

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：24303

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25670111

研究課題名(和文) ISFET pHセンサーを用いた間質液 pH連続測定とインスリン抵抗性発症機構解明

研究課題名(英文) Continuous pH measurement of interstitial fluid and clarification of pathogenic mechanism of insulin resistance by ISFET pH sensor

研究代表者

丸中 良典 (Marunaka, Yoshinori)

京都府立医科大学・医学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：00127036

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：間質液の摂取法の開発および間質液部分へのアプローチ開発：2日間、ラット背側間質部へ外径0.80 mm/内径0.57 mmの注射針を留置した。今回使用した注射針で物理的根詰まりが生じたので、実際の間質液pH測定は不可能であった。マイクロpH ISFETはラット間質液のpH測定では安定した測定結果を得ることが不可能であった。アンチモン製pH電極を用いて、pH測定を実施した結果、間質液において安定したpH測定を行なうことが可能であった。糖尿病ラット間質液pH  $7.21 \pm 0.03$ 、非糖尿病ラット間質液pH  $7.36 \pm 0.02$  (n=6; p<0.05) という測定結果を得た。

研究成果の概要(英文)：A) Developments of collection methods of interstitial fluid and methods approaching to interstitial fluid. We succeeded in two-day insertion of syringe with outer diameter of 0.80 mm and inner diameter of 0.57 mm in interstitial fluid space. B) pH measurements of interstitial fluid. Even if we tried to obtain the interstitial fluid using the syringe, we could not get the interstitial fluid due to clogged inner spaces of the syringe. Therefore, we tried to directly measure pH of interstitial fluids using micro pH meters, ISFET pH sensor and antimony pH sensor. We could not obtain any stable pH value of interstitial fluid using ISFET pH sensor, however stable values of interstitial fluid pH were obtained by antimony pH sensor. Using antimony pH sensor, we obtained pH of  $7.21 \pm 0.03$  in diabetic rats and pH of  $7.36 \pm 0.02$  in non-diabetic rats (n = 6; p < 0.05).

研究分野：イオン環境と生体機能

キーワード：pH 糖尿病 組織間質液

### 1. 研究開始当初の背景

申請者は糖尿病において間質液 pH が低下していること、また間質液 pH 低下がインスリン抵抗性を生み出すことも見出した。さらに、糖尿病での間質液 pH 低下が糖尿病発症初期において観察されることも明らかにした。これらのことから、間質液 pH を測定することは糖尿病発症早期診断に重要であることが明らかとなった。しかしながら、間質液 pH 測定は侵襲が大きく低侵襲的測定法の開発が待ち望まれている。

### 2. 研究の目的

低侵襲的間質液 pH 測定法を開発することを目的とし、ISFET (イオン感応性電解効果型トランジスタ) pH センサー(下記図2参照)を用いた培養液・間質液 pH 連続測定の開発を行なう。

### 3. 研究の方法

#### A) 細胞・分子レベル実験:

- 骨格筋モデル L6 細胞を培養し、培養液 pH は上記方法にて培養期間中連続的に測定する。
- 種々の pH を有した培養液中で培養した L6 細胞を用いて、インスリン作用の細胞外液 pH との関連性を明らかにする。

#### B) モデル動物実験:

- 2 型糖尿病モデルラットである OLETF (Otsuka Long-Evans Tokushima Fatty) ラットを用いて、腹腔内間質液 pH を連続的に測定する。
- 血糖値、血圧、血中インスリン活性を測定することにより、間質液 pH とインスリン抵抗性との関係を明らかにする。

### 4. 研究成果

#### A) 間質液の摂取法の開発および間質液部分へのアプローチ開発

- 2 日間、ラット腹側間質部および背側間質部へ外径 0.80 mm/内径 0.57 mm の注射針を留置した。
- 注射針の腹側間質部への留置は、ラットの四肢による注射針抜針という事態が起きることにより、2 日間の留置は困難であった。背側間質部への 2 日間の注射針の留置は成功した。

#### B) 組織間質液 pH 測定法開発結果

##### a) 組織間質液摂取による pH 測定法の開発を実施した。

- 今回使用した外径 0.80 mm / 内径 0.57 mm の注射針で物理的根詰まりが生じたので、実際の間質液 pH 測定は不可能であった。
- 従って、間質液摂取による体外での pH 測定は不可能であった。

##### b) 間質液部分へ pH 電極挿入法の開発および pH 測定

- マイクロ pH ISFET (ISFETCOM (株) 製) をラット背側間質部分に留置した。

- 2 日間の pH 電極留置期間中は大きな炎症反応は観察されなかった。
- マイクロ pH ISFET (ISFETCOM (株) 製) は、人工電解質溶液 pH 測定においては問題がなかった。
- しかしながら、ラット間質液の pH 測定では安定した測定結果を得ることが不可能であった。
- 従って、アンチモン製 pH 電極 (ケミカル機器 (株) 製) を用いて、pH 測定を実施した結果、人工電解質溶液および間質液両方において安定した pH 測定を行なうことが可能であった。
- その結果、糖尿病ラット間質液 pH  $7.21 \pm 0.03$ 、非糖尿病ラット間質液 pH  $7.36 \pm 0.02$  ( $n = 6$ ;  $p < 0.05$ ) という測定結果を得た。

### 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 26 件)

1)

Pezzotti G, Boffelli M, Miyamori D, Uemura T, MARUNAKA Y, Zhu W, Ikegaya H  
Raman spectroscopy of human skin: looking for a quantitative algorithm to reliably estimate human age  
J Biomed Optics (in press), 2015 【査読あり】

2)

Fukuda T, Fukui M, Tanaka M, Senmaru T, Iwase H, Yamazaki M, Aoi W, Inui T, Nakamura N, MARUNAKA Y  
Effect of Brazilian green propolis in patients with type 2 diabetes: A double-blind randomized placebo-controlled study  
Biomedical Reports (in press), 2015  
【査読あり】

3)

Pezzotti G, Zhu W, Boffelli M, Adachi T, Ichioka H, Yamamoto T, MARUNAKA Y, Kanamura N  
Vibrational algorithms for quantitative crystallographic analyses of hydroxyapatite-based biomaterials: I, Theoretical foundations  
Analytical and Bioanalytical Chemistry 407(12):3325-3342, 2015 【査読あり】

4)

Tomoda A, MARUNAKA Y, Eaton DC, Dinudom A  
Membrane Transport: Ionic Environments, Signal Transduction, and Development of Therapeutic Targets  
BioMed Res Int 2015:581626, 2015  
【査読あり】

5)

MARUNAKA Y

Roles of interstitial fluid pH in diabetes mellitus: Glycolysis and mitochondrial function  
World J Diabetes 6:125-135, 2015【査読あり】

6)  
Hatano R, Akiyama K, Tamura A, Hosogi S, MARUNAKA Y, Caplan MJ, Ueno Y, Tsukita S, Asano S

Knockdown of ezrin causes intrahepatic cholestasis by the dysregulation of bile fluidity in the bile duct epithelium  
Hepatology 61:1660-71, 2015【査読あり】

7)  
Takemoto K, Shiozaki A, Ichikawa D, Komatsu S, Konishi H, Nako Y, Murayama Y, Kuriu Y, Nakanishi M, Fujiwara H, Okamoto K, Sakakura C, Nakahari T, MARUNAKA Y, Otsuji E

Evaluation of the efficacy of peritoneal lavage with distilled water in colorectal cancer surgery - in vitro and in vivo study  
J Gastroenterol 50:287-97, 2015【査読あり】

8)  
Shiozaki A, Ichikawa D, Fujiwara H, Otsuji E, MARUNAKA Y  
Progress in Cellular Physiological Researches on Esophageal Cancer  
Journal of Tumor 2:252-256, 2014【査読あり】

9)  
Tanaka S, Sugiyama N, Takahashi Y, Mantoku D, Sawabe Y, Kuwabara H, Nakano T, Shimamoto C, Matsumura H, MARUNAKA Y, Nakahari T  
PPAR $\alpha$  autocrine regulation of Ca<sup>2+</sup>-regulated exocytosis in guinea pig antral mucous cells: NO and cGMP accumulation.  
Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 307:G1169-1179, 2014【査読あり】

10)  
Sun H, Niisato N, Inui T, MARUNAKA Y  
Insulin is involved in transcriptional regulation of NKCC and CFTR Cl<sup>-</sup> channel through PI3K activation and ERK inactivation in renal epithelial cells  
J Physiol Sci 64:433-43, 2014【査読あり】

11) Aoi W, MARUNAKA Y  
Importance of pH homeostasis in metabolic health and diseases: crucial role of membrane proton transport  
BioMed Res Int 2014:598986, 2014【査読あり】

12)  
Yuan Y, Wang X, Lu X, MARUNAKA Y, Wang X  
Effect of Coptidis Rhizoma extracts in a water-based solution on insulin resistance in 3T3-L1 adipocytes  
Biomed Res 35:321-327, 2014【査読あり】

13)  
MARUNAKA Y  
Characteristics and pharmacological regulation of epithelial Na<sup>+</sup> channel (ENaC) and epithelial Na<sup>+</sup> transport  
J Pharmacol Sci 126:21-36, 2014【査読あり】

14)  
Shiozaki A, Takemoto K, Ichikawa D, Kosuga T, Konishi H, Komatsu S, Fujiwara H, Okamoto K, Kishimoto M, MARUNAKA Y, Otsuji E  
The K-Cl cotransporter KCC3 as an independent prognostic factor in human esophageal squamous cell carcinoma  
BioMed Res Int 2014:936401, 2014【査読あり】

15)  
Shiozaki A, Ichikawa D, Takemoto K, Nako Y, Nakashima S, Shimizu H, Kitagawa M, Kosuga T, Konishi H, Komatsu S, Fujiwara H, Okamoto K, MARUNAKA Y, Otsuji E  
Efficacy of a hypotonic treatment for peritoneal dissemination from gastric cancer cells-An in vivo evaluation  
BioMed Res Int 2014:707089, 2014【査読あり】

16)  
Shiozaki A, Nako Y, Ichikawa D, Konishi H, Komatsu S, Kubota T, Fujiwara H, Okamoto K, Kishimoto M, MARUNAKA Y, Otsuji E  
Role of the Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>/2Cl<sup>-</sup> cotransporter NKCC1 in cell cycle progression in human esophageal squamous cell carcinoma  
World J of Gastroenterol 20:6844-6859, 2014【査読あり】

17)  
Sun H, Niisato N, Nishio K, Hamilton KL, MARUNAKA Y  
Distinct action of flavonoids, myricetin and quercetin, on epithelial Cl<sup>-</sup> secretion : useful tools as regulators of Cl<sup>-</sup> secretion  
BioMed Res Int 2014:902735, 2104【査読あり】

18)  
MARUNAKA Y  
Importance of expression and function of angiotensin II receptor type 1 in pulmonary epithelial cells  
Respiratory Physiol Neurobiol 196:39-42, 2014【査読あり】

19)  
Hayata H, Miyazaki H, Niisato N, Yokoyama N, MARUNAKA Y  
Lowered extracellular pH is involved in the pathogenesis of skeletal muscle insulin resistance  
Biochem Biophys Res Commun 445:170-174, 2014【査読あり】

20)  
Hosogi S, Kusuzaki K, Inui T, Wang X,  
MARUNAKA Y  
Cytosolic chloride ion is a key factor in  
lysosomal acidification and function of  
autophagy in human gastric cancer cell  
J Cell Mol Med 18:1124-33, 2014【査読あり】

21)  
Shiozaki A, Ishikawa D, Otsuji E,  
MARUNAKA Y  
Cellular Physiological Approach for Treatment  
of Gastric Cancer  
World J of Gastroenterol 20:11560-11566,  
2014【査読あり】

22)  
MARUNAKA Y  
Roles of ionic environments in growth of  
human cancer cell and potentials of ion  
transporter blockers in cancer therapies  
J Gastrointest Digestive System 3:163, 2014  
【査読あり】

23)  
Aoi W, MARUNAKA Y  
The Importance of regulation of body fluid pH  
in the development and progression of  
Metabolic Diseases  
Advances in Medicine and Biology Vol.77, pp.  
177-189, 2014, Nova Publishers【査読あり】

24)  
MARUNAKA Y, Yoshimoto K, Aoi W,  
Hosogi S, Ikegaya H  
Low pH of interstitial fluid around  
hippocampus of the brain in diabetic OLETF  
rats  
Mol Cell Therap 2:6, 2014【査読あり】

25)  
Kitagawa M, Niisato N, Shiozaki A,  
Ohta-Fujimoto M, Hosogi S, Miyazaki H,  
Ichikawa D, Otsuji E, MARUNAKA Y  
A regulatory role of  $K^+-Cl^-$  cotransporter in the  
cell cycle progression of breast cancer  
MDA-MB-231 cells  
Arch Biochem Biophys 539:92-98, 2013  
【査読あり】

26)  
Tanaka S, Tanaka R, Harada S, Kohda Y,  
Matsumura H, Shimamoto C, Sawabe Y,  
MARUNAKA Y, Kuwabara H, Takahashi Y,  
Ito S, Nakahari T  
A PKG inhibitor increases  $Ca^{2+}$ -regulated  
exocytosis in guinea pig antral mucous cells:  
cAMP accumulation via PDE2A inhibition  
Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol  
304:G773-G780, 2013【査読あり】

[学会発表](計 28 件)

1)

Miyazaki H, MARUNAKA Y  
The molecular mechanism of intracellular  $Cl^-$   
function in gastric cancer invasion and  
metastasis by regulating expression of cell  
adhesion molecules  
The 92<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Physiological  
Society of Japan. March 21<sup>st</sup>-23<sup>rd</sup>, 2015, Kobe,  
Japan

2)  
Taruno A, Kashio M, Sun H, MARUNAKA Y  
Regulation of CALHM1 ion channel by  
N-linked glycosylation  
The 92<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Physiological  
Society of Japan. March 21<sup>st</sup>-23<sup>rd</sup>, 2015, Kobe,  
Japan

3)  
Nomura T, Taruno A, Nakahari T, Nakahari T,  
Sokabe M, MARUNAKA Y  
Voltage-dependent single-channel gating  
kinetics of mouse pannexin 1 channel  
The 92<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Physiological  
Society of Japan. March 21<sup>st</sup>-23<sup>rd</sup>, 2015, Kobe,  
Japan

4)  
Kashio M, MARUNAKA Y, Tominaga M.  
Redox signal-mediated sensitization of  
Transient Receptor Potential Melastatin 2  
(TRPM2) to temperatures affects insulin  
secretion from the pancreatic  $\beta$ -cells  
The 92<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Physiological  
Society of Japan. March 21<sup>st</sup>-23<sup>rd</sup>, 2015, Kobe,  
Japan

5)  
Sun Hongxin, Niisato N, MARUNAKA Y  
Insulin transcriptionally regulated NKCC and  
CFTR  $Cl^-$  channel expression through PI3K  
activation and ERK inactivation in renal  
epithelial A6 cells  
The 92<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Physiological  
Society of Japan. March 21<sup>st</sup>-23<sup>rd</sup>, 2015, Kobe,  
Japan

6)  
Niisato, MARUNAKA Y  
Regulation of epithelial  $Na^+$  channel (ENaC)  
trafficking by aldosterone. Symposium on  
“Kidney Function”.  
Ann Meeting of Chinese Soc of Physiol,  
Shanghai, Oct 24<sup>th</sup>-27<sup>th</sup>, 2014, Shanghai, China

7)  
Niisato, MARUNAKA Y  
MAPK-mediated regulation of epithelial  $Na^+$   
channel (ENaC) trafficking by aldosterone.  
Int Symp on Epithelial Barrier and Transport,  
Nov 1<sup>st</sup>-2<sup>nd</sup>, 2014, Kusatsu, Japan

8)  
Taruno A, MARUNAKA Y, Kevin FK.  
Identification of a novel ATP release ion  
channel, CALHM1, essentially required for  
purinergic neurotransmission of tastes.

Int Symp on Epithelial Barrier and Transport,  
Nov 1-2, 2014, Kusatsu, Japan

9)

Nomura T, Taruno A, Nakahari T, Sokabe M,  
**MARUNAKA Y**

Single-channel gating kinetic analysis of mouse  
pannexin 1 channel.

Int Symposium on Epithelial Barrier and  
Transport, November 1<sup>st</sup>-2<sup>nd</sup>, 2014, Kusatsu,  
Japan

10)

Hayata H, Miyazaki H, **MARUNAKA Y**\*

Lowered extracellular pH induces the  
pathogenesis of insulin resistance in skeletal  
muscle.

Int Symposium on Epithelial Barrier and  
Transport, November 1<sup>st</sup>-2<sup>nd</sup>, 2014, Kusatsu,  
Japan

11)

Miyazaki H, Tanaka S, **MARUNAKA Y**

Oscillatory changes in the intracellular  
concentration of Cl<sup>-</sup> control cell cycle  
progression via changes in the activity of  
Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-2Cl<sup>-</sup> cotransporter in MKN28 gastric  
cancer cells.

Int Symposium on Epithelial Barrier and  
Transport, November 1<sup>st</sup>-2<sup>nd</sup>, 2014, Kusatsu,  
Japan

12)

Sun H, Niisato N, **MARUNAKA Y**

Involvement of insulin in transcriptional  
regulation of NKCC and CFTR Cl<sup>-</sup> channel  
through PI3K activation and ERK inactivation  
in renal epithelial A6 cells.

Int Symp on Epithelial Barrier and Transport,  
Nov 1-2, 2014, Kusatsu, Japan

13)

Niisato N, **MARUNAKA Y**.

Molecular mechanisms of Epithelial Na<sup>+</sup>  
channel (ENaC) regulation. Symposium on  
“Epithelial Ion Transport”

The 134<sup>th</sup> Annual Meeting of The  
Pharmaceutical Society of Japan. March 27<sup>th</sup> -  
30<sup>th</sup>, 2014, Kumamoto, Japan

14)

**MARUNAKA Y**, Niisato N, Yokoyama N,  
Sasamoto K.

Molecular mechanisms of regulation of  
ENaC expression and intracellular  
trafficking in renal epithelium

Chinese Association for Physiological  
Sciences-Physiological Society of Japan Joint  
Symposium on “Metabolic regulation of renal  
physiology and pathophysiology”

The 92<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Physiological  
Society of Japan. March 16<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup>, 2014,  
Kagoshima, Japan

15)

Yokoyama N, **MARUNAKA Y**

Molecular mechanism of regulation of  
epithelial Na<sup>+</sup> channel (ENaC) activity at the  
plasma membrane - Roles of raft domain  
Joint Symposium of Membrane Society of  
Japan and Physiological Society of Japan on  
“New aspects of the hierarchical study on  
function and morphology of epithelial  
membrane”

The 92<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Physiological  
Society of Japan. March 16<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup>, 2014,  
Kagoshima, Japan

16)

Niisato N, **MARUNAKA Y**.

An essential role of p38 on ENaC trafficking  
in aldosterone-stimulated Na<sup>+</sup> reabsorption in  
renal epithelial A6 cells.

Symposium on “New aspects of molecular  
mechanisms of ENaC-mediated Na<sup>+</sup>  
homeostasis and body fluid regulation”

The 92<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Physiological  
Society of Japan. March 16<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup>, 2014,  
Kagoshima, Japan

17)

Taruno A, **MARUNAKA Y**, Foskett JK  
Calcium Homeostasis Modulator (CALHM): A  
novel ion channel family encoding  
voltage-gated ATP release ion channels  
involved in non-synaptic neurotransmission  
from taste cells.

Symposium on “Cutting-edge researches of  
membrane proteins—Towards molecular  
mechanisms and physiological functions”

The 92<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Physiological  
Society of Japan. March 16<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup>, 2014,  
Kagoshima, Japan

18)

Miyazaki H, **MARUNAKA Y**

Regulatory mechanisms of the G1 to S phase  
cell cycle progression via changes in the  
intracellular concentration of Cl<sup>-</sup> in MKN28  
human gastric cancer cells.

The 92<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Physiological  
Society of Japan. March 16<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup>, 2014,  
Kagoshima, Japan

19)

Sun H, Niisato N, **MARUNAKA Y**.

Quercetin diminishes the cAMP-stimulated Cl<sup>-</sup>  
secretion by blocking Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-ATPase in  
epithelial cells

The 92<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Physiological  
Society of Japan. March 16<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup>, 2014,  
Kagoshima, Japan

20)

Sasamoto K, Niisato N, **MARUNAKA Y**.

Estimation of activity of electro-neutral ion  
transporter by establishing mathematical  
model of Cl<sup>-</sup> secretion in epithelial cells based  
on measurement of transcellular ion transport  
and membrane ion conductance

The 92<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Physiological  
Society of Japan. March 16<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup>, 2014,

Kagoshima, Japan

21)

Hosogi S, Miyazaki H, Kusuzaki K, Niisato N, MARUNAKA Y.

Cytosolic chloride ion is a key factor in lysosomal acidification and function of autophagy in human gastric cancer cell. The 92<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Physiological Society of Japan. March 16<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup>, 2014, Kagoshima, Japan

22)

Hayata H, Miyazaki H, Niisato N, Yokoyama N, MARUNAKA Y.

Lowered extracellular pH is involved in the pathogenesis of skeletal muscle insulin resistance.

The 92<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Physiological Society of Japan. March 16<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup>, 2014, Kagoshima, Japan

23)

MARUNAKA Y.

Pathophysiological roles of ionic environment in diabetes mellitus  
International Forum of Molecular and Cellular Diagnosis and Therapies  
November 10<sup>th</sup>, 2013, Shanghai, China

24)

MARUNAKA Y, Aoi W, Hosogi S, Niisato N, Yokoyama N, Hayata H, Miyazaki H, Kusuzaki K, Taruno A, Nomura T.

What is the role of interstitial pH in diabetes mellitus? Improving action of propolis on DM symptom via pH regulation

The 16<sup>th</sup> International Symposium on Molecular Medicine  
October 10<sup>th</sup>-12<sup>th</sup>, 2013, Creta Maris, Hersonissos, Crete, Greece

25)

MARUNAKA Y, Niisato N, Miyazaki H, Nakajima K, Hosogi S, Tarnu A, Yokoyama N.

Action of quercetin on cell Function via regulation of chloride ion transport.

The 13<sup>th</sup> International Conference on Functional and Medical Foods with Bioactive Compounds: Science and Practice / The 1<sup>st</sup> International Symposium of Academic Society for Functional Foods and Bioactive Compounds.

May 11<sup>th</sup> – 12<sup>th</sup>, 2013, Kyoto, Japan

26)

Hosogi S, MARUNAKA Y.

Regulation of lysosomal pH and autophagy by cytosolic chloride ions.

Japan-Italy Joint Symposium on "Ionic Dynamics in Normal and Tumor Tissues"  
April 27<sup>th</sup>, 2013; Kyoto, Japan

27)

Aoi W, MARUNAKA Y.

Significance of interstitial pH in nutrients

metabolism.

Japan-Italy Joint Symposium on Ionic Dynamics in Normal and Tumor Tissues  
April 27<sup>th</sup>, 2013, Kyoto, Japan

28)

MARUNAKA Y.

The cellular ionic environment and its role in cell function.

Italy meets Asia: Scientific Venue in Kyoto  
2013.

April 26<sup>th</sup>, 2013, Kyoto, Japan

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

<http://kpum-molecular-cell-physiology.info/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

丸中 良典 (MARUNAKA YOSHINORI)  
京都府立医科大学・医学研究科・教授  
研究者番号：00127036

### (2) 研究分担者

新里 直美 (NIISATO NAOMI)  
京都府立医科大学・医学研究科・准教授  
研究者番号：00237645

宮崎 裕明 (MIYAZAKI HIROAKI)  
京都府立医科大学・医学研究科・講師  
研究者番号：30360027

細木 誠之 (HOSOGI SHIGEKUNI)  
京都府立医科大学・医学研究科・助教  
研究者番号：30405261

### (3) 連携研究者

秀島 翔 (HIDESHIMA SHO)  
早稲田大学大学院理工学術院・助教  
研究者番号：10580433