

## 1. はじめに（著者まえがき）

前稿（真野潤一氏著）で纏めた廃食用油の高度利用の情報に続き、本稿では、地域活性化のための脂質研究動向に関して、より広い情報の整理を試みる。脂質研究は、極めて広範囲に及び、ターゲットも多岐にわたる。脂質の定義自体も曖昧であり、先の寄稿にあったような脂肪酸やトリグリセリドより成る油脂に加えて、脂溶性の天然物を広く包含する。脂質のもつ物性・生理活性に注目した医学・生理学研究成果、そして新機能脂質の有機合成研究成果も、産業技術シーズとして重要性が高い。しかしながら、今回は、地域で製造すべき、纏まった量の脂質素材の用途に焦点を当て、食品、飼料・餌料、化粧品、洗剤等の界面活性剤、潤滑油、バイオ燃料用途等に関連する技術開発動向を中心に概説する。

## 2. 食品産業と脂質

食品成分としての脂質は、エネルギー源として働くとともに、脂溶性ビタミンの吸収促進に役立ち、胆汁酸、ステロイドホルモン、ビタミンD等の生合成基質として用いられている。栄養学的に重要な脂質としては、脂肪酸、中性脂肪、リン脂質、糖脂質及びステロール類が挙げられる。脂肪酸には、飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸及び多価不飽和脂肪酸があり、 $\omega$ 3系（n-3系）多価不飽和脂肪酸には、 $\alpha$ -リノレン酸、ドコサヘキサエン酸（DHA）、ドコサペンタエン酸（DPA）、エイコサペンタエン酸（EPA）などが含まれ、 $\omega$ 6系（n-6系）多価不飽和脂肪酸には、リノール酸、 $\gamma$ -リノレン酸、アラキドン酸などが含まれる。これらの多価不飽和脂肪酸は生体内で合成できず、欠乏すると皮膚炎などが発症するため、必須脂肪酸として摂取する必要がある（厚生労働省：日本人の食事摂取基準（2015年版）より抜粋・改変）。

$\omega$ 3系多価不飽和脂肪酸の $\alpha$ -リノレン酸含有製品の動向については、エゴマ油及びアマニ油由来の製品に加えて、チアシード、リンゴンベリー等からの製品が注目されている。また、マグロ、カツオ等由来のDHA及びEPAに関しては、魚臭さ除去、酸化安定性付与等の改良が進み、機能性表示食品への利用に繋がりがつつある。また、微細藻類由来のDHAも製造されている（食品と開発、52(8), 35-40 (2017)より抜粋・改変）。

京大では、1980年代当時、主にブタ肝臓から抽出精製されていたアラキドン酸の効率的供給技術を開発するため、効率的な発酵生産能をもつ糸状菌 *Mortierella alpina* IS-4株を見出して発酵特性を解明するとともに、2-kL発酵槽での製造試験を行った（Shinmen Y., et al., Appl. Microbiol. Biotechnol., 31, 11-16 (1989)）。その後、本生産技術を商用化するとともに、菌株形状等生理特性の改良、代謝工学・分子育種的研究手法の適用等によって、多様な多価不飽和脂肪酸の生産システムの構築に成功

している（京大・小川順、*生物工程*、90, 723-727 (2012)）。

霜降り牛肉の製造技術に代表されるような、畜産物中脂質の高機能化についても多様な研究が行われてきた。農業生物資源研究所（現・農研機構）は、岐阜県などと共同で、豚肉の霜降り割合が約2倍になる種豚「ポーノブラウン」を開発（2009年10月21日 <http://www.naro.affrc.go.jp/archive/nias/press/20091021/>）し、その改良を岐阜県畜産研究所で行うことで、差別化豚肉の提供を図っている（<http://www.maff.go.jp/tokai/shohi/seikatsu/heyatakuubetsu/attach/pdf/20170110-7.pdf>）。高知大学と（株）四国総合研究所では、柚子搾汁後の果皮を、高知県で飼育する「土佐あかうし」の飼料に添加することで、オレイン酸含量が増した口溶けの良い牛肉が生産できることを見出し、この牛肉に対して「柚子だっこ」の商標登録を取得した（*アグリビジネス創出フェア 2017 配布資料*（2017年10月6日））。また、食品脂質に関する革新的な研究として、東大では、鶏や豚などの家畜に対して「アミノ酸シグナル」の制御を行うことで、鶏のフォアグラ「白肝」の誘導に成功し、豚の脂肪交雑（霜降り豚肉）誘導、養殖魚の筋肉脂質含量の制御等を可能とする飼料の開発、そして高品質食資源の創製に取り組んでいる（高橋伸一郎：[http://proposal.ducr.u-tokyo.ac.jp/cgi-bin/ccr\\_usr/detail.cgi?num=7212](http://proposal.ducr.u-tokyo.ac.jp/cgi-bin/ccr_usr/detail.cgi?num=7212)）。

食品加工用乳化剤は、栄養学的役割とは異なる、食品加工・流通工程上の役割を有する脂質であり、多様な加工食品の製造時に必要不可欠な素材と考えられる（*食品と開発*、52(8), 51-57 (2017)より抜粋・改変。）。乳化剤は、食品の乳化、分散、浸透、起酵、消泡、洗浄、湿潤、老化防止などの機能を発揮する。安価なグリセリン脂肪酸エステル（モノグリ）は最も需要が大きく、コハク酸、酢酸、ジアセチル酒石酸などの有機酸を結合させた有機酸モノグリも広まりつつある。ポリグリセリン脂肪酸エステルは、乳化だけでなく油脂結晶の調整や澱粉改質などに強みを発揮する。ショ糖脂肪酸エステルは、結合する脂肪酸の種類やエステル化度によって親油性～親水性の制御が可能となる。ソルビタン脂肪酸エステルは疎水性が高めで、ポリソルベートは逆に親水性が高い。ステアロイル乳酸塩は小麦粉との相性が良く、パンのボリューム増大、老化防止等の効果を示す。キラヤサポニン（小高木のキラヤ樹皮から抽出したもの。レシチン（大豆・ヒマワリ）は、チョコレート、マーガリン等加工分野で広く使われている。

地域資源から抽出される高付加価値な脂質であるセラミドを、食品素材または化粧品素材として活用するため、米、柚子、コーン胚芽、ビート抽出後の繊維組織、こんにゃく、パイナップル果実、タモギタケ、モモなどからセラミドが抽出・精製され、その機能性が解析されている（*Food Style* 21, 17(3), 72- (2013)及び 19(6), 22-26 (2015)より抜粋・改変。）。

農研機構の高桑直也らは、地域資源中に存在する機能性脂質の探索研究を行っている。彼らは、農産物及び農産加工副産物中のセラミドを定量し、リンゴ搾汁残渣、ビートパルプ等が脂質抽出原料として有望であることを確認した

( <http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/harc/2004/cryo04-38.html> )。また、植物葉部のグルコシルセラミド、ステロール配糖体及び $\alpha$ -リノレン酸の含量を解析し、大根葉、テンサイ葉等の有用性評価を行っている ( [http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/harc/2014/harc14\\_s26.html](http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/harc/2014/harc14_s26.html) )。

新たな機能性脂質素材としては、EPA から DHA に変換される際の間体として得られる DPA そして、ホヤ・鶏由来のプラズマローゲン等が注目されている (Food Style 21, 21(6), 56-68 (2017))。農研機構では、機能性脂質の抗酸化能測定技術 (L-ORAC 法及び SOAC 法) の改変及び妥当性確認を行い、データベース化等を通じて食品価値の発掘加速を促している ( <http://www.naro.affrc.go.jp/nfri-neo/introduction/chart/0202/index.html> )。

### 3. 化粧品用素材

油脂関係専門誌「月刊油脂」(70(8), 18-20 (2017)) では、化粧品市場は堅調に推移しているとし、国内動向として、OEM (他社ブランド製品の製造) メーカーの躍進、そして多様な側面でのボーダーレス化の加速について言及している。ボーダーレス化の特徴として、業界間の敷居が下がっている点、製品分類が薄まっている点、そしてグローバルに販売できる製品が求められている点を挙げている。また、製品面での動向として、抗シワ製品、アミノ酸型界面活性剤及びサンケア製品の伸長を挙げている。

同文献では、動植物由来の化粧品原料を例示して動向を紹介している。サメ肝油やオリーブオイル精製粕などから抽出されるスクワレンに水素を添加することで得られるスクアランは、化粧品原料として利用されている。サメ肝油からの原料は、素材の純度が極めて高いことが特徴となり、オリーブオイルは植物性原料へのニーズに対応する素材となっている。

ホホバ油は、マッサージ油等の保湿成分として使われているが、パナマ、イスラエル及びアルゼンチンを中心に輸入量が増加し、2016 年度は 400 t 程度となっている。また、カメラ油は、2016 年度の輸入量が 287 t 程度であり、その殆どが中国産である。それに対して、国産の椿油生産量は、2015 年度で 47 kL であった。伊豆諸島の利島で 18 kL、長崎県五島市で 12 kL が製造されており、差別化を図っている。

### 4. 微生物由来の界面活性剤 (バイオサーファクタント)

バイオサーファクタント (BS) とは、広義には、生体由来の界面活性物質の総称であるが、研究開発分野では、「微生物によって菌体外に生産される両親媒性脂質」を指す (産総研・北本大、Yakugaku Zasshi, 128(5), 695-706 (2008))。本報によれば、BS は、親水基の構造によって、1) 糖型、2) アミノ酸型、3) 有機酸型及び 4) 高分子型に分類される。

その代表的なものとして、アミノ酸型の BS であり、枯草菌が製造するサーファク

チンが挙げられる（昭和電工株式会社の技術を株式会社カネカが譲り受けて製造。[http://www.kaneka.co.jp/branch/nb\\_development/pdf/kaneka\\_Sodium\\_Surfactin.pdf](http://www.kaneka.co.jp/branch/nb_development/pdf/kaneka_Sodium_Surfactin.pdf)）。本物質は、界面活性が優れ、皮膚刺激性が極めて低いことから、化粧品素材として使われている。また、*Candida bombicola* が作る糖型の BS であり、ソホロースに疎水基が結合したソホロリピッドは、高い生分解性と低起泡性等が特徴となる。サラヤ株式会社が製造し、化粧品素材や食器洗浄機用の洗剤等として販売されている。マンノシルエリスリトールリピッド（MEL）は、酵母 *Pseudozyma antarctica* による産物であり、産総研と東洋紡績株式会社との共同研究により、セラミド様天然保湿剤として、商品名サーフメロウとして販売されている。農業環境技術研究所（現・農研機構）では、MEL のもつ植物葉面に処理した有用微生物細胞の定着効果を見出し、微生物農薬の展着剤としての利用に期待する（2015 年度：[http://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/sinfo/result/result32/result32\\_54.pdf](http://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/sinfo/result/result32/result32_54.pdf)）。セロビオースリピッドは、糖型 BS の一つとして低濃度での優れた界面活性をもち、その物性や機能性に係る解析が進められている。その他、トレハロースリピッド、ラムノリピッド、スピクルスポル酸、エマルザン等の用途開発が行われている。

また、新たな BS として、赤色酵母 *Rhodospiridium paludigenum* がグルコースから著量生産するポリオールオイルに関する研究が発表されている（農研機構・真野潤一ら、日本農芸化学会 2017 年度大会要旨集 3C25p06）。今後も様々な個性をもつ BS が発掘されるものと期待する。

Pacwa-Plociniczak ら（*Int. J. Mol. Sci.*, 12, 633-654 (2011)）及び Santos F. D. K. F. ら（*ibid.*, 17, 401 (2016)）は、化学合成品に対する BS の利点について、環境に優しい点、生分解性、低毒性である点に加えて、良好な起泡特性や選択性を挙げている。また、極度な温度、pH や塩濃度下で働くことや工業的廃棄物や副産物から製造することも利点となり、低コストでの BS 製造や廃棄物総量の低減にも繋がるとしている。また、新たな取り組みとして、環境修復のための BS 利用、特に、炭化水素汚染及び重金属汚染に対する BS の有効性を紹介している。

岐阜県産業研究センターでは、有用な BS 生産・精製技術の確立により、新規素材として様々な分野での応用利用が可能となるものと考え、*Acinetobacter sp.* ACS4 株を用いた BS 研究を行っている（岐阜県産業技術センター研究報告、5, 5-7 (2011)）。

## 5. バイオ潤滑油（バイオルブリカント）

米国ワシントン州の環境局の報告では、バイオ潤滑油（*Biolubricants, bio-based lubricants* または *bio-lubes* として知られる。）は、多様な植物油から製造される潤滑油と定義する。バイオ潤滑油は、使用中にオイルが直接、環境中に漏出してしまふような機械類への使用、2 ストロークエンジン用、チェーンソー用、鉄道のフランジ、ケーブル、粉塵抑制剤、海洋での潤滑剤などの全量消失型の潤滑油としての使用、そして水中または水際のような、環境影響の大きい場所で用いる機械類への使用に適する

(<https://fortress.wa.gov/ecy/publications/documents/1307011.pdf>)。本報告では、バイオ潤滑油が鉱物油由来の潤滑剤と比べて高い潤滑剤性能を有する点のほか、毒性が小さく、作業者の皮膚への影響も少ない点、高い生分解性を有する点等を利点として挙げている。また、近年、食品工場用潤滑剤の動向として、NSF（国際衛生科学財団）H1グレードの食品機械用潤滑油の採用が増している。また、原材料、包材の製造加工に伴う機械・器具にも本グレード品を使う動きが浸透しつつある。さらに、食品への接触が認められている3Hグレードの潤滑剤の使用、コーシャ・ハラル認証の取得などの重要性への認識が高まりつつある（足立良富、食品と開発、52(9), 30-33 (2017)）。

## 6. バイオ燃料生産と藻類由来の油脂製造研究

2020年に新技術を用いた次世代航空機燃料の供給を可能とするため、東京大学、ボーイング社、日本航空（株）、日本貨物航空（株）、全日本空輸（株）、成田国際空港（株）及び石油資源開発（株）が関係者への呼びかけを行い、2014年5月に、「次世代航空機燃料イニシアティブ（INAF）」を設立した。この中で、各分科会を設けて、課題と解決策を整理するとともに、具体的事業に繋げるための枠組みを検討した。2015年7月に取り纏めた「次世代航空機燃料イニシアティブ報告書」（[http://aviation.u-tokyo.ac.jp/inaf/roadmap\\_JP1.pdf](http://aviation.u-tokyo.ac.jp/inaf/roadmap_JP1.pdf)）では、活動経緯、検討結果及び会議資料が公開されている。この中では、調達すべき原料を、①都市ゴミ、②微細藻類、③天然油脂（廃食用油を除く）、④廃食用油、⑤非可食バイオマス（セルロース系の糖）及び⑥木質草本系バイオマスに分けて、FT（Fischer-Tropsch）法合成・アップグレーディング、エタノールまたはイソブタノール（イソブチルアルコール）からのATJ（Alcohol to Jet：アルコールからの航空燃料合成法）、藻類油脂製造、UOP社のハネウェル製グリーンジェット燃料製造等の変換工程の導入可能性を検討している。

この中で、藻類によるバイオ燃料生産研究は、今も国内外で精力的に進められている。藻類による油脂製造技術動向については、一般社団法人石油エネルギー技術センター（JPEC）レポート「藻類のバイオ燃料製造の最新動向」（2016年3月15日、[http://www.pecj.or.jp/japanese/minireport/pdf/H27\\_2015/2015-031.pdf#search](http://www.pecj.or.jp/japanese/minireport/pdf/H27_2015/2015-031.pdf#search)）に国内外での技術開発動向として記載されている。Solazyme社（TerraVia社）、Sapphire Energy社等の取組が紹介されているが、原油価格に影響を受けて採算が取りにくい燃料のみならず、健康補助食品、飼料等の製造を行う企業も少なくない。ちなみに、本報告の公開とほぼ同時期に、Solazyme社はTerraVia社に社名を変え、藻類由来食品、栄養成分、高付加価値添加物製造に特化する方針を打ち出した（Algae Industry Magazine: <http://www.algaeindustrymagazine.com/solazyme-becomes-terravial/>）。その一方で、Sapphire Energy社は農家に売却されてバイオ燃料製造から撤退した（Algae World News: <http://news.algaeworld.org/2017/04/happened->

sapphire-energy/)。

国内では、多様な藻類利用研究が盛んに行われている。バイオ燃料のための国家プロジェクトの推進等を通じて、多様な藻類の潜在能力の発掘と詳細な解析が進み、様々な技術実証や製品化に繋がっているものと思われる。藻類の研究が広まった理由の一つに、高い産業価値が期待できる藻類候補が次々と見つかり、独自の開発戦略に基づく複数の技術開発が進められたことが挙げられるものとする。

*Botryococcus* は、炭化水素を生産し体外分泌することを強みとする。戦略的創造研究推進事業 (CREST) では、2011～2015 年度に、*Botryococcus braunii* のトリ・テトラテルペン等の炭化水素生産・分泌機構の解明と制御に向けた研究を行った (代表者: 岡田茂 (東大))。また、株式会社 IHI、株式会社ちとせ研究所及び神戸大は、NEDO プロジェクトにより、高速増殖型の *Botryococcus* を用いたジェット燃料製造に向けた技術実証を実施している。

その一方で、農林水産省では、2012～2015 年度に、農山漁村地域での藻類バイオマス燃料及び藻類由来飼料の製造技術を開発するため、屋外培養を想定した単細胞性緑藻 *Pseudochoricystis ellipsoidea* 及び *Pseudococcomyxa sp. KJ* 株を用いた総合研究を実施した (研究推進責任者: 原山重明 (中央大))。その後、主要事業者を株式会社デンソーとして、NEDO プロジェクトにより、中央大、株式会社クボタ及び出光興産株式会社による共同研究を行っている。

電源開発株式会社では、日揮株式会社及び東京農工大との共同研究により、海洋微細藻類の探索を進め、高オイル産生株である *Fistulifera solaris* JPCC DA0580、そして耐冷性の *Mayamaea sp. JPCC CTDA0820* を取得し、NEDO プロジェクト等で技術実証試験を進めている。また、DIC 株式会社では、神戸大及び基礎生物学研究所と共同研究を行い、NEDO プロジェクトにより海産性緑藻の *Chlamydomonas* を用いた油脂製造技術実証を行っている。

株式会社ユーグレナでは、*Euglena* に特徴的な脂質である脂質ワックスエステルの効率的製造技術の開発を行っている。同社は、小橋工業株式会社と共同で、大規模あぜ型微細藻類培養プールの稼働を開始し、建設コスト・建設工期への効果を示している (<http://www.euglena.jp/news/20170731-2/>)。また、油脂抽出後の脱脂バイオマスについて、鶏や豚等への飼料利用に向けた JA 全農飼料畜産中央研究所との共同研究契約を締結した (<https://www.zennoh.or.jp/press/release/2016/357172.html>)。

国内地域では、藻類による物質生産の可能性を高く捉えている。佐賀市は、清掃工場で排出する二酸化炭素を株式会社アルビータに有償で供給するとともに、*Haematococcus* 藻類培養と機能性成分製造に活用するための協定を結んだ (<https://www.nikkei.com/article/DGXXNZO73383720W4A620C1LX0000/>)。また、市清掃工場北側の農地 21 ha を国内最大規模の藻類培養拠点として整備することとした (<http://www.saga-s.co.jp/news/saga/10101/267664>)。佐賀市は、2014 年 11 月に国から「バイオマス産業都市」の認定を受け、低炭素社会の実現と新たな産業の創出

を両立する「藻類によるまちづくり」を目指しており、佐賀県と共同で、地域再生計画として、「さが藻類産業推進プロジェクト」の提案に至っている ([https://www.city.saga.lg.jp/site\\_files/file/2017/201706/p1bi0025cg1bg59jeb2gud1oi94.pdf](https://www.city.saga.lg.jp/site_files/file/2017/201706/p1bi0025cg1bg59jeb2gud1oi94.pdf))。

また、仙台市は、筑波大・東北大との共同研究により、文部科学省の補助事業「東北復興のためのクリーンエネルギー研究開発推進事業（2014～2016年度）の中で、藻類バイオマス技術開発を進めた。この中では、従属栄養藻類である *Aurantiochytrium* を用いた炭化水素・スクアレン製造、そして *Botryococcus* を用いた光合成による炭化水素・ボトリオコッセン (C<sub>34</sub>H<sub>58</sub>) 製造を併用することで、下水処理施設からのエネルギー生産による新たな資源循環モデルの開発を目指した (<http://www.city.sendai.jp/kankyo/jigyosha/kezai/sangaku/project/sorui/index.html>)。

藻類利用の可能性については、バイオ燃料用の脂質製造時のみならず、DHA や EPA などの多価不飽和脂肪酸の製造、化学合成原料となる炭化水素の製造、スクアレン、藻類由来多糖類等の化粧品素材の製造、結晶として得られる  $\beta$ -1,3-グルカンであるパラミロンの製造、アスタキサンチン、フィコシアニン、エキネノン等の色素・抗酸化性物質の製造、必須アミノ酸、リン・カリ等の栄養成分を豊富に含む藻類全体の利用等に関して技術開発・実用化が進んでいる。

東京農業大学の食と農の博物館では、同時期に開催された微細藻類関連のイベントと併せ、2017年6月10日に「微細藻類を活用した料理レシピ」イベントを開催した (<http://www.nodai.ac.jp/campus/facilities/syokutonou/news/article/2961013301630/>)。藻類の社会的認知度は向上しつつあり、食品素材用途は、化粧品素材用途等と同様に高付加価値用途となる。藻類油脂製造を中心としつつ、総合的な藻類価値の発掘が今後も進むものと期待できる。

## 7. 高機能性脂質研究の加速に向けた取組

国内外で多様な機能性脂質が開発されている中で、複数の学会組織、研究機関等がその研究・実用化加速を図る取組や拠点化を進めている。

日本生物工学会では、研究部会活動の一つとして、「学際的脂質創生研究部会」を設立し、これまでにない機能性脂質・脂質材料など、多様な脂質分子の創生に向け、応用微生物・発酵工学、酵素工学、蛋白・遺伝子工学、栄養・物性評価、代謝・メタボローム解析、有機合成などの異分野を融合させた学際的研究・情報交換に取り組んでいる (代表: 京大・小川順、[https://www.sbj.or.jp/division/division\\_lipideng.html](https://www.sbj.or.jp/division/division_lipideng.html))

日本植物脂質科学研究会では、毎年のシンポジウムを開催している (会長: 東大・佐藤直樹、<http://www.molbiol.saitama-u.ac.jp/~japlr/>)。また、本会では、2018年7月に横浜で開催される The 23<sup>rd</sup> International Symposium on Plant Lipids (大会実行委員長: 埼玉大・西田生郎) を支援している。

日本油化学会（会長：東京理科大・河合武司、<http://www.jocs.jp/index-j.html>）では、オレオマテリアル部会、オレオナノサイエンス部会、界面化学部会、食品油脂機能構造部会、洗浄・洗剤部会及びライフサイエンス・産業技術部会によりテーマを絞り込んだ取組を進めている。日本脂質生化学会では、2017年6月に第59回大会を開催（実行委員長：京大・梅田眞郷、<http://lipidbank.jp/wiki/JCBL:Home>）し、脂質データベースを構築している（<http://lipidbank.jp/wiki/Category:LB>）。日本脂質栄養学会では、脂質栄養学の進展を図るとともに、時代に即応した脂質栄養指針を確立し、それに基づいた脂質性食品供給方法の開発を図ることで、健康の維持増進に寄与する事を目的としている（理事長：お茶の水女子大・小林哲幸、<http://jsln.umin.jp/index.html>）。また、セラミド研究会は、2017年10月に第10回セラミド研究会を開催する（世話人代表：北大・五十嵐靖之、<http://www.ceramide.gr.jp/index.html>）。

基礎的な脂質研究蓄積も厚みを増す。理化学研究所・独創的研究課題「脂質の統合的理解」プロジェクトでは、分析基盤技術開発、脂質－膜タンパク質相互作用研究、そして脂質が関係する病態の分子解析の3つの課題を一体的に進めている（<http://lipidology.riken.jp/jp/outline.html>）。また、糖脂質の構造機能相関研究は、シアル酸を含む糖脂質 GM3 の構造を決定した山川民夫先生、完全メチル化による糖脂質糖鎖研究を飛躍的に発展させた箱守仙一郎先生の時代から、今も我が国がリードする領域の一つであり、日本生化学会 HP 上で総説を掲載している（岩森正男、<https://seikagaku.jbsoc.or.jp/10.14952/SEIKAGAKU.2016.880354/data/index.html>）。本総説で解説されている、腸管内において糖脂質により提示される糖鎖と細菌、ウイルスや毒素のもつ受容体との結合特性は、感染・共生に大きく影響を及ぼすものと考えられる。今後、ファイン分野のみならず、大量消費される機能性素材の開発にも繋がる、重要な研究蓄積と考えられる。

脂質等の会合性に注目した機能性分子の開発も進められている。農研機構では、金属製マイクロチャンネル乳化デバイスにより安定な均一径の油滴を連続生産するための技術を開発し、脂質消化・吸収性を高度に制御できる乳化・分散系の構築、脂質粒子の酸化安定性向上等への展開を目指している（小林功・植村邦彦、[http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nfri/2015/nfri15\\_s16.html](http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nfri/2015/nfri15_s16.html)）。また、JST の戦略的創造研究推進事業・総括実施型研究 ERATO の「秋吉バイオナノトランスポータープロジェクト（研究統括：京大・秋吉一成）」では、ナノゲルテクニクス工学、プロテオリポソーム工学及びエキソソーム工学の3つの観点から機能性ナノ粒子を創製し、バイオナノ診断・計測、ガン免疫治療、細胞工学や骨再生医療などへの応用を目指す（[https://www.jst.go.jp/erato/research\\_area/ongoing/abt\\_PJ.html](https://www.jst.go.jp/erato/research_area/ongoing/abt_PJ.html)）。

## 8. おわりに（著者感想）

本稿では、地域資源利用型または地域発の脂質産業創出を考えつつ、分野の概要と研究例の紹介を試みた。しかしながら、脂質を取り巻く産業分野があまりにも広いため、いくつかの重要な研究内容について十分に触れられなかったものとする。その中でも、素材の高機能化に向けたリパーゼ、ホスホリパーゼ、ホスファターゼ等、脂質関連酵素の研究やそのリアクター化に関する成果、リポソーム形成、膜形成等の会合化現象の制御と高付加価値化に関する成果、精油成分等のテルペノイド、香気成分、色素成分等の微量脂溶性成分の情報等は重要と考える。現実的には、天然資源から脂溶性物質を溶媒抽出する工程を導入する場合、同時に抽出されるような多様な脂溶性成分の潜在性は把握しておく必要がある。

地域資源からの脂質製造技術に関して、農研機構では、地域農産物からの高品質プレミアムオイル製造を促すため、セサミン・セサモリンに富むゴマ品種「まるひめ」([http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/research\\_digest/digest\\_kind/digest\\_cereals/027285.html](http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/research_digest/digest_kind/digest_cereals/027285.html)) や、無エルシン酸の暖地向きナタネ品種「ななはるか」([http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/press/laboratory/tarc/050801.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/tarc/050801.html)) 等の開発を進めてきた。また、漆から得られるウルシオールなどの疎水性樹液成分のような抽出成分、二次代謝物等の価値発掘については、生化学、農芸化学、林産化学、水産化学等の分野において古くから研究が行われてきた。この豊富な研究蓄積に対して、現在・未来の産業技術の概観を理解した上で、新たな観点からこの蓄積の中身を見直すという、「温故知新」が重要になるものとする。

脂質の発酵生産については、高度不飽和脂肪酸のような機能性脂質の製造技術に加えて、バイオサーファクタント研究や藻類研究などが急速に進展しつつある。また、ビートモラセスとチーズホエイから脂肪酸メチルエステル (FAME) を発酵生産する酵母 *Cryptococcus curvatus* に関する研究 (Takakuwa N. and Saito K., *J. Oleo Sci.*, 59 (5), 255-260 (2010)) のように、地域廃棄物・副産物からの脂質製造技術についても研究成果が得られつつある。バイオ燃料や高付加価値素材を製造できるような新技術が急速に整備されつつあり、小規模の地域技術として導入する際の諸問題に取り組むことが重要と感じる。地域で発酵技術を用いて小規模でも採算を取るためには、培養システムの簡素化、精製・高付加価値化プロセスの効率化、副産物の総合利用等に加えて、需要が高い地域の食品、工業製品等の製造工程への安定的供給経路の確保が重要と考えられる。佐賀市のような自治体全体で新技術を受け入れるような体制構築や、研究設計時から製品がイメージできるような、一次産業と食品産業・化学工業等を巻き込んだ産学連携体制構築などが有効となろう。

糖脂質には、糖型バイオサーファクタントの説明箇所、岩森正男先生の総説の紹介等で触れたが、親水性の糖質と疎水性の脂質が結合した両親媒性の構造物については、特に大きい潜在力を感じる。著者自身、20年以上前に挑んだ国際学会での口頭発表の後、初めての国際共同研究に繋がったのが、マメ科植物の窒素固定を担う根粒菌が出すシグナル分子 (Nod ファクター) の構造機能相関解明研究であった。キチンオリ

ゴ糖に脂質が結合した基本骨格をもつ本シグナル分子が、生体内でどんな風にアンカリングし、ねじれて存在しているのかをイメージしただけで、生命の神秘に近づいたような錯覚に陥ったものである。また、サイクロデキストリンやアミロースが脂質を巻き込み包接することで脂質を安定化する現象や、 $\beta$ -キチンの結晶が低分子アルコールを層間に取り込む現象、結晶性セルロースの疎水面をセルラーゼの基質結合部位に配置する疎水性アミノ酸残基が認識する現象など、今でも、糖と脂質の関係に奥深さを感じる。糖と脂質は、水と油の反発関係にあるが、その界面の構造や機能を理解・活用することで、「正反合」によりお互いの個性を活かす「新素材」、そして高い付加価値をもつ「新組織・構造物」ができるものと強く期待したい。