



北海道公立大学法人  
**札幌医科大学**  
Sapporo Medical University

**札幌医科大学学術機関リポジトリ *ikor***

SAPPORO MEDICAL UNIVERSITY INFORMATION AND KNOWLEDGE REPOSITORY

Title	油脂の美味しさとからだの脂質代謝
Author(s)	山田, 恵子
Citation	札幌医科大学保健医療学部紀要, 第 11 号: 1-10
Issue Date	2008 年
DOI	10.15114/bshs.11.1
Doc URL	<a href="http://ir.cc.sapmed.ac.jp/dspace/handle/123456789/6348">http://ir.cc.sapmed.ac.jp/dspace/handle/123456789/6348</a>
Type	Journal Article
Additional Information	
File Information	n13449192111.pdf

- コンテンツの著作権は、執筆者、出版社等が有します。
- 利用については、著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲内で行ってください。
- 著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲を越える利用を行う場合には、著作権者の許諾を得てください。

## 油脂の美味しさとからだの脂質代謝

山田恵子

札幌医科大学医療人育成センター教養教育研究部門

油脂を含む食事はおいしい。油脂（脂肪）は高エネルギーであり、動物の生存にとって魅力的な栄養素である。しかし、食生活の欧米化に伴う食習慣の変遷による油脂の過剰摂取が、肥満やそれに伴う生活習慣病の原因のひとつであることから、ともすれば現状では、油脂は「悪者」扱いされることが多い栄養素となっている。油脂はエネルギー源として有用な栄養素であるばかりでなく、様々な重要な機能を持っている。この総説では、油脂は大切な栄養素のひとつであることを理解することを目的とし、食物として摂取する脂質（中性脂肪、リン脂質、コレステロール）の種類と働き、油脂の美味しさと味覚、体の中の脂質の代謝、脂質の体の中での働き、正しい油脂のとり方について述べる。さらに健康な生活の維持のために、油脂の美味しさを楽しみながら、低脂肪を達成することができるような食生活について述べる。

<索引用語> 油脂（脂肪）、n-3系脂肪酸、コレステロール、油脂の美味しさ、メタボリック症候群

### Fat palatability and lipid metabolism in human body.

Keiko YAMADA

Department of Liberal Arts and Sciences, Center for Medical Education, Sapporo Medical University

Fatty foods are very palatable. Fat and oil are major sources of metabolic energy and favorable nutrients for the survival of animal species. But dietary habits in Japan have changed from Japanese-style food to Western-style food and excessive consumption of fat is thought to be responsible for obesity and lifestyle-related diseases. Therefore, fat is apt to be demonized by people. Fat is not only a major source of metabolic energy but has many significant functions in the body. Therefore, it is very important to understand fat for the maintenance of a healthy life. This paper reviews the: (1) the structure and roles of dietary lipids, (2) palatability of fat and the chemical reception of fatty acids on the tongue, and (3) lipid metabolism in the human body. Moreover, I describe (4) good dietary habits with an adequate intake of fat.

Key Words : Fat, n-3 fatty acid, Cholesterol, Fat palatability, Metabolic syndrome

Bull. Sch. Hlth. Sci. Sapporo Med. Univ. 11:1-10 (2008)

### はじめに

近年、油脂（脂肪）はいろいろな意味で関心を集めている栄養素である。油脂の過剰摂取が、内臓脂肪の蓄積（肥満）とそれに伴って引き起こされるメタボリック症候群の原因の一つであることから、油脂は不健康要因の一つと見なされ、忌み嫌われ、「悪者」扱いされることが多い。しかし、油脂の摂取量は減るどころかますます増加の一途をたどっている。

油脂はエネルギー源として有用な栄養素である。また、油脂を構成している脂肪酸の中で、『必須脂肪酸』と呼ばれている脂肪酸（リノール酸、 $\alpha$ -リノレン酸、アラキドン酸）を我々は体内でつくることができない。そのため、必ず一定量の油脂を摂取する必要がある。必須脂肪酸が欠乏すると、皮膚や毛髪を健康に保てなくなり、皮膚が乾燥肥厚し、表皮剥脱などの皮膚の異常が現れ、感染症にかかり易くなる<sup>1)</sup>。このように油脂は動物の生存にとって必要な栄養素である。

油脂はおいしい。そのため、過剰摂取に陥り易い。しか

し、油脂そのものが「悪者」なのではなく食べ方に問題があると考える。

著者は長年、脂質並びに脂質栄養に関する研究を行ってきた。本総説では、油脂を含む脂質を正しく理解し、脂質は大切な栄養素のひとつであるため摂取する必要があること、しかし量と質において正しい『食べ方』をしないと、肥満やメタボリック症候群の原因となることなどについて述べる。

### 食物として摂取する脂質の種類とはたらき

この総説では、油脂、脂肪、脂質などの言葉を使用している。読者の混乱を避けるために、最初にこれらの言葉の定義をしておく。

**油脂：**脂肪酸とグリセロールのエステル。普通の油脂の主成分は中性脂肪（トリアシルグリセロール）である。常温で液体のものを油、固体のものを脂あるいは脂肪と呼び分け、両者をまとめて油脂と呼んでいる。いわゆる「あぶら」である。

**脂質：**水には溶けず、エーテルやクロロホルムなどの有機溶媒に溶けるものの総称である<sup>2)</sup>。

脂質は（1）貯蔵脂質として皮下や腹腔などに蓄えられ、必要に応じてエネルギー源として利用される単純脂質（中性脂肪やロウ）、2）細胞膜を形成し、エネルギー源にはならない複合脂質（リン脂質と糖脂質）、3）細胞膜を構成する重要な脂質、性ホルモン、副腎皮質ホルモン、胆汁酸、ビタミンD前駆体の原料など様々な働きを持つ誘導脂質（コレステロール、脂肪酸、胆汁酸、性ホルモンなど）に分類されている。ここでは、特に食物として摂取し、生活習慣病と深くかかわっている中性脂肪、リン脂質、コレステロールについて簡単に説明する。

[1] 中性脂肪…グリセロール1分子に脂肪酸3分子が結合した構造を有している（図1）。脂肪酸は酸性のカルボン酸であり、酸性の分子を中性化する受け手としてグリセロールが使われている。天然の中性脂肪を構成する脂肪

酸は炭素数14以上のものが多い。構成脂肪酸は二重結合の有無で飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸の二つのタイプに分類される。主な飽和脂肪酸はパルミチン酸（炭素数16）、ステアリン酸（炭素数18）である。主な不飽和脂肪酸は一価の不飽和脂肪酸としてパルミトオレイン酸（C16:1）、オレイン酸（C18:1）、多価の不飽和脂肪酸としてリノール酸（C18:2）、 $\alpha$ -リノレン酸（18:3）、アラキドン酸（20:4）、EPA（EicosaPentaenoic Acid,20:5）、DHA（DocosaHexaenoic Acid,22:6）がある。動物を無脂肪食で飼育すると成長抑制、皮膚炎、腎臓障害を起こすが、これにある種が多価不飽和脂肪酸添加すると回復することが明らかとなった<sup>3)</sup>。リノール酸、 $\alpha$ -リノレン酸、アラキドン酸は動物の体で作られないため必ず食べ物からとらなければならず、それゆえ必須脂肪酸と呼ばれる。リノール酸は紅花油（サフラワー油）、ひまわり油、綿実油、大豆油、コーン、ゴマ油、くるみなど、 $\alpha$ -リノレン酸はしそ油、えごま油、亜麻仁油、しそ、えごまなどの植物油に含まれている。脂肪酸の中の二重結合はシス型である。脂肪酸は鎖長が長くなると融点、沸点が高くなるが不飽和度が高くなると融点が低下（C18:0；69.6度、C18:1；13.4度）する。この性質のために、中性脂肪は構成脂肪酸の種類により状態が異なる。動物性脂肪は構成脂肪酸が飽和脂肪酸や一価の不飽和脂肪酸のため常温で個体であるのに対して、植物性脂肪は一価の不飽和脂肪酸や多価不飽和脂肪酸を構成脂肪酸としているため、常温で液体である。常温で液体である脂肪と固体である脂肪をあわせて「油脂」と表現している。魚は動物であるが、後述するように魚油を構成している脂肪酸は一価の不飽和脂肪酸や多価不飽和脂肪酸（特にEPA, DHA）のため常温で液体である。不飽和脂肪酸にはリノール酸系列（n-6系列；最初の二重結合がメチル基から数えて6番目にある）と $\alpha$ -リノレン酸系列（n-3系列；最初の二重結合がメチル基から数えて3番目にある）の2種類が存在し、体内での働きが異なる（後述）ので、この2種類の脂肪酸をバランスよくとることが大切である。何千年も前に狩りや採集で生活していた我々の祖先は、n-3系とn-6系の必須脂肪酸の摂取量はほぼ同量であったと考えられている。約

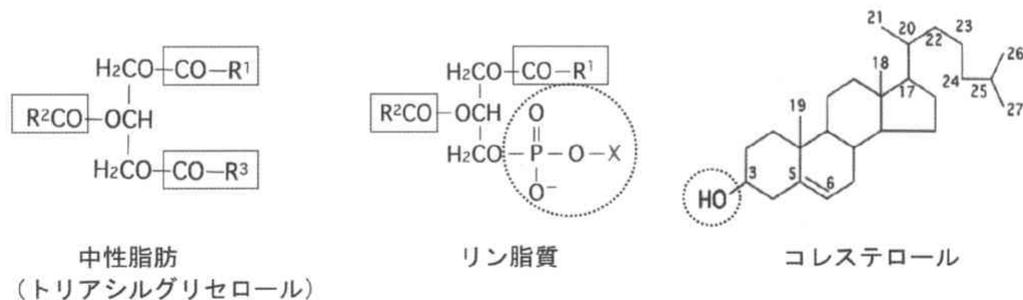


図1. 主な脂質の構造

四角で囲んだ部分：脂肪酸。通常R1には飽和脂肪酸あるいは一価の不飽和脂肪酸、R2には不飽和脂肪酸、多価不飽和脂肪酸が結合している。破線で囲んだ部分は親水基である。これらの基を有するため、リン脂質、コレステロールは両親媒性物質である。

1万年前に農業が始まって以降、穀類には一般にn-6系脂肪酸が多く含まれることから、徐々に人類の食料の中のn-6系脂肪酸の割合が増加した。n-6系列のリノール酸がコレステロール低下作用を持つ<sup>4)</sup>ことが発表され、日本ではリノール酸の摂取が長い間推奨されてきた。しかし、食事の洋風化が我々にリノール酸の過剰摂取をもたらし、またコレステロール低下作用も一過性であり、長期的には効果がないばかりか<sup>5)</sup>、むしろ心疾患死亡率を上げてしまうことが明らかとなった<sup>6)</sup>。栄枯盛衰は人の世ばかりではないということが出来るかも知れない。

## [2] リン脂質

リン脂質はコレステロールと共に、生体膜の重要な構成成分であるが、それは図1に示したように、同じ分子の中に親水性基と疎水性基の二つを持つ（両親媒性物質）ことによる。このような性質を持つことによってリン脂質は膜の基本骨格となりうる。リン脂質の働きとして、生理活性を持つリン脂質<sup>7)</sup>や細胞内情報伝達に関与しているリン脂質が知られている<sup>8)</sup>。

## [3] コレステロール

コレステロールはステロイド核を持った脂質である。図1にその構造式を示したが、ステロイド骨格は結合角にひびきがないようにつくられているので紙の上に書けるようなヒダを持った平面構造を取っている。コレステロールはステロイド核の3位の位置にOH基を持っていて、その水酸基に脂肪酸が結合したものがコレステロールエステルである。コレステロールは極めて水に溶けない性質を持っている（0.2mg/100mlの水）が、コレステロールエステルはコレステロールよりもさらに水に溶けにくい。コレステロールは1. 生体膜の重要な構成成分、2. 胆汁酸の前駆体、3. 男性ホルモン（テストステロン）、女性ホルモン（エストラジオール、プロゲステロン）、副腎皮質ホルモン（コルチゾール、アルドステロン）、ビタミンDの材料として働いている。詳細については著者の総説<sup>9)</sup>を参照されたい。

## 油脂の美味しさと味覚

油脂を含む食品はほとんど例外なくおいしいと感じるが、新鮮で純粋な油脂は全くの無味無臭である。しかし、脂肪分を料理から抜くとおいしくなくなることは良く知られている。油脂は優れた熱媒体であり、油脂を使った調理法は短時間で高温加熱できる効率よい調理法である。独特の加熱香気を生じ食欲をそそる。マウスでの実験で、マウスは高タンパク食、高糖質食より高脂肪食を好んで食べた<sup>10)</sup>こと、コーン油をマウスやラットに与えると、日数を重ねるごとに摂取量が増えていくこと<sup>11)</sup>、ラットの実験で中性脂肪よりオレイン酸、リノール酸、リノレン酸のボトルを選んだ実験<sup>12)</sup>、マウスのオペラント条件づけ実験においてコーンオイルは強化効果を示すこと<sup>13)</sup>などが明らかに

されている。油脂に対して異常な執着を示す肥満者は多いし、油脂の美味しさは動物を使った実験からも明らかであり、ヒトや動物をやみつきにさせる力がある。

どうしてヒトや動物は油脂を好むのだろうか<sup>14)</sup>？このことに関する研究が行われている。従来、油脂の美味しさは特に油脂が持つ特有の物性（粘性）が関与すると言われてきた。しかし、油脂の物性や油脂特有の香りだけでは油脂に対する嗜好性、執着性を説明できない<sup>9)</sup>。

味覚として甘味、塩味、酸味、苦味、旨味の5つの基本味が知られているが、味を感じるには食物の中にある味覚を感じさせる物質が味を感じる細胞（味細胞）に作用することが必要である。5基本味に対する受容体が相次いで報告されている<sup>15)</sup>が、油脂の味に対する受容体はあるのかを検討した研究について紹介する。伏木らは消化管細胞には食事由来の脂肪を識別する機構が存在しているので、舌における脂肪認識も消化管における機構と共通点があると考えて実験を行い、脂肪組織への脂肪酸の取り込みに関与する分子であるFAT（Fatty Acid TransporterのちにヒトおよびラットのCD36ホモログであることが明らかになった）がラット舌の有郭乳頭に発現していることを見つけた<sup>16)</sup>。その後、味蕾細胞に甘味、旨味と同様に膜7回貫通型受容体のひとつであり、脂肪酸受容体として機能するGPR120<sup>17)</sup>が発現していることを見いだした<sup>18)</sup>。脂肪酸の受容にこの分子が関与しているという生理的な証拠はまだ不十分であるが、輸送単体であるCD36とセンサーであるGPR120とが共同して脂肪酸の受容に機能している可能性がある<sup>19)</sup>。

## 体の中の脂質の代謝

次に、わたしたちが食べた油脂は体の中でどのようなのかについて簡単に説明する。食物の中の栄養素は口と胃、十二指腸、膵臓から分泌される消化酵素により消化されるが、水に溶けない油脂は消化液となじむことができないため、このままでは消化されない。肝臓で合成される胆汁の助けで消化液と混じり、膵液の消化酵素リパーゼで分解される。食物の中の中性脂肪は脂肪酸とモノアシルグリセロールに分解され、リン脂質、コレステロールと共に小腸で吸収される。脂肪酸とモノアシルグリセロールは小腸壁で再び中性脂肪に合成され、コレステロール、リン脂質と共に「キロミクロン」となって血液へ入る。食物の中に糖質が十分なときキロミクロンは脂肪組織へ運ばれ、脂肪細胞に蓄えられる。脂肪組織ではリポプロテインリパーゼによって脂肪酸が遊離し、遊離脂肪酸は血流によって脂肪細胞に運ばれ脂肪細胞内で中性脂肪に再合成されて脂肪滴として貯えられる。空腹時エネルギーの供給が不十分なときに脂肪組織の中性脂肪がリパーゼの作用でグリセロールと脂肪酸に加水分解されエネルギーとなる。最近、脂肪細胞は単なる脂肪の貯蔵庫ではなく、様々なサイトカイン（ホルモン様物質）を分泌していることが明らかになって

表1 リポタンパク質の種類と組成

超速心法による分類	密度	タンパク質	トリアシル グリセロール	リン脂質	コレステロール
	g/mL	%	%	%	%
キロミクロン	<0.95	1.5-2.5	85~95	3~8	1.7
VLDL	0.95-1.006	9~10	55~65	15~20	15
IDL	1.006-1.019	10~15	40	22	20
LDL	1.019-1.063	20~25	7~10	15~20	40~45
HDL	1.063-1.250	40~65	4~5	30~35	10~15

きた（後述）。脂肪酸は細胞の中のミトコンドリアで酸化され、エネルギーが生成される。前述したように、中性脂肪やコレステロール、コレステロールエステルはきわめて水に溶けにくい。これらの脂質をリン脂質やアポタンパク質と呼ばれるタンパク質でおおうことで水に溶ける形に変身させており、このような脂質とタンパク質の複合体は『リポタンパク質』と呼ばれる。リポタンパク質もつくられる場所や含まれる成分によって数種類に分類され、それぞれの働きも異なる。リポタンパク質は密度により分類されており、密度の軽い順に表1に示したように、キロミクロン、LDL (Low Density Lipoprotein)、HDL (High Density Lipoprotein) などと呼ばれる。コレステロールの輸送については著者の総説<sup>9)</sup>を参照されたい。

### 脂質（中性脂肪、リン脂質、コレステロール）の体のなかでの働き

表2に脂質の体の中での働きをまとめた。前述したように、食物として摂取される脂質の大部分は中性脂肪である。中性脂肪がエネルギーの貯蔵物質としてすぐれている理由は、比較的還元された化合物（エネルギー価は9 kcal/g、この値は糖質、タンパク質の約2.25倍）であることによる。しかもこの差は生物学的要素を加味するともっと大きくなる。エネルギーがATPとして利用できる率は中性脂肪と糖で変わらないが、我々の体の細胞内での貯蔵形態は中性脂肪と糖で明らかに異なり、典型的な脂肪細胞では全重量の90%が中性脂肪であるのに対し、生理的グリコーゲンではその65%が水である。これらの生理的な状態を考慮すると、同じ重さの中性脂肪と生理的グリコーゲンを比較すると中性脂肪はエネルギーの生物学的貯蔵型として、5倍以上すぐれていることになる。実際、典型的な70kgの男性では約7kg、65kgの女性では約14kgの中性脂肪を有しており、このことでヒトは一ヶ月以上の飢餓に耐えられる。これをグリコーゲンで貯蔵すると仮定すれば、体重は約2倍になり活動に支障を来すことになる。重量あたりのエネルギー発生量は特に飛行する動物において重要な要素であり、実際、多くの渡り鳥や昆虫ではエネルギーのほとんどを脂肪の酸化に頼っていることが知られている。さらに100gの糖質、脂肪、タンパク質が代謝されたときに生じる代謝水は夫々

表2 体の中の脂質の役割

- (1) 効率の良いエネルギー源 9kcal/g（中性脂肪）
- (2) エネルギーの貯蔵物質（中性脂肪）
- (3) 必須脂肪酸（n-6系およびn-3系）
- (4) 生体膜の構成成分（リン脂質、コレステロール）
- (5) ステロイド化合物（胆汁酸、脂溶性ビタミン、ステロイドホルモン）の原料（コレステロール）
- (6) 旨味をつくる
- (7) 脂溶性ビタミンの吸収を助ける
- (8) 精神状態に影響を与える
- (9) 生体の保護物質（ロウ）

55ml、107ml、41mlであり、代謝水の生成量は栄養素によって異なり、脂肪の代謝水が多い。しかしエネルギー源としての脂肪に全く問題がない訳ではない。赤血球、白血球、腎臓髄質、脳、目など十分な脂質酸化能を持たない組織はエネルギー供給をグルコースに頼らなければならないし、前述のように水に不溶の脂質が血液を輸送されるには特殊な機構が必要である。

### メタボリックシンドロームの診断基準

最近、メタボリックシンドロームという言葉がいたるところで取り沙汰されるようになった。メタボリックシンドロームは1999年にWHOが提唱したものであり、我が国においては2005年4月日本内科学会など関連8学会が我が国の基準となる数値を発表した<sup>20)</sup>。2006年にはこの言葉が流行語大賞にも選ばれた。診断基準を図2に示したが診断基準の基本となるのは肥満である。まず、おへそのところで測定する腹囲が男性85cm、女性90cmを越えると、次のステップに進む。腹囲が基準を越え、血中脂質、血圧血糖のうち、二項目が示された基準に該当するとメタボリック症候群の診断名がつくことになる。すなわち、図に示したひとつひとつは重篤ではなくても、肥満に加え、高脂血症、高血圧、高血糖が重なると相乗効果を起こし、心疾患、脳卒中などのリスクが上昇することを警告する病名とも言える。日本における基準は、男性に対し女性の基準が甘くな

## メタボリックシンドロームの診断基準

日本動脈化学会、日本糖尿病学会、日本高血圧学会、日本肥満学会、日本循環器学会、日本腎臓病学会、日本血栓止血学会、日本内科学会（2005年4月）

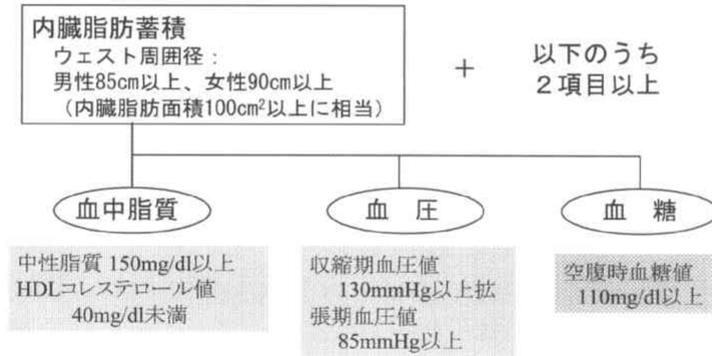


図2 メタボリックシンドロームの診断基準

っているが、諸外国における基準ではこのように女性の方が太くても良いという基準は見当たらない。最近、この基準に対して更なる基準の見直しに対する声があがっている<sup>21,24)</sup>。

なぜ、内臓脂肪の蓄積を伴った肥満は悪いのだろうか？皮下脂肪と異なり、内臓脂肪はアディポサイトカインと呼ばれる様々なサイトカイン（ホルモン様物質）を作り出していることがわかってきた。松沢らはその一つであるアディポネクチンを分離した<sup>25, 26)</sup>。アディポネクチンはコレステロールの善玉に相当する働きをしている物質で、松沢らはこのアディポネクチンが固体レベルでインスリン感受性を亢進する主要なアディポカインであり、その異常がメタボリック症候群や心血管病の重要な原因であるとするアディポカイン仮説を提唱した<sup>27, 28)</sup>。図3に仮説を図示したものを示した。内臓脂肪が増えるとアディポネクチンの分泌が減少し、反対に炎症と関係のあるTNF $\alpha$ や脂肪酸が増加する。その結果、インスリン抵抗性などの次の病態が引き起こされる。インスリン抵抗性の結果、糖尿病、高血圧、高脂血症となり、HDLの減少と相まって動脈硬化をもたらす。動脈硬化が起きると心筋梗塞や脳梗塞のリスクが高くなる。2型糖尿病モデルマウスを使った実験で、高脂肪食による肥満はアディポネクチンを低下させたが、その補充によりメタボリックシンドロームは部分的に改善されたこと<sup>29)</sup>から、肥満に伴うメタボリックシンドロームの重要な原因として、アディポネクチンの低下が重要であることが示されている<sup>30)</sup>。実際、わが国の労働者12万人を対象とした研究<sup>31)</sup>で、狭心症、心筋梗塞などの冠動脈疾患のリスクは肥満、高血圧、高血糖、高コレステロールをひとつでも持っているとき5倍高く、2つでは10倍、3つ以上持っているとき30倍も高くなることが示されている。メタボリックシンドロームはそれ自身では病気とはいえない状態であるが、以上のように放置すると様々な疾患に移行するため生

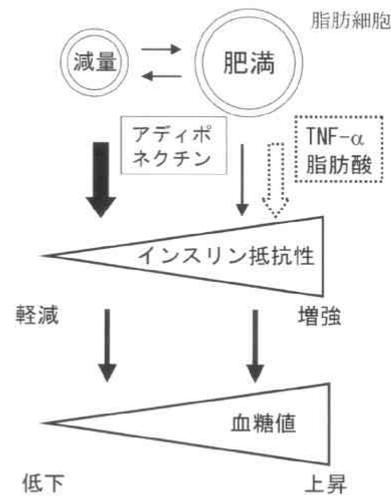


図3 肥満とインスリン抵抗性

活習慣病へのイエローカードとも言えるので、生活習慣を見直すことが重要となってくる。

### n-3系脂肪酸の働き

脂肪酸の中で、二重結合がメチル基末端から数えて端から3つ目の炭素原子から始まっている脂肪酸を『n-3系』といい、6個目の炭素原子から始まっているリノール酸などの『n-6系』の脂肪酸と区別している。以前は栄養学上、高度不飽和脂肪酸は一つのグループと考えられていたが、n-6系のアラキドン酸とn-3系のEPAから誘導されるエイコサノイドの生理活性に大きな差があることがわかり<sup>32)</sup>、また両者のバランスがアラキドン酸から誘導されるエイコサノイドの産生に大きな影響を与えるので、食事脂質のn-6/n-3比の重要性が認識されるようになった。『n-3系』の脂肪酸としては、DHA、EPAや $\alpha$ -リノレン酸（C18:3）がある。

DHAやEPAは脳、神経組織、網膜のリン脂質中に多く存在している。アルツハイマー認知症の脳では正常の脳に比べてDHAが少ないことから頭が良くなるDHAとも言われる。頭の働きに関するDHAの作用として、(1)乳児期に母乳(DHAを多く含む)を飲んで育った7~8歳の児童は人工乳で育った児童よりIQが高い<sup>30)</sup>、(2)大学生を対象とした実験でDHAを摂取しているとストレスのかかった状況での他人への攻撃性・敵意性の上昇が抑えられる<sup>31)</sup>、(3)老人性認知症とDHAの効果を検討した実験で、DHAのカプセルの服用は脳血管性あるいはアルツハイマー型の認知症の緩和(意志の伝達、意欲・発動性の向上、せん妄、徘徊、うつ状態、歩行障害改善)に有効である<sup>32)</sup>などが見られる。その他血栓形成防止、脳出血防止、血液コレステロール低下、乳癌・大腸癌の発生・増殖・転移抑制、抗炎症作用など数多くの効果が報告されている。また、DHA不足の影響として複雑な記憶力低下、不安誘発、薬物感受性増大、アレルギー反応性増大などの報告が見られる。

記憶とDHAとの関連については多くの研究がなされたが、ラットの実験<sup>33)</sup>では本当らしいことがわかっている。ラットを2群に分け、DHAを高度に含むシソ油とDHAを殆ど含まないサフラワー油で飼育する。ラットに『部屋が明るいとだけレバーを押すと餌がでてくる』という餌づけの訓練を行う。DHAが十分摂取できているラットはこのことをすぐ学習し、部屋が明るい時だけレバーを押して餌を獲得できるが、DHA不足ラットは部屋の明暗にかかわらず、一生懸命レバーを押し続ける。しかしこのラットにDHAを与えると、明るい時だけ餌が貰えるということを理解できるので、DHA不足による学習能力の低下は可逆的であることがわかる。

平山は宮城県、愛知県、大阪府、兵庫県、岡山県、鹿児島県に在住する40歳以上の成人265,118人を対象に、喫煙、飲酒、食習慣などの調査を行い、魚食と脳血管疾患、心臓病、高血圧症などの死亡率との関係を17年間追跡調査し

た<sup>34)</sup>。その結果、魚介類を毎日食べているひとの死亡率は毎日食べないひとに比べて有意に低い結果が得られている。また、認知症疾患に対するDHAの臨床的検討として、宮永らの報告がある<sup>35)</sup>。通院または入院中の脳血管性認知症患者(13名)およびアルツハイマー型認知症患者(5名)を対象に、一日700mg~1,400mgのDHAを6ヶ月投与したところ、脳血管性認知症患者の10名、アルツハイマー型認知症患者の5名に知的機能改善が見られた。図4に食品中のDHA、EPA、 $\alpha$ -リノレン酸含量(mg/100g)を示した。

### 脂質はどのように食べたら良いか

油脂は1)エネルギー値が高い、2)空腹になりにくい、3)うまみをつくる、4)ビタミンB<sub>1</sub>の節約(糖質節約効果)、5)ビタミンA、D、K、Eの吸収を助ける(ニンジンに含まれる $\beta$ -カロテンの吸収は生ニンジンでは10%であるのに油で炒めると吸収率は50~70%になる<sup>36)</sup>)、6)脂質の摂取量は少ないほどゆうつ、落ち込みの傾向がある<sup>37)</sup>ことで示されているように、油脂は精神状態を良くする、7)胃の負担が少ないなどの多くの利点がある。

しかし、現代の社会では油脂の取りすぎが問題となっており、脂質は大事な栄養素であるにもかかわらず「悪者」扱いにされることが多い。しかし油脂が悪い訳ではなく、その食べ方に問題がある。代表的な生活習慣病の30~60%は肥満や過体重が原因と言われている。油脂の適正摂取比率はエネルギーの25%であると言われているが、平成17年度国民健康・栄養調査結果では、油脂からのエネルギー摂取が30%以上の者は、成人の男性で18.1%、女性で26.6%であり、30%以上の者の比率は漸増している<sup>40)</sup>。平成16年度の結果では男性で24.7%、女性で25.9%とほぼ適正比率であるが、男性の7-14歳:28.3%、15-19歳:28.5%、20-29歳:27.1%、女性の7-14歳:28.7%、15-19歳:29.8%、20-29歳:28.7%と若年層の油脂摂取の増加が顕著である<sup>41)</sup>。一日

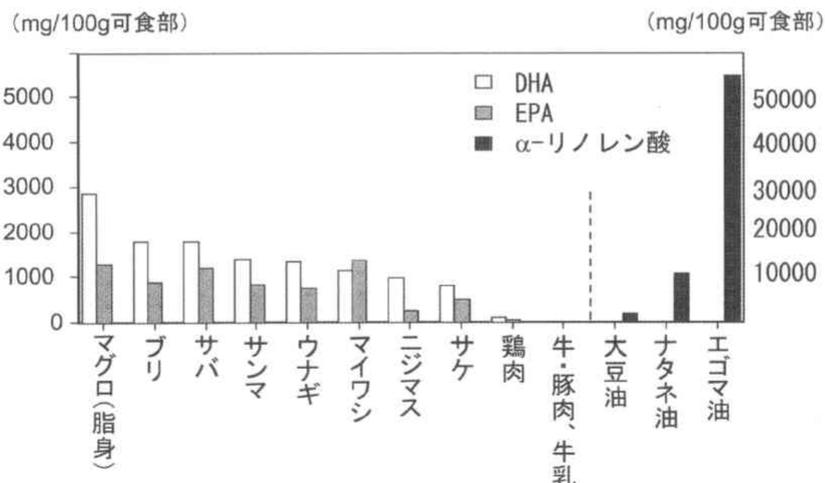


図4 食品中のDHA, EPA,  $\alpha$ -リノレン酸含量

1800Calをとるヒトのエネルギー比の25%は450Calであり、油脂に換算すると50gになる。食品には予想以上の油脂が含まれているにもかかわらず油脂の多い食品である印象がないものがあり、その結果、自分が考えている以上の油脂を摂取してしまっている場合がある。いわゆる「見えないあぶら」である。表3に示したように、植物油やバター、マーガリン、マヨネーズなどのいわゆる「見えるあぶら」に対し、肉類、牛乳、スナック菓子などで含まれる油脂は

表3 持ち帰り弁当や外食に含まれる見えないあぶら

食品の種類	中性脂肪量(g/1食)
幕の内弁当	42.7
豚ショウガ焼き弁当	40.6
とりの唐揚げ弁当	28.9
しゃげ弁当	6.0
みそラーメン	51.2
シーフードフライセット	55.9
チキンカツ定食	40.1
カツカレー	30.3

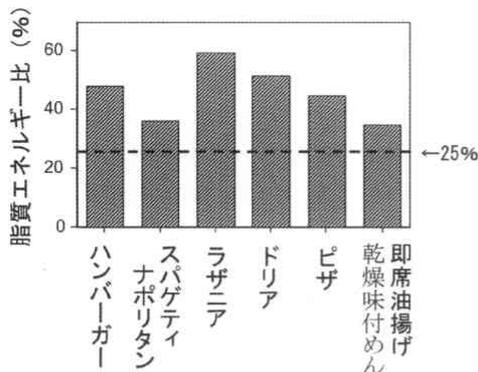


図5 児童・生徒が好む食べ物の脂質エネルギー比

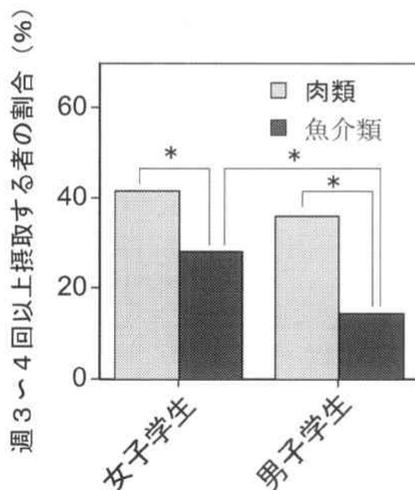


図6 男女学生の肉・魚介類の摂取状況<sup>45)</sup>  
\*: P<0.0005

「見えないあぶら」であり、社団法人日本植物油協会によると我々の摂取脂肪の3/4は「みえないあぶら」で占められている。持ち帰り弁当や外食に含まれる「見えないあぶら」の量は6g~55.9gであり、ものによってはこれ一食で一日分の油脂を取ってしまうことになる。また、児童・生徒の好むハンバーガーやピザも図5に示すように脂質エネルギー比は25%を越えている。

油脂は一般に動物性と植物性、そして魚類由来の油脂に大別される。それぞれ働きが異なるので、バランスよくとることが望ましくその比率は動物性：植物性：魚類 = 4 : 5 : 1が良いとされている<sup>42)</sup>。しかし一般には動物性と植物性に偏りがちであるので、意識して魚料理を食べるようにしたい。先に述べたように魚油には沢山のDHAやEPAなどの『n-3系』の脂肪酸が含まれているので、一日一回、少なくとも一週間に3回の魚の摂取が望ましいとされている<sup>43)</sup>。油脂の栄養価は構成脂肪酸に依存するため、脂肪酸に着目した望ましい脂肪酸摂取の比率は、飽和脂肪酸：一価不飽和脂肪酸：多価不飽和脂肪酸 = 3 : 4 : 3、n-6系脂肪酸：n-3系脂肪酸 = 4 : 1である。しかし、実際の調理においては、一価脂肪酸を多く含む植物性を使用し、一日一食は主菜を魚料理にすると、望ましい比率に近づく<sup>44)</sup>。我が国では全脂質摂取量が年を追って増加しているにもかかわらず、n-3系脂肪酸の摂取量が逆に減少している。最近の食生活では『n-3系』脂肪酸は不足しやすい。その原因として(1)魚離れ(DHAやEPAの摂取が不足)、(2)野菜離れ( $\alpha$ -リノレン酸の摂取が不足する)、(3)肉や乳製品の脂肪の変化(飼料の変化など)が挙げられている。(1)に関しては実際我々が大学生・専門学校生を対象に行った食生活調査においても、魚を週3~4回以上摂取している者の割合は肉を週3~4回摂取している者の割合よりも有意に低かった<sup>45)</sup>(図6)。(2)の野菜の摂取量は平成16年の国民栄養調査<sup>41)</sup>においても成人平均266.6g/日であることが示されており、男女とも20~40代で少ない。『健康日本21』では成人350g/日を推奨しており<sup>46)</sup>、その観点からも野菜の摂取量の低さがわかる。(3)は牧畜の飼料の問題である。ヨーロッパや昔のアメリカ、日本の牧畜ではn-3系の脂肪酸を多く含む牧草を主として与えてきた。しかし、現在の日本やアメリカでは牧畜の飼料の多くをn-3系の脂肪酸を殆ど含まないトウモロコシや大豆に頼っているため、肉や牛乳のn-3系の割合は昔より低くなっている<sup>47)</sup>。今まで述べたように、n-3系脂肪酸の観点からは魚の摂取は大事であるが、一方で全く問題がない訳ではない。マグロのような大きな魚には重金属、ダイオキシン、PCB(ポリ塩化ビフェニル)が含まれている。そのため2003年6月に厚生労働省は妊婦に対し、水銀の多く含まれる魚(メカジキ、キンメダイ)等の摂取制限の勧告を行った<sup>48)</sup>。妊婦には水銀量が少なく、EPAやDHAの多いサンマ、ウナギ、イワシ等の摂取を薦めている。

空気中での脂肪酸の過酸化は連鎖反応的に進行し、脂肪

表4 活性酸素の害を防ぐビタミン

ビタミン A・カロテン	ビタミン C	ビタミン E
レバー（豚、鶏）	菜の花	キングサーモン
アンコウ・きも	赤ピーマン	うなぎの蒲焼き
うなぎの蒲焼き	なばな（洋種）	ひまわり油
肝臓・肝油	芽キャベツ	綿実油
牛乳・チーズ	ブロッコリー	サフラワー油
卵黄	芋類	かぼちゃ
春菊	柿	大豆
ほうれん草	モロヘイヤ	落花生
小松菜	いちご	アーモンド（乾）
にんじん	レモン	小麦胚芽
かぼちゃ	キウイフルーツ	
	緑茶	

酸の過酸化の速度はほぼ二重結合の数（不飽和度）に比例する。すなわち、n-3系脂肪酸は鎖長の同じn-6系より二重結合が多く酸化されやすい。脂質の過酸化と疾病の関係については様々な報告があるが、一方、体内では過酸化の連鎖反応を防ぐ抗酸化共役系が存在している<sup>49)</sup>。生成された脂肪酸ラジカルはビタミンEやビタミンCにより安定なヒドロキシ脂肪酸に変えられる。そのため、抗酸化作用を持つビタミンA、カロテン、ビタミンC、ビタミンEを含む食品の摂取が大切になる。これらのビタミンを含む食品を表4に示した。

### コレステロールの上手なとり方

私たちの体の中に存在するコレステロール量は食事から吸収されて取り入れられたものと、種々の細胞で生合成されたものとの総和であり、体内のコレステロールは血中でも組織においても一定の濃度に保たれている。すなわち、食餌からのコレステロールが減ると肝臓や小腸のコレステロール合成が増加して組織や臓器の要求を満たしている。コレステロールは脂質の中でも特に「悪者」扱いにされることが多い脂質であるが、最近ではコレステロールよりもリノール酸のn-3系の摂取の相対的な欠乏が動脈硬化や癌などの危険因子であることが明らかになってきた<sup>50,51)</sup>。日本脂質栄養学会は2002年に家族性高コレステロール血症などの脂質代謝系の遺伝子異常がある場合を除き、大部分の人は摂取コレステロール量も高血清コレステロール値もあまり考慮する必要はないとの声明を発表した<sup>52)</sup>。しかし、コレステロールはとり過ぎには注意をした方が良く、反対に不足すると免疫力の低下、脳出血やがんのリスクが高まると言われており<sup>53)</sup>、上手にコレステロールを摂取することが必要である。コレステロールの上手なとり方として、①食物繊維が多い野菜、海藻、きのこを充分にとる、②動物性脂肪の摂取を控えめにする、③調理にはオレイン酸の多いオリーブ油を使う、④DHAやEPAが多く含まれる青背魚を週一回以上とる、⑤適量（日本酒で一日一合以下）のアルコールはHDLをあげる効果があるなどが挙げ

られるだろう。一般にコレステロールは肉、魚の内臓類、魚卵、卵、卵を使ったお菓子類に多く含まれる。コレステロールの多い食品を控えるより、「食べ過ぎに注意」する方が効果的であり、運動不足やストレスもコレステロール値の増加に影響するので、食事と共に生活習慣全般の見直しも必要となる。

### トランス脂肪酸

トランス型の二重結合を有する不飽和脂肪酸で、マーガリンやショートニングに含まれる<sup>53)</sup>。自然界では反芻動物の体内で微生物により産生され、肉や乳脂質の2-5%に含まれる。不飽和脂肪酸から飽和脂肪酸を製造するための人工水素化の際に生じるので、不飽和脂肪酸を多く含む油脂を水素化して製造するショートニング、マーガリンに多く含まれる。トランス脂肪酸の摂取は、虚血性心疾患の発症と認知機能の低下に関係するとの報告<sup>54)</sup>が有り、アメリカやデンマーク、カナダでは使用の規制が行われているが、日本では使用量が多くないので健康への影響は少ないと考えられており<sup>55)</sup>、マーガリンなどの食べ過ぎに注意する程度で良いと考える。

### おわりに

おいしさのためつい食べ過ぎてしまう油脂の体の中での働き、上手な油脂とのつきあい方について紹介した。油脂の過剰摂取は日本においても深刻な問題となっている。今後は油脂の美味しさを楽しみながら低脂肪を達成するような文化を考えていくことも必要だろう。この総説が、油脂を単純に「悪者」扱いすることなく、正しく理解することによって健康な生活を送ることのできる手助けのひとつになれば幸いである。

### 謝 辞

本総説は日本油化学会、(財)日本油脂工業会、東北公

益文化大学主催、市民公開講座「平成19年度油化学セミナーin酒田」において、「油脂の美味しさからだの脂質代謝」と題して講演した内容の一部を加筆修正したものである。講演の機会を与えて下さいました東北公益文科大学副学長大島美恵子先生に深謝致します。また、資料の提供をしていただきました北海道教育大学山田正二先生に深謝致します。

## 文 献

- 1) 第4章 栄養素早わかり 脂肪酸の種類. 栄養の基本がわかる図解事典 監修中村丁次 成美堂出版, 2006
- 2) 水柿道直、富岡佳久: 3. 脂質 シンプル生化学 [編集] 林典夫, 廣野治子, 南江堂 pp25, 2007
- 3) Burr GO and Burr MM: On the nature and role of the fatty acids essential in nutrition. *J. Biol. Chem.* 86 : 587-621, 1930
- 4) 鈴木慎次郎、大島寿美子: 食用油脂の混合が人の血清コレステロール水準に及ぼす影響 (その2). *栄養学雑誌*, 28 : 194-198, 1970
- 5) Kromann N., Green A.: Epidemiological studies in the Upernavik District, Greenland. *Acta Med. Scand.* 28 : 401-406, 1980
- 6) Styrandberg TE., Salomaa VV., Naukkarinen VA. et al.: Long-term mortality after 5-year multifactorial primary prevention of cardiovascular diseases in middle-aged men. *J. Am. Med. Assoc.* 266 : 1225-1229, 1991
- 7) Aoki J., Taira A., Takanezawa Y. et al.: Serum lysophosphatidic acid is produced through diverse phospholipase pathways. *J. Biol. Chem.* 277 : 48737-48744, 2002
- 8) Taylor CW.: Controlling calcium entry. *Cell* 111 : 767-769, 2002
- 9) 山田恵子: からだの中のコレステロール代謝. *脂質栄養学* 14 : 27-38, 2005
- 10) Smith BK., West DB., York DA.: Carbohydrate versus fat intake. Differing patterns of macronutrient selection in two inbred mouse strains. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 272 : R357-362, 1997
- 11) Imaizumi M., Takeda M., Fushiki T.: Effects of oil intake in the conditioned place preference test in mice. *Brain Res.* 870 : 150-156, 2000
- 12) Takeda M., Imaizumi M., Fushiki T.: Preference for vegetable oils in the two-bottle choice test in mice. *Life Sci.* 67 : 197-202, 2000
- 13) Ward S., Dykstra L.: The role of CB1 receptors in sweet versus fat reinforcement: effect of CB1 receptor deletion, CB1 receptor antagonism (SR141716A) and CB1 receptor agonism (CP-55940). *Behav. Pharmacol.* 16 : 381-388, 2005
- 14) Mizuchige T., Inoue K., Fushiki T.: Why is fat so tasty? Chemical reception of fatty acid on the tongue. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 53 : 1-4, 2007
- 15) Chandrashekar J., Hoon MA., Ryba NJP. et al.: The receptors and cells for mammalian taste. *Nature* 444 : 288-294, 2006
- 16) Fukuwatari T., Kawada T., Tsuruta M. et al.: Expression of the putative membrane fatty acid transporter (FAT) in taste buds of the circumvallate papillae in rats. *FEBS Lett.* 414 : 461-464, 1997
- 17) Hirasawa A., Tsumaya K., Awaji T. et al.: Free fatty acids regulate gut incretin glucagon-like peptide-1 secretion through GPR120. *Nature Med.* 11 : 90-94, 2005
- 18) Matsumura S., Mizushige T., Iwanaga T. et al.: GPR expression in the rat taste bud relating to fatty acids. *Biomed. Res.* 28 : 49-55, 2007
- 19) 伏木亨、松村成暢: 味を感じるメカニズムと脂肪の受容. *ファルマシア* 43 : 411-416 (2007)
- 20) メタボリックシンドローム診断基準検討委員会: メタボリックシンドロームの定義と診断基準. *日内誌* 94 : 794-809, 2005
- 21) 清原裕、土井康文、二宮利治: メタボリックシンドロームの実態. *日内誌* 95 : 1710-1715, 2006
- 22) Kadota A., Hozawa A., Okamura T. et al.: Relationship between metabolic risk factor and cardiovascular mortality stratified by high blood glucose and obesity: NIPPON DATA90, 1990-2000. *Diabetes Care* 30 : 1533-1538, 2007
- 23) Okamura T., Nakamura K., Kanda H. et al.: Effect of combined cardiovascular risk factors on individual and population medical expenditures-a 10-year cohort study of National Health Insurance in a Japanese population. *Circ. J.* 71 : 807-813, 2007
- 24) Oda E., Abe M.: Considerable disagreement among definitions of metabolic syndrome for Japanese. *Circ. J.* 71 : 1239-1243, 2007
- 25) Shimomura I., Funabashi T., Takahashi M. et al.: Enhanced expression of PAI-1 in visceral fat: Possible contributor to vascular disease in obesity. *Nature Medicine* 2 : 800-803, 1996
- 26) Maeda K., Okubo K., Shimomura I. et al.: Analysis of an expression profile of genes in the human adipose tissue. *Gene* 190 : 227-235, 1997
- 27) Kadowaki T., Yamauchi T.: Adiponectin and adiponectin receptors. *Endocrine Reviews* 26 : 439-451, 2005
- 28) Tsuchida A., Yamauchi T., Ito Y.: Insulin/Foxo1

- pathway regulates expression of adiponectin receptors and adiponectin sensitivity. *J. Biol. Chem.* 279 : 30817-3822, 2004
- 29) Yamauchi T., Kamon J., Waki H. et al: The fat derived hormone adiponectin reverses insulin associated with both lipotrophy and obesity. *Nature Med.* 7 : 941-948, 2001
- 30) 松澤佑次：肥満がなぜ病気を招くのか。日経サイエンス 11月号 33-39, 2002
- 31) Nakamura T., Tsubono Y., Kameda-Takemura K. et al: Magnitude of sustained multiple risk factors for ischemic heart disease in Japanese employees -A case-control study- *Jap. Circ. J.* 65 : 11-17, 2001
- 32) Needleman P., Raz A., Minkers MS. et al: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 76 : 944-948, 1979
- 33) Lucas A., Morlewy R., Cole TJ, Ert al: Breast milk and subsequent intelligence quotient in children born preterm. *Lancet* 339 : 261-264, 1992
- 34) Hamazaki T., Sawazaki S., Itomura M. et al: The effect of docosahexaenoic acid on aggression in young adults. Placebo-controlled double-blind study. *J. Clin. Invest.* 97 : 1129-1134, 1996
- 35) 宮永和夫、米村公江、高木正勝他：痴呆性疾患に対するDHAの臨床的検討。臨床医薬 11 : 881-901, 1995
- 36) Yamamoto N., Hashimoto A., Takemoto Y. et al: Effect of dietary-lonolenate/lonoleate balance on lipid composition and learning ability of rats. II. Discrimination process, extinction process and glycolipid compositions. *J. Lipid Res.* 29 : 1013-1021, 1988
- 37) 平山雄：魚食と健康。中外医薬、45 : 157-162, 1992
- 38) 川内卓（監修）：野菜のβ-カロチンがガンを予防する。News Letter Health Digest. 84, 1994
- 39) ISSFAL (the International Society for the Study of Fatty Acids and Lipids) :Fatty acids and lipids from Cell Biology to human diseases. 2<sup>nd</sup> International Congress, 1995
- 40) 平成17年度国民健康・栄養結果の概要。http://www.mhlw.go.jp/houdou/2007/05/h0516-3.html
- 41) 平成16年度国民健康・栄養結果の概要。http://www.mhlw.go.jp/houdou/2006/05/h0508-1.html
- 42) 日本人の食事摂取基準(2005年版)。厚生労働省。http://mhlw.go.jp/houdou/2004/11/h1122-2.html
- 43) 鈴木平光：【メタボリックシンドロームと機能性食品】魚油の脂質等改善作用。Functional Food 1 : 74-78, 2007
- 44) 飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸。栄養の基本がわかる図解事典。監修中村丁次, p66-67, 成美堂出版 2006
- 45) 高橋英子、川端朋枝、皆川智子ら：男女高校生ならびに男女学生の食生活を中心とした生活習慣調査。札幌医科大学保健医療学部紀要 8 : 90-106, 2005
- 46) 21世紀における国民健康づくり運動（健康21 http://www.Kenkounippon21.gr.jp）
- 47) 奥山治美：栄養による脳機能の活性化—DHA。日農誌 69 : 583-585, 1995
- 48) 村田勝敬、坂本峰至：妊婦における魚摂取の考え方。http://www.med.akita-u.ac.jp/~eisei/rinei.pdf
- 49) 奥山治美、小林哲幸：5.2. 食事脂質、過酸化脂質と病気のかかわり。脂質栄養学シリーズ2. 脂質栄養と脂質過酸化。日本脂質栄養学会監修/奥山治美・菊川清見編 p111-p121, 学会センター関西。大阪, 1998
- 50) Okuyama H., Kobayashi T., Watanabe S.: Dietary fatty acids-The n-6/n-3 balance and elderly diseases. Excess linoleic acid and relative n-3 deficiency syndrome seen in Japan. *Progr. Lipid Res.* 35 : 409-457, 1996
- 51) Okuyama H., Fujii Y., Ikemoto A.: n-6/n-3 ratio of dietary fatty acids rather than hypercholesterolemia as the major risk factor for atherosclerosis and coronary heart disease. *J. Health Sci.* 46 : 157-177, 2000
- 52) 心疾患予防 —コレステロール仮説から脂肪酸のn-6/n-3バランスへ。奥山治美、市川佑子、孫月吉、浜崎智仁、W.E.M.ランズ編。脂質栄養学会監修、学会センター関西, 2002
- 53) 食品に含まれるトランス脂肪酸の評価基礎資料調査報告書。内閣府食品安全委員会平成18年度食品安全確保総合調査。http://www.fsc.go.jp/senmonkagaku busshitsu/k-dai4/kagaku4-toujitsushiryoku.pdf
- 54) トランス脂肪酸の摂取と健康への影響。農林水産省。http://www.maff.go.jp/syohi\_anzen/trans\_fat/eikyoku/trans\_eikyoku.html
- 55) ファクトシート「トランス脂肪酸」内閣府食品安全委員会。http://www.fsc.go.jp/sonota/54kai-factsheets.trans.pdf