

「水の濁りを人工ゼオライトで凝集する」

愛媛大学名誉教授 逸見彰男

道路の土木工事や石材の切り出しなどに伴って、しばしば濁った水（濁水）が出てきます。大雨などによる赤土の流出によって濁水（泥水）が発生することもあります。濁水は、海に流れ込むと、サンゴ礁を傷めたり、魚のすみかや藻の育つ場所を荒らし、生態系への好ましくない影響を引き起こします。河川に入ると、鮎など魚が遡上するのを妨げます。湖沼や地下水に混ざると水道水への影響も出てくるでしょう。廃食油が混ざってドロドロと濁った家庭廃水（濁水）も水的环境汚染につながります。濁水は、人や環境に対して好ましいものではありません。今回は、濁水の浄化をめざしてゼオライトを凝集剤として働かせる技術についてお話いたします。

濁水は、濁りのもとになる小さな粒（土の粒、油の粒など）が水中で「分散」することでできています。「分散」とは、小さな粒が、バラバラに「分」れて離れ、「散」りじりになって漂っているため、いつまでたっても底に落ちてこないことをいいます。小さな粒が、プラスの電気やマイナスの電気を帯びていますが、同じ電気を帯びた粒どうしは、お互いにはじきあい（反発）します。反発しあうことで、小さな粒の一つひとつが、くっつき合うことなく、分かれて全体に広がっています。図-1の(a)と(b)に、小さな粒どうしが反発しあう模式図を示します。



**プラスの電気を帯びた粒どうし
はじきあうので、バラバラになって沈まない**

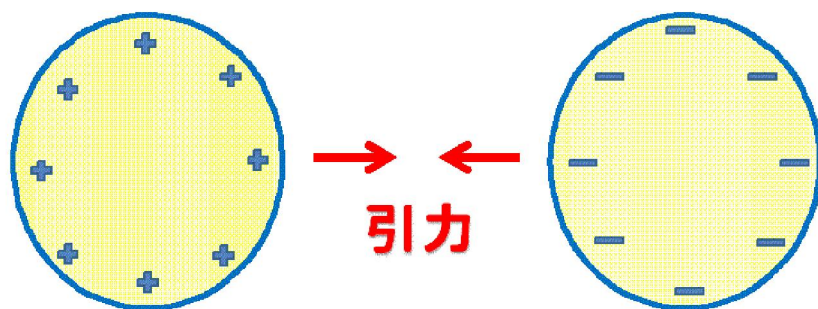
図-1 (a) プラス電気を帯びた粒どうしの反発による分散



マイナスの電気を帯びた粒どうし
はじきあうので、バラバラになって沈まない

図－1 (b) マイナス電気を帯びた粒どうしの反発による分散

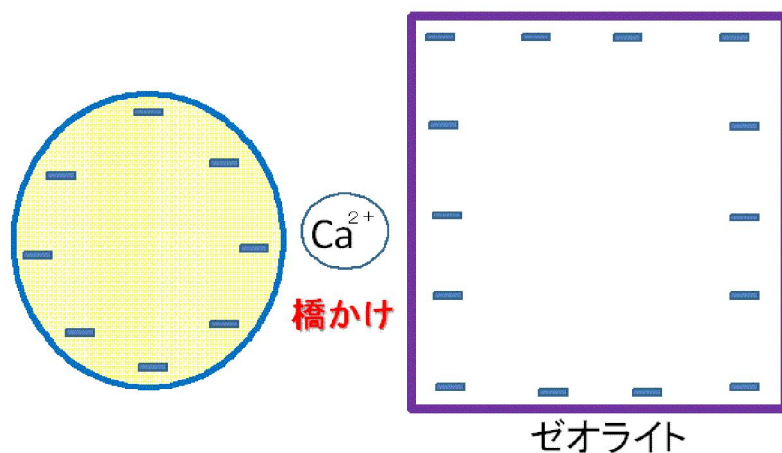
濁水をきれいな透き通った水にするには、濁りのもとになる小さな粒を「凝集」させて大きな塊に変えて、底に沈めるなどで取り除くことが必要です。「凝集」とは、漂っていた小さな粒が「凝」り固まり、「集」まってしまうことです。粒が集まりくっつきあうのは、帯びている電気をなくす（中和）ことで起こります。図－2に示すように、反対の電気を持つ粒を外から加え入ると、プラス電気とマイナス電気は引き合いますので、粒どうしがくっつきあって電気の中和が起こる結果、「凝集」します。つまり、濁水をきれいにするには、分散していた濁りの粒を凝集させればよいのです。凝集させるために加えるもののことを「凝集剤」と呼んでいます。



プラスとマイナスの電気を帯びた粒 引きあうので、くっついて沈む

図-2 互いに反対の電気を帯びた粒どうしの引力による凝集

ゼオライトを利用して、この「凝集」を起こすことができます。ゼオライトは、マイナスの電気を帯びた粒です。濁りのもとになる粒がプラスの電気を帯びたものである場合には、ゼオライトを加えますと、電気が中和されて、凝集が起こります。このような凝集のさせかたを「ヘテロ凝集」と呼んでいます。「ヘテロ」という言葉は、異なっているという意味です。プラスとマイナスの異なる電気の粒で起こる凝集ですので、このように呼ばれるのです。濁りの粒がプラス電気である濁水は、例えば、火山灰からできた土の広がった地域の泥水、や、鉄分を多く含む赤土が混ざり込んだ流出水などがあります。マイナス電気を帯びた粒からなる濁水を、同じマイナス電気のゼオライトを利用して凝集するには、工夫がいります。マイナス電気を帯びた粒どうしを「橋かけ」して、くっつき合わせるものが必要となります。「橋かけ」には、カルシウムイオンなどのような、プラス2以上の電気を持ったイオン（多価陽イオン）を使うことができます。図-3に、一例として、カルシウムイオンが「橋かけ」している様子を示します。カルシウムイオンの持っている一つプラス電気が濁り粒のマイナス電気に、もう一つのプラス電気がゼオライトのマイナス電気につながって、橋かけしています。カルシウムイオンの橋かけによって、濁り粒とゼオライトは、結合してつながり、全体として大きな固まりになって凝集するのです。濁りの粒がマイナス電気である濁水は、例えば、普通の土（火山灰土ではない）の地帯の泥水、や、廃食油が混ざり込んでドロドロした家庭廃水などです。このような濁水は、橋かけに使う陽イオンを付着させたゼオライト（カルシウムイオンの場合にはカルシウム型ゼオライト）で凝集させることができます。



マイナスの電気を帯びた粒
マイナス電気のゼオライトが、カルシウムイオン
でつながり、大きな塊になって沈む

図-3 ゼオライトによるマイナス電気を帯びた粒の凝集

土が混ざって濁った水を、人工ゼオライトで凝集する例を写真-1 に示します。鹿沼土で濁った泥水に、K 型、Na 型、Ma 型、Ca 型の人工ゼオライトを入れたところ、どの型のゼオライトでも凝集していることがわかります。鹿沼土を含む泥水の濁り粒は、プラスの電気を帯びています。マイナス電気を帯びた人工ゼオライトによって、典型的なヘテロ凝集が起こったのです。



写真-1 人工ゼオライトによる鹿沼土を含む泥水の凝集
右から K、Na、Mg、Ca 型的人工ゼオライトを添加
左端：人工ゼオライトを加えていない泥水

ゴミ最終処分場からの排水や製紙廃水等の産業廃水には、しょう油のような色に濁っているものがあります。この濁りのもとは、おもにフミン物質といわれる有機物で、多くはマイナスの電気を帯びています。フミン物質は、粒のサイズが極端に小さい部分があり、このよう部分は、通常の凝集剤では凝集することはたいへん困難であり、浄化処理する場合のネックにもなっています。フミン物質で濁った水を写真-2に示します。これに、カルシウム (Ca) 型人工ゼオライトを加えますと、写真-3のようにフミン物質が凝集することがわかります。Ca イオンの橋かけにより、フミン物質と人工ゼオライトが結合して大きな塊になることで、凝集の作用が起こっているのです。



写真-2
フミン物質を含む
濁水



写真-3
Ca 型人工ゼオライト
による凝集

ゼオライトは、吸着の機能をも持っていますので、凝集しにくい部分を吸着します。人工ゼオライトは、凝集と吸着の作用をあわせ持つ、優れた凝集剤として利用できることがわかります。