌を5分、50rpmの緩速攪拌を30分行った後、③30分間静置後の上澄水のPHと濁度を測定し、ついで上澄水をN0.5Aのろ紙で濾て溶解性珪酸をモリブデン黄法で測定した。あわせて珪酸の除去の機構を探るために所定の供試液について滴定曲線、溶解性アルミニウム等を測定した。

3. 実験結果及び考察

図-1は水ガラス1000mg/q液のPHを種々変化させ、N0.5Aのろ紙と0.45μのメンブランフィルターで濾たろ液の溶解性珪酸濃度を示したものである。PH 3~7の範囲では0.45μメンブランフィルターろ液の珪酸濃度は390 mg/q程度で、PH無調整液(PH=12)のそれと同じ値を示すが、PH 7~9では若干小さな値を示している。これは珪酸の重合化によるものと考えられる。N0.5A フィルターろ液中には0.45μ以上の微細粒子が総珪酸濃度(390mg/q程度)の20%程度含まれているものと考えられるが、珪酸の除去パターンを知るためのジャーテストではN0.5Aのろ紙を用いて浮遊粒子を除いて珪酸を測定し、これを残留溶解性珪酸濃度として表示した。

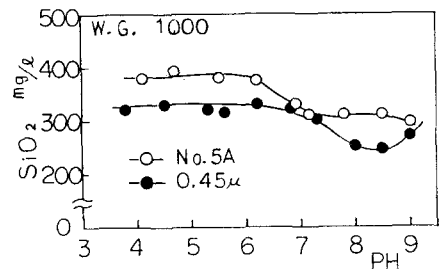


図-1

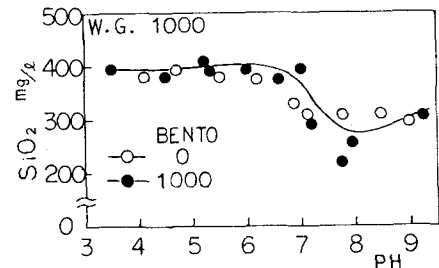


図-2

図-2は水ガラス1000mg/q液及びこれにベントナイト1000mg/q添加したときの種々のPHにおける溶解性珪酸濃度を示したものである。ベントナイト添加の有無によっては溶解性珪酸濃度はほとんど変化しない。図-3,4はそれぞれ水ガラス1000mg/q液及びこれにベントナイト1000mg/q添

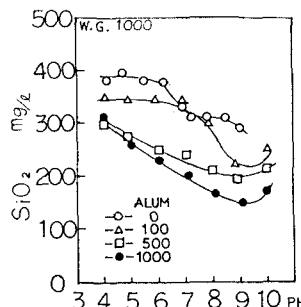


図-3

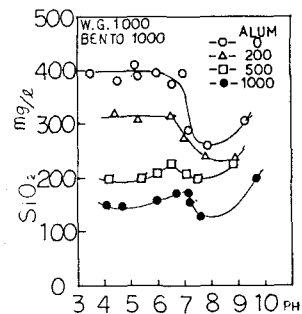


図-4

加した供試液に凝集剤を所定量注入し、系のPHを変化させた場合の溶解性珪酸濃度を示したものである。ベントナイト無添加の場合には溶解性珪酸濃度はPHの上昇とともに徐々に低下し、PH9以上では再び増大する。一方、ベントナイト添加の場合には溶解性珪酸濃度はPH6.5 ~ 7 付近まではほとんど変化せず PH7 ~ 9 で若干低下する。図-5

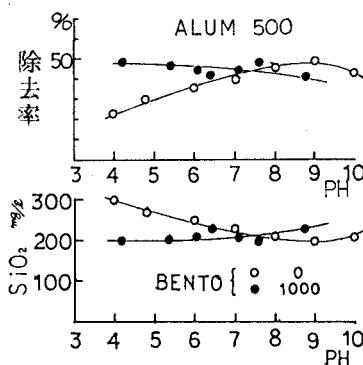


図-5

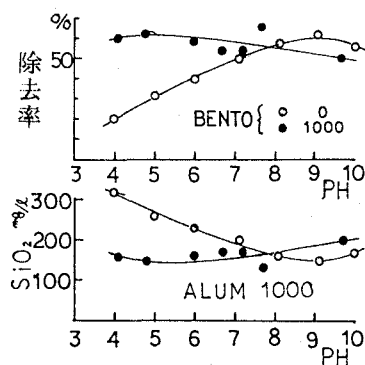


図-6

,6は溶解性珪酸の除去に及ぼすベントナイト添加の有無の影響を示したものである。溶解性珪酸濃度はベントナイトが存在する場合と存在しない場合とは異なる。特にPH3 ~ 7 においてその影響が見られ、また、低PHになるにつれてその影響が著しくなる。PH6 ~ 7 では溶解性珪酸の除去率はベントナイトが存在すると10%程度高く、PH4 ~ 5 では凝集剤注入率1000ppmのときで30~40%、凝集剤注入率500ppmのときで25~15%程度高い。したがって、凝集剤注入率が0の場合にはベントナイトの有無は溶解性珪酸濃度に影響を及ぼさないが、凝集剤が添加されるとベントナイトは溶解性珪酸の除去効果を高める作用を有するものと考えられる。図-7は水ガラス溶液と水ガラス混入ベントナイト懸濁液ならびにこれらに凝集剤を添加した液の滴定曲線である。水ガラス溶液と水ガラス混入ベントナイト懸濁液を比較するとPH9 程度まではほとんど変わらないが、PH9 以下では若干相違が見られ、このPH域

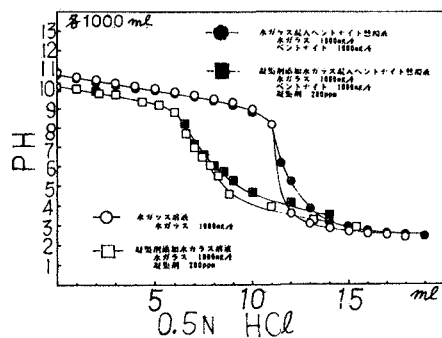


図-7

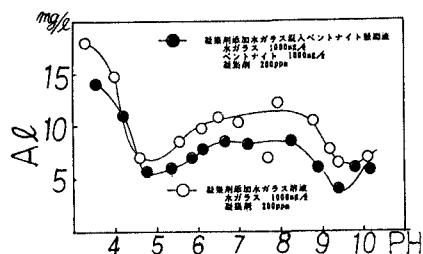


図-8

では水ガラスとベントナイトとの間に何等かの相互作用が生じているものと考えられる。しかしながら、図-2に示すように溶解性珪酸濃度に影響を及ぼす程の作用ではないものと考えられる。また、水ガラス溶液とこれに凝集剤を添加した液の滴定曲線は大きく相違している。これは前報で述べたように水ガラスと凝集剤との間の錯体生成反応等によるものと考えられる。さらに、ベントナイトが存在する場合には、上記と同様にPH9 付近から滴定曲線が相違し、PH6 ~ 7 以下でその相違が顕著となり、図-5,6の結果と対応している。図-8は凝集剤を添加した水ガラス溶液及び水ガラス混入ベントナイト懸濁液のPHを変化させた場合の溶解性アルミニウム濃度を示したものである。アルミニウムはPH4.5 ~ 5.0 水中のOH⁻と反応して不溶性のアルミニウム種が出現し、0.45μ以下の溶解性アルミニウム種の存在比は極端に小さくなり、PH8 以下になるとAl(OH)₃の生成により溶解性アルミニウム種が再び増加するとされている³⁾。しかしながら、図-8に示すように水ガラスが存在する場合にはPH5 以上の領域においても多量の溶解性アルミニウム種が存在し、珪酸との

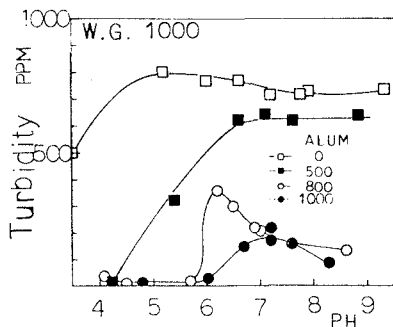


図-9

アルミニウム濃度を示したものである。アルミニウムはPH4.5 ~ 5.0 水中のOH⁻と反応して不溶性のアルミニウム種が出現し、0.45μ以下の溶解性アルミニウム種の存在比は極端に小さくなり、PH8 以下になるとAl(OH)₃の生成により溶解性アルミニウム種が再び増加するとされている³⁾。しかしながら、図-8に示すように水ガラスが存在する場合にはPH5 以上の領域においても多量の溶解性アルミニウム種が存在し、珪酸との

間の反応によって不溶性アルミニウム種の生成が妨げられていることを示している。このために、前報に示したように水ガラス混入懸濁液では除濁のために多量の凝集剤が必要となるものと考えられる。また、図-8から明らかなようにベントナイトが存在すると、PH 5 ~7 では溶解性アルミニウム種が若干減少しており、この点からもベントナイトが図-5,6のPH6 ~7 以下における珪酸の除去率の向上に寄与していることが判断される。図-9は水ガラスと

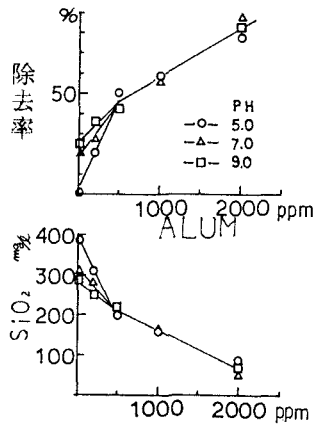


図-10

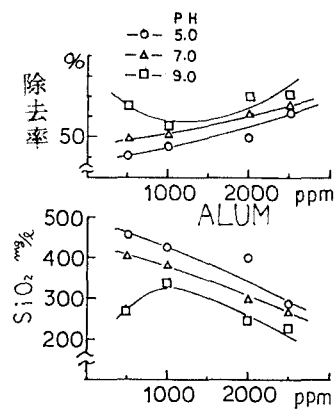


図-11

ベントナイトがともに1000mg/qの供試液の残留濁度と系のPHの関係を示したものであるが、ベントナイト自身は凝集剤注入率800 ~1000ppm でPH4 ~6 において完全に除去される。効果的な除濁の行われるPH範囲においてベントナイトが溶解性珪酸の除去に有効に作用することは実際の処理を考えるに当って極めて好都合である。

図-10,11はそれぞれ水ガラス1000と2000mg/q液にベントナイトを1000mg/q添加した供試液のPHを5.0,7.0及び9.0 に固定し、凝集剤注入率を種々変化した場合の溶解性珪酸濃度の変化とその除去率を示したものである。水ガラス1000mg/qの場合には凝集剤注入率の増大とともに溶解性珪酸の除去率は著しく高くなる。水ガラス2000mg/qの場合には凝集剤注入率の増大にともなう除去率の向上はそれほど大きくない。また、水ガラス1000 mg/qの場合には凝集剤注入率が500ppm以上になると溶解性珪酸の除去はPHによってはほとんど変化せず、水ガラス2000mg/q場合にはPHが高いほど除去率が高くなっている。効果的な除濁の行われるPH範囲における溶解性珪酸の除去率は水ガラス1000mg/qの場合60~80%程度で、水ガラス2000mg/qの場合40~50%程度である。

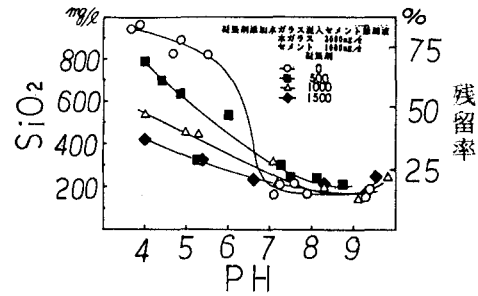


図-12

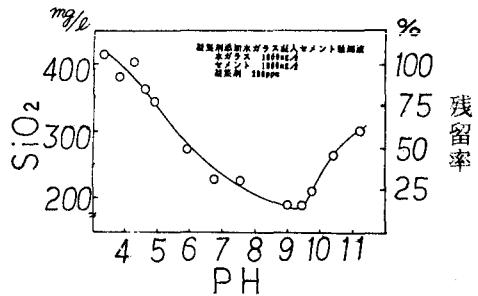


図-13

図-12 は水ガラス3000mg/q液にセメントを1000mg/q添加した供試液に凝集剤を所定量注入し、系のPHを変化させた場合の溶解性珪酸の残留率を示したものである。溶解性珪酸の残留率はPHの上昇とともに徐々に低下する。また、PH7 以上では凝集剤注入率が増大しても溶解性珪酸の残留率はほぼ一定値を示しているが、PH7 以下では凝集剤注入率が増大すると溶解性珪酸の残留率は減少している。図-13 は水ガラス1000mg/q液にセメントを1000mg/q添加しさらに凝集剤を200ppm添加した供試液について系のPHを変化させた場合の溶解性珪酸の残留率

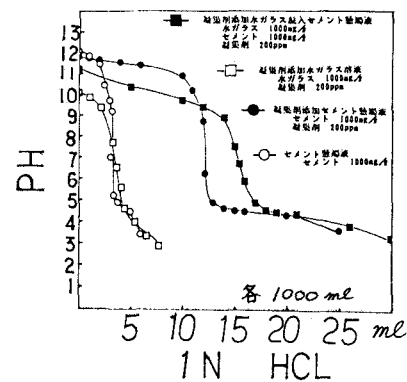


図-14

を示したものである。この場合の溶解性珪酸は $0.45\mu\text{M}$ メンブランフィルターろ液についてのものである。溶解性珪酸濃度はPHの上昇とともに徐々に低下し、PH9以下では再び増大する。図-14 はセメント $1000\text{mg}/\text{q}$ 懸濁液とこれに凝集剤 200ppm 添加した液、水ガラス $1000\text{mg}/\text{q}$ 溶液に凝集剤 200ppm 添加した液及びこれにセメント $1000\text{mg}/\text{q}$ を添加した液の滴定曲線である。セメント懸濁液とこれに凝集剤を添加した液の滴定曲線は相違している。これは前報で述べたようにセメントにはCa, Mgの他鉄やアルミニウムが多量に含まれており、これらの水酸化物の生成反応によるものと考えられる。また、水ガラスに凝集剤を添加した液とこれにセメントが加わった液の滴定曲線も大きく相違しており、さらに複雑な反応が生じているものと考えられる。図-15 は水ガラス $1000\text{mg}/\text{q}$ 液に凝集剤 200ppm 添加した液及びこれにセメントを $1000\text{mg}/\text{q}$ 添加した供試液のPHを変化させた場合の溶解性アルミニウム濃度を示したものである。溶解性アルミニウムの存在に及ぼす水ガラスの影響は前述のようであるが、これにセメントが添加されるとPH4.5 以上では溶解性アルミニウムがほぼ0まで低下している。これは凝集剤と珪酸及びセメント中の成分との間の複雑な反応及び共沈現象等によるものと考えられ、除濁及び珪酸の除去にアルミニウムが有効に消費されているものと考えられる。図-16, 17はそれぞれ水ガラスとセメントを $1000\text{mg}/\text{q}$ とし凝集剤を 200ppm 添加した供試液のPHを変化させた場合の溶解性カルシウム濃度と溶解性マグネシウム濃度を示したものである。溶解性カルシウム濃度はPH3 ~4.5 では急激に低下し、PH4.5 ~9 の領域では一定でPH9 以下になると再び低下して行く。カルシウムは高PHにおいて $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の形態となり、前報に示したように濁質除去に有効に作用する。しかしながら、図-13 より溶解性珪酸濃度はPH9.0 以上になると上昇しており、このことから $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は水ガラス混入セメント懸濁液において濁質除去の向上には寄与するが、珪酸計算の除去の向上にはあまり寄与しないものと考えられる。溶解性マグネシウムはPH3 からPH9.5 付近まで徐々に低下し、PH9.5 からPH10.5付近までほぼ0の値を示している。マグネシウムの場合もカルシウムと同様に珪酸の除去にはそれ程大きく寄与していないものと考えられる。

4. あとがき

溶解性珪酸は現在のところ魚貝類に対しては有害物質扱いされていないが、ある程度以上になると毒性効果を発揮するものとされており、自然界に存在する濃度数十 mg/q 程度まで軽減するためには凝集沈澱のみでは不十分である。今後、ほかの処理法も含めてさらに検討を加えることとしたい。

<参考文献> 1. 穂積・高崎 土木学会北海道支部論文報告集, 第41号, 1985, 2

2. 穂積・高崎 第40回土木学会年講, 1985, 9

3. 丹保・伊藤 水道協会雑誌 508号, pp.38~50, 1977, 1

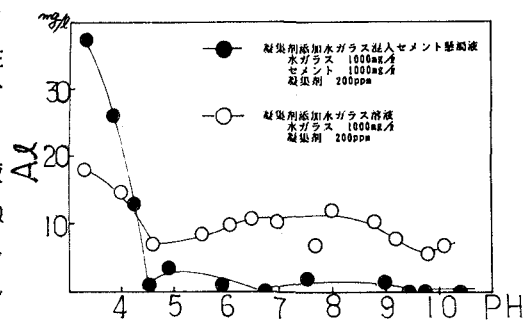


図-15

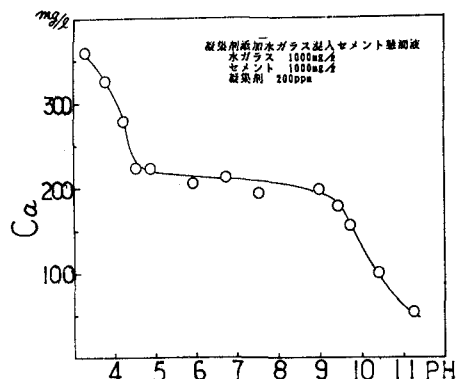


図-16

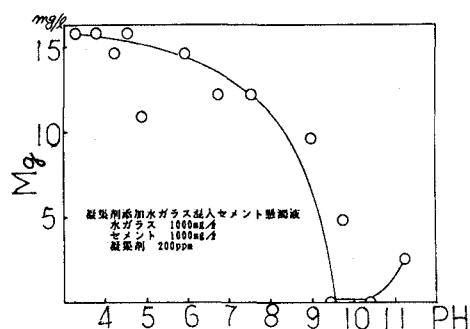


図-17