



油脂の平均分子量の比較

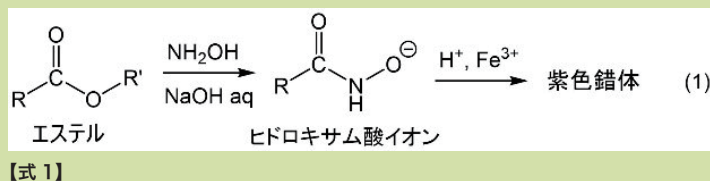
東京理科大学 理学部第一部 化学科 教授 いのうえ まさゆき 井上 正之

はじめに

高級脂肪酸のグリセリンエステルである油脂は、自然界に多量に存在するエステルである。油脂は単一の分子からできているものではないので、その分子量は「平均分子量」によって比較される。油脂の平均分子量はけん化価によって比較できるが、その測定を実験として行うことは一般に難しい。

2024 年 10 月号では、ヒドロキسام酸鉄（Ⅲ）法によるエステルの検出の実験を紹介した【式 1】¹⁾。一段階目のアミド化は水溶液中で行われるので、分子量が大きく分子間の疎水相互作用が強いエステルでは進行しにく

い。今回は、三種類の油脂（ヤシ油、中鎖脂肪酸油、ナタネ油）の平均分子量をヒドロキسام酸鉄（Ⅲ）法によって定性的に比較する実験を紹介する²⁾。



1. 器具の準備

試験管（内径 15 mm）、パストゥールピペット（または 1 mL 駒込ピペット）、300 mL ビーカー（湯浴用）、金網、三脚、ガスバーナー、安全メガネ、保護手袋、マスク

2. 試薬の準備

ヤシ油、ナタネ油、中鎖脂肪酸油、ブタン酸メチル、オクタン酸メチル、ドデカン酸メチル、0.10 mol/L 硫酸鉄（Ⅲ）アンモニウム水溶液、1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液、0.10 mol/L 臭化テトラデシルトリメチルアンモニウム（TDTMA-Br）水溶液、2 mol/L 塩酸

3. 実験手順

(1) アミド化用混合試薬

0.10 mol/L の TDTMA-Br 水溶液 30 mL と 1 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 60 mL を混合した後、塩酸ヒドロキシルアミン 2.1 g を溶かす。

(2) 三種類の油脂を用いる実験

試験管 3 本にヤシ油、中鎖脂肪酸油、ナタネ油を

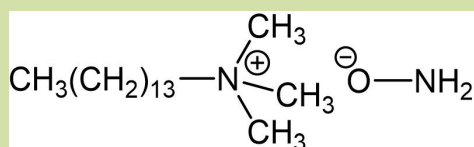
パストゥールピペットで 5 滴ずつとる。各試験管にアミド化用混合試薬を駒込ピペットで 2 mL ずつ加えた後、各試験管を 70℃ の湯浴につけ、軽く振り混ぜながら 5 分間反応させる。各試験管を放冷した後、2 mol/L の塩酸を駒込ピペットで 1 mL ずつ加える。さらに各試験管に 0.10 mol/L の硫酸アンモニウム鉄（Ⅲ）水溶液を駒込ピペットで 10 滴ずつ加えて振り混ぜ、水溶液の色調を比較する。

(3) 三種類のメチルエステルを用いる実験

試験管 3 本に、ブタン酸メチル、オクタン酸メチル、ドデカン酸メチルをパストゥールピペットで 1 滴ずつとる。これらを用いて（2）と同じ操作を行う。

4. 実験を行う際の注意

実験中はマスクと安全メガネ、保護手袋を着用する。加熱に際しては火傷に注意する。実験後の廃液は、所定の容器内に回収する。ヒドロキシルアミンには毒性があるので、これを含む溶液を皮膚につけないように注意する。

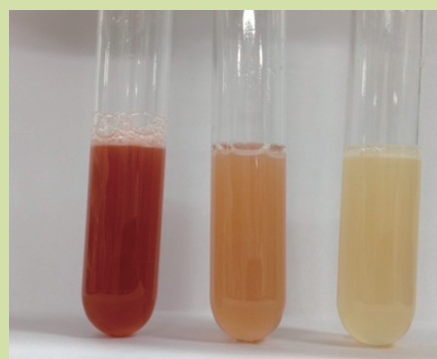


【図 1】イオン対

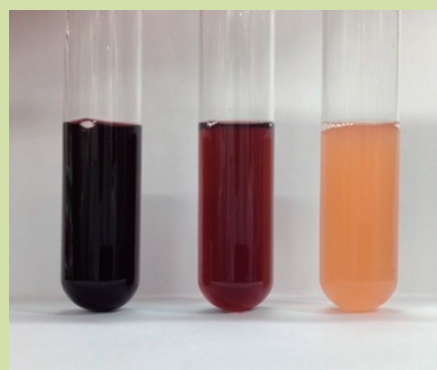
n	C=Cの数	ヤシ油	ナタネ油
5	0	0~0.7	
7	0	4.6~10.0	
9	0	5.0~8.0	
11	0	45.1~53.2	
13	0	16.8~21.0	
15	0	7.5~10.2	3.6~4.2
15	1		0.2
17	0	2.0~4.0	1.8~1.9
17	1		61.6~76.2
17	2	1.0~2.5	13.5~19.5
17	3	0~0.2	1.2~10.6
19	0	0~0.2	0.5~0.6
19	1	0~0.2	1.0~1.3
21	0		0.3
23	0		0.1~0.3

n：脂肪酸分子の炭素原子数

【表 1】ヤシ油とナタネ油の脂肪酸組成



【図 2】油脂を用いた実験の結果
向かって左からヤシ油、中鎖脂肪酸油、ナタネ油



【図 3】メチルエステルを用いた実験の結果
向かって左からブタン酸メチル、
オクタン酸メチル、ドデカン酸メチル

5. 結果と理解すべき内容

ヒドロキシサラム酸鉄（Ⅲ）法によるエステルの検出は、高等学校化学の教科書には掲載されていない。したがって本実験を高校生に行わせるためには、事前の解説が必要である。TDTMA-Br は陽イオン界面活性剤であり、有機化合物と水溶液を馴染ませると同時にヒドロキシルアミンの陰イオンとイオン対【図 1】を形成しながら相関移動触媒の役割を担う。

油脂は種々の高級脂肪酸とグリセリンとのエステルであるから、分子量の比較には平均分子量を用いる。今回の実験で使う油脂の平均分子量はヤシ油 632、ナタネ油 846 である。中鎖脂肪酸にはヤシ油とナタネ油のエステル交換によって製造されている商品（株）日清オイリオ、ヘルシーリセッタ：平均分子量 795）を用いる（以上の各油脂の平均分子量は本実験の開発にあたって測定した値なので、目安と考えて欲しい）。三種類の油脂を用いた実験の結果の例を【図 2】の写真に示す。パスツールピペット 5 滴分の油脂

の質量は 55~60 mg である。平均分子量が大きいほど 5 滴分の油脂に含まれるエステル結合の数が少なく、また分子間力が大きいため、水溶液中でのアミド化における反応性が低下する。これによって硫酸鉄（Ⅲ）アンモニウムを加えた直後に現れる呈色の濃さに、分子量に応じた差が現れる。すなわち平均分子量が小さい油脂ほど、赤褐色が濃くなる。参考までに、ヤシ油とナタネ油の脂肪酸組成を【表 1】に示す³⁾。

エステルの分子量と、ヒドロキシサラム酸鉄（Ⅲ）法による呈色の関係を理解するために、油脂による実験を行う前の段階として、(3) に記した三種類のエステルを用いる実験を行っても良い。この実験の結果を【図 3】の写真に示す。赤褐色の呈色の濃さはブタン酸メチル（分子量 102）>オクタン酸メチル（分子量 158）>ドデカン酸メチル（分子量 214）の順になり、分子量と呈色の濃さの関係を理解できる。

参考文献

- 1) 井上正之、SCIENCE FORUM 2024、443、54.
- 2) 長崎一樹、井上正之、化学と教育 2013、61、312.
- 3) 戸谷洋一郎 監修、油脂の特性と応用、幸書房、2012、p56、p215.