

Root Research

Japanese Society for Root Research

ISSN 0919-2182
Vol.32, No.1
March 2023

目 次

【巻 頭 言】

会員の皆様へ 1

【原著論文】

野生イネ *Oryza glumaepatula* の種子根の形態・解剖・組織学的特徴
江尻真斗・塩野克宏 4

【連載 根の研究の 30 年を展望する】

30 年を振り返り 30 年を展望する 次世代に期待する根の研究 中野明正 16

【情 報】

菜根譚 野菜の根の話 19. 根を楽しむ鍋 中野明正 17

第 57 回根研究集会のお知らせ (57th Biannual Meeting of JSRR) 18

【報告 苅住国内研修支援による国内研修】

マングローブ林における細根動態観測手法の確立を目指して 木原友美 21

二次元酸素オプトードを用いた根系での非破壊酸素イメージング技術の習得
田丸翔太郎 22

【公 示】

根研究学会会則 23

根研究学会学術賞規定 24

『根の研究』投稿規定 25

『根の研究』原稿作成要領 26

『根の研究』論文審査要領 27

国際誌 *Plant Root* に掲載の 2022 年の論文 28

根の研究
根研究学会(JSRR)

会員の皆様へ



告 示

○根研究学会 2023 年度総会の開催について

第 57 回根研究集会(塩津文隆実行委員長)の一部として、2023 年度の定例総会を開催します。皆様ご参加ください。

開催日:2023 年 5 月 20 日(土)(対面形式)

予定されている主な議題:2022 年度活動報告・決算,2023 年度活動方針・予算,規定等の変更について(審議事項については,その場でもご提案いただけますが,時間をかけて議論すべき議題や,資料の配付を必要とする議題については,なるべく事前に事務局までご提案ください)。

事務局からのお知らせ

1. 電子版会誌のダウンロードについて

2023 年度から根研究学会ホームページおよび J-Stage から電子版会誌をダウンロードするためのパスワードを変更しました。ご注意ください。なお,ユーザー名の変更はありません。

根研究学会電子版会誌の URL <http://www.jsrr.jp/rspnsv/download.html>

J-Stage の URL <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/rootres/-char/ja>

2. 根研究集会について

2023 年

・第57回根研究集会 [本号に開催案内を掲載・詳細はホームページにて]

発表申込みは5月6日(土)が締切り,講演要旨提出は5月12日(金)が締切りです。

参加のみの場合の申込みは5月12日(金)が締切りです。

開催日時 **2023年5月20日(土)~21日(日)**

明治大学生田キャンパス(神奈川県川崎市)にて,現地開催します!

・第58回根研究集会

秋・冬の研究集会は兵庫県姫路市の兵庫県立大学(姫路環境人間キャンパス)で現地開催する予定です(大橋瑞江実行委員長)。詳細が決まりましたら根の研究,メルマガ,HPなどで告知します!

2024年

・第59回根研究集会

春の研究集会は福井県吉田郡永平寺町の福井県立大学(永平寺キャンパス)にて現地開催する予定です(塩野克宏実行委員長)。2024年春には北陸新幹線が福井まで開通し,大幅にアクセスが改善されます。

・第60回根研究集会

秋・冬の研究集会は熊本県熊本市の東海大学農学部(熊本キャンパス)にて現地開催する予定です(阿部淳実行委員長)。

3. 学生会員の研究集会への参加費は無料です

学生会員の研究集会への参加費は無料です!学生会員は集会受付で学生証の提示をお願いいたします。この機会に是非,根研究学会にご加入いただけますよう,関係学生の皆さんにご周知いただけますようお願いいたします。なお,一般会員の研究集会への参加費は有料です。また,非会員の参加費は,一般・学生に関係なく,一般会員より1,000円程度高くなります。

次ページに続く

4. 本年2023年より「Plant Root」掲載料の有料化,「根の研究」にオープンアクセスオプションが導入されました！

2023年1月1日より,「Plant Root」の掲載料が有料化され,「根の研究」にオープンアクセスオプションが導入されました。

- ・「Plant Root」の掲載料は,根研究学会会員 20,000 円/編, 非会員 25,000 円/編とします。
- ・「根の研究」のオープンアクセスは,論文の情報発信力を高めるためのオプションサービスで,論文受理後に著者がオープンアクセス料(20,000 円/編)を支払うことにより,根研究学会非会員でも出版と同時に論文にアクセスできるようになります。非会員が J-Stage に掲載された論文を出版1年後にアクセスできるディレイド・オープンアクセスは無料(0 円)です。

5. 「苺住」海外渡航支援の募集

- ・本支援は,根研究学会所属の若手会員(申請時の年齢が40歳以下)の国際的な活躍を支援するため,海外の学会等に参加して根に関する研究成果を公表したり調査に出向いたりするための渡航経費の一部を補助するものです。
- ・今回は海外への旅費として年間1~2件(1件6~12万円を目安)を助成します。
- ・受付は随時行い(1月~12月),採択数に達した時点で終了とします。
- ・審査方法は正副会長と正副事務局長で合議し,評議員にメーリングリストで報告後,決定します。
- ・採択された場合には「根研究学会海外活動支援助成採択」の証明書を授与するとともに,会誌に1ページの報告をしていただきます。
- ・申し込みは本文以下の申請書書式(A4一枚)をもとに作成し,根研究学会事務局宛にメールの添付ファイルと郵送の両方でお送りください。

〒104-0033

東京都中央区新川2-22-4 新共立ビル2F

(株)共立内 根研究学会事務局

E-mail : neken2023@jsrr.jp

【申請書書式】

根研究学会「苺住」海外渡航支援申請書

申請題名:

1) 申請者

申請者氏名:

申請者所属:

連絡先(住所 メールアドレス 電話番号):

生年月日:

会員種別: 正 / 学生

指導教官または受入研究者氏名: 印

所属・職:

2) 訪問先

訪問場所(学会名):

訪問期間:

3) 現在行っている主な研究の概要と発表内容(400 字程度)

・ご不明な点がございましたら根研究学会事務局までお問い合わせください。
積極的なご応募をお待ちしております。

次ページに続く

6. 投稿のお願い

会誌「根の研究」では、原著論文のほかに、ご自身の一連の研究を他分野の会員にも分かりやすく解説したミニレビューを重視しています。学術功労賞・学術奨励賞の要件である、本会における研究成果の報告は、ミニレビューによる解説も認められていますので、積極的にご寄稿ください。また、研究手法や学生向けの実験・実習法の解説なども歓迎します。

7. 根研ロゴの使用について

これまで「根研」のロゴを入れた T シャツなどのグッズを事務局が製作し、研究集会で販売することで、その収益を特別会計の収入としていました。しかし、売れ残りが生じると特別会計の赤字になってしまうため、なかなかグッズを積極的に製作できませんでした。そこで、会員の皆様が使用料を支払うことで根研ロゴを使用したグッズを自由に製作できるようにしています。

会員の皆様により気軽に根研ロゴを使用していただくため、2021 年 10 月 1 日からの使用料を 1 製品につき 100 円に値下げしました！これを機に、会員の皆様オリジナルの「根研」のロゴを入れた T シャツ、グッズを着て、根研究集会、職場や研究室のイベントに参加しませんか？積極的なご利用を期待しています！詳しくは事務局（neken2023@jsrr.jp）までお問い合わせください。

8. 名簿データ更新のお願い

根研究学会では、会員の皆様にデータ登録をお願いしております。これは、会誌発送を確実にするとともに、会員相互の交流を目的とするものです。特に異動など変更が生じた方は、お手数ですが根研究学会ホームページ（<http://www.jsrr.jp/>）の「諸手続—名簿データ更新」の入会・登録変更フォームより、データを入力してください。

なお、この名簿データをもとにして、隔年で会員名簿を皆様にお届けいたします。次回の名簿発行は 2023 年 6 月の予定です。

9. 会費納入のお願い

2023 年度の会費をまだお支払いいただいていない方は、下記の郵便振替口座に納入をお願いします。請求書等の伝票をご希望の方は、事務局までお知らせください。

年会費（2023 年）： 電子版個人 3,000 円、冊子版（＋電子版）個人 4,000 円、冊子版団体 9,000 円
（年度は 1 月－12 月です）

郵便振替口座 口座名義（加入者名）：根研究学会、 口座番号：00100－4－655313

[他の銀行から振り込みの場合：ゆうちょ銀行 ○一九店（ゼロイチキユウテン）「当座」0655313]

根研究学会所在地・連絡先： 〒104-0033 東京都中央区新川 2-22-4 新共立ビル 2F

（株）共立内 根研究学会事務局 TEL：03-3551-9891／FAX：03-3553-2047

・メールアドレス 事務局：neken2023@jsrr.jp 『根の研究』編集委員長：editor2023@jsrr.jp
Plant Root 編集委員長：editor2023@plantroot.org

・Web サイト 根研究学会：<http://www.jsrr.jp/> 『根の研究』オンライン版：<http://root.jsrr.jp/>
Plant Root：<http://www.plantroot.org/>

野生イネ *Oryza glumaepatula* の種子根の形態・解剖・組織学的特徴

江尻真斗*・塩野克宏

福井県立大学大学院生物資源学研究科

要 旨：非生物的环境ストレスに適応した作物の育種において、根の改良が重要視されている。そのため、環境ストレス耐性を持つ根の遺伝資源提案が求められる。イネの野生種である *Oryza glumaepatula* はアマゾン川の水分変動が激しい過酷な環境に自生する。我々はこの *O. glumaepatula* は栽培種には見られないような特徴を持つと考え、種子根における7つの形質（側根の数、根毛長、皮層と中心柱および通気組織と皮層の面積比、外皮のカスパリー線およびスベリンラメラの形成、厚壁組織のリグニンの蓄積）について、栽培イネ台中65号（T65）と比較しながら調査を実施した。*O. glumaepatula* IRGC105668 系統はT65と比較して、側根数は同等であったものの、根毛はより長いものとなっていた。IRGC105668の皮層と中心柱および通気組織と皮層の面積比はT65よりも小さいものとなった。T65は外皮のスベリンラメラおよびカスパリー線をほとんど形成しないのに対し、IRGC105668はそれらを多数形成した。IRGC105668の厚壁組織のリグニンの蓄積量はT65と同等であった。以上の調査より、IRGC105668の7つの形質のうち5つの形質（根毛長、皮層と中心柱および通気組織と皮層の面積比、外皮のカスパリー線およびスベリンラメラの形成）は、T65と比較して量的な違いを持つことを見出した。特に、このうち3つの形質（根毛長および外皮のカスパリー線とスベリンラメラの形成）はT65と比較してより顕著な違いがみられたことから、今後育種への利用が期待できる。

キーワード：アポプラストバリア、遺伝資源、スベリン、土壤還元ストレス、水ストレス。

Characteristic of morphology, anatomy and histology of a seminal root of wild rice, *Oryza glumaepatula* : Masato EJIRI* and Katsuhiro SHIONO (Graduate School of Bioscience and Biotechnology, Fukui Prefectural University)

Abstract : Crop breeding in root traits to acclimate abiotic stress is required. It is necessary to propose genetic resources of roots that have resistance to environmental stress. *Oryza glumaepatula*, a wild rice species, grows in the Amazon basin, where the soil water contents fluctuate greatly. Thus, we hypothesized that *O. glumaepatula* has characteristics cultivated rice does not have. We examine seven traits of a seminal root in comparison with rice cv. Taichung 65 (T65): number of lateral roots, root hair length, cortex to stele ratio (cortex/stele), aerenchyma to cortex ratio (aerenchyma/cortex), formation of Casparian strips and suberin lamellae at the exodermis and deposition of lignin at the sclerenchyma. *O. glumaepatula* IRGC105668 had the same number of lateral roots as T65, but had longer root hairs. In the IRGC105668, the cortex/stele and the aerenchyma/cortex were lower than those of T65. IRGC105668 well-developed Casparian strips and suberin lamellae at the exodermis, whereas T65 hardly formed them. The level of lignification at the sclerenchyma of IRGC105668 was similar to that of T65. We found that five of the seven traits of IRGC105668 (root hair length, cortex/stele, aerenchyma/cortex and formation of Casparian strips and suberin lamellae at the exodermis) were significantly higher than those of T65. In particular, three traits (root hair length and formation of Casparian strips and suberin lamellae at the exodermis) were significantly different from those of T65, and it is expected to be useful as genetic resources for breeding.

Keywords : Apoplastic barrier, Genetic resource, Suberin, Waterlogging stress, Water stress.

緒言

局所的な洪水、干ばつ、塩害および栄養欠乏などの非生物的環境ストレスの増加により、イネをはじめ主要作物の世界的な収量被害の増加が懸念されている (Mills et al., 2018 ; Bailey-Serres et al., 2019). 作物の安定した収量確保のため、環境ストレス耐性育種にお

いて土壌の環境変化に最初に直面する器官である、根の改良が重要視されている (Karlova et al., 2021 ; Uga, 2021).

イネの根は発生する位置によって種子根とメソコチル根、冠根の3つに大別される (星川, 1975). イネの場合、胚から種子根は1本だけ形成され、初期生育時の養水分の吸収を支える。乾燥した土壌では、側根の

発達には根系の表面積を拡大させ効率的な水分獲得に繋がるため、乾燥耐性獲得に寄与する (Niones et al., 2015; Lucob-Agustin et al., 2021). 根の表皮が分化してできる根毛も表面積拡大の重要な構成要素であり、リンなどの移動性の低い養分の効率的な吸収には、側根と根毛の旺盛な発達が重要となる (Schneider and Lynch 2020; Lynch et al., 2021).

種子根を横断面で見たときにその組織系は中心側から外側に向かって中心柱、皮層、表皮の3つに大別される (森田, 2000). イネ科の作物や野草では、自生する土壌の水分含量が高くなるにつれて、皮層組織のサイズに対して中心柱のサイズが小さくなる傾向がある (Yamauchi et al., 2019; Yamauchi et al., 2021a). 中心柱と皮層のサイズ比は、生育する土壌の水分含量に応じたトレードオフの関係性があり、耐湿性や耐乾性を評価する上での1つの指標となる (Yamauchi et al., 2021a; Yamauchi et al., 2021b). また、皮層は地上部からの酸素の主要な通り道となる通気組織を形成する. 通気組織は耐湿性に重要な形質である一方で、イネは乾燥ストレス下でも通気組織形成を誘導し、結果として根の代謝コストを抑制すると考えられている (Lynch, 2018; Lucob-Agustin et al., 2021; Yamauchi et al., 2021b).

皮層の最内層に位置する内皮には、カスパリー線と脂肪族を主成分とする疎水性ポリマーのスベリンからなるスベリンラメラが形成される. カスパリー線はアポプラスト (細胞外空間) 経路の拡散障壁として機能する. スベリンラメラはアポプラスト経路と細胞横断経路の拡散障壁として機能する (Barberon and Geldner 2014). 過湿、乾燥および塩害といった非生物的環境ストレス下では、イネは内皮だけでなく皮層の最外層に位置する下皮にもカスパリー線とスベリンラメラを形成する (Krishnamurthy et al., 2009; Ranathunge et al., 2011a; Watanabe et al., 2020). このようにカスパリー線がみられる下皮は外皮と定義される (Peterson and Peruma, 1990; Schreiber et al., 1999). 外皮の1つ内側の細胞層である厚壁組織には芳香族を主成分とする疎水性ポリマーのリグニンが蓄積する (Ranathunge et al., 2011a; Watanabe et al., 2020). 外皮と厚壁組織は、外界からの有毒物質や病原菌の侵入だけでなく、内部からの養水分や酸素の漏出の障壁として機能し、様々な環境ストレス下でのイネの生育を支える (Krishnamurthy et al., 2009; Ranathunge et al., 2011b; Pauluzzi and Bailey-Serres 2016; Ejiri et al., 2021).

栽培イネ (*Oryza sativa*) は2倍体 ($2n = 24$) のAAゲノムを持ち、AAゲノムの*Oryza*属は他に1種の栽培種と6種の野生種がある (Vaughan, 1989; GRiSP, 2013). 世界各地の自然環境に適応する野生イネは栽

培イネよりも遺伝的多様性に富んでおり (Huang et al., 2012), 栽培イネとの交配が難しくないため、野生イネの持つ有用な新規アレルを栽培イネに導入することが可能である (Atwell et al., 2014; Menguer et al., 2017). 実際には *O. glumaepatula*, *O. meridionalis*, *O. nivara*, *O. rufipogon* といった野生イネのいくつかの種は既に栽培イネと交配が進められ、それらの染色体断片が導入されたイントログレッション系統群が作出された (Yoshimura et al., 2010; Yamagata et al., 2019). また、AAゲノムの野生イネは6種全てにおいてリファレンスゲノムが公開された (Kamboj et al., 2020; Kajiya-Kanegae et al., 2021). 野生イネへの形質転換系も実現しており (Shimizu-Sato et al., 2020), 野生イネを遺伝資源として育種学的に利用するための準備が整っている.

O. glumaepatula は中南米に分布するAAゲノムを持つ野生イネである (Oka, 1961; Morishima and Martins, 1994; Vaughan et al., 2003). ブラジルのアマゾン河流域に自生する *O. glumaepatula* は浮きイネ性と浮き草のような性質 (自身に茎の一部を切り離しそれを水面に浮かべながら下流に流れていく特性) を併せ持ち、雨期には10 m以上にも増水する洪水環境に適応する (Morishima and Martins, 1994; Akimoto et al., 1998; Hattori et al., 2009; Sasayama et al., 2018). その種子は、雨期の洪水環境下では発芽せず、9-10月の乾期に水が引くと一斉に発芽し始める (Oka, 1961; Morishima and Martins, 1994; Akimoto et al., 1998; Vaughan et al., 2003). すなわち、*O. glumaepatula* は発芽直後の初期生育時は水の少ない環境で過ごし、生涯の大部分は雨期の洪水環境で過ごすというユニークな生活環をもつ (Morishima and Martins, 1994; Akimoto et al., 1998; 森島, 2001). そこで我々は、水分変動が激しい環境に適応している *O. glumaepatula* は栽培イネの根にはみられない特徴を持つと考えた.

本研究では、イネの根の育種に利用できる *O. glumaepatula* の形態学的、解剖学的および組織学的特徴を明らかにすべく、イントログレッション系統群の供与親である IRGC105668 系統と栽培イネを比較した. 調査は以下の7項目: 側根の数、根毛長、皮層と中心柱および通気組織と皮層の面積比、外皮のカスパリー線およびスベリンラメラの形成、厚壁組織のリグニンの蓄積について実施した.

材料と方法

1. 植物材料

本研究では野生イネ *Oryza glumaepatula* Steud. の IRGC105668 系統を使用した. IRGC105668 のイントログレッション系統群は栽培イネ台中65号 (*O. sativa* L.

cv. Taichung 65) を遺伝的背景としている (Yoshimura et al., 2010). そのため、台中 65 号 (T65) を対照系統とした。

2. 栽培条件

休眠打破のため、IRGC105668 系統の種子は 42℃ で 5 日間、T65 の種子は 50℃ で 3 日間の温度処理をした。栽培の開始にあたって、種子を 0.6% (w/v) 次亜塩素酸ナトリウム溶液で 30 分間振とうして滅菌した後、水道水で 3 分間洗浄した。洗浄した種子は濾紙を敷いたシャーレ (直径 8.5 cm) に移し、5 mL の蒸留水を加え (水の深さは約 1 mm)、人工気象器内 (暗期: 24 時間、28℃) で吸水させた。翌日以降は、人工気象器内は常時明条件とした (明期: 24 時間、28℃、相対湿度 50% 以上、光合成有効光量子束密度: $248.8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)。実験には Colmer et al. (2003) の水耕液を一部変更したものを用いた。水耕液の組成は以下の通りである: 2.19 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 1.88 mM K_2SO_4 , 1.50 mM CaSO_4 , 0.31 mM $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0.40 mM MgSO_4 , 0.20 mM KH_2PO_4 , 0.10 mM Na_2SiO_3 , 50 μM Fe(III)-EDTA, 50 μM KCl, 25 μM H_3BO_3 , 2 μM MnSO_4 , 2 μM ZnSO_4 , 1 μM NiSO_4 , 0.5 μM CuSO_4 , 0.5 μM Na_2MoO_4 。上記に加えこの水耕液は 2.50 mM MES を含んでおり、pH は KOH を用いて 6.5 に調整した。種子吸水から 1 日後、1/4 濃度の好気的な水耕液 20 L が入ったコンテナ (横 320 mm × 縦 420 mm × 高さ 220 mm、コンテナの外側の側面及び底面は二重アルミホイルで遮光) にステンレス製のメッシュを水面に浮かべ、メッシュ上に種子を静置し発芽させた。種子吸水から 2 日後、実験に用いる種子根の齢を揃えるため、まだ発根していない種子をメッシュから除外し、以降はこの日に発根した個体だけを用いて栽培した。種子吸水から 6 日後、幼植物体を垂直に切り込みを入れたやわらかいスポンジ (横 250 mm × 縦 50 mm × 厚さ 20 mm) に挟み込み、好気的な水耕液 25 L が入ったコンテナに浮かべた。このとき、地上部は光に晒され、地下部は水耕液に浸かっている状態となっている。そのまま種子吸水から好気条件で 10 日間育てた幼植物体を実験に用いた。

3. 側根数と種子根面積の評価

側根を観察するため、透明なトレイに植物体を置いて側根が広がるように、また、乾燥しないように根が動かない程度に蒸留水を張った。画像は、スキャナー (Epson Perfection V800 Photo, Seiko Epson, Suwa, Japan) を用いて、植物体の種子根 (長さ 95–105 mm) 全体のモノクロ画像を解像度 600 dpi の TIFF フォーマットで取得した。全側根数と種子根の総面積は、画像解析ソフト WinRHIZO (WinRHIZO Arabidopsis 2016,

Regent Instruments, Quebec, Canada) を用いて、Koyama et al. (2021) の設定に準じて測定した。

4. 根毛長の評価

根毛の観察には、上述の種子根の画像取得に用いた根をカミソリで胚から切り離し、基部側 (根端から 75–85 mm の位置) を切り出した断片を用いた。観察の際、断片をスライドガラスに置いて、根毛が広がるように、また、乾燥しないように蒸留水を少量滴下した。画像は、実体顕微鏡 (Leica M205 FA, Leica Biosystems, Wetzlar, Germany) を用いて透過光下で断片の拡大像を取得した。画像取得の際は、根端から 80 mm の位置 (断片の中央) が画像の中央になるようにし、根端からおおよそ 77.5–82.5 mm の位置が画像内に入るように取得した。根毛の長さは、Okano et al. (2020) に準じて 1 枚の画像から根毛の長さが均一になる 3 箇所を選択し、画像解析ソフト Fiji (<https://imagej.net/software/fiji/>) を用いてその 3 箇所の根毛の長さを計測し、画像毎に平均値を求めた。

5. 解剖学的形質の評価

(1) 種子根の横断切片の作成

横断切片の作成には種子根 (長さ 95–105 mm) の基部側 (根端から 75–85 mm の位置) の断片を用いた。6% (w/v) 寒天溶液を電子レンジで沸騰させ、寒天を完全に溶解させた後、シャーレに注ぎ寒天を半固体状になるまで冷ました。その後、断片を寒天上に静置し、さらに上から 6% (w/v) 寒天溶液を注ぎ断片を包埋した。シャーレを 4℃ で冷まし寒天を固めた後、断片を含んだまま直方体に寒天を切り出し、全自動振動刃ミクロトーム (Leica VT1200S, Leica Biosystems) を用いて 70 μm の厚さで断片を切片化した。横断切片から寒天を外すため、90℃ の恒温器で 90 分間加熱し寒天を溶かした。得られた横断切片はその後の組織サイズの測定と各組織染色に用いた。

(2) 各組織の面積の測定

横断切片内の組織の面積を計測するため、光学顕微鏡 (Axio Imager.A2, Carl Zeiss, Oberkochen, Germany) を用いて透過光下で CCD カメラ (AxioCam MRc CCD, Carl Zeiss) により横断切片の画像を取得した。横断切片の直径と中心柱、通気組織、皮層の面積は野村ら (2021) に準じて Fiji を用いて測定した。皮層と中心柱の面積比 (cortex / stele) と通気組織と皮層の面積比 (aerenchyma / cortex) は横断切片毎に算出した。

6. 組織学的形質の評価

(1) カスパリー線の組織染色

外皮のカスパリー線形成を観察するため、Brundrett et al. (1988) に準じて横断切片を 0.1% (w/v) berberine hemisulfate を用いて染色した。横断切片の自家蛍光抑制のために 0.5% (w/v) aniline blue を用いて対比染色を行った。染色されたカスパリー線は UV 光照射下で明るい白色蛍光を発する。暗所で蛍光顕微鏡 (Axio Imager.A2, Carl Zeiss) を用いて UV 光 (02 UV filter set : Excitation G 365 nm, Beamsplitter FT 395, Emission LP 420 nm) を照射し CCD カメラ (AxioCam MRc CCD, Carl Zeiss) により横断切片の画像を取得した。カスパリー線の形成率は、画像毎にランダムに選択した外皮の 50 細胞のうちカスパリー線が形成されている外皮細胞の数をカウントし、その歩合 (%) として算出した。

(2) スペリンの組織染色

外皮のスペリンラメラを観察するため、Brundrett et al. (1991) に準じて横断切片を 0.01 (w/v) Fluorol Yellow 088 (in polyethylene glycol 400) と 90 % (v/v) glycerol を 1 : 1 で混合したものをを用いて染色した。染色されたスペリンの蛍光画像は共焦点レーザー顕微鏡 (LSM900, Carl Zeiss : Excitation : 488 nm, Detection : 520-580 nm) を用いて取得した。細胞骨格の情報を把握するため、スペリンの蛍光と同時に横断切片の自家蛍光画像も取得した (Excitation : 405 nm, Detection : 400-480 nm)。スペリン化した外皮細胞のカウントには、横断切片内における全ての外皮細胞の最大輝度値を正確に計るため、1つの横断切片に対して Z 軸方向 3.5-5.0 μm の範囲内で焦点面が異なる 3 枚の画像を取得し、Maximum intensity projection 機能を用いて 3 枚の画像の最大輝度を 2 次元的に集約し再構成した Z スタック画像を使用した。スペリン化した外皮細胞の割合は、Z スタック画像から全ての外皮細胞とスペリン化した外皮細胞 (細胞の蛍光輝度が 20.0 μm^{-2} より大きいもの) の数をカウントし、その歩合 (%) として算出した。

(3) リグニンの組織染色

厚壁組織のリグニンの蓄積を観察するため、Ursache et al. (2018) に準じて横断切片を 0.2% (w/v) 塩基性フクシンを用いて染色した。染色されたリグニンの蛍光画像は共焦点レーザー顕微鏡 (LSM900, Carl Zeiss : Excitation : 561 nm, Detection : 570-640 nm) を用いて取得した。細胞骨格の情報を把握するため、リグニンの蛍光と同時に横断切片の自家蛍光の画像も取得した (スペリンの観察と同設定)。リグニンの蛍光輝度は、

画像毎にランダムに選択した厚壁組織の 50 細胞の蛍光輝度を Ejiri et al. (2020) に準じて Fiji を用いて測定した。

7. 統計解析

塩基性フクシンの蛍光輝度値、横断切片の直径、草丈、根毛の長さ、種子根長、種子根の表面積、側根数、地上部の乾物重、通気組織と皮層および皮層と通気組織の面積比、導管数および不定根数は Student の t 検定を用いて 5% の有意水準において比較した。割合データであるカスパリー線の形成率とスペリン化した外皮細胞の割合は Fisher の正確検定を用いて 5% の有意水準において比較した (R packages : pwr)。全ての統計解析には R version 4.2.1 (R Core Team, 2021) を用いた。

結果

1. 側根と根毛の比較

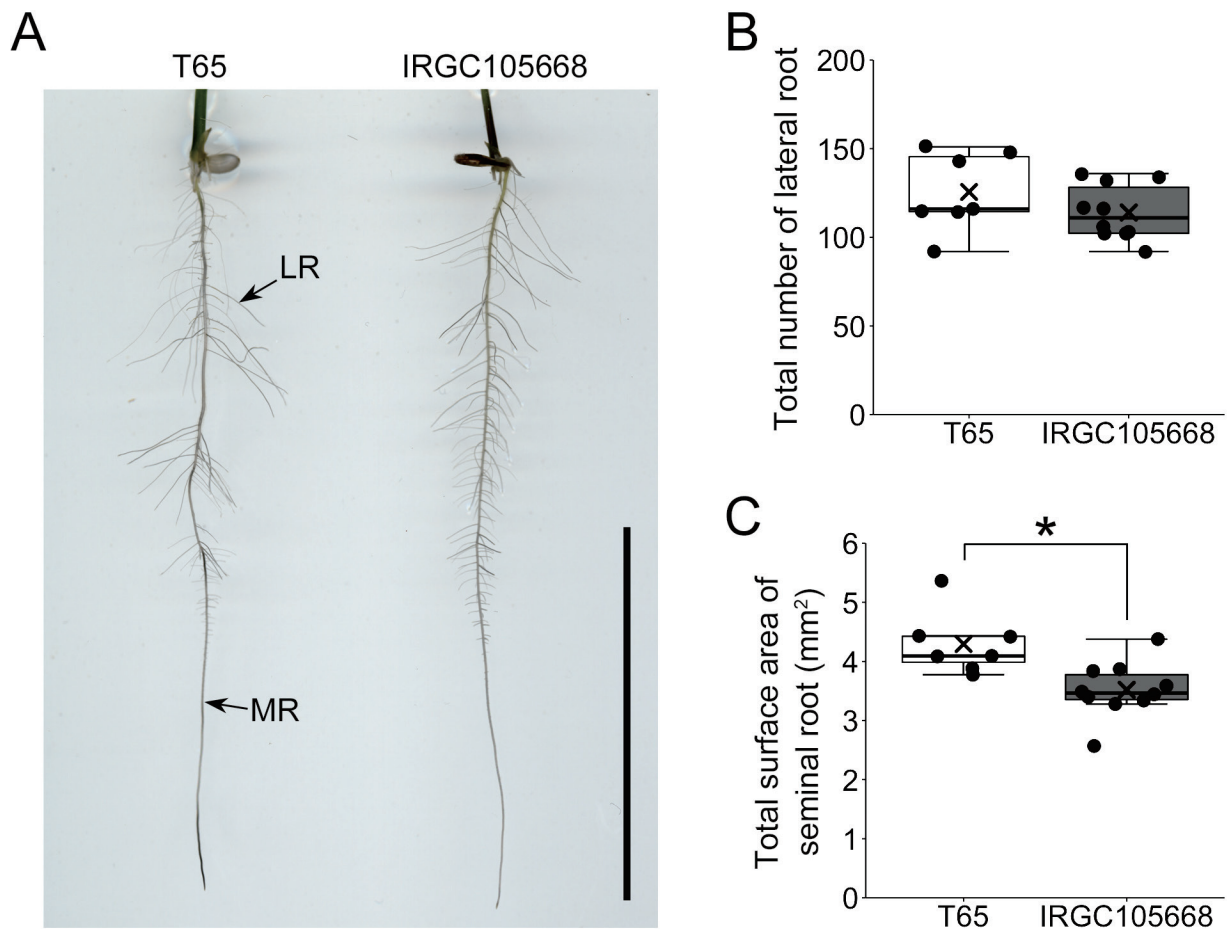
好気条件で 10 日間栽培した *O. glumaepatula* (IRGC105668) の種子根の長さは栽培イネ (T65) と同程度であった ($P > 0.05$, 第 1 図 A, 第 1 表)。どちらの種子根も基部側から根端にかけて側根を形成していた (第 1 図 A)。IRGC105668 の全側根は 114 ± 16 本 (平均値 $\pm$ 標準偏差) となり、これも T65 と同程度であった ($P > 0.05$, 第 1 図 B)。しかしながら、IRGC105668 の主根と側根を合わせた種子根全体の表面積は T65 と比較して 1.2 倍小さくなった ($P < 0.05$, 第 1 図 C)。両系統間で種子根の太さには違いがないことから ($P > 0.05$, 第 3 図 B)、IRGC105668 は T65 よりも短い側根を持つことを示唆している。

種子根の基部側における根毛の形成を観察したところ、IRGC105668 は T65 よりも旺盛に根毛を発達させた (第 2 図 A)。IRGC105668 の根毛長は T65 と比較して 2.0 倍長かった ($P < 0.05$, 第 2 図 B)。養水分獲得に関わる表面積の構成要素である、側根と根毛を調べたところ、両系統間で側根数に差はなかったものの、IRGC105668 の側根と主根を合わせた表面積は T65 より小さかった。一方で、IRGC105668 の持つ根毛は T65 より長かった。

IRGC105668 は T65 と比較して、地上部の長さが 1.7 倍短く、乾物重も 1.3 倍小さかった ($P < 0.05$, 第 1 表)。また、IRGC105668 の不定根数も T65 と比較して 2.0 倍小さかった ($P < 0.05$, 第 1 表)。このように、種子根の長さや太さは両系統間で同程度であったものの、地上部の長さや乾物重、不定根数では IRGC105668 は T65 よりも小さいものとなった。

2. 内部形態の比較

IRGC105668 の種子根基部の直径は T65 と同程度で



第1図 T65 と IRGC105668 の種子根の長さ、側根数および表面積の比較。

(A) 種子根。根長は 95-105 mm. LR, 側根; MR, 主根。Bars, 50 mm. (B) 側根の総数。 (C) 種子根の表面積 (側根を含む)。黒いドットは生データを示す。バツ印は平均値を示す。 $n = 7$ or 10 . *: $P < 0.05$ (Student の t 検定)。植物体は好気条件で 10 日間水耕栽培したもの。

第1表 植物体の各生育値。

Parameter (per plant)	T65	IRGC105668
Shoot length (mm)	119 $\pm$ 17	69 $\pm$ 5*
Shoot DW (mg)	20 $\pm$ 1	15 $\pm$ 2*
Seminal root length (mm)	100 $\pm$ 3	99 $\pm$ 3
Adventitious root number	6 $\pm$ 1	3 $\pm$ 1*

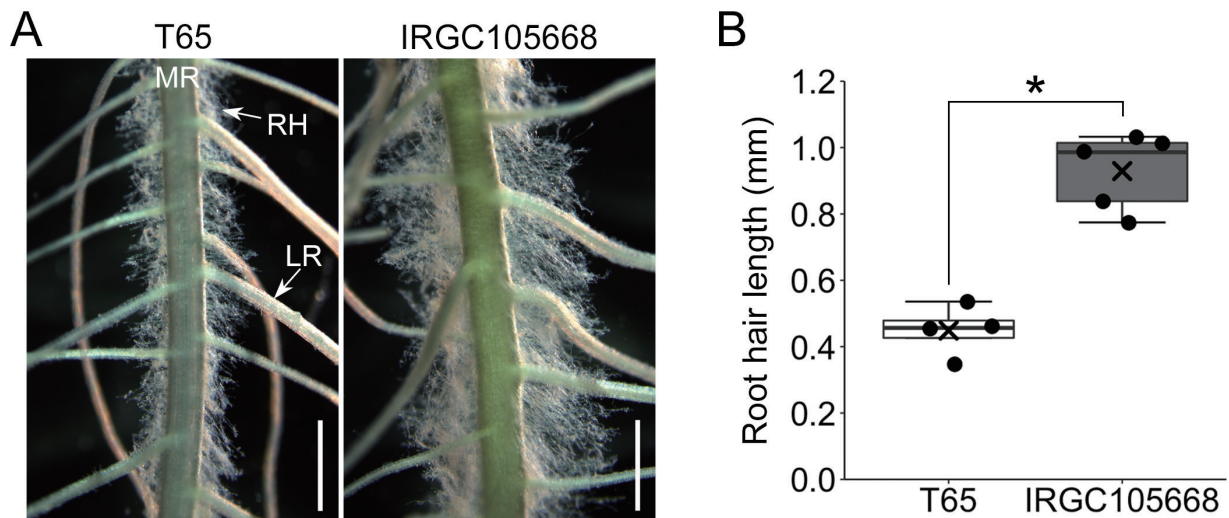
数値は平均値 $\pm$ 標準偏差。 $n = 7$ or 10 . *: $P < 0.05$. 植物体は好気条件で 10 日間水耕栽培したもの。

あった ($P > 0.05$, 第3図 A, B)。一方で, IRGC105668 の中心柱に含まれる後生導管の数は T65 と比較して 2.3 倍多かった ($P < 0.05$, 第3図 C)。両系統とも好気条件下で皮層組織において恒常的な通気組織を形成した (第3図 A)。水を軸にした乾燥から過湿までの水分ストレスへの適応度合を測るため, 皮層と中心柱および通気組織と皮層の面積比を求めた。IRGC105668 の皮層と中心柱の面積比は T65 と比較して 2.4 倍小さかった ($P < 0.05$, 第3図 D)。同様に, IRGC105668 の通気組織と皮層の面積比も T65 と比較

して 2.5 倍小さかった ($P < 0.05$, 第3図 E)。皮層と中心柱の面積比は小さいほど乾燥条件に, 大きいほど過湿条件に有利とされる。また, 通気組織と皮層の面積比は乾燥と過湿の両極どちらに対しても値が大きいほど有利とされる。IRGC105668 の皮層と中心柱および通気組織と皮層の面積比は, T65 と比較してどちらもより小さいものであった。

3. 細胞壁構造の比較

種子根の基部側における横断切片を用いて組織染色を行い各細胞壁構造を評価した。外皮では T65 はカスパーリー線をほとんど形成しなかったのに対し, IRGC105668 は多数形成した (第4図 A)。その形成率は, IRGC105668 では $64 \pm 14\%$, T65 では $1 \pm 1\%$ と IRGC105668 の方が高かった ($P < 0.05$, 第4図 B)。内皮では両系統どちらもスベリンラメラの形成がみられたが, 外皮ではカスパーリー線と同様に T65 はスベリンラメラをほとんど形成しておらず, IRGC105668 は多数形成した (第4図 C)。スベリン化している外皮細



第2図 T65とIRGC105668の種子根基部にみられる根毛長の比較。

(A) 種子根基部(根端から77.5-82.5 mmの位置)の拡大画像。LR, 側根; MR, 主根; RH, 根毛。Bars, 1.0 mm. (B) 根毛の長さ。黒いドットは生データを示す。バツ印は平均値を示す。n = 4 or 5. *: $P < 0.05$ (Studentのt検定)。実験に用いた植物体は好気条件で10日間水耕栽培したもの。

胞の割合は、IRGC105668では $71 \pm 10\%$ 、T65では $1 \pm 1\%$ とIRGC105668の方が高かった($P < 0.05$, 第4図D)。一方で、厚壁組織では両系統ともリグニンを蓄積した(第4図E)。IRGC105668の厚壁組織の蛍光輝度はT65と同程度であった($P > 0.05$, 第4図F)。マルチストレス耐性に寄与する外皮のカスバリー線とスベリンラメラの形成、厚壁組織のリグニンの蓄積を調べたところ、両系統間でリグニンの蓄積量に違いはなかったものの、T65とは対照的にIRGC105668の種子根は外皮のカスバリー線とスベリンラメラの両方を多数形成していた。

考察

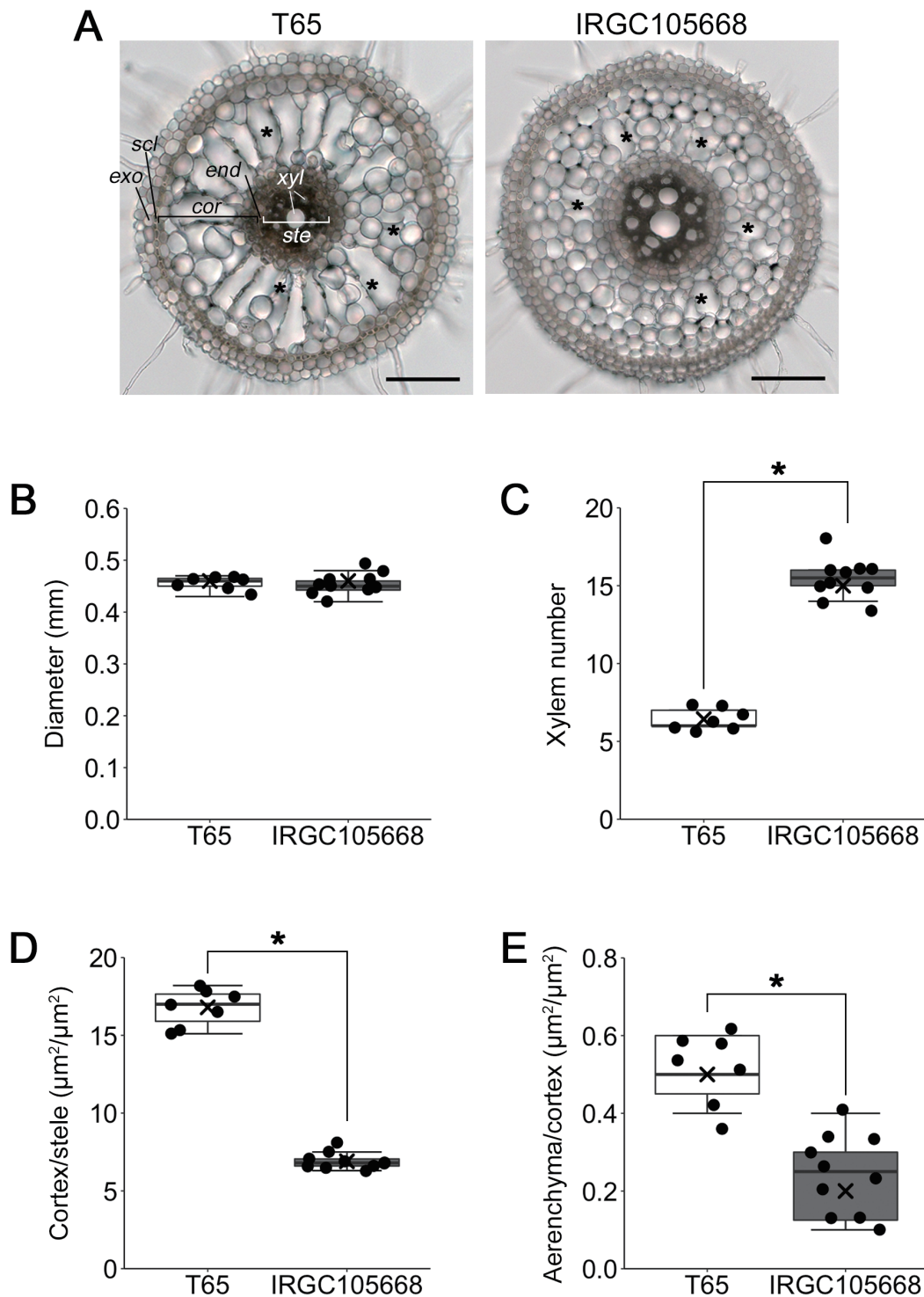
本研究では、野生イネ *O. glumaepatula* IRGC105668系統の種子根は栽培イネ(T65)と比較してどのような形態学的、解剖学的および組織学的特徴を持つのか調査した。IRGC105668はT65と比較して側根の形成数は同程度だったが(第1図A, B)、より長い根毛を形成した(第2図)。その種子根の内部では、IRGC105668の皮層と中心柱および通気組織と皮層の面積比はT65と比較して小さかった(第3図A, D, E)。一方で、T65が外皮にカスバリー線とスベリンラメラを形成しない条件で、IRGC105668はそのどちらも形成した(第4図A-D)。IRGC105668の厚壁組織のリグニンの蓄積量はT65と同程度だった(第4図E, F)。このように、IRGC105668はT65と比較して5つの形質(根毛長、皮層と中心柱および通気組織と皮層の面積比、外皮のカスバリー線およびスベリンラメラの形成)において量的な違いを示した。これらは育種に利

用できる特徴なのか？

イネの乾燥土壌での直播栽培時の収量増加に関わるQTL (Quantitative trait loci) 解析の結果、根毛伸長に関わるQTLが検出された(Sandhu et al., 2015)。QTL解析に用いられた乾燥耐性品種Aus276は感受性のMTU1010およびIR64と比較して根毛が約1.2-1.5倍長かった(Sandhu et al., 2015, レーティング評価のため実数値はなし)。IRGC105668は基部側に 0.9 ± 0.1 mmの長さの根毛を形成しており(第2図B)、T65よりも2.0倍長かった。このことから、IRGC105668の根毛長は乾燥耐性品種の育種に利用できる可能性が高い。

IRGC105668の皮層と中心柱および通気組織と皮層の面積比はどちらもT65より小さいものとなっていた(第3図D, E)。IRGC105668の皮層と中心柱の面積比は 6.9 ± 0.5 であり、これをYamauchi et al. (2021a)の結果と比較してみると、水分量が34%程度の土壌に生育するセイバンモロコシ(*Sorghum halepense*)に近いものとなる。また、IRGC105668の通気組織と皮層の面積比は 0.2 ± 0.1 であり、これも水分量が32-48%程度の土壌に生育するイネ科野草群と近い傾向となる(Yamauchi et al., 2021a)。すなわち、IRGC105668の皮層と中心柱および通気組織と皮層の面積比からは、栽培イネを含む他のイネ科植物と比較して、乾燥および過湿ストレスに適応する突出した特徴はみられなかった。

栽培イネは過湿、乾燥および塩ストレスを受けることで、若い根において外皮のカスバリー線とスベリンラメラの形成を誘導する。IRGC105668の種子根は、

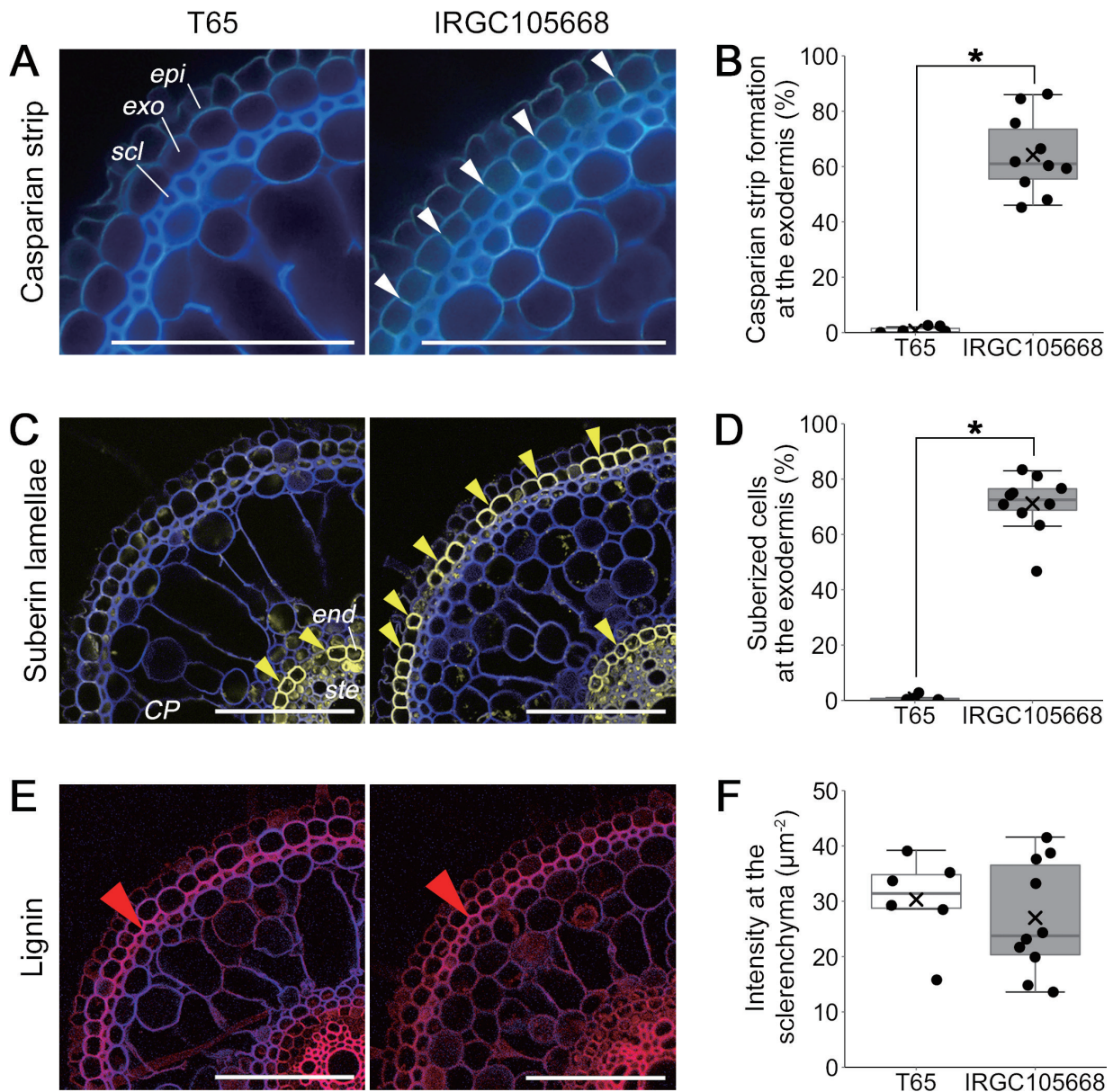


第3図 T65とIRGC105668の種子根基部の解剖学的比較.

(A) 種子根基部(根端から75-85 mmの位置)の横断切片. *cor*, 皮層; *end*, 内皮; *exo*, 外皮; *scl*, 厚壁組織; *ste*, 中心柱; *xyl*, 導管. アスタリスクは通気組織を示す. Bars, 100 μm. (B) 横断切片の直径. (C) 後生導管の数. (D) 皮層と中心柱の面積比. (E) 通気組織と皮層の面積比. 黒いドットは生データを示す. バツ印は平均値を示す. $n = 7$ or 10 . *: $P < 0.05$ (Studentのt検定). 植物体は好気条件で10日間水耕栽培したもの.

本研究のような比較的環境ストレスの少ない好気水耕栽培条件であっても早期にそのどちらも形成した(第4図A-D). IRGC105668のように, あらかじめ外皮で

カスパー線とスベリンラメラを形成することは, 環境ストレスへの素早い適応に有利であるかもしれない. 今後, これら形質を育種利用するにあたって, 早



第4図 T65 と IRGC105668 の種子根基部における細胞壁構造の比較。

(A) 外皮におけるカスパー線（カスパー線は、berberine hemisulfate によって明るい白色の蛍光として検出される（矢頭は代表的なカスパー線）。細胞壁は青白色の自家蛍光を発する。epi, 表皮; exo, 外皮; scl, 厚壁組織。Bars, 100 μm 。 (B) 外皮におけるカスパー線の形成率。 $n = 7$ or 10。 * : $P < 0.05$ (Fisher の正確検定の結果, 系統間に有意な差があることを示す)。 (C) 外皮と内皮におけるスベリンラメラの局在。スベリンラメラは、Fluorol Yellow 088 によって黄色のシグナルとして検出される（矢頭は代表的なスベリンラメラ）。細胞壁由来の自家蛍光は青色のシグナルとして検出される。CP, 皮層柔組織; end, 内皮; ste, 中心柱。Bars, 100 μm 。 (D) スベリン化した外皮細胞の割合。 $n = 7$ or 10。 * : $P < 0.05$ (Fisher の正確検定の結果, 系統間に有意な差があることを示す)。 (E) 厚壁組織におけるリグニンの局在。リグニンは、塩基性フクシンによって赤色のシグナルとして検出される（矢頭は厚壁組織に蓄積したリグニン）。細胞壁由来の自家蛍光は青色のシグナルとして検出される。Bars, 100 μm 。 (F) 厚壁組織の塩基性フキシンの蛍光強度。 $n = 6$ or 10。黒いドットは生データを示す。バツ印は平均値を示す。各組織染色には種子根基部（根端から 75-85 mm の位置）を用いた。植物体は好気条件で 10 日間水耕栽培したもの。

期のカスパー線、スベリンラメラ形成の生育に対する有効性を評価する必要がある。また、イネにこれら形質を導入した育種の必要性を考える上で、他の栽培イネ品種も T65 と同様にストレスのない早期に外皮で

カスパー線とスベリンラメラを形成しないのか？についても、幅広い形質調査が求められる。

このように、T65 と比較して違いのあった IRGC105668 の 5 つの形質のうち、特に 3 つの形質（根

毛長および外皮のカスパリー線とスベリンラメラの形成)を特徴づけることができた。より長い根毛は乾燥ストレス耐性向上、外皮のカスパリー線とスベリンラメラの早期の形成は複数のストレス耐性向上への利用に期待できる。IRGC105668はT65を遺伝的背景に全ゲノムのほとんどを包含するように整備されたイントログレッション系統群が作出されている(Yoshimura et al., 2010)。我々はIRGC105668にみられた3つの特徴的な形質を全て定量的に評価しており、育種利用に向けてQTL特定の準備ができた。

O. glumaepatula の種子根と水ストレスの関係

IRGC105668の種子根はT65と比較して、根毛長が長い(第2図)、皮層と中心柱の面積比が小さい(第3図A, D)、外皮をスベリン化させる(第4図C, D)といった違いがみられた。これら3つの形質は耐乾性に寄与するものであり、IRGC105668の自生地はT65と比べて水分量がより少ない環境であると予想される。*O. glumaepatula*が自生するマナウス近郊のアマゾン川は、雨期の5月には月間降水量が400 mm以上にもなり、10 m以上に水位が増水する洪水環境である(Morishima and Martins, 1994; Malhi et al., 2002; Spanner et al., 2022)。一方、乾期が始まる8月には月間降水量は50 mmにも低下し、土壌の水分含量も著しく低下する(Malhi et al., 2002; Spanner et al., 2022)。*O. glumaepatula*の種子は雨期には発芽せず、乾期になり土壌が干上がると一斉に発芽する(Morishima and Martins, 1994; Akimoto et al., 1998; 森島2001)。すなわち、*O. glumaepatula*は成体となってからは洪水環境で生育する一方で、幼植物体時は比較的乾燥している環境で生育する(Morishima and Martins, 1994; Akimoto et al., 1998; 森島, 2001)。種子根は、初期生育である発芽後の苗立ちを支える。IRGC105668の種子根が水田に生育するT65と比較して乾燥に対する形質を多数持っていたのは、アマゾンの乾期に適応し獲得した自然変異の結果なのかもしれない。ただし、乾燥ストレスになるレベルまで現地の土壌が乾ききっているかは不明である。そのため、この仮説を検証するには、今後アマゾン川やそれ以外にも分布する多くの*O. glumaepatula*の種子根の形質と土壌水分含量の関連性を調査する必要がある。このような研究は、イネ属が世界各地の自然環境に適応する上でどのように自然変異し分布域を広げたのか、進化生物学の理解を深める一助となる。

外皮スベリン化の分子メカニズム

T65の種子根は10日間の好気条件水耕栽培では外皮にスベリンラメラをほとんど形成しなかった(第4

図C, D)。通常、栽培イネの若い根は、ストレスが比較的少ない好気的な環境では外皮にスベリンラメラを形成せず、嫌気還元や塩、乾燥条件といった非生物的ストレス存在下で形成を誘導する(Krishnamurthy et al., 2009; Ranathunge et al., 2011a; Watanabe et al., 2020)。過湿ストレスや塩ストレス下における外皮スベリン化のシグナル経路には、植物ホルモンABAや、リンゴ酸の代謝、トレハロースの生合成が関与する(Kulichikhin et al., 2014; Vishal et al., 2019; Shiono et al., 2022)。また、ABCトランスポーターの1つREDUCED CULM NUMBER1/OsABCG5やアシル基転移酵素であるいくつかのクラスIIIのGLYCEROL-3-PHOSPHATE ACYLTRANSFERASEファミリー、シトクロームP450酵素であるCYTOCHROME P450 (CYP) 86A, CYP86Bといった因子が外皮周辺組織におけるスベリンの生合成に関与する(Shiono et al., 2014a; Shiono et al., 2014b; Nishiuchi et al., 2021)。しかしながら、外皮スベリン化誘導のスイッチとなるような制御遺伝子はみつかっていない。植物種の中には栽培イネとは異なり、恒常的に外皮をスベリン化させる種が存在する(Ejiri and Shiono, 2019; Jiménez et al., 2019)。最近、我々はアマゾン川の*O. glumaepatula*のいくつかの系統が恒常的に根の酸素漏れを抑制するバリアを形成していることを見出した(Ejiri et al., 2020)。そのうちの1系統(W2165系統)は好気的な環境であっても若い根の外皮にスベリンラメラを形成しており、その根は拡散障壁としての機能も有していた(Ejiri et al., 2020)。本研究で調べたIRGC105668系統の種子根も好気的な環境下で外皮にスベリンラメラを形成した(第4図D-F)。このことから、W2165ならびにIRGC105668では環境ストレスを受けなくても恒常的に外皮スベリン化のスイッチがオンとなるように機能する鍵遺伝子が存在すると考えられる。今後はIRGC105668のイントログレッション系統群を用いた解析により、外皮スベリン化を決定づける鍵遺伝子の特定、ならびに分子メカニズムの解明が期待できる。

謝辞

本稿の執筆にあたり帯広畜産大学の秋本正博博士より貴重なコメントを頂いた。統計解析について、福井県立大学の角田智詞博士よりご助言を頂いた。本研究の一部はJSPS科研費(JP19K05978, JP21J14394, JP22K05587, JP22H02322)の支援を受けて実施した。本研究で用いた*O. glumaepatula* (IRGC105668)の種子は国際稲研究所(International Rice Research Institute, フィリピン)、*O. sativa* (cv. T65)の種子は福井県立大学の三浦孝太郎博士より分譲を受けた。

引用文献

- Akimoto, M., Shimamoto, Y., Morishima, H. 1998. Population genetic structure of wild rice *Oryza glumaepatula* distributed in the Amazon flood area influenced by its life-history traits. *Mol. Ecol.* 7: 1371-1381.
- Atwell, B. J., Wang, H., Scafaro, A. P. 2014. Could abiotic stress tolerance in wild relatives of rice be used to improve *Oryza sativa*? *Plant Sci.* 215: 48-58.
- Bailey-Serres, J., Parker, J. E., Ainsworth, E. A., Oldroyd, G. E. D., Schroeder, J. I. 2019. Genetic strategies for improving crop yields. *Nature* 575: 109-118.
- Barberon, M., Geldner, N. 2014. Radial transport of nutrients: The plant root as a polarized epithelium. *Plant Physiol.* 166: 528-537.
- Brundrett, M. C., Enstone, D. E., and Peterson, C. A. 1988. A berberine-aniline blue fluorescent staining procedure for suberin, lignin, and callose in plant tissue. *Protoplasma* 146: 133-142.
- Brundrett, M. C., Kendrick, B., and Peterson, C. A. 1991. Efficient lipid staining in plant material with sudan red 7B or fluoral yellow 088 in polyethylene glycol-glycerol. *Biotech. Histochem.* 66: 111-116.
- Colmer, T. D. 2003. Aerenchyma and an inducible barrier to radial oxygen loss facilitate root aeration in upland, paddy and deep-water rice (*Oryza sativa* L.). *Ann. Bot.* 91: 301-309.
- Ejiri, M., Fukao, T., Miyashita, T., Shiono, K. 2021. A barrier to radial oxygen loss helps the root system cope with waterlogging-induced hypoxia. *Breed. Sci.* 71: 40-50.
- Ejiri, M., Sawazaki, Y., Shiono, K. 2020. Some accessions of Amazonian wild rice (*Oryza glumaepatula*) constitutively form a barrier to radial oxygen loss along adventitious roots under aerated conditions. *Plants* 9: 880.
- Ejiri, M., Shiono, K. 2019. Prevention of radial oxygen loss is associated with exodermal suberin along adventitious roots of annual wild species of *Echinochloa*. *Front. Plant Sci.* 10: 254.
- GRiSP (Global Rice Science Partnership) 2013. Rice almanac, 4th edition. International Rice Research Institute.
- Hattori, Y., Nagai, K., Furukawa, S., Song, X. J., Kawano, R., Sakakibara, H., Wu, J., Matsumoto, T., Yoshimura, A., Kitano, H., Matsuoka, M., Mori, H., Ashikari, M. 2009. The ethylene response factors *SNORKEL1* and *SNORKEL2* allow rice to adapt to deep water. *Nature* 460: 1026-1030.
- 星川清親 1975. 解剖図説イネの生長. 農山漁村文化協会.
- Huang, X., Kurata, N., Wei, X., Wang, Z. X., Wang, A., Zhao, Q., Zhao, Y., Liu, K., Lu, H., Li, W., Guo, Y., Lu, Y., Zhou, C., Fan, D., Weng, Q., Zhu, C., Huang, T., Zhang, L., Wang, Y., Feng, L., Furuumi, H., Kubo, T., Miyabayashi, T., Yuan, X., Xu, Q., Dong, G., Zhan, Q., Li, C., Fujiyama, A., Toyoda, A., Lu, T., Feng, Q., Qian, Q., Li, J., Han, B. 2012. A map of rice genome variation reveals the origin of cultivated rice. *Nature* 490: 497-501.
- Jiménez, J. C., Kotula, L., Veneklaas, E. J., Colmer, T. D. 2019. Root-zone hypoxia reduces growth of the tropical forage grass *Urochloa humidicola* in high-nutrient but not low-nutrient conditions. *Ann. Bot.* 124: 1019-1032.
- Kajiya-Kanegae, H., Ohyanagi, H., Ebata, T., Tanizawa, Y., Onogi, A., Sawada, Y., Hirai, M. Y., Wang, Z. X., Han, B., Toyoda, A., Fujiyama, A., Iwata, H., Tsuda, K., Suzuki, T., Nosaka-Takahashi, M., Nonomura, K., Nakamura, Y., Kawamoto, S., Kurata, N., Sato, Y. 2021. OryzaGenome2.1: Database of diverse genotypes in wild *Oryza* species. *Rice* 14: 24.
- Kamboj, R., Singh, B., Mondal, T. K., Bisht, D. S. 2020. Current status of genomic resources on wild relatives of rice. *Breed. Sci.* 70: 135-144.
- Karlova, R., Boer, D., Hayes, S., Testerink, C. 2021. Root plasticity under abiotic stress. *Plant Physiol.* 187: 1057-1070.
- Koyama, T., Murakami, S., Karasawa, T., Ejiri, M., Shiono, K. 2021. Complete root specimen of plants grown in soil-filled root box: sampling, measuring, and staining method. *Plant Methods* 17: 97.
- Krishnamurthy, P., Ranathunge, K., Franke, R., Prakash, H. S., Schreiber, L., Mathew, M. K. 2009. The role of root apoplastic transport barriers in salt tolerance of rice (*Oryza sativa* L.). *Planta* 230: 119-134.
- Kulichikhin, K., Yamauchi, T., Watanabe, K., Nakazono, M. 2014. Biochemical and molecular characterization of rice (*Oryza sativa* L.) roots forming a barrier to radial oxygen loss. *Plant Cell Environ.* 37: 2406-2420.
- Lucob-Agustin, N., Kawai, T., Kano-Nakata, M., Suralta, R. R., Niones, J. M., Hasegawa, T., Inari-Ikeda, M., Yamauchi, A., Inukai, Y. 2021. Morpho-physiological and molecular mechanisms of phenotypic root plasticity for rice adaptation to water stress conditions. *Breed. Sci.* 71: 20-29.
- Lynch, J. P. 2018. Rightsizing root phenotypes for drought resistance. *J. Exp. Bot.* 69: 3279-3292.
- Lynch, J. P., Strock, C. F., Schneider, H. M., Sidhu, J. S., Ajmera, I., Galindo-Castañeda, T., Klein, S. P., Hanlon, M. T. 2021. Root anatomy and soil resource capture. *Plant Soil* 466: 21-63.
- Malhi, Y., Pegoraro, E., Nobre, A. D., Pereira, M. G. P., Grace, J., Culf, A. D., Clement, R. 2002. Energy and water dynamics of a central Amazonian rain forest. *J. Geophys. Res.* 107: 8061.
- Menguer, P. K., Sperotto, R. A., Ricachenevsky, F. K. 2017. A walk on the wild side: *Oryza* species as source for rice abiotic stress tolerance. *Genet. Mol. Biol.* 40: 238-252.
- Mills, G., Sharps, K., Simpson, D., Pleijel, H., Frei, M., Burkey, K., Emberson, L., Uddling, J., Broberg, M., Feng, Z., Kobayashi, K., Agrawal, M. 2018. Closing the global ozone yield gap: Quantification and cobenefits for multistress tolerance. *Glob. Change Biol.* 24: 4869-4893.
- Morishima, H., Martins, P. S. 1994. Investigations of plant genetic resources in the Amazon basin with the emphasis of the genus *Oryza*. In Morishima H., Martins P. S. eds., Reports of the Study-Tours for Investigation of Wild and Cultivated Rice Species Part II. National Institute of Genetics. pp. 251-357.
- 森島啓子 2001. 野生イネへの旅. 裳華房.
- 森田茂紀 2000. 根の発育学. 東京大学出版会.
- Niones, J. M., Inukai, Y., Suralta, R. R., Yamauchi, A. 2015. QTL

- associated with lateral root plasticity in response to soil moisture fluctuation stress in rice. *Plant Soil* 391: 63-75.
- Nishiuchi, S., Watanabe, K., Sato, S., Takahashi, H., Nakazono, M. 2021. Expression analysis of genes for cytochrome P450 CYP86 and glycerol-3-phosphate acyltransferase related to suberin biosynthesis in rice roots under stagnant deoxygenated conditions. *Plant Root* 15: 19-35
- 野村康之, 塩野克宏, 島村聡, 山内卓樹 2021. 植物組織の空隙率測定方法—3. 切片法—. 根の研究 30: 76-82.
- Oka, H. I. 1961. Report of trip for investigation of rice in Latin American countries. In Morishima H. eds., Reports of the Study-Tours for Investigation of Wild and Cultivated Rice Species Part I. National Institute of Genetics. pp. 89-125.
- Okano, N., Goto, R., Kato, T., Saisho, D., Kato, K., Miura, H., Tani, M., Onishi, K. 2020. Spanish spelt is unique germplasm for improvement of root hair length in hexaploid wheat. *Plant Soil* 452: 171-184.
- Pauluzzi, G., Bailey-Serres, J. 2016. Flexible ion barrier. *Cell* 164: 345-346.
- Peterson, C. A., Perumalla, C. J. 1990. A survey of angiosperm species to detect hypodermal Casparian bands. II. Roots with a multiseriate hypodermis or epidermis. *Bot. J. Linn. Soc.* 103: 113-125.
- R Core Team 2021. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Ranathunge, K., Lin, J., Steudle, E., Schreiber, L. 2011a. Stagnant deoxygenated growth enhances root suberization and lignifications, but differentially affects water and NaCl permeabilities in rice (*Oryza sativa* L.) roots. *Plant Cell Environ.* 34: 1223-1240.
- Ranathunge, K., Schreiber, L., Franke, R. 2011b. Suberin research in the genomics era-New interest for an old polymer. *Plant Sci.* 180: 399-413.
- Sandhu, N., Torres, R. O., Cruz, M. T. S., Maturan, P. C., Jain, R., Kumar, A., Henry, A. 2015. Traits and QTLs for development of dry direct-seeded rainfed rice varieties. *J. Exp. Bot.* 66: 225-244.
- Sasayama, D., Okishio, T., Hirano, T., Fukayama, H., Hatanaka, T., Akimoto, M., Azuma, T. 2018. Internodal elongation under submergence in the Amazonian wild rice species *Oryza glumaepatula*: the growth response is induced by hypoxia but not by ethylene. *Plant Growth Regul.* 85: 123-132.
- Schneider, H. M., Lynch, J. P. 2020. Should root plasticity be a crop breeding target? *Front. Plant Sci.* 11: 546.
- Schreiber, L., Hartmann, K., Skrabs, M., Zeier, J. 1999. Apoplastic barriers in roots: chemical composition of endodermal and hypodermal cell walls. *J. Exp. Bot.* 50: 1267-1280.
- Shimizu-Sato, S., Tsuda, K., Nosaka-Takahashi, M., Suzuki, T., Ono, S., Ta, K. N., Yoshida, Y., Nonomura, K. I., Sato, Y. 2020. Agrobacterium-mediated genetic transformation of wild *Oryza* species using immature embryos. *Rice* 13: 33.
- Shiono, K., Ando, M., Nishiuchi, S., Takahashi, H., Watanabe, K., Nakamura, M., Matsuo, Y., Yasuno, N., Yamanouchi, U., Fujimoto, M., Takanashi, H., Ranathunge, K., Franke, R. B., Shitan, N., Nishizawa, N. K., Takamure, I., Yano, M., Tsutsumi, N., Schreiber, L., Yazaki, K., Nakazono, M., Kato, K. 2014a. RCN1 / OsABCG5, an ATP-binding cassette (ABC) transporter, is required for hypodermal suberization of roots in rice (*Oryza sativa*). *Plant J.* 80: 40-51.
- Shiono, K., Yamauchi, T., Yamazaki, S., Mohanty, B., Malik, A. I., Nagamura, Y., Nishizawa, N. K., Tsutsumi, N., Colmer, T. D., Nakazono, M. 2014b. Microarray analysis of laser-microdissected tissues indicates the biosynthesis of suberin in the outer part of roots during formation of a barrier to radial oxygen loss in rice (*Oryza sativa*). *J. Exp. Bot.* 65: 4795-4806.
- Shiono, K., Yoshikawa, M., Kreszies, T., Yamada, S., Hojo, Y., Matsuura, T., Mori, I. C., Schreiber, L., Yoshioka, T. 2022. Abscissic acid is required for exodermal suberization to form a barrier to radial oxygen loss in the adventitious roots of rice (*Oryza sativa*). *New Phytol.* 233: 655-669.
- Spanner, G. C., Gimenez, B. O., Wright, C. L., Menezes, V. S., Newman, B. D., Collins, A. D., Jardine, K. J., Negrón-Juárez, R. I., Lima, A. J. N., Rodrigues, J. R., Chambers, J. Q., Higuchi, N., Warren, J. M. 2022. Dry season transpiration and soil water dynamics in the central Amazon. *Front. Plant Sci.* 13: 825097.
- Uga, Y. 2021. Challenges to design-oriented breeding of root system architecture adapted to climate change. *Breed. Sci.* 71: 3-12.
- Ursache, R., Andersen, T. G., Marhavý, P., Geldner, N. 2018. A protocol for combining fluorescent proteins with histological stains for diverse cell wall components. *Plant J.* 93: 399-412.
- Vaughan, D. A. 1989. The genus *Oryza* L.: current status of taxonomy. IRRI Research Paper Series 138. International Rice Research Institute.
- Vaughan, D. A., Morishima, H., Kadowaki, K. 2003. Diversity in the *Oryza* genus. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6: 139-146.
- Vishal, B., Krishnamurthy, P., Ramamoorthy, R., Kumar, P. P. 2019. *OsTPS8* controls yield-related traits and confers salt stress tolerance in rice by enhancing suberin deposition. *New Phytol.* 221: 1369-1386.
- Watanabe, Y., Kabuki, T., Kakehashi, T., Kano-Nakata, M., Mitsuya, S., Yamauchi, A. 2020. Morphological and histological differences among three types of component roots and their differential contribution to water uptake in the rice root system. *Plant Prod. Sci.* 23: 191-201.
- Yamagata, Y., Win, K. T., Miyazaki, Y., Ogata, C., Yasui, H., Yoshimura, A. 2019. Development of introgression lines of AA genome *Oryza* species, *O. glaberrima*, *O. rufipogon*, and *O. nivara*, in the genetic background of *O. sativa* L. cv. Taichung 65. *Breed. Sci.* 69: 359-363.
- Yamauchi, T., Abe, F., Tsutsumi, N., Nakazono, M. 2019. Root cortex provides a venue for gas-space formation and is essential for plant adaptation to waterlogging. *Front. Plant Sci.* 10: 259.
- Yamauchi, T., Noshita, K., Tsutsumi, N. 2021a. Climate-smart crops: key root anatomical traits that confer flooding tolerance. *Breed. Sci.* 71: 51-61.
- Yamauchi, T., Pedersen, O., Nakazono, M., Tsutsumi, N. 2021b.

- Key root traits of Poaceae for adaptation to soil water gradients.
New Phytol. 229: 3133-3140.
- Yoshimura, A., Nagayama, H., Sobrizal, Kurakazu, T., Sanchez, P. L.,
Doi, K., Yamagata, Y., Yasui, H. 2010. Introgression lines of rice
(*Oryza sativa* L.) carrying a donor genome from the wild species,
O. glumaepatula Steud. and *O. meridionalis* Ng. Breed. Sci. 60:
597-603.

30 年を振り返り 30 年を展望する 次世代に期待する根の研究

中野明正

千葉大学 学術研究・イノベーション推進機構

根は Hidden half (隠された半分) というミステリアスな“別名”がある。私たちが日ごろ目にする植物は、花であり実であり、葉であり、枝や幹であり、根はほとんど見ることがない。見えないからと言って要らない訳ではないことは言うまでもない。むしろ、多様な地上部を支える縁の下の力持ちとして必要不可欠である。しかし、興味をもったからと言って、観察することすら難しい。掘り出すだけでも一苦勞である。このような未解明で困難な“部位”を私たちは研究対象としている。

本連載では、根の研究における取組を歴史的な観点からザックパランに述べていただくことを主眼に企画した。特に、今後根の研究に取り組み、次の 30 年の研究を担い極める方々の羅針盤になれば幸いである。

ここで改めて根研究学会について概要を述べておく。根研究学会は、世界的にもユニークかつ先進的な日本にある根の研究のコミュニティーである。歴史も古く研究者層も厚い。若干沿革を説明すると「根研究学会 (Japanese Society for Root Research)」は 1992 年に「根研究会」として発足し昨年 2022 年で 30 周年を迎えた。2013 年に「根研究学会」と改称したため、今年 2023 年は学会となって 10 年という記念すべき年でもある。

現在でも国内外あわせて約 300 人の会員が参加している。植物の根や、根に関連した土壌・農業・環境などに関心をもつ人々の情報交換の場となり、年 2 回の学術集会を企画し、それは現在まで 56 回を数え国内外の根の研究の発展に寄与している。

辞書で調べると、1 世代は 30 年なので、今はまさに日本の根の研究が研究集団として歩んできた 30 年の歴史を振り返るとともに、今後の 30 年を展望する時期でもある。そして折しもポストコロナに向けた新し

社会に変革しようとしている時期でもある。

このような時代の転換点にあつて、特に歴代の会長の皆様を中心に、歴史的な視点で根の研究について述べて頂くことは大変有意義であると考えている。

次の 30 年の研究に期待するメッセージやサジェスチョン、そしてそれに触発されて新たなインスピレーションが得られることを、一読者として大いに楽しみにしている。

根の研究

ROOT RESEARCH

第 1 巻 第 1 号: 1992 年 3 月

目次

	「根研究会」の発足にあたって	2
研究	中性子ラジオグラフィによる根の研究 中西友子 (東京大学農学部 R1 センター)	3
報告	第 3 回国際根研究学会 (ISRR) シンポジウム に参加して 阿部 厚 (東京大学農学部)	7
紹介	34 周年を迎える「つくば作物根セミナー」 小柳敦史 (農林水産省農業研究センター)	9
情報	第 1 回根研究会研究集会のお知らせ	15
	「国際根研究学会」のご案内	8
	文献紹介・新刊案内	10
	カレンダー	12
	会員名簿	14
会告		16

根研究会
Japanese Society of Root Research
(JSRR)

菜根譚 野菜の根の話

中野明正

千葉大学 学術研究・イノベーション推進機構

19. 根を楽しむ鍋

セリ (*Oenanthe javanica*) は日本全土の湿地に生える多年草で、七草粥でおなじみである。他はナズナ、ハコグサ (古名: 御形)、ハコベ、コオニタビラコ (古名: 仏の座)、スズナ (カブ)、スズシロ (ダイコン) で、中でも万葉集で詠われる「七草」はセリだけである。日本にとってはそれほど古くなじみのあるものと言えよう。「あかねさす昼は田賜びてぬばたまの夜のいとまに摘める芹これ」(昼間は田の仕事で忙しく、夜になってからセリをつんだ)。セリの使われ方について『延喜式』(905年)には漬物(塩漬け)とされている。現在でもセリは粥の他、鍋やてんぷらとしても親しまれている。

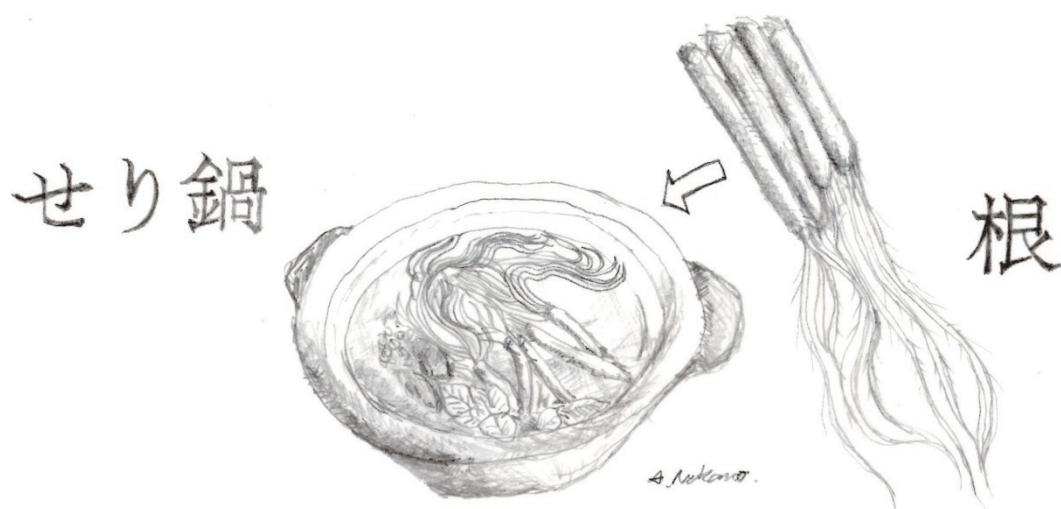
ある意味全国区のセリではあるが、宮城県は古くからセリの生産地として知られている。1590年の歌会で、あの伊達政宗が「七種を一葉によせて摘む根芹」と読んで、前年、摺上原の戦いの勝利で仙道地域(現在の福島県中央部)の7郡をすべて手に入れたことを祝った。めでたい歌に「根芹」を入れるあたり、この地域において昔から重要な食材であり、宮城の食文化に欠かせないことの証左である。現在も宮城県名取市はセリの産地としても盛り上がりを見せているが、名取市

近辺は栽培の歴史も古く、野生のセリ栽培をしていたとする文献(1620年)があり、1770年ごろにはセリ栽培の普及が始まったようだ。この地を中心に宮城県はセリの生産量、出荷量ともに全国1位である。直近の食のトレンドでは2000年頃から仙台市内の居酒屋などで「仙台せり鍋」が現われはじめた。具材にはセリのほか鴨や鶏など地元の食材をふんだんに使い趣向を凝らした鍋物である。セリは葉や茎だけでなく、根っこまですべて使用するのが特徴であり、シャキシャキの食感とさわやかな香り、独特の苦みを楽しむ。この地域ではセリはほぼ周年で生産されている。葉芹は4月～6月と旬であり、「根せり」は鍋の季節9月～3月が旬である。秋から冬にかけては日長も短く寒くなり、根への乾物分配が増え甘みも増すだろう。やはり根を楽しむのは寒い季節なのである。

栽培は田んぼのような湛水で生産されるが、水質の良い地下水が豊富であることで生産が可能となっている。セリは別名「根白草」ともわれ、美しい白根はこのような地下水という地の利を最大限に生かしているともいえよう。おいしい根には長い歴史がある。

参考文献

名取市生活経済部商工観光課, 2021, 名取せり本.



第 57 回根研究集会のお知らせ (57th Biannual Meeting of JSRR)

第 57 回根研究集会を 2023 年 5 月 20 日 (土) ~21 日 (日) に、明治大学農学部 (生田キャンパス) で開催します。明治大学での開催は初めてとなります。一般発表 (口頭, ポスター) に加えて、明治大学農学部でユニークな研究に取り組まれている、2 名の研究者による線虫と宇宙農業についての特別講演も予定しています。コロナ禍以降、各学会は様々な形式で開催されていますが、本研究集会では対面でのみ実施いたします。対面で根について熱く議論できる場になることを願っております。皆さまお誘い合わせのうえ、ふるってご参加ください。お待ちしております。

<開催日時 Date and time>

2023 年 5 月 20 日 (土) 12 : 00-17 : 30

21 日 (日) 9 : 00-12 : 30

※20 日の懇親会は生田駅もしくは登戸駅周辺で開催を検討中

<開催場所 Venue>

〒214-8571 川崎市多摩区東三田 1-1-1

明治大学農学部 (生田キャンパス) 第一校舎 2 号館および 6 号館を予定

https://www.meiji.ac.jp/koho/campus_guide/ikuta/campus.html

https://www.meiji.ac.jp/koho/campus_guide/ikuta/access.html

<参加費 Registration fee>

一般会員	General members	3,000 円	¥3,000
一般非会員	General non-members	4,000 円	¥4,000
学生会員	Student members	無料	Free
学生非会員	Student non-members	1,000 円	¥1,000

※お申し込み後に、参加費お支払い等について、ご案内いたします。

After registration, the payment of the registration fee will be informed.

※非会員の方で、会員として参加される場合には、参加申込み前に学会入会手続きを済ませてください。

<プログラム (予定) Tentative program>

5 月 20 日 (土)

12 : 00 受付 Registration, ポスター提示 Posters display

13 : 00-13 : 05 開会の挨拶 Opening remarks

13 : 10-14 : 10 ポスター発表 Poster session

14 : 15-15 : 15 特別講演 Special lecture

新屋 良治 先生 (明治大学農学部 植物線虫学研究室)

佐藤 直人 先生 (明治大学農学部 土地資源学研究室)

15 : 20-16 : 10 総会 General meeting

16 : 10-17 : 30 受賞講演 Award ceremony

5 月 21 日 (日)

08 : 30-09 : 00 受付 Registration

09 : 00-12 : 00 口頭発表 (12 課題) Oral presentation

12 : 00-12 : 30 優秀発表賞表彰 Best Presentation Award

【詳細は、根研究学会 HP (<http://www.jsrr.jp>) に更新します】

Information will be updated in [<http://www.jsrr.jp>](http://www.jsrr.jp).

<参加または発表の申込み Registration>

●発表申込み締切日 (タイトルの申請) : 2023 年 5 月 6 日 (土) Registration deadline for presenters (submission of the title): May 6, 2023 (Sat.)

●参加申し込み締切日 : 2023 年 5 月 12 日 (金) Registration deadline for participants: May 12, 2023 (Fri.)

●講演要旨提出の締切日 : 2023 年 5 月 12 日 (金) Deadline for abstract submission: Friday, May 12, 2023 (Fri.)

参加・研究発表のお申し込みは下記の「第 57 回根研究集会参加申込書」に必要事項を記入し、電子メール (shiotsu@meiji.ac.jp) にてお送りください。メールの件名は 57thJSRR としてください。なお、プログラム編成の都合により発表形式がご希望にそえない場合もあることをご了承ください。

Please send below information by e-mail. Title '57thJSRR' would be good.

=====

第 57 回根研究集会参加申込書 (Registration Form for the 57th JSRR)

1. 氏名 (Name) :

2. 所属先および住所, e-mail アドレス (Affiliation and e-mail address) :

3. 発表の有無 (Only participation or Oral/Poster presentation) :

4. 発表「有」の場合

表 題 (Title) :

著者名 (Authors) :

発表形式 (Presentation format) : 口頭発表(Oral presentation) or ポスター発表 (Poster presentation)

根研究学会優秀発表賞へのエントリー

(Do you entry into The JSRR Excellent Presentation Award? Yes or No)

口頭発表を希望される場合

口頭発表の講演数には制限があるため、申込多数の場合はポスター発表への変更をお願いすることがありますが、変更は可能でしょうか (Since there is a limit to the number of oral presentations, we may ask to change to poster presentations if there are too many applications. Is it possible or acceptable?) :

可・不可 (いずれかを選んで下さい) (Yes or No)

5. 会員の確認 (Membership) :

一般会員 (General members), 学生会員 (Student members), 非会員 (Non-members)

=====

<要旨の書き方 Style of abstract>

*根研究学会ホームページの要旨様式をダウンロードしてご利用ください。

1. A4 版 1 頁以内. 上 3.5 cm 下 3.5 cm 左右 2.5 cm ずつの余白を取る.

One page of A4 size paper with margins (top: 3.5 cm, bottom: 3.5cm, right and left 2.5 cm for each).

2. 冒頭にタイトル・講演者名・所属・連絡先（電子メールアドレス）を記載した後, 1 行あけて本文を書く.

Type the title, author(s), affiliation, email address and then abstract sentences.

3. タイトル : MSP ゴシックの太字・12 ポイント・センタリング (中央寄せ).

Use 12-point Bold Arial font with centering for the title.

4. 講演者名・所属・連絡先 : MSP 明朝・11 ポイント・センタリング. 連絡先は括弧に入れる.

Use 11-point Times New Roman font, centering for the name(s) of author(s), affiliation and corresponding email.

5. 本文 : MSP 明朝 (英数字半角は Times New Roman)・10 ポイント. 図表も含めて記載可能.

Insert a break line under the affiliation, and then type the abstract sentences with 10-point Times New Roman font.

<第 57 回根研究集会実行委員・問合せ先 Contact us.>

明治大学農学部 塩津文隆

〒214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1 明治大学農学部

E-mail : shiotsu@meiji.ac.jp 電話 : 044-934-7807

Meiji university, School of Agriculture

Fumitaka SHIOTSU

1-1-1, Higashimita, Tama-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa 214-8571, Japan

E-mail: shiotsu@meiji.ac.jp Tel: 044-934-7807

マングローブ林における細根動態観測手法の確立を目指して

木原友美

京都大学大学院地球環境学舎 地球環境学専攻 生態系生産動態論分野

2022年9月及び11月に、マングローブ林における細根動態の研究手法の習得を目的として、西表島船浦湾のヤエヤマヒルギ優占林にてフィールドワークを行いました。マングローブは、熱帯および亜熱帯の潮間帯に生育する樹木の総称です。満潮時には林床が冠水し、地盤が緩く嫌気的な土壤環境に生育していることから、支柱根や呼吸根といった地上部根を発達させる特徴があります。また、マングローブ林の地下部には膨大な量の土壤炭素が蓄積されており、単位面積あたりの炭素貯留量が陸上の森林と比べ大きいことから、地球温暖化への緩和効果が高い生態系として注目されています。この土壤炭素の多くは細根に由来しており、細根の生産～枯死～分解がいつどれくらい起こるのかを理解することは、細根動態や土壤への炭素貯留速度を推定する上で重要です。にもかかわらず、森林へのアプローチや現地作業の困難さから、マングローブの細根動態に関する調査研究事例は極めて少ない状況です。マングローブを対象とした細根動態研究では、イングロースコア法を使った事例がほとんどですが、この手法はコアの埋設期間に数か月から数年を要するため、埋設期間中に分解された根は評価できないという欠点があります。沖縄本島のマングローブ林（メヒルギ純林）においてイングロースコア法と連続コア法を用いて推定された細根ターンオーバーは $1.3 \sim 2.4 \text{ year}^{-1}$ であり（Kihara et al. 2021）、消長の速い細根動態を捉えるためにはより短い時間分解能で評価することが必要です。そこで、デジタルカメラのインターバル

撮影機能を利用し、土壤断面を任意の時間間隔で連続的に自動撮影する手法を試みました。現地では、潮汐による湛水ストレスや気象条件がマングローブの生育に与える影響について研究されておりマングローブ林にて防水カメラを用いた自動撮影のご経験がある、琉球大学熱帯生物圏研究センターの渡辺信准教授にご指導いただき、冠水環境下でも安価で長期間連続撮影が可能なシステムの開発及び土壤中の暗黒下での撮影技術の習得を行いました。マングローブ林地下部根系の撮影は多くが干出時に行われてきたため、冠水時の撮影画像は希少であり、根の動態に関する新たな発見ができる可能性があると考えています。撮影した画像では光が届かず暗くなっている部分があり、今後撮影方法等の改善が必要ですが、今回のフィールドワークを通し、冠水時にも土壤断面画像の取得を可能とし、地下部根系動態の解明に向けた新たな手法確立の可能性を探ることができました。

最後になりましたが、フィールドワークにあたり2022年度「苅住」国内研修支援より助成を賜り、心より御礼申し上げます。誠にありがとうございました。

引用文献

Kihara, Y., Dannoura, M., & Ohashi, M. (2021) Estimation of fine root production, mortality, and decomposition by using two core methods and litterbag experiments in a mangrove forest. *Ecological Research*, 1-14. <https://doi.org/10.1111/1440-1703.12275>



冠水時のヤエヤマヒルギ林の様子



デジタルカメラで撮影した土壌断面図

二次元酸素オプトードを用いた根系での非破壊酸素イメージング技術の習得

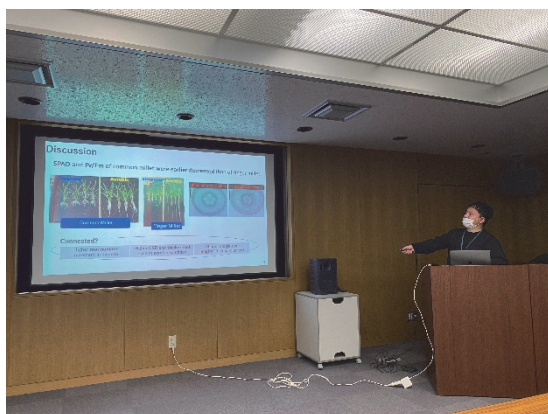
田丸翔太郎

鹿児島大学大学院連合農学研究科

根研究学会「苅住国内研修支援」の一環として2022年12月15日に、福井県立大学に「二次元酸素オプトード法の習得」を目的とした研修に行きました。福井県立大学生物資源学部所属され、根研究学会事務局長を務められる塩野克宏先生のもとで二次元酸素オプトード法についてご教示いただき、さらに塩野先生の主導される環境応答イメージング研究室の学生の皆様と「作物と低酸素ストレス」に関する研究の意見交換会を開催していただきました。二次元オプトード法とは、シート状に加工されたセンサ膜上で金属錯体化合物と測定対象(O_2 , CO_2 , pH, アンモニウム等)が反応した際に発する燐光の強度や寿命から環境情報の平面分布を非破壊で定量できる技術です。植物生理学研究の分野には最近まで応用例のほとんど無かった技術ですが、酸素を可視化・定量化する二次元酸素オプトード法を利用した研究について塩野先生らの学会発表や論文を拝見し、植物と環境の関係性解明について今後にブレイクスルーを生む技術なのではないかと、今回の研修を通して改めて確信しました。具体的には、サンプルとセンサ膜の距離に関して、どの程度の距離まで精度が保証されるのかという点が最も気になっていましたが、これに関してはセンサ膜とサンプルを何ら

かの手段で密着させる必要があるということが分かり、実験系をイメージするうえで有用な情報が得られました。研修の中で、実際にイネの根から酸素が漏出している様子を視覚的に理解でき、改めて可視化の利点を感じることができました。酸素漏出の可視化に関してはメチレンブルー染色が広く用いられているのですが、二次元酸素オプトード法においては酸素濃度が既知である溶液を用いてあらかじめピクセル値との校正曲線を描いておくことで定量的な情報を得ることができます。

意見交換会では、私は作物体内外の酸素動態に着目した研究について発表をし、今後の研究に繋がるような実験方法などの細かい部分まで活発に議論をすることができました。また、研究室の学生の皆様にも研究についての発表をして頂き、結果として多くの知識を吸収できる有意義な時間になりました。最後に、この素晴らしい機会を与えてくださった根研究学会苅住国内研修支援に心より御礼を申し上げます。また、今回の研修を行うにあたりお世話になった福井県立大学の塩野克宏先生と環境応答イメージング研究室の学生の皆様に感謝申し上げます。



意見交換会での発表の様子および環境応答イメージング研究室の皆様との記念写真(集合写真の左から3人目が塩野先生, 4人目が著者)

公 示

根研究学会会則

(2021 年 6 月総則改定・2022 年 1 月附則改定)

総 則

第 1 条 本会は、根研究学会（英語名称は Japanese Society for Root Research, JSRR）と称する。本会は、1992 年 1 月 1 日に根研究会として設立され、2013 年 1 月 1 日より根研究学会と改称する。

第 2 条 本会は、植物の根（その他の地下器官を含む、以下同様）およびこれを取り巻く環境に関する学術を発展させるとともに、同学の士の親睦を深めることを目的とする。

第 3 条 本会は、第 2 条で規定した目的を達成するために、つぎの事業を行なう。

1. 研究集会・シンポジウムその他の会合の開催
2. 会誌「根の研究」及び国際誌「Plant Root」の刊行
3. 根研究学会賞の授与
4. 「名誉フェロー」称号の授与
5. 国際交流の推進
6. その他、本会の目的を達成するために必要な事業

第 4 条 本会の所在地は、事務局の所在地とし、附則においてこれを定める。

会員

第 5 条 本会の会員は、個人会員および団体会員とする。個人会員は本会の趣旨に賛同して入会した個人、団体会員は同じく本会の趣旨に賛同して入会した団体または機関とする。

第 6 条 本会に入会しようとする場合は、氏名、所属、連絡先、その他の必要事項を明記した文書に、会費を添えて本会に申し込むものとする。また、本会を退会しようとする場合は、その旨を文書で本会に連絡しなければならない。ここでいう文書は電子媒体も認める。

第 7 条 会員は、下記の年会費を前納しなければならない。2016 年度以降の年会費は、1. 電子版会誌のみ購読の個人会員 3,000 円、2. 電子版と冊子版会誌購読の個人会員 4,000 円、3. 冊子版会誌のみ購読の団体会員 9,000 円。ただし、1 月をもって年度の始まりとする。長期に渡り会費を滞納した場合は、退会扱いにすることがある。

役員

第 8 条 本会に、つぎの役員をおく。会長 1 名、副会長 2 名、監査 1 名、評議員数十名、正副事務局長各 1 名。評議員数は、個人会員数の 5%~10%を目安とする。

第 9 条 会長は、その他の役員と協議しながら会務を統括し、本会を代表する。副会長は会長を補佐し、会長に事故あるときや長期に渡り不在となる場合に、その代理を務める。監査は、会務を監査する。評議員は、重要な会務を審議し、執行する。

第 10 条 会長は個人会員の中から選出する。選出方法は別にこれを定める。副会長、監査、評議員および正副事務局長は、個人会員の中から会長が委嘱する。

第 11 条 役員の任期は、2 年とする。任期途中で役員の交代があった場合、後任者の任期は前任者の残余の任期とする。会長、副会長、監査、事務局長、副事務局長の各役職は連続して 5 年以上は重任できない。

委員会

第 12 条 第 3 条で規定した事業を遂行するために、重要な事業については、それぞれ委員（および委員長）をおく。委員（および委員長）は、会長が委嘱する。

会則の施行と改定

第 13 条 本会の会則は、1992 年 1 月 1 日より施行され、2022 年 1 月 1 日より現行の改定版の会則が適用される。

第 14 条 会則の改定は、本会の総会において審議し、出席者の過半数の賛成をもって行うことができる。

以上

附則

会の所在地

第 1 条 会の所在地は 2014 年 1 月より「東京都中央区新川 2-22-4 新共立ビル 2F（株）共立内 根研究学会事務局」とする。

会長および事務局長

第 2 条 2022 年度・2023 年度の会長と事務局長は以下のとおりである。

会長：中野 明正（なかの あきまさ）

勤務先：千葉大学 学術研究・イノベーション推進機構

自宅住所：〇〇〇〇

事務局長：塩野 克宏（しおの かつひろ）

勤務先：福井県立大学 生物資源学部

自宅住所：△△△△

以上

[自宅住所は個人情報保護のため略記してあります]

根研究学会学術賞規定

1. 本会は、会則第3条に基づき、本規定を定める。
2. 本会は、植物の根（その他の地下器官を含む、以下同様）およびこれを取り巻く環境に関する学術の発展に寄与したものに対して根研究学会賞を贈り、これを表彰する。
3. 根研究学会賞としては、根研究学会学術功労賞、根研究学会学術奨励賞、根研究学会学術論文賞、根研究学会学術特別賞、および根研究学会優秀発表賞をおく。根研究学会学術功労賞および根研究学会学術奨励賞は、植物の根およびこれを取り巻く環境に関する学術の発展に寄与した根研究学会会員の研究を対象とする（すでに原著論文として発表されたもので、少なくともその一部が、根研究学会の研究集会・シンポジウムなどの会合、あるいは会誌などで会員に紹介されていること）。根研究学会学術論文賞は、植物の根およびこれを取り巻く環境に関する学術に寄与した根研究学会会員により「根の研究」または「Plant Root」に公表された論文を対象とする。なお発表形態（例えば、原著論文であるか総説であるか）を問わない。根研究学会学術特別賞は、植物の根およびこれを取り巻く環境に関する学術の発展に寄与した応用研究、技術開発、著作活動等の業績を対象とする。会員であるかどうか、また、業績の形態（例えば、出版物かどうか）を問わない。根研究学会優秀発表賞は、根研究学会の研究集会における優秀な口頭発表ならびにポスター発表を対象とする。
4. 根研究学会学術論文賞および根研究学会優秀発表賞を除く各根研究学会賞はいずれも会員もしくは関連分野の研究者などから推薦のあった対象について、根研究学会学術論文賞は「根の研究」または「Plant Root」の編集委員から推薦のあった対象について、いずれも評議員が審議し、その結果を踏まえて、会長および副会長が協議して決定を行なう。ただし、会長および副会長は、根研究学会学術論文賞および根研究学会優秀発表賞を除き、任期中に推薦すること、あるいは推薦されることができない。根研究学会優秀発表賞は研究集会内で決定を行なう。

以上

各賞の業績や候補者年齢などの目安については、会誌『根の研究』第20巻1号を参照するか、事務局にお問い合わせ下さい。

各賞の英語名称は以下の通りです。

根研究学会賞 : Academic Awards of Japanese Society for Root Research

学術功労賞 : The JSRR Award for Excellent Achievement in Root Research

学術特別賞 : The JSRR Special Prize for Applied Root Research

学術論文賞 : The JSRR Excellent Paper Prize

学術奨励賞 : The JSRR Young Investigator Award

優秀発表賞 : The JSRR Excellent Presentation Award

『根の研究』 投稿規定

(2023年3月改定)

1. 本誌は根に関する「原著論文」や「短報」のほか、新しい実験・調査技術を紹介する「技術ノート」、ご自身の研究を中心に紹介する「ミニレビュー」、特定のテーマに関する「総説」、学生等初心者を対象とした実験手法の開発・工夫を紹介する「教育」、学会・シンポジウムなどの「報告」、「文献紹介」、「研究室紹介」、「会員の研究紹介」、「オピニオン」などの原稿を募集しています。これまでに掲載されていないジャンルについても検討しますのでご提案下さい。
2. 原著論文、短報、総説、ミニレビュー、技術ノート、教育については、匿名の査読者による審査に基づいて、採用・不採用を編集委員長が決定します。なお、上記査読付き論文類については、J-STAGEにも掲載されます。
3. 根研究学会ホームページ「根の研究投稿規定」(<http://www.jsrr.jp/rspnsv/rule.html>)に掲載の原稿作成要領・テンプレートをダウンロードし、必ずそれを使用して原稿を作成し、PDFに変換して編集委員長宛にお送り下さい。また投稿に際して、同じく掲載のカバーレターをご使用ください。原稿送付はE-mailの添付ファイルによる送付を基本としますが、ファイル容量が膨大なときにはご相談ください。
4. 画像・動画や生データ等の補足資料を原稿に添付することができます。補足資料は採用決定後に著者によりJ-STAGEのデータリポジトリ(J-STAGE Data)にファイルのアップロードおよびメタデータ登録をしていただきます。補足資料についても審査の過程で修正を求められることがあります。J-STAGE Dataにおいては、データは論文の出版(公開)とともに公開され、DOIが付与されます。その他のデータベースをご利用希望の場合はご相談ください。
5. 著者名は本名を原則とします。ペンネームや匿名での投稿を希望される場合はご相談下さい。
6. 採用決定後は、原則として毎年3月・6月・9月・12月の4回発行の冊子体および本会ホームページでのオンラインで掲載されます。各発行月の前月下旬に掲載記事を最終決定します。
7. 著者に課せられる投稿料はありません。また、原稿料や謝礼金もありません。ただし、原稿作成・送付の過程で生じる著者側の経費については学会では負担しませんのでご了承下さい。図表は原則として著者自身で作成して下さい。やむを得ずトレースなどが必要な場合には、実費を負担して頂きます。図は、オンライン版のPDFはカラーが使えますが、印刷は原則として白黒です。印刷もカラーをご希望の場合には、カラー印刷の経費をご負担いただきます。別刷はPDF版を無料で進呈致します。紙印刷の別刷を希望される方には経費著者負担にて50部単位で作成します。採択後、必要部数をお知らせください。別刷1部の基本単価は1ページ25円×ページ数ですが、アート紙の使用やカラー印刷等の特殊な場合には、追加の実費を負担していただきます。
8. オープンアクセスは、論文の情報発信力を高めるためのオプションサービスで、論文受理後に著者がオープンアクセス料(20,000円/編)を支払うことにより、根研究学会非会員でも出版と同時に論文にアクセスできるようになります。非会員がJ-STAGEに掲載された論文を出版1年後にアクセスできるディレイド・オープンアクセスは無料(0円)です。
9. 原稿および編集に関する問い合わせは「根の研究」編集委員長宛とします。
10. 本誌に掲載された著作物の著作権は根研究学会に帰属します。ただし、著者自身による再利用・再加工は自由にできます。掲載された著作物・画像は、根研究学会により、電子ファイルやバックナンバー集などとして再発行・再配布されることがあります。投稿後、本誌への掲載が決定した時点で、著者(共著者を含む)にこれらをご了解いただいたものとみなします。一方、J-STAGE Data等データリポジトリに公開された補足資料の著作権は著者または所属機関の帰属とします。
11. 所属機関のリポジトリに登録された博士論文でも学会誌などに未掲載の内容については掲載可とします。ただし、以下の点に注意してください。(1)元原稿が存在する旨を付記してください(「本稿は、〇〇大学大学院〇〇研究科提出の博士論文の一部に、加筆修正を行った」など)。(2)博士論文そのままではなく、単独の論文として寄与しうよう必要な改変・修正を施してください。

<原稿送付先: 2022-23 年度>

〒098-2501 北海道中川郡音威子府村字音威子府 483

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター中川研究林

「根の研究」編集委員長 福澤加里部

電子メール: editor2023@jsrr.jp, [Tel:01656-5-3216](tel:01656-5-3216)

『根の研究』原稿作成要領

(2023 年 1 月改定)

校正時に修正が少なくなるので、投稿には必ず根研究学会ホームページから『根の研究』原稿作成要領・テンプレートをダウンロードしてご利用ください (<http://www.jsrr.jp/rspnsv/rule.html>)。ここに記載の内容に加えて、テンプレート中に記載された、句読点の表記法や文献の引用方法などの原稿の体裁に関する詳細な説明に従って作成してください。

1. 本テンプレートを必ず使用し、本文、図、表、写真などを 1 つのファイルとして原稿を作成してください。そして作成したファイルを PDF に変換して原稿をお送りください。ファイル名には、投稿者名を記入してください。論文採択後、掲載のために解像度の良い図、表、写真ファイルを提出していただくことがあります。PDF 変換が難しい場合にはご相談ください。
2. 以下の要素で原稿を構成して下さい。各箇所における説明も参照してください。
 - (1) 表題 (原著論文・総説・ミニレビュー・技術ノート・教育は英文併記)
 - (2) 著者名・所属 (原著論文・総説・ミニレビュー・技術ノート・教育は英文併記)
 - (3) 要旨 (原著論文・短報・総説・ミニレビュー・技術ノート・教育) 日本語 600 字以内、英語 250 単語以内。ただし、教育の英語要旨は任意とします。原則として著者の責任で英文添削を受けたものを投稿して下さい。困難な場合には編集委員会にご相談下さい。その他のジャンルについて要旨の有無は任意とします。
 - (4) キーワード (原著論文・短報・総説・ミニレビュー・技術ノート・教育) : 5 つまでとし、和文は五十音順、英文はアルファベット順に記載してください。その他のジャンルについてキーワードの有無は任意とします。
 - (5) 本文 : 適宜小見出しをつけながら、読みやすいように作成して下さい。読者には様々な分野の方がいますので、専門用語には説明をつけるなどご配慮下さい。原著論文および短報については、緒言・材料と方法・結果・考察 (あるいは結果と考察) ・謝辞という体裁で作成して下さい。
 - (6) 引用文献 : テンプレートの「引用文献」欄に記載の説明に従ってください。
 - (7) 図表 : 著作権・版権を侵害するような引用・複写をしないようご注意ください。他の研究者またはご自身の既発表論文をもとにご自身で作図した場合にも、図の説明文中に (Smith et al., 1992 より改変) などの但し書きを加えてください。図表以外でも、版権者の承諾なしに他の文献から複写したものをそのまま掲載することはできませんのでご注意ください。また、図および図中の文字の大きさは、段組 1 段分または 2 段分の幅を考慮して作成してください (1 ページ最大字数 2100 字, 21 字/行×50 行/段×2 段)。
3. 図は、オンライン版の PDF はカラーが使えますが、印刷は原則として白黒ですので、グラフなどは色の違いだけでなく濃淡の差などで凡例の区別がつくようにご配慮下さい。印刷もカラーをご希望の場合には、カラー印刷の経費をご負担いただきます。
4. 原稿の分量は、短報・報告・文献紹介・研究室紹介については刷り上がり 2 ページ以内を目安にし、その他は特に分量を指定しません。
5. その他、詳細については、最新号をご参照ください。

『根の研究』
論文審査要領

(2023年1月改定)

1. 編集委員長は編集委員を委嘱します。
2. 編集委員長は投稿原稿の内容に対応する編集委員を選び、審査を依頼することがあります。
3. 編集委員長あるいは編集委員は査読者2名を選び、投稿原稿の校閲を依頼します。
4. 著者は査読者候補を挙げることができます。
5. 査読結果に基づき、編集委員は論文の採否を編集委員長に答申します。
6. 投稿原稿の最終的な採否は編集委員長が決定します。採択決定日を受理日とします。
7. 修正を求めた原稿が3ヶ月以内に再提出されない場合は取り下げたものとみなします。
8. 採択された論文の掲載順序や体裁は編集委員長が決定します。
9. 校正は著者が行います。校正に際しては原稿の改変を行ってはいけません。

国際誌 *Plant Root* に掲載の 2022 年の論文*Plant Root* Editors in Chief

犬飼義明, 野口享太郎, 間野吉郎, 平野恭弘

2022 年に *Plant Root* に掲載された論文の一覧です. 今年も, 多くの方からの投稿・寄稿で *Plant Root* を読み応えのある雑誌に高めて頂くよう, 皆様のご協力をお願いします. 2022 年から新設された「Method paper」も歓迎します. 2023 年 1 月より「Plant Root」の掲載料が有料化され, 根研究学会会員 20,000 円/編, 非会員 25,000 円/編となりました. *Plant Root* の論文閲覧・投稿規定の確認などは, <http://www.plantroot.org/> をご覧頂き, 投稿やお問い合わせは editor2023@plantroot.org までご連絡ください. また, 投稿の際には *Plant Root* のトップページに掲載した「論文の本文」と「送り状」の雛形 (Manuscript sample (docx), Cover letter sample (docx)) のファイルをお使いください.

2022 年以降に *Plant Root* に掲載された論文は, クリエイティブコモンズ表示ライセンス (CC-BY; <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) の条件下で公開されます. 2021 年以前に掲載された論文の著作権は JSRR に帰属されます (<http://www.plantroot.org/copyright.htm> を参照下さい).

原著論文 3 (査読制)

Original Research Article

Polymorphism of *HvDRO1* and *HvqSOR1* associated with root growth angle in barley accessions
Yuki Nakano, Junpei Konishi, Hirotake Ito, Tsuyoshi Tanaka, Masako Seki, Hideyuki Aoki, Takashi Nagamine

2022 Volume 16 Pages 1-10

<https://doi.org/10.3117/plantroot.16.1>

Original Research Article

Root sampling method for aquaporin gene expression analysis in rice
Yumika Watanabe, Shiro Mitsuya, Akira Yamauchi

2022 Volume 16 Pages 11-20

<https://doi.org/10.3117/plantroot.16.11>

Original Research Article

Characterization of root traits for phosphorus deficiency tolerance using chromosome segment substitution lines

Yuki Akamatsu, Ryosuke Tajima, Toru Uno, Toyoaki Ito, Mizuhiko Nishida, Masanori Saito

2022 Volume 16 Pages 21-30

<https://doi.org/10.3117/plantroot.16.21>

論文の審査状況について

2022 年に *Plant Root* に投稿された論文数は 22 報 (16 報が海外からの投稿) で, そのうち受理されたものが 3 報, 審査中が 3 報です. 編集委員や審査員の皆様には改めて感謝申し上げます. 今後も査読や運営に関するご助言などご支援いただけますよう, よろしく願いいたします.

Plant Root に投稿された論文は, 編集委員と審査員によって accept・reject に拘わらず非常に丁寧に審査されています. この労力を多くの根研の会員の皆様の投稿論文に向けられれば良いと思っています. 根研究会で発表された成果など, 会場で Editors in Chief や編集委員に声をかけて

いただければ投稿に向けた相談に乗りますので、是非 **Plant Root** にご投稿ください！

Plant Root ホームページ : <http://www.plantroot.org/index.htm>

J-Stage (Plant Root) : <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/plantroot/-char/en>

編集委員 (2022 年 1 月～2023 年 12 月)

Editors in Chief

Dr. Yasuhiro Hirano (Nagoya University, Nagoya, Japan), **Prof. Yoshiaki Inukai** (Nagoya University, Nagoya, Japan), **Dr. Yoshiro Mano** (Institute of Livestock and Grassland Science, NARO, Nasushiobara, Japan), **Dr. Kyotaro Noguchi** (Tohoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Morioka, Japan)

Senior Editorial Assistant

Dr. Satoshi Shimamura (Tohoku Agricultural Research Center, NARO, Daisen, Japan)

Subject Editors (in alphabetical sequence of family names)

Dr. Tomomi Abiko (Kyushu University, Fukuoka, Japan), **Dr. Hideki Araki** (Yamaguchi University, Yamaguchi, Japan), **Prof. Hiroyuki Daimon** (Ryukoku University, Kyoto, Japan), **Dr. Karibu Fukuzawa** (Hokkaido University, Sapporo, Japan), **Dr. Shintaro Hara** (Institute for Agro-Environmental Sciences, NARO, Tsukuba, Japan), **Prof. Maki Katsuhara** (Okayama University, Kurashiki, Japan), **Dr. Akihiko Kinoshita** (Kyushu Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Kumamoto, Japan), **Dr. Yoshihiro Kobae** (Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, Japan), **Dr. Bohdan Konôpka** (National Forest Centre, Forest Research Institute Zvolen, Zvolen, Slovakia), **Dr. Katashi Kubo** (Tohoku Agricultural Research Center, NARO, Fukushima, Japan), **Dr. Takeshi Kuroha** (Institute of Agrobiological Sciences, NARO, Tsukuba, Japan), **Dr. Naoki Makita** (Shinshu University, Matsumoto, Japan), **Dr. Atsushi Matsumura** (Osaka Prefecture University, Sakai, Japan), **Prof. Motoyasu Minami** (Chubu University, Kasugai, Japan), **Prof. Mikio Nakazono** (Nagoya University, Nagoya, Japan), **Dr. Naoto Nihei** (Fukushima University, Fukushima, Japan), **Prof. Atsushi Ogawa** (Akita Prefectural University, Akita, Japan), **Prof. Mizue Ohashi** (University of Hyogo, Himeji, Japan), **Dr. Atsushi Oyanagi** (NARO, Tsukuba, Japan), **Dr. Kosala Ranathunge** (The University of Western Australia, Perth, Australia), **Prof. Yowhan Son** (Korea University, Seoul, The Republic of Korea), **Dr. Koya Sugawara** (NARO Institute of Livestock and Grassland Science, Nasushiobara, Japan), **Dr. Daisuke Takata** (Fukushima University, Fukushima, Japan), **Dr. Yusaku Uga** (Institute of Crop Science, NARO, Tsukuba, Japan), **Dr. Akihiro Yamamoto** (University of Miyazaki, Miyazaki, Japan), **Dr. Takaki Yamauchi** (Nagoya University, Nagoya, Japan), **Dr. Ken Yokawa** (Kitami Institute of Technology, Hokkaido, Japan)

Root Research 根の研究

編集委員長	福澤加里部	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター
副編集委員長	小川 敦史	秋田県立大学生物資源科学部
	松波 麻耶	岩手大学農学部
編集委員	岩崎 光徳	農研機構・果樹茶業研究部門
	宇賀 優作	農研機構・作物研究部門
	亀岡 笑	酪農学園大学循環農学類
	神山 拓也	宇都宮大学農学部
	檀浦 正子	京都大学大学院農学研究科
	辻 博之	農研機構・北海道農業研究センター
	仲田(狩野)麻奈	名古屋大学農学国際教育研究センター
	松村 篤	大阪府立大学大学院生命環境科学研究科
	南 基泰	中部大学応用生物学部
	山崎 篤	農研機構・東北農業研究センター
	山本 岳彦	農研機構・東北農業研究センター
上級編集補佐	島村 聡	農研機構・東北農業研究センター

事務局 〒104-0033 東京都中央区新川 2-22-4 新共立ビル 2F
株式会社共立内 根研究学会事務局
Tel : 03-3551-9891
Fax : 03-3553-2047
e-mail : neken2022@jsrr.jp

根研究学会ホームページ <http://www.jsrr.jp/>

年会費 電子版個人 3,000 円, 冊子版 (+ 電子版) 個人 4,000 円, 冊子版団体 9,000 円

根の研究 第 32 巻 第 1 号 2023 年 3 月 15 日印刷 2023 年 3 月 20 日発行
発行人：中野明正 〒277-0882 千葉県柏市柏の葉 6-2-1
千葉大学 学術研究・イノベーション推進機構
印刷所：株式会社共立 〒104-0033 東京都中央区新川 2-22-4 新共立ビル 2F

Root Research

Japanese Society for Root Research

Original Paper

Characteristic of morphology, anatomy and histology of a seminal root of wild rice, *Oryza glumaepatula*

Masato EJIRI and Katsuhiro SHIONO 4