

吹春 俊光

toshimitsu fukiharu

ときどき雑誌を読むといろいろな記事が出ている。今回は「スペース・シャトルよりもすごいG(ジー)：胞子の射出について」という話について(文献参照)。

まずハラタケ目の担子器にどんなぐあいに担子胞子がついているか紹介します。担子器の上に、通常4つの角状の突起があり、これをステリグマ(小柄)とよぶ。このステリグマの先端に担子胞子が乗って成熟する(図1)。

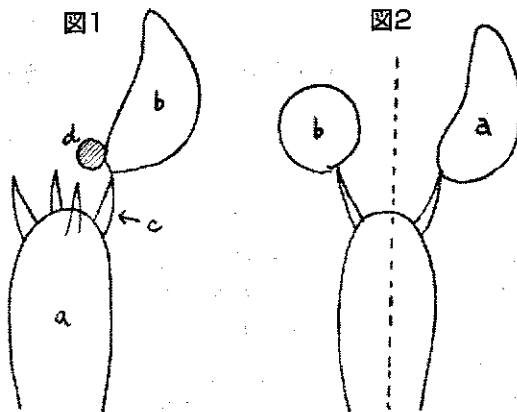


図1 / 担子胞子まわりの名称
 a、担子器。b、胞子。c、ステリグマ。
 d、ブラス・ドロップ。
 図2 / 担子胞子のステリグマに対する附着姿勢
 a、ハラタケ目など(非対称)。
 b、腹菌類(対称)。

原図はWebster et al.(1988)

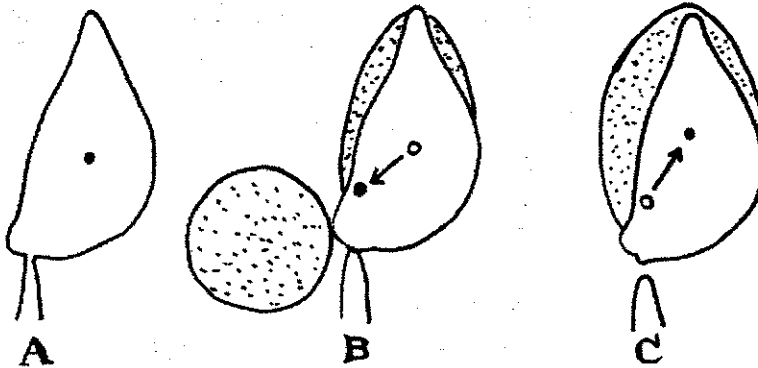
胞子の成熟後、腹菌類をのぞく担子菌類(いわゆるきのこ)の胞子は、ステリグマの中心線と非対称に担子器に付着し(図2 a)、ステリグマの上から力強く打ち出されて散布される(注1)。このことは1877年にドイツのJulius Oscar Brefeldによって初めて記述され、とにかく昔から有名な事実である。それに対し腹菌類(ニセショウロとかツチグリの仲間)の胞子は、ステリグマと胞子の中心線

に対称に担子器に付着し(図2 b、団子が串に刺さっているように見える)、胞子は射出されない。このことは吉見先生の講座でおなじみである。しかしこの射出のしくみがこの100年ほど謎のままだったとは、知らなかった。J. Websterのグループがいろいろな実験をおこない、この仕組みの解明をはかった。その1世紀におよぶ研究史をNicholas P. Money(1998)がおもしろくまとめた。以下はその話の要約。

射出タイプの胞子が成熟後発射される直前に、胞子のつけ根に大きな玉が発達する。これをブラス・ドロップとよぶ(Buller's drop、図1 d、以下「玉」とする)。この玉を最初に発見したのは、V. Fayodという人で、なんと1889年のことだ。のち、A.H.R. Buller(以下ブラーさん)が再発見する。これは1910年のことだ。ブラーさんは胞子がいきおいよく発射されることと、この玉の形成は深いつながりがあるという直感をもっていた。しかしその玉の正体までは解明できなかった。ブラーさんがえらいのは、胞子が射出される一瞬の瞬間を観察し、この玉が胞子の上に乗って発射されると描写し、絵まで描いているのである(詳しくは原文をみてください、ブラーさんの本でもよいけど)。戦前の、あんまりよく見えない顕微鏡で(たぶん)観察したのである。

1960~1970年代にはこの玉の正体はガスであるとか、胞子の射出に関しては、担子器の細胞質が膨圧で胞子を打ち出すのであるとか、ステリグマがスプリングボードの役割を果たしているとか、珍妙説もふくめ様々な説がとなえられた(Webster & Chien, 1990)。しかし、いろいろな巧妙な実験ののち、この玉は胞子がステリグマから切り離されても大きく成長するという事実(ステリグマを通じて物質が流れてくるわけではないことの証

図3/ウエプスターによって解明された担子胞子の「表面張力発射台」のしくみ



A、黒丸は胞子の重心。B、吸湿後ブラス・ドロップが大きくなり、同時に胞子の表面にも液体の薄い膜ができる、重心は以前の位置(白丸)から移動する(黒丸)。C、ブラス・ドロップが胞子表面の液体と合体し、急激に重心が移動し(白丸から黒丸へ)、結果的に胞子へ強い力が加わる。原図はWebster et al. (1988)。

明)、この玉は胞子の重量の半分以上の大きさにもなり、しかし、胞子自体の重量は、射出後も微量(1%前後)しか減らず、胞子のプロポーションもかわらないという事実(玉が胞子からもものを分けてもらって太り、胞子が細るわけではないことの証明)、などが次々に明らかにされていった。そして、玉の成分の分析がされるにおよんで、この玉は、胞子のステリグマとの接続部の近く、hilar appendix とよばれるところ(punctum lacrymans と称している)に、吸湿性の物質がちょこっと分泌され(注2)、その結果、この吸湿性の物質が空気中の湿気をつめ、それが露の玉をつくる(10~20秒間に!)、という一連の事実が明らかにされたのである。まるでドラゴンボールの元気玉である。

そして、吸湿し大きくなった玉は、胞子の表面に薄く張った水滴の膜と合体したとたんに、表面張力の力により、急速な重心の移動が生じ、これが胞子の射出の力を生み出すことが明らかになったのである(図3)。その間数秒から数十秒の出来事であるらしい。ああ、ほんとうにこの重心移動の図をみたときにはおどろいた。この表面張力などを利用した力が、スペースシャトルにも比較できるよ

うな、強力な加速(25,000Gと書いてある)をうみだすのである(注3)。本文では「surface-tension catapult」とよんでいる。「表面張力発射台」ですかね。本文には、この加速がどれだけであるか、ステリグマが胞子発射の反動に力学的に耐えうる構造をしているか、などについても力学的な計算をしてある。ここんところは、私にはよくわからない。興味のある人は本文を読んでください。

この仕組みの解明には、微量な内容物の分析技術の進歩など、技術進歩がいくつかあったのであるが、そのひとつに、担子器の先の胞子をよく観察できる材料の発見が重要であった。担子菌性の不完全菌で(*Itersonilia perplexans*)、菌糸あるいは酵母の上に直接担子器を直立させ1個の胞子をつくる菌がその材料であった。本菌は培養をはじめて4日以内に担子器を形成しはじめ、胞子が成熟すると30~40秒のうちに10 μ mの玉を成長させ、約50秒後に胞子の射出がおこる。胞子の大きさは16 \times 10 μ mと大きく観察が容易である(Webster & Chien, 1990)。この材料により、もう一つの重要な事実が明らかになった。いろんな湿度条件下で培養することが可能になったのである。その結果、これまでサーカ

ディアン・リズム(概日周期、24時間で回帰する規則的な生物サイクル)と考えられてきた、周期的な胞子の発射が(毎日決まった時間になると胞子を発射する、とか)、単に湿度条件の周期的な変化にコントロールされている、ということなども明らかになったのである。またきのこの傘の役割として、単なる雨よけ、という説明がされてきたのだが、この胞子射出に不可欠の「玉」が、雨粒に流されてしまうのをふせぐという重要な役割を傘が果たしていたんだ、という説明もなされている。

う～ん、たまには勉強してみるもんだな。私も、きのこの話をするとき「ハラタケの胞子は、力強く発射されるようですね～」、なんて言っているながら、この発射のしくみは、そのじつよくわかんなかったもんね。

胞子散布に関しては過去にブラーやインゴルドをはじめとする膨大な研究の蓄積があり、今回の文献にも、胞子散布の時期に子実体が発熱していることや、子実体と胞子が逆の極性に帯電していることなど、いろいろな現象がみられることが、再度指摘されていた。

*ちょっと気になったのは所属大学別でみた国籍。著者の P. M. ニコラスは英国人、ブラーズ・ドロップの A. H. R. ブラーも英国人、この研究に重要な役割を果たした J. ウェブスターも英国人。ここには登場しなかったけど、胞子の分散に関する著作を多く残した C. T. インゴルドも英国人。一方、この玉をガス・バブルだというガセネタ説をたてた L. S. オリーブは米国人、そしてスペースシャトルよりも強い、とけなされたスペースシャトルはもちろん米国製。う～ん!?

注1) 胞子はステリグマから数mmの場所に落とされると書いてある。直径10 μ mの胞子を直径10cmのボールと考えると、このボールは10m飛ばされることになる。

注2) ごく微量のマニトール(mannitol, 糖アルコール)とヘキソース類(hexoses, 六炭糖)。ウェブスターらはもちろん分析もしたのだが、別途に非常に巧妙な実験でマニトールなどの物質をつきとめた。

注3) スペースシャトルに対しては丁寧な悪口を書いてある。すなわち、その加速には、最初の2分間でその自重の約半分も燃料を消費するが、射出胞子はその自重の約1%の消費で、スペースシャトルの何千倍の加速を生み出す、すばらしい効率の良い装置だと。

参考文献(2つとも総説)

- Nicholas P. Money (1998) More g's than space shuttle: ballistospore discharge. *Mycologia* 90(4): 547-558.
- Webster, John and Chien, Chiu-Yuan. 1990. Ballistospore discharge. *Trans. Mycol. Soc. Japan* 31: 301-315.