

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2006～2010

課題番号：18101009

研究課題名（和文）

微生物と植物のペプチド性因子に関する生物有機化学的研究

研究課題名（英文）

Studies of Bioorganicchemistry on Microbial and Plant Peptide Factor

研究代表者

坂神 洋次 (SAKAGAMI YOUJI)

名古屋大学・生命農学研究科・教授

研究者番号：80107408

研究成果の概要（和文）：(1) 枯草菌のクオラムセンシングフェロモン ComX の構造決定、構造活性相関、*in vitro* 酵素反応を用いて特異な翻訳後修飾機構を解明し、さらに翻訳後修飾の普遍性に関する研究をおこなった。

(2) 前駆体遺伝子が明らかになっているが、実際に作用している化学構造が不明な植物ペプチドホルモンの化学構造を解明する手法を確立し、シロイヌナズナの成長点（茎頂分裂組織）の機能維持に必須の遺伝子 CLV3 に由来する生理活性ペプチドとして MCLV3 を、同じくシロイヌナズナの気孔形成を誘導する STOMAGEN 遺伝子に由来する stomagen を同定し、その構造を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：1. We performed the structure elucidation and structure-activity relationship studies on the ComX pheromone which plays an essential role in quorum-sensing of *Bacillus subtilis*. We also established an *in vitro* system to detect the characteristic posttranslational modification on the ComX precursor to investigate the mechanisms and the universality of the modification.

2. We optimized the purification techniques to identify novel plant peptide hormones derived from putative precursor genes. Using the methods, we identified a posttranslationally modified peptide, MCLV3, which regulates the function of shoot apical meristem of *Arabidopsis thaliana*. In addition, we elucidated the structure of the mature form of stomagen, which is a mesophyll-derived factor controlling the stomatal density on the epidermis of *Arabidopsis*.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	21,900,000	6,570,000	28,470,000
2007年度	16,400,000	4,920,000	21,320,000
2008年度	14,800,000	4,440,000	19,240,000
2009年度	14,800,000	4,440,000	19,240,000
2010年度	14,800,000	4,440,000	19,240,000
総計	82,700,000	24,810,000	107,510,000

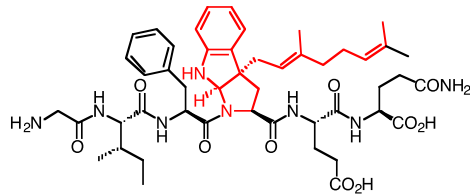
研究分野：生物分子科学

科研費の分科・細目：

キーワード：ペプチド、翻訳後修飾、枯草菌、フェロモン、クオラムセンシング、イソプレノイド、CLV3、気孔

## 1. 研究開始当初の背景

ペプチド性の内因性生理活性物質（ペプチドホルモン）の研究の歴史は長いが、動物における研究に比べ、微生物や植物のペプチドホルモンに関する研究はその発見例も非常に少なく、研究自体も立ち後れているのが現状であった。申請代表者らは、2005年に枯草菌 (*Bacillus subtilis*) のコンピテントファクターである ComX フェロモンの構造を決定することに成功した。このフェロモンは細



H-Gly-Ile-Phe-Trp\*(Ger)-Glu-Gln-OH

菌のいわゆるクオラムセンシングの本体をなす物質である。我々は、米国の微生物遺伝学者 D. Dubnau らの協力を得て、ComX<sub>RO-E-2</sub> の特異な化学構造を図に示すように決定した。この構造は、ペプチド内のトリプトファン残基の3位にゲラニル基が結合し、しかも  $\alpha$  アミノ基が新たな環を形成するという前例のない構造であり、翻訳後修飾の新たな例を提出したことで注目を集めた。

植物においては微生物以上にペプチドホルモンの報告例は少ないという状況であった。申請者らは、世界に先駆けて植物の細胞増殖因子としてファイトスルフォカイン (PSK) を単離構造決定し、その受容体も明らかにしている。PSK の発見から 10 年になろうとしているが、研究開始当初は、イネやシロイヌナズナのゲノムが解読されたことから、ペプチド性のホルモン様因子をコードしていると予想される遺伝子が報告されてきており、植物ペプチドホルモンという呼び方も一般的になってきていた。しかしながら、報告されている因子の多くは、遺伝子は明らかになっているが、生体内で実際に生理作用を有するペプチドの化学構造は不明なものが大部分であった。

## 2. 研究の目的

1 で述べた背景を踏まえ、微生物と植物に由来するペプチドホルモンの同定、構造決定、構造活性相関、翻訳後修飾機構の解明、作用機構の解析などを通して、微生物や植物におけるペプチドホルモンの構造や特徴、生理学的役割などを明らかにすることを目的として研究を行った。より具体的な内容については、微生物と植物に分けて以下に述べる。

### (1) 微生物

本研究ではまず、ComX フェロモンの構造活性相関研究に取り組み、生理活性を示す最小単位や、導入されるイソプレノイドの認識特異性などを明らかにすることを目的とする。また、このトリプトファン残基における翻訳後修飾が生物界に普遍的に存在するかどうかを調べることを最終的な目的とし、まず組換えタンパク質として得られた ComX 修飾酵素 (ComQ) を用いた *in vitro* 修飾反応系を確立し、この特徴的な翻訳後修飾を引き起こすコンセンサス配列の有無について解析した。

### (2) 植物

植物のペプチド性ホルモンに関しては大きく二つの新規生理活性ペプチドの同定を試みた。一つは *clavata* 遺伝子に由来するペプチドに関するものである。*clavata* (*clv*) 変異株は、アラビドプシスの成長点が異常になる変異として見つかり、その変異の原因遺伝子として *CLV1*, *CLV2*, *CLV3* が知られている。*CLV1*, *CLV2* は受容体型蛋白質である一方、*CLV3* は 96 アミノ酸からなりそのアミノ末端には 18 アミノ酸からなるシグナル配列が存在することから、分泌されてペプチドリガンドとして働いていると考えられている。我々はこの *CLV3* に由来する生理活性ペプチドの同定を試みた。さらにこのペプチドの受容体と予想されていた *CLV1* と直接結合するかどうか調べた。これと並行して、*MCLV3* の構造活性相関についても詳細な解析を行った。もう一つは、シロイヌナズナの気孔形成を誘導する因子である。過剰発現させるとシロイヌナズナの気孔密度を増加させる遺伝子として同定された *STOMAGEN* 遺伝子は、やはり N 末端にシグナル配列を有することから分泌型ペプチドの前駆体であると予想されていた。そこでこの *STOMAGEN* 遺伝子に由来する生理活性ペプチドの同定を試みた。*STOMAGEN* 遺伝子の転写産物は C 末端に相同性の高いシステインリッチな領域を持つ EPF ファミリーに属しており、この中には過剰発現すると気孔密度が減少するという、*STOMAGEN* とは反対の生理活性を示す EPF1、EPF2 が含まれる。そこで、これらの因子に関しても *STOMAGEN* に関する研究成果を応用してその構造と機能を明らかにし、これら複数のペプチド性因子による表皮細胞分化の調節機構を明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 微生物

ComX フェロモンの分子内に含まれる特徴的なイソプレノイド化されたトリプトファン残基と、それを含むオリゴペプチドの合成法に関しては、申請者らによる先行研究から

既に確立されている。この合成手法を応用して、様々な ComX の構造改変体（アラニン置換ペプチドや短鎖誘導体など）を化学合成し、遺伝子組み換えにより ComX 応答性を付与した大腸菌を用いたレポーターアッセイによりその活性を評価した。また、組換えタンパク質として得た ComQ タンパク質とゲラニル（またはファルネシル）ピロリン酸、ComX 前駆体（またはこれに変異導入や欠損させたもの）を緩衝液中でインキュベートし、生じた ComX フェロモンを LCMS で検出、定量することにより、修飾反応の効率や成否を判定した。

## (2) 植物

「研究開始当時の背景」の項で述べたように、植物においてはペプチドホルモンの前駆体をコードしていると予想される遺伝子は多く見いだされている一方で、それらの遺伝子に由来する生理活性を有するペプチドの同定が困難であり、ペプチドホルモン研究の大きな障害となっていた。そこで、植物が生産する微量なペプチドホルモンを効率的に抽出、精製、同定できる手法について種々検討し、それらを組み合わせて精製法を確立した。また、生物検定を指標とした古典的な生理活性物質の精製法を適用するには、植物ペプチドホルモンの生産量が少なすぎるという問題を解決するために、生物検定を指標としない活性物質の精製法についても検討した。CLV3 に関しては、シロイヌナズナの CLV3 遺伝子過剰発現株から調製したカルスの凍結切片を作成し、これにマトリクスを重層した上から直接レーザーを照射してイオン化されるペプチドを検出する *in situ* MALDI-TOFMS を適用した。STOMAGEN に関しては、STOMAGEN 過剰発現株のアポプラスト抽出液を精製出発原料とし、生物検定の代わりに抗 stomagen 抗体を用いたウェスタンブロットを行うことで活性物質の含まれる画分を決定した。

## 4. 研究成果

### (1) 微生物

我々は、すでに確立していたゲラニル化を受けたトリプトファン残基の有機合成手法を応用して、様々な ComX<sub>RO-E-2</sub> フェロモン類縁体について合成・生物検定を行うことで構造活性相関研究を行った。その結果、ComX<sub>RO-E-2</sub> フェロモンにおいては修飾トリプトファン残基が生物活性に対して大きな役割を担っており、その立体化学、5員環構造、ゲラニル基が重要なファクターであることを見出した。また、他の菌株である枯草菌 RO-H-1 株、RO-C-2 株由来の ComX<sub>RO-H-1</sub> フェロモン、ComX<sub>RO-C-2</sub> フェロモンの修飾様式をそれぞれゲラニル化、ファルネシル化と決定したことにより、ComX

フェロモンの翻訳後修飾はこの2通りのイソプレニル化であると同定した。

また、ComX フェロモンにおいてみられるトリプトファン残基のイソプレニル化は新奇の翻訳後修飾であり、その生物界における普遍性は明らかにされていない。またそのコンセンサス配列も未解明である。そこで、無細胞系において ComX<sub>RO-E-2</sub> フェロモンに修飾酵素 ComQ<sub>RO-E-2</sub>、ゲラニルピロリン酸を反応させることによりゲラニル化を行う *in vitro* 酵素反応系を確立した。今後は確立した *in vitro* 酵素反応系を利用してイソプレニルトリプトファン残基のコンセンサス配列を推定し、それを基に生物界における普遍性を検証する予定である。

### (2) 植物

我々は CLV3 遺伝子に由来する生理活性ペプチドの同定に取り組み、手法の項で述べた *in situ* MALDI-TOFMS 法を確立することで CLV3 遺伝子産物に由来する 12 残基の修飾ペプチド MCLV3 を同定した。また、トリチウム標識した MCLV3 を用いた結合実験により、受容体であると考えられていたロイシシリッチリピート (LRR) 型タンパク質 CLV1 と MCLV3 が直接結合することを生化学的に証明した。CLV3 は C 末端付近に 14 残基からなる保存領域 (CLE モチーフ) を持ち、MCLV3 はこの領域が切り出され、修飾を受けることで生産される。この CLE モチーフを持つ遺伝子 (CLE 遺伝子) は高等植物のゲノム上に数多くコードされていることがわかってきており、MCLV3 の様な低分子生理活性ペプチド (CLE ペプチド) として機能することが明らかになってきている。我々の研究は植物体内で様々な役割を果たしている CLE ペプチド群の研究の端緒になり、これらの因子を介した細胞間のコミュニケーションによる植物の形態形成の仕組みの解明に大きく寄与することができた。

また我々は、表皮の内側にある葉肉細胞が生産し、表皮の気孔分化を誘導するペプチドホルモン stomagen の単離同定に取り組み、分子内に 3 対のジスルフィド結合を有する 45 残基のペプチドを同定し、ジスルフィド結合の様式も含めて構造決定した。また stomagen と同じ EPF ファミリーに属し、STOMAGEN とは逆に気孔形成を抑制する EPF1、EPF2 遺伝子に由来する生理活性ペプチドについても、成熟型 stomagen と相同性の高い領域を化学合成または大腸菌組換えタンパク質として得て、リフォールディングを行うことにより、生理活性を有するペプチドを得ることに成功した。得られたこれらのペプチドと各種気孔関連変異体を用いて、気孔形成においてこれらのペプチドホルモンが果たす役割について明らかにした。特に、

今回単離した stomagen は気孔密度の調節において中心的な役割を果たしており、将来的に乾燥耐性植物等の機能性作物を開発する上で非常に重要な役割を果たすことが期待される。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

1. Geranyl modification on the tryptophan residue of ComX<sub>RO-E-2</sub> pheromone by a cell-free system. Tsuji, Fumitada; Ishihara, Ayako; Kurata, Keiko; Nakagawa, Aya; Okada, Masahiro; Kitamura, Shigeyuki; Kanamaru, Kyoko; Masuda, Yuichi; Murakami, Kazuma; Irie, Kazuhiro; Sakagami, Youji

FEBS Letters (2012), 586(2), 174-179. (査読有)

2. The geranyl-modified tryptophan residue is crucial for ComX<sub>RO-E-2</sub> pheromone biological activity. Tsuji, Fumitada; Kobayashi, Ko; Okada, Masahiro; Yamaguchi, Hisao; Ojika, Makoto; Sakagami, Youji

Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters (2011), 21(13), 4041-4044. (査読有)

3. Stomatal density is controlled by a mesophyll-derived signaling molecule Kondo, Tatsuhiko; Kajita, Ryoko; Miyazaki, Aya; Hokoyama, Mayumi; Nakamura-Miura, Touko; Mizuno, Satoko; Masuda, Yuichi; Irie, Kazuhiro; Tanaka, Yuki; Takada, Shinobu; Kakimoto, Tatsuo; Sakagami, Youji

Plant and Cell Physiology (2010), 51(1), 1-8. (査読有)

4. Arabidopsis CLV3 Peptide Directly Binds CLV1 Ectodomain. Ogawa, Mari; Shinohara, Hidefumi; Sakagami, Youji; Matsubayashi, Yoshikatsu

Science (2008), 319(5861), 294. (査読有)

5. Chemical structure of posttranslational modification with a farnesyl group on tryptophan. Okada, Masahiro; Yamaguchi, Hisao; Sato, Isao; Tsuji, Fumitada; Dubnau, David; Sakagami, Youji

Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry (2008), 72(3), 914-918. (査読有)

6. Acid labile ComX pheromone from *Bacillus mojavensis* RO-H-1. Okada,

Masahiro; Yamaguchi, Hisao; Sato, Isao; Tsuji, Fumitada; Qi, Jianhua; Dubnau, David; Sakagami, Youji

Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry (2007), 71(7), 1807-1810. (査読有)

7. Structure-activity relationship studies on quorum sensing ComX<sub>RO-E-2</sub> pheromone. Okada, Masahiro; Yamaguchi, Hisao; Sato, Isao; Cho, Soo Jeong; Dubnau, David; Sakagami, Youji

Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters (2007), 17(6), 1705-1707. (査読有)

8. A Plant Peptide Encoded by CLV3 Identified by in Situ MALDI-TOF MS Analysis Kondo, Tatsuhiko; Sawa, Shinichiro; Kinoshita, Atsuko; Mizuno, Satoko; Kakimoto, Tatsuo; Fukuda, Hiroo; Sakagami, Youji

Science (2006), 313(5788), 845-848. (査読有)

9. Chemical synthesis of ComX pheromone and related peptides containing isoprenoidal tryptophan residues Okada, Masahiro; Sato, Isao; Cho, Soo Jeong; Dubnau, David; Sakagami, Youji

Tetrahedron (2006), 62(38), 8907-8918. (査読有)

[学会発表] (計 37 件)

1. 杉田大河, 平林智美, 鋒山真由美, 近藤 竜彦, 柿本辰男, 坂神洋次

シロイヌナズナの気孔形成を制御するペプチドホルモンの構造活性相関

日本農芸化学会 2012 年度大

2. 山崎梨沙, 辻 史忠, 岡田正弘, 石原紋子, 村上一馬, 入江一浩, 金丸京子, 坂神洋次

イソプレニル修飾酵素 ComQ のイソプレノイド選択性に関わるアミノ酸残基の同定

日本農芸化学会 2012 年度大会

京都, 2012 年 3 月 23-25 日

3. 石原紋子, 辻 史忠, 岡田正弘, 中川 彩, 村上一馬, 入江一浩, 金丸京子,

坂神洋次

ゲラニルトリプトファンの生合成に関する研究

日本農芸化学会 2012 年度大会

京都, 2012 年 3 月 23-25 日

4. Kondo, T., Kajita, R., Miyazaki, A., Hokoyama, M., Nakamura-Miura, T., Mizuno S., Masuda, Y., Irie, K., Tanaka, Y., Takada, S., Kakimoto, T., Sakagami, Y.

Stomatal density is controlled by a mesophyll-derived signaling molecule.

第 53 回日本植物生理学会年会 PCP

- 論文賞受賞講演  
京都, 2012年3月16-18
5. 平林智美, 杉田大河, 鋒山真由美, 近藤竜彦, 村上一馬, 入江一浩, 柿本辰男, 坂神洋次  
気孔形成を調節するペプチドホルモンの機能解析  
植物化学調節学会46回大会  
宇都宮, 2011年11月1-2日  
Napoli, Italy, Jun. 5-8, 2011,
6. Youji Sakagami.  
The quorum sensing pheromone of *Bacillus*, ComX.  
International Symposium on Natural Products Chemistry and Chemical Biology 2011,  
Hangzhou, China, Nov. 19-22, 2011  
京都, 2011年3月
7. Tsuji F, Ishihara A, Nakagawa A, Masuda Y, Sugimoto T, Irie K, Youji Sakagami  
Establishment of Cell Free System for Geranyl Modification on the Tryptophan Residue of ComX<sub>RO-E-2</sub> Pheromone.  
NatPharma:Nature Aided Drug Discovery (NADD)
8. 辻史忠, 石原紋子, 中川彩, 金丸京子, 入江一浩, 岡田正弘, 坂神洋次  
無細胞系を利用した ComX<sub>RO-E-2</sub> フェロモンにおける Trp 残基のグラニル修飾  
日本農芸化学会 2011 年度大会
9. 中川彩, 辻史忠, 石原紋子, 金丸京子, 岡田正弘, 坂神洋次  
トリプトファン残基のファルネシル修飾に関する研究  
日本農芸化学会 2011 年度大会  
京都, 2011年3月
- 10 平林智美, 鋒山真由美, 近藤竜彦, 村上一馬, 入江一浩, 柿本辰男, 坂神洋次  
気孔形成を調節するペプチドホルモンの機能解析  
日本農芸化学会 2011 年度大会  
京都, 2011年3月
- 11 Kondo, T., Yokomine, K., Nakagawa, A. and Sakagami, Y.  
Analogues of the CLV3 Peptide: Synthesis and Structure-Activity Relationships Focused on Proline Residues.  
The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem)  
Honolulu, USA, Dec. 15-20, 2010
- 12 Tsuji, F., Ishihara, A., Nakagawa, A., Masuda, Y., Sugimoto, T., Irie, T., Sakagami, Y.  
Geranyl modification on the tryptophan residue of ComX<sub>RO-E-2</sub> pheromone by cell free system The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem)  
Honolulu, USA, Dec. 15-20, 2010
- 13 近藤竜彦, 梶田良子, 宮崎綾, 鋒山真由美, 入江一浩, 高田忍, 柿本辰男, 坂神洋次  
Stomatal density is controlled by a mesophyll-derived signaling molecule  
第33回日本分子生物学会年会シンポジウム  
神戸, 2010年12月
- 14 Sakagami, Y., Kondo, T., Kajita, R., Miyazaki, A., Hokoyama, M., Nakamura-Miura, T., Mizuno S., Masuda, Y., Irie, K., Tanaka, Y., Takada, S., Kakimoto, T.,  
Stomatal density is controlled by a mesophyll-derived signaling molecule  
The Federation of European Societies of Plant Biology (FESPB)  
Valencia, Spain, Jul. 5-9, 2010
- 15 Kondo, T., Kajita, R., Miyazaki, A., Hokoyama, M., Nakamura-Miura, T., Mizuno S., Masuda, Y., Irie, K., Tanaka, Y., Takada, S., Kakimoto, T., Sakagami, Y.  
Stomatal density is controlled by a mesophyll-derived signaling molecule  
20th International Conference on Plant Growth Substances  
Tarragona, Spain, Jun. 28-Jul. 2, 2010
- 16 坂神洋次  
微生物フェロモンのユニークな翻訳後修飾  
日本農芸化学会 2010 年度大会  
東京, 2010年3月
- 17 小林 耕, 辻 史忠, 岡田正弘, 山口久雄, 小鹿 一, 坂神洋次  
枯草菌 ComX<sub>RO-E-2</sub> フェロモンの構造活性相関に関する研究  
日本農芸化学会 2010 年度大会  
東京, 2010年3月
- 18 近藤竜彦, 宮崎綾, 三浦(中村) 桐子, 増田裕一, 入江一浩, 柿本辰男, 坂神洋次  
植物の気孔形成を誘導するペプチド性因子の構造と生理活性  
日本農芸化学会 2010 年度大会  
東京, 2010年3月
19. 近藤竜彦, 鋒山真由美, 梶田良子, 三浦(中村) 桐子, 田中勇輝, 高田忍, 柿本辰男, 坂神洋次  
植物の気孔形成を誘導するペプチド性因子の単離  
日本農芸化学会 2010 年度大会  
東京, 2010年3月
- 20 坂神洋次  
植物と微生物の新規シグナル化合物 ナカニシンポジウム 2010 (日本化学会第90春季年会)  
大阪, 2010年3月  
福岡, 2009年3月27-29日
21. Sakagami, Y.  
Endogenous factors of plants and microorganisms  
13th Asian Chemical Congress  
Shanghai, China, Sep. 2009
22. 辻史忠, 倉田景子, 小林耕, 増田裕一, 杉本卓弥, 入江一浩, 坂神洋次  
酵素反応系を利用した ComX<sub>RO-E-2</sub> フェロモンのグラニル修飾の検出  
日本農芸化学会 2009 年度大会

23. 坂神洋次  
植物と微生物のシグナル物質  
グリーンバイオビジネス創製プロジェクト講演会 (名城大学)  
名古屋, 2008年12月13日
24. Sakagami, Y.  
Quorum sensing pheromone, ComX.  
The 22<sup>nd</sup> Naito Conference, Chemical  
Biology (I)  
Sapporo, Japan, 10 September, 2008
25. 坂神洋次  
微生物フェロモンの化学  
日本マイコトキシン学会 (名古屋市立大学)  
名古屋, 2008年8月28日
26. 辻史忠, 岡田正弘, 山口久雄, DUBNAU David, 坂神洋次  
ComX<sub>RO-E-2</sub> フェロモンの構造活性相  
関研究  
日本農芸化学会 2008 年度大会  
名古屋, 2008年3月26-29日
27. 近藤竜彦, 水野智子, 中村桐子, 坂神洋次  
シロイヌナズナカルスが生産する分泌  
ペプチドの in situ MALDI-TOF MSに  
よる同定  
日本農芸化学会 2008 年度大会  
名古屋, 2008年3月26-29日
28. 小川真理, 篠原秀文, 坂神洋次, 松林嘉克  
CLV3 ペプチドは CLV1 受容体キナー  
ゼ細胞外領域に直接結合する  
第 49 回日本植物生理学会年会  
札幌, 2008年3月20-22日
29. Sakagami Y.  
Bioactive Peptides with  
Posttranslational Modifications  
The 4<sup>th</sup> Takeda Science Foundation  
Symposium on PharmaSciences, "On  
the Frontiers of Chemical Biology"  
Tokyo, Japan, 4 December, 2007
30. 坂神洋次, 近藤竜彦  
「植物ペプチドホルモンのケミカルバ  
イオロジー」  
日本遺伝学会第 79 回大会ミニシンポジ  
ウム「植物のペプチドホルモンの分子遺  
伝学」  
岡山, 2007年9月19日
31. Kondo T., Sawa S., Mizuno S.,  
Fukuda H., and Sakagami Y.  
Identification of the functional  
peptide of CLV3 by in situ  
MALDI-TOF MS analysis  
19<sup>th</sup> Conference of International  
Plant Growth Substances Association,  
Symposium "Peptide hormones",  
Puerto Vallarta, Mexico, 21-25 July,  
2007
32. 坂神洋次  
翻訳後修飾を受けたペプチド  
平成 19 年度日本生化学会九州支部シン  
ポジウム「生理活性ペプチド～生体シス  
テムを制御する小分子～」  
宮崎, 2007年5月19日
33. 坂神洋次  
翻訳後修飾を受けた生理活性ペプチド.  
第 15 回農芸化学 Frontiers シンポジウ  
ム (静岡・箱根) 2007年3月
34. 近藤竜彦, 澤進一郎, 木下温子, 水野智子, 柿本辰男, 福田裕穂, 坂神洋次  
CLV3 遺伝子にコードされた生理活性  
ペプチドの in situ MALDI TOF-MS  
による同定.  
日本農芸化学会 2007 年度大会 (東京)  
2007年3月
35. 山口久雄, 岡田正弘, Cho Soo, Dubnau David, 坂神洋次  
ComX フェロモンの化学的研究  
ComX<sub>RO-C-2</sub> フェロモンの化学合成と  
修飾様式の解明.  
日本農芸化学会 2007 年度大会 (東京)  
2007年3月
36. 近藤竜彦, 澤進一郎, 木下温子, 水野智子, 柿本辰男, 福田裕穂, 坂神洋次  
CLV3 遺伝子にコードされた生理活性  
ペプチドの in situ MALDI TOF-MS  
による同定.  
植物化学調節学会第 41 回大会 (大阪・  
堺) 2006年10月
37. 坂神洋次  
ペプチドとイソプレノイド.  
第 41 回天然物化学談話会 (北海道・日  
高町) 2006年7月
6. 研究組織  
(1) 研究代表者  
坂神 洋次 (SAKAGAMI YOUJI)  
名古屋大学・大学院生命農学研究科・教授  
研究者番号: 80107408
- (2) 研究分担者  
小鹿 一 (OJIKI MAKOTO)  
名古屋大学・大学院生命農学研究科・教授  
研究者番号: 50152492  
近藤 竜彦 (KONDO TATSUHIKO)  
名古屋大学・大学院生命農学研究科・助教  
研究者番号: 30362289