

東京農業大学

「食と農」の博物館 展示案内 No. 75

特別展 「微細藻類の輝かしき未来」

— 健康・環境・エネルギー源としての可能性に迫る —

Microalgae



会期：2017年4月26日（水）～8月6日（日）

ごあいさつ

特別展「びさいそうい微細藻類の輝かしき未来」の開催にあたって

藻類は、光合成によって酸素を発生する葉緑体をもつ生物です。藻類にはコンブやワカメなどの大型のものと単細胞の微細藻類があります。微細藻類は約37億年前、地球の海洋に出現した最初の生物の1つで、その後地球上には多くの動植物が出現、大半が繁栄と進化、絶滅を繰り返して現在に至っています。

我々人類の長い歴史において、動物や植物の利活用に関するたくさんの研究が推進されてきました。しかしながら、この地球が生まれた頃から海洋や陸上に生息してきた微細藻類については、有効利用どころか種の識別も完全になされたわけではありません。既に知られるようになった微細藻類でも、その利用範囲は限られています。近年、研究機器や分析手法が発展したことにより、微細藻類には未だ知られざる多くの可能性が秘められていることがわかってきました。

現在、微細藻類は、石油に代わるエネルギー資源として注目されるだけでなく、医薬品や化粧品、機能性食品として、医療・美容・健康の分野でその活用が期待されています。さらに、土壌改良、塩害対策、河川や海洋への赤土の流出防止、法面緑化などの農業・環境分野、また魚類の養殖や家畜の繁殖、生産における飼料、病気や感染症の対策を目的とした生産技術への応用においても幅広い利用方法が研究開発されているのです。

本展では、微細藻類のミクロの世界を体感していただき、藻類の進化と多様性、採取と培養、微細藻類の可能性（有用な微細藻類の探究、世界で使用される代表的な種であるココロミクサの研究と応用、オーランチオキトリウムの研究と応用）、微細藻類の応用製品として健康食品分野、環境分野、エネルギー分野の関連商品なども紹介いたします。また、東京農業大学の微細藻類に関する先端研究や応用研究なども展示することで微細藻類の世界をわかりやすく発信することを目指します。

展示期間中には、ドナリエラ研究開発の中核機関であるイスラエル国立ワイツマン科学研究所のダニエル・ザイフマン所長、国際応用藻類学会上級理事のアミー・ベンアモツ教授に来学いただき特別講演会を実施します。また、微細藻類を活用した料理教室やミニ講演会なども計画しました。

現代社会における生活の質、豊かな環境に貢献する「微細藻類の輝かしき未来」について、触れてみる機会となれば幸いです。

ここに、本展を開催するにあたってご協力・ご支援いただいた皆様をはじめ、ご観覧いただいた皆様に心からご挨拶とお礼を申し上げます。

東京農業大学「食と農」の博物館 館長
江口 文陽

ごあいさつ

特別展「微細藻類の輝かしき未来」の開催にあたって

今日、私たち人類は、併存する飢餓と飽食、地球温暖化、エネルギー資源の枯渇等、様々な課題を抱えています。とりわけ、私たちの最も身近な食を取り巻く課題は、個人レベルのみならず、地域、日本、世界レベルに至るまで問題が山積しています。

昨年度、「食と農」の博物館では、写真展「しあわせのものさし—持続可能な地球環境を求めて—」を開催しました。写真展では、世界の様々な国の人々の暮らし方や食生活を対比することで、私たち自身の暮らしの有り様を見直す機会にめぐまれました。

写真展の最後には昆虫食が紹介され、めまぐるしく変化する地球環境の中で、「私たちの食の未来はどうなるのか」という問いかけで、締め括られていました。

今回の特別展「微細藻類の輝かしき未来—健康・環境・エネルギー資源としての可能性に迫る—」は、その問いかけに対する1つの回答ともいべきもので、私たちの食の未来への可能性を大いに示す展示となっています。

微細藻類は、藻類の中でもごく小さなもので、主として水中に生息し、光合成を行って生きており、多糖体や脂肪酸等の栄養成分を有しています。生産性が高く、従来の食用農産物の生産・流通システムと競合しない微細藻類は、その特性を食品、医薬品、化粧品、バイオマス資源等、幅広い分野へ応用することが期待されています。

本展示では、こうした微細藻類が持つ様々な用途並びに大いなる可能性を皆様にご紹介いたします。東京農業大学が目指す生命、食料、環境、健康、エネルギー、地域再生等、緑と生命を科学する大学としても、是非この機会に「微細藻類の輝かしき未来」をご覧ください。ただければ幸甚に存じます。

最後に、本展示に多大なるご協力を賜りました株式会社日健総本社様をはじめ、ご関係の皆様がこの場をお借りして厚く御礼申し上げます。

東京農業大学「食と農」の博物館 副館長
特別展実行委員長
上岡 美保

“Brilliant Future of Microalgae”

I would like to sincerely congratulate the Nikken Sohonsha Corporation on its Exhibition on the “Brilliant Future of Microalgae” at the “Food and Agriculture” Museum of the Tokyo University of Agriculture.

The Weizmann Institute of Science in Rehovot, Israel, is one of the world’s top-ranking multidisciplinary research institutions. Noted for its wide-ranging exploration of the natural and exact sciences, the Institute is home to 2,700 scientists, students, technicians, and supporting staff. Institute research efforts include searching for new ways of fighting disease and hunger, examining leading questions in mathematics and computer science, probing the physics of matter and the universe, creating novel materials and developing new strategies for protecting the environment.

The successful development by Nikken Sohonsha Corporation of the *Dunaliella* project, aimed at producing quantities of beta-carotene, a precursor of Vitamin A that has also been shown to have other health benefits, has proven to be one of our most exceptional and distinctive collaboration projects. This joint endeavor continues to be a source of pride and satisfaction, as well as an excellent example of scientific advancement and international cooperation.

The *Dunaliella* project was initiated at the Weizmann Institute of Science 33 years ago by the late Professor Mordechai Avron. Working in our Department of Biochemistry, Prof. Avron and his team discovered the *Dunaliella* alga, identified its unique properties, and cultivated it in ponds. It was, however, Founder Yoshiho Tanaka, the late President of Nikken Sohonsha Corporation, who turned this humble alga into a product that can enhance human health and well-being. President Tanaka’s vision and exceptional business skills fueled a basic scientific discovery and turned it into a successful product that today helps people all over the world. As a result, the Weizmann Institute of Science and Nikken Sohonsha Corporation have become true partners, acting together to achieve their common goal of bettering humankind. This most fruitful collaboration continues until today, and I am confident that this strong connection will continue to flourish in years to come.

With the assistance of the new Nikken Conference Fund for international conferences the Weizmann Institute of Science is able to encourage world-class scientists from Japan to become acquainted with the Weizmann Institute of Science. Furthermore, this Conference Fund will promote scientific interactions and collaborations between Japanese scientists and Weizmann Institute researchers.

It is our hope that academic interchanges with the Tokyo University of Agriculture will be initiated through this Exhibition at the “Food and Agriculture” Museum of the Tokyo University of Agriculture.

I wish the Nikken Sohonsha Corporation the greatest success at the “Global Contribution by *Dunaliella bardawil*” Exhibition.



Prof. Daniel Zajfman
President
Weizmann Institute of Science
Rehovot, Israel



「微細藻類の輝かしき未来」展に寄せて

東京農業大学「食と農」の博物館で開催されます「微細藻類の輝かしき未来」に関する展示を心よりお祝い申し上げます。

イスラエル・レホボトに在るワイツマン科学研究所は、世界トップクラスの学際的研究機関の1つです。幅広い自然科学及び精密科学を研究するための科学者、学生、技術者、支援スタッフは2,700名に及びます。当研究所では病気や飢餓と戦う新しい方法の研究、数学やコンピューター科学における主要な疑問の検証、物質や宇宙物理の証明、斬新な素材の創造、環境保護のための新戦略の開発などが行われています。

ビタミンAの前駆体であり、多くの健康効果を持つことが示されているβ-カロチンを大量に生産することを目的とした日健総本社のドナリエラプロジェクトが成功したことは、私共の最も優れた特色ある共同プロジェクトの1つであることの証明といえるものです。この協力事業は誇りと満足の源であり、科学の進歩と国際協力の素晴らしい一例でもあります。

ドナリエラプロジェクトは故モルデハイ・アブロン教授によって、33年前に当研究所で始まりました。ドナリエラを発見、そのユニークな特性を明らかにし、プールで培養を始めたのがアブロン教授の生化学部門のチームでした。しかしながら、この小さなアルジェ（藻類）を人間の健康と幸福を向上させることのできる商品へと変えたのは日健総本社の創始者である田中美穂社長でした。田中社長の先見の明と特別な事業手腕によって、基礎科学の発見が後押しされ、今日では世界中の人々を助ける素晴らしい商品へと変わりました。その結果、当研究所と日健総本社は真のパートナーとして、人類の生活をより良くするという共通の目標を達成するために共に活動しています。この最も実りある協力関係は今日まで続いており、この強固な関係が今後も継続して発展していくことを私は確信しています。

当研究所は、国際会議のための新たな「日健学術会議」の基金によって、当研究所を深く理解していただくために日本から優秀な科学者をお招きすることができるようになりました。この学術基金は日本の科学者と私共の研究者との間の科学的な相互作用や協力関係を促進することでしょう。

この東京農業大学「食と農」の博物館での展示を介して東京農業大学との学術交流の場が広がることを願っています。

「ドナリエラバーダウィルによる世界貢献」に関する展示が大成功することをお祈り致します。

イスラエル国立ワイツマン科学研究所 所長
教授
ダニエル・ザイフマン

“Global Contribution

by *Dunaliella bardawil*”

It is a great pleasure to have the Exhibition on Microalgae opened to the public at the “Food and Agriculture” Museum in Tokyo University of Agriculture. I have been leading the research on the microalga, *Dunaliella bardawil* a salt tolerant unicellular alga at the Weizmann Institute of Science since 1969, originally under my academic studies and later as a partner and the Leader of the *Dunaliella bardawil* Research Group. I researched the algal function as “Food” and established its cultivation technology as “Agriculture”, so this microalgae exhibition at the “Food and Agriculture” Museum in Tokyo University of Agriculture is exactly same as my pursuit.

Dunaliella bardawil research was started at the Weizmann Institute of Science in collaboration under supervision by the late Prof. Mordechai Avron, who was the Vice President of the institute. The research continued in collaboration with many students and scientists studying various aspects of *Dunaliella bardawil*. Later the *Dunaliella bardawil* basic studies were expanded to applied nutrition and medicine at the leading medical centers in Israel in attempt to identify the algal curing power on human by the algal beta-carotene and by other ingredients. From those many studies and reports, I, myself, am convinced that *Dunaliella bardawilis* one of the raw materials that can contribute all over the world.

One of the key algal potentials is “Irradiation Protection Method.” There was an era that promoted construction of nuclear power plants in the world. However, it is a fact that several nuclear accidents happened one after another, such as Chernobyl accident and Fukushima accident by East Japan, Great Earthquake in Japan. On the curing side, Israel invited 1,001 children irradiated by Chernobyl accident to the National Hadassah Jerusalem Hospital and a clinical study was conducted, using *Dunaliella bardawil*. In the clinical study, the children, who were administered *Dunaliella bardawil*, have never developed irradiation negative side effects like thyroid disorder, cancer or dry eye and left the Hospital in good health. By this fact, we were granted patent rights as Irradiation Protection Method by *Dunaliella* in 5 countries. In addition, it was reported that *Dunaliella bardawil* was effective against Retinitis Pigmentosa (RP), which is designated as one of intractable eye diseases in Japan. Prof. Belkin of Tel-Hashomer Sheba Medical Center in Israel published RP improvement effect by *Dunaliella bardawil*. Later, Nagoya City University, Juntendo University and Chiba University conducted similar clinical study in Japan, and published visual field improvement effect, etc. These results are proved as patent right one by one in the world.

Over the last two years, the European Commission is supporting, funding and leading a new multinational large scale research activity, the D-Factory project dedicated to *Dunaliella*.

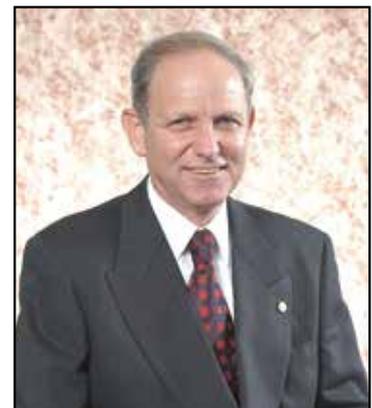
Although *Dunaliella bardawilis* an old raw material that was discovered more than 30 years ago, it is this *Dunaliella bardawil* that is still being researched newly and continuously.

When I was a young scientist, the late Founder President Yoshiho Tanaka of Nikken Sohonsa Corporation gave me his words, “Microalgae have unlimited possibilities.” I can realize such his words through this Microalgae Exhibition at “Food and Agriculture” Museum in Tokyo University of Agriculture.

I hope that numerous of people around the world will be aware of wonderfulness of microalgae, inspired by this Microalgae Exhibition at “Food and Agriculture” Museum.



Prof. Ami Ben-Amotz
Executive Director
International Society of Applied Phycology



「ドナリエラバーダウィルによる世界貢献」

東京農業大学「食と農」の博物館において微細藻類に関する展示が一般公開されることを大変嬉しく思います。ワイツマン科学研究所において1969年以来、耐塩性単細胞微細藻類ドナリエラバーダウィルの研究を行って来た私は、その後ドナリエラバーダウィル研究グループのリーダーとして、またパートナーとして研究を主導してまいりました。長い間「食」としての藻類の機能性研究や、「農」としての培養技術の確立に努めてきた私にとって、今回の東京農業大学「食と農」の博物館での微細藻類の展示は、正に私が追求してきたことを明らかにするものであります。

ワイツマン科学研究所副所長を務められた故モルデハイ・アブロン教授の監修のもとドナリエラの研究は始まりました。この研究はドナリエラバーダウィルの様々な分野を研究する多くの研究者、学生との協力のもと継続されてきました。後にドナリエラバーダウィルの基礎研究は β -カロチンやその他の成分によるヒトの治癒効果を明らかにし、イスラエルの主要な医療機関において栄養・医療応用が拡大されました。それら多くの研究と報告から、私自身ドナリエラバーダウィルは世界貢献できる素材であると確信しています。

その1つの可能性は「放射線防御作用」であります。世界各国で原発建設が推し進められてきた時代があります。しかし近年、チェルノブイリ原発事故、日本でも東日本大震災の影響による福島原発事故をはじめ、原発事故が相次いでいることも事実です。治療面においてイスラエルでは、チェルノブイリ原発事故で被爆した子供達1,001名を国立ハダサ病院に招き、ドナリエラバーダウィル投与臨床試験が行われました。その試験ではドナリエラバーダウィルを投与された子供達はみな甲状腺障害、癌、ドライアイ等の被爆副作用を発症せず、元気に退院していきました。この事実によってドナリエラによる放射線防御作用が認められ、世界5か国で特許が取得されるにいたりました。

さらに日本で難病に指定されている網膜色素変性症に対しても、ドナリエラが有効であることがわかったのです。イスラエルのテルハシヨメルシバ病院のベルキン教授によって、ドナリエラバーダウィルによる網膜色素変性症改善作用が発表されたことに続いて、日本でも名古屋市立大学、順天堂大学、千葉大学で同様の臨床研究が行われ視野の改善などの症例が発表されたところです。これらの成果は世界各国で順次特許という形で証明されています。

過去2年間、EC（欧州委員会）の研究基金がドナリエラに投入され、「D-ファクトリー」というプロジェクトが新しい国際的な大規模研究活動として展開されています。30年以上前に発見された古い素材かもしれませんが、現在でも新たな研究が絶えることなく続けられているのが、このドナリエラバーダウィルなのです。

私が若い研究者であったころ、日健総本社の創始者・故田中美穂社長からいただいた「微細藻類には無限の可能性がある」という言葉を、この東京農業大学「食と農」の博物館での微細藻類の展示企画を通して改めて実感しております。

この「食と農」の博物館での微細藻類の展示をきっかけに、多くの方々に微細藻類の素晴らしさを知っていただけることを願っております。

国際応用藻類学会
上級理事
アミー・ベン=アモツ

「微細藻類」の雄大な可能性に向けて

東京農業大学「食と農」の博物館で「微細藻類の輝かしき未来」に関する展示が行われること、心よりお祝い申し上げます。

私は、建設コンサルタント企業に勤務しておりますが、主たる仕事は国内外の社会インフラ整備に関するものです。社会インフラとは具体的に、ダムや河川、道路、橋梁、上下水道、鉄道、農業、電力等のことで、その調査、計画、設計、維持管理、付随して環境やICT、マネジメント技術等によるサービスを提供しています。これらは主に行政機関から委託を受けて仕事をしております。昨年で創業70周年を迎え、国内に9支店、海外には35の現地拠点があり、これまで約160カ国で、仕事をしてまいりました。

そんな私たちの会社が微細藻類と関わりをもっていることを少し不思議に思われるかもしれませんが、私のいわゆる微細藻類との関わりは今から約20年前、沖縄における赤土砂対策の研究をしていたころにさかのぼります。当時から沖縄ではパイナップル畑等から降雨により流出する微細土砂が海域を汚染し、サンゴ等の自然を破壊していることが大きな問題でした。国や県が様々な取り組みを開始している中で、国の研究機関が土砂流出のメカニズムを研究することになり、私たちが現場のモニタリングや、土壌の物理特性の試験、その対策についてお手伝いすることになりました。しばらくすると、耕起直後の畑は土壌表面を覆うものが何もなく、雨が直接当たって土壌を侵食しているのに対し、数年経過した畑では微細藻類が繁茂し、土壌表面を覆い隠す形（BSC：Biological Soil Crust）で土壌を保護していることがわかりました。その微細藻類は何だろうかということで、当時広島工大の教授であられた中野武登先生のご指導を仰ぎ、この微細藻類を早期に繁茂させられたら、赤土の土壌侵食防止に繋がるのではないかとということに気づきました。その後中野先生より、微細藻類で事業をされている日健総本社様をご紹介頂き、協働でこの赤土対策に繋がる製品開発に着手しています。

微細藻類を活用した製品の特徴は、ほぼ世界中どこにでもある藻類を使えば、外来種の問題を防げること、対策工として比較的安価に提供できることにあります。営農分野における土壌流亡対策としても、この微細藻類を用いた製品は有効な選択肢となりうるでしょう。最近では災害による崩壊地や道路法面の緑化促進にも効果が認められており、この微細藻類を活用した土木建築資材としての活用の可能性も大きく広がっております。

もともと赤土対策から始まった取り組みが、微細藻類へとつながり、この微細藻類が営農上の課題に寄与するばかりか、固いハードでコストのかかる構造物でなく、自然にやさしく安価な土木資材としても有効な可能性を示すことができ大変うれしく思っております。こうしたこれまで考えられていなかった分野への広がり、微細藻類そのものが持つ雄大な可能性へと繋がっております。最後に、本展示が成功裡に開催されることを期待しています。

日本工営株式会社 中央研究所 所長
小野寺 勝

地球上の小さな生命体「微細藻類」

私達の身近に存在しながら、殆ど認識されずに生きている「微細藻類」が、東京農業大学「食と農」の博物館で公開展示されることになりました。50数年間にわたり微細藻類の研究に携わってきた私にとりまして大変嬉しい次第です。

約46億年前に誕生した地球では、約35億年前に原始海洋中で酸素発生型光合成生物が誕生しました。この生物は、現在の微細藻類の1グループであるラン藻類（シアノバクテリア）の祖先でした。

この微細藻類は、その後、地球上で起きる過酷な環境条件を乗り越えて、現存する種々の微細藻類へと進化してきました。

微細藻類を、私達の肉眼で確認することは困難です。人類が、微細藻類なるものの実体を目の当たりにしたのは、顕微鏡が発明された以後のことです。現在、世界で確認されている微細藻類は、諸説ありますが、一般的には2万～3万種とされています。しかし、未だ発見されていない種は40万種以上と推定されます。

未知なる微細藻類が著しく多数存在すると推定される一因は、世界的に微細藻類の分類学者が非常に少ないことです。私が研究を開始した頃と比較しても、基礎分野である微細藻類の分類学者は、じり貧状態です。

過酷な環境下に適応、進化してきた微細藻類は、自ら生き延びる術を身に付けてきました。それぞれの種は、種特有の特性を有しています。例えば、生育環境に適応するための乾燥耐性、低温耐性、高温耐性、あるいは特殊タンパク質、特殊多糖体、特殊色素や油分の蓄積等々です。地球上に生育している微細藻類の種と、その生態的特性（生き様）を明らかにすることで、彼らの有用性が初めて解明されます。

近年、微細藻類は、様々な分野（医薬品、エネルギー源、地球温暖化防止、汚水処理等々）で活発に研究が進められています。私は、基礎分野と応用分野の綿密な連携プレイが「微細藻類の輝かしき未来」の扉を更に大きく押し開く礎になると考えます。

今回の展示で、来館される皆様が小さな生命体「微細藻類」の素晴らしさを理解して下さることを心から期待しております。

元広島工業大学環境学部 教授
理学博士（広島大学）
専門分野：微細藻類、分類学・生態学
中野 武登

夢広がる微細藻類の世界

1. はじめに

人間が生きていく上で天然物^{てんねんぶつ}が果たすべき役割は大きい。ヒトは何故病気に罹るのか？ 遺伝的要因、運動不足、ストレス、食品（摂り方、内容）など様々な要因が病気の原因となる。「未病治療」という言葉がある。個人が持つ遺伝的要素から判断して、摂取する食品を工夫することなどで病気の発症を遅延させたり、抑えるという考えである。まさに医食同源である。

現代の西洋医学の観点では、薬は病気の治療に欠かせない存在であるが、病気を患ってから処方されるものであり、食品のように病気がかんにかわらず毎日摂取するものではない。しかも副作用の問題も軽視できない。つまり日常の食品の果たす役割は大きいということである。

株式会社日健総本社は、東京農業大学と共同研究を開始する以前から、クロレラの商品化を目指した研究を推進しており、1975年の創業以来、天然物にこだわり、研究を重ね、機能性食品の開発をおこなってきた。天然物の中でも微細藻類（目に見えない小さな藻）に注目し、科学的な根拠に基づいた機能性食品開発を実践してきた。

クロレラは、1890年にオランダの微生物学者バイリンクにより発見、命名された。クロレラは、タンパク質を約50%、ビタミン類、ミネラル類も豊富に含有していることから、バランスのとれた栄養剤として世界各国で培養研究が進められてきた。その後、培養研究も進み、製品化が活発化する中、(株)日健総本社は硬い細胞壁を有するクロレラでは摂取しても本来のクロレラの機能を発揮出来ないことから、細胞壁を破碎して有効成分の抽出を試みた。そして有効成分（多糖体：β-グルカン）の抽出に成功し製品化に至っている。さらに東京農業大学林産化学研究室と共同で、東洋の医学や陰陽の考えに基づき、陽の素材である微細藻類の作用を高めるためには陰の素材である「きのこ」との組み合わせが最適であることをつきとめて製品化をおこなっている。陰陽の組み合わせ、融合の考え方は、現在の製品開発においてもそのままに引き継がれている。

本稿では、東京農業大学と(株)日健総本社が取り組んできた研究成果を中心に、「夢広がる微細藻類研究の世界」について紹介したい。



写真1 微細藻類の乾燥した粉末は種によって色とりどりである

2. 微細藻類の力を活かした新しい畜産経営

私たちの生活に欠かせない食品の代表として畜産物がある。我が国では新しい畜産育種技術を開発し、有用な飼育動物が品種改良によって多く作出されている。家畜の作出において優良なものとは、病気に強く多産系であることや、良質な肉質、栄養価の高い鶏卵などを産み出すもののことである。それ

らを実現するには、系統選抜ののちに、どのような飼育環境でどのような飼料や機能性素材を摂食させるかがカギとなるだろう。

例えば人間であるならば、主菜や副菜からなる3度の食事と共に日常生活の中でサプリメントなどを摂食し、健康増進を図ることを考えるだろう。サプリメントには化学合成的に製造したものもあるが、やはり多くの人々は天然物に注目する。自然界に産するものを私たちの先人が賢く利用してきた歴史があり、天然物には新しい化合物にはない食経験による安全性が担保されているからだ。

次項ではヒトのみならず、畜産動物に対して免疫賦活や抗ウイルス効果が確認された有用な機能性素材を紹介する。

3. コッコミクサを活用した畜産経営

コッコミクサ (*Coccomyxa gloeobotrydiformis*) は、北極圏のアラスカ・バロー岬より採取した石の付着物から単離され、微細藻類分類学者の中野武登博士が同定した淡水性単細胞緑藻である。緑色植物門、緑藻綱、コッコミクサ科に属することから、分類学的にはクロレラに近いがその栄養成分組成は大きく異なる。クロレラと比較するとタンパク質は少なく、炭水化物が約3倍と多いことが特徴である。炭水化物を構成する中性多糖体は、ラムノース、グルコース、マンノース、ガラクトース、リボース、アラビノース、フコース、キシロースなどであり、これらの多糖類を細胞壁外に放出することも確認されている。

多糖類を細胞壁外に放出し、強固な細胞壁を保持しないのは、北極圏という極寒の地で増殖するための細胞保護（凍結による細胞壁破壊の防止）作用と考えられる。その構造的特徴から、クロレラのように細胞壁を破碎して抽出処理せずに摂食しても消化率が80%以上と高く、食材や飼料としての汎用性が広いのである。

現在、微細藻類「コッコミクサ」は、日本で生産される天然微細藻類として各方面から注目を集めている。厳しい環境を生き抜くコッコミクサならではの成分が、家畜の成長を促進し健康を保ち、強い抗酸化作用によりストレスに負けにくい家畜の育成に役立つものと考えられる。

4. コッコミクサの安全性

コッコミクサの分離株を保有する(株)日健総本社ではその大量培養に成功し、品質の安定した有用な天然物食品素材として安定的に供給できる体制を確立した。培養後の乾燥物はパウダー状であり、あらゆる分野の食材として活用されている。食品原材料として重要な安全性は、変異原性試験、急性毒性試験、亜慢性毒性試験、慢性毒性試験、繁殖毒性試験などで確認されている。さらに、大量培養によって製造されるコッコミクサは、重金属等の健康危害物質を生体濃縮しない。培養は衛生を第一に考慮した自然環境下で行われ、農薬や抗生物質を一切使用しない生産方法がとられている。

5. ストレス低減による家畜の病障害対策

近年、養鶏(写真2)や養豚などの施設は集約化され、コンクリート舎内での飼養が一般的となっている。家畜の成長においてこのような生育環境の中で受ける多くのストレスは、体力や生命力、免疫力などを大きく低下させる。養豚では、発育に必要な鉄などの微量元素の摂食が低下して、貧血状態から鉄なめ行動が見られたり、他の個体への過度な接触に至り、ストレスが高まり免疫機能が低下して発育の抑制や出産個体数の減少などが散見される。また、養鶏におけるストレスからは産卵率、卵殻質、卵重、卵黄色の低下、産卵ピークに到達するまでの大幅な遅れなどが発現するばかりか、ウイルス感染（ニューカッスル病、鶏伝染性気管支炎、鶏脳脊髄炎など）、細菌感染（マイコプラズマ感染症など）、寄生虫（トリサシダニ、鶏回虫など）による突発的な大量死が発生することもある。

こうした養豚や養鶏における畜体のストレス対策として、海藻などの飼料添加によってストレス改善が見られるという成果が報告されている。



写真2 養鶏の様子

コッコミクサの多糖体は、家畜のストレスから生体の持つ本来の代謝メカニズムを守ることもわかっている。すなわち、環境の変化や肉体的、精神的ストレスなどによって発生する活性酸素は、ストレスを受ける事で急激に生体内に増加し、その後穏やかに減少していくが、コッコミクサに含まれる多糖類の摂取は、急激な活性酸素の発生を抑え、家畜のからだそのものをストレスから保護し、健康な飼養を可能なものにするのだ。

また、抗酸化能力も備わっており、その効果は摂取量を増すごとに強くなることが示されている。家畜の種類、飼養管理状況によって添加量を調整することが必要であるが、飼料添加によって畜産現場で見られる多くの問題を解決する結果が確認されている。

6. 生体内での血流改善と免疫賦活

飼養環境によって、畜体の血流低下が要因となり免疫機能が低下することがある。コッコミクサの血小板凝集抑制効果について異なる誘発剤を用いて解析したところ、いずれも75~86%と高い抑制率を確認した。また、血管内皮の破壊から血小板濃染顆粒^{のうせんかりゅう}を経て産生される内因性に関与する誘発剤でも高い抑制が確認された。このことからコッコミクサは、血小板凝集抑制の活性を有する素材であり、血管活性化、好中球活性化など、血管内皮系疾患や免疫系への改善に効果を示すことがわかった。

細菌やウイルスなどの抗原が畜体へ侵入すると、免疫力の衰えた家畜であれば、感染しやすくなる可能性が大きい。しかし、日頃からコッコミクサを摂食して免疫力を高めておけば、自己防衛能力を高めることで自然に感染を阻止することが可能になる。

コッコミクサに含まれる多糖体は、ウイルスや細菌に関与する受容体（TLR）に働きかけ、自然免疫を効率よく働かせる。ウイルスに対して免疫を働かせるTLR3、4、細菌に対して免疫を働かせるTLR2、4は、コッコミクサによって活性化されることが明らかになった。この受容体の活性化は、体内の自然免疫の代表でもあるマクロファージも活性化させる。また、東京農業大学、中国農業大学、(株)日健総本社の三者共同研究により、IL-6の産生を活性化させ、IF- α にも働きかけることで自然免疫を助ける働きを持っていることも確認された。これは、ワクチンの働きを邪魔することなく自然免疫を活性化させるものとして高く評価される。

ヒトは感染症の予防をするためにワクチン接種をする。家畜の飼養においても、ある病気の感染を予防するための抵抗力をつけることは重要なことである。しかしながらストレスや免疫低下によって体力が落ちた畜体が飼養されれば、ワクチンによる許容を超えて感染症の罹患は起きるのだ。ワクチンの効果を活かしたまま、畜体のストレス軽減と免疫賦活が可能となれば感染症に罹患することはないは

ずである。そのストレス低減と免疫賦活による畜体の健康増進に寄与する天然物こそが微細藻類「ココミクサ」なのだ。

安定した生産、豊かな食卓、海外への畜産物の輸出を睨んだ「勝つための畜産経営」の方法が機能性の高いココミクサを活用することではないだろうか。

7. 微細藻類を利用した機能性食品開発

(株)日健総本社は、クロレラピレノイドーサから独自の技術で多糖体 (N・β-1,3グルカン) および酸性多糖体と中性多糖体を抽出している。これらの抽出物を原材料として「クロスタニンゴールド複合多糖類」をはじめとする数多くの製品が開発されている。イスラエルの死海 (写真3) から発見採取された微細藻類「ドナリエラバーダウィル」は、豊富な天然カロチノイドを含んでいる。この微細藻類を用いた研究は、イスラエル国立ワイツマン科学研究所の研究グループと(株)日健総本社などの連携により基礎研究が開始され、今ではイスラエル国立ハダサ病院、イスラエル国立テルハショメル・シバ病院や日本国内の大学病院などで医薬品開発研究が実施されている。それらの成果をもとに2007年8月15日にドナリエラパウダーはアメリカ合衆国食品医薬品局 (FDA) に承認・登録され、健康に関連する製品の安全性と品質が評価されている。

東京農業大学林産化学研究室と共同開発したドリンク「健康100歳」やサプリメント「一生健康」は、微細藻類の「陽」ときのこの「陰」を融合した製品である。これらの製品開発においては、原材料の評価、処方評価、栄養成分評価および機能性評価 (培養細胞試験、動物試験、ヒト飲用試験、飲用に基づく各疾患への作用メカニズムの解明) を実施しており、その製品には、血小板凝集抑制、炎症抑制、脂質異常・肥満症改善、高血圧症改善などがバイオアッセイおよび動物試験、ヒト試験などから確認されている。

それらの作用に関与する成分は、クロレラの多糖体 (N・β-1,3グルカンなど)、ドナリエラ (フィトエン抽出物)、ココミクサ (原粉末や抽出物)、オーランチオキトリウム (精製オイル) などの微細藻類からの抽出物質とマンネンタケ、カワラタケ、シイタケなどのきのこからの抽出物の複合物質によるものと考えている。

一般的に西洋医学の研究分野においては、疾患の治療で薬剤投与する場合、その活性本体と作用メカニズムが特定されていることが原則であるが、天然物の場合は生薬や漢方療法と同様に、複合的な物質の作用が疾患の改善に功を奏すものである。すなわち、天然物を用いた機能性食品などの実用化は、「健康100歳」や「一生健康」で実施したような科学的根拠に基づく評価を、基礎研究と応用研究によって実施することが肝心なのである。



写真3 ドナリエラが発見された死海に浮遊する筆者

8. 微細藻類を用いた塩害土壌改良及び水稲への施用効果

2011年3月11日に発生した東日本大震災により東北・関東地方は甚大な被害を受けた。地震に伴う大津波は東北・関東地方の太平洋沿岸部を襲い23,600haの農地が塩害などに見舞われ、大半が作付け不可能となった。2011年の秋に仙台市の津波被災水田にて、作物生産に対しての土壌性能を高める糸状微細藻類とミネラル緩衝作用のある資材を応用して開発した「美穂のちから I」(写真4)を施用した。その結果、土壌塩分濃度が約2週間で水稲の作付けが可能な0.10%以下に下がるとともに、窒素、リン酸、カリの減少もなく、土壌微生物数は約3倍に増加した。つまり、微細藻類を施用した塩害土壌改良効果は除塩後新たな施肥を必要としない除塩法であることを確認した。

さらに、塩害土壌の土壌改良材及び生産性の向上を目的とし、美穂のちから I を施用した区を設けて資材が稲に与える影響を調査した。



写真4 土壌改良材「美穂のちから I」

宮城県名取市内の津波被災水田にて、試験区として無施用(コントロール)区、美穂のちから I 30kg/10a施用区を設定した。1度代かきを実施し、ひとめぼれを定植して追肥なしにて135日間栽培した。草丈、稈長、穂長、茎数、穂数、1穂あたりの重さ、1穂あたりの粒数および枝梗数を測定した。さらに、土壌の微生物数、玄米のアミノ酸非アミノ酸組成の分析をおこなった。

1穂あたりの重さ、粒数および千粒重は、コントロール区に対し、美穂のちから I 区で多くなった。微細藻類を応用した肥料は、稲を正常に生育させ、多収量化に関する良好な成果が得られた。また、アミノ酸総量なども増加し、旨味の高い米の生産に貢献することがわかった。栽培試験地での収穫の様子を写真5に示す。



写真5 栽培試験地での稲の収穫の様子

9. 微細藻類からのバイオ燃料の開発

石油燃料価格は不安定かつ高騰を続け、安定した石油代替燃料の開発が望まれている。こうした状況の中、近年バイオ燃料が着目され石油に代わる燃料開発が進められており、微細藻類もその素材の1つ

として挙げられる。

微細藻類は他の陸上植物と同様に光合成により増殖して炭素を固定する。樹木ではセルロースやリグニンといった形で炭素固定するが、藻類はそれら以外の様々な多糖類や油脂を産生することで炭素固定をしている。特に微細藻類によって産生される油脂が、石油の代替燃料として注目されている。木質バイオマスと同様に炭素固定能力を持つが、より成長と増殖が早く、多くの収量が期待されている。

新規液化燃料の開発を目的とし、微細藻類の乾燥粉末から抽出した油脂の保持する熱量ならびに抽出量を測定した。

微細藻類乾燥粉末をメタノールとヘキサンを用いてソックスレー抽出法により抽出処理して、それぞれの溶媒に溶出した抽出油脂と、溶出せずに残った抽出残渣に分けた。抽出溶媒は揮発またはエバポレーターで回収した。島津社製燃研式自動ボンベ熱量計を用いて抽出前、抽出油脂および抽出残渣のそれぞれの熱量 (J/g) を求めた。

実験の結果、微細藻類乾燥粉末 (DHA Rich Powder) のヘキサン抽出油脂においてパーム油に近い熱量を示した (図1)。各種微細藻類の中でも、ドナリエラが最も高い熱量を示したが、抽出効率は悪かった。DHA Rich Powderは、ヘキサン抽出油脂による熱量と抽出効率が良好であることから化石燃料の代替物質を得るための素材として総合的に優れていることがわかった (写真6、7)。

微細藻類は、乾燥粉末でも高い熱量を有する種類があることから化石燃料の代替物質としての可能性を有するものと考えられるが、実用化に向けては今後培養条件や抽出および精製法など検討すべき課題も多い。

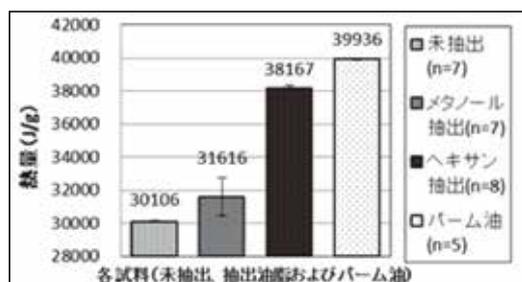


図1 DHA Rich Powderとパーム油との熱量比較



写真6 微細藻類から抽出されたオイル



写真7 微細藻類由来のオイルに火を灯す

10. おわりに

微細藻類の可能性は、食品、医薬品、化粧品などの生活に密着した分野のみならず、安全で安心な農林水産物を生産するための資材 (畜産物や水産物などの生産性向上、作物や樹木の肥料および土壌改良剤) や新規のエネルギー開発などにおよぶ。本特別展においてはその可能性を提示しすることを目的としている。これまでの研究成果のみならず、今後の研究や実用化に向けて何らかの取り組みの起源になることを期待する。

東京農業大学 地域環境科学部 森林総合科学科 教授 江口文陽

展示される微細藻類について

1. 微細藻類とは？

植物の中でコケ植物、シダ植物、裸子植物、被子植物を除く植物群を藻類と言う。一般的に藻類として知られているコンブやワカメは大型藻類であり、顕微鏡による個体確認が必要な藻類を微細藻類と言う。地球上に2万～3万種、またはそれ以上の微細藻類が海、川、湖、汽水域、土壌、大気中等に生息している。

2. いろいろな色を持つ微細藻類

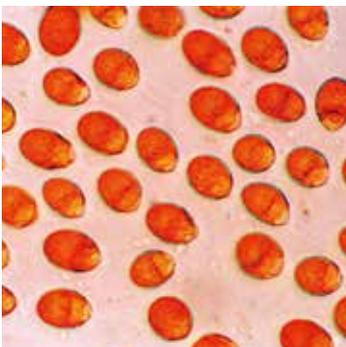
微細藻類は、成分の違いによって様々な色がある。展示室には下記の微細藻類培養オブジェ数種を展示しているので、じっくり観察していただきたい。



① モノダス

① モノダス *Monodus subterraneus*

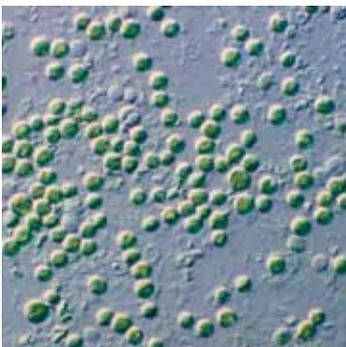
淡水性単細胞真正眼点藻で、約10 μ m（マイクロメートル）の楕円形。乾燥藻体中に約30%の脂肪酸が含有されており、その脂肪酸中にEPA（エイコサペンタエン酸）が30%含まれている。



② ドナリエラ

② ドナリエラ *Dunaliella bardawill*

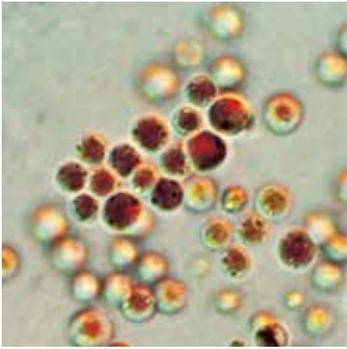
耐塩性単細胞緑藻でイスラエルの死海に生息している。長径10 μ mの卵型で2本の鞭毛をもち自由に動き回ることが出来る。多光量、高塩分濃度の過酷な条件下で β -カロチンを多量に蓄積する。



③ クロレラ

③ クロレラ *Chlorella pyrenoidosa*

淡水性単細胞緑藻で、直径3～10 μ mの球形。沼、池などに生息し最も知名度の高い微細藻類である。細胞壁に多糖体を含んでいる。



④ ポルフィリディウム

④ ポルフィリディウム *Porphyridium purpureum*

海産性単細胞紅藻で直径10 μ mの球形。海辺の岩場や湿潤な地面に生息している。赤い藻であることから血糊藻とも呼ばれ、硫酸多糖類を主成分とする多糖体粘性物質を含んでいる。



⑤ フェオダクチラム

⑤ フェオダクチラム *Phaeodactylum tricornutum*

海産性単細胞珪藻で大きさは直径15 μ mの球形、楕円形、あるいは針型をしている。細胞中の脂肪酸に特徴があり、EPA、DHA（ドコサヘキサエン酸）、パルミトレイン酸などを含む。

3. 微細藻類の色素や成分の特徴

微細藻類の色素は、天然色素として、食品などへの応用が研究・検討されている。さらに微細藻類には色だけでなく、様々な特徴がある。微細藻類はその特徴から大きく2つの考えにそった研究開発が進められている。

1つは、その成分的特徴（例えば多糖体、脂肪酸、タンパク質（アミノ酸）、カロチノイド等）から健康に寄与する微細藻類である。

もう1つは二酸化炭素の吸収能が高い（温暖化対策）、塩分吸収能が高い（塩害土壌対策）、排気ガス成分である一酸化炭素や窒素酸化物などの吸収能が高い（大気汚染対策）、炭化水素を効率よく作り出す（代替エネルギー）等、環境に寄与する微細藻類である。小さな存在ではあるが、大きな可能性を持っているのが、微細藻類である。

特別展

「微細藻類の輝かしき未来」

—健康・環境・エネルギー資源としての可能性に迫る—

会 期：2017年4月26日(水)～8月6日(日)
場 所：東京農業大学「食と農」の博物館 1階企画展示室A・B
Food and Agriculture Museum, Tokyo University of Agriculture
開館時間：10:00～17:00 ※入館は16:30まで
休 館 日：月曜日(月曜日が祝日の場合は翌日火曜日)、毎月最終火曜日、大学が定めた休日
入 場 料：無 料

イベント

講 演 会 テーマ：「微細藻類の輝かしき未来」
講 師：Prof. Ami Ben-Amots(アミー・ベン=アモツ)国際応用藻類学会上級理事
江口文陽 東京農業大学「食と農」の博物館館長・同大森林総合科学科教授
日 時：2017年7月8日(土) 13:30～15:30
定 員：1,000名
聴講料：無料
会 場：東京農業大学世田谷キャンパス 百周年記念講堂

体験講座 テーマ：微細藻類を活用した料理レシピの提案
講 師：木田マリ 料理研究家・フードコーディネーター
宮澤紀子 東京農業大学地域環境科学部助教・管理栄養士
日 時：2017年6月10日(土) 13:30～16:30
定 員：50名
受講料：無料
会 場：東京農業大学「食と農」の博物館 2階セミナー室

東京農業大学「食と農」の博物館
<http://www.nodai.ac.jp/syokutonou/>

〒158-0098 東京都世田谷区上用賀2-4-8
Tel 03-5477-4033 / Fax 03-3439-6528
開館時間 午前10時～午後5時(4月～11月)
午前10時～午後4時30分(12月～3月)
休 館 日 月曜日(月曜日が祝日の場合は火曜日)、毎月最終火曜日
大学が定めた日 ※臨時休業がありますのでご注意ください

Microalgae

For Our Health, Energy and Environmental Applications

特別展「微細藻類の輝かしき未来」—健康・環境・エネルギー資源としての可能性に迫る—

《企画・主催》東京農業大学「食と農」の博物館 代表：博物館長 江口文陽

《特別展実行委員会》

委員長 上岡美保「食と農」の博物館副館長

副委員長 森 伸夫 (株)日健総本社

委員 黒澤弥悦、安田清孝、西嶋 優、清水健太、大石康代、村山千尋 以上「食と農」の博物館
長尾久道、鷺見 亮 以上 (株)日健総本社

藤本尚志、川崎信治、渡辺 智 以上 東京農業大学

《協力企業》株式会社日健総本社、日本工営株式会社、ワクチノーバ株式会社、株式会社長崎ファーム、
株式会社東京一番フーズ、味丹生物科技股份有限公司(台湾)、株式会社モノダスサンコー、
株式会社クロスタニン福岡、相良物産株式会社、株式会社クロスタニン仙台

《協力者》Prof. Daniel Zajfman、Prof. Ami Ben-Amotz、小野寺 勝、中野武登、木田マリ、宮澤紀子



日健総本社ドナリエラ・パーダウイール培養工場

平成29年度の特別展・企画展のお知らせ

■特別展「微細藻類の輝かしき未来」—健康・環境・エネルギー資源としての可能性に迫る—

会期：2017年4月26日(水)～8月6日(日)

■特別展「鶏—クラシックブリードの世界—」

会期：2017年8月30日(水)～10月15日(日)

■企画展「古農具展Ⅱ」(仮題)

会期：2017年10月25日(水)～2018年3月11日(日)

■企画展「国際食料情報学部合同展」(仮題)

会期：2017年10月25日(水)～2018年3月11日(日)

最新刊行物のお知らせ

■図録『ピーター・メンツェル&フェイス・ダルージオ 地球の記録20年の軌跡

「しあわせのものさし」—持続可能な地球環境をもとめて—

(内容) 人々の営みに様々な問いかけをもちながら、20年にわたり世界中を旅した報道写真家とあるがままの事実を綿密に記録したジャーナリストでありプロデューサーでもあるパートナーとの壮大なプロジェクトを物語る写真展の図録である。



(判型) A4判変型 横型 並製 88頁

(企画・編集) 東京農業大学「食と農」の博物館

(装丁・デザイン) 木村正幸(デザイン工房エスパス)

(発行) 一般社団法人 東京農業大学出版会 平成28(2016)年6月1日

(価格) 2,600円+税

『農の暮らしに生きた女わざ』

(内容) その土地特有の自然と共存しながら長い間祖先から受け継いできた生活文化は、名もなき多くの女たちによって守られてきた。女たちが必死に紡いできた生活文化を、ともすると顧みられることもなく、当然のように捨てられてきたであろうただの「布」たちが語ってくれる。



(判型) B5判変型 上製 144頁

(企画・編集) 東京農業大学「食と農」の博物館

(監修) 森田瑠子 修紅短期大学名誉教授、「女わざの会」代表

(装丁・デザイン) 木村正幸・山本亜希子(デザイン工房エスパス)

(発行) 一般社団法人 東京農業大学出版会 平成28(2016)年3月10日

(価格) 2,500円+税

『日本人と馬—埒を越える十二の対話—』

(内容) 信仰・民俗・歴史・考古・社会・科学・芸術と多分野にわたる識者達による対話が、様々な角度から人と馬の関係を照らし出す。



(判型) A5判 上製 420頁

(企画・製作) 東京農業大学「食と農」の博物館、東京農業大学教職・学術情報課程

(編集) 設立10周年記念特別企画展示実行委員会と「十二の対話」委員会

(装丁・デザイン) 木村正幸(デザイン工房エスパス)

(発行) 一般社団法人 東京農業大学出版会 平成27(2015)年3月30日

(価格) 4,000円+税

『樹木の形の不思議』

東京農業大学短期大学部環境緑地学科・特定非営利法人樹木生態研究会 編
一般社団法人 東京農業大学出版会 平成26(2014)年3月20日 発行
A5判 並製 158頁 2,000円+税

『耕す—鋤と犁』

東京農業大学「食と農」の博物館 編
一般社団法人 東京農業大学出版会 平成25(2013)年3月30日 発行
A5判 並製 115頁 1,500円+税