

匂いセンサ昆虫の開発

デザイン農学科 准教授 ● 櫻井 健志 Sakurai Takeshi

昆虫が持つ高性能な嗅覚

匂いセンサに対するニーズは多方面にわたっている。体臭、口臭から癌や糖尿病などの疾病を診断する「健康モニタリング」。腐敗臭や残留農薬に対する「食品衛生管理」。その他、塗装の有害物質や喫煙など「生活環境の空気管理」もそうだが、爆発物や麻薬など危険物を検出する「安全危機管理」は、東京五輪を控えた今、社会的な課題でもあろう。しかし、これらのニーズには、匂いに対する現状のセンサ技術では対応することが難しい。ごく微量な匂いには犬など生体の嗅覚レベルの感度が必要なのだ。麻薬探知犬などの存在は皆さんも存じだろう。しかし、こうした探知犬を育てるには長い時間が必要であり、かつ一頭で検査できる範囲も対象も限られてくる。犬の嗅覚に匹敵するセンサの開発が求められるが、そこで注目したいのが高性能な嗅覚を持つ昆虫たちだ。

そのメカニズムは、触角にある嗅感覺子の構造を調べてみるとわかる。嗅感覺子の中には嗅覚受容細胞があり、匂いはこれらの細胞で合成される嗅覚受容体と呼ばれるタンパク質によって検出される。昆虫はさまざまな匂いに反応する多数の受容体を持ち、それらを利用して微量な匂い物質を嗅ぎ分けている。この受容体を匂いセンサに利用できないか、というのが私たちの研究テーマである。



カイコガの超高感度フェロモン検出能力を利用して

一方、昆虫研究の大家ファーブルは今から100年以上前に、蛾のメスの出す匂い(後にフェロモンと命名される)にオスが誘引されることを発見した。その後、フェロモンに関する研究は盛んに行われ、オス蛾は、性フェロモンを超高感度・高選択的に検出、判別できることが明らかになった。カイコガのオスは、170分子という微量のフェロモン受容で匂いの発生源を探索する行動が発現し、かつ、メスのカイコガのフェロモン「ボンピコール」以外には一切反応しない高選択性をもつことが知られている。このような、カイコガのオスの高性能なフェロモンセンサ機能は、触角ではたらく嗅覚受容体の機能によることがわかってきた。すなわち、カイコガのオスの触角にはフェロモンだけに反応するフェロモン受容体が発現しており、この受容体がフェロモンをキャッチすると、その情報が脳で処理をされ、匂い源を探す行動が起きるのである。このメカニズムに着目し、遺伝子工学的手法により、他の昆虫がもつ特定の匂いに対する嗅覚受容体を導入することで、特定の匂いに対して高感度に反応する「センサ昆虫」をつくることに成功した。導入する受容体を変えれば、さまざまな匂いに対するセンサ昆虫をつくることができる。この技術により、高感度・高選択的・リアルタイムな匂い検出が可能となり、様々な分野への貢献が期待される。

多様な分野への貢献が期待される昆虫センサ

一例を挙げると、アブラナ科植物を食い荒らす農業害虫(世界での被害額は年間約50億ドルとされている)コナガの発生をすばやく探知するセンサ昆虫づくりだ。コナガの性フェロモン受容体を導入したカイコガのオスは、実験では、コナガのメスが出すフェロモンを検出し、発信源であるメスを探知することに成功した。このセンサ昆虫が実用化できれば、コナガの発生をすばやく知ることで害虫被害を大きく減らすことができるかもしれない。一般臭(フェロモン以外の匂い)への応用の可能性も追究している。これまでに三大カビ臭のひとつジェオスミンの受容体を導入することで、微量のジェオスミンを探知するカビ臭センサ昆虫の作出に成功した。こうした高感度の匂いセンサ昆虫が実用化されれば、食品メーカーには大きな福音になる。食品や飲料などの商品にもカビ臭混入が発覚すれば、商品回収等に膨大な費用がかかるからだ。昆虫は進化の過程でさまざまな環境に適応しており、多様な匂いに対する嗅覚受容体をもつと考えられる。そのため、昆虫センサは、医療、安全・危機管理、環境モニタリングなど、社会のさまざまな場面での利用が想定できる。

目的 所望の匂いを探知する匂いセンサに変えて使いたい!

カイコガのオスはフェロモンだけに反応する(フェロモンセンサ)

なぜ?

フェロモンセンサのメカニズムを遺伝子レベルで理解する

理解

メカニズムに基づく生物機能デザイン

応用

遺伝子工学技術(遺伝子組換え、ゲノム編集)による機能改変

センサ昆虫：特定の匂いを検出するカイコガオス

