

平成22年6月6日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19590240
 研究課題名（和文） 血管平滑筋細胞の形質転換機構の解明—調節因子としてのマイクロRNAの関与—
 研究課題名（英文） Mechanism of transformation of vascular smooth muscle cell- MicroRNA as regulating factor
 研究代表者
 中村 彰男（NAKAMURA AKIO）
 群馬大学・大学院医学系研究科・講師
 研究者番号：30282388

研究成果の概要（和文）：マイクロRNA（miRNA）は遺伝子の転写後に mRNA に結合してその翻訳を制御していて、細胞分化や癌化に深く関わっていると考えられている。血管平滑筋細胞（VSMC）の二つの表現型（収縮型と増殖型）に関わる遺伝子調節に関してはよくわかっていない。我々は、血小板由来増殖因子（PDGF）とナトリウム酪酸塩（NaB）が VSMC の脱分化と分化を誘導できる事を見つけた。これらの薬剤により誘導した VSMC から miRNA を単離して、miRNA マイクロ DNA アレイによりそれぞれの表現型で発現が上昇する miRNA を網羅的に検索した。その結果、脱分化で顕著に発現が上昇する 3 種類の miRNA を発見した。それぞれに関して、詳細な解析をしたところ、2つの miRNA は脱分化を引き起こし、血管平滑筋細胞の細胞遊走能を促進する事がわかった。

研究成果の概要（英文）：The micro RNA (miRNA) of non-coding RNA bind to a target mRNA after transcription of the gene and restrain the translation. It has been clarified that this gene silencing mechanism is processed among various species from plant to mammalian widely. Especially, it is thought that miRNA plays an important role on the way of the cell differentiation. The regulation of gene expression for two phenotypes (contraction and proliferation) of vascular smooth muscle cell (VSMC) is not well known. We established that the platelet-derived growth factor (PDGF) and sodium butyrate (NaB) stimulated de-differentiation and differentiation of VSMC, respectively. The regulation of gene expression required for the above two phenotypic modulations is not well known. We found the up-regulated miRNA by using microarray from each two phenotype of VSMC to induce with these medicines. The two up-regulated miRNA according to the de-differentiation stimulated the cell migration.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

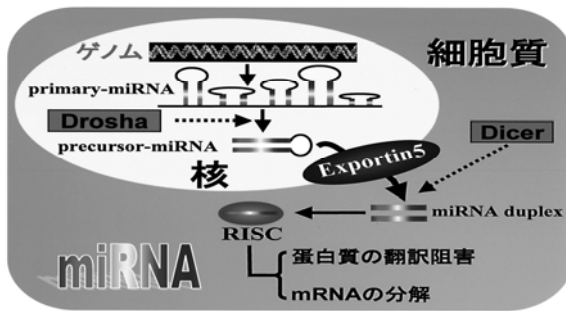
研究分野：分子生物学

科研費の分科・細目：基礎医学・薬理学一般

キーワード：血管平滑筋・細胞分化・脱分化・マイクロRNA・細胞遊走

1. 研究開始当初の背景

近年、我が国においては深刻な高齢化社会を迎えており、それに加えて食生活の欧米化などによる生活習慣の変化などの影響で、虚血性心疾患（狭心症や心筋梗塞）、脳血管障害、閉塞性動脈硬化症などの動脈硬化性疾患が増加している。この動脈硬化症の要因として、脂肪代謝の異常に伴う血管平滑筋の脱分化が注目されている。ところが、この動脈硬化症を引き起こす血管平滑筋細胞の形質転換の分子メカニズムに関してはいまだに良



くわかっていない。

ところが、ポストゲノム時代の到来の中、おおきな発見が相次いだ。その一つが蛋白質をコードしていない miRNA の発見である。miRNA は、非コード RNA で、下等生物から植物、ヒトに至るまで幅広く存在し、発生・分化・増殖など様々な生命システムを制行する現象に深く関与していることが解ってきた。これまでの研究から細胞の分化における miRNA の役割は大きく 2 つに分類される。ひとつは分化の障害となる蛋白質合成の抑制、つまり残存する mRNA の除去、もう一つは転写漏出の抑退による転写の抑制である。前者は RNA 干渉として知られている現象であり、分化に伴い不必要になった蛋白質の翻訳はこの機能により一掃される。後者は転写活性を促進する転写因子を抑制することにより上流でこれらの遺伝子発現を抑制するものである。miRNA の特徴はある特定の miRNA がいくつもの遺伝子に作用するという点である。そして、miRNA が細胞の癌化（脱分化）や分化におおきく関わっている事が明らかになってきた。

2. 研究の目的

血管組織は主に内皮細胞、平滑筋細胞、繊維芽細胞より形成されている。幹細胞から分化した血管平滑筋は血管の中膜を形成し、通常は血管収縮や弾力性などの機能を果たすが、この収縮型の血管平滑筋が形質転換により、収縮能のない脱分化（合成型）細胞に変化し、活発に増殖を繰り返しながら中膜から内膜へと遊走する。遊走した脱分化型平滑筋細胞はコレステロールを蓄積したマクロファージと共に血管内膜に蓄積する。最終的には動脈内膜に肥厚を形成し、その患部は動脈硬化症により狭窄そして閉塞する。ところ

が、この動脈硬化症を引き起こす血管平滑筋細胞の形質転換の分子メカニズムに関してはいまだに良くわかっていない。我々はこのメカニズムを明らかにするために血管平滑筋細胞を酪酸ナトリウム (NaB) や血小板成長因子 (PDGF-BB) を用いて分化・脱分化させることにより変動する miRNA の網羅的な解析とそれらの発現が細胞に与える影響に関して研究を行った。

3. 研究の方法

A. 血管平滑筋細胞の分化脱・分化：マウス血管平滑筋 (AC01) 細胞は血清を除去後、PDGF で刺激することにより増殖型の細胞へと脱分化させ、一方、NaB あるいは TGF- β では刺激することにより収縮型の平滑筋細胞へと分化させる。分化・脱分化への移行は Applied Biosystems 社製 7500 Fast Real-Time PCR System (本学共同利用機器センターに現有) にてリアルタイム PCR によりマーカー遺伝子 (α -Actin、h-カルデスモン、SM22 など) の発現の時間変化により確認する。

B. マイクロ RNA の網羅的遺伝子解析：AC01 細胞をそれぞれ NaB あるいは TGF- β および PDGF で分化・脱分化させた両細胞から全 RNA を抽出後、デスク型ポリアクリルアミド電気泳動装置を用いて miRNA を単離し Ambion 社の mirVana miRNA Bioarrays によりそれぞれの細胞で発現の異なる miRNA を検出する。検出した miRNA はパイオインフォマティクス手法にてターゲットの遺伝子を解析した。

C. マイクロ RNA の細胞内強制発現：AC01 細胞において上位 3 種類の PDGF により発現が誘導される miRNA をもとにデザインしたプラ



イマーを基にして pMIW-cGFP-zeo Vector に組み込み、Amaxa 社の Nucleofactor 遺伝子導入装置を用いて一過的にヒト正常血管平滑筋細胞 (HuSMC 細胞) に遺伝子導入する。miRNA を発現している HuSMC 細胞 (蛍光顕微鏡にて同定) はボイデンチャンバー法にて細胞遊走能を解析する。

4. 研究成果

当初の研究計画書に書かれた実験に関して、紙面が制限されていることと、この成果に関して特許出願がまだ出来ていない事で、全てのデータを記載できないので、割愛して一部のデータを報告する。

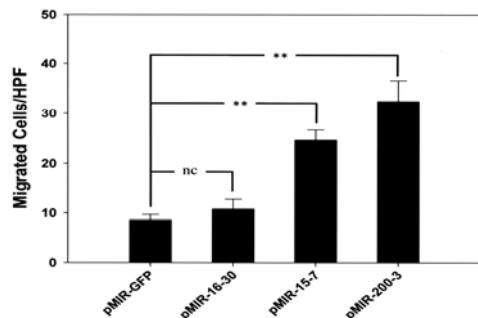
マウス AC01 細胞を NaB と PDGF により分化脱分化させた。これらの薬剤により誘導した細胞はリアルタイム PCR にて分化・脱分化しているか否かを α -Actin、h-カルデスモン、SM22 などマーカー蛋白質の遺伝子発現を解析することにより確かめた。そして分化・脱分化した細胞から、miRNA を抽出した。抽出

した miRNA は miRNA DNA Microarray チップにより網羅的な発現解析を行った。その結果、それぞれに表現型で 7 種類の発現がアップレギュレートする事を発見した。このうち脱分化に伴い発現が上昇する上位 3 つの miRNA に着目して Pre-miRNA 発現ができる pMIW-cGFP-zeo Vector にオリゴカセット法で miRNA 遺伝子を挿入し、ヒトの正常平滑筋細胞 (HuSMC) で一過的発現を試みた。

HuSMC 細胞への一過的発現は GFP を指標として蛍光顕微鏡で確認後、ボイデンチャンバ一法にて細胞遊走能について解析した。

図 1 で示すように mir15 と mir200 で導入

図 1 miRNAの一過的発現がヒト正常血管平滑筋細胞の遊走能に与える影響



HuSMC 細胞の細胞遊走能が上昇している事がわかった。これらの miRNA はバイオインフォマティクス解析の結果、平滑筋細胞のミオシン軽鎖キナーゼなど幾つかの重要なキヤン蛋白質をターゲットとしている可能性が示唆されている。そこで、今後これらの miRNA に関して更にその標的遺伝子に対する作用に関して詳細に検討する。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 11 件)

- Okada, C., Nakamura, A., Tomioka, S., Kohama, K., and Kaneko, T.S. "Phosphatase coincident with cessation of cytoplasmic streaming in *Physarum polycephalum*." *Cell Biol. Int.* impress, 2010 査読有
- Yoshiyama, S., Ishigami, M., Nakamura, A., and Kohama, K. "Calcium wave for cytoplasmic streaming of *Physarum polycephalum*." *Cell Biol. Int.* 34: 35-40, 2010 査読有
- Katayama, T., Watanabe, M., Tanaka, H., Hino, M., Miyakawa, T., Ohki, T., Ye, L-H., Xie, C., Yoshiyama, S., Nakamura, A., Ishikawa, R., Tanokura, M., Oiwa, K., Kohama, K. "Stimulatory effects of arachidonic acid on myosin ATPase activity and contraction of smooth muscle via myosin motor domain." *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 298: H1505-514, 2010 査読有
- Xie, C., Zhang, Y., Wang, H., Matsumoto, A., Nakamura, A., Ishikawa, R., Yoshiyama, S., Hayakawa, K., Kohama, K., and Gao, Y. "Calcium regulation of non-kinase and kinase activities of recombinant myosin light-chain kinase and its mutants." *IUBMB Life* 61: 1092-1098, 2009 査読有
- Wang, H-H., Nakamura, A., Matsumoto, A., Yoshiyama, S., Qin, X., Ye, L.H., Xe, C., Zhang, Y., Gao, Y., Ishikawa, R., Kohama, K. "Non-kinase Activity of MLCK in Elongated Filopodia Formation and Chemotaxis of Vascular Smooth Muscle Cells toward Sphingosylphosphorylcholine." *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 296: H1683-1693, 2009 査読有
- Nakamura, A. "The non-kinase activity of myosin light chain kinase in regulating smooth muscle contraction" *Nippon Yakurigaku Zasshi.* 133: 144-148, 2009 査読無
- Hijikata, T., Nakamura, A., Isokawa, K., Imamura, M., Yuasa K., Ishikawa, R., Kohama, K., Takeda, S., Yorifuji, H. "Plectin 1 links intermediate filaments to costameric sarcolemma through β -synemin, α -dystrobrevin and actin." *J. Cell Sci.* 121: 2062-2074, 2008 査読有
- Wang, H-H., Tanaka, H., Qin, X., Zhao, T., Ye, L., Okagaki, T., Katayama, T., Nakamura, A., Ishikawa, R., Thatcher, S., Wright, G., and Kohama, K. "Blebbistatin Inhibits the Chemotaxis of Vascular Smooth Muscle Cells through Breaking the Interaction between Myosin II and Actin." *J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 294: H2060-H2068, 2008 査読有
- Nakamura, A., Xie, C., Zhang, Y., Gao, Y., Wang, H-H., Ye, L-H., Kishi, H., Okagaki, T., Yoshiyama, S., Hayakawa, K., Ishikawa, R., Kohama, K. "Role of non-kinase activity of myosin light- chain kinase in regulating smooth muscle contraction, a review dedicated to Dr. Setsuro Ebashi." *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 369: 135-43, 2008 査読有
- Ishikawa, R., Katoh, K., Takahashi, A., Xie, C., Oseki, K., Watanabe, M., Igarashi, M., Nakamura, A., Kohama, K. "Drebrin attenuates the interaction between actin and myosin-V." *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 359, 398-401, 2007 査読有
- Wada, F., Hasegawa, H., Nakamura, A., Sugimura, Y., Kawai, Y., Sasaki, N., Shibata, H., Maki, M., Hitomi, K. "Identification of substrates for transglutaminase in *Physarum polycephalum*, an acellular slime mold, upon cellular mechanical damage." *FEBS J.*, 274, 2766-2777, 2007 査読有

[学会発表] (計 37 件)

1. Nakamura, A., Matsumoto, A., Xie, C., Yoshiyama, S., Ishikawa, R. and Kohama, K. "The novel calmodulin-binding site of the smooth muscle myosin light chain kinase." *J. Pharmacol. Sci.* **112**, Suppl. I: P1J-9-3, 148P, **The 83rd Annual Meeting of the Japanese Pharmacological Society**, March 16, 2010, Osaka
2. Nasu, R., Kohama, T., Nakamura, A. and Kohama, K. "Insulin signaling of diabetic mother rats and their offspring." *J. Pharmacol. Sci.* **112**, Suppl. I: P1J-10-7, 151P, **The 83rd Annual Meeting of the Japanese Pharmacological Society**, March 16, 2010, Osaka
3. Zhang Y., Nakamura A., Kawamichi, H. and Kohama K. "Calcium regulation of the ATPase activities of scallop and physarum myosins: role of essential light chain." *J. Pharmacol. Sci.* **112**, Suppl. I: P1J-16-4, 163P, **The 83rd Annual Meeting of the Japanese Pharmacological Society**, March 16, 2010, Osaka
4. 木ト貴之、中村彰男、矢澤道生、村上洋太、高橋正行、非筋細胞ミオシンIIの10S構造形成に必要な尾部領域の探索、**2010年生体運動研究合同班会議**、2010年1月9日、東京（中央大学）
5. Zhang Y., Nakamura A., Kawamichi, H. and Kohama K. "Role of Essential Light Chain in Regulating the ATPase Activities of Scallop and Physarum Myosins." **49th American Society for Cell Biology Annual Meeting**, Dec. 6, 2009, San Diego, CA, USA
6. Nakamura A. "Structural and function of Physarum CBP40" Abstracts B6-031, p.107, **21th IUBMB International Congress of Biochemistry and Molecular Biology and 12th FAOBMB Congress**, August 2-7, 2009, Shanghai, China
7. Zhang Y., Xie C., Matsumoto, A., Nakamura A., Zhao, Y., Kohama K. and Gao Y. "Calcium regulation of non-kinase and kinase activities of myosin light-chain kinase." Abstracts B7-015, p.112, **21th IUBMB International Congress of Biochemistry and Molecular Biology and 12th FAOBMB Congress**, August 2-7, 2009, Shanghai, China
8. 謝策、中村彰男、小濱一弘「平滑筋ミオシン軽鎖キナーゼの新しい機能の研究」、**第32回日本バイオレオロジー学会年会**、2009年6月4～5日、桐生市市民文化会館
9. Wang H.-H., Nakamura A., Matsumoto A., Yoshiyama S., Zin X., Ye L.-H., Xie C., Zhang Y., Gao Y., Ishikawa R., Kohama K. "Non-kinase activity of MLCK in inducing filopodia and chemotaxis of vascular smooth muscle cells toward sphingosylphosphorylcholine." *J. Pharmacol. Sci.* **109**, Suppl. I: O2F-1-1, 74P, **The 82nd Annual Meeting of the Japanese Pharmacological Society**, March 16-18, 2009, Yokohama
10. Yoshiyama S., Wang H.-H., Nakamura A., Kohama K. "Cell motility of vascular smooth muscle cells exposed to the cigarette smoke components." *J. Pharmacol. Sci.* **109**, Suppl. I: P2N-P8-6, 232P, **The 82nd Annual Meeting of the Japanese Pharmacological Society**, March 16-18, 2009, Yokohama
11. Ishikawa R., Takahashi A., Nakamura A., Kohama K. "Sliding of F-actin on myosin II under the conditions fully saturated with variety of actin-binding proteins." *J. Pharmacol. Sci.* **109**, Suppl. I: P2N-P9-4, 234P, **The 82nd Annual Meeting of the Japanese Pharmacological Society**, March 16-18, 2009, Yokohama
12. Zhang Y., Kawamichi H., Nakamura A., Nyitray L., Kohama K. "The analysis of calcium inhibition by constructing hybrid myosins between physarum and smooth muscle myosins." *J. Pharmacol. Sci.* **109**, Suppl. I: P2N-P9-5, 234P, **The 82nd Annual Meeting of the Japanese Pharmacological Society**, March 16-18, 2009, Yokohama
13. 石川良樹、中村彰男、小濱一弘「種々のアクチン結合蛋白質が飽和結合する条件でのin vitro motility assay」**2009年生体運動研究合同班会議**、2009年1月9～11日、東京
14. Xie C., Nakamura A., Zhang Y., Gao Y., Ishikawa R., Yoshiyama S., Kohama K. "Characterization of the non-kinase activity of smooth muscle myosin light chain kinase." **48th annual meeting of the American Society for Cell Biology**, Dec. 13-17, 2008, San Francisco (Moscone Center)

15. Okada C., Nakamura A., Yoshiyama S., Kohama K., Kaneko T. "A novel phosphatase from *Physarum polycephalum* III." 第 31 回日本分子生物学会年会・第 81 回日本生化学大会合同大会、2008 年 12 月 9-12 日、神戸 (神戸ポートアイランド)
16. Yoshiyama S., Ishikawa R., Nakamura A., Higashi-Fujime S., Takatsuki H., Rice K., Blough E.R., and Kohama K. "Actin-bundles as a transporter of nano-sized cargoes." **2nd International Symposium on Bio-nano-systems**, Oct. 31-Nov. 2, 2008, Tokyo (東京大学)
17. Ishikawa R., Takahashi A., Nakamura A., and Kohama K. "In vitro sliding on myosin II of F-actin under the conditions fully saturated with variety of actin-binding proteins." **2nd International Symposium on Bio-nano-systems**, Oct. 31-Nov. 2, 2008, Tokyo (東京大学)
18. Zhang Y., Nakamura A., Yoshiyama S., Kohama K., Kawamichi H., Farkas L., and Nyitray L. "Calcium inhibition of *Physarum* myosin in associated with its conformational change." *The Kitakanto Medical Journal* **58**: 358~359, 2008 第 55 回 北関東医学会総会、2008 年 9 月 25 日-26 日、群馬
19. Nakamura A., Xie C., Matsumoto A., Zhang Y., Gao Y., Kohama K. "The non-kinase activity of myosin light chain kinase in regulating smooth muscle contraction." 10th Meeting of the European Calcium Society, Sept. 17-20, 2008, Leuven, Belgium
20. 中村彰男、松本篤、謝策、張月、吉山伸司、小浜一弘「平滑筋ミオシン軽鎖キナーゼの非キナーゼ活性」、*日本動物学会第 79 回大会予稿集*、p. 75、第 79 回日本動物学会年会、2008 年 9 月 5~7 日、福岡 (福岡大学)
21. 中村彰男、岸博子、松本篤、石川良樹、吉山伸司、早川晃一、小林誠、小浜一弘、「質量分析装置を用いたミオシン軽鎖キナーゼのリン酸化部位の決定」第 118 回薬理学会関東部会・第 10 回応用薬理シンポジウム、2008 年 6 月 7~8 日、東京 (星薬科大)
22. Zhang Y., Xie C., Nakamura A., Gao Y., Ishikawa R., Yoshiyama S., Matsumoto A., Kohama K. "The regulatory effect of Ca²⁺/calmodulin on the actin-binding activity of smooth muscle myosin light chain kinase." *J. Pharmacol. Sci.* **106**, Suppl. I: P3L-35, 269P, **The 81st Annual Meeting of the Japanese Pharmacological Society**, March 17-19, 2008, Yokohama
23. Xie C., Nakamura A., Zhang Y., Gao Y., Kawano K., Ishikawa R., Matsumoto A., Tanaka H., Kohama K. "Expression and characterization of the kinase-dead mutants of myosin light chain kinase." *J. Pharmacol. Sci.* **106**, Suppl. I: P3L-34, 269P, **The 81st Annual Meeting of the Japanese Pharmacological Society**, March 17-19, 2008, Yokohama
24. Yoshiyama S., Ishigami M., Kohama K. "Dynamics of actomyosin and intracellular Ca²⁺ during cell movement, in case of *Physarum polycephalum*." *J. Pharmacol. Sci.* **106**, Suppl. I: P3K-01, 251P, **The 81st Annual Meeting of the Japanese Pharmacological Society**, March 17-19, 2008, Yokohama
25. Wang H-H., Nakamura A., Matsumoto A., Hayakawa K., Yoshiyama S., Qin X., Tanaka H., Ye L., Li S., Ishikawa R., Kohama K. "Non-kinase activity of MLCK in elongated filopodia formation and chemotaxis of vascular smooth muscle cells in response to sphingosylphosphorylcholine." *J. Pharmacol. Sci.* **106**, Suppl. I: P2L-38, 221P, **The 81st Annual Meeting of the Japanese Pharmacological Society**, March 17-19, 2008, Yokohama
26. Katayama T., Miyakawa T., Yoshiyama S., Nakamura A., Tanaka H., Tanokura M., Kohama K. "Arachidonic acid binds to heavy chain of smooth muscle myosin and stimulates ATPase activity." *J. Pharmacol. Sci.* **106**, Suppl. I: P2L-35, 220P, **The 81st Annual Meeting of the Japanese Pharmacological Society**, March 17-19, 2008, Yokohama
27. Ishikawa R., Katoh K., Ebihara S., Takahashi A., Igarashi M., Nakamura A., Kohama K. "Brain specific actin-binding protein Drebrin inhibits the cofilin-dependent actin dynamics." *J. Pharmacol. Sci.* **106**, Suppl. I: P1I-25, 130P, **The 81st Annual Meeting of**

- the Japanese Pharmacological Society, March 17-19, 2008, Yokohama
28. Miyamoto H., Nagahama R., Nakamura A., Kohama K., Okagaki T. "Screening of phenotype-specific genes of vascular smooth muscle cell (VSMC) and their characterization." *J. Pharmacol. Sci.* **106**, Suppl. I: O2H5-1, 99P, **The 81st Annual Meeting of the Japanese Pharmacological Society**, March 17-19, 2008, Yokohama
29. Nakamura A. "The non-kinase activity of myosin light chain kinase in regulating smooth muscle contraction." *J. Pharmacol. Sci.* **106**, Suppl. I: S2D2-6, 35P, **The 81st Annual Meeting of the Japanese Pharmacological Society**, March 17-19, 2008, Yokohama
30. Wang H-H., Tanaka H., Qin X., Zhao T., Lihong Ye, Okagaki T., Katayama T., Nakamura A., Ishikawa R., Thatcher S. E., Wright G. L., and Kohama K. "Blebbistatin inhibits the chemotaxis of vascular smooth muscle cells through breaking the interaction between smooth muscle myosin II and actin." **The Joint Biophysical Society 52nd Annual Meeting and 16th International Biophysics Congress**, Feb. 2-6, 2008, California
31. 石川良樹、海老原利枝、加藤薫、五十嵐道弘、中村彰男、小濱一弘 「ドレブリンによるコフィリン活性阻害」 2008年生体運動研究合同班会議, 2008年1月7~9日, 仙台
32. 石川良樹, 加藤薫, 高橋あゆみ, 中村彰男, 小濱一弘 「DrebrinによるADF/cofilin活性阻害」 *生物物理* **47** 卷 (Suppl. 1): 2P225, p. S169, 2007 **第45回日本生物物理学会年会**, 12月21-25日, 2007年, 横浜
33. Okada, C., Nakamura, A., Yoshiyama, S., Kohama, K., Kaneko, K. "A novel phosphatase from *Physarum polycephalum* II." **第30回日本分子生物学会年会・第80回日本生化学会大会合同大会**, 12月11-15日, 2007年, 横浜
34. 長濱良治, 宮本洋行, 中村彰男, 小濱一弘, 岡垣壮 「培養血管平滑筋細胞を使った形質変換特異的遺伝子のスクリーニング」 15th 日本血管生物医学会学術大会, 2007年11月29日~30日, Fukuoka
35. 中村彰男, 岸博子, 松本篤, 小林誠, 小濱一弘, 「セリン・スレオニンキナーゼによるコンビナントミオシン軽鎖キナーゼのリン酸化部位の決定」 15th 日本血管生物医学会学術大会, 2007年11月29日~30日, Fukuoka
36. 石川良樹, 中村彰男, 小濱一弘 「ドレブリンはアクチン細胞骨格流動促進因子コフィリンの活性を阻害する」 第117回薬理学会関東部会, 2007年10月6日, 東京
37. Nakamura, A., Kishi, H., Matsumoto, A., Ishikawa, R., Kobayashi, S., Kohama, K. "Determination of phosphorylation site of smooth muscle myosin light chain kinase by various Ser/Thr kinases" 2P-007, 122P, Joint meeting of the 40th Japanese Society of Developmental Biologists & the 59th Japan Society for Cell Biology, May 28-30, 2007, Fukuoka
- [図書] (計1件)
1. Higashi-Fujime, S. and Nakamura, A. "Cell and molecular biology of the fastest myosins.." **Int. Rev. Cell Mol. Biol.**, **276**, 301-347, 2009
6. 研究組織
(1) 研究代表者
中村 彰男 (Nakamura Akio)
群馬大学・大学院医学研究科・講師
研究者番号: 30282388
- (2) 研究分担者
小濱 一弘 (Kohama Kazuhiro)
群馬大学・大学院医学研究科・教授
研究者番号: 30101116
- 石川 良樹 (Ishikawa Ryoki)
群馬大学・大学院医学研究科・講師
研究者番号: 202128623
- 岡垣 壮 (Okagaki Tsuyoshi)
三重大学・大学院生物資源学科・教授
研究者番号: 80185412
- 岸 博子 (Kishi Hiroko)
山口大学・大学院医学系研究科・講師
研究者番号: 40359899