

# 高吸水性樹脂の再生法とその最適化

## Methods of recycling super absorbent polymers and optimizing their methods

### Abstract

superabsorbent polymers (SAPs) can absorb several hundred times their weight in water, but after use, they become waste containing large amounts of water and require large amounts of energy for incineration, which is an environmental problem.

We investigate regenerating Superabsorbent Polymers (SAPs) using a dehydration and metal salt treatment.

### 1. はじめに

高吸水性樹脂とは、おむつなどに使用されている、自重の数百倍の質量を吸収することができる物質である。しかし、多量の水分を含む廃棄物となり、それを燃焼させるために多くのエネルギーを要するので、環境への負担が問題となっている。昨年、先輩と行ってきた研究では、その効率の良い処理方法を模索してきた。本研究では、その再利用の方法を考える事で、廃棄物として処理しなければならない高吸水性樹脂の量を減らし、環境へ与える負担を軽くする手段を発見することを目標とする。膨潤させた樹脂に対し、イオン性の物質の添加や自然乾燥など様々な脱水処理を行い、それに対して水を加えると再度吸水させることは可能なのか、もし出来ないのであれば、なぜできないのか。どのような条件で処理を行うのが、最も再吸水量を多くすることができるのかということ調べていく。

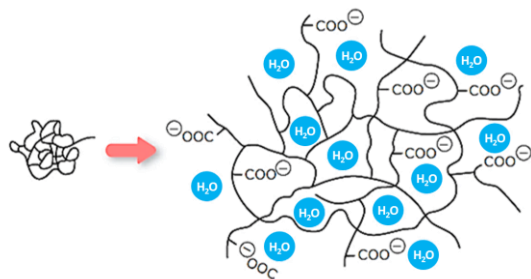


図1 高吸水性樹脂の吸水メカニズム

高吸水性樹脂はデンブンプリビニルアルコールを主鎖とし、ポリアクリル酸ナトリウムをつないだものである。膨潤した樹脂においては液中で  $\text{Na}^+$  と  $\text{COO}^-$  に電離し、 $\text{COO}^-$  がマイナスの電荷を持つのでそれら同士が反発しあい、生まれた空間に水分子が入り込むことで吸水する。しかし、イオン性の物質を加えると、樹脂内の  $\text{COO}^-$  はその陽イオンと結合し、マイナスの電荷を失うことで反発なくなり吸水性を失う。またアルカリ金属塩水溶液による処理を行うことで、多価金属イオンが高吸水性樹脂より脱落する。その後洗浄によって、金属を洗い流すことで脱水後の高吸水性樹脂の再生を行うことが可能であると考えられる。

### 2. 研究方法

(1)令和5年(4月~11月)の研究では、先行研究をもとに、脱水回数及び再生回数と高吸水性樹脂の吸水率の関係についての実験を行った。具体的な方法は以下。

①ティーパックに高吸水性樹脂を入れ、H<sub>2</sub>O(200 ml)を入れたビーカーに10分間入れて、吸水させる。  
ここで、吸水時間を10分間とした理由は、昨年度の研究において高吸水性樹脂は10分間吸水させた時点で最大限吸水し、それ以降は吸水量に有意な差が見られなかったためである。

②塩化カルシウム(CaCl<sub>2</sub>)水溶液(10 mmol/L)200 mlで60分間処理する

ここで、処理時間を60分間とした理由は、先行研究において多価金属塩水溶液による処理時間は1時間として実験が行われていたためである。

③上記の処理を行った樹脂を塩化ナトリウム(NaCl)水溶液(70 mmol/L)orH<sub>2</sub>Oが200 ml入ったビーカーに入れ、1週間処理(対照実験のため)

ここで処理時間を1週間とした理由は、ここで1時間以上の処理を行うと一日当たりの工程が長くなりすぎてしまい、尚行ら(2019)が「アルカリ金属塩水溶液処理の時間は、高吸水性ポリマーから多価金属イオンを脱離させるのに十分な時間であれば特に限定されないが、好ましくは1時間以上、より好ましくは2~10時間、さらに好ましくは4~8時間である。処理時間が短すぎると、高吸水性ポリマーの水分吸収能力の回復が不十分となる。処理時間がある値を超えると、高吸水性ポリマーの水分吸収量は増加しないので、その値を超える処理時間は無意味である。」と述べており、この記述から処理時間を1週間としても高吸水性樹脂の再生そのものに悪影響は無いと判断したためである。

④ wash を2回行う

washとは、500 mlのH<sub>2</sub>Oが入ったビーカーに上記の処理を終えたティーパックを入れ、攪拌機で15分間攪拌する工程をさす。



この工程をはさむことによって、高吸水性樹脂から脱落した多価金属イオンが洗い流され、高吸水性樹脂の再吸水量が向上すると考えられる。(画像はwash中の様子)

⑤ 水を再吸収させる ⇒吸水量計測

⑥ ②~⑤を繰り返す

(※CaCl<sub>2</sub> 0.22 g(2 mmol) NaCl 0.18 g(14 mmol) ティーパック 0.32 g 水にぬれたティーパックの重さ…0.85 g 高吸水性樹脂 0.1 gを用いる)そして、この実験の結果をまとめた。

(2)(1)の実験終了後、CaCl<sub>2</sub>を他の多価金属塩である塩化アルミニウム六水和物(AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O)に置き換え、同様の実験方法で追加実験を行った。ここで、用いる多価金属塩をただの塩化アルミニウム(AlCl<sub>3</sub>)としなかった理由は、塩化アルミニウムが強い潮解性を持っており、扱いが難しいと思われたためである。

図2 wash中の様子

(3)

①0.05 gの高吸水性樹脂が入ったティーパックを3セット用意し、H<sub>2</sub>Oが200 ml入ったビーカーに10分間入れ、水を吸収させる。

②保温装置に入れ、1週間放置

③重さを測り、再吸水させて、再吸水量を測る。

### 3. 実験結果

(1)

i) NaCl 水溶液による処理を行った樹脂のグループ

	I (高吸水性樹脂の番号)	II	III
始めの吸水量	43.87 g	46.29 g	46.10 g
1 回目の再吸水量	36.06 g	41.26 g	39.84 g
その後 1 週間水につけて保管した後の吸水量	44.72 g	48.03 g	39.33 g
2 回目の処理後の重さ	45.15 g	46.58 g	42.40 g
3 回目の処理後の重さ	44.95 g	46.96 g	42.71 g

ii) H<sub>2</sub>O による処理を行った樹脂のグループ (対照実験)

	IV	V	VI
始めの吸水量	48.43 g	44.89 g	41.78 g
処理後の吸水量	4.84 g(破損した可能性あり)	25.9 g	破損したので測定不能

1 回目の実験では H<sub>2</sub>O に入れたグループのデータが殆どとれなかったので、H<sub>2</sub>O による処理に関しては同様の実験をもう一度行った。

	VII	VIII	IX
始めの吸水量	49.14 g	42.00 g	46.18 g
処理後の吸水量	34.58 g	24.07 g	12.95 g(破損していたため測定不能)

(2) 塩化アルミニウムによる処理を行った樹脂のグループ

	X	XI	XII
始めの吸水量	43.90 g	35.62 g	36.89 g
処理後の吸水量	×	5.06 g	5.22 g

(3) 自然乾燥を行った樹脂のグループ

自然乾燥後の樹脂入りのティーパックの重さが、ティーパック自体の重さと高吸水性樹脂を足した重さに届いていなかったため、自然乾燥の過程において高吸水性樹脂が漏れてしまったと考えられる。また、もう一度実験を行ったが、やはり同様の結果であったため、この実験における結果は正しいものではないと考えられる。

#### 4. 考察

・脱水後 NaCl によって洗浄された高吸水性樹脂の吸水量は平均すると元々の吸水量の約 87%、一方水による洗浄のみの吸水量の回復は平均すると約 61%であった。ここから、洗浄による吸水量の回復に対して一定の効果があるが、NaCl による処理の過程を加えることで、洗浄の効果が向上するものと思われる。

また、再生させた高吸水性樹脂を一週間水につけた時の吸水量は元々の吸水量の約 97%であり、その後処理を繰り返しても最終的な吸水量は殆ど変動しなかったため、高吸水性樹脂は NaCl による処理及び洗浄後、長時間水中で保存しておけば、本来の吸水量とほぼ変わらない量の水を吸う事が出来るようになるのではないかと考えられる。

塩化アルミニウムによる処理を行った樹脂のグループの再吸水量は、元の高吸水性樹脂の吸水量の約 14%であった。つまり、本研究における処理では、塩化アルミニウムによる脱水処理を行った高吸水性樹脂の再生は殆ど出来ず、洗浄による効果も殆ど見られなかった。塩化アルミニウムによる脱水処理を行った高吸水性樹脂を再生させるには、別の金属塩溶液を用いる等、別の手法を用いる必要があると推察される。

#### 5. 今後の課題

本研究の手法では、一度の処理に時間がかかりすぎてしまうため、溶液の種類を変える、或いは濃度を変える等して、処理の時間を短縮させる工夫が必要であると考えられる。また、ティーパックに入れて処理を行うというやり方では、実験中に破損し、内容物が漏洩してしまうという事故が起き、データが取れないという事が何度も起きてしまったので、別の容器を用いるか、ティーパックの使い方を工夫するなどする必要がある。本研究においてはティーパックを 2 重にして対応したが、この手法には一定の効果は認められたものの、完全に破損を防ぐことはできていない。

#### 6. 謝辞

本研究を進めるにあたって適切な指導・アドバイスなどをくださり、実験やその計画がスムーズに進行するよう促進して下さった指導教員の南先生、並びにご助言いただきました先生方に厚くお礼申し上げます。本当にありがとうございました。

#### 7. 参考文献・URL

- ・使用済み吸水性物品由来の吸水性ポリマーを再生する方法及び使用済み吸水性物品由来のリサイクル(2019) 尚行 船水,健 牛島 ,野分 土方,宙希 吉川,孝義 小西,徹 大庭 著
- ・Dewatering of super absorbent polymers: Alternatives to thermal desorption by liquid phase extraction using dimethyl ether(2019)Chi Wu et al.
- ・Feasibility of superabsorbent polymer recycling and reuse in disposable absorbent hygiene products(2021)Jose F. Alfaro et al.

