

令和 4 年 6 月 7 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H02101

研究課題名(和文)リアクティブ分子標的薬による植物ホルモン共受容体のPPI制御

研究課題名(英文) Regulation of protein-protein interaction of phytohormone co-receptor with molecular-targeted reactive drug

研究代表者

高岡 洋輔 (Takaoka, Yousuke)

東北大学・理学研究科・准教授

研究者番号：80599762

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、植物の生長・分化などを司る植物ホルモンの活性を解析・制御する新技術として、植物ホルモン共受容体サブタイプ選択的な「リアクティブケミカルツール」を開発した。植物ホルモンは多くの場合、2種類のタンパク質間相互作用(PPI)を誘起することでその活性を示すが、共有結合形成によって一部のPPIのみを選択的に誘導させることで、植物ホルモンの望みの活性のみを引き起こすことを目指した。研究期間内にこの目的を達成しうる基礎的な化学戦略を考案し、モデル系にて実証実験を行うことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本手法は、植物の生長や防御、分化など様々な現象に関わる植物ホルモンの活性制御を実現する新たな化学的戦略として、食糧問題の解決などに貢献しうる。また本戦略が対象とするタンパク質間相互作用は、医薬品の重要なターゲットでもあるため、創薬研究のブレイクスルーにもなりうると期待される。

研究成果の概要(英文)：We herein developed a "reactive-chemical tool" for subtype selective activation or regulation of plant hormone co-receptors. Plant hormones often exhibit complex activities by inducing various combinations of protein-protein interactions (PPI). In this study, we aimed to induce the desired activity of plant hormones by selectively inducing a part of PPIs by covalent bond formation with plant hormone receptors. During the research period, we were able to devise a basic chemical strategy, and verify the proof-of-principle with a model system.

研究分野：ケミカルバイオロジー

キーワード：植物ホルモン タンパク質間相互作用 ケミカルバイオロジー

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

人口増大と国土面積縮小に伴う食料問題の解決には、安全かつ安定に農作物を供給する方法論が求められており、そのためには植物生理学の「分子・原子レベルの理解と制御」が必要である。植物の発生・成長・分化などを司る生理活性分子として植物ホルモンが知られており、その活性を解析/制御する技術は、上記の食料問題解決に直結することが期待される。多くの植物ホルモンは、2種類のタンパク質間相互作用(PPI)を誘起することでその活性を示す。PPIは重要な薬剤標的として注目されているものの、その相互作用界面はタンパク質—小分子リガンド間と比べ大きく複雑であり、PPIを制御するリガンドの一般的な設計戦略は未だ存在しない。また、植物ホルモンの共受容体には複数のサブタイプが存在し遺伝的重複性が高いため、シグナル伝達経路の解析・制御に遺伝学的手法では限界がある。すなわち、植物生理を厳密に理解し制御するには、植物体内で選択的なPPIを制御する有効なケミカルツールの開発が必要不可欠である。

### 2. 研究の目的

本研究では、共有結合形成によるPPI誘導で、植物ホルモンの望みの活性のみを誘起する「リアクティブ分子糊」(図1)を開発することを目指した。我々はこれまでに、植物免疫を制御する植物ホルモン、ジャスモン酸に焦点を当て、この天然リガンドの一部の立体を反転した立体異性体、及び結晶構造を基にしたdocking studyによる構造最適化を経て、サブタイプ選択的なPPIの制御を検討してきた(ref: Ueda, M., *et al. Nat. Commun.* 2018, 9, 3654)が、この戦略は3次元構造が未知の受容体には適用が困難であり、不斉点の少ない天然リガンドを基にできない点で汎用性に欠ける。そこで本研究ではこれら難題を克服する手段として、分子糊型リガンドである植物ホルモン類縁体に反応性官能基を導入し、受容体の結合界面にある反応性アミノ酸と共有結合を形成する手法を開発し、特定のタンパク質ペアのPPI誘導を実現することを目指した。

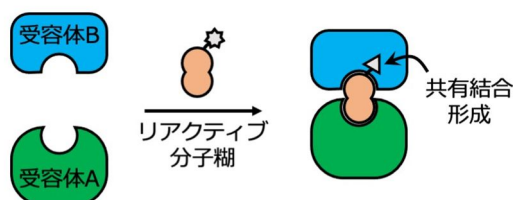


図1. リアクティブ分子糊による選択的PPI誘導の模式図

### 3. 研究の方法

本研究では、ジャスモン酸共受容体のサブタイプ選択的活性化を目指して、この天然リガンドである植物毒素コロナチン(COR)を基体とした「リアクティブCOR」を開発する。具体的にジャスモン酸共受容体とは、ユビキチンリガーゼのCOIIと転写リプレッサーであるJAZであり、JAZには13種類のサブタイプが存在するため、一部のJAZとのみ共有結合形成するリガンドを開発する。この分子は、共有結合により低濃度かつ持続的にPPIを誘導できると期待され、植物体内でこのPPIに付随して起こる選択的なJAZリプレッサーの分解と遺伝子の転写活性化、並びに植物個体における免疫応答強化の実現を目指す(図2)。すでに我々は、全てのJAZサブタイプとCOIIの発現系と、その複合体の構造ホモロジーを構築済みであり、これらタンパク質材料と構造学的知見を基にして、特定のアミノ酸と選択的に反応しうる「リアクティブCOR」を設計・合成する。この分子によるJAZとの共有結合形成を、MS-MS解析やプルダウン実験などの生化学的アッセイで確認すると共に、有望な化合物について植物個体でのphenotype assayに供する。ただし、これまでの申請者自身の知見(ACIE, 52, 4088 (2013)など)から、タンパク質ラ

ベルにおいてラベル化サイト選択性と反応効率を制御するのは困難であり、反応基と反応性アミノ酸との距離、組み合わせに極めて鋭敏であることが分かっている。本系でもこの点を考慮して、反応点の位置や立体化学などを *in silico* 解析を併用しながら実施する。

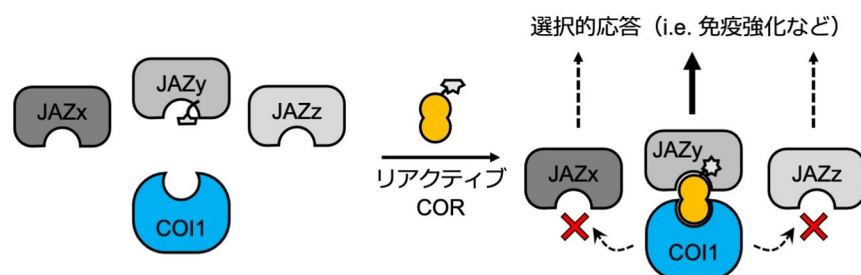


図2. リアクティブ COR による JAZ 選択的な COI1 との PPI 誘導、および選択的応答強化。

#### 4. 研究成果

##### (1) リアクティブリガンドと Cys 導入 JAZ の設計

まず、標的に据えたジャスモン酸共受容体の一つである JAZ リプレッサーの相互作用界面には適当な反応性官能基が無いため、適切な位置に反応性アミノ酸を導入した Cys 導入 JAZ を考案した。もう一つの受容体であるユビキチンリガーゼ F-box タンパク質 COI1 と、ジャスモン酸リガンド (JA-Ile および COR) が複合体を形成すると、JAZ リプレッサーの結合ドメインである Jas motif がリクルートされ PPI が引き起こされる。COI1-JA-Ile/COR-JAZ1 との X 線結晶構造解析の報告から、ジャスモン酸リガンドのケトン部位と、JAZ1 リプレッサー-Jas motif のうち 3 残基のアミノ酸が近接することが明らかになっている (ref: Zheng, N. *et al. Nature*, 2010, **468**, 400)。また、このケトン部位にオキシム結合を介して置換基を導入した化合物は、COI1 には結合するが JAZ との三者複合体を形成しないことから、COI1-JAZ 共受容体のアンタゴニストとして機能することが示されている (ref: Solano, R., *Nat. Chem. Biol.* 2014, **10**, 671)。これらの知見を活かして、3箇所のアミノ酸を Cys 変異した Jas motif ペプチドを設計した。また COR のケトン部位から反応性官能基をオキシム結合を介して導入したいいくつかのリアクティブ COR について、CysJAZ との *in silico* 解析による共有結合を介したドッキングシミュレーションを実施した (CovalentDOCK)。その結果、ある特定の組み合わせにおいて、共有結合を介して PPI が引き起こされることが示唆された。そこで次に、この組み合わせの化合物と Cys-JAZ1 を用いて検討を行なった。

##### (2) 試験官内での JAZ サブタイプ特異的 PPI 誘導

前節にて設計した分子およびについて有機合成を行い、実際に試験官レベルでのペプチドの質量変化や、COI1 とのプルダウンアッセイ系 (ref: Ueda, M., *et al. Nat. Commun.* 2018, **9**, 3654) に供した。まず反応性リガンドは、CysJAZ1 と COI1 との PPI を引き起こすこと、それに伴って共有結合で CysJAZ と連結されること、またこの反応は Cys を含まない wtJAZ1 を用いた場合や、COI1 を含まない条件では観測されなかったことなどから、COI1-リアクティブ COR-CysJAZ1 との三者複合体形成に伴って進行する事が明らかとなった。また比較対象として天然リガンドである COR は、Cys の変異に限らず、野生型 JAZ サブタイプ全て (JAZ1-13) と COI1 との PPI を誘起した一方で、反応性リガンドは、野生型 JAZ1-13 とは反応せず PPI を誘起しないことから、Cys 導入 JAZ1 特異的な分子糊として機能することが明らかとなった。

上記の研究は全て JAZ の Jas motif を基にした検討であったが、Cys を変異導入した全長 JAZ タンパク質を大腸菌発現系によって調整し評価したところ、全長 CysJAZ タンパク質においても同

様に、COI1 との PPI を誘起させることが確認された。さらにこの分子は、JAZ1 以外のサブタイプに Cys を導入しても、COI1 との PPI を誘起することが明らかとなった。すなわちこの分子は、Cys を導入した任意の JAZ 選択的に COI1 との PPI を誘起する、極めて有用な分子ツールになりうることを示唆された。

### (3) 植物個体での JAZ サブタイプ特異的 PPI 誘導と分解

上記の知見を活かして、植物個体中に Cys を変異導入した JAZ の蛍光タンパク質融合体の過剰発現株を樹立し、植物個体中での機能評価を行った。具体的には、植物中での過剰発現プロモーターの下流に Cys 及び野生型 JAZ-GFP を連結したプラスミド (35S:wtJAZ-GFP 及び 35S:cysJAZ-GFP) を導入した植物個体の形質転換体を取得し、根の蛍光観察を行った結果、JAZ の局在を示す蛍光画像を取得できた。この状態の植物に、天然リガンドである COR を投与すると、野生型及び Cys 導入体のいずれにおいても GFP 蛍光の消失が確認され、この蛍光消失はプロテアソーム阻害剤によって抑制されることから、COI1 との PPI 誘導後、ユビキチン化を介したプロテアソーム分解が確認された。一方で、開発したリアクティブ COR を投与したところ、野生型では蛍光の消失が確認できなかったが、CysJAZ-GFP の蛍光は選択的に消失した。また、この変化はプロテアソーム阻害剤によって抑制された。さらにこの現象は western blotting によっても確認できた。最後に、試験官と同様、JAZ1 以外にも複数の Cys 導入 JAZ の蛍光消失、分解を確認できたことから、本戦略は植物個体中でも極めて有効に機能し、任意の標的 JAZ と COI1 との PPI を誘導するだけでなく、ユビキチン化を介したプロテアソーム分解を引き起こすことが実証された。このように本研究では、植物個体中でも十分に選択性の高い PPI 誘導能を有する共有結合型分子糊を新規に開発することができたと考えられる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Takaoka Yousuke, Miyagawa Saki, Nakamura Akinobu, Egoshi Syusuke, Tsukiji Shinya, Ueda Minoru	4. 巻 10
2. 論文標題 Hoechst-tagged Fluorescein Diacetate for the Fluorescence Imaging-based Assessment of Stomatal Dynamics in Arabidopsis thaliana	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 5333
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-020-62239-w	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 Takeuchi Jun, Fukui Kosuke, Seto Yoshiya, Takaoka Yousuke, Okamoto Masanori	4. 巻 105
2. 論文標題 Ligand-receptor interactions in plant hormone signaling	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Plant Journal	6. 最初と最後の頁 290-306
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/tpj.15115	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takaoka Yousuke, Nagumo Keina, Azizah Ika Nurul, Oura Saki, Iwahashi Mana, Kato Nobuki, Ueda Minoru	4. 巻 294
2. 論文標題 A comprehensive in vitro fluorescence anisotropy assay system for screening ligands of the jasmonate COI1?JAZ co-receptor in plants	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Biological Chemistry	6. 最初と最後の頁 5074 ~ 5081
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1074/jbc.RA118.006639	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 上田 実、高岡洋輔、齋藤大明	4. 巻 21
2. 論文標題 有機化学者が計算化学者に助けてもらってリガンド-受容体間ドッキングシミュレーションによる分子設計に成功するまで	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 アンサンプル（分子シミュレーション研究会）特集	6. 最初と最後の頁 196-203
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yousuke Takaoka, Keina Nagumo, Ika Nurul Azizah, Saki Oura, Mana Iwahashi, Nobuki Kato, and Minoru Ueda	4. 巻 294
2. 論文標題 A comprehensive in vitro fluorescence anisotropy assay system for screening ligands of the jasmonate CO11 JAZ co-receptor in plants	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Biological Chemistry	6. 最初と最後の頁 5074-5081
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1074/jbc.RA118.006639	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takaoka Yousuke, Suzuki Kaho, Nozawa Akira, Takahashi Hirota, Sawasaki Tatsuya, Ueda Minoru	4. 巻 298
2. 論文標題 Protein-protein interactions between jasmonate-related master regulator MYC and transcriptional mediator MED25 depend on a short binding domain	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Biological Chemistry	6. 最初と最後の頁 101504-101504
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbc.2021.101504	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 Saito Rina, Hayashi Kengo, Nomoto Haruna, Nakayama Misuzu, Takaoka Yousuke, Saito Hiroaki, Yamagami Souhei, Muto Toshiya, Ueda Minoru	4. 巻 11
2. 論文標題 Extended JAZ degron sequence for plant hormone binding in jasmonate co-receptor of tomato SIC011-SIJAZ	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 13612
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-93067-1	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 Suzuki Kaho, Takaoka Yousuke, Ueda Minoru	4. 巻 2
2. 論文標題 Rational design of a stapled JAZ9 peptide inhibiting protein-protein interaction of a plant transcription factor	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 RSC Chemical Biology	6. 最初と最後の頁 499-502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CB00204F	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 H. Inagaki, K. Miyamoto, N. Ando, K. Murakami, K. Sugisawa, S. Morita, E. Yumoto, M. Teruya, K. Uchida, N. Kato, T. Kaji, Y. Takaoka, Y. Hojo, T. Shinya, I. Galis, A. Nozawa, T. Sawasaki, H. Nojiri, M. Ueda, K. Okada	4. 巻 12
2. 論文標題 Deciphering of OPDA signaling components in the momilactone producing Moss <i>Calohyphnum plumiforme</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Front. Plant Sci.	6. 最初と最後の頁 987
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2021.688565	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計24件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 高岡洋輔、鈴木華穂、Ika Nurul Azizah、上田 実
2. 発表標題 ジャスモン酸関連転写因子を阻害するステーブルJAZペプチドの合理的設計と植物個体内機能解析
3. 学会等名 第14回バイオ関連化学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林 謙吾、加藤信樹、渡部 楽、高岡洋輔、野本春菜、中山美涼、宮川咲季、宮本皓司、稲垣秀生、岡田憲典、加治拓哉、上田 実
2. 発表標題 コロナチンの立体異性体ライブラリースクリーニングによる植物ホルモン受容体サブタイプ選択的リガンドの開発
3. 学会等名 第62回天然有機化合物討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林 謙吾、加藤信樹、渡部 楽、宮本皓司、稲垣秀生、岡田憲典、齊藤里菜、山神壮平、野本春菜、中山美涼、加治拓哉、上田 実
2. 発表標題 植物ホルモン受容体サブタイプ選択的リガンド開発を志向したコロナチンの立体異性体ライブラリー戦略
3. 学会等名 第31回万有仙台シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高岡洋輔、鈴木華穂、上田 実
2. 発表標題 ジャスモン酸関連転写因子選択的なペプチド型阻害剤の開発
3. 学会等名 本農芸化学会東北支部 第155回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高岡洋輔、鈴木華穂、上田 実
2. 発表標題 ジャスモン酸関連転写因子選択的なステーブルJAZペプチドの開発
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齊藤里菜、加治拓哉、安部 洋、山神壮平、高岡洋輔、上田 実
2. 発表標題 ジャスモン酸イソロイシンラク톤のトマトにおける生理活性評価
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林 謙吾、加藤 信樹、野本 春菜、中山 美涼、加治 拓哉、渡部 染、齊藤 里菜、高岡 洋輔、宮本 皓司、稲垣 秀生、岡田 憲典、上田 実
2. 発表標題 コロナチン立体異性体ライブラリースクリーニングによる植物ホルモン受容体サブタイプ選択的リガンドの開発
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 野本 春菜、林 謙吾、加藤 信樹、加治 拓哉、渡部 楽、高岡 洋輔、上田 実
2. 発表標題 コロナチン立体異性体の合成と受容体サブタイプ選択的リガンドの作用機序解析
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高岡 洋輔
2. 発表標題 植物転写因子の化学制御
3. 学会等名 日本農芸化学会2021年度仙台大会 第28回フロンティアシンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡部楽、加藤信樹、林謙吾、戸澤聖、石丸泰寛、高岡洋輔、上田 実
2. 発表標題 植物ホルモン様天然物コロナチン立体異性体ライブラリーの構築とその生物活性評価
3. 学会等名 第115回有機合成シンポジウム2019年
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小崎航、糠塚祐希、野本春菜、高岡洋輔、上田 実
2. 発表標題 植物ホルモン共受容体CO11-JAZのサブタイプ特異的制御を可能にする反応性アンタゴニスト戦略
3. 学会等名 日本ケミカルバイオロジー学会 第14回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齊藤里菜、山神壮平、宮川咲季、加藤信樹、石丸泰寛、高岡洋輔、上田 実
2. 発表標題 環状化植物ホルモンJA-Ile-lactone類の合成と活性評価
3. 学会等名 日本ケミカルバイオロジー学会 第14回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木華穂、高岡洋輔、上田 実
2. 発表標題 植物ホルモン応答性転写因子を阻害するStapled-JAZ-Peptideの開発
3. 学会等名 日本ケミカルバイオロジー学会 第14回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小崎 航、糠塚祐希、野本春菜、高岡洋輔、上田 実
2. 発表標題 植物ホルモン受容体サブタイプ選択的活性化を可能にする反応性アンタゴニスト
3. 学会等名 第30回万有仙台シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木華穂、高岡洋輔、上田 実
2. 発表標題 植物細胞ホルモン応答性転写因子を阻害するStapled-JAZ-Peptideの開発
3. 学会等名 第13回バイオ関連化学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高岡洋輔、岩橋万奈、Andrea Chini、齋藤大明、石丸泰寛、加藤信樹、Roberto Solano、上田 実
2. 発表標題 植物ホルモン共受容体サブタイプ選択的アゴニストの開発と植物免疫制御
3. 学会等名 第13回バイオ関連化学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高岡洋輔
2. 発表標題 植物細胞内タンパク質の相互作用を制御するケミカルツールの開発
3. 学会等名 日本薬学会東北支部主催 第18回化学系若手研究者セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高岡洋輔
2. 発表標題 ジャスモン酸受容体のサブタイプ選択性を制御する化合物の創製研究
3. 学会等名 植物化学調節学会 第54回大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高岡洋輔、岩橋万奈、Chini Andrea、齋藤大明、石丸泰寛、江越脩祐、加藤信樹、田中真帆、Bashir Khurram、関原明、Roberto Solano、上田 実
2. 発表標題 植物ホルモン活性を切り分けるケミカルツールの創製
3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高岡洋輔
2. 発表標題 ケミカルツールによるタンパク質相互作用の検出と制御
3. 学会等名 第19回若手NMR研究会、グリーンピアせとうち（広島県）（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮川咲季、林謙吾、石丸泰寛、高岡洋輔、上田 実
2. 発表標題 植物病原菌感染因子コロナチンの作用機構解明を目指した分子ツール開発
3. 学会等名 日本化学会第99回春季年会、甲南大学理工学部 岡本キャンパス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小崎航、高岡洋輔、加藤信樹、上田実
2. 発表標題 FRET検出系を用いたジベレリン受容体へのリガンド結合評価系の構築
3. 学会等名 日本化学会第99回春季年会、甲南大学理工学部 岡本キャンパス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木華穂、金山大輝、高岡洋輔、上田 実
2. 発表標題 植物ホルモン応答性転写因子を阻害するステーブルペプチドの開発
3. 学会等名 日本化学会第99回春季年会、甲南大学理工学部 岡本キャンパス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齊藤里菜、山神壮平、宮川咲季、加藤信樹、石丸泰寛、高岡洋輔、上田 実
2. 発表標題 環状化植物ホルモンJA-Ile-lactone類の合成とモデル植物における活性評価
3. 学会等名 日本化学会第99回春季年会、甲南大学理工学部 岡本キャンパス
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Y. Takaoka, K. Hayashi, K. Suzuki, I. N. Azizah, M. Ueda	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Methods in Molecular Biology	5. 総ページ数 145-160
3. 書名 Fluorescence anisotropy-based comprehensive method for in vitro screening of COI1-JAZs agonist/antagonist Jasmonate in Plant Biology', Antony Champion & Laurent Laplaze (Eds)	

〔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
---------	---------