

Root

Research

Japanese Society for Root Research

ISSN 0919-2182
Vol.34, No.2
June 2025

目 次

【巻 頭 言】

会員の皆様へ 23

【技術ノート】

ミニライゾトロン用チューブの埋設方法の比較

橋本勲信・ンジャネスティーブンジェヒア・長崎裕一・平間史保・桑川晃伸・神山拓也

..... 25

【情 報】

菜根譚 野菜の根の話 28. テキーラと根？ 中野明正 32

【報 告】

第 60 回根研究集会に参加して 佐藤友 33

根の研究
根研究学会(JSRR)

会員の皆様へ



事務局からのお知らせ

1. 第 61 回根研究集会要旨集をオンライン公開します！

第 61 回根研究集会要旨集を「根の研究 第 34 巻 別冊 1 号」としてオンライン限定公開します。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一ものです。

2. 2025 年・2026 年度の根研究学会

・第62回根研究集会（秋）

申し込みの日程など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。

開催日時 2025年11月29日（土）～30日（日）長野県松本市の信州大学松本キャンパスにて開催します！

・2026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。

3. 電子版会誌のダウンロードについて

2025 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>

4. 「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 ファイルは根研究学会ホームページ「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。

5. 「苺住」国内外研修支援の募集

・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、国内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経費の一部を補助します。年1~2件程度(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/AQyPg4sU.pdf>) でご確認ください。

6. 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

7. 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。

8. 会費納入のお願い

2025 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（2025 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：neken2025@jsrr.jp 『根の研究』編集委員長：editor2025@jsrr.jp

Plant Root 編集委員長：editor2025@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/>

ミニライゾトロン用チューブの埋設方法の比較

橋本叡信¹⁾・ンジャンステイーブンジェヒア²⁾・長崎裕一²⁾・平間史保³⁾・
糸川晃伸³⁾・神山拓也^{*1)}

1) 宇都宮大学大学院地域創生科学研究科

2) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構北海道農業研究センター

3) 栃木県農業総合研究センター

要 旨：ミニライゾトロン用のチューブの埋設においては、チューブと土壌を密着させつつ、チューブ周辺土壌の攪乱を最小限にする必要がある。本研究では、日本で容易かつ安価に入手できる電動オーガーと鉄パイプのどちらが、土壌と密着したチューブの埋設に適しているかを、根系撮像装置で撮影した画像面積当たりの空気層面積割合から評価した。また、チェーンブロック、ジャッキ、パイプレンチのうちどれが作業労力を軽減し、チューブ周辺土壌の攪乱を最小限に抑えながら、チューブ埋設用の鉄パイプを引き抜くのに適しているのかを調べた。電動オーガー、もしくは、鉄パイプを使って埋設したチューブと土壌との空気層面積割合は、それぞれ18と2%であった。ハンドオーガーで鉄パイプ内の土壌を掻き出すことで、パイプレンチにより鉄パイプを一人で引き抜くことができた。また、パイプレンチは、チェーンブロックとジャッキに比べ小さいため、持ち運びが容易であり、省スペースで作業でき、チューブ周辺土壌の攪乱を最小限に抑えることができた。以上より、ハンマーとハンドオーガーで鉄パイプを埋設し、パイプレンチで埋設した鉄パイプを引き抜き、形成された穴にチューブを押し込むことで、作業労力を軽減し、チューブ周辺土壌の攪乱を最小限に抑えつつ、土壌とチューブを密着できることがわかった。

キーワード：オーガー、ジャッキ、ソイルコアラー、チェーンブロック、パイプレンチ。

Comparison of minirhizotron tube installation methods : Masaaki HASHIMOTO¹⁾, Stephen Njehia NJANE²⁾, Yuichi NAGASAKI²⁾, Shiho HIRAMA³⁾, Terunobu KUMEKAWA³⁾ and Takuya KOYAMA^{*1)} (¹⁾Graduate School of Regional Development and Creativity, Utsunomiya University, ²⁾Hokkaido Agricultural Research Center, National Agriculture and Food Research Organization, ³⁾Tochigi Prefectural Agricultural Experiment Station)

Abstract : In minirhizotron studies, ensuring close contact between the observation tube and the soil while minimizing soil disturbance is crucial. This study evaluates which of an electrically powered auger and an iron pipe, both easily available in Japan, is more suitable for installing tubes with minimal air gaps between the tube and the soil. The evaluation was based on the air layer area percentage per image captured by a minirhizotron system. Additionally, we examined which of a chain block, jack, and pipe wrench best facilitated pipe removal while minimizing labor and soil disturbance. The air layer area percentages were 18% for the electrically powered auger and 2% for the iron pipe. By removing soil from the iron pipe with a hand auger, a single person could extract the pipe using a pipe wrench. The pipe wrench, being smaller than the chain block and jack, was more portable, required less workspace, and minimized soil disturbance around the tube. These findings suggest that embedding the iron pipe using a hammer and hand auger, extracting it with a pipe wrench, and inserting the tube into the formed hole reduces labor while ensuring minimal soil disturbance and close soil-tube contact.

Keywords : Auger, Chain block, Jack, Pipe wrench, Soil corer.

緒言

ミニライゾトロンとは、透明なチューブを土壌に埋設し、そのチューブを通してカメラやスキャナーなどの根系撮像装置を用いて土壌と根の画像を取得する技術である（里村ら, 2001；Satomura et al., 2007；Dannoura et al., 2008；森田ら, 2013；福澤, 2022）。

この技術により得られた画像から根のみを抽出することで、非破壊で、植物の根の動態や構造を解析できる。しかし、この根の抽出にかかる膨大な時間が、ミニライゾトロン利用のボトルネックになっていた。近年、根系撮像装置、デジタルカメラ、スキャナーなどで取得した土壌と根の画像から根を手動抽出した結果を深層学習後、全自動で土壌と根の画像から根のみを抽出

できるようになり、このボトルネックが解消された (e.g. Teramoto and Uga, 2020 ; Smith et al., 2022 ; Yabuki et al., 2022 ; Hashimoto et al., 2024). そのため、今後、ミニライゾトロンの利用が増加する可能性がある。

現在、市販されているミニライゾترون用の根系撮像装置としてよく利用されるものには、スキャナーを利用した CID Bio-Science 社 (USA) の CI-600 In-Situ Root Imager と、CCD カメラを用いた Vienna Scientific Instruments 社 (オーストリア) の Minirhizotron Camera Systems が存在する。現在、日本では株式会社 NAMOTO を通じて、CI-600 In-Situ Root Imager のみを購入することができる。なお、里村ら (2001) には、盟和商事 (東京) とアースサイエンス社 (東京) で、Minirhizotron シリーズ (Bartz Technology 社, USA) と CI-600 In-Situ Root Imager がそれぞれ購入できると記載されているが、現在、盟和商事では根系撮像装置を取り扱っておらず、アースサイエンス社 (東京) に関してはインターネットで見つけることができなかった (2025 年 2 月現在) (アースサイエンス社 (北海道) (<https://earth-sc.com/>) は同名他社)。現在、日本で購入できる CI-600 In-Situ Root Imager を用いて画像を取得するためには、CID Bio-Science 社の外径約 7 cm、厚さ約 3.2 mm の透明なチューブ、もしくは、加工会社で同サイズのアクリルやガラス製のチューブを購入し、土中に埋設する必要がある。

これまでのミニライゾترونを用いた多くの研究は、鉛直方向ではなく、鉛直方向に対して 30 や 45° のチューブの角度を採用している (Johnson et al., 2001)。この根拠として Bragg et al. (1983) が頻繁に引用される。この中で、Bragg et al. (1983) は、チューブを垂直に設置するとチューブに沿った根の伸長が誘発されるが、45° にチューブを挿入することによってこれを排除できることを示した。しかし、この解析では土壌表層から 30 cm までのデータは除外されており、全層のデータを用いた場合、この結果は裏付けられていない (De Ruijter et al., 1996)。また、Ephrath et al. (1999) は、鉛直方向と 45° のチューブのデータを比較し、挿入角度が 90° でもコムギの根がチューブに沿って優先的に伸長することはないことを示している。一方、鉛直方向の場合、チューブの設置が 45° に比べて容易であり、チューブ当たり得られるデータ数が多い。そこで、本研究では、鉛直方向にチューブを埋設した。

このチューブの埋設において、土壌とチューブが密着していないと、根の分布が自然状態から大きく変化し、画像内のノイズが増加する (Rewald and Ephrath, 2013)。また、埋設におけるチューブ周辺の土壌攪乱

によっても根の分布は変化してしまう (Johnson et al., 2001)。そのため、チューブの埋設においては、チューブ周辺の土壌攪乱を最小限に抑えつつ、土壌とチューブを密着させる必要がある。

チューブの埋設方法としては、オーガー (らせん穴掘り器) やソイルコアラー (管状土壌採取器)、または両方を組み合わせ、チューブの入る穴を形成し、その穴にチューブを挿入する方法が、複数の総説で紹介されている (Smit et al., 2000 ; Johnson et al., 2001 ; Vamerali et al., 2012 ; Rewald and Ephrath, 2013)。アメリカにおいては、トラクターに搭載できる油圧式ソイルコアラー (Giddings Machine Co. 社, USA) がよく用いられており、このコアラーを用いたチューブの埋設方法が Box et al. (1989), Hummel et al. (1989) や Rajurkar et al. (2022) に詳細に記載されている。Upchurch and Richie (1983) は、油圧式のソイルコアラーで穴を形成後、リーマ (穴を所定の寸法や形状に加工する切削工具) により整えた結果、チューブに沿って 1 cm までの空隙ができ、チューブの上面の接触は良好だったが、下面はほとんど空洞だったことを報告している。逆に、Box et al. (1989) や Hummel et al. (1989) は、オーガーで目的の直径より小さい穴を掘削後、チューブの外径より直径が 1 から 2 mm 小さな穴を油圧式ソイルコアラーで形成すると、土壌とチューブとの接触が良好で、空隙がないことを報告している。Rajurkar et al. (2022) は、チューブと同径の複数の土壌採取管を用い、短い土壌コアを繰り返し油圧式ソイルコアラーにより採取することで、チューブとの接触が良好な穴の形成に成功している (<https://www.youtube.com/watch?v=kciMoWH-fFk>)。一方、油圧式のソイルコアラーを用いない方法として、里村ら (2001) は手動で、コアサンプラーを改良した埋設機器 (Bartz Technology 社, USA) を用いて穴を形成し、チューブを埋設する方法を報告している。また、Kloppel and Gower (1995) や Kage et al. (2000) は、オーガーのみを用いた方法を報告している。Kloppel and Gower (1995) は、チューブより 6 mm 太いチェーンソー装着型のオーガーで穴を作成しチューブを埋設後、周囲の土壌をダボ (木材をつなぎ合わせる際に、部材間のずれを防ぐために接合面の両方に穴をあけて差し込まれる小片) で押し戻す方法を報告している。また、Kage et al. (2000) は、直径 4 cm のオーガーでガイド用の穴を作成後、直径 4.5 cm のオーガーで整形し、外径 4.6 cm のチューブを挿入する方法を紹介している。しかし、油圧式のソイルコアラーを用いない方法においては、土壌とチューブとの接触の良し悪しについては記載されていない。また、日本においては、アメリカで良く用いられている上記の油圧式ソイルコアラーを手に入

第1表 実験に用いた材料の名称, 商品名, メーカー, ネットストア, 税別価格.

名称	商品名	メーカー	ネットストア	税別価格
チューブ	透明アクリルパイプ (キャスト: 外径 7 cm, 板厚 3 mm, 長さ 1 m)	株式会社菅原工芸	アクリルショットはざいや	本数, 長さで変化
マスキングテープ	建築塗装用 243J Plus 50 mm	スリーエムジャパン株式会社	モノタロウ	589
アルミテープ	アルミテープ 75 × 10 J3140	株式会社ニトムズ	モノタロウ	1,598
鉄パイプ	ストレートパイプ 1M (鉄製: 外径 7 cm, 板厚約 1.6 mm)	山脇産業株式会社	モノタロウ	4,998
銅棒	モクバ印 平タガネ 13 mm × 160 mm	株式会社小山刃物製作所	ASKUL	329
ハンドオーガー	金象印 W らせん穴掘り SD-60	浅香工業	モノタロウ	4,998
電動オーガー	ゼノアオーガー AG4300	ハスクバーナ・ゼノア株式会社		
ドリル	エンジンオーガ用ドリル 40XL800	株式会社山善	楽天市場	5780
レベル	コンパクトレベル TCL-01	株式会社三共コーポレーション	モノタロウ	559
ハンマー	コンポータンハンマー 4HD-1	株式会社前田シェルサービス	モノタロウ	43,980
ソフトフック	ベルト荷締機 JSF45	オーエッチ工業株式会社	モノタロウ	1,498
チェンブロック	ナイスレバー NR2-05	バイタル工業株式会社	モノタロウ	17,980
ジャッキ	ハイリフト オールキャスト ジャッキ HL-485	Hi-Lift Jack Company	amazon	20,285
パイプレンチ	パイプレンチ PW-350	株式会社アーム産業	モノタロウ	3,898

2024 年 11 月 15 日に調べた価格を記載した. なお, 本研究で用いた電動オーガーは現在生産中止となっているが同タイプの製品をネットストアで購入可.

れることは困難である.

そこで, 本研究では, 日本で容易かつ安価に入手できる道具 (電動オーガー, もしくは, 鉄パイプ) を使ってチューブを埋設し, 根系撮像装置で撮影した画像から面積当たりの空気層面積割合を算出し, チューブと土壌との密着度合を比較した. また, チェンブロック, ジャッキ, パイプレンチのうちどれが作業労力を軽減し, チューブ周辺土壌の攪乱を最小限に抑えながら, チューブ埋設用の鉄パイプを引き抜くのに適しているのかを調べた.

材料と方法

1. 事前準備

本実験に用いた材料の名称, 商品名, メーカー, ネットストア, 税別価格を, 第1表にまとめた. これらのうち, チューブ, 鉄パイプとハンドオーガーについては事前に加工した. また, 鉄パイプを土壌の埋設する際に, ハンマーを打ち付けるための鉄製の蓋を作成した.

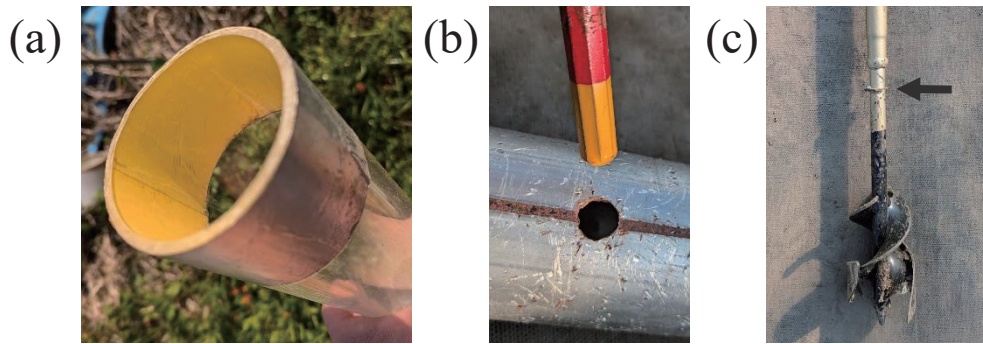
チューブに関して, 本研究では, 外径 7 cm, 板厚 3 mm, 長さ 1 m のキャスト製造された透明アクリルパイプを用いた (第1表). チューブが土中から突出する長さが増加すると, チューブによって光が遮られ, チューブと隣接する植物の生育が低下する. そのため, 事前に, シャベルやソイルコアラー, 貫入式土壌硬度計などで数か所の硬盤の位置や礫の有無を確認することで埋設深度を決定した. そして, 埋設深度に 5 cm を加えた長さに, チューブをアクリル用鋸や高速切断

機で切断した. これにより, チューブが土中から 5 cm のみ出るようにした. また, チューブ内に光が入ると画像内の白飛びの原因となるため, 土中から飛び出す部分には, マスキングテープ (第1表) を巻きつけ, その上にアルミテープ (第1表) を巻きつけた (第1図 a).

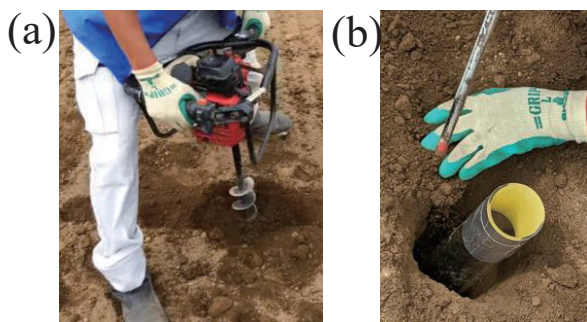
鉄パイプについては, 外径 7 cm, 板厚約 1.6 mm, 長さ 1 m の鉄パイプを用いた (第1表). この鉄パイプにステップドリルを装着した電動ドライバーで銅棒が入るサイズの穴をあけた (第1図 b). ハンドオーガー (第1表) については, 鉄パイプへの挿入時に押さえ板が引っかかるため, ボルトクリッパーにより押さえ板を取り除いた (第1図 c). 鉄製の蓋は, 外径約 5 cm, 板厚約 5.6 mm, 長さ約 12 cm の鉄パイプに, 板厚約 16 mm, 縦横それぞれ 10 cm の平板を溶接することで作成した.

3. チューブの埋設, 画像の取得およびチューブのカバー

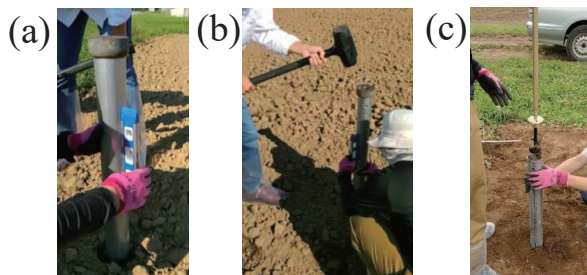
電動オーガー, もしくは, 鉄パイプとハンドオーガーを使って埋設したチューブと土壌との空気層面積割合の比較は, 農研機構北海道農業研究センター芽室研究拠点の実験圃場において実施した. この圃場の土壌分類は淡色アロフェン質黒ボク土 (Obara et al., 2011) であり, 30 から 40 cm 付近に礫層が存在した. チューブの埋設深度は 50 cm, チューブの角度は地表面に対して垂直とした. 電動オーガーを用いた穴あけおよびチューブの埋設は一回だけ実施した. この穴あけにお



第1図 チューブ、鉄パイプ、ハンドオーガの加工。
チューブには、マスキングテープを巻きつけ、その上にアルミテープを巻きつけた (a)。鉄パイプには、銅棒が入るサイズの穴をあけた (b)。ハンドオーガーの押え板を取り除いた (c)、矢印は取り除いた跡。



第2図 電動オーガーを用いた穴の形成 (a) と鉄の棒を用いてチューブと土壌と圧着している様子 (b)。



第3図 鉄パイプを用いた穴形成の手順。
マグネット付きのレベルで垂直の確認 (a)、ハンマーによる土中への鉄パイプの挿入 (b)、鉄パイプ内のハンドオーガーによる土壌の掻き出し (c)。この手順を繰り返し、目的の土壌深まで穴を形成した。

いては、電動オーガー (第1表) に直径4 cm、全長80 cmのドリル (第1表) を装着し、地面に対して垂直に上下にオーガーを動かすことで土を掻き出し、深さ約55 cm、直径約12 cmの穴を作成した (第2図a)。鉄パイプを用いた穴あけにおいては、チューブと同じ直径の鉄パイプが垂直になっていることをマグネット付きのレベル (第1表) で確認した (第3図a)。その後、垂直に支えながら、鉄パイプの上部に鉄製の蓋を装着し、ハンマー (第1表) で打ち付けた (第3図b)。ハンマーで打ち付けても鉄パイプが土中に侵入しなく

なったときに、直径6 cmのハンドオーガーを用いて、鉄パイプ内の土壌を掻き出した (第3図c)。そして、ハンマーによる土中への鉄パイプの挿入、鉄パイプ内のハンドオーガーによる土壌の掻き出し、を繰り返し、目的の埋設深度50 cmの5 cm下まで穴を形成した。なお、鉄パイプを引き抜く際に、形成した穴へ土壌が落下するため目的の埋設深度より5 cm深くした。

穴を形成後、外径7 cmのチューブの頂部に木板をのせ体重をかけ、形成した穴に押し込んだ。目的の深度にチューブが届かなかったときには、チューブを引き抜き、穴を深くした。電動オーガーで作成した穴の直径はチューブの外径に比べ大きくなったため、チューブを穴に挿入後、鉄の棒を用いて周囲の土壌を押し戻し、チューブと土壌を圧着した (第2図b)。

チューブに沿った根および土壌の画像 (21.6 × 19.6 cm, 400 dpi) は、満充電のノートパソコン (Let's note CF-XZ, Panasonic, 日本) に接続した根系撮像装置 (CI-600 In-Situ Root Imager, CID Bio-Science 社, USA) により取得した。2023年9月4日に、電動オーガー、もしくは、鉄パイプを使ってチューブを埋設後、土壌表層から20 cmの深度までの画像を撮影した。撮影した画像について、空気層および画像全体のpixelをImage J (Rasband, 2014) で算出し、画像面積当たりの空気層面積割合を算出した。

埋設後は、パイプ内への水や光の侵入を防ぐために、呼び径65 mmのVUキャップをかぶせるか、ビニールとアルミホイルをかぶせゴムで留めた。

4. 鉄パイプの引き抜き

チェーンブロック、ジャッキ、パイプレンチを用いた鉄パイプの引き抜き方法の比較は、宇都宮大学農学部学内圃場で実施した。この圃場の土壌分類は典型下層低地多湿黒ボク土 (Obara et al., 2011) であり、40 cm付近に耕盤が存在した。鉄パイプの埋設深度は65 cm、チューブの角度は地表面に対して垂直とした。



第4図 チェーンブロックを用いた鉄パイプの引き抜き手順。銅棒を鉄パイプの穴に挿入する際、棒にソフトフックをかけ (a)、そのソフトフックを脚立に取り付けたチェーンブロックにより引き上げ、鉄パイプを引き抜いた (b)。



第5図 ジャッキを用いた鉄パイプの引き抜き。木板の上に置いたジャッキにより鉄パイプに挿入した銅棒をジャッキアップし、鉄パイプを引き抜いた。

チェーンブロックの場合には、村上・井沢 (2008) を参考にし、銅棒 (第1表) を鉄パイプの穴に挿入する際、棒にソフトフック (第1表) をかけ、そのソフトフックを脚立に取り付けたチェーンブロック (定格荷重 0.5 t) により引き上げることで、鉄パイプを引き抜いた (第4図)。ジャッキの場合には、木板の上に置いたジャッキ (第1表) により鉄パイプに挿入した銅棒をジャッキアップすることで、鉄パイプを引き抜いた (第5図)。パイプレンチの場合には、ハンドオーガーを用いて鉄パイプ内の土壌を掻き出した後、パイプレンチ (第1表) により直接鉄パイプを引き上げた (第6図)。

結果と考察

電動オーガーを用いた方法と鉄パイプを用いた方法でチューブを埋設した結果、画像面積当たりの空気層面積割合はそれぞれ 18 と 2% となった (第7図)。電動オーガーで作成した穴の直径はチューブの外径に比べ大きくなったため、鉄の棒を用いて周囲の土壌を押し戻し、土壌と圧着したが (第2図b)、土壌の詰まり方は不均一であり、チューブと土壌との間には空気層ができた (第7図a)。一方、鉄パイプを用いチューブを埋設した場合、チューブと土壌との密着性の高い穴

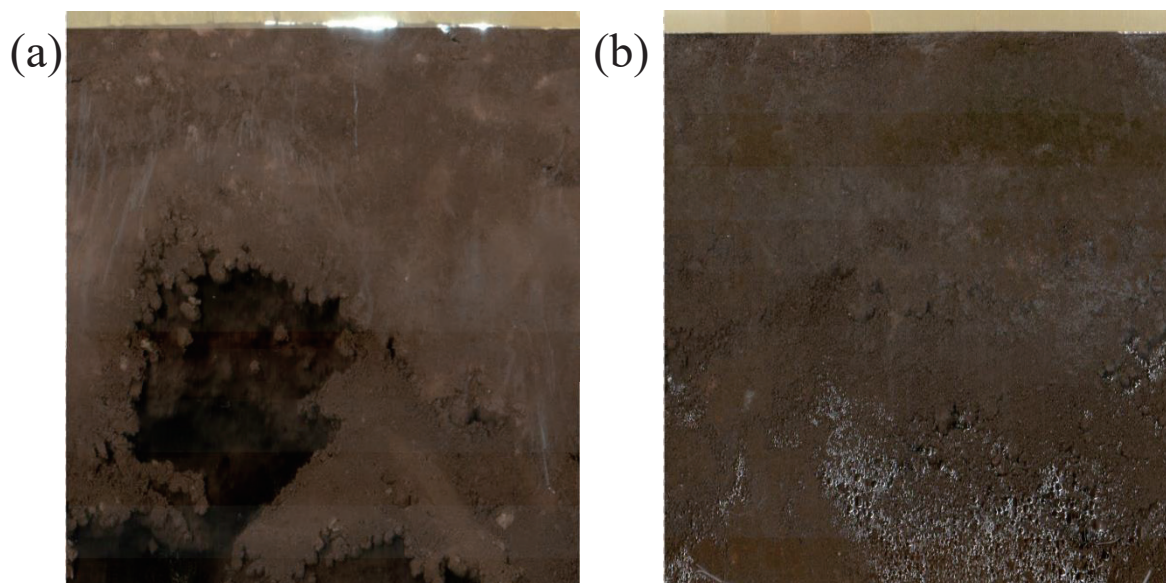


第6図 パイプレンチを用いた鉄パイプの引き抜き。ハンドオーガーで土壌を掻き出した鉄パイプをパイプレンチにより引き上げた。

を形成でき、空気層はほとんど観察されなかった (第7図b)。植物群落や森林で土壌を埋め戻した場合、チューブの周りに根を含まない土壌層ができ、根が出現するまでに時間がかかってしまうため問題となる。また、穴の整形に関して、先行研究で、ソイルコアラーで穴を形成後、リーマで穴を整えた場合、空隙が多く観察されるが (Upchurch and Richie, 1983)、オーガーでガイドを作成後、ソイルコアラーで穴を整形すると、空隙がほとんど観察されないこと (Box et al., 1989; Hummel et al., 1989)、が報告されている。穴の整形には、オーガーやリーマに比べ、ソイルコアラーが適切である可能性が高い。以上より、土壌とチューブとの密着度の高い穴を土中に形成するためには、鉄パイプを用いた方法が適切であると考えられた。

鉄パイプを用いた方法でチューブの埋設に要した時間は、礫層の有無、埋設深度によって異なるが、作業員二人で1時間に埋設できる本数は、3から3.6本であった。1990年に発表された総説には、チューブの埋設に30から45分かかることが記載されている (Taylor et al., 1990)。また、油圧式ソイルコアラーを用いた最新の研究においても、オペレーター二人で1時間に埋設できる本数は、3から5本であることが報告されている (Rajurkar et al., 2022)。そのため、鉄パイプを用いた方法でのチューブの埋設効率は高いことが推察された。

なお、鉄パイプを用いた方法において、ハンマーで打ち付けても鉄パイプが土中に侵入しなくなった状況で、さらに、力づくでハンマーを打ち続けると鉄パイプが変形した。変形すると、ハンドオーガーを鉄パイプに挿入できなくなり、土を掻き出せなくなる。また、鉄パイプに銅棒を挿入するための穴をあけていない、もしくは、穴をあけていても変形により穴がふさがると、最悪、鉄パイプを土中から引き抜くことができない。そのため、力づくで鉄パイプにハンマーを打ち続けず、ハンマーによる土中への鉄パイプの挿入、



第7図 電動オーガー (a)、もしくは、鉄パイプ (b) で埋設したチューブの土壌表層から 20 cm 深度の画像。
画像面積当たりの空気層面積割合は 18% (a)、2% (b)。

鉄パイプ内のハンドオーガーによる土壌の掻き出し、を繰り返すことが重要である。

ソイルコアラーの土中への挿入において、土壌の圧密が起こりにくくするために、Box et al. (1989) のソイルコアラーの先端の口径は若干狭くなっている。一方、本研究では鉄パイプをそのまま用いた。この鉄パイプの先端の厚みは約 1.6 mm で、Box et al. (1989) のソイルコアラーの先端の厚み 1.875 mm に比べ薄い。しかし、土壌の圧密は根の成長に影響する要因となるため (Johnson et al., 2001)、今後、鉄パイプを用いた方法により土壌の圧密が起こっているか検証する必要がある。

次に、チェーンブロック、ジャッキ、パイプレンチのうちどれが、作業労力を軽減し、パイプ周辺土壌の攪乱を最小限に抑えながら鉄パイプを引き抜くのに適しているのか検討した。ハンドオーガーを用いて鉄パイプ内の土壌が掻き出されている場合、パイプレンチを用いることで、一人で鉄パイプを引き抜くことができた (第6図)。また、パイプレンチは、チェーンブロックとジャッキに比べ小さいため、持ち運びが容易であり、省スペースで作業でき、チューブ周辺土壌の攪乱を最小限に抑えることができた。そのため、ハンドオーガーを用いて鉄パイプ内の土壌が掻き出されている場合には、パイプレンチが鉄パイプの引き抜きに適していると考えられた。なお、鉛直方向に対して 30° や 45° で埋設した鉄パイプを引き抜く場合には、パイプレンチを用いた方法のみが適用できると考えられる。

一方、鉄パイプ内に土壌が残っており、鉄パイプの埋設深度が 65 cm を超え深い場合でも、チェーンブ

ロックもしくはジャッキを用いた場合、引き抜くことができた。そのため、そのような場合や土壌および根の採取が目的の場合には、チェーンブロックもしくはジャッキを用いた方法が適切だと考えられた。チェーンブロックを用いた場合、一人でも鉄パイプを容易に引き抜くことができる。しかし、脚立を設置する必要があるため (第4図b)、その設置作業に時間がかかる。また、条間が狭い、もしくは、植物体が大きくなり、作業スペースが確保できなくなると、作業が困難になる。一方、ジャッキを用いた場合、チェーンブロックを用いた方法に比べ作業スペースは狭くても、引き抜けた。しかし、一人では引き上げるにつれ、鉄パイプが傾いていくため、二人以上での作業が必要であった (第5図)。

以上の結果から、土壌とチューブとの間の空気層を最小限にしつつ、作業労力を軽減し、チューブ周辺土壌の攪乱を最小限に抑え、土壌とチューブを密着させるためには、ハンマーとハンドオーガーで鉄パイプを埋設し、パイプレンチで鉄パイプを引き抜き、形成された穴にチューブを押し込むことが、最も適切であると考えられた。

謝辞

本研究を行うにあたり、ご支援いただいた、農研機構北海道技術支援センター北海道第3業務科の平尾隆幸氏、中村遼氏に深く御礼申し上げます。また、チューブの埋設方法に関する情報をくださった、九州大学大学院農学研究院久米篤教授、森林総合研究所野口享太郎博士、東京大学大学院農学生命科学研究科仲畑了博

士に御礼申し上げます。本研究の一部は、JSPS 科研費 (22K05595) および生研支援センター「オープンイノベーション研究・実用化推進事業」(JPJ011937) の支援を受けて行った。

引用文献

- Box, J. E. J., Smucker, A. J. M., Ritchie, J. T. 1989. Minirhizotron installation techniques for investigating root responses to drought and oxygen stresses. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 115-118.
- Bragg, P. L., Govi, G., Cannell, R. Q. 1983. A comparison of methods, including angled and vertical minirhizotrons, for studying root growth and distribution in a spring oat crop. *Plant Soil* 73: 435-440.
- Dannoura, M., Kominami, Y., Oguma, H., Kanazawa, Y. 2008. The development of an optical scanner method for observation of plant root dynamics. *Plant Root* 2: 14-18.
- De Ruijter, F. J., Veen, B. W., Van Oijen, M. 1996. A comparison of soil core sampling and minirhizotrons to quantify root development of field-grown potatoes. *Plant Soil* 182: 301-312.
- Ephrath, J. E., Silberbush, M., Berliner, P. R. 1999. Calibration of minirhizotron readings against root length density data obtained from soil cores. *Plant Soil* 209: 201-208.
- 福澤加里部 2022. 林床にササが生育する冷温帯林における細根バイオマス、生産量および枯死量の時間変化. *根の研究* 31: 7-20.
- Hashimoto, M., Aoki, H., Murakami, S., Koyama, T. 2024. How do wheat roots improve shoot growth under different local phosphorus supply conditions? *Plant Soil* <https://doi.org/10.1007/s11104-024-06931-0>
- Hummel J. W., Levan, M. A., Sudduth, K. A. 1989. Minirhizotron installation in heavy soils. *Trans. Am. Soc. Agric. Biol. Eng.* 32: 770-776.
- Johnson, M. G., Tingey, D. T., Phillips, D. L., Storm, M. J. 2001. Advancing fine root research with minirhizotrons. *Environ. Exp. Bot.* 45: 263-289.
- Kage, H., Kochler, M., Stützel, H. 2000. Root growth of cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis*) under unstressed conditions: Measurements and modelling. *Plant Soil* 223: 131-145.
- Kloppel, B. D., Gower, S. T. 1995. Construction and installation of acrylic minirhizotron tubes in forest ecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 241-243.
- 森田茂紀, 関谷信人, 阿部淳 2013. 根系の形成を「見る」. *根の研究* 22: 111-118.
- 村上敏文, 井沢憲行 2008. チェーンブロックを使った根系調査のための効率的土壌モノリス採取法. *根の研究* 17: 127-130.
- Obara, H., Ohkura, T., Tanaka, Y., Kohyama, K., Maejima, Y., Hamazaki, T. 2011. Comprehensive soil classification system of Japan first approximation. *Bull. Natl. Ins. Agro-Environ. Sci.* 29: 1-73.
- Rajurkar, A. B., McCoy, S. M., Ruhter, J., Mulcrone, J., Freyfogle, L., Leakey, A. D. B. 2022. Installation and imaging of thousands of minirhizotrons to phenotype root systems of field-grown plants. *Plant Methods* 18: 39.
- Rasband, W. S. 2014. ImageJ. US National Institutes of Health, Bethesda. <http://imagej.nih.gov/ij/>
- Rewald, B., Ephrath, J. E. 2013. Minirhizotron techniques. In Eshel, A., Beeckman, T. eds., *Plant Roots: The Hidden Half*, Fourth Edition. CRC Press. pp. 735-750.
- Satomura, T., Fukuzawa, K., Horikoshi, T. 2007. Considerations in the study of tree fine-root turnover with minirhizotrons. *Plant Root* 1: 34-45.
- 里村多香美, 中根周歩, 堀越孝雄 2001. ミニライゾトロンによる樹木細根の純生産の解析. *根の研究* 10: 3-12.
- Smit, A. L., George, E., Groenwold, J. 2000. Root observations and measurements at (transparent) interfaces with soil. In Smit, A. L., Bengough, A. G., Engels, C., van Noordwijk, M., Pellerin, S., van de Geijn, S. C. eds., *Root Methods*. Springer. pp. 235-271.
- Smith, A. G., Han, E., Petersen, J., Olsen, N. A. F., Giese, C., Athmann, M., Dresbøll, D. B., Thorup-Kristensen, K. 2022. RootPainter: deep learning segmentation of biological images with corrective annotation. *New Phytol.* 236: 774-791.
- Taylor, H. M., Upchurch, D. R., McMichael, B. L. 1990. Applications and limitations of rhizotrons and minirhizotrons for root studies. *Plant Soil* 129: 29-35.
- Teramoto, S., Uga, Y. 2020. A deep learning-based phenotypic analysis of rice root distribution from field images. *Plant Phenomics* 2020: 1-10.
- Upchurch, D. R., Ritchie, J. T. 1983. Root observations using a video recording system in mini-rhizotrons. *Agron. J.* 75: 1009-1015.
- Vamerli, T., Bandiera, M., Mosca, G. 2012. Minirhizotrons in modern root studies. In Mancuso, S. eds., *Measuring Roots*. Springer. pp. 341-361.
- Yabuki, A., Ikeno, H., Dannoura, M. 2022. A root auto tracing and analysis (ARATA): An automatic analysis software for detecting fine roots in images from flatbed optical scanners. *Methods Ecol. Evol.* 13: 2372-2378.

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

28. テキーラと根？

昨今最もメディアを賑わせているのは、トランプ大統領だろう。貿易で成り立ってきた日本は特に、関税の引き上げの影響は大きい。自動車そしてコメは狙い撃ちである。既視感のある取り合わせであるが、それぞれある種日本のシンボルである。さて、関税の厳しさは国によって変えるようだが、トランプ大統領はメキシコから薬物が流入しているなどとして高い輸入品関税を課す方針を示している。日本のシンボルと同様、メキシコと言えばテキーラを思い浮かべるのは、左党だけではないだろう。メキシコのテキーラは輸出の8割以上がアメリカ向けで、産業は大打撃をうける。大きな影響をうける蒸留所に関する以下の記事に「根党」としては引っ掛かった。曰く『この村で120年以上前から続くテキーラの蒸留所を経営する会社では、原料となる「アガヴェ」という植物の根っこを100%使った製品を手がけています。』

この関税問題を機に、「テキーラが根とつながっているのか？」と興味がわいてきた。そこで、少しテキーラを調べてみて、いくつかの誤解に気づかされた。まず、テキーラは「サボテンから造られるお酒」と思っ

ていたが、アガヴェ(リュウゼツラン)という「サボテン科の多肉植物」が原料のようである。まずこれが私の第一の誤解であった。ちなみに主に使われるブルーアガヴェという品種は、収穫までに最低でも6年かかるそうだ。本来ブルーアガヴェは長い葉を持つ植物だが、葉を切り落としたブルーアガヴェの「茎」の部分は、見た目がパイナップルに似た様相であることから「ピニャ」と呼ばれる(スペイン語でパイナップルを意味する *piña* に由来)。テキーラのラベルにはパイナップルのイラストが描かれているものも多いが、これはピニャに由来するそうだ。そして、もうお気づきだろうか、もう一つの誤解。図のように「テキーラが根からできている」というのは、社会への影響はほとんどないと思われるが、どうやらフェイクニュースだろう。未曾有の貿易の大混乱がまさに起ころうとしている状況であるが、正しい情報に注意しつつ、食と農を見直す奇貨としたい。

参考情報

NHK News Web, 米によるメキシコ カナダ 中国への関税 テキーラ業界に危機感 2025 年 3 月 3 日 19 時 30 分, <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20250303/k10014738401000.html>



第 60 回根研究集会に参加して

佐藤友

東京大学大学院理学系研究科

第 60 回根研究集会は、2024 年 12 月 14、15 日に東海大学阿蘇くまもと臨空キャンパスで開催されました。2 日間で口頭発表 12 件、受賞講演 4 件、ポスター発表 16 件と、活発な議論が行われました。私にとって今回の根研究集会は初めて、かつ単独の参加でした。というのも、私の所属する研究室は葉の発生を中心テーマとしていますが、私自身が独自に根の研究を始めたためです。また、発表の要旨集をみたところ、多くの人が農作物や樹木の根をテーマにしていたため、水草の根の発生学を研究している自分には、やや場違いな印象を受けました。このように、当初はかなりアウェー感があり、やや不安な気持ちを残したまま口頭発表に臨みました。

しかし、発表後の質疑応答では予想以上に多くの方から質問やアドバイスをいただき、さまざまな観点から自分の研究についてヒントを得ることができました。また、1 日目の夜に開かれた懇親会では、お酒や食べ物を楽しみながらリラックスした雰囲気の中で雑談や議論が行われました。思い切って何人かの先生方に話しかけたところ、私の発表についてのフィードバックをいただくことができました。さらに、2 日目の阿蘇ミニツアーでは、論文で名前をお見かけしたことのある根の研究の大御所の先生と一緒にご飯を食べたりと、非常に貴重な時間を過ごすことができました。このように、参加者同士で気軽に交流しやすいところは本学会の良いところの一つだと思います。また、光栄なことに私は優秀発表賞をいただき、今後の研究を進める強い励みになりました。

また、使用されている植物種や研究のスケールの多様性に感銘を受けました。私がこれまで参加したことのある植物学会や植物生理学会などの発表では、そのほとんどがモデル植物であるシロイヌナズナを用いた研究についてのものでした。そのため、非モデル植物の根をメインテーマとし、他にもいくつかの植物の根の切片を作って観察していた私には、自分が色々な植物の根に詳しいという勝手な自信がありました。とこ

ろが、今回の学会ではイネなどの複数の農作物に加え、様々な樹木の根など、非常に多様な研究材料を用いた発表を聞くことができました。これにより、自分の無知を実感するとともに、未知の研究分野に触れてますます根について学ぶモチベーションが得られました。

一方で、質疑応答での議論に積極的に参加できなかった点については反省の気持ちがあります。学生による質疑応答をもっと活発に行なうべきだという話題は懇親会でも挙がりましたが、私にとって樹木根など専門と離れた発表が多く、なかなかいい質問、コメントを思いつくことができませんでした。次回参加する際には、もっと専門外の根の研究についても勉強して、より活発に議論に参加したいと思います。

以上のように、私は今回の根研究集会に参加して、非常に有意義な経験を得ることができました。今後も根研究学会で勉強させていただくとともに、研究発表や質疑応答を通して他の会員の皆さまに少しでも良いフィードバックを提供できるように努めたいと思います。最後になりましたが、本集会を企画・運営して下さった阿部淳先生をはじめとした実行委員の皆様、発表賞の審査に携わって下さった先生方、そして参加者の皆様に、この場をお借りして心より御礼申し上げます。



第 1 図 阿蘇ミニツアーでの昼食の様子。

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	松波 麻耶	岩手大学農学部
	神山 拓也	宇都宮大学農学部
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
	小川 敦史	秋田県立大学生物資源科学部
	篠遠 善哉	農研機構・東北農業研究センター
	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
	菱 拓雄	福岡大学理学部
	松村 篤	龍谷大学農学部
	南 基泰	中部大学応用生物学部
	山崎 篤	高崎健康福祉大学農学部
	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 : neken2025@jsrr.jp

根研究学会ホームページ <https://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34巻 第2号	2025年6月15日印刷 2025年6月20日発行
発行人: 大橋瑞江 〒670-0092 兵庫県姫路市新在家本町1丁目1-12	
兵庫県立大学 環境人間学部	
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

Technical Note

Comparison of minirhizotron tube installation methods

Masaaki HASHIMOTO, Stephen Njehia NJANE, Yuichi NAGASAKI, Shiho HIRAMA,

Terunobu KUMEKAWA and Takuya KOYAMA 25