

ISSN 1343-912X

*Wood Science in Kyushu*

# 木科学情報

18卷1号 2011



日本木材学会九州支部

## 目 次

---

### 執行部便り

刺激をください .....大賀 祥治 1

### 総説・主張

木質バイオマス資源からのバイオエタノール生産の課題と展望 .....坂 志朗 2

紙おむつと木材資源 .....吉村 利夫 8

### 教育・研修プログラム

木の学校づくりシンポジウム

「木の学校のすゝめー中津モデルから学ぶ地材地建ー」.....城井 秀幸 12

### トピックス

黎明研究者賞を受賞して

論文部門 .....古賀 大尚 14

口頭発表部門 .....Enos Tangke Arung 15

ポスター発表部門 .....上田 景子 16

### 学会だより

国際化学生態学会に参加して .....原田 貴子 17

### 新会員紹介

着任のごあいさつ .....横田 慎吾 20

編集後記 .....21

---

## ●「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。

## 刺激をください

### 大賀 祥治



担子菌の生活環では、菌糸が伸長する栄養成長と子実体（きのこ）が生育する生殖成長があります。私たちの目にふれる機会が多くて、馴染み深いのはきのこの方です。きのこ発生の詳しいメカニズムは未だに良く分かっていませんが、刺激が菌糸からきのこ発生への引き金になっています。季節の移り変わりや降雨などが主要因で、台風襲来なども影響します。月齢も関係しているようです。きのこは重力屈性をみせ、必ず傘を地球の中心と背向かいに成長させます。これは、胞子を落下させるのに都合よくするためです。

きのこ生産企業では、効率よくきのこを得るために室内の温湿度、照度、通気などの環境要因をたくみに制御しています。旧来の原木を用いたシイタケ栽培では、水に漬けて殴打する「しけ打ち」と呼ばれる刺激が施されていましたが、発生操作として確実な手法です。

わが国では、古来より「雷が鳴ると、きのこが大発生する」といった言い伝えが伝播されてきました。海外でも同様な言い伝えがペルーや中央アジアで聞かれ、雷雨の後は野生きのこの大量発生がみられることが知られています。洋の東西を問わず、きのこ落雷は深い関連が言い伝えられてきました。代表的な栽培きのこのシイタケは、雷雨の後に大発生することが知られています。わが国の字句で「雷」（田の雨）や「稲妻」（稲の妻）といったように、水稻にも深いかわりがありそうです。また、高電圧送電線の直下では、草本や樹木の成長が促されるといった現象がみられます。

人工雷として300 kVくらいの高電圧発生装置で、印加電圧、電極形状、印加時期などを変えて電気刺激の影響を試験しました。

食用きのこ（シイタケ、エリンギ、ブナシメジ、ナメコ、エノキタケ、マイタケなど）や薬用きのこ（ハナビラタケ、ヒメマツタケ、ハタケシメジなど）で発生量が増加しました。菌根性きのこ（ハナイグチなど）や腐



植性きのこ（キツネタケなど）でも電気刺激の影響が明瞭に確認されました。さらに東洋医学で珍重される冬虫夏草（コルディセプス・シネンシス）では、有効成分の増加がみられました。タモギタケでは抗酸化作用をもつエルゴチオネインの含量が増しました。今や、電気刺激できのこ発生量が増加することは実用化の域に達しており、刺激を受けて味や栄養価、そして機能性成分の増大が認められました。

さて、この刺激は菌類のみならず、私たちにも大切なようです。山岳や高山では、脈拍数や呼吸数が増え、心肺機能が高まります。また寒冷の刺激も心身を刺激し、爽快感を高めます。海辺や湖畔・河畔では、オゾン濃度や日光による刺激作用が心身を強化します。湖や川、滝のある所は水粒子がマイナスイオンを運び、心を鎮める効果があるともいわれます。森林地帯では、森の静けさと木々の緑、花、鳥の鳴き声などが精神を安定させます。また、樹木から放出された芳香成分の刺激を受けます。私たちは日々、さまざまな刺激の中で過ごしていますが、心地よい刺激を感じましょう。



（おোগがしょうじ：九州大学大学院農学研究院）

総説・主張

# 木質バイオマス資源からの バイオエタノール生産の課題と展望

坂 志朗



## 1. はじめに

バイオマスを構成する元素は、主として炭素、水素、酸素であり、炭素が酸化すると二酸化炭素、水素が酸化すると水になって自然界に存在している。植物は太陽の光エネルギーを用いて、この二酸化炭素と水から有機物（バイオマス）をつくり、同時に酸素を副産する。この合成代謝は呼吸などの分解代謝と平衡状態にあり、地球上の二酸化炭素と酸素は緑豊かなバイオマス資源と調和してほぼ一定の濃度に保たれてきた。ここで合成代謝は還元反応であり、分解代謝は酸化反応である。したがって、自然界ではこの酸化・還元反応が何億年もの間バランスよく保たれてきた。

しかし、産業革命以降この平衡状態に異変が生じ、分解代謝による酸化反応の産物として大気中の二酸化炭素濃度が上昇の一途をたどっている。地球の温暖化とは、この酸化・還元反応のバランスが崩れ、地球上の物質がより酸化側にずれた状況を示すもので、このずれを還元側に戻すことが、すなわち地球の温暖化を解決することになる。

バイオマスは、この酸化・還元反応のサイクルの中で太陽エネルギーが蓄えられた還元度の高い化合物であり、この蓄えられたエネルギーを“バイオ燃料”として利用する限り、酸化と還元のバランスの中でのエネルギー利用が可能となる。このことが、バイオマスが“カーボンニュートラル”と呼ばれる所以である。

バイオマス資源からのバイオ燃料のひとつバイオエタノールには、バイオマスからのバイオエタノールと化石資源由来のエチレンを原料とする合成エタノールがあるが、地球の温暖化防止の観点から二酸化炭素削減に寄与し得るのは前者である。このバイオエタノール

生産には、世界中で酵母による嫌気性発酵が用いられているが、多くの課題をかかえている。そこで本稿では、木質バイオマス資源からのバイオエタノール生産の課題と展望について述べることにする。

## 2. 種々のバイオエタノール製造

### 2-1 酵母による発酵バイオエタノール

酵母を用いた発酵バイオエタノールには、図1に見られるような種々の生産形態があり、原料となるバイオマス資源に依存している。

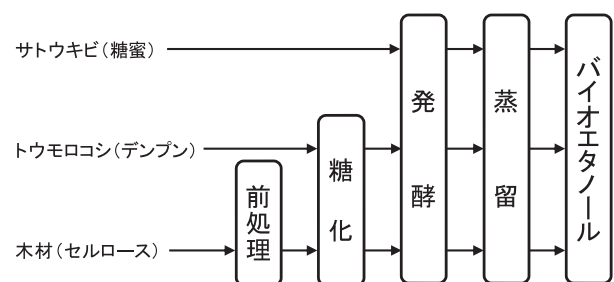
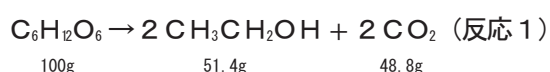


図1 酵母を用いた発酵バイオエタノールの生産形態

サトウキビなどで見られる糖蜜資源は、主成分がグルコース（ブドウ糖）、フルクトース（果糖）、サッカロース（ショ糖）であり、*Saccharomyces cerevisiae*（酵母）や *Zymomonas mobilis*（細菌の一種）によって容易に発酵してエタノールになる。一方、トウモロコシで見られるデンプン資源は、アミロペクチンとアミロースから構成され、アミラーゼによって糖化されてグルコースとなり発酵が容易である。しかしながら、非食糧系資源である木材などを構成するセルロースは結晶構造を有し、かつリグニンで取り囲まれているため、グルコースにまで糖化するためには前処理が不可欠である。その前処理として酵素糖

化法<sup>1)</sup>、濃硫酸や希硫酸を用いた酸加水分解法<sup>2)</sup>および超臨界水などの水熱反応<sup>3)</sup>が利用できる。

さて、図1に示すいずれの場合においてもD-グルコースがアルコール発酵の主原料となり、酵母などの微生物によって反応1に示すように嫌気性条件下、1モルの糖質は2モルのエタノールに変換されるが、2モルの二酸化炭素を同時に発生し、重量ベースで糖質の約半分が二酸化炭素と化している。これに加え、糖質の数%は酵母により消費されるため、炭素源の利用効率は高くない。



特に、セルロース系資源の場合には前処理が不可欠であるため、得られたエタノールの利用による二酸化炭素排出の削減効果は、糖蜜やデンプンに比べて多くを期待できない。しかし、世界各地でリグノセルロースからの酵母によるバイオエタノールの開発が進められている。そこで前処理として濃硫酸法、希硫酸法および超臨界水法を用いた発酵バイオエタノールの製造プロセスを以下に紹介する。

## 2-2 濃硫酸法によるリグノセルロースからの発酵バイオエタノール

図2には、米国 Arkenol 社開発の濃硫酸を用いたリグノセルロースからのエタノール製造プロセスを示す<sup>4)</sup>。このプロセス<sup>5)</sup>は、これまでの酸加水分解法での問題点3点を解決した実用レベルに近いもので、17セント/ℓのエタノール製造が可能であると試算されている。

第一糖化槽では40℃にて70～75%濃硫酸で木質バイオマスのセルロースおよびヘミセルロースを処理するが、濃硫酸による反応容器の腐食の問題をタンタル (Ta) 製容器を用いることで解決している。この段階でヘミセルロースはオリゴ糖や単糖に、セルロースは結晶構造が破壊され低分子化される。ここからペントース（炭素数5の単糖、五炭糖という）とヘキソース（炭素数6の単糖、六炭糖

という）の混合物が分離回収される。

次に、第二糖化槽で濃硫酸を熱湯で30%まで希釈し95～100℃とし処理することで、単糖からのフルフラール類の生成を押さえ、残渣のセルロースをグルコースまで加水分解する。この時、リグニンは濃硫酸の処理で縮合して糖化槽に不溶のリグニンとして残存し、いわゆる Klason リグニンとして分離される。

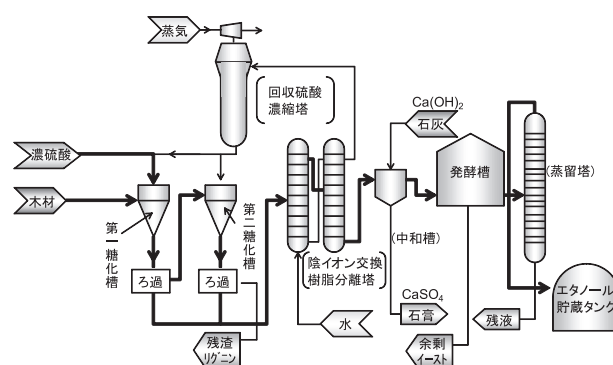


図2 濃硫酸法によるリグノセルロースからの発酵バイオエタノール製造プロセス<sup>4)</sup>

回収された糖と濃硫酸は、陰イオン交換樹脂分離塔により分離される。ここが第2番目の改善点である。これまでは、濃硫酸を石灰により中和していたため再利用ができなかったが、陰イオン交換樹脂の使用により硫酸の再利用が可能となった。すなわち、陰イオン交換樹脂と相互作用のない糖がまず溶出し、弱い相互作用のある硫酸がその後溶出してくる。硫酸は回収され、硫酸濃縮塔にまわされ、再利用される。回収された糖水溶液は石灰 (Ca(OH)<sub>2</sub>) で処理され、微量の残存硫酸は石膏 (CaSO<sub>4</sub>) となって除去される一方、糖水溶液は約30時間かけてエタノールに変換される。

ここで回収した糖にはペントースとヘキソースが混在しており、これらいずれもエタノールに変換し得ることが必須となる。これが、木質系バイオマスからエタノールを生産する際の第3番目の課題であったが、DNA組み換え技術により遺伝子改変した酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*)、細菌 (*Zymomonas mobilis*)、大腸菌 (*Escherichia coli*) などが開発され、ペントース、ヘキソースの同時

発酵が可能となった<sup>6)</sup>。また、単糖とともにオリゴ糖も共存するため、通常の酵母ではエタノールに変換できない。そこで、セロオリゴ糖を単糖に分解し、同時にそれらをエタノールに変換し得るアーミング酵母が開発されている<sup>6)</sup>。得られたエタノールは蒸留塔により精製される。

米国の Arkenol 社により開発された本濃硫酸プロセスはその後わが国に技術導入され、NEDO「バイオマスエネルギー高効率転換技術開発」により実用化研究が進められてきた<sup>7)</sup>。また、エタノールの蒸留法を膜分離法に切り替え、エネルギー回収率の向上を図る提案がなされているが、エタノールの蒸留濃縮の熱源として用いている残存リグニンをより付加価値の高いものとして利用し得るかどうか新たな課題となっている。

### 2-3 希硫酸法によるリグノセルロースからの発酵バイオエタノール

図3には、米国 BC International 社(現 Cellunol 社) 開発の希硫酸を用いたリグノセルロースからのエタノール製造プロセスを示す<sup>8)</sup>。前述の濃硫酸法と同様、2段階プロセスで、一段階目(第1加水分解)では、硫酸濃度 0.5 ~ 1.5%, 140°C ~ 190°C, 0.4 ~ 1.4 MPa にて4分間処理され、木質系バイオマスの非晶のヘミセルロースが加水分解される。分解残渣には、セルロースとリグニンが残存する。これはセルロースが結晶体であり、リグニンは硫酸処理で縮合するためである。この残渣からさらに糖を得るために、二段階目(第2加水分解)では、硫酸濃度 1 ~ 2% にて、処理温度を少し上げた 180°C ~ 240°C にて 1.4 ~ 2.0 MPa で 1.5 分間の処理を行う。処理時間が短いのは糖の過分解物である 5-ヒドロキシメチルフルフラールなどを生成させないためであるが、この条件では結晶性セルロースを効率的に加水分解できないため、糖の収率は 30% 程度と極めて低い。

それぞれの加水分解プロセスで得られた糖は、次に発酵によりエタノールへと変換されるが、一段階目での発酵には遺伝子組み換え技術による大腸菌(K0-11)が用いられている

のが特徴である。K011 菌<sup>9)</sup> は、主にキシロースなどのペントースをアルコール発酵し得るもので、グルコースなどのヘキソースは酵母のようには効率的にアルコール発酵できないため、二段階目では、図3に示すように酵母が用いられる。

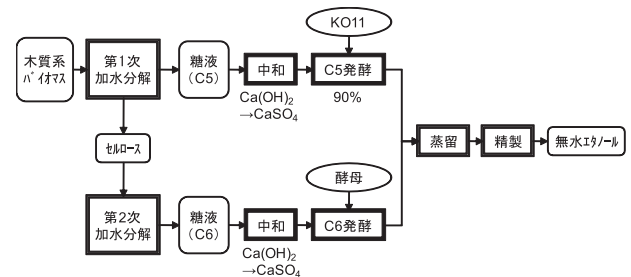


図3 希硫酸法によるリグノセルロースからの発酵バイオエタノール製造プロセス<sup>8)</sup>

以上のことから、本プロセスは *O*-アセチル-4-*O*-メチルグルクロノキシラン(広葉樹キシラン; 広葉樹ヘミセルロースの 90% を占める) やアラビノ-4-*O*-メチルグルクロノキシラン(針葉樹キシラン; 針葉樹ヘミセルロースの 30% を占める) からのキシロースをアルコール発酵するのに有効である。ただ、針葉樹にはこれらのペントースが少ないので、本法は広葉樹からのエタノール生産に有効な手法である。

同法は BC International 社より月島機械(株) / 丸紅(株) に導入され、NEDO プロジェクトとして開発が進められてきたが、日本における応用例は、環境省地球温暖化対策ビジネスモデルインキュベーター事業として大阪府堺市に建設されたプラントの技術である<sup>10)</sup>。そこで、この堺市のプラントでの本法のポテンシャルについて述べることにする。

まず、本プロセスが大阪の都市部に建設されたのには、建設廃材の有効利用が背景にある。しかし、家屋の構造材はヒノキ柱が重宝されるように針葉樹がほとんどで、広葉樹材は家具などに多い。この点を考えると、本プロセスでの K011 は広葉樹向けであり、建設廃材には不適切である。さらに、本プロセスは図3に示す通り、本来2段階のプロセスからなっているが、第2次加水分解は希硫酸では

セルロースをせいぜい30%程度しか糖に変換できないので、実用化に耐え得るものではない。このためか、インターネットのweb<sup>10)</sup>上に示されているプロセスには第2次加水分解工程が見られない。また、加水分解後の硫酸の中和にはCa(OH)<sub>2</sub>が用いられるため、多くの石膏(CaSO<sub>4</sub>)が産出し、環境への負荷が大きいプロセスである。

これらのことを考えると、本プロセスは世界初の商用プラントと宣伝されているが、わが国を代表するエタノール生産プロセスとはお世辞にも言えない。廃材4~5万トン/年に対し、エタノール1,400 kL/年は理論量の1/10程度である。セルロース残渣は熱源にまわすことなくエタノール製造に利用できるプロセスを世界は求めている。

#### 2-4 超臨界水法によるリグノセルロースからの発酵バイオエタノール

超臨界水法によるリグノセルロースからの発酵バイオエタノール製造プロセスを図4に示す<sup>11)</sup>。酸を用いないため後処理が容易であるが、高温での処理のため、条件によっては次の発酵阻害物質を生成するなどの問題がある<sup>12,13)</sup>。したがって、熱分解を極力抑え、加水分解の選択性を上げた超(亜)臨界水処理条件を見出すことで酵素糖化の前処理となり得るかどうか本プロセス成立の鍵である<sup>14)</sup>。

リグノセルロースを超臨界水処理すると、水可溶部、水不溶部(沈殿物)、メタノール可溶部(オイル状物質)、メタノール不溶残渣に分画される。連続型超臨界水処理(380°C, 40 MPa, 0.12~0.24秒)で得た水可溶部には、セルロースおよびヘミセルロースの加水分解物として、オリゴ糖(2量体~12量体)や単糖類(グルコース、フルクトース、マンノース、キシロース、ガラクトース、アラビノースなど)が回収される<sup>15)</sup>。さらに、糖類が過分解したレボグルコサン、エリトロース、グリコールアルデヒド、ジヒドロキシアセトン、メチルグリオキサール、フルフラール、5-ヒドロキシメチルフルフラールなどが微量ながら含まれることが明らかとなっている。

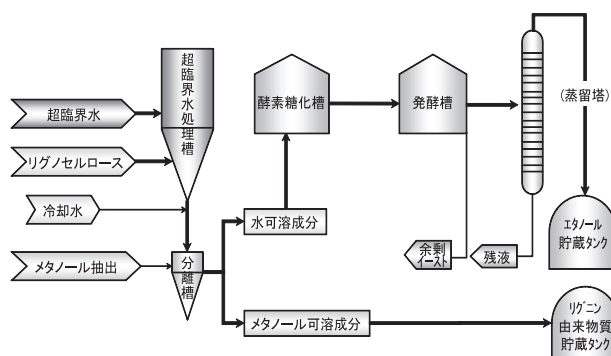


図4 超臨界水法によるリグノセルロースからの発酵バイオエタノール製造プロセス<sup>11)</sup>

沈殿物は、超臨界水には可溶であるが、常温、常圧に戻ることによって水不溶となり13量体以上の多糖類として回収される<sup>15)</sup>。一方、メタノール可溶部はベンゼン環を有するリグニン由来物質からなり、メタノール不溶残渣はリグニン由来の高分子化合物からなっている<sup>16,17)</sup>。

これらの画分の中で、エタノール生産に利用できるのは水可溶部と沈殿物であり、これらに対し、セルラーゼを用いた酵素糖化と、得られたグルコースの酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)によるエタノール発酵を試みた。ここで上述の糖過分解物およびリグニン由来物質は酵素糖化やその後のエタノール発酵での発酵阻害を起こすため、木質炭化物による阻害物質の吸着除去やオーバーライミング処理を検討した。その結果、どちらの処理も酵素糖化の阻害改善に効果的であることが判明した。さらに、次のエタノール発酵に対し、木質炭化物処理が水可溶部中の微量のリグニン由来物質除去に有効であることを明らかにしている<sup>12,13)</sup>。

上記、超臨界水法以外に加圧熱水によるヘミセルロースおよびセルロースの2段階処理による糖収率の向上の検討もなされている。

#### 2-5 バイオガスからの合成バイオエタノール

バイオガスからの合成バイオエタノールの製造法<sup>18)</sup>は、バイオマスのガス化物からバイオメタノールを合成する方法と類似で、まずバイオマスを水蒸気ガス化して一酸化炭素、水素、二酸化炭素の合成ガスとし、これらの

バイオガスから嫌気性菌 *Clostridium ljungdahlii* を用いてエタノールを生合成する方法で、糖類のみならずリグニン成分も合成ガスとしてエタノールに変換できる点に特徴がある。二酸化炭素へのガス化を極力抑えてより多くを一酸化炭素とし、発酵バイオエタノールに比べて、炭素源のエタノールへの変換率をいかに高めるかが課題である。

## 2-6 酢酸菌によるリグノセルロースからの発酵バイオエタノール

酢酸菌によるリグノセルロースからの発酵バイオエタノール製造では、図5に示すように加圧熱水によりリグノセルロースを加水分解して得られた糖を酢酸とし、酢酸エステルを経てエタノールに変換する<sup>19)</sup>。この変換プロセスには、(1) 加圧熱水分解物の生産と、(2) それらの発酵による酢酸の生産、(3) 得られた酢酸のエステル化および水素化分解によるエタノール生産の3ステップが関与している。究極のバイオ燃料とするためには、3段階目での水素化分解にバイオ水素を用いることが必要となる。

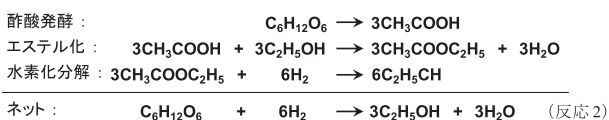
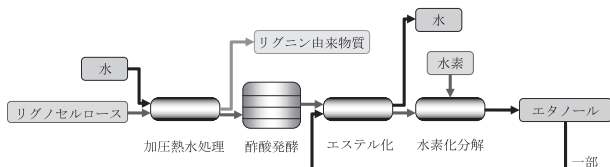


図5 酢酸菌によるリグノセルロースからの発酵バイオエタノール製造プロセス<sup>19)</sup>

従来の酵母による発酵バイオエタノールやバイオガスからの合成バイオエタノール製造に比べ、出発原料の糖はヘキソースのみならずペントース、酸性糖であるウロン酸、さらにはセロオリゴ糖やキシロオリゴ糖、これらのポリマーやその他の分解物（フルフラール類、エリトロース、グリコールアルデヒド、メチルグリオキザール、有機酸類など）もエタノールに変換できる点が有利である。これによって、たとえば反応2に示すように、1モ

ルの糖質（D-グルコース）が二酸化炭素を排出することなく3モルのエタノールに変換され、酵母による直接アルコール発酵に比べ炭素の利用効率が高く、かつエネルギーの回収率が高いプロセスとなる<sup>19)</sup>。現在、NEDOバイオマスエネルギー先導技術研究開発プロジェクトとして研究が進められている。

## 2-7 バイオエタノールの政策とゆくえ

バイオエタノール生産に適する資源は、糖質・デンプン資源および木質系資源であるが、前者は現在、宮古島などでのさとうきびからの廃糖蜜や北海道での規格外小麦が利用の対象となっている。しかし、食糧問題との関連で、長期的に利用可能な資源は後者の木質系資源であり、森林資源、林産廃棄物、農産廃棄物などが含まれるが、その利用可能量は年間約3,000万トン、そこから得られるエタノールは従来の発酵バイオエタノール生産で、約840万kℓと推定される。

日本政府は2003年6月にバイオエタノールを3%混合したガソリン（E3）の使用を解禁した。3%と低濃度であるためエンジンの腐食の問題はなく、現在の自動車をもそのまま利用することができる。沖縄、宮古島では、全島上げてのE3ガソリン利用が府省庁連携のプロジェクトとして2007年度からスタートしている。

さらに近年、バイオ燃料技術革新計画に基づく、リグノセルロース系資源からのバイオエタノール製造の技術革新が推進されている。バイオマス・ニッポン総合戦略では製造コスト100円/ℓに対し、この技術革新ケースでは40円/ℓを目指している。そのために、経済的かつ多量、安定的なエタノール生産を可能とするバイオマスの利用が不可欠であり、高収量の草本系植物エリアンサス（*Erianthus*）などを用いた革新技術の開発が求められている<sup>20)</sup>。これらはE3ガソリンが将来E10ガソリンへと伸びることを想定したものであり、現在わが国で利用されるガソリン約6,000万kℓのうち600万kℓをバイオエタノールで代替することを示唆している。今後この量をどのようにして確保するかが課



題である。

一方、ガソリンへのバイオエタノール混合にはいくつかの問題点がある。その一つはエタノールとの共沸現象により混合ガソリンの蒸気圧が上昇し、蒸発ガスが増加する点にある。さらに、吸水しやすいエタノールの添加による水分の混入が混合ガソリンの相分離を招き、燃料品質の劣化を引き起こす恐れがある。このような視点から、バイオ ETBE（エチルターシャリーブチルエーテル）をガソリンに添加することが検討され、2007年4月27日より首都圏中心に50のガソリンスタンドで7%ETBE（エタノール3%に相当）添加ガソリンである“バイオガソリン”が販売された。2010年度には全国に広げ、ETBE84万kℓ（エタノール換算；36万kℓ，原油換算；21万kℓ）が利用される予定である。

今後、バイオエタノールに対する注目は益々大きくなるものと思われる。とりわけ木質資源からのバイオエタノール変換技術の確立は、わが国にとって“国産のエネルギー”を産出する点で極めて重要であり、科学技術創造立国を自負するわが国に課せられた大きな課題である。

#### 引用文献

- 1) 鮫島正浩：“バイオマス・エネルギー・環境”，アイピーシー，261（2001）
- 2) 江原克信，坂 志朗：“バイオマス・エネルギー・環境”，アイピーシー，251-260（2001）
- 3) 坂 志朗，江原克信：*Cellulose Commun.* 9(3)，137-143（2002）
- 4) 平成12年度新エネルギー・産業技術総合開発機構調査報告書（NEDO-GET-0001），167（2001）
- 5) 齋木 隆：バイオサイエンスとインダストリー 58(5)，362-365（2000）
- 6) 近藤昭彦：“エコバイオエネルギーの最前線”，シーエムシー，41-52（2005）
- 7) 種田大介：*Cellulose Commun.* 13(2)，49-52（2006）
- 8) 三輪浩司，奥田直之：化学装置 7，69-73（2003）
- 9) M. Moniruzzaman, X. Lai, S. W. York, L. O.

Ingram:*Appl. Environ. Microbiology* 63(12)，4633-4637（1997）

- 10) バイオエタノール・ジャパン・関西(株)，<http://www.bio-ethanol.co.jp/flow/index.html>
- 11) 坂 志朗：未来開拓研究公開シンポジウム，バイオマスの有効利用，大阪，2002.
- 12) H. Miyafuji, T. Nakata, K. Ehara, S. Saka: *Appl. Biochem. Biotechnol.* 124(1-3)，963-971（2005）
- 13) T. Nakata, H. Miyafuji, S. Saka: *Appl. Biochem. Biotechnol.* 130(1-3)，476-485（2006）
- 14) 宮藤久士，坂 志朗：第36回木材の化学加工研究会シンポジウム要旨集，京都，2006，7-10.
- 15) K. Ehara, S. Saka: *Cellulose* 9(3-4)，301-311（2002）
- 16) D. Takada, K. Ehara, S. Saka: *J. Wood Sci.* 50(3)，253-259（2004）
- 17) K. Ehara, D. Takada, S. Saka: *J. Wood Sci.* 51(3)，256-261（2005）
- 18) T. Eggeman, D. Verser: *Appl. Biochem. Biotechnol.* 129-132，361-381（2006）
- 19) NEDO：バイオマスエネルギー先導技術研究開発，17（2009）
- 20) バイオ燃料技術革新計画，バイオ燃料技術革新協議会（2008）

（さか しろ：京都大学大学院エネルギー科学研究科）

総説・主張

# 紙おむつと木材資源



## 吉村 利夫

### 1. はじめに

紙おむつは使い捨ての気軽さ、常に新品を用いるために衛生的であるなどの利点を持ち、国内では9割程度の乳幼児に使用されている。一方、高齢化が進む中、大人用紙おむつの使用量が急速に増加している。日本衛生材料工業連合会の資料によると、2008年の乳幼児用紙おむつの生産数量は約126億枚、52.6万トン、大人用紙おむつの生産量は約47億枚、25万トンであるが、遠くない将来、生産量で大人用が子供用を上回るかもしれない。現在紙おむつは「育児と介護の必需品」とされ、その重要性はますます増すと考えられている<sup>1)</sup>。

### 2. 紙おむつの構成

紙おむつの内部構造を図1に示した。吸収材、表面材、防水材、漏れを防止するためのギャザーなどからなり、多層構造となっている。吸収材は吸水紙、綿状パルプ、高分子吸収材から構成されている。高分子吸収材はおしっこをしっかりと吸収し、後戻りさせないための最も重要な成分である。このおかげで、紙おむつを軽量かつかさばらないものにできている。高分子吸収材はポリアクリル酸ナト

リウムを何らかの方法で架橋した構造を有し、一般的なプラスチック類と同様に石油から製造されている。人の肌が直接触れる側の表面材にはポリプロピレンやポリエチレンテレフタレートなど合成高分子の不織布が用いられ、いつでもさらっとした感触が得られるように設計されている。防水材にはポリエチレンシートが用いられている。このシートには微小の穴があいており、液体状の水は内部に閉じ込められるが、気体状の水分は通り抜けられ、蒸れを防ぐように設計されている。ギャザーには上記の不織布とポリウレタン、天然ゴムなどの伸縮性素材が用いられている。また、これらの成分を一体化するために、ホットメルト接着剤が使用されている。このように、紙おむつとはいうものの、実態はさまざまな成分から構成された複合体である。

このような紙おむつの構成をさらに詳しく知るため、乳幼児用、パンツ型、Mサイズの市販品を5種類入手し、解体してみた。各構成成分の重量を表1に示す。各製品でばらつきはあるものの、吸収材中の綿状パルプの使用量の多さが顕著であり、多いものでは全重量の半分近くを占める。したがって、紙おむつは「紙」としてではなく、内部に存在する「綿状パルプ」として、木材資源と深く関わっていることになる。このような綿状パルプは

表1 紙おむつの構成 (重量 g で表示)

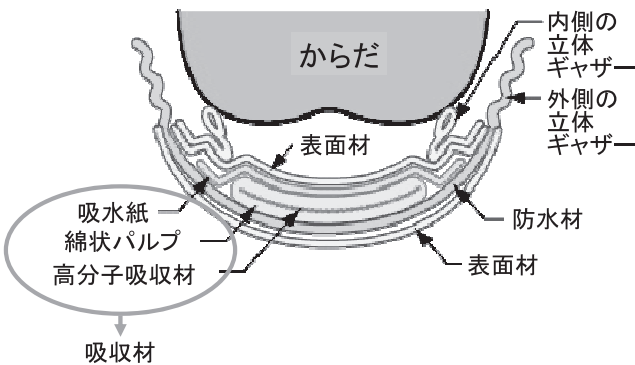


図1. 紙おむつの内部構造

	A	B	C	D	E	
全体	29.7	31.5	34.8	36.1	33.5	
表面材	外側	6.8	7.8	6.9	7.7	7.1
	体側	1.1	2.4	1	2.1	1.4
防水材	3.3	1.5	4.4	1.4	1.5	
吸収剤	吸水紙	0	4.2	1.4	4.2	4.7
	綿状パルプ	9.3	7.9	14.3	13.8	8.2
	高分子吸収剤	7.2	6.2	5.1	4.3	8.3
立体ギャザー	2	1.5	1.7	2.6	2.3	

おもに針葉樹から得られたパルプを解繊することで得られている。

### 3. 紙おむつと環境問題

現在のところ大部分の自治体では使用済み紙おむつは燃えるゴミとして処分することが指定されている。紙おむつを使ったことのある家庭では、ゴミ出しのたびに大量に発生する使用済み紙おむつに閉口した経験をお持ちであろう。使用済み紙おむつはその用途から大量の水分を含んでいる。にもかかわらず、それを焼却処理しているのが現状なのである。その一方でゴミ焼却場ではダイオキシン発生を防ぐために燃焼温度を 800℃ 程度の高温に保つ必要がある。不燃性で比熱の高い水をそのような温度にするためには重油などの助燃剤を大量に投入する必要があり、環境負荷の大きな処理が行われていることになる。

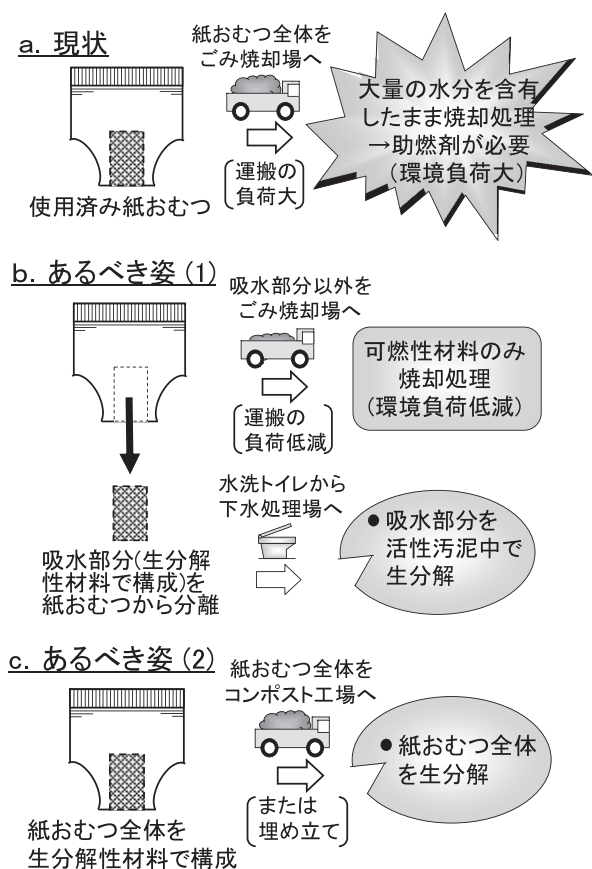


図 2 紙おむつの現状とあるべき姿

また、使用済み紙おむつはかさばるため、運搬時の負荷も小さくない。

使い捨て紙おむつの有効利用についてはさまざまな試みがなされている。トータルケア・システムは福岡県大牟田市に使用済み紙おむつからパルプを分離・洗浄し、再生する工場を立ち上げた。再生パルプの建材などへの利用が始まっている。ただし、紙おむつへの再利用にはまだ至っていない<sup>2)</sup>。

### 4. 紙おむつのあるべき姿

上記のパルプの再生は現状の紙おむつの有効利用の動きであるが、例えば紙おむつ全体を生分解性の材料のみで構成すれば、使用後はコンポストや埋め立て処分が可能となり、処分方法としては究極的なあるべき姿といえる(図 2c: あるべき姿 (2))。

しかしながら、前述のように紙おむつは種々の構成成分からなっており、これらのすべてを生分解性材料に代替することは必ずしも容易ではない。また国内でコンポスト処理施設はまだ整備されておらず、材料・インフラの両面において実現に向けたハードルは高い。

前述のように、紙おむつの吸水部分はおもに綿状パルプと高分子吸水材から構成されている。綿状パルプは天然物であり容易に生分解するのに対し、高分子吸収材にはポリアクリル酸ナトリウム架橋体が用いられており、合成高分子であるために生分解しない。高分子吸収材を生分解可能なものに置き換え、使用後に吸水部分を紙おむつ本体から容易に分離できるように設計すれば、吸水部分を水洗トイレに流すことで、下水処理場の活性汚泥による処理が可能になる。一方、残りの本体部分は水分をほとんど含まないため、焼却処理時の環境負荷は大幅に低減することができる。さらに、ゴミ発生量を抑制できるため、運搬に要する負荷も低減できる(図 2b: あるべき姿 (1))。まずはこのあるべき姿 (1) の達成が現実的な対策であると考えられる。

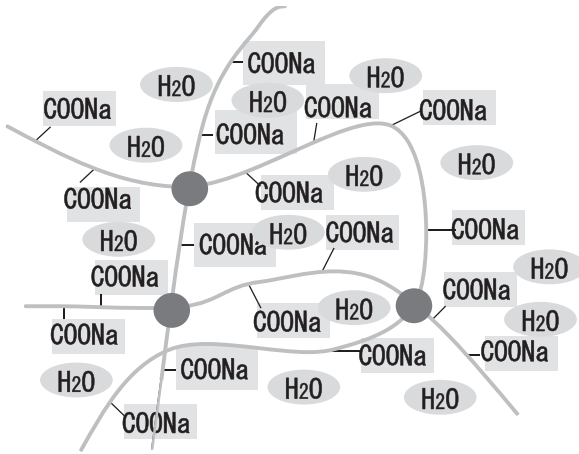


図3 高分子吸収剤の概念図

5. 生分解性高分子吸収材の開発

一般に高分子吸水材が高い吸水性を実現するためには、(1) 十分に長い高分子鎖（分子量で100万程度）、(2) 親水性基（通常はカルボン酸ナトリウム）、(3) 低い架橋密度（水中で高分子鎖が十分に広がる）の3要素を有することが必要であるとされている（図3）。高分子量かつ生分解性の高分子を化学合成で得ることは必ずしも容易ではないが、天然高分子にはその要件を満たすものが豊富に存在する。一例として綿セルロースがある。綿は最も代表的な衣料用天然繊維であり、世界で毎年約2000万トンと多量に産出されている。綿セルロースの分子量は100万程度と汎用セルロース資源中最も高い部類に属し、高吸水性樹脂の主鎖として好適である。綿の場合はセルロース含有率が約95%と大部分を占め、木材からパルプを得る際に蒸解などの過激な処理が必要であるのと比較するとはるかに穏和な処理でセルロースを単離することができる。綿セルロースの分子量が特に高いのはこのあたりに理由があるのかもしれない。これまでにセルロースを原料として高吸水性樹脂を得る検討がいくつかなされており、中でも最も代表的な水溶性セルロース誘導体であるカルボキシメチルセルロース（CMC）を架橋した研究例が多い。しかしCMC架橋体の生分解性についてはセルラーゼによる酵素分解は報告されているものの、活性汚泥中の生分解性

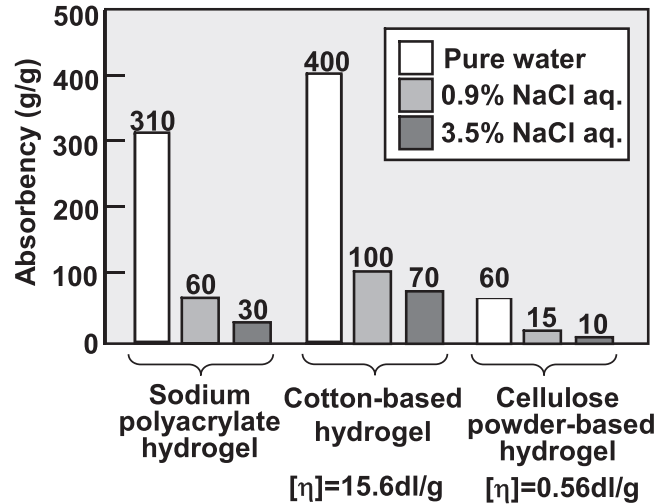


図4 コハク酸セルロースの吸水特性

（左から、ポリアクリル酸ナトリウム系高分子吸水材＝現行市販品、綿セルロースを原料としたもの＝コハク酸セルロース、粉末セルロースを原料としたもの＝コハク酸セルロース）

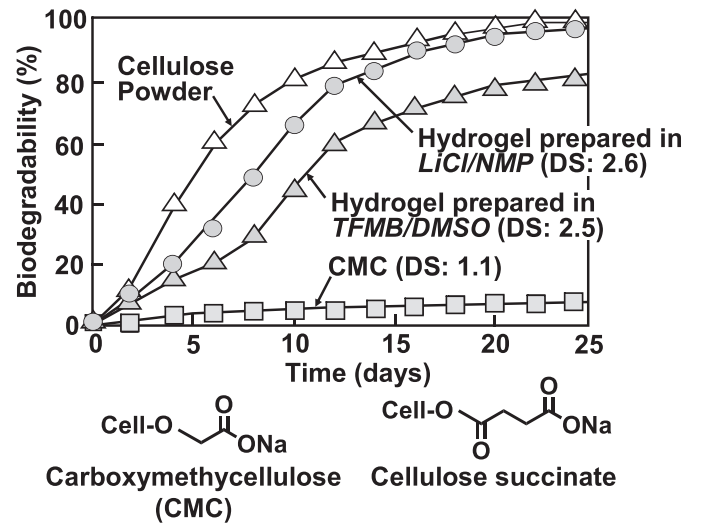


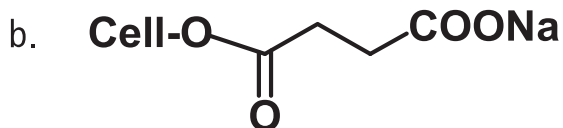
図5 コハク酸セルロースの生分解性

（コハク酸セルロースの合成溶媒として塩化リチウム/N-メチル-1-ピロリジノン＝LiCl/NMPを用いた場合と、テトラメチルアンモニウムフルオリド/ジメチルスルホキシド＝TBAF/DMSOを用いた場合の結果を示した）


については検討例がほとんどなかった。我々は置換度の異なるCMC架橋体を合成し特性評価を行ったところ、吸水性と活性汚泥中の生分解性の両立は困難であることが判明した。


すなわち、高い吸水性能を発現するためにはカルボキシメチル基の置換度は1より大きくする必要があるので、セルロースが本来有する良好な生分解性を保持するためには置換度を1より小さくする必要があった。それに対し、セルロース骨格とカルボン酸ナトリウムとの間にエステル結合を有するコハク酸セルロースの架橋体は高吸水性(図4)と生分解性(図5)との両立が可能であることが判明した。一方、図4に示すように、粉末セルロース(微結晶セルロース)から同様の方法で得たものは低吸水性なものしか得られなかった。図4に示した固有粘度( $[\eta]$ )の数値から明らかなように、原料セルロースの分子量が生成物の吸水特性に大きく影響していることが示唆された。残念ながらパルプを出発物質とした場合の検討は行っていないが、恐らく綿セルロースを用いた場合と粉末セルロースを用いた場合の結果になると推定される。図から明らかなように、親水基の導入を、エステル結合を介して行うことによって、置換度が高くても生分解性が良好なものが得ら

a. **Cell-OH**



c. **Cell-O**  **COONa**

d. **Cell-O**  **COONa**

e. **Cell-O**  **SO<sub>3</sub>Na**

e.

図6 検討に用いたセルロース誘導体

a. 未変性セルロース, b. コハク酸セルロース,  
c. カルボキシメチルセルロース, d. カルボキシエチルセルロース, e. スルホエチルセルロー

ス,

また、親水基とセルロースを結びつける側鎖の炭素数が CMC よりも一つ多いカルボキシエチルセルロース (CEC) を多段階の合成で得たところ、CMC とは異なり高吸水性と生分解性の両立が可能であることを見いだした。また、CEC のカルボキシル基をスルホン酸基で置換した構造を有するスルホエチルセルロース (SEC) も同様に両立可能であることが判明した。図6に検討したセルロース誘導体の化学構造式を示す。これらの結果は、セルロース骨格と親水基の間に適当な連結基(スペーサー)を導入することが吸水性と生分解性の両立に有効であることを示唆しており、さまざまなセルロース誘導体の可能性を感じさせる結果といえる。現在それらの知見をもとにした検討を進めている。

## 6. まとめ

紙おむつの現状と課題を木材資源のひとつであるパルプと関連づけて述べた。紙おむつは当面、その使用量を拡大させながら今後も使われ続けるであろう。その際、持続可能な社会の形成にできる限り寄与できるような使い方が望まれる。そのためにもさまざまな面で環境負荷の小さな紙おむつの出現が期待される。

## 引用文献

- 1) 日衛連 NEWS, No66 (2010).
- 2) 花嶋正孝, 紙おむつリサイクルシステムの確立に向けて, 月刊廃棄物, 36(473), 26-29 (2010).
- 3) Yoshimura, T., Matsuo, K., Fujioka, R. Novel superabsorbent hydrogels based on cotton cellulose: synthesis and characterization, Journal of Applied Polymer Science, 99(6), 3251-3256 (2006).

(よしむら としお: 福岡女子大学人間環境学部)

## 教育・研修プログラム

# 木の学校づくりシンポジウム 「木の学校のすゝめー中津モデルから学ぶ地材地建ー」

城井 秀幸



平成 22 年 9 月 25 日に大分県中津市で木の学校づくりシンポジウム「木の学校のすゝめー中津モデルから学ぶ地材地建ー」を中津市、東洋大学 WASS(木と建築で創造する共生社会研究センター)、大分県木造建築研究会および日本木材学会九州支部の主催、林野庁、大分県の後援で全国各地から約 160 名の参加のもと開催されたので報告します。

中津市では材料採取から製造廃棄に至るまでの環境負荷の低減を図るライフサイクルアセスメントに注目するとともに、地元木材の活用促進に向けた中津市木造校舎等研究会を立ち上げ、地元木材の確認と流通過程の把握、伝統工法の採用により製材による総木造の鶴居小学校体育館を完成させました。これは、学校建築における木の活用をテーマに全国各地の木の学校づくりの事例の調査・研究を行っている東洋大学 WASS など各所から全国的に例を見ない取り組みとして注目されています。そこでこの中津市が行ってきた「地材地建」の取り組みと成果を広く公開し、意見交換を行うことで、さらなる木の学校づくりや地域木材の利用促進に繋げるような機会になればとシンポジウムが企画されました。



地材地建で造られた鶴居小学校体育館

シンポジウム開催にあたり主催者を代表して中津市長の新貝正勝氏から歓迎の挨拶の後、基調講演として日本木材学会長で東京農工大学教授の服部順昭氏から「製品の環境への優しさを評価するーライフサイクルアセスメントとカーボンフットプリントー」と題して木材利用と環境負荷に対する考え方や評価方法についてわかりやすいご講演をいただき木材と環境への理解が深まりました。続いて、中津市教育委員会の大森建氏から「地材地建(中津モデル)の取り組み」と題して研究会の立ち上げから設計、施工に至る過程の取り組みをビデオ等を交えての説明がありました。市長のリーダーシップのもと「地材地建」を目指し、中津で産出された原木を使い、中津で加工された木材で、中津で流通される資材機器で、中津の技術者で可能な木造建築物を低コストで実現できないか、学校校舎に地元産木材が使えないかと、産学官からなる自由参加の中津市木造校舎等研究会を設立し 1 年間の研究会活動を行っています。その結果、木材活用の課題やポイントを整理することができ今回の建築にも大いに活かされたそうです。

パネルディスカッションでは、東洋大学 WASS センター長の長澤悟氏がコーディネーターを務め、新貝正勝氏(中津市長)、関口定男氏(埼玉県比企郡ときがわ町長)、井上正文氏(中津市木造校舎等研究会座長、大分大学教授)、坂口大義氏(山国川流域森林組合参事)および今泉裕治氏(林野庁森林整備部整備課造林間伐対策室長)の 5 名がパネリストとなり、それぞれの立場から木造建築に対する発表と意見交換を行いました。長澤氏から、「中津市での地材地建の取り組みは全国でも優れた事例で中津だけの取り組みではもった

いない。もっと内外に広げていくべきだ。」との挨拶の後パネルの発表と続きました。

新貝氏は、市は旧下毛郡との合併により森林面積が3.2%から77.5%に増加した。しかし地元材はあまり利用されておらずもったいない。中津の木を中津で加工し中津に流通する資材機器と中津の技術者で可能な木造建築物を低コストで実現したいという地材地建に対する熱いメッセージをいただきました。そして研究会活動を通じて木造で造ることの共通認識を得られたのが大きな成果となった。役場だけの発想ではRC造しか考えられなかったのではないかと。実際は、様々な問題はあったが振り返るとやってみて良かった。中津から公共施設建築に積極的に地域産材を活用する取り組みを発信して行きたいと話されました。

関口氏は木の学校づくり先進地の事例として学校校舎の耐震改修＋内装木質化を図るいわゆる「ときがわ方式」を提案しています。この方式では①子供たちへ快適な教育環境の提供②経費縮減③工期の短縮④地場産業の振興⑤地球環境への配慮ができるそうです。さらに、これらは組長の考え方で決まる。関係省庁および各組長さんへの理解を求めると話されました。

井上氏は、中津市木造校舎等研究会の座長として深くこのプロジェクトに係わっています。山から製材、設計、施工いろんな人が関わって勉強して、あらためてお互いのことがわかっていないことがわかった。情報交換ができコストが上がる要因等を共有できたことが良かった。さらに中津市教育委員会の熱意が事業推進の大きな原動力となった。行政が本気になることが成功の大きな要因となると話されました。

坂山氏は、山の立木のデータベース（径級、品種等）の必要性を説き、GISなどを活用して整理したい。また、川上から川下までが必要な情報を共有することでコストダウンが可能だとネットワークの重要性を説かれました。

今泉氏は「公共建築物における木材の利用の促進に関する法律」の制定に関わった1人で、これまでの建築物における木材利用の歴

史と経緯を整理して説明されるとともに、この法律の背景と概要についてのわかりやすい説明をいただきました。木材の利用が法律で定められたことは大きな変化です。木材を利用している人の交流が大切で、お互いが知らないことでビジネスチャンスが消えていることがある。木をつくる林業関係者と使う建築関係者との情報交換が大切と話されました。

参加者を含めた自由討議では中津モデルでのトレーサビリティについて、設計・監理を行った松山氏からは、ここまでののかというほど監理を徹底した。立木の選定から森林組合での検印、製材所から乾燥、加工に至る段階までデジタルカメラで確認しながら進めて行った。とても大変だったが良い勉強になった。次はもう少し楽になる、取り組みを継続してほしいと訴えました。

最後に、長澤コーディネーターから都市に住む人に木の良さを伝えること。山と町をつなぐ仮想流域を造るのも大切な仕事で山の人と町の人双方にとって利益になる。中津の事例からいろいろな発信を期待するとシンポジウムを締められました。



パネルディスカッションの様子

このシンポジウムを通じて木材を利用する川上から川下までの人の交流、情報共有が木材利用の促進に大切なことがわかりました。

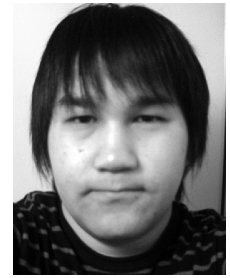
「学問のすゝめ」ならぬ「木の学校のすゝめ」が福沢諭吉の縁の地である中津市から全国へ大きく発信・展開することを期待して報告とさせていただきます。

(きい ひでゆき：大分県農林水産研究指導センター林業研究部)

## トピックス

黎明研究者賞を受賞して  
(論文部門)

## 古賀 大尚



この度は、日本木材学会九州支部第12回黎明研究者賞を賜り、誠にありがとうございます。この場をお借りしまして、私を推薦して頂きました諸先生方、関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

受賞対象となりました論文発表では、「金属ナノ粒子のオンペーパー合成技術の開発と応用」という題目のもと、金属ナノ粒子を紙(ペーパー)上で直接合成する技術と得られたペーパー材料の優れた実用性と機能について報告致しました。

金属ナノ粒子は、通常バルク金属とは異なるユニークな物性・機能を示すことが知られており、その材料利用が幅広い分野で期待されています。例えば、金は化学的に安定で不活性な金属ですが、粒径10 nm以下の極微小サイズになると高活性な触媒として働くことが明らかになっています。しかしながら、取り扱いの煩雑さと不安定さに起因する機能低下が実用化に向けた大きな障壁となっていました。その中で私は、酸化亜鉛が種々の金属元素を速やかに吸着する現象を発見したことを発端に、金属ナノ粒子を酸化亜鉛ウイスキー含有ペーパー上で直接合成して固定化する「オンペーパー合成技術」の開発に成功しました。

例えば、金ナノ粒子のオンペーパー合成は下記のシンプルな手順によって達成されます。まず、湿式抄紙プロセスにより、酸化亜鉛ウイスキーをペーパー状に成型します。続いて、その酸化亜鉛ウイスキー含有ペーパーを塩化金酸水溶液に浸漬後、洗浄・乾燥します。すると、粒径10 nm以下の金ナノ粒子が酸化亜鉛ウイスキー表面選択的に合成されます。得られた金ナノ粒子担持ペーパーは、紙のような利便性に加え、一酸化炭素除去や4-アミノフェノール合成など、環境浄化や有用物質

合成プロセスに利用可能な優れた触媒性能を持っていることが分かっています。本手法は、他にも様々な金属種に応用できます。銅ナノ粒子を合成すれば、燃料電池用水素を生産可能な触媒材料になりますし、白金ナノ粒子を合成すれば、自動車排ガス(NOxなど)を除去可能な触媒材料として使えます。これらは市販の触媒材料をはるかに上回る性能を示すため、省エネルギーや貴金属使用量の削減に貢献すると期待されます。また、銀ナノ粒子を合成すれば抗菌性を示すなど、色々な機能を持つペーパー材料の創出が可能です。既存研究の多くが金属ナノ粒子そのものの物性や機能を制御することに力を入れている中、利便性に優れた紙と複合化することで実用性を付与することにフォーカスを当てた本研究は、金属ナノ粒子の実用利用に益々拍車をかけることに繋がると期待しております。また、紙は古来より身近な生活素材として使われてきましたが、更なる機能化・用途拡大が非常に重要な課題となっています。本研究の成果が機能紙研究の新たな道を切り開く役割の一端を担えればと願っております。

本研究を遂行するにあたり、九州大学大学院農学研究院の割石博之教授、北岡卓也准教授、一瀬博文助教をはじめ、生物資源化学研究室の皆様には大変お世話になりました。この場をお借りして深く感謝申し上げます。

最後になりましたが、日本木材学会九州支部の益々のご発展を祈念致しまして、受賞の挨拶に代えさせていただきます。

(こが ひろたか：九州大学大学院農学研究院  
現 東京大学大学院農学生命科学研究科)



## トピックス

黎明研究者賞を受賞して  
(口頭発表部門)

## Enos Tangke Arung



予期せずに、日本木材学会九州支部大会において、口頭発表部門での黎明研究者賞を頂き、本当に嬉しく、心より感謝申し上げます。

私は、日本学術振興会（JSPS）の外国人特別研究員（PD）として、2008年の10月に、来日しました。そして、今年の11月にインドネシアに戻るまで、九州大学大学院農学研究院の森林圏環境資源科学講座（近藤隆一郎教授）にて、2年間研究しました。このJSPSのプログラムを受けることができ、そして、研究させていただけたことは、私にとって、幸せな時間でした。本当に、エキサイティング、そして決して忘れられない時間でした。インドネシアの薬用植物から各種クロマトグラフィーを用いた機能性成分の単離の手法を習得し、さらに、動物細胞による評価、種々の生化学的手法を学び、実験スキルが大幅に向上しました。さらに、数人の教授の先生方との将来的な共同研究に繋げるためのネットワークも構築できました。

そして、何よりも福岡での日々の生活は楽しく、気候もインドネシアでは経験できない、雪もあり、新鮮でした。このような楽しい日々の中で、外国人である私が、このような名誉ある賞をいただけたことに驚き、感謝しております。

賞を頂いた研究 Isoprenylated flavonoids from wood of *Artocarpus heterophyllus*: cytotoxicity, structural criteria and mechanism in cancer cells (ジャックフルーツの材部からのイソプレニル化フラボノイド：ガン細胞における細胞毒性に関する活性発現構造ならびにそのメカニズム) は、インドネシアではありふれた樹木である *Artocarpus heterophyllus* (日本名：パラミツ、波羅蜜、ジャックフルーツ) の材部に含まれているイソプレニル置換フラボノイドに着目したもの

です。この樹木は、インドネシアでは、ナンカと呼ばれており、食用にもなる大きな果実をつけることで知られています(図)。インドネシアではジャムウ生薬としても利用されています。



私は、スクリーニングにより、本樹木抽出物が、強力なガン細胞増殖抑制効果を示すことを見いだしました。さらに、本活性を指標に活性成分を追跡すると、一連のプレニル置換ポリフェノール類が活性成分として単離されました。構造活性相関により、プレニル基が活性発現には、重要であることを示し、さらにアルトカルピン(6-(3-methyl-1-butenyl)-5,2',4'-trihydroxy-3-isoprenyl-7-methoxy-flavone)が強力な乳ガン由来 T47D 細胞増殖抑制物質として単離されました。そのメカニズムを検討したところ、同化合物は、外因性経路により、アポトーシスを誘導していることが示されました。

本研究を遂行するにあたり、教授の近藤隆一郎先生、准教授の堤祐司先生、助教の清水邦義先生に感謝申し上げます。そして、永田さん、森さん、重藤さん、谷口さん、房さんを初め、近藤研究室の全てのメンバーに出会えたことに、感謝します。

最後に、私は、日本で、福岡で、九州大学で、森林圏で、研究ができ、このような賞を頂いて本当に嬉しいです。願わくば、将来、また、皆と会いたいと願っています。ありがとうございました。

(えのす たんけ あるんぐ：九州大学大学院農学研究院，ムラワルマン大学，インドネシア)

## トピックス

黎明研究者賞を受賞して  
(ポスター発表部門)

## 上田 景子



この度は、第17回日本木材学会九州支部大会の展示発表部門において、名誉ある黎明研究者賞を賜り、誠にありがとうございました。大変光栄に思っております。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。また、いつもご指導、ご助言をいただいている職場の皆様およびその他多くの方々に、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

現在、私は福岡県森林林業技術センターで主に菌床キノコの研究を行っております。福岡県におけるキノコの生産量は全国第3位であり、非常に重要な産業として位置づけられています。特に、菌床栽培によるブナシメジおよびエノキタケは第3位、エリンギは第6位と全国的にも上位を占めています。しかし現在、産地間、企業間の競争が激しさを増しており厳しい局面を迎えています。このような状況の中、いかに安定的な生産を行えるか、また他との差別化を図れるかが重要な課題になっています。このことを受け、当センターでは安定的生産のための栽培技術改良や差別化に向けた新品种および新しいキノコの開発に取り組んでいるところです。

今回発表させていただいた「九州産タモギタケの菌床栽培改良試験」は、このような研究の中の一つとして行いました。タモギタケは九州ではあまり馴染みがないかもしれませんが、鮮やかな黄色の傘と独特の風味が特徴の食用キノコです。豊富な食物繊維やビタミン類を含み、様々な機能性も報告されています。また、栽培期間が1カ月と他のキノコに比べて非常に短く、効率的生産が可能です。当県ではこれまで、九州で採取されたタモギタケについて菌床ビンでの人工栽培に成功し、培地基材としてスギが好ましいこと、カルシ

ウム源を培地に添加することで収穫量が増すことを確認しました。そこで、今回の研究ではさらなる栽培の効率化を目指しました。我々は、タモギタケの培養段階で原基（キノコのもと）を形成してしまうという特徴に注目しました。この特徴から、タモギタケは培養期間中の培地利用率が低く、少ない培地量でも栽培が可能なのではないかと考えました。そこで、通常より少ない培地量（500g）、通常の培地量（550g）、通常より多い培地量（600g）の3段階の試験区を設定し栽培試験を行いました。また、より効率的な栽培サイクルを確立するため、適正な培養日数はどのくらいなのかを調査しました。さらに、作業の効率化を図るため、現在通常用いている乾燥防止効果のあるウレタンフィルター付きキャップと短期間栽培に向いているSTキャップのどちらが栽培に適しているのかを調査しました。結果として、通常より少ない培地（500g）でも通常（550g）と同等の収穫量が得られ、低コスト化が可能なが分かりました。また、その際の適正な培養日数は、ウレタンのキャップで14日、STキャップで10日であることがわかりました。また、キャップの種類の間で収穫量の差は見られませんでした。STキャップは何回も再使用でき、洗浄等管理が容易で作業効率が高いことから、タモギタケ生産にはSTキャップの方が適していると考えられました。

今後は、この結果を生産者の方々に普及するとともに更なる品質向上のための研究を行い、タモギタケの実用化および県のキノコ産業の発展につながるよう努力していきたいと考えています。

(うえだ けいこ:福岡県森林林業技術センター)

## 学会だより

# 国際化学生態学会に参加して

## 原田 貴子



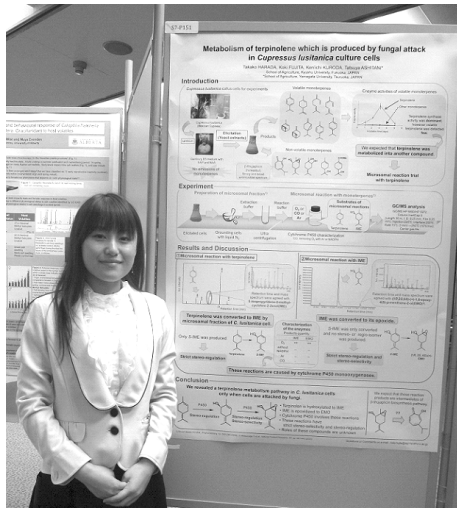
7月某日、フランス、トゥール。天候、晴れ。朝夕は涼しく長袖が必要ですが、昼間はタンクトップでいたいぐらいの陽気です。九州と違い空気が乾燥しているので、汗はあまりかきませんし、比較的過ごしやすいです。

というわけで、ISCE (International Society of Chemical Ecology) の年次大会に出席するため、フランス中央部の町、トゥールにやってきました。周辺にある古城をめぐる出発地として有名な場所だそうです。あまり都会ではないこともあり、いい具合にのんびりした街です。駅に着いてすぐ、その綺麗さに驚きました。外観が見事に西洋建築で（当たり前なのですが）、細かい細工が美しく、それを普通に使っている事に感動しました。100年以上前からある建物だそうです。地震や台風などの天災で建物が崩れる心配がないと、強度の心配も少ないでしょうし、細工も崩れる心配がないということで、こういう建築物が問題なく長く残るのだと実感できました。



トゥール駅の外観です、とりあえず綺麗でした

今回参加した ISCE は、植物や動物とその周辺環境における、化学物質によるコミュニケーションを取り扱ったものです。初めて参加する分野の学会でしたが、学ぶところも多く、有意義な時間を過ごさせていただきました。様々な発表を拝見したところ、現在のトレンドは昆虫のようです。私の専門は植物内における二次代謝物の生合成経路です。他にも生合成に関する発表はありましたが、少数派でした。大部分は何かしら虫に関わるもので、昆虫のフェロモンの話が多かったように思います。虫同士のフェロモンや虫から害を受けたときの植物の反応、虫の働きなどでした。ポスターセッションの中で興味深かったのは、虫に感染した木を犬に探させるというものでした。特定の匂いを犬に覚えさせ、それを探させるものでしたが、犬が実際に木を探しているビデオまで用意してあり、内容と共に発表方法にも興味を惹かれました。相手に伝える、理解してもらうために色々な方法が使えると気付かされるものでした。私の場合は、菌の進入に対する反応で標的の物質を生成することと、生成する物質の立体制御についての部分が発表の中心でした。同じ酵素を扱っている方と話す機会があり、学会に参加する意義は大いにあったと思います。自分自身が関わっている内容から、もっと研究や興味、検討する内容の幅を広げていくことで、よりよい研究が行なえたらと思います。様々なアプローチや考え方があることを、改めて感じる事が出来ました。その中で、とても印象的だった日本人女性の話をさせていただきます。



ポスター発表をさせていただきました

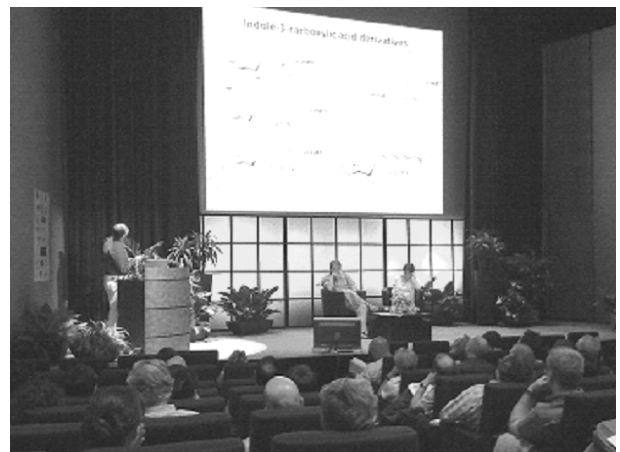
彼女は神戸大学の教員で、蟻のコミュニケーションについての研究をしている方でした。学会の口頭発表の中でも主要なパートで講演をされ、蟻の脳の話など色々な内容をまとめた幅広い話をされていました。研究内容もさることながら、蟻に質問を投げかけながら進めるスライドの作り方や、ユーモアを交えながら話す姿はとても素敵でした。発表内容も素晴らしく、一段と盛大な拍手を受けていたように思います。あのような発表が出来る研究者になりたいと、憧れを抱いた旅でした。

学会自体は、ツールの駅の公園をはさんだ正面にある、イベントホールで行なわれました。ウェルカムパーティーでは、色々な料理とお酒・・・ととりあえず、印象に残っているのは色とりどりのマカロンですね。ピンクや茶色、赤のほか、緑や青などなど・・・色とりどりで。味は、ととりあえず甘いです。それ以外はあまり認識できないくらい甘いです(笑) 美味しかったですけど、3個は食べましたが、日本ではあまり出会えない味だろうと思います。それと、ワイン！日本の学会と言えば、場所によりますが出てくるのは焼酎か日本酒ですが、フランスですから当然のようにワイン！私は甘いものが好きなので、パーティーの間中探していましたが、私の味覚のほう矯正される結果に終わりました。

学会期間中で、随分ワインが飲めるようになりました。白限定ですが。

さて、午前から学会が始まり、10時半になると coffee break です。飲み物とパンやお菓子が提供されます。ここで出てくるクロワッサンが非常に美味しかったです。そして、午前の第二部の後、お昼ご飯。昼食はbuffet形式で、料理はとりあえず塩辛いか脂っこいか・・・野菜は野菜スティックのみ。田舎者の口には、少々難しい味だったのかなと思っております。目の前でアイスクリームを作るなど、ちょっとしたパフォーマンスもありつつ、皆さん思い思いに食している感じです。そしてさすがフランス、昼食にも当然のようにワインが出ます・・・飲みました。が、予想外に酔いの周りが早かったので、2日目からはほどほどに。元々そんなに強いわけではないので、慣れないことはするものではないですね。

学会の口頭発表の会場は、一般的なホールでした。舞台の中央にはテーブルとソファが二つ、テーブルには飲み物などが置いてあり、その脇に司会者が座するというスタイルでした。初めて見る形式で少々驚きましたが、司会の方がリラックスしている印象で、親しみの持てる雰囲気でした。発表時間の終わりを知らせるために、犬のイラストの書いてある札を発表者に見せていました。ある司会者は、「これがやってみたかったんだ」と言って、仏壇に置いてある「おりん」を持ち出し、時間ごとに叩いていました・・・本当に自由な学会だと感じました。



口頭発表会場の写真です、雰囲気が伝わるでしょうか・・・

自由といえば、時間管理についてのお話も少々。学会開始3日目、午前第一部の口頭発表で30分の遅れが発生しました。いつもどおりcoffee breakは30分きっちり取った後に、第二部へ。どこで調整するのかと書いていたら、昼食の時間でした。30分早く切り上げて、ポスターセッションの始まり。実際に30分遅れた現場にいたわけではありませんでしたが、他の発表を見ていると、時間通りに発表を終わらせたり、時間が押しているから焦る・・・といった行動は当然のことではないようで、時間通りに進むものと考えてはとてもしようがないと思っていました。その際たるものは、最終日のbanquet。オフィシャルでは終了予定時間は23:00だったはずですが、会場についてからなかなか食事が始まらない。挙句、終了して戻ってきたときには1:30で、もちろん遅れてすみませんなんて言葉があるはずもなく、これには驚いてしまいました。

学会以外では、公共交通機関、バスの日曜ダイヤの話も・・・。私が宿泊した場所は会場からバスで10分くらいの所にあり、行き来はバスを利用していました。日曜日、いつもの時間にバス停に行くと、そこに数人の人が・・・どうやらバスが来ていないらしい。現地の学生さんが、「日曜日のバススケジュールはhorribleだから！」と言い残して、タクシーでさっさと会場に行ってしまいました。他の学生さんは歩いて行ってしまい、私と同行した3名でバス停にて待ちぼうけ。自力でタクシーを呼べるわけでもなし、会場まではさすがに遠い・・・こうなったら、どの程度遅れるのか確かめてやろうじゃないか！というわけで、バス停で待機することにしました。ちなみに、日本と違って日曜ダイヤの表示もなく・・・そこもまたどうなのかと思うのですが。思い切ってやる気のないスケジュールを立ててしまえばよいのに、などと言いながらとりあえず待ちました。

結局、正常ダイヤから遅れること1時間、やっとバスに出会うことが出来ました。その

間、普段はそこそこバスが来るそのバス停に、一台のバスも来ませんでした。バスが見えて歓声を挙げたのですが、同行者の冷静な一言、「何でバスが来た位でこんなに喜ばないといけないのだろう」・・・ごもつともです。さて、1時間前に歩いて出発した方々とは、4つ先にバス停で出会いました。どうやら、他にバスが来ることもなく歩き損になってしまったようです。日曜スケジュールの恐怖はまだ続きます。その日の帰り道、トゥールの中心地から帰る時の事。バス停には「○番のバスが何分後に来ます」という表示がされています。親切なシステム・・・と思っても、日曜日は信用出来ません。1分後という表示が、次の瞬間に30分後になってみたり、45分後と書いてあるバスが目の前に現れたり、はっきり言って大混乱です。私たちの乗るバスは時間通りに来てくれたので、特に迷惑をこうむることもなかったのですが。日本の時間管理の正確さが、いかに偉大かを思い知らされた経験でした。

バスに関しては、ある日突然料金が上がったり、前日に使えたサービスが翌日は使えなかったり、色々と混乱することもありました。結論としては、安く便利でありがたかったです。

さて、フランスで作った口内炎を帰国後に悪化させ、病院にお世話になるという事態になってしまいました。さらに九州の暑さにやられてしまって、時差ぼけもあいまってしばらくダウン・・・。次回の旅行では、しっかりビタミン剤を用意して行こうと思います。

他にも、宿泊した学生寮がすごい田舎にあったとか、狭かったとか、ハリネズミに遭遇したとか、酔っ払いに絡まれたとか、古城が綺麗だったとか、フランスの人は親切だったとか・・・話は尽きませんが、この辺りで失礼します。お付き合いいただきありがとうございました。

(はらだ たかこ：九州大学大学院生物資源環境科学府)

**新会員紹介****着任のごあいさつ****横田 慎吾****1. はじめに**

2010年10月より、九州大学大学院農学研究院の助教として赴任いたしました横田慎吾です。まず、私のこれまでの経歴について簡単に紹介いたします。2008年3月に九州大学大学院生物資源環境科学府にて学位取得後、1年間のポスドク期間を経て、2009年4月よりおよそ1年半、日本学術振興会特別研究員（SPD）として京都大学化学研究所に勤めました。この度、慣れ親しんだ九州の地、しかもまさに自身が学生時代を過ごした建屋で教員生活をスタートすることとなり、たいへんうれしく思っているところです。教員としてはもちろん、研究者としてもまだまだ未熟な身ですが、若さを活かして何事にも情熱を持って取り組みたいと思っております。日本木材学会九州支部の皆様には学生時代からお世話になっておりますが、引き続き、ご指導、ご鞭撻のほどよろしくお願い申し上げます。

**2. これまでの研究と今後の抱負**

学生、ポスドク時代を通じて、有機高分子薄膜におけるナノ構造と界面特性・機能との相関に着目した研究に取り組んできました。以下、その内容について紹介いたします。

九州大学在籍時には、樹木細胞壁の骨格多糖に代表されるセルロースを主な研究対象としていました。セルロースの特異なナノ構造化特性を活かした高度な材料機能設計に向けて、これまで人為的な制御が難しかったサイズ領域でのセルロース基材表面の構造制御を試みました。その結果、表面ナノ形状や分子鎖ベクトルを制御したセルロース薄膜の創製に成功しました。さらに、多糖分子を配列制御する造膜技術を発展させることにより幅広

く展開し、温度応答性のインテリジェント界面や金属ナノ粒子との複合材料、動物細胞培養基材などの創製を試みました。これらの研究内容の一部については、本誌レビュー（15巻2号、2008）として執筆させていただきましたので、興味のある方はそちらもご覧下さい。

京都大学に移ってからは、合成高分子化学の分野で近年盛んに研究開発が進められているリビングラジカル重合法を用いた材料設計に取り組みました。合成手法を工夫することによって、弱電解質型ポリマーの高密度グラフト化に成功し、その水膨潤系における極低摩擦特性の発現機構についての興味深い知見を得ました。また、精密重合技術を駆使した新規糖鎖系複合材料の分子設計に関する研究にも従事しました。これまでとは異なる領域での研究であったため、やや進展に時間がかかりましたが、その分学ぶことも多く、幅広い視点を持つことができました。

今後は、これまで天然ならびに合成高分子の双方に携わることにより得た経験を最大限活かしつつ、森林資源を中心とする生物材料・機能を積極的に利用したモノづくりに取り組みたいと考えています。より幅広く深みのある研究を展開できるように精進し、学会報告や本誌を通じて、皆様に興味を持っていただけるような話題を提供できればと考えておりますので、今後ともよろしくお願いいたします。

最後になりましたが、このような機会を与えて下さった関係各位の先生方に感謝申し上げます。

（よこた しんご：九州大学大学院農学研究院）

## [編集後記]

木科学情報第 18 巻 1 号をお届けします。

新年がスタートし、はや 1 月あまりが過ぎました。「卯跳ねる」の如く、本年が皆様にとりまして「飛躍・跳躍」の一年になりますことをお祈り申し上げます。

本号では、支部理事の大賀先生に巻頭言をいただきました。新しい年にふさわしい「刺激的な示唆にあふれるお話です。キノコだけでなく、我々も日々の忙しさにまぎれてしまい、刺激にマヒして心の感度を鈍らせることのないよう、いつも新鮮な気持ちでいたいものです。

総説・主張では、京都大学の坂先生から木質系バイオエタノールに関する現状と展望を、福岡女子大学の吉村先生からは生活資材の紙おむつに関する研究をご紹介いただきました。資源・環境に配慮しつつ、現実味のあるエネルギー生産と安心・安全な生活を両立させるために、木質資源のポテンシャルの高さを改めて認識いたしました。

九州支部の主要活動である教育・研修プログラムから、中津市の木の学校づくりシンポジウムについて、大分県の城井氏に寄稿いただきました。地材地建を本当に実践することの大切さと、それに取り組む熱い思いが伝わってくるような報告です。

第 17 回日本木材学会九州支部大会（福岡）で表彰された黎明研究者賞 3 名の受賞報告も掲載しています。学会の発展には若い世代の育成が欠かせません。受賞者の皆様のご活躍に期待します。

学会だよりでは、国際化学生態学会の報告がありました。非常に自由闊達な雰囲気学会の様子が伝わってきます。科学を楽しむ気持ちを思い出させてくれます。

最後に、九州支部の新会員として、九州大学の横田先生から新任のご挨拶をいただきました。今後とも、九州支部にご助力いただければ幸いです。

本号は、年度進行から年進行に再編した最初の木科学情報です。従来よりボリュームアップしてお届けしましたが、いかがでしたでしょうか。今後も、木科学情報は九州支部のアクティブなウッドワールドの情報発信源となるよう努めますので、よろしく願いいたします。

北岡 卓也

## [各種問い合わせ先]

- 支部全般に関わること（総務：雉子谷佳男）  
E-mail: kijiyo@cc.miyazaki-u.ac.jp    Tel/Fax: 0985-58-7180
- 会費、入退会に関わること（会計：藤本登留）  
E-mail: fujipon@agr.kyushu-u.ac.jp    Tel/Fax: 092-642-2985
- 木科学情報に関わること（編集：北岡卓也）  
E-mail: tkitaoka@agr.kyushu-u.ac.jp    Tel/Fax: 092-642-2993
- 支部ホームページ  
<http://rinsan.wood.agr.kyushu-u.ac.jp/kika.html>

木科学情報 18 巻 1 号

2011 年 2 月 1 日発行

編集人 小 田 一 幸  
発行人 井 上 正 文

発行所 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 : 092-642-2993

※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。

