

令和元年6月14日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K11920

研究課題名(和文)植物芽生えの初期成長過程に対する重力影響の解析：特にオーキシン極性移動の観点から

研究課題名(英文)Studies on gravity-regulated growth and development: relevance to polar auxin transport

研究代表者

宮本 健助 (MIYAMOTO, Kensuke)

大阪府立大学・高等教育推進機構・教授

研究者番号：10209942

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：植物の様々な重力形態形成をオーキシン(IAA)と成長制御物質の観点から解析し、次の成果を得た。1) アラスカエンドウと重力応答変異体エンドウ芽生えの重力屈性の成長解析から重力屈性における反重力側の成長抑制の重要性を見出すと共に、重力屈性制御物質として-(isoxazolin-5-on-2yl)-alanineを同定した。2) エンドウにおける細胞外へのIAA排出キャリアPsPINの抗体を作成し、茎の姿勢制御におけるPsPINの細胞内局在の重要性を免疫組織化学的に示した。3) 天然型IAA極性移動阻害物質として複数のセスキテルペンを同定し、その一つデヒドロコスタスラク톤の作用機構を解明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

茎の重力屈性における反重力側の成長抑制の重要性を示すとともに、その鍵化合物の同定は、重力屈性制御機構の新しい説の提唱につながるものであり、基礎植物生理学的に意義がある。また、植物の姿勢制御におけるオーキシン極性移動の重要性の分子レベルでの解明や天然型オーキシン極性移動制御物質の単離同定は、植物の姿勢制御の分子レベルでの制御およびケミカルレギュレーションにつながるものであり、重力生物学ひいては宇宙植物科学において重要な基礎的資料となると期待される。

研究成果の概要(英文)：We studied gravity-controlled growth and development from the aspect of plant growth substances. Following results were obtained. (1) In comparison of gravitropism between graviresponse-normal and agravitropic peas, we showed that gravitropic stimulation increases -(isoxazolin-5-on-2yl)-alanine in the upper flank, resulting in the negative gravitropism via the suppression of the growth rate at the upper side of epicotyls in pea seedlings. (2) Using auxin efflux carrier PsPIN1 antibody, we showed an importance of cellular localization of PsPIN for gravity-controlled growth direction in pea seedlings. (3) We identified several natural polar auxin transport (PAT) inhibitors from medicinal oriental Asteraceae plants, and showed the mode of action of dehydrocostus lactone as a representative in regulating PAT and growth in peas. These findings may contribute to not only basic plant physiology but also chemical regulation of growth affected by gravity signals.

研究分野：宇宙生命科学

キーワード：重力形態形成 自発的形態形成 オーキシン オーキシン極性移動 重力応答性成長制御物質 オーキシン極性移動抑制物質

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

我々は、スペースシャトルを利用した STS-95 植物宇宙実験、並びに関連した地上擬似微小重力実験によって、植物の初期芽生えの成長過程は重力によって制御されているオーキシシン (IAA) 極性移動を介して制御されていることを示唆してきた。シロイヌナズナを対象とした分子生理学的アプローチにより IAA の極性移動を制御するキャリアータンパク質分子、すなわち IAA の細胞外から細胞内への取込みを担う AUX タンパク質と細胞内から細胞外への排出を担う PIN タンパク質の重要性が示されているが、重力の支配下にある生理現象との関係ははまだ十分に明らかにされておらず、宇宙実験で対象としたエンドウ芽生えなどを対象に IAA 極性移動制御分子の観点から、重力によって制御されている様々な成長過程の制御機構を成長生理学および植物生理活性物質化学的に解明することは学術的に大きな価値がある状況であった。

2. 研究の目的

植物を宇宙微小重力環境で発芽・生育させると自発的形態形成 (上胚軸の傾斜伸長、根の成長方向の変化、頂端鉤状部形成・展開) を示すことが明らかとなり、植物の様々な器官の成長が植物の発達段階によって異なる重力の支配を受けていることが示唆された。さらに、器官脱離や細胞伸長成長が重力の影響を受けることを見出し始めている。いずれの現象も植物ホルモンのオーキシシン (IAA) 動態と密接に係わっていると推察される。

(1) 本研究では、これら植物の成長過程における重力応答現象を、擬似微小重力環境作成装置 (3次元クリノスタット) や過重力作成装置を用い、分子生物学的手法、免疫組織化学的手法を導入し主にオーキシシン極性移動の観点から成長生理学的に解明することを目的とした。

(2) さらに、重力によって制御されている植物の姿勢制御のケミカルレギュレーションの基礎的資料を得ることを目的とした。

3. 研究の方法

植物の種子発芽から成長過程における成長現象を網羅して、オーキシシン (IAA) 極性移動関連分子の遺伝子発現、組織内分布を含めた産物の動態を調べることにより、時間軸、成長軸を考慮した重力の IAA 極性移動を介した植物の成長制御を明らかにする。

(1) 種々の重力環境は3次元クリノスタットおよび過重力作成装置を用いて作出し、一連の初期成長過程における影響を網羅して調べる。

(2) IAA 極性移動関連分子として、PIN および AUX キャリアータンパク質に着目する。PCR による遺伝子発現解析および抗体を作成し、それを用いた免疫組織化学的解析を試みる。

(3) IAA 極性移動は放射性 IAA を用いた方法によってその能力を測定する。加えてケミカルレギュレーションを目的に天然型オーキシシン極性移動制御物質の探索、さらに細胞成長能力との関係を調べる。

4. 研究成果

植物の様々な器官の成長過程に対する重力影響を植物ホルモン動態、特にオーキシシン (IAA) 極性移動の観点から研究した。さらに重力の影響下にある生理現象を、IAA と他の植物ホルモンとの相互作用の観点から研究を行った。研究成果は以下の通りである。

(1) 重力応答の正常なアラスカエンドウと重力応答突然変異体 *ageotropum* を用いて、横たえたこれら芽生えの上胚軸の重力屈性過程の詳細な成長解析を行った。その結果、重力屈性過程において、まず反重力側の成長抑制が起こり、そしてそれに遅れて重力側の成長速度の上昇がもたらされたことから、重力屈性における反重力側の成長抑制の重要性を示した。さらに、アラスカエンドウと *ageotropum* エンドウを比較しつつアラスカにおいてのみ重力刺激に応答して質的・量的変動を示す物質を探索した。その結果、反重力側で量的変動を示す生長抑制物質、 β -(Isoxazolin-5-on-2yl)-alanine の単離・同定に成功した。これらの結果は、茎の負の重力屈性が反重力側の成長速度の低下に基づく偏差生長によることを意味し、古典的な重力屈性における重力側の成長促進による屈性メカニズム (コロドニー・ウエント説) に異を唱えるものであり、植物生理学における学術的価値があると考えている。成果を Plant Growth Regulation (発表論文) に発表した。

(2) IAA の極性移動の制御には、特に IAA の細胞内から細胞外への排出を担う PIN タンパク質の重要性が指摘されている。我々は黄化エンドウ芽生えを対象にエンドウの PsPIN タンパク質に対する抗体の作成、そしてそれを用いた PsPIN タンパク質の免疫組織化学的観察による PIN の細胞内局在の観察に成功した。国際宇宙ステーション宇宙実験を想定した免疫組織化学的解析のための植物固定液の検討などを合わせて行い、国際宇宙実験に繋げるための基礎的資料とした。これら一連の結果を Life Sciences Space Research (発表論文) に論文発表した。

(3) 我々は、STS-95 植物宇宙実験並びに3次元クリノスタットを用いた擬似微小重力実験に

よって、黄化アラスカエンドウ芽生え上胚軸第一節間の子葉側と反子葉側で IAA 極性移動に偏りがあること、擬似微小重力下ではそれが低下することを見出してきている。また、IAA 極性移動阻害剤投与実験により、その制御に IAA 極性移動が密接に関わることを明らかにしている。加えて、IAA 極性移動阻害剤存在下でエンドウ種子を発芽・生育させると黄化芽生えの上胚軸が宇宙微小重力環境下で認められた自発的形態形成様の成長・発達を示すことを見出し、重力に応答した茎の姿勢制御における IAA 極性移動の重要性を示してきた。上述の PsPIN 抗体を用いて、IAA 極性移動の偏りを免疫組織化学的手法により解析したところ、子葉側と反子葉側上胚軸における PsPIN タンパク質局在性において量的差異がみられることを明らかにし、IAA 極性移動の制御に PsPIN タンパク質が重量な役割を果たしていることを明らかにした。また、IAA 極性移動阻害剤を投与すると、PsPIN タンパク質の細胞内局在の著しい攪乱がもたらされることを明らかにした。これら一連の結果を J. Plant Research (発表論文) に論文発表した。

(4) 植物の重力反応における IAA 極性移動の重要性の観点から、多様な二次代謝産物を含むキク科薬用植物(モッコウおよびビャクジツ)を対象に、天然型 IAA 極性移動制御物質の探索を行った。その結果、ダイコン胚軸切片を用いた生物検定法と各種クロマトグラフィーを駆使し、天然型 IAA 極性移動阻害物質として複数のゲルマクラン型セスキテルペン類、すなわちデヒドロコスタスラクトン (dehydrocostus lactone)、コストノライド (costunolide)、アトラクトレノリド II (atractylenolide II)、ユーデスマディエン (eudesmas-4(14),7(11)-dien-8-one)、サンタマリン (Santamarine) の単離・同定に成功した。この成果を Acta Agrobotanica (発表論文) に論文発表した。

(5) 天然型 IAA 極性移動阻害物質の構造活性相関の結果から、IAA 極性移動阻害活性が α -メチレン- γ -ラクトン構造を有するゲルマクラン型セスキテルペンラクトンによることが示唆されたことから、黄化エンドウ芽生えを対象に、デヒドロコスタスラクトンの生理活性発現機構を調べた。その結果、半定量的 RT-PCR 法によって、IAA 極性移動の低下は、IAA の極性移動を制御するキャリアータンパク質分子、すなわち IAA の細胞外から細胞内への取込みを担う AUX タンパク質と細胞内から細胞外への排出を担う PIN タンパク質の遺伝子発現の抑制に基づくことを示した。さらに外生的投与実験から IAA 極性移動の低下による内生 IAA レベルの低下に加え、IAA 誘導性細胞壁伸展性の増加を阻害することを明らかにし、アンチオーキシンとしての新規生理作用を見出した。これらの成果を Acta Agrobotanica (発表論文) に論文発表 (印刷中) した。

(6) 植物の老化に伴う最終的な器官脱離は、離層部の物理的・生化学的変化による組織強度の低下により自らの重さに耐えられなくなることによる。CAM 植物である *Bryophyllum calycinum* を対象にした IAA 極性移動阻害剤投与実験によって、離層形成に IAA が密接に関わることを明らかにした。さらに IAA 極性移動阻害剤を投与するオーキシンの蓄積による細胞肥大がもたらされるが、IAA 極性移動阻害剤の種類によってその効果は異なっていた。これら一連の研究成果を、2 報の論文として Acta Agrobotanica に発表した (発表論文 、)。

(7) 植物の老化に伴う葉の脱離現象には、葉から供給される IAA が重要な役割を果たしている。IAA を葉身側から葉柄に投与すると、葉柄の上偏・下偏成長が起こるが、葉の表側を上にした場合と下側にした場合で偏差生長の反応性が異なること、さらにこれが重力に依存した葉柄の IAA 極性移動能の変化に基づくことを明らかにした。一連の研究成果を、2 報の論文として Acta Biologica Cracoviensis Series Botanica に発表した (発表論文 、)。

(8) 植物の器官脱離は、それを支える支持組織と脱離器官の重さとのバランスで影響される。水生シダのアゾラ *Azolla* の根は、生育環境の pH 変化に応答した極めて迅速な器官脱離を示す。その仕組みについて解析し、スーパーオキシドが細胞接着部ミドルラメラの細胞壁分解に関わっていることを明らかにした。この成果を Plant, Cell and Environment (発表論文) に論文発表した。

(9) 植物の老化には、植物ホルモン類の一つジャスモン酸類やエチレンが重要な役割を果たしている。バラ核果類のサクラ (*Prunus yedoensis*) の果実生育期の枝にエチレン発生剤を投与すると多糖類であるガム物質形成が起こるが、ジャスモン酸類を同時投与すると葉の脱離が起こりガム物質形成が逆に阻害されることが明らかとなった。多糖性ガム物質の化学組成を調べるとともに、ガム物質形成における葉の重要性を示した。また、ガム物質形成に関連し、我々は球根植物ではエチレンよりむしろジャスモン酸類がガム物質であることを示唆してきており、ルバーブ (*culinary rhubarb, Rheum rhabarbarum* L.) と ヒアシンズ (*Hyacinthus orientalis*) におけるガム物質形成のホルモン制御とガム物質の化学組成に関する研究も展開した。これら一連の研究成果を 3 報の論文として、それぞれ Acta Horticulturae (発表論文)、Acta Physiologiae Plantarum (発表論文)、J. Plant Physiology (発表論文) に発表した。

(10) 過重力作成装置を用いて、IAA 極性移動それ自身および IAA 極性移動システム構築

に対する過重力の影響を検討し、IAA 極性移動は極めて過重力耐性であることを明らかにした。この結果は新規なものであり、分子メカニズムも含めて IAA 極性移動の重力耐性機構の解明を目指す基礎的資料が得られたものと考えている。また、擬似微小重力環境下でエンドウ芽生えを生育させるとその IAA 極性移動能が低下するとともに、機械的刺激受容体の阻害剤であるランタン化合物などを用いて、その刺激伝達過程がカルシウム動態に関連することを示唆する結果を得ている。これらの研究成果については、今後研究を継続し、論文の形にまとめていきたいと考えている。

なお、重力形態形成とオーキシンに関するこれら一連の研究成果は、植物生理学に関する図書の執筆においても生かされている。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 13 件) (いずれも査読有)

Toda Y., Okada K., Ueda J., Miyamoto K. (2019) Dehydrocostus lactone, a naturally occurring polar auxin transport inhibitor, inhibits epicotyl growth by interacting with auxin in etiolated *Pisum sativum* seedlings. *Acta Agrobotanica*, in press.

Kamada M., Miyamoto K., Oka M., Ueda J., Higashibata A. (2018) Regulation of asymmetric polar auxin transport by PsPIN1 in endodermal tissues of etiolated *Pisum sativum* epicotyls: focus on immunohistochemical analyses. *J. Plant Research* 131: 681-692. DOI: 10.1007/s10265-018-1031-z.

Kamada M., Miyamoto K., Oka M., Uheda E., Ueda J., Higashibata A. (2018) Procedures for chemical fixation in immunohistochemical analyses of PIN proteins regulating polar auxin transport: Relevance to spaceflight experiments. *Life Sciences Space Research* 18: 42-51. DOI: 10.1016/j.lssr.2018.05.005.

Ueda J., Miyamoto K., Góraj-Koniarska J., Saniewski M. (2018) Petiole bending in detached leaves of *Bryophyllum calycinum*: Relevance to polar auxin transport in petioles. *Acta Biologica Cracoviensis Series Botanica* 60(2): 25-33. DOI: 10.24425/118056.

Góraj-Koniarska J., Ueda J., Saniewski M., Miyamoto K. (2018) Effect of methyl jasmonates on gummosis in petioles of culinary rhubarb (*Rheum rhabarbarum* L.) and the determination of sugar composition of the gum. *Acta Physiologiae Plantarum* 40: 30. DOI: 10.1007/d11738-018-2609-8.

Miyamoto K., Saniewski M., Ueda J. (2018) Gummosis and leaf abscission in Yoshino cherry (*Prunus yedoensis*): Relevance to hormonal regulation and chemical composition of gums. *Proc. VIII International Cherry Symposium. Acta Horticulturae* 1235. ISHS 2019. DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1235.65.

Ueda J., Góraj-Koniarska J., Miyamoto K., Saniewski M. (2018) Epinasty and/or hyponasty, and petiole growth in *Bryophyllum calycinum*: Focus on the interaction of indole-3-acetic acid and methyl jasmonates. *Acta Biologica Cracoviensis Series Botanica* 60(1): 73-82. DOI: 10.24425/118049.

Hasegawa T., Omiya Y., Koide M., Shigemori, H., Ueda, J., Hasegawa, K., Miyamoto, K. (2017) A gravitropic stimulation-induced growth inhibitor, β -(isoxazolin-5-on-2yl)-alanine, is a possible mediator of negative gravitropic bending of epicotyls in etiolated *Pisum sativum* seedlings. *Plant Growth Regul.* 82: 431-438. DOI: 10.1007/s10725-017-0269-0.

Toda Y., Shigemori H., Ueda J., Miyamoto K. (2017) Isolation and identification of polar auxin transport inhibitors from *Saussurea costus* and *Atractylodes japonica*. *Acta Agrobotanica* 70(3) 1700. DOI: 10.5586/aa.1700.

Saniewski M., Góraj-Koniarska J., Gabryszewska E., Miyamoto K., Ueda J. (2017) Differential effect of *N*-1-naphthylphthalamic acid (NPA) and 2,3,5-triiodobenzoic acid (TIBA) on auxin control of swelling of the shoots of *Bryophyllum calycinum* Salisb. *Acta Agrobotanica* 70(3) 1723. DOI: 10.5586/aa.1723.

Saniewski M., Góraj-Koniarska J., Gabryszewska E., Miyamoto K., Ueda, J.(2016) Auxin effectively induces the formation of the secondary abscission zone in *Bryophyllum calycinum* Salisb. (Crassulaceae). *Acta Agrobotanica*, 69: 1-6. Doi: 10.5586/aa.1660.

Miyamoto K., Kotake T., Boncela A. J., Saniewski M. (2015) Hormonal regulation of gummosis and composition of gums from bulbs of Hyacinth (*Hyacinthus orientalis*). *J. Plant Physiol.*, 174: 1-4. Doi: 10.1016/j.jplph.2014.10.007

Yamada Y., Koibuchi M., Miyamoto K., Ueda J., Uheda E. (2015) Breakdown of middle lamella pectin by \cdot OH during rapid abscission in *Azolla*. *Plant, Cell and Environ.* 38: 1555-1564. DOI:10.1111/pce.12505.

[学会発表] (計 23 件)

戸田雄太、岡田一穂、上田純一、宮本健助： α -メチレン- γ -ラクトン構造を有するゲルマクリン型セスキテルペンラクトンであるデヒドロコスタスラクトンの茎生長抑制機構。植物

化学調節学会第 53 回大会 (2018 年 11 月、札幌)

Miyamoto K., Góraj-Koniarska J., Oka M., Ueda J., Saniewski M.: Gummosis in petioles of culinary rhubarb (*Rheum rhabarbarum* L.): Relevance to methyl jasmonates as its key chemical compound and chemical composition of gum polysaccharides. 日本植物生理学会第 59 回大会, (2018 年 3 月、北海道)

宮本健助、長谷川剛、大宮由芽、小出麻友美、繁森英幸、上田純一、長谷川宏司: 重力応答突然変異体 ageotropum との比較解析によるエンドウ上胚軸の重力屈性制御物質の探索: β -(isoxazolin-5-on-2yl)-alanine 関与の可能性. 植物化学調節学会第 52 回大会 (2017 年 10 月、鹿児島)

井上理子、岡 真理子、林 直哉、宮本健助、鎌田源司、山崎千秋、嶋津 徹、佐野ひろみ、笠原春夫、鈴木智美、東端 晃、上田純一: Auxin Transport 実験: 宇宙微小重力環境下で生育させた黄化エンドウ芽生えの成長とオーキシン極性移動. 日本宇宙生物科学会第 31 回大会 (2017 年 9 月、群馬)

鎌田源司、岡 真理子、宮本健助、山崎千秋、嶋津 徹、佐野ひろみ、笠原春夫、鈴木智美、上田純一、東端 晃: Auxin Transport 実験: 微小重力環境下で生育させた黄化エンドウ芽生えにおける PsPIN1 の局在. 日本宇宙生物科学会第 31 回大会 (2017 年 9 月、群馬)

宮本健助、乾 暉昇、鎌田源司、岡 真理子、山崎千秋、嶋津 徹、佐野ひろみ、笠原春夫、鈴木智美、東端 晃、上田純一: Auxin Transport 実験: 宇宙微小重力環境下で生育させた黄化エンドウ芽生えの成長とオーキシン極性移動. 日本宇宙生物科学会第 31 回大会 (2017 年 9 月、群馬)

戸田雄太、岡田一穂、上田純一、宮本健助: α -メチレン- γ -ラクトン構造を有する天然型オーキシン極性移動阻害物質の黄化エンドウ芽生えの成長制御. 日本植物学会第 81 回大会 (2017 年 9 月、野田)

Miyamoto K., Saniewski M., Ueda J.: Gummosis and leaf abscission in Yoshino cherry (*Prunus yedoensis*): Relevance to hormonal regulation and chemical composition of gums. 8th International Cherry Symposium, Yamagata, Japan (2017 年 6 月、山形)

Oka M., Hayashi N., Miyamoto K.: A possible involvement of calcium dynamics in gravimorphogenesis regulated by auxin polar transport in epicotyls of etiolated pea seedlings. 日本植物生理学会第 58 回大会 (2017 年 3 月、鹿児島).

Kadokura Y., Inouhe M., Sakuma Y., Miyamoto K.: Changes in growth pattern and jasmonates levels in *Elodea nuttallii* in response to snail herbivory. 日本植物生理学会第 58 回大会 (2017 年 3 月、鹿児島).

林 直哉、宮本健助、上田純一、岡 真理子: 植物の姿勢制御におけるオーキシン極性移動の役割 - カルシウムイオン動態の関与. 日本宇宙生物科学会第 30 回大会 (2016 年 10 月、愛知)

鎌田源司、藤高弥生、宮本健助、上田純一、嶋津 徹、東端 晃: オーキシン排出キャリアー抗体を用いたエンドウ芽生え形態形成の解析. 日本宇宙生物科学会第 30 回大会 (2016 年 10 月、愛知)

戸田雄太、岡田一穂、浅見留依、繁森英幸、上田純一、宮本健助: キク科薬用植物中の天然型オーキシン極性移動制御物質の探索とその作用機構. 植物化学調節学会第 51 回大会 (2016 年 10 月、高知)

岡 真理子、林 直哉、宮本健助: 黄化エンドウ芽生え上胚軸の姿勢制御におけるオーキシン極性移動の役割 - 特にカルシウムイオン動態の観点から. 植物化学調節学会第 51 回大会 (2016 年 10 月、高知)

村山忠隆、上田純一、宮本健助: 黄化エンドウ上胚軸の成長とオーキシン極性移動に対する重力刺激の影響: 特に過重力刺激の観点から. 日本植物学会第 80 回大会 (2016 年 9 月、沖縄)

岡田一穂、戸田雄太、上田純一、宮本健助: 黄化エンドウ芽生えにおける天然型オーキシン極性移動阻害物質、デヒドロコスタスラクトンの生理作用. 日本植物学会第 80 回大会 (2016 年 9 月、沖縄)

Ueda J., Miyamoto K., Uheda E., Oka M., Kamada M., Shimazu T., Higashibata A.: Altered Auxin Polar Transport Is Essentially Related to Morphogenesis in Response to Changed Gravity Conditions in Etiolated Pea Seedlings. 11th Asian Microgravity Symposium (2016 年 10 月、札幌) Murayama T., Oka M., Uheda E., Ueda J., Miyamoto K.: Growth and auxin polar transport in etiolated pea seedlings under hypergravity conditions. 11th Asian Microgravity Symposium (2016 年 10 月、札幌)

Hayashi N., Miyamoto K., Uheda E., Ueda J., Oka M.: Auxin polar transport and graviresponse in etiolated maize seedlings. 日本植物生理学会第 57 回大会 (2016 年 3 月、盛岡).

戸田雄太、岡田一穂、七村明宏、上田純一、宮本健助: モッコウ (*Saussurea costus*) に含まれるオーキシン極性移動抑制物質とその作用機構. 植物化学調節学会第 50 回大会 (2015 年 10 月、東京)

②1 村山忠隆、上田英二、上田純一、宮本健助: 黄化エンドウ上胚軸の成長・発達およびオーキシン極性移動に対する過重力刺激の影響. 日本宇宙生物科学会第 29 回大会 (2015 年 9

- 月、東京)
- ② 林 直哉、宮本健助、上田英二、上田純一、鎌田源司、東端 晃、岡 真理子：オーキシン極性移動関連遺伝子の発現に対する重力の影響。日本宇宙生物科学会第 29 回大会(2015 年 9 月、東京)
 - ③ 長谷川剛、小出麻友美、繁森英幸、長谷川宏司、上田純一、宮本健助：黄化エンドウ上胚軸の重力屈性制御に関わる生長調節物質の探索：重力応答突然変異体 *ageotropum* を用いた解析。日本植物学会第 79 回大会(2015 年 9 月、新潟)

〔図書〕(計 3 件)

宮本健助：第 2 章・第 2 節 重力形態形成・重力屈性、「植物の知恵とわたしたち」(植物生理化学会編、監修長谷川宏司) 大学教育出版 (ISBN978-4-86429-395-2) 2017、pp. 46-74 (総頁数 297 頁)

山本良一(編著)・曾我康一、宮本健助、井上雅裕(共著)：「絵解き植物生理学入門」オーム社、(ISBN978-4-274-21927-6)、2017、(総頁数 254 頁)

Ueda, J., Saniewski, M., Miyamoto, K.: Chapter 8. Auxin, One Major Plant Hormone, in Soil. In: Bioactive Compounds in Agricultural Soils. (Szajdak, L. W. ed.), Springer (ISBN 978-3-319-43106-2, Doi: 10.1007/978-3-319-43107-9) 2016、pp.175-210 (総頁数 312 頁)

〔その他〕

○特になし

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：岡 真理子

ローマ字氏名：OKA Mariko

所属研究機関名：鳥取大学

部局名：農学部

職名：准教授

研究者番号(8桁)：10209942

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。