

# メンデル

## 日本メンデル協会通信

No. 27 — January, 2013

発行所 日本メンデル協会 本部 長野県諏訪郡下諏訪町 4613-8 下諏訪町役場内  
東京支部 東京都文京区本郷 2-27-2 東真ビル内  
電話 03-3814-5675 Fax 03-3814-5352

発行日 2013年1月20日 発行人 長田 敏行

### 2012 年度のご挨拶

長田 敏行  
日本メンデル協会会長

日本メンデル協会に関係する皆様には、協会の現況をお知らせいたします。

会の最大の関心事が、公益法人化であることは度々申していることですが、現在定款を定め、評議員、理事を定めました。更に、内閣府公益認定等委員会に相談後、正式申請をするべく準備していると申します。

さて、恒例の長野県下諏訪町での町民大学でのメンデル講演会は11回を迎えましたが、今年度は副会長の河野重行氏と理事の平井百樹氏に、別記のようなタイトルでお願いいたしました。この間、平井氏とは本メンデル通信への寄稿を依頼したところ、快諾を得ましたので、「月面におけるメンデル」を寄稿いただきました。また、長田は、メンデルが決して過去の人ではなく、現代にも生きていくことを紹介しました。

関係各位には、当協会へのご支援をお願いしてご挨拶いたします。

### 天体のなかのメンデル

平井 百樹  
東京大学名誉教授

月面の南緯49度、西経109度地点に位置する直径約140kmの窪地は、メンデル・クレーターと呼ばれる。もちろん遺伝学者メンデル (Gregor Johann Mendel; 1822年～1884年) の

名にちなんで付けられたものである。月面地形の命名の約束事として、大きなクレーターには主に過去の科学者、学者、芸術家の名前が使われる。そのうちの 하나가「メンデル」で、1970年に命名された。

私が月面クレーターの人名に興味を持つに至ったのは、偶然のできごとがきっかけとなっている。少し長くなるが、まずはその辺の事情から記してみたい。2007年9月14日、日本初の大型月探査機「かぐや」がH-IIA ロケットによって打ち上げられた。月の起源と進化を解明し、将来の月の利用のためのさまざまな観測をすることを主な目的とするこの計画は、ギリシャ神話の月の女神セレネの名にかけて「SELENE: SELEnological and ENgineering Explorer」と呼ばれる。アメリカ合衆国のアポロ計画以来の本格的な月の探査として、世界諸国からも注目を集めた。当時私は、時間があるとコンピュータ画面で、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) から配信され刻々と点滅表示される探査機の軌道上の位置を眺めていたものである。

月面地形に関する情報をインターネットで検索していて、クレーターに付けられた約1500の人名がアルファベット順に並べられたリストを見つけた。何気なく見ていたところ、「Q」の項目だけ、人名がわずか一人であることに気付いた。それがケトレー (Adolphe Quetelet; 1796年～1874年) であった。彼はベルギーの天文台の所長も務めたことのある著名な天文学者で、その功績により1970年に月面クレーターへの命名が正式に認められている。彼の経歴を調べてみて驚き、かつ自分の不勉強を思い知らされた。ケトレーは多分野で活躍した。注目すべき点は、近代統計学の祖ともいえるべき人物であることだった。代表的著作となる「人間とその能

力の発展について「社会物理学の試み」(1835年)などの業績があるが、なかでも興味深いのは「平均人」という概念を提起した点である。著作の中でケトレーは、人についての諸データを社会学視点のみならず身体的視点からも研究した。たとえば人の身長と体重を計量的に扱い、集団でみると体型が平均値でピークを示す分布をとることを示した。そして、この平均値をとる人をもって平均人と位置づけた。ここで用いた数値(メートルで表した身長<sup>2</sup>に対するキログラムで表した体重の比)がケトレー指数である。いまでは肥満度をあらわすのに一般的に用いられるボディマス指数(Body Mass Index; BMI)に相当する。このいきさつを知った当時、私は某医科大学に在職中で、BMIの由来はこれだったのか、と改めて認識した次第である。ところが話はこれだけに終わらなかった。

調べて行くと、彼はあの「エンゲル係数」で知られるドイツのエンゲル(Ernst Engel; 1821年～1896年)に統計学面で多大な影響を与えたことがわかった。もともと採鉱冶金学を専門としたエンゲルは、ブリュッセルでケトレーと出会ったのを契機にして統計学に傾倒していくことになった。またケトレーはイギリスのナイチンゲール(Florence Nightingale; 1820年～1910年)の統計学の師であり、尊敬心をもって慕われたようだ。ナイチンゲールというと、看護学分野でよく知られた人物だが、実際は今でいう医療統計学分野での業績が大きい。それ以外にもケトレーとつながる諸分野の人々の連鎖情報も、インターネット検索で次々に出てくる。あたかも謎解きのように往時の同時代人のつながりがわかってくるのだ。とても面白く思った私は、大学の広報誌に短い随想としてこのことを記した。これらのヨーロッパの学者たちとメンデルとのつながりに関しては、私はまだ勉強不足でよくわからない。しかしメンデルは物理、数学、気象学にもたけていたので、何らかの関連が出てくるに違いないとおもっている。

メンデルとほぼ同時代の進化学の偉人ダーウィン(Charles Robert Darwin; 1809年～1882年)も月面のクレーター(南緯20度、西経137度)にその名が冠されている。当時すでに著名

だったダーウィンは、メンデルの存在を必ずしもよく認識していなかったらしいことが知られている。ダーウィンの場合は早くからその業績が称えられ、1878年にはすでに一つのクレーターの通称名としてその名が用いられていた(正式登録は1935年)。このことは、いかにも当時のダーウィンとメンデルの知名度の高さの違いを感じさせる。ダーウィン・クレーターのすぐ近傍の地名が、獲得形質の遺伝で知られるフランスのラマルク(Jean-Baptiste Lamarck; 1744年～1829年)であるのも、面白い取り合わせである。

木星と火星の間にある小惑星帯には無数の星が公転しているが、その中にはメンデルにちなんで命名された第3313-Mendel小惑星(1980年発見)がある。また火星にも同じようにメンデルの栄誉を称えて命名されたクレーターが存在する。いま無人火星探査機「キュリオシティ」が鮮明な画像と土やガスの組成に関する情報を送信してきて、まさに「好奇心」がかき立てられる。いつの日にか、火星のメンデルの地で生命存在の痕跡でも見いだされないだろうか、などと取留めもない想いを巡らせている。

---

## 平井博士の寄稿への補遺

長田 敏行

法政大学教授・東京大学名誉教授

---

平井博士の原稿をいただいた時点で、長田がメンデルの気象学関連の論文へのコメントをしたところ、それを補足意見として述べることはどうであろうということになったので、それを付け加える。

メンデルは遺伝学に関する論文は2報しか発表していないが、気象学関連の論文は少なくとも8編発表している。その内の一つを紹介すると、1870年10月13日にブルノは竜巻に襲われた。その論文は、1871年に発表されているが、ここでは、まず、その日午後2時に竜巻は修道院を通過したが、そこで起こった自然現象とその脅威について述べた。続いて、どの方角からきて、どちらへ行ったかを正確に述べ、二

つの風が合体してやがて竜巻となり、時計方向の風向であったことを述べている。これらの記述はヴェゲナー (A. Wegener) が 1917 年になって物理学的説明を加えて、初めて物理的基礎を得ることとなった。ヴェゲナーは大陸移動説を最初に述べた人であるが、本来気象学が専門であった。その意味でもメンデルの説明は先駆的であった。更に、メンデルはこの現象をオランダの海洋気象学者ボイス・パロット (C. Buys Ballot) と文通している。今日台風時期になると台風の進行方向の左右で風力に大きな差が話題となるが、この現象を最初に明らかにした人であり、ボイス・パロットの法則という。このようなことから、メンデルは気象学においても先駆的・専門的であったことを付言する。

---

## 現代に生きるメンデル

長田 敏行

法政大学教授・東京大学名誉教授

---

### 1. 初めに

メンデル (Gregor Mendel, 1822 ~ 1884) は遺伝学の創始者であるが、一部には過去の歴史上の人物であるという認識があるかもしれないとは常々感ずるところである。そうではなく、現代にもその考えは生きているということを変更してここで指摘したい。分子生物学がどれほど進展しても、「遺伝学は不滅である」というしばしば聞く独白にもそのような思いが含まれていると思う。その関連では、最近文部科学省は新しい学習指導要綱を定め、それに対応した生物の教科書が登場したが、遺伝学の取り扱いについて多くの意見がありここでも取り上げたいところであるが、論点が散逸なることを恐れここではこの件には立ち入らない。

1865 年のメンデルの発表とその内容について改めて述べる必要はないと思うが、彼はエンドウを材料として 7 つの遺伝子 (彼はエレメントと呼んでいる) について、交配した時の子孫においてそれらの形質の伝達について述べている。その遺伝子の内、3 つはそれぞれ独

立の染色体に載っているが、その他の 4 つは 2 つの染色体上にある。即ち、第 3 染色体に 2 つ、第 5 染色体に 2 つである。但し、メンデルが記載している莢のしわのある変異はその後の調査で二つあり、メンデルがそのどちらに着目したかは完全に分かっているわけではない。その点に関してはなお決定的なことは言えないという事情にあるが、ここではその変異が次に述べる丈の変異 *le* と同一の染色体に載っているということで話を進める。なお、時折二次情報に基づく文献には、全て別な染色体に載っていると述べているものもあるが、もちろんそれは誤りである。なお、ここから同一の染色体に載っている二つの遺伝子を解析すれば、後にベーテソン (W. Bateson) が発見した連鎖現象の発見へも至ったかもしれないが、メンデルはそれについては何も述べていない。なお、今染色体という言葉を用いたが、それは 1905 年以降に発見されたものである。彼が言っていることは「遺伝子が概念上のあるユニットの上に乗っている」ということである。その概念上のユニットが後の発見になる染色体という実体に相当するというので、そのような考えを彼が提出したことに我々はもっと驚きを持つべきであろう。また、形質の分配の数理比も今日われわれは生物統計の概念から理解するが、この場合にもそれを直観的に行ったという点が驚異である。生物統計学の創始者フィッシャー (R. Fisher) が、メンデルのデータ解析についてある種言いがかりを述べていることは、後知恵ながら彼の指摘はたぶん間違いであろうと思う。むしろ、メンデルが直観的に異常値を排除して分離比提出に至ったことに大きな驚きがある。これでは論旨はまた別方向へ向かうので、やはりメンデルは傑出した人であると述べるに留めて、現代の話題に移る。メンデルの対象にしたエンドウの遺伝子は、最近になってどのようなものであるかが明らかになってきた。それらの具体的な点について紹介する。

### 2. エンドウの丈の遺伝子

メンデルの調べた形質の内、エンドウの丈、

すなわち植物の茎の長さは野生型が  $Le$  であり、対立形質が  $le$  で、両者の後代における分離比は 3 対 1 に分かれ、第 3 染色体に載っている。この遺伝子の発現機構が 1997 年頃明らかになったが、それは植物ホルモンであるジベレリンに関わっていた。ジベレリンについて簡単におさらいをすると、このオーキシンに次いで二番目に発見された植物ホルモンは日本の科学に大いに関係している。まず、イネの馬鹿苗病を起こす菌類 *Gibberella fujikuroi* が感染するとヒョロヒョロと丈だけ高くなるが、これはこの菌類の分泌する物質がその伸長の本体であることが見出された。その物質は東京大学農学部の藪田貞次郎、住木論吉両博士により結晶化されるに至ったが、第二次世界大戦中でもありその構造決定は戦後進駐軍の手を経て欧米においてなされた。ところが、やはり進駐軍の手を経て欧米へ齎されたものがあり、それはコムギの矮性品種農林 10 号であった。その矮性品種を出発材料として緑色革命は達成され、その推進にあたったボーローグ (Norman Borlaug) 博士は 1970 年にノーベル平和賞で称えられた。そして、その矮性の機構が 1999 年頃に明らかになったが、それはジベレリンに非感受性という遺伝機構が関わっていた。ここではその機構の詳細には立ち入らず、ジベレリン作用を負に制御する因子があり、その変異がジベレリン作用の発現に関わっているとだけ述べる。期せずして、矮性植物とジベレリンが深くかかわっていることが明らかになっていたのである。両者とも進駐軍の手を経て世界へ広まっていったことは、偶然とはいえ神の見えざる手のようなものを感じる。それゆえ、「両者は一種の戦利品と呼ぶべきで、東京湾へ投げられた理研等のサイクロトロンだけが戦利品ではない」とはヨーロッパの研究者が述べているセリフである。

ところが、エンドウの丈もこのジベレリンによって制御されていることが明らかになった。先に、ジベレリンはカビの分泌物であるといったが、その後植物体にも同定されジベレリン生合成経路が分かったので、植物ホル

モンの仲間入りをした。そして、メンデルの解析した矮性エンドウは生合成系の根幹の変異ではなく、代謝系の末端に近い変異であることが分かってきた。なお、ジベレリンの物質としての定義はギバン骨格を持っていることであるが、その骨格を持っているからジベレリンとしての生理活性があるのではない。特定の側鎖が生理活性に重要であることが分かっており、変異によって丈が低くなった方には  $GA_{20}$  があるが、それは不活性型であるので伸長に貢献することはない。矮性型には、 $GA_{20}3\beta$  ヒドロキシラーゼが欠損していたのである。一方の丈の高い野生型では、 $GA_{20}$  が上記酵素により  $GA_1$  に転換され、それは活性型であるので伸長でき丈が高くなった。かくして、エンドウの茎の伸長は現代の知見で説明された。

### 3. エンドウ葉の緑色関連遺伝子

メンデルは子葉の色が濃いエンドウの変異についてもその形質の子孫での分離を調べている。ただし、エンドウの子葉は種子の中にあって、他の多くの植物のように展開しないので見かけ上ちょっと注意は必要であるが、我々がグリーンピースとして食べるころである。メンデルが、 $I$  と名付けた遺伝子の変異体  $i$  は葉が展開し、やがて老化して野生株は黄色になるような状態になってもなお緑色を保っている。この変異体  $i$  は成長して葉が展開し、やがて老化して黄色になる時期になっても緑色のまま留まる。それで、この変異は老化しても緑色がとどまるという意味でステイグリーン ‘Stay Green’ 変異とイネでよばれていた。そのステイグリーン変異が  $i$  だったのである。

ここで老化して黄色になるといったが、その過程について簡単に述べる。葉の緑色はクロロフィルであるが、その量の低下により黄色になる。その過程は、クロロフィル  $a$  は、クロロフィラーゼによりフェオフォルバイド  $a$  となり、フェオフォルバイド  $a$  は、特別なオキシゲナーゼ (PaO) により分解される。なお、クロロフィル  $b$  は、クロロフィル  $a$  へと

変化してその後の変化は上記と同じである。さて、このような前提の下に機構が追跡されたのは、遺伝的背景が詳細に調べられているイネであった。

ステイグリーン変異はクロロフィルの分解に関係する変異であることが分かったが、クロロフィルの量が多いにもかかわらず、光合成能力は低下していた。それはクロロフィル量は多いが、二酸化炭素固定に関わるルビスコタンパク質などは著しく減少していることによると思われる。解析の結果は、ステイグ

リーン変異は老化過程でクロロフィル分解酵素群を翻訳過程あるいは翻訳後に制御を行うことにより、クロロフィル分解の活性化に作用していると推定された。詳細は原著<sup>(1)</sup>に譲るが、これらの研究を中心的に行った広島大学草場 信博士は当協会の会員であるので、いずれより詳しい経過が伺えることを期待して本稿を閉じる。

文献

1. Sato et al.: PNAS 104, 14169-14174 (2007)

## 平成 24 年度 下諏訪町民大学「メンデル講演会」の記録

今年のメンデル講演会は下記のとおりおこなわれました。当日はあいにく激しい雨降りでしたが例年とほぼおなじ人数の参加がありました。町民大学とありますが高校生の参加があればと期待しております。



長田会長の挨拶



講演中の平井教授

## 下諏訪町民大学「メンデル講演会」のご案内

主 催：日本メンデル協会・下諏訪町  
主 管：下諏訪町教育委員会・下諏訪町公民館・諏訪湖博物館・赤彦記念館  
期 日：平成24年11月17日（土）  
時 間：午後1時30分から午後3時30分  
場 所：下諏訪総合文化センター 2階 集会室  
参加費：一般 100円（高校生以下入場無料）

## 講 演

### ダーウィンと花の二形成：花の性について考えよう

東京大学大学院新領域創成科学研究科教授 河野 重行先生

数年前にダーウィン生誕 200 周年記念ということで多くのイベントが催されたので、改めてダーウィンに興味を持たれた方も多いかと思います。進化論で有名なダーウィンにはそのもととなった『種の起源』の他にも多くの著作があります。『植物の受精』や『花のかたち』といった著書があります。『植物の受精』や『花のかたち』といった著書では、花の性を考えるうえで重要な実験と思索を繰り返しています。これにはダーウィンの筋筋と家族の若すぎる死が深く関わっているようです。今回は、ダーウィンの実験を手掛かりに、植物でも性染色体をもった雌雄異株植物が生じてくる花の性とその進化について、雌雄異株植物ヒロハノマンテマの例を考えてみましょう。

### 顕微鏡で見た世界：遺伝毒性を染色体で検査する

東京大学名誉教授 平井 百樹先生

諏訪圏の「ものづくり」の特徴のひとつとして、精密機器・光学機器の製作があげられています。皆様もそのような分野の実績を身近に感じておられるのではないのでしょうか。私は永年にわたり顕微鏡やカメラを用いた研究をしていますが、海外の研究仲間が来日のおりに近隣地域の工場を案内した経験があります。さて今回はヒトの染色体の話をしていただきます。私たちの環境は、遺伝子・ゲノムに異常をもたらすおそれのある因子（化学物質や放射線等の物理作用）に満ちています。それらが実際に子孫に影響を及ぼす「遺伝毒性」の程度はどのくらいなのか。これを実証するには、長期にわたる膨大な疫学的調査が必要で、ただちに判定することは困難です。しかし実験的に推定する方法があります。ヒトの血液細胞に環境因子を処理して、染色体に生じた異常を顕微鏡で検査する方法がよく利用されます。誘発染色体異常の顕微鏡観察結果を画像で示し、研究の現況を紹介いたします。

#### 講師略歴

河野 重行（かわの しげゆき）

1951年埼玉県生まれ。東京大学大学院新領域創成科学研究科教授。「ミトコンドリアの謎」（講談社）「化学進化・細胞進化」（岩波書店）、「植物染色体の最前線」（「遺伝」エヌ・ティー・エス）などの執筆、国際細胞学雑誌「キトロギア」編集者。

平井 百樹（ひらい ももき）

1943年東京都生まれ。東京大学名誉教授。「細胞遺伝学」（「人類学講座」雄山閣）、「染色体と染色体異常」（「医学発生学」診断と治療社）、「ネアンデルタール人」（訳本、タイムライフブックス）などの執筆。