

平成23年 5月 6日現在

機関番号： 82401
 研究種目： 基盤研究(B)
 研究期間： 2008～2010
 課題番号： 20380040
 研究課題名(和文) ボンビコール産生細胞におけるフェロモノジェネシスの分子機構
 研究課題名(英文) Molecular mechanisms underlying pheromonogenesis linked to bombykol production
 研究代表者
 松本 正吾 (MATSUMOTO SHOGO)
 独立行政法人理化学研究所・松本分子昆虫学研究室・主任研究員
 研究者番号： 60134516

研究成果の概要：ガ類昆虫の性フェロモンがフェロモン腺細胞で脂肪酸合成経路を介して生合成されることは広く認められているが、性フェロモン産生の分子メカニズムの詳細は理解されていない。我々はカイコガの性フェロモンであるボンビコール産生のカスケードでキーとなる様々な機能分子の遺伝子を同定するとともにその機能を実証することで、カイコガにおける性フェロモン産生機構の全貌をほぼ解明することができた。

研究成果の概要(英文)：While it is well established that moth sex pheromones are *de novo* synthesized in the pheromone gland through modifications of fatty acid biosynthetic pathways, molecular mechanisms underlying sex pheromone production remained poorly understood. To address this, we have characterized some of the key molecules involved in the biosynthesis of the sex pheromone bombykol in the silkworm, *Bombyx mori*. Characterization of these molecules has facilitated our understanding of the precise mechanisms underlying lepidopteran sex pheromone production.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
2009年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2010年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・応用昆虫学

キーワード：フェロモン、カイコ、神経ペプチド、受容体、シグナル伝達、脂肪滴、チャネル

1. 研究開始当初の背景

オスの蛾が同種メスの蛾に惹きつけられる現象は古くから知られており、Fabreは「昆虫記」の中で、メス蛾の発散する化学的要因によりオス蛾が誘引されることを記述した。この事実に基づき、1959年、ノーベル化学賞受賞者の Butenandt はカイコガ性

フェロモンの化学的実体解明に着手し、フェロモンとして歴史上初めてボンビコールの化学構造を明らかにした。Butenandtによるこの歴史的な成果以来、特異かつ強力な生理活性物質であるフェロモンの実体解明は、生理学的・生態学的興味とも相まって、多くの研究者を惹きつけてきた。特に、ガ類昆虫の性フェロモンは、主要な農業害

虫が鱗翅目昆虫（ガの仲間）であることから、害虫防除への応用が期待され、これまでに600種ものガ類の性フェロモンが同定されている。その結果、ガの性フェロモン成分はいずれも比較的シンプルな直鎖脂肪族化合物であるものの、多くのガ類では単一のフェロモン成分を性フェロモンとして利用するよりもむしろ複数の成分をブレンドし、その成分割合を厳密に規定することで種類数に応じた多様な種固有の性フェロモンを生み出していることがわかってきた。さらに、1980年代初頭より Roelofs らの包括的な生合成研究や、その後の Raina らの生理学的研究から、ガ類昆虫の性フェロモンの生合成経路とその内分泌制御もわかってきた。しかし、これらの性フェロモンが産生細胞において、どのような分子基盤に立ち、どのような分子機構を介してフェロモン成分が合成かつブレンドされ、放出されるのかという産生機構の実体は理解されていない。そこで我々は、日本古来のカイコガを用い、生理的基盤の解析をはじめとする様々な切り口からフェロモン産生メカニズムの全体像の解明に向けた解析を行った。

2. 研究の目的

ガ類昆虫のフェロモン腺 (**Pheromone Gland, PG** と略す)は、腹部末端近傍の節間膜が機能的に分化した器官で、蛹の時期に成虫の表皮と共に形成される。研究代表者は、カイコガの PG 細胞では羽化前後にボンビコール (性フェロモン) 産生に向けた様々なイベントが協奏的かつダイナミックに進行することを見出し、この過程をフェロモノジェネシスと名づけた。カイコガのフェロモノジェネシスでは、羽化 1-2 日前より、様々な PG 特異的遺伝子の斉一な転写活性化、細胞質への大規模な脂肪滴の蓄積が起こり、羽化後には神経ホルモン PBAN の放出に伴い、細胞外 Ca^{2+} の細胞内流入、脂肪滴の分解 (リポリシス) など、ボンビコール生合成に向けた様々なイベントが連動して進行する。したがって、その背景には、ボンビコール産生に関わるあらゆる機能分子が、厳密な制御のもと、適切にリクルートされ、正確なタイムテーブルで機能発現される仕組みが備わっていると考えられる。そこで、本研究では、フェロモノジェネシスの精緻な仕組みの詳細と全体像を理解するため、個々のイベントの成り立ちを分子および細胞レベルから解析し、それらの総合的理解から、ガ類昆虫全体の性フェロモン産生系成り立ちのメカニズムを究明することを目的とした。

3. 研究の方法

ボンビコール産生の精緻なメカニズムの詳細と全体像を理解するため、①受容体を介した PBAN の細胞内シグナル伝達、②必須脂

肪酸の細胞内取り込みと脂肪滴形成、③PBAN による脂肪滴 TG リポリシスおよびアシル基還元過程の活性化というフェロモノジェネシスでキーとなるイベントに焦点を絞り、これらに関わる機能分子および分子メカニズムの解明を集中して行った。具体的には、既に構築しているフェロモン腺 EST データベースや公開されている遺伝子情報などカイコガのゲノム情報を最大限に活用するとともに、遺伝子の機能解析に向けて我々が確立した特定の遺伝子を個体レベルでノックダウンする RNAi 法など先端的手法を用いた分子生物学、細胞生物学、脂質生化学的解析を行った。

4. 研究成果

(1) PBANシグナリングに関わる機能分子

PBANR が NMU 受容体ファミリーに属する GPCR であるため、ボンビコール産生細胞で受容された PBAN 刺激は、ヘテロ三量体 G タンパク質を介して細胞内でシグナル伝達されるものと考えられる。一方、フェロモン腺の培養系で、 Ca^{2+} フリーの培地では PBAN を与えても性フェロモンが産生されないことから、PBAN 刺激に伴う細胞外からの Ca^{2+} の流入が性フェロモンの産生に必須であると考えられる。そこで、PBAN シグナリング理解の端緒としてボンビコール産生細胞における蛍光 Ca^{2+} イメージングを行い、PBAN 刺激に伴う細胞外からの Ca^{2+} の動員が実際に起こっていることをまず視覚的に実証した。細胞膜表面の Ca^{2+} チャネルのうち、ストア作動性チャネル (SOC) は小胞体 Ca^{2+} が枯渇することで活性化されるが、タブシガーギン (Tg) で人為的に小胞体 Ca^{2+} ストアを枯渇させることでも、SOC が活性化される。そこで、摘出したフェロモン腺細胞を Tg で処理したところ、Tg は PBAN ミミックとして Ca^{2+} 動員するとともに脂肪滴の崩壊、ボンビコール産生を促す一方、PBAN 刺激に伴うこれらの応答はいずれも SOCs の特異的阻害剤により抑制されることがわかった。そこで、フェロモン腺で発現している機能分子の中から、ヘテロ三量体 G タンパク質から SOC チャネルまでのカスケードに関わる可能性のある分子を網羅的にクローニングし、それら遺伝子を *in vivo* でノックダウンしたところ、BmGq1, BmPLCb1, BmPLCg, BmIP₃R, BmSTIM1, BmOrail のボンビコール産生への関与が示唆された。このうち、BmSTIM1 および BmOrail は最近 SOC チャネルの活性化への関与が示されたヒト STIM1, Orail のホモログであり、蛍光タグを利用した昆虫培養細胞での発現系における機能解析から、BmSTIM1 と BmOrail は PBAN 受容体を介して PBAN シグナリングの下流でチャネルの開閉を制御する機能を持つことがわかった。さらに、ボンビコール産生細胞における IP₃ の産生も PBAN 刺激に反応して経時的に増加することが実証されたため、これらの結果を総合して、PBAN シグナリングのカスケードは、PBANR により受容されたのち、BmGq1→BmPLCb1→IP₃→BmIP₃R というカノニカルな経路を介して小胞体 Ca^{2+} ストアを枯渇させ、その枯渇を感知したセンサー分子の BmSTIM1 が細胞膜に移行して BmOrail と相互作用

することで SOC チャネルが開口することが結論づけられた。

(2) 脂肪滴の蓄積に関わる機能分子

フェロモン腺脂肪滴 TAGs は、構成脂肪酸として *de novo* 合成された C16 ボンビコール生合成中間体や前駆体脂肪酸以外に C18 脂肪酸を持ち、そのうちのリノール酸、リノレン酸は必須脂肪酸であるため、細胞外から取り込まれたものと考えられる。フェロモン腺 EST データベースを検索する過程で、膜タンパク質の fatty acid transport protein (FATP) をコードする EST クローンを発見し、この遺伝子をノックダウンすることで羽化前における脂肪滴蓄積が顕著に抑制されることを見出した。そこで、この遺伝子 *BmFATP* の詳細な解析を行った結果、*BmFATP* が細胞外からの必須脂肪酸の取り込みとその脂肪酸アシル-CoA への変換を促進することでフェロモノジェネシスにおける脂肪滴蓄積に直接関わっていることがわかった。

一方、フェロモン腺の細胞質画分から脂肪酸アシル-CoA と相互作用する分子を検索する過程でパルミトイル-CoA アガロースに吸着される成分を見出し、精製した結果、この成分はアシル-CoA 結合タンパク質 (ACBP) であることがわかった。カイコガフェロモン腺では 2 種類の ACBP 遺伝子 (*pgACBP* と *mgACBP*) が発現しており、いずれも羽化前の脂肪滴蓄積に関与していることがわかった。これらの ACBP は役割分担をしており、*pgACBP* が *de novo* 合成されたフェロモン前駆体脂肪酸アシル-CoAs の供給に関わるのに対して、*mgACBP* は食餌に由来する C18 脂肪酸アシル-CoAs の供給に関わっているものと考えられた。結局、フェロモノジェネシスにおいて、*BmFATP*、*pgACBP* および *mgACBP* は、各々が固有の役割を持ってボンビコール前駆体の貯蔵体である脂肪滴の蓄積に寄与していることが示された。

(3) 脂肪滴リポリシスに関わる機能分子

PBANR により受容された PBAN 刺激は、最終的には脂肪滴 TAG のリポリシスとアシル基の還元過程を同時に活性化するが、それらの活性化のメカニズムは全くわかっていない。そこで、活性化メカニズム解明の端緒として PBAN 刺激でリン酸化されるタンパク質をフェロモン腺細胞画分より検索した。その結果、複数の成分が PBAN 刺激後速やかにリン酸化され、そのうちの 44 kDa のタンパク質を同定して *BmLsd1* と名付けた。*BmLsd1* は PAT ファミリータンパク質と呼ばれる哺乳類脂肪細胞の脂肪滴に会合する一群のタンパク質に共通した PAT ドメインを持ち、発現抑制すると PBAN 刺激に伴う脂肪滴リポリシスが抑制された。また、*BmLsd1* は PBAN 刺激にตอบสนองして Ser および Thr 残基がリン酸化され、

BmCaMKII がこのリン酸化に関わっていることがわかった。一方、脂肪滴リポリシスに直接関わるリパーゼは EST データベースを活用し、候補遺伝子をノックダウンすることで特定できた。

以上の研究成果から、性フェロモン合成のシグナルである PBAN の受容から性フェロモン (ボンビコール) 生成に至る一連の過程が初めて明らかになった。

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 12 件)

1. Fónagy A., Moto K., Ohnishi A., Kurihara M., Kis J., and Matsumoto S.: “Studies of sex pheromone production under neuroendocrine control by analytical and morphological means in the oriental armyworm, *Pseudaletia separata*, Walker (Lepidoptera: Noctuidae)”, Gen. Comp. Endocrinol., in press (2011). 査読あり
2. Terenius O., Papanicolaou A., Garbutt J. S., Eleftherianos I., Huvenne H., Kanginakudru S., Albrechtsen M., An C., Aymeric J. L., Barthel A., Bebas P., Bitra K., Bravo A., Chevalier F., Collinge D. P., Crava C. M., de Maagd R. A., Duvic B., Erlandson M., Faye I., Felföldi G., Fujiwara H., Futahashi R., Gandhe A. S., Gatehouse H. S., Gatehouse L. N., Giebultowicz J. M., Gómez I., Grimmelikhuijzen C. J., Groot A. T., Hauser F., Heckel D. G., Hegedus D. D., Hrycaj S., Huang L., Hull J. J., Iatrou K., Iga M., Kanost M. R., Kotwica J., Li C., Li J., Liu J., Lundmark M., Matsumoto S., Meyering-Vos M., Millichap P. J., Monteiro A., Mrinal N., Niimi T., Nowara D., Ohnishi A., Oostrá V., Ozaki K., Papakonstantinou M., Popadic A., Rajam M. V., Saenko S., Simpson R. M., Soberón M., Strand M. R., Tomita S., Toprak U., Wang P., Wee C. W., Whyard S., Zhang W., Nagaraju J., Ffrench-Constant R. H., Herrero S., Gordon K., Swevers L., Smagghe G.: “RNA interference in Lepidoptera: an overview of successful and unsuccessful studies and implications for experimental design”, J. Insect Physiol., 57, 231-245 (2011). 査読あり
3. 本賢一、松本正吾: ”蛾類昆虫の性フェロモンとその生合成メカニズム”, *Biophilia* 6, 75-80 (2010). 査読なし
4. Matsumoto S., Ohnishi A., Lee J. M., and Hull J. J.: “Unraveling the pheromone biosynthesis activating neuropeptide (PBAN) signal transduction cascade that

- regulates sex pheromone production in moths”., *Vitamins and Hormones*, 83, 425-445 (2010). 査読あり
5. Hull J. J., Lee J. M., and Matsumoto S.: “Gqα-linked phospholipase Cβ1 and phospholipase Cγ are essential components of the pheromone biosynthesis activating neuropeptide (PBAN) signal transduction cascade”., *Insect Mol. Biol.*, 19, 553-566 (2010). 査読あり
 6. Hull J. J., Lee J. M., and Matsumoto S.: “Functional role of STIM1 and Orail in silkworm (*Bombyx mori*) sex pheromone production”., *Commun. Integr. Biol.*, 3:3, 240-242 (2010). 査読あり
 7. Matsumoto S.: “Molecular mechanisms underlying sex pheromone production in moths”., *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 74, 223-231 (2010). 査読あり
 8. Hull J. J., Lee J. M., Kajigaya R., and Matsumoto S.: “*Bombyx mori* homologs of STIM1 and Orail are essential components of the signal transduction cascade that regulates sex pheromone production”., *J. Biol. Chem.*, 284, 31200-31213 (2009). 査読あり
 9. Ohnishi A., Hashimoto K., Imai K., and Matsumoto S.: “Functional characterization of the *Bombyx mori* fatty acid transport protein (BmFATP) within the silkworm pheromone gland”., *J. Biol. Chem.*, 284, 5128-5136 (2009). 査読あり
 10. Antony B., Fujii T., Moto K., Matsumoto S., Fukuzawa M., Tatsuki S., Ishikawa Y.: “Pheromone-gland specific fatty-acyl reductase in the adzuki bean borer, *Ostrinia scapularis* (Lepidoptera: Crambidae)”., *Insect Biochem. Molec. Biol.*, 39, 90-95 (2009). 査読あり
 11. Matsumoto S., Hull J. J., and Ohnishi A.: “Molecular mechanisms underlying PBAN signaling in the silkworm, *Bombyx mori*”., *Ann. NY Acad. Sci.*, 1163, 464-468. (2009). 査読あり
 12. 松本正吾: “神経ホルモンPBANが支配するカイコガ性フェロモン産生の分子機構”、*化学と生物* 46, 46-52 (2008). 査読なし
- [学会発表] (計34件)
1. 本賢一、李載みん、栗原政明、永田宏次、田之倉優、長澤寛道、松本正吾、アワヨトウ性フェロモン生合成に関わるアシル基還元酵素遺伝子の単離と機能解析、第55回日本応用動物昆虫学会大会、2011年3月、福岡
 2. 杉谷健太、大西敦、松本正吾、ボンビコール産生に関与するフェロモン腺特異的脂肪酸アシル還元酵素(pgFAR)の活性化機構の解析、日本農芸化学会2011年度大会、2011年3月、京都
 3. 大西敦、加治美里、橋本佳奈、松本正吾、フェロモン腺細胞の脂肪滴形成に関与する機能分子の解析、日本農芸化学会2011年度大会、2011年3月、京都
 4. 永田宏次、河合岳志、海老沢樹、大塚淳、永峰俊弘、栗原政明、李載みん、J. J. Hull、松本正吾、長澤寛道、田之倉優、カイコガPBAN受容体の細胞膜への輸送に重要なC末端細胞内領域の特定、日本農芸化学会2011年度大会、2011年3月、京都
 5. 李載みん、栗原政明、後藤千枝、永田宏次、田之倉優、長澤寛道、松本正吾、オオタバコガPBAN受容体(PBANR)アイソフォームの解析、日本農芸化学会2011年度大会、2011年3月、京都
 6. 河合岳志、李載みん、松本正吾、永田宏次、田之倉優、長澤寛道、PBANのC末端ペプチドの構造活性相関に関する研究、日本農芸化学会2011年度大会、2011年3月、京都
 7. 松本正吾、昆虫における性フェロモン生合成のホルモン制御、第35回日本比較内分泌学会大会、2010年11月、静岡
 8. 大西敦、李載みん、本賢一、永峰俊弘、栗原政明、杉谷健太、田之倉優、長澤寛道、永田宏次、松本正吾、害虫の繁殖抑制に応用可能なリガンドと受容体膜タンパク質の機能解析：フェロモン産生関連分子の遺伝子および機能解析、ターゲットタンパク研究プログラム平成22年度成果発表会、2010年10月、東京
 9. Fonagy A., Moto K., Ohnishi A., and Matsumoto S.: Studies of sex pheromone production under neuroendocrine control by analytical and morphological means in the oriental armyworm, *Pseudaletia separata*, Walker (Lepidoptera: Noctuidae), 25th Conference of European Comparative Endocrinologists, September 2010, Pecs, Hungary.
 10. Moto K. and Matsumoto S.: Molecular analysis of sex pheromone production-related gene in the silkworm, *Bombyx mori*. 9th European Congress of Entomology, August 2010, Budapest, Hungary.
 11. 松本正吾、ガ類昆虫の性フェロモン産生の分子機構に関する生物有機化学的研究、日本農芸化学会関東支部2010年度第1回支部例会、2010年7月、つくば
 12. 李載みん、本賢一、大西敦、永峰俊弘、田之

- 倉優、長澤寛道、永田宏次、松本正吾、害虫の繁殖抑制に応用可能なリガンドと受容体膜タンパク質の機能解析：フェロモン産生関連分子の遺伝子および機能解析、平成 21 年度ターゲットタンパク研究プログラム公開シンポジウム「ターゲットタンパク研究から見える未来 3」、2010 年 3 月、東京
13. 河合岳志、J. J. Hull、松本正吾、永田宏次、田之倉優、長澤寛道、PBAN の C 末端ペプチド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、2010 年 3 月、東京
 14. 李載みん、J. J. Hull、永田宏次、田之倉優、長澤寛道、松本正吾、PBAN 受容体 (PBANR) のアイソフォーム解析とその安定形質転換細胞の作出、日本農芸化学会 2010 年度大会、2010 年 3 月、東京
 15. 大西敦、加治美里、橋本佳奈、松本正吾、ボンビコール生合成経路に関与するアシル輸送タンパク質 (ACP) の機能解析、日本農芸化学会 2010 年度大会、2010 年 3 月、東京
 16. 本賢一、李載みん、栗原政明、永田宏次、田之倉優、長澤寛道、松本正吾、アワヨトウ性フェロモン生合成に関わるアシル基還元酵素遺伝子の単離、日本農芸化学会 2010 年度大会、東京、2010.3
 17. 永田宏次、長澤寛道、松本正吾、田之倉優、害虫の繁殖抑制に応用可能な性フェロモン生合成関連ペプチドとタンパク質の構造機能解析、第 82 回日本生化学会大会、2009 年 10 月、神戸
 18. Matsumoto S., Hull J. J., Lee J. M., and Ohnishi A.: Molecular mechanisms underlying sex pheromone production in moths: Essential components involved in the intracellular PBAN signal transduction cascade. 5th Asia Pacific Conference on Chemical Ecology, October 26-30, 2009, Honolulu, USA
 19. 永田宏次、岡田晃季、河合岳志、大塚淳、J. J. Hull、本賢一、松本正吾、長澤寛道、田之倉優、カイコガ性フェロモン生合成活性化神経ペプチド (PBAN) の活性型立体構造の解析、第 9 回日本蛋白質科学会年会、2009 年 5 月、熊本
 20. 松本正吾、ガ類性フェロモン産生の分子機構に関する生物有機化学的研究、日本農芸化学会 2009 年度大会、2009 年 3 月、福岡
 21. 本賢一、栗原政明、李載みん、永田宏次、長澤寛道、松本正吾、アワヨトウ性フェロモン生合成に関わる脂肪酸不飽和化酵素、日本農芸化学会 2009 年度大会、2009 年 3 月、福岡
 22. 李載みん、J. J. Hull、本賢一、大西敦、永田宏次、長澤寛道、松本正吾、カイコガ PBAN 受容体 (PBANR) アイソフォームの同定とその遺伝子発現解析、日本農芸化学会 2009 年度大会、2009 年 3 月、福岡
 23. 永田宏次、岡田晃季、河合岳志、大塚淳、J. J. Hull、本賢一、松本正吾、長澤寛道、田之倉優、カイコガ性フェロモン生合成活性化神経ペプチド (PBAN) の環状アゴニストの NMR 構造解析、日本農芸化学会 2009 年度大会、2009 年 3 月、福岡
 24. 加治美里、大西敦、松本正吾、カイコガフェロモン腺発現遺伝子が脂肪滴の形成・分解に与える影響、日本農芸化学会 2009 年度大会、2009 年 3 月、福岡
 25. 大西敦、橋本佳奈、今井清博、松本正吾、カイコガフェロモン腺で発現する脂肪酸輸送タンパク質 (FATP) の機能解析、日本農芸化学会 2009 年度大会、2009 年 3 月、福岡
 26. 河合岳志、J. J. Hull、松本正吾、永田宏次、田之倉優、長澤寛道、PBAN および類縁体の昆虫細胞を用いたアゴニスト活性試験、日本農芸化学会 2009 年度大会、2009 年 3 月、福岡
 27. 河合岳志、J. J. Hull、松本正吾、永田宏次、田之倉優、長澤寛道、フェロモン生合成活性化神経ペプチドの構造活性相関に関する研究、日本農薬学会第 34 回大会、2009 年 3 月、東京
 28. 松本正吾、ガ類昆虫の性フェロモン生合成を促す神経ホルモン PBAN の細胞内シグナリング、日本農芸化学会 2009 年度大会、2009 年 3 月、福岡
 29. 本賢一、李載みん、大西敦、J. J. Hull、長澤寛道、永田宏次、松本正吾、害虫の繁殖抑制に応用可能なリガンドと受容体膜タンパク質の構造・機能解析—ガ類昆虫の性フェロモン産生関連遺伝子の単離と機能解析—、平成 20 年度ターゲットタンパク研究プログラム公開シンポジウム「ターゲットタンパク研究プログラムから見える未来-2」、2009 年 1 月、東京
 30. 河合岳志、杉坂亜里沙、J. J. Hull、本賢一、松本正吾、永田宏次、田之倉優、長澤寛道、Development of a Novel Bioassay System for Pheromone Biosynthesis-Activating Neuropeptide (PBAN) Using the *Bombyx* PBAN Receptor Expressed in Insect Cells、第 45 回ペプチド討論会、2008 年 10 月、東京
 31. 岡田晃季、河合岳志、杉坂亜里沙、大塚淳、J. J. Hull、本賢一、松本正吾、長澤寛道、永田宏次、田之倉優、Structural Analysis of the Active and Inactive Fragments of Pheromone Biosynthesis-Activating Neuropeptide (PBAN) from the silkmoth *Bombyx mori*、第 45 回ペプチド討論会、2008 年 10 月、東京
 32. Matsumoto S., Hull J. J., and Ohnishi A.: Molecular mechanisms underlying PBAN signaling in the silkmoth, *Bombyx mori*. 24th European Conference of European

Comparative Endocrinologists,
September 2-6, 2008, Genoa, Italy

33. 岡田晃季、永田宏次、高橋美穂子、河合岳志、杉坂亜里沙、J. J. Hull、本賢一、松本正吾、長澤寛道、田之倉優、カイコガ性フェロモン生合成活性化神経ペプチド(PBAN)のNMR構造解析,第8回日本蛋白質科学会年会、2008年6月、東京
34. 大西敦、橋本佳奈、今井清博、松本正吾、ボンビコール生合成経路に関与するリパーゼの解析、日本農芸化学会 2008 年度大会、2008年3月、名古屋

[産業財産権]

○取得状況 (計1件)

名称： 脂肪酸不飽和化酵素
発明者： 松本正吾、本賢一、高橋俊哉
権利者： 独立行政法人理化学研究所
種類： 特許権
番号： 特許第 4653408 号
取得年月日： 平成 22 年 12 月 24 日
国内外の別： 国内

[その他]

ホームページ等

<http://www.riken.jp/r-world/research/lab/wako/entomology/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松本 正吾 (MATSUMOTO SHOGO)
独立行政法人理化学研究所・松本分子昆虫学
研究室・主任研究員
60134516

(2) 研究分担者

大西 敦 (OHNISHI ATSUSHI)
独立行政法人理化学研究所・松本分子昆虫学
研究室・協力研究員
50342762