

機関番号：34315

研究種目：基盤研究（B）

研究機関：2008～2010

課題番号：20370052

研究課題名（和文）ヒト癌細胞より単離されたルイス a タンデムリピート構造を持つ糖鎖の構造と機能

研究課題名（英文）Structure and Function of MBP-ligand oligosaccharides isolated from SW1116 cells

研究代表者

川崎 敏祐（KAWASAKI TOSHISUKE）

立命館大学・総合理工学研究機構・教授

研究者番号：50025706

研究成果の概要（和文）：

先天性免疫に関与する生体防御因子である動物レクチン血清 MBP（マンナン結合タンパク質）と、最近、癌細胞より単離された MBP に対する高親和性リガンド糖鎖との結合の機作を解析し、レクチンによる糖鎖シグナル解読機構を解明するとともに、MBP 糖鎖リガンドが新たな腫瘍マーカーとして癌診断・治療に結びつく可能性を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

Based on the biochemical data obtained, we proposed a computer modeling of the molecular complex of the serum mannan-binding protein and its high affinity ligand oligosaccharides on SW1116 cells. Immunohistochemical analysis indicated that the MBP-ligand oligosaccharides are novel tumor marker candidates.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	10,100,000	3,030,000	13,130,000
2009 年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2010 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
年度			
年度			
総計	16,100,000	4,830,000	20,930,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：生物科学・機能生物化学

キーワード：癌、糖鎖、先天性免疫、動物レクチン、臨床試料

1. 研究開始当初の背景

動物レクチン MBP（マンナン結合タンパク質）（別名マンノース結合タンパク質（MBP）、マンナン結合レクチン（MBL）とも呼ばれる）は、申請者らが世界に先駆けて発見した内在性レクチンであり、マンノース・N-アセチルグルコサミン・フコースに特異的な糖結合タ

ンパク質である（T. Kawasaki et al., *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 81, 1018-1024 (1978)）。申請者らはその後、血清中の MBP が補体系の活性化作用を持つことをはじめて見出した（K. Ikeda, et al., *J. Biol. Chem.*, 262, 7451-7454 (1987)）。この新規な補体活性化経路は現在「レクチン経

路」と呼ばれ免疫学の教科書に記載されている。MBP は病原微生物の細胞表面に含まれるマンノオリゴ糖と結合して補体系活性化の起点となると考えられている。申請者はまた、MBP はある種の癌細胞の増殖抑制作用を示すことを動物実験で示し、この作用を MDCC (MBP-Dependent Cell-mediated Cytotoxicity) と名付けた (Y. Ma et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 96, 371-375 (1999))。さらに、ヒト結腸癌由来の SW1116 細胞より、MBP 特異的リガンド糖鎖の単離に成功し、これらが、血液型関連エピトープ Lewis a (Le^a) のタンデムリピート構造を持つ新規な高分子癌関連糖鎖 (HFPL-ML: highly fucosylated polylactosamine-type MBP-ligands) であることを明らかにしている (M. Terada et al., *J. Biol. Chem.*, 280, 10897-10913 (2005))。また、免疫組織化学的方法、FACS 解析などにより、多くのヒト結腸癌組織およびヒト結腸癌由来の株化細胞において MBP リガンドが発現していることを観察している。MBP による糖鎖認識機構はその基本的な部分に関してもなお未解明の部分が残されている。一方、MBP が新規な腫瘍マーカー検出プローブとして癌診断・治療に結びつく可能性があり、その組織的な検討が期待されている。

2. 研究の目的

(1) MBP が認識する糖鎖エピトープ構造の解析

MBP は高マンノース型糖鎖と結合するといわれてきたが、ヒト癌細胞株 (SW1116) 表面より、総糖ペプチドを調製し、そのうちの MBP リガンド糖ペプチドを単離して解析したところ、意外にもこれらは、ヒト血液型関連糖鎖抗原である Le^a エピトープ、Gal(β1-3)[Fuc(α1-4)]GlcNAc(β1-), のリピートを持つ高分子オリゴ糖鎖であった。本研究では、この一見矛盾した MBP の結合特異性をより詳細に解析し、MBP による糖鎖認識機構を解明する。

(2) MBP と糖鎖認識抗体による癌細胞認識における糖鎖認識様式の特徴の解明

動物レクチン MBP によるリガンド認識様式と抗体による糖鎖認識様式の類似点、相違点およびそれぞれの特徴をヒト大腸癌細胞株および臨床試料を含めたヒト細胞組織染色の手法により解明する。

3. 研究の方法

(1) MBP が認識するエピトープ構造の解析

SW1116 細胞の可溶化物より、MBP と結合するリガンド糖タンパク質を単離し、これらのリガンド糖タンパク質に含まれるオリゴ糖鎖について、その化学的性質を明らかにする。ついで、これらのオリゴ糖鎖の MBP との結合親和性を、固定化 MBP カラムへの結合

の有無を調べることにより明らかにする。MBP と高い親和性をもち結合できるオリゴ糖鎖と結合できないオリゴ糖鎖の構造を比較することにより、MBP と高い親和性をもち結合できる糖鎖 (リガンドオリゴ糖鎖) の構造上の特徴を解析する。これらリガンド糖鎖のコンピュータモデリングを行い、高次構造予測および MBP と MBP-CRD (糖鎖結合ドメイン) との複合体のモデルを提出する。

(2) MBP と糖鎖認識抗体による癌細胞認識における糖鎖認識様式の特徴の解明

免疫組織化学的方法により解析する。MBP リガンド糖鎖の細胞局在性については、MBP-抗ヒトマウス MBP 抗体-Alexa 標識抗マウス抗体の二重染色法により、ヒト大腸癌由来の各種細胞株および癌および非癌部のヒト組織切片を染色し、共焦点レーザー顕微鏡で観察する。糖鎖認識抗体としては市販の Le^a、Le^b 等の抗体の他、SW1116 細胞をマウスに免疫し新規糖鎖認識抗体を作成し使用する。

4. 研究成果

(1) MBP が認識するエピトープ構造の解析

SW1116 細胞の NP-40 可溶化物を、ヒト血清 MBP を固定化したカラムにかけ、リガンド糖タンパク質を精製したところ、DPP-IV (dipeptidylpeptidase-IV) あるいは CD26 と呼ばれる膜結合型セリンプロテアーゼであることが明らかとなった。次に、精製した CD26 を、ペプシン消化し、得られた (糖) ペプチド混合物を MBP 固定化カラムにかけ、カラムに結合する画分と非結合画分に分け、それぞれの画分に回収される糖ペプチド糖鎖の性質を質量分析により解析した。その結果、Man6, Man7, Man8 の高マンノース型糖鎖、および Le^a エピトープ構造を 1 回-3 回持つ糖鎖が、素通り画分に回収された。これに対し、結合画分には、Le^a エピトープを 4 回以上有する高分子オリゴ糖鎖が回収された。以上の結果は、MBP は従来、リソソーム酵素、糖タンパク質生合成中間体などの高マンノース型糖鎖を含む糖タンパク質とよく結合することから、高マンノース型糖鎖と結合するといわれていたが、実際には、溶液中での高マンノース型糖鎖と MBP との直接の結合親和性は弱く、何本かの糖鎖がクラスターを形成して初めて結合すると考えられる。これに対して、癌細胞表面の Le^a エピトープを有する高分子オリゴ糖鎖は一本の糖鎖で MBP に強く結合することが明らかとなった。

Le^a の 4 量体構造が MBP に対して特に高い親和性を示す理由の一つとして、Le^a は 4 量体以上の長さになると何らかの規則的な高次構造 (おそらくヘリックス) を形成し、Le^a

に含まれるフコース残基が特有のジオメトリーをもつ MBP の糖鎖結合部位 (CRD) と空間的に相補的な場所に位置していることが考えられる。そこで、MBP-CRD 3 量体と Le^b -(Le^a)₄- Le^x との複合体についてコンピュータモデリングを行った。その結果を図 1 に示す。 Le^b 単位の 2 個のフコースのうち Le^a 単位部分のフコースがカルシウムイオンを介して CRD に結合する他、隣の Le^a 単位のフコースが CRD の Lys183 と Asp184 と相互作用することが示された。つまり第二の結合部位の存在により CRD-糖鎖の結合が強化されることが示唆された。さらに興味あることには、3 個の CRD にそれぞれ Le^b -(Le^a)₄- Le^x が結合すると、これら 3 個の糖鎖が反対側で束ねられ、花束状構造を形成する可能性が示された。この花束状構造形成には非還元末端 Le^x の隣の Le^a の部分に含まれるフコースおよびガラクトースが関与し、それぞれ、糖鎖間でフコース-フコースおよびガラクトース-ガラクトース結合を生成することによって考えられる。この花束状構造形成には Le^b -(Le^a)₄- Le^x の 5 個の Le^a ユニットがタンデムに並んでいることが重要であり、4 個の Le^a ユニットでは成立しない。今後、実験的に検証すべき興味ある仮説を提唱することができた。

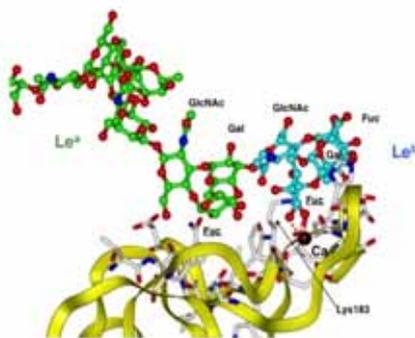


図1 MBP-MBPリガンド複合体モデル

(2) MBP と糖鎖認識抗体による癌細胞認識における糖鎖認識様式の特徴の解明

免疫組織化学的方法により細胞表面の MBP リガンド糖鎖が新規な腫瘍マーカーとなる可能性を調べた。30 株のヒト腸癌由来の株化癌細胞 (SW1116, SW480, LS180, COLO205, SUN503, WiDr, NCL-H498 など) および、ヒト大腸癌組織切片 (134 例) について MBP リガンドの発現を免疫組織化学的方法により検討した。その結果、ヒト腸癌由来の株化癌細胞では、株により程度の差はみられたものの全ての細胞株において MBP リガンドの発現が示された。また、市販品として購入したヒト大腸癌組織切片 (99 例) および、滋賀医科大学消化器内科および外科の協力のもとにヒト癌患者より得られた癌組織および周辺非癌部のパラフィン固定化組織切片につい

て、同様の方法により MBP リガンドの発現を検索したところ、興味あることに、非癌部の組織および正常組織においては MBP リガンド糖鎖の発現は見られず、MBP リガンド糖鎖は腫瘍組織にのみに発現が観察された。以上の結果は、MBP 糖鎖リガンドが新たな腫瘍マーカーとして癌診断・治療に結びつく可能性を示している。

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)

著者名: Nonaka M, Ma BY, Imaeda H, Kawabe K, Kawasaki N, Hodohara K, Kawasaki N, Andoh A, Fujiyama Y, & Kawasaki T, 論文標題: Dendritic cell-specific intercellular adhesion molecule 3-grabbing non-integrin (DC-SIGN) recognizes a novel ligand, Mac-2-binding protein, characteristically expressed on human colorectal carcinomas, 雑誌名: J. Biol. Chem., 査読: 有, 発行年 2011, 印刷中 (掲載確定)

著者名: Kawasaki N, & Kawasaki T, 論文標題: Recognition of Endogenous Ligands by C-Type Lectins: Interaction of Serum Mannan-binding Protein with Tumor-associated Oligosaccharide Epitopes, 雑誌名: Trends Glycosci. Glycotechnol., 査読: 有, 巻: 22, 発行年 2010, ページ: 141 - 151

著者名: Morita I, Kakuda S, Takeuchi Y, Kawasaki T, Oka S, 論文標題: HNK-1 glyco-epitope is essential for normal spine morphogenesis in developing hippocampal neurons, 雑誌名: Neuroscience, 査読: 有, 巻: 164, 発行年 2009, ページ: 1685-1694

著者名: Morita I, Kakuda S, Takeuchi Y, Itoh S, Kawasaki N, Kizuka Y, Kawasaki T, Oka S, 論文標題: HNK-1 glyco-epitope regulates the stability of the glutamate receptor subunit GluR2 on the neuronal cell surface, 雑誌名: J Biol. Chem., 査読: 有, 巻: 284, 発行年 2009, ページ: 30209-30217

著者名: Anzai D, Tonoyama Y, Ikeda A, Kawasaki T, Oka S, 論文標題: Regulated expression of HNK-1 carbohydrate is essential for medaka (*Oryzias latipes*) embryogenesis, 雑誌名: Glycobiology, 査読: 有, 巻: 19, 発行年 2009, ページ: 868-878

著者名: Nakamura N, Nonaka M, Ma BY, Matsumoto S, Kawasaki N, Asano S, & Kawasaki T, 論文標題: Characterization of the interaction between serum mannan-binding protein and nucleic acid ligands, 雑誌名: J. Leukoc. Biol., 査読: 有, 巻: 86, 発行年 2009, ページ: 737-748

著者名 : Tonoyama Y, Anzai D, Ikeda A, Kakuda S, Kinoshita M, Kawasaki T, & Oka S、論文標題 : Essential role of beta1,4-galactosyltransferase 2 during medaka (*Oryzias latipes*) gastrulation、雑誌名 : Mech. Dev.、査読 : 有、巻 : 126、発行年 2009、ページ : 580 - 594

著者名 : Kawasaki N, Lin CW, Inoue R, Khoo KH, Kawasaki N, Ma BY, Oka S, Ishiguro M, Sawada T, Ishida H, Hashimoto T, & Kawasaki T、論文標題 : Highly Fucosylated N-Glycan Ligands for Mannan-binding Protein Expressed Specifically on CD26 (DPPVI) Isolated from a Human Colorectal Carcinoma Cell Line, SW1116、雑誌名 : Glycobiology、査読 : 有、巻 : 19、発行年 2009、ページ : 437 - 450

著者名 : Ma BY, Yoshida K, Baba M, Nonaka M, Matsumoto S, Kawasaki N, Asano S, & Kawasaki T、論文標題 : The lectin Jacalin induces human B lymphocyte apoptosis through glycosylation-dependent interaction with CD45、雑誌名 : Immunology、査読 : 有、巻 : 127、発行年 2008、ページ : 477 - 488

著者名 : Yagi H, Yamada K, Ohno E, Utsumi M, Yamaguchi Y, Kurimoto E, Takahashi N, Oka S, Kawasaki T, & Kato K、論文標題 : Development and application of high performance liquid chromatography map of glucuronyl N-glycans、雑誌名 : Open Glycoscience、査読 : 有、巻 : 1、発行年 2008、ページ : 8 - 11

[学会発表] (計 27 件)

発表者名 : Nonaka M, Ma BY, Yamaguchi K, Kawasaki N, & Kawasaki T、発表標題 : C-Type Lectin DC-SIGN interacts with Mac-2BP Expressed on Human Colon Tumors、学会等名 : 第 33 回日本分子生物学会年会 第 83 回日本生物学会大会合同大会、発表年月日 : 2010 年 12 月 10 日、発表場所 : 神戸ポートアイランド (兵庫)

発表者名 : 川崎敏祐, 鹿内俊秀、発表標題 : ユニークな J C G G D B の開発、学会等名 : 第 8 回日本糖鎖科学コンソーシアムシンポジウム、発表年月日 : 2010 年 11 月 30 日、発表場所 : 東京コンファレンスセンター品川 (東京)

発表者名 : Nonaka M, Ma BY, Matsumoto S, Yamaguchi K, Kawasaki N, & Kawasaki T、発表標題 : Mac-2BP Expressed on Human Colon Carcinomas is a novel ligand for DC-SIGN、学会等名 : 2010 Annual Conference of the Society for Glycobiology、発表年月日 : 2010 年 11 月 10 日、発表場所 : Florida (USA)

発表者名 : Kawasaki T, Nonaka M, & Ma BY、発表標題 : Recognition of Tumor-associated Oligosaccharides by Serum Mannan-binding Protein、学会等名 : 2010 Annual Conference of the Society for Glycobiology、発表年月日 : 2010 年 11 月 7 日、発表場所 : Florida (USA)

発表者名 : Nonaka M, Ma BY, Matsumoto S, Yamaguchi K, Kawasaki N, & Kawasaki T、発表標題 : C-Type Lectin DC-SIGN Recognizes Glycans of Mac-2BP Expressed on Colorectal Cancer、学会等名 : 25th International Carbohydrate Symposium, 2010、発表年月日 : 2010 年 8 月 2 日、発表場所 : 幕張メッセ (千葉県)

発表者名 : Kawasaki T、発表標題 : Interaction of serum mannan-binding protein with tumor-associated oligosaccharides、学会等名 : Glyco T 2010、発表年月日 : 2010 年 7 月 31 日、発表場所 : KFC ホール (東京都)

発表者名 : Shikanai T, Kawasaki T, Narimatsu H 他 25 名 12 番目、発表標題 : Japan Consortium for Glycobiology and Glycotechnology DataBase、学会等名 : 20th International Symposium on Glycoconjugate (GLYCO XX)、発表年月日 : 2009 年 11 月 29 日、発表場所 : Puerto Rico (USA)

発表者名 : Nonaka M, Ma BY, Matsumoto S, Kawasaki N, & Kawasaki T、発表標題 : Characteristic interaction of serum mannan-binding protein with nucleic acids、学会等名 : 2009 Annual Meeting of the Society for Glycobiology、発表年月日 : 2009 年 11 月 13 日、発表場所 : San Diego (USA)

発表者名 : Kawasaki T、発表標題 : A mode of glycan recognition by the serum mannan-binding protein、学会等名 : 3rd Core to Core Satellite Meeting of the Japanese and German Glycobiology Study Groups、発表年月日 : 2009 年 11 月 10 日、発表場所 : Keln (Germany)

発表者名 : 野中 元裕, Ma Bruce Yong, 松本尚吾, 川崎 伸子, 川崎 敏祐、発表標題 : 血清型マンナン結合タンパク質と核酸の相互作用の解析とその生物学的意義、学会等名 : 第 82 回日本生化学会大会、発表年月日 : 2009 年 10 月 21 日、発表場所 : 神戸ポートアイランド (兵庫県)

発表者名 : 山口 圭子, 大坪和明, 荒川 健司, Khoo Kay-Hooi, 川崎ナナ, 中尾 広美, 野中 元裕, Ma Bruce Yong, 川崎 伸子, 川崎 敏祐、発表標題 : CD26/DPPIV の糖鎖構造と酵素活性に関する研究、学会等名 : 第 82 回日本生化学会大会、発表年月日 : 2009 年 10 月 21 日、発表場所 : 神戸ポートアイランド (兵庫県)

発表者名 : 野中元裕, Ma Bruce Yong、中

村奈都子、松本尚吾、川崎 伸子、川崎 敏祐、発表標題：血清型マンナン結合タンパク質による核酸の認識とその意義、学会等名：第 29 回日本糖質学会年会、発表年月日：2009 年 9 月 11 日、発表場所：飛騨・世界生活文化センター（岐阜県）
発表者名：鹿内俊秀、川崎敏祐、成松久他 25 名 12 番目、発表標題：日本糖鎖科学コンソーシアムのデータベース、学会等名：第 29 回日本糖質学会年会、発表年月日：2009 年 9 月 9 日、発表場所：飛騨・世界生活文化センター（岐阜県）
発表者名：山口圭子、中尾広美、長尾和弥、石田秀治、木曾真、福井成行、野中元裕、Ma Bruce Yong、川崎伸子、川崎敏祐、発表標題：ルイス A モノマーおよびオリゴマー糖鎖を用いた抗ルイス糖鎖抗体の反応特異性解析、学会等名：第 29 回日本糖質学会年会、発表年月日：2009 年 9 月 9 日、発表場所：飛騨・世界生活文化センター（岐阜県）
発表者名：Nonaka M, Ma BY, Matsumoto S, Kawasaki N, Kawasaki T、発表標題：Characteristic recognition and biological significance of the interaction between serum mannan-binding protein and nucleic acids、学会等名：21st IUBMB and 12th FAOBMB International Congress of Biochemistry and Molecular Biology、発表年月日：2009 年 8 月 2 日、発表場所：Shanghai (China)
発表者名：Ma BY, Nonaka M, Kawasaki N, & Kawasaki T、発表標題：Jacalin induces B cell death through glycosylation-dependent interaction with CD45、学会等名：21st IUBMB and 12th FAOBMB International Congress of Biochemistry and Molecular Biology、発表年月日：2009 年 8 月 2 日、発表場所：Shanghai (China)
発表者名：Kawasaki T、発表標題：Glyco-signal and animal lectin、学会等名：Invited lecture at College of Pharmacy, Busan National University、発表年月日：2009 年 7 月 31 日、発表場所：Busan (Korea)
発表者名：Kawasaki T, Kawasaki N, Khoo KH, Nonaka M, Ma BY、発表標題：Interaction of Mannan-binding Protein and its High Affinity Ligands Expressed on CD26 (DPPVI) Isolated from a human Colorectal Carcinoma, SW1116、学会等名：15th European Carbohydrate Symposium、発表年月日：2009 年 7 月 21 日、発表場所：Vienna (Austria)
発表者名：山口圭子、川崎伸子、Kay-Hooi Khoo、石黒正路、澤田敏彦、川崎ナナ、中尾広美、Bruce Yong Ma、川崎敏祐、発表標題：マンナン結合タンパク質に対して高親和性結合を示すリガ

ンド糖鎖の構造的特徴、学会等名：第 31 回日本分子生物学会年会・第 81 回日本生化学会大会合同大会（BMB2008）、発表年月日：2008 年 12 月 12 日、発表場所：神戸ポートアイランド（兵庫県）

発表者名：野中元裕、Bruce Yong Ma、川崎伸子、川崎敏祐、発表標題：樹状細胞 C 型レクチン DC-SIGN による結腸癌細胞表面糖鎖の認識と腫瘍免疫の調節機構、学会等名：第 31 回日本分子生物学会年会・第 81 回日本生化学会大会合同大会（BMB2008）、発表年月日：2008 年 12 月 12 日、発表場所：神戸ポートアイランド（兵庫県）

21 発表者名：Bruce Yong Ma、野中元裕、川崎敏祐、発表標題：Glycosylation-dependent interaction of the lectin Jacalin with CD45 induces B lymphocyte apoptosis、学会等名：第 38 回日本免疫学会総会・学術集会、発表年月日：2008 年 12 月 3 日、発表場所：国立京都国際会館（京都府）

22 発表者名：Nonaka M, Ma BY, Kawasaki N, and Kawasaki T、発表標題：Functional Recognition of Colorectal Tumor-associated Lewis Glycans by C-type Lectin DC-SIGN、学会等名：Annual Conference of the Society for Glycobiology、発表年月日：2008 年 11 月 14 日、発表場所：Texas (USA)

23 発表者名：Nonaka M, Ma BY, Kawasaki N, and Kawasaki T、発表標題：Jacalin-induced diverse immune responses through glycosylation-dependent interaction with CD45 on lymphocytes、学会等名：8th Human Disease Glycomics/Proteome Initiative (HGPI) meeting、発表年月日：2008 年 11 月 13 日、発表場所：Texas (USA)

24 発表者名：川崎敏祐、発表標題：今なぜ糖鎖研究か、学会等名：第 4 回産業医科大学大学院シンポジウム「細胞機能と病態における糖鎖の役割」、発表年月日：2008 年 10 月 16 日、発表場所：産業医科大学（福岡県）

25 発表者名：松本尚悟、Bruce Yong Ma、野中元裕、吉田香織、馬場亮人、川崎伸子、浅野真司、川崎敏祐、発表標題：CD45 を標的とする Jacalin による B リンパ球のアポトーシスの誘導、学会等名：第 28 回日本糖質学会年会、発表年月日：2008 年 8 月 19 日、発表場所：つくば国際会議場（茨城県）

26 発表者名：Nonaka M, Ma BY, Kawasaki N, and Kawasaki T、発表標題：Functional Implications for C-type Lectin DC-SIGN Recognizing Colorectal Tumor-Associated Lewis Glycans、学会等名：23rd International Lectin Meeting、発表年月日：2008 年 7 月

14 日、発表場所：Edinburgh (Scotland)
27 発表者名：Kawasaki N, Khoo KH, Inoue R, Ma BY, and Kawasaki T、発表標題：Specific Interaction of Mannan-Binding Protein with Highly Fucosylated Polylactosamine-type N-Glycans Isolated from Human Colorectal Carcinoma、学会等名：23rd International Lectin Meeting、発表年月日：2008 年 7 月 12 日、発表場所：Edinburgh (Scotland)

〔図書〕(計 4 件)

著者名：岡昌吾、川崎敏祐、出版社名：株式会社エル・アイ・シー、書名：生物機能モデルと新しいリソース・リサーチツール 第 3 章第 4 節 HNK-1 糖鎖合成酵素(グルクロン酸転移酵素) 発行年：2011、総ページ数：7

著者名：川崎敏祐、鹿内俊秀、成松久編集、出版社名：立命館大学、日本糖鎖科学統合データベース、産業技術総合研究所、書名：GlycoScience Protocol Online Database (GlycoPOD)

<http://jcgdb.jp/GlycoPOD/protocolListShow.action>、発行年：2011

著者名：川崎敏祐、出版社名：クバプロ、書名：第 3 の生命鎖：糖鎖の謎が今、解る「脳を守るときの糖鎖の役割」、発行年：2009、総ページ数：9

著者名：野中元裕, Ma Bruce Yong, 川崎敏祐、出版社名：共立出版、書名：蛋白質核酸酵素 増刊『糖鎖情報の独自性と普遍性』『樹状細胞レクチンによる糖鎖認識と免疫調節』、発行年：2008、総ページ数：6

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.glyco.is.ritsume.ac.jp/RCG/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川崎 敏祐 (KAWASAKI TOSHISUKE)
立命館大学・総合理工学研究機構・教授
研究者番号：50025706

(2) 研究分担者

マ・ブルース・ヨン (MA BRUCE YONG)
立命館大学・立命館グローバル・イノベーション研究機構・准教授
研究者番号：00378788

川崎 伸子 (KAWASAKI NOBUKO)
立命館大学・総合理工学研究機構・教授
研究者番号：70077676

(3) 連携研究者

石黒 正路 (ISHIGURO MASAJI)
新潟薬科大学・応用生物科学部・教授
研究者番号：10280687

石田 秀治 (ISHIDA HIDEHARU)
岐阜大学・応用生物科学部・教授
研究者番号：20203002

加藤 晃一 (KATO KOICHI)
名古屋市立大学・薬学研究科・教授
研究者番号：20211849