

2022 年一般講演会 質問

平野朋子先生への質問

質問1 昆虫はいつ頃から虫こぶを作るようになったのですか？きっかけとか予想されるものはありますか？

> 「昆虫の進化」は私の専門外のため、お答えできません。参考になるかどうかわかりませんが、発見された虫こぶの化石に、約2億9900万年前から約2億5100万年前のペルム紀のものがあり、それ以降は虫こぶは存在したようです。しかしながら、昆虫がいつ頃から虫こぶを作るようになったかについては、はっきりしたことはわからないようです。

質問2 CAP ペプチドで根粒の数が減るのは、病原抵抗性が強くなっているからでしょうか？CAP ペプチドは特性があるのでしょうか？

> まだ、はっきりしたことはわかりませんが、CAP ペプチドによって窒素などの栄養吸収効率が良くなったため、無処理より根粒菌からの栄養補給を必要としなくなったと考えています。

内海俊樹先生への質問

質問1 根粒菌との共生には植物側にも非常に利益があると思いますが、なぜマメ科だけに限られているのでしょうか？

> それは、研究者も最も答えを知りたい問題の一つです。ゲノム解析の技術が進歩して、様々な植物のゲノム情報が蓄積し、比較することができるようになりました。根粒菌と共生する植物と共生しない植物について、進化系統の関係も考慮しながら比較すると、共生しない植物は、共生に必須な遺伝子を進化の過程で失ったということがわかってきました。もちろん、他にも原因は考えられるでしょうが、遺伝子があるかないかということは、かなり重要です。一方、残っている遺伝子については、マメ科植物に導入すると、共生の成立過程で機能する可能性があることもわかってきました。共生できない植物が失ってしまった遺伝子を明らかにして、マメ科植物から導入すれば、マメ科植物でなくても、根粒菌と共生できるようになるかもしれません。まず、マメ科植物に近縁だけれども根粒菌と共生できない植物を対象として、ゲノム情報を解析して失われている共生に必須な遺伝子を明らかにし、そして、失われた遺伝子をマメ科植物から導入することにより、根粒菌と共生できるようにしようとする試みが進行しています。

質問2 共生窒素固定で窒素ガスからアンモニアを生成しているとありましたが、窒素ガスには含まれていない水素原子は土に含まれている水や空気中の水分からきているのでしょうか？

> ニトロゲナーゼによる窒素固定反応では、土壌中や空気中の水に直接由来する水素原子が使われているわけではありません。根粒の中の共生状態にあるバクテロイドには、宿主植物から光合成産物由来の物質が、エネルギー源として供給されます。皆さんにご紹介したタルウ

マゴヤシの根粒菌の場合には、宿主植物からリンゴ酸を受け取っているとされています。リンゴ酸は、バクテロイドの細胞内で、クエン酸回路（TCA 回路）という連続した反応回路によって二酸化炭素へと分解されますが、その過程で、NADH（還元型のニコチンアミドアデニンジヌクレオチド）と H⁺（プロトン）が生産されます。細胞の内部では、ほかにも様々な反応が起きており、ニトロゲナーゼは、細胞内部に存在する H⁺を使っていると考えられます。反応には電子（e⁻）も必要ですが、これは、フェレドキシンやフラボドキシンから供給されるとされています。

質問 3 すべてのマメ科植物は NCR ペプチドを持っているのですか？

> すべてのマメ科植物が NCR ペプチドを持っているわけではありません。NCR ペプチドの遺伝子は、IRLC（Inverted Repeat Lacking Clade）とよばれる進化的に最も新しい一群のマメ科植物だけで見つかり、IRLC に属さないマメ科植物、例えば、ミヤコグサやダイズには、NCR ペプチドの遺伝子はありません。しかし、このことは、IRLC に属さないマメ科植物には、根粒菌の制御にかかわるペプチドはないということではありません。講演では、Dnf1 という根粒だけで働いているシグナルペプチダーゼが働かないと、NCR ペプチドのシグナルペプチドが切断されないため、根粒内部に侵入した根粒菌へと届けられなくなり、共生が成立しないことを紹介しました。ミヤコグサやダイズよりも進化的にはより古いと考えられるクサネムの仲間では、Dnf1 の遺伝子と同じと考えられる遺伝子が働かなくなると、共生が成立しなくなることが明らかになっています。このことは、NCR ペプチドのような共生に必須なペプチドが、クサネムにも存在する事を示唆しています。NCR ペプチドを持たないマメ科植物も、NCR ペプチドのようなペプチドで、根粒内部の根粒菌を制御しているものと予想されます。

IRLC に属する植物は、たくさんの種類の NCR ペプチドを使って、受け入れた根粒菌をより強く制御していると考えられますが、そのように進化した理由は不明です。

質問 4 イネの生育にレンゲをすきこむと言われましたが、ほかのマメ科植物でも可能なのでしょうか？

> はい、可能です。レンゲ以外のマメ科植物では、クロタラリア、セスバニア、エビスグサ、ヘアリーベッチ、クリムソクローバなどが緑肥として使われています。最近、稲作用の緑肥として、ヘアリーベッチがよく使われるようになってきているという記事もありました。播種する時期やすき込み方などは、種類によって異なるようです。ネット上にも色々情報が出ていますので、調べてみると面白いと思います。

質問 5 NCR ペプチドは 600 種類以上あるそうですが、機能はそれぞれ異なるのでしょうか。

> タルウマゴヤシでは、600 を超える数の NCR ペプチドの遺伝子が存在しますが、ウラルカンゾウでは 7 遺伝子、ヒヨコマメでは 63 遺伝子、エンドウでは 353 遺伝子が見つかります。残念ながら、それぞれの NCR ペプチドの機能については、まだ、よくわかっていません。

NCR ペプチドや NCR ペプチドとよく似た特徴を持つペプチドであるディフェンシンは、FtsZ (バクテリアが分裂するときに行われる Zリングを構成するタンパク質)、リボソーム (RNA とリボソームタンパク質との複合体でタンパク質の合成装置ともいえる)、シャペロニン GroEL (タンパク質をあるべき立体構造へと整える働きがある)、DNA、CtrA (細胞周期に関わるタンパク質) などと相互作用することが知られています。恐らく、NCR ペプチドは、相互作用する相手が異なるいくつかのカテゴリーに分けることができるのではないかと予想されます。そうすると、同じ機能を有する複数の NCR ペプチドの遺伝子が存在することになりますので、あるひとつの NCR ペプチドの遺伝子が機能しなくなっても、それと同じ機能を有する他の NCR ペプチドが働くことによって、共生は正常に保たれることになります。しかし、タルウマゴヤシの NCR169 と NCR247 については、遺伝子が機能しなくなると、共生が成立しないことがわかっています。つまり、NCR169 と NCR247 は、代わりに働いてくれる他の NCR ペプチドはないということです。ニトロゲナーゼの活性には鉄が必要ですが、NCR247 は、バクテロイド細胞内部への鉄イオンの取り込みに必須であることが、報告されています。

中山卓郎先生への質問

質問 1 スフェロイドボディーにはクロロフィルは全くないのですか？

>全くないと考えられます。スフェロイドボディーゲノム上のクロロフィル合成に関わる遺伝子は軒並み偽遺伝子化していて、クロロフィル合成経路が機能していないと考えられるためです。さらにクロロフィルが結合して機能するタンパク質群の遺伝子も失われています。