

## ミツバチが温度や忌避物質を感じるメカニズムを世界で初めて発見 —ミツバチ減少問題の解決や新たな害虫忌避剤の開発への応用に期待—

名古屋大学大学院生命農学研究科の門脇辰彦准教授を中心とする研究グループは、生理学研究所の富永真琴教授の研究グループと共同で、ミツバチが温度や忌避物質を感じるメカニズムを解明することに世界で初めて成功しました。これにより、今後ミツバチの減少問題の解決や新たな害虫忌避剤の開発に応用することも期待できます。

### 【ポイント】

1. ミツバチが温度や忌避物質を感じるための重要なセンサーとして機能するイオンチャネル (AmHsTRPA) を発見しました。
2. 遺伝子重複により生じたイオンチャネル遺伝子が新たな機能を獲得し、それに引き続き機能的に同等なイオンチャネル遺伝子が欠失したことを世界で最初に示しました。

### 【背景】

ミツバチは昆虫であり変温動物ですが、社会性昆虫として個体間の協調により巣箱内の温度を常に 35°C 付近に保つことができます。これは、巣箱内の卵、幼虫、および蛹の発生や成長を支えるために必須な行動です。しかしながら、ミツバチがどのようにして巣箱内外の温度を感じているのかは、50 年以上の研究の歴史があるにもかかわらず未解決の問題でした。

そこで、ミツバチの温度感知メカニズムを解明することを目的として、様々な動物で温度感知に機能する TRP (Transient Receptor Potential) チャネルに注目して研究を実施しました。

### 【研究の内容】

ミツバチの 4 つの TRPA チャネルの温度応答性をスクリーニングした結果、膜翅目昆虫 (ハチやアリなどの昆虫) に特異的な TRPA チャネルである AmHsTRPA が 34°C 付近で活性化することが分かりました (図 1)。同様に、植物由来の昆虫忌避物質である AITC (わさびの辛味成分)、シナモン、および樟脳でも活性化することが明らかとなりました (図 2)。さらに、AmHsTRPA の活性化を阻害する化学物質としてルテニウムレッドとメントールの同定に成功しました。

AmHsTRPA はミツバチの触角第 3 節に存在しており、触角の切除、ルテニウムレッドやメントールの注入により AmHsTRPA の活性化を阻害すると、ミツバチの高温感知能力が低下したことから (図 3)、触角に存在する AmHsTRPA が高温感知に機能することが分かりました。さらに、ショ糖溶液中に AITC などの AmHsTRPA 活性化物質を入れるとミツバチのショ糖液に対する嗜好応答は減少し、阻害剤であるルテニウムレッド存在下ではこの嗜好応答が回復しました (図 4)。すなわち、触角に存在する AmHsTRPA は AITC、シナモン、および樟脳を嫌悪刺激として感知するために機能することを示し

ます。また、AmHsTRPA は化学物質センサーとしてのショウジョウバエ TRPA1 の機能を相補することも見出しました。

#### 【成果の意義】

個体間の協調により巣箱内の温度を 35°C 付近に保つことはミツバチの社会性行動の 1 つであり、コロニーの維持に必須です。したがって、ミツバチが 34°C の活性化温度閾値を持つ *AmHsTRPA* を進化させたことは、その社会性進化における重要な 1 つのステップであったと考えられます。また、*AmHsTRPA* はショウジョウバエで湿度上昇に応答する TRPA チャネルである *Water witch* の重複により生じた遺伝子であることから、上記の温度および化学物質に対する応答性は進化過程において新たに獲得した形質であることも分かります。その結果、ミツバチを含む膜翅目昆虫では機能的に同等な *TRPA1* 遺伝子が欠失したと考えられます。これは、重複イオンチャネル遺伝子の新機能獲得とそれに引き続いて生じた機能的に同等なイオンチャネル遺伝子の欠失を世界で最初に示した例になりました。

*AmHsTRPA* と昆虫の *TRPA1* は AITC、シナモン、および樟脳により活性化され、昆虫の忌避行動を誘起します。したがって、養蜂業において最も深刻な寄生虫であるミツバチヘギイタダニなど、様々な農業害虫の TRPA チャネルをターゲットとした新たな防虫物質のスクリーニングや開発も可能です。

また、*AmHsTRPA* を活性化する物質が巣箱内に蓄積するとミツバチの忌避行動が誘起され巣箱を放棄する可能性があります。これは、蜂群崩壊症候群 (CCD) と同様な症状となります。逆に、*AmHsTRPA* を阻害する物質が巣箱内に蓄積するとミツバチは巣箱内の温度を感知することができなくなり、巣箱内の温度を一定に保てず卵、幼虫、および蛹が死滅します。このように、*AmHsTRPA* の活性化を制御する物質はミツバチ個体だけではなく巣全体に影響を及ぼすことから、これらの物質の存在がミツバチ減少の要因の 1 つになっている可能性も考えられます。

## 【用語説明】

### 遺伝子重複

特定の DNA 領域またはゲノム全体が重複して遺伝子のコピー数が増加すること。生物進化の原動力の 1 つと考えられる。

### Transient Receptor Potential (TRP)チャンネル

6 回の膜貫通ドメインを持つ陽イオン透過性のイオンチャンネルの 1 つであり、動物の様々な刺激(温度、化学物質、物理的刺激など)の感知に機能する。アミノ酸配列やドメイン構造により7つのサブファミリーに分類され、TRPA はその 1 つ。この中で、TRPA1 は大部分の昆虫や哺乳動物などで保存されている非常に起源の古い化学物質センサーとして機能する。

### 蜂群崩壊症候群 (CCD)

巣箱内の働き蜂が急激に減少するために蜂群が維持できなくなり崩壊する現象。