

ISSN 0919-2182

Vol.19, No.3

Root

Research

Japanese Society for Root Research

目次

【巻頭言】

- 会員の皆様へ 101
根と研究と私 102
田島亮介

【総説】

- 野外のカキノキから学んだ15年 103
岡本 尚

【技術ノート】

- イチゴ高設栽培における土壤モノリスの作製法 117
柳田泰宏・村上圭一・磯崎真英・安田典夫

【報告】

- Fifth International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants 参加報告

- 坂本拡道 123
服部和佐 124
川村あゆみ 125

【情報】

- 第33回根研究集会のご案内 126
国際誌 Plant Root 発行状況 130
カレンダー 133
第3回根園会議のご案内 134
「苅住」海外渡航支援のご案内 135

【公示】

- 2010年度 根研究会賞の決定 136

根の研究
根研究会(JSRR)

会員の皆様へ

告示

1. 2010年度根研究会賞の決定

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、2010年度の研究会賞の推薦を受け付けました。審査の結果、学術功労賞1件、学術特別賞1件、学術奨励賞1件の計3件の授賞が決定しました。詳細は、本号に掲載の告知をご覧下さい。

2. 特別会計 2010年度予算の訂正

前号でご報告した2010年度予算において、特別会計(寄付基金分を除く)の収入のなかの前年度2009年度からの繰越金に誤りがありました。書類を作成した事務局長の単純ミスによるものです。これに伴い、支出の部の次年度への繰越金も増額となります。お詫びして訂正いたします。

誤： 収入の部 前年度繰越金 706,559 円	支出の部 次年度への繰越金 352,059 円
正： 収入の部 前年度繰越金 1,204,718 円	支出の部 次年度への繰越金 850,218 円

事務局からのお知らせ

1. 根研究集会の開催予定

第33回根研究集会：兵庫県立大学(姫路市) 2010年11月12日(金)-14日(日)

実行委員長：大橋瑞江会員 本号に掲載の開催案内をご参照ください。

エクスカーションのために1日延長しました。集会自体は11月12-13日です。

第34回根研究集会：佐賀県 2011年春か初夏に開催

実行委員長：有馬進会員(佐賀大学)

第35回根研究集会と創立20周年記念式典シンポジウム：東京大学農学部 2011年11月5日(土)-6日(日)

実行委員長：森田茂紀会員

2. 根研究会若手会員に対する国際会議研究発表における海外渡航費等支援

2011年1月-2011年12月 渡航分の募集

表記期間中の若手会員(応募時40歳まで)の研究成果発表や研究調査での海外渡航に対する「寄付」海外渡航支援の申請は2010年10月末日が締め切りです(2011年7月-12月渡航の分は、次回の2011年4月末日締め切りでも応募可能)。積極的にご応募下さい。

3. 研究会創立20周年企画

当研究会は、2011年末で創立から満20周年となります。これを記念し、今後のさらなる発展の契機として、2011年11月5日(土)-6日(日)に東京大学農学部弥生講堂にて、20周年記念の式典・シンポジウムを行うほか、出版などの企画を立案中です。会員の皆様には、企画の提案、実行委員としての参加をよろしくお願い致します。

4. 会費納入のお願い

会費の納入状況は、この会誌をお送りした際の宛名ラベルの紙に記載しております。

2010年度の会費をまだお支払い頂いていない方は、下記の郵便振替口座(昨年度と同じです)に納入をお願いします。銀行口座への振込や請求書等の伝票をご希望の方は、事務局までお知らせ下さい。

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

年会費(2010年)：個人3,000円、団体8,000円(年度は1月-12月です)

- ・連絡先 事務局：neken2010@jsrr.jp 『根の研究』編集委員長：editor2010@jsrr.jp
Plant Root 編集委員長：editor2010@plantroot.org
- ・Webサイト 根研究会：<http://www.jsrr.jp/> 『根の研究』オンライン版：<http://root.jsrr.jp/>
Plant Root：<http://www.plantroot.org/>

根と研究と私

東北大学フィールドセンター 田島亮介
(「根の研究」編集副委員長)

先日東北大学フィールドセンターにおいて、あるプロジェクトの現地検討会があつた。その現地検討会に、初めて学会発表をした際に私に名刺をくれた方が参加していた。その学会発表の時、私は修士1年で、それまで名刺をもらったことがなかったので、もらったことを良く憶えている。記憶が違うかもしれないで名刺入れを確認してみたら1冊目の1ページ目にちゃんとその人の名刺が入っていた。しかも写真入りだった。私の発表に興味を持って話しかけてくれたのだったと思う。検討会の時、名刺をもらったことを伝えようと思ったけれど、ばたばたしていてその機会がなかった。当たり前だが、その人は私をまったくおぼえていない様子だった。

その頃からもう10年ほど経っている。あの頃はまだ根にあまり興味がなかつたし、論文も総説も書いたことはなかつた。研究は面白かったが、研究者になるつもりも予定もなかつた。セミナでは論文を読んでも何が書いてあるか、まったく理解出来なかつた。学会発表の前日には一緒に行った研究室の先輩と後輩を前に何回も練習した。緊張で夜もよく眠れなかつた。

その後しばらくして根に興味を持って、進学して、根を掘ったり測ったりして論文や総説を書いて学位を取得した。今では論文を読み飛ばして、それらしく瑕疵を指摘することもできるようになった。呼ばれること自体にはまだしつくりこないものの「先生」と呼ばれて振り返ることも最近はできている。ついでに書けば学会発表の前に練習につきあつてくれた先輩と後輩も大学の先生になつたりしている。

大学4年生で研究を始めたときから毎年圃場で根を掘り続けてきた。対象とする作物はいろいろと変わつても、春になって播種をして、生育したら根を掘って調査する。という一連の流れは基本的には変わらない。鏡や体重計を見ると年を取ったような気もするが、やっていることが変わらないせいなのか、自分が生長しているどうかは根のようにははつきりとしない。しかし、研究を始めた頃のことをいろいろと思い出してみて、その頃と今とを比べると少しは成長しているような気がした。

そして、今年も根を掘っている。その合間にどこかの学会に行って誰かに話しかけたり、名刺を交換したりするだろう。それが誰かの名刺の1枚目になるかもしれないし、その誰かもまた根を掘って研究者になって、もしかしたら10年後にどこかで会つたりするかもしれないと思った。

(※この巻頭エッセイは編集委員がリレー形式で書いていきます)

野外のカキノキから学んだ15年 —エレクトロニクスを対話の手段として—

岡 本 尚

森・植物生理研究室

要　旨: 野外の樹木の根の生理活性を非破壊的方法で長期にわたって連続計測できるシステムを開発した。カキノキ (*Diospyros kaki* cultivar. *jiro*) を対象に、根電位 (TRP: trans-root electric potential) 、道管圧、樹液流速の同時連続測定を行い、それらの季節変化を相互に比較して顕著な相関関係を見出した。蒸散の盛んな開葉期には根電位の日周振動の振幅は小さく、変化の方向は温度の日周振動とは逆位相であり、道管圧日周振幅の温度依存性も負であるが、蒸散作用が低下している落葉期には両者の日周振動は温度のそれと順位相になり、節分のころから振幅が増大して3月末の開葉直前に最高値に達し、開葉とともに急落する。これら三指標の通年変化の間の相関関係は、植物軸性器官の電気生理学的構造の理論(Okamoto et al. 1978 他)から観ると根の表面側プロトンポンプと道管側プロトンポンプの活性のバランスから合理的に説明される。それを実証するために環境の照度を上げる周辺伐採実験を行い、蒸散が盛んになると溶質吸収を担う表面側ポンプの活性が優位に立つことを確認した。一方蓄積された観測結果から開葉期であっても気象の急変や降雨による蒸散の減少とともに、水の能動輸送を担う道管側ポンプが必ず開葉直前と同様に活性化され、優位を占めることを見出した。このポンプ活性を制御する地上部からの信号は蒸散速度に影響を受ける道管圧である可能性がある。

キーワード: 起電性プロトンポンプ、根電図、蒸散作用、根電位、道管圧

Studies on the physiological root activity of a persimmon tree for 15 years. : Hisashi OKAMOTO (Mori Laboratory of Plant Physiology)

Abstract: We have developed a handy system to investigate continuously for a long time the physiological activity of the root in field trees, and investigated the correlation between the annual change in the electrogenic activities of proton pumps, both in root surface membrane and in xylem/symplast interface, the xylem pressure(Px) in the trunk near the earth and the velocity of the ascending sap-flow. In the foliate phase when the sap-flow rate is high, the amplitude of the diurnal oscillation in trans-root electric potential(TRP) is relatively small and the phase relation with the change in air temperature is inverse. The temperature dependency of the Px is negative and linear. While in the defoliate phase, the amplitude of the diurnal oscillation of TRP and the temperature dependency of the Px increase and attain their maxima just before leaf sprouting in the end of March. The oscillation of both TRP and Xp are in right phase with the diurnal change in the air temperature. These inter-relationships are reasonably elucidated with the theory of electro-physiological structure of the plant axial organ (Okamoto et al. 1978, Katou and Okamoto 1992). For further confirmation of this explanation, a lumbering experiment was undertaken to increase the illumination intensity, which resulted in the simultaneous increase in transpiration and in the activation of the root surface pump. The accumulated observations show the decrease of transpiration caused by rain etc. always resulted in the activation of the xylem pump like in the end of defoliate phase.

Keywords: electrogenic proton pumps, electro-radicogram, transpiration, trans-root electric potential, xylem pressure.

はじめに

筆者は1995年に大学を定年で退職、静岡県森町に移住してから自宅の一角に設けた実験室を中心にして樹齢50年ほどの庭のカキノキを相手に、現役の間は本格的に着手する余裕のなかった樹木の生理学的研究を始めた。その後町

の指定記念樹である治郎柿の原木が土木工事で根を切断され半分が枯れかけた状態にあったのがわかり、その手当が行われると平行して開発されたばかりの方法で計測を行い、傷んだ側と健全な側の根の生理活性の比較を行うことができた(未発表)。

この15年間に行われた磐田市正木樹芸研究所の正木伸之氏との共同研究の成果は先頃同氏が「農業及び園芸」誌の「植物の根に関する諸問題」という連載に「樹木の生理活性を電気で探る」という副題で公表された総説の中で実験の詳細に亘って紹介されている(正木、2009-1,-2,-3)。ここでは生理生態学の観点から、木本植物の根の構造と機能、四季を通じる自然環境の変化に対する反応を中心にその根幹の部分だけを要約して報告する。

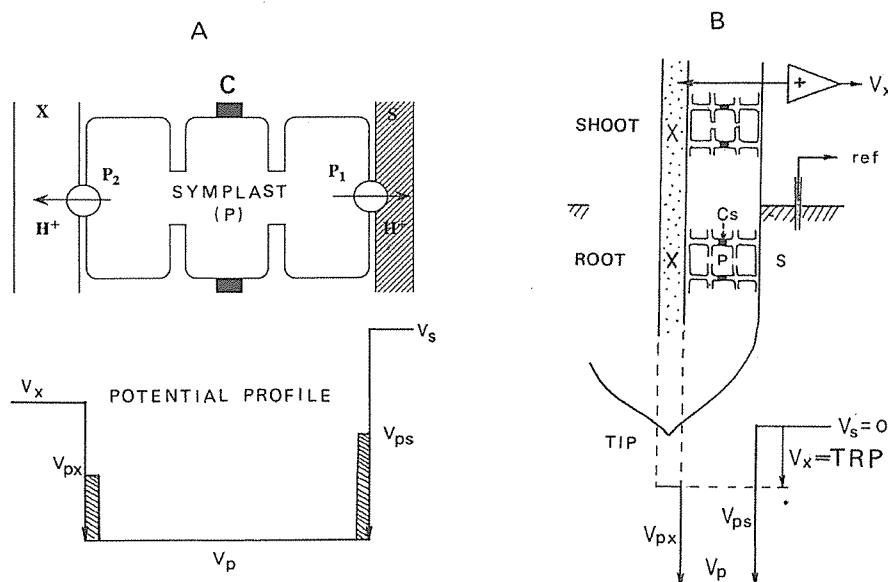
「野外の樹木の根の生理活性を非破壊的な方法で測る手段がないだろうか」という現場からの要望に応えるには、基礎研究の側に「何をどう測ればどんなことがわかるか」という論理がなければならない。幸いこの相談を受けた頃、名古屋大学理学部と横浜市立大学文理学部での約25年間にわたった共同研究によって、草本植物の軸性器官については電気生理学的構造の基本とその生理学的意味はほぼ明らかになっていた(Katou and Okamoto 1992)。これは学問の体系としては「成長の電気生理学」(growth electrophysiology)と言う事が出来る(De Boer et al.1985, Ikoma and Okamoto 1988, Mizuno et al.1980, Mizuno et al.1985, Okamoto et al.1984, Okamoto

1996)。その概要是専門を異にする研究者や一般市民に向けて「植物の知られざる生命力」という単行本にまとめられている(岡本、1991)。

しかしラボラトリーの内部で草本のマメ科植物の胚軸を材料とし、繊細な細胞内微小電極法やマイクロメータ単位の成長計を用いて得られた基礎的な知見に基づく「軸性器官の電気生理学的構造」の概念が木本植物の根にも適用できるかどうか、わたしどもの研究はこの問題を実験室内でマツ苗を用いて検討するところから始められた。次いで野外の樹木に適用できる研究方法の開発に向い(Okamoto and Masaki 1999)、さまざまな工夫を経て根電位、道管圧、樹液流速度などの生理活性指標について長期に亘る通年同時連続測定の出来るシステムを創り上げ、これらの指標の間の相関関係を解析して基幹となる生理学的法則性を見いだすことができた。

軸性器官の電気生理学的構造と機能

構造の基本を第1図-Aに示す。その要素は
1. 器官軸と垂直に交わるディスク状のシップラスト(原形質連絡で結ばれた多数の細胞の連合体、細胞内微小電極法と電子顕微鏡観察によって存在が確かめられている。Katou and



第1図

A. 軸性器官の電気生理学的構造

P_1 : 表面側プロトンポンプ、 P_2 : 道管側プロトンポンプ、 S : 表面側アポプラスト、 X : 道管、 I : 絶縁構造、 V_p : シンプラストの電位、 V_{ps} : 表面側細胞膜電位、 V_{px} : 道管側細胞膜電位、膜電位の斜線部分: 呼吸依存性起電活性成分

B. 根の電気生理学的構造と測定系

C_s : カスパリーリー線、 ref : 基準電極、 $TRP = V_x = V_{ps} - V_{px} = V_{xs}$ 、 $V_s = 0$

(ともにMasaki and Okamoto 2007より改変)

Okamoto, 1992)。この構造の存在によって、同一のディスク内の細胞内部は等電位であり、一つの巨大細胞と同様に考える事が出来る。

2. 上下のディスクの間隙を埋める絶縁構造(根の場合はカスパリー線、地上部では澱粉鞘の細胞壁と考えられている)。

この構造によってシンプラストを取り巻く外部環境は表皮側と道管側とに分けられる。その結果同一のシンプラストの表皮側細胞膜と道管側細胞膜とは通常異なる膜電位、 V_{ps} と V_{px} とをもつことになる。

3. 表皮側細胞膜に局在して、膜電位の呼吸依存性部分を発生させている表面側起電性プロトンポンプと、道管側細胞膜に局在して同じく膜電位の呼吸依存性部分を発生させている道管側起電性プロトンポンプ。

根の場合は表皮の細胞膜を通して外から吸収された水や栄養イオンは原形質連絡を介してシンプラスト内部を道管に向かって輸送される。また表皮側の細胞壁を経由して運ばれて来たこれらの物質はカスパリー線によって進入禁止となり、否応なしに表面側細胞膜という閑門の管制を受けながら通らざるを得なくなる。

起電性プロトンポンプは酸素呼吸によって生産される ATP をエネルギー源としてプロトンを細胞外に放出することによって-数 10mV の動的な膜電位(第 1 図 A の斜線部分)を発生し、イオンの受動的拡散によって発生するやはり-数 10mV くらいの静的な拡散電位とあわせて-100mV 以上の膜電位を形成する。マイナスの意味は細胞内側が負電位ということである。

ササゲの胚軸のような空气中に立つ器官では、細胞内から表皮側に放出されたプロトンは細胞壁の網目構造に作用してこれを弛め、膨圧によって細胞壁が伸長することを可能にする。(この作用を媒介する制御タンパク質 yieldin は横浜市大グループによって発見、精製分離され、名古屋大グループとの共同研究で一次構造が決定された。(Okamoto, H. and Okamoto, A. 1994, Okamoto, A. et al, 2000-1, 2000-2)。第 2 図は道管灌流系という実験系に細胞内微小電極法を組み合わせた実験の結果で、表皮側、道管側二つの呼吸依存性起電性イオンポンプが実在し、共にオーキシンによって活性化され、それから数分して伸長成長速度が飛躍的に増大する様子を示す (Ikoma and Okamoto, 1989)。

一方地 (水) 中にある根の場合はどうだろう

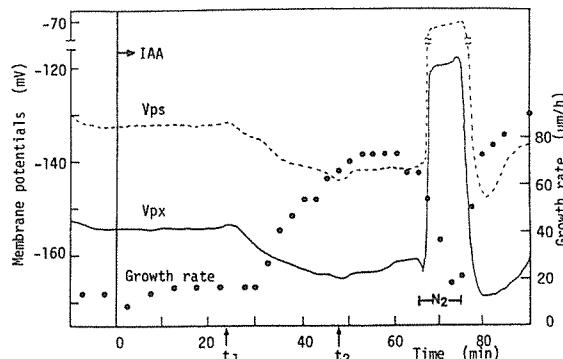
か。表面側細胞膜では、最後で詳しく述べる様に形成された膜電位を駆動力とした栄養溶質の能動的、受動的輸送と、それによって発生した浸透ポテンシャルの勾配に沿った水の吸収が起こる。

もう一つの大きな問題は根の中心的機能である水の道管への送り込みである。昔から根圧という現象のあることはよく知られており、酸素呼吸に依存する能動的な水輸送の現れと考えられている。樹木では中野治房が昔東大植物園のミズキの木の幹に水銀マノメータを装着し、ドラムに貼付けた煤紙を回転させて長期間に亘って “Blutungs Druck” (道管内の液圧) を測定した歴史的な研究がある (Nakano, 1937)。この研究では新葉が展開する時期に道管圧が年間の最高値に達し、直後急落することが明らかにされている。後述するように筆者らもこれと同様の現象を電子的な圧力変換器を用いてカキノキの幹でも観測し、それが根の道管側起電性イオンポンプの活動の最大期に一致することを確認した。

ラボラトリーから野外の植物へ

Q. なぜ樹木の研究に電気を使うのですか？

A. 狹い意味の電気生理学では生体電位、特に細胞膜電位がどのようにして発生するのか、その生理的意味は何かを研究してきました。動物の場合は刺激を起点とする膜の興奮とともに脱分極、いわゆる活動電位が研究の主流ですが、それはこの現象が神経の興奮伝導や筋肉の興奮-運動関連の機構の中心に位置しているからです。



第 2 図 オーキシンによる二つのプロトンポンプの活性化と成長速度の上昇

ササゲ胚軸を用いた道管灌流系による室内実験 t_1 : 活性化開始時刻、 t_2 : 活性化最大到達時刻、 N_2 : 窒素置換；脱分極効果の大きさから両ポンプの起電活性の大きさが測定出来る。(Ikoma and Okamoto 1988 より改変)

一方植物でも活動電位の活躍する場面があり、この国でも故柴岡孝雄さんや故小田健二さんを中心とした優れた研究が生まれていますが、植物では一見地味ながらエネルギー代謝、膜の定常的物質輸送や、成長機能と密接な関係にある静止電位が生活にとって大きな役割を占めています。

これらの研究には細胞内微小電極法が中心的な武器になってきました。しかし生体機能の解析全般にエレクトロニクスを導入すると、それ以外の様々な生理活性指標をもそれぞれに適した transducer を介して生体から取り出し、電気に変換してリアルタイムで計測し、同時記録することができます（一例が第2図の成長速度）。筆者は専門外の友人から「近頃は何をやって暮らしている？」と聞かれると、「カキノキの心電図（実は根電図、electro-radicogram）や血圧（実は道管圧）を測っているよ」と答えることにしています。蒸散や根圧に支配される樹液流の計測もそうです。そうやって得た知見を総合して行くと、他の方法では容易にわからなかった樹木の生き様がみえてくることがあります。

Q. 根電図ってどんなものですか？

A. それにはまず根電位の説明が必要ですね。第1図-Bを見て下さい。基準電極を根の外の溶液中におき、一方生体電位計測用の電極の先端（太い注射針をうまく加工して生体内部との液絡が詰まらないようにした）を幹に突き刺します。これは細胞内微小電極とはちがってあえて細胞を破壊し、木部のアポプラスト（細胞壁、細胞間隙の総称）と連絡をとるための「細胞外マクロ電極」です。図で見た様に、ディスクシンプラスチの直近の外部環境であるアポプラスチは水やイオンを通さない絶縁構造で根の表皮側と道管側に分けられていますから、内皮より奥に針の尖端が入れば、道管そのものを狙い撃ちにしなくとも道管側アポプラスチとの電気的導通が取れます。こうして基準電極との間で計測される生体電位を私どもは根電位（TRP: trans-root electric potential）と呼びます。その生理的、構造的意味は、図に示すように

$$Vx = Vps - Vpx$$

（添字 p はシンプラスチ内部、s は表面側の液相、x は道管アポプラスチを意味する）

すなわち細胞表面側の膜電位（Vps）と道管側膜電位（Vpx）との差である根の道

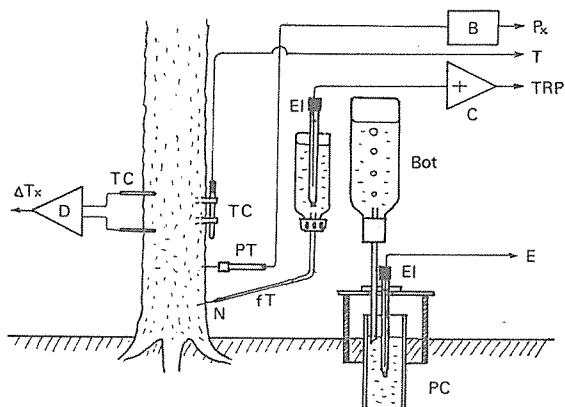
管電位（Vx）です。したがって様々な外部環境の変化に対応して起こるこの電位（TRP）の変化は、内外二つの膜電位の変化の差であると考えられます。

実測によると TRP は、後で出て来る図-4 のように温度（もしくは照度）の日周変化に追随して 24 時間周期で振動します。その状況を時間軸にそって記録したものが根電図です。

Q. 細胞内微小電極法は野外の植物には使えないのですか？

A. 勿論細胞内微小電極法が野外の植物にも適用出来て、ラボラトリーや中で開発された道管灌流系の場合のように二つの膜電位 V_{ps} と V_{px} とが独立に計測できれば得られた結果の解釈が一義的になって素晴らしいのですが、内径が $0.5 \mu m$ のガラスピペットが詰まつたり原形質運動で細胞外に閉め出されたりせずに使えるのはせいぜい数時間で、野外の樹木の根の膜電位をマクロ電極のように何年にも亘って昼夜の別なく連続計測することは今のところは不可能です。大きなファイトロンの内部でなら可能かもしれません。将来の課題として後から来る若者達に期待しましょう。

この方法を用いる計測に先立って、ラボラトリーや中で草本植物について開発された電気生理学的構造理論が木本植物にも適



第3図 樹木用の標準的実験系

N: 根電位誘導用注射針 fT: 10mMKCl入りタイゴンチューブブリッジ、EI: Ag/AgCl 非分極性電極、PC: 素焼き円筒、Bot: 10mMKCl入りペットボトル、TC: 熱電対、PT: 圧力トランスデューサー、B: 温度補償用ブリッジ、D: 樹液流速度計測用増幅器、E: 電位計測系のアースポイント、(Masaki and Okamoto 2007 より改変)

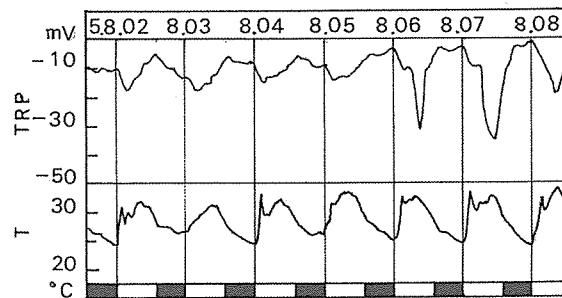
用出来るかどうかについて私どもは可成りの手間をかけて検討し、確証を得ました。その詳細は Masaki et al. (2004)、正木 (2009-1) に述べられているのでここでは省略します。

野外樹木のために開発した実験系の概略

第3図に我々が野外の樹木の生理活性の計測に開発した標準的な実験系を示す。

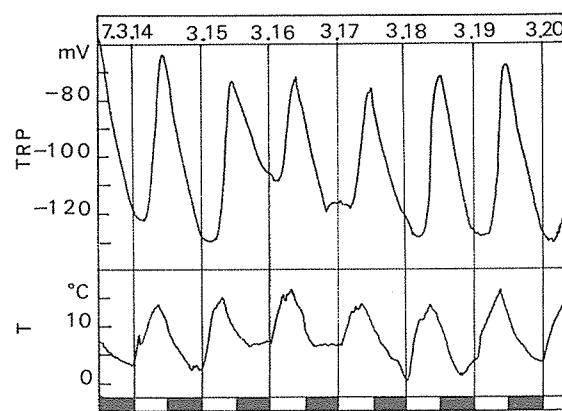
1. 根電位の測定

従来試みられてきた樹木の生体電位の計測では、金属線を直接幹や枝に巻き付ける、あるいは金属電極を幹に打込む (Gibert et al. 2006) 方法がとられてきた。このやり方では多くの場合金属と水を含む生体との間に気まぐれな分極がおこり、しばしば細胞膜電位を大幅に超える300mV以上の非生理的な電位差が測定されることがある。非分極性の銀／塩化銀電極を用いた計測例はこの分野のパイオニアであるFensom(1963)の報告にみられる。Ag/AgCl電極を0.9%のNaClを含む寒天のゲル・ブリッジを介在させて木部(first xylem ring)に接触する方式をとっているが、難点はゲル・ブリッジが1～2ヶ月で乾燥してしまうことであると述べている。我々はこの難点を徹底的にのぞいた完全な液絡系(10mM KCl溶液のブリッジとpHメータの基準電極として使われている銀／塩化銀／3.33M KCl電極から成る)を工夫し、安定した通年連続の根電位測定を可能にした(NaClを使わないのは、自然の摂理で偶然K⁺とCl⁻の水溶液中でのmobilityが等しく、KCl濃度差のある界面でも拡散電位差を発生させないからである)。図に示すようにこの溶液ブリッジには銀／塩化銀電極の側から対象木の木部に刺した注射針に向って軽い水圧がかけられて導通がつねに確保されている。またアース電位の基準となるもう一つの銀／塩化銀電極は幹の側の地中に埋められた素焼きの円筒中に満たされた同じ溶液に浸されている。水切れを注意していれば長期にわたって連続測定ができる。木部側とアース側の非分極性電極間で測定される電位差は、充分な入力抵抗(10¹²Ω程度)を持った増幅度1のインピーダンス変換器に入力され、自記記録計に出力される。(細胞内微小電極を使わない野外の実験でも「測定対象」の抵抗は可成り大きくなることがあるので、抵抗誤差を充分小さくするためには「測定器」の入力側抵抗が少なくとも測定対象のそれの1000倍以上あることが望ましい)。



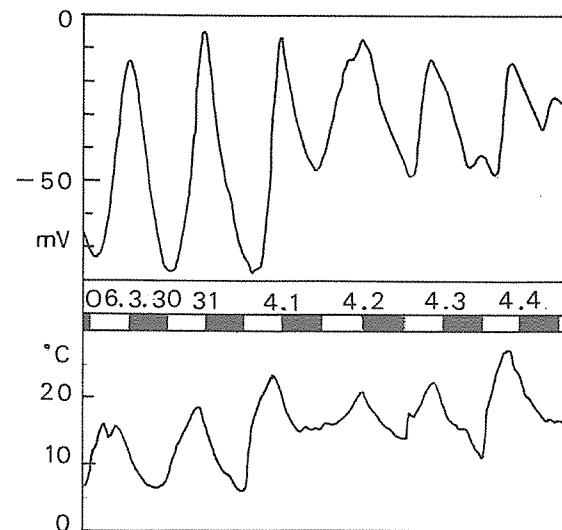
A. 開葉期の根電図 (ERG) と気温の日周振動

TRP の振幅は小さく、方向は温度と逆位相



B. 落葉期の ERG と気温の日周振動

開葉直前 TRP の振幅は大きく、方向は1～数時間のlagを置いて温度と順位相。(Masaki and Okamoto 2009より改変)



C. 落葉期から開葉期へ ERG の遷移

位相の逆転は5月頃に起こる。岡本原図

第4図

2. 道管圧の測定

道管内の水圧は±1気圧(0.1MPa)の圧力を計測できる圧力変換器を二つ用い、片方につけたプローブの先を閉じて温度補償の出来るブリッジを組む方式で計測した。詳細は Masaki, Okamoto (2007)、または正木 (2009-2) を参照されたい。長時間樹木部内に刺入した状態でも閉塞が起きないように改造した注射針 (Masaki and Okamoto 2007) は電位の誘導にも使われてきた。

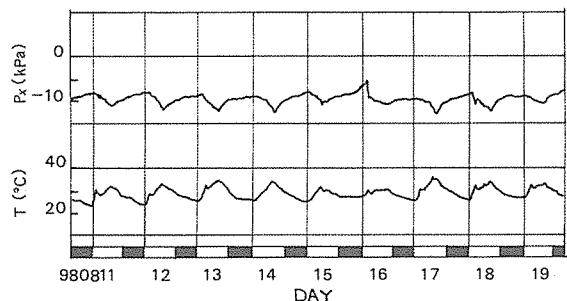
3. 樹液流の測定

道管内の樹液流の流速は Granier (1985) の開発した簡便な方式によって測定した。詳細は正木(2009-2)、実用上の注意点は正木(2005)を参照されたい。樹幹に挿入された小型のヒーター付き熱電対の温度が樹液の流速が早いほど冷却され対照との温度差による起電力が低下するのを、差動機構を利用して測ることが基本原理である。

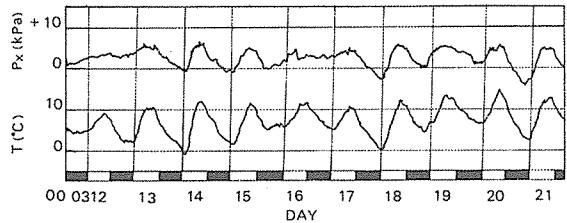
野外で測定された根電位、道管圧、樹液流速の日周変化

1. 根電位(TRP)の日周変化と気温

第4図-Aに開葉期のERG(根電図)と気温の日周変化との関係を示す。(地下15cmで測定された地中の温度は大きな日周変化をしない)。



A. 開葉期の導管圧と気温の日周振動
振動の方向は気温と逆位相



B. 落葉期の導管圧と気温の日周振動
振動の方向は気温と順位相

第5図

(Masaki and Okamoto 2007より改変)

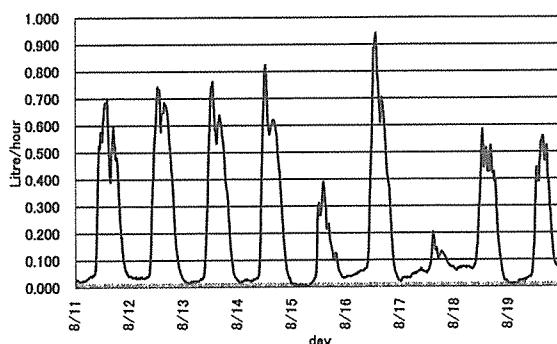
葉が完全に展開した4月から11月にかけては TRP の日周振動の振幅は 10~30mV と比較的大人しく、気温の変化に殆ど遅延(lag)無しに追随する。しかしその位相の変化は気温とは正反対で、日の出以後温度の上昇とともに電気的には負の方向に、下降に伴って正の方向に振動する。

ところがこの日周振動の振幅は翌年1月ごろから徐々に大きくなり、3月新芽の展開する直前になると第4図-Bのように非常に大きくなる(最大60~80mV)。しかも図に見られる様に、TRP は若干の lag を伴いながら温度の日周振動と同方向に振れる。開葉期と落葉期では振幅が違うだけでなく、位相が逆転するのである。

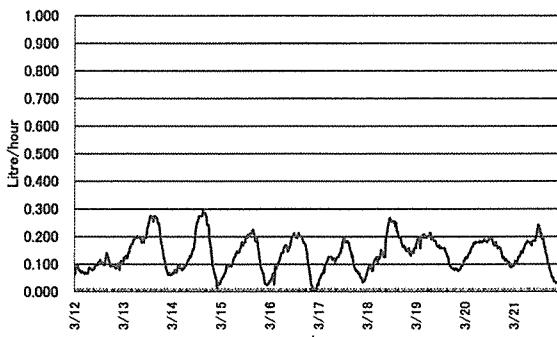
開葉とともに TRP の振幅が減って行く過渡期のERGを第4図-Cに示す。

2. 道管圧と気温の日周変化

第5図に開葉期と落葉期の道管圧と気温の日周変化を示す。ここでも開葉期の道管圧の日周振動と温度のそれとは逆位相で、温度が上がる



A. 開葉期の蒸散流の日周振動
最大値は毎時約 1ℓ、雨の日は減少する



B. 落葉期の蒸散流の日周振動
最大値は毎時約 0.3 ℓ

第6図

(Masaki and Okamoto 2007より改変)

と道管圧は負の方向に変化する(A)。落葉期には反対に順位相の関係になる(B)。

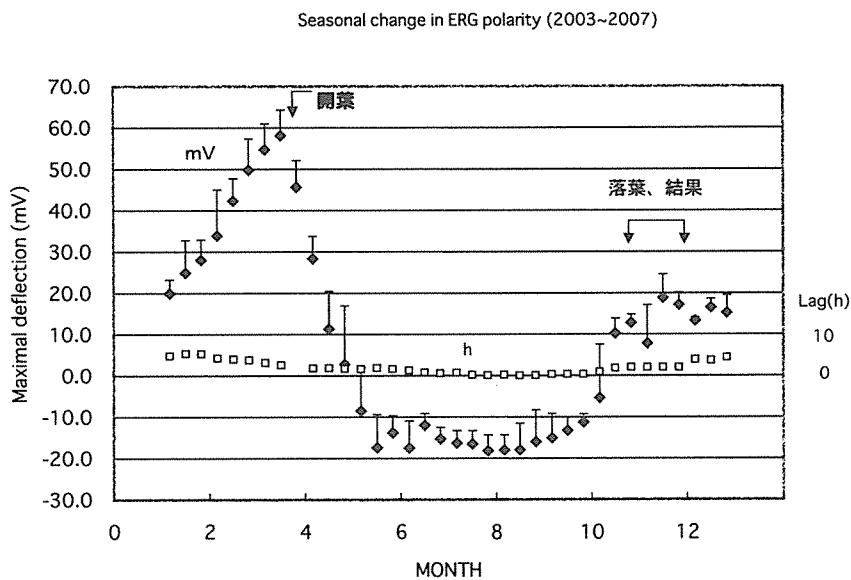
3. 蒸散流の速度の日周変化

第6図-Aに示す様に道管液の流速は開葉期には大きく(最大で1ℓ/時)、落葉期には-Bのように小さい(最大で0.3ℓ/時)。これは平均的な値で、後述するように天候(光と温度)に著しく影響を受ける。

これらの生理活性指標の季節変化と相関関係

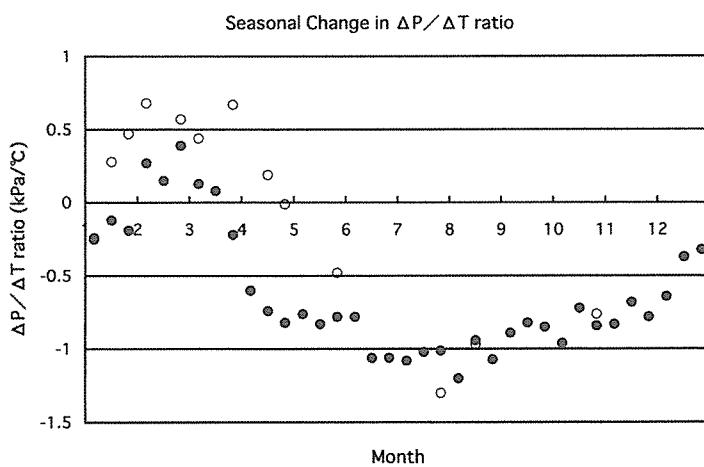
1. TRP 振幅と位相の季節変化

第7図にTRPの振幅を10日間ごとに平均した値と振動の方向との季節変化を示す。落葉期、年明けから3月末の新葉の展開直前までTRPの振幅は増加し、振動の方向は気温と同位相である。開葉が進むと共に振幅は急減し、振動の方向はやがて気温と逆位相になる。それを正確に表現するために、この図では縦軸は正負のない絶対値である「振幅」ではなく、「振動の日最大値」としており、気温変化に対して順位相の



第7図 TRP 日周振動の幅と方向の通年変化

毎10日平均の5年間の平均値を示す。振幅は節分のころから増大、位相は正で開葉直前に最高値に達し、開葉(L.E.)とともに急減する。やがて5月はじめには位相の逆転が起こり負方向の振動になる。L.F.:落葉、Rp:果熟、Lag:本文参照(Masaki and Okamoto 2009より改変)



第8図 道管圧日周振動の温度依存性の通年変化

温度依存性も圧力も落葉期年が明けてから開葉が始まる頃までは正の値をとり、開葉後は負に転ずる。全体としてERGの通年変化と平行している。(Masaki and Okamoto 2007より改変)

場合を正、逆位相のばあいを負の値としている。こうして見ると TRP 振動の位相が逆転するのは落葉期から開葉期に移行する 4 月、再び落葉期に入る 10 月と、年 2 回見られる事になる。

2. 道管圧の日周変化 (ΔP_x) の方向と季節変化

第 8 図のように道管圧の日周変化の最大値の 10 日間平均値は蒸散の盛んな開葉期には当然負の値を取るが、開葉直前の 2 ~ 3 月、樹液を引き揚げる蒸散作用が最小の時期だけは正の値をとる。ここではエネルギー代謝に基づいた根圧が発生していることが推測される。年間を通じて道管圧の温度依存性をまとめた結果が第 9 図である。開葉期の 1 日の最低値（負）と、開葉直前の落葉期の 1 日の最高値（正）はいずれも気温に依存しているが、前者は単一の物理的反応の様相を示すのに対し、後者は温度係数を異にする複数の過程（化学反応を含む）の介在を推測させるパターンを示している。

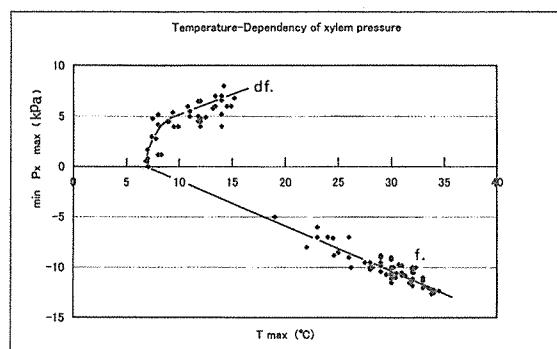
3. 日蒸散量（10 日平均）の季節変化

当然の事ながら最大は 7 ~ 8 月の開葉期、最小は 12 月の落葉期に見られる。第 10 図に通年計測 4 年間の平均値の季節変化を示す。

ERG パターンの季節変化から、根の表面側起電性プロトンポンプと道管側ポンプ活性のバランスの変化（卓越性の交替）が推定できる。電位分布の構造モデル（第 1 図-B）から

$$TRP = V_{ps} - V_{px} = V_x$$

であった。第 4 図-B に見られる様な開葉直



第 9 図 開葉期と落葉期の道管圧温度依存性の比較

開葉期 (f.) の道管圧日周振動の温度依存性は負で、道管圧は単純な物理的機構で決まる。一方落葉期 (df.) のうち 2 月下旬から 3 月末、道管側プロトンポンプの活動が最大に向う期間の温度依存性は正で、導管圧の発生には温度係数を異にする複数の機構が関与していることがうかがわれる。(Masaki and Okamoto 2007 より改変)

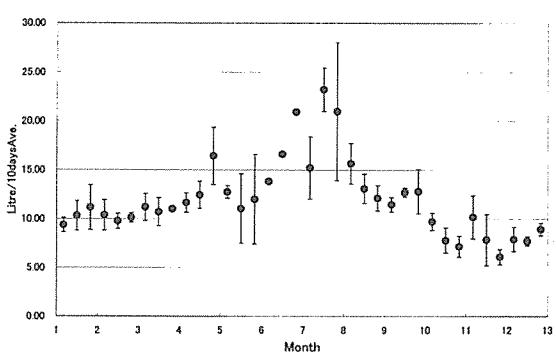
前の時期、TRP が日の出とともに非常に大きく正の側に振れることは、温度の上昇に対応して両方のポンプ活性が増大するが、道管側ポンプのそれが表面側ポンプの活性増大をはるかに上回ることを意味する。（第 1 図-B で言えば、矢印 V_{px} の長さが増大し、 V_x の矢印の方向が上反転して長さが正の方向に増大する）。

まさにこの時期にだけ、道管圧は正の値をとる（第 8 図）。このことは道管側ポンプの活動こそが根圧発生の原動力であることを示唆する。

これらの生理活性指標の通年季節変化を示す第 7 図、第 8 図、そして第 10 図を対照するとこれらの指標の間には明らかな対応関係が見られる。開葉直前の時期にはまだ葉が展開していないので、蒸散作用による水の引き揚げ力は非常に少なく、根の活動による押上げが必要とされるが、道管側イオンポンプの活性はまさにこの時期最大に達し、それに対応して葉芽の展開直前だけ正の道管圧が発生する。そして葉芽が展開を終え蒸散が活発化すると道管側イオンポンプの卓越性は急速に失われて行き（第 7 図）、5 月頃になると TRP 振動の位相は逆転し、表面側イオンポンプの活動が優位になる。これから 10 月の落葉および果実の熟成期までは根は外界から活発に栄養無機イオンを吸収して蒸散流に載せて地上部に輸送する。落葉後は再び TRP の振動の位相は逆転し、道管側イオンポンプは徐々に優位を回復して春の水揚げに備える。

根の活性を制御する地上部からの信号は何か？

以上の考察から言えることは植物の根の活動が合目的に無駄なくコントロールされていることである。道管側イオンポンプは水を能動的に押し揚げる必要のない時期にはその活動レベルを相対的に下げてしまうが、この場合ポンプ活



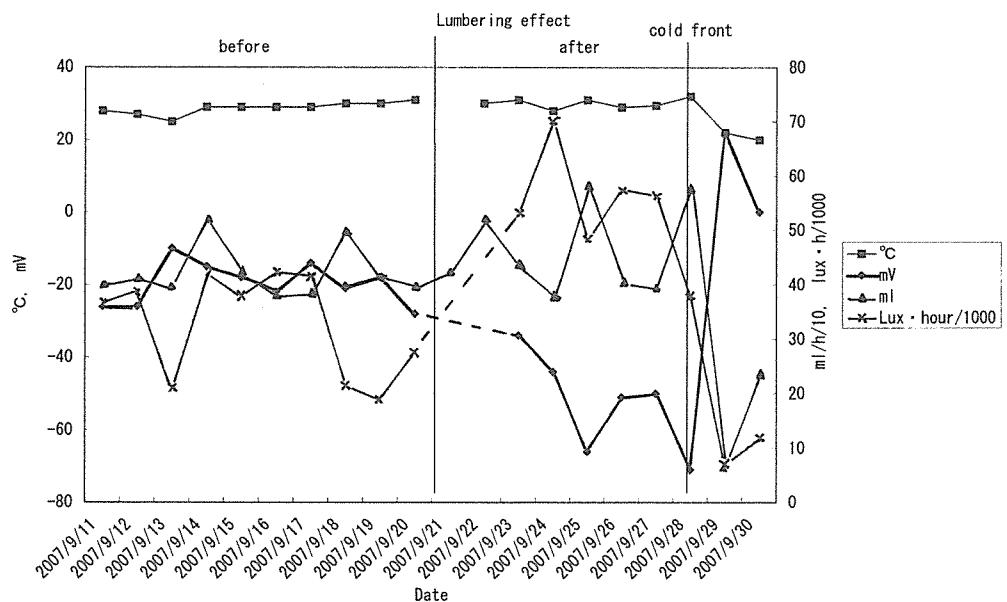
第 10 図 樹液流速の通年変化

流速は蒸散の盛んな 7 ~ 8 月最大値に達し、落葉期には低い。日蒸散量の 10 日平均。(Masaki and Okamoto 2007 より改変)

性を制御しているシグナルは何であろうか？地上部で新芽が展開した直後地下の TRP の振幅には第4図-Cに示すような劇的な変化が見られる。

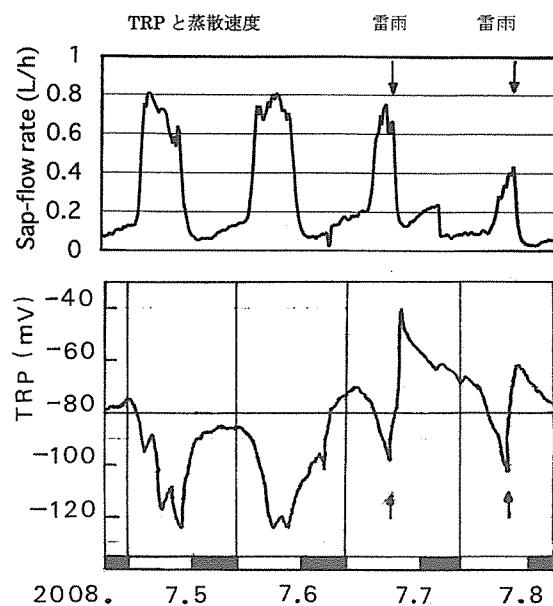
一つの可能性は葉の展開後生産されるアブジン酸が根系に送られ、ケミカルな信号として働く可能性である。また落葉とともに葉からの供給は止まり、それが道管側ポンプを覚醒させることも考えられる。(この植物ホルモンが、根ではないがヒマの腫瘍組織の Vpx を脱分極させることが知られている。Pavlovkin et al. 2002)。

今ひとつは蒸散作用の大きさが地上部からのシグナルの起源ではないかという考え方である。そのために試みたのが実験木の周辺の樹木（サクラ、クロガネモチ、ナガミキンカンなど）の枝を伐採して環境の照度を実験的に上げ、蒸散速度を増大させることであった。その結果は第11図に示した通りで、樹液流の速度が上がるとともに開葉期の9月、「負の方向」に振れているTRPの日周振幅は20mVから70mVに増大する。すなわち道管側ポンプの活性に対する根の表面側ポンプ活性の優位性が劇的に上昇する。ところが一週間後突如寒冷前線が通過し照度、温度の急降下に伴って蒸散速度が一気に低下するとともに両ポンプの活性の関係は逆転し、TRPの日最大振動は-70mVから+20mV、すなわち正の方向に劇的に変化した。



第11図 伐採による照度と蒸散作用の上昇が両プロトンポンプ活性のバランスに与えた効果

周囲の樹木の伐採によって照度(Lux)が2倍に上がると蒸散(ml)が増大するとともにTRP(mV)の日周振動幅は負の方向に3倍に增加了。表面側プロトンポンプの活性が道管側プロトンポンプ活性を大きく凌駕した事を示す。副産物の寒冷前線(coldfront)の通過は全く逆の効果を惹き起こした。 $^{\circ}\text{C}$ は気温で前線通過までは余り大きな変化をしていない。(Masaki and Okamoto 2009より改変)



第12図 真夏の雷雨が両プロトンポンプ活性のバランスに与えた効果

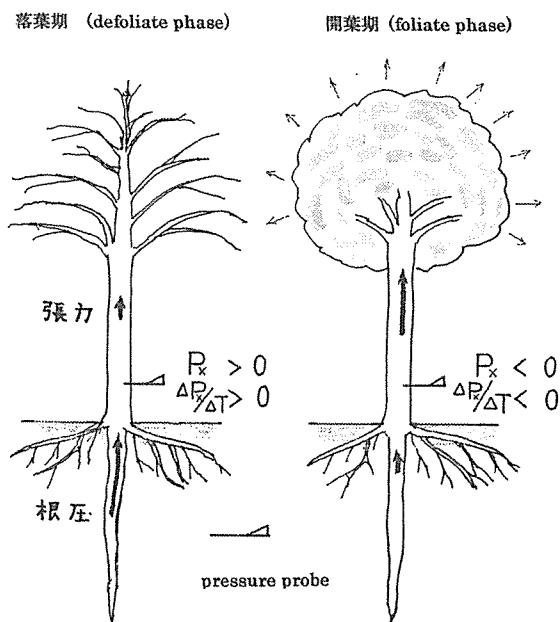
2008年7月5、6両日TRPの日周振動は蒸散速度と逆位相の例年開葉期の典型的なパターンであった。ところがつづく7、8日午後雷雨が襲来し(↓↑)、蒸散作用が急減すると殆ど同時にTRPは急速に正方向にシフトした。これは道管側ポンプ活性が一気に上昇したことを示す。(Masaki and Okamoto 2009より改変)

後者のような「自然の実験」のもう一つの実例は第12図に示す夏の雷雨の効果である。2008年の7月5、6両日、樹液流速度とTRPの日周振動は例年と同じ典型的な開葉期のものであった。ところが7、8日の午後激しい雷雨が襲来し、蒸散が一気に低下すると殆ど同時にTRPは正方向に上昇した。道管側ポンプの活動が表面側ポンプのそれを逆転して優位に立ったものである。

表1は同じ2008年の4、6月中旬の、降雨があった日と晴天または曇りの日とのTRPの最大の振れ（正負の方向がある）と蒸散流の日最大値の比較である。降雨の効果は歴然としており、蒸散流速の低下はTRPの日周振動最大値を正の方向に、すなわち道管側ポンプの活性を相

対的に上昇させる方向に働いている。

ここで一つの仮説が生まれる。第13図に模式的に示した様に、道管圧の値は根の活動による下からの押上げと、葉からの蒸散による引き揚げという、いわばpush-pull関係のバランスで決まる。道管側イオンポンプの活性を制御しているのはひょっとすると道管圧そのものではないだろうか？細胞生理の実験によく使われるシャジクモの細胞膜には力学的なストレスを感受するイオンチャンネルがあることが実証されている(Shimmen 2006)。樹木の根系に道管側イオンポンプに対して圧力の変化を伝えるmechano-sensitiveな情報変換システムがあるかどうかが今後に残された基礎研究の課題である。



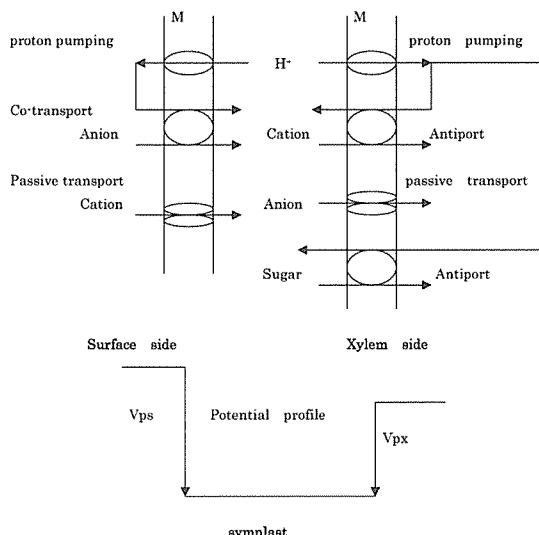
第13図 根圧と蒸散によって発生する張力とのバランス関係：開葉期と落葉期の間の比較の模式図

地際（地上15cm）の幹で測られる道管圧は開葉期には張力が卓越するため負の値をとり、落葉期には根圧が卓越するため正の値をとる；水のPush-Pull関係で決まる。Px:道管圧、 $\Delta Px/\Delta T$:Pxの温度依存性、太い矢印は地下部が根圧、地上部が蒸散によって発生する張力、長さはそれらの大きさを示す。（岡本原図。正木 2009(2)より改変）

根による溶質と水の吸収と、道管に送り込むシステムについて

溶質の吸収と道管への送り込みに関しては今までの知見(Marschner 1995など)を総合すると第14図のように要約される。

膜輸送において第1次的な役割を果たしているのは起電性のプロトンポンプであり、ATP分解酵素として基質であるATPを分解し、遊離さ



第14図 道管への溶質の送り込み機構

本文参照（岡本原図）

第1表 TRPの最大振れ幅と方向、樹液流速、降雨量の関係

期間	日数	TRPの最大振れ幅と方向(mV)	樹液流速日最大値(L/h)	期間総雨量(mm)
07.05.17～ 05.28	no rain 7 rainy 5	-41.6 ± 5.8 +23.6 ± 7.6	0.62 ± 0.07 0.43 ± 0.06	0 177
08.06.26～ 07.10	no rain 11 rainy 4	-36.6 ± 4.4 +47.0 ± 4.7	0.76 ± 0.12 0.32 ± 0.10	0 139

れるエネルギーを用いてプロトンを pH 7.1～7.3 の細胞内から細胞外に放出し、100mV を超える内側マイナスの電位勾配 V_{ps} と V_{px} を形成する。これに駆動されるプロトンの細胞内への還流と共に役して NO_3^- , SO_4^{2-} , リン酸等の栄養陰イオンの共輸送 (co-transport) が起きることが知られている (Ullrich and Novacky, 1981, Ullrich-Eberius et al. 1981, Las and Ullrich-Eberius 1984)。これらの陰イオンは本来なら負の細胞膜電位に阻まれて細胞内に入れないが、共輸送 (co-transport) キャリアーという巧妙な分子的メカニズムを介して細胞内に取り込まれる。 K^+ のような陽イオンは形成された負の膜電位によって受動的に特異的なチャネルを通じて取り込まれる(第 14 図)。

シンプラスト内から道管への陰イオンの送り込みはその電気化学ポテンシャル勾配に沿った受動輸送が可能である。 K^+ など陽イオンの送り込みや貯蔵されていた糖の送り込みは還流する H^+ との対向輸送(antiport)による 2 次的能動輸送の形を取るであろう。

水の送り込みは溶質の輸送によって形成された浸透ポテンシャルの勾配を駆動力とする 3 次的能動輸送として成立する。第 15 図に示したような水輸送のメカニズムは “standing gradient osmotic flow” として半世紀以上前に Diamond と Bossert (1967) が小腸の絨毛の空間的構造に着目して提案している。加藤、古本、田浦は、植物組織においてもこのような coupling space が普通の組織の細胞壁、つまりシンプラストの間のアポプラスト空間として存在することを指摘し、『カナルモデル』にもとづいた計算機実験によって最初は地上部軸性器官の成長部位の水吸収について、つぎに根の道管内への送り込みについて能動的水輸送が可能であることを示している (Taura et al. 1988)。シンプラストに比べてアポプラストの体積は非常に小さいので、ある量の溶質が一つの方向に膜輸送された場合、シンプラスト側のその溶質濃度が殆ど変わらなくてアポプラスト側の濃度は大きく変わるため図のような定常浸透勾配が成立する。

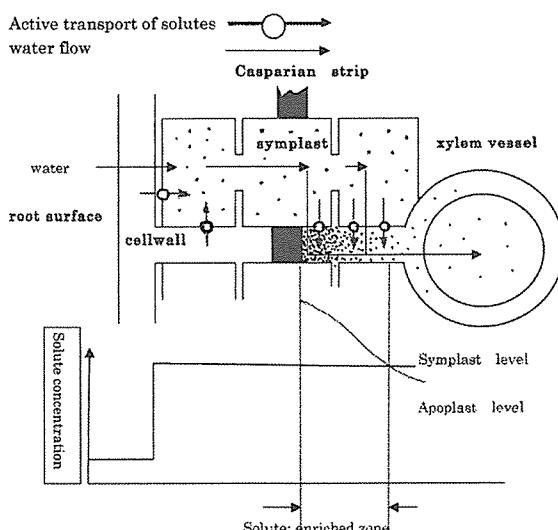
樹木の「生体電位」と流動電位について

諸外国を含め過去の研究で測定された樹木の生体電位なるものは、測定に使われた方法が雑多であり、電気生理学的な構造から見て何を測っているのかが判然としない場合が多い。

例えば木の幹や枝に電線を巻き付けたばあい、最初に述べた分極の問題を脇に置いたとしても、少なくとも 4 つの境界面で発生する膜電位が関

与して来る：根の表面、根のシンプラストと道管界面、道管と幹のシンプラスト界面、幹の表面。外部環境が変化した影響で生体の側に何か起こった場合このうちのどことどこが変化したのか、結果の解析にとっては少々複雑に過ぎるものがある。

次に古くは Fensom (1963) や、最近では Gibert 等 (2006) 等の論文に見られるように、樹木の生体電位 (又はその主要部分) を樹幹の道管内を樹液が流れるために発生する流動電位 (streaming potential、動電現象 : electro-kinetic effects のひとつ) で説明しようとする試みがある。樹木の幹の高い所に測定用の電極をとりつけたばあいはその関与も無視出来ないかもしれない。私どもの実験系では地上部で流動電位の発生出来る範囲は 15cm 程度である。仮に測定された電位がすべてこの部位で樹液の流動によって発生したと仮定すると、TRP と樹液流速とが一定の比例定数を介して常に 1 : 1 の対応をしていなければならない。しかし 1 日の気温を独立変数として描かれた TRP と樹液流速の日周振動の相軌道 (phase trajectory) は開葉期でも落葉期でも同じ形をしておらず、縦軸の単位長さを変えて重ね合わせることでできない (Masaki and Okamoto 2009)。また先述したとおり開葉直前、樹液流速がまだ早くならずその日周振幅が小さい時期に TRP の日周振幅が非常に大きくなることは説明できない。少なくとも本報告の実験系で測定された電位の主要部分は樹幹道管内の流動電位とは考えられない。



第 15 図 道管への水の送り込み機構の模式

カスパリー線で片側が閉塞された道管側アポプラスト空間が溶質と水の輸送の coupling space となる。詳細は本文参照 (岡本原図)。

結 び

以上に紹介したのは標準的な設備も碌に揃っていない名ばかりの研究室で、ほとんどが手作りの装置で行われた研究であるため得られた知見は限られている。それでも何とか結果を出せたのは、一つには研究の基礎となる構造の理論が大学の研究室で既に構築されていたこと、もう一つは変転きわまりない一方で「季節」という規則性をも兼ね備えた「野外の自然」という巨大なファイトトロンの御陰であったと思う。

この研究によって、根の生理活性を電気を用いて非破壊的に測るには何をどのように計測すればよいかを示す基礎的な論理と方法はほぼ明らかになった。それを実地に応用して、野外の樹木の季節による環境条件の変化に対応した生き方の一侧面を明らかにすることができた。この基礎的研究が今後樹勢診断や樹木の病理的状態の検出にどのように生かされるかはこれから現場での課題であろうと考える。

引用文献

- De Boer, A.H., Katou K., Mizuno, A., Kojima, H, and Okamoto, H. 1985. The role of electrogenic xylem pumps in K⁺absorption from the xylem of *Vigna unguiculata*: the effect of auxin and fusococcin. Plant, Cell Environ. 8: 579-586.
- Diamond, J.M. and Bossert, W.H. 1967. Standing-gradient osmotic flow. A mechanism for coupling of water and solute transport in epithelia. J.general Physiol. 50:2061-2083.
- Fensom, D. S. 1963. The bioelectric potentials of plants and their functional significance. V. Some daily and seasonal changes in the electrical potential and resistance of living trees. Canad. J. Bot. 41:831-851
- Gibert, D., Mouel JL., Lambs L., Nicollin F. and Perrier F. 2006. Sap flow and daily electric potential variations in a tree trunk. Plant Sci. 171:572-584.
- Granier, A. 1985. Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de se've brute dans le tronc des arbres. Annales des Sciences Forestières 2:193-200
- Ikoma, S., and Okamoto, H. 1988. The quantitative and chronological relationship between IAA-induced H⁺ pump activation and elongation growth studied by means of xylem perfusion. Plant Cell Physiol. 29:261-267.
- Katou, K. and Okamoto, H. 1992. Symplast as a functional unit in plant growth. International Review of Cytology 142,:263-304.
- Lass, B and Ullrich-Eberius C I 1984. Evidence for proton/sulfate cotransport and its kinetics in *Lemna gibba* G1. Planta 161:53-60
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition. pp.18-63 Academic Press, Harcourt Brace & Company, Publishers. London • San Diego • New York • Boston • Sydney • Tokyo
- Masaki, N., Okamoto, H, and Hasuike, S. 2004. The change in trans-root electric potential in the roots of *Pinus thunbergii* damaged by pine wilt disease. Journal of Tree Health 8: 9-16.
- 正木伸之 2005. 樹木の野外計測で遭遇した諸問題—根の電位計測と樹液流計測についての検討—樹木医学研究. 9(2):81-87
- Masaki, N. and Okamoto, H. 2007. Correlation between the seasonal changes in electrogenic activity across root xylem/symplast interface, sap-flow rate and xylem pressure in field trees (*Diospyros kaki*). Trees: Structure and Function 21: 433-442
- Masaki, N. and Okamoto, H. 2009. Demonstration of the root surface electrogenic ion pump activity revealed from the seasonal inversion in the phase relation between electro-radicogram and the diurnal oscillation of air temperature in a field tree (*Diospyros kaki*). Trees:Structure and Function 23:473-478.
- 正木伸之 2009-1. 植物の根に関する諸問題 186
樹木の生理活性を電気で探る(1)樹木の電気生理学事始め～マツが枯れるメカニズムに迫る。農業および園芸 84 (9): 929-935.
- 正木伸之 2009-2. 植物の根に関する諸問題 187
樹木の生理活性を電気で探る(2) ERG の季節変化と蒸散作用(道管側プロトンポンプの活動)。農業および園芸 84 (10): 1030-1035.
- 正木伸之 2009-3. 植物の根に関する諸問題 188
樹木の生理活性を電気で探る(3) 根の表面側起電性プロトンポンプ活性とその役割。農業および園芸 84(11):1124-
- Mizuno, A., Katou, K. and Okamoto, H. 1980. Structure and Function of the elongation sink in the stems of higher plants. I. Effect of anoxia and IAA on the growth rate and the spatially separate electrogenic ion pumps. Plant Cell Physiol. 21:395-403.
- Mizuno,A., Kojima,H., Katou,K. and Okamoto,H. 1985. The electrogenic proton pumping from parenchyma symplast into xylem—direct demonstration by xylem perfusion. Plant Cell Environ. 8:525-529.
- Nakano, H. 1937. Über den Wechsel des Blutungsdrucks von *Cornus contraversa* Hemsl. J.Fac.Sci Univ. Tokyo, Sect.3 Bot.5(2):75-193.
- Okamoto, A., Nakamura, T. and Okamoto, H. 2000. The isolation of wall-bound proteins regulating yield threshold in glycerinated hollow cylinder of cowpea

- hypocotyl. Plant Cell Environ. 23:145–154.
- Okamoto-Nakazato, A., Takahashi, K., Kido, N., Owaribe, K. and Katou, K. 2000 Molecular cloning of yieldins regulating the yield threshold of cowpea cell walls: cDNA cloning and characterization of recombinant yieldin. Plant Cell Environ. 23:155–164.
- Okamoto, H., Ichino, K. and Katou, K. 1978. Radial electrogenic activity in the stem of *Vigna sesquipedalis*: involvement of spatially separate pumps. Plant Cell Environ. 1:279–284.
- Okamoto, H., Mizuno, A., Katou, K., Ono, Y., Matsumura, Y. and Kojima, H. 1984. A new method in growth electro-physiology: pressurized intra-organ perfusion. Plant, Cell Environ. 7:139–147.
- 岡本 尚 1991. 植物の知られざる生命力. 科学全書 40 大月書店.
- Okamoto, H. and Okamoto, A. 1994. The pH-dependent yield threshold of the cell wall in glycerinated hollow cylinder (in vitro system) of cowpea hypocotyls. Plant Cell Environ. 17:979–983.
- Okamoto H, 1996. A brief note on growth physiology of plants (JPR Symposium). Journal of Plant Research 109:69–74 .
- Okamoto, H. and Masaki N. 1999. Long term measurement of the trans-root electric potential in a persimmon tree in the field. Journal of Plant Research 112:123–130.
- Pavlovkin, J., Okamoto, H., Waechter, R., Laeuchli, A, and Ullrich Eberius CI. 2002. Evidence for high activity of xylem parenchyma and ray cells in the interface of host stem and *Agrobacterium tumefaciens* –induced tumours of *Ricinus communis*. Journal of Experimental Botany 53:1143–1154.
- Shimmen T. 2006. Electrophysiology in mechanosensing and wounding response. In: Volkov AG(ed). Plant Electrophysiology, Springer , Berlin. pp.319–339.
- Taura, T., Iwaikawa, Y., Furumoto, M., and Katou K. 1988. A model for radial water transport across plant roots. Protoplasma 144:170–179.
- Ullrich-Eberius CI., Novacky, A., Fischer, E and Luettge, U. 1981. Relationship between energy-dependent phosphate uptake and electrical membrane potential in *Lemna gibba* G1. Plant Physiol. 67:797–801.
- Ullrich WR. and Novacky, A. 1981. Nitrate-dependent membrane potential changes and their induction in *Lemna gibba* G1. Plant Sci. Lett. 22:211–217.

イチゴ高設栽培における土壤モノリスの作製法

榎田泰宏・村上圭一・磯崎真英・安田典夫*

三重県農業研究所 (*現JICA)

要　旨：イチゴ高設栽培には様々なシステムが導入されているが、栽培期間中の根域あるいは培地状態を把握するための方法は現在まで確立していない。そこで、著者らは土壤モノリス採取の方法を応用し、高設栽培断面を採取することを試みた。農耕地土壤で用いられているモノリス採取法は培地に有機質培地及び無機質培地が用いられているイチゴ高設栽培培地においてもモノリスを問題なく採取することができた。モノリスは自然状態に近い高設栽培培地の観察に適し、イチゴ高設栽培地下部の研究に寄与する方法として提案できる。

キーワード：イチゴ高設栽培、培地、土壤モノリス

Soil monolith of culture media profile for high-position strawberry cultivating system : Yasuhiro MASUDA, Keichi MURAKAMI, Masahide ISOZAKI and *Norio YASUDA (*Mie Prefecture Agriculture Research Institute*) (*JICA)

Abstract: Various high-position strawberry cultivation systems are used. However the method for the understanding of the feature of the underground part of strawberry in each system is not established. The general method of soil monolith collection was applied with some modification. We sampled soil monolith of culture media profile for high-position strawberry cultivation system without any trouble by this way. This method appears to be suitable for the observation of underground part of high-position strawberry cultivation systems.

Keywords: high-position strawberry cultivation systems, culture medium, soil monolith

緒　言

イチゴは全国で約3295ha栽培されている野菜である。栽培方式は主として土耕栽培あるいは高設栽培の2つに分かれ、中でも高設栽培の普及面積は年々拡大傾向にあり、三重県では半数以上の農家がこの栽培方式を取り入れている（三重県2008）。

高設栽培は、栽培槽、培地、給液装置という一連のシステム構造が一般的である。培地素材としては、パーク堆肥、ピートモス、ヤシ殻、木材残渣などの様々な有機質素材の他、ロックウール、パーライト、浄水ケーキを代表とする無機質素材などを混合したものが用いられている。しかしながら、実際に使用されている培地は比重、透水性、最大容水量など物理的特性がその種類により異なるため、それぞれの特性に応じた水分あるいは養分管理が必要となる（田中2001）。これまでこれらの栽培管理については使用者の経験に基づくものが多く、さらに、高設栽培システムの相違などがイチゴの根伸長や収量に及ぼす影響に関する知見も少ない。このことからイチゴ高設栽培において、根の発達

状態を視覚的に把握することができれば、培地および栽培システムの特徴を明らかにできるとともに、培地および栽培システムを改良する手段の一つとなり得る。

根を含む培地全体を視覚化する手段として土壤モノリスを作製することが以前より行われてきた。土壤モノリスの作製方法は、浜崎ら(1983)、田中(1989)、日本ペドロジー学会編(1997)などの方法が紹介されているが、いずれも農耕地土壤作土層から、深層土壤までの実態把握を目的としている。しかし、有機質資材を主体とした崩れやすい培地についての報告は見当たらない。

本報告では、イチゴ高設栽培システムにおける培地構造からその実態と特性を明らかにするため、三重県すでに導入されている通称ハンモック方式[桟木方式、愛媛方式に類似（玉置2003）]を対象とした。対象の培地構造は上層に混合培地、下層にクリプトモスが用いられており、その培地から土壤モノリスを作製する手法の検討を行った。

材料および方法

(1) 使用用具

モノリス作製に必要な道具はポリウレタン系樹脂[トマック NS-10, 三恒商事(株)大阪], 移植コテ, 包丁, ラテックス手袋, フェルト[三井化学産資(株)], メッシュ状の布(0.25mm), 稲藁刷毛(適度な弾力があり細かい部分の塗布に適する), プラスチックヘラ, 新聞紙, 霧吹き(水)である(図1).

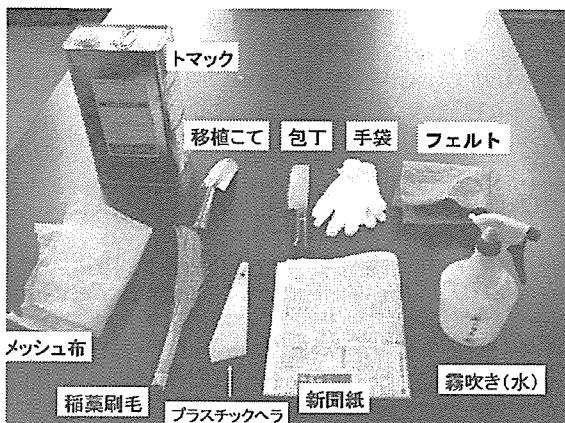


図1 使用用具一式

(2) 対象土壤

三重県伊勢市小俣町のイチゴ高設栽培農家(30a)において、イチゴ収穫終了時(2009年5月12日)に土壤モノリスを作製した。

対象圃場におけるハンモック方式の概要は図2に示したとおりで株間15cmで定植されており、上層(12cm):混合培地(パーク堆肥、ピートモス、植物片、浄水ケーキ、パーライト), 下層(14cm):クリプトモスで構成されている。なお、培地の化学性はpH6.3(H₂O), EC0.4(dSm⁻¹), 仮比重は0.83であった。

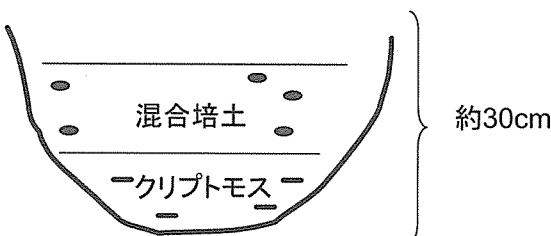


図2 ハンモック方式断面図

(3) 土壤モノリス作製の手順

土壤モノリス作製は、田中ら(1989)の方法に準じ、接着から剥ぎ取りまでをおこなった。作製方法は次のとおりである(図3)。圃場にて10cm程度の断面を採取しこれを培地とし、この培地から1cm程度の展示用断面を作製するとい

う2段階の作業過程をとった。

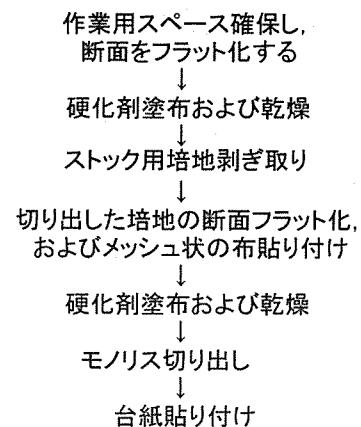


図3 培地モノリス作製方法手順

1. 作業スペースの確保

作業スペースを確保するため、断面より移植コテで培地を取り除き、幅30~50cmの作業スペースを設けた(図4)。なお、断面はイチゴの株(クラウン部)を中心に1cm程度の位置に作成した。作業スペースを広範にすることで、剥ぎ取り作業は容易になった。このときに掘り起こした培地については、上層、下層をそれぞれ区分し、作業終了時には順次埋め戻した。



図4 作業スペース確保

2. 培地接着準備

樹脂(トマックNS-10)を1Lビーカーに適量および霧吹き(水)を用意した。樹脂は水分と反応し接着剤として機能するため(浜崎ら1983), 実際の生産現場における作業に際しては、接着による通常栽培部への影響を最小限に防止するために栽培槽や圃場設備への新聞紙、テープ等による保護を注意深く実施した。

3. モノリス断面の均一化

モノリス断面の凹凸を取り均一化した(図5)。均一化により、接着作業の接着効率が上がった。この作業を省略するとフェルトからの剥がれ落ちが目立った。断面傾斜に注意し、断面の上層が下層よりもせり出さないようにした。せり出した場合には樹脂が垂れ落ちるので注意が必要である。傾斜角10°程度の角度をつけ、樹脂が重力により下層周辺部にまで達するように調整することが望ましい。

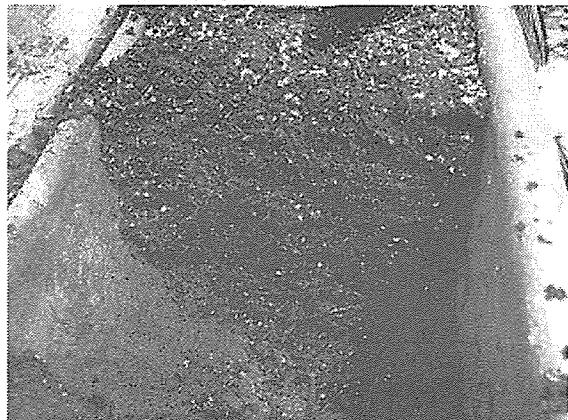


図5 断面フラット化

4. 樹脂の塗布

モノリス断面に張り合わせるフェルトを培地断面(30cm×30cm)に合わせて切り取った。フェルトに樹脂をあらかじめ1mm程度厚く盛るように十分塗布し、刷毛、ヘラを用いてむらなく調整した(図6)。従来の方法では樹脂を断面に直接塗布し接着するが、これは接着面積以上の断面を作製し、十分な面積が確保できるためとれる方法である。しかし、本方法ではハンモック内の培土断面を全て採取するため、接着面積以上の断面を作製することはできない。また、実際の栽培資材条件下で行うことから、資材へ



図6 樹脂塗布

の余分な接着を防ぐため、このようなフェルトに樹脂をあらかじめ塗布する方法をとった。

5. フェルトの設置

樹脂を塗布したフェルトと断面を張り合わせた(図7)。このとき、境界部分ではフェルトと栽培槽が接着すると生産資材を汚すことになるので注意する必要がある。

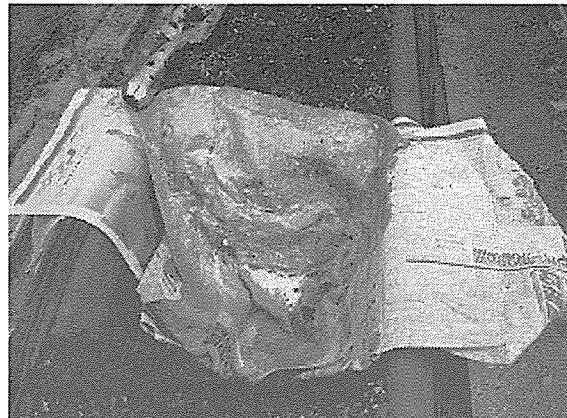


図7 フェルト接着

6. モノリス断面の固定

モノリス断面を固定するため、フェルトの上から霧吹きで水をむらなくふきかけた(図8)。培地からの発泡が見られるが、問題はなかった。これは農耕地土壤の固定の際にも見られる現象である(田中ら 1989)。固定を確保するため、板で断面を保持しながら1時間程度静置した。乾燥度合いは、フェルトが刷毛や指に接着しない程度が目安となる。



図8 断面への水散布

7. モノリス断面の切り出し

樹脂の硬化後、採取するモノリス断面に包丁を差し込み、イチゴ根を切断しながら、剥ぎ取った（図9）。

ハンモック方式は鋭利な刃物では容易に布が破損する可能性があるため、培地底面では、培地をハンモックから丁寧に引き剥がすという作業が加わった。剥ぎ取り断面は厚さ10cm程度とし、補修用培地を各層から適宜採取した。



図9 培土剥ぎ取り

8. 切り出しモノリスの断面均一化

剥ぎ取った断面を作業台に横に静置し、包丁を用いて表面を均一化した（図10）。フェルトの貼り付けと同様にメッシュ状の布との接着効率が上がった。



図10 培土フラット化

9. 展示用モノリスの作製

均一化した断面にメッシュ状の布を貼り付け（図11）、その布の上から稻藁刷毛を用いて樹脂を十分塗布し固定した（図12）。そして、厚さ1cm程度で培地断面を切り取った（図13）。この断面は展示用として使用するため、欠落し

た部分には、先に採取した補修用培地を用いて断面を補修することで、より正確な実現場断面となる。



図11 メッシュ状の布貼り付け



図12 樹脂塗布



図13 断面切り出し

10. 展示用サンプル

乾燥後、台紙に木工用ボンドを貼り付けた（図14）。

今回、改良した、圃場にて10cm程度の断面を採取しこれをストック用培地とし、このス

トック用培地から1cm程度の展示用断面を作製するという2段階の作業過程をとることにより、実際の圃場での作業を迅速に終わらせることができ、展示用断面の作製は作業台の上で入念に作製することができた。

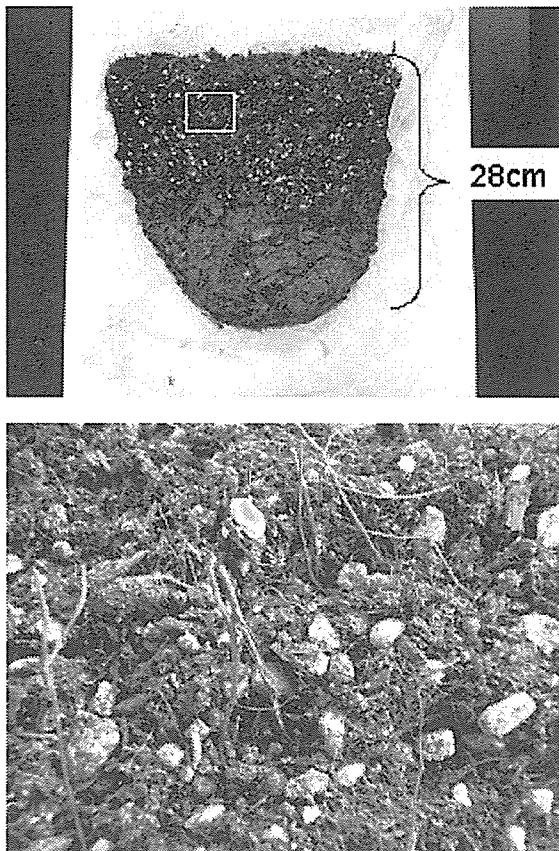


図14 断面（写真上）および四角部分拡大（写真下）

結果および考察

本研究により農耕地土壤におけるモノリス作成方法を適応し、イチゴ高設栽培槽からのモノリスを採取することができた。本方法では最終的にメッシュ状の布と土壤とを樹脂によって接着させ、薄層で切り出した面を展示するため、できあがったモノリスの表面は樹脂によって固められず、立体感のある自然状態に近いものに仕上がったが、剥離や損傷は受けやすいので注意を要した。また、2層構造である上層（クリプトモス層）、下層（有機物培地層）の境界も明らかで、根域も明瞭にできた。

農耕地土壤におけるモノリス採取では、試坑が数メートルに及び作業に数日間を要する場合があるが、イチゴ高設栽培槽からの採取では、奥行50cm以内であることから、この方法で作業を行えば、4時間程度で展示用モノリス断面を作製することができた。

一方、農耕地土壤では試坑を自由に広げる、掘り下げるなど作業に比較的制限はないが、イチゴ高設栽培槽からの採取では、栽培期間中を含め、作業に制限があり、また、損傷しない工夫が必要である。特に、ハンモック底部付近の培地接着は困難であるため、あらかじめ補修用培地を採取し、補修する必要があった。

室内作業となる展示用断面作製では10cm程度の培地を剥ぎ取ると表面の整理などの減少分を含めても3~4枚分の展示用モノリスを確保することができる。したがって、様々な展示用あるいは講習会の教材として用いることが可能であった。

田中ら（1989）の作業手順では採取時の不要な土壤を放水にて洗い落とすが、今回のイチゴ高設栽培培地に適応した場合、培地の剥がれおちが確認され、イチゴ根のみが残る傾向にあった。一方、今回のモノリス採取方法では培地とイチゴ根が混在するがより根を明らかにするには、同様の培地採取方法を行い、放水によって培地を洗い落とし、根のみを残すことにより明瞭な根の伸長を確認することができる。

イチゴ高設栽培システムにはハンモック（布）方式の他に、発泡スチロール、プラスチックプランターやビニールバッグ栽培方式等があり、栽培培地についてもピートモス、ヤシガラのような植物由来の有機物の他、パーライト、ロックウール、浄水ケーキのような無機物も導入されている（岡2001,2002）。今回のモノリス採取では上層、下層ともに問題なく採取することができた。このことから、様々な素材の培地への適応が可能であると考えられた。

通常、地下部を観察し、土壤断面を比較するにはその都度試坑しなくてはならず、同一圃場でない場合には写真や絵で記録しなければならない。本方法により展示用サンプルが出来上がると各地の栽培様式、年次変化を容易に比較、観察することができ、イチゴ高設栽培地下部の研究に寄与する方法として提案できる。

引用文献

- 伏原 肇. 2004. イチゴの高設栽培. pp. 10-20. 農文協.
- 浜崎忠雄・三土正則. 1983. 土壌モノリスの作製法 農業技術研究所資料, 18 : pp1-27
- 日本ペドロジー学会編. 1997. 土壌断面標本（モノリス）の作製法. 土壌調査ハンドブック改訂版, pp155-157, 博友社
- 三重のイチゴ高設栽培編集委員会. 2008. 三重のイチゴ高設栽培, pp1-4, 三重県

- 岡昌二. 2001. 技術情報 イチゴ高設栽培各方式の特徴と課題. 施設と園芸. 112 : pp. 40-48 日本施設園芸協会
- 岡昌二. 2002. イチゴ高設栽培装置各方式の特徴と課題(その2) システムの概略と課題展望. 施設と園芸. 119 : pp32-37
- 玉置学・角田和利. 2003. イチゴのハンモック式簡易高設栽培システムの開発. 愛媛農試研報. 37 : pp. 13-19.
- 田中和夫. 2001. イチゴ高設栽培の課題と今後の展開. 農耕と園芸編集部編. イチゴ—品種と新技術. 誠文堂新光社. pp. 166-174.
- 田中義浩・本名俊正・山本定博・高田秀. 1989. 土壌モノリス(薄層土壤断面標本)の作製について. 鳥取大学農学部研究報告, 42 : pp. 17-23.

Fifth International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants(第5回国際樹木根シンポジウム)に参加して

August 8th to 12th 2010, University of Victoria, Victoria, BC, Canada

坂 本 拡 道

兵庫県立大学 環境人間学部

私はカナダ・ブリティッシュコロンビア州、ビクトリアにあるビクトリア大学で開催された第5回国際樹木根シンポジウムに参加しました。この大会は、2010年の8月8日から5日間の日程で実施されました。今回のシンポジウムの主題は、(1)樹木根系の生理学や生態学における最新の知見、(2)根の生理プロセスや植物機能全体に対する環境から乱の影響評価、(3)解剖学者、生態学者、菌根研究者、生理学者、分子生物学者、根圈微生物学者らの連携による根システムの統合的理解、(4)地下樹木生態に関する研究の将来に渡っての重要性の再認識でした。

初日の8日には3つのワークショップが開催されました。“Stable Isotopes”, “Digital Imaging of Roots in situ”, “Genomic Resources”とあり、私は“Digital Imaging of Roots in situ”に参加しました。ここでは3つの会社がそれぞれの製品について説明していました。内容は、新しいRoot Scannerや、X線を用いた非破壊による根構造イメージの取得方法の紹介でした。それぞれ製品のデモンストレーションがあり、大変興味深かったです。ワークショップの後も質問がしやすい雰囲気で、疑問な点がしっかりと解消できました。

続く9日は口頭発表とポスターセッション、10日、11日は口頭発表が行われました。口頭発表・ポスターセッションともに一會場で行われたおかげで、全参加者の発表を聞くことができました。口頭発表は自分の知識不足を痛感しましたが、最先端の研究に触れられ、大変よい刺激になりました。また、ポスターセッションは軽食を食べながら（お酒を飲んでいる方も！）行われたことに驚きました。

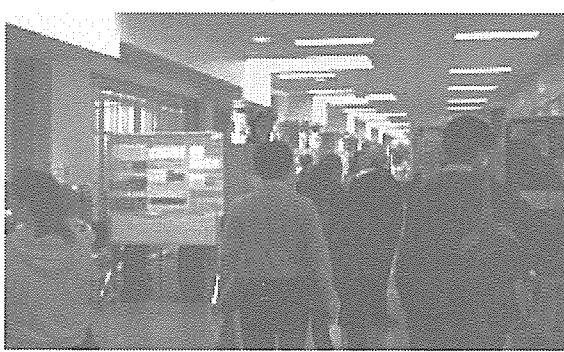
私は9日のポスターセッションで、『An Automatic Segmentation and Tracking Method for Fine Roots from

Digital Scanner Images』というタイトルで発表を行ないました。発表は、スキヤナ法(Dannoura Optical Scanner Method; M.Dannoura et al., 2008)によって取得されたコナラ細根周辺の土壤画像から、細根部分のみを自動抽出するプログラムを開発とその評価についてです。ミニライゾトロン法の研究者や根の成長についてコンピュータ解析を行っている研究者に興味を持っていただくことができ、多くの方々から質問、貴重なコメントをいただきました。「どのようなアルゴリズムで抽出しているのか」、「開発したプログラムを発売しないのか」などプログラムに関わるものから、プログラムの処理内容を視覚的に見せると効果的だろうというポスターへのアドバイスもいただき、大変勉強になりました。

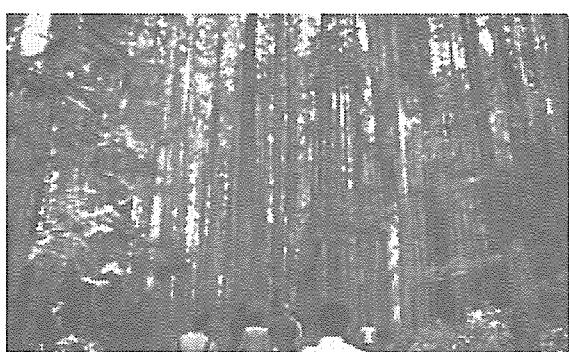
最終日の12日はフィールドツアーが開催されました。原生のスギ林やダグラスファー（米マツ）といったカナダの壮大な森の中に立ち入ることができ、直接ふれることで自然の姿に圧倒されました。他にもCowichan Lake Research Stationにおける、スギの人工生育過程の見学やスギ林の中のウォーキングという貴重な体験をすることができました。

シンポジウムにおいてポスターセッションやコーヒーブレイクの時間などに、稚拙な英語ながら世界の研究者の方々と意見を交換できることは本当に勉強になりました。研究に対する刺激を受けただけなく、文化や習慣の違いを感じることができ、自分の見識を深めるよい機会でした。

なお、今回の第5回国際樹木根シンポジウムへの参加および発表につきましては、根研究会「苅住」海外渡航支援の助成をいただきました。このような機会を与えて下さったことに深く感謝申し上げます。



図：ポスターセッション会場



図：カナダのスギ林内にて

Fifth International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants

服 部 和 佐

京都大学大学院農学研究科森林科学専攻 森林利用学研究室

2010年8月8日から13日にかけてカナダ・ブリティッシュコロンビア州・ビクトリアにあるビクトリア大学で国際樹木根学会に参加しましたので、その時の模様を報告します。

学会の参加人数は約100人で、19カ国から集まりました。参加者がそれほど多くなかったことや、大半は同じ宿舎に泊まっていたこともあり、この6日間で参加者の顔や国籍を覚えることができました。

8日に3種類のワークショップ①Stable Isotopes、②Digital Imaging of Roots in situ、③Genomic Resourcesが開催されました。参加者は①から③の中から1つもしくは2つを選ぶことができます。私は①と②に参加しました。②では、根の生長や構造を非破壊的に観察できるRootViz FS X-ray Imaging Systemについて知ることができました。このシステムは、実験室で育てられたポット苗の根を3D画像として根の構造や生長を見ることができます。根がどのように生長するのかまた枯死していくのか非破壊的に観察することは容易ではありません。しかし、このような画像システムが発達していくことで少しづつ解明いくのだと感じました。

9日から12日までの3日間は口頭発表とポスター発表が行われました。口頭発表の会場は1つでしたので、参加者全員で発表を聞き、また質問・意見等を言い合うことができました。ま

た、私の研究分野とは異なる内容について聞くことができ、新たな知識や視野を得ることができました。口頭発表（全33題）は、大きく以下の6種類に分かれていきました。①細根の生長量とターンオーバー、②安定同位体、③菌根菌、④水輸送、⑤細胞構造と遺伝子です。ポスターセッション（全36題）の会場も1つで、参加者全員が各発表を聞くことができました。私はポスターで、「パイプモデルに基づくコナラ林での葉と細根の量的関係」について発表し、何人かの研究者の方から意見をいただきました。

13日最終日に、2種類のフィールドトリップ①Forestry theme、②Ecology themeがありました。私は②に参加しました。フィールドトリップでは、行く先々の自然についてよくご存じの専門家が案内してくださいり、ビクトリアの街があるバンクーバー島や、ソルトスプリング島の自然について知ることができました。

今回、この学会に参加することで、根についてこれまで知らなかった知見を多く知ることができました。次の国際樹木根学会は4年後に日本で開かれます。次回の学会も参加したいと思っています。最後になりましたが、本学会への参加にあたり根研究会「荔住」海外渡航支援から助成を賜りました。心より御礼申し上げます。本当にありがとうございました。

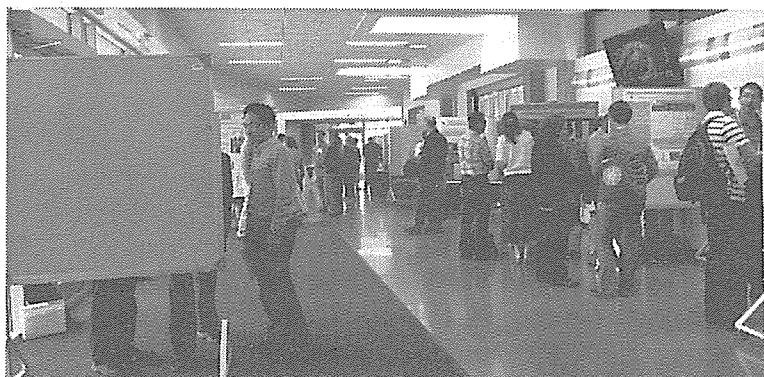


図. ポスター会場となったロビー。学会参加者だけでなく、ビクトリア大学の学生も見ていました。

5th International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plantsに参加して

川村あゆみ

京都大学大学院農学研究科 (MC1)

2010年8月8日から12日まで5日間の日程で、カナダのBritish Columbia州、Victoriaで開催された5th International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plantsに参加しました。会議には世界19カ国から約100人が参加していました。

今回の会議に参加を通じて明らかになった、今後の樹木根研究に関する大きな課題のひとつは、「地下部炭素動態は、気候変動にどのように影響されるのか」という問題でした。これは今私の最も関心のあるテーマでもあります。この課題の解明には、細根動態測定の技術的向上と細根動態プロセスの解明の両方が必要であることをこの会議で再認識しました。

1日目は、3つのテーマでワークショップが開かれ、私はStable IsotopesとDigital imaging of Roots in situの2つに参加しました。前者では安定同位体の定義から、その最新の研究まで紹介され、初心者にも大変分かりやすく構成されていました。特に関心をもった研究は、炭素安定同位体を用いて、土壤呼吸中の根呼吸と分解呼吸との分離するという研究です。この方法は攪乱せずに測定ができるため、森林生態系での地下部炭素動態の解明に有効であると思いました。

2つめのテーマでは、ミニライゾトロンを製造する3社が各自の製品を紹介するような形で進められ、初めて間近で見るその技術に驚きました。しかし依然として、実際の森林土壤での根成長をトレースする難しさを感じました。

会議の2日目から4日目までは、口頭発表が行われました。そのテーマは多岐にわたり、ターンオーバー、養分獲得、地下部炭素フラックス、土壤呼吸、菌根菌、地上・地下部の資源配分、水分通導など、さまざまな視点からの樹木根に関する研究を知ることができました。特に、窒素・酸素ストレス、地下部種多様性度といったさまざまな環境に対する、根の寿命や生長量の変化に関する研究は、大変興味深いものばかりでした。

3日目の午後にはポスターセッションが行われ、私は”Assessing fine root dynamics in a *Quercus serrata* forest”という表題で、コナラが優占する落葉広葉二次林にてイングロースコア法を改良した方法で細根生産量を推定した結果を発表しました。細根動態を評価するための方法には、大きく分けて破壊的・非破壊的測定法があります。イングロースコア法とは破壊的測定法の1つです。細根動態とは、生長・枯死・分解のプロセスの変化であるといえますが、既存のイングロース法では分解プロセスが考慮されていませんでした。しかし今回私が用いた方法により、生長・枯死・分解を考慮して細根生産量を推定する

ことが可能になりました。またこの結果より、分解量を考慮することの重要さを示すことができました。

研究の今後の課題は、推定した細根生産量は多角的に評価しなければならない点です。なぜなら、細根動態測定はまだ発展途上の段階であり、また特に今回の私の研究に関しては、非破壊的測定方法での連続的データとの比較をする必要があります。この課題に関してはポスターセッションの際にもご指摘をいただきました。その点で今回のワークショップで紹介された非破壊的な測定方法である、ミニライゾトロンや炭素安定同位体の最新の研究は、大変参考になりました。ただ今回のワークショップや口頭・ポスター発表で感じたことに、その多くが生根を研究対象にしており、死根を対象にした研究が少なかったことがあります。今私が特に興味を持っている枯死や分解プロセスの解明に関し、生理学的側面からアプローチした研究発表を期待していたので少し残念でした。

今回初めての国際会議に出席するということもあり緊張していましたが、参加者全員が「根」でつながっているのだと感じたとき、緊張は期待に変わっていました。今回の会議で、樹木根をさまざまな視点から研究する方たちと意見を交わすことができたことは、私にとって大変貴重な体験となり、また自身の研究に対するさらなる意欲の向上につながりました。

最後になりましたが、本会議への参加・発表にあたり、根研究会「苅住海外渡航支援」より助成を賜りました。ここに記し、心より感謝の意を表します。本当にありがとうございました。



写真：口頭発表が行われた講堂

第33回根研究集会 開催案内

第33回根研究集会を2010年11月12日(金)～14日(日)の3日間、兵庫県姫路市にある兵庫県立大学新在家キャンパスで行います。「根研究会」の会員以外の方も、発表・聴講可能です。大勢の方の参加を歓迎します。

会場は、新幹線のぞみも泊まる姫路駅からバスで10分、世界遺産 姫路城から歩いて10分と、研究集会にも観光にも絶好のロケーションにあります。姫路城は今年から平成の大修理に入り、めったに見られない補修工事の様子を見学できます。

また、最終日はエクスカーションとして、淡路島にある淡路園芸学校を訪れます。淡路園芸学校は、「景観園芸」の教育研究機関として、1999年に開校しました。昨年度からは兵庫県立大学大学院緑環境景観マネジメント研究科が設置され、高度専門職業人の養成を行っています。

研究集会への参加および研究発表は大橋瑞江(ohashi@shse.u-hyogo.ac.jp)宛にメールで申し込んでください。2010年10月15日(金)が、参加・発表申し込みの締め切りです。

<日時> 2010年11月12日(金)～11月14日(日)

前回までのご案内から、エクスカーションの14日が追加になっています。

<会場> 兵庫県立大学 環境人間学部 講堂

〒670-0092 兵庫県姫路市新在家本町1-1-12

Tel 079-292-9354 Fax 079-293-5710

<プログラム概要(予定)>

詳細なプログラムは、後日、根研究会ホームページ(<http://www.jsrr.jp>)に掲載します。

11月12日(金)

午後 根研究会賞受賞式 受賞講演

基調講演 Ivano Brunner 博士 (Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research)

ポスター発表

夜 懇親会

11月13日(土)

午前 研究発表

午後 公開講演会 池野英利教授（兵庫県立大学環境人間学部）

研究発表

11月14日(日) エクスカーション（淡路園芸学校）

午前9時 姫路駅集合

午後4時 姫路駅解散

<参加・研究発表の申し込み>

10月15日(金) 締め切り。下記の発表申し込みを電子メールやFaxで送ってください。メールの場合、タイトルは「根研究集会申し込み」としてください。参加費用は当日、受付時に徴収します。

<講演要旨の提出>

11月1日(月) 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下記の申込先に送ってください。メールが使えない場合は、郵送でお送りください。メールの場合、タイトルは「根研究集会講演要旨」としてください。

<申込・問い合わせ先>

兵庫県立大学 環境人間学部 大橋瑞江

〒670-0092 兵庫県姫路市新在家本町1-1-12

Tel 079-292-9354 Fax 079-293-5710

E-mail ohashi@shse.u-hyogo.ac.jp

<発表形式>

口頭発表 及び ポスター発表

口頭発表は、講演12分+質疑3分。PowerPoint2007を使用。Macintoshをお使いの方は、ご自分のパソコンをお持ちください。

ポスターは、縦180cm以内×横120cm以内(A0サイズのポスターを貼れます)。

<参加費> 500円

<懇親会費> 一般 3000円 学生 2000円

<エクスカーション参加費> 1000円

<交通>

姫路駅まで：JR、山陽電鉄「姫路駅」下車

姫路駅から：神姫バス（西高行き、田寺北行き、書写行き、大池台行き）乗車「県立大環境人間学部」下車（姫路駅より約10分）

詳しくは大学HP(<http://www.shse.u-hyogo.ac.jp/accessmap/index.html>)をご参照ください。

<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）。

<講演要旨（そのまま原寸で印刷します）の書き方>

- 1 A4版1ページに、上3.5cm、下左右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。連絡先は括弧に入る。
- 5 本文：明朝系・10ポイントを目安にする。

【第33回根研究集会 参加申込書】

1. 氏名

2. 連絡先

住所・機関名 :

Tel :

Fax :

E-mail :

3. 発表の有無 :

4. 発表「有」の場合

表題 :

著者名 :

発表形式 : 口頭発表 ポスター発表 (どちらかを選んで下さい)

5. 懇親会参加

参加する(一般) 参加する(学生) 参加しない
(どれかを選んでください)

6. エクスカーション参加

参加する(一般) 参加する(学生) 参加しない
(どれかを選んでください)

【申し込み先】

兵庫県立大学環境人間学部 大橋瑞江 宛

E-mail ohashi@shse.u-hyogo.ac.jp / Fax 079-293-5710

申し込み後、1週間以内に確認の連絡が届かない場合は、大橋までお問い合わせください。

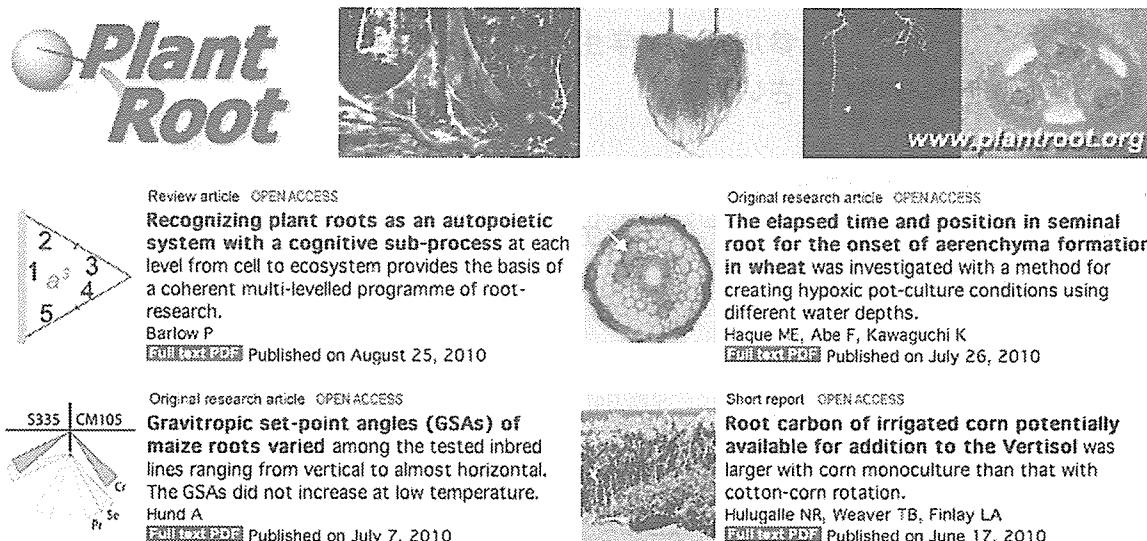
国際誌 Plant Root 発行状況

Plant Root 編集委員長 唐原一郎

電子ジャーナル Plant Root は、今年で第4巻が発行されています。著者・編集者・査読者とともに、国籍・居住地が広く世界各地に及んでおり、国際性の高い雑誌となっています。「根の研究」の読者の皆様にも Plant Root をより身近に感じていただるために、異会長の発案で、今後 Plant Root に掲載された論文のアブストラクトを『根の研究』に掲載することにいたしました。

Plant Root は、Free Access Journalとして、雑誌独自のウェブサイト (<http://www.plantroot.org/>)とともに、科学技術振興機構JSTのポータルサイト J-STAGE (<http://www.jstage.jst.go.jp/browse/plantroot/-char/ja/>)にも掲載されており、抄録から書誌情報をRISやBibTeXの形式でダウンロードすることができます。皆さんご存じでしょうか。一度チェックしてみてください。これは、皆様の文献データベース(EndNoteなど)に取り込むために大変便利ですので、ぜひご活用ください。

ところでこのJ-STAGEは、2012年にアップグレードされた形のJ-STAGE3へと移行することが予定されており、非常に便利で洗練されたオンライン投稿・審査システムが利用できるようになります。これを利用しない手はありませんが、ただし、そのためにはある程度の投稿数を要求されるだろうと予測されています。また、impact factorの取得にも、もう少し投稿数の増加が必要となっております。ぜひとも、会員の皆様の積極的な投稿をお願いいたします。原著論文のほか総説も歓迎しますので、企画案がありましたら、ぜひ編集部(Editor2010@plantroot.org)にご連絡ください。



Plant Root Vol. 4 (2010) 18-21

Carbon inputs by irrigated corn roots to a VertisolNilantha R. Hulugalle¹⁾, Timothy B. Weaver¹⁾ and Lloyd A. Finlay¹⁾¹⁾ NSW Department of Industries & Investments, Australian Cotton Research Institute, Australia and Cotton Catchment Communities Co-operative Research Centre (CRC)

(Received: February 1, 2010)

(Accepted: May 6, 2010)

Abstract: Row crops commonly grown under irrigation in the Vertisols of north-western New South Wales, Australia, include summer crops such as corn (*Zea mays* L.) and cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Soil

organic carbon (SOC) and residue (SOR) dynamics in these farming systems have been analysed primarily in terms of inputs of above-ground material and root mass towards the end of a growing season. Addition of root material to SOC and SOR stocks either in the form of roots dying and decaying during and after the crop's growing season may, however, be significant. Carbon inputs by roots of irrigated corn to an irrigated Vertisol were evaluated in an experiment near Narrabri, Australia, where corn grown as a monoculture was compared with corn sown in rotation with cotton. Root growth in the surface 0.10 m was measured with the core-break method, and that in the 0.10 to 1.0 m depth with a minirhizotron and I-CAP image capture system. These measurements were used to derive root length per unit area (LA), root C added to soil through intra-seasonal root death (Clost), C in roots remaining at end of season (Croot) and root C potentially available for addition to soil (Ctotal). Ctotal averaged 5.0 Mg ha⁻¹ with cotton-corn and 9.3 Mg ha⁻¹ with corn monoculture, with average Clost accounting for 11%. Intra-seasonal root death from corn made only a small contribution to soil carbon stocks. LA of corn was higher with corn monoculture than with cotton-corn.

Keywords: hapluster, image analyses, irrigation, minirhizotron, rotation, Vertisol

Plant Root Vol. 4 (2010) 22-30

Genetic variation in the gravitropic response of maize roots to low temperatures

Andreas Hund¹⁾

¹⁾ Institute of Plant, Animal and Agroecosystem Sciences, ETH Zurich

(Received: November 11, 2009)

(Accepted: May 23, 2010)

Abstract: The distribution of roots in soil determines their acquisition of spatially varying resources. It may be altered by changing the response of roots to gravity. The aim of the study was to assess gravitropic set-point angles (GSAs) of maize (*Zea mays* L.) roots, their response to temperature and the feasibility to measure them in growth pouches. The GSAs of the primary, seminal and crown roots of a set of nine temperate inbred lines were measured. The lines were grown under controlled conditions in growth columns either at 15/13°C or 24/20°C (day/night) until the two-leaf stage (V2). The GSA was measured as the deviation of the initial 3 cm of root axis from the vertical zero. Low temperature resulted in a decrease in the GSAs of the crown roots by 10°, i.e. the roots oriented more vertically. The effect of the GSAs on the distribution of the roots was verified in wider columns using two extreme inbred lines. The proportion of roots in the upper 5 cm of the columns was 78% for the line S335 with the strongest tendency to horizontal root growth and only 39% for CM105 with almost vertical orientation of the roots. The differences in GSAs between these two genotypes were even more pronounced in growth pouches, thus proving the feasibility of this system for rapid screening. The results indicate that there is a huge genetic variability available to alter the growth direction of the seedling roots of maize. However, there was little effect of the temperature.

Keywords: corn, gravitropism, liminal angle, plagiogravitropism, root angle, *Zea mays* L.

Plant Root Vol. 4 (2010) 31-39

Formation and extension of lysigenous aerenchyma in seminal root cortex of spring wheat (*Triticum aestivum* cv. Bobwhite line SH 98 26) seedlings under different strengths of waterlogging

Md. Emdadul Haque¹⁾, Fumitaka Abe¹⁾ and Kentaro Kawaguchi¹⁾

¹⁾ National Institute of Crop Science (NICS), National Agriculture and Food Research Organization (NARO)

(Received: March 11, 2010)

(Accepted: June 22, 2010)

Abstract: Aerenchyma promotes gas exchange between shoots and roots that supports plant to survive under waterlogged conditions. To understand the process of aerenchyma formation under waterlogged conditions, we developed a method for creating hypoxic pot-culture conditions using different water depths, and used this system to examine the effects of hypoxia on seedling growth and the anatomy of the seminal roots of spring wheat (*Triticum aestivum* cv. Bobwhite line SH 98 26). After 72 h of waterlogging, the redox potentials of a well-drained control and treatments with a water depth 15 cm below (T-15) and 3 cm above (T+3) the soil surface were +426, +357, and +292 mV, respectively. The root growth of the seedlings was reduced in T+3 plants while the shoot growth did not change significantly during 72 h waterlogging. Root anatomy study showed that wheat formed no aerenchyma under our control condition, but formed aerenchyma in the root cortex in response to hypoxia in T-15 and T+3 conditions. The aerenchyma was initially formed at 2 to 5 cm behind the root tip after 72 h in T-15 and 48 h in T+3. The aerenchyma in T+3 plants then extended by an additional 5 cm towards root base during the next 24 h. Evans blue staining indicated that wheat aerenchyma was lysigenous which resulted from degradation of cortical cells. Thus, the combination of the plant material and the pot-culture method can be used for a basic tool with which to analyse the molecular and physiological mechanisms of lysogenous aerenchyma formation in wheat.

Keywords: aerenchyma, hypoxia, root cortex, seminal roots, waterlogging, wheat (*Triticum aestivum* L.)

Plant roots: autopoietic and cognitive constructions

Peter Barlow¹⁾

¹⁾ School of Biological Sciences, University of Bristol.

(Received: April 28, 2010)

(Accepted: June 25, 2010)

Abstract: Many facets reflecting the autopoietic process of Life and Living can be found in plant roots at many levels relevant to their organisation, from cells to ecosystems. At each level, there are sub-processes dedicated to both the auto-reproduction and the self-maintenance of that level, these processes being contained within a boundary appropriate for that level. Auto-reproduction and self-maintenance unite with a third sub-process, cognition, and provide the basis of a coherent multi-levelled programme of root-research.

Keywords: autopoiesis, cognition, living system, roots, self-maintenance

The diagram illustrates the workflow for accessing research articles from the Plant Root website. It starts with a box labeled "Plant Root のウェブサイト ‘Browse the Archive’ のページ" pointing to the "Archive of All Issues (Since March 2007)" section of the Plant Root website. This section shows a list of volumes (2010, 2009, 2008, 2007, 2002) and a note about maintenance. An arrow points to the "Abstract" button for a specific article. A second box labeled "各論文の ‘Abstract’ ボタンをクリックすると左のような J-STAGE の抄録ページが開きます" points to the J-STAGE abstract page for "Plant roots: autopoietic and cognitive constructions". This page includes the article title, authors, and a small thumbnail image. A third box labeled "論文を読むには ‘Full text PDF’ をクリック" points to the "Full text PDF" link on the same abstract page. Finally, an arrow points to a box labeled "書誌情報のダウンロードはここをクリック。RIS でダウンロードすれば、EndNote にも読み込めます。", which contains links for "Download Meta of Article" and "RIS" and "BIBTEX".

【カレンダー】

- ・各会議の正確な情報はご自身でご確認下さい。申し込み・問い合わせは、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。

植物・土壤・環境など、根に関わりのある学術集会の情報を寄せ下さい。
国内の小規模なセミナーや、他学会主催の会議の情報も歓迎します。発行月は3月、6月、9月、12月で、その月の5日頃までにご連絡頂ければ掲載が間に合います。研究会のホームページにも掲載します。情報の送り先は、E-mail : neken2010@jsrr.jp です。

2010年

第3回国際稲会議(IRC2010) & 国際稲研究所(IRRI)設立50周年 11月8-12日
 The 3rd International Rice Congress (IRC2010)
 [coinciding with the 50th anniversary of the International Rice Research Institute]
 November 8-12, 2010; Hanoi, Vietnam; <http://www.ricecongress.com/>

第33回根研究集会

2010年11月12日(金)・13日(土)・14日(日)

兵庫県立大学(姫路市)

エクスカーションのために、14日(日)が追加されました。

詳細は、本号に掲載の案内をご覧ください。

第5回国際窒素会議(N2010) 12月3-7日 *New*

5th International Nitrogen Conference (N2010)
 December 3-7, 2010; New Dehli, India; <http://www.n2010.org/>

2011年

第34回根研究集会 *New*

2011年 日程未定(4月～6月の間で開催予定)

佐賀大学

第13回国際ナタネ学会 6月5-9日 *New*

13th International Rapeseed Congress
 June 5-9, 2011; Prague, Czech Republic; <http://www.irc2011.org/information.html>

第18回国際植物学会議 7月23日-30日

XVIII International Botanical Congress
 July 23-30, 2011; Melbourne, Australia; <http://www.ibc2011.com>

持続性のための光合成研究 7月24-30日 *New*

Photosynthesis Research for Sustainability
 July 24-30, 2011; Baku, Azerbaijan; <http://www.photosynthesis2011.cellreg.org/>

第7回根の構造と機能国際シンポジウム 9月5-9日

VII International Symposium on Structure and Function of Roots
 September 5-9, 2011; High Tatras, Slovakia

第3回根圏会議 9月25日-30日

Rhizosphere 3

Spetember 25-30, 2011; Perth, Australia

<http://rhizosphere3.com/>

第3回国際亜鉛シンポジウム 10月10-13日 *New*

3rd International Zinc Symposium

October 10-13, 2011; Hyderabad, India; <http://www.zinccrops2011.org/>

根研究会20周年シンポジウム／第35回根研究集会 *New*

2011年11月5日(土)・6日(日)

東京大学農学部

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

2012年

第8回国際根研究学会(ISRR)シンポジウム 7月3-6日

8th Symposium of International Society of Root Research (ISRR)

July 3-6, 2012; Dundee, DD2 5DA, Scotland, UK.

<http://www.rootresearch.org/meetings>

第6回国際作物学会議 8月6-10日 *New*

6th International Crop Science Congress

August 6-10, 2012; Bento Goncalves-Rio Grande do Sul State, Brazil;

<http://www.intlcss.org/future-congresses/>

=====

第3回根圏会議のご案内

第3回根圏会議(Rhizosphere 3)の組織委員会より、根研究会事務局に、開催の案内が届きました。

会議名: Rhizosphere 3

開催期間: 2011年9月25日-30日

開催地: Burswood Convention Centre(オーストラリア, パース)

正式な参加申込は、2011年2月に受付開始の予定ですが、ホームページ(<http://rhizosphere3.com/>)の“Conference Registration”のコーナーから仮登録すると、メールで連絡がもらえるようになります。正確な情報・詳細は、<http://rhizosphere3.com/>をご覧下さい。

実行委員会連絡先

RHIZOSPHERE 3 INTERNATIONAL CONFERENCE 2011

C/- ICE Australia P/L

Suite 4, Level 2

73 Hay Street

Subiaco, WA 6008, Australia

Tel: +61 8 9381 9281

Fax: +61 8 9381 9560

E-mail: rhizosphere3@iceaustralia.com

「苅住」海外渡航支援のご案内

2011年1月－6月 渡航分の申請は2010年10月末日〆切です

2011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、以下をご参照ください

2011年7月－12月 渡航分の申請最終締切は2011年4月末日ですが、2010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

・電子メール：neken2010@jsrr.jp (PDF または MS-Word のファイルを添付して下さい)。

・郵送先：〒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 阿部淳氣付。

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

学生の場合は、指導教員の署名または印が必要ですので郵送となりますが、あわせて、電子メールでもお送りください。電子メールのほうは、指導教員の署名または印の部分は空欄で結構です。

学生でない方は、電子メールの方だけで結構です。

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、採用人數と支援額は、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

2010年度 根研究会賞 の決定について

今年度の根研究会賞については、本誌『根の研究』の前号（第19巻第2号）において募集の告示を致しました。その後、締め切りを8月15日まで延長し、メールマガジン（「根研究会ニュース」）とホームページで告知しました。推薦があった業績について、それぞれ複数の評議員あるいは分野が近い専門家に評価を依頼し、その答申に基づいて正副会長で審議の結果、下記の通り、学術功労賞1件、学術特別賞1件、学術奨励賞1件の計3件の授賞が決定しました。なお、論文賞には推薦がありませんでした。ここに、会員の皆様にご報告します。

授賞式は、11月12日に第33回根研究集会（兵庫県立大学）において開催し、併せて受賞記念講演を行います。受賞者には、賞状と副賞をお贈りします。

授賞業績3件とその概要

*各受賞業績の「業績の概要」は、推薦状や審査報告を基に、根研究会事務局が要約したものです。

学術功労賞

業 績：森林生態系における樹木細根量とその動態に関する生態学的研究

受賞者：野口 享太郎((独)森林総合研究所四国支所)

推薦者：平野恭弘(名古屋大学)

業績の概要：受賞者は、樹木の細根について、種の違いによる、あるいは乾燥化や温暖化・間伐などの環境要因の違いに対する動態変化の解析に取り組んできた。その研究はフィールドに根ざした堅実な手法によって進められており、論文の資料的価値は高い。特に、スギやヒノキといった日本の主要林業樹種における細根動態の正確な把握という点では高く評価される。同時に、一連の研究は、ミニライゾトロンを用いた高度に定量的な研究であり、スギやヒノキにおける根の生産に特異的な季節性があることを明らかにするなど、根のフェノロジカルな長期観察とも表現できる。その観察技術も含め、国際的にもトップレベルの信頼性を持った研究成果である。

業績(関連の論文等)：

Noguchi K, Han Q, Araki MG, Kawasaki T, Kaneko S, Takahashi M, Chiba Y 2010. Fine root dynamics in a young hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*) stand for three years following thinning. Journal of Forest Research (in press)

Hirano Y, Noguchi K, Miura S 2007. Development and function of roots of forest trees in Japan. Journal of Forest Research 12: 75-77.

Noguchi K, Konopka B, Satomura T, Kaneko S, Takahashi M 2007. Biomass and production of fine roots in Japanese forests. Journal of Forest Research 12: 83-95.

他、論文計9編+関連記事1編。

学術奨励賞

業績：イネにおける根の組織構造および深根性に関する QTL の同定

受賞者：宇賀 優作 ((独)農業生物資源研究所)

推薦者：佐藤雅志(東北大学)

業績の概要：個々の異なる農地環境に適応した根系を持つ品種育成を目指すには、根系分布を自由に制御するための遺伝子リソースの蓄積が不可欠である。受賞者は、はじめに異なる遺伝的背景の栽培イネ品種群間における根の形態、および組織構造の違いを明らかにする目的で 6 つの形態的形質を 59 品種について調査し、*indica* 品種群に比べ *japonica* 品種群は根組織構造の変異が広く、特に *japonica* 品種群に属する陸稻は中心柱および導管サイズが他の品種よりも大きいことを認めた。一方、*indica* 品種群は *japonica* 品種群よりも根系形態の変異が大きく、前者の中には深根性で太い根を持つ品種が存在することが判明した。次に、フィリピンの陸稻品種 Kinandang Patong と水稻品種 IR64 の F₃ 集団を用いて根維管束の形態変異に関する QTL 解析を行い、第 9 染色体に後生木部導管 II に関する QTL (*qMXA-9*) を検出した。さらに BC₂F₂ 集団を用いて詳細な座乗候補領域を明らかにし、*qMXA-9* の近傍領域に深根性関連遺伝子座 (*Drol1*) が座乗することも示した。これらの根系形質遺伝子の座乗位置に関する情報は、イネの根系形態改変を通じた品種育成にとって非常に有用であり、今後の育種利用が期待される。同時に、この業績は、栽培学で開発された根評価法を遺伝解析に的確に適用した好例であり、栽培学と遺伝学という分野間の融合を図った業績としても高く評価される。

業績(関連の論文等)：

Uga Y, Okuno K, Yano M 2010. Fine mapping of *Stal1*, a quantitative trait locus determining stele transversal area, on rice chromosome 9. Molecular Breeding (in press) doi:10.1007/s11032-010-9450-0

Uga Y, Okuno K, Yano M 2008. QTLs underlying natural variation in stele and xylem structures of rice root. Breeding Science 58: 7-14

他、論文計 3 編+著作 2 編。

学術特別賞

業績：環境変動下における樹木根研究の活性化と欧州-日本間の研究者ネットワークの構築

受賞者： Ivano Brunner (Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL))

推薦者：平野恭弘(名古屋大学)

業績の概要：受賞者は、分子学的手法を用いた根の樹種同定技術の開発、細根の生理反応による環境負荷の早期検出など、樹木の細根を対象にした研究を精力的に行ってきた。室内実験から野外調査まで幅広いスケールでの、基礎と応用を組み合わせた斬新な発想による研究が特徴的で、多くの原著論文を国際誌に発表している。こうした自身の優れた研究成果に加えて、欧州を中心とした樹木根研究者のネットワーク構築に中心的役割を果たしてきた。さらに、日本の森林科学分野の根研究者に対しては、長期滞在の受け入れ、プロジェクトやワークショップへの参加呼びかけ、日本の学術誌への寄稿など、欧州-日本間の研究者のネットワーク構築に多大な貢献をしている。第6回 ISRR シンポジウム(2001 年・名古屋)では組織委員を、国際誌 Plant Root では編集委員を務めるなど、根研究会の活動に対する寄与もきわめて大きい。

業績(関連の論文等)：

Brunner I, Godbold DL 2007. Tree roots in a changing world. Journal of Forest Research 12: 78-82.

他、論文計 10 編

以上

Root Research 根の研究

編集委員長	中野 明正	農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）本部
副編集委員長	田島 亮介	東北大学大学院農学研究科
編集委員	犬飼 義明	名古屋大学大学院生命農学研究科
	大段 秀記	農研機構・九州沖縄農業研究センター
	小川 敦史	秋田県立大学生物資源科学部
	鴨下 顕彦	東京大学アジア生物資源環境研究センター
	草場 新之助	農研機構・果樹研究所
	久保 堅司	農研機構・九州沖縄農業研究センター
	塩野 克宏	東京大学大学院農学生命科学研究科
	谷本 英一	名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科
	辻 博之	農研機構・北海道農業研究センター
	野口 享太郎	独立行政法人森林総合研究所
	福澤 加里部	北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター
	南 基泰	中部大学応用生物学部

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 : neken2010@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19巻 第3号	2010年9月15日印刷 2010年9月22日発行
発行人：巽 二郎 〒616-8354 京都市右京区嵯峨一本木町1 京都工芸繊維大学繊維学部附属生物資源フィールド科学教育研究センター	
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

Japanese Society for Root Research

Review

Studies on the physiological root activity of a persimmon tree for 15 years

Hisashi OKAMOTO · · · · · 103

Technical note

Soil monolith of culture media profile for high-position strawberry cultivation system

Yasuhiro MASUDA, Keichi MURAKAMI, Masahide ISOZAKI
and Norio YASUDA · · · · · 117