

ISSN 1343-912X

Wood Science in Kyushu

木科学情報

21卷2号 2014



日本木材学会九州支部

目 次

執行部便り

最近の取組状況と第 21 回日本木材学会九州支部大会（熊本）のご案内 ……池田 元吉 19

総説・主張

森林環境教育のススメ ……………井倉 洋二 21

視覚障害者とともに展開する森林 ESD……………小林 修 25

ミニレビュー

木化に関わるペルオキシダーゼ ……………重藤 潤, 堤 祐司 29

海の向こうから

コペンハーゲン三ヶ月弱生活 ……………藤田 弘毅 33

編集後記 ……………35

●「レビュー」原稿募集！●

木科学情報では、会員の皆様からの投稿原稿を募集しています。

投稿された原稿の中から、とくに優秀なものについては黎明賞（論文）の対象といたします。

奮ってご応募ください。

執行部便り

最近の取組状況と第21回日本木材学会九州支部大会 (熊本)のご案内



池田元吉

この4月の定期異動で久し振りに職名が変わり、研究との距離が少し遠くなりました。担当している業務には、今後取組む研究課題の絞込み、現在取組まれている研究課題の実験手法などについて若手研究者と一緒に考えることができるという権利(?)があるようで、新しい仕事に就いた新人の様なわくわく感と若い人の邪魔にならないようにとの心がけを忘れず、楽しく仕事をしたいと思っています。

さて、この紙面を何で埋めるかが問題です。まずは、現在進行形のものも含め最近の取組みを紹介します。

最初は、丸太含水率計の実用化に向けた取組みの紹介です。現在多く使われている製材機のタイプにノーマンのツイン帯鋸があります。このタイプの製材機は、自動計測した丸太形状と生産者が径級に応じ事前設定した木取りに基づき自動製材する機能を備えています。一方、丸太材質を加味した製材は、心材色の目視区分によって木取りを決める事例はあるようですが、製材工程内で丸太材質を自動計測し、丸太の形状と材質の二つの情報による自動製材が行われた事例は見当たりません。

自動計測する丸太材質はヤング率と含水率の二つです。ヤング率は既存技術で測定可能で、測定装置を製材機に組込むことは比較的容易と推察されます。課題は含水率の測定です。実用化の検証装置では、まず平滑に加工した丸太木口面の連続硬さデータを基に木材密度を推定します。次に、この値に丸太形状データから算出した丸太材積を乗じた丸太の木材実質重量と丸太重量との差を水分重量として、含水率を算出する機能を付与します。現在取り組んでいる具体的な内容は、考案した密度測定法に基づく連続硬さ測定器を含めた複数の装置を現役製材機へ組込み、その機能を検証することです。システムが上手く機能すれ

ば、例えば、形状は横架材に適するが、ヤング率は低く、含水率が高い場合は横架材には不向きな丸太と判断し、他の製品を自動的に選択・製材することが可能になります。このような製材システムが実用化されれば、信頼性の高い構造用製材の安定供給体制づくりの一助となり、製材の付加価値向上ひいては材質(少なくとも強度性能、乾燥性)に応じた丸太価格形成につながることを期待できるのではないのでしょうか。

次に、紹介するのは木材乾燥用の簡易加熱養生倉庫用低コスト加熱法の開発と普及です。

提案している加熱法の特長は、棧積み直下に、平面的に棧積み全体をカバーする大きさの加熱装置(装置というより加熱部)を設置したことです。加熱部は、狭い間隔で引回したエロフィンパイプなどの熱交換専用の金属管からなり、管に温水や蒸気などの熱媒を循環、管周辺の加熱された空気が自然対流で上昇し棧積み内に流入することで乾燥を促進します。棧積み下部から温風を供給し乾燥を促進する方式は新しいものではありませんが、広い加熱部の採用が、乾燥終了時の含水率のバラツキ縮小につながっているようです。また、室内の風を循環させる



冬の岳の湯地区の状況、注意喚起の看板ならびに試作装置

電動ファンが不要なことも特長の一つです。この加熱法を活かすためには、断熱性が高い部屋作りが肝要です。この方式による最初の実用サイズの施設は、熊本県小国町内で地熱水蒸気を熱源にしたものです。自噴する水蒸気を木材乾燥に使いたいとの地元からの相談がきっかけで、4m材が収容できる加熱養生倉庫を試作・性能を検証する機会を得ることができました。提供した倉庫のポンチ絵を基に地元大工さんが図面を作成、試作の運びとなりました（写真参照）。倉庫の内外の壁、両開きドアのコアには2枚の構造用合板の間に発泡系断熱材をサンドイッチした製品を用い、外装はいずれもスギ板張りとしています。約2年間の検証で乾燥室の断熱性は及第点、加熱養生施設として使えるとの評価が得られました。一方、室内温度が期待した程に上がらない、天井部分の結露、屋根裏からの換気量不足などいくつかの改善点も明らかになり、熱交換用鉄管の放熱面積の増、屋根裏の断熱性改善と二重天井への変更ならびに換気孔設置などで対応しました。現在、この加熱方式を取り入れた加熱養生施設は県内各地で25室ほどになり、板材乾燥、高温セットした柱材の仕上げ乾燥、天然乾燥板材の仕上げ乾燥などに利用されています。

最後に紹介するのは、視覚的な新しさを持つ板壁、名付けて“1/ f ゆらぎ板壁（以下、ゆらぎ板壁）”です（写真参照）。何が1/ f かと言いますと板幅の変化のあり様です。

一般に、多くの板壁には幅一定の板が使われますが、ゆらぎ板壁には幅が不揃いな板を使うこと、隣接板の幅の変化に意味を持たせたことが大きな特長です。板幅は当所にある樹齢700年生ツガの木口円



高齢級材の年輪幅データから作製した板壁

盤から取った年輪幅データを基に決めています。円盤の高樹齢部（500年～700年ほど）において連続約100年分の年輪幅データ（0.57～3.57mm）を取得、各々年輪幅を40倍し、それに面取り幅6mm（片側で3mm）を加えた幅28.8～148.8mmの板を作製、これを年輪番号順に壁に取付け幅7mをカバーしています。この作り方が“ゆらぎ”の所以です。写真は熊本県立大学の一般教室に取付けた壁です。同じ教室に幅100mm板のみによる板壁（幅一定板壁）を設置し、各々状態での授業後にアンケート調査を行いました。結果は、幅一定に比べゆらぎ板壁の方が心地良い、好ましいなど概ね好印象の結果が得られています。

今回の試作では、幅30mm程の板が内装材として利用できることが確認でき、良質な板材の効率の良い利用につながればと考えています。

ゆらぎ板壁の普及の第一弾として、熊本県庁本館と新館をつなぐ地下通路の展示ブースでお披露目します。どのような反応が寄せられるか楽しみです。

最後になりましたが、このような内装材開発に取り組んでいる目的の一つは、大径化するスギなどの針葉樹丸太から得やすくなっている無節などの良質な板材を活用した製品開発を通じた素材価値の向上です。強度性能・乾燥性・スギ品種で異なる心材色など高齢級化に伴う資源の質の変化に応じた活用範囲の拡大、それに伴う商品開発などの取組みがより一層重要になっていると感じています。

なお、第21回日本木材学会九州支部大会の概要は以下のとおりです。会員の皆様のご参加をお待ちしています。よろしくお願いいたします。

第21回日本木材学会九州支部大会（概要）

日時：平成26年9月11日（木）～12日（金）

場所：くまもと県民交流館パレア

（熊本市中央区手取本町8番9号）

研究発表会：口頭発表（フェーズ1、フェーズ2）

講演会：急激な増大が予想される木材需要に応じ変化するであろう資源流通と木材利用に関する講演

（いけだもとよし：熊本県林業研究指導所）

森林環境教育のススメ

井倉 洋二



1. はじめに

私が勤務している鹿児島大学演習林は、100年余の歴史と先人が築き上げた豊かな資源（照葉樹天然林と多様な人工林など）に恵まれた、三千ヘクタール余りの広大な森林です。古くから林学の専門教育と研究の場として利用されてきましたが、近年では施設の有効活用や大学の社会貢献の点から多様な利用がすすみ、子どもたちや市民を対象とした体験学習の場や、学内でも森林系以外の授業などで使われるようになってきました。

特に1999年から始まった森林環境教育の取り組みは、大学の教育研究と社会貢献を同時に実現するもので、全国の演習林の中でも最先端の取り組みであると自負しています。本稿では、一般にはあまり知られていない森林環境教育プログラムの魅力の一端を皆さんに紹介したいと思います。

2. 森林環境教育ってなに？

森林環境教育ときいて皆さんは何を想像しますか？ある人は森林でのキャンプや自然体験を思い浮かべたり、ある人は自然観察などの学習活動を、別の人は枝打ちや間伐などの林業体験を想像するかもしれませんね。このように森林環境教育は多様な内容を含んでいます。林野庁は2002年の林業白書でその定義を「森林の中で様々な体験活動などを通じて、人々の生活や環境と森林との関係について学び、森林の持つ多面的な機能や森林整備と木材利用の必要性などに対する理解と関心を深める」としています。現在ではその定義がさらに広がり、井上・大石(2014)では森林教育（ここでは森林環境教育と同義）の定義を「森林での直接的な体験を通じて、循環型資源を育む地域の自然環境である森林について知り、森

林と関わる技能や態度、感性、社会性、課題解決力などを養い、これからの社会の形成者として、持続的な社会の文化を担う人材育成を目指した教育」としています。ちょっと小難しくなりましたが、要するに森林に関わる教育的活動を広くとらえて私たちは森林環境教育とよび、多様な取り組みを行ってきました。動植物の生物的な学びだけではなく、人の関わり、感性、さらに森林が育む地域の暮らしや文化までも含みます。そしてこれらの多様な活動に共通する最も大事なことは「直接体験」を伴う教育活動であるということです。

3. おもしろいプログラムがいっぱい！

では、具体的にはどんな体験活動があるのでしょうか。ここでは、わが鹿児島大学演習林で実施している多様なプログラムの中から、とびっきりおもしろいものをいくつか紹介しましょう。

1) ナイトハイク

まずは夜の自然を五感で味わうナイトハイクです。夜の森体験とも呼んでいます。演習林の特設キャンプ場の周辺が私たちの活動のフィールドです。人工の光の無い環境で林道を歩き、木々のシルエットや夜の生きものたちの声、匂い、落ち葉の感触、沿道の草ボタル等を楽しみます。星のきれいな夜は、木々の黒い影と星空のコントラストが見事で、冬には葉の落ちた木にまるでクリスマスの電飾のように星がいっぱいに飾られます。キュートな三日月がスギや広葉樹やダイミョウチクの梢をかすめていたり、満月がまばゆいばかりの明るさで照らす夜もそれは幻想的。特にフクロウの声に包まれる夜は本当に贅沢です。山の神と崇めるスタジイの巨木の前で腰を下ろし、木々のドームに包まれた感触を味わいなが



写真1 夜の森は神々しい

ら、数分間沈黙の時間を過ごします。風が波のように遠くから押し寄せてくることや、風も吹かず虫も鳴かない無音の世界があることは、この体験を通じて知ったことです。

鹿児島大学演習林では、森林環境教育に関する学生実習や指導者養成講座等で毎年たくさんの人たちにこのナイトハイクを体験してもらっていますが、初めて体験する人には大きなインパクトを与えているようです。暗闇の中の木々のシルエットは昼間の森とは全く違ったものに見えること、夜の木々の姿は怖く、また神々しくもあること、ふだんの生活で我々はいかに視覚に頼っているかを実感したこと、視覚を制限されることで音や感触や匂いなどを感じる感覚が鋭くなったこと、野生動物の気持ちになれたこと、人が近くにいる安心感や温もりを感じたこと、夜の森から大きなエネルギーをもらったこと、等々。多くの人がこの体験の後に述べてくれた感想の一端です。また、これを体験した農学部のある先生は「宮沢賢治の世界だね」と評してくれました。まさに、賢治の数々の物語はこうした自然とのふれあいの中から生まれた想像力の産物なのだと、私も共感するところです。

昔の人にとっては周囲にあたりまえにあった夜の自然は、現代人が最も遠ざけているものでもあります。ナイトハイクは、夜の森にふれることで現代人の眠っている感性を呼び覚ます活動ともいえるでしょう。夜の自然の中でそこに居る喜びや心地よさを感じる感性は、いのちの「つながり」や「生きがい」

や「足を知る」ことなどにもつながっているように思えます。

2) 焚火

次に紹介するのは焚火です。キャンプファイアーというと、小学校の宿泊学習で1度だけ体験したことがあるというのが現代人の平均のようです。そのキャンプファイアーで何をしたかと尋ねると、レクリエーションとしてゲームをするか歌うかダンスをするかのどれかです。キャンプファイアーという大規模なものでもなく、焚火自体が現代人には大変貴重な体験です。というのは、現在の都会の生活の中で火を見ること自体がとても珍しくなっているからです。都市で育った現代っ子は、火や炎を見ることやモノを燃やすという体験がほとんどありません。ですから、焚火という行為自体がとても貴重な体験になります。火が暖かい（熱い）こと、煙がくると煙たいこと、火を見ていると気持ちが和らぐこと、仲間と火を囲むだけで打ち解けた気持ちになれること。そんな「火」が持つ物理的な、そして心理的な働きは体験してみても初めてわかることです。

さらに焚火のもう一つの意義は「木」を燃やすということです。私たちが現代の生活の中で大部分を頼っている化石燃料ではなく、昔の暮らしの中であたり前に燃料として使われてきた木を燃やすことです。このことは、地球温暖化問題やこれからの私たちのエネルギーのあり方を一緒に考えるべく貴重な教材となります。世界では木材消費の半分以上は燃料として使われていること、特に人口が増加してい



写真2 みんなで焚火を囲む

る途上国では薪が足りなくて森林がそのために減少していること、一方で日本では木材自給率が低く国内の森林資源は飽和していること、木材を燃料として使うことは地球温暖化防止に役立つこと、日本の有り余っている森林資源を有効に活用したいこと。これらは、私が焚火を囲みながら学生や子どもたちに伝えている話です。

このように、焚火の持つ「火」の側面はナイトハイクと同様に私たちの眠っている感性を呼び覚ましてくれるものであり、「木」の側面は森林と環境やエネルギーに関わるさまざまな問題を伝え、一緒に考える材料になります。焚火こそは森林環境教育の偉大なる教材といってもよいでしょう。

3) 林業体験

3つ目に紹介するのは、オーソドックスですが「林業体験」です。林業体験というと植林、枝うち、間伐などの体験をすることで、実際に演習林でも地元小学校の総合学習を受け入れて1日林業体験活動をしています。その時には苗畑の見学、スギ苗の植林、枝うち見学、ノコギリでの間伐などをしますが、活動のねらいは体験そのものよりも林業という「仕事」を知ってもらうことに重点を置いています。

というのは、小学校5年生の社会科で農林水産業が出てきますが、森林については国土保全や水源涵養など公益的機能の紹介に重点が置かれ、「林業」はほとんど産業として扱われていません。ですから子どもたちは林業という言葉は知っていても、それが（自分たちが将来従事するかもしれない）仕事だと



写真3 皆伐地に植林する小学生

いう認識はほとんどありません。まず林業という仕事を見る機会が、実は子どもだけではなく現代人にはほとんど無いのです。しかし、林業は重要な産業です。そして、人工林資源が充実し、国産材時代を迎えるわが国にとって、林業従事者を増やすことは大きな課題でもあります。そのために、演習林の林業体験プログラムでは、小学生に林業という仕事を知ってもらうこと、しかもとってもカッコよくて大事な仕事だということを知ってもらう必要があるのです。

林業体験プログラムは、まず室内の授業で子どもたちにこう問いかけることから始まります。林業ってなんだろう？ここにあてはまる言葉を入れてみてください。皆さんも考えてみてください。

林業は_____を_____る仕事

子どもたちからは様々な答えが返ってきます。「木をきる」「木を植える」「森を育てる」「木を使う」「自然を守る」「生き物を守る」等々。どれも正しいですね。逆に「自然を破壊する」なんていうのも。これもやり方次第ではそうなります。もっと高所から「人を育てる」とか「地球を守る」なんていう意見もありました。どれもが正しく、要するに林業は多様な要素を含んでいることがなんとなくわかります。そして、森林（自然）を守ることは大事で、一方で人間は木を使って生きているという一見矛盾する構図を子どもたちに示します。

その後野外で植林・間伐等の体験をしますが、最



写真4 プロセッサーが丸太をあげる



写真5 林業機械も体験してみよう

後に演習林の林業現場を見せます。ここは高性能林業機械が躍動する最先端の現場です。直径 30cm 以上あるスギの壮齢木をチェーンソーで伐倒し（倒れる時は凄い迫力）、スイングヤーダで引き上げ、プロセッサで造材し、フォワーダで運搬する一連の作業に子どもたちは大興奮です。特に建設機械が好きな男の子にとってはたまらない魅力でしょう。「林業って凄い。カッコイイ！」という意識を子どもたちに植え付けるのに十分な機会です。

体験と見学が終わり、教室に戻ってから最後のまとめをします。林業とは、木を切って使うこと、植えて育てること、両方を両立させる仕事、そして何よりもカッコイイ機械が躍動する仕事。最後の決めのスライドは、これです。

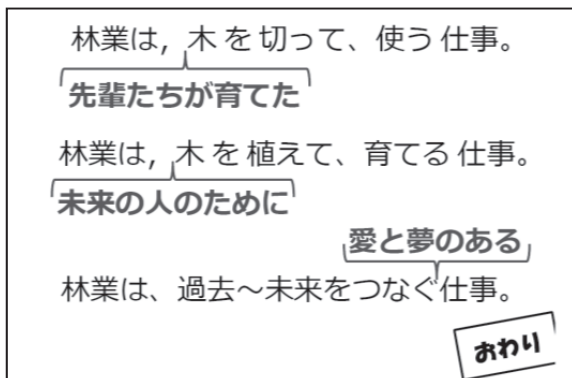


写真6 林業体験まとめのスライド

私たちが切って使う木は、自分たちが植えたものではなく、自分たちが植えた木は次世代の人が使います。林業は世代を超える仕事、未来の人のために

働く仕事です。こんなに愛と夢のある仕事は他にあるでしょうか？私たちが、子どもたちだけでなく社会全体に対して、林業をもっとアピールできるポイントはこれなのです。日本一贅沢な（と私は確信しています）林業体験授業、子どもたちの心にどんなふうに刷り込まれたのでしょうか。

4. おわりに

以上、鹿児島大学演習林で私たちが取り組んでいるとっておきのプログラムを紹介させていただきました。学会の情報誌であるにもかかわらず、その効果の客観的な論証も無い主観的な内容紹介だけでは非科学的と思われるかもしれませんが、これらのプログラムが現代人にとって必要なものであることは、多くの方にとって自明の理だにご理解いただけるでしょうか。今後も、大学の教育研究の一環として実践を広げつつ、より質の高いプログラムを提供できるよう努力していきたいと思えます。

一方、このような社会的な需要がある活動、課題解決につながる活動を公的機関や大学の教育研究で終わらせるのではなく、民間主導で新たな仕事として開拓していくことが今後必要であると考えています。特に持続可能な農山村社会の実現に向けて、このような自然体験を伴う森林環境教育活動を新たなソーシャルビジネスとして起業していくことを目指して、昨年より NPO 法人「森くらぶ」を設立しました。学生たちが主体となって農山村での起業にチャレンジするという新たなステージが始まっていますが、これについてはまた別の機会に紹介できればと思います。

引用文献

井上真理子・大石康彦（2014）：森林教育に関する教育目的の構築—学校教育を中心とした分析をもとに—。日本森林学会誌 96(1):26-35.

（いのくらようじ：鹿児島大学農学部附属演習林）

視覚障害者とともに展開する森林 E S D

小林 修



1. はじめに

森林は木材の供給，生態系および生活環境の保全，保健休養機能の提供など多様な役割を担っている資源であり，今後の持続可能な社会づくりのために必要不可欠な存在であるということは本誌を読まれているみなさんと考えを同じくしているところだと思います。筆者が提唱し実践する「森林 ESD（持続可能な社会づくりのための森林教育）」は，教育者が森林の持続可能な社会づくりに果す多様な役割について学ぶ機会を提供し，学習者が自らのライフスタイルを持続可能な形に変えるための行動を生み出すことを目的とした森林学習活動を指します。森林 ESD は，持続可能な社会をつくるという観点から，社会を構成するすべての人に分け隔てなく平等に提供されるべきものですが，これまで実践されてきた森林学習活動の多くは，健常者を対象としたものがほとんどであり，障害者や高齢者に向けた学習活動は決して多いとは言えません。筆者はこれまで，障害者の中でも視覚障害者に着目し，視覚障害者と共に学ぶことのできる森林 ESD プログラムの開発とその普及を図ってきました。本稿では，これまで筆者が実践してきた視覚障害者と共に学ぶ森林 ESD 活動を紹介します（小林ら 2003・2005，小林 2006，青波 2008，小林 2011）。

2. 視覚障害者に対応した森林 ESD の必要性

障害者の中でも視覚障害者に着目し，視覚障害者とその家族さらに複数の盲学校教師に聞き取り調査を行った結果，視覚障害者が森林へ出向いて活動する機会が他の障害者に比べてとりわけ少ないことが分かりました。特に，視覚障害者は学校教育において，森林環境と触れる機会に乏しい環境にあります。

視覚障害児（者）の理科教育では，光学顕微鏡（細胞）の世界と生物集団（森林・湖沼・自然の景観など）は，主として視覚で把握する世界であり，手で触れられる対象ではないため，把握することが難しいとされてきました（文部省，1986）。このため，盲学校などでは従来，木材の細胞や森林を授業で取りあげるのは困難であるとして敬遠されてきたと考えられます。筆者が以前，盲学校で高校生を対象に実施した森林 ESD の際，校庭の庭園樹を使って樹木の全体像を触って観察（触察）しました。そのとき，学生の一人が，それまで言葉でしか知らなかった葉や枝そして幹について，高校生になってはじめて認識することができた感想を寄せてくれました。一方，筆者が実践している森林 ESD 活動協力団体である全国視覚障害児（者）親の会愛媛県支部からは，就学段階から森林と接して学ぶ機会の提供をしてほしいとの強い要望があります。

3. 森林 ESD 教材の開発と実践

筆者は，参加者の経験に対応して，in（森の中で），about（森について），for（森のために）という3つのステージに分けて森林 ESD を企画します。森林体験機会の少ない視覚障害者を対象とするときには，彼らの不安を解消し，森林への興味を引き出すために，森の中で（in）過ごしながら，森林を体感する時間を十分に設けるステップが第一に大切だということが分かっています。

筆者が実施する森林 ESD プログラムでは，参加者として視覚障害者のみならず，その保護者や視覚障害者のガイドをはじめとする晴眼者（視覚障害のない者）にも必ず加わってもらいます。視覚障害者と晴眼者とが森林の中で同じ時間と空間を共有し，両

者が共に森林の様々なことについて、感じたことや気づいたことについて意見を交換することによって、双方が新たな発見を共有することにもつながるからです。

(1) 室内での学習活動

筆者は、室内で森林について学ぶための教材として触察年輪教材を開発しました。さらに、筆者は聴覚年輪教材として、年輪幅の広狭を音に変換する手法を開発し、聴覚をとおして年輪幅の経年的な変動を知覚することのできる教材を開発しました。一連の年輪教材は、細胞構造の把握や森林動態さらには気候変動などについて体系的に学習する、つまり森について学ぶ (about) ことを目的としています。樹木年輪は、樹木の周辺環境の変化を刻み込んだレコードとして例えることができます。この年輪から過去から現在までの気候の変化などの歴史を引き出すことができます。年輪はまた、樹木の細胞構造から森林のしくみまでを体系的に学習することのできる最も優れた道具の一つでもあります。開発した触察年輪教材は、針葉樹材、環孔材、散孔材の円板木口面にサンドブラスター処理を施し、年輪の凹凸を際立たせています。視覚障害者は、触察年輪教材の観



触察年輪教材

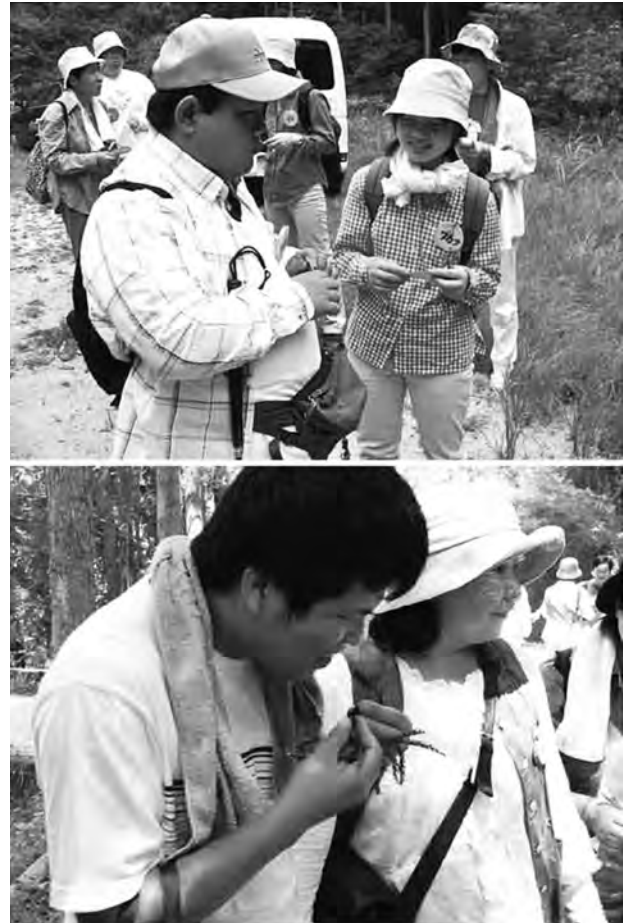
察を通して、年輪数をほぼ誤差なく言い当て、年輪構造の特徴を捉えることができます。学習を通じて、樹木内部のしくみと成長のしくみを知ることに加え、樹木年輪から見た地球環境問題に関して理解してもらうこともできました。聴覚年輪教材では、

学習者から過去にロマンを感じるといった感想を得られることにとどまっていることが課題です。今後さらに、年輪の広狭の変化を直感できる音階に変換することのできるように改善を進めます。

(2) 森の中での学習活動

森の中で森林を体感する活動を主眼においた企画として、森林散策に主眼を置いた活動とロープワークを活用した木登りを実施してきました。

森林散策活動の一つとして、「樹木ソムリエ」と銘打って、触覚、嗅覚、味覚を駆使して樹木の枝葉の観察を行っています。企画では、学習後に試験を行



樹木の枝葉を触って感じる

い樹木ソムリエ、準樹木ソムリエ、ソムリエッグの認定証を授与します。視覚障害者は70%以上の高い得点をマークします。この活動は、視覚障害者に対応した樹種検索表の開発にもつながりました。参加者からは、森林が多種多様な樹種で構成されていることへの発見と驚きなどについての感想が多く聞か

れます。

樹木の伐倒は、森のための活動としての林業体験 (for) に分類されます。活動では、愛媛大演習林内の広葉樹天然生林と針葉樹人工林内の散策と広葉樹 (ネムノキ) と針葉樹 (スギ) の伐倒と触察とを組み合わせ、1) 樹木の立地状況 (林地の2次元把握)、2) 樹木の高さ方向の形状 (林地の3次元把握)、3) 構成樹種、4) 林床の歩行感覚の違いを体験することを目的としています。晴眼者でもなかなか体験する



森林散策

ことのできない樹木の伐倒は、就学中の視覚障害者にとっては、危機管理などの面から体験機会がより遠ざけられる傾向にあります。盲学校に通う視覚障



杉の伐倒



伐倒木の触察

害者は敷地内に設置されている寮と学校で生活の多くの時間を過ごし、積極的に公園や森林に出かける機会が少ないからです。初めて体験した伐倒作業への強い興味や関心、自然の状態に近い森林の中でも自らの力で楽しく安全に活動することができたことへの達成感を引き出すことができました。

ロープワークを活用した木登りでは、ジョン・ギャスライト氏が代表をつとめるTCJ (ツリークライミング® ジャパン) のクライミング技術を活用しています (Gathright et al, 2006, 2007)。これまでの活動から視覚障害者のみなさんから、ぜひ樹に登ってみたいという強い要望が重ねて寄せられていました。視覚障害者が安全にかつ可能な限り自らの力で樹に登る方法を探して、ロープワークを活用した木登りの方法にたどり着きました。現在、愛媛大学



ツリークライミング講習

森林教育は、研究室を構成する教員3名のうち、2名が体験活動を実施できるTCJファシリテーターの

資格を、そして1名が体験会をサポートできる資格であるTCJベーシック・ツリークライマーの資格を有するツリークライミング®の実施体制をしいています。この木登り体験の特徴として、体験者が強い達成感を得られることにあります。実際に、活動中に体験者から歓喜の声があがり、他の森林ESD活動と比べても活動中の感動の共有に関するお互いの声かけが活発です。一方で、樹に登るための方法を視



登れました！

覚障害者に伝達する際に、教育者側の技術の伝達方法にまだ課題があり、今後この点を改善しながら活動のさらなる普及を図る計画です。

4. 終わりに

これまで実施してきた森林ESD活動からは、視覚障害者とともに学ぶ活動が、参加者のみならず教育者の知識や経験そして心理に対して想像以上に有益な影響を与えることを分かりました。視覚障害者からの視点を通して、まったく新しい森の見方があることを知り、このことは新たな教材の開発にもつながりました。本報告をきっかけに、障害者とともに

学ぶ森林ESD活動が広がることを期待します。

(引用文献)

- John Gathright, Yozo Yamada, Miyako Morita (2006) Comparison of the physiological and psychological benefits of tree and tower climbing. *Urban Forestry & Urban Greening*, 5: 141-149
- John Gathright, Yozo Yamada, Miyako Morita (2007) Recreational tree-climbing programs in a rural Japanese community forest: Social impacts and “fun factors”. *Urban Forestry & Urban Greening*, 6: 169-179
- 青波真央(2008)視覚障害者が指導者となるための森林教育プログラム. 愛媛大学農学部森林教育研究室卒業論文. 64pp.
- 小林修, 馬越和可奈, 鶴見武道(2003)視覚障害者向け樹木年輪学習教材の開発と利用. *日本視覚障害理科教育研究会会報* 22: 3-7.
- 小林修, 大西祥子, 馬越和可奈(2005)視覚障害者向け森林体験学習の事例—誰もがたのしみながら参加できる森林体験学習機会の提供をめざして—. *日本視覚障害理科教育研究会会報* 24: 7-14.
- 小林修(2006)視覚障害者とともに学ぶ森林環境教育. *森林技術* (2006年8月号), 773: 8-12.
- 小林修(2011)視覚障害者と協働して展開する森林ESDモデルの開発. *森林科学* (2011年10月号), 63: 34-38.
- 文部省(1986)観察と実験の指導. 慶応通信, 東京, 147 pp.

(こばやしおさむ: 愛媛大学国際連携推進機構アジア・アフリカ交流センター, (兼任)愛媛大学農学部森林教育)

ミニレビュー

木化に関わるペルオキシダーゼ

重藤 潤、堤 祐司



(重藤氏)



(堤氏)

1. はじめに

リグニンとは木質からのバイオエタノールやパルプの生産性、植物の消化性に強い阻害効果を有することによって、植物の産業活用の障壁となっている。近年、リグニンの生合成機構の解明が進められ、その応用としてバイオマス利用に有用なリグニン改変植物の作製が試みられてきたが、期待通りの成果は得られていない。この一因として細胞壁形成に関する基礎的知見の不足が挙げられる。リグニン生合成機構は、「リグニンモノマーの生合成」、「細胞外へのモノマーの輸送」、「高分子化」の3つの過程に大別できる(図1)。リグニン生合成機構についての研究が活発に行われてきた結果、リグニンモノマーの生合成過程の複雑な概観が明らかとなった^{1,2)}。一方で、細胞外へのリグニンモノマーを輸送する主要な機構は分かっていない。また、リグニンを高分子化する機構も、一部の植物で高分子化酵素が同定されているものの、その理解は不十分なものであった。本稿ではリグニンが高分子化される機構について紹介する。

リグニンの高分子化は、植物ペルオキシダーゼ(Prx)によって酸化されたモノマーとポリマー(またはオリゴマー)とのラジカル重合によって進行することが知られている。しかし、既知の植物Prxは、被子植物の主要なモノリグノールの一つであるコニフェリルアルコール(グアイアシル型リグニン)は酸化できるものの、もう一つの主要なモノリグノールであるシナピルアルコール(シリングル型リグニン)とリグニンポリマーに対する酸化能が極めて低かった。この事実に対して、シナピルアルコールを酸化できるPrxの単離の試みがなされ、ポプラでCationic cell-wall-bound peroxidase (CWPO-C)³⁾、

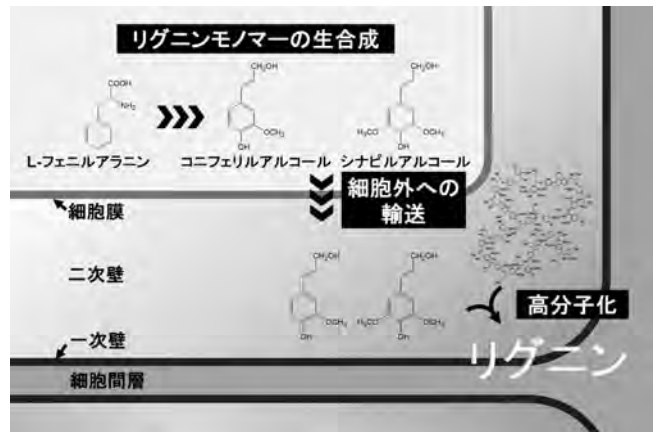


図1 リグニンが生合成される過程

ヒヤクニチソウでZePrx⁴⁾、シラカバでBPX1⁵⁾が発見された。これら3つのPrxアイソザイムはシナピルアルコールをコニフェリルアルコール以上の効率で酸化できる。中でもCWPO-Cはリグニンポリマーも酸化することができ、リグニン高分子化酵素として矛盾のない酸化活性をもつことが示された⁶⁾。さらに、CWPO-Cタンパクの局在はリグニン蓄積の多い場所(セルコーナー、細胞間層)と一致しており、リグニン生合成に関与することが示唆された⁷⁾。そこで、私たちは、『CWPO-Cのような酸化活性をもつPrxはこれまで見つかっていなかっただけで、実はすべての維管束植物が内包しており、リグニンの高分子化に寄与している』と仮定を立て、まず、モデル植物であるシロイヌナズナのPrxに着目した。シロイヌナズナは73個のPrxをもっている。このうちリグニン生合成に関わるPrxを探索後、その酸化能について調査した。図2に研究の概要を示した。

2. リグニン生合成に関与するPrxの探索

CWPO-Cとのアミノ酸配列類似性を指標に用いて、シロイヌナズナにおけるリグニン生合成に関わる候

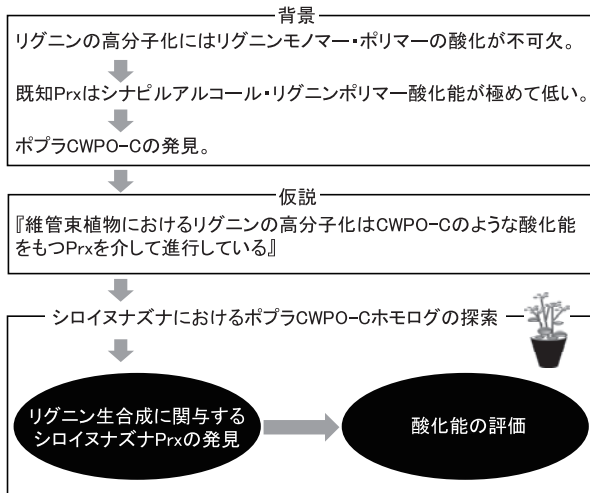


図2 研究の概要

補 Prx の絞り込みを試みた。類似性の高い上位 7 個の Prx (AtPrx-2, 3, 25, 43, 62, 69, 71) を候補とし、遺伝子欠損変異体を用いてリグニン生合成への寄与について検討した。標的 Prx 遺伝子に T-DNA が挿入されているシロイヌナズナ変異体の種子を購入後、標的 Prx 遺伝子が発現しない系統 (欠損変異体; *atprx-2, 3, 25, 43, 62, 69, 71*) をそれぞれ確立した。いずれの変異体も野生型と比較し、目視で確認できるような顕著な生長の差は見られなかった。リグニン高分子化酵素を欠損している植物では、リグニン量やリグニン構造・組成に野生型との差が生じることが予想される。そこで、6 週齢植物体から茎を採取し、リグニン分析に供した。リグニン量をアセチルブロマイド法によって測定したところ、*atprx2* では 14.1%、*atprx25* では 10.7% 野生型よりもリグニンが減少していた。さらに非縮合 (β -O-4 結合) 型リグニンの分解産物を定量することにより、リグニン構造・リグニン組成の変化を観察した結果、*atprx2*、*atprx25*、*atprx71* における非縮合型リグニンが野生型と比較し 14 ~ 35% 増加していることが分かった。また、シナピルアルコールとコニフェリルアルコールの含有率 (S/G 比) が上昇 (1.2-1.3 倍) していた。以上の結果から、*atprx2*、*atprx25*、*atprx71* はシロイヌナズナのリグニン生合成に関与していることが示されたと同時に、リグニン高分子化反応に寄与していることが示唆された⁸⁾。

3. リグニン生合成に関与する Prx の酸化能

「1.はじめに」で述べたように、これまで Prx を介したリグニン高分子化モデルではシナピルアルコールとリグニンポリマーの酸化が説明できなかった。シロイヌナズナにおけるリグニンの高分子化を担うことが示唆された 3 つの Prx が (CWPO-C のように) その説明を可能にするような酸化能をもつのかどうかは興味深い。そこで、大腸菌発現系を用い、5 つの組換えタンパク (rCWPO-C, rAtPrx-2, 25, 53, 71) を作製した。AtPrx53 は代表的な既知 Prx の 1 つである。発現誘導後、封入体を回収し、最適リフォーリング条件の検討を行った。その後、それぞれ適切なカラムを用いて活性型の各 rPrx を精製した。Prx 活性測定に用いる電子供与体には酸化産物の比色定量が可能であり、代表的なグアイアシル化合物であるグアイアコールと、同じく代表的なシリングル化合物である 2,6-ジメトキシフェノール (2,6-DMP) を用いた (図 3A)。rCWPO-C、rAtPrx2、rAtPrx25、rAtPrx71 のグアイアコールに対する酸化活性は、rAtPrx53 の活性を 1.0 とすると、それぞれ 0.36、0.26、0.81、0.81 であった。一方、2,6-DMP に対する酸化活性は、rAtPrx53 の活性を 1.0 とすると、12、4.5、2.4、2.1 となり、いずれも rAtPrx53 と比ベシリングル化合物に対して高い酸化活性をもつことが分かった。特に rAtPrx2 と rAtPrx71 は、グアイアコールに対する酸化活性よりも 2,6-DMP に対する酸化活性のほうが高い (図 3B)。この酸化特性は CWPO-C と共通しており、珍しい特性と言える。

次にシトクロム *c* に対する酸化能を調査した。シトクロム *c* (分子量約 13 kDa) は、通常の Prx の活性部位には進入できない大きな分子である (図 3A)。もし、シトクロム *c* を酸化することができれば、リグニンポリマーのような大きな分子も酸化できると予想される。ポプラから抽出・精製された CWPO-C はシトクロム *c* を酸化できることが示されている⁶⁾。5 つの組換えタンパクが還元型シトクロム *c* を酸化型へと変換する能力を観察したところ、事前に予想されたように rCWPO-C は 0.05-0.2 μ M の濃度でタン

パク濃度依存的なシトクロム *c* の酸化を観察でき、*rAtPrx53* では 0.2 μM でもシトクロム *c* の酸化は認められなかった。*rAtPrx-2, 25, 71* は *rCWPO-C* 同様タンパク濃度依存的なシトクロム *c* の酸化を観察することができた (図 3C)。以上の結果から、*rAtPrx-2, 25, 71* は *CWPO-C* 同様、高い効率でシナピルアルコールやリグニンポリマーを直接酸化可能であることが示唆された。

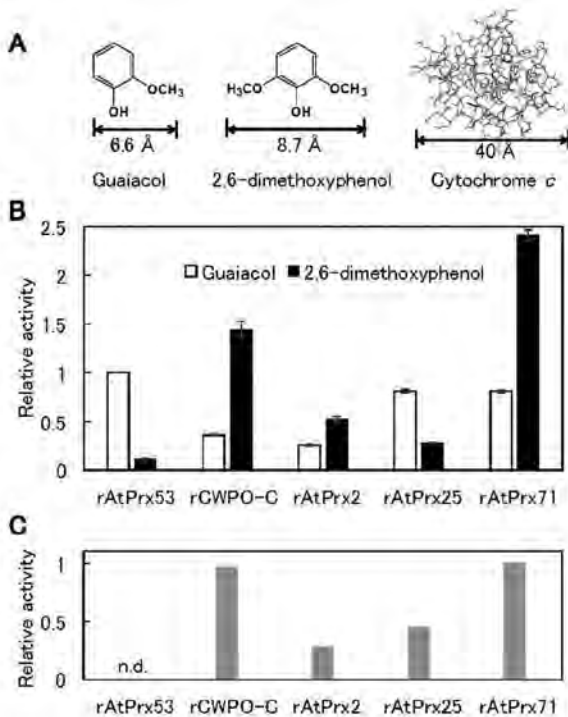


図3 組換えタンパクの Prx 活性
(A) 用いた基質
(B) グアイアコール、2,6-DMP に対する酸化活性
(C) シトクロム *c* に対する酸化活性、n.d.: 活性なし

4. リグニン生合成に関与する Prx の酸化機構

AtPrx-2, 25, 71 の酸化能は明らかとなったものの、*CWPO-C* を加えた 4 つの Prx は、なぜ他の Prx とは違って、シリングル化合物とシトクロム *c* を酸化することができるのかという疑問が生じる。推定立体構造から予測されるヘムポケット (Prx の活性部位) への進入口は *AtPrx53* などと大差ない。リグニルペルオキシダーゼや万能ペルオキシダーゼではタンパク表面のラジカル化したチロシンまたはトリプトファンが酸化部位となり、シトクロム *c* を酸化できる

ことが報告されている^{9,10}。これと同様な酸化機構が *CWPO-C* や *AtPrx-2, 25, 71* に存在することが予想された。*CWPO-C* ではトリニトロメタン処理によってタンパク表面のチロシンをニトロ化修飾するとその活性が大幅に減少することが確認された¹¹。そこで、タンパク表面に露出する 74 位と 177 位のチロシンのどちらか、もしくは両方をフェニルアラニンに置換した 3 種の変異型 *CWPO-C* 組換えタンパク (*rY74F*、*rY177F*、*rY74/177F*) を作製し、活性を測定した。フェニルアラニンは安定なラジカルを形成できないため、もしチロシンラジカルが活性部位として機能していれば変異型 *CWPO-C* では活性の損失が観察されるはずである。活性測定の結果、*rY74F* と *rY177F* の 3 つの基質に対する酸化活性はそれぞれ *rCWPO-C* の約 41.3–59.2%、17.6–18.3% となり、いずれのチロシン残基の消失も、これらの基質に対する *CWPO-C* の大幅な酸化能力の低下を引き起こした。このことから 74 位と 177 位の両チロシン残基が *CWPO-C* の基質酸化部位として機能していると考えられる。さらに *rY74/177F* の酸化活性は *rCWPO-C* がもつ活性の 2–5% にまで減少した (図 4)。この結果は、*CWPO-C* が、2 つのシリングル化合物だけでなく、グアイアコールに対する酸化活性の大部分もヘムポケット内ではなく、2 つのチロシン残基に依存していることを示している¹²。酵素の立体構造によるヘムポケットへの基質の進入制限を無視すると、シナピルアルコールはコニフェリルアルコールより酸化還元電位が低いことから、酸化されやすい¹³。*CWPO-C* の活性が

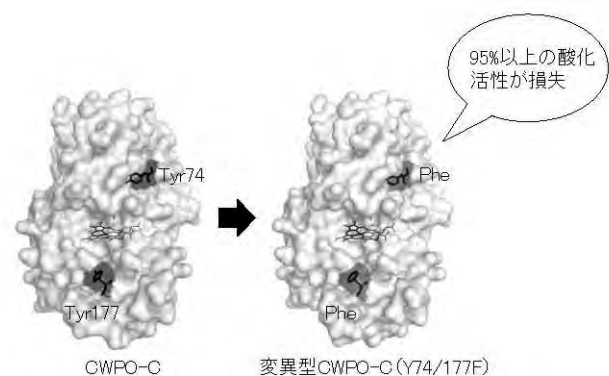


図4 変異型 *CWPO-C* を用いた酸化部位の決定

基質の進入制限を受けない場合と一致することも CWPO-C の基質酸化がチロシン残基に依存していることを支持している。シロイヌナズナの Prx では、AtPrx53 はタンパク表面に露出するチロシン・トリプトファンをもたないが、AtPrx2 は 74 位のチロシンを、AtPrx25 は 177 位のチロシンを保存しており、いずれも表面に露出することが予想されている。また、AtPrx71 はどちらのチロシンも保存していないが、独特なトリプトファンが表面に存在している。これらのチロシン・トリプトファンは酸化部位として有力な候補であると考えられる。

5. CWPO-C、AtPrx-25,71 の発現部位

CWPO-C と AtPrx-2, 25, 71 のリグニン生合成における役割の違いを明らかにするため、まず半定量的 RT-PCR による発現解析を行った。リグニンの蓄積が多い茎では CWPO-C が原生木部を含む若い上部で強い発現がみられた一方、AtPrx25 は後生木部を含む下部で強い発現が観察された。また、AtPrx71 はロゼット葉で最も強い発現が観察され、他の部分でもほぼ一定の発現が観察された(図 5) ことから、リグ

ニン生合成以外の機能を主として果たしていると推察される。茎における異なる発現パターンから、CWPO-C と AtPrx-25, 71 のリグニン生合成における役割はそれぞれ異なっていると考えられる。現在、AtPrx2 を含め、各 Prx の発現パターンを明確にするため、レポーター遺伝子(GUS、GFP)を用いたプロモーター解析を試みている。

6. 最後に

ポプラだけでなくシロイヌナズナにも CWPO-C 様 Prx が存在し、リグニン生合成に関与していることが示された。AtPrx-2, 25, 71 のように CWPO-C とアミノ酸類似性の高い Prx は(データベースを利用できる) ほぼすべての維管束植物に存在している。これらはリグニンの高分子化を担う Prx として有力な候補であると言えるだろう。AtPrx-2, 25, 71 をはじめとする CWPO-C 様 Prx の発現制御は、植物のバイオマス利用に有効なリグニン改変技術となる可能性もっており、ただいま鋭意検証中である。

参考文献

- 1) Umezawa T *Phytochem Rev.*, 9, 1-17(2010)
 - 2) Vanholme R et al. *Science*, 6, 341,1103-1106(2013)
 - 3) Aoyama W et al. *J. Wood Sci.*, 48, 497-504(2002)
 - 4) Gabaldón C et al. *Plant Physiol.*, 139, 1138-1154(2005)
 - 5) Marjamaa K et al. *Tree Physiol.*, 26, 605-61(2006)
 - 6) Sasaki S et al. *FEBS Lett.*, 562, 197-201(2004)
 - 7) Sasaki S et al. *Plant Mol. Biol.*, 62, 797-807(2006)
 - 8) Shigeto J et al. *J. Agric. Food Chem.*, 61, 3781-3788 (2013)
 - 9) Miki Y et al. *J. Biol. Chem.*, 286, 15525-15534(2011)
 - 10) Ruiz-Dueñas FJ et al. *J. Exp. Bot.*, 60, 441-452(2009)
 - 11) Sasaki S et al. *Phytochemistry*, 69, 348-355(2008)
 - 12) Shigeto J et al. *FEBS J.*, 279, 348-357(2012)
 - 13) Kobayashi T et al. *J. Wood Sci.*, 51, 607-614(2005)
- (しげとう じゅん : 所属名 九州大学農学研究院)
(つつみ ゆうじ : 所属名 九州大学農学研究院)

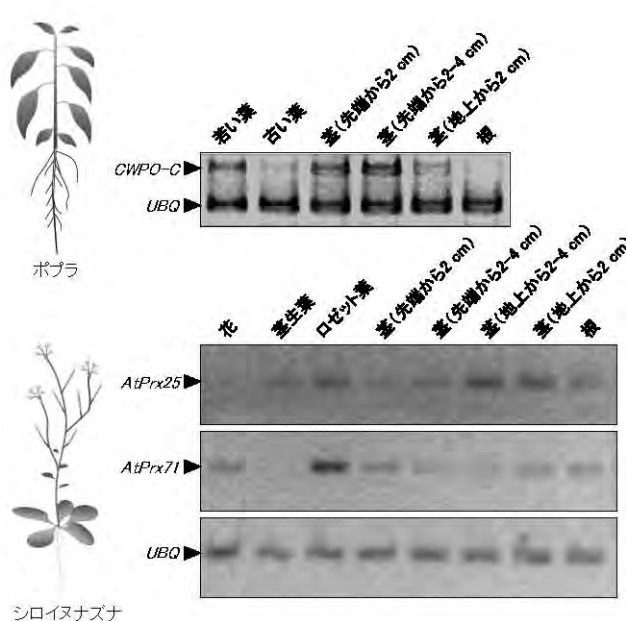


図 5 半定量的 RT-PCR による発現部位の分析

海の向こうから

コペンハーゲン三ヶ月弱生活

藤田 弘毅



それはもう皆さんに既に過去と認識されるであろう2012年3月末。「逃げてんのか？」などという念波を受けつつ本当に逃げるように飛行機に飛び乗るおじさんが一名。と、飛行機にはしゃぐお婆さんと2歳児がそれぞれ一名。降り立った先はデンマークのコペンハーゲンでした。

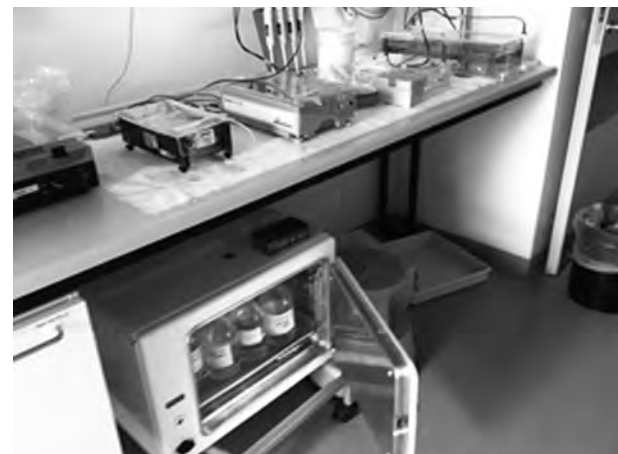
逃げていません。よく働きました。場所は Frederiksberg (フレデリクスベア) 公園の近く、Department of Plant and Environmental Sciences, University of Copenhagen (København universitet) です。木の香りの一種、テルペンについて一般的な植物、特に薬草関連の研究者は多いのですが、樹木のテルペン合成の分子生物学をやっているところはそう多くはありません。また、本を読んでも分子生物学の知識は身につくのですが、知識があるということと本当に実用的で有ることには大きな隔たりがあると日頃感じていることでした。この Dr. Björn Hamberger と Dr. Henrik Simonsen はそれ(樹木のテルペン合成の分子生物学)をやっていると言うことで、多分に実習感覚で臨ませていただきました。ちなみにデンマークにはスウェーデンやノルウェイのように森林資源が多いかどうかは実は私は知りません。国土の最高点が海拔171mなので森林≒急斜面にということはある得無いことは確かです。我が“実習”を実際に面倒見てくれたのは、Søren Spanner Bach 君。Ph.Dの学生です。他の学生さんにもそれぞれ得意分野でいろいろ教えてもらいました。タバコの葉にプラスミドを入れて、一時的に発現したタンパクでの生産物から導入遺伝子の機能を調べる。テルペンを作らないコケに候補遺伝子を入れてテルペンが出るか、等。彼ら、結構ハードワーカーたちでした。「実験の2時間待ちも勿体ない」「おまえさんは3ヶ月もいないのだろう」と、いろいろなおまけ実験を合間に入れてくれる親切な人たちでした。密度濃い日々でした。

ラボワークで特徴的だったことは、研究室の境目が物理的には存在しないこと。ほとんどの機器が事実



タバコの葉にアグロバクテリウムを打ちこむの図

上の共有。電気泳動、PCRなどは複数台がほとんど一部屋に集められて、100人くらい?の人たちが空いている順に使っていくシステムです。試薬類もデパートメントで一カ所に集められて管理。個人の居場所も所属研究室が場所と机を用意するのではなく、デパートメントで空いているところに座っていく感じ。どうもDC学生が二人小部屋、下級生が大部屋の様子でしたが。でも、准教授二人でもDC二人の部屋と同じ面積。この様な状況が財政的にどの様に維持されているのかはわかりませんでしたが、教員や大学院生の横のつながりは強く醸し出されているようでした。



電気泳動槽。端から順に、あるいは自分の好みで使っていく。因みにゲルも共有で、常時60℃で溶かしたまま。



コーヒーマーカーも大学から支給。是非九大でも導入を。

デンマークと言えば作家アンデルセン（日本のパン屋さんの方も出店しています）、Carlsberg ビール（カールスベアと読みます、ベルグではありません）、世界三大がっかりに数えられる人魚姫の像、スモーブロー……。生活者として感動したのは、様々な規模で数も多い公園。子供の遊び用の小公園から、貴族時代からの頃の大庭園まで。整備・管理はどこも最高。大学にも植物園という名の公園がありました。アパートの準備中に最初に泊まったホテルのフロントの人のお勧めも公園でした（ところがこの公園が大学の植物園でしたが）。治安の良さと子供優先。戸外に乳児をベビーカーに乗せたまま置いておき、大人が店内で買い物や食事をしてもOKです。また、Søren 君は「子供と入れないレストランはあり得ない」と断言していました。しかし、いわゆる遊園地は大人のもの。チボリは世界初の今風の遊園地で有名ですが、閉園は深夜0時。ディナーからで十分楽しめます。

税金は確かに高いです。付加価値税の高さは有名ですが、自動車の取得税は100%です（黙ってても価格2倍）。自転車推奨国家です。コペンハーゲンでは家賃も高いです。食事も美味しいと思うことは滅多にありません（でも世界一のレストランはコペンハーゲンにあるらしい）。海産物は豊富なので生き抜けましたが。基本的に質素です。ワインとビールは皆さんよく飲みます。リサイクルは熱心です。以上を総合すると、月曜日の早朝は街角のリサイクルボックスにワイン瓶を投げ込む音で始まります。皆さん家飲みで週末リラックスなのでしょう。

日々は質素に「足るを知る」生活でも、公園など公共のものはしっかりしているというのがデンマー

クのようなのです。そもそもデンマーク発展の源は現在のスウェーデン（昔はデンマーク領の時代有り）との国境の海峡にあったそうです。狭い海峡なので、当時の性能の悪い大砲でも両岸から撃つと必ず行き来する船を沈めることができる。つまり、通行税を取り損ねることがなかったから儲かった…と Björn は言っていました。それが今につながると思うと、どのようなものを保護し守り、どのようなものをスクラップアンドビルドしていかねばならないのか百年の計が必要なのだと感じた次第です。



見たという事実以外に良いことは無いのですが、お約束。

印刷では写真がわかりにくいでしょう。特に広大な公園の雰囲気は伝わらないと思います。百聞は一見にしかず。他の写真もありますので、次のweb page から「fuji ta」を選んで、「写真はこちらへ」をクリックして下さい。途中の研究室紹介にも是非立ち寄り、ご一読下さい。

http://ffpsc.agr.kyushu-u.ac.jp/chem/Woodchem_%26_biochem/Welcome.html

あるいは {森林生物化学 九州大学} で検索を。

(ふじた こうき:九州大学大学院農学研究院)

[編集後記]

木科学情報 21 巻 2 号をお届けします。巻頭言は第 21 回日本木材学会九州支部大会が開催される熊本県から池田理事に丸太材質の自動計測機能を組み込んだ製材システムの開発や、木材の低コスト乾燥法、幅の異なる板を用いた板壁といった、最新の木材利用法をご紹介いただきました。総説・主張のコーナーでは日本の森林環境教育を牽引されている鹿児島大学の井倉先生と愛媛大学の小林先生に、現在進行中の取り組みについて解説いただいています。小林先生は「持続可能な社会作りのための森林教育」という大きな枠組みの中で、森林・林業に触れる機会の少ない視覚障害者に独創的なアプローチで教育機会を提供されています。私もロープを使った木登りを体験したことがあります。林冠からの眺望は普段下から森を見上げるのとは異なる新鮮な体験でした。井倉先生が行われている明かりを持たずに森林を散策するナイトハイクも、日常とは異なる感覚を呼び覚ましてくれそうです。”教育”という枠を超えて、森林を基盤とする農山村社会に関与し活性化する取り組みが今後期待されます。ミニレビューでは九州大学の重藤博士に堤先生と共同で進められているリグニンの高分子化機構に関する最新の研究動向について、ご自身の研究成果も交えて概説いただきました。「海の向こうから」ではコペンハーゲンでの研究生活に関する藤田先生の軽妙な文章をお楽しみください。ご紹介されているウェブサイトでは美しい風景を見ることもできます。

内海 泰弘

[各種問い合わせ先]

- 支部全般に関わること（総務：松村 順司）

E-mail: matumura@agr.kyushu-u.ac.jp Tel/Fax: 092-642-2980

- 会費、入退会に関わること（会計：巽 大輔）

E-mail: tatsumid@agr.kyushu-u.ac.jp Tel/Fax: 092-642-2998

- 木科学情報に関わること（編集：内海 泰弘）

E-mail: utsumi@forest.kyushu-u.ac.jp Tel/Fax: 092-948-3110/092-948-3114

- 支部ホームページ

<http://rinsan.wood.agr.kyushu-u.ac.jp/kika.html>

木科学情報 21 巻 2 号

2014 年 7 月 29 日発行

編集人 堤 祐 司
 発行人 近 藤 哲 男

発行所 一般社団法人 日本木材学会九州支部
 〒 812-8581
 福岡市東区箱崎 6-10-1
 九州大学大学院農学研究院環境農学部門
 サステイナブル資源科学講座内
 Tel/Fax : 092-642-2988

※著者以外の方が本誌に掲載された論文・記事等を複写あるいは転載する場合には本誌編集委員会にご連絡ください。

