

動物性油脂を用いたセッケンの合成に関する教材研究

大石 勇・島田 秀昭

Developing materials for teaching the synthesis of soap using animal fats

Isamu Ohishi and Hideaki Shimada

(Received September 30, 2023)

Since soap can be relatively easily synthesized, it is considered to be useful as an experimental material in high school chemistry. However, careful attention is required to use dangerous chemical such as sodium hydroxide for synthesis of soap. Previously, we reported that the experimental conditions that can synthesize soap using vegetable oil safely, surely, and in a short time. In the present study, we examined the experimental conditions that can synthesize soap using animal fats safely, surely, and in a short time.

Key words: soap, synthesis, animal fat, teaching material

はじめに

高等学校「化学」では「有機化合物の性質」について学習する¹⁾。本単元について学習指導要領解説では、「有機化合物についての観察、実験などを通して、炭化水素、官能基をもつ化合物、芳香族化合物について理解させ、それらの観察、実験などの技能を身に付けさせるとともに、思考力、判断力、表現力等を育成することが主なねらいである」と記されている¹⁾。また、これらの目標を達成するために本単元の項目の一つである「官能基をもつ化合物」では「官能基をもつ脂肪族化合物に関する実験などを行い、その構造、性質及び反応について理解させる」ことをねらいとし、「官能基をもつ脂肪族化合物については、アルコール、エーテル、アルデヒド、ケトン、カルボン酸及びエステルなどの代表的な化合物を取り上げ、炭素骨格及び官能基により性質が特徴付けられることや、これらの化合物の相互の関係を反応や構造と関連付けて扱う。その際、不斉炭素原子を1個含む化合物を取り上げ、鏡像異性体にも触れる。また、エステルに関連して油脂やセッケンなどに触れることも考えられる」と記されている¹⁾。

セッケンは、日常生活において馴染みの深い有機化合物の一つであるとともに、簡単に合成することができるため、実験教材として有用であると考えられる。教科書においては「探求活動」の中でセッケンの合成が紹介されている²⁻⁴⁾。

教科書で紹介されているセッケンの合成には、水酸化ナトリウムが用いられている²⁻⁴⁾。本試薬は強アルカリ性で劇物に指定されており⁵⁾、皮膚などに付着すると炎症を起こすため、学校で用いる試薬の中でも特に注意を要するものの一つである。セッケンの合成には比較的高濃度の水酸化ナトリウム水溶液を使用するため、実験の安全性が懸念される。授業でより安全にセッケンを合成するためには、試薬の少量化、可能な限り低い温度での反応、水酸化ナトリウム以外の試薬の使用、実験時間の短縮などが考えられるが、生徒がセッケンを合成したことが実感できる程度の収量が得られる実験条件が求められる。

先に本研究室では、植物油を用いたセッケンの合成について検討し、用いる試薬を小容量化し、短時間で十分な収量が得られる実験条件を設定した⁶⁾。

そこで今回は、植物油の代わりに動物性油脂を用いて、可能な限り容量を少なくし、反応温度を低くした実験条件の検討を行った。

実験方法

1. 実験材料

牛脂、ラードおよび馬油は山桂株式会社のものを使用した。水酸化ナトリウムおよびエタノールは和光純薬社製のものを使用した。食塩は市販のものを使用した。

2. 動物性油脂を用いたせっけんの合成における反応温度の検討

200 mL ビーカーに油脂 2.5 g, 5 M 水酸化ナトリウム 5.0 mL およびエタノール 5.0 mL を加え, 電気水浴で全体が白く粘り気を帯びるまでかき混ぜながら加温 (70 または 80°C) した. 反応終了後, 飽和食塩水 50 mL に生成物を注いで塩析を行い, 浮遊した固形物を布で濾し取った. 濾し取った固形物は室温で風乾後, 収量を測定した. 実験は 3 回ずつ繰り返しを行い, 反応時間は平均値, 収量は平均 ± 標準偏差で示した.

生成したセッケン 0.1 g を水 50 mL に溶かし, 3 本の試験管に 5.0 mL ずつ量り取った. 1 本は約 20 回左右に振って泡立ちを確認し, 残りの 2 本には 0.1 M 塩酸または 0.1 M 塩化カルシウム水溶液をそれぞれスポイトで数滴ずつ加え, 各種反応を確認した.

3. 実験スケール縮小の検討

100 mL ビーカーにラードまたは馬油 1.5 g, 5 M 水酸化ナトリウム 3.0 mL およびエタノール 3.0 mL を加え, 電気水浴で全体が白く粘り気を帯びるまでかき混ぜながら加温 (70°C) した. 反応終了後, 飽和食塩水 30 mL に生成物を注いで塩析を行い, 浮遊した固形物を布で濾し取った. 濾し取った固形物は室温で風乾後, 収量を測定した.

生成したセッケンは, 前述の 2 と同様にして各種反応を確認した.

4. 湯煎を用いたセッケン合成の検討

100 mL ビーカーにラードまたは馬油 1.5 g, 5 M 水酸化ナトリウム 3.0 mL およびエタノール 3.0 mL を加え, それを熱水 200 mL の入った 300 mL ビーカーに浸し, 全体が白く粘り気を帯びるまでかき混ぜながら加温した (反応開始時の温度: 80°C). 飽和食塩水 20 mL に生成物を注いで塩析を行い, 浮遊した固体を布で濾し, 流水で洗浄した.

生成したセッケンは前述の 2 と同様にして各種反応を確認した.

結果と考察

1. 動物性油脂を用いたせっけんの合成における反応温度の検討

牛脂, ラードおよび馬油を用いたときのけん化の反応温度について検討した.

反応温度が 80°C の場合では, 馬油では反応開始から 6 分経過後に, 牛脂およびラードでは約 6 分 30 秒で粘り気が出て白くなり, けん化の終了が確認された. いずれの油脂においても 3.5 g 程度のセッケンを得る

ことができた. また, けん化に要する反応時間および合成したセッケンを用いた各種反応に油脂間における顕著な差異は見られなかった (表 1).

表 1 各種動物性油脂を用いたセッケン合成

油脂	反応時間 (分)	収量 (g)	泡立ち	塩酸	塩化カルシウム
牛脂	6:39	3.5 ± 0.2	○	白濁	白色沈殿
ラード	6:32	3.6 ± 0.1	○	白濁	白色沈殿
馬油	6:13	3.7 ± 0.4	○	白濁	白色沈殿

反応温度: 80°C

反応温度が 70°C の場合では, ラードでは反応開始から 7 分経過後に, 牛脂では 7 分 30 秒, 馬油では約 8 分で粘り気が出て白くなり, けん化の終了が確認された. 反応時間は 80°C の場合と比較して, 牛脂では 1 分, ラードでは 40 秒, 馬油では 1 分 40 秒程度長くなった. 収量はいずれの油脂においても 80°C の場合と比較して同程度得ることができた. また, 合成したセッケンを用いた各種反応についても 80°C の場合と比較して差異は見られなかった (表 2).

合成したセッケンの状態は, 牛脂およびラードでは白色を呈し, 馬油では薄黄色を呈した. また, 牛脂を用いて合成したセッケンは他のセッケンと比較して崩れやすかった.

以上の結果から, これらの動物性油脂を用いたセッケンの合成において反応温度の違いによる顕著な差異は見られなかったことから, 安全面を考慮すると反応温度は 70°C が適していると考えられた.

表 2 各種動物性油脂を用いたセッケン合成

油脂	反応時間 (分)	収量 (g)	泡立ち	塩酸	塩化カルシウム
牛脂	7:30	3.3 ± 0.1	○	白濁	白色沈殿
ラード	7:12	3.4 ± 0.1	○	白濁	白色沈殿
馬油	7:59	3.7 ± 0.1	○	白濁	白色沈殿

反応温度: 70°C

2. 実験スケール縮小の検討

本実験で設定した実験条件を用いて試薬の量を 60 % に減量したときのセッケンの収量および各種反応について検討した. 油脂としてはラードおよび馬油を用いた.

ラードの場合では, 反応時間が約 7 分から 5 分に短縮された. また, セッケンの収量は通常スケールと比較して 3.4 g から 2.1 g に減少したものの, 生徒が実

感するには十分な量を得ることができた。また、各種反応についても通常スケールの場合と同様な結果が得られた (表 3)。

表 3 ラードを用いたセッケン合成に及ぼす実験スケール縮小の影響

スケール (%)	反応時間 (分)	収量 (g)	泡立ち	塩酸	塩化カルシウム
100	7:12	3.4 ± 0.1	○	白濁	白色沈殿
60	5:06	2.1 ± 0.1	○	白濁	白色沈殿

反応温度: 70℃

馬油の場合では、反応時間が約 8 分から 5 分 40 秒に短縮された。また、セッケンの収量は通常スケールと比較して 3.7 g から 2.0 g に減少したものの、十分な量を得ることができた。また、各種反応も通常スケールの場合と同様な結果が得られた (表 4)。

以上の結果から、スケールを 60% に縮小しても生徒がセッケンの合成を実感できる程度の収量を得ることができ、反応時間も短縮できることがわかった。

表 4 馬油を用いたセッケン合成に及ぼす実験スケール縮小の影響

スケール (%)	反応時間 (分)	収量 (g)	泡立ち	塩酸	塩化カルシウム
100	7:59	3.7 ± 0.1	○	白濁	白色沈殿
60	5:39	2.0 ± 0.2	○	白濁	白色沈殿

反応温度: 70℃

3. 湯煎を用いたセッケン合成の検討

前述の実験では反応時の加熱手段として電気水浴器を用いた。しかし、電気水浴等の加熱機器は高価であり、これらを備えている学校はかなり少ないと思われる。そこで、電気水浴の代わりに熱水を入れたビーカーを用いたセッケン合成について検討した。実験は 60% 縮小スケールで行った。

ビーカーを用いた場合、電気水浴を用いた場合と比較して、反応時間はラードでは 2 分 10 秒、馬油では 4 分 30 秒長くなった。収量はラードでは 50%、馬油では 80% に減少した (表 5)。湯煎の場合、ケン化反応中の温度は時間の経過とともに徐々に低下し、反応

開始時では 80℃であったが、反応終了時はラードおよび馬油ではそれぞれ 58℃および 48℃であった。また、合成したセッケンの各種反応については、塩酸および塩化カルシウムの添加による反応は確認されたが、泡立ちについてはどちらの油脂においてもほとんど見られなかった。これらの原因としては、反応温度の低下によりケン化が不十分であったことが考えられ、湯煎を用いてセッケンを合成する際には、ケン化反応中の温度低下を最小限にする工夫が必要であると思われる。

表 5 簡易水浴を用いたセッケン合成

油脂	反応時間 (分)	収量 (g)	泡立ち	塩酸	塩化カルシウム
ラード	7:18	1.1 ± 0.1	×	白濁	白色沈殿
馬油	10:10	1.6 ± 0.1	×	白濁	白色沈殿

反応開始温度: 80℃

おわりに

本研究では、動物性油脂を用いたセッケンの合成を短時間で確実にを行うことができる実験条件を設定した。また、実験スケールを縮小して行うことにより、さらに合成時間を短縮することができた。

今後、油脂の種類や反応条件を変えるなど様々な条件で実験を行い、さらに安全で簡便な実験条件を見出したい。

参考文献

- 1) 文部科学省: 高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編, 実教出版, pp.107-110, 2019.
- 2) 辰巳敬他. 化学, 2018, 数研出版.
- 3) 齋藤烈他. 化学, 2018, 啓林館.
- 4) 竹内敬人他. 化学, 2018, 東京書籍.
- 5) 安全データシート (SDS), 昭和化学 (株).
- 6) 中村 文, 島田秀昭. 合成洗剤およびセッケンの合成に関する教材研究. 熊本大学教育学部紀要, 66, 331-334 (2017).