



# かずさDNA研究所ニュースレター

第31号

2010年7月2日



房総半島の最南端、野島崎のミヤコグサ自生地の風景  
柴田清治さんの撮影されたもの



## かずさの森のDNA教室

2010年7月26日(月)と29日(木)に  
開催いたします。木更津、君津、富  
津、袖ヶ浦市に在住・在学の中高生  
の参加をお待ちしています。

ページへのリンク → [かずさの森](#)



## 研究所からのお知らせ

### ＊ かずさDNA研究所公開講座を開催しました (於:千葉県立中央博物館)

千葉県立中央博物館を会場として開催する公開講座は本年度で4回目になります。本年は、5月22日と6月5日の二回にわけて行い、合わせて207名(5月22日:111名、6月5日:96名)の方々にご参加頂きました。

この公開講座の開催目的は、当研究所で行われている研究活動に関心をもっていただくとともに、DNAやDNA研究について一人でも多くの方に知っていただくことにあります。本年は外部の講師の方にも加わっていただき、当研究所における研究とは少し違った観点から行われている研究や事業などの活動について講演していただきました。講演終了後の「講師を囲む懇談会」にも非常に多くの方々に参加され、外部の講師の方々も非常に有益な会合であったと言っておられました。

この公開講座はテーマと講師を変えて来年度以降も継続していく予定です。

### ＊ 千葉・神奈川バイオ産業広域連携事業第1回 シーズ発表会「植物バイオテクノロジーの現在と未来」を開催しました

6月24日に海浜幕張で、本年度よりスタートした標記の事業の第一回発表会を開催しました。この事業は、経済産業省関東経済産業局の支援により、(財)木原記念横浜生命科学振興財団と当研究所が連携し、東京湾をはさんで神奈川地域とかずさ地域のバイオ産業の活性化を図る目的で実施するものです。

発表会は、当研究所産業基盤開発研究部の柴田部長の司会の下に進められ、奈良先端科学技術大学院大学の新名副学長、柴田部長、日本製紙株式会社の松永主任研究員、東京工業大学の太田教授、東京大学の川島准教授の5名の講師から、バイオ産業の今後に関連してこれまでに進められてきたプロジェクトの概要や、将来の環境や食料などの問題に対処するための各種の方策、さらに、今後この事業をどう進めていくべきかなどについて幅広い話題が提供されました。

企業や大学関係者を中心に113名の方々が参加され、活発な質疑応答が行われました。



財団法人 かずさDNA研究所 <http://www.kazusa.or.jp/>

〒292-0818 千葉県木更津市かずさ鎌足2-6-7 TEL: 0438-52-3956 FAX: 0438-52-3901



## DNA物語 (5)

**訂正：**前回の物語の最後に、「フランスのシャルガフという生化学者」と書きましたが、これは「オーストリア生まれのシャルガフという生化学者」の間違いでした。おわびして訂正させていただきます。

前回述べたような経緯で、肺炎双球菌の莢膜(きょうまく)を持つS型菌から得られたDNAが、莢膜を持たないR型菌の遺伝的な形質を転換するというエイヴェリーらの研究結果が発表され、遺伝子の本体はタンパク質ではなくDNAであるということがほぼ証明されたのです。

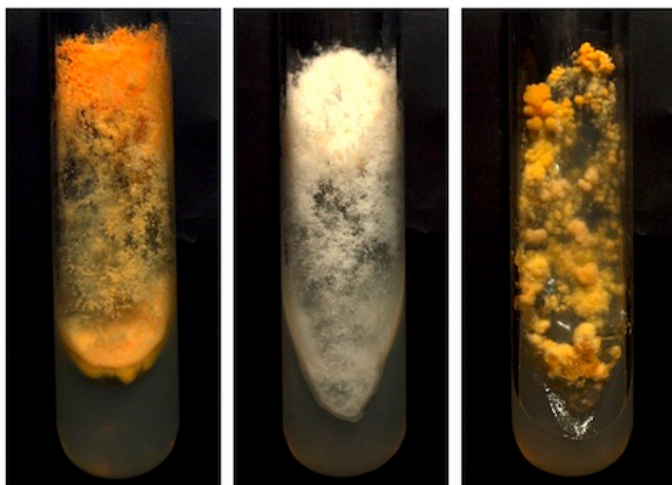
この発表には、それまでエンドウなどの花の色や種の形、あるいはショウジョウバエの眼の色や体毛の形などといったいわゆる高等生物のもつ形質について見いだされて研究されてきた「遺伝」という現象が、少なくとも一部の研究者にとっては細菌にも当てはまる現象として考えられ、研究されていたのだという歴史的な意義もあります。ただし、遺伝という現象が生物種を問わず共通の仕組みによるものであり、それを司る本体がDNAであるということが広く受け入れられるためには、遺伝子の働く過程をより詳細に分析し、DNAのもつどのような性質が遺伝子としての働きにかかわっているのかということをはっきりさせる必要がありました。

その過程で非常に重要な役割を果たしたのがアカパンカビ(*Neurospora crassa*)と名付けられたカビであり、またそれを使って「生化学的突然変異」という概念を確立するとともに、実際に多くの突然変異株を分離して解析したのがビードル(George W. Beadle)とテータム(Edward L. Tatum)という二人のアメリカ人研究者でした。はじめビードルは、第3回のDNA物語で述べたモルガンの研究室で、ショウジョウバエの目の色素を生化学的に解析しようとしていました。彼は、キンギョソウの花の色素であるアントシアニンの合成についての研究や、「アルカプトン尿症」という、排出された尿が黒く変色するというヒトの病気についての研究に触発され、生化学的な解析によって遺伝子の働きを明らかにすることを目指したのです。この二つの研究についてはここでは詳述しませんが、1900年に「再発見」されたメンデルの遺伝学と、生物材料を化学的に解析する生化学を結びつけることの大切さが当時すでにアメリカでは認識されていたようで、アメリカにおける生物学分野の研究の奥深さとその進展のスピードに驚かされます。

いずれにせよ、上述したような理由でビードルは、遺伝学的に詳細に研究されている生物材料に含まれる化合物について生化学的に解析を進めることが大切であると認識し、そのために、キイロショウジョウバエという、当時遺伝学的にもっとも解析の進んでいた生物の眼の色素の解析を開始したのです。この研究で、いろいろな眼

の色の突然変異株の幼虫の眼の原基(眼という器官の基となる組織)を別の幼虫に移植してその色がどうなるかを調べることにより、眼の色素はいくつかの段階を経て作られ、それぞれの段階では異なる遺伝子が働いているという結論に至りました。ビードル本人は、後に「一遺伝子一酵素仮説」として有名になる考え方はこの過程で形成されたのだと回想しています。

次にビードルが手がけたのは、もっと体制の簡単なカビなどの生物を用い、沢山の突然変異株を分離して、その生物のもつ何らかの化合物の生成過程と突然変異の関連を解析することでした。こうして登場したのが、当時モルガンの研究室ですでに初期の解析が始まっていたアカパンカビです。このカビは無機塩類と糖やビタミンなどを含む培地で容易に生育させることが可能です。



アカパンカビ：ショ糖やビタミン類などの栄養素を寒天で固めた培地に植えて25℃で生育させたもの。一番左が野生株、真ん中は菌糸が白色の変異株、一番右は菌糸の生育形態の変異株(埼玉大学・田中秀逸准教授のご好意による)。

ビードルはテータムとともに、キイロショウジョウバエの目の色素に関する研究から得られた結論を実証するため、「アカパンカビに放射線を照射して突然変異を誘導すれば、特定の栄養素を与えれば生育できるが、それがないと生育できない株が分離できるはずである」という非常に重要な考えを提出し、実際に生育にビタミンB6やビタミンB1を必要とする「生化学的突然変異」をもつ株の分離に成功しました。これによって彼らが当初目指したように、遺伝子の働きを生化学的に解析する道が開けたのです。そして、種々の突然変異を生化学的に解析した結果、ビタミンなどの代謝物は段階を経て作られ、それぞれの段階では特定の遺伝子から作られる特定の働きをもった酵素が働いていることを明らかにし、「一遺伝子一酵素仮説」を提唱したのです。

この仮説が正しければ、それでは遺伝子であるDNAは酵素タンパク質の何をどのように決めているのかということが次の重要な課題になります。この生物学の根幹をなす問題はどのように解決されていたのでしょうか？次号以降で辿ることになります。

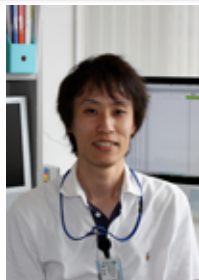




## 研究最前線

### ミヤコグサ根粒菌 新規共生遺伝子の探索

植物遺伝子研究室  
中務 弘基



最近は珍しくなりましたが、稲刈りが終わった田んぼが、春になると一面のレンゲやクローバの畑になっているのをご覧になったことがあるかと思います。こうして植えられたレンゲやクローバは田植えの前に鋤込まれ、緑肥として利用されます。このように、マメ科の植物が緑肥として適しているということは、古代ローマ時代の文献にも登場するそうで、私たちとマメ科植物との関係の深さを伺い知ることができます。

では、どうしてマメ科植物は稲刈り後の田んぼのような痩せた土地でも生育することができるのでしょうか？それはマメ科植物には、根に形成される『根粒』と呼ばれるコブ状の組織の中に、土壌の微生物である『根粒菌』が入り込んで共生しており、大気に豊富に含まれる気体状の窒素を、宿主植物が利用できるアンモニア化合物などにして供給しているからです。一方で根粒菌は、宿主植物が光合成で作ったリンゴ酸などの栄養素の供給を受け、相利共生の関係を築いています。共生の相手は誰でもよいわけではなく、ダイズにはダイズ根粒菌、クローバにはクローバ根粒菌などと共生相手が厳密に決まっています。

この10年間でマメ科のモデル植物であるミヤコグサや、タルウマゴヤシ、そしてそれらに共生する根粒菌を解析することによって、この共生の仕組みの概略(図1)と、それに関わるマメ科植物および根粒菌の遺伝子が次第に明らかになってきました。しかし、共生にはまだ多くの遺伝子が働いていると考えられており、宿主植物と根粒菌の双方で研究が続けられています。

根粒菌のゲノムについては、かずさDNA研究所で解読したミヤコグサ根粒菌とダイズ根粒菌に加えて、アルファルファ、エンドウ、クローバな

どの根粒菌の全ゲノム塩基配列が解読され、それらの比較解析も進められています。しかし、根粒菌の共生時に発現が上昇する遺伝子の中には共生には直接関係がないと考えられるものも多く、また共生での具体的な機能がわからない遺伝子も多く存

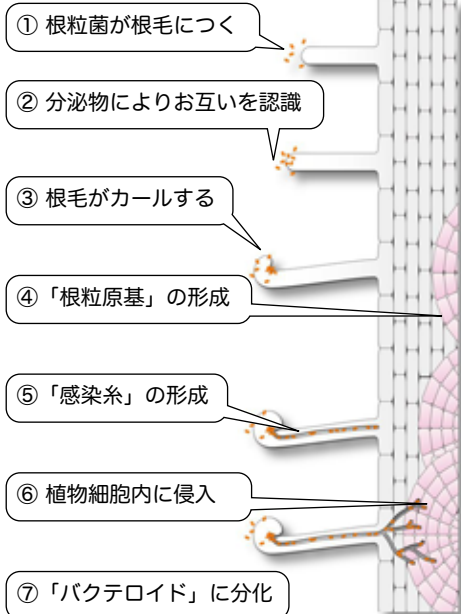
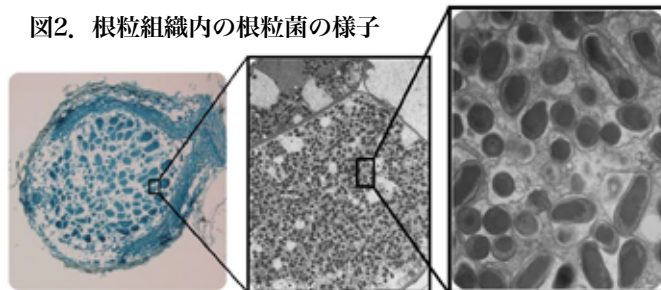


図1. マメ科植物と根粒菌との共生の成立過程の概略

図2. 根粒組織内の根粒菌の様子



## 今月のキーワード

～「研究最前線」にでてきた言葉の解説～

**窒素固定：**一般に植物の生育にはリン酸・窒素・カリなどの無機塩が必要です。空気の3/4以上は窒素ですが、植物は気体状の窒素をそのまま利用することはできません。根粒菌などのもっているニトロゲナーゼと呼ばれる酵素は、この気体状の窒素をアンモニアに変換する「窒素固定」の能力を持っています。こうして生成したアンモニアは、他の酵素の働きで硝酸アンモニウムなどのような植物が利用できる化合物に変換されて利用されます。

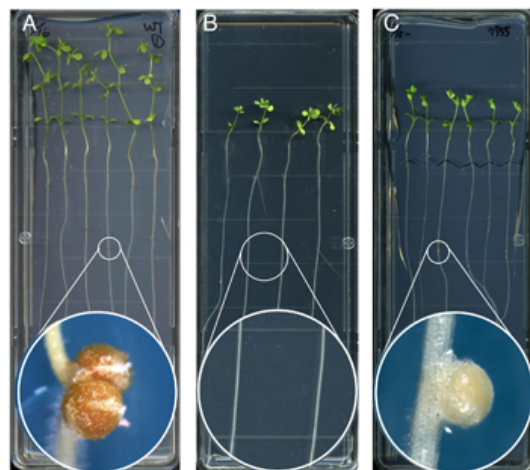
**遺伝子の発現：**ゲノムの塩基配列の解析により、ゲノムDNA上のどこにどのような遺伝子が存在するらしいかという情報が得られます。そこで次に、それらの推測された遺伝子はいつどのような条件下で発現するか、またどの組織で発現するかなどを調べるのです。そのために、「マイクロアレイ」という、ゲノムDNAの断片を精密加工技術でスライドガラス上に高密度に貼り付けたものを用意し、どのDNA断片がどの組織から得られたメッセンジャーRNAとハイブリッドを形成するか、などということを探るのです。

**バクテロイド：**根から侵入した根粒菌は根粒内で変化して「共生状態」に入ります。根粒組織内では独立に生育している菌体とは形態的にも生理的にも異なり、葉緑体やミトコンドリアなどのような一種の細胞内小器官のような役割を果たす状態になります。この状態の根粒菌はバクテロイド(疑似細菌)と呼ばれます。



在しています。共生の仕組みの全容を解明するためには、それぞれの遺伝子が共生過程でどのように機能しているかを明らかにしていく必要があります。

私は、マメ科植物のモデルであるミヤコグサとミヤコグサ根粒菌の機能不明な遺伝子、中でも「共生時に発現している遺伝子」や「根粒菌間でよく保存されている遺伝子」に着目して、これらの遺伝子の機能を失わせた「遺伝子破壊株」を作製し、根粒の形成や窒素固定能にどのような影響が現れるかを研究しています。これまでに解析した遺伝子破壊株の中には、根粒が形成されなくなる、根粒の数が少なくなる、窒素固定活性が低下する、などの影響を示すものが得られており(図3)、根粒菌の持つ遺伝子の機能が明らかになってきています。今後もさらに共生に必要な遺伝子を明らかにしていき、共生の仕組みの解明や、その有効利用に貢献していきたいと考えています。



正常なもの      根粒が着生しない 窒素固定できない

図3. 根粒菌の遺伝子破壊により共生に影響が見られた例

- A: 正常なミヤコグサ根粒菌を感染させたもの
- B: 遺伝子破壊により根粒が形成されなくなったもの
- C: 遺伝子破壊により窒素固定ができなくなったもの(白い根粒が形成され、茎や葉の成長が抑制される)

## 納豆菌のゲノム解読

わたしたちの周りにはたくさんの種類の微生物が生息しており、世界中には有用な微生物による発酵作用を利用して作った様々な種類の発酵食品があります。

私たち日本人の好む納豆は、稲わらなどに付着している細菌である納豆菌(*Bacillus subtilis* var. *natto*)を用いて作ります。納豆菌は、芽胞(ガホウ)という耐熱性の高い胞子細胞を作ります。ですから、その耐熱性を利用して、稲わらを沸騰しているお湯に数分浸して納豆菌以外の細菌を死滅させ、その稲わらで茹でた大豆を包んで、納豆を作っていました。

近年では稲わらの確保が難しいことや、大量生産に対応するために、納豆から取り出して純粋培養した納豆菌が用いられています。その過程で、匂いが少ない系統の作成などの改良もなされました。

今回、慶應大学のグループは純

粋培養された納豆菌の系統のひとつである「宮城野菌」を解析した結果、ゲノムの大きさが約409万塩基対で、遺伝子が4375個あることを明らかにしました。

これまで、納豆菌と近縁の細菌である枯草菌(*Bacillus subtilis*)が生命現象を解き明かすための重要なモデル生物として研究されてきました。1997年には日欧の共同研究によってその全ゲノム(423万塩基対)が解読され、遺伝子数が約4300で、そのうち枯草菌が生きていくために必須な遺伝子は262であることなどがわかっています。

納豆菌と枯草菌を詳細に比較解析した結果、両者はゲノムの数ヶ所で遺伝子の並び順が異なっており、納豆菌にのみみいだされる遺伝子が767個、枯草菌にのみみいだされる遺伝子が566個であることが明らかになりました。

枯草菌は、水質浄化や化粧品成分にも用いられている $\gamma$ -ポリグルタミン酸(納豆のネバネバ成分)を作り出すことができません。納豆菌の遺伝子を調べることで、このネバネバ成分を作り出すしくみが明らかになると期待されます。



<今月の花>  
ニガクサ(シソ科)  
*Teucrium japonicum*  
(2009年7月5日撮影)

シソ科の植物の花には独特な形をしたものが多く、正面から見たり横から見たりしてその形態を楽しめる。この植物はニガクサという和名にかかわらず苦くないと言われているが、ではなぜニガクサと名付けられたのだろうか？

