



## ■2017 年度オレオマテリアル部会 関西地区ウィークエンドセミナー開催記

オレオマテリアル部会 副部長 渡辺 嘉  
( (地独) 大阪産業技術研究所)

オレオマテリアル部会関西地区では、毎年ウィークエンドセミナーと称して関西を中心とする学術機関に所属する学生を対象に、企業見学会を開催してきました。2017年度は、不二製油株式会社の御厚意により、同社阪南工場と未来創造研究所を訪問いたしました。

まず1950年大阪創業の同社が、それまで国内企業が扱っていなかったパーム油を原料に選定して独自の加工商品として、続いて大豆油の搾り滓を原料にした大豆タンパク素材を開発され、これらが主力商品となり特に製菓用チョコレートでは高いシェアを誇る同社の歴史、「独創」をキーワードとして顧客のニーズに応えるだけでなく、ニーズを上回る革新的な商品開発につなげるという研究開発への強い意気込みを同社渡邊氏から紹介いただきました。また同社の製品展示室では、同社の歴史と各種加工油脂やチョコレート加工品、大豆タンパク加工品を俯瞰することができました。新設の研究所と工場見学が印象深かったことは参加学生の参加記に表れていますのでここでは割愛いたします。

本年度は不二製油社様からのご提案を受けて、ウィークエンドセミナー初の試みとして大学院生・学部生17名のポスター発表を実施しました。ポスターセッションに先立って行いました研究ハイライト紹介では、発表者の皆様が研究のエッセンスを的確にプレゼンくださったおかげで、聴衆も全演題の内容を短時間で把握できました。ポスターセッション会場での活発な意見交換と研究や技術の交流につながったものと確信しております。ご参加の皆様のご協力とご尽力に感謝致します。

未来創造研究所最上階のポスターセッション会場で製品試食も楽しませていただき、赤く夕日が沈む大阪湾と関西空港を離発着する飛行機を望みながら、2017年度ウィークエンドセミナーは閉会を迎えました。この度、見学会を温かいお心遣いでホスト下さいました未来創造研究所中森様、津守研究所長様、司会くださいました岡田様はじめ、同社の皆様に感謝を申し上げます。

### ウィークエンドセミナーポスターセッションプログラム

1. TokyoGreenを基盤とした効率的なリパーゼ検出のための蛍光プローブの設計と合成  
(関西大院理工<sup>1</sup>・大阪産業技術研究所<sup>2</sup>)○三輪真之<sup>1</sup>・渡辺嘉<sup>2</sup>・静間基博<sup>2</sup>・川崎英也<sup>1</sup>・佐藤博文<sup>2</sup>
2. 種々の末端基をもつ単一鎖長ポリオキシエチレン系非イオン界面活性剤の水溶液物性  
(奈良女大院) ○矢田詩歩・吉村倫一
3. 四級アンモニウム塩系イオン液体／界面活性剤／水の3成分系における表面吸着挙動  
(奈良女大院) ○河合里紗・吉村倫一
4. アミノ酸－糖ハイブリッド界面活性剤の界面吸着と会合体特性  
(奈良女大院) ○際川香菜・吉村倫一
5. 種々のスパーサー構造を有する四級アンモニウム塩系ジェミニ型イオン液体中における単一鎖長ポリオキシエチレン系非イオン界面活性剤の挙動  
(奈良女大院) ○仁木舞子・吉村倫一

6. 3,5-ジニトロピリジニウムイオンを鍵中間体とするピリジン環の修飾法開発に関する検討  
(高知工科大・環境理工)○黒田靖之・横山創一・西脇永敏
7. 多置換ピリジンの新規合成法の開発とその化学変換  
(高知工科大・環境理工)○有田磨央・横山創一・浅原時泰・西脇永敏
8. 酵素リアクターによるバイオディーゼルの連続製造  
(<sup>1</sup>大阪工大院・<sup>2</sup>大阪産業技術研究所)○長船有里<sup>1</sup>・渡辺嘉<sup>2</sup>・小林正治<sup>1</sup>・益山新樹<sup>1</sup>
9. JOS基準油脂分析試験法2.4.5-2016 によるオリーブ油と高融点油脂の2位脂肪酸組成分析  
(<sup>1</sup>大阪工大工) ○青山凌大<sup>1</sup>・渡辺嘉<sup>2</sup>・益山新樹<sup>1</sup>
10. 光学活性酒石酸誘導体からの円偏光発光(CPL)  
(<sup>1</sup>近畿大・<sup>2</sup>ORIST・<sup>3</sup>NAIST)○原伸行<sup>1</sup>・森亮太<sup>1</sup>・静間基博<sup>2</sup>・藤木道也<sup>3</sup>・今井喜胤<sup>1</sup>
11. 光学活性ペプチド発光体からの円偏光発光(CPL)  
(<sup>1</sup>近畿大・<sup>2</sup>ORIST・<sup>3</sup>NAIST) ○味村優輝<sup>1</sup>・静間基博<sup>2</sup>・北松瑞生<sup>1</sup>・藤木道也<sup>3</sup>・今井喜胤<sup>1</sup>
12. シクロデキストリンの超分子形成能を利用したヘリカルロッドの作製  
(阪大院工) ○園田清香・寺垣歩美・重光孟・木田敏之
13. セルロースナノカプセルの作製とそれらの一次元融合によるナノチューブの作製  
(阪大院工) ○和田将志・重光孟・木田敏之
14. マルチリンカーをもつシクロデキストリン二量体の合成とゲスト分子認識能  
(阪大院工) ○井口ひとみ・伊藤清悟・重光孟・木田敏之
15. 新規三鎖一親水基型界面材料の合成と展開単分子膜形成挙動  
(京都工繊大院) ○山口のぞみ・老田達生
16. 一鎖および二鎖型24-クラウン-8エーテル誘導体におけるデイジーチェーン型擬ポリロタキサンの形成  
(大阪工大工) ○青柳成輝・村田理尚・村岡雅弘
17. 非環状イソフタルアミド誘導体とフェナントロリン軸分子を用いたクリッピング法によるロタキサン合成  
(大阪工大工) ○田中佑太・村田理尚・村岡雅弘

## ■2017 ウィークエンドセミナーに参加して①

矢田 詩歩

(奈良女子大学 大学院 人間文化研究科 共生自然科学専攻 博士後期課程 2年)

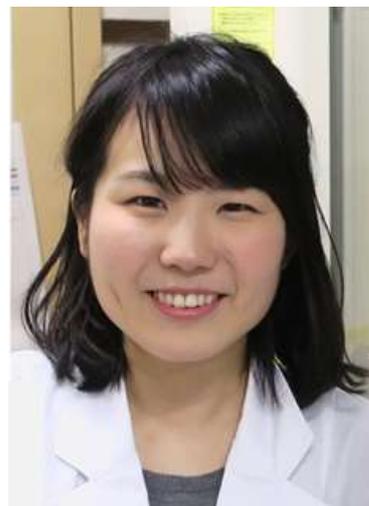
2017年12月8日(金)に開催されたオレオマテリアル部会関西地区ウィークエンドセミナーに参加し、不二製油グループ本社株式会社 未来創造研究所を見学させていただきました。

はじめに、不二サイエンスイノベーションセンター センター長の木田様や研究員の方から不二製油についてご紹介いただきました。不二製油は食品加工油脂の売り上げが高く国内トップシェアを誇り、海外でも売り上げを伸ばしているという説明がありました。不二製油は食の中間素材メーカーであるため、日々の暮らしのなかで“不二製油”の名前を見かけることはほとんどありませんが、私たちが普段食べているチョコレートや大豆製品の多くに不二製油の中間素材が使用されていると知り、大変驚きました。見学会以降、チョコレートや大豆製品を食べる際に今回のウィークエンドセミナーのことをふと思い出すようになり、製品づくりには多くの方が携わっていることを考える良いきっかけになりました。

会社紹介のあと、実際に施設を見学させていただきました。不二サイエンスイノベーションセンターは、2016年10月に完成したばかりの施設であり、基盤研究から素材開発、応用開発、食品安全分析センターまでが一つの建物内に存在しています。施設がきれいなのはもちろんですが、コミュニケーションスペースが充実していたり、お客さんと一緒に新商品を開発するコラボレーションセンターがあったりと、さまざまな方と“コミュニケーション”をとりやすいような空間作りがされており、大変興味深く見学させていただきました。

夜はポスターセッションも兼ねた懇親会が開かれました。私は「種々の末端基をもつ単一鎖長ポリオキシエチレン系非イオン界面活性剤の水溶液物性」というタイトルで発表を行いました。私は界面活性剤を新規に合成し、その溶液物性をX線小角散乱などの手法を用いて評価することで、界面活性剤の分子構造と物性との関係を調べています。「チョコレート原料などの油脂に関する研究」と私の研究は離れた分野かと感じておりましたが、発表には不二製油の研究員の方も来てくださり、議論が大変盛り上がりました。不二製油では、チョコレートの熱安定性を調べる際にX線小角散乱装置を使用することがあり、油脂の構造や純度を変化させることでチョコレートの性質をコントロールしていると伺い、分野は違っても共通する部分があることを感じました。

今回のウィークエンドセミナーでは企業見学だけでなく、研究員の方とお話できる時間や自分の研究を紹介できる機会を設けていただき、貴重な経験となりました。関係者の皆様にご場をお借りして厚く御礼申し上げます。



## ■2017 ウィークエンドセミナーに参加して②

森元勇樹

(大阪工業大学 工学部 応用化学科 4年)

平成 27 年度 12 月 8 日、オレオマテリアル部会関西地区ウィークエンドセミナーにて不二製油株式会社を訪問しました。本セミナーでは不二製油グループ本社株式会社・未来創造研究所と工場の見学を行い、見学後ポスターセッションを踏まえた懇親会を行いました。

不二製油株式会社は油脂を中心とする食品メーカーであり、原料の加工から商品開発を行っている会社です。食品に使用される食品用加工油脂の分野では国内トップシェアを占めており、主に大豆やカカオ豆、パーム油などから大豆製品やチョコレート、油脂製品など幅広く提供しています。

工場見学では、大豆とカカオ豆の加工現場を見学しました。大豆の加工工場に着くと辺りでは大豆の香ばしい香りが漂っていました。工場内では大豆を粉末状にし、粉末から粒状やフレークなどに加工しています。中には味付けされたものや大豆の唐揚げなど大豆とは思えないものもありました。また、チョコレート加工工場ではカカオ豆からチョコレートまでの一貫の工程を学びました。不二製油ではカカオ豆を輸入し、選別から焙煎、加工を一貫して行っています。いずれの工場でも原料から様々な形の製品を生産することができますため、不二製油の技術の高さと幅広さを感じることができました。

その後、研究所で研究開発の現場を見学しました。研究所は昨年度完成したばかりの建物で、建物内や研究室は清潔で広々としていました。また、不二製油では“コミュニケーション”を大事にしている会社だと感じました。それは、部門が違う社員同士が交流できる機会を設けており、互いの問題点や課題を交換し、解決できるからだそうです。そのため研究所を見学するとあらゆるところにコミュニケーションエリアとしてテーブルや休憩設備がありました。また、3 階のオフィスでは“フリーアドレス”という自分のデスクの位置が決まっていない制度があり、自由に座ることにより多くの社員と交流を深めることができます。

最後に、ポスターセッションを踏まえた懇親会を研究所の 6 階で行いました。そこからは大阪湾と関西国際空港が一望できる絶景の場所でした。また、そこには素敵な食事が用意されていました。その料理を食べながら社員の方と交流を行い、実際の仕事の内容や感想、不二製油に入社したきっかけなど、普段聞くことができない貴重な話を聞くことができました。また、ポスターセッションでは他大学の学生の研究をやる機会がなかったため、非常に有意義な時間でした。

本セミナーを通じて、私自身非常に勉強になった一日でした。本セミナーを企画してくださった日本油化学会オレオマテリアル部会関西地区並びに不二製油株式会社の皆様に深く感謝を申し上げます。



## ■2017 ウィークエンドセミナーに参加して③

コンロード アッチャラー  
(大阪工業大学 工学部 応用化学科 4年)

平成 29 年 12 月 8 日 (金)、オレオマテリアル部会ウィークエンドセミナーにて不二製油株式会社を訪問しました。今回の見学会では会社の説明をして頂き、その後工場・研究所を見学させていただきました。

不二製油は、食品研究開発・メーカーであり、誰にも真似できない技術、誰も気がつかなかった発想、誰もが共感できる提案を通じて、新たな「食」を創造するというスローガンに掲げる企業です。

初めに大豆食品生産工場を見学させていただきました。不二製油独自の水溶性大豆多糖類、世界初の技術である USS 製法によるプレミアム豆乳をはじめ、粉末状や粒状大豆たん白、大豆ペプチド、大豆たん白食品など、大豆の新たな可能性とおいしさを追求する開発をしているところが勉強出来ました。

そして、チョコレート生産工場を見学に行って、そこはチョコレートの匂いが充満し、チョコレートに包まれる気分でした。当社はカカオを海外から輸入し、オリジナルの精製加工方法によって、耐熱性チョコレートやコーティング用途の洋生チョコレート、健康志向のチョコレートなど市場のニーズに応じて開発しています。チョコレートは季節ごとに融点を調整していることを初めて知りました。

工場見学後にパンの講義を紹介して頂きました。また、研究所・オフィスを寄って行きました。社員のために休憩所や会議室なども最先端の技術や設備が充実しています。

食事会の後にポスターセッション発表を行いました。自分と異なる研究分野の説明を聞かせていただき、難しいですが、少しずつ勉強したいと思います。

今回のセミナーに参加して色々なことが得られ、とても良い経験になったと感じています。





## ■ 研究レポート

### 加工油脂、機能性脂質素材の生理機能と市場動向

日比野 英彦  
(日本油化学会永年会員)

#### 1. はじめに

機能性表示食品制度が、開始され本年1月現在で1182品目が届け出を完了している。しかし、その対象成分として認められている素材では、「国の健康・栄養政策との整合性を図る観点から導入が保留されていたビタミン、ミネラル、油脂などの成分」が外されている。

その理由として、食事摂取基準に規定される栄養成分は、これと異なる成分量・機能で摂取を推進すると、過剰摂取の要因になるなど国の健康・栄養政策との整合性がとれない可能性があるという見解である。しかし、創設の原点に立ち返り、制度を肯定的に捉えた中での議論が必要である。消費者庁は、制度の活用で「健康長寿社会の延伸」と「成長産業の育成」の両立を目指すことを公言しており、これら対象成分の拡大は、国の政策とも一致する。

油脂、ビタミン、ミネラルなど、食事摂取基準が定められているが、近い時期にこれらの素材も対象成分として認められると推定される。なぜなら、油脂摂取の欠乏状態で、ビタミンB1の欠乏による摂取グルコースのエネルギー化の停止が生じると（脚気という重大疾患を引き起こした歴史的な前例からも）、油脂とビタミン摂取は重要な要素である（表1）。

過剰に摂取された油脂は、脂肪細胞に取り込まれ脂肪組織を造るというデメリットがあり、①エネルギーが必要な時、脂肪を分解して全身に供給する、②内臓を正しい位置や機能を保つ、③断熱効果により体温を保つ、④柔らかさから外力の衝撃を和らげる（胎児の保護）などの重要なメリットも持っている。本総説ではそれに備え、脂溶性ビタミン、脂溶性バイオフィクターも次々に新規な生理機能が見出されている現状、話題の加工油脂、機能性油脂、アメリカの食用油脂の栄養学的評価における大幅な変化、これら関連脂質系成分の生理機能、市場の現状、将来予測の情報を提供する。

#### 2. 最近の加工油脂の栄養的評価の変化

##### 2. 1 トランス酸

##### 2. 1. 1 我が国の現状

加工油脂の諸物性を維持してきたトランス酸（表2）は、冠動脈疾患発症の可能性から摂取量の低減が進められてきた。平成15年から19年の国民健康・栄養調査のデータを用いた推定結果は、トランス酸の推定平均摂取量がエネルギー比0.3%とWHOの勧告（目標）基準1%未満を大幅に下回っていた<sup>1)</sup>。農林水産省と厚生労働省が行った推定でも同様にエネルギー比1%を超えることはなかった<sup>2)</sup>。

##### 2. 1. 2 低トランス酸への対応

上記の調査結果は、加工油脂の物性を制御する作業温度に対する固体脂含量(SFC)%の調節に対する加工油脂メーカーの努力の結果である。例として、固体脂分別油と液体油あるいはヤシ油とパームステアリン単独または配合では、加工特性は得られないが、化学触媒や酵素によるエステル交換（表3）によりSFC%をよりプラトーにできる。SFC%は、温度に対して緩やかに減少するトランス酸を含む融点41℃の従来の汎用製パン用油脂の製造例を取り上げる。配合原料にパームステアリン80%とパーム核油20%を配合すると、その融点は54℃であるがエステル交換によりその融点は46℃になり、このエステル交換油40%にパーム液体部60%を配合すると、融点42℃で目標とする製パン用油脂に適したSFC%カーブにかなり平行な加工油脂が製造できる（図1）<sup>3)</sup>。事実、加工油脂メーカーが提供しているマーガリン、ファットスプレッドおよびショートニングについて、平成18年と22年の短期の比較においても、前者が5.3%から3.2%に、後者が2.5%から2.0%に低下していた<sup>4)</sup>。

### 2. 1. 3 最新のアメリカ食品医薬品局(FDA)情報

FDAは、心筋梗塞などの発症リスクを高めるとされるトランス脂肪酸について、2018年6月以降に食品への添加を原則禁止すると発表した。食品業界は、3年の猶予期間後、使用を全廃する必要がある。FDAは、2013年に規制案を提示し、その後の調査・意見聴取で、食品への使用に関し「安全とは認められない」と結論付けた(図2)。FDAのオストロフ局長代行は、「今回の措置により、毎年数千件の致命的な心臓発作を防ぐことができる」と説明した<sup>5)</sup>。本発表は、3年後、部分水素添加油をGRAS(一般に安全と認められる食品)から外し、2018年6月以降は食品添加物として扱うという通達である<sup>6)</sup>。3年後に部分水素添加油を食品に使用する際には食品添加物として扱う必要があり、個別に使用許可を受けなければ使えないという内容<sup>6)</sup>が、正しく我が国のユーザー、消費者に伝わっているのだろうか(図3)?

飽和脂肪酸、シス型モノエン酸、トランス型モノエン酸、シス型ポリエン酸の低密度リポ蛋白質(LDL)と高密度リポ蛋白質(HDL)に関する影響では、トランス型モノエン酸と飽和脂肪酸がLDLを増加させた。飽和脂肪酸は、HDLも増加させたが、トランス型モノエン酸は、全く変化させなかった(図4)。

### 2. 2 飽和脂肪酸

加工油脂の主体となる飽和脂肪酸は、従来コレステロールの上昇因子とみなされ、その摂取が少ない程、栄養的に好ましいと認識されてきた。しかし、飽和脂肪酸に関し、炭素数別に総コレステロール濃度とLDLコレステロール濃度への影響を調べた60件の介入試験をレビューしたメタ解析では、ラウリン酸(C12:0)、ミリスチン酸(C14:0)、パルミチン酸(C16:0)で有意に上昇したが、ステアリン酸(C18:0)ではそのような上昇はなかった<sup>7)</sup>。このように脂肪酸種によってコレステロール濃度への影響が異なることから、加工油脂の原料脂肪酸組成にも配慮がなされてきた。

我が国の平均血清コレステロール値は、1960年に約180mg/dLであったが、その後上昇を続け2000年にはアメリカ人とほぼ同じレベルの約200mg/dLに推移していた。この推移を我が国に当てはめ、アメリカで多い心臓病死の主要リスクが我が国でも上昇因子と捉えられて危惧する考えもある<sup>8)</sup>。しかし、厚生労働省は、「2010年版日本人の食事摂取基準」においてリノール酸(主に植物油)の摂取上限を設定し、飽和脂肪酸(主に動物油)の摂取目標量を指定した<sup>9)</sup>。リノール酸の過剰摂取は、5年以降の死亡率が対照群より高くなることが判明し<sup>10)</sup>、これを一日の総エネルギーの10%以下に規定した。飽和脂肪酸には10g/日以下では脳出血罹患率の増加が認められるので、一日の総エネルギーの4.5%から7.0%、約12gから18gの目標量を指定した。一日脂肪摂取量は、約51gから64gを目標量にしている。

「2015年版日本人の食事摂取基準」では、さらに踏み込んで、飽和脂肪酸の摂取量を少なくすると、冠動脈疾患罹患率、動脈硬化度、LDLコレステロール濃度を減少させるという介入研究が述べられ、さらに高LDLコレステロール血症と、特別に関連の強い栄養成分として飽和脂肪酸を挙げている<sup>11)</sup>。一方、日本人を対象にした多くのコホート研究では<sup>12-15)</sup>、飽和脂肪酸の摂取量の少ない人では脳卒中、特に脳出血死亡や罹患の増加が認められていることから目標量が7%と設定された(図5)。

そのため動物脂肪の乳脂肪摂取は、心血管危険因子と関係なく、急速な心筋梗塞の危険も増やさないと報告にも注目が集まっている<sup>16)</sup>。

### 2. 3 総脂肪摂取量

我が国の一般消費者の多くは、現在でも、ウェス蛋スタイル(西洋型)の食事とライフスタイルにより過剰な動物脂肪を含む総脂肪摂取量が増えていると認識しているようである。しかし、実際には、上述のように動物脂肪の摂取量は増加していない。このことは特に、アメリカにおいて肥満や心臓病などの慢性疾患が油脂摂取量の増加によると報告した「マクガバンレポート」(表4)を受けて低脂肪食品の普及など多様な施策が実施されているアメリカの<sup>17)</sup>影響を、我が国の栄養学者が栄養指導に取り入れた結果であると思われる。アメリカでは同時に実施された禁煙による肺癌発症の抑制と異なり、総脂肪摂取量の

低減にもかかわらず、肥満や心臓病などの抑制による効果が診られず肥満はむしろ増加している<sup>17)</sup>。アメリカのこの50年間の施策においても、飽和脂肪酸を炭水化物に置き換えても心臓病のリスクは、減らないようである<sup>18-20)</sup>。そのため、アメリカでは、トランス脂肪酸や心臓病に対応するためのn-3系脂肪酸を摂取するという油脂摂取の状況に新しいトレンドが起きている(表5)。この現状から、Mozaffarian DとLudwig DSは、アメリカ医学協会誌に「2015年アメリカ食事指導：総摂取脂肪に関する禁止解除」を論文発表した(JAMA. 2015;313(24)) (表6)。これについて、ニューヨークタイムズ紙の論評は、「総脂肪量に上限を設定することは、有害な低脂肪食品製造を促進し、精製穀物や砂糖の添加を限定しようとする努力を無駄にし、食品産業が健康的な脂肪を多く含む製品を開発することを妨げる時代遅れの考え方であり、有意義な変化に対する障害である」と述べている(表7)。

我が国では食事の欧米化が指摘されて久しいが、1975年以降、日本人の総カロリー摂取量は、2,000kcalを下回り(図6)、脂肪摂取エネルギー量は、同年で22.3%であり、その後、多少変動はあるが2010年でも25.8%(アメリカ:33.7%)である<sup>21,22)</sup>。かつて加工油脂の主体であった動物性脂肪のエネルギー比率も1975年で10.6%から2004年で12.3%とわずかな増加であり、2010年でも飽和脂肪酸のエネルギー比率は6.6%(アメリカ:11.4%)と低い(図7)<sup>20,21)</sup>。このように日本人の総カロリー摂取量、脂肪摂取量、動物性脂肪摂取量がほぼ一定であるにも関わらず、平均体格指数(BMI)は、20代から50代の女性を除いて全ての年齢層、特に男性のBMIが明らかに上昇している(図8)<sup>21-23)</sup>。このことから脂肪摂取量のみが肥満の原因といえるのかと疑問を呈したい。

「2015年版日本人の食事摂取基準」<sup>11)</sup>は、審査基準を満たしたヒト臨床試験から算出された脂質の食事摂取基準値を次のように提言している。脂質の総エネルギーに占める割合、即ち、脂質総エネルギー比率(%エネルギー)の目標量は、男女とも20%から30%で、飽和脂肪酸は、18歳から70歳以上までで7%と示されている。

#### 2.4 脂質闘争

総脂肪摂取量および飽和脂肪酸摂取量の減少による健康効果の発現には、アテローム発症性脂質異常症、冠動脈疾患、単純なインスリン抵抗性メタボリックシンドローム、過体重の人などに対して、減量と身体活動の改善に運動を伴うことが、必須条件であり、これが伴わないとむしろ有害となり、心臓動脈心疾患では、かえってプラークが不安定となり症状が悪化すると警告されている<sup>24)</sup>。

しかし、チェードリーらが、アメリカ内科学会誌の、心血管疾患に対する食事のガイドラインにおける「飽和脂肪酸の摂取を制限し、高度不飽和脂肪酸(PUFA)を多く消費する」という推奨に対し、これを支持する証拠はないと結論を下した<sup>25)</sup>。さらに、ハーコムベらが、イギリス医学会誌に、過去の介入試験のメタ解析では総死亡率、心臓動脈疾患死に関し総脂肪や飽和脂肪酸制限には根拠がないことを発表した<sup>26)</sup>。例えば、飽和脂肪の摂取増加により、リポ蛋白質、総コレステロール、LDL-コレステロールは、変化しない(図9)事例もある。

これらの報告を、アメリカやイギリスの大手メディアが取り上げ、大きな問題になった。しかし、同時にこれらの報告に対して、多くの専門家の批判が始まった<sup>25)</sup>。栄養疫学研究の第一人者であるハーバード大学公衆衛生大学院のウイレット教授は、「この分析は、複数の大きな間違いや見落としがあり、この論文は深刻な誤解を招くため無視すべき」と警告した<sup>27)</sup>。ほかにも多くの専門家がウイレット教授の意見を支持している。一方、アメリカメディアは「飽和脂肪酸は悪者ではない」、「飽和脂肪酸の摂取は心臓病と無関係」、「バターに対する評価は変わりつつあり、バターが帰ってきた」などと報道し大騒ぎになった<sup>28)</sup>。

#### 2.5 変化する現状

これまでは卵やエビなどコレステロールが多いものを食べ過ぎると血中のコレステロールが増えて動脈硬化を引き起こし、心筋梗塞や脳卒中などの疾患に関連するとされてきた。それゆえ、飽和脂肪酸がLDLとHDLの両方を増加することから健康にメリットが無いと評価されてきた。

過剰摂取が健康に良くないとされてきた食品中のコレステロールについてアメリカ政府の食生活指針諮問委員会は、「コレステロール摂取量と血中コレステロールの関係を調べたところ両者の関連性を示す証拠はなかった」とする報告書をまとめた<sup>29)</sup>。アメリカ農務省と保健福祉省は、コレステロールを多く含む食品（動物脂肪や飽和脂肪酸を含む加工油脂を使用した食品も含まれる）の摂取制限に関する文言が、2015年度版の政府食生活指針の草案から削除される可能性があるという。飽和脂肪酸の摂取基準は、2010年の指針で定められたエネルギー比率10%から2015年度版では8%となっている。日本では、厚生労働省がまとめた2015年度版食事摂取基準から、生活習慣病予防のためのコレステロール摂取の目標量を廃止している（図10）<sup>29)</sup>。

1985年まで1位だった沖縄県の男性の平均寿命全国平均が、2000年調査で26位まで下落し、「沖縄クライシス」あるいは「26ショック」と呼ばれ、その原因にライフスタイルの欧米化があるといわれてきた。そこでは、アメリカの占領下、脂肪や塩分の多い肉料理を食べ続けた30~40代にはハンバーガーやステーキなどの肉食文化がいち早く持ち込まれ、県民の食生活がアメリカ化したという「動物脂肪や飽和脂肪酸の増加」が問題視されてきた。しかしながら、第52回日本糖尿病学会において北里大学北里研究所病院診療技術部栄養科の泉妃咲氏らの検討の結果、調査期間中、沖縄県の男性の摂取エネルギーが減少していることから、肥満の原因は、運動量低下など他の要因も考える必要があると指摘された。これは「沖縄県の男性の死因が全国平均より高いのは、中高年の自殺と肝疾患であり、心疾患は平均的なレベルなので動脈硬化性疾患の増加より社会経済的な要因の関与が大きいのではないか」との見解であり、油脂の過剰摂取が直接的要因となっていない可能性が示された<sup>30)</sup>。

アメリカでは、2015年2月発表の新しい「アメリカ人のための食生活指針」草案で、飽和脂肪酸の摂取カロリーを総カロリー摂取量の10%以下に抑えるように推奨している。アメリカの脂質闘争は、既に50年間も続き、我が国もその影響を受けている。脂質栄養学の専門家によっても視点や評価に対する意見が異なり、これからもこの問題は、単純ではなく明確な栄養学的結論が出るまでには多くの討議がなされるであろう。

### 3. 生理的機能性油脂

#### 3.1 生理機能を有する油脂

油脂の持つカロリー補給以外の健康機能（表8）を期待できる脂質には、下記の油脂類や脂溶性化合物群がある。油脂類は、脂肪酸種で特徴付けられる。

#### 3.2 食糧油脂類

##### 3.2.1 脂肪酸鎖長<sup>31)</sup>

生理機能としては、トリアシルグリセロール(TG)のsn-3位に酪酸(C4:0)を有するバターの酪酸が、舌リパーゼで加水分解されて水溶性になること、オクタン酸(C8:0)とデカン酸(C10:0)から構成される中鎖脂肪酸TG(MCT)が門脈吸収され（図11）、エネルギー化が速いこと、ラウリン酸(C12:0)を主体としてMCTも含む現在のブームのヤシ油およびパーム核油などのトロピカル油脂の門脈とリンパの両方に吸収される（図11）ことからダイエット効果と脳へのエネルギー源と期待されること、パルミチン酸(C16:0)をsn-2位に有する豚脂のβ-パルミトイルは、母乳類似脂と呼ばれ、リパーゼによりsn-2位の加水分解が優先的に起こり吸収の良いこと、ベヘン酸(C22:0)組み込み構造油脂のカロリーが低いこと<sup>32)</sup>、菜種油の極度水添油は、融点が高く腭リパーゼにより加水分解されないため難消化性油脂<sup>33)</sup>としての利用などが脂質栄養学的に知られている。

##### 3.2.2 モノ不飽和脂肪酸

生理機能としては、オレイン酸(C18:1)を主体とするオリーブ油や、ハイオレイックサフラワー油のリポ蛋白質に与える影響<sup>34)</sup>、パルミトオレイン酸(C16:1)を主体とするマカデミアナッツ油の健康機能<sup>35)</sup>、インスリン分泌能低下と血中濃度エイコセン酸(C20:1)量低下による評価<sup>36)</sup>、クローダ社のエルシン酸(C22:1)とオレイン酸の混合合成TGによる“ロレンツオのオイル”<sup>37)</sup>やネルボン酸(C24:1)の脱髄疾患<sup>38)</sup>への報告がある。

##### 3.2.3 n-6 不飽和脂肪酸

生理機能としては、皮膚の抗菌性に役立つ必須脂肪酸のリノール酸以外に、 $\gamma$ -リノレン酸(C18:2)を含む月見草油などのダイエット効果<sup>39)</sup>が知られている。アラキドン酸は、特定の系統の動物実験結果による安全性の問題提起があったが、食品安全委員会で検討されて安全と判断された<sup>40)</sup>。TG中にアラキドン酸を含む藻類や酵母の発酵油脂の生理機能も報告されている。ジアシルグリセロール(DG)は、n-6 不飽和脂肪酸が多いが、その生理機能は、腸管吸収後の体内分布の相違<sup>41)</sup>による。

3. 2. 4 n-3 不飽和脂肪酸：起源には、シソ油、エゴマ油、フラクシード油、食用アマニ油、チアシード油など $\alpha$ -リノレン酸(C18:3)、魚油、海産哺乳類油脂、藻類発酵油脂などに含まれるEPA、DHA、DPA（ドコサペンタエン酸(C22:5)）、アサ、クロスグリ、シャゼンムラサキの種子油や遺伝子組み換え(GM)大豆油などに含まれるEPA類似の生理効果を示すステアリドン酸(C18:4)がある。一方、アメリカでは、GM食品への受容が我が国より高く、大豆、菜種（カノーラ）などn-6 脂肪酸を豊富に含む油糧種子をGMでEPA、DHAを含む油糧種子への改変に成功している（表9）<sup>42)</sup>。しかし、この油糧種子の生産に成功したモンサント社は、我が国での栽培申請をしているが、現在、我が国では検討中である。下記のメディアで紹介されたn-3 不飽和脂肪酸が現在、好評に販売されている。

<http://www.yakudatsunEt.com/Essential-fatty-acid/omega3/>より引用

①NHKの朝の情報番組：あさイチ

里田まいさん、夫田中将大の健康維持にアマニ油を活用。

②林修の今でしょ！講座：エゴマ油と認知症予防の関係紹介。

③テレビ朝日・たけしの健康エンターテイメント！みんなの家庭の医学

「名医が認めた5大栄養素」で徳島大学病院・循環器内科科学教授佐田正隆が、エゴマの血管若帰り効果を解説。

④バイキングのひるたつ：2015.7.1 お昼の情報番組バイキングで、南雲吉則が、食べても太らない良い油としてオメガ3を紹介、おすすめの食材は、1位；チアシード、2位；サチャインチ（インカナッツ）、3位；いわしで、チアシードはアメリカでブームが本格化している。

アメリカでは、GMを用いたEPA、DHAの摂取法の試みが進んでいる（表9）。

### 3. 2. 5 共役不飽和脂肪酸

共役リノール酸は、反芻動物から見つかっているが、流通製品の紅花油、大豆油などリノール酸を多く含む植物油を異性化し工業的に製造されている。発ガン抑制のほか除脂肪体重を増やし体脂肪を減らすことから、ダイエットなど生理機能が検討されてサプリメントとして販売されている。

### 3. 3 市販油脂

現在市販されている油脂製品の分類と商品名および特徴・価格を表10に示した。なお、現時点の価格は、変化しているものもあると思われます。

### 3. 4 脂溶性化合物群

天然油脂に共存する各種の脂溶性物質は化合物群として分離され、あるいは分子種まで単離されて、その生理機能が検討されているものも多数ある。また、天然油脂中には存在しないが、合成や発酵で製造された脂溶性化合物が食品として使用が許可されている。例えば、脂溶性化合物群は特定保健用食品やビタミンを除いて、近年施行された機能性表示食品の機能性関与成分であることもある。

#### 3. 4. 1 脂溶性ビタミン類

脂溶性ビタミン類（ビタミンA、D、E、K、プロビタミン）は、腸管壁吸収時に、脂肪酸との混合ミセルを担体として効率よく取り込まれるので、油脂と共存させて摂取することが必須である。プロビタミンAの活性型であるレチノールやプロビタミンDの活性型ビタミンD<sub>3</sub>は、細胞膜を通過して直接核にある核内受容体に結合して生理機能を発揮する。しかし、肝臓蓄積性があるので水溶性ビタミン類のように必要量以上は常には排泄されないため、毎日摂取する必要はないが、この蓄積性による過剰摂取に基づく過剰症が知られ

ているので、上限摂取量の遵守も必須である。

ヒト血液中のビタミンAは、ほとんどがレチノールであり、網膜視細胞のロドプシンの視細胞の重要な物質である。ビタミンAは、カロテノイド類と分類され、加工油脂では赤色素としてのβ-カロチンが良く知られている。キサントフィル類に属するルテインとゼアキサントチンは併用した黄斑変性治療やアスタキサントチンは眼精疲労回復や認知症改善に有効との報告もある<sup>43)</sup>。ビタミンDは、カルシフェロール類と分類され、日光を浴びることが重要であるが、学童がインフルエンザ感染時期に適量摂取するとその予防効果があったという報告もある<sup>44)</sup>。ビタミンEは、トコフェロール類と分類され、加工油脂では、抗酸化剤としてα-トコフェロール（最も油脂の抗酸化力が強いのはγ型）が良く知られている。油脂の抗酸化にはビタミンCをシネルギストとして併用されるが、生体内では発生する活性酸素種の除去能が確立されており、多様な抗炎症に関する臨床報告や過剰症報告もある<sup>11)</sup>。

ビタミンKは、血液の凝固や組織の石灰化に必須で納豆に含まれる。胎児が産道通過時の骨の軟化により母胎への付加を減らすため<sup>45)</sup>、ビタミンK欠乏で出産される新生児に、出産直後にビタミンKを経口補給することが知られている。

### 3. 4. 2 脂質系生理機能成分

加工油脂原料となる油糧種子から搾油される粗製油中に油脂と共存する成分は、多様な生理機能を示す。油脂と共存する成分を大別すると、ワックス、リン脂質、糖脂質、ステロール、脂溶性ビタミン類、イソプレン単位によるテルペン系類などがある。

ワックスは、長鎖脂肪酸と一級長鎖脂肪族アルコールとのエステルである。アルコールが、飽和直鎖の場合、高融点になる。米糠油の脱蠟や砂糖黍蠟は主に食品原料に利用されている。アルコールの炭素数が20以上の製品は、‘ポリコサノール’と呼ばれているが（図12）<sup>46)</sup>、特にC28の‘オクタコサノール’は運動機能亢進（図13）<sup>47)</sup>、心臓血管治療効果<sup>48)</sup>、二日酔い防止効果<sup>49)</sup>など多数の報告がある。

リン脂質原料は、大豆粗製油からリン酸処理や水和処理による脱ガムによって分離される。精製された製品<sup>50)</sup>が、食品添加物乳化剤の大豆レシチンとしてマーガリン、チョコレート、製菓・製パン工程で添加されている。原料のアメリカ大豆が、GM品不分別のため、ヨーロッパにレシチン入り加工油脂を輸出するために（EUはGM品の輸入規制）カーギル社が開発した非GMヒマワリレシチン（リン脂質組成は大豆と同一）が、我が国の食品安全委員会で認可され、その利用も検討されている<sup>51)</sup>。乳化剤、医薬品、機能性食品には、含油（油分60%）品と脱脂品があり、リン脂質組成は、ホスファチジルコリン（PC）、ホスファチジリエタノールアミン（PE）、ホスファチジルイノシトール（PI）が各約30%前後で構成されている（表11）。医薬品、機能性食品には、PCの濃縮品、精製品が滋養、血中脂質改善に用いられている。

PCは、構造内に塩基としてコリンを持ち、このコリン、はアメリカでは必須栄養素と認められ、その推奨摂取量も決められている<sup>52)</sup>。PCにもコリンにも肝機能改善効果<sup>53)</sup>があるが、特にコリンは、葉酸、メチオニン同様、遺伝子読み取り制御機構における重要なメチルドナーである。この「コリン補給」（図14）を容易にするため、PCの二個の脂肪酸を脱アシルしたグリセロフォスホコリン（GPC）が、製造されている<sup>54)</sup>。GPCは、グリセロールと同様の物性を持つ水溶性化合物であるので、一般加工食品原料として容易に利用できる。PCからホスフォリパーゼA<sub>2</sub>によりsn-2位の一つの脂肪酸を脱アシルしたリゾPCが、製造できる。リゾPCは、パンの老化防止<sup>55)</sup>や酸性域や塩類存在下での乳化性<sup>56)</sup>に優れた物性を示す。またPCのコリン塩基（一級水酸基を有する）は、ホスフォリパーゼDによりセリン（一級水酸基を有する）と塩基交換反応によりホスファチジルセリン（PS）に変換できる<sup>57)</sup>。PSは、脳に多い成分であり、大豆由来PSやDHA結合PSのヒトへの経口摂取により脳機能改善が多数報告されている<sup>58)</sup>。

糖脂質は、スフィンゴシンと脂肪酸が結合したセラミドに1個から10個以上の糖が結合した「スフィンゴ糖脂質」であり、糖がガラクトース（G）の場合は、「ガラクトシルセラミド」、糖がグルコースの場合は「グルコシルセラミド」と呼ばれる<sup>58)</sup>。ガラクトシルセラ

ミドは小麦、蒟蒻や油糧種子原料の米、大豆、トウモロコシなどの植物からも製造されている。ヒトの皮膚に7種類のセラミドが存在すること、アシルセラミドが皮膚構造の必須成分であることから、上記のガラクトシルセラミドがコラーゲン同様、肌への美容効果が期待され利用されている<sup>5,9)</sup>。植物からの抽出脂質にはこれ以外にリン脂質、DGのsn-3位に1個および2個のGが結合したモノGDG(ガラクトシルジグルセロール)やジGDGも豊富に共存し、同様な用途に利用されている。糖脂質のスフィンゴシン、セラミド、スフィンゴミエリンおよびセラミドの皮膚における存在場所を図15に示した<sup>6,0)</sup>。

ステロールは、牛、豚、羊、魚(特にイカの肝臓)、水産哺乳類などの動物資源の粗製油中の不飽和脂肪酸から主にコレステロールが抽出、精製される。植物資源の油糧種子からは、フィトステロールと呼ばれる植物ステロール群が回収される。コレステロールは、コレステリック液晶として、家電メーカーでの工業的利用のほか、化粧品、医薬品原料にも使用される。フィトステロールは、植物に含まれるフィトケミカル的一种で食品添加物、医薬品、化粧品に使われている。フィトステロール類は、 $\beta$ -シトステロールを含む多様なステロールの混合物であり、コレステロールの腸管吸収におけるミセル形成の阻害による吸収抑制が認められている<sup>5,1)</sup>。最近、コレステロールの腸管吸収には、上記のミセル吸収経路のほかコレステロール輸送体(NPC1L1[ニーマン-ピックC1-様1蛋白質])も立証されている<sup>5,2)</sup>この蛋白質はビタミンK輸送体<sup>6,3)</sup>やC型肝炎受容体<sup>6,4)</sup>であることも知られている。また、フィトステロール類は従来、腸管吸収率が低いため血中濃度が低いと考えられて来たが<sup>6,5)</sup>、フィトステロール類を特異的に血中に排泄する輸送系(ABC[ATP(アデノシン三リン酸)-結合カセットファミリー]G5/G8)も確認されている<sup>6,6)</sup>。植物スタノール(シトスタノールとカンペスタノール)脂肪酸エステル(ステロールの $5\alpha$ 位の不飽和結合を水素添加した飽和スタノールの $3\beta$ 位の水酸基をアシル化した脂質)で製造された<sup>6,7)</sup>RAISIO社(フィンランド)の‘ベネコール’マーガリンの原料として使われ、そのマーガリンは、血清コレステロール低下能が認められている(図16)<sup>6,8)</sup>。米糠、胚芽油などから溶剤抽出や樹脂精製で得られる $\gamma$ -オリザノール(図16)は(植物ステロールのフェルラ酸(4-ヒドロキシ-3-メトキシ桂皮酸))として油脂食品や水産練り製品の抗酸化剤や紫外線防御剤として使用されているが、医療用医薬品として内分泌および自律神経系調節機能を有することも認められている<sup>6,9)</sup>。

脂溶性ビタミン類は、粗製パーム油<sup>7,0)</sup>、米糠油、小麦胚芽より抽出・精製される。特に、 $\alpha$ -トコトリエノールが、ビタミンEの数十倍の抗酸化力<sup>7,1)</sup>を持つことから体内のアンチエイジング素材<sup>7,2)</sup>や、体外のメラニン合成阻害作用から肌の美白効果も報告されている<sup>7,3)</sup>。

パーム原油を原料として、精製過程で250°C以上の高温処理をせず低温減圧分子蒸留法で精製するRGD(Refined Bleached Deodorized)パーム油は原油に含まれるカロチンやビタミンEなどをそのままの形で残している<sup>6,4)</sup>。RGDパーム油は、‘カロチーノ’というブランド名で発売され心臓疾患やがん予防などアンチエイジングに有効との研究結果が報告されている<sup>7,5)</sup>。

植物油のビタミンK含量は、山下らが精製油の含量はビタミンE同様、脱臭時間と温度の高さにより低下し、ぶどう種子油の $K_1$ (72~500 $\mu$ g/100g)が、他の植物油に比べ非常に多かったと報告している<sup>7,6)</sup>。

テルペンは、イソプレネン(C5)を構成単位とする炭化水素で、油糧種子から得られる粗製油に含まれ、精油、ステロイド(トリテルペン系)、ビタミンA、D、E、K、コエンザイムQ、クロロフィルも、テルペノイドの多量体である。胡麻油に存在し、抗酸化剤や軟膏基剤に使われるセサミンは、ゴマリグナンに含まれ、心臓病やダイエットに有効という報告もある<sup>7,7)</sup>が、試験管内、動物試験でセサミンリグナンが薬物代謝酵素チトクローム450(CYP1A2以下5種)活性を阻害し、薬物等との相互作用も報告されている<sup>7,8)</sup>。

#### 4. 油脂の生理機能に関する最近の話題

##### 4.1 エゴマ油

認知症の予防に地中海式食事が、有効であると期待されている。地中海式食事は、オリ

ーブ油やナッツ類を多く使用しており我が国の高齢者にこのままでは実施し難いメニューであった。そこで島根大学医学部の橋本らはオリーブ油の代わりにエゴマ油を代用して地域在住一般高齢者の認知機能低下の予防効果を評価した。被験者を35名(年齢平均70歳)に管理栄養士の監督下で臨床試験を開始し、半年後、健康診断と認知機能試験を行い比較検討した。認知機能試験は、HDS-R(改訂版長谷川式簡易知能スケール)、MMSE(ミニメンタルステート試験)、FAB(前頭葉機能検査)を実施した。HDS-Rに有意な変化はなかったが、FABとMMSEに対して介入群に有意な上昇が認められた<sup>79)</sup>。エゴマ油(しそ油も類似組成)の主成分である $\alpha$ -リノレン酸は、ヒトで摂取後、そのものか、あるいは鎖長延長したDHAにより認知症予防に好影響を与えることが期待される。

#### 4.2 MCTGPCおよびヤシ油

経口摂取されたMCTは、消化管内で加水分解を受け、生成されたMCT脂肪酸は門脈に吸収され直接肝臓に吸収される(図11)。MCTは、MCT脂肪酸が肝臓で分解され合成され、 $\beta$ 酸化によるケトン体生成量は、長鎖脂肪酸(LTC)より高いことが知られており、エネルギー源であるグルコースによる $\beta$ 酸化の抑制がLTCより低いという特徴を持つ<sup>82)</sup>。脳のエネルギー源であるグルコースは、脳血液関門(BBB)を構成している脳毛細血管からグルコース輸送体を経由してグリア細胞に取り込まれる<sup>80)</sup>。グリア細胞は、取り込んだグルコースを乳酸とケトン体に代謝し、モノカルボン酸輸送体により神経細胞に送り込む。神経細胞は、取り込んだグルコースをミトコンドリアでATP産生する<sup>80)</sup>。エネルギー供給の停止が一瞬たりとも許されない神経細胞には、安全性システムとして脳毛細血管に存在するモノカルボン酸輸送体によりエネルギー代替物質のケトン体を神経細胞に直接送り込むエネルギー供給経路が存在する(図17)<sup>80)</sup>。ケトン体は、飢餓状態、低血糖、糖尿病に伴うインスリン抵抗性の高い病的状態<sup>81)</sup>では、グルコースの代替エネルギーとして利用される。

最近、認知症において脳のグルコース利用能が低下しているためエネルギー供給不足により脳細胞が、障害を受けるとの仮説があり、その代替エネルギーとしてMCT由来のケトン体を利用して破壊を食い止める試みがなされている。ランダム化比較試験では、認知機能の改善を示す報告がある<sup>(82、83)</sup>。高齢のビーグル犬に対するMCTサプリメントを用いた認知機能に関する実験では、血中のケトン体の濃度を上げ認知機能の改善を認めた<sup>84)</sup>。

前述したGPCを経口摂取すると、直ちに血中コリン濃度が、上昇し、続いて成長ホルモンの上昇と共にケトン体のアセト酢酸と3-ヒドロキシ酪酸が、グリセロールと遊離脂肪酸と共に上昇していることが、確認され、MCTとは異なり脂肪組織からの脂肪動員が推定される<sup>84)</sup>。血中コリンは、濃度勾配に従ってBBBが能動輸送することが知られており、脳に取り込まれたコリンは、脳を構築する主要成分であるPCのコリン骨格を形成し、記憶に関係する神経伝達物質のアセチルコリンの原料となると期待されている<sup>85)</sup>。これらの期待からGPCは多様な認知症に対し経口や非経口投与による臨床試験報告が数十例も報告されている<sup>8)</sup>。

ヤシ油の主要脂肪酸は、ラウリン酸であり、経口摂取後、一部ラウリン酸モノグリセロール(GML)が、産生されるであろう。この「GMLはサル免疫不全ウイルスの粘膜感染を阻止する」と発表された<sup>89)</sup>。サル免疫不全ウイルスは、後天的免疫不全症候群(AIDS)治療分野ではAIDSと同等に扱われ、GMLを子宮頸部に事前処置しておくことAIDSウイルスを持続接種させても感染が成立しないことが報告された(図18)<sup>90)</sup>。この報告を受けて、現在、ダイエット効果で注目を浴びている“エキストラ・バージン・ココナッツ”はAIDS予防や治療に有効とのキャンペーンが、海外で展開されている<sup>91)</sup>。

#### 4.3 魚卵油とクリルオイル

魚卵油とクリルオイルは、大豆レシチンや卵黄油と同様、油脂中に数十%のリン脂質が相溶している。リン脂質の構成脂肪酸に関し、大豆レシチンは、リノール酸であり、卵黄油は、パルミチン酸と少量のPUFAであり、クリルオイルは、EPAとDHAであり、魚卵油は、DHAが主体である。いずれの素材のリン脂質もPCが主体である。

DHAは我々の体内では脳（図19）、精子、網膜などに豊富にあるがTGには存在せず、リン脂質のPEやPCに結合（PC-DHA）している。PC-DHAが、必要な組織にPC-DHAをリゾ体で特異的に輸送するMfsd2a [メジャーファシリティー・スーパーファミリー領域含有蛋白質2a]が報告された<sup>89)</sup>。Mfsd2aは、オメガ3DHA輸送体である。Mfsd2aは、脳内にリゾPC-DHAを輸送する。これに関する、Mfsd2aノックアウト（KO）と野生型とを比較したことが、本研究の主要な発見である。Mfsd2aは、脳内へのDHA取り込みに対する主要な輸送体であるが、毛細血管のBBBの内皮細胞にのみ発現する。Mfsd2a-KOマウスの脳は、DHA-欠乏状態である。しかし、リン脂質中のアラキドン酸を34%増やしたが、海馬と小脳の神経細胞に喪失を生じた。脳内への標識(14C) リゾPC-DHAの取り込みは、Mfsd2a-KOマウスで90%減少した。Mfsd2a-KOマウスの呈する表現型は、①幼弱期、明らかに出産後死亡率が高かった、②尾懸垂期、前足の巻き付き運動障害、③脳の大きさと重量低下、④学習能と短期記憶と長期記憶の欠損、⑤激しい不安行動であった。細胞が呈する表現型は、①DHAはリゾPC体で輸送され、そして非エステル化脂肪酸は輸送されない、②リン酸-コリン頭部が、DHA輸送に必須であった。Mfsd2aは、ナトリウム依存性リゾPC輸送体であり、DHAが脳に入る主要経路である。PC-DHAを脳実質に供給するMfsd2aが、脳毛細血管内皮細胞に発現し<sup>89)</sup>、特に妊娠中、胎児脳が劇的に増加を開始する時期から胎児の脳毛細血管内皮細胞に発現し始めることが確認されている<sup>90)</sup>。この時期に母体の子宮血管から胎盤を介してPC-DHAが輸送されていることは、他の器官に比べて著しく高い胎盤のMfsd2a輸送体の発現量で証明される<sup>91)</sup>。女性の胎盤は、特にMfsd2a輸送体の発現量が高いが、男性の精子を産生する精巣上皮の睾丸がこれに次ぐ<sup>91)</sup>。この輸送体が脳、結腸、小腸、肺、前立腺、皮膚での発現が確認されている（図20）<sup>91)</sup>ことからPC-DHAが全身での利用が推定される<sup>92)</sup>。特に、生体はヒトの小腸に確認されたことからPC-DHAをリゾ体のまま取り込むコレステロール同様の効率的な利用システムを備えていることが推定される。

血漿のDHA結合リン脂質量は認知症発症の5年前から減少し始め、症状の悪化に伴い減少することが報告されている（図21）。

#### 4.4 市場動向

機能性油脂・機能性脂質、脂溶性ビタミン・関連成分の市場動向を反映している健康指向食品・脂質・機能性油脂の各社の商品例を表12に示した。なお、現時点の販売品目は、変化しているものもあると思える。

#### 4.5 製パンとレシチン

乳化剤レスのパンや菓子が好まれている。これらの製品の原料には鶏卵やパン種が使われる例が多い。鶏卵の卵黄は、乳化力の強いPCを主体とする卵黄レシチンを豊富に含んでいる。パン種には、生やドライ状イースト（酵母）やパンを焼く前の粉をこねた生地が、菓子製造に使われている。パン生地は、放置すると乳酸菌の醗酵により生地に酸味が現れる。パン種には美味しい酸味を呈するパネトーネ種、サワー種、酒種アンパンで有名な酒種などが知られている<sup>93)</sup>。パン種には、自然の酵母や乳酸菌（ラクトバチルス菌）が生きのまま濃縮され、この乳酸菌が持つホスホエステラーゼ活性によりPCの脂肪酸結合をホスホリパーゼA<sub>2</sub>やBと同様に加水分解する。そのため焼成されたパンには、リゾPCとオレイン酸が存在する。リゾPCは焼成後でも保水性が高く長期保存の効くパンを作ることができる<sup>55)</sup>。この乳酸菌は、オレイン酸要求性があるため活性維持には適していると思われる。また、この乳酸菌は、ヘテロ型発酵により、乳酸の他にアルコールや酢酸、炭酸ガスなども同時に産生するので独特の酸味を呈することで好まれている<sup>94)</sup>。リゾPCに含まれるリゾホスファチジン酸は、強い細胞増殖作用が認められ、生理活性脂質として新たな展開も期待されている<sup>95)</sup>。

#### 5. 終わりに

加工油脂メーカーは、ユーザーや消費者に低脂肪食品、無脂肪食品が全ての人々に等しく健康上の利益があるものではないことを伝える努力も必要である。アメリカの長期の脂

質闘争の一つの教訓である「酪農製品や畜肉製品中の動物性油脂を、魚油や植物性油脂に置き換えることは、健康上有益である」との結論も多くの栄養学者が同意する事項であるが、その製品の脂質量、飽和脂肪酸の存在量、n-6/n-3 比の考慮なしに無条件で我が国の人々に適応させることはできないと思われる。それはアメリカと我が国の人々の遺伝的背景や腸内細菌叢のメタゲノムの差<sup>96)</sup>などの影響が、論議されてきたからである。例えば、「PUFAが豊富な食品の摂取は、心疾患のリスクが低下し、インスリン抵抗性を予防する」<sup>97)</sup>、「精製された炭水化物で飽和脂肪酸を置換しても心疾患のリスクは減らない」<sup>97)</sup>との同意はだれにもあてはまるが、n-3 PUFAの摂食経験の長い我が国の人々と、それがほとんどないアメリカ人では体内への取り込みに差があるであろう。事実、海産物の食経験の長い我が国では、従来、未消化食品と考えられていた紅藻から作られる海苔や寒天を分解できる酵素を持つ細菌叢の人の比率が高い<sup>98)</sup>。セルロースと厚いゲル状多糖からなる藻細胞壁を分解して栄養源として消化できる腸内細菌叢を持つ欧米人の比率は極めて低いことも報告され<sup>99)</sup>、我が国独自の栄養学に基づく食品加工技術の発展を期待したい。

油の乗った鮭のオオトロから醤油に散る油滴、サシの入った霜降り肉の炙られた匂い、からっと揚がった天ぷらを天つゆに浸した味、バターの高含量の高いアイスクリームの舌触り、甘酸っぱい苺とラム酒のたっぷり入った生クリーを巻いたロールケーキなど油の豊富な食品は、我々に食べる生き甲斐を与える。どんなに素晴らしい健康効果があっても美味しくなくない食品は継続して食べられない（口に苦い青汁の不味さが薬のように体に良いという感覚もあるが）、これを実現するのが加工油脂である。

百歳を越えても現役で活躍されていた聖路加国際病院理事長・名誉院長の日野原重明先生の食習慣は、美味しいものを美味しく腹八分目といわれている。最後に、日野原先生は、細胞を若く保つため「大豆製品のレシチン（ティースプーン4杯）を温牛乳に入れると良い」<sup>99)</sup>と毎朝食べておられたのである。

添付資料につきましては、容量の関係から別途送付させていただきます。

## 参考文献

- 1) 平成 27 年 5 月. 内閣府消費者委員会. 食品ワーキング・グループ「トランス脂肪酸に関するとりまとめ」
- 2) 内閣府安全委員会. 「新開発食品評価書 食品に含まれるトランス脂肪酸」2012
- 3) Robert E. (ed) Chapter 7 'Zero/Low Trans Margarine, Spreads, and Shortening' Gaey RL, et al. Urbana, IL 61802 ©2007 by AOCS Press.
- 4) 内閣府安全委員会. 「平成 22 年度食品安全確保総合調査：食品に含まれるトランス脂肪酸に関わる食品健康影響評価情報に関する調査（調査報告書）」 2010
- 5) 読売新聞 2015 年 6 月 17 日 2 版
- 6) 日刊油脂特報 16724 号 平成 27 年 6 月 24 日 1 版
- 7) Mensink RP, et al. Am J Clin Nutr 2003;77:1146-1155.
- 8) 第 3 次/第 4 次/第 5 次厚生省循環器疾患基礎調査、読売新聞記事より改変
- 9) 厚生労働省. 「日本人の食事摂取基準（2010 年版）」 2009
- 10) Gillman MM, et al. JAMA 1997;278:2145-2150.
- 11) 厚生労働省. 「日本人の食事摂取基準（2015 年版）策定検討会報告書」2014
- 12) Takeya Y, et al. Stroke 1984;15:15-23.
- 13) Yamagishi K, et al. Eur Heart J 2013;34:1225-1232.
- 14) McGee D, et al. Int J Epidemiol 1985;14:97-105.
- 15) Iso H, et al. Am J Epidemiol 2003;157:32-39.
- 16) Warensio E, et al. Br J Nutri 2004;91:635-742.
- 17) Taubes G. Science 2001;291:2536-2545.
- 18) Ogden LC, et al. United States 1960-2002. Avance Data 347.
- 19) アメリカ. Department of Health and Human Service (2006) Health, United States,

- 2006 with Chartbook on Trends in the Health of Americans.
- 20) Ogden CL, et al. (2007) Obesity among adults in the United States—No Statistically significant change since 2003–2004. NCHS Data Brief
  - 21) 厚生労働省統計表データベースシステム 統計調査別公表データ
  - 22) 国立健康・栄養研究所「国民栄養の現状」
  - 23) 本川裕 社会実情データ図録 <http://www2.ttcn.ne.jp/honkawa/2200.html>
  - 24) Lecert J-M. Nutrition Reviews 2009;67:273-283.
  - 25) 大西睦子 日経トレイディネット 2015年6月3日 p4.
  - 26) Harcombe Z, et al. Br Med J 2015;Feb 10.
  - 27) Whoriskey P. The Washington Post 2015/02/10
  - 28) Bittman M. The New York Time ‘Butter Is Back’ 2015 June14, Sunday.
  - 29) 読売新聞 2015年2月23日 4版
  - 30) 第52回日本糖尿病学会 2015年5月24日 下関
  - 31) 武藤泰敏編著 消化・吸収——基礎と臨床 改訂新版 第一出版 2002
  - 32) 特許第4176178号
  - 33) Grag ML. et al. J Nutr 2003;133:1060-1063.
  - 34) 辻啓介 油化学 1991;40:783-790.
  - 35) Power GW. et al. Lipids 1997;32:31-37.
  - 36) [ge-no.com/guide/units?page=29](http://ge-no.com/guide/units?page=29)
  - 37) Moser HW. JAMA Neurology 2005;62:1073-1080.
  - 38) Sergent JR. Medical Hypotheses 1994;42:237-242.
  - 39) Kawamura A. et al. J Oleo Sci. 2011;60:597-607.
  - 40) 薬事食品衛生審議会食品衛生分科会新開発食品調査部会新開発食品評価調査会議事録 2012年10月2日
  - 41) 渡邊浩幸ら 日本油化学会誌 1997;46:301-307.
  - 42) Mu H. et al. Prog Lipid Res. 2005;44:430-448.
  - 43) Damude HG. et al. Lipids 2007;42:179-185.
  - 44) Ma L. et al. Br J Nutr 2012,107:350-359.
  - 45) Urashima M. et al. Am J Clin Nutr 2010;91:1255-1260.
  - 46) Ioanna GB. et al. Am Heart J 2002;143:356-366.
  - 47) Cureton TM. The Physiological Effects of Wheat Germ Oil  
Thomas CC・Publisher Springfield Illinois・アメリカA
  - 48) Amira NK. et al. Am J Clin Nutr 2006;84:1003-1008.
  - 49) 大久保剛ら 日本栄養食糧学会誌 2009;62:305-309.
  - 50) 安田耕作 食用油とその生産 1992 127 幸書房
  - 51) 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会 添加物部会 平成25年10月30日
  - 52) the Institute of Medicine Food and Nutrition Board the National Academy of science NATIONAL アカデミー出版、ワシントンD.C. p390, 1998
  - 53) Zeisel SH, Mutat Rese Fundam Mol Mech Mutage 2011, doi:  
10.1016/j.mrfmmm.2011.10.008
  - 54) 日比野英彦、オレオサイエンス 2007;7:388-411.
  - 55) 特許第3300933号
  - 56) 松岡一裕 フードケミカル 1988;3;54
  - 57) 日比野英彦 月刊バイオインダストリー 2002;19:5-14.
  - 58) Kato AK. et al. J Clin Biochem Nutr 2010;47:246-255.
  - 59) 北谷和之ら 生化学 2011;83:496-506.
  - 60) 白倉義之 日本食品科学工学第58回大会 2011年9月10日
  - 61) Umemura K. et al. Plant Cell Physiol 2000;41:676-683.
  - 62) Ostlund RE. et al. Am J Clin Nutr 2003;77:1385-1389.

- 63) Altmann SW. et al. Science 2004;303:1201.
- 64) Lau VWY. et al. Am J Clin Nutr 2005;81:1351-1358.
- 65) Takada R. et al. Science Translational Medicine 2015;7:275ra23
- 66) Bruno SJr. et al. Nature Medicine 2012;18:281-285.
- 67) Heimerl S. et al. Human Mutation 2002;20:151.
- 68) Hong WY. et al. BMC (BioMed Central) Cardiovascular Disorders. 2003;3:4.
- 69) アメリカ Pat 5502045 1996
- 70) Katen et al. Mayo Clin Proc 2003;78:965-978.
- 71) 日本医薬情報センター編集 “医薬品日本医薬品集 1994” 1994 薬時報社 282.
- 72) Slover HT, Lipids 1971;6:291.
- 73) Serbinova E. et al. Radic Biol Med 1991;10:263-275.
- 74) Qureshi AA. et al. Lipids 1995;30:1171-1177.
- 75) Yap WN. et al. Pigment Cell & Melanoma Research 2010;23:688-692
- 76) David K. Food and Nutrition Bulletin 2000;21:182-188.
- 77) Kabaganbe EK. et al. J Nutr 2005;135:2674-2679.
- 78) 山下毅ら 日本油化学会誌 1999;48:1271-1274.
- 79) JH. et al. Nutr Metab Cardiovasc Dis 2009;19:774-780.
- 80) Jan KC. et al. J Agric Food Chem 2012;60:8616-8623.
- 81) 山下一也ら 日本脂質栄養学会 2012;21:196.
- 82) 高橋慎一 脳循環代謝 1997;9:1-17.
- 83) Bergen SS. et al. Diabetes, 1966;15:723.
- 84) 原健次 生理活性脂質の生化学と応用 1993 : 173 幸書房.
- 85) Pan YB. et al. Br J Nutr 2010;103:1746-1754.
- 86) Henderson ST. et al. Nutr Metab (Lond) 2009;6:31.
- 87) Kawamura T. et al. Nutrition 2012;28:1122-1136.
- 88) 日比野英彦 オレレオサイエンス 2007;7:399-412.
- 89) Li Q. et al. Nature 2009;458:1034-1038.
- 90) Long N. et al. Nature 2014 ;509:503-506.
- 91) Ayal BZ. et al. Nature 2014;509:507-511.
- 92) Cécile E. et al. PNAS 2008;105:17532-17537.
- 93) Jan H. et al. PNAS 2011;108:11756-11765.
- 94) [http://www.oyc.co.jp/yeast/lab\\_type.html](http://www.oyc.co.jp/yeast/lab_type.html)
- 95) 伊藤俊洋 FOOD Style21 2003;7:83
- 96) 大西睦子 日経トレイディネット 2015年6月1日 p3  
Harvard T.H. Chan School of Public Health 「Dietary fat and heart disease study is serioly misleading」参照
- 97) Lawrence AD. et al. Nature 2014;505:559-563.
- 98) J Hehemenn. et al. Nature 2010 ;464:7290.
- 99) [tom3.me/h\\_syou/sosyoku.php](http://tom3.me/h_syou/sosyoku.php)

## ■ 新会員紹介

江塚 博紀  
(日油株式会社)

今回より、オレオマテリアル部会のメルマガ会員となりました、日油(株)の江塚博紀と申します。大学在籍時より界面化学に関わっており、当時の研究テーマとして、アミノ酸由来の界面活性剤とリン脂質ベシクルとの相互作用の検討を行ってまいりました。日本油化学会の年会等において、何度か発表する機会を頂いてまいりました。日油には2017年度に入社したばかりです。現在も大学時代に学んだ知識を活かして、界面活性剤に携わる研究に従事しております。大学と企業での研究の進む方や、考え方の違いに苦労しながらも、日々新しい発見にわくわくする毎日です。企業の研究者として、学生時代とは異なる視点をたくさん吸収できるように、日々努力していきたくと思います。また、会員の方々との交流も深めていけたらと思っております。どうぞ宜しくお願い致します。



## 編集後記

陽春の候、皆様には一層ご活躍のことと存じます。春の風が快い季節となりましたが、皆様いかがお過ごしでしょうか。

さて、本号では、2017年12月8日に開催されましたオレオマテリアル部会関西地区ウィークエンドセミナー開催記を副部長より、さらに参加記を矢田様、森元様およびコンロード様にご寄稿頂きました。我々が、日々、何気なく食するチョコレートの加工工場の様子を感性豊かに表現頂くとともに、技術水準の高さ、創意工夫などがよく伝わる内容となっています。また、同じセミナーを受講したにも関わらず、経歴の違う参加学生様からの異なる視点に基づく投稿が、大変興味深く感じられました。日比野様からは、「加工油脂、機能性脂質素材の生理機能と市場動向」に関する11頁にもおよぶ大作を寄稿頂きました。新会員紹介では、江塚様をご紹介させていただきます。

最後に本メールマガジンは皆様からの御協力により継続できております。「部会員の広場」、「随想」、「ちょっといい話」、「研究室紹介」、「企業製品開発のこぼれ話」、「研究レポート」、「研究論文紹介(短文解説)」、「自己紹介」など、皆様からの積極的なご寄稿をお待ちしております。(山田)

**メルマガへのご寄稿大歓迎！次号(第46号)は30年6月配信予定です。**

---

なお、本メールマガジンに掲載されている内容は、必ずしも本部会の意見や見解を代表するものではありません。

※本誌に関するご意見・ご要望はこちらまで：

ni-kura@lion.co.jp (新倉)  
tomoaki.okano@idemitsu.com (岡野)  
kei-ichi\_maruyama@nof.co.jp (円山)  
munehiro\_yamada1@nof.co.jp (山田)

H29年度メルマガ編集担当幹事：新倉(ライオン(株))・岡野(出光興産(株))・円山、山田(日油(株))

©2018 Oleomaterial Division of Japan Oil Chemists' Society

本号掲載の著作物の無断転載・複製を禁ず