

生 存 圈 研 究



No. 6

2010年



京都大学 生存圏研究所



「生存圏研究」は、京都大学生存圏研究所がその活動と生存圏の研究に関する報告を行うことを目的として年一回発行する紀要です。本誌は京都大学木質科学研究所の「木材研究・資料」の後継も兼ねています。生存圏の研究に関心を持たれる機関や研究者に広く行き渡るよう無料で配布しています。お問い合わせは当研究所までお寄せください（〒611-0011 宇治市五ヶ庄、電話番号0774-38-3346、E-mail: wabunshi@rish.kyoto-u.ac.jp）。

本第6号は、平成21年度の成果を基に発行します。引き続き、平成22年度の成果に基づく第7号を発行予定です。

編集委員

山本 衛	小嶋 浩嗣	渡邊 崇人
北守 顕久	服部 武文	上田 義勝
本田 与一	森 拓郎	梅村 研二
古本 淳一	鈴木 史朗	今井 友也
反町 始	岸本 芳昌	上地 恭子

目次

総説

宇宙の音、コーラスの謎を解く	1
	大村 善治
リアウ生物圏への招待	9
	林 隆久
分子の世界を見てみよう ―天然高分子材料セルロースを例として―	15
	田中 文男
植物で自動車を創る ―バイオナノファイバーの製造と利用―	23
	矢野 浩之

共同利用

MUレーダー全国・国際共同利用	31
電波科学計算機実験装置 (KDK) 全国・国際共同利用	35
赤道大気レーダー全国・国際共同利用	39
METLAB全国・国際共同利用	43
居住圏劣化生物飼育棟/生活・森林圏シミュレーションフィールド全国・国際共同利用	47
木質材料実験棟全国・国際共同利用	51
生存圏データベース全国・国際共同利用	55
持続可能生存圏開拓診断 (DASH) /森林バイオマス評価分析システム (FBAS) 全国・国際共同利用	59
生存圏学際萌芽研究センター	63
研究業績	105

宇宙の音、コーラスの謎を解く*

大村善治**

1. はじめに

宇宙空間は、物質の第4の状態と呼ばれている電離気体であるプラズマで満たされています。太陽を中心とする太陽系の惑星間空間には、太陽から吹き出す磁場とプラズマからなる太陽風が流れています。さらに太陽および惑星から放射される電波や宇宙線と呼ばれる高エネルギーの粒子が飛び交い、電波の一部は地上でも受信できて可聴域の音として聞くこともできます。本稿では、過去100年余りの電離層とその電波伝搬の研究、過去50年の宇宙開発の研究を、宇宙空間での電波研究の歴史をたどりつつ、宇宙から聞こえてくるコーラスと呼ばれる音（電波）の発生機構と、それに関連する宇宙環境の問題について解説します。

2. ホイッスラーと地球磁気圏

19世紀後半から20世紀前半にかけて通信は電気を流す銅線ケーブルを張り巡らして行う有線の電信や電話が主な通信手段として広く使われていましたが、欧米の高緯度地域では、この電信電話の信号に、時折、口笛のようなきれいな音が混じることが知られていました。これは、20世紀前半においては、大気中で発生する雷放電によって発生する電波の一部が銅線ケーブルに混信しているものと考えられていました。その具体的な発生機構は理解されていませんでしたが、口笛に似た音の特徴からホイッスラーと呼ばれていました。

1953年にストーレー(L. R. O. Storey)¹がこのホイッスラーは地球の磁力線に沿って北半球から南半球、南半球から北半球と伝搬しており、周波数によって伝搬速度が異なり、周波数の低い電波程、伝搬速度が遅くなるために、高い音から低い音へと変化する口笛のような音になることを定量的に解明しました(図1)。この伝搬路の解析から電離層の高度(100km~400km)をはるかに超えた高い空間にまで電子密度の高い領域が存在していることを発見しました。この当時は磁気圏という言葉はありませんでしたが、地球の磁力線と共に電離気体が存在していることを発見したのです。宇宙開発は1957年にソ連が打ち上げられた最初の人工衛星であるスプートニクから始まりましたが、それよりも5年も早くに、地上での電波観測のみから宇宙空間に磁力線と共に電離気体が広がっていることを見出したことは大変見事な研究です。

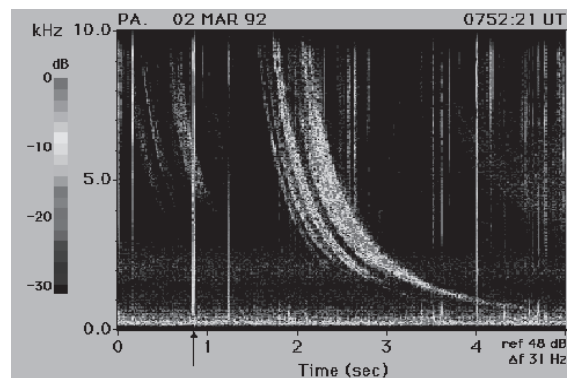


図1：地上で観測されたホイッスラー（スタンフォード大学 VLF 研究グループの WEB ページより）

* 2009年10月2日作成 本稿は第6回生存圏研究所公開講演会（2009年10月24日開催）で発表したものである。

** 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所 生存科学計算機実験分野. E-mail: omura@rish. Kyoto-u.ac.jp .

その後、このホイッスラーの地上観測が盛んに行われましたが、特筆すべきは、1963年にカーペンター(D. L. Carpenter)²が、異なるホイッスラーの伝搬時間の違いから地球と一緒に自転しているプラズマ圏の境界であるプラズマポーズの存在を発見しました。プラズマ圏の外側には、地球の自転ではなく太陽から流れてくる太陽風の方向になびくように形成される磁気圏が存在しています。(図2)このように電波の解析を通じて、地球磁気圏の3次元的な構造(図2)が明らかになってきたのです。

1964年以降スタンフォード大学のヘリウェル(R. A. Helliwell)³を中心とする研究グループにおいてホイッスラーモード波の地上観測および地上のモールス信号の一部が磁気圏に伝わる過程から新たに発生する波の地上観測とその研究が盛んに行われました。1966年にはガーネット(D. Gurnett)⁴が人工衛星観測によってVLFヒスを報じ、1974年にはツルタニとスミス(B. T. Tsurutani and E. J. Smith)⁵が人工衛星によるコーラス放射の観測を報じました。1974年にはナン(D. Nunn)⁶によってホイッスラーモード非線形波動粒子相互作用の理論解析がなされました。

京都大学においても、1966年に木村磐根(I. Kimura)⁷によってホイッスラーモード波の伝搬を計算機で解くレイトレーシングや、1976年に松本紘(H. Matsumoto)等⁸によってホイッスラーモード波動粒子相互作用の計算機シミュレーションが先駆的に行われました。1980年以降、世界中で衛星観測・理論・シミュレーションを駆使して多くの研究が活発になされてきていますが、京都大学の研究グループも世界をリードする多くの研究成果を出してきています。

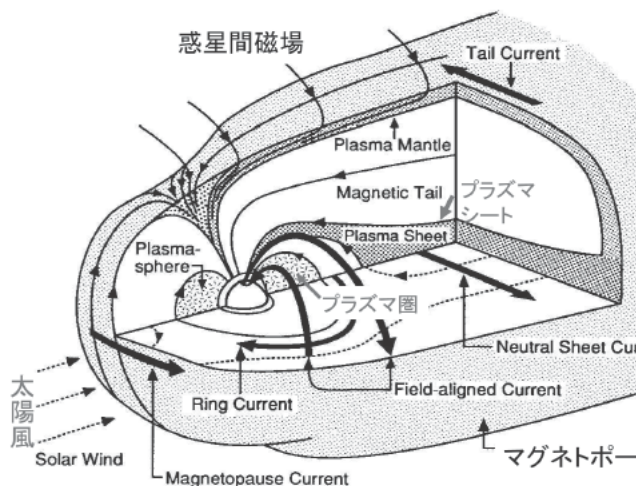


図2 地球磁気圏

3. コーラス

先に述べたストーレーの論文には付録があって、雷放電によるホイッスラーと同様の耳で聞こえる周波数の電波ですが、その音色が全く異なる電波についても報告されています。この電波は、さらにその音色によって以下の3つに分類されています。

- (1) 夜明け頃に聞こえる鳥の鳴き声に似たドーン・コーラス
- (2) 連続的なヒス
- (3) 単発的に周波数が上昇するライザー

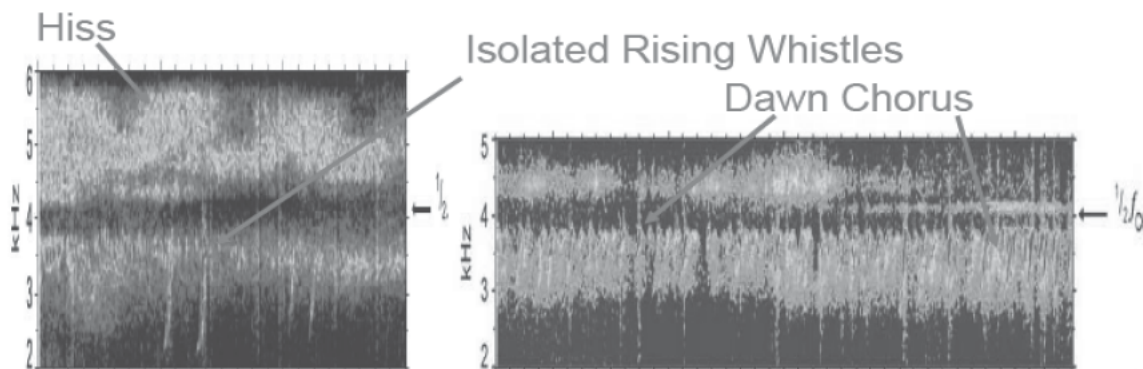


図3 磁気赤道付近で観測された波動の周波数スペクトル⁹

ドーン・コーラスは地球の磁場が乱れている状態の時の夜明け頃に、1秒以下の短時間に周波数が上昇するパターンが頻繁に繰り返されるもので、この電波をオーディオアンプを通して音に変換すると、まさに朝の鳥のさえずりのような音色のように聞こえます。このコーラスに伴って、連続的なヒスも聞こえます。また、単発的なライザーの発生頻度は低く、午後や夕刻に時折聞こえるものであると記述されています。これらの電波は英国のケンブリッジで受信されたものですが、最近では、宇宙空間を飛翔する人工衛星によって受信することができます。図3にクラスター衛星で観測されたコーラス放射の例⁹を示します。最初の部分には強いライザーが2つ発生しています。そのあと、5 kHz以上の周波数の高い部分にヒスが表れて同時に、4 kHz以下の部分にドーン・コーラスが表れています。

4. サイクロトロン共鳴と線形成長率・準線形理論

コーラスの発生機構は長年の謎でした。地球磁気圏に磁気嵐等で注入される高エネルギー電子ビームによって励起されるホイッスラーモード(whistler-mode)と呼ばれる電磁波が磁力線に沿って伝搬する過程で周波数変化してゆくものであると一般的には考えられていました。ホイッスラーモード波というのは、磁力線に沿って伝搬する電磁波です(図4b)。その電界と磁界のベクトルが磁力線方向に対してお互いに直交しており(図4c)、その電磁界のベクトルが波の周波数で磁力線の周りの回転しながら伝わってゆきます。このホイッスラーモード波と磁力線に巻きつくように運動する高エネルギー電子とは共鳴してエネルギーのやり取りをすることが可能です。電子が磁力線の周りを旋回する運動のことをサイクロトロン運動と呼び、1秒間に磁力線を旋回する回数をサイクロトロン周波数と呼びます。ホイッスラーモード波の電磁界のベクトルはサイクロトロン周波数よりも低い周波数で磁力線の周りを回転します。サイクロトロン周波数の0.1~0.7倍程度の周波数が多く見られます。高エネルギー電子は磁力線の周りを旋回すると同時に、磁力線に沿って自由に動くことが可能です。電子が波の進行方向とは逆の方向に進んでいると電子から見た波の周波数はドップラー効果によって高くなります。これがサイクロトロン周波数に一致すると、電子のサイクロトロン運動と波の電磁界が同じ周波数で旋回することになり、波の電界により電子が加減速されて、波の間でエネルギーのやり取りが起こります。これがサイクロトロン共鳴です。(ドップラー効果というのは、移動している音源の音の周波数が変化する現象です。日常の経験を例にとると、救急車のサイレンの音の高さが近づいて来るときには高く、離れてゆくときには低くなる現象です。)

1966年にケネルとペチェック(C. F. Kennel and H. E. Petschek)¹⁰が、ホイッスラーモード波の線形成長率の理論式を導きました。線形成長率というのは、ある特定の周波数の波において、波の振幅が小さく、高エネルギー粒子との相互作用の結果表れる速度分布関数の変化が振幅に比例するという前提のもとに導かれるものです。一般に、プラズマ中を伝搬する電磁波は、電流から放射され、またその振幅は、電流によって変化してゆきます。ホイッスラーモード波の場合、この電流は波とサイクロトロン共鳴する電子によって形成される共鳴電流です。波の振幅と共鳴電流の大きさ比例して変化するとき、この相互作用は線形であるといいます。波の振幅が小さい段階では、線形関係がなりたっています。しかし、波の振幅が大きくなってくると、比例関係が崩れて非線形となりますが、線形関係が成り立つ小振幅の波においては、周波数の異なる複数の独立した波を同時に考えることができます(重ね合わせの原理)。

サイクロトロン共鳴する際の電子の磁力線沿いの速度を共鳴速度と呼びます。共鳴速度はサイクロトロン周波数が最も小さい時に、最小値を取ります。サイクロトロン周波数は磁力線の磁場強度で決まりますが、地球の双極子磁場の強度がもっとも小さくなるのは磁気赤道です。したがって、磁気赤道において共鳴速度は最も小さくなり、通常、高エネルギー電子の速度分布関数は、速度の小さい部分ほど密度が高くなる分布を形成していますので、磁気赤道面付近で波と共鳴することのできる高エネルギー電子の密度は最も高くなります。そのため、磁気赤道面付近での線形成長率が最大となります。

周波数が変化するコーラスを、周波数の異なる多数のホイッスラーモード波で代表させて、線形成長率に基づき、コーラスによる高エネルギー電子の分布関数の変動を推定する手法がよく使われてきました。この理論を準線形理論(Quasi-Linear Theory)と呼びます。この時、個々の波は互いに独立した波なので、波の電磁界のベクトルの方向を表す位相に秩序はなく、ばらばらでランダムな状態にあると想定されています。このような波をインコヒーレントであると表現します。しかし、コーラスは、きれいにそろった位相からなるコヒーレントな波なので、この準線形理論に基づく推定は、あくまで近似的な手法であり、コーラスの物理過程を正しく表現するものではありません。

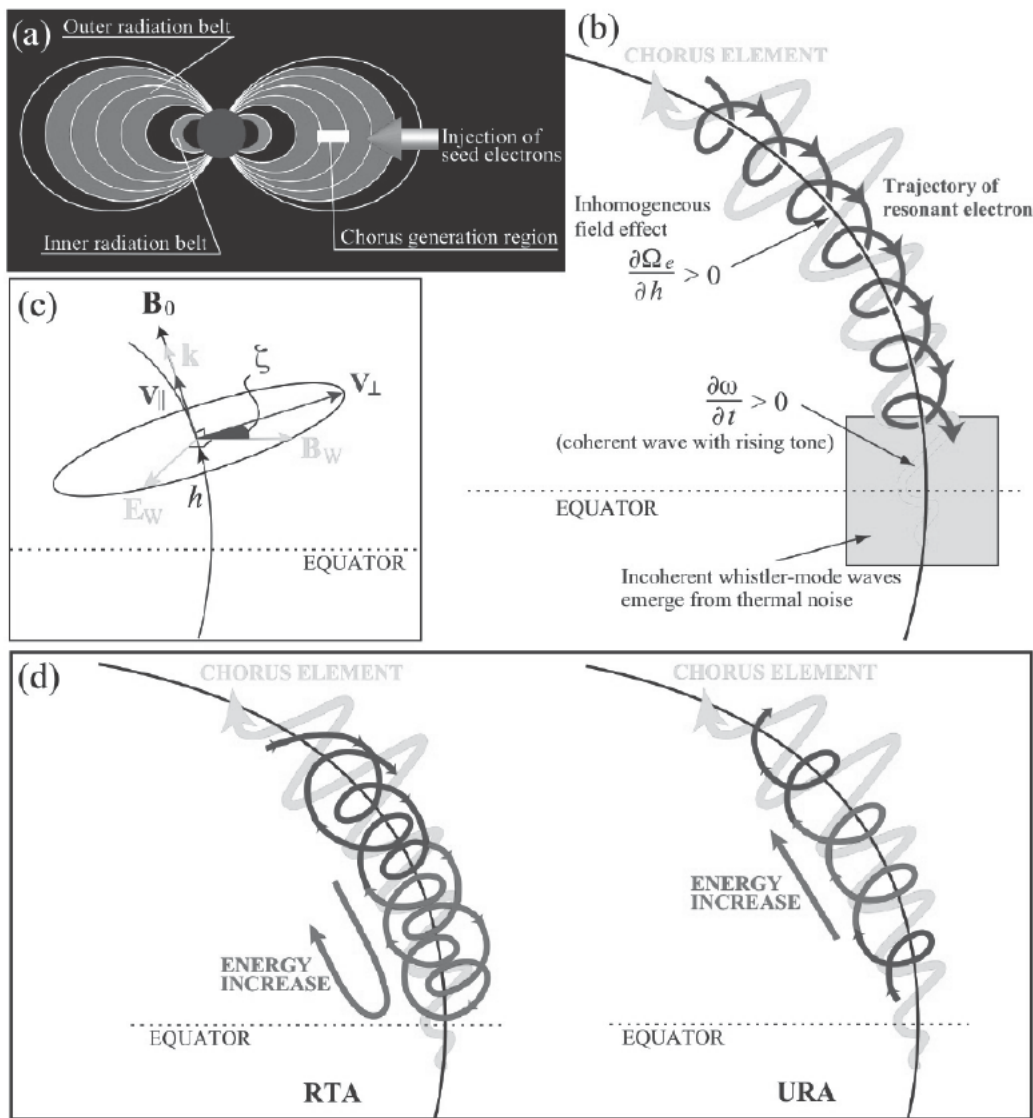


図4 ホイッスラーモード波動粒子相互作用の原理

5. 非線形成長によるコーラス放射

2007年に我々生存圏研究所の研究グループは非常に大規模な計算機シミュレーションを行い、周波数が大幅に上昇するコーラス放射(図5a)を再現することに成功しました^{11,12}。これは、高エネルギー

一粒子を粒子モデルとして扱い、波の伝搬を支えるコールド電子を流体として扱う電子ハイブリッドコードによる計算機シミュレーションです。2008年には、高エネルギー電子とコールド電子の両方共、粒子モデルとして扱う電磁粒子コードによっても再現することに成功しました(図5b)¹³。これらの計算結果として得られた電磁界および高エネルギー電子の時空間のデータを詳細に解析することによって、コーラスの発生機構を解明することができました。このシミュレーションから明らかになったことは、コーラスを構成する波は、周波数の異なるランダムな位相の波の重ね合わせではなく、一つの明確な位相をもったコーヒーレントな波です。通常の電磁波のように位相が一定の周波数で回転するのではなく、回転速度が徐々に変化してゆくために周波数が変化するのであります。

磁気嵐およびサブストームと呼ばれる地球磁場の乱れがあるときには、地球磁気圏の尾部から内部磁気圏へと高エネルギー電子が輸送されます(図4a)¹⁴。この時、電子のピッチ角は赤道面付近で立っており、磁場に垂直な方向の温度の方が、平行な方向の温度よりも大きくなっています。これを温度異方性と呼びますが、この温度異方性があると磁気赤道付近に先に述べたようにホイッスラーモード波の線形成長率は磁気赤道面付近で最大となり、磁気赤道面付近でコーラスの種となるホイッスラーモード波が線形成長率にしたがって形成されます。最初、波は熱雑音から徐々に成長してきますので、異なる周波数の波が重ねあわされたインコーヒーレントな波ですが、線形成長率が最大となる周波数におの並みの振幅が最も大きくなり、波は次第にコーヒーレントな波へと変化してゆきます。赤道面付近で形成されるこのコーヒーレントな波の振幅がある閾値を超えると線形成長とは全く異なる非線形成長が起こります¹⁵。

コーヒーレントな波の電磁界は共鳴粒子を共鳴速度の周りに捕捉することができるポテンシャル構造を形成することができます。このポテンシャル構造は均質な媒質中で波の周波数が一定の場合には、波の磁界ベクトルについて対称形をしており、このポテンシャルの周りを移動する電子の運動により形成される共鳴電流は波の磁界ベクトルと平行に流れます。一般に電磁波の電界ベクトルは磁界ベクトルに対して垂直方向にあるため、共鳴電流と電界ベクトルが垂直になり、電子は波とエネルギーをやり取りすることができません。これは、電子が加速減速を受けるには、電界ベクトルの方向に運動する時だけであるからです。

このポテンシャル構造の対称性を崩して波とエネルギーの授受を起こさせるには、不均一な磁場構造または周波数の時間変化が必要になります。磁気赤道付近では、磁場は一定で均一ですので、唯一周波数変動のみが、ポテンシャル構造の対称性を崩す要因となります。周波数が上昇するように波の位相が加速度的に変化すると、このポテンシャル構造の対称性が破れて、かつ共鳴電子が波の電界によって減速されてエネルギーを失うように作用します。これが非線形成長の原理です。この非線形成長率が最大となるように位相が自然に選ばれて、その波が成長して

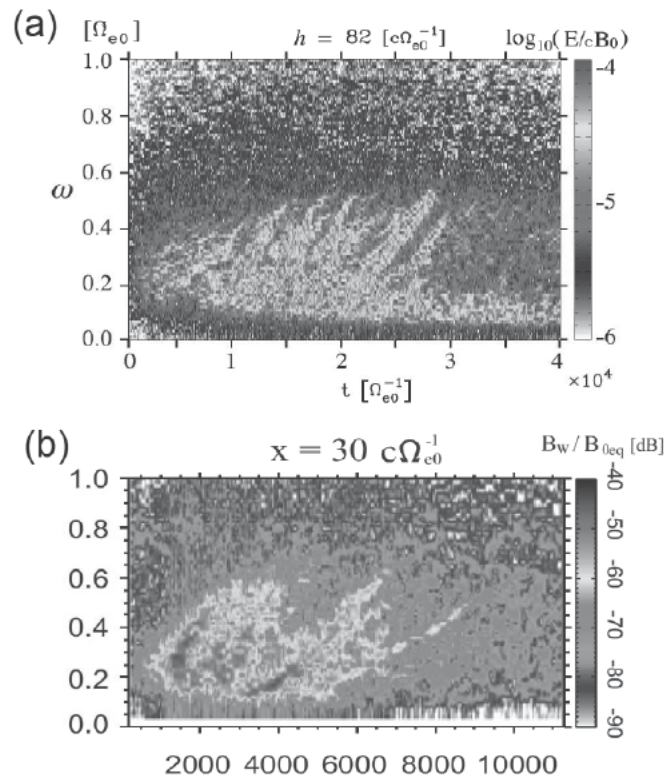


図5 計算機シミュレーションで再現されたコーラス放射

ゆきます。この位相変化は波の振幅に比例することを理論的に示すことができます¹¹。また、成長率を決定する共鳴電流の大きさは、振幅の平方根に比例します。この点において、非線形成長は、振幅と共鳴電流が比例する線形成長とは全くことなつた原理によるものであることがわかります。

しかし、周波数が上昇するコーヒーレントな波が、すべてコーラス放射へと成長できるわけではありません。波の振幅がある値（閾値）以上にならなければならないのです。このコーラス放射の振幅の閾値は波の成長が磁気赤道で起こるための条件から導かれます¹⁵。空間的に固定された点で起こる不安定性は、絶対不安定性と呼ばれ、波が伝搬する過程で振幅が成長する不安定性（伝搬不安定性）と区別されます。コーラス放射の発生で重要な条件は、磁気赤道において絶対不安定性が起こることです。不安定性で成長した波のエネルギーはその波の群速度によって運ばれてゆくため、場所を固定して波の振幅変化を観察すると、伝搬によってやがて波の振幅は減衰してゆきます。この時、波の振幅の空間勾配の大きさによって減衰の割合がきまり、絶対不安定が起こるためには、この減衰率よりも大きな成長率でもって波が成長しなければならないのです。

ここで、波の振幅の空間勾配にも、ある必要条件が存在します。波が磁気赤道から離れて伝搬してゆく過程において、波の振幅と磁場の空間勾配が比例すると仮定すると、最大の非線形成長をおこすようにポテンシャル構造の対称性を崩した状態で維持することができます。詳しくは参考文献¹⁵に譲るとして、コーラスが非線形成長をするための振幅の閾値は、地球の双極子磁場の特性で決定されることを示すことができます。磁気赤道で絶対不安定により励起された波動は、周波数が上昇するコーヒーレントな波で、かつ磁気赤道から伝搬する過程においても、引き続き非線形成長をしながら、さらに大きな振幅をもった波として高緯度に伝搬してゆきます。高緯度に伝搬するにつれて、サイクロトロン周波数が大きくなり、共鳴速度も大きくなり、高エネルギー電子の分布関数の形状から、共鳴する電子の数が少なくなるために、やがて共鳴電流を形成することができなくなります。そのため、非線形成長は止まることとなります。

6. 放射線帯とコーラスによる電子加速

地球の双極子磁場は高エネルギーの電子やイオンを捕捉することができます。磁気赤道面において地球の中心から地球半径からの距離にして地球半径の1.2倍から7倍程度の領域には、特にエネルギーの高い粒子が捕捉されたドーナツ状の領域が形成されており、これを放射線帯または発見者の名にちなんでバン・アレン帯と呼んでいます（図6）¹⁶。地球半径の2倍～3倍程度のところにあるスロットと呼ばれる粒子の欠損した領域をはさんで内帯と外帯からなります。外帯を構成する

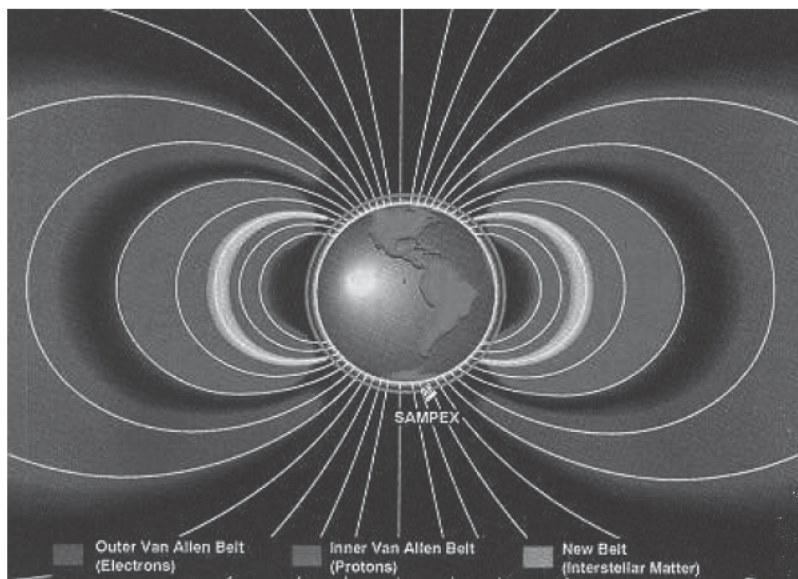


図6 地球の放射線帯(バン・アレン帯)¹⁶

のは1 MeV以上の相対論的なエネルギーをもつ電子です。この電子はキラー・エレクトロンともよばれ地球を周回する人工衛星や宇宙ステーションの電子機器に障害をあたえたりします。内帯にはさらに大きなエネルギーの電子および陽子等の正イオンの原子が存在しています。放射線帯の外帯の電子

フラックスは磁気嵐があると大きく変動します。太陽表面でフレアと呼ばれる爆発現象がおくとそれから、2、3日して地球の磁場が大きく変動することがあります。これを磁気嵐と呼びますが、この時、放射線帯の相対論的な電子の大部分は消えてしましますが、その後数日間かけて次第に相対論的な電子フラックスが形成されます。その原因の一つとしてコーラス放射が考えられます。コーラス放射は非常に幅広いレンジのエネルギーをもつ電子と共鳴することができますが、特に速度が光速に近づいて、相対論効果が顕著になってくると、RTA¹⁷およびURA¹⁸と呼ばれる非常に効率の良い加速

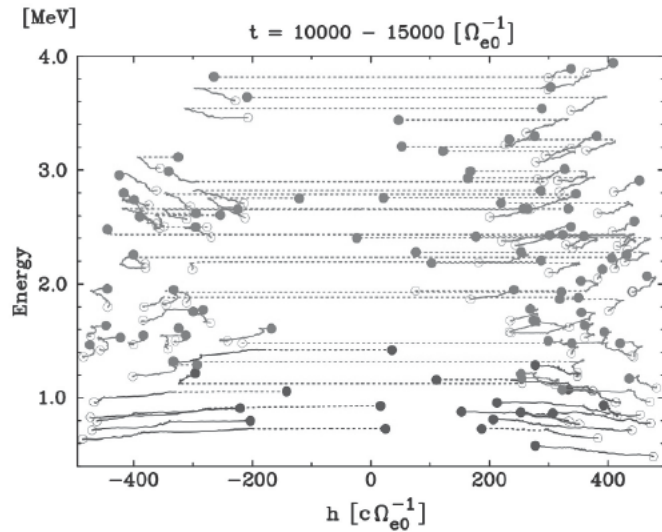


図7 コーラス放射の計算機シミュレーションにおける相対論的粒子加速 (Katoh et al., 2008)¹³

過程 (図4 d) が起こることを、我々の最近の研究で明らかにしました。コーラスの発生と同時に、一部の粒子は加速され (図7)、磁場に対する速度ベクトルの角度 (ピッチ角) が大きくなって、磁場に巻きつくような運動が主流となって磁気赤道付近に安定して捕捉されるように変化します。コーラスは繰り返し発生しますので、この加速過程が繰り返されて、次第に放射線帯の相対論的電子フラックスが形成されます¹⁹。

一方、コーラス放射が発生するときには、大部分の高エネルギー電子は減速されて、ピッチ角が小さくなり、磁場に沿って運動するように変化してゆきます。これらの減速される高エネルギー粒子の運動エネルギーの一部がコーラス放射の電磁界のエネルギーに変換されるわけです。ピッチ角が小さくなり、磁力線方向に速度成分が向けられると、高緯度において磁力線からの捕捉から解放されて、極域の電離層に降下してゆきます。この電子が地球の大気を構成する窒素や酸素の分子・原子と衝突すると発光し、これが高緯度地方でオーロラとして見えるのです。

7. むすび

コーラスは、宇宙から聞こえてくる不思議な音として、研究されてきましたが、最近では、地球を取り巻く宇宙空間 (ジオスペース) を利用する上で大きな障害となる放射線帯の形成にも関与していることがわかり、新たな関心を呼んでいます。放射線帯の電子フラックスの変動を定量的に推定するために、最近のジオスペース研究においては、人工衛星による観測計画、理論・シミュレーション研究が盛んにおこなわれています。ここでは、紹介しませんでした。周波数が上昇するだけでなく下降するフォーリングトーンを示す電波も観測されています。この発生機構については、まだ十分に理解されておらず、現在、我々はその理論・シミュレーション研究に取り組んでいます。

参考文献

- 1) Storey, L. R. O., An investigation of whistling Atmospherics, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A, Mathematical and Physical Sciences, 246, 908, pp. 113-141, 1953.
- 2) Carpenter, D., Whistler Evidence of a 'Knee' in the Magnetospheric Ionization Density Profile, J.

- Geophys. Res., 68(6), 1675–1682, 1963.
- 3) Helliwell, R. A., J. Katsufurakis, M. Trimpf, and N. Brice, Artificially stimulation very-low-frequency radiation from the ionosphere, *J. Geophys. Res.*, 69, 11, 1964.
 - 4) Gurnett, D., A Satellite Study of VLF Hiss, *J. Geophys. Res.*, 71(23), 5599–5615, 1966.
 - 5) Tsurutani, B. T., and E. J. Smith, Postmidnight chorus: A substorm phenomenon, *J. Geophys. Res.*, 79(1), 118. 1974.
 - 6) Nunn, D., A self-consistent theory of triggered VLF emissions, *Planetary and Space Science*, 22, 349–378, 1974.
 - 7) Kimura, I., Effects of ions on whistler-mode ray tracing, *Radio Sci.*, 1(New Series), 269–287, 1966.
 - 8) Matsumoto, H., Y. Yasuda, Computer simulation of nonlinear interaction between a monochromatic whistler wave and an electron beam, *Phys. Fluids*, 19, 1513, 1976.
 - 9) Santolik, O., D. A. Gurnett, J. S. Pickett, M. Parrot, and N. Cornilleau-Wehrlin, Spatio-temporal structure of storm-time chorus, *J. Geophys. Res.*, 108(A7), 1278, doi:10.1029/2002JA009791, 2003.
 - 10) Kennel, C. F., and H. E. Petschek, Limit on stably trapped particle fluxes, *J. Geophys. Res.*, 71, 1, 1966.
 - 11) Katoh, Y., and Y. Omura, Computer simulation of chorus wave generation in the Earth's inner magnetosphere, *Geophysical Research Letters*. Vol. 34, L03102, doi:10.1029/2006GL028594, 2007.
 - 12) Omura, Y., Y. Katoh, and D. Summers, Theory and simulation of the generation of whistler-mode chorus, *Journal of Geophysical Research*, vol. 113, A04223, doi:10.1029/2007JA012622, 2008.
 - 13) Hikishima, M., S. Yagitani, Y. Omura, and I. Nagano, Full particle simulation of whistler-mode rising 1 chorus emissions in the magnetosphere, *J. Geophys. Res.*, 114, A01203, doi:10.1029/2008JA013625, 2009
 - 14) Katoh, Y., Y. Omura, D. Summers, Rapid energization of radiation belt electrons by nonlinear wave trapping, *Ann. Geophys.*, 26, 3451–3456, 2008.
 - 15) Omura, Y., M. Hikishima, Y. Katoh, D. Summers, and S. Yagitani, Nonlinear mechanisms of lower-band and upper-band VLF chorus emissions in the magnetosphere, *J. Geophys. Res.*, 114, A07217, doi:10.1029/2009JA014206, 2009.
 - 16) From the Sun: Auroras, Magnetic Storms, Solar Flares, Cosmic Rays, Steven T. Suess, Bruce Tadashi Tsurutani, Editors, American Geophysical Union, Special Publication Vol. 50, 1998.
 - 17) Omura, Y., N. Furuya, D. Summers, Relativistic turning acceleration of resonant electrons by coherent whistler-mode waves in a dipole magnetic field, *Journal Geophysical Research*, Vol. 112, A06236, doi:10.1029/2006JA012243, 2007.
 - 18) Summers, D., and Y. Omura, Ultra-relativistic acceleration of electrons in planetary magnetospheres, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L24205, doi:10.1029/2007GL032226, 2007.
 - 19) Furuya, N., Y. Omura, and D. Summers, Relativistic turning acceleration of radiation belt electrons by whistler mode chorus, *Journal of Geophysical Research*, vol. 113, A04224, doi:10.1029/2007JA012478, 2008.

リアウ生物圏への招待*

林 隆久**

1. はじめに

インドネシアスマトラ島リアウ州にある自然林・観光林それに植林会社の産業人工林が複合した領域（78万ha）が、“UNESCO Wild Life Reserve”として登録されました。ここを拠点として、京都大学 G-COE プロジェクト¹⁾、インドネシア科学院そしてリアウ大学による文理融合の共同研究が始まりました。



図1 東南アジア地域



ユネスコに登録
(UNESCO Wild Life Reserve)
インドネシア科学院(LPI)
リアウ大学
林業省リアウ支所
環境省リアウ支所
シンナマスグループ
京都大学G-COE(生存圏研究所,
東南アジア研究所)

図2. スマトラ島リアウ生物圏

100 km

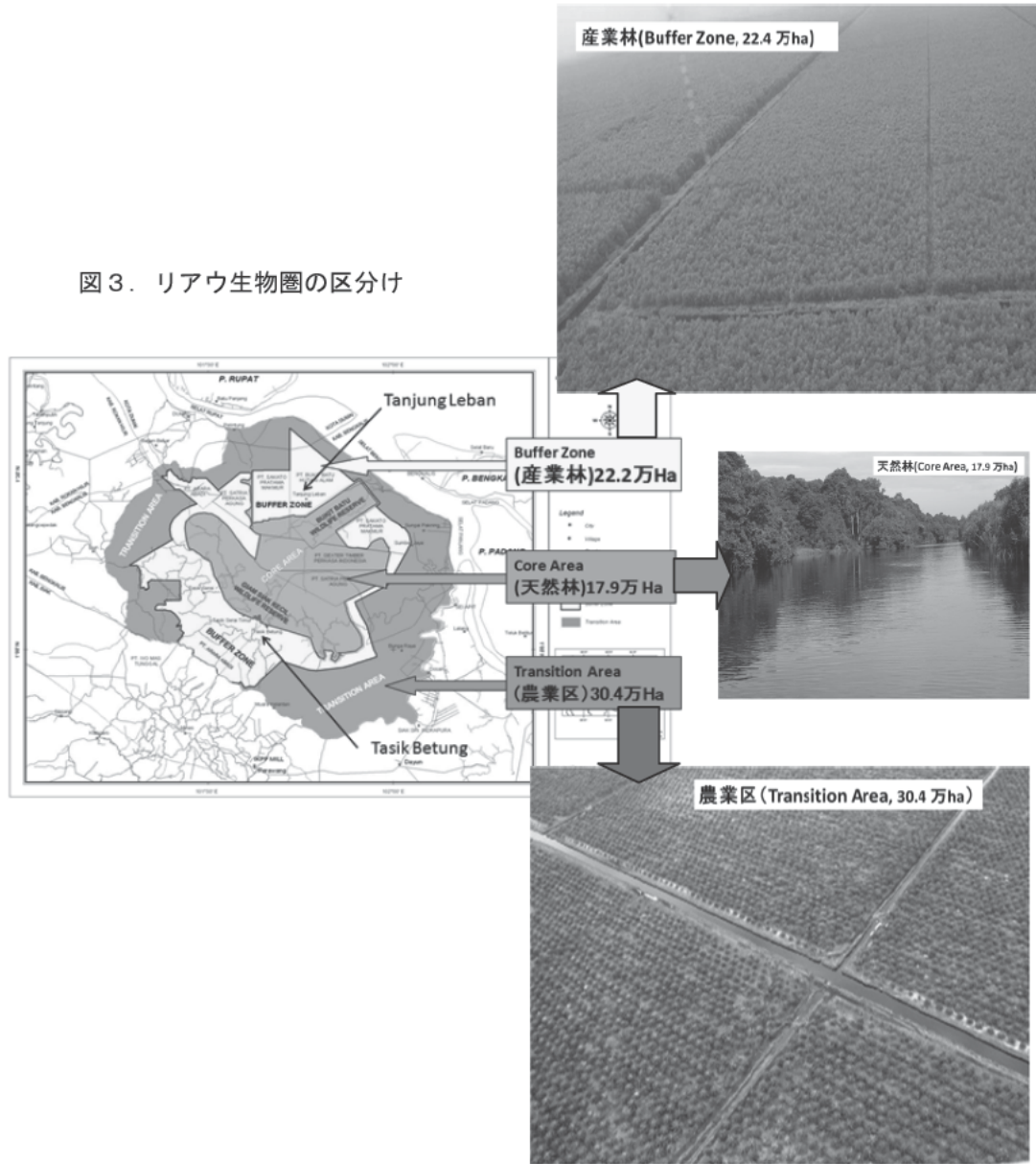
スマトラ島の真ん中、州都ペカンバルの近く、シンガポールからは直線で2百キロメートルのところにあります。ここは、本年5月にギアムシアクケシル・ブキバツ生物圏保護区としてユネスコのワイルドライフに登録されました。2つの自然林保護区からなるコアゾーン（18万ha）、アカシア・

* 2009年9月28日作成 本稿は第6回生存圏研究所公開講演会（2009年10月24日開催）で発表したものである。

** 〒156-8502 東京都世田谷区桜ヶ丘1-1-1 東京農業大学バイオサイエンス学科. E-mail: t4hayash@nodai.ac.jp

クラシカルパを植栽している植林地からなるバッファゾーン (22 万ha)、主として油ヤシの農業地からなるトランジションゾーン (34 万ha) で、全部合わせて 70 万 ha 日本の府県を 2 つくらい合わせた面積になります。

図 3. リアウ生物圏の区分け



2. リアウの大地

リアウ州の海寄りの地域は、大半が泥炭湿地に覆われた湿地帯です。水の中に死んだ植物が堆積し、腐らずに何メートルも、何百メートルも積もっています。この堆積層の上に大地が存在します。リアウ州だけで泥炭湿地は 400 万 ha (京都府の約 10 倍の面積) 存在します。インドネシアには、日本のような四季はありませんが、乾季 (4 月～9 月) と雨季 (10 月～4 月) があります。乾季のときに川や湖の水位は低くなり、雨季では高くなります。泥炭由来の褐色の水なので川底は見えません。川幅も狭く、兩岸の植物が川面をおおうように繁茂しています。

乾季では表層の有機物が乾いた状態にあるため、ヒトは火をつけて表層を燃やし、油ヤシ（オイルパーム）を植えます。乾季のリアウはどこも煙たく、滑走路が見えないために、航空機が飛行場に着陸できないことも度々あります。インドネシア全土の野焼きによって生じる二酸化炭素放出量は、地球の全炭素放出量の15%を占めています²⁾。

泥炭湿地の水を抜いたり、木を切ると、水位だけでなく地盤の沈下が進みます。木を切りすぎると、水がなくなり、土壌の急激な酸化が起こります。鉄をはじめとする様々な無機栄養素が固定されて植物が吸収できなくなります。そうすると、樹木はもちろん、植物が育たなくなります。



図7. 天然林（Core area）に続く湖の水位

日本にも泥炭湿地は存在します。もともと関東平野も泥炭湿地でした。神奈川県横須賀、鎌倉周辺から東京湾岸に沿って大田区、目黒区、江東区、千葉県内房まで深さ数百m～千mの地下に、泥炭湿地が分布しています。蒲田の銭湯では、地下より汲み上げ、黒湯温泉（ナトリウム-炭酸水素塩・塩化物冷鉱泉）として利用しています。火山性の温泉とは異なり、古生代に埋もれた草や木の葉の成分が地下水に溶け込むことによりできた冷鉱泉です。

3. リアウの森林

インドネシアには、2,250万haの泥炭湿地が存在します。人為的に火災によって排出される二酸化炭素は、毎年14億トンに達しています。ここに存在する炭素が全て燃やされると2,000億トンに上るという試算があります。インドネシアのスマトラ島では、日本のバブル期1980年代に急激に森林破壊が進行しました。現在は、中国の急速な経済発展により、インドネシアボルネオ島やパプアニューギニアの森林が違法伐採により、今後20年のうちに破壊されつくすシナリオが憂慮されています³⁾。

私はリアウ生物圏保護区の中の自然林には3回入ったことがあります⁴⁾。自然林であるにもかかわらず、直径が1メートルを超えるような大木は見られませんでした。百メートルごとに、川岸には掘立小屋があり、自然林の奥地に歩いて入れる道ができています。道には平板が置かれていて、湿地の泥道でもスイスイ歩けます。木を違法伐採している者が平板を施設したものらしいそうです。木材は自転車に乗せてこの道を走り、川岸で船に積み換えて外に運び出すそうです。

ヒトは、森林を伐採し、木材で家を建て、木を燃やしてエネルギーに変え、更には陶器を作るために大量の木材を消費してきました。森林破壊は急激に進み、1万年前に約100億ha存在した森林

は、現在はその3分の1 (34億 ha) に減少しています。森林破壊には、様々な民族紛争や南北問題そして経済問題や貧困が根底にあります。グローバルな経済発展とともに、東南アジアの森林は安価なバイオマス資源として利用され、破壊されてきたと言えます。従って地球上の森林は、先進国と発展途上国とで状況が異なっています。先進国では、森林面積は少しずつ増えています。例えば、ヨーロッパ、米国、オーストラリアや日本はその典型です。東アジアの韓国や中国も微増の傾向にあります。しかしながら、発展途上国では森林は激減しています。自然林の伐採とくに違法伐採 (illegal logging) が顕著です。その大半が、地球上で最も植物の成長が盛んな赤道直下の地域です。途上国における森林減少劣化の防止による排出削減策 (REDD) の具体的な構築が望まれています。

インドネシアでは、現在100余りの森林会社 (公社形態のもの株式会社がある) と100近い森林コミュニティ (規模はかなり小さく、50世帯から500世帯で構成されている) があり、森林公社の1割程度は日本の府県に匹敵する広大な土地に樹木を植林する巨大企業としてR&D (研究開発) の部門も有しています。大半の森林会社は、もともと一次林を伐採してパルプを生産していた工場を中心に存在します。一次林が、伐採され尽くしたために、植林を始めたのが森林会社となっています。スマトラ島リアウ州には、主として15の植林会社があります。リアウ生物圏はアララアバディ社の植林地に属しています。

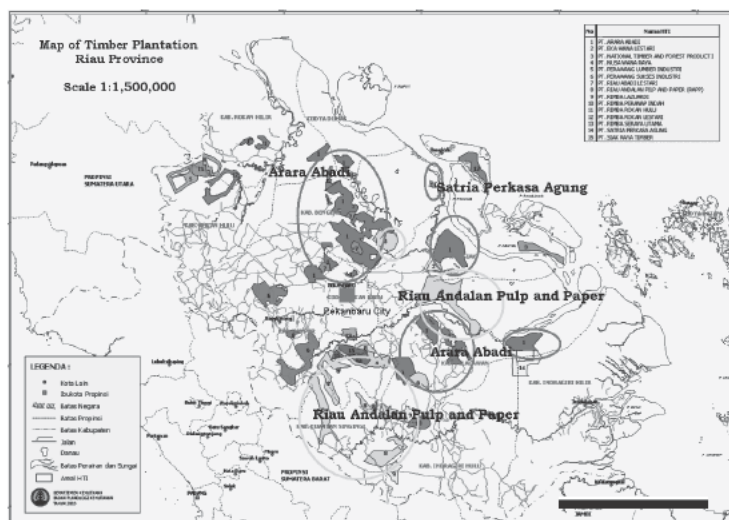


図6. リアウ州森林会社

4. 文理融合の研究

自然林を囲む紙パルプ用の植林地は、油ヤシのプランテーションに変わりつつあります。地域に住むコミュニティにとっては、紙パルプ用の木を植えるよりも、油を生産する油ヤシ (オイルパーム) を植える方が儲かるためです。大まかな計算ですが、収入は倍以上違います。油の付加価値が高いわけではありません。紙の値段が安すぎるのです。輸出する紙パルプの価格は日本の商社が決めるため、現地のパルプ会社は何もできないと言います。せいぜい出荷量を抑えるくらいの抵抗だと嘆いています。

アカシアプランテーション (1 ha) の場合 :

木部の生産量 160 m³/5年 : 250,000 ルピア/m³

160 m³ X 250,000 ルピア/60ヶ月 =

800,000 ルピア (8,000 円/月)



図8. アカシアのプランテーション

油ヤシプランテーション（1 ha）の場合：

1,500 ルピア/kg オイルパーム果実

1,500 ルピア X 1,600 kg / 月 =

2,400,000 ルピア（24,000 円） / 月



図9. 油ヤシのプランテーション

日本の大学では膨大な量の紙を大量に消費しています。京都大学で納入している紙の価格は、A4版1枚あたり0.476円です。この価格が十倍になれば、紙を大切にする気持は強くなると思います。植林地の人々（コミュニティ）の収入も増えるでしょう。植林も勢いづきます。例えばですが、日本における紙の価格が10倍上がると、どのような効果が生じるでしょうか。

泥炭湿地に植林し、それによって維持される大切にする国際的な施策も考える必要があります。私たち理系の研究者は、他の部局の文系の研究者と自然科学や社会的科学を議論することがあります。泥炭湿地や森林破壊は、社会的な問題が根底にあるためです。残念なことに、京都大学の中で話をしている限りでは、文系と理系は言葉（専門用語を含めて）さえも通じ合わないのが現状です。そこで、スマトラ島リアウ生物圏の中で共同研究を行いながら、文理融合の新しい展開を試みています。これは実験です。

5. 炭素の循環

私たちが生きている地球上で、動物・植物・微生物の生命体は現れて消える循環を繰り返しています。全ての生命体は同じような有機化合物すなわち炭素分子から作られ、その炭素が循環していることとなります。森林は炭素のシンクであり、多様な生物の溜まり場です。森は、多様な生物の棲家であり、山を治め、水を保全し、憩いの場となるだけでなく、樹木は建材となる木材や紙を生産し、エネルギーにも利用され、最後は分解して二酸化炭素になります。この二酸化炭素が再び樹木に吸収され、利用されれば、炭素は理想的に循環されることとなります。

東南アジアでは、自然林からの違法な伐採が続いています。加えて、大規模な植林地では必ずしも持続的な森林・林業がなされていません。人々の



図5. 炭素の循環

暮らしも厳しく、社会的な問題を考えざるを得なくなります。

インドネシアでは、早生樹を植林した人工林を産業林として、産業と森林環境の両立に努めています。植林会社は、紙・パルプ原料や木材原料にすることを目的として早生樹を植えています。しかしながら、自然林の乱伐・盗伐はどんどん進行しているのが現状です。乱伐の後には、樹木よりも現金収入に結び付くバナナやマンゴーを植えたり、オイルパームのプランテーションに変わろうとしています。かつて豊富な森林に覆われていた地域は、人間活動が森林を絶やし、農地化、都市化、荒廃地化、砂漠化へと変遷しつつあります。

6. 森をとりもどすために

地球上に現存する森林 30 億 ha は、50 億 ha まで拡大可能であると考えられています。植林した人工林を持続的な産業林にし、伐採と植林をセットにしてパルプ、建材、エネルギー等に利用することが考えられます。しかしながら、毎年大気中に排出される化石燃料由来の炭素 60 億トンを直ちに産業林に吸収させることは現在の科学では不可能です。従って、地球温暖化問題は、植林によって直ぐに解決できませんが、炭素の循環は植林によってのみ可能であることも事実です。樹木は二酸化炭素を吸収して成長するためです。もともと地球は、光合成生物が出現して二酸化炭素を有機物に換え、その代わりに酸素を放出し、現在のように、多様な生物が棲息できるようになったものです⁵⁾。

植林のために、優れた樹木を育種改良する努力も続けられています。経済効果の高い樹木を植林することが望まれています。ひとつひとつの樹木の成長、植物の成長、雨のデータ、いや海の動きが森林再生に係わっています。持続可能な森林の管理技術も必要です。はじめにはランダムに見えた様々な研究分野の知が意外なところでつながっており、それを構造化・組織化する作業が必要です。これまでは森から木を切り出して利用する人類繁栄のためのサイエンスだったように思います。21世紀からは、森を取り戻して生物共存を可能にする資源持続のためのサイエンスが必要です。

参考文献

- 1) 京都大学G-COE, <http://www.humanosphere.cseas.kyoto-u.ac.jp/>.
- 2) Susan E. Page, Florian Siegert, John O. Rieley, Hans-Dieter V. Boehm, Adi Jayak and Suwido Limin, The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997, Nature 420: 61-65, 2002.
- 3) 林 隆久 編集: 森をとりもどすために、海青社、大津、滋賀 2008.
- 4) 林 隆久: スマトラ島エコツアー, サステナ 2009.
- 5) 丸山茂徳、磯崎行雄, 生命と地球の歴史, 岩波新書 1998.

分子の世界を見てみよう*

—天然高分子材料セルロースを例として—

田中文男**

1. はじめに

人類は様々な材料に取り囲まれ、それらを利用して生活している。これらの材料の特性を上手くコントロールすることができれば、望みどおりの性質を持った材料を設計することが可能となり、適材適所の有効利用を効率的に行うことが可能となる。そのためには材料の持つ特性がどのようにして発現されるのかを把握する必要がある。ところで、これらの材料は化学物質からできている。従って、材料の特性はその材料を構成する化学物質とその化学物質がどのように集まっているかにより発現されていると推察される。即ち、何らかの特性を持った化学物質が特定の構造を伴って集合することにより材料特性が発現されていると考えられる。それ故に材料特性発現の基本は構成化学物質の特性であると言える。では、化学物質の特性はどのようにして発現されるのであろうか。そのためには化学物質がどのようにして出来上がっているのかを知る必要がある。ドルトンの原子説以来、我々は化学物質が有限の原子から構成されていると教わってきた。では、その原子により構成された化学物質がなぜ様々な性質を発現できるのであろうか。原子は自身の電気的性質で他の原子と凝集する。また、原子自身の周りの電子を仲立ちとして幾つかの原子と結びつく（結合する）ことにより様々な形の分子を形成する。従って、基本的には化学物質の周りの電気的性質の分布が物質特性の基本になると考えられる。では、電気的性質の分布とは何であらうか。それは化学物質における構成原子の核電荷の分布と化学物質の周りの電子の電荷の分布に他ならず、それは即ち分子の三次元的な形（構造）に対応している。つまり、化学物質の特性を支配するのは主としてその化学物質の三次元構造であるということになる。ここでは、この化学物質の三次元構造を見るための方法について考えてみる。

2. 小さな世界を見るための方法

2.1 数 mm (10^{-3} m) から数百 nm (10^{-7} m) までのスケールの世界

このスケールの世界はルーペあるいは光学顕微鏡により観察することができる。即ち光学レンズを用いて物体を拡大して見ることになる。この過程は、光（波長の短い電磁波と呼ばれる波）に対する回折理論により数学的に記述され、物体（或いは実像）と散乱した光による回折像との間の関係はフーリエ級数と呼ばれる無限級数で結びつけられる。これらの間の関係は物理光学的にはフーリエ変換、フーリエ合成と呼ばれ、それぞれ物体からその回折像、回折像からその実像へと結び付けられている。この手順により、ルーペや光学顕微鏡で物体を観察する過程を数学的に記述することができる。従って、数学的に物体の回折像を求め、さらにその回折像から実像を求めることが可能となるのである。しかしながら、この様な複雑な手法はこのスケールの世界においては理論的興味以外の何ものでもなく、わざわざこの様なことを行う意味はないのであるが、この手法の重要性は後で述べるように、実験的に回折像から直接実像を得ることができないときに明らかとなってくる。

2.2 数百 nm (10^{-7} m) から数 nm (10^{-9} m) までのスケールの世界

このスケールの世界は紫外線顕微鏡を用いることにより観察することができる。紫外線も光の一種であり、光学顕微鏡と全く同じであり、ただその波長域が違うだけである。ただし人間が肉眼で像

* 2009年10月24日作成 本稿は第6回生存圏研究所公開講演会（2009年10月24日開催）で発表したものである。

** 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所 生物機能材料分野. E-mail: ftanaka@rish.kyoto-u.ac.jp

を確認することはできず、また無理に肉眼で見ようとするとは深刻なダメージを受けるので何らかの検出方法を考えなければならない。例えば、写真撮影、或いはイメージオルシコン等の撮像管などを用いる必要がある。実際には、ガラスはこの波長域の紫外線を透過することができないので、ガラス製のレンズを用いることはできない。蛍石でできたレンズを使えば 110 nm 程度までの紫外線ならば透過することができるので、このサイズまでの物体の像を紫外線顕微鏡で観察することが可能である。

2.3 数nm (10^{-9} m) から数十pm (10^{-11} m) のスケールの世界 (原子、分子のスケールの世界)

このスケールの世界は X 線の波長域と同じである。従って X 線顕微鏡があればそれを用いることにより観察することができるはずである。しかしながら現時点において、X 線に対しては可視光や紫外線の場合と違ってレンズに相当するものが無い。それ故に X 線顕微鏡は存在しない。(もっとも、X 線の全反射を使えば X 線を曲げることができるが、この方法を使って X 線顕微鏡を作ると鏡筒の長さは数 km 以上に達するため、高精度な条件下でその形状を維持することが技術的に困難である。従って現状では技術的に X 線顕微鏡の製作は困難である。しかしながら、宇宙の無重力空間ならば可能かも知れない。) 従って現時点では、X 線顕微鏡による直接的観察はできないが、X 線も電磁波であり、波動性を持った光の一種であるから、X 線顕微鏡による結像は先に述べた光に対する回折理論で扱うことができる。それ故に、X 線による回折像を得ることができれば、X 線顕微鏡で見えるはずの像を数学的に再現することが可能である。実際には、結晶に X 線を照射することにより結晶の回折像を得ることができる。従って、結晶中の分子の構造を数学的に再現することが可能となる。

ところで、ルイ・ド・ブロイにより電子線と呼ばれる粒子線も波動性を持つことが示されているので、この波長域の電子線を用いれば、このスケールの世界を観察できるはずである。さらに、荷電粒子線である電子線の場合には電子レンズと呼ばれる電磁場を制御できるデバイスにより電子の流れを思い通りに曲げることができるため、散乱した電子線の波を再び結像することが可能である。従って、電子線を用いれば光学顕微鏡の場合と同様に、物体の実像を直接観察することができるはずである。これが透過型電子顕微鏡の原理である。

しかしながら、このスケールの世界には大きな問題がある。それは原子・分子の熱振動の問題である。その振動の周期はヘムト秒 ($1 \text{ fs} = 10^{-15}$ 秒) 以下の極めて短いオーダーのタイムスケールであることから当然人間の目の感覚、さらにはカメラのシャッター速度範囲では追従できない。さらに、その振動の振幅は $0.01 \text{ nm} \sim 0.1 \text{ nm}$ 近くにまで及ぶことがある。それ故、もし原子・分子の世界を直接観察することができたとしても人間がその形状をそのまま認識することはできない。また、写真に撮れたとしても記録されるのは原子・分子が振動して動き回っている領域のぶれた画像に過ぎず、詳細な形状を確認することはできない。

原子・分子の形を論じる場合、この熱振動を考慮に入れた上で動的な構造変化の姿で捕らえるか、或いは平均的な構造を求めるかの何れかの方法をとる必要がある。そのためには数学的な取り扱いが必須とな

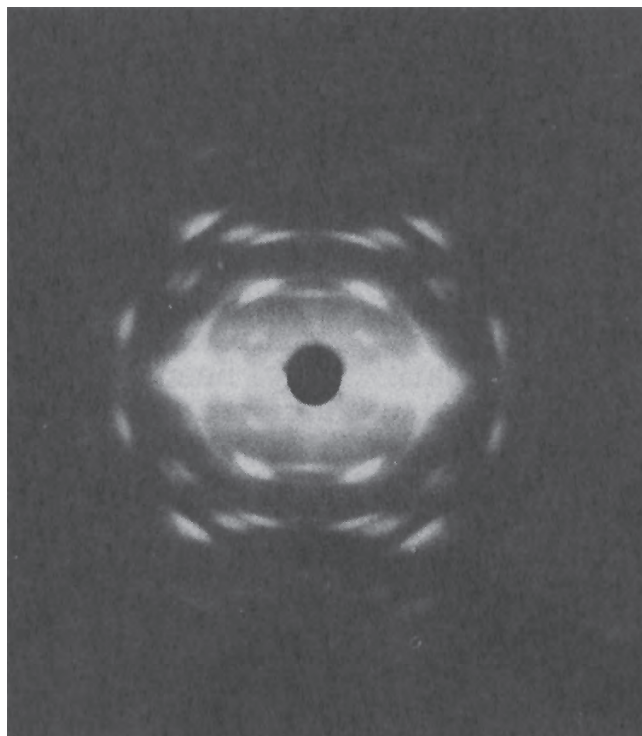


図 1. Cellulose I_{β} の回折像¹⁾

ってくる。この問題については後に簡単に触れることにする。

3. 分子の構造

3.1 実験的手法による結晶中の分子の構造解析

先にも述べたように波動性を持つ光に対する回折理論を用いると、X線回折像から周期構造を持った集合のしかたをする分子の構造を再現することができる。このとき、求められる結果は周期構造を持った分子集合体の個々の分子の周りの電子の分布の周期的な集まりである。そこで、個々の分子の周りの電子の分布から分子内の原子の統計的な位置情報が得られる。その位置情報をもとに分子の平均構造を算出することができる。一方、これらの位置情報は電子密度の分布として表現されているから構造の揺らぎとして表現することも可能である。従って、構造変化の範囲として捉えることも可能である。図1に天然セルロース (cellulose I_β) のX線回折像を示す。さらに、図2はX線回折像を元に算出された天然セルロースの平均的な結晶構造 (基本単位の構造) を示す。また、図3にはそれらの結果から明らかにされるセルロース分子の平均的な三次元構造の一部を示す。

ここで、X線を使って分子の三次元構造が求まる原理について簡単にのべておく。量子力学においては、「電子の運動の時間スケール内で原子核を固定しても、電子の状態に関する関数 (波動関数) は原子核の運動には影響を受けないと仮定する」と言う、Born-Oppenheimer 近似と呼ばれる考え方がある。つまり簡単に言うと、「原子核とその周りの電子を別々に取り扱っても構わない」と言うことである。この考え方により、電子の分布状態を求めれば、原子核の位置も求めることができるということが保障される。そこで電子と相互作用を起こすX線を用いて電子の分布を計測することになる。古典電磁気学の範囲で説明すると、X線が電子に照射されるとき、電磁波であるX線の電磁場の変化に伴って、荷電粒子である電子は強制振動を受ける。このとき、加速度運動する荷電粒子である電子からは、四方八方に同じ波長の電磁波であるX線が照射されることになる。X線の発生源である個々の電子から放出されたX線はお互いに干渉を引き起こし、放出されたX線の位相の山と山、谷と谷が重なり合った方向ではX線は強められ、山と谷が重なった方向ではX線は弱められる。その強弱のパターンが回折像であり、そのパターンはX線の発生源である電子の集まりの三次元構造に依存している。それ故、このX線の回折像を解析すれば、元の電子の集まりの構造が分かり、Born-Oppenheimer 近似を根拠に、原子核の位置を明らかにすることができるのである。このとき、元の電子の集まりの構造と回折像との間には先に述べた光に対する回折理論

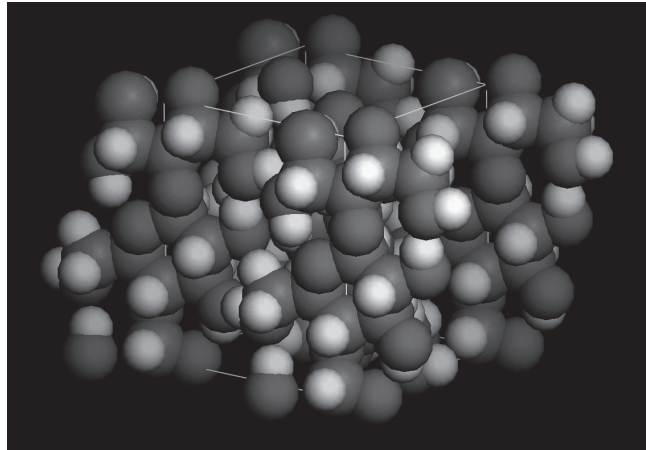


図2. Cellulose I_βの結晶構造

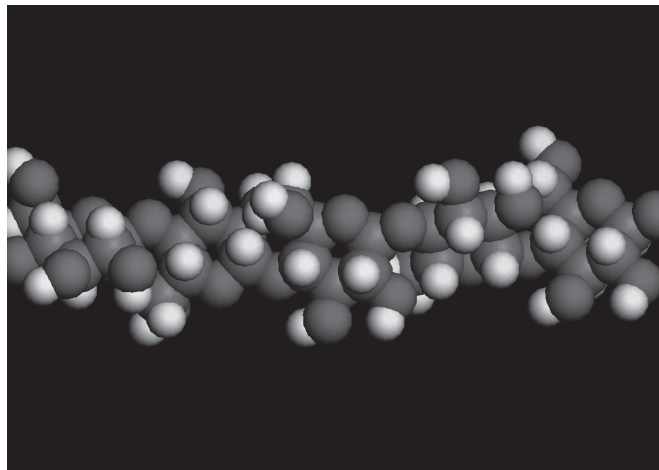


図3. Cellulose分子鎖の構造

が成り立っている。従って、得られた回折像からフーリエ合成により分子の結晶構造を明らかにすることができ、分子の三次元構造を求めることができるのである。

この解析にあたっては、X線回折像がシャープであり、現れる回折スポットの数が多ければ多いほど解析は容易になる。そのためには極めて大きな結晶を造る（周期構造の繰り返しを極めて多くする）か、あるいは線源であるX線の強度を強くすることが必要となる。しかしながら、大きな結晶を造るには限度があり、また大きな結晶を作りにくい分子もある。そこで近年、放射光と呼ばれる新たな強力なX線源が用いられるようになってきた。これは荷電粒子



図4 The European Synchrotron Radiation Facility.

が磁場で曲げられるとき、その進行方向に放射される電磁波のことであり、通常赤外線領域からX線領域までの広い範囲の強力な光（電磁波）を放射することができる。例えばX線領域では、通常のX線発生管から放射されるX線の1億倍以上の明るさのX線を得ることができる。現在稼動している世界的に有名な放射光の発生源としては、フランス、グルノーブル市にある、出力6 GeVの放射光を発生するThe European Synchrotron Radiation Facility (ESRF: 一周844 m、図4)、アメリカ、シカゴ市郊外のArgonneにあるアルゴンヌ国立研究所の出力7 GeVの放射光を発生するAdvanced Photon Source (APS: 一周1104 m)、ならびに我が国、兵庫県佐用町にある高輝度光科学研究センターの出力8 GeVの放射光を発生するSuper Photon Ring 8 (SPring-8、一周1436 m)の三つの施設がある。一方、高輝度光科学研究センターでは2010年完成予定で、さらに出力が大きくSPring-8の10億倍以上の明るさのX線を放射することのできるX線自由電子レーザー(XFEL)施設が建設中である。この様な極めて高輝度のX線源を使うと結晶化の困難な分子の構造をも明らかにすることが可能となるであろう。

3.2 計算機シミュレーションによる分子構造の表示

次に現時点で、目に見えない分子の構造を人間の目で認識できるようにする方法、さらには周期構造を形成するのが困難な分子の三次元構造やエネルギー状態を明らかにすることのできる方法について述べる。このためには計算機シミュレーションの手法を用いる。分子の構造、エネルギー状態を計算により求める方法は計算化学(Computational Chemistry)と呼ばれ、単にコンピューターを適用した化学である計算機化学(Computer Chemistry)とは区別されている。この計算化学は以下の三つの手法に大別される。それらはそれぞれ、経験的手法、半経験的手法、非経験的手法と呼ばれている。前者はニュートン力学に基づいており、経験的な力の場に置かれた分子の構造とエネルギーをニュートン力学の手法に従って求める手法である。後者の二つは量子力学に基づいて同様の計算を行う手法である。ここでは、前者の経験的手法についてのみ解説する。

経験的手法は、D. H. Andrews²⁾により示された「いろいろな種類の化学結合は、それぞれ“自然”の長さ、角度を持っており、分子はすべての結合、結合角がそれぞれの自然値にできるだけ近い値を取るように自ずから形を整えようとする」という考え方を基本としている。この手法では、分子をBall-and-Stickモデルで考えるときバネの伸び縮みで表される原子間結合の伸縮、結合角の変化、一連の三つの結合で連なった原子団の真中の結合の周りの回転等を考え、三次元構造の変化を表現し、それに伴って変化するエネルギー状態の変化を考える。さらに、そのとき直接結合していない原子どうし間の相互作用(非結合原子間相互作用)にも変化が現れる。これらすべての相互作用を合わせ

たトータルエネルギーの総和が最小になるような分子の構造が最も安定な構造と考え、その構造がエネルギーを最適化された構造を考える。このような構造をニュートン力学で表された経験的な力場に置かれた分子について求める手法が経験的手法である。静的な平均構造を扱う場合を分子力学 (Molecular Mechanics)、動的な構造変化の状態での分子の構造を扱う場合を分子動力学 (Molecular Dynamics) と呼ぶ。

ニュートン力学で表された経験的な力場は“力場”と呼ばれ、各相互作用をどのようなポテンシャル関数で表すか、またそのポテンシャル関数の係数をどうするかで様々な力場が提案されている。これらの力場は、経験的に決められる故に、一つの力場ですべての分子の最適化構造、エネルギー状態を再現することは困難である。極論を言えば、分子の数だけ力場があるということになる。しかしながら構造の似通った分子のグループでは近似的に同一の力場で分子の構造、エネルギー状態を表現できることがある。

以下に構造最適化の例を示す。用いた力場は第2世代に分類される CFF91 タイプの力場で、通称 COMPASS と呼ばれている力場である。この力場における、セロビオースの構造最適化の過程を示す。図5は適当に作ったセロビオースの三次元構造

であり、分子内では原子の重なり (short contact) が多く存在し、そのポテンシャルエネルギーは約 9 百万 kcal/mol と極めて高く、現実にはあり得ない状態の構造である。この構造に対し、分子力学シミュレーションによる構造最適化の処理を行うと、図6に示した構造に収斂し、そのエネルギー状態は約 75 kcal/mol へと低下し、安定な状態に落ち着いた。この構造は X 線回折測定から求められたセルロースの分子鎖中のセロビオース単位の構造に近い。従って、この構造最適化処理は、計算により実際の分子の構造を忠実に再現できることを示しており、この手法の有用性が示されている。

ところで、実際の分子は例え絶対零度の温度域においても基準振動を持っており、分子運動を行っている。その振動の周期は先に述べたように 1 fs (10^{-15} 秒) 以下である。この分子運動の状態を追跡し、解析するための手法が分子動力学シミュレーションと呼ばれ、力場においてニュートン力学で記述された分子の系の拘束状態での運動方程式を時系列で順次解いて行く事により分子運動の軌跡を追跡している。この手法を応用した例として、水分子存在下と水を完全に除去し乾燥した系でのセルロース分子鎖の動的挙動の違いをシミュレートした結果を図7に示す。図7から分かるように、セルロース分子鎖の周りを水分子が取り囲んでいる状態 (図7 (3))、即ち生体系でのセルロース分子鎖では、分子鎖どうし間に水分子が存在し、分子鎖どうしの直接的な接触が妨げられている。このため分子運動の過程で分子鎖どうしの直接的な接触が起こりにくいため分子鎖は水の系に分散したままと

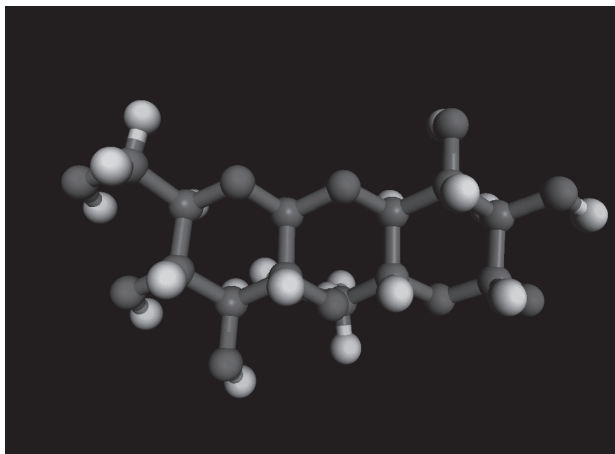


図5. 構造最適化前のセロビオース分子の構造

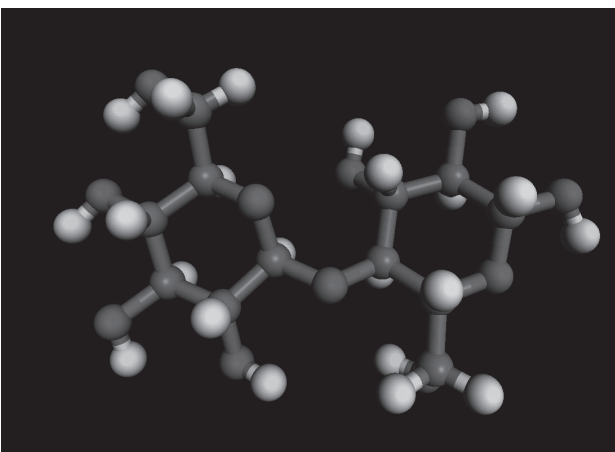


図6. 構造最適化後のセロビオース分子の構造

なり、ミセルの形成が妨げられている (図 7 (4))、即ち生体系のセルロースは結晶性が低いはずであるということが示されている。しかしながら、セルロース分子鎖の系から水分子が取り除かれると (図 7 (1))、たちまちの内にセルロース分子鎖どうしの直接的接触が起こり、ミセルが形成されてしまい、二度と離れなくなってしまう (図 7 (2))、即ちセルロース分子は乾燥すると分子鎖どうしが直接接触し分子鎖間に水素結合と呼ばれる結合を形成してセルロース分子鎖の塊が形成されるのである。これは角質化とも呼ばれることがある。この塊の中で分子鎖の配列が規則的になっている部分がセルロースの結晶である。この様な状態になると、セルロース分子鎖はグルコース残基あたり 3 個と多くの水酸基を持っているにもかかわらず、水に分散しない、即ち溶けなくなるのである。

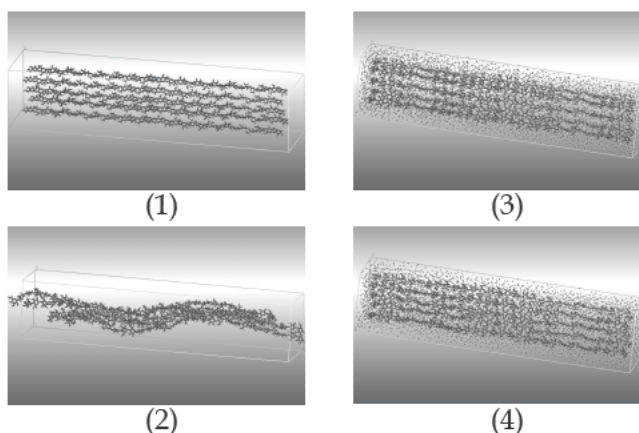


図 7. セルロース分子鎖と水分子の相互作用³⁾

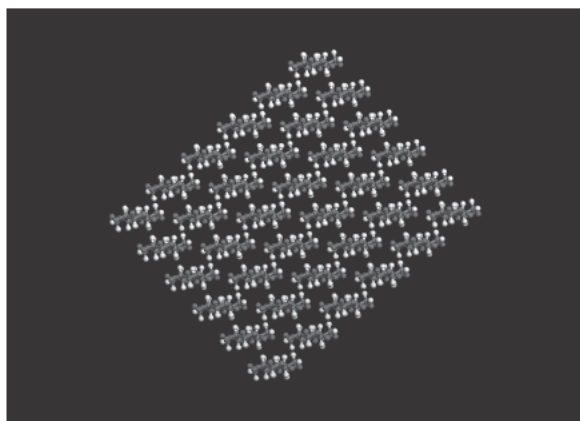


図 8 Cellulose I_{α} crystallite (5×5単位格子)



図 9 Cellulose I_{β} crystallite (5×5単位格子)

4. 分子集合体の特性の解析

先の計算化学の手法を用いると、分子集合体の特性を数学的に算出することも可能となる。その一例として天然セルロースの結晶弾性率を算出する方法を紹介する。

天然セルロース (cellulose I) には配列度の良い構造として二つのサブ構造 (cellulose I_{α} と cellulose I_{β}) が確認されている。分子鎖軸に沿って見た (結晶の横断面の) 5×5 個の単位構造 (単位格子) からなる結晶粒子 (微結晶) の構造をそれぞれ図 8 と図 9 に示す。これらの構造からなる微結晶を図 10 のように引伸ばしたり (引張)、押し縮めたり (圧縮) することにより変形させる。このときの各変形状態において構造、エネルギー状態の最適化を行う。各変形状態の微結晶の

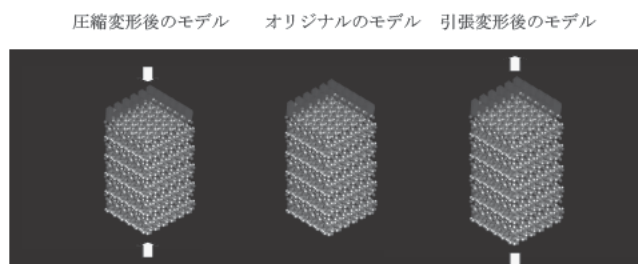


図 10 セルロース I_{α} 微結晶 (5×5×5 単位格子 モデル) の圧縮、引張変形モデル

ポテンシャルエネルギーは分子力学シミュレーションにより算出できる。算出された各ポテンシャルエネルギーの値には、微結晶が変形することにより増減した歪のエネルギーが含まれている。この歪のエネルギーは微結晶を変形させるに要したエネルギーに等しいから、歪の無い構造におけるエネルギー値との差と変形量から微結晶の力学挙動を（例えば結晶弾性率の値として）解析することができる。

4.1 セルローズ I_{α} の結晶弾性率⁴⁾

表1には分子力学シミュレーションにより算出したセルローズ I_{α} の結晶弾性率の値を示す。分子鎖軸方向であるc-軸方向の結晶弾性率の値は 10^{11} Paのオーダーの値を示しており、それに直行するa-軸、ならびにb-軸方向の結晶弾性率の値はほぼ一桁小さな値を示している。セルローズ I_{α} の結晶弾性率の実測値は未だ報告されていないのでこれら値が正しいかどうかは現在のところ確認できない。しかしながら、これらの結果から、分子鎖の主軸方向では化学結合で原子が直接連なっているため結晶弾性率の値が大きくなっているが、原子が直接結合していない分子鎖の並んでいる横方向でもかなり大きな値を示している。これは分子鎖間の水素結合やファン・デル・ワールス力と言った弱い結合力でも沢山集まれば全体としてはかなり大きな値になることを示している。

表1 セルローズ I_{α} の結晶弾性率の計算値

方向 力場	[a] (GPa)	[b] (GPa)	[c] (GPa)
CFF91 v.2.0 param.:7/1/92	49.4	44.3	207.7
CFF91 v.3.1 param.:4/1/96 (PCFF)	59.3	38.9	214.3
CFF91 v.2.7 param.:7/28/06 (COMPASS)	108.8	68.0	192.2

4.2 セルローズ I_{β} の結晶弾性率^{5),6)}

表2には分子力学シミュレーションにより算出したセルローズ I_{β} の結晶弾性率の値を示す。セルローズ I_{α} の結晶の場合と同様に分子鎖軸方向であるc-軸方向の結晶弾性率の値は 10^{11} Paのオーダーの値を示しており、それに直行するa-軸、ならびにb-軸方向の結晶弾性率の値はほぼ一桁小さな値を示している。セルローズ I_{β} のc-軸方向の結晶弾性率の値については桜田ら⁷⁾、および西野ら⁸⁾によりそれぞれ137 GPa、および138 GPaの値が報告されている。表2から分かるように算出されたc-軸方向の結晶弾性率の値は報告値と極めて近い値が算出されている。一方、c-軸に直行する方向の結晶弾性率の値は現時点では未だ報告されていない。しかしながら、セルローズ I_{α} 結晶の場合と同様に原子が直接結合していない分子鎖の並んでいる横方向でもかなり大きな値を示していることがわかる。同様に個々の結合していない原子間の相互作用力（非結合原子間相互作用）は弱くとも沢山集まれば大きな相互作用力となることが示されている。ちなみに、分子鎖間の相互作用を全く考慮に入らず、分子鎖の力学的特性だけで結晶弾性率が決まると仮定して、分子鎖軸である結晶のc-軸方向の弾性率を計算すると、上記のc-軸方向の弾性率の値よりも一桁ないし二桁も小さな値が算出されてくる。このことから、結晶の力学的特性に分子鎖間の相互作用が大きく関与していることがわかる。

表2 セルローズ I_{β} の結晶弾性率の計算値

方向 力場	[a] (GPa)	[b] (GPa)	[c] (GPa)
CFF91 v.2.0 param.:7/1/92	29.5	100.3	137.1
CFF91 v.3.1 param.:4/1/96 (PCFF)	26.1	92.6	137.6
CFF91 v.2.7 param.:7/28/06 (COMPASS)	37.3	83.3	126.3

5. まとめ

以上に示したように、分子力学シミュレーションや分子動力学シミュレーションの様な計算化学

的な手法を用いると、分子ならびにその集合体の構造や特性を理論的に説明することができるようになる。さらに、これらの結果を集大成し、その成果を元に計算化学的手法を逆に適用すると、特定の性質を持った分子、材料を設計することが可能となるのである。それらの手法は、化学物質の開発に適用するときには分子設計 (Molecular Design)、特に製薬関連において新薬開発に適用するときには Drug Design、一方、材料開発に適用するときには材料設計 (Material Design) と呼ばれている。

謝 辞

ここに示した分子力学シミュレーションによる構造最適化、ならびに分子動力学シミュレーションによる分子運動の時系列変化の計算は、京都大学化学研究所スーパーコンピュータラボラトリーの計算機システム (超並列計算サーバ SGI Altix4700) を用いて行ったものである。同計算機システムの利用を快諾頂いた、同ラボラトリーに対し深甚なる感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Sarko, A., Chen, C.-H., Hardy, B. J. and Tanaka, F., Department of Chemistry and Cellulose Research Institute, ESF, State University of New York, 1989.
- 2) Andrews, D. H., *Phys. Rev.*, **36**, 544p, 1930.
- 3) Tanaka, F. and Fukui, N., The behavior of cellulose molecules in aqueous environments, *Cellulose*, **11**, 33-38, 2004.
- 4) Tanaka, F., Estimation of the Moduli of Cellulose I_α Crystal, *2009 Cellulose R & D* (Preprints of the 16th Annual Meeting of the Cellulose Society of Japan), 75p, 2009.
- 5) Tanaka, F. and Iwata, T., Estimation of the elastic modulus of cellulose crystal by molecular mechanics simulation, *Cellulose*, **13**, 509-517, 2006.
- 6) Tanaka, F., The estimation of the elastic modulus of cellulose crystallite, *2008 Cellulose R & D* (Preprints of the 15th Annual Meeting of the Cellulose Society of Japan), 55-56, 2008.
- 7) Sakurada, I., Nukushina, Y. and Ito, T., Experimental determination of the elastic modulus of crystalline regions in oriented polymers, *J. Polym. Sci.*, **57**, 651-660, 1962.
- 8) Nishino, T., Takano, K. and Nakamae, K., Elastic modulus of the crystalline regions of cellulose polymorphs, *J. Polym. Sci., Part B, Polym. Phys. Ed.*, **33**, 1647-1651, 1995.

植物で自動車を創る

ー バイオナノファイバーの製造と利用 ー*

矢野浩之**

1. はじめに

樹木は小さなタネにはじまり、やがて地球上で最も巨大な生き物となります。最も大きな樹木は100mを越えますが、これは30階建てのビルディングを優に越える高さです。植物が陸上に上がったのは、今から5億年ほど前のこと。その後、決して快適とは言えない厳しい環境の中で樹木は種(シュ)を繋いできました。その結果、現在では、バイオマス資源の大部分を占めるに至っています。私は、この樹木の圧倒的な存在感を抛り所にして、未来の植物材料開発を進めています。

本講演では、身近にありすぎて、反ってあまり知られていない代表的な植物材料、木材から鋼鉄のように強い材料や透明な材料を創る、という話をしたいと思います。将来の目標は、植物で自動車を創る。ボディだけでなく、窓やタイヤも全て持続可能な植物資源から創る、ということです。あるいは、携帯電話がさらに発展した、スクリーン、ディスプレイを丸めて収納できる情報端末も植物から創る、ということを考えています。

2. 軽くて強い木材

木材は、建築や楽器、あるいは野球のバットに使われるように、軽くて強いという性質を持っています。その特性に関するエピソードです。今から60年も前、戦争によって金属資源が枯渇してきた中、ハワード・ヒューズというアメリカの大富豪の手によって、700人乗りの水上飛行艇が木材で作られました。今の国際線の旅客機が大体300-400人乗りですから、乗客の数だけで言えば、その倍の大きさです。今もアメリカの博物館で保存されているそうですが、翼の長さは、約100mです。スプルースグース、木の鷺鳥とでも言う名前前の木製飛行艇です。実際に、水上から飛び上がり、見事試験飛行に成功したそうです。

この様に木材は飛行機を作ることができる程に強いのですが、一方で、私たちは、割り箸を、簡単に折って捨ててしまったり、木材を原料にして作られている紙を簡単に破ってしまうことから、木材やそれを原料とした材料には、あまり強いという印象を持っていません。本当に木材は弱いのでしょうか。すこし考えてみましょう。

現在の紙は、ほとんどが木材から作られます。紙を作る際は、将棋の駒くらいの大きさの木材片(チップ)を、アルカリの液で満たされた釜の中に入れ、高压でぐつぐつと煮ます。そうしますと、木材の繊維を接着していたリグニンという成分が取れて、木材が繊維状にバラバラになります。その繊維が、パルプと呼ばれる紙の原料です。紙の強度について研究する過程で、この長さ2-3mm、巾0.05mm程度の細い、短い繊維をつまんで引っばった研究者がいます。いまから30年近く前の話です。そうしましたら、1.7GPaという強度が得られました。これは、鋼鉄の4倍もの強度です。つまり、紙を形作っている繊維(パルプ)、一本一本は、実はとても強いのです。しかし、その繊維と繊維の間の結合力が小さくて、紙は簡単に破れてしまうというわけです。

このデータを見たとき、私は大変驚きました。私自身の中に、木材は、金属材料や先端的な複合材料と比べると、その強度的性質は問題にならないくらいに劣る、という先入観があったからです。しかし、このデータは、実際はそうでは無い、とということをはっきりと示していました。

* 2010年9月6日作成 本稿は、第6回生存圏研究所公開講演会(2009年10月24日開催)講演要旨に、加筆・訂正を行ったものである。

** 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所 生物機能材料分野 E-mail:yano@rish.kyoto-u.ac.jp

3. セルロースナノファイバー

新たな興味は、紙の原料のパルプが、なぜそんなに強いのか、ということ。パルプを顕微鏡で10万倍程度まで拡大してみます(図1)。そうしますと、均質に見えたパルプが、巾10 nm程度の細い糸から出来上がっていることがわかります。これはセルロースで出来た結晶性の細い、細い繊維です。ナノの細さなので、セルロースナノファイバーと呼んでいます。どのくらい細いのかと言いますと、髪の毛一本の太さを、直径約10 kmの山手線くらいの大きさとした時、この巾10 nmのファイバーは、山手線の中にある直径1 mくらいの樹の太さとなります。

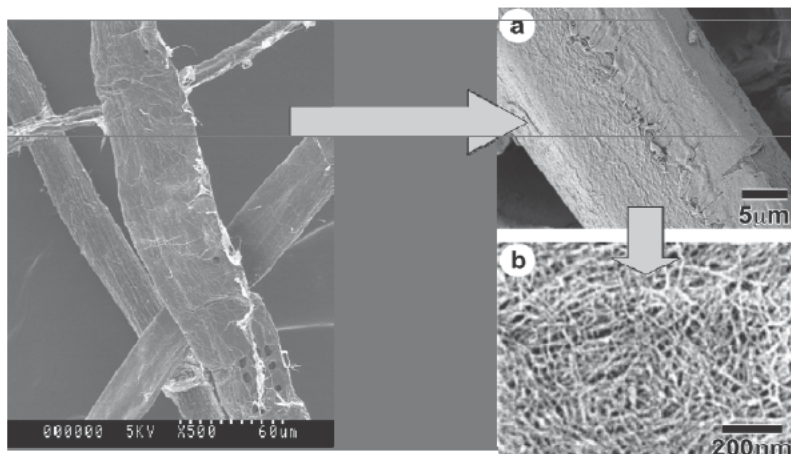


図1 木材繊維(パルプ)の拡大図¹⁾

さて、パルプが鋼鉄の4倍もの強度を示したと言うことは、パルプを形成しているこのナノファイバーが、少なくともパルプより強い、つまり鋼鉄の4倍以上の強度があるということになります。実際、パルプの構造やセルロース以外の化学成分として一部残存しているヘミセルロースのことを考慮すると、この細い糸は、鋼鉄の5倍以上は強いことがわかります。これは、防弾チョッキに使われるアラミド繊維(ケブラー)とほぼ同じ強さです。この高強度のナノファイバーで出来ていることが、木材が飛行機材料に使えるほど強い理由の一つです。さらに言いますと、地球上のバイオマス資源の約半分はセルロースです。おそらくすべてが、このナノファイバーの形で存在していますから、鋼鉄の5倍の強度を持ったスーパー繊維が、この地球上にはほぼ無尽蔵に存在しているといえます。それが、毎日、太陽のエネルギーによって産み出されている……。これを材料として使わない手はありません。そこで、10年ほど前から、このナノファイバーを木材から取りだして、それもあまりお金をかけずに取りだして、材料として使う、という研究を始めました。

4. セルロースナノファイバーの製造と高強度材料^{2,3)}

さて、どうやって木材からナノファイバーを取り出すか、です。鉄筋コンクリートのような複雑な構造をしている木材の細胞(図2)をそのまま壊したのでは、ミンチ解体の様になってしまい、きれいなナノファイバーを取り出すことは出来ません。そこで、まずは、コンクリートの役割を果たしているリグニンという成分を取り除きます。これは、先ほど述べた木材から紙の原料であるパルプを化学的処理により作ることと同じことです。そうしてリグニンを取り除いた木材細胞つまりパルプを、水に分散させ、金属

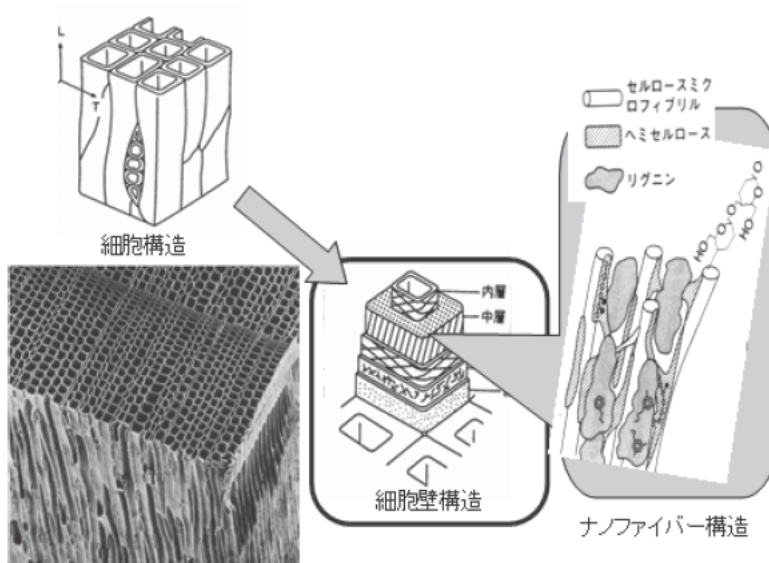


図2 木材の細胞構造からナノファイバー構造までの拡大モデル

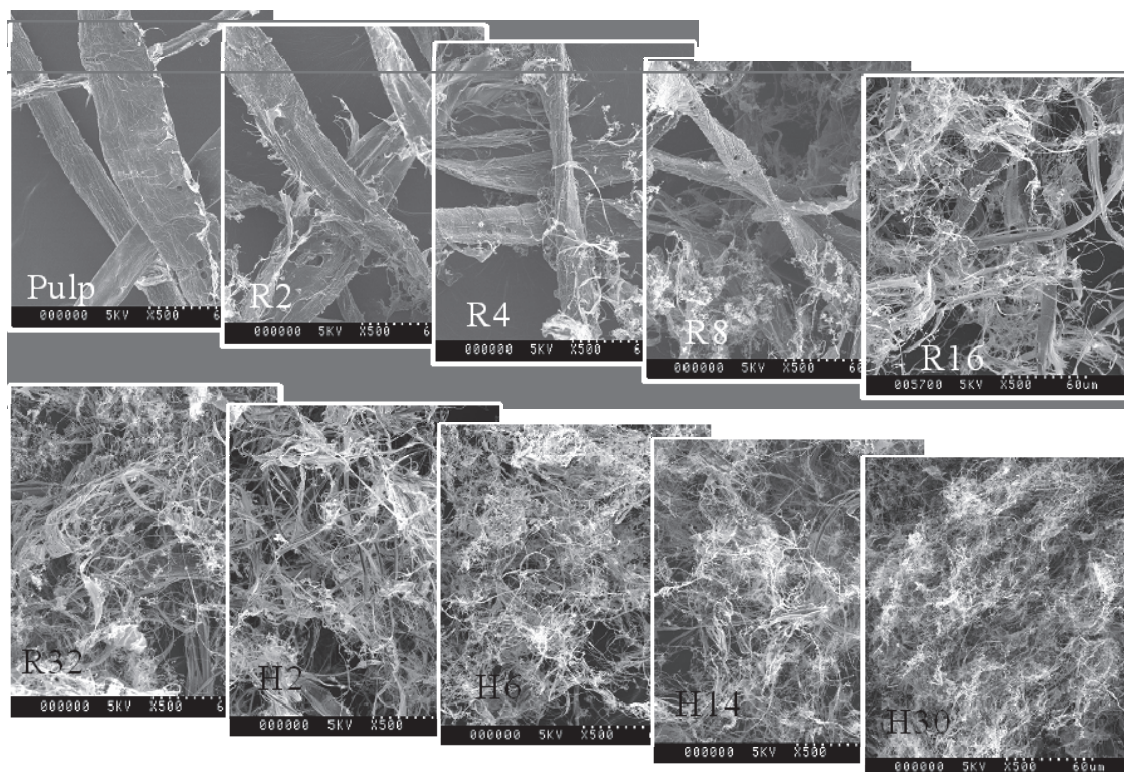


図3 リファイナー処理（R）と高圧ホモジナイザー処理（H）の繰り返しによるパルプのナノ解繊

製の臼のようなものや砥石で擦って解していきます。

臼を通す回数を増やしていくと、パルプは表面から少しずつ解れていきます。図3では、そのプロセスを同じ倍率で比べています。紙の原料であるパルプは、その状態でも髪の毛ほどに細い繊維なのですが、それがもっと細い繊維状の物質から出来ていることがわかります。

処理がどんどん進むと、最終的にナノレベルの繊維が集まった、もやもやとした集合体になります。このパルプを擦って解した繊維は、水が9割、残りの1割をナノファイバーとした状態では、大変なめらかで、まるでクリームの様です。しかし、面白いことに、それを乾かすと、どんどん体積が小さくなり、繊維同士が結合して硬くなります。そうして作られた材料の外観は白くプラスチックのようです。接着剤もなにも入れない状態、ただ、形を整えながらこのナノファイバークリームを乾かしたただけなのですが、鋼鉄の半分くらいの強度になります。軽さは、鋼鉄の1/5です。もっと強い材料を作るには、このナノファイバーを大量の水の中に分散させ、それを紙の様に漉きあげてシートにします。そこに熱を加えると固まる樹脂を染み込ませ、シートを何枚か重ねて熱を加えます。そうしますと、セルロースナノファイバーを8割くらい含んだ板が得られます。その板から切り出した棒状の材料について強度を調べたところ、鋼鉄とほぼ同じ強度であることがわかりました(図4)。重さは、鋼鉄の1/5です。鋼鉄の1/5の軽さで、鋼鉄並みの強度を有する材料を

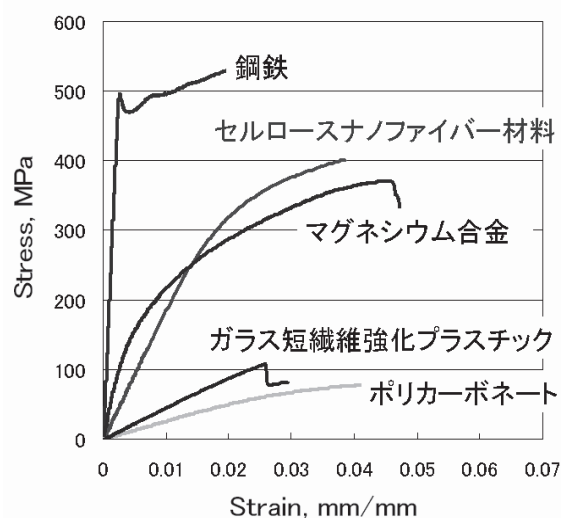


図4 セルロースナノファイバー成形体と他材料の強度特性比較

植物から作ることが出来たと言うことです。さらに、セルロースナノ繊維は、接着剤で固めるだけでなく、プラスチックに混ぜると、プラスチックの強度や耐熱性を大きく向上させることも出来ます。この場合は、射出成形といった技術によって、様々な形状に自由に成形できます。

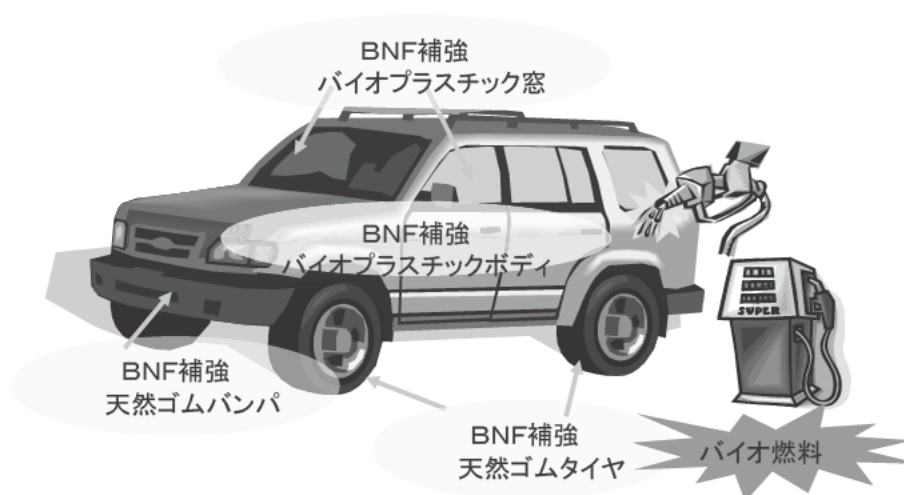


図5 未来の自動車は植物で創る

この様なことから、

セルロースナノファイバー材料は、たとえば高強度でリサイクル可能な住宅部材、耐衝撃に優れリサイクル容易などの用途が考えられます。なかでも私が、重要だと考えている用途は自動車です(図5)。その目的は、自動車の軽量化です。私たちの試算では、自動車のドアやボンネットといった部位にこの軽量で高強度のセルロースナノファイバー材料を用いると、今、平均で1.5トンある自動車の重量を300kg程軽量化出来ます。そうすると、燃費が約20%向上します。現在、日本で年間に放出されている炭酸ガスの約2割は、自家用車やバス、トラックといった自動車からですから、その燃費を20%向上できれば、温暖化の原因となる炭酸ガスの放出を約4%も低減することが出来るわけです。無尽蔵、無公害の太陽エネルギーによって自動車を作り、走らせる。つまり、バイオ材料で自動車を作り、太陽電池やバイオ燃料で自動車を走らせる(図5)。私の夢です。

5. セルロースナノファイバー補強透明材料^{4,5)}

もう一つ、セルロースナノファイバーの用途として紹介したいものがあります。セルロースナノファイバーを使って鋼鉄のように強く、ガラスのように熱膨張が小さく、しかも曲げられる透明材料を作るという話です。それは、未来のテレビ、丸めて収納できるテレビのための材料です。

まず、透明な材料を、その透明性を失うことなく、繊維で補強するという点について説明しましょう。透明補強といいます。普通は、透明な材料に繊維を混ぜると、光の散乱が生じて透明で無くなります。ところが、光の波長、私たちが見ることが出来る光の波長は400nmから800nmという波長なのですが、それより十分に細い、例えば、巾50nmほどの繊維であると、光の散乱が生じず、透明性を保ったまま透明材料を繊維で強化出来ます。透明材料を強化して、その熱膨張を小さくする、強度を高める、ということは、未来のテレビ材料を作る上で、大変重要です。今は、液晶や有機ELのテレビは、熱膨張の小さいガラスの上に、画像を映し出す回路や化学物質が載っていて、透明なガラスを通して画像を見ている訳ですが、ガラスは曲げることが出来ません。一方で、透明なプラスチックに変えると、曲げられますが、熱膨張が大きくて、その上に細かな回路を正確に載せていくことが出来ません。そこで、丸められるテレビのためには、透明なプラスチックの熱膨張を、透明性を損なうことなく繊維で強化し、小さくすることが求められます。

この様な透明性を損なわない繊維補強の方法として、私たちは、可視光波長の1/10の細さの、すなわち、50nmほどの巾のナタデココ繊維に着目しました(図6)。ナタデココは、バクテリアが紡ぎ出すナノ繊維の集まりで、植物と同じくセルロースで出来ています。植物のセルロースナノファイバーより太いのですが、それでも透明補強には十分な細さで、また、木材からナノファイバーを取り出すのと違って、最初から均一な繊維が得られることが特徴です。

作り方です。厚さ 1cm 程のナタデココを、バクテリアをアルカリで煮て取り除いてから押しつぶして水を絞り出し、乾かします。そうしますと、プラスチックと同じ手触りの白いフィルムが得られます。このフィルムは空気を 1/3 ほど含んでいますので、それによる乱反射で、その状態では光を通さない白いフィルムとなります。しかし、フィルム内の空気を追い出し透明な樹脂に置き換えると、突然、透明になります。白かったフィルムが全く透明なフィルムになります。セルロースの繊維が溶けてしまったのでは、と思われるかも知れませんが、原子間力顕微鏡という大変細かな部分を観察できる顕微鏡で見ると、白いフィルムと同じ状態で繊維が存在しています。百聞は一見にしかず、といったところでしょうか。確かに、ナノファイバーを用いると、透明性を損なわずに、たくさんの繊維を樹脂にいれることが出来ます。

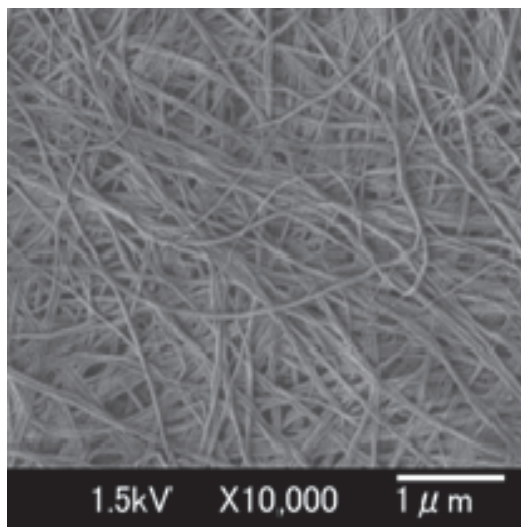


図 6 バクテリアの作るナノファイバー：
バクテリアセルロース

さて、このナタデココのナノ繊維。先ほど述べたようにセルロースナノファイバーです。従って、木材のセルロースナノファイバーと同様に、鋼鉄の 5 倍の強度があります。しかも、セルロースナノファイバーは、ガラスの 50 分の 1 という極めて低い線熱膨張を有する材料です。そのため、この繊維を 7 割も含んだ透明なフィルム材料は、鋼鉄並みの強度で、ガラスと同じ様に熱膨張が小さく、しかも、自由に曲げ

ることが出来ます。この透明なナタデココフィルムの上に、有機 EL という電圧を加えると発光する素子を載せたところ、ちゃんと光らせることができました。最近では、柔らかな樹脂との複合で、曲げられるどころか、折り曲げられて、しかも、熱膨張係数がガラスよりさらに小さい透明材料を作ることが出来ています(図 7)。

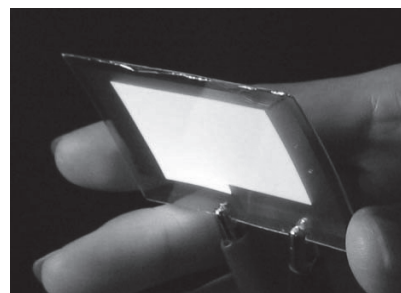


図 7 セルロースナノファイバー補強透明材料 (左) とセルロースナノコンポジットを透明基板に用いた有機 EL 発光素子 (右)

ここで、新たな興味がわいてきます。ナタデココのセルロースナノファイバーではなく、資源的に豊富な木材から取り出したナノファイバーで透明な材料を作ることが出来ないか、ということです。これについては、グラインダーという、回転する砥石で材料を擦る装置を使いパルプを擦ることで、簡単に、均一なナノファイバーを作ることができることを明らかになりました。このグラインダー、実は、食品加工に用いるフードプロセッサーです。例えば、砂糖で炊いたアズキを、この装置ですりますと“こしあん”になります。スープで炊いたコーンだったら濃厚なポタージュスープです。その食品加工用の装置を用いることで、紙の原料のパルプを、極めて均一で、傷みの少ない、巾 10-20 nm という、バクテリアセルロースより細いナノファイバーに解すことが出来る様になりました。もちろん、ナタデココ繊維より細いナノファイバーですから、透明な材料を作ることが出来ます。熱膨張もナタデココフィルムと同等の低い値です。この様に、木材から透明で熱膨張の小さい、丸められるフィルムを作ることが出来るようになりました。さらに、最近では、ナノファイバー間の空隙をナノレベルに制御することで、セルロースナノファイバーだけで透明でガラスのように低熱膨張の材料が得られています。この材料は、紙の様に折りたたむことができます。これまで我々は何世紀にもわたり紙に印字することで情報を伝えてきましたが、セルロースナノファイバー材料がディスプレイ用の透明材料(基板)として実用化されれば、21世紀もやっぱり紙から情報を得ることになります。自動車については、ボディだけでなく、窓までも

木材から作ったバイオ自動車が出現するかもしれません。

6. 多様なセルロースナノファイバー源

良く聞かれることの一つに、ナノファイバーは、どのような植物からも作れるのか、という質問があります。例えば、外来種のセイタカアワダチソウ。急激に拡がって生態系に影響を与えているけれども、そこからナノファイバーを作ることにはできるのか、といった質問を受けたこともあります。答えは、イエスです。すべての植物細胞は、セルロースナノファイバーを骨格としていますから。ただ、自動車やテレビの材料に使う植物資源については、工業的なことを考えますと、まとまった量を安定して確保出来なければなりません。その観点からは、木材だけでなく、農産廃棄物、産業廃棄物として排出される植物バイオマスについても注意を払う必要があります。

表1 農産廃棄物等のバイオマス資源量 (R. Rowell, 1998)

植物資源	利用可能量 (百万トン/年)
木材	1750 (17.5 億トン)
ワラ (麦、稲、他)	1145
茎(トウモロコシ、綿花、他)	970
砂糖キビ バガス	75
アシ・葦	30
竹	30
綿	15
ジュート、ケナフの茎芯部	8
ジュート、ケナフの茎繊維部	2.9
コットンリントー	1
葉脈繊維(サイザル、アバカ)	5
天然ゴム	9

表1は、利用可能な世界の植物資源量について示したものです。世界で一年間に利用されている木材の量と農業で作られている植物バイオマス資源量について見てみますと、木材については、一年間に約18億トンが使われています。その半分以上は、薪炭材です。つまり、エネルギー源となっています。残りの8億トンが、住宅や家具材料、紙の原料です。ここで注目したいことは、一年間に住宅や家具、紙として利用されている木材以上の量が、稲ワラや麦ワラとして、農地で排出されているということです。農産廃棄物と呼ばれるものです。人間の食料生産活動の傍らで、年間に使用される木材量と変わらないくらいの量の木質資源、植物バイオマスが排出されているということです。さらに、麦ワラや稲ワラを合わせたのと同じくらいの量が、トウモロコシの茎や葉、サトウキビの絞りかす、バガスを合わせた量として排出されています。つまり、農業において、年間に消費される木材を大きく上回る量のバイオマス資源が作り出され、それらの多くが、これまでのところ、あまり有効に利用されていません。これらのバイオマス資源が、ナノファイバー源として利用できれば、バイオマス資源の材料用途はさらに拡がるのですが、実際のところ、どうでしょうか。ナノファイバーをきれいに取り出すことが出来るのでしょうか。この点についていろいろと研究したところ、麦ワラやサトウキビの絞りかすであるバガス、デンプンを取りだしたあとのジャガイモやキャッサバの絞りかす、砂糖ダイコンからショ糖を絞り出した後の絞りかす、といったいわゆる“かす”と呼ばれる資源からも、木材と変わらない、きれいで均一なナノファイバーが得られることがわかりました。この世の中には、工業的に利用できる、高強度で低熱膨張のナノファイバーが、大量に廃棄されている言うことです。これからは、木材と共に、これら未利用のバイオマス資源の先端的な利用が重要になってくると考えています。

7. 植物材料ナノイノベーション

図8には、21世紀における新しいバイオ資源産業について示しています。これまでは、海外から持ってきた石油を始めとする化石資源を使って、我が国の化学産業は様々な材料や製品を作ってきました。また、それらが、現在の快適な生活を支えています。しかし、石油は今世紀の内に無くなるようになっていきます。このままだとあと40年程度しか持たないそうです。さらに言えば、石油は、無くなるだいぶ前から、工業原料としては

手に入りにくくなるでしょう。そうになると、太陽の光によって、水と炭酸ガスから持続的に作り出される植物資源を使って、様々な材料、製品を作っていく必要があります。その時に、植物資源をただエタノールに変換してエネルギーとして使いましょう、工業原料の化石資源代替としましょうというだけではなく、従来の化石資源ベ

植物材料イノベーション

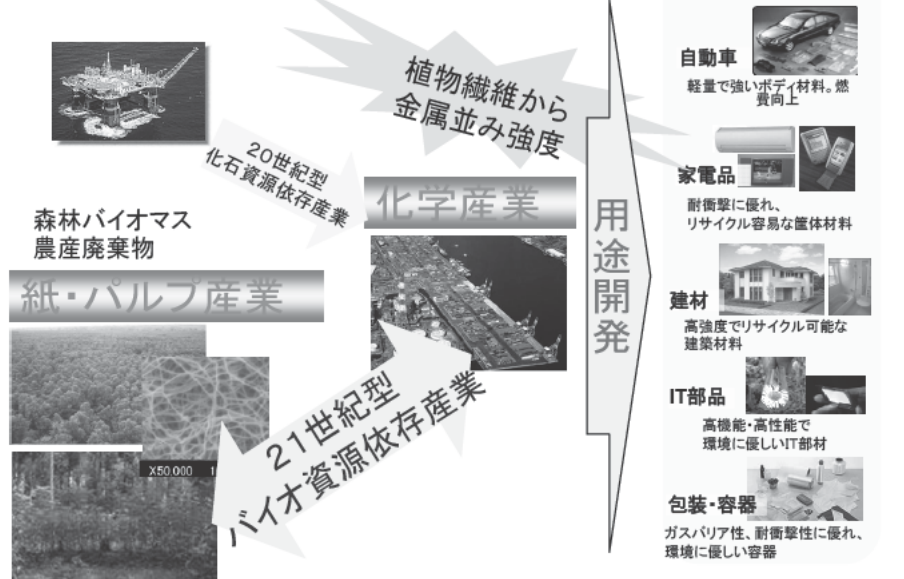


図8 21世紀のバイオ産業

ースの材料よりもっと強い、もっと優れた材料を、植物資源から創るという思いが大切だと思います。そうでなければ、急激な人工増加や生活の向上に伴う、資源の枯渇に対応できないからです。そのためには、これまで木質資源の生産に関わり、植林から紙・パルプの製造加工まで、幅広い範囲で、バイオマス利用に関して多くの技術を蓄積している製紙産業と、化石資源からの多様な材料製造について多くの技術を蓄積してきた化学産業が連携して、植物の構造や進化を良く理解した上で、森林バイオマスとか農産廃棄物の有効利用を考えなければいけない。そして、軽量で金属並の強度といった先端的な材料をバイオベースで作って、自動車、家電、建材、IT、包装容器にどんどん使っていきましょう、というのが、上の図に示した私の考えです。私は、埋蔵資源に乏しい、しかし、一方で、豊富な森林資源を有する我が国での、もの作り産業は、これからそうなるであろうと考えています。私は、それを植物材料イノベーションと呼んでいます。

8. おわりに - 生物資源利用の研究は生き物の力の借り方 -

植物材料に基づくグリーンイノベーションを推進するにあたり、植物が環境に優しいプロセスの中で作ってくれたものを、人間が使わせて頂く、という姿勢が大事だと考えます。全ての生き物を尊敬してその力を借りる、という姿勢です。生物資源の利用に関する研究は、生き物の力の借り方の研究といっても良いでしょう。例えば、セルロースナノファイバー材料について考えると、この材料でもっとも重要な、そして、もっとも難しいプロセスであるナノファイバー作りは、植物がやってくれています。軽量で高強度の材料や熱膨張が小さくて丸められる透明材料作りの99.9%、あるいは99.99%は植物の仕事だといっても過言ではありません。これだけの細いナノファイバーで鉄の5倍の強度をもった材料を人間は作れません。また、将来それが作れたとしても、炭酸ガスを固定しながら地球環境に負荷の無い形で、つまり、何か生産プロセスの間に害のあるものを流しだす、垂れ流すようなことは一切しないで、このような高機能材料を大量に作るということは到底出来ないと思います。そこに、地球環境と折り合いをつけながら、5億年の長きにわたり地球上に存在し続けてきた植物の凄さがあります。

我々は材料作りにおける残りの0.1%として、どの様にこの材料は使うのが作り手の思いに沿うのか、ということを一生涯懸命考え材料を作って行ってこそ、やっと21世紀を生き抜くことができる、と思っています。その際、生物材料の構造や特性には、生物が長い進化の過程で創り出した必然があることを忘れず、その必然

を損なうことなく材料の形を変えて行くことが重要です。生き物の思いの中に人間が入り込んで行って、シンクロナイズ（共鳴）して、方向性をうまく合わせてものを作っていく。私は、日本人は、そういう自然と調和したもの作りの感性を持っていると思っています。だからこそ世界に通じ、世界の人が驚くようなバイオ材料づくりを、このナノファイバーを使って日本人の手でやりたいと考えています。アメリカが先にやったことを追いかけるだとか、ヨーロッパがやることをずっと見ていて日本もその真似をしようなどというのではなく、日本の四季の中で、小さいときから私たちの体に染み付いた感性、自然に対する感性を大切にして、未来の生物材料を作っていく、そういう時代に今来ている様に思います。

参考文献

- 1) K. Abe, S. Iwamoto and H. Yano, "Obtaining Cellulose Nanofibers with a Uniform Width of 15 nm from Wood, *Biomacromolecules*, 8(10), 3276-3278(2007).
- 2) A. N. Nakagaito and H. Yano, "The effect of morphological changes from pulp fiber towards nano-scale fibrillated cellulose on the mechanical properties of high-strength plant fiber based composites", *Applied Physics A*, 78(4), 547-552 (2004).
- 3) A. N. Nakagaito and H. Yano, "Novel high-strength biocomposites based on microfibrillated cellulose having nano-order-unit web-like network structure", *Applied Physics A*, 80(1), 155-159(2005).
- 4) H. Yano, J. Sugiyama, A. N. Nakagaito, M. Nogi, T. Matsuura, M. Hikita and K. Handa, "Optically transparent composites reinforced with networks of bacterial nanofibers", *Advanced Materials*, 17(2), 153-155(2005).
- 5) M. Nogi, S. Iwamoto, A.N. Nakagaito and H. Yano, "Optically transparent nanofiber paper", *Advanced Materials*, 21(16), 1595-1598(2009).

MUレーダー全国・国際共同利用

1. 共同利用施設および活動の概要

信楽 MU 観測所は、滋賀県甲賀市信楽町神山の国有林に囲まれた山中に 1982 年に開設された。観測機器の中核を担う MU レーダー（中層・超高層大気観測用大型レーダー；Middle and Upper atmosphere radar）（図 1）は、アジア域最大の大気観測用大型レーダーであり、高度 2 km の対流圏から、高度 500 km の超高層大気（熱圏・電離圏）にいたる大気の運動、大気循環を観測する。1984 年の完成以来、全国共同利用に供され、超高層物理学、気象学・天文学・電気・電子工学、宇宙物理学、など広範な分野にわたる多くの成果を上げている。

MU レーダーの最大の特徴は、アンテナ素子毎に取り付けた小型半導体送受信機（合計 475 個）を個別制御することにより、1 秒間に 2500 回という高速でレーダービーム方向を変えることが可能であり、また、25 個のサブアレイアンテナに分割して使用することも可能である点である。こうした柔軟なシステム設計のため、大型大気レーダーとしての感度は世界 4-5 番目ではあるものの、開発後 25 年を経た今も世界で最も高機能な大型大気レーダーの一つとして活躍を続けている。

なお、MU レーダーシステムには、レーダー、計算機工学の進歩に合わせ最新のレーダー観測技術を導入しシステム拡充が行なわれている。すなわち 1992 年に「実時間データ処理システム」、1996 年に「高速並列レーダー制御システム」、2004 年に「MU レーダー観測強化システム」が導入された。

特に、最近導入された MU レーダー観測強化システムでは、空間領域及び周波数領域の柔軟なレーダーイメージング観測が可能となった。



図 1: 信楽 MU 観測所全景（左）と MU レーダーアンテナアレイ（中）、MU レーダー観測強化システムで導入された超多チャンネルデジタル受信機（右）。

信楽 MU 観測所には、アイオノゾンデ、ラジオゾンデ受信機、レイリー・ラマンライダー装置、L 帯境界層レーダー、RASS 用音波発射装置等の機器が設置されている他、地上気象観測装置、高感度自記雨量計による地上の気圧・気温・湿度・風向・風速・降雨量の同時測定が行なわれ共同利用に供されている。アイオノゾンデは地上から送信電波周波数を変化させながら電波を発射し、電離層からの反射波を受信することで電子密度の高度分布を観測する。一方で、ラジオゾンデ観測は、ヘリウムを充填した小型気球に観測装置を取り付けて放球し、高度 30km 付近以下の気圧、気温、湿度、風向、風速分布を測定する。なお、

1999 年には「レーダー・ライダー複合計測システム」によりレイリー・ラマンライダーシステムおよび下部熱圏プロファイラレーダー(LTPR)が導入され、中層大気及び下部熱圏の観測体制が強化された。

信楽 MU 観測所は、MU レーダーと協同観測するさまざまな大気観測機器の開発フィールドとしても活用されている。例えば、MU レーダーが観測できない高度 2km 以下の風速を測定するために開発された下部対流圏レーダー(LTR)は、気象庁の全国 31 カ所の現業用ウインドプロファイラとして採用されている。

上記の通り、近年は信楽 MU 観測所に多くの関連観測装置が集積しつつあり、大気観測の一大拠点となりつつある、今後は MU レーダーの新機能や周辺観測装置を一層充実させこれらの共同利用を推進する。

なお信楽 MU 観測所には共同利用者のための研修室、宿泊施設が整っており、インターネット環境やテレビ会議システムも整備されており、利用者からの積極的な測定機器等の持ち込みや、研究会の開催などへの利便性も計られている。

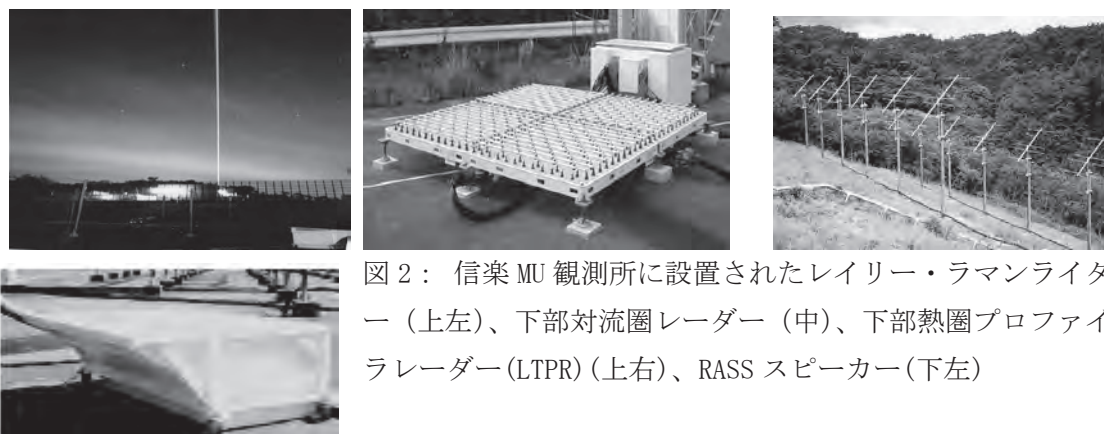


図 2： 信楽 MU 観測所に設置されたレイリー・ラマンライダー（上左）、下部対流圏レーダー（中）、下部熱圏プロファイラレーダー(LTPR)（上右）、RASS スピーカー（下左）

2. 共同利用研究の成果

平成 21 年度には 2 件のキャンペーン観測が実施された。その内容成果について概説する。

1. 「MU レーダーによる流星ヘッドエコーのキャンペーン観測」

研究代表者：国立極地研究所・中村卓司

地球外から流入してくる毎日 100t もの流星物質は、中間圏・下部熱圏の金属原子層のソースとなるだけでなく、スボラディック E 層などの電離層の変動にも流星起源の金属イオンが作用している。近年は流星物質のアブレーションによる大気への物質の流入が、金属元素毎に異なる高度分布を示すことがモデルや観測から明らかになり、中間圏の原子・イオン層構造形成に新たな視点を投げかけており、精密な観測が待望されている。このような観測には、近年大型レーダーが用いられているが、MU レーダーでの流星ヘッドエコー観測は、広いビーム (3.6 度) と干渉計による送信パルス毎の流星ヘッドプラズマの 3 次元位置の計測で他にはない特徴を有している。本キャンペーン観測では、2004 年に導入された MU レーダー新システムの 25ch 干渉計を用い、質量 10^{-9}kg から 10^{-5}kg 程度の流星について、高精度で軌道とレーダー断面積の変化を観測した。観測は 1 回 24 時間の観測を毎月継続し

て行なっている。

毎月のデータは順調に解析が進んでおり、輻射点精度が1度以内のものが毎回数千個にわたり高精度で軌道推定されている。また、受信位相を使った高精度の速度決定法により、加速度（減速）の時間変化まで求められていることは非常に意義が大きく、大気との相互作用や発光・電離プロセスの知見が大きく進展すると見込まれる。図4は、観測された流星のパラメータであり、図5は日心黄道座標における輻射点の分布であり散在流星の分布に交じって、水がめ座δ流星群が確認されている。

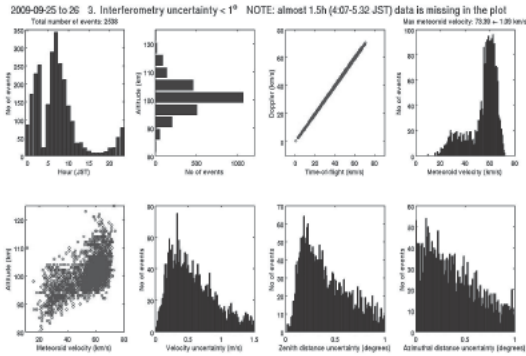


図4 上段左から：2009年9月25-26日のエコー数時間変化、エコー高度分布(平均高度)、速度のconsistency、速度分布。下段左から：速度・高度分布、速度誤差ヒストグラム、輻射点天頂角誤差、輻射点方位誤差。

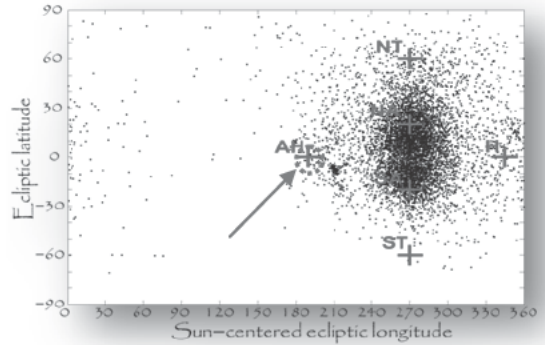


図5 2009年7月の観測による流星の輻射点分布。十文字は散在流星の6つのソース。→で示した輻射点は、水がめ座δ流星群のもの。

2. 「MU レーダー・新型気象レーダーを用いた降水領域における風速分布の観測的研究」

研究代表者：京都大学・山本 真之

洪水や土砂崩れなどの災害を引き起こす降水の本質解明には、風速・乱流変動が降水の諸過程に与える影響を知りこれらの効果を定量化する必要がある。本研究では、降水の発達・維持・消失メカニズムの本質解明を目指し、2009年10月～11月にMUレーダー、1.3GHz帯ウインドプロファイラと氷晶・雨滴を観測する9.8GHz帯及び35GHz気象レーダーの4台同時観測を実施した。降水時における各レーダーの周波数パワースペクトルの観測例(図3)によると、MUレーダーでは大気エコーが得られただけでなく高度4km以下でドップラー速

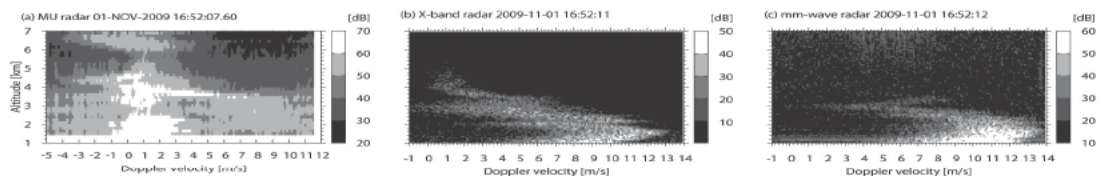


図3: 層状性降水における、(a) MUレーダー、(b) 9.8GHz帯気象レーダー、(c) 35GHz帯気象レーダーで観測された周波数パワースペクトルの高度プロファイル。地面に向かって落下する方向を正としている。

度 3m/s 以上の降水エコーを捉えている。一方、9.8GHz 帯及び 35GHz 気象レーダーでは降水粒子の落下速度分布を捉えることに成功し、風速・乱流・降水粒子の落下速度（粒径）分布を同時に得ることに成功した。

3. 共同利用状況

MU レーダー観測全国国際共同利用の公募は年間 2 回（前期(4～9 月)と後期(10～3 月)）にわけて実施している。応募課題は「MU レーダー全国国際共同利用専門委員会」によって審査され観測スケジュールが決定されている。MU レーダーの観測時間は年間約 3,000 時間以上であるが、申請される観測延べ時間は共同利用観測に供することのできる合計を上回るため、「大気圏」および「電離圏」の標準的観測を定期的に設けて、複数の研究課題が同じ標準観測データを共用している。また、観測時間を重点的に割り当てる「キャンペーン観測」も行なわれている。これまでの共同利用課題数と観測時間の推移を図 6 に示す。

観測データのうち標準観測については観測後直ちに、その他の観測については 1 年を経過したデータを「生存圏データベース共同利用」の一環として共同利用に供している。

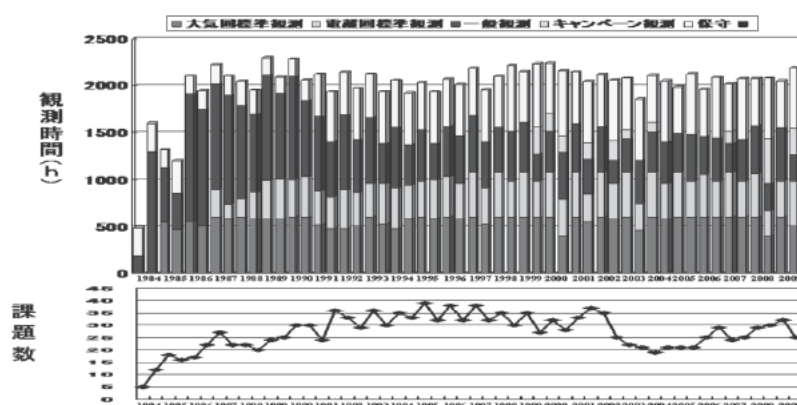


図 6 MU レーダー観測共同利用の観測時間及び課題数の年次推移

4. 専門委員会の構成及び開催状況（平成 21 年度）

○委員会開催実績：

第 1 回委員会 2009 年 9 月 7 日 10:00-12:00、第 2 回委員会 2010 年 1 月 19 日 12:45-14:00

第 3 回委員会 2010 年 2 月 24 日 14:00-16:00

○委員会構成：

藤吉康志（北大）、岡野章一（東北大）、高橋正明（東大）、塩川和夫（名大）廣岡俊彦（九大）、丸山隆（情報通信研究機構）、山中大学（海洋研究開発機構）、中村卓司（国立極地研究所）、Robert D. Palmer（オクラホマ大）、A. K. Patra（NARL）、家森俊彦（京大理学）、佐藤亨（京大情報学）、橋本弘藏（京大 RISH）、津田敏隆（委員長・京大 RISH）、塩谷雅人（京大 RISH）、山本衛（京大 RISH）、吉村剛（京大 RISH）、橋口浩之（京大 RISH）、山本真之（京大 RISH）、古本淳一（京大 RISH）

電波科学計算機実験装置 (KDK) 全国・国際共同利用

1. 計算機実験装置概要

電波科学計算機実験装置 (KDK) は宇宙プラズマ、超高層・中層大気中の波動現象および宇宙電磁環境などの計算機実験による研究を推進させるために導入された専用計算機システムである。電波科学計算機実験装置は京都大学学術情報メディアセンターに設置されており、富士通製 SPARC ENTERPRISE M9000 の 2.5 ノード (1 ノードあたり 128cores、1TB 共有メモリ) および 70TB 程度の補助記憶装置を使用している。また外部には 150TB の容量を持つ RAID 型補助記憶装置を具備している。

柔軟な計算機システム運用によって、大規模計算を長時間実行する環境を提供し、宇宙圏を中心とした生存圏科学において、従来の小規模な計算機実験では知り得なかった新しい知見を得ることに貢献している。

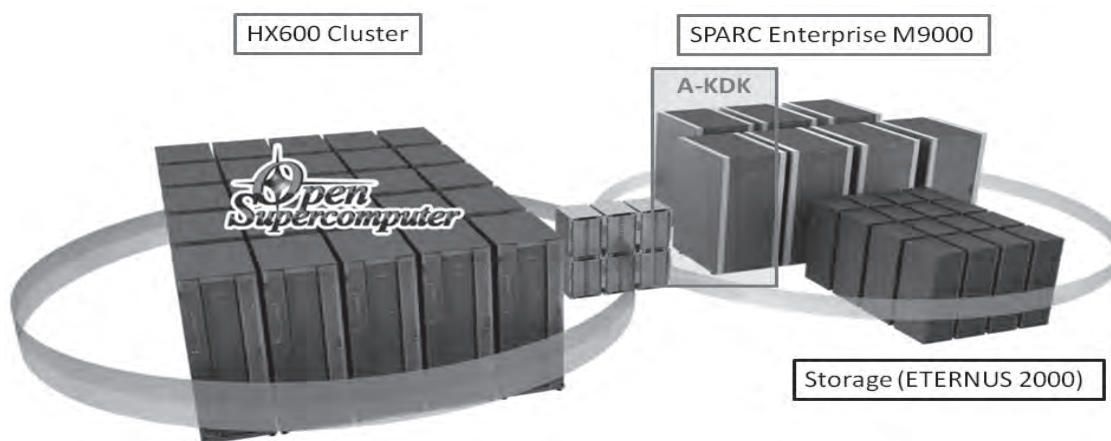


図 1: 先端電波科学計算機実験装置 (A-KDK)
(スーパーコンピュータ SPARC ENTERPRISE M9000 (右)の一部:
京都大学学術情報メディアセンターに設置)

2. 研究課題

電波科学計算機実験装置 全国共同利用では以下の課題を募集しており、今年度の利用代表者数は 29 名となる。

- ・宇宙プラズマ電磁環境解析 (波動粒子相互作用、プラズマ波動解析等)
- ・宇宙機-プラズマ相互作用解析 (衛星帯電、非化学推進等)
- ・中性大気波動力学解析
- ・電波応用、電波科学一般
- ・その他の生存圏 (森林圏、人間生活圏など) 関連の計算機実験
- ・大規模計算機実験に有効な数値解析手法開発

3. 利用状況

平成 21 年度（2009 年 4 月～2010 年 1 月）のシステム利用状況。

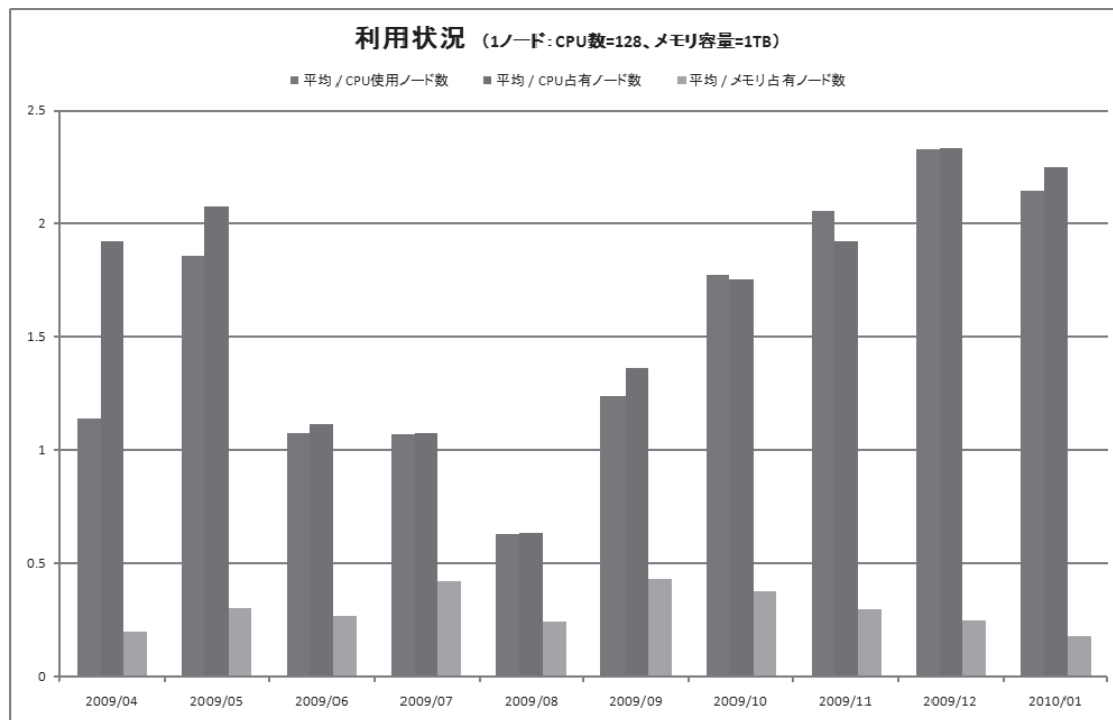


図 2 : 計算機資源利用状況 (月別)

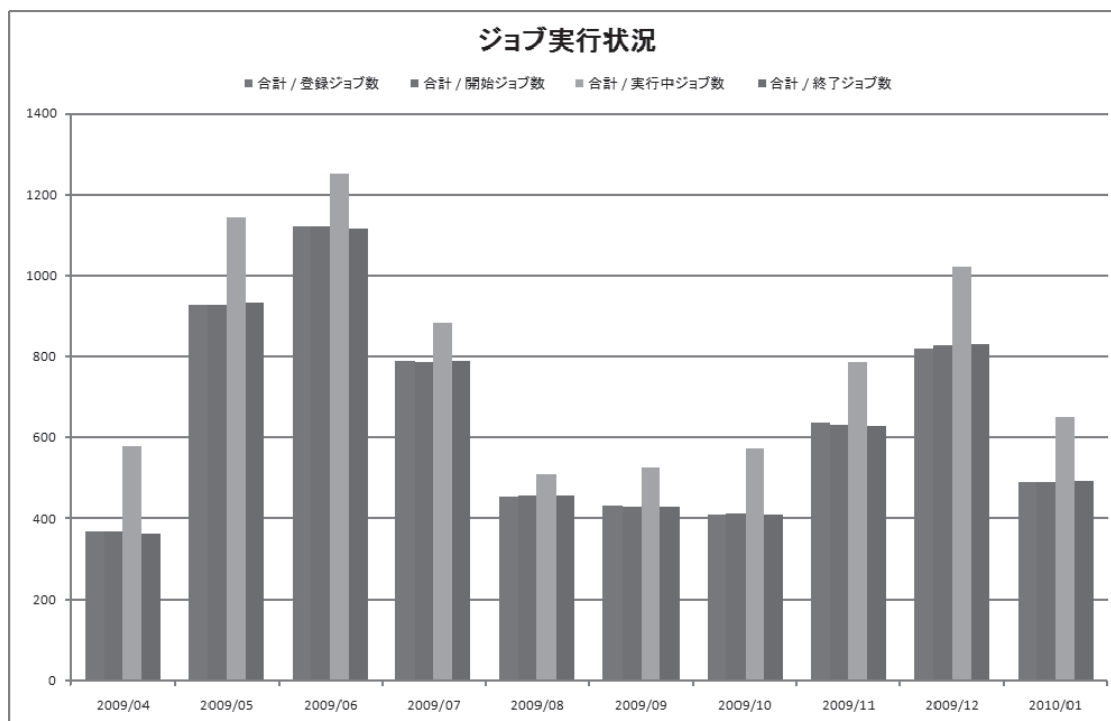


図 3 : ジョブ数 (月別)

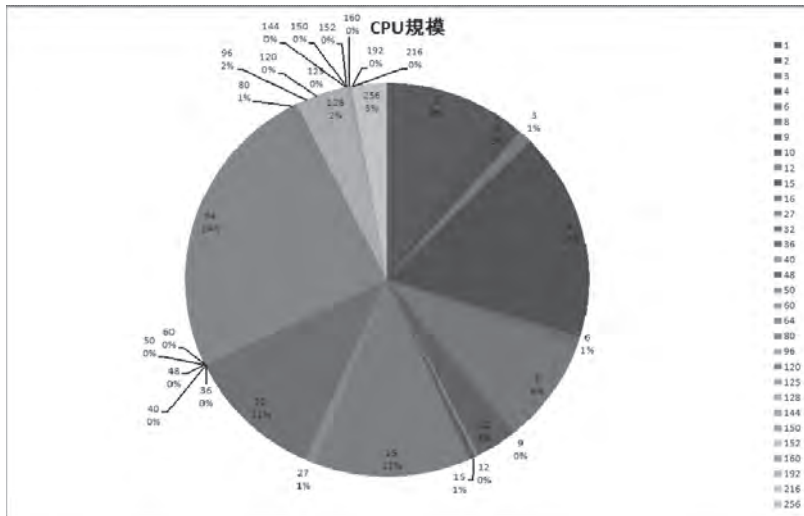


図 4 : 使用 CPU 規模

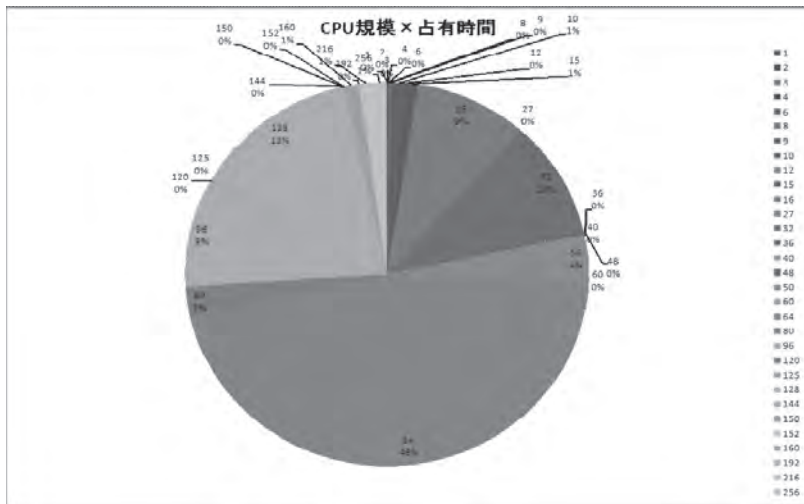


図 5 : CPU 占有状況

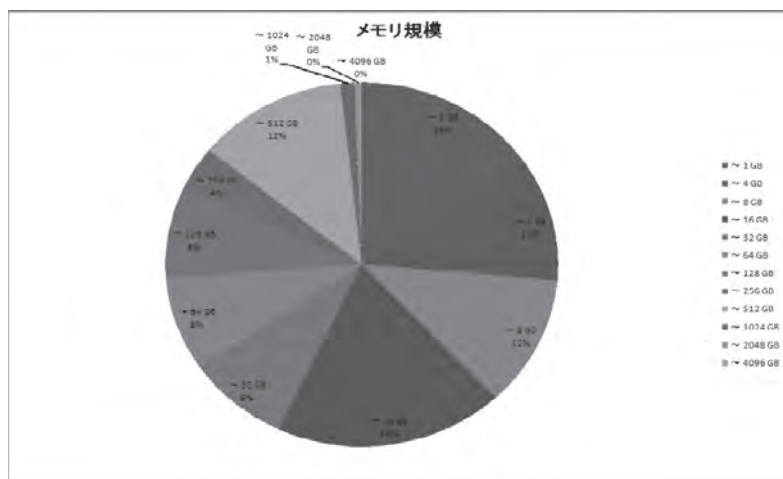


図 6 : 使用メモリ規模

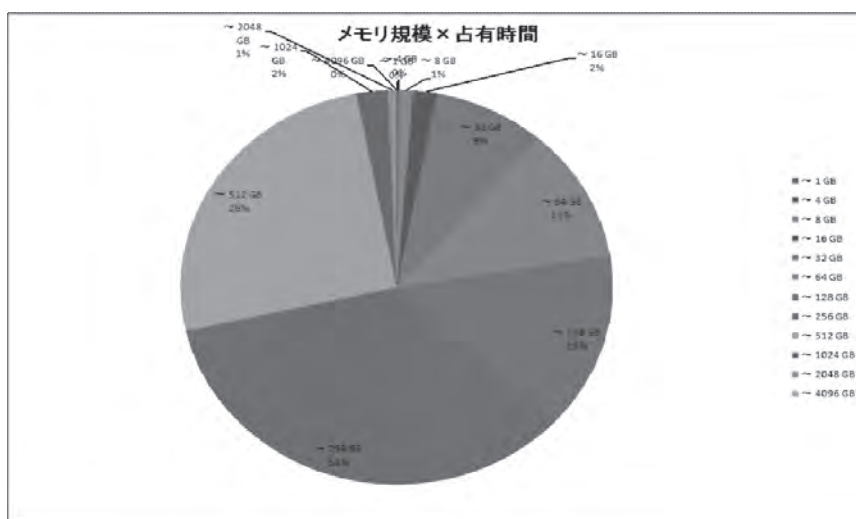


図 7：メモリ占有状況

4. 専門委員会の構成および開催状況

小野高幸(東北大)、三浦彰(東大)、荻野瀧樹(名大 STE 研)、鶴飼正行(愛媛大)、松清秀一(九州大)、篠原育(JAXA)、臼井英之(神戸大)、八木谷聡(金沢大)、町田忍(京大 理学研究科)、佐藤亨(京大 情報学研究科)、石岡圭一(京大 理学研究科)、大村善治(委員長、京大生存研)、山本衛(京大生存研)、小嶋浩嗣(京大生存研)、橋口浩之(京大生存研)、田中文男(京大生存研)

専門委員会開催日：平成 22 年 3 月 9 日 (火)

主な議題：平成 22 年度電波科学計算機実験装置利用申請課題の審査
内規改定の審議等

5. 特記事項

- 電波科学計算機実験装置のホームページ

<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/kdk/index.html>

- KDK シンポジウム開催 (第 141 回生存圏シンポジウム)

日時：平成 22 年 3 月 8, 9 日

場所：京都大学生存圏研究所

赤道大気レーダー全国・国際共同利用

1. 共同利用施設および活動の概要

1. 1. 概要

赤道大気レーダー (Equatorial Atmosphere Radar; 以下では EAR と表記) は平成 12 年度末に完成した大型大気観測用レーダーであり、インドネシア共和国西スマトラ州の赤道直下に位置している。同種の MU レーダーと比べても最大送信出力が 1/10 である以外はほぼ同等の性能を持っている。運営はインドネシア航空宇宙庁 (LAPAN) との協力関係のもとに進められている。平成 13~18 年度には、EAR を中心として赤道大気の地表面から宇宙空間に接する領域までの解明を目指した科研費・特定領域研究「赤道大気上下結合」を実施し、事後評価において最高位の評価結果：A+ (期待以上の研究の進展があった) を得た。現在では図 1 のように観測装置が充実した総合的な観測所に成長している。平成 17 年度から全国・国際共同利用を開始し活発に実施中である。

1. 2. 共同利用に供する設備

赤道大気レーダー 地上気象観測器 (気圧・気温・湿度・風速・降雨)
シーロメータ 流星レーダー 境界層レーダー

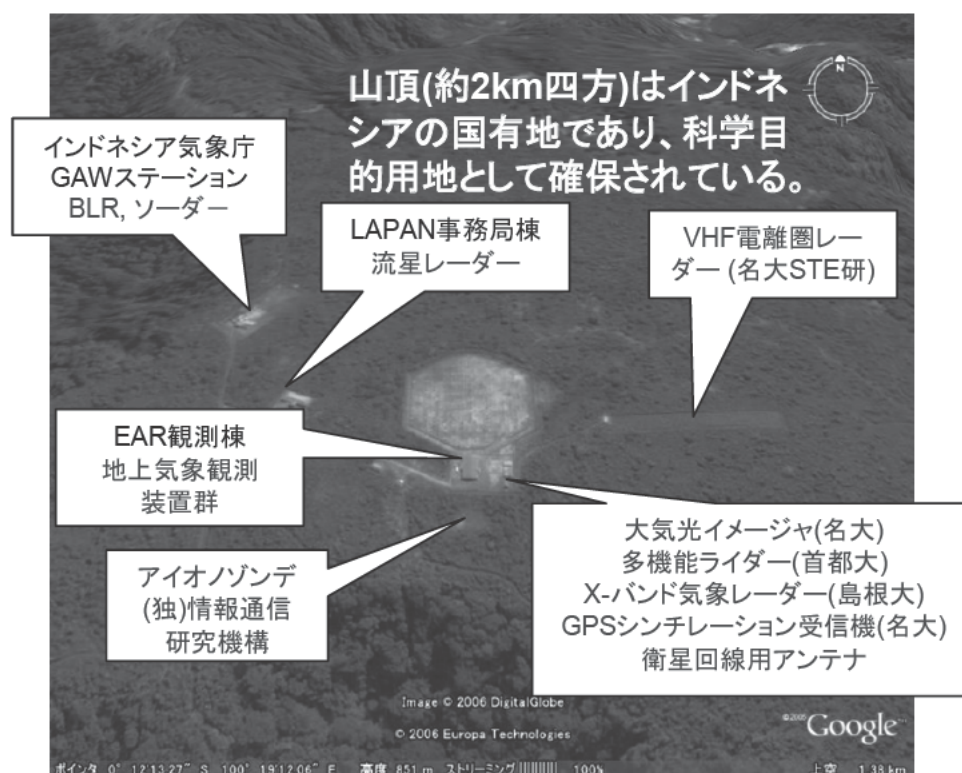


図1 赤道大気レーダー(中央)を含む観測所全景と観測装置群

1. 3. 共同利用の公募

- 共同利用の公募は年 1 回とする。専門委員によって審査を行ない、EAR 運営状況について議論を行ない、観測時間の割当て等を行なう。
- 国際的な共同研究プログラムからの観測依頼など、緊急を要する場合は専門委員長が採否を決定する。必要に応じて電子メールベースで委員に回議する。
- 赤道大気レーダーのホームページ <http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/ear/>

1. 4. 長期連続観測と観測モード

EAR は平成 13 年の完成以来、赤道大気の長期連続観測を実施してきた。観測時間の実績を図 2 に示す。主たる長期連続観測のモードは高度 20 km 程度までの対流圏・下部成層圏観測である（全期間にわたって実施）。また EAR は電離圏の研究にも有用であって、電離圏イレギュラリティ（FAI）観測も適宜実施されている（図 2 の濃色で示した期間に実施）。観測データについては、一次解析で得られる風速、スペクトル幅、エコー強度等の 10 分値を、ホームページ <http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/ear/data/> において公開している。

1. 5. 運営と予算状況

EAR の運営はインドネシア航空宇宙庁（LAPAN）との MOU に基づき共同で行なっており、例えば現地オペレータには LAPAN 職員が就いている。その他の運営費は日本側の負担であり、装置維持費と特別教育研究経費の一部が当てられている。運営費は決して充分ではないため、上記の科研費・特定領域研究をはじめとする時々の競争的資金を活用している。

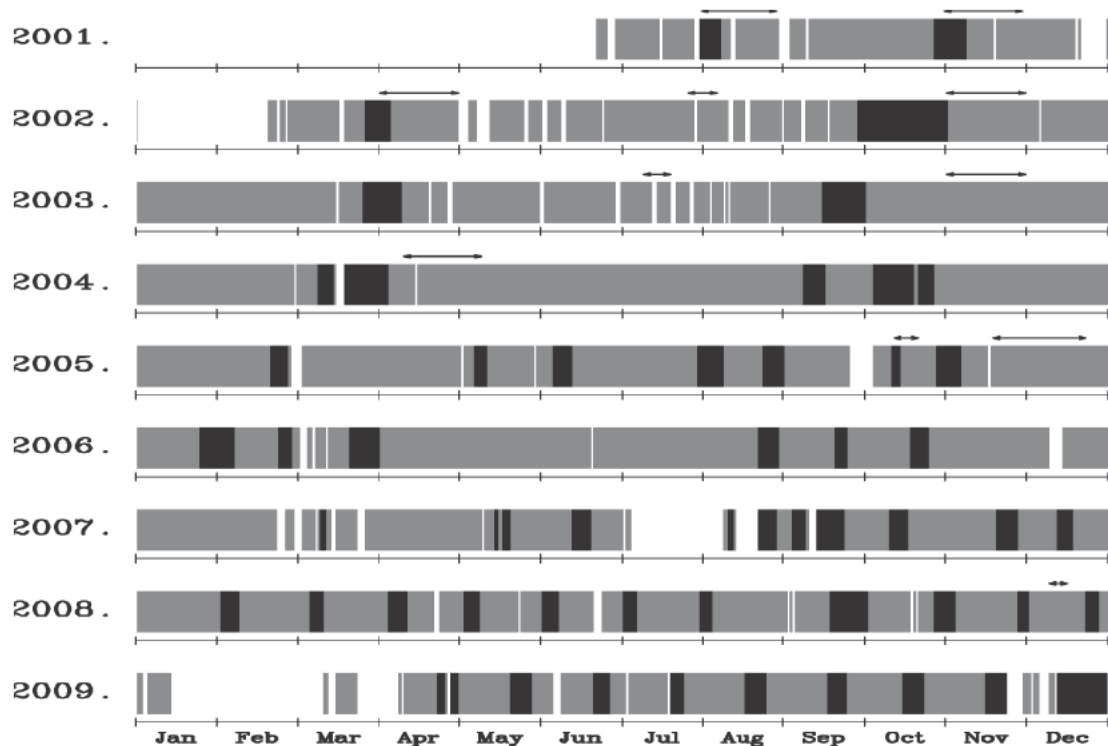


図 2 赤道大気レーダー長期連続観測の実績（濃色部分：電離圏観測を同時実施）

2. 共同利用研究の成果

○熱帯性降雨に関する研究

赤道域では、強い日射と豊富な水蒸気量に伴い降水量が非常に多いため、共同利用では熱帯性降雨に関する研究が数多く行なわれている。EAR・境界層レーダー・ディストロメータによる降雨粒径分布の研究（古津・下舞他）、EAR 及び X 帯気象レーダーの長期間データの解析による西スマトラの降水特性の研究（柴垣他）、EAR 及びライダーによる層状性降水特性の研究（妻鹿・山本真之他）、降雨量の変動に直結する赤道大気の季節内振動の研究（Seto 他）も行なわれている。TRMM 衛星による降雨の広域分布の研究（児玉他）も活発である。

○大気層の構造に関する研究

EAR の特徴は大気乱流の微細構造の観測にある。EAR の重要機能であるレンジイメージングを利用した大気の擾乱・成層構造の観測が開始されている（妻鹿・Luce 他）、また EAR と 95GHz 雲レーダーの同時観測による非降水雲とその周辺の大気運動の関連が研究されている（山本真之他）。熱帯対流圏界層は対流圏の大気が成層圏に侵入する入口であり、EAR・ライダー・ラジオゾンデ等を用いた研究が積極的に展開されている（藤原他）。

○ライダーによる対流圏・成層圏・中間圏の観測

高機能ライダーが設置されており、対流圏から成層圏にかけてのエアロゾル層、目に見えない薄い巻雲が長期間連続に観測され、EAR との比較研究が行われている（阿保・山本真之他）。レイリー散乱強度を用いた中間圏までの温度分布、中間圏上部に存在する金属原子層の観測が行われ、赤道域では非常に貴重なデータを提供している（長澤・阿保・柴田他）。

○電離圏イレギュラリティの研究

磁気赤道を中心として低緯度電離圏にはプラズマバブルと呼ばれる強い電離圏イレギュラリティが発生し、衛星＝地上間の通信に大きな悪影響を与える。EAR・大気光イメージャ・GPS 受信機・VHF レーダー・イオゾンデを駆使した研究が展開中である（大塚・塩川・石井・丸山他）。また昼間の 150km 高度に現れるエコーについて、従来は磁気赤道周辺のみの特有とされてきたが、磁気緯度 10 度に達する EAR からの観測に成功した（大塚・横山他）。

○公開シンポジウムの実施と集録集刊行

平成 19 年 9 月 20～21 日に、東京国際交流館・プラザ平成において公開シンポジウム「地球環境の心臓―赤道大気の鼓動を聴く―」を開催し、赤道大気レーダーを中心とする科研費・特定領域研究「赤道大気上下結合」からの成果を広く一般の方々に公開した。さらに平成 20 年度には、文部科学省科学研究費補助金（研究成果公開促進費）「研究成果公開発表 (A)」を得て、この公開シンポジウムの集録を刊行した。

「地球環境の心臓―赤道大気の鼓動を聴く」(ISBN978-4-87805-098-5)

編集：特定領域研究「赤道大気上下結合」領域代表：深尾昌一郎

3. 共同利用状況

本共同利用は平成 17 年度に開始されており、下表に示すとおり、利用件数は初年度の 21 件から最近の 30 件程度まで順調に拡大してきた。また当初から国際共同利用を実施している（17～18 年度はインドネシア国内からの申請のみに制限したが、19 年度からはその制限をなくした）。平成 19 年度からは毎年度に赤道大気レーダーシンポジウムを開催しており、平成 21 年度には 9 月 10～11 日に第三回を開催した。

期間	平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度
採択課題件数（内国際共同利用課題）	21 (4) *	22 (2) *	33 (9) *	34 (10) *	30 (9) *
共同利用者数（延べ人数）	108	165	205	214	190
**					

*：（ ）内の数字は国際共同利用件数 **：共同利用者数は各課題の研究代表者と研究協力者の延べ人数

4. 専門委員会の構成及び開催状況（平成 21 年度）

委員会の構成

山本衛(委員長、京大 RISH) 津田敏隆(京大 RISH) 矢野浩之(京大 RISH)
 橋口浩之(京大 RISH) 山本真之(京大 RISH) 佐藤亨(京大情報)
 長澤親生(首都大) 大塚雄一(名大 STE 研) 山中大学(海洋研究開発機構)
 古津年章(島根大)

国際委員(アドバイザー) Dr. Bambang Tejasukmana (インドネシア LAPAN 次官)

平成 22 年 2 月 12 日に国際委員の出席（LAPAN の Timbul Manik 氏、Muzirwan 氏による代理出席）を得て専門委員会を開催し、平成 22 年度申請課題の選考を行なった。

5. 特記事項

○赤道大気レーダーの改修

平成 20 年度の全学経費（全学協力経費 設備整備）を得て、EAR の改修を実施した。これは EAR の感度と、落雷からの電氣的ショックに対する耐性を飛躍的に向上することを主目的としている。更にアンテナ面を這う同軸ケーブルの取替と敷設方法の改善により、ネズミ食害に対する耐性を向上した。改修後の EAR は、受信系のゲイン 27dB 以上、ノイズフィギュア 5dB 以下、サージ耐電圧 1kV 以上といった特性が確認されており、以前は観測が難しかった高度十数 km の領域のデータ取得率が向上するなどの成果を得た。

METLAB 全国・国際共同利用

1. 共同利用施設および活動の概要

1. 1 概要

マイクロ波エネルギー伝送実験装置(METLAB)は、マイクロ波エネルギー伝送実験を効率的に行なうための電波暗室及び実験装置であり、京都大学宇治キャンパスに平成8年に設置された。平成16年度よりマイクロ波エネルギー伝送、宇宙太陽発電所SPS、電波科学実験一般及び生存圏科学のための電波の新しい応用を目的とした研究のための共同利用に供されている。

1. 2 共同利用設備

主要設備としては、内径7m(w)×7m(h)×16m(d)、シールド特性-100dB以上(1GHz～40GHz)、高耐電力電波吸収体(1面、2.45GHzにて20dB以上、1W/cm²以上、不燃性)、中耐電力電波吸収体(5面、2.45GHzにて-35dB以上、0.2W/cm²以上、難燃性)の暗室のほか、走査範囲12' x 12' (3.7m x 3.7m)でLバンドからミリ波に対応した近傍界測定装置や種々の測定機器などを有する。

1. 3 共同利用の公募

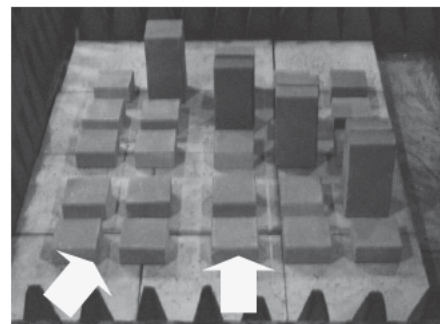
原則として、毎年1月に公募し、専門委員会での審査を経て、利用の承認、利用時間の割り当てを行なっている。利用者が製作した装置等の評価、実験等に利用されることに鑑み、随時申請を受け付け、専門委員会でも審査も行なっている。

1. 4 METLAB 研究会

共同利用者には、その年度の研究成果を、電子情報通信学会宇宙太陽発電時限研究専門委員会と共催で実施している、無線電力伝送に関する研究会(通称METLAB研究会)での発表を義務付けている。様々なマイクロ波の使い方をされている利用者間の情報交換、議論の場でもある。予稿集を報告書として毎年出版しているほか、同専門委員会のホームページで公開している。

2. 共同利用研究の成果

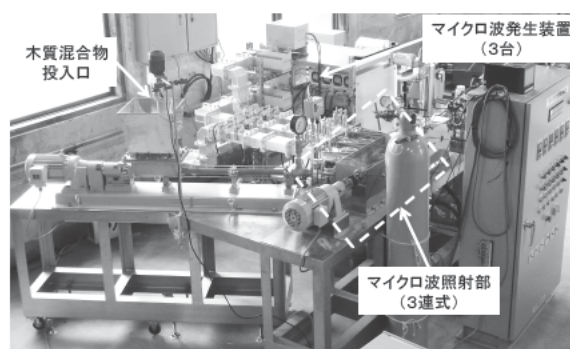
2. 1 多偏波 SAR を用いた都市モデルの構築[1]



リモートセンシングによる都市観測において、安価で悪天候時・夜間も使用可能な合成開口レーダ(Synthetic Aperture Radar : SAR)の利用が注目されている。SARの高度利用方法の一つとして偏波情報を利用して詳細な解析を行なう多偏波 SAR(Polarimetric SAR : POLSAR)という技術が存在するが、散乱が複雑な都市部に対してはこれまでにあまり応用されてこなかった。研究では多偏波データが取得可能なレーダを用いた室内実験を行ない、POLSARを都市モデルの構築に応用できる可能性を検討した。単純な構造をいくつか計測して得られた多偏波データを、表面散乱・2回反射・体積散乱・Helix散乱に分解する4成分分解手法を用いて解析した結果、建物の空間配置の変化によるマイクロ波散乱特性の変化傾向を把握できた(図はブロックが基盤の目状に並ぶ構造を正面と斜め45°から計測した実験)。

2.2 木質バイオマスからのバイオエタノール生産を目指したマイクロ波照射前処理装置の研究開発[2]

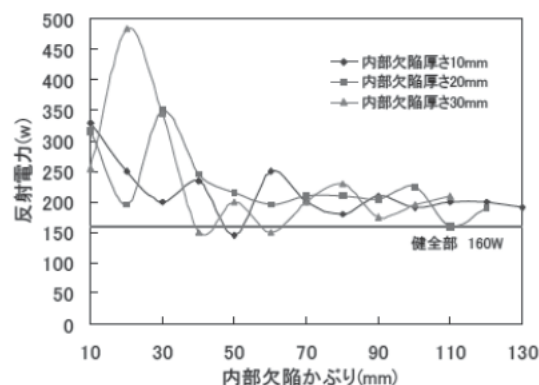
木質バイオマスからの商用利用可能なバイオエタノール生産には、高効率な酵素糖化を行なうことが重要な課題である。本研究では、この酵素糖化の高効率化のためにマイクロ波照射による木質バイオマス前処理を導入する。バッチ処理型および連続処理型



マイクロ波照射装置の設計開発を実施し、計算機実験によるマイクロ波照射容器設計の有用性を示した。また各々の装置での加熱評価を行ない、連続照射型の加熱速度が改善されていることを示した。これらのデータ蓄積をもとに、連続処理型マイクロ波照射装置のテストプラント開発を実施している。テストプラントの現状の全体写真を図に示す。

2.3 マイクロ波を利用したRC構造物中の鉄筋および欠陥探査方法に関する研究[3]

近年、コンクリート構造物中の鉄筋や内部欠陥を探査する手法として採用されるようになってきた電磁波レーダ法やX線法は、それぞれ反射波や透過波を用いて判定する手法である。一方、マイクロ波には、コンクリート中は透過するが、鉄筋や空気の層である欠陥部で反射する性質があり、反射波特性および透過波特性によっても鉄筋や欠陥位置を推定できる可能性がある。また、照射出力が小さい範囲では、X線法と異なり、資格



や管理区域の設定等の制約がない。さらに、測定装置が比較的安価であるという特徴がある。本研究では、RC 構造物の非破壊による鉄筋および探査手法について、マイクロ波の反射波特性および透過波特性を用いる新手法について検討を行なった。

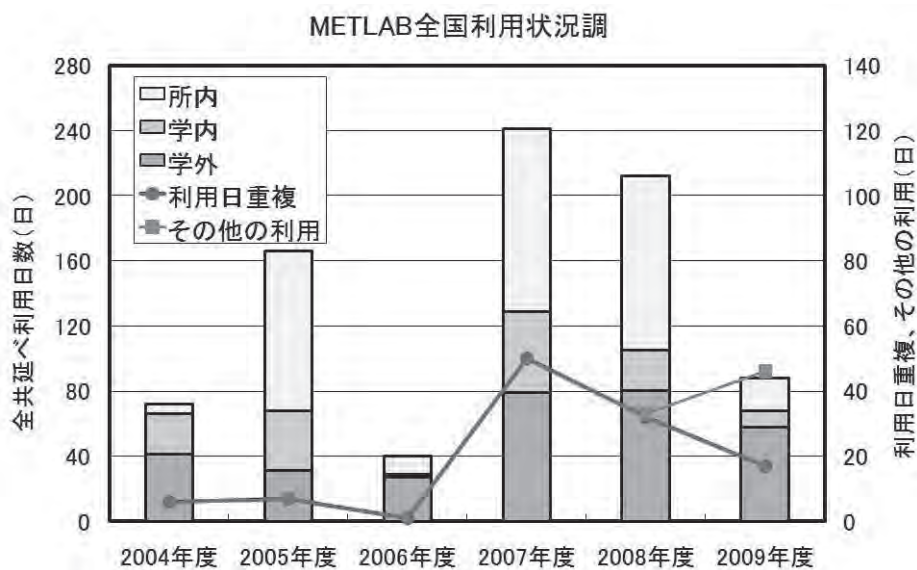
参考文献

- [1] 岩佐省吾、須崎純一、田村正行、信学技報 SPS2008-12、2009.
- [2] 三谷友彦、鈴木宏明、親泊政二三、篠原真毅、渡辺隆司、都宮孝彦、瀬郷久幸、信学技報 SPS2008-18、2009.
- [3] 辻正哲、椎橋頭一、根岸稔、並木宏徳、竹野裕正、篠原真毅、三谷友彦、土屋公則、渡井祐樹、信学技報 SPS2008-21、2009.

3. 共同利用状況

期間	平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度
採択課題数	12	10	16	14	9
共同利用者数(延べ人数)*	52	69	112	69	54

*：共同利用者数は各課題の研究代表者と研究協力者の延べ人数



4. 専門委員会の構成及び開催状況 (平成 21 年度)

橋本 弘藏(委員長, 京大 RISH)、臼井 英之(神戸大学)、佐々木 進(JAXA)、川崎 繁男(JAXA)
 北野 正雄(京大院工)、小嶋 浩嗣(京大 RISH)、佐藤 亨(京大院情報)、篠原 真毅(京大 RISH)、高野 忠(JAXA)、多氣 昌生(都立大)、野木 茂次(岡山大)、橋口 浩之(京大 RISH)
 藤野 義之(NICT)、宮坂 寿郎(京大院農)、三谷 友彦(京大 RISH)、山本 衛(京大 RISH)、

渡辺 隆司(京大 RISH)、大平 孝(豊橋技科大)、国際委員(アドバイザー) Tatsuo Itoh (米 UCLA)

本年度は 3 月 8 日に専門委員会を開催する。

5. 特記事項

平成 21 年度には、様々な周波数のマイクロ波を用いて新材料創生及び解析を世界最高レベルで高精度に行なうための設備である、高度マイクロ波応用システムが導入される。高度マイクロ波加熱応用サブシステム、高分解能電界放出形電子顕微鏡サブシステム、超高分解能質量分析サブシステム、高度マイクロ波応用機器解析サブシステムといった機器により構成され、加圧しながらの複数周波数選択式のマイクロ波加熱を利用したバイオマスからのバイオエタノール生産プロセスの開発や無機・金属系新材料の創生が可能となる。

マイクロ波無線電力伝送用を含む一般の宇宙用大型アンテナ(直径 10m 級)の特性解析、マイクロ波送受電システムの研究開発等ができる新たな設備を平成 22 年度に導入予定である。内径 17.9m(w)×7.3m(h)×17m(d)、シールド特性 -100dB 以上(14kHz~40GHz)、高耐電力電波吸収体(1 面、2.45GHz にて -28dB 以上、1W/cm² 以上、不燃性)、中耐電力電波吸収体(5 面、2.45GHz にて -38dB 以上、0.2W/cm² 以上、難燃性)の暗室のほか、走査範囲 12' x 12' (3.7 m x 3.7 m)で 26.5GHz までに対応した近傍界測定装置や種々の測定機器などを有する。SPS を目指した電力試験衛星の設計に関する基礎研究も可能とする。

居住圏劣化生物飼育棟/生活・森林圏シミュレーションフィールド 全国・国際共同利用

1. 共同利用施設および活動の概要

平成 17 年 6 月から別個に全国共同利用施設としての使用を開始した京都大学生存圏研究所居住圏劣化生物飼育棟（以下 DOL と略記）と生活・森林圏シミュレーションフィールド（以下 LSF と略）は、平成 20 年度から統合され、全国・国際共同利用施設として新たな一歩を踏み出すことになった。年度の過渡期での統合決定であったことから、共同利用研究申請は従前通り、DOL と LSF がそれぞれ公募し、申請課題を採択した。平成 20 年度に入り、実質的に統合され、同時に両委員会が合体した。共同利用を開始以来、懸案であった国際共同利用を開始した。平成 21 年度は、国際共同利用 5 件を含む 21 件の研究課題を採択した。

DOL は木材及びそれに類する材料を加害する生物を飼育し、材料の生物劣化試験、生物劣化機構、地球生態系・環境への影響（例えば、シロアリによるメタン生成）などを研究する生物を供給できる国内随一の規模を有する施設である。飼育生物としては、木材腐朽菌、変色菌、表面汚染菌（かび）などの微生物とシロアリやヒラタキクイムシなどの食材性昆虫が含まれる。従前より、木材や新規木質系材料の生物劣化抵抗性評価や防腐・防蟻法の開発・研究に関して、大学だけでなく、公的研究機関、民間企業との共同研究を積極的に遂行してきた。



一方 LSF は、鹿児島県日市吹上町吹上浜国有内に設置されたクロマツとニセアカシア、ヤマモモなどの混生林からなる約 28,000 平方メートルの野外試験地であり、日本を代表する 2 種の地下シロアリが高密度で生息し、これまで既に 30 年近くにわたって木材・木質材料の性能評価試験、木材保存薬剤の野外試験、低環境負荷型新防蟻穂の開発や地下シロアリの生態調査、大気環境調査等に関して国内外の大学、公的研究機関及び民間企業との共同研究が活発に実施されてきた。



野外でのシロアリ生態調査

防蟻試験の準備



処理杭の野外試験



木材・木質材料の耐蟻性実験

生活・森林圏シミュレーションフィールド (LSF)
 所在地：鹿児島県日置市吹上町
 鹿児島空港あるいは鹿児島市内から車で
 50～60 分

2. 共同利用研究の成果

昨年度に引き続き採択された生物機能を利用したエネルギー生産や、地下シロアリの食糧化に関する研究成果概要と、それらの学術的意義について紹介する。

○「餌-シロアリ-腸内微生物叢」系を利用したバイオガス生産

「餌-シロアリ-腸内微生物叢」系を活用したバイオガス生産は、常態下で木材を含むバイオマスを分解する能力を備え、代謝産物として水素やメタンを排出するシロアリの生物機能に着目し、未利用木質バイオマスからのクリーンエネルギー創出によって低環境負荷型のバイオガス生産システムの構築を目指す研究である。食材性の下等シロアリであるイエシロアリ(将来的には、アメリカカンザイシロアリも研究対象に加える)と高等シロアリであるタカサゴシロアリに人工餌料を与えて飼育し、生存率、腸内微生物叢、バイオガス排出量を測定した。その結果、イエシロアリは、セルロース餌で飼育された場合に限って

町内原生動物相を維持することが可能で、生存率も高かった。また、バイオガス排出量もセルロース餌を摂食した時に水素排出量が著しく増加した。一方、タカサゴシロアリは、ヘミセルロース餌を摂食した場合に高い生存率を示し、腸内にはキシラン栄養物として利用できる微生物が共存していることが示唆された。バイオガス排出量もキシラン餌を摂食した時に水素排出量が、キシロース餌の場合にメタン排出量が著しく増加した。実用化に至るには、エネルギー生産効率と生産に要する費用の低減が不可欠であるが、今後の研究の進展が期待できる。

○「廃紙による地下シロアリ大量飼育によるシロアリの食料化に関する基礎研究」

日本の製紙産業は年間2,000万トンもの廃紙を出しており、有効利用が模索されている。廃紙によって大量飼育されたシロアリの養殖魚類や家禽・家畜類の飼料、人間の食料としての可能性を検討した。様々な種類の廃紙に対するシロアリによる分解性を室内および野外試験で評価し、シロアリ大量飼育の場合の餌としての適性を比較した。ヤマトシロアリの職蟻とニンフを用いた室内試験では、異なる廃紙を与えた場合の脂質量を測定したところ、クラフトパルプ、ティッシュペーパー、段ボール紙では、実験開始前後で変化がないかむしろ実験後に上昇した。しかしながら、他の廃紙では顕著な脂質量の低下が認められた。特に、段ボール紙での飼育では、シロアリによって多量が消費された。排出される廃紙が多種多様であり、限られた種類以外ではシロアリの餌料とした場合には生存率も低く、シロアリ大量飼育の場合の餌としての適性は高いとは言えない。

3. 共同利用状況

表1 平成17年度～21年度の共同利用状況

採択課題数・共同利用者数(延べ人数)	年 度				
	17	18	19	20	21
採択課題数：LSF	12	16	17	16(2)*	21(4)*
採択課題数：DOL	13	13	7	12(2)*	
共同利用者数(延べ人数) **: LSF	53	72	80	81	109
共同利用者数(延べ人数) **: DOL	45	51	46	50	

*: ()内の数字は国際共同利用件数 **: 共同利用者数は各課題の研究代表者と研究協力者の延べ人数

平成21年度の採択課題件数の減少は、DOLとLSFを一元化し、別個の公募をしなかったことによる。

4. 専門委員会の構成及び開催状況(平成21年度)

☆専門委員会の構成

国内委員: 角田邦夫(委員長、京大生存研)、今村祐嗣(京大生存研)、吉村剛(京大生存研)、

本田与一(京大生存研)、塩谷雅人(京大生存研)、山本衛(京大生存研)、黒田宏之(京大生存研)、上田義勝(京大生存研)、東順一(京大大学院農学研究科)、陀安一郎(京大生態学センター)、青柳秀紀(筑波大)、栗崎宏(富山県農林水産総合技術センター木材研究所)、山岡亮平(京都工芸繊維大)、土居修一(筑波大)、大村和香子(森林総合研究所)

国際委員(アドバイザー)：J. Kenneth Grace (ハワイ大学)、Brian T. Forschler (ジョージア大学)、Chow-Yang Lee(マレーシア理科大学)

☆専門委員会開催状況

平成 22 年 2 月 26 日 (平成 21 年度第 1 回委員会)

議題：平成 22 年度申請課題の審査、拠点認可に関する説明、その他

申請課題の審査は、予め各委員に申請書類を配信し、委員会開催までに委員長が纏めておき、委員会開催時に出席委員の議を経て採択した。

5. 特記事項

(1)DOL/LSF で行なわれた研究成果を広く社会に公開するため、研究成果報告会を第 138 回生存圏シンポジウムとして平成 22 年 2 月 25 日に実施し、併せて成果要旨集を出版した。

木質材料実験棟全国・国際共同利用

1. 共同利用施設および活動の概要

木質材料実験棟 (Wood Composite Hall) は、1994年2月に完成した大断面集成材を構造材とする三階建ての木造建築物である (写真1)。1階には、木質構造物の構造要素の強度性能評価のための実大実験装置の他に、木質由来の新素材開発の研究を行なうための加工、処理、分析・解析装置等が備えられている。2階は、スタッフの居室、応接室、ミーティングスペース、そして大学院生の居室となっている (写真2)。3階には、国際的なシンポジウムにも広く活用されている140名程度収容可能な講演会場の他、30名程度が利用できる会議室がある (写真3)。



写真1 木質材料実験棟全景



写真2 2階応接室



写真3 3階講演会・セミナー室

主たる設備と活動状況は以下の通り

- 1) 1,000 kN 堅型サーボアクチュエーター試験機 (写真4) : 試験体最大寸法は高さ 2.5 m、幅 0.8 m、奥行き 0.8 m 程度まで可能。静的加力の他、各種動的加力が可能。製材、集成材各種接合部の静的加力実験、動の実験、疲労実験、丸太や製材の実大曲げ実験、実大座屈実験その他に供用されている。油圧サーボアクチュエーターであるので、電気代がかかる事と、油圧弁等の故障が多く、維持管理に経費がかかる。
- 2) 鋼製反力フレーム 500 kN 水平加力実験装置 (写真5) : 試験体最大寸法 : 高さ 2.8 m、長さ 4.5 m (特別の治具を追加すれば 6 m まで可能)、奥行き 1 m。PC 制御装置と最大ストローク 500 mm の静的正負加力用オイルジャッキを備えている。耐力壁、集成材門型ラーメンその他構造耐力要素の実大 (部分) 加力実験に供用されている。木質材料実験棟で最も稼働率の高い装置である。
- 3) X線光電子分析装置 (ESCA) (写真6) : 試料の最表面 (5 nm) を分析可能。イオンエッチングを行なうことで深さ方向の分析も可能である。現在の所、主に、木質系炭素材料の表



写真4 1,000 kN 堅型サーボアクチュエーター試験機を用いた京都府木橋用スギ丸太2層接着重ね梁の曲げ破壊実験の様子

面分析に供用されている。



写真5 鋼製反力フレーム実験装置



写真6 X線光電子分析装置 (ESCA)

4)木造エコ住宅（律周舎）（写真7）：平成18年11月に完成した自然素材活用型木質軸組構法実験棟。金物を一切使わず、木、竹、土といった自然素材だけで構造体を構築したユニークな木造実験住宅である。各種外壁材の耐候性実験、エコ住宅の振動性能評価実験（写真8）、床下菌類の分布計測実験、シロアリの木造住宅食害実験、屋根裏温度分布の計測等を継続中。



写真7 木造エコ住宅（律周舎）



写真8 小型起震機によるエコ住宅の振動性能実験

平成21年度の採択課題数は15件で例年より少し少なかった。表1に平成21年度の受付課題名、代表研究者、所内担当者の一覧を示す。

表1 平成21年度木質材料実験棟共同利用採択課題一覧

整理番号	課題番号	研究課題	研究代表者名(共同研究者数)所属・職名/所内担当者
1	21WM-01	セルロースナノファイバーの製造とナノコンポジットへの応用	矢野浩之(6)京大大学生存圏研究所・教授/矢野浩之
2	21WM-02	木質炭素材料の化学構造解析と電磁波シールド性能に及ぼす影響の評価	西宮耕栄(2)北海道立林産試験場・研究職員/畑 俊充
3	21WM-03	熱電変換材料の構造解析と物性評価	北川裕之(2)島根大学総合理工学部・准教授/畑 俊充
4	21WM-04	スギ集成材ボルト接合部の繰り返し荷重下における挙動の解明	渡辺 浩(3)福岡大学工学部社会デザイン工学科・准教授/小松幸平
5	21WM-05	木質起源物質の化学修飾と炭素化物への	木島正志(2)筑波大学大学院数理工学物質科学研究科・准

		物質変換	教授/畑 俊充
6	21WM-06	木質系材料を用いた新工法の構造特性に関する研究	福留重人(2)鹿児島県工業技術センター・研究専門員/ 小松幸平
7	21WM-07	高靱性型 LSB 接合部の開発	小松幸平(8)京都大学生存圏研究所・教授/小松幸平
8	21WM-08	アカシアハイブリッド材の強度性能の評価	小松幸平(5)京都大学生存圏研究所・教授/小松幸平
9	21WM-09	住宅床下への木材劣化生物の侵入生態の把握とその予防に関する基礎的検討	築瀬佳之(5)京都大学大学院農学研究科・助教/吉村剛
10	21WM-10	木造建物における非構造部材が耐震性能に与える影響に関する研究	五十田博(5)信州大学工学部・准教授/森 拓郎
11	21WM-11	地域材の有効活用と木造住宅の修理・修復技術に関する研究	田淵敦士(3)京都府立大学生命環境科学研究科環境科学専攻・講師/森 拓郎
12	21WM-12	木質系テープを用いた集成材簡易補強技術の開発	山内秀文(4)秋田県立大学 木材高度加工研究所・准教授/森 拓郎
13	21WM-13	木口挿入型接合具を用いた木材接合法の設計法の検討	井上正文(5)大分大学工学部福祉環境工学科建築コース/森 拓郎
14	21WM-14	高結晶性炭素材料の開発	岡本 忠(3)近畿大学農学部・教授/畑 俊充
15	21WM-15	セルロース繊維分散系の構造と粘弾性	巽大輔(1)九州大学大学院農学研究院森林資源科学部門・准教授/畑 俊充

2. 共同利用研究の成果

1) 課題番号 21WM-10 の「木造建物における非構造部材が耐震性能に与える影響に関する研究」では、これまで実験的に確認されたことが少なかった住宅の耐震性能に及ぼす階段 Box (写真 9) の影響を静的な実大実験によって検討し、階段 Box の空間が有する構造性能に関して、始めて定量的なデータ (図 1) が収集された。

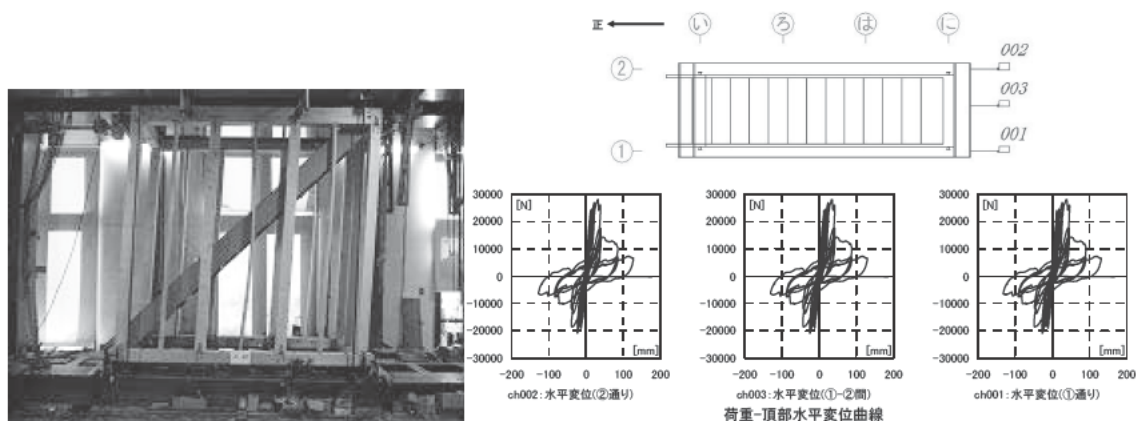
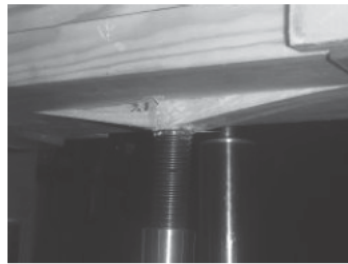
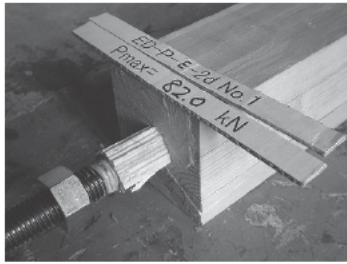


写真9 階段 Box の水平加力実験

図1 荷重－真の水平せん断変形角の関係

2) 課題番号 21WM-13 の「木口挿入型接合具を用いた木材接合法の設計法の検討」では全ねじボルト接着剤結合型接合法 : Glued-in-Rod (写真 10) の単位引き抜き耐力を集成材のせん断強度値に基づいて簡易に評価できる設計式の提案を行ない、繊維平行方向、繊維直交方向の両方向とも、設計式は実験結果と良好な一致 (図 2) を示すことが確認された。



(左) 繊維平行方向 (右) 繊維直交方向
写真 10 GIR 接合の破壊形態

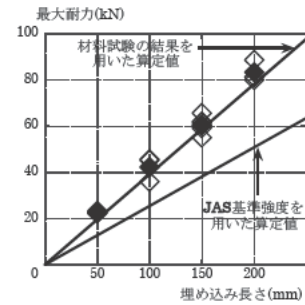


図 2 設計式と実測値の比較

3) 課題番号 21WM-07 の「高靱性型 LSB 接合部の開発」では、LSB 接合部の理論推定式を再度精密に組み直し、実験結果を高精度で推定可能な計算式の提案に成功した。

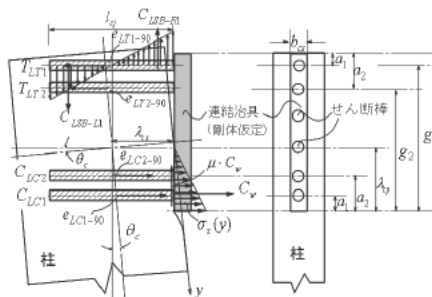


図3 力の分布の再考察

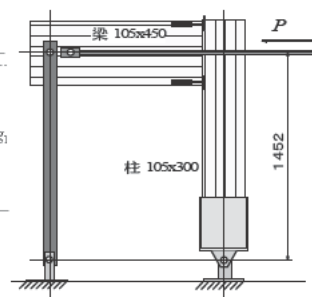


図4 LSB 柱-梁接合部の実験

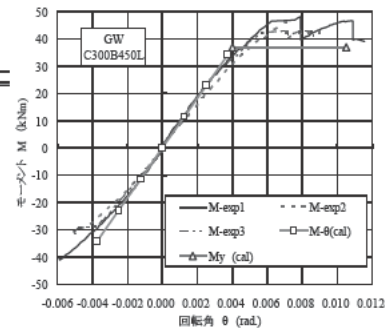


図5 理論推定式と実測値の比較

3. 共同利用状況

平成 17 年度から 21 年度までの共同利用状況の推移を表 2 に示す。

表 2 木質材料実験棟過去 6 年間の利用状況の推移

期間	平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度
採択課題数	18	20	20	22	15
共同利用者数 (延べ人数)	55	97	105	111	74

4. 専門委員会の構成及び開催状況 (平成 21 年度)

平成 22 年度 3 月現在の専門委員会の委員名・所属先は以下の通りである。

小松幸平 (委員長、京大 RISH)、井上正文 (大分大工)、巽太輔 (九大農)、川瀬博 (京大 防災研)、林知行 (森林総研)、仲村匡司 (京大農)、篠原直毅 (京大 RISH)、山内秀文 (秋田木高研)、野田康信 (北林産誌)、矢野浩之 (京大 RISH)、佐々木貴信 (秋田木高研)、渡辺 浩 (福岡大工)。平成 21 年度の専門委員会は、全てメール回議によって行なった。

5. 特記事項

○ 木質材料実験棟のホームページ

<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/hall/index.html>

生存圏データベース全国・国際共同利用

1. 共同利用施設および活動の概要

「生存圏データベース」は、生存圏研究所が蓄積してきたデータの集大成で、材鑑調査室が収集する木質標本データと生存圏に関するさまざまな電子データとがある。材鑑調査室では1944年以来、60年以上にわたって収集されてきた木材標本や光学プレパラートを収蔵・公開している。また、大気圏から宇宙圏、さらには森林圏や人間生活圏にかかわるデータを電子化し、インターネット上で公開している。これら生存圏に関する多種多様な情報を統括し、全国・国際共同利用の中の一形態であるデータベース共同利用として管理・運営を行なっている。

1-1. 材鑑調査室

材鑑調査室は、1978年に国際木材標本室総覧に機関略号KY0wとして正式登録されたことを契機に、1980年に設立された。現在も、材鑑やさく葉標本の収集をはじめとし、内外の大学、研究所、諸機関との材鑑交換を積極的行なっている。現有材鑑数は17822個（178科、1131属、3617種）、永久プレパラート数は9563枚である。わが国では森林総合研究所に継ぐ2番目の規模である。生存圏研究所に特徴的なものとして、古材コレクション（349点）がある。これらは指定文化財建造物の修理工事において生じる取替え古材を文化財所有者や修理事務所の協力に基づき、系統的に収集したものである。実験試料として破壊試験を行なうことができる我が国唯一のコレクションであり、木の文化と科学に寄与する様々な研究テーマに供されている。また木材の組織構造観察にもとづく樹種同定を通して、昨今耐震改修の進む歴史的な建造物の部材毎の樹種や、木彫像を初めとする文化財の樹種のデータベース化を推進している。



収集している古材コレクションの一例(左)、生存圏バーチャルフィールド：世界の木材、歴史的木材、木製品の展示ならびに顕微鏡観察コーナ、情報端末をそなえる(右)。

2008年の改修により、管理室と見学スペースを分離して能率化すると同時に、生存圏データベース共同利用の拠点設備として生存圏バーチャルフィールドを開設した。現在は、法隆寺五重塔心柱、祇園祭船鉦車輪をはじめとして、数多くの文化財級の部材や工芸品を

展示し、年間 1000 名に達する見学者に随時公開している。さらに、2009 年には増加する歴史的建造物資料の保管スペースのために、小屋裏倉庫を設けた。現在、柱材や梁などの大型古材や、木材解剖学関連の文献・書籍などが収納されている。

1-2. 電子データベース

生存圏データベースの一環として、研究成果にもとづいて蓄積してきた電子情報にもとづく、以下のような種々のデータベース（現在のところ 8 種類）がある。

宇宙圏電磁環境データ：1992 年に打ち上げられ地球周辺の宇宙空間を観測し続けている GEOTAIL 衛星から得られた宇宙圏電磁環境に関するプラズマ波動スペクトル強度の時間変化データ。**レーダー大気観測データ**：過去 20 年にわたってアジア域最大の大気観測レーダーとして稼働してきた MU レーダーをはじめとする各種大気観測装置で得られた地表から超高層大気にかけての観測データ。**赤道大気観測データ**：インドネシアに設置されている赤道大気レーダーで取得された対流圏及び下部成層圏における大気観測データと電離圏におけるイレギュラリティ観測データを含む関連の観測データ。**グローバル大気観測データ**：全球気象データ（現在は、ヨーロッパ中期気象予報センターの再解析データと気象庁作成の格子点データ）を自己記述的でポータビリティの高いフォーマット（NetCDF）で公開。

木材多様性データベース：材鑑調査室が所蔵する木材標本ならびに光学プレパラートの情報を、また日本産木材データベースでは日本産広葉樹の木材組織の画像と解剖学的記述を公開。**植物遺伝子資源データ**：植物の生産する有用物質（二次代謝産物）とその組織間転流や細胞内蓄積に関与すると考えられる膜輸送遺伝子に焦点を絞り、有用な遺伝子の EST 解析を行ない、その遺伝子の情報を集積。**木質構造データ**：大規模木質構造物・木橋等の接合方法や伝統木造建築の構造特性などの観点から、国内の主たる木質構造について、接合部などの構造データ、建物名や建築年代、使用樹種などのデータを集積。**担子菌類遺伝子資源データ**：第二次世界大戦以前より収集されてきた希少な標本試料(木材腐朽性担子菌類の乾燥子実体標本；写真も含まれる)の書誌情報や生体試料の遺伝子情報を収集。

電子データベースは、<http://database.rish.kyoto-u.ac.jp/>から公開している。

The image shows a screenshot of the Kyoto University Survival Sphere Research Institute website. The page is titled "生存圏データベース" (Survival Sphere Data Base) and lists several data databases with corresponding images and brief descriptions:

- グローバル大気観測データ**: Global atmospheric observation data using NetCDF format, including ERA-40 and NCEP reanalysis data.
- 木材多様性データベース**: Wood diversity database containing wood specimen images and anatomical descriptions of Japanese broadleaf trees.
- 植物遺伝子資源データ**: Plant genetic resource data focusing on secondary metabolites and membrane transport genes.
- 木質構造データ**: Wood structure data from large-scale structures and traditional buildings, including joint details and building information.
- 担子菌類遺伝子資源データ**: Basidiomycete genetic resource data from rare specimens, including bibliographic and genetic information.

2. 共同利用研究の成果

- ① 木材標本採集会：森林総合研究所が中心となり推進する国産樹種採集会を3年前から全国共同利用研究の一つとして行なっている。参加者の専門は、木材学のみならず、植物学、歴史学、考古学、年輪学と広く、学際的な雰囲気の中、採集のノウハウ、植物分類学の基礎、植生と気候区分などを学ぶ貴重な機会となっている。
- ② 全国大学間ネットワーク：北海道大学、東北大学、東京大学、森林総合研究所、京都大学、九州大学が参加して、国内に所蔵される材鑑のデータベース化とネットワーク化の推進を目的としている。
- ③ 中国産木材解剖学大成：約8千種ともいわれる中国産材から有用な1000種を扱った中国木材に関する集大成が完成間近である。京都大学と南京林業大学の研究者の協力のもと、日、英、中3ヶ国語による解剖学の書籍の出版を予定している。
- ④ 樹種識別講習会：大学院生ならびに学部生を対象に、解剖学の基礎講義に加えて寺社等の実地サンプリング・同定作業の体験プログラム。樹種同定を通して人と木とのかわりを調べる文理融合的な研究を推進する若手研究員の育成を目指す。



床下材のサンプリング（左）と樹種同定の講習風景

3. 共同利用状況

平成17年度から21年度に渡る共同利用状況については、以下の通りである。

期間	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度
材鑑調査室 採択課題数	15	18	15	18	18
材鑑調査室 共同利用者数*	68	73	88	76	60
電子データベースへのアクセス	1,296,343件 2,670GB	1,996,398件 10,185GB	1,789,152件 9,170GB	5,328,254件 50,065GB	6,340,066件 197,654GB

* 共同利用者数は各課題の研究代表者と研究協力者の延べ人数

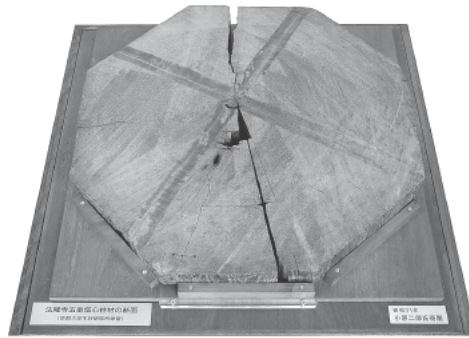
4. 専門委員会の構成及び開催状況（平成 21 年度）

専門委員会は、所外委員 11 名[林祥介（神戸大）、鈴木三男（東北大）、中島英彰（NIES）、藤井智之（森林総研）、村山泰啓（NICT）、村田健史（NICT）、船田良（東京農工大）、中村卓司（極地研）、堀之内武（北海道大）、杉本直三（京大・医）、高部圭司（京大・農）]と所内委員 6 名[川井秀一、塩谷雅人、矢崎一史、杉山淳司、小嶋浩嗣、橋口浩之]、および海外委員 1 名[Russ Rew（Unidata, USA）]からなっている。

平成 21 年度の委員会は平成 22 年 3 月 26 日午前 14 時～16 時に開催し、平成 21 年度の活動報告、平成 22 年度生存圏データベース（材鑑調査室）共同利用申請課題の選考などについて論議を行った。

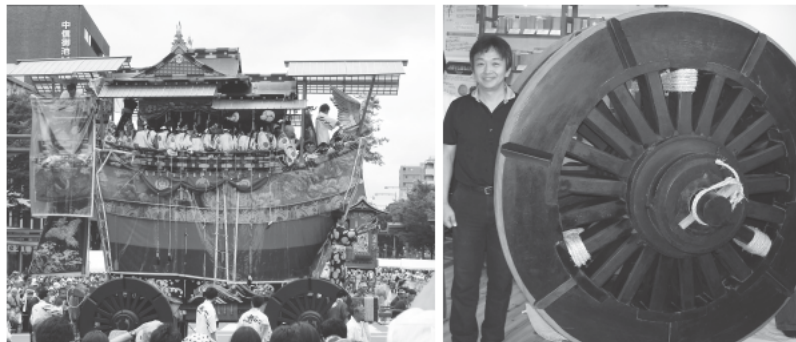
5. 特記事項

① 2010 年春季に総合博物館が京都大学の X 線に関する企画展示会を開催。材鑑調査室からは法隆寺五重塔心柱を貸し出し、樹種同定と X 線トモグラフィーのポスターを展示。



法隆寺五重塔心柱の一部(ヒノキ)年輪数 ; 354、推定樹齢 ; 354 + α 年以上、AD. 241 ~ 594 (弥生時代～飛鳥時代)に相当する。

② 生存研川井所長が祇園祭の車方を務めていることから、船鉾保存会（下京区）から寄託された直径 2 メートルの車輪は明治 25 年（1892 年）に作成された。2009 年度より、木質ホールとバーチャルフィールドに展示・公開している。



祇園祭で巡航する船鉾と寄託された車輪。

持続可能生存圏開拓診断 (DASH) / 森林バイオマス評価分析システム (FBAS) 全国・国際共同利用

1. 共同利用施設および活動の概要

人類が持続的生存を維持するためには、太陽エネルギーによる再生可能な植物資源によって、食糧生産、資源確保、エネルギー供給を支えるシステムを構築することが、世界的な緊急課題となっている。また地球環境の保全のためには、植物を中心として、それを取り巻く大気、土壌、昆虫、微生物など様々な要素の相互作用、すなわち生態系のネットワークを正しく理解することも必要である。これらは当研究所のミッション1、4、およびアカシアプロジェクトに密接にかかわっている。そして、環境修復、持続的森林バイオマス生産、バイオエネルギー生産、高強度・高耐久性木質生産などを最終目標として、種々の有用遺伝子機能の検証と並び、樹木を含む様々な形質転換植物が作成されている。

こうした研究を支援するため、平成19年度の京都大学概算要求（特別支援事業・教育研究等設備）において、生存圏研究所は生態学研究センターと共同で「DASH システム」を申請し、これが認められて生存圏研究所に設置された。本システムは、樹木を含む様々な植物の成長制御、共生微生物と植物の相互作用、ストレス耐性など植物の生理機能の解析を行なうとともに、植物の分子育種を通じ、有用生物資源の開発を行なうものである。一方、平成18年度より全国共同利用として運用してきたFBASは、前者の分析装置サブシステムと内容的に重複するところが多いことから平成20年度よりDASHシステムと協動的に統合し、一つの全国・国際共同利用として運用することとした。後者は複雑な木質バイオマス、特にリグニンおよび関連化合物を中心として、細胞レベルから分子レベルにいたるまで正確に評価分析する、分析手法の提供をベースとした共同利用研究である。

本システムを構成する主要な機器と分析手法は以下の通りである。

主要機器

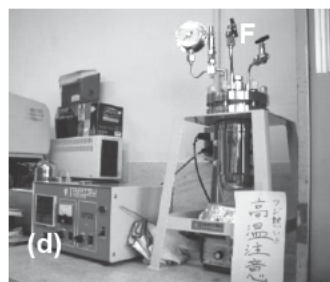
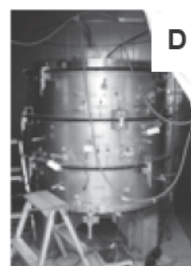
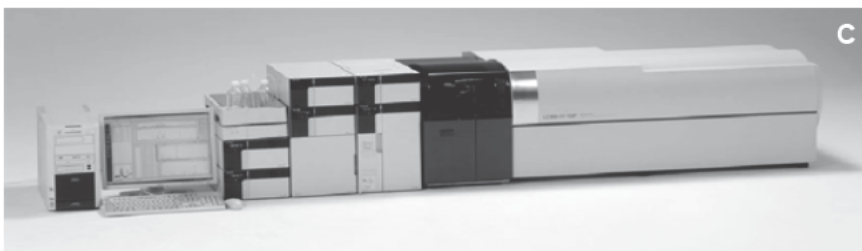
・DASH 植物育成サブシステム

組換え植物育成用（8温室＋1培養室＋1準備処理作業室） [図 A]

大型の組換え樹木にも対応（温室の最大高さ6.9m）

・DASH 分析装置サブシステム

1) 代謝産物分析装置	LCMS-IT-TOF	1台 [図 C]
2) 植物揮発性成分分析装置	GC-MS	2台 [図 B]
3) 土壌成分分析装置	ライシメータ	2台 [図 D]



図：DASH/FBAS 構成機器（抜粋）

・FBAS として共同利用に供する設備

四重極型ガスクロマトグラフ質量分析装置

高分解能二重収束ガスクロマトグラフ質量分析装置 [図 E]

四重極型液体クロマトグラフ質量分析装置 [図 F]

ニトロベンゼン酸化反応装置

その他の装置

核磁気共鳴吸収分光装置

透過型電子顕微鏡

主な分析手法

チオアシドリシス、ニトロベンゼン酸化分解（リグニン化学構造分析）

クラークソンリグニン法、アセチルブロマイド法（リグニン定量分析）

2. 共同利用研究の成果

2-1. 組換えダイズによる機能性ペプチド生産技術の開発

研究代表者：丸山 伸之（京都大学大学院農学研究科）

【研究目的と意義】ダイズ種子は貯蔵タンパク質をイネやトウモロコシに比べ豊富に含有しており、医薬品および健康食品素材などの有用タンパク質やペプチドを生産する植物工場として最も有効である。また、申請者らが解析したダイズ貯蔵タンパク質の立体構造および種子細胞内輸送・高蓄積機構の知見を利用することにより、高度に有用タンパク質やペプチドをダイズ種子に蓄積させることが可能である。そこで、ダイズ形質転換体の作出技術を用いて、アルツハイマー型痴呆症予防ペプチドをダイズ種子に蓄積させ、遺伝子組換えダイズを用いてアルツハイマー型痴呆症に対するワクチンの開発を行なう。

【H21年度の成果】ダイズ種子貯蔵タンパク質であるグリシニンのA1aB1bサブユニットをアルツハイマー型痴呆症予防ペプチドを導入するキャリアーとして利用した。立体構造上のディスオーダー領域を、ペプチドを導入するターゲットとして導入型A1aB1bサブユニットを設計し、ダイズ種子でそれらの発現タンパク質が蓄積することを確認した。さらに、内在性の貯蔵タンパク質を欠失しているダイズ系統を宿主として利用することにより、導入型A1aB1bサブユニットの蓄積量が増加することを明らかにした。電子顕微鏡での観察から、1-3か所にペプチドを導入したA1aB1bサブユニットは、導入前のもと同様にタンパク質貯蔵液胞に輸送されることが示された。以上より、アルツハイマー型痴呆症予防ペプチドを抗含有するダイズの開発に成功した。

2-2. ラジカル反応を統御する担子菌代謝物の構造解析

研究代表者：渡辺 隆司（京都大学生存圏研究所）

【研究目的と意義】生物的手法を用いてリグノセルロースから様々な有用ケミカルを生産するためには、植物細胞壁を固めるリグニンを破壊して、細胞壁多糖に酵素や微生物がアクセスできる状態に変換してやらなければならない。木材腐朽性担子菌の酸化リグニン分解システムの利用がこの目的達成のための手段として注目されている。担子菌による木材腐朽では、リグニン分解酵素-リグニン間の直接反応や酵素-メディエーター反応に加えて、低分子物質の関与したラジカル生成システムがリグニン分解の選択性の制御の根幹に関与している。本研究では、木材腐朽の選択性に関与する代謝物群と、それらの発現におよぼす因子を明らかにするとともに、見出した鍵代謝物の構造と機能を解明することを目的とする。本研究は、担子菌のメタボロミクスの基盤構築に貢献するとともに、バイオマスの有効利用法の開発に寄与する。

【H21年度の成果】担子菌を木材腐朽条件と液体培養条件において培養し、菌体外画分を抽出、分画後、LCMS-IT-TOF分析に供し、菌体外代謝物のプロファイリングを取得した。その結果、ceriporic acidが酸化修飾されたと推定される代謝物を多数見出した。そこで、当該酸化代謝物の一つと予想されるceriporic acid C エポキシドをin vitro合成し、

LCMS-IT-TOF の保持時間、精密質量および MS/MS スペクトル解析の一致により同定した。また、還元、誘導体化反応後の酸化代謝物を GC-MS, LCMS-IT-TOF 分析に供し、構造解析を行なった。岩手生物工学研究センターの坂本裕一主任研究員と共同で子実体形成や酸化酵素メディエーターに寄与する代謝物を探索するため、木材腐朽菌代謝物の LCMS-IT-TOF 分析を行なった。

3. 共同利用状況

平成 17 年度から 21 年度に渡って共同利用状況については以下の通りである。本全国共同利用設備は、平成 18 年度と 19 年度 FBAS として共同利用を開始した。その後平成 19 年度の京都大学概算要求にて DASH の設置が認められた。内容的に両方で重複する部分が多かったため、平成 20 年度からは両者を融合して DASH/FBAS として全国共同利用の運用をしている。

DASH/FBAS の利用状況

期間	平成 17 年度	平成 18 年度 (FBAS)	平成 19 年度 (FBAS)	平成 20 年度 (DASH/FBAS)	平成 21 年度 (DASH/FBAS)
採択課題数		8	8	15	22
共同利用者 数(延べ人数)		25	45	97	129

*：共同利用者数は各課題の研究代表者と研究協力者の延べ人数

4. 専門委員会の構成及び開催状況（平成 21 年度）

平成 22 年 3 月現在の専門委員会を構成する委員名・所属先は以下の通りである。
 矢崎一史（生存圏研究所・委員長）、西谷和彦（東北大学大学院）、村中俊哉（横浜市立大学）、青木俊夫（日本大学）、河合真吾（静岡大学）、重岡成（近畿大学）、太田大策（大阪府立大学大学院）、松井健二（山口大学大学院）、柴田大輔（財団法人かずさ DNA 研究所）、明石良（宮崎大学）、高部圭司（京都大学大学院）、高林純示（生態学研究センター）、大串孝之（生態学研究センター）、津田敏隆（生存圏研究所）、塩谷雅人（生存圏研究所）、渡邊隆司（生存圏研究所）、梅澤俊明（生存圏研究所）、杉山淳司（生存圏研究所） 山川 宏（生存圏研究所）、林 隆久（生存圏研究所）、黒田宏之（生存圏研究所）、馬場啓一（生存圏研究所）、服部武文（生存圏研究所）

平成 21 年度の専門委員会は、共同利用申請課題の審査、採択に関して、メール会議にて開催した。主な開催日は以下の通りである。

平成 22 年 2 月 10 日 申請研究課題の審査依頼

平成 22 年 3 月 5 日 申請研究課題の採択結果について承認

生存圏学際萌芽研究センター

1. 概要

生存圏学際萌芽研究センターは、生存研の4つのミッション(環境計測・地球再生、太陽エネルギー変換・利用、宇宙環境・利用、循環型資源・材料開発)に関わる萌芽・学際的な研究を発掘・推進し、中核研究部および開放型研究推進部と密接に連携して、新たな研究領域の開拓を目指すことを目的として設置された。そのために、所内教員のほか、ミッション専攻研究員、学内研究担当教員、学外研究協力者と共同で生存圏学際新領域の展開に努めてきた。生存圏研究所は、平成22年度から共同利用・共同研究拠点研究所として、従来から実施してきた施設・大型装置およびデータベースの共同利用に加えて、プロジェクト型の共同研究を推進する。このため、生存圏学際萌芽研究センターが共同研究拠点として機能するための組織変更を平成21年度に実施した。また、組織変更と合わせて、従来学内あるいは所内に限定していた研究助成の応募対象者を学外研究者まで拡大する変革を行った。さらに、生存圏研究所に特徴的なプロジェクト型共同研究を支援・推進するため、フラッグシップ共同研究を立ち上げた。

平成21年度は7名のミッション専攻研究員を公募によって採用し、萌芽ミッションの研究推進を図るべく、生存圏科学の新しい領域を切り開く研究に取り組んだ。

また、所内のスタッフだけではカバーできない領域を補うために、21年度は理学研究科、工学研究科、農学研究科を含む18部局、計63名に学内研究担当教員を委嘱した。

平成21年度からは、共同利用・共同研究拠点化に向けて、従来ミッション代表者が所内研究者に配分した研究費を、学外研究者を含む公募型研究「生存圏ミッション研究」に変更し、20件を採択・実施した。また、従来学内に限定した「萌芽ミッションプロジェクト」を学外まで拡大し、40歳以下の若手研究者を対象とする公募プロジェクト「生存圏科学萌芽研究」に改革した。平成21年度は15件を採択・実施した。さらに、平成21年度には、生存研に特徴的なプロジェクト型共同研究を支援するため、「生存圏フラッグシップ共同研究」を立ち上げ、公募により3件を採択した。従来、中核研究部を中心とした一部の共同研究プロジェクトは、所内研究費の配分が無いなどの理由により外部から認識されにくい場合があったが、研究所を代表するプロジェクト型共同研究としての地位を賦与することにより、共同研究拠点活動の一環としての可視化を図るものである。平成21年度に採択した「生存圏フラッグシップ共同研究」は、以下の3件である。

- 1) 熱帯産業林の持続的生産利用に関する多角総合的共同研究
- 2) バイオナノマテリアル共同研究
- 3) バイオマス・物質変換のためのマイクロ波高度利用共同研究

また、ミッション専攻研究員を中心にした定例オープンセミナーや研究成果発表のためのシンポジウムを開催し、生存圏が包摂する4圏の相互理解と協力を促し、これに基づく生存圏にかかわる学際的な萌芽・融合研究について、新たなミッション研究を創生・推進することに努めている。このオープンセミナーについては、所員やミッション専攻研究員だけでなく、所外の様々な領域の研究者を囲み、学生達とも一緒になって自由に意見交換を行い、より広い生存圏科学の展開に向けて相互の理解と研鑽を深めるとともに、新しい研究ミッションの開拓に取り組んだ。

センター会議およびセンター運営会議を開催し、センターやミッション活動の円滑な運営と推進を図るための協議を定例的に行った。

1.1 センターの構成員

- ・ センター長 (渡辺隆司(兼任))
- ・ 所内教員 (学際萌芽研究分野: 矢野浩之・山川 宏・篠原真毅・吉村 剛・橋口浩之)

国際共同研究分野：矢崎一史、 全国共同研究分野：今井友也(いずれも兼任)

- ・ ミッション専攻研究員 (大橋康典、坂東麻衣、原田英美子、Sasa Sofyan Munawar、鄭 基浩、Md. Mahabubur Rahman、疋島 充)
- ・ 学内研究担当教員 (兼任)
- ・ 学外研究協力者

1.2 ミッション専攻研究員の公募

生存圏研究所では、ミッション専攻研究員を配置している。ミッション専攻研究員とは、研究所の学際萌芽研究センターあるいは開放型研究推進部に所属し、生存圏科学の創成を目指した4つのミッション(環境計測・地球再生、太陽エネルギー変換・利用、宇宙環境・利用、循環型資源・材料開発)に係わる萌芽・融合的な研究プロジェクトに専念する若手研究者で、公募によって選任している。

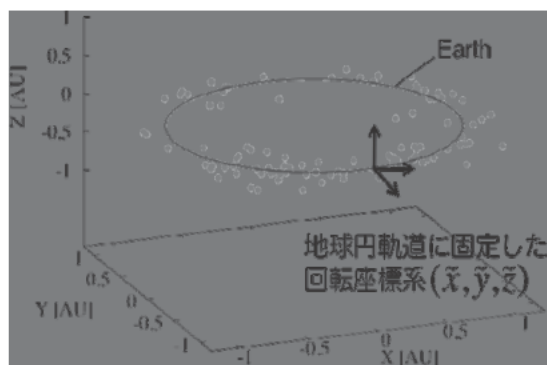
2. 本年度の実績

2.1 ミッション専攻研究員の研究概要

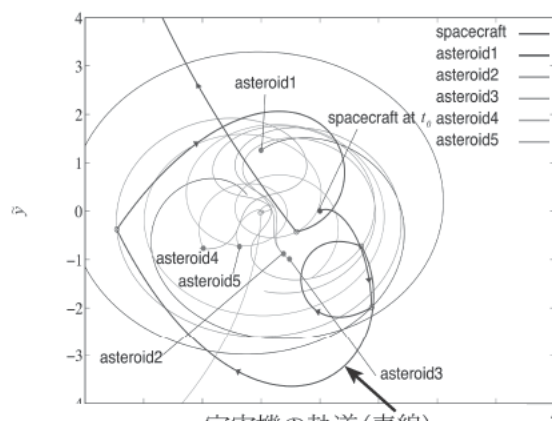
氏名、(共同研究者)、プロジェクト題目、研究内容

坂東麻衣 (山川 宏)：宇宙環境利用のための軌道制御に関する研究

宇宙機の軌道近傍の複数のデブリやPHA(地球接近小惑星)を観測するミッションを考えた場合、一台の宇宙機で複数の軌道上をまわるほうが経済的である。宇宙機の軌道近傍には複数のデブリや小惑星が存在すると考えられるが、これまでの軌道制御の研究では、一台の宇宙機による複数の軌道へのフライバイを扱う研究例は少ない。この問題は、膨大な数の対象の中から、どの対象に、いつ、どのように行くかを決定する複雑な最適化問題である。本研究では、宇宙環境を積極的に利用したうえで小惑星・デブリ環境を計測を行うために必要な制御についての考察を行った。宇宙機の軌道制御理論を用いた複数フライバイ問題の新しい解法を提案した。



小惑星の分布



宇宙機の軌道(青線)

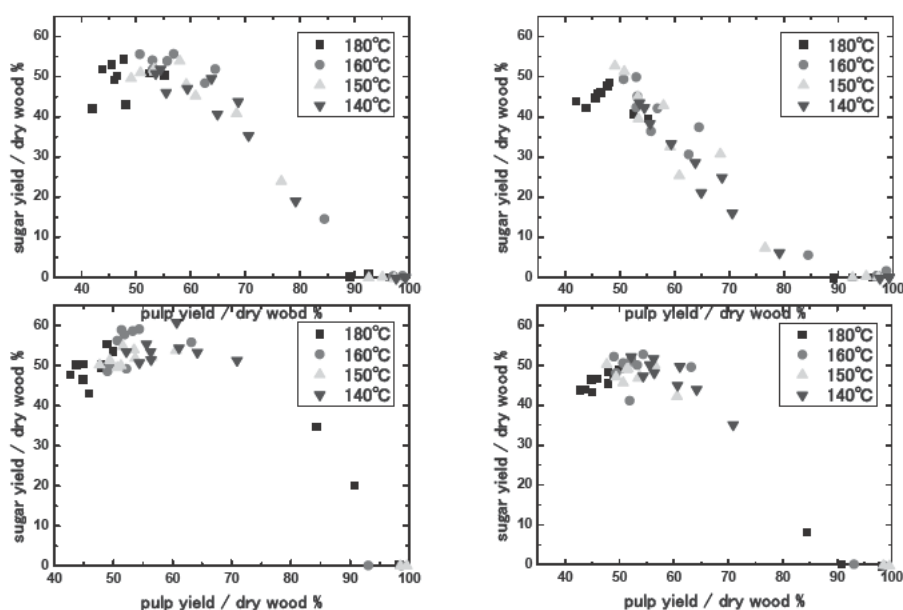
大橋康典 (渡辺隆司)：アカシア材の化学資源化を目指したマイクロ波およびその増感剤を利用した反応系の開発

最近新しい化学資源として注目を浴びている木質バイオマスをも有用化学物質に変換するためには、その主要構成成分である多糖とリグニンを効率良く分離して利用する必要がある。昨年度は、マイクロ波照射と増感触媒反応とを組み合わせ木材を処理することで、低環境負荷かつ高分離能を併せ持つ反応系を構

築した。この反応系は外部加熱と比較して有意に高い処理効率を示した。また、スギおよびアカシアの木粉に関して、マイクロ波照射温度・時間および触媒濃度を最適化する実験をおこなった。本年度は同様の系でファルカタリア (*Paraserianthes falcataria*)、ユーカリ グロビュラス (*Eucalyptus globulus*) およびブナ (*Fagus crenata*) の木粉を処理して最も高い糖収率を示す条件を探索した。また、上記 5 種類の樹種について、糖化酵素量を減少させた際の糖収率の変動についても調べた。

さらに、本手法によって分解されたりグニン成分に関して、昨年度は 8 種類の化合物を同定した。今年度、これらの化合物が多量に得られる反応系を探索したところ、これらの化合物は、高い糖収率を得るためには有用な溶媒であるポリオールを使用した系よりも低分子量モノオールを使用した方が高収率で得られた。一方、エチレングリコールを使用した系においては紫外線吸収能を持つ画分が得られた。

上記の研究に関連して、これまでに特許 3 報 (特願 2009-013689、PCT/JP2009/63398、特願 2009-237166) を出願した。今後も様々なリグニン分解物が生成する系を開発するとともに、その利用法についても検討していきたいと考えている。



図：糖収率最適化の例 アカシア・40(左上)、同・8(右上)、ユーカリグロビュラス・40(左下)、同・8(右下)。数値はパルプに対して使用した酵素量(FPU/g)。マイクロ波照射時の溶媒は、いずれもエチレングリコール/水 (9/1, w/w)。

Md. Mahabubur Rahman (Toshiaki Umezawa) : Regeneration and Genetic Transformation of *Acacia mangium*

The development of efficient regeneration and genetic transformation techniques of *Acacia mangium* and *Acacia crassicarpa* was undertaken in the present study. Different parts of seedlings were used for plantlet regeneration through axillary and adventitious micropropagation system. The reporter gene was tested for genetic transformation of both *Acacia*. Efficient regeneration protocols of both acacias were established through somatic embryogenesis. The transgenic callus was obtained from stem segments of *A. mangium* by co-cultivation with *Agrobacterium tumefaciens* EHA105 strain harboring pIG121Hm.

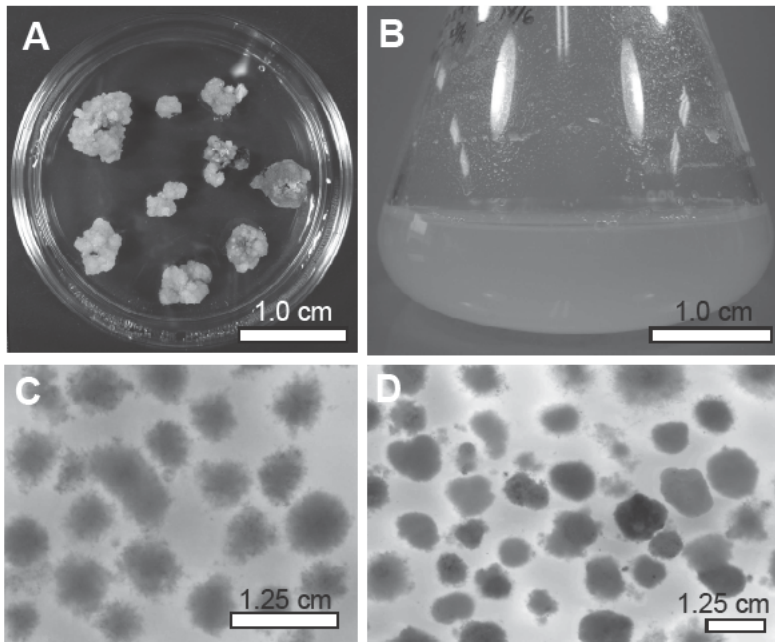


Fig. Somatic embryogenesis of *Acacia mangium* in suspension culture from pinnate-derived callus. A) induced callus from pinnate segment. B) cell suspension culture. C) globular stage of embryo. D) different stages of embryos.

原田英美子（矢崎一史）： 樹木を用いた重金属汚染土壌のファイトレメディエーション法の開発研究

植物を用いて汚染環境を修復するファイトレメディエーションには、有害金属の収奪および蓄積能力に優れた重金属集積植物がよく用いられる。本研究では、重金属を蓄積するとされながら解析が遅れている金属集積性樹木の集積機構を解明し、環境浄化技術の開発に資することを目的としている。特にヤナギ類に着目して検討した結果、ファイトレメディエーションへの適用に有望な種としてカワヤナギを同定した。

植物体内の金属の蓄積部位とその化学形態を詳しく調べるため、放射光を用いた蛍光 X 線分析 (μ -XRF: X-ray Fluorescence) で詳細な解析を行った。水耕栽培の系を用い、 $25 \mu\text{M}$ のカドミウムで 30 日間処理したヤナギの植物体を用いた。木化した枝の重金属分布を調べたところ、樹皮でカドミウム濃度が高く、木部では低いという、以前行った定量分析の結果を支持する画像が得られた (図)。特に表皮直下のコルク形成層、もしくはコルク皮層と考えられる部位にカドミウムの蓄積が確認された。

次いで植物が実際に水や土壌から重金属を取り除くことができるか検定を行った。水圏の浄化のモデルとして、水耕栽培液に $25 \mu\text{M}$ のカドミウムを加え、カワヤナギを 12 日間栽培したところ、水耕培地中のカドミウムの 40% が植物に移行することが判明した。土壌の浄化を検定するため、鉱山跡地で採集した重金属汚染土壌をポットに入れ、カワヤナ

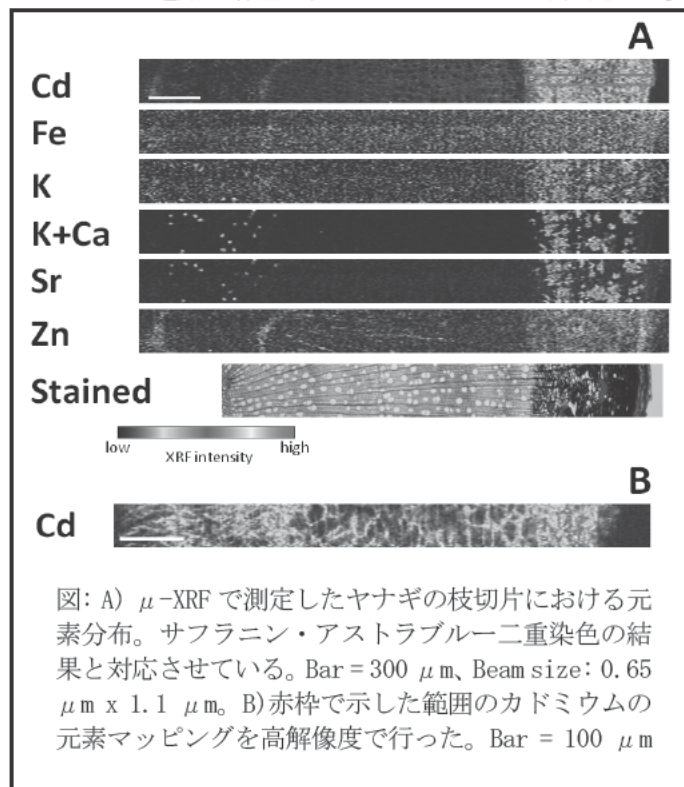


図: A) μ -XRF で測定したヤナギの枝切片における元素分布。サフラニン・アストラブルー二重染色の結果と対応させている。Bar = $300 \mu\text{m}$, Beam size: $0.65 \mu\text{m} \times 1.1 \mu\text{m}$ 。B) 赤枠で示した範囲のカドミウムの元素マッピングを高解像度で行った。Bar = $100 \mu\text{m}$

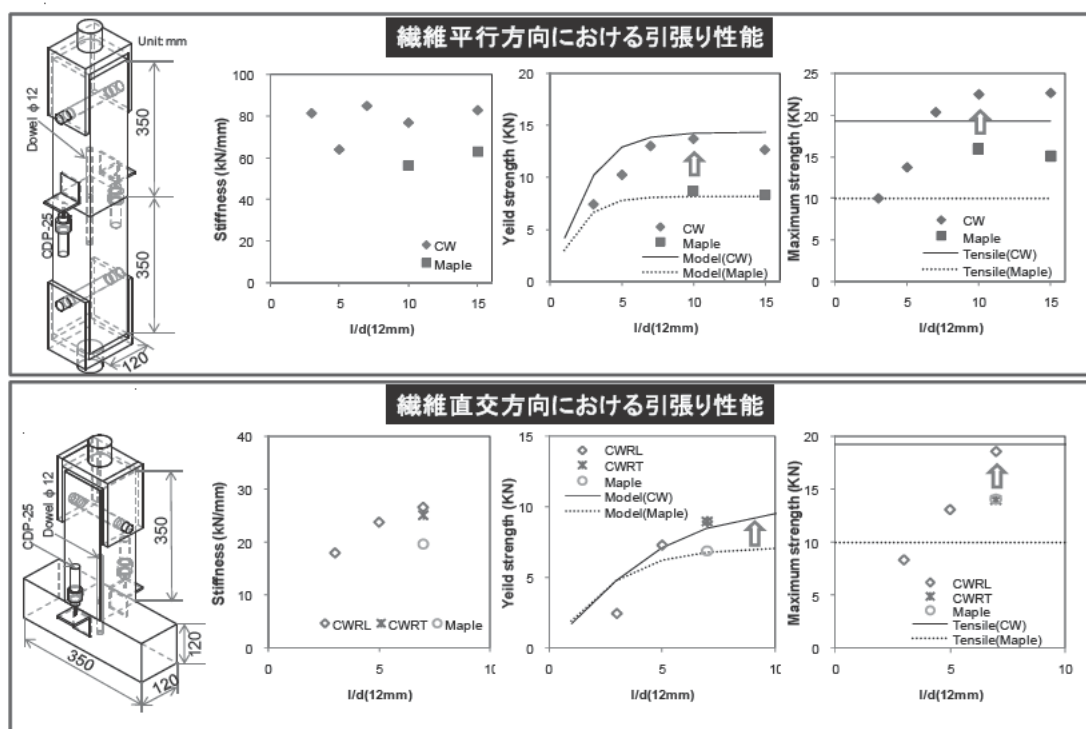
ギ、イヌコリヤナギの枝を挿し木し生育させ、3ヶ月もしくは6ヶ月後、土壌をサンプリングした。この土壌を乾燥後、硝酸一過塩素酸法による分解を行い、ICP-AES (Inductively Coupled Plasma -Atomic Emission Spectroscopy) で金属の定量分析を行った。さらに、塩酸抽出法により可溶性カドミウムの測定も行った。しかし、いずれもデータのばらつきが大きく、土壌の重金属濃度が減少しているかどうかの結論は出せなかった。土壌分析法の確立と植物による環境浄化能の検定法の開発は今後の課題と考えられた。

鄭 基浩 (小松幸平) : スギ圧縮木材を用いた GIR 接合部の開発

本研究では、引張り性能が高いスギ圧縮木ダボを従来の一般広葉樹材ダボの代替材として、GIR 接合部に導入することにより、環境に優しい高性能の GIR 接合部を開発することを目的とした。

ダボと母材の接着性能を調べるために、パンチングシア試験を行い、圧縮ダボの圧縮率による密度とダボの接着性能の関係が明らかとなった。また、パンチングシア試験の結果を基に、ダボの挿入長さの影響と最適長さを調べるために、GIR 接合部の引抜き試験を行い、力学モデルによる計算値と比較した。

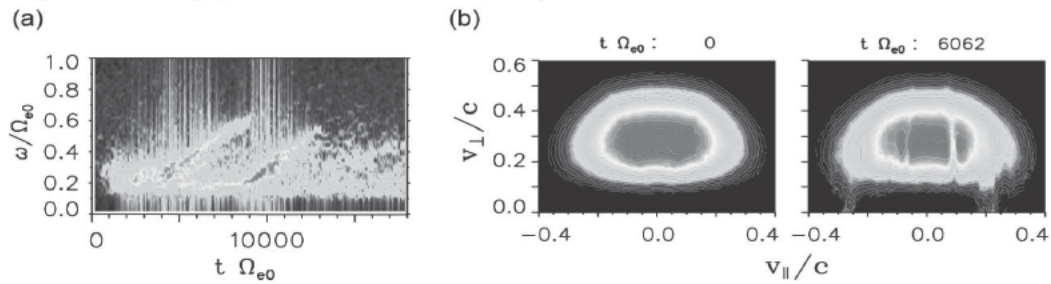
パンチングシア試験の結果、圧縮木ダボの接着性能は、カエデダボと同等の性能を持ち、密度 330 から 1,000kg/m³まで殆ど変わらない傾向を示すことから、GIR 接合部における引張り用ダボ材として、使用可能であることが確認された。GIR 接合部におけるダボの長さにおいては、ダボの直径に対し 10 倍が最適条件であった。結果、スギ圧縮ダボを用いた GIR 接合部は、圧縮ダボの十分な接着性能と高い引張り性能により、引抜きに対して従来の広葉樹材より約 1.6 倍以上高い性能を持つことが明らかとなった。



疋島 充 (大村善治) : 地球磁気圏放射線帯における高エネルギー粒子ダイナミクスの解明

コーラスエミッションと呼ばれるプラズマ波動は、地球磁気圏の赤道付近で発生することが知られている。また放射線帯領域の粒子ダイナミクスに大きく影響を与えることが考えられている。コーラスは非常に複雑な発生機構を伴っているため、その発見から半世紀近く明らかにされていなかった。本研究では、電磁粒子シミュレーションを用いてコーラスの発生・伝搬機構および関連する粒子ダイナミクスの解明に

努めている。粒子シミュレーションによって、コーラスの詳細な発生機構を明らかにし、関連する粒子の詳細な加速ならびに減速過程を確認することが出来た。



図： (a) シミュレーションによって再現されたコーラス (b) 粒子分布の時間変化

Sasa Sofyan Munawar (Shuichi Kawai) : Development of *Acacia mangium* bark molded products reinforced with natural acids and non-wood plant fibers

The effects of various molding conditions on development of molded products made from acacia mangium bark flour, sansevieria fiber and malic acid were investigated. Bending properties and thermal stability of the products were improved by adding malic acid. Molded products that manufactured at 160°C and 180°C showed good values in bending properties and thermal stability according to the JIS standards for wood-plastic recycle composites.

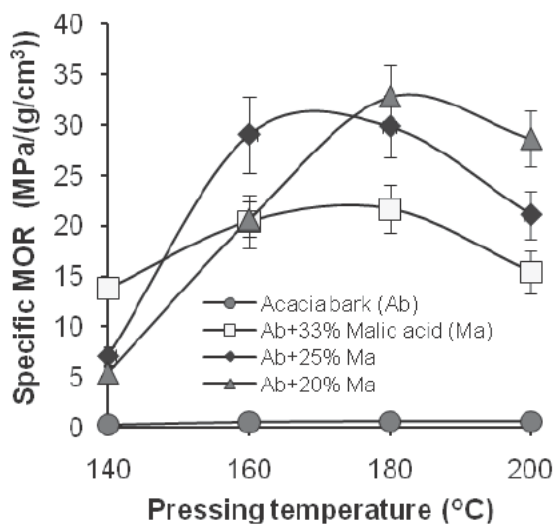
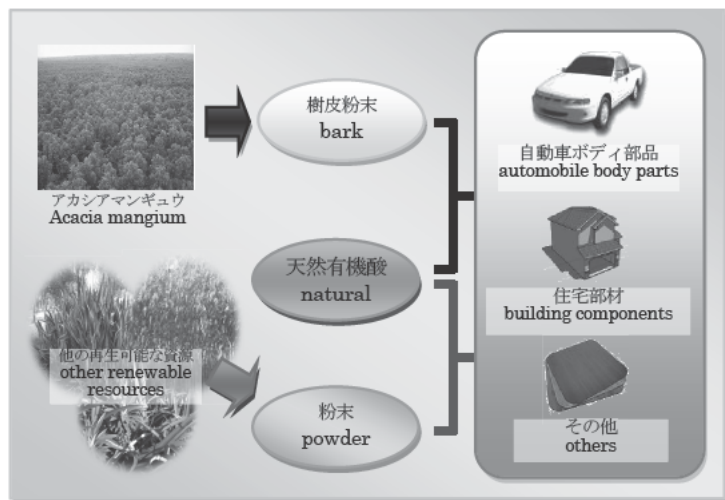


Fig 1. Effect of malic acid loading and pressing temperatures on specific MOR of acacia bark molded product.

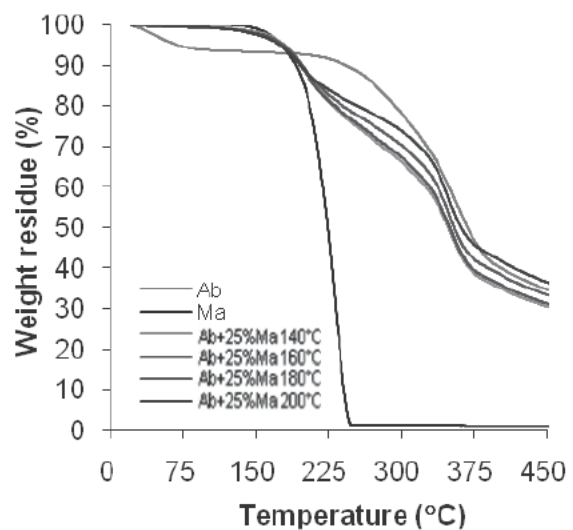


Fig 2. Effect of pressing temperatures on weight loss by thermal decomposition of acacia bark molded product.

2.2 平成 21 年度 附属生存圏学際萌芽研究センター学内研究担当教員

部局名	職名	氏名	研究課題
理学研究科・理学部	教授	余田 成男	赤道域大気変動と物質輸送に関する数値実験的研究
	教授	柴田 一成	太陽活動現象
	教授	里村 雄彦	赤道域降水変動に関する観測的及び数値実験的研究
	教授	鍵山 恒臣	火山からの火山ガス放出の遠隔測定の研究
	教授	一本 潔	太陽活動と宇宙天気
	教授	嶺重 慎	宇宙プラズマ現象
	教授	長田 哲也	宇宙空間ダストの赤外線観測
工学研究科・工学部	教授	永田 雅人	回転系対流パターンの非線形安定性解析による大気圏流れの解明
	教授	引原 隆士	マイクロ波エネルギー供給に関連した SiC パワーデバイスの応用に関する研究
農学研究科・農学部	教授	太田 誠一	熱帯林の土壌生態
	教授	東 順一	未利用生物資源の有効利用による資源循環的社会的構築
	教授	谷 誠	森林・大気間における熱・水・CO ₂ 交換過程
	教授	井上 國世	リグナン類の酵素機能調節に関する研究
	教授	木村 恒久	セルロースの機能化に関する研究
	准教授	藤井 義久	木材の生物劣化の非破壊診断技術開発
	准教授	山内 龍男	木材パルプ繊維のリサイクル使用に関する研究
	准教授	高部 圭司	木質バイオマスの基本構造と多面的利用に関する研究
	講師	坂本 正弘	タケ資源の有効利用
	助教	小杉 緑子	森林・大気間における熱・水・CO ₂ 交換過程
人間・環境学研究科・ 総合人間学部	教授	内本 喜晴	リチウムイオン二次電池および燃料電池材料の開発

エネルギー科学研究科	教授	坂 志朗	ヤシ科植物の総合的エネルギー利用の研究
	准教授	河本 晴雄	ヤシ科植物の総合的エネルギー利用の研究
	助教	宮藤 久士	ヤシ科植物の総合的エネルギー利用の研究
	助教	陳 友晴	鉱山開発による周辺生存圏の変化に関する研究
アジア・アフリカ地域研究研究科	教授	荒木 茂	熱帯強風化土壌における作物栽培の地域間比較
	教授	小杉 泰	イスラーム世界における生存基盤論
	教授	池野 旬	地域経済圏の形成に関する、アジア・アフリカの比較研究
情報学研究科	教授	佐藤 亨	大気レーダーイメージング技術の開発
	教授	酒井 徹朗	循環型社会における流域情報システム
	教授	守屋 和幸	繁殖雌牛を利用した小規模放牧管理技術
	准教授	荒井 修亮	バイオリギングによる水圏生物の生態解明
	助教	三田村 啓理	バイオリギングによる水圏生物の生態解明
	助教	小山 里奈	陸上生態系の物質循環における植物の役割の評価
	特定助教	奥山 隼一	バイオリギングによる水圏生物の生態解明
地球環境学堂	准教授	市岡 孝朗	森林生態系における生物間相互作用に関する研究
	准教授	須崎 純一	マイクロ波リモートセンシングによる農地の水資源モニタリング
化学研究所	教授	中村 正治	普遍金属を活用する精密有機合成の開拓
エネルギー理工学研究所	教授	長崎 百伸	先進核融合エネルギー生成
	准教授	佐川 尚	光合成型エネルギー変換
防災研究所	教授	寶 馨	生存圏諸過程における防災技術政策に関する研究
	教授	川崎 一郎	広帯域地震計で地球磁場変動をとらえる試み
	教授	千木良 雅弘	地圏・水圏インターフェースでの岩石風化現象の解明

防災研究所	教授	中北 英一	大気レーダーの水文学への応用に関する研究
	教授	石川 裕彦	境界層レーダーによる境界層観測とその気象防災への応用
	教授	釜井 俊孝	都市圏における地盤災害
	准教授	林 泰一	伝染病に対する気象、気候要素インパクト、スマトラアカシア林上の乱流輸送過程の研究
	准教授	諏訪 浩	山地災害の水文地形学的研究
	准教授	福岡 浩	森林圏における土砂災害・土砂環境の研究
	助教	王 功輝	森林圏における土砂災害・土砂環境の研究
	助教	汪 発武	森林圏における土砂災害・土砂環境の研究
原子炉実験所	教授	渡邊 正己	東アジアにおける原子力安全教育国際ネットワーク構築研究
東南アジア研究所	教授	松林 公蔵	医学からみた人間の生存圏
	教授	水野 廣祐	東南アジアにおける持続的経済社会とエントロピー
	教授	藤田 幸一	熱帯アジアの水資源利用・管理に関する研究
	教授	河野 泰之	東南アジアの生活・生業空間の動態
学術情報メディアセンター	教授	中島 浩	生存圏に関する計算実験への計算機科学的アプローチ
	准教授	岩下 武史	生存圏に関する計算実験への計算機科学的アプローチ
生態学研究センター	准教授	陀安 一郎	集水域の同位体生態学
地域研究統合情報センター	准教授	柳澤 雅之	生態環境資源の地域住民による利用と管理に関する研究
	助教	星川 圭介	人間の自然環境への適応形態と生存基盤の変化に関する研究
フィールド科学教育研究センター	教授	柴田 昌三	竹資源の有効活用の促進
	助教	坂野上 なお	木造住宅生産システムと木質材料の供給に関する研究
生存基盤科学研究ユニット	助教	鈴木 史朗	分子育種による循環型社会に適合した早生樹の創出

2.3 平成21年度 生存圏科学萌芽研究プロジェクト一覧

	氏名	研究プロジェクト題目	共同研究者	関連部局	関連 ミッション
1	有村 源一郎 (京都大学理学研究科 ・准教授)	テルペン生合成遺伝子を発現させた組換え植物を用いた生物防除のための基盤研究	矢崎 一史 室井 敦	京都大学理学研究科	1
2	入江 俊一 (滋賀県立大学環境科学部 ・准教授)	環境応答システムに関するポストゲノム解析を利用した新規なリグニン分解菌の育種	本田 与一	滋賀県立大学環境科学部	1.2
3	上田 義勝 (京大大学生存圏研究所 ・助教)	燃料電池利用に向けたケイリン酸塩系有機-無機ハイブリッド膜の電気特性に関する研究	横尾 俊信 徳田 陽明	京都大学化学研究所	3
4	上高原 浩 (京都大学農学研究科 ・助教)	セルロース誘導体の水中での会合構造の解明と構造-物性相関	杉山 淳司 今井 友也 吉永 新	京都大学農学研究科	4
5	齊藤 昭則 (京都大学理学研究科 ・助教)	長期間継続する太陽活動度極小期が電離圏に与える影響の解明	山本 衛 津川 卓也	情報通信研究機構	1
6	佐藤 伸 (鳥取環境大学環境情報学部 ・講師)	針葉樹バイオマス変換に有用なリグニン分解担子菌の探索・機能解析 —地域生物圏発信型生存圏研究—	渡辺 隆司	鳥取環境大学環境情報学部	2
7	杉本 貢一 (京大大学生態学研究センター ・研究員)	植物の化学感覚—揮発性物質受容機構の分子生態学的研究—	矢崎 一史 松井 健二 高林 純示	山口大学医学系研究科 京大大学生態学研究センター	4
8	鈴木 史朗 (京大大学生存基盤科学研究ユニット・助教)	樹木の細胞壁厚を制御する遺伝子の同定	今井 友也 渡邊 崇人 森 拓郎	京大大学生存基盤科学研究ユニット	1,2,4
9	園部 太郎 (京都大学エネルギー科学研究科・特定助教)	マイクロ波照射による金属酸化物の新規還元プロセスの開発	篠原 真毅 三谷 友彦 蜂谷 寛 吉川 暹 大垣 英明	京都大学エネルギー科学研究科 京都大学エネルギー理工学研究所	2
10	高谷 光 (京都大学化学研究所 ・准教授)	アーティフィシャル酸化酵素の創製とバイオリニューアブル化学工業の為のリグニン精密酸化分解	渡辺 隆司 中村 正治 石塚賢太郎	京都大学化学研究所 京大大学生存基盤科学研究ユニット	2

11	築瀬 佳之 (京都大学農学研究科 ・助教)	マイクロフォーカス X 線 CT を用いたアメリカカンザイシロアリの食害部分の可視化と残存強度の評価	森 拓郎 藤原 裕子	京都大学農学研究科	4
12	山根 悠介 (京都大学東南アジア研究所 ・非常勤研究員)	インド亜大陸北東域における雨季入り前の降水の時間的・空間的変動特性の解明	塩谷 雅人 林 泰一 木口 雅司	京都大学防災研究所 東京大学生産技術研究所	1
13	山本 真之 (京大大学生存圏研究所 ・助教)	MU レーダー・新型気象レーダーを用いた降水領域における風速分布の観測的研究	山本 衛 西 憲敬 Luce Hubert 下舞 豊志 深尾昌一郎	京都大学理学研究科 仏・トゥーロン大学 島根大学総合理工学部 福井工業大学宇宙情報科学科	1
14	ヨサファット テトコ スリ スマンティヨ (千葉大学環境リモートセンシング 研究センター・准教授)	CP-SAR 搭載小型衛星と旧版地図によるインドネシア域の都市・植生測定に関する基礎研究	津田 敏隆 鈴木 睦 西尾 文彦 大前 宏和	ISAS/JAXA (人工衛星) 千葉大学環境リモートセンシング 研究センター センテンシア(株)	1
15	渡邊 裕美子 (京都大学理学研究科 ・助教)	赤道域における季節スケールの古気候プロキシの開拓	津田 敏隆 杉山 淳司 余田 成男 田上 高広 中塚 武	京都大学理学研究科 名古屋大学環境学研究科	1

生存圏科学萌芽研究 成果の概要

(1) テルペン生合成遺伝子を発現させた組換え植物を用いた生物防除のための基盤研究

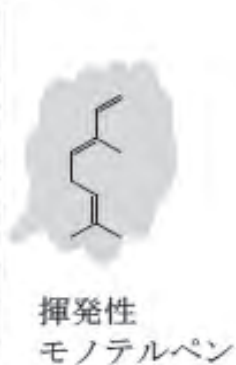
1. 研究組織

代表者氏名：有村源一郎（京都大学理学研究科）

共同研究者：矢崎一史（京大大学生存圏研究所）・室井 敦（京都大学理学研究科）

2. 研究概要

植物には、害虫からの食害を受けた際に、テルペン化合物などの揮発性化合物（HIPV: Herbivore-Induced Plant Volatile）を大気環境に放出し、害虫の天敵（捕食寄生者など）を誘引する防衛戦略（間接防衛機構）が知られている。本研究では、「自然生態系における HIPV を介した植物-昆虫、植物-植物間の相互作用」メカニズムの解明と「安全な食料の供給や環境に配慮した持続的農業」の実現を目指した基盤研究を実施した。HIPV の主要成分であるテルペンの生合成遺伝子を発現させた組換え植物（タバコ、シロイヌナズナ）の風下に設置した栽培種（マメ科植物）は、害虫に対する直接抵抗性、植物の間接防御（植物-天敵昆虫間の相互作用）に関わる揮発性化合物の放出量が高まることが明らかになった。さらに、生存圏研究所内に既設の DASH 植物育成サブシステム（組換え植物実験用のガラス温室）内でも、遺伝子組換え植物周辺のマメ科植物は害虫抵抗性の向上が確認された。したがって、テルペンを恒常的に放出する組換え植物は周囲の農作物の防御機構を高めるプライミング効果を誘起することが本研究より示唆され、本組換え植物を利用した次世代の持続的農業システムの利用基盤が整いつつある。現在、異なる自然環境下ならびに作物（イネ科植物）を用いた解析を行っている。



組換え植物実験用のガラス温室内で、揮発性モノテルペンを恒常的に放出する組換えタバコ植物（図左）の周囲にリマメ栽培植物を配置し（図右）、リマメの害虫に対する防御応答を解析した。

(2) 環境応答システムに関するポストゲノム解析を利用した新規なリグニン分解菌の育種

1. 研究組織

代表者氏名：入江俊一（滋賀県立大学環境科学部）

共同研究者：本田与一（京大大学生存圏研究所）

2. 研究概要

白色腐朽菌のリグニン分解機構全体を制御するマスター遺伝子を特定することが出来れば、木質バイオマス変換や環境浄化を目的とした有用菌育種のための重要なターゲットとなる。まずは、リグニン分解に重要と考えられているリグニンペルオキシダーゼ (LiP) やマンガンペルオキシダーゼ (MnP) 等のリグニン分解酵素遺伝子制御系を明らかとするため、白色腐朽菌 *Phanerochaete chrysosporium* および *Pleurotus ostreatus* (ヒラタケ) のトランスクリプトーム解析を行った。その結果、*P. chrysosporium*において、LiP や MnP の転写開始時に Ca^{2+} シグナルの二次メッセンジャーであるカルモデュリン (CaM) 遺伝子の転写が誘導されることが示された。CaM について知見を深めるため、CaM 阻害剤 W-7 が LiP および MnP アイソザイム遺伝子発現へ与える影響を調査した。W-7 は最終濃度 100 μ M で MnP 活性をほぼ完全に抑制した。リアルタイム RT-PCR 法により、本研究の培養条件にて発現していたほぼ全ての *lip* および *mnp* アイソザイム遺伝子群は W-7 添加によって転写レベルで抑制されていることが明らかとなった。また、ブナ木粉培地において *P. chrysosporium* を培養したところ、クラーソンリグニン減少率と CaM 遺伝子転写物量はパラレルであることが示され、CaM 遺伝子は LiP や MnP の生産だけでなく、リグニン分解とも相関していることが示された。以上のことから、CaM 遺伝子はリグニン分解機構発現パスウェイの基幹の一つであると考えられ、マスター遺伝子探索の重要な足がかりであることが強く示唆された。

(3) 燃料電池利用に向けたケイリン酸塩系有機-無機ハイブリッド膜の電気特性に関する研究

1. 研究組織

代表者氏名：上田義勝（京大大学生存圏研究所）

共同研究者：徳田陽明（京都大学化学研究所）・横尾俊信（京都大学化学研究所）

2. 研究概要

将来の生存圏における低炭素化社会に向けたクリーンエネルギー源の一つとして燃料電池は非常に注目されており、特に中温作動型の燃料電池はポータブル用途での実用化を見据えた研究が広く行われている。燃料電池を構成する Pt 触媒の被毒を防止するためには、150°C程度での中温での動作が適切とされているが、その温度域での使用に耐えうる電解質膜材料が無いため、現状では 80°C程度での動作が上限とされて

いる。また、電解質膜は動作温度の上昇により発電効率が向上することが知られており（NAFION 比 125%の報告例あり）、多くの研究開発が試みられているが、今なお十分なパフォーマンスを有する電解質膜は得られていない。本研究では、研究協力者の進めてきた有機無機ハイブリッド材料の燃料電池用電解質膜として応用展開を目的とし、その電気特性について詳細な研究を行うものである。

(4) セルロース誘導体の水中での会合構造の解明と構造-物性相関

1. 研究組織

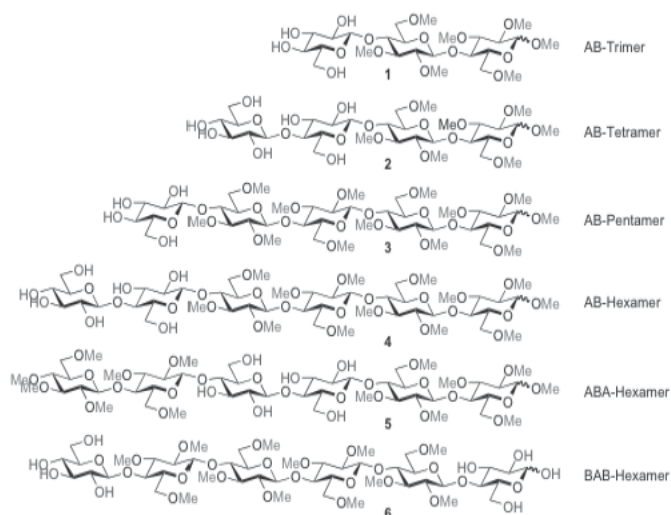
代表者氏名：上高原浩（京都大学農学研究科）

共同研究者：杉山淳司（京都大学生存圏研究所）・今井友也（京都大学生存圏研究所）・吉永 新（京都大学農学研究科）

2. 研究概要

セルロース誘導体、中でも水溶性を示すメチルセルロースの構造-物性相関を分子レベルで考察するために、構造の明確なブロック的メチル化セロオリゴ糖を新規に調製し、界面活性能、熱的性質、水中での会合構造を各種測定法により検討した。その結果、ブロック的メチル化セロオリゴ糖の一次構造が、諸物性値や水中での会合構造に大きく影響を及ぼしていることが示唆された。

これまでに調製した単分散なブロック的メチル化セロオリゴ糖の化学構造を図に示す。



室温条件下、これら化合物の水溶液を Mica 上にスピコートし、原子間力顕微鏡 (AFM) 観察した。その結果、観察された会合体の大きさは動的光散乱 (DLS) 測定により得られた大きさと矛盾しないことがわかった。しかしながら、乾燥状態を観察する透過型電子顕微鏡 (TEM) 観察で得られた形態は AFM 観察により得られた像と異なった。一方、水中での会合体の直接観察のため cryo-TEM 観察を行ったが、電子密度の差が大きいいためか、はっきりとした像を得ることは出来なかった。これらの結果を総合すると、ブロック的メチル化セロオリゴ糖からなる水中の会合体は「疎」であることが示唆された。また、DLS により、会合体サイズの温度依存性を検討したところ、オリゴ糖の種類により熱応答性が異なるが、温度の上昇とともに会合体サイズが増加することが判明した。

このような現象は工業的に生産されているメチルセルロース水溶液でも認められることから、本研究のモデル化合物を用いた研究は市販のメチルセルロース水溶液の構造物性相関解明の一助になると考えられる。

(5) 長期間継続する太陽活動度極小期が電離圏に与える影響の解明

1. 研究組織

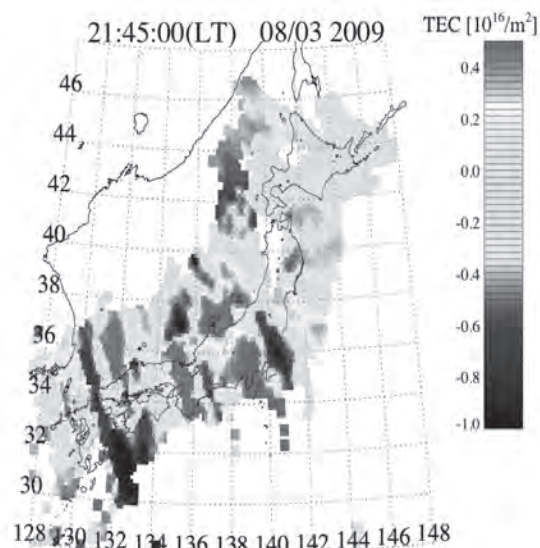
代表者氏名：齊藤昭則（京都大学理学研究科）

共同研究者：山本 衛（京都大学生存圏研究所）・津川卓也（情報通信研究機構）

2. 研究概要

太陽活動度の中低緯度電離圏に与える影響を調べた。2007 年 2 月から 2010 年 1 月までの 36 ヶ月間、月

平均の太陽黒点数が 15 以下であり、前回の太陽活動度極小期の 12 ヶ月間（1995 年 11 月から 1996 年 10 月）、前々回の 4 ヶ月間などに比べて非常に長く継続する太陽活動度極小期であった。このように長い太陽活動度極小期は 1911 年 5 月から 1914 年 3 月にかけての極小期以来であり、本格的な電離圏観測が行われてから初めての長期間にわたる極小期であった。この極小期において一般的に電離圏の現象は静穏になっていたが、1997 年から 2009 年までの日本において観測された中緯度電離圏データを解析した結果、中緯度域で観測される中規模伝搬性電離圏擾乱は低太陽活動期に活発になる特徴を持つことが明らかになった。極小期には太陽紫外線の現象により大気電離は減少し、電離圏の電子密度の低下が見られたが、背景の電子密度に対する中規模伝搬性電離圏擾乱の変動の比率は極小期の間大きく、現象の生じる季節も長く夏期のみではなく、春期秋期にも活動が見られた。この中低緯度電離圏におけるメソ・スケール現象の太陽活動度依存性の物理過程は充分解明されていないが、中規模伝搬性電離圏擾乱の太陽活動度への逆相関は、中性大気と電離大気の衝突が少ない低太陽活動期には不安定性の成長率が大きくなるためと推測される。



図：2009 年 8 月 3 日 21:45 JST に GPS 受信機網 GEONET による全電子数観測によって観測された中規模伝搬性電離圏擾乱

(6) 針葉樹バイオマス変換に有用なリグニン分解担子菌の探索・機能解析 —地域生物圏発信型生存圏研究—

1. 研究組織

代表者氏名：佐藤 伸（鳥取環境大学環境情報学部）

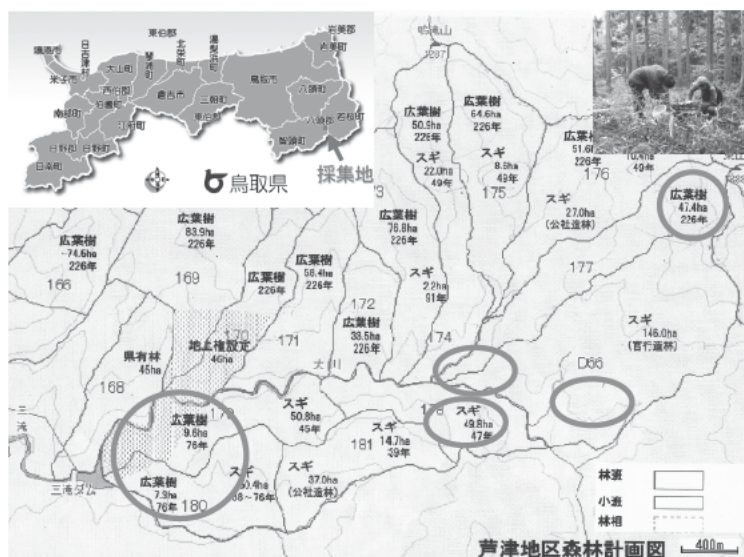
共同研究者：渡邊隆司（京都大学生存圏研究所）

2. 研究概要

本研究は針葉樹（スギ）バイオマスの有効利用のための木材腐朽菌の機能を組み込んだ生物化学的資源変換技術を開発する目的で、鳥取県東部のスギ人工林及び近隣の広葉樹林からスギの脱リグニン効果の高い木材腐朽菌の探索を行った。子実体および孢子から分離した担子菌のうち、*Trichaptum biforme* は比較対象として用いた *Ceriporiopsis subvermispora* に比べて 2.4 倍高い酵素糖化促進効果を示し、*Piptoporus soloniensis* は 1.9 倍高い酵素糖化率を示した。これら 2 つの木材腐朽菌は研究報告が殆どなく、酵素糖化前処理として効果があることが本研究からはじめて明らかとなった。*T. biforme* 及び *P. soloniensis* は国産の有用木材腐朽担子菌として高いポテンシャルを秘めていることから、機能の解明と菌処理と他の処理を組み合わせたスギから糖への変換効率向上に向けた研究を今後も継続する予定である。



糖化促進効果の認められた木材腐朽担子菌
写真左：*Trichaptum biforme*、
写真右：*Piptoporus soloniensis*



菌類採集地（図中の○は採集した場所）

(7) 植物の化学感覚 —揮発性物質受容機構の分子生態学的研究—

1. 研究組織

代表者氏名：杉本貢一（京大大学生態学研究センター）

共同研究者：矢崎一史（京大大学生存圏研究所）・松井健二（山口大学医学系研究科）・高林純示（京大大学生態学研究センター）

2. 研究概要

植物は食害や病原菌感染により様々な種類の揮発性物質を放散し始めることが知られている。植物が揮発性化合物を放散する理由のひとつとして、周囲の健全植物による、「立ち聞き」と呼ばれる間接的な防御誘導現象が考えられている 1)。これは被害植物の周囲に生育している健全植物が、被害植物からの特異的な揮発性物質を認識し、差し迫っている脅威に対する防御をあらかじめ行う現象である。

ハスモンヨトウに食害されたトマトから放散される揮発性化合物に曝露された健全トマト（立ち聞きトマト）は、後のハスモンヨトウによる食害量を抑制することが明らかになった(図 1)。この立ち聞きによる抵抗性誘導がどのようなメカニズムによって引き起こされるのかを明らかにするために、立ち聞きトマトの代謝産物を LC-MS/MS を用いて一斉分析した。その結果、立ち聞きトマトでは未知化合物に由来するピークが顕著に増加していることを見出した。私たちはこの未知化合物がハスモンヨトウに対する抵抗性応答に何らかの貢献をしていると考えた。

現在トマト植物が示す、立ち聞き現象のメカニズムを明らかにすることを目的とし、この未知化合物の単離・精製を行っている。今後この化合物の構造決定を通して、その生理学的機能を明らかにする。これらの研究を通して、樹木をはじめとする植物全般の健全な生育管理の可能性を模索する。

1) 松井健二、杉本貢一、みどりの香り研究の最前線

—その多機能性の発見と応用への期待—、香料、21-34、244、2009。

植物からの揮発性化合物はチャンパー内の空気の流れに乗って他の植物に曝露される。コントロール植物に比べ、

立ち聞きをした植物ではその後のハスモンヨトウ食害量が抑制される。矢印は空気の流れを示す。

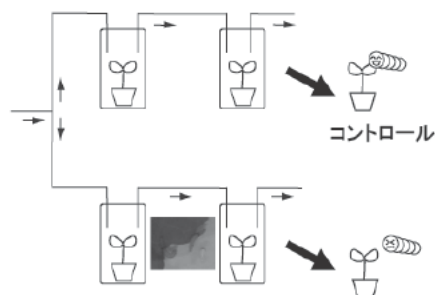


図 1. フローシステムによる立ち聞き操作

(8) 樹木の細胞壁厚を制御する遺伝子の同定

1. 研究組織

代表者氏名：鈴木史朗（京大大学生存基盤科学研究ユニット）

共同研究者：今井友也（京大大学生存圏研究所）・森 拓郎（京大大学生存圏研究所）・渡邊崇人（京大大学生存圏研究所）

2. 研究概要

樹木の細胞壁厚は、木材利用上重要な形質である。本研究では、樹木二次木部の細胞壁厚を制御し得る遺伝子を同定することを目的とした。

これまでに、モデル植物である草本のシロイヌナズナにおいて、NAC 転写因子群や MYB 転写因子群などが二次壁形成のマスター転写因子として同定され、これらの遺伝子の発現制御によって、細胞壁厚を制御し得ることが示されている。しかし、草本に比べ、はるかに複雑な樹木の二次木部において、これらの転写因子群が、細胞壁厚を同様に制御し得るのかどうかは不明である。そこで、まず、MYB 転写因子群に焦点を絞り、ポプラのゲノム上に 224 種類も存在する MYB 転写因子うち、どの転写因子が二次壁形成を制御し、樹木二次木部の細胞壁厚を制御し得るのかどうかを明らかにすることとした。

まず、ポプラの二次木部で特異的に発現している MYB 転写因子 (PtMYB14, PtMYB16, PtMYB17 と命名) の配列解析を行った。次に、エストラジオールの添加によって PtMYB17 の過剰発現が誘導可能な形質転換植物体と培養細胞を作成し、エストラジオールの添加によって PtMYB17 の過剰発現を誘導させたところ、リグニンが異所的に過剰蓄積することが示された。このことから、PtMYB17 は、二次壁形成を促進することが示唆された。



図：エストラジオールの添加により PtMYB17 の過剰発現が誘導されると、リグニン（フロログルシン-塩酸液により赤紫色に呈色）が形質転換細胞で過剰蓄積した。左：形質転換細胞、右：コントロール細胞

(9) マイクロ波照射による金属酸化物の新規還元プロセスの開発

1. 研究組織

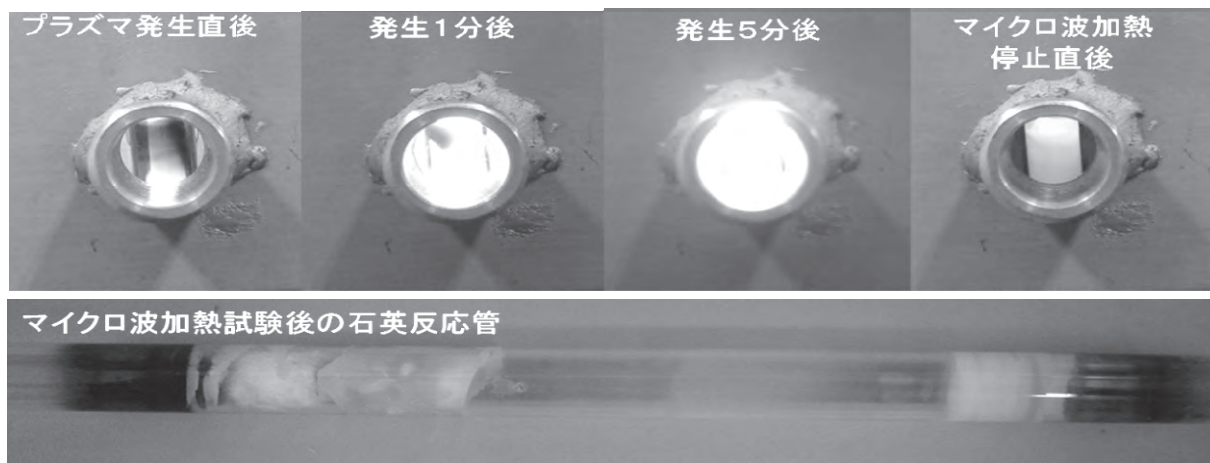
代表者氏名：園部太郎（京都大学エネルギー科学研究科）

共同研究者：三谷友彦（京大大学生存圏研究所）・篠原真毅（京大大学生存圏研究所）・蜂谷 寛（京都大学エネルギー科学研究科）・吉川 暹（京都大学エネルギー理工学研究所）・大垣英明（京都大学エネルギー理工学研究所）

2. 研究概要

CO₂ 排出抑制を目的とし工業加熱の抜本的な革新による省エネルギー化が求められており、マイクロ波加熱は対象物の迅速加熱・応答、選択加熱を実現できることから、近年、様々な材料プロセッシング分野で新規の省エネルギー熱源として注目されている。これまでに、本研究グループでは、減圧下で金属酸化物バルク試料に対してマイクロ波電界を印加することで、酸素原子プラズマが生成され、相補的にバルク試料表面が還元されるというユニークな現象を初めて見出してきた 1)。更に、酸化亜鉛焼結試料に対して、減圧下でマイクロ波電界を印加すると、酸素原子プラズマと同時に、亜鉛原子プラズマが生成する事が今回の研究で明らかとなった 2)。特に、マイクロ波加熱後に反応管壁に薄膜化した黒色の生成物は亜鉛金属相であることが XRD 測定により同定された。また、マイクロ波加熱後の試料の光学特性の変化から、バ

ルク試料中の酸素、亜鉛原子の離脱による電子状態の変化が確認された。以上より、マイクロ波加熱によるプラズマ発光現象に着眼し、その生成機構を研究することで、新規材料プロセスの開発が期待できると同時に、マイクロ波と金属酸化物の相互作用、すなわちマイクロ波物性研究の発展に寄与すると考えられる。



- 1) T. Sonobe, T. Mitani, N. Shinohara, K. Hachiya, and S. Yoshikawa, Plasma Emission and Surface Reduction of Titanium Dioxides by Microwave Irradiation, *Jpn. J. Appl. Phys.* 48 (2009) 116003
- 2) T. Sonobe, T. Mitani, K. Hachiya, N. Shinohara, and H. Ohgaki, Zinc Plasma Emission from Zinc Oxide by Microwave Electric-field Heating, *Appl. Phys. Express*, (*in preparation*)

(10) アーティフィシャル酸化酵素の創製とバイオリニューアブル化学工業の為のリグニン精密酸化分解

1. 研究組織

代表者氏名：高谷 光（京都大学化学研究所）

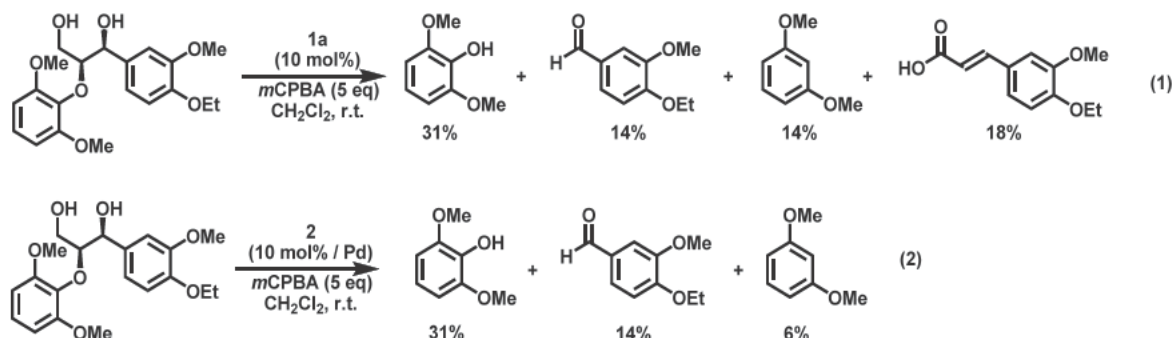
共同研究者：渡辺隆司（京都大学生存圏研究所）・中村正治（京都大学化学研究所）・石塚賢太郎（京都大学生存基盤科学研究ユニット）

2. 研究概要

本研究ではバイオリニューアブルな化学資源であるリグニン中の脂肪族炭素鎖を選択的に切断して低分子量の芳香族有機分子を与える人工酵素の創製を目的として酸化触媒が結合した人工のアミノ酸およびペプチドを開発し、それらを用いるリグニンモデルの触媒的分解反応に関する基礎研究を行った。

我々は酸化条件において安定な炭素側鎖を有するアミノ酸であるノルバリンにジピリジルベンゼン配位子を有する金属錯体 (M(dpb)) を導入した金属結合型ノルバリン BocNVa- [M(dpb)]OMe **1** (**1a**: M = Pt, **1b**: M = Pd) を開発に成功した。合成したメタル化ノルバリン **1** は酸性あるいは塩基性条件で金属部分を損なうことなく脱保護が可能なペプチド合成の鍵中間体となり、例えば **1a** から 2 個の Pd がペプチドに結合した Pd 結合型ノルバリンジペプチド BocNVa[Pd(dpb)]NVa[Pd(dpb)]OMe **2** の合成を行った。得られた金属結合型ノルバリンを用いてリグニンモデルの酸化分解反応を試みた。下式 1 および 2 に示す様に Pd 結合型ノルバリン **1a** およびペプチド **2** を触媒として、*m*CPBA を酸化剤に用いた酸化分解反応を行ったところ、30 分で原料が完全に消失して対応する芳香族化合物 4 種が得られてきた。生成物の種類やその両論比についてアミノ酸とペプチド触媒の間に大きな差は見られなかった。尚、参照実験として行った *m*CPBA のみの酸化反応では同じ 30 分の反応時間では原料回収にとどまった。現在、これら触媒反応の機構や酸化反応に及

ぼすアミノ酸、ペプチドの役割について分子科学的な観点から詳細な検討を行っている。



(11) マイクロフォーカス X 線 CT を用いたアメリカカンザイシロアリの食害部分の可視化と残存強度の評価

1. 研究組織

代表者氏名：築瀬佳之（京都大学農学研究科）

共同研究者：森 拓郎（京都大学生存圏研究所）・藤原裕子（京都大学農学研究科）

2. 研究概要

近年、北米産木材や家具の輸入などにより日本へ定着しつつあるアメリカカンザイシロアリの被害状況や生息環境、さらには食害材の残存強度などほとんどわかってない。そこで、本研究では、非接触かつ非破壊的に木材内部の食害による空洞部分を高分解能で測定できるマイクロフォーカス X 線 CT を使い、アメリカカンザイシロアリの食害速度や食害状況の可視化を試み、食害による木材の密度低下や材料欠損の状況を把握することを試みた。また最終的に、X 線 CT によって得られた木材欠損体積と食害材の強度試験から得られた残存強度との関係の評価するために食害材の強度試験を試みた。図 1 はマイクロフォーカス X 線 CT 装置を用いて、アメリカカンザイシロアリ食害材を撮像した時の断面画像である。図中の破線で囲まれた部分のような放射状に縞模様のノイズが発生し、これは、CT 撮影中に、試料内部でシロアリが活動することによって発生したものと推察された。食害材を解体した結果、縞模様のノイズが観察された食害材からのみシロアリの生息が確認された。また文化財用大型 X 線 CT 装置を用いて、実大寸法の食害材の断層撮像も試みた結果、マイクロフォーカス X 線 CT 装置よりも分解能は低いものの、縞模様のノイズの発生が確認でき、シロアリの虫体を特定することが十分可能であった。これによって、実大の食害試料の断層撮像が可能となり、食害材の残存強度と内部の食害状況との関係を明らかにすることが可能となる。

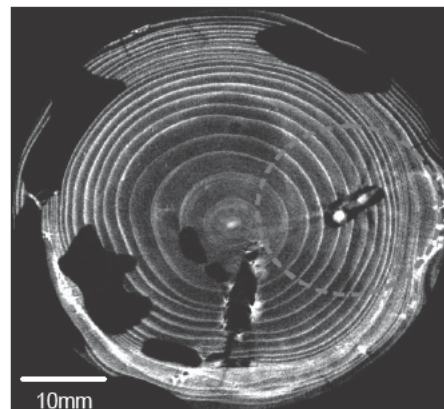


図 1：アメリカカンザイシロアリ食害材の X 線 CT 画像

(12) インド亜大陸北東域における雨季入り前の降水の時間的・空間的変動特性の解明

1. 研究組織

代表者氏名：山根悠介（京都大学東南アジア研究所）

共同研究者：林 泰一（京都大学防災研究所）・木口雅司（東京大学生産技術研究所）・塩谷雅人（京都大学生存圏研究所）

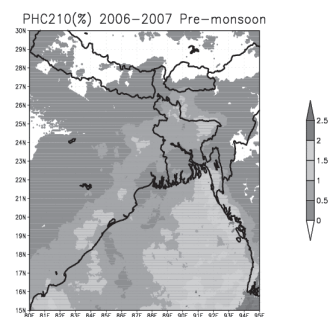
2. 研究概要

本研究はバングラデシュとインド北東部（アッサム州、メガラヤ州など）からなるインド亜大陸北東域における雨季（6月から9月）入り前（3月から5月、プレモンスーン期と呼ぶ）の降水の時間的・空間的変動特性の解明を目的としたものである。当該地域の雨季入り前の降水はしばしば竜巻や雹、落雷などのメソスケールの激しい気象現象を伴うことが大きな特徴であり、これらによる被害は毎年のように発生しているものの、これまで殆ど研究されてこなかった。本研究の結果は未だ未解明な部分が多い当該地域の雨季入り前の降水の発生・発達メカニズムの理解に資するものである。

3. 研究の結果

本研究では、降水活動の変動特性について調べるために、中国の静止気象衛星 FY2C による雲頂輝度温度のデータを用いてプレモンスーン期のインド亜大陸の北東域における対流活動の特徴について調べた。その結果、プレモンスーン期の中でも3月、4月、5月それぞれで対流活動の特徴が大きく異なっており季節内での変動があることがわかった。対流活動は5月に最も活発で、インド東部の西ベンガル州付近からバングラデシュの北東部に至る線状の領域で特に活発であった。また日変化についても興味深い特徴が見られた。深夜から早朝にかけてはバングラデシュの北東部やアッサム地域で対流活動が活発で、昼間は陸上での対流活動はあまり見られず、海上でより活発であった。夕方ごろからインド東部の西ベンガル州から対流活動の活発な領域が見られるようになり、日没後はバングラデシュの中央部で活発な対流活動が見られるようになる。

また実際に現地において雨量計観測データを収集し、衛星データを用いた解析結果との比較、さらに詳細な降水活動の変動特性について現在解析中である。



(図) 雲頂輝度温度が 210K 以下となる割合（活発な対流活動の指標）の分布

(13) MU レーダー・新型気象レーダーを用いた降水領域における風速分布の観測的研究

1. 研究組織

代表者氏名： 山本真之（京大生存圏研究所）

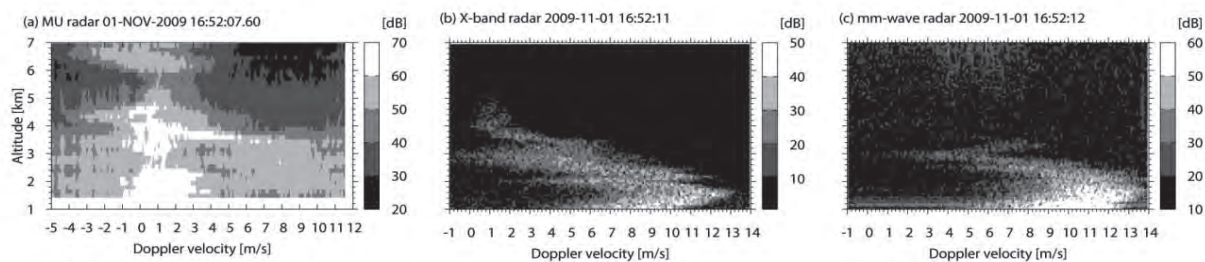
共同研究者： 山本 衛（京大生存圏研究所）・西 憲敬（京大理学研究科）・Luce Hub（仏・トゥーロン大学）・下舞豊志（島根大学総合理工学部）・深尾昌一郎（福井工業大学）

2. 研究概要

我々の生活に密接に関連し、時には洪水や土砂崩れなどの災害を引き起こす降水の発達・維持・消失メカニズムの本質解明には、レーダーを用いた降水内の力学・降水微物理過程の詳細観測が有用である。風速・乱流を観測する 50MHz 帯の MU レーダー（MUR）・降水内の凝結物（氷晶・雪片・雨滴）を観測する 1.3GHz 帯・9.8GHz 帯・35GHz 帯レーダーを用いた観測キャンペーン（Radar-observation Experiment toward QUantification In Precipitation Processes ; REQUIPP）を、2009 年 10 月から 11 月にかけて実施した。

図は、降水時における MUR・9.8GHz 帯レーダー（9G-R）・35GHz 帯レーダー（35G-R）で得られた周波数パワースペクトルの観測例である。MUR は、ドップラー速度が $-2\text{m/s} \sim 3\text{m/s}$ に分布する大気エコーを、9G-R・35G-R は落下速度が数 m/s 以上の降水粒子エコーをそれぞれ捉えており、この事実は多周波のレーダー観測により風速・乱流・降水粒子の落下速度（粒径）分布を同時に得ることに成功したことを示している。

本研究の実施で得た観測データは、降水システムの解明に極めてユニークかつ有用である。今後も降水物理量である雨滴粒径分布（DSD）と風速・乱流変動との関連につき定量的評価を進めることにより、降水過程の本質に迫っていく。



図：降水時における (a) MUR、(b) 9G-R、(c) 35G-R で観測された周波数パワースペクトルの高度プロファイル。地面に向かって落下する方向を正としている。

(14) CP-SAR 搭載小型衛星と旧版地図によるインドネシア域の都市・植生測定に関する基礎研究

1. 研究組織

代表者氏名：ヨサファット テトオコ スリ スマンティヨ（千葉大学環境リモートセンシング研究センター）

共同研究者：津田敏隆（京大大学生存圏研究所）、鈴木 睦（ISAS/JAXA）・西尾文彦（千葉大学環境リモートセンシング研究センター）・大前宏和（センテナシア(株)）

2. 研究概要

本研究では、マイクロ波リモートセンシングまたは合成開口レーダ（SAR）の基礎研究における新型円偏波合成開口レーダ（CP-SAR）システムの設計開発、無人航空機と小型衛星、SAR の電磁波散乱の解析、旧版地図と衛星画像による長期間・連続的にアジア域の大都市の環境変化のモニタリングなどの研究開発を行っている。

SAR センサは全天候型センサで、昼夜を問わず運用できる多目的センサである。国内外で様々な直線偏波の SAR センサが既に開発されてきた。この直線偏波 SAR では限られた情報しか得られず、人工衛星の姿勢や電離層におけるファラデー回転などの影響を受ける。このような背景のもと、本研究では、地表層における様々な情報を精密かつ高精度に観測できる、世界初かつ「良いセンサ」技術である次世代地球観測用の円偏波合成開口レーダ搭載の超小型衛星（ μ SAT CP-SAR）の開発を行っている。また、この小型衛星を打ち上げる前に、本研究では CP-SAR 搭載無人飛行機（CP-SAR UAV）の実験も行っている。

SAR 画像の解析手法の開発に関して、近年、民間用の人工衛星の光学センサ（IKONOS など）の精度が向上され、今までの偵察衛星の分解能（数十センチメートル）まで達成し、農業、都市管理、交通などの分野のために、様々な応用が開発されている。これによって、2 次元的な空間情報に関する研究開発が盛んになったが、3 次元的に数立方センチメートルまでに体積分解能の抽出手法がまだにない。そのため、本研究では宇宙から地上における地表層（特に都市と植生環境）の体積変化を抽出するために、差分干渉合成開口レーダ（DInSAR）による体積変化推定法（VoISAR 法）を開発している。

現在にいたるまで、研究代表者らは現地または対象市域の環境、人間活動、環境政策などに関する統計情報、旧版地図（外邦図）と最近の地図（19 世紀、縮尺 1:25,000 と 1:50,000）、地質図（19 世紀～現在）、GIS とデジタル地図、位置（GPS）情報付きの現地写真などを既に収集した。これらの資料を活用して、東南アジアにおける 100 年間の都市環境変化を把握する。本研究では、数か所の対象地域を調査し、環境変化の抽出をした。

近い将来、本研究で開発する小型衛星による植生または地表層における体積の微小変化情報を利用して、バイオマス、地盤沈下・起伏（地形変化）などのような災害監視のためにより正確な体積変化の監視に応用でき、植生生産量と災害の予測監視に応用できると期待している。

(15) 赤道域における季節スケールの古気候プロキシの開拓

1. 研究組織

代表者氏名：渡邊裕美子（京都大学理学研究科）

共同研究者：津田敏隆（京都大学生存圏研究所）・杉山淳司（京都大学生存圏研究所）・余田成男（京都大学理学研究科）・田上高広（京都大学理学研究科）・中塚 武（名古屋大学環境学研究科）

2. 研究概要

本プロジェクトでは、インドネシアの樹木年輪をマルチプロキシで解析することにより、「アジア赤道域における季節スケールの気候・環境変遷の復元」を目指している。

樹木年輪は、年単位で正確に年代決定できるという特長がある。しかし、アジア赤道域の中核に位置する、インドネシアにおいて樹木年輪気候学の研究例は数少なく、降水量や ENSO のプロキシとしてチークの年輪幅が使えるかもしれないという報告があるに過ぎない。樹木年輪を構成する諸要素はそれぞれ別の時期（雨期・乾期）の気象要素に敏感に反応すると考えられるので、複数の年輪構成要素を分析することにより、季節スケールで気候を復元できる可能性がある。本研究では、赤道域における季節スケールの気象代替指標を確立することを目的として、インドネシア・西ジャワ産の樹木（スンカイ）の年輪幅、孔圏の道管面積、炭素・酸素同位体比の分析をし、1988年から2004年までの15年間について、季節ごとの気象データ（降水量・相対湿度・日照時間）との相関解析を行った。その結果、スンカイの複数の年輪構成要素と季節オーダーの気象要素とに有意な相関があることが明らかになった（例えば、年輪幅は乾期の相対湿度、孔圏の道管面積は雨期の相対湿度、酸素同位体比は雨期の相対湿度と相関がある）。今後、より長樹齢のスンカイの樹木年輪をマルチプロキシで解析することにより、インドネシアの気候変遷を季節オーダーで復元することが可能である。

2.4 平成21年度 生存圏ミッション研究プロジェクト一覧

	氏名	研究プロジェクト題目	共同研究者	関連部局	関連ミッション
1	今井 友也 (京都大学生存圏研究所 ・准教授)	酢酸菌セルロース合成酵素複合体の分子解剖	木村 聡 菅野 亜美	東京大学農学生命科学研究科	1,4
2	上田 義勝 (京都大学生存圏研究所 ・助教)	SCOPE 衛星用デジタル処理型波動粒子相関計測器の開発	山川 宏 小嶋 浩嗣 高島 健	宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部	3
3	上田 義勝 (京都大学生存圏研究所 ・助教)	燃焼性ガスセンサ利用のための二酸化マンガンの電気特性解析	山川 宏 古屋仲秀樹 辻本 将彦 竹内 謙	京都大学物質-細胞統合システム拠点 東京理科大学基礎工学部	3
4	梅澤 俊明 (京都大学生存圏研究所 ・教授)	熱帯アジアの分子育種	林 隆久 海田 るみ 馬場 啓一 Sri Hartati 服部 武文 鈴木 史朗 Md. Mahabubur Rahman 柴田 大輔	LIPI バイオテクノロジー研究所 京都大学生存基盤科学研究ユニット かずさDNA研究所	1,2,4

5	大串 隆之 (京大大学生態学研究センター ・教授)	樹木の遺伝子型・表現型多様性が節足動物群集と生態系機能に果たす役割の解明	矢崎 一史 原田英美子 加賀田秀樹 内海 俊介	京大大学生態学研究センター	1
6	片岡 靖夫 (中部大学工学部建築学科 ・教授)	自然素材活用型住宅の耐震性能に関する実験的研究	小松 幸平 森 拓郎 北守 顕久 鄭 基浩 脇田 健裕 宋 成彬	中部大学工学部 早稲田大学理工学部	4
7	川井 秀一 (京大大学生存圏研究所 ・教授)	熱帯産業造林におけるバイオマス生長量の動的評価に関する調査研究	R. Widyorini EB.Hardiyanto B. Subiyanto A. Firmanti 大村 善治 甲山 治 小林 祥子	Gadjah Mada Univ., Indonesia LIPI, Indonesia Res.Inst.for Human Settlements, Indonesia 京都大学東南アジア研究所	インターミ ッション
8	小嶋 浩嗣 (京大大学生存圏研究所 ・准教授)	科学衛星における電磁環境適合性(EMC: ElectroMagnetic Compatibility)に関する研究	早川 基 高島 健 松岡 彩子 齋藤 義文 平原 聖文 笠羽 康正 八木谷 聡 中澤 暁 上田 義勝	宇宙航空研究開発機構 東京大学理学研究科 金沢大学理工研究域	3
9	下舞 豊志 (島根大学総合理工学部 ・助教)	衛星リモートセンシングを用いた水質環境のモニタリングのための大気補正方法の開発	古本 淳一 古津 年章	島根大学総合理工学部	1
10	杉山 淳司 (京大大学生存圏研究所 ・教授)	木屎漆(こくそうし)の植物素材～脱活乾漆技法のさらなる理解に向けて	八木 直人 藤本 青一	(財)高輝度光科学研究センター (財)美術院国宝修理所	4
11	陀安 一郎 (京大大学生態学研究センター ・准教授)	アミノ酸窒素同位体比指標を用いた土壌動物群集の食物網構造推定	角田 邦夫 吉村 剛 長谷川尚志	京大大学生態学研究センター	1,4
12	徳地 直子 (京都大学フィールド科学教育研究センター・准教授)	土壌酵素活性を用いた森林生態系の成立に伴う土壌腐植特性の把握	服部 武文	京都大学フィールド科学教育研究センター	4
13	橋本 弘藏 (京大大学生存圏研究所 ・教授)	ビーム制御技術の応用とユビキタス電源の効率向上	篠原 真毅 三谷 友彦		2

14	橋本 弘藏 (京大大学生存圏研究所 ・教授)	プラズマ波動データに基づく月 周辺の電磁環境の解析	大村 善治 笠原 禎也 橋谷 真紀 西野 真木	金沢大学総合メディア基盤セ ンター JAXA/ISAS	3
15	服部 武文 (京大大学生存圏研究所 ・助教)	アルミニウムによる外生菌根菌 の有機酸代謝変動の網羅的解 析	梅澤 俊明 岩瀬 剛二 鈴木 史朗 大和 政秀	鳥取大学農学部 京大大学生存基盤科学研究 ユニット	1
16	林 泰一 (京都大学防災研究所 ・准教授)	バングラデシュにおける大洪水 の発生とその感染症の発生と流 行への影響に関する研究	塩谷 雅人 寺尾 徹 橋爪 真弘 門司 和彦 山根 悠介	香川大学教育学部 長崎大学熱帯医学研究所 総合地球環境学研究所 京都大学東南アジア研究所	1
17	林 隆久 (京大大学生存圏研究所 ・准教授)	新規エネルギー原料熱帯樹木 の探索	海田 るみ 池谷 仁里 Suprapedi Wahyu Dwianto	京大大学生存基盤科学研究 ユニット R & D Unit Biomaterials-LIPI	1,2,4
18	矢野 浩之 (京大大学生存圏研究所 ・教授)	持続性マリンバイオマス「キチ ン」の高付加価値利用に関する 研究	吉村 剛 伊福 伸介 能木 雅也 奥 武	鳥取大学工学研究科	4
19	矢野 浩之 (京大大学生存圏研究所 ・教授)	MHP社アカシア大規模産業造林 における気象観測を中心とした 環境計測	塩谷 雅人 川井 秀一 山根 悠介	京都大学東南アジア研究所	インターミ ッション
20	山本 衛 (京大大学生存圏研究所 ・教授)	低緯度赤道域の衛星ビーコン観 測網構築に向けた国際協力の 推進	石井 守 大塚 雄一 Smitha Thampi Timbul Manik Roland Tsunoda Hien Vo	(独) 情報通信研究機構 名古屋大学太陽地球環境研 究所 LAPAN (インドネシア) SRI International (米国) プエルトリコ大学	1,3

生存圏ミッション研究 成果の概要

(1) 酢酸菌セルロース合成酵素複合体の分子解剖

1. 研究組織

代表者氏名：今井友也（京大大学生存圏研究所）

共同研究者：木村 聡（東京大学農学生命科学研究科）・菅野亜美（京大大学生存圏研究所）

2. 研究概要

セルロースは地球上に最も豊富に存在する天然高分子ともいわれ、分類学上で非常に多岐にわたる生物が、毎年何百億トンもの量を合成している。別の言い方をすれば、進化の過程で生物がセルロースを持った場合、それがその生存にプラスに働いたために、セルロースは現在の地上圏・水圏に遍く存在すると説明できる。

なぜ優位に働いたのか、その一つの説明として、セルロースが繊維状の凝集体を形成し、生物体の力学

的支持を担うことができたことが挙げられよう。セルロースのような剛直な性質の分子を、水系溶媒の中で凝集塊とならないよう繊維として紡糸する分子機構の解明は、興味深い基礎研究対象であるだけでなく、材料開発への応用も期待できる。

生物が獲得したセルロース合成能の実体は、複雑な膜タンパク質複合体である。研究対象として決して簡単なものではない。そこで単純な実験系として、セルロース生産性細菌・酢酸菌を実験材料として選択した。セルロース合成酵素複合体は、凍結切断レプリカ法で Terminal Complexes (TCs) と呼ばれる顆粒構造体として細胞膜に観察される。凍結切断レプリカ法は非常に優れた膜タンパク質の観察方法だが形態の情報しか得られない弱点がある。そこでレプリカ像を分子生物学で解釈することを可能にした SDS-FRL (Freeze Replica Labeling) 法を用いて、酢酸菌 TCs に存在する分子の同定を試みた。

(2) SCOPE 衛星用デジタル処理型波動粒子相関計測器の開発

1. 研究組織

代表者氏名：上田義勝（京都大学生存圏研究所）

共同研究者：山川 宏（京都大学生存圏研究所）・小嶋浩嗣（京都大学生存圏研究所）・高島 健（宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部）

2. 研究概要

科学衛星を用いた宇宙電磁環境観測には、従来からプラズマ波動観測器やイオン・電子計測のための粒子計測器が用いられており、それらのデータから無衝突プラズマとして仮定される宇宙空間の波動・粒子相互作用が研究されてきている。これまでの衛星観測は、個別の衛星や、個別の計測機器によるデータを地上で解析し、そこから推定される物理現象の研究が主であったが、将来衛星ミッションにおいては、複数衛星による連携観測や、衛星機上の複数の計測器を使った波動・粒子相互用の直接検出を目標とした波動粒子相互作用検出器なども検討されている。本研究では、その中でも次期観測計画として挙げられる SCOPE (Scale COupling in the Plasma universE) 衛星に搭載される、デジタル処理型波動-粒子相互作用検出装置 (DWPIA, Digitalized Wave Particle Interaction Analyzer) の開発を行う。これまで本研究グループでは、DWPIA のデジタル処理部分に関する基礎評価のため、FPGA (Field Programmable Gate Array) を用いたデジタル処理部の開発と特性について検討を行い、実機搭載に必要な消費電力と処理速度を保ちつつ、相互作用を機上で直接計算・検出できることを確認した。本研究ではこの研究成果を基に、より実機に近い形での開発を継続している。

(3) 燃焼性ガスセンサ利用のための二酸化マンガンの電気特性解析

1. 研究組織

代表者氏名：上田義勝（京都大学生存圏研究所）

共同研究者：山川 宏（京都大学生存圏研究所）・古屋伸秀樹（京都大学物質-細胞統合システム拠点）・辻本将彦（京都大学物質-細胞統合システム拠点）・竹内 謙（東京理科大学基礎工学部）

2. 研究概要

我々がこれまで開発を進めて来た燃焼性ガス（主に水素ガス）センサでは、結晶構造を制御した二酸化マンガンナノ粒子をプレス加工したペレットを電解質として用いることで、水素濃度が 1-100% と広いレンジにおいて、センサに導入する各水素濃度に比例した出力電圧が得られる事がわかった。同ペレットを構成する二酸化マンガンは、電池材料等の分野においても利用される一般的な金属酸化物であるが、我々はその結晶構造を制御することで室温下でのプロトン導伝性が発現することを予想している。プロトン伝導性物質を用いる事で、触媒を通した燃焼性ガスの電気特性を計測し、濃度として計測することが可能となる。本研究では、同センサに種々の濃度の水素ガスを導入した際に、電解質ペレットが示したインピーダンスの変化を交流インピーダンス法によって調べた結果について報告する。

(4) 熱帯アカシアの分子育種

1. 研究組織

代表者氏名：梅澤俊明（京大大学生存圏研究所）

共同研究者：林 隆久（京大大学生存圏研究所）・馬場啓一（京大大学生存圏研究所）・服部武文（京大大学生存圏研究所）・鈴木史朗（京大大学生存基盤科学研究ユニット）・海田るみ（京大大学生存圏研究所）・Md. Mahabubur Rahman（京大大学生存圏研究所）・柴田大輔（かずさDNA研究所）・Sri Hartati（LIPI バイオテクノロジーセンター）

2. 研究概要

環境制約や経済的制約のもと、持続的森林経営を行うためには、技術革新が必須であり、とりわけ、遺伝子工学による育種及び分子生物学的解析に基づく精英樹の選抜が重要である。ここで、実用植物の分子育種を行うためには、少なくとも以下の3種のリソース、1) 遺伝子（発現遺伝子）データベース、2) 形質転換・個体再生系の構築、および3) 標的形質の原因遺伝子のリスト、の構築が必須である。従来我々は、アカシア・マンギウム分化中木部およびシュートのEST（expressed sequence tag）データベース（発現遺伝子のデータベース）構築と、分子育種の基盤技術の構築を進めてきた。

本年度は、Hayashi らは *Aspergillus aculeaus* のキシログルカナーゼを発現させた組換えアカシアを作出した。この組換えアカシア木部は、野生株のものに比べて糖化性が1.8倍増加した。一方 Suzuki らは、アカシア・マンギウム分化中木部およびシュートのEST（expressed sequence tag）データベースの構築し、その解析を行うことにより、木化関連遺伝子を抽出した。さらに、Rahman らは、前年度に引き続きアカシア・マンギウムとアカシア・クラシカルパの高効率形質転換系の構築を進めた。

今後は、研究をさらに継続し、アカシアの高効率形質転換系の確立に努める。また、既に得られた形質転換体については、野外試験に進む。さらに、フラッグシッププロジェクトにも積極的に関与することにより、熱帯人工林の持続的経営に基づくバイオマスの持続的生産利用システムの構築に貢献する。



Acacia plantation forest

(5) 樹木の遺伝子型・表現型多様性が節足動物群集と生態系機能に果たす役割の解明

1. 研究組織

代表者氏名：大串隆之（京大大学生態学研究センター）

共同研究者：加賀田秀樹（京大大学生態学研究センター）・内海俊介（京大大学生態学研究センター）・矢崎一史（京大大学生存圏研究所）・原田英美子（京大大学生存圏研究所）

2. 研究概要

近年、物質生産の基盤である植物の遺伝子型が、それぞれの生態系プロセスに重要な影響を及ぼしていることが明らかになりつつある。これまでの予備的な調査により、研究材料としたジャヤナギの遺伝子型および表現型が、植食性昆虫による食べられやすさ、落葉の分解のされやすさに重要な効果をもつことが示唆されている。また、野外においてジャヤナギは比較的単純なクローン構造をもっていることが推定されたが、その全体像は明らかになっていない。そこで、本年度は琵琶湖に流入する11の河川において、河川敷に自生するジャヤナギ210個体のクローン構造を調べた。その結果、対象とした210個体から

17タイプの遺伝子型が確認され、そのうちの約60%が同じ遺伝型をもつクローンであるという事実が判明した(表1)。この遺伝子型は琵琶湖の周辺域に広く分布しており、地理的なかたよりは見られなかった。また、これらの17タイプの遺伝子型はアレルの類似度から明確に2つの大きなクラスターに分類され(図1)、このことは、従来ジャヤナギと判別されていた個体のなかに近縁種のオオタチャナギが混在している可能性を示唆している。さらに、これまでジャヤナギには雄株が存在しないといわれていたが、今回の遺伝子解析により、オオタチャナギの雄株と外見上全く区別がつかないが、ジャヤナギにも雄株が存在することが強く示唆された。これらの結果は、本課題の解明のために、非常に有益な情報を与えるものである。

表1：琵琶湖周辺域から採取されたジャヤナギ210個体の遺伝子型。雌花の形態に2型がみられたため(大型=L、小型=S)、あわせて表示した。

遺伝子型	個体数	割合(%)	性別	雌花タイプ
G01	120	57.1	♀	S
G02	44	21.0	♀	L
G03	10	4.8	♀	L
G04	6	2.9	♂	
G05	4	1.9	♀	S
G06	3	1.4	♀	L
G07	3	1.4	♀	L
G08	2	1.0	♀	S
G09	2	1.0	♂	
G10	1	0.5	♀	L
G11	1	0.5	♀	S
G12	1	0.5	♀	L
G13	1	0.5	♂	
G14	1	0.5	♀	S
G15	1	0.5	♀	S
G16	1	0.5	♀	L
G17	1	0.5	♂	
?	8	3.8		

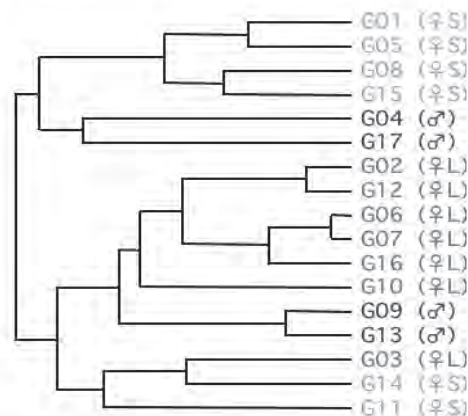


図1：アレルの類似度で判別したヤナギ遺伝子型の近縁度

(6) 自然素材活用型住宅の耐震性能に関する実験的研究

1. 研究組織

代表者氏名：片岡靖夫(中部大学工学部建築学科)

共同研究者：小松幸平(京大大学生存圏研究所)・森 拓郎(京大大学生存圏研究所)・北守顕久(京大大学生存圏研究所)・鄭 基浩(京大大学生存圏研究所)・脇田健裕(中部大学工学部建築学科)・宋 成彬(早稲田大学理工学部)

2. 研究概要

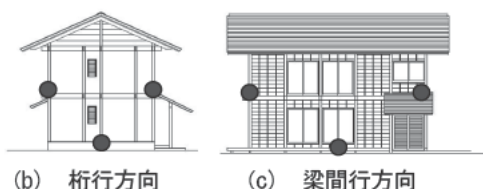
自然素材活用型住宅建物を構築する構造要素はすべて本研究グループが新しく研究開発したものであり、それら構造要素はすべて理論的及び実験的に構造性能評価が行われたものである。しかし、その構造要素の集合体である実験住宅の地震に対する振動特性は、加振実験をして始めて明らかになるものである。そこで、本研究では実験住宅に加振機を設置して強制振動させ建物の応答を測定して、振動特性を明らかにすることを目的にした。

3. 研究方法と研究成果

最初に非常に小さい振動レベルにおける木造エコ住宅の振動特性を測定した(常時微動計測)。次に、木造エコ住宅の2階床の上に可搬型起振器を3台並列にセットし、3台の動きを同期させた上で、エコ住宅の固有振動数(固有周期)を探索するために、0.1~15.0[Hz] sweep波の加振を行った。そして振幅を増加させたときの固有振動数の正弦波を一定時間試験体に入力して比較的大きな振動を与えた後、起振器の動きを急にストップさせて建物に自由振動を与え、振動が減衰していく過程で測定される自由振動波形より、木造エコ住宅の減衰定数を求めた。以上の一連の測定データを解析することによって、弾性範囲における木造エコ住宅の減衰性能を明らかにすることができた(図1~図3)。



(a) 桁行方向及び梁間行方向の速度計の配置図



(b) 桁行方向 (c) 梁間行方向

図1：対象建物の立面図と速度計の配置図

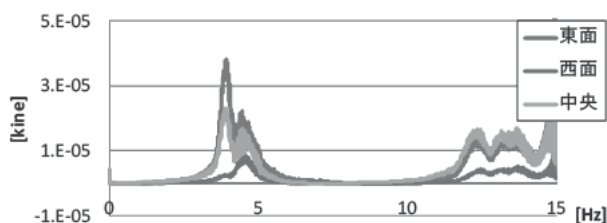


図2：sweep波による梁間方向のパワースペクトル

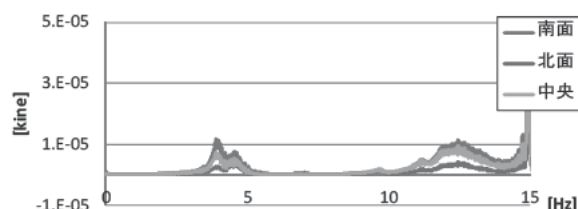


図3：sweep波による桁行方向のパワースペクトル

4. 今後の研究課題

本振動実験で明らかになった建物の振動特性には、仕上げ材や建具の影響が含まれている。今後は、仕上げ材が建物の振動に及ぼす影響及び各種構造要素が建物全体の振動特性に与える影響を明らかにすることが課題である。

(7) 熱帯産業造林におけるバイオマス生長量の動的評価に関する調査研究

1. 研究組織

代表者氏名：川井秀一（京大大学生存圏研究所）

共同研究者：R. Widyorini, EB. Hardiyanto (Gadjah Mada Univ., Indonesia)・B. Subiyanto (LIPI, Indonesia)・A. Firmanti (Res. Inst. for Human Settlements, Indonesia)・大村善治(京大大学生存圏研究所)・甲山治(京都大学東南アジア研究所)・小林祥子(京都大学東南アジア研究所)

2. 研究概要

本研究は、熱帯域の森林圏および大気圏の炭素、水など物質循環への関与が深い早生樹植林のバイオマス生産について、その「持続性」に関する動的解析を目的にしている。すなわち、スマトラ南部の熱帯産業造林地を調査フィールドにして森林バイオマス成長量について評価した。調査対象はアカシア造林地

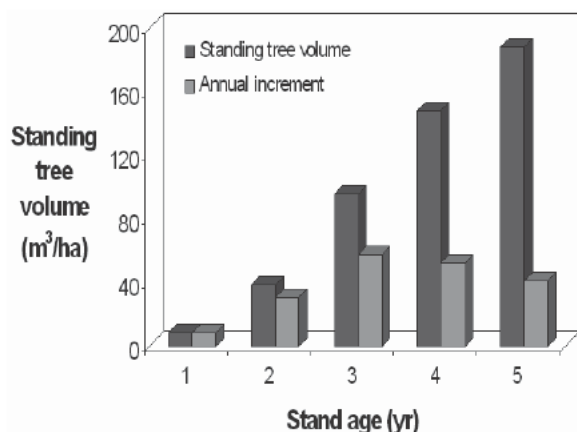


図1 アカシア林のバイオマス成長量

9300ha にランダムに設定された0.05haの51パーマネントサンプルプロットであり、2000年～2005年にわたって植栽された第2世代、1年生から6年生までの樹木の胸高直径、樹高等のバイオマス生産を含むインベントリデータを使用した。これを元に平均年生長量を算出、さらに単位面積当たりの幹材積ならびにバイオマス生産量の時系列解析を実施し、以下の結果を得た。胸高直径と樹高は樹木の生長量に直接関係するので樹齢と正の相関を示す。伐期となる6年生の胸高直径は16.0～20.6cm、樹高は16.7～22.1mに達する。各年毎の幹材積プロットを基に算出される単位ha当たりの平均年生長量は、3年生の立木で最大を示し、その後減少に向かう(図1参照)。5年生立木の年生長量は

48.6 m³/ha/yr であり、5年間の年平均成長量は36.8 m³/ha/yr に達する。このような年成長を示すので幹材積は樹齢に対してS字型曲線を示し、およそ8~10年で成長が止まって成熟林となる。

5年生アカシア林の幹材積は約188m³/haと見積もられる。アカシア材の容積密度は0.5Mg/m³、したがってその幹材重量は94Mg/haである。5年生アカシア林のバイオマス総蓄積量は炭素量換算で72Mg-C/ha、熱帯天然林(原生林)のそれの約1/4、草地や荒地の10倍近い蓄積をもつと見積もられる。

衛星リモートセンシング技術を活用した森林バイオマスの評価のため、地表面からの種々のマイクロ波散乱波の偏波情報を用いるレーダポラリメトリを活用した解析手法の構築を試み、アカシア林バイオマス情報データと関連するパラメータを抽出することができた。

(8) 科学衛星における電磁適合性(EMC: ElectroMagnetic Compatibility)に関する研究

1. 研究組織

代表者氏名：小嶋浩嗣(京都大学生存圏研究所)

共同研究者：早川 基(宇宙航空研究開発機構)・高島 健(宇宙航空研究開発機構)・松岡彩子(宇宙航空研究開発機構)・齋藤義文(宇宙航空研究開発機構)・平原聖文(東京大学理学研究科)・笠羽康正(東北大学理学研究科)・八木谷 聡(金沢大学理工研究領域)・中澤 暁(宇宙航空研究開発機構)・上田義勝(京都大学生存圏研究所)

2. 研究概要

微弱なプラズマ波動を科学衛星によって観測する時、衛星から発生する電磁ノイズは、場合によっては致命的な結果になりかねない程、深刻な物である。電子機器の固まりである科学衛星では、そこから発生する電磁ノイズは避けられないものではあるが、それだけに、如何にそのノイズ発生を抑制するかという技術は非常に重要である。しかし、いわゆる、一品物である科学衛星において「ノイズ計測を行い、軽減させる」ためのEMC(電磁適合性)技術は、一定の規格、統一した設計思想のもとで開発される他の電子機器製品に対してのそれと大きく異なっており、科学衛星に的を絞った技術の確立が重要である。これまでの科学衛星では、衛星全体として系統だった対策がとられておらず、また、そのノイズ測定手法や対処方法も場当たりのものであり、統一したコンセプトのものとは行われて来なかった。本研究では、上記のような科学衛星における EMC に関して、その計測手法の確立とそれを実現するため、アナログ集積化技術を利用した小型センサーの開発、そして、低雑音環境を実現する技術データ集約を目指す。特に、現在、開発中の水星探査機BepiColomboにおける膨大な量のEMC計測の結果を踏まえた科学衛星におけるEMC技術の集約、および、EMC用小型センサーの実現へつながる、プラズマ波動観測器の回路を応用した超小型アナログ集積回路の設計について平成21年度は取り組んでいる。

(9) 衛星リモートセンシングを用いた水質環境のモニタリングのための大気補正方法の開発

1. 研究組織

代表者氏名：下舞豊志(島根大学総合理工学部)

共同研究者：古津年章(島根大学総合理工学部)・古本淳一(京都大学生存圏研究所)

2. 研究概要

水中に浮遊する懸濁物質またはクロロフィル-aが増加すると共に、特定の波長の光の反射率が増加することが知られている。この原理を用いて衛星リモートセンシングを用いることにより汽水域における水質環境のモニタリングを行うための基礎研究が島根大学において行われているが、大気中のエアロゾルなどによる反射の補正方法の問題が指摘されている。そこで、6S(Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum) code と呼ばれる大気モデルを用いた補正方法の適用を試みた。MODIS(中分解能撮像放射計)観測データ27シーンを対象として、近傍の外洋として50km四方の領域を用いて、反射率最小となる画素を暗画素値として暗画素法を適用した。また、観測対象の幾何学的条件と視程データを入力とし

て 6S code を用いて大気補正を行った。国土交通省の観測所で観測された濁度を現場観測値として、それぞれの方法により得られた反射率との比較を行った結果を図 1 に示す。いずれの方法を用いても、相関係数 0.7 程度の回帰式が得られており、大気補正の精度として同等であることが示された。つまり、これまで用いてきた暗画素法と 6S code 法による大気補正結果を比較したところ、両者の大気補正精度にはあまり差がなく、簡易的な暗画素法を用いても十分な精度の大気補正が実現できていることが確認できた。

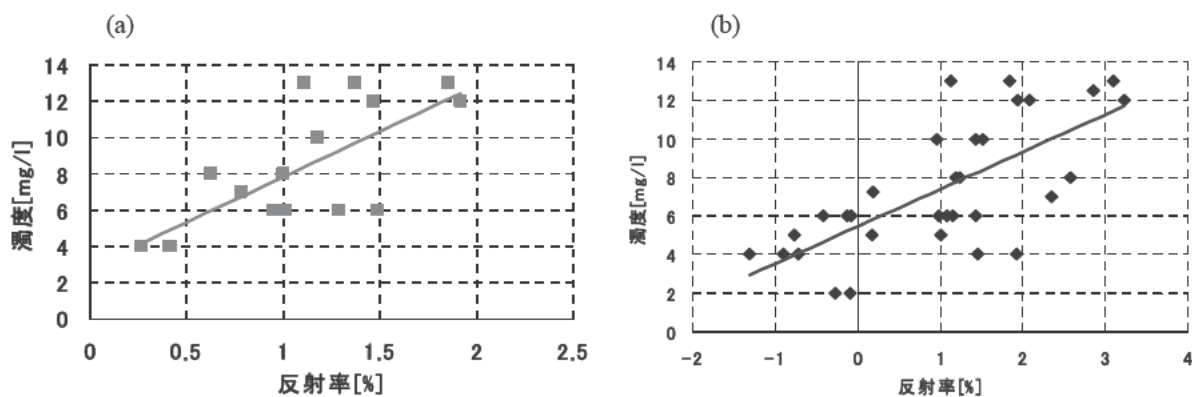


図 1: 大気補正後の反射率と現場観測による濁度の関係。(a) 暗画素法を用いた場合。(b) 6S code を用いた場合。

謝辞: MODIS 観測データは JAXA (宇宙航空研究開発機構) から提供を受けた。濁度データは国土交通省出雲河川事務所から提供を受けた。

(10) 木屎漆 (こくそうるし) の植物素材 ～脱活乾漆技法のさらなる理解に向けて

1. 研究組織

代表者氏名: 杉山淳司 (京都大学生存圏研究所)

共同研究者: 高瀬克彦 (京都大学生存圏研究所) ・ 藤本青一 ((財) 美術院国宝修理所) ・ 八木直人 ((財) 高輝度光科学研究センター)

2. 研究概要

樹種識別は個々の樹種の組織的特徴を、肉眼やルーペあるいはプレパラート標本の光学顕微鏡観察によって行う。しかしながら、国宝・重要文化財に指定された仏像や伝製品などについては採取が不可能な場合が多く、修理の際に不可避免的に生じた唯一の超微細試料からの樹種識別が要求される。そこで超微細試料から非破壊・非侵襲でデータ計測が可能なシンクロトロン放射光 X 線トモグラフィを検討してきた。

これまでの研究によって光学顕微鏡的な解剖学上の特徴が可視化できることが明らかとなったので、今回は木屎漆 (こくそうるし) の植物素材の観察に適用した。

3. 研究の結果および考察

結果の一例として、図 1 に盧舎那仏の螺髪固定用にもちいられた木屎漆について調べた結果を示す。図より、写真左上部に針葉樹の木口面が観察された。ま

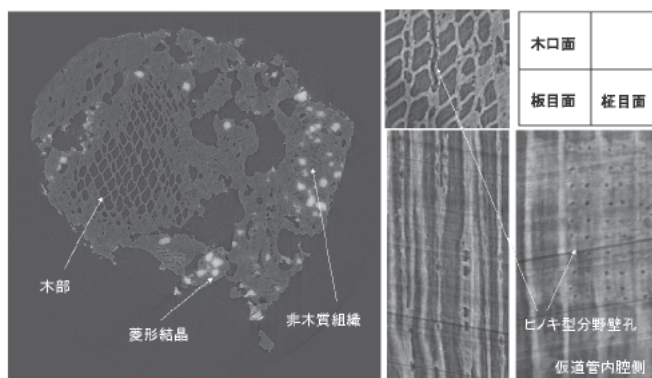


図 1 再生した断層画像の一例 (左) と木部より切り出した木口、板目、柁目に相当する断層像。

た非木材の間充物質（おそらく麦漆とおもわれる）は木材の表面から1ないし2層内側まで浸透していること、さらに漆中に数多くの菱形結晶が存在することが確認された。

針葉樹材については、分野壁孔の特徴がヒノキ型であった。ヒノキ属の有有用木のなかでも、分野壁孔がきわめて整然と2個づつ観察されることなどからヒノキの可能性が高いことが示唆された。

4. 今後の展開

文化財の研究に放射光などの先端科学施設を利用する試みは、まだ歴史は新しいものの、先進国の博物館を中心に盛んになりつつある。どのような分析が可能で、また必要とされているのか、さらに貴重な文化財を分析する正式なルール作りなど、様々な課題を議論しつつ前に進めることが重要と思われる。今回、放射光トモグラフィーが文化財の樹種特定に役立つことを示せたことは、上述のような動きにはずみをつけるものと期待される。

(11) アミノ酸窒素同位体比指標を用いた土壤動物群集の食物網構造推定

1. 研究組織

代表者氏名：陀安一郎（京大大学生態学研究センター）

共同研究者：長谷川尚志（京大大学生態学研究センター）・角田邦夫（京大大学生存圏研究所）
吉村 剛（京大大学生存圏研究所）

2. 研究概要

土壤動物群集は土壤生態系の多様性および土壤生態系機能のなかで重要な役割を果たしていると考えられるが、植食性昆虫などに比べて研究手法の難しさから研究が遅れている。たとえば、多様性維持機構や生態系機能の観点から土壤動物の食性に関して多くの研究があるが、古典的な餌選択実験や消化管内容調査のみでは、実際の野外での食性を推測するのが難しい。これに対し近年用いられてきた窒素・炭素の安定同位体比による食性推定は、代謝時間を反映したより長期的情報であるとともに餌の依存割合をも反映したものであるため、既存の手法の欠陥を補うものとして有効である。しかし土壤動物においては、デトリタス食者の窒素安定同位体比は分解がより進んだ餌を利用する者ほど高い値を示すということが分かっており、値を解釈するうえで栄養段階に伴った窒素同位体比の上昇との区別を困難にしている。

そこで本研究では、新指標としてアミノ酸窒素安定同位体比を用いる可能性について検討した。近年の研究により、アミノ酸の種類ごとに栄養段階に応じた同位体比の特異的な上昇パターンが存在することが明らかになってきている。フェニルアラニンの窒素同位体比は栄養段階を経てもほぼ変化しない一方、グルタミン酸の窒素同位体比は栄養段階に伴った上昇がみられる。対象とする動物においてこれらのアミノ酸の同位体比の差がどの程度拡大しているかをみることで、従来の同位体手法より正確な栄養段階を算出できると示唆されている。しかしながら、これらの知見は主に生食連鎖上の生物を対象に得られてきている。土壤食物網においては分解者である菌やバクテリアなどがアミノ酸合成能力に優れていることから、デトリタス食者に特徴的なパターンがみられるのではないかと考えられる。そこで、本研究では世界で初めて土壤生態系にこの手法を用いた。その結果、土壤動物においては従来のアミノ酸栄養段階のパターンとは異なるものが見られた。しかし、トビムシ・ササラダニ・ミミズ・シロアリにおいて、共通するアミノ酸栄養段階のパターンが見られ、今後のさらなる研究の発展性を示唆した。

(12) 土壤酵素活性を用いた森林生態系の成立に伴う土壤腐植特性の把握

1. 研究組織

代表者氏名：徳地直子（京都大学フィールド科学教育研究センター）

共同研究者：服部武文（京大大学生存圏研究所）

2. 研究概要

昨年度の結果から、森林の成立に伴い植物側の生理的要因だけでなく、周囲の環境条件も生育に不利に

なることが示された。そこで、今回は、周囲の環境条件であり、また、微生物の基質である腐植についてその特性を明らかにすることを目的とした。

腐植の量および質は森林の性質に伴い大きく変化した。すなわち、分解基質は林齢によって異なり、若齢時にはスギとは異質の草本や広葉樹が、また林冠閉鎖後には難分解性画分の蓄積の影響が示唆された。加齢に伴って基質が変化したことで、物質循環を含む生態系機能に影響が及ぶ可能性が推察された。これら腐植の分解において、White-rot fungi が分泌する Lignin peroxidase (LiP) と Manganese peroxidase (MnP) は難分解性腐植の主要な成分であるリグニンの分解に重要な働きをする。しかし、未だ、野外の生の土壌サンプルを用いた研究例はほとんどなく、野外生態系における分解においてこれらの酵素がどのような役割を果たしているのかについての理解が遅れている。そこで、本研究では野外において採取された試料を材料とし、LiP と MnP の活性を測定するための試行錯誤を行った。採取されたサンプルにおいてこれらの酵素は明らかな活性を示し、野外で採取されたサンプルでの測定の可能性が示された。また土壌層より腐植層で活性は高く、酵素活性に基質の量が関与していると考えられた。活性は試料採取から時間の経過とともに低下し、試料の前処理方法についての検討の必要性が示された。

(13) ビーム制御技術の応用とユビキタス電源の効率向上

1. 研究組織

代表者氏名：橋本弘藏（京都大学生存圏研究所）

共同研究者：篠原真毅（京都大学生存圏研究所）・三谷友彦（京都大学生存圏研究所）

2. 研究概要

携帯機器に部屋内のどこでも無線充電を行うべく、ユビキタス電源が提案された[1]。この提案では、部屋の天井のスロットアンテナアレイで安全基準以下のマイクロ波で満たしていたため、150W という多くの電力を要した。本システムでは、充電すべき機器の上部のみから送電する。幅9素子の2次元アレイアンテナにおいて、アンテナからの出力を同相とした場合のシミュレーションを行った結果、アンテナから放射される電力を受電機器当り6Wまで削減でき、各アンテナ素子からの放射も90mW程度となることがわかった。これにより従来の無線電力空間システムと比較して95%の電力削減が可能であった。機器から出すパイロット信号に超音波を用いた位置推定のシステムを製作した結果、4.8mWの電力で発振が可能であった。到来方向推定では1度程度の誤差があったが、位置推定の誤差は1cm以下となり、十分に許容できる誤差の範囲内に収まった[2]。

また宇宙太陽発電所(SPS)の周波数獲得のための活動をSPSの国際会議SPS2009で紹介した。ITUにおける以前からのNASAの活動や、最近の我々を中心としたJAXAによる活動について説明した[3]。NASAのITUの活動の中心となっていた方も参加されていて、非常に有意義であった。宇宙法などの講演をされた先生が深い関心を示された。ITU関連の資料を送って頂いたほか、その他数人から資料の請求があるなど、多くの反響があった。また、来年はカナダもITUに寄与すると言ってくれた方もあったが、実現して頂きたいものである。

[1] 篠原真毅、松本紘、三谷友彦、芝田裕紀、安達龍彦、岡田寛、富田和宏、篠田健司、無線電力空間の基礎研究、信学技報、SPS2003-18、2004年3月

[2] 石川峻樹、マイクロ波電力伝送を用いたユビキタス電源システムの省電力化の研究、京都大学工学部電気電子工学科、学士論文、2010.

[3] K. Hashimoto, N. Shinohara, T. Fujita, Requirements and Challenges of International Spectrum Management for Future Space Solar Power, An International Symposium on Solar Energy from Space, 2009年9月

(14) プラズマ波動データに基づく月周辺の電磁環境の解析

1. 研究組織

代表者氏名：橋本弘藏（京都大学生存圏研究所）

共同研究者：橋谷真紀（京都大学生存圏研究所）・大村善治（京都大学生存圏研究所）・笠原慎也（金沢大学総合メディア基盤センター）・西野真木（宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部）

2. 研究概要

Geotail 衛星によって地球磁気圏で静電孤立波 (ESW) が発見され世界的に注目をされた[1, 2]。これまでに地球周辺の様々な場所で観測されているが、月周辺での報告はない。月周回衛星「かぐや」[3]でも観測され、荷電粒子や磁場や磁気異常のデータも利用して、総合的な解析を行った。

ウェイク領域、磁気異常領域、日照側に分類して、観測された ESW の電界波形やスペクトル、粒子データおよび磁場データを用いて解析を行った。ウェイク領域では、電子とイオンの熱速度の差によりウェイク境界に電界が発生しており、その電界が ESW の発生に関連していることが明らかになった。磁気異常上では、磁気異常磁場による電子のミラー反射が関連していることが分かった。磁気異常上での各々のイベントの比較により磁気異常磁場と IMF との相互作用が重要であることが分かった。しかし、高度 100km では、惑星間空間磁場が強く、磁気異常磁場が逆方向である場合は ESW が観測されない場合も存在する。磁気異常と関係のない日照領域でも ESW は生じており、月表面もしくは月表面のすぐ近くの領域において太陽風の電子が反射され、加速された反射電子と太陽風電子の相互作用によって ESW が発生することが分かった。電子の反射により、ESW もしくは電子プラズマ波が発生し、電子の反射が強い場合には ESW が発生する。

[1] H. Matsumoto, H. Kojima, T. Miyatake, Y. Omura, M. Okada, I. Nagano, and M. Tsutsui, Electrostatic Solitary Waves (ESW) in the Magnetotail: BEN Wave forms observed by GEOTAIL, *Geophys. Res. Lett.*, **21**, 2915-2918, 1994.

[2] Y. Omura, H. Kojima and H. Matsumoto, Computer Simulation of Electrostatic Solitary Waves: A Nonlinear Model of Broadband Electrostatic Noise, *Geophys. Res. Lett.*, **21**, 2923-2926, 1994.

[3] かぐや搭載観測装置は *Earth, Planets and Space*, **60**, 2008を参照

(15) アルミニウムによる外生菌根菌の有機酸代謝変動の網羅的解析

1. 研究組織

代表者氏名：服部武文（京都大学生存圏研究所）

共同研究者：岩瀬剛二（鳥取大学農学部）・梅澤俊明（京都大学生存圏研究所）・鈴木史朗（京都大学生存基盤科学研究ユニット）・大和政秀（鳥取大学農学部）

2. 研究概要

樹木に共生する外生菌根菌のいくつかは有機酸を分泌し、これらが土壌中のアルミニウムと配位する事によりアルミニウム毒性が軽減される。この作用は、宿主がアルミニウム耐性を獲得する機構の1つである。アルミニウムが外生菌根菌の有機酸代謝に及ぼす影響を解明する第一歩として、アルミニウム添加、無添加培地で *Laccaria bicolor* (オオキツネタケ) を培養し、キレート作用のある有機酸について、菌糸体内蓄積量および培地中に分泌された量の違いを明らかにした。アルミニウムの添加は、シュウ酸量に影響を及ぼさなかったが、リンゴ酸、クエン酸量を増大させた。*L. bicolor* において、リンゴ酸、クエン酸代謝はアルミニウムにより影響される事が示唆された。

(16) バングラデシュにおける大洪水の発生とその感染症の発生と流行への影響に関する研究

1. 研究組織

代表者氏名：林 泰一（京都大学防災研究所）

共同研究者：塩谷雅人（京大生存圏研究所）・寺尾 徹（香川大学教育学部）・橋爪真弘（長崎大学熱帯医学研究所）・門司和彦（総合地球環境学研究所）・山根悠介（京都大学東南アジア研究所）

2. 研究概要

過去たびたび大洪水の発生したバングラデシュを対象として、この大洪水の発生時の気象状況を把握し、河川の水位の上昇に伴う大洪水の発生の、例年との違いを明らかにするとともに、通常時と大洪水のような異常気象発生時の感染症の発生の違いを調査した。これらの結果を基にして将来の大洪水被害の軽減、二次災害としての感染症の被害の軽減を考察した。バングラデシュの1993年の大洪水時のコレラの患者数の予備的解析を第1図に示す。平年の洪水時は、年始めから3-4月（15-16週目）に第1ピーク、10-11月（40-50週目）に第2ピークが見られる。1993年は、平年の患者数の変化とは全く異なるパターンを示し、9月（35-40週目）にピークが生じた。その数は平年値の6倍に達している。

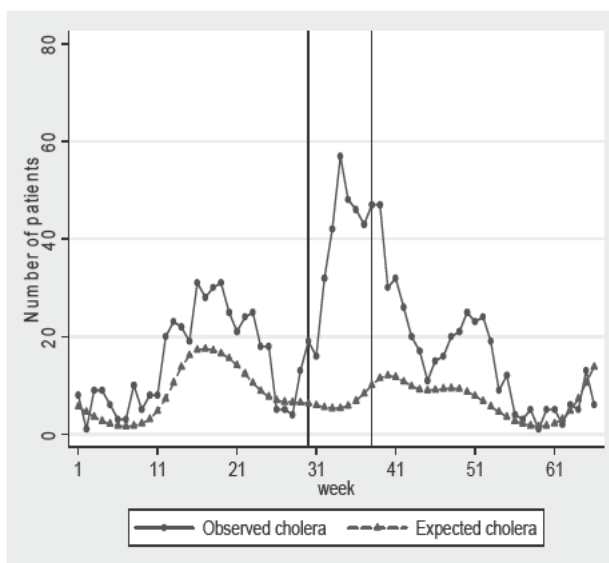


図1 コレラ患者数の季節変化（横軸 年始めからの週、縦軸コレラの発生数、破線：平年、実線：1993年）

(17) 新規エネルギー原料熱帯樹木の探索

1. 研究組織

代表者氏名：林 隆久（京大生存圏研究所）

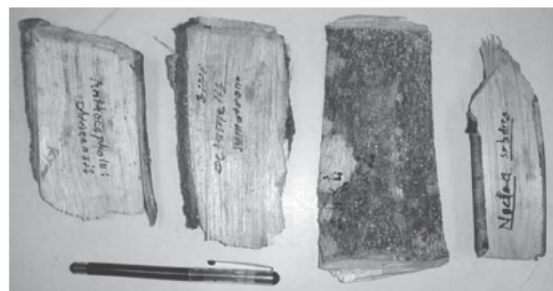
共同研究者：海田るみ（京大生存圏研究所）・池谷仁里（京大生存基盤科学研究ユニット）・Suprapedi (R & D Unit Biomaterials-LIPI)・Wahyu Dwianto (R & D Uni Biomaterials-LIPI)・Sri Hartati (LIPI Biotechnology Center)

2. 研究概要

インドネシアには、25,000種の植物資源が存在すると言われている。その中から糖化されやすい樹木をスクリーニングする。糖化に優れ、成長が早く、熱帯におけるプランテーションに向く樹木、すなわち新しい林木を数樹種提案するとともに、これら糖化性に優れた木部細胞壁の化学構造の解明を行う。今回は、インドネシアスマトラ島の自然林から採集した樹木の木部の糖化性について述べる。

研究代表者（林）は、スマトラ島リアウ州の自然林

（Giam Siak Kecil 生物圏保護区）に計2回入り、原生木（プランテーション未利用の樹木）の木片（10g程度）を13種採取した。これら木片の糖化性を分析したところ、脱リグニン処理なしで、セルロースの分解が62%（Meranti Bakau）及び37%（Kempas）まで進むものが、それぞれ一樹種あることを発見した。ヘミセルロース糖鎖蓄積を抑えた組換えポプラやファルカータよりも糖化性に優れたものが自然にあることを確認した。



採取した木片

(18) 持続性マリンバイオマス「キチン」の高付加価値利用に関する研究

1. 研究組織

代表者氏名： 矢野浩之（京都大学生存圏研究所）

共同研究者： 吉村 剛（京都大学生存圏研究所）・能木雅也（大阪大学産業科学研究所）・伊福伸介（鳥取大学工学研究科）・奥 武（京都大学生存圏研究所）

2. 研究概要

キチンは、カニの甲羅やエビの殻に豊富に存在する多糖で、セルロースに匹敵する量が毎年地球上で生産されている。生存研・生物機能材料分野では、この循環型持続的マリンバイオマスの高付加価値利用について研究を行い、これまでに、カニ殻から均一なナノファイバーを高収率で抽出することに成功した。本研究では、キチンナノファイバーの表面のみを抗菌性を有するキトサンに変換することで、抗菌性を有するバイオナノファイバーの創製を目指した。

40wt%以上のNaOH濃度での脱アセチル化では結晶構造の変化が観察されたが、10～35wt%NaOH濃度の処理では結晶構造の変化は観察されなかった。すなわち、この条件下ではキチンマイクロフィブリル表面が選択的に脱アセチル化され、表面キトサン化キチンが得られたと考えられる。また、無処理のキチンから得たナノファイバーは幅10～50nmであったが、35wt%NaOH処理したキトサン化キチンからは、幅約10nmの均一なナノファイバーが得られた。表面キトサン化ナノファイバーから調整したシートは、脱アセチル化度が大きくなるにつれ、ヤング率、強度共に大きくなった。キチンフィブリル表面のN-アセチルがアミノ基になり、水素結合しやすくなったことが示唆される。さらに、脱アセチル化度23%（20%NaOH処理）の表面キトサン化ナノファイバーシートは、黄色ブドウ球菌に対して、アルコール殺菌に匹敵する高い抗菌性を示した。

(19) MHP社アカシア大規模産業造林における気象観測を中心とした環境計測

1. 研究組織

代表者氏名： 矢野浩之（京都大学生存圏研究所）

共同研究者： 塩谷雅人（京都大学生存圏研究所）・川井秀一（京都大学生存圏研究所）・山根悠介（京都大学東南アジア研究所）

2. 研究概要

アカシア産業造林を経営するMusi Hutan Persada、インドネシア科学院バイオサイエンス部と生存圏研究所との3者間で締結したMOUに基づき、アカシア産業造林地および周囲の天然林の6箇所に設置した自動気象観測器、防災研究所と共同で設置した3箇所の雨量計で気象観測をおこない、解析を進めている。2008年の雨量計観測データを用いた解析から、以下のことが明らかになった。

- 1) 多くの地点では大雨季（11月から1月）の12月か1月の月降水量が一年を通して最も多い。
- 2) 小雨季と大雨季にそれぞれ月降水量のピークがある。
- 3) 大雨季に入る前の9月または10月に月降水量の増加が見られる。ただし林地の最も南側に位置するMartapuraではこのような大雨季前の月降水量の増加は見られない。
- 4) 雨季に入る前の10月には午後の早い時間帯での降水が見られ、雨季に入ると夕方から深夜にかけての降水が多く見られるようになる。
- 5) 年降水量と降水強度は林地の北側ほど大きい。

本研究の結果は、降水変動が林地の森林環境に与える影響の評価や、持続的かつ効率的な林地の維持管理と活用にとって重要かつ基礎的な知見となる。今後は、本解析で見られた降水特性が他の年においてどの程度見られるのか、年々の変動があるのかを調べる必要がある。これらのことを明らかにするためには気象観測を今後も安定的に継続し、さらにデータを蓄積していくことが必要不可欠である。

(20) 低緯度赤道域の衛星ビーコン観測網構築に向けた国際協力の推進

1. 研究組織

代表者氏名：山本 衛（京都大学生存圏研究所）

共同研究者：石井 守（情報通信研究機構）・大塚雄一（名古屋大学太陽地球環境研究所）・Smitha Thampi（京都大学生存圏研究所）・Timbul Manik（LAPAN（インドネシア））・Roland Tsunoda（SRI International（米国））・Hien Vo（プエルトリコ大学）

2. 研究概要

衛星ビーコン観測では、衛星から発射され地上で受信される2周波数のビーコン電波から電離圏の全電子数を推定する。我々はGRBR（GNU Radio Beacon Receiver）と呼ばれるデジタル受信機を開発して国内3点と東南アジア3点で観測を行っている。本研究はGRBRの世界的な普及と、低緯度地域における広域観測網の構築を目的として実施した。本研究では、GRBRに興味を示す諸外国の研究者と以下のように交流を進めた。

- 9月上旬：タイ及びベトナムを訪問。GRBRについて議論を行った。同時にベトナム南部で観測中のGRBRサイトを訪問した。
- 12月中旬：米国地球物理連合（AGU）秋季大会に参加し、SRI InternationalのGRBR導入に対して技術指導を行った。ペンシルバニア州立大のグループはプエルトリコ大学と共同でGRBRを導入しようとしている。この担当者と打合せを行った。
- 3月上旬：シンガポールで開催された中波レーダー観測網の国際研究WSに出席し、低緯度電離圏のGRBR観測網に関する発表と研究打合せを行った。
- 3月中旬：インドネシアのLAPANから若手研究者を招へいして、GRBRのハードウェア及びソフトウェアについて講習を行った。

以上のように、本研究によって諸外国の研究者との交流を深めることができ、目的は達成できたと考えている。本研究グループでは、本研究と並行して、平成22年度発足の科研費（基盤B（海外））等に積極的に応募するなど、研究展開のための努力を進めている。

2.5 生存圏フラッグシップ共同研究

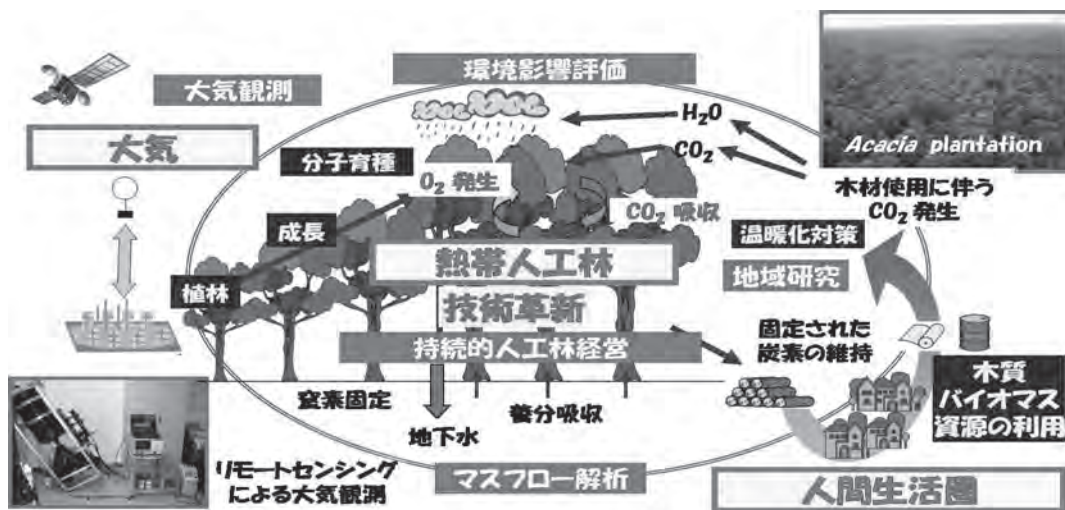
生存研に特徴的なプロジェクト型共同研究を支援するため、フラッグシップ共同研究を立ち上げ、公募により3件を採択した。フラッグシップ共同研究は、従来中核研究部などで個別に実施していたプロジェクト型共同研究を、可視化・研究支援することを主な目的とする。



(1) 熱帯産業林の持続的生産利用に関する多角総合的共同研究

研究代表者：梅澤俊明

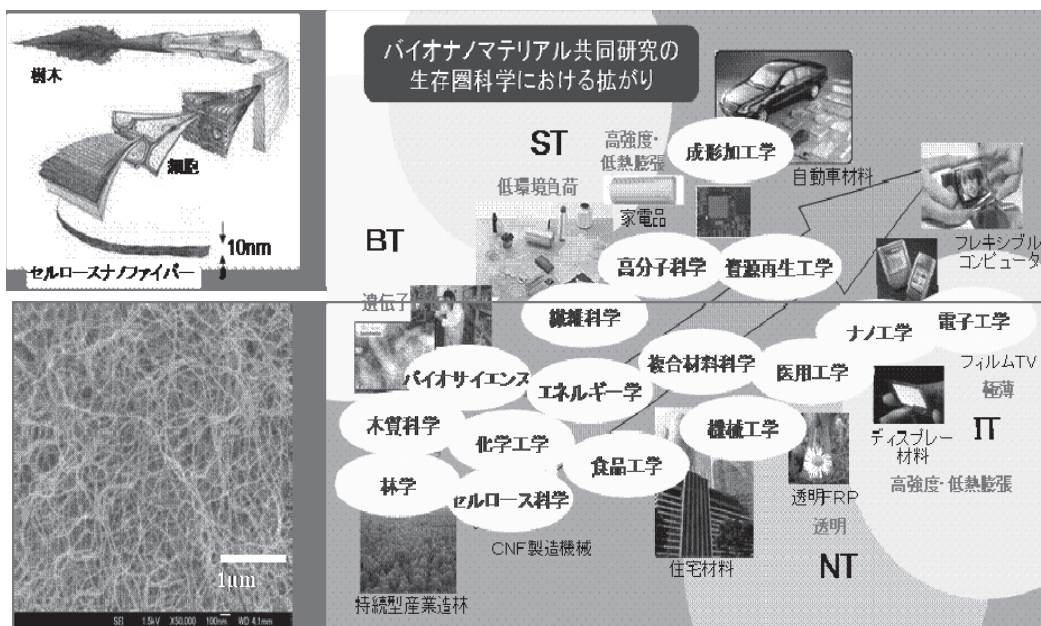
本共同研究は、従来生存圏研究所で蓄積してきた熱帯アカシア人工林に関する個別の成果に基づき、関係するあらゆる研究プロジェクトの有機的連携を再構築し、以て熱帯アカシア資源の持続的生産利用基盤を確立することを目的とする。本研究の特色は、生存圏を構成する各圏におけるミッション研究の展開融合による、生存圏科学の創生に向けた先導的研究の推進となる点にある。従来のアカシアに関する多面的研究を総合的に再編し、所外との共同研究をより一層活性化することで、生存圏科学の創生にむけた将来的発展が見込まれる。



(2) バイオナノマテリアル共同研究

研究代表者：矢野浩之

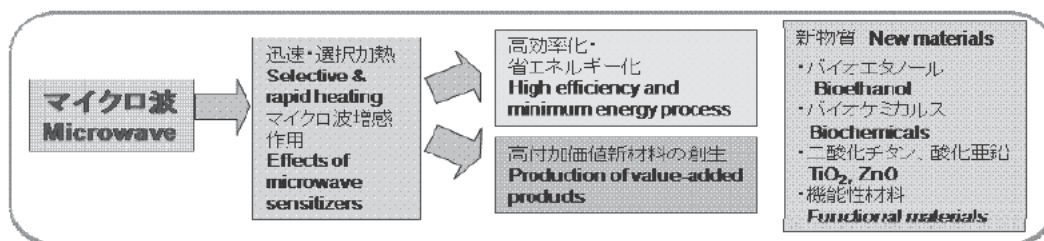
本共同研究は、セルロースナノ材料において世界をリードする共同研究拠点を生存圏に構築することを目的とする。本共同研究の特色はセルロースナノファイバーの抽出・機能化・構造化に関する次世代基盤技術の開発とその実用化に向けた“異分野連携”、“垂直連携”である。生存圏科学の広がりを活用して、生物資源材料を扱う研究者・機関、そのナノエレメントの化学変性や再構築を行う研究者・機関、さらには材料を部材化し自動車や電子機器への応用に取り組む研究者・機関、といったこれまでつながりの薄かった分野の研究者・機関を垂直連携させて、持続型生存圏の構築に資する先進的生物材料の開発、実用化を目指す。



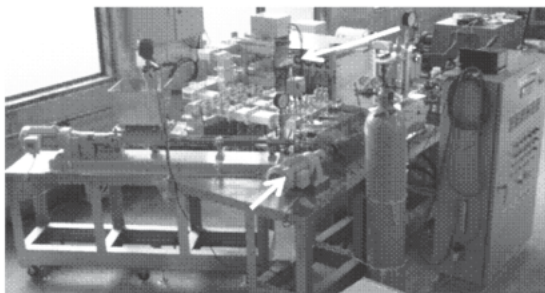
(3) バイオマス・物質変換のためのマイクロ波高度利用共同研究

研究代表者：篠原真毅

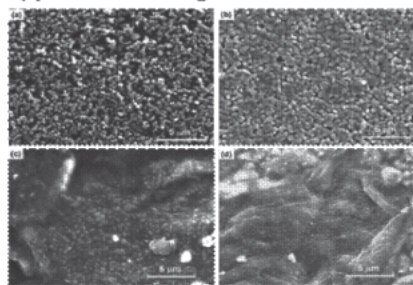
本共同研究の目的はマイクロ波プロセスを応用した木質バイオマスからのバイオエタノール、バイオケミカルス高効率生産プロセスの開発、有機及び無機系の材料創生のマイクロ波プロセスの開発である。本共同研究は、生存圏研究所の特色を生かし、マイクロ波工学とバイオマス変換や化学研究者、物質構造解析の研究者が参加することにより、マイクロ波プロセッシング科学の発展と応用技術開発を目指す。



バイオマス変換用連続式マイクロ波照射装置
Continuous microwave irradiator for biomass conversion



TiO₂のSEM画像 SEM of TiO₂
(a) as-received; (b) sintered in air at 1000°C;
(c) MW plasma in vacuum;
(d) after re-annealing in air at 1000°C.



2.6 平成 21 年度 オープンセミナー

回	開催月日	演 者	題 目
93	6 月	坂東 麻衣 (生存圏研究所・ミッション専攻研究員)	地球接近小惑星・スペースデブリ環境計測のための軌道設計
94		原田 英美子 (生存圏研究所・ミッション専攻研究員)	放射光と分子生物学を併用した植物の重金属蓄積機構の解明
95	7 月	大橋 康典 (生存圏研究所・ミッション専攻研究員)	アカシア材の化学資源化を目指したマイクロ波およびその増感剤を利用した反応系の開発(2)
96		Dr.Zhongwei Guan (生存圏研究所・客員准教授)	Computer Modelling of Timber Structures
97		Md.Mahabubur Rahman (生存圏研究所・ミッション専攻研究員)	Regeneration and Genetic Transformation of Acacia mangium

98	9月	9日	柳川 綾 (生存圏研究所・JSPS 特別研究員)	イエシロアリの行動を利用した糸状菌感染阻止の仕組み
99		16日	Sasa Sofyan Munawar (生存圏研究所・ミッション専攻研究員)	Development of acacia mangium bark molded products reinforced with natural acids and non-wood plant fibers
100		30日	鄭 基浩 (生存圏研究所・ミッション専攻研究員)	スギ圧縮木材を用いた GIR (Glued-in-Rod)接合部の開発
101	10月	14日	疋島 充 (生存圏研究所・ミッション専攻研究員)	地球放射線帯でのコーラス波動の発生と粒子ダイナミクスへの寄与
102		21日	ヨサファット テトオコ スリ スマンティヨ (千葉大学環境リモートセンシング研究センター・准教授)	CP-SAR 搭載小型衛星の開発・長期間 DInSAR による地盤沈下の体積変化の抽出
103		28日	Wen-Shao Chang (生存圏研究所・JSPS 特別研究員)	台湾の伝統的木構造の構造性能とその補強
104	11月	11日	今井 友也 (生存圏研究所・准教授)	セルロース生合成における紡糸機構解明を目指して
105		18日	鈴木 史朗 (京大大学生存基盤科学研究ユニット・助教)	木部形成の遺伝子発現制御機構とその応用
106		25日	齊藤 昭則 (京都大学理学研究科・助教)	長期間継続する太陽活動度極小期における中低緯度電離圏擾乱
107	12月	9日	杉本 真一 (京大大学生態学研究センター・研究員)	植物が放散する揮発性化合物の生理・生態学的機能の解析
108		16日	入江 俊一 (滋賀県立大学環境科学部・准教授)	白色腐朽菌におけるリグニン分解系発現調節遺伝子の解析:高リグニン分解菌育種ターゲットの発見を目指して
109	1月	13日	山根 悠介 (京都大学東南アジア研究所・研究員)	バングラデシュにおけるシビアローカルストーム発生日における総観場の特徴
110		20日	上高 原浩 (京都大学農学研究科・助教)	セルロース誘導体の水中での会合構造の解明と構造・物性相関
111		27日	陀安 一郎 (京大大学生態学研究センター・准教授)	アミノ酸窒素同位体比指標を用いた土壌動物群集の食物網構造推定
112	2月	10日	渡邊裕美子 (京都大学理学研究科・助教)	インドネシア・ジャワ島の鍾乳石を用いた古気候学的研究
113		17日	徳地直子 (京都大学フィールド科学教育研究センター・准教授)	物質循環からみた里山の特徴(予報)

2.7 「生存圏ミッションシンポジウム」の開催

第142・143回 生存圏シンポジウム 「生存圏ミッションシンポジウム」

プログラム

3月11日(木) (宇治おうばくプラザきはだホール)

10:30 挨拶 川井秀一 (京大大学生存圏研究所 所長)

[ミッション活動紹介] (含む、公募型ミッションプロジェクトの成果紹介)

10:40 ミッション1: 環境計測・地球再生

11:00 ミッション2: 太陽エネルギー変換・利用

11:20 ミッション3: 宇宙環境・利用

11:40 ミッション4: 循環型資源・材料開発

13:00 インターミッション

[生存圏科学萌芽研究 紹介]

13:20 大橋康典

アカシア材の化学資源化を目指したマイクロ波およびその増感剤を利用した反応系の開発

13:32 坂東麻衣

宇宙環境利用のための軌道制御に関する研究

13:44 原田英美子

樹木を用いた重金属汚染土壌のファイトレメディエーション法の開発研究

13:56 Sasa Sofyan Munawar

Development of *Acacia mangium* bark molded products reinforced with natural acids and non-wood plant fibers

14:08 Md. Mahabubur Rahman

Regeneration and Genetic Transformation of *Acacia mangium*

14:20 鄭 基浩

スギ圧縮木材を用いた GIR 接合部の開発

14:32 疋島 充

地球磁気圏放射線帯における高エネルギー粒子ダイナミクスの解明

[生存圏科学萌芽研究 紹介]

15:05 入江俊一 (滋賀県立大学環境科学部)

環境応答システムに関するポストゲノム解析を利用した新規なリグニン分解菌の育種

15:17 徳田陽明 (京都大学化学研究所)・上田義勝 (京大大学生存圏研究所)

燃料電池利用に向けたケイリン酸塩系有機-無機ハイブリッド膜の電気特性に関する研究

15:29 上高原 浩 (京都大学大学院農学研究科)

セルロース誘導体の水中での会合構造の解明と構造-物性相関

15:41 Josaphat Tetuko Sri Sumantyo (千葉大学環境リモートセンシング研究センター)

小型衛星打ち上げに向けた円偏波合成開口レーダ搭載無人航空機 (CP-SAR UAV) の開発

15:53 森 拓郎 (京大大学生存圏研究所)・築瀬佳之 (京都大学大学院農学研究科)

マイクロフォーカス X線 CT を用いたアメリカカンザイシロアリの食害部分の可視化と残存強度の評価

16:30 ポスター発表 (宇治おうばくプラザ ハイブリッドスペース)

3月12日(金) (生存圏研究所木質ホール3階 大会議室)

- 9:30 開放型研究推進部 共同利用専門委員会 活動紹介
MU レーダー
先端電波科学計算機実験装置(A-KDK)
マイクロ波エネルギー伝送実験装置(METLAB/SPSLAB)
赤道大気レーダー(EAR)
木質材料実験棟
居住圏劣化生物飼育棟(DOL)/生活・森林圏シミュレーションフィールド(LSF)
持続可能生存圏開拓診断(DASH)/森林バイオマス評価分析システム(FBAS)
生存圏データベース
- 12:30 生存圏研究所 活動概況紹介
- 13:00 開放型研究推進部 活動概況紹介
- 13:20 生存圏学際萌芽研究センター 活動概況紹介
- 13:40 生存圏研究所 連携活動紹介
- 14:00 ミッション活動総括・総合討論
- 14:45 閉会

3. 共同研究集会

生存圏の正しい理解と問題解決のために、環境計測・地球再生、太陽エネルギー変換・利用、宇宙環境・利用、循環型資源・材料開発をミッションとし、ミッションと深く関わる研究テーマについて、全国・国際レベルでプロジェクト研究を展開するとともに、公開シンポジウムを積極的に開催して成果を社会に発信する。

本年度のシンポジウム実施状況

本年度は第125回から第148回の生存圏シンポジウムを開催した。24件のうち、生存圏研究所の全国共同利用の展開と研究所ミッションの推進に関連した専門委員会主催のシンポジウムが7件である。残りの17件は生存圏科学研究の関連分野における萌芽的研究に関するテーマや生存圏プロジェクトに関連の深いテーマについて全国の研究者が集中的に討議する「公募型シンポジウム」である。また、国際会議(海外の講演者を含む会議)も9件(うち、生存圏シンポジウムは、第125、128、130、131回の4件、参加人数524人)を数える。参加人数は1968名であった。

生存圏シンポジウム

回	開催日 (開催場所)	シンポジウムタイトル
第125回	平成21年5月12-23日 (カナダ/オンタリオ州 London Convention Centre)	MST レーダースクールならびに 第12回国際MST レーダーワークショップ
第126回	平成21年5月22日 (生存研/木質ホール)	木造住宅の長寿命化を考える

第127回	平成21年7月27日 (生存研/木質ホール)	木質ラーメン架構の現状と課題
第128回	平成21年8月4-5日 (インドネシア/リアウ大学本部キャンパス大教室)	3rd Humansphere Science School 2009 “Scientific Exploration and Sustainable Management of Peat Land Resources in Giam Siak-Bukit Batu Biosphere Reserve of Riau, Sumatra”
第129回	平成21年9月10-11日 (生存研/木質ホール)	第3回赤道大気レーダーシンポジウム
第130回	平成21年10月25-26日 (京都大学/稲盛ホール (芝蘭会館本館))	IGAC-SPARC 国際ワークショップ IGAC-SPARC International Workshop
第131回	平成21年10月10-13日 (京都大学/おうばくプラザ きはだホール・木質ホール)	大気現象に関する観測とモデル研究に関する国際シンポジウム
第132回	平成21年11月21日 (京都大学/おうばくプラザ きはだホール)	生存圏フォーラム第2回総会
第133回	平成21年12月4日 (京都大学/おうばくプラザ セミナー室)	第2回宇宙環境・利用シンポジウム
第134回	平成22年1月19-20日 (京都大学/おうばくプラザ きはだホール)	第5回MUレーダーシンポジウム
第135回	平成22年1月30-31日 (京都大学東南アジア研究所/ 稲盛財団記念館小会議室 II)	南アジアの気象現象と人間活動に関する研究集会
第136回	平成22年2月22日 (生存研/木質ホール)	生存圏データベース(材鑑調査室)全国国際共同利用研究成果発表会
第137回	平成22年2月23日 (キャンパスプラザ京都 第3講義室)	木の文化と科学 9 WOOD CULTURE AND SCIENCE IX
第138回	平成22年2月25日 (生存研/木質ホール)	居住圏劣化生物飼育棟(DOL)/生活・森林圏シミュレーション フィールド(LSF)全国・国際共同利研究成果報告会
第139回	平成22年3月4日 (生存研/木質ホール)	第6回持続的生存圏創成のためのエネルギー循環シンポジウム —バイオマス変換とマイクロ波応用—
第140回	平成22年月3月8-9日 (九州大学筑紫キャンパス 総合研究棟303講義室)	SGEPSS 波動分科会 「相対論的プラズマシンポジウム」
第141回	平成22年3月8-9日 (京都大学/総合研究実験棟 セミナー室・講義室)	RISH 電波科学計算機実験シンポジウム (KDK シンポジウム)
第142回	平成22年3月11-12日 (11日:京都大学/おうばく プラザきはだホール	生存圏ミッションシンポジウム
第143回	12日:生存研/木質ホール)	

第 144 回	平成 22 年 3 月 15 日 (京都大学/おうばくプラザ きはだホール)	第 4 回バイオ材料プロジェクト「百年前を振り返り、次の百年を目指すバイオ材料を次世代基幹産業の柱のひとつに」
第 145 回	平成 22 年 3 月 26 日 (生存研/木質ホール)	木質材料実験棟 H21 年度共同利用研究
第 146 回	平成 22 年 3 月 3 日および 8 日 (生存研/木質ホール)	第 9 回宇宙太陽発電と無線電力伝送に関する研究会
第 147 回	平成 22 年 1 月 22 日 (京都大学/おうばくプラザ きはだホール)	Metal hyperaccumulator -植物の金属集積機構の解明とその応用に向けて-
第 148 回	平成 21 年 11 月 13-14 日 (京都大学/おうばくプラザ セミナー室)	第 12 回宇宙太陽発電システム (SPS) シンポジウム 12th Solar Power Satellite Symposium

研究業績

当研究所の研究業績は、「自己点検評価報告書」にまとめられており、
<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/reports/tenken2010.pdf> にて公開されている。以下は平成 21
年度版の目次である。内容は上記のオンライン版報告書を参照されたい。

平成 21 年度自己点検評価報告書目次

序

1. 研究所の理念	1
1.1 研究所の理念	1
1.2 研究所の目標	1
2. 研究活動	3
2.1 研究組織	3
2.2 研究内容	8
2.3 研究業績	90
3. 教育活動	185
3.1 大学院・学部における教育目標	185
3.2 教育内容	186
3.3 教育活動の成果	189
4. 教員組織	191
4.1 人員配置	191
4.2 採用	192
4.3 人事交流	193
5. 管理運営	196
5.1 研究所の意思決定	196
5.2 研究所の組織	215
6. 財政	222
6.1 予算	222
6.2 学外資金	223
7. 施設・設備	225
8. 学術情報	232

9. 国際学術交流	237
10. 社会との連繋	243
11. 評価	268

生存圏研究 第6号

発行日	平成22年10月1日
編集兼発行者	京都大学 生存圏研究所 京都府宇治市五ヶ庄
印刷所	株式会社 田中プリント 京都市下京区松原通藪屋町東入

