

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K07028

研究課題名(和文)放射光真空紫外円二色性によるタンパク質の高次構造解析と生体分子間相互作用の研究

研究課題名(英文)Structural analysis of protein using synchrotron-radiation vacuum-ultraviolet circular dichroism and study of biomolecular interactions

研究代表者

松尾 光一(Matsuo, Koichi)

広島大学・放射光科学研究センター・准教授

研究者番号：40403620

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：真空紫外円二色性(VUVCD)と線二色性(LD)を用いて、生体膜相互作用環境にある蛋白質の高次構造を獲得する手法を構築し、細胞への薬物輸送に関わる1-酸性糖タンパク質(AGP)及び膜のミエリン化に関わるミエリン塩基性タンパク質(MBP)の構造-機能解析に応用した。マイクロ流路Flowセルと送液ポンプを組合せたLD測定システムから、蛋白質の膜結合部位の二次構造の配向を解析できる手法を開発した。特性が異なる様々なリポソーム存在下でのAGPとMBPの二次構造解析から、AGPの薬物結合領域が膜と直接相互作用することやMBPと膜との相互作用機構が静電的であることが分かった。

研究成果の概要(英文)：We developed new analytical method which can characterize the structure of membrane-bound protein using vacuum-ultraviolet circular-dichroism (VUVCD) and linear-dichroism (LD) spectroscopy. This VUVCD-LD method uses the flow-LD measurement system equipped with the microchannel type flow cell and liquid pump, and can analyze the orientation of secondary structures at the local region such as membrane binding site of protein. This system was applied to the structural analysis of alpha1-acid glycoprotein (AGP) and myelin-basic protein (MBP) in the membrane. It is known that AGP transports a drug into membrane and MBP relates to the myelination in nerve cell. The secondary structures of AGP and MBP were determined by VUVCD-LD method in the presence of various liposomes, revealing that the drug-binding regions of AGP directly interacted with membrane and that the driving force of MBP-membrane binding was electrostatic interaction.

研究分野：生物物理化学

キーワード：円二色性 放射光 真空紫外線 生体膜 蛋白質 二次構造

### 1. 研究開始当初の背景

円二色性(CD)は、キラルな光学活性物質の立体構造を敏感に反映するため、タンパク質の重要な構造解析法となっている。しかし、水溶液試料で 190 nm 程度の短波長までしか測定できず、得られる構造情報に限界があった。これまで我々は、広島大学放射光科学研究センターで放射光源を利用した真空紫外円二色性(VUVCD)分散計を構築することで、水溶液中で 160 nm の真空紫外(VUV)領域までタンパク質 CD 測定を可能にし、タンパク質の二次構造含量・本数の高精度解析法を確立、またバイオインフォマティクス技術である Neural-Network 法(アミノ酸配列情報)を導入したタンパク質の二次構造の位置予測法(VUVCD-NN 法)を構築した。この解析手法は、薬物輸送やアミロイド線維形成の機構の解明に重要な生体膜と相互作用したタンパク質の構造研究に有効であった。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、放射光 VUVCD によるタンパク質構造解析法のさらなる高度化により、生体膜結合状態のタンパク質の構造研究を飛躍的に発展させることである。従来の二次構造の含量・本数・位置解析に加え、タンパク質二次構造の配向情報を獲得するため、VUVCD 分散計に Flow-VUV 線二色性(LD)測定システムを組み込む。この VUVCD と LD 法を、生体膜相互作用環境下にあるタンパク質の構造研究に応用し、生体分子間相互作用研究の新たな展開を目指す。具体的には、以下の 2 点の研究を行う。

#### タンパク質二次構造の配向解析

$\alpha$ -helix 構造の遷移モーメント( $n\pi^*$ ,  $\pi\pi^*$ )は、 $\alpha$ -helix 軸に水平あるいは垂直なため、Flow によりリポソームを楕円型に変形させることで、リポソームと結合した $\alpha$ -helix が膜表面に平行(表面に付着)なのか、垂直(膜に貫通)なのかを LD 値(水平と垂直な直線偏光の吸収差)の符号から判断できる。本研究では、VUV 領域まで測定可能な Flow-LD システムを構築し、3 種の膜結合タンパク質の構造解析に応用する。これにより、VUVCD-LD によるタンパク質の生体膜結合部位の配向構造解析の有効性について検証する。

#### 生体膜結合タンパク質の構造解析

本研究では、VUVCD と LD 法を用いて、血中の薬物輸送に関わるとされる $\alpha_1$ -酸性糖タンパク質(AGP)及び髄(ミエリン)鞘の安定化に寄与するミエリン塩基性タンパク質(MBP)の膜誘起構造(生体膜相互作用系)を詳細に解析する。また、これら構造情報からタンパク質と生体膜との相互作用機構について考察し、VUVCD による生体膜環境下にあるタンパク質の構造解析の有効性について議論する。

### 3. 研究の方法

#### タンパク質二次構造の配向解析

VUV 領域(~175 nm)までの LD が測定できる極薄 Flow セルを備えた Flow-VUVLD システムを開発する。また $\alpha$ -helix 構造を形成する

ポリ L グルタミン酸やポリ L リジンの Flow-LD から、VUV 領域における LD スペクトルの帰属を行い、高エネルギー遷移に基づく配向構造の獲得を試みる。さらに、3 種の膜結合タンパク質を対象にして、VUVCD からの二次構造の位置情報及びこの領域のアミノ酸情報(両親媒性等)から、リポソームと相互作用可能な $\alpha$ -helix 部位と配向が予測できる解析法を作成する。

#### 生体膜と相互作用した AGP の構造解析

血漿タンパク質 AGP は、中性または塩基性の薬物と結合するが、リポソームとの相互作用により $\beta$ -sheet 構造から $\alpha$ -helix 構造に大きく変化し、薬物との結合能が低下することが知られている。そこで、AGP のリポソームとの相互作用機構を解明するため、VUVCD・LD 測定から、膜表面電荷(負電荷・中性)や脂質頭部(グリセロール・エタノールアミン・コリン・セリン)が異なるリン脂質から成るリポソーム存在下での AGP の二次構造含量・本数・配列・配向を解析し、AGP 構造変化の有無や大きさから、薬物結合との関連性について議論する。

#### 生体膜と相互作用した MBP の構造解析

MBP は、神経細胞の軸索周辺に形成されるミエリン(リン脂質や糖脂質が主成分)内に多く含まれ、ミエリンの構造安定性に関与する。本研究では、ミエリンを構成する 5 種のリン脂質(ホスファチジルエタノールアミン:PE, ホスファチジルコリン:PC, ホスファチジルセリン:PS, ホスファチジルイノシトール:PI, スフィンゴミエリン:SM)存在下での MBP の VUVCD スペクトルを測定し、リポソーム結合型 MBP の二次構造を VUVCD により解析することで、リポソームの種類に依存した膜-MBP 相互作用機構の違いを明確にする。また、MBP 構造とミエリン化との関係について調査する。

### 4. 研究成果

#### タンパク質二次構造の配向解析

極薄 Flow セル(75  $\mu$ m)を備えた Flow 型 LD 測定システムを構築し、VUVCD 装置に実装した。構築したシステムを図 1 に示す。子牛胸腺由来の DNA を Flow 状態で測定した結果 Flow 無しでは、LD を示さなかったが、Flow することで LD が観測できることを確認した。また、セルを 90° 回転させると、理論通り LD 値の符号が逆転した。この装置により、Flow 環境下にある生体分子の LD 測定が可能であることを確認した。ポリ L グルタミン酸やポリ L リジンの Flow-LD の測定を行ったが、特徴的な

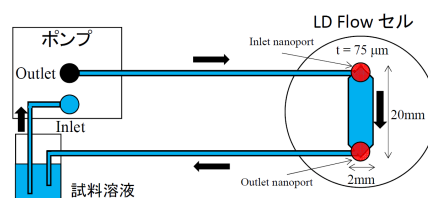


図 1 Flow 型 VUVLD 測定システムの模式図

LDは観測されなかった。今後、Flowシステムの改良によりせん断速度を高める必要がある。

3種の蛋白質( $\alpha$ -ラクトアルブミン: LA, チオレドキシン: Trx,  $\beta$ -ラクトグロブリン: LG)のVUVCDとLDスペクトルを、ホスファチジルグリセロール(PG)から作成したリポソーム存在下・非存在下で170 nmまで測定した(図2

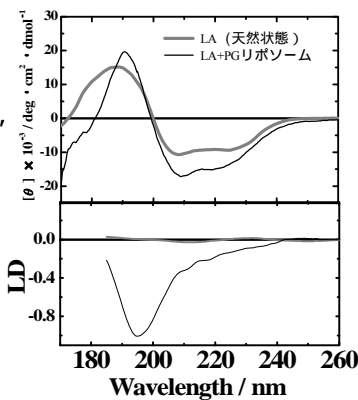
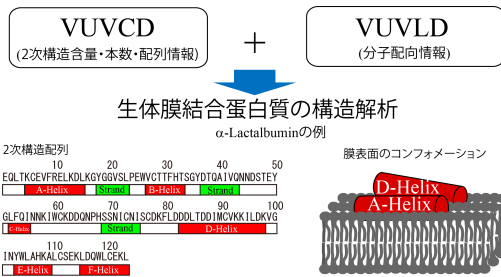


図2 LAのVUVCDとLDスペクトル

には, LAの結果を示す)。VUVCDから二次構造の含量・本数・配列を解析し結果, リポソーム存在下で $\alpha$ -helix領域が増加することが分かった。また, LDから生体膜と結合したhelixの配向を解析した結果, LAでは2本の両親媒性ヘリックスがリポソーム表面に結合し, TrxとLGではそれぞれ2本と1本の疎水性ヘリックスがリポソームを貫通していることが示唆された。図3には, LAを用いた構造解析の例を示す。VUVCDとLD分光法の併用から, 生体膜との蛋白質の結合部位の構造情報が



得られることが分かった。

図3 VUVCDとLDによる生体膜相互作用状態のLAの構造解析

#### 生体膜と相互作用したAGPの構造解析

VUVCD装置を用いて,  $\beta$ ストランドリッチであるAGPのVUVCDスペクトルをPI, PS, PE, PC, SM)リポソーム存在下(pH4.5, 25)で, 260~170 nmの範囲で測定した結果, PS・PE・PIでは相互作用に伴う特徴的なスペクトル変化が見られたが, PCとSM存在下では変化が観測されなかった。また, VUVCDスペクトルから二次構造解析を行った結果, 天然状態では15%であったヘリックス含量がPS(31%) < PE(36%) < PI(53%)の順で増加することが分かった。PC, SM, PEの頭部の正味電荷は中性で, PI, PSでは負であることから, AGPと膜との相互作用は, リン脂質頭部の正味電荷だけでなく, 種類にも依存することが分かった。PI存在下で, アミノ酸配列レベルの二次構造解析を行った結果, 薬物結合サイ

トを含むAヘリックス領域と含まないGヘリックス領域が生体膜と結合可能な部位であることが分かった。これらAとG領域のペプチドを合成しリポソーム存在下でVUVCDスペクトルを測定したところ, Aペプチドのみで構造変化が観測された。A領域は, 両親媒性のアミノ酸配列でもあることから, まずこの領域が生体膜と静電的相互作用により結合し, これがトリガーとなり, AGPの $\beta$ -構造転移が誘起されることが示唆された。この結果により, 相互作用の初期段階で薬物結

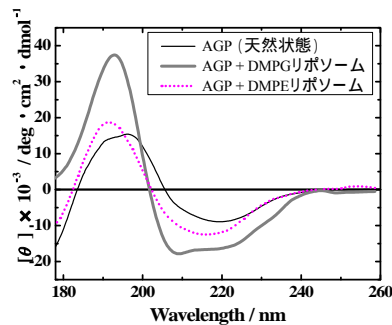


図4 AGPの天然状態とリポソーム存在下でのVUVCDスペクトル

合サイトの構造変化が起こると推察された。

#### 生体膜と相互作用したMBPの構造解析

ミエリンを構成する5種類のリン脂質(PC, PE, PS, PI, SM)生体膜存在下におけるMBPのVUVCDスペクトルを測定した(図5には, PI存在下の結果を示す)。二次構造の解析結果から, MBPは天然変性タンパク質であり, PC, PE, SM生体膜存在下では構造変化せず, PSとPI生体膜存在下では $\alpha$ -helix構造を形成することが分かった。VUVCDとNeural-Network法の組み合わせ法から, アミノ酸配列上での二次構造の位置予測を行った結果, MBPはPSとPI存在下で6つの $\alpha$ -helix領域を形成し, その内5つの領域で正味電荷がプラスであることが分かった。PSとPI生体膜表面はマイナスに帯電しているため, MBPは静電的相互作用により両生体膜表面と結合し $\alpha$ -helix構造を形成することが示唆された。またこれらの $\alpha$ -helix領域は, 生体膜の条件により両親媒性ヘリックスを形成することが分かった。

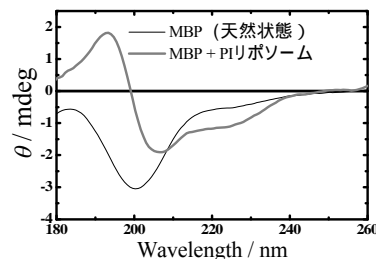


図5 MBPの天然状態とリポソーム存在下でのVUVCDスペクトル

このようにVUVCDとLDを組合せ法が, 生体膜相互作用環境下にあるタンパク質の構造研究に重要な情報をもたらすことが分かった。

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 30 件)

K. Matsuo, K. Gekko (2018) Synchrotron-radiation vacuum-ultraviolet circular-dichroism spectroscopy for characterizing the structure of saccharides. *Glycobiophysics*, in press. (査読有)

Y. Izumi, K. Matsuo, H. Namatame (2018) Structural analysis of lysine-4 methylated histone H3 proteins using synchrotron radiation circular dichroism spectroscopy. *Chirality*, in press. (査読有)

Y. Izumi, K. Matsuo, K. Fujii, A. Yokoya, M. Taniguchi, H. Namatame (2017) Circular dichroism spectroscopic study on structural alterations of histones induced by post-translational modifications in DNA damage responses: Lysine-9 methylation of H3. *J. Radiat. Res.*, **59**, 108–115. (査読有)

K. Matsuo (2017) Vacuum-ultraviolet circular-dichroism study of oligosaccharides using a synchrotron-radiation spectroscopy. *Biomed. Spectrosc. Imaging*, **6** 111–121. (査読有)

Y. Izumi, K. Fujii, S. Yamamoto, K. Matsuo, H. Namatame, M. Taniguchi, A. Yokoya (2017) DNA damage response induces structural alterations in histone H3–H4. *J. Radiat. Res.* **58** 59–65. (査読有)

M. Pukáncsik, Á. Orbán, K. Nagy, K. Matsuo, K. Gekko, D. Maurin, D. Hart, I. Kézsmárki, B. G. Vértess (2016) Secondary structure prediction of protein constructs using random incremental truncation and vacuum-ultraviolet CD spectroscopy. *PLoS ONE* 11(6), e0156238. (査読有)

K. Matsuo, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Gekko (2016) Conformation of membrane-bound proteins revealed by vacuum-ultraviolet circular-dichroism and linear-dichroism spectroscopy. *Proteins*, **84**, 349–359. (査読有)

Y. Kanematsu, Y. Kamiya, K. Matsuo, K. Gekko, K. Kato, M. Tachikawa (2015) Isotope effect on the circular dichroism spectrum of methyl  $\alpha$ -D-glucopyranoside in aqueous solution. *Sci. Rep.* **5**, 17900. (査読有)

E. Ohmae, S. Tanaka, Y. Miyashita, K. Katayanagi, K. Matsuo (2015) Vacuum-Ultraviolet Circular Dichroism Spectra of Escherichia coli Dihydrofolate Reductase and Its Mutants: Contributions of Phenylalanine and Tyrosine Side Chains and Exciton Coupling of Two Tryptophan Side Chains. *J. Phys. Chem. B*, **119**, 13002–13008. (査読有)

H. Kato, T. Nehira, K. Matsuo, T. Kawabata, Y. Kobashigawa, H. Morioka, F. Losung, R. E. P. Mangindaan, N. J. de Voogd, H. Yokosawa, S. Tsukamoto (2015) Niphateolide A: isolation from the marine sponge Niphates olemda and determination

of its absolute configuration by an ECD analysis. *Tetrahedron*, **71**, 6956–6960. (査読有)

K. Matsuo, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Gekko (2015) Solution structures of methyl aldopyranosides revealed by vacuum-ultraviolet electronic circular-dichroism spectroscopy. *Biomed. Spectrosc. Imaging*, **4**, 269–282. (査読有)

月向邦彦, 松尾光一 (2016) 放射光真空紫外円二色性による生体分子の構造解析. *分光研究*, **65**, 172–182. (査読有)

M. Kumashiro, K. Matsuo, Y. Izumi, H. Namatame, M. Taniguchi (2017) Conformation of Membrane-Bound Myelin Basic Protein Characterized by Vacuum-Ultraviolet Circular-Dichroism Spectroscopy. *HiSOR Activity Report* 2016, 108. (査読無)

J. Takahashi, N. Suzuki, Y. Kebukawa, K. Kobayashi, M. Fujimoto, M. Katoh, Y. Izumi, K. Matsuo Circular Dichroism of Bio-organic Materials Irradiated by Vacuum-Ultraviolet Circularly-Polarized Undulator Light (2017) *HiSOR Activity Report* 2016, 109–110. (査読無)

K. Matsuo (2017) Conformations of  $\alpha_1$ -acid glycoprotein fragments in membrane-bound state revealed by vacuum-ultraviolet circular-dichroism spectroscopy. *HiSOR Activity Report* 2016, 111. (査読無)

Y. Maki, R. Takeda, K. Matsuo (2017) Vacuum-ultraviolet circular dichroism of locust bean gum. *HiSOR Activity Report* 2016, 112–113. (査読無)

Y. Izumi, K. Matsuo (2017) VUVCD measurements of methylated histone H3. *HiSOR Activity Report* 2016, 114. (査読無)

K. Matsuo, H. Yamamoto, S. Lee, T. Mizobata, K. Gekko, Y. Kawata (2017) Studies on structure and amyloid fibril formation of  $\alpha$ -Synuclein. *HiSOR Activity Report* 2016, 115–116. (査読無)

T. Nehira, Y. Tokunaga, T. Umezawa, K. Matsuo (2017) Development of a determination method for absolute configuration of chiral allenes by vacuum-ultraviolet circular dichroism. *HiSOR Activity Report* 2016, 117. (査読無)

K. Matsuo, Y. Izumi, J. Takahashi, M. Fujimoto, M. Katoh (2017) Emergence of Biological Homochirality by Irradiation of Polarized Quantum Beams. *UVSOR Activity Report* 157. (査読無)

②① K. Matsuo, H. Namatame, M. Taniguchi (2016) Vacuum-Ultraviolet Circular-Dichroism Spectra of Polysaccharides and Cyclic Oligosaccharides. *HiSOR Activity Report* 2015, 101–102. (査読無)

②② K. Matsuo, H. Namatame, M. Taniguchi (2016) Effects of liposome surface charges on membrane-induced conformations of  $\alpha_1$ -acid glycoprotein characterized by vacuum-ultraviolet circular-dichroism

- spectroscopy. *HiSOR Activity Report* 2015, 103. (査読無)
- ②③ Y. Maki, K. Toriba, K. Ishizaka, K. Matsuo (2016) Synergistic Gelation of Xanthan and Locust Bean Gum Studied by Vacuum-Ultraviolet Circular Dichroism. *HiSOR Activity Report* 2015, 104–105. (査読無)
- ②④ Y. Izumi, K. Fujii, S. Yamamoto, K. Matsuo, A. Yokoya (2017) VUVCD measurements of proteins related to DNA repair. *HiSOR Activity Report* 2016, 106. (査読無)
- ②⑤ S. Tanaka, E. Ohmae, Y. Miyashita, K. Matsuo, K. Katayanagi (2016) Contributions of aromatic side chains to the vacuum-ultraviolet circular dichroism spectra of *Escherichia coli* dihydrofolate reductase. *HiSOR Activity Report* 2015, 107–108. (査読無)
- ②⑥ K. Matsuo, H. Hiramatsu, K. Gekko, H. Namatame, M. Taniguchi, R. W. Woody (2015) Characterization of Intermolecular Structure of  $\beta_2$ -Microglobulin Core Fragments in Amyloid Fibrils by Vacuum-Ultraviolet Circular Dichroism Spectroscopy and Circular Dichroism Theory. *HiSOR Activity Report* 2014, 102. (査読無)
- ②⑦ K. Matsuo, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Gekko (2015) Conformation Analysis of Membrane-Bound Proteins by Vacuum-Ultraviolet Circular-Dichroism and Linear-Dichroism Spectroscopy. *HiSOR Activity Report* 2014, 103. (査読無)
- ②⑧ Y. Izumi, K. Fujii, K. Matsuo, A. Yokoya (2015) VUV-CD measurements of modified histone proteins. *HiSOR Activity Report* 2014, 104–105. (査読無)
- ②⑨ Y. Maki, K. Toriba, K. Ishizaka, H. Yoshida, S. Yasuraoka, K. Matsuo (2017) Effect of molecular weight on synergy in mixed gels of k-carrageenan and locust bean gum studied by vacuum-ultraviolet circular dichroism. *HiSOR Activity Report* 2014, 106–107. (査読無)
- ③⑩ T. Nehira, K. Matsuo (2015) Determination of absolute configuration for a natural product niphateolide A by vacuum-ultraviolet circular dichroism. *HiSOR Activity Report* 2014, 108. (査読無)
- [学会発表] (計 39 件)
- 招待講演 (国際学会) 6 件
- K. Matsuo, Characterization of Biomolecule Structures by Synchrotron-Radiation Vacuum-Ultraviolet Circular-Dichroism Spectroscopy, 4th International Symposium on Hybrid Materials and Processing, (November 2017, Pusan, Korea)
- K. Matsuo, Protein structural analysis by synchrotron-radiation circular-dichroism spectroscopy, Japan-Korea Student Workshop (Hiroshima University – Pusan National University), (November 2016, Higashi-Hiroshima, Japan)
- K. Matsuo, New developments in the structure analysis of biomolecules using synchrotron-radiation vacuum-ultraviolet

circular dichroism, The 13th International School and Symposium on Synchrotron Radiation in Natural Science (ISSRNS'2016), (June 2016, Ustroń, Poland)

K. Matsuo: New developments of the protein structural analysis by synchrotron-radiation circular-dichroism spectroscopy. International Symposium on EcoTopia Science (November 2015 Nagoya, Japan)

K. Matsuo, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Gekko: Recent progress in structural analysis of biomolecules using HiSOR-SRCD beamline. 590th WE-Heraeus Seminar Synchrotron Radiation Circular Dichroism Spectroscopy (SRCD) (May 2015 Bad Honnef, Germany)

K. Matsuo: Application of vacuum-ultraviolet circular dichroism spectroscopy to structural analysis of biomolecules. Seminar in Faculty of Health & Life Sciences De Montfort University (May 2015 Leicester, UK)

招待講演 (国内学会) 4 件

松尾光一: 放射光円二色性法による生体分子の構造解析. 平成 29 年度結晶学若手の会 (2017 年 11 月, 広島)

松尾光一: 真空紫外円二色性による蛋白質の構造解析と生体分子相互作用研究への応用. 第 31 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (2017 年 1 月, 神戸)

松尾光一: 放射光円二色性によるタンパク質構造解析法の現状. 第 4 回キラル研究会 (2016 年 12 月, 京都)

松尾光一: 放射光円二色性スペクトル測定によるタンパク質の高次構造解析. 第 1050 回金曜日セミナー 量子ビームを利用した化学修飾タンパク質分子の構造解析 (2015 年 12 月, 茨城 東海)

国際学会 18 件

K. Matsuo: Present status and future prospect of HiSOR-VUVCD spectrophotometer for characterizing biomolecule structures in solution. The 22nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (March 2018, Hiroshima)

M. Kumashiro, Y. Izumi, K. Matsuo: Conformations of Myelin Basic Protein Interacted with Membrane Revealed by Vacuum-Ultraviolet Circular-Dichroism. The 22nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (March 2018, Hiroshima)

K. Nishikubo, Y. Izumi, K. Fujii, K. Matsuo, Y. Matsumoto, A. Yokoya: Secondary structural analysis of XRCC4 protein using HiSOR-VUVCD. The 22nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (March 2018, Hiroshima)

Y. Izumi, K. Matsuo: Beam focusing and Sample-Volume Reduction Using Schwarzschild Objective at VUV-CD Spectrophotometer. The 22nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron

Radiation (March 2018, Hiroshima)  
Y. Izumi, K. Matsuo: Structural Analysis of Lysine-4 Methylated Histone H3 Using VUV-CD Spectroscopy. The 22nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (March 2018, Hiroshima)  
S. Suenaga, M. Kumashiro, Y. Izumi, K. Matsuo: Secondary Structural Analysis of Hyaluronan Synthase Interacted with Membrane by Vacuum-Ultraviolet Circular Dichroism Spectroscopy. The 22nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (March 2018, Hiroshima)  
K. Matsuo, H. Namatame, M. Taniguchi : Characterizations of Structural Dynamics and Hydration Structures of D-Glucose using Vacuum-Ultraviolet Circular-Dichroism Spectroscopy. The 22nd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (March 2018, Hiroshima)  
K. Matsuo, R. W. Woody: Structural Characterization of Amyloid Fibrils using Synchrotron-Radiation Circular Dichroism and Circular Dichroism Theory. CSU Biochemistry and Molecular Biology Department Symposium ( August 2017, CSU Mountain Campus USA )  
Y. Izumi, K. Matsuo: Probing histone H3 structural alterations induced by lysine-4 methylation. Chirality 2017 (July 2017, Tokyo)  
M. Kumashiro, K. Matsuo, Y. Izumi, H. Namatame, M. Taniguchi: Conformation of Membrane-Bound Myelin Basic Protein Characterized by Vacuum-Ultraviolet Circular-Dichroism Spectroscopy. The 21st Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (March 2017, Hiroshima)  
K. Matsuo, R. W. Woody: Characterization of Intermolecular Structure of  $\beta_2$ -Microglobulin Core Fragments in Amyloid Fibrils by Vacuum-Ultraviolet Circular Dichroism Spectroscopy and Circular Dichroism Theory. CSU Biochemistry and Molecular Biology Department Symposium ( August 2016, CSU Mountain Campus USA )  
K. Matsuo, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Gekko: Solution Structures and Hydration of Monosaccharides Characterized by Vacuum-Ultraviolet Electronic Circular-Dichroism Spectroscopy. Molecular Chirality Asia 2016 ( April 2016, Osaka Japan )  
K. Matsuo, H. Namatame, M. Taniguchi: Characterization of Saccharide Structures in Aqueous Solution using Synchrotron-Radiation Vacuum-Ultraviolet Circular Dichroism Spectroscopy. 23rd International Symposium ON Glycoconjugates (September 2015, Split, Croatia)  
K. Matsuo, Y. Maki, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Gekko: Conformations of Membrane-Bound Proteins Characterized

by Vacuum-Ultraviolet Circular-Dichroism and Linear-Dichroism Spectroscopy. 15th International Conference on Chiroptical Spectroscopy (August 2015, Sapporo, Japan)

S. Tanaka, E. Ohmae, Y. Miyashita, K. Matsuo, K. Katayanagi: Contributions of Aromatic Side Chains to the Vacuum-Ultraviolet Circular Dichroism Spectra of Escherichia coli Dihydrofolate Reductase. 15th International Conference on Chiroptical Spectroscopy (August 2015, Sapporo, Japan)

その他 3 件

国内学会 11 件

松尾光一, 生天目博文, 谷口雅樹: 真空紫外円二色性分光による $\alpha_1$ -酸性糖タンパク質の生体膜相互作用研究. 第31回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム(2018年1月, 筑波)

熊代 宗弘, 泉 雄大, 松尾 光一: 放射光真空紫外円二色性による生体膜と相互作用したミエリン塩基性タンパク質の構造解析. 第17回日本蛋白質科学会年会 (2017年6月, 仙台)

松尾光一, 横靖幸, 生天目博文, 谷口雅樹, 月向邦彦: 放射光円二色性・線二色性による生体膜と相互作用した蛋白質のコンフォメーション解析. 第29回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (2016年1月, 柏市千葉)

泉雄大, 山本悟史, 藤井健太郎, 松尾光一, 横谷明德: DNA 損傷により誘起されるヒストンタンパク質の二次構造変化. 第59回放射線化学討論会 (2016年9月, 広島)

K. Matsuo, Y. Maki, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Gekko: Conformations of Membrane-Bound Proteins Characterized by Vacuum-Ultraviolet Circular-Dichroism and Linear-Dichroism Spectroscopy. 日本蛋白質学会 (2016年6月, 福岡)

その他 6 件

{ 図書 } (計 0 件)

{ 産業財産権 }

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

{ その他 }

プレスリリース: 2017年12月14日 メチル化によるヒストンタンパク質構造変化の初観測 DNA 損傷修復機構の解明とエピジェネティック創薬の進展に期待

新聞報道: 「DNA 損傷修復機構の解明期待 ヒストンタンパク質 メチル化後の構造変化観測 広島大・量研機構」 (科学新聞 平成 29年12月22日)

国際ワークショップの主催: Hiroshima International Workshop on Circular Dichroism Spectroscopy 2017 (2017年2月28日, 広島)

ホームページ:

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/koichi/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者: 松尾 光一 (MATSUO, Koichi)  
広島大学・放射光科学研究センター・准教授

研究者番号: 40403620