

平成22年 5月 24日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19380152

研究課題名（和文） 食品機能性物質による筋肥大の超誘導

研究課題名（英文） Molecular mechanisms of resident myogenic stem cell activation and quiescence and their possible regulation by functional food ingredients

研究代表者

辰巳 隆一（TATSUMI RYUICHI）

九州大学・大学院農学研究院・准教授

研究者番号：40250493

研究成果の概要（和文）：人口増加や気候変動による食糧危機が叫ばれるなか、良質な動物性タンパク質の安定供給は人類の生存に極めて重要である。このため家畜・家禽1個体当たりの骨格筋量を増加させ、食肉の生産性（生産効率・量）を飛躍的に向上させる安全安価な技術開発が待たれている。本研究では、筋肥大誘導の最大の標的である分子機構「筋幹細胞の活性化・休止化の機構」の分子基盤を解明し、また、これを食品成分で制御できる可能性を提示した。

研究成果の概要（英文）：Skeletal muscle regeneration and work-induced hypertrophy rely on molecular events responsible for activation and quiescence of resident myogenic stem cells, satellite cells. The present studies of satellite cells in culture and *in vivo* demonstrated the essential role of hepatocyte growth factor (HGF) in the activation cascade of events including Ca-calmodulin complex formation, nitric oxide synthase (cNOS-1) activation, NO radical production, matrix metalloproteinase (MMP) activation, HGF release with associated extracellular segments of proteoglycans, and HGF binding to the high-affinity receptor, c-met. These experiments also revealed that HGF could induce satellite cell quiescence by stimulating myostatin expression, however, the HGF concentration required (over 10-50 ng/ml) is much higher than that for activation (2.5 ng/ml). Considering that HGF is produced by satellite cells and other cells in response to muscle damage, local concentrations of HGF bathing satellite cells may reach a threshold sufficient to induce myostatin expression. This time-lag may delay action of the negative feedback signaling in proliferating cells during initial phases of muscle regeneration, therefore, the time-coordinated increase in extracellular concentrations of HGF is a key modulator for the two contrary pathways having low and high thresholds. According to this scenario, the cell activation and quiescence may be a temporally coordinated sequence of events centering on the actions of HGF on myogenic cells. By understanding the “mechano-biology” of satellite cells, we will be able to design new procedures that specifically target activation and quiescence to enhance muscle growth and repair, contributing to the meat-animal production and human sports and health sciences aimed to enhance physical performance and medical therapies for muscular dystrophy and age-related atrophy.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	6,600,000	1,980,000	8,580,000
2008年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
2009年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
総計	14,900,000	4,470,000	19,370,000

研究分野：筋細胞生物学

科研費の分科・細目：畜産学／獣医学・畜産学／草地学

キーワード：家畜生産システム・食肉・骨格筋・筋肥大再生・筋幹細胞・肝細胞増殖因子(HGF)・マイオスタチン(GDF8)・食品機能性

1. 研究開始当初の背景

骨格筋の肥大・再生は、筋肉の幹細胞である衛星細胞の増殖活性に依存している。衛星細胞は、1) 通常、休止期に保持されているが、物理刺激を受けると細胞分裂周期に復帰（活性化）し増殖を開始する。また2) 増殖した衛星細胞は自発的に休止期に移行（休止化）し増殖を停止する特徴を持つ。この相反機構により骨格筋の大きさは制御されており、実際、休止化因子マイオスタチンの遺伝子をノックアウトし休止化を阻害すると骨格筋は劇的に肥大することが知られている。本研究代表らのグループはこれまでに、活性化機構に関して、物理刺激をトリガーとした「肝細胞増殖因子(HGF)と一酸化窒素(NO)ラジカルに依存的な機序」を調べてきたが、休止化の分子機構（マイオスタチンの発現機構）は全く不明であった。これらの仕組みを解明できれば、活性化を促進し休止化を抑制する画期的な筋肥大促進技術が創出されると期待される。

2. 研究の目的

筋肥大誘導の最大のターゲットである分子機構「衛星細胞の活性化機構および休止化機構（マイオスタチンの発現機構）」の分子基盤を解明し、これを機能性食品成分で制御できる標的分子を見出すことを目的とした（研究期間内に実施）。この機能性成分を補助飼料（サプリメント）として家畜・家禽に給餌し、安全・安価かつ要時的にナチュラル筋肥大を誘導する画期的な技術開発を志向しており、将来、骨や腱の成長・発達および脂肪交雑と協調した筋肥大誘導システムを構築し、次世代の食肉生産制御技術を創生することを最終目標に設定した。以て、優れた動物性タンパク質資源の効率的な生産に資することを目標とする。

3. 研究の方法

①実験系：衛星細胞の初代培養系を用いた。即ち、9-10か月齢の成熟したSprague-Dawley種の雄ラット骨格筋から、Allenらの方法（1997）の改良法（Tatsumi *et al.* 2006）に従い、休止期に同調した衛星細胞を単離した。得られた衛星細胞標品の純度をc-metとPAX7の発現を指標として検定し（Allen *et al.* 1991）、97%以上の標品を実験に供試した。

②物理刺激の負荷方法：培養液は10%正常ウマ血清を含むDMEM基礎培地であり、播種24時間後の衛星細胞に対して、FLEXERCELL FX-2000システムを用いて伸展刺激を2時間、断続的に負荷した。これまでの実験と同様に、伸展率を25%に設定し、これを5秒間保持した後、2秒間で開放するパター

ンを繰り返した。

③活性化・休止化アッセイ：常法に従い、ブロモデオキシウリジン（BrdU）のパルス標識法により増殖期にある衛星細胞の割合を測定した。

④mRNA・タンパク質の発現解析：リアルタイム RCR、western blotting、細胞免疫染色により、各種標的分子の発現および分泌を調べた。

4. 研究成果

①衛星細胞の活性化機構：物理刺激をトリガーとした活性化機構に、マトリックスメタロプロテイナーゼ（MMP）と呼ばれる酵素が関与していることを明らかにした（FIG. 1 参照）。MMPには20種以上のサブタイプがあるが、そのうちMMP2が一酸化窒素ラジカル(NO)依存的に酵素活性を発現し、細胞外マトリックスからの衛星細胞活性化因子HGFの遊離に関与していることを実証した。即ち、HGFは細胞外マトリックスの主要成分であるプロテオグリカンの糖鎖に結合・保持されており、プロテオグリカンのコアタンパク質をMMP2が切断すると、HGFが細胞外マトリックスから遊離すると考えられた。

また、NO合成酵素の活性化にはカルシウムイオンの流入（細胞内カルシウムイオン濃度の上昇）とカルモジュリンが必須であることを、カルシウムイオン導入剤およびカルモジュリン特異的阻害剤などを用いた実験により明らかにした（FIG. 2 参照）。

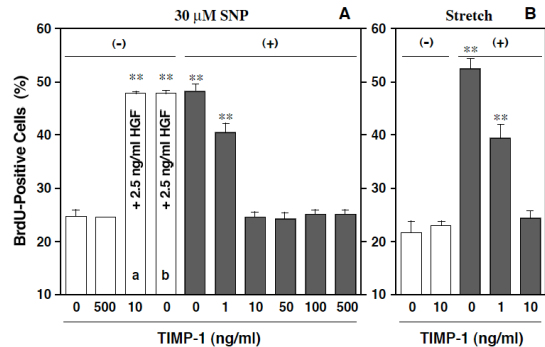


FIGURE 1. Effect of tissue inhibitor of MMPs (TIMP-1) on satellite cell activation. Satellite cells were subjected to activation cultures in the presence or absence of recombinant TIMP-1, followed by BrdU-activation assay. SNP, sodium nitroprusside of NO donor.

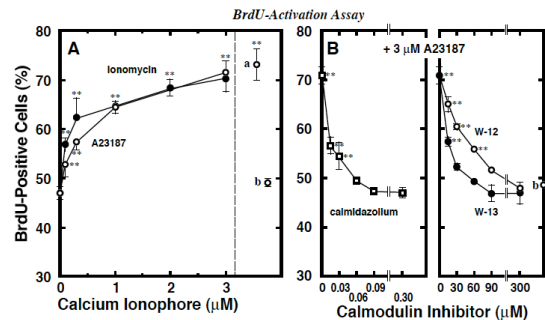


FIGURE 2. Calcium-induced activation of satellite cells is abolished by calmodulin inhibitors. Satellite cell cultures were maintained in the presence of calcium ionophore, A23187 or ionomycin (panel A), and of calmodulin inhibitor, calmidazolium, W-12 or W-13 (panel B) with 3 nM A23187, then evaluated for the activating activity by BrdU-activation assay. a, positive control with 2.5 ng/ml HGF; b, negative control with DMEM.

これらの研究成果により、これまでに追究してきた衛星細胞の活性化機構が、物理刺激をトリガーとして作動する「カルシウムイオン・カルモジュリン・NO合成酵素・NO・MMP2・HGF・HGF特異的高親和性受容体C-METを要素とするカスケード」であることが解明された (FIG. 4 パネルA 参照)。

②衛星細胞の休止化機構：ラット骨格筋から単離した衛星細胞の初代培養系を用いて、活性化因子 HGF の濃度が 10 ng/ml を超えると細胞増殖が抑制され、休止化することを見出した (FIG. 3 参照)。この現象は休止化誘導因子であるマイオスタチンの中和抗体の添加によりキャンセルされたことから、HGF による休止化誘導がマイオスタチンの発現・分泌に完全に依存していることが明らかとなった。事実、高濃度 HGF によってマイオスタチンの発現・分泌が誘導されることは RT-PCR、ウェスタンブロッティング、細胞免疫染色により確認された。

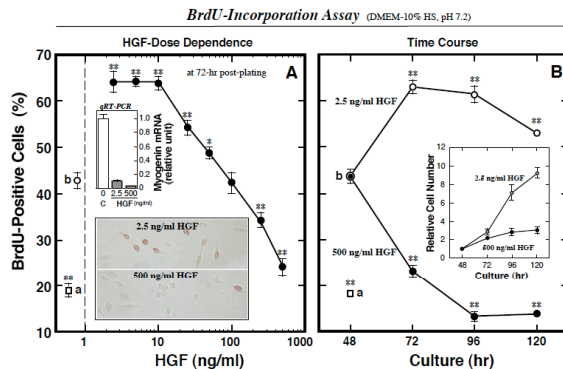


FIGURE 3. High concentration HGF treatments reduce the proliferation activity of satellite cells in cultures. Satellite cells were stimulated for activation for 24 hr by 2.5 ng/ml recombinant HGF in DMEM-10% HS (b), then incubated with higher concentrations of HGF for the next 72-hr period followed by BrdU-incorporation assay at 24-hr intervals of time. Panel A, HGF-dose dependence monitored at 72-hr post-plating by the proliferation index decreasing down to a baseline level comparable to the 24-hr control culture not receiving 2.5 ng/ml HGF (a). Cell lysates of companion cultures were analyzed for the mRNA expression of a differentiation marker myogenin at 72-hr post-plating by real-time PCR standardized with HPRT (upper inset); lane C, control; lanes HGF, with 2.5 and 500 ng/ml HGF. Panel B, time courses of the BrdU-incorporation activity and the relative cell density (inset) in cultures treated with 2.5 ng/ml and 500 ng/ml HGF.

次に、高濃度HGFによるマイオスタチン発現機構を追究するため、neuropilin-1 (Npn-1) と呼ばれる細胞膜受容体に着目した。Npn-1の生理活性を阻害する中和抗体を培養液に添加すると、マイオスタチンの発現および細胞の休止化が完全にキャンセルされたことから、Npn-1がHGFの低親和性受容体である可能性が示唆された。事実、HGFで処理した衛星細胞の溶解物に対してNpn-1特異的モノクローナル抗体で免疫沈降を行なうと、HGFが検出されたことから、Npn-1は直接的あるいは間接的にHGFと結合することがわかった。Npn-1の細胞外ドメインにはヘパラン硫酸プロテオグリカンの糖鎖と類似した陽電荷クラスター構造が存在することから、これにHGFが結合するとマイオスタチン発現シグナルが発生するものと推測された。

筋が損傷や物理刺激を受けると、衛星細胞、肝臓や脾臓で HGF の合成が開始される

ことが知られている。従って、筋肥大・再生の過程で衛星細胞周辺の HGF が高濃度に達すると推測され、HGF が Npn-1 からなる低親和性受容体に結合するとマイオスタチンが発現し、細胞が休止化するという分子機構が示唆された (FIG. 4 パネル B 参照)。この休止化機構モデルに従えば、受容体 Npn-1 のアンタゴニストによりマイオスタチンの発現を抑制できる可能性があり、これにより衛星細胞の休止化抑制、即ち、細胞の増殖活性を高い状態で保持し筋肥大を劇的に誘導することができると予想される。本研究では、このアンタゴニスト活性をもつ成分を食品やその製造残渣に見出すことを指向し、牛肉の塩水加熱抽出液やリンゴ幼果のポリフェノールなど幾つかの食品素材を試行したが、期待のマイオスタチン発現抑制活性は認められなかった。他の食品素材の網羅的な検索が待たれた。

③活性化と休止化の時系列的進行モデル：衛星細胞の活性化は 2.5 ng/ml という極低濃度の HGF で最大に誘起されることから、前述の通り細胞外マトリックスから遊離する HGF により火急的に衛星細胞が活性化されると考えられた。続いて、衛星細胞や肝臓、脾臓などで合成分泌される HGF により衛星細胞周辺の HGF 濃度が遅延的に高くなり休止期に誘導されると予想された。これはまさに「HGF 濃度依存的な相反反応」を提起するものであり、休止化機構は、HGF とマイオスタチンの遺伝子発現・タンパク質合成に要するタイムラグを利用した遅延型作動装置であり、活性化と休止化の相反反応は物理刺激で共作動するようプログラムされていると予想された。

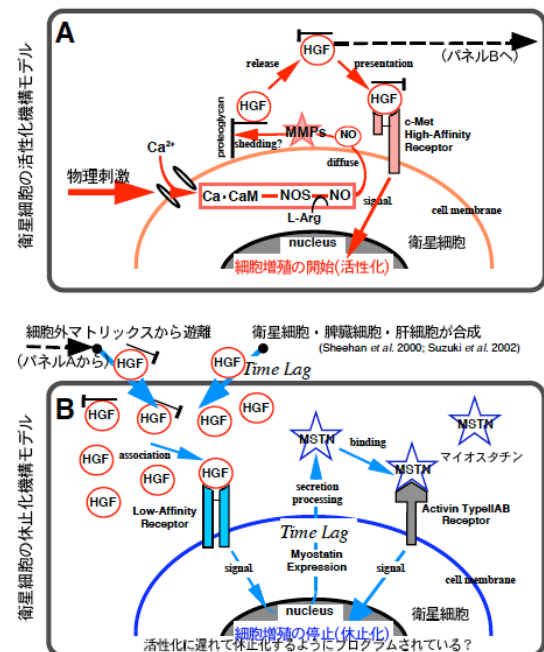


FIGURE 4. Delayed action model for satellite cell quiescence.

## 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 Yamada, M., Tatsumi, R., Yamanouchi, K., Hosoyama, T., Shiratsuchi, S., Sato, A., Mizunoya, W., Ikeuchi, Y., Furuse, M., and Allen, R. E.  
High Concentrations of HGF Inhibit Skeletal Muscle Satellite Cell Proliferation *In Vitro* by Inducing Expression of Myostatin: A Possible Mechanism for Re-Establishing Satellite Cell Quiescence *In Vivo*.  
*American Journal of Physiology-Cell Physiology* 298, C465–C476 (2010). 査読有り  
Selected for the Editorial Focus: Chazaud, B., Dual effect of HGF on satellite/myogenic cell quiescence. Focus on “High Concentrations of HGF Inhibit Skeletal Muscle Satellite Cell Proliferation *In Vitro* by Inducing Expression of Myostatin: A Possible Mechanism for Re-Establishing Satellite Cell Quiescence *In Vivo*”.  
*American Journal of Physiology-Cell Physiology* 298, C448–C449 (2010).  
The 50 Most-Frequently Read Articles in *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* during March 2010 (the 39<sup>th</sup> position), during April 2010 (the 32<sup>nd</sup> position)
- ② Sato, Y., Probst, H. C., Tatsumi, R., Ikeuchi, Y., Neuberger, M. S., and Rada, C.  
Deficiency in APOBEC2 Leads to a Shift in Muscle Fiber Type, Diminished Body Mass and Myopathy.  
*Journal of Biological Chemistry* 285, 7111–7118 (2010). 査読有り
- ③ Suzuki, T., Takaishi, H., Sakata, T., Do, M. Q., Hara, M., Sato, A., Mizunoya, W., Nishimura, T., Hattori, A., Ikeuchi, Y., and Tatsumi, R.  
*In Vitro* Measurement of Postnatal Changes in Proliferating Satellite Cell Frequency during Rat Muscle Growth.  
*Animal Science Journal* 81, 245–251 (2010). 査読有り
- ④ Tatsumi, R.  
Mechano-Biology of Skeletal Muscle Hypertrophy and Regeneration: Possible Mechanism of Stretch-Induced Activation of Resident Myogenic Stem Cells.  
Invited Review  
*Animal Science Journal* 81, 11–20 (2010). 査読有り
- ⑤ Tatsumi, R., Sankoda, Y., Anderson, J. E., Sato, Y., Mizunoya, W., Shimizu, N., Suzuki, T., Yamada, M., Rhoads, Jr., R. P., Ikeuchi, Y., and Allen, R. E.  
Possible Implication of Satellite Cells in Regenerative Motoneuritogenesis: HGF up-regulates neural chemorepellent Semaphorin 3A during myogenic differentiation.  
*American Journal of Physiology-Cell Physiology* 297, C238–C252 (2009). 査読有り  
Selected for the Editorial Focus: McLoon, L. K., A new role for satellite cells: control of reinnervation after muscle injury by semaphorin 3A. Focus on “Possible implication of satellite cells in regenerative motoneuritogenesis: HGF upregulates neural chemorepellent Semaphorin 3A during myogenic differentiation”.  
*American Journal of Physiology-Cell Physiology* 297, C227–C230 (2009).
- ⑥ Sato, Y., Shimizu, M., Mizunoya, W., Wariishi, H., Tatsumi, R., Buchman, V. L., and Ikeuchi, Y.  
Differential Expression of Sarcoplasmic and Myofibrillar Proteins of Rat Soleus Muscle during Denervation Atrophy.  
*Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 73, 1748–1756 (2009). 査読有り  
BBB Excellent Paper Award 2009 (March 27<sup>th</sup>, 2010, at Tokyo, Japan)
- ⑦ Tatsumi, R., Wuollet, A. L., Tabata, K., Nishimura, S., Tabata, S., Mizunoya, W., Ikeuchi, Y., and Allen, R. E.  
A Role for Calcium-Calmodulin in Regulating Nitric Oxide Production during Skeletal Muscle Satellite Cell Activation.  
*American Journal of Physiology-Cell Physiology* 296, C922–C929 (2009). 査読有り
- ⑧ Mizunoya, W., Wakamatsu, J.-I., Tatsumi, R., and Ikeuchi, Y.  
Protocol for High-Resolution Separation of Rodent Myosin Heavy Chain Isoforms in a Mini-Gel Electrophoresis System.  
*Analytical Biochemistry* 377, 111–113 (2008). 査読有り
- ⑨ Yamada, M., Sankoda, Y., Tatsumi, R., Mizunoya, W., Ikeuchi, Y., Sunagawa, K., and Allen, R. E.  
Matrix Metalloproteinase-2 Mediates Stretch-Induced Activation of Skeletal Muscle Satellite Cells in A Nitric Oxide Dependent Manner.  
*International Journal of Biochemistry and Cell Biology* 40, 2183–2191 (2008). 査読有り
- ⑩ Tatsumi, R. and Allen, R. E.  
Mechano-Biology of Resident Myogenic Stem Cells: Molecular Mechanism of Stretch-Induced Activation of Satellite Cells.  
Invited Review  
*Animal Science Journal* 79, 279–290 (2008). 査読有り
- ⑪ 馬場研斗, 水野谷航, 辰巳隆一, 池内義秀, 関口 健  
“加齢筋萎縮の抑制: 牛肉エキスに含まれ

る未知筋肥大因子の同定”  
平成20年度食肉に関する助成研究調査成果  
報告書 (伊藤記念財団), 第27巻, 17-23  
(2009). 査読無し

- ⑫水野谷航, 馬場研斗, 辰巳隆一, 池内義  
秀, 関口 健  
“牛肉エキスに含まれる筋肥大因子に関す  
る研究”  
平成19年度食肉に関する助成研究調査成果  
報告書 (伊藤記念財団), 第26巻, 22-27  
(2008). 査読無し  
[学会発表] (計26件)  
国際学会
- ①Yamada, M., Tatsumi, R., Mizunoya, W.,  
Ikeuchi, Y., and Allen, R. E.  
HGF Induces Myostatin Expression and the  
Subsequent Satellite Cell Quiescence in a  
Neuropilin-1 Dependent Manner.  
A Joint meeting of *Frontiers in Myogenesis and  
Skeletal Muscle Satellite and Stem Cells*  
Alfred Lerner Hall at Columbia  
University, New York, NY, US (May  
28 - June 2, 2009).
- ②Tatsumi, R., Sankoda, Y., Anderson, J. E.,  
Sato, Y., Mizunoya, W., Shimizu, N., Suzuki,  
T., Yamada, M., Rhoads, R. P., Jr., Ikeuchi, Y.,  
and Allen, R. E.  
A Possible Role for Satellite Cells in  
Regenerative Motoneurogenesis: HGF Up-  
Regulates Neural Chemorepellent Sema3A  
Expression.  
A Joint meeting of *Frontiers in Myogenesis and  
Skeletal Muscle Satellite and Stem Cells*  
Alfred Lerner Hall at Columbia University,  
New York, NY, US (May 28 - June 2, 2009).
- ③Sato, Y., Shimizu, M., Mizunoya, W., Tatsumi,  
R., Probst, H., Rada, C., Neuberger, M. S., and  
Ikeuchi, Y.  
Skeletal Muscle Fiber Type Change and  
Myopathy in APOBEC-2 KO Mouse.  
A Joint meeting of *Frontiers in Myogenesis and  
Skeletal Muscle Satellite and Stem Cells*  
Alfred Lerner Hall at Columbia  
University, New York, NY, US (May  
28 - June 2, 2009).
- ④Yamada, M., Shiratsuchi, S.-I., Tatsumi, R.,  
Mizunoya, W., Ikeuchi, Y., and Allen, R. E.  
A Receptor Neuropilin-1 Mediates HGF-Induced  
Muscle Satellite Cell Quiescence.  
*The American Society for Cell Biology 48<sup>th</sup>  
Annual Meeting*  
Moscone Center, San Francisco, CA, US  
(December 13-17, 2008).
- ⑤Sato, Y., Shimizu, M., Mizunoya, W., Wariishi,  
H., Tatsumi, R., Ikeuchi, Y.  
Differential Expression of Sarcoplasmic and  
Myofibrillar Proteins of Rat Soleus Muscle

during Denervation Atrophy.  
*Adult Skeletal Muscle Symposium: Growth,  
Function and Motility*  
Indianapolis, IA, US (June 22, 2007).

- ⑥Mizunoya, Y., Okamoto, S., Wakamatsu, J.-I.,  
Sonoda, Y., Sekiguchi, T., Waga, T., Tatsumi, R.,  
Ikeuchi, Y. Food Components Do Affect  
Skeletal Muscle Mass and Fiber Types: Effects  
of Beef Extract and Apple Polyphenol.  
*Adult Skeletal Muscle Symposium: Growth,  
Function and Motility*  
Indianapolis, IA, US (June 22, 2007).
- ⑦Yamada, M., Sankoda, Y., Tatsumi, R.,  
Mizunoya, W., Ikeuchi, Y., and Allen, R. E.  
Matrix Metalloproteinase-2 Is Involved In  
Mechanical Stretch-Induced Activation of  
Skeletal Muscle Satellite Cells.  
2007 FASEB Summer Research Conference on  
“Skeletal Muscle Satellite & Stem Cells” Oral  
presentation & Poster presentation,  
Hyatt Grand Champions, Indian Wells, CA, US  
(July 14-19, 2007).  
Travel Award 受賞, Platform Presentation に採  
択  
国内学会
- ①鈴木貴弘, 清水直美, 山田路子, 辰巳隆一,  
水野谷航, 池内義秀: “semaphorin3A に  
よる筋衛星細胞の分化促進”, 第112回日  
本畜産学会大会 (2010年3月28-29日、  
明治大学駿河台キャンパス)、口頭発表 (形  
態生理)
- ②藤竹瑞穂, 佐藤祐介, 水野谷航, 辰巳隆一,  
Buchman V.L., 池内義秀: “除神経処理  
を施した gamma-synuclein 欠損マウス  
の筋組織観察”, 第112回日本畜産学会大  
会 (2010年3月28-29日、明治大学駿河  
台キャンパス)、口頭発表 (形態生理)
- ③佐藤祐介, 藤竹瑞穂, 水野谷航, 辰巳隆一,  
Buchman V.L., 池内義秀: “除神経筋中  
の gamma-synuclein 過剰発現”, 第112  
回日本畜産学会大会 (2010年3月28-29  
日、明治大学駿河台キャンパス)、口頭発  
表 (形態生理)
- ④辰巳隆一: “リンゴポリフェノール摂取に  
より骨格筋の特性が変化する”, 九州大学  
と大分県農林水産研究センター畜産試験場  
との試験研究連携会議 (2009年10月27  
日、大分県農林水産研究センター 豊後大  
野管理部会議室)、口頭発表 (研究シーズ  
紹介)
- ⑤馬場研斗, 水野谷航, 関口 健, 辰巳隆一,  
池内義秀: “牛肉エキスの筋肥大作用にお  
けるシグナル伝達経路の探索”, 第111回  
日本畜産学会大会 (2009年9月28-29日、  
琉球大学)、口頭発表 (形態生理)
- ⑥山田路子, 佐藤章子, 水野谷航, 辰巳隆一,  
池内義秀: “筋衛星細胞休止化への Npr-1

- の関与", 第111回日本畜産学会大会(2009年9月28-29日、琉球大学)、口頭発表(形態生理)
- ⑦鈴木貴弘, 清水直美, 山田路子, 辰巳隆一, 水野谷航, 池内義秀: "semaphorin3Aが筋衛星細胞の分化に及ぼす影響", 第111回日本畜産学会大会(2009年9月28-29日、琉球大学)、口頭発表(形態生理)
- ⑧清水直美, 鈴木貴弘, 山田路子, 佐藤祐介, 水野谷航, 辰巳隆一, 池内義秀: "筋幹細胞における運動神経軸索ガイダンス因子Sema3Aの発現調節", 第111回日本畜産学会大会(2009年9月28-29日、琉球大学)、口頭発表(形態生理)
- ⑨宮原英生, 水野谷航, 辰巳隆一, 和賀俊明, 池内義秀: "リンゴポリフェノールの摂取が筋持久力に及ぼす影響", 第111回日本畜産学会大会(2009年9月28-29日、琉球大学)、口頭発表(形態生理)
- ⑩佐藤祐介, 水野谷航, 辰巳隆一, 池内義秀: "筋特異的シチジンデアミナーゼAPOBEC-2の発現解析", 第111回日本畜産学会大会(2009年9月28-29日、琉球大学)、口頭発表(形態生理)
- ⑪佐藤祐介, 志水元亨, 焼山 裕, 水野谷航, 辰巳隆一, 割石博之, Neuberger MS, 池内義秀: "骨格筋 APOBEC-2 は筋線維型の変化や筋萎縮に関与している", 日本農芸化学会 2009 年度福岡大会(2009年3月26-29日、福岡国際会議場・マリンメッセ福岡)、ポスター発表
- ⑫水野谷航, 岩本洋平, 辰巳隆一, 池内義秀: "骨格筋線維型と脂質代謝の関係", 第49回日本食肉研究会大会(2008年3月28日、常磐大学)、口頭発表
- ⑬山田路子, 佐藤祐介, 水野谷航, 辰巳隆一, 池内義秀: "筋衛星細胞の休止化を担う複合受容体の検索", 第109回日本畜産学会大会(2008年3月27-29日、常磐大学)、口頭発表(形態生理)
- ⑭三小田より子, 山田路子, 水野谷航, 辰巳隆一, 池内義秀: "筋幹細胞は運動神経ネットワークの構築に関与する", 第109回日本畜産学会大会(2008年3月27-29日、常磐大学)、優秀発表賞応募演題、口頭発表(形態生理)
- ⑮馬場研斗, 水野谷航, 関口 健, 辰巳隆一, 池内義秀: "筋細胞の増殖・分化・成熟の各ステージにおける牛肉エキスの影響", 第109回日本畜産学会大会(2008年3月27-29日、常磐大学)、優秀発表賞応募演題、口頭発表(畜産物利用)
- ⑯岩本洋平, 水野谷航, 辰巳隆一, 池内義秀: "脂肪代謝の亢進が遅筋に特徴的な遺伝子の発現に及ぼす影響", 第109回日本畜産学会大会(2008年3月27-29日、常磐大学)、口頭発表(形態生理)

⑰佐藤祐介, 志水元亨, 水野谷航, 辰巳隆一, 割石博之, 池内義秀: "除神経処理後の速筋のプロテオーム解析: 遅筋との差違について", 第108回日本畜産学会大会(2007年9月26-27日、岡山大学)、口頭発表(形態生理)

⑱田島あゆみ, 水野谷航, 辰巳隆一, 池内義秀: "卵白タンパク質が筋細胞の増殖に及ぼす影響", 第108回日本畜産学会大会(2007年9月26-27日、岡山大学)、口頭発表(形態生理)

⑲岡本慎平, 水野谷航, 和賀俊明, 辰巳隆一, 池内義秀: "リンゴポリフェノール摂取によりラットの骨格筋線維型組成は遅筋型へシフトする", 第108回日本畜産学会大会(2007年9月26-27日、岡山大学)、口頭発表(形態生理)

[その他]

ホームページ等: <http://hyoka.ofc.kyushu-u.ac.jp/search/Details.do?method=showBasicInformation&id=K000315>

受賞等:

①2009年 BBB 論文賞 (H22年 3月)

対象論文: Sato, Y., Shimizu, M., Mizunoya, W., Wariishi, H., Tatsumi, R., Buchman, V. L., and Ikeuchi, Y.

Differential Expression of Sarcoplasmic and Myofibrillar Proteins of Rat Soleus Muscle during Denervation Atrophy.

*Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 73, 1748-1756 (2009).

②原著論文2編が *Editorial Focus* に選定、英文総説2編(招待)を執筆、国際学会にて *Travel Award* 1件を受賞

③2008年度日本畜産学会賞 (H20年 3月)

受賞者: 辰巳隆一

受賞研究課題名: 骨格筋の肥大・再生のメカノバイオロジー

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

辰巳 隆一 (TATSUMI RYUICHI)

九州大学・大学院農学研究院・准教授

研究者番号: 40250493

### (2)研究分担者

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

水野谷 航 (MIZUNOYA WATARU)

九州大学・大学院農学研究院・助教

研究者番号: 20404056

### (3)研究協力者

RONALD E. ALLEN

米国アリゾナ大学・教授

JUDY E. ANDERSON)

加国マニトバ大学・理学部・教授