

## 植物脂質を用いた実験・実習教育の実践を通して見る食用植物油の脂肪酸組成の潮流

今井 博之

はじめに

スーパーの食品売り場の一角には食用油のコーナーがあり、原材料の異なるいろいろな商品が並んでいる。足元には定番のなたね（キャノーラ）油の大きな容器、一方、視線が止まりやすいところには、大小さまざまな容器に入ったオリーブ油、それから、エゴマ油やアマニ油などの小さな容器がたくさん並んでいる。また近年では、オリーブ油のコーナーを設けているお店も少なくないと気づく。この食用油のコーナーに並んでいる商品は、「食用〇〇油」とよばれるもので、〇〇には、「なたね」や「大豆」などの原材料名がはいる。

私たちは、中学校理科の「消化と吸収」のところで、「脂肪はリパーゼとよばれる消化酵素の働きによって、脂肪酸とグリセロールに分解される」と学んだ\*。ここでいう「脂肪」とは、一般的に、その主成分であるトリグリセリドを示す場合が多い。トリグリセリドは、グリセロール1個に3個の脂肪酸が結合した構造をしている。著者が担当する学生実験・実習では、植物に存在する脂肪酸を分析しており、家庭用消費向けの食用植物油を実験・実習の分析に使用することが多い。本稿では、著者が担当している生物学科の学生実験・実習を通して最近気づいた「暮らしの中での植物油（トリグリセリド）」について述べたい。特に、その脂肪酸組成に関する時代の色合いなどを文系学生や一般市民の方々にも理解していただけるようにまとめた。なお、「材料と方法」は、脂肪酸分析に関わる従事者向けの内容が含まれるので、読み飛ばしていただいて構わない。

---

\*平成24年度以降の中学・高校の教科書では、「脂肪は、消化管内で脂肪酸とモノグリセリドに分解される」などと、記述が変更されている。

いろいろな意見はあるが、トリグリセリドのように、物質中に脂肪酸を持ち、水には溶けないが有機溶媒に溶ける生体物質の総称を「脂質 (lipid)」とよぶ。図1は、「日本人の食事摂取基準 (2020年版)」に掲載されている「脂質とその構成」を示している (1)。この図では、脂肪酸を栄養学的な観点から飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸、多価不飽和脂肪酸の三つのグループに大別し、さらに、多価不飽和脂肪酸については、n-6系脂肪酸とn-3系脂肪酸 ( $\alpha$ -リノレン酸とEPA・DHA) に、また、不飽和脂肪酸全体で、シス型脂肪酸とトランス型に分類している。本稿では、最近スーパーなどで一際目立って陳列されている食用植物油の中から、その主要な脂肪酸であるオレイン酸と $\alpha$ -リノレン酸に注目して述べていきたい。

## 実験材料と方法

### 実験材料

今回分析に用いた食用植物油 (21種類) は、本学近郊のスーパーから購入した。また、種子 (14種類) は、ホームセンターで販売されている園芸用種子やスーパーから購入した青果物から採取した。

### 実験方法

著者が担当している学生実験・実習では、植物のトリグリセリドに存在する脂肪酸を分析するために、ガスクロマトグラフ (GC) という機器を使用している。市原 (2012) は、「脂肪酸分析は意外と簡単」の中で「サラダ油の脂肪酸組成を分析する場合であれば、油を試薬と混合するだけでグリセリド脂肪酸を脂肪酸メチルに誘導し、GCにかけて組成を調べることができる」と述べている (2)。そこで、著者は脂肪酸の誘導体化を実験・実習向けに標準化し、試料の調製から GC での分析までの時間を約 2 時間程度にする実験・実習メニューを工夫した。GC 法による植物脂質の脂肪酸分析では、植物試料からの脂質の抽出→脂肪酸の誘導体化→GC による分析の三つのパートに分かれる。このうち、植物試料からの脂質の抽出については、市販の食用植物油を使用すれば省略することができるため、本稿では、脂肪酸の誘

導体化と、GCによる分析について説明する。なお、種子を分析試料とする場合は、ノルマルヘキサンという有機溶媒とともに種子を乳鉢と乳棒を用いて磨り潰し、これをろ過した液体を分析の試料とした。

GC分析の概要を理解するには、島津製作所のホームページ「GC分析の基礎」を参照すると分かりやすい(3)。なお、脂肪酸のGC分析に関する近年の状況については、塩田(2015)の総説「キャピラリーガスクロマトグラフ法によるトランス脂肪酸定量技術」が参考なる(4)。特に、日本油化学会や米国油化学会(AOCS)が公認(公定)している分析法についても詳しく述べられおり、食品成分表などの行政の文書に掲載されている植物油の脂肪酸組成のデータがどのように分析されて得られたのかを知りたい場合は、この総説を参照されたい。

### 1. 脂肪酸の誘導体化

和田と白石(1998)は、優れた総説「脂肪酸分析の実際」の中で、「脂肪酸のGC分析では、難揮発性の脂肪酸をそのままGCに付すと、脂肪酸のカルボキシル基がテーリングを引き起こし、正確な組成は得られない。そのため脂肪酸はメチルエステルあるいはエチルエステル等に誘導体化し、脂肪酸の揮発性を向上させる必要がある」と述べており、脂肪酸の誘導体化には、①酸による誘導体化、②アルカリによる誘導体化、③ジアゾメタンによる誘導体化、④試料からの直接メチル化法の4つに分けて説明している(5)。著者は長年、脂肪酸をメチルエステル化して、GC分析を行っているが、著者の研究室の研究対象であるスフィンゴ脂質において、この脂質の脂肪酸を分析する場合、酸による誘導体化を採用しているため、植物油の脂肪酸分析についてもこの方法を使用した。具体的には、植物油の試料を少量の有機溶媒に溶かした後、0.5 mol/L メタノール性塩酸を加えて、100°Cで数時間加熱して誘導体化している。これは優れた方法ではあるが、3年次の学生実験・実習に採用する方法としては、有害な有機溶媒を使用することと、反応時間が長いために不向きである。そこで、アルカリによる誘導体化のひとつ水酸化カリウム(KOH)-メタノール法を検討した。この方法は、もともと大阪

府立大学総合リハビリテーション学部の山本公平先生から紹介されたものである。具体的には、植物油の試料に0.2 mol/L KOHのメタノール溶液を加えて3分間激しく攪拌して誘導体化する方法で、非常に短時間のうちにGC分析のための試料を調製することができる。この方法より、容器を開封して間もないオリーブ油、ダイズ油、綿実油の脂肪酸組成を分析し、食品成分表に記載のデータと比較した。その他の18種類の食用植物油については、容器の開封から半年程度冷凍保存したものであり、0.5 mol/L メタノール性塩酸を使用した方法によって、脂肪酸のメチルエステルを調製した。

上記の水酸化カリウム (KOH) -メタノール法は簡便であり、植物油に含まれるトリグリセリドから脂肪酸メチルエステルを調製することができる。一方、この方法は植物油にも含まれるトリグリセリドが分解して生じる遊離脂肪酸をメチル化することができないという難点がある。また、0.5 mol/L メタノール性塩酸は比較的高価な試薬であり、著者の研究室でこの試薬を調製することはできるが厄介である。そこで、市原ら (2010) が報告したトルエン/メタノール/8%塩酸を採用し (6)、14種類の種子から調製した脂質試料 (ノルマルヘキサン抽出物) については、この混合溶液で脂肪酸メチルエステルを調製した。

## 2. ガスクロマトグラフ (GC) による分析

食用植物油から調製した試料 (脂肪酸メチルエステル) を少量のノルマルヘキサンに溶かし GC 分析を行った。ガスクロマトグラフは GC-18A GAS CHROMATOGRAPH (SHIMADZU) を使用した。カラムは TC-70 (ジーエルサイエンス、0.25 mm ID × 60 m、0.25 μm df)、インジェクター (気化室) 及び水素炎イオン化 (FID) 検出器の温度はともに 250°C、カラムオーブンは 120°C から 240°C (4°C/min) まで昇温した後、240°C で 10 分間保持した。サンプルの注入量は 1 μL でスプリット比は 1/50、キャリアガスの線速度は 30 cm/秒に設定した。なお、カラムオーブンの温度条件は、ドコサヘキサエン酸 (DHA) やエイコサペンタエン酸 (EPA) などの高度不飽和脂肪酸も分析できる条件に設定しているため、植物油に含まれる主要な脂肪酸だけを調

べるのであれば、240°Cで10分間の保持は省略できる。

脂肪酸メチルエステルの同定に際し、ガスクロマトグラフはGC-17A GAS CHROMATOGRAPH（SHIMADZU）、質量分析計はGCMS-QP5050（SHIMADZU）を使用した。カラムはSH-Stabilwax（0.25mm ID×60m、0.25μm df）、インジェクター（気化室）の温度は250°C、カラムオーブンは120°Cから240°C（4°C/min）まで昇温した後、240°Cで20分間保持した。サンプルの注入量は1μLでスプリット比は1/50、キャリアガスの線速度は30cm/秒に設定した。質量分析は、GCMS-QP5050の電子イオン化（EI）法で行った。インターフェース及びイオン源の温度はともに250°Cに設定した。溶媒待ち時間は3分、スキャン範囲は、 $m/z$  40~400とした。

### 3. シリカゲル薄層クロマトグラフィー（TLC）

スイカ、トウガラシ（パブリカ）、キンカン、ネギ、トウモロコシのそれぞれ種子から調製したノルマルヘキサン抽出液を試料として、シリカゲル薄層クロマトグラフィー（TLC）によって脂質成分を分析した。10 cm×10 cmのシリカゲル TLC プレート（HPTLC Silica gel 60, Sigma-Aldrich）に約1 mg 試料を塗布し、移動相溶媒（ノルマルヘキサン 10 mL、ジエチルエーテル 2.5 mL、酢酸 125 μL）の入った展開槽中にプレート置いた。約20分後、展開槽からプレートを取り出し数分間放置後、50%硫酸をプレートに噴霧した。すぐにそのプレートを120°Cに設定したオーブンで加熱して、脂質を検出させた。

## 結果と考察

### 1. 食用植物油の脂肪酸

#### 1-1. ハイオレイック（高オレイン酸）化の動向

オレイン酸（oleic acid）という名前は、オイル（油）を意味するラテン語の *oleum* に由来するといわれている。オレイン酸は、オリーブ油の主要な構成脂肪酸であるが、近年では、ヒマワリ、ペニバナ、ナタネを原料とする食用植物油において、いわゆるハイオレイック油とよばれるオレイン

酸を主成分とするものが市販されている。日本人の食事摂取基準（2020年版）」策定検討会報告書によると、平成28年国民健康・栄養調査における日本人成人（18歳以上）において、オレイン酸をはじめとする一価不飽和脂肪酸の摂取量の中央値は、20.0 g/日（男性）、17.0 g/日（女性）とされる。また、この報告書によると一価不飽和脂肪酸は「必須脂肪酸ではなく、同時に、主な生活習慣病への量的影響も明らかではないため、目標量は策定しなかった」とある。

オレイン酸、リノール酸、 $\alpha$ -リノレン酸の構造を図2に示す。ギザギザ線は炭化水素（ $-\text{CH}_2-$ ）の骨格を示している（図の左端は $\text{CH}_3-$ ）。オレイン酸にはシス2重結合が1個あり、リノール酸には2個存在する。 $\alpha$ -リノレン酸の場合はシス二重結合が3個あり、図の左端から数えて3番目の炭素に最初のシス2重結合があるので、n-3系不飽和脂肪酸とよばれる。不飽和脂肪酸の物性については、オレイン酸→リノール酸→ $\alpha$ -リノレン酸の順に融点が低くなり、例えば、リノール酸や $\alpha$ -リノレン酸を主成分とする多くの食用植物油を冷蔵庫に保存しても何も変化が見られない。一方、オレイン酸を主成分とするオリーブオイルを冷蔵庫に保存すると、飽和脂肪酸を主成分とするラードやバターなどの動物性油脂と同様に固まってしまう（品質には問題ない）。

色々なタイプのオリーブ油を店頭で見かけるが、これは、近年のオリーブオイルの香りや味を楽しむ食のスタイルを反映しているのかもしれない。また、悪玉コレステロールの低減という観点から、動物脂肪の主要な脂肪酸である飽和脂肪酸の摂取量を少なくして、オレイン酸に置き換えるという健康志向を反映しているのかもしれない。図3は、家庭用消費向けとして市販されている食用植物油を試料として、その脂肪酸組成を分析した結果を示している。まず、オリーブ油の脂肪酸組成の分析結果について述べる。今回は、エクストラバージンオリーブオイルと（ピュア）オリーブオイルが混合されたと思われるものを試料とした。図3に示すように、オリーブ油には飽和脂肪酸のパルミチン酸が11.5%（モル%）、一価不飽和脂肪酸のオレイン酸が76.2%（モル%）含まれていた。つまり、全脂肪酸

100 個あたりに換算して、パルミチン酸は 11.5 個、オレイン酸 76.2 個含まれていた。この値は「日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）」（7）に掲載のデータとほぼ同じであった。なお食品成分表では、脂肪酸総量 100 g 当たりのグラム数で示しており、エクストラバージンオイルに含まれるパルミチン酸は 10.4 g、オレイン酸は 77.3 g と記載されている。

ハイオレック（高オレイン酸）品種の種子から採油されたヒマワリ油及びベニバナ油に含まれるオレイン酸の割合については、オリーブ油に含まれるオレイン酸のそれ（76%）よりも多かった。これらの値についても、「日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）」（7）に掲載のデータとほぼ同じであった。

ナタネ（キャノーラ）油は日本国内の需要量、生産量ともに最も多い植物油で、世界で 3 番目に生産量の多い植物油である。ナタネの種子は、もともと心臓病の原因となるエルカ酸という脂肪酸や、グルコシノレートとよばれるワサビの辛み成分を含んでいたが、グルコシノレートを低減させる品種改良の途上でエルカ酸の量が低いナタネが発見され、栽培品種が作られた。これをキャノーラ（Canola）種といい、食用ナタネ油の供給品種として使用されてきた。図 3 に示したナタネ（キャノーラ）油 B については、オレイン酸の割合が 73.3% とオリーブ油並みに高かった。興味深いことに、このナタネ（キャノーラ）油 B は、 $\alpha$ -リノレン酸の割合（3.6%）についても、ナタネ（キャノーラ）油 A の  $\alpha$ -リノレン酸のそれ

（10.0%）と比較して低かった。ナタネ（キャノーラ）油 A のデータは「日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）」（7）に掲載のデータとほぼ同じであったが、ナタネ（キャノーラ）油 B のデータは、アメリカ油化学会（AOCS）のホームページで 2012 年 9 月に掲載された「High-oleic canola oils and their food applications」における Clear Valley® 75 (CV75) オイルの脂肪酸組成とよく似ていた（8）。なお、脂肪酸組成に関するナタネの品種改良については、山守（2006）の論文を参照されたい（9）。

ダイズ油は、世界で 2 番目に生産量の多い植物油である（ちなみに、世界で最も生産量の多い植物油はパーム油である）。本学近郊のスーパーの食

用油売り場で、原材料「食用大豆油」のみの商品を見かけることは稀であるが、ナタネ（キャノーラ）油とブレンドした商品は普通に売っている。また、油を採取した搾り粕である大豆粕（ダイズミール）は、この叢書で鳴海先生が述べている通り、1900年代初めに水稲作の肥料として重用された時期もあったが、現在では、家畜飼料、醸造食品、植物性タンパク質食品として利用されている。図3に示すように、ダイズ油のオレイン酸の割合は22.5%、リノール酸の割合は55.0%、 $\alpha$ -リノレン酸の割合は5.7%であり、「日本食品標準成分表2015年版（七訂）」（7）のデータとほぼ同じである。

高木と穴井（2006）によると、「ダイズの脂肪酸組成は、低いオレイン酸含量（高リノール酸含量）と高いリノレン酸含量を特徴としており、他の植物油脂とくらべると市場価格が低くなっている。この理由の一つとして、ダイズ油中に大量に含まれる多価不飽和脂肪酸（リノール酸とリノレン酸）は、油の自動酸化による品質の劣化と過酸化物質発生の原因となることがあげられる」とし、「不飽和脂肪酸の自動酸化による過酸化脂質の増加は家畜の餌となるダイズミールでも問題となっており、ダイズ油脂の酸化安定を増すために、オレイン酸含量を増加させ、多価不飽和脂肪酸を減少させる脂肪酸組成の改良が極めて重要な課題となっている」と述べている（10）。このような中、近年、米国を中心にハイオレイック（高オレイン酸）のダイズの品種が開発されている。米国のメーカーが開発したプレニッシュ（Plenish）というダイズ油は、我が国においても2013年ごろから食用としての利用が検討されていると聞く。Napolitanoら（2018）は、プレニッシュ油の脂肪酸組成について、オレイン酸の割合は76.0%、リノール酸の割合は6.7%であると報告している（11）。

図2に示す通り、オレイン酸は2重結合を1個持ち、リノール酸は2重結合を2個持つ。リノール酸は、オレイン酸を原料にして、新たに図2の左端から数えて6番目と7番目に二重結合を導入する酵素（不飽和化酵素、FAD2という）の働きによってつくられる。つまり、植物種子において、FAD2という酵素が働かないとリノール酸が生じないので、リノール酸の生合成の



原料であるオレイン酸が蓄積してしまうことになる。プレニッシュ油の原材料になっているダイズは、遺伝子組換えの技術によって、この FAD2 という酵素が種子中で少なくなるようにデザインされた品種である。また、2018 年に米国のメーカーが開発したカリヨノ (Calyno) ダイズ油の原材料になっているダイズは、ゲノム編集技術によって、FAD2 という酵素が種子中で少なくなるようにデザインされた品種である。

コメ油の原料は玄米ではなく、精米して生じる米ぬかである。実際に、「日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）」（7）においても「米ぬか油」と標記されている。図 3 に示すように、飽和脂肪酸の一つパルミチン酸の割合は 17.1~18.2%、オレイン酸の割合は 42.5~43.5%、リノール酸の割合は 35.7~36.0%と「日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）」のデータとほぼ同じであり、この脂肪酸組成は昔から変わっていないと思われる。この変わらない理由をイネの種子に関する品種改良の歴史から考えると、品種改良は専ら精米部分（加食部）の味や香り、食感に関する事で、米ぬか油に注目し、米ぬかの原料となる種皮や果皮の成分に関わる品種改良を行ったとは考えられないからである。一方で、2012 年に開発されたゲノム編集技術のひとつクリスパー・キャス 9（CRISPR-Cas9）をイネの品種改良に応用することはそれ程難しいことではなく、米ぬか油のハイオレリック（高オレイン酸）化の観点から、クリスパー・キャス 9 を使った種皮や果皮の成分改良に関わる品種改良が進むかもしれない。

コーン油は、トウモロコシ種子からデンプン（コーンスターチ）を製造する際に生じる残渣の「胚芽」を原料として採油される。図 3 に示すように、オレイン酸の割合は 28.7%、リノール酸の割合は 56.5%であり、これらの値は「日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）」（7）のデータとほぼ同じである。また、後に述べるが、図 6 で示したトウモロコシのデータは、家庭菜園用の種子から抽出した脂質の脂肪酸データである。この図 6 データと図 3 のデータが似ていることは、今回分析したコーン油は、脂肪酸組成に注目した改良品種の種子を原材料にしていなかったことがうかがえる。なお、コーン油、ナタネ（キャノーラ）油、ダイズ油、綿実油の製造

原料となるそれぞれの輸入種子は、除草剤耐性遺伝子あるいは害虫抵抗性遺伝子に関わる遺伝子組換え技術が使用されていると思われるが、食用植物油の製造の過程で、これらの遺伝子産物（タンパク質）を取り除くので、食用植物油を試料として遺伝子組換えの有無を調べることは技術的にできない。

ゴマ油は胡麻の種子から採油される。図3に示すように、オレイン酸の割合は39.2～39.4%、リノール酸の割合は44.4～45.0%であり、両脂肪酸の割合はほぼ同レベルである。これらの値は「日本食品標準成分表2015年版（七訂）」（7）のデータとほぼ同じである。

綿実油は、ワタの種子から搾油される。図3に示すように、飽和脂肪酸の一つパルミチン酸の割合は22.3%、オレイン酸の割合は18.3%、リノール酸の割合は56.3%であり、リノール酸の割合はコーン油やダイズ油とほぼ同じレベルで含まれている。これらの脂肪酸組成のデータは、「日本食品標準成分表2015年版（七訂）」（7）のデータとほぼ同じである。最近Dowdら（2019）は、ワタに寄生する線虫に耐性を示すGB713という系統（遺伝的に同質な個体群のこと。微生物の場合は菌株という）のうち、いくつかの種子から、オレイン酸の割合が約30%含むものを報告している（12）。また現在、米国農務省（USDA）の研究機関では、綿実油のオレイン酸の割合を40%程度まで高める研究が進んでいるようである。

ここまで、ハイオレイック（高オレイン酸）油をつくる植物（種子）について述べてきた。すでに食用植物油として市販されているものとしては、ヒマワリ、ベニバナ、ナタネ由来のものがあり、ダイズについても、今後、家庭用消費向けとして市販される方向に進むものと思われる。ダイズやワタ以外にも、近年はパーム（アブラヤシ）や藻類において、ハイオレイック（高オレイン酸）油の原材料としての開発が進んでいる。

### 1-2. 必須脂肪酸 $\alpha$ -リノレン酸を主成分とする植物油

$\alpha$ -リノレン酸は、紫蘇、亜麻、荳胡麻の種子からとれる油の主要な構成脂肪酸であるが、一般的にこの脂肪酸は、図3に示すように、植物の種子

に含まれる脂肪酸としては少量または微量成分である。一方、植物の緑葉から脂質を抽出し、脂肪酸組成を分析すると、 $\alpha$ -リノレン酸が最も多量に検出されるので、植物生理学的に $\alpha$ -リノレン酸は、緑葉での低温耐性や光合成機能との関連が指摘されている。シソ油については今回調べていないが、図4に示すように、エゴマ油に含まれる $\alpha$ -リノレン酸の割合は60.8~70.6%、アマニ油に含まれる $\alpha$ -リノレン酸の割合は50.8~59.9%であり、「日本食品標準成分表2015年版（七訂）」（7）における $\alpha$ -リノレン酸の割合（エゴマ油61.3%、アマニ油59.5%）と比べてもよく似ている。なぜ、紫蘇、亜麻、荳胡麻の種子に $\alpha$ -リノレン酸が多いのかについてはよく分かっていないが、植物生理学的に種子が凍結に対する耐性を高めるためではないかとの指摘もある。

「日本人の食事摂取基準（2020年版）」策定検討会報告書によると、「n-3系脂肪酸は、生体内で合成できず（他の脂肪酸からも合成できない）、欠乏すれば皮膚炎などが発症する。したがって、必須脂肪酸である。また、n-3系脂肪酸の生理作用は、n-6系脂肪酸の生理作用と競合して生じるものもある。さらに、n-3系脂肪酸は $\alpha$ -リノレン酸（18：3 n-3）、EPA（20：5 n-3）及びdocosapentaenoic acid（DPA、22：5 n-3）、DHA（22：6 n-3）に大別されることから、それぞれの健康効果についても研究が進められている」とある。また、生活習慣病との関連については、「 $\alpha$ -リノレン酸と循環器疾患の発症率及び死亡率との関連を調べたコホート研究をまとめたメタ・アナリシスでは、弱いものの有意な負の関連を報告している」とある。n-3脂肪酸に関する健康の保持・増進（欠乏の回避）について、この報告書によると「日常生活を自由に営んでいる健康な日本人にはn-3系脂肪酸の欠乏が原因と考えられる症状の報告はない」として、現在の日本人のn-3系脂肪酸摂取量の中央値を用いて、摂取の目安量を算定している。具体的には、12歳以上の男性及び65~74歳の女性で1日当たり2 g前後、10歳から49歳までの女性で1日当たり1.6 g前後、50歳以上の女性で1日当たり1.8 g前後（65~74歳の女性を除く）となっている。

食用植物油に含まれる不飽和脂肪酸の酸化安定性について、オレイン酸

は比較的高く、オレイン酸→リノール酸→ $\alpha$ -リノレン酸の順に低下する。 $\alpha$ -リノレン酸を多く含む植物油を揚げ物に使用した場合の加熱による油の劣化の程度は、食の安全性という点では、一般的に問題にならないレベルにあるものの、においや味に好ましくない影響があるとされる(13)。

## 2. 園芸用種子や青果物中の種子の脂質について

食用油を原材料から抽出する方法の一つとして、ノルマルヘキサンによる溶剤抽出法がある。そこで本研究では、ノルマルヘキサンを用いて、食用植物油の原料種子ではないもの（園芸用種子や青果物中の種子）を試料として分析した。図5は、ノルマルヘキサンで抽出された物質（いわゆる油脂）について、シリカゲル TLC という方法によって、どのようなものがあるかを調べたもので、左から、スイカ、トウガラシ（パプリカ）、キンカン、ネギ、トウモロコシの結果を示している。なお、図5の一番左は、キャノーラ油（室温で半年以上放置したので、新鮮な油ではない）を対照試料として使用した結果を示している。図5を上下に眺めた時、中央より少し上の茶色い大きなスポット（黒の矢尻で示しているところ）は、トリグリセリドである。また、中央より下側には様々なスポットが検出されている。緑の矢尻で示しているところは、脂肪酸のスポットである。このトウモロコシで顕著に検出されたスポットは、何らかの理由でトリグリセリドが分解して遊離した脂肪酸と思われる。以上の結果から、種子に含まれるノルマルヘキサンの抽出物のほとんどはトリグリセリドで、その他に少量の脂溶性成分が含まれていることが分かった。

図6は、園芸用種子や青果物中の種子から調製したノルマルヘキサン抽出物を試料として、その脂肪酸組成を分析した結果を示している。なお、この実験結果は、当研究室4年生の高寺忠俊さんによって得られたものである。上からリノール酸の割合が多い順に並べている。エンドウ以外は、リノール酸が最も多かった。エンドウでは、バルミチン酸の割合は13.4%、オレイン酸の割合は41.9%、リノール酸の割合は33.2%であり、

図3で示したコメ油（米糠油）とよく似ていた。なお、ヒトの体に有害な脂肪酸成分を含む種子は、今回した調べた試料の中には見つからなかった。つまり、ブドウやスイカの種をよく噛んで飲み込んでも（そんな人はあまりいないと思うが…）、脂肪酸に関する限り、健康に悪い影響は与えないと思われる。

以上述べてきたように、植物の種子に含まれる不飽和脂肪酸はオレイン酸やリノール酸が主なもので、紫蘇、亜麻、荳胡麻などの種子は例外として、 $\alpha$ -リノレン酸は少ないことが分かる。 $\alpha$ -リノレン酸は、リノール酸を原料にして、新たに図2のリノール酸の左端から数えて3番目と4番目に二重結合を導入する酵素の働きによってつくられる。この酵素は、植物の緑葉では普通に存在し活発に働いているが、なぜか種子において、（紫蘇、亜麻、荳胡麻の種子などの例外を除いて）ないかその働きが非常に弱い。今後、種子において、 $\alpha$ -リノレン酸の含量を増加させる学術的研究はあると思うが、ハイオレイック（高オレイン酸）化の研究開発のような潮流、すなわち「ハイリノレック（高 $\alpha$ -リノレン酸）」化の研究開発についてはないと思っている。「私たちは毎日、緑黄色野菜から $\alpha$ -リノレン酸を摂取し、さらに魚からもn-3系脂肪酸をとっているのだから、十分である」と著者は考えるからである。

#### 参考文献

1. 「日本人の食事摂取基準（2020年版）」策定検討会報告書 脂質  
<https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000586558.pdf>
2. 市原謙一「脂肪酸分析は意外と簡単」生物工学 90, 89-92 (2012)
3. GC（ガスクロマトグラフ）とは？  
GC分析の基礎：株式会社島津製作所  
[https://www.an.shimadzu.co.jp/gc/support/faq/fundamentals/gas\\_chromatography.htm#gc\\_1\\_1](https://www.an.shimadzu.co.jp/gc/support/faq/fundamentals/gas_chromatography.htm#gc_1_1)

4. 塩田誠「キャピラリーガスクロマトグラフ法によるトランス脂肪酸定量技術」日本調理科学会誌 48, 229-238 (2015)
5. 和田俊、白井展也 「脂肪酸分析の実際」日本油化学会誌 47, 937-225( 1998)
6. Ichihara, K., Fukubayashi, Y., Preparation of fatty acid methyl esters for gas-liquid chromatography. *J. Lipid Res.*, 51, 635-640(2010)
7. 日本食品標準成分表 2015 年版（七訂） 脂肪酸成分表編  
第 2 章 第 2 表 14 油脂類  
[https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/science/detail/\\_icsFiles/afieldfile/2015/12/24/1365494\\_3-0214-2.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/science/detail/_icsFiles/afieldfile/2015/12/24/1365494_3-0214-2.pdf)
8. Liu, L, Lasonova, D., High-oleic canola oils and their food applications (aocs.org, 2012)  
<https://www.aocs.org/stay-informed/inform-magazine/featured-articles/high-oleic-canola-oils-and-their-food-applications-september-2012?SSO=True>
9. 山守誠 「国内外のナタネ育種の現状 - 脂肪酸組成の改良を中心として -」オレオサイエンス 6, 189-194 (2006)
10. 高井胖、穴井豊昭 「新規の脂肪酸組成を持つダイズ油の突然変異による改良」6, 195-203 (2006)
11. Napolitano, E.G., Ye, Y., Cruz-Hernandez, C., Chemical Characterization of a High-Oleic Soybean Oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 95,

583-589 (2018).

12. Dowd, K.M., McCarty Jr., C.J., Shockley, J., Jenkins, N.J., Registration of four upland cotton germplasm lines with elevated levels of seed oil oleic acid. *J. Plant Regist* 14, 64-71 (2020)

13. 笹田怜子、松本絵美、小泉千嘉、吉岡美子、長坂慶子  
「エゴマ油を揚げ油として利用するための検討」岩手県立大学盛岡短期  
大学部研究論文集 14, 1-9 (2012)

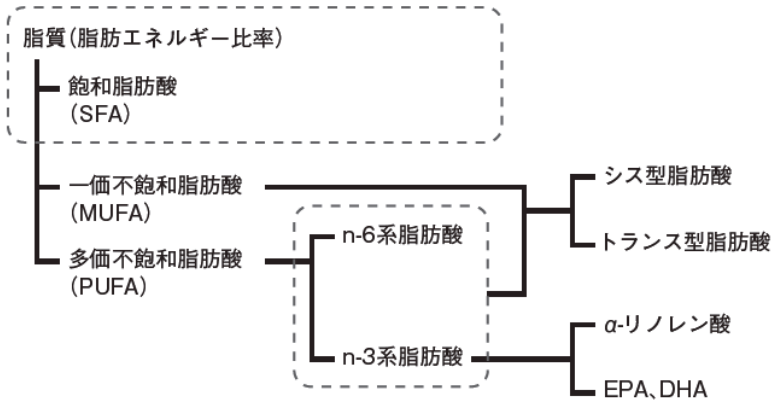


図1 脂質とその構成

点線で囲んだ4項目について基準を策定した。

出典：厚生労働省ホームページ

(<https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000586558.pdf>)



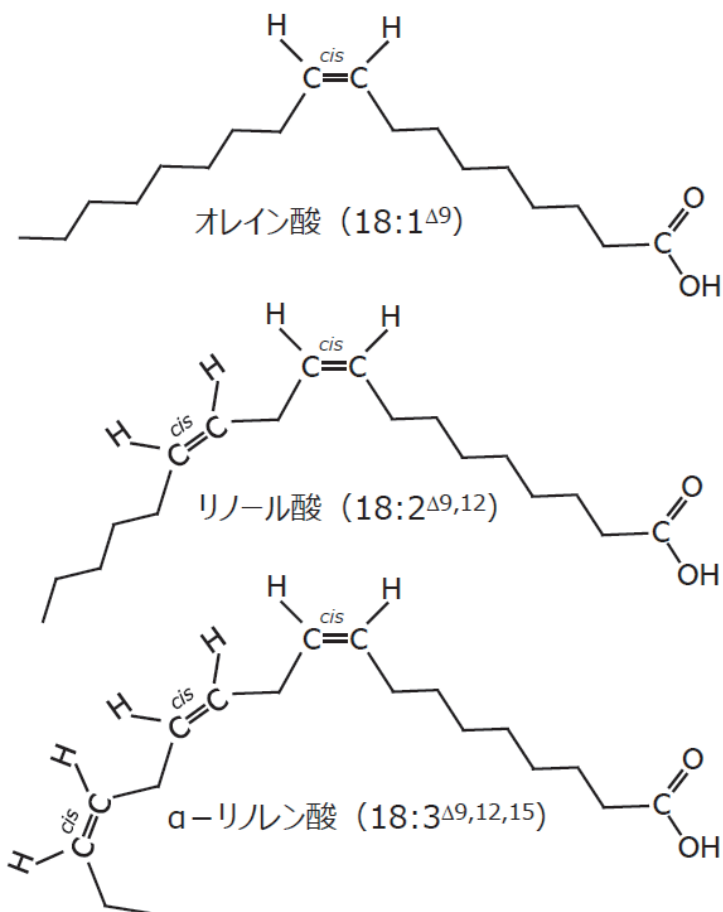


図 2 食用植物油に含まれる不飽和脂肪酸の構造

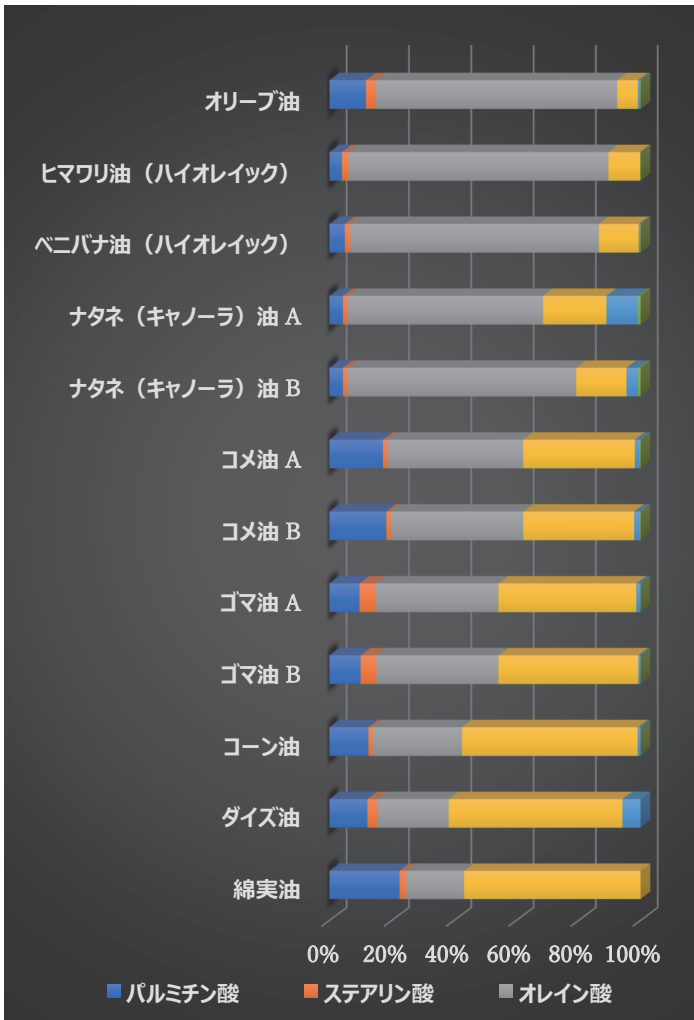


図 3 市販の食用植物油に含まれる脂肪酸の組成

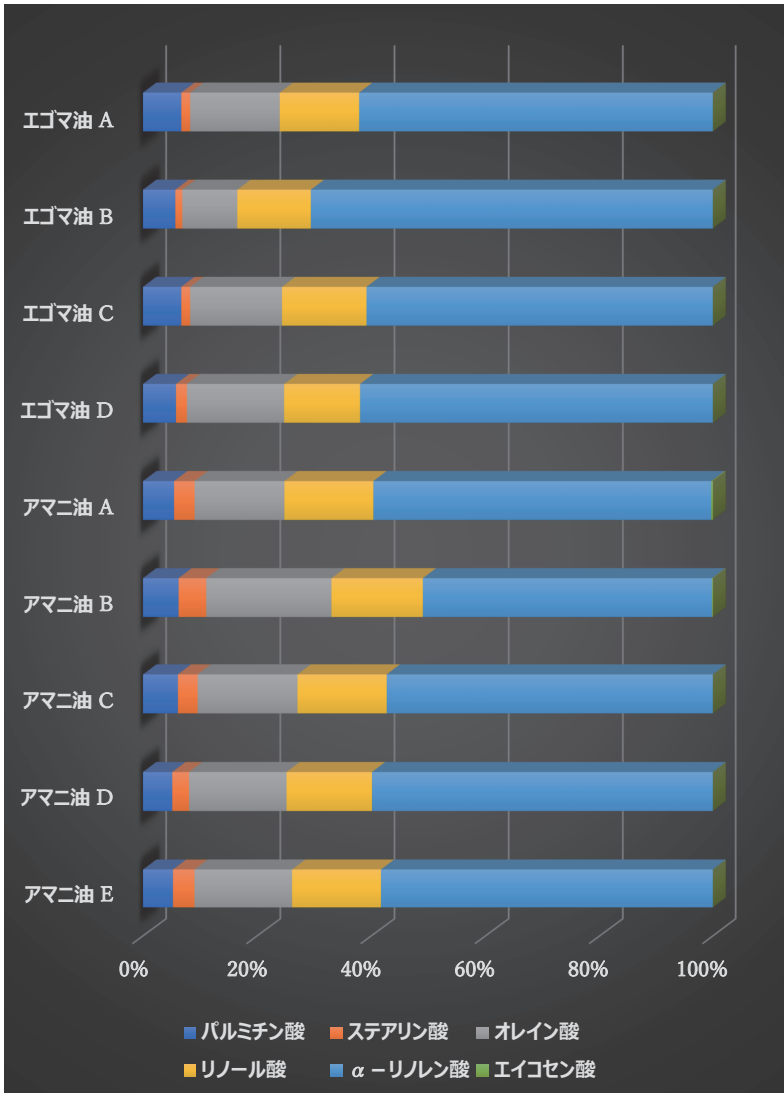


図 4 市販の食用エゴマ油及び食用アマニ油に含まれる脂肪酸の組成

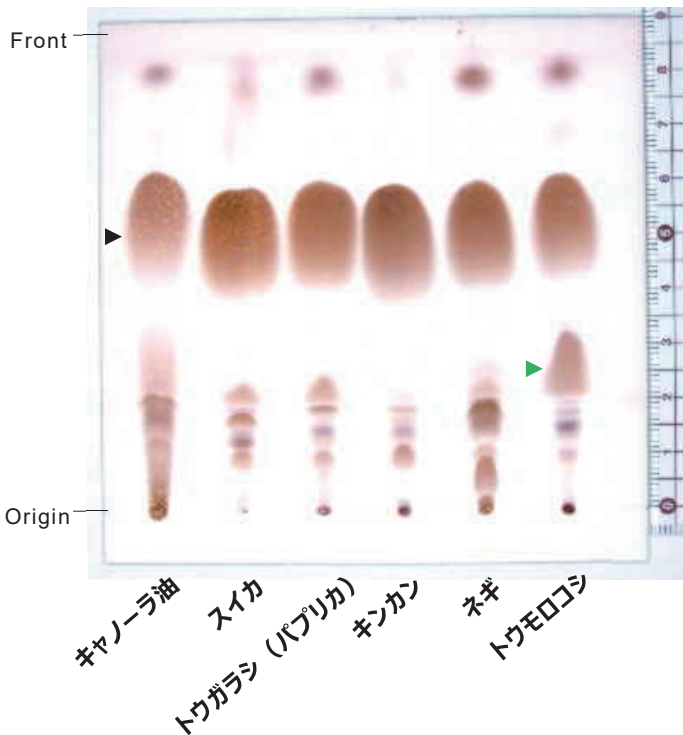


図5 園芸用種子や青果物中の種子におけるノルマルヘキサン抽出物の脂質組成

シリカゲル TLC (ノルマルヘキサン/ジエチルエーテル/酢酸=80:20:1 で展開)

左から、キャノーラ油 (対照試料)、スイカ、トウガラシ (パプリカ)、キンカン、ネギ、トウモロコシ。

黒の矢尻は、トリグリセリドのスポット、緑の矢尻は、脂肪酸のスポットを示している。

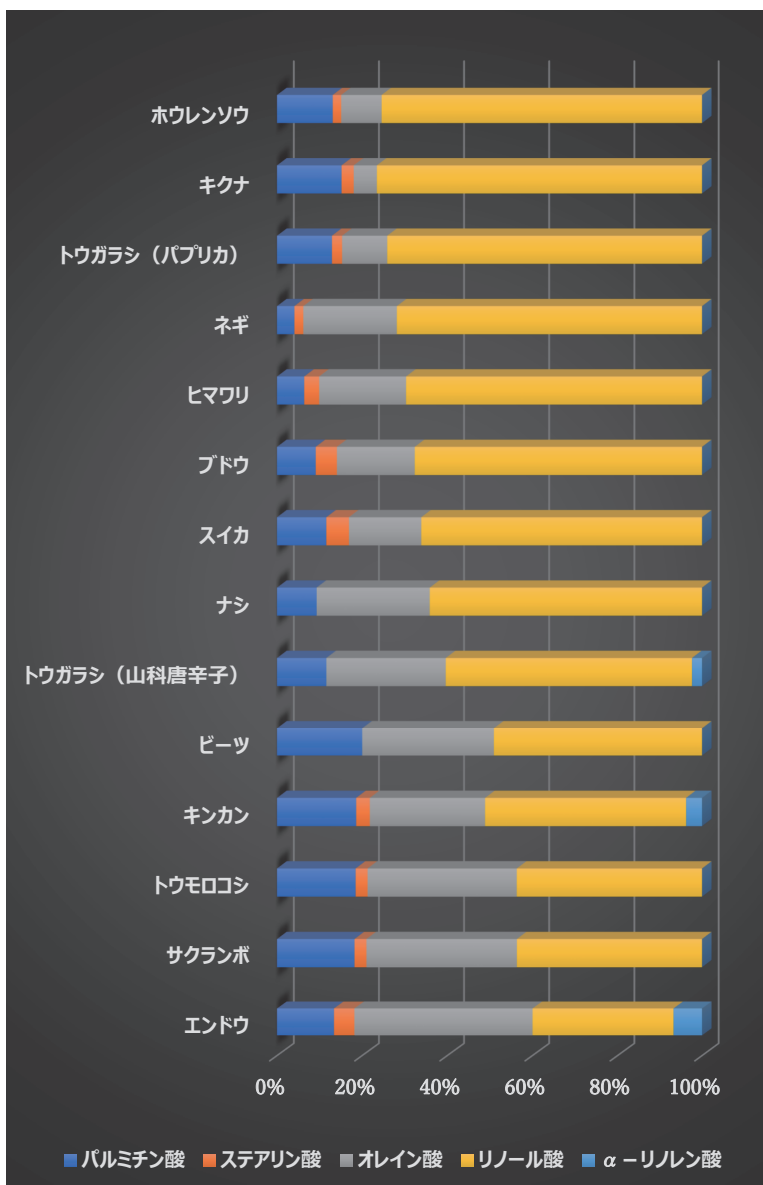


図 6 園芸用種子や青果物中の種子におけるノルマルヘキサン抽出物の脂肪酸組成