

藻類の燃料以外の用途の取組み

渥美 欣也¹・笠井 宏朗²・林 京子³

燃料生産に適した微細藻類の中で、デンソーは、バイオディーゼル産生藻類であるシュードコリスチス (*Pseudochoricystis ellipsoidea*) 株を保有している。シュードコリスチスは5 μm程のサイズの単細胞緑藻類で、窒素欠乏になるとオイル成分を体重の30%以上蓄積することができる能力を持つ¹⁾。筆者らはこのシュードコリスチスを本来、CO₂吸収素材やバイオ燃料産生物として研究開発に取り組んできたが、アミノ酸組成や脂肪酸組成および色素などに特徴ある成分が含まれていることを見だし、バイオ燃料以外の用途にも活用できないかを探索してきた。本稿は、その燃料以外の用途の取組みの一部を概説する。

微細藻類事業の取組み

バイオ燃料ビジネスを成功させるには、低価格での燃料生産が必須であり、微細藻類を用いた燃料ビジネスの実現には未だ到達できていない。筆者らは、微細藻類の高付加価値物質を生産できるという特長に着目し、燃料以外の用途の活用に取り組んできた。当社における微細藻類事業の取組みを図1に示す²⁾。

ヘキササン抽出オイルはバイオ燃料、エタノール抽出エキスは抗ウイルス・薬理活性物質、乾燥藻体は高栄養価サプリメント（健康食品）・飼料、種は異なるがボトリオコッカス (*Botryococcus braunii*) の抽出オイルは化粧品品の保湿クリーム、および搾りかすの硫酸処理物は貴金属回収源³⁾にと応用展開を検討している。保湿クリームは、筑波大学との共同研究成果として、2014年11月に「モイーナ」として商品化し、インターネット上で販売し好評を得ている。

筆者らは微細藻類を用いた再生可能エネルギーの実現はもとより、人類の健康・幸福に寄与できる素材開発や資源リサイクル素材の開発に注力している。本稿では、その栄養価を利用した飼料用途（家禽用飼料、養殖用飼料）について、および抽出エキスを利用した抗ウイルス剤用途について述べる。

家禽用飼料

鶏や七面鳥は、穀物をはじめ昆虫、草、野菜など、基本的には何でも食べる雑食性の動物である。飛翔できる鳥は、一般的に消化管の長さが短く、消化時間のかから



図1. 当社における微細藻類事業の取組み

著者紹介 ¹株式会社デンソー 新事業推進部（事業企画担当部長・技師） E-mail: kinya_atumi@denso.co.jp
²北里大学海洋生命科学部附属三陸臨海教育研究センター（特任教授） E-mail: hkasai@kitasato-u.ac.jp
³中部大学生命健康科学研究所（客員研究員） E-mail: kyhayashi@cronos.ocn.ne.jp

ない飼料が好まれるため、産業用では繊維が少なく消化のよい穀物や魚粉を主体とした濃厚飼料が給与される⁴⁾。一方、家禽類に微細藻類を利用する目的は代替原料や色素効果を期待した使い方であり、ヒトの食料と競合しない点で利用価値が高い。今回は、シュードコリスチスのオイル成分を抽出した残渣粉末を用いて、家禽類の採卵用鶏に給与し、卵の黄身着色への効果を検討した⁵⁾。

鶏卵への活用：黄身の着色効果について 採卵用鶏にシュードコリスチスのオイル抽出残渣乾燥粉末（総キサントフィル含量1574 ppm）を混合した飼料（デンソー区）、市販色素を混合した飼料（色素K, T, C）、およびこれらの色素を混合しないベース飼料をそれぞれ給与し、2週間給与後の卵を調査した。なお、市販色素を混合した飼料におけるキサントフィル色素量はシュードコリスチスのオイル抽出残渣乾燥粉末を加えた飼料と同程度に調整した。加えて、茹で卵の着色効果につい

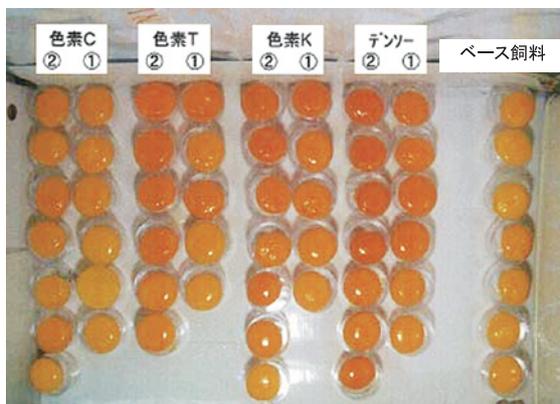


図2. 黄身着色試験の結果。ベース飼料：色素添加なし、デンソー：シュード藻混合1.27% -①、2.54% -②、色素K, T：色素混合0.1% -①、0.2% -②、色素C：色素混合0.02% -①、0.04% -②。

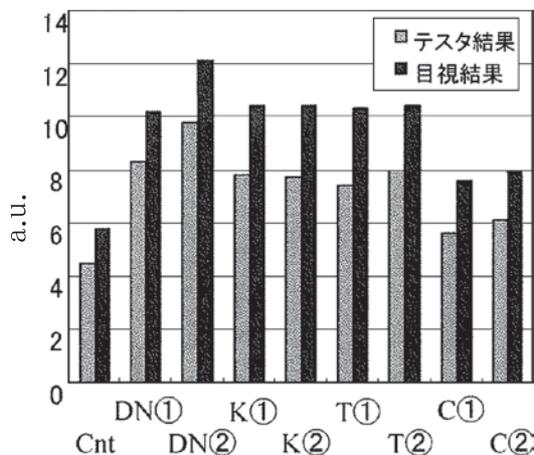


図3. 黄身着色度の目視によるスコアリングおよびテストでの評価結果（DN：デンソーシュード藻）

ても調査した。卵の黄身着色試験の結果(写真)を図2に、黄身着色度の目視によるスコアリングおよびテストでの評価結果を図3に示す。

図2の写真では、ベース飼料区は黄色の色付きが薄いですが、色素K, T区で橙色を呈し、シュードコリスチス抽出残渣を混合したデンソー区はさらに色濃い結果となった。図3でも目視結果、テスト評価ともにデンソー区がもっとも高い値を示した。別途茹で卵の実験結果でも、デンソー区がもっとも高い彩度（赤）値を示し、高温にも耐性があることが判明した。このように、シュードコリスチス抽出残渣を混合することによって鶏卵の黄身の色を濃くする効果が認められた。移行した色素成分について調査したところ、ルテイン、ゼアキサントフェンが主体であることが分かった。

養殖用飼料

水産餌飼料のために微細藻類を利用することは、古くから行われ、微細藻類そのものを餌料に用いるばかりでなく、配合飼料に混合して使用することも行われている。今回は、オイルを蓄積したシュードコリスチスのオイル成分を抽出した後の残渣物を有効利用できないか見極めるために稚ナマコと稚アユへ給餌し試験を行った。その結果⁶⁾について紹介する。

稚ナマコへの活用：増重量について 平均体重0.1-0.2 gの稚ナマコに、シュードコリスチスの抽出残渣、市販の配合飼料および珪藻粉末をそれぞれ給餌した。増重率の結果を図4に示す。2か月間の給餌試験の結果、稚ナマコはシュードコリスチスの抽出残渣を摂餌するばかりでなく、市販の配合飼料区の3倍程度成長が優れていることが分かった。現在、シュードコリスチスの抽出残渣を分画し、高成長の要因物質の探索を行っている。

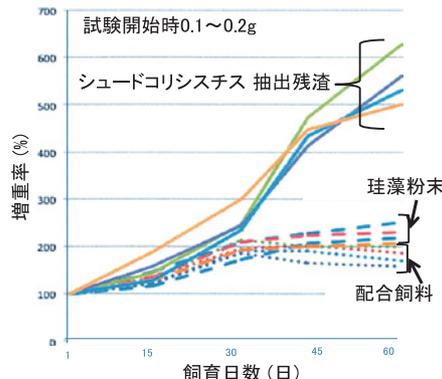


図4. 稚ナマコの増重率の結果



図5. 試験後のアユ表皮

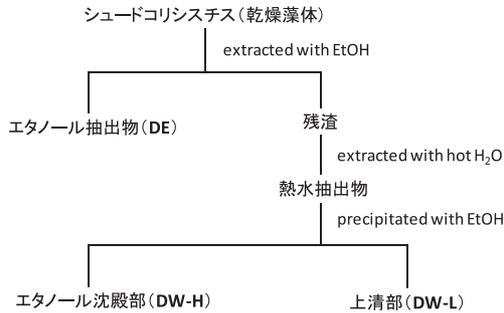


図6. サンプルの調製

表1. 試験後のアユ表皮の色揚げ結果

	カラーリーダー		
	明度 (白)	彩度 (赤)	彩度 (黄)
魚油区	57.49	+4.31	+9.05
魚油 + 残渣区	63.51	+5.52	+14.18
残渣区	63.42	+5.92	+15.24

稚アユへの活用：表皮の色揚げについて 平均サイズ11 gの稚アユに、魚油の全量をシュードコリスチス色素入り抽出残渣で置き換えた配合飼料（残渣区）、魚油の一部を色素入り抽出残渣で置き換えた配合飼料（魚油+残渣区）、および魚油を添加した配合飼料（魚油区）をそれぞれ給餌した。試験後のアユ表皮写真を図5に、アユ表皮の色揚げ結果を表1に示す。50日間の給餌試験の結果、残渣区がもっとも色揚げ効果が認められ、明度、彩度ともに優れていた。次いで魚油+残渣区、魚油区の順であった。これら色揚げの結果は、飼料に含まれるキサントフィル類の含量と相関がみられた。

以上、シュードコリスチスのオイル抽出した残渣には、ナマコの増殖を促進させる効果と、キサントフィル色素による鶏卵やアユの色揚げ効果があることが確認でき、バイオ燃料とともに藻類すべてを有効に活用できる可能性を示すことができた。

今回は抽出残渣を利用した飼料試験の紹介であったが、抽出する前や油脂成分を蓄積する前のシュードコリスチスの活用も検討中であり、生物飼料として、あるいは配合飼料原料として、他種への用途でも現在開発中である。

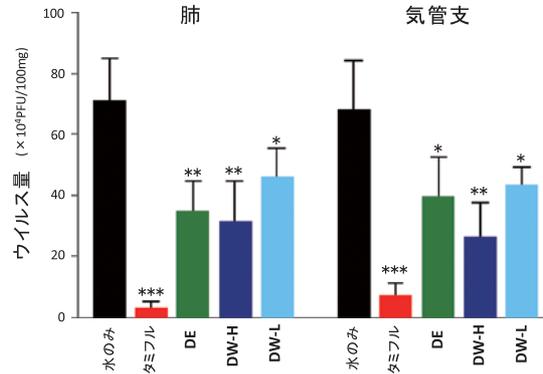


図7. IFV 感染マウスのウイルス量（感染3日後）

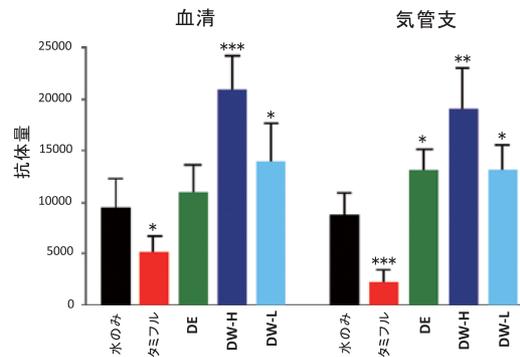


図8. IFV 感染マウスの抗体量（感染14日後）

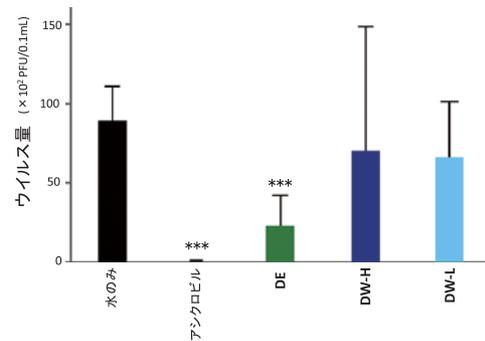


図9. HSV-2 感染マウスのウイルス量（感染3日後）

抗ウイルス剤

現代社会の高齢化や医療技術の高度化に伴い、ウイルス感染症の罹患率の上昇などが大きな問題となっている。特に、A型インフルエンザウイルス（IFV）は抗原変異を繰り返して流行し、毎年社会的脅威の的となっている。また、免疫抑制状態を起爆とするヘルペスウイルス感染症の回帰発症がHIV感染拡大因子としても注目されている。そこで今回、シュードコリスチスを題材に、これらウイルス感染症の抑制に寄与するかどうかを、動物感染実験によって評価した⁷⁾。

ウイルス感染：IFVへの治療効果 サンプルの調製を図6に示す。シュードコリスチスの乾燥藻体からエタノール抽出物 (DE), エタノール沈殿物 (DW-H), および上清部 (DW-L) を得た。

マウス (♀, 6週齢) にインフルエンザウイルスを経鼻摂取 (ウイルス感染) する7日前から感染7日後まで, DEまたはDWを経口投与した。感染3日後の肺および気道中のウイルス量および感染14日後のウイルス抗体量を測定した。ウイルス量を図7に, 抗体量を図8に示す。図7より, DE, DW-H, DW-Lはいずれも対象区 (蒸留水投与区) に比べ, 肺および気道でのウイルス産生量は有意に低下することが判明した。また, 図8より14日後の血清と気道中の中和抗体量はオセルタミフル投与区ではきわめて低下しているのに対し, DE, DW投与区では増加していることが分かった。特にDW-Hの投与がウイルス量を抑制させ, 抗体量を上昇させることが明らかとなった。

ウイルス感染：HSV-2への治療効果 マウス (♀, 5週齢) の局所に単純ヘルペスウイルス2型 (HSV-2) を接種し (感染), 感染1時間前から感染7日後までDEまたはDWを局所投与し, 感染3日後のウイルス量を測定した (図9)。その結果, DEは発症の程度を抑制し, 感染3日後のウイルス産生量を有意に低下させていることが分かった。一方, DW-H, DW-Lの局所投与群では, DWには顕著な発症・ウイルス産生の抑制が見られなかった。

以上の結果から, シュードコリスチスのエタノール抽出物 (DE) および熱水抽出物 (DW) には, IFV感染症に対する有用性が認められ, さらにDEにはかなり強力なHSV-2感染症抑制効果が認められた。

今後は, エタノール抽出物中の活性成分を特定し, そ

の作用特性を解明する予定である。

おわりに

藻類の燃料以外の活用の研究開発状況を述べた。迫りくる地球規模の課題は, 地球温暖化やエネルギー供給だけでなく, 途上国での人口爆発と先進国での超高齢化社会という前例のない社会変化が進行していくことである。このような中で, 人々の健康と幸福をどのように維持していくのか? ここでは, 食糧危機や抗老化への対応が大きなテーマとなってくる。微細藻類はこれらすべてを解決できる可能性を秘めた夢のような素材である。筆者らは, 将来の社会問題・環境問題の解決に大いに寄与する微細藻類の用途開発に期待をしている。

謝 辞

本研究は, 農林水産省の委託研究「農山漁村におけるバイオ燃料等生産基地創造のための技術開発/微細藻類を利用した石油代替燃料等の製造技術の開発」の一環として実施しており, ここに感謝の意を表します。また, 資料を提供いただいた中部飼料株式会社殿をはじめ, 研究への協力・支援を頂いた関係者各位に深謝いたします。

文 献

- 1) 福田裕章ら: デンソーテクニカルレビュー, **19**, 165 (2014).
- 2) 渥美欣也: 生産と技術, **68**, 41 (2016).
- 3) Khunathai K. *et al.*: *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, **87**, 393 (2012).
- 4) 唐澤 豊: 動物の栄養, p. 243, 文英堂出版 (2001).
- 5) 中部飼料: 色素添加物の比較 (デンソー共同研究成果), p. 1 (2011).
- 6) 笠井宏朗ら: 平成26年度日本水産学会春季大会, p. 311 (2015).
- 7) 林 京子ら: 日本薬学会第134年会, 29amS-055 (2014).