

家蠶에서 分離된 새로운 微孢子蟲(S₈₅)의 特性 및 分類學的 位置 (1)

——孢子的 微細構造——

趙世衍·孫海龍*·林鍾聲*

國立種子供給所·*慶北大學校

Characterization and Taxonomic Classification of S₈₅, a new Microsporidia,
isolated from the Silkworm, *Bombyx mori* L.

Sae Yun Cho, Hae Ryong Sohn* and Jong Sung Lim*

National Office of Seeds Production & Distribution, An Dong, Korea.

*Kyungpook National University, Taegu, Korea

Summary

A new microsporidia (S₈₅) was isolated from the silkworm, *Bombyx mori* L. in Suwon, Korea in 1985. The electron microscopic observation of the fine structure of the spore was studied for the characterization of the new microsporidia and its taxonomic position.

The sporewall was composed of three different electron dense layers and the spore surface was rough and wrinkled.

The polaroplast has two parts which differed in the arrangement of the lamellae. The polarfilament was isofilar with thirteen coils and it was consisted of eight concentric layers of different electron density.

The spore contained a single nucleus and the pansporoblast appeared as a thin balloon-like structure surrounding the spore. The membrane was generally smooth and shown occasionally wrinkled.

緒 言

微孢子蟲(Microsporidia)은 極絲를 內藏하는 單細胞性的 耐久性孢子를 形成하는 原蟲으로서 크기는 3~8 × 1~3μm 程度이고 모양은 卵形, 橢圓形 또는 洋梨形인 것이 大部分이다.

微孢子蟲은 1881年 Bütschli에 의해 原生動物門의 孢子蟲綱으로 分類되었으나 그후 1926年 Calkins에 의해 原生動物門의 孢子蟲亞門으로 되었다가 1980年 Levine *et al.*의 새로운 分類體系에 따라 原生動物亞界의 7個 門中 Microspora門으로 分類되었다.

微孢子蟲은 모든 種이 活物寄生性이며 原生動物로부터 사람에게 이르기까지 광범위한 寄生域을 가진다. 그 數는 500種 程度가 알려져 있고 이중 40%程度가 昆蟲에 寄生하는데 病原성이 높아 致命的인 影響을 주는 것이 많다(福原, 1979; Bulla & Cheng, 1976)

微孢子蟲에 의한 昆蟲의 疾病으로서 일찌기 研究된 것은 누에의 微粒子病이다. Naegeli(1857)는 微粒子病原體를 *Nosema bombycis* Naegeli라 命名하였고 Balbiani(1882)는 微粒子病의 病原體가 Protozoa임을 밝혔으며 Pasteur(1870)는 *Nosema bombycis*가 經卵傳達됨을 밝혔고 그 防除體系를 確立하므로써 그 당시 養蠶業에 致命的인 타격을 입었던 微粒子病을 豫防하는데

획기적인業績을 남긴 바 있다.

Nosema bombycis 以外 누에에 病原性을 나타내는 微胞子蟲은 藤原(1969)에 의해 처음 分離 報告되었고 田中 등(1972)은 이를 “細型微粒子”라고 하였다. 阿部 藤原(1979)는 누에의 中腸에 寄生하는 微胞子蟲 *Pleistophora* sp.의 增殖樣式에 對한 組織學的 觀察 結果를 發表하였다. 藤原(1980, 1984, 1985)은 그후 *Nosema* 屬 및 *Thelohania* 屬의 또 다른 微胞子蟲類를 누에로부터 分離하였다.

韓國에서는 林 등(1981)이 慶北地方의 普通蠶種 母蛾 檢査에서 分離한 微胞子蟲 *Nosema* sp. K₇₀의 特性을 처음으로 發表하였고 趙·林 (1982)은 *Nosema bombycis* 및 *Nosema* sp. K₇₀에 比하여 胞子의 크기가 작고 病原性이 弱한 微胞子蟲 S₂₀을 누에로부터 分離한 바 있다.

尹(1984)은 微胞子蟲 K₇₀ 胞子의 微細構造 및 發育 樣式에 對한 電子顯微鏡的 觀察를 통하여 微胞子蟲 K₇₀를 *Nosema* sp.로 分類하였다. 微胞子蟲 分類의 重要한 基準이 되는 胞子의 微細構造에 關하여는 以外도 많은 보고가 있었다(Ishihara, 1968; Milner, 1972; Sanders & Poinar, 1976; Milner & Beaton, 1977; Jones, 1981; Malone & Wigley, 1981; Milner & Mayer, 1982; Jeffrey & Hall, 1983; Maddox & Webb, 1983; Spelling & Young, 1983; Purrini & Weiser, 1985; Sweeney *et al.*, 1985).

微胞子蟲은 極膜層 및 極胞子의 有無에 따라 綱이 分類되고 胞子의 細胞壁 및 突出器官 等の 發達程度에 따라 目이 分類되며 多胞子芽膜(Pansporoblast)의 形成 與否에 따라 亞目이 決定된다. 또한 核의 數, 寄主 其他 特性에 따라 屬 및 種을 分類하고 그 밖의 極絲의 Coil 數나 胞子의 縱軸에 對한 Coil의 기울기를 分類基準으로 採用하려는 試圖가 있다(Burges *et al.*, 1974).

著者 등은 1985年 原原蠶種의 母蛾檢査中에 크기가 4.1×2.2μm이고 모양이 橢圓形이며 多胞子芽膜을 形成하는 새로운 微胞子蟲(S₂₅)을 分離, 그 特性을 研究한 바 本研究에서는 우선 胞子(S₂₅)의 微細構造에 對한 電子顯微鏡的 觀察結果를 報告한다.

이 研究를 遂行함에 있어 電子顯微鏡攝影에 많은 도움을 주신 서울大學校 獸醫科大學 李榮純 教授님과 朴在學氏에게 깊은 感謝의 뜻을 表합니다.

材料 및 方法

精製胞子를 5% glutaraldehyde에 48時間 固定한 後 Trager's B medium으로 20分씩 2回 洗滌한 다음 2%

osmium tetroxide로 3時間 2次 固定하고 다시 Trager's B medium으로 30分씩 2回 洗滌한 後에 0.5% potassium permanganate에 30分間 3次 固定한 것을 Trager's B medium으로 30分間 洗滌하여 50%, 75%, 90%, 95%, 100% ethanol에 各各 30分씩 脫水하고 propylene oxide에 24時間 保存하여 脫 alcohol 시킨 후 50 : 50 epon mixture에 48時間, 100% epon mixture에 48時間 保存, 胞子에 epon을 浸透시킨 後 epon 812로 包埋하였다. 包埋한 試料은 ultra microtome으로 超薄切片을 만들어 uranyl acetate와 lead citrate로 2重 染色하여 透過型 電子顯微鏡(Jem-100cx)으로 觀察하였다.

한편 走査型 電子顯微鏡 觀察를 위해서는 胞子를 5% Glutaraldehyde에 60分間, 2% osmium tetroxide에 90分間 固定하여 70%, 80%, 90%, 95%, 100% (3回)의 acetone으로 脫水하고 限界點 乾燥後 specimen stub에 mounting하여 sputter coater로 230nm 程度 coating한 다음 走査型 電子顯微鏡(Cambridge S-250 MK₂)으로 觀察하였다.

結果 및 考察

1. 胞子의 內部構造

微胞子蟲 S₂₅의 內部的 微細構造를 調查하고자 透過性 電子顯微鏡으로 觀察한 結果 成熟한 S₂₅胞子는 3層으로 된 皮殼(Wall)을 가지고 있다(그림 1, 그림 2, 그림 3).

皮殼의 最外層인 外殼(exospore)은 電子 密度가 높고 요철(凹凸)이 다소 심한 편이었으며 胞子全體周邊의 두께는 비슷하였다.

中間層인 內殼(endospore)은 電子密度가 낮고 胞子

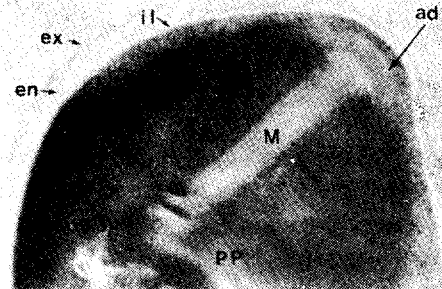


Fig. 1. Longitudinal section of the spore (S₂₅). ex, exospore; en, endospore; il, innermost layer; ad, anchoring disk; m, manubroid; ap, anterior part of polaroplast; pp, posterior part of polaroplast. (×40,000).



Fig. 2. Cross section of the spore (S_{85}). p, polaroplast; pf, polar filament. ($\times 28,000$).

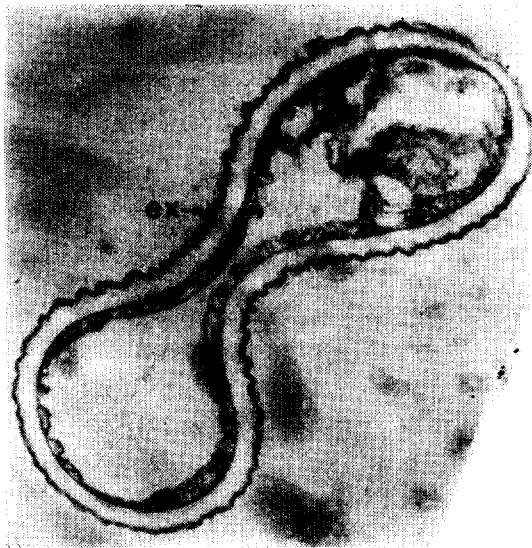


Fig. 3. Longitudinal section of the spore (S_{85}) of which polar filament has been extruded. ex, exospore. ($\times 28,000$).

皮殼두께의 대부분을 차지하며 頂端部쪽(두께 : 13nm)을除外하고는 거의 비슷한 두께(約 50nm)였다.

皮殼의 제일 안쪽層은 胞子原形質을 境界하는 一種의 얇은 膜(Innermost layer)으로서 다른 細胞質膜과

비슷하였다.

胞子皮殼의 微細構造에 關한 報告를 보면 本 研究 結果에서와 같이 皮殼은 電子密度가 작기 다른 3層으로 되어 있으며 外殼은 요철모양으로 주름이 잡혀 있으나 (Bulla & Cheng, 1986; Sato *et al.*, 1982; 尹, 1984) *Thelohania bracteata*와 *pleistophora* sp.와 같은 種의 皮殼은 섬유모양 (fibrillar) 또는 微細한 管 같은 補助 構造로 되어 있으며 (Szollosi, 1971; Liu & Davies, 1972a) Sprague *et al.*(1972)은 胞子皮殼의 內層이 전혀 없는 微胞子蟲도 있다고 報告하였고 尹(1984)은 3種 微胞子蟲의 內殼의 두께를 測定하여(*Nosema bombycis* 37nm, *Nosema* sp. M_{12} 59nm) 內殼두께 差異로서 微胞子蟲의 同定을 試圖하려 하였다.

胞子の 頂端部 바로 밑에는 固定板(anchoring disk)이 우산모양으로 限界膜(innermost layer)을 따라 뒤쪽으로 가늘어지며 내려져 있다(그림 2). 固定板은 極絲가 突出할 때 이것을 胞子에 固定시키는 役割을 하

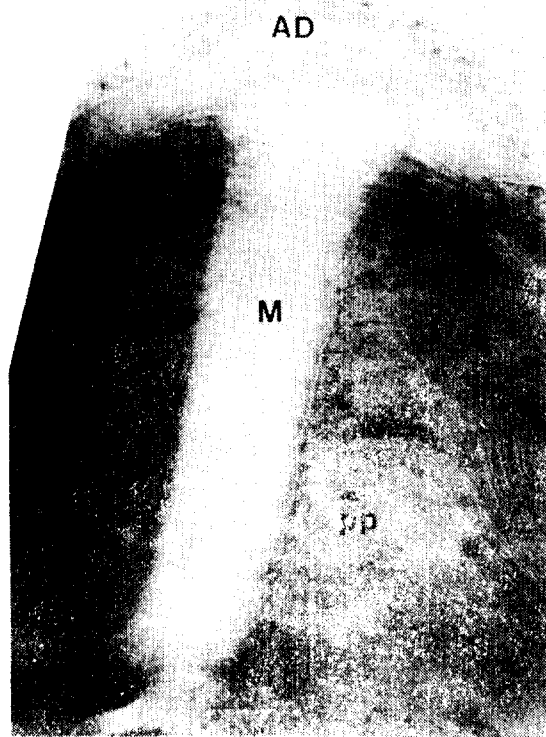


Fig. 4. Longitudinal section of spore showing the arrangement of the manubroid part of the polar filament (M), the anchoring disk (ad) and the polaroplast. The polaroplast consists of two parts (AP, PP) which differ in the arrangement of the lamellae. ($\times 68,000$).

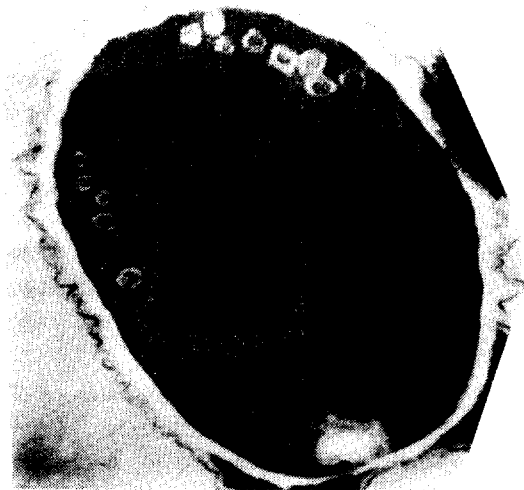


Fig. 5. Longitudinal section of spore showing the polar filament. pf, polarfilament. ($\times 28,000$).

는 것으로 그 구조와 위치는 微孢子蟲의 共通되는 것으로 사료된다.

極絲(polar filament)에 붙은 부분인 manubroid는 固定板에 부착되어 極絲가 廻轉하는 곳까지 뒤쪽으로 곧게 뻗어 있으며 電子密度는 낮고 그 지름은 100nm

정도있다(그림 4).

Manubroid의 表面에는 lamellae로 된 極膜層(polaroplast)이 붙어 있으며 이것은 두 부분으로 나누어져 있다. 極膜層의 앞 부분은 매끄러운 lamellae가 상당히 稠密하게 配列되어 있으며 뒷부분은 성긴 모양으로 配列되어 있는 것이 앞부분과 다른 것으로 觀察되었다(그림 4).

極膜層은 孢子突出器官의 一種으로서 그 구조에 있어서 S_{85} 孢子는 lamellae의 配列이 서로 다른 두 부분으로 되어 있으나 Sato *et al.* (1982)는 *N. bombycis*, *Nosema* sp. M_{11} 및 *Nosema* sp. M_{12} 는 極膜層의 構成이 두 부분으로 되어 있는 반면 *pleistophora* sp.는 세 부분으로 나누어진다고 하였고 尹(1984)은 *Nosema* sp. K_{79} 가 두 부분으로 된 極膜層을 가진다고 하였다.

S_{85} 의 極絲는 孢子的 뒤쪽에서 限界膜을 따라 13廻轉(coil)을 하였으며 電子密度가 다른 8個의 同心圓層으로 構成되었고 그 지름은 85~115nm정도이다(그림 5, 그림 6).

極絲에 관한 報告를 보면 Burges *et al.* (1974)은 極絲의 廻轉數를 微孢子蟲의 同定法으로 提示하였다.

S_{85} 孢子的 極絲廻轉數는 13個로서 *N. bombycis* 12個 *pleistophora* sp. 8個(Sato *et al.*, 1982), *Nosema* sp. K_{79} 16個(尹, 1984), *Encephalitozoon cuniculi* 3~4個

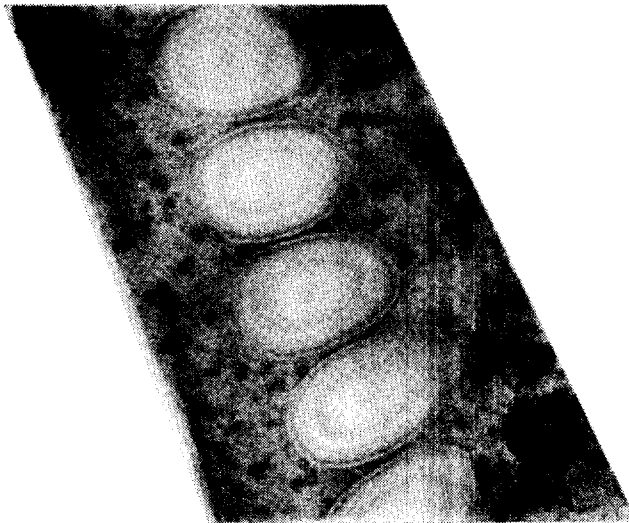


Fig. 6A. Cross section of the polar filament which reveals the presence of different concentric layer. ($\times 100,000$).

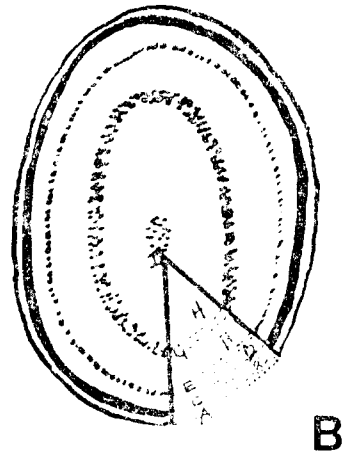


Fig. 6B. Schematic drawing of the polar filament.

a : Thin membranous layer; b : Transparent space; c : Electron dense layer; d : Transparent interspace; e : Ring of medium electron density; f : Large electron transparent layer; g : Another electron dense layer; h : Thick electron transparent layer.

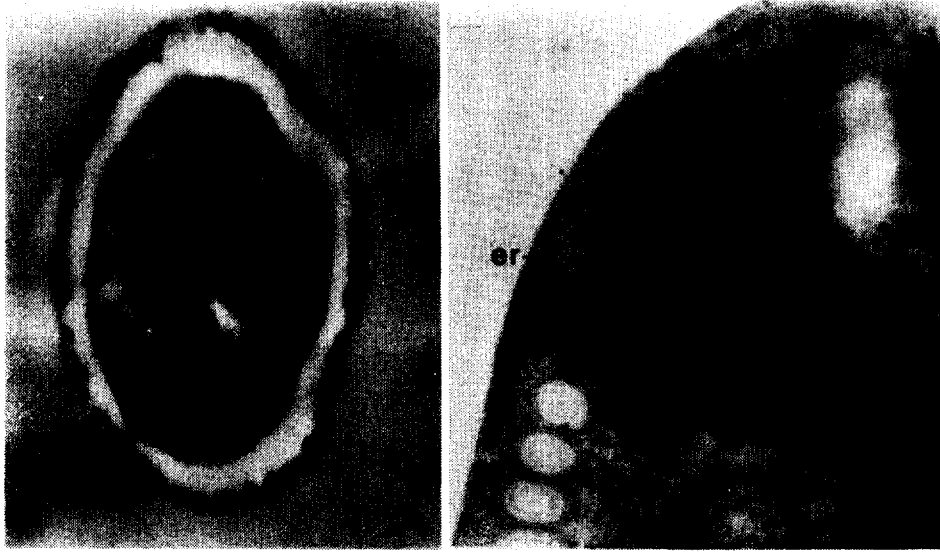


Fig. 7A. Longitudinal section of the spore (S_{85}) showing a single nucleus. ($\times 25,000$).

Fig. 7B. Longitudinal section of the spore showing the long endoplasmic reticulum (ER) next to the polar filament. ($\times 40,000$).

(Petri & Schiodt, 1966), *Nosema apis* 44個(Scholtz & Dannel, 1962) 등과 比較해 볼 때 極絲의 廻轉數에 있어서 差異가 있으며 微孢子蟲類를 同定하는데 有用하다고 생각된다.

한편 極絲의 構造와 機能에 對하여 처음 論及한 사람은 Stempell(1909)로서 極絲는 突出할 때에 孢子原形質이 흘러나가는 通路로서 구멍이 있는 管이라 하였고 Schubert(1969a)는 11個의 同心圓層으로 된 보다 複雜한 構造로 이루어 졌다고 하였으며 本研究에서도 이와 비슷한 結果를 얻었다.

孢子的 中心部位 아래에 분명하지는 않지만 1個의 核이 觀察되었고(그림 7A) 極絲의 coil 附近에서는 微小胞體가 觀察되었다(그림 7B).

微孢子蟲 S_{85} 는 2個의 核을 가진 *N. bombycis*, *Nosema* sp. M_{11} (Sato *et al.*, 1982) 및 *Nosema* sp. K_{78} (尹, 1984)와는 分類學上 差異를 보이고 1個의 核을 가진 *pleistophora* sp. (Sato *et al.*, 1982)에 가까운 것으로 생각한다.

2. 孢子 및 多孢子芽膜의 表面形態

S_{85} 의 孢子 및 多孢子芽膜의 表面形態를 走査型 電子顯微鏡으로 觀察한 結果 限界點乾燥를 행한 孢子는 原形이 잘 保存되었으며 孢子的 表面은 孢子的 長軸에 대하여 垂直方向으로 주름이 깊게 잡혀 있고 주름의 間隔은 좁은 편이나 一定하지 않고 다소 不規則的인 것으로 觀察되었다(그림 8). 이와 같은 結果는 透

過型 電子顯微鏡에서 觀察한 孢子的 外殼形態와 一致하였다.

Fowler & Reeves(1975)는 *Nosema necatrix*의 孢子 表面은 매끄럽고 주름이 없으나 *Nosema whitei*는 넓고 짧은 주름이 있으며 *pleistophora* sp.는 매끄럽거나 짧고 좁은 2가지 形態가 있음을 밝힘으로써 孢子表面 形態의 差異가 微孢子蟲 同定에 利用될 수 있음을 시사하였다.

多孢子芽膜은 孢자를 둘러싸고 있는 고무풍선처럼 생긴 얇은 膜構造를 이루고 있으며 매끄러운 것처럼 보이나 곳곳에 주름이 잡혀 있고 작은 크기의 구멍이

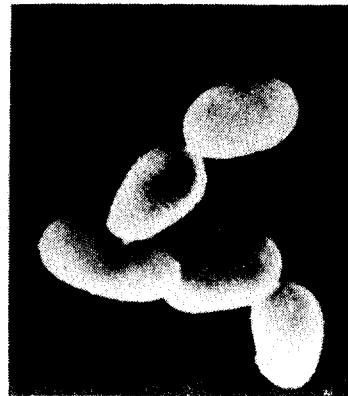


Fig. 8. Spores subjected to critical point drying, ($\times 8,100$).

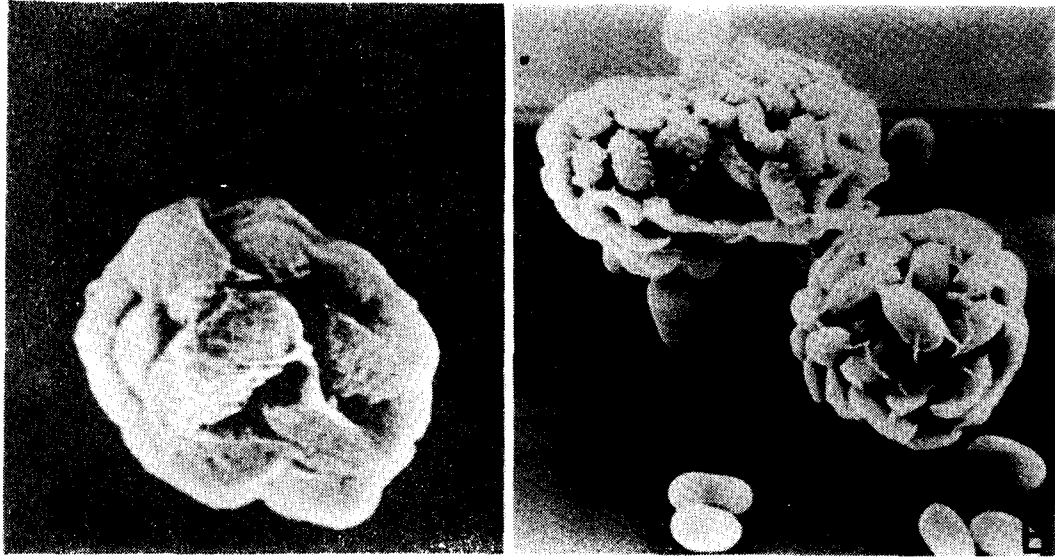


Fig. 9A. The pansporoblast subjected to critical point drying. The pansporoblastic membrane is irregularly wrinkled and appeared as a thin balloon-like structure surrounding the spores. ($\times 3,200$)

Fig. 9B. Pansporoblast and spores liberated from the pansporoblast. ($\times 3,200$)

나 있는 것이 관찰되었다(그림 9A).

多孢子芽膜内に 있는 胞子は 分裂이 거의 끝난 狀態의 경우에는 膜에 거의 密接되어 있는 것으로 생각되며 그림 9B에서와 같이 찢어진 膜사이로 16個 以上の 胞子が 觀察되었다.

한편 多孢子芽膜의 形成與否가 分類의 基準이 되는 것으로 Levine *et al.* (1980)은 微孢子蟲의 새로운 分類體系에서 Microsporidia目에 2個의 亞目을 두고 微孢子蟲이 寄主體內에서 發育中 多孢子芽膜을 形成하는 微孢子蟲類를 Pansporoblastina亞目으로 分類하고 多孢子芽膜을 形成하지 않는 것들을 Apansporoblastina亞目으로 分類하였다. *N. bombycis* 및 *Nosema* sp. M₁₁, *Nosema* sp. K₇₀는 Apansporoblastina亞目の *Nosema*屬에 속하는 種으로서 胞子發育中에 多孢子芽膜을 形成하지 않는다고 하였고(藤原, 1980; 尹, 1984), 阿部 등 (1979)은 *pleistophora* sp.가 多孢子芽膜을 形成한다고 하였고 本 研究에서 S₃₅는 多孢子芽膜을 形成하며 16個 以上の 胞子를 膜內에 가진 점을 고려할 때 *N. bombycis*나 *Nosema* sp. K₇₀와는 差異가 있는 것으로 사료된다.

摘 要

家蠶에서 分離된 새로운 微孢子蟲(S₃₅)의 特性을 究明하기 위한 일환으로 胞子の 微細構造를 電子顯微鏡

으로 觀察한 結果는 아래와 같다.

1. 胞子は 電子密度가 相異한 3層의 皮殼으로 되어 있으며 그 外殼은 電子密度가 높고 요철이 다소 심한 편이고 內殼은 電子密度가 낮으며 胞子皮殼두께의 대부분을 차지하였다.
2. 極膜層은 그 配列이 粗密하고 생긴 두 部分의 Lamellae 構造로 되어 있었다.
3. 極絲는 13個의 coil을 가지고 있으며 電子密度가 서로 다른 8個의 同心圓層으로 되어 있었다.
4. 胞子は 1個의 核을 가지고 있으며 多孢子芽膜을 形成하고 膜內에 16個 以上の 胞子를 가지고 있었다.
5. 胞子の 表面은 거칠고 주름이 있으며 多孢子芽膜은 고무풍선처럼 생긴 얇은 膜構造로서 表面에는 약간의 주름이 있었다.

引 用 文 獻

- 阿部芳彦, 藤原 公(1979)カイコ幼蟲의 上皮細胞에 寄生する 原蟲 *Pleistophora* sp. (Microsporidia: Nosematidae)의 增殖樣式. 日蠶雜 48(1): 19-23.
- Balbani, E.G. (1882). Sur les microsporidies ou psorospermies des articules. C.R. Acad. Sci., Paris, 95, 1168-71.
- Bulla Lee A. Jr. and T.C. Cheng (1976) Comparative pathobiology. 1: 28-109.

- Burges, H.D., E.U. Canning, and I.K. Hulls (1974) Ultrastructure of *Nosema oryzedephili* and the taxonomic value of the polarfilament. J. Invert. Pathol. 23: 135-139.
- Bütschli, O. (1881) Protozoa in brom's Klassen und Ordnungen des theierreichs. 1: 1585-2035.
- Calkins, G.N. (1926) The biology of the protozoa, Philadelphia, Led & Febiger.
- 趙世衍, 林鍾聲(1982) 누에로 부터 分離된 새로운 Microsporidia (S₉₀)의 特性. 慶北大學校 大學院 論文 1-37.
- 田中茂男, 清水孝夫, 小林正彦, 石原 廉 (1972). 家蠶の 新原蟲病について. 日蠶雜 41(2): 89-95.
- Fowler, J. L. and E.L. Reeves (1975) Microsporidian spores structure as revealed by scanning electron microscopy. J. Invert. Pathol. 26: 1-6.
- 福原敏彦(1979) 昆蟲病理學. 東京, 學會出版センター, 105-122.
- 藤原 公(1969) 蠶に 寄生する 新しい微粒子蟲について. 日本蠶絲學會 關東支部 講要 20: 9.
- 藤原 公 (1980) カイコから 分離された 3種の 微胞子蟲(*Nosema* spp.)について. 日蠶雜 49(3): 229-236.
- 藤原 公 (1984) 蠶から 分離された *Thelohania* sp. 日蠶雜 53(5): 459-460.
- 藤原 公, 香川敏昭, 安藤博司 (1985) 種菌養蠶の 蠶蛾から 分離した *Nosema bombycis* 様 微胞子蟲. 日蠶雜 54(2): 117-125.
- Ishihara R. (1968) Some observations on the fine structure of sporoplasm discharged from spores of a microsporidian, *Nosema bombycis*. J. Invert. Pathol. 12: 245-258.
- Jeffrey C. Lord and W. Hall, Donald (1983) A new Microsporidian parasite of the mosquito Aedes. J. Invert. Pathol. 41: 301-304.
- Jones, J.B. (1981) A new microsporidium the oyster ostrea in New Zealand J. Invert. Pathol. 38: 67-70.
- Levine, N.D., J.O. Corliss, F.E.G. Cox, G. Deroux, J. Grain, B.M. Honigberg, G.E. Leedale, A.R. Burges, H.D., E.U. Canning, and I.K. Hulls (1974) Roeblich, J. Lom, D. Lynn, E.G. Merinfeld, F.C. Page, G. Poljansky, V. Sprague, J. Vavra and F.G. Wallace. (1980). A newly revised classification of the protozoa. J. Protozool. 27(1): 37-58.
- 林鍾聲, 韓明世, 李永根, 趙世衍(1981) 家蠶에서 分離된 새로운 微胞子蟲에 關한 研究, 大韓蠶絲會, 1-36.
- Liu, T.P. and D.M. Davies (1972a) Fine structure of developing spores of *Thelohania bracteata* emphasizing polar filament formation. J. protozool. 19: 461-469.
- Maddox, J.V. and D.W. Webb (1983) A new species of *Nosema* from *Hylobittacus apicalis* (Insecta: Mecoptera: Bittacidae) J. Invert. Pathol. 42: 207-220.
- Malone, L.A. and P.J. Wigley (1981) The morphology and development of *Nosema carpocapsae*, a microsporidian pathogen of the Codling moth, *Cydia pomonella*. (Lepidoptera: Tortricidae) in New Zealand. J. Invert. Pathol. 38: 315-329.
- Milner, R.J.(1972) *Nosema whitei*, a microsporidian pathogen of some species of triboliumm. J. Invert. Pathol. 19: 239-247.
- Milner, R.J. and C.D. Beaton (1977) *Pleistophora oncoperae* sp. n. (Protozoa: Microsporida) from *Oncopera alboguttata* (Lepidoptera: Hepialidae) in Australia. J. Invert. Pathol. 29: 133-140.
- Milner, R.J. and J.A. Mayer, (1982) *Tuzetia boeckella* sp. nov. (Protozoa: Microsporida), a Parasite of *Boeckella triarticulata*(Copepoda: Calanoidea) in Australia. J. Invert. Pathol. 39: 174-184.
- Naegeli(1857) Veber die neue Krankheit der seidenraupe und verwante organismen. Bot. ztg. 15: 760-761.
- Pasteur, L. (1870) Etudes sur la maladie des vers a soie. T. I., Paris, 184.
- Petri, M. and T. Schiodt (1966) On the ultrastructure cuniculi in cells of the yoshida rat, *Ascites sar*. Acta Pathol. Microbiol. Scand. 66: 437-446.
- Purrini, K. and J. Weiser (1985) Ultra structural study of the microsporidian *Chytridiopsis typographi*(Chytridiopsida: Microspora) infecting the Bark Beetle, *Ips typographus*(Scolytidae: Coleoptera), with new data on spore dimorphism, J. Invert. Pathol. 45: 66-74.
- Sato Ryoichi, Masahiko Kobayashi, and Hitoshi. Watanabe (1982) Internal ultrastructure of spores of microsporidians isolated from the silkworm, *Bombyx mori*. J. Invert. Pathol. 40: 260-265.
- Sanders, R. Dale and George O. Poinar, JR. (1976).

- Development and fine structure of *Pleistophora* sp. (Cnidospora: Microsporida) in the mosquito, *Aedes sierrensis*. J. Invert. Pathol. 28: 109-119.
- Scholtyssek, E. and R. Dannel, (1962) Über die Feinstruktur der spore von *Nosema apis*. Dtsch. Entomol. Z. 9: 471-476.
- Schubert, G. (1969) Ultracytologische Untersuchungen an der spore der mikro sporidienart, Heterosporic finki, gen. n., sp. n. z. Parasitenk. 32, 59-79.
- Spelling, S.M. and J.O. Young (1983). A redescription of *Nosema herpobdellae* (Microspora: Nosematidae), a parasite of the Leech *Erpobdella octoculata* (Hirudinea: Erpobdellidae). J. Invert. Pathol. 41: 350-368.
- Sprague, V., R. Ormieres, and J.F. Manier (1972). Creation of a new genus and a new family in the microsporida. J. Invert. Pathol. 20: 228-231.
- Stempel, W. (1909) Über *Nosema bombycis* Naegeli. Arch. protistenk. 16: 281-358.
- Sweeney, A.W., E.I. Hazard and M.F. Graham (1985). Intermediate host for a *Amblyospora* sp. (Microspora) infecting the mosquito, *Culex annulirostris*. J. Invert. Pathol. 46: 98-102.
- Szollosi, D. (1971) Development of *pleistophora* sp. (Microsporidian) in eggs of the polychaete *Armandia brevis*. J. Invert. Pathol. 18: 1-15.
- 尹在洙(1984) 家蠶에서 分離된 새로운 微孢子蟲K₇₀의 病理學的 研究. 慶北大學校 大學院 論文, 1-52.