

## 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 5 月 14 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究（B）一般

研究期間：2009～2011

課題番号：21370025

研究課題名（和文）脳ペプチドによる摂食行動の脳制御機構とその進化プロセスの解明

研究課題名（英文）Neuroendocrine control of feeding behavior by neuropeptides in fish and its evolutionary modeling

研究代表者

松田 恒平（MATSUDA KOUHEI）

富山大学・大学院理工学研究部（理学）・教授

研究者番号：60222303

研究成果の概要（和文）：摂食行動は、視床下部や脳幹部に発現する多数の脳ペプチドによって促進的あるいは抑制的に制御されていることが哺乳類を用いた研究により判明してきた。しかしながら、摂食行動の複雑な調節を司る神経機構の進化の過程における変遷については、殆ど判っていない。本研究は、キンギョ、ゼブラフィッシュ、トラフグおよびウシガエルにおける摂食行動の制御機構を明らかにすること、および得られた知見と他の動物における制御機構とを比較検討して、摂食行動の脳制御機構の進化プロセスを考察することを目的とした。本研究では、魚類の摂食行動が生殖や情動行動に関わる脳ペプチドの影響も強く受けながら調節されることを初めて見出した。哺乳類や鳥類の調節機構と大きく異なる機構の存在も見出され、摂食調節の脳制御機構が進化的に変遷してきた可能性が示された。

研究成果の概要（英文）：The regulation of feeding behavior in animals are important for survival. The regulation of feeding behavior is a complex phenomenon involving the interaction of the central and peripheral nervous systems and neuroendocrine system. The aim of our research is to understand the evolutionary background of the neuropeptide-regulated system of feeding behavior in fish. Our studies revealed that not only feeding behavior but also psychomotor activity and/or emotional and reproductive behaviors are affected by several of neuropeptides. These results could provide insights into the role of instinct-regulating neuropeptides for vertebrates in general.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	9,300,000	2,790,000	12,090,000
2010 年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2011 年度	2,700,000	810,000	3,510,000
年度			
年度			
総計	14,900,000	4,470,000	19,370,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・形態・構造

キーワード：魚類、摂食行動、神経ペプチド、脳室内投与、神経関連、神経回路、本能行動、進化

## 1. 研究開始当初の背景

動物にとって摂食行動は、生命を維持する上で最も重要な本能行動である。最近、哺乳類と鳥類を用いた研究により、本能行動の中核である間脳視床下部に発現する脳ペプチドが摂食行動の調節に重要な役割を演じ、さ

らに生殖や情動を制御する脳ペプチドも摂食行動に関わることが判明してきた。しかしながら、種々の脳ペプチドが如何に連関して摂食行動を制御するのかに関する知見は乏しい。さらに、摂食行動の複雑な脳制御機構とその進化における変遷過程を示唆できる

情報も希薄である。我々は、キンギョ、ゼブラフィッシュ、トラフグおよびウシガエルを用いた実験解析により、種々の脳ペプチドの相互作用が摂食行動を最適化する可能性を見出した。また、これら動物における脳ペプチドの作用が哺乳類や鳥類における作用と異なることも明らかにした。具体的には次のとおりの研究背景のもとで研究を進めた。摂食行動は生命の維持と個体の諸活動を支えるエネルギー獲得のため最も重要な本能行動である。最近、哺乳類と鳥類を用いた研究により、本能行動の中枢である間脳視床下部に発現する種々の脳ペプチドが摂食行動の制御に重要な役割を担っていることが判明してきた。例えば、摂食行動は視床下部に発現する摂食亢進および摂食抑制ペプチドによる調節を受けるだけではなく、生殖機能や情動を制御する脳ペプチドの影響も強く受けることが見出されてきた。我々は、モデル魚種のキンギョを用いて、摂食行動に及ぼす脳ペプチドの影響に関する研究を進め、脳ペプチドは摂食行動のみならず自発行動や生殖行動にも影響を与えることを明らかにした。これらの新知見は、様々な脳ペプチドの相互作用が摂食行動の最適化に機能する可能性を示唆する。しかしながら、これらの脳ペプチドが如何に連関して摂食行動を制御・最適化するのかは不明である。また、メラニン凝集ホルモンは、黒色素胞刺激ホルモンのシグナル伝達システムを介して摂食行動を抑制することを見出したが、これは哺乳類や鳥類における機構とは全く異なる。魚類の機構を探ることは当該動物の摂食行動の制御機構を理解するだけに止まらず、脳の機能進化における変遷過程を辿りながら、我々人間における摂食行動の複雑な脳制御機構をより詳細に理解するための有益な情報をもたらすカッティングエッジともなる。しかしながら、キンギョで得られた知見をそのまま魚類に一般化することはできず、また、脳ペプチドによる摂食行動の脳制御機構の進化における変遷過程を示唆できる情報も非常に希薄であった。

## 2. 研究の目的

本研究は、(I) 魚類の摂食行動に及ぼす脳ペプチドの影響を探り、魚類における制御機構を解明すること、および (II) 魚類より得られる知見と哺乳類および鳥類における知見とを比較検討して、脳ペプチドによる摂食行動の制御機構の進化プロセスを明らかにすることの2点を大きな研究目的とした。そのため主な研究項目は、次のとおりである。

- (A) 脳ペプチド類の生理学・薬理的解析。
- (B) 脳ペプチドおよび受容体遺伝子の同定と発現解析。(C) 脳ペプチドおよび受容体発現ニューロンの同定。(D) 脳ペプチド含有ニューロンの神経回路網の3次元解析。(E) 哺乳類および鳥類における脳制御機構との比較検討および進化プロセスの解明。まず、モデル魚種のキンギョおよびゼブラフィッシュを用いて項目〔(A)～(E)〕を進め、次いでこれらのモデル魚種の解析より得られた知見を基に養殖魚種のトラフグやウシガエルを用いて項目〔(A)～(E)〕を実施した。

## 3. 研究の方法

申請者らがこれまでの研究で扱ってきた、摂食行動促進作用を有するペプチド〔神経ペプチドY (NPY)、オレキシン、グレリン、メ

ラニン凝集ホルモン (MCH)〕と、摂食行動抑制効果を発揮するペプチド〔下垂体アデニル酸シクラーゼ活性化ポリペプチド (PACAP)、血管作動性腸ペプチド (VIP)、コルチコトロピン放出ホルモン (CRH)、黒色素胞刺激ホルモン (MSH)、オクタデカニューロペプチド (ODN)〕を研究対象として、次の各研究項目の解析を進めた。

### (A) 摂食制御ペプチド類の生理学・薬理的解析

脳室内に試験物を投与して、その後の行動の変化過程を追跡した。

### (B) 摂食制御ペプチドおよび受容体遺伝子の同定と発現解析

合成ペプチドの作成および各ペプチドと受容体mRNAの発現解析を行うため、ペプチド遺伝子と受容体遺伝子の同定とクローニングを行った。

### (C) 摂食制御ペプチドおよび受容体発現ニューロンの同定

各種ペプチドに対する特異抗体によって免疫組織化学的にキンギョ脳のペプチド作動性ニューロンの分布局在を精査した。

### (D) ニューロンネットワークの3次元解析

摂食制御ペプチドおよび受容体の分布局在を共焦点レーザー顕微鏡によりさらに精査して、摂食制御機構を担うペプチド作動性ニューロン群の神経回路網を形態学的に探った。

### (E) 哺乳類および鳥類における摂食制御機構との比較検討および摂食制御機構の進化モデルの構築

哺乳類と鳥類における摂食制御ペプチドの機能に係る最新知見を各種データベースより抽出して、得られた哺乳類・鳥類情報と、上記の研究項目 (A)～(D) で得られたキンギョにおける摂食制御機構に関する情報とを比較した。

### (F) 産業重要魚種や両生類の摂食制御機構の解明

上記の研究過程で得られたキンギョとゼブラフィッシュにおける基礎知見に基づいて、産業重要魚種であるトラフグと両生類ウシガエルの摂食制御機構を明らかにすることを試みた。

## 4. 研究成果

### (A) 摂食制御ペプチド類の生理学・薬理的解析

(1) キンギョの脳室内に試験ペプチドあるいはペプチドの作動薬および阻害薬を投与して摂食行動と摂食に付随した運動(個体の自発運動量)の変化を観察した。

(2) (1)の実験結果から試験ペプチドの相乗効果および拮抗作用を調べて、各ペプチドの機能的関係を明らかにした。

### (B) 摂食制御ペプチドおよび受容体遺伝子の同定と発現解析

(1) キンギョ由来ペプチドの合成と遺伝子特異的プライマーを作成した。合成したペプチドは研究項目 (A) に用いた。プライマーはリアルタイムPCR法によるmRNA発現量の定量的解析に用いた。

(2) キンギョのデータベースに情報がないペプチド (MCH) と受容体 (グレリン受容体、MCH受容体) のcDNAクローニングを行い、全塩基配列を決定した。次いで合成ペプチドと遺伝子特異的プライマーを作成した。

(3) 摂食制限および過剰摂食条件下で飼育

したキンギョより脳を摘出して、脳内における摂食制御ペプチドおよび受容体mRNAの発現量を定量的に測定して、摂食と遺伝子発現との関係を探った。

(C) 摂食制御ペプチドおよび受容体発現ニューロンの同定

(1) キンギョ由来ペプチドと特異的に反応する抗体を用いて、蛍光抗体法による観察を行った。

(2) 特異抗体のないペプチド (グレリン) をウサギ、モルモットに免疫注射して特異抗体を作成した。

(D) ニューロンネットワークの3次元解析

(1) 研究項目 (C) の抗体をキンギョ脳のパラフィン切片あるいは新鮮凍結切片上で反応させた。次いで蛍光色素標識2次抗体とそれぞれ、反応させることにより同一切片上で3重免疫蛍光染色を行った。組織学的観察には、3種類の励起光レーザーを照射した共焦点観察と画像処理を逐次実施して、ペプチド作動性ニューロン群の連関を3次元画像として可視化した。

(E) 哺乳類および鳥類における摂食制御機構との比較検討および摂食制御機構の進化モデルの構築

(1) 哺乳類と鳥類における摂食制御ペプチド類の作用機序および相互の機能的関係と、キンギョにおける摂食制御ペプチド類の作用機序と機能的関係を比較して異同を調べた。

(2) 哺乳類と鳥類におけるペプチド作動性ニューロン群のネットワークとキンギョにおけるネットワークとを形態学的に比較して異同を調べた。

(3) 脊椎動物の摂食制御機構の進化モデルを構築するため、哺乳類・鳥類とキンギョの摂食制御機構をそれぞれ模式化した。

(F) 産業重要魚種の摂食制御機構の解明

得られたキンギョとゼブラフィッシュにおける基礎知見に基づいて、産業重要魚種であるトラフグと両生類ウシガエルの摂食制御機構を明らかにすることを試みた。これらの動物において脳ペプチドが摂食行動を調節することが初めて明らかとなった。

## 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 39 件)

1. Azuma, M., Wada, K., Leprince, J., Tonon, M. C., Uchiyama, M., Takahashi, A., Vaudry, H., and Matsuda, K. (2012). The octadecaneuropeptide ODN stimulates somatolactin release from cultured goldfish pituitary cells. **J. Neuroendocrinol.** Submitted
2. Kang, K. S., Azuma, M., Yahashi, S., and Matsuda, K. (2012). Differences in the anorexigenic action and mechanism of intraperitoneally-injected two spice compounds, trans-cinnamaldehyde and phenethyl isothiocyanate, in a goldfish model. **Appetite** submitted
3. Azuma, M., Suzuki, T., Mochida, H., Tanaka, S., Uchiyama, M., Takahashi, A., and Matsuda, K. (2012). Polymorphism of somatolactin-producing cells in the goldfish pituitary: immunohistochemical investigation of somatolactin-a and -b. **Cell Tissue Res** in press
4. Yokobori, E., Azuma, M., Nishiguchi, R., Kang, K. S., Uchiyama, M., and Matsuda, K. (2012). Neuropeptide Y stimulates food intake in the zebrafish, *Danio rerio*. **J. Neuroendocrinol.** 24, 766-773.
5. Yahashi, S., Kang, K. S., Kaiya, H., and Matsuda, K. (2012). GHRP-6 mimics ghrelin-induced stimulation of food intake and suppression of locomotor activity in goldfish. **Peptides** 34, 324-328.
6. Kang, K. S., Yahashi, S., and Matsuda, K. (2011). Central and peripheral effects of ghrelin on energy balance, food intake and lipid metabolism in teleost fish. **Peptides** 32, 2242-2247.
7. Kamijo, M., Kojima, K., Maruyama, K., Konno, N., Motohashi, E., Ikegami, T., Uchiyama, M., Shioda, S., Ando, H., Matsuda, K. (2011). Neuropeptide Y in tiger puffer (*Takifugu rubripes*): distribution, cloning, characterization and mRNA expression responses to prandial condition. **Zool. Sci.** 28, 882-890.
8. Morimoto, N., Hashimoto, K., Okada, R., Mochida, H., Uchiyama, M., Kikuyama, S., Matsuda, K. (2011). Inhibitory effect of corticotropin-releasing factor on food intake in the bullfrog, *Aquarana catesbeiana*. **Peptides** 32, 1872-1875.
9. Kang, K. S., Yahashi, S., Azuma, M., Sakashita, A., Shioda, S., Matsuda, K. (2011). Effect of intraperitoneal injection of curcumin on food intake in a goldfish model. **J. Mol. Neurosci.** 45, 172-176.
10. Kang, K. S., Yahashi, S., and Matsuda, K. (2011). The effects of ghrelin on energy balance and psychomotor activity in a goldfish model: an overview. **Int. J. Pept.** Article ID 171034, 9 pages (doi:10.1155/2011/171034).
11. Yokobori, E., Kojima, K., Azuma, M., Kang, K. S., Maejima, S., Uchiyama, M., and Matsuda, K. (2011). Stimulatory effect of intracerebroventricular administration of orexin A on food intake in the zebrafish, *Danio rerio*. **Peptides** 32, 1357-1362.
12. Uchiyama, M., Kumano, T., Komiyama, M., Yoshizawa, H., and Matsuda, K. (2011). Immunohistological classification of ionocytes in the external gills of larval Japanese black salamander, *Hynobius nigrescens* Stejneger. **J. Morphol.** 272, 1017-1024.
13. Matsuda, K., Wada, K., Azuma, M., Leprince, J., Tonon, M. C., Sakashita, A., Maruyama, K., Uchiyama, M., Vaudry, H. (2011). The octadecaneuropeptide (ODN) exerts an anxiogenic-like action in goldfish. **Neuroscience** 181, 100-108.
14. Maruyama, K., Kaiya, H., Miyazato, M., Konno, N., Wakasugi, T., Uchiyama, M., Shioda, S., Murakami, N., Matsuda, K. (2011). Isolation and characterization of two cDNAs encoding neuromedin U receptor from goldfish brain. **J. Neuroendocrinol.** 23, 282-291.
15. Matsuda, K., Kang, K. S., Sakashita, A., Yahashi, S., Vaudry, H. (2011). Behavioral effect of neuropeptides related to feeding regulation in fish. **Ann. N. Y. Acad. Sci.** 1220, 117-126.
16. Tanii, I., Aradate, T., Fuse, H., Matsuda, K., Komiyama, A. (2011). PACAP-mediated

- sperm-cumulus cell interaction promotes fertilization. **Reproduction** 141, 163-171.
17. Kang, K. S., Yahashi, S., Matsuda, K. (2011). Effect of the *N*-methyl-D-aspartate receptor antagonist on locomotor activity and cholecystokinin-induced anorexigenic action in a goldfish model. **Neurosci. Lett.** 488, 238-241.
  18. Uchiyama, M., Kumano, T., Konno, N., Yoshizawa, H., Matsuda, K. (2011). Ontogeny of ENaC expression in the gills and the kidney of the Japanese black salamander *Hynobius nigrescens*. **J. Exp. Zool. Part B** 316B, 135-145.
  19. Kang, K. S., Shimizu, K., Azuma, M., Ui, Y., Nakamura, K., Uchiyama, M., Matsuda, K. (2011). Gonadotropin-releasing hormone II (GnRH II) mediates the anorexigenic actions of  $\alpha$ -melanocyte-stimulating hormone ( $\alpha$ -MSH) and corticotropin-releasing hormone (CRH) in goldfish. **Peptides** 32, 31-35.
  20. Kang, K. S., Yahashi, S., Azuma, M., Matsuda, K. (2010). The anorexigenic effect of cholecystokinin octapeptide in a goldfish model is mediated by the vagal afferent and subsequently through the melanocortin- and corticotropin-releasing hormone-signaling pathways. **Peptides** 31, 2130-2134.
  21. Kaiya, H., Miura, T., Matsuda, K., Miyazato, M., Kangawa, K. (2010). Two functional growth hormone secretagogue receptor (ghrelin receptor) type 1a and 2a in goldfish (*Carassius auratus*). **Mol. Cell. Endocrinol.** 327, 25-39.
  22. Maejima, S., Konno, N., Matsuda, K., Uchiyama, M. (2010). Central angiotensin II stimulates cutaneous water intake behavior via angiotensin II type-1 receptor pathway in the Japanese tree frog, *Hyla japonica*. **Horm. Behav.** 58, 457-464.
  23. Matsuda, K., Morimoto, N., Hashimoto, K., Okada, R., Mochida, H., Uchiyama, M., and Kikuyama, S. (2010). Changes in the distribution of corticotropin-releasing factor (CRF)-like immunoreactivity in the larval bullfrog brain and the involvement of CRF in the cessation of food intake during metamorphosis. **Gen. Comp. Endocrinol.** 168, 280-286.
  24. Konno, N., Kurosawa, M., Kaiya, H., Miyazato, M., Matsuda, K., Uchiyama, M. (2010). Molecular cloning and characterization of V2-type receptor in two ray-finned fish, gray bichir, *Polypterus senegalus* and medaka, *Oryzias latipes*. **Peptides** 31, 1273-1279.
  25. Matsuda, K., Kojima, K., Wada, K., Maruyama, K., Leprince, J., Tonon, M. C., Uchiyama, M., and Vaudry, H. (2010). The anorexigenic action of the octadecaneuropeptide ODN in goldfish is mediated through the MC4R- and subsequently the CRH receptor-signaling pathways. **J. Mol. Neurosci.** 42, 74-79.
  26. Kojima, K., Amiya, N., Kamijo, M., Kageyama, H., Uchiyama, M., Shioda, S., and Matsuda, K. (2010). Relationship between  $\alpha$ -melanocyte-stimulating hormone- and neuropeptide Y-containing neurons in the goldfish hypothalamus. **Gen. Comp. Endocrinol.** 167, 366-372.
  27. Konno, N., Hyodo, S., Yamaguchi, Y., Matsuda, K., and Uchiyama, M. (2010). Vasotocin/V2-type receptor/aquaporin axis exists in african lungfish kidney but is functional only in terrestrial condition. **Endocrinology** 151, 1089-1096.
  28. Kaiya, H., Kodama, S., Ishiguro, K., Matsuda, K., Uchiyama, M., Miyazato, M., and Kangawa, K. (2009). Ghrelin-like peptide with fatty acid modification and *O*-glycosylation in the red stingray, *Dasyatis akajei*. **BMC Biochem.** 10:30, doi:10.1186/1471-2091-10-30
  29. Tanaka, M., Azuma, M., Nejigaki, Y., Saito, Y., Mizusawa, K., Uchiyama, M., Takahashi, A., Shioda, S., and Matsuda, K. (2009). Melanin-concentrating hormone reduces somatolactin release from cultured goldfish pituitary cells. **J. Endocrinol.** 203, 389-398.
  30. Maruyama, K., Wada, K., Ishiguro, K., Shimakura, S. I., Wakasugi, T., Uchiyama, M., Shioda, S., and Matsuda, K. (2009). Neuromedin U-induced anorexigenic action is mediated by the corticotropin-releasing hormone receptor-signaling pathway in goldfish. **Peptides** 30, 2483-2486.
  31. Matsuda, K., Kojima, K., Shimakura, S. I., and Takahashi, A. (2009). Regulation of food intake by melanin-concentrating hormone in fish. **Peptides** 30, 2060-2065.
  32. Mizusawa, K., Saito, Y., Wang, Z., Kobayashi, Y., Matsuda, K., and Takahashi, A. (2009). Molecular cloning and expression of 2 melanin-concentrating hormone receptors in goldfish. **Peptides** 30, 1990-1996.
  33. Azuma, M., Tanaka, M., Nejigaki, Y., Uchiyama, M., Takahashi, A., Shioda, S., and Matsuda, K. (2009). Pituitary adenylate cyclase-activating polypeptide induces somatolactin release from cultured goldfish pituitary cells. **Peptides** 30, 1260-1266.
  34. Matsuda, K. (2009). Recent advances in the regulation of feeding behavior by neuropeptides in fish. **Ann. N. Y. Acad. Sci.** 1163, 243-252.
  35. Matsuda, K., Kojima, K., Shimakura, S. I., Miura, T., Uchiyama, M., Shioda, S., Ando, H., and Takahashi, A. (2009). Relationship between melanin-concentrating hormone- and neuropeptide Y-containing neurons in the goldfish hypothalamus. **Comp. Biochem. Physiol. Mol. Integr. Physiol. Part A** 153, 3-7.
  36. Kojima, K., Kamijo, M., Kageyama, H., Uchiyama, M., Shioda, S., and Matsuda, K. (2009). Neuronal relationship between orexin-A- and neuropeptide Y-induced orexigenic actions in goldfish. **Neuropeptides** 43, 63-71.
  37. Konno, N., Hyodo, S., Yamaguchi, Y., Kaiya, H., Miyazato, M., Matsuda, K., and Uchiyama, M. (2009). African lungfish, *Protopterus annectens*, possess an arginine vasotocin receptor homologous to the tetrapod V2-type receptor. **J. Exp. Biol.** 212, 2183-2193.
  38. Uchiyama, M., Kikuchi, R., Konno, N., Wakasugi, T., and Matsuda, K. (2009). Localization and regulation of a facilitative urea transporter in the kidney of the red-eared slider *Trachemys scripta*. **J. Exp. Biol.** 212, 249-256.
  39. Miura, T., Maruyama, K., Kaiya, H.,

Miyazato, M., Kangawa, K., Uchiyama, M., and Matsuda, K. (2009). Purification and properties of ghrelin from the intestine of goldfish, *Carassius auratus*. *Peptides* 30, 758-765.

[学会発表] (計 127 件)

1. Matsuda, K., and Vaudry, H. NEUROENDOCRINE CONTROL OF FEEDING AND EMOTIONAL BEHAVIORS BY NEUROPEPTIDES IN GOLDFISH. 7th Congress of the Asia and Oceania Society for Comparative Endocrinology (AOSCE). 2012年3月3-7日, Kuala Lumpur, Malaysia
2. Konno N., Hanatachi M., Matsuda K., and Uchiyama M. CLINICAL EXPOSURE TO LOW-LEVEL CADMIUM INFLUENCED EXPRESSION OF VARIOUSHORMONE GENES IN THE EARLY DEVELOPMENT OF *Xenopus laevis*. 7th Congress of the Asia and Oceania Society for Comparative Endocrinology (AOSCE). 2012年3月3-7日, Kuala Lumpur, Malaysia
3. Takahashi, A., and Kobayashi, Y. Effect of melanocortin systems on pigment dispersion in fish chromatophores: deciphering the roles of the acetyl group in  $\alpha$ -melanocyte-stimulating hormone. 7th Congress of the Asia and Oceania Society for Comparative Endocrinology (AOSCE). 2012年3月3-7日, Kuala Lumpur, Malaysia
4. Mizusawa, K., Amiya, N., Yamaguchi, Y., Takabe, S., Amano, M., Hyodo, S., and Takahashi, A. The MCH system of shark is more closely related to the MCH system of mammals than that of teleosts. 7th Congress of the Asia and Oceania Society for Comparative Endocrinology (AOSCE). 2012年3月3-7日, Kuala Lumpur, Malaysia
5. Azuma, M., Konno, N., Uchiyama, M. and Matsuda, K. Somatolactin release from cultured goldfish pituitary cells is regulated by PACAP and MCH. The 7th International Symposium on VIP, PACAP and Related peptides. 2011年12月, Eilat, Israel
6. Matsuda, K., Azuma, M., Konno, N. and Uchiyama, M. PACAP regulates two types of somatolactin (SL) gene expression, and polymorphism of SL-producing cells in the goldfish pituitary. The 7th International Symposium on VIP, PACAP and Related peptides. 2011年12月, Eilat, Israel
7. 水澤寛太, 荒井洸介, 笠木聡, 深見亜耶, 安藤忠, 長谷川英一, 渡部俊広, 高橋明義 マツカワ網膜オプシンの成長にともなう発現変動平成 24 年度日本水産学会春季大会 2012年3月27日, 東京
8. 今坂宏章, 東 森生, 内山 実, 高橋明義, Jérôme Leprince, marie-Christine Tonon, Hubert Vaudry, 松田恒平 キンギョ脳内の ODN 産生細胞の特徴付けと ODN の向下垂体作用 第 36 回日本比較内分泌学会大会 2011年11月23日-26日, 東京
9. 矢橋里和, 姜 奇成, 東 森生, 三浦 徹, 内山 実, 松田恒平 キンギョの自発遊泳行動及びエネルギー代謝に関するグレリン受容体の検討 36 回日本比較内分泌学会大会 2011年11月23日-26日, 東京
10. 坂下 敦, 柴田治希, 今野紀文, 内山 実, 松田恒平 キンギョの情動行動に及ぼす NPY の影響 第 36 回日本比較内分泌学会大会 2011年11月23日-26日, 東京
11. 清水駿介, 東 森生, 森本憲明, 橋本宗祐, 今野紀文, 内山 実, 松田恒平 ウシガエル幼生の摂食行動に及ぼす神経ペプチド Y の影響 第 36 回日本比較内分泌学会大会 2011年11月23日-26日, 東京
12. 松田恒平, 森本憲明, 橋本宗祐, 岡田令子, 持田 弘, 内山 実, 菊山 榮 ウシガエル成体の摂食行動に及ぼすコルチコトロピン放出因子の抑制的影響 第 36 回日本比較内分泌学会大会 2011年11月23日-26日, 東京
13. 東 森生, 今野紀文, 田中滋康, 持田 弘, 内山 実, 松田恒平 キンギョ下垂体におけるソマトラクチン産生細胞の多型性 第 36 回日本比較内分泌学会大会 2011年11月23日-26日, 東京
14. 藤井優哉, 松田恒平, 内山 実, 今野紀文 ツメガエルの脊髄に存在する神経分泌細胞の探索 第 36 回日本比較内分泌学会大会 2011年11月23日-26日, 東京
15. 前嶋 翔, 今野紀文, 松田恒平, 内山 実 無尾両生類アマガエルにおける TRPV チャネル遺伝子の同定と特徴づけ 第 36 回日本比較内分泌学会大会 2011年11月23日-26日, 東京
16. 木次祐介, 松田恒平, 内山 実, 今野紀文 ツメガエルの個体発生におけるカルバミルリン酸合成酵素 1 (CPS1) の発現制御機構 第 36 回日本比較内分泌学会大会 2011年11月23日-26日, 東京
17. 宮岸佳奈, 海谷啓之, 山口陽子, 兵藤 晋, 松田恒平, 内山 実, 今野紀文 メダカにおける新規バソトシン受容体 (V1c/V4R) の特徴づけ 第 36 回日本比較内分泌学会大会 2011年11月23日-26日, 東京
18. 水澤寛太, 阿見彌典子, 山口陽子, 高部宗一郎, 天野勝文, 兵藤晋, 高橋明義軟骨魚類におけるメラニン凝集ホルモンの機能 第 36 回日本比較内分泌学会大会 2011年11月23日-26日, 東京
19. 高橋明義, 城本剛志, 浅尾麻未, 小林勇喜, 千葉洋明, 水澤寛太, メラノトロピン ( $\alpha$ -MSH) の活性発現に対するアミノ末端アセチル化と受容体分子の関係 第 36 回日本比較内分泌学会大会 2011年11月23日-26日, 東京
20. 高橋明義, 小林勇喜黒色素刺激ホルモン~魚類における構造と機能の多様性第 84 回日本生化学会大会シンポジウム 生理活性ペプチドの構造・機能と生物多様性 2011年9月23日, 京都
21. 栗栖亮, 石塚光, 小林勇喜, 山野目健, 水澤寛太, 千葉洋明, 高橋明義 サクラマスにおけるメラニン凝集ホルモン遺伝子発現に対する水槽色の効果 平成 23 年度日本水産学会秋季大会 2011年9月30日, 長崎
22. 石塚光, 栗栖亮, 小林勇喜, 山野目健, 水澤寛太, 千葉洋明, 高橋明義 サクラマスの海水適応におけるメラニン凝集ホルモンの関与平成 23 年度日本水産学会秋季大会 2011年9月30日, 長崎
23. 阿見彌典子, 瀬戸悠生, 天野勝文, 高橋明義, 安藤忠魚類オレキシンの時間分解蛍光免疫測定法の確立とマツカワへの応用 平成 23 年度日本水産学会秋季大会 2011年9月30日, 長崎
24. 清水佳菜子, 姜 奇成, 東 森生, 宇井勇太, 中村耕大, 内山 実, 松田恒平 キンギョにおいて  $\alpha$ -MSH および CRH の摂食抑制作用は GnRH2 情報伝達経路を辿る 日本動物学会第 82 回大会 2011年9月21日-23日旭川
25. 東 森生, 今野紀文, 高橋明義, 松田恒平 キンギョ下垂体細胞における SL- $\alpha$  と SL- $\beta$  遺伝子発現に及ぼす PACAP の影響 日本動物学会第 82 回大会 2011年9月21日-23日旭川
26. 西口 諒, 東 森生, 横堀絵理, 小島健史, 内山 実, 松田恒平 セブラフィッシュの摂食行動に及ぼすオレキシンの脳室内

- 投与の影響 日本動物学会第 82 回大会  
2011 年 9 月 21 日-23 日旭川
27. 杉浦 駿, 垣内祐貴, 前嶋翔, 吉澤英樹, 松田恒平, 内山実 カニクイガエル幼生の海水適応における体液浸透圧調節 日本動物学会第 82 回大会 2011 年 9 月 21 日-23 日旭川
28. 内山実, 小宮山牧子, 上田雪絵, 吉澤英樹, 今野紀文, 松田恒平 岩礁性両生魚ヨダレカケの窒素代謝産物を利用した体液調節 日本動物学会第 82 回大会 2011 年 9 月 21 日-23 日旭川
29. 今江春香, 海谷啓之, 松田恒平, 内山実, 今野紀文 アフリカ肺魚における神経葉ホルモン受容体のクローニングと夏眠での発現変化 日本動物学会第 82 回大会 2011 年 9 月 21 日-23 日旭川
30. 今野紀文, 海谷啓之, 小池俊貴, 山口陽子, 兵藤晋, 松田恒平, 内山実 メダカで見つかった 7 種の神経葉ホルモン受容体の機能的特徴づけ 日本動物学会第 82 回大会 2011 年 9 月 21 日-23 日旭川
31. 阿見彌典子, 天野勝文, 高橋明義, 安藤忠魚類における脳内オレキシン時間分解蛍光免疫測定法の確立第 24 回北里大学バイオサイエンスフォーラム 2011 年 8 月 23 日, 相模原
32. 水澤寛太, 阿見彌典子, 山口陽子, 高部宗一郎, 堀田桃子, 兵藤晋, 高橋明義 アカシムクサメにおけるメラニン凝集ホルモン第 24 回北里大学バイオサイエンスフォーラム 2011 年 8 月 23 日, 相模原
33. 高橋明義, 浅尾麻未, 城本剛志, 西野佑哉, 小林勇喜, 水澤寛太 魚類の皮膚におけるメラノコルチンの活性と受容体の関係第 24 回北里大学バイオサイエンスフォーラム 2011 年 8 月 23 日, 相模原
34. 西口 諒, 東 森生, 横堀絵理, 小島健史, 内山 実, 松田恒平 セブラフィッシュの摂食行動に及ぼすオレキシン A の脳室内投与の影響 平成 23 年度日本動物学会中部支部大会 2011 年 7 月 30 日-31 日, 福井
35. 松田恒平 生殖・摂食・情動を司る神経ペプチドの機能解析: 本能行動の脳制御機構の進化プロセスの解明を目指して平成 23 年度日本動物学会中部支部大会 2011 年 7 月 30 日-31 日, 福井
36. 上田雪絵, 小宮山牧子, 吉澤英樹, 今野紀文, 松田恒平, 内山 実 岩礁海岸に生息するイソギンポ科 4 魚種の鰓構造とイオン輸送体の分布 平成 23 年度日本動物学会中部支部大会 2011 年 7 月 30 日-31 日, 福井
37. 花立 守, 松田恒平, 内山 実, 今野紀文 アフリカツメガエルの発生初期段階における塩化カドミウムの影響 平成 23 年度日本動物学会中部支部大会 2011 年 7 月 30 日-31 日, 福井
38. Hanatachi, M., Matsuda, M., Uchiyama, M. and Konno, N. アフリカツメガエルの発生初期段階における塩化カドミウム (CdCl<sub>2</sub>) の影響第 44 回日本発生生物学学会大会 2011 年 5 月, 沖縄
39. Kouhei Matsuda, Ki Sung Kang, Atsushi Sakashita, Satowa Yahashi, Morio Azuma, Jérôme Leprince, Marie-Christine Tonon, and Hubert Vaudry Behavioral effect of octadecanuropeptide and neuropeptide Y related to feeding regulation in goldfish 8th International Congress of Comparative Physiology and Biochemistry 2011 年 5 月 31 日-6 月 5 日, 名古屋
40. Morio Azuma, Norifumi Konno, Minoru Uchiyama, Akiyoshi Takahashi, and Kouhei Matsuda PACAP affects smomatolactin- $\alpha$  and - $\beta$  gene expression in cultured goldfish pituitary cells 8th International Congress of Comparative Physiology and Biochemistry

- 2011 年 5 月 31 日-6 月 5 日, 名古屋
41. Sho Maejima, Norifumi Konno, Kouhei Matsuda, and Minoru Uchiyama Central administration of Ang II and vasotocin, and changes in body fluid stimulate c-fos expression in the treefrog brain 8th International Congress of Comparative Physiology and Biochemistry 2011 年 5 月 31 日-6 月 5 日, 名古屋
42. Minoru Uchiyama, Makiko Komiyama, Norifumi Konno, Kouhei Matsuda, and Hideki Yoshizawa Effect of environmental change on the expression of urea cycle enzymes and nitrogen transporters in the amphibious fish 8th International Congress of Comparative Physiology and Biochemistry 2011 年 5 月 31 日-6 月 5 日, 名古屋
43. 松田恒平, 和田亘平, 東 森生, Jerome Leprince, Marie-Christine Tonon, 坂下 敦, 丸山圭介, 内山 実, Hubert Vaudry キンギョにおけるオクタデカニューロペプチドの中樞作用 下垂体研究会第 26 回学術集会 2011 年 8 月, 岡山
44. 東 森生, 今野紀文, 内山 実, 高橋明義, 松田恒平 PACAP によるキンギョ下垂体初代培養細胞の SL- $\beta$  遺伝子発現制御機構の解析 下垂体研究会第 26 回学術集会 2011 年 8 月, 岡山
- 他 83 件

[図書] (計 1 件)

1. Matsuda, K., Azuma, M., Kang, K. S. (2012). Effects of orexin on emotional and feeding behaviors in teleost fish. **Vitam. Horm.** 89, 341-361.

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)  
○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.sci.u-toyama.ac.jp/bio/kmatsuda.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

松田 恒平 (MATSUDA KOUHEI)  
富山大学・大学院理工学研究部・教授  
研究者番号: 6 0 2 2 2 3 0 3

### (2) 研究分担者

高橋 明義 (TAKAHASHI AKIYOSHI)  
北里大学・海洋生命科学部・教授  
研究者番号: 1 0 1 8 3 8 4 9  
安東 宏徳 (ANDO HIRONORI)  
新潟大学・理学部附属海実験所・准教授  
研究者番号: 6 0 2 2 1 7 3 4

### (3) 連携研究者

塩田 清二 (SHIODA SEIJI)  
昭和大学・医学部・教授  
研究者番号: 80102375  
古瀬 充宏 (FURUSE MITSUHIRO)  
九州大学・大学院農学研究院・教授  
研究者番号: 30209176