

微生物と植物の病気

東京理科大学 理工学部 応用生物科学科 嘱託助教 なら なるかわ めぐみ
奈良(成川) 恵

はじめに

微生物とは、一般的に肉眼では詳細が観察できない大きさの生物のことで、地球上の生命活動に必須の役割を果たしています。私たちの身近なことで言えば、食品の発酵や醸造にも微生物が活躍していますし、医薬品や工業用品の合成にも役立っています。研究分野では、実験生物として取扱いが容易で、低コストで大量生産できること、倫理面での問題が小さいことから、重宝されております。

このように私たちは微生物をうまく利用しながら生活していますが、その一方で微生物の中には私たちヒトや植物などの他の生物に対して病原性を示す有害なものも存在します。本稿では、身の回りの微生物と植物の病気について、特に日本を含むアジア地域の主食であるイネの病原菌であるイネいもち病菌について紹介していきたいと思います。

病原性をもつ微生物は数少ない

私たちの身体は約60兆個ものたくさんの細



図1 特定の種に感染できる病原菌は非常に限られている

胞でできていますが、その身体の中には100兆を超える微生物が生息していて、体重のうち2kg程度は微生物であると言われております。また、植物の葉の表面には1cm²あたり約500万個もの微生物が棲みついているといわれています。このように普段意識していない、目に見えていないだけで身の回りにはたくさんの微生物が存在しています。

これほどの数の微生物に囲まれて過ごしているにもかかわらず、ヒトや植物は四六時中感染性の病気になっているわけではありません。これは、どうしてでしょうか？

その理由の1つとして、たくさんの微生物の中でもヒトや植物に病気を引き起こすものがほんの一握りであることが挙げられます。これまでに同定された地球上の微生物は約10万種と言われておりますが、この約10万種の微生物の中で、植物に感染できる菌は現在約7,000種が報告されているのみです。そのうち私たちの主食であるイネに感染できる菌は約80種、そして実際に被害が大きいかあるいは被害が予測されるので防除すべき対象として制定されているものはさらに少なく10種ほどとなります。つまり、特定の種に感染できる病原菌は非常に限られているのです(図1)。

植物が病気になるとき

病原菌に対抗するために、植物は独自の免疫システムを発達させて抵抗力を培ってきま

した。しかし、病原菌のほうもまた、その免疫システムをかいくぐり、植物を発病させる能力を獲得していきます。このように病原菌と植物がお互いに切磋琢磨(?)して進化してきた結果、ごく一部の例外を除いて植物病原菌は異なる宿主(例えば動物など)に感染する能力を持たず、同じように動物の病原菌が植物に感染できなくなりました。この原因は、そもそも進化の方向性が異なっており、さらに異なる選択圧がかかったためであると考えられています。

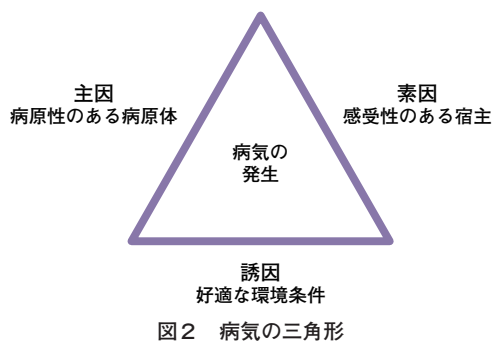
では植物に感染するために、微生物はどのような条件をクリアすれば良いのでしょうか? 一般的に、微生物が植物に病原性を示すためには下記3つの満たすべき条件があり、これらがすべて揃うことで植物の病気が発生します。

- ① 主因: 病原性のある病原体
- ② 素因: 感受性のある宿主
- ③ 誘因: 好適な環境条件

この3つの要因を模式図にしたものが図2で、病気の三角形と言われています。これらの条件を満たしたとき微生物は植物に侵入して病気を引き起こすことができる、ということは、植物の病気を防ぐためにはこれらの条件の1つでも不完全にすればよい、ということになります。具体的な防除策としては、農薬の使用による殺菌(①の排除)や病原菌に対する抵抗性を持つ植物品種を用いること(②の排除)などが挙げられます。

植物の病気が人間の生活に及ぼす影響

身の回りの植物をよく見てみると、意外にも病気になっているものも多く見られます。普段はあまり気にならないかもしれませんが、私たちヒトは植物なしには生存できないことから、「植物の健康」というものは私たちにとって非常に重要なものです。その証拠に、植物病原菌の中には甚大な被害を引き



起こし、人間の歴史をも変えたものも存在します。特に有名なものには、1845年~1849年にヨーロッパのジャガイモ生産に壊滅的な被害を与えたジャガイモ疫病菌 (*Phytophthora infestans*) があります。アイルランドは特に被害が大きく、当時の人口は約800万人いましたが、100万人が餓死し、北米大陸やイギリスへ200万人以上も移住することになり、人口の約35%が国から消滅する引き金になりました。

植物の病気の種類

では、植物の病気にはどのような種類があるのでしょうか?

植物の病気は、病原菌の種類、病徴・症状、発病部位、植物の種類の違いなどによって分類され、それぞれに病名が付けられています。植物の病気の主な病原菌には、菌類、細菌、ファイトプラズマ、ウイルス、ウイロイドがあります。菌類とは従属栄養性の真核生物であり、カビやキノコなどがこのグループにはいります。先ほど述べたジャガイモ疫病菌もこのグループです。細菌は、一般的には大きさが1~2 μm程度の単細胞からなる原核生物です。ファイトプラズマは細菌のなかまですが、一般の細菌とは異なり硬い細胞壁をもたないため、いろいろな形をとることができます。ウイルスは、核酸とそれを包む外皮タンパク質(キャプシドと呼ばれています)からできています。ウイロイドはウイルスと違ってキャプシドを持たず、低分子の環

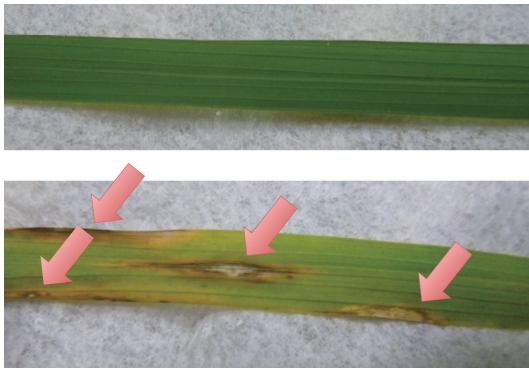


写真1 イネいもち病菌による病斑形成
イネいもち病菌 (Kyu89-246株) を接種すると、
コシヒカリ葉に病斑が形成された (下段)

状1本鎖RNAのみから構成されております。

植物の病気の約80%は菌類病であり、残りの約10%が細菌病、さらに残りの約10%がウイルス病とそれ以外に当たります。これと比較して、ヒトや動物の伝染病は細菌やウイルスによるものがほとんどで菌類によるものはごくわずかであるといった違いがあります。

イネいもち病菌

筆者の所属する研究室で研究されている植物病原菌として、イネいもち病菌 (完全世代: *Magnaporthe oryzae*, 不完全世代: *Pyricularia oryzae*) があります。日本で発生しているイネの病気は約30種ほどですが、その中でも最も重要な病害の1つが、このイネいもち病菌が引き起こすいもち病です。いもち病は発生予測が難しく、蔓延速度がとても速いため防除適期を逸しやすいことなどから防除が著しく困難な病害の1つです。

現在の日本では、化学農薬や抵抗性品種の育種、温熱殺菌、発生の誘発因子 (窒素肥料過剰施肥、密植など) を除くような栽培法などを組み合わせる総合的防除を行っており、いもち病の発生は減少しております。しかし、冷害などの気象条件によって被害が発生していますので、現在でも適宜防除が必須な病害です。

イネへの感染時の特徴

- ・ 付着器の形成
- ・ 感染菌糸は太く、枝分かれ多い
- ・ 細胞死を伴う

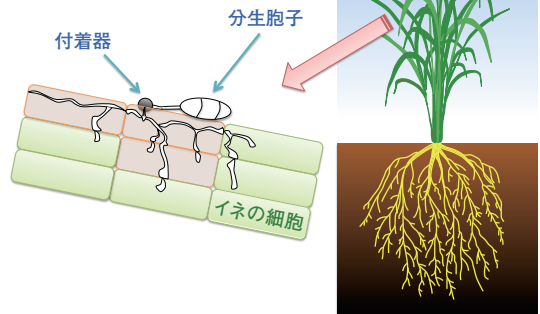


図3 イネいもち病菌の感染

イネいもち病菌の感染過程

では、植物病原菌の1つの例として、イネいもち病菌がイネに感染する仕組みを詳しくみてみましょう。

いもち病はイネのすべての生育期でみられ、葉で発病するものは葉いもち、穂で発病するものは穂いもちと呼ばれています。葉においてイネいもち病菌が感染すると、最初は円形か楕円形の灰緑色または暗緑色の小斑点が形成され、その後中央が灰白色、周囲が褐色の紡錘形ないし長菱形の病斑と呼ばれる斑紋ができます (写真1)。この病斑には、1晩に数千から数万個の分生胞子が形成され飛散し、急速に感染を拡大していきます。

この感染過程をさらに詳細にみてみましょう (図3)。

飛散した分生胞子は、その先端から spore tip mucilage (STM) と呼ばれる粘着性物質を放出し、宿主であるイネの表面に付着します。その後、分生胞子は発芽して発芽管と呼ばれる菌糸を伸ばし、その先端に付着器と呼ばれるドーム状の感染特異的の器官を形成します。この付着器形成を誘導する条件として、植物由来因子などの化学的要因や、硬度・疎水性といった物理的要因があるとされています。

付着器の形成過程において、発芽管の先端が付着器形成誘導条件下で若干持ち上がり気

味に伸長し、さらに先端を膨らませて伸長を停止するフッキングと呼ばれる現象がみられます。フッキングは、イネいもち病菌が付着器形成に適した環境条件を認識した際に示す最初の形態変化をともなった兆候であり、発芽管という細い管の先端でさまざまな環境条件を認識するセンサーが発達していることを示しています。フッキングした発芽管の先端部分はさらに膨らみドーム状になり、感染特異的器官である付着器を形成します。付着器は成熟し

てくると黒っぽく変色します。これは付着器内部にメラニンを蓄積しているからです。成熟した付着器の内部には多量のグリセロールが蓄積され、これによって8メガパスカルにもなる膨圧を生じさせます。8メガパスカルは80気圧、つまり水深800 mと同じ圧力であり、ビデオテープのフィルムやポリカーボネート板も打ち破れるほど強く、常圧下で生物が積極的につくる最大圧力であると言われていています。蓄積しているメラニンはこの膨圧に耐えるために付着器を硬化していると考えられています。イネいもち病菌は、この膨圧を利用して、付着器の底部より侵入糸と呼ばれる細い菌糸を植物体に挿し込み、植物表層を突破して侵入します。

研究材料として魅力的な イネいもち病菌

イネは世界各地、特にアジア圏で栽培され世界3大穀物の1つとされていることや、いったん発生したら被害が甚大になる傾向があり全世界でコメの収穫高の30%に及ぶ減収を引き起こすなど大きな被害を与えることから、イネいもち病菌対策としての研究は日本のみならず世界レベルで重要な課題となっています。

また、イネいもち病菌は、ゲノムサイズが動物や植物と比較して小さく（約42 Mb；メ

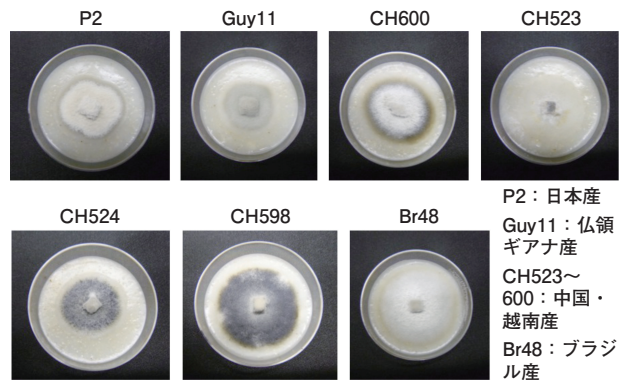


写真2 イネいもち病菌各株の菌糸形態
イネいもち病菌は、オートミールを混ぜた寒天培地などで、実験室内で簡単に培養できる

ガベース)、ゲノムがほぼ解読済なことや、さまざまな分子生物学的手法が適用可能であり、実験室環境下での生育が容易なことから研究に使いやすい菌類として、また宿主—病原菌間相互作用のモデルとしても研究が盛んに行われています。

さらに、イネいもち病菌の原産地は中国の雲南地方付近でそこから世界各地に進出していったと考えられていますが、その際にそれぞれの地域でそれぞれの株が独自に進化を遂げています（写真2）。これらの株間の差異を調べることで、イネいもち病菌のさらなる生態を明らかにすることもでき、さらに菌類の進化について新たな知見が解明されることが期待されています。

おわりに

微生物はいたるところに存在し、私たちヒトの生活にも密接に関係していますが、これら微生物のほとんどは、現在の技術では培養できません。そのため、研究が進んでいる微生物は限られているのが現状です。その現状を打破するために、環境中の微生物のさまざまな測定方法が開発されつつあります。しかし、まだまだ微生物の世界は謎に満ちていて、それゆえに未開のフロンティアとして魅力あふれる研究分野でもあり、研究者を惹き付けてやみません。