

スポットライト

～第8回「高校生・高専学生ポスター発表」最優秀賞～

セルロースからの半透膜作製法の改良について ～落ち葉由来セルロースからのプラスチック製造を目指して～

東京都立日比谷高等学校 3年 村田美佳

1. はじめに

現代社会では、脱炭素社会を実現し、地球温暖化問題を解決することが求められている。そこで大量廃棄される落ち葉に含まれるセルロースからプラスチックの代替物を作りたいと考えた。高校化学にも登場するセルロース利用法のシュバイツァー法は繊維生成法だが、今回は落ち葉再利用の前段階としてシュバイツァー法を用いた粉末セルロースからの膜作成を試みた。実現すれば、落ち葉などの植物由来の廃棄物から、Daniell電池や透析に有用な半透膜の生成が可能となり、カーボンリサイクル、ひいては、地球温暖化等の環境問題解決につながるのではと考えている。

以下の三点を調べることを実験目的とした。

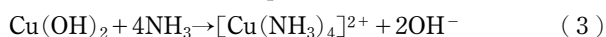
- (1) シュバイツァー試薬に溶解する最適粉末セルロース量
- (2) 膜作製法の検討
- (3) 作製した膜の性質の評価

2. 実験及び結果

(1) 実験 A：試薬に完全に溶解する粉末セルロース量の調査

(a) シュバイツァー試薬の調製

28%アンモニア水 90.0 mL, $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ の水酸化ナトリウム水溶液 40.0 mL に硫酸銅五水和物 10.0 g を溶かし、シュバイツァー試薬を調製した。



(b) セルロース溶解量の調査

シュバイツァー試薬 3.0 mL を入れたスクリー管に、表 1 のように約 0.1～0.3 g の粉末セルロースを入れ攪拌し、

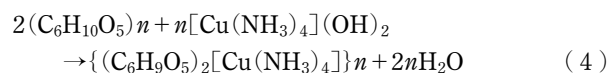
表 1 シュバイツァー試薬と反応する粉末セルロース量。粉末セルロース 0.13 g で溶け残った。(オンラインカラー)

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
シュバイツァー試薬(g)	2.849	2.8623	2.7837	2.8182	2.8322	2.8443	2.8961	2.7686
粉末セルロース(g)	0.1103	0.1204	0.1303	0.1499	0.201	0.2502	0.2809	0.3008
溶け残りの有無	×	×	○	○	○	○	○	○

粉末セルロースの残渣の有無を目視で調べた。

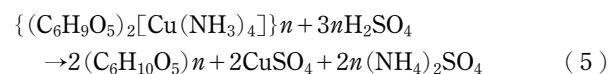
化学反応式(4)の化学量論から得られたシュバイツァー試薬 3.0 mL の粉末セルロース量の溶解量の理論値は 0.278 g であった。

結果は 3.0 mL に完全に溶解するセルロースは 0.12 g で、理論値の43%であった。



(2) 実験 B：粉末セルロースを使った半透膜作製法の改良⁽¹⁾⁽²⁾

シュバイツァー試薬 3.0 mL に粉末セルロースを 0.12 g 入れ溶解した反応溶液 0.20 mL をシャーレに薄く広げ、全体が深青色から青白色になるまで一晩乾燥させた。(以下自然乾燥工程とする。)



このシャーレに反応溶液が完全に浸かる程度に、 $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸を流し込み、白半透明になるまで静置した(以下、硫酸漬けとする)。その後、膜を取り出してイオン交換水で洗い、膜をクリアファイル上で乾燥させると直径約 0.8～1.5 cm の小型膜が合成できた(図 1(b))。自作膜は、目視で調べた結果、透明度は高く、厚みはカラーセロファン(薦田紙株式会社)と同程度であった。面積は乾燥前とはあまり変わらなかったが、厚みは極端に薄くなり、微小なひび割れを生じた(図 1(a))。

尚、大型膜の作成も試みたが乾燥時にひび割れが大量に発生した。

(3) 実験 C：作成した膜の透過性の検証

自作膜が小型であったため、図 2 に示す小型の膜固定装置を用いて実験した。

受け皿の発砲スチロールトレイのくぼみにイオン交換水を 0.05 mL 滴下した。図のように、膜固定装置を組み立て、(ア)ラッピングフィルム(非半透膜)・(イ)市販のセロハン膜(緑色)(半透膜)・(ウ)粉末セルロースから作った自作膜を固

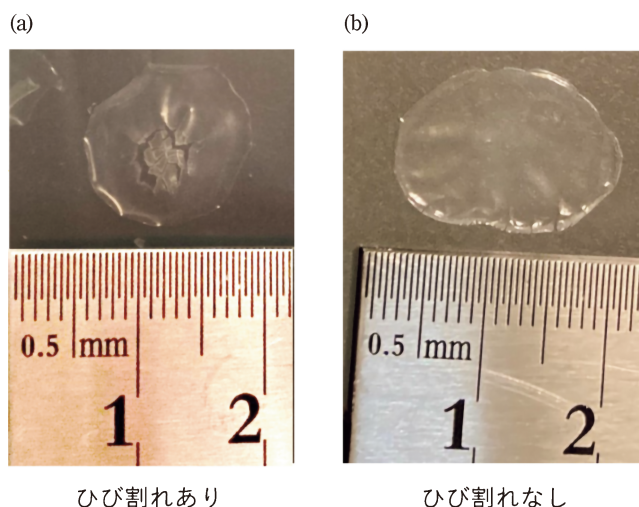


図 1 完成した自作膜。ひび割れが発生したものもあった。(オンラインカラー)

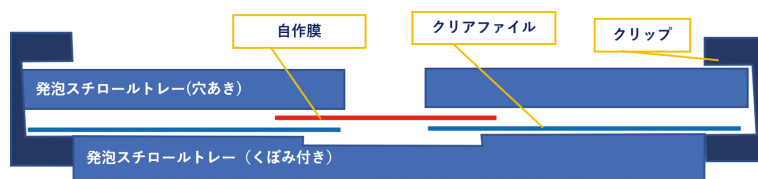


図2 半透性検証のための自作装置。(オンラインカラー)

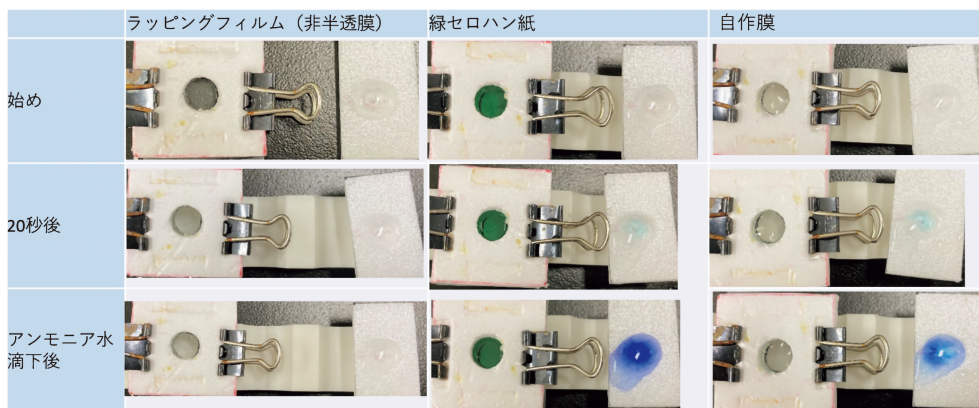


図3 透過性の検証実験結果。自作膜は、緑セロハン紙と同様の結果が得られた。(オンラインカラー)

定し膜状に $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ の硫酸銅(II)水溶液を駒込ピペットで2滴加えて20秒間静置して溶液成分の透過を調べた。膜固定装置を外し、受け皿の発泡スチロールトレイのくぼみにあるイオン交換水に濃アンモニア水を一滴を加え、銅(II)イオンの透過を溶液の呈色によって確かめた。

以下結果である。

- (ア) 発泡スチロールトレイの溶液は呈色しなかった。つまり銅(II)イオンは透過しなかった。
- (イ) 発泡スチロールトレイの溶液は深青色に呈色した。つまり、銅(II)イオンは透過した。
- (ウ) (イ)と同じ結果だった。

3. 考 察

最終的な膜のひび割れの原因は①膜が厚い、②面積が広い、③硫酸に漬ける際型崩れが起こる、以上3点だと考えられる。①②は鎖状のセルロース分子が複雑に絡み合い折り畳まれていることで、内側の水酸基とイオンが十分に反応しなかったからと考えられる。このことは実験Aの結果で理論値と実験値が一致しなかったことに矛盾していない。

さて、独自に加えた自然乾燥工程によって膜の色が深青色から、青白色に変化した。これは、テトラアンミン銅(II)イオンに水素イオンが加わり、水酸化銅に変化する際の、色の変化と酷似している⁽³⁾。従って、自然乾燥工程によって、膜のひび割れが起こりにくくなった理由として、シュバイツァー試薬・粉末セルロース混合溶液を膜状に成型した表面がアンモニア水と空気中の二酸化炭素と中和反応をして、ゆっくりとセルロースの固定が進んだことが考えられる。そのため③に関して、膜の表面が流動的だと、硫酸を流し込む際、膜の表面と内側で反応差が生じ、膜が変形してしまうが、自然

乾燥工程により、表面のセルロース固定が進んだことで膜の形が崩れにくくなったと考えられる。

実験Bの非半透膜・半透膜の銅(II)イオンの透過の比較により、自作膜の半透過性を検証することができた(図3)。

4. ま と め

結論として硫酸漬け前に自然乾燥工程を入れて粉末セルロースからひび割れない半透膜を作ることができた。今後の研究課題は、上記の方法で合成した粉末セルロース半透膜の実用化のために「現在推測段階のひび割れの原因を解明し、再現性を高めること」、「天然由来の粉末セルロース作成」、「試薬の再利用や時間短縮等に取り組み、シュバイツァー試薬を用いた半透膜の合成法の確立すること」の三点である。

現在、混合落ち葉粉末からの半透膜作成と厚さ・大きさが均一な膜作成法について実験中である。

私はこの研究発表を通して、自分の研究を端的に説明する難しさを学んだ。また、ご指導いただいた先生との質疑応答を通して、自分の研究について議論することの楽しさを学んだ。私の夢である地球温暖化解決に向けて、今後も探究することの楽しさの実感できる研究活動を続けていきたい。

文 献

- (1) 新 観察・実験大事典〔化学編〕②：化学反応，東京書籍株式会社，(2002)，138-139.
- (2) サイエンスビュー化学総合資料四訂版：実教出版株式会社，(2022)，282-283.
- (3) サイエンスビュー化学総合資料四訂版：実教出版株式会社，(2022)，196.
(2023年3月30日受理)[doi:10.2320/materia.62.742]
(連絡先：〒100-0014 東京都千代田区永田町 2-16-1)