

令和 5 年 5 月 16 日現在

機関番号：10101

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B））

研究期間：2019～2022

課題番号：19KK0147

研究課題名（和文）難溶性BCS II化合物を水溶化する新奇メガロ糖を活用した問題解決型研究

研究課題名（英文）Problem-based researches utilized by novel megalosaccharides dissolving poorly-soluble BCS II compounds

研究代表者

木村 淳夫（KIMURA, Atsuo）

北海道大学・農学研究院・農学研究院研究員

研究者番号：90186312

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,100,000円

研究成果の概要（和文）：我々は、メガロ糖（MS：10-200残基の単糖から構成）にBCS IIに属す化合物（難水溶性・高膜透過性の薬剤など）を可溶化する画期的な機能を見出した。一方、難溶性ベンジル系アゾ色素もBCS IIに属し、かつ「東南アジア諸国における代表的な環境汚染物質」である。MSとアゾ分解酵素を組み合わせることで、アゾ色素の可溶化とそれによる酵素分解ができる。本研究では、高機能な新奇MSの作製および分解工程の改良で、アゾ色素汚染土壌の浄化（色素分解）に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義として、MSが示すBCS II化合物の可溶化に関する分子機構（疎水と親水の両領域による可溶性のMS-BCS II複合体を形成）が解明された。また、高疎水領域を有するMSの利点と欠点（前者は高疎水性のBCS II化合物を可溶化、後者はアゾ分解酵素を阻害）が判明でき、MSの基本的性質が究明された。社会的意義としては、難溶性の高機能食素材であるクルクミンを可溶化でき、用途拡大に寄与した。また、環境汚染を招く土壌アゾ色素の分解プロセスを確立できた。

研究成果の概要（英文）：We have found that the megalosaccharide (MS; a carbohydrate composed of 10-200 monosaccharides) displays the excellent function that can solubilize compounds belonging to BCS II: e.g., water-insoluble and membrane-permeable drugs. Practical water-insoluble azobenzene dyes, which are also classified into BCS II, are typical environment pollutants in Southeast Asian countries. Azo dyes solubilized by MS can be degraded by azoreductase (azo dye-decomposition enzyme). In this study, we produced novel MS with high functionality and improved process to decompose azo dyes in soil, both of which succeeded in degradation of azo dyes contaminated in soil.

研究分野：生物化学

キーワード：メガロ糖 色素汚染 問題解決型研究

1. 研究開始当初の背景

研究開始において、我々は有望な糖質である「メガロ糖」に注目し研究を行っていた。メガロ糖は『構成単糖のユニット数(重合度)が10~200』を指す科学用語として約60年前の1953年に定義された[Thoma JA, et al., 1953; Lang W, et al., 2022]。すなわちオリゴ糖(重合度が9以下)と多糖(200以上)の中間サイズをカバーする糖質であったが、製造技術が開発できない状態が続き用語自体も死語となっていた。

我々は多糖合成酵素を用いて世界で初めてメガロ糖(図1-A; α -1,6 および α -1,4 グルコシド糖鎖がそれぞれ9および3残基)の生産に成功し、機能解析を行うことができた。興味深いことに『疎水性の化合物を可溶化する優れた能力』が認められた。すなわち低溶性フラボノイドであるケルセチンを可溶化し小腸吸収を増加させ [Shinoki A, et al., 2013]、難溶性ベンジル系アゾ色素を可溶化させることでアゾ分解酵素の作用を促進した [Lang W, et al., 2014]。特に後者は色素汚染の問題解決を示唆する重要なデータである。また不溶性の薬剤であるイブプロフェンを水溶化した。一方、医薬品などは水溶性と膜透過性の観点から4クラスに分類(BCS I~IV)できることが知られている。特に難水溶性・高膜透過性を示すBCS IIのカテゴリーには生理的に重要な化合物が属する(薬剤の約80%や多くの食品素材)。上述の3化合物はBCS IIに類別されることから『メガロ糖は難水溶性BCS II化合物を水溶化させ、生体利用を高める画期的な機能を持つこと』が判明した。本現象はオリゴ糖(重合度が2~9)や多糖(重合度200以上)には微弱であり、メガロ糖のみに認められた。すなわち「糖質の機能がサイズ依存的」を発見したことを意味する。さらにBCS IV化合物(難水溶性・難膜透過性)も水に不溶であることからメガロ糖による可溶化も期待された。

この優れた性質の応用性は注目すべきであり、難溶性のアゾ色素を可溶化することでタイなどのアジア諸国で課題となっている色素汚染を解消できる可能性が想定された。一方、自然に放たれたアゾ色素の分解に多くの研究者が挑戦したが、成功に至らないrobustな課題である。我々の成果 [Lang W, et al., 2014] は成功への示唆を示す数少ない例となった。しかし当時は「メガロ糖が示すBCS II化合物可溶化の分子機作(アゾ色素の可溶化機構)」が不明であった。従って、図1-Aの従来型メガロ糖を上回る新型タイプの存在も予想され(図1-B)、それを裏付ける予備的な知見も得られていた [キシログルカン(XG)由来のメガロ糖; Lang W, et al., 2023b]。我々は、まず可溶化の機構解明を目指した。得られた結果をもとに効率的な利用法を確立させ、問題解決を図ることにした。

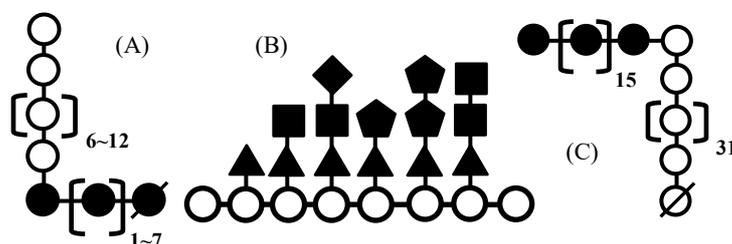


図1. メガロ糖の模式図
(A) 従来型メガロ糖: α -1,6 グルコシド糖鎖(白丸)の還元末端に α -1,4 グルコシド糖鎖(黒丸)が結合。斜線を付した黒丸は還元末端のグルコース残基。数値は平均残基数。

(B) キシログルカンから作製したメガロ糖: 丸は β -1,4 グルコース、三角はキシロース、四角はガラクトース、菱形はフコース、五角形はアラビノースの各単糖ユニットを表示。

(C) グルコース型の新奇メガロ糖(N-IMS): 構造の説明は、パネル(A)に準じる。

2. 研究の目的

前項でも述べたが、本研究の目的はメガロ糖が示す難溶性化合物の可溶化機構を解明し、その応用としてアゾ色素を水溶化させ酵素分解する。具体的には、以下の3点となる。

(1) 新奇メガロ糖の検索: 難溶性化合物を可溶化できる新奇のメガロ糖をタイに生息する植物を中心に検索する。

(2) 可溶化機構の解明: 得られた新奇メガロ糖が示す可溶化機構を究明し、さらに当該機構に基づいたメガロ糖を再構築する。

(3) 土壌アゾ色素の可溶化と酵素分解: 土壌中のアゾ色素をメガロ糖で可溶化させ、酵素分解を促進させる。

3. 研究の方法

(1) メガロ糖の構築

① XGからのメガロ糖: タイに自生する植物を細断・加熱(121°C; 15 min)し、Liらの方法 [Li A, et al., 2009] に従いアルカリ抽出・アミラーゼ処理・CaCl₂とI₂/KI沈殿・陰イオン交換分離でXGを調製した。マメ科植物であるタマリンド由来のXGは市販品も利用した。XGからのメガ

ロ糖調製は HCl あるいはセルラーゼの部分分解処理で行い、アルコール分画および膜分離 (1 kDa の分画分子量) で単離した [Lang W, et al., 2023b]。

② グルコース型の新奇メガロ糖 (図 1 -C) : α -1,6 グルコシド糖鎖 (デキストラン型糖鎖) の非還元末端に α -1,4 グルコシド糖鎖を有する新奇メガロ糖は、我々の手法で作製した [Lang W, et al., 2023a]。これを N-IMS と仮称する。

(2) メガロ糖による可溶化試験 : 一定濃度のメガロ糖を含む水溶液に難溶性化合物を加え、混合・静置後に、遠心分離を行う。上清中に溶解している難溶性化合物を比色や HPLC 法により定量した [Lang W, et al., 2023a, b]。なお、一連の操作は 25°C で行った。XG で可溶化した化合物も同様に測定した。

(3) メガロ糖存在下でのアゾ色素分解 : アゾ色素の土壌結合体からの回収は、KOH を用いたアルカリ抽出および有機溶媒抽出 (クロロホルム/水/メタノール/アセトン; CWMA, 1:1:1:1, v/v) を試したが、効率の良い後者の CWMA 法を使用した [Imran M, et al., 2015; Lang W, et al., 2023a]。有機溶媒を除去させたアゾ色素をアゾ還元酵素の分解処理に供した。本酵素反応は NADH_2^+ を必要とするのでグルコース脱水素酵素をブドウ糖に作用させ同時供給した。詳細な反応条件は、報告を参照されたい [Lang W, et al., 2023a]。

4. 研究成果

(1) XG からのメガロ糖の調製 : まず植物多糖に注目し予備実験を行った。すなわち XG・カラギーナン・グアーガム・アラビアガム・ペクチン・アミロペクチンについて、BCS II 化合物である食品素材やアゾ色素に対する可溶化を調べた。XG に高い水溶化能が認められた。一方、タイに生息する植物には XG が広く含まれている。特にマメ科植物は農業廃棄物にされており、当該サンプルから十分量を確保できることが判明した。そこでマメ科に属するタマリンド由来の XG を HCl やセルラーゼの部分分解に供し、メガロ糖を調製した。BCS II 化合物に対する可溶化を調べると、HCl 分解で得たメガロ糖 (HCl-XMS) は可溶化能を失い、セルラーゼ調製メガロ糖 (Cel-XMS) が高い水溶化能を示した。XG はグルコース・キシロース・ガラクトース・アラビノースから構成されているが、両メガロ糖を単糖分析すると、HCl-XMS ではアラビノースが脱落消失し、ガラクトースやキシロースの含有量も減少した。これらの単糖結合は酸分解に弱いので脱離したが、グルコースの結合は安定なため残存した。これは水難溶性 β -1,4 グルコースの含量割合の増加を意味し、その増加による不溶化作用で HCl-XMS が水溶化能力を失ったと考えられた。一方、Cel-XMS の単糖構成には大きな変化がなく、水溶化能を保持したと思われた。

さらに興味深いことに、Cel-XMS はアゾ色素よりも食品素材であるクルクミンの水溶化に対して大きな作用を示した。このクルクミン可溶化は、研究開始当初において予期していない現象であった。クルクミンはアゾ色素に比べて疎水性が高いので、Cel-XMS も同様に高い疎水力を有することで複合体を形成すると推察された。本食品素材は、抗酸化などの有用な効果を示すが、難水溶性のため使用用途に制限がある。当該問題の打開も重要であり、解決を図らねばならない。

(2) Cel-XMS が示す可溶化機構 : メタノールを用いたアルコール分画で Cel-XMS を分離すると メタノール 60~70% および 80~95% の画分に、高い可溶化能を示す 2 つのメガロ糖標品 (XMS-A と XMS-B) が認められた。XMS-A および XMS-B を HPLC 単離後に質量解析や構成単糖分析した。XMS-A は平均重合度 16.2 であったが、構造が異なる 2 つのメガロ糖を含んでいた。XMS-B は平均重合度 17.2 の単一成分であり、その可溶化能力は XMS-A の約 2 倍を示した。その構造が $\text{Gal}_3\text{Glc}_8\text{Xyl}_6$ であることから、含有量が高いキシロースが疎水性を発揮し、ガラクトースが水分子との親和性を高めていると考えられた。これらの結果は『メガロ糖に疎水領域と親水領域 (キメラ構造) があり、前者が BCS II 化合物と複合体を形成し、後者が複合体自体を可溶化する機構』を示唆している。

XMS-B は高機能であるが、単離は難しい。従って利用を考えた場合、XMS-B を多く含む画分をアルコール分画で Cel-XMS から直接分離することが望ましいと考えられた。その結果、メタノール 60~75% の画分で得られた平均重合度 19 の画分に XMS-B が多く存在することが判明し、BCS II 化合物 (クルクミン) を可溶化できた (図 2-A)。その 10% 濃度で約 25 倍、50% 濃度で 180 倍以上の可溶化能力 (水に対する溶解度を 1 とした) を示し、後者の濃度では本化合物が持つ黄色の色調を呈した (図 2-B) [Lang W, et al., 2023a]。従って、XG メガロ糖は極めて難溶性

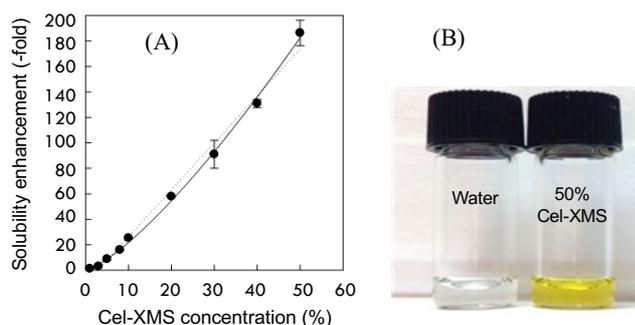


図 2. Cel-XMS のクルクミン可溶化 (A) 可溶化曲線。(B) 可溶化されたクルクミンが示す黄色の色調。

のクルクミンを溶解することが確認された。一方、本メガロ糖はアゾ色素に対して高い可溶性を示さなかった(10%濃度で1.2倍以下)。アゾ色素はクルクミンより親水性が高いため、疎水性力による複合体形成能(すなわち「メガロ糖-アゾ色素の複合体」形成能)が低いことが原因と予想された。これは『メガロ糖が有する疎水力によるリガンド識別機構』の存在を意味する。

(3) 新奇なメガロ糖 N-IMS の構築とアゾ色素の可溶化: XG メガロ糖のアゾ色素水溶性は低く、高機能なメガロ糖の開発が求められた。その際に、前述のキメラ構造機構とリガンド識別機構を考慮し、新しいメガロ糖である N-IMS を構築した(図1-C)。15 残基からなる α -1,4 グルコシド糖鎖はヘリックス構造を形成し、アゾ色素分子を包接する。また、35 残基の α -1,6 グルコシド糖鎖は複合体の可溶化を促進する。すなわち『包接機能を持つキメラ分子』である。興味深いことに、 α -1,4 糖鎖は1分子のアゾ色素分子をエカトリアル方向に包接することが示された[Lang W, et al., 2023a] (図3-Cに包接の様式図を表示)。

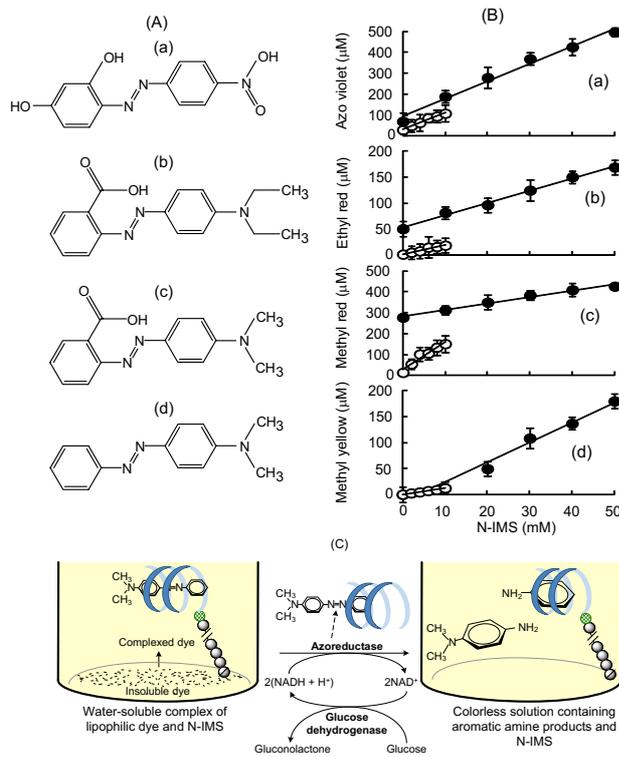


図3. アゾ色素の構造 (A)、水溶性 (B) および酵素分解 (C) (a) AV, (b) ER, (c) MR, (d) MY。 (B), 溶媒は水 (白丸) と緩衝液 (黒丸, pH 6.0) [Lang W, et al., 2023a]。

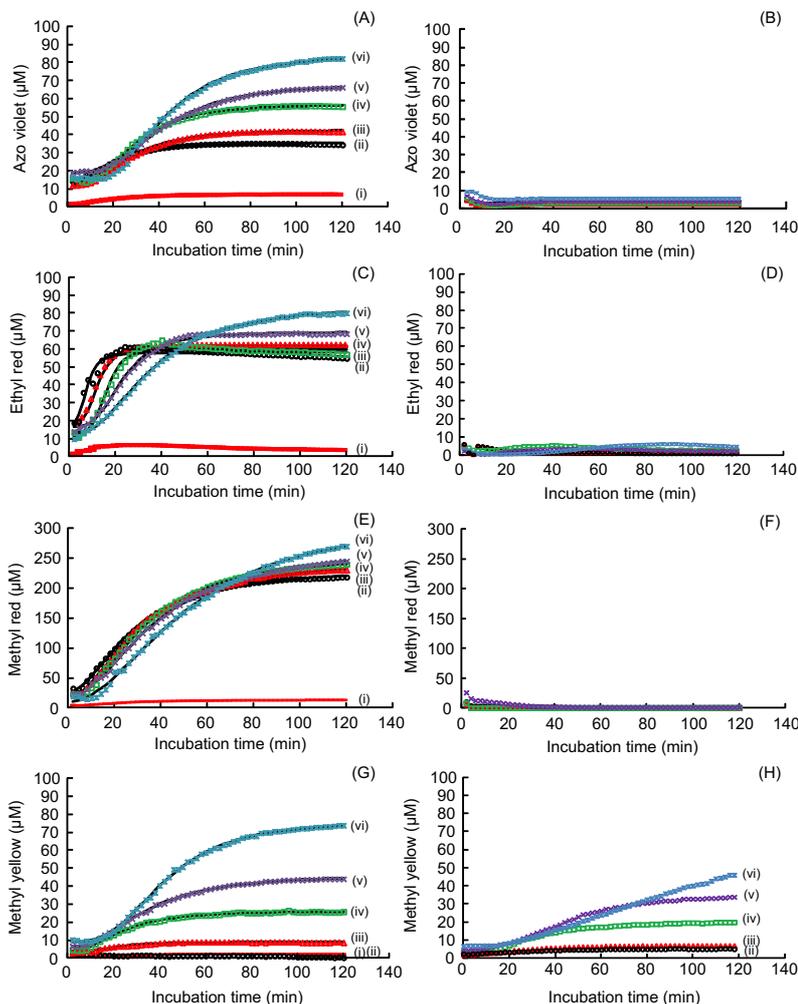


図4. アゾ色素の N-IMS による可溶化(左パネル)と酵素分解(右パネル) (A)と(B), AV; (C)と(D), ER; (E)と(F), MR; (G)と(H), MY。用いた N-IMS の濃度は 0 mM (ii)・1 mM (iii)・5 mM (iv)・10 mM (v)・20 mM (vi) で pH 6.0 の緩衝液を使用した。(i)は緩衝液の代わりに水を用い、N-IMS は使用しなかった。

アゾ色素に、アゾバイオレット (AV)・エチルレッド (ER)・メチルレッド (MR)・メチルイエロー (MY) を用い、可溶化を測定した (構造は図 3-A)。陰イオン性の AV・ER・MR および陽イオン性の MY は水中や緩衝液 (pH 6.0) 中で微かではあるが可溶化したが、MY の水溶化は低かった (図 3-B)。一方、N-IMS は XG メガロ糖より高い水溶化能力を示したので、本メガロ糖を用いることにした。

(4) N-IMS 存在下におけるアゾ色素の酵素分解：次に土壌中に含まれたアゾ色素を対象にした。当該アゾ色素に対し、N-IMS 可溶化による溶脱を試みたが、アゾ色素は土壌成分と強固な複合体を形成し、効率的な溶離効果が得られなかった (XG メガロ糖も同様に好ましい結果を与えなかった)。そこで、事前に溶脱ステップを施し、回収したアゾ色素に N-IMS 可溶化および酵素分解を実施することにした。まず、アゾ色素の土壌複合体を 0.1 M KOH によるアルカリ処理に供した結果、AV・ER・MR の回収に成功したが、陽イオン性の MY が抽出されなかった。CWMA 法では、全てのアゾ色素に対し、高収率の回収が観察された [Lang W, et al., 2023a]。この際に MY は土壌 pH の影響を受け、酸性化では抽出されず、中性下で高回収となった。

回収したアゾ色素を pH 6.0 で N-IMS (0~20 mM) 存在下で可溶化を試みると、図 4-A にあるような時間依存的なシグモイド曲線を与えた。これは、N-IMS が色素の固相表面に作用後に、複合体を形成し可溶化する過程を示しており、最終的に一定値に達する。その値は N-IMS の濃度依存的に増加し、高濃度の N-IMS ではより水溶化が進行した。この状態に、アゾ還元酵素 (グルコース脱水素酵素を共存) を作用させた。AV・ER・MR は完全分解したが、MY の分解に遅延が認められた (図 4-B)。これには、2つの理由が考えられた。1つは、用いたアゾ還元酵素の低い基質特異性 (すなわち MY に低分解) であり、他方は N-IMS が MY を包接させ (図 3-C)、酵素分解からの防御現象である。

本研究の実施中に生じた COVID 災禍で海外渡航に制限がある厳しい状態が続き、タイでのアゾ色素分解試験が大幅に遅れた。しかしながらタイ研究協力者との共同を行い、前述の手法を用いて土壌にあるアゾ色素の分解ができた。難しい状況の中にご支援を頂いた JSPS および外国人研究協力者の皆さまに深く感謝を申し上げたい。

<引用文献>

- ① Imran M., et al. (2015) The stability of textile azo dyes in soil and their impact on microbial phospholipid fatty acid profiles. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 120:163–168.
- ② Li X, et al. (2009) Characterization of kiwifruit xyloglucan. *J. Integr. Plant Biol.*, 51:933–941.
- ③ Lang W, et al. (2014) Different molecular complexity of linear isomaltomegalosaccharides and β -cyclodextrin for enhancing a solubility of azo ethyl red: towards the dye biodegradation. *Bioresour. Technol.*, 169:518–524.
- ④ Lang W, et al. (2022) A practical approach to produce isomaltomegalosaccharide using dextran dextrinase from *Gluconobacter oxydans* ATCC 11894. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 106:689–698.
- ⑤ Lang W, et al. (2023a) Nonreducing terminal chimeric isomaltomegalosaccharide and its integration with azoreductase for the remediation of soil-contaminated lipophilic azo dyes. *Carbohydr. Polym.*, 305:120565.
- ⑥ Lang W, et al. (2023b) Partial depolymerization of tamarind seed xyloglucan and its functionality toward enhancing the solubility of curcumin. *Carbohydr. Polym.*, 307:120629.
- ⑦ Shinoki A, et al. (2013) A novel mechanism for promotion of quercetin glycoside absorption by megalosaccharide α -1,6-glucosaccharide in the rat small intestine. *Food Chem.*, 136:293–296.
- ⑧ Thoma JA, et al. (1959) Partition chromatography of homologous saccharides on cellulose columns. *Arch. Biochem. Biophys.*, 85:452–460.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Lang Weeranuch, Kumagai Yuya, Sadahiro Juri, Saburi Wataru, Sarnthima Rakrudee, Tagami Takayoshi, Okuyama Masayuki, Mori Haruhide, Sakairi Nobuo, Kim Doman, Kimura Atsuo	4. 巻 106
2. 論文標題 A practical approach to producing isomaltomegalosaccharide using dextran dextrinase from <i>Gluconobacter oxydans</i> ATCC 11894	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Microbiology and Biotechnology	6. 最初と最後の頁 689 ~ 698
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00253-021-11753-6	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 該当する
1. 著者名 Kumagai Yuya, Kishimura Hideki, Lang Weeranuch, Tagami Takayoshi, Okuyama Masayuki, Kimura Atsuo	4. 巻 20
2. 論文標題 Characterization of an Unknown Region Linked to the Glycoside Hydrolase Family 17 -1,3-Glucanase of <i>Vibrio vulnificus</i> Reveals a Novel Glucan-Binding Domain	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Marine Drugs	6. 最初と最後の頁 250 ~ 250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/md20040250	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 Lang Weeranuch, Kumagai Yuya, Habu Shinji, Sadahiro Juri, Tagami Takayoshi, Okuyama Masayuki, Kitamura Shinichi, Sakairi Nobuo, Kimura Atsuo	4. 巻 291
2. 論文標題 Physicochemical functionality of chimeric isomaltomegalosaccharides with -(1? ?4)-glucosidic segments of various lengths	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 119562 ~ 119562
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2022.119562	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 Lang Weeranuch, Mondol Debashish, Trakooncharoenvit Aphichat, Tagami Takayoshi, Okuyama Masayuki, Hira Tohru, Sakairi Nobuo, Kimura Atsuo	4. 巻 137
2. 論文標題 Formulation and evaluation of a novel megalomeric microemulsion from tamarind seed xyloglucan-megalosaccharides for improved high-dose quercetin delivery	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Food Hydrocolloids	6. 最初と最後の頁 108430 ~ 108430
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.foodhyd.2022.108430	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 該当する

1. 著者名 Lang Weeranuch, Sirisansaneeyakul Sarote, Tagami Takayoshi, Kang Hye-Jin, Okuyama Masayuki, Sakairi Nobuo, Kimura Atsuo	4. 巻 305
2. 論文標題 Nonreducing terminal chimeric isomaltomegalosaccharide and its integration with azoreductase for the remediation of soil-contaminated lipophilic azo dyes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 120565 ~ 120565
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2023.120565	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 該当する

1. 著者名 Lang Weeranuch, Tagami Takayoshi, Kang Hye-Jin, Okuyama Masayuki, Sakairi Nobuo, Kimura Atsuo	4. 巻 307
2. 論文標題 Partial depolymerization of tamarind seed xyloglucan and its functionality toward enhancing the solubility of curcumin	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 120629 ~ 120629
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2023.120629	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 Kaenyng Wilaiwan, Choengpanya Khuanjarat, Tagami Takayoshi, Wattana-Amorn Pakorn, Lang Weeranuch, Okuyama Masayuki, Li Yaw-Kuen, Kimura Atsuo, Kongsaree Prachumporn T.	4. 巻 107
2. 論文標題 Crystal structure and identification of amino acid residues for catalysis and binding of GH3 AnBX -xylosidase from <i>Aspergillus niger</i>	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Microbiology and Biotechnology	6. 最初と最後の頁 2335 ~ 2349
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00253-023-12445-z	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 該当する

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Lang Weeranuch, Tagami Takayoshi, Okuyama Masayuki, Kimura Atsuo
2. 発表標題 Novel single- and double-anchor-type isomaltomegalosaccharides: production, function, application, and contribution to SDGs.
3. 学会等名 タイ科学会 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村淳夫
2. 発表標題 メガ口糖とは？：課題・生産・機能・展望
3. 学会等名 日本農芸化学会北海道支部会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本菜央，菊池麻子，田上貴祥，奥山正幸，木村淳夫
2. 発表標題 糖質加水分解酵素ファミリー97 -ガラクトシダーゼの糖転移反応
3. 学会等名 日本応用糖質科学会北海道支部会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村淳夫
2. 発表標題 糖質酵素：わかったこと、わからないこと
3. 学会等名 日本応用糖質科学会北海道支部会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Atsuo Kimura
2. 発表標題 Sugar: a Gift from Heaven
3. 学会等名 JSPS Alumni Seminar in Demark（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Atsuo Kimura
2. 発表標題 Family opens world
3. 学会等名 The Eighth Symposium on the Alpha-Amylase Family (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Atsuo Kimura
2. 発表標題 Megalosaccharides: Production and Function
3. 学会等名 Seminar in Slovakia Academy of Science (招待講演)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

分子酵素学研究室、北海道大学 大学院農学研究院、北海道大学 農学部 http://lab.agr.hokudai.ac.jp/molenzlab/
--

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	橋床 泰之 (HASHIDOKO Yasuyuki) (40281795)	北海道大学・農学研究院・教授 (10101)	

6. 研究組織（つづき）

	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	崎浜 靖子 (SAKIHAMA Yasuko) (10344491)	北海道大学・農学研究院・講師 (10101)	
研究分担者	奥山 正幸 (OKUYAMA Masayuki) (00344490)	北海道大学・農学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	田上 貴祥 (TAGAMI Takayoshi) (70709849)	北海道大学・農学研究院・助教 (10101)	

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			
タイ	スラナリー工科大学	マヒドン大学	カセサート大学	他1機関