

新素材・高吸水性ポリマーを用いた授業実践

東 貴宏・宮田貴光（長崎大学大学院教育学研究科・教職実践専攻）

星野由雅（長崎大学大学院教育学研究科）

森下浩史（長崎大学教育学部）

はじめに

身近な科学のおもしろさを教師自身が見つけ出し、それをうまく伝えていけば、生徒が理科学習の必要性を実感でき、より理科学習に興味をもつようになると考える。「科学は難しいけどおもしろい。夢がある。いろいろ調べてみたい。」という思いを生徒たちと共感できる理科授業づくりを目指した。

1. テーマ設定

今回のテーマには、中学校理科の「科学技術と人間」という単元内の新素材を扱うこととした。この分野の学習は、内容の説明はするものの実験が行われにくい。そのため今回の実践では、授業内での実験を主体とした実践を考えた。また、生徒にとっても科学の最先端の技術について思考し、実際に触れることは体験的学習の観点から見ても、効果的なのではないかと考える。そういった点でも、今回の新素材は生徒に科学的思考を促進させる適切な教材ではないかと考える。科学を学ぶことの意義・内容はいろいろあるが、その中に、科学技術の仕組みを学ぶということがある。理科の学習で学んだことが、自分たちの生活や社会にどのように関わっているのか理解し、そして、実際に社会に出たときに、役立つようにすることが求められる。

2. 実践計画と方法

高吸水性ポリマーを使った実験をいくつか行い、その後に高吸水性ポリマーの原理、用途について説明を行う。時間は30分程度とする。

まず、高吸水性ポリマーについて説明する前に、一度演示実験を行い、生徒に観察させ、また、実際に触らせる。そのあと、吸水の仕組みを説明し、生徒には脱水する方法を考えさせる。説明には、パワーポイントを主に用いる。原理の部分はなるべく掘り下げたところまで説明し、化学的な知識として身につかせる。

3. 授業実践

授業は、対象として中学生を想定し、その模擬授業として大学生を対象に実施した。

平成 23 年 2 月 9 日（水）10:30～11:00 長崎大学教育学部化学実験室（517 室）において長崎大学教育学部学校教育教員養成課程中学校理科専攻の学生 6 名を対象に行った。授業の実施は、東と宮田が担当した。

ポリアクリル酸ナトリウム（株式会社ケニス）、100 mL メスシリンダー、シャーレ、精製水、食塩、砂糖、葉さじを準備した。

まず、演示実験では、100 mL のメスシリンダーに入れた精製水 100 mL にポリアクリル酸ナトリウム 1 g を入れ、徐々に微粒子状のアクリル酸ナトリウムが膨潤し、最後にはメスシリンダーをひっくり返しても水が出てこなくなる現象を観察させた。その後、膨潤した高分子を触らせ、水を含んでいることを確認させた。

次に、この現象をパワーポイントのスライド（資料参照）を用いて説明した。説明では、①高分子そして機能性高分子とは何か、②繊維の吸水の機構、③ポリアクリル酸ナトリウムの吸水の機構を説明した。その後、高分子に吸収された水を高分子の外に出すには、どうすればよいかを問いかけ、次の実験に移った。

次の実験では、シャーレに入った既に膨潤状態にあるポリアクリル酸ナトリウムに食塩と砂糖を加えさせ、食塩を加えたほうからは水が浸み出してきていること、砂糖を加えたほうからは水が全く浸み出してきていないことを観察させた。その後、膨潤した高分子から水が浸み出してくる機構についてパワーポイントのスライドで説明を行った。

4. アンケートによる授業実践の分析

授業後、参加者にアンケート調査を行った。以下に、その結果を記す。（ ）内は選択肢。

問 1 新素材に興味が湧きましたか。

（よくあてはまる、少しあてはまる、どちらともいえない、あまりあてはまらない、まったくあてはまらない）

○よくあてはまる 60%

○少しあてはまる 40%

問 2 新素材を授業に用いてみようと思いましたが。用いてみようと思った方は、どのように活用するか、もし意見があれば自由に書いてください。（自由記述）

（よくあてはまる、少しあてはまる、どちらともいえない、あまりあてはまらない、まったくあてはまらない）

- よくあてはまる 60%
- 少しあてはまる 20%
- どちらともいえない 20%

問3 理科の教員として、身近に使われている科学技術を知っておく必要はあると思いますか。

(よくあてはまる、少しあてはまる、どちらともいえない、あまりあてはまらない、まったくあてはまらない)

- よくあてはまる 100%

問4 理科の教員として、身近に使われている科学技術を子ども達に伝える必要はあると思いますか。

(よくあてはまる、少しあてはまる、どちらともいえない、あまりあてはまらない、まったくあてはまらない)

- よくあてはまる 100%

今回の内容は、非常に学生の興味をひくような内容ではあったが、実験の見せ方にまだまだ、改善の余地がある。例えば、良く見えるように水に色を付けるために「食紅を使う」などの指摘があった。また説明においても、「ポイントがわかりにくい」「生徒に高吸水性ポリマーについての利用法を考えさせる場面を入れる」といった指摘もあったので、中学生にもわかりやすい内容に仕上げる必要がある。

5. まとめ

アンケート結果からわかるように、今回の実験では学生に興味を持たせる内容ではあったが、新素材の見せ方、説明の仕方に課題が残った。同一の事象でも教師が生徒にわかりやすく物事を表現する難しさを感じた。改善点としては、内容をもう少しまとめて中学生の既存知識でもわかりやすい表現にする点が挙げられる。また実験の見せ方でも、生徒の興味や疑問に即したタイミングで現象を見せられる工夫が必要ではないかと考えた。

このような「科学技術と人間」の学習では、「理科」という教科の範疇に留まらず、おのずと教科を横断し、総合的な学習へと発展していく。他教科との連携や、教育課程全体の枠組みの見直しを行うことで、より効果的な学びが実現できるよう考えていきたい。

(資料)

高吸水性ポリマーとは

「ポリマー」・・・つまり高分子

高分子は私たちの生活に密接に関わっている。
→デンプン、タンパク質、ゴム、プラスチックetc...

脱脂綿・・・約90%がセルロース



☆高吸水性ポリマーは、従来の高分子がもつ性質には見られない特殊な機能をもつ高分子

機能性高分子

• 形状記憶高分子 → 形状記憶Yシャツ
新素材ウェア

<http://www.phenix.co.jp/diaplex/faq/index.html>

- 感光性高分子 → フォトリソグ
- 導電性高分子 → PAS電池、有機EL
- 高吸水性高分子 → 紙オムツ
- イオン交換樹脂 → 純水製造装置
- タンパク質やDNA

吸水性

繊維はどうやって水を吸収しているのか？

要因は二つ！！

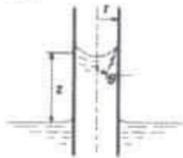
- 毛細管現象
繊維の中にはすき間がたくさん存在し、この細かなすき間が細いガラス管と同じ働きをして、水を吸い上げる。

この液面上昇する高さ「Z」は

$$Z = \frac{2T \cos \theta}{\gamma \rho}$$

θ: 接触角
T: 表面張力
r: 管半径
γ: 液体の比重

となります。



<http://www.teibow.co.jp/pen/skill/capillary.html>

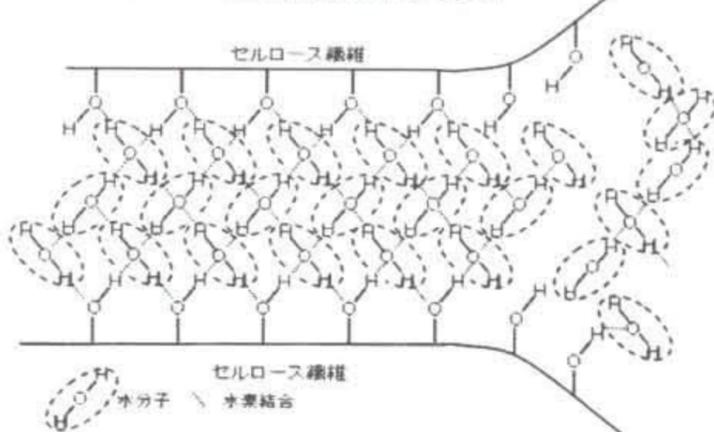
吸水性

繊維はどうやって水を吸収しているのか？

- 水素結合(分子レベル)
繊維を構成するセルロースのヒドロキシ基と水が水素結合を形成する。

※水に濡れやすい性質をもっている物質ほど毛細管現象が起こりやすく、布では天然繊維の綿や麻、絹などが合成繊維よりも顕著に毛細管現象を示す。

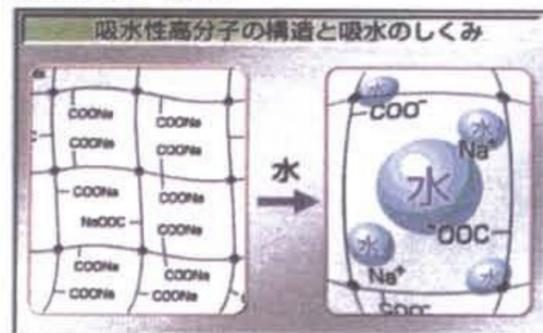
水素結合の様子



<http://www.ipc.shimane-u.ac.jp/food/kobayashi/paper/structure.html>

高吸水性の仕組み

では高吸水性ポリマーはどうやって水を吸収しているのか？

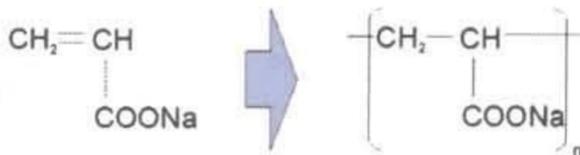


http://rikanel2.jst.go.jp/contents/cp0240/c04/c04_1/c04-1-a/c04_1_a_big.html

化学的構造

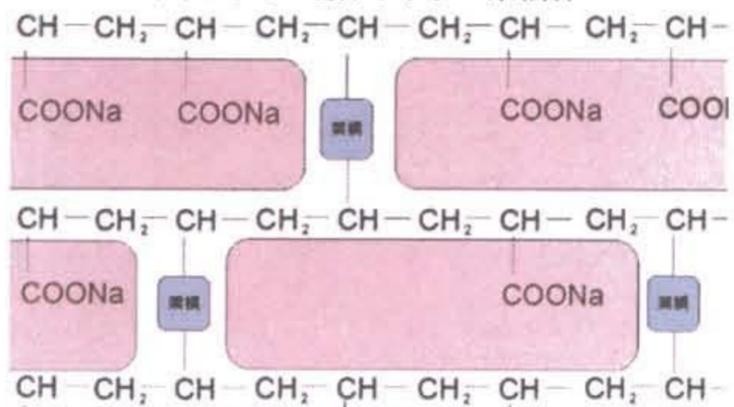
例→ポリアクリル酸ナトリウム架橋体

アクリル酸ナトリウム ポリアクリル酸ナトリウム



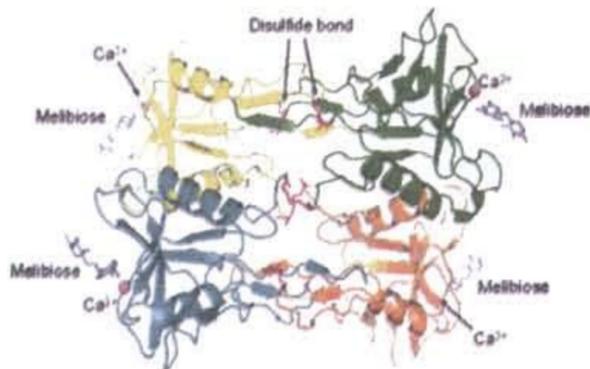
化学的構造

ポリアクリル酸ナトリウム架橋体

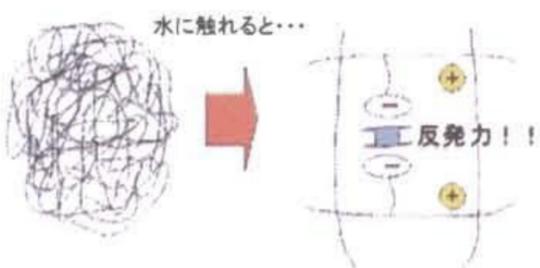


実際の高分子

タンパク質の結晶構造 (CEL-IV / melibiose 複合体)



高吸水性の仕組み



要因

高吸水性ポリマーの吸収力を決める三つの要因

- ・浸透圧...吸い込む力
- ・親和性...浸み込む力
- ・架橋密度...保持する力

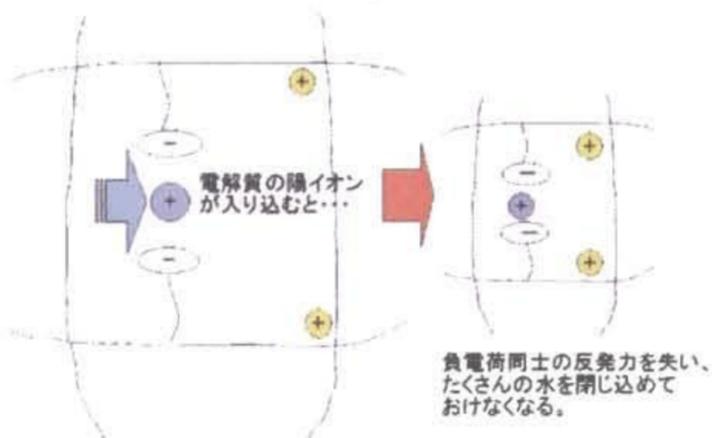
SAPの吸収力を決める3つの力 (Floryの式*)

$$\text{飽和吸収量} \propto \frac{\text{ゲル中の解離イオン由来の浸透圧} + \text{ポリマーと溶媒の親和性}}{\text{架橋密度}}$$

*架橋構造を持つポリマーの吸収力はこの3つの因子によって決まるといわれる。1950年代、Floryによって発表された。

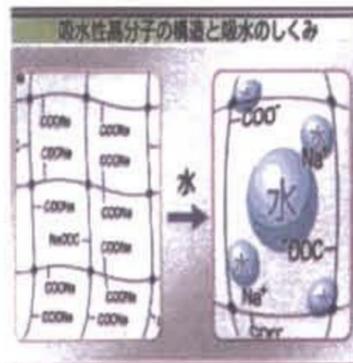
<http://www.chemuseum.com/professional/report/9/index.html#top>

脱水



高吸水性の仕組み

では高吸水性ポリマーはどうやって水を吸収しているのか？

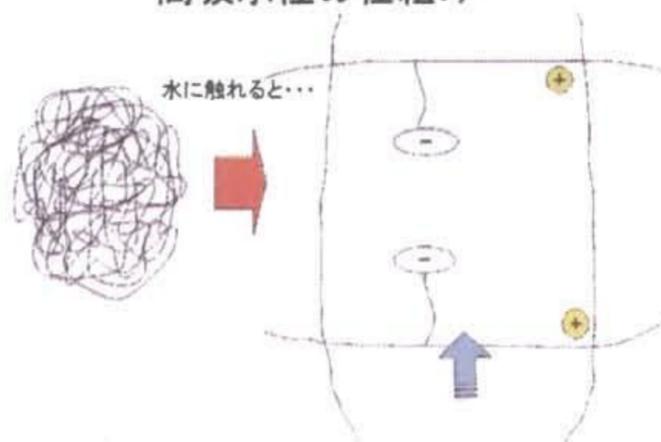


水中で電解質(-COONa)が電離することによって...

・負電荷同士の反発による膨潤。
⇒多量の要因。

・ナトリウムイオンによるイオン濃度増加。
⇒浸透圧の発生による水の吸収。

高吸水性の仕組み



特徴

繊維等に比べて、一度吸収した水は簡単には出ることができない。
⇒水素結合のみならず、電荷による力が働くから。(正に閉じ込められるイメージ)

では吸収した水を外に出すことは不可能なのか？

かごをせまくしてしまえばよい。
⇒負電荷同士の反発力を消してしまえばよい。

歴史

1960年ころ、PVA(ポリビニルアルコール)やPEG(ポリエチレングリコール)などの水溶性樹脂を架橋した親水性架橋高分子が開発され、園芸用の土壌保水剤などの用途に検討されていた。しかし、吸水力は自重の10~30倍程度であったため、商業用途には性能不十分であった。そこからさらに研究が続けられ、74年に米国農務省北部研究所が世界で初めて自重の数百倍の吸水力を有するSAPを発表した。これにより、市場開発において、特にベビー用おむつや老人介護用おむつの関係者から期待が大きかったが尿に含まれる塩分の存在により、開発は困難となった。その後も吸水性向上などを目的に多くの組成や製法が検討され、その用途開発も多岐にわたって進められた。現在では紙おむつやナプキンなどの衛生用品のみならず、農業・園芸、食品・流通、土木・建築、化粧品・トイレタリー、メディカル、電気・電子産業分野でも使用されている。

http://www.sanyo-chemical.co.jp/tech_info/pdf/jpn/pk83.pdf

SAPの種類

高吸水性樹脂 = SAP (Super Absorbent Polymer)

高分子材料は、だいたい大きく以下の3つに分けられる。

①パルプ、綿布等の天然繊維 [脱脂綿、ティッシュペーパー等]

□吸水能力 ……自重の約10~20倍

□保水能力 ……外圧に対して、簡単に水分をはき出してしまふ。

②吸水性樹脂 [土壌保水剤等]

□吸水能力 ……自重の約30倍

□保水能力 ……①よりは、水分をはき出しにくい。

③高吸水性樹脂 [生理用品、紙おむつ等]

□吸水能力 ……自重の数百倍~千倍程度

□保水能力 ……ゲル状に変化し、多少の圧力を加えても離水しない。

http://knowledge.yasojima-proceed.com/archives/2008/02/q_81.html

用途

○現在日本では90%以上が紙おむつ向けで使用されているが、他にも様々な用途での使用が進んでいる。

農業製品……農園芸用土壌保水剤、改良剤など
※土と混ぜ、保水性と通気性を向上

土木・建築分野……シーリング剤、止水剤など
※吸水力、膨張力を利用し、水の漏洩を抑える

医療分野……ソフトコンタクトレンズなど
※高含水率、高強度、透明性

食品分野……食品鮮度保持包装材、浸透圧脱水シート
※水分放出機能の利用

電気・電子分野……電力ケーブル、光ファイバーケーブル、感水分センサ、漏水検出器など

その他……化粧品、消臭剤など

http://knowledge.yasojima-proceed.com/archives/2008/02/q_81.html

組成例

○組成例

[合成ポリマー系]

ポリアクリル酸塩系、ポリスルホン酸塩系、無水マレイン酸塩系、ポリアクリルアミド系、ポリビニルアルコール系、ポリエチレンオキシド系

[天然物由来系]

ポリアスパラギン酸塩系、ポリグルタミン酸塩系、ポリアルギン酸塩系、デンプン系、セルロース系

http://www.sanyo-chemical.co.jp/tech_info/pdf/jpn/pk83.pdf

参考文献

- ・「絶対わかる高分子化学」, 講談社, 齋藤勝裕・山下啓司
- ・「身のまわりの高分子」, 東京化学同人, 藤永昇永
- ・「高分子と水 高分子学会編」, 共立出版株式会社
- ・「わかる科学シリーズ7 高分子化学」, 東京化学同人, 齋藤勝裕・渥美みはる
- ・「化学の不思議がわかる本」, 成美堂出版, 満田深雪