

令和 6 年 6 月 4 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的研究（開拓）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18215

研究課題名（和文）天然型または非天然型の糖鎖結合様式が糖タンパク質の活性に与える影響の評価

研究課題名（英文）Evaluation of the effect of natural or unnatural glycosylation modes on the activity of glycoproteins

研究代表者

梶原 康宏 (Kajihara, Yasuhiro)

大阪大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：50275020

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 20,000,000円

研究成果の概要（和文）：糖鎖が水の動的挙動を制御しタンパク質間相互作用を向上させていると考え、糖鎖と水の相互作用、さらには糖鎖を介するタンパク質相互作用を調べた。必要となる糖タンパク質を数例合成し、水素重水素交換質量分析により糖タンパク質と水の相互作用、表面プラズモン共鳴法をもちいて結合親和力を調べた。その結果、糖鎖は、タンパク質よりもよく水と相互作用していることが明らかとなった。糖鎖が結合したタンパク質と、糖鎖が結合していないタンパク質を比較するとレセプターへの親和力は糖鎖がある方が、2倍以上高かった。タンパク質への糖鎖の結合様式は、天然型、ハロアセトアミド型であっても、ともにレセプターへの親和力に差はなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

タンパク質やペプチドは創薬に広範囲に利用されている。その際、ヒトの体内と同様糖鎖が結合することで、タンパク質、ペプチドの薬効、安定性、血中寿命が長くなることがわかっている。また、抗体医薬のように糖鎖が必須の分子が多い。しかし、その糖鎖が必要な理由は、はっきりしないまま糖鎖が使われている。本研究は糖鎖機能を示す新しい研究成果になったと考えている。

研究成果の概要（英文）：We hypothesized that glycans regulate the dynamic behavior of water and enhance protein-protein interactions. Therefore, we investigated the interaction between glycans and water, as well as protein-protein interactions. We synthesized several glycoproteins and then used it for the investigation of the interaction between glycoprotein and water by hydrogen-deuterium exchange mass spectrometry and the binding affinity by surface plasmon resonance. As a result, it was found that glycans interacted with water higher than that of proteins. Comparing proteins with and without glycans, the affinity of glycoprotein for the receptor was 2 times higher than that of non-glycosylated proteins. There was no difference in affinity for the receptor between the native and haloacetamide forms of the glycoproteins.

研究分野：生物有機化学

キーワード：糖鎖 糖タンパク質 水和

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

細胞表層や体液中には糖鎖が結合したタンパク質が酵素やレセプターとして重要な機能を果たしている。また、遺伝子的に糖鎖を欠損すると生命維持ができないため、糖鎖が重要な機能を果たしていることは明らかであるが、具体的な分子機構は全くわかっていない。糖鎖の機能についてはこれまでさまざまな例が報告されている。サイトカイン等の可溶性糖タンパク質ホルモンの血中寿命制御、血液型をはじめとする免疫細胞に認識される配位子ということが主の機能とされている。しかし、分子レベルでの糖鎖機能は議論されていなかった。本研究では、糖タンパク質を精密に化学合成し、それを用いて糖鎖機能の解明を目指す。

2. 研究の目的

本研究では、有機合成の最難課題の一つともいえる膜貫通型糖タンパク質の合成とそのタンパク質に結合した糖鎖の機能解明を目指す。そして、本研究を通して、糖タンパク質や膜糖タンパク質の糖鎖が、大きく揺らぎバルクの水と相互作用することで自由水を発生させ、糖タンパク質の機能を向上しているということを調べる。そこで、まず、基礎実験としてアミノ酸、165 残基からなるエリスロポエチンを用いて、その糖鎖とタンパク質の結合様式が天然型および非天然型のものを合成し、その結合様式の違いが活性に及ぼす影響を調べる。そのデータをもとに糖鎖の揺らぎを考察する。そして、いまだ誰も成功していない、膜貫通型のヒト糖タンパク質類の合成に挑戦する。また、その糖鎖の結合様式を天然、非天然型に変えることで糖タンパク質や膜糖タンパク質の活性の評価をおこなう。これにより糖鎖と水の関係、そして、膜糖タンパク質の機能解明が有機合成の視点で緻密に実施できることを示す。

3. 研究の方法

可溶性糖タンパク質、膜糖タンパク質を合成し、受容体への相互作用、生理活性が糖鎖の付加様式によってどのように変化するか調べた。特にアスパラギンの側鎖の窒素原子に N グリコシル化した複合型糖鎖: (シアル酸 2-6-ガラクトシド 1-4N-アセチルグルコサミニド 1-2-マンノシド 1-6-), (シアル酸 2-6-ガラクトシド 1-4N-アセチルグルコサミニド 1-2-マンノシド 1-3)-マンノシド 1-4N-アセチルグルコサミニド 1-4N-アセチルグルコサミニド 1N-Asn をもつ糖タンパク質をさまざま化学合成した。そして、得られた糖タンパク質をもちいて、水素重水素交換質量分析法、表面プラズモン共鳴法、等温滴定型カロリーメトリー法、生理活性試験をにより糖鎖機能を評価することとした。

4. 研究成果

サイトカイン、ケモカインなどが細胞表層の糖タンパク質レセプターと結合し、細胞にシグナル

を入れる際、糖鎖が水の動的挙動を制御しタンパク質間相互作用を向上させていると考えている。そこで本研究では、糖鎖と水の相互作用、さらには糖鎖を介するタンパク質表面への水の相互作用制御がどのようにになっているか、糖鎖とタンパク質の結合様式を改変し調べた。タンパク質同士が結合する際、その界面に糖鎖が結合している例が多く観測される。これまで糖鎖が相手のタンパク質と相互作用することで結合親和力が向上あるいは安定化するといわれているがその明確な証拠は報告されていない。糖鎖はもともと水を吸収する能力があるため、糖タンパク質同士の結合が起こる際は、糖鎖が水を制御する可能性がある。その結果、タンパク質間相互作用時にタンパク質間の水が糖鎖に吸収されることでタンパク質相互作用が加速すると考えられる。この際、糖鎖とタンパク質の結合様式がハロアセトアミド基という炭素と硫黄原子がそれぞれ一つ多い非天然型結合様式の場合どのような変化があるかも調べることにした。

まず、糖鎖、タンパク質が水とどのように相互作用しているか調べるための小型糖タンパク質を合成した。これまでさまざまな糖タンパク質を化学合成しており、これら手法を使うことで糖鎖構造、糖鎖結合位置を自在に制御することが可能である。

候補として小型糖タンパク質ケモカイン CCL1 ならびに、糖鎖を持たない CCL1 の化学合成をおこなった。全長のポリペプチドをセグメントに分け、Fmoc ペプチド固相合成により合成した。それらペプチドは native chemical ligation (NCL) により連結し全長を合成した。また、糖鎖がついた糖ペプチドは、鶏卵から単離した複合型糖鎖アスパラギンを当研究室で確立した方法で Fmoc 固相合成に利用し合成した。この際、糖鎖構造が違うものとしてシアル酸が末端に結合したものと、結合していない糖鎖すなわちアシアロ糖鎖を用い糖ペプチドを合成した。得られた糖鎖ペプチド全長は、グアにジンをを用いてリニアライズし、希釈法あるいは透析法でグアニジンを除去しながらフォールディングさせた。生成物は全て逆相 HPLC カラムで精製した。これらは全て高分解能質量分析によりその質量を確認し、次の実験に用いた。

まず、水と糖タンパク質の相互作用を調べるため、水素重水素交換質量分析をおこない、どの部位に重水素化が起こるか調べた。それぞれの糖タンパク質を重水に溶かし、一定時間後に酸性溶液でクエンチし、ペプチダーゼを加え重水素化された糖タンパク質を断片化した。そしてそれらを酸性の移動相を用いる LCMS で分析しそれぞれの質量を測定した。また、同じ実験を重水処理していない同じサンプルにもおこない、同様に質量分析で断片化された糖ペプチド、ペプチドの質量を測定した。そして、同じ配列のペプチド同士を重水素化したものとしていないもので比較し、どのペプチドがどの程度重水素化されているか特定した。

その結果、糖鎖周辺が強く重水素化されていることが明らかとなった。糖鎖周辺のペプチドは糖ペプチドとして、その非重水素化のサンプルと比べ明確に質量が増加していた。

糖鎖周辺が重水素化されていることについて、次に、糖鎖とペプチドのどちらが重水素化されているか調べたところ糖鎖が重水素化されやすいことがわかった。重水素化処理した糖ペプチドをすぐに酸性条件で作用するグリカナーゼで処理し、糖鎖とペプチドを切断し、生じたペプチドを速やかに LCMS で質量を分析した。その結果、ペプチドの質量は、糖鎖がないケモカインから生じた同じペプチドとほぼ同じ質量を示した。このことから糖鎖がペプチドよりも重水素化されて糖ペプチドの質量増加として観測されていたと確認できた。

糖鎖の場合、シアル酸が結合した場合の方が、末端がガラクトースのものよりも重水素化率が高かった。これは、グルコサミン、ならびにシアル酸のアセアミド基が重水素化されているこ

とで糖鎖がより重水素化されていると結論した。一般に、糖水酸基は重水素化されても酸性条件下で、すぐに軽水素と交換する。そのため、これまで観測された糖ペプチドの重水素化率の増加はタンパク質アミドと同様、糖が持つアセトアミド基が重水素化されて質量増加が観測されたものといえる。

これらの結果の考察としては、糖鎖の水酸基の不斉が影響していると考えている。糖は、もともと水に溶解しやすい性質をしているが、その際、糖水酸基がバルク水と水素結合をとることができる。また、糖はさまざまな方向に固定された不斉の水酸基を持つ。これらのことから糖水酸基は水を不規則化し、さらには容易に交換反応を起こす。その結果、糖水酸基から糖分子内のアセトアミド基への交換も加速し、タンパク質表面のアミド結合よりも効率よく重水素化したものと解釈している。

糖タンパク質分子は、水の中で拡散し、また回転運動をしている。その結果、ケモカインのタンパク質部分の表面を糖鎖層が常に球状に覆っている状態となり重水素化は糖鎖が重点的に起こったと思われる。

今回の合成では、糖鎖はアスパラギン結合型糖鎖であったが、その結合様式を非天然型のものも用意しタンパク質相互作用時にどのように影響するか調べた。タンパク質表面にシステインが提示されるような位置に、タンパク質合成時に故意にシステインを導入した。そして、N型糖鎖の還元末端のグリコシルアミンにプロモ酢酸を縮合した糖鎖を合成し、タンパク質表面のシステインと反応させ連結させることとした。天然のアスパラギン結合型糖鎖と比べ、炭素原子、硫黄原子がそれぞれ一つ多い形での共有結合となる。

アミノ酸 166 個からなるエリスロポエチン (EPO) の天然の N グリコシル位 (24, 38, 83 位) に 3 本天然型の結合様式で糖鎖が結合したもの、ならびに、八口アセトアミド法で糖鎖がしたもの、を合成した。EPO を 5 つのセグメントに分けてそれぞれ固相合成し、ペプチドを NCL で連結し合成した。天然の複合型 2 分枝シアリル糖鎖をもつ EPO の合成法は 2016 年に既に報告しており、それに従って NCL 法を組み合わせ合成した。また、八口アセトアミド基をもつ EPO は、天然の糖鎖結合位置と同じ位置にシステインを導入し、同様に合成した。特にフォールディング後の逆相 HPLC による精製、およびタンパク質量を丁寧におこない表面プラズモン共鳴法 (SPR) に用いた。

EPO とそのレセプターの相互作用を SPR で調べた結果、天然型糖鎖に比べ、八口アセトアミド基をもつ EPO は結合活性、細胞増殖活性は半分であった。EPO は、レセプターが 2 つ両サイドから結合する。この実験では、キメラ型の EPO レセプターをもつ抗体をレセプターとして SPR 基盤に固定化した。その結果、天然型は、数 pM の結合親和力を示すとともに細胞増殖活性も従来通り示した。一方、八口アセト型エリスロポエチンは、SPR では約 10 倍程度の親和力の低下が観測され、また、細胞増殖活性試験では、通常の EPO の半分以下の活性しか観測されなかった。これらは、糖鎖とタンパク質の結合距離が原子 2 つ分はなれたことが糖鎖の大きな揺らぎを誘発することとなり、レセプターへの親和力の低下が生じたと考えられる。

本研究では、さらに他の例を用いて、天然型と八口アセトアミド結合型の糖タンパク質のレセプターへの結合親和力の違いを評価することとした。

そこで、IgG に結合する小型タンパク質プロテイン A 誘導体に天然型のアスパラギン結合型、非天然型として八口アセトアミド型で複合型糖鎖を結合させたものを小型糖タンパク質として

同様に合成した。この小型タンパク質は2本のヘリックスからなる30残基程度のもので、抗体には30nM程度の親和力で結合することが報告されている。

次に、SPRで結合親和力を調べたところ天然型糖鎖が結合した小型タンパク質と、糖鎖が結合していないタンパク質では、2倍以上糖タンパク質の方が高い親和力を示した。糖鎖が結合していない場合の小型タンパク質のIgGへの結合は、約50nMであった。一方、糖鎖がハロアセトアミド型で結合したのも同様のKd値を示した。糖鎖が天然型で結合したものの、非天然型で結合したものは、糖鎖が結合していない小型タンパク質に比べ倍以上の結合親和力を示した。

以上の結果、小型タンパク質への糖鎖の結合様式が天然型、ハロアセトアミド型であっても、ともにIgGへの親和力に差はなく、糖鎖がないものの場合よりも糖鎖がある方が、親和力が高いことが明らかとなった。この結果、糖鎖がタンパク質とIgGの相互作用界面での親和力を向上させていることは明らかで、糖鎖が積極的に水和する性質があることを考えると糖鎖と水分子とタンパク質の相互作用が重要であることを示唆している。

また、糖鎖とタンパク質間の距離をさらに伸ばしたハロアセトアミド誘導体糖鎖の化学合成を検討した。ここではアミノ酸を糖鎖アミノ基に結合させることで炭素鎖をさらに伸ばした。鶏卵より単離した複合型二分枝糖鎖の末端がシアル酸のものとガラクトースのものをそれぞれ作り分けたものを合成した。現在これら糖鎖誘導体を同様に小型タンパク質に結合させIgGとの結合親和力を測定している

本研究では、糖鎖が水と水和することでタンパク質の挙動を制御することが示唆されたことから糖鎖は水に溶けにくい膜タンパク質のようなものでも可溶化を促進するとして応用研究を展開した。これまで膜タンパク質の化学合成を実施してきたが、その全ての検討がペプチドの極端な疎水性により沈澱、凝集がおこり、ペプチド鎖の伸長を実施することは不可能であった。そこで、それらペプチド鎖に鶏卵から単離したアスパラギン結合型糖鎖を自在に脱着できる方法を検討した。アスパラギン結合型糖鎖のアミノ基と、4'-carboxy-triphenyl methanolのカルボキシ基をアミド結合で連結したものを合成した。そして、このトリチルアルコールとペプチド中のシステインを酸性条件下交換反応により導入し、糖鎖をペプチドに導入することに成功した。この結果、これまで水に難溶だったペプチドが導入する糖鎖の数に依存して容易に水に溶けるようになった。また、この糖鎖補助基は酸性条件下で簡単に除去できるためワンポット反応により糖鎖補助金の除去、タンパク質フォールディングを実施することができる。現在、この手法を利用してあるチャンネルタンパク質のポリペプチドを合成している。今後フォールディングさせ、水に可溶性なチャンネルタンパク質を合成させる。

本研究では、糖鎖とタンパク質の結合様式において、天然型、非天然型様式で糖タンパク質を化学合成し、その糖鎖結合様式によるタンパク質間相互作用を調べた。さらには糖鎖と水の相互作用によりタンパク質間相互作用が向上することをはじめて詳細に調べることができた。そして、この糖鎖が水と相互作用することを利用した糖鎖補助基を見出すことで水に難溶であった膜タンパク質合成にむけた新しい手法を見出すことができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

| | |
|--|-----------------------------|
| 1. 著者名 Ryo Okamoto, Ryo Orii, Hiroyuki Shibata, Yuta Maki, Sakae Tsuda, Yasuhiro Kajihara | 4. 巻 29 |
| 2. 論文標題 Regulating Antifreeze Activity through Water: Latent Functions of the Sugars of Antifreeze Glycoprotein Revealed by Total Chemical Synthesis. | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Chemistry European Journal | 6. 最初と最後の頁 e202300690 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202300690 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Kota Nomura, Yanbo Liu, Yasuhiro Kajihara | 4. 巻 81 |
| 2. 論文標題 Synthesis of homogeneous glycoproteins with diverse N-glycans | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry | 6. 最初と最後の頁 57-93 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/bs.accb.2022.09.004 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Yie-Kie Chong, Chaitra Chandrashekar, Donglin Zhao, Yuta Maki, Ryo Okamoto, Yasuhiro Kajihara | 4. 巻 20 |
| 2. 論文標題 Optimization of Semisynthetic Approach for Glycosyl Interferon beta polypeptide by Utilizing Bacterial Protein Expression and Chemical Modification | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Organic & Biology Chemistry | 6. 最初と最後の頁 1907-1915 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D10B02391H | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 K. Sano, N. Ishii, S. Takahashi, Y. Takeda, I. Matsuo | 4. 巻 525 |
| 2. 論文標題 Convergent synthesis of oligomannose-type glycans via step-economical construction of branch structures | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Carbohydr. Res. | 6. 最初と最後の頁 108764-108764 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carres.2023.108764. | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名 5.N. Ishii, H. Muto, M. Nagata, K. Sano, I. Sato, K. Iino, Y. Matsuzaki, T. Katoh, K. Yamamoto, I. Matsuo | 4. 巻 523 |
| 2. 論文標題 A fluorogenic probe for core-fucosylated glycan-preferred ENGase | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Carbohydr. Res. | 6. 最初と最後の頁 108724-108724 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carres.2022.108724. | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|----------------------|
| 1. 著者名 Yasuhiro Kajihara, Rie Nishikawa, Yuta Maki, Ryo Okamoto, | 4. 巻 4 |
| 2. 論文標題 Studies in glycopeptide synthesis | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Arkivoc | 6. 最初と最後の頁 230-40 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24820/ark.5550190.p011.390 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 - |

[学会発表] 計16件(うち招待講演 2件/うち国際学会 5件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yuta Maki, Ryo Okamoto, Masayuki Izumi, Yasuhiro Kajihara |
| 2. 発表標題 Chemical synthesis of an erythropoietin glycoform having a semisynthesized triantennary oligosaccharide and its biological evaluation |
| 3. 学会等名 30th international carbohydrate symposium (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yasuhiro Kajihara |
| 2. 発表標題 N-glycans on proteins |
| 3. 学会等名 30th international carbohydrate symposium (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 森口 達也、中村大地、Jui Wu、真木 勇太、岡本 亮、梶原 康宏 |
| 2. 発表標題 多様な糖鎖を持つエリスロポエチンの合成研究 |
| 3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 桜井 遼太、岡本 亮、真木 勇太、梶原 康宏 |
| 2. 発表標題 糖タンパク質間相互作用解析を志向したフルオロアミノ酸誘導体の合成 |
| 3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 芝田 大之、田中 裕也、趙 冬林、真木 勇太、梶原 康宏、岡本 亮 |
| 2. 発表標題 新規One-Pot法による糖タンパクの化学合成と糖鎖の特異的水和効果 |
| 3. 学会等名 日本化学会 第102回春季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 森口 達也、中村大地、Jui Wu、真木 勇太、岡本 亮、梶原 康宏 |
| 2. 発表標題 多様なエリスロポエチングリコフォーム合成を可能とする糖ペプチド液相合成法の開発 コフォーム合成を可能とする糖ペプチド液相合成法の開発研究 |
| 3. 学会等名 第41回日本糖質学会年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 岡本 亮、真木 勇太、佐藤 あやの、梶原 康宏 |
| 2. 発表標題 タンパク質間相互作用における糖鎖機能再考 |
| 3. 学会等名 第41回日本糖質学会年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 松尾 一郎 |
| 2. 発表標題 糖鎖の化学合成が拓く細胞質糖鎖生物学 |
| 3. 学会等名 第6回高分子学会北関東地区講演会（招待講演） |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 石井 希実 |
| 2. 発表標題 糖タンパク質糖鎖分解酵素の活性解析に向けたケミカルプローブの開発 |
| 3. 学会等名 日本分子生物学会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Koki Kano, Nozomi Ishii, Peter Greimel, Ichiro Matsuo |
| 2. 発表標題 New methods for the direct synthesis of Phosphatidylglucoside |
| 3. 学会等名 30TH International Carbohydrate Symposium |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Nozomi Ishii, Ichiro Matsuo |
| 2. 発表標題 Synthesis of fluorogenic glycan probes for detecting ENGases activity |
| 3. 学会等名 ICPAC KK 2022 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kota Nomura, Ryo Okamoto, Yuta Maki, Yasuhiro Kajihara |
| 2. 発表標題 Thioacid-Based Strategy for the Semisynthesis of Glycoproteins |
| 3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yanbo Liu, Yasuhiro Kajihara |
| 2. 発表標題 Semisynthesis of Glycoproteins for the Elucidation of Glycan Functions |
| 3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yuta Maki, Ryo Okamoto, Masayuki Izumi, Yasuhiro Kajihara |
| 2. 発表標題 Chemical synthesis of an erythropoietin glycoform having a semisynthesized triantennary oligosaccharide and its biological evaluation |
| 3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岡本 亮, 真木 勇太, 芝田 大之, 佐藤 あやの, 梶原康宏 |
| 2. 発表標題 タンパク質糖鎖水和殻による水の動的挙動 |
| 3. 学会等名 第40回日本糖質学会年会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 石井 希実, 永田 光穂, 高垣 智迪, 佐野 加苗, 佐藤 樹, 高橋 諭, 江橋 竜史, 松尾 一郎 |
| 2. 発表標題 蛍光標識二本鎖複合型糖鎖プローブを用いた ENGase の活性検出 |
| 3. 学会等名 第40回日本糖質学会年会 |
| 4. 発表年 2021年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|---|---|----|
| 研究分担者 | 和泉 雅之 (Izumi Masayuki) (80332641) | 高知大学・教育研究部総合科学系複合領域科学部門・教授 (16401) | |
| 研究分担者 | 松尾 一郎 (Matsuo Ichiro) (40342852) | 群馬大学・大学院理工学府・教授 (12301) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|