

Root Research

ISSN 0919-2182
Vol.32, No.2
June 2023

Japanese Society for Root Research

目 次

【巻 頭 言】	
会員の皆様へ	31
【原著論文】	
黒ボク土の水田転換畑におけるプラウ耕がトウモロコシ の種子根と節根の伸長，分枝根に及ぼす影響 篠遠善哉・丸山幸夫・大谷隆二・松波寿典	33
【連載 根の研究の30年を展望する】	
根研究会の設立趣旨—できるだけ手を抜いて，会員の役に立つ ことを—Establishment of Japanese Society for Root Research 森田茂紀	43
【情 報】	
菜根譚 野菜の根の話 20. 「月の砂」で植物を育てる 中野明正	54
【報 告】	
第57回根研究集会プログラム	55
【会 告】	
2023年度 根研究学会総会報告	59

根の研究
根研究学会(JSRR)

会員の皆様へ



告 示

○2023 年度根研究学会賞の候補募集 (2023 年 7 月 28 日まで)

根研究学会会則第 3 条ならびに根研究学会学術賞規定に基づき、2023 年度の研究学会賞の推薦を受け付けます。優れた業績が多数推薦されますよう、皆様のご協力をお願いします。自薦・他薦を問いませんし、推薦者は会員でなくても結構です。送り先は根研究学会事務局(neken2023@jsrr.jp)、締切は 2023 年 7 月 28 日です。詳細は、本学会 HP に掲載の根研究学会賞に関する規定をご確認下さい。

○2024 年度-2025 年度会長選挙告示 (立候補・推薦の締め切りは 2023 年 7 月 31 日)

会則第 8 条・10 条・11 条に基づき、来期の会長選挙を行います。会長候補として立候補または推薦を受ける資格があるのは、2023 年 7 月 31 日時点におけるすべての個人会員です。会長に立候補する会員は、立候補届を事務局までお送りください。立候補の受付期間は 2023 年 7 月 1 日-7 月 31 日(必着)とします。

事務局からのお知らせ

1. 第 57 回根研究集会の開催と優秀発表賞受賞報告

5月20日-21日に第57回根研究集会が開催されました。久しぶりにこれまで通りの対面での開催となりました。塩津文隆実行委員長ならびに学生を含む明治大学の皆様のおかげをもちまして活発に開催することができました。ありがとうございます。詳しくは本号のプログラム、別冊1号および次号に掲載の報告をご覧ください。また、優秀発表賞は石川愛佳氏(福井県立大学生物資源学部、東北大学大学院生命科学研究科)と細井彩氏(信州大学大学院総合理工学研究科)の2名が受賞しました。

2. 第 57 回根研究集会要旨集をオンライン公開します！

第57回根研究集会要旨集を「根の研究 第 32 巻 別冊1号」としてオンライン限定公開します。要旨集のページ数増加と印刷費用の削減を目的として、昨年導入しています。根研究学会ホームページにある、会誌「根の研究」ダウンロード(<http://www.jsrr.jp/rspnsv/download.html>)からダウンロードすることができます。ダウンロードに関する、ユーザー名、パスワードは通常の会誌ダウンロードのものと同じものです。

3. 総会において予算・事業計画が承認されました

5月20日の第57回根研究集会内で総会を行い、本年度の予算、事業計画が承認されました。詳しくは今号に掲載の報告をご覧ください。

4. 2023 年・2024 年の根研究集会

・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2023年11月3日(金・祝)-4日(土)に現地開催します(大橋瑞江実行委員長)。集会後の11月5日(日)にはエクスカージョンの実施も計画しております。詳しくは次号に掲載のお知らせをご覧ください。詳細が決まりましたらメルマガ、HPなどで告知します！

・第59回根研究集会

2024年 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)。

・第60回根研究集会

2024年 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)。

・2025年度の集会 開催地については募集中です。立候補ありましたら事務局長にお知らせください。

5. 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>

6. 「根の研究」への投稿にテンプレートをご使用ください！

著者の執筆負担軽減と校正・編集作業の効率化のため、根の研究のテンプレートを整備しました。テンプレートの word ファイルは根研究会ホームページ「根の研究 投稿規定」(<http://www.jsrr.jp/rspnsv/rule.html>) からダウンロードできます。こちらにしたがって原稿を作成していただきますようお願いいたします。なお、テンプレート中の青字は投稿に関する規定や記載例です。投稿時には削除してください。

7. 「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。
- ※詳細は根研究学会ホームページ（<http://www.jsrr.jp/img/A9sWPV8p.pdf>）でご確認ください。

8. 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。

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けていない方は、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 〇一九店（ゼロイチキョウテン）「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/>

黒ボク土の水田転換畑におけるプラウ耕がトウモロコシの種子根と節根の伸長、分枝根に及ぼす影響

篠遠善哉^{*1)}・丸山幸夫²⁾・大谷隆二³⁾・松波寿典¹⁾

1) 農研機構東北農業研究センター

2) 筑波大学生命環境系

3) 東北大学大学院農学研究科

要 旨：これまでの研究から、ロータリ耕と比較してプラウ耕(チゼルプラウで粗耕起後にパワーハローで碎土する体系)における土壌深さ8 cm以深の土壌は硬く、肥料が土壌表層に集中し、トウモロコシの根系はプラウ耕による土壌硬度の影響でロータリ耕と比べて第7葉期以降に浅根化することが明らかとなった。そこで、黒ボク土の水田転換畑におけるプラウ耕がトウモロコシの種子根と節根に及ぼす影響を調べ、浅根化した要因を解析した。試験は、施肥区と無施肥区を設けてロータリまたはチゼルプラウ(プラウ)で耕起し、土壌表層(土壌深さ0-10 cm)の根系を調査した。ロータリ耕に比べてプラウ耕では、第3葉期までと乳熟期の種子根の根長密度は低かったが、第6葉期以降の節根の根長密度は高く、節根の分枝根が第6葉期と雄穂形成期で多く、乳熟期の節根の1次根長も長かった。第6葉期以降に種子根の根長密度は減少するが、節根の根長密度は増大し、さらに耕起法の違いによりロータリ耕よりプラウ耕で増大することから、プラウ耕による浅根化の要因は耕起法の違いが節根の伸長と分枝に影響を及ぼしたためと結論された。

キーワード：種子根、節根、トウモロコシ、プラウ耕、分枝根。

Effects of plowing on the growth of seminal and nodal roots and on root branching of maize (*Zea mays* L.) in upland fields converted from paddy fields in Andosol: Yoshiya SHINOTO^{*1)}, Sachio MARUYAMA²⁾, Ryuji OTANI³⁾ and Toshinori MATSUNAMI¹⁾ (¹⁾Tohoku Agricultural Research Center, NARO, ²⁾Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ³⁾Graduate School of Agriculture Science, Tohoku University)

Abstract: We clarified the effects of plowing on root branching and seminal and nodal root development in maize (*Zea mays* L.), and identified the factors affecting the shallower root system in soils prepared by plowing tillage (PT). PT affects maize root systems, which are shallower in PT plots than in RT plots, mainly due to the high soil hardness of upland fields converted from paddy fields. The effect of soil hardness by difference of tillage on root systems was greater than the effect of fertilizer distribution. PT suppressed seminal root length density (RLD) at the 2nd leaf, 3rd leaf and milk stages, but promoted RLD of nodal roots after the 6th leaf stages and branching of nodal roots at the 6th leaf and tassel formation stages, as well as primary root elongation of nodal roots at the milk stage. After the 6th leaf stage, RLD of seminal roots decreased, but RLD of nodal roots increased and PT promotes RLD of nodal roots. The results suggest that the shallower root system associated with PT is due to affecting nodal roots.

Keywords: Maize, Nodal root, Plowing, Root branching, Seminal root.

緒言

農業従事者の減少と高齢化が続いているが、100 ha以上の大規模農業経営体は増加している(農林水産省, 2021)。水田農業では、プラウ耕とグレーンドリルを用いたプラウ耕鎮圧体系乾田直播の栽培技術が開発され(盛川・大谷, 2009)、北海道や東北地域の大規模農業経営体を中心に栽培面積が広がりつつある。また、大谷ら(2013)は、プラウ耕鎮圧体系乾田直播を中心としたイネ-ムギ-ダイズの2年3作の水田輪作

技術の開発を行い、水田輪作においてプラウ耕とパワーハローを用いる耕起体系を確立した。さらに近年では、子実トウモロコシを導入した水田輪作技術の開発が行われている(篠遠, 2017a; Shinoto et al., 2019)。国産濃厚飼料増産と省力管理が可能な作物として期待されている子実トウモロコシ(以下、トウモロコシ)は今後、プラウ耕を用いた水田輪作に導入されて栽培が広がると考えられる。

水田転換畑においてプラウ耕で栽培したトウモロコシの生育ならびに子実収量、窒素吸収量は慣行耕起法

であるロータリ耕と同程度であることが報告されている (篠遠ら, 2017b, 2018a, 2018b, 2019; Shinoto et al., 2019). 一方, 水田転換畑においてプラウ耕で栽培したトウモロコシの根はロータリ耕に比べて, 根長密度と生理的活性を示す出液速度に差はみられないが (篠遠ら, 2017b, 2018a), 土壌硬度の違いにより第7葉期から土壌表層の根長密度が増大して浅根化する (Shinoto et al., 2021). 過湿処理した水田で栽培したコムギでは深根性の系統より浅根性の系統の子実収量が多く, 浅根化によりコムギの耐湿性のある程度向上させることができる (小柳ら, 2004). イタリアンライグラスでは地表面への発根程度と耐湿性の評価には高い相関関係が認められており (田瀬・小林, 1994), 地表面における節根の形成が耐湿性を向上させると考えられる. 同じイネ科であるトウモロコシでも栽培管理により, 地表面への節根の発根程度を高め, 浅根化を促すことで耐湿性の向上に繋がるのが期待される. 一方, ダイズでは梅雨期の湿潤条件下による浅根化により夏の比較的乾燥する条件におかれると表層土壌の水分が減少しただけで水ストレスを受ける (Hirasawa et al., 1994). そのため, プラウ耕によるトウモロコシの浅根化が種子根と節根のいずれの影響によるのか生育時期別に解析することで, 水田転換畑におけるトウモロコシの耐湿性や耐乾性の栽培研究に寄与できると考えられる.

そこで, 本研究では, 前報 (Shinoto et al., 2021) と同一の水田転換畑において土壌表層 0-10 cm におけるトウモロコシの種子根と節根の伸長および分枝に及ぼすプラウ耕の影響を生育時期別にロータリ耕と比較し, プラウ耕による第7葉期以降の浅根化の実態の解明を目的とした. 前報 (Shinoto et al., 2021) と本研究では同一圃場から根系調査に係る多数のサンプルを採取しているため, 前報 (Shinoto et al., 2021) ではモニリス試料を用いてプラウ耕によるトウモロコシの浅根化について生育時期の分析を報告し, 本研究ではコア試料を用いて浅根化の要因が種子根と節根のいずれであるのか分析した結果を報告する.

材料と方法

1. 栽培方法および耕起方法

試験は, 前報 (Shinoto et al., 2021) と同じ圃場において同様の方法で行い, 2016-2017年に農研機構東北農業研究センター内 (岩手県盛岡市) の多湿黒ボク土の水田転換畑でトウモロコシ (*Zea mays* L., cv. 34N84, 相対熟度 108 日, パイオニアエコサイエンス) を供試して実施した. 試験圃場は試験年により異なり, 試験圃場の前作はいずれも水稲である. 前作水稲の栽培方法は, 2016年の圃場では代かき移植栽培, 2017年の

圃場では無代かきのプラウ耕鎮圧体系乾田直播栽培であった.

試験区は, 施肥処理として無施肥区と施肥区を設け, 耕起処理としてロータリ区とプラウ区を設けた. 試験は, 施肥を主区, 耕起を副区とした3反復の分割区法で実施した. 各処理区の面積は2016年が304 m² (8 m × 38 m), 2017年が184 m² (8 m × 23 m) であった. なお, 2016年および2017年の試験はそれぞれ異なる圃場で実施した. 施肥区には基肥として配合肥料 (N : P₂O₅ : K₂O = 15 : 20 : 15) を N, P₂O₅, K₂O の成分でそれぞれ 22, 29, 22 g m⁻² 施用し, ロータリおよびチゼルプラウで土中に肥料を混和した. 耕起処理について, ロータリ区は, 75-80馬力のトラクタ (2016年: AF880UQZ, ヤンマー; 2017年: T750FCY01, イセキ農機) に装着した2.6 m幅のロータリ (LXR2610, 松山) を用いて耕深 20 cm で耕起した. プラウ区は, 75-85馬力のトラクタ (2016年: TJ85CFS1GQCY, イセキ農機; 2017年: GM75-HPC, クボタ) に1.9 m幅のチゼルプラウ (MSC6PSQLK, スガノ農機) を装着して耕深 20 cm で粗耕起した後, 75-80馬力のトラクタ (2016年: T750FCY01, イセキ農機; 2017年: F880UQZ, ヤンマー) に装着した2.3 m幅のパワーハロー (BETA230SP, Ortolan Zappatrici) で表層 5 cm を碎土した. 耕起処理は2016年5月30日および2017年5月31日に行った. なお, 2017年のみ5月31日に播種を行ったが, 播種量の設定が誤っていたため, 再播種する必要があり, 再播種当日の6月6日に5月31日と同じ機械を用いてロータリ区はロータリで耕起し, プラウ区はパワーハローでのみ表層を碎土した.

管理作業車 (MD20, ヤンマー) に取り付けられた4条の傾斜回転目皿式播種機 (TDR, アグリテクノサーチ) を用いて2016年6月2日, 2017年6月6日にそれぞれ条間 75 cm, 株間 21 cm の設定で2-3粒播種した. 播種後13日に間引きを行い, 一本立てとした. 除草剤は播種直後にジメテナミド・リニュロン剤, 第6葉期頃にトブラメゾン剤, 殺虫剤はダイアジノン剤を処理した.

2. 土壌化学性の調査

施肥前 (2016年: 播種前 57 日, 2017年: 播種前 71 日) に圃場全体から5地点, 第6葉期 (播種後 36 日) に各区5地点から土壌採取器 (HS-30S, 藤原製作所) と採土円筒を用いて土壌を採取した. 採取した土壌は, 土壌深さ別 (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm) に分けた後に5地点分を混合して土壌深さごとに1サンプルとし, 風乾して分析に供試した. 分析方法は, 北海道立総合研究機構農業研究本部 (2012) に従い, pH (H₂O) はガラス電極法, 有効態リン酸はトルオーグ法,

交換性カリは原子吸光法、熱水抽出性窒素はオートクレーブ法で測定した。

3. 根系調査

第2葉期(播種後15日)、第3葉期(播種後21日)、第6葉期(播種後42日)、雄穂形成期(播種後57日)、乳熟期(2016年:播種後81日、2017年:播種後80日)に各区において連続する2株の根を調査した。直径10 cmの塩化ビニール管を株が中心になるように土壌深さ10 cmまで打ち込み、根を採取した。なお、サンプリング場所は前報(Shinoto et al., 2021)の近傍とした。掘り出した個体は、株基部を丁寧に水で洗い、節根は基部で茎から切り離した。その後、種子根および節根の1次根長を物差しで測定した。種子根の1次根長は第2-3葉期にのみ測定した。種子根と節根それぞれ1次根も含めて、全て-25℃以下で保存し、その後の分析に供試した。根系画像の記録は、フィルムスキャナー(Epson expression V700 Photo, GT-X980, EPSON)を用いて、読み込みの設定を8ビットグレースケール、画像のドット密度を1000 dpiとし、TIFF形式で保存した。画像は、根解析ソフト(WinRhizo, Regent Instruments)を用いて解析し、1次根長も含めた全根長を種子根および節根でそれぞれ計測した。地上部は地際よりサンプリングし、80℃で2日間乾燥後に各器官別の乾物重を秤量した。

1次根長当たりの分枝根長を示す分枝指数はMorita et al. (1992)の方法にしたがって次式により算出した。

$$\text{分枝指数} = (\text{総根長} - \text{総1次根長}) / (\text{総1次根長})$$

4. 統計解析

統計解析は、年次、施肥、耕起を要因とした3反復の3元配置分散分析で行った。また、施肥は第一主効果、耕起は第二主効果として分割区法による解析を行った。解析には、統計解析ソフト(JMP11.2.0, SAS Institute Japan Ltd.)を用いた。なお、2カ年それぞれ異なる圃場で試験を実施したため、年次については圃場間差と表現した。

結果

作付前の土壌深さ別の土壌化学性を第1表に示した。各土壌深さにおける熱水抽出性窒素は2016年より2017年で多い傾向であった。pH、有効態リン酸および熱水抽出性窒素に土壌深さ別の顕著な差は2カ年ともにみられなかった。交換性カリは、2カ年ともに土壌深さ0-5 cmで最も多い傾向であった。

第6葉期の土壌深さ別の土壌化学性を第2表に示した。圃場間差は、土壌深さ0-5 cmと土壌深さ10-15

第1表 作付前における土壌深さ別の土壌化学性。

圃場	土壌深さ (cm)	pH (H ₂ O)	有効態リン酸 (mg 100g ⁻¹)	交換性カリ (mg 100g ⁻¹)	熱水抽出性窒素 (mg 100g ⁻¹)
2016圃場 A	0-5	6.3	3.7	32.0	5.3
	5-10	6.2	4.3	15.3	4.8
	10-15	6.2	3.6	10.6	4.3
	15-20	6.2	3.4	9.3	4.2
2017圃場 B	0-5	6.4	3.3	24.7	7.1
	5-10	6.4	3.8	8.0	7.1
	10-15	6.4	3.1	10.6	7.2
	15-20	6.4	3.4	11.6	7.0

cmのpH、土壌深さ0-5 cmの交換性カリ、土壌深さ0-20 cmの熱水抽出性窒素で有意差が認められた。土壌深さ0-5 cm、10-15 cmのpHは2016年より2017年で低く、土壌深さ0-5 cmの交換性カリ、土壌深さ0-20 cmの熱水抽出性窒素は2016年より2017年で多かった。施肥について、pHと交換性カリは全ての土壌深さで有意差が認められ、有効態リン酸は土壌深さ0-10 cmで有意差が認められた。土壌深さ0-20 cmのpHは無施肥区より施肥区で低く、土壌深さ0-10 cmの有効態リン酸と土壌深さ0-20 cmの交換性カリは無施肥区より施肥区で多かった。耕起について、土壌深さ15-20 cmの有効態リン酸、土壌深さ0-10 cm、15-20 cmの交換性カリ、土壌深さ10-15 cmの熱水抽出性窒素で有意差が認められた。土壌深さ0-10 cmの交換性カリはロータリ区よりプラウ区で多く、土壌深さ10-15 cmの熱水抽出性窒素と土壌深さ15-20 cmの有効態リン酸と交換性カリはロータリ区よりプラウ区で少なかった。施肥と耕起の交互作用が土壌深さ0-5 cm、15-20 cmのpH、土壌深さ0-5 cmの交換性カリと熱水抽出性窒素で認められた。土壌深さ0-5 cmのpHは無施肥区ではロータリ区よりプラウ区で高かったが、施肥区ではロータリ区よりプラウ区で低かった。土壌深さ15-20 cmのpHは無施肥区ではロータリ区よりプラウ区で低く、施肥区ではロータリ区よりプラウ区で高かった。土壌深さ0-5 cmの交換性カリと熱水抽出性窒素はロータリ区よりプラウ区で施肥による増加程度が大きかった。

生育時期別の地上部乾物重を第3表に示した。地上部乾物重は、第3葉期から雄穂形成期までの生育時期に圃場間差が認められた。第3葉期は2017年より2016年で、第6葉期と雄穂形成期は2016年より2017年で大きかった。施肥について、第6葉期を除く生育時期で有意差が認められ、施肥区の地上部乾物重が無施肥区より大きかった。耕起について、生育時期を通じて有意差は認められなかった。なお、施肥と耕起の交互作用は全ての生育時期で認められなかった。

生育時期別の土壌深さ 0-10 cm の根長密度を第 4 表に示した。第 6 葉期および雄穂形成期の節根と全長、乳熟期の種子根で圃場間差が認められた。第 6 葉期および雄穂形成期における節根と全長の根長密度はそれ

ぞれ 2016 年より 2017 年で高かったが、乳熟期における種子根の根長密度は 2016 年より 2017 年で低かった。施肥が根長密度に及ぼす影響は、第 6 葉期以前の種子根と節根および全長、雄穂形成期の節根と乳熟期の種

第 2 表 第 6 葉期における土壌深さ別の土壌化学性.

圃場	土壌深さ (cm)	施肥	耕起	pH (H ₂ O)	有効態リン酸 (mg 100 g ⁻¹)	交換性カリ (mg 100 g ⁻¹)	熱水抽出性窒素 (mg 100 g ⁻¹)	
2016 圃場 A	0-5	無	ロータリ	6.2	3.3	14.2	4.4	
			プラウ	6.2	3.2	18.5	4.6	
		有	ロータリ	6.0	4.1	25.9	4.7	
			プラウ	5.8	4.0	32.7	4.9	
	5-10	無	ロータリ	6.3	3.7	14.8	4.3	
			プラウ	6.2	2.6	17.6	4.3	
		有	ロータリ	6.0	4.1	27.8	4.2	
			プラウ	5.8	3.9	36.5	4.6	
	10-15	無	ロータリ	6.2	3.5	15.3	4.5	
			プラウ	6.3	3.1	14.4	4.2	
		有	ロータリ	5.9	4.0	27.0	4.3	
			プラウ	5.9	3.8	31.4	4.1	
15-20	無	ロータリ	6.3	3.6	13.8	4.0		
		プラウ	6.2	2.5	12.3	3.5		
	有	ロータリ	5.9	3.6	23.8	4.8		
		プラウ	5.9	3.5	19.0	3.8		
2017 圃場 B	0-5	無	ロータリ	6.0	3.6	17.6	8.0	
			プラウ	6.2	3.1	21.4	7.0	
		有	ロータリ	5.8	3.7	28.2	7.9	
			プラウ	5.8	4.6	39.6	8.9	
	5-10	無	ロータリ	6.1	3.3	17.8	7.3	
			プラウ	6.3	3.2	19.6	6.8	
		有	ロータリ	5.8	3.6	27.0	7.4	
			プラウ	5.8	4.1	33.5	8.5	
	10-15	無	ロータリ	6.2	3.4	18.1	7.5	
			プラウ	6.2	3.0	16.6	6.5	
		有	ロータリ	5.8	3.6	27.0	8.7	
			プラウ	5.9	2.5	25.2	7.2	
15-20	無	ロータリ	6.2	3.3	17.5	7.2		
		プラウ	6.2	3.0	14.2	6.2		
	有	ロータリ	5.8	3.5	26.0	8.3		
		プラウ	5.9	3.0	21.6	6.9		
圃場	0-5			2016	6.1	3.6	22.8	4.6
				2017	6.0	3.8	26.7	7.9
		有意差		**	ns	**	**	
	5-10			2016	6.1	3.6	24.2	4.3
				2017	6.0	3.6	24.5	7.5
		有意差		ns	ns	ns	**	
	10-15			2016	6.1	3.6	22.0	4.3
				2017	6.0	3.1	21.7	7.5
		有意差		*	ns	ns	**	
	15-20			2016	6.1	3.3	17.2	4.0
				2017	6.0	3.2	19.8	7.2
		有意差		ns	ns	ns	**	

圃場	土壌深さ (cm)	施肥	耕起	pH (H ₂ O)	有効態リン酸 (mg 100 g ⁻¹)	交換性カリ (mg 100 g ⁻¹)	熱水抽出性窒素 (mg 100 g ⁻¹)
施肥	0-5		無	6.2	3.3	17.9	6.0
			有	5.9	4.1	31.6	6.6
			有意差	*	**	**	ns
	5-10		無	6.2	3.2	17.4	5.7
			有	5.9	3.9	31.2	6.2
			有意差	**	*	*	ns
	10-15		無	6.2	3.3	16.1	5.7
			有	5.9	3.9	31.2	6.2
			有意差	**	ns	*	ns
	15-20		無	6.2	3.1	14.4	5.3
			有	5.9	3.4	22.6	6.0
			有意差	*	ns	**	ns
耕起	0-5		ロータリ	6.0	3.7	21.5	6.2
			プラウ	6.0	3.7	28.1	6.3
			有意差	ns	ns	**	ns
	5-10		ロータリ	6.1	3.7	21.9	5.8
			プラウ	6.0	3.5	26.8	6.0
			有意差	ns	ns	**	ns
	10-15		ロータリ	6.1	3.6	21.9	6.3
			プラウ	6.1	3.1	21.9	5.5
			有意差	ns	ns	ns	*
	15-20		ロータリ	6.0	3.5	20.3	6.1
			プラウ	6.1	3.0	16.8	5.1
			有意差	ns	*	*	ns
交互作用	0-5		施肥 × 耕起	**	ns	*	*
	5-10		施肥 × 耕起	ns	ns	ns	ns
	10-15		施肥 × 耕起	ns	ns	ns	ns
	15-20		施肥 × 耕起	*	ns	ns	ns

*, ** は 5, 1%水準で有意であること, ns は 5%水準で有意差がないことを示す (n = 3).

子根で認められた。第6葉期以前の種子根、節根、全長と雄穂形成期の節根における根長密度はそれぞれ無施肥区より施肥区で低く、乳熟期の種子根の根長密度は施肥区より無施肥区で高かった。耕起について、第2葉期の種子根、節根、全長、第3葉期の種子根、第6葉期の節根、雄穂形成期の節根と全長、乳熟期の種子根と節根で有意差が認められた。種子根の根長密度は第2葉期、第3葉期、乳熟期においてロータリ区よりプラウ区で低かった。節根の根長密度は、第2葉期、第6葉期から乳熟期ではロータリ区よりプラウ区で高かった。全長の根長密度は、第2葉期においてロータリ区よりプラウ区で低く、雄穂形成期においてはロータリ区よりプラウ区で高かった。施肥と耕起による交互作用は種子根、節根、全長の根長密度いずれにおいても全ての生育時期で有意差は認められなかった。

生育時期別の1次根長を第5表に示した。第2葉期の節根、第3葉期の種子根と節根、第6葉期の節根で圃場間差が認められた。第2葉期の節根、第3葉期の

種子根と節根では2016年より2017年で短かったが、第6葉期の節根では2016年より2017年で長かった。施肥について、第2葉期の節根、第6葉期から乳熟期の節根で有意差が認められた。第2葉期の節根、第6葉期から乳熟期の節根の1次根長は無施肥区より施肥区で長かった。耕起について、第2葉期の節根、第3葉期の種子根と節根および乳熟期の節根で有意差が認められた。第3葉期における種子根の1次根長はロータリ区よりプラウ区で短かった。第2葉期、第3葉期、雄穂形成期における節根の1次根長はロータリ区よりプラウ区で長かった。施肥と耕起の交互作用は全ての生育時期で有意差が認められなかった。

生育時期別の分枝指数を第6表に示した。第6葉期および雄穂形成期の節根で圃場間差が認められた。第6葉期と雄穂形成期の節根の分枝指数は2016年より2017年で大きかった。施肥について、第6葉期までの分枝指数で有意差が認められ、無施肥区より施肥区で大きかった。耕起について、第2葉期の種子根と第

第3表 生育時期別の地上部乾物重.

圃場	施肥	耕起	地上部乾物重 (g 株 ⁻¹)				
			第2葉期	第3葉期	第6葉期	雄穂形成期	乳熟期
2016圃場A	無	ロータリ	0.08	0.25	3.6	19	64
		プラウ	0.09	0.22	3.0	19	69
	有	ロータリ	0.14	0.36	6.5	44	199
		プラウ	0.14	0.48	8.9	51	227
2017圃場B	無	ロータリ	0.08	0.18	10.9	48	122
		プラウ	0.07	0.17	9.5	40	92
	有	ロータリ	0.14	0.33	15.9	77	203
		プラウ	0.15	0.36	16.1	70	199
分散分析	圃場	2016	0.11	0.33	5.5	33	140
		2017	0.11	0.26	13.1	59	154
		有意差	ns	*	**	**	ns
	施肥	無	0.08	0.21	6.7	31	87
		有	0.14	0.38	11.9	61	207
		有意差	**	*	ns	*	*
耕起	ロータリ	0.11	0.28	9.2	47	147	
	プラウ	0.11	0.31	9.4	45	147	
	有意差	ns	ns	ns	ns	ns	

*, ** は 5, 1%水準で有意であること, ns は 5%水準で有意差がないことを示す (n = 3). 施肥 × 耕起の交互作用は認められなかった.

第4表 生育時期別の土壌深さ 0-10 cm の根長密度.

圃場	施肥	耕起	根長密度 (cm cm ⁻³)														
			第2葉期			第3葉期			第6葉期			雄穂形成期			乳熟期		
			種子根	節根	全長	種子根	節根	全長	種子根	節根	全長	種子根	節根	全長	種子根	節根	全長
2016圃場A	無	ロータリ	0.69	0.03	0.72	0.67	0.11	0.77	0.78	0.53	1.32	0.69	1.66	2.34	0.54	3.52	4.06
		プラウ	0.55	0.03	0.58	0.68	0.11	0.80	0.57	0.49	1.05	0.45	1.99	2.44	0.41	3.92	4.33
	有	ロータリ	0.63	0.04	0.67	0.82	0.20	1.01	0.83	0.72	1.55	0.50	2.21	2.72	0.39	5.06	5.45
		プラウ	0.51	0.04	0.55	0.67	0.27	0.94	0.84	0.99	1.83	0.59	2.94	3.53	0.33	5.25	5.59
2017圃場B	無	ロータリ	0.53	0.03	0.57	0.62	0.10	0.75	0.64	0.78	1.41	0.72	2.71	3.42	0.45	4.63	5.09
		プラウ	0.45	0.04	0.48	0.45	0.08	0.53	0.57	1.08	1.64	0.79	3.26	4.05	0.39	5.01	5.40
	有	ロータリ	0.83	0.04	0.87	0.83	0.21	1.05	1.05	1.58	2.63	0.62	3.46	4.08	0.21	4.49	4.69
		プラウ	0.58	0.04	0.62	0.64	0.24	0.88	1.03	2.06	3.08	0.61	4.11	4.72	0.16	5.20	5.35
分散分析	圃場	2016	0.59	0.04	0.63	0.71	0.17	0.88	0.75	0.68	1.44	0.56	2.20	2.76	0.42	4.44	4.86
		2017	0.60	0.04	0.63	0.64	0.16	0.80	0.82	1.37	2.19	0.69	3.39	4.07	0.30	4.83	5.13
		有意差	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	**	**	*	ns	ns
	施肥	無	0.55	0.03	0.59	0.61	0.10	0.71	0.64	0.72	1.36	0.66	2.40	3.06	0.45	4.27	4.72
		有	0.64	0.04	0.68	0.74	0.23	0.97	0.94	1.34	2.27	0.58	3.18	3.76	0.27	5.00	5.27
		有意差	*	†	**	*	**	**	*	*	*	ns	†	ns	**	ns	ns
耕起	ロータリ	0.67	0.04	0.71	0.74	0.16	0.90	0.82	0.90	1.73	0.63	2.51	3.14	0.40	4.43	4.82	
	プラウ	0.52	0.04	0.56	0.61	0.18	0.79	0.75	1.15	1.90	0.61	3.08	3.69	0.32	4.85	5.17	
	有意差	**	†	**	*	ns	ns	ns	†	ns	ns	**	*	†	†	ns	

†, *, ** は 10, 5, 1%水準で有意であること, ns は 10%水準で有意差がないことを示す (n = 3). 施肥 × 耕起の交互作用は認められなかった.

6葉期および雄穂形成期の節根で有意差が認められた. 第2葉期の種子根の分枝指数はロータリ区よりプラウ区で小さく, 第6葉期と雄穂形成期の節根の分枝指数はロータリ区よりプラウ区で大きかった. 施肥と耕起の交互作用は全ての生育時期で有意差が認められな

かった.

考察

既報 (Shinoto et al., 2021) では, 土壌硬度の違いにより, 第7葉期から土壌表層の根長密度が増大し, ロー

第5表 生育時期別の1次根長.

圃場	施肥	耕起	1次根長 (cm 株 ⁻¹)						
			第2葉期		第3葉期		第6葉期	雄穂形成期	乳熟期
			種子根	節根	種子根	節根	節根	節根	節根
2016 圃場 A	無	ロータリ	54	24	69	30	107	172	260
		プラウ	61	23	61	32	96	189	265
	有	ロータリ	47	24	66	38	129	258	297
		プラウ	43	28	39	49	134	246	338
2017 圃場 B	無	ロータリ	46	14	51	27	125	208	286
		プラウ	49	17	40	27	129	198	312
	有	ロータリ	44	20	53	29	160	227	295
		プラウ	48	23	41	33	151	259	358
分散 分析	圃場	2016	51	25	59	37	116	216	290
		2017	47	18	46	29	141	223	313
		有意差	ns	**	*	**	*	ns	ns
	施肥	無	52	20	55	29	114	192	281
		有	45	24	50	37	143	248	322
		有意差	ns	*	ns	ns	†	*	**
	耕起	ロータリ	48	20	60	31	130	216	284
		プラウ	50	23	45	35	127	223	318
		有意差	ns	†	*	†	ns	ns	*

†, *, ** は 10, 5, 1%水準で有意であること, ns は 10%水準で有意差がないことを示す (n = 3).
施肥 × 耕起の交互作用は認められなかった. 第6葉期以降の種子根の1次根長は測定しなかった.

第6表 生育時期別の分枝指数.

圃場	施肥	耕起	分枝指数						
			第2葉期		第3葉期		第6葉期	雄穂形成期	乳熟期
			種子根	節根	種子根	節根	節根	節根	節根
2016 圃場 A	無	ロータリ	9.1	6.8	1.8	3.0	6.5	10.5	
		プラウ	6.2	8.1	1.9	3.0	7.3	9.0	
	有	ロータリ	10.8	11.3	3.0	3.4	5.8	13.2	
		プラウ	9.0	12.8	3.3	5.0	8.4	12.3	
2017 圃場 B	無	ロータリ	9.2	9.9	2.0	3.8	9.3	11.9	
		プラウ	8.2	8.3	1.4	5.4	11.9	11.7	
	有	ロータリ	15.2	12.4	4.8	6.7	11.0	11.0	
		プラウ	10.3	12.2	4.8	9.7	11.4	10.5	
分散 分析	圃場	2016	8.8	9.8	2.5	3.6	7.0	11.3	
		2017	10.8	10.7	3.2	6.4	10.9	11.3	
		有意差	ns	ns	ns	**	**	ns	
	施肥	無	8.2	8.3	1.8	3.8	8.7	10.8	
		有	11.4	12.2	4.0	6.2	9.2	11.8	
		有意差	†	†	*	*	ns	ns	
	耕起	ロータリ	11.1	10.1	2.9	4.2	8.1	11.7	
		プラウ	8.4	10.4	2.8	5.8	9.8	10.9	
		有意差	*	ns	ns	†	*	ns	

†, *, ** は 10, 5, 1%水準で有意であること, ns は 10%水準で有意差がないことを示す (n = 3).
施肥 × 耕起の交互作用は認められなかった. 第6葉期以降の種子根の分枝指数は測定しなかった.

タリ耕に比べプラウ耕による浅根化が認められた. 本試験では, 第7葉期より前の第2葉期および第3葉期において根系に耕起法の影響が認められた. 第3葉期までの耕起法の影響は主に種子根で認められたが, プ

ラウ区に比べてロータリ区の根長密度が高く, 浅根化に及ぼす耕起法の影響は第3葉期までの根系では認められなかった. 第6葉期から雄穂形成期において節根の根長密度と分枝指数に, 乳熟期において節根の1次

根長に、有意差がそれぞれ認められ、プラウ区で大きい値を示した。これらのことから、プラウ耕による浅根化は第6葉期以降の節根とその分枝根の発達により引き起こされたものと考えられた。耕起法の違いが種子根と節根に及ぼす影響について考察を進める。

施肥と耕起法がそれぞれ種子根と節根に大きな影響を及ぼしており、施肥と耕起の交互作用は認められず(第4表, 第5表, 第6表), 耕起法の違いに伴う肥料分布の違いが根系に及ぼす影響は明らかではなかった。したがって、浅根化の要因は、前報(Shinoto et al., 2021)で考察したように土壌硬度の違いが節根の発達に影響を及ぼしたためと考えられた。重粘性土壌においてコムギの根群分布を調査した試験では、根長密度と土壌硬度に最も深い関係があるとされる(波多野ら, 1987)。前報(Shinoto et al., 2021)のFig. 1における土壌深さ0-10 cmの土壌硬度はロータリ区で最大0.2 MPaであったが、プラウ区では土壌深さ8 cm以深で0.5 MPaであった。したがって、0.2 MPaから0.5 MPaの間の土壌硬度が種子根と節根の生育に影響を及ぼしたと推察された。

種子根の根長密度はプラウ耕により抑制された(第4表, 第6表)。種子根の根長密度は第3葉期までと乳熟期にロータリ区よりプラウ区で低かった。第2葉期における種子根の分枝指数はロータリ区よりプラウ区で小さかった。プラウ区の第3葉期の種子根は、分枝指数には耕起法の差が認められなかったが、1次根長がロータリ区より短く、1次根の伸長が抑制されて根長密度が低かった。トウモロコシの種子根の土壌貫入力は小さいことから(有馬・田中, 1988; 田中丸ら, 1998)、プラウ耕による土壌硬度の増加が種子根の伸長を抑制したと推察された。

節根の根長密度は、乳熟期まで一貫して増大を続け、特に第6葉期以降に急激に伸長し、耕起法の違いにより主に第6葉期以降で有意差が認められた(第4表)。さらに、第6葉期と雄穂形成期において耕起法の影響が節根の分枝根に及ぼす影響が認められ、節根の分枝指数はロータリ区よりプラウ区で大きかった(第6表)。これらのことから、プラウ耕により土壌表層の節根の分枝根が発達して根長密度が増大したことが示された。土壌中の根の伸長に作用する力学的な因子として、第1に土壌硬度、第2に気相を表す乾燥密度が挙げられる(佐藤ら, 1997)。土壌密度が不均一である場合、均一な土壌密度より根系の伸長が活発であり、低密度領域での分枝根伸長が顕著である(洪沢ら, 1992, 1993b)。また、洪沢ら(1993a)は、一次分枝根生長モデルでは、不定根が土壌密度のばらつきを検知した場合、低密度域の分枝根伸長速度を2倍に早め、二次分枝根生長モデルでは、二次分枝根は土壌の密度

にばらつきがある場合、低密度域で集中的に発生することを明らかにした。プラウ耕では、土壌深さ8 cmを境に土壌硬度の値が急激に高くなるため、土壌硬度が低い土壌深さ8 cmより上位の土壌深さ0-8 cmで節根の一次分枝根と二次分枝根がそれぞれ発達し、節根の根長密度が土壌深さ0-8 cmで増大したと考えられた。さらに、トウモロコシの節根は、土壌密度が高いと横方向に広がり(洪沢・荒木, 1990)、上位節では下方向に伸長し、下位節では横方向に広がる(藤井・田中, 1962; 山崎・帰山, 1982; 帰山・山崎, 1983; Nakamoto et al., 1991)。プラウ区では土壌深さ8 cm以深で土壌硬度が高くなるため、下方向に伸長する節根が土壌表層に分布したことも、土壌表層における節根の根長密度の増大に寄与したと推察された。一方、乳熟期の節根は、分枝指数に耕起法の差がみられなかったが(第6表)、1次根長がロータリ区よりプラウ区で長かったことから(第5表)、1次根の伸長により根長密度が増大した。

土壌化学性は、施肥とプラウ区の組み合わせで向上する項目が認められた。第6葉期における土壌深さ0-5 cmの交換性カリと熱水抽出性窒素は施肥と耕起の交互作用が認められ、プラウ耕による肥料分布の違いによりロータリ区よりプラウ区で高い値を示したと考えられた(第2表)。これは、前報(Shinoto et al., 2021)における2016年の第6葉期の土壌深さ0-5 cmの硝酸態窒素と同様の結果であり、前報(Shinoto et al., 2021)で示された結果が今回の調査項目からも確認された。肥料の混和程度は耕起法により異なり、ロータリ耕では耕起した深さまで均一に分布するが、チゼルプラウ耕では土壌深さ0-10 cmに95%以上の肥料が分布する(篠遠ら, 2018b)。第6葉期の土壌化学性のうち土壌深さ0-5 cmのpHは、無施肥区より施肥区で低く、施肥と耕起の交互作用が認められ、無施肥区ではロータリ区よりプラウ区で高かったが、施肥区ではロータリ区よりプラウ区で低く(第2表)、肥料分布の違いによりプラウ区で低下した。本試験の土壌分析の一部は前報(Shinoto et al., 2021)で報告されており、2016年の土壌深さ0-5 cmの硝酸態窒素には施肥と耕起の交互作用が認められ、無施肥区では両耕起区とも同程度であったが、施肥区ではロータリ区よりプラウ区で多く、本試験のpHと逆の傾向であった。施肥として与えたアンモニア態窒素の硝酸化作用により土壌は酸性化するため(橋本・中村, 1971)、肥料分布の違いにより土壌深さ0-5 cmのpHはロータリ区よりプラウ区で低下すると考えられた。ロータリ区と比べてプラウ区で、土壌深さ0-10 cmの交換性カリが多く、土壌深さ15-20 cmの交換性カリが少なかった(第2表)。作付前の土壌深さ別の交換性カリは土壌深さ0-5 cm

で2カ年とも最も多く(第1表), 前作の水稲栽培では灌漑水からカリが供給され(水田, 2001), 土壌表層に交換性カリが蓄積しやすいと考えられた。これは, 前報(Shinoto et al., 2021)のFig. 1で示されているように土壌硬度が両耕起区で異なっていることから, ロータリ区では耕深20 cmまで均一に碎土されるが, プラウ区では土壌深さ8 cm以深では碎土されていない土塊が存在するため, 下層まで攪拌されにくいチゼルプラウ耕では土壌表層に蓄積した交換性カリがそのまま残存しやすく, 表層と下層で異なる傾向になったと推察された。

耕起法の違いによる影響は根長密度には認められたが(第4表), 地上部乾物重には認められなかった(第3表)。したがって, 本試験において根系の違いが地上部乾物重に及ぼす影響は明らかではなかった。

以上のことから, 第7葉期以降のプラウ耕による浅根化は耕起法の違いによる土壌硬度の違いが節根の伸長と分枝に影響を及ぼしたためと結論された。今後, 従来の湿害対策技術(補助暗渠の施工や額縁明渠)に加えてプラウ耕による浅根化を組み合わせることで耐湿性を向上させる栽培技術の発展が期待される。

謝辞

東北技術支援センター東北第1業務科の吉田昭男氏, 三浦幸浩氏, 小笠原篤氏, 高橋博貴氏, 高橋栄廣氏, 工藤一博氏, 吉澤信行氏には耕起作業および圃場管理にご協力頂きました。水田輪作研究領域の榊久美氏と田中智子氏にはサンプリング調査にご協力頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 有馬進, 田中典幸 1988. 禾本科作物の種子根に関する研究 2. 土壌硬度と種子根の伸長について. 佐賀大農叢 65: 17-26.
- 藤井義典, 田中典幸 1962. 小麦およびトウモロコシにおける節位別の根の生長と土壌との関係について. 日作紀 30: 158-168.
- 橋本武, 中村和弘 1971. 施肥による土壌酸性化ならびに中和に関する研究(第1報) 土壌と肥料との化学的反應ならびに硝酸化成による土壌pHの変化. 土肥誌 42: 453-458.
- 波多野隆介, 佐久間敏夫, 岡島秀夫 1987. 重粘性土壌における根群分布に対する粒間粗孔隙の意義. 土肥誌 58: 209-216.
- Hirasawa, T., Tanaka, K., Miyamoto, D., Takei, M., Ishihara, K. 1994. Effects of pre-flowering soil moisture deficits on dry matter production and ecophysiological characteristics in soybean plants under drought conditions during grain filling. Jpn. J. Crop Sci. 63: 721-730.
- 北海道立総合研究機構農業研究本部 2012. 北海道立総合研究機構農業研究本部編 土壌・作物栄養診断のための分析法 2012. 北海道立総合研究機構農業研究本部, pp. 58-89.
- 婦山長憲, 山崎耕宇 1983. トウモロコシの根系領域の形成と1

- 次根の伸長方向ならびに伸長速度. 日作紀 52: 508-514.
- 水田一枝 2001. 灌漑水による水田への N, P, K の流入量—福岡県における推定—. 日作紀 70: 595-598.
- 盛川周祐, 大谷隆二 2009. グレーンドリルを用いた乾田直播栽培. 日作東北支部報 52: 67-70.
- Morita, S., Thongpae, S., Abe, J. 1992. Root branching in maize. I. "Branching index" and methods for measuring root length. Jpn. J. Crop Sci. 61: 101-106.
- Nakamoto, T., Shimoda, K., Matsuzaki, A. 1991. Elongation angle of nodal roots and its possible relation of spatial root distribution in maize and foxtail millet. Jpn. J. Crop Sci. 60: 543-549.
- 農林水産省 2021. 2020 年農林業センサス結果の概要(確定値). <https://www.maff.go.jp/j/press/tokei/census/210427.html>.
- 大谷隆二, 関矢博幸, 冠秀昭, 中山壮一, 齋藤秀文 2013. 大区画圃場におけるプラウ耕乾田直播を核とした2年3作水田輪作体系. 農業機械学会誌 75: 220-224.
- 小柳敦史, 乙部(桐渕)千雅子, 柳澤貴司, 三浦重典, 小林浩幸, 村中聡 2004. 根系の深さが異なるコムギ実験系統群の過湿な水田圃場における生育と収量. 日作紀 73: 300-308.
- 佐藤泰一郎, 鈴木哲也, 中野政詩 1997. ダイズ種子根の伸長に及ぼす土壌の乾燥密度・水分・硬度の影響. 土肥誌 68: 680-685.
- 渋沢栄, 荒木肇 1990. トウモロコシ根系の形状およびヤマイモの形状と品質—ファイトテクノロジーのアプローチ—. 農業機械学会誌 52: 89-93.
- 渋沢栄, 藤浦健史, 岩尾俊男, 竹山光一 1993a. トウモロコシ根系パターン形成の階層的モデリング. 農業機械学会誌 55: 101-108.
- 渋沢栄, 藤浦健史, 竹山光一, 岩尾俊男 1992. 土壌密度変化のトウモロコシ根系分布への影響. 農業機械学会誌 54: 53-60.
- 渋沢栄, 国立卓生, 岩尾俊男, 藤浦健史 1993b. 土壌密度分布とトウモロコシ根系パターンの関係. 農業機械学会誌 55: 111-118.
- 篠遠善哉 2017a. 乾田直播栽培(イネ)とトウモロコシ栽培・子実生産. 農研機構畜産研究部門編 平成29年度自給飼料研究会「自給飼料利用に関する研究成果の社会実装と課題」. 農研機構畜産研究部門, pp. 67-73.
- 篠遠善哉, 藤竿和彦, 大谷隆二, 丸山幸夫, 松波寿典 2019. グライ土の水田転換畑におけるプラウ耕がトウモロコシの根系および倒伏に及ぼす影響. 根の研究 28: 59-67.
- 篠遠善哉, 丸山幸夫, 松波寿典, 大谷隆二 2018a. 黒ボク土の水田転換畑におけるプラウ耕がトウモロコシの根の出液速度および根系分布に及ぼす影響. 根の研究 27: 10-16.
- 篠遠善哉, 松波寿典, 大谷隆二, 冠秀昭, 丸山幸夫 2017b. 黒ボク土の水田転換畑におけるプラウ耕がトウモロコシの生育および子実収量に及ぼす影響. 日作紀 86: 151-159.
- 篠遠善哉, 松波寿典, 大谷隆二, 冠秀昭, 丸山幸夫 2018b. 黒ボク土の水田転換畑におけるチゼルプラウ耕が土壌環境およびトウモロコシの窒素吸収に及ぼす影響. 日作紀 87: 125-131.
- Shinoto, Y., Matsunami, T., Otani, R., Maruyama, S. 2019. Growth and yield of maize using two tillage systems in crop rotation of paddy fields. Plant Prod. Sci. 22: 58-67.
- Shinoto, Y., Otani, R., Matsunami, T., Maruyama, S. 2021. Analysis of the shallow root system of maize grown by plowing upland fields converted from paddy fields: effects of soil hardness and

- fertilization. Plant Prod. Sci. 24: 297-305.
- 田中丸重美, 林田慎一, 望月俊宏, 古屋忠彦 1998. 圧縮土層への種子根・主根の貫入および貫通の作物種間差について. 日作紀 67: 63-69.
- 田瀬和浩, 小林真 1994. イタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* LAM.) を中心とした *Lolium* 属品種・系統の耐湿性の評価. 日草誌 40: 75-84.
- 山崎耕宇, 帰山長憲 1982. トウモロコシ根系を構成する 1 次根の外部形態およびその伸長方向. 日作紀 51: 584-590.

根研究会の設立趣旨一できるだけ手を抜いて、会員の役に立つことを一 Establishment of Japanese Society for Root Research

森田茂紀

根研究会初代会長 東京大学名誉教授

根研究会（現在の根研究学会，以下，学会）は1992年1月1日に発足し（森田，1992；森田・阿部，1997），2013年に根研究学会と改称して現在に至っている。創立32年目を迎えた2023年の「根の研究」第32巻1号（第1図右）から、会長経験者による連載が始まり、学会の歴史を振り返り、今後を展望することになった。中野明正現会長（中野，2023）に続いて、初代会長を務めた森田が連載の第2回を担当させて頂くことになった。

著者は会長在任中の1996年（学会設立5年目）の終わりに、将来学会の正史を作成するための準備として「根の研究」第5巻4号で特集を組み、学会に関する事実記録を集めて整理した。また、機会をみては学会活動や関連事項について文章として残してきた（森田，2003b，2020；森田・阿部，2010）。その後の執行部や会員の努力によって、「根の研究」はJ-Stageで読むことができるようになったし、学会HP（根研究学会 jsrr.jp）の内容も充実してきた。

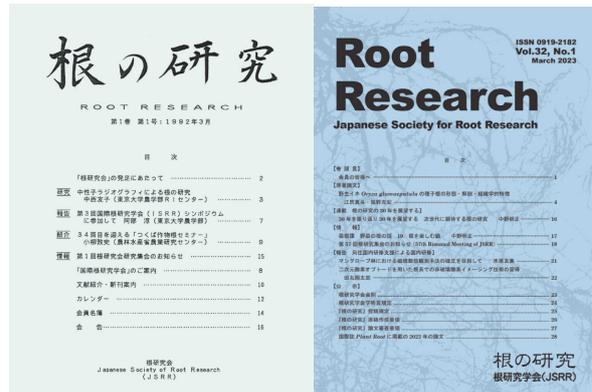
以上の資料はそれぞれの時期に書かれたものだけに誤りは比較的少ないと思う。これらの資料は一つにまとまっているわけではないので使い勝手が悪いところもあるが、つなぎ合わせれば事実記録としてはかなりそろっているのだから併せてご覧頂きたい。それでも誤りがあれば、後日関係者の協力を得て訂正させて頂く。本稿では学会を立上げたときのポリシーや雰囲気をお伝えできればと考えており、そのため森田のバイアスがかなりかかっていることをご海容頂きたい。

また、敬称はすべて省略させて頂いた。学会設立当時の形式ばらない雰囲気を残したいと考えたからである。合わせてお許し頂きたい。

会長不在の学会として

学会の初代会長として本稿を書かせて頂いたが、学会の設立当初は会長が不在であった。これは意識的に会長をおかなかったからで、従来の学会とは異なり、形式を廃してみんな平等で自由にやろうというのが理由である。

しかし、実際に学会として活動を始めてみると、会



第1図 根研究会・根研究学会のニュースレターである「根の研究」。左:創刊号第1巻1号1992年 右:最新号第32巻1号2023年。

長が不在というのは組織や会員にとって何かと不便であることを実感するようになってきた。そこで会長はおかないが、発起人の中で最年長の森田が連絡調整役としての代表を務めることにした。

学会設立時における最も重要なポリシーはこれまでにない横断的組織を作ることであり、前例には縛られずに自由に考え、できるだけ手を抜きながら会員にメリットがあるものにするのであった。そう考えると、本学会を社会的に認められる組織にしておくことが会員にとってメリットがあった。

それで、代表を会長とし、徐々にガバナンスを整備していくことになった。ただし、ガバナンスが整うと学会としてはおもしろくないものになる危険性があるので、常にそのバランスに注意しながら、いかにげんさを大切にしていくことにした。

国際根研究学会との関係①

学会設立の背景には、当時ヨーロッパを中心に活動していた国際根研究学会 (International Society of Root Research, ISRR) の存在がある（森田，2000）。ISRRに関する情報が日本に入ってくるようになり、また日本からのシンポジウム参加者が徐々に増えるのに伴っ



第2図 アルプスを歩きながら植生について説明する Kutschera.

て、ISRR 国際シンポジウムを日本で開催したいという雰囲気が醸成されていった。

ISRR ができたころの事情を知るメンバーは、すでに引退して終身名誉会長となっている Persson を除けば、副会長の Obroucheva と森田の2人しか残っていない。ISRR はスウェーデンの Persson およびオーストリアの Kutschera が中心となってできたヨーロッパオリジンの組織で、根の生態学が大きな研究テーマであったと理解している。

Persson は樹木根研究者であり、メッシュバッグ法(原理はイングロスコア法に同じ)を利用した論文がある (Persson, 1978, 1983). Kutchera (1960) は Wurzelatlas で知られる著名な根の生態学者である。Root Development of Field Crops を書いた Weaver (Weaver, 1926) のところに留学していたと聞き、なるほどと思った。

Kutschera との付き合いは長いものではなかったが、スロバキアの Lux (Lux, 2017) と3人でアルプスの山々を何日かかけて歩いた思い出がある(第2図)。最初は英語でやり取りをしているのであるが、彼女は話に夢中になってくるといつのまにかドイツ語をしゃべっている。私の2年間の教養ドイツ語ではどうにもならず困ったことを今でもよく覚えている。

似たような研究の流れは実は日本にもつながっている。森田は60歳で東京大学を退職し、直ちに東京農業大学に異動して、農学部農学科作物学研究室の教授を8年間務めた。農大の作物学研究室を立ち上げたのは、後に農大の学長となる三浦肆玖樓である。三浦は研究室の立ち上げの前年に Weaver のところに留学しており、帰国後に水稻根に関する研究を行い「日本作物学会紀事」に論文を発表している。このようにして、森田が農大における根の研究を引き継いだことになり、因縁を感じる。

スロバキアの根研究者

もう少し脱線させて頂く。上記のスロバキアコメニ



第3図 スロバキアの根研究グループ① (Bratislava). 左からコメニウス大学の Lux と、スロバキアアカデミーのご両親。



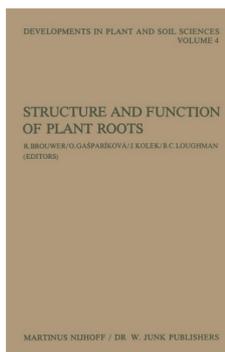
第4図 スロバキアの根研究グループ② (Bratislava). 左から Lux, アカデミーの Ciamporova と Gasparikova, 森田。

ウス大学の Lux は、母堂の Luxova (Kolek and Kozinka, 1992) がスロバキアアカデミーに所属する世界的な根研究者であり、尊父と令室もアカデミー所属という研究者一家に育った(第3図)。

スロバキアがアカデミーを作るときにチェコから Nemeč が招聘されて根の研究グループができ、現在に至っている(第4図)。Nemeč は著名な植物学者で、弟子の Luxova とともに長年に渡りスロバキアアカデミーの根研究グループを牽引した(第4図)。

このスロバキアの根研究グループの中心活動として、根の形態と機能に関する国際シンポジウムを数年おきに開催することで、世界における根の研究を牽引する一つの流れになった。著者は大学院で先輩と一緒にこのシンポジウムのプロシーディング(第5図; Brouwer et al., 1981)を読んで、強い興味を覚えた。いずれこのシンポジウムに参加したいと思ったが、チェコスロバキアは遠い国であった。

シンポジウムに参加するまでには時間を要した。そして、初めて参加したときに Lux の令室を母堂と人間違えたことがきっかけとなり植物形態学者である Lux を知り、現在に続く長い交流が始まった。本学会は、この根研究グループと国際シンポジウムから大きな影響を受けている。



第5図 チェコスロバキアで開催された第2回根の形態と機能に関する国際シンポジウムのプロシーディング (1981年 チェコスロバキア).



第7図 イギリスの根研究者 (Bristol).
右が Barlow, 一人おいて森田, 左が Bengough.



第6図 第4回根の構造と機能に関する国際シンポジウム (1993年 スロバキア).

シンポジウムでは世界から集まった100名程度の研究者が、アカデミーが有するタトラ山脈の会議施設に1週間ほどこもり、寝食をともにしながらゆっくり議論を交わすことが慣例になっている。実にいい雰囲気 of シンポジウムである (第6図)。

最近では、2022年6月に第8回国際シンポジウム「Root Structure and Function」が開催された。コロナ禍が続いていたこともあり、直接参加はできなかったが、オンラインで特別基調講演をさせて頂いたことは大変光栄であった。この講演では農学者として根をみた場合、根系と根系を構成する1本1本の根という2つの視点があり、両者を結びつけながら根系が収量形成にどのように関わっているかについて、「根のデザイン」(森田, 2003c) という考え方を解説した。ライフワークとなった根系研究の到達点を提示する機会を与えて頂いたことは大変ありがたかった。

国際根研究学会との関係②

さて、本題に戻ろう。ISRR 国際シンポジウムを日本で開催したいという思いは、日本の根研究者の数や研究レベルから考えて当然のことであった。ただし、日本で ISRR 国際シンポジウムを開催するには国内の研究者組織を作り、受入れ体制を確立することが必要

であると考えて、本学会設立を提案した。これが学会の始まりである。

1991年のある日、東京大学農学部正門前の「蘭」という喫茶店に、中元朋実・根本圭介・阿部淳・森田茂紀の4人(いずれも東京大学農学部栽培研究室OB)が集まって学会立上げの相談をした。その後、小柳敦史と山内章にも声をかけて学会を立ち上げるようになった。したがって、この6名が学会設立の発起人といえる。

そのときに、本学会は ISRR と密接な関係をもちながらも、親子の関係にあるわけではなく、ISRR の日本支部ではないことを確認した。なお、ISRR と異なり、学会名を Japanese Society 「of」 root research でなく、Japanese Society 「for」 Root Research (JSRR) としたことは議論があった。私たちには両者の語感の違いを理解することは難しく、最終的に Barlow (第7図右) の意見を尊重したところが大きい。Barlow は早くから日本の根の研究を高く評価してくれて、研究交流も盛んに行ってきた。

横断的組織と多様性

本学会設立発起人の6名は全員が日本作物学会会員であり、その後も作物学・栽培学をバックグラウンドとする会員が高い割合を占めてきた。しかし、本学会は日本作物学会内に作った根研究グループではない。

明治以来、日本の学会の多くは対象物や方法論で分類され、学術の発展に伴って分かれたり、独立してきた。私たちはそういう考え方を取らず、根と根を取り巻く環境をキーワードにして、できるだけ多様な分野のメンバーが集まる研究交流の場を作ることを目指したのである。

日本作物学会設立70周年の記念企画の中で私たちの活動を日本作物学会における分派活動と批判する者がいたが、これは根研究会の設立趣旨を理解しないことに基づく全くの的外れなものであり、反論するまでもなかった。それが証拠には、その後会員の数が増え

ていったが、会員の所属学会は様々であり、その多様性が学会の発展に大きく寄与してきた。

日本学術会議への登録

以上のように多様性に基づく横断的学会を目指したので、学術会議登録団体として申請するかという提案があったときも議論になった。できるだけきちんとやらないとか、ある特定分野には所属しないというポリシーからすれば登録しないという選択肢もありうる。ただし、学術会議に登録すれば本学会が社会的に認知されたことになるので、学会および会員にはメリットとなる。

また、重要な点として学会誌に相当する「根の研究」の郵送料が割引になることがあった。私たちは何の迷いもなく、経済的なメリットを選択した。「根の研究」が ISSN 番号を持つことも本件に関係していたはずである。

ただし、日本農学会への登録は、未だに行われていない。会員数や学会誌などの条件からすれば登録申請をする資格もそろっているし、申請が認められる可能性も高い。若干の会費を支払う義務は生じるが、登録が認められれば農学賞への推薦が可能となるというメリットもある。

しかし、本学会は農学分野における研究グループを目指しているわけではなく、もっと広い視野から学術の発展や研究成果の社会実装を目標としているので、日本農学会に所属する選択はしなかった。今後どうするかは、そのときのメンバーが決めればよいことである。

「根の研究」への論文投稿

学会の中心活動の一つは、ニュースレターとして位置付けた「根の研究」(第1図)を当初年4回発行することであった(年2回の発行で始め、すぐに年4回に変更した)。どういうニュースレターにするかは走りながら考える、できるだけ何でも載せる、国内外の研究集会やシンポジウム・セミナーなどの情報提供の場とする(今のよう情報検索が容易ではなかった)というポリシーで始めた。

最初は小柳敦史に筑波から東大まできてもらってワード原稿を両面コピーして、ステープラーで綴じるお金もないので1枚ずつ2つ折りして挟んでいった。タイトルは羽場桂子の揮毫を使わせてもらい、それを郵送した。そのため、郵送料の割引はありがたかったのである。「根の研究」の最新号は、第32巻1号(2023年3月発行)である(第1図)。

しばらくすると会員から原著論文が投稿されてきて、驚いた。「根の研究」はニュースレターとして始



第8図 根研究集会(上第30回2009年足寄;下第50回2020年名古屋)。

めたもので、原著論文の投稿などは想定もしていなかったからである。しかし、原著論文の投稿を受け付けないということは会則のどこにも書いてないので、チャンスである。

せつかく会員に背中を押してもらったのだから、投稿できるようにしようというのが当時の執行部の雰囲気であった。早速、編集委員会と査読制度を作り、社会的に認定されている学会として原著論文を掲載するシステムを作った。これも会員ファーストの考え方である。必ずしも論文投稿数は多くないが、いまだに投稿が続いている。その後、執行部の努力で英文のオープンジャーナルである『Plant Root』も発行されている。

年2回の研究集会が続く

学会のもう一つの中心的な活動は、年2回開催されてきた根研究集会である(第8図)。第1回は1992年5月16日に東京大学農学部1号館の地下で開催した。当時はまだ全く認知度のない学会の研究集会であったにも関わらず30人の参加と10題の発表があり、楽しい会合であった(根研究会, 1992)。

当初、毎年2回の開催が続くとは予想していなかったが、開催を引き受けてくれるところが続き、発表も途切れていない(第8図)。「根の研究」もそうであるが、学会を盛り立ててくれる会員に感謝する次第である。

この研究集会では何でもありで、元々オリジナルな研究発表に限っていない。「私はこう考える、どうだ?」でも構わないということで始めたが、今では立派なオリジナル研究ばかりになってしまった。形式としては口頭発表とポスター発表からなる普通の講演発表会になってきたが、そうでなければならないという



第9図 根研究会シンポジウム「植物根系の理想型」(1994年唐津).
右から、佐々朋幸, 秋田重誠, 山下研介, 田中典幸, 河野恭広, 荻住昇, 可知直毅, 森田茂紀.

決まりは実はない.

異なるバックグラウンドを持つ会員や参加者が共通理解をするために、通常の学会講演会のように12分発表+3分質疑といったありきからの、そしてかみ合わない議論で終わってしまうことは回避しようと、15分発表したら最低15分、できれば30分くらい議論をしようということから始めた。しかし、発表題数が多いことなどから残念ながら実現できていない。

学会も時が経つにつれてガバナンスが強化され、それに伴って面白くないものになっていく傾向はISRRに限らずよくみられることである。本学会は、研究集会を引き受ける方々が様々なアイデアをだしてくれることがありがたい。一応ガイドラインはあるが、前例は踏襲しない、自己規制せず何でもやってみるという精神は今でも生きている。

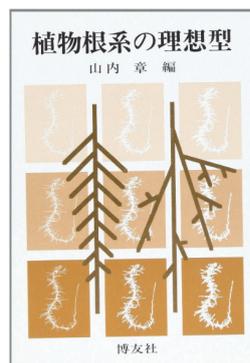
シンポジウムやセミナー

研究集会の他にも、多くのシンポジウムやセミナーを開催してきた。名称は様々であるし、開催にとくに規定はない。やりたい人が手を上げる、それをみんなで支援する、というのが学会の基本的な考え方である。実に分かりやすく、いいポリシーといえる。担当者に過大な負担をかけずに、会員のためになる企画が今後も続いてほしい。

例えば、1994年5月に唐津で「シンポジウム植物根系の理想型」を開催した(第9図)。このころ、山内と理想型根系があるかをよく議論していた。本シンポジウムは山内が企画したもので、唐津市のご協力を得て現地で開催された。シンポジウムの成果は、山内(1997)によって『理想型根系』(第10図)として取りまとめられている。

もう一例をあげると、2001年7月27日に東北農業研究センター福島キャンパスで開催された「土壌動物を観察する夏の学校」(小柳, 2001)がある。これは、数年前に河野恭広が名古屋大学を定年退職されたときの最終講義で「根の研究においては土壌動物を含む土壌生態圏全体を理解することが重要である」という趣旨の話がされたことをきっかけに、小柳敦史が企画開催したものである(第11図)。

福島キャンパスには土壌動物の研究グループがあ



第10図 シンポジウム「植物根系の理想型」の研究成果(1997年博友社).



第11図 「土壌動物を観察する夏の学校」(2001年福島)に参加した河野恭広.

り、その協力を得てワークショップの形の開催となった。手続上は本学会の正式企画ではないそうだが、会員にメリットがあるなら本学会にとって有難いことである。根の研究では方法論は重要なポイントであり、研究方法自体が目的になっては本末転倒だが、このようなワークショップの試みは大切である。

顕彰制度を作り利用する

前例を踏襲する活動もある。多くの学会にあるような顕彰制度を作り、学会賞をどんどん出すことにした(第12図)。これは賞状代だけでできる。しかも受賞者には大きなメリットがあるので、まさしく会員ファーストの企画といえる。

実はこの顕彰制度を作った当初、受賞者が続くかどうか懸念された。ありがたいことに杞憂に終わり、学会賞候補となる研究成果はどんどん見つかった。

ただし、顕彰制度には会則には記載されていない暗黙の了解がある。「受賞したら必ずお返しをする」ということである。すなわち、さらにいい研究をして「根の研究」や「Plant Root」に論文や総説を投稿する、いい仕事をした人を学会賞受賞候補者として推薦する、研究集会の開催を引き受けるなど学会活動に積極的に



第12図 根研究学会賞授賞式(2019年名古屋).
左から, 森田茂紀(学術功労賞), 福澤
加里部, 遠藤いず貴(学術奨励賞).



第13図 第1回アジア作物学会議の根セッション関係者(1992年ソウル).
左から原田二郎, 一人置いて森田, 星
川清親, 2人おいて阿部淳, 山内章.

協力するということである。自分が受賞したら今度は他人に恩返しをするという、これも簡単に優れたポリシーである。実際、学会賞受賞者はその後も活発に活動し学会を盛り立ててくれているので、このシステムはうまく機能しているといえる。

先輩研究者からの支援

学会には若手を支援してくれる先輩研究者が何人もいた。「いた」と書かせて頂いたのは、ここにあげさせて頂く3名がすでに鬼籍に入られているからである。もちろん、お世話になったのはこの3名の方だけではないが、個人的な思い入れを含めてここに記して感謝を申し上げたい。

お一人は、星川清親(星川・新田, 2023)である。個人的に様々な形でお世話になったが、学会として非常にありがたかったのは、第1回アジア作物学会議で根のセッションを1つ取って下さり、若手に「やってみろ」と任せて頂いたことである(第13図)。それまで国際会議で発表などしたことがなかった若手メンバーにとって頑張る機会となったし、日韓の研究交流



第14図 苧住昇(第6回 ISRR シンポジウム 2001年名古屋)と「最新樹木根系図説」(2010年誠文堂新光社).

のきっかけにもなった。

二人目は、樹木根系の研究で世界的な業績をあげている苧住昇である(第14図, 苧住, 2010)。本学会に対し注文をつけない多額の寄付を頂いた。学会としてはこの寄付を長く残すことはせずに、有効に使いきることで対応しようと考えた。

それで、若手が海外で研究成果を発表したり、国内で研修することを支援する制度を作り、募集をかけた。幸い多くの応募があり寄付を使わせて頂いている(第1表)。そのことを苧住にご報告するとともに、その世界的な業績(苧住, 2010, 2015)を中心とした学会および学界への貢献を称えるために名誉フェローの称号を本学会からお贈りした。

ご存じない方もいるかもしれないが、3人目として西尾康三(第15図)をあげたい。根の組織化学の専門家である。私の学問上の師であり、メンターでもある川田信一郎を「あこのころ川田君はね」というような高齢でありながら研究集会への出席率は非常に高かった。その度に「根研究会はいいね、生きのいい若い人たちが多いから」といつも激励を頂いた。ありがたいことである。

『根研究ハンドブック』と『根の事典』

学会設立当初より、根と根を取り巻く環境に関する簡単な解説書がほしいというニーズがあった。これは、日本語で読める解説書がなかったことが一つの理由であろう。また、守備範囲を異にする会員の共通言語も必要であった。

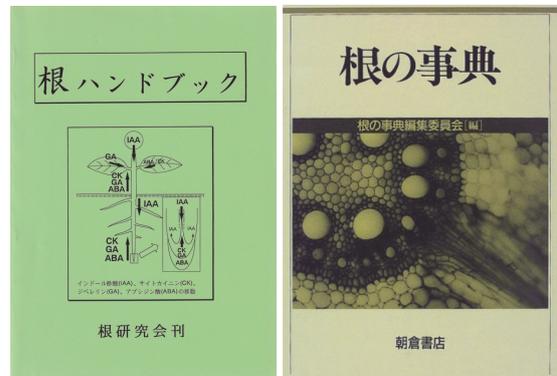
そこで、森田と阿部の二人で『根ハンドブック』(第16図左)を編集することにした。これは、根と根を取り巻く環境の分野から重要と考えるキーワードを選び出し、1項目を見開き2ページで解説したものであり、写真やグラフを1枚だけ入れるというルールにした。森田がいくつかの見本を作成して原稿依頼を勝手に送り付けたが、みなさん喜んでご協力くださった。幸い、異なる分野の研究者でも分かる解説書となった。これは好評を博し品切れになって増刷したが、それでも足

第1表 苜住基金による若手支援の実績例 (「根の研究」などから編集).

第1期	会員氏名	参加会議名	演題・研究テーマ
2003年	福澤加里部	3rd International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants (第3回国際樹木根会議)	Above- and below-ground production in cool-temperate forest in northern Japan
	曲来葉	3rd International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants (第3回国際樹木根会議)	Allocation of ¹⁴ C-carbon in infected with ectomycorrhizae of two species of larch seedlings
	富岡利恵	3rd International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants (第3回国際樹木根会議)	Stimulation effect of aluminum on root growth in <i>Quercus serrata</i> Thunb. and <i>Chamaecyparis obtusa</i>
第2期	会員氏名	参加会議名	演題・研究テーマ
2004年	田島亮介	International Peanut Conference (国際ラッカセイ会議)	The different patterns of root system development and nodulation in two leading cultivars of peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.) in Japan
	塚本葉子	International Peanut Conference (国際ラッカセイ会議)	The effects of phosphorus deficiency on growth angle of 1st-order lateral roots in peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.)
2005年	檀浦正子	7th International Carbon Dioxide Conference (第7回国際二酸化炭素会議)	The role of root respiration in temperate deciduous forest in central Japan
2006年	菱拓雄	7th International Seminar on Apterygota (第7回国際無翅昆虫セミナー)	Relationships among fine roots, fungi and soil microarthropods in different soil layers of a <i>Chamaecyparis obtusa</i> forest
2007年	檀浦正子	4th International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants (第4回国際樹木根会議)	Separating root respiration from soil respiration and observation root turnover using new techniques
	福澤加里部	4th International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants (第4回国際樹木根会議)	Fine root dynamics in a cool-temperate forest in northern Japan
	藤巻玲路	4th International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants (第4回国際樹木根会議)	Root development across a chronosequence in a Japanese cedar plantation
	木富悠花	5th International Symposium on Adventitious Root Formation (第5回不定根形成会議)	Isolation and functional analysis of <i>Crown Rootless4</i> gene, CRL4, in rice



第15図 第9回根研究集会 (1998年 東栄町). 中央列. 奥が谷本英一前会長, その右手前が西尾康三.



第16図 根ハンドブック (1994年 根研究会) と根の事典 (1998年 朝倉書店).

りなかった. 今でもほしいという声を頂いている.

この『根ハンドブック』を巽二郎が朝倉書店に紹介してくれたお陰で、『根の事典』(第16図右)を作ることとなった(根の事典編集委員会, 1998). それで阿部と森田が代表を務める編集委員会を組織して, それぞれの編集委員に専門分野を担当してもらった. 途中森田が海外留学したため, 編集作業は阿部に負うところが大きくなった. これまでにない分野の事典であるため, ロングセラーとなっている.

「根の研究の最前線」200回連載

学会設立直後に東大正門前の養賢堂から, 月刊誌『農業および園芸』に根に関する連載をしてみないかというお誘いを受けた. 正直なところ, 関係者に原稿をお願いしても1年もつかどうか心配であったが, せっかくのオファーをお断りする理由もないので, 後先のことはあまり考えずにお引き受けした.

これは「植物の根に関する諸問題」という連載として, 1993~2011年の足掛け17年に渡り合計200回続



第17図 「農業および園芸」(養賢堂)における連載「植物の根に関する諸問題」とそれを取りまとめた「根の研究の最前線」(根研究学会 HP).



第18図 花見団子の誓い(1998年).
右から, 阿部淳, 巽二郎, 森田茂紀, 矢野勝也.

いた(森田, 1993, 2003; 第17図左). 最終回は199回となっているが, 実は1回分重複があるためちょうど200回で終わった.

この連載は会員を中心にした根研究者に多くの発表の場を提供することになった. ただし, 雑誌の連載記事ということで, そこで消えてしまうことも予想された. そこで, 養賢堂の了解を得たうえで論文別刷りを綴じて『根の研究の最前線』(第17図右)として残すことにした. 全7巻で完結したが, すでに欠巻もでている(第17図右; 森田, 1998, 1999, 2001, 2003a; 森田・阿部, 2005; 阿部・森田, 2008; 森田・阿部, 2014).

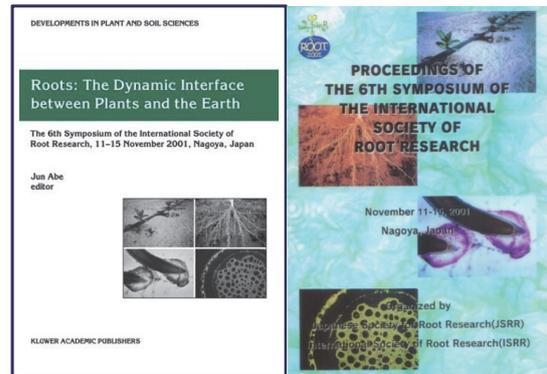
『農業および園芸』は, 学会誌よりサーキュレーションが1桁上のため異なる農学分野の方々の目にも入ったらしい. 「連載をみている, 根研究学会は頑張っているね」とよく声をかけて頂いた.

第6回 ISRR 国際シンポジウム

1996年にアメリカのClemson大学で第5回ISRR国際シンポジウムが開催されたときにPersson会長に呼ばれ, 総会で副会長に推薦するので第6回ISRRシンポジウムを日本で開催してくれないかと打診された. このシンポジウムには, 日本からは森田のほか小柳敦史と飯嶋盛雄が参加していたのですがすぐに相談するとともに, 日本にいる山内章と阿部淳に国際電話して了解を取り付け, Persson会長に開催受諾の回答をした. 帰国後, 本学会の中心メンバーに根回しして, 準備に取り掛かった. 日本作物学会のメンバーが多いこともあり, 講演会の際に可能な範囲で声をかけた. 三国志の「桃園の誓い」にならない, 仲間内では「花見団子の誓い」と呼ぶようになった(第18図).

組織委員会・実行委員会を設置して, 準備に取り掛かった. 日本で根の国際シンポジウムを開催することは初めての経験であり手探りのことも少なくなかった. 本件では森田は文字通りの神輿で, 学会の総力をあげて準備を進めた.

ご尽力頂いたメンバーをすべてあげることは難しいが, とくに参加登録関係とプロシーディング(第19図;



第19図 第6回ISRR国際シンポジウム(2001年名古屋)のプロシーディング.
右: full paper版(2003年 Kluwer Academic Publishers) 左: short paper版(根研究会).



第20図 茶業試験場でのエクスカージョン.
左から, 松尾喜義, 本間知夫, 熊沢真紀子(通訳).

Abe, 2003)は阿部淳, 助成金関係と会場運営は山内章・大門弘幸を中心とした名古屋大学および大阪府立大学のメンバー, そして茶業試験場関係のエクスカージョン(第20図)は松尾喜義・本間知夫に大変お世話になった.

第6回ISRR国際シンポジウムは2001年11月に名古屋国際会議場で開催されたが, その直前に9.11が起こったためPersson会長も含めて参加のキャンセルも少なくなかった. それでも, 最終的に34ヶ国, 341



第21図 第6回 ISRR 国際シンポジウム開
会式 (2001年名古屋)。
最前列左から一人おいて Barlow,
その右が当時の副会長の Sumaker.



第22図 第6回国際樹木根会議・市民向
け公開講座 (2014年名古屋)。

名 (うち海外から 119 名) の参加を得て盛会となった (第 21 図)。

本シンポジウムについてはいくつか報告書を書いているので (森田, 2002a, 2002b), それもご参照頂きたい。この連載でも関係者がそれぞれの係り方などをコメントしてくれるものと考えている。

樹木根の研究の展開

第 6 回 ISRR 国際シンポジウムを日本で開催できたことは、学会にとって非常に大きな出来事であった。そして、これを機会に内外の根研究者の交流が増えた。

本学会には樹木根の研究者もいるが、研究の展開に伴って研究者層も厚くなり、国際的な活動も増えてきた。とくに気候危機 (地球温暖化) との関係で世界的な炭素循環における樹木根の役割に関する研究が増えているように感じる (平野ら, 2020)。本学会では、近年、国際樹木根会議との研究交流が進んでいる (第 22 図)。

国際根研究学会との関係③

ISRR の最近の動きをみておこう。2012 年、『Plant Root』で有名な Gregory (Gregory, 2006) が会長のとき、スコットランドの Dundee で第 8 回 ISRR 国際シンポジウムが開催された。彼が会長在任中に ISRR のガバ

第 2 表 現在の国際根研究学会の組織体制 (HP から編集)。

Honorary Life Presidents	Peter Gregory
	Hans Persson
President	Michelle Watt
	Yoshiaki Inukai
Vice-presidents	Natalie Obroucheva
	Shigenori Morita
	Joseph Dubrovsky
	Helja-Sisko Helmisaari
	Jonathan Lynch
Member of the Executive Committee	Lising Yuan
	Natalie Obroucheva
	Shigenori Morita
	Amelia Henry (co-opted)
	Matthis Wissuwa (co-opted)
Executive Secretary	Simeon Materechera (co-opted)
	Jone Ephrath (co-opted)
	Ulrike Mathesius



第 23 図 「サハルの森」主催のワークショップ「根を
デザインする」。
右側の写真の左から、大沼洋康、小島通雅。

ナンスが進んだことが評価されて、初代会長の Persson とともに終身名誉会長となっている。またこの間、ISRR の設立当初に活躍したメンバーが顕彰されて引退し、次第に世代交代が進んできた (第 2 表)。

Gregory の後を継いだのが現在の会長である Watt である。著者は 1994 年にカナダ政府の研究助成を得て、オタワにあるカールトン大学理学部の McCully の研究室に外国人客員研究員として 3 ヶ月滞在した。そのときに、彼女が博士課程の学生であった。

ISRR はヨーロッパオリジンの根の生態学者の集まりとして始まり、いい意味でのいいかんげんさ、気楽さの中で活動してきた。それが、最近はガバナンスもしっかりしてきた半面、普通の国際学会に変容してきたと感じている。

「根のデザイン」のアイデア

本学会を設立した直後に「サハルの森」という NPO から「根をデザインする」というワークショップに招待を受けた (第 23 図)。かれらはサヘル地域から中東にかけての地域で緑化や生活支援を行ってきた組織である。乾燥した砂漠でも植物が生育している景観をみ



第24図 「根のデザイン」(2003年養賢堂)。

て、土壌水分の残存している深さまで根が達した場合には植物が生き残る可能性が高いことに気づき、そういう状況を人為的に作り出すことを思いついて「根をデザインする」と名付けた。

これは根の研究をディフェンスするのに使えるアイデアだと直感して、彼らを招聘して根に関する研究の見直しを行い、その成果を「根のデザイン」(森田, 2003c)として整理した。森田はサヘルの森の考え方を解析して、以下の3つのポイントからなる理論として構築した。

すなわち、「根のデザイン」は、①達成目標としての理想型根系がどのようなものであるか解明することと、②根系の形態と機能を制御するための技術を開発することの組合せに本質があると考えた。そしてこの2点を実現するためには、③根系の形態と機能を測定して、評価しなければならない、そのための方法論を確立することから自分で行わなければならない(第24図)。自画自賛で恐縮であるが、この考え方は根の研究に一つの方向性を提示したと考えている。

研究・教育・普及そして社会実装

本稿の最後に一つ付け加えておきたい。欧米で開催された国際学会やシンポジウムに参加した際に書店に立ち寄ると、子ども向けの優れた科学本が多いことに感心する。美しい写真やイラストを使って、分かりやすく解説されている。科学リテラシー・科学コミュニケーションの分野が大切にされているのであろう。日本でも是非、見習いたいところである。

本学会では、現会長の中野明正が根の多様性について強い関心をもっており、「根っこのえほん」5冊シリーズ(第25図)を編集した(中野, 2017)。これに続く企画も含めて、本学会はこれらの企画に協力している。根に関する研究成果が教育や社会実装に役立つことを強く期待する次第である。



第25図 根っこのえほん(2017年大月書店)。

謝辞

根研究会の立ち上げから根研究学会への30年間を生きてきた者として、第50回研究集会で思い出話をさせて頂いたことは実行委員会の山内章と犬飼義明に、また「根の研究」で本連載記事を書かせて頂いたことを、中野会長と福澤編集委員長に感謝を申し上げます。

振り返ってみると、本学会ではやりたいことをやり、やりたくないことをやらないということを許して頂いた。また、学会のネットワークに助けてもらいながら、根の研究など必要ないという状況の中を何とか生き残り、現在に至っているという思いが強い。個別にお名前をあげることはしていないが、皆様からの長年に渡るご厚情に感謝申し上げます。次回以降の連載記事が楽しみである。

引用文献

- Abe, J. 2003. Root: The dynamic interface between plant and the earth, The 6th Symposium of International Society of Root Research, 11-15 November 2001, Nagoya, Japan. Kluwer Academic Publisher.
- 阿部淳, 森田茂紀 2008. 根の研究の最前線 6. 根研究会.
- Brouwer, R., Gasparikova, O., Kolek, J., Loughman, B. C. 1981. Structure and function of plant roots. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers.
- Gregory, P. J. 2006. Plant roots, growth, activity and interaction with soils. Blackwell Publishing.
- 平野恭弘, 野口亨太郎, 大橋瑞江 2020. 森の根の生態学. 共立出版.
- 星川清親, 新田洋司 2023. 新版 解剖図説 イネの生長. 農山漁村文化協会.
- 苧住昇 2010. 最新樹木根系図説. 誠文堂新光社.
- 苧住昇 2015. 森林の根系特性と構造, バイオマス算定に向けた基礎解析. 鹿島出版会.
- Kolek, J., Kozinka, V. 1992. Physiology of the plant root system. Kluwer Academic Publishers.
- Kutschera, L. 1960. Wurzelatlas, mitteleuropaischer

- Ackerunkauter und Kulturepflanzen. DLG-Verlag.
- Lux, A. 2017. Visual guide to plant anatomy. Academia.
- 森田茂紀 1992. 「根研究会」の発足にあたって. 根の研究 1: 2.
- 森田茂紀 1993. 植物の根に関する連載を始めるにあたって. 農業および園芸 68: 823.
- 森田茂紀 1998. 根の研究の最前線 1. 根研究会.
- 森田茂紀 1999. 根の研究の最前線 2. 根研究会.
- 森田茂紀 2000. 根の生育学. 東京大学出版会.
- 森田茂紀 2001. 根の研究の最前線 3. 根研究会.
- 森田茂紀 2002a. 第 6 回国際根研究学会を主催して. 農業および園芸 77: 262-266.
- 森田茂紀 2002b. 第 6 回国際根研究学会シンポジウムを終えて. 日本作物学会紀事 71: 124.
- 森田茂紀 2003a. 根の研究の最前線 4. 根研究会.
- 森田茂紀 2003b. 11 年目に入る連載「植物の根に関する諸問題」. 農業および園芸 78: 702-704.
- 森田茂紀 2003c. 根のデザイナー—根が作る食糧と環境—. 養賢堂.
- 森田茂紀 2020. 根研究会から根研究学会へ. 根の研究 29: 21-23.
- 森田茂紀, 阿部淳 1994. 根ハンドブック. 根研究会.
- 森田茂紀, 阿部淳 1997. 日本の根研究の発展を目指す「根研究会」. 林業技術 660: 23-25.
- 森田茂紀, 阿部淳 2005. 根の研究の最前線 5. 根研究会.
- 森田茂紀, 阿部淳 2010. 国際根研究学会の歩みと第 7 回シンポジウム. 農業および園芸 85: 102-106.
- 森田茂紀, 阿部淳 2014. 根の研究の最前線 7. 根研究会.
- 中野明正 2017. 根っこの絵本. 大月書店.
- 中野明正 2023. 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. 根の研究 32: 16.
- 根研究会 1992. 第 1 回根研究集会. 根の研究 1: 8-9.
- 根の事典編集委員会 1998. 根の事典. 朝倉書店.
- 小柳敦史 2001. 土壌動物を観察する夏の学校—開催報告—. 根の研究 19: 109-110.
- Persson, H. 1978. Root dynamics in a young Scots pine stand in Central Sweden. Oikos 30: 508-519.
- Persson, H. 1983. The distribution and productivity of fine roots in boreal forests. Plant Soil 71: 87-101.
- Weaver, J. E. 1926. Root development of field crops. McGraw-Hill.
- 山内章 1997. 植物根系の理想型. 博友社.

菜根譚 野菜の根の話

中野明正

千葉大学 大学院 園芸学研究院

20. 「月の砂」で植物を育てる

将来の宇宙計画として、月面の探査や居住に向けた取り組みが国内外で展開されている。わが国でも、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) を中心に「月面農場」の実現に向けて栽培技術、無人化技術、リサイクルなどのシステムについて報告書が出されている (JAXA, 2020)。2030年代には100～1,000名程度が月面に長期的に居住すると想定され、そのためには食料供給は必須の課題であり、特に廃棄物のリサイクルなど、資源循環を取り入れた食料生産の重要性が指摘されている。宇宙環境下での人類の生存には、超高効率かつ持続的な食料供給システムの創造に挑戦する必要があるが、そもそも地球のように土を使った栽培になるのだろうか？

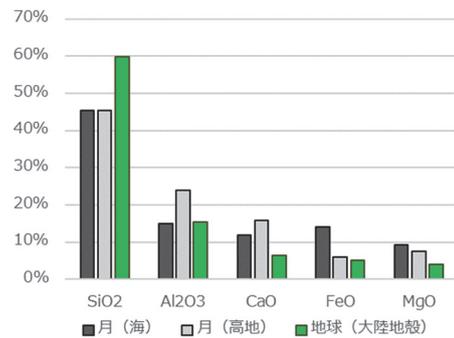
土壌は微生物が作用したものとされるので、月には土壌はない。あるのはレゴリスと呼ばれる「月の砂」である。月の表面は、数十億年に及び小惑星や彗星の衝突により、このレゴリスと呼ばれるきめの細かい粒子からなる層 (2～20 m) を形成している。レゴリスの化学組成は地球の岩石と類似するが (右図)、①有機物や粘土等を含まない ②ガラスを多く含む ③比重が大きい ④磁気を持つ ⑤粒子表面の磨耗が少なく鋭利な物が含まれる、など地球の土と異なる特徴がある。最近、米フロリダ大学でのこのようなレゴリスを使った植物栽培が報告された。研究チームは、アポロ計画で採取されたレゴリスを培地として、それに養液を添加してシロイヌナズナを栽培した。播種後2日後に発

芽し、6日目くらいまでは順調であったが、その後根の伸長は停止した。DNA解析の結果から、過剰塩類や重金属ストレスに対する反応が認められたとのことであった。このような研究はまだ緒についたばかりであるが、人類の生存圏の拡大に向けた月面での食料生産への一歩である。

宇宙環境での食料生産を目指すこれらの研究は、同時に地球上、特に極限環境・劣悪環境における農業や食品産業の活性化につながることも期待されている。そして、地球上における循環型社会の構築に必要な知見を提供するため、現在の社会が抱える問題を解決する上での重要な取り組みである。

参考文献

JAXA, 2020, 月面農場ワーキンググループ検討報告書.



NASA等の公開情報を元に作成

月と地球の地殻元素組成

第 57 回根研究集会プログラム

2023 年 5 月 20 日 (土) ~ 21 日 (日) に 57 名の参加者を得て第 57 回根研究集会が明治大学農学部 (生田キャンパス) にて開催されました。明治大学での開催は初めてとなりました。まず、ポスター発表 (15 課題) が発表されました。本集会では特別講演とし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、新屋良治先生より「線虫の住処としての根」、佐藤直人先生より「宇宙で農業をするために -低重力下における栽培培地中の水分挙動-」と題した講演をしていただきました。続いて、昨年秋の根研究集会にて延期となっていた受賞講演を行い、学術功労賞の辻博之氏 (農研機構・北海道農業研究センター)、学術奨励賞の寺本翔太氏 (農研機構・作物研究部門)、学術特別賞の藤井 太一氏・南基泰氏 (中部大学応用生物学研究科)、市橋 泰範氏・佐藤 匠氏・熊石 妃恵氏 (理化学研究所バイオリソース研究センター植物-微生物共生研究開発チーム)、渡部 卓也氏 (由志園アグリファーム株式会社) よりそれぞれ講演をしていただきました。また、夜には久しぶりの対面での懇親会が執り行われ、受賞者を労い、新しい出会いとともに旧交を温めました。翌日は口頭発表 (12 課題) が発表されました。根研らしくフランクに、様々な場所で交流、議論が交わされていました。

なお、第 57 回根研究集会要旨集は根の研究 第 32 巻 別冊 1 号として根研 HP、会誌「根の研究」ダウンロード (<http://www.jsrr.jp/rspnsv/download.html>) からダウンロードできます。ダウンロードに関する、ユーザー名、パスワードは通常の会誌ダウンロードのものと同じものです。

<日 時> 2023 年 5 月 20 日 (土) 12:00 - 17:30, 21 日 (日) 9:00 - 12:30

<開催場所> 〒214-8571 川崎市多摩区東三田 1-1-1
明治大学農学部 第一校舎 2 号館および 6 号館

<プログラム概要>

5 月 20 日 (土)

12:00 受付 Registration (2-200 教室前), ポスター提示 Posters display (6-204 教室)

13:00 - 13:05 開会の挨拶 (中野 明正 根研究学会 会長) Opening remarks

13:10 - 14:10 ポスター発表 (15 課題) Poster session

14:15 - 15:15 特別講演 Special lecture (2-200 教室)

新屋 良治 先生 (明治大学農学部 植物線虫学研究室)

「線虫の住処としての根」

佐藤 直人 先生 (明治大学農学部 土地資源学研究室)

「宇宙で農業をするために -低重力下における栽培培地中の水分挙動-」

15:20 - 16:10 総会 General meeting

16:10 - 17:30 受賞講演 Award ceremony

【学術功労賞】辻 博之 氏 (農研機構・北海道農業研究センター)

「農耕地土壌の保全的表層管理と作物の根系発育および生育・収量との関係」

【学術奨励賞】寺本 翔太 氏 (農研機構・作物研究部門)

「根系の表現型解析に関する新しい方法の開発」

【学術特別賞】藤井 太一氏・南 基泰氏 (中部大学応用生物学研究科), 市橋 泰範氏・佐藤 匠氏・熊石 妃恵氏 (理化学研究所バイオリソース研究センター植物-微生物共生研究開発チーム), 渡部 卓也氏 (由志園アグリファーム株式会社)

「次世代シーケンサーを活用した DNA メタバーコーディングによる島根県大根島オタネニンジン栽培圃場における土壌微生物相の経年変化の解析」

18:30 - 懇親会 (登戸駅)

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, 時期集会の実行委員会のご挨拶, 閉会

ポスター発表プログラム (5月20日 13:10 - 14:10, 6-204 教室)

(★優秀発表賞エントリー)

P-1	マンノースのバイオスティミュラントとしての可能性 大島宏之・宇野祐子 (三菱ケミカル株式会社)
★ P-2	シロイヌナズナの根におけるストロンチウムによる活性酸素種の生成 長田 武*・新井将生・中村寿弥・岡田佳之 (摂南大学理工学部生命科学科)
P-3	イネ高温登熟障害耐性品種と感受性品種の根系における代謝物質の差異の網羅的解析 小川敦史 ¹⁾ ・吉野早紀 ²⁾ ・豊福恭子 ¹⁾ (1) 秋田県立大学生物資源科学部, 2) 秋田県立大学大学院生物資源科学研究科)
P-4	中心柱始原細胞群の形態的考察 仁木輝緒 ¹⁾ ・幹 康 ¹⁾ ・斎藤 進 ¹⁾ (1) 合同会社 ミキ音響 イメージプロセッシング部門)
P-5	冠水温が普通ソバ苗の回復期の地上部および地下部生育に及ぼす影響 曾根千晴*・天野顕史 (秋田県立大学生物資源科学部)
P-6	高温登熟障害耐性程度が異なるイネ品種の高温に対する根系特性 豊福恭子 ¹⁾ ・吉野早紀 ²⁾ ・小川敦史 ¹⁾ (1) 秋田県立大学生物資源科学部, 2) 秋田県立大学大学院生物資源科学研究科)
★ P-7	塩分ストレスが C ₃ , C ₄ 植物の生育, 光合成に与える影響 鈴木健斗 ¹⁾ ・岩崎泰永 ¹⁾ (1) 明治大学農学部)
★ P-8	Changes in native arbuscular mycorrhiza fungus colonisation along crop growth stages in upland rice-winter crop rotation with 4 preceding land uses Pacharo Kamanga ¹ , Akihiko Kamoshita ¹ , Ryo Ohtomo ² Graduate School of Agricultural and Life Sciences, University of Tokyo ¹ , National Agriculture and Food Research Organisation ²)
★ P-9	Phenotyping short-term growth response of rice root system topology through image-based time series analysis

	Via Ann Candelaria MARCELO ¹⁾ , Hiroshi EHARA ²⁾ and Mana KANO-NAKATA ^{2)*} (¹⁾ Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, ²⁾ International Center for Research and Education in Agriculture, Nagoya University)
★ P-10	畝立ておよびビニルマルチがトウモロコシ・ササゲ混作の根系分布に及ぼす影響 平川翔唯 ^{*1)} ・塩津文隆 ²⁾ (¹⁾ 明治大学大学院農学研究科, ²⁾ 明治大学農学部)
★ P-11	樹木細根における解剖構造の土壌深度に対する応答 ～スギとヒノキの異なる原生木部数～ 細井彩 ^{*1)} ・朝倉知佳 ¹⁾ ・坂下凜 ¹⁾ ・増本泰河 ²⁾ ・牧田直樹 ¹⁾ (¹⁾ 信州大学大学院総合理工学研究科, ²⁾ 信州大学大学院総合医理工学研究科)
★ P-12	イネにおける側根原基の可塑的な発生機構の解析 櫛田聖也 ¹⁾ ・赤星良輔 ¹⁾ ・河合翼 ^{1,2)} ・犬飼義明 ^{*3)} (¹⁾ 名古屋大学大学院生命農学研究科, ²⁾ 農業・食品産業技術総合研究機構作物研究部門, ³⁾ 名古屋大学農学国際教育研究センター)
★ P-13	塩分ストレスの履歴がコマツナの地上部、地下部の生育に及ぼす影響 大井克人 [*] ・岩崎泰永 (明治大学農学部)
★ P-14	水稻根系の発達と活性には土壌改良資材よりも栽培環境が影響する 後藤真唯子・前采花・沖中奈津実・加藤ひなた・関谷信人 (三重大学生物資源学部)
★ P-15	培養液の供給法がコマツナの生育と根の形態に及ぼす影響 澤田佳穂 ^{*1)} ・中野明正 ²⁾ ・淨閑正史 ²⁾ ・塚越覚 ³⁾ (¹⁾ 千葉大学大学院園芸学研究科, ²⁾ 千葉大学大学院園芸学研究院, ³⁾ 千葉大学環境健康フィールド)

口頭発表プログラム (5月21日 09:00 - 12:00, 2-200 教室)

(★優秀発表賞エントリー)

★ O-1 0900-0915	根への異なる波長照射がコマツナの生育と栄養成分含有量に与える影響の解明 金俊輔 ^{*1)} ・豊福恭子 ²⁾ ・小川敦史 ²⁾ (¹⁾ 秋田県立大学大学院生物資源科学研究科, ²⁾ 秋田県立大学生物資源科学部)
★ O-2 0915-0930	パパイヤの耐寒性に及ぼす地下部加温の影響 佐伯爽 ^{1*)} ・中村勇太 ²⁾ ・小阪舞 ²⁾ ・岩崎直人 ^{1, 2)} (¹⁾ 明治大学大学院農学研究科 (* 福島大学食農学類), ²⁾ 明治大学農学部)
O-3 0930-0945	連続薄切片顕微画像からの3Dオブジェクトの構築 幹 康 ^{*1)} ・仁木 輝緒 ¹⁾ ・斎藤 進 ¹⁾ (¹⁾ 合同会社 ミキ音響 イメージプロセッシング部門)
★ O-4 0945-1000	樹木根圏画像における成長・枯死根検出手法の性能比較 山形拓人 ^{*1)} ・池野英利 ²⁾ ・木村敏文 ³⁾ ・礮川悌次郎 ⁴⁾ ・中路達郎 ⁵⁾ ・大橋瑞江 ³⁾ (¹⁾ 兵庫県立大学大学院環境人間学研究科, ²⁾ 福知山公立大学情報学部, ³⁾ 兵庫県立大学環境人間学部, ⁴⁾ 兵庫県立大学大学院工学研究科, ⁵⁾ 北海道大学北方生物圏フイー

	ルド科学センター)
★ O-5 1000-1015	土壌中の根の引き抜き・倒伏に関するモデル実験 木下茉優 ^{*1)} ・山口哲生 ¹⁾ (1) 東京大学大学院農学生命科学研究科)
★ O-6 1015-1030	異なる土壌環境に生育するスギ個体根系内の深さ別細根特性 柳瀬亮太 ^{*1)} ・谷川東子 ²⁾ ・杵山哲矢 ¹⁾ ・黒見信輔 ¹⁾ ・金子祥也 ¹⁾ ・山瀬敬太郎 ³⁾ ・藤堂千景 ³⁾ ・池野英利 ⁴⁾ ・大橋瑞江 ⁵⁾ ・檀浦正子 ⁶⁾ ・平野恭弘 ¹⁾ (1) 名古屋大学大学院環境学研究科, 2) 名古屋大学大学院生命農学研究科, 3) 兵庫県農林水産技術総合センター森林林業技術センター, 4) 福知山公立大学情報学部, 5) 兵庫県立大学環境人間学部, 6) 京都大学大学院農学研究科)
★ O-7 1030-1045	サイトカイニンは外皮のスベリン化を介したイネの Radial Oxygen Loss バリア形成に関与する 石川愛佳 ^{*1),2)} ・清水香那 ¹⁾ ・江尻真斗 ¹⁾ ・緒方是嗣 ³⁾ ・山本卓志 ³⁾ ・平修 ⁴⁾ ・塩野克宏 ¹⁾ (1) 福井県立大学生物資源学部, 2) 東北大学大学院生命科学研究科, 3) 島津製作所, 4) 福島大学食農学類)
★ O-8 1045-1100	ルートプレッシャーチャンバー法を用いた樹木細根系の水透過性の測定：野外条件下で測るために 増本泰河 ^{*1)} ・矢原ひかり ¹⁾ ・且原真木 ²⁾ ・牧田直樹 ¹⁾ (1) 信州大学大学院総合医理工学研究科, 2) 岡山大学資源植物科学研究所)
★ O-9 1100-1115	Analysis of control mechanisms on promoted lateral root development by rice <i>our1</i> mutation focusing on <i>OsWOX10</i> regulation Dong Yihao ¹⁾ ・Cornelius M. Wainaina ^{2,3)} ・Yoshiaki Inukai ^{*2)} (1) Grad. Sch. Bioagr., Nagoya U., 2) ICREA, Nagoya U., 3) Dept. Hort. Food Sec., JKUAT)
★ O-10 1115-1130	イネ科作物は低酸素環境にて呼吸維持に必要な根系形成を誘導する 田丸翔太郎 ^{*1)} ・勝濱直椰 ²⁾ ・後藤啓太 ¹⁾ ・簀田伸 ³⁾ ・坂上潤一 ³⁾ (1) 鹿児島大学大学院連合農学研究科, 2) 鹿児島大学大学院農林水産学研究科, 3) 鹿児島大学農学部)
★ O-11 1130-1145	Soil texture influenced the effect of P-dipping on NERICA 4 rice root morphology in early growth stages Emmanuel ODAMA ^{1), 2)} , Yasuhiro TSUJIMOTO ³⁾ , Shin YABUTA ⁴⁾ , Isao AKAGI ⁴⁾ , Rael CHEPKOECH ¹⁾ , Ibrahim SOE ¹⁾ , and Jun-Ichi SAKAGAMI ^{4)*} (1)The United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University, Japan; 2)National Agricultural Research Organisation, Uganda; 3)Crop, Livestock and Environment Division, JIRCAS, Japan; 4)Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Japan.)
O-12 1145-1200	厳しい乾燥ストレス下でのイネ安定生産を目指す新しい試み 犬飼義明 ^{*1)} ・金生真綾 ²⁾ (1) 名古屋大学農学国際教育研究センター, 2) 名古屋大学大学院生命農学研究科)

2023 年度 根研究学会総会報告

明治大学農学部で開催された第 57 回根研究集会の一部として、5 月 20 日に定期総会を開催しました。犬飼義明会員に議長を務めて頂き、下記の通り 2022 年度の会務報告・決算報告・会計監査報告、2023 年度の事業計画・予算が承認されました。

1. 2022 年度 会務報告

1) 会誌『根の研究』第 31 巻を発行した。

(福澤 加里部 編集委員長)

第 1 号 (2022 年 3 月発行) pp. 1 - 57 (57 頁)

第 2 号 (2022 年 6 月発行) pp. 59 - 80 (22 頁)

第 3 号 (2022 年 9 月発行) pp. 81 - 102 (22 頁)

第 4 号 (2022 年 12 月発行) pp. 103 - 136 (34 頁)

別冊 1 号 (2022 年 5 月発行) pp. 1 - 14 (14 頁)

別冊 2 号 (2022 年 12 月発行) pp. 1 - 30 (30 頁)

2) 研究集会

新型コロナウイルス感染症拡大の影響を受けて、研究集会はともにオンラインまたはハイブリッドで開催した。第 55 回は oVice というハチャル空間で、新しい交流の試みがなされた。第 56 回はオンラインで土壌モノリス作成実習を体験した。第 55 回は招待講演 2 題、第 56 回は招待講演 2 題が行われた。

・第 55 回根研究集会 (オンライン集会)

6 月 4 日 (土)

実行委員長 中野明正会員

・第 56 回根研究集会 (ハイブリッド集会)

9 月 17 日 (土) ~ 18 日 (日)

実行委員長 安彦友美会員

3) 2022 年度根研究学会賞

選考の結果、以下の業績を表彰した。

【学術功労賞】 1 件

受賞者：辻博之

(農研機構北海道農業研究センター)

業績：農耕地土壌の保全的表層管理と作物の根系発育および生育・収量との関係

【学術奨励賞】 1 件

受賞者：寺本翔太

(農研機構作物研究部門)

業績：根系の表現型解析に関する新しい方法の開発

【学術特別賞】 1 件

受賞者：藤井太一・南基泰 (中部大学応用生

物学研究科)、市橋泰範・佐藤匠・熊石妃恵 (理化学研究所バイオリソース研究センター植物-微生物共生研究開発チーム)、渡部卓也 (由志園アグリファーム株式会社)

業績：次世代シーケンサーを活用した DNA メタバーコーディングによる島根県大根島オタネニンジン栽培圃場における土壌微生物相の経年変化の解析

【優秀発表賞】 4 件

受賞者：橋本叡信

(宇都宮大学大学院地域創生科学研究科)

業績：リン局所施肥に対するコムギ異形根の形態的応答

受賞者：依田明歩

(北見工業大学工学部)

業績：低温によるシロイナズナ根の伸長抑制：根端に分布する活性酸素種の関与

受賞者：江岸祐夏

(福井県立大学大学院生物資源学研究科)

業績：過湿土壌で増加するアンモニアはイネの酸素漏出バリア形成に影響するか？

受賞者：仲畑了

(東京大学大学院農学生命科学研究科・京都大学大学院農学研究科)

業績：同一環境下で生育した異なる産地由来のスギ細根形態の比較

4) 国際誌 *Plant Root* の刊行

(野口享太郎 編集委員長ら)

<http://www.plantroot.org/>

第 16 巻として、3 の論文 (全 30 頁) を掲載した。受理後早期の掲載、並びに編集委員の負担を軽減する目的で BIB 作成費を計上した。

5) 会誌以外の出版物・根研ロゴライセンス

「根の研究の最前線 7」および同シリーズのうち、在庫があるバックナンバーについては、引き続き販売した (セット割りを適用)。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

に製作することができるようにした。

6) 会員勧誘と費用節減対策

会員数は10名程度の微増傾向にあり、会費収入は下止まり傾向にある。財政状況改善を目的として、第55回根研究集会から根研究集要旨の公開は別冊 (PDF オンライン公開) のみとして、冊子体への掲載を取りやめた (2022年度削減額: 72,600円, 算出根拠: 要旨集 44 ページ×1,650円/ページ)。また、学生や若手研究者の入会を促すため、根研究学会優秀発表賞、若手会員研修支援、研究集会参加費無料化を継続した。

2. 2022年度 決算報告

期間: 2022年1月1日-12月31日

1) 2022年度 一般会計

1. 収入			
事項	予算	2022年度	予算との差額
前年度繰越金	411,115	411,115	0
会費未納分 ^{※1}	85,000	66,000	-19,000
2022年会費 ^{※1}	428,000	405,000	-23,000
2023年以降の会費前納分 ^{※1}	550,000	562,000	12,000
寄付・雑収入 (許諾料・利子) ^{※2}	17,000	175,151	158,151
会誌改善費 (特別会計から)	100,000	100,000	0
合計	1,591,115	1,719,266	128,151
2. 支出			
事項	予算	2022年度	予算との差額
会誌・名簿の製版・印刷費 ^{※3}	520,000	555,940	35,940
会誌・名簿の送付費 ^{※4}	32,000	32,844	844
Plant Root BIB作成費 ^{※5}	70,000	23,100	-46,900
事務局委託費・謝金 ^{※6}	363,000	372,900	9,900
事務通信費	15,000	18,041	3,041
事務用品費	2,000	330	-1,670
研究集会経費	40,000	20,000	-20,000
学会賞経費 ^{※7}	25,000	41,781	16,781
サーバー使用料	27,000	27,120	120
予備費 ^{※8}	50,000	60,247	10,247
次年度繰越金	447,115	566,963	119,848
合計	1,591,115	1,719,266	128,151
繰越金を除く2022年の実収入	1,308,151		
繰越金を除く2022年の実支出	1,152,303		
繰越金を除く2022年の実質収支	155,848		

※1 年会費は電子版個人会員 3,000円, 冊子版 (+電子版) 個人会員 4,000円, 冊子版団体会員 9,000円。前納は、12月までに2022年度を納入した分など。

※1 2022年に納入された会費の内訳		合計	1,033,000
1) 未納分	2021年度以前	66,000	3,000 × 12 + 4,000 × 3 + 9,000 × 2
2) 当年度分	2022年	405,000	3,000 × 87 + 4,000 × 36
3) 前納分	2023年度以降	562,000	3,000 × 110 + 4,000 × 49 + 9,000 × 2
※2 雑収入の内訳		合計	175,151
1) 銀行利息			1
3) 第52回大会収益金			112,000
4) 第53回大会収益金			63,150
※3 会誌・名簿印刷費内訳 (表紙を除く)		合計	555,940
1) 31巻第1号 (58頁)			157,300
2) 31巻第2号 (22頁)			126,720
4) 31巻第3号 (22頁)			132,220
5) 31巻第4号 (36頁)			139,700
※4 会誌・名簿送付費の内訳		合計	32,844
1) 30巻第4号			8,148
2) 31巻第1号			8,148
3) 31巻第2号			8,316
4) 31巻第3号			8,232
※メール便・郵便 (新入会員及び再送費等含む) *メール便は翌月払			
※5 Plant Root BIB作成費の内訳		合計	23,100
1) J-STAGE登載料 (3件)			23,100
※6 謝金の内訳		合計	372,900
1) 2022年事務委託費 (株共立)			330,000
2) 2022年HP管理費 (株共立)			26,400
3) HP作成代 (株共立)			16,500
※7 学会賞経費の内訳		合計	41,781
1) 賞状用紙			1,925
2) 発送資材 (梱包資材・レターパック)			670
3) パーカー購入費			23,960
4) 送料等			11,376
5) 賞状作成代			3,850
※8 予備費の内訳		合計	60,247
1) 会費請求書製作代 (ラベルシール代含む)			19,549
2) 会費請求書送料			24,198
3) 長3封筒作成代			16,500
2) 2022年度 特別会計			
1. 収入			
事項	予算	決算	予算との差額
前年度繰越金	228,563	228,563	0
出版物販売 ^{※1}	5,000	2,370	-2,630
寄付・雑収入 (銀行利息等)	1,000	0	-1,000
合計	234,563	230,933	-3,630
2. 支出			
事項	予算	決算	予算との差額
出版物 (印刷費・製作費)	0	0	0
「根の研究」デジタル化	0	0	0
送料・手数料など	10,000	1,404	-8,596
国際誌刊行経費 (サーバーレンタル料)	23,000	22,440	-560
会長裁量経費	100,000	0	-100,000
会誌改善費 (一般会計への補助)	100,000	100,000	0
苜住基金運営維持費	0	0	0
次年度への繰越金	1,563	107,089	105,526
合計	234,563	230,933	-3,630
繰越金を除く2022年の実収入	2,370		
繰越金を除く2022年の実支出	123,844		
繰越金を除く2022年の実質収支	-121,474		
※1 出版物販売の内訳		合計	2,370
1) 根の研究の最前線・根の研究 売上 (送料込)			2,370

3) 2022 年度 苜住基金

1. 収入			
事項	予算	決算	予算との差額
前年度繰越金	796,102	796,102	0
特別会計繰入金	0	0	0
寄付金(森の根の生態学印税)	100,000	0	-100000
利子	0	6	6
雑収入	0	0	0
	896,102	796,108	0

2. 支出 ^{※2}			
事項	予算	決算	予算との差額
若手会員海外渡航支援	120,000	60,000	-60000
送料・手数料	1,500	660	-840
次年度への繰越金	774,602	735,448	-39154
	896,102	796,108	-99994

※若手会員海外渡航支援 (国内研修支援として) 2 件

3. 2022 年度会計の監査報告

2023 年 2 月 17 日に、リモート会議にて、根研究学会監査の塩津文隆会員に事務局業務担当者 (共立の栗本さん) が説明を行い、会計監査をして頂いた。以下がその監査報告の写しである。

会計監査報告書

根研究会会則第 9 条に基づき、2022 年度 (2022 年 1 月 1 日～12 月 31 日) の会計監査を行った結果、適正に執行されていることを確認しました。

2023 年 2 月 17 日

監査 氏名 塩津 文隆 

4. 2023 年度事業計画

1) 会誌『根の研究』第 32 巻発行

(編集委員長：福澤 加里部)

第 1 号 (2023 年 3 月発行) pp. 1-29 (29 頁)

第 2 号 (2023 年 6 月発行予定)

第 3 号 (2023 年 9 月発行予定)

第 4 号 (2023 年 12 月発行予定)

別冊 1 号 (2023 年 6 月発行予定)

別冊 2 号 (2023 年 12 月発行予定)

2) 研究集会等の開催

・第 57 回根研究集会

(明治大学・生田キャンパス)

5 月 20 日 (土) — 21 日 (日)

実行委員長 塩津文隆会員

・第 58 回根研究集会

(兵庫県立大学・姫路環境人間キャンパス)

実行委員長 大橋瑞江会員

3) 2023 年度根研究学会賞の公募・選考・授与

6 月発行の会誌で告示し、7 月に公募。第 58 回根研究集会において授賞。

これまでの受賞者について、他団体の賞への推薦も検討する。

4) 一般会計・特別会計による学会活動と会員の研究活動の支援 (予算案を参照)

・国際誌 *Plant Root* 第 17 巻発行 (編集委員長：野口享太郎ら)。投稿数・掲載数の増加に努める。

・根の研究に掲載された原著論文・総説・ミニレビュー等の J-Stage に収録される論文について、著者がオープンアクセス権の取得料金を支払うことで、非会員でも根研会員への公開と同時に論文を読める状態にできる「オープンアクセスオプション」を導入する。オープンアクセス料は 1 編あたり 20,000 円とする。本制度により、著者にとって論文公開を早める選択肢が生まれる。根研究学会にとっては財源の 1 つになる。

・根研ロゴ使用料による特別会計の増収を図るため、会員によるグッズ作製を促進する。

5) 根研究学会「苜住」海外渡航支援

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。今回は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したりするための渡航経費の一部を補助する。年1~2件程度(1件 6~12万円を目安)を助成する。

6) 会運営に関する問題

単年度収入の減少に対しては一層の節約に努める。運営の基盤となる会費を増やすため、根研究学会 HP を整理・拡充(研究集会案内ページの追加、根研はじめませんか?バナーの追加)し、会員の増加をはかる。あわせて、助成金や広告料の取得に努める。

Plant Root 誌は創刊から掲載料無料の OPEN Access ジャーナルとして、根研究学会が運営費をサポートするかたちで運営してきた(年間92,440円、内訳:サーバー利用料(特別会計), 22,440円; BIB 作業料(一般会計), 70,000円)。しかし、現在の根研究学会の予算では、これ以上の継続したサポートが困難になった。今年度より、Plant Root 誌を自己運転し、ホームページなどの改善に用いることで発信力を高めることを目的に、Plant Root 誌の掲載料を導入する(根研究学会会員: 20,000円/編; 非会員:25,000円/編)。

7) 出版

「根の研究の最前線7」およびバックナンバーの販売促進に努める。その他、出版社等から、根の研究の発展や社会へのアピールに役立つような出版の企画提案があれば協力する。

8) 他の学術関連団体などとの協力

- 日本学術会議等
協力学術研究団体として、委員候補の推薦やアンケートなどの依頼があれば協力する。
- 国際研究集会等
会誌への開催情報の掲載など、情報の伝達に協力する。
- その他
学術活動に関するアンケートなど、根の研究や日本の学術発展に有意義と思われる要請については、大きな負担のない範囲で協力する。
他の学術団体からの共催、講師推薦等の要請に対しては、執行部・評議員で検討する。

9) その他

総会場で議論したい事項について、会場からの提案はなかった。

5. 2023年度予算

期間: 1月1日-12月31日

1) 2023年度 一般会計

2023年3月現在の会員数は、276名(海外含む)、団体6件。年会費は、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円とする。

収入	単位: 円		
事項	予算	前年実績	前年との差額
前年度繰越金	566,963	411,115	155,848
会費未納分※1	53,000	66,000	-13,000
2023年会費※1	280,000	405,000	-125,000
2024年以降の会費前納分※1	550,000	562,000	-12,000
寄付・雑収入※2	40,000	175,151	-135,151
会誌改善費(特別会計から)	0	100,000	-100,000
合計	1,489,963	1,719,266	-229,303

支出	単位: 円		
事項	予算	前年実績	前年との差額
会誌・名簿の製版・印刷費※3	600,000	555,940	44,060
会誌・名簿の送付費※3	55,000	32,844	22,156
Plant Root BIB作成費※4	49,000	23,100	25,900
事務局委託費・謝金※5	372,900	372,900	0
事務通信費	15,000	18,041	-3,041
事務用品費	2,000	330	1,670
研究集会経費	40,000	20,000	20,000
学会賞経費※6	25,000	41,781	-16,781
サーバー使用料	27,000	27,120	-120
予備費	50,000	60,247	-10,247
次年度への繰越金	254,063	566,963	-312,900
合計	1,489,963	1,719,266	-229,303
繰越金を除いた2023年の実収入		923,000円	
繰越金を除いた2023年の実支出		1,235,900円	
繰越金を除いた2023年の実質収支		-312,900円	

※1 10月に次年度分の会費納入のお願いをするので、多額の前納分が発生し、当該年になってからのその年の会費納入額は会員数×年会費より少ない。財源の安定化のためには、30名程度会員が増えることが望ましい。
 ※2 オープンアクセス料、会誌広告・ホームページのバナー広告で収入を上げることが望ましい。
 ※3 会誌(全4号)の発行、名簿本年度に発行。
 ※4 7,000円/編、7編を予定している。
 ※5 事務局委託経費(年30万円+消費税10%)。ホームページ管理委託費(年3万円+消費税10%)。
 ※6 3名程度の授賞を想定。受賞者が増えた場合は予備費等で対応する。

2) 2023年度 特別会計

収入	単位: 円		
事項	予算	前年実績	前年との差額
前年度繰越金	107,089	228,563	-121,474
出版物販売※1	5,000	2,370	2,630
Plant Root掲載料※2	20,000	0	20,000
寄付・雑収入(利息等)※3, 4	1,000	0	1,000
合計	133,089	230,933	-97,844

支出	単位: 円		
事項	予算	前年実績	前年との差額
出版物(印刷・製作費)	0	0	0
「根の研究」デジタル化※5	0	0	0
送料・手数料など	10,000	1,404	8,596
国際誌刊行経費	23,000	22,440	560
Plant Root BIB作成費※6	7,000	0	7,000
会長裁量経費	50,000	0	50,000
会誌改善費(一般会計へ)	0	100,000	-100,000
寄住基金運営維持費	0	0	0
次年度への繰越金	43,089	107,089	-64,000
合計	133,089	230,933	-97,844

繰越金を除く2023年の実収入 26,000円
 繰越金を除く2023年の実支出 90,000円
 繰越金を除く2023年度の実質収支 -64,000円
 (会長裁量経費50,000円を使わずにすれば、赤字は縮小)
 ※1 「根の研究の最前線7」を中心に販売予定。
 ※2 Plant Root掲載料(根研究学会会員: 20,000円/編、非会員:25,000円/編)。
 ※3 根研ロゴ使用料(1製品につき100円)。
 ※4 銀行口座利息。
 ※5 論文以外のコンテンツも含めた画像PDF化委託費。
 ※6 7,000円/編、1編を予定している。

3) 2023 年度 苜住基金

		単位:円		
収入	事項	予算	前年実績	前年との差額
	前年度繰越金	735,448	796,102	-60,654
	特別会計繰入金	0	0	0
	寄付金(森の根の生態学印税)	10,000	0	10,000
	利子	0	6	-6
	雑収入	0	0	0
	合計	745,448	796,108	-50,660

		単位:円		
支出	事項	予算	前年実績	前年との差額
	若手会員旅費支援	240,000	60,000	180,000
	送料・手数料	1,500	660	840
	次年度への繰越金	503,948	735,448	-231,500
	合計	745,448	796,108	-50,660

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したりするための渡航経費支援として2名(12万円/件)を予定。

以上の3会計は、2024年2月頃に会計監査を実施予定。

以上

Root 根の研究 Research

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	大阪公立大学
	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 : neken2023@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 2 号 2023 年 6 月 15 日印刷 2023 年 6 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

Effects of plowing on the growth of seminal and nodal roots and on root branching
of maize (*Zea mays* L.) in upland fields converted from paddy fields in Andosol

Yoshiya SHINOTO, Sachio MARUYAMA, Ryuji OTANI and Toshinori MATSUNAMI 33