

連載

トリ医者の誤診記録

その21

広がる微生物技術の可能性

株式会社ピーピーキューシー 加藤 宏光



再び光合成細菌のこと

原始光合成細菌は地球誕生後の最初の生命の一つであろうと受け止められています。歴史をひもとくと、紀元前のローマ地域の火山・クレーター（火山湖）が真っ赤に染った、ベニスの海が真っ赤になったという記述が、実は光合成細菌の繁殖によるものではないか、と考えられるところに始まっています。

正式な記述としては一八三八年エレンベルグによって紅色細菌 (purple bacteria) として報告され、Moren、Cone、Winogradsky の研究を経て、一九三一年に Van Niel によって近代光合成細菌学の基礎が確立されました。光合成細菌 (photosynthetic bacteria) は、光のエネルギーを利用して炭酸固定を行う細菌を総称するものです。どの細菌も紅・緑あるいは褐色などの色を帯びます (形は一定しません)。機能は

通常の細菌 (有機物を利用して繁殖するもの) とは大きく異なります。また、これらの細菌のそれぞれの特性も差異が大きく、分類の方法にも諸論があります。ここでは「真性細菌目、紅色細菌亜目」に分類した、バージェイの説を紹介します。

光合成細菌は光栄養を行います。こうした細菌の仲間には紅色細菌のほかクロレラでよく知られる緑色細菌 (chlorobacteriaceae) があります。

この光合成は高等植物のものと異なり、光エネルギーを利用することは同じですが、 SH_2 、S、チオ硫酸塩といった硫黄化合物、あるいは乳酸、脂肪酸などの有機物と水素を要求します。

先に述べた紅色細菌は光合成細菌の一種で、沼などに多く見られます。嫌気条件下で光エネルギーを利用してチオ硫酸塩・ SH_2 を利用する紅色硫黄細菌科と一般細菌の性格と類似した無硫黄細菌科に分けられます。

光合成細菌の培養時の性状・菌体成分

(1) 培養時の性状

分類：光合成細菌の分類を表1に、また表2にいろいろな光合成細菌の特徴を示しました。しかし、この細菌の分類は確定したものではありません。光合成細菌 (Photosynthetic Bacteria: PSB) は水圏かつ光のある条件下で培養した時、光合成を行いながら繁殖します。また、その発育過程で水を利用しないので酸素は発生しない点が特徴的です。そのメカニズムを簡素化して示したものが図1です。

培養時の培地の色調：一般に光合成細菌目の中の非硫黄細菌科、紅色硫黄細菌科は赤やピンク、オレンジあるいは紫・茶褐色を呈します。緑色硫黄細菌科・滑走製光合成細菌は緑色となります。

クロロフィル・光合成細菌の色素は植物におけるそれとは化学構造式が異なりますので、バクテリ

表1 光合成細菌の分類表

| 目 | 亜目 | | |
|------------------|------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Rhodospirillaics | Rhodospirillinae | Rhodospirillaceae (紅色非硫黄細菌) | Rhodospillum Rhodomicrobium etc |
| | | Chromaticaceae (紅色硫黄細菌) | Chrometium Thiocystis etc |
| | Chlorovineae | Chloroviaceae (綠色硫黄細菌) | Chlorovium Pelodictyon etc |
| | | Chloroflexaceae (滑走製光合成細菌) | Chkirimex |

オクロロフィルと呼ばれる。構造式によってa、eの五種類に分類され、紅色非硫黄細菌科、紅色硫黄細菌科ではaおよびbを綠色硫黄細菌科、滑走製光合成細菌科

表2 光合成細菌の分類学的特徴

| 科 | 紅色非硫黄細菌 | 紅色硫黄細菌 | 綠色硫黄細菌 | 滑走光合成細菌 |
|-------------|--------------------|------------------|-----------------|----------------------|
| 培養液の色 | 赤・ピンク・紫 オレンジ・褐色 | 赤・ピンク・紫 茶 | 緑 | 緑・オレンジ |
| バクテリオクロロフィル | aまたはb | 同 左 | aおよびc, bまたはe | aおよびc |
| 光合成器官 | クロマトファ | 同 左 | クロロビウム ベジクル | 同 左 |
| 水素供与体 | 有機物 | H ₂ S | 同 左 | 有機物・H ₂ S |
| 硫黄粒子の蓄積 | | 細胞内 | 同 左 | 同 左 |
| 主要炭素源 | 有機物 | CO ₂ | 同 左 | 有機物・CO ₂ |
| 培養条件 | 光嫌・光好・暗好 | 光嫌 | 光嫌 | 光嫌・光好・暗好 |
| 運動性 | + | +- | - | + |

ではa以外にc、dまたはeのいずれかを含みます。カロチノイド・カロチノイドは光のエネルギーをクロロフィルへ伝達する役割を果たします。菌体

には約一〇種類のカロチノイドを持っています。光合成反応の水素供与体・光合成反応を行うに当たって、水素ガス、有機物あるいは硫化水素・チオ硫酸塩を水素の供与体として利用します。

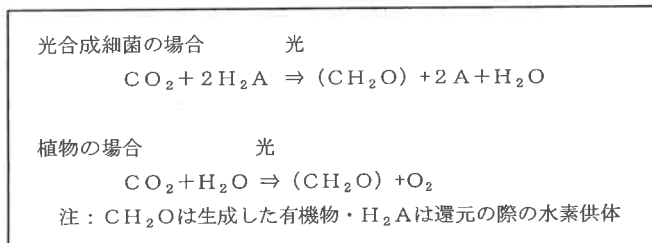


図1 光合成細菌と植物の光合成の相違

炭素源・光合成細菌の光合成に際して利用する炭素

源は、
 (ア) 紅色硫黄細菌科⇨炭酸ガス、
 (イ) 綠色硫黄細菌科⇨炭酸ガス、
 (ウ) 紅色非硫黄細菌科⇨有機物、
 (エ) 滑走性光合成細菌⇨炭酸ガス・有機物
 となっています。
 窒素・アンモニウム塩、アミンや窒素ガスを窒素源として利用します。菌種では尿素や硝酸塩を利用するものもあります。
 硫黄源・生育因子の要求・紅色硫黄・綠色硫黄細菌科では硫化水素・チオ硫酸塩システインを、また紅色硫黄細菌科では硫酸塩を利用します。紅色・綠色硫黄細菌科では特に生育因子を要求しませんが、紅色非硫黄細菌科ではチアミン、ナイアシン、ピオチンなどを要求します。
 形状・菌体の形は球状・卵状あるいは桿状を示します。しかし、多くの菌で観察されるように光合成細菌でも培養の条件次第で形状にしばしば変化が見られます。菌体の大きさは通常一〜一〇μm(μm:一〇〇〇分の一mm)です。

表3 紅色非硫黄細菌の成分比較表例

| | 紅色非硫黄細菌 | クロレラ | 米 | 大豆 |
|-----|---------|-------|-------|-------|
| 粗蛋白 | 65.45 | 53.77 | 7.48 | 39.00 |
| 粗脂肪 | 7.18 | 6.31 | 0.94 | 19.33 |
| 糖類 | 30.31 | 19.28 | 90.60 | 30.93 |
| 粗繊維 | 2.78 | 10.33 | 0.35 | 7.11 |
| 灰分 | 4.28 | 1.52 | 0.72 | 5.68 |

(2) 菌体の成分

光合成細菌の菌体は栄養価が高く、以下に述べる種々の成分を含んでいます。このため、これまでに食品や飼料への応用がさまざまに検討されてきました。

蛋白：表3に紅色非硫黄細菌と

クロレラ、米および大豆の化学組成を例示しました。この成分比率から、タンパク質が消化性のものであれば、栄養価は相当高いと評価されます。

ビタミン：紅色非硫黄細菌を例にとつて述べれば、菌体中のビタミンB群（ビオチン・葉酸・B₁₂）の含有量が高い。

脂質：紅色非硫黄細菌における脂質の成分を分析した成績を表3に示した。

色素：カロチノイド、キノンおよびバクテリオクロロフィルがこれに相当します。特に紅色非硫黄細菌・紅色硫黄細菌は種類によつて黄色く紫色の各種の菌体色を有します。これは含有する各種のカロチノイドの差異によるものです。また、色素の産生量は培養の条件によつて大きく異なります。（培養の至適温度条件：紅色非硫黄細菌は一〇〜四〇℃で生育できますが、発育の嗜適温度は三〇℃程度です。また、色素は概して培養温度が高い方がよく産生されます）。

(3) その他

光合成細菌において注目されるのは、活性酸素を無毒化する酵素(SOD)を産生することです。前々月と前月で紹介した活性酸素は生体膜の不飽和脂肪酸あるいは酵素蛋白などを酸化し、生物の酸素毒性を誘発します。SODは光合成細菌(緑色硫黄細菌・紅色非硫黄細菌など)でも産生されま

光合成細菌の畜産への応用

以上に述べたこの細菌の性状を前提として、光合成細菌は以下に述べる用途への応用がこれまでに検討されています(昭和三十八年当時)。

なお、ここで用いられたものは、紅色非硫黄細菌の培養液をバームキュライトへ吸着させたもので、水分一二%程度に調整されています。こうして調整した飼料添加物を飼料に三%添加してその後の成績を観察しています。

(1) 飼料への応用

昭和三十八年〜四十三年当時、紅色非硫黄細菌を用いた飼料添加物(市販されたもの)を用いた試験で若返り効果が得られたとされています。若返り効果とは血色がよくなり、個卵重が一〜一・五グラム重くなる、産卵率が三〜七%改善される、カロチノイドの摂取によって卵黄色が改善されるなどの現象をいいます。

(2) 鶏ふん悪臭防止への応用

上記の要領で紅色非硫黄細菌添加物を添加した飼料を給与した鶏群の鶏ふんから発生するガスのレベルを調査しています。この試験では便の状況を個体によって識別し、便の軟・硬による悪臭源の量も比較しています(表4)。このデータによれば、試験区の軟便羽数は対照区の四分の一ほどで、これも悪臭の少ない要因の一つと推察されています。

実はここで紹介している紅色非硫黄細菌に関しての情報は、小林

正泰という先生が過去四〇年に渡って研究を重ねられた、六〇〇ページを超えようという

分厚い業績書(小林環境科学研究所発行)から引用しています。この方はクロレラや紅色非硫黄細菌を用いた汚水処理や菌体栄養の飼料への応用を積極的に試みられ、国外でも高く評価されているようです。

この短い引用からでも微生物の応用技術の可能性は計り知れないものがあります。比嘉照夫氏(前述)が広めているEM菌も「光合成細菌や酵母のような複数の菌を応用した技術で、そのバランスにノウハウがある」とされています。今回までに私が触れているのは、もっぱら他人の業績を調査・勉強したもの紹介で、実際に野外でどのような効果・実績が挙げ

表4 鶏糞からの発生ガスの比較

| | 区分 | 便の状況 | NH ₃ /100g | H ₂ S/100g | CH ₃ SH/100g | 温度 | 湿度 |
|--------|----|------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----|-----|
| 一回目試験区 | 試験 | 軟便 | 17.0 | 128.0 | 3.0 | 32℃ | 50% |
| | | 普通 | 28.0 | 0.2 | 0.7 | | |
| | | 硬便 | 13.0 | 0 | 0 | | |
| 対照区 | 試験 | 軟便 | 11.4 | 257.0 | >17 | 32 | 50 |
| | | 普通 | 10.0 | 247.0 | 17 | | |
| | | 硬便 | 6.4 | 57.0 | 17 | | |
| 二回目試験区 | 試験 | 軟便 | 4.0 | 64.0 | 8.0 | 35 | 50 |
| | | 普通 | 4.7 | 12.7 | 2.7 | | |
| | | 硬便 | 6.8 | 1.0 | 3.4 | | |
| | 対照 | 軟便 | 60.0 | 9.2 | 12.8 | 35 | 50 |
| | | 普通 | 90.3 | 30.0 | 7.8 | | |
| | | 硬便 | 6.2 | 0.3 | 5.1 | | |

られるものか不明です。ただ、今後のわが国の採卵養鶏において、排泄物の処理や公害対策は不可欠の条件となります。幸い、私は小林先生から分与された紅色非硫黄細菌を保持していますので(菌株が生きていることを切望しますが……)、今後積極的な検証を加え、またEMを実践している生産者とも成果の比較検証を行いたいと考えています。

