

ISSN 1343-912X

Wood Science in Kyushu

木科学情報

22卷2号 2015



日本木材学会九州支部

目 次

執行部便り

第 22 回日本木材学会九州支部大会（大分）への誘い ……………井上正文 19

総説・主張

Cupressus lusitanica 培養細胞を用いた

ヒノキチオール生合成に関する研究を振り返って ……………藤田弘毅 21

ミニレビュー

無処理スギ鋸屑の飼料的利用に関する研究 ……………中川敏法 25

現場の声

福岡県農林業総合試験場バイオマス部の紹介 ……………森 康浩 29

トピックス

黎明研究者賞を受賞して（論文部門） ……………重藤 潤 30

海の向こうから

韓国食べある木 ……………長谷川益己 31

編集後記 ……………33

●「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、特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

第 22 回日本木材学会九州支部大会(大分)への誘い

井上正文



本年10月5～6日(月・火)の2日間にわたり、日本木材学会九州支部大会を大分市内にて、開催する運びとなりましたので、ご案内と多数の方々の参加をお願いする次第です。

今回は、九州支部創設以来、初めての試みとして九州森林学会大会との共同開催とすることとなりました。両学会とも、樹木を対象とする学会である点で深い関連をもった組織であり、これまでも共同開催が検討されたことがあったそうですが、発表形式の違いなどから共同開催の実現には至らなかったようです。今回は、九州森林学会大会と日本木材学会九州支部大会の開催地が大分県と一致していることに加え、両学会役員の方々も共同開催に意欲的であり、事務局体制においても、大分県林業系職員の方々が多く関わられているなどの条件が整っており、共同開催へ踏み切りことができました。このようなタイミングで実行委員長を仰せつかることになり、大会成功に向けて、責任感と緊張感をもって開催準備を進めているところです。

ここで、会場にほど近い、JR大分駅周辺についてご紹介しましょう。今年は大分市にとっては百年に一度といわれるくらい大分中心市街地に大きな変化が起っています。JR大分駅の駅ビルは、商業



写真1 生まれ変わったJR大分駅ビル周辺

施設やホテルが併設されたものになっています(写真1参照)。久しぶりに大分に来られる方にとっては、<ここはどこ?!>と驚かれることでしょう。

大分駅前広場のすぐ北側と東側には、最近脚光を浴びているCLT(直交集成板)を使用した小規模建築物(観光案内所)(写真2参照)とバス停留所(写真3参照)も建設されています。これらの建物もお見逃しなく。



写真2 CLT構造による観光案内所



写真3 CLT構造によるバス停留所

また、JR大分駅から北側へ徒歩15分のところに、全労済ソレイユ(写真4参照)があります。ここは、ポスター発表、講演会、懇親会の会場となる予定です。

この全労済ソレイユから、徒歩5分のところに、



写真4 全労災ソレイユ (講演会等会場)



写真6 ホルトホール大分 (口頭発表・総会会場)



写真5 大分県立美術館 (見学会を予定)

本年4月にオープンしたく大分県立美術館 (OPAM) > (写真5参照) があります。昨年、建築のノーベル賞ともいわれるプリツカー賞を受賞した世界的建築家、坂茂氏が設計した建物です。下層部は鉄骨構造ですが、上層部は大分県産スギを多用した木質構造となっています。ちなみに上層部の木造部分の筋かい接合部の強度確認については、大分大学で強度試験のお手伝いをさせていただきました。

1日目の講演会と懇親会の合間を縫って行われる見学会では、ここを見学する予定です。アート作品のみならず、建物も見ごたえのあるものとなっておりますのでお楽しみ。

2日目はJR大分駅から、南側へ徒歩3分のところにあるホルトホール大分 (写真6参照) で口頭発表及び総会を行います。この施設も2年ほど前にオープンしたばかりの真新しい建物です。

なお、1日目の宿泊施設としては、JR大分駅周辺

のビジネスホテルをご利用頂くことも利便上、お勧めではありますが、大分県は【おんせん県おおいた】として全国的にも温泉でその名を馳せている県です。温泉のメッカ、別府でお泊りになり温泉を堪能されるのもよろしいかと思えます。ちなみに、別府駅と大分駅間は普通列車でも15分ほどですので、移動には全く問題はありません。

このように、今回は大きく変貌した大分市を十分にご覧頂ける仕掛けにしております。また、大分は豊の国ともいわれるように、関アジ・関サバ・とり天・唐揚げと海の幸、山の幸、うまい麦焼酎・日本酒も堪能できる土地柄です。こちらも目的のひとつに加えて頂き、本大会に奮ってご参加頂くよう、お願い致します。

第22回日本木材学会九州支部大会 (大分) 概要

■ 10月5日 (月) 会場：全労済ソレイユ

(大分市中央町4丁目2番5号)

午後：ポスターセッション・講演会・懇親会

見学会(大分県立美術館)(講演会終了後)

■ 10月6日 (火) 会場：ホルトホール大分

(大分市金池南一丁目5番1号)

午前・午後：口頭発表

午後：総会 (口頭発表終了後)

(いのうえ まさふみ：九州支部大会実行委員長・大分大学工学部)

総説・主張

Cupressus lusitanica 培養細胞を用いた ヒノキチオール生合成に関する研究を振り返って

藤田 弘毅



先日、「*Cupressus lusitanica* 培養細胞を用いたヒノキチオール生合成に関する研究」というタイトルで第55回日本木材学会賞を受賞させていただきました。そして、木科学情報誌にも寄稿をと依頼を受けました。アカデミックな側面については、最近の「ウッドィエンス」にも文章を寄せているので同じ話題ではあまりに申し訳ない。そこで、ここでは木科学情報ならではの、自称一研究者の普段は書けない出来るだけ脇道にそれた話題を載せたいと思います。そのため、総説という括りから大きく外れることを予めお許し下さい。先ず長い、イントロから。

0. イントロダクション

大学生時代、バブル期で就職はいつでも出来ると考えたのが事の発端でした。でも伏線はさらに幼少時代にあるような気がします。長崎の大村という知る人ぞ知る田舎町に住んでいながら自分の親が海外との接点のある人（アメリカの大学を出てJETRO勤務経験有り）と懇意にしており（その家は当時には珍しく、セントラルヒーティングがあったり、海外からのホームステイを受け入れたりしていました。田舎少年が金髪碧眼を始めて見た時の衝撃、想像下さい）、いろいろな話や生活を見聞きして何となく自分は海外に行ってみるのだと漠然と考えていました。同時に科学大好き子だったので、小学校に入る頃には両親に大学まで行ってその後は何があるの？と質問して、大学終わっても大学院ってところがあるよ・・・と聞かされたときには少し嬉しかったような記憶があります。しかも、大学院はいつまで

いてもいいんだよと言われたような言われなかったような・・・、今考えると意味深です。時間は進み、大学選びではこう考えました。コンピューターも天文もアマチュアがあるけど、アマチュア生化学って無理だよなど。そこで、「これからは食糧問題だ」という父の言葉も有り農学部に入りました。実際の大学入学後は人並み（以上）に墮落して、大学教養課程時代の成績に問題があった自分は留年こそ免れたものの成績の良い学生に押し出され流し流されて、食料とはキノコしかない今の分野にたどり着きました。研究室配属後は少々まじめに生活し、卒業の頃にはずいぶんと社会の現実を理解し（つまり微妙にバブルを誤解し）はじめました。同時に当時の所属研究分野にも結構楽しいところもありそうだし（食料じゃ無いけど）、研究生活そのものもいいものかもしれない思っていたところでした。そこに、二つのささやきが聞こえました。いずれ会社に入るだろうけど就職はいつでも出来るはず（完全にバブル誤解です）、今なら旅行とは違う意義のある海外生活を紹介してくれる人もいます。そして、大脱線、いえ大誤算へと進んでいくのでした。

当時、直接の指導をしていただいた近藤隆一郎先生の伝手で、米国ワシントン州立大学の大学院へ進むことになりました。英語は特に成績が良かったわけではないので、正式な入学まではかなりの紆余曲折がありましたが、なんとかありました。ただ、木材化学で卒業して、木材化学をベースに大学院生活をし、木材化学をベースに会社に入ろうとしていた自分に、ここで想定していないことに気づきます。欧米の大学院は授業もシステムティックで、有機化学や生物化学の授業は大学院なりの高度さでありな

がら、且つ、全関連学部共通で行われていました。教科書（や授業）というものの価値が今まで分かっていなかったことにこの時気がつきました。科学のある分野のエッセンスを凝集し、まとめたもの。しかも編者はその分野の中にいるだけでは無く、全体を俯瞰できる能力を持った人。そこから学ぶと基礎知識として植物でも動物でも必要ならどの分野の研究にも進む事が出来る。これが一通り終わったら、決して必ずしも木材化学に在る必要は無い。これもグローバルなものと開眼する思いでした。その頃のままにいれば、この文章を書いている自分は居なかったでしょう。全く違う分野、全く違う仕事をしていた可能性大です。しかし、どの分野にも行けると気がついたその頃、諸事情があって古巣にもどり現職に就くことになってしまいました。

大学で給料をもらっているということは、仕事は教育と研究です。何かを研究しなければいけません。アマチュアではありません。職業研究者です。当時の研究室環境からほぼ二者択一の状況で「*Cupressus lusitanica* 培養細胞を用いたヒノキチオール生合成に関する研究」を始めました。しかもアメリカでは博士課程中退だったので、論文博士を目指すしか無かったのですが、最初の数年はほとんど論文になるような結果が出せず、当時の坂井克己先生にはだいたい絞られ、テーマを一から考え直すことも勧められました。ただ、人前に出せるようなデータは出ないのですが、何かしら研究に奥行きを感じるようになり、好奇心のままに実験を進めていました。進めると言うよりももがいているという感覚にちかかったです。それでも5年以上経ってやっとまともに論文も出るようになり、20年経って受賞という評価を得ることができました。

1. その「*Cupressus lusitanica* 培養細胞を用いたヒノキチオール生合成に関する研究」について

研究は先ず、細胞を増やす方法から始まりました。理由は簡単で、細胞が増えるのが早いほうが後々の実験に便利だからです。いろいろなトライをしまし

た。培地成分の最適化は論文化しました。細胞を植え継ぐ際、ある程度の塊で植えるのが常識でしたが、一旦細胞塊を潰して培地全面に薄く乗せる方が成長率としては良く育つことに気づき、「明太子法」と名付けましたが、論文には出来ませんでした。

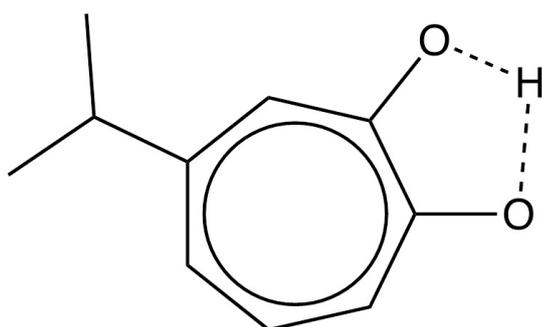


使っている培養細胞です。培地に薄く広げた細胞からスタートしているので、細胞が山状で無くフラスコ全面で盛り上がっています。

細胞外部からのアタックを防御物質であるヒノキチオール生産に繋げるための細胞内シグナルの伝達の研究が二つ目の研究成果です。新しく来たポストドクターとの共同作業でした。馬力のあるPDでどんどん実験を進めていくのですが、調和的に進めるというタイプでは無かったので、共同施設などの担当者に「ご迷惑をおかけしました・・・」などと謝って回るという仕事が一番印象に残っています。これも、彼なりの好奇心の発露なのでしょうけど。

さらに研究は三つ目の内容である生合成経路の解明へと入っていきました。生合成経路を示す実験で一番の王道は、ラベル化基質を与えて目的物にラベル原子が移行したことを証明することです。ラジオアイソトープを使う技術や書類上の許認可、細胞への外部からの物質導入についての学生の研究成果、

運良く研究バブルと呼ばれた時期にNMRを導入出来たこと、いろいろな外堀が埋まってくれたおかげで（たくさんの学生さんがたくさんの仕事をしてくれました）、ラベル化基質投与実験を行うことが出来ました。感謝に堪えません。今は、メタボロミクス的な、あるいは分子生物学的な新手法の導入も検討していますが、基質を合成し投与するという地道な実験が今でも我がグループの主流で、今でも一番確実な研究方法です。



ヒノキチオールの構造

共役7員環、炭素7つの環なのにベンゼンのように電子の非局在化（二重結合の位置が書けないので○で標記）、という特殊な構造を持つ。



デンマークのラボで遺伝子発現法の練習

新しい研究手法にも挑戦したいのですが、新しいことはそれなりに障壁が高いです。

2. キーワードは好奇心

恵まれた環境にいたというファクターは大きいと思います。片田舎にいながら日本の外を教えてください

る人、小学生に大学院の話をする親、社会的に収入を心配しなくて良かった時代、等等。ですが、アメリカ行きの理由も、研究内容を選んだ時も、基本は「面白そうだ」でした。霞を食べて生きてはいけません。さらに、「人はパンのみにて生きるにあらず、神の口から出る一つ一つの言葉による」そうですが、好奇心が幼少期からあるのなら神の言葉のようなものではないでしょうか。基本は好奇心による選択で有るべきだと思います。もちろん、それが通じないケースもあります。やり甲斐が無い仕事は仕事の質や効率も落ちることでしょう。自分の過去に好奇心優先で選択をすることが出来たことは大変感謝するところです。ただ、新しい環境が選べなくても、どこにでも好奇心のネタは存在するのだとも思います。食料研究希望と良いながら木材化学にどっぷりつかっている私としては。

3. グローバリズムと研究分野

選択の根拠が好奇心であったことは上述の通りです。しかし、それを支えていたのは選択することが出来るというバックグラウンドだと思います。サイエンスの場合、基礎的授業や訓練の要素が大きいと思います。ただ、木材研究は素材に固有の要素が多いので、基礎知識を身につけた上で、さらに「木材の基礎学」を学び取らなければいけません。この分野は、なかなか（座学では）グローバルにはなれる気がしません。アメリカで感じたグローバリズムと違う世界観が有るように思います。

ジェネラリストとスペシャリストという区別を行う場合もありますが、どちらにしても最初は知識ゼロの若輩者です。ある分野で少しのスペシャリストになり、自分の希望が上からの命令下は別にして少し違う分野へ移ってそこでも少しのスペシャリストになり。それが一週回ったところがジェネラリストでしょうか。見た目カッコイイ洗練されたシステムが欲しいところですが、まだまだそれを発案・提案するには自己発展が必要なようです。

4. 回り道と研究戦略

受賞という機会で、少し過去を見直すチャンスをいただきました。研究の流れはかなりクリアです。ヒノキチオールという「特徴的な」構造を持つ物質がどのように作られているかを明らかにすることで。しかし、そのために踏んでいる手順が合理的でシステマティックであるか、自分の得意な技を活かしているか、不得意があればその点を補強する戦略を持っているか、この様に考えると、甚だ自信が無くなります。否、全く合理とは言えない無駄な回り道に時間を浪費している方に自信があります。好奇心という回り道がつい楽しくて道草を食って進んできたことにも。ただ、おそらくは、無駄な足踏みをしている自分に対して前進するようエールを送るためにこの賞は贈られたのだらうと解釈しています。今後も大いに好奇心を満たしていきたいと考えています。

5. 閑話休題？

否、戦略が無いと確かに科研費も外れます。研究資金が取れないと大学研究者は大変です。本当は、戦略は必要です。



授賞式の様子。上は木材学会HPより。

受賞式準備中に杉山会長より、「種名が読みにくい。ここさえクリアすれば他賞の授与もうまくいくはず」とコメントされ、会長は読みの練習をなさっていました。本番では・・・

給料の良い会社にでも入って違う人生を送っていたはずなのが、どうしてこの文章を書いているのでしょうか？

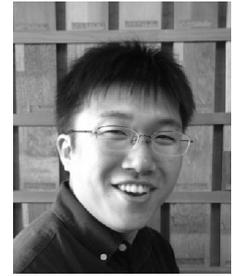
これは人間思ったようにはいかない結論すべきか、潜在意識の中では本当は今の状況を望んでいたのか。パラレルワールドに思いをはせながら筆を置きます。

(ふじた こうき：九州大学大学院農学研究院)

ミニレビュー

無処理スギ鋸屑の飼料的利用に関する研究

中川 敏法



1. はじめに

我が国は、国土の3分の2を森林が占める木材資源に恵まれた環境にある。しかしながら、国産木材の利用は低迷しており、森林の多くは手入れ不足による荒廃が憂慮されている。このような状況に対応し、建材の利用普及活動とともに、畜産業の視点からは、木材の飼料的利用も古くから試行されてきた。木材は、家畜による消化性が著しく低いため、従来の研究は、消化阻害因子であるリグニンを分解・除去することに主眼を置いて実施されてきた。その代表的な例が蒸煮・爆砕処理である¹⁾。しかしながら、処理にコストがかかり、価格面ではそれほどメリットがないこと²⁾、処理後の貯蔵中に、有害菌が繁殖して変質する可能性があること³⁾、処理条件を強くすると、粘膜刺激性や中枢神経作用性があるフルフラール類の生成が増すこと⁴⁾などから、一般農家にはほとんど普及していないのが実状である。

このような中で、宮崎県内の一部の黒毛和牛繁殖農家においては、無処理のスギ鋸屑（以下、単にスギ鋸屑と称す）を主要な粗飼料（牛用飼料のいわゆる牧草）とする飼養法が実施されている。この飼養法は牧草の代わりに、スギ鋸屑を濃厚飼料（エネルギー含量の高い穀物飼料）と混合して給与する方法で、採食性や繁殖成績には特に問題がないことが報告されている^{5,6)}。また、特別な機械を導入する必要がないうえ、省力的でもあるため、十分に活用できれば高齢の生産者にも歓迎される有効な方法となるだろう。

しかし、スギ鋸屑のような針葉樹を相当量給与することは、通常の飼養とは大きく異なる。従ってスギ鋸屑の栄養的機能に関する知見を得ておくことが重要と考えられた。また、この飼養法においてスギ

鋸屑と混合する濃厚飼料には、特定のものが限定的に用いられており、この飼養法をさらに普及するためには、より広く流通している一般的な濃厚飼料を用いた飼養法の確立も不可欠である。

以上のような観点から、本研究では、スギ鋸屑が持つ栄養的機能を明らかにするとともに、特殊な濃厚飼料を用いずとも繁殖・子牛生産を可能とする飼養法の確立を目的に研究を進めた。

2. スギ鋸屑の飼料的性状

スギは一般建築用材として最もふつうに用いられているため、その物理的性質（収縮性・吸水性）や強度的性質は、十分に調査されている。しかし、飼料的性状については報告例がほとんどみられない。そこで、スギ鋸屑の飼料的性状について把握するため、国内の有用樹種の中から10種（スギ・ヒノキ・カラマツ・アカエゾマツ・シラカンバ・ブナ・クリ・クヌギ・カキノキ・キリ）と草本植物2種（イタリアンライグラス・稲わら）を試料として、飼料成分と *in vitro* 法による消化性の比較を行った。

表1に、飼料成分および消化率を示した。スギのカルシウム、マグネシウム含量は、木本植物の中では高い値を示した。しかし、草本植物に比べるとミネラル含量は著しく低かった。

粗脂肪含量は、木本植物にも多く含まれ、スギ、ヒノキ、キリは、イタリアンライグラスや稲わらと同程度であった。粗脂肪は、エーテル抽出物であるため、木本植物と草本植物とでは含有成分は大幅に異なることが予想され、栄養学的には更なる詳細データが必要である。

リグニン含量は、最も高かったスギに続き、すべての針葉樹類（ヒノキ・カラマツ・アカエゾマツ）

表1. 供試材料の一般成分, デタージェント繊維(%DM)およびIVDMD(%)

		ミネラル類					一般成分および繊維成分							IVDMD	
		Ca	Mg	P	Na	K	CP	EE	CF	NFE	CA	NDF	ADF		ADL
針葉樹	スギ	0.44	0.25	0.20	0.03	1.97	0.9	3.5	74.8	19.7	1.2	96.9	81.2	32.8	1.6
	ヒノキ	0.31	0.22	0.16	0.02	1.37	0.2	3.8	74.2	21.1	0.7	96.2	79.5	30.0	2.9
	カラマツ	0.13	0.06	0.00	0.00	0.11	0.4	1.8	69.5	27.9	0.4	92.9	77.0	29.7	7.4
	アカエゾマツ	0.10	0.05	0.00	0.00	0.04	0.5	2.8	72.1	23.8	0.8	98.0	75.8	26.4	3.8
広葉樹	シラカンバ	0.05	0.03	0.00	0.00	0.01	0.5	2.8	57.3	38.6	0.8	98.3	65.9	12.2	21.5
	ブナ	0.07	0.02	0.01	0.00	0.03	0.4	1.4	65.1	32.0	1.0	98.1	68.1	14.0	7.1
	クリ	0.10	0.03	0.01	0.00	0.02	0.9	1.6	61.9	34.6	0.9	88.7	67.3	15.2	10.8
	クスギ	0.07	0.05	0.00	0.00	0.05	1.1	1.6	59.2	36.9	1.3	91.6	64.1	13.6	17.2
	カキノキ	0.03	0.04	0.00	0.00	0.04	0.9	1.7	61.0	34.9	1.5	93.7	68.6	13.8	21.5
	キリ	0.25	0.06	0.01	0.00	0.06	0.3	3.0	64.5	31.0	1.2	90.2	71.1	17.9	10.9
草本植物	イタリアンライグラス	0.09	0.09	0.02	0.00	0.27	4.9	3.1	36.1	49.0	6.9	71.0	39.6	7.0	58.2
	稲わら	0.13	0.03	0.00	0.00	0.10	2.6	2.5	37.1	41.8	16.0	76.8	43.2	5.2	52.3

CP: 粗タンパク質, EE: 粗脂肪, CF: 粗繊維, NFE: 可溶無窒素物, CA: 粗灰分

NDF: 中性デタージェント繊維, ADF: 酸性デタージェント繊維, ADL: 酸性デタージェントリグニン

IVDMD: *in vitro* 乾物消化率

が 25 (%DM) 以上, 一方, 広葉樹類はすべて 20 (%DM) 以下であった。これに伴い, ルーメン微生物を用いた *in vitro* 乾物消化率では, スギで 1.6% と最低値を示した。また, ルーメン微生物による培養後, 走査型電子顕微鏡 (SEM) による組織表面の観察では, スギはバクテリアの付着がほとんどみられなかった (図 1)。

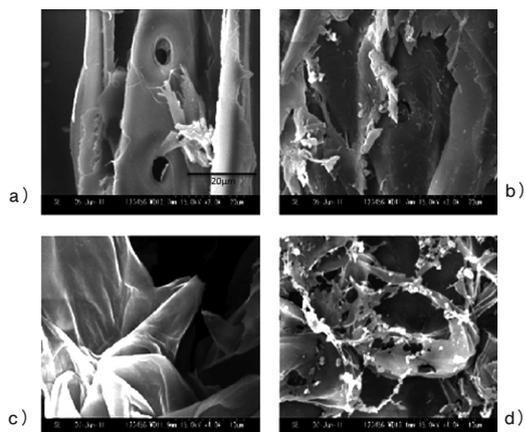


図1. ルーメン微生物を用いた培養前後の SEM 画像

a) スギ鋸屑培養前, b) スギ鋸屑 24 時間培養後

c) イタリアンライグラス培養前, d) イタリアンライグラス培養後

3. 牛と山羊を用いたスギ鋸屑の栄養評価

in vitro 法と *in vivo* 法による消化率に関しては, 高い相関関係⁷⁾を示すが, スギ鋸屑は木本植物であり, 反芻動物が本来飼料とする草本植物とは形態や成分の構成が大きく異なるため, *in vitro* 法による栄養評価を行う必要があると考えられた。そこで, 牛を用いた全糞採取法による消化試験を行った。全糞採取法とは, 一定期間に動物が採取した成分含量と, その期間中に排出された糞中の成分含量を差し

引きして成分消化率を算出する方法である。本試験では, スギ鋸屑と濃厚飼料を混合給与 (新鮮物重量比 3:4) し, 消化試験を実施した。

消化試験の結果を表 2 に示した。主に濃厚飼料に由来する粗タンパク質, 粗脂肪, 可溶無窒素物 (NFE) の消化率は比較的高い値を示したが, 主にスギ鋸屑に由来する粗繊維, 酸性デタージェント繊維 (ADF: 主にセルロースとリグニン), 中性デタージェント繊維 (NDF: 主にヘミセルロース, セルロース, リグニン) などの繊維成分の消化率は非常に低い値を示した。また, 給与飼料の可消化養分総量 (TDN) は 49.9%, スギ鋸屑のみの TDN 含量は -5.5% と算定され, スギ鋸屑の栄養供給機能はほとんどないと考えられた。

表2. 供試材料の成分含量および消化試験における成分消化率

	DM	CP	EE	CF	NFE	NDF	ADF	ADL	TDN ¹⁾
濃厚飼料	75.6	13.7	11.4	7.0	59.8	21.2	9.9	3.3	68
スギ鋸屑	62.8	0.3	0.9	74.7	23.6	95.2	81.2	33.8	-5.5
供試飼料 ²⁾	73.0	9.5	8.5	31.6	44.1	49.6	37.9	15.3	49.9
成分消化率	41.7	65.9	81.5	-3.0	65.7	11.7	4.6	-	-

DM: 乾物率, CP: 粗タンパク質, EE: 粗脂肪, CF: 粗繊維, NFE: 可溶無窒素物

NDF: 中性デタージェント繊維, ADF: 酸性デタージェント繊維, ADL: 酸性デタージェントリグニン

TDN: 可消化養分総量

DM は原物中%, それ以外は %DM

¹⁾: 濃厚飼料とノコスを 4:3 (原物比) で混合²⁾: スギ鋸屑の TDN は濃厚飼料の TDN を表示成分値 68% とし算出

4. スギ鋸屑の物理的機能に関する検討

粗飼料の物理性によって起こされる反芻は, 飼料の微細化に大きな役割を担うのみならず, 咀嚼にともない緩衝能の高い唾液が大量に分泌されることで, ルーメン胃内環境の恒常性の維持にも寄与する。給与する粗飼料の粒度 (切断長) が極端に小さい場合は, 十分な反芻時間が得られず, 肥育牛では代謝性障害が起こる⁸⁾。反芻を促すためには, 粗飼料の長

さが5mm以上必要とされており⁹⁾、通常用いられるスギ鋸屑には、5mm以上の粒子は約15%しか混在していない⁶⁾。一方、採食性が良くなるという理由でより細かいスギ鋸屑を好んで給与する農家もみられる。このようなことから、粒度が小さいスギ鋸屑を給与した場合の、反芻行動および家畜の健康状態に関する知見を得る必要があると思われる。

本章では、スギ鋸屑の粗飼料としての物理的機能を明確にするため、スギ鋸屑利用農家の慣行法における乾草補給の意義、スギ鋸屑の給与量および粒度について以下の区を設け、供試牛3頭で検討した。

A区：牧草給与

B区：スギ鋸屑＋濃厚飼料＋乾草補給

C区：スギ鋸屑＋濃厚飼料

D区：スギ鋸屑＋濃厚飼料（鋸屑1kg減量）

E区：スギ鋸屑＋濃厚飼料（微粒子鋸屑使用）

A区の乾草は7kg/頭、B区の乾草は0.5kg/頭、スギ鋸屑と濃厚飼料は、原物比3:4(kg)で混合して給与した(D区のみ2:4(kg))。

表3. ルーメン液性状、血液性状、および採食・反芻パターン（平均値±SD, n=3）

		A区	B区	C区	D区	E区
ルーメン液性状						
pH		7.1	6.6	6.9	6.7	6.5
VBN	mg N/dL	4.2	9.6	8.5	9.9	6.4
原虫数	×10 ⁴ /mL	16.7	5.5	1.2	8.3	3.2
総VFA	mmol/dL	7.4	7.3	6.3	6.6	6.5
VFTモル比	%					
	C2	72.6	59.2	55.7	60.0	56.4
	C3	16.9	29.2	28.8	26.4	29.5
	C4	9.6	7.3	11.1	10.1	10.1
	C5	0.9	4.2	4.5	3.5	4.1
血液性状						
TP	g/dl	7.2	7.5	7.9	7.1	7.2
Alb	g/dl	2.7	3.0	3.0	2.9	3.1
A/G		0.61	0.67	0.61	0.71	0.76
BUN	mg/dl	4.2	16.9	16.7	12.9	12.7
Ca	mg/dl	9.4	8.8	9.0	8.4	8.3
IP	mg/dl	5.7	7.5	7.9	8.0	7.8
Mg	mg/dl	1.9	2.8	2.1	3.1	2.2
行動調査						
採食時間	min/day	200.0	99.3	75.7	56.3	87.7
総反芻時間	min/day	481.0	381.0	435.0	270.7	401.8

ルーメン液採取：飼料摂取4時間後、血液採取：飼料摂取直前

VBN: 揮発性塩基態窒素, VFA: 揮発性脂肪酸

C2: 酢酸 C3: プロピオン酸 C4: 酪酸 C5: 吉草酸

TP: 総タンパク質, Alb: アルブミン, A/G: アルブミン/グロブリン比

BUN: 尿素態窒素, Ca: カルシウム, IP: 無機リン, Mg: マグネシウム

表3に、ルーメン液性状、血液性状、行動（採食・反芻時間）を調査した結果を示した。ルーメン液性状、血液性状ともに全ての試験区で家畜の健康上問題となるような値は見られなかった。また、反芻時間は、A区、B区、C区、E区で同程度であり、D区では有意に減少した。このことから、スギ鋸屑が反芻の促進機構に大きく関わっていることが示唆された。また、その粒度が低下した場合でも十分にその物理的機能を保持していることが確認された。

5. スギ鋸屑に併給する濃厚飼料について

現在までのところ、スギ鋸屑を主要な粗飼料とする飼養法において、スギ鋸屑と混合して利用している濃厚飼料は、宮崎県内の飼料メーカーが生産する1種類“バイオ繁殖”（バイオあしかび、宮崎県児湯郡）にほぼ限定されている。“バイオ繁殖”の主な特徴としては、(1) 黒酵母 (*Aureobasidium pullulans*) 培養液が添加された菌体入配合飼料である、(2) 生米ヌカが主体であり、粗脂肪含量が濃厚飼料としては比較的高い、(3) 水分含量が比較的高い（約25%）ことが挙げられる。

Aureobasidium pullulans は、1996年度に厚生労働省から食品添加物として認可されており、免疫活性物質として販売利用されている^{10,11)}。しかし、ウシ飼料への添加試験の報告は散見されるにすぎず^{12,13)}、その効果は明確ではない。スギ鋸屑を給与する場合に、このような特定の濃厚飼料が限定的に用いられていることは、今後の普及を妨げる一因となるであろう。このような理由から、特定の濃厚飼料でなくても通常の子牛生産が可能となる給餌法を開発する必要があると考えられた。本章では、スギ鋸屑に一般的な濃厚飼料を併給し、繁殖・子牛生育が可能かどうかを検討した。

スギ鋸屑と濃厚飼料“マザーくろうし”（日本農産工業株式会社、神奈川：TDN 68%, CP 15%）を、3:4（原物比）で混合し、繁殖牛に5ヶ月間給与した結果、供試牛は鈍性発情を繰り返し受胎しなかった（図2）。その原因は、飼料中粗タンパク質（CP）、溶解性タンパク質（SIP）が高く、ルーメン液VBN濃度が

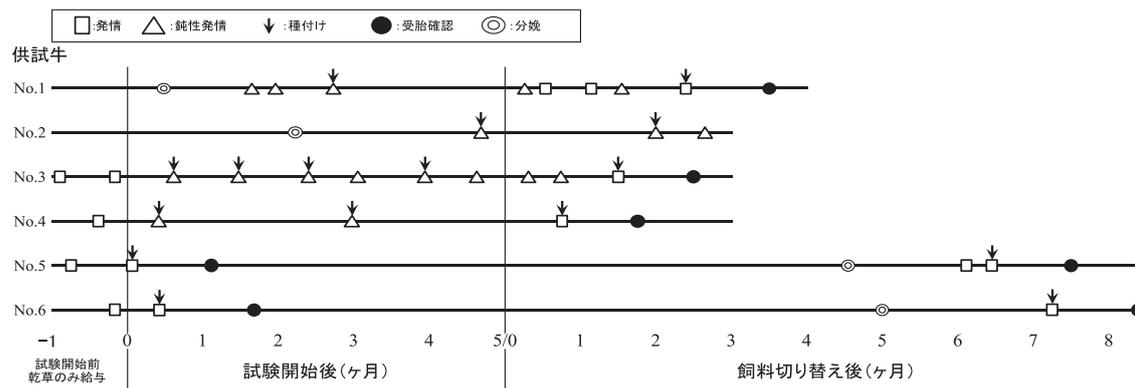


図2. 発情兆候, 種付けおよび受胎状況

21.5 mgN/dl (飼料摂取4時間後), 血中尿素態窒素(BUN)は18.4 mg/dl (飼料摂取直前)と高かったためであると考えられた(表4)。そこで, 飼料中CPとSIPを低下させるため, “マザーくろうし”の一部(20%)を圧ペントウモロコシに置換え, 給餌を2回に分ける方法で飼養を継続した。これにより, 飼料中CPは11.3から9.5(%DM)に, 飼料中SIPは2.7から1.8(%DM)に低下した。また, BUN濃度も18.4から13.6 mg/dlに低下した。飼料切りかえ約1ヶ月後には, 供試牛は明瞭な発情を示し, 4頭中3頭の受胎に成功した。また, 飼料切りかえ後に分娩した供試牛は, 3頭中2頭が初回授精で受胎し, 1年1産以上が達成できることになった。

以上のことから本章では, 飼料配合・給餌方法を工夫すれば, 一般の濃厚飼料を用いても通常の子牛生産が可能であることが示唆された。将来的には自家配合飼料など, より安価な飼料での飼養法の確立が期待できる。

表4. ルーメン液性状および血液性状の変化

		牧草給与	試験開始後	飼料切替後
VBN	mgN/dl	7.9	21.5	17.0
TP	g/dl	7.1	7.1	7.4
BUN	mg/dl	6.2	18.4	13.6

VBN: ルーメン液中の揮発性塩基態窒素

TP: 血清中総タンパク質, BUN: 血清中尿素態窒素

本飼養法は, 省力的かつ簡便であり, 多くの畜産業従事者に受け入れられる余地がある。今後, 繁殖牛のみならず, 育成子牛や肥育牛への給与技術を確立できれば, 更なる普及が可能となり, 木材利用の幅が大きく拡大するものと期待する。

文献

- 1) 農林水産省, 蒸煮広葉樹による乳牛および肉用牛の飼養マニュアル (1988)
- 2) 遠藤, 林産試験場だより, 6-10 (1988)
- 3) 原ら, 日本草地学会誌, 33 (別), 242-243 (1987)
- 4) 久馬, 動物の飼料, pp137-141 (2004)
- 5) 福山ら, 日本草地学会誌, 50 (別), 406-407 (2004)
- 6) 福山ら, 日本草地学会誌, 52 (別), 321-323 (2006)
- 7) Prins, R.A. *Agric. Environ.* 6, 183-194 (1981)
- 8) Britton, R.A. and R.A. Stock, *Forest Prod. J.* 20, 36-41 (1970)
- 9) 山崎, 反芻動物の栄養生理学, 77-79 (1998)
- 10) 宮脇ら, 生物工学会誌, 88, 634-641 (2010)
- 11) 鈴木ら, 日本畜産学会報, 80, 27-34 (2009)
- 12) 内山ら, 日本獣医学会講演要旨, 152, 281 (2011)
- 13) 内山ら, 日本畜産学会講演要旨, 114, 126 (2011)

(なかがわとしのり: 九州大学大学院農学研究院)

6. 最後に

本研究は, スギの新規利用法を畜産業の立場から検討した。その結果, 繁殖牛においては健康上特に問題なく, さらには通常の子牛生産も可能であった。

現場の声

福岡県農林業総合試験場バイオマス部の紹介

森 康 浩



平成26年4月、福岡県森林林業技術センターは福岡県農業総合試験場と統合し、「福岡県農林業総合試験場 資源活用研究センター」として生まれ変わりました。当センターは、農業や畜産分野の研究者と同じ屋根の下で共に知恵を出し合う農林業研究の融合の場となったのです。当センター研究部門は、森林林業部、バイオマス部、流通加工部、苗木・花き部の4部体制になりました。木材学会関連分野については、木材の加工や利用を森林林業部、農林業由来のバイオマス利用およびきのこのなど特用林産物の生産をバイオマス部、きのこのポストハーベスト（鮮度保持や加工）を流通加工部、とそれぞれの専門部署で研究を実施することになりました。

我がバイオマス部は、部長とチーム長および筆者を含む研究員7名に主任技能員2名を加えた計11名の職員と、アルバイトスタッフ数名の布陣です。

果樹園の片隅に山積された剪定枝、茶色いポタ山のようなきのこ廃菌床、初夏に焼かれるのが筑後平野の風物詩となっている麦わら、水煮加工場でベルトコンベアからトラックの荷台に果てしなく落ち続けるタケノコの皮。これらバイオマスの多くは目的の収穫物よりも大量に発生し、有効活用されていないのが現状です。バイオマス部では、これら未利用資源の付加価値を発掘するとともに、社会にその価値を還元することを使命としています。研究の三本柱は、①バイオマス燃料による園芸用燃油削減、②竹の新たな利用技術の開発、③きのこの低コスト安定生産技術の確立です。

一本目の柱は、施設園芸の暖房の燃油使用を木質燃料によって大幅に削減する技術開発に取り組むものです。木質バイオマスであるチップは燃油より安価なボイラー燃料ですが、熱需要の変動に対するレ

スポンスが悪く、過剰に温度が上がるなど大きな燃費ロスが生じます。そこで、ハウス全体の熱収支を詳細に調べながら、ロスがなく熱効率の高い木質チップボイラーの稼働条件を検討しています。さらに、その他の省エネ技術と組み合わせて、重油ボイラーに依存しない暖房システムを構築します。

二本目の柱は、タケノコ生産林の管理のため伐竹・粉砕された竹チップや、加工場で発生するタケノコ皮の用途開発に取り組むものです。発酵しやすい竹チップを施設園芸作物のマルチ材等へ利用するための条件を検討します。さらに九大との共同研究成果を活用し、タケノコ皮や竹の稈などに含まれる機能性成分を活かした農業資材の開発に取り組みます。

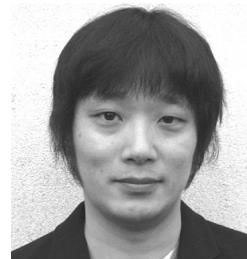
三本目の柱は、ブナシメジやエノキタケなど菌床きのこの培地資材として様々な未利用バイオマスの活用に取り組むものです。近年諸外国の中にはきのこ生産量が著しく伸びている国があり、コーンコブなど既存資材の争奪戦が今後予想されるため、低コストで安全な地域資材を安定供給できるよう、培地資材としての適性や培地への配合割合などを明らかにしていきます。

公設試としてはこの他、バイオマス資源の収集や粉砕および乾燥を誰が行うか、どのように物流させるか、季節限定資源をどう貯蔵するか、いかに多段的利用を行うかなど、適正な質と量とタイミングで地域資源を上手に回転させるシナリオを描かねばなりません。これにはやはり、大学、独法、企業、農林関係者、コーディネート機関など多くの方々の技術や知恵が必要ですので、今後とも皆様のご協力をよろしくお願いいたします。

（もりやすひろ：福岡県農林業総合試験場）

トピックス**黎明研究者賞を受賞して
論文部門**

重藤 潤



この度は第21回日本木材学会九州支部大会におきまして第16回黎明研究者賞（論文部門）を賜り、誠に有難うございました。ご推薦くださいました諸先生方、ならびに関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

受賞の対象となりました論文「木化に関わるペルオキシダーゼ」は、リグニンの生合成機構の解明、中でもリグニンの高分子化機構の解明に焦点を当て、九州大学森林圏環境資源科学研究所および森林化学研究室にて行った研究成果を要約したものです。木質成分の生合成機構解明をテーマとした基礎的研究であり、九州支部では少し異質で、とっつきにくい印象をお持ちになる方もおられるかもしれません。実用化志向の研究が重要なことは誰の目から見ても明白ですが、こういった基礎的な情報の収集は、今後期待される展開、例えば木質改変技術の確立、さらにはバイオマス利用に有効な植物資源の創出につながる重要な研究であると考え、日々研鑽を積んでまいりました。この度、このような賞を賜り大変光栄に思うと共に、評価を頂けたことはとてもうれしいことであり、今後の研究活動にとって大きな励みになりました。

遺伝子組換えは、低コストで高品質な品種を生み出すことを可能にする技術です。リグニンは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ため、しばしば邪魔者として扱われています。そのため遺伝子組換えによって、「低リグニン植物（樹木）」、または「易分解性の構造に富むリグニンをもつ植物（樹木）」の創出が期待されています。リグニン生合成に関与する遺伝子を制御することによってリグニンの量や構造を産業利用に都

合よく変化させることは可能であると考えられますが、それにはリグニン生合成機構を十分に理解することが不可欠となります。論文中でも述べましたとおり、これまでの研究によって、リグニンモノマーの生合成機構が明らかとなり、関与する多くの遺伝子が同定されてきました。また、本研究によって植物ペルオキシダーゼを介したリグニンの高分子化機構の輪郭が明らかとなりました。さらに、同定されたリグニン生合成に関わるペルオキシダーゼ遺伝子はリグニン改変技術として応用可能な有望な候補遺伝子の一つと言えます。一方で、リグニンモノマーの細胞外への主要な輸送機構は未だほとんど解明されていません。また、リグニンの構造も、形成時期によって異なっていることがわかっていますが、その全容は明らかとなっていません。今のところ木質バイオマス利用に明瞭な長所を有する組換え体や変異体は同定されておらず、リグニンの生合成機構を基礎とする木質改変技術の確立と実用化に向けては、まだはじまったばかりの状態です。今後は、独自の展開を模索し、その進展に貢献できるよう、より一層励んでいきたいと思っております。

研究成果が出始めるまでに相当の時間を要しましたが、辛抱強くご指導くださった九州大学大学院農学研究院の堤祐司教授をはじめ、研究室の学生、スタッフおよび共同研究者のご指導、ご協力に深く感謝しております。また、日頃から研究のご指導、ご支援を頂いている皆様にもこの場を借りて深く感謝申し上げるとともに、今後も指導ご鞭撻のほど宜しくお願い申し上げます。

（しげとう じゅん：九州大学農学研究院）

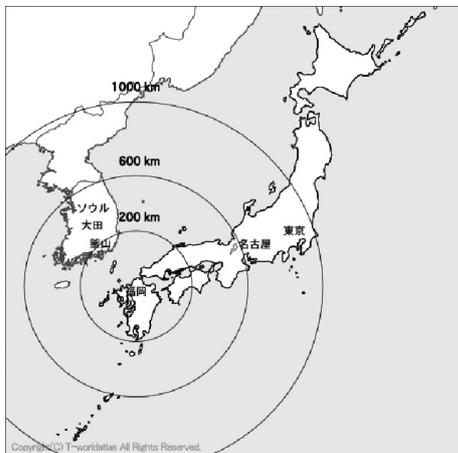
海の向こうから

韓国食べある木

長谷川益己



今回は最近よく行く韓国の話です。ソウルは東京より近い。福岡ーソウル間は 540km なのに福岡ー東京間は 870km である。故郷の名古屋ですら福岡から 620km ある。こんなに身近な韓国にいつか滞在したいと機会をうかがっていました。その機会がおとずれたのが 2012 年の秋でした。「組織的な若手研究者等海外派遣プログラム」の助成を受けて 3 ヶ月間、韓国に滞在することとなりました。滞在先は大田広域市（テジョン）の韓国国立忠南大学校でした。テジョンは韓国の中央部に位置し、KTX(新幹線)でソウルから 1 時間、釜山から 1.5 時間のところにあります。韓国第 5 の都市で人口は 150 万人ほどです。昔は儒城（ユソン）温泉で有名な農村地帯でしたが、政府の積極的な誘致活動で Daedeok Innopolis とよばれる開発特区が出来ました。忠南大学校はもちろんのこと、大学、政府、政府研究所（軍の施設も含む）、企業研究所などが数多くあり、アジアのシリコンバレーとも呼ばれています。また、1993 年に万博も開催されたこともあり、市内は綺麗に整備されています。日本に例えると筑波が似ている気がします。



東京より近い韓国

忠南大学校のキャンパスは広大で綺麗で、大学というより公園です。サクラ、イチヨウ、モミジなど様々な樹木が植えられていて一年中、四季を感じられます。ハード面での研究・教育環境は文句ないと思います。煮詰まったときはキャンパスの芝の上で寝転がれば、スッキリして良いアイデアも浮かぶのではないのでしょうか？忠南大学校の農業生命科学部は 12 学科からなり、森林関連の学科は Environment and Forest resources と Biobased materials の 2 つあり、私は Biobased materials 学科でお世話になりました。大講座制でスタッフは 6 人と少ないですが、木材乾燥、木質構造、木質材料、パルプ、木材保存などの研究が精力的に行われています。

ところで、研究をするにしても遊ぶにしても食の充実が必要ですが、韓国での食生活は辛い以外選択肢がありません。しかし、日本の痛い辛さではなく美味しい辛さなのです。だからやめられません。カルグクス（うどん）なら辛いものもありません。お気に入り新堂洞のトッポッキです。細長い餅を甘辛いコチュジャンタレで煮込んだもので絶品です。インスタントラーメン、ゆで卵、餃子などが入っています。白黒なので辛さが伝わらないのが残念です。



マボンニムさんのトッポッキ

滞在中は山林庁、山林科学院や木材産業の関連企業などいろいろな所に案内して頂きました。その中で印象に残っているのは済州島の演習林にある1933年に植栽されたスギでした。韓国でスギに出会うとは思いませんでした。花粉症の方は済州島に行くときは注意してください。



済州島の Hannam Experimental Forest のスギ

また、仁川市内にある木材製品を製造している企業も興味深いものでした。ここではニュージーランドから輸入したラジアータパインの原木から製材品、合板、そして端材からMDFまでを製造しています。一つの企業でこれだけの木材製品を製造するのは珍しいです。集成材は製造しないのか尋ねたところ、韓国では集成材の需要はまだ見込めないで生産していないとのことでした。2013年に「木材の持続可能な利用に関する法律」という韓国初の木材利用に関する法律が施行されたので、今後は韓国でも集成材が利用される日も来るのではないのでしょうか？



ラジアータパイン

韓国に滞在中にはいろいろ考えさせられました。今でもお世話になっている先生に初めて会ったときに仁川空港で開口一番、「3ヶ月間、研究ばかりしないで楽しみなさい。行きたいところがあったら、連れて行ってあげるから。」と言われました。最初は意味が分かりませんでした。次第に言葉の意味が分かるようになりました。研究も大切ですが、時には旅行に出かけ異国の文化を知り、多くの人々に出会い、ソジュ（韓国の焼酎）を交わしながら、日本語と英語と韓国語を駆使して互いに話をする。仕事からプライベートな話まで。会話を通して、信頼関係を築き、共同研究まで話が進んだときもありました。そんなことに気づいたことが一番の収穫でした。韓国とは政治的には複雑ですが、研究の世界では無関係です。また、大学を離れても町中の人たちもお節介なぐらい親切です。これまでの滞在で人とのつながりの重要性を再認識しました。さらに韓国人の自己主張の凄さに驚きました。韓国で会った人はとにかく自分の仕事に自信を持っていて、自慢話のように初対面の人に話します。話の中で相手の研究を自分に取り入れることができないか常に考えているようです。この積極性は見習うべきかなと思いました。韓国との交流は現在も継続中で、時間を見つけては韓国に出かけて研究も遊びも充実させて、今後の研究・教育生活に役立てたいと思います。

(はせがわますみ：九州大学農学研究院)

[編集後記]

木科学情報 22 巻 2 号をお届けします。前任の内海先生より編集業務を引き継ぎました。何卒、よろしくお願い申し上げます。

巻頭言は、第 22 回日本木材学会九州支部大会が開催される大分県から井上正文先生にご執筆頂きました。今回は、九州支部創設以来、初めての試みである九州森林学会との共同開催です。大分というと、温泉のイメージが先行してしまいがちですが、それ以外にも、JR 大分駅周辺や大分市内には、「ここはどこ？」と思われるほどのアートの、近代的建造物の数々だとか、、、。ぜひ、今回の九州支部大会、学会のみならず、観光もかねて、足を運びましょう！総説・主張のコーナーでは、今年、木材学会賞を受賞された九州大学の藤田先生に、これまでの研究人生を振り返っていただきました。ミニレビューでは、中川博士に、「無処理スギ鋸屑の飼料的利用に関する研究」と題して、執筆いただきました。木材の究極的な利用は、食べることかしら？と思います。福岡県農林業試験場バイオマス部の取組を、森様から紹介いただきました。バイオマス燃料、竹、きのこ、様々な課題に、新たな体制で取り組まれるとのこと。生まれ変わった新センターに今後、注目です。「海の向こうから」では、韓国の食事情、木材利用研究事情等を長谷川先生にご紹介いただきました。食と研究の両立、大切です。黎明研究者賞を「木化に関わるペルオキシダーゼ」と題して、論文部門で受賞された重藤博士、おめでとうございます。

清水 邦義

[各種問い合わせ先]

●支部全般に関わること（総務：藤本 登留）

E-mail: fujipon@agr.kyushu-u.ac.jp Tel/Fax: 092-642-2985

●会費、入退会に関わること（会計：一瀬 博文）

E-mail: ichinose@agr.kyushu-u.ac.jp Tel/Fax: 092-642-2994

●木科学情報に関わること（編集：清水 邦義）

E-mail: shimizu@agr.kyushu-u.ac.jp Tel/Fax: 092-642-3002

●支部ホームページ

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

木科学情報 22 巻 2 号

2015 年 6 月 15 日発行

編集人 北岡 卓也

発行人 藤元 嘉安

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 : 092-642-3002

※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。

