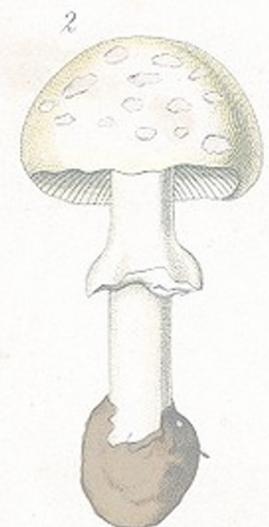


# 真菌類

## Eumycota, Fungi



2. Fabel Blätterchwamm (Agaricus phalloides).



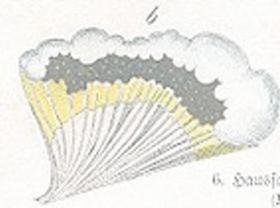
1. Fliegenpilz (Agaricus muscarius).



3. Eßbarer Kletterpilz (Cantharellus cibarius).



4. Steinpilz oder Herrendilz (Boletus edulis).



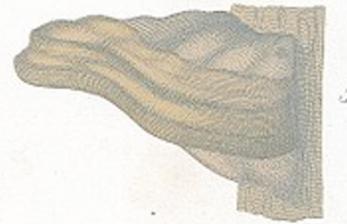
6. Trauerschwamm, trübender Kletterpilz (Merulius lacrymans).



7. Roter Siegenbart, Bärenstape (Clavaria Botrytis).



19. Gemeine Klettermorchel (Helvella esculenta).



5. Zunderchwamm (Polyporus fomentarius).



5. Warziger Beusch (Lycoperdon perlatum).



9. Rinsenpilz (Cyathus Olla).



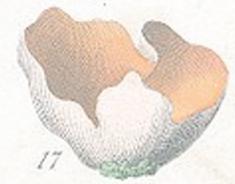
11. Hundseichelpilz (Phallus caninus).



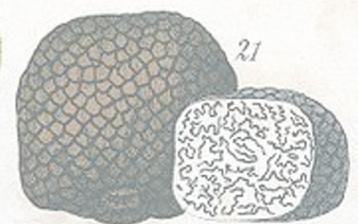
12. Mutterkornpilz (Claviceps purpurea).



10. Erdstermpilz (Geaster hygrometricus).



17. Orangeroter Rechenpilz (Peziza aurantiaca).



21. Schwarze Trüffel (Tuber cibarium).

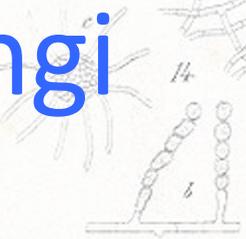


13. Roter Wurzelpilz (Tuberularia vulgaris).

18. Lärchenpilz (Peziza Willkommii).



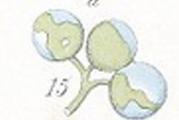
20. Eßbare Morchel (Morehella esculenta).



14. Gemeiner Mehltau (Erysiphe communis).



24. Kartoffelpilz (Peronospora infestans).



15. Traubenschimmel (Oidium Tuckeri).



25. Kisporenbildung (Peronospora Alsinearum).



22. Knosfenschimmel (Mucor Mucedo).



16. Bürstenschimmel (Penicillium glaucum).

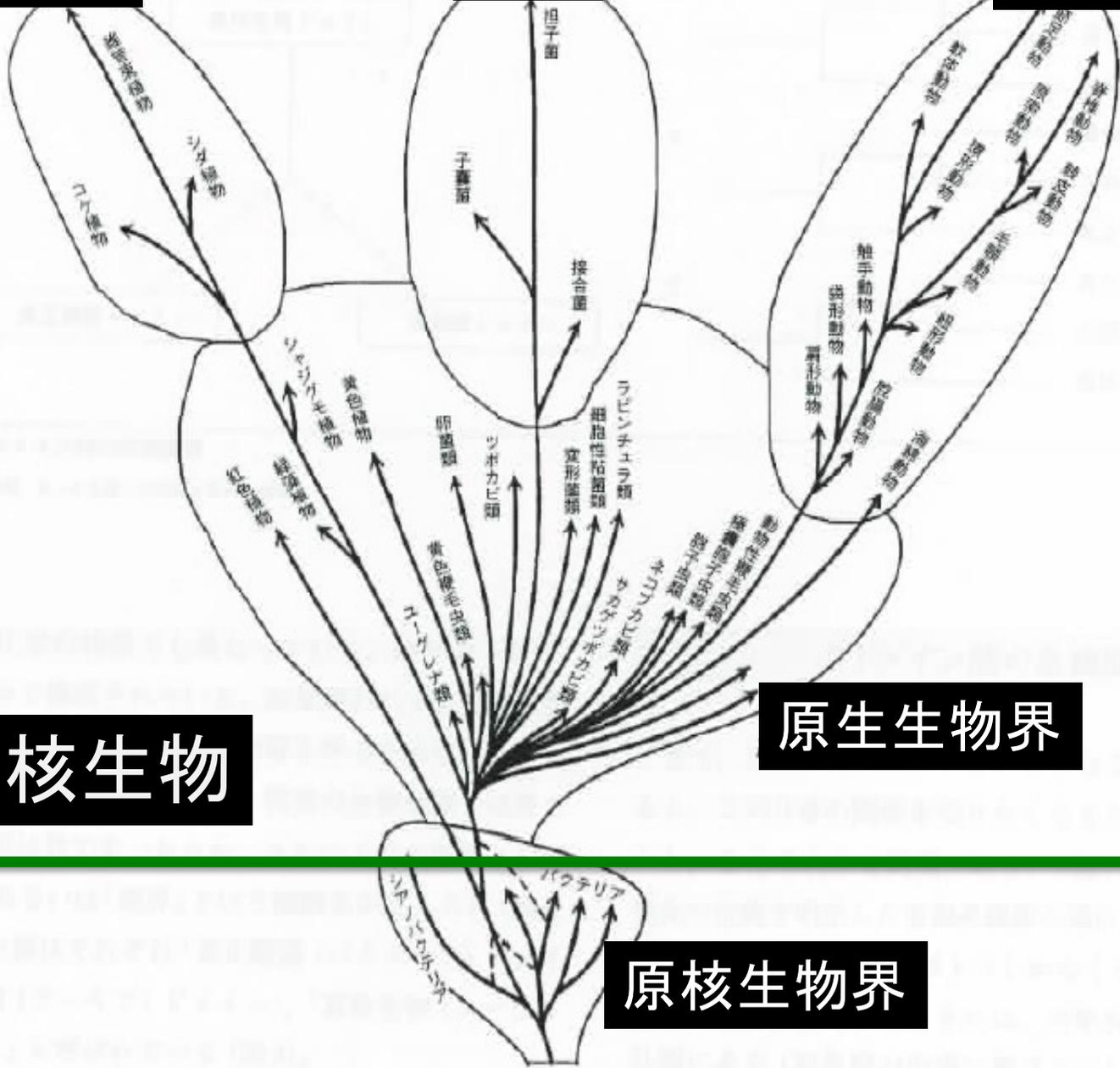


23. Sporenbildung.

植物界

菌界

動物界



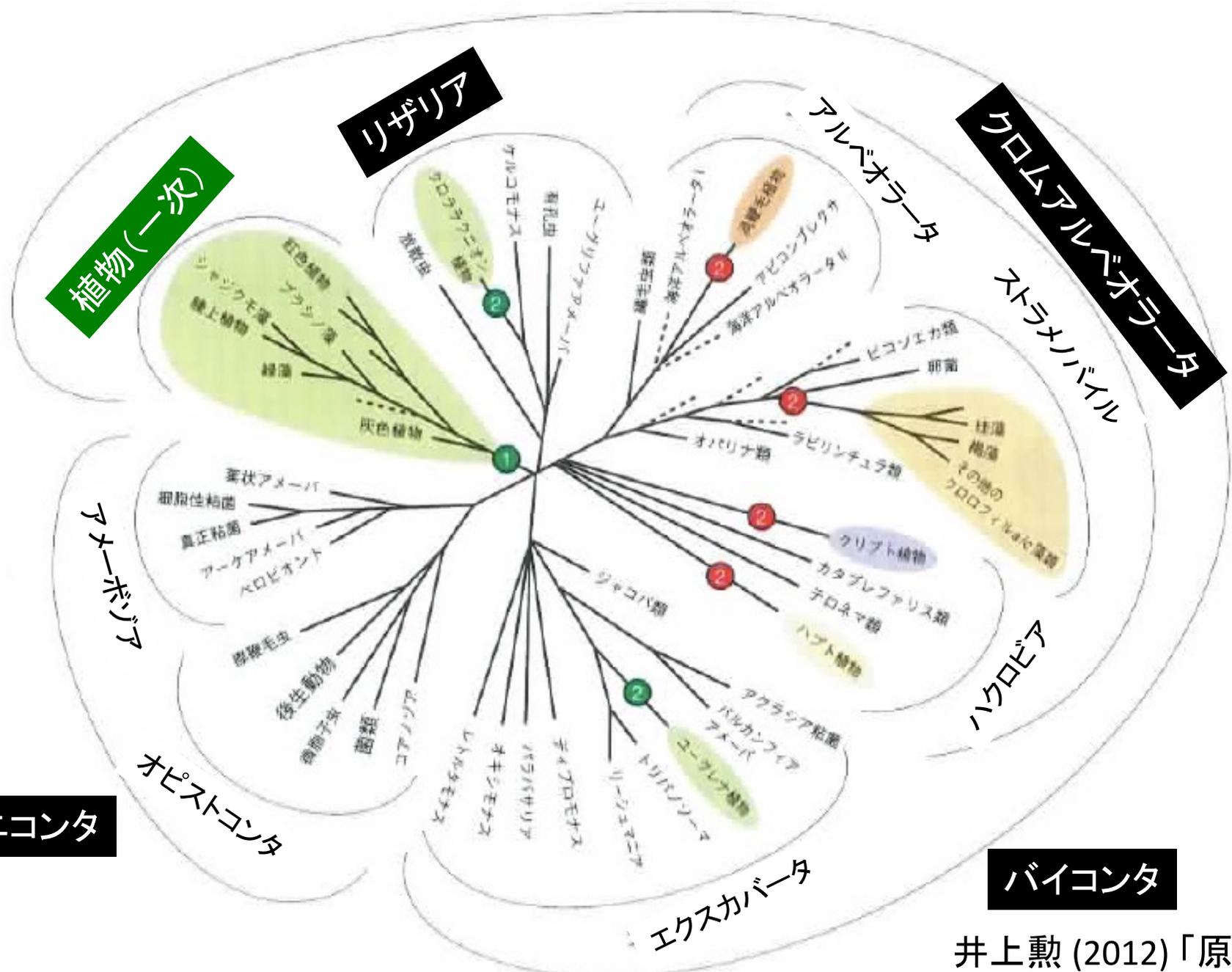
真核生物

原生生物界

原核生物界

マーグリス-シュワルツの五界説

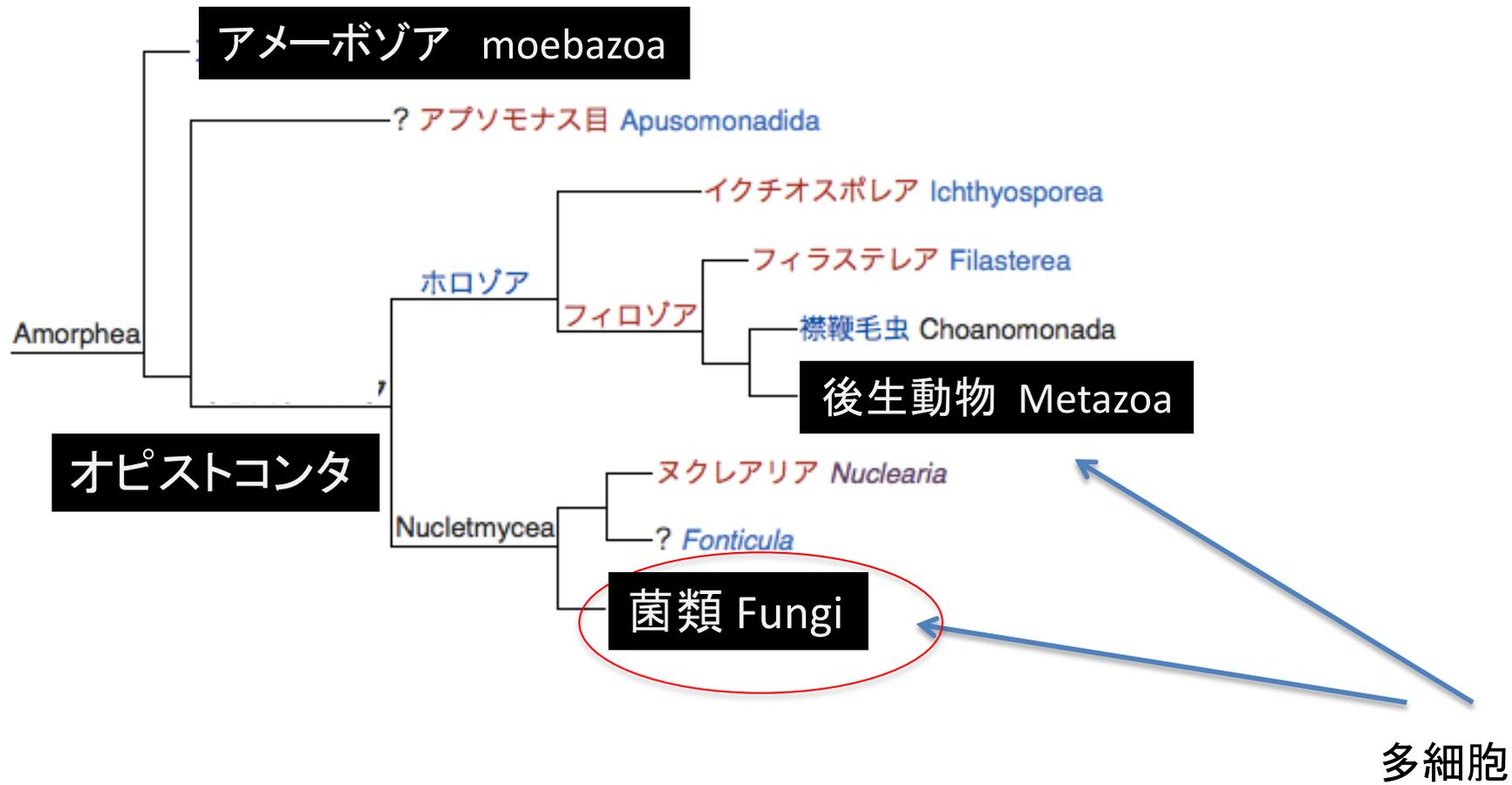
伊藤元己 (2012) 遺伝 66(1), 2-7.



井上勲 (2012)「原生動物」  
遺伝 66, p439-444

# 真核生物の分子系統

ただし、紅色植物の二次共生はクロムアルベオラータの根元で起こったとある



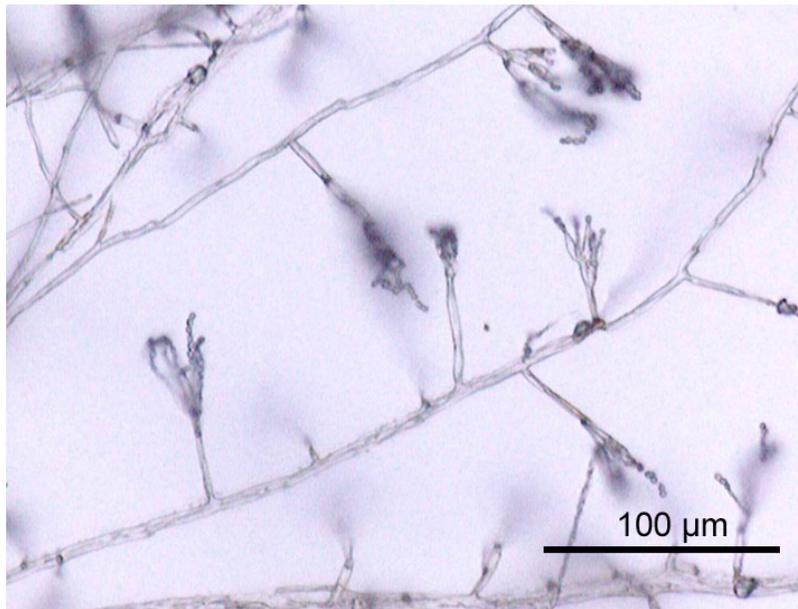
<http://ja.wikipedia.org/wiki/オピスタコンタ> より

菌類(真菌類): 菌糸という構造からなり、胞子で増える

菌糸: 糸状の細胞が縦につながったもの

※ 酵母は単細胞で出芽して増えるが、菌糸が変化したものと考えられている。

菌糸体: 菌糸が分岐を繰り返して絡まり合った集合体



アオカビの菌糸

# 古典的な菌類の分類体系

表2 Ainsworth (1973) による菌類界の検索表

変形体あるいは偽変形体をもつ			変形菌門	
変形体や偽変形体はない、栄養体は典型的には糸状体である			真菌門	
真菌門	生殖細胞は鞭毛をもつ	完全時代の胞子は典型的には卵胞子	鞭毛菌亜門	
		有性胞子は接合胞子	接合菌亜門	
	生殖細胞は鞭毛をもたない	有性胞子を形成する	有性胞子は子嚢胞子	子嚢菌亜門
		有性胞子を形成しない	有性胞子は担子胞子	担子菌亜門
有性胞子を形成しない			不完全菌亜門	

(Ainsworth, 1973を改変)

細谷剛 (2013)「菌類」 遺伝 67, 289 - 294

菌類を5つの亜門に分類

当時は変形菌も含まれていたが、現在は原生生物に分類されている。

# 古典的な菌類の分類体系

真菌門

鞭毛菌亜門  
接合菌亜門  
子囊菌亜門  
担子菌亜門  
不完全菌亜門

細谷剛 (2013)「菌類」 遺伝 67, 289 - 294

菌類を5つの亜門に分類  
当時は変形菌も含まれていたが、現在は原生生物  
に分類されている。

# 分子系統学による分類の変化

- 1990年代 分子データによる菌類の分類の再検討が行われるようになる。
- 2000年代 推定総種類数150万の菌類の系統分類のための国際プロジェクト  
AFTOL (assembling the fungal tree of life)

<http://aftol.org/>

Deep Hypha

## Assembling the Fungal Tree of Life



This material is based upon work supported by the National Science Foundations. Any opinions, findings, and conclusions or recommendations expressed in this material are those of the authors and do not necessarily reflect the views of the National Science Foundation. All content © 2003 AFTOL. AFTOL logo designed by [Michal Skakuj](#). Contact [Dr. Joseph Spatafora](#) with any questions.

*Mycologia*, 98(6), 2006, pp. 829–837.

© 2006 by The Mycological Society of America, Lawrence, KS 66044-8897

Issued 13 April 2007

## Research Coordination Networks: a phylogeny for kingdom Fungi (Deep Hypha)

Meredith Blackwell<sup>1</sup>

*Department of Biological Sciences, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana 70803*

David S. Hibbett

*Department of Biology, Clark University, Worcester, Massachusetts 01610*

John W. Taylor

*Department of Plant and Microbial Biology, University of California, Berkeley, California 94720*

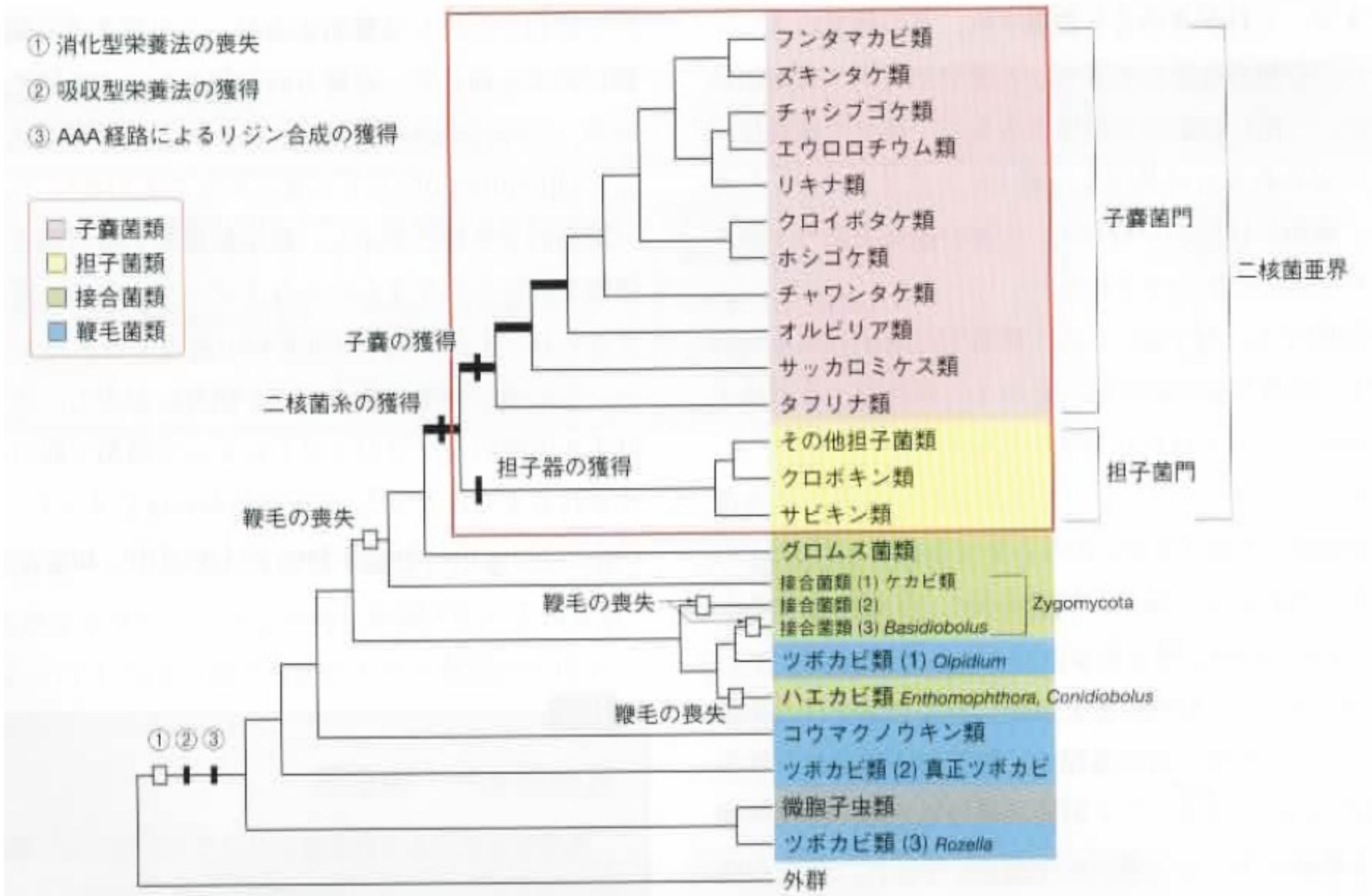
Joseph W. Spatafora

*Department of Botany and Plant Pathology, Oregon State University, Corvallis, Oregon 97331*

publications that require a phylogenetic classification of fungi.

**Key words:** mycological community, mycota, systematics

Fungi have a profound impact on global ecosystems. They modify our habitats and are essential for many ecosystem functions. Fungi form soil, recycle nutrients, decay wood, enhance plant growth and cull plants from their environment. They feed us, poison us, parasitize us and cure us. They destroy our crops, homes and libraries, but they also produce valuable biochemicals, such as ethanol and antibiotics. For both practical and intellectual reasons it is important to provide a phylogeny of Fungi on which a classifica-



James et al. (2006) 16S rRNA, 28S rRNA, 5.8S rRNA, EF1- $\alpha$ , RPB I, RPB IIを連結して行われた分子系統解析に基づく

細谷 剛 (2013) 「菌類」 遺伝 67, p289-294 より

# 7つの門と4つの分類不明の亜門

## 1. 子囊菌門

植物病原菌、冬虫夏草、地衣類が所属する菌類最大のグループ。**子囊**という袋の中に胞子を作る。菌糸は**隔壁**を持つが、かすがい連結を持たない。菌糸細胞のほとんどの期間は**重相**。

## 2. 担子菌門

いわゆる**きのこ**のほとんどはこのグループ。**担子器**という細胞の外側に胞子を形成。菌糸は**隔壁**と**かすがい連結**を持つ。菌糸細胞は**重相**世代を持つが、その期間は限られる。

## 3. ツボカビ門

菌糸体制ははっきりせず、鞭毛が一本の**遊走子**(鞭毛を持ち泳ぐ能力を持つ胞子。遊走子囊という袋状の構造の中で形成される)

## 4. コウマクノウキン門 (ブラストクラディア門)

水中生菌。鞭毛が1本の**遊走子**を作る点ではツボカビ門と共通するが、**菌糸体制**がはっきりしている点異なる。

## 5. ネオカリマスティックス菌門

ツボカビ門に近縁で、形態も似るが、**遊走子**が多数の鞭毛を持つ点異なる。

## 6. グロムス菌門

アーバスキュラー菌根菌として、大多数の陸上植物と共生している。

## 7. 微孢子虫門

昆虫の消化管、動物の皮膚などに寄生。コイル状の**極管**を宿主細胞に突き刺して感染する。

特別展 菌類のふしぎ きのことカビの仲間達 オフィシャルガイドブック  
(2008) 国立科学博物館、TBS

# 7つの門と4つの分類不明の亜門 (接合菌類(接合胞子を作る)由来)

## 1. ケカビ亜門

土壌、食品など様々な場所に出現。典型的な接合胞子を形成。

## 2. キックセラ菌亜門

ブラシ状の胞子形成枝を持つ。動物遺体などで見つかる。多くは腐生菌

## 3. ハエカビ亜門

ハエなどの昆虫に寄生(一部植物)。栄養菌糸から分節禁止を作成する、

## 4. トリモチカビ亜門

アメーバなどの微小生物に寄生。小突起で獲物を捕らえて細胞に侵入。

# 古典的な菌類の分類体系

## 真菌門

鞭毛菌亜門	×
接合菌亜門	×
子囊菌亜門	
担子菌亜門	
不完全菌亜門	×

細谷剛 (2013)「菌類」 遺伝 67, 289 - 294

# 鞭毛菌亞門

- 遊走細胞(遊走子, zoospore)を形成する「泳ぐ菌類」
- 鞭毛の形状で3種に分類
  - ツボカビ類: 遊走子後方に1本の鞭型鞭毛
  - ~~サカゲカビ類: 前端に羽型鞭毛1本~~
  - ~~卵菌類: 前端あるいは側方に鞭型と羽型の鞭毛を一つずつ~~

# 鞭毛菌亞門

- 栄養体は、単細胞の単純なものから、仮根状菌糸を発達させるものを経て、多核の菌糸体を形成するものまで色々ある。  
菌糸に隔壁（菌糸の細胞を区切る板状構造）はない。
- サカゲカビ類と卵菌類は、その後クロムアルベオラータに分類されることが判明し、真菌類からは除外された。



# ツボカビ類

- 単系統ではなく、少なくとも4群に分かれる
  - (1) コウマクノウキン類
  - (2) 真正ツボカビ類 (図のツボカビ類 (2)):  
ツボカビ類の主要部分を含む菌群
  - (3) *Rozella*属 (図のツボカビ類 (3))
  - (4) フクロツボカビ類 (*Olpidium*, 図のツボカビ類 (1))

# ツボカビ類

- 微孢子虫 (*Microsporidia*): 菌類に分類されている。「極管」という構造から、自身の細胞質を注入することで様々な動物細胞に寄生する。

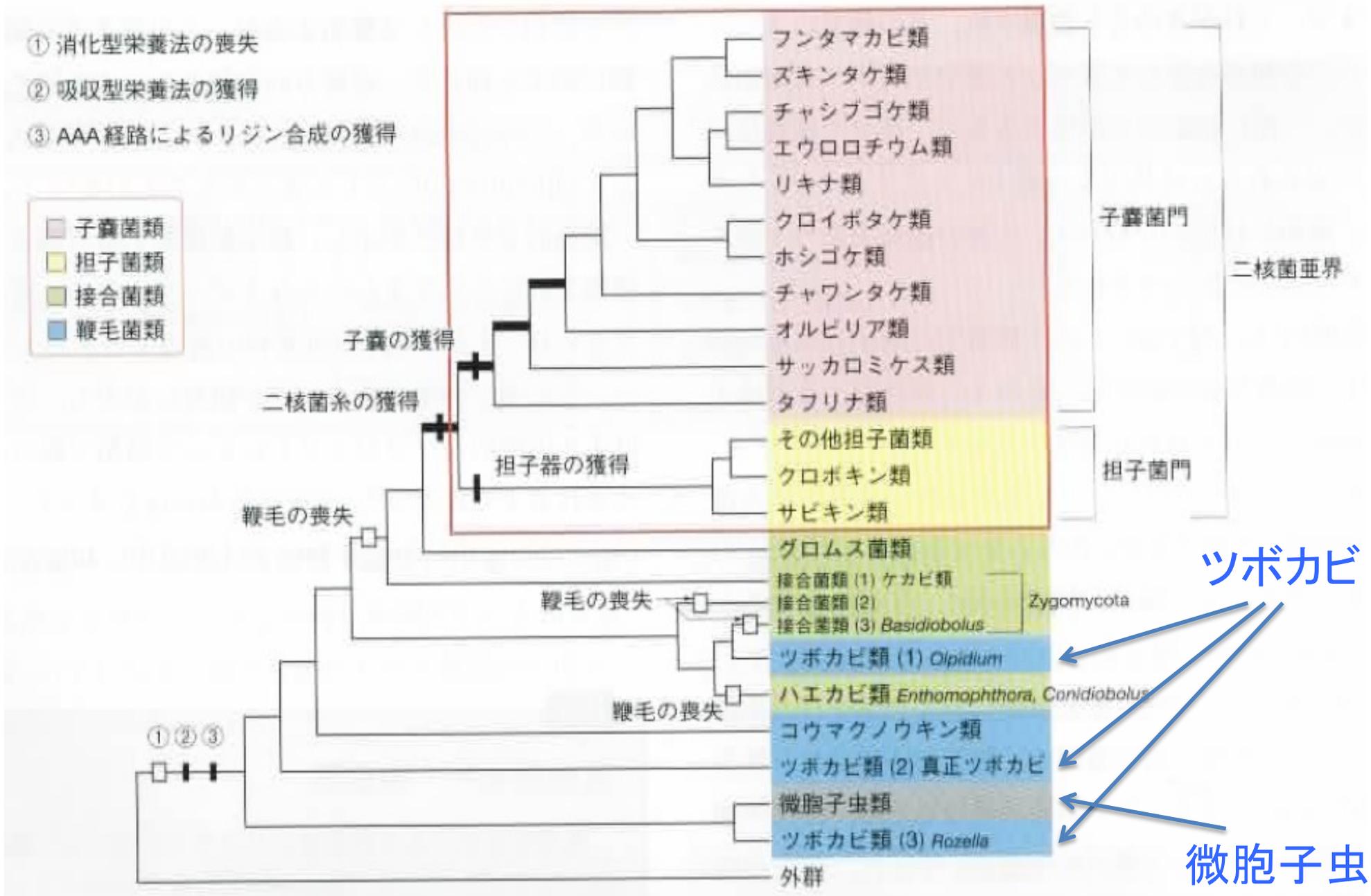
マイトソームを持つ。

- ツボカビ類が菌類の基部から分岐していることから、菌類の祖先は単細胞で鞭毛を持つ寄生栄養生物であったと考えられる。

- 菌類は進化の過程で複数回鞭毛を失っている。鞭毛の喪失が新しい孢子形成能の獲得に関係？

微孢子虫は鞭毛をもたない。

※ 類 : 綱レベル以上の分類群に対して、分類学的階級を明らかにせずに議論する際に用いる。



James et al. (2006) 16S rRNA, 28S rRNA, 5.8S rRNA, EF1- $\alpha$ 、RPB I, RPB IIを連結して行われた分子系統解析に基づく

細谷 剛 (2013) 「菌類」 遺伝 67, p289-294 より

# 古典的な菌類の分類体系

真菌門

鞭毛菌亜門	×
接合菌亜門	×
子囊菌亜門	
担子菌亜門	
不完全菌亜門	×

細谷剛 (2013)「菌類」 遺伝 67, 289 - 294

# 接合菌亜門

## 接合胞子を形成する菌類

菌糸かそれに由来する配偶子嚢が互いに接触し、融合して接合胞子 (Zygospor) を形成。

接合胞子嚢はほぼ球形で、厚い壁を持つ。その内部では両者の核が融合し、その後減数分裂を行い、その中から一つの核が発芽に預かる

多くの種では、互いに接合できる株が決まっていて、通常+-と表現されるが、符号が同じもの同士では接合できない。これを自家不和合性 (Heterothallic) という。

# 接合菌亜門

## 接合胞子を形成する菌類

分生子 (Conidia) というのは、無性生殖の方法としてつくる胞子

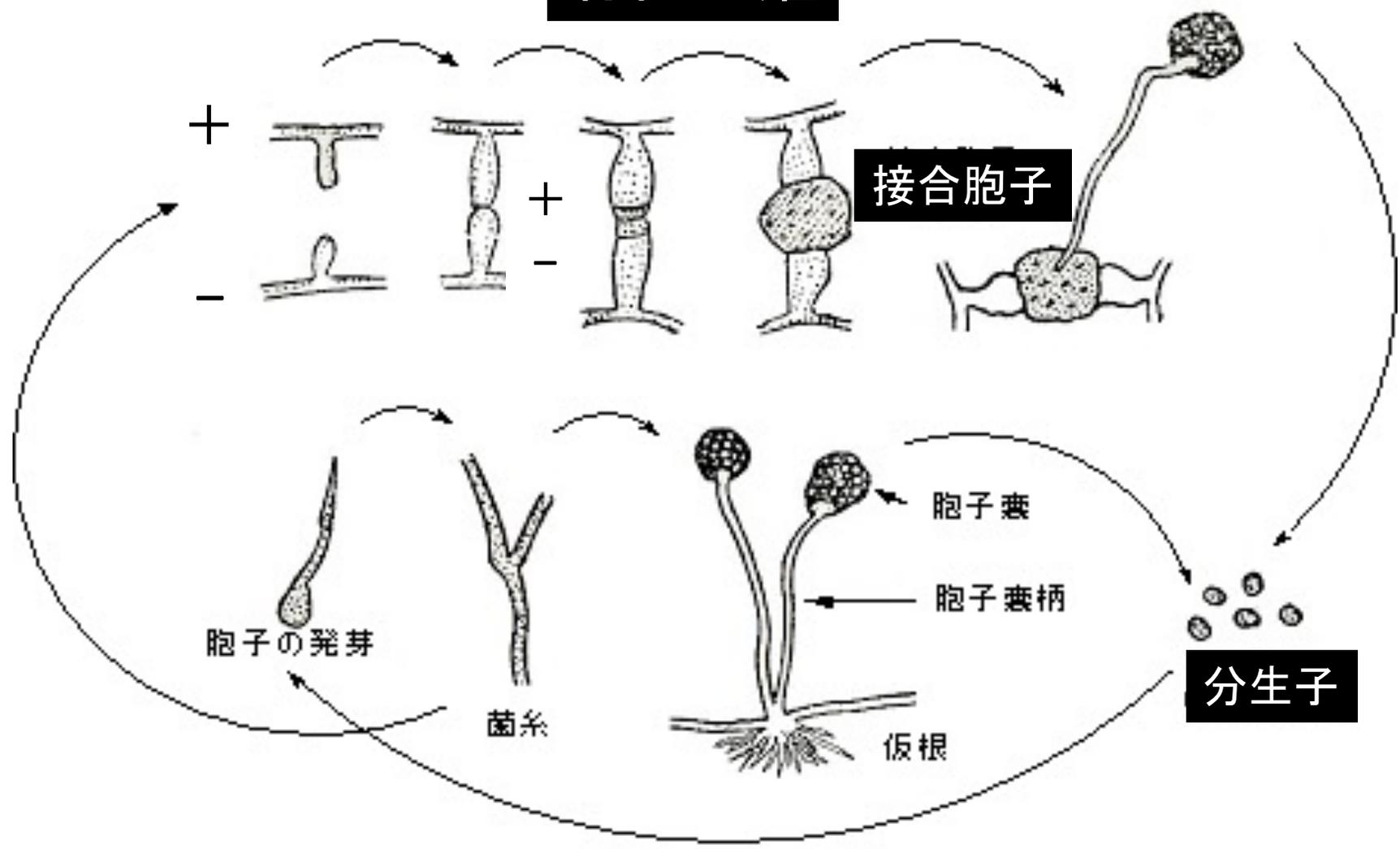
菌糸体は単相で、世代交代はない。

※ 核相: 有性生殖を行う生物の状態を、染色体数の構成で表現したものの。一組の染色体をもつ状態 (減数分裂から受精まで) を単相, 二組の染色体をもつ状態 (受精から減数分裂まで) を複相という。

※ 世代交代: 同一種の生物の生活史中に、生殖法の異なる世代が交互に現れること。普通は有性生殖と無性生殖との交代をいう。

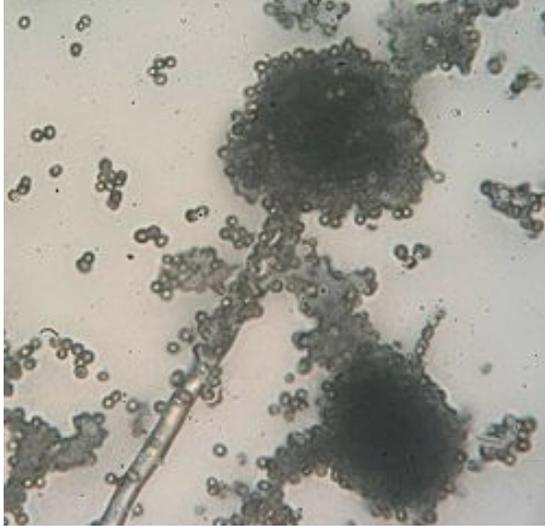
基本的に菌糸に隔壁はない。

# 有性生殖



# 無性生殖

接合菌の生活環 クモノスカビ(Rhizops)



## クモノスカビ

クモノスカビは、湿った有機物表面に出現する、ごく普通のカビ。コウジカビを使う日本以外のアジア全域において、紹興酒などの酒の醸造で麴に用いられたり、インドネシアでは茹でた大豆に生やしてテンペ(Tempeh)という食品にする例がある。



## ハエカビ

ハエカビ目は、6科22属、200種近い種を含み、接合菌綱では最大の(かもしれない)群である。その大部分は寄生菌で、多くは昆虫の病原体である。他に藻類やシダ類の前葉体に寄生するもの、線虫などの無脊椎動物に寄生するものがあり、ごく一部の群が自由生活である。また、人間を含む脊椎動物の病原体となる場合がある種も含まれる。

# グロムス菌類

かつては接合菌亜門に属すとされていた。  
陸上植物の根にアーバスキュラー菌根を形成する。

アーバスキュラー菌根は、  
大多数の陸上植物の根に  
みられる。根の外部形態  
には大きな変化は起こらず、  
根の細胞内に侵入した菌糸  
が樹枝状体 (arbuscule) と、  
ものによっては囊状体  
(vesicle) とを形成する  
(囊状体は見られない場合  
もある)。根の外部には  
根外菌糸がまとわりつき、  
周囲に胞子を形成すること  
も多い。



セイヨウミヤコグサと共生する *Gigaspora margarita*

<http://ja.wikipedia.org/wiki/グロムス門> より

# グロムス菌類

アーバスキュラー菌根の機能としては、リン等の吸収促進、耐病性の向上、水分吸収の促進の3つが挙げられる。このため、アーバスキュラー菌根が形成されると作物は乾燥に強くなり、肥料分の乏しい地でも効率よく養分を吸収してよく育つようになる。植物の陸上進出と深い関係があったと考えられている。



セイヨウミヤコグサと共生する *Gigaspora margarita*

<http://ja.wikipedia.org/wiki/グロムス門> より

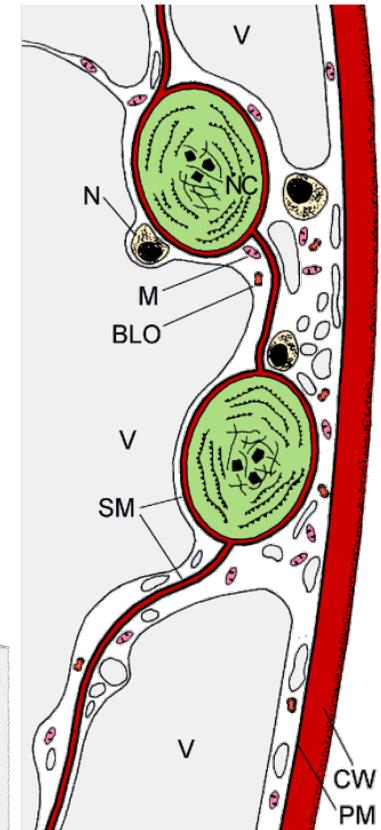
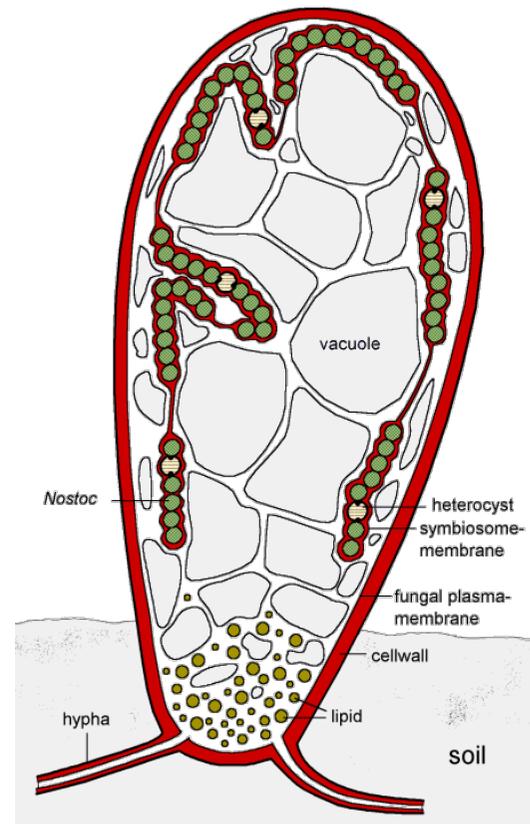
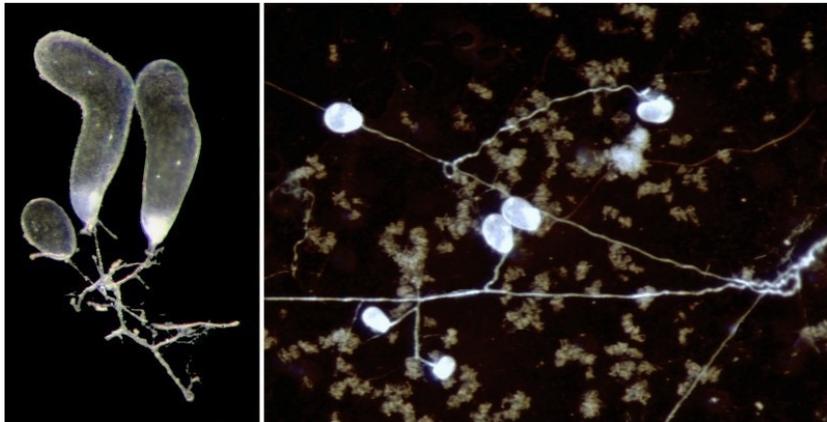
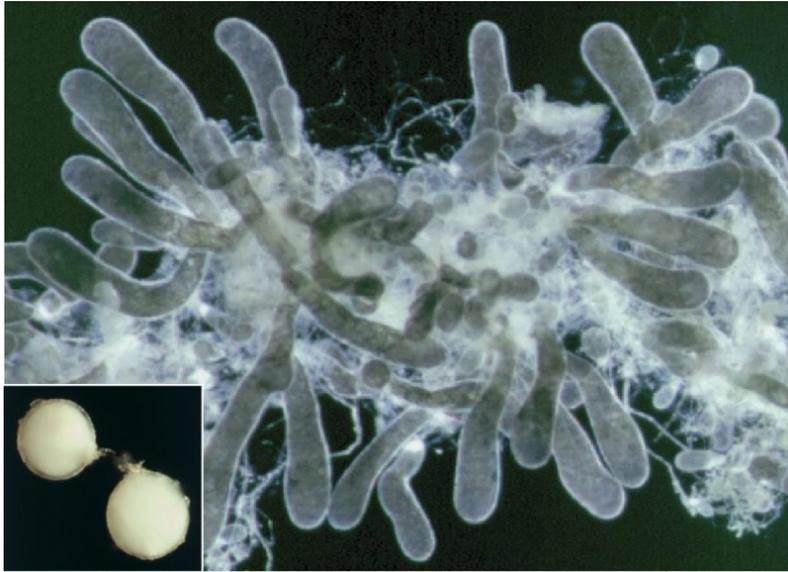
# 接合菌亜門の崩壊とグロムス菌門の形成

- グロムス菌類は、アーバスキュラー菌根の形成など他の接合菌類と異なる性質を持つことが知られていたが、独立の門とされた。
- 旧分類の接合菌類からは、グロムス菌類を含む4つの系統群が同定されたが、全体として一つのグループとしてまとまらず、接合菌という分類群は崩壊した。

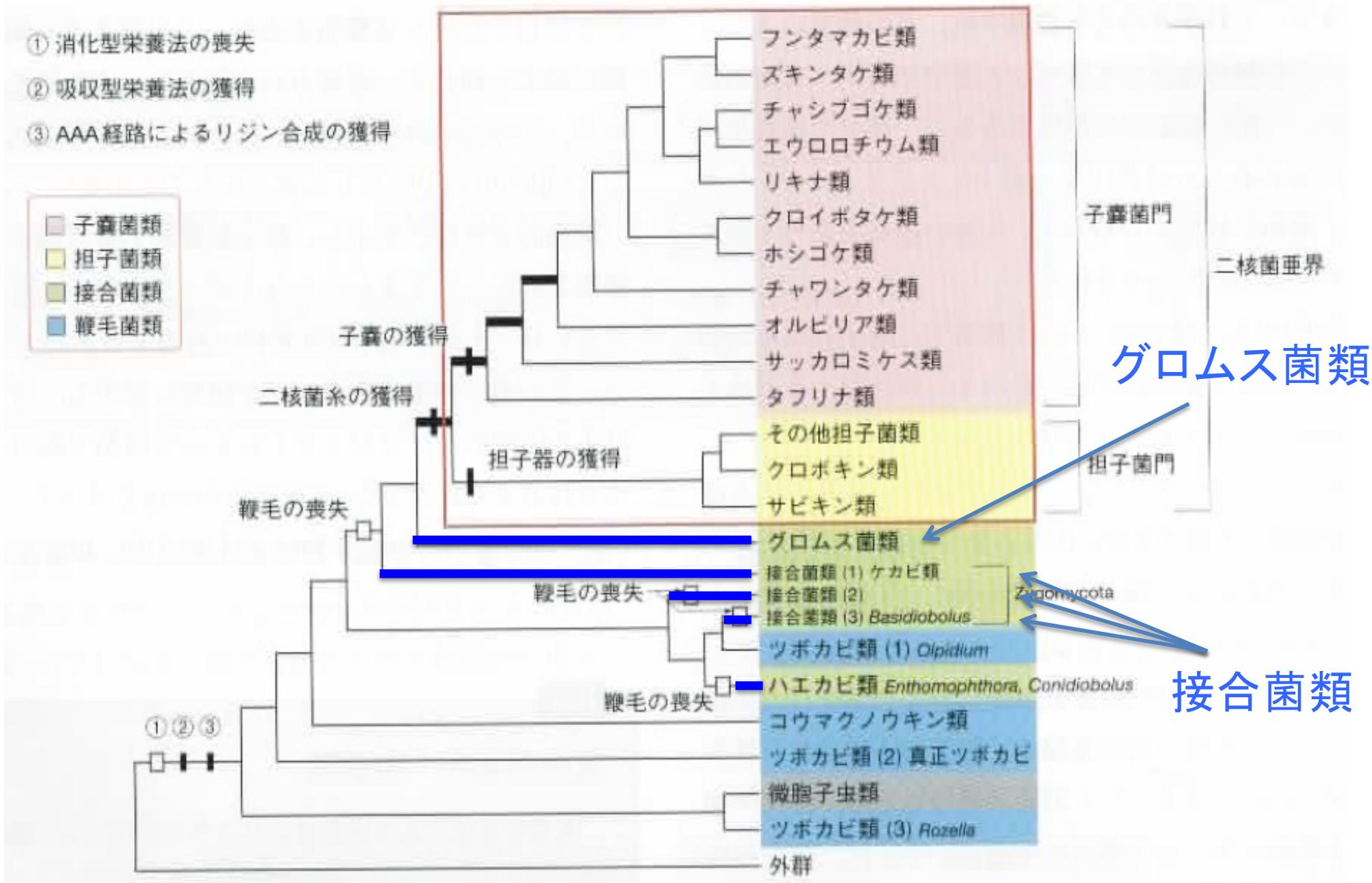
# ゲオシフォン

## Geosiphon

- Geo (地の) + siphon (水管) の意味
- 湿った土壌の表面に高さ1mmほどの長細い嚢状体が複数立ち並んだ状態で発生
- 基部からは土中に菌糸が伸びる
- **グロムス菌門**に属す
- 嚢状体 = 菌糸が膨らんでできた袋状の構造  
ネンジュモと呼ばれる藍藻が共生  
地衣類との違い: 地衣共生では菌糸と藻類は直接接触するが、菌糸の細胞内に藻類が入り込むことはない  
ゲオシフォンの場合、菌糸の細胞内に、生きて増殖も可能なネンジュモを取り込んでいる。→ 真菌類で唯一知られる細胞内共生の例
- ドイツとオーストリアの限られた地域でしか見つかっていない



[http://www.geosiphon.de/geosiphon\\_home.html](http://www.geosiphon.de/geosiphon_home.html)より



James et al. (2006) 16S rRNA, 28S rRNA, 5.8S rRNA, EF1- $\alpha$ 、RPB I, RPB IIを連結して行われた分子系統解析に基づく

細谷 剛 (2013)「菌類」 遺伝 67, p289-294 より

# 古典的な菌類の分類体系

真菌門

鞭毛菌亜門	×
接合菌亜門	×
子囊菌亜門	
担子菌亜門	
不完全菌亜門	×

細谷剛 (2013)「菌類」 遺伝 67, 289 - 294

# 子囊菌亜門

不完全世代 (anamorph:無性世代のこと)のライフサイクルでは無性生殖を行い、胞子から発芽した菌糸はそのまま伸びたり枝分かれして成長し、菌糸体をつくる。

菌糸体はある程度成長すると、無性的な分裂によって分生子とよばれる胞子をつくり、これを放出して、新しい世代を作る。

完全世代 (teleomorph) は有性生殖を行う世代で、有性生殖によって作られる子嚢胞子から新しい世代を作る。

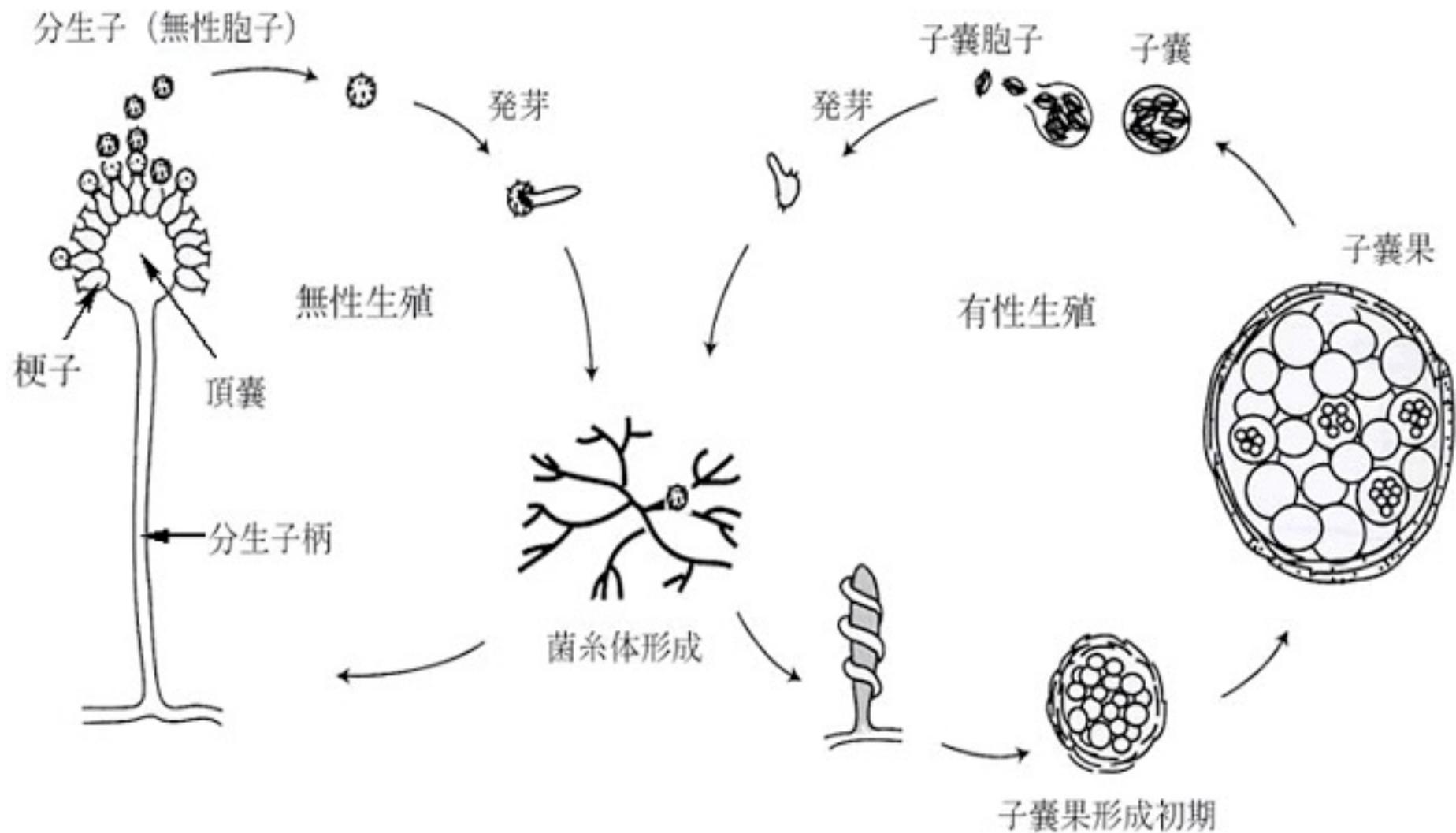
有性生殖は、胞子から発芽した菌糸に膨らんだ多核の有性構造をつくることから始まる。

# 子囊菌亜門

有性のプラス株とマイナス株の菌糸が接合して二核性菌糸がつけられ、その二核性菌糸から子囊果が発達し、成熟した子囊果の中には子囊がつけられる。

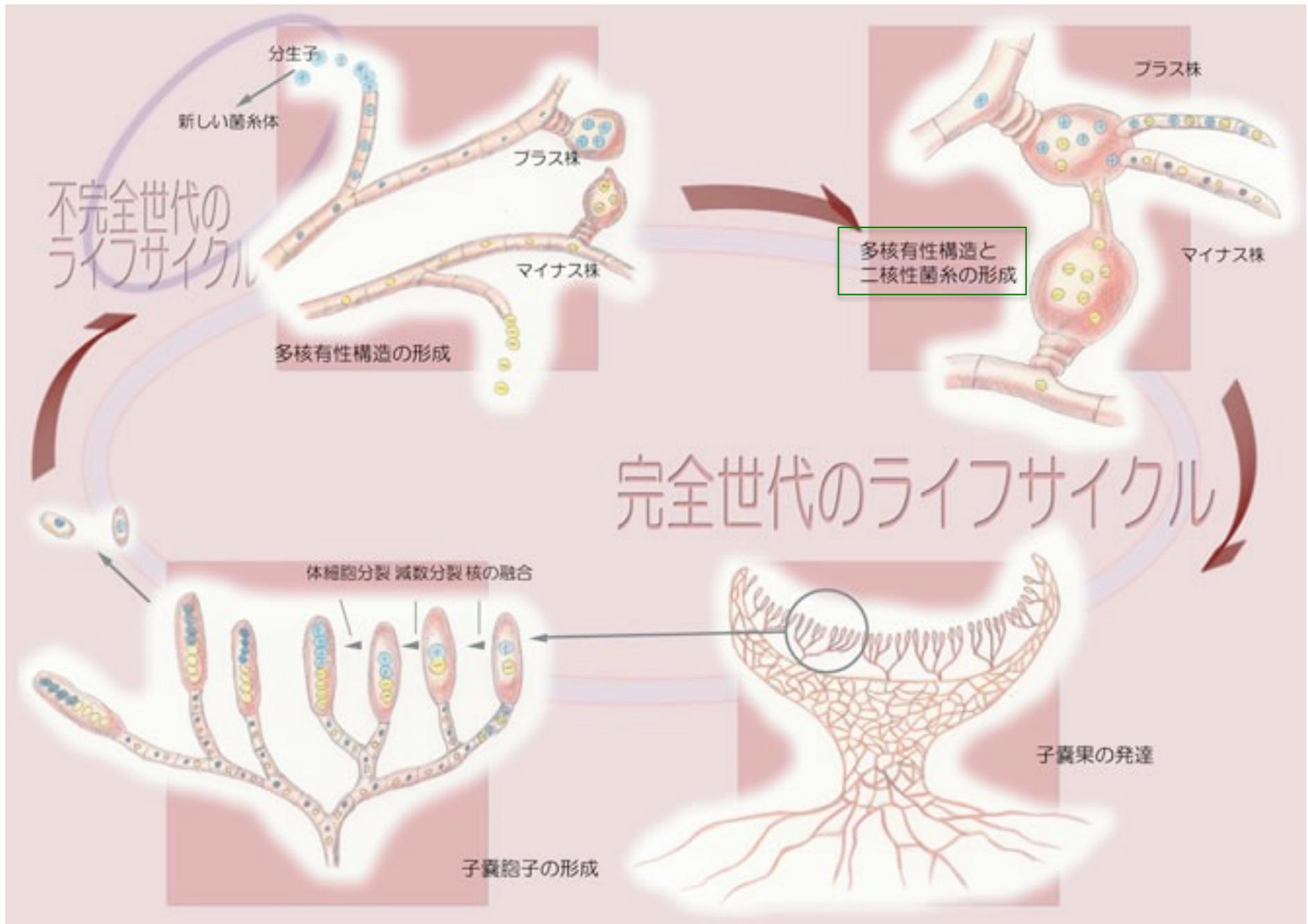
子囊の中では、二核の融合と減数分裂によって有性の子囊胞子が形成され、これによって新しい世代がつけられる。

菌糸は隔壁をもつ



### 子囊菌の生活環、カワキコウジカビ (*Eurotium*)

[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/sonota/003/houkoku/08111918/002.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/sonota/003/houkoku/08111918/002.htm) より



<http://webdb2.museum.tohoku.ac.jp/exhibition/natukusa/contents/kinrui.htm#life> より

## 子囊菌門

構造の単純なものは酵母のような単細胞生物から、糸状菌まで、**子実体**を全く形成しないものから複雑な構造の子実体を作るものまで、その形態は多種多様

酵母 (**出芽酵母**、分裂酵母)

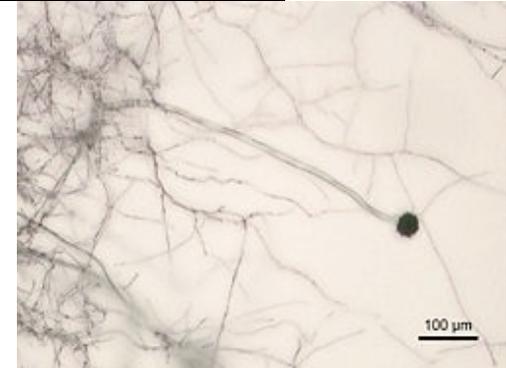
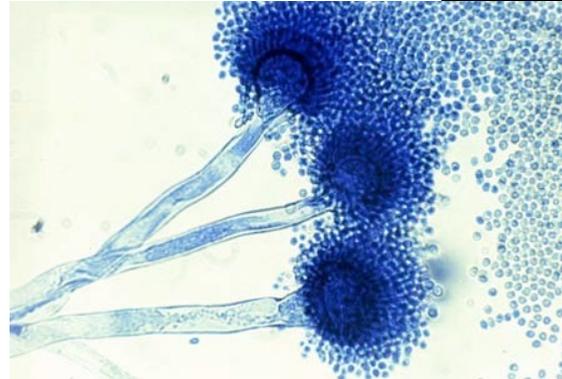
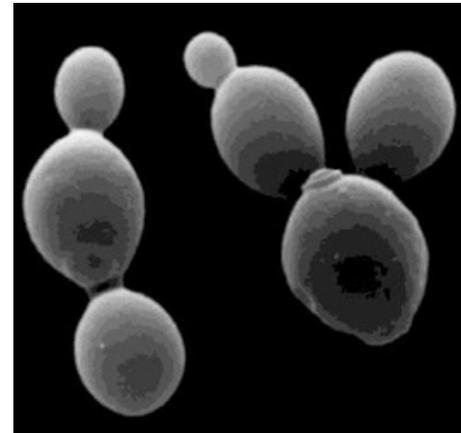
ビール、パン

カビ (**アオカビ**、**コウジカビ**、アカパンカビ)

ペニシリン

味噌、醤油、日本酒

白癬菌 (水虫)



カンジダ (膾炎や皮膚炎の原因)

一部のキノコ (**アミガサタケ**、**トリュフ**)



# きのこ



いわゆる“きのこ”とは子実体とよばれる有性生殖を行う器官。  
子実体は、子囊をおさめる子嚢果と、それをのせる柄の部分からなり

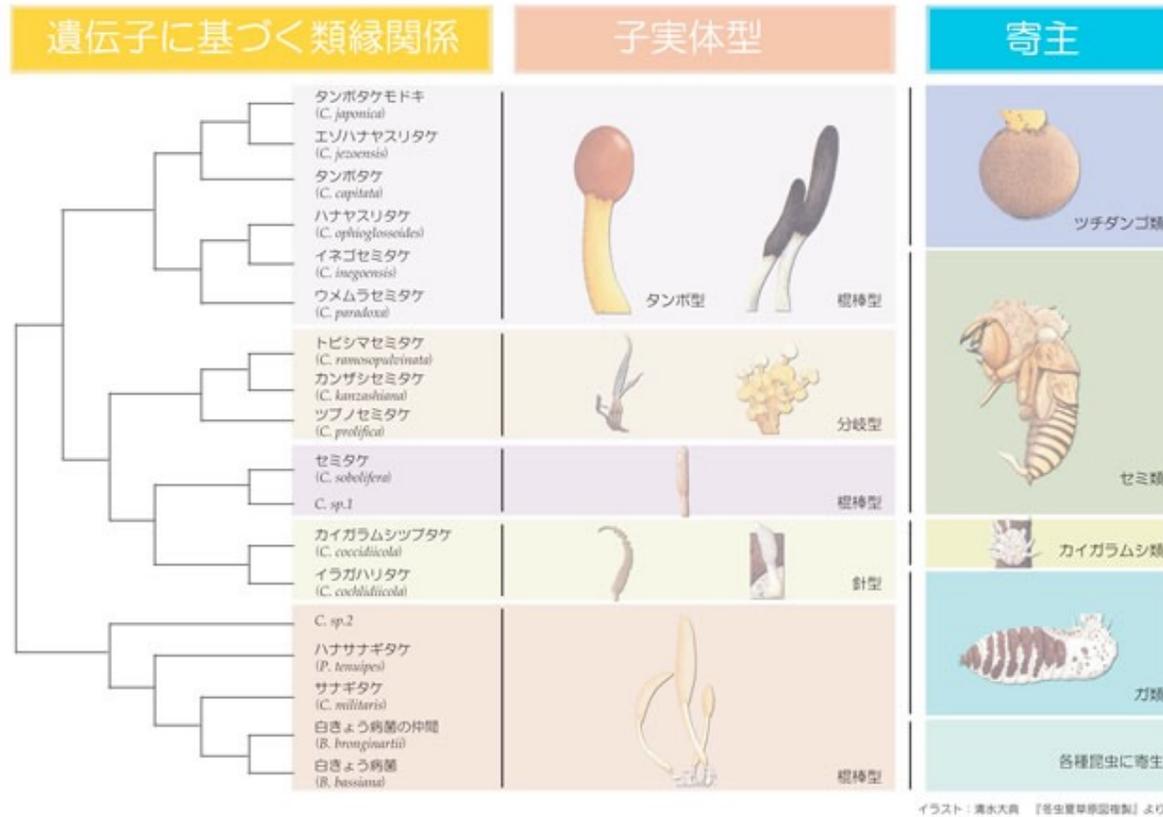
、「冬虫夏草」の中には、  
分生子による無性生殖をおこなう  
子実体をつくるものもある。

<http://webdb2.museum.tohoku.ac.jp/exhibition/natukusa/contents/kinrui.htm#kanzen> より

# とうちゅうかそう【冬虫夏草 vegetative wasp】

虫に寄生した菌類が虫からキノコを生やしたもの。子囊菌類バツカクキン目 *Cordyceps* 属の昆虫寄生菌に対する総称となっている。

<http://kotobank.jp/word/冬虫夏草> より



系統的に近い種どうしは子座の形や寄主といった重要な形質も互いに共通している。その一方で、イネゴセミタケやウメムラセミタケとハナヤスリタケとの関係のように、形態的には似ているにもかかわらず、互いの寄主がまったく異なるグループもある。

<http://webdb2.museum.tohoku.ac.jp/exhibition/natukusa/contents/kinrui.htm#keitou> より

# タイワンアリタケ

*Ophiocordyceps unilateralis*

子囊菌門 フンタマカビ綱 ニクザキン目 科名: オフィオコルディセプス科  
オフィオコルディセプス属

アリに寄生する冬虫夏草

通常働きアリは決まった道を徘徊して餌を探す、林床に降りてくることはない  
寄生されたアリはランダムに歩き回り、けいれんを起こして林床に落ちる  
落下したアリは巣のある林冠には戻らず、近くの低木に登る。

低木の葉上に至ると大顎で葉脈に噛みつき(death grip)死を迎える。

---→ 寄生により異常行動するア리를**ゾンビアリ**と呼ぶ

Death gripにより死体は葉から落ちない。

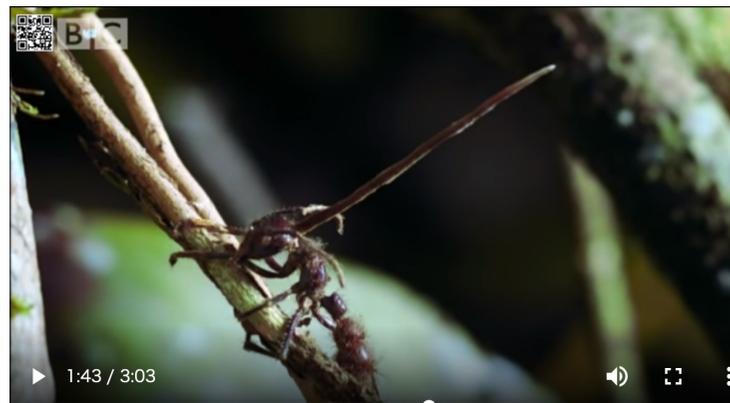
植物の北側かつ高さ25cmくらいの位置で死んでおり、菌の増殖に有利な  
環境であると考えられる。

白水 貴 (2016) 「奇妙な菌類 ミクロな世界の生存戦略」 NHK出版新書,  
pp123-128

オフィオコルディセプス科プルプレオシリウム属 クモタケ  
カメムシに寄生して行動異常

ハエカビ門 Entomophthoromycota エントモファガ *Entomophaga grylli*  
バッタに寄生して行動異常

<https://www.youtube.com/watch?v=XuKjBIBBAL8> より



# 地衣類

菌類(主に子囊菌類)と藻類(シアノバクテリアあるいは緑藻)からなる共生生物である。地衣類の構造は菌糸からできている。

子囊地衣類が1597種(99.7%)であるのに対して、担子地衣類は5種(0.3%)である。

地衣を構成する菌類は子囊菌類のいくつかの分類群にまたがっており、さらに担子菌類にも存在する。したがって独立して何度かの地衣類化が起こったのだと考えられている。

<http://research.kahaku.go.jp/botany/chii/04/>

[http://www.lichenology-jp.org/ja/about\\_lichen/lichen](http://www.lichenology-jp.org/ja/about_lichen/lichen) より

# 地衣類



酸性アルカリ性の判定に使うリトマス紙は地衣類であるリトマスゴケから得られるもの

その他、香水、染料の原料となる地衣類もある

写真はペルー産 リトマスゴケ



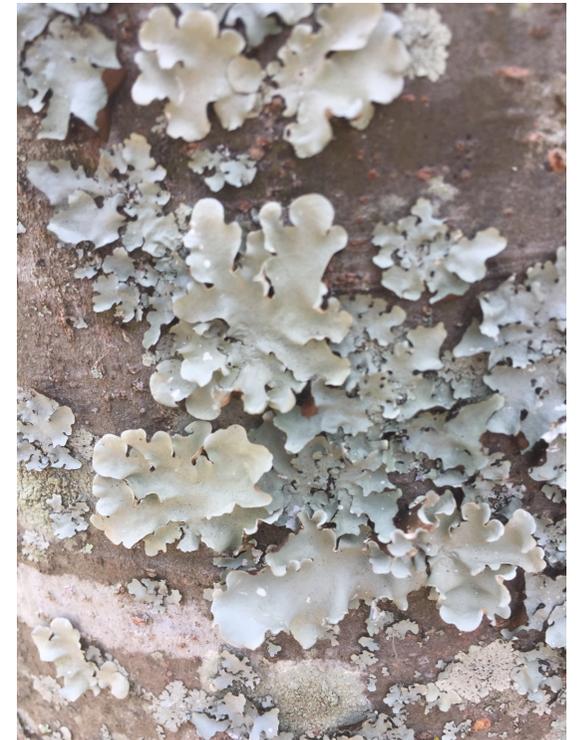
イワタケは食用になる。  
写真は長野県梓山のイワタケとその天ぷら  
トナカイゴケはトナカイの飼料となる

# 地衣類

**ウメノキゴケ**： 灰緑色の葉状地衣類。樹皮や岩に着生排気ガスに弱く環境汚染の指標となる。リトマスもとれるらしい



マツゲゴケ  
ウメノキゴケの一種



ウメノキゴケ



# 日本画

## 光琳「紅白梅図屏風」



国宝「紅白梅図屏風」(尾形光琳)の梅の老木の幹には、白っぽいあるいは緑っぽい丸いコケが描かれています。また多くの日本画の中の松の古木にも、同じようなコケが描かれています。このコケは、ウメノキゴケなどの地衣類をモデルにしていると考えられます [1]

[1] 安齊唯夫. 2006./ 日本画家下村観山の描いた地衣類./ 日本地衣学会ニュースレター(62): 219-222.

[http://www.chiba-muse.or.jp/NATURAL/special/chii\\_nani/chii-navi-11.html](http://www.chiba-muse.or.jp/NATURAL/special/chii_nani/chii-navi-11.html)  
より引用



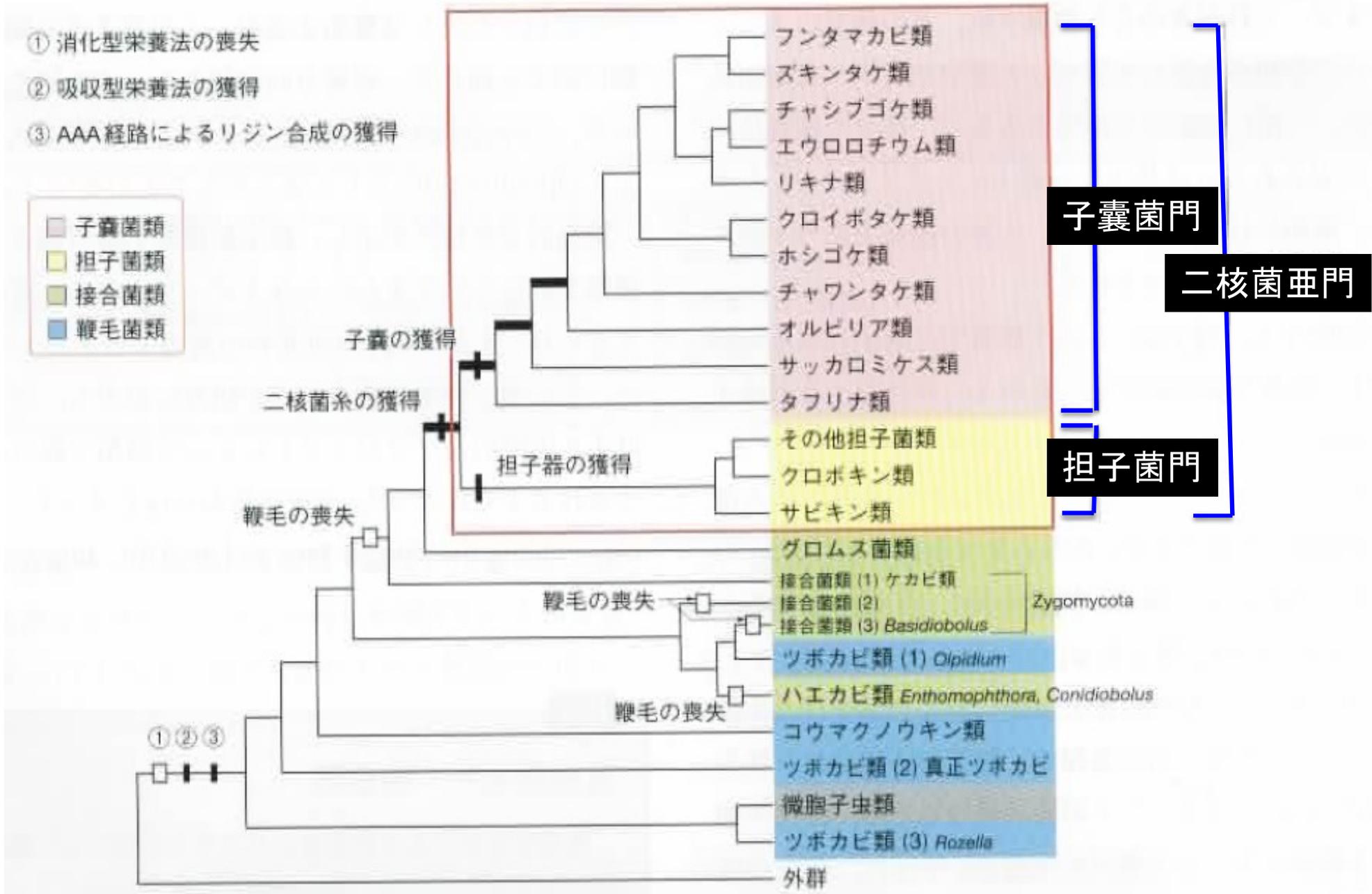


## ツブダイダイゴケ

都市部でも見られる。顆粒状の痂状(かじょう)固着地衣。地衣体は淡黄色、わずかに灰色～緑色を帯びることもあり、鱗片状、平滑、小区画状、裂片を伸ばすことなく、突然終わる。粉芽も裂芽もない。

<http://mikawanoyasou.org/tiirui/tubudaidaiyogoke.htm>

新下内神バス停



James et al. (2006) 16S rRNA, 28S rRNA, 5.8S rRNA, EF1- $\alpha$ , RPB I, RPB IIを連結して行われた分子系統解析に基づく

細谷 剛 (2013)「菌類」 遺伝 67, p289-294 より

# 古典的な菌類の分類体系

真菌門

鞭毛菌亜門	×
接合菌亜門	×
子囊菌亜門	
担子菌亜門	
不完全菌亜門	×

細谷剛 (2013)「菌類」 遺伝 67, 289 - 294

# 担子菌亜門

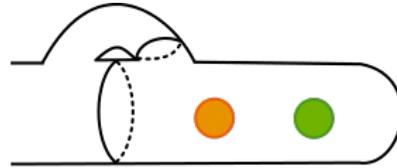
単核の菌糸が融合して相対する交配型の2核をもつ二次菌糸（二核菌糸ともよぶ）となる。

二次菌糸内の2核はそれぞれ分裂して4核となる。続く細胞分裂によって1核を含む細胞と3核を含む細胞に分裂。二次菌糸の両細胞間には「かすがい連結(clamp connection)」があり、1核を移動させて2核ずつを有する細胞となる。

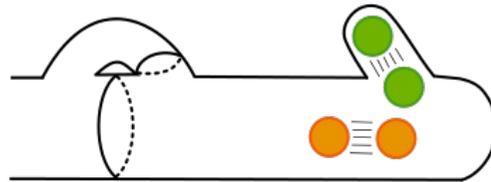
菌糸先端で2核が融合し、同時に菌糸が肥大して担子器(basidium)となる。

内部で減数分裂がおき4個の単核の担子胞子が形成される。担子胞子を形成する際に、子実体(きのこ)を形成するものではないものがある。

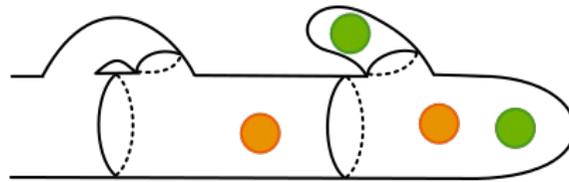
先端の細胞内で核分裂



それぞれの核は  
分裂して二核になる

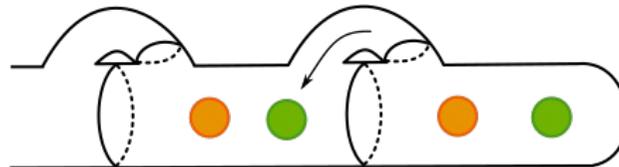


細胞質が分裂  
細胞板は後ろの方  
の核から分裂して  
生じた二核の間に形成



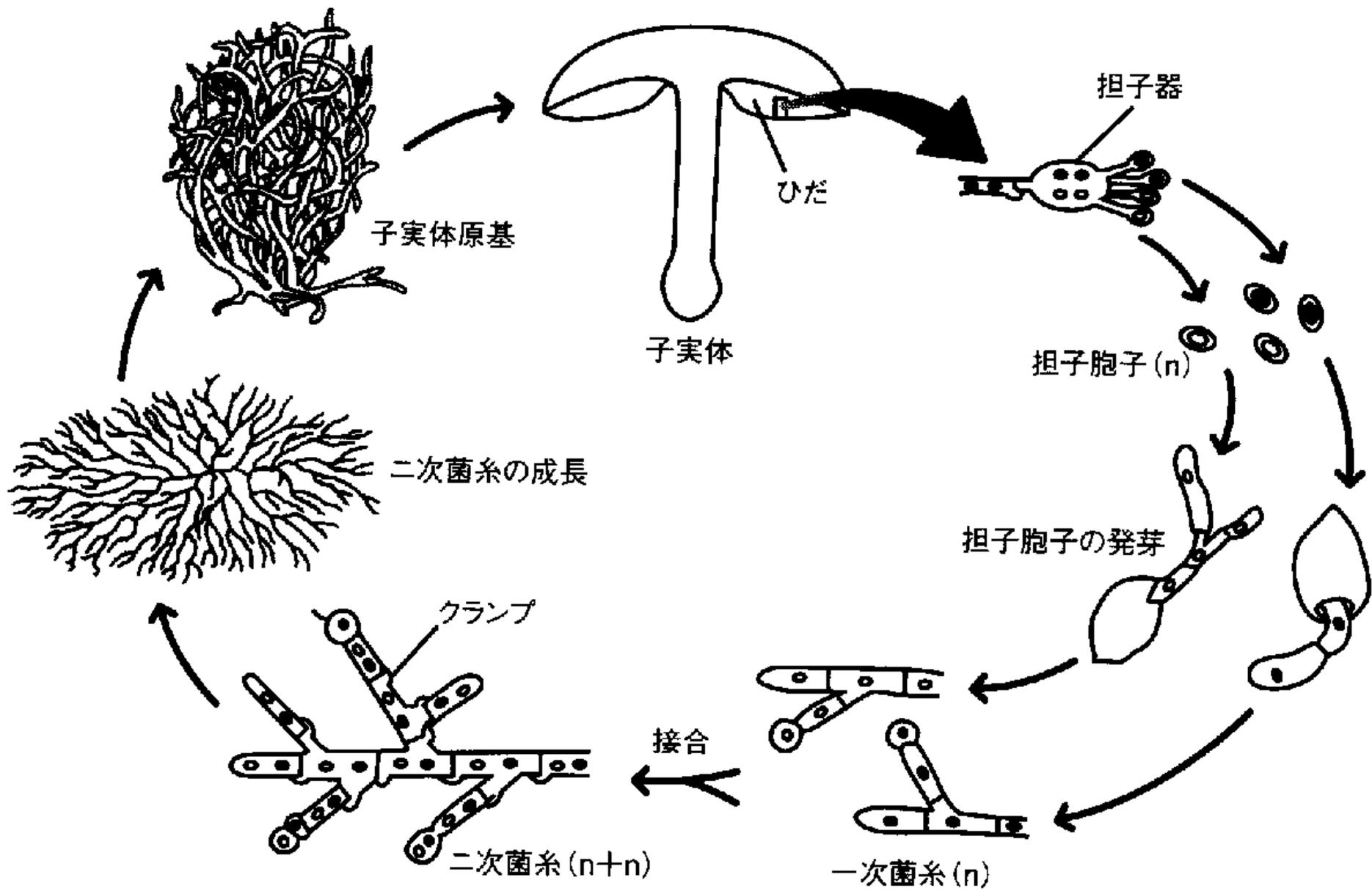
**かすがい**連結(clamp connection)形成

先端側の細胞から  
前側の核の一つが  
後ろ側の細胞に移動し、  
両方の細胞が共に二核  
を持つ状態になる



核が通り抜けた膨らみには新たに隔壁

<https://ja.wikipedia.org/wiki/二核菌糸> より



# かすがい連結



シイタケの柄の部分の菌糸。中央にかすがい連結が見える

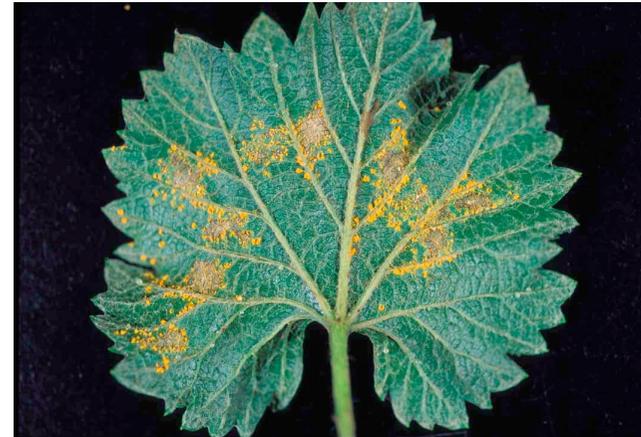
<http://ja.wikipedia.org/wiki/二次菌糸> より

# 担子菌

いわゆるキノコとして知られている生物を含むグループと植物寄生菌のグループからなる。



ベニテングタケ



マツタケ

アワブキ(上)、ヤシ(下)に寄生したサビキン

<http://sci.edu.ibaraki.ac.jp/ono/ono.html> より

## 酵母

広義には生活環の一定期間において栄養体が単細胞性を示す真菌類の総称

## 担子菌酵母

ex) シロキクラゲは担子胞子から発芽すると酵母として増殖し、性の異なる相手と接合すると菌糸体の状態で増殖する二核菌糸となる。



中国では「銀耳」と呼ばれて栽培され、乾燥品として出回っている。主にデザートなどにされる一方、不老長寿の薬としても珍重

# *Puccinia monoica*

サビ菌の一種

生きている植物に寄生しないと生存できない

「絶対寄生菌」

ヤマハタザオ属の草本植物に寄生

--→ 本来の花とは全く似ていない

黄色い花を形成

「疑似花」

近くにあるキンポウゲ属の1種の花に類似

糖を含む蜜を産生(本来の花より多い)

雄しべも雌しべも持たない。

サビ菌の精子を作る器官が表面に形成

昆虫が訪花すると花粉の代わりにサビ菌の精子が付着

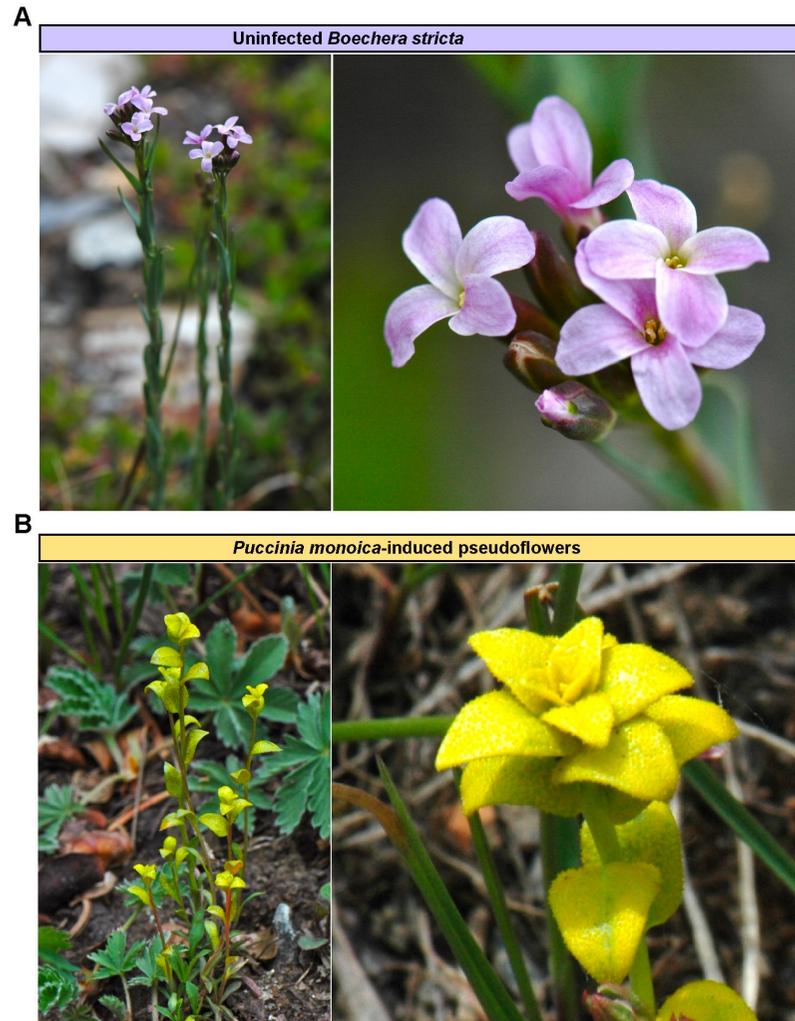
別の疑似花を訪花すると受精毛というサビ菌の特殊な菌糸に精子が接触して受精が成立

白水 貴 (2016) 「奇妙な菌類 ミクロな世界の生存戦略」 NHK出版新書, pp99-103



# Major Transcriptome Reprogramming Underlies Floral Mimicry Induced by the Rust Fungus *Puccinia monoica* in *Boechera stricta*

Liliana M. Cano<sup>1</sup>\*, Sylvain Raffaele<sup>1,2</sup>\*, Riston H. Haugen<sup>3</sup>, Diane G. O. Saunders<sup>1</sup>, Lauriebeth Leonelli<sup>4</sup>, Dan MacLean<sup>1</sup>, Saskia A. Hogenhout<sup>5</sup>, Sophien Kamoun<sup>1\*</sup>



**Table 1.** *Arabidopsis thaliana* homologs of *Boechera stricta* genes with altered expression in pseudoflowers.

Gene ID	Gene name	Common name	Classification used in this study	Expression in pseudoflowers <sup>a</sup>	RP FDR Log <sub>2</sub> value <sup>b</sup>	GOBP <sup>c</sup>	GOBP description <sup>c</sup>
At4g18390	TEOSINTE BRANCHED1, CYCLOIDEA, and PCF TRANSCRIPTION FACTOR2	TCP2	De-differentiation of infected mesophyll cells	Up-regulated	1.25 9.44E-03	9965	Leaf morphogenesis
At1g53230	TEOSINTE BRANCHED1, CYCLOIDEA, and PCF TRANSCRIPTION FACTOR3	TCP3	De-differentiation of infected mesophyll cells	Up-regulated	1.17 1.38E-02	9965	Leaf morphogenesis
At3g54720	ALTERED MERISTEM PROGRAMMING1	AMP1	De-differentiation of infected mesophyll cells	Down-regulated	-1.07 4.21E-02	7389	Pattern specification process
At2g29125	ROTUNDIFOLIA-LIKE2	RTFL2	Alteration of the rate of cell proliferation	Up-regulated	1.44 3.39E-03	48367	Shoot development
At1g13710	CYTOCHROME P450 MONOOXYGENASE	CYP78A5	Alteration of coordinated organ growth and symmetry	Up-regulated	1.02 3.86E-02	48366	Leaf development
At2g45190	FILAMENTOUS FLOWER	FIL	Alteration of vascular patterning and phyllotaxy	Up-regulated	2.23 9.33E-05	10158	Abaxial cell fate specification
At1g01030	NGATHA3	NGA3	Alteration of vascular patterning and phyllotaxy	Up-regulated	1.17 1.11E-02	48367	Shoot development
At1g30490	PHAVOLUTA	PHV	Alteration of vascular patterning and phyllotaxy	Down-regulated	-1.07 4.22E-02	10051	Xylem and phloem pattern formation
At1g52150	INCURVATA4	ICU4	Alteration of vascular patterning and phyllotaxy	Down-regulated	-1.12 3.27E-02	10051	Xylem and phloem pattern formation
At3g07970	QUARTER2	QRT2	Inhibition of flower differentiation and maturation	Up-regulated	0.93 4.14E-02	48869	Cellular developmental process
At4g08150	KNOTTED-LIKE1	KNAT1	Inhibition of flower differentiation and maturation	Down-regulated	-1.06 4.54E-02	1708	Cell fate specification
At2g27990	POUND-FOOLISH	PNF	Inhibition of flower differentiation and maturation	Down-regulated	-1.18 2.93E-02	10076	Maintenance of floral meristem identity
At1g65480	FLOWERING LOCUS T	FT	Inhibition of flower differentiation and maturation	Down-regulated	-1.28 2.65E-02	3	Reproduction
At2g03710	SEPATALLA4	SEP4	Inhibition of flower differentiation and maturation	Down-regulated	-1.40 9.58E-03	48437	Floral organ development
At4g37390	INDOLE-3-ACETIC ACID-AMIDO SYNTHASE2	GH3.2	Alteration of auxin homeostasis	Up-regulated	4.40 0.00E+00	9725	Response to hormone stimulus
At1g59500	INDOLE-3-ACETIC ACID-AMIDO SYNTHASE4	GH3.4	Alteration of auxin homeostasis	Up-regulated	2.64 2.86E-05	9725	Response to hormone stimulus
At1g70560	TRYPTOPHAN AMINOTRANSFERASE OF ARABIDOPSIS1	TAA1	Alteration of auxin homeostasis	Up-regulated	1.47 4.72E-03	48825	Cotyledon development
At3g14370	SERINE/THREONINE KINASE	WAG2	Alteration of auxin homeostasis	Up-regulated	1.09 2.12E-02	48825	Cotyledon development
At4g25960	P-GLYCOPROTEIN2	PGP2	Alteration of auxin homeostasis	Up-regulated	1.04 2.59E-02	55085	Transmembrane transport
At1g51460	ATP-BINDING-CASSETTE (ABC) TRANSPORTER SUPERFAMILY G13	ABCG13	Activation of wax biosynthesis and cutin transport	Up-regulated	2.80 0.00E+00	6869	Lipid transport
At2g15090	3-KETOACYL-COA SYNTHASE8	KCS8	Activation of wax biosynthesis and cutin transport	Up-regulated	1.31 7.20E-03	6633	Fatty acid biosynthesis

Gene ID	Gene name	Common name	Classification used in this study	Expression in pseudoflowers <sup>a</sup>	Log <sub>2</sub>	RP FDR value <sup>b</sup>	GOBP <sup>c</sup>	GOBP description <sup>c</sup>
At5g12420	<i>WAX ESTER SYNTHASE/ACYLCOA: DIACYLGLYCEROL ACETYLTRANSFERASE7</i>	<i>WSD7</i>	Activation of wax biosynthesis and cutin transport	Up-regulated	0.97	4.51E-02	10025	Wax biosynthesis
At5g23940	<i>CUTICULAR RIDGES</i>	<i>DCR</i>	Activation of wax biosynthesis and cutin transport	Up-regulated	0.94	4.48E-02	6633	Fatty acid biosynthesis
At3g13790	<i>CELL WALL INVERTASE1</i>	<i>cwINV1</i>	Subversion of sugar metabolism	Up-regulated	2.44	4.29E-05	6950	Response to stress
At1g21460	<i>SUGAR TRANSPORTER1</i>	<i>SWEET1</i>	Subversion of sugar metabolism	Up-regulated	1.50	1.99E-03	34219	Carbohydrate transmembrane transport
At5g13170	<i>SUGAR TRANSPORTER15</i>	<i>SWEET15</i>	Subversion of sugar metabolism	Up-regulated	1.38	5.09E-03	34219	Carbohydrate transmembrane transport
At1g68130	<i>INDETERMINANT DOMAIN14</i>	<i>IDD14</i>	Subversion of sugar metabolism	Down-regulated	-1.18	2.67E-02	45449	Regulation of transcription
At3g43190	<i>SUCROSE SYNTHASE4</i>	<i>SUS4</i>	Subversion of sugar metabolism	Down-regulated	-2.32	4.39E-04	16051	Carbohydrate biosynthesis
At4g23590	<i>TYROSINE TRANSAMINASE</i>	<i>TT</i>	Alteration of volatile organic compounds synthesis	Up-regulated	2.50	1.82E-05	6558	L-phenylalanine metabolism
At2g24210	<i>TERPENE SYNTHASE10</i>	<i>TPS10</i>	Alteration of volatile organic compounds synthesis	Down-regulated	-2.22	7.44E-04	16099	Monoterpenoid biosynthesis
At5g23960	<i>TERPENE SYNTHASE21</i>	<i>TPS21</i>	Alteration of volatile organic compounds synthesis	Down-regulated	-2.65	1.90E-04	16099	Monoterpenoid biosynthesis

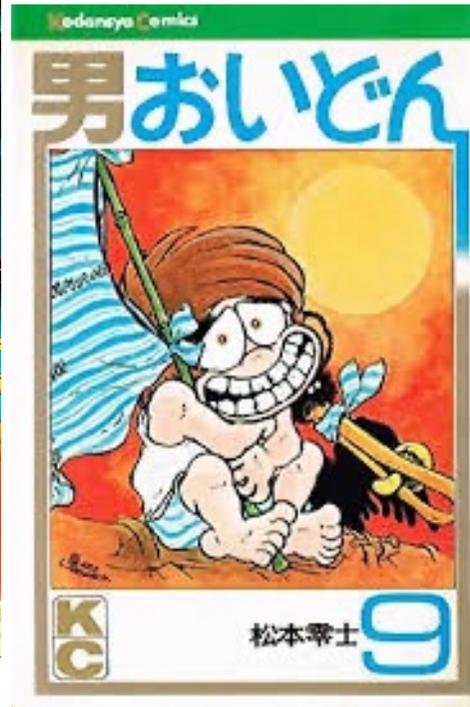
# 'Floral' scent production by *Puccinia* rust fungi that mimic flowers

ROBERT A. RAGUSO\*‡ and BARBARA A. ROY†

*\*Department of Biology, University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109–1048, USA, †Geobotanisches Institut, Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zürichbergstrasse 38, CH-8044 Zürich, Switzerland*

**B.A. Roy · R.A. Raguso**

**Olfactory versus visual cues in a floral mimicry system**



ヒトヨタケ(一夜茸、学名: *Coprinopsis atramentaria*)

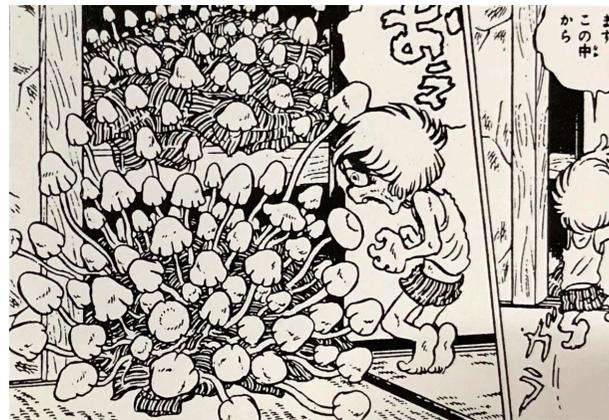
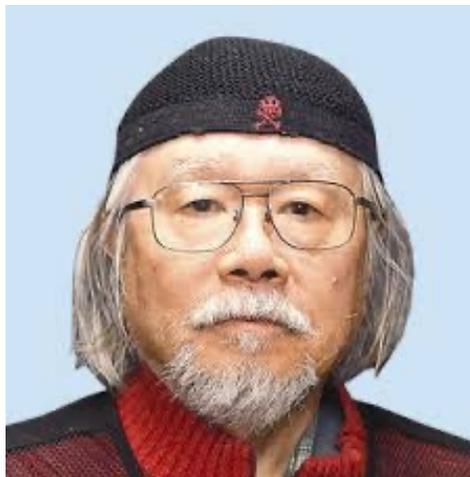


<https://blog.goo.ne.jp/morinonaka/e/970e5163b8a1e9effd1fd26505a5d3f4> より

担子菌門 真正担子菌綱 ハラタケ目 ナヨタケ科 ヒトヨタケ属

成熟した子実体は、自己消化により周辺から中心に向けて、1夜で黒インク(孢子を含む)のように液化し、柄だけが残る。これが名前の由来である。

溶ける前の菌は美味であるとされるが、アルデヒド脱水素酵素を阻害する成分コプリン(正確にはその代謝産物である1-アミノシクロプロパノールが阻害)を含むことから、酒類と一緒に食べると中毒様の症状を示す。



老朽下宿で四畳半の部屋を借りて極貧生活を送る主人公・大山昇太(のぼった)と、彼を取り巻く人々の生活を描く。彼の部屋の押し入れにはサルマタが山積みされており、碌に洗濯をしないため雨が降れば「サルマタケ」と呼ばれるキノコが生えるほど。あまりの貧困のゆえ、サルマタケは食用にされる。なお松本零士は実際にサルマタにキノコが生えたことがあり、それを料理してちばてつやにふるまった事がある。

<https://dic.pixiv.net/a/男おいどん> より

# The Paleozoic Origin of Enzymatic Lignin Decomposition Reconstructed from 31 Fungal Genomes

Dimitrios Floudas,<sup>1</sup> Manfred Binder,<sup>1</sup> Robert Riley,<sup>2</sup> Kerrie Barry,<sup>2</sup> Robert A. Blanchette,<sup>3</sup> Bernard Henrissat,<sup>4</sup> Angel T. Martínez,<sup>5</sup> Robert Otiillar,<sup>2</sup> Joseph W. Spatafora,<sup>6</sup> Jagjit S. Yadav,<sup>7</sup> Andrea Aerts,<sup>2</sup> Isabelle Benoit,<sup>8,9</sup> Alex Boyd,<sup>6</sup> Alexis Carlson,<sup>1</sup> Alex Copeland,<sup>2</sup> Pedro M. Coutinho,<sup>4</sup> Ronald P. de Vries,<sup>8,9</sup> Patricia Ferreira,<sup>10</sup> Keisha Findley,<sup>11</sup> Brian Foster,<sup>2</sup> Jill Gaskell,<sup>12</sup> Dylan Glotzer,<sup>1</sup> Paweł Górecki,<sup>13</sup> Joseph Heitman,<sup>11</sup> Cedar Hesse,<sup>6</sup> Chiaki Hori,<sup>14</sup> Kiyohiko Igarashi,<sup>14</sup> Joel A. Jurgens,<sup>3</sup> Nathan Kallen,<sup>1</sup> Phil Kersten,<sup>12</sup> Annegret Kohler,<sup>15</sup> Ursula Kües,<sup>16</sup> T. K. Arun Kumar,<sup>17</sup> Alan Kuo,<sup>2</sup> Kurt LaButti,<sup>2</sup> Luis F. Larrondo,<sup>18</sup> Erika Lindquist,<sup>2</sup> Albee Ling,<sup>1</sup> Vincent Lombard,<sup>4</sup> Susan Lucas,<sup>2</sup> Taina Lundell,<sup>19</sup> Rachael Martin,<sup>1</sup> David J. McLaughlin,<sup>17</sup> Ingo Morgenstern,<sup>20</sup> Emanuelle Morin,<sup>15</sup> Claude Murat,<sup>15</sup> Laszlo G. Nagy,<sup>1</sup> Matt Nolan,<sup>2</sup> Robin A. Ohm,<sup>2</sup> Aleksandrina Patyshakuliyeva,<sup>9</sup> Antonis Rokas,<sup>21</sup> Francisco J. Ruiz-Dueñas,<sup>5</sup> Grzegorz Sabat,<sup>22</sup> Asaf Salamov,<sup>2</sup> Masahiro Samejima,<sup>14</sup> Jeremy Schmutz,<sup>23</sup> Jason C. Slot,<sup>21</sup> Franz St. John,<sup>12</sup> Jan Stenlid,<sup>24</sup> Hui Sun,<sup>2</sup> Sheng Sun,<sup>11</sup> Khajamohiddin Syed,<sup>7</sup> Adrian Tsang,<sup>20</sup> Ad Wiebenga,<sup>9</sup> Darcy Young,<sup>1</sup> Antonio Pisabarro,<sup>25</sup> Daniel C. Eastwood,<sup>26</sup> Francis Martin,<sup>15</sup> Dan Cullen,<sup>12</sup> Igor V. Grigoriev,<sup>2\*</sup> David S. Hibbett<sup>1\*</sup>

Wood is a major pool of organic carbon that is highly resistant to decay, owing largely to the presence of lignin. The only organisms capable of substantial lignin decay are white rot fungi in the Agaricomycetes, which also contains non-lignin-degrading brown rot and ectomycorrhizal species. Comparative analyses of 31 fungal genomes (12 generated for this study) suggest that lignin-degrading peroxidases expanded in the lineage leading to the ancestor of the Agaricomycetes, which is reconstructed as a white rot species, and then contracted in parallel lineages leading to brown rot and mycorrhizal species. Molecular clock analyses suggest that the origin of lignin degradation might have coincided with the sharp decrease in the rate of organic carbon burial around the end of the Carboniferous period.

Lignin is a heterogeneous polymer that provides strength and rigidity to wood, protects cellulose and hemicellulose from microbial attack, and is the major precursor of coal (*l*). Genomic studies of wood decay organisms have focused on model fungal systems for white rot (in which all plant cell wall components are degraded), such as *Phanerochaete*

encemag.org SCIENCE VOL 336 29 JUNE 2012

石炭紀(せきたんき、Carboniferous period)  
この時代の地層から多くの石炭が見出されることから命名

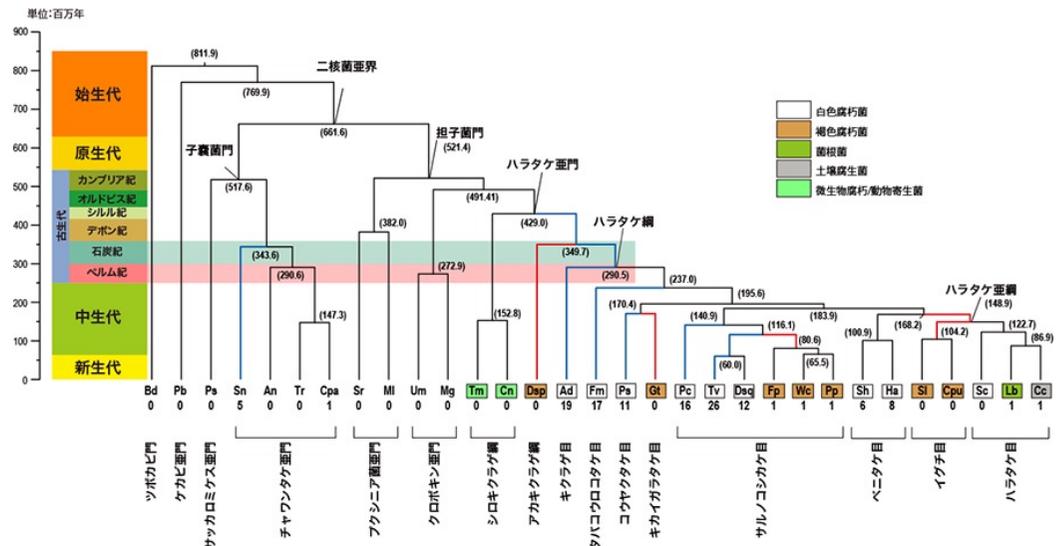
担子菌門に分類される白色腐朽菌は、地球上で唯一木材を完全分解できる

## 担子菌ゲノム解析コンソーシアムの共同研究

31種類の真菌のゲノム配列を比較

木材の完全分解は、植物性のプラスチックともいえるリグニンを分解するための必須の酵素「ペルオキシダーゼ」を獲得したことによる

分子時計による年代推定の結果、白色腐朽菌がリグニン分解能を獲得したのは古生代石炭紀末期頃であると示唆されたことから、石炭紀からペルム紀にかけて起こったと考えられている有機炭素貯蔵量の急激な減少に、きのこによるリグニン分解能力の獲得が関与したと考えられる



# きのこ土偶



いずれも担子菌

特別展 菌類のふしぎ きのことカビの仲間達 オフィシャルガイドブック  
(2008) 国立科学博物館、TBS

# フェアリーリング

キノコが地面に環状に発生する現象、あるいはその輪のこと。菌輪、菌環とも呼ばれる。英語では "fairy ring"、"fairy circle"、"elf circle"、"pixie ring"。



オオシロカラカサタケ *Chlorophyllum molybdites* 担子菌  
2021年 7月 KGU KSC 生協前

ウィリアム・シェイクスピア  
「テンペスト」

月夜に羊も食わない苦い緑の輪を草地につくるおまえら、真夜中に茸を作って遊ぶおまえら妖精よ

# F-RINGS

HOME Keyword Search BLAST Search Tree View Genome Browser Download Link

HOME

## F-RINGS: the genome database of a fairy ring-forming fungus *Lepista sordida*



*F-RINGS* is a genome database for *Lepista sordida* (a fungus forms fairyring). It provides the genome sequence and gene annotations derived from whole genome sequencing analysis by the next generation sequencing technologies. *L.sordida* has attracted attentions due to not only the fairy ring-forming characteristics, but also production of a plant growth regulator (Choi et al., 2010, 2014). To accelerate research on the fungus and fairy ring formation, *F-RINGS* was released here since 2016.

Choi JH, Fushimi K, Abe N, Tanaka H, Maeda S, Morita A, Hara M, Motohashi R, Matsunaga J, Eguchi Y, Ishigaki N, Hashizume D, Koshino H, Kawagishi H. Disclosure of the "fairy" of fairy-ring-forming fungus *Lepista sordida*. *Chem Bio Chem*. 2010 Jul 5;11(10):1373-7. doi: 10.1002/cbic.201000112.

Choi JH, Ohnishi T, Yamakawa Y, Takeda S, Sekiguchi S, Maruyama W, Yamashita K, Suzuki T, Morita A, Ikka T, Motohashi R, Kiriwa Y, Tobina H, Asai T, Tokuyama S, Hirai H, Yasuda N, Noguchi K, Asakawa T, Sugiyama S, Kan T, Kawagishi H. The source of "fairy rings": 2-azahypoxanthine and its metabolite found in a novel purine metabolic pathway in plants. *Angew Chem Int Ed Engl*. 2014 Feb 3;53(6):1552-5. doi: 10.1002/anie.201308109.

## Overview of database contents and functions

Whole genomic sequencing was carried out by Illumina GAIx and Roche GS FLX Titanium. Genomic contigs were prepared by a combined assembly of the both data (XXXX et al. in preparation).

Database contents can be accessible via the four database functions below and the Download page.

1. [Keyword Search](#)...Gene search by any keywords against gene annotation
2. [BLAST Search](#)...Gene search by query sequence
3. [GO Tree View](#)...Interactive gene search by Gene Ontology term
4. [Genome Browser](#)...Graphical display of the genome and genes
5. [Download](#)...Page for downloading sequencing and bioinformatic data

フェアリーリングは芝生や牧草地で、担子菌と植物の相互作用によって形成

フェアリーリング形成時、植物の成長の促進あるいは抑制が観察され、その後に菌類の子実体が形成

化学物質 2-azahypoxanthine (AHX) と imidazole-4-carboxamide (ICA) がフェアリーリング形成に影響を与える。

植物からAHXの誘導體 2-aza-8-oxohypoxanthine (AOH) が同定された  
---→ fairy chemicals

Fairy chemicalsは新規の植物ホルモンという仮説

--→ adenine/5-aminoimidazole-4-carboxamide phosphoribosyltransferase (APRT)  
(5-aminoimidazole-4-carboxamide ribonucleotide (AICAR) を  
5-aminoimidazole-4-carboxamide (AICA)に変換する反応を触媒)  
がAHXの前駆体を形成

AICARは*de novo* purine nucleotide pathwayの中間体であり、このpathwayの制御がfairy ring形成に関与しているのかもしれない。

*Lepista sordida* のゲノム配列を決定し、fairy chemicals 形成に関与する候補遺伝子を同定

Takano *et al.* (2019) Genome sequence analysis of the fairy ring-forming fungus *Lepista sordida* and gene candidates for interaction with plants. *Scientific Reports* **9**, 5888.

KSC生協前には、シバフタケ *Marasmius oreades* も生えていた



食べられるらしい

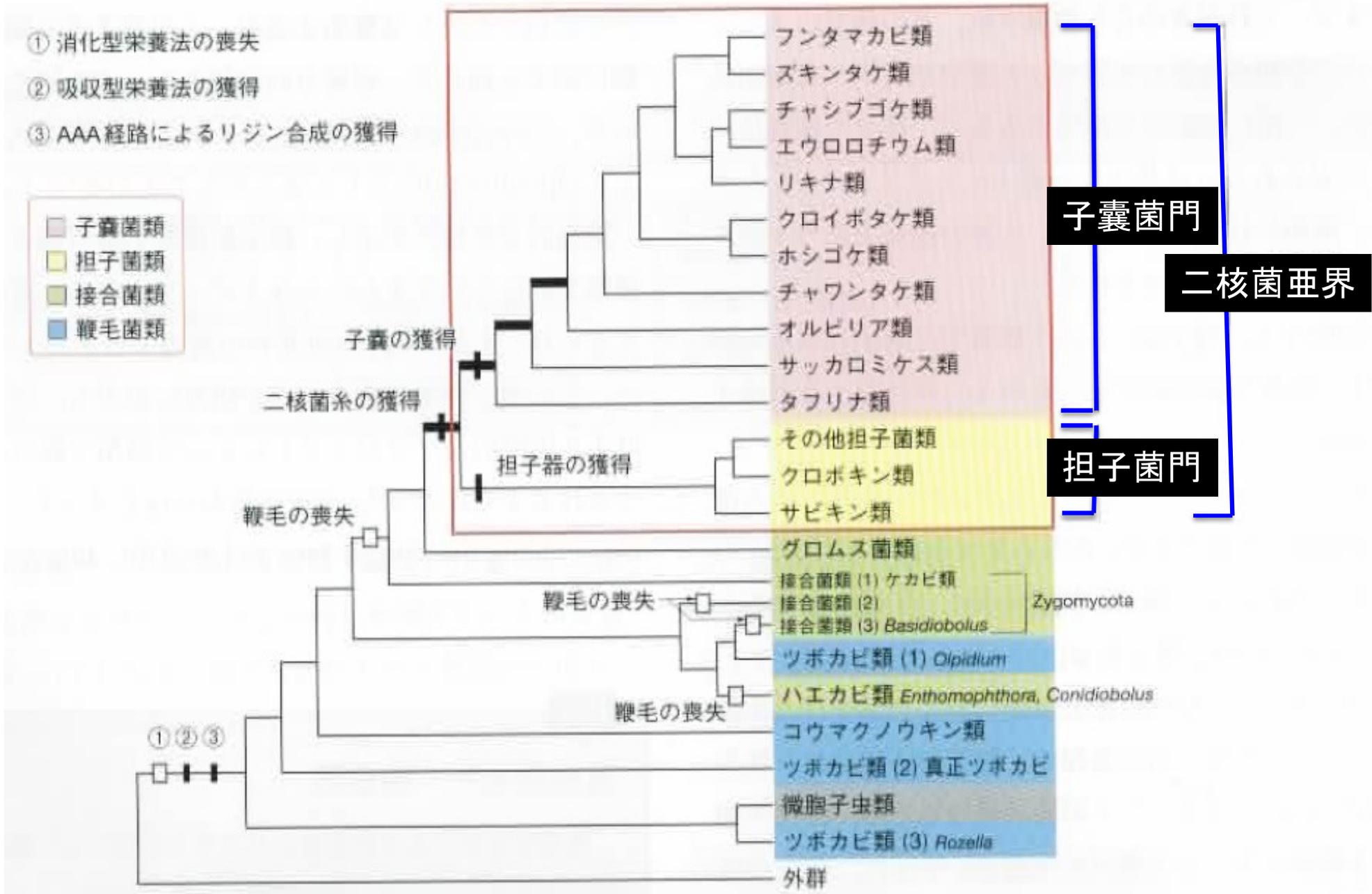
ヨーロッパでは卵料理に使われる

焼くと甘みが出る(乾燥対策のためトレハロースを含むため)ため焼き菓子にも向いている

<https://galog0206.com/>芝生に生えた、茶色い小さいキノコ/

安全性は保障の限りではないので、

試す場合は自己責任で



James et al. (2006) 16S rRNA, 28S rRNA, 5.8S rRNA, EF1- $\alpha$ 、RPB I, RPB IIを連結して行われた分子系統解析に基づく

細谷 剛 (2013)「菌類」 遺伝 67, p289-294 より

# 二核菌亜界

(重相菌亜界、Subkingdom Dikarya)

- 子囊菌類と担子菌類は姉妹群を形成する高次分類群(門)で、重相(二核相)時代を共通形質として持つ。

重相: 遺伝的に異なる内容の(性的に異なる因子を有する)核が一つの細胞内に融合することなく共存する状態

子囊菌類も担子菌類も、生活環の一部として重相時代を経た後、接合体と減数分裂を経て有性胞子が形成される。

AFTOLプロジェクトは、子囊菌類と担子菌類を包含した亜界として二核菌亜界を提唱している。

# 子囊菌類と担子菌類の違い 1

- **子囊菌門**に分類される菌類は、胞子形成を行う際に、**子囊(しのう)**と呼ばれる**微小な袋状の組織**が形成され、そうした子囊と呼ばれる組織の内部に一つの子囊につき**8個の子囊胞子**が形成されることによって繁殖が行われる
- **担子菌門**に分類される菌類は、胞子形成を行う際に、**担子器(たんしき)**と呼ばれる**楕円形の形状した組織**が形成され、担子器の細胞の外側に一つの子器につき**4個の担子胞子**が形成されることによって繁殖が行われる

# 8個の胞子

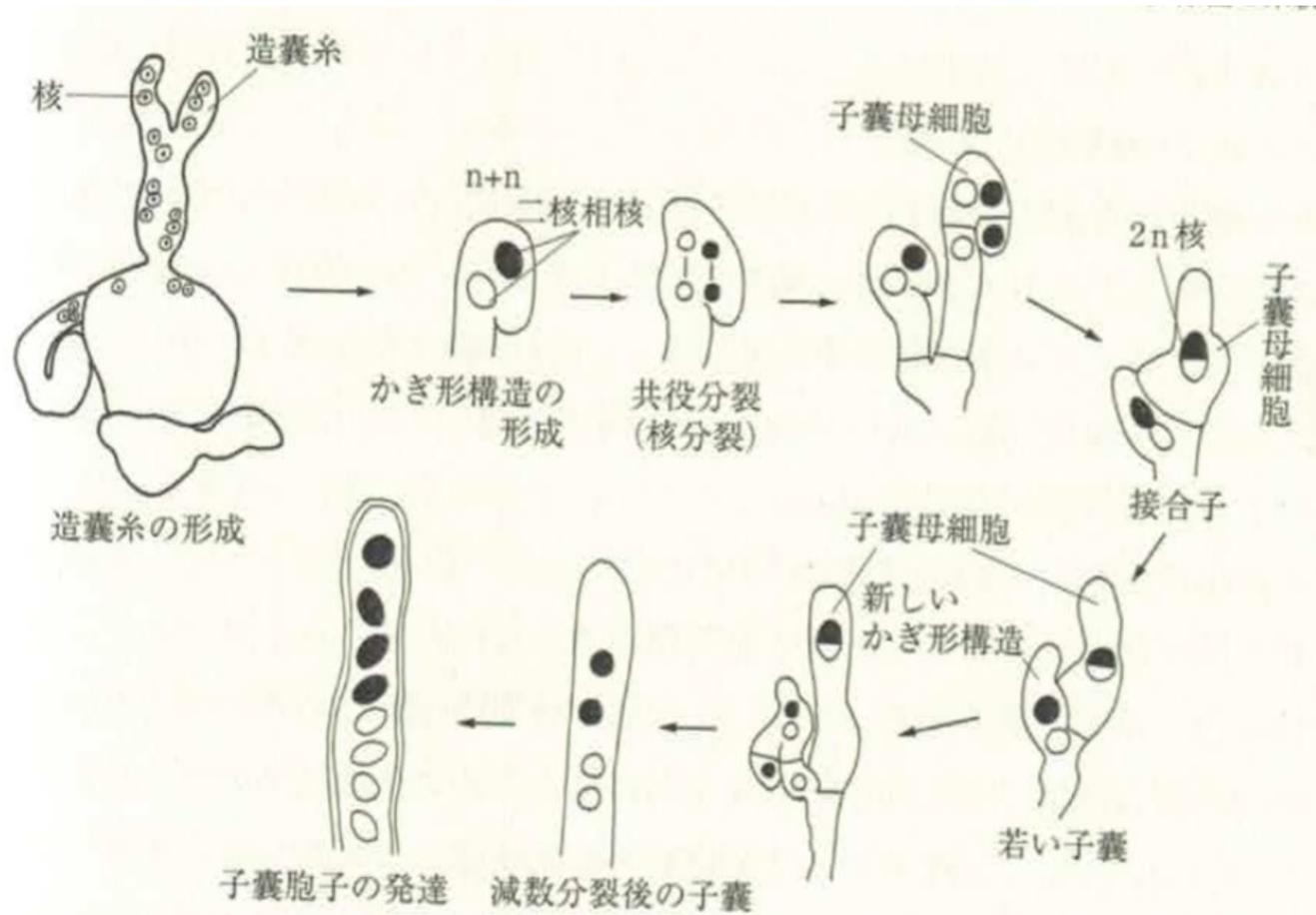


図3-7 ピロネマ・オムファロイデスの子囊形成過程

# 4個の胞子

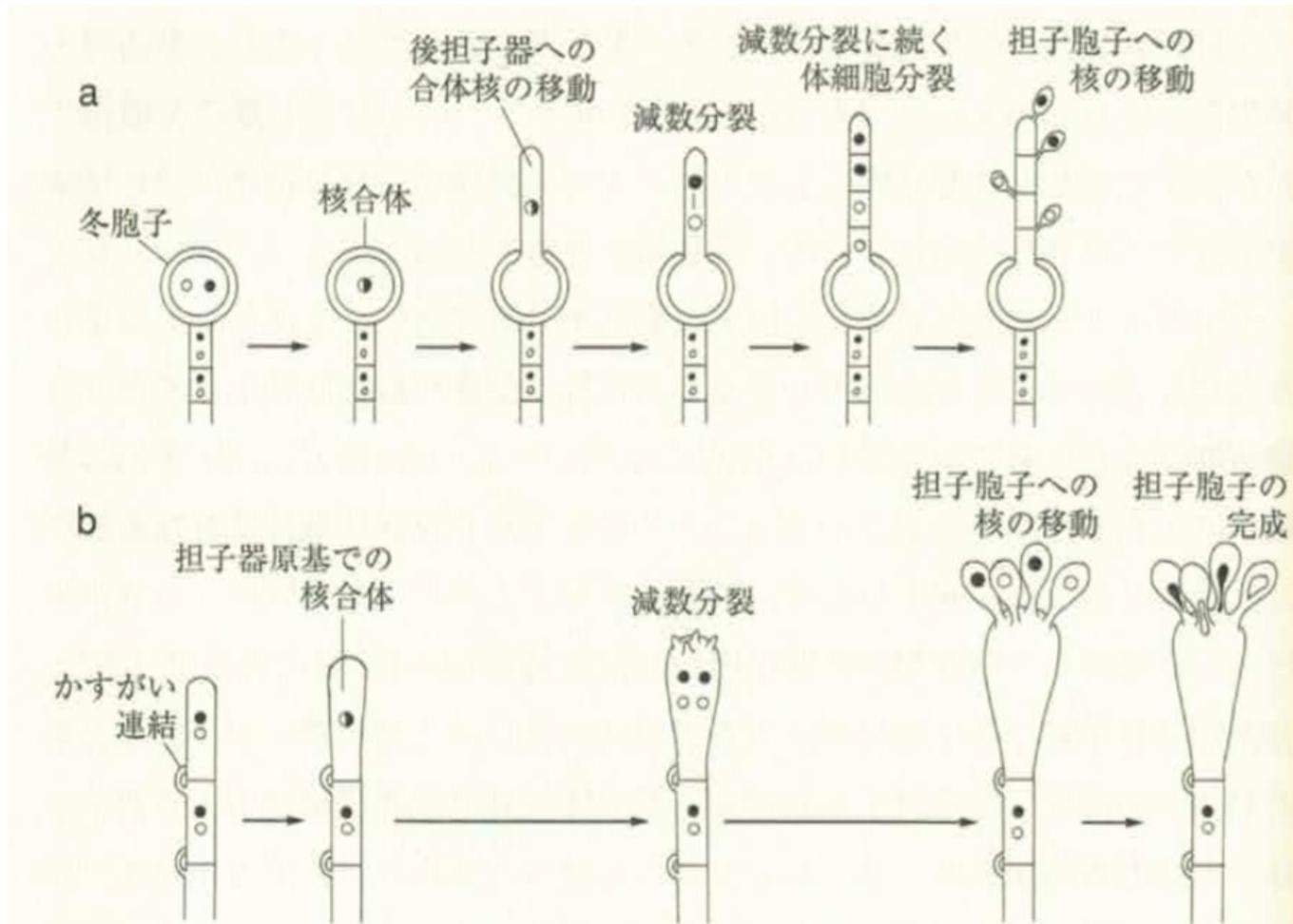


図3-8 サピキン系統群 (a) と菌蕈類系統群 (b) の担子胞子形成様式 (ALEXOPOULOS *et al.*, 1996 を参考に作図)

# 子囊菌類と担子菌類の違い 2

- **子囊菌類**に属する菌類がキノコ(子実体)を形成する場合には、一般的に、子実体の表面に中心がくぼんだ**お椀やお盆のような形**をした**子囊盤**と呼ばれる組織が形成される場合が多い。例外:トリュフ(=セイヨウショウロ)など、**地下**に子実体が形成されるタイプは、**球形に近い塊状**の形状をしている場合が多い。
- **担子菌類**に属する菌類が形成するキノコ(子実体)の形状は一般的なキノコのイメージに近い**傘状の形態**をしている場合が多く、そうしたキノコの**傘の裏面**に担子器が形成されることによって胞子形成が進められる。しかし、例外も多く、多様な形態の菌類が含まれる(扇型:サルノコシカケ、軟質でひだの多いもの:キクラゲ、球形:ホコリタケ、地下で塊状:ショウロ)

# 古典的な菌類の分類体系

真菌門

鞭毛菌亜門	×
接合菌亜門	×
子囊菌亜門	
担子菌亜門	
不完全菌亜門	×

細谷剛 (2013)「菌類」 遺伝 67, 289 - 294

# 不完全菌亜門

無性生殖する菌類は、独立した分類群として考えられてきた。



分子系統解析などから、子囊菌類や担子菌類の不完全世代であることが証拠づけられた。

# 植物命名規約の改変

## One Fungus One Name

- 国際命名規約 59条

子嚢菌と担子菌の完全世代と不完全世代のそれぞれに異なる名前を与えることが認められていた。

- 無性世代と有性世代が同時に採取できるとは限らない。

- 多くの場合、胞子を培養して、無性世代を形成させ、既知の無性世代との比較で分類されてきた。

- 改変

2011年 メルボルン会議で59条は改変され、一つの菌には一つの名前を与える(one fungus one name)ことになった。

2013年 1月1日より発効

しかし、現在、不完全世代と完全世代に別の名前が与えられているものに、どのように名前を与えるのかは混乱している。

(優先権、完全世代名、新学名...)

表3 新しい体系と古典的な体系

Ainsworth (1973)		Hibbett <i>et al.</i> (2007)		
門	亜門	亜門	門	門より上
変形菌門		菌類から除外		
真菌門	Mastigomycotina 鞭毛菌亜門	サカゲツボカビ類、卵菌類は菌類から除外（偽菌類）		
			Chytridiomycota ツボカビ門	菌界
			Neocallimastigomycota ネオカリマスチクス門	
		Blastocladiomycota ネコブカビ門		
	Zygomycotina 接合菌亜門		Glomeromycota グロムス菌門	上位分類不明。接合菌門は解体
		Mucoromycotina ケカビ亜門		
		Entomophthoromycotina ハエカビ亜門		
		Zoopagomycotina トリモチカビ亜門		
		Kickxellomycotina キクセラ菌亜門		
	Ascomycotina 子囊菌亜門	—	Ascomycota 子囊菌門	Dikarya 二核菌亜界
Basidiomycotina 担子菌亜門	—	Basidiomycota 担子菌門		
Deuteromycotina 不完全菌亜門	—	子菌類の無性時代として、分類群としては除外		
扱われていない		Microsporidia 微孢子虫門		

主に門・亜門レベルに注目し、古典的な体系と新しく提唱された体系を比較した

# 最大の菌類 プロトタキシーテス

デボン紀の地層から発掘された直径1m、  
高さ8mの化石  
1857年に発見。  
分類は混迷を極めたが、最近になって、  
化石の微細構造や化学的な組成から、  
おそらく菌類であろうということになった

白水 貴 (2016) 「奇妙な菌類 ミクロな世界の生存戦略」 NHK出版新書, pp162-165



# 参考資料

主に参考にしたもの

雑誌 遺伝 講座 「生物の系統と新しい分類体系」

## 今後の連載予定 (執筆者は変更になる場合もあります)

- 第2回 (2012年3月号)  
原核生物の系統分類とバクテリアおよびアーキア (1)  
----- 江崎 孝行 (岐阜大学)
- 第3回 (2012年5月号)  
原核生物の系統分類とバクテリアおよびアーキア (2)  
----- 江崎 孝行 (岐阜大学)
- 第4回 (2012年7月号)  
原生生物 ----- 井上 勲 (筑波大学)
- 第5回 (2012年9月号)  
植物 I —— 植物全体 ----- 伊藤 元己 (東京大学)
- 第6回 (2012年11月号)  
植物 II —— 被子植物 ----- 伊藤 元己 (東京大学)
- 第7回 (2013年1月号)  
動物 I —— 動物全体 ----- 倉谷 滋 (理化学研究所)
- 第8回 (2013年3月号)  
動物 II —— 哺乳類 ----- 岡田 典弘 (東京工業大学)
- 最終回 (2013年5月号)  
菌類 ----- 細矢 剛 (東京大学)