

# 愛媛県高等学校における化学実験と教科書実験の比較

(理科教育講座・化学教室) 熊谷隆至

(広島県福山市立駅家南中学校) 神森貴文

## Comparison of Chemical Experiments of High School in Ehime Prefecture with Textbook Experiments

Takashi KUMAGAI and Takafumi KAMIMORI

(平成 28 年 7 月 19 日受理)

抄録: We have been compared the chemical experiments of "Experiments notebook of basic chemistry and chemistry" using high schools in Ehime prefecture with textbook experiments. Especially, we have marked two chemical experiments: determination of fatty acid's length and synthesis of nylon. As to determination of fatty acid's length, we made clear that using of the free software measuring area is effective. And synthesizing nylon-6,6 and nylon-6,10, we considered their nature.

キーワード: 脂肪酸 (fatty acid)、単分子膜 (monomolecular film)、ナイロン (nylon)、  
界面重合 (interfacial polymerization)

### 1. はじめに

愛媛県の公立高等学校では「化学基礎・化学実験ノート」<sup>1)</sup> (以降愛媛県実験ノートと記す) に記載されている実験を授業で行っているところがほとんどであり、生徒が第1学年の時に配布され3年間で主要な実験を行うことができるものである。この愛媛県実験ノートは愛媛県高等学校教育研究会理科部会化学部門が発行しているものであり、そこには、最初のページに実験する心構えとして準備、実験、後始末に関する基本的で重要なことが記載されている。実験に関しては「化学基礎」と「化学」に分けられており、全51のものが記載されている。それぞれの実験のページは基本的に見開きとなっている。初めに実験の「目的」、「準備」、「廃液の回収」が表になって記載されており、次に「予習」の項目があり事前学

習によって空欄を埋めるようになっている。続いて「実験操作」が書かれており、さらに「結果・考察」の記入欄がある。また、「探求」として発展的な実験が記載されており、最後に、「気づいたこと・感想」を記入する欄が設けられている。見開きで予習・実験・復習を行えるように非常によく工夫されているものである。筆者らは、市販の「化学基礎」と「化学」の教科書にも様々な実験が記載されているため、両者の実験内容に差異があるのかを比較・検討し、相違等がある場合は実際に実験を行い検証することとして研究を始めた。

比較に用いた教科書の出版社は東京書籍、第一学習社、数研出版、啓林館、実教出版である<sup>2)</sup>。実験数は「化学基礎」において東京書籍が最多で29、第一学習社が20、数研出版が20、啓林館が24、実況出版が25、愛媛

県実験ノートが 18 であった。「化学」でも東京書籍が最多で 61、第一学習社が 40、数研出版が 40、啓林館が 52、実況出版が 40、愛媛県実験ノートが 33 であった。実験の内容を見ると、中和滴定、コロイド、弱酸の電離平衡などは愛媛県実験ノートを含め全ての教科書にほぼ同じ内容が記載されている。その他には各出版会社が独自の実験を記載しているが、基本的には学習指導要領<sup>3)</sup>に則った実験を記載しているため、実験内容については大差ないものであった。

その中でも今回、筆者らは以下の 2 つの実験に着目した。一つ目は「分子の大きさの測定」である。愛媛県実験ノートと教科書に記載されている実験を比較すると、愛媛県実験ノートはオレイン酸を使用して分子の長さを求めているが、啓林館を除く「化学基礎」の教科書では発展あるいは探究活動としてステアリン酸を使用してアボガドロ定数を求める方法が記載されている。東京書籍と第一学習社の教科書ではその実験方法が載っている。数研出版と実教出版の教科書ではその原理の紹介のみで、数研出版ではさらに計算問題を記載している。両者は単分子膜法を用いている点が共通しているが、これらの違いについて検討することにした。

二つ目は「合成高分子化合物」である。愛媛県実験ノートと教科書に記載されている実験を比較すると、愛媛県実験ノートではナイロン-6,10 を合成しているが、五社の「化学」の教科書ではナイロン-6,6 の合成実験が記載されている。実験方法は基本的に同じであるため、主として、ナイロン-6,6 とナイロン-6,10 の性質を中心に検討を行うことにした。

## 2. 分子の大きさの測定

愛媛県実験ノートには「化学基礎」の「物質と化学結合」の単元においてオレイン酸分子の大きさすなわち長さを求める実験が記載されている。これはオレイン酸のエタノール溶液を準備し、水面にリコボジウムを広げた水槽の上にその溶液を滴下する。形成されたオレイン酸の単分子膜の面積を測定し、事前に測定しておいたオレイン酸の体積から、オレイン酸分子の長さを導くというものである。「化学基礎」の教科書にはこのような実験は記載されていない。しかし、東京書籍と数研出版の教科書には実験ではなく参考として紹介されているが、その

内容はステアリン酸の単分子膜の面積からアボガドロ数を測定するものである。ステアリン酸エタノール溶液を水面にタルクを広げた水槽の上から滴下し、形成されたステアリン酸の単分子膜の面積を測定し、既知であるステアリン酸 1 分子の断面積からアボガドロ数を導いている。愛媛県実験ノートと教科書の実験は単分子膜法を利用していることは共通している。また、ステアリン酸は示性式が  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$  の飽和脂肪酸であり、オレイン酸は示性式  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$  の不飽和脂肪酸である。ステアリン酸とオレイン酸の炭素数は同じであるが、ステアリン酸は直線上の構造であるのに対して、オレイン酸はシスの炭素-炭素二重結合をもつため、折れ曲がった形を取っている。このような分子の形の違いが実験結果に影響をおよぼさないかについても検討することにした。なお、ステアリン酸分子の長さは 2.44nm であり<sup>4)</sup>、オレイン酸は分子模型の考察により 2.15nm であると推定された。

### 2-1. 実験方法および結果

オレイン酸とステアリン酸を用いた単分子膜法により面積を求める実験方法はほぼ同じである。したがって、本研究では愛媛県実験ノートに記載されている実験方法を基に実験内容の検討を行った。その実験手順は以下の通りである。

1. オレイン酸アルコール溶液 1 滴中のオレイン酸の体積の測定
  - (1) オレイン酸 1 mL をエタノールで薄めて 500 mL にしたアルコール溶液を準備する。
  - (2) 10 mL メスシリンダーに駒込ピペットで(1)のオレイン酸アルコール溶液を 1 滴ずつ落とし、何滴落とせば 1 mL になるか、滴数を調べる。この操作は 3 回行い、3 回の平均値をとる。
  - (3) オレイン酸アルコール溶液 1 滴中に含まれるオレイン酸の体積を求める。
2. オレイン酸分子の長さの測定
  - (1) 水槽に水を深さ 0.5~1.5 cm ぐらい入れ、水槽の下には方眼紙を敷いておく。
  - (2) 水面にリコボジウムをまき、ガラス棒でゆるくかき混ぜるなどしてリコボジウムを薄く一面に広らせる。
  - (3) 水面が静かになったら、水面の中央、高さ 10 cm ぐ

らのところから、駒込ピペットでオレイン酸アルコール溶液を水面に1滴落とす。オレイン酸の単分子膜が十分に広がったところで方眼紙を利用して膜の直径の値を求める。この操作を3回行い、その平均値から面積を求める。

(4) 1滴中に含まれるオレイン酸の体積を単分子膜の面積から、オレイン酸分子の長さを求める。

ここで用いたステアリン酸とオレイン酸は共にナカライテスクの試薬である。価格は内容量 500g で、ステアリン酸は 1,850 円、オレイン酸は 1,650 円であり、大きな価格の差は無かった。リコボジウムは株式会社ミツワの製品を入手した。価格は 80g で 1,140 円であった。

実験操作において、愛媛県実験ノートではリコボジウムを使用しているが、教科書ではタルクを使用している。上記の実験操作によってタルクとリコボジウムで単分子膜の形状に差異があるか実験を行ったが、両者とも様な円や楕円を形成することは無く、星形のような亀裂が入った形をすることが明らかになった。タルクはナカライテスクの製品が内容量 500g で 1,200 円であった。そのため、実験で得られる形には大きな差がないため、以降の実験では価格の安価なタルクを用いて実験を行った。



図1 分子長を求めるオレイン酸の実験例

前に述べた実験方法では水槽の水面に細かい粉末を広げ、水槽の下の方眼紙を敷き、上から覗きながら方眼紙により単分子膜の面積を測定する方法が用いられている。しかし、この方法では水槽の水面と水槽の下に敷いてある方眼紙まで距離があり、粉末を水面に広げる操作で粉末が水中に入り多少白濁することがある。その結果、方

眼紙が見えにくくなってしまい、必ずしも正確な面積を求めにくくなる可能性がある。また、オレイン酸アルコール溶液又はステアリン酸アルコール溶液を滴下して形成された単分子膜の形が様な円ではなく、様々な形をとることが多かったため、さらに難しいと感じられた。その為、時間の短縮と正確性を得るため、ICTの活用を検討した。

本研究で使用したのはインターネットでダウンロード可能である無料の面積測定ソフト『!0\_0! Excel 「長さ・面積測定」』である。このソフトは画像として取り込んだ図形の面積を測定することが出来るもので、本実験においても単分子膜の面積の測定に使用することにした。このソフトは Excel2000 以上の環境で動作するため、多くの高等学校でも使用可能であると考えられる。

この面積測定ソフトは以下の方法で操作する。ソフトを起動後、面積測定ファイルを開き、次いで写真等の画像を挿入する。面積を測定したい物の周りを線でつなげていくことにより、その面積を求めるもので、比較的操作も用意である。したがってこの実験においては脂肪酸のアルコール溶液を滴下した後、デジタルカメラで写真を撮りその写真を用いて面積を求めることにした。ここで面積を測定するためには基準とする長さのものが必要になる。最初は水槽の下の方眼紙を敷いて実験を行ったが、先ほども述べたようにやや方眼紙が見えにくくなる問題点があった。そこで、水面に基準長となる物を浮かべる方法を検討した。実験に用いたのはラミネートフィルム加工を施した方眼紙 (2cm×5cm) である。水槽の水面に粉末を広げ、脂肪酸アルコール溶液の単分子膜が広がった後に、この方眼紙を静かに水面に浮かべた。その後写真を撮り、面積測定を行った。これらの方法により従来のものよりも正確に面積を求めることができると期待された。

しかし、実験を行う中で、同条件で行っているはずの実験にもかかわらず、単分子膜の面積が大きく異なる事がしばしば見られた。最大では 5 倍程度の面積の違いが確認された。実験を繰り返す中で水面の上に薄く広がっているタルクの量と単分子膜の面積には相関性があると推察された。そのため、面積はタルクの量に影響を受けると仮定して、同条件下でタルクの量だけ変えて実験を行った。

内径 300 mm のスチロール丸形水槽を使用して、タルクの量を 1.0 g から次第に減らしながら実験を試みた。その結果、タルクの量が減少するにつれて単分子膜の面積が大きくなることが明らかになった。オレイン酸分子の長さとおレイン酸の単分子膜の理論値を考慮すると、タルクの量が少ないほど、面積が理論値に近づくことができると考えられる。また、内径 300 mm のスチロール丸形水槽の場合に、タルクの量を 0.35 g とすると、タルクが水面全体に広がることができずに水槽の縁側までタルクが広がらなかった。タルクの量が少なすぎると、水槽の側面までひび割れが入り面積を求めることができなくなる。そのため、本研究ではタルクの量を 0.40 g で実験を行うこととした。また、タルクの量が同じであっても面積に若干の差が生じることがあったが、これは、タルクを水面に広げるときに均等に広げることが難しく、多少のムラが生じてしまうためであると考えられる。

二つの改善点より、オレイン酸分子の長さを測定する実験方法の後半部を以下のように変更した。

## 2. オレイン酸分子の大きさの測定

- (1) 内径 300 mm の水槽に水を深さ 0.5~1.5 cm ぐらい入れる。
- (2) 水面にタルクを 0.40 g まき、ガラス棒でゆるくかき混ぜるなどしてタルクを薄く一面に広げさせる。
- (3) 水面が静かになったら、水面の中央、高さ 10 cm くらいのところから、駒込ピペットでオレイン酸アルコール溶液を水面に 1 滴落とす。オレイン酸の単分子膜が十分に広がったところでラミネートフィルム加工を施した方眼紙を水面に載せ、写真を撮影し、面積測定ソフトで単分子膜の面積を求める。
- (4) 1 滴中に含まれるオレイン酸の体積を単分子膜の面積から、オレイン酸分子の大きさを求める。

以下、変更した実験操作の手順で実験を行い、オレイン酸の分子の大きさを導いた。

まず、オレイン酸アルコール溶液 1 滴中のオレイン酸の体積を求めた。1.0 mL のオレイン酸をエタノールで 500 倍希釈したため、オレイン酸アルコール溶液 1.0 mL には  $2.0 \times 10^{-3}$  mL のオレイン酸が含まれていることになる。また、10 mL メスシリンダーに駒込ピペットでオレイン酸アルコール溶液を 1 滴ずつ落とし、1 mL になるまでの滴下数を数えると平均で 49 滴であった。以上のことから、

オレイン酸アルコール溶液 1 滴中に含まれているオレイン酸の体積は

$$(2.0 \times 10^{-3} \text{ mL} / 49) = 4.1 \times 10^{-5} \text{ mL}$$

となる。またオレイン酸アルコール溶液を 1 滴落とした時にできた面積を測定したところ、 $133.50 \text{ cm}^2$  であった。したがってオレイン酸の分子の長さは

$$(4.1 \times 10^{-5} \text{ mL}) / (133.50 \text{ cm}^2) = 3.1 \times 10^{-7} \text{ cm} \\ = 3.1 \text{ nm}$$

と計算できる。オレイン酸分子の長さは分子模型より 2.15 nm と予想され、実験によって導いたものと近い値を示している事は明らかであり、この単分子膜法による実験精度から考えると、十分正確性のある結果だと考えられる。

同様にステアリン酸分子の長さを求めたところ、3.0 nm となった。ステアリン酸分子の長さの理論値は 2.44 nm であり、実験によって導いた分子の長さとはかなり近い値を示している。以上の計算結果から、これらの実験方法によりオレイン酸とステアリン酸の分子の長さをかなり正確に求めることができたと考えている。

## 2-2 考察

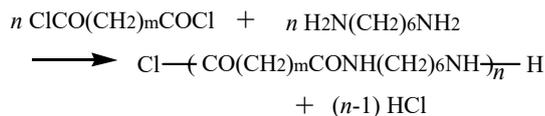
本研究により、ステアリン酸とオレイン酸の分子の長さを理論値に近い値を求めることが出来た。分子の形については、実験結果に大きな影響を与えることはなかった。また面積を測定することができるフリーソフトの導入により、従来よりも正確に分子の長さを導くことができた。また教科書実験においても、面積をより正確に計算することが出来るため、アボガドロ定数の測定にもより有用であると期待される。

また、今回使用した面積を測定するフリーソフトは Excel を用いている。日頃触れないような技術に触れプログラムに興味を持つ生徒もいるかもしれない。そのような生徒にも興味関心を引く良い機会になると期待される。

## 3. ナイロンの合成

高分子化合物の単元において紹介されている合成高分子化合物では、全ての教科書にナイロン-6,6 の合成の実験が記載されている。ナイロン-6,6 はアルカリ性水溶液にヘキサメチレンジアミンを溶かしたものと、有機溶媒

にアジピン酸ジクロリド（塩化アジポイル）を溶かした溶液との界面重合によって容易に合成できる。しかし、愛媛県実験ノートでは合成高分子化合物の実験で、ナイロン-6,10の合成が取り扱われている。ナイロン-6,10の合成はナイロン-6,6と同様な実験操作で合成する事ができる。これらの違いは、ナイロン-6,6は炭素数6のアジピン酸ジクロリドを使用していたのに対してナイロン-6,10は炭素数10のセバシン酸ジクロリド（塩化セバコイル）を使用している点である。水層に関しては合成の際に塩化水素が発生するため、水溶液をアルカリ性にする必要があり、水酸化ナトリウム又は炭酸ナトリウムを溶解させている。今回の実験では水酸化ナトリウムを使用した。またアジピン酸ジクロリドを溶かす有機溶媒については東京書籍だけがシクロヘキサンを用いて実験しており、他は全てヘキサンを使用している。有機溶媒については大きな違いは無いと考えられるため、ヘキサンを使うこととした。



m = 4 : アジピン酸ジクロリド

m = 8 : セバシン酸ジクロリド

本研究ではナイロン-6,6とナイロン-6,10をそれぞれ合成し、それらの性質を比較・検討した。

### 3-1. 実験方法および結果

実験に使用したアジピン酸ジクロリド、セバシン酸ジクロリド、ヘキサメチレンジアミン、ヘキサンはナカライテスクの製品を、水酸化ナトリウムは和光純薬のものを用いた。

ナイロン-6,6の合成は以下の実験操作で行った。

- (1) 50 mL ビーカーに水 15 mL を入れ、そこに水酸化ナトリウムを一粒加え、溶解させた。
- (2) このビーカーに 60°Cの湯で温めて融解させたヘキサメチレンジアミンを 1.5 mL 加え、溶解させた。ヘキサメチレンジアミンは室温では固体状であり、悪臭があることからこの方法をとっていると思われる。またこの時、ヘキサメチレンジアミン 1.5 mL を取る前後での試薬瓶の重量を測定しておき、その差から実際に実験に使用したヘキサメチレンジアミンの質量を測ることにした。

- (3) 別の 50 mL ビーカーに 20 mL のヘキサンを入れ、そこにアジピン酸ジクロリド 1.0 mL を加え、溶解させた。
- (4) このヘキサン溶液を、ガラス棒を伝わしてヘキサメチレンジアミン水溶液の上に静かに加えた。
- (5) 2層の境界面にできた膜をピンセットでつまみ、糸状に引き上げ、試験管に巻き取った。
- (6) 得られた糸状のナイロン-6,6を水洗した後、アセトンで洗浄し、乾燥させた。

これらの実験を6回行ったが、3回目まではアジピン酸ジクロリドの量を約 1 mL としたが、3回目以降はアジピン酸ジクロリドとヘキサメチレンジアミンの物質量をできるだけ等量になるように調節した。これはアジピン酸ジクロリドとヘキサメチレンジアミンが 1 : 1 で反応するため、収率にどのような変化があるかを調べるためである。実験結果を表1にまとめた。

表1 ナイロン-6,6の合成における各試薬の量と収量

ヘキサンメチレンジアミン	アジピン酸ジクロリド	収量・収率
1.350g (1.168×10 <sup>-2</sup> mol)	1.0 mL (6.8×10 <sup>-3</sup> mol)	0.824g 53 %
1.334 g (1.148×10 <sup>-2</sup> mol)	1.1 mL (7.7×10 <sup>-3</sup> mol)	0.653g 37 %
1.246 g (1.072×10 <sup>-2</sup> mol)	1.1 mL (7.2×10 <sup>-3</sup> mol)	0.853g 53 %
0.861 g (7.410×10 <sup>-3</sup> mol)	1.1 mL (7.5×10 <sup>-3</sup> mol)	0.718g 43 %
1.383 g (1.190×10 <sup>-2</sup> mol)	1.7 mL (1.2×10 <sup>-2</sup> mol)	0.730g 28 %
1.244 g (1.070×10 <sup>-2</sup> mol)	1.6 mL (1.1×10 <sup>-2</sup> mol)	1.181g 49 %

この実験結果から、ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸ジクロリドの物質量をほぼ等量にしても収率には大きな変化が見られない。したがってこの実験操作を用いる限り、試薬の物質量の比は収率には大きな影響を与えないと考えられる。なお、収率の平均値は 44 %であった。

続いてナイロン-6,10についても、同様の操作で合成実験を行った。ここでも6回実験を行ったが、1回目はセバシン酸ジクロリドの量を約 1 mL 使用したが、2回目から4回目まではセバシン酸ジクロリドとヘキサメチ

レンジアミンの体積が等量に成るようにセバシン酸ジクロリドの量を調節した。5回目以降はセバシン酸ジクロリドとヘキサメチレンジアミンの物質量が等量に成るようにセバシン酸ジクロリドの量を調節した。実験結果を表2にまとめた。

表2 ナイロン-6,10の合成における各試薬の量と収量

ヘキサメチレンジアミン	セバシン酸ジクロリド	収量・収率
1.350 g ( $1.168 \times 10^{-2}$ mol)	1.0 mL ( $5.2 \times 10^{-3}$ mol)	0.777 g 53 %
1.243 g ( $1.070 \times 10^{-2}$ mol)	1.5 mL ( $7.8 \times 10^{-3}$ mol)	2.025 g 91 %
1.310 g ( $1.127 \times 10^{-2}$ mol)	1.6 mL ( $8.4 \times 10^{-3}$ mol)	1.642 g 70 %
1.229 g ( $1.058 \times 10^{-2}$ mol)	1.5 mL ( $7.8 \times 10^{-3}$ mol)	1.952 g 88 %
1.141 g ( $9.819 \times 10^{-3}$ mol)	2.1 mL ( $1.1 \times 10^{-2}$ mol)	2.195 g 79 %
1.336 g ( $1.150 \times 10^{-2}$ mol)	2.5 mL ( $1.3 \times 10^{-2}$ mol)	2.626 g 81 %

これらの結果より、ナイロン-6,6-合成実験と同様に、ヘキサメチレンジアミンとセバシン酸ジクロリドの物質量を等量にしても収率には大きな変化が見られなかった。なお、収率の平均値は77%であり、ナイロン-6,6の場合と比較するとナイロン-6,10のほうが収率の高いことが明らかになった。

続いて実験により得られたナイロン-6,6とナイロン-6,10を比較してみた。ナイロン-6,6は太さがナイロン-6,10に比べ不均一であり、ナイロン-6,10よりも帯状に幅の広い部分が多い。また、ナイロン-6,10はナイロン-6,6よりも太さが均一で細長い形状をしていた。ナイロン-6,6は乾燥した後も表面同士が剥がれやすく、1枚のシート状にすることができた。しかしながらナイロン-6,10では乾燥した後、表面間が癒着し、1枚のシート状に剥がすことが困難だった。表面に関しては、ナイロン-6,10の表面の方が滑らかな様に見えた。また、ナイロン-6,6は十分に乾燥させた後でも潤沢であり柔軟性がある。一方、ナイロン-6,10は乾燥させると、ナイロン-6,6と比べると干からびた様になり折れやすくなった。また

若干黄色を帯びていた。



図2 合成したナイロン-6,6

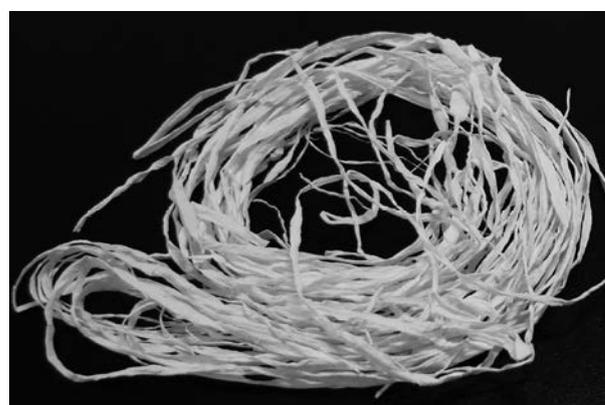


図3 合成したナイロン-6,10

そこでこれらの違いを明らかにするため、ナイロンの延伸性について簡易実験を行った。実験は各ナイロンの幅の広さがほぼ同じところから約10 cmほど切り出し、バネばかりにナイロンの端を固定し、もう一方の端をナイロンが切断されるまで引き、切断された時の力を記録した。それぞれ6回実験を行ったところ、ナイロン-6,6では84~194g重で、平均は137g重であった。またナイロン-6,10では22~74g重で、平均は49g重であった。この結果から明らかなようにナイロン-6,6の方が延伸性に優れ、ナイロン-6,10の方が切れやすい。このように延伸性が異なるのは、それぞれのナイロンの性質が反映されたためであると考えられる。

ナイロンは合成した後、融解させ、繊維として取り出すことが可能である。そこで、合成したナイロンと、融解させ繊維にしたナイロンに違いが生じるかを調べるためにこの実験を行うことにした。実験操作としては、ナイロンを20 cm程度に切り、それを丸めてガスバーナー

の弱火で熱している鉄板の上にのせる。なお、融解したナイロンが鉄板に付着しない様に鉄板はアルミホイルであらかじめ包んでおいた。ナイロンが融解し始め色が茶色く変色する前にピンセットで繊維を融解している部分から引き出すことで、繊維を得ることが出来た。得られた繊維を見る限り、その差異を確認することはできなかった。しかし、これらの繊維も合成したナイロンと同様にナイロン-6,10の方が折れ易く、ナイロン-6,6はナイロン-6,10に比べ曲げても折れ難いものであった。これらの繊維を顕微鏡で観察すると、ナイロン-6,6はその繊維が比較的凹凸が少なく真っすぐに伸びているのに対して、ナイロン-6,10では凹凸がある繊維が多かった。

### 3-2 考察

本実験において、ナイロン-6,6とナイロン-6,10の性質の差異が確認された。ナイロンの合成実験において愛媛県実験ノートと教科書に記載されている実験の違いは試薬の違いだけである。愛媛県実験ノートで使用されているものはセバシン酸ジクロリドであり、値段は25gで3200円であったのに対し、教科書に記載されている実験で使用されているアジピン酸ジクロリドは25gで6700円であった。同じ量でも約2倍の値段の差があった。このことから愛媛県では値段の低いセバシン酸ジクロリドを使用していると予想される。しかしながら合成したナイロンの質感、延伸性は、実際に生徒が手で触れて各ナイロンを比較しながら実感することが出来るものであると考えられる。そのため、合成高分子の実験においてこのナイロン-6,6とナイロン-6,10の2つの実験を同時に行い、生成した化合物の性質の違いを比較させることが、興味関心や学習意欲の向上に繋がると期待される。

### 参考文献等

- 1) 参考にした「化学基礎・化学実験ノート」は2014年版である。
- 2) 比較に使用した各出版社の教科書はすべて2015年に発行されたものである。またその番号は以下の通りである。東京書籍（「化学基礎」301、「化学」301）、第一学習社（「化学基礎」311、「化学」307）、数研出版（「化学基礎」308、「化学」306）、啓林館（「化学

基礎」306、「化学」305）、実教出版（「化学基礎」303、「化学」303）。

- 3) 文部科学省（2009）：高等学校学習指導要領解説理科編。
- 4) 伊勢村寿三，村上静男ほか，丸善 実験化学講座 7，p252（1956）。