

オルトケイ酸ナトリウムを用いたセッケンの合成に関する 教材研究

島田秀昭・堤 紗智子*

Developing materials for teaching the synthesis of soap using sodium orthosilicate

Hideaki Shimada and Sachiko Tsutsumi

(Received September 30, 2022)

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. Recently, soap synthesis using sodium orthosilicate instead of sodium hydroxide has been reported. Therefore, in the present study, we examined the experimental conditions that can synthesize soap safely, surely, and in a short time using sodium orthosilicate.

Key words: soap, sodium orthosilicate, synthesis, teaching material

はじめに

高等学校化学では「有機化合物」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⁾。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⁾。

セッケンは比較的に容易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。実際、高等学校「化学」の教科書の「探求活動」の中でセッケンの合成が取り上げられている²⁻⁴⁾。しかし、教科

書で紹介されているセッケン合成の合成には、薬品として水酸化ナトリウムが用いられている²⁻⁴⁾。水酸化ナトリウムは劇物に指定されている強アルカリ性の薬品⁵⁾で、皮膚などに付着すると炎症を起こすため学校の実験で用いる薬品の中でも特に注意を要するものの一つである。また、セッケンの合成で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、実験の安全性も懸念される。

水酸化ナトリウムの代わりにオルトケイ酸ナトリウムを用いたセッケンの合成が報告されている⁶⁾。オルトケイ酸ナトリウムもまたアルカリ性が強く取り扱いには注意を要する薬品ではあるが、劇物には指定されておらず一般薬品である⁵⁾。

本研究では、オルトケイ酸ナトリウムを用いたセッケンの合成について、より安全で簡便、かつ廃液量を可能な限り少なくした実験条件の検討を行った。

実験方法

1. 実験材料

オルトケイ酸ナトリウムはナカライテスク社製（化学用）のものを使用した。水酸化ナトリウムは和光純薬社製（試薬特級）のものを使用した。エタノール（99.5%）はシグマアルドリッチジャパン社製（試薬

熊本大学大学院教育学研究科
*熊本大学教育学部

特級) のものを使用した。サラダ油および食塩は市販のものを使用した。

2. セッケンの合成における水酸化ナトリウムとオルトケイ酸ナトリウムの比較

食用油 5g, 水酸化ナトリウムまたはオルトケイ酸ナトリウム 2g, エタノール 10mL, イオン交換水 10mL を 100mL のビーカーに入れて混合し, 水浴で 20 分間よくかき混ぜながら反応させた。水浴はガスバーナーで 90℃ まで加熱し, 反応開始から反応終了まで温度を測定した。反応終了後, 反応液を飽和食塩水 50mL の入ったビーカーに加え, 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 回ずつ繰り返し行い, データは平均±標準偏差で示した。

3. 反応液量および反応時間の検討

食用油 5g, オルトケイ酸ナトリウム 2g, エタノール 5 または 10mL, イオン交換水 5 または 10mL を 100mL のビーカーに入れて混合し, 水浴で 5, 7 または 10 分間よくかき混ぜながら反応させた。水浴はガスバーナーで 90℃ まで加熱し, 反応開始から反応終了まで温度を測定した。反応終了後, 反応液を飽和食塩水 50mL の入ったビーカーに加え, 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。

4. 湯煎を用いた実験方法の検討

食用油 5g, オルトケイ酸ナトリウム 2g, エタノール 5mL, イオン交換水 5mL を 100mL のビーカーに入れて混合し, 電気ポットで沸かした熱湯を入れた水浴で 6 または 10 分間よくかき混ぜながら反応させた。反応終了後, 反応液を飽和食塩水 20, 30 または 50mL の入ったビーカーに加え, 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。

結果と考察

1. セッケンの合成における水酸化ナトリウムとオルトケイ酸ナトリウムの比較

教科書に記載されているセッケンの合成方法に従って, 水酸化ナトリウムおよびオルトケイ酸ナトリウムを用いてセッケンを合成したときの収量について比較した(表 1)。水酸化ナトリウムの場合, 混合液を攪拌しながら加熱すると, 10 分程度で泡立ち始め, 15 分程度で粘り気が出始めた。加熱開始から 20 分後に反応を停止し, 生成物を飽和食塩水で塩析したときの

乾燥重量は約 10g であった。

一方, オルトケイ酸ナトリウムの場合, 混合物を攪拌しながら加熱すると, 10 分程度で泡立ち始めると同時に粘り気も出てきたが, 15 分後には油層と水層に分離した。加熱開始から 20 分後に反応を停止し, 生成物を塩析したときの乾燥重量は約 2g であり, 水酸化ナトリウムの場合の 5 分の 1 の収量しか得られなかった。

表 1 水酸化ナトリウムおよびオルトケイ酸ナトリウムを用いたセッケンの合成

薬品	水 (mL)	エタノール (mL)	食塩水 (mL)	反応時間 (分)	収量 (g)
水酸化ナトリウム	10	10	50	20	10.1±0.4
オルトケイ酸 ナトリウム	10	10	50	20	2.3±0.4

反応温度: 90℃ (ガスバーナー)。

以上の結果から, 水酸化ナトリウムを用いたセッケンの合成方法はオルトケイ酸ナトリウムを用いたセッケンの合成には適さないことがわかった。

2. 反応液量および反応時間の影響

オルトケイ酸ナトリウムを用いたセッケンの合成における反応液量および反応時間の影響について検討した(表 2)。前項(実験 1)においてオルトケイ酸ナトリウムを用いて合成した場合, 反応開始から 10 分程度で泡立ちと粘り気が見られたので, 先ず反応時間を 10 分に短縮した。混合液を攪拌しながら加熱したとき, 10 分程度で泡立ちと粘り気が確認された。この時点で反応を停止し塩析したところ, 溶液中に油の浮遊が確認された。また, このときの生成物の乾燥重量は約 1g と極めて少なかった。したがって, この実験条件では反応が不十分であることがわかった。

次に, 水とエタノールの量をそれぞれ 10mL から 5mL に減量したときのセッケンの収量について検討した。混合液を攪拌しながら加熱すると, 5 分程度で泡立ちと粘り気が出始め, 7 分を過ぎた頃から水分が減少し固まった。10 分後に反応を停止し, 生成物を飽和食塩水で塩析し乾燥したところ収量は約 6g であった。

7 分後に生成物が固化したことから, 次に水とエタノールの量を 5mL に固定し, 反応時間を短縮したときのセッケンの収量について検討した。反応時間を 7 分にしたところ, 乾燥重量は約 10g と大幅に増加した。さらに, 反応時間を 5 分に短縮しても約 9g の収量が得られた。

表2 オルトケイ酸ナトリウムを用いたセッケン合成における液量と時間の影響

水 (mL)	エタノール (mL)	食塩水 (mL)	反応時間 (分)	収量 (g)
10	10	50	10	1.3±0.4
5	5	50	10	6.1±0.4
5	5	50	7	10.3±0.9
5	5	50	5	8.6±0.2

反応温度：90℃（ガスバーナー）。

以上の結果から、オルトケイ酸ナトリウム 2g を用いてセッケンの合成を行う場合、反応液量はエタノールおよび水がそれぞれ 5mL、反応時間は 5～7 分が最適であることがわかった。また、反応終了の目安としては反応液に粘り気が出た後に反応を停止すると良いことがわかった。

3. 湯煎を用いた実験方法の検討

前項（実験2）ではガスバーナーを用いてセッケンの合成を行った。ガスバーナーを用いた実験では火傷や火災など事故の発生が考えられる。そこで、セッケンの合成をより安全に行うために、火を使用しないでセッケンを合成することが可能かどうか検討した（表3）。

電気ポットの湯（反応開始温度：85℃）を入れた水浴に、水およびエタノールの入ったビーカーを浸けて実験を行った。混合液を攪拌しながら加熱すると、7分程度で粘り気が出てきた。この時、エタノールが蒸発し、液量が少なくなってから粘り気が出てきた様子が見られた。10分後に反応を停止し、生成物を飽和食塩水で塩析し乾燥したところ、収量は約 8g であった。この反応ではエタノールが蒸発し、液量が少なくなってから粘り気が出てきた様子が見られたため、次にエタノールの量を 3mL に減量して実験を行った。

混合液を攪拌しながら加熱すると、反応開始から 3～4 分程度で粘り気が出てきた。10分後に反応を停止し、塩析した後の乾燥重量は約 8g であった。さらに、反応時間を 6 分に短縮して同様に検討したところ、乾燥重量は約 6g に減少した。

表3 オルトケイ酸ナトリウムを用いたセッケン合成における湯煎の影響

水 (mL)	エタノール (mL)	食塩水 (mL)	反応時間 (分)	収量 (g)
5	5	50	10	7.8±1.1
5	5	50	10	8.1±0.2
5	5	50	6	5.8±0.7

反応温度：85～50℃（湯煎）。

次に、実験廃液を可能な限り少なくすることを目的として、セッケンの収量に及ぼす飽和食塩水量の影響について検討した（表4）。その結果、飽和食塩水の量が 50, 30 および 20mL と減量するにしたがって、セッケンの収量は 5.8, 7.8 および 8.8g に増加した。

表4 オルトケイ酸ナトリウムを用いたセッケン合成における食塩水量の影響

水 (mL)	エタノール (mL)	食塩水 (mL)	反応時間 (分)	収量 (g)
5	3	50	6	5.8±0.7
5	3	30	6	7.8±0.6
5	3	20	6	8.8±0.2

反応温度：85～50℃（湯煎）。

以上の結果から、湯煎においてもオルトケイ酸ナトリウムを用いたセッケンの合成が可能であった。オルトケイ酸ナトリウム 2g に対して、反応液量はエタノール 3mL、水 5mL、反応時間は 10 分が最適であるが、反応時間は 6 分に短縮しても十分な収量が得られることがわかった。また、塩析に用いる飽和食塩水量は 20mL で十分であった。

おわりに

本研究において設定したオルトケイ酸ナトリウムを用いたセッケンの合成条件は、簡便で火を使用せず、また使用薬品量が少ないので廃液量が少ないなど利点がある。

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) 坂巻弘，谷谷哲行，鈴木利隆，鈴木道能，オルトケイ酸ナトリウムとアルコールを用いる固形セッケンの合成，化学と教育，40，544-545(1992).