

高分子材料の合成；いかにして望み通りに材料を作り出すか

樋口 帆乃香

奈良県立奈良高等学校 2年

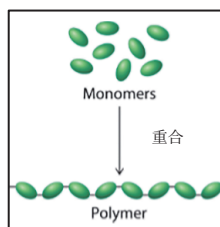
1. 研究の動機

身近に多く存在している高分子化合物の合成を自らの手で行えることに興味を持った。合成する上で様々な反応が同時に起こるが、それらによって成される結合の違いがどのように生成物の性質へ影響するのか気になった。

2. 既存の研究

ポリマー（重合体）は長い鎖状や網状の形状をしているもので最小単位はモノマーである。

高分子の有機化合物で、モノマーの分子量と構成で性質が決まる。



3. 実験

①界面重縮合によるナイロン6,6の合成

試薬：（モノマー）ヘキサメチレンジアミン 0.46 g (4.0 mmol)

塩化アジポイル 0.58 ml (4.0 mmol)

炭酸ナトリウム 0.80 g (7.5 mmol)

純水 20 ml

n-ヘキサン 40 ml

メタノール

器具：ビーカー 200 ml

ピンセット

ガラス棒

試験管

シリンジ 1 ml

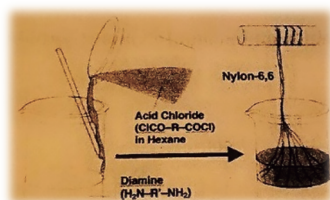
手順：1. （溶液A）ヘキサメチレンジアミン，炭酸ナトリウムを計量し，ビーカーに入れる

2. 1. に純水を入れた後，ガラス棒で攪拌する。

3. （溶液B）ドラフト内で塩化アジポイルを計量する。

4. 3. にn-ヘキサンを加える。

5. 溶液Aに溶液Bを静かに流し込む。

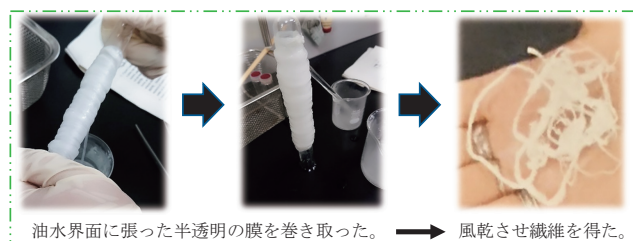


6. 生成物をピンセットで引き出し，試験管で巻き取る。

7. 巻き取りできた束をメタノールと純水ですすぐ。（未反応モノマーと反応と同時に生成される酸塩化物を流す。）

8. 7. を風乾させる。

結果：溶液Aと溶液Bは混ざらず，油水界面に半透明の膜が張った。水分を多く含んだ白く脆いナイロン6,6を巻き取ることができた。風乾させると水分はなくなり千切れやすい糸状の繊維になった。



油水界面に張った半透明の膜を巻き取った。→ 風乾させ繊維を得た。

【コントロール実験】▶ 反応における試薬の役割を特定する。

I. 反応が進む油水界面をかき混ぜて乱す。

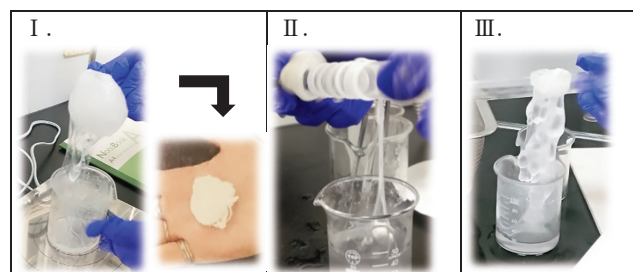
II. 炭酸ナトリウムを加えない。

III. 炭酸ナトリウムを4倍（3.2 g）加える。

結果：I. かき混ぜると直後固まりはじめ，水分はあるが糸状ではなく塊状のものができた。

II. 炭酸ナトリウムを加えた時よりも弱く脆いものができた。

III. 液体で満たされた袋を含んだような塊状のものができた。



②ガス発生を伴う発泡ポリウレタンの合成

試薬：（ポリマー）ポリピレングリコール type；ジオール 5.0 g

（ポリマー）ポリピレングリコール type；トリオール 5.0 g

※ジオールタイプとトリオールタイプを合成
 純水0.20 ml×2
 1,3-ジアミノプロパン 10 mg×2
 2-エチルヘキサン酸スズ 70 mg×2
 トリレン-2,4-ジイソシアネート 2.1 ml×2
 N,N-ジメチルホルムアルデヒド 6 ml×2
 メタノール

器具：紙コップ 200 ml×2

ピペット×3

木の棒

バイアル 5 ml×2

シリンジ 2 ml

手順：1. ポリピレングリコール（ジオール）を計量し、紙コップに入れる。
 2. 1. に純水、1,3-ジアミノプロパン、2-エチルヘキサン酸スズを入れ、木の棒で攪拌する。
 3. トリレン-2,4-ジイソシアネートを加えた直後に激しくかき混ぜる。

※ポリピレングリコール（トリオール）でも同様の操作をする。

結果：type；ジオール

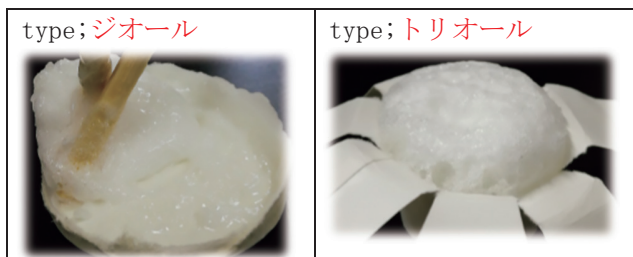
多くの泡が発生した。

よく膨らまなかった。

type；トリオール

多くの泡が発生した。

よく膨らまなかった。



【コントロール実験1】▶反応における試薬の役割を特定する。

- I. 純水を加えない。
- II. 2-エチルヘキサン酸スズを加えない。
- III. 純水、2-エチルヘキサン酸スズを加えない。
→2-エチルヘキサン酸スズを加える。

結果：I. 泡の発生が遅く固い発泡ポリウレタンができた。
 II. 反応が遅く、膨らまずに堅いものができた。
 III. 反応は起きなかった。→ゆっくりと泡の発生が始まったが、膨らまなかった。

【コントロール実験2】▶より大きさの大きい発泡ポリウレタンを合成する。

- I. 全ての試薬を4倍にする。
- II. 純水を2分の1倍、1,3-ジアミノプロパンを2倍にする。
- III. トリレン-2,4-ジイソシアネートを2倍にする。

結果：I. 爆発のように早く反応が起こりよく膨らんだ。
 II. 固く膨らまなかった。
 III. 膨らまず表面の粘度が高かった。

4. 考察

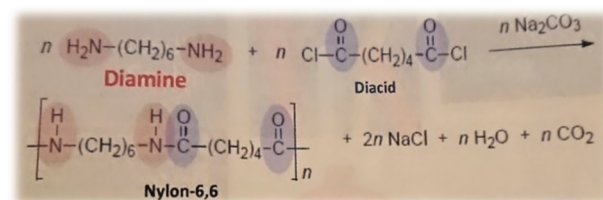
①ヘキサメチレンジアミンと塩化アジポイルの重合反応

【コントロール実験】

I. かき混ぜることで反応を起こす2試薬の接触範囲が広がったと考えられる。また未反応モノマーも混ざることで少なくなる。

II, III. 炭酸ナトリウムは反応を促進させる働きを担っていると考えられる。

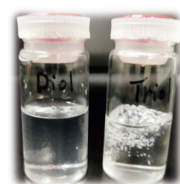
炭酸ナトリウムが少ないと反応が遅く6,6ナイロンの強度は下がり、多いと反応が早いのでうまく糸状にならないと考えられる。



②ポリピレングリコールとトリレン-2,4-ジイソシアネートの重合反応

〈ポリピレングリコール（ジオール）とポリピレングリコール（トリオール）の違い〉

それぞれの試薬を用いて作られた発泡ポリウレタンをN,N-ジメチルホルムアルデヒドに溶かす。

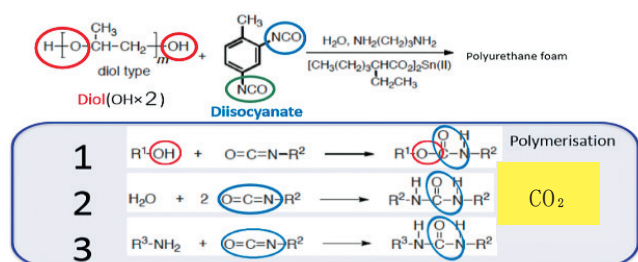


type；ジオール type；トリオール
 ・可溶。 ・微溶。
 ・ゲル状になった。 ・形状を維持した。

トリオールタイプの結合はジオールタイプの結合と違い、鎖状ではないため、膨らみにくくN,N-ジメチルホルムアルデヒドに微溶だと考えられる。

【コントロール実験1】

I. 2の反応が起きないため、CO₂の発生が遅かったのではないかと考えられる。（空気中の水蒸気等を考えると少しは発生する。）



II, III. 2-エチルヘキサン酸スズは反応を促進させる働きを担っていると考えられる.

【コントロール実験2】

- I. 試薬の量と生成物の大きさはある程度比例するのではないかと考えられる.
- II. CO_2 が発生しにくく、水素結合を作る分子が多く作られるため結合が強くなったのではないかと考えられる.
- III. 1の反応においてポリピレングリコール（ジオール）とトリレン-2,4-ジイソシアネートの比は1:1なのでトリレン-2,4-ジイソシアネートが余分だったのではないかと考えられる.

5. これからの展望と課題

高分子合成において直接反応に関係のない試薬について量と反応性の関係を調べてみたいと思う.

6. 謝辞

京都大学の教授、大学院生の方々をはじめ、今回の実験をするにあたりご指導ご協力いただいた全ての方々に心より感謝申し上げます。ありがとうございました.