

平成 30 年 4 月 28 日現在

機関番号：23201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26850072

研究課題名(和文)糖エステル化合物の新規生合成系の提唱を志向したチューリップシド生合成経路の解明

研究課題名(英文)Elucidation of tuliposide biosynthetic pathway as a novel model of sugar ester biosynthesis

研究代表者

野村 泰治(Nomura, Taiji)

富山県立大学・工学部・准教授

研究者番号：40570924

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文):チューリップにおける主要二次代謝産物である糖エステル化合物「6-チューリップシド(6-Pos)類」、および6-Posに由来する抗菌活性物質「チューリップパリン(Pa)類」の生合成に関する以下の知見が得られた。1) 6-アシルグルコースである6-Pos類は、1,6-ジアシル型Pos類を経由して生合成されている可能性が高い。2) 6-Pos生合成中間体と想定される1,6-ジアシル型Pos類の含有量は、チューリップの栽培品種と原種の間で大きく異なる。3) 6-Pos類からPa類への変換を触媒する「Pos変換酵素」には複数のアイソザイムが存在しており、組織ごとに異なるアイソザイムが発現している。

研究成果の概要(英文): This study was performed to find a clue to the biosynthesis of 6-tuliposides (6-Pos) and tulipalins (Pa), which are the major defensive secondary metabolites in tulip, and the following results were obtained: 1) 6-Acyl glucose type of Pos (6-Pos) is most probably synthesized via 1,6-diacyl type of Pos. 2) Content of 1,6-diacyl type of Pos, the putative biosynthetic intermediates for 6-Pos, differs greatly between cultivated and wild tulip species. 3) Multiple isozymes exist for Pos-converting enzyme, which catalyzes the conversion of 6-Pos to Pa, and expression profile of each isozyme gene differs with tissue, indicating that tulip subtilizes the multiple isozymes of Pos-converting enzyme depending on the tissue.

研究分野：植物生化学、生物有機化学

キーワード：二次代謝 生合成 酵素 糖エステル チューリップシド チューリップパリン チューリップシド変換酵素 カルボキシルエステラーゼ

1. 研究開始当初の背景

糖エステル化合物であるチューリップシド(Pos)類はチューリップにおける主要二次代謝産物である。主要化合物種は 6-PosA と 6-PosB であり、側鎖ヒドロキシ酸がグルコースの 6 位水酸基にエステル結合した構造をもつ。6-PosA/B 各々の側鎖ヒドロキシ酸のラクトン化体は、チューリップリン (Pa) A および PaB とよばれる。6-Pos 類から Pa 類への変換反応は、我々が発見した新規カルボキシルエステラーゼファミリー酵素である「Pos 変換酵素」によって触媒される。6-Pos 類が顕著な生物活性を示さないのに対して、Pa 類は抗菌、害虫忌避などの様々な生物活性を示すことから、6-Pos から Pa への酵素変換はチューリップの生体防御において重要な役割を担っていると考えられている。

糖エステル化合物は植物界に広く存在しており、1-アシルグルコースの生合成については既に多くの報告があるが、6-Pos 類のような 6-アシルグルコースについては、その存在は多数報告されているものの、その詳細な生合成経路は明らかになっていない。6-Pos 類の生合成は、側鎖ヒドロキシ酸の生合成、および生成したヒドロキシ酸によるグルコースのアシル化の 2 フェーズからなることとみることができるが、いずれについても詳細な経路は分かっていない。そこで筆者は、6-Pos 生合成の最終段階であるグルコースのアシル化プロセスの解明が、6-Pos 類の生合成経路の解明にとどまらず、6-アシルグルコース化合物全般の普遍的な生合成モデルの提唱に繋がりが得るものであると考え、本生合成系を対象として研究に着手した。

2. 研究の目的

6-Pos 類の生合成反応として想定される最も単純な反応は、グルコースと α -メチレン- γ -ヒドロキシ酪酸-CoA を基質とするアシル基転移酵素による縮合反応であるが、遊離のグルコースの 6 位水酸基へのアシル基転移を直接触媒する酵素がこれまで知られていないこと、および我々のこれまでの研究によって得られている種々の知見から、6-Pos 類の生合成には 1,6-ジアシル型 Pos 類である PosD や PosF が関与するとの作業仮説を立て、それを生化学的に実証することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 種々のチューリップにおける Pos 含有量の精査

1,6-ジアシル型 Pos 類である PosD および PosF が 6-Pos 生合成に関与していることを検証する実験の一環として、まず PosD/F の存在が既に報告されている原種チューリップにおける Pos 含有量の精査を行った。原種チューリップ 45 種の開花期の植物体を各組織

に分離し、そのメタノール抽出物を HPLC 分析に供することで Pos 含有量を定量した。

並行して、これまで PosD/F の存在の報告がないチューリップ栽培品種について、両化合物の探索を行った。栽培品種 25 品種の開花期の植物体を各組織に分離し、そのメタノール抽出物を HPLC 分析に供し、別途調製した PosD/F の標品とクロマトグラム上での保持時間が一致するピークを探索した。一致するピークが検出された品種/組織について、抽出液を大量調製し、逆相系のオープンカラムクロマトグラフィーおよび分取 HPLC によって当該化合物を単離、精製後、各種分光学的手法による構造解析を行った。

(2) Pos 変換酵素の基質特異性：ジアシル型 Pos 類に対する酵素活性の精査

植物組織から調製した粗酵素を用いて、ジアシル型 Pos 類である PosD/F が基質あるいは生成物として関与する生合成酵素活性を検出、測定する際には、粗酵素中の Pos 変換酵素が PosD/F に対して高い活性を有していると、PosD/F が分解されてしまうため、目的の酵素活性を検出、測定することができない。そこで、Pos 変換酵素が本来の基質である 6-Pos 類に加えて、PosD/F を基質とするかどうかを調べた。

同定済みの PosA 変換酵素 (TgTCEA1) および PosB 変換酵素 (TgTCEB1) を大腸菌で発現、精製することで得られた組換え酵素を用いて、PosD/F を基質とした酵素反応を行った。活性が検出されたものについては、反応速度パラメーターを測定し、本来の基質である 6-Pos 類に対するパラメーターとの比較を行った。

(3) 抗 Pos 変換酵素抗体を用いた粗酵素中 Pos 変換酵素の不活化法の検討

粗酵素を用いて Pos 生合成関連酵素の活性を探索する際には、粗酵素中で非常に高い活性を有する Pos 変換酵素の存在が障害となる。そこで、抗 Pos 変換酵素抗体を用いて、Pos 変換酵素を不活化する方法を検討した。栽培品種「紫水晶」から同定済みの PosA 変換酵素 (TgTCEA1) および PosB 変換酵素 (TgTCEB1) を大腸菌で発現、精製して得られた組換え酵素を抗原として、抗 PosA 変換酵素ポリクローナル抗体および抗 PosB 変換酵素ポリクローナル抗体をそれぞれ作成した。このものを用いて、以下の 3 つの方法によって、栽培品種「紫水晶」および原種「トルケスタニカ」の葉粗酵素中の PosA/B 両変換酵素の不活化を試みた。すなわち、() 酵素反応液への各抗体溶液の添加、() 粗酵素液に各抗体溶液を添加、反応後、rProtein A sepharose を添加することで得られた免疫沈降上清を用いた酵素反応、() N-ヒドロキシスクシンイミド活性化 sepharose と抗体を反応させることで作成した抗 Pos 変換酵素抗体固定化カラムに通液した粗酵素液を用いた

酵素反応、の3つの方法を検討した。

(4) PosB 変換酵素アイソザイムの精製、酵素遺伝子の単離および機能解析

本研究の開始時点で、高い PosB 変換酵素活性を有する花粉からの PosB 変換酵素の精製と酵素遺伝子 (*TgTCEB1*) の単離に成功していたが、同遺伝子が発現していない根や葉においても粗酵素中で高い PosB 変換酵素活性が検出されるという矛盾がみられた。このことより、根および葉では、*TgTCEB1* とは異なるアイソザイムが発現していることが想定されたため、当該アイソザイムの精製と酵素遺伝子の単離を行った。まず、根と葉の生育過程における粗酵素中の PosB 変換酵素活性の経時変化を調べた。最も高い活性がみられた生育時期の根および葉を材料として PosB 変換酵素の精製を試みた。硫酸分画および各種カラムクロマトグラフィーを経て、根および葉の PosB 変換酵素を均一に精製した。精製酵素の N 末端および内部アミノ酸配列を解析後、根および葉から調製した mRNA に対して degenerate RT-PCR および RACE-PCR を行うことで、根からは *TgTCEB-R*、葉からは *TgTCEB-L* と命名した新規遺伝子を単離した。

次に、*TgTCEB-R* および *TgTCEB-L* の成熟ポリペプチド領域を大腸菌で発現させ、組換え酵素を調製した。金属アフィニティー精製、トロンピン処理による His タグの除去、およびゲルろ過クロマトグラフィーを経て組換え酵素を均一に精製し、基質特異性や反応速度論解析を含む酵素学的諸性質の解析を行った。また、チューリップの各組織における *TgTCEB-R* および *TgTCEB-L* 遺伝子の転写レベルを定量 RT-PCR によって解析し、先に花粉から同定された *TgTCEB1* と発現プロファイルを比較した。さらに、翻訳産物の N 末端に存在するシグナルペプチドの機能解析のため、GFP との融合タンパク質をタマネギ表皮細胞で一過的に発現させ、GFP 蛍光が局在する細胞小器官を共焦点レーザー顕微鏡観察によって同定した。

4. 研究成果

(1) 種々のチューリップにおける Pos 含有量の精査

原種チューリップ 45 種の各組織における Pos 含有量の定量的結果、ほとんどの種/組織において、栽培品種と同様に 6-PosA または 6-PosB が主要 Pos 類として蓄積していることが分かった。同時に、ほとんどの種/組織において、栽培品種では単離の報告がない PosD や PosF といったジアシル型 Pos 類が著量蓄積していることが明らかとなった。原種チューリップは大きく「*Leiostemones* 節」と「*Eriostemones* 節」に分けられるが、PosD/F の蓄積については節間で明らかに異なる傾向がみられ、栽培品種の起源とされる

Leiostemones 節よりも、栽培品種とは遺伝的に遠い *Eriostemones* 節に属する種で検出率/含有量が高かった。また興味深いことに、近縁種間では Pos 類の蓄積パターンが似ており、Pos 類の蓄積パターンを指標とした化学分類 (chemotaxonomy) がチューリップの分類の一助となることが示唆された。

各 Pos 類の含有量の相関関係を調べたところ、6-PosA と PosD、6-PosB と PosF の組み合わせでのみ強い正の相関がみられた。6-PosA と PosD、ならびに 6-PosB と PosF はそれぞれグルコースの 6 位水酸基に結合しているアシル側鎖の構造が同一であることから、この結果は妥当なものと考えられ、6-PosA は PosD から、6-PosB は PosF から生合成されているという当初の作業仮説が強く支持された。

しかしながら、栽培品種からはこれまで PosD/F の単離の報告がないことから、種々の栽培品種において両化合物の探索を行った。栽培品種 25 品種の各組織における分析の結果、ほとんどの品種/組織においては PosD/F は検出されなかったものの、2 つの品種の特定の組織 (それぞれ「花弁」と「めしべ」) で PosD が、さらに別の 2 品種の特定の組織 (いずれも「めしべ」) において PosF が微量ながら検出された。当該化合物が PosD/F であることを確認するため、各々が含まれる品種/組織から、当該化合物の単離を行った。各種分光学的手法による構造解析の結果、得られた精製物は PosD/F であることが確認された。これによって、これまでジアシル型 Pos 類が存在しないと考えられていたチューリップ栽培品種にも PosD/F が微量ながら存在することが初めて明らかとなった。同時に、原種で支持された、6-Pos 生合成へのジアシル型 Pos 類の関与が、栽培品種でも成立する普遍的なものであることが示唆された。このことから、6-Pos 類は PosD/F の 1 位アシル側鎖が β -グルコシダーゼによって加水分解されることで生合成されていることが想定された。栽培品種では β -グルコシダーゼの活性が高いことから、中間体である PosD/F がほとんど検出されず、原種では同酵素の活性が低いために、PosD/F が有意なレベルで検出されるものと考えられた。

(2) Pos 変換酵素の基質特異性：ジアシル型 Pos 類に対する酵素活性の精査

粗酵素中に存在する Pos 変換酵素が PosD/F を基質として受け入れ、酵素反応が進行してしまうと、PosD/F の 1 位アシル側鎖を加水分解する β -グルコシダーゼ活性を検出、測定することが困難になる。そこで、大腸菌で発現、精製した PosA 変換酵素 (*TgTCEA1*) と PosB 変換酵素 (*TgTCEB1*) を用いて、PosD/F に対する反応性を精査した。その結果、両酵素ともに PosD/F を基質とし、PosD からは PaA と 1-PosA を、PosF からは PaB と 1-PosA を生成物として与えることが分かった。反応速度論解析の結果、*TgTCEA1* は PosF よりも PosD

に対して約7倍高い反応効率を示し、それは本来の基質である6-PosAに対する反応効率の約5倍に達した。一方、TgTCEB1はPosDよりもPosFに対して約9倍高い反応効率を示し、その反応効率は本来の基質である6-PosBに対するものとほぼ同等であった。PosDおよびPosFの6位アシル側鎖は、それぞれ6-PosAおよび6-PosBのアシル側鎖と構造が一致しており、TgTCEA1がPosDを、TgTCEB1がPosFをよい基質としたことから、1位アシル側鎖の有無に関わらず、6位アシル側鎖の構造がPos変換酵素の基質認識に重要であることが示唆された。以上の結果から、粗酵素を用いてPosD/Fを基質とするβ-グルコシダーゼ活性を検出、測定するためには、粗酵素中のPos変換酵素を不活化する必要があることが示された。

上記の酵素反応生成物である1-PosAはPos変換酵素の基質にならないことも、本実験によって初めて明らかとなった。1-PosAは植物体内における含有量が少なく、なおかつ化学合成が困難な難入手化合物である。そこで、Pos変換酵素を利用した1-PosAの酵素合成法の確立も併せて行った。別途植物体から単離したPosF(300 mg, 0.77 mmol)を基質とし、pH 6.5のリン酸緩衝液中、組換えTgTCEB1酵素を加えて室温で10分間の反応を行うことで、PosFは完全に消費され、1-PosAとPaBへと酵素分解された。その後、反応液を活性炭カラムクロマトグラフィーおよび逆相系分取HPLCに供することで、1-PosAを160 mg (0.58 mmol, 収率 75%)得ることに成功した。これによって今後、これまで明らかにされていない1-PosAの生物活性の検討や、6-Pos生合成への関与の検証が可能となった。

(3) 抗Pos変換酵素抗体を用いた粗酵素中Pos変換酵素の不活化

抗PosA変換酵素ポリクローナル抗体および抗PosB変換酵素ポリクローナル抗体を用いて、原種「トルケスタニカ」および栽培品種「紫水晶」の葉粗酵素中のPos変換酵素の不活化を試みた。しかしながら、「トルケスタニカ」、「紫水晶」のいずれにおいても、酵素反応液への抗体添加では活性を低下させることはできなかった。そこで次に、免疫沈降法による不活化を試みた。その結果、PosA変換酵素活性は80%程度の低下が可能となったが、PosB変換酵素活性の低下は30%程度であった。不活性化効率のさらなる向上のため、抗Pos変換酵素抗体を樹脂に固定化したカラムを作成し、そこに粗酵素液を通液することでPos変換酵素を不活化(除去)する方法を試みた。その結果、PosA変換酵素活性については、90%以上低下させることができ、固定化抗体法の有用性が示された。一方、PosB変換酵素活性については良好な活性の低下はみられなかった。これは、葉では抗体作成時に抗原としたPosB変換酵素(TgTCEB1)以外のアイソザイムが主に発現

しているためと考えられた。したがって、葉粗酵素中のPosB変換酵素を不活化(除去)するためには、葉で発現しているPosB変換酵素アイソザイムを同定し、それに対する特異的抗体を用いる必要があることが示唆された。

(4) PosB変換酵素アイソザイムの同定 - 1: 根由来酵素の同定

チューリップ栽培品種「紫水晶」を水耕栽培し、粗酵素中で高いPosB変換酵素活性が検出された栽培17日目の根から、硫安分画および4段階のカラムクロマトグラフィーを経ることで、酵素を精製倍率119倍で均一に精製した。精製酵素は先に精製された花粉由来酵素と同様にホモ二量体であったが、サブユニット分子質量は両者で明らかに異なっていた。部分アミノ酸配列解析の後、根mRNAから当該酵素遺伝子cDNA(TgTCEB-R; root)を新たに単離した。TgTCEB-Rの一次配列は花粉由来TgTCEB1と80%のidentityを有し、同様にカルボキシエステラーゼファミリーに属することが確認された。また、大腸菌で発現させた組換え酵素は、天然型酵素と同様に6-PosBをよい基質としており、さらに本酵素がこれまでに同定されたPos変換酵素と同じくプラスチド局在酵素であることが確認された。TgTCEB-R遺伝子は根において高発現している一方で、他の組織における発現は痕跡レベルであった。以上の結果から、PosA変換酵素だけでなくPosB変換酵素についても複数のアイソザイムが存在し、組織によってアイソザイムの使い分けがなされていることが分かったが、同時に、粗酵素中で有意なPosB変換酵素活性がみられる葉においては、花粉由来TgTCEB1、根由来TgTCEB-Rのいずれも発現していなかったことから、(3)で述べたように、葉ではさらに別のアイソザイムが主に発現していることが示唆された。

(5) PosB変換酵素アイソザイムの同定 - 2: 葉由来酵素の同定

(4)の結果に基づいて、葉で発現しているPosB変換酵素アイソザイムの同定を試みた。チューリップ栽培品種「紫水晶」を土耕栽培し、粗酵素中で高いPosB変換酵素活性が検出された栽培109日目の葉から、硫安分画および5段階のカラムクロマトグラフィーを経ることで、酵素を精製倍率197倍で均一に精製した。精製酵素は先に精製された花粉および根由来酵素と同様にホモ二量体であったが、サブユニット分子質量はそれらとは明らかに異なっていた。部分アミノ酸配列解析の後、葉mRNAから当該酵素遺伝子cDNA(TgTCEB-L; L; leaf)を新たに単離した。TgTCEB-Lの一次配列は花粉および根由来TgTCEBと約75%のidentityを有し、同様にカルボキシエステラーゼファミリーに属することが確認された。また、大腸菌で発現させた組換え酵素は、天然型酵素と同様に

6-PosB をよい基質としており、さらに本酵素もやはりプラスチド局在酵素であることが確認された。本遺伝子は、花粉や根で組織特異的に発現している *TgTCEB1* や *TgTCEB-R* とは異なり、葉を含む複数の組織で発現していることが分かった。本遺伝子を含む PosB 変換酵素遺伝子 3 種の発現によって、各組織の PosB 変換酵素活性の存在を矛盾無く説明できるようになった。

以上の結果から、花粉由来 *TgTCEB1* を抗原として作成した抗体による葉粗酵素中 PosB 変換酵素の不活化が成功に至らなかったのは、抗 *TgTCEB1* 抗体が葉の *TgTCEB-L* 酵素に作用できなかったためであることが強く示唆された。今後、抗 *TgTCEB-L* 抗体を作成して(3)の実験に適用することで、当初計画していた、抗体を用いた葉粗酵素中 Pos 変換酵素の不活化が可能となり、それによって、Pos 生合成酵素の同定に向けた実験を進めていくことができるようになると思われる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 10 件)

- 1 Taiji Nomura, Ryo Kuchida, Naoki Kitaoka, Yasuo Kato, Molecular diversity of tuliposide B-converting enzyme in tulip (*Tulipa gesneriana*): identification of the third isozyme with a distinct expression profile. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 82: 810-820 (2018) 【査読有】 DOI: 10.1080/09168451.2018.1438170
- 2 Taiji Nomura, Ayaka Ueno, Shinjiro Ogita, Yasuo Kato, Molecular diversity of tuliposide B-converting enzyme in tulip (*Tulipa gesneriana*): identification of the root-specific isozyme. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 81: 1185-1193 (2017) 【査読有】 DOI: 10.1080/09168451.2017.1295806
- 3 Taiji Nomura, Function and application of a non-ester-hydrolyzing carboxylesterase discovered in tulip. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 81: 81-94 (2017) 【査読有】 DOI: 10.1080/09168451.2016.1240608
- 4 野村泰治, 加藤康夫, 加水分解反応を触媒しないカルボキシルエステラーゼ ~ チューリップの二次代謝生合成研究からの発見 ~. *化学と生物*, 54: 797-803 (2016) 【査読有】 DOI: 10.1271/kagakutoseibutsu.54.797
- 5 野村泰治, 「相同性」に潜む異 - かくも多様な植物二次代謝酵素 -. *生物工学会誌*, 94: 710 (2016) 【査読有】 https://www.sbj.or.jp/wp-content/uploads/file/sbj/9411/9411_biomedica_3.pdf
- 6 野村泰治, 加藤康夫, チューリップから発見された加水分解反応「非」触媒型カルボキシルエステラーゼの機能解析と物質生産への応用. *酵素工学ニュース*, 76: 5-10 (2016) 【査読有】 http://www.enzyme-eng.com/modules/pico02/index.php?content_id=83
- 7 Taiji Nomura, Tatsunori Murase, Shinjiro Ogita, Yasuo Kato, Molecular identification of tuliposide B-converting enzyme: a lactone-forming carboxylesterase from the pollen of tulip. *The Plant Journal*, 83: 252-262 (2015) 【査読有】 DOI: 10.1111/tpj.12883
- 8 Taiji Nomura, Emiko Hayashi, Shohei Kawakami, Shinjiro Ogita, Yasuo Kato, Environmentally benign process for the preparation of antimicrobial α -methylene- β -hydroxy- γ -butyrolactone (tulipalin B) from tulip biomass. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 79: 25-35 (2015) 【査読有】 DOI: 10.1080/09168451.2014.946395

〔学会発表〕(計 42 件)

- 1 野村泰治, 口田亮, 酒本千穂, 北岡直樹, 加藤康夫, チューリップにおけるチューリップポシド B 変換酵素の分子多様性: 葉由来アイソザイムの同定, 日本農芸化学会 2018 年度大会, 2018 年 3 月 15-18 日, 名城大学
- 2 二永貴, 野村泰治, 北岡直樹, 加藤康夫, チューリップポシド変換酵素の基質特異性の検討: 基質アルコール部位の影響, 日本農芸化学会 2018 年度大会, 2018 年 3 月 15-18 日, 名城大学
- 3 加藤康夫, 中川恵蔵, 近堂菜月, 北岡直樹, 野村泰治, チューリップポシド/チューリップリン類の抗細菌活性の再評価, 日本農芸化学会 2018 年度大会, 2018 年 3 月 15-18 日, 名城大学
- 4 野村泰治, 植物二次代謝産物による生体防御: 生合成機構の解明とその利用, 第 44 回日本毒性学会学術年会, 2017 年 7 月 10-12 日, パシフィコ横浜
- 5 野村泰治, 上野綾香, 加藤康夫, チューリップにおけるチューリップポシド B 変換酵素の分子多様性: 根由来アイソザイムの同定, 日本農芸化学会 2017 年度大会, 2017 年 3 月 17-20 日, 京都女子大学
- 6 野村泰治, 山口航平, 荻田信二郎, 加藤康夫, 酵素法による 1-チューリップポシド A の合成, 第 18 回生体触媒化学シンポジウム, 2016 年 12 月 21-22 日, 明星大学
- 7 野村泰治, 山口航平, 荻田信二郎, 加藤康夫, チューリップ栽培品種におけるジアシル型チューリップポシド類の同定と酵素法による 1-チューリップポシド A への変換, 第 60 回香料・テルペンおよび精油化学に関する討論会, 2016 年 10 月 29-31 日, 東京農業大学オホーツクキャンパス
- 8 野村泰治, 山口航平, 荻田信二郎, 加藤康夫, 1,6-ジアシル型チューリップポシドを

- 基質とした 1-アシル型チューリップシドの酵素合成、植物化学調節学会第 51 回大会、2016 年 10 月 28-30 日、高知大学
- 9) Taiji Nomura, Yasuo Kato, Enzymatic synthesis of 1-tuliposide A using tuliposide-converting enzyme, a lactone-forming carboxylesterase discovered in tulip. 55th Annual Meeting of the Phytochemical Society of North America, 2016 年 8 月 6-10 日, Davis, USA
 - 10) Taiji Nomura, Yasuo Kato, A facile method for the preparation of 1-tuliposide A using tuliposide-converting enzyme, a lactone-forming carboxylesterase discovered in tulip. Gordon Research Conference on Biocatalysis 2016, 2016 年 7 月 10-15 日, Biddeford, USA
 - 11) 野村泰治、有用植物二次代謝産物の生合成機構に関する生化学および分子細胞遺伝学的研究、日本農芸化学会中部支部第 176 回例会、2016 年 7 月 9 日、岐阜大学
 - 12) 野村泰治、加水分解反応を触媒しないカルボキシルエステラーゼ「チューリップシド変換酵素」の構造解析と有用物質生産への応用、第 17 回酵素応用シンポジウム、2016 年 6 月 3 日、天野エンザイム(株) 慈善堂ホール
 - 13) 野村泰治、有用植物二次代謝産物の生合成機構に関する生化学および分子細胞遺伝学的研究、日本農芸化学会 2016 年度大会、2016 年 3 月 27 日、札幌市教育文化会館
 - 14) 野村泰治、山口航平、荻田信二郎、加藤康夫、チューリップシド変換酵素による 1-チューリップシド A の酵素合成法の確立、日本農芸化学会 2016 年度大会、2016 年 3 月 27-30 日、札幌コンベンションセンター
 - 15) 野村泰治、村瀬達紀、荻田信二郎、加藤康夫、チューリップ花粉におけるチューリップシド B 変換酵素の発見と機能解析、第 67 回日本生物工学会大会、2015 年 10 月 26-28 日、城山観光ホテル
 - 16) 野村泰治、荻田信二郎、加藤康夫、チューリップ抗菌性二次代謝産物の活性化に関わる新規カルボキシルエステラーゼの発見、第 67 回日本生物工学会大会、2015 年 10 月 26-28 日、城山観光ホテル
 - 17) 野村泰治、村瀬達紀、荻田信二郎、加藤康夫、チューリップの花粉特異的に発現するチューリップシド B 変換酵素、植物化学調節学会第 50 回大会、2015 年 10 月 23-25 日、東京大学
 - 18) Taiji Nomura, Shinjiro Ogita, Yasuo Kato, Molecular identification of tuliposide B-converting enzyme: a lactone-forming carboxylesterase from the pollen of tulip. 18th Japanese-German Workshop on Enzyme Technology, 2015 年 9 月 13-15 日, Kyoto, Japan
 - 19) Taiji Nomura, Shinjiro Ogita, Yasuo Kato, Molecular identification of tuliposide B-converting enzyme: a lactone-forming carboxylesterase from the pollen of tulip. 54th Annual Meeting of the Phytochemical Society of North America, 2015 年 8 月 8-12 日, Urbana-Champaign, USA
 - 20) 野村泰治、村瀬達紀、荻田信二郎、加藤康夫、ラクトン形成を触媒するカルボキシルエステラーゼ(1): チューリップ花粉からのチューリップシド B 変換酵素の精製および性状解析、日本農芸化学会 2015 年度大会、2015 年 3 月 26-29 日、岡山大学
 - 21) 野村泰治、村瀬達紀、荻田信二郎、加藤康夫、ラクトン形成を触媒するカルボキシルエステラーゼ(2): チューリップ花粉からのチューリップシド B 変換酵素遺伝子の単離および機能解析、日本農芸化学会 2015 年度大会、2015 年 3 月 26-29 日、岡山大学
- 〔産業財産権〕
取得状況(計 3 件)
- 1
名称: チューリップパリン類の製造方法
発明者: 野村泰治、加藤康夫、荻田信二郎
権利者: 富山県
種類: 特許
番号: 特許第 6093938 号
登録年月日: 2017 年 2 月 24 日
国内外の別: 国内
 - 2
名称: チューリップシド類をチューリップパリン類に変換する酵素活性を有するタンパク質及びそれをコードするポリヌクレオチド
発明者: 野村泰治、加藤康夫、荻田信二郎
権利者: 富山県
種類: 特許
番号: 特許第 6044030 号
登録年月日: 2016 年 11 月 25 日
国内外の別: 国内
- 〔その他〕
ホームページ等
<http://www.pu-toyama.ac.jp/BR/kato/>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
野村 泰治 (NOMURA, Taiji)
富山県立大学・工学部・准教授
研究者番号: 40570924