



河野 重行 教授

Professor Shigeyuki Kawano

研究分野：藻類バイオ：物質生産とバイオイメージング

研究内容：藻類でバイオ燃料や物質生産に関わる産業を興すには、自然のままの藻類を使うのではなく、穀類や園芸作物のように大量生産が可能な株を育種する必要があります。重イオンビームを照射し、形態に関する定量的データと全ゲノム情報をもとにそれを選抜育種する藻類に特化した革新的で先端的な育種法の確立を目指しています。

1977年 岡山大学大学院理学系研究科修士課程修了
 1978年 生物科学総合研究機構基礎生物学研究所技官
 1983年 岡崎国立共同研究機構基礎生物学研究所助手
 1988年 東京大学理学部生物学科助手

1991年 東京大学理学部生物学科助教
 1999年 東京大学大学院新領域創成科学研究科教授

藻類バイオとは何か

大気に含まれる酸素のほとんども、白亜の海岸も、シェールガスさえもが、地質時代に地球上で大繁殖した1/10ミリにも満たない微細な藻類の大繁殖に由来します。藻類の物質生産能には定評があります。カーボンニュートラルな藻類バイオによる物質やグリーンエネルギーの生産が早く望まれるところです。

アスタキサンチンとヘマトコッカス

アスタキサンチンという物質があります。抗酸化力が強いので化粧品や健康食品などに使われているのをご存じの方も多いでしょう。赤い色をしたカロテノイドの一種で、養殖魚や鶏卵の色揚げのために給餌したりもします。フラミンゴが鮮やかなピンクなのはこうしたカロテノイドを貯め込んだ藻類を食べるからです。ヘマトコッカス藻はそうした藻類の一種で、強い光で培養すると緑色だったものがみるみる赤くなります(図1)。光合成をする藻類にとっても強光は有害(ストレス)で、活性酸素から身を守るためにカロテノイドを合成します。アスタキサンチンはオイル(中性脂肪)にはよく溶けるので、細胞はオールドロップを作ってアスタキサンチンをそこに溶かし込みます。

藻類はどうやって物質を蓄積するか

細胞内部の微細構造観察には、解像度の高い透過型電子顕微鏡が用いられますが、それには試料を100 nm以下の非常に薄い切片にする必要があり、三次元情報はわずしか得られません。私たちは、正確無比な連続超薄切片技術と3D画像再構築技術を融合させ(電顕3D)、直径約30 μmもあるヘマトコッカス藻の細胞丸ごと一個の立体化画像を取得することに成功し、ヘマトコッカスの細胞内構造が強光ストレス下で劇的に変化することを明らかにしました(図2)。例えば、アスタキサンチンを含むオイルの体積は0.2%から52%まで増加し、一方、42%もあった葉緑体は9.7%にまで減少します。今後、電顕3Dは、藻類が生産するオイルや有用物質の細胞内蓄積量の算定には不可欠となるでしょう。また、細胞全体の52%にもなるヘマトコッカスのオイルはバイオ燃料としても期待されています。

クロレラにデンプンとオイルを作らせる

クロレラは、ドライウェイト(乾物)の蛋白質含量が高いことから、戦後に食料資源のひとつとして培養や研究が始まったこともあって、高齢の方には比較的馴染み深い微細藻類です。クロレラをフラスコや培養槽などの一定量の培地で培養すると、まずデンプンを貯蔵し、次にそれを分解してオイルを貯め込むことを明らかにしました(図3)。興味深いことにこの過程は培地からイオウを取り除くことで加速され、デンプンもオイルもドライウェイトの50%を超えて蓄積します。これを家畜の補助食品として利用するのですが、好みによってパウダリーなものやオイリーなものを用意できることになります。

現在、ヘマトコッカスとクロレラはゲノムプロジェクトが進められており、こうした微細藻類の炭素の代謝フロー、物質生産と細胞内蓄積の制御の一端が遺伝子レベルで解明されようとしております。また、重イオンビームを照射することで、増殖性能のいいヘマトコッカスやクロレラを探し出す試みについても紹介しましょう。

図1 緑と赤のヘマトコッカス藻/この藻(Haematococcus pluvialis)は、本来緑藻で緑なのですが、強い光のもとではアスタキサンチンを蓄積して真っ赤になります。昼と夜のある明暗条件(A)と昼夜ともに連続して光を照射する強い光の条件(B)で培養しただけでこんなに違った色のシスト細胞になります。

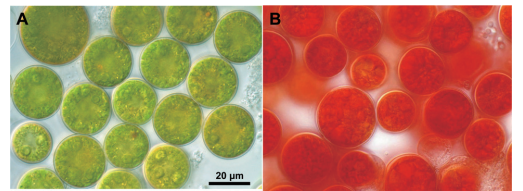


図2 ヘマトコッカス藻の電顕3D画像/明暗条件で培養した緑のシスト細胞(A)と強光条件で培養した赤いシスト細胞(B)のそれぞれを固定してプラスチック樹脂に包埋して、細胞を1枚80nmの連続した350枚もの超薄切片に切り分け、それら1枚1枚を電子顕微鏡(電顕)写真に撮って、コンピューターに取り込み3D画像に再構築しました。緑の部分が葉緑体で、赤い部分はアスタキサンチンを含むオイルのある場所を示します。葉緑体の中にある青と水色の部分はピレノイドというデンプンに囲まれた特殊な構造です。葉緑体の中の紫の粒はデンプン粒子です。細胞の真ん中にある藤色の部分が核でその周りから周辺に分布している黄色がミトコンドリアです。赤いシスト(B)の真ん中やや左にある藤色の部分が核、手前の緑の部分(葉緑体)の中にある小さな青と水色の部分はピレノイド、いずれも小さく退化していることが分かります。強光下で培養したヘマトコッカス藻は、アスタキサンチンを含むオイルが全細胞の52%にもなります。

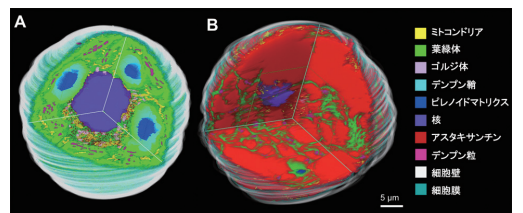


図3 クロレラの物質生産/クロレラにデンプンやオイルを自由に作らせることができます。デンプンを貯めたクロレラ(A)とオイルを貯めたクロレラ(B)を、ヨウ素・デンプン反応(A)とオイルを検出する蛍光色素(B)で染色して観察しました。ゲノムプロジェクトで明らかになったクロレラの炭素の代謝のフロー(C)を変えることで、デンプンを貯めたりオイルを貯めたりさせることが可能になります。

