

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21日現在

機関番号：24403

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2009～2011

課題番号：21680041

研究課題名（和文） 分子鋳型を用いた非侵襲型生活習慣病健診チップの開発

研究課題名（英文） Development of Non-invasive Checkup Chip for Lifestyle-related Diseases by Molecular Imprinting

研究代表者

椎木 弘 (SHIIGI HIROSHI)

大阪府立大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：70335769

研究成果の概要（和文）：

生体内において適正なコレステロールレベルの維持は生活習慣病を未然に防ぐために重要である。皮膚成分に着目した分子鋳型センサの開発により、簡易で非侵襲的な計測法の開発を行っている。皮膚からの抽出成分について、高速液体クロマトグラフィと分子鋳型電極で計測したところ両者には良い相関が見られた。そこで、簡便で迅速な電気化学センサの開発を行った。また、実用化を目指して、使い捨て電極の作製についても検討した。

研究成果の概要（英文）：

Controlling the total cholesterol level is important for preventing lifestyle-related diseases. Therefore, a simple and non-invasive method of measuring skin cholesterol has been developed by using a molecularly imprinted self-assembled monolayer (SAM) sensor. Since the extracted solution from a skin was analyzed using a high-performance liquid chromatography and the molecularly imprinted SAM electrode, both results had a good correlation was found. A simple and non-invasive electrochemical sensor has been developed by using the molecularly imprinted SAM electrode with a high sensitivity and selectivity. A production of disposable sensor chip has been also examined to the practical application of the sensor

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	9,200,000	2,760,000	11,960,000
2010年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2011年度	2,700,000	810,000	3,510,000
年度			
年度			
総計	16,000,000	4,800,000	20,800,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用生体工学・生体材料学

キーワード：非侵襲計測，生活習慣病，コレステロール，分子鋳型，センサ，バイオチップ

1. 研究開始当初の背景

高コレステロール血症に代表される脂質異常症は心筋梗塞や脳卒中を引き起こす動脈硬化性疾患の危険因子であり、平成18年国民健康栄養調査によると、その人口は潜在患者も含め4200万人に達すると言われ、糖尿病(1900万人)や高血圧(5500万人)と並び、

最もポピュラーな生活習慣病の一つである。男性は30代、女性は50代からほぼ2人に1人が脂質異常症であると言われているにもかかわらず、その70%に自覚がないなど、生活習慣病の中でも他の糖尿病や高血圧などに比べ軽視されているのが現状である。例えば、糖尿病や高血圧症については家庭で計測

できる簡易計測機器が市販され、日常的な計測が可能となっているが、脂質異常症については医療機関での侵襲的採血や多くの操作(遠心分離、酸化、抽出、酵素法、比色計測)を伴う計測に基づく。したがって、簡易計測法の開発とそれによる日常的な計測と管理は、合併症リスクの観点からも、医療従事者だけでなく多くの人々に望まれている。

米国クリーブランド病院と加国 IMI 社の共同チームが皮膚と生体中のコレステロールの割合が同じであることを見出し、非侵襲計測の可能性について検討した(Zawdiwskiら *Clin. Chem.*, **47**, 1302 (2001))。これは、Cholesterol 1,2,3TMテストと呼ばれ、掌に貼り付けたパッドの酵素反応に基づく呈色により“非常に多い”、“多い”を判断するもので、重度冠動脈疾患や心筋梗塞既往歴がある皮膚コレステロール濃度の高い患者への併用検査としての有用性は認められたが、測定感度が低いため一般母集団を対象としたスクリーニングや定量には不応であった。

本研究では皮膚コレステロールに着目し、優れた分子認識能を有する分子鑄型を利用した、非侵襲計測法の開発を目指す。

2. 研究の目的

分子鑄型法(図1)は分子の形を認識する手法であり、分子鑄型を電極に組み込むことで、簡易で非侵襲的な計測を可能にする電気化学センサの開発を目的とする。また、医療計測の場合、人体接触する箇所はディスポーザブル化が必要になる。実用化を目指した使い捨て電極チップの開発について、センシング特性だけでなく、精度およびコストに着目して検討を行う。

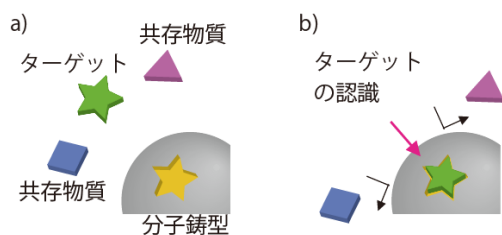


図1 分子鑄型による分子認識の概念

本研究では、金電極上にコレステロールの分子鑄型を持つ自己集合単分子膜(SAM)を形成し、その分子認識に伴う電流応答を計測する手法により、分子鑄型電極が優れた分子認識能を持つことを見出している(図2)。コレステロール自身は電気化学的に不活性であるため、試料溶液中にマーカーを添加して分子認識に伴う電流変化に着目することで、コレステロールの計測が可能である(椎木ら、*生体医工学*, **42**, 181 (2004))。

この特色を生かして、簡易で高感度な電気化学センサの開発を目指す。

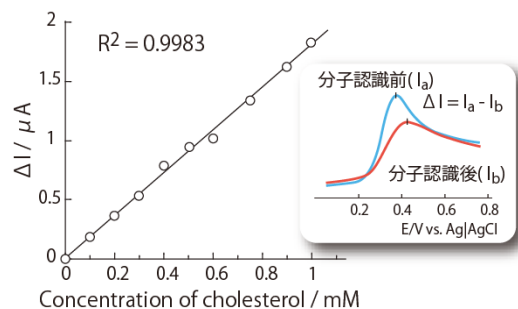


図2 分子鑄型電極によるコレステロール計測。挿入図：分子認識前後の電気化学応答

SAMを構成するアルカンチオール(チオール基(-SH))が金電極と自発的に結合して形成されることを利用して分子鑄型を形成することが可能である。したがって、本センサの実用化に伴うセンサチップのディスポーザブル化には、電極材の低コスト化が必要となる。そこで、安価なプラスチックを基板とし、金薄膜を形成することで低コスト化を目指す。その際、センシング特性だけでなく、チップ作製コストや精度に着目した電極材の最適化についても行う。

3. 研究の方法

本研究は、高感度分子鑄型チップの開発と、皮膚成分の抽出法の確立という両面からアプローチすることにより、コレステロールの非侵襲計測法の開発を行う。得られた成果をもとに最終的にマルチアレイ化し、生活習慣病チップ開発の礎の構築を目指す。

- (1) 電極チップの作製および評価
- (2) 皮膚成分の抽出法の確立
- (3) マルチアレイ電極チップの作製

以上の項目について検討した。

(1) 電極チップの作製および評価

① ディスポーザブル電極チップの作製と分子鑄型膜の形成

アルキルチオールはアルキル直鎖の末端にチオール基を有しており、このチオール基が金に自発的に吸着することを利用して基板に単分子膜を形成した。通常、基板として金の単結晶を用いるため、チオール分子は一定の配向を保ちながら高密度に吸着し、アルキル鎖の分子間力による強固なSAMの形成が可能になる。センサチップのディスポーザブル化について、ポリエチレン(PETなど)基板への金薄膜形成により達成した。

② 分子鑄型のセンシング特性の最適化

金電極上に形成した分子鑄型SAMのセンシング特性について、SAM構成分子やマーカーとなる酸化還元化学種の選定により、最適化を行った。

③ 分子鑄型を持つディスポーザブル電極の特性評価

①で作製した金薄膜上に、②により得られた最適条件に基づき分子鑄型を形成し、分子認識に伴う電流変化(ΔI)に着目することでセンシング特性を評価した。

④ 分子鑄型の認識に関する表面科学的アプローチ

③検討の際、センサチップの表面観察により、電気化学特性の評価を行った。特に、プラスチック基板上に形成された金薄膜の表面状態と電気抵抗および電気化学特性とを比較して評価した。

(2) 皮膚成分の抽出法の確立

①クロマトグラフィによる皮膚成分の計測

無害で人体になるべく刺激の少ない溶媒による、皮膚成分の抽出法について、選択性などのセンシング特性、皮膚状態に与える影響の双方から検討した。また、抽出液中のコレステロールを従来法の一つである高速液体クロマトグラフィ(HPLC)により分析した。

②分子鑄型法と従来法による計測と分析特性の比較

分子鑄型や HPLC で得られた皮膚のコレステロール濃度と医療機関での従来法による血中濃度との比較を行った。それぞれから得られた濃度の相関性について統計的な解析を行った

③生活習慣病に関わる皮膚成分の計測

皮膚成分について、上記①②で得られた分析結果から、生活習慣病に深く関わる物質に着目し、計測の可能性について検討した。

(3) マルチアレイ電極チップの作製

皮膚からの抽出成分に含まれる生活習慣病関連物質の一括計測を目指すために、基板上に複数の電極を有するマルチアレイチップの作製を行った。

4. 研究成果

(1) 電極チップの作製および評価

SAM をマトリクスとして金電極上にコレステロールの分子鑄型を形成した。SAM はアルカンチオールの SH 基が金と自発的に結合することにより形成される。したがって、電極としては金を用いる必要がある。また、センサチップのディスポーザブル化のためには、電極形成プロセスの高い再現性と低コスト化が要求される。そこで、ガラス基板に金薄膜を形成することで電極を作製し、その電気化学的評価を行った。スパッタにより 150 nm 程度の薄膜を形成することで良好な電気化学特性を示した。また、この電極に SAM を形成してセンサチップを作製した。センサチップの応答性(ΔI)は電極表面の平滑さに依存することが明らかになった(図 3)。これは、電極表面に吸着したアルキルチオールの配向性に起因するものと考えられる。

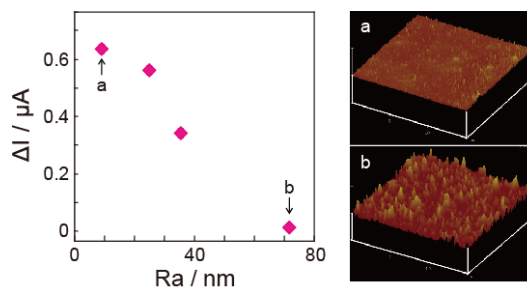


図3 電極の表面粗さとセンサ応答性の関係。

挿入図：走査型プローブ顕微鏡による表面観察

つまり、表面が平滑である場合は、高密度に吸着したアルカンチオールが強固な SAM を形成するが、疎に吸着した場合、アルカンチオールが配向性を持たず、電極表面に絶縁膜を形成することによると考えられる。そこで、スパッタにより平滑な薄膜表面の形成を試みた。表面粗さ(Ra)が約 20 nm 程度で良好なセンサ応答が見られ、高い再現性でのセンサチップの作製が可能になった。さらに、種々のプラスチックを基板とした薄膜形成についても検討した。その結果、いずれの場合も用いるプラスチック基板の表面粗さが、薄膜の電気化学特性およびセンサチップのセンシング特性に影響することが分かった。また、形成した薄膜の膜厚がその電気化学特性に影響することが分かった。100~600 nm では膜厚が増大するとともにセンサ応答は増大した。また、200 nm 以上で可逆的な電気化学応答が得られた。

以上の結果より、センシング特性だけでなく、ディスポーザブル化に伴い必要とされる再現性とコストの観点から、 $Ra < 20$ の平滑さと 200 nm 程度の膜厚を有する金薄膜が電極として最適であることが分かった。

(2) 皮膚成分の抽出法の確立

皮膚成分の抽出は、カップ中の抽出溶媒(1mL)を皮膚に接触させて行った(図 4)。



図4 皮膚成分の抽出の様子

抽出した皮膚成分の HPLC による分析の結果、皮膚への影響と成分、量の観点から、溶媒としてエタノールが最適であった。抽出液中のコレステロール濃度は抽出時間に依存した。HPLC での定量に際し、少なくとも 30 s の抽出時間を要することが分かった。また、60 s 以上では変化が見られないことから、抽出時間は 60 s とした。

皮膚コレステロールと血中濃度との比較を行った結果、3年間の継続的な計測において良好な相関が見られた。血中コレステロール値(通常130~240 mg/dLと言われる)と同様に、皮膚コレステロールにも個人差が見られた。それぞれの被験者において、血中と皮膚で得られたコレステロール値に相関がみられた。したがって、皮膚コレステロールに着目することで、コレステロールレベルの経時的モニタリングの可能性が示唆された。

(3) マルチアレイ電極チップの作製

同一基板上に複数の電極を有するマルチアレイチップが利用可能な電気化学センサの開発を行った。



図5 本研究により開発した電気化学センサ

センサチップの電極は前記の最適条件に基づいて形成した。基板として用いたガラスは研磨により平滑化した。薄膜の密着性の観点から、スパッタにより形成したチタン薄膜上に金薄膜を形成した。複数の作用極を有しているため、現状では3つの成分についての計測が可能である。また、このセンサチップが装着可能なセンサ装置は、手のひらに収まるポータブルタイプ(サイズ 50×90×18mm, 重量 67g, 電池式)であるため、医療、食品分野での様々な環境下での計測に適している。また、電圧範囲を1V(分解能1mV)、走査速度を20 mV・s⁻¹とすることで迅速な計測を達成した。

測定手順として、洗浄したセンサチップをセンサ本体に差し込んだ後、反応液を測定部位に0.1 mL滴下して初期値を得る(step 1)。チップを本体からはずし、試料溶液に60 s浸漬する(step 2)。チップを再び本体に差し込んで反応液を測定部位に0.1 mL滴下して得られる電流値(最大電流値)によりコレステロール値が分かる仕組みである(step 3)。

以上、分子鋳型を用いることで高感度かつ高選択的、皮膚成分に着目することで非侵襲的なコレステロールの計測が可能となった。これらの成果を基にして、マルチアレイ装備可能なポータブルセンサを開発した。

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17件)

- 1) H. Shiigi, R. Morita, Y. Muranaka, S. Tokonami, Y. Yamamoto, H. Nakao, T. Nagaoka, Mass Production of Monodisperse Gold Nanoparticles in Polyaniline Matrix, *J. Electrochem. Soc.* 査読有, **in press**
- 2) S. Tokonami, K. Saimatsu, Y. Nakadoi, M. Furuta, H. Shiigi, T. Nagaoka, Vertical immobilization of Viable Bacilliform bacteria into Polypyrrole Films, *Anal. Sci.*, 査読有, **28**, (2012) 319-321.
- 3) S. Tokonami, M. Takahashi, M. Ikemizu, T. Kadoma, H. Shiigi, T. Nagaoka, Development of Bacterial Sensors Fabricated by Molecularly Imprinted Polymer Techniques, *Chemical Sensors*, 査読無, **28**, (2012)70-72.
- 4) T. Nagaoka, H. Shiigi, Y. Takahashi, Y. Takagi, Development of Practical Cholesterol Sensors Based on Molecularly Imprinted Polymer, *Chemical Sensors*, 査読無, **28**, (2012)73-75.
- 5) T. Nagaoka, S. Tokonami, H. Shiigi, H. Matsumoto, Y. Takagi, Y. Takahashi, Development of an Electrochemical Cholesterol Sensor System for Food Analysis, *Anal. Sci.*, 査読有, **28**, (2012)187-191.
- 6) S. Tokonami, S. Shirai, I. Ota, N. Shibutani, Y. Yamamoto, H. Shiigi, T. Nagaoka, Electrical and Thermal Properties of Conducting Microbead Prepared by Green Electroless Plating Method Using Gold Nanoparticles, *J. Electrochem. Soc.*, 査読有, **158**(12), (2011)D689-D693.
- 7) H. Nakao, H. Shiigi, Y. Takeda, Polarization Properties of Au Nanoparticle Arrays Prepared by Evaporation-Induced Self-Assembly with DNA, *Hyomen Kagaku*, 査読有, **32**(7), (2011) 451-456.
- 8) R. Morita, R. Inoue, S. Tokonami, Y. Yamamoto, M. Nakayama, H. Nakao, H. Shiigi, T. Nagaoka, Organic-inorganic Hybrid Nanoraspberry Consisted of Gold Nanoparticle and Aniline Oligomer, *J. Electrochem. Soc.*, 査読有, **158**(4), (2011) K95-K100.
- 9) T. Nagaoka, H. Shiigi, Y. Takahashi, Y. Takagi, Development and Practical Applications of Molecularly Imprinted Polymer Based Sensors, *Chemical Sensors*, 査読無, **27**, (2011) 28-30.
- 10) S. Tokonami, Y. Mizubata, H. Shiigi, T. Nagaoka, Development of Peptide Sensors Using an Overoxidized Polypyrrole Film, *Chemical Sensors*, 査読無, **26**, (2010) 130-132.
- 11) I. Ota, S. Shirai, H. Shiigi, T. Nagaoka, Extraction Procedure of Skin Components for Non-Invasive Measurement, *BUNSEKI KAGAKU*, 査読有, **59**(3), (2010) 919-923.
- 12) H. Nakao, H. Hayashi, H. Shiigi, K.

Miki, (Cover) Highly Localized Light Field on Metallic Nanoarrays Prepared with DNA Nanofibers, *Anal. Sci.*, 査読有, **25**(10), (2009) 1177-1179.

13) S. Tokonami, Y. Yamamoto, Y. Mizutani, I. Ota, H. Shiigi, T. Nagaoka, Green Electroless Plating Method Using Gold Nanoparticles for Conducting Microbeads: Application to Anisotropic Conductive Films, *J. Electrochem. Soc.*, 査読有, **156**(12), (2009) D558-D563.

14) H. Nakao, T. Taguchi, H. Shiigi, K. Miki, Formation of DNA Nanofibers by Solvent Evaporation, *HyomenKagaku*, 査読有, **30**, (2009) 439-443.

15) H. Shiigi, R. Morita, Y. Yamamoto, S. Tokonami, H. Nakao, T. Nagaoka, Self-organization of Organic-inorganic Hybrid Nano mushroom by Simple Synthetic Route at Organic/water Interface, *Chem. Commun.*, 査読有, **2009**, 3615-3617.

16) S. Tokonami, H. Shiigi, T. Nagaoka, Micro- and nanosized molecularly imprinted polymers for high-throughput analytical applications, *Anal. Chim. Acta*, 査読有, **641**(5), (2009) 7-13.

17) H. Nakao, T. Taguchi, H. Shiigi, K. Miki, Simple One-Step Growth and Parallel Alignment of DNA Nanofibers via Solvent Vapor-Induced Buildup, *Chem. Commun.*, 査読有, **2009**, 1858-1860.

[学会発表] (計 32 件)

1) 床波志保, 高橋茉莉, 池水麦平, 門馬哲也, 椎木 弘, 長岡 勉「分子鑄型技術を利用する細菌センサの開発」第 53 回化学センサ研究発表会(2012 年 3 月 30 日, 静岡)

2) 長岡 勉, 椎木 弘, 高橋靖典, 高木靖浩「分子鑄型技術を用いるコレステロールセンサの開発と実用化」第 53 回化学センサ研究発表会(2012 年 3 月 30 日, 静岡)

3) 藤田高大, 三橋 篤, 白井秀治, 山本陽二郎, 椎木 弘, 長岡 勉「アルカンチオールによる金ナノ粒子膜形成とその導電性評価」日本表面科学会 関西支部 20 周年若手ポスター発表会(2012 年 3 月 7 日, 京都)

4) 床波志保, 中土井祐, 細末健太, 椎木 弘, 長岡 勉「ポリピロール膜を利用したマイクロ空間の創成とセンサ応用」第 49 回フローインジェクション分析講演会(2011 年 12 月 2 日, 愛知)

5) H. Shiigi, S. Shirai, Y. Mizobata, T. Nagaoka, Non-invasive cholesterol detection by using molecularly imprinted electrode, *EUROanalysis 16*(2011 年 9 月 12 日, セルビア)

6) S. Tokonami, Y. Nakadoi, M. Takahashi, M. Ikemizu, T. Kodama, H. Shiigi, T. Nagaoka, Biosensor based on overoxidized polypyrrole film, *EUROanalysis 16*(2011 年 9 月 12 日, セル

ビア)

7) 椎木 弘, 招待講演「金ナノ粒子を利用したナノ空間の創製と応用」有機バイオ表面界面研究会 2011(2011 年 9 月 9 日, 千葉)

8) 床波志保, 中土井祐, 細末健太, 椎木 弘, 長岡 勉「過酸化ポリピロール膜の作製と分子認識」JAIMA Discussion on Analytical Science and Technology(2011 年 9 月 8 日, 千葉)

9) S. Tokonami, Y. Nakadoi, M. Takahashi, M. Ikemizu, T. Kodama, H. Shiigi, T. Nagaoka, Fabrication of overoxidized polypyrrole film and its sensor application, *ICFIA 2011*(2011 年 7 月 11 日, ポーランド)

10) S. Tokonami, H. Shiigi, T. Nagaoka, Recognition of analytes ranging from nano- to micro-size using over-oxidized polypyrrole detector/sensors, *ICFIA 2011*(2011 年 7 月 11 日, ポーランド)

11) Y. Mizobata, S. Tokonami, H. Shiigi, T. Nagaoka, Development of molecularly imprinted overoxidized polypyrrole sensor for HACCP, *ICAS2011*(2011 年 5 月 25 日, 京都)

12) 中土井祐, 椎木 弘, 長岡 勉, 床波志保「分子鑄型過酸化ポリピロール膜を用いたウイルスセンサの開発」第 58 回応用物理学関係連合講演会 (2011 年 3 月 25 日, 神奈川)

13) 水谷佑太, 山本陽二郎, 床波志保, 椎木 弘, 長岡 勉「金属ナノ粒子を用いた薄膜形成技術の開発」第 30 回表面科学学術講演会(2010 年 11 月 4 日, 大阪)

14) 床波志保, 椎木 弘, 長岡 勉「ナノ構造制御された金ナノ粒子配列のバイオセンサへの適用」第 59 回高分子討論会(2010 年 9 月 16 日, 北海道)

15) 溝畑裕己, 床波志保, 椎木 弘, 長岡 勉「分子鑄型過酸化ポリピロール膜を利用したリン酸基含有物質の検出」日本分析化学会第 59 年会(2010 年 9 月 16 日, 宮城)

16) 白井秀治, 村中祐輔, 太田 至, 椎木 弘, 長岡 勉「分子鑄型を用いた皮膚成分検出に関する検討」日本分析化学会第 59 年会(2010 年 9 月 16 日, 宮城)

17) 溝畑裕己, 渋谷直樹, 椎木 弘, 長岡 勉「金ナノ粒子を用いたフレキシブル基板への導電性薄膜の作製」2010 年電気化学秋季大会(2010 年 9 月 2 日, 神奈川)

18) 床波志保, 濱田大地, 中土井祐, 椎木 弘, 長岡 勉「ナノギャップ電極を利用したバイオセンサの高感度化」東京コンファレンス 2010(2010 年 9 月 1 日, 千葉)

19) 白井秀治, 椎木 弘, 長岡 勉「分子鑄型を用いた生活習慣病チップの開発皮膚成分検出に関する検討」東京コンファレンス 2010(2010 年 9 月 1 日, 千葉)

20) 溝畑裕己, 床波志保, 椎木 弘, 長岡 勉「分子鑄型電極を用いた HACCP フロー分析法の開発」*Separation Sciences 2010*(2010 年 8

月 31 日,千葉)

21) S. Tokonami, H. Shiigi, T. Nagaoka, Electrochemical sensors based on molecularly imprinted overoxidized polypyrrole, ACEC2010 (2010 年 5 月 18 日,熊本)

22) 白井秀治, 椎木 弘, 長岡 勉「非侵襲計測のための皮膚成分抽出に関する検討」第 71 回分析化学討論会(2010 年 5 月 15 日,島根)

23) 溝畑裕己, 床波志保, 椎木 弘, 長岡 勉「分子鑄型過酸化ポリピロール膜を利用した ATP の検出」第 71 回分析化学討論会 (2010 年 5 月 15 日,島根)

24) 白井秀治, 椎木 弘, 長岡 勉「非侵襲コレステロール計測のための自己集合単分子鑄型膜の開発」第 19 回日本 MRS 学術シンポジウム(2009 年 12 月 8 日,神奈川)

25) 溝畑裕己, 床波志保, 椎木 弘, 長岡 勉「分子鑄型過酸化ポリピロール膜を用いた QCM 検出器の開発」第 48 回フローインジェクション分析講演会(2009 年 11 月 27 日,大阪)

26) 太田 至, 床波志保, 椎木 弘, 長岡 勉「HPLC を用いた皮膚成分測定」日本分析化学会第 58 年会(2009 年 9 月 24 日,北海道)

27) S. Takeda, S. Tokonami, H. Shiigi, T. Nagaoka, Performance assessment of molecularly imprinted polymer based sensors by using flow injection techniques, FLOW ANALYSIS XI(2009 年 9 月 16 日,スペイン)

28) H. Shiigi, I. Ota, Y. Mizobata, T. Nagaoka, Development of cholesterol flow detection system based on molecularly imprinted self-assembled monolayer, FLOW ANALYSIS XI(2009 年 9 月 16 日,スペイン)

29) H. Shiigi, I. Ota, S. Shirai, Y. Mizobata, T. Nagaoka, Development of non-invasive detection of cholesterol by using molecularly imprinted self-assembled monolayer electrode, EURO analysis15(2009 年 9 月 7 日,ポーランド)

30) 太田 至, 白井秀治, 溝畑裕己, 椎木 弘, 長岡 勉「分子鑄型を用いたコレステロールセンシングー非侵襲計測を目指してー」東京コンファレンス 2009(2009 年 9 月 2 日,千葉)

31) 床波志保, 椎木 弘, 長岡 勉「金ナノ粒子の分析化学的応用」第 70 回分析化学討論会 (2009 年 5 月 17 日,和歌山)

32) 太田 至, 床波志保, 椎木 弘, 長岡 勉「HPLC による皮膚成分の非侵襲計測」第 70 回分析化学討論会(2009 年 5 月 16 日,和歌山)

〔図書〕 (計 2 件)

1) S. Tokonami, H. Shiigi, T. Nagaoka, Molecularly Imprinted Overoxidized Polypyrrole Films for Sensor Applications from Enantio recognition to Trace Analysis, S. Li, Y. G. Sergey, A. Piletsky, J. Lunec eds., Molecularly Imprinted Sensors: Overview and Application, Elsevier B. V., **in press** (2012).

2) S. Tokonami, H. Shiigi, T. Nagaoka, Gold Nano Films: Synthesis, Characterization, and Potential Biomedical Applications, C. Kumar ed., Nanostructured Thin Films and Surfaces, **5**, p.175-202, Wiley VCH (2009).

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 2 件)

1) 名称:微生物検出用センサーおよびその製造方法, 発明者:床波志保, 椎木 弘, 長岡 勉, 池水麦平, 高橋茉莉, 権利者:公立大学法人大阪府立大学, シャープ株式会社, 種類:番号:特願 2011-50416(PCT/JP2012/55611), 出願年月日:平成 23 年 3 月 8 日(平成 24 年 3 月 6 日), 国内外の別:国内外

2) 名称:生物学的物質の捕獲又は分離用複合微粒子, 発明者:長岡 勉, 椎木 弘, 床波志保, 山本陽二郎, 権利者:公立大学法人大阪府立大学, 種類:番号:特願 2010-098031, 出願年月日:平成 22 年 4 月 21 日, 国内外の別:国内

〔その他〕

ホームページ等

http://www.eng.osakafu-u.ac.jp/Japanese/20gakui/ki/applied_group/group11.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

椎木 弘 (SHIIGI HIROSHI)

大阪府立大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号:70335769