

令和 2 年 6 月 25 日現在

機関番号：15101

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05844

研究課題名(和文)生物機能オリゴ糖中分子の高効率合成と機能評価

研究課題名(英文) Automated synthesis and Functional Evaluation of Oligosaccharides as Biologically Active Middle Molecules

研究代表者

野上 敏材(NOKAMI, Toshiki)

鳥取大学・工学研究科・教授

研究者番号：60402963

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では生物活性を有するオリゴ糖中分子の高効率合成と機能評価を目標に約5年間の計画研究を実施した。生物活性オリゴ糖中分子としてキトオリゴ糖類縁体に着目し、独自に開発した液相電解自動合成法による高効率合成に取り組んだ。また、液相電解自動合成で大量合成を行うための自動合成装置の開発や非天然の環状オリゴ糖合成にも成功した。なお、合成したキトオリゴ糖類縁体については現在も機能評価が進められている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で合成が効率化されたキトオリゴ糖類縁体の機能解明は学術的に重要であり、その有効利用は社会的に意義深い。すなわち、これまで未解明であったオリゴ糖の生物学的意義についても、精密合成によって高純度のオリゴ糖が供給出来れば、機能解明につながると期待される。また、オリゴ糖が医薬品や食品として有効利用出来れば、オリゴ糖をベースにした新たな製品ひいては産業の創出につながると期待される。

研究成果の概要(英文)：We have developed methods for synthesis of oligosaccharides as biologically active middle molecules and analyzed their biological functions during the period of research project. Automated electrochemical assembly has been utilized to synthesize chitooligosaccharides and unnatural cyclic oligosaccharides efficiently. Biological function of these oligosaccharides is under investigation.

研究分野：有機合成化学

キーワード：オリゴ糖 グリコシル化反応 立体制御 イオン液体タグ 生物活性

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。

(1) 平成 27 年度の計画

初年度の 8 か月の研究期間において、項目 を念頭に TMG-キトトリオマイシン合成をモデルとしたオリゴ糖のグラムスケール合成と合成時間短縮に向けた電解グリコシル化条件の検討ならびに、糖鎖ビルディングブロックへのイオン液体タグ (IL タグ) 導入を検討する予定である。申請者らは既に予備的な検討によって新規ベンジルエーテル型イオン液体タグを開発しており、糖鎖ビルディングブロックへの導入条件も見出している。(未発表) このイオン液体タグを導入した糖鎖ビルディングブロックは、対アニオンの選択によって、疎水性にも親水性にも変えることが出来る。具体的には TMG-キトトリオマイシン合成の出発原料となる末端の 2 位にアジド基を有する糖鎖ビルディングブロックへ (IL タグ) を導入し、電解液相自動合成装置を用いて糖鎖伸長を目指した。得られたオリゴ糖は洗浄操作で未反応の IL タグの導入されていない糖鎖ビルディングブロックや副生するジスルフィドなどと分離した上で、他のベンジル基と同じ条件下で脱保護を行うことにした。

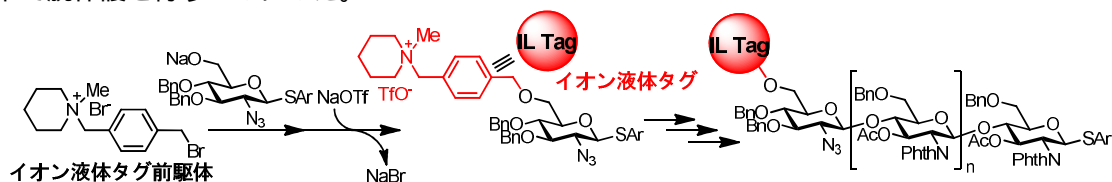
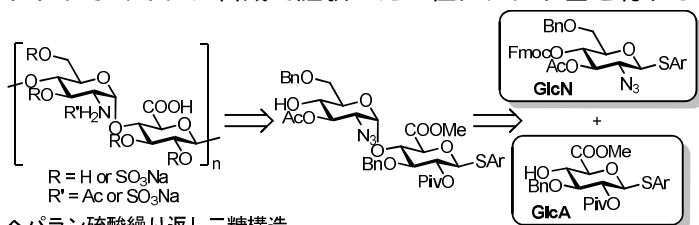


図 3. イオン液体タグを用いたオリゴ糖合成

(2) 平成 28 年度以降の計画 (平成 28 年度)

グラムスケール合成した保護基を有する TMG-キトトリオマイシン前駆体を用いて、電極固定化に適したリンカーの探索と脱保護条件の検討を行い、年度の後半から開始する項目 のオリゴ糖修飾電極作製のためのオリゴ糖を準備することとした。また、平成 28 年度から項目 硫酸化されたオリゴ糖のライブラリー合成に着手する。まず、硫酸化に適した保護基を有する糖鎖ビルディングブロックの開発と電解グリコシル化反応の検討を行う。ヘパラン硫酸繰り返し二糖構造の場合、グルコサミン (GlcN) 部分の糖鎖ビルディングブロックについては TMG-キトトリオマイシン合成で経験した 2 位にアジド基を有するチオグリコシドを用いた。この時、



ヘパラン硫酸繰り返し二糖構造

図 4. 硫酸化オリゴ糖の逆合成

保護基を適切に選択することで、TMG-キトトリオマイシン合成の場合とは異なる α -グリコシド結合が選択的に形成できると考えた。また、グルクロン酸 (GlcA) については 2 位水酸基の保護基を検討することで望みの立体化学

(β -グリコシド結合) が発現すると考えた。仮に望みの立体選択性が発現しない場合には、二糖ユニットの構造を変えるなどして、立体選択性の制御が容易なグリコシド結合を電解液相自動合成装置で構築することにした。

(3) 平成 29 年度

項目 のオリゴ糖修飾電極作製を中心に研究を進める。DNA やペプチドと同様、糖鎖についても機能解明に向けた糖鎖チップが開発されている。課題はチップ上のスポットに固定化した糖鎖と相互作用する分子あるいは生体高分子との相互作用解析であり、電極上に固定化すれば電気化学的な評価も可能となると考えた。また、糖鎖チップ上の各スポットが独立した電極で構成されていれば (マイクロアレイ電極) 糖鎖の種類・濃度に加えて、電気化学的な評価条件 (電位または電流値) というパラメータも加わるため、一枚のチップから得られる情報は飛躍的に増大すると期待された。なお、マイクロアレイ電極上に固定化された有機分子の選択的分子変換は Moeller ら (ワシントン大) によって達成されおり (Moeller, K. et al. J. Am. Chem. Soc. 2008, p11290) 技術的なハードルは十分クリア出来ると考えた。

(4) 平成 30-31 年度

様々な硫酸化パターンを有する硫酸化オリゴ糖の選択的合成を重点的に検討する予定であった。特に、複数の水酸基から特定の位置を選択的に硫酸化する手法の開発を目指した。Taylor ら (トロント大) が開発したポリリン酸エステルを触媒とする手法は水酸基選択的なアセチル化のみならず、硫酸化にも応用出来ると考えた。最終年度となる平成 31 年度は平成 29 年度までに確立した手法を用いて、硫酸化オリゴ糖の固定化と生物機能評価を計画した。

4. 研究成果

(1) イオン液体タグを用いたグリコシル化反応と TMG-キトトリオマイシン合成への展開

イオン液体タグに求められる要件として、導入・除去が容易であること、電解グリコシル化条件下において安定であることが最低限求められる。そこで我々は次に示すようなベンジルエーテル型のイオン液体タグ (IL-Tag) を開発した。イオン液体タグのアニオン部分については糖鎖ビルディングブロックに導入後のプロマイドからのアニオン交換において、トリフラートアニオン以外に変換することも可能である。また、ベンジル基上のピペリジニウム塩部位の置換位置 (*para*, *meta*, *ortho*) によって、IL-Tag がアノマー炭素上に及ぼす立体的な影響が異なることを示唆する結果も得られている。

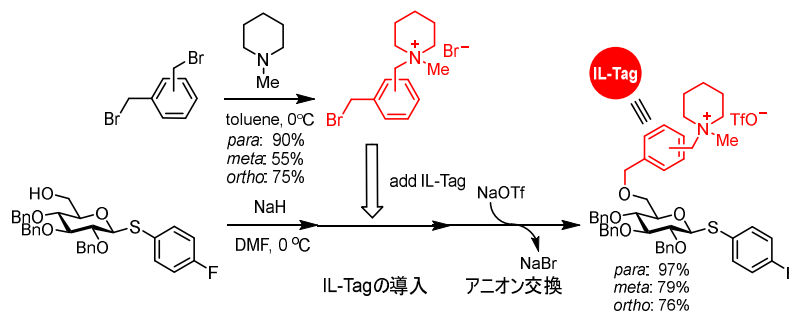


図 5. イオン液体タグの糖鎖ビルディングブロックへの導入

有機電解合成における一つの欠点は支持電解質を添加しなければ、通電出来ない点にある。しかしながら IL-Tag は塩でもあるため IL-Tag を導入した糖鎖ビルディングブロックに対しては支持電解質を添加しなくても通電可能である。この原理を利用して、支持電解質フリーの条件下で TMG-キトトリオマイシンの 4 糖前駆体を合成することにも成功した。

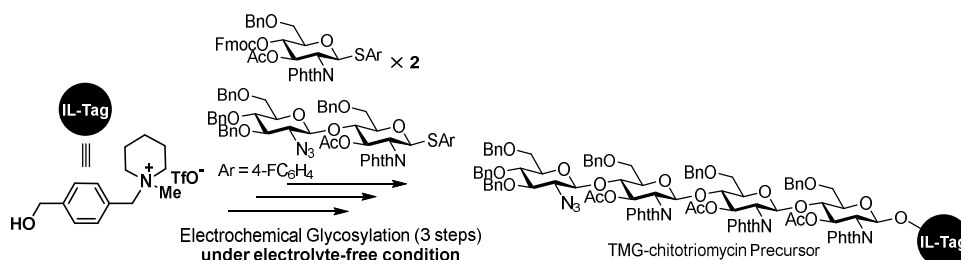


図 6. イオン液体タグを用いた TMG-キトトリオマイシン前駆体合成

(2) 第二世代液相電解自動合成装置の開発とリポキトオリゴ糖合成への展開

本研究に着手するまでに開発していた第一世代の液相電解自動合成装置は市販の装置を組み合わせて構築していた。従って、パラメータを一括して設定・制御出来ない、ポンプが1台であるために糖鎖ビルディングブロックを複数種類用いる場合にはシリンジを交換する必要があるなどの制約が多々あった。本研究期間内に代表者は共同研究先の企業と協力して、第二世代の液相電解自動合成装置を開発した。独立したポンプを複数台内蔵しており

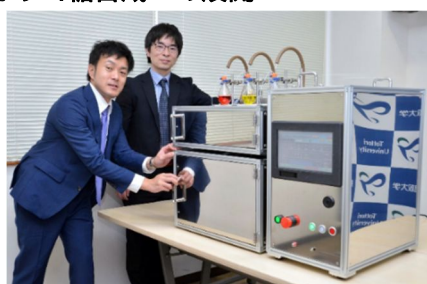


図 7. 液相電解自動合成装置 (第二世代)

異なる糖鎖ビルディングブロックを任意の順番で投入することも出来るだけでなく、スケールアップにも対応できる。この装置を利用して生物活性オリゴ糖の合成に取り組んでいるが、そのうちのひとつが硫酸基を含む、リポキトオリゴ糖 (Myc-LCO) である。基本骨格は TMG-キトトリオマイシンと同じキトオリゴ糖 4 糖であるため、液相電解自動合成による糖鎖ビルディングブロックの集積化がそのまま利用出来ると考えた。実際に、還元末端側の単糖以外は同じ糖鎖ビルディングブロックが利用できるし、硫酸基の導入にあたっては予め導入した TBDPS 基を選択的に脱保護して簡便に導入出来た。

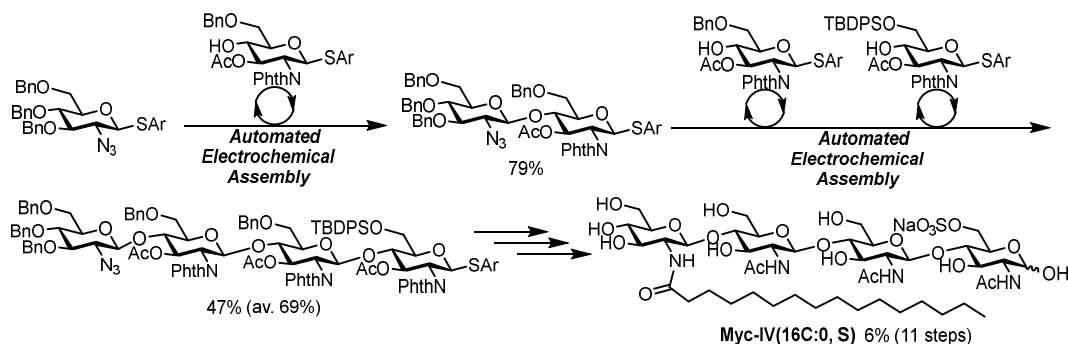


図 8. リボキトオリゴ糖の合成スキーム

(3) 環状オリゴ糖合成への展開

本研究で予想外の進展を見せたのが、環状オリゴ糖合成である。当初は研究計画に盛り込まれていなかったが、鎖状オリゴ糖が簡便に合成出来ることから(収率的には改善の余地は大きい)、分子内電解グリコシル化反応によって環状オリゴ糖への変換可能ではないかと考えたのがきっかけである。電解グリコシル化反応のもう一つの特長は高い立体選択性である。*N*-コードスチンイミドとトリフルオロメタンスルホン酸の組み合わせでは環状オリゴ糖が混合物で得られてくるのに対して、電解グリコシル化反応は目的の環状オリゴ糖を立体選択的に与えた。現時点ではグルコサミンに限られているが、グルコースなどの他の単糖でも環状オリゴ糖が得られることは確認している。また、現在はグルコース環状 12 糖の合成にも取り組んでおり、12 糖の半分の構造である鎖状 6 糖の合成に成功しており、今後は鎖状 6 糖を二量化・環化して目的の環状 12 糖を合成する予定である。

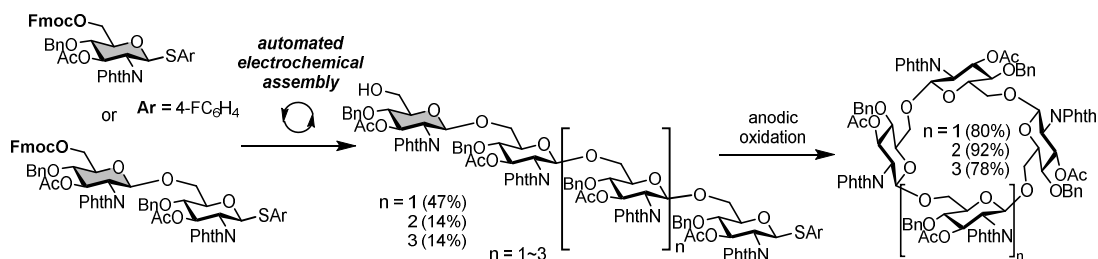


図 9. 環状オリゴグルコサミンの合成スキーム

この他、オリゴ糖の生物活性評価としては、我々の合成した TMG-キトトリオマイシンがグルコサミニダーゼ阻害活性を有することが共同研究者によって確認されている。また、グルコサミニダーゼ GH-20 の TMG-キトトリオマイシンによる阻害メカニズムについて、熱力学パラメータを詳細に調べることで明らかにした。

今後の展開として、生物活性オリゴ糖の大量合成に向けて道筋をつけることが出来たので、さらに共同研究などを進めて、オリゴ糖の機能解明などを推進したい。また、環状オリゴ糖合成への応用という新しい展開も見えてきたので、この部分は今後大きな進展が期待できる。その一方で、機能評価については共同研究者のサポートによって実施出来た部分もあるが、従来の手法を利用するにとどまっており、自ら評価出来るような体制を構築するまでに至らなかった。この点については大いに反省し、引き続き取り組みを継続する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Manmode, S.; Matsumoto, K.; Nokami, T.; Itoh, T.	4. 巻 7
2. 論文標題 Electrochemical Methods as an Enabling Tools for Glycosylation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1719-1729
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.201800302	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 Manmode, S.; Kato, M.; Ichiyangi, T.; Nokami, T.; Itoh, T.	4. 巻 7
2. 論文標題 Automated Electrochemical Assembly of the -(1,3)- -(1,6)-Glucan Hexasaccharide Using Thioglucoside Building Blocks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1802-1805
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.201800345	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 Isoda, Y.; Kitamura, K.; Takahashi, S.; Nokami, T.; Itoh, T.	4. 巻 6
2. 論文標題 Mixed-Electrolytes-Driven Stereoselective Electrochemical Glycosylation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ChemElectroChem	6. 最初と最後の頁 4149-4152
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/celec.201900215	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 Sasaki, N.; Nokami, T.; Itoh, T.	4. 巻 46
2. 論文標題 Synthesis of a TMG-chitotriomycin Precursor Based on Electrolyte-Free Electrochemical Glycosylation Using an Ionic Liquid Tag	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 683-685
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.170126	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 Isoda Yuta, Sasaki Norihiko, Kitamura Kei, Takahashi Shuji, Manmode Sujit, Takeda-Okuda Naoko, Tamura Jun-ichi, Nokami Toshiki, Itoh Toshiyuki	4. 巻 13
2. 論文標題 Total synthesis of TMG-chitotriomycin based on an automated electrochemical assembly of a disaccharide building block	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Beilstein Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 919 ~ 924
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3762/bjoc.13.93	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 -

1. 著者名 Manmode Sujit, Sato Takumi, Sasaki Norihiko, Notsu Ikumi, Hayase Shuichi, Nokami Toshiki, Itoh Toshiyuki	4. 巻 450
2. 論文標題 Rational optimization of the mannoside building block for automated electrochemical assembly of the core trisaccharide of GPI anchor oligosaccharides	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Carbohydrate Research	6. 最初と最後の頁 44 ~ 48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carres.2017.08.009	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 Nokami, T.; Sasaki, N.; Isoda, Y.; Itoh, T.	4. 巻 3
2. 論文標題 Ionic Liquid Tag with Multiple Functions in Electrochemical Glycosylation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 ChemElectroChem	6. 最初と最後の頁 2012-2016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/celec.201600311	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 Manmode, S.; Tanabe, S.; Yamamoto, T.; Sasaki, N.; Nokami, T.; Itoh, T.	4. 巻 8
2. 論文標題 Electrochemical Glycosylation as an Enabling Tool for the Stereoselective Synthesis of Cyclic Oligosaccharides	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ChemistryOpen	6. 最初と最後の頁 869-872
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/open.201900185	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 -

1. 著者名 Yano, K.; Itoh, T.; Nokami, T.	4. 巻 492
2. 論文標題 Total Synthesis of Myc-IV(C16:0, S) via Automated Electrochemical Assembly	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Carbohydrate Research	6. 最初と最後の頁 108018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carres.2020.108018	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 -

〔学会発表〕 計31件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 野上敏材、スジットマンモデ、高橋宗治、田部七六、加藤萌子、早瀬修一、伊藤敏幸
2. 発表標題 チオグリコシドの硫黄上置換基と糖水酸基の保護基が酸化電位に与える影響
3. 学会等名 第37回日本糖質学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤萌子、スジットマンモデ、野上敏材、伊藤敏幸
2. 発表標題 グルカン繰り返し六糖の液相電解自動合成
3. 学会等名 第37回日本糖質学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田部七六、山本崇史、野上敏材、伊藤敏幸
2. 発表標題 一級水酸基選択的な分子内電解グリコシル化反応による環状オリゴ糖合成
3. 学会等名 第37回日本糖質学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野上敏材
2. 発表標題 電解グリコシル化反応の可能性：自動化から環状オリゴ糖合成まで
3. 学会等名 GlycoTOKYO 2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤木達也、高橋宗治、北村京、磯田悠太、野上敏材、伊藤敏幸
2. 発表標題 TMG-キトトリオマイシン類縁体の全合成
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤萌子、マンモデスジット、錦織直人、野上敏材、伊藤敏幸
2. 発表標題 液相電解自動合成法を用いた環状 グルカン前駆体合成
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本崇史、田部七六、マンモデスジット、野上敏材、伊藤敏幸
2. 発表標題 -1,6結合からなる 環状オリゴグルコサミンの電解合成
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshiki Nokami and Toshiyuki Itoh
2. 発表標題 Automated Electrochemical Assembly as an Enabling Technology for Oligosaccharides Synthesis
3. 学会等名 The 6th Gratama Workshop on Chemical Sciences and Innovations for a Sustainable Society (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高橋宗治・北村京・藤木達也・磯田悠汰・野上敏材・伊藤敏幸
2. 発表標題 二糖ビルディングブロックを用いたTMG-キトトリオマイシン類縁体の全合成
3. 学会等名 第98回日本化学会春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 スジツマンモデ・加藤萌子・野上敏材・伊藤敏幸
2. 発表標題 Automated Electrochemical Assembly of Oligoglucosides with α -glycosidic linkages
3. 学会等名 第98回日本化学会春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田部七大・山本崇史・野上敏材・伊藤敏幸
2. 発表標題 α -グリコシド結合からなる環状オリゴグルコサミンの電解合成
3. 学会等名 第98回日本化学会春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshiki Nokami
2. 発表標題 A Sugar Machine
3. 学会等名 第98回日本化学会春季年会 Asian International Symposium Electrochemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野上敏材・磯田悠太・マンモ德斯ジット・佐々木紀彦・北村京・高橋宗治・田部七大・伊藤敏幸
2. 発表標題 電解グリコシル化反応の新展開
3. 学会等名 第36回日本糖質学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田部七大・佐々木紀彦・野上敏材・伊藤敏幸
2. 発表標題 液相電解自動合成に基づく環状オリゴグルコサミン合成
3. 学会等名 第36回日本糖質学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高橋宗治・北村京・磯田悠太・野上敏材・伊藤敏幸
2. 発表標題 TMG-キトトリオマイシン類縁体合成における置換基効果
3. 学会等名 第36回日本糖質学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 マンモデスジット・佐藤匠・野津育未・佐々木紀彦・早瀬修一・野上敏材・伊藤敏幸
2. 発表標題 液相電解自動合成における1,2-trans-グリコシド形成のための糖鎖ビルディングブロック開発
3. 学会等名 第36回日本糖質学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 北村京、磯田悠太、佐々木紀彦、佐藤匠、野上敏材、伊藤敏幸
2. 発表標題 二種類の支持電解質共存条件下における立体選択的グリコシル化反応
3. 学会等名 第35回日本糖質学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐々木紀彦、磯田悠太、野上敏材、伊藤敏幸
2. 発表標題 電解グリコシル化反応のための多機能型イオン液体タグ開発
3. 学会等名 第35回日本糖質学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 磯田 悠太、北村京、佐々木紀彦、高橋宗治、野上敏材、伊藤敏幸
2. 発表標題 混合支持電解質条件を用いた立体選択的なTMG-キトリオマイシン類縁体
3. 学会等名 第35回日本糖質学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤 匠、佐々木紀彦、野上敏材、伊藤敏幸
2. 発表標題 オリゴマンノシド前駆体の液相電解自動合成
3. 学会等名 第35回日本糖質学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 野上 敏材、林 詩穂、塚原 綾菜、高柳 恵輔、伊藤 敏幸
2. 発表標題 酵素による速度論的光学分割を経る活性含フッ化糖のDe Novo合成
3. 学会等名 第35回日本糖質学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Toshiki Nokami and Toshiyuki Itoh
2. 発表標題 Electrochemical Approach toward Automated Solution-Phase Synthesis of Oligosaccharide
3. 学会等名 The 2nd International Symposium on Middle Molecular Strategy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Toshiki Nokami, Norihiko Sasaki, Yuta Isoda, Toshiyuki Itoh
2. 発表標題 Development of Ionic Liquid-Tagged Carbohydrate Building Blocks for Electrochemical Glycosylation
3. 学会等名 The 229th ECS Meeting (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Norihiko Sasaki, Yuta Isoda, Toshiki Nokami, Toshiyuki Itoh
2. 発表標題 Ionic Liquid Tag as a Multiple Functional Tag for Electrochemical Glycosylation
3. 学会等名 International Carbohydrate Symposium 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yuta Isoda, Norihiko Sasaki, Kei Kitamura, Toshiki Nokami, Toshiyuki Itoh
2. 発表標題 Total Synthesis of TMG-chitotriomycin Based on the Automated Electrochemical Synthesis of the Precursor Tetrasaccharide
3. 学会等名 International Carbohydrate Symposium 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Toshiki Nokami, Kei Kitamura, Yuta Isoda, Norihiko Sasaki, Toshiyuki Itoh
2. 発表標題 Improvement of stereoselectivity in the electrochemical glycosylation with mixed electrolyte system
3. 学会等名 International Carbohydrate Symposium 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Toshiki Nokami, Yuta Isoda, Keisuke Takayanagi, Norihiko Sasaki, Shuichi Hayase, Toshiyuki Itoh
2. 発表標題 Automated Electrochemical Assembly for Oligosaccharide Synthesis
3. 学会等名 Pacifichem2015 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Toshiki Nokami, Yuta Isoda, Norihiko Sasaki, Shuichi Hayase, Toshiyuki Itoh, Ryutaro Hayashi, Akihiro Shimizu, Jun-ichi Yoshida
2. 発表標題 Electrochemical Method as an Enabling Tool for Glycosylation
3. 学会等名 Pacifichem2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Toshiki Nokami, Yuta Isoda, Norihiko Sasaki, Toshiyuki Itoh, Ryutaro Hayashi, Akihiro Shimizu, Jun-ichi Yoshida
2. 発表標題 Automated Electrochemical Assembly of Oligosaccharides
3. 学会等名 IKCOC-13 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 佐々木紀彦、野上敏材、伊藤敏幸
2. 発表標題 電解グリコシル化反応の精製プロセス迅速化を指向したイオン液体タグの開発
3. 学会等名 2015年日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 磯田悠太、佐々木紀彦、野上敏材、早瀬修一、伊藤敏幸
2. 発表標題 TMG-キトトリオマイシンの全合成
3. 学会等名 2015年日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 野上敏材（他52名）、監修：千葉一裕	4. 発行年 2018年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 317
3. 書名 中分子創薬に資するペプチド・核酸・糖鎖の合成技術	

1. 著者名 Nokami, T.	4. 発行年 2016年
2. 出版社 Thieme	5. 総ページ数 24
3. 書名 Science of Synthesis Section 30.1.3	

1. 著者名 野上敏材（他209名）、監修：秋吉一成	4. 発行年 2015年
2. 出版社 株式会社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 628 (337-338)
3. 書名 糖鎖の新機能開発・応用ハンドブック 創薬・医療から食品開発まで	

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 糖の製造方法、糖鎖合成用のビルディングブロックおよび化合物	発明者 野上敏材、伊藤敏幸、酒井啓、濱多智昭	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-035709	出願年 2019年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 糖の製造方法	発明者 野上敏材、伊藤敏幸	権利者 鳥取大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-045179	出願年 2017年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 立体選択的な糖鎖の製造方法	発明者 野上敏材、伊藤敏幸	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2016-64646	出願年 2016年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

鳥取大学工学部化学バイオ系学科 野上有機合成化学研究室ホームページ
<http://www.chem.tottori-u.ac.jp/~itoh/>

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	伊藤 敏幸 (ITOH Toshiyuki) (50193503)	鳥取大学・工学研究科・特任教授 (15101)	