

平成30年6月22日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H01841

研究課題名(和文) グライコプロテオームを中心とした複合オミクス解析による疾患モデルの糖鎖機能解析

研究課題名(英文) Elucidation of biological function of glycan by integrated omics analysis based on glycoproteome.

研究代表者

成松 久 (Narimatsu, Hisashi)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・生命工学領域・招聘研究員

研究者番号：40129581

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,000,000円

研究成果の概要(和文)：糖鎖の生体内機能を解明する方法の一つは、糖鎖の生合成を担う糖転移酵素遺伝子を改変(欠損)し、それによって生じた表現型を解析することである。本研究では糖鎖改変細胞・マウスを用い、新規グライコプロテオミクス技術等の解析により、糖転移酵素が生合成する特定糖鎖のキャリア糖タンパク質を同定し、表現型に関連する分子群とそのメカニズムの解明を試みた。グライコプロテオミクス技術・IGOT法ならびに新規技術(Glyco-RIDGE法)を用いることで、各種糖鎖(Lewis x, LacdiNAc, pLN、コンドロイチン硫酸構造など)のキャリア分子の同定や表現型の解析を行った。

研究成果の概要(英文)：One of the methods to elucidate the biological function of glycan is to modify the expression of glycosyltransferases responsible for the biosynthesis of specific glycans and to analyze the phenotypes caused thereby. Moreover, to elucidate the relationship between glycan and biological function, glycosylated sites, glycan variation (glycome), and its proportions for each glycoprotein must be analyzed, if the determined glycan-carriers are of interest. Therefore, we developed a novel glycoproteomics technology to reveal the site-specific glycome in several glycan-modified cells/mice. As a result, we identified many carrier glycoproteins of the glycosyltransferase-specific glycans, including Lewis x, LacdiNAc, pLN and chondroitin sulfate structures, and tried to elucidate the molecules related to the phenotype and its molecular mechanism. Our novel glycoproteomics method provided important insights into the biological function of glycans.

研究分野：糖鎖生物学、生化学、免疫学、微生物学

キーワード：糖鎖 糖転移酵素 糖タンパク質 糖ペプチド 糖鎖機能 グライコプロテオミクス グライコミクス

1. 研究開始当初の背景

タンパク質糖鎖修飾は、糖転移酵素やグリコシダーゼなど約 200 種(ヒト)以上の糖鎖生合成関連酵素によって非誘発型依存的に進行するため、糖鎖は産生する細胞の種類や状態、付加を受けるタンパク質の種類、さらには同一タンパク質内でも糖鎖付加部位ごとに多様、かつ不均一な構造を持つ。このため、糖鎖の構造と機能の相関を解明し、糖鎖の生物機能(表現型)と関連付けることは困難を伴う。そこで実施者らは、糖鎖遺伝子进行操作して生体内での糖鎖を改変する技術、および新たな糖タンパク質分析(新規グライコプロテオミクス)技術によって、より直接的に各糖転移酵素が関わる糖鎖キャリア分子を同定し、その糖鎖の機能を解明するための研究計画を立案し展開してきた。

2. 研究の目的

糖鎖の生体内機能を解析する方法の一つは、注目する糖鎖の生合成を担う糖転移酵素遺伝子をノックアウト(KO)し、糖鎖改変によって生じた表現型を分子生物学、生化学、および病理学的に解析することである。本研究は糖鎖改変細胞(培養細胞株)や糖鎖改変マウスを用い、新規に開発した解析技術を含めた統合オミクス(グライコミクス、グライコプロテオミクス等)により、特定の糖鎖のキャリアタンパク質(標的タンパク質)を同定し、さらに表現型に関連する糖鎖キャリアタンパク質を同定し、分子メカニズムの解明を試みる。糖鎖改変による、糖タンパク質の種類・糖鎖構造・mRNA 発現量・活性(応答)などのダイナミックな変化を捉え、疾患モデルマウス(糖鎖遺伝子改変マウス)にフィードバックする系統的な解析により、糖鎖機能の統合的な理解を目指すことを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では主として糖鎖キャリア分子(糖ペプチド)をレクチン捕集して、培養細胞株あるいは野生型と KO マウスとの比較グライコプロテオーム解析を行った。

Lewis x(Le^x)糖鎖、O型(core 3)糖鎖、LacdiNAc糖鎖、ポリラクトサミン(pLN)糖鎖などをキャリアする糖タンパク質を網羅的に同定し、その機能を解析するために、糖鎖キャリア糖タンパク質を効率的に捕集するための系(レクチンアフィニティーなどによる捕集の系)の構築を行い、野生型マウス細胞あるいは臓器、細胞株を用いて同定を行った。

4. 研究成果

本課題では、糖鎖の生体内機能解明のため、野生型と糖鎖遺伝子改変型の細胞やマウスを研究材料として、最新の解析技術を用いた比較グライコプロテオーム解析による糖転移酵素の標的タンパク質の同定と糖鎖構造解析を行った。

(1) Lewis x 糖鎖解析

フコース転移酵素の一つ、1,3-フコース転移酵素 9 (Fucosyl transferase 9, Fut9)は、糖脂質あるいは糖タンパク質上の受容体糖鎖に 1,3 結合でフコースを転移し、Le^xを形成する。Fut9 遺伝子はマウス個体では胃、腎臓、脳、白血球に発現しており、この遺伝子をノックアウトすると、胃粘膜の免疫亢進、情動異常(Kudo *et al.*, Glycobiology. 2007.)、白血球のローリング異常がフェノタイプとして現れる。これらの現象の機序を解明するためには、Le^xのキャリアタンパク質を同定することが重要であると考え、新たなグライコプロテオミクス技術、すなわち糖鎖付加部位ごとの糖鎖組成を解析する方法(Glyco-RIDGE 法)を開発し、マウス腎臓における Le^x キャリアタンパク質を多数同定することに成功した(Noro *et al.* JPR 2015)。解析の結果、24 個の Le^x キャリアタンパク質(42 個の Le^x 糖鎖付加部位、317 個の糖ペプチド)が同定され、腎臓で合成される Le^x 糖鎖のほとんどは、Fut9 により合成されていることが確認された。脳グライコームを分析し比較した結果、野生型マウス(WT)では複数のフコースを持つ糖鎖(一つ以上の Lewis 型フコース)が見られた。また、WT の腎臓ではほとんどの糖鎖がシアル酸を持っていなかったのに対し、WT の脳では多くの糖鎖にシアル酸が付加されていた。以上のように、新たに開発されたグライコプロテオミクス解析によって Le^x キャリアが同定されたので、表現型との関連を解析することで、Fut9 および Le^x の機能を明らかにすることができると期待される。

(2) LacdiNAc 糖鎖解析

I 型の LacdiNAc 構造(GalNAc 1-3GlcNAc-R)を合成する、3GalNAcT2 糖転移酵素(B3GALNT2)に着目し、安定発現細胞、ノックダウン細胞、KO マウスを用いた解析を行った。I 型の LacdiNAc 糖鎖の生合成に関連する *B3galnt2* KO マウスは胎生致死であったため、交配し発生時期毎に胎仔マウスを取得し、重量測定、遺伝子型解析、一次培養、組織染色などを実施した。その結果、KO マウスにおいて、脳や筋肉を含む複数の組織で細胞数の減少や構造の異常など確認した。また、安定発現細胞から I 型 LacdiNAc 構造に結合するレクチンを用いて糖タンパク質を捕集し、グライコプロテオミクス技術・IGOT 法によりキャリア糖タンパク質を同定した。siRNA によるノックダウン実験により細胞レベルで I 型 LacdiNAc 構造が N-グリカン上に存在することを明らかになった。

一方、2 型の LacdiNAc 糖鎖の生合成に関与する酵素である *B4GALNT3*、*B4GALNT4* 遺伝子の欠損マウスあるいは細胞株を用いてグライコプロテオミクス解析による LacdiNAc-omics を遂行し、そのキャリアタンパク質候補の同定と解析を行った。

(3)ポリラクトサミン糖鎖解析

pLN は、糖タンパク質および糖脂質に存在する糖鎖の基本構造であり、ガレクチンなどのリガンドとして機能するほか、シアル酸・フコース・硫酸などで修飾され、それにより機能性糖鎖抗原を生じることで生物学的機能に影響を与える重要な構造であると考えられる。ヒト前骨髄球性白血病細胞株である HL-60 細胞は、糖タンパク質または糖脂質に pLN を有することが知られているため、本研究ではこの細胞における pLN キャリア分子の同定を行った。

Glyco-RIDGE 法で同定されたペプチドの数を増加させるためには、試料の複雑性を低減するための試料糖ペプチドの分画が必要である。そこで、糖ペプチドを親水性相互作用クロマトグラフィー(HILIC)により分画した。この分離により、例えば高度に分枝した(高度にフコシル化された)または高度に伸長した糖鎖の検出を改善することが期待された。横軸の分布(主にペプチドの疎水性の度合いによる)は、画分ごとに大きく異なることはなかったが、画分の親水性が増加すると、質量方向の分布はより大きなシフトを示し、これは、親水性画分がより長い糖鎖(すなわち pLN)を含むことを示唆した。解析の結果から pLN 糖鎖を有する多くの糖ペプチドが最も高い親水性画分に濃縮されることを確認した。Glyco-RIDGE 法によって、HL-60 細胞で 31 個の pLN キャリアタンパク質が同定された。これらの分子群について遺伝子オンロジー・エンリッチメント解析を行ったところ、シグナル伝達、受容体、細胞移動および細胞接着などの機能に関連する多くの分子を含むことを明らかとなった。以上より、糖ペプチド分画と Glyco-RIDGE 法との組み合わせが、pLN キャリア糖タンパク質の解析に有用であることが示唆された。

(4)コンドロイチン硫酸(CS)解析

脳や軟骨に多く存在するグリコサミノグリカン糖鎖の 1 つであるコンドロイチン硫酸(CS)の生合成には、6 種類の糖転移酵素が関与する。CS 硫酸生合成に重要な働きを持つ CSGaINAcT1(T1)と CSGaINAcT2(T2)のダブルノックアウトマウス(DKO)を作製し、表現型解析を行った。DKO は呼吸不全による胎生致死の表現型を示した。CS 生合成不全により呼吸不全に至るメカニズムの解明は今後の課題である。続いて、軟骨特異的に DKO を作製したところ、四肢が極端に短縮したマウスが誕生した。T2 は単独 KO では表現型は見られなかったが、DKO で T1 単独 KO よりシビアな表現型を示したことから、T2 も軟骨形成において機能していることが明らかとなった。

以上、本課題での技術開発と各種解析により、糖タンパク質糖鎖とその生物機能について重要な知見が得られた。継続的に表現型との関連を解析することで、糖鎖の生体内機能を

明らかにしていくことができると期待される。

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 10 件)

1. Togayachi A, Tomioka A, Fujita M, Sukegawa M, Noro E, Takakura D, Miyazaki M, Shikanai T, Narimatsu H, Kaji H. Identification of Poly-N-Acetylactosamine-Carrying Glycoproteins from HL-60 Human Promyelocytic Leukemia Cells Using a Site-Specific Glycome Analysis Method, Glyco-RIDGE. *J Am Soc Mass Spectrom.* 29(6):1138-1152. 2018. doi: 10.1007/s13361-018-1938-6. 査読有.
2. Wakui H, Fuseya S, Suzuki R, Shimbo M, Okada R, Hamada M, Kuno A, Hagiwara K, Sato T, Narimatsu H, Kudo T, Takahashi S. Incomplete clearance of apoptotic cells by core 1-derived O-glycan-deficient resident peritoneal macrophages. *Biochem Biophys Res Commun.* 122: pp.2017-2023. 2018. doi: 10.1016/j.bbrc.2017.12.066. 査読有.
3. Shimbo M, Suzuki R, Fuseya S, Sato T, Kiyohara K, Hagiwara K, Okada R, Wakui H, Tsunakawa Y, Watanabe H, Kimata K, Narimatsu H, Kudo T, Takahashi S. Postnatal lethality and chondrodysplasia in mice lacking both chondroitin sulfate N-acetylgalactosaminyltransferase-1 and -2. *PLoS One.* 12. e0190333. 2017. doi: 10.1371/journal.pone.0190333. 査読有.
4. Watanabe R, Kakizaki M, Ikehara Y, Togayachi A. Formation of Fibroblastic Reticular Network in the Brain after Infection with Neurovirulent Murine Coronavirus. *NEUROPATHOLOGY.* 36-6: pp.513-526. 2016. doi: 10.1111/neup.12302. 査読有.
5. Ishimaru D, Gotoh M, Takayama S, Kosaki R, Matsumoto Y, Narimatsu H, Sato T, Kimata K, Akiyama H, Shimizu K, Matsumoto K. Large-scale mutational analysis in the EXT1 and EXT2 genes for Japanese patients with multiple osteochondromas. *BMC Genet.* 17:52. 2016. doi: 10.1186/s12863-016-0359-4. 査読有.
6. Ito H, Kaji H, Togayachi A, Azadi P,

- Ishihara M, Geyer R, Galuska C, Geyer H, Kakehi K, Kinoshita M, Karlsson NG, Jin C, Kato K, Yagi H, Kondo S, Kawasaki N, Hashii N, Kolarich D, Stavenhagen K, Packer NH, Thaysen-Andersen M, Nakano M, Taniguchi N, Kurimoto A, Wada Y, Tajiri M, Yang P, Cao W, Li H, Rudd PM, Narimatsu H. Comparison of analytical methods for profiling N- and O-linked glycans from cultured cell lines : HUP0 Human Disease Glycomics/Proteome Initiative multi-institutional study. *Glycoconj J*. 33(3):405-415.2016. doi: 10.1007/s10719-015-9625-3. 査読有.
7. Kakizaki M, Togayachi A, Narimatsu H, Watanabe R. Contribution of Lewis X carbohydrate structure to neuropathogenic murine coronaviral spread. *Japanese Journal of Infectious Diseases*. Jpn J Infect Dis. 69(5): pp.405-13. 2016. doi: 10.7883/yoken.JJID.2015.499. 査読有.
 8. Nakamura S, Horie M, Daidoji T, Honda T, Yasugi M, Kuno A, Komori T, Okuzaki D, Narimatsu H, Nakaya T, Tomonaga K. Influenza A Virus-Induced Expression of a GalNAc Transferase, GALNT3, via MicroRNAs Is Required for Enhanced Viral Replication. *J Virol*. 90(4). pp.1788-1801. 2015. doi: 10.1128/JVI.02246-15. 査読有.
 9. Sugahara D, Tomioka A, Sato T, Narimatsu H, Kaji H. Large-scale identification of secretome glycoproteins recognized by *Wisteria floribunda* agglutinin: A glycoproteomic approach to biomarker discovery. *Proteomics*. pp.2921-33. 2015. doi: 10.1002/pmic.201400443. 査読有.
 10. Noro E, Togayachi A, Sato T, Tomioka A, Fujita M, Sukegawa M, Suzuki N, Kaji H, Narimatsu H. Large-Scale Identification of N-Glycan Glycoproteins Carrying Lewis x and Site-Specific N-Glycan Alterations in Fut9 Knockout Mice. *J Proteome Res*. 14(9): pp.3823-3834. 2015. doi: 10.1021/acs.jproteome.5b00178. 査読有.
- [学会発表](計 29 件)
1. 梶裕之、富岡あづさ、野呂絵里花、岡谷千晶、藤田弥佳、助川昌子、成松久. 複雑性の極み：糖鎖修飾状態の解析への挑戦. ConBio2017 (生命科学系学会合同年次会). 2017/12/9. 神戸. 国内.
 2. 鈴木陸, 中村勇輝, 涌井宏優, 岡田理沙, 布施谷清香, 坪内鴻奈, 萩原梢, 佐藤隆, 成松久, 高橋智, 工藤崇. 全身性誘導コンディショナルノックアウトマウスを用いたムチン型糖鎖新規機能. ConBio 2017 (生命科学系学会合同年次会). 2017/12/6. 神戸. 国内.
 3. 涌井宏優, 布施谷清香, 岡田理沙, 鈴木陸, 新保未来, 濱田理人, 萩原梢, 佐藤隆, 成松久, 高橋智, 工藤崇. マクロファージでの Tim4 タンパク質の安定発現にムチン型糖鎖は必須である. ConBio 2017 (生命科学系学会合同年次会). 2017/12/6. 神戸. 国内.
 4. 布施谷清香, 岡田理沙, 鈴木陸, 新保未来, 涌井宏優, 中村勇輝, 坪内鴻奈, 臼井俊明, 森戸直記, 萩原梢, 佐藤隆, 成松久, 高橋智, 工藤崇. 腎系球体足細胞におけるムチン型 O 結合型糖鎖の機能解明. ConBio 2017 (生命科学系学会合同年次会). 2017/12/6. 神戸. 国内.
 5. 中根隆浩、安形清彦、佐藤隆、梶裕之、成松久. B3GalNT2 糖転移酵素によって合成される type I LacdiNAc 構造キャリアタンパク質の同定. ConBio 2017. 2017/12/6. 神戸. 国内.
 6. 安形清彦、中根隆浩、古川早苗、佐藤隆、澤木弘道、曾我部万紀、久保田智己、梶裕之、成松久. 3GalNAcT2 糖転移酵素は type I LacdiNAc 構造を N 型糖鎖と O 型糖鎖上に形成する. ConBio 2017 (生命科学系学会合同年次会). 2017/12/6. 神戸. 国内.
 7. Nakane T, Angata K, Sato T, Kaji H, and Narimatsu H. Identification of glycoproteins with novel LacdiNAc structures synthesized by B3GALNT2. The 9th ACGG conference. 2017/12/19. Hong Kong. 国外.
 8. Tomioka A, Okatani C, Noro E, Shikanai T, Narimatsu H, Kaji H. Development of site-specific glycome analysis method of complex glycoproteome. HUP0 World Congress. 2017/09/18. Dublin, Ireland. 国外.
 9. 佐藤隆、松浦寛明、小林純子、梶裕之内、成松久、Kay-Hooi Khoo、川島博人. マウス卵管におけるフコシル化糖鎖 sialyl Lewis X の生合成経路の解析. 第 61 回日本薬学会関東支部大会. 2017/09/16. 東京. 国内.
 10. Haltiwanger R, Rubel D, Grady R, Uddin S, Komatsu D, Bamforth S, Schneider J, Sato T, Narimatsu H, Holdener B. Deletion of B3glct disrupts craniofacial, skeletal, and cardiac development in mice. 24th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GLYCOCONJUGATES. 2017/8/27. Jeju,

- Korea. 国外.
11. 野呂絵里花、梶裕之、成松久、富岡あづさ、助川昌子、藤田弥佳、鈴木奈美、梶裕之、成松久. Fut9 ノックアウトマウスを用いた脳におけるルイスxキャリアタンパク質の網羅的な解析 (Large-scale identification of glycoprotein carrying Lewis x in the brain using Fut9 knockout mice). 日本糖質学会. 2017/07/19. 旭川. 国内.
 12. Angata K, Tsujikawa S, Sato T, Togayachi A, and Narimatsu H. Analyses of glycogene expression by RNA sequencing to determine the different glycan synthesis. The 8th ACGG conference. 2016/10/15. Wuxi, China. 国外.
 13. Sato T, Kaji H, Chiba Y, Narimatsu H. Characterization of Wisteria Floribunda lectin and Its Application for Glycoproteomics Study. 8th Asian Community of Glycoscience and Glycotechnology. 2016/10/14. Wuxi, China. 国外.
 14. 涌井宏優、新保未来、岡田理沙、鈴木 陸、布施谷清香、Tran Thi Nhu Mai、濱田理人、萩原 梢、佐藤 隆、成松 久、高橋 智、工藤 崇. マクロファージ食機構におけるムチン型糖鎖の機能解析. 日本分子生物学会年会. 2016/11/28. 横浜. 国内.
 15. 布施谷清香、岡田理沙、鈴木 陸、新保未来、涌井宏優、臼井俊明、森戸直記、萩原 梢、佐藤 隆、成松 久、高橋 智、工藤 崇. 腎系球体足細胞におけるムチン型糖鎖の役割. 日本分子生物学会年会. 2016/11/28. 横浜. 国内.
 16. Shimbo M, Okada R, Wakui H, Suzuki R, Fuseya S, Hagiwara K, Sato T, Narimatsu H, Takahashi S, and Kudo T. Both Chondroitin Sulfate N-Acetylgalactosaminyltransferase-1 and -2 are Required for Endochondral Ossification. 日本分子生物学会年会, 2016/11/28, 横浜. 国内.
 17. 安形清彦, 澤木弘道, 辻川紫華子, 雄長誠, 梶裕之, 成松久. Use of whole transcriptome analysis to determine glycogene expression in hepatic cells. 6th Charles Waren Workshop 2016, Hokaido University (北海道大学). 2016/08/24. 国内.
 18. 中根隆浩, 安形清彦, 佐藤隆, 梶裕之, 成松久. B3GALNT2 糖転移酵素によって合成される新規 LacdiNAc 構造キャリアタンパク質の同定. 第39回日本分子生物学会. 11月-12月. 横浜. 国内.
 19. 梶裕之, 富岡あづさ, 野呂絵里花, 藤田弥佳, 助川昌子, 岡谷千晶, 鹿内俊秀, 成松久. 糖タンパク質大規模解析とデータベース構築: 糖鎖付加位置マッピングから位置ごとのグリコーム解析へ. 日本分子生物学会年会. 2016/11/30. 国内.
 20. 梶裕之. 最近のグリコプロテオミクス: 糖鎖付加部位ごとの糖鎖不均一性の大規模解析法の開発. 日本糖鎖科学コンソーシアム. 2016/11/01. 国内.
 21. 梶裕之, 富岡あづさ, 野呂絵里花, 藤田弥佳, 助川昌子, 岡谷千晶, 鹿内俊秀, 成松久. 糖タンパク質の糖鎖不均一性の大規模解析. 日本生化学会大会. 2016/09/27. 国内.
 22. 梶裕之, 富岡あづさ, 野呂絵里花, 藤田弥佳, 助川昌子, 岡谷千晶, 鹿内俊秀, 成松久. Accurate mass- and glycan composition-based assignment of glycosylation site-specific glycomes of complex glycoprotein mixture, Human Proteome Organization World Congress, 2016/09/20. 台湾. 国外.
 23. Narimatsu H. Successful translational research based on combination of multiple glyco- proteomics technologies. Plenary lecture. 2016/11/20. University of Gothenburg, Gothenburg, Sweden. 国外.
 24. Noro E, Kaji H, Narimatsu H. Large-scale identification of glycoproteins carrying Lewis x and site-specific glycan alterations in Fut9 knockout mice. KHUPO 16th Annual International Proteomics Conference. 2016/03/28. Daejeon, Korea. 国外.
 25. Shimbo M, Sato T, Hagiwara K, Okada R, Wakui H, Narimatsu H, Takahashi S, and Kudo T. Roles of Chondroitin Sulfate N-acetylgalactosaminyltransferase-1 and -2 in Endochondral Ossification. BMB2015. 2015/12/1. 神戸. 国内.
 26. Nakane T, Angata K, Sato T, Kaji H, and Narimatsu H. Identification of glycoproteins with novel LacdiNAc structures synthesized by B3GALNT2. The 7th ACGG conference. 2015/11/13. Matsushima (Japan). 国内.
 27. Angata K, Nakane T, Furukawa S, Sato T, Sawaki H, Maki Sogabe M, Kubota T, Hiroyuki Kaji H, and Narimatsu H. Novel LacdiNAc structures on N- and O-glycans synthesized in vivo by β 3GalNAcT2. The 7th ACGG conference. 2015/11/13. Matsushima (Japan). 国内.
 28. 野呂絵里花、梶裕之、成松久、富岡あづさ、藤田弥佳、助川昌子、鈴木奈美、梶裕之、成松久. 1,3-フコース転移酵素9ノックアウトマウスを用いた新規グリコプロテオミクス技術による糖鎖

付加部位特異的グリコームの網羅的な解析. 第 34 回日本糖質学会. 2015/07/31. 東京. 国内.

29. 野呂絵里花、榎谷内晶、佐藤隆、富岡 あづさ、藤田弥佳、助川昌子、鈴木奈美、梶裕之、成松久. 1,3-フコース転移酵素9ノックアウトマウスを用いた糖鎖付加部位特異的グリコームの網羅的な解析. JHUP0 第 12 回大会. 2015/07/23. 熊本. 国内.

〔図書〕(計 1 件)

1. 成松久, 鈴木芳典, 木下フローラ聖子, 鹿内俊秀, 藤田典昭, 佐藤隆, 榎谷内晶, 横尾岳彦, 安形清彦, 久保田智巳, 野呂絵里花. A Practical Guide to Using Glycomics Databases, GlycoGene Database (GGDB) on the Semantic Web. Springer. 2016/12/07.

〔産業財産権〕

なし

〔その他〕

本研究で得られた糖タンパク質データの一部については、下記データベースに収載・公開している。

GlycoProtDB (GPDB) 公開 Web アドレス :
[<https://acgg.asia/gpdb2/>]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

成松 久 (NARIMATSU, Hisashi)
国立研究開発法人 産業技術総合研究所・
創薬基盤研究部門 糖鎖技術研究グループ・
招聘研究員
研究者番号 : 40129581

(2) 研究分担者

梶 裕之 (KAJI, Hiroyuki)
国立研究開発法人 産業技術総合研究所・
創薬基盤研究部門 糖鎖技術研究グループ・
研究グループ長
研究者番号 : 80214302

(3) 研究分担者

佐藤 隆 (SATO, Takashi)
国立研究開発法人 産業技術総合研究所・
創薬基盤研究部門 糖鎖技術研究グループ・
主任研究員
研究者番号 : 90371046

(4) 研究分担者

榎谷内 晶 (TOGAYACHI, Akira)
国立研究開発法人 産業技術総合研究所・
創薬基盤研究部門 糖鎖技術研究グループ・
主任研究員
研究者番号 : 60392635

(5) 研究分担者

安形 清彦 (ANGATA, Kiyohiko)
国立研究開発法人 産業技術総合研究所・
創薬基盤研究部門 糖鎖技術研究グループ・
招聘研究員
研究者番号 : 00611138