

油脂に関する計算問題

1. 必要があれば、次の値を用いよ。原子量 $H = 1.00$, $C = 12.0$, $O = 16.0$

廃食用油などの油脂を有効利用して、セッケンやバイオディーゼル燃料がつけられている。油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、油脂はけん化されて、高級脂肪酸のナトリウム塩(セッケン)とグリセリン(1,2,3-プロパントリオール)が生じる。油脂1molのけん化には水酸化ナトリウムが[ア]mol必要である。一定質量の油脂をけん化する場合、油脂の分子量が[イ]ほど必要な水酸化ナトリウムの量は少なくなる。セッケンは[ウ]酸と[エ]塩基の塩であるため、水中で一部が加水分解して[オ]性を示す。また、セッケンの水溶液に塩酸を加えると白濁する。一方、水酸化ナトリウムを触媒として油脂とメタノールを反応させると、高級脂肪酸のメチルエステルとグリセリンが生じる。この脂肪酸メチルエステルはバイオディーゼル燃料とよばれ、軽油の代替品として使用することができる。天然の油脂を構成する不飽和脂肪酸は炭素原子間の二重結合の部分で分子が折れ曲がっているが、飽和脂肪酸は分子の形が直線状である。このため、飽和脂肪酸は分子どうしが並びやすく、[カ]力が大きい。したがって、構成脂肪酸に飽和脂肪酸が多く含まれる油脂は室温で固体のものが多いが、不飽和脂肪酸の割合が多い油脂は室温で[キ]のものが多い。

問1 空欄[ア]~[キ]にあてはまる適切な語句または数字を記入しなさい。

問2 ある油脂43.9gをすべて脂肪酸メチルエステルに変換するのに、メタノール4.80gが必要であった。この油脂は同一の脂肪酸のみから構成され、脂肪酸には炭素原子間に二重結合が2つ存在する。

- (1) 油脂の分子量を有効数字3けたで求めなさい。
- (2) 油脂を構成する脂肪酸 $R-COOH$ の $R-$ を C_mH_n- としたとき、 m, n の値を求めなさい。

(2012 神戸大)

2. 油脂に関する以下の問いに答えよ。必要があれば次の原子量を用いよ。 $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$, $Na = 23$
計算結果は有効数字2桁で示せ。

水酸化ナトリウム水溶液を用いて、油脂を完全にけん化したところ、単一の分子式 $C_{14}H_{27}O_2Na$ を有するセッケン25gが得られた。油脂の質量を求めなさい。

(2012 山形大)

3. 油脂に関する以下の問いに答えよ。必要があれば、次の値を用いよ。原子量 $H = 1.00$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $K = 39.1$

油脂を完全にけん化するのに必要な水酸化カリウムの質量から、油脂を構成する脂肪酸の平均分子量を求める方法もある。

問 下線部に関して、ある油脂1.00gを完全にけん化するのに水酸化カリウムが0.193g必要であった。次の問いに答えよ。ただし、この油脂を構成する脂肪酸は1種類のみとする。

- (i) この油脂を完全にけん化することにより生じるアルコールの構造式を示せ。
- (ii) この油脂の分子量を有効数字3桁で求めよ。
- (iii) この油脂を構成する脂肪酸の分子量を有効数字3桁で求めよ。

(2011 筑波大)

4. 必要があれば、次の値を用いよ。原子量 $H = 1.00$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$

食用油やバターは油脂とよばれる成分からできており、油脂はグリセリンと脂肪酸が反応して生成する。油脂は、グリセリンの[a]基と脂肪酸の[b]基から水分子がとれた[c]である。脂肪酸には炭化水素基が単結合のみで構成される[d]と二重結合が1つ以上含まれる[e]がある。

この油脂からセッケンをつくることができる。セッケンは汚れを落とす目的で広く用いられる生活用品であり、一般的にはパルミチン酸ナトリウムやステアリン酸ナトリウムなど、炭化水素鎖の比較的長い脂肪酸の[f]が用いられる。炭化水素鎖の長い脂肪酸は[g]とよばれる。セッケンは炭化水素基が[h]、イオン部位が[i]となっていて、水と油の両方になじむ性質をもつ。セッケンを水に溶かすと、ある濃度以上で多数の分子が集合して水和しやすい構造体をつくる。このような構造体をはじめとする直径1~100nm程度の粒子を総称してコロイド粒子とよぶ。コロイド粒子が関係する現象としてはチンダル現象が有名である。

実際にセッケンをつくってみよう。①油脂と水酸化ナトリウムを加熱しながら混合すると、脂肪酸の[f]が生成するが、そのままでは固体としては得られない。多量の電解質を加えれば、白色の沈殿としてセッケンをつくることができる。

(1) [a]~[i]に適切な語句を記入せよ。

(2) 下線部①の過程 5.00×10^{-2} molの油脂から生成するセッケンの質量を、有効数字3桁で求めよ。計算過程も記せ。けん化反応が完全に進行するとして、生成したセッケンの分子式は $C_{15}H_{31}COONa$ のみとする。

(2013 信州大)

5. 油脂に関する以下の問いに答えよ。必要があれば次の原子量を用いよ。H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, K = 39.0, Br = 80.0

問1 油脂は炭素原子数の多い脂肪酸とグリセリンのエステルである。水酸化カリウムによる油脂のけん化の化学反応式を書け。ただし、油脂1分子を構成する3分子の脂肪酸は、R-COOH, R'-COOH および R''-COOH とせよ。

問2 ある油脂(分子量888)は、炭素原子数が18個の飽和脂肪酸2分子と、炭素原子数が18個の不飽和脂肪酸1分子と、グリセリンとのエステルであった。また、この不飽和脂肪酸の二重結合は、カルボキシル基の炭素原子を1番目とすると、9番目と10番目の炭素原子間に一個あり、その配置はシス形であった。この油脂1gをけん化するのに必要な水酸化カリウムは何gか。小数点第2位まで求めよ。

問3 この油脂のけん化により得られる不飽和脂肪酸1gに付加できる臭素は何gか。小数点第2位まで求めよ。

(2010 富山大)

6. 油脂に関する以下の問いに答えよ。必要があれば次の原子量を用いよ。H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0

動植物の体内に存在する油脂は、高級脂肪酸とグリセリン(1,2,3-プロパントリオール)が縮合したエステル(トリグリセリド)である。1種類のトリグリセリドからなる油脂A 4.16gを完全に加水分解するために、1.00mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を15.0mL必要とした。この反応溶液に塩酸を加え十分に酸性にしてからエーテルで抽出したところ、不飽和脂肪酸Bと飽和脂肪酸Cのみが得られた。一方、A 4.16gをニッケル触媒を用いて水素と反応させたところ、標準状態で112mLの水素が付加し、油脂Dが得られた。さらにDを水酸化ナトリウム水溶液を用いて完全に加水分解した後、反応溶液に塩酸を加え十分に酸性にしてからエーテルで抽出したところ、ステアリン酸(C₁₇H₃₅COOH)とCのみが得られた。

問1 油脂Aの分子量を有効数字3桁で記せ。

問2 Bの物質質量とCの物質質量の比を整数で記せ。

問3 脂肪酸BとCの示性式を例にならって記せ。

(例) C₅H₉COOH

(2011 北海道大)

7. 油脂に関する以下の問いに答えよ。必要があれば次の原子量を用いよ。H = 1.0, C = 12, O = 16

ある油脂A(分子量886)を構成する脂肪酸は、直鎖の飽和脂肪酸Bと、直鎖の不飽和脂肪酸Cであった。ただし不飽和脂肪酸Cは炭素－炭素間の三重結合を含まないものとする。油脂A22.15gに触媒を用いて水素を完全に付加させたところ、標準状態で1.12Lの水素が付加した。この水素付加反応により生成した油脂Dを水酸化ナトリウム水溶液で加水分解したのち、塩酸で酸性にしたところ、生成した脂肪酸は飽和脂肪酸Bのみであった。

問1 油脂A1分子中に含まれる炭素－炭素間の二重結合の数を求めよ。

問2 油脂Aを構成する不飽和脂肪酸Cとして、可能な示性式をすべて示せ。

(2011 名古屋市大)

8. 油脂に関する以下の問いに答えよ。原子量 H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, 計算結果は特に指定のない限り有効数字3桁で示せ。

油脂を構成する脂肪酸の種類を決定するために以下の実験Iから実験IIIを行った。

〔実験I〕 油脂Xに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、十分に反応させた。これに塩酸を加えて酸性とし、有機溶媒を用いて抽出したところ、脂肪酸Aと脂肪酸B(物質質量比で1 : 2)の混合物Cが得られた。

〔実験II〕 4.40gの油脂Xに触媒を用いて完全に水素を付加したところ、標準状態に換算して560mLの水素が消費され、油脂Yへと変化した。この油脂Yを実験Iと同様に処理したところ、1種類の脂肪酸Dが得られた。

問1 13.2gの油脂Xをけん化するのに、2.00mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を22.5mL必要とした。油脂Xの分子量を求めよ。

問2 1分子の油脂Xに含まれるC=C結合の数を求めよ。

問3 脂肪酸Dの示性式を示せ。

(2011 岐阜大)

9. 必要があれば、次の値を用いよ。原子量 $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$, $I = 127$
計算結果は有効数字2桁で示せ。

油脂は、(a)グリセリン1分子と高級脂肪酸[ア]分子が[イ]結合を形成したものである。この高級脂肪酸には飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸があり、炭素数18の飽和脂肪酸としてはステアリン酸が、また炭素数18で不飽和結合(ウ型二重結合)を1個持つものとしてはオレイン酸が、炭素数18で不飽和結合を[エ]個持つものとしてリノール酸がある。不飽和脂肪酸を含む油脂では、(b)不飽和結合1個にヨウ素1分子が付加する。また、オレイン酸を多く含む油脂は、常温で[オ]であるが、この油脂にニッケルを触媒として水素を付加させると、不飽和結合が飽和されて固体となり硬化油となる。これはアルケンに触媒を使って水素を付加して、アルカンをつくる反応と同じである。[ウ]型二重結合を持つ油脂に水素を付加させる反応の過程では、副反応としてトランス型二重結合が生じることがある。これがトランス型の不飽和脂肪酸といわれるものである。

問1 [ア]~[オ]にあてはまる適切な語句あるいは数字を入れよ。

問2 下線部(a)について、グリセリンの構造式を書け。

問3 下線部(b)について以下の(1)と(2)に答えよ。

(1) ある油脂1分子は、オレイン酸が1分子結合し、他はすべてリノール酸が結合しているとすると、この油脂1分子にはヨウ素分子 I_2 は何分子付加することができるか、答えよ。

(2) 上記(1)の油脂100gには、最大何gのヨウ素が付加できるか、答えよ。

(2013 岐阜大)

10. 油脂に関する以下の問いに答えよ。原子量 $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$ とする。

問 分子量1096の油脂について以下の(1)および(2)の問いに答えなさい。

(1) この油脂137gに水素を完全に付加させるには標準状態の水素が5.6L必要であった。この油脂1分子中には何個の炭素間二重結合が含まれているか答えなさい。ただし、油脂中の不飽和結合は二重結合のみとする。また、計算過程も示しなさい。

(2) この油脂を構成する脂肪酸は炭素数が同じである飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸である。この油脂の分子式を答えなさい。計算過程も示しなさい。

(2011 金沢大)

11. 油脂に関する以下の問いに答えよ。必要があれば次の原子量を用いよ。H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, I = 126.9

油脂は〔 a 〕と高級脂肪酸の〔 b 〕である。動物や植物に含まれる油脂には、常温で固体の〔 c 〕と、液体の〔 d 〕がある。動物性油脂には、一般に〔 e 〕が多く含まれており、一方、植物性油脂は〔 f 〕を多く含む。

問1 〔 〕内の a から f に適切な語を入れよ。

問2 リノール酸に含まれる炭素原子間の二重結合の数は何個かを記せ。

問3 オレイン酸のみを含む油脂Dとリノレン酸のみを含む油脂Eがある。油脂DおよびEの分子量を求めよ。計算の過程も合わせて示せ。

問4 油脂の中にはヨウ素により付加反応を受けるものがある。100gの油脂に対して付加するヨウ素の質量をグラム単位で表した数値をヨウ素価という。油脂Eのヨウ素価を求めよ。計算の過程も合わせて示せ。

問5 油脂Dのヨウ素価は油脂Eのそれよりも高いか、それとも低い。その理由も合わせて記せ。

(2012 弘前大)

12. 必要があれば、次の値を用いよ。原子量 H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0

脂質は単純脂質と複合脂質に分類され、①単純脂質には油脂がある。油脂は3価アルコールであるグリセリン1分子に脂肪酸3分子がエステル結合したもので、エステルの一種である。

下線部①に関連して、分子量1096の油脂137gに含まれる、すべての炭素-炭素二重結合に水素を付加させるには、標準状態の水素が5.6L必要であった。この油脂1分子中には何個の炭素-炭素二重結合が含まれているか答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、油脂の不飽和結合は二重結合のみとする。

(2013 埼玉大)

13. 必要があれば、次の値を用いよ。 原子量 $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$

油脂は高級脂肪酸と[ア]のエステルである。油脂には、常温で固体である[イ]と、液体である[ウ]がある。[ウ]に触媒を用いて水素を付加させると、固体の[エ]に変わる。植物油からこの方法で製造された[エ]が、マーガリンの主材料になっている。油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、油脂はけん化されて、高級脂肪酸のナトリウム塩であるセッケンと[ア]になる。セッケンは、分子内に長い炭化水素基からなる[オ]部分と、電荷を帯びた[カ]部分をもつ。

問1 文中の[ア]～[カ]に適切な語句を入れよ。

問2 常温で固体である油脂と液体である油脂について、それぞれの油脂を構成する高級脂肪酸の違いを説明せよ。

問3 炭素数が16である1種類の高級脂肪酸を構成成分とする油脂の分子量を求めたところ、800であった。この油脂を構成する高級脂肪酸を示性式で示せ。また、この油脂400gに水素を付加する場合、最大何gの水素が付加されるか求めよ。

(2013 熊本大)

14. 3種類の鎖状の不飽和脂肪酸とグリセリンから構成される油脂Xがある。油脂X 0.10molに水素を付加し、飽和脂肪酸のみからなる油脂にするのに、標準状態で13.4Lの水素が必要であった。油脂Xを構成する3種類の不飽和脂肪酸を、次の①～⑥から選び、その番号を記せ。

- ① ミード酸($C_{19}H_{33}COOH$)
- ② パルミトレイン酸($C_{15}H_{29}COOH$)
- ③ アラキドン酸($C_{19}H_{31}COOH$)
- ④ ドコサヘキサエン酸($C_{21}H_{31}COOH$)
- ⑤ エイコサペンタエン酸($C_{19}H_{29}COOH$)
- ⑥ リノール酸($C_{17}H_{31}COOH$)

(2019 群馬大)

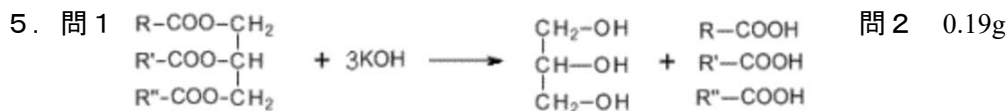
解答

1. 問1 ア 3 イ 大きい ウ 弱 エ 強 オ 塩基 カ ファンデルワールス
キ 液体 問2 (1) 878 (2) $m = 17, n = 31$

2. 24g

3. (i) $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{HC-OH} \\ | \\ \text{HC-OH} \\ | \\ \text{HC-OH} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ (ii) 872 (iii) 278

4. (1) a ヒドロキシ b カルボキシ c エステル d 飽和脂肪酸 e 不飽和脂肪酸
f ナトリウム塩 g 高級脂肪酸 h 疎水基 i 親水基 (2) 41.7g



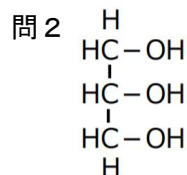
問3 0.57g

6. 問1 832 問2 141:128 問3 B : $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ C : $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$

7. 問1 2個 問2 $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$, $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$

8. 問1 880 問2 5個 問3 $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$

9. 問1 ア 3 イ エステル ウ シス エ 2 オ 液体



問3 (1) 5分子 (2) $1.4 \times 10^2 \text{g}$

10. (1) 2個 (2) $\text{C}_{72}\text{H}_{136}\text{O}_6$

11. 問1 a グリセリン b エステル c 脂肪 d 脂肪油 e 飽和脂肪酸

f 不飽和脂肪酸 問2 2個 問3 D : 884 E : 872 問4 87.4

問5 低い 理由 : Eに比べると二重結合の数が少ないため

12. 2個

13. 問1 ア グリセリン イ 脂肪 ウ 脂肪油 エ 硬化油 オ 疎水基 カ 親水基

問2 固体の脂肪は高級脂肪酸を多く含み、液体の脂肪油は高級不飽和脂肪酸を多く含む。 問3 $\text{C}_{15}\text{H}_{29}\text{COOH}$ 3.0g

14. ① ② ⑥