

# 研 究 報 告 書

## 「花粉管ガイダンスの動的システムの解明」

研究期間：平成 19 年 10 月～平成 23 年 3 月

研究者：東山 哲也

### 1. 研究のねらい

花粉管ガイダンスは、植物の生殖や穀物生産を支える重要な機構です。その精巧なシステムを理解することは、植物の生殖機能のデザインのみならず、化学屈性の真の理解や、ナノマシンへの応用など、様々な貢献が期待できます。本研究では、これまで世界をリードして進めてきた花粉管ガイダンスの研究、特に 140 年来の謎とされる花粉管誘引物質の同定を基盤に、花粉管ガイダンスを生命システムとして解明することを目指しました。

### 2. 研究成果

本研究では、トレニアという卵装置が裸出するユニークな植物を用いて、ガイダンス分子（誘引物質）を分泌する「助細胞」という卵細胞のとなりにある細胞を顕微鏡下で1つ1つ回収し、どのような遺伝子が働いているか調べました。その結果、助細胞で特異的かつ多量に作られる小さなタンパク質（ペプチド）が、ガイダンス分子であることを突き止めました。その構造は、ディフェンシンというヒトや昆虫にも存在する抗菌タンパク質に似ていました。その物質をルアーと名付け、140 年以上にも渡る探索のすえに遂に発見に至ったとして、Nature 誌の表紙を飾る成果として発表しました。当初想定していなかった成果として、ルアーは 1 つの植物に複数（多数）の種類が存在し、そのカクテルが精確に同種の花粉管をガイドすることがわかりました。また培養実験系では、たった 1000 分子程度のルアーを置くだけで、花粉管を誘引できることもわかり、花粉管の精密な応答能力が示唆されました。誘引シグナルを単純に誘引物質の濃度勾配と想定することに疑問を投げかける結果です。ルアーを活性のあるまま蛍光ラベルすることにも成功し、誘引物質が正確な誘引シグナルを形成する仕組みの研究基盤ができました。トレニアでのルアーの発見を基盤に、モデル植物など他の植物での誘引物質の同定にも成功し、アミノ酸配列は変化しながらも、普遍的に同じ種類のペプチドが誘引物質として働いていることを示しました。以上の成果から、卵装置への花粉管ガイダンスにおける誘引シグナルの実体を解明することができました。

### 3. 今後の展開

ルアー分子の1つ1つを蛍光物質で可視化することで、多種のルアーのカクテルがいかにして花粉管の伸長方向を制御するのか、さらに研究が展開すると期待されます。少量のルアー分子が活性をもち、しかも花粉管細胞の応答をリアルタイムで観察できることから、1分子解析の格好のモデル系に発展することが期待されます。花粉管のどの部位に何分子ルアーがつくと、細胞間シグナリングを経て、花粉管の伸長方向角度が何度曲がるのかといった解析が可能になると予想されます。また、ルアーを標識して花粉管による受容を解析することは、花粉管の先端にあると予想される受容体の同定にも大きく貢献します。将来的には、花粉管ガイダンスシステムの制御により、植物育種技術や穀物生産の向上につながることを期待されます。

### 4. 自己評価

本研究により、長年の謎とされてきました、花粉管誘引シグナルの実体を解明することができました。複数のペプチドがカクテルとなって花粉管に位置情報を与えているという仕組みが明らかとなりました。さらに、その誘引物質の挙動を直接可視化することも可能となりました。こうした成果は、花粉管ガイダンスを動的システムとして理解するという、当初目標に対する大きな進展であり、高く評価できると考えます。

## 5. 研究総括の見解

独自に見出した花粉管ガイダンスのシグナルと応答の仕組みを分子レベルで解析し、受粉のメカニズムに一つの大系を造り上げた。この成果は国際的に高く評価されている。ERATO でさらなる発展を期待する。

## 6. 主要な研究成果リスト

### (1) 論文(原著論文)発表

1.Okuda S., Tsutsui H., Shiina K., Sprunck S., Takeuchi H., Yui R., Kasahara R.D., Hamamura Y., Mizukami A., Susaki D., Kawano N., Sakakibara T., Namiki S., Itoh K., Otsuka K., Matsuzaki M., Nozaki H., Kuroiwa T., Nakano A., Kanaoka M.M., Dresselhaus T., Sasaki N., Higashiyama T. Defensin-like polypeptide LUREs are pollen tube attractants secreted from synergid cells. Nature vol.458 357-361 (2009)
2.Goto H., Okuda S., Mizukami A., Mori H., Sasaki N., Kurihara D., and Tetsuya Higashiyama. Chemical Visualization of Attractant Peptide, LURE. Plant Cell Physiol. Vol.52 49-58 (2011)
3.Hamamura Y., Saito C., Awai C., Kurihara D., Miyawaki A., Nakagawa T., Kanaoka M.M., Sasaki N., Nakano A., Berger F., and Tetsuya Higashiyama. Live cell imaging reveals the dynamics of two sperm cells during double fertilization in <i>Arabidopsis thaliana</i> . Current Biology, in press

### (2) 特許出願

該当なし

### (3) その他(主要な学会発表、受賞、著作物等)

#### 主要な招待講演

- ・“Defensin-like Polypeptide LUREs are diffusible pollen tube attractants.” 20th International Conference on Plant Growth Substances, 2010年6月, スペイン
- ・“Live Cell Analysis of Pollen Tube Guidance and Double Fertilization” XXI International Congress on Sexual Plant Reproduction, 2010年8月, イギリス
- ・“Pollen tube guidance and peptide attractants in flowering plants” 2010 SDB-JSDB Joint Meeting, 2010年8月, アメリカ

#### 受賞

- ・日本植物形態学会平瀬賞 2009.9
- ・日本学術振興会賞 2010.3

#### 主要な著作物

- ・Berger F, Hamamura Y, Ingouff M, and Higashiyama T. Double fertilization –caught in the act. Trends Plant Sci. 13 巻 437-443 頁 (2008)
- ・Higashiyama T. Peptide signaling in pollen-pistil interactions. Plant Cell Physiol. 51 巻 177-189 頁 (2010)