

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：13901

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2010～2014

課題番号：22119005

研究課題名(和文)環境変動に対する気孔開閉制御の分子機構

研究課題名(英文)Molecular mechanism of stomatal movements in response to the environmental stimuli

研究代表者

木下 俊則(Kinoshita, Toshinori)

名古屋大学・理学研究科(WPI)・教授

研究者番号：50271101

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 67,500,000円

研究成果の概要(和文)：植物の表皮に存在する気孔は、一对の孔辺細胞により構成され、様々な環境シグナルに応答してその開度を調節し、光合成に必要な二酸化炭素の取り込み、蒸散や酸素の放出など植物と大気間のガス交換を制御している。本研究では、気孔開閉のシグナル伝達の分子機構の解明を目的として、新奇の気孔開度変異体の解析や気孔孔辺細胞を用いた生理・生化学的解析を進めた。さらに、気孔開度を人的に制御した植物体の作出し、植物の成長・生存における役割の解析を進めた。

研究成果の概要(英文)：Stomata in the plant epidermis regulate gas exchange between plants and atmosphere. Stomatal aperture is regulated by numerous environmental signals. Opening of stomata induces uptake of CO₂ for photosynthesis and transpiration. In this study, we investigated signaling pathways for stomatal opening and closing by genetic, physiological, and biochemical methods. In addition, we examined effect of stomatal aperture in the transgenic plants on plant growth and drought resistance.

研究分野：植物分子生理学

キーワード：植物 気孔 環境応答 細胞膜H⁺-ATPase 青色光 アブシジン酸 成長促進 乾燥耐性

1. 研究開始当初の背景

植物は光合成を行うことによって、農作物を提供するのみならず、二酸化炭素を吸収し、酸素を産出し、地球環境を整えている。植物の表皮に存在する気孔は、光合成に必要な二酸化炭素の唯一の取り入れ口で、変化する環境にตอบสนองして開閉を行うことによってガス交換を調節し、植物の生存において極めて重要な働きを担っている。気孔を構成する一対の孔辺細胞は、太陽光、特にシグナルとして作用する青色光域の光にตอบสนองして気孔を開口させ、植物と大気間のガス交換を促進し、乾燥ストレスに曝されると、植物ホルモン・アブシジン酸にตอบสนองして気孔を閉鎖し、植物体からの水分損失を防いでいる。これまでの申請者らの研究により、気孔開口に関わる因子として、青色光受容体フォトトロピン (Nature 2001) や細胞膜 H^+ -ATPase (EMBO J 1999) などの主要因子を明らかにしてきたが、気孔開・閉のシグナル伝達の構成成分については、未だ多くのことが不明である。

2. 研究の目的

本研究では、植物の環境応答のモデル細胞である気孔孔辺細胞を用いて、未解明の部分の多い植物の環境応答のシグナル伝達の分子機構を明らかにすることを目的とする。また、本研究で得られた成果をもとに、気孔開度を人為的に調節した植物体の作出を進め、様々な環境条件下での植物の生育に対する影響を調べ、植物の環境突破における気孔の役割を明確にする。

3. 研究の方法

本研究では、シロイヌナズナの気孔孔辺細胞を主な材料として用い、気孔開度や細胞膜 H^+ -ATPase リン酸化レベルの変動の免疫組織化学法により調べた。突然変異体のスクリーニングでは、変異原であるエチルメタンサルホン酸 (EMS) 処理したシロイヌナズナを用いて行った。気孔開度制御の実験においては、目的遺伝子を導入した形質転換体を用いた。また、ゼニゴケを用いた細胞膜 H^+ -ATPase では、葉状体を主な材料として用いた。

4. 研究成果

(1) 青色光による細胞膜 H^+ -ATPase の活性化と青色光シグナル伝達の解明

気孔開口のキーエンザイムである細胞膜 H^+ -ATPase は、青色光に依存して C 末端から 2 番目のスレオニンがリン酸化されることにより活性化される。これまで、 H^+ -ATPase の活性化状態は、孔辺細胞プロトプラストを用いて調べられてきたが、プロトプラスト調製には大量の植物体 (シロイヌナズナの場合、5,000 枚以上のロゼット葉) と 8 時間以上の調製時間が必要であった。そこで、 H^+ -ATPase の C 末端のリン酸化スレオニンに対する特異的抗体 (Anti-pThr) を用いた免疫組織染色法を確立した結果、一枚のロゼット葉由来の表

皮を用いた孔辺細胞の H^+ -ATPase の活性化状態の可視化に成功した。さらに、この手法を ABA 非感受性変異体に適用し、青色光に依存した H^+ -ATPase 活性化の ABA による阻害に、ABI1、ABI2、OST1 を介した ABA の初期シグナル伝達系が関わっていることを明らかにした (Plant Cell Physiol 2011)。さらに、現在この免疫組織染色光を利用して、遺伝学的スクリーニングを開始した。遺伝学的スクリーニングでは、青色光に依存した孔辺細胞の細胞膜 H^+ -ATPase のリン酸化を直接観察するため、気孔の青色光シグナル伝達に関わる因子が確実に単離できるものと期待される。これまでに幾つかの候補変異体を単離しており、今後、これら変異体の原因遺伝子同定と機能解析を進めていきたい。

(2) 新奇気孔開度変異体の単離と機能解析

本領域において、葉の重量変動、青色光受容体フォトトロピンの制御する葉の形状、葉の表面温度を指標に気孔開度変異体のスクリーニング (新学術領域期間中のスクリーニング総数: 約 17 万株) を進めてきた。これらのスクリーニングよりこれまでに約 30 株が、表現型の強い原因遺伝子同定候補として挙げてきている。

気孔開度に依存した葉の重量変動を指標に、気孔開度変異体のスクリーニングを行い、野生株と比べ重量変動の大きい新奇変異体 *rtl1* (*rapid transpiration in detached leaves 1*) を単離した。解析の結果、この変異体は気孔閉鎖を引き起こす植物ホルモン・アブシジン酸 (ABA) 存在下でも気孔が開鎖しない ABA 非感受性の表現型を示し、Mg-キラターゼ H サブユニット (CHLH) のミスセンス変異が原因となっていることが明らかとなった。CHLH は、クロロフィル生合成に関わる Mg-キラターゼのサブユニットの一つであり、近年 ABA 受容体としても機能することが報告されていた (Nature 2006)。しかしながら、本当に ABA 受容体として機能しているかどうか、また、ABA シグナル伝達に関与しているのかどうかについては、依然多くの議論がなされていた (Annu. Rev. Plant Biol. 2010)。そこで、組換え CHLH を用いた詳細な ABA 結合実験を行った結果、CHLH は ABA と特異的に結合しないことが明らかとなった。一方、CHLH は細胞外の Ca^{2+} 濃度を上昇させると ABA にตอบสนองした気孔閉鎖を示すことを見出し、CHLH は孔辺細胞 $[Ca^{2+}]_{cyt}$ の制御を介して ABA シグナル伝達に関与していることが示唆された。以上の結果より、CHLH は気孔の ABA シグナル伝達には関与するが、ABA 受容体そのものとしては機能していないと結論し、これまで混沌としていた CHLH の ABA シグナル伝達における役割が明確となった。

赤外線サーモグラフィを用いてモデル植物シロイヌナズナの気孔開度変異体のスクリーニングにおいて、気孔が顕著に開口する

ことで、背景植物よりも葉の表面温度が低くなった変異体 *lost1* (*low temperature with open-stomata 1*) を単離した(図)。また、*lost1* はペールグリーンの表現型を示していた(図)。マッピング、シークエンス、相補実験の結果から、*lost1* はクロロフィル合成酵素 Mg-キラーゼの I サブユニット 1 (CHL1) のミスセンス変異体であることがわかった。*lost1* の気孔をさらに詳しく調べたところ、乾燥を防ぐために気孔閉鎖を誘導する植物ホルモン・アブシジン酸 (ABA) に対する感受性が低いことがわかった。この結果は、Mg-キラーゼが気孔の ABA シグナル伝達に関与することを示している。さらに本論文では、別のクロロフィル合成酵素 Mg-プロトポルフィリン IX メチルトランスフェラーゼ (CHLM) の変異体の気孔も ABA 非感受性の表現型を示すことを明らかにした。今後は、クロロフィル合成と ABA による気孔閉鎖との関係についてさらに解析を進めていきたい。

また、青色光受容体フォトトロピンの制御する葉の形状を指標にした気孔開度変異体のスクリーニングで単離した変異体の一つの解析を進めていく過程で花成ホルモンとして知られるフロリゲン *FLOWERING LOCUS T (FT)* が孔辺細胞にも発現しており、光による気孔開口にポジティブに影響を与えることを明らかにし、気孔開度が日長(光周性)によって調節される新たな調節機構と、*FT* の多様な生理機能を証明した(図 1)(*Curr Biol* 2011)。さらに、光周性花成誘導に関わることが知られている主要因子 (*CRY*, *GI*, *CO*, *TSE*, *SOC1* 等) の気孔開度制御への関与についても網羅的な解析を行い、これら因子も気孔開度制御に関わることが明らかとなった (*Plant Physiol* 2013; *Plant Cell Physiol* 2015)。また、こういった光周性因子による気孔開度制御には孔辺細胞における遺伝子発現が関与することが示唆され、現在、その分子機構の解明を進めている。

(3) 気孔開度制御による植物の生育に対する影響

これまでに明らかとなっている気孔開口反応に関わる主要因子(青色光受容体フォトトロピン、細胞膜 H^+ -ATPase、内向き整流性 K^+ チャネル)を孔辺細胞のみで発現量を上昇させた植物体を作成し、表現型の観察を行った。その結果、 H^+ -ATPase 過剰発現株において、光による気孔開口が通常よりも 25% 大きくなり、光合成活性が増加し、植物の生産量が 1.4~1.6 倍増加することが明らかとなった。一方、 H^+ -ATPase 過剰発現株は、野生株と同様な乾燥応答や乾燥耐性が見られた。以上の結果は、気孔開度が光合成や生産量の制限要因になっていることを初めて実証するものであり、気孔の開口を大きくすることが植物の生産量を増加させることに有用であることが示している(*PNAS* 2014)。この成果につい

て、特許申請をおこなった。

また、これまでの研究により、気孔の ABA シグナル伝達に関与することが明らかとなった CHLH について孔辺細胞における発現を高めることで、ABA に対する感受性が増加することが明らかとなった。そこで、CHLH 過剰発現株の乾燥耐性試験を行ったところ、野生株が枯死してしまう乾燥ストレス条件においても、CHLH 過剰発現株では生存しており、気孔の ABA に対する感受性を高めることで植物に乾燥耐性を付与できることが明らかとなった(*Front Plant Sci* 2013)

(4) 細胞膜 H^+ -ATPase の進化的解析

細胞膜 H^+ -ATPase は、ATP の加水分解エネルギーを利用し、細胞外への H^+ の能動輸送を行う植物に必須の一次輸送体であり、根における無機養分の取り込み、篩部伴細胞におけるスクロースの取り込みや気孔開口などにおいて重要な役割を果たしている。これまでの研究から、維管束植物において、 H^+ -ATPase の活性化には C 末端から 2 番目の Thr のリン酸化と、リン酸化部位への 14-3-3 タンパク質の結合が重要であることが明らかとなっている。しかし、C 末端から 2 番目に Thr をもつ pT H^+ -ATPase (penultimate Thr-containing H^+ -ATPase) が進化上どの段階から出現したのかは明らかになっていなかった。

本論文では、陸上植物の進化的基部に位置する苔類ゼニゴケにおける H^+ -ATPase の同定と機能解析を行った。その結果、ゼニゴケには pT H^+ -ATPase と non-pT H^+ -ATPase の両方が存在しており、pT H^+ -ATPase は維管束植物と同様の C 末端のリン酸化を介した制御が行われていることが明らかとなった。このことは、植物が陸上へ進出する過程で pT H^+ -ATPase を獲得したことを示唆している(図 1)。さらに、様々な生理シグナルの解析を進めた結果、ゼニゴケの pT H^+ -ATPase は光合成に依存して顕著にリン酸化されることを初めて見出し、葉緑体から細胞膜へのシグナル伝達が存在することが明らかとなった (*Plant Physiol* 2012)。現在、この反応の生理的な意義について、さらに、より進化的に古いシャジク藻類における細胞膜 H^+ -ATPase の分子種について解析を進めている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 25 件)

Satake A, Sakurai G, Kinoshita T (2015) Modeling Strategies for Plant Survival, Growth and Reproduction. **Plant & Cell Physiology**, 56: 583-585. doi: 10.1093/pcp/pcv041, 査読有
Kimura Y, Aoki S, Ando E, Kitatsuji A, Watanabe A, Ohnishi M, Takahashi K, Inoue S, Nakamichi N, Tamada Y, Kinoshita T

- (2015) A flowering integrator, *SOCI*, affects stomatal opening in *Arabidopsis thaliana*. **Plant & Cell Physiology** 56: 640-9. doi: 10.1093/pcp/pcu214, 査読有
- Takahashi Y, Kinoshita T (2015) Stomatal function has an element of hysteresis. **New Phytologist** 205, 455-457. doi: 10.1111/nph.13149, 査読有
- Wang Y, Shimazaki K, Kinoshita T (2014) Multiple roles of the plasma membrane H⁺-ATPase and its regulation. **The Enzymes** 35: 191-211. doi:10.1016/B978-0-12-801922-1.00008-7, 査読有
- Hayashi K, Kinoshita T (2014) Abscisic acid receptor hole-in-one. **Nature Chemical Biology** 10, 414-415. doi:10.1038/nchembio.1529, 査読有
- Tomiyama M, Inoue S, Tsuzuki T, Soda M, Morimoto S, Okigaki Y, Ohishi T, Mochizuki N, Takahashi K, Kinoshita T (2014) Mg-chelatase I subunit 1 and Mg-Protoporphyrin IX methyltransferase affect the stomatal aperture in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Plant Research** 127, 553-563. (doi:10.1007/s10265-014-0636-0), 査読有
- Hayashi Y, Takahashi K, Inoue S, Kinoshita T (2014) Abscisic acid suppresses hypocotyl elongation by dephosphorylating plasma membrane H⁺-ATPase in *Arabidopsis thaliana*. **Plant & Cell Physiology**, 55, 845-853. (doi: 10.1093/pcp/pcu028), 査読有
- Wang Y, Noguchi K, Ono N, Inoue S, Terashima I, Kinoshita T (2014) Overexpression of plasma membrane H⁺-ATPase in guard cells promotes light-induced stomatal opening and enhances plant growth. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**, 111, 533-538. (DOI: 10.1073/pnas.1305438111), 査読有
- Kinoshita T (2013) Flow-limiting valve for ABA signalling in stomatal guard cells. **New Phytologist** 200, 943-945. (DOI: 10.1111/nph.12579), 査読有
- Tsuzuki T, Takahashi K, Tomiyama M, Inoue S, Kinoshita T (2013) Overexpression of the Mg-chelatase H subunit in guard cells confers drought tolerance via promotion of stomatal closure in *Arabidopsis thaliana*. **Frontiers in Plant Science**, 4, 440. (doi:10.3389/fpls.2013.00440), 査読有
- Ye Y, Adachi Y, Ye W, Hayashi M, Nakamura Y, Kinoshita T, Mori IC, Murata Y (2013) Difference in abscisic acid perception mechanisms between closure induction and opening inhibition of stomata. **Plant Physiology** 163, 600-610. (DOI: 10.1104/pp.113.223826), 査読有
- Takahashi Y, Ebisu Y, Kinoshita T, Doi M, Okuma E, Murata Y, Shimazaki K (2013) bHLH Transcription factors that facilitate K⁺ uptake during stomatal opening are repressed by abscisic acid through phosphorylation. **Science Signaling** 6, ra48. (DOI: 10.1126/scisignal.2003760), 査読有
- Ando E, Ohnishi M, Wang Y, Matsushita T, Watanabe A, Hayashi Y, Fujii M, Ma JF, Inoue S, Kinoshita T (2013) *TWIN SISTER OF FT*, *GIGANTEA*, and *CONSTANS* have a positive but indirect effect on blue light-induced stomatal opening in *Arabidopsis thaliana*. **Plant Physiology** 162, 1529-1538. (DOI: 10.1104/pp.113.217984), 査読有
- Okumura M, Takahashi K, Inoue S, Kinoshita T. (2012) Evolutionary appearance of the plasma membrane H⁺-ATPase containing a penultimate threonine in the bryophyte. **Plant Signaling & Behavior** 7(8), 979-982. (DOI: 10.4161/psb.20936), 査読有
- Okumura M, Inoue S, Takahashi K, Ishizaki K, Kohchi T, Kinoshita T. (2012) Characterization of the plasma membrane H⁺-ATPase in the liverwort *Marchantia polymorpha*. **Plant Physiology** 159, 826-834.(DOI:10.1104/pp.112.195537), 査読有
- Takahashi K, Hayashi K, Kinoshita T. (2012) Auxin activates the plasma membrane H⁺-ATPase by phosphorylation during hypocotyl elongation in *Arabidopsis thaliana*. **Plant Physiology** 159, 632-641. (DOI: 10.1104/pp.112.196428), 査読有
- Zeng H, Liu G, Kinoshita T, Zhang R, Zhu Y, Xu G. (2012) Stimulation of phosphorus uptake by ammonium nutrition involves plasma membrane H⁺-ATPase in rice roots. **Plant and Soil** 357, 205-214. (DOI: 10.1007/s11104-012-1136-4), 査読有
- Hayashi M, Kinoshita T. (2011) Crosstalk between blue-light- and ABA-signaling pathways in stomatal guard cells. **Plant Signaling & Behavior** 6, 1662-1664. (DOI:10.4161/psb.6.11.17800), 査読有
- Kinoshita T, Ono N, Hayashi Y, Morimoto S, Nakamura S, Soda M, Kato Y, Ohnishi M, Nakano T, Inoue S, Shimazaki K. (2011) *FLOWERING LOCUS T* regulates stomatal opening. **Current Biology** 21, 1232-1238. (DOI: 10.1016/j.cub.2011.06.025), 査読有
- Hayashi M, Inoue S, Takahashi K, Kinoshita T. (2011) Immunohistochemical detection of blue light-induced phosphorylation of the plasma membrane H⁺-ATPase in stomatal guard cells. **Plant & Cell Physiology** 52, 1238-1248. (DOI:10.1093/pcp/pcr072), 査読有
- 21 Tsuzuki T, Takahashi K, Inoue S, Okigaki Y, Tomiyama M, Hossain M.A, Shimazaki K, Murata Y, Kinoshita T. (2011) Mg-chelatase

- H subunit affects ABA signaling in stomatal guard cells, but is not an ABA receptor in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Plant Research** 124, 527-538. (DOI:10.1007/s10265-011-0426-x), 査読有
- 22 Inoue S, Matsushita T, Tomokiyo Y, Matsumoto M, Nakayama KI, Kinoshita T, Shimazaki K (2011) Functional analyses of the activation loop of phototropin2 in *Arabidopsis*. **Plant Physiology** 156, 117-128. (DOI:10.1104/pp.111.175943), 査読有
- 23 Kinoshita T, Hayashi Y. (2011) New insights into the regulation of stomatal opening by blue light and the plasma membrane H⁺-ATPase. **International Review of Cell and Molecular Biology** 289, 89-115. (DOI: 10.1016/B978-0-12-386039-2.00003-1), 査読有
- 他 2 件

〔学会発表〕(計 117 件)

奥野凌輔、井上晋一郎、富山将和、林真妃、木下俊則「*elf3* 変異体を背景植物とした新奇気孔開度変異体のスクリーニング」第 56 回日本植物生理学会年会、東京農業大学、2015 年 3 月 18 日

菊地淳子、井上晋一郎、曾田翠、高橋宏二、木下俊則「シロイヌナズナの気孔開度変異体 *scs2*、*scs3* の表現型解析」第 56 回日本植物生理学会年会、東京農業大学、2015 年 3 月 18 日

安藤英伍、木下俊則「無傷葉における気孔の光応答と孔辺細胞 H⁺-ATPase リン酸化レベルの解析」第 56 回日本植物生理学会年会、東京農業大学、2015 年 3 月 18 日

中道範人、上原貴大、山口潤一郎、高尾早織、瀧京美、笠原博幸、伊丹健一郎、木下俊則「シロイヌナズナの概日リズム周期を調整する新規低分子化合物群」第 56 回日本植物生理学会年会、東京農業大学、2015 年 3 月 17 日

戸田陽介、Wang Y、高橋章、山地直樹、馬建鋒、芦苜基行、木下俊則「Functional characterization of plasma membrane H⁺-ATPases of rice」第 56 回日本植物生理学会年会、東京農業大学、2015 年 3 月 16 日

高橋洋平、木下俊則、島崎研一郎「ABA 依存のリン酸化による bHLH 型転写因子 AKS1 の活性制御」第 56 回日本植物生理学会年会、東京農業大学、2015 年 3 月 16 日

土屋雄一朗、藤 茂雄 Duncan HS、木下俊則、McCourt P「ストリゴラクトン受容機構を利用した寄生植物の自殺発芽誘導剤のケミカルスクリーニング」第 56 回日本植物生理学会年会、東京農業大学、2015 年 3 月 17 日

Wang Y、藤原幹、戸田陽介、西條雄介、木下俊則「Environmental responses of

H⁺-ATPase overexpression transgenic plants」第 56 回日本植物生理学会年会、東京農業大学、2015 年 3 月 18 日

高橋宏二、堀孝一、大高きぬ香、太田啓之、木下俊則「シャジクモ藻類クレブソルミデイウムにおける細胞膜プロトンポンプ」第 56 回日本植物生理学会年会、東京農業大学、2015 年 3 月 18 日

You T, Okumura M, Inoue S, Takanashi K, Kohchi T, Ishizaki K, Kinoshita T “Characterization of the plasma membrane H⁺-ATPase gene expressions in *Marchantia polymorpha*” Marchantia Workshop2014、神戸大学百年記念館・六甲ホール、2014 年 12 月 9 日

Kinoshita T 「Manipulations of stomatal aperture have effect on plant growth or drought resistant in *Arabidopsis*」、International Workshop on Plant Water Stress Responses and Water-Use Efficiency、東京大学弥生講堂一条ホール、2014 年 11 月 26 日

木下俊則「環境刺激による気孔開度調節と植物の成長制御」日本育種学会 2014 年秋期講演会、南九州大学、2014 年 9 月 26 日

菊地淳子、井上晋一郎、曾田翠、高橋宏二、木下俊則「シロイヌナズナの気孔開度変異体 *scs2*、*scs3* の表現型解析」、日本植物学会第 78 回大会、明治大学生田キャンパス、2014 年 9 月 13 日

楊為雄、奥村将樹、井上晋一郎、高橋宏二、石崎公庸、河内孝之、木下俊則「苔類ゼニゴケにおける細胞膜 H⁺-ATPase の機能解析」、日本植物学会第 78 回大会、明治大学生田キャンパス、2014 年 9 月 14 日

富山将和、井上晋一郎、都築朋、曾田翠、森本小百合、沖垣友季子、大石貴矢、望月伸悦、高橋宏二、木下俊則「Mg-chelatase I submit 1 and Mg-Protoporphyrin \square methyltransferase affect the stomatal aperture」、日本植物学会第 78 回大会、明治大学生田キャンパス、2014 年 9 月 13 日

Wang Y、野口航、小野奈津子、井上晋一郎、寺島一郎、木下俊則「気孔開口制御による植物の光合成活性と生産量の促進」、日本植物学会第 78 回大会、明治大学生田キャンパス、2014 年 9 月 13 日

木下俊則「環境刺激に応答した気孔開口と植物の成長制御」、日本植物学会第 78 回大会、明治大学生田キャンパス、2014 年 9 月 12 日

Kinoshita T “ABA regulates hypocotyl elongation via dephosphorylating plasma membrane H⁺-ATPase in *Arabidopsis thaliana*” Plant Biology 2014, July 11-17, 2014, USA

Takahashi Y, Kinoshita T, Shimazaki K “Regulation of the *Arabidopsis* bHLH transcription factor by monomerization through abscisic acid-induced

phosphorylation” Plant Biology 2014, Oregon Convention Center, July 11-17, 2014, USA
Yin Wang, Ko Noguchi, Natsuko Ono, Shin-ichiro Inoue, Ichiro Terashima, Toshinori Kinoshita “Overexpression of plasma membrane H⁺-ATPase in guard cells promotes light-induced stomatal opening, photosynthesis and plant growth” Plant Biology 2014, Oregon Convention Center, July 11-17, 2014, USA

- 21 Wang Y、野口航、小野奈津子、井上晋一郎、寺島一郎、木下俊則、「気孔開度制御による植物の光合成と成長の促進」、第5回日本光合成学会年会および公開シンポジウム、近畿大学農学部 奈良キャンパス、2014年5月30日
- 22 奥村将樹、楊為雄、井上晋一郎、高橋宏二、石崎公庸、河内孝之、木下俊則、「苔類ゼニゴケにおける光合成に依存した細胞膜H⁺-ATPaseのリン酸化の解析」、第5回日本光合成学会年会および公開シンポジウム、近畿大学農学部 奈良キャンパス、2014年5月30日
- 他 95 件

〔図書〕(計 3 件)

木下俊則、Wang Y 「気孔開度調節による光合成と植物の生産量の促進」光合成研究と産業応用最前線(NTS)第4章 第2節、147-156、2014年

木下俊則、ワン イン 「植物の成長を促す気孔に日の光を」理 philosophia, No.26, 14-15 頁、2014年

木下俊則 「気孔の開閉」高校生物解説書 50-51 頁(講談社) 2014年

〔産業財産権〕

○出願状況(計 2 件)

名称：植物の光合成および生産量を増加させる方法
発明者：木下俊則、ワン イン、井上晋一郎、小野奈津子
権利者：同上
種類：特許権
番号：PCT/JP2014/057021 (WO)
出願年月日：平成 26 年 9 月 16 日
国内外の別：国内

名称：植物気孔開口調節剤
発明者：木下俊則、井上心平、戸田陽介、佐藤綾人、青木沙也
権利者：同上
種類：特許権
番号：特願 2014-258418
出願年月日：平成 26 年 12 月 22 日
国内外の別：国内

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

アウトリーチ活動(サイエンスカフェ)
2013年5月15日「植物の巧みな環境応答-スーパー植物の可能性-」名古屋市栄パーク栄

研究内容紹介の動画 (ScienceNews2013)
<https://www.youtube.com/watch?v=GBxbzVSeZ10>

ホームページ

<http://plantphys.bio.nagoya-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

木下 俊則 (KINOSHITA TOSHINORI)
名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・教授
研究者番号：50271101

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

高橋宏二 (TAKAHASHI KOJI)
名古屋大学・大学院理学研究科・助教
研究者番号：40283379

井上晋一郎 (INOUE SHIN-ICHIRO)
名古屋大学・大学院理学研究科・助教
研究者番号：40532693