

## 昆虫病原菌のHyphal bodyについて

誌名	日本蠶絲學雜誌
ISSN	00372455
著者	青木, 襄児
巻/号	39巻6号
掲載ページ	p. 458-461
発行年月	1970年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



綜 説

# 昆虫病原菌の hyphal body について —円筒形胞子という和名に対する批判を中心にして—

青 木 襄 児

東京都府中市・東京農工大学農学部

Joji Aoki: Hyphal bodies of the insect pathogenic fungi: The reconsideration on the Japanese name for hyphal bodies.

## 1. はじめに

昆虫に病原性をもつ糸状菌の多くが、寄主体内で侵入した菌糸から特異な形をした物体を形成することは良く知られている。蚕の場合でも白きょう病菌、黄きょう病菌、緑きょう病菌など、いわゆる硬化病菌と総称される菌種は侵入した蚕の体液中でこの物体を形成し、体液中を循環しながら増殖する。この物体が現在世界的には hyphal body、我が国では円筒形胞子と呼ばれていることは周知のとおりである。このように我が国で胞子という表現が使われているのは、この物体が繁殖器官的な意味合いを多分にもつものとしてみられてきたためであろう。しかし、著者はこのような呼び方がこのものの実体を正しく認識する上で必ずしも適切ではなく、むしろ不都合な点のあることを認める一人である。それでここに hyphal body に関する文献の中から、この物体の実体について解説しながら、円筒形胞子という呼び方に対する著者の見解を述べてみたい。

## 2. 円筒形胞子と呼ばれるまでの経過

そもそもこの物体を最初に発見したのは VITTADINI<sup>36)</sup>で、彼は1853年に白きょう病蚕の体液中で、病原菌が短かい繊維状の物体によって増殖することを指摘した。さらに1855年には COHN<sup>6)</sup>が、*Entomophthora muscae* がイエバエに寄生した場合、その体液中で最初は微小な球状または不定形をした物体が形成され、それが次第に發育して球状あるいは楕円状の形になり、ついには単繊維状になることを発見した。

1888年になって THAXTER<sup>34)</sup>は、*Completoaria* 菌においてこの物体を hyphal body とはじめて呼んだ。しかしながらその他にもこの物体はさまざまな呼び方がされた。すなわち、cylindrical body, short filament, free cell, free filament, hyphal fragment, filamentous hypha, free-floating filament など、いろいろの表現がされている<sup>19, 33)</sup>。しかし共通していることは、この物体を菌糸的あるいは繊維状の物体としてとらえていることで、胞子的な表現は見当らないことである。なおドイツ語でも、Hyphenkörper<sup>23)</sup>が一般的のようである。

ところで、我が国でのこの物体に対する呼び方のいきさつをふりかえてみると、最初、1896年に河原<sup>13)</sup>が蚕の白きょう病に関する報告で、分生胞子と対比してこの物体を第二胞子と呼んだ。ついで林<sup>8)</sup>は蚕の黒きょう病に関する研究で、この物体の形成される様子を「菌糸分枝の先端がくびれて円筒形の胞子となる」と述べ、ひきつづいて黄きょう病に関する研究<sup>9)</sup>の中で、この物体を仮胞子と呼んだ。当時、林の共同研究者であった岩淵は、その後赤色黄きょう病菌 (*Beauveria tenella*) についての報告<sup>11)</sup>の中でその呼び方を円筒形胞子とあらため、そして円筒形胞子から出芽して二次的に形成される物体を第二胞子と呼び、当時彼の書いた蚕体病理学の教科書<sup>10)</sup>にも白きょう病の項でそのことを明記している。なお同時代に書かれた大森<sup>24)</sup>の教科書では、ただ単に小判形の実と記載しているにすぎない。

その後、この円筒形胞子を、佐藤<sup>28)</sup>は第一分生胞

子と呼び、また伊予田<sup>12)</sup>は岩淵の名づけた第二胞子を娘円筒形胞子と呼んだ。以上のように蚕の糸状菌病に対する研究の初期には、この物体は研究者によってさまざまな呼び方がされた。しかしその後三谷<sup>22)</sup>や青木<sup>5)</sup>の著書の中で、岩淵の命名した円筒形胞子および第二胞子という呼び方が使用されるにおよんで、現在ではこの呼び方が一般に定着している。以上のように hyphal body は外国ではすべて菌糸的な表現をされてきたのに反し、我が国では一貫して胞子的なとらえ方がされてきたのである。

### 3. hyphal body の生成

hyphal body の生成が、寄主昆虫の死ぬ直前になって急激に増える現象が多く観察されていることから<sup>30, 34, 35)</sup>、栄養分の枯渇や菌の代謝物質の蓄積が、hyphal body の生成を刺激するのではないかと考えられたことがあった<sup>29, 34)</sup>。

しかし一方では、菌が昆虫体内に侵入した直後から hyphal body を形成することも認められ<sup>27)</sup>、アルギニン HCl を含むか否かによって hyphal body の生成が左右されるという報告もある<sup>31)</sup>。さらに菌を振とう培養すれば、栄養分の豊富な培地で短時間に多くの hyphal body の形成が観察され、かえって長時間振とうをつづけると hyphal body が自己消化をひきおこすことが認められた<sup>15)</sup>。青木<sup>3)</sup>は赤きょう病菌のスライド培養上における分生胞子の形成および菌糸の発育に対するブドウ糖濃度の影響を調べた結果、hyphal body 生成に対する影響は分生胞子生成に対するよりも、菌糸の発育に与える影響と同様であることを認めたことから、hyphal body が菌糸と同様の生理学的属性をもつものであり、さらに栄養分の一時的な貯蔵器官としての働きをするものであらうと報告した。

### 4. hyphal body の発育にともなう形態の変異性

前にも述べたように、外国でもこの物体に対する呼び方がさまざまであったが、それはこの物体の形態の多様性にその一因があると思われる。河上<sup>14)</sup>は緑きょう病菌の hyphal body は、蚕の病死するまでその体内で5段階にわたる形態的变化を遂げること認め、さらに振とう培養においても同様の現象を観察した。青木<sup>4)</sup>は白きょう病菌や赤きょう病菌の振とう培養において、添加するアミノ酸の種類を変えると形成される hyphal body の形や大きさに著しい変化の起ることを認め、必ずしも円筒形

を呈するとは限らないことを明らかにした。MADE-LIN<sup>19)</sup>は free cell と free filament の両者は、同一構造のものの発育段階の違っているものを、それぞれ指しているにすぎないであろうと述べている。

このように形態が流動的に変化する点からみても、hyphal body はおよそ胞子という概念からはほど遠く、やはり外国で使われているように菌糸的なものと考えざるを得ない。

### 5. hyphal body の寄主体内での行動

寄主体内に侵入した菌糸が短かく、厚い細胞膜をもった断片にちぎれて、いわゆる hyphal body となり、これが酵母様の出芽やくびれによって増殖することは数多くの観察がされている。また hyphal body は増殖をつづけながら寄主昆虫の体液中を循環することもよく知られている。hyphal body が free floating filament とも呼ばれるように、体液中を循環しながら寄主体内の至るところに分散してゆく状態は、たしかに胞子的な機能をもつもののように思われる。

ところが hyphal body は必ずしも体液中を循環するとは限らない。PRASERTPHON<sup>27)</sup>は、蚕にも病原性をもつ白きょう病菌や黒きょう病菌の hyphal body が、ハチミツガ幼虫の体液中でも循環することを認めている。一方、*Entomophthora coronata* と *E. apiculata* の hyphal body は同幼虫の体液中を循環しないことを認め、そして (1) hyphal body の大きさ、(2) 糸状菌の発育に最適な場、(3) 寄主昆虫の特異性の3点によって、hyphal body が体液中を循環するかしないかが決定されると述べている。この点について我が国では、hyphal body が典型的に流動分散する蚕の硬化病菌について認識されてきたために、胞子的概念にとらわれやすかったのではあるまいか。

ところで、昆虫体内での hyphal body の発育様相については二通りの観察がされている。一つは hyphal body が昆虫の体液中を循環しながら分散増殖し、昆虫が活着しているうちに組織内に決して侵入しないという報告<sup>7, 25, 26, 32)</sup>であり、他の一つは、昆虫がまだ生存中に hyphal body が組織内に侵入してゆくという観察<sup>12, 16, 17, 20, 21)</sup>である。この両者の違いは侵入した菌の種類、あるいは寄主の種類によるものと考えられるが、いずれにせよ組織中に hyphal body が侵入し発育してゆく事実は、この物

体が当然栄養吸収機能をもつものと考えられ、この点からも hyphal body の実体が菌糸的であるとみなされる。

#### 6. hyphal body からの胞子形成

増殖した hyphal body は、有性生殖の場合にはたがい接合して接合胞子を、一方、無性生殖の段階では分生胞子を形成する<sup>18)</sup>。また、重接合胞子<sup>33)</sup>や厚膜胞子<sup>27)</sup>に変化することもある。

1961年に、AINSWORTH<sup>1)</sup>は *Entomophthorales* の菌において、hyphal body とは出芽やくびれによって数の増えた菌糸の断片であると述べ、翌年 ALEXOPOULUS<sup>2)</sup>は、同種の菌で菌糸が隔膜を形成したのちその部分から断片となつていわゆる hyphal body となり、これが分裂や出芽によって増え、最後にその先端に分生胞子を着生する分生子梗を形成すると述べた。さらに PRASERTPHON<sup>3)</sup>は、hyphal body に関するこれらの説明を不十分であるとしてつぎのような新しい定義を発表した。すなわち、「hyphal body は種々の大きさや形をもった菌糸の断片であり、寄主や人工培地上で出芽および分裂によって産生される。hyphal body は適当な条件の下では重接合胞子、接合胞子または分生胞子をいつでも形成するか、あるいは正常の菌糸、さらに菌糸体に変わる。」と述べている。

以上のようにどの定義づけでも、hyphal body が菌糸の断片であることを明記しているが、hyphal body を胞子となお仮定した場合、胞子が発芽管の伸長から菌糸へという過程を経ずに直接前記のような胞子を形成することになって、その矛盾にすぐ気がつくであろう。

#### 7. 和名改正論

今まで述べてきたことからみても、従来我が国で hyphal body を円筒形胞子と呼んできたことは、このものの本質からすると明らかに不合理と思われる。この点について呼び名はあくまでも便宜上のものであって、円筒形胞子は実質上菌糸の断片であると割り切っておれば、それでよいという考え方もでてくるかもしれない。しかしそのような場合、hyphal body に対して誤った認識を持つ人が今後でてこないと果していえるであろうか。

かつてカリフォルニア大学の故 STEINHAUS 教授が来日された折、我が国の一研究者が円筒形胞子を cylinder spore と訳して話を進めたところ、同教授

はそのような呼び名の物体の存在を否定されたという事実を、著者が第34回の蚕糸学会講演会(1964年)で講演した時に参考意見として述べられた方があった。

すでに河上<sup>16)</sup>は、「円筒形胞子は昆虫の体内で分裂増殖する際に複雑な形態的变化を行ない、必ずしも円筒状とはいいいにくい菌体を形成するものあることから、寄主体内に形成されるこれらの菌体を意味する包括した言葉としては、円筒形胞子よりも hyphal bodies の方が適当であろう。」と述べている。

著者も論文発表の場合には hyphal body と英名のまま現在使っている。このことは円筒形胞子という和名を使うことによって、誤った認識を与えないようにする上で意義があるが、一面では、和文の論文中にこの言葉だけを英名のまま使用していることは不都合な場合がある。先人によって命名され、長い間受けつがれてきた言葉をみだりに変えることはつつまねばならないが、しかし、今まで述べてきた論拠からして、この場合はやはり適正な呼び方に改めるべきであり、また、そうすることが現在のこの方面の研究に従事しているものの義務でもであろうと考える。

#### 8. おわりに

長い間親しまれ、語感の実に良い円筒形胞子という言葉を変え、しかも hyphal body の実体を端的に表現するような言葉を求めることはなかなかむづかしく、著者自身これらと思う言葉が見つからない。“hyphal body”を直訳した“菌糸体”では“mycelium”と混同されてしまう。むしろ、“short filament”や“filamentous hypha”といった言葉から、“短菌糸細胞”といった方が良いのではないかと考えている。しかし、このような用語の問題はなるべく多くの人々が意見を出し合って、その中からもっとも適切な言葉を見出すのが妥当であろう。そのような機会の得られることも期待して、この綜説を書いた次第である。

#### 文 献

- 1) AINSWORTH, G.C. (1961): "Dictionary of the Fungi," (5th ed.), 547pp, Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.

- 2) ALEXOPOULUS, C.J. (1962) : "Introductory Mycology", (2nd ed.), 611pp, Wiley, New York.
- 3) 青木襄児 (1967) : 日蚕雑, **36**, 388-394.
- 4) 青木襄児・柳瀬久良子 (1970) : 日蚕雑, **39**, 285-292.
- 5) 青木 清 (1957) : 昆虫病理学, 493pp. 技報堂, 東京.
- 6) COHN, F. (1855) : Verhandl. Kaiserl. Leopoldinisch. Carolinischen. Akad. Naturforscher. 25, 299-360+3 Taf.
- 7) GLASER, R.W. (1926) : Ann. Entomol. Soc. Am., **19**, 180-192.
- 8) 林 弾作・岩淵平介 (1902) : 蚕事報告 (18), 273-282.
- 9) 林 弾作・高村源次郎・菊地省三郎 (1905) : 蚕事報告 (23), 14-18.
- 10) 岩淵平介 (1909) : 蚕体病理教科書, 140 pp. 明文堂, 東京.
- 11) 岩淵平介・河村福治 (1909) : 蚕事報告 (38), 91-99.
- 12) 伊予田 茂 (1937) : 愛知蚕試報 (9), 1-25.
- 13) 河原次郎 (1896) : 日本蚕業雜誌 (90), 7-11.
- 14) 河上 清 (1962) : 蚕試報, **18**, 133-146.
- 15) 河上 清 (1962) : 同上, **18**, 147-156.
- 16) 河上 清 (1965) : 同上, **20**, 37-56.
- 17) LEFBURE, C.L. (1934) : Ann. Botany, **48**, 441-452.
- 18) MACLEOD, D.M. (1963) : In "Insect Pathology, An Advanced Treatise" (E.A. Steinhaus, ed.), Vol. 2, pp. 189-231. Academic Press, New York.
- 19) MADELIN, M.F. (1963) : In "Insect Pathology, An Advanced Treatise" (E.A. Steinhaus, ed.), Vol. 2, pp. 233-271. Academic Press, New York.
- 20) 三谷賢三郎・伊予田 茂・伊藤節之・梅村 角一 (1927) : 蚕業新報, **35**, 1302-1310.
- 21) 三谷賢三郎 (1928) : 愛知蚕試報 (5), 115-136.
- 22) 三谷賢三郎 (1929) : 蚕病学中巻, 478pp. 明文堂, 東京.
- 23) MÜLLER-KÖGLER, E. (1965) : Pilzkrankheiten bei Insekten, 444pp. Paul Parey, Berlin.
- 24) 大森順造 (1903) : 蚕病学講義, 306 pp. 有隣堂, 東京.
- 25) PAILLOT, A. (1930) : "Traité des maladies du ver à soie", 288 pp. G. Doin et Cie, Paris.
- 26) PICARD, F. (1913) : Ann. épiphyt., **1**, 106-176.
- 27) PRASERTPHON, S., and Y. TANADA (1968) : J. Invertebrate Pathol., **11**, 260-280.
- 28) 佐藤清太郎 (1930) : 佐久良会誌, **27**, 21-33.
- 29) SAWYER, W.H. (1929) : Am. J. Botany, **16**, 87-121.
- 30) SAWYER, W.H. (1933) : Ann. Botany, **47**, 799-811.
- 31) SMITH, M.C.W. (1953) : Ph. D. Dissertation, 91 pp. University of Michigan, Ann. Arbor, Mich.
- 32) SPEARE, A.T. (1920) : J. Agr. Research, **18**, 399-440.
- 33) STEINHAUS, E.A. (1949) : "Principles of Insect Pathology" 757 pp. McGraw-Hill, New York.
- 34) THAXTER, R. (1888) : Mem. Boston Soc. Nat. Hist., **4**, 133-201.
- 35) ULLYETT, G.C., and D.B. SCHONKEN (1940) : Union S. Africa Dept. Agr. Forest., Sci. Bull., **218**, 24 pp.
- 36) VITTADINI, C. (1853) : Mem. del. I.R. Inst. Lomb. Sci. Lett. Arti, **4**, 241-289.