



# 吸水性材料の図解説明

— そもそもSAPって何なの？

公立大学法人 福岡女子大学  
国際文理学部 環境科学科 教授

よしむら としお  
吉村 利夫

紙おむつの中で、尿などの水分を吸収する材料のことをSAP（サップ）と呼びます。このSAPのおかげで、いったん吸収された水分が外に漏れ出すことを防いでくれています。紙おむつのキー材料であるSAPについて、わかりやすく解説します。

## はじめに

人が生きていく上で、排泄を避けて通ることはできません。その排泄をコントロールができない場合、紙おむつは頼りになる存在です。このことから紙おむつは「育児と介護の必需品」といわれています。紙おむつには、尿などの水分をいったん吸収したら後戻りさせない、蒸れず漏らさない、肌触りが優しいなどの特徴があります。これらを発現するため、p.15 表2で説明されたように、さまざまな材料が使われています。それらの材料の中で、尿などの水分を吸収し、多少の圧力では漏れ出さない性質をもった粒状物を用いられています。英語では「Superabsorbent Polymer」と名づけられています。紙おむつの業界では、SAP（サップ）という略称で呼ばれることが多いです。この言葉を直訳すると「超吸収 高分子」となりますが、日本語では「高分子吸収材」や「高吸水性樹脂」と呼ばれています。「樹脂」という言葉は「プラスチック」を連想させますが、水を吸収したSAPは柔らかいゲル状であり、一般的なプラスチックとは似ても似つかない見た目です。SAPをプラ

スチックに含めるか否かは見解に違いがありますが、プラスチックの仲間に入れたくなるくらい、多くの共通点があります。

## 作り方

日常生活で用いられているプラスチックは、石油（ナフサ）から得られた小さな分子（低分子、モノマーとも呼びます）を原料とし、これを多数つなげる化学反応（重合といいます）によって得られます。図1に示すような、重合で得られたひも状の分子は、高分子（ポリマー）と呼ばれます。レジ袋やシャンプーのボトルなどに用いられているポリエチレンは、図2に示すようにエチレンを重合して得られます。電子レンジで加熱処理できる容器や車のバンパーなどに用いられているポリプロピレンは、プロピレンの重合で得られます。実はSAPも同様の方法で作られています。ただし、アクリル酸ナトリウムという原料が用いられ、これはプロピレンから作られます。アクリル酸ナトリウムは -COONa（カルボン酸ナトリウム）という部分をもっているために、水との親和性がとても高いという



図1 高分子（ポリマー）の一般的な作り方

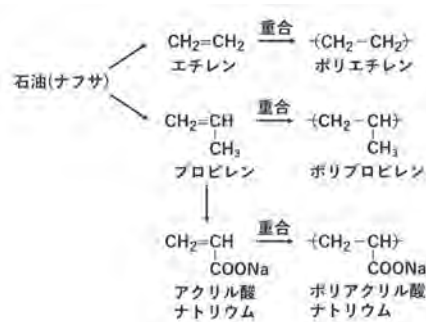


図2 ポリエチレン、ポリプロピレン、SAPの作り方

性質があります。これを重合することで、ポリアクリル酸ナトリウムが得られます。ポリアクリル酸ナトリウムそのものを水中に投げると、その分子鎖がばらばらに広がり、溶解してしまいます。これを防ぐために、重合の際にポリアクリル酸ナトリウムの分子同士をゆるやかに結びつけるための工夫（この部分を「架橋点」といいます、図3参照）がなされています。これがおおまかなSAPの作り方です。

## おもな用途

SAPの9割以上の用途は紙おむつや生理用品などの衛生材料ですが、それ以外にも、いくつかの用途があります。たとえば、生鮮食品などを購入した際に、保冷剤が付いていることがあり

ます。この保冷剤は凍っている間はカチカチですが、時間とともに柔らかくなり、室温まで戻ると内容物はゲル状になります。保冷剤の中にSAPを含めることで水分が流動しにくくなり、保冷効果が長く保てるのです。

## 吸水のメカニズム

SAPが水を吸収している様子を示すために、SAP分子の網の中に水分子がとらえられている図3のようなものが用いられることがあります。これは漁師さんが投げた網の中に魚を捉えているのに似ており、イメージしやすいかもしれません。しかし、この図で吸水メカニズムを考えるのは、厳密には正しくない点があります。以下に、その理由を説明します。純粋な水は0℃で凍りますが、不純物を含むと融点が低下し、0℃でも凍らないことが知られています。降雪時、橋の上などの凍りやすい場所に塩化カルシウムなどの融雪剤がまかれますが、まさにこの性質を利用したものです。SAPが水分子を吸収する場合、カルボン酸ナトリウムと水分子の間の相互作用によって水が

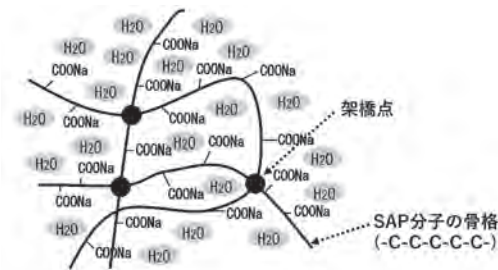


図3 SAPが水を吸収したイメージ図

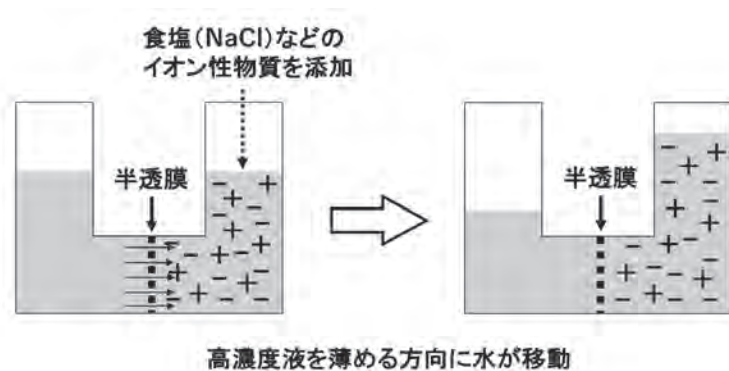


図4 浸透圧とは

保持されているとすると、その水は0℃で凍らないこととなります。しかし分析の結果、SAP中の水の大部分は、0℃で凍ることが確認されているのです。つまり、SAPのカルボン酸ナトリウムと水との間には、明確な相互作用は存在しないのです。

では、どのような仕組みでSAPは水を吸収するのでしょうか。「浸透圧」が深くかかっていると考えられています。岩波理化学辞典によりますと「半透膜を挟んで液面の高さが同じ、溶媒のみの純溶媒と溶液がある時、純溶媒から溶液へ溶媒が浸透するが、溶液側に圧を加えると浸透が阻止される。この圧を溶液の浸透圧という」とされています。図4を用いて、もう少し詳しく説明しましょう。U字のチューブの真ん中に、半透膜、つまり水は通り抜けられるがイオンは通り抜けられない膜を取りつけます。図4のチューブの右側に、たとえば食塩を加えて溶かします。食塩は水中で、 $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+$  と

$\text{Cl}^-$  といった形のイオンになります。図4ではNaやClといった記号は省略し、電気的なプラスやマイナスという形で表示しています。このような形になると、水は自発的に左側から右側に移動し、結果的に左右の液面の高さに差が生じます。このように濃度の高い液を薄めようと働く圧力のことを浸透圧と呼ぶのです。ナメクジの皮膚には半透膜としての機能があるため、食塩を振りかけることでナメクジの体内から水分が流れ出してしまう現象も、浸透圧によって説明できます。

さて、話をSAPの吸水メカニズムに戻しましょう。図5に、純水中や食塩水中にSAPを投入した際の様子と、そのときの浸透圧の違いを示しています。SAPの内部にはカルボン酸イオン ( $-\text{COO}^-$ ) とナトリウムイオン ( $\text{Na}^+$ ) が高濃度で存在します。これを純水中に投入すると、SAP内部と外部との間にイオン濃度の差が生じます。SAP表面がナメクジの皮膚と同様に半透膜の

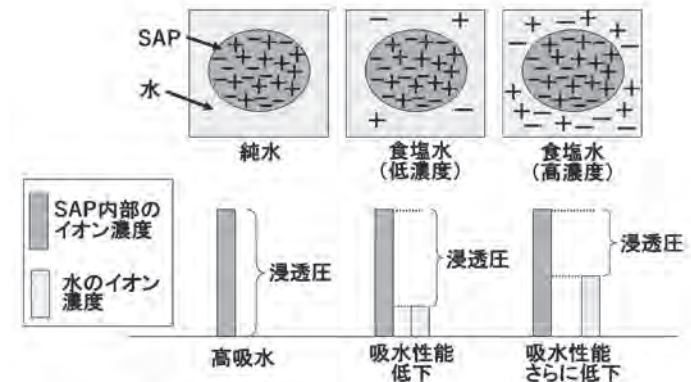


図5 浸透圧によるSAPの吸水メカニズム

働きがあるとする、SAP内部のイオン濃度を薄めるように周囲の水分がSAP内部に侵入します。これが吸水の原動力になります。周囲が食塩水の場合、SAP内部と外部とのイオン濃度の差が浸透圧に反映されますので、食塩の濃度が高いと浸透圧が低下し、その分、吸水性能が低下することになります。実際、SAP市販品の吸水性能を調べたところ、純水中でSAPの重量に対しての300倍程度吸水したものでは、0.9%の食塩水（人体の塩分濃度に相当し、生理食塩水とよばれています）中では60倍程度、3.5%の食塩水（海水の塩分濃度に相当）中では30倍程度に低下しました。このように吸水性能が塩分濃度に影響を受ける現象は、上記の浸透圧によって説明できます。

### 今後のあるべき姿

先に述べたように、紙おむつに用いられているSAPは多くのプラスチックと同様に、いずれ枯渇が懸念される石

油を原料としています。また、使用後は水分を含んでいるにもかかわらず、国内ではおもに焼却処理がなされています。SAP分子の骨格はプラスチックと同様に炭素のみで構成されているため、微生物によって分解されませんが、SAPが環境中に排出されると、海洋プラスチックのように生態系に影響を与える可能性があるのかもしれない。そこで、植物などの天然物を原料として、微生物によって分解する、いわゆる環境調和型SAPの研究が進められています。これが実現できれば、たとえば紙おむつから汚物を含んだSAPなどの吸水部分を紙おむつから分離し、水洗トイレに流すことで下水処理場での微生物による処理が可能になると考えられます。新しい材料開発が進むと、遠くない将来に、そのような日が来るのかもしれない。