

酵素リアーゼの共通機能を規定する非共通アミノ酸配列
の生物学的意義

(課題番号:14360052)

平成14年度～平成16年度科学研究費補助金
基盤研究(B)(2) 研究成果報告書

京都大学図書



1050572180

村田幸作氏寄贈

附属図書館

平成17(2005)年3月

研究代表者

村田 幸作

(京都大学大学院農学研究科教授)

研
4
4

研究組織と化成分種

研究代表者 村田 幸作 (京都大学農学研究所教授)
研究分担者

酵素リアーゼの共通機能を規定する非共通アミノ酸配列

研究分担者 三上 真三 (京都大学農学研究所教授)
研究分担者 多能リアーゼの機能と進化 (分子生物学)

の生物学的意義

研究分担者 橋本 幸一 (課題番号:14360052)

研究分担者 多能リアーゼの機能と進化 (分子生物学)

研究費(交付決定額) 平成14年度～平成16年度科学研究費補助金
基盤研究(B)(2) 研究成果報告書

	直接経費	間接経費	合計
平成14年度	5,600千円	0千円	5,600千円
平成15年度	4,900千円	0千円	4,900千円
平成16年度	3,400千円	0千円	3,400千円
合計	13,900千円	0千円	13,900千円

平成17(2005)年3月
研究代表者
村田 幸作
(京都大学大学院農学研究科教授)

研究組織と役割分担

研究代表者 村田 幸作 (京都大学農学研究科教授)

全体の統括

- ・ 多糖リアーゼの触媒反応機構(分子生物学)

研究分担者 三上 文三 (京都大学農学研究科助教授)

多糖リアーゼの分子進化機構(構造生物学)

研究分担者 橋本 渉 (京都大学農学研究科助教授)

多糖リアーゼの基質認識機構(分子生物学)

研究費(交付決定額)

	直接経費	間接経費	合計
平成14年度	5,600 千円	0 千円	5,600 千円
平成15年度	4,300 千円	0 千円	4,300 千円
平成16年度	3,400 千円	0 千円	3,400 千円
総計	13,300 千円	0 千円	13,300 千円

はじめに

[研究の背景]

細菌多糖リアーゼは、細菌が生産するアルギン酸、ジェラン、キサンタンなどを様々な様式で低分子化し、反応産物である単糖或いはオリゴ糖末端に2重結合を与える酵素群を指す。細菌 *Sphingomonas* sp. A1 株は4種類のアルギン酸リアーゼ(A1-I, A1-II, A1-III, A1-IV)を有する。この中、A1-IIとA1-IIIは、前駆体A1-Iの自己プロセッシングにより生じる。A1-I, A1-II, A1-IIIは共に直鎖構造のアルギン酸に作用し、任意の鎖長のオリゴ糖を与える(エンド型)。A1-IVは、直鎖構造のアルギン酸に作用し、非還元末端から単糖を遊離する(エキソ型)。また、細胞内での発現は認められないが、A1-IIと高い相同性を有するアルギン酸リアーゼA1-II'(エンド型)、及びA1-IVと高い相同性を持つアルギン酸リアーゼA1-IV'(エキソ型)も存在する。つまり、*Sphingomonas* sp. A1 株は、そのゲノム上に少なくとも6種類のアルギン酸リアーゼを有している。*Bacillus* sp. GL1 株のジェランリアーゼは、直鎖構造のジェランに作用し、非還元末端から4糖単位でオリゴ糖を遊離する(エキソ型)。また、同菌のキサンタンリアーゼは、キサンタンの分岐鎖に作用する(分岐鎖型・エンド型)。

これら多糖リアーゼとその遺伝子の諸性質を解析した結果、多糖リアーゼの反応機構、基質認識機構、及び進化機構に関して、次の①、②、及び③が明らかになった。

- ① アルギン酸リアーゼ反応の構造機能相関解析から、 β -脱離反応に対して提唱されている機構とは異なる新規な反応機構が存在する。
- ② 多糖リアーゼは、一次構造上の相同性が全く無いにも関わらず、多糖分子鎖中に散在するウロン酸残基を厳密に認識し、そこで切断する。
- ③ 数種の高糖関連酵素は、一次構造と触媒反応機構を異にするにも関わらず、その基本骨格(α/α -バレル)は同じである。

これらの結果は、多糖リアーゼの共通機能を規定するアミノ酸配列が多様であること、及び糖質関連酵素のある種ファミリーが同一の祖先タンパク質の構造を維持しつつ分子進化したことを示している。

[研究の目的]

そこで、本研究課題では、*Sphingomonas* sp. A1 株のエンド型アルギン酸リアーゼ(A1-I, A1-II, A1-III, A1-II', A1-IV')とエキソ型アルギン酸リアーゼ(A1-IV)、並びに *Bacillus* sp. GL1 株の分岐鎖型キサンタンリアーゼとエンド型ジェランリアーゼを対象に、そのX線結晶構造を決定し、これら多糖リアーゼの触媒反応機構、基質認識機構、並びに進化機構を系統的に解析する。また、他の糖質関連酵素の高次構造も決定し、多糖リアーゼとの構造的、機能的相関を明らかにする。これにより、(1)リアーゼ反応(β -脱離反応)の素過程の分子機構、(2)基質認識における構造的一般則、並びに(3)糖質関連酵素の進化の過程を明らかにする。

[学術的特色・独創性・先駆性]

アルギン酸リアーゼ、キサンタンリアーゼ、ジェランリアーゼは、同じリアーゼ反応(β -脱離反応)を触媒するが、ペクチンリアーゼ、ヒアルロン酸リアーゼなどのような多糖リアーゼを含め、これらリアーゼの一次構造には全く相同性が認められない。このことは、活性中心においてリアーゼ反応に関わるアミノ酸残基に共通性がなく、 β -脱離反応の素過程に相当の差違が存在すること

を示唆している。この素過程を数種のリアーゼに関して構造生物学的に解析することにより、リアーゼ反応機構とその多様性を正確に理解することができる。本研究課題で対象とした多糖リアーゼは、その触媒機能発現に多糖分子鎖上に散在するウロン酸残基を厳密に認識する。この基質認識においても異なるアミノ酸残基が関連し、それらアミノ酸残基によって形成される基質認識構造にも多様性が考えられる。つまり、 β -脱離反応と基質認識構造の多様性は、「同じ生物学的事象が様々なアミノ酸配列として表現されている」ことを示すものであり、これらの解析は、「タンパク質の機能と構造がアミノ酸配列としてどのように表現されているか」という生物学の最も重要なテーマを理解する重要な意義を持つ。また、アルギン酸リアーゼ、*N*-アセチル-D-グルコサミン-2-エピメラーゼ、 β -グルコアミラーゼ、及びセルラーゼは、その一次構造も触媒する反応機構も異なるが、三次元的な基本骨格は同一である。このことは、これら糖質関連酵素が共通の祖先タンパク質の構造を維持しつつ、周囲の構造を部分的に変化させることによって異なる機能を獲得してきた進化の過程を示唆している。多糖関連酵素の構造変換による機能獲得過程も明らかにする本研究は、進化構造生物学の進展に寄与する独創的な成果を生み出すことが期待される。

[国内外での研究の位置づけ]

多糖リアーゼは、新規な糖質の創出に有用であるのみならず、細菌感染症の感染因子としても重要な機能を担っている。そのため、多糖リアーゼの反応と基質認識の分子機構に関する生化学的、分子生物学的、構造生物学的研究が進展している。本研究課題を開始する時点で、外国ではペクチンリアーゼとヒアルロン酸リアーゼの X 線結晶構造が決定され、その反応機構が議論されていた。本研究者が発表したアルギン酸リアーゼの結晶構造 [*J.Mol.Biol.*, 290:505-514(2000)] は世界で 3 番目になるが、 β -脱離反応に関して新規な反応機構 [*J.Mol.Biol.*, 307:9-16(2001)] を提出した。また、様々な糖質関連酵素の X 線結晶構造を解析し、その進化における基本構造の存在 [*J.Mol.Biol.*, 303:739-744(2000)] を指摘した。国内でも多くの酵素・タンパク質の構造生物学的解析が進んでいるが、多糖リアーゼに関しては独自の展開となっている。

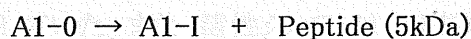
研究成果

アルギン酸、キサンタン、ジェランは、細菌が生産する重要な多糖である。これらの細菌多糖の分解経路とそこに関わる酵素及び遺伝子を明らかにするため、アルギン酸の分解系を緑膿菌 (*Pseudomonas aeruginosa*)と土壌分離スフィンゴモナス属細菌 A1 株 (*Shingomonas* sp. A1)について、キサンタンとジェランの分解系を土壌分離バチルス属細菌 GL1 株 (*Bacillus* sp. GL1)について検討した。そして、これら多糖の分解において、その第一段階の反応を触媒する多糖リアーゼに焦点を当て、その生化学的、分子生物学的、構造生物学的研究を進めた。その結果、以下の諸点を明らかにした。尚、細菌多糖に関して膨大な成果を得たが、本冊子には多糖リアーゼの構造生物学的側面のみを記載し、他の内容は論文に委ねた。

I 多糖リアーゼ

①成熟機構の特殊性

細菌 *Sphingomonas* sp. A1 株のエンド型アルギン酸リアーゼ分子種は、一遺伝子 (*aly*)産物から自己プロセッシング(プロテアーゼ活性)を含む翻訳後修飾により生じる。アルギン酸リアーゼ遺伝子から翻訳合成されたプレプロ体(A1-0, 71kDa)から、前駆体リアーゼ(A1-I, 65kDa)が生じ、A1-I の自己プロセッシング活性により成熟体リアーゼ[A1-III(40kDa, α 構造)と A1-II(25kDa, β 構造)]が生成する。



従って、A1-I は、プロテアーゼと2種類のリアーゼを併せ持つ酵素である。このことは、1遺伝子の塩基配列が多重に読み込まれていることを示している。この翻訳後プロセッシングは、別途解析した *Bacillus* sp. GL1 株由来キサンタンリアーゼとジェランリアーゼ、或いは *Streptococcus* 属細菌のヒアルロン酸リアーゼなど多糖リアーゼの生合成に共通して見られる現象であり、一遺伝子に含まれる情報量の解釈とその伝達様式に関して新たな視点(「遺伝情報多重性」の概念)を提案した。

① *Sphingomonas* sp. A1 のアルギン酸リアーゼ

Sphingomonas sp. A1 株は、基質特異性の異なるエンド型 [A1-I(65kDa), -II(25kDa), -III(40kDa)]とエキソ型[A1-IV(86kDa)]アルギン酸リアーゼを生産する。これら以外に、細胞内では発現していないアルギン酸リアーゼ A1-II' と A1-IV' も有している。A1-II は、多糖リアーゼファミリー PL-7に分類され、 β -脱離反応によりアルギン酸分子内のポリグルロン酸を3糖及び4糖にまで分解する。CD 解析結果に基づくと、本酵素は β -シート構造を多く含むタンパク質である。A1-III は、多糖リアーゼファミリー PL-5に分類され、 β -脱離反応によりアルギン酸分子内のポリマンヌロン酸を2糖及び3糖にまで分解する。A1-III は、 α_6/α_5 バレル構造を有し、芳香族及び塩基性アミノ酸残基を含むトンネル様の活性クレフトとそれを覆う蓋状(リッド)ループを配置している。A1-III の触媒反応には、このループの開閉(25°)を伴った構造変化が必要であり、ループを開いた状態でアルギン酸を触媒部位に取り込み、ループを閉じた状態でアルギン酸を分解する。その後、ループを開くことにより生成物を遊離し、新たな基質を取り込む。このループ開閉の反復により反応が進行する。また、A1-III の触媒反応では、Tyr246 がマンヌロン酸 5 位のプロトンの引き抜きと切断部位へのプロトンの供与の二役を担う。他の多糖リアーゼの触媒反応では、2種類のアミノ酸残基がこの酸及び塩基として機能することが知られている。従って、A1-IIIに見出された唯一の Tyr 残基に依存した β -脱離反応は、新規な触媒機構

と考えられる。A1-II'の結晶構造を決定した。A1-II'も以下に述べる *Pseudomonas aeruginosa* のアルギン酸リアーゼ PA1167 と高い相同性を示すため、その構造は省略する。A1-II、A1-VI、及び A1-VI'の構造解析は現在進行中である。

② *Pseudomonas aeruginosa* のアルギン酸リアーゼ

緑膿菌 *Pseudomonas aeruginosa* の機能未知タンパク質 PA1167 は、A1 株が生産するアルギン酸リアーゼ A1-II 及び A1-II' と高い相同性を示すことから、PA1167 もアルギン酸リアーゼと考えられた。実際、PA1167 がアルギン酸リアーゼであることを生化学、分子生物学的に証明した。A1-II の結晶構造は X 線構造解析には不適であったため、PA1167 の構造を決定し、それに基づいて A1-II' の構造を決定した。A1-II' と PA1167 の構造が決定されたため、A1-II も分子モデリングによりその構造を決定中である。アルギン酸リアーゼ PA1167 と A1-II' の構造は、ほぼ同様のトポロジーを有していた。特に、活性中心が存在すると予想される β -シート部分は非常に良く重なり、全体の rms は 1.3 Å であった。活性中心は、ファミリー PL-7 タンパク質に特徴的な 3 箇所保存配列から形成されており、触媒反応における His 残基と Tyr 残基の重要性を明確にした。

③ *Bacillus* sp. GL1 のキサンタンリアーゼ

多糖リアーゼに共通したウロン酸認識と β -脱離反応機構に関わる構造的要因を明らかにするため、多糖リアーゼファミリー PL-8 に分類される *Bacillus* sp. GL1 株由来キサンタンリアーゼの高次構造を決定した。キサンタンリアーゼは、 α_5/α_5 バレル構造を形成する N 末端側 α -ドメインと 5 枚の逆平行 β -シート構造を形成する C 末端側 β -ドメインから構成されていた。一本のペプチドループが、両ドメインを連結していた。また、活性クレフトは、N 末端側 α -ドメインに位置し、基質固定に重要なループで覆われていた。芳香族及び塩基性アミノ酸残基がクレフトに配置され、この場合も Tyr が触媒残基として機能していることを確認した。

④ 他の糖質関連酵素

Bacillus sp. GL1 株が生産する不飽和グルクロニルヒドロラーゼは、キサンタン、ジェラン、ヒアルロン酸、コンドロイチンなどに多糖リアーゼが作用して生じる不飽和の反応産物を加水分解する。本酵素の X 線結晶構造を決定した結果、本酵素も α/α バレル構造を基本骨格とする構造を有していた。また、ブタ腎臓由来のレニン結合タンパク質 (これは、N-アセチル-D-グルコサミン 2-エピメラーゼであることを証明した) の X 線結晶構造も決定し、この酵素も α/α バレル構造を基本骨格としていることを明らかにした。

II 多糖リアーゼの構造・機能相関

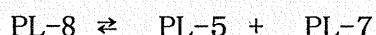
多糖リアーゼの X 線結晶構造を決定し、その活性クレフト構造を解析した結果、多糖リアーゼに共通した性質として、①高分子量基質を触媒部位に固定するループ、②ウロン酸を認識する芳香族アミノ酸残基と塩基性アミノ酸残基、並びに③触媒中心としての Tyr 残基が共通して存在することが明らかになった。つまり、Tyr 一残基のみが多糖リアーゼの活性中心に共通して見られるアミノ酸残基である。従って、この三条件が満たされるならば、任意のアミノ酸配列を有するタンパク質は、すべからく一応は多糖リアーゼとして機能することが予想される。

III 多糖リアーゼを含めた糖質関連酵素の分子進化の特殊性

多糖リアーゼの X 線結晶構造を決定し、その構造を本研究で決定した他の糖質関連酵素 (N-アセチル-D-グルコサミン 2-エピメラーゼ、不飽和グルクロニルヒドロラーゼ) と比較することにより、これら糖質関連酵素は一次構造と触媒反応が全く異なるにも関わらず、 α/α バレルを共通基本骨格として持つことを明らかにした。糖質関連酵素の高次構造を解析することによって、糖質関連酵素の共通基本骨格 (α/α バレル) を持つことを明らかにした。糖質関連酵素の高

次構造を解析することによって、糖質関連酵素のファミリーの分類とその分子進化過程の理解に到達できると判断された。

糖質関連酵素の分類: アルギン酸リアーゼを含め全ての多糖リアーゼは、一次構造上 13 のファミリーに分類される (Henrissat, B., Coutinho, P., and Deleury, E.; <http://afmb.cnrs-mrs.fr/CAZY/>)。多糖リアーゼファミリー PL-5 と PL-7 に各々分類される A1-III と A1-II から成る前駆体リアーゼ A1-I は、2次構造トポロジー上、ファミリー PL-8 リアーゼと類似していることが示唆された (図1)。従って、これらのファミリーにおいて、



で表される進化プロセスの存在が考えられた。実際、その痕跡(進化プロセス)を A1 株ゲノムに見出すことができる。A1 株ゲノムには、A1-I 遺伝子と離れた位置に A1-II ホモログ(A1-II') 遺伝子(相同性:68%)が存在しているため、A1-II 遺伝子が A1-I 遺伝子より分岐進化し、転移した可能性が示唆された。A1-IV' 遺伝子についても、A1-IV 遺伝子からの分子進化の可能性を示唆した。

糖質関連酵素の進化: 多くの多糖リアーゼの構造を決定することにより、多糖リアーゼを高次構造に基づいて4種類(順平行 β シートヘリックス、 α/α バレル、逆平行 β シート、 α/α バレル+逆平行 β シート)に分類する方法を提案した。別途に構造を決定した豚腎臓 *N*-アシル-D-グルコサミン 2-エピメラーゼ(レニン結合タンパク質)や不飽和グルクロニルヒドロラーゼの触媒ドメインにも、A1-III とキサンタンリアーゼの2次構造トポロジーと類似の α/α バレル構造の存在が認められた。 α/α バレル構造は、糖質関連酵素[セルラーゼ(PDB ID,1CEM)、グルコアミラーゼ(PDB ID,1DOG)、マルトースフォスホリラーゼ(PDB ID,1H54)など]の触媒ドメインとしても機能している。従って、一次構造と触媒反応(β -脱離、加水分解、エピメリ化、及び転移)を異にするこれらの糖質関連酵素は、共通の祖先から分子進化した可能性を示唆した。

[本研究の意義と今後の課題]

タンパク質の機能がアミノ酸配列として如何に表現されているかを理解することは、現代基礎生物学のメインテーマである。本研究において、多糖リアーゼの β -脱離反応という触媒機能が活性中心の数個の異なったアミノ酸によって規定され、他の部分はモジュールとして基質の固定などに関わることが証明された。また、多くの糖質関連酵素は、 α/α -バレルを基本骨格として合成された後、その周囲のアミノ酸配列を部分的に変えることによって多様な機能を持つ酵素に生まれ変わって行く進化の姿が明らかになった。これらの結果は、予定された機能を持つタンパク質の人工合成に対する有用な戦略になる。詳細は省略するが、この観点に基づいて、活性中心のアミノ酸を操作するだけで、エンド型多糖リアーゼをエキソ型多糖リアーゼに変換することに成功しつつある。他の酵素にもこの考えを適用し、ポリリン酸・ATP 依存型 NAD-キナーゼの場合には、ポリリン酸依存活性のみを顕著に増大させることに成功した。生化学エネルギー担体の化学進化を考慮すれば、後者の例は、酵素を逆進化(先祖帰り)させることにも繋がる。

植物バイオマスと同様に、細菌多糖は巨大なバイオマス資源であり、その用途開発が期待される。そのためには、細菌多糖を自由に分子設計することができる酵素が入用である。本研究では、アルギン酸、キサンタン、ジェランなどの分解に関わる多くの酵素を大量に供給することを可能にした。今後、細菌バイオマス産業を展開する基盤になるであろう。特に、食品産業、医薬品産業に対して大きな効果が期待される。

一方、細菌多糖の多くは、細菌感染因子として重要な機能を持っている。多くの病原性細菌は、多糖リアーゼで植物体への進入を開始する。その分子機構の解析や多糖リアーゼ阻害剤などの開発は、感染症の予防と治療に有用である。多様な多糖リアーゼの高次構造は、有益な情

報を提供すると考えられる。

研究発表

(研究発表の参考として平成 13 年度の研究報告を掲載した)

(1) 論文発表

(平成 13 年度)

【平成 13 年度】

① 1. Yano, Jun-Yasu, Satomi Hashimoto, Osamu Miyake, Kazuhiko Morita, and Junzo Watanabe. Crystal structure of signalin from A1-III complexed with trypsin-like product at 2.4 Å resolution. *J.Mol.Biol.*, 307, 9-16, 2001 (原著論文)

② 2. Satomi Hashimoto, Hiroyuki Mori, Ken-ichi Tsuchiya, Hiroaki Nakai, and Junzo Watanabe. Polyketide synthase molecular cloning, sequencing, and characterization of the sartan biosynthetic gene of *Streptomyces* strain C-1. *Antonie van Leeuwenhoek*, 77, 113-120, 2001 (原著論文)

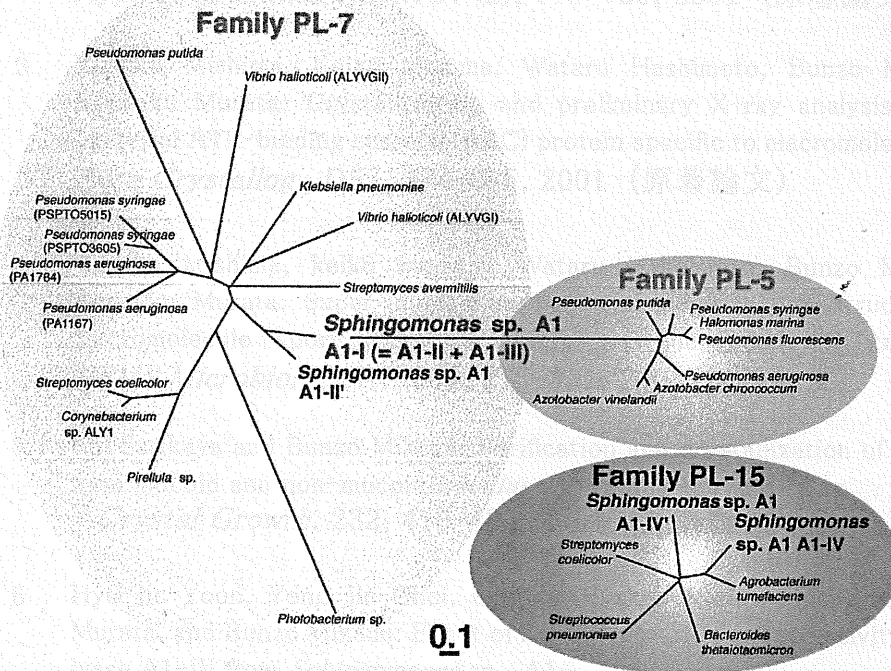


図1 細菌アルギン酸リアーゼの起源と進化プロセス
細菌名:各ファミリー酵素の生産細菌

研究発表

(研究成果の参考として平成 13 年度の成果も記載した)

(1) 論文発表

[◎ : インパクトファクター2 以上(括弧内はインパクトファクター)]

[平成 13 年度]

- ◎ 1 Hye-Jin Yoon, Wataru Hashimoto, Osamu Miyake, Kousaku Murata, and Bunzo Mikami: Crystal structure of alginate lyase A1-III complexed with trisaccharide product at 2 Å resolution.
(5.239) *J.Mol.Biol.*, 307, 9-16, 2001 (原著論文)
- ◎ 2 Wataru Hashimoto, Hikaru Miki, Noriaki Tsuchiya, Hirokazu Nankai, and Kousaku Murata: Polysaccharide lyase: molecular cloning, sequencing, and overexpression of the xanthan lyase gene of *Bacillus* sp. strain GL1.
(3.389) *Appl.Environ.Microbiol.*, 67 (2), 713-720, 2001 (原著論文)
- ◎ 3 Yumiko Mishima, Keiko Momma, Wataru Hashimoto, Bunzo Mikami, and Kousaku Murata: Crystallization and preliminary X-ray analysis of AlgS, a bacterial ATP-binding cassette(ABC) protein specific to macromolecule import.
(2.055) *Acta Crystallog.*, D57, 884-885, 2001 (原著論文)
- (1.615) 4 Yumiko Mishima, keiko Momma, Wataru Hashimoto, Bunzo Mikami, and Kousaku Murata: Super-channel in bacteria: function and structure of the macromolecule import system mediated by a pit-dependent ABC transporter.
FEMS Microbiol. Lett., 204, 215-221, 2001(総説論文)
- (1.375) 5 Elif Sarikaya and Bunzo Mikami: Purification and crystallization of α -amylase from mucoid and non-mucoid *Bacillus amyloliquefaciens* strains.
J.Crystal Growth, 232, 418-420, 2001 (原著論文)
- (1.083) 6 Hye-Jin Yoon, Yong-Jin Choi, Osamu Miyake, Wataru Hashimoto, Kousaku Murata, and Bunzo Mikami: Effect of His192 mutation on the activity of alginate lyase A1-III from *Sphingomonas* sp. A1.
J.Microbiol.Biotechnol., 11(1),118-123, 2001(原著論文)
- (0.865) 7 Wataru Hashimoto, Keiko Momma, Yumiko Mishima, Bunzo Mikami, and Kousaku Murata: Super-channel in bacteria: function and structure of a macromolecule import system mediated by a pit-dependent ABC transporter.
Biosci.Biotechnol.Biochem., 65(9), 1949-1956, 2001 (総説論文)
- 8 Kousaku Murata: Super-channel in bacteria: Macromolecule import and depolymerization system of *Sphingomonas* sp. A1 with special cell surface.
Report on Grant-in-Aid for Scientific Research on Priority Areas.
Bio-molecular Design for Biotargeting, 296, 337-341, 2001(総説論文)

- 9 Yumiko Mishima, Keiko Momma, Wataru Hashimoto, Sachiko Suzuki, Masayuki Yamasaki, Bunzo Mikami, and Kousaku Murata: Analysis of the degradation mechanism of alginate in *Sphingomonas* sp. A1.
SPring 8 User Experiment Report, 7 (2001A) p.278 (解説論文)
- 10 Bunzo Mikami, Michiko Suzuki, Hiroyuki Iwamoto, and Yoshio Katsuya: X-Ray crystallographic study of *Klebsiella pneumoniae* pullulanase.
Spring 8 User Experiment Report, 7 (2001A) p.260 (解説論文)

[平成 14 年度]

- ◎ (5.239) 11 Keiko Momma, Bunzo Mikami, Yumiko Mishima, Wataru Hashimoto, and Kousaku Murata: Crystal structure of AlgQ2, a macromolecule (alginate)-binding protein of *Sphingomonas* sp. A1 at 2.0 Å resolution.
J. Mol. Biol., 316 (5), 1061-1069, 2002 (原著論文)
- ◎ (3.688) 12 Hirokazu Nankai, Wataru Hashimoto, and Kousaku Murata: Molecular identification of family 38 α -mannosidase of *Bacillus* sp. strain GL1 responsible for complete depolymerization of xanthan.
Appl. Environ. Microbiol., 68 (6), 2731-2736, 2002 (原著論文)
- ◎ (2.117) 13 Hiroyuki Sakakibara, Takashi Tamura, Takehiko Suzuki, Tomohiro Hisano, Shiro Abe, and Kousaku Murata: Preparation and properties of alginate lyase modified with poly(ethylene glycol).
J. Pharm. Sci., 91 (4), 1191-1199, 2002 (原著論文)
- (0.757) 14 Yumiko Mishima, Keiko Momma, Osamu Miyake, Wataru Hashimoto, Bunzo Mikami, and Kousaku Murata: Super-channel in bacteria: macromolecule uptake and depolymerization systems of *Sphingomonas* sp. A1 with special cell surface structure.
Biotech. Genet. Eng. Rev., 19, 105-119, 2002 (総説論文)
- 15 Wataru Hashimoto, Yumiko Mishima, Osamu Miyake, Hirokazu Nankai, Keiko Momma, and Kousaku Murata: Chapter 9. Biodegradation of alginate, xanthan, and gellan.
In "*Biopolymers*" volume 7: Polysaccharides I (Ed. A. Steinbuchel), Wiley-VCH, pp.175-199, 2002 (総説論文)
- 16 橋本 渉、三上文三、村田幸作: 細菌『超チャネル』の構造と高分子輸送機能.
生化学, 74 (7), 563-567, 2002 (総説論文)
- 17 Yumiko Mishima, Keiko Momma, Wataru Hashimoto, Sachiko Suzuki, Masayuki Yamasaki, Bunzo Mikami, and Kousaku Murata: Analysis of the degradation mechanism of alginate in *Sphingomonas* sp. A1.
SPring 8 User Experiment Report, 8, pp.289, 2002 (解説論文)

[平成 15 年度]

- ◎ 18 Yumiko Mishima, Keiko Momma, Wataru Hashimoto, Bunzo Mikami, and
(7.258) Kousaku Murata: Crystal structure of AlgQ2, a macromolecule
(alginate)-binding protein of *Sphingomonas* sp. A1, complexed with an
alginate tetrasaccharide at 1.6 Å resolution.
J. Biol. Chem., 278, 6552-6559, 2003 (原著論文)
- ◎ 19 Wataru Hashimoto, Osamu Miyake, Hirokazu Nankai, and Kousaku
(2.338) Murata: Molecular identification of an α -L-rhamnosidases from
Bacillus sp. strain GL1 as an enzyme involved in complete
metabolism of gellan.
Arch. Biophys. Biochem., 415, 235-244, 2003 (原著論文)
- ◎ 20 Shigetarou Mori, Sae Akao, Osamu Miyake, Hirokazu Nankai, Wataru
(2.055) Hashimoto, Bunzo Mikami, and Kousaku Murata: Crystallization and
preliminary X-ray analysis of a novel unsaturated glucuronyl hydrolase from
Bacillus sp. GL1.
Acta Crystallog., D59, 946-949, 2003 (原著論文)
- ◎ 21 Masayuki Yamasaki, Satoko Moriwaki, Wataru Hashimoto, Bunzo
(2.055) Mikami, and Kousaku Murata: Crystallization and preliminary X-ray
analysis of alginate lyase, a member of family PL-7, from
Pseudomonas aeruginosa.
Acta Crystallog., D59, 1499-1501, 2003 (原著論文)
- (1.380) 22 Osamu Miyake, Wataru Hashimoto, and Kousaku Murata: An exotype
alginate lyase in *Sphingomonas* sp. A1: overexpression in *Escherichia coli*,
purification, and characterization of alginate lyase IV (A1-IV).
Protein Expr. Purif., 29, 33-41, 2003 (原著論文)
- (1.380) 23 Shigetarou Mori, Sae Akao, Hirokazu Nankai, Wataru Hashimoto,
Bunzo Mikami, and Kousaku Murata: A novel member of glycoside
hydrolase family 88: overexpression, purification, and
characterization of unsaturated β -glucuronyl hydrolase from
Bacillus sp. GL1.
Protein Expr. Purif., 29, 77-84, 2003 (原著論文)
- 24 橋本 渉, 三上文三, 村田幸作: 微生物の「超チャネル」-細胞の高分子
利用戦略-。
バイオサイエンスとインダストリー, 61, 9, 2003 (解説論文)
- 25 橋本 渉, 三上文三, 村田幸作: 細菌における巨大分子利用の高次バイオ
システム。
バイオサイエンスとインダストリー, 61, 25-28, 2003 (解説論文)
- 26 南海浩一、河井重幸、橋本 渉、三上文三、村田幸作: *Bacillus* sp. GL1 にお
けるキサンタン分解系の酵素学的・遺伝学的解析及びキサンタンリアーゼの X

線結晶構造解析。

応用微生物学研究, 1,26-34, 2003 (総説論文)

- 27 村田幸作: 遺伝子の情報量とその伝達様式に関するプロテオーム解析。
(財)大川情報通信基金第15回研究報告、33, 2003. (総説論文)

[平成16年度]

- ◎ (7.258) 28 Masayuki Yamasaki, Satoko Moriwaki, Osamu Miyake, Wataru Hashimoto, Kousaku Murata, and Bunzo Mikami: Structure and function of a hypothetical *Pseudomonas aeruginosa* protein PA1167 classified into family PL-7.
J. Biol. Chem., 279(30), 31863-31872, 2004 (原著論文)
- ◎ (7.258) 29 Takafumi Itoh, Sae Akao, Wataru Hashimoto, Bunzo Mikami, and Kousaku Murata: Crystal structure of unsaturated glucuronyl hydrolase, responsible for the degradation of glycosaminoglycan, from *Bacillus* sp. GL1 at 1.8 Å resolution.
J. Biol. Chem., 279(30), 31804-31812, 2004 (原著論文)
- ◎ (4.175) 30 Osamu Miyake, Akihito Ochiai, Wataru Hashimoto, and Kousaku Murata: Origin and diversity of alginate lyases of families PL-5 and -7 in *Sphingomonas* sp. Strain A1.
J. Bacteriol., 186(9), 2891-2896, 2004 (原著論文)
- ◎ (2.804) 31 Jinshan He, Hirokazu Nankai, Wataru Hashimoto, and Kousaku Murata: Molecular identification and characterization of an alginate-binding protein on the cell surface of *Sphingomonas* sp. A1.
Biochem. Biophys. Res. Commun., 322, 712-717, 2004 (原著論文)
- ◎ (2.338) 32 Susumu Miyake, Eiko Kobayashi, Hirokazu Nankai, Wataru Hashimoto, and Kousaku Murata: Posttranslational processing of polysaccharide lyase: maturation route for gellan lyase in *Bacillus* sp. GL1.
Arch. Biochem. Biophys., 422, 211-220, 2004 (原著論文)
- 33 丸 勇史, 大西 淳, 太田泰弘, 伊藤貴文, 橋本 渉, 三上文三, 村田幸作: ブタ腎臓 N-アシル-D-グルコサミン 2-エピメラーゼの構造、機能及び工業的利用に関する研究。
応用微生物学研究, 2(1), 12-21, 2004 (総説論文)
- 34 Masayuki Yamasaki, Satoko Moriwaki, Wataru Hashimoto, Kousaku Murata, Kimihiko Mizutani, and Bunzo Mikami: Crystal structure of family PL-7 alginate lyase PA1167 from *Pseudomonas aeruginosa*.
Spring-8 User Experiment Report, 12(2003B), p.211, 2004. (解説論文)

(2) 口頭発表

[平成 13 年度]

- 1 発表者 南海浩一、橋本 渉、村田幸作
発表題名 *Bacillus* sp. GL1 によるキサントンの分解—経路・酵素・遺伝子
研究集会名 日本油化学会食品健康科学主催、食品健康科学シンポジウム 2001
発表年月日 平成 13 年 12 月 15 日 (奈良市)
- 2 発表者 村田幸作
発表題名 X線結晶構造解析による細菌の高分子物質取り込み装置の構造と機能
研究集会名 第 27 回日本応用酵素協会研究発表会 [(財) 日本応用酵素協会]
発表年月日 平成 13 年 11 月 26 日 (大阪市)
- 3 発表者 橋本 渉、三島由美子、三上文三、村田幸作
発表題名 スフィンゴモナス属細菌の細胞表層構造と天然高分子物質の分解
研究集会名 文部科学省科学研究費補助金基盤研究(C)企画調査
「スフィンゴモナス属細菌を用いる環境浄化システム構築基盤」シンポジウム
発表年月日 平成 13 年 11 月 24 日 (京都市)
- 4 発表者 三島由美子、門間敬子、橋本 渉、三上文三、村田幸作
発表題名 細菌高分子結合タンパク質の機能・構造解析
研究集会名 平成 13 年度日本農芸化学会関西・西日本・中四国支部合同大会
発表年月日 平成 13 年 10 月 13 日 (岡山市)
- 5 発表者 Hye-Jin Yoon, Se Won Suh, Wataru Hashimoto, Osamu Miyake,
Kousaku Murata, and Bunzo Mikami
発表題名 The crystal structure of alginate lyase A1-III and its complex
with trisaccharide product
研究集会名 American Crystallographic Association 2001 Annual Meeting
発表年月日 平成 13 年 6 月 23 日 (カリフォルニア)
- 6 発表者 Bunzo Mikami, Hye-Jin Yoon, Elif Sarikaya, Hiroyuki Iwamoto,
Yoshihiro Mezaki, and Yoshio Katsuya
発表題名 The crystal structures of *Klebsiella pneumoniae* pullulanase in
complex with product maltooligosaccharides.
研究集会名 American Crystallographic Association 2001 Annual Meeting
発表年月日 平成 13 年 6 月 22 日 (カリフォルニア)
- 7 発表者 門間敬子、三島由美子、橋本 渉、三上文三、村田幸作
発表題名 細菌「超チャネル」の構造と機能：カルシウム含有高分子結合タン
パク質の X線結晶構造解析
研究集会名 平成 13 年度日本農芸化学会関西支部例会 第 419 回

- 発表年月日 平成 13 年 6 月 2 日 (京都市)
- 8 発表者 岩本博行、尹惠珍、Elif Sarikaya、勝部良雄、三上文三
発表題名 澱粉枝切り酵素上で、澱粉分岐はどのように認識されるか
研究集会名 平成 13 年度日本蛋白質科学会年会
発表年月日 平成 13 年 6 月 2 日(大阪市)
- 9 発表者 三島由美子、門間敬子、橋本 渉、村田幸作
発表題名 細菌「超チャネル」における高分子結合タンパク質の機能解析
研究集会名 平成 13 年度日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 13 年 3 月 26 日 (京都市)
- 10 発表者 門間敬子、三島由美子、橋本 渉、三上文三、村田幸作
発表題名 細菌「超チャネル」の構造と機能：高分子結合タンパク質の X 線結
晶構造解析
研究集会名 平成 13 年度日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 13 年 3 月 26 日 (京都市)
- 11 発表者 三上文三、安達基泰、関根暁史、尹 惠珍、Elif Sarikaya、平田 章、
内海 成、勝矢良雄、岩本博行
発表題名 アミラーゼの X 線結晶構造解析とタンパク質工学
研究集会名 平成 13 年度日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 13 年 3 月 25 日(京都市)
- 12 発表者 岩本博行、尹 惠珍、Elif Sarikaya、勝矢良雄、目崎喜弘、三上
文三
発表題名 *Klebsiella pneumoniae* 由来プルラーゼの活性中心構造
研究集会名 平成 13 年度日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 13 年 3 月 24 日(京都市)
- 13 発表者 安達基泰、関根暁史、三上文三、内海 成
発表題名 X 線結晶構造解析から見たダイズ β -アミラーゼ/マルトース複合
体の pH 依存性
研究集会名 平成 13 年度日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 13 年 3 月 24 日(京都市)
- 14 発表者 平田 章、安達基泰、内海 成、三上文三
発表題名 *Bacillus cereus* β -アミラーゼの至適 pH の変換とその X 線結晶構
造解析
研究集会名 平成 13 年度日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 13 年 3 月 24 日(京都市)

[平成 14 年度]

- 15 発表者 三島由美子、門間敬子、橋本 渉、三上文三、村田幸作
発表題名 細菌 *Sphingomonas* sp. A1 の高分子結合タンパク質の X 線結晶構造解析
研究集会名 平成 14 年度日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 14 年 3 月 27 日 (仙台市)
- 16 発表者 鈴木佐知子、尹 惠珍、勝矢良雄、橋本 渉、三上文三、村田幸作
発表題名 多糖リアーゼの構造・機能相関：アルギン酸リアーゼ A1-I の X 線結晶構造解析
研究集会名 平成 14 年度日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 14 年 3 月 27 日 (仙台市)
- 17 発表者 橋本 渉、三上文三、村田幸作
発表題名 多糖リアーゼの構造・機能相関：キサントランリアーゼのプロセッシングと結晶化
研究集会名 平成 14 年度日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 14 年 3 月 27 日 (仙台市)
- 18 発表者 南海浩一、橋本 渉、村田幸作
発表題名 *Bacillus* sp. GL1 α -マンノシダーゼの諸性質、遺伝子、及びキサントラン分解との関連
研究集会名 平成 14 年度日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 14 年 3 月 27 日 (仙台市)
- 19 発表者 橋本 渉、三島由美子、三上文三、村田幸作
発表題名 細菌「超チャネル」の構造と機能 - 体腔依存高分子物質取り込み ABC トランスポーター
研究集会名 平成 14 年度日本農芸化学会大会「生体超チャネル」シンポジウム
発表年月日 平成 14 年 3 月 25 日 (仙台市)
- 20 発表者 三上文三、安達基泰、勝矢良雄、内海 成
発表題名 ダイズ β -アミラーゼ/マルトース複合体の高分解能 X 線結晶構造解析
研究集会名 平成 14 年度日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 14 年 3 月 25 日 (仙台市)
- 21 発表者 姜 有那、安達基泰、三上文三、内海 成
発表題名 アミノ酸置換による大豆 β -アミラーゼの四量体化の試みとその X 線結晶構造解析
研究集会名 平成 14 年度日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 14 年 3 月 25 日 (仙台市)
- 22 発表者 村田幸作

- 発表題名 微生物のテーブルマナー
 研究集会名 第 28 回化学と生物シンポジウム (日本農芸化学会主催)
 「生命科学の最先端—分子から細胞まで」
 発表年月日 平成 14 年 3 月 23 日 (仙台市)
- 23 発表者 橋本 渉、三島由美子、三上文三、村田幸作
 発表題名 細菌「超チャネル」の構造と高分子輸送機能
 発表集会名 第 75 回日本細菌学会総会
 発表年月日 平成 14 年 4 月 6 日 (横浜市)
- 24 発表者 橋本 渉
 発表題名 細菌「超チャネル」の構造と高分子輸送機能(ワークショップ)
 発表集会名 第 75 回日本細菌学会総会
 発表年月日 平成 14 年 4 月 6 日 (横浜市)
- 25 発表者 橋本 渉、上野雄介、三島由美子、三宅 統、門間敬子、尹 惠珍、河
 井重幸、三上文三、村田幸作
 発表題名 細菌 *Sphingomonas* sp. A1 の全ゲノム構造
 発表集会名 第 424 回日本農芸化学会関西支部例会
 発表年月日 平成 14 年 5 月 11 日 (京都市)
- 26 発表者 三島由美子、門間敬子、橋本 渉、三上文三、村田幸作
 発表題名 細菌「超チャネル」の構造と機能:高分子(アルギン酸)結合タンパク質
 (ホロ体)の X 線結晶構造解析
 発表集会名 第 424 回日本農芸化学会関西支部例会
 発表年月日 平成 14 年 5 月 11 日 (京都市)
- 27 発表者 鈴木佐知子、三宅 統、尹 惠珍、橋本 渉、三上文三、村田幸作
 発表題名 X 線結晶構造解析による細菌多糖リアーゼの構造・機能相関
 発表集会名 第 424 回日本農芸化学会関西支部例会
 発表年月日 平成 14 年 5 月 11 日 (京都市)
- 28 発表者 三上文三、鈴木佐知子、三宅 統、尹 惠珍、橋本 渉、村田幸作
 発表題名 アルギン酸リアーゼ A1-III の変異体と基質複合体の X 線結晶構造解析
 発表集会名 日本生化学会近畿支部例会
 発表年月日 平成 14 年 5 月 25 日 (京都市)
- 29 発表者 Bunzo Mikami, Sachiko Suzuki, Hye-Jin Yoon, Osamu Miyake, Wataru
 Hashimoto, and Kousaku Murata
 発表題名 X-ray structural analysis of alginate lyase A1-III mutants/substrate
 complexes: activation of a catalytic tyrosine residue by a flexible lid
 loop.
 発表集会名 IUCrXIX 国際結晶学会
 発表年月日 平成 14 年 8 月 7 日~15 日 (スイス)

- 30 発表者 三宅 統、橋本 渉、村田幸作
 発表題名 エキソ型多糖リアーゼ(オリゴアルギン酸リアーゼ)の大量発現系構築と精製酵素の諸性質
 発表集会名 日本農芸化学会関西支部大会
 発表年月日 平成 14 年 10 月 6 日(奈良市)
- 31 発表者 橋本 渉、南海浩一、三上文三、村田幸作
 発表題名 細菌多糖リアーゼの構造・機能相関: 枯草菌 *Bacillus* sp. GL1 由来キサンタンリアーゼの X 線結晶構造
 発表集会名 平成 14 年度日本生化学会大会
 発表年月日 平成 14 年 10 月 15 日(横浜市)
- 32 発表者 橋本 渉、南海浩一、三上文三、村田幸作
 発表題名 細菌多糖リアーゼの構造・機能相関: 枯草菌 *Bacillus* sp. GL1 由来キサンタンリアーゼの活性クレフト構造
 発表集会名 平成 14 年度日本生物工学会大会
 発表年月日 平成 14 年 10 月 29 日(大阪市)
- 33 発表者 三島由美子、門間敬子、橋本 渉、三上文三、村田幸作
 発表題名 高分子アルギン酸特異的 ABC トランスポーター: 基質結合タンパク質の X 線結晶構造解析と機能相関
 発表集会名 平成 14 年度日本生物工学会大会
 発表年月日 平成 14 年 10 月 29 日(大阪市)
- 34 発表者 橋本 渉
 発表題名 スフィンゴモナス属細菌 A1 株の全ゲノム構造と高分子輸送・分解系の構造生物学
 発表集会名 第 2 回環境微生物研究会シンポジウム(藪田セミナー共催)
 発表年月日 平成 14 年 11 月 15 日(倉敷市)

[平成 15 年度]

- 35 発表者 橋本 渉
 発表題名 細菌の形態形成制御と高分子物質の輸送・分解に関する構造生物学的研究(日本農芸化学会奨励賞受賞講演)
 発表集会名 平成 15 年度日本農芸化学会大会
 発表年月日 平成 15 年 3 月 31 日(藤沢市)
- 36 発表者 橋本 渉、三島由美子、三宅 統、岡本雅子、森 茂太郎、向井貴子、原田 峰 カレン、葉山善幸、李 錫明、赤尾沙絵、森脇聡子、和田有申、山崎正幸、南海浩一、上野雄介、尹 惠珍、門間敬子、河井重幸、三上文三、村田幸作

- 発表題名 スフィンゴモナス属細菌 A1 株のゲノム(染色体、プラスミド)の全塩基配列
発表集会名 平成 15 年度日本農芸化学会大会(藤沢市)
発表年月日 平成 15 年 4 月 2 日
- 37 発表者 三島由美子、門間敬子、橋本 渉、三上文三、村田幸作
発表題名 高分子アルギン酸結合タンパク質の機能・構造解析
発表集会名 平成 15 年度日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 15 年 4 月 2 日(藤沢市)
- 38 発表者 赤尾沙絵、森 茂太郎、三宅 統、橋本 渉、三上文三、村田幸作
発表題名 *Bacillus* sp. GL1 由来新規不飽和グルクロニルヒドロラーゼの X 線結晶構造解析
発表集会名 平成 15 年度日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 15 年 4 月 1 日(藤沢市)
- 39 発表者 上野雄介、三島由美子、和田有申、橋本 渉、村田幸作
発表題名 高分子特異的 ABC トランスポーター(膜貫通ドメイン)の発現と機能
発表集会名 平成 15 年度日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 15 年 4 月 2 日(藤沢市)
- 40 発表者 南海浩一、橋本 渉、村田幸作
発表題名 *Sphingomonas* sp. A1 の形態(体腔)形成に関わる外膜タンパク質の特定と機能解析
発表集会名 日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 15 年 4 月 2 日(藤沢市)
- 41 発表者 平田 章、安達基泰、内海 成、三上文三
発表題名 *Bacillus cereus* β -アミラーゼの至適 pH に及ぼす 164Tyr の役割
発表集会名 平成 15 年度日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 15 年 4 月 1 日(藤沢市)
- 42 発表者 山崎正幸、森脇聡子、橋本 渉、三上文三、村田幸作
発表題名 多糖リアーゼファミリー 7: アルギン酸リアーゼの構造・機能相関
発表集会名 日本農芸化学会関西支部第 429 回講演会
発表年月日 平成 15 年 5 月 24 日(京都市)
- 43 発表者 上野雄介、三島由美子、和田有申、橋本 渉、村田幸作
発表題名 高分子特異的 ABC トランスポーター(膜貫通ドメイン)の発現と機能
発表集会名 平成 15 年度日本農芸化学会大会
発表年月日 平成 15 年 4 月 2 日(藤沢市)
- 44 発表者 橋本 渉、南海浩一、村田幸作
発表題名 体腔形成細菌のプロテオミクス: 高分子物質輸送に関わる外膜タンパク質の動態

- 発表集会名 日本農芸化学会関西支部第 429 回講演会
 発表年月日 平成 15 年 5 月 24 日 (京都市)
- 45 発表者 橋元 渉
 発表題名 細菌の形態形成制御と高分子物質の輸送・分解に関する構造生物学的研究
 発表集会名 平成 15 年度日本農芸化学会関西支部例会
 発表年月日 平成 15 年 5 月 24 日 (京都市)
- 46 発表者 村田幸作
 発表題名 細菌における複合糖質の輸送と代謝の高次バイオシステム
 発表集会名 (財)バイオインダストリー協会 平成 15 年度発酵と代謝研究会シンポジウム
 発表年月日 平成 15 年 7 月 11 日 (東京都)
- 47 発表者 村田幸作
 発表題名 細菌の細胞膜流動による「小胞状構造体」の形成に関わる遺伝子ネットワークの解明
 発表集会名 2003 年度特定「ゲノム」4 領域合同班版会議
 発表年月日 平成 15 年 8 月 22 日 (福岡市)

[平成 16 年度]

- 48 発表者 橋本 渉、何 金山、門間敬子、三上文三、村田幸作
 発表題名 細菌「超チャネル」：巨大分子輸送装置の構造と機能
 研究集会名 日本農芸化学会第 434 回関西支部例会
 発表年月日 平成 16 年 5 月 29 日 (京都市)
- 49 発表者 橋本 渉、村田幸作
 発表題名 細菌細胞表層の高次バイオシステム
 研究集会名 科学研究費特定領域研究成果発表会
 発表年月日 平成 16 年 8 月 13 日 (神戸市)
- 50 発表者 伊藤貴文、赤尾紗絵、橋本 渉、村田幸作、三上文三
 発表題名 不飽和糖質に作用する新規加水分解酵素の立体構造解析
 研究集会名 日本応用糖質科学会平成 16 年度大会(第 53 回)
 第 12 回糖質関連酵素化学シンポジウム
 発表年月日 平成 16 年 9 月 15 日 (鹿児島市)
- 51 発表者 三宅 統、橋本 渉、村田幸作
 発表題名 「超チャネル」形成細菌にけるアルギン酸リアーゼの多様性と新規多糖リアーゼファミリー PL-15
 研究集会名 日本生物工学会平成 16 年度大会
 発表年月日 平成 16 年 9 月 21 日～23 日 (名古屋市)

- 52 発表者 門間敬子、弘中啓一郎、橋本 渉、村田幸作
 発表題名 「超チャネル」形成細菌：ペプチドグリカン分解酵素の機能解析
 研究集会名 日本生物工学会平成16年度大会
 発表年月日 平成16年9月21日～23日（名古屋市）
- 53 発表者 何 金山、南海浩一、橋本 渉、村田幸作
 発表題名 「超チャネル」形成細菌：細胞表層に発現するアルギン酸顆粒結合タンパク質の機能解析
 研究集会名 日本生物工学会平成16年度大会
 発表年月日 平成16年9月21日～23日（名古屋市）
- 54 発表者 橋本 渉、何 金山、三上文三、村田幸作
 発表題名 「超チャネル」形成細菌：鞭毛タンパク質フラジェリンの局在性と新しい機能
 研究集会名 日本生物工学会平成16年度大会
 発表年月日 平成16年9月21日～23日（名古屋市）
- 55 発表者 Karen Mine Harada, Keiko Matsutani, Wataru Hashimoto, Yasuki Fukuda, and Kousaku Murata
 発表題名 Degradation of rice bran hemicellulose by *Paenibacillus* sp. strain HC1enzymes
 研究集会名 日本生物工学会平成16年度大会
 発表年月日 平成16年9月21日～23日（名古屋市）
- 56 発表者 村田幸作
 発表題名 細菌「超チャネル」：多糖輸送の高次バイオシステム
 研究集会名 平成16年度日本農芸化学会西日本支部・北海道支部合同大会及日本農芸化学会創立80周年記念シンポジウム
 発表年月日 平成16年10月8日（福岡市）