

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05282

研究課題名（和文）小胞体グルコース転移酵素が有するシャペロン機能の解析

研究課題名（英文）Analysis of the chaperone function of the endoplasmic reticulum glucosyltransferase

研究代表者

武田 陽一（Takeda, Yoichi）

立命館大学・生命科学部・教授

研究者番号：20423973

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：小胞体糖タンパク質品質管理機構で重要な役割を果たすグルコース転移酵素（UGGT1）セレノタンパク質SelenoF複合体を、昆虫細胞発現系で大量に調製可能であることを示した。また、新たに開発した光親和性架橋剤をSelenoFのシステイン残基に選択的に導入し、UGGT1と光架橋を行うことで、SelenoFのUGGT1に対する空間的配向の決定を試みた。その結果、SelenoFはUGGT1のN末端側のTRXL3領域およびC末端側のGT24ドメイン付近と架橋することが明らかになった。これにより、SelenoFがUGGT1が認識する様々なミスフォールド糖タンパク質にアクセス可能であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、ヒトUGGT1およびSelenoFを大量に入手できるようになったことで、未解明のヒトUGGT1-SelenoF複合体の構造解析に寄与できる。また、SelenoFがUGGT1のTRXL領域に結合し、高い自由度で動くことを明らかにしたことで、UGGT1-SelenoF複合体は単にミスフォールド糖タンパク質にグルコースを転移するだけでなく、積極的にミスフォールドした糖タンパク質のリフォールディングに関与していることが示唆された。これにより、UGGTのミスフォールド糖タンパク質認識機構やUGGT1変異に関連する疾患の解明に貢献することが期待される。

研究成果の概要（英文）：It has been shown that the glucose transferase (UGGT1) - selenoprotein (SelenoF) complex, which plays an important role in the endoplasmic reticulum protein quality control system, can be prepared on a large scale using an insect cell expression system. In addition, we attempted to determine the spatial orientation of SelenoF with respect to UGGT1 by introducing a newly developed photoaffinity cross-linking agent into the cysteine residues of SelenoF and cross-linking it with UGGT1. SelenoF was found to crosslink with the TRXL3 region on the N-terminal side of UGGT1 and the GT24 domain on the C-terminal side. This suggests that SelenoF can access various misfolded glycoproteins that are recognized by UGGT1.

研究分野：糖質化学

キーワード：糖転移酵素 糖鎖合成 糖タンパク質品質管理 小胞体

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

小胞体品質管理機構において中心的な役割を果たす UDP-グルコース:糖タンパク質グルコース転移酵素(UGGT)は糖タンパク質のフォールディング状態を識別し、折り畳みの誤りがあるミスフォールディング糖タンパク質上の糖鎖にグルコースを付加する。付加されたグルコース残基はタンパク質のフォールディングが不完全であることの目印になり、グルコースを認識するレクチンシャペロンによって捕捉され、フォールディングが促される。UGGT はミスフォールド糖タンパク質の疎水性を認識して、ミスフォールド状態を識別していると考えられているが、その詳細なメカニズムは不明である。一方、UGGT はセレノタンパク質である SelenoF と 1:1 でヘテロダイマーを形成していることが知られている。SelenoF には Cys-Gly-Sec という配列が含まれていることから、ジスルフィドイソメラーゼ様の活性があると考えられているが、糖タンパク質品質管理における SelenoF の関与は不明であった。

2. 研究の目的

本研究では UGGT による糖タンパク質リフォールディングにおいて SelenoF の関与を明らかにすることを目的とした。これまでの代表者らの研究で、リフォールディングをモニターするためのアッセイ系は構築できていることから、本研究では、純粋で大量のヒト UGGT1-SelenoF 複合体の調製、UGGT1-SelenoF の結合位置や SelenoF の UGGT1 内での空間的配向の決定、糖鎖構造依存性を明らかにするための糖タンパク質基質の調製を行い、これらを用いて UGGT1-SelenoF がミスフォールド糖タンパク質のリフォールディングに与える影響を解析することとした。

3. 研究の方法

(1) ヒト UGGT1 および SelenoF(U96C) 遺伝子を挿入した組換えベクターを作製した後に、これらを導入した組換えバキュロウイルスを作製した。続いて、Sf-9 昆虫細胞に組換えバキュロウイルスを感染させ、組換えタンパク質を発現させた。その後、硫酸沈殿、アフィニティー精製、イオン交換などを行うことでタンパク質を精製した。また、我々が以前構築した UGGT アッセイ系を用いて、得られた UGGT1 の酵素反応を追跡した。さらに、プルダウンアッセイによって UGGT1 と SelenoF の結合を確認した。

(2) UGGT1 の C 末端側、または N 末端側をトランケートした変異体と SelenoF(U96C)を用いたプルダウンアッセイを行うことで、SelenoF の UGGT1 に対する結合ドメインを決定した。

(3) SelenoF(U96C)の Cys94 および Cys96 に導入可能な光アフィニティークロスリンカーを化学合成した。続いて、UGGT1-SelenoF 複合体にクロスリンカーを導入し、照射によってクロスリンクした後、SDS-PAGE で分離したタンパク質を in-gel 消化し、LC-MS/MS によりクロスリンクドメインを決定した。

(4) 異なるアグリコンを有するオリゴマンノース型糖鎖を調製し、UGGT1 と同様に小胞体品質管理機構で重要な役割を果たす糖加水分解酵素 EDEM3 のアグリコン特異性を解析した。

4. 研究成果

(1) 本研究ではまず、ヒト UGGT1 の cDNA を pCold I 発現ベクターにクローニングし、大腸菌 BL21 細胞を用いて発現を試みた。しかし、組換えヒト UGGT1 タンパク質は得られなかったため、大腸菌発現系はヒト UGGT1 の生産には適さない結論し、昆虫細胞での発現を試みた。Sf9 細胞にクローニングしたヒト UGGT1 遺伝子を含むバキュロウイルスを感染させた。培養液を SDS-PAGE で分離し、抗 FLAG 抗体を用いてウェスタンブロッティングで解析したところ、3 日目以降に UGGT1 の分子量である約 170 kDa のバンドが確認され、Sf9 を用いた UGGT1 の発現の可能性が示唆された。培養液を回収し、Ni-NTA アフィニティークラムクロマトグラフィーを用いてタンパク質を精製した。しかし、この画分には多くの夾雑タンパク質が含まれていたため、硫酸沈殿、透析、アフィニティー精製、イオン交換クロマトグラフィーの各段階での条件を検討し、高純度の UGGT1 を得た(図 1)。次に、大腸菌を用いて発現・精製したヒト SelenoF(U96C)と今回得られた UGGT1 の結合をプルダウンアッセイにより確認したが、結合は見られなかった。そこで、SelenoF も昆虫細胞発現系を用いて発現・精製し同様の実験を行ったところ、複合体の形成が確認された。さらに、UGGT1 と SelenoF の共発現を行った場合にも、UGGT1-SelenoF 複合体が得られることを明らかにした。

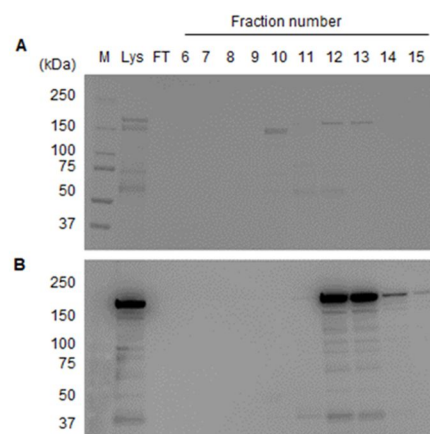


図 1. イオン交換クロマトグラフィーによるタンパク質の溶出パターン。上は CBB 染色、下は抗 FLAG 抗体による WB。

本研究によって得られた UGGT1-SelenoF 複合体は、アグリコンに蛍光分子を有するオリゴマンノース型糖鎖に対し、UDP-Glc からグルコースを転移する酵素活性を有していることを確認した。本研究により糖転移活性を有する UGGT1-SelenoF 複合体を比較的少量に得ることができたことから、今後、複合体の構造解析やミスフォールディング糖タンパク質の認識機構解明に寄与できると考えられる。

(2) これまで、UGGT1 は SelenoF と 1:1 で複合体を形成することは知られていたものの、SelenoF の UGGT1 に対する結合位置については曖昧な理解のままであった。本研究では、アフィニティー精製用タグを有する UGGT1 の C 末端側から、あるいは N 末端側からアミノ酸残基を切断した各種変異体と SelenoF (U96C) をヒト培養細胞 (293T) を用いて共発現し、UGGT1 をアフィニティー精製後にウェスタンブロッティングを行うことで複合体の形成を確認した(図 2)。その結果、UGGT1 を構成する 4 つのチオレドキシシン様ドメイン (TRXL 1 ~ 4) と糖転移酵素活性中心を含む GT24 のうち、TRXL2 と予想される領域に SelenoF が結合していることを強く示唆する結果を得た。

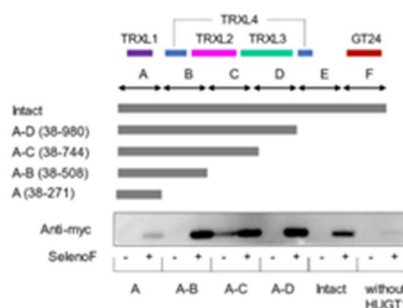


図 2. UGGT1 の切断変異体を用いたプルダウンアッセイ。A (38 ~ 271)、B (272 ~ 508)、C (509 ~ 744)、D (745 ~ 980)、E (981 ~ 1244)、F (1245 ~ 1555) に分けた。各ドメイン (TRXL1、TRXL2、TRXL3、TRXL4、および GT24) は、CtUGGT と HUGT1 のアミノ酸配列アラインメントから推定した。

(3) 新たに開発した光親和性架橋剤を SelenoF のシステイン残基に選択的に導入し、UGGT1 に対する SelenoF の空間的配向の決定を試みた。新しく開発した光反応性架橋剤は、光反応性フェニルアジド基と二箇所の求電子部位からなり、一对のシステイン残基と特異的に反応するように設計した。合成は図 3 左に示すように、まず、ホルムアルデヒド、4'-ニトロアセトフェノン、および 4-メチルベンゼンチオールを出発原料にして、アルドール縮合反応とマイケル付加反応によって化合物 2 を得た。続いて、化合物 2 のニトロ基を酢酸存在下、鉄で還元した後、アジ化ナトリウムと亜硝酸ナトリウムを用いてアジド誘導体 (4) に導いた。さらに、スルフィドをオキソソで酸化することで目的の光反応性クロスリンカー (5) を合成した。続いて、UGGT1 と SelenoF (U96C) をヒト培養細胞 (293T) を用いて共発現し、アフィニティー精製後に化合物 5 を加え、光照射した。その後、架橋されたタンパク質を消化し、架橋部位を LC-MS/MS で解析したところ、SelenoF は合成架橋剤を介して、UGGT1 の TRXL3 領域および S2 と GT24 の間のドメインにあるアミノ酸と共有結合を形成していることが確認された。他研究グループの MD シミュレーションの結果より、TRXL2 ドメインの可動域は広く、高い自由度を有していることから、様々なミスフォールド糖タンパク質を受け入れ可能であることが示唆されている。本研究によって、UGGT1 が認識する様々なサイズのミスフォールドタンパク質に対し SelenoF がアクセス可能であることが示され、糖タンパク質の品質管理に重要な役割を果たしていることが示唆された(図 3 右)。

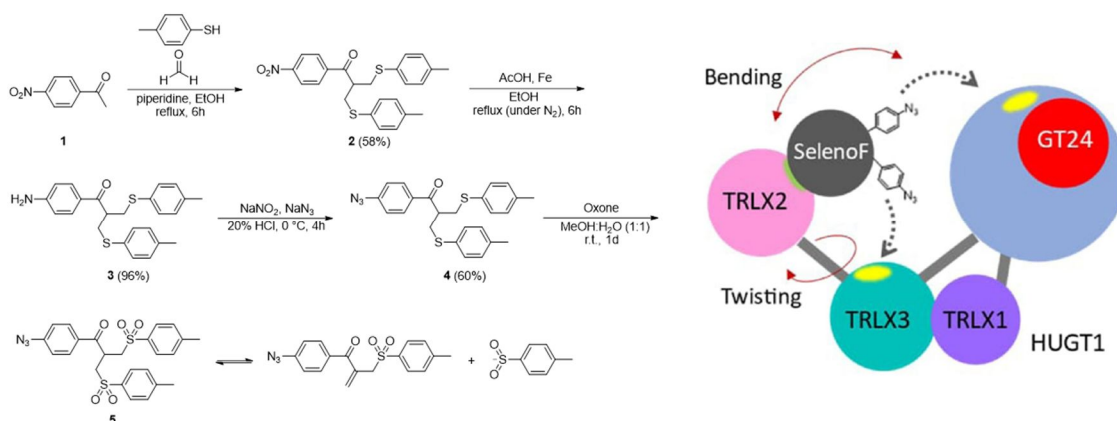


図 3. 光反応性クロスリンカー (5) の合成 (左) と SelenoF と UGGT1 の架橋部位 (右)

(4) EDEM3 はグリシン結合した M9 糖鎖とは対照的にアスパラギン結合した Man9 糖鎖を、Man8 および Man7 糖鎖にトリミングできること、EDEM3 のパートナータンパク質として知られる ERp46 の存在下で活性が増強されることが明らかになった。本研究は、EDEM3 の酵素的性質と ERAD 機構を研究するツールとしての人工糖鎖基質の利用について新たな知見を与えるものである。

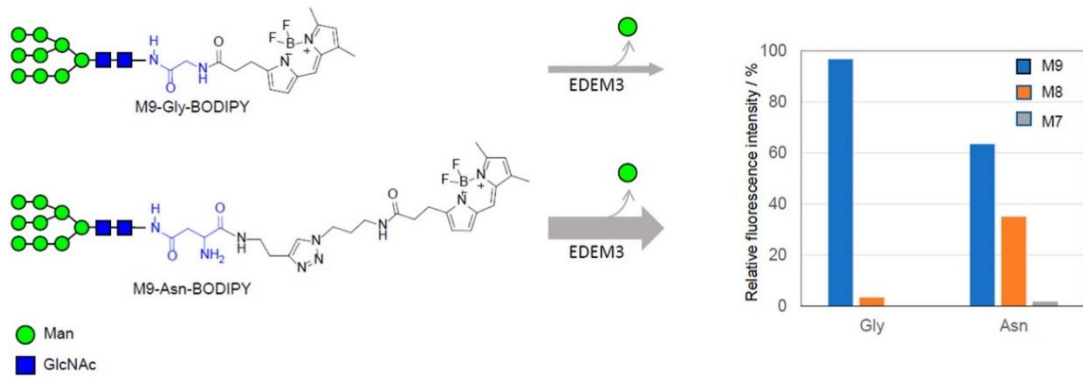


図 4. アグリコンが異なる 2 種類の糖鎖基質と EDEM3 によるマンノース加水分解反応性の違い。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Takeda Yoichi, Kikuma Takashi	4. 巻 34
2. 論文標題 UDP-glucose:Glycoprotein Glucosyltransferase-Selenof Complex: A Potential Glycoprotein-folding Machine	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Trends in Glycoscience and Glycotechnology	6. 最初と最後の頁 E49 ~ E53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4052/tigg.2118.1E	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 Nakamasu Seita, Kikuma Takashi, Hashiguchi Yuji, Tada Sato, Sano Kanae, Ito Yukishige, Takeda Yoichi	4. 巻 -
2. 論文標題 Phenotypic analysis of 1,2-mannosidase-like protein deletion mutants in <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 microPublication Biology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17912/micropub.biology.000640	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 Higashi Sayaka, Imamura Yuki, Kikuma Takashi, Matoba Takahiro, Orita Saya, Yamaguchi Yoshiki, Ito Yukishige, Takeda Yoichi	4. 巻 24
2. 論文標題 Analysis of Selenoprotein F Binding to UDP Glucose:Glycoprotein Glucosyltransferase (UGGT) by a Photoreactive Crosslinker	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ChemBioChem	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cbic.202200444	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 Abe Junpei, Takeda Yoichi, Kikuma Takashi, Kizuka Yasuhiko, Kajiura Hiroyuki, Kajihara Yasuhiro, Ito Yukishige	4. 巻 59
2. 論文標題 Squaryl group-modified UDP analogs as inhibitors of the endoplasmic reticulum-resident folding sensor enzyme UGGT	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 2803 ~ 2806
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CC06634C	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 Sano Kanae, Ishii Nozomi, Takahashi Satoshi, Takeda Yoichi, Matsuo Ichiro	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 Carbohydrate Research	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 Takashi Kikuma, Haruka Ibuki, Masaya Nakamoto, Akira Seko, Yukishige Ito, Yoichi Takeda	4. 巻 612
2. 論文標題 n vitro mannosidase activity of EDEM3 against asparagine-linked oligomannose-type glycans	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 44-49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2022.04.094	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 Katsuya Fukushima, Takashi Kikuma, Yoichi Takeda	4. 巻 40
2. 論文標題 Chiral acidic amino acids as tethers for intramolecular glycosylation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Carbohydrate Chemistry	6. 最初と最後の頁 283-307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/07328303.2021.2015364	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 Kitaura Yuki, Ueshima Rina, Sano Kanae, Kikuma Takashi, Takeda Yoichi	4. 巻 131
2. 論文標題 Efficient synthesis of cytidine diphosphate diacylglycerol: A crucial precursor of glycerophospholipids biosynthesis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Tetrahedron Letters	6. 最初と最後の頁 154781 ~ 154781
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tetlet.2023.154781	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 Sano Kanae, Ishiwata Akihiro, Takamori Hiroto, Kikuma Takashi, Tanaka Katsunori, Ito Yukishige, Takeda Yoichi	4. 巻 29
2. 論文標題 Synthesis of Sucrose-Mimicking Disaccharide by Intramolecular Aglycone Delivery	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 1771 ~ 1771
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules29081771	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 Ueshima Rina, Kikuma Takashi, Sano Kanae, Toda Nahoko, Greimel Peter, Takeda Yoichi	4. 巻 25
2. 論文標題 Synthesis of azide modified glycerophospholipid precursor analogs for detection of enzymatic reactions	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ChemBioChem	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cbic.202300699	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28件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 青木 涼馬、菊間 隆志、伊藤 幸成、武田 陽一
2. 発表標題 人工糖鎖基質を用いた EDEM2 の基質特異性の検討
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 上嶋 里菜、戸田 奈穂子、Peter Greimel、菊間 隆志、武田 陽一
2. 発表標題 Phosphatidyl- α -D-glucoside の生合成機構を解明するための CMP-PA プローブの合成
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 佐野 加苗、菊間 隆志、高橋 諭、石井 希実、松尾 一郎、武田 陽一
2. 発表標題 ドリコールピロリン酸結合型糖鎖の膜反応場構築に向けた DPAGT1 基質の合成と活性評価
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 栗原 大輝、児島 大河、小林 優佳、武田 陽一、戸谷 希一郎
2. 発表標題 カルレティキュリン選択的蛍光糖鎖プローブの開発
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 阿部 純平、梶浦 裕之、菊間 隆志、木塚 康彦、武田 陽一、梶原 康宏、伊藤 幸成
2. 発表標題 UGGT 阻害剤開発に向けたスクアラミド修飾 UDP 類縁体の合成
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 上嶋 里菜、戸田 奈穂子、Peter Greimel、菊間 隆志、武田 陽一
2. 発表標題 膜脂質生成成解析のためのグリセロリン脂質前駆体アナログの合成
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会(2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐野 加苗、菊間 隆志、高橋 諭、石井 希実、松尾 一郎、梶浦 裕之、武田 陽一
2. 発表標題 脂質膜上糖鎖の評価系開発に向けたGlcNAc-pyrophosphate-dolichol アナログの化学酵素合成
3. 学会等名 日本農芸化学会2023年度大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 北浦 祐樹、佐野 加苗、上嶋 里菜、菊間 隆志、武田 陽一
2. 発表標題 スルホニルイミダゾリウム塩を用いたリボヌクレオチドの合成
3. 学会等名 日本農芸化学会2023年度大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐野加苗, 菊間隆志, 高橋諭, 石井希実, 松尾一郎, 武田陽一
2. 発表標題 フリップフロップ反応場の構築を目指したDPAGT1基質の合成
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 米良優希, 菊間隆志, 武田陽一
2. 発表標題 CMP-Kdoの化学合成に向けたKdo2位の垂リン酸エステル化条件の検討
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 上嶋里菜, 戸田奈穂子, Peter Greimel, 菊間隆志, 武田陽一
2. 発表標題 Phosphatidyl- α -D-glucosideの生合成機構を解明するための分子プローブの合成
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 西尾謙一郎, 高橋慶晃, 武田陽一, 菊間隆志
2. 発表標題 麹菌 <i>Aspergillus oryzae</i> における推定新規選択的オートファジー関連タンパク質の解析
3. 学会等名 第 20 回糸状菌分子生物学コンファレンス
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuki Mera, Takashi Kikuma, Yoichi Takeda
2. 発表標題 Synthesis of a caged CMP-3-deoxy-D-manno-octulosonic acid (CMP-Kdo) derivative as a substrate for Kdo transferases
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Rina Ueshima, Nahoko Toda; Peter Greimel, Takashi Kikuma, Yoichi Takeda
2. 発表標題 Synthesis of molecular probes to understand a biosynthetic mechanism of Lyso-phosphatidyl- α -D-glucoside
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sayaka Higashi, Takahiro Matoba, Takashi Kikuma, Yukishige Ito, Yoichi Takeda
2. 発表標題 Selenoprotein F recognition of endoplasmic reticulum glucosyltransferase analyzed using a His-tag specifically introduced photoreactive crosslinker
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuji Hashiguchi; Sato Tada; Yukishige Ito, Yoichi Takeda, Takashi Kikuma
2. 発表標題 Analysis of 1,2-mannosidase in <i>Saccharomyces cerevisiae</i> by gene disruption
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西尾 謙一郎、武田 陽一、菊間 隆志
2. 発表標題 麹菌 <i>Aspergillus oryzae</i> における推定新規選択的オートファジー関連タンパク質の機能解析
3. 学会等名 日本農芸化学会 2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 青木 涼馬、菊間 隆志、伊藤 幸成、武田 陽一
2. 発表標題 人工糖鎖基質を用いたEDEM2の基質特異性の検討
3. 学会等名 日本農芸化学会 2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐野 加苗、菊間 隆志、高橋 諭、石井 希実、松尾 一郎、武田 陽一
2. 発表標題 ドリコールピロリン酸結合型糖鎖を追跡する膜反応場の構築を目指したUDP-GlcNAcプローブの合成
3. 学会等名 日本農芸化学会 2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上嶋 里菜、戸田 奈穂子、Peter Greimel、菊間 隆志、武田 陽一
2. 発表標題 Phosphatidyl- α -D-glucosideの生合成反応を追跡可能な分子プローブの合成
3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoichi Takeda, Sayaka Higashi, Yuki Imamura, Takashi Kikuma, Yoshiki Yamaguchi, Yukishige Ito
2. 発表標題 Analysis of selenoprotein F binding to UDP-glucose:glycoprotein glucosyltransferase (UGGT)
3. 学会等名 The 21st European Carbohydrate Symposium
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 綿本 早希、佐野 加苗、高森 寛人、石渡 明弘、田中 克典、武田 陽一
2. 発表標題 分子内アグリコン転移によるショ糖型希少糖の合成研究
3. 学会等名 第42回日本糖質学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 北浦 祐樹、佐野 加苗、上嶋 里菜、黒島 夕葵、菊間 隆志、武田 陽一
2. 発表標題 スルホニルイミダゾリウム塩を用いた CDP- ジアシルグリセロールの合成
3. 学会等名 第42回日本糖質学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 阿部 純平、武田 陽一、菊間 隆志、梶原 康宏、伊藤 幸成
2. 発表標題 高活性 UGGT 阻害剤創出に向けたスクアリル基修飾型 UDP 類縁体の合成
3. 学会等名 第42回日本糖質学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐野 加苗、菊間 隆志、高橋 諭、石井 希実、松尾 一郎、梶浦 裕之、武田 陽一
2. 発表標題 小胞体膜上糖鎖のフリップ機構解明に向けたドリコール結合型糖鎖の化学酵素的合成研究
3. 学会等名 第42回日本糖質学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 坂根 巧、武田 陽一、菊間 隆志
2. 発表標題 麹菌 <i>Aspergillus oryzae</i> における新規オートファジーレセプターの探索
3. 学会等名 第22回糸状菌分子生物学コンファレンス
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 富井裕貴、菊間隆志、武田陽一
2. 発表標題 昆虫細胞を用いたUGGTの大量発現と酵素活性解析
3. 学会等名 GlycoTOKYO 2023 シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 坂根 巧、武田 陽一、菊間 隆志
2. 発表標題 麹菌Aspergillus oryzaeにおけるコアオートファジータンパク質 Atg8と相互作用するタンパク質の機能解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2024年度大会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

立命館大学生命科学部生体分子化学研究室 https://www.ritsumeit.ac.jp/lifescience/skbiot/bmclab/index.html

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
研究協力者	菊間 隆志 (Kikuma Takashi)		

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			
英国	University of Exeter Medical School	Baylor College of Medicine	Royal Devon & Exeter Hospital	他5機関