

令和元年6月12日現在

機関番号：32661

研究種目：基盤研究(B) (特設分野研究)

研究期間：2016～2018

課題番号：16KT0061

研究課題名(和文) 立体選択性の限界突破に向けた特異な遷移状態を経るグリコシル化反応のデザインと実証

研究課題名(英文) Breakthrough design of unusual transition states in stereoselective glycosylations

研究代表者

佐々木 要 (SASAKI, Kaname)

東邦大学・理学部・准教授

研究者番号：10611783

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,200,000円

研究成果の概要(和文)：核酸やペプチドと並び、生体第三の鎖である糖鎖にも効果的な化学的供給法が望まれる。望む糖鎖を自在に合成するための課題のひとつである、グリコシル化反応の立体制御に関する研究を行った。その結果、配座固定糖を用いて  $\alpha$ -マンノシル化を、配座柔軟化糖を用いて  $\beta$ -グリコシル化を、それぞれ極めて高い立体選択性で実現した。特に後者を用いて、その存在が疑問視されてきた  $\beta$ -(1-4)-D-グルコピラノースの環状三および四量体の合成を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生体反応では、糖の多様な立体配座を巧みに駆使し、高効率な反応を実現しているのに対し、化学的グリコシル化反応では、38の(準)安定配座のうち、極めて限られた配座のみが用いられてきた。一方、本研究では、従来活用されてこなかった配座に固定された糖(配座固定糖)や、従来よりも容易に配座を転換できる糖(配座柔軟化糖)をデザイン・合成し、それらが、糖質の精密合成において威力を発揮することを示した。

研究成果の概要(英文)：We have designed and made use of two classes of glycosyl donors with unusual conformations. 2,6-Lactones are rigidly fixed to a boat-like conformation and offer 1,2-cis-stereoselective glycosylations through stereoinvertive mechanisms, whereas 3,6-loosely-bridged glucoses are supple and offer 1,2-cis-stereoselective glycosylations via the corresponding glycosyl cations. The latter allowed us to synthesize record-small cyclodextrins, which are composed of three or four sugar residues.

研究分野：糖質合成化学

キーワード：グリコシル化反応 立体制御  $\beta$ -グルコシド  $\alpha$ -マンノシド 3,6-架橋糖 2,6-ラクトン

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

核酸やペプチドと並び、生体第三の鎖である糖鎖にも効果的な化学的供給法が望まれる。しかし、望む糖鎖を自在に合成できるようにするには、多数の課題が残されている。そのうちの最重要課題が、グリコシル化反応における立体選択性である。糖鎖は生物活性に直結するため、化学合成によるグリコシル化反応の開発目的は「化合物供給」に傾斜しており、反応機構の精査やその体系化された理解は後回しにされ、その研究における目的物を得るための反応条件最適化研究が多数を占める。また、従来の化学的グリコシル化反応の知見は、椅子型  ${}^4C_1$  配座に集中していた。この背景のもと、代表者の佐々木は、 ${}^2S_0 \leftrightarrow {}^{2,5}B \leftrightarrow {}^5S_1$  の範囲で配座が固定される糖供与体として、2,6-ラクトン構造に着目していた。また、分担者の山田は、独自の架橋基をグルコース分子に付与し、立体配座が椅子型  ${}^4C_1$  から変形した誘導体の合成に成功していた。

2. 研究の目的

本申請課題では、次の三点を目的とした。

- (1) 従来にない多様な立体配座を有する糖供与体を合成する。
- (2) 異常配座糖だからこそ実現可能な、立体特異的  $S_N2$  機構のグリコシル化反応が可能であることを明らかにする。
- (3) 多様な立体配座でグリコシル化反応を行うことでグリコシル化反応の遷移状態を体系的に理解し議論するための多面性を担保し、分子構造から遷移状態の立体配座と反応の成否とを推測できる新理論を提案する。

3. 研究の方法

有機合成化学の手法を基盤とし、2,6-ラクトン構造を導入した種々のマンノース誘導体を合成し、各種スペクトルを用いて立体配座を確認した。グリコシル化反応は、種々の脱離基と活性化剤の組み合わせを試みた。また、架橋の長さを変えた種々のグルコース誘導体を合成した。立体配座の決定には計算科学の手法を取り入れた。グリコシル化反応は、架橋の長さを変えた種々のグルコース誘導体を用いて試みた。これらの結果を踏まえ、糖ピラノース環の立体配座を堅固に固定した場合、あるいは柔軟にした場合の、化学的グリコシル化反応の特質を考察した。さらに、多くの立体配座を取りうる立体配座の柔軟性を最大限に利用する有機合成を試みた。

4. 研究成果

(1) 配座固定糖を活用した反応

仮に糖 1 位の脱離基を  $S_N2$  反応で置換することができれば、立体特異的にグリコシドが得られるはずである。しかし、隣接位の環酸素（ピラノースの場合には O-5 位）による中間体カチオンの安定化効果が大いいため、 $S_N2$  反応による完璧な立体制御の実現を妨げている。 ${}^4C_1$  椅子形配座では、脱離基と環酸素の孤立電子対がアンチペリプラナーとなっており、あたかも自発的脱離に最適化されているようである。つまり、 $S_N2$  反応を実現するためには、最も高速な  $S_N1$  反応との競争を強いられる。一方、2,6-ラクトンでは、その配座が捻れることから、脱離を抑制できるのではないかと考えた。まず、2,6-ラクトン構造を、市販の D-マンノースから 3 工程で簡便に構築する手法を開発した (図-1)。まず、Fischer グリコシル化で得られるアリルグリコシドから、 $n$ Bu<sub>2</sub>SnO を触媒的に用いた O-3 位選択的ベンジル化によりトリオールを得た。続いて、脱水条件下で TEMPO 酸化を行うことで、2,6-ラクトン構造が構築した。この手法を基盤として、種々の 2,6-ラクトン糖供与体を合成し、グリコシル化反応を行った。その結果、 $\alpha$ -位に脱離基を有する種々の 2,6-ラクトン糖供与体を用いたグリコシル化反応は、立体反転的に進行し、相当するグリコシドを  $\beta$ -立体選択的に与えることを見出した。特に、脱離基として  $\alpha$ -トリクロロアセトイミデートを、活性化剤として塩化金(III)-Schreiner's チオウレア混合触媒を用いた際に、広範な糖受容体を極めて高い  $\beta$ -立体選択性でグリコシル化可能であった (図-2)。 $\beta$ -イミデートを用いると立体選択性が損なわれること、また、立体選択性が基質濃度依存的事であることから、本反応は  $S_N2$ -like に進行していると考えている。また、得られたグリコシドは、加アルコール分解することによりマンノロン酸エステルへ、あるいは、NaBH<sub>4</sub> を用いた温和な還元によりマンノシドに誘導可能であり、本反応が幅広い糖質の合成に有用であると期待される<sup>1</sup>。

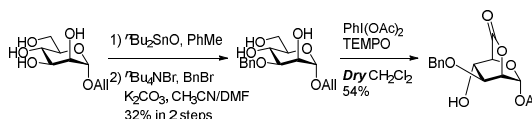


図-1. 2,6-ラクトン構造の短工程構築法。

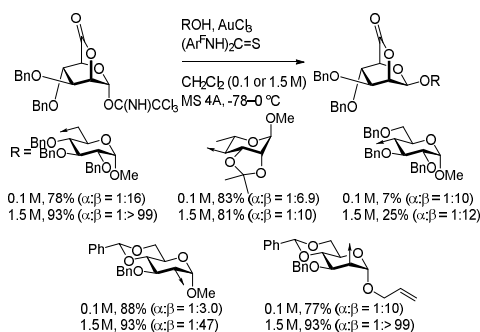


図-2. 2,6-ラクトンを用いたグリコシル化反応。

$^4C_1$  椅子型配座を有するマンノシドの C-1 位の立体配置は、C-1 位-H-1 位間のカップリング定数  $^1J_{CH}$  で決定する方法が信頼されている。しかし、2,6-ラクトン構造を有する種々のグリコシドでは、 $\alpha$ -および $\beta$ -グリコシドの  $^1J_{CH}$  の差が顕著でない場合が多く、同様の基準が適用できなかった。また、同程度の  $^1J_{CH}$  は、 $\alpha$ -および $\beta$ -グリコシドでアノマー効果の寄与が同程度であることを示唆している。新たな基準として、 $\alpha$ -グリコシドでは H-1 位-H-2 位間のカップリング定数  $^3J_{1,2}$  が 3.0 Hz 程度と比較的大きいのに対し、 $\beta$ -グリコシドでは極めて小さく、ときに消失することを見出した (図-3)。そして、 $\alpha$ -および $\beta$ -グリコシドが溶液中で、ともに  $^5S_1$  ねじれ舟形配座を採っていることが示唆された。これらの構造情報は、今後合成する複雑な糖鎖の構造決定に利用できる<sup>2</sup>。

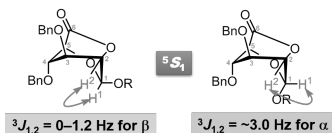


図-3. 2,6-ラクトングリコシドの構造情報。

## (2) 配座柔軟化糖を活用した反応

架橋基の炭素鎖長を異にするグルコース誘導体 1~4 を合成し、保護基とアノマー位の置換基および立体配置が異なる場合のピラノース環の立体配座分布を求めた (図-4)。MDB 基では、アキシャル・リッチな立体配座を取ることが多かった。特に、他の架橋基を有したグルコースでは取ることができない  $^4C_1$  配座での分布がないことから、糖をアキシャル・リッチな立体配座に制限する力が、四種の中では最も強い。EDB 基では、 $^4C_1$  配座~ $^1C_4$  配座まで取ることが可能で、立体配座の可変領域が最も広くなった。PDB 基でも、エカトリアル・リッチな配座からアキシャル・リッチな配座まで確認できたが、EDB よりエカトリアル・リッチな配座を取りやすくなった。BDB 基では、合成したどの化合物も  $^4C_1$  配座かそれに近い配座のみを取り、糖をアキシャル・リッチな配座にする力を、もはや有していないことがわかった。この結果から、EDB 基は、アキシャル・リッチな配座にする力と糖のエカトリアル・リッチになる性質が丁度拮抗する長さであると考えられることができる。

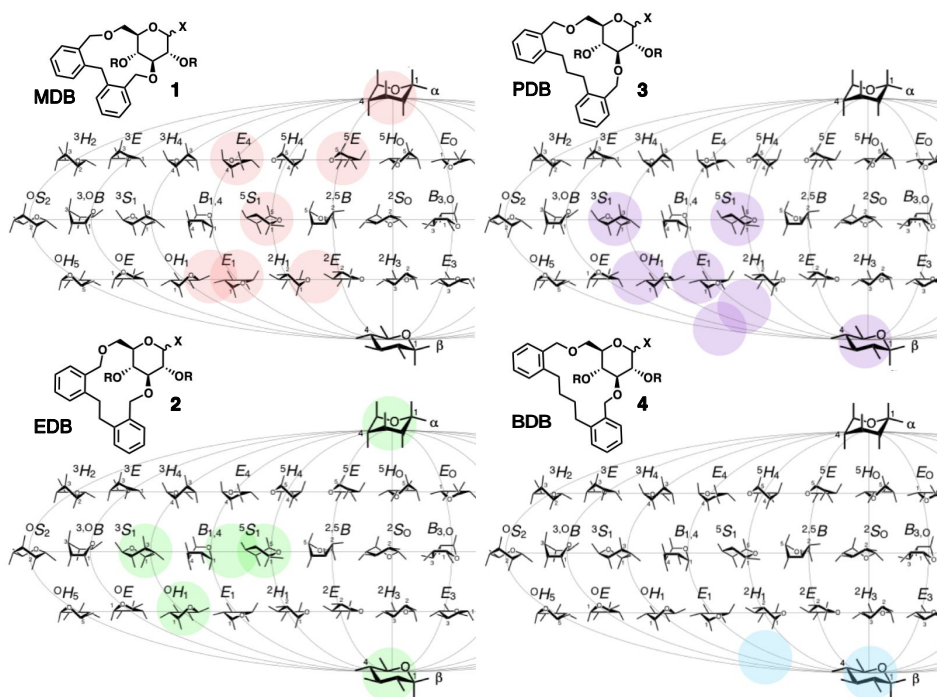


図-4. 架橋基を異にする場合の立体配座分布

続いて、グルコース誘導体 1~4 のそれぞれフッ化糖 1F~4F を用いて、グリコシル化反応における立体選択性を調査した (表-1)。グリコシル化反応の条件には、速度論支配での反応進行に制御できることが既にわかっている<sup>3</sup>、鈴木グリコシル化反応<sup>4</sup>を用いた。糖受容体にはシクロヘキシルメタノールを用いた。反応温度は、高い立体選択性を出すことが難しい室温をあえて選択し、基質間の差異を観測できるように設定した。反応は、どの架橋基の場合でも高い $\alpha$ -選択性を示し、なかでも架橋が PDB 基の時に最も高い $\alpha$ -選択性を得た。また、基質であるフッ化糖の立体異性体を予め分離してから

表-1. 各架橋糖を用いたグリコシル化反応

Compound	bridge	time (h)	yield (%)	$\alpha/\beta$ ratio
1-F	MDB	2	82	89/11
2-F	EDB	0.5	67	94/6
3-F	PDB	1	93	96/4
4-F	BDB	15	52	89/11

グリコシル化反応を行った場合、 $\alpha$ -フツ化糖からでも $\beta$ -フツ化糖からでも同様の立体選択性を示したことを根拠に、本反応がオキソカルベニウムイオン中間体を經由していることを明らかにした。

次に、EDB 架橋を同位置に有したフェニルチオ糖 **2a** を用いて、2 位に配置したアルキンの活性化をきっかけとする非常に温和な触媒反応を試した (図-5)。その結果、この場合も高い $\alpha$ -選択性で反応が進行した。一方、 $^4C_1$  の立体配座を有する類縁体 **5** を用いた場合、同様の反応条件ではグリコシル化反応が進行しなかった。両結果は、糖供与体のグルコースの 3,6 位に EDB 基が架橋していると、反応が促進されることを示している。この反応の促進は、立体配座に柔軟性がある場合に、カチオン中間体を生じやすい立体配座を取りやすいためであると考えられる。

立体配座に柔軟性がある場合、カチオン中間体を生じやすい立体配座をも取ることができる。そのため、 $S_N2$  反応より、反応時にカチオン中間体を經由する  $S_N1$  反応を經由する。したがって、 $S_N2$  反応による立体選択性の制御には、カチオン中間体が非常に生じにくい形に立体配座を「固定」した基質を設計する方が効果的である。

前述した EDB 架橋を施したグルコースの非常に多様な立体配座分布と、グリコシル化反応における高い $\alpha$ -選択性を利用して、 $\alpha$ -1-4-D-グルコピラノシド環状三 (6) および四量体 (7) を合成した<sup>5</sup>。この合成ではグルコース単量体を **2c** とし、そのグリコシル化反応を繰り返して生じた直鎖三、あるいは四量体を分子内グリコシル化反応して環状化した。この過程で、**2c** のグリコシル化反応が完全な $\alpha$ -選択性で進行することを見出した。**2-F** を用いた場合 (表-1) より高い選択性で進行した理由は、 $\alpha$ -面に張り出す O-2 以上の保護基による立体障害が、ベンジル基からアリル基への変更によって減少したためであると考えている。

シクロデキストリン (CD) は、環状化した  $\alpha$ -1-4-D-グルコピラノシドのオリゴマーで、六~八量体 (CD6~CD8) が主に知られている。これらは D-グルコースだけで構成されるため毒性がなく、酵素法で大量合成されるため安価であることから、科学研究のみならず一般製品にも、主にその包摂能を用いて広く活用されている。より小さな CD は、これまで知られていた最小が CD5 である<sup>6</sup>。さらに小さな CD3 と CD4 は、 $\alpha$ -1-4-D-グルコピラノース本来の安定な立体配座を保つことが難しく、その存在は疑問視されてきた。前述した環状三および四量体の合成は、CD3 と CD4 の存在実証となった。両者の発見は、包摂現象を用いた応用範囲を、汎用 CD には包摂されない小さな化学物質へも拡大できる可能性を示している。

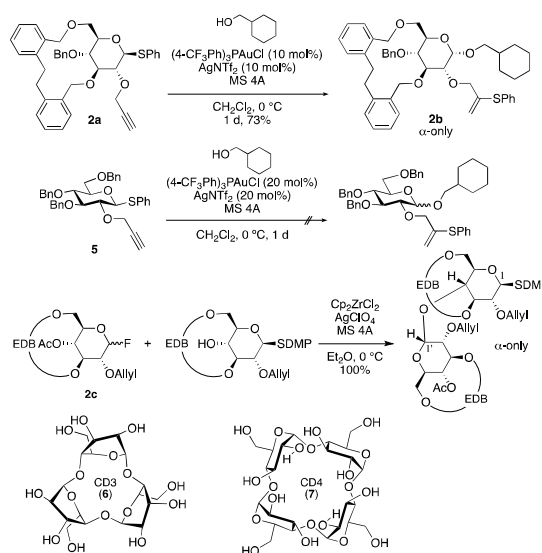


図-5. EDB 架橋基を有するグルコース誘導体を用いたグリコシル化反応と最小シクロデキストリンの構造

## References

1. Hashimoto, Y.; Tanikawa, S.; Saito, R.; Sasaki, K. *J. Am. Chem. Soc.* **2016**, *138*, 14840-14843; Sasaki, K.; Hashimoto, Y. *Synlett* **2017**, *28*, 1121-1126.
2. Tohda, K.; Saito, M.; Sakai, H.; Ishikura, D.; Saito, R.; Sasaki, K. *Tetrahedron* **2018**, *74*, 5481-5485.
3. Motoyama, A.; Arai, T.; Ikeuchi, K.; Aki, K.; Wakamori, S.; Yamada H. *Synthesis* **2018**, *50*, 282-294. Errata. *Synthesis* **2018**, *50*, 4695.
4. T. Matsumoto, H. Maeta, K. Suzuki, G. Tsuchihashi, *Tetrahedron Lett.* **1988**, *29*, 3567-3570.
5. Ikuta, D.; Hirata, Y.; Wakamori, S.; Shimada, H.; Tomabechei, Y.; Kawasaki, Y.; Ikeuchi, K.; Hagimori, T.; Matsumoto, S.; Yamada, H. *Science* **2019**, *364*, 674-677.
6. T. Nakagawa, K. Ueno, M. Kashiwa, J. Watanabe, *Tetrahedron Lett.* **1994**, *35*, 1921-1924.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 11 件)

1. A simple method for the preparation of stainless and highly pure trichloroacetimidates. Ikeuchi, K.\*; Murasawa, K.; Yamada, H.\* *Synlett* **2019**, *30*, in press. DOI: 10.1055/s-0037-1611551. 査読有。
2. Conformationally supple glucose monomers enable synthesis of the smallest cyclodextrins. Ikuta, D.; Hirata, Y.; Wakamori, S.; Shimada, H.; Tomabechei, Y.; Kawasaki, Y.; Ikeuchi, K.; Hagimori, T.; Matsumoto, S.; Yamada, H.\* *Science* **2019**, *364*, 674-677. DOI: 10.1126/science.aaw3053. 査読有。
3. Structural Revisions in Natural Ellagitannins. Yamada, H.\*; Wakamori, S.; Hirokane, T.; Ikeuchi, K.; Matsumoto, S. *Molecules* **2018**, *23*, 1901-1946. DOI: 10.3390/molecules23081901. 査読有。

- NMR characterization of  $\alpha$ - and  $\beta$ -mannopyranurono-2,6-lactones. Tohda, K.; Saito, M.; Sakai, H.; Ishikura, D.; Saito, R.; Sasaki, K.\* *Tetrahedron* **2018**, *74*, 5481-5485. DOI: 10.1016/j.tet.2018.06.014. 査読有 .
- $\alpha$ -Selective Glycosylation of 3,6-*O*-Xylylene-Bridged Glucosyl Fluoride. Motoyama, A.; Arai, T.; Ikeuchi, K.; Aki, K.; Wakamori, S.; Yamada, H.\* *Synthesis* **2018**, *50*, 282–294. DOI: 10.1055/s-0036-1590927. Errata. *Synthesis* **2018**, *50*, 4695. DOI: 10.1055/s-0037-1610841. 査読有 .
- Recent topics in  $\beta$ -stereoselective mannosylation. Sasaki, K.\*; Tohda, K. *Tetrahedron Lett.* **2018**, *59*, 496-503. DOI: 10.1016/j.tetlet.2017.12.077. 査読有 .
- Non-enzymatic oxidation of a pentagalloylglucose analog to ellagitannins, Ashibe, S.; Ikeuchi, K.; Kume, Y.; Wakamori, S.; Ueno, Y.; Iwashita, T.; Yamada, H.\* *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, *56*, 15402–15406. DOI: 10.1002/anie.201708703. 査読有 .
- Total synthesis of lagerstannin C: Follow-up of the Khanbabaee's synthesis. Kaneko, Y.; Wakamori, S.; Ikeuchi, K.; Ohara, K.; Tanaka, T.; Yamada, H.\* *Synthesis* **2017**, *49*, 5003–5006. DOI: 10.1055/s-0036-1588477. 査読有 .
- Fundamental methods in ellagitannin synthesis. Yamada, H.\*; Hirokane, T.; Ikeuchi, K.; Wakamori, S. *Nat. Prod. Commun.* **2017**, *12*, 1351–1358. DOI: 10.1177/1934578X1701200846. 査読有 .
- 2,6-Lactones as a new entry in stereoselective glycosylations. Sasaki, K.\*; Hashimoto, Y. *Synlett* **2017**, *28*, 1121-1126. DOI: 10.1055/s-0036-1588722. 査読有 .
- $\beta$ -Stereoselective mannosylation using 2,6-lactones. Hashimoto, Y.; Tanikawa, S.; Saito, R.; Sasaki, K.\* *J. Am. Chem. Soc.* **2016**, *138*, 14840-14843. DOI: 10.1021/jacs.6b08874. 査読有 .

[学会発表](計 19 件)

- 伊藤優樹, 若森晋之介, 山田英俊. ヘパラン硫酸モデル二糖分子の合成研究. 日本化学会第 99 春季年会. 2019 年 3 月. 国内学会. 口頭.
- 萩森資, 若森晋之介, 山田英俊.  $^4C_1$ -グルコース誘導体の 3,6 位酸素への架橋基の導入. 日本化学会第 99 春季年会. 2019 年 3 月. 国内学会. 口頭.
- 伊藤優樹, 若森晋之介, 池内和忠, 山田英俊. 3,6 位酸素を架橋した 2-デオキシグルコース誘導体の合成と 選択的グリコシル化反応. 第 37 回日本糖質学会年会. 2018 年 9 月. 国内学会. 口頭.
- 酒井 宏晃, 東田 和樹, 橋本 悠介, 齋藤 良太, 佐々木 要, 2,6-ラクトンを用いたグリコシル化反応とその反応機構, 第5回FCCAシンポジウム・グライコサイエンス若手フォーラム 2018, 2018年8月. 国内学会.
- 瀧澤 柚花, 齋藤 政司, 橋本 悠介, 齋藤 良太, 佐々木 要, 2,6-ラクトンを用いたグリコシル化反応の基質許容性, 第5回FCCAシンポジウム・グライコサイエンス若手フォーラム 2018, 2018年8月. 国内学会.
- 酒井 宏晃, 東田 和樹, 橋本 悠介, 齋藤 良太, 佐々木 要, 2,6-ラクトンを用いたグリコシル化反応とその反応機構, 第37回日本糖質学会年会, 2018年8月. 国内学会.
- 瀧澤 柚花, 齋藤 政司, 橋本 悠介, 齋藤 良太, 佐々木 要, 2,6-ラクトンを用いたグリコシル化反応の基質許容性, 第37回日本糖質学会年会, 2018年8月. 国内学会.
- Hiroaki Sakai, Kazuki Tohda, Masashi Saito, Kazuki Murakoshi, Yusuke Hashimoto, Ryota Saito, Kaname Sasaki; 1,2-*cis*- $\beta$ -Stereoselective glycosylations using mannurono-2,6-lactones, The 29<sup>th</sup> International Carbohydrate Symposium (ICS2018), Lisboa (Portugal), 2018 年 7 月. 国際学会.
- Yamada, H. Non-enzymatic oxidation of a pentagalloylglucose analogue into members of the ellagitannin family. XXIXth International Conference on Polyphenols and 9th Tannin Conference. 2018 年 7 月. 国際学会. 口頭.
- 萩森資, 嶋田浩聡, 池内和忠, 若森晋之介, 山田英俊. 3,6-O-[1,1'-(ブタン-1,4-ジイル)ジベンゼン-2,2'-ビス(メチレン)]架橋フッ化グリコシドのグリコシル化反応. 日本化学会 第 98 春季年会. 2018 年 3 月. 国内学会. 口頭.
- 嶋田浩聡, 三木康平, 池内和忠, 山田英俊. 1,1'-(プロパン-1,3-ジイル)-ジベンゼン-2,2'-ビス(メチレン)ジプロミドの改良合成. 日本化学会 第 98 春季年会. 2018 年 3 月. 国内学会. 口頭.
- 酒井 宏晃・村越 一輝・橋本 悠介・齋藤 良太・佐々木 要, 配座固定糖を鍵構造とした収束的キシロマンナンの合成, 日本化学会第 98 春季年会, 2018 年 3 月. 国内学会.
- 齋藤 政司・橋本 悠介・齋藤 良太・佐々木 要, 2,6-ラクトン構造を導入した異常配座糖を用いた $\beta$ -立体選択的マンノシル化反応における置換基許容性, 日本化学会第 98 春季年会, 2018 年 3 月. 国内学会.
- 齋藤 政司・東田 和樹・酒井宏晃・村越一輝・橋本悠介・齋藤 良太・佐々木 要, 2,6-ラクトンを用いた $\beta$ -立体選択的マンノシル化反応の置換基許容性, 第 7 回 CSJ 化学フェスタ, 東京, 2017 年 10 月. 国内学会.
- 嶋田浩聡, 池内和忠, 若森晋之介, 山田英俊. 長さが異なる架橋を有するフッ化グリコシルを用いたグリコシル化反応. 第 36 回日本糖質学会年会. 2017 年 7 月. 国内学会. 口頭.
- Ikeuchi, K.; Matsumoto, S.; Ikuta, D.; Yamada, H. Development of a glycosylation triggered by

activation of a propargyl group on O-2 of glucose. 6th Gratama Workshop Groningen, The Netherlands. 2017年7月. 国際学会.

17. 酒井 宏晃・村越 一輝・橋本 悠介・齋藤 良太・佐々木 要, 収束的 $\beta$ -マンノシル化反応を用いた抗凍結活性キシロマンノンの合成研究 第36回日本糖質学会年会 旭川 2017. 7. 19.
18. 橋本 悠介・齋藤 良太・佐々木 要, 2,6-ラクトンを用いたグリコシル化反応における立体選択性, GlycoTOKYO2016, 東京, 2016年11月. 国内学会.
19. 橋本 悠介・谷川 紗希・齋藤 良太・佐々木 要, 異常配座糖を用いたグリコシル化反応における $S_N2$ 性の亢進, 第35回日本糖質化学学会年会, 高知, 2016年9月. 国内学会.

〔招待講演〕(計11件)

1. Hiroaki Sakai, Yuka Takizawa, Nozomi Yamamoto, Kazuki Murakoshi, Kazuki Tohda, Masashi Saito, Saki Tanikawa, Yusuke Hashimoto, Ryota Saito, Kaname Sasaki\*, Invited lecture,  $\beta$ -stereoselective glycosylations by taking advantages of unusual conformations of 2,6-lactones. 10<sup>th</sup> Asian Community of Glycoscience and Glycotechnology Conference, 2018年11月.
2. 佐々木 要, 招待講演, 異常配座糖の特性を活用したグリコシル化反応の立体制御, 第5回 FCCA シンポジウム・グライコサイエンス若手フォーラム 2018, 2018年8月.
3. 山田英俊. グルコースのピラノース環は柔らかいかも. 第38回有機合成若手セミナー. 2018年8月.
4. Yamada H. Glycosylation reaction and ellagitannin synthesis based on conformationally deformed pyranoses. University of Wisconsin-Madison Seminar. 2018年7月.
5. Yamada H. Glycosylation reaction and ellagitannin synthesis based on conformationally deformed pyranoses. University of Missouri-St. Louis Seminar. 2018年7月.
6. 佐々木 要, 2,6-ラクトン糖を用いた -立体選択的マンノシル化反応, 第1回糖化学フォーラム, 2018年3月.
7. 山田英俊. アキシアル・リッチ糖に立脚したグリコシル化反応と天然物合成. 第11回 多糖の未来フォーラム. 2017年11月.
8. Yamada, H. Synthetic chemistry using unusual conformer of carbohydrates. Universiteit Leiden Seminar. 2017年4月.
9. Yamada, H. Study aimed at enabling the synthesis of all compounds of Ellagitannins. CNRS seminar, Université Bordeaux. 2017年4月.
10. Kaname SASAKI, Invited lecture, entitled, "Can 2,6-lactones be a long-awaited solution to 1,2-*cis*- $\beta$ -glycosylation?" GNU-Toho-Univ. Joint Symposium on Advanced Chemical Science, Gyeongsang National University, 2017年3月.
11. Yamada, H. Study aimed at enabling the synthesis of all compounds of Ellagitannins. CNRS seminar, Université de Rouen. 2017年3月.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称: (14) グリコシド環状多量体及びその製造方法

発明者: 山田英俊

権利者: 学校法人関西学院

種類: 特許申請

番号: 特願 2017-038585

出願年: 2017年

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 山田英俊

ローマ字氏名: (YAMADA, hidetoshi)

所属研究機関名: 関西学院大学

部局名: 理工学部

職名: 教授

研究者番号(8桁): 90200732

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。