

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 21 日現在

機関番号：82401

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2009～2013

課題番号：21681019

研究課題名(和文) 心血管細胞を用いたマイクロティッシュデバイスの開発

研究課題名(英文) Development of micro tissue devices using cardiovascular cells

研究代表者

田中 陽 (Tanaka, Yo)

独立行政法人理化学研究所・生命システム研究センター・ユニットリーダー

研究者番号：40532271

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 19,000,000円、(間接経費) 5,700,000円

研究成果の概要(和文)：近年、分析・合成など様々な化学プロセスを集積化する研究が多く報告されているが、さらに飛躍的な高効率化のためには、ポンプなどの周辺機器を集積化する必要がある。しかし、機械的デバイスは通常電力を用いるため、現在の技術では集積度に限界がある。一方、研究代表者は生体の細胞やその組織はマイクロサイズに化学的・力学的機能が高度に集約化された素子であることから、これを利用することで飛躍的に集積度の高いマイクロデバイスを実現できると着想し、本研究ではマイクロ構造体と細胞・組織の機能を有機的に融合した新たなバイオマイクロデバイスを開発した。

研究成果の概要(英文)：Recently, integration of chemical process such as analysis and synthesis has been focused on. For further integration, peripheral tools such as pumps is also indispensable to be integrated. However, mechanical devices usually require electricity, and thus, current technology has a limitation of integration. On the other hand, cardiovascular cells or tissue are really integrated components with sophisticated chemical and mechanical functions in micro size. By exploiting this, ultra highly integrated microfluidic devices will be realized. Based on this concept, new conceptual bio-microdevices were developed by sophisticatedly combining microstructures and cell/tissue functions in this project.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：ナノ・マイクロ科学、マイクロ・ナノデバイス

キーワード：マイクロバイオシステム マイクロ・ナノデバイス 細胞・組織 再生医学 生体機能利用 生物・生体工学 細胞パターンング マイクロポンプ

1. 研究開始当初の背景

近年、分析・合成など様々な化学プロセスを集積化する研究が多く報告されているが、さらに飛躍的な高効率化のためには、ポンプなどの周辺機器を集積化する必要がある。しかし、機械的デバイスは通常電力を用いるため、現在の技術では集積度に限界がある。一方、研究代表者は生体の細胞や組織は力学的・化学的機能が高度に集約化された素子であることから、これを利用することで飛躍的に集積度の高いマイクロデバイスを実現できると着想した。

2. 研究の目的

以上の背景を踏まえて、本研究ではマイクロ構造体と細胞・組織の機能を有機的に融合した新たなバイオマイクロデバイスの開発を目的とした。

3. 研究の方法

目的を達成するため具体的に、(1)心筋細胞の力学的機能を用いたポンプの開発展開・改良、(2)細胞の化学的機能を用いたマイクロデバイス開発、に取り組んだ。

4. 研究成果

上記の2課題について、個別の成果について以下記述する。

(1)心筋細胞の力学的機能を用いたポンプの開発展開・改良

心筋細胞のマイクロチャンネル内培養

研究代表者は本プロジェクト開始前にすでに心筋細胞の自立駆動を利用したポンプを開発していたが (Tanaka et al., Lab Chip 7, 207 (2007))、これの展開例の一つとして体内埋め込み型ポンプが考えられる。そのためには自己循環システム、すなわちこれまでデバイスの外側に培養していた心筋細胞を内側に培養する必要があり、そのための基礎検討として、マイクロチャンネル内で心筋細胞培養できる条件を検討した。通常の細胞と異なり、心筋細胞は大きい上に進展するため、曲率の大きい流路ではすぐに剥離してしまったため、図1のように、polydimethylsiloxane (PDMS)製で針金を鋳型にして直径 800 μm の円筒形マイクロチャンネルを作製したところ、コンフルエントに心筋細胞を培養することに成功した (論文 12, 22)。自己循環デバイスの要素技術を確立できたといえ、今後例えば膵臓細胞と共培養することでインスリンポンプなどを実現できる可能性がある。

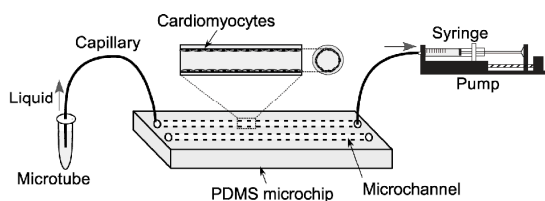


図1 マイクロチップ内心筋細胞培養系 (論文 12)

凍結保存した心筋細胞を用いたポンプ

これまでの心筋細胞ポンプは基本的に動物から採取した直後のプライマリー心筋細胞を用いていた。これは、拍動が大きいこと、他、細胞シートを作成するのに適しており、この細胞シートを、温度応答性培養皿を用いて回収することで大きな力を得ていた。しかし、心筋の採取には非常に手間がかかり、余った細胞は捨てることになるので非常に実験の効率が悪く、倫理的にも問題が大きい。一方、他の細胞と同様、心筋細胞も凍結保存自体は可能であり、これを用いれば上記の問題が解決できると期待されるが、解凍後の細胞では温度応答性培養皿での剥離が難しい。そこで、図2のように、デバイス上にPDMSの薄膜(厚み 10 μm)をテント状に張り、この上に解凍後の心筋細胞を播種・培養することで細胞シートと同様の効果を得て流体を駆動させることに成功した (論文 11, 17)。流量自体は以前の類似系ポンプ (Tanaka et al., Lab Chip 7, 207 (2007)) には劣るが、実験効率を飛躍的に向上させることができ、拍動数制御の薬物試験などの手数の必要な実験に用いることが期待される。

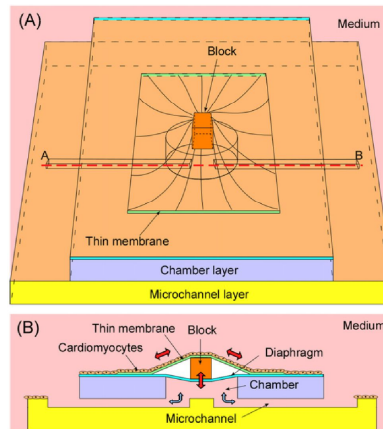


図2 凍結保存した心筋細胞を用いたポンプ (A)俯瞰図 (B)A-B での断面図 (論文 11)

(2)細胞の化学的機能を用いたマイクロデバイス開発

血管内皮細胞センサー・リアクター

以上、心筋デバイスについての代表的な成果を報告したが、本プロジェクトはそれだけでなく、細胞の化学的機能を集積化したデバイスについても開発を進めた。

血管内皮細胞は血管の内側を覆い、様々な血管内の物質や力学刺激に反応して血管収縮弛緩を制御する物質(一酸化窒素: NO)を放出する。これをマイクロチップに集積することで、センサー・リアクター機能を付与できると考えた。

これを実証するため、まず光による表面パターンニング法を開発した。細胞非接着性の高分子(MPC)に光分解性のリンカーを介してチップ表面に固定し、光を当てた部分のみ細胞を接着させることができる(図3)。この手法を応用して血管内皮細胞とNOを受け取っ

たときのみ蛍光波長が変化する「ピクセル」(Sato et al., Anal. Chem. 78, 8175 (2006))を共培養し、ATP で内皮を刺激したときのピクセルの蛍光変化を測定して内皮細胞のセンサー機能を実証した(論文 14, 20, 21, 26)。これは、自律制御バルブなどの細胞デバイスへの応用が考えられる。

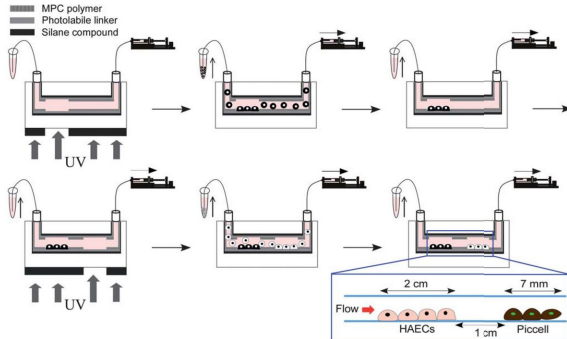


図3 血管内皮とピクセルのマイクロチャンネル内
パターンニング共培養(論文 20)

腎臓細胞を用いた物質分離デバイス

腎臓はフィルターの役割を果たしており、その中で尿細管はいったんフィルターして作られた原尿から老廃物質を除去するブドウ糖と水・無機塩類のほとんどを再吸収する重要な役目をもつ。この再吸収は細胞膜タンパクの機能を用いており、人工的なデバイスでの再現は現状の技術ではできていない。そこでこれをデバイスに組み込むことで物質分離のデバイスを実現できると考えた。

具体的には、図4のように、上下に流路用溝を加工したガラス基板で直径数 μm の穴の開いたポアメンブレンを挟み、ジグで固定して流路を形成した。ガラス基板には疎水処理を施し、漏れがないことを確認した。この流路上側に尿細管上皮細胞を培養し、隙間なく培養できていることを確認したとともに、物質分離として Na^+ やブドウ糖の分離を確認し、デバイス実証した(論文 9, 13)。これは単に細胞の集積性を利用しただけでなく、細胞を使わないとできない機能を実現したことが非常に特徴的である。

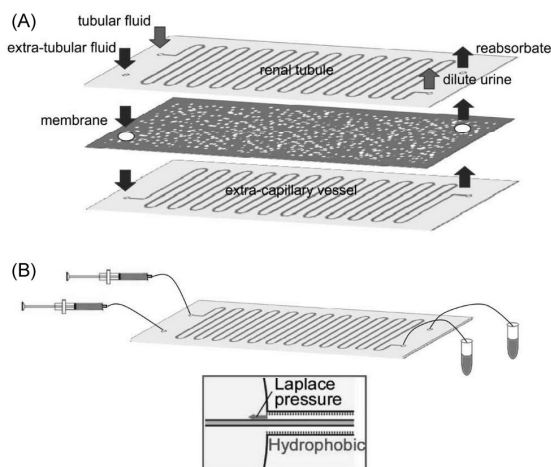


図4 尿細管上皮細胞を用いた物質分離チップ
(A)構造 (B)漏れ防止構造(論文 13)

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)すべて査読有

Yo Tanaka

“A peristaltic pump integrated on a 100% glass microchip using computer controlled piezoelectric actuators”

Micromachines, in press

Yo Tanaka

“Electric actuating valves incorporated into an all glass-based microchip exploiting the flexibility of ultra thin glass”

RSC Advances, 3(26), 10213-10220 (2013)

Yo Tanaka, Tomohiro Fujikawa, Yutaka Kazoe, Takehiko Kitamori

“An active valve incorporated into a microchip using a high strain electroactive polymer”

Sensors and Actuators B: Chemical, 184(31), 163-169 (2013)

Yo Tanaka

“Totally glass-based microchips with valves and pumps using flexibility of ultra thin glass”

Proceeding of Micro Total Analysis Systems 2013, 1475-1477 (2013)

Yo Tanaka, Kihoon Jang, Jun Wakabayashi, Reina Ishii, Kae Sato, Kazuma Mawatari, Mats Nilsson, Takehiko Kitamori

“Shallow antibody-coated microchannel based selective cell capture and analysis”

Proceeding of Micro Total Analysis Systems 2013, 359-361 (2013)

Kihoon Jang, Yo Tanaka, Jun Wakabayashi, Reina Ishii, Kae Sato, Kazuma Mawatari, Mats Nilsson, Takehiko Kitamori

“Selective cell capture and analysis using shallow antibody-coated microchannels”

Biomicrofluidics 6(4), 044117 (2012)

Yan Xu, Kihoon Jang, Tadahiro Yamashita, Yo Tanaka, Kazuma Mawatari, Takehiko Kitamori

“Microchip-based cellular biochemical systems for practical applications and fundamental research: from microfluidics to nanofluidics”

Analytical and Bioanalytical Chemistry, 402(1), 99-107 (2012)

Yo Tanaka

“All glass-based actuator for valves and pumps using ultra thin glass membrane and piezo actuators”

Proceeding of Micro Total Analysis Systems 2012, 1273-1275 (2012)

Xiaofang Gao, Kazuma Mawatari, Yutaka Kazoe, Yo Tanaka, Takehiko Kitamori

“Creation of a cell-based separation microdevice using human renal proximal tubule epithelial cells”

Proceeding of Micro Total Analysis Systems 2012, 602-604 (2012)

Tadahiro Yamashita, Kazuma Mawatari, Yo Tanaka, Takehiko Kitamori

- “Smooth muscle cell culture in microchannel toward construction of multilayered vascular tissue in micro-scale”
 Proceeding of Micro Total Analysis Systems 2012, 1708-1710 (2012)
Yo Tanaka, Yuka Yanagisawa, Takehiko Kitamori
- “Fluid actuation for a bio-micropump powered by previously frozen cardiomyocytes directly seeded on a diagonally stretched thin membrane”
 Sensors and Actuators B, Chemical, 156(1), 494-498 (2011)
Yo Tanaka, Hiroto Akaike, Yasuhiko Sugii, Takehiko Kitamori
- “Establishment of a confluent cardiomyocyte culture in a cylindrical microchannel”
 Analytical Sciences, 27(9), 957-960 (2011)
 Xiaofang Gao, Yo Tanaka, Yasuhiko Sugii, Kazuma Mawatari, Takehiko Kitamori
- “Basic structure and cell culture condition of a bioartificial renal tubule on chip towards cell-based separation microdevice”
 Analytical Sciences, 27(9), 907-911 (2011)
 Kihoon Jang, Hong Trang Thi Ngo, Yo Tanaka, Yan Xu, Kazuma Mawatari, Takehiko Kitamori
- “Development of microfluidic platform for single-cell analysis using a direct photoactive cell-attaching method”
 Analytical Sciences, 27(10), 973-978 (2011)
Yo Tanaka, Hong Trang Ngo, Yutaka Kazoe, Hisashi Shimizu, Kazuma Mawatari, Takehiko Kitamori
- “Multistep mixing, reaction and detection system in an extended-nano fluidic network”
 Proceeding of Micro Total Analysis Systems 2011, 380-382 (2011)
 Kentaro Shirai, Yasuhiko Sugii, Yo Tanaka, Kazuma Mawatari, Takehiko Kitamori
- “Integration of single cell manipulation, lysis, injection at sub-picoliter scale utilizing extended-nano space for single cell analysis”
 Proceeding of Micro Total Analysis Systems 2011, 1032-1034 (2011)
Yo Tanaka, Yuka Yanagisawa, Takehiko Kitamori
- “Cell sheet free actuator for a bio-micropump using previously frozen cardiomyocytes”
 Proceeding of Micro Total Analysis Systems 2011, 1846-1848 (2011)
 Tadahiro Yamashita, Yo Tanaka, Naokazu Idota, Kae Sato, Kazuma Mawatari, Takehiko Kitamori
- “Cultivation and recovery of vascular endothelial cells in microchannels of a separable micro-chemical chip”
 Biomaterials, 32(10), 2459-2465 (2011)
Yo Tanaka, Yuka Yanagisawa, Takehiko Kitamori
- “Fluid actuation for a bio-micropump powered by previously frozen cardiomyocytes directly seeded on a diagonally stretched thin membrane”
 Sensors and Actuators B, Chemical, 156(1), 494-498 (2011)
 Kihoon Jang, Kae Sato, Yo Tanaka, Yan Xu, Kazuma Mawatari, Moritoshi Sato, Takahiro Nakajima, Tomohiro Konno, Kazuhiko Ishihara, Takehiko Kitamori
- “An efficient surface modification by 2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine for selective control of cell attachment using photochemical reaction in microchannel”
 Lab on a Chip, 10(15), 1937-1945 (2010)
- ② Kihoon Jang, Yan Xu, Yo Tanaka, Kae Sato, Kazuma Mawatari, Tomohiro Konno, Kazuhiko Ishihara, Takehiko Kitamori
- “Single-cell attachment and culture method using a photochemical reaction in a closed microfluidic system”
 Biomicrofluidics, 4(3), 032208 (2010)
- ② Hiroto Akaike, Yo Tanaka, Yasuhiko Sugii, Takahiko Kitamori
- “Development of insulin delivery devices composed of Langerhans islets and cardiomyocytes”
 Proceeding of Micro Total Analysis Systems 2010, 2017-2019 (2010)
- ③ Tadahiro Yamashita, Yo Tanaka, Yasuhiko Sugii, Kazuma Mawatari, Takehiko Kitamori
- “Construction of vascular-mimetic tissue in a separable microchip”
 Proceeding of Micro Total Analysis Systems 2010, 1316-1318 (2010)
- ④ Yo Tanaka, Kae Sato, Takehiko Kitamori
- “Assembly and simple demonstration of a micropump installing PDMS-based thin membranes as flexible micro check valves”
 Journal of Biomedical Nanotechnology, 5(5), 516-520 (2009)
- ⑤ Tadahiro Yamashita, Yo Tanaka, Kae Sato, Takehiko Kitamori
- “Recovery and manipulation system of vascular tissue cultured in a separable microchip”
 Proceeding of Micro Total Analysis Systems 2010, 1832-1834 (2009)
- ⑥ Kihoon Jang, Kae Sato, Yo Tanaka, Takahiro Nakajima, Moritoshi Sato, Takehiko Kitamori
- “Cell-based microfluidic co-culture system for indication of nitric oxide secrete from endothelial cells”
 Proceeding of Micro Total Analysis Systems 2010, 1907-1909 (2009)
- {学会発表}(計31件)
Yo Tanaka
- “Microfluidic devices in totally glass microchips using flexible ultra thin glass”
 2014 EMN Summer meeting (Energy Material Nanotechnology) (The Westin Resort & Spa,

Cancun, Mexico, 9, June 2014)

Yo Tanaka

“An active valve incorporated into a microchip using a high strain electroactive polymer”

BIT's 3rd Annual Conference and EXPO of AnalytiX 2014 (Dalian World Expo Center, China, 27, Apr. 2014)

Yo Tanaka

“Totally glass-based microchips with valves and pumps using flexibility of ultra thin glass”
17th International Conference on Miniaturized Chemical and Biochemical Analysis Systems (μ TAS) (Freiburg, Germany, 29, Oct. 2013)

Yo Tanaka, Kihoon Jang, Jun Wakabayashi, Reina Ishii, Kae Sato, Kazuma Mawatari, Mats Nilsson, Takehiko Kitamori

“Shallow antibody-coated microchannel based selective cell capture and analysis”

17th International Conference on Miniaturized Chemical and Biochemical Analysis Systems (μ TAS) (Freiburg, Germany, 28, Oct. 2013)

Yo Tanaka

“All glass-based actuator for valves and pumps using ultra thin glass membrane and piezo actuators”

16th International Conference on Miniaturized Chemical and Biochemical Analysis Systems (μ TAS) (Okinawa, Japan, 30, Oct. 2012)

Xiaofang Gao, Kazuma Mawatari, Yutaka Kazoe, Yo Tanaka, Takehiko Kitamori

“Creation of a cell-based separation microdevice using human renal proximal tubule epithelial cells”

16th International Conference on Miniaturized Chemical and Biochemical Analysis Systems (μ TAS) (Okinawa, Japan, 29, Oct. 2012)

Yo Tanaka, Hong Trang Ngo, Yutaka Kazoe, Hisashi Shimizu, Kazuma Mawatari, Takehiko Kitamori

“Multistep mixing, reaction and detection system in an extended-nano fluidic network”

15th International Conference on Miniaturized Chemical and Biochemical Analysis Systems (μ TAS) (Seattle, USA, 3, Oct. 2011)

Kentaro Shirai, Yasuhiko Sugii, Yo Tanaka, Kazuma Mawatari, Takehiko Kitamori

“Integration of single cell manipulation, lysis, injection at sub-picoliter scale utilizing extended-nano space for single cell analysis”

15th International Conference on Miniaturized Chemical and Biochemical Analysis Systems (μ TAS) (Seattle, USA, 4, Oct. 2011)

Yo Tanaka, Yuka Yanagisawa, Takehiko Kitamori

“Cell sheet free actuator for a bio-micropump using previously frozen cardiomyocytes”

15th International Conference on Miniaturized Chemical and Biochemical Analysis Systems (μ TAS) (Seattle, USA, 5, Oct. 2011)

Kentaro Shirai, Yasuhiko Sugii, Yo Tanaka,

Kazuma Mawatari, Takehiko Kitamori

“Single cell analysis at femtoliter scale utilizing extended-nano space”

2nd Annual Single Cell Analysis Congress, (London, UK, 18, May 2011)

Xiaofang Gao, Yo Tanaka, Yasuhiko Sugii, Takehiko Kitamori

“Design and initial test of a bioartificial renal tubule on chip”

IUPAC International Congress on Analytical Sciences 2011 (ICAS) (Kyoto, Japan, 23, May 2011)

Kentaro Shirai, Yasuhiko Sugii, Yo Tanaka, Kazuma Mawatari, Takehiko Kitamori

“Development of interface between micro and extended-nano spaces for femtoliter scale analysis of single cells”

International Symposium on Microchemistry and Microsystems 2011 (ISMM) (Seoul, Korea, 3, June 2011)

高小放、田中陽、杉井康彦、馬渡和真、北森武彦

“Structure and cell culture condition for miniaturization of a bioartificial renal tubule on chip”

第 23 回化学とマイクロ・ナノシステム研究会、千葉、2011 年 6 月 10 日

高小放、田中陽、杉井康彦、馬渡和真、北森武彦

“Construction of a cell-based separation microdevice using renal tubule cells cultured on chip”

日本分析化学会 第 60 年会、名古屋、2011 年 9 月 15 日

Hiroto Akaike, Yo Tanaka, Yasuhiko Sugii, Takahiko Kitamori

“Development of insulin delivery devices composed of Langerhans islets and cardiomyocytes”

15th International Conference on Miniaturized Chemical and Biochemical Analysis Systems (μ TAS) (Groningen, Netherland, 6, Oct. 2010)

Tadahiro Yamashita, Yo Tanaka, Yasuhiko Sugii, Kazuma Mawatari, Takehiko Kitamori

“Construction of vascular-mimetic tissue in a separable microchip”

15th International Conference on Miniaturized Chemical and Biochemical Analysis Systems (μ TAS) (Groningen, Netherland, 6, Oct. 2010)

Tadahiro Yamashita, Yo Tanaka, Yasuhiko Sugii, Kazuma Mawatari, Takehiko Kitamori

“Study on the culturing condition and recovery of smooth muscle cells in a separable microchip”

6th International Chemical Congress of Pacific Basin Societies Sponsors (PACIFICHEM) (Honolulu, USA, 18, Dec. 2010)

Hiroto Akaike, Yo Tanaka, Yasuhiko Sugii, Takehiko Kitamori

“Development of a self-perfusion micro insulin

- pump powered by cardiomyocytes”
6th International Chemical Congress of Pacific Basin Societies Sponsors (PACIFICHEM) (Honolulu, USA, 18, Dec. 2010)
Xiaofang Gao, Yo Tanaka, Yasuhiko Sugii, Takehiko Kitamori
- “Creation of cell-based separation microdevices: Design and initial test of a bioartificial kidney on chip”
10th Asian-Pacific International Symposium on Microscale Separations and Analysis (APCE) (Hong Kong, China, 11, Dec. 2010)
Kihoon Jang, Yan Xu, Yo Tanaka, Takehiko Kitamori
- “Multi-patterning of biological samples on glass substrate and inside the fused microchannel by using photochemical reaction”
17th International Symposium on Capillary Electrophoresis Techniques (ITP) (Baltimore, Maryland, USA, 30, Aug. 2010)
- ⑳ Tadahiro Yamashita, Yo Tanaka, Takehiko Kitamori
“Culture and recovery of smooth muscle cells in a separable microchip for the construction of micro-scale vascular tissue”
International Symposium on Microchemistry and Microsystems (ISMM) 2010 (Hong Kong, China, 29, May 2010)
- ㉑ Kihoon Jang, Yan Xu, Yo Tanaka, Takehiko Kitamori
“A method for single cell patterning by using photochemical reaction in fused microchannel”
International Symposium on Microchemistry and Microsystems (ISMM) 2010 (Hong Kong, China, 29, May 2010)
- ㉒ 高小放、田中陽、杉井康彦、北森武彦
“Creation of cell-based separation microdevices: design and initial test of a bioartificial kidney (BAK) microchip”
第 22 回化学とマイクロ・ナノシステム研究会、名古屋、2010 年 11 月 17 日
- ㉓ 高小放、田中陽、杉井康彦、北森武彦
“心筋細胞を用いた自己灌流マイクロインスリンポンプの開発”
第 21 回化学とマイクロ・ナノシステム研究会、東京、2010 年 6 月 10 日
- ㉔ 山下忠紘、田中陽、杉井康彦、馬渡和真、北森武彦
“分離型マイクロ化学チップ内での血管平滑筋細胞の培養条件の検討”
第 21 回化学とマイクロ・ナノシステム研究会、東京、2010 年 6 月 10 日
- ㉕ Kihoon Jang, Yan Xu, Yo Tanaka, Takehiko Kitamori
“Single cell patterning in semi-closed microchannel using photoactivation”
25th International Symposium on Microscale Bioseparations (MSB) (Prague, Czech Republic, 23, March, 2010)
- ㉖ Kihoon Jang, Kae Sato, Yo Tanaka, Takahiro Nakazima, Moritoshi Sato, Takehiko Kitamori
“Endothelial cell-pipecell co-culture microfluidic system for indication of nitric oxide”
24th International Symposium on MicroScale Bioseparations and Methods for Systems Biology (MSB) (Dalian, China, 19, Oct. 2009)
- ㉗ Tadahiro Yamashita, Yo Tanaka, Kae Sato, Takehiko Kitamori
“Recovery and manipulation system of vascular tissue cultured in a separable microchip”
15th International Conference on Miniaturized Chemical and Biochemical Analysis Systems (μ TAS) (Jeju, Korea, 4, Nov. 2009)
- ㉘ Kihoon Jang, Kae Sato, Yo Tanaka, Takahiro Nakajima, Moritoshi Sato, Takehiko Kitamori
“Cell-based microfluidic co-culture system for indication of nitric oxide secrete from endothelial cells”
15th International Conference on Miniaturized Chemical and Biochemical Analysis Systems (μ TAS) (Jeju, Korea, 4, Nov. 2009)
- ㉙ 山下忠紘、田中陽、佐藤香枝、北森武彦
“分離型マイクロ化学チップによる血管組織の構築と回収”
第 19 回化学とマイクロ・ナノシステム研究会、広島、2009 年 5 月 29 日
- ㉚ 張氣薫、佐藤香枝、田中陽、中嶋隆浩、佐藤守俊、北森武彦
“Nitric oxide indicator based on microfluidic co-culture system”
第 19 回化学とマイクロ・ナノシステム研究会、広島、2009 年 5 月 29 日
〔産業財産権〕
出願状況 (計 1 件)
名称: Fluid-controlling device for microchip and use thereof
発明者: Yo Tanaka, Hiroki R. Ueda
権利者: RIKEN
種類: 特許
番号: US13/933160
出願年月日: 2013 年 7 月 2 日
国内外の別: 国外
〔その他〕
研究代表者(PI)研究室ホームページ:
<http://www.qbic.riken.jp/ibd/jpn/>
6. 研究組織
(1) 研究代表者
田中 陽 (TANAKA, Yo)
理化学研究所・生命システム研究センター・ユニットリーダー
研究者番号: 40532271