第18巻　第2号　2009年6月
ISSN 0919-2182

Root Research
根の研究

根研究会 (JSRR)

Japanese Society for Root Research

第１８巻　第2号：２００９年６月

会員の皆様へ

公　示

2010－2011年度 根研究会会長 の選挙告示 （告示日：2009年6月25日）

根研究会会則の第7条，第9条および第10条に基づき，2010－2011年度（2010年1月1日－2011年12月31日）の期の根研究会会長の選挙を行ないます．この選挙は，慣例に準拠し，以下の要領で実施します．

(1) この選挙は，根研究会事務局が管理する．
(2) 選挙権，被選挙権は2009年7月25日時点におけるすべての個人会員が有する．
(3) 会長に立候補する会員は，氏名，生年（西暦），研究内容あるいは興味の対象・根研究会の運営に対する抱負等と，連絡先（所属，電子メール等）をA4版の紙1ページ以内に記載した立候補届を事務局まで送る（住所は本頁の末尾参照）．立候補の受付期間は2009年7月1日－7月25日（必着）*とする．立候補届は会誌『根の研究』第18巻第3号に掲載する．[* 到着後，事務局から返信します．連絡がない場合はお問い合せ下さい]
(4) 立候補がなかった場合は，個人会員の互選とする。
(5) 選挙権を有する個人会員は，会誌『根の研究』第18巻第3号に同封する投票用紙を用いて投票を行なう．2009年10月31日までに事務局に到着したものを有効投票として取り扱う．最多得票者を会長とし，同数の場合は若年者を当選とする．
(6) 立候補者が1名であった場合は，無投票で当選とする．

2009年度根研究会賞推薦のお願い （2009年7月25日まで）

根研究会会則第3条ならびに根研究会学術賞規定に基づき，2009年度の研究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．ご推薦にあたっては，A4版の紙1枚に賞の種別，候補者氏名，業績タイトル，業績の概要や意義などを記載し，業績一覧表および論文などの別刷かコピー2部（または電子媒体1組）を添付して下さい．業績の概要を記した文書の作成においては，添付された業績一覧表に挙げた文献との対応が明確になるような配慮をお願いします．送り先は根研究会事務局（本頁の末尾参照）で，締切は2009年7月25日（必着）とします．[受付後，数日のうちに事務局より推薦者に返信をします．連絡がない場合は，事務局までご確認下さい]．詳細は，本号に掲載の根研究会賞に関する案内を必ずご確認下さい．

2009年度根研究会総会の報告

5月に開催された第30回根研究集会（北海道足寄町）において，総会が開かれ2009年度の事業計画や予算を含む提案事項が承認されました．詳しくは，今号に掲載の報告をご覧下さい．

『根の研究』と講演要旨の著作権に関するお願い

会誌『根の研究』の創刊号から第16巻（2007年）までに掲載の学術論文と講演要旨の全文PDFが，Journal@rchive にて公開されます．講演要旨および第8巻（1999年）以前の学術論文については，著作権の規定がありませんので，本号とホームページで公開の可否についての告知を行っております．これまでに寄稿・発表をされている方は，ぜひお読み下さい．

事務局からのお知らせ

1．根研究集会の開催予定

第31回根研究集会：秋田県立大学・2009年11月21日（土） 本号に，詳細な案内を掲載しています．
第32回根研究集会：つくば市（農研機構 作物研究所または市内の施設） 2010年春（4月を予定）
第33回根研究集会：兵庫県立大学 2010年秋または初冬

2．根研究会若手会員に対する「苅住」海外渡航費等支援

応募時40歳までの会員を対象とする渡航支援は，2009年10月末〆切分（2010年1月－6月または同年7月－12月の渡航）を募集中です（2010年7月－12月の渡航分は，次回の2010年4月末〆切での応募もできます）． なお，2009年4月末〆切分は，3名の応募があり，全員採用されました．詳細は今号に掲載の報告をご覧下さい．

根研究会事務局

〒113-8657 東京都文京区弥生1-1-1 東京大学大学院農学生命科学研究科 栽培学研究室内
根研究会事務局 阿部淳 E-mail: *neken2009@jsrr.jp* Tel/Fax 03-5841-5045

会誌に関する連絡先 『根の研究』: *editor2009@jsrr.jp* 『Plant Root』: *editor2009@plantroot.org*

ウェブサイト 根研究会: *http://www.jsrr.jp/* 『根の研究』: *http://root.jsrr.jp/* 『Plant Root』 *http://www.plantroot.org/*

『根の研究』および根研究会関連の講演・発表要旨の執筆者の皆様へ 著作権の一部委譲のお願い

2009年6月17日
根研究会　会長　唐原一郎
『根の研究』編集委員長　犬飼義明

このたび根研究会の会誌『根の研究』が，(独)科学技術振興機構(JST)による電子アーカイブ事業の対象誌に選定されました．これにより，創刊号から2007年発行の第16巻までのすべてのバックナンバーに掲載のコンテンツのうち，学術論文および根研究集会・受賞講演・シンポジウム・セミナー等の要旨集が電子化され，JSTが運営するJournal@rchiveで全文PDFが無償公開されます．また，2008年の第17巻以降については，JSTが運営するJ-Stageにて，冊子体の発行から数週間遅れでの無償公開を開始しています．これらにより，根研究の成果の社会還元が進むとともに，国内外の学術データベースとの連携向上が期待されます．

『根の研究』に掲載のコンテンツについて，2000 年以降は，投稿規定のなかで根研究会に著作権が帰属することを明記していますが，それ以前は，著作権に関する規定がありませんでした．また，『根の研究』に再掲している研究集会等の要旨については，2000 年以降も含めて著作権に関する明確な取り決めがありませんでした．

このたびの電子化・公開を機に，要旨を含めた『根の研究』のすべてのコンテンツについて，著者(もしくはご遺族)の皆様から，著作権の一部，すなわち，学術目的のために，著作物の一部または全部を複製し，公衆発信する権利，および，これらの権利を第三者(例えばJSTやJST連携先のデータベース・図書館等)に行使させる権利を根研究会へ譲渡して頂き，また，これらの行為により収入が生じた場合は，その収入を本会の運営費用に充てることをお認め頂きたく，お願い申し上げます．　なお，著者ご自身が，寄稿したコンテンツを複写・引用・再配布することは，これまでと同様にできることを申し添えます．

本来ですと，個別にご連絡して譲渡の許諾をお願いすべきところですが，コンテンツの数が膨大であり，また，連絡先が不明もしくは故人となられた著者もおられることから，この告知(『根の研究』第18巻第2号および根研究会ホームページに掲載)により，譲渡をお願い申し上げる次第です．万一，この件に関しまして承諾していただけない場合，あるいはご不審の点がある場合は，2009 年 8 月 31 日までに本会事務局に文書または電子メールでお申し出下さい．承諾していただけなかった場合にはアーカイブの対象とは致しません．お申し出のなかった著作物につきましては，ご承認いただけたものとして電子アーカイブ化の作業を進めさせていただきます．なお，本会は，このお知らせが著者のみなさまの目に触れることを前提としておりますが，期限までにこの件をお知りになる機会がない場合もありえますので，期限以降におきましても当事者からのお申し出があれば，当該著作物の電子公開は可及的すみやかに中止いたします．

連絡先：
〒113-8657　東京都文京区弥生1-1-1　東京大学 大学院農学生命科学研究科 栽培学研究室内
根研究会事務局　阿部 淳　E-mail: neken2009@jsrr.jp　Tel/Fax: 03-5841-5045

以上

根の研究(Root Research) 18(2):39-47(2009)
原著論文

ブロックサンプリング法，トレンチ法，地中レーダ法による アカマツ林の根現存量および根系分布の推定

牧田直樹[1*)]・平野恭弘[2)]・檀浦正子[3)]・山瀬敬太郎[4)]
青野健治[5)]・五十嵐鉄朗[5)]・石井政博[5)]・金澤洋一[1)]

1）神戸大学大学院農学研究科(Graduate School of Agricultural Science, Kobe University)
2）森林総合研究所関西支所(Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute)
3）京都大学大学院農学研究科(Graduate school of Agriculture, Kyoto University)
4）兵庫県農林水産技術センター(Hyogo Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry and Fisheries)
5）株式会社　環境総合テクノス(The General Environmental Technos Co., Ltd. (KANSO TECHNOS))

要　旨：樹木根の現存量の評価は，地下部における炭素蓄積量を考える上で重要な課題となっている．本研究では，アカマツ(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)林においてブロックサンプリング法，トレンチ法そして非破壊的方法として報告されはじめた地中レーダ法を用いて根現存量および分布を調べた．根現存量合計は，ブロックサンプリング法では1338 g m^{-2}，トレンチ法では939 g m^{-2}であった．また，直径2 mm以下の根現存量は，ブロックサンプリング法では163 g m^{-2}，トレンチ法では18 g m^{-2}であった．地中レーダ法により直径20 mm以上のいくつかの根では，明確な反射波形が確認できた．しかしながら，直径20 mm以下の根では，その分布を推定するために不十分な波形が多く確認された．ブロックサンプリング法とトレンチ法とでは，同じ調査地点にもかかわらず，根現存量の推定値にばらつきがあった．これは根現存量の測定手法の違いおよび対象とする掘り取り面積の違いが反映したためだと考えられる．一方，地中レーダ法では特定できる根，特定できない根，そして異質な土壌条件による反射波形も存在した．このように，根現存量および分布は，測定手法によって大きく異なることが示唆された．本研究の結果から，樹木根の現存量の測定手法における長所や短所を理解することは，炭素蓄積量を正確に評価するうえで重要であることが示唆された．
キーワード：アカマツ，地中レーダ(GPR)，トレンチ法，根バイオマス，ブロックサンプリング

Biomass and distribution of roots in a *Pinus densiflora* forest estimated by methods of destructive block sampling, trench wall and ground penetrating radar : Naoki MAKITA[1)], Yasuhiro HIRANO[2)], Masako DANNOURA[3)], Keitarou YAMASE[4)], Kenji AONO[5)], Tetsurou IGARASHI[5)], Masahiro ISHII[5)] and Yoichi KANAZAWA[1)]

Abstract: Root biomass must be evaluated to determine carbon storage in forest ecosystems. We evaluated the biomass and distribution of roots at soil depth of 0-50 cm in a red pine (*Pinus densiflora Sieb.* et Zucc.) forest using trench wall, destructive block sampling and ground penetrating radar (GPR). GPR is a nondestructive tool that can be used to detect coarse roots in forest soils. Total root biomass was 939 g m^{-2} for trench wall and that was 1338 g m^{-2} for destructive sampling. The biomass of fine roots (< 2mm in diameter) was estimated 18 g m^{-2} and 163 g m^{-2} by trench wall and destructive sampling, respectively. Roots greater than 20 mm in diameter could be detected with GPR but most roots less than 20 mm could not. Our results indicated that the biomass and distribution of roots might depend on the used method. We conclude that understanding and selecting the appropriate methods for the site conditions are important to estimate root biomass of forest trees.
Keywords: block sampling, ground penetrating radar (GPR), Pinus densiflora, root biomass, trench method

2009年1月29日受付　2009年4月14日受理
＊連絡先　〒657-0013　兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1　神戸大学農学研究科森林資源学研究室
Fax:078-803-5826　E-mail:makita_701@yahoo.co.jp

緒　言

現在，二酸化炭素などの温室効果ガス濃度の上昇に伴う大規模な気候変動が危惧されている(IPCC, 2007). これらを防止するため，森林のもつ炭素固定蓄積機能に注目が集まり，陸域生態系全体の有機炭素のおよそ3分の2が存在する森林生態系での炭素循環の解明が重要な課題となっている．森林生態系での地下部の炭素蓄積量は非常に多く，そのなかでも樹木根の炭素蓄積量は，樹木全体のおよそ20－40％であると推定されている（Brunner and Godbold, 2007). したがって樹木根の炭素蓄積量を調査することは，森林生態系での炭素収支の評価をするうえで重要である．

しかしながら，樹木根での炭素蓄積量つまり根現存量の評価は，掘り取りが前提となるため，多大な労力と時間がかかり，いまだ情報の蓄積が乏しく，森林生態系内の物質循環において未解明な部分が多く残されている（Hirano et al., 2007). たとえば，Jackson et al. (1996) の研究では，多数の根系分布や現存量の測定例から，気候や土壌条件，樹種等の違いによって林分の根現存量が変動することを示しており，それぞれの地域での情報の蓄積の重要性が示唆されている．また京都府南部の落葉広葉樹林においての微気象学的方法および生態学的方法による炭素循環の研究から，地下部での大きな炭素の供給源がブラックボックスとして存在することが示唆されており，根現存量の正確な推定が重要な課題となっている（Kominami et al., 2008). 近年の研究では，根直径の違いによって，根呼吸量(檀浦ら, 2006; Makita et al., 2009)，あるいは寿命や枯死率（Wells and Eissenstat, 2001; 菱, 2006）が大きく異なることが示唆された．したがって，森林での純一次生産量や炭素収支を把握するためには，根系を直径階級に分け，細根および大径根を含めた根系空間分布を明らかにしておくことが重要である．

根現存量を評価する方法として，定容の土壌を採取するブロックサンプリング法や，根系調査溝(トレンチ)の土壌断面における根の直径や本数分布を測定するトレンチ法，および全木掘り取り法などが知られている（苅住, 1979). また，最近，非破壊的に樹木の根系分布や現存量を推定する手法として地中レーダ法が報告され始めている（Hruska et al., 1999; Butnor et al., 2001). 地中レーダは，英名でGround Penetrating Radar (GPR) と呼ばれ，非破壊的だけでなく労力の少なさ，コストの面からも新たな根系評価方法となることが期待されている．

このような根現存量を推定する方法は，単一で用いられることが主であり，同じ調査地で多数の方法を用いて根現存量および根系分布を比較した例はごくわずかである（e.g., Bakker et al., 2008). 根現存量を精度高く測定および推定するためにも，それぞれの測定手法の長所や短所を明確にすることは重要である．そこで本研究では，西日本に多く分布しているアカマツを対象として，根直径階級および土壌深度に着目しながら，ブロックサンプリング法と土壌断面を作成するトレンチ法を用いて根現存量およびその分布を調べた．また，新たな地下部推定法である地中レーダ法を用いて地下部根系の分布を非破壊的に観察することも同時に試みた．本研究は，実際の野外で地中レーダを用いた樹木根系分布の評価の応用例として，国内で初めての報告である．

材料と方法

1．調査地

本研究は，兵庫県立農林水産技術総合センターの森林林業技術センター(兵庫県宍粟市)内のアカマツ（*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.）林で行った．本調査地のアカマツは，1992年に植栽され，2007年の調査時には8×6 mの林分内に10本生育していた．アカマツの平均胸高直径は12.5cm，樹高はおよそ10mであった．これらのアカマツは，植栽される1年前に2年生クロマツに接木したものであり，調査時には18年生であった．本調査地における，年間降水量は1600mm，年平均気温は14.1℃で，表層地質は流紋岩であり，土壌は1970年ごろに山の一部を削り水田土壌またダムの底土を盛り土されたため未熟土であった．

2．根系の空間分布の評価

本実験では，まず2006年12月22日に地中レーダを用いて非破壊的に根系分布の観察を試みた．その後，2007年5月15, 16日に地中レーダを探査した測線上においてトレンチ法およびブロックサンプリング法を試みて根現存量および根系分布を評価した．

2－1．地中レーダ法

地中レーダは，一般的には地中の埋設管や空洞，コンクリート内の鉄筋の探索などに使われ，遺跡調査や地雷探査にも応用されている．地中レーダ探査装置は電磁波を放射，受信するアンテナ部と，それらの制御を行う本体部，および得られた結果を表示するディスプレイから構成

されている．測定原理として，まず地表においた送信アンテナから電磁波を送信し，電磁波パルスは地中を伝播し，物性値の異なる地層の境界等で反射する．このとき，発生した反射波は地表に戻り受信アンテナで受信される．このレーダ反射の特徴から対象物の地中における深さ，位置や大きさを求めるものである（森ら，1999).

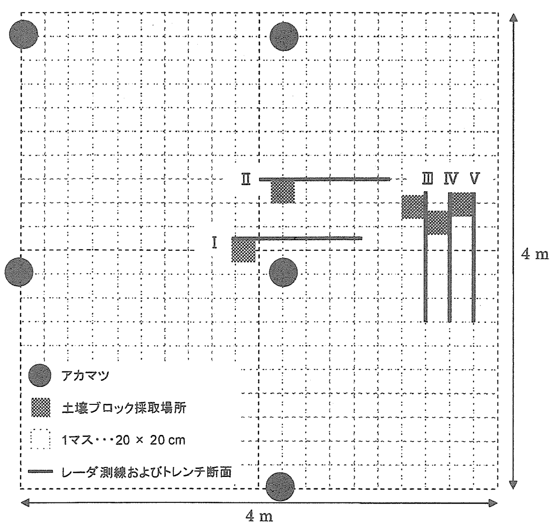
本実験では，900MHz の地中レーダ（SIR SYSTEM 10H; Geophysical Survey Systems Inc., North Salem, NH, USA）を用いた．アカマツ林内において長さ 110cm の地中レーダ用測線を５箇所設置し探索を行った．レーダ画像は，RADAN for Windows (Geophysical Survey Systems Inc.) により背景処理を行った．調査地の概略を第１図に示す．

地中レーダ探索後，調査地の土壌体積含水率をもとめるため，5 測線上で各 1 点ずつ表層の土壌コア（100 cm^3）を採取した．

2-2．トレンチ法

レーダ探査で使用した測線下にある樹木根の位置を確認するため，長さ 110cm，深さ 50cm の土壌断面を作成した．土壌断面作成には，はじめに小型ユンボと人力により大まかに掘削し，その後，断面作成用コテで断面を平らに形成した（第２図)．次に，土壌断面に透明なアクリル板を貼り付け，確認できる根の位置情報および根直径を記載した．それらの根系は，直径 2mm 以下，2-5mm，5-10mm，10-20mm，20mm 以上の５つの直径階級に分類した．土壌断面にある直径 10mm 以上のすべての根直径は，デジマチックキャリバノギス（Mitsutoyo）を用いて縦横２方向，測定された．また同様な方法で確認できる直径 10mm 以上の石の位置情報も記載した．

調査地の根の体積含水率をもとめるため，すべての測線上で各直径階級の根をサブサンプルとして採取し，その場で湿潤重量を測定した．その後，実験室に持ち帰ったサブサンプル根は 105℃，48 時間で乾燥させて，乾燥重量を測定した．

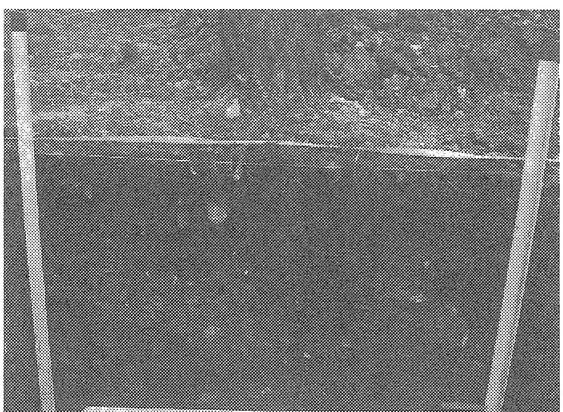


第１図　調査地概要の部分図

兵庫県立農林水産技術総合センター森林技術センター（兵庫県宍粟市）内のアカマツ (PinusdensifloraSieb. et Zucc.) 林の調査地概略図．なおレーダ測線Ⅴの奥（図の右側）には，アカマツは植栽されていない．

2-3．ブロックサンプリング法

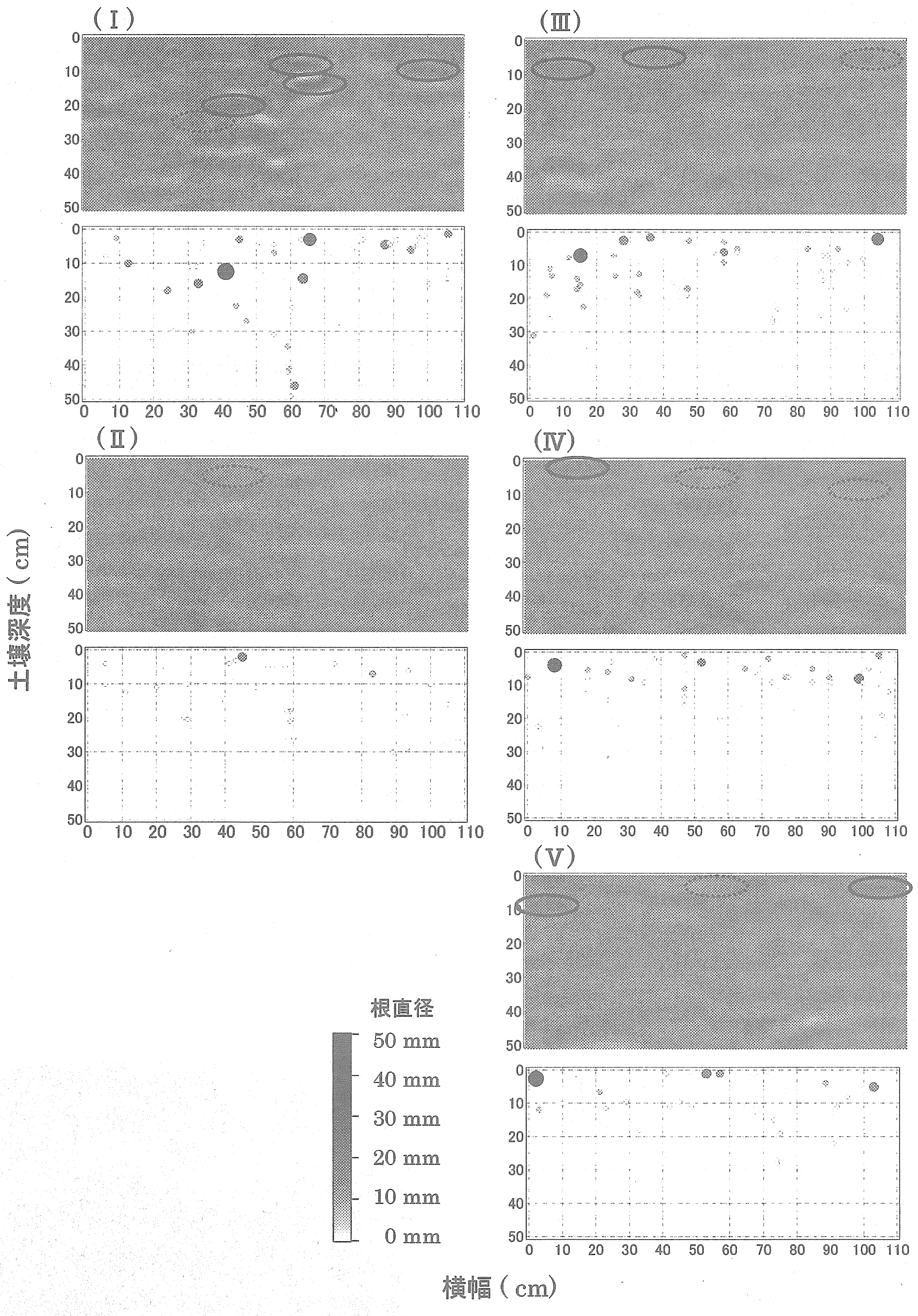
土壌ブロックサンプリングを行うために，各測線上から１箇所の採掘位置を選んだ（第１図)．ブロックの大きさは縦 20cm × 横 20cm × 深さ 10cm で，深さ 50cm までの計 25 土壌ブロック（5 測線×5 深度）を丁寧に採掘した．採掘した土壌ブロックは乾燥に注意しながら袋につめ，その後すばやく実験室に持ち帰り，根を洗う処理をするまで冷蔵庫に保存しておいた．実験室に持ち帰った土壌ブロックは，根と土壌を分別するため以下の作業を行った．まず大きめの根系は，丁寧にピンセットで土壌から取り出し，注意深く水で洗い，土を落とした．次に土壌中に残った他の根系を集めるために，目の大きさが 0.5mm の篩の上で根系の損失に注意しながら土を水で洗い流した．取り出されたすべての根は，Vogt and Persson (1991) を参考に，根の色や中心柱の有無，硬さなどから生きている根と枯死根を区別した．それらの根は，トレンチ法で分類したものと同様，直径 2mm 以下，2-5mm，5-10mm，10-20mm，20mm 以上の５つの直径階



110　cm

第２図　測線Ⅰの土壌断面

級に分類した．
　直径階級分けが終ったサンプル根は，105℃，48時間で乾燥させて，乾燥重量を測定した．



第３図　地中レーダ法によるレーダ画像とトレンチ法から観察された根系の垂直分布

(Ⅰ)-(Ⅴ)はそれぞれ掘り取り位置の測線No. を表す．(Ⅰ)-(Ⅴ)それぞれの上図は地中レーダ法によるレーダ反射波形の結果を表し，下図はトレンチ法から観察された根の垂直分布を表す．下図に示した円形の大きさおよび色の違いは，根直径の大きさを反映させている．上図において，根直径20mm以上で実際の根の位置とレーダ反射波形が一致している箇所は実線の円で囲み，実際には存在するものの，レーダ反射波形が確認されなった箇所は点線の円で囲んだ．

2-4．トレンチ法からの根現存量の推定法

トレンチ法から観察された各土壌断面にある根の本数分布から，根現存量を推定するために，ブロックサンプリング法で採取した根をサブサンプルとした比根重（根長 1.0cm あたりの乾燥重量; g cm^{-1}）の関係推定式を作成した．まずサブサンプルの中から根直径 0.4-30.4mm のさまざまな太さの根 100 本を選択し，それぞれの根の直径，根長，乾燥重量を測定した．次に根直径（D; mm）と比根重との以下の関係式を作成した．

比根重(g cm^{-1})=0.00240×$D^{1.999}$ (r^2=0.983, n=100)

この関係式に各土壌断面のトレンチ法を用いて測定された根直径を代入して，比根重を推定した．なお直径階級 2mm 以下，2-5mm，5-10mm の根は，サンプルの直径の中間値，つまり直径 1.0mm，3.5mm，7.5mm の値をそれぞれ用いて式に代入した．直径 10mm 以上の根は，縦横 2 方向を測定した平均値を用いた．この関係式を用いて導き出された各部分の重量をたしあわせれば，土壌断面の奥行き 1 cm×横幅 110cm（即ち調査面積 110cm^2）あたりの根現存量が推定できる．本研究の根現存量の値は，他の研究の値と比較しやすくするため，単位面積当たりの重量(g m^{-2})であらわした．なおこの推定式では，それぞれの根が土壌断面に対して垂直に伸びていることを前提としている．

第１表　ブロックサンプリング法によるアカマツの土壌深度別，根直径別の根現存量

測線 No.	土壌深度 (cm)	根直径階級 < 2 mm	2-5 mm	5-10 mm	10-20 mm	> 20 mm	合計
		根現存量 (g m^{-2})					
I	0 - 10	62.0	92.3	13.9	1198.5	1054.0	2420.6
	10 - 20	51.5	45.6	12.1	-	-	109.2
	20 - 30	106.6	52.3	67.2	216.3	-	442.5
	30 - 40	15.6	1.1	-	-	-	16.7
	40 - 50	0.1	-	-	-	-	0.1
	合計$_{0-50}$	235.8	191.3	93.2	1414.8	1054.0	2989.0
II	0 - 10	32.9	32.0	17.3	-	-	82.2
	10 - 20	52.8	67.6	32.2	-	-	152.6
	20 - 30	31.3	24.2	-	-	-	55.5
	30 - 40	20.5	15.0	-	-	-	35.5
	40 - 50	2.6	-	-	-	-	2.6
	合計$_{0-50}$	140.1	138.8	49.5	0.0	0.0	328.4
III	0 - 10	116.5	76.0	197.6	103.7	-	493.9
	10 - 20	13.4	39.0	-	-	-	52.4
	20 - 30	35.6	11.5	-	-	-	47.1
	30 - 40	3.2	-	-	-	-	3.2
	40 - 50	0.2	-	-	-	-	0.2
	合計$_{0-50}$	168.8	126.5	197.6	103.7	0.0	596.7
IV	0 - 10	48.1	23.8	107.8	203.1	79.9	462.7
	10 - 20	56.6	159.8	266.4	65.3	-	548.0
	20 - 30	50.4	14.4	16.4	-	-	81.2
	30 - 40	10.0	-	-	-	-	10.0
	40 - 50	0.3	-	-	-	-	0.3
	合計$_{0-50}$	165.3	198.0	390.6	268.4	79.9	1102.2
V	0 - 10	49.3	24.6	138.8	111.9	1263.0	1587.6
	10 - 20	12.2	18.5	5.2	-	-	35.9
	20 - 30	35.6	3.1	-	-	-	38.7
	30 - 40	7.6	4.5	-	-	-	12.1
	40 - 50	1.0	-	-	-	-	1.0
	合計$_{0-50}$	105.6	50.7	144.0	111.9	1263.0	1675.3

「-」の記号は，根が存在しないことを表す．

結　果

1．地中レーダ法

地中レーダ法によって得られたレーダ画像とトレンチ法から観察された根の垂直分布を第３図に示す．測線Ⅰや測線Ⅲでは，レーダ探査により円形埋設物に特徴的な反射波形を検出した(第３図)．直径 20mm 以上のいくつかの根は，レーダ画面での反射波形と一致していることが確認できた．たとえば，第３図(Ⅰ)でのレーダ図では，深さ 0-20cm にある直径 20mm 以上の４本の根とレーダ画像は一致し，明らかな反射波形がみられた．一方，直径 20mm 以上の根でも，明瞭なレーダ反射波形が得られなったものもあった．直径 20mm 以下の根では，レーダ反射波形はまばらにはあるものの，推定するためには不十分な波形が多かった．また根が存在しない箇所でも反射波形がしばしば確認された．

横幅 110cm 深さ 50cm までの土壌断面で確認された 10mm 以上の石の個数は，測線(Ⅰ-Ⅴ)では，それぞれ 21 個，8 個，19 個，22 個，17 個，合計 87 個存在した．そのうち，深さ 30－40cm の層に全体における石の約 30%が認められた．

調査地の土壌表層の体積含水率は，32.7±2.3%（平均±標準誤差，n=5）であった．

2．アカマツ根現存量

本調査地アカマツ林における深さ 50cm までの根現存量は，ブロックサンプリング法では 1338 g m^{-2}，トレンチ法では 939 g m^{-2} であった．ブロックサンプリング法およびトレンチ法を用

第２表　トレンチ法によるアカマツの土壌深度別，根直径別の根現存量

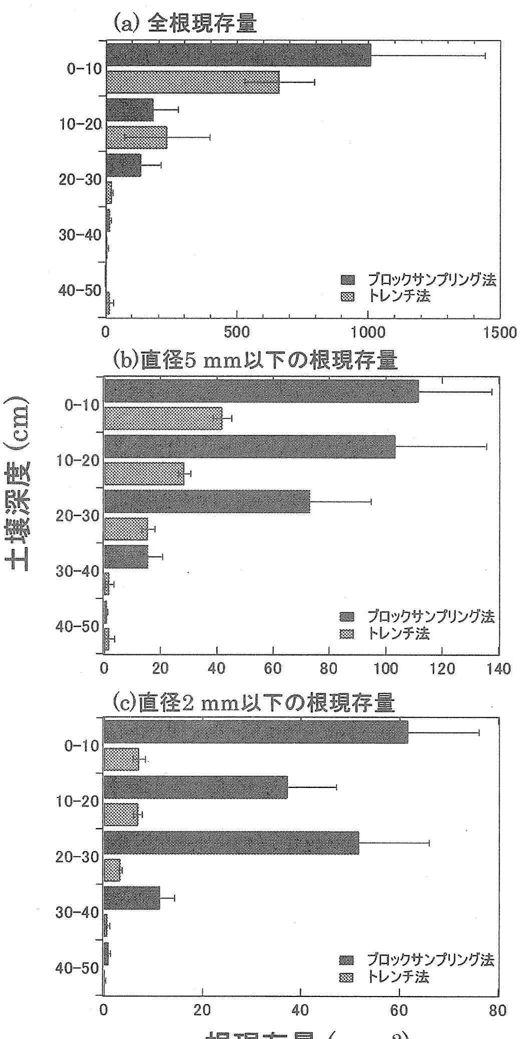
測線 No.	土壌深度 (cm)	根直径階級 < 2 mm	2-5 mm	5-10 mm	10-20 mm	> 20 mm	合計
		根現存量 (g m^{-2})					
I	0 - 10	10.8	37.6	24.6	196.2	376.6	645.7
	10 - 20	4.0	16.1	-	34.1	821.7	875.8
	20 - 30	3.7	8.0	24.6	-	-	36.4
	30 - 40	2.2	5.4	12.3	-	-	19.9
	40 - 50	0.9	8.0	12.3	59.3	-	80.6
	合計$_{0-50}$	21.6	75.1	73.7	289.6	1198.3	1658.3
II	0 - 10	4.4	40.2	12.3	19.7	87.1	163.8
	10 - 20	8.1	24.1	-	-	-	32.3
	20 - 30	2.4	16.1	-	-	-	18.5
	30 - 40	0.2	-	-	-	-	0.2
	40 - 50	-	-	-	-	-	0.0
	合計$_{0-50}$	15.2	80.5	12.3	19.7	87.1	214.8
III	0 - 10	9.7	29.5	86.0	115.8	664.6	905.6
	10 - 20	9.0	18.8	122.9	21.8	-	172.5
	20 - 30	4.2	18.8	12.3	-	-	35.3
	30 - 40	1.1	-	12.3	-	-	13.4
	40 - 50	-	-	-	-	-	0.0
	合計$_{0-50}$	24.0	67.1	233.5	137.6	664.6	1126.8
IV	0 - 10	4.8	42.9	122.9	95.6	458.0	724.2
	10 - 20	6.2	24.1	12.3	-	-	42.6
	20 - 30	3.3	10.7	-	-	-	14.0
	30 - 40	-	-	-	-	-	0.0
	40 - 50	-	-	-	-	-	0.0
	合計$_{0-50}$	14.3	77.8	135.2	95.6	458.0	780.9
V	0 - 10	5.9	24.1	73.7	98.1	662.2	864.1
	10 - 20	7.5	24.1	12.3	-	-	43.9
	20 - 30	2.6	8.0	-	-	-	10.7
	30 - 40	0.2	-	-	-	-	0.2
	40 - 50	-	-	-	-	-	0.0
	合計$_{0-50}$	16.3	56.3	86.0	98.1	662.2	919.0

「-」の記号は，根が存在しないことを表す．

いた，深度別の根現存量の結果を第１表と第２表にそれぞれ示す．土壌深度ごとの根現存量をもとめると，ブロックサンプリング法とトレンチ法ともに根現存量の 70％以上が，深さ 0－10cm の表層に存在していることが明らかとなった（第１・２表，第４図）．また根現存量は，ブロックサンプリング法およびトレンチ法ともに，すべての調査位置において，土壌が表層から下層へと深くなるにつれて減少していく傾向がみられた（第４図(a)）．

アカマツ根は，直径 2mm 以下，2-5mm，5-10mm，10-20mm，20mm 以上の 5 つの直径階級ごとに分別された．苅住（1979）の研究のなかで小径根と区別されている，直径 5mm 以下での根現存量は，ブロックサンプリング法では 304g m^{-2}，トレンチ法では 90g m^{-2} であった（第４図(b)）．また一般的に，細根と定義されている直径 2mm 以下の根現存量は，ブロックサンプリング法では 163g m^{-2}，トレンチ法では 18g m^{-2} であった（第４図(c)）．

調査地から採取された，直径 2mm 以下，2-5mm，5-10mm，10-20mm，20mm 以上のサブサンプル根の体積含水率は，それぞれ 34.2%，37.8%，44.5%，44.6%，51.0%であった．



第４図　土壌深度ごとにおける根現存量の分布

(a)は根現存量合計，(b)は直径5.0 mm以下の根現存量，(c)は直径2.0 mm以下の根現存量を表す．濃い色の棒グラフはブロックサンプリング法を表し，薄い色の棒グラフはトレンチ法を表す．エラーバーは標準誤差を表す(n=5)．

3．ブロックサンプリング法およびトレンチ法との比較

ブロックサンプリング法とトレンチ法を比較した直径階級ごとの根現存量を第５図（a-e）に示す．直径 2mm 以下の根現存量では，すべての測線で，ブロックサンプリング法のほうがトレンチ法よりも大きい値が推定された（第５図(a)）．直径 2-5mm の根現存量では，5 測線のうち 4 測線で，ブロックサンプリング法のほうがトレンチ法よりも大きく推定された（第５図(b)）．一方，直径 5-10mm および 10-20mm の根現存量では，1 測線はブロックサンプリング法のほうがトレンチ法よりも非常に大きく推定されているが，他の 4 測線はほぼ１：１の直線上にあった（第５図(c，d)）．直径 20mm 以上の根現存量では，1 測線はブロックサンプリング法のほうがトレンチ法よりも大きく推定され，他の 4 測線ではブロックサンプリング法のほうがトレンチ法よりも小さく推定されていた（第５図(e)）．

考　察

１．アカマツ根現存量

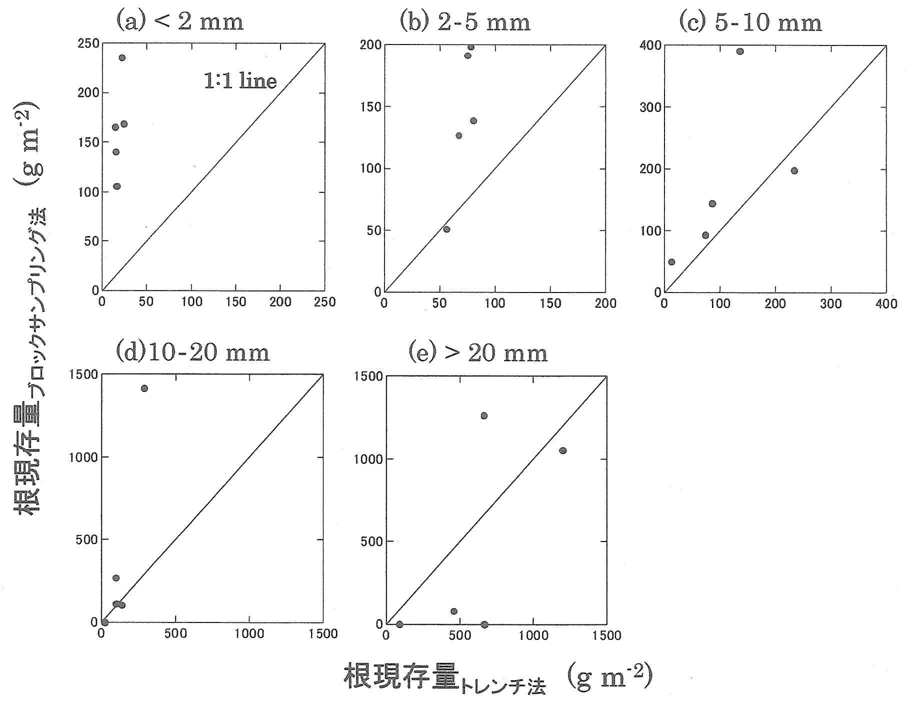
本研究で対象としたアカマツ林の根現存量は，ブロックサンプリング法では 1338g m^{-2}，トレンチ法では 939g m^{-2} であった（第１・２表）．苅住（1979）はアカマツの各直径階級の根現存量と胸高断面積の関係式を報告しているが，本研究のアカマツ林の胸高断面積を用いて推定すると，推定根現存量（根株は除く）は，4044g m^{-2} であった．これらのことから本調査地の根現存量は苅住(1979)の式による推定値より極端に小さいことが明らかとなった．この理由としては，掘り取り位置のアカマツ樹幹部からの距離が大きく影響していると考える．苅住（1979）での掘り取り位置は，個体あたりの根現存量を評価するため樹幹の根元周辺である．一般的に，根系は樹幹部を中心に放射状に分布するため，樹木の樹幹周辺には大径根が多く分布し，根現存

量を多く推定する傾向がある．本研究の調査地点は，基部周辺ではあるが，苅住（1979）に比べて，樹幹部からの距離が 40-160cm と，遠い位置での掘り取りであった．このように樹幹部からの水平距離は，根現存量の値を大きく変動させてしまう要因なため，個体を評価するのか林分を評価するのかなど，求めたい結果に基づいて，十分な考慮が必要であると示唆された．

日本のアカマツ林における直径 5mm 以下および直径 2mm 以下の根現存量は，佐々（1986）と Satomura et al. (2003) のわずか 2 例が報告されているにすぎない (Noguchi et al., 2007). 佐々(1986) のブロックサンプリング法を用いた直径 5mm 以下および直径 2mm 以下の根現存量は，それぞれ 50g m^{-2}，6 g m^{-2} であった．また，Satomura et al. (2003) のブロックサンプリング法を用いた直径 2mm 以下の根現存量は，91g m^{-2} であった．本研究のブロックサンプリング法での根現存量は，これらの研究の値よりも大きな値であった（第１・２表）．本研究の結果は，アカマツの小径根の現存量を評価したという点で貴重であり，日本の森林における根現存量を評価していく上で重要な報告の１つであると考えられる．

2．ブロックサンプリング法とトレンチ法の比較

ブロックサンプリング法とトレンチ法とでは，同じ調査地点にもかかわらず，直径階級ごとの根現存量にばらつきがあった．これは，ブロックサンプリング法とトレンチ法の測定手法の特徴が反映したためだと考えられる．ブロックサンプリング法は，定容の土壌ブロックを採掘する方法であり，その後，篩を使った根の仕分け作業もあり，小径根なども見落とさずに正確に測定することが可能である．しかしながら，大径根については，定容の土壌ブロックの中に，それらの根が入るか否かは，掘り取った箇所に依存してしまい，推定精度は落ちてしまう傾向がある．一方，トレンチ法は，比較的大きな面積の根系分布を測定するため，大径根の分布も現実に近いかたちで評価することができる．したがって根系全体の測定には適しているものと思われる．しかしながら，トレンチ法は，土壌断面上に存在する根を直接目視で観察するため，小径根を見落としがちになってしまい，根現存量を過小評価にしてしまう可能性がある．また，今回トレンチ法で用いた根現存量の推定方法は，土壌断面に対して垂直に伸びていることを前提とし，斜め方向に分枝している根を評価できていないため，このことも根現存量の過小評価の原因となる可能性がある．直径 2 mm 以下，2-5



第５図　ブロックサンプリング法とトレンチ法による根現存量の比較

１：１の直線は，ブロックサンプリング法とトレンチ法における根現存量の均等線を表す．
(a)-(e)は、根の直径階を表す．

mm の根現存量について，ブロックサンプリング法のほうがトレンチ法よりも多く推定されたのは，これらの原因が大きく影響していると考えられる（第5図(a，b))．

本研究の結果は，それぞれの測定手法の特徴を理解するうえで，根現存量を精度高く測定および推定するための重要な示唆を与えることができる．苅住（1979）では，ブロックサンプリング法は中径根（直径 20mm 以下）までの測定に適しており，トレンチ法は，根系全体の分布把握に適していると報告されている．本研究の結果は，苅住（1979）の報告を支持するものと考えられる．

3．地中レーダ法による根系分布の推定

土壌断面に観察された根の垂直分布と地中レーダ法によって得られたレーダ画像の結果から，直径 20mm 以上のいくつかの根の明瞭な反射波形を得ることが可能であった（第3図)．このことは野外での地中レーダ法による太い根の検出が有効であることを意味している．

しかしながら直径 20mm 以下の根では，明瞭なレーダ反射波形がいくつかみられたものの，その根の存在を特定するためには不十分な波形が多かった．また直径 20mm 以上の大径根が存在しない位置でもレーダ反射波形がしばしば確認された（第3図)．この原因は，土壌の性質および石や礫の存在が検出に大きな影響を与えていると考えられる．実際に，本試験地の土壌は，均一な環境ではなく，粘土層も多く確認された．また，土壌を下層へと深く掘り進めば進むほど石や礫が多く存在した．Butnor et al. (2001) の研究事例によると，地中レーダの反射波形は，砂質土壌・乾燥土壌において明瞭であり解像度が良く，一方，含水比の高い土壌および粘土土壌では検出は困難であると報告した．したがって，本調査地でのレーダ探査は，土壌が異質な環境であるため，地中レーダ法でのすべての根系の検出は難しかったものと思われる．

このように，実際の森林土壌は，石や礫も多く存在し，物理的に異質な土壌環境である．そのためレーダ探査による根系の把握には，今回の実験のように明瞭な反射波形が得られないという難しい課題も多くあるであろう．しかしながら，温室効果ガス排出削減のための京都議定書の中では，森林における炭素吸収の評価対象の一つとして地下部現存量を正確に報告することが求められている．そのなかで，労働力も少なく非破壊的に根系分布や根現存量の推定を可能にする地中レーダ法は，一つの有効な方法になりうるであろう．実際に近年欧米では，地中レーダを用いた非破壊的な方法が導入され (Hruska et al., 1999)，特定な場所では粗根の分布や現存量の推定に有効性を示している．

スギ丸太を模擬根としたマサ土に埋設した実験例では，土壌と模擬根の含水比の違いが，地中レーダによる検出の可否に大きな影響を与える可能性が示唆された (Dannoura et al., 2008)．また体積含水率の異なるスギ根を用いてのマサ土における実験例では，乾燥させた根ではレーダによる反射波形を検出できないことが明らかとなり，さらに，直径 20mm 以上で根の体積含水率が 20％以上の根や，また根同士の間隔が 20cm 以上ある根は，地中レーダ法で明確に特定されることも明らかとなった (Hirano et al., 2009)．本研究は実際の森林の根系分布とレーダ画像による根の検出を比較した国内で初めての試みであり，アカマツの大径根の存在を地中レーダ法により確認できた．しかし，実際には地中レーダ法で検出できない根も存在した．今後の課題としては，実験区や実際の野外の森林土壌環境下においての実験を繰り返しながら，地中レーダ法がどのような場所に適しているかなど，地中レーダ法適用の利点および欠点をひとつずつ明らかにしていくことが，幅広く適用されるために重要であると考える．また，地中レーダ法から根系分布と同時に，根現存量の定量的評価を行うため，レーダ画像から根直径のサイズを把握する精度を向上させることが必要であるだろう．

謝　辞

本実験を進めるうえで，兵庫県立農林水産技術総合センターの職員の方々，ならびに神戸大学農学研究科森林資源学研究室の方々にはたいへんお世話になりました．特に，同センターの橋本忠義氏には現地での調査をお手伝いいただき，また同研究室の上村真由子氏(現：日本大学生物資源学部)，吉村謙一氏，辻貴文氏，辻（浅野）祥子氏，三澤範子氏，本間祥子氏，橋本太郎氏，大杉祥広氏，杉元貴信氏には根系の掘り取り作業や，来る日も来る日も続く根洗いおよび根分け作業をお手伝い頂きました．本研究は文部科学省科学研究費（課題番号　18380095）の助成を受けました．この場をかりて，謝意を表します．

引用文献

Bakker, M.R., Turpault, M.P., Huet, S., Nys, C. 2008. Root distribution of *Fagus sylvatica* in a chronosequence in western France. J. For. Res. 13: 176-184.

Brunner, I., Godbold, D.L. 2007. Tree roots in a changing world. J. For. Res. 12: 78-82.

Butnor, J.R., Doolittle, J.A., Kress, L., Cohen, S., Johnsen, K.H. 2001. Use of groundpenetrating radar to study tree roots in the southeastern United States. Tree Physiol. 21: 1269-1278.

Dannoura, M., Hirano, Y., Igarashi, T., Aono, K., Ishii, M., Yamase, K., Kanazawa, Y. 2008. Detection of Cryptomeria japonica roots with ground penetrating radar. Plant Biosyst. 142: 375-380.

檀浦正子，小南裕志，玉井幸治，後藤義明，上村真由子，金澤洋一. 2006. 京都府南部広葉樹林における短期間に測定された根呼吸量の土壌呼吸量に対する寄与の評価. 農業気象 62: 15-21.

Hirano, Y., Noguchi, K., Miura, S. 2007. Special feature: development and function of roots of forest trees in Japan. J. For. Res. 12: 75-77

Hirano, Y., Dannoura, M., Aono, K., Igarashi, T., Ishii, M., Yamase, K., Makita, N., Kanazawa, Y. 2009. Limiting factors in the detection of tree roots using ground-penetrating radar. Plant Soil. DOI 10.1007/s11104-008-9845-4.

菱拓雄. 2006. ヒノキからみた樹木細根系内の生活環における異質性と生態系機能. 根の研究 15: 5-10.

Hruska, J., Germak, J., Sustek, S. 1999. Mapping tree root systems with ground-penetrating rader. Tree Physiol. 19: 125-130.

IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Basis Summary for Policy,akers, Accessed at http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf. 1-18.

Jackson, RB., Canadell, J., Ehleringer, J.R., Mooney, H.A., Sala, O.E., Schulze, E.D. 1996. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. Oecologia 108: 389-411.

苅住昇. 1979. 樹木根系図説. 養賢堂. 東京. ｐｐ 1-1121.

Kominami, Y., Jomura, M., Dannoura, M., Goto, Y., Tamai, K., Miyama, T., Kanazawa, Y., Kaneko, S., Okumura, M., Misawa, N., Hamada, S., Sasaki, T., Kimura, H., Ohtani, Y. 2008. Biometric and eddy-covariance-based estimates of carbon balance for a warm-temperate mixed forest in Japan. Agr. Forest Meteorol. 148: 723-737.

Makita, N., Hirano, Y., Dannoura, M., Kominami, Y., Mizoguchi, T., Ishii, H., Kanazawa, Y. 2009. Fine root morphological traits determine variation in root respiration of *Quercus serrata.* Tree Physiol. 29: 579-585.

森充広，長束勇，畑山元晴. 1999. 地下レーダの測定原理と適用事例. 農土誌 67: 65-72.

Noguchi, K., Konôpka, B., Satomura, T., Kaneko, S., Takahashi, M. 2007. Biomass and production of fine roots in Japanese forests. J. For. Res. 12: 83-95.

佐々朋幸. 1986. アカマツ林における細根のバイオマスおよびネクロマスの月別変化. 日本林学会関東支部大会発表論文集. 37: 147-150.

Satomura, T., Nakatsubo, T., Horikoshi, T. 2003. Estimation of the biomass of fine roots and mycorrhizal fungi: a case study in a Japanese red pine (*Pinus densiflora*) stand. J. For. Res. 8: 221-225.

Vogt, K.A., Persson, H. 1991. Measuring growth and development of roots. *In* Techniques and Approaches in Forest Tree Ecophysiology. Eds. J.P. Lassoie and T.M. Hinckley. CRC Press, Boca Raton, pp 477-501.

Wells, C.E., Eissenstat, D.M. 2001. Marked differences in survivorship among apple roots of different diameter. Ecology 83: 882-889.

根の研究(Root Research)18(2):49-54(2009)

原著論文

Root Research 根の研究

マイクロバブルによる酸素富加が養液栽培したネギの生育と養分吸収に与える影響

中野明正[1,*]・大木　浩[2]・池部徹男[3]・宇和川　博[4]
鈴木克己[1]・高市益行[1]

[1] 野菜茶業研究所，[2] 千葉県農林総合研究センター，[3] グローバリーテック(株)，[4] 関西電力(株)

要　旨：ネギの養液栽培において，マイクロバブル（Micro-bubble: MB）により根圏に酸素を富加した場合の効果を評価した．養液タンク内の平均溶存酸素濃度は，対照区(エアーポンプによる通気)と MB 区（タンク内の培養液を MB 発生装置に通過させる）でそれぞれ，10.1 mg/L と 13.1 mg/L であり，酸素飽和度は 108%と 150%であり，効果が確認できた．一方で，MB 処理により養液温度が上昇したため，夏季の栽培で導入する場合は液温の管理も合わせて行なう必要がある．

MB 区は，対照区に比べ生育が促進され，草丈が 10%，地上部新鮮重が 28%，最長根長が 13%，根乾物重が 30%それぞれ増加した．根の形態については，側根数の増加などの顕著な形態変化は認められなかった．

ネギ乾物の C，N，K 濃度については有意差が認められなかったが，P，Ca，Mg 濃度では，それぞれ，9%,15%,9%，MB 区で増加した．アニオンについては有意な差は認められなかった．必須微量元素濃度のうち，Fe 以外は MB 区で増加した．特に Cu は 96%，Zn は 69%と大幅に増加した．酸素富加技術については，Cu と Zn とのバランスを含め Fe 栄養に注意して管理する必要がある．

キーワード：酸素濃度，ネギ，マイクロバブル，無機元素，養液栽培

Effects of oxygen enrichment in nutrient solution by micro-bubble (MB) on the growth and nutrient uptake of long-green-onion in hydroponics. : Akimasa NAKANO[1*], Hiroshi OKI[2], Tetsuo IKEBE[3], Hiroshi, UWAGAWA[4], Katsumi SUZUKI[1], and Masuyuki TAKAICHI[1].(*[1] National Institute of Vegetables and Tea Science, [2]Chiba prefectural agriculture and forestry research center, [3]Globally Tech.Co.Ltd. and [4]The KANSAI Electric Power Co.Inc.*)

Abstract: Effects of oxygen enrichment in nutrient solution by micro-bubble (MB) on growth and nutrient uptake of long-green-onion (*Allium schoenoprasum* L.) grown in hydroponics was evaluated. Concentration of dissolved oxygen and oxygen saturation index (%) of nutrient solutions were 10.1 mg/L, 108% in control (aeration by air pump) and 13.1 mg/L, 150% in MB treatment (nutrient solution in a tank was circulated through MB generator). Effect of MB treatment was recognized, however the treatment have nutrient temperature higher than control plot, temperature management of nutrient solution was necessary for the cultivation on summer season on MB treatment.

Shoot length and fresh weight were increased to 110% and 128% of control by MB treatment. Root length and dry weight were also increased to 113% and 130% of control by MB treatment. The morphology of the MB treated root was similar to the control.

There was no significant difference in C, N, K, and anion concentration, however concentration of P, Ca and Mg were increased to 109%,115%,109% of control treatment respectively by MB treatment. Essential micro nutrient expect for Fe were increased by MB treatment, Cu and Zn concentration were increased remarkably to 196% and 169% of the control by MB treatment. Fe concentration management with balance of Cu and Zn must be considered, when the oxygen enrichment technique was applied to hydroponics.

Keywords: dissolved oxygen, hydroponics, long-green-onion, micro-bubble, minerals

2009 年 3 月 11 日受付　2009 年 6 月 17 日受理

＊連絡先　〒470-2351　愛知県知多郡武豊町字南中根 40-1
Fax:0569-73-4744　E-mail:anakano@affrc.go.jp

1．緒　言

マイクロバブルは直径 50 μm 以下の気泡として定義される．通常の通気による気泡は，液中を急速に上昇し液面で破裂する．一方，MB は気泡体積が微細であるため，上昇速度が遅く，長い間液中に滞在し続ける特徴がある．このような微細な気泡を発生させる装置により養液中の溶存酸素濃度を高め，野菜の養液栽培の生産性を高めるために活用する事例もある（上山・宮本，2006）．

養液栽培には様々な方法があるが，比較的酸素条件が良いと考えられる栽培システムである NFT においても，根量の増加に伴い酸素が充分供給されない場合も生じ（枡田ら，1990），養液栽培の生産量増加のためには酸素供給の生育改善効果を評価する必要がある．葉菜類の栽培においては，さらに酸素濃度が低下しやすい湛液式養液栽培の場合が多い．その中でも，ネギはミツバに並ぶ重要な湛液式養液栽培の品目であるため（池田，2002），本研究の対象とした．ネギは原産地が中東の砂漠地帯で，耐塩性が高いが酸素要求量が多いとされる．したがって，ネギの湛液式養液栽培では生育が低下しやすく，充分な循環や通気等の方法で根への酸素供給が必要となる．

本研究では，湛液式養液栽培における酸素の供給法として，養液中の滞留時間が長い MB の効果を検証した．実際の栽培環境において，富加された酸素濃度が維持される状況，またネギの生育および肥料成分の吸収に与える影響について明らかにした．

2．材料および方法

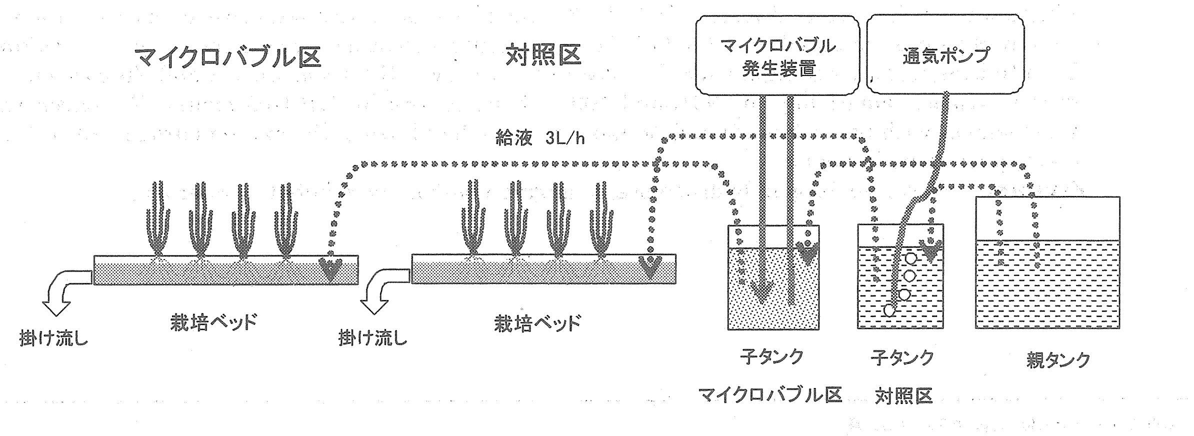
1）栽培方法

ネギ等の養液栽培を行なっている農事組合法人（プロスパ生産組合，大分県）で育苗された播種後 66 日目のネギ苗（品種‘若侍’）を用いた．独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構　野菜茶業研究所，武豊県有拠点のガラス室内の湛液式養液栽培ベッドに 2009 年 1 月 14 日に定植した．栽培は，大塚 A 処方の培養液（EC2.6 dS/m）を使用した．ガラス室内は 13℃以下になると温風暖房機が稼働するように設定した．栽培期間中の昼間の平均気温は 21.6±1.8℃（以下，平均値±標準偏差），相対湿度は 44±12％であった．夜間の平均気温は 12.9±3.3℃，相対湿度は 65±21％であった．

栽培ベッド（M 式水耕研究所（株）社製）を用い，第 1 図に示すように子タンク内にそれぞれの方法で酸素供給を行なった，対照区とマイクロバブル区（MB 区）を設けた．対照区では通気ポンプ（CHIKARA α 4000SW,（株）ニッソー，4.8 L/min）で通気した．MB 区は MB 発生装置（グローバリーテック社製）により培養液中の酸素濃度を高めた．本装置は加圧管路方式（管の中で養液に圧力をかけて酸素を溶解させる方式）であり，養液を流しながら養液中に空気の微細気泡（直径 5～20 μm）を発生させ，水中の酸素濃度を上昇させるものである．

親タンクは 200 L あり，ここに大塚 A 処方の養液を液肥混入機（らくらく液肥混入機 CETW-300,（株）ネットアンドサービス）で作成した．親タンクを 2 つの子タンク（各 50 L）に耐圧ホース（内径 14 mm，長さ 2 m）でつないだ．サイフォンの原理で対照区と MB 区用の子タンクに養液を導入し，子タンクにおいてそれぞれの方式で酸素濃度を富加した．この子タンクを PVC チューブ（内径 3 mm，長さ 9 m）でそれぞれの栽培ベッドにつないだ．同様にサイフォンの原理を利用して，栽培ベッドへと養液を導入する手法を採り，それぞれの区に 3 L/h の速度で新鮮な養液が供給されるように調整した．

通気および MB 装置は，6～15 時までは正時



第１図　ネギ水耕栽培におけるマイクロバブルの効果の検証

から15分間稼働させ，それ以外の時間帯は，18，21，24時にそれぞれ15分ずつ稼働させた．養液栽培における酸素消費については夜間に比べて日中で盛んであり（枡田ら，1990），本実験では特に日中の酸素濃度を富加する設定とした．栽培ベッド（横幅60 cm×縦幅180 cm）は，水深が10 cmになるように排液口を設けた．養液の容積は各区90 Lであり，約1.3日で養液が置き換わる頻度でかけ流した．この栽培ベッドに各区14株のネギを定植した．株間は10 cm，条間15 cmの3条植とした．

2）養液環境の評価

2009年2月9日に，対照区およびMB区の子タンク内(13:45～16：00までの135分間)および栽培ベッドの溶存酸素濃度，酸素飽和度，温度（13：30，14：30，15：30の3回）を，ポーラログラフ式溶存酸素測定装置（InLab605，メトラートレド社製）で電極を約1分間緩やかに攪拌し，値を安定させてから測定した．

3）生育調査

定植28日目の2月10日に栽培を終了し，草丈，分げつ数および最長根長を測定後，地上部の新鮮重と乾物重，根部の乾物重を測定した．

4）元素分析

80℃のオーブンで3日間乾燥後，地上部を微粉砕し，全窒素および全炭素をCNコーダ（JMC1000CN，ジェイ・サイエンス）で測定した．

カチオン分析用の試料は，粉砕試料100 mgに濃硝酸10 mLを加え，マイクロウエーブ分解装置（START D,マイルストーンゼネラル社製）で180℃を10分間保持して分解後，超純水（Simpli Lab-UV, MILLIPORE社製で作製）で希釈し調製した．カリウム（K），リン（P），カルシウム（Ca），マグネシウム（Mg）はICP発光分析(SPS7800,SEIKO Instruments社)で，鉄(Fe)，マンガン（Mn），銅（Cu），亜鉛（Zn），モリブデン（Mo），チタン（Ti），クロム（Cr），ニッケル（Ni），ルビジウム（Rb），ストロンチウム（Sr），バリウム（Ba）はICP-MS（ICPM8500，島津製作所）で測定した．

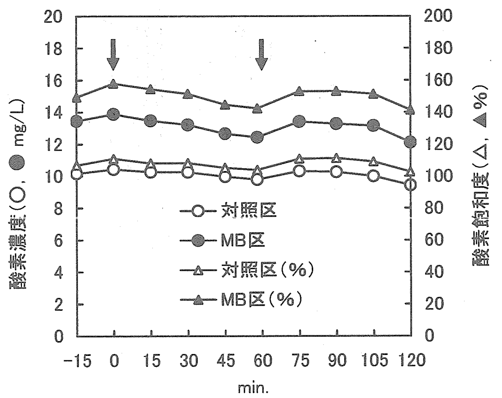
アニオン（硝酸，硫酸，塩化物イオン）分析用の試料は，100 mgの粉砕試料を入れた栓付試験管に5 mLの蒸留水を添加し，120℃で15分間オートクレーブ処理して調製した．その上清を稀釈後，イオンクロマトグラフィー(LC-10AD，島津製作所）で測定した．

3．結　果

1）栽培環境における溶存酸素濃度の変化

a）子タンクにおける溶存酸素濃度の推移

対照区の養液は，通気前の溶存酸素濃度が10.2 mg/L(107%：以下括弧内は酸素飽和度)であったのに対し，通気後は10.4（111%）まで上昇した．MB区では通気前は13.5 mg/L(149%)であったのに対し，通気後は13.9（158%）まで上昇した（第2図）．次の装置の稼働までそれぞれの区で徐々に溶存酸素濃度と酸素飽和度は減少し，通気により再び上昇するパターンであった．測定期間中の溶存酸素濃度の平均値は対照区とMB区で，それぞれ10.1 mg/Lと13.1 mg/Lであり，酸素飽和度の平均値は108%と150%であった．



第2図　子タンク内における酸素濃度の推移
MB：マイクロバブル区，矢印は通気開始を示す．

b）子タンクから栽培ベッドへの養液移動に伴う溶存酸素の変化

溶存酸素濃度は，対照区の子タンクでは9.7 mg/L（105%）であったものが，栽培ベッドに流入する時点で7.8 mg/L (87%）に減少した（第3図）．同様にMB区では，13.4 mg/L(150%)が，11.8 mg/L(132%)になり，濃度および酸素飽和度の減少率ではMB区の方が少なかった．子タンクの温度は，対照区が18.8℃であったのに対しMB区では20.5℃であった．対照区の養液の温度は栽培ベッドへの移動中に19.9℃にまで上昇し，MB区と対照区との差は0.5℃まで縮まった．

c）栽培ベッドにおける培養液の溶存酸素濃度，酸素飽和度および温度の推移

栽培ベッドにおいては，対照区では流入時の7.8 mg/L（87%）が3.9 mg/L（40%）に減少し，MB区では流入時の11.8 mg/L（132%）が5.4 mg/L（57%）となり，ともに約半分になった．

この時栽培ベッドにおける対照区とMB区の水温の差は平均で約0.5℃であった.

2）MBがネギの生育に与える効果

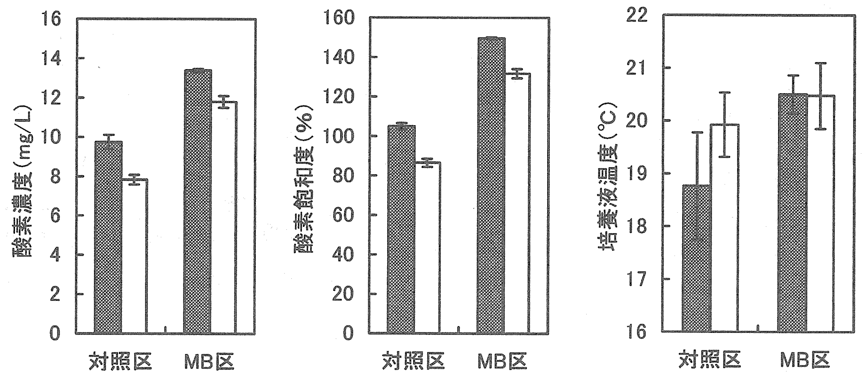
栽培槽の容量が小さく，培養液の交換が速やかであったこともあり（3L/h），各区において，養液入り口から出口にかけての生育の差違は認められなかった．MB区は対象区に比べ，草丈が10%有意に増加した．分げつ数は同数であったが，地上部の新鮮重は28%増加した．MBにより地上部の生育が促進されたことが示された（第1表）．

根に関しては，対照区に比べMB区で，最長根長が13%，乾物重が30%増加した．根の形態については，側根数の増加などの顕著な外観上の変化は認められなかった．

3）MBがネギの元素濃度に与える効果

C，N，Kといった比較的多量に含まれる元素濃度については有意差が認められなかったが，P，Ca，Mgでは，それぞれ，9%,15%,9%，MB区で増加した．また，アニオン濃度については有意な差は認められなかった（第2表）．

必須微量元素のうち，Fe以外はMB区で濃度



第3図　子タンクおよび栽培槽に流入する培養液の酸素濃度，酸素飽和度および温度
MB：マイクロバブル区，■：子タンク内培養液，□：栽培槽へ流入する培養液
縦棒は標準偏差（n=3）

第1表　マイクロバブルがネギの生育に及ぼす影響

	草丈 (cm)	分げつ数	地上部 FW(g)	地上部 DW(g)	最長根長 (cm)	根部 DW(g)
対照区	46.1	6.8	34.8	2.7	23.5	0.36
マイクロバブル区	50.7	6.7	44.6	3.3	26.6	0.46
$t<0.05^{Z)}$	*	ns	*	*	*	*

Z:t検定よる有意差検定，*:5%の危険率で有意差あり，ns:有意差無し．(n=10)

第2表　マイクロバブルがネギの元素・イオン濃度に及ぼす影響(mg/gDW)

	C	N	K	P	Ca	Mg	NO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-
対照区	401	57.2	32.2	5.7	15.0	3.0	39.5	6.6	5.3
マイクロバブル区	402	58.4	32.7	6.3	17.2	3.3	44.3	5.9	5.8
$t<0.05^{Z)}$	ns	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns

Z:t検定よる有意差検定，*:5%の危険率で有意差あり，ns:有意差無し．(n=5)

第3表　マイクロバブルがネギの微量元素濃度に及ぼす影響(μg/gDW)

	Cu	Zn	Fe	Mn	Mo	Ti	Cr	Ni	Rb	Sr	Ba
対照区	5.0	32.0	102.4	198.1	3.0	21.3	17.7	9.4	6.7	17.0	22.7
マイクロバブル区	9.9	54.0	58.4	232.6	4.1	22.7	4.2	2.5	7.1	19.4	25.3
$t<0.05^{Z)}$	*	*	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	*	ns

Z:t検定よる有意差検定，*:5%の危険率で有意差あり，ns:有意差無し．(n=5)

が上昇した（第3表）．特にCuは96%，Znは69%と大幅に増加し，その他の非必須微量元素では，Sr以外は有意な差は認められなかった．

4．考　察

1）MBによる培養液環境の変化

ネギの生育適温は概ね15～20℃前後とされ，25℃を超えると葉の伸長性は低下するが，展開速度は35℃までは高温ほど速いとされる．また，養液栽培においては，根温は28℃までは高温ほど地上部の生育が促進され根の生育には20℃が適している(川越,2001)．今回の栽培条件は，ほぼ適温であったと考えられる．

しかし，子タンク内の養液温度は，対照区に対しMB区で1.7℃も高い状態であった．これは，空気の圧壊により生じる摩擦熱が原因と考えられる．本システムでは子タンクから栽培ベッドへの養液の移動を細いPVCチューブにより行ない，子タンクの培養液温の影響を消去する手法を試みたが完全ではなかった．栽培ベッドにおいても，MB区では平均で0.5℃高くなり，これが生育にプラスに作用した可能性が考えられる．温室内は日中21.6℃，夜間12.9℃と生育に適する温度であったため，養液温度のわずかな差（0.5℃）が今回得られた収量増加に大きく寄与したとは考えにくい．しかし，今後はより厳密に液温を制御し，MBの影響のみを検証する必要がある．一方で，夏季の栽培において，MB処理した養液を直接栽培ベッドに導入する場合は，高温障害を引き起す可能性がある．また，液温の上昇に伴い飽和溶存酸素量が低下するため，充分に酸素富加装置の効果が発揮できないことも考えられる．従って，特に，夏季には液温の管理も合わせて行なう必要がある．

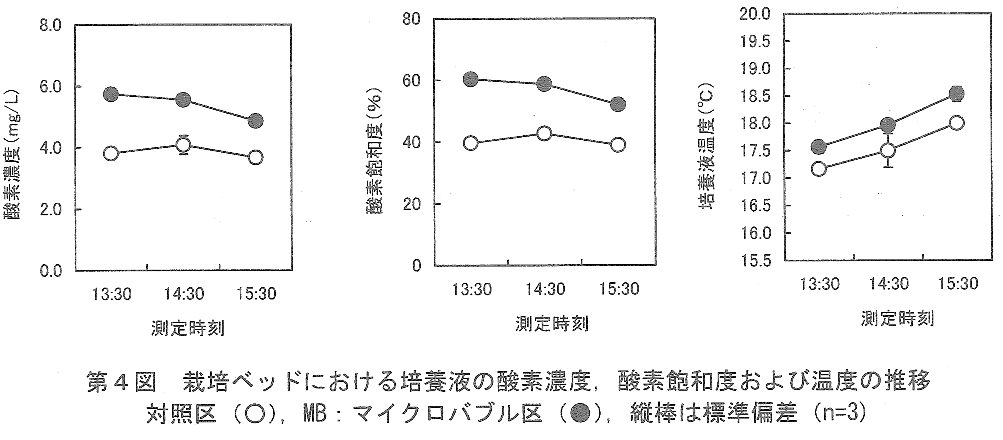
2）MBによるネギの生育促進効果

MBをチンゲンサイに処理した実験では，生育が促進された(福元ら,2008)．この実験では，酸素処理の条件として酸素ガスを使用し，処理後30分後の酸素濃度が20 mg/Lになるように設定され，間断的に4回行なわれただけであった．このような処理でも約12%の収量増加が認められた．また，酸素富加膜で溶存酸素を増加させた場合は，今回の場合と同様の10～12 mg/Lの富加条件が得られ，ミツバで38%の生育の増加が認められ，直接比較はできないが，酸素の効果と思われる生育促進が確認された（草刈ら，2004）．

今回の処理では，ベッドへの流入時の酸素濃度は12 mg/L程度と低く，この濃度が維持されている状態の栽培で，28%の増収が達成されたと考えた．今後は，省エネルギーおよび液温上昇抑制の観点から，どの程度まで通気頻度を低下させても同様の効果が得られるのかを検討する必要がある．また，生産量の増加と本装置の運転費用との関係を明らかにするような実用規模での検討が必要である．

MB装置は通常の通気よりも溶存酸素濃度を高く維持でき，植物の生育を促進させる効果が認められたが，それが培養液の酸素濃度を上昇させたことによる影響であるのか，微細気泡による別の効果なのか評価することは難しい．例えば，MBの表面のマイナス荷電が溶存する陽イオンを引きつけるため，養分吸収が効率的に行なわれているといった仮説も出されている（Park and Kurata, 2009）．他の酸素富加装置などの結果とも比較して生育促進の機構について解明する必要がある．

作物の種類によって酸素の富加の応答が異なることが指摘されている（切岩，2009）．トマトやキュウリなどの果菜類では2 mg/Lという低い溶存酸素濃度にならないと影響が出ないとする報告もある（郭ら，1997）．このように，溶存酸素濃度の影響は作物により異なるが，葉菜類では10～18 mg/Lに最適濃度が存在することが指摘されている．本結果もそれを支持する結果



第4図　栽培ベッドにおける培養液の酸素濃度，酸素飽和度および温度の推移
対照区（○），MB：マイクロバブル区（●），縦棒は標準偏差（n=3）

と言える．また，根に関しては，セルリーにおいて伸長阻害が認められているが，今回使用したネギについてはそのような影響は認められなかった．

3）MB によるネギの元素濃度の変化

酸素富加によりチンゲンサイの葉柄の搾汁液の硝酸濃度が低下し，リン酸濃度が上昇する傾向が示されている（福元ら 2008）．また，トマトにおいてもリン酸の吸収の増加が報告されている（田中ら，2001）．本結果においては，MB 処理により，硝酸を含め硫酸，塩化物イオンなどのアニオンは増加しないものの，P の他，Ca，Mg 等の必須元素濃度が有意に増加した．リン酸や比較的移動しにくい 2 価のカチオンの濃度が高まるという傾向が認められた．ネギの葉先枯れなどは，移動にくい Ca 欠乏で生じることがある．酸素を富加することによりこれらの元素濃度が高く維持できれば品質の向上にもつながる可能性がある．微量元素では Cu や Zn の濃度の上昇が顕著であった．Fe 以外の多くの必須元素で吸収量が増加していたため，根の吸収全般に関与する代謝活性の増加がこれらの養分吸収量を増加させた可能性がある．循環型の養液栽培で酸素を富加させた研究では，pH の低下が認められ，これはカチオンの吸収や酸性物質の放出によるものと推定されている（切岩，2009）．本研究で得られた一連の傾向は，カチオンの吸収が促進された結果を裏付ける結果である．

根の形態に関しては，酸素富加による外観上の顕著な変化は認められなかったが，根毛などが増加して養分吸収が促進された可能性もあるため，今後微細な構造について明らかにする必要がある．

非必須微量元素については Sr が MB 処理により増加した．Sr は Ca と同族体であり，Ca のトレーサーとしても使われることがあり（長嶋ら，2003），Ca と同様の傾向を示したことも性質の類似性が起因しているものと考えられる

Fe については，有意な増加が認められず，むしろ MB 処理によりその含有量が低下する傾向が認められた．これについては，酸素富加により鉄が酸化鉄になり，吸収されにくくなった可能性が考えられる．現在試みられている他の酸素富加においても過剰に吸収される可能性のある Cu や Zn とのバランスも含め養液中の Fe 栄養が適切に管理されていないため収量増加が制限されている可能性がある。Fe を定常的に供給できる資材やバランスのとれた供給法の開発で酸素富加をより安定した増収技術へと高める必要がある．

引用文献

福元康文，橋詰和人，槙本智司，西村安代 2008．養液栽培における培養液のマイクロバブル処理がチンゲンサイの生育と体内成分に及ぼす影響．園学研別 2．531．

池田英男 2002．湛液型循環式水耕．施設園芸協会編 養液栽培の新マニュアル．誠文堂新光社．東京．pp32－55．

郭世栄，橘昌司 1997．トマトおよびキュウリ幼植物の生長と無機栄養に及ぼす培養液の溶存酸素濃度の影響．園芸学会雑誌．66（2）：331－337．

草刈眞一，山崎基嘉，森井正弘 2004．養液栽培ミツバにおける酸素富化膜による高濃度酸素供給とミツバの生育促進効果．大阪府立食とみどりの総合技術センター研究報告．40：1－4．

川城英夫 2001．ネギ．新編　野菜園芸ハンドブック．養賢堂．東京．pp1008－1027．

切岩祥和 2009．高濃度溶存酸素条件に対する作物の応答を知り，上手に技術を活用しよう！．ハイドロポニックス．22（2）：26-28．

枡田正治，沢田英司，松原幸子 1990．NFT 水耕トマトの間欠給液およびその液温がチャネル内養液の溶存酸素濃度に及ぼす影響．園芸学会雑誌．59（3）：565－572．

長嶋真一郎，矢野 良子，田倉 俊彦 2003．ストロンチウム濃度を指標とする地下水動態調査の試み．分析化学．52（10）：911-915．

Park. J.S. and Kurata.K.2009.Application of Microbubbles to Hydroponics Solution Promotes Lettuce Growth. HortTechnology 19.212-215.

田中剛毅，山下洋平，中林和重 2001．溶存酸素濃度の過飽和状態が養液栽培トマトの生育および養分吸収におよぼす影響．植物工場学会誌．13（1）：21-28．

上山智嗣，宮本誠 2006．マイクロバブルの世界．工業調査会．東京．pp167-170．

第30回根研究集会に参加して

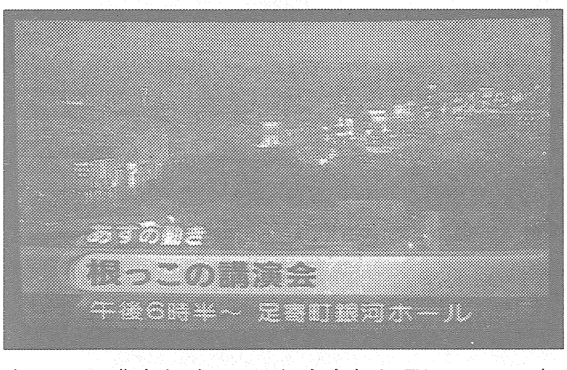
牧田直樹

神戸大学大学院農学研究科

「果てしない大空と～広い大地のその中で～♪」これは，足寄の町が育てた松山千春の名曲「大空と大地の中で」の1節です．どこまでも広がる雄大な自然．今回の開催地である北海道足寄町は，まさにこの歌がどこからともなく聞こえてくるような(実際流れていましたが)，すてきな町でした．第30回根研究集会は，桜真っ盛りな2009年5月8日－10日に北海道十勝平野の北東，足寄町において開催されました．

私は，初めての参加であり，期待と不安が入り混じるなか，根研究集会に臨みました．しかし，会員のみなさまの和やかな雰囲気のおかげで，多くの方々とすぐに打ち解けることができ，非常に有意義な時間を過ごすことができました．

根研究集会に参加して，まず感じたのは，研究の幅広さでした．同じ「根」という植物器官を扱っているものの，その研究試料は作物から茶，樹木に至るまで多岐に渡っていました．さらに研究内容も，根の遺伝子レベルの話から生態系レベルの話まで，また基礎分野から応用分野までと，実に幅広い内容の発表を目にすることができました．特に，樹木細根の生理機能に関する研究を行っている私にとって，作物の研究発表は，どれも新鮮に映りました．樹木は，多年生であり寿命が長いため，一概に作物と比較することは，困難かもしれません．しかし，作物の研究で先進的に進んでいる研究手法や研究概念は，多くの点で参考になると強く思います．例えば，植物ホルモンと成長の関係は？組織細胞の発達と生理機能の関係は？などなど．野外における樹木根の研究では，いまだこれらの疑問に十分に答えることはできていません．最新の研究成果を知ると同時に，根を様々な視点から見ることができる根研究集会は，分野を超えた交流の場となり，根の機能や役割の包括的な理解の場となる，重要な役割を担っていると感じました．



根っこの講演会がNHKで紹介されたTV画面の写真

基調講演では，根の研究の功労者である谷本英一先生が，これまでの研究成果と根の研究の今後の課題について講演してくださいました．植物ホルモンや成長調節物質は，植物の成長を制御するという重要な機能をもつ．谷本先生のお話は，まるで1つのドラマのように興味深く，植物とともに歩んできた谷本先生の人生を垣間見ることができました．

そしてなんといっても，連日連夜続いた，夜のひと時は，忘れられない思い出です．顔を真っ赤にしながら，心ゆくまで語り合う．大御所の方々の寝息を子守唄代わりに夢路につく．普段はなかなかお話できない方々と，このような時間を共に過ごせたことは，私のような学生にとって非常に勉強になると同時に，良い出会いの場となりました．

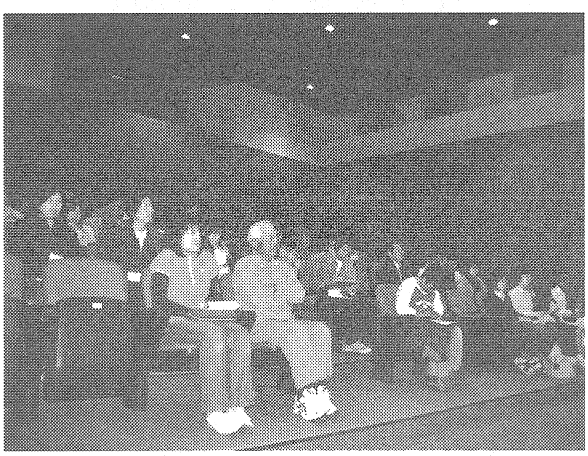
最後になりましたが，楽しく，そして刺激的な時間を演出して下さった九州大学の久米篤先生，菱拓雄先生をはじめ，九州大学北海道演習林のスタッフの皆様に深く感謝いたします．そして，根研究集会のますますの発展を心より祈念したいと思います．

足寄町のマスコット「あゆみちゃん」になりきっての記念撮影

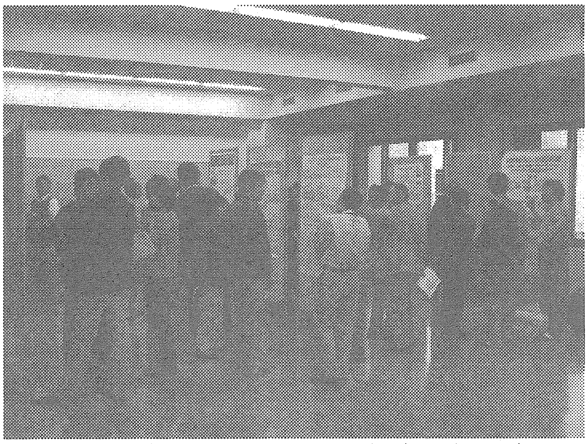
2009年5月26日受付
＊連絡先　〒657-0013 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1
Tel Fax:078-803-5826

第 30 回根研究集会の風景から

九州大学演習林の見学（5 月 8 日）



一般向けの公開講演（5 月 8 日）



活発なポスター発表の討議（5 月 9 日）

東京農業大学の広大な試験圃場(5 月 10 日)

谷本英一先生ご夫妻を囲んでの集合写真

第３０回根研究集会(足寄)プログラム

2009年5月8日（金）

エクスカーション１　九大北海道演習林散策
＜集合場所＞　九州大学北海道演習林事務所
13:30〜
公開講演会　十勝の大地の根を探る
＜場所＞足寄銀河ホール
18：30〜20：30　樹木の根の深い役割　菱拓雄　（九州大学北海道演習林）
　　北の大地の生物生産　伊藤博武（東京農業大学　オホーツクキャンパス）

2009年5月9日（土）

研究集会
＜場所＞　道立足寄少年自然の家ネイパル足寄（研修室）
10：00〜10：30　受付・ポスター展示
口頭発表（午前の部）
【座長：仁木輝緒 拓殖大学工学部】
10：30〜10：45　O1　マイクロバブルによる酸素富加が水耕ネギの生育と養分吸収に与える影響
中野明正[1*]・大木浩[2]・池部徹男[3]・宇和川博[4]・鈴木克己[1]・高市益行[1]（1野菜茶業研究所・2千葉県農林総合研究セ・3グローバリーテック（株）・4関西電力（株））
10：45〜11：00　O2　微小酸素センサーによる根組織内の酸素濃度の測定
高橋三男[1*]・仁木輝緒[2]（1東京高専・物質工・2拓殖大・工）
11：00〜11：15　O3　湿地生樹木における根への酸素供給 －根内酸素濃度の実測と二次通気組織の観察－
柳澤萌人[1*]・益守眞也[1]・山ノ下卓[2]・江崎五郎[3]・丹下健[1]（1東大院農・2東大アジア生物資源環境研セ・3林野庁）
【座長：巽　二郎　京都工芸繊維大学 生物資源フィールド科学教育研究センター】
11：15〜11：30　O4　イネの側根の発達に関わるRcn1/OsABCG5遺伝子
嬉杏奈[1*]・安藤美保[2]・小川敦史[3]・木藤新一郎[4]・塩野克宏[2]・阿部淳[5]・中園幹生[2]・得字圭彦[1]・木下幹朗[1]・高牟礼逸朗[6]・加藤清明[1]（1帯畜大・2東大院農・3秋田県大・4岩大農附属寒冷バイオシステム研究セ・5東大・6北大院農）
11：30〜11：45　O5　薬用植物カンゾウ（甘草、Glycyrrhiza uralensis）のストロン培養システムによるクローン増殖について
高上馬希重[1]・浅津なをみサンドラ[1]・澤聡子[1]・関崎春雄[1]・闞光[2,3]・平岡靖子[2]・村中俊哉[2,3]・大山清[3]・林茂樹[4]・柴田俊郎[4]（1北海道医療大・2横市大・3理化学研・4医薬基盤研薬用植物資源研セ北海道）
11：45〜12：00　O6　ルートモデルによるテンサイの根系構造と形成過程について
吉田渡・伊藤博武・小松輝行・吉田穂積（東京農業大生物産業）
12：00〜13：30　昼休み
13：30〜14：00　根研究会2009年度総会
特別講演
【座長：唐原一郎　富山大学 大学院理工学研究部（理学）】
14：00〜15：00　S1　根の成長追跡３０年、オーキシンとジベレリンによる制御
谷本英一（名古屋市立大学・院・システム自然科学（名誉教授））
15：00〜15：15　休憩

口頭発表（午後の部）

【座長：藤巻玲路　横浜国立大学 大学院環境情報研究院】

15：15～15：30　O7　ハイマツの樹形は根系の発達によって決まっている
久米篤（九大 農学研究院）

15：30～15：45　O8　連続スキャナ画像に基づくコナラ細根の動態解析手法の開発
大橋瑞江[1*]・中野愛子[1]・木村敏文[1]・壇浦正子[2]・池野英利[1]（1兵庫県大環境人間・2京大農）

15：45～16：00　O9　樹木細根生産量の新たな評価方法としてのルートメッシュ法 -設置方法についての検討-
平野恭弘[1*]・野口享太郎[2]・大橋瑞江[3]・菱拓雄[4]・牧田直樹[5]・Leena Finer[6]（1森林総研関西・2森林総研四国・3兵庫県立大・4九大・5神戸大・6フィンランド森林研）

ポスター発表

16：00～17：30

P1　短節間カボチャ「TC2A」の根系発達と窒素吸収
辻博之，君和田健二，杉戸智子，杉山慶太，村上則幸，大下泰生（北海道農業研究セ）

P2　冷温帯林における細根生産・枯死の季節変動と年変動
福澤加里部[1*]・柴田英昭[1]・高木健太郎[1]・佐藤冬樹[1]・笹賀一郎[1]・小池孝良[2]（1北大・北方生物圏セ・2北大院・農）

P3　薬用植物（カンゾウ）の成長に及ぼす土質・水分条件の影響
大嶺　聖（九大院工）

P4　転換畑におけるアズキの生育と根系発育
小森二葉[1*]・阪口太一[1]・川邊有美[1]・大橋善之[2]・大門弘幸[1]（1大阪府立大学大学院生命環境科学研究科，2京都府丹後農業研究所）

P5　タイ熱帯季節林における細根分解
藤巻玲路[1*]・武田博清[2]・Decha Wiwatwitaya[3]（1横国大・2同志社大・3カセサート大）

P6　幼茶樹生育に及ぼすLED連続照射の影響
本間知夫[1*]・安齋孝祥[1]・松尾喜義[2]・金満伸央[3]・佐藤浩[3]・平本廣幸[3]（1千葉科学大学・2野菜茶業研究所・3スタンレー電気株式会社）

P7　直径の異なるヒノキ細根の生産速度：3年間の観測結果
野口享太郎[1*]・韓慶民[2]・川崎達郎[2]・金子真司[2]・高橋正通[2]・千葉幸弘[2]（1森林総研四国・2森林総研）

P8　樹木細根呼吸量を規定するものは何なのか？～ヒノキ林における細根呼吸量と形態特性の関係～
牧田直樹[1*]・平野恭弘[2]・溝口岳男[2]・小南裕志[2]・石井弘明[3]（1神大院農・2森林総研関西・3神大院農）

P9　イネ種子根に対する側方マンニトール処理が通気組織の発達に与える影響
梅村このみ[1]・曽我祐美[1]・唐原一郎[2*]（1富山大・理・生物・2富山大・院・理工）

P10　スギ根材の応力解放ひずみ
山下香菜（森林総合研究所）

P11　ヒノキの細根と葉の初期分解と分解にともなう養分動態
藤井佐織[1*]・武田博清[2]（1京大・農・2同志社大・理工）

P12　天水田での収量安定性を目指した根系形態改良の試み
犬飼義明[1*]・出口 崇[1]・戸松宏明[2]・狩野麻奈[1]・Roel R. Suralta[1]・Jonathan M. Niones[1]・武田萌[1]・木富悠花[1]・北野英己[3]・山内 章[1]（1. 名大院生命農学・2. 名大農・3. 名大生物開発セ）

18：00～20：00 食事・懇親会・入浴

5月10日（日）

エクスカーション2　東京農業大学オホーツクキャンパス農場ツアー

8:30　ネイパル足寄出発

S1. 根の成長追跡３０年、オーキシンとジベレリンによる制御

谷本英一
名古屋市立大・院・システム自然科学（名誉教授）
(E-mail: tanimoto@nsc.nagoya-cu.ac.jp)

1992 年に JSRR が発足し、「根の研究１巻１号」が森田茂紀さんたちのご努力で発刊されました。研究集会（この研究発表会）は、第１回が 1992 年 5 月 16 日に東京大学で開催され、今回が記念すべき第 30 回となりました。私は 1993 年 3 月の日本植物生理学会年会会場（金沢大学）で「根研究集会の案内」を見て、1993 年 5 月 15 日の第３回研究集会（つくば市アルスホール）に初めて参加致しました。以来１５年間、本研究会を通じて皆様と楽しく、時には厳しく交流をさせて頂きました。まず、ご交友頂いた「根の研究の同士」に厚く感謝いたします。

根の研究１巻１号の森田さんの巻頭言「根研究会の発足にあたって」には、『根の研究を進めることが必要であると私たちは考えています・・』と根の研究の重要性が単刀直入に述べられています。全く同感です。根の研究が必要であるにもかかわらず、研究が進んでいないのは、成長生理学の分野でも同様で、拙文「根の生長と植物ホルモン」（植物の化学調節 1988）にもそのデータと考察を記しています。曰く、「葉条の生長は植物ホルモンに顕著に反応するが根は否／土壌中の根の生長実験は困難／生化学実験用の均一な組織を多量に集めることが困難／、etc.・・・。」茎の生長を中心とした植物ホルモンの生長生理学を専攻してきた私が根の研究を始めたのは 33 年前の 1976 年のことですが、その経緯は、高尚な理念に基づくものではありませんでした。しかし、結果として、他人があまりやらない重要な研究に取り組めたことには満足しています。とはいえ、20 年前の状況が未だに変わらないことに、少々いらだちを覚える昨今です。

本日は３０回記念大会ということで、オーキシンとジベレリンが関係する根の成長研究の歴史を振り返り、根の成長の特徴とその研究技法を次の３点についてお話ししたいと思います。

１）植物の生長計測法：作用機構の研究で必要性が高かった連続記録法の変遷
　～ホルモンの作用発現に要する時間計測のために様々な手法が試みられた～
　シャドウイング法、差動トランス法、走査顕微鏡法、水耕式リゾメータ

２）オーキシンとジベレリン：植物の生長促進ホルモンとして発見されたが、現在では発生・
　形態形成・栄養生長／生殖生長など多彩な制御作用を担っていることが判明。
　オーキシンとジベレリンによる茎の生長と根の成長の相違点。濃度依存性の違い。
　生長＝細胞分裂＋細胞容積拡大、→　個々のホルモンがどちらを制御するのか？
　細胞生長の律速要因としての細胞壁の伸展性との関係
　ホルモン作用の入り口（ホルモン受容体と遺伝子転写制御まで）はかなり解明された。
　しかし、最終的に生長を制御する遺伝子群の解明はあまり進んでいない。
　細胞分裂機構や、細胞壁の構築・改変・成熟・老化のすべての解明が必要か？

３）細胞壁の重要性：生長に伴う細胞壁の合成と再構成。細胞壁伸展性の計測技法。
　細胞壁の化学組成・力学強度など、若さと成熟・老化の分子機構？
～セルロースを中心とした多糖構築の制御は、環境・資源エネルギーの観点からも重要～

O1. マイクロバブルによる酸素富加が水耕ネギの生育と養分吸収に与える影響

中野明正[1*]・大木浩[2]・池部徹男[3]・宇和川博[4]・鈴木克己[1]・高市益行[1]
[1]野菜茶業研究所・[2]千葉県農林総合研究センター・
[3]グローバリーテック（株）・[4]関西電力（株）
（*E-mail:anakano@affrc.go.jp）

【はじめに】

マイクロバブルは直径数μ～50μm 以下の気泡として定義される．通常の通気による気泡は，液中を急速に上昇し液面で破裂する．一方，マイクロバブルは気泡体積が微細であるため，上昇速度が遅く長い間液中に滞在し続ける特徴がある．このような微細な気泡を発生させる装置により養液中の溶存酸素濃度を高め，野菜の養液栽培の生産性を高める効果を検証した．本研究では，ネギの養液栽培システムにおいて富加された酸素濃度が維持される状況，また生育量および肥料成分の吸収に与える影響について明らかにした．

【材料と方法】

1）栽培方法：対照区は通気ポンプ，マイクロバブル（MB）区はマイクロバブル発生装置（グローバリーテック社製）を使用した．本MB発生装置は，加圧管路方式による微細気泡生成装置である．播種後66日目のネギ（品種‘若侍’）をガラス温室内の湛液水耕ベッドに2009年1月14日に定植した．栽培は大塚A処方の培養液（EC2.6dS/m）を使用した．

2）養液環境の評価：2009年2月9日に，対照区およびMB区の子タンク内および栽培ベッドの溶存酸素濃度，酸素飽和度，温度を，ポーラログラフ式溶存酸素測定装置（InLab605，メトラートレド社製）で測定し，本装置の酸素富加能力を評価した．

3）生育調査と分析：定植28日目の2月10日に栽培を終了し，草丈，分げつ数および最長根長を測定後，地上部の新鮮重と乾物重，根部の乾物重を測定した．乾燥粉砕物について，C，N，K，P，Ca，Mg，Fe，Mn，Cu，Zn，Mo，Ti，Cr，Ni，Rb，Sr，Ba，アニオン（硝酸，硫酸，塩化物イオン）を測定した．

【結果と考察】

マイクロバブル発生装置により，タンク内の平均溶存酸素濃度は，対照区とマイクロバブル区でそれぞれ，10.1ppmと13.1ppmであり，酸素飽和度は108%と150%であり効果が確認できた．一方で，マイクロバブル処理により養液温度が上昇するため，夏季の栽培で導入する場合は液温の管理も合わせて行なう必要がある．

マイクロバブル区は対照区に比べ草丈が10%増加，地上部新鮮重は28%増加し生育が促進された．根も同様に，最長根長が13%，乾物重が30%増加した．根の形態については，側根の増加などの顕著な形態変化は認められなかった．

C，N，Kといった比較的多量に含まれる元素については有意差が認められなかったが，P，Ca，Mgでは，それぞれ，9%，15%，9%マイクロバブル区で増加した．アニオンについては有意な差は認められなかった．必須微量元素のうち，Fe以外はマイクロバブル区で増加した．特にCuは96%，Znは69%と顕著に増加した．酸素富加技術についてはFe栄養に注意して管理する必要がある．

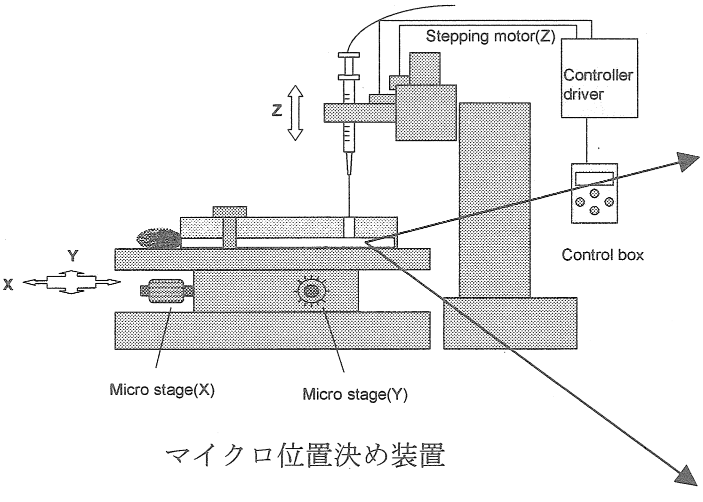
O2. 微小酸素センサーによる根組織内の酸素濃度の測定

高橋三男（東京高専・物質）・仁木輝緒（拓殖大・工）
(taka@tokyo-ct.ac.jp)

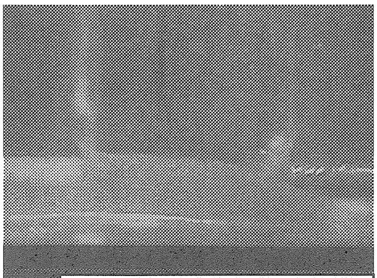
演者らは第２７回根研究集会（福島）、第２８回根研究集会（山口）、において、マイクロセンサーを用い湛水下での根表面近傍の酸素濃度の計測を報告した。根表面近傍の酸素濃度は近似的にはそれらの部位での根の酸素の収支量を反映しているものと考えられ、これらの測定によって先端の部位では酸素濃度の低い値を測定することができた。しかしながら、これらの計測は直接根組織内の酸素濃度を測るという目的に至っておらず、センサーの更なる微小化と根組織内に正確にセッテングする方法が求められた。本報告は、更なる微小センサーの使用と微小（微動）セッテング制御装置の開発により、微小域の酸素濃度の測定を可能としたことを行うものである。

ベニバナインゲンは湛水処理をすると、根の先端が膨潤し、その部位に限局して中心柱柔細胞群の崩壊が起こり、空隙が形成される。この現象を用いて、空隙が存在部位の酸素濃度を測定した。ベニバナインゲンの発芽・根の成長は播種４日目５ｃｍ成長した根に湛水処理を行った（これまでの報告と同じ)。湛水２４時間行い先端部位が膨潤している根をアクリル板で作成した根固定装置（1cm x 1cm x 10cm　１面にセンサーの入るスリットを設ける）に寒天を充填し、その中に根を固定した。根の中心にセンサーを挿入するために、マイクロ位置決め装置を作製した。

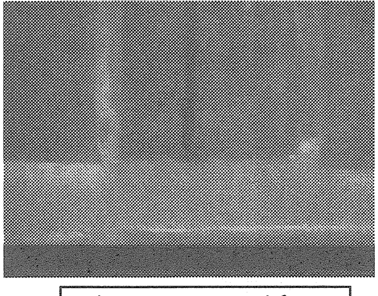
センサーはステッピングモーターと連動しており、コントローラドライバを使ってＸ軸、Ｚ軸方向それぞれ最小距離が1μmづつ移動しながらでも計測が可能とした。さらに根を固定する台座もマイクロステージとなっておりＸ軸、Ｙ軸方向に移動可能である。センサーの移動はCCDカメラを使って目視によっても確認できるようにした。形態観察は処理前後に根の各部位からの徒手切片にて行った。根組織内の酸素濃度の結果は当日発表する予定である。



マイクロ位置決め装置



根先端とセンサー



根にセンサー挿入

O3. 湿地生樹木における根への酸素供給
ー根内酸素濃度の実測と二次通気組織の観察ー

*柳澤萌人[1] 益守眞也[1] 山ノ下卓[2] 江崎五郎[3] 丹下健[1]
1.東大・農・造林 2.東大・アジアセンター 3.林野庁 (*連絡先:moeto@fr.a.u-tokyo.ac.jp)

はじめに

湿地の土壌のような低酸素環境では、好気呼吸が制限されることで根の養水分の吸収機能が低下し、植物体全体の成長抑制や枯死をもたらす。低酸素環境に対する耐性が高い植物では、根や茎に形成される通気組織を介して根に酸素が供給され、好気呼吸を維持することができる。樹木においては、基本組織内で形成される一次通気組織だけでなく、茎や根が肥大成長する際にコルク形成層から形成される二次通気組織が重要であると考えられる。湿地に生育する樹木における二次通気組織を介した根への酸素供給を評価するため、根内酸素濃度の測定と二次通気組織の観察を行なった。

材料と方法

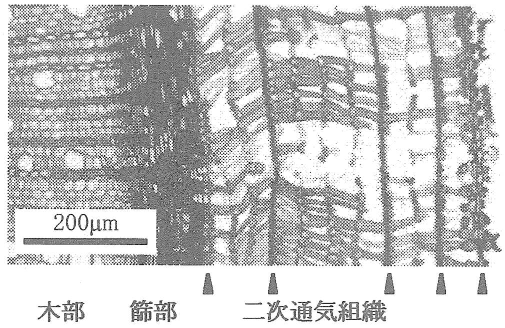
タイの泥炭湿地内外に生育する*Syzygium*属の樹木のうち、湿地生の*S. kunstleri*と*S. oblatum*、非湿地生の*S. grande*の実生苗または挿し木苗を実験材料とした。通気栽培区と低酸素栽培区を設け、自然光型人工気象室内で栽培した。通気栽培区では培養液に十分な空気を通気し、低酸素栽培区では培養液に寒天を０．１％になるように加え、溶存酸素濃度を通気栽培区の１０分の１以下に維持した。

茎や根の切片を作製し、二次通気組織を顕微鏡で観察した。

二次通気組織を介した根への酸素供給機構を評価するため、微小酸素センサーを作製し、根内の酸素濃度を測定した。根内の酸素濃度を測定する前に、供試体の栽培時に水中にあった部位を脱酸素した寒天で覆い、根圏から根への酸素供給を制限した。

結果

低酸素栽培区では３種いずれも篩部の外側に二次通気組織を形成していた。非湿地生の*S. grande*に比べ湿地生の*S. kunstleri*と*S. oblatum*で二次通気組織の細胞間隙が発達している傾向があった。*S. kunstleri*の二次通気組織を高さごとに観察すると、発達している範囲は水中から水面上数cmに限られていた。



低酸素栽培区の*S. kunstleri*の茎横断面
▲ はスベリン化した細胞が密に並んだ層を示

通気栽培区と低酸素栽培区ともに*S. grande*の根内の酸素濃度は低かった。低酸素栽培区の*S. kunstleri*と*S. oblatum*の根内の酸素濃度は高く維持されていたが、水面下の二次通気組織を環状に剥除すると低下した。窒素を充満させたビニール袋で植物体の梢端から徐々に覆うと、水面上５cm程度まで茎を覆った時に根内の酸素濃度が低下し始めた。水面より上の部位全体を袋で覆った時、袋内の酸素濃度に応じて根内の酸素濃度は変化した。

考察

根圏の酸素が低濃度でも二次通気組織が発達した*S. kunstleri*と*S. oblatum*の根内の酸素濃度は高かったことと、二次通気組織の剥除により根内の酸素濃度が低下したことから、二次通気組織を経由して根に酸素が供給されていることが分かった。また、二次通気組織の著しい発達が確認される範囲の茎周囲で酸素濃度を変化させると、根内の酸素濃度が変化したことから、二次通気組織の発達した茎を通じて空気中の酸素が取り込まれていると考えられる。湿地生樹木の*S. kunstleri*と*S. oblatum*に見られる発達した二次通気組織は、根への酸素供給機構の取り込み部位と供給経路として機能しており、低酸素な湿地土壌に生育する上で重要な役割を担っているといえる。

O4. イネの側根の発達に関わるRcn1/OsABCG5遺伝子

嬉杏奈[1*]、安藤美保[2]、小川敦史[3]、木藤新一郎[4]、塩野克宏[2]、阿部淳[5]、
中園幹生[2]、得字圭彦[1]、木下幹朗[1]、高牟礼逸朗[6]、加藤清明[1]
1帯畜大・2東大院農学生命科・3秋田県立大
4岩手大農学部附属寒冷バイオシステム研究センター・5東京大・6北大農院
(*連絡先　E-mail：annaureshi@yahoo.co.jp)

イネの ABC タンパク質 OsABCG5 は、温度感受性のイネ少分げつ突然変異体 *reduced culm number 1* 変異体(*rcn1*)(Takamure and Kinoshita 1985)の原因遺伝子として同定された(Yasuno et al., 2009)。分げつ芽の伸長に加えて *rcn1* は側根の伸長と出根の両方に影響し、種子根の内鞘と内皮へのリグニン沈着と厚壁組織の茶色い物質の沈着が生じることを見出した（嬉ら　2008　第 29 回根研究集会)。今回は、これら側根の発達とリグニンおよび茶色い物質の沈着に対する温度感受性を検討し、*Rcn1* の根の発達における機能解析を試みた。

1/4 倍 MS 液体培地を基本として 28℃18 時間明条件/24℃6 時間暗条件（28℃区）と 38℃18 時間明条件/34℃6 時間暗条件（38℃区）の 2 温度区で 10 日間培養したしおかり(wt)と *rcn1-2*（*rcn1*）の根をサンプリングした。種子根の根端から 1cm 毎に側根の未出根と出根の両方をカウントし、未出根の割合を図に示した。28℃区では、wt の未出側根は根端から 3cm までに分布しているのに対し、*rcn1* は根端から 10cm の基部まで分布した。38℃区で培養すると、wt の未出側根は根端から 3cm、*rcn1* の未出側根も根端から 3cm に分布し、wt との間に差異が無くなった。続いて、種子根の切片のリグニンを染色した。wt では両温度区ともリグニンと茶色い物質の沈着は観察されなかった。一方、38℃区の *rcn1* では、28℃区でみられた内鞘と内皮にリグニンと厚壁組織の茶色い物質が観察されなかった。従って、*Rcn1* の側根の発達への影響には、リグニンおよび茶色い物質の沈着が関連する可能性が示された。今後、厚壁組織に沈着する茶色い物質の特定に加え、*Rcn1* の mRNA あるいはタンパク質の局在とリグニンおよび茶色い物質の沈着する種子根上の部位の関連性を検討する必要がある。

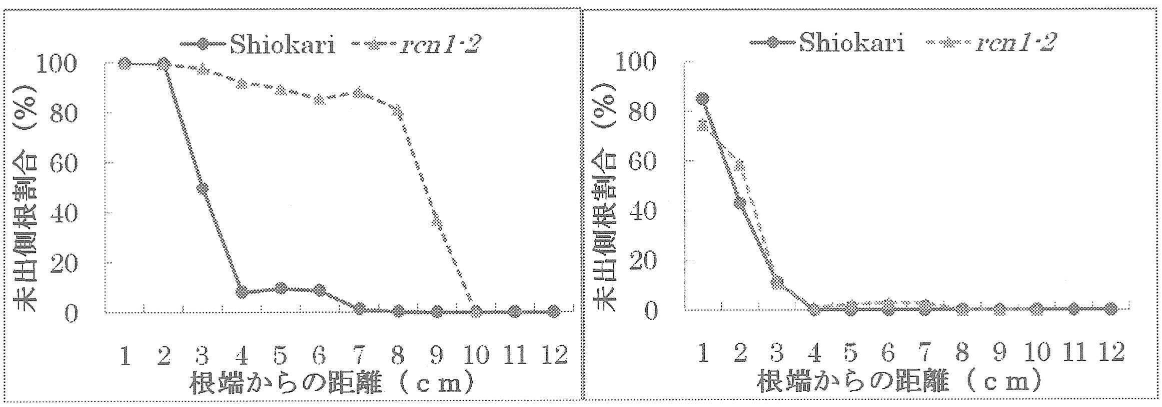


図　28℃18 時間明条件/24℃6 時間暗条件（28℃区）（左）と 38℃18 時間明条件/34℃6 時間暗条件（38℃区）（右）で培養したイネ品種しおかりと *rcn1-2* の 10 日齢の種子根上の各位置の側根の未出側根割合

O5. 薬用植物カンゾウ（甘草、*Glycyrrhiza uralensis*）のストロン培養システムによるクローン増殖について

*高上馬希重[1]・浅津なをみサンドラ[1]・澤聡子[1]・関崎春雄[1]
闞光[2,3]・平岡靖子[2]・村中俊哉[2,3]・大山清[3]・林茂樹[4]・柴田敏郎[4]
[1]北海道医療大学薬学部・[2]横浜市立大学木原生物学研究所・[3]理化学研究所 PSC
[4]医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター北海道研究部
(*E-mail:kojoma@hoku-iryo-u.ac.jp)

薬用植物カンゾウ（甘草、*Glycyrrhiza uralensis*）はマメ科の多年性草本である．根および地下茎（ストロン）は漢方薬原料として最も多用されており，様々な医薬品に広く用いられる．また特有の甘味やフレーバーを有することから天然甘味料、食品添加物としても利用される。主要薬用成分はトリテルペンサポニンのグリチルリチン(glycyrrhizin)である。日本に自生はなく栽培生産も行われていない。中国などの国々の野生品の採取や粗放的な農業栽培により世界に供給されてきたが、近年の消費拡大による資源枯渇や砂漠化などによってその供給量や品質の低下が大きな問題となっている。供給の安定化および品質の安全性を考慮した場合に、日本国内における栽培化や有望な形質を有するカンゾウの育種開発（高グリチルリチン品種など）が切望されている。しかしながらカンゾウの成長には数年を要するなど困難な問題が多く、基礎研究や育種研究は進展していない現状にある。我々はカンゾウの圃場レベルでの栽培環境要因[1)]、薬用成分グリチルリチンなどの二次代謝化合物の生合成研究[2)]、組織培養によるクローン植物体作成研究[3)]などに取り組んできている。

これまでの研究過程で、無菌的な培養環境下でストロンを誘導、増殖する新規システムを作成することに成功した[4,5)]。本研究ではストロン培養システムから再生したクローン植物体の実験環境下における生育制御およびグリチルリチン特性について調べた。

【方法・結果】 *G. uralensis*（系統番号：No. 13905）を実験材料に用いた。無菌植物体の腋芽組織を用いて，暗黒下で液体振盪培養することによりストロン組織を誘導した（Murashige-Skoog 培地、3 or 6% sucrose、0.01 μmol/L NAA、100rpm)。増殖したストロン組織を植物体再生培地（MS 培地、3% sucrose、0.01 μmol/L NAA）に置床し、光照明下で培養した（22℃、蛍光灯照明 FL40SS-W、40mmol・m^{-2}・s^{-1}、16h-L、8h-D)。不定根およびシュートの発生後に再生した植物体を馴化し、培養土を充填したプラスチックポットに移植した。室内に置いた成育制御用育苗棚を用いた。植物育成用蛍光ランプを照明装置に用い（16h-L、8h-D)、温度条件は24℃とした。灌水、液肥投与（HYPONeX^{R}）を適時行った。

ポットに移植後 6 ヶ月目での成育状況は主根乾燥重量：229.5mg、側根：137.0mg であった。またグリチルリチン含有量は 0.88%（主根)、0.08%（側根）であり、本ストロン培養システムによる再生クローン植物体がグルチルリチン生産に有効であることが示唆された。本ストロン培養システムを用いて、「①優良形質を持つ系統の大量増殖（クローン増殖)」、「②均質なクローン植物体を用いた植物生理」、「③ストロン培養組織による二次代謝化合物の生合成」、「④ストロン培養組織による外来遺伝子組み換え技術の開発」、に関する研究を進行中である。

1) 林, The 4th Symposium on KANZO Abstract Papers, 6 (2008).

2) 高上馬ら,根の研究, 12, 197 (2003).

3) Kojoma *et al.*, Plant Tissue Culture Letters, **12**, 145 (1995).

4) Kojoma *et al.*, Journal of Plant Research, 117 supplement, 86 (2004).

5) 高上馬ら, 特許公開 2005-137291 (2005).

O6. ルートモデルによるテンサイの根系構造と形成過程について

吉田　渡・伊藤博武*・小松輝行・吉田穂積
東京農業大学生物産業学部
（*連絡先　E-mail : h-ito@bioindustry.nodai.ac.jp）

テンサイの根系は土壌タイプに起因する土壌物理性の影響を受け，深い根系となる土壌タイプでは高温により蒸散量が多くなっても深い層から吸水することで葉が萎れずに光合成の日中低下を防ぐため，生産性が高くなる（林ら 2005）．北海道内のテンサイ栽培品種・系統の根系分布を調査した伊藤ら（2008）は，深い根張りとなる品種ほど萎れずに高温乾燥条件に耐えていることを報告した．一方，吉田ら（2008）は浅根性品種と深根性品種の根の生長を観察し，根の生長速度には根径の大きさが関係しており，根径の大きい品種ほど根張りが良くなると示唆した．そこで，本研究では，テンサイにおける根系の構造と形成過程をより的確に捉える方法として，パイプモデル理論を応用したルートモデル（田中ら，1994；有馬ら，1996）に基づき，生育にしたがった根系構造の変化と品種間での根系発達の違いについて検討した．

【材料および方法】

本研究では根張りの浅い品種として「アセンド」を，根張りの深い品種として「カブトマル」を用いた．両品種は淡色黒ボク土（東京農業大学寒冷地農場）と褐色森林土（網走市卯原内の農家圃場）の圃場で栽培した．根は 2008 年 6 月から 10 月にかけて月に 1 回の割合で採取した．6 月から 9 月まではオーガーによって，10 月はコアによって採取した．室内にて凍結保存した土壌から根を洗い出し，ルートスキャナ（Regent Win-RHIZO）を用いて根長および根径を測定し，直径階級幅を 0.05mm としてルートモデルを作成した．

【結果および考察】

全期間を通して直径階級約 0.25mm～約 0.30mm に最も大きい根量のピークが認められた．また，他の直径階級をみると，直径階級約 0.40mm～約 0.45mm と約 0.55mm～約 0.60mm でも小さな根量のピークが認められた．「アセンド」の根系は 6 月の根系の規模が「カブトマル」よりも小さく，特に直径階級約 0.40mm 以上の比較的太い根の発達が劣っていた．淡色黒ボク土圃場では生育初期に当たる 2008 年 6 月 12 日に重度の降雹害を受けており，7 月以降の根の生長にその影響が表れていた．直径階級約 0.25mm～約 0.30mm の根量をみると，初期根系発達の劣る「アセンド」は生育の進行にしたがって増加したが，初期根系発達に勝った「カブトマル」は 7 月と 8 月の根量が生育初期の 6 月よりも少なくなり，9 月になって 6 月の根量を上回った．すなわち，生育初期の植物体への損傷が根系発達に及ぼす影響は品種間で異なり，初期発達程度の高い「カブトマル」はその後の根系形成に遅延が生じ，ゆるやかに根系を発達させる「アセンド」では大きな影響がなかったものと推察された．

収穫期における根系をみると，褐色森林土圃場の「カブトマル」は土壌間と品種間の中で最も根長密度が高く，根系発達程度の大きい品種であった．生育初期に直径階級約 0.40mm 以上の比較的太い根系が「アセンド」よりも発達したことで，給水機能を担う細根が分枝し発達したことによって根系発達程度が大きくなったと推察された．その一方，生育初期の根系発達程度が大きくなることは，生育途中での植物体の損傷に対してはその後の根系発達を遅らせる要因となっていることも明らかとなった．

根の研究(Root Research) 18(2)　　(2009)
報　告（第30回根研究会発表要旨）

O7. ハイマツの樹形は根系の発達によって決まっている

久米 篤
九州大学北海道演習林（akume@forest.kyushu-u.ac.jp）

高山や極地などの土壌が未発達な環境では，植物の生長に必要な水分や栄養塩類の吸収は，水分保持能力の低い土壌と未発達な根系によって制約されていると予想されるが，その一方で植生の発達が土壌の発達を促進している可能性もある。日本の山岳地域では，積雪や低温のため，植物の生産活動期間が短く，土壌微生物の活動も不活発なため，高木層が発達できず貧栄養な環境におかれていると推測されてきた。特に日本では大量の積雪や強風の影響が指摘されている[1)]。しかし，日本の山岳植生の成立機構については調査許可やロジスティクスの問題などのため，植生調査などの観察をベースにした説明がほとんどであり，実際の物質的な基礎から調査された例は非常に少ない。

ハイマツ(*Pinus pumila* Regel)は日本の中部山岳を分布の南限とし，高山の森林限界上部に優占するマツ科・マツ属の矮生低木であり，密度の高い樹冠を持ち，比較的大きな群落を形成する。積雪や低温のため，成育可能期間が数ヶ月しかないにもかかわらず，年物質生産量は低地の常緑針葉樹に匹敵するほど大きいと推定されている。そのため，ハイマツ林床に供給される大量のリターは土壌基質として土壌発達に重要な役割を果たしている可能性がある。その一方で，ハイマツの生育環境の多くは土壌が未発達で，根系の機能が大幅に制約されていると考えられる。

そこで，ハイマツの樹高や樹形はどのような環境要因によって規定されているのか，そしてハイマツ植生が存在すると，隣接する草本植生と比較して土壌の発達は促進されるかどうか，ということを明らかにするために，富山県立山で土壌発達と水分環境の現地調査を行なった。立山の標高と地形が異なる 4 地点，浄土(標高 2831m，山頂)・一の越(2705m，尾根)・室堂(2460m，斜面)・ミクリガ池(2425m，谷)において，ハイマツ群落とその周辺植生の土壌水分量測定を行った。土壌水分量は Moisture Meter(Delta-T 社)を用いて表層 5cm の土壌中の含水量(%vol)を測定し，初夏から秋にかけて 9 回，ハイマツ林床と隣接する草地 (ハイマツ林床ではない地面)の土壌水分量をそれぞれ 20 箇所ずつ測定した。このとき，礫や根の存在による有効土壌量の減少についても評価した。

その結果，ハイマツ植生よりもその周辺植生のほうが常に土壌水分量が多いこと，土壌水分量は植生よりも，微地形の影響を強く受けていることが明らかになった。土壌水分特性とハイマツ植生との関係を解析した結果，ハイマツ植生の発達は外部要因によって決まる土壌発達に大きく規定されていること，山岳地帯の土壌発達にはハイマツによる生物的作用よりも物理的作用のほうが卓越していること，そして物理的作用には地形による水移動の違いが影響している可能性が高いことが明らかになった。従来の研究では，地形による風速の違いがハイマツの成長に大きな影響を与えていると説明されていたが，これはむしろ間接的な影響であり，積雪や風環境が土壌環境に影響を及ぼし，それがハイマツの根の発達を規定し，それに応じた地上部の成長・発達が行なわれていると考えられた。

参考文献　1)増沢武弘編　高山植物学　共立出版（印刷中）

O8. 連続スキャナ画像に基づくコナラ細根の動態解析手法の開発

大橋瑞江[1]・中野愛子[1]・木村敏文[1]・檀浦正子[2]・池野英利[1]
[1]兵庫県立大・[2]京大・
(*連絡先 ohashi@shse.u-hyogo.ac.jp)

【はじめに】

樹木は光合成産物の大半を細根の成長に用いる。したがって、細根の成長パターンや変動要因を明らかにすることは、樹木の成長の過程や炭素循環のメカニズムを単木や生態系レベルで理解する上で欠かせない。そこで近年は、ミニリゾトロン法など根の画像を解析して細根の成長を計測する方法が提案されてきた(Majdi., 2005 他)。これらの方法の発達により、根の状態を定期的に取得することが可能となったが、得られた画像から細根の成長を経時的に明らかにするには、通常は多大な労力を必要とする。そのため、画像解析による細根の動態解明は、未だ十分な研究結果が得られていない。そこで本研究は、連続スキャナ画像を用いて細根の成長を解明する手法を開発するため、1）画像における土壌部分と細根部分の分離、　2）画像における半自動的な細根の動態解析、の二つの項目について検討した。

【材料と方法】

研究には、イメージスキャナを用いて京都府の山城試験林で一定時間ごとに撮影したコナラの根画像を用いた(Dannoura et al., 2008)。CCD スキャナ(GT-F650, Epson, Japan)を地面から水平に埋設し、30 分間隔で土壌中を撮影した。画像の総枚数は 283 枚で、約６日間にあたる約１４０時間分であり、画像の大きさは、A4 版の紙に相当する 216×297 ㎜(2448*3401 pixel)である。これらの画像から解析対象とする根系を一つ選び、その周辺部の画像を切り出して、以下の手順解析を行った。

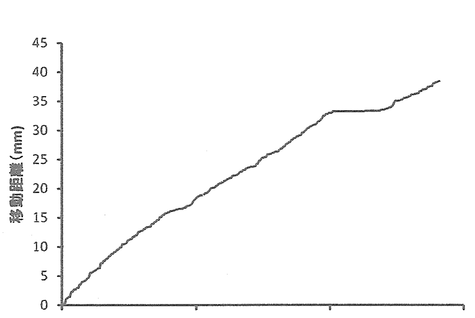
1. 土壌部分と細根部分の分離
   (1) 連続時系列画像において輝度変化が生じている画像ピクセルを抽出する。
   (2) 時間的変化の速い高周波成分を、細根伸長部として分離する。
2. 細根の動態解析
   (1) 強調した細根の先端位置をマニュアルで検出し、2 次元動画計測ソフト（Move-tr/2D, Library, Japan）により追跡する。
   (2) 画像中の細根一本を対象に、先端部分の方向変化、伸長量などのデータを取得する。

【結果と考察】

2.　土壌部分と細根部分の分離

解析の結果、根の成長を画素輝度値の時間変化として捉え、成長している細根先端部分を抽出することが可能となった。分離画像には抽出された根部分が強調されていることを確認した。しかし、根と同じような輝度値を持つ画像変化（その他の土壌中の動きや雑音）についても根と同様に強調されてしまうため、根の成長パターン、形態、色などを考慮することによって分離性能を高めていく必要がある。

2. 細根の動態解析



対象とした細根は、伸長方向の変化はほとんどなく、一定方向に向かって伸長していた。一方、伸長速度(先端の移動速度)については、解析開始後日が最も早く、その後 3 日間はほぼ一定の速度で伸長したが、5 日目に何らかの影響で一時的に伸長が止まる現象が認められた。その後、再び伸長が始まり、約 6 日間で 38㎜ の伸長があった。(図)。今後はこれらの細根の成長特性を数式化し、画像からの細根の抽出効率の向上に用いるとともに、より多くの根の成長データを得ることによって細根の一般的な成長過程についての数理解析を進めることができると考えられる。

O9. 樹木細根生産量の新たな評価方法としてのルートメッシュ法

- 設置方法についての検討-

平野恭弘[1*]・野口享太郎[2]・大橋瑞江[3]・菱拓雄[4]・牧田直樹[5]・Leena Finér[6]
[1]森林総研関西・[2]森林総研四国・[3]兵庫県立大・[4]九州大・[5]神戸大・[6]フィンランド森林研
(*連絡先 yhirano@affrc.go.jp)

【はじめに】

樹木細根は、樹木全体のバイオマスのわずか数%であるものの、生産と枯死を数ヶ月から数年と比較的短い時間で繰り返すため、その生産量は森林の純一次生産量の20-80%にも相当する(例えばVogt et al. 1996 Plant Soil)。したがって、森林の炭素動態を正確に評価するためには、樹木細根の生産量を簡便かつ精度高く評価することが不可欠である。

細根生産量を評価する方法としては、連続土壌コア法やイングロースコア法、ミニライゾトロン法が主流（例えば Noguchi et al. 2007 JFR）であるものの、設置時の土壌撹乱やその後の長期間馴化など問題点が指摘されてきた。これらの欠点を克服できる方法として、近年ルートメッシュ法（Godbold et al. 2003 Tree Physiol）が欧州で提案されている。ルートメッシュ法はネット法とも呼ばれ、平面状のメッシュシートを森林土壌に垂直方向に埋設し、一定期間経過後メッシュを掘り取り、通過した根の本数で根の成長量を評価する方法である。

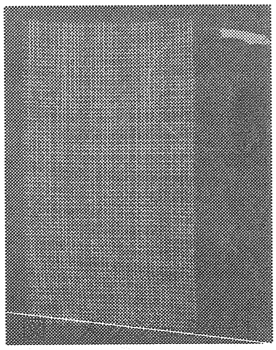
しかしながら国内外ともに報告がわずか数例のため、メッシュの設置から掘り取りまで調査方法は未だ確立されていない。本研究では、わが国の森林へルートメッシュ法の適用が可能か否かを明らかにすること、またルートメッシュ法を確立するため詳細な調査手法を検討することを目的としている。本報告ではこれらの端緒として、ルートメッシュの森林土壌へ簡単かつ素早く設置する方法を検討した。

【メッシュの設置方法】

メッシュシートを森林土壌に埋設する方法として以下の２つの方法を試みた。

① 第４回国際樹木根会議で報告された方法（Godbold et al. 2007, Montagnoli et al. 2007 4th International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants, Book of Abstract)
1. 一枚の長方形ステンレス板（幅 10 cm× 長さ 30 cm 厚さ 2 mm）を森林土壌に差し込みメッシュシート設置用の溝を作る。
2. 土壌に差し込んだステンレス版を引き抜き、メッシュシート(幅 10 cm×長さ 40 cm 目開き 2mm)を二つ折りにしてステンレス板を挟み込む。
3. これらを１であけた溝に差し込んでステンレス板のみ抜くことで、メッシュシートを土壌中に垂直に埋設する。

② 三枚の長方形ステンレス板を用いた改良法
1. 短い一辺を刃状に加工した一枚のステンレス板(幅 10 cm×長さ 30 cm 厚さ 2mm)を森林土壌に差し込みメッシュシート設置用の溝を作る。
2. 厚さの薄い二枚のステンレス板（幅 10 cm× 長さ 30 cm 厚さ 1 mm）に一枚のメッシュシート(幅 10 cm×長さ 20 cm 目開き 2mm)を挟み、これらを１で差し込まれているステンレス板を抜きながら土壌中に差し込む。
3. メッシュシートを森林土壌中に残して二枚のステンレス板を一枚ずつ抜き取ることでメッシュシートが土壌中に垂直に埋設される。



【結果と考察】

従来行われてきた①の方法で設置した場合、メッシュシートを二つ折りにするという点から根の成長を測定する（土壌中に埋設された）シートの面積が曖昧であるということ、さらに根は２枚のメッシュシートの目開き穴を通過するという点という短所があった。本報告で改良した②の方法では、三枚のステンレス板を用いることで一枚のメッシュシートを根の成長するシートの面積が変わることなく埋設することができた。さらに本法ではとくに根の調査に精通していない設置者でもメッシュシート一ヶ所一枚当たり数分以内と効率的設置できることが明らかとなった。今後、本法をイングロース法など他の方法から推定された細根生産量と比較する必要がある。

P1．短節間カボチャ「TC2A」の根系発達と窒素吸収

辻博之，君和田健二，杉戸智子，杉山慶太，村上則幸，大下泰生
北海道農業研究センター(連絡先 tuzihiro@affrc.go.jp)

短節間カボチャ「TC2A」は，株元の節間が短い特性を持つ．本品種の生育初期の草型は，通常品種と異なるため，適正な追肥時期を判断しにくい．また，通常品種と同等の収量を得るには密植栽培が必要であり，その結果，単位面積あたりの生育と窒素吸収は，通常品種に比べて早いと考えられる．そこで，本試験では短節間カボチャ「TC2A」の根系発達と窒素吸収を調査し，適正な追肥時期を検討した．

材料と方法

2007年と2008年に北海道農研センター畑圃場(札幌；火山性土)において，カボチャを露地マルチ栽培（マルチ幅135cm，両端は約10cm折り返し，上部幅70cm）した．供試品種は，「TC2A」，「えびす」(2008年のみ)，「雪化粧」である．条間は「TC2A」が1．5m，「えびす」と「雪化粧」は3m，株間は全品種50cmとした．1区の試験面積は18㎡とし，3反復で試験を行った．カボチャの移植時期は，2007年の6月1日，2008年の5月23日とし，72穴セルトレイで約2週間育苗したセル成形苗（セル苗）と，12cmポリポットで約4週間育苗した3葉期苗（大苗，2008年のみ）を移植した．根系のサンプリングは，2007年6月15日と同年6月28日，2008年6月30日に行った．サンプリングは1区あたり2株または3株の，株近傍(株からの距離5cm)からマルチ外（65cm）にかけて，深さ30cmまで土壌を，直径5cmの円筒を用いて行った．採取した根は，洗浄後にルートスキャナまたはライン交差法により長さを測定した．また，2008年6月24日，7月15日（着果期），8月24日（成熟期）に，1区あたり2個体の地上部を採取し，地上部乾物重と窒素含有率を調査し，両者を乗じて体内窒素含有量を求めた．施肥は基肥として，$N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ を6.5-13.0-6.5g/㎡，追肥として開花期に窒素を3g/㎡施用した．また，開花期追肥の一部に，1.5atom%N^{15}標識硫安を施用した．

結果と考察

マルチ外への根系の発達

セル成形苗移植後2週間の根系は，マルチ内部に留まったが，移植後4週，5週（開花始期）にはマルチ外に達した． 根系発達の品種間差は判然としなかった．

地上部乾物重と体内窒素含有量

7月15日(着果期)の単位面積あたりの体内窒素含有量は，「TC2A」が「雪化粧」を上回った．その後，「TC2A」の体内窒素含有量は頭打ちとなり，成熟期には，品種間差が認められなかった．

追肥窒素の利用

開花始期に追肥施用した標識窒素の利用は着果期にすでに認められた．標識窒素の利用率は，以降も上昇したことから，追肥窒素の吸収は，体内窒素含有量の増加停止後も続き，個体の草勢維持等に利用されていると考えられる．

以上より，短節間カボチャ「TC2A」の追肥は，根がマルチ外に達する，「花着蕾期から開花始期」に行うのが適当と考えられる．

P2．冷温帯林における細根生産・枯死の季節変動と年変動

福澤加里部[1]・柴田英昭[1]・高木健太郎[1]・佐藤冬樹[1]・笹賀一郎[1]・小池孝良[2]
[1]北大北方生物圏セ・[2]北大院農
(caribu@fsc.hokudai.ac.jp)

【はじめに】

森林生態系の生産性、炭素や養分動態に細根が重要な役割を果たしていることが近年認識されてきた。細根生産は地上部で獲得した炭素を使って行われ、細根の枯死・分解により土壌へ炭素や養分が移動するためである。そのような細根の生産量を評価するためには、細根バイオマスだけでなく、細根のターンオーバーや生産・枯死の時間変化を明らかにする必要がある。既往研究での細根生産・枯死の時間変動パターンは気候帯や植生の種類によって異なっており、さまざまなタイプの森林生態系において、長期的にそして環境要因との関係を解明することも必要である。本研究では、北海道北部のササ型林床をもつ冷温帯林における細根動態を明らかにするために、細根バイオマス・ネクロマスと生産・枯死の季節変化および年変動を測定し、環境要因との関係を検証した。

【材料と方法】

調査は北海道北部・北大天塩研究林内の冷温帯林において行った。上層木ではミズナラ、ダケカンバ、シラカンバなどが優占している。また林床には樹木よりも大きな細根バイオマスをもつクマイザサ(*Sasa senanensis*)が密生している。細根バイオマスは土壌オーガーを用いて土壌を採取し、洗浄・乾燥後に重量を測定することにより定量した。細根動態の観測にはミニライゾトロン法を用いた。これは透明のチューブを土壌に埋めておき、そこにカメラを挿入してチューブ壁面に現れた根を撮影・保存し、画像解析によって細根の生産・枯死パターンを把握する手法である。ここでは出現したすべての根の長さを測定し、根長が伸びた場合を生産、消失した場合を枯死とした。生産・枯死・量（根長）はすべて画像面積あたりの根長として評価した。細根バイオマス・ネクロマス（枯死根の重量）の測定は、2003年6,8,9,10月と2004年5,7,9,10月の計8回行った。細根生産・枯死の観測は2002年4月から2005年5月までの期間、植物生育期に月1回の頻度で観測を行い、2003年−2004年には休眠期にも観測を行った。そして細根生産・枯死の時間変動と気温、地温、降水量、土壌水分との関係を比較した。

【結果と考察】

細根バイオマスの全期間平均は837 g m^{-2}で、時間変動が小さかったのに対し、根長密度の時間変動は大きかった。細根生産速度（時間当たりの細根生産量）は植物生育期に高かった。しかし詳細なパターンは年により異なり、2002年には8月の生産が他の月に比べて有意に高かったのに対して2003年、2004年には生育期間内の変化が小さかった。細根生産速度と各月の平均気温・地温との間に有意の相関があった（ともに$P < 0.01$）。しかし温度・土壌水分などの条件がよい9月に細根生産速度が急激に低下したことから、温度・土壌水分などの環境要因以外の植物内部の要因も細根生産の季節性に影響を及ぼしていると考えられた。一方、根長ベースの生産量の年間合計は、2002, 2003, 2004年にそれぞれ13.2, 10.3, 6.8 cm mm^{-1} yr^{-1}であった。それに対して気温、地温の5月から8月の平均値は2002年よりも2004年の方が高くまたその差も小さかった。一方、同時期の降水量は2002年が2003, 2004年よりそれぞれ108, 56 mm多く、湿潤な土壌が2002年の細根生産を促進していると考えられた。その他、枯死、ターンオーバーや重量ベースの生産量についても議論する予定である。

P3. 薬用植物（カンゾウ）の成長に及ぼす土質・水分条件の影響

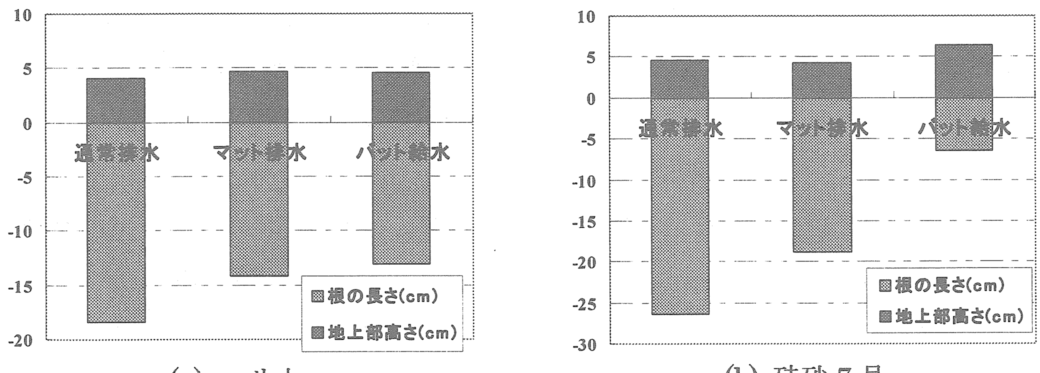
大嶺　聖[1]・安福規之[1]・古川全太郎[2]
[1]九州大学大学院工学研究院（oomine@civil.kyushu-u.ac.jp），[2]九州大学大学院工学府

カンゾウ(甘草：Glycyrrhiza uralensis)は、根部分が漢方薬の原料として利用される薬用植物である。現在日本では、国内で使用しているカンゾウの 100%を中国・アフガニスタン・オーストラリア等からの輸入に依存しており、さらに近年中国では乱獲等による砂漠化を懸念し、輸出規制等の施策が考案されている。従って、カンゾウを国内で栽培・自給することは今後重要な課題である。本研究では「筒栽培」を基本とし、使用する土質の種類や水分条件を変え、カンゾウ栽培に最適な地盤条件を見出すことを目的に、生育初期段階における根の成長の比較を行った。

【材料と方法】　土壌・栄養面で、実験に使用する土質がカンゾウ栽培に適切であるか確認し、施与する栄養を選定するための実験を行った。直径 10cm、高さ 20cm の筒を使用し，土質に関してはマサ土，硅砂および培養土を用いた。種子を温度 25℃の環境で一昼夜水道水に浸して表皮を柔らかくし，プラスチック製のポットに種子を移し替えて発芽させた。その後，直径 10cm、高さ 20cm の塩ビ製筒に移し替え、適宜水と液体肥料を与えた。

給水方法については，通常排水（上部給水，下部排水），マット排水（不織布を下部に垂らす）およびバット給水（バットに水を貯める）の 3 種類を行った。施与する栄養については、液体肥料(大塚培養液 A 処方：［N:P:K:Ca:Mg= 18.6:5.1:8.6:8.2:3.0(me/l)］)を 1 単位として、1/2、1/4、1/8 倍に薄めたものを、それぞれの条件で栽培する個体に施与した。筒に移し替えてから約 2 か月半後の地上部高さ、根の長さを測定した。

【結果と考察】　土質に関しては、マサ土よりも硅砂、培養土の根の伸長が大きいことが示された。これは，マサ土が他の材料と比べて締固まりやすく硬くなったためであると考えられる。栄養条件に関しては、培養液濃度が高い程根の伸びが良いことがわかった。また，図－1 に示されるように，排水条件に関しては、水を溜めたバットの上に筒を置いた「バット給水」は、地下水を求めて根を伸長させるカンゾウの性質から、筒内土壌が湿潤状態にあるとあまり根が伸びないことがわかった。さらに、不織布の上に筒を置き、筒内土壌の乾燥を促す「マット排水」も通常排水より根の伸びが悪いことがわかった。しかしながら，マット排水は水ストレスを与えやすい条件であるため，今後は土質・水分条件の違いと薬用成分であるグリチルリチンの関係を明らかにしていきたい。



(a) マサ土　　　　　(b) 硅砂 7 号

図－1　排水条件による地上部・根の長さ比較

P4. 湛水処理によるアズキの根系構造の変化
Changes in root system structure of adzuki bean (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi&Ohashi) exposed to flooding

小森二葉[1]*・阪口太一[1]・川邉有美[1]・大橋善之[2]・大門弘幸[1]
[1]大阪府立大学大学院生命環境科学研究科，[2]京都府丹後農業研究所
(*E-mail : futaba@plant.osakafu-u.ac.jp)

アズキは規模の大小はあるが日本各地で広く生産されている作物である。主たる産地は北海道の畑作地帯であるが、近畿地方でも京都や兵庫の特産農作物として各地方で育成された品種が水田転換畑で栽培されている。京都では品種‘京都大納言’が 7 月中旬頃に播種されるが、しばしば湿害が問題となり、生産の不安定要因となっている。そこで本研究では、水田転換畑におけるアズキの生育初期の過剰水分条件件に対する応答反応を明らかにするために、特に出芽直後の湛水条件に対する生育を根系の変化に着目して調査した。

供試品種には‘京都大納言’を用い、陽光ランプ（280 μ mol／m²／s）で 18 時間日長（昼夜 25℃）に制御した人工気象室内で実験を行った。コンテナ（縦 61cm×横 43cm×高さ 32cm）内に並べたビニールポット（直径 11cm×高さ 23cm）に本学附属教育研究フィールドの水田土壌（灰色低地土、pH : 6.2、EC : 0.12dS／m）を充填し、播種後 10 日間を畑条件で生育させた。播種後 11 日目にポットを 2 群に分けて、一方（畑区）には適宜灌水を行い、もう一方（湛水区）には土壌表面と水面が同じ高さになるようにコンテナに水を入れ、湛水処理を行った。1 週間の湛水処理後にコンテナ内の水を排出し、全個体を畑条件で栽培した。湛水処理終了直後と湛水処理終了 1 週間後に両処理区からそれぞれ 5 個体を採取し、地上部および地下部の乾物重、総根長、不定根長を測定した。また、処理直後には主根の横断切片を作製し、通気組織の形成について観察した。

処理終了直後において、地上部および地下部の乾物重は畑区に比べて湛水区でわずかに劣った。S/R 比は畑区で 4.7、湛水区で 4.5 とほぼ同程度であった。湛水区における主根の横断切片では，耐湿性のある植物で見られる 2 次通気組織の形成は認められなかった。湛水区では、根の先端が褐変し、総根長は畑区の 3 割程度と著しく抑制された。一方、総根長に占める不定根の割合は、畑区では 2%、湛水区では 29%であった。処理終了 1 週間後において、地上部乾物重は湛水区では畑区の 7 割程度と低かった。地下部乾物重も湛水区でわずかに劣り、その結果、S/R 比は湛水区でより高い値となった。総根長は湛水区では畑区の 8 割程度であり、処理終了直後の両区の差に比べて明らかに小さかった。総根長に占める不定根の割合は、畑区では 0.4%、湛水区では 34%であった。以上のように、処理終了後 1 週間において、湛水区では地上部乾物重の増加程度が劣るものの、総根長および総根長に占める不定根の割合の増加程度が畑区に比べて著しく大きくなることが示された。

湛水ストレス下での不定根形成や通気組織形成には、品種間差異が認められることや、土壌微生物資材の施用が影響することなどが、いくつかのマメ科作物で報告されている。現在、代表的なアズキ品種である‘京都大納言’、‘能登大納言’および‘エリモショウズ’を供試し、アーバスキュラー菌根菌を接種した際の生育初期の湛水処理が不定根形成に及ぼす影響について検討を進めている。さらに、アズキの生育を制御する重要な要素である根粒菌の感染過程やその後の根粒の発達と窒素固定に及ぼす湛水の影響についても明らかにしたいと考えている。

P5. タイ熱帯季節林における細根分解

藤巻玲路[1*]、武田博清[2]、Decha Wiwatwitaya[3]
[1]横浜国立大学、[2]同志社大学、[3]カセサート大学
(*連絡先　E-mail : rfujimak@ynu.ac.jp)

人為的な施肥を行わない森林では落葉落枝や細根などの枯死遺体の分解は、枯死遺体からの養分放出を通じて土壌の養分可給性や炭素蓄積を規定する重要な過程である。有機物の分解や養分放出の速度は、土壌タイプや分解者の活性、分解基質としての有機物の質などによって異なる。地理学的なスケールでは有機物分解速度には気候条件が大きく影響し、なかでも熱帯地域は特に有機物分解速度が速い。より局地的なスケールでは、C:N 比など分解基質の質や微地形的な土壌環境の差異が分解速度に影響をおよぼす。これまで地上部器官に由来する落葉の分解過程については、これらのことについて多くの知見が得られているが、土壌の中で活発に生産・枯死が起こる細根については分解過程に関する知見が少ない。

本研究では、季節的な乾期をともなう熱帯モンスーン気候のタイ国東北部で、代表的な森林植生である乾燥常緑林および乾燥フタバガキ林において細根の分解実験を行い、各植生の細根の分解過程および分解にともなう窒素動態について考察した。当地は 12 月から 2 月までの降雨が極度に少なく、季節的要因による分解への影響が予想される。

乾燥常緑林では、優占樹種である *Hopea ferrea* の細根（<2 mm）および中径根（2-5mm）を、乾燥フタバガキ林では当地で優占していた複数の樹木細根の混合（<2 mm）および下層植生のササの細根（<2 mm）を分解実験に供試した。これらの根は実験前に細根の炭水化物・リグニン濃度を測定した。それぞれ 1mm ナイロンメッシュに入れて表層土壌に埋設し、およそ 2 ヶ月毎に 6 回回収した。乾燥後、重量および炭素・窒素含有量を測定し、分解速度係数(k)を求めた。また、分解による重量減少と実験期間中の平均気温・降水量との相関を求め、季節的な環境要因の変動が分解過程に与える影響について検討した。

根の分解は、乾燥常緑林での *H. ferrea* 細根でもっとも早く(k=1..27)、ついで乾燥フタバガキ林の樹木細根(k=0.73)およびササ(k=0.66)、*H.ferrea* の中径根(k=0.55)でもっとも遅かった。この分解速度の違いは、C:N 比およびリグニン:N 比の違いとおおよそ対応しており、分解速度の違いは化学的性質による影響を強く受けていたと考えられる。平均気温および降水量と重量減少との相関は弱く、当初予想していた季節的要因による影響は弱いと結論した。*H. ferrea* 細根および中継根は分解過程の進行にともなう窒素濃度の増加が認められた。一方で、乾燥フタバガキ林の樹木細根およびササの細根には明瞭な窒素濃度の増加は認められず、特にササでは分解にともなう基質からの窒素放出が認められた。この結果は、乾燥常緑林と乾燥フタバガキ林とで地下部の分解機構が異なることを示している。また乾燥フタバガキ林で優占していたササの根の分解は、土壌の窒素循環速度を速めていることが示唆される。

P6. 幼茶樹生育に及ぼすLED連続照射の影響

本間知夫[1]*・安齋孝祥[1]・松尾喜義[2]・金満伸央[3]・佐藤浩[3]・平本廣幸[3]
([1]千葉科学大学危機管理学部・[2]野菜茶業研究所茶生産省力技術研究チーム・
[3]スタンレー電気株式会社横浜技術センター)

(連絡先：E-mail: thomma@cis.ac.jp)

【はじめに】

ツバキ科の永年生常緑樹である「茶樹」は、その葉から様々な「お茶」が作られ、キレイな白い花を咲かせ、また緑の香りを発してリラックス効果を促す植物である。茶樹が「飲料のための茶を作る」だけの植物という固定概念を越えて、「見て、飲んで（最近は食べて）楽しめる」植物、そして「癒しを与える」植物として捉え、我々の生活空間に積極的に取り入れることでQOLを高めてくれる新しいインドアプランツとしての可能性を秘めていると考えた。インドアの環境は野外と異なるため、茶樹を取り巻く環境が生育に及ぼす影響を調べることが必要である。本研究では、まず環境因子として野外と一番異なる光環境について、人工光としてLEDを利用し、その連続照射が幼茶樹生育に及ぼす影響を調べた。

【実験方法】

野菜茶業研究所の‘やぶきた’1年生苗、および2008年6月に‘やぶきた’挿し穂から二葉二節で挿し木を行い約3ヶ月間密閉挿しした苗を使用した。1年生苗は循環式水耕栽培装置を利用して約1ヶ月間水耕栽培を行い（水耕栽培苗）、その間LED（スタンレー電気株式会社製）を光源として、波長（赤、青、緑、黄、白）および照射距離を変えて連続照射した。なお水耕液は約10日毎に交換した。密閉挿しした苗（密閉挿し苗）は、LED光（波長：赤、青、緑、黄）を苗から約5 cmの高さから連続照射し、2〜3日毎に灌水した。LED照射から約3ヶ月半後に根を掘り出し、総根長の測定および根の太さ別の根長分布を解析した後、乾燥重量（g）を測定した。

【結果・考察】

1）LED照射が地上部生育に及ぼす影響

水耕栽培苗において、LED照射距離を37cmとした時は緑色処理以外の苗は枯死したが、LEDを苗の直上にセットして苗に対する光強度を上げたところ、黄色処理以外の苗は良好に生育した。黄色処理した苗は、照射距離に関係なく照射約1週間後には全て枯死した。赤、青、緑の波長が地上部生育にはプラスの効果が見られ、緑色処理は現状維持、赤色処理は葉の成長の効果が見られた。密閉挿し苗においてもほぼ同様の結果が得られ、特に赤色処理による効果が顕著であった。赤色による光合成促進が考えられた。

2）LED照射が地下部生育に及ぼす影響

太陽光が照射する窓際で水耕栽培を開始すると、それまで存在していた白色根は褐変し、新たに白色根が約1週間以内に現れた。赤色および青色処理した水耕栽培苗でも栽培開始10日後には白色根が現れた。緑色処理した苗では、現れた白色根の数、長さは小さかった。密閉挿し苗については、赤色および青色処理した苗で根の生育が良好（図1）だった。また赤色処理した苗では細い根が多かった（図2）。

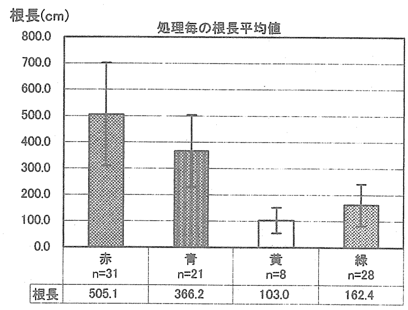


図1 根の生育に及ぼすLED光の波長の影

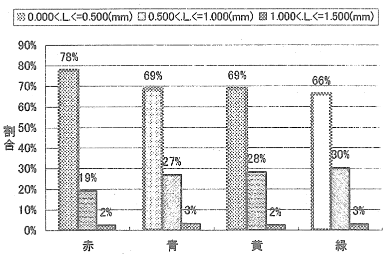


図2 太さ別に分類した総根長に占める根の割

今回、LED光の照射は波長によらず苗に対して同一距離で連続的に行ったが、波長により光強度が異なっていた（10（黄色）〜135（青色）$\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$）。今後は光強度を揃える、照射方法（連続、時間制）や時期（チャは永年生である）などを考慮して、生育への影響をさらに調べる必要があると思われた。

P7. 直径の異なるヒノキ細根の生産速度：3年間の観測結果

野口享太郎[1*]・韓慶民[2]・川崎達郎[2]・金子真司[2]・高橋正通[2]・千葉幸弘[2]
[1]森林総研四国・[2]森林総研（*連絡先 kyotaro@affrc.go.jp）

○はじめに

樹木の細根生産は森林の純生産速度の数十％を占めるとされ、森林の炭素および養分動態において重要な役割を担うと考えられる（例えばHendrick and Pregitzer 1993)。そのため、細根生産速度についての報告は過去10年ほどの間にかなり増えてきたが、国内の報告例は未だ10数例にとどまっており、さらなる知見の収集が求められている（Noguchi et al. 2007)。樹木の細根は一般に直径2 mm以下の根と定義されることが多かったが、生理特性などを考慮した場合、0.5 mm以下など更に細かい分類を行う必要性が指摘されている（Makita et al. 2008)。そこで本研究では、日本の代表的な造林樹種の一つであるヒノキを対象として、直径0.5 mm以下および0.5-1.0 mmの細根の生産速度について調査を行った。

○試験地と調査方法

本研究では、森林総合研究所（茨城県つくば市）構内の10年生ヒノキ林を試験地とした。この林分において3本の個体を選び、2004年8月に直径6 cmの透明アクリル管（ミニライゾトロン）を根元から約70 cmの位置に1本ずつ、地表面に対しほぼ垂直に埋設した。細根画像の撮影はミニライゾトロン設置後6ヶ月を経過した2005年1月に開始し、2008年1月までの3年間、毎月1回の頻度で深さ0-40 cmの位置を繰り返し撮影した。撮影には専用のカメラ（BTC-100X、Bartz Technology社）を利用し、得られた画像の解析には専用のソフトウェア（WinRHIZO Tron MF 2007、Regent 社）を利用した。このようにして得られたデータから、ミニライゾトロン上の直径0.5 mm以下および0.5-1 mmの細根生産速度を算出した。

○結果と考察

土壌の深さ0-20 cm（表層）、20-40 cm（下層）における直径0.5 mm以下の細根生産速度の経時変動を解析した結果、表層では春季（4月頃）と夏～秋季（8～10月頃）の概ね二山型のパターンを示した。これに対し、下層においては春季の細根生産速度が小さく、夏～秋季に増大する一山型のパターンを示した。一方、直径0.5-1 mmの細根の生産速度は一山型または二山型のパターンを示したが、年による変化もあり、その傾向は一定ではなかった。表層および下層土壌におけるミニライゾトロン上の平均細根生産速度（$mm\ cm^{-2}\ yr^{-1}$）は、直径0.5 mm以下の根では約2.3および0.9、直径0.5-1 mmの根では約0.6および0.8であった。このように、直径1 mm以下の根であっても、直径サイズが異なるとその動態が異なることが明らかになった。その理由は現時点では不明だが、サイズが異なる細根では生理特性や機能に差異があるため、土壌の深さや季節の変化に伴う環境条件の変化に対して、異なる反応を示しているのかもしれない。

○引用文献

Hendrick and Pregitzer (1993) Can J For Res 23: 2507-2520.　Noguchi et al. (2007) J For Res 12: 83-95.
Makita et al. (2008) Tree Physiol 29: 579-585.

P8. 樹木細根呼吸量を規定しているものは何なのか？
－ヒノキ林における細根形態特性および土壌栄養条件から考える－

牧田直樹[1*]・平野恭弘[2]・溝口岳男[2]・小南裕志[2]・石井弘明[1]
[1]神戸大農・[2]森林総研関西
(*連絡先; 牧田直樹 makita_701@yahoo.co.jp)

はじめに

森林の炭素循環を解明する上で樹木細根呼吸量を正確に評価することは不可欠である。これまでの研究で、細根（一般に根直径 2mm 以下と定義）からの呼吸量は、それより太い根に比べて非常に高いものの、ばらつきが大きいことが明らかとなっている。この根呼吸量のばらつきの原因には、根系を解剖学的そして生理学的な背景とは関係なく直径 2 mm 以下といった便宜的な方法で分類したことが、理由として考えられる。最近の研究では、直径 2 mm 以下における細根の分枝位置や直径の太さの違いによって、根呼吸量や根の化学組成、あるいは枯死率や分解速度は大きく異なることが明らかにされてきた。したがって、細根呼吸量を正確に評価するためには、直径 2 mm 以下の形態をより詳細に見ていく必要がある。またこれまでの研究では、土壌栄養条件の違いによって、根の現存量や形態および生理特性が変化すると報告されている。そこで本研究では、異なる土壌栄養条件下において、細根系の直径、比根長（SRL: m g^{-1}）といった形態に着目し、樹木細根呼吸量が何によって規定されているかを明らかにすることを目的とした。

材料と方法

調査は、滋賀県大津市北西部に位置する比叡山延暦寺所有の 90 年生ヒノキ人工林で行った。調査プロットは、土壌窒素(N)含有量が高い所と低い所を選抜した後、正方形プロット(10m x 10 m)をそれぞれ 1 箇所設置した。調査日は、2008 年 7 月 17 日、7 月 19 日と 9 月 1 日であり、呼吸量測定中の温度はすべて 25.5±1.0℃であった。成木のヒノキの樹冠下で、傷つけないように採取したヒノキ細根系(末端根を含む手のひらサイズの細根ひとかたまり）を丁寧に水で洗い、土を落とした。それらのサンプル根は、現場ですぐに、小型閉鎖型チャンバー(V=0.3L)と CO_2 ガス変換器 GMP343(VAISALA, Finland)を組み合わせた測定システムを用いて根呼吸量を測定した。細根系の測定試料数は、それぞれの箇所で合計 53 根系ずつ測定した。その後、サンプル根を実験室に持ち帰り、根形態測定システム WinRHIZO Pro 2007a (Regent Instruments, Quebec, Canada) を用いて細根系の形態（根直径・根長）を測定し、乾燥重量、SRL(m g^{-1}) をもとめた。

結果と考察

直径 2 mm 以下のヒノキ細根を用いた根呼吸量の測定から、形態特性の違いによって根呼吸量が異なるという特徴が明らかとなった。直径 2 mm 以下の直径階と根呼吸量の関係では、根直径が小さくなるほど単位重量あたりの根呼吸量は高くなる傾向があり、特に、直径 0.6 mm 以下の根呼吸量はそれ以上の直径の根と比べて非常に高かった。細根系の単位重量コストあたりの根長の値である SRL と根呼吸量の関係では、SRL が増加するにつれて、細根呼吸量が高くなるという関係が明らかとなった。

異なる土壌栄養条件下において根呼吸量を比較してみると、肥沃な土壌下では、貧栄養な土壌下に比べ根呼吸量は高くなる傾向が明らかとなった。特に直径 0.6 mm 以下の根呼吸量の最高値を比較すると、肥沃な土壌下では、貧栄養な土壌下に比べ約 2 倍、根呼吸量が高いことが示された。

本研究の結果から、根直径、SRL といった形態特性の違いが、細根系の呼吸量変動の原因であることを示した。またこれまでの根直径 2 mm 以下という便宜的なサイズによる細根の分類法ではなく、例えば本研究のヒノキ根では、直径 0.6 mm 以下を境に根呼吸量が高くなることから、根呼吸量を根拠とした細根の機能的な分類法を新しく提案できると考えられる。さらに土壌栄養条件の違いは、根呼吸量を規定する重要な要因であることが示唆された。以上のことより、**細根形態特性および土壌栄養条件は**、細根呼吸量を正確に評価するために必要不可欠な指標となりうると考えられる。

P9．イネ種子根に対する側方マンニトール処理が通気組織の発達に与える影響

梅村このみ[1]，曽我祐美[1]，唐原一郎[2※]
[1]富山大・理・生物，[2]富山大・院・理工
(karahara@sci.u-toyama.ac.jp)

イネなど湿地性植物の根の皮層には，しばしば通気組織が発達する。通気組織は皮層の細胞死によって形成され，地上部からの酸素の供給や根からの二酸化炭素を排出する役割を担っている。これまでに，通気組織の研究はトウモロコシにおいて進んでおり，その発達は嫌気条件下で促進され，発達過程にエチレンが関与することがトウモロコシの根においては示されている（Drew et al. 1981)。一方，イネの根においては，通気組織形成は構成的に行われると考えられている一方で，環境による形成制御についても議論されるなど，まだ不明な点が多い（Jackson et al. 1985, Justin and Armstrong 1991, Kawai et al. 1998, Drew et al. 2000)。筆者らは，根の組織発達に対する環境ストレスの影響を検出するために，根の側面を寒天で挟んで2方向から異なる処理を施し，処理区側と対照区側との間で組織の発達を比較する実験系を考案した(赤井ら 第27回根研究集会)。この実験系を用いて，浸透圧ストレスを与える目的でマンニトール処理を行ったところ，アポプラストバリアである内皮細胞の細胞壁の成熟に加え，通気組織についても，マンニトール処理側ではより根端側まで見られた（伊藤ら 第28回根研究集会)。そこで本研究では，イネの根において通気組織形成が環境により調節されるか否かを明らかにするため，通気組織に焦点を絞り，その発達に対するマンニトール処理の影響をより詳細に定量的に解析した。

1/10強度のHoagland培養液に加えて270 mMのマンニトールを含む2%寒天培地と，マンニトールを含まない寒天培地を用意し，これらに向かい合わせで濾紙を載せ，片側の培地の上にシリコンゴムスペーサー（厚さ0.5 mm）と発芽誘導したイネ（*Oryza sativa* L. ssp. *japonica* cv. Nipponbare）種子を交互に並べ，もう片方の培地で挟みこんだ。それぞれの培地に接した濾紙に根を触れさせながら，25℃の暗所において4日間生長させた。マイクロスライサーを用いて根の先端から5 mmおきに厚さ100 μmの横断切片を作成し，明視野顕微鏡下で切片のデジタル画像を取得し，マンニトール処理により通気組織の発達が変化するか否かを調べた。観察直前に処理区側につけた印を目安に，根の横断面を非処理側とマンニトール処理側の二つの領域に分けた。二領域をそれぞれ八つのsectorに分割し，通気組織が形成されたsectorの割合を根の先端からの距離に対してプロットして二項スムージングを行ったのち，横断切片上で通気組織を形成したsectorが40%に達した位置の根端からの距離を内挿により求めて，両側で比較した。その結果，まずマンニトール処理側において通気組織が有意に根端方向まで形成していることが再確認された。次に，通気組織の発達の量的な変化を高い精度で検出するために，横断面における通気組織の面積を測定して数値化した。最も細胞の齢の古い根の基部において，皮層面積に対する通気組織の割合を非処理側とマンニトール処理側で比較したところ，マンニトール処理側でその値が増加していた。また，それぞれの位置における通気組織横断面積に切片の長さ5 mmをかけて，根の基部まで積算することで通気組織体積を推定したところ，マンニトール処理側で通気組織体積の推定値が増加していた。以上より，マンニトール処理側では非処理側と比べて通気組織の発達が時間的にも，また量的にも促進されていることが示唆された。イネにおいて，少なくとも環境によりその形成が変化しうることを明確に証明できたこの実験系は，通気組織研究の優れた実験系となりうる。

P10. スギ根材の応力解放ひずみ

*山下香菜・森林総合研究所木材特性研究領域
(*zaikana@ffpri.affrc.go.jp)

【はじめに】樹木の幹が肥大成長をすると,新しく形成した木部には成長に起因するひずみが生じ,それに相応する応力が発生する(成長応力)。この応力が累積して,樹幹内には応力分布が存在する(残留応力)。直立した通直な樹幹は,ほぼ同心円状に肥大成長し,成長応力の円周分布はほぼ均一である。樹幹の二次木部表面近傍では軸方向に引張(正),接線方向に圧縮(負)の残留応力が存在し,軸方向に縮み(負),接線方向に伸び(正)の応力解放ひずみを生じる。そして,樹芯付近では軸方向に圧縮(負),接線方向に引張(正)応力が存在している。一方,傾斜して生育する樹幹や枝などでは,成長応力の円周分布は不均一である。針葉樹の場合,傾斜木や枝の下部にアテ材が形成されるが,アテ材では特異的に大きな軸方向の圧縮応力が発生して,傾斜上側では軸方向に負の解放ひずみ,下側では軸方向に正の応力解放ひずみを生じる。

根材は,アテ材を形成しないとされており,また,必ずしも肥大成長は同心円状ではない。本研究では,根材にどのような成長応力が発生し,どのような残留応力分布が存在しているのかを明らかにするために,木部表面における応力解放ひずみと,応力解放ひずみの樹幹内分布を調べた。

【試料と方法】森林総研千代田苗畑(茨城県かすみがうら市)に生育する通直な25年生のスギ2個体を用いた。両試料木の根は下方向には伸びず,側根が斜め下方向あるいは比較的水平に近い方向に伸びていた。根の周囲の土壌を取り除き,比較的通直で,分岐がない部位を選んで剥皮した後,上側と下側の木部最外層表面にひずみゲージ(共和電業, KFG-10-120-D16-11)を貼付した。ゲージ中央部から軸方向に±20 mm位置を鋸断し,鋸断前後のひずみをひずみ測定器(共和電業, UCAM-1A, USB11A)で測定した。根の周囲長は46～312 mmであった。また,直径38～48mmの根から,厚さ15mmの柾目板を採材し,柾目面表面の半径方向数カ所にひずみゲージ(共和電業, KFG-10-120-C11-11)を貼付し,ゲージ中央部から軸方向に±20 mm位置を鋸断し,鋸断前後のひずみを測定した。

【結果と考察】樹幹表面の応力解放ひずみは,軸方向に負,接線方向に正で,一般的な傾向を示した。一方,根材表面の応力解放ひずみの傾向は一様でなかった。測定した18本のうち,5本は上側下側ともに軸方向に負,接線方向に正であった(Type1)。7本は,上側では軸方向に負,接線方向に正で,下側では軸方向に正,接線方向に負であった(Type2)。2本は,逆に,上側では軸方向に正,接線方向に負で,下側では軸方向に負,接線方向に正であった(Type3)。2本は,上側では軸方向に負,接線方向に正で,下側では軸方向,接線方向ともに正であり(Type4),1本は,上側ではType4と同様だが,下側では軸方向と接線方向ともに負であった(Type5)。1本は,上側では軸方向と接線方向ともに正で,下側では,軸方向に正,接線方向に負であった(Type6)。偏心成長との関係では,上側に大きく肥大成長している根にはType1,2が,下側に大きく肥大成長している根には,Type1～6が,上側と下側の肥大成長がほぼ同じ根にはType2,4が含まれていた。

軸方向の応力解放ひずみの半径方向分布を3本の根について測定したところ,外側では負,樹芯部では正であったが,外側の片方でひずみが小さい,あるいは正の場合もあった。なお,今回採取した根材を肉眼で観察した範囲では,色が濃いアテ材様の部分は観察されなかった。

以上の結果から,スギの側根においては,成長応力は派生するが,その円周分布は不均一で,材内における残留応力分布もまた不均一であると考えられる。下側に大きく偏心成長している場合を除くと,根の上側における表面の応力解放ひずみは,軸方向に負,接線方向では正である場合が多いが, 根の下側では正負両方の場合があると考えられる。

P11. ヒノキの細根と葉の初期分解と分解にともなう養分動態

藤井佐織（京大院・農）、武田博清（同志社大・理工）
連絡先：(sfujii@kais.kyoto-u.ac.jp)

はじめに

森林生態系において土壌分解系は養分の無機化と土壌腐植の形成という2つの大きな機能をもち、地上部生態系の生産量や構造を決定している。それゆえリターの分解速度や養分の無機化速度に関する研究が数多く行われてきた。しかしこれらのほとんどは葉リターに関する研究であり、葉と同様、毎年分解系に供給される細根についての研究は少ない。多くの森林生態系において細根の年間枯死量は葉と同程度あるといわれ、細根分解は森林生態系の物質循環において重要であると考えられる。したがって本研究では細根の分解速度と分解にともなう有機物組成の変化、無機養分動態を葉のそれと比較し、細根リターが生態系における炭素と養分の動態に及ぼす影響について考察を行った。また、細根リターは葉と異なり地中に直接供給されることから分解場所の影響もあわせて調べた。

材料と方法

京都大学上賀茂試験地のヒノキ林において、リターバッグ実験を行った。分解場所の違いの影響をみるため、細根と葉の両方についてそれぞれ土壌表層に置く処理と土壌中に埋める処理を用意した。設置後、3ヶ月おきに4回回収し、リターの残存重量を測定後、化学分析を行った。有機構成成分に関してはリグニン、ホロセルロース、可溶性炭水化物、ポリフェノールを、養分物質に関してはK、Ca、Mg、P、およびNの含有量を測定した。

結果と考察

葉を表層においたものと細根を土壌中に埋めたものが自然状態における分解に相当する処理であるので、この2処理について比較を行う。リター分解速度は細根より葉で大きく、指数分解モデル(Olson, 1963)に近似したところ、分解速度定数 k は根で0.14 (R^2 = 0.53)、葉で0.51 (R^2 = 0.80)であった。リターの初期成分組成をみると、難分解性であるリグニンは葉より細根で大きく（根43.47 %、葉27.18 %）、易分解性である可溶性炭水化物は細根より葉で大きかった（根6.81 %、葉12.54 %）。この違いが細根と葉の分解速度の違いの主な要因と考えられるが、それに加えてホロセルロースの分解速度が細根より葉で高かったことも一要因であると考えられる。

初期養分濃度は細根と葉で異なったが、養分元素の放出速度の順位は細根と葉で変わらなかった（K > Mg > P > Ca ≒ N)。これら養分元素のうち、窒素に関しては細根と葉で異なる動態を示した。窒素の初期含有率は細根と葉で同等であったが（根 13.27 mg/g、葉 12.71 mg/g)、葉では初期に減少がみられたのに対して細根では減少しなかった。細根では窒素含量の高い柔細胞からなる皮層が難分解性のスベリンやリグニンを含む外皮に覆われていることが知られており、この組織構造的特性が窒素放出率に影響しているのかもしれない。分解場所の影響は葉ではみられたが細根ではみられず、これらの結果より、細根はその基質特性により長期にわたって土壌中に残存し、養分のシンクとして機能していることが示唆された。

P12. 天水田での収量安定性を目指した根系形態改良の試み

犬飼義明[1*]・出口 崇[1]・戸松宏明[2]・狩野麻奈[1]・Roel R. Suralta[1]・
Jonathan M. Niones[1]・武田萌[1]・木富悠花[1]・北野英己[3]・山内 章[1]
1. 名大院生命農学・2. 名大農・3. 名大生物開発セ
(*連絡先 E-mail: inukaiy@agr.nagoya-u.ac.jp)

これまでに我々は、湿潤から乾燥まで連続的な土壌水分勾配を発生させることを可能にする Line source sprinkler 法により、乾燥ストレスに対する成育反応を評価するための最適な方法を確立してきた(狩野ら2006、日本作物学会第221回講演会)。さらに、この方法により様々な品種・系統を評価した結果、タイの水稲品種である KDML105 が非常に優れた耐旱性能力を有していた。またその根系は乾燥ストレス下で著しく発達していたため、これにより低土壌水分下での吸水が可能であったと考えられる。本研究では、この KDML105 が有する乾燥ストレス下での冠根や側根といった根系を構成する個々の根の発生促進機構を解析するとともに、QTL 解析により本形質に関わる遺伝子座の検出を試みた。

KDML105、および対照品種として日本晴を供試し、ストレス処理後36時間で発生する冠根数を比較した。その結果、日本晴の発生数は平均1.0本、一方 KDML105 では平均6.2本であり両者間に明らかな差が認められた。その際、ストレス下における KDML105 での冠根の発生は、通常の栽培条件下では既に冠根形成が終了している下位節からも促されることが明らかとなった。このような傾向は、日本晴では全く観察されなかった。

一方、側根について解析した結果、KDML105 はストレス条件下で明らかに多くの L 型側根（太く長く高次の側根を分枝できる側根）を形成していた。しかしながら、非ストレス下においても日本晴に比べ L 型側根数は多く、そのためストレス下での L 型側根数の増加の割合は日本晴と KDML105 間でほぼ同程度であった。このことは、ストレス下で多くの L 型側根を発生させるためには、ストレス下において特異的に L 型側根の発生を促す遺伝子座のみでなく、ストレスの存在に関わらず、常に L 型側根の形成に関わる遺伝子座にも注目する必要があると考えられた。

次に日本晴/KDML105 の F_2 を供試し、これらの根系形質データと12本の染色体上に設定した58個の DNA マーカーにより解析した遺伝子型データを用い QTL 解析を行った。その結果、LOD 値2.0を閾値にした場合、ストレス下での冠根の発生促進に関わる QTL が第1染色体、および第2染色体にそれぞれ1つずつ検出された。一方、L 型側根数に関わる QTL は第1、および第7染色体に検出可能であった。これまでに我々は、日本晴の第1、および第6染色体の一部をカサラスに置換することにより、L 型側根数が著しく増加する系統の作出に成功している（出口ら2009、日本育種学会第115回講演会)。今後は、日本晴と KDML105 間で新たに検出された QTL 領域を本系統に導入することにより、乾燥ストレス耐性にとってより好ましい根系形態へ改良できるものと期待している。

第31回　根研究集会　開催案内

第31回根研究集会は，日本海に面した米どころ，秋田の中央部に位置する秋田県立大学で行います．美味しいもの，温泉などいろいろある秋田です．遠方での開催になりますが，3連休の初日ですので，大勢の皆様のご参加を心よりお待ちしております．

＜日時＞　2009年11月21日（土）9:30〜17:30
＜場所＞　秋田県立大学　秋田キャンパス　（http://www.akita-pu.ac.jp/）
Ｍ２１６号室　Ｍ２０４号室（ポスター発表会場）
学内が禁酒のため，懇親会は秋田駅周辺を予定しています．会場から懇親会場まではバスでの輸送を予定しています．
＜参加費等＞　研究集会参加費：1,000円（予定），懇親会費：3,500円（予定）
現地見学等は，今のところありません．
＜問い合わせ先，参加発表申し込み・講演要旨の送付先＞
〒010-0195　秋田市下新城中野241-438
秋田県立大学　植物生態生理分野　小川敦史
E-mail: 111111@akita-pu.ac.jp
TEL：018-872-1630　FAX：018-872-1678
＜発表形式＞
◆ 口頭発表：１題15分（発表12分，質疑応答３分）の予定
◆ ポスター発表：１時間を予定しています．
口頭発表の希望が多い場合は，ポスター発表への変更をお願いすることがあります．
ご了承下さい．
＜参加・発表申し込み＞
2009年10月26日（月）までに，電子メールまたはFAXで，以下の様式（ウェブ上にも載せます）で参加・発表申込書を上記の送付先にお送りください．なお，電子メールの表題は「根研究集会申し込み」としてください．申し込みされた後，返信メールを差し上げますが，申し込み後1週間たっても返信メールが届かない場合は，お手数ですが，上記問い合わせ先にご連絡ください．
＜講演要旨＞
2009年11月9日（月）までに，MS-WORDで作成した講演要旨（作成要領は以下を参照）を電子メールの添付ファイルでお送りください．メールが使えない場合は，郵送でプリントアウトしたものをお送りください．なお，電子メールの表題は「根研究集会講演要旨」としてください．
【根研究会事務局からの告示】提出された講演要旨は，そのまま，会誌「根の研究」に再掲するほか，研究会の企画で，ホームページ・J-Stage等で広く公開することがあります．要旨の提出に際し，ご同意頂いたものと見なします．
＜プログラムの概要（予定）＞（発表題数などにより変更の可能性があります）
11月21日（土）
9：30〜10：00　受付
10：00〜12：00　口頭発表

12：00～13：00　昼休み
13：00～14：00　根研究会賞受賞式　受賞講演　会務報告
14：00～15：30　口頭発表
15：30～16：30　特別講演
16：30～17：30　ポスター発表
移動
19：00～21：00　懇親会
＜講演要旨の作成要領＞
添付ファイルで送付していただいたものをプリントアウトして，そのまま白黒で印刷します．
1　Ａ4版1ページに，上下3.0ｃｍ，左右2.5ｃｍずつの余白を取る．
2　冒頭に表題・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．
3　表題：ゴシック系あるいは明朝系の太字・12ポイント・センタリング（中央寄せ）．
4　講演者名・所属・連絡先：明朝系・11ポイント・センタリング．連絡先は括弧に入れる．
5　本文：明朝系・10.5ポイントを目安にする．
その他の詳細は，「根の研究」掲載の要旨集を参考にして下さい．
＜口頭発表の要領＞
口頭発表では，液晶プロジェクターまたは OHP を利用できます．液晶プロジェクターは Windows 対応です．Mac については，パソコンをお持ちいただいてプロジェクターに接続していただいてかまいません．スライドはパワーポイントで作成し，USB メモリでお持ちください． 受付時間中に試写を行ってください．パワーポイントのバージョンは 2003 です．
＜ポスター発表の要領＞
幅 90cm，高さ 180cm のボードを用意します．テープ，ピンを運営委員会で用意します．直前の国際学会からの参加者を想定し，表題，氏名，所属には英訳をつけて下さい．
＜会場へのアクセス＞
JR 秋田駅から JR 奥羽線または男鹿線で青森方面へ 3 駅目の JR 追分駅より徒歩 20 分です．駅からのアクセス，車でお越しの場合の道順（駐車場は十分ございます）などは以下のホームページをご参照ください．
http://www.akita-pu.ac.jp/access/acs_aki.htm
＜昼食＞
土曜日で，学内の食堂および売店が休業しております．最寄りのコンビニは会場から徒歩 15 分ぐらい離れています（ＪＲ追分駅からの途中にあります）．お弁当の注文などを検討いたしますが，できれば各自でご用意頂ければと思います．この件につきましては決定次第，ホームページ等でご連絡いたします．
＜宿泊＞
市内に多くのホテルがありますので，各自お申し込み下さい（特に斡旋はしません）．

集会の最新情報は，随時，根研究会のホームページにも掲載します．
＜運営委員会＞
小川　敦史（秋田県立大学）

ＮＩＡＥＳ　ＭＡＲＣＯシンポジウム2009のお知らせ

「モンスーンアジアにおける農業環境問題と研究の挑戦」と題して、全体会議と５つのワークショップを行います。７月中旬に参加登録受付を開始する予定です。ポスター発表も募集しています（7月31日締め切り）。詳細については、以下をご覧ください。

http://www.niaes.affrc.go.jp/marco/symp2009/symp2009_j.html

主催：独立行政法人　農業環境技術研究所（NIAES）

日時：平成21年10月5日（月）～7日（水）つくば国際会議場（エポカルつくば）

10月5日（月）【シンポジウム】10月7日（水）【総合討論】

10月6日（火）～7日（水）

ワークショップ１：植物機能を利用した食品中重金属低減技術の開発

ワークショップ２：地球温暖化に伴う農作物高温障害の発生，予測と適応戦略

ワークショップ３：モンスーンアジアの植物資源とアレロケミカルの探索

ワークショップ４：水田を中心としたモンスーンアジアの農業生態系と生物多様性

ワークショップ５：農業研究におけるメタゲノミクスの展望

ワークショップ１（植物機能を利用した食品中重金属低減技術の開発）について

10月6日（火）　カドミウム汚染土壌のファイトレメディエーション技術開発
カドミウム低吸収作物の育種と植物のカドミウム吸収機構の解明
ヒ素汚染土壌のバイオレメディエーション技術開発

10月7日（水）　アジア地域におけるヒ素汚染の実態と対策

アジア各国の経済発展にともない、Cd やヒ素などの有害物質による農耕地の汚染問題が広がりつつある。コーデックス委員会は米、小麦、野菜等の食品中 Cd 含量の基準値を作成した。アジア各国では米が主食であり、水田土壌、米の Cd 含量を減らすことが喫緊の課題となっている。最近、バングラデシュでは井戸の１／４がヒ素に汚染され、3000万人以上の人々がヒ素に汚染した飲料水を飲んでいることが報告されている。また、井戸水は灌漑水としても用いられているため、水田のヒ素汚染も懸念される。この国際ワークショップは作物中の Cd を減らすための効果的な植物機能の利用技術の開発を一つの目的とする。また、農業活動との関連で、ヒ素による水・土壌の汚染問題についてのアジア各国の現状の報告を行い、ヒ素汚染対策技術を考えることも目的としている。

講演者(予定)：Jean-Paul Schwitzguébel（EPFL,スイス）、John M. Duxbury（Cornell University, アメリカ）、Fang-Jie Zhao (Rothamsted Research Center, 英国)、C. A. Grant (Agriculture and Agri-Food Canada, カナダ)、Alexander Lux（Comenius University in Bratislava, スロバキア）、Md. Shahjahan Kabir (Bangladesh Rice Research Institute, バングラデシュ)、他多数

コンビナー：荒尾知人（arao@affrc.go.jp、農環研），牧野知之　（農環研）

他のワークショップについては農環研 WEB をご参照下さい。

【カレンダー】

植物・土壌・環境など，根に関わりのある学術集会の情報をお寄せ下さい(E-mail：neken2009@jsrr.jp)

＊各会議の正確な情報はご自身でご確認下さい．申し込み・問い合せは，直接主催者までコンタクトして下さい．
＊海外での会議の日本語名称は，根研究会事務局で便宜的に意訳したものです．

2009年

Plant Biology 2009 (American Society of Plant Biologists 年会) 7月 18-22日
July 18-22, 2009; Honolulu, Hawaii, USA,　http://www.aspb.org/meetings/

植物-微生物の分子的相互作用に関する第14回会議　7月 19-23日
The XIV Congress on Molecular Plant-Microbe Interactions
July 19-23, 2009; Quebec City, Canada;　http://www.ismpminet.org/meetings/

第15回国際サイレージ学会　7月 27-29日　*New!*
XVth International Silage Conference
July 27-29, 2009; Madison, Wisconsin, USA.; http://www.dfrc.ars.usda.gov/ISC/Home.html

第3回日中韓草地農業・家畜生産合同シンポジウム　8月 10-14日　*New!*
The Third South Korea-China-Japan Joint Symposium on Grassland Agriculture and Livestock Production
August 10-14, 2009; Seoul, South Korea: http://grass.ac.affrc.go.jp/Third%20South%20Korea-China-Japan.pdf

第11回　SABRAO 会議(2009年8月，オーストラリア)　8月 10日－14日　*New!*
11th Society for the Advancement of Breeding Research in Asia and Oceania (SABRAO) Conference 2009
(The 14th Australasian Plant Breeding Conference と同時開催)
August 10-14, 2009; Cairns Convention Centre, Tropical North Queensland, Australia
http://www.plantbreeding09.com.au/

第10回国際生態学会議　8月 16日-21日
10th International Congress of Ecology
August 16-21, 2009; Brisbane, Australia
http://www.intecol.net/pages/s003_01.php?table=Event&cate=1&mode=view&idx=64

第7回国際根研究学会(ISRR)シンポジウム　9月 2-4日
7th Symposium of the International Society of Root Research (ISRR)
Root Research and Applications (RootRAP)
September 2-4, 2009, Vienna, Austria（University of Agricultural Sciences, BOKU）
http://rootrap.boku.ac.at/

NIAES　MARCOシンポジウム2009　10月 5-7日　*New!*
ワークショップ1：植物機能を利用した食品中重金属低減技術の開発
ワークショップ2：地球温暖化に伴う農作物高温障害の発生，予測と適応戦略
ワークショップ3：モンスーンアジアの植物資源とアレロケミカルの探索
ワークショップ4：水田を中心としたモンスーンアジアの農業生態系と生物多様性
ワークショップ5：農業研究におけるメタゲノミクスの展望
October 5-7, 2009; つくば国際会議場(エポカルつくば)
http://www.niaes.affrc.go.jp/marco/symp2009/symp2009_j.html

第3回旱魃下の作物生産改良のための統合的アプローチ国際会議　10月 11－16日　*New!*
The 3rd International Conference on Integrated Approaches to Improve Crop Production Under Drought-prone Environments (InterDrought III)
October 11-16, 2009; Shanghai, China;　http://www.interdrought.org/index.jsp

****
第31回　根研究集会　2009年11月21日　秋田県立大学
詳細は，本号に掲載の研究集会の案内をご覧ください．
****

2010 年

****
第 32 回 根研究集会　2010 年 4 月　つくば市
詳細は，後日掲載します
****

第 10 回植物嫌気応答学会会議　6 月
10th Conference of the ISPA
June 2010[日程詳細未定], Volterra, Tuscany, Italy;　http://www.is-pa.org/meetings.asp

Plant Biology 2010 (American Society of Plant Biologists 年会)　7 月 30 日-8 月 5 日
July 30 - August 5, 2008; Montréal, Canada;　http://www.aspb.org/meetings/

第 3 回国際稲会議（IRC2010）＆ 国際稲研究所（IRRI）設立 50 周年
The 3rd International Rice Congress (IRC2010)
[coinciding with the 50th anniversary of the International Rice Research Institute]
2010 年[日程詳細未定]; Hanoi, Vietnam　http: www.irri.org

2011 年
第 18 回国際植物学会議　7 月 17 日-23 日
XVIII International Botanical Congress
July 17 - 23, 2011; Melbourne, Australia; http://www.asiatraveltips.com/news05/277-Melbourne.shtml

第 6 回不定根会議
6th International Symposium on Root Development: Adventitious, Lateral and Primary Roots
2011 年[日程詳細未定]; Quebec, Canada

＝＝＝

「苅住」海外渡航支援のご案内

－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－

2010年1月 －6月 渡航分の申請は2009年10月末日〆切です
2010年7月 －12月 渡航分も10月末日までに申請できます#
募集要項は，次頁をご参照ください

－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－

2010年7月－12月渡航分の申請最終締切は2010年4月末日ですが，
2009年10月末日までに申請すれば，半年早く審査結果が出て
採用の場合は早く助成を受けることができますし，不採用の場合，
半年後に再度応募できます．

－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－

根研究会若手会員（40歳以下）に対する海外渡航費等支援

（日本語名称：根研究会「苅住」海外渡航支援）

（英語名称：JSRR (Karizumi) Young Researcher Travel Award）

根研究会では，若手会員の国際的な活躍を支援するため，海外で開催される学会等において研究成果を公表するため，あるいは，海外での研究・調査のための渡航経費の一部を支援いたします．本支援は，苅住会員による寄付金の一部をより有効に活用するための一環として実施するものです．奮ってご応募ください．

支援目的，支援対象者および支援額
根研究会所属の若手会員（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するため，あるいは，海外での研究・調査のための渡航経費の一部として，毎年50万円を限度として支援します．支援する額は一人当たり5－20万円とします．

旅費の一部を申請するとか，参加登録料の分を申請するという利用の仕方でも結構です．

申し込み先

根研究会事務局（〒113-8657 東京都文京区弥生1-1-1 東京大学 大学院農学生命科学研究科 栽培学研究室 阿部淳気付）ですが，電子メールにMS-Word またはPDFのファイルを添付し *neken2009@ jsrr.jp* にお送り頂いても結構です．

＃数日のうちに受け取りの通知をします．通知が来ない場合は，事務局にご確認下さい＃

審査と決定通知

会長，副会長で協議して支援の可否と支援の額を決定し，締切月の翌月末までに申請者に通知します．

なお，採用人数と支援額は，前期・後期のバランスや年間の総額などを考慮して決定します．

研究成果発表での渡航の場合，根研究会事務局から会議の主催者にも連絡します．

支援を受けた方は，帰国後速やかに研究会誌の「報告」欄に会議の概要を投稿して頂きます．

また，発表課題が事前審査等により受理されなかった場合や都合により渡航できなくなった場合には，支援金全額を速やかに返済して頂きます．

申請書の記載内容（A4 1枚 程度）

（申請は，本人申請を原則とし，学生の場合は指導教員等の承認が必要）

1）申請者の氏名，所属，連絡先，生年月日

（学生の場合は指導教員等の所属・氏名・印鑑をもって指導教員等の承認とします）：

2）会議等の名称と開催期間・開催場所 または 研究・調査の期間・場所：

3）発表課題名または研究課題名(発表の場合は口頭・ポスターなどの発表形式の希望もお書き下さい)：

4）渡航日程：

5）申請額と支援金の使途：

6）現在行っている主な研究の概要（400字程度）

7）研究成果発表の場合は，希望する発表形式（口頭発表，ポスター発表など）

以上

2009年４月末日〆切分の審査結果

2009年4月末日締め切り枠では，次の３名の会員に助成が決定しました（順不同）．いずれも，第7回国際根研究学会(ISRR)シンポジウム(RootRAP)でのポスター発表のための海外渡航です．

・安達祐介（新潟大学・大学院生）10万円
・松本　晃（神戸大学・大学院生）10万円
・山本梨加（神戸大学・大学院生）10万円

公　示

2009年度 根研究会賞　推 薦 受 付 中！(2009年7月25日まで)

本号の巻頭で公示したとおり，上記の規定に基づき2009年度根研究会賞の推薦（自薦も可）を7月25日まで受け付けます．積極的に推薦をお願いします．

－－

根研究会学術賞規定

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会賞を贈り、これを表彰する。
3. 根研究会賞としては、根研究会学術功労賞、根研究会学術奨励賞、根研究会学術論文賞、および根研究会学術特別賞をおく。根研究会学術功労賞および根研究会学術奨励賞は、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会会員の論文を対象とする。発表媒体や発表形態（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。
4. 根研究会賞はいずれも、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、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任期中および任期満了後2年間は推薦すること、あるいは推薦されることができない。

－－

推薦人は，会員でなくても結構です（ただし，学術功労賞・学術奨励賞で自薦の場合は会員に限る）．

推薦状は，A4版の紙1枚に賞の種別，候補者氏名，業績タイトル，業績の概要や意義などを記載して下さい．業績一覧表および論文などの別刷かコピー2部を添付して下さい[#1-3]．業績の概要においては，添付された業績一覧表に挙げた文献との対応が明確になるような配慮をお願いします．

各賞の要件・目安については，次ページをご参照下さい．

#1: 別刷等は，原則としてお返ししません，返却が必要な場合は，その旨お書き添え下さい．

#2: 電子媒体でも結構です．PDF ファイルを CD-R で添えるかメールに添付して下さい．あるいは，誰でも無料で全文を閲覧できる論文やホームページであれば，その URL（アドレス）を業績一覧の中に記載することで，別刷に代えることができます．もし，業績すべてがPDFやURLであれば，すべてメールで済みますので，郵送の必要はありません（ただし，総容量が50MB を越える場合はメール送信前に事務局にご一報下さい）．

#3: 学術特別賞は，文献・出版物を必要としませんが，もし，その業績を紹介したホームページ，文献，新聞記事などがある場合には業績一覧表に記載し，可能であればコピーなどを添えて下さい．

推薦状と添付資料一式の送り先は，根研究会事務局（〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1 東京大学 大学院農学生命科学研究科 栽培学研究室 阿部淳気付／Tel・Fax 03-5841-5045；neken2009@jsrr.jp）です．

＊到着後数日以内に推薦者に受け取りのご連絡をします．連絡がない場合は，事務局までお知らせ下さい．

＊推薦状は，郵送のほかに，なるべく E-mail の添付ファイルとしても，お送り下さい．

各賞の要件と目安

＜要件＞は規定に基づく必須の条件です．＜目安＞は，推薦者のご参考までに，前例を整理したものです．審査の基準は，毎年の審査のなかで，正副会長・審査員・評議員の意見を積み重ねるなかで改善されていきますので，これまでと違ったタイプの業績，新しい視点からの推薦があれば，それに応じた新しい判断がされることもあります．ここに示した＜目安＞は，参考程度の情報とお考え下さい．

過去の受賞業績一覧は，根研究会ホームページ(http://www.jsrr.jp/)の「根研究会賞」のコーナーをご覧下さい．なお，過去の授賞例において，審査の過程で他の賞の方がふさわしいという審査員のご意見に基づき，推薦者の了解も得た上で，正副会長の最終判断で推薦とは別の賞で受賞した業績もあります．

［英語名称］ Academic Awards of Japanese Society for Root Research　各賞の名称は下記をご参照下さい．

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

＜要件＞

- 根研究会会員の研究．　原著論文が発表されていること(根研究会以外の学術誌でも良い)．
- 根研究会の会誌・出版物や，研究集会などで，研究内容の一部(または全部)が会員に紹介されていること(この条件を満たしていても，『根の研究』『Plant Root』のいずれにも未掲載の場合には，受賞後，なるべく早い時期に，どちらか一誌に研究内容を紹介したミニレビューを寄稿して頂きます)．

＜目安＞

- この賞の創設時には，優れた成果を正当に評価し表彰することで，今後の研究予算獲得や昇進など，根研究の環境を改善する一助とすることも意図していました．十数年間の積み重ねを経て，これまでの授賞例は，おおむね次の2タイプに分けられます．
  - [1] ひとつの課題についての一連の研究で，優れた成果を挙げたもの．原著論文が4・5本のものから十数本のものまであり，それに加えて，総説・ミニレビューなどがあることが多い．これまで，若い方では40歳前後．(さらに若い会員でも，功労賞にふさわしい優れた業績があれば，規約上は受賞可能)．
  - [2] 長年の多大な研究業績．数十本の論文(一部に総説なども含む)．
- これまでの例では，ほとんどが根そのものを主要な対象とした業績であり，1件だけ根の起源に関わりの深い地下器官を対象にしていた(規約には「植物の根およびこれを取り巻く環境に関する学術」と規定されており，根との関連が深く根研究の発展にとって重要な成果であれば，受賞可能)．
- 通常は1名で受賞．とくに双方の貢献が大きいことによる2名連名での受賞例が1件だけあり．
  連名となる場合は，推薦状のなかで，その理由・役割分担などをご説明下さい．

学術奨励賞(The JSRR Young Investigator Award)

＜要件＞(学術功労賞と同様です)

- 根研究会会員の研究．　原著論文が発表されていること(根研究会以外の学術誌でも良い)．
- 根研究会の会誌・出版物や，研究集会などで，研究内容の一部(または全部)が会員に紹介されていること(この条件を満たしていても，『根の研究』『Plant Root』のいずれにも未掲載の場合には，受賞後，なるべく早い時期に，どちらか一誌に研究内容を紹介したミニレビューを寄稿して頂きます)．

＜目安＞

- この賞の創設時には，根研究に意欲のある優れた若手を表彰することで，研究職への就職や予算獲得の一助とし，プロの根研究者を増やすことを意図していました．十数年間の積み重ねを経て変遷があり，これまでの授賞例は，おおむね次のタイプに分けられます．
  - [1] 大学院における優れた博士論文(ときに，特に優れた修士論文)の研究．大学院での研究と，それに密接に関連したその後の研究とを併せて表彰した例もある．
  - [2] 大学院に進学せず就職した若手研究者の優れた研究業績で，上記1に匹敵するもの．
  - [3] 必ずしも学術研究に専念できる環境にない会員が，自身の努力で優れた研究を行い，かつ，根研究会で活発に成果発表している研究業績．必ずしも若手である必要はない．

・ これまでの受賞例では，根そのものを主要な対象とした業績が多く，そのほか，ケイ酸施肥や根粒，根圏細菌などをテーマにした受賞例でも，根との関わりについての研究が含まれていた（規約には「植物の根およびこれを取り巻く環境に関する学術」と規定されている）.
・ 野外研究など論文発表までに時間がかかる分野もあること，上記[3]のようなタイプもあることから，原著論文の数は，さまざまで，1・2本のものから7・8本の例まである．原著論文に加えて，ミニレビュー・プロシーディングなどの業績や根研究集会で活発に発表を行った実績も併せて考慮された例がある.
・ 英語名称は「Young Investigator」となっており20代から30代前半の受賞者が多いが40代での受賞例もある．規約上の年齢の制限はなく，これまでに学術研究に専念できる環境にいた時間を配慮する.
・ これまでに連名での受賞例はありません．規約には書かれていませんが，賞の性格からして，1名での受賞が妥当と思われます.

<u>学術特別賞（The JSRR Special Prize for Applied Root Research）</u>

＜要件＞

・ 会員でなくても良い.
・ 出版物はなくても良い．根研究会での論文や発表の有無は問わない．（ただし，根研究会の会誌や出版物で紹介されていない場合には，受賞後のなるべく早い時期に，『根の研究』に受賞業績の紹介・解説を寄稿して頂くことが望ましい）.

＜目安＞

・ これまでの授賞例は，おおむね次のタイプに分けられます.
  [1] 根に関連する実用技術の開発（実地にその技術を導入している場合と，導入が期待される優れた技術を開発・研究した受賞例が，それぞれある）.
  [2] 根の研究の発展に寄与する測定法・解析法の開発・考案.
  [3] 根や，根に関連する事項についての優れた教科書・解説書などの著作.
・ 上記 [1] のタイプでは，研究者に限らず，NPO・企業などの技術者の実践活動が対象となった事例もある．研究や活動の内容が，『根の研究』や何らかの書籍・雑誌などに紹介されていればそれが参考資料となるが，そうした資料がない場合は，推薦書に，新聞記事，ホームページなどの資料の添付が望ましい．特許申請などの都合で資料添付が難しい場合は，その旨を推薦状に記載して下さい（審査員から特に要望があれば，事務局が仲介し，守秘・返却を条件に資料の閲覧を推薦者に折衝することもあります）.
・ これまでの受賞例の多くは，根そのものを対象とした技術や書籍，根や根の環境を制御することで植物の生育を良くする技術．ごく一部に，根そのものは主要テーマではないが，根ときわめて関連が深い分野ということで授賞した例あり.
・ 1名での受賞のほか，連名で受賞の例もある．連名の場合は3名以内が目安．特に人数が多い場合には，審査過程で，その理由や各メンバーの役割・寄与が問題となる可能性が高いので，推薦状のなかで明確に説明して下さい.

<u>学術論文賞（The JSRR Excellent Paper Prize）</u> ［昨年度まで，この賞には推薦がありません］

＜要件＞

・ 著者のなかに会員が含まれていること.
・ 根研究会の雑誌でなくても良い．原著論文のほか，総説などでも良い.

以上

Journal@rchive・J-Stageでの本誌掲載論文の公開開始について

本誌『根の研究』のコンテンツのうち，学術論文・講演要旨を(独)科学技術振興機構　(JST)が運営するオンライン公開システムJournal@rchiveとJ-Stageで公開します．これにより，国内外の学術データベースとのリンクも増え，より広く読まれることが期待されます．Journal@rchiveの公開開始は，早くても今年の秋以降になりますが，J-Stageでは，すでに第17巻の公開が始まっています．Googleで［ J-Stage 根の研究 ］を検索すれば，簡単にアクセスできます．ご活用下さい．

創刊号から第16巻までに掲載した学術論文および根研究集会やシンポジウム等の講演要旨はJournal@rchiveにて，イメージスキャナで取り込んだ画像PDFとして公開します．

第17巻(2008年)以降に掲載の学術論文は，テキスト情報を含んだ完全版のPDFとして，J-Stageにて，冊子体の刊行から数ヶ月遅れで掲載します．根研究集会等の講演要旨に関しては，掲載するかどうかJSTと調整中です．

経費・労力については，第17巻までについては，JSTを通した国の補助により実施され，今後発行する巻・号の論文のPDF・書誌情報ファイル作製だけが根研究会の負担になります(当面は，事務局メンバーのボランティアで対応しますので財政面の負担はありません)．

なお，論文・講演要旨以外のコンテンツも含めた全体のPDFは，これまで通り，冊子発行の翌年度以降に，研究会ホームページにて公開しています．

訃　報

5月7日に，佐賀大学名誉教授の田中典幸先生が，享年80歳でお亡くなりになりました．ダイズなど作物の根の研究で多大な業績を挙げられ，ご自身の著作のほか，ラッセルの『作物の根系と土壌』を翻訳されるなど，わが国の根研究の発展・教育に大きな貢献をされました．根研究会に対しても，唐津市での第2回シンポジウムの開催にご尽力頂くなど．発足後の早い時期から応援をして下さいました．会員の皆様にお知らせするとともに，ご冥福をお祈り申し上げます．

事務局便り

本会事務局の実務は，昨年度まで横山美知子さんにお願いしていました．長年にわたり研究会の運営を支えて下さった横山さんに，唐原一郎会長からの感謝状をお贈りしました．

今年度は，以前から会誌の編集をお手伝い頂いている中込さんに，事務局の仕事もお願いしています．

[阿部事務局長から感謝状を受け取る横山さん．写真提供：谷本英一先生]

２００９年度　根研究会総会報告

2009 年 5 月 9 日（土）に，ネイパル足寄（北海道足寄郡足寄町）にて，総会を開催し，下記の事項が承認されました．

2008 年度　会務報告

・会誌『根の研究』第 17 巻発行（犬飼義明 編集委員長）
　　第 1 号（2008 年 3 月発行）　pp. 1 - 36（ページ数 36）
　　第 2 号（2008 年 6 月発行）　pp. 37 - 86（ページ数 50）
　　第 3 号（2008 年 9 月発行）　pp. 87 - 122（ページ数 36）
　　第 4 号（2008 年 12 月発行）　pp.123 - 184（ページ数 62）
　　会員名簿（2008 年 6 月発行）
　　オンライン版　第 17 巻のうち論文のみの PDF 公開：http://root.jsrr.jp/
　　第 16 巻の PDF アーカイブの公開：http://root.jsrr.jp/archive/JSRR.html

・研究集会
　　第 28 回根研究集会　5 月 9 日（金）－10 日（土）
　　　於：秋吉台家族旅行村(山口県美祢郡秋芳町)，荒木英樹実行委員長
　　第 29 回根研究集会　11 月 7 日（金）－8 日（土）
　　　於：千葉科学大学（千葉県銚子市），本間知夫実行委員長

・2008 年度根研究会賞（授賞式・受賞講演：2008 年 11 月 8 日）
　【学術奨励賞】　2 件
　・業　績：浸透圧ストレス条件下での作物根の生育における生理学的研究
　　受賞者：小川敦史（秋田県立大学）
　・業　績：耐湿性に関わる根の遺伝的特性の簡易評価法の開発
　　受賞者：大森史恵（(独)農研機構 畜産草地研究所）
　【学術特別賞】　3 件
　・業　績：根圏環境制御による高収益園芸栽培システムの構築
　　受賞者：池田英男（大阪府立大学）
　・業　績：セル成型苗移植栽培技術を活用したほうれん草生産技術の体系化と実践
　　受賞者：藤原隆広（(独)農研機構フェロー，ジャパン・アグロノミスツ株式会社）
　・業　績：乾燥地における緑化・生物生産のための根の生育制御技術の開発
　　受賞者：稲永 忍（鳥取県産業技術センター・元鳥取大学）・森田茂紀（東京大学）・谷本英一（名古屋市立大学）・安 萍（鳥取大学）・上山逸彦（鳥取大学）・荒木英樹（山口大学）・大場良二（三菱重工業株式会社）・原田 信（三菱重工業株式会社）・小川尚樹（三菱重工業株式会社）・川村 亘（三菱重工業株式会社）・松井猛彦（前三菱重工株式会社）・Adil Bushnak（Chairman of Bushnak Water Group）

・国際誌 ***Plant Root*** の刊行（唐原一郎 編集委員長）
　　http://www.plantroot.org/
　　第 2 巻として，巻頭言および 10 編の論文（全 75 頁）を掲載した．

・若手会員海外渡航補助（苅住基金）
　　2008 年 4 月締切分，10 月締切分ともに応募がなかった．

・会誌以外の出版物
　　『根の研究の最前線 6』を発行した．併せて，このシリーズの特別販売を行った．

2008年度　決算報告

（期間：　2008年1月1日－12月31日）

2008年　一般会計

1.　収入

事項	予算	決算	予算との差額
前年度繰越金	433,365	433,365	0
前年までの未納会費の後納*1	60,000	121,000	+61,000
2008年会費*1	1,200,000	1,123,000	-77,000
次年度以降の会費前納分*1	50,000	93,000	+43,000
雑収入*2（広告料+許諾料+利子）	50,000	17,859	-32,141
会誌改善費（特別会計から）	100,000	100,000	0
合計	1,893,365	1,888,224	-5,141

2.　支出

事項	予算	決算	予算との差額
会報印刷費*3	850,000	738,780	-111,240
会誌郵送費*4	150,000	132,720	-17,280
謝金*5	550,000	573,310	+23,310
事務通信費	30,000	27,530	-2,470
事務用品費	20,000	13,022	-6,978
研究集会経費	75,000	86,844	+11,844
研究会賞受賞経費（副賞など）	30,000	44,187	+14,187
サーバ使用料	27,000	26,722	-278
予備費	0	1,460	+1,460
次年度繰越金	161,365	243,649	+92,284
合計	1,893,365	1,888,224	-5141

繰越金を除いた2008年の実収入 1,454,859円 (内，会費収入 1,337,000円)

繰越金を除いた2008年の実支出 1,644,575円

*1．2008年に納入された会費の内訳(合計 1,337,000) ( )内は,単価×人数

1）前年までの未納会費の後納

2005年分	3,000 (@3000×1)
2006-7年分	12,000 (@6000×2)
2007年分	106,000 (@3000×22 + @8000×5)
合 計	121,000

2）2008年分　1,123,000 (@3000×361 + @8000×5)

3）会費前納分

2009年分	69,000 (@3000×23)
2010年分	9,000 (@3000×3)
2011-15年分	15,000 (@3000×5)
前納分合計	93,000

*2. 雑収入の内訳(合計 17,859)
1) 広告料(農文協)15,000
2) 会報誌ﾌｧｸｼﾐﾘ複写著作権料(科学技術振興機構)2,257
3) 利息 602

*3. 会誌印刷費内訳(合計 738,780) ( )内は表紙を除いたﾍﾟｰｼﾞ数
1) 第 1 号(34) 122,220
2) 第 2 号(47)+名簿(43) 275,520
3) 第 3 号(33) 142,695
4) 第 4 号(59) 198,345

*4. 会誌郵送費の内訳(合計 132,720) ( )内は通数
1) 第 1 号(内国 448, 外国 5) 29,150
2) 第 2 号(内国 460, 外国 5) 42,565
3) 第 3 号(内国 451, 外国 7) 30,835
4) 第 4 号(内国 447, 外国 6) 30,170

*5. 謝金の内訳(合計 573,310)
1) 事務局事務補助 313,650
2) 会誌編集補助 (第 1～4 号) 158,820
3) ホームページ運営補助 60,840
4) 会誌発送作業謝金(4 回) 40,000

2008 年　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	3,167,818	3,167,818	0
出版物販売	200,000	327,690	+127,690
グッズ販売	20,000	16,200	-3,800
雑収入（銀行利息等）	2,500	3,838	+1,338
寄付	0	0	0
合計	3,390,318	3,515,546	+125,228

2. 支出

事項	予算	決算	予算との差額
出版物（印刷費，制作費）	100,000	326,021	+226,021
根の研究デジタル化	37,000	46,074	+9,074
学術奨励基金（苅住基金）	500,000	0	-500,000
送料・手数料など	10,000	37,230	+27,230
国際誌刊行経費	50,000	22,162	-27,838
研究会グッズ作製費	20,000	0	-20,000
会長裁量経費	100,000	0	-100,000
会誌改善費（一般会計へ）	100,000	100,000	0
次年度繰越金	2,473,318	2,984,059	+510,741
合計	3,390,318	3,515,546	-125,528

繰越金を除いた 2008 年の実収入 347,728 円
繰越金を除いた 2008 年の実支出 531,487 円

2008年度会計の監査報告

2009年2月19日に，名古屋市立大学において，事務局長（阿部淳）・事務局員（横山美知子）が説明を行い，根研究会監査の山内章会員に会計監査をして頂きました．

会計監査報告書

根研究会会則第8条により，平成20年（2008年）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。

2009年 2月 19日

監査　氏名　山内章

２００９年度事業計画および予算

事業計画案

（１）会誌『根の研究』第18巻発行（編集委員長：犬飼義明）

第１号（2009年3月発行）pp1-34（34ページ）

第２号（2009年6月発行予定）

第３号（2009年9月発行予定）

第４号（2009年12月発行予定）

会員名簿（2009年6月発行）

（２）会誌の電子アーカイブの充実

オンライン版（論文PDF）を，研究会独自のものから，独立行政法人科学技術振興機構(JST)が運営する「J-Stage」に移行する．2009年度においては，第17巻の論文を年度の早い時期

に掲載し，以後，第 18 巻の論文を順次掲載する．

第 1 巻－第 16 巻の論文については，JST が運営する Journal@rchive への掲載が内定しており，実施に向けて，JST と協力して作業を行う．

このほか，論文以外の会告や講演要旨なども含めた全記事については，従来通りの業者委託によるスキャナ画像 PDF のアーカイブとし，第 17 巻の全記事を 2009 年度内に http://root.jsrr.jp/archive/JSRR.html で公開する．

（３）研究集会の開催

第 30 回根研究集会　5 月 8 日（金）－10 日（日）

於：ネイパル足寄他(北海道足寄郡足寄町)，久米篤実行委員長

第 31 回根研究集会　11 月 21 日（土）［予定］

於：秋田県立大学（秋田市），小川敦史実行委員長

（４）2009 年度根研究会賞の公募・選考・授与

6 月下旬に会誌で告示し 7 月に公募．第 31 回根研究集会において授賞．

（５）特別会計による研究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 3 巻発行（編集委員長：唐原一郎）

投稿数・掲載数の増加に努める．

＊根研究会「苅住」海外渡航支援

根研究会所属の若手会員（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．

通常枠の応募〆切は，4 月末日（2009 年 7 月－2010 年 6 月の渡航分）と 10 月末日（2010 年 1 月－2010 年 12 月の渡航分）の２回．通年で総額 50 万円までの助成を行う．

このほかに，2009 年 9 月開催の第 7 回国際根研究学会(ISRR)シンポジウム参加者向けに特別枠を設け，2009 年 1 月末日に応募〆切．通常枠とは別に総額 50 万円を助成．

＊会誌『根の研究』のバックナンバーのデジタル化

上記（１）の通り，第 17 巻（2008）を，業者に委託してスキャナでデジタル画像化し，インターネットで閲覧できるようにする．

＊研究会の企画による出版・グッズの作製

随時企画を募集し，提案があれば執行部・評議員で検討する．

（６）他の学術関連団体などとの協力

＊日本学術会議

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していく．

＊国際根学会

第 7 回国際根研究学会(ISRR)シンポジウム（2009 年 9 月；ウィーン）の宣伝に協力する．

＊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の申し入れなどがあれば，執行部・評議員で検討する．

（7）2010－2011 年度会長の選挙

規約に基づき会長選挙を行う．６月発行の会誌２号に公示予定．

（8）その他

２００９年度予算案

（期間：　1 月 1 日－12 月 31 日）

2009 年度　一般会計

1.　収入

事項	予　算	前年度決算	前年度との差額
前年度繰越金	243,649	433,365	-189,716
前年までの未納会費後納分	120,000	121,000	-1,000
2009 年会費	1,200,000	1,123,000	+77,000
会費前納分	0	93,000	-93,000
雑収入（広告料, 許諾料, 利子）	50,000	17,859	+32,141
会誌改善費（特別会計から）	100,000	100,000	0
合　計	1,713,649	1,888,224	-174,575

2. 支出

事項	予　算	前年度決算	前年度との差額
会報印刷費	800,000	738,780	+61,220
会誌郵送費	150,000	132,720	+17,280
謝金*1	600,000	573,310	+26,690
事務通信費	25,000	27,530	-2,530
事務用品費	15,000	13,022	+1,978
研究集会経費	60,000	86,844	-26,844
研究会賞受賞経費（副賞など）	30,000	44,187	-14,187
サーバ使用料	27,000	26,722	+278
予備費	0	1,460	-1,460
次年度繰越金	6,649	243,649	-237,000
合　計	1,713,649	1,888,224	-174,575

*1 謝金による業務は，事務局業務，会誌の編集・発送補助，ホームページ管理補助．

・繰越金を除いた 2009 年の収入見込み 1,470,000 円 (内，会費収入 1,320,000 円)
・繰越金を除いた 2009 年の支出見込み 1,707,000 円
・繰越金を除いた 2009 年の実質収支見込み −237,000 円

2009 年度　特別会計

1．収入

円

事　項	予　算	前年度決算	差額
前年度繰越金	2,984,059	3,167,818	-183,759
出版物販売	200,000	327,690	-127,690
グッズ販売	20,000	16,200	3,800
雑収入（銀行利息等）	2,500	3,838	-1,338
寄付	0	0	0
合　計	3,206,559	3,515,546	-308,987

2．支出

円

事　項	予　算	前年度決算	差額
出版物（印刷費，制作費）	0	326,021	-326,021
[根の研究」ﾃﾞｼﾞﾀﾙ化(2008 年分)	40,000	46,074	-6,074
学術奨励基金 #1	1,000,000	0	1,000,000
送料・手数料など	20,000	37,230	-17,230
国際誌刊行経費	40,000	22,162	17,838
研究会グッズ作製費	0	0	0
会長裁量経費	100,000	0	100,000
会誌改善費（一般会計へ）	100,000	100,000	0
次年度繰越金	1,906,559	2,984,059	-1,077,500
合　計	3,206,559	3,515,546	-308,987

#1 若手海外渡航支援. 上限は 1 件当たり 20 万円, 年 50 万円. その他に第 7 回 ISRR 特別枠に 50 万円.
・繰越金を除いた 2009 年の実収入見込み: 222, 500 円
・繰越金を除いた 2009 年の実支出見込み: 1, 300, 000 円（学術奨励基金を除くと 300, 000 円）
・繰越金を除いた 2009 年の実質収支見込み：-1, 077, 500 円（学術奨励基金を除くと-77, 500 円）

その他の報告・審議事項

2010 年度の根研究集会の開催地

第 32 回根研究集会　2010 年春　つくば市

第 33 回根研究集会　2010 年秋または初冬　兵庫県立大学

以上

Root Research 根の研究

事務局　阿部　淳　〒113-8657 文京区弥生
東京大学大学院　農学生命科学研究科　栽培学研究室内
Tel/Fax：03-5841-5045
e-mail：neken2009@jsrr.jp

根研究会ホームページ　http://www.jsrr.jp/
「根の研究」オンライン版　http://root.jsrr.jp/

年会費　個人3,000円、団体8,000円

根の研究　第１８巻　第２号　2009年6月23日印刷　2009年6月26日発行
発行人：唐原　一郎　〒930-8555　富山市五福3190　富山大学大学院理工学研究部
印刷所：株式会社　友人社　〒460-0002　名古屋市中区丸の内1-12-19　アイコービル2F

Root Research

Vol. 18 No. 2 (June 2009)