

平成 27 年 5 月 25 日現在

機関番号：11301

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：22120004

研究課題名（和文）陸上植物の水獲得に機能する根の水応答機構の解明

研究課題名（英文）Mechanism of root hydrotropism for water acquisition in land plants

研究代表者

高橋 秀幸（Takahashi, Hideyuki）

東北大学・生命科学研究科・教授

研究者番号：70179513

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 55,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、根の水分屈性に必須のMIZ1およびMIZ2の機能、並びに水分屈性の全体像を理解すべく解析を行った。その結果、MIZ1・MIZ2が機能する細胞群、それらに関連して機能する新奇の水分屈性制御分子を見出した。また、光とアブシジン酸はMIZ1の転写制御を介して水分屈性に影響すること、MIZ1がオーキシシン量を負に調節して水分屈性、側根形成に影響することが明らかになった。さらに、MIZ1過剰発現体が水分屈性を亢進すること、MIZ1に制御される水分屈性が自然生態系で植物の根系形成・生産性・生存に寄与することを明らかにした。一方、水分屈性の分子機構は、植物種によって異なる可能性が示された。

研究成果の概要（英文）：We attempted to understand the functions of MIZ1 and MIZ2 molecules essential for hydrotropism in roots, an overall pathway of hydrotropism, and its role in nature. We identified cells/tissues required for hydrotropism and novel regulators of hydrotropism in relation to MIZ1 and MIZ2 functions in Arabidopsis roots. It was shown that light and abscisic acid independently regulated MIZ1 transcription and thereby hydrotropic response and that MIZ1 might play a role in hydrotropism and lateral root formation by negatively regulating auxin content. Furthermore, we found that MIZ1-overexpressors enhanced hydrotropic response and the MIZ1-mediated hydrotropism could contribute to plant biomass production and survival in nature by regulating root-system development under water-limited conditions. On the other hand, analyses with other plants such as rice, lotus, and peas revealed the molecular mechanisms that differed among plant species.

研究分野：植物生理学

キーワード：水分屈性 MIZU-KUSSEI MIZ1 MIZ2

## 1. 研究開始当初の背景

植物の最も大きな特徴として、固着性生物であり且つ独立栄養性を有することがあげられる。約5億年前に陸地環境に進出した植物は、陸上圏という新たな空間をその生育域として獲得したが、同時に地中に存在する限定された水分環境での生育能力を必要とした。植物が動物に先んじ現在まで地上で繁栄してきた背景には、植物が独自の環境適応能力とりわけ水分獲得能力を進化させてきたことが挙げられる。そして、植物の有するその能力が現在の生態系構築の基盤となり、人類をはじめとしてすべての生物のエネルギー生産の基盤をなしている。水はあらゆる生命体の源であるとともに生命体の維持に必要な不可欠なものである。それゆえ、水分環境は生物の生存にとって非常に重要な要因をなすものである。

植物の水分環境に応じた成長制御に関する科学的記述として、19世紀より、主要な吸水器官である根が水分の多い方向に向かって成長する水分屈性の存在が示唆されてきた。しかしながら、近年に至るまで水分屈性を科学的に確証するものはなく、全く理解が進んでこなかった。その理由として水分屈性を誘導するための水分勾配の形成法の確立や、根の有する重力、光、接触といった種々の要因に対する応答を排除して解析を行う実験系が確立されていなかったことにある。とくに、水分の存在する領域は重力方向(下側)と一致しており、根が重力に応答して重力屈性を発現させ、それによって水分屈性が干渉されることなどが問題で、その干渉を除いた形での検証法が存在しなかった。

われわれは、地上において植物根が重力方向に逆らい水分屈性を発現する実験系の確立と重力屈性欠損変異体を用いた解析により、その存在を科学的に証明することに成功した(Jaffe et al. 1985)。さらに、水分屈性異常突然変異体(*mizu-kussei: miz*)の取得と解析により、世界ではじめて水分屈性に必須の制御分子(MIZ1, MIZ2)を見出した(Takahashi et al. 2002, Kobayashi et al. 2007, Miyazawa et al. 2009)。MIZ1は陸上植物固有のモチーフ(MIZドメイン)を有する機能未知タンパク質を、MIZ2は小胞輸送に必要な低分子量Gタンパク質の制御分子GNOMをそれぞれコードしていた。また、*miz1*、*miz2*突然変異体の形態や重力屈性は正常であった。したがって、これらは、水分屈性特異的に機能するユニークな遺伝子であると考えられる。

以上の背景のもと、植物の根が乾燥を回避するしくみとして機能すると考えられる水分屈性の分子機構を解明することは、植物の新機能の理解につながり、それによって、乾

燥地や植物工場などの特殊環境における植物生産のための効率的な水利用技術を開発するための基礎的知見を得ることもなると期待される。

## 2. 研究の目的

上述の背景・経緯を踏まえ、本研究では根の水分屈性における水感覚情報処理機構を明らかにする。具体的には、われわれが見出してきたMIZ1、MIZ2のタンパク質機能の解明により、それらの水感覚情報処理における役割を明らかにする。加えて、新奇水分屈性異常突然変異体の解析およびトランスクリプトーム等による網羅的遺伝子発現解析により、新奇水分屈性制御分子を明らかにして、水分屈性分子機構の全体像を理解する。また、水分屈性の生態学的意義および水分屈性発現機構の植物種による違い、さらには、これら水応答と他の環境刺激に対する応答のクロストークを解析することで、根が異なる水環境で複数の環境応答を統御するしくみを理解する。

## 3. 研究の方法

(1)これまでに単離した水分屈性突然変異体の中で、変異原因遺伝子が未同定であるシロイヌナズナ水分屈性突然変異体 *miz3* の変異原因遺伝子の同定をマップベースクローニングにより進める。

(2) MIZ1 遺伝子、MIZ1 タンパク質の発現・局在と水分屈性の関係、ならびにそれら制御因子を解析する。

(3) *miz1* 変異を抑圧する突然変異体を取得し解析する。また、その変異原因遺伝子を同定するとともに、得られる候補遺伝子の相補試験や機能欠損突然変異体の解析を行う。さらに、これらの分子に標識マーカーを付加した系統を作出し、発現部位等を解析する。

(4) MIZ1 と相互作用するタンパク質を抽出し、得られる相互作用候補分子の MIZ1 との相互作用を証明するとともに、それらの機能欠損突然変異体の表現型解析を行う。

(5) MIZ1 過剰発現体を作成し、その表現型を解析する。

(6) オーキシシンと水分屈性の関係を、MIZ1 や MIZ2 の突然変異体や形質転換体、オーキシシン生合成突然変異体を用いて解析する。

(7) MIZ1 過剰発現体、*miz1* 突然変異体、*miz1* 抑圧突然変異体等を用いて、トランスクリプトーム解析を行い、関連する因子を網羅的に解析する。

(8) フェムト秒レーザーを用いた細胞破

壊実験により、水分屈性に機能する細胞群を明らかにするとともに、エンハンサートラップや組織特異的プロモーターによる MIZ1 発現制御によって、MIZ1 の機能する細胞群を同定する。

(9) 上述の MIZ1 の機能解析を MIZ2 解析にも応用し、MIZ2 が担う水分屈性に特異的な小胞輸送系を明らかにする。

(10) シロイヌナズナ以外の植物種（イネ、ミヤコグサ、キュウリ等）を用いて、根の水分屈性の分子機構をシロイヌナズナと比較解析し、その普遍性と相違点を明らかにする。

(11) 最終的に得られる知見を統合し、根における水分屈性発現機構（分子ネットワーク）のモデルを構築するとともに、重力応答など、他の環境刺激応答機構とのクロストーク機構を解明する。

#### 4. 研究成果

(1) これまでに単離した水分屈性突然変異体のうち、変異原因遺伝子が未同定であった *miz3* 突然変異体について解析をすすめた。まず、*miz1*、*miz2* 突然変異と *miz3* の関係を解析したところ、*miz1* と交配した F<sub>1</sub> では水分屈性が回復しないことが明らかになった。一方、*miz2* と交配した F<sub>1</sub> では水分屈性が回復した。このことは、*miz3* は *miz1* と allelic であることを示唆している。実際に、*miz3* における MIZ1 遺伝子の配列を解析したところ、ミスセンス突然変異と考えられる塩基置換が見出された。

(2) MIZ1-GFP 融合タンパク質を発現するシロイヌナズナを作成して解析した結果、*miz1* 突然変異体で MIZ1-GFP を発現させると水分屈性が回復することがわかった。また、MIZ1-GFP の発現は、明所で育成した植物の根端と伸長域において見られた一方、暗所で育成した植物においては、根端のシグナルが消失していた。さらに、MIZ1 の細胞内局在を解析した結果、MIZ1 タンパク質は細胞質ならびに小胞体膜に局在することがわかった。

MIZ1 の発現に光条件が関与することが示されたので、さらに解析を進めた結果、根端の MIZ1-GFP は青色光によりその発現のオン・オフが制御されることが明らかになった。一方、暗所においてもストレス応答に関与する植物ホルモンであるアブシジン酸を処理することにより、根端で MIZ1-GFP が発現することも明らかになった。この青色光およびアブシジン酸による MIZ1 制御は、独立して機能することも明らかになった。

(3) MIZ1 の機能を知る一助として、*miz1* 突然変異体の表現型（水分屈性の欠損）を抑圧する突然変異体 *miz1-suppressor1* (*mzp1*) を単離することに成功し、マップベースクローニングおよび DNA Deep-Sequencing によって *mzp1* の変異原因遺伝子候補を得た。また、MZIP1 がこれまでに報告されていないオーキ

シン輸送・分布制御に係わる可能性が示された。

(4) MIZ1:GFP および MIZ2:GFP 発現形質転換体を利用し、GFP 抗体による免疫沈降を行い、得られた分子を LC-MS/MS によって解析し、MIZ1 および MIZ2 と相互作用する分子を複数得ることに成功した。これらの分子の機能欠損系統の水分屈性を解析し、新奇の水分屈性制御因子を見出した。

(5) MIZ1 過剰発現体を作成してそれらの表現型を解析した結果、野生型と比較して水分屈性が有意に亢進されることがわかった。この MIZ1 過剰発現体の水分屈性の亢進は、*miz2* 変異によって完全に抑制されることが交配実験より明らかになり、MIZ2 が MIZ1 の下流で機能することが示された。

(6) MIZ1 過剰発現体を作成して解析した結果、MIZ1 の過剰発現は主根の水分屈性を促進しただけでなく、側根の形成を抑制した。この側根形成の抑制はオーキシンの投与により回復し、根の内生オーキシン量が野生型と比べ *miz1* 突然変異体で増加し、MIZ1 過剰発現体で低下することがわかった。これらのことから MIZ1 が根のオーキシン量を負に調節する分子であることが示唆された。さらに、オーキシン生合成突然変異体やオーキシン生合成阻害剤を用いて、生体内オーキシン量の減少が水分屈性の発現に促進的に働くことが示された。

MIZ1 の過剰発現が側根形成にも関与したことから、側根の水分屈性能の MIZ1 による制御についても解析した。その結果、側根も主根と同様に水分屈性を示すこと、側根の水分屈性においても MIZ1 が必須であることが明らかになった。

(7) *miz1* 突然変異体、MIZ1 過剰発現体、野生型のシロイヌナズナを用い、比較トランスクリプトーム解析を行い、水分屈性制御候補遺伝子をリストし、それら因子の機能欠損系統の解析から新奇の水分屈性制御遺伝子を見出した。

(8) 水分屈性に機能する細胞群を解明するために、まず、フェムト秒レーザー顕微鏡を用いて、シロイヌナズナの根のコルメラ細胞を破壊して重力屈性と水分屈性を解析した結果、コルメラ細胞の破壊によって重力屈性は低下したが、水分屈性は影響を受けなかった。また、組織特異的なプロモーターを用いて、*miz1* 突然変異体の根の根冠、分裂組織、表皮、側部根冠組織、皮層、内皮で MIZ1 を発現させて水分屈性能の回復を調べた結果、MIZ1 は伸長帯の皮層と表皮の両方または片方で機能することが示された。したがって、シロイヌナズナでは、重力屈性と違い、水分屈性に根冠組織を必要

としないものと考えられた。

(9) (5)にてMIZ1の機能発現にMIZ2が必要であることを示したが、その詳細を調べた結果、MIZ2は水分屈性の発現に伴い、MIZ1の局在を直接的または間接的に変化させる機能を有することが示唆された。

(10) ミヤコグサとイネの水分屈性実験系を構築し、比較解析した結果、ミヤコグサの水分屈性はシロイヌナズナに類似してオーキシンの極性輸送に依存せず、イネの水分屈性はオーキシン極性輸送を必要とすることがわかった。

(11) これまで、自然界における水分屈性の貢献度はわかっていない。そこで、土壌中で水分勾配を形成させる実験系を構築し、野生型、*miz1* 突然変異体、MIZ1 過剰発現体を用いて、水分屈性が根系形成、バイオマス・種子生産、生存に及ぼす影響を解析し、水分屈性が自然界で乾燥回避に機能し得ることを証明した。さらに、グルタミン酸の処理が根の水分屈性を著しく促進し、これがグルタミン受容体を介した細胞内カルシウム濃度の上昇による可能性を見出した。

以上の結果から、根の水分屈性の発現制御機構に関するモデルを提唱した。本成果は、新奇の環境応答制御機構を明らかにしただけでなく、根の水分屈性能に着目した新たな植物生産技術の開発に資すると考えられる。

#### < 引用文献 >

Jaffe, M.J., H. Takahashi, R.L. Biro. A pea mutant for the study of hydrotropism in roots. *Science* 230: 445-447 (1985)

Takahashi, N., N. Goto, K. Okada, H. Takahashi. Hydrotropism in abscisic acid, wavy, and gravitropic mutants of *Arabidopsis thaliana*. *Planta* 216: 203-211 (2002)

Kobayashi, A., A. Takahashi, Y. Kakimoto, Y. Miyazawa, N. Fujii, A. Higashitani, H. Takahashi. A gene essential for hydrotropism in roots. *PNAS* 104: 4724-4729 (2007)

Miyazawa, Y., A. Takahashi, A. Kobayashi, T. Kaneyasu, N. Fujii, H. Takahashi. GNOM-mediated vesicular trafficking plays an essential role in hydrotropism of *Arabidopsis* roots. *Plant Physiology* 149: 835-840 (2009)

#### 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 18 件)

Moriwaki, T., Y. Miyazawa, N. Fujii, H. Takahashi. GNOM regulates root hydrotropism and phototropism independently of PIN-mediated auxin transport. *Plant Science* 215-216: 141-149 (2014). 査読有. doi:10.1016/j.plantsci.2013.11.002

Iwata, S., Y. Miyazawa, N. Fujii, H. Takahashi. MIZ1-regulated hydrotropism functions in the growth and survival of *Arabidopsis thaliana* under natural conditions. *Annals of Botany* 112: 103-114 (2013). 査読有.

doi:10.1093/aob/mct098

Moriwaki, T., Y. Miyazawa, A. Kobayashi, H. Takahashi. Molecular mechanisms of hydrotropism in seedling roots of *Arabidopsis thaliana* (Brassicaceae). *American Journal of Botany* 100: 25-34 (2013). 査読有.

doi:10.3732/ajb.1200419

Miyazawa, Y., T. Moriwaki, M. Uchida, A. Kobayashi, N. Fujii, H. Takahashi. Overexpression of MIZU-KUSSEI1 enhances root hydrotropic response by retaining cell viability under hydrostimulated condition in *Arabidopsis thaliana*. *Plant and Cell Physiology* 53: 1926-1933 (2012). 査読有.

doi:10.1093/pcp/pcs129

Nakayama, M., Y. Kaneko, Y. Miyazawa, N. Fujii, N. Higashitani, S. Wada, H. Ishida, K. Yoshimoto, K. Shirasu, K. Yamada, M. Nishimura, H. Takahashi. A possible involvement of autophagy in amyloplast degradation in columella cells during hydrotropic response of *Arabidopsis* roots. *Planta* 236: 999-1012 (2012). 査読有.

doi:10.1007/s00425-012-1655-5

Yamazaki, T., Y. Miyazawa, A. Kobayashi, T. Moriwaki, N. Fujii, H. Takahashi. MIZ1, an essential protein for root hydrotropism, is associated with the cytoplasmic face of the endoplasmic reticulum membrane in *Arabidopsis* root cells. *FEBS Letters* 586: 398-402 (2012). 査読有. doi:

10.1016/j.febslet.2012.01.008

Kato, F., M. Araki, Y. Miyazawa, N. Fujii, K. Takeda, H. Suge, H. Takahashi. Factors responsible for deep-sowing tolerance in wheat seedlings: varietal differences in cell proliferation and the co-ordinated synchronization of epidermal cell expansion and cortical cell division for the gibberellin-mediated elongation of first internodes. *Annals of Botany* 108: 439-447 (2012). 査読有.

doi:10.1093/aob/mcr173

Moriwaki, T., Y. Miyazawa, N. Fujii, H. Takahashi. Light and abscisic acid signaling are integrated by MIZ1 gene expression and regulate hydrotropic response in roots of *Arabidopsis thaliana*. *Plant, Cell and Environment* 35:

1359-1368 (2012). 査読有.  
doi:10.1111/j.1365-3040.2012.02493.x  
Watanabe, C., N. Fujii, K. Yanai, T. Hotta,  
D-H. Kim, M. Kamada, Y. Sasagawa-Saito, T.  
Nishimura, T. Koshiba, Y. Miyazawa, K-M.  
Kim, H. Takahashi. Gravistimulation changes  
the accumulation pattern of the CsPIN1 auxin  
efflux facilitator in the endodermis of the  
transition zone in cucumber seedlings. *Plant  
Physiology* 158: 239-251 (2012). 査読有.  
doi:10.1104/pp.111.188615  
Iwata, S., Y. Miyazawa, H. Takahashi.  
MIZU-KUSSEI1 plays an essential role in the  
hydrotropism of lateral roots in *Arabidopsis  
thaliana*. *Environmental and Experimental  
Botany* 75: 167-172 (2012). 査読有.  
doi:10.1016/j.envexpbot.2011.09.007  
Moriwaki, T., Y. Miyazawa, A. Kobayashi,  
M.Uchida, C. Watanabe, N. Fujii, H.  
Takahashi. Hormonal regulation of lateral root  
development in *Arabidopsis* modulated by  
MIZ1 and requirement of GNOM activity for  
MIZ1 function. *Plant Physiology* 157:  
1209-1220 (2011). 査読有.  
doi:10.1104/pp.111.186270

(他、7件)

[学会発表](計104件)

Lei Pang, Akie Kobayashi, Nobuharu Fujii, Malcolm  
J. Bennett, Tae-Woong Bae, Yutaka Miyazawa,  
Hideyuki Takahashi. MIZ1 expression in epidermis  
and/or cortex is essential for hydrotropism of  
*Arabidopsis* roots. 第56回日本植物生理学会年会.  
東京農業大学(東京都世田谷区). 2015年3月  
16-18日

Akie Kobayashi, Sotaro Hirastuka, Lei Pang, Yutaka  
Miyazawa, Nobuharu Fujii, Akira Nagatani, Yoichiroh  
Hosokawa, Hideyuki Takahashi. Laser ablation of the  
root cap reduces gravitropism but not hydrotropism in  
*Arabidopsis* roots. The 2<sup>nd</sup> International Symposium on  
Plant Environmental Sensing. AIST (Eto-ku, Tokyo).  
March 13-15, 2015

Yusuke Nakajima, Yoshitaka Nara, Yutaka Miyazawa,  
Nobuharu Fujii, Akie Kobayashi, Hideyuki Takahashi.  
The role of auxin in root hydrotropism differs between  
*Oryza sativa* and *Lotus japonicus* seedlings. The 2<sup>nd</sup>  
International Symposium on Plant Environmental  
Sensing. AIST (Eto-ku, Tokyo). March 13-15, 2015

田桑菜津子、久家徳之、高橋大輔、河村幸男、上  
村松生、高橋秀幸、宮沢豊「シロイヌナズナ水分  
屈性制御分子 MIZ2 と相互作用するタンパク質の  
探索」東北植物学会第4回大会・山形大学(山形  
県山形市). 2014年12月13-14日

Hideyuki Takahashi, Keita Morohashi, Miki Okamoto,  
Chiaki Yamazaki, Nobuharu Fujii, Yutaka Miyazawa,  
Akira Higashibata, Toru Shimazu, Motoshi Kamada,  
Haruo Kasahara, Takashi Yamazaki, Ikuko Osada,  
Noriaki Ishioka, Yasuo Fusejima and Akie Kobayashi.  
Root hydrotropism enhanced by separating

gravitropism in space: Its mechanism and  
application. 10<sup>th</sup> Asian Microgravity Symposium  
2014. Seoul, Korea. October 28-30, 2014

小林啓恵、平塚奏太郎、Pang Lei、宮沢豊、  
藤井伸治、長谷あきら、細川陽一郎、高橋秀  
幸「シロイヌナズナの水分屈性に機能する細  
胞群の解析」日本植物学会第78回大会・明治  
大学(神奈川県川崎市). 2014年9月12-14日  
石塚楓、小林啓恵、藤井伸治、宮沢豊、高橋  
秀幸「シロイヌナズナにおける根の水分屈性  
関連遺伝子の網羅的発現解析」日本植物学会  
第78回大会・明治大学(神奈川県川崎市).  
2014年9月12-14日

Noriyuki Kuya, Hideyuki Takahashi, Yutaka  
Miyazawa. MIZ2/GNOM is involved in  
subcellular localization of MIZ1 in the root cortex  
during hydrotropism of *Arabidopsis* roots. 第55  
回日本植物生理学会年会・富山大学(富山県  
富山市). 2014年3月18-20日

Satoru Iwata, Nobuharu Fujii, Akie Kobayashi,  
Hideyuki Takahashi. L-Glutamate plays an  
important role in early phase of hydrotropic  
response via glutamate-receptor-dependent Ca<sup>2+</sup>  
influx and MIZ1 distribution in *Arabidopsis* roots.  
2013 ASCB Annual Meeting. New Orleans,  
Louisiana, USA. December 14-18, 2013

山崎誠和、小林啓恵、宮沢豊、藤井伸治、高  
橋大輔、河村幸男、上村松生、高橋秀幸・水  
分屈性制御因子 MIZ1 と相互作用して水分屈  
性を調節する因子の探索・東北植物学会第3  
回大会・秋田県立大学(秋田県秋田市). 2013  
年12月14-15日

森脇哲平、宮沢豊、藤井伸治、高橋秀幸・シ  
ロイヌナズナ根の水分屈性制御を担う GNOM  
の機能ドメインの遺伝学的解析・東北植物学  
会第3回大会 秋田県立大学(秋田県秋田市).  
2013年12月14-15日

中島佑介、藤井伸治、宮沢豊、小林啓恵、高  
橋秀幸・イネ幼根の水分屈性の発現に及ぼす  
オーキシン関連阻害剤処理の影響・植物化学  
調節学会第48回大会・新潟大学(新潟県新潟  
市). 2013年10月31日-11月1日

Hideyuki Takahashi. MIZU-KUSSEI1 (MIZ1)  
regulation of hydrotropism in *Arabidopsis* roots.  
30<sup>th</sup> Annual IPG2013 Root Biology Symposium.  
Columbia, Missouri, USA. May 29-31, 2013

Yutaka Miyazawa, Teppei Moriwaki, Mayumi  
Uchida, Akie Kobayashi, Nobuharu Fujii,  
Hideyuki Takahashi. Improvement of plant  
water-stress avoidance by overexpression of  
*MIZU-KUSSEI1*, a gene responsible for root  
hydrotropism. 第54回日本植物生理学会年会.  
岡山大学(岡山県岡山市). 2013年3月21-23  
日

Hideyuki Takahashi, Yutaka Miyazawa, Akie  
Kobayashi, Teppei Moriwaki, Nobuharu Fujii.  
MIZ1 and MIZ2 regulation of hydrotropism in  
*Arabidopsis* roots. Tropism at the front: sensor  
and signal transduction. Symposium at the 54<sup>th</sup>  
Annual Meeting for the Japanese Society of

Plant Physiologists. Okayama Univ., Okayama.

March 21-23, 2013

岩田悟、内田真弓、小林啓恵、宮沢豊、藤井伸治、高橋秀幸．シロイヌナズナ *miz1* の抑圧突然変異体 *mzp1* の単離．第 54 回日本植物生理学会年会．岡山大学（岡山県岡山市）．2013 年 3 月 21-23 日

奈良敬孝、宮沢豊、森脇哲平、山崎誠和、藤井伸治、高橋秀幸．ミヤコグサとエンドウを用いた水分屈性発現機構の比較解析．日本植物学会第 76 回大会．兵庫県立大学（兵庫県姫路市）．2012 年 9 月 15-17 日

岩田悟、宮沢豊、高橋秀幸．シロイヌナズナの生産性・生存に対する水分屈性の寄与．日本植物学会第 76 回大会．兵庫県立大学（兵庫県姫路市）．2012 年 9 月 15-17 日

Satoru, Iwata, Yutaka Miyazawa, Nobuharu Fujii, Hideyuki Takahashi. MIZ1-regulated hydrotropism plays an important role in plant growth of *Arabidopsis thaliana* under water-limited conditions. *Plant Biology* 2012. Austin, Texas, USA. July 20-24, 2012

Satoru Iwata, Yutaka Miyazawa, Hideyuki Takahashi. Hydrotropism in lateral roots and its possible contribution to drought avoidance in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Biology* 2011. Minneapolis, Minnesota, USA. August 6-10, 2011

- ⑲ Tomokazu Yamazaki, Akie Kobayashi, Yutaka Miyazawa, Hideyuki Takahashi. MIZ1, a soluble protein essential for root hydrotropism, is associated with surface of endoplasmic reticulum membrane in *Arabidopsis* root cells. *Plant Biology* 2011. Minneapolis, Minnesota, USA. August 6-10, 2011
- ⑳ Yutaka Miyazawa, Tepei Moriwaki, Mayumi Uchida, Akie Kobayashi, Nobuharu Fujii, Hideyuki Takahashi. Analysis of overexpressor of MIZU-KUSSEI1, a gene required for root hydrotropism of *Arabidopsis thaliana*. XVIII International Botanical Congress. Melbourne, Australia. July 23-30, 2011
- ㉑ 森脇哲平、宮沢豊、藤井伸治、高橋秀幸．光による水分屈性発現調節の解析．第 53 回日本植物生理学会年会．京都産業大学（京都市北区）．2011 年 3 月 16-18 日
- ㉒ 森脇哲平、渡辺千秋、内田真弓、小林啓恵、宮沢豊、藤井伸治、高橋秀幸．シロイヌナズナ根のオーキシン含量低下による水分屈性能の向上．日本植物学会東北支部第 22 回大会．石巻専修大学（宮城県石巻市）．2010 年 12 月 18-19 日
- ㉓ 森脇哲平、小林啓恵、宮沢豊、藤井伸治、高橋秀幸．水分屈性制御遺伝子 *MIZI* は光あるいは ABA に依存した水分屈性を制御する．植物化学調節学会第 45 回大会．神戸大学（兵庫県神戸市）．2010 年 11 月 1-2 日

（他、79 件）

〔図書〕（計 0 件）

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ige.tohoku.ac.jp/tekio/>

<http://esplant.net>

## 6．研究組織

### (1)研究代表者

高橋 秀幸（TAKAHASHI, Hideyuki）  
東北大学・大学院生命科学研究科・教授  
研究者番号：70179513

### (2)研究分担者

平成 22 年 4 月～平成 23 年 1 月  
宮沢 豊（MIYAZAWA, Yutaka）  
東北大学・大学院生命科学研究科・助教  
研究者番号：00342858

### (3)連携研究者

平成 22 年 4 月～平成 27 年 3 月  
藤井 伸治（FUJII, Nobuharu）  
東北大学・大学院生命科学研究科・  
准教授  
研究者番号：70272002

平成 23 年 2 月～平成 27 年 3 月  
宮沢 豊（MIYAZAWA, Yutaka）  
東北大学・大学院生命科学研究科・助教  
（平成 24 年 3 月まで）  
山形大学・理学部・准教授  
（平成 24 年 4 月から）  
研究者番号：00342858

平成 22 年 4 月～平成 23 年 3 月  
山崎誠和（YAMAZAKI, Tomokazu）  
東北大学・大学院生命科学研究科・  
博士研究員  
研究者番号：40400189

平成 25 年 4 月～平成 27 年 3 月  
小林 啓恵（KOBAYASHI, Akie）  
東北大学・大学院生命科学研究科・助教  
研究者番号：60463783

平成 25 年 4 月～平成 27 年 3 月  
森田 美代（MORITA, Miyo）  
奈良先端科学技術大学院大学・  
バイオサイエンス研究科・准教授  
名古屋大学・大学院農学生命科学  
研究科・教授  
研究者番号：10314535