

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K05835

研究課題名(和文) 有用単糖の生産を目的とした多糖類資化細菌NT5株の酵素群の解析

研究課題名(英文) Analysis of useful monosaccharides-producing enzymes from polysaccharide-assimilating bacteria, strain NT5

研究代表者

野村 隆臣 (Takaomi, Nomura)

信州大学・学術研究院繊維学系・准教授

研究者番号：90362110

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：天然多糖類を原料とするバイオエタノールの実用的生産系の基盤構築を目指すにあたり、我々が独自に単離した新規細菌NT5株の多糖類分解特性、および保有する推定多糖類分解酵素の機能同定を行った。NT5株はアルギン酸資化能を指標に単離された新規細菌であるが、アルギン酸以外にもペクチンを含む複数の天然多糖類に対して強い資化性を有すること、アルギン酸とペクチン酸の推定の分解酵素の遺伝子について、8種中6種を機能同定することに成功した。アルギン酸分解酵素では、エンド型とエキソ型の両触媒様式を有するユニークな酵素を見出し、今後の発展的応用化に期待が持てる成果が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

天然多糖類からの有用単糖の生産において、NT5株が保有する酵素群が高い潜在性を持つことが示された。本研究におけるこの成果は、単糖生産の効率化に直結することから、バイオエタノールの実用的な生産系の基盤となり得るものであり、化石燃料への依存度の低下・クリーンエネルギーの割合増加の実現に向けた重要な位置づけにあると言える。また、NT5株が保有するユニークなアルギン酸分解酵素の発見は学術的に極めて興味深いものであり、エンド型/エキソ型の触媒様式をもたらす分子機構の解明につながると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In order to establish fundamental and practical methods for bioethanol production, we tried to carry out the following: 1) studying on the polysaccharide-assimilation profile of strain NT5, which we isolated as alginate-assimilating bacteria. 2) functional identification of putative genes for polysaccharide-degrading enzymes from strain NT5. We revealed that strain NT5 showed the assimilating ability for at least 8 polysaccharides containing alginate and pectin/pectate, and we succeeded to function-identify 6 different putative genes for alginate and pectin/pectate degrading enzymes in protein level. The results from this work imply that strain NT5 is the useful gene resource for the applications associated with mono- and oligosaccharides, such as bioethanol production.

研究分野：応用生物化学

キーワード：多糖類分解 アルギン酸 ペクチン酸 リアーゼ 加水分解 バイオエタノール 単糖生産

1. 研究開始当初の背景

世界のエネルギー生産は、埋蔵量の限られた化石燃料に大きく依存しているのが現状であり、代替となるクリーンエネルギーの実用的な生産技術の開発は、何よりも優先すべき重要な課題だと言える。クリーンエネルギーの有力候補の1つにバイオエタノールが挙げられる。バイオエタノールの基本的な生産スキームは概ね確立されており、単糖(多糖類の分解産物)の異化代謝で生じるピルビン酸を嫌氣的代謝(アルコール発酵)することによって生産され、その主な原料は、サトウキビやトウモロコシのような糖質やデンプン質の可食性バイオマス(第一世代)である。しかし、これらを原料に用いると食料との競合といった解決の難しい問題が生じる。そのため、セルロースを中心とした非可食性バイオマス(第二世代)を原料とするバイオエタノール生産技術の開発が盛んに進められているが、陸上バイオマスであることによる人の生活圏との競合や、糖化過程での硫酸処理が高い環境負荷を生じること、さらに、酵素処理による低環境負荷の糖化技術の開発も進んでいるが、現状では酵素の触媒活性が不十分といった解決すべき課題がある。これらに対して、海洋バイオマス(第三世代)のアルギン酸が新たな原料として注目されている。アルギン酸は、魚介養殖域の拡大に伴う、海洋の富栄養化によって異常発生が問題視される褐藻類に多く含まれる天然多糖類である。そのため、第一世代バイオマスのような食料との競合問題は少ない。また、第二世代バイオマスのように主骨格にリグニンを含まないことから、厳しい前処理を必要としない。注目すべきは、アルギン酸を原料とするバイオエタノール生産効率は19 kL/ha/yearとサトウキビの約2倍(9.95 kL/ha/year)、トウモロコシの約5倍(3.8 kL/ha/year)高いと試算されていることである[Science 329,790-792, 2010, Nature 335, 308-313, 2012]。以上のように、アルギン酸を原料とした次世代バイオエタノールの実用的な生産系の確立が、エネルギー問題の解決に繋がると考えられるが、最も重要な点は、いかにして高効率かつ低環境負荷の条件でアルギン酸を単糖化するかである。この課題に対して、未知・未利用細菌のちから(細菌が保有する酵素)を利用するのが最も有効であると考えられる。多くの研究機関でアルギン酸を分解・資化する新規細菌の探索が進められており、*Flavobacterium* sp. UMI-01、*Vibrio splendidus* 12B01、*Sphingomonas* sp. A1のように候補となり得る細菌株は見出されてきている[Alga Research 19, 255-362, 2016, Energy Environ. Sci. 4, 2575-2581, 2011, Nature 335, 308-313, 2012]。我々も優れたアルギン酸分解能を持つ細菌株の取得を試み、長野市篠ノ井信里地区の“ため池群”から、アルギン酸を唯一の炭素源とする培地条件(スクリーニング条件)で複数の細菌株を単離することに成功した。これらの中でNT5株(Nobusato Tameike No.5)と命名した細菌株は、16S rDNAの分子系統解析から新規細菌であることが示唆され、アルギン酸の資化に関連する全ての推定遺伝子を保有することがゲノム解析より判明した。NT5株のアルギン酸分解能は強力であり、1%(w/v)アルギン酸を含む高粘性の最少培地にてNT5株を培養すると、培養液の粘度はわずか一晩で水と同程度(~1.5 mPa/s)まで低下し、アルギン酸分解酵素(アルギン酸リアーゼ)の性質に強く依存すると考えられた。さらに、NT5株はアルギン酸以外にも複数の天然多糖類分解酵素(推定遺伝子)を保有していることも判明し、NT5株が優れた多糖類分解酵素の遺伝子ソースになり得る可能性が示唆された。以上の結果を受け、各推定遺伝子のリコンビナント体の作製・機能解析を主とする本研究を立案するに至った。

2. 研究の目的

本研究の目的は、新規細菌NT5株の優れたアルギン酸分解・資化能をもたらす酵素群の特性を解析・理解することで、次世代バイオエタノールの実用的生産系の基盤構築を図ることである。NT5株はアルギン酸リアーゼ推定遺伝子を少なくとも4保有することがゲノム解析より判明しており、基質特異性や触媒様式に一貫性が見られない3種のPL6(peg.2754, peg.3971, peg.3973)と1種のPL17(peg.3982)ファミリーに属すると推定されている。このことは、本研究にて、アルギン酸リアーゼに対する理解の飛躍的な向上(PLファミリーによる酵素特性・触媒機構の差の明確化)が見込まれる。また、NT5株がアルギン酸以外にも複数の天然多糖類分解酵素(推定遺伝子)を保有したことを受け、NT5株の多糖類資化能を正確に把握することで、NT5株の多糖類分解酵素に対する遺伝子ソースとしての潜在性を明確化することも本研究の目的とした。特にペクチン質(カルボキシル基がメチルエステル化されたペクチンと未修飾のペクチン酸の総称)に対する分解酵素(推定遺伝子)を少なくとも4種(3種のペクチン酸リアーゼ; peg.44, peg.48, peg.1716と1種のポリガラクトナーゼ; peg.46)保有していたことは重要である。ペクチン質は、りんごや柑橘系果物の果実や皮に含まれるが、果物の加工段階で生じる廃棄物(搾りかす)にも多く存在する(りんごの搾りかすは、湿重量の1.5-2.5%がペクチン質)。加工廃棄物の減量化は企業努力にて進んでいるが決定的な解決策は見当たらないのが現状である。我々が所属する信州大学は「日本有数の果物産地・長野県」に在り、この問題を目の当たりにしている。本研究にてペクチン質分解酵素の解析が目的通り進めば、果物廃棄物からのバイオエタノール生産といったエネルギー循環システムの実現も夢ではないと考えられる。

3. 研究の方法

我々の最終目標は、「NT5 株が保有する天然多糖類から有用単糖への変換に関わる酵素群の高度利用」を通して、次世代バイオエタノールの生産技術を確立することであり、本研究では、その基盤を構築するため下記の2つの課題（課題Ⅰと課題Ⅱ）について実施した。

課題Ⅰ 個体レベルの解析

【Ⅰ-1】多糖類分解酵素の発現に培養条件が影響を及ぼす懸念があるため、培地組成と温度（25, 30, 37, 45°C）による生育挙動を解析した。多糖類としてはアルギン酸を使用し、アルギン酸を含む最少培地（A-M9; アルギン酸+M9 最少培地）、および LB 培地を基本とした3種の条件（A-LB; アルギン酸+LB 培地, A-Y; アルギン酸+Yeast Extract, A-P; アルギン酸+ペプトン）にて行った。この際、経時的に培養液を採取し、その粘度変化を多糖類分解能の指標とした。

【Ⅰ-2】分解酵素（推定遺伝子）の存在が示唆された11種の天然多糖類（アルギン酸、フコイダン、ラミナリン、ペクチン、ペクチン酸、キチン、キシラン、キサントガム、セルロース、デンプン、マンナン）を単独炭素源にした培養解析を行った（30°Cにて7日間）。セルロースとキチンは不溶性であるため、水溶性のカルボキシメチルセルロース（CMセルロース）、および既知手法にて別途調製したコロイダルキチンを使用した。キチン以外は各多糖類を含む液体最少培地による振盪培養法、キチンは寒天培地による静置培養法にて評価した。

課題Ⅱ 遺伝子工学的アプローチによる解析

バイオエタノール生産の最有力な原料多糖類と考える「アルギン酸」と「ペクチン質」に対する分解酵素について解析した。アルギン酸分解では、アルギン酸リアーゼが作用（リアーゼ分解）して、不飽和オリゴ、最終的には単糖（ウロン酸）に分解する。一方、ペクチン質分解では、リアーゼ分解（ペクチン酸リアーゼ）と加水分解（ポリガラクトツロナーゼ）がある。

【Ⅱ-1】各候補遺伝子を pET-21b 発現ベクターに導入し、大腸菌 Rosetta(DE3) の細胞内にて発現タンパク質を IPTG 誘導、および菌体破砕液からの IMAC による精製過程を経てリコンビナント酵素を調製した。続けて、リアーゼ酵素なら 235 nm の吸光度変化（C4-C5 間の二重結合形成に起因）、加水分解酵素なら還元糖の定量（DNS 法）から酵素活性を測定した。また、薄層クロマトグラフィー（TLC）、酵素電気泳動解析、液体クロマトグラフィー質量分析による酵素反応生成物の直接解析も実施した。なお、アルギン酸分解では peg.2754, peg.3971, peg.3973, peg.3982、ペクチン質分解では peg.44, peg.48, peg.46, peg.1716 の推定遺伝子を解析対象とした。

【Ⅱ-2】Ⅱ-1 で得られた結果を受けて peg.48 を対象とした遺伝子工学的改良を試みた。Error-Prone PCR 法にてランダム変異体（ep クローン）を取得した後、得られた各 ep クローンの大腸菌コロニーからリコンビナント酵素を発現誘導させ、その菌体破砕液をペクチン質を含む寒天プレートに滴下・保温静置することで、分解によって生じる透明帯の形成能を評価した（スポットアッセイ）。この際、SDS-PAGE でリコンビナント酵素の発現量を解析し、透明帯形成能と発現量の両面から酵素の触媒能を評価した。

4. 研究成果

【Ⅰ-1】NT5 株のアルギン酸分解能（アルギン酸分解酵素の発現）と生育状態の関連性を把握するため、各種条件における NT5 株の培養解析を行った。結果、NT5 株は LB 寒天培地にて 25°C から 37°C の温度範囲で生育可能であることが明らかとなった。至適生育温度の 30°C に固定して栄養条件が及ぼす影響を検討したところ（表 1）、炭素源が存在しない M9 最少培地を除く全ての培地条件で生育することが明らかとなったが、栄養条件の違いによる有意な差は見られなかった。培養上清の 235 nm の吸光度の増加と粘度の低下をアルギン酸の分解の指標にして解析したところ、利用可能な炭素源がアルギン酸だけの条件になるほどアルギン酸分解能が向上し、A-M9 培地では他の条件を凌駕する結果が得られた。LB 培地のような栄養豊富な条件下で、NT5 株がアルギン酸分解能を全く示さなかったことから、アルギン酸が存在しなければ NT5 株の細胞内でアルギン酸分解酵素が発現誘導されないと思われる。

表 1 NT5 株のアルギン酸分解能と生育挙動

培養上清の 600 nm における濁度（OD600）、235 nm における吸光度（A235）、および粘度を培養開始時と 24 時間後にそれぞれ測定し、その差を Δ で表示した。M9 は M9 最少培地、LB は LB 培地、Y は LB 培地から Pepton を除いた培地、P は LB 培地から Yeast Extract を除いた培地をそれぞれ示し、アルギン酸を含む場合は培地名の前に A をつけて表示した。

培地	倍加時間 [min]	Δ OD600	Δ A235	Δ 粘度 [mPa/s]	菌体量あたりの Δ A235	菌体量あたりの Δ 粘度
M9	-	-	-	-	-	-
LB	81.9 ± 3.56	2.76	0.00	0.09	0.00	0.03
Y	115 ± 9.70	-	-	-	-	-
P	103 ± 13.6	-	-	-	-	-
A-M9	218 ± 15.6	0.27	8.60	15.64	31.60	57.50
A-LB	85.1 ± 3.34	4.43	6.45	8.67	1.46	1.96
A-Y	127 ± 1.07	2.06	8.58	3.60	4.18	1.75
A-P	98.9 ± 2.81	2.01	22.14	5.89	11.00	2.93

【I-2】NT5株の多糖類資化特性の明確化を試みるにあたり、I-1の結果より、多糖類分解酵素発現をさせるためには、対象とする多糖類を単独炭素源にする必要があると考えられた。そこで、M9最小培地に分解酵素（推定遺伝子）の存在が示唆された11種の天然多糖類を添加して培養解析を行った（図1）。結果、NT5株はアルギン酸だけでなく、フコイダン、ラミナリン、ペクチン、ペクチン酸、キシランに対して強い資化性、キサンタンとデンプンに対しては弱い資化性を示した。この結果は、NT5株が少なくとも8種類の天然多糖類分解酵素をタンパク質レベルで発現・機能することに起因すると考えられ、NT5株がこれら酵素群に対して有用な遺伝子ソースになることを意味している。NT5株が単離された地域は、海底が隆起して形成されたと考えられており、海洋褐藻類に含まれる主要多糖類の全てを資化可能であったことはこのことを裏付ける証拠の1つとして大変興味深い。また、果物多糖類のペクチン質（ペクチンとペクチン酸）に対する資化能を示したことも注目すべき特徴であり、バイオエタノールの原料として果物廃棄物を有効活用できる可能性をNT5株が提示したと考えている。一方、セルロース（CMセルロース）、マンナン、キチン（コロイダルキチン）は資化不可能であることが判明し、これらに対する分解酵素の推定遺伝子は、存在するが機能失活した偽遺伝子の可能性が高いと推測される。

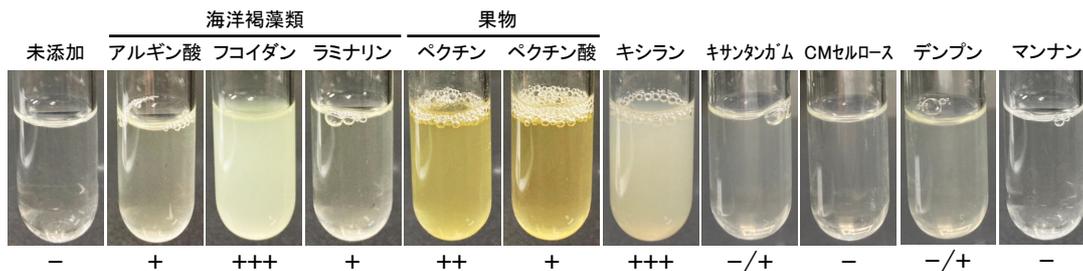


図1 NT5株のアルギン酸分解能と生育挙動

M9最小培地に天然多糖類のアルギン酸、フコイダン、ラミナリン、ペクチン、ペクチン酸（ポリガラクトuron酸）、キシラン、キサンタンガム、カルボキシメチルセルロース（CMセルロース）、デンプン、マンナンのそれぞれを添加した培養液にNT5株を植菌して、30°Cにて7日間連続培養した。比較対象として多糖類を未添加のM9最小培地でも同様に行った。

【II-1】アルギン酸分解酵素（アルギン酸リアーゼ）の候補として *peg.2754*、*peg.3971*、*peg.3973*、*peg.3982* の4種、ペクチン質分解酵素（ペクチン酸リアーゼとポリガラクトuronナーゼ）の候補として *peg.44*、*peg.48*、*peg.46*、*peg.1716* の4種を解析対象に選択し、リコンビナント酵素の調製を試みた。結果、*peg.2754* と *peg.1716* を除く6種について酵素活性を保持したリコンビナント酵素の調製、および機能同定することに成功した。*peg.3971* はエンド型アルギン酸リアーゼ、*peg.3973* はエンド型とエキソ型の両触媒様式を有するユニークなアルギン酸リアーゼ、*peg.3982* はエキソ型アルギン酸リアーゼ、*peg.44* と *peg.48* はエンド型ペクチン酸リアーゼ、*peg.46* はエキソ型ポリガラクトuronナーゼであることが判明した。これら酵素に対して種々の解析を実施し、各酵素の生化学的諸性質（比活性、pH・温度依存性、pH・温度安定性、基質特異性、触媒様式等）を明確にすることができた（表2）。

表2 本研究で解析に成功したアルギン酸およびペクチン質分解酵素群の生化学諸性質

peg.#	3971	3973	3982	44	46	48
Length [aa]	455	774	710	493	559	373
Signal peptide	1-40	1-20	1-22	1-27	1-23	1-20
Theoretical mass [kDa]	46.2	83	79.6	50.9	59.3	36.1
PL or GH family	PL6-1	PL6-1	PL17-2	PL1-2	GH28	PL10-1
Quaternary structure	Monomer	Dimer	Monomer	Monomer	Monomer	Monomer
Specific activity [U/mg]	478.2	3.7	78.0	95.0	71.2	35.9
Optimal pH	9.0	8.0	7.0	8.0	7.0	9.0
pH stability	Wide range	Wide range	Wide range	Wide range	Wide range	Wide range
Optimal temperature [°C]	45.0	20.0	45.0	50.0	45.0	40.0
Temperature stability [°C]	0-40	0-35	0-40	0-45	0-50	0-30
Catalytic manner	endo	endo (MG), exo (G)	exo	endo	exo	endo
Substrate specificity	MG & M	MG & G	MG	Low DE	Moderate DE	Low DE
0.1 M NaCl	93%	207%	52%	n.d.	n.d.	n.d.
1.0 mM CaCl ₂	1,730%	1,349%	113%	580%	n.d.	4,147%
0.1 % SDS	0%	0%	0%	83%	n.d.	0%
2.0 M Urea	79%	79%	62%	0%	n.d.	0%
1.0 M Guanidine-HCl	32%	32%	29%	0%	n.d.	8%
1.0 mM EDTA	9%	9%	117%	0%	n.d.	8%
Functional identification	Alginate lyase	Alginate lyase	Oligoalginate lyase	Pectate lyase	Polygalacturonase	Pectate lyase

本研究により、NT5株がアルギン酸とペクチン酸に対して、エンド型とエキソ型の酵素を保有していることが明確に示され、これら酵素群を用いてNT5株は両多糖類を単糖まで分解していると考えられる。しかし、ペクチン酸についてはリアーゼ反応（β脱離）による経路を特定するには至っておらず、残された課題の1つである。可能性としては、リコンビナント酵素の調製ができなかった *peg.1716* がエキソ型ペクチン酸リアーゼの候補として挙げられる。*peg.1716* は

分子系統解析から PL1 ペクチン酸リアーゼと推定され、触媒ドメイン (730-907 アミノ酸領域) だけでなく炭化水素結合モジュール CBM35 (369-479 アミノ酸領域) を有することが Pfam によるドメイン検索から示唆された。CBM35 は多糖類分解酵素に存在する約 140 のアミノ酸領域からなる非触媒ドメインであり、不飽和ウロン酸とのみ結合することが知られている。これまでの CBM35 に関する研究は、CBM35 単独の機能を見ているに過ぎず、触媒ドメインとの協調的作用を解析した例は皆無である。全長の peg.1716 に対して、発現ベクターや大腸菌宿主の変更を試みたが、可溶化発現させるには至っていない。そこで、CBM35 を除去した触媒ドメインだけにしたところリコンビナント酵素として取得することに成功した。しかし、予想に反して、その触媒様式はエンド型であり、CBM35 との共発現がエキソ型をもたらすと推測して引き続き解析を進めているところである。本研究で最も興味深い酵素特性が peg.3973 で見られた。peg.3973 はエンド型とエキソ型の両触媒様式を有するユニークなアルギン酸リアーゼであり、1 つの酵素で単糖を生産できることから産業的に利用価値が極めて高い酵素だと言える。peg.3973 は触媒ドメインを含む N 末端ドメイン (NTD) と機能未知の C 末端ドメイン (CTD) で構成されている。NTD はエンド型 PL6 アルギン酸リアーゼに類似しており、NT5 株では peg.3971 と高い相対性を示す。つまり、peg.3973 では、エンド型活性を担う NTD に CTD が協調的に作用することでエキソ型活性が生じるという仮説が立てられる。この仮説を実証するために、peg.3973 を NTD と CTD に分割したリコンビナント体の作製を進めているところである。

【Ⅱ-2】Ⅱ-1 における解析より、エンド型ペクチン酸リアーゼと機能同定された peg.48 は、反応時間の持続性が著しく短いことや反応性に対する基質のエステル化度 (DE) に影響を受けやすい (DE の高い領域に対する反応性が低い: 狭い基質特異性) といった、改良すべき特徴を有することが明らかとなった。そこで、ランダム変異体 (ep クローン) から高機能型の peg.48 を取得する実験系の構築を試みた。結果、スポットアッセイにて活性を示した計 21 個の ep クローンが得られ、それらの中から、SDS-PAGE による発現タンパク質の可溶化状態の解析を踏まえて高機能型 (高比活性型) になったと期待された 1 個の ep クローン (A-ep.48) を取得することに成功した。A-ep.48 には 2 箇所のアミノ酸置換 (I183V と N194D) が生じていることまで明らかにしており、引き続き解析を進める予定である。取得できた高機能型 ep クローンは 1 個であったが、本研究で行ったスクリーニング方法 (ep クローンの発現コロニーから凍結融解法で可溶画分を取得した後、得られた可溶画分に対して SDS-PAGE とスポットアッセイの両方を実施) は、任意の目的に応じた ep クローンを取得するのに有効な手法であると考えている。

課題Ⅰと課題Ⅱについては、一部解析できなかった遺伝子もあるが概ね達成できたと考えており、NT5 株がもつ優れた多糖類資化能の実証と関連する酵素群の機能同定をすることができた。しかし、開始当初に課題Ⅲとしていた「*in vitro* 単糖生産システムの最適化」については、酵素活性の測定条件の確立だけに留まっており、今後の大きな課題として残された

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 森脇 洋, 藤井 朱瑞, 伊藤 隆, 野村 隆臣	4. 巻 42
2. 論文標題 裾花川の石油湧出地点より単離したバクテリア (Acinetobacter beijerinckii susohanaR) の石油分解能	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 信州大学環境科学論文集	6. 最初と最後の頁 92-109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Choong Chi Yan, 野村 隆臣
2. 発表標題 簡便かつ安価な大腸菌無細胞タンパク質合成系の構築を目指して
3. 学会等名 第86回 日本生化学会中部支部例会・シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 堀越 妃乃, 野村 隆臣
2. 発表標題 Long Type PL6 アルギン酸リアーゼに見られるユニークな特徴
3. 学会等名 第86回 日本生化学会中部支部例会・シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山崎 拓真, 野村 隆臣, 荒木 潤
2. 発表標題 カチオン化セルロースナノウィスカー/ポリビニルアルコール(PVA)複合フィルムの力学物性および抗菌性
3. 学会等名 2022年繊維学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Choong Chi Yan, 野村 隆臣
2. 発表標題 大腸菌無細胞タンパク質合成系の低コスト化
3. 学会等名 第45回 日本分子生物学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 堀越 妃乃, 野村 隆臣
2. 発表標題 エンド型とエキソ型の触媒様式を示す PL6 アルギン酸リアーゼの生化学的特徴
3. 学会等名 第45回 日本分子生物学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小坂 十理之, 野村 隆臣, 荒木 潤
2. 発表標題 銀ナノ粒子担持セルロースナノウィスカーをフィラーに用いた複合材料の力学物性および抗菌性
3. 学会等名 第71回日本木材学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上田 哲平, 野村 隆臣, 荒木 潤
2. 発表標題 銀ナノ粒子吸着ホヤセルロースナノウィスカー/ポリビニルアルコールナノコンポジットフィルムの力学物性
3. 学会等名 第71回日本木材学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森脇 洋, 藤井 朱瑞, 伊藤 隆, 野村 隆臣
2. 発表標題 裾花川の石油湧出地点から単離したバクテリアによる油分解 (Oil degradation by a bacterial strain isolated from the oil-leaching site at Susohana River)
3. 学会等名 第29回環境化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 堀越 妃乃, 野村 隆臣
2. 発表標題 PL6アルギン酸リアーゼAly85NTに見られるユニークな酵素特性
3. 学会等名 第73回日本生物工学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小坂 十理之, 野村 隆臣, 荒木 潤
2. 発表標題 銀ナノ粒子担持セルロース/PVA複合材料の力学物性及び抗菌性能
3. 学会等名 第70回日本木材学会大会 (鳥取大会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------