

吸水性ポリマーを用いた高分子教育

Education of polymer via water-absorbing polymer

豊島 雅幸¹⁾, 高橋 龍也¹⁾

Masayuki Toyoshima¹⁾, Tatsuya Takahashi¹⁾

Abstract : Industrial Chemistry II taught materials particularly to polymers, from 2013 to 2016. Since then, the authors were teaching the Material design, such as synthesis, process and analysis. The theme on synthesis of water-absorbing polymer was introduced to promote a more accurate understanding of functionalized polymer. The experiment constructed three steps such as, synthesis via chain polymerization, functional of water absorption and removal. We would like to summarize the present overall situation in this experiment and to discuss for further improvement of the coursework.

Keywords : Chemical education, Polymerization, functionalized polymer, water-absorbing polymer

1. 緒言

平成28年度まで開講されていた(平成29年度より工業化学概論で半期開講)本校荒川キャンパスの4学年における一般選択科目である工業化学概論IIは平成25年度より、機能性高分子について講義を行っている。これは、工業化学概論Iにおいて、高分子の合成、加工、解析の3分野の知識を学んだうえで、身近にある製品の素材から、基礎材料から機能発現を得るための違いを中心に講義を展開していた。しかしながら、座学だけでは分かりにくい部分、特に合成やその機能発現などは、実際の実験を通じてより理解促進が深まると考えられる。

そこで、工業化学概論IIでは、我々の身近な高分子である、吸水性ポリマーを選択し、連鎖重合による合成とその機能性解析を通じて、機能を有する高分子に対する興味を促しつつ、理解を深めるとともに、身近に存在する材料に対して一歩踏み込んだ視点を持つことを目的に1班2名編成で実験を行っていた(Fig. 1)。

本稿では、工業化学概論IIの実験の過程、結果と考察及び講義について報告すると同時に、得られた知見をもとに開催した公開講座についても報告する。

2.1 実験準備

2.1.1 実験試薬

次の試薬は購入した状態で用いた。

アクリル酸、水酸化ナトリウム、*N,N,N',N'*テトラメチレンジアミン、*N,N'*メチレンビスアクリルアミド、メチレンブルー(関東化学、東京)

2.1.2 実験器具

下記の器具は市販品を利用した。

吸水ボール、お茶パック



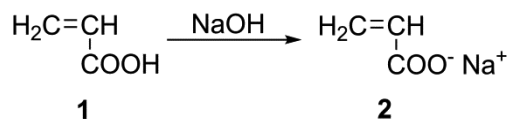
Fig. 1 実験の様子

2. 授業内容

2.2 実験

2.2.1 吸水性ポリマーの合成

アクリル酸を同物質量のNaOH水溶液に加え、末端をNa化させた上(Scheme 1)で、氷浴中にて*N,N'*メチレンビスアクリルアミドを加え溶解させた。さらに氷浴中で過硫酸アンモニウムを加えた。



Scheme 1 アクリル酸のNa化

色づけ用として、メチレンブルー溶液を適量加えた後、*N,N,N',N'*テトラメチレンジアミンを加え(Scheme 2)、振盪させた後、素早く溶液をシャーレに移した(Fig. 2)。

反応溶液が固まったら水を加え洗浄し、乳鉢に移して細かく砕いた上で乾燥させた(Fig. 3)。

1) 東京都立産業技術高等専門学校 ものづくり工学科、一般科目

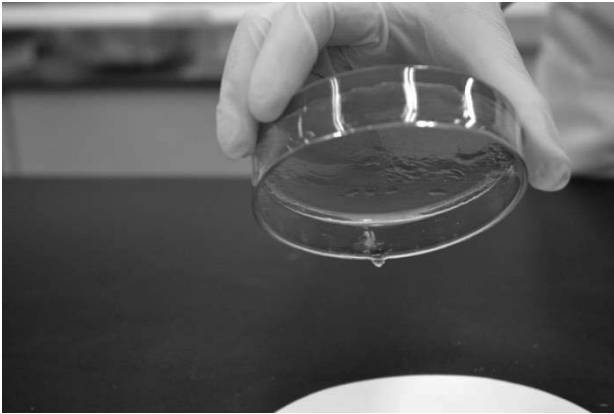


Fig. 2 架橋構造を形成した吸水性ポリマー

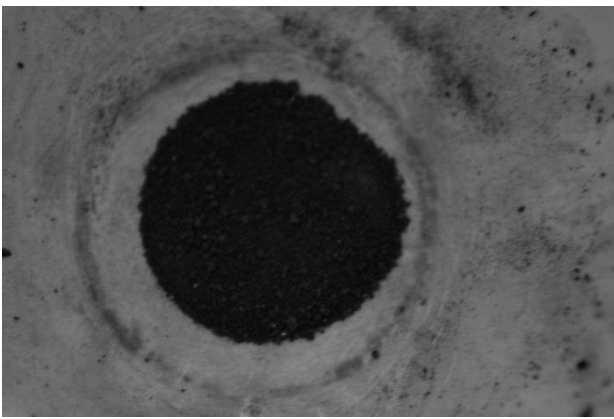


Fig. 3 合成した吸水性ポリマー

2.2.2 吸水性実験

2.2.1 で合成した吸水性ポリマーをお茶パックに入れ、1日水に浸した後、吸水率を求めた(Fig. 4)。また、比較検討として、市販の吸水性ボールを用いて吸水性の比較を行った (Fig. 5)。

結果としては、合成の吸水性ポリマーの吸水率の平均は、12,600 % に対して市販のものは 12,900 % と市販のものに比べても変わらない結果を得た。

2.2.3 NaCl 添加による脱水実験

2.2.2 で吸水させたポリマーを過剰量の NaCl を加え、その変化を観察させた。吸水機能はアクリル酸の側鎖の Na 化によるものであり、過剰量の NaCl を添加すること

によりポリマー内に内包されていた水が脱水されたものである (Fig. 6)。なお、NaCl 添加による変化は瞬時に発生した。

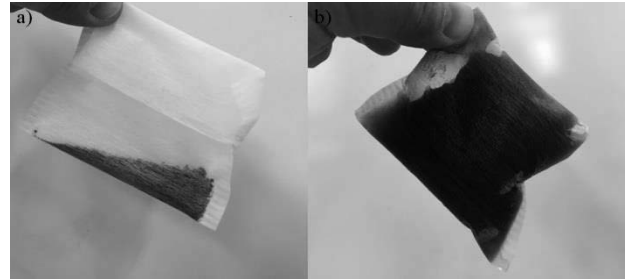


Fig. 4 合成した吸水性ポリマー a) 吸水前, b) 吸水後

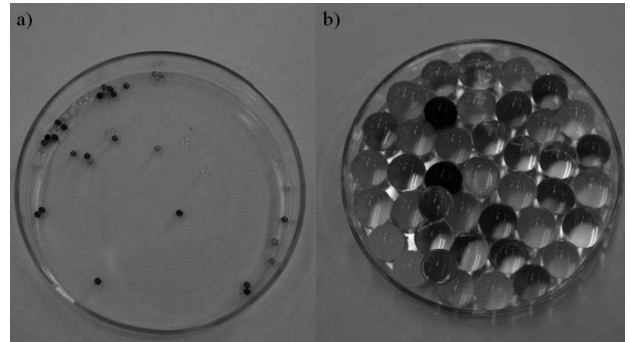


Fig. 5 吸水ボールの変化 a) 吸水前, b) 吸水後

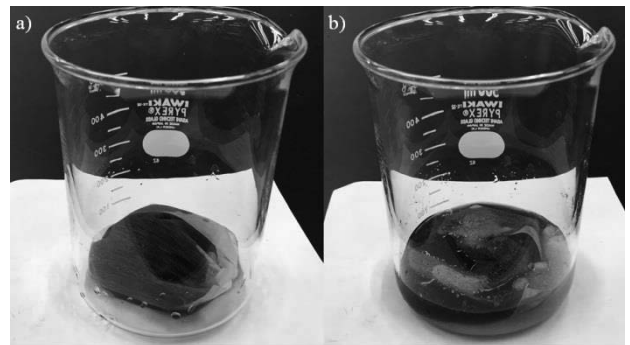
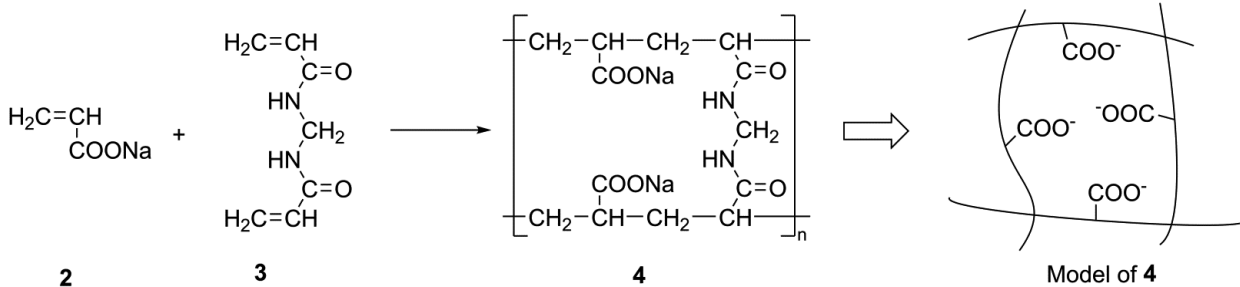


Fig. 6 合成した吸水性ポリマーの変化 a) NaCl 添加前, b) NaCl 添加後

この変化は、吸水ボールにおいても同様の結果が得られた。また、吸水性ポリマーを包んでいる半透膜が割れるものもあった(Fig. 7)。



Scheme 2 吸水性ポリマーの合成

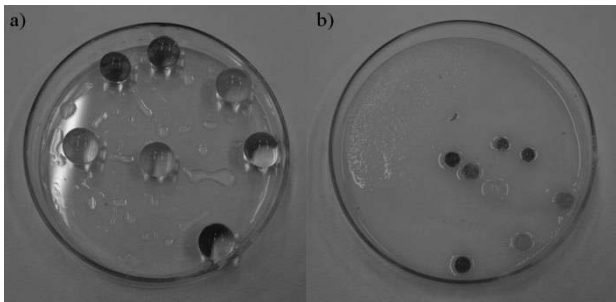


Fig. 7 吸水ボールの変化 a) NaCl 添加前, b) NaCl 添加後

2.3 実験総括

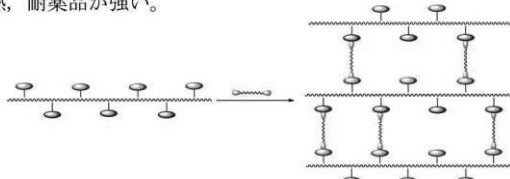
実験終了後の講義において、本実験のまとめおよび考察を行った。

2.3.1 架橋構造の特徴

架橋高分子を合成する方法は、側鎖を架橋剤で結びつける方法 (Fig. 8) や、ビニル基を 2 つ有する物質の開裂による方法 (Fig. 9) などがある。直鎖構造との違いは、主鎖を結びつけることで、三次元的構造をとることや、溶解性を失うなどの特徴を有することを講義した。

架橋構造

これまでに説明した、高分子の側鎖修飾を利用して、側鎖同士を結びつけることで、ポリマー鎖を結びつける構造を架橋 (橋架け) 構造という。架橋構造は、3次的にポリマーを結びつけるため、非常に硬く、耐熱、耐薬品が強い。



側鎖と橋架け部分の結合は強く、いったんこの結合をすると、元の直鎖に戻ることは難しくなる。パテ (穴埋め用の塗料) は架橋構造を利用したもの

Fig. 8 側鎖修飾による架橋構造設計の 슬라이ド

2.3.2 吸水機能発現の理由

特に、本実験で行ったような水分子の内包は、分子鎖で囲まれた空間が存在することに起因している。また、今回合成した吸水性ポリマーは側鎖の -COO^- と水分子が水素結合することで架橋内に保持されること、過剰の NaCl を加えることでポリマー内外の Na^+ の濃度差が逆転することで、内包されている水分子が外部に引き出されることを解説した (Fig. 10)。

このように、高分子の構造内に物質を内包させることは、水以外の物質においても可能で、機能的物質を内包させたハイブリッド材料の設計についても講義した。

連鎖重合による架橋構造の合成

ポリマー修飾をしなくても、モノマーの段階で重合点を二つ以上持たせることで、架橋構造を作ることも可能になる。

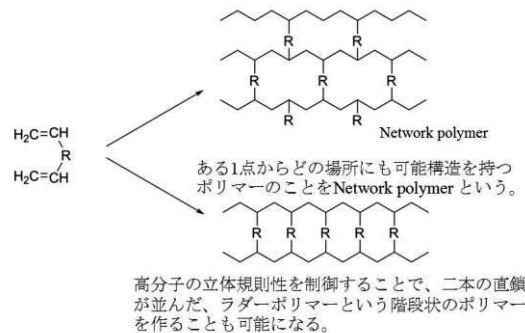


Fig. 9 連鎖重合による架橋構造設計の 슬라이드

吸水と脱水

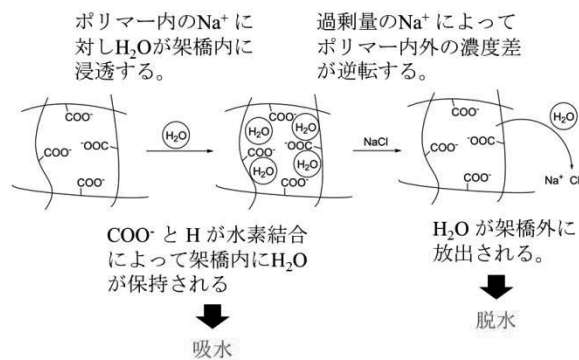


Fig. 10 吸水と脱水における講義 슬라이드

2.3.3 実験報告書の作成

本実験で得られた結果を各学生にまとめさせ、実際に行った合成や、吸水率の結果を数値的に導きださせた。さらに、期末試験においても吸水のメカニズムを記述させるなど、機能的高分子に対する理解促進を図った。

3. 公開講座への展開

市販されている詰替え用の芳香剤は、臭いの成分を溶液にしたうえで、吸水性ポリマーに保持している。そこで、本実験で得られた知見をもとに、小中学生を対象に、平成 29 年 7 月に「オリジナルの芳香剤を作ろう」というタイトルで公開講座を実施した (Fig. 11)。

3.1 公開講座の準備

対象に小学生が含まれていることから、試薬の管理及び反応液の扱いに注意を払い、溶液がこぼれないように、蓋付きのバイアル瓶を選択した。特に小学生参加者に対しては、アクリル酸を加えた状態で準備した (Fig. 12(a))。また、必要となる粉末試薬は先に薬包紙に包み、参加者が誤飲しないよう心掛けた (Fig. 12(b))。



Fig. 11 公開講座の様子

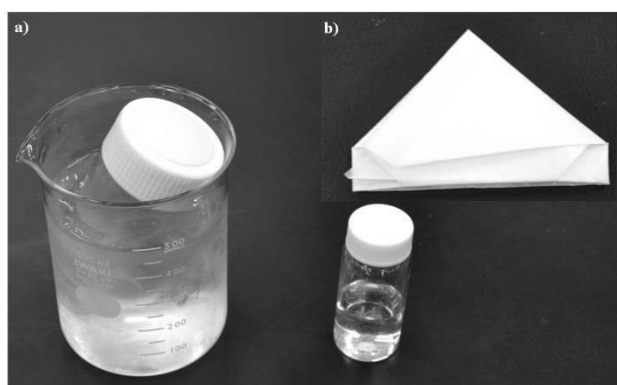


Fig. 12 a) 反応溶液の準備, b) 粉末試薬の準備

加えて、写真付きの実験手順書を配布し、参加者に大まかな流れが分かるように工夫した (Fig. 13)。

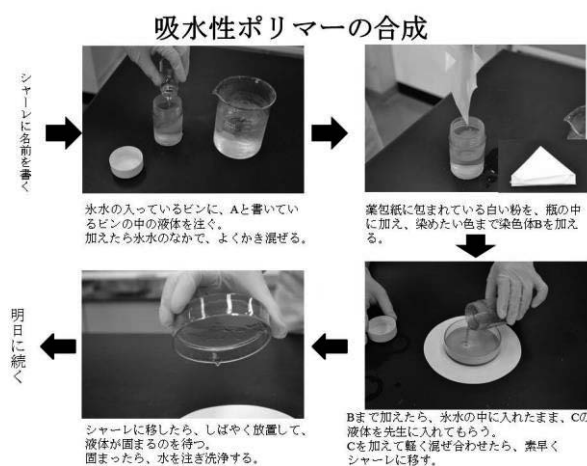


Fig. 13 公開講座において配布した資料

3.2 公開講座の実施

公開講座は、荒川キャンパスの化学教員2名と低学年の参加者への担当として補助員2名で行った。合成の流れは、2.2 実験で記載しているが、色づけ後に市販のアロマオイルを加えることで、芳香剤としての働きを加えた (Fig. 14)。

また、保冷剤は吸水性ポリマーを使用していることか

ら、合成せずとも身近なもので作り出せることを紹介した。

実験終了後のアンケートでは、高評価を頂き、参加者が満足いく公開講座を開催することができた。



Fig. 14 作成したオリジナル芳香剤

4. まとめと今後の予定

吸水性ポリマーを用いた高分子教育を総括し、検証を行った、本稿でのまとめを示す。

1) 座学の講義では理解しにくい内容に対して、学生が自ら合成、測定することで、高分子合成、構造や機能に対する理解促進が認められた。また、普段身近に存在している材料に対して、その成分や構造に対する特徴を捉えることができた。一方で比較対象となる高分子の合成までは時間的余裕がなく、カリキュラム自体の再編の必要性を感じた。

2) 機能性の比較としては市販品を選択したが、こちらも比較を増やし、必要に応じた構造設計の考察まで発展させるのが好ましいと考えられる。

3) 実験の効果として、化学的な分析方法や低学年で学習してきた基礎化学を再確認できることが改めて明らかとなった。

今後は、本稿で得られた知見を化学の授業に還元することで、教育効果を上げる努力を継続する。