

表 5 昆虫病原細菌を含む細菌群と属名

内生胞子産生桿菌および球菌 Bacillaceae (バシラス科) <i>Bacillus</i> <i>Clostridium</i>	グラム陽性球菌 Streptococcaceae (ストレプトコッカス科) <i>Streptococcus</i>
グラム陰性通性嫌気性桿菌 Enterobacteriaceae (腸内細菌科) <i>Serratia</i> <i>Proteus</i> <i>Enterobacter</i>	リケッチャ Rickettsiales (リケッチャ目) Rickettsiaceae (リケッチャ科) <i>Wolbachia</i> <i>Rickettsiella</i>
グラム陰性好気性桿菌および球菌 Pseudomonadaceae (シュードモナス科) <i>Pseudomonas</i>	マイコプラズマ Mollicutes (モリクテス綱) Mycoplasmatales (マイコプラズマ目) <i>Spiroplasma</i> *

Bergey's Manual (第8版) による.

\* 科の所属は未決定.

## リケッチャ(*Rickettsia*)による病気

リケッチャは、節足動物の細胞内に共生する小型のグラム陰性細菌  
吸血性節足動物の唾腺を通して哺乳動物体内に進入するリケッチャが人畜に  
病気を引き起こすことがある

## 昆虫に病原性を持つ

*Rickettsiella*    *Rickettsiella popilliae*    コガネムシ青色病  
(Dutky and Gooden, 1952)    Type species of the genus  
*Rickettsiella chironomi*    セスジユスリカ

(Weiser, 1963)  
*Rickettsiella grylli*    コオロギ

(Vago and Martoja, 1963)  
*Wolbachia*    *Wolbachia pipientis* :アカイエカの感染性不和合性  
細胞内共生微生物の有無により子孫を残せない現象  
母系伝播される感染因子 (C 1 因子) による  
抗生物質 (テトラサイクリン) の処理で不和合性を治癒できる



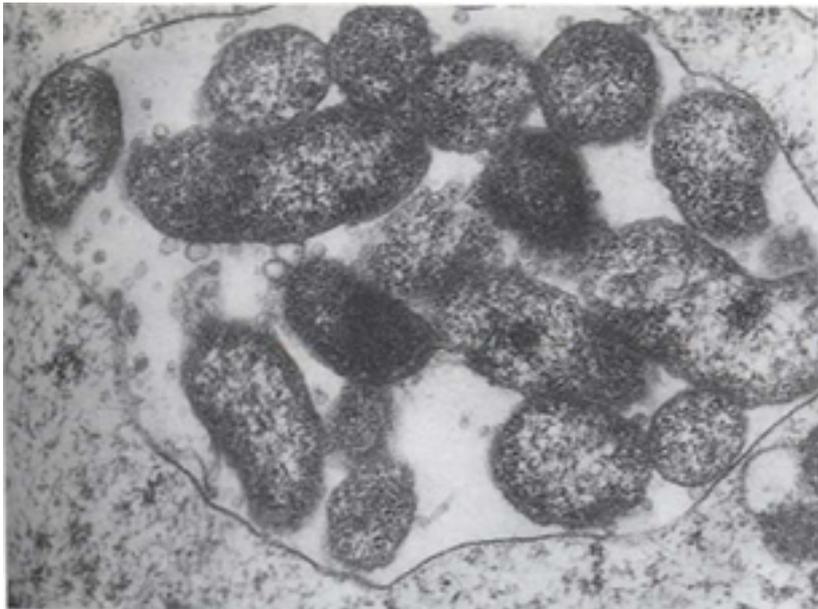
和名：コガネムシ類リケッチア病

学名：*Rickettsiella* spp.

分布：日本，ヨーロッパ

写真（上）：リケッチアに感染したドウガネブイブイ幼虫（左2頭）。右2頭は健全虫。

[森林生物情報より転載](#)



Electron micrograph of cells of *Rickettsiella popilliae* within a blood cell of its host, the beetle *Melolontha melolontha*.

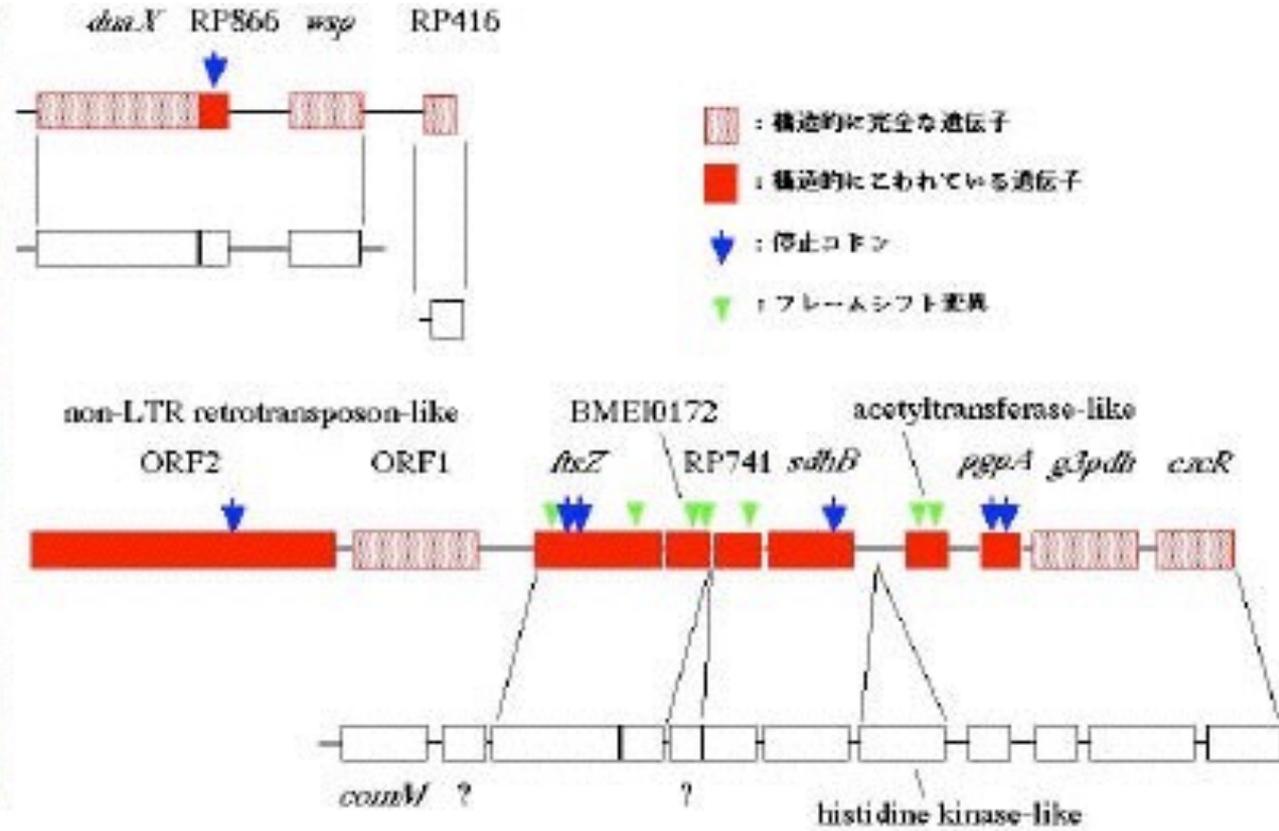
**ボルバキア** (*Wolbachia*) は節足動物に感染する細菌の一属で、特に昆虫に高確率で感染が認められる。世界中でその存在が認められており、生物圏に共通の寄生生物である可能性がある。

- *Wolbachia melophagi* シラミバエの共生リケッチア
- *Wolbachia persica* マダニの共生リケッチア
- *Wolbachia pipientis* (タイプ種) アカイエカの共生リケッチア

節足動物において、ボルバキアは宿主の生殖能力に影響を与えることが知られている。ボルバキアはさまざまな器官に感染することができるが、多くの場合宿主の精巣や卵巣に感染する。

ボルバキアは以下の4種類の表現型の原因となることが知られている。

- オス殺し (ボルバキアが感染したオスは死に、感染したメスは生き残る)
- メス化の誘導 (ボルバキアが感染したオスがメス化したり、不妊の偽メスになる)
- **単為生殖** (ボルバキアが感染したメスによるオスを必要としない生殖)
- **細胞質不和合** (ボルバキアに感染したオスと未感染メスは生殖不能になる)



貯豆の害虫アズキゾウムシ（左）のX染色体上には共生細菌ボルバキア由来の大きなゲノム断片（右）が存在する。種間を越えた遺伝子水平転移が、生物の機能獲得や進化にどのような影響を与えてきたかには、まだ不明の点が多い。

## マイコプラズマによる病気

マイコプラズマは細胞壁を欠き、多様な形態をもつ  
人工培地での培養が難しい

### 昆虫と共生関係にある物として: *Spiroplasma*

Some *Spiroplasma* spp. do not replicate in insects and are found on flower surfaces or insect intestines.

Other *Spiroplasma* spp. replicate in insects, thereby causing disease.

/ ミツバチの病原体 (*S. melliferum*, *S. apis*)

Three *spiroplasma* spp. are transmitted to plants by leafhoppers and replicate in the phloem tissue of plants.

A fourth type of *spiroplasma* is transmitted to next generation insects through the embryo and kill the male progeny in the female insect, and, therefore are called sex ration organisms (SRO). / ショウジョウバエの異常性比因子

At last, *Spiroplasma mirum* isolated from rabbit ticks, is shown to infect rabbits when artificially injected, however the infection has never occurred in nature.

<http://www.oardc.ohio-state.edu/spiroplasma/> より引用

Plant pathogenic spiroplasmas have two hosts: insects and plants

The three plant pathogenic *Spiroplasma* spp., *S. kunkelii* (the corn stunt spiroplasma : トウモロコシ萎縮病), *S. citri* (the citrus stubborn spiroplasma : 柑橘黄化病), and *S. phoeniceum*, are transmitted by leafhoppers from plant to plant.

In insects, spiroplasmas are likely to adhere to receptors on the apical plasmalemma of the leafhopper gut and are taken into the cytoplasm by endocytosis.



A photograph showing *Dalbulus maidis* (ヨコバイ), the most important vector of *Spiroplasma kunkelii*, feeding on maize

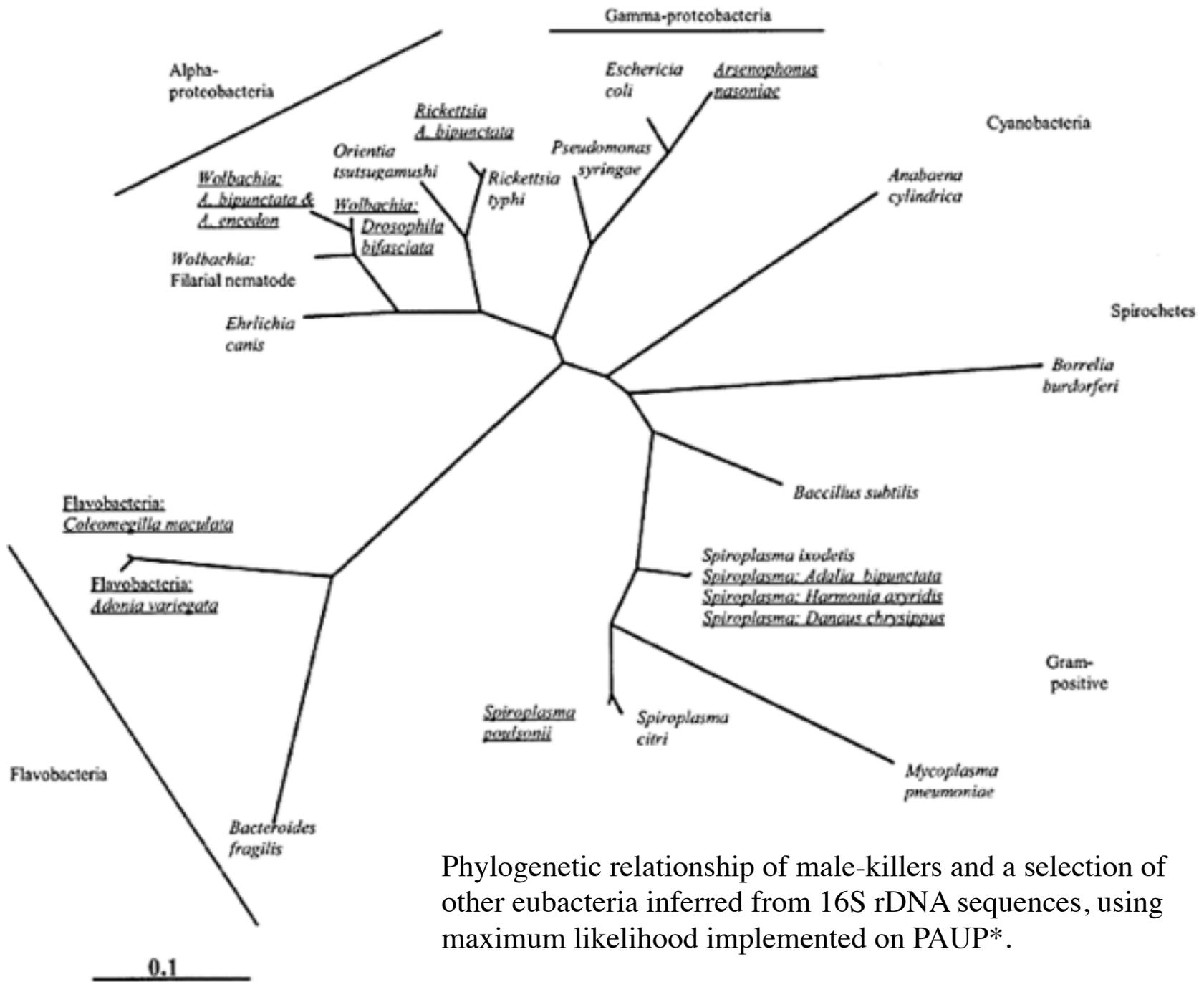
共生細菌スピロプラズマに感染したショウジョウバエは、子孫がすべてメスになってしまう。

この現象は“雄殺し”とよばれ、母性遺伝する共生細菌による利己的な生殖操作である。

## A Functional Dosage Compensation Complex Required for Male Killing in *Drosophila*

ショウジョウバエ (*Drosophila*) における雄殺しには、機能する遺伝子量補正複合体が必要である。オスを選択的に殺す細菌（「雄殺し」）は、50年以上前に初めてショウジョウバエで見つかりその特性が明らかになったが、その後、昆虫に共通であることが示されてきた。しかし、その毒性が性特異性をもつ機構はいまだ不明である。

スピロプラズマ (*Spiroplasma poulsonii*) が、遺伝子量補正複合体をコードする遺伝子に変異のある雄キイロショウジョウバエ (*Drosophila melanogaster*) を殺す能力を調べると、複合体の5つの構成要素のうちのいずれかを欠いている雄バエを殺せなかった。



Phylogenetic relationship of male-killers and a selection of other eubacteria inferred from 16S rDNA sequences, using maximum likelihood implemented on PAUP\*.

# 微生物の大きさの比較

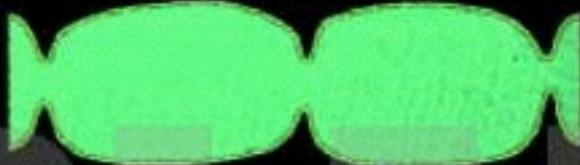
スピリルム



スピロヘータ



アナベナ(シアノバクテリア)



大きいかん菌



大腸菌



ブドウ球菌



リケッチア



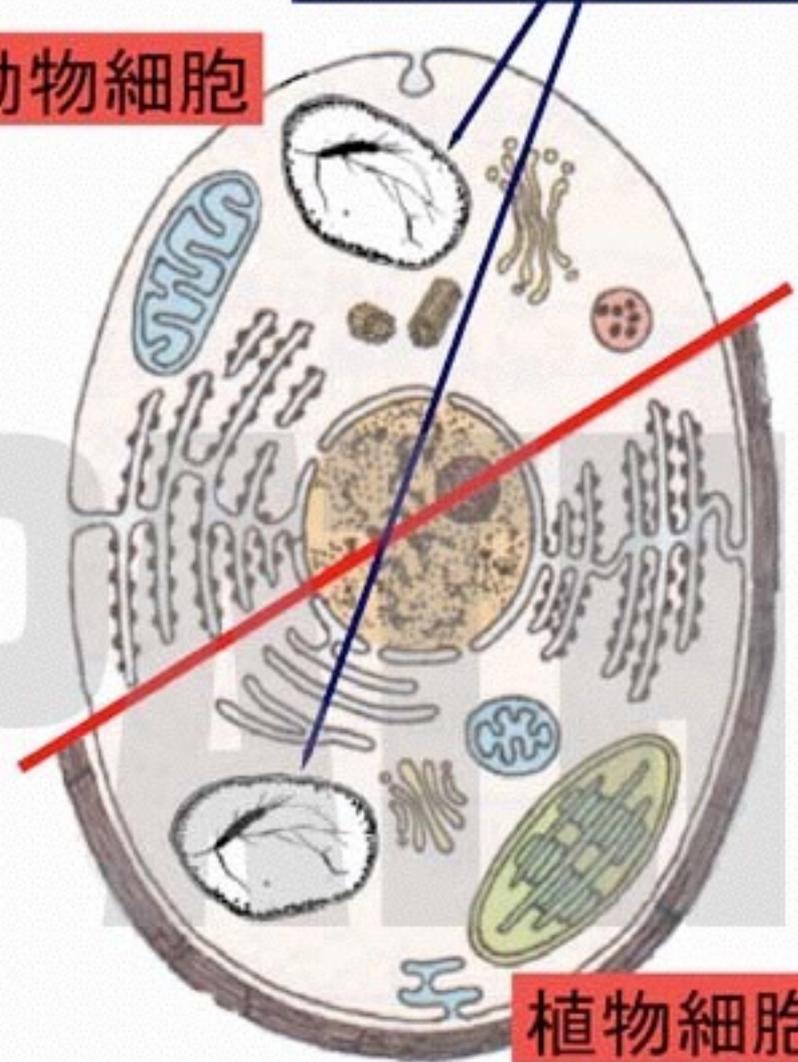
ファイトプラズマ

└ 1 μm

東京大学 大学院

動物細胞

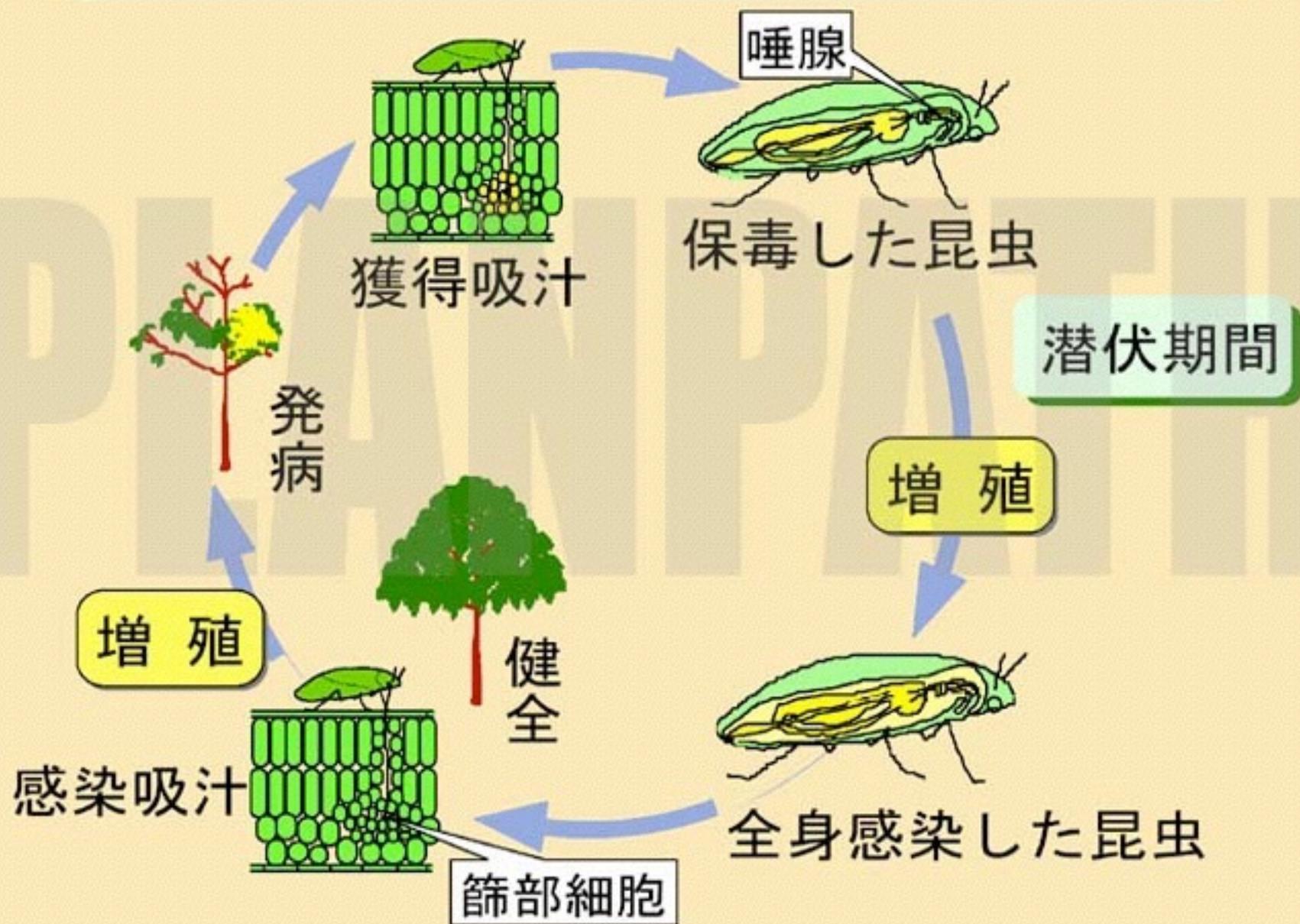
ファイトプラズマ



植物細胞

植物病理学研究室

# ファイトプラズマのライフサイクル



## ファイトプラズマとは？

ファイトプラズマは、1967年にマイコプラズマ様微生物(mycoplasma-like organism, MLO)として世界に先駆けてわが国で発見された植物病原微生物で(土居ら, 1967)、当初ウイルス病とされ、世界中で600種類以上の病気を引き起こし、昆虫により伝搬されるため、農業上重要病害であるクワ萎縮病やイネ黄萎病など、各種農作物に黄化・萎縮・てんぐ巣・フィロディーなど特徴的な症状を引き起こし、大きな被害をもたらす病害として知られていた。しかしその病原は永年にわたり原因不明であったため、この新たな病原体の一群の発見は、生物界の新ジャンルを開く微生物として世界中の注目を集めた。それから4半世紀を経て、農学上のみならず生物学上も重要な微生物でありながら、これまで培養に成功していないことから、遺伝子レベルでの研究は遅れていた。しかし最近では、アジサイやポインセチアなど、これまで品種と思われ珍重されていたものが実はファイトプラズマによるものであることが分かったほか、我が国を最重要輸出国とする中国のキリ材生産において、本微生物により大量のキリが枯死するという大きな被害を生じており (Sawayanagi et al, 1999; Lee et al., 1997)、我が国の同種農業生産への影響も危惧されている。

# ファイトプラズマによる葉化病



## \*葉化病

細菌より小さいファイトプラズマの感染により、花を構成するガク、花弁、雄しべ、雌しべなどが緑色になる病気を葉化病と呼ぶ。アジサイ以外でも同様の病気が知られている。

一見魅力的な緑色の花になるので販売されていることがある。

ファイトプラズマという極小の病原菌が、細胞内に寄生することによって起きる植物の病気である。病気の植物は、しだいに衰弱して数年で枯死する。治療法はなく病気の株を焼き捨て他の株への感染を防ぐ。

感染は、吸汁性の昆虫により媒介される考えられているが、アジサイ類の媒介昆虫は、今のところ不明。感染株を切ったハサミや感染株との接触でも感染すると考えられるので注意する必要がある。

## ファイトプラズマの分類体系の確立

ファイトプラズマは、それぞれの病原同士の比較解析が困難なことから、これまで、植物から一つファイトプラズマ病が見つかるたびに別々の病名と病原名がそれぞれつけられていたが、分子生物学的な手法による系統分類法が考案され、ファイトプラズマの分子レベルでの研究が始まった(Namba et al., 1993)。世界中に発生するファイトプラズマの16S rRNA遺伝子を解析して遺伝学的位置付けを行った結果、意外なことに、クロストリジアを含む厚い細胞壁を持ったA+Tリッチなグラム陽性細菌にむしろ近縁ではあるが、Mollicutes綱に属する細胞壁を欠いた、多様性のある微生物群であることが明らかになった。しかし従来MLOと称されてきた本微生物が動物マイコプラズマとは系統学的に大きく異なることが明らかになった。そこで、MLOというそれまでの名称をファイトプラズマに変え、属名を**Phytoplasma**とすること、系統解析により分類されたサブグループについて、ラテン二名法により暫定種を命名すること等が提案され、承認された(Namba et al., 1993)。その後、暫定種の登録が進められ(Sawayanagi et al, 1999; Jung et al., 2002)、最新の分類体系が確立された(Jung et al., 2002)。

## ファイトプラズマにおける植物と昆虫の関係？

ファイトプラズマは、植物と昆虫の両細胞内で増殖可能で、昆虫では特に寿命を縮めるわけでもなく、活動量や個体重等にも何ら影響はない。しかし植物では致命的な病原性を持つ。そしてファイトプラズマのゲノムは非常にコンパクトである。しかも、ファイトプラズマは多くの動物マイコプラズマとは違って細胞内に生息する。昆虫細胞では、植物から獲得吸汁後細胞内へ侵入し、体内を全身移行したのち、唾腺細胞に感染、細胞外に移行して口針を經由し植物篩部細胞内に再び感染する。植物体内では、プラズモデスマータや篩管通導組織を通じて全身の篩部組織内を移行する。ウイルスと異なり、ファイトプラズマでは、その細胞内に増殖機構のほぼ全てが揃っていると考えられる。その点では糸状菌や細菌に近い。しかしその移行において、植物におけるプラズモデスマータを介した細胞間移行や維管束組織を介した組織間移行の他に、昆虫における細胞外（昆虫の口針・消化器官）から細胞内への移行と、細胞内から外部（昆虫の口針・消化器官）への移行も含まれる。これらの特徴は、ファイトプラズマが糸状菌・細菌とウイルスとの中間的な存在であることを反映している。