

【技術分類】 1 - 10 - 1 単位操作 / イオン交換・キレート / イオン交換体

【技術名称】 1 - 10 - 1 - 1 強酸性陽イオン交換樹脂

【技術内容】

イオン交換はイオン交換能を持つ物質（イオン交換体）のイオンと水中のイオンを交換することにより、目的とするイオンを除去するプロセスである。

イオン交換樹脂は、交換基の種類、解離の強弱などによって、陽イオン交換樹脂、陰イオン交換樹脂に大別される。さらに、陽イオン交換樹脂は強酸性及び弱酸性に、陰イオン交換樹脂は強塩基性と弱塩基性に大別される。

強酸性陽イオン交換樹脂は、標準架橋度のゲル型またはポラス型樹脂が最も一般的に使用される。

酸化性のある原水（例；静岡県富士地区地下水）である場合には、ジビニルベンゼン 10～12%の高架橋度品を使用することもある。強酸性陽イオン交換樹脂のイオン交換に及ぼす因子は、原水の  $\text{HCO}_3\%$ 、及び  $\text{Na}\%$  である。

$\text{HCO}_3\%$ ；強酸性陽イオン交換樹脂の処理水中の強酸は、中性塩分解反応を妨げる逆圧として作用する。すなわち、 $\text{NaCl}$  との反応は可逆反応であるのに対し、 $\text{NaHCO}_3$  との反応は不可逆反応であるため、 $\text{HCO}_3\%$  が高く鉍酸成分の少ない水は、実用的な交換容量を表す貫流交換容量（BTC）が大で、 $\text{Na}^+$  イオンのリークが小となる。

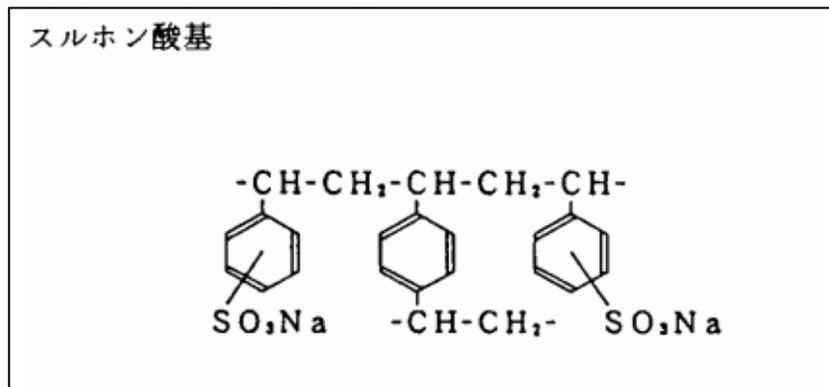
$\text{Na}\%$ ；強酸性陽イオン交換樹脂の一価陽イオンに対する選択性は二価陽イオンのそれよりも低いので、並流再生の純水装置において  $\text{Na}\%$  の高い水から良質の処理水を得るために要求される再生レベルは高くなる。BTC は  $\text{Na}25\%$  で極小となる。

$\text{Ca}\%$ ；再生剤に  $\text{H}_2\text{SO}_4$  を用いる場合、 $\text{Ca}^{2+}$  の多い原水では  $\text{H}_2\text{SO}_4$  濃度を低く抑えないと  $\text{CaSO}_4$  の析出が起こる。

強酸性陽イオン交換樹脂の特徴として、全 pH 域でイオン交換をする能力がある。 $\text{NaOH}$  はもちろん、中性塩も分解交換する。 $\text{Na}$  型樹脂は、多陽価イオンとイオン交換が可能で、硬水の軟化に用いられる。強酸性陽イオン交換樹脂は再生し難く、化学当量的に数倍の再生剤を必要とする。

【図】

図 強酸性陽イオン交換樹脂の化学構造式



出典：造水技術ハンドブック、1993年5月10日、造水技術ハンドブック編集委員会編、財団法人造水促進センター発行、120頁 表3.2.1 イオン交換樹脂の種類と特徴

【出典 / 参考資料】

「造水技術ハンドブック」、1993年5月10日、造水技術ハンドブック編集委員会編、財団法人造水促進センター発行、118 - 123頁

「化学工便覧」、1988年3月18日、社団法人化学工学協会編、丸善株式会社発行、613頁

【技術分類】 1 - 10 - 1 単位操作 / イオン交換・キレート / イオン交換体

【技術名称】 1 - 10 - 1 - 2 弱酸性陽イオン交換樹脂

【技術内容】

イオン交換樹脂は三次元に架橋された高分子基体に、交換基としてスルホン酸基や第四級アンモニウム基のような官能基を導入した化学構造を有する合成樹脂である。高分子基体にはスチレンとジビニルベンゼン (DVB) の共重合体が多く用いられているが、弱酸性陽イオン交換樹脂など一部のものには、アクリル酸またはメタクリル酸と DVB の共重合体も用いられる。

弱酸性陽イオン交換樹脂は、再生が容易なため、一時硬度 ( $\text{HCO}_3^-$  と当量関係にある  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ ) を多く含む原水に対して、強酸性陽イオン交換樹脂と組み合わせて使用することがある。通常は交換容量の大きいアクリル酸系のものが用いられる。弱酸性陽イオン交換樹脂のイオン交換に及ぼす因子は  $(\text{Ca}+\text{Mg}) / \text{HCO}_3^-$  比である。

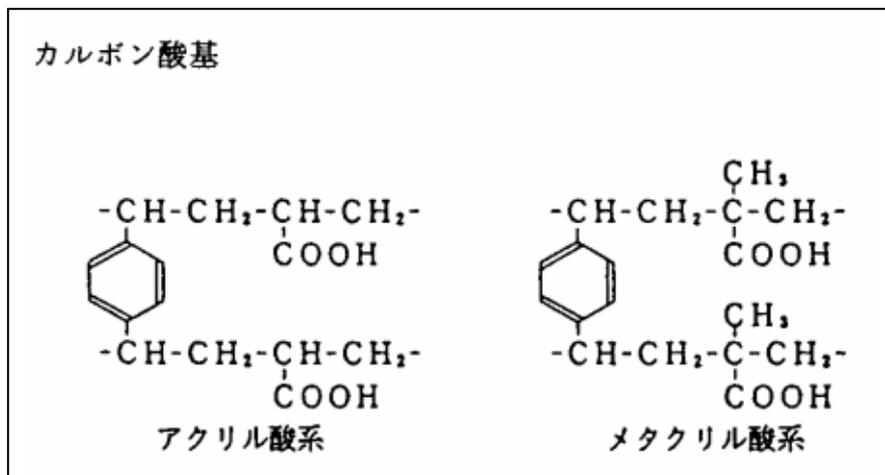
弱酸性陽イオン交換樹脂は、中性～アルカリ性で解離してイオン交換する能力がある。

$\text{NaOH}$ 、 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  などはイオン交換するが、中性塩の分解交換はしない。Na 形樹脂では中性の多価イオンともイオン交換可能である。再生しやすく化学当量的にわずかに過剰の再生剤しか必要としない。

イオン交換樹脂を長期にわたり使用すると酸化や有機物汚染などを受けて、強酸性陽イオン交換樹脂で弱酸性の交換基が、また、強塩基性陰イオン交換樹脂で弱塩基性の交換基が生成してくることがある。これらの弱電解質型の交換基は中性塩を分解することができないため、酸またはアルカリを交換する能力として求め、中性塩分解容量 + 弱酸基交換容量または中性塩分解容量 + 弱塩基交換容量を総交換容量として表す。

【図】

図 弱酸性陽イオン交換樹脂の化学構造式



出典：造水技術ハンドブック、1993年5月10日、造水技術ハンドブック編集委員会編、財団法人造水促進センター発行、120頁 表3.2.1 イオン交換樹脂の種類と特徴

【出典 / 参考資料】

「造水技術ハンドブック」、1993年5月10日、造水技術ハンドブック編集委員会編、財団法人造水促進センター発行、118 - 123頁

「化学工学便覧」、1988年3月18日、社団法人化学工学協会編、丸善株式会社発行、613頁

【技術分類】 1 - 10 - 1 単位操作 / イオン交換・キレート / イオン交換体

【技術名称】 1 - 10 - 1 - 3 強塩基性陰イオン交換樹脂

【技術内容】

イオン交換樹脂は、ゲル型、ポラス型、ハイポラス型または MR (macro-reticular) 型に分類される。ゲル型はスチレンとジビニルベンゼン (DVB) の三次元構造により形成されるミクロポアのみを有する。ミクロポアのほかにマクロポアを有するものがハイポラス型または MR 型である。ハイポラス型、MR 型樹脂は一般的に高架橋度のものが多い。ポラス型は、ゲル型とハイポラス型の間位置するものと解される。

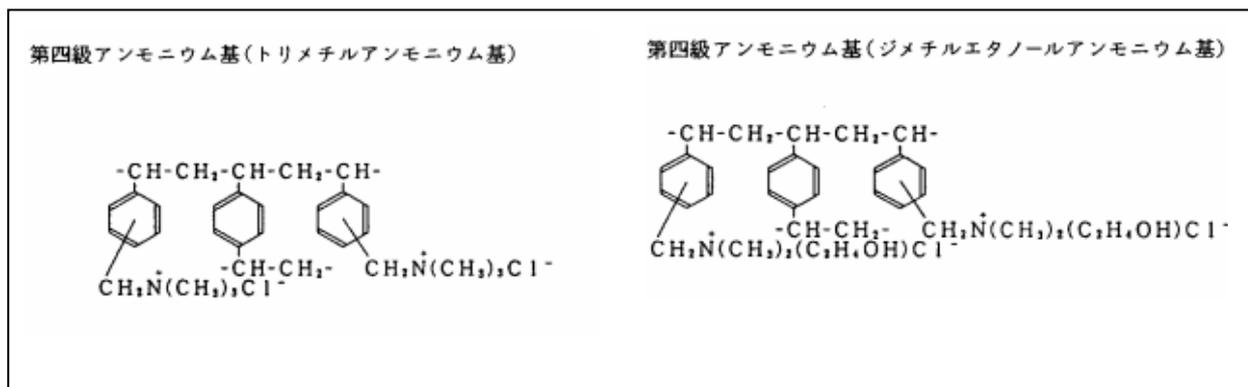
強塩基性陰イオン交換樹脂はアンモニウム基の形により Ⅰ型 (第四級アンモニウム基 (トリメチルアンモニウム基)) と Ⅱ型 (第四級アンモニウム基 (ジメチルエタノールアンモニウム基)) がある。標準架橋度のゲル型またはポラス型樹脂が使用される。2床3塔 (2B3T) 式純水装置においては、比較的再生が容易で、かつ貫流交換容量 (BTC) の大きい Ⅰ型強塩基性陰イオン交換樹脂が使用されるが、ケイ酸 (SiO<sub>2</sub>) % の高い原水を用いる場合、処理水中の SiO<sub>2</sub> 濃度を低く抑える必要のある場合などには最も塩基性度の高い Ⅱ型強塩基性陰イオン交換樹脂が使用される。またポリッシャー塔においては、コロイド状の SiO<sub>2</sub> を同時に除去する目的から、低架橋度のものが使用されることもある。

強塩基性陰イオン交換樹脂のイオン交換に及ぼす因子は、SiO<sub>2</sub> %、Cl / SO<sub>4</sub> 比などである。SiO<sub>2</sub> % は強塩基性陰イオン交換樹脂から最初にリークするイオンであり、高 SiO<sub>2</sub> % の水は処理水中に SiO<sub>2</sub> を多くリークさせる。

強塩基性陰イオン交換樹脂の特徴は、Ⅰ型とⅡ型でほとんど同じであるが、Ⅱ型が最強の塩基性樹脂である。Ⅰ型とⅡ型とも、全 pH 域で解離してイオン交換する能力がある。鉱酸のほか SiO<sub>2</sub> のような弱酸のイオン交換も可能である。再生しにくく化学当量的に数倍の再生剤を必要とする。Ⅰ型のほうが再生はやや容易である。

【図】

図 強塩基性陰イオン交換樹脂の化学構造式



出典：造水技術ハンドブック、1993年5月10日、造水技術ハンドブック編集委員会編、財団法人造水促進センター発行、120頁、表3.2.1、イオン交換樹脂の種類と特徴

【出典 / 参考資料】

「造水技術ハンドブック」、1993年5月10日、造水技術ハンドブック編集委員会編、財団法人造水促進センター発行、118 - 123頁

「化学工学便覧」、1988年3月18日、社団法人化学工学協会編、丸善株式会社発行、613頁

【技術分類】 1 - 10 - 1 単位操作 / イオン交換・キレート / イオン交換体

【技術名称】 1 - 10 - 1 - 4 弱塩基性陰イオン交換樹脂

【技術内容】

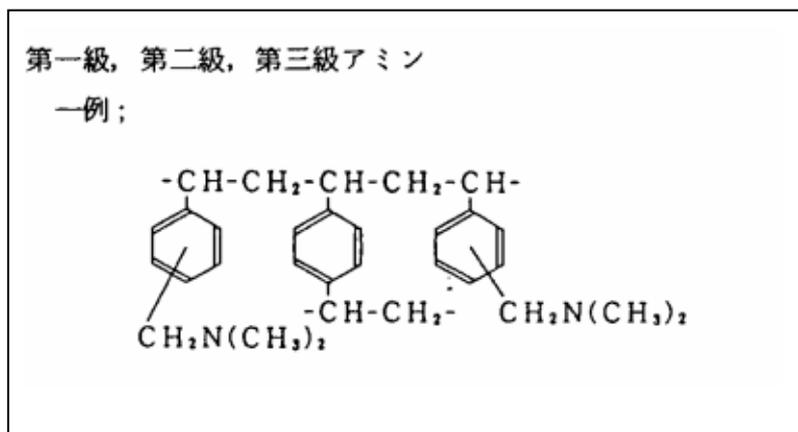
弱塩基性陰イオン交換樹脂は再生が容易なため、鉍酸イオンの多い原水に対して、強塩基性陰イオン交換樹脂と組み合わせて使用されることがある。その場合、交換容量が大であること、比較的塩基度の高いこと、水洗性の低下などの支障を生じないこと、などから第三級アミンを交換基とする樹脂を用いることが多い。弱塩基性陰イオン交換樹脂のイオン交換に及ぼす因子は遊離鉍酸 (FMA; free mineral acid) % である。弱塩基性陰イオン交換樹脂によっては FMA のみが有効に除去され、 $\text{SiO}_2$  や  $\text{HCO}_3^-$  などの弱酸は基本的にはイオン交換されないと考えてよい。

弱塩基性陰イオン交換樹脂

は、酸性～中性で解離してイオン交換する能力がある。遊離鉍酸のほか、 $\text{NH}_4\text{Cl}$  のような塩基性の塩のイオン交換が可能である。再生しやすく、化学当量的にわずかに過剰の再生剤しか必要としない。

【図】

図 弱塩基性陰イオン交換樹脂の化学構造式



出典：造水技術ハンドブック、1993年5月10日、造水技術ハンドブック編集委員会編、財団法人造水促進センター発行、120頁 表3.2.1 イオン交換樹脂の種類と特徴

【出典 / 参考資料】

「造水技術ハンドブック」、1993年5月10日、造水技術ハンドブック編集委員会編、財団法人造水促進センター発行、118 - 123頁

「化学工学便覧」、1988年3月18日、社団法人化学工学協会編、丸善株式会社発行、613頁

【技術分類】 1 - 10 - 1 単位操作 / イオン交換・キレート / イオン交換体

【技術名称】 1 - 10 - 1 - 5 ゼオライト

【技術内容】

ゼオライトは、ケイ素 (Si) とアルミニウム (Al) が酸素 (O) を介して結合した構造をしている。骨格構造中では、アルミニウム (+3 価) とケイ素 (+4 価) が酸素 (-2 価) を互いに共有するため、ケイ素の周りは電気的に中性となり、アルミニウムの周りは -1 価となる。この負電荷を補償するために、骨格中に陽イオン (例えば Na) が必要となる。この陽イオンは、他の金属イオン (H<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> など) と交換される。この陽イオンの種類によって、ゼオライトに機能性を持たせることが出来る。

ゼオライトには天然物と人工物がある。天然ゼオライトは火山岩が凝固してできた鉱物で、その種類は成分や結晶構造の違いによって数十種類もある。人工ゼオライトの作り方は様々で、種類も多く存在する。石炭灰の成分はシリカとアルミナが約 8 割を占め、この石炭灰を苛性ソーダなどとともに高温、高圧で化学処理することにより、規則正しい化学構造をもつ人工ゼオライトが作られる。

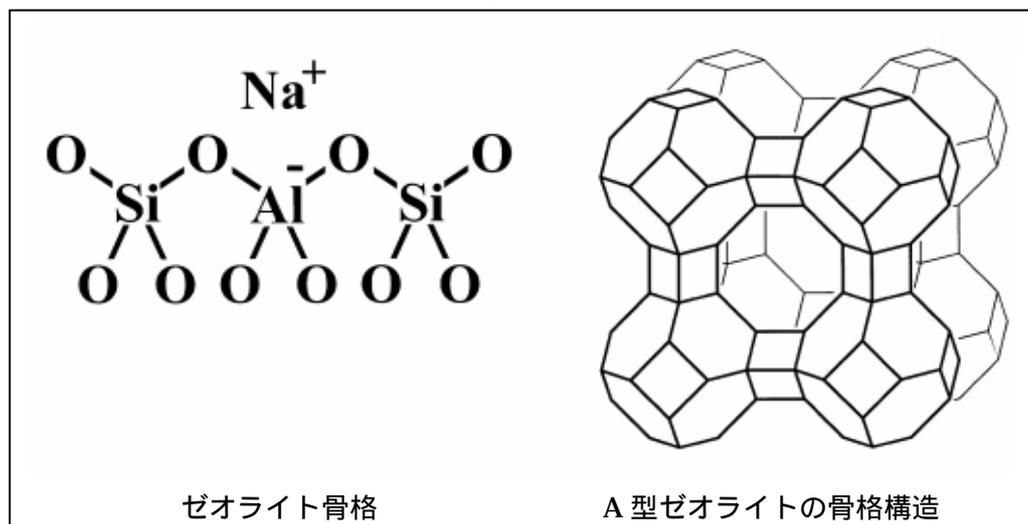
ゼオライトには、陽イオン交換能、触媒能、吸着能などの性質を有することが知られており、この性質を利用して種々に利用される。

陽イオン交換能を利用した例として、硬水の軟水化がある。湖沼や海の汚染の原因として問題となったリン化合物の代わりに洗濯洗剤に加えられたのがゼオライトである。洗濯洗剤の成分表に記載されているアルミノケイ酸塩というのがゼオライトである。洗濯槽の中では、汗などに含まれる Ca<sup>2+</sup> のために硬水に近い状態になり洗剤の性能を低下させる。Na<sup>+</sup> を含むゼオライトを洗剤に加えることで、Na<sup>+</sup> と Ca<sup>2+</sup> のイオン交換が起こり、軟水となって洗剤の能力低下を防ぐ。

この他にも、吸着能を利用した室内湿度調整、脱臭や触媒能を利用したガソリン合成がある。

【図】

図 ゼオライトの分子式、A 型ゼオライトの骨格構造図



出典：静岡理科大学ホームページ、検索日 2006 年 1 月 4 日、  
<http://www.sist.ac.jp/~yamazaki/yamazeo.htm>、山崎誠志著、山崎誠志発行

【出典 / 参考資料】

<http://www.sist.ac.jp/~yamazaki/yamazeo.htm>  
<http://oo.spokon.net/seiki/master1/kaisetu/zeoraito.htm>