

表 14 昆虫寄生性線虫を含む主要な科

Rhabditoidea (上科, 桿線虫類)	
Steinernematidae	→ <i>Steinernema affinis</i>
Rhabditidae	→ <i>Steinernema anomali</i>
Dioplogasteridae	→ <i>Steinernema carpocapsae</i>
Tylenchoidea (上科, 莖線虫類)	→ <i>Steinernema feltiae</i>
Tylenchidae	→ <i>Steinernema glaseri</i>
Neotylenchidae	→ <i>Steinernema intermedia</i>
Allantonematidae	→ <i>Steinernema kushidai</i>
Aphelenchoidea (上科, 葉線虫類)	→ <i>Steinernema rara</i>
Aphelenchoididae	→ <i>Steinernema scapterisci</i>
Sphaerulariidae	
Mermithoidea (上科, 糸片虫類)	
Tetradonematidae	→ <i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
Mermithidae	→ <i>Heterorhabditis megidis</i>
	→ <i>Heterorhabditis hawaiiensis</i>
	→ <i>Heterorhabditis indicus</i>
	→ <i>Heterorhabditis zealandica</i>

主として Welch (1963) による。

Steinernematidae の記載種

Steinernema affinis

Bovien, P. 1937. Some types of association between nematodes and insects.

Steinernema anomali

Kozodoi, E. M. 1984. A new entomopathogenic nematode, *Neoaplectana anomali* sp. N., (Rhabditida, Steinernematidae) and observations on its biology.

Steinernema carpocapsae

Poinar, G. O., Jr. 1990. Taxonomy and biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae.

Steinernema feltiae

Filipjev, I. N. 1934. The classification of the free living nematodes and their relation to parasitic nematodes.

Steinernema glaseri

Steiner, G. 1923. *Aplectana kraussei* n. sp., einer in der Blattwespe *Lyda* sp. parasitierende Nematodenform, nebst Bemerkungen über das Seitenorgan der parasitischen Nematoden.

Steinernema intermedia

Poinar, G. O., Jr. 1985. *Neoaplectana intermedia* n. sp. (Steinernematidae: Nematoda) from South Carolina.

Steinernema kushidai

Mamiya, Y. 1988. *Steinernema kushidai* n. sp. (Nematoda: Steinernematidae) associated with scarabaeid beetle larvae from Shizuoka, Japan.

Steinernema rara

de Doucet, M. M. A. 1986. A new species of *Neoaplectana* Steiner, 1929 (Nematoda: Steinernematidae) from Cordoba, Argentina.



Photo: Arnold Hara, Univ. of Hawaii

This shows *S. carpocapsae* nematodes exiting (after killing) an beet army worm. The nematodes are the tiny, white specs.

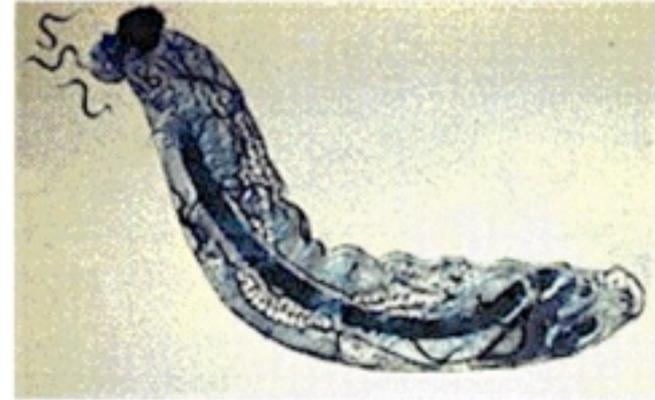


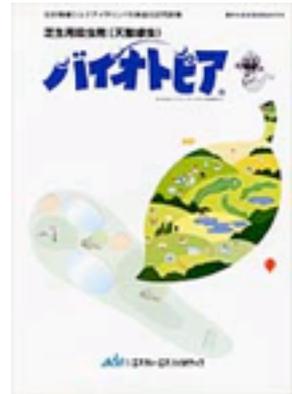
Photo: Dawn Gouge, Texas A&M

This show the *S. feltiae* nematodes infecting a fungus gnat (sciraid fly) larvae. The nematodes can be seen in the upper left-hand corner of the photo.



Mole cricket nematodes, *Steinernema scapterisci* Nguyen & Smart, emerging from a cockroach nymph.

スタイナーネマ・グラセライ（商品名：バイオトピア）ゴルフ場のコガネムシ類害虫に効果がある。



スタイナーネマ・カーポプサエ（商品名：バイオセーフ）

右の写真は幼虫で体長0.6ミリ。1ビンあたり約2億5千万匹のスタイナーネマが入っている。水で薄めて1平方メートルあたり25万匹まくと、ゴルフ場のゾウムシ類害虫に効果がある。

*Heterorhabditis*の記載種

Heterorhabditis hawaiiensis

Gardner, S. L., Stock, S. P. & Kaya, H. K. 1994. A new species of *Heterorhabditis* from the Hawaiian islands.

Heterorhabditis indicus

Poinar Jr., G. O., Karunakar, G. K. & H. David. 1992. *Heterorhabditis indicus* n. sp. (Rhabditida : Nematoda) from India : separation of *Heterorhabditis* spp. by infective juveniles.

Heterorhabditis zealandica

Wouts, W. M. 1979. The biology and life cycle of a New Zealand population of *Heterorhabditis heliothidis* (*Heterorhabditidae*).

Heterorhabditis bacteriophora

Poinar, Jr., G. O. 1975. Description and biology of a new insect parasitic rhabditoid, *Heterorhabditis bacteriophora* n. gen., n. sp. (Rhabditida; *Heterorhabditidae* n. Fam.).

Heterorhabditis megidis

Poinar, Jr., G. O., Jackson, T and M. Klein. 1987. *Heterorhabditis megidis* sp. n. (*Heterorhabditidae*: Rhabditida), parasitic in the Japanese beetle, *Popillia japonica* (*Scarabaeidae*: Coleoptera), in Ohio.



A dissected Japanese beetle larva showing later stages of the *Heterorhabditis bacteriophora* nematode.

Heterorhabditis 属線虫は鱗翅目や鞘翅目などの様々な昆虫に対して高い殺虫活性を示し、生物的防除資材として注目されている。欧米では一部の種が生物農薬として既に実用化されているが、多くの国で土着種の探索が進められており、その利用が試みられている。

日本産の*H. indica* と*H. megidis* の識別

DNA解析

リボソームDNAのスペーサー領域の制限酵素断片パターンを、英国国際寄生虫学研究所の昆虫病原性線虫のデータベースと比較し、*H. indica* と*H. megidis* を同定した。

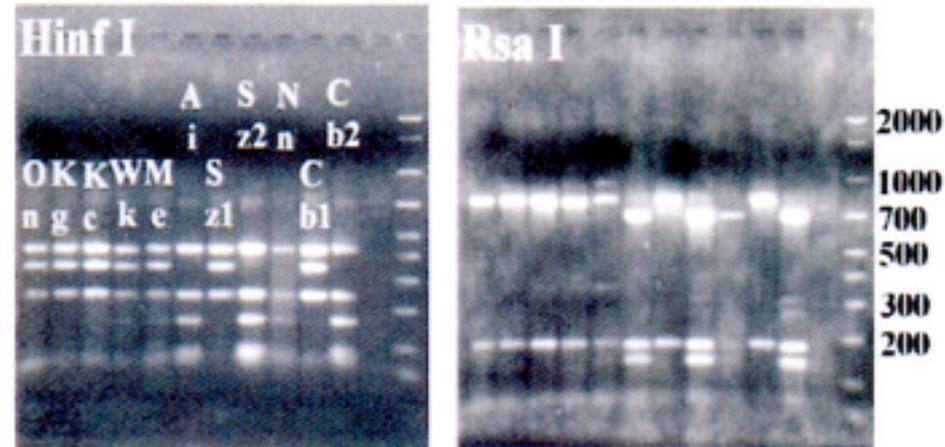


図2 DNA解析 (リボソームDNAのスペーサー領域の制限酵素断片パターン)
写真内の略号は個体群コード (図4参照)

*Neoaplectana*の記載種

- Neoaplectana agriotos* Veremchuk, 1969 (? = *S. carpocapsae*)
Neoaplectana belorussica Veremchuk, 1969 (? = *S. carpocapsae*)
Neoaplectana bothynoderi KirJanova & Putschkova, 1955 (? = *S. feltiae*)
Neoaplectana georgica Kakuliya & Veremchuk, 1965 (? = *S. feltiae*)
Neoaplectana janickii Weiser & Ki5hler, 1955
Neoaplectana kirjanovae Veremchuk, 1969 (? = *S. feltiae*)
Neoaplectana melolonthae Weiser, 1958
Neoaplectana menozzii Travassos, 1932 (? = *S. affine/feltiae*)
Neoaplectana semiothisae Veremchuk & Litvinchuk, 1971 (? = *S. carpocapsae*)
Neoaplectana tabanivora Rubstov & Polevik, 1979
Neoaplectana breviarvalis pieridarum Sandner & Stanuszek, 1972
Neoaplectana chresima Steiner in Glaser, McCoy & Girth, 1942 (? = *S. carpocapsae*)
Neoaplectana dutkii Welch, 1963 (syn. of *N. dutkyi* Turco et al. 1971 = *S. carpocapsae*)
Neoaplectana elateridicola Veremchuk, 1970 (? = *S. carpocapsae*)
Neoaplectana titovi Veremchuk, 1966 (syn. of *N. elateridicola*)

潜勢病原細菌を腸内にもち宿主の血体腔に進入し、敗血症を引き起こさせる。

Romanomermis (= *Reesimermis*?) の記載種



Romanomermis culicivorax, remains in doubt. This mermithid was first determined to be an undescribed species of *Romanomermis* (W. R. Nickle, personal communication).

Nickle (1972) subsequently determined the Louisiana isolate to be the same as *Reesimermis nielsenii* from Wyoming. In a detailed study of this group, Ross and Smith (1976) resurrected the genus *Romanomermis* and described the Louisiana isolate as *R. culicivorax*. Recently, Curran and Hominick (1980) reported that the characteristics used to separate *R. culicivorax* from a morphologically similar species *R. iyengari* (Galloway and Brust, 1979) were fixation artifacts and that *R. culicivorax* is species inquirenda until interbreeding studies can be done.

Steinernemaの生活史

Steinernema属は**昆虫病原性線虫**である



*Xenorhabdus*属のバクテリアを体内に保有する



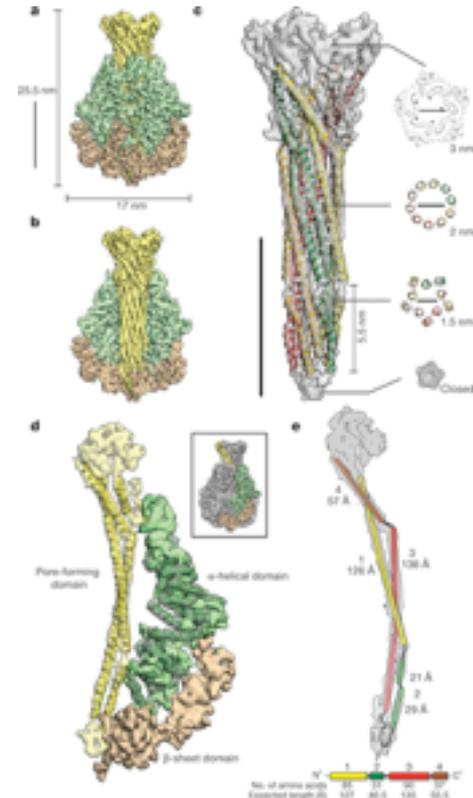
感染態幼虫は昆虫の体内に侵入後、共生菌を放出

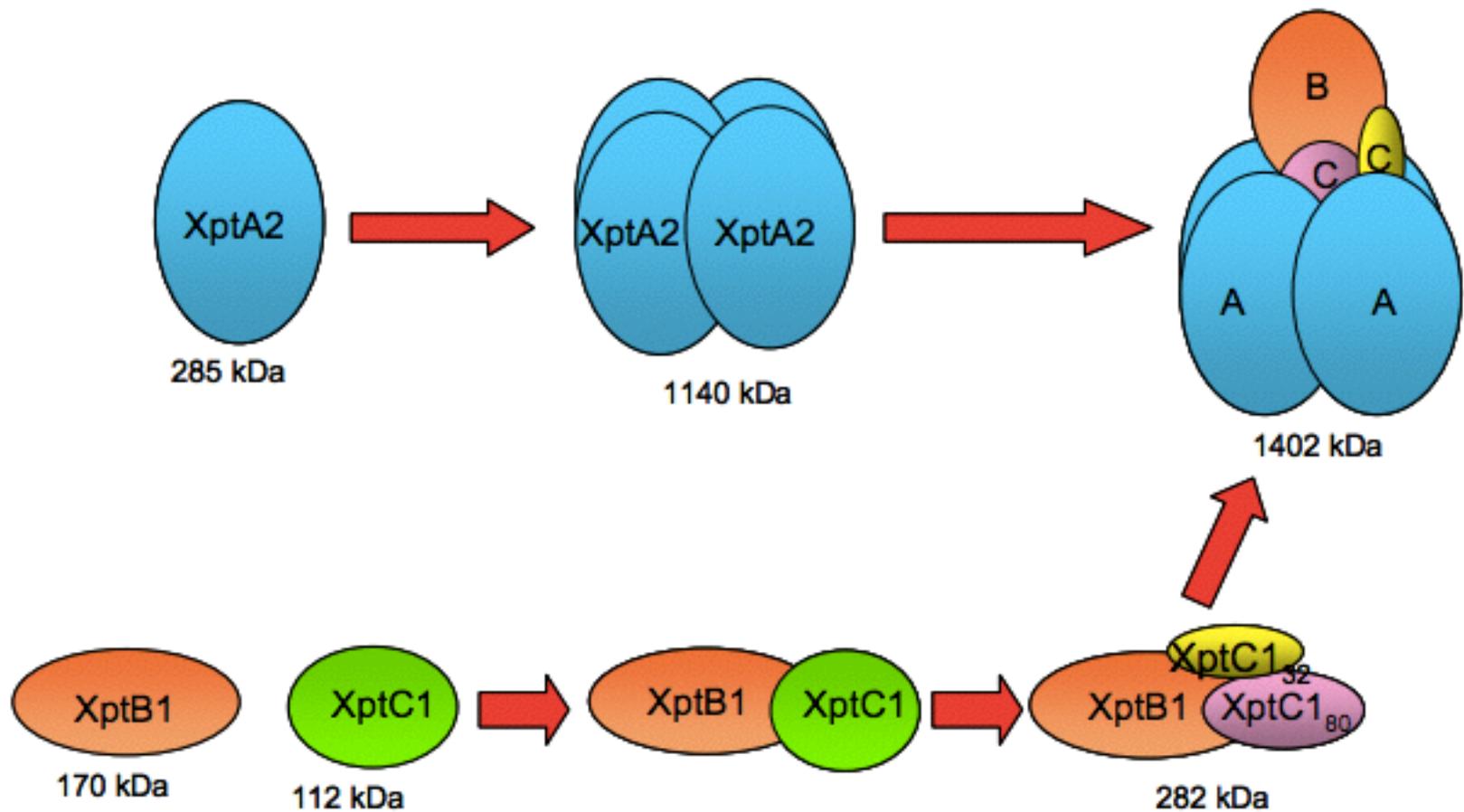


細菌の産生毒によって宿主が死亡



線虫は増殖し、感染態幼虫として脱出する





Putative model of the complete native toxin complex 1 from *Xenorhabdus nematophilus*. The large 285 kDa XptA2 protein forms a homo-tetramere resulting in a 1,140 kDa complex. The XptB1 and XptC1 proteins bind together to form a 1:1 dimer. Either after they bind together, or just prior to binding together, the 112 kDa XptC1 protein is cleaved into a N-terminal 80 kDa fragment, and a 32 kDa C-terminal fragment, both still bound to XptB1. The mechanism of cleavage is not known. This complex then binds to the tetrameric XptA2 to form the complete 1,402 kDa Toxin Complex. The exact location where XptB1 and XptC1 proteins bind to XptA2 is not known but is positioned on top of the complex for illustrative purposes.

J. Biol. Chem. published online April 28, 2011

Specialization of the entomopathogenic nematode
Steinernema scapterisci with its mutualistic
Xenorhabdus symbiont.

Naturwissenschaften. 2005 Sep 15;:1-5

Sicard M, Ramone H, Le Brun N, Pages S, Moulia C.

バクテリア(*Xenorhabdus* spp, *Photorhabdus* spp)をハチノスガに注入しそこに無菌の感染態線虫を感染させる

*Steinernema*は本来自分が持っているタイプの
*Xenorhabdus*がパートナーでなくても宿主に感染できる
別属の昆虫病原性線虫、*Heterorhabditis*の共生細菌である
*Photorhabdus*と組んだ場合には増殖できない

原虫類（原生動物）による病気

運動性により 4つの種類

1) 体より長い 1～3本の鞭毛を動かして移動するもの

Mastigophora (鞭毛虫類) ミドリムシ・睡眠病原虫

2) 偽足あるいは仮足と呼ばれる原形質突起をだし、原形質の流動によって絶えず形を変えて移動するもの

Sarcodina (肉質虫類) アメーバ

3) 体の表面に一面に生えている短い繊毛を動かして移動するもの

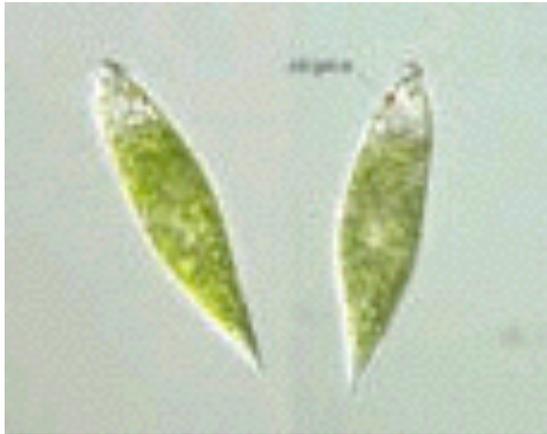
Ciliatea (繊毛虫類) ゾウリムシ・ツリガネムシ

4) 運動性のない

Microsporea (微孢子虫類) 微孢子虫

Mastigophora (鞭毛虫類)

睡眠病原虫トリパノゾーマ



Euglena hemichromata
(ミドリムシ)



Trypanosoma brucei



Giardia lamblia



Trichomonas vaginalis

Parasporin : ガン細胞破壊活性

The parasporin, a functional protein group defined as the *Bacillus thuringiensis*

B. thuringiensis A1190株



ガン細胞特異的破壊活性

昆虫細胞や哺乳細胞（正常細胞）活性無し

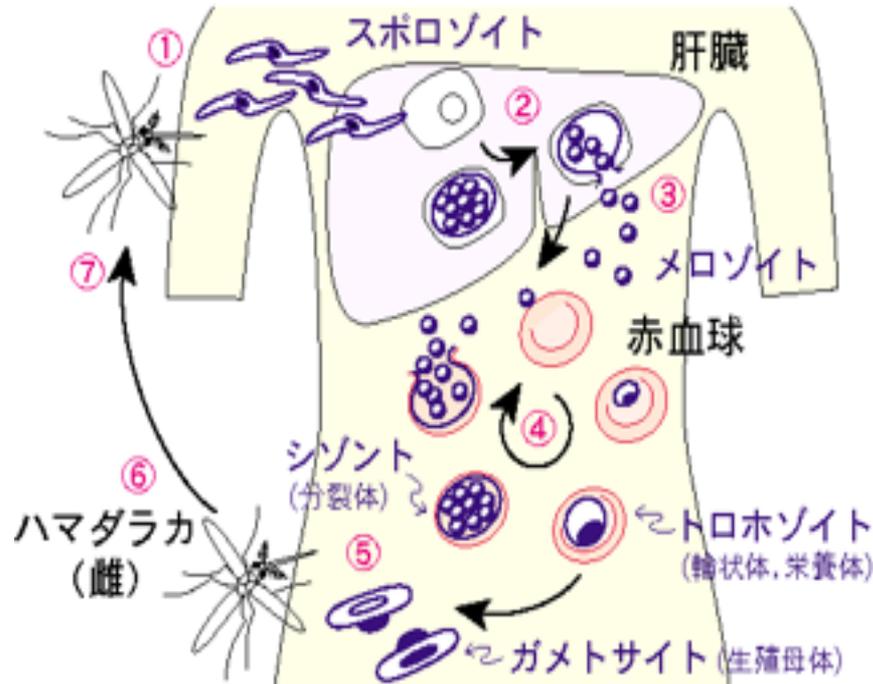
トリパノゾーマ原虫に殺虫活性

Parasporin-1 : Cry31A 既存のCryトキシソと構造的に似ている

B protein:Cry41A クロストリジウム菌の産生するε毒素と似ている（毒性無い）

Parasporin-2:Cry46A アポトーシス非依存的細胞破壊作用

マラリア原虫の生活環



1. マラリア原虫に感染したハマダラカの雌がヒトに吸血する際、マラリア原虫（スポロゾイト）は蚊の唾液とともに血管内に侵入する。
2. 感染型原虫は肝細胞に侵入し7-10日は肝細胞内で増殖するが、症状は現れない。
3. 原虫が肝細胞を破壊すると、原虫は血液中に放出される。
4. 原虫は赤血球に侵入し輪状体、栄養体、分裂体と発育し、十数個の娘虫体（メロゾイト）が新しく生まれる。この発育の際、原虫は赤血球中のヘモグロビンを分解し得られたアミノ酸を栄養とする。ついで赤血球が破壊されメロゾイトが放出されるが、このときマラリア特有の発熱が起こる。血液中に放出された原虫はもっと多くの赤血球に侵入し増殖を繰り返す。
5. メロゾイトの一部は生殖母体となり、ハマダラカがこの患者から吸血した際、蚊の胃内に取りこまれる。
6. 原虫は有性分裂しスポロゾイトを形成し、蚊の唾液腺に移動する。
7. この蚊が別のヒトを吸血すると新たな感染が起こる。

マラリア原虫

人間に感染するマラリア原虫は**熱帯熱マラリア** (*Plasmodium falciparum*)、**三日熱マラリア** (*P.vivax*)、**四日熱マラリア** (*P.malariae*) それに**卵型マラリア** (*P.ovale*) の4種あります。

三日熱及び卵型マラリアでは、肝臓ですぐに分裂しない休眠型が残存し、数ヶ月あるいは数年を経たあとでそれらが分裂を開始して症状を起こすことがあり、「**マラリアの再発**」と呼んでいます。これは主として熱帯熱及び四日熱の場合に見られる、流血中に微量に残存する原虫が一定の期間を経て増殖してくる「**マラリアの再燃**」と区別されます。

熱帯熱マラリア原虫の**クロロキン耐性**は、南米及び東南アジアにおいて1960年代当初、最初に報告されましたが、現在では、中米や中近東の一部の国を除いてほぼ世界中に広まっています。**ファンシダール耐性**も相当蔓延しており、さらに**キニーネ**や新しい薬である**メフロキン**に対しても、耐性の多剤耐性熱帯熱マラリアがインドシナ半島では報告されています。また、これまでは、原虫の耐性とは熱帯熱マラリアに限られていましたが、最近三日熱マラリアのクロロキン耐性が初めてアジア太平洋地域で報告されました。

Nature vol.433 (7022), (13 Jan 2005)

Highlights: 医学:遺伝子組換え原虫由来のマラリアワクチン

効果的なマラリアワクチンの大量生産が将来可能になるかもしれない。マラリアによる死者は毎年100万人を超えており、特に子供が多く、サハラ砂漠以南のアフリカで深刻である。世界中では3億～5億もの人がマラリアに罹患している。急性のマラリアでは発作が起こり、マラリア原虫は従来の治療法や予防薬に対する耐性がどんどん強くなっている。

感染した雌のハマダラカ *Anopheles* に刺されると、マラリア原虫 *Plasmodium* が体内に入って肝細胞に感染する。今回A-K Muellerたちは、逆遺伝学手法を用いて原虫の *uis3* 遺伝子を除去し、原虫を弱毒化した。この遺伝子は、原虫が生活環の次の段階へと進んで、最終的にマラリアを発症させるのに必要とされる。弱毒化したマラリア原虫を注射したマウスは、正常な感染力をもつマラリア原虫に対する免疫を獲得した。効果的なヒトワクチンへの道が開けそうだ。

最新研究成果リリース

阪大発のワクチンが 72%のマラリア発症防御効果

— 熱帯熱マラリアによる死亡者の大幅な軽減が期待 —

2013年5月28日(火)

リリース概要

大阪大学微生物病研究所の堀井俊宏教授は、BK-SE36マラリアワクチンの第Ib相臨床試験^{※1}をアフリカ・ウガンダにおいて実施し、マラリア高度流行地域において、72%のマラリア発症防御効果を確認しました。このワクチン効果はこれまで報告されているいかなるマラリアワクチンよりも高く、熱帯・亜熱帯地域に蔓延する熱帯熱マラリアによる死亡者の大幅な軽減が期待されます。

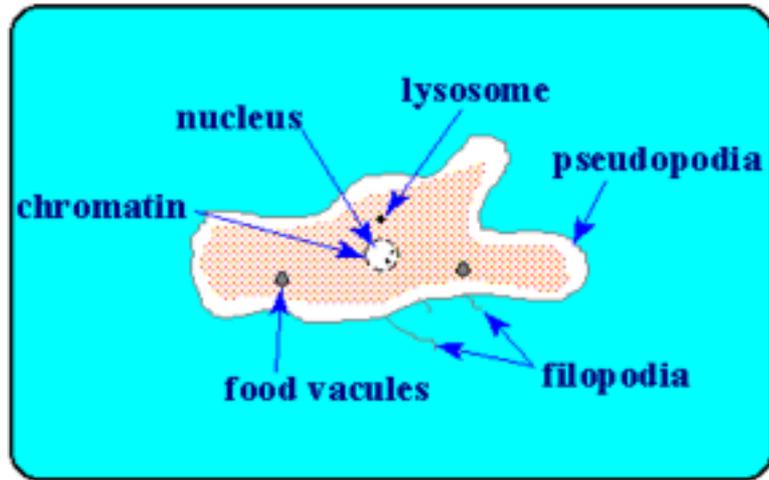
2013年5月29日

ウガンダにおいて実施したBK-SE36マラリアワクチンの第Ib相臨床試験についての論文が、PLoS ONE誌に掲載されました。

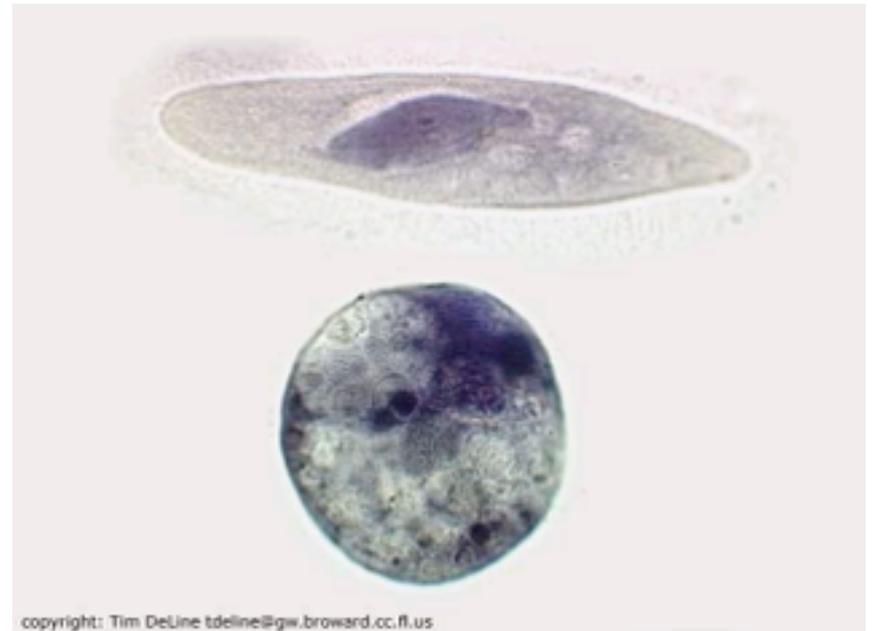
Sarcodina (肉質虫類)

アメーバ *Amoeba proteus*

ミツバチ・バッタに病気を引き起こす



Ciliatea (繊毛虫類)

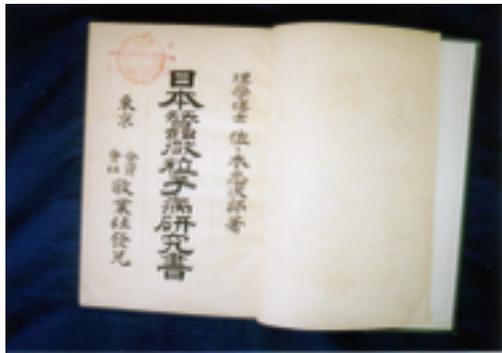




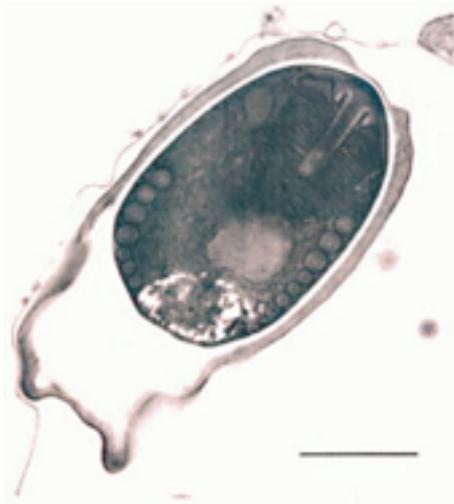
カイコ微粒子病は、ノゼマ(*Nosema bombycis*)という微胞子虫目に属する原生動物の寄生によって起こる。1860年ごろヨーロッパに大発生し、とくにフランスの養蚕業に大きな打撃を与えた。このためパスツールがこの病気の研究を行い、その結果本病防除のために母蛾（ぼが）を個体別に産卵させる〈一蛾別採種法〉を考案したことは有名である。ノゼマ・ボンビシスはその生活環の中で、環境変化に比較的安定な胞子を形成する。

佐々木忠次郎（ささき ちゅうじろう 1857-1938）

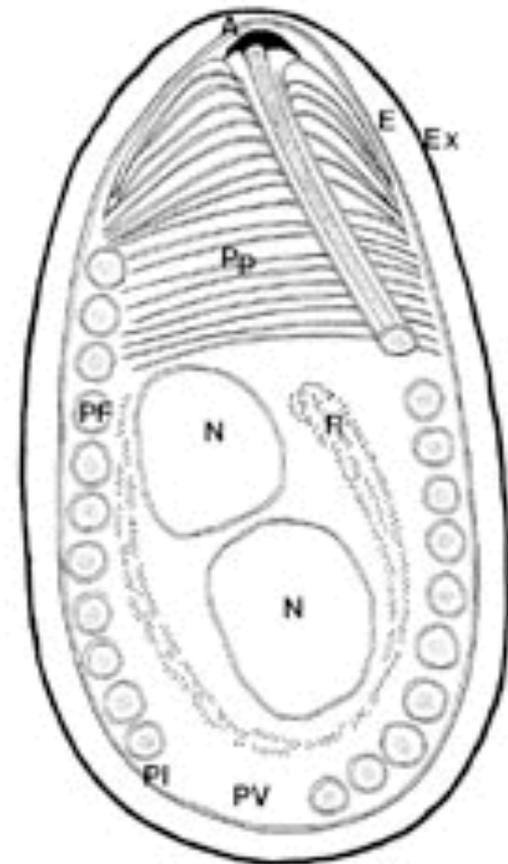
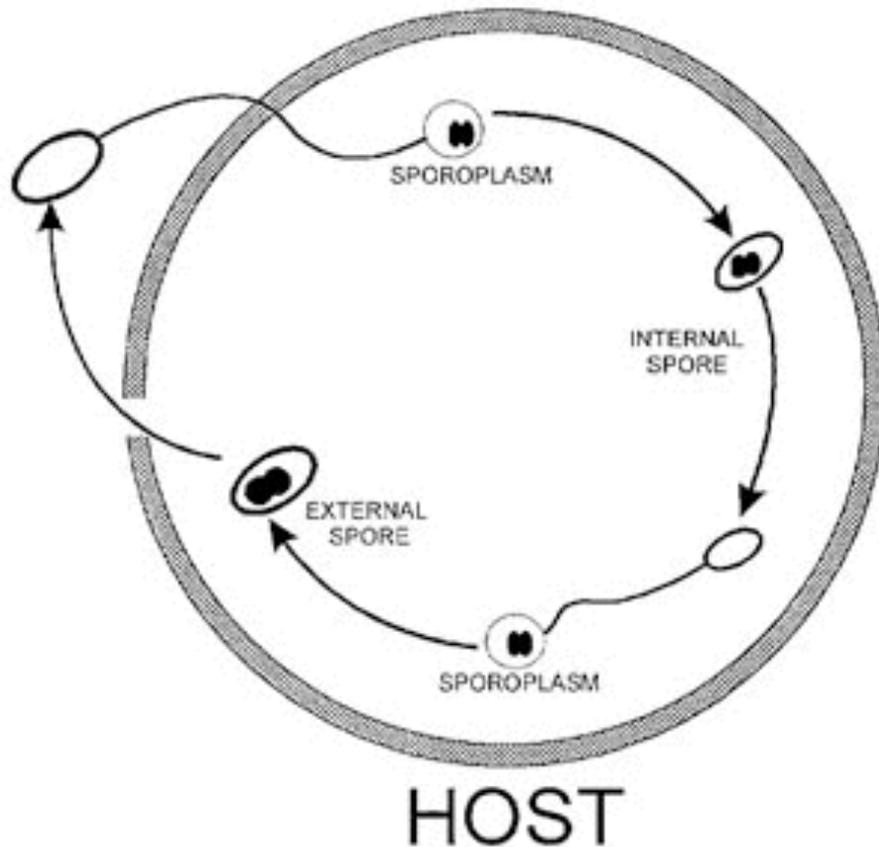
明治・大正・昭和期の昆虫学者。農科大学教授（養蚕学担当）、昆虫学・養蚕学を講じ多くの後進を養成した。国蝶のオオムラサキの属名「ササキヤ」は貢献を記念してつけられた。



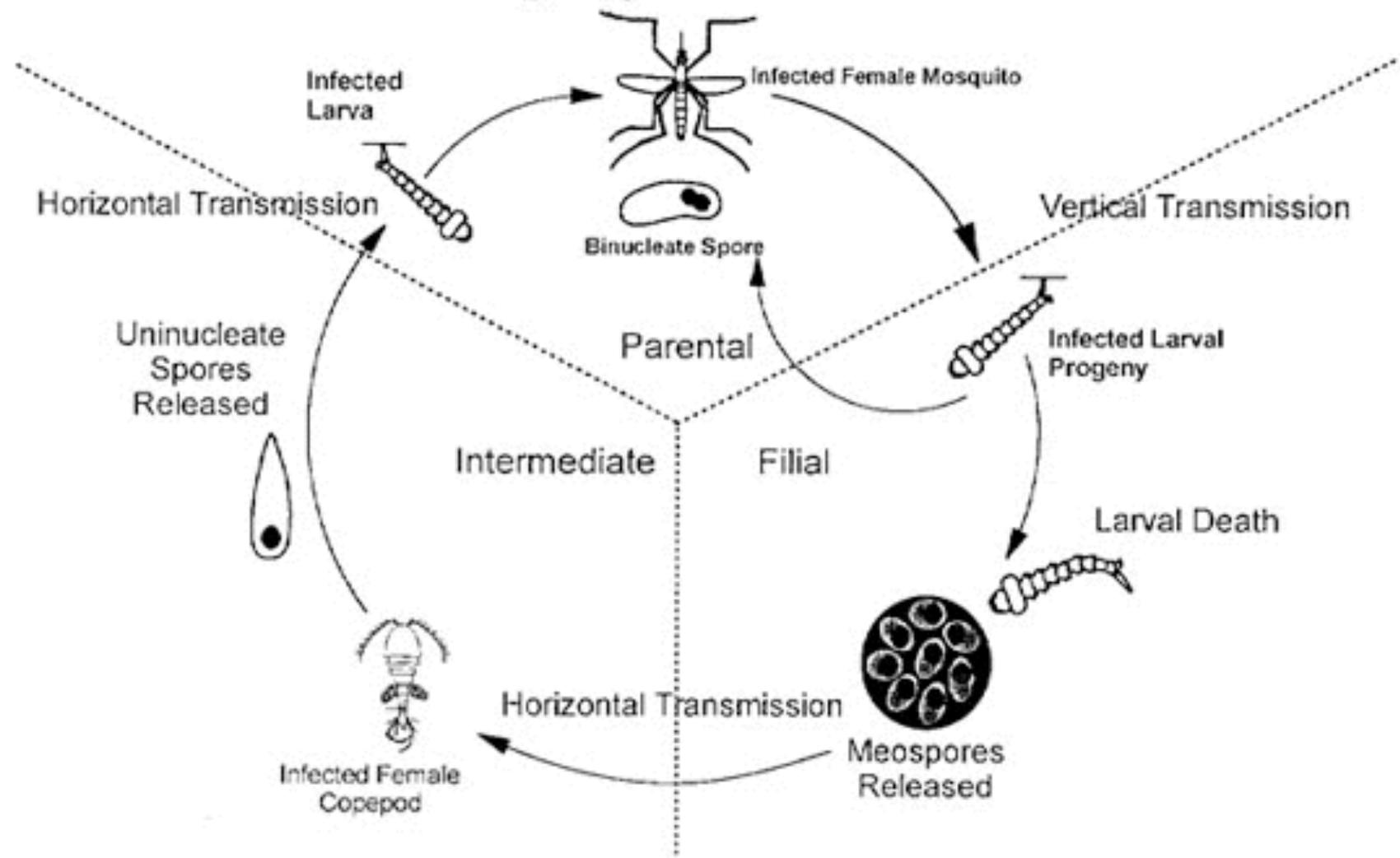
1865年、パスツールは養蚕業の救済に取り組んだ。その頃、微粒子病と呼ばれる病気により、たくさんのカイコが死んでいた。パスツールはそこから多くのヒントを得た。研究の途中、1867年に脳卒中で倒れ、左半身不随になったが、微粒子病がカイコの卵へのノゼマ (*Nosema bombycis*) と呼



A diagram of a microsporidian spore showing, in cross section, showing the coiled polar filament, (PF : 極糸), anchoring disc (固定板) of the polar filament (A), the endospore (E : 孢子内膜) and exospore (Ex : 孢子外壁) of the spore wall, 2 nuclei (N : 核), polaroplast (Pp), plasmalemma (Pl : 極膜層), posterior vacuole (PV : 後極胞), and ribosomes (R).



Amblyospora californica



微孢子虫の分類について

孢子芽形成数で属を分ける

二個なら、 Nosema 四個なら、 Gurleya

八個なら、 Thelophania 十六個なら、 Duboscqia

孢子の数、形態、極糸の基部の形態、
栄養生殖期の形態等の形態による分類



例外が多く報告された。

例えば、

温度により孢子の数・形が異なる

雌雄によって、孢子の性状が異なる

宿主によって孢子の形が異なる



分類体系の見直しが必要。なにを尺度にするか？



= 菌界 =

いわゆる酵母やカビ、キノコが含まれ、約8万種が知られる大きな生物群。水域から陸域まで広く分布する。吸収栄養性であり、腐生性のものが多いが、寄生性種や光合成生物と共生しているもの(菌根菌、地衣)も少なくない。醸造やパン、発酵食品(味噌、チーズなど)、食用(シイタケ、トリュフなど)、有用物質(抗生物質、ビタミン、酵素、糖類など)の生成などヒトの生活に極めて深く関わっている。また特に陸上生態系においては分解者として極めて重要な働きを果たしている。